

|     |
|-----|
| 公告本 |
|-----|

## 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 3101698

※ 申請日期： 93.1.27

※IPC 分類：

F02C 3/00, 9/48

壹、發明名稱：(中文/英文)

具有熱稀釋劑之反應器

REACTOR WITH THERMAL DILUENT

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

凡斯電力系統有限公司

VAST POWER SYSTEMS, INC.

代表人：(中文/英文)(簽章) 威廉 葛希 GOHEEN, WILLIAM

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國印地安那州 46517-4008 艾克赫特南第 17 街 2824 號

2824 SOUTH 17TH STREET ELKHART, IN 46517-4008,

U.S.A.

國 籍：(中文/英文) 美國/U.S.A.

參、發明人：(共 5 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 大衛 L. 赫根/ HAGEN, DAVID L.
2. 蓋瑞 吉特/ GINTER, GARY
3. 比爾 葛希/ GOHEEN, BILL
4. 艾倫 麥克吉爾/ MCGUIRE, ALLAN
5. 珍妮特 藍金/ RANKIN, JANET

住居所地址：(中文/英文)

1. 美國印地安那州 46526-8713 歌珊羅德郡 13, 61485 號/  
61485 COUNTY ROADE 13, GOSHEN, IN 46526-8713, U.S.A.
2. 美國伊利諾斯州 60644-1803 芝加哥西米德威公園 5840 號/  
5840 WEST MIDWAY PARK, CHICAGO, IL 60644-1803, U.S.A.
3. 美國印地安那州 46526 葛希康斯提圖森大道 210 號/  
210 CONSTITUTION AVE., GOSHEN, IN 46526, U.S.A.
4. 美國印地安那州 46517 艾克赫特康堤路 24, 25903 號/  
25903 COUNTY ROAD 24, ELKHART, IN 46517, U.S.A.
5. 美國威斯康辛州 54166-3036 蕭華諾西理察蒙街 304/  
304 WEST RICHMOND STREET, SHAWANO, WI 54166-3036,  
U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

- 1~5. 美國/ U.S.A.

**肆、聲明事項：**

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項 ☐ 第一款但書或 ☐ 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☒ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國; 2003/01/22; 60/442,096

2. 美國; 2003/01/24; 60/442,844

3.

4.

5.

☐ 主張國內優先權(專利法第二十五條之一)：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

#### 發明背景

#### 發明領域

本發明是有關於一種混合數種流體的方法，且特別是有關於一種可以控制流體內之化學反應及/或物理變化之方法，藉以在適當的溫度分佈下獲得期望的合成物，其包括燃燒、放熱及/或吸熱化學反應、蒸發、凝結及形成粉末等反應。

### 【先前技術】

#### 經由小的孔洞進行燃燒注射之相關技術

一些習知的燃燒器係利用注射器噴灑或注射液體或氣體燃料及/或液體或氣體稀釋劑到燃燒器中，藉以形成液滴，並將液滴散落在含有液體的氧化劑上，比如是噴灑柴油及水或水蒸氣到壓縮空氣中。藉由旋轉細的圓錐體並配合高速射出的方式，可以形成比孔洞還小的液滴。然而，在流體之傳送上，是難以獲得期望的橫向分佈(transverse distribution)，並且難以獲得第二流體除以第一流體之期望組成比例，特別是就空間上而言。

就比如是燃燒的放熱反應而言，由於燃料及氧化劑的絕熱火焰(adiabatic flame)或反應溫度甚高，因此經常會需要使用稀釋劑，然而之前的經驗可以告訴我們，能量流體在離開燃燒器時之溫度的空間或橫向分佈是難以控制的，且氧化劑組成之空間或橫向分佈亦是難以控制的。再



者，因為高溫所形成之比如是氮的氧化物，以及因為在習知燃燒器內之較冷部分所殘留下來的未燃燒之碳氫化合物，或是因為在習知燃燒器內缺少氧氣而導致有未燃燒之碳氫化合物，在排放之處理上是困難的。

### 【發明內容】

#### 孔洞陣列分佈實施例之概要

燃燒器或放熱反應器系統分佈有多個孔洞，可以傳送及混合含有液體的燃料、含有液體的氧化劑、含有液體的稀釋劑。這些分佈的孔洞可以傳送、混合及控制比如是燃料、氧化劑及稀釋劑之至少一種流體，而這些孔洞係延著接觸器試管之通道分佈，且這些孔洞係分佈在接觸器試管之通道的周圍。燃燒器可以控制至少一流體的組成比例、溫度分佈及溫度梯度，藉以減少流動、組成及溫度的不確定性，並且可以減少副產品或污染物的產出。

#### 本發明之目的及優點

本發明之較佳實施例的目的及優點係如下所述：

#### 改善流體組成、混合及溫度之空間分佈

可以改善至少二流體之混合比例以及空間分佈之比例，因此可以增進至少二流體之間的反應程度、反應有效率及反應均勻度等，尤其是就比如在空氣中或是在富氧氣體中進行天然氣或是柴油燃燒之放熱反熱而言。

可以改善稀釋劑輸入到放熱反應器內與至少一反應流體之間的均勻度，可以改善稀釋劑與放熱反應器內之至少一反應流體之間的混合程度，可以改善稀釋劑與放熱反

應器內之至少一反應流體之間的空間分佈。舉例而言，可以將水輸送到混合有燃料液體及空氣或富氧氣體之容器中。

當反應流體存在有低於平均反應器出口溫度之情況時，本發明可以增加此反應流體的溫度，藉以減少部分燃燒的產物。舉例而言，當燃燒氣體存在有低於平均反應器出口溫度之情況時，本發明可以增加此燃燒氣體的溫度，藉以改善反應速率的均勻性，以及可以減少比如是未燃燒之碳氫化合物及一氧化碳之附產物的排放。

可以傳送具有稀試劑液體之能量流體，其中稀試劑液體的濃度係大於會造成預先混合燃燒穩定度限制的濃度，或者係大於會造成快速反應限制的濃度。

可以減少在反應器內之具有高於平均反應器出口溫度之高能液體的溫度及滯留時間，藉以減少附產物的生成。舉例而言，可以減少具有高於平均燃燒器出口溫度(渦輪入口溫度)之燃燒氣體的溫度及滯留時間，藉以減少氮的氧化物之生成或排放。

可以藉由調高液態及/或氣態之稀釋劑流體對反應物流體之比率至反應停止比率，使得反應係呈現停止的狀態，藉以冷卻反應流體及反應生成物。

可以減少氣態的熱稀釋劑注入於放熱反應器中，藉以減少因為壓降所產生之能量耗損，而此壓降乃是因為反應流體經過反應器所造成的，並且還可以增加系統熱動效率。舉例而言，可以減少稀釋劑氣體輸入到燃燒器中。

可以減少燃燒器對冷卻流體的需求，藉以減少因為能量流體經過反應器所造成的壓降及能量耗損，並且還可以減少壓縮能量、壓力及抽吸耗損(pumping lose)，因此可以增加系統熱動效率。

當能量流體在流經燃燒器出口時，可以減少能量流體溫度的變異(減少渦輪入口溫度的模組因子)，並且可以減少燃燒器出口溫度之峰值，藉以減少渦輪之元件損耗。

可以增加燃燒器出口溫度之平均值除以峰值的比率，亦即可以增加渦輪入口溫度之平均值除以峰值的比率，因此可以增加系統熱動效率，亦即可以減少模組因子。

可以改善燃燒器出口溫度(渦輪入口溫度)之溫度控制的穩定性，並且可以減少燃燒器出口溫度之不確定性，藉以改善對渦輪葉片之溫度的控制，因此可以改善元件的壽命、減少維修及置換的成本、及增加淨收益的現值。

可以使位在燃燒器出口處之能量流體溫度的曲線，接近渦輪葉片之工作溫度曲線，藉以增加渦輪入口溫度之平均值及系統熱動效率。

可以減少在燃燒器壁面上之熱通量的峰值及分佈，因此可以減少燃燒器壁面的冷卻，以及可以減少燃燒器壁面的溫度分佈，以及可以減少熱通量時間比率、溫度時間比率及分佈時間比率，以及可以減少燃燒器的應力、疲勞、氧化、資金成本、運轉成本及維修成本，以及可以改善熱動效率。

可以增加每單位體積之高能液體的平均熱焓量，以

及可以增加流經燃燒器之可容忍的熱流比率，因此可以增加渦輪的功率。

可以減少過量的作為稀釋劑流體之氣態氧化劑流體，因此可以減少壓縮機的功率、尺寸、資金成本及維修成本，以及可以增加系統淨功率及效能。

本發明提供利用靜電來貯存電荷在噴嘴上及混合流體之方法。

本發明提供利用燃料及氧化劑之屏障，藉以防止火焰或爆炸向水輸送系統的上游處前進，而進入到預先混合的小液滴燃料區域之方法，因此可以改善系統的安全性。

可以避免稀釋劑流體直接經由燃燒器及過渡區域的壁面進入到燃燒器內，因此可以避免熱壁面應力及孔洞應力集中的問題。

可以減少用來汲取冷凝劑來冷卻燃燒器壁面之寄生抽吸耗損(parasitic pumping lose)的發生，因此可以增加系統的淨功率及熱效率。

可以復原及重複使用大部分或全部已注入之稀釋劑流體，因此可以減少購買稀釋劑流體的成本，其中稀釋劑流體比如是水。

可以減少用來復原已注入之稀釋劑流體所需之壓降及/或寄生抽吸耗損。

可以減少及/或控制在燃燒器出口處之能量流體之溫度及/或熱傳特性之空間及時間的分佈及/或變異。

可以減少及/或控制在下游處加熱渦輪葉片之空間及

時間的分佈及/或變異，因此可以減少潛變、低循環疲勞、高循環疲勞、氧化及腐蝕的發生，故可以減少元件維修及重新配置的成本。

可以減少燃燒器元件、過渡元件及渦輪元件之重配置及維修成本。

燃燒源可以發出至少 10Hz 的聲響。

可以減少放熱反應器內之壓力震盪的程度，因此可以減少設備疲勞的情況、維修及重配置的成本、及聲音的散逸。

可以減少及控制燃燒器內之壓力震盪的程度，因此可以減少燃燒器、過渡元件及/或渦輪元件之疲勞情況，以及元件維修及重配置的成本。

可以減少已化合之高能液體的擴張及熱回復設備的尺寸，因此可以減少能量系統的總資金成本。

可以提供一火焰支撐物，藉以在高流速的情況下穩定火焰，相較於習知技術應用在貧油燃燒器(lean combustor)的火焰支撐物，藉由本發明之火焰支撐物可以達到較低之抽吸耗損及較低之流動散逸的目的。

本發明提供將熱噴出物從火焰承載器噴出至燃料氧化劑混合物的方法，藉以改善點火的情況。

本發明提供處理燃燒器內不可燃混合物之方法。

可以控制火焰支撐物內之燃燒率及加熱率，藉以減少熱應力及熱散逸。

本發明提供利用聲音來調整燃燒氣體的方法，相較

於習知的系統，本發明之方法較符合線性規則、較寬的頻率響應及較高的效能。

在聲學反應器內及滯留室內，可以控制在較精準的溫度下，產生高的壓力震盪，藉以快速地進行物質熔化、物質反應及/或物質混合等步驟。

#### 關於流體控制之目的及優點

對至少二流體的輸送，提供精確地即時控制，藉以改善流率的均勻性及控制性。

精確地控制至少一混合流體的流率。

在改變流體反應下，精確地監測下游參數。

藉由下游流體反應參數，精確地計算反應劑的質量比率。

藉由監測反應劑的質量比率，可以精確地控制第一反應劑的輸送率，並且藉以控制不足之第二反應劑流體/第一反應劑流體之比率，如此可以改善反應的情況。

根據反應劑之質量比率，精確地控制第二流體反應劑/第一流體反應劑之輸送率，藉以改善反應的控制情況及品質，且可以減少附產物。

改善幫浦速度的精確性及準確性，故可以改善流量的不確定性。

改善溫度控制及/或密度的不確定性，藉以改善體積流率及質量流率的不確定性。

改善流體流率控制的精確度

在橫切於流體方向的方向上，可以控制空間流體比

率，藉以改善整體流體比率的控制。

在流體中提供均勻的混合構件，藉以減少過大的流體震盪及改善混合的均勻度。

提供較快速地精確流體控制，藉以減少流率隨時間的變化。

動態地控制流體流率的波動。

精確地控制流體流率及不準確度。

動態地控制液體流動至優於 500Hz。

動態地控制流率至優於 $\pm 2\%$ 。

計算動態流率之不精確度至優於 $\pm 4\%$ 。

動態地控制平均流率至優於 $\pm 1\%$ 。

計算平均流率的不精確度至優於 $\pm 2\%$ 。

減少傳送流體及均勻混合流體所需的能量。

提供較均勻之流體輸送率的空間分佈及時間分佈。

為讓本發明之上述目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特舉一較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

#### 相關技術的簡單說明

附錄 A(頁數 A-1 到 A-27)包括發明人為 Lyle Ginter 之美國專利第 5,617,719 號，該專利案的所有內容均係作為本案之參考資料，且係為本發明之一部分。

附錄 B(頁數 B-1 到 B-32)包括發明人為 Lyle Ginter 之美國專利第 5,743,080 號，該專利案的所有內容均係作為本案之參考資料，且係為本發明之一部分。

附錄 C(頁數 C-1 到 C-24)包括發明人爲 Lyle Ginter 之美國專利第 6,289,666 號，該專利案的所有內容均係作爲本案之參考資料，且係爲本發明之一部分。

附錄 D(頁數 D-1 到 D-\*\*)包括發明人爲 Lyle Ginter 之美國專利第\*\*\*\*\*號，該專利案的所有內容均係作爲本案之參考資料，且係爲本發明之一部分。

附錄 F(頁數 F-1 到 F-\*\*)包括發明人爲 Hagen, David 等人之美國專利申請第 10/686,191 號，專利名稱爲「Method and Apparatus for Mixing Fluid」，申請日爲 2003 年十月 15 日，該專利案的所有內容均係作爲本案之參考資料，且係爲本發明之一部分。

附錄 G(頁數 G-1 到 G-\*\*)包括發明人爲 Hagen, David 等人之美國專利申請第 \*\*/\*\*\*\*\* 號，專利名稱爲「THERMODYNAMIC CYCLES」，申請日爲 2004 年一月，該專利案的所有內容均係作爲本案之參考資料，且係爲本發明之一部分。

#### 元件及學術命名列表

元件及學術命名之列表係可以幫助解釋本發明之實施例。

#### 選擇出的參數

$D_i$ ：最小的導管內徑

$D_o$ ：最小的導管外徑

$A_o$ ：導管內部面積



T：導管壁厚， $T = (D_o - D_i)/2$

t：薄導管壁厚

H：導管中間到中間位置的距離

G：導管間距

di：孔洞內徑

do：孔洞外徑

ao：孔洞面積

pi：在開口內的孔洞內部壓力

po：在開口外的孔洞外部壓力

h：孔洞中間到中間位置的距離

g：孔洞間的間距

$\alpha$ ：孔洞軸向角度

$\theta$ ：孔洞橫切方向的角度

P®：壓力分佈

V®：速度分佈

T®：溫度分佈

## 定義說明

本發明較佳實施例中應用一些技術用語，爲了更清楚的定義，在此部分有說明一些技術用語的意義。這些技術用語係廣泛地應用，下列元件或特徵的定義僅是說明之用，並未限制本發明：

孔洞：導管之開口、小孔、間距、照相機或望遠鏡的小孔，光線可以穿過小孔到透鏡中、或穿過固體元件的

隙縫、孔、凹處、凹穴或中空區域。(韋伯辭典 1913)

輸送管：氣體或液體可以流動之導管、通道或管道，內部可以跑電線或線路的導管，或是透過導管，氣體可以循環或排放。

1 micro-meter or micrometer ( $\mu$  m，微米) = 1 micron = 百萬分之一米

1 nano-meter or nanometer (nm) = 十億分之一米

1 mil = 千分之一英吋 = 0.001" = 25.4  $\mu$  m

1 micro-inch or microinch = 0.000,001" = 25.4 nm

規定的(Prescribed)：在此係指期望的參數、規定的參數、預先決定的參數、預先選擇的參數

曲線：包括直線部分及彎曲部分的線條形狀，比如包括直線、錐狀曲線、拋物線段、橢圓線段、雙曲線段正弦線段、對數線段、指數線段等。

座標系統：可以應用在二維或三維配置的輸送管或流體輸送系統上，包括 Cartesian 座標系統、圓柱形座標系統、球狀座標系統、環狀座標系統或其他曲線座標系統。

孔洞流體壓力差(Pota)：壓力差係要足夠大，使得流體可以從孔洞中噴出，比如是最小的孔洞 80。

等效率(Phi)：相對於第一反應劑/第二反應劑之化學計量比率的第一反應劑流量/第二反應劑流量之比率，或是相對於燃料流體/氧化劑流體之化學計量比率的燃料流體流量/氧化劑流體流量之比率。亦即係為  $\lambda$  的倒數，比

如是為相對於柴油燃料/氣體之化學計量比率的柴油燃料流量/氣體流量之比率。

過量氧化劑比率( $\lambda$ )或過量氣體比率：相對於第二反應劑/第一反應劑之化學計量比率或相對於氧化劑流體/燃料流體之化學計量比率的第二反應劑或氧化劑流體流量/第一反應劑或燃料流體流量之比率。亦即係為  $\Phi$  的倒數。

$\lambda$  分配：氧化劑流體/燃料流體之相對化學計量比率。比如是相對於氧氣/燃料之化學計量比率的氧氣/燃料之比率。

富油混合流體或組成：流體包括比化學計量比率還多的燃料(較少的氧化劑)。比如是  $\lambda$  小於 1 或  $\Phi$  大於 1。

稀釋劑熱焓的改變：兩個狀態之間的稀釋劑之熱焓改變，包括熱容量的改變、蒸發潛熱的改變及化學分解的改變等。

特性稀釋劑熱焓的改變：兩個狀態之間單位質量的稀釋劑熱焓改變。

總稀釋劑熱焓改變：總稀釋劑流體的熱焓可以從入口條件調整到期望燃燒器平均出口溫度。除了燃料、氧化劑及相關生成物的燃燒，會影響稀釋劑熱焓改變，還包括熱稀釋劑氣體、熱稀釋劑液體、貧油混合流體內之過量氧化劑流體、富油混合流體內的過量燃料流體、及比如在空氣中的氮氣、氬氣及二氧化碳等之不反應的成分，亦會影響稀釋劑熱焓的改變。

過量的熱生成：在燃燒器出口處，藉由過量的熱生

成可以增加燃燒生成物的溫度到能量流體的期望溫度。

燃燒的冷卻：熱燃燒氣體的熱焓減少量係等於過量之熱生成量，且等於熱稀釋劑之總熱焓增加量。

曲線：係表達在一方向上參數之分佈變化，比如是在筒狀或環狀輸送管之徑向方向上，或者亦可以是其他的橫切方向或軸向方向，或者是在圖案形式之方向上，比如是周長的方向。

液滴噴出截面積：當流體液滴噴出孔洞時之淨截面積。

孔洞流量因子：液滴噴出之截面積/全部孔洞噴出截面積之比率。

流體流量：根據質量、莫爾數或體積比率之流體流量比率。

流體流動方向：係指在流體輸送管 130 內流體主要的流動方向，比如是往上游方向或下游方向，比如是氧化劑流體 904 及能量流體 920 之流體流動方向。

流體流量曲線：在橫切方向上、軸向方向上或曲線形式之方向上的流體流量分佈。

流體流量比率：在橫切方向上、軸向方向上或曲線形式之方向上的二流體流量之比率。

流體流率曲線：在橫切方向上、軸向方向上或曲線形式之方向上的二流體流量之比率的分佈。

流體流量比率曲線範圍：在橫切方向上、軸向方向上或曲線形式之方向上的流體流量比率之上界及下界的分

佈。

最小孔洞壓力差(Podm)：在孔洞陣列壓力差足夠的情況下，係可以從最大孔洞 80 噴出流體。

局部孔洞流體壓力差(Podp)：在孔洞陣列壓力差足夠的情況下，係可以從最大孔洞 80 噴出流體，但是卻不能從最小的孔洞中噴出流體。

溫度：在流體平均溫度下之流體熱動力溫度。

溫度曲線：在橫切方向上、軸向方向上或曲線形式之方向上的流體溫度分佈。

溫度曲線範圍：在橫切方向上、軸向方向上或曲線形式之方向上的溫度曲線之上界及下界。

不確定性：係根據國際定義所計算的不確定性，請參見 NIST TN 1287。

溫度不確定性：流體或元件之溫度不確定性。

流量不確定性：流體流率的不確定性。

比率不確定性：流體流率之比率的不確定性。

節流比：最小流率/最大流率的比率，或是以流量的減少量除以最大流率/最小流率之比率來表示，比如是 10% 之最小流量/最大流量之比率、90%之節流比、或 10:1 的節流。

### 【實施方式】

#### 較佳實施例

#### 目標及目的

流體混合及控制燃燒或反應的目標及目的係如下所

述：

目標：提供具效率的多流體放熱化學反應器或燃燒器。

目的：提供具效率的多流體燃燒器，可以全面地混合及燃燒燃料流體、氧化劑流體及熱稀釋劑流體，並且具有低的排放物質及低的寄生抽吸耗損。

#### 方法摘要

本方法係使用至少一噴灑型流體直接接觸器或是其所構成的組合元件，以構成放熱反應器或燃燒器。舉例而言，燃燒器可以燃燒柴油或天然氣與壓縮氣體，並且可以傳送水或水蒸氣，藉以冷卻空氣、燃燒物質及/或高能液體，本發明之實施例係包括至少一下列步驟：

透過在直接接觸器上分佈的多個小孔洞，可以輸送並混合燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體，以形成多個子區域，藉以控制流體的組成。

藉由計算孔洞尺寸、間距、方向及擴散器通道出口及入口，可以控制燃料、稀釋劑及氧化劑的空間分佈。

藉由調整稀釋劑液滴與燃料液滴之間的相對尺寸、頻率、溫度及壓力差以及藉由調整氣體通道，可以調整相對蒸發率，藉以達到期望的蒸發情況，並且可以改善燃燒曲線、氣體溫度曲線及滯留時間。

藉由燃料導管及水導管可以產生多方向的流體液滴，以形成漩渦來混合渦流，其中葉片可以配置在導管的周圍。

藉由施加電場，可以改善混合情況，及/或減少液滴尺寸。

利用接近於化學計量之燃燒、組成及幫浦速度感測器，及利用快速的幫浦抽取過程，可以控制高能流體組成及成分。

### 經過反應器內之多個孔洞的流體

藉由本發明之裝置及方法，可以在期望的空間分佈下輸送第一流體及第三流體，或者可以使反應器內之第一流體、第三流體與第二流體混合，或者可以利用第三流體來控制或影響該反應。藉由在反應器內所分佈的孔洞可以噴出第三流體及第一流體到反應器中。在反應器之多個子區域內，可以在具有期望分佈的情況下，混合第一流體、第二流體及第三流體。藉由第三流體會影響在反應器內之第一反應劑及第二反應劑的反應，該反應之產物及殘餘流體可以形成高能流體。

用來噴出第一流體之第一流體孔洞係分佈在具有曲形表面之第一分佈構件上，其包括第一通道，第一分佈構件係位在第二流體通道內，或是位在用來形成流體通道的輸送管內。舉例而言，分佈構件可以包括具有多個小孔洞的導管，這些孔洞可以噴出小液滴之第一流體到第二反應劑中或氧化劑流體中。

同樣地，用來噴出第三流體的孔洞可以分佈在第一三分佈構件上，第三分佈構件包括具有一曲形表面之第三流體通道，第三分佈構件可以包括另一具有多個小孔洞的

導管，可以噴出液滴形式之第三流體。

燃燒器輸送管內具有多個區域及子區域，兩種或更多種之流體可以在區域及子區域內混合及/或反應。每一混合區域至少包括一孔洞，可以用來噴出第一流體或第三流體，藉以與第二流體混合。或者，混合區域至少包括一孔洞，可以用來噴出第一流體及第三流體，藉以與第二流體混合。

位在流體輸送管內之多個混合區域，可以包括多個孔洞及流體通道，如此可以有效地控制第一、第二及第三流體的混合及任兩種流體之間的反應。在流體輸送管內之其他區域，多個小孔洞可以用來噴出及混合至少二流體，如此可以改善反應的混合及控制。

#### 用來混合的放熱反應劑

請參照圖 1，多個孔洞 80 係分佈在反應器內，並位在至少一噴灑型流體直接接觸器 10 的周圍，藉以傳送及混合至少二反應物，藉由孔洞 80 可以改善反應物的傳送、混合及反應。由於流體直接接觸器 10 具有多個孔洞 80，因此至少一流體的微小噴出物可以穿過管壁 30 到達第二流體處。

噴灑型流體直接接觸器 10 係穿過流體輸送管 130，而第二流體係傳送到噴灑型流體直接接觸器 10 之上游開口處。第二流體一般是含有氣體的氧化劑，比如是壓縮氣體，然而第二流體亦可以是任何形式的流體反應物。流體輸送管 130 可以向下由延伸，經過部分或是所有的噴灑型



流體直接接觸器 10。

在習知技術中，在多孔材質的媒介物內進行混合放熱反應或是使放熱反應物反應，會造成燃料分佈器系統內有熱衝擊的問題，尤其是多孔的陶瓷材質，然而本發明的方法具有較佳的混合效果。

### 混合熱稀釋劑流體

請參照圖 1，至少一噴灑型流體直接接觸器 10 可以傳送含有流體之熱稀釋劑 907 到含有流體的至少一燃料 901 中、到含有流體的氧化劑 904 中、以及到反應流體 912 中，或是到由上述流體構成的混合物中。稀釋劑流體可以用來限制進行放熱反應之流體 912 的溫度或是受熱的生成物。稀釋劑流體直接接觸器 14 具有多個孔洞，可以傳送微小的噴出物到達第二流體處。

### 噴灑型反應器

圖 1 繪示噴灑型反應器系統 2 的一較佳實施例，噴灑型反應器系統 2 可以用來混合第一流體 901、第二流體 904 及第三流體 907。藉由第一流體輸送系統 360 可以將第一流體輸送到第一流體歧管 242 之入口處；藉由第二流體輸送系統 400 可以將第二流體輸送到流體輸送管 130 之入口 134 處；藉由第三流體輸送系統 361 可以將第三流體輸送到第三流體歧管 244 之入口處。

藉由控制系統 588 可以控制流體的輸送，控制系統 588 可以利用流體的物理特質轉換器或流體的成分特質轉換器來監測在輸送管 130 入口處與出口處之流體參數，比如是

流體壓力、流體溫度及流體組成等。噴灑型反應器系統 2 包括噴灑型多孔洞接觸器 10，藉由多孔洞接觸器 10 適於使第一流體延著曲線通道分佈在流體輸送管 130 內；反應器系統 2 還包括另一噴灑型多孔洞接觸器 10，藉由多孔洞接觸器 10 適於使第三流體延著曲線通道分佈在流體輸送管 130 內。藉由周圍的管線支撐器 37 可以用來支撐個別的管線 10。導管排列支撐器 72 係具有足夠的彈性用來支撐分批排列之接觸器 260，導管排列支撐器 72 可以允許熱膨脹，而不會產生過度的應力。

請參照圖 1，用來輸送第一流體之噴灑型流體輸送構件或接觸器 10 部分係由長條或管狀形式之流體輸送導管所構成，並且還形成多個孔洞 80，貫穿導管的管壁 30。管壁 30 包括內表面 6 與外表面 7，藉由管壁 30 之內表面 6 可以定義第一流體 901 之第一流動通道 3，輸送管 130 係包圍管壁 30 之外表面 7，第一流動通道 3 係垂直於導管 10 的截面。

請參照圖 1 及圖 3，管壁 30 係具有多個小的孔洞 80，延著接觸器導管 10 分佈。第一流體 901 會在導管 10 內並延著第一流動通道 3 流動，接著會延著由孔洞 80 所構成的第三通道 5 流動，然後流到由流體輸送管 130 所構成的第二流動通道 4 上。第二流體 904 會在流體輸送管 130 中並延著第二流動通道 4 流動，使得第一流體 901 與第二流體 904 可以在流體輸送管 130 內混合。如圖所示的第二流動通道 4 係大致上平行於導管 10 的橫截面，然而本發明

的應用並不限於此，第二流動通道 4 與導管 10 的橫截面之間亦可以夾有任何角度。

導管 10 內部與外部之間所存在的壓力差必須要足夠大，如此第一流體 901 才能夠以小液滴或是以氣泡的形式從孔洞 80 射出，並與第二流體 904 混合。此外，第二流體 904 亦有可能流經孔洞 80，並藉由第一流體 901 所形成的小液滴或氣泡而再流到第二流體 904 中。

值得注意的是，在本發明中係將「導管」定義為一種分佈構件，分佈構件之內表面係定義出一通道，第一流動通道係延著此通道延伸，其中第一流體適於在第一流動通道上傳送。分佈構件一般係為一種長條狀並具有管壁的元件，且分佈構件可以具有任何形式的截面積。分佈構件具有多個孔洞，一般係為圓形的樣式，然而本發明的應用並不限於此，孔洞的樣式亦可以是長條形或圓錐形等形式。

第一流體一般係為具有流體的燃料，比如是天然氣或柴油；第二流體一般係為具有流體的氧化劑，比如是氣體或富氧養氣體。然而本發明應用並不限於此，第一流體與第二流體只要含有任何兩種會反應的物質，均涵蓋在本發明內。第三流體一般係為具有流體的稀釋劑，比如是水或水蒸氣，會影響第一反應劑與第二反應劑之間的反應結果，並且會影響能量流體的特質。第三流體可以是任何會影響反應之具有流體的稀釋劑，舉例而言，第三流體可以是反應產物，比如是水、二氧化碳、廢氣；而第三流體亦

可以是反應劑，比如是氣體、氮氣或例如是氫的惰性氣體。

### 多區域燃燒器

請參照圖 2，噴灑型反應器系統 2 可以是具有反應器或燃燒器 56，其包括在導管 130 內的多個區域。這些區域包括混合區域 422 及燃燒室 424；在混合區域 422 內，適於傳送及混合第一流體或是具有流體的燃料 901、第二流體或是具有流體的氧化劑 904 及第三流體或是具有流體的稀釋劑 907；在燃燒室 424 內，這些燃料與氧化劑適於進行燃燒反應。

燃燒器包括燃料及稀釋劑輸送及混合區域 422，此區域 422 具有多個稀釋劑孔洞與多個燃料孔洞，其中稀釋劑孔洞係用來傳送具有流體的稀釋劑，而燃料孔洞係用來傳送具有流體的燃料，流體輸送孔洞係分佈在接觸器 10 上。混合區域包括多個子區域，位在燃燒器內；而在混合區域之多個子區域內，具有流體的燃料 901 與具有流體的稀釋劑 907 之其中之一或兩者適於與具有流體的氧化劑 904 混合。

混合區域 422 可以包括多個接觸器 10，而每一分批排列之接觸器導管 260 可以具有多個接觸器 10，這些分批排列之接觸器導管 260 比如係位在靠近擴散器出口處之上游位置及下游位置。分批排列之接觸器導管 260 可以用來輸送比如是水蒸氣之含有流體之氣體稀釋劑或是輸送比如是水之含有流體之液體稀釋劑。

分批排列之接觸器 260 亦可以用來輸送或混合位在

混合區域 422 內之比如是天然氣之具有流體的氣態燃料及比如是柴油之具有流體的液態燃料。在流體輸送及混合區域內，液態燃料或稀釋劑流體可以進行蒸發作用。

燃燒器 56 一般包括燃燒室 424，位在輸送及混合區域 422 的下游處。火焰承載器 100 係位在靠近燃燒室之上游處，燃燒器 56 還包括一平衡室 426，係位在燃燒室 424 的下游處及反應器出口處 136 的上游處。燃燒器 56 還包括稀釋劑輸送接觸器 10，位在燃燒室 424 的下游處，或是位在平衡室 426 的上游區域，其中接觸器 10 適於輸送液體稀釋劑。燃燒器 56 之較熱的壁面可以進行冷卻，使得此較熱的壁面可以忍受燃燒室 424 與平衡區域 426 內之較高的溫度。

反應器系統 2 包括一氧化劑輸送系統 400，藉以輸送具有流體的氧化劑 904 到入口 134 處並輸送到燃燒器 56 內。燃燒器 56 的上游部分可以是擴散區域 420，藉以減少具有流體之氧化劑的進來速率。擴散區域 420 係包括多個第二流體通道，可以使位在流體輸送管 130 內的第二流體的流動速率分佈達到期望的結果。位在擴散區域 420 內的第二流體通道可以是由位在上游擴散區域之多個擴散器葉片 421 所構成，藉以輸送加壓的氣體或是富氧氣體到混合區域 422 中。

### 噴灑型流體反應器

請參照圖 1，噴灑型流體反應器系統 2 透過前述的多個孔洞可以混合至少二反應流體與至少一稀釋劑流體。透

過噴灑型流體直接接觸器 10 可以使含有流體的第一反應劑輸送到含有流體的第二反應劑中。舉例而言，可以將燃料輸送到加壓氣體中。燃料導管與稀釋劑導管可以在流體輸送管 130 之上游及下游處，並延著流體輸送管 130 之軸線平行排列。

請參照圖 3，接觸器 10 包括橫截的孔洞 82 及含有夾角的孔洞 86，藉由塗佈的方式可以形成熱絕緣阻隔層 34，藉以保護上游及/或下游的導管，而防腐蝕層 35 可以形成在位於上游之導管上。藉由稀釋劑流體可以控制燃料流經燃料輸送導管中間區域的溫度，而藉由熱保護葉片 40 可以保護燃料導管，以免熱的含有流體之氧化劑流過燃料導管之間。由於熱保護葉片 40 係為波浪型的樣式，因此可以允許熱膨脹的發生，而熱保護葉片 40 之波浪延伸方向亦可以是延著其他的方向延伸。

請參照圖 4，分佈在經向(azimuthal)導管 10 上之多個經向孔洞係在具有輸送管壁 132 之環形輸送管 146 內延著一經向方向排列。含有流體之第一反應劑之小液滴可以在受控制的狀態下，透過孔洞傳送至第二反應劑中或是具有流體之氧化劑中。因此，本方法可以控制第一反應劑在第二反應劑中的分佈情況，故在反應器內，本方法具有較佳的第一反應劑除以第二反應劑之空間分佈比率。

透過孔洞與接觸器可以分佈多種流體。舉例而言，請參照圖 7，其係為孔洞與接觸器的放大立體示意圖，流體 F1、F2、F3 及 F4 可以流經分佈在接觸器導管 10 上的

孔洞 80，而流到橫向分佈流動的流體 F5 中，其中流體 F5 係從入口處 134 流向出口處 136。根據不同的流體，孔洞密度、單位截面積之孔洞數目及/或孔洞方向均會有所差異。

### 多個混合區域

在本發明中，使用者可以控制管距 G 及流體輸送壓力差。請參照圖 5 之放大示意圖，從接觸器導管 10 之孔洞 80 可以射出小且均勻之第一反應劑流體 901 之液滴。

第一反應物之微小噴出物可以分離成小液滴，因此可以在非常窄的空間中噴灑。藉由調整導管 10 之間的間距 G、孔洞的尺寸及流體經過孔洞的壓差，可以使微小的噴出物噴入到導管 10 之間。

如上所述，相鄰的導管之間距 G 係定義有噴出物噴出距離，比如是 90%之導管間距，範圍比如是介於 5%到 200%之間。另外，微小噴出物可以藉由濺到相鄰的導管上並在再由相鄰的導管上彈出，而形成更微小的液滴。

請參照圖 5，在反應器之區域 970 內，上述之流體噴出物會流入到含有流體之第二反應劑 904 中。區域 970 係由延著導管排列之孔洞橫向間距 h 及管距 G 相乘而得，其中管距 G 之延伸方向係橫過含有流體之氧化劑 904 之流動方向，其尺寸比如是  $1\text{mm} \times 10\text{mm}$  或是  $10\text{mm}^2$  或是更小。燃燒器導管 130 之半徑比如是約  $100\text{mm}$ ，而扣除管壁之截面積比如是  $30000\text{mm}^2$ 。在輸送管內比如是具有 3000 個上述的區域，流體可以流經上述的區域，並且可以在上述的

區域內進行混合。另外，使用者亦可以控制在接觸器內流動的流體。

在輸送管的其中一截面積內，使用者可以控制約 100 個上述區域內之流體流動，或者使用者可以控制約 330 個上述區域內之流體流動，或者使用者可以控制約 1000 個上述區域內之流體流動，或者使用者可以控制更多的上述區域內之流體流動。

### 點火混合

請參照圖 4，火焰承載器 100 係靠近孔洞排列處的上游，且火焰承載器 100 具有一點火器 124。一橋接接觸器 19 可以輸送燃料到其他的接觸器中，而另一橋接接觸器 19 可以輸送含有流體之稀釋劑。具有可燃性混合物的橋接區域 972 可以改善燃燒器內的燃燒狀況。

歧管 240 可以輸送流體到接觸器 10 中，而藉由閥門 370 可以控制流體的流量。與清洗閥門 232 連接的多個歧管可以分別用來輸送清洗液。

### 熱稀釋劑流體直接接觸器

藉由加入稀釋劑流體可以減少火焰溫度及燃燒氣體的溫度，因此可以保護燃燒器的元件，並且可以減少氮氧化物的生成。然而，在傳統的技術中，藉由加入過量的氣體或其他壓縮氣態熱稀釋劑會導致高壓能量耗損、抽吸 (pumping) 耗損及寄生能量耗損等。載比如是氣體渦輪之能量轉換系統中，用來壓縮氧化劑流體的能量會消耗掉由擴散器產生的大部分能量。



噴灑型流體直接接觸器系統 2 適於輸送熱稀釋劑流體到氧化劑流體中或燃料流體及氧化劑流體的混合物中。請參照圖 1，液態或氣態的熱稀釋劑可以均勻的噴灑到氧化劑流體中。舉例而言，水或水蒸氣可以噴灑到壓縮空氣中。藉由上述之噴灑型稀釋劑接觸器可以使得位在燃燒器內或反應器流體輸送管內之稀釋劑/燃料的比率具有較佳的一致性。

### 導管及孔洞的結構

在美國專利申請第 10/686,191 號中，Hanan 等人揭露製作位在通道或管道周圍之孔洞的方法，申請日係為在 2003 年十月 15 日，標題為「Method and Apparatus for Mixing Fluid」，以下稱為'''191 專利案。

### 孔洞排列形式

孔洞 80 可以是排列成三角形或六角形的樣式，其具有直徑  $d$ ，且孔洞中心點之間的間距係為  $h$ 。在較佳的情況下，孔洞中心點之間的間距係至少大於三倍的孔洞直徑。導管之表面積除以孔洞總表面積之比率係約略等於  $31.5 \cdot h^2 / p \cdot d^2$ ，或是約等於 9.92。或者，亦可以利用卡笛兒(Cartesian)排列方式，此時導管之表面積除以孔洞總表面積之比率係約略等於  $4 \cdot h^2 / p \cdot d^2$ ，或是約等於 11.5。

經由孔洞 80 可以射出液態燃料之微小噴出物，而藉由配置甚多的孔洞 80 於導管 10 上，可以使得孔洞總表面積除以氧化流體之截面區域之比率達到期望的數值。舉例而言，孔洞 80 比如是排列成具有邊長 6 微米之多個三角

形或是六角形，且直徑比如是約 2 微米，配置在導管 10、11、12、13 之其中一側。就寬度係為 3.5mm 之孔洞 80 而言，每單位長度比如是具有  $0.000105\text{cm}^2$  之面積。

在傳送氣態及液態燃料時，孔洞的尺寸係為一般的尺寸。若是氣態燃料係在低傳送壓力及低密度下傳送時，氣態燃料通過的孔洞之截面積係大於液態燃料通過的孔洞之截面積。就氣態燃料而言，可以配置多個孔洞 80 來輸送氣態燃料；然而，就液態燃料而言，可以提供小的孔洞 80 藉以縮小噴出物的尺寸，並且還要降低傳送壓力。

管距

使用者可以依照孔洞的面積，來調整管距，使得孔洞具有適當的面積，或是在導管間之每單位流量截面積下，具有適當的之孔洞面積。藉由調整壓力差，可以獲得期望之氧化劑/燃料之比值。舉例而言，可以藉由調整管距  $G$ 、孔洞數目、孔洞尺寸、第一或第三流體流經孔洞的壓力差、及第二流體或含有流體之氧化劑經過導管之壓降等，使得氧化劑除以燃料的比值可以是介於 100%到 120%之間，在一般情況下，氧化劑除以燃料的比值可以是介於 25%到 700%之間。

舉例而言，管距  $G$  比如是 7mm。另外，可以將二相鄰導管之總寬度設計成等於管距，比如其中一導管之寬度係為 3.5mm，則管距係為 7mm。孔洞的間距  $h$  至少大於  $3*d$ ，使得導管間之截面積除以孔洞總面積係約略介於 3.93%到 20%之間或以上，其中氧化劑比如是標準氣體。

此外，可以依照孔洞尺寸、密度、流量及液滴尺寸來改變管距，藉以調整燃料/氧化劑流體之壓力比到期望的數值。舉例而言，管距  $G$  可以約等於 7.41mm 或 8.08mm，導管間氧化劑流動的面積除以燃料孔洞 82 之面積的比率係約略為 110% 或 120% 之天然氣之等效比率 (equivalent ratio)，其中孔洞的間距  $h$  係約略為孔洞直徑  $d$  的三倍。

#### 燃料及稀釋劑孔洞的相對位置&導管

本發明可以依照第二流體的流動，來配置燃料及稀釋劑導管的位置，以達到液體蒸發、燃料及稀釋劑之相或間度的改變、保護燃料導管等目的，或者可以預熱燃料，並且可以避免聚合或焦化。

請參照圖 3，係繪示出兩個燃料導管。舉例而言，其中一燃料導管可以輸送比如是天然氣的氣態燃料，另一導管用來輸送比如是柴油的液態燃料。或者，其中一燃料導管可以輸送比如是柴油的高揮發性燃料，另一導管用來輸送比如是 C 級重油 (bunker C) 的低揮發性燃料。氣態燃料導管比如係位在具有大熱通量之一側，藉以避免液態燃料導管焦化。

藉由這些導管的配置，可以在流體輸送管 130 內進行預定的混合過程。如此配置的成本較低，且稀釋劑除以流體的混合比率係大致上為一致性的。

另外，輸送燃料流體的管線係與輸送稀釋劑流體之管線間夾有一夾角。當噴出二流體方向係為不同時，此二流體會產生渦流現象，如此可以達到較大的混合效果。當

燃料流體與稀釋劑流體之噴出方向相互垂直時，燃料流體與稀釋劑流體會產生較大的渦流現象，以利混合。

在燃料導管的上游處及/或下游處配置稀釋劑導管

請參照圖 3，具有孔洞之稀釋劑導管可以配置在具有孔洞之燃料導管的下游處，如此在燃料流體到達火焰鋒面之前，燃料流體有較多的時間進行蒸發反應。液態的稀釋劑在傳送係靠近燃料，使得稀釋劑在燃燒開始處的下游位置會進行蒸發反應。相較於與完全蒸發的稀釋劑進行混合，在燃料流體蒸發率高於稀釋劑流體蒸發率的情況下，將會增加燃燒的穩定度。如果燃料與稀釋劑已預先混合及變成霧狀，在上游處可以輸送更多的稀釋劑，以形成可燃性混合物。

若是將稀釋劑導管配置在下游位置，則會在熱燃燒空氣及下游輻射與上游燃料導管之間形成熱屏障。另外，可以藉由調整下游稀釋劑流體的溫度，來控制位在燃料導管周圍的燃料之溫度上升的情況。舉例而言，一般係將液體燃料的溫度控制在 100℃ 之下，以避免燃料發生聚合反應及焦化現象，並且可以避免燃料孔洞被阻塞。

由於加壓之含有流體的氧化劑之溫度係大於 100℃，因此可以在燃料導管的上游處再配置另一稀釋劑導管，以控制燃料的溫度。舉例而言，請參照圖 3，在燃料導管的上游處及/或下游處可以配置稀釋劑導管。

另一形式之燃料及稀釋劑導管&孔洞

請參照圖 11，透過位在燃料導管與稀釋劑導管周圍

的燃料孔洞與稀釋劑孔洞，可以使流體噴出物噴入到在流體輸送管內流動的第二流體(氧化劑)中。在'191 專利案中揭露可以利用一各或多個孔洞來輸送流體至大部分的區域。舉例而言，請參照圖 11，燃料噴出物 962 與稀釋劑噴出物 966 可以向上游的方向並從含有夾角的孔洞 86 噴出到含有流體的氧化劑 904 中。或者，流體亦可以在下游處從含有夾角的孔洞 86 噴出到含有流體的氧化劑 904 中。而噴出物亦可以垂直於氧化劑流動的方向從正向開口 85 噴出。導管的直徑  $D$  係為橫越輸送管的距離  $H$  減去管距  $G$ 。

請參照圖 11，從孔洞 85 噴出的噴出物可以穿過管間的大部分區域而到達靠近下一位置的導管處；而從含有夾角的孔洞 86 向上游方向噴出的噴出物可以穿過管距  $G$  間的較小部分之區域；而從靠近下游處之含有夾角的孔洞噴出的噴出物亦是穿過管距  $G$  間的較小部分之區域。

因此，子區域 972 係為較多燃料的區域，而子區域 973 係為較少燃料的區域。並且，子區域 972 係為較多稀釋劑的區域，而子區域 973 係為較少稀釋劑的區域。在區域 970 內，要具有至少一較多燃料區域 972，使得可燃性混合物可以噴在流體入口的位置。火焰承載器比如係位在靠近具有可燃性混合物之區域 972 的位置。

藉由上述方式，在區域 970 內可以形成超過兩個的子區域。並且稀釋劑噴出物穿過管距的距離可以是比燃料噴出物穿過管距的距離遠，或者是比燃料噴出物穿過管距的距離近，因此具有較少燃料之混合物的子區域 973(具有

的較多稀釋劑之混合物)可以是靠近導管，而具有較多燃料之混合物的子區域 972 可以是靠近管距間的中間區域。

藉由噴出燃料噴出物與稀釋劑噴出物，並在互相穿過之後，噴出燃料噴出物與稀釋劑噴出物可以噴到到管距間的區域 970 中，如此之噴出過程可以提供甚為均勻之燃料與稀釋劑的混合物。

另外，在燃料孔洞與稀釋劑孔洞的配置上，亦可以使具有較多燃料之混合物的子區域 972 位在靠近導管的位置，而具有的較多稀釋劑之混合物的子區域 973 可以是靠近管距間的中間區域。

藉由形成具有較多燃料之混合物的子區域 972，可以提供穩定的燃燒。然而當稀試劑的含量大於預先混合物之可燃燒邊界時，則可以熄滅點火。在燃燒之下游處，較多稀釋劑之混合物會與正在燃燒的流體混合。如果燃料流體、稀釋劑流體及氧化劑流體系預先混合均勻時，在子區域 972、973 內，稀釋劑係多於可能形成的可燃性混合物。

當使用者欲調整噴出物穿過管距的距離以增加混合程度及形成小液滴時時，噴出物的通道要穿過管距之大部分距離以及/或是噴出物要向上游的方向噴出。當噴出物的通道要穿過管距之大部分距離時，較佳的情況是要使用延著導管半徑方向延伸的孔洞。而短的噴出物適用在較小的抽吸作動及混合程度不需太高的情況下。較多稀釋劑的子區域可以是形成在導管的附近，以幫助導管降溫。舉例而言，較少燃料的子區域 973(較多稀釋劑)係靠近燃料導

管，因此可以使燃燒反應遠離燃料導管，並可以降低進入燃料導管的熱通量。

燃料導管可以平行地配置在稀釋劑導管的下游處，藉以避免在下游處較冷的表面上發生燃料冷凝的現象。

#### 燃料及稀釋劑導管的組合

請參照圖 12，燃料導管 11 及稀釋劑導管 14 係延著第二流體流動方向排列，藉由位在燃料導管 11 及稀釋劑導管 14 周圍的燃料孔洞及稀釋劑孔洞，比如是延著導管半徑方向延伸的孔洞 85 及夾有角度的孔洞 86，可以形成較多燃料的子區域 972(較少的稀釋劑)與較少燃料的子區域 973(較多的稀釋劑)或是更多的燃料與稀釋劑混合均勻之區域。導管的排列方式比如是可以延著輸送管的半徑方向延伸或是位在輸送管的周圍。

請參照圖 12，向上游方向並從燃料導管 11 上含有夾角的孔洞 86 所噴出之噴出物係穿越管徑的部分通道。如圖所示，從孔洞 86 噴出的噴出物係穿越管徑的三分之二的距離，而具有較多燃料混合物的子區域 972 係位在管距  $G$  之三分之一及三分之二的距離。

稀釋劑導管之孔洞的形式可以是類似於'191 專利案中的圖 26 及圖 27。如此排列之稀釋劑孔洞會使稀釋劑噴出物 966 從稀釋劑導管 14 噴出，橫越過大部分的管距  $G$ ，而形成靠近下一個稀釋劑導管 14 之較少燃料區域 973。或者，稀釋劑噴出物可以橫越過管距  $G$  的中間區域，或是橫越過管距  $G$  之四分之三的距離。

燃料噴出物與稀釋劑噴出物的重疊現象可以幫助燃料及稀釋劑的混合，並且可以形成較多燃料區域 972 及較少燃料區域 973。

因此藉由形成孔洞及控制流體的壓力，可以分別控制燃料噴出物及稀釋劑噴出物之方向及橫越管距 G 間距離，並且可以控制形成至少一較多燃料區域 972 及至少一較少燃料區域 973 於管距 G 間的位置。

藉由控制燃料及稀釋劑的流動、及控制在導管上游稀釋劑混合於氧化劑流體中的含量，可以調整較多燃料區域及較多稀釋劑區域之燃燒特性。在較多燃料區域 272 內，係形成有可燃性的混合物；在較多稀釋劑區域內，稀釋劑的濃度較高，可以快速地與能量流體或燃燒流體混合。如此，可以具有較穩定的火焰，且可以快速地冷卻火焰以降低氮氧化化合物的形成。如此有效率地與氧化劑混合可以增進燃料及一氧化碳的燃燒。

另外，區域 970 所構成之方法可以是相同於'191 專利案中圖 28 及圖 29 所示之形成孔洞及噴出物的方法，其中噴出物僅橫越管距間的部分區域。

混合的子區域形式

請參照圖 13，藉由控制燃料噴出物與稀釋劑噴出物，可以控制較多燃料區域 972 及較少燃料區域 973 於流體區域 970 內的位置。舉例而言，可以使用二、四、六或更多個燃料及稀釋劑噴嘴。在區域 970 內，較多燃料區域 972 與較少燃料區域 973 係交錯排列。



在延著導管軸線的方向上，較多燃料區域 972 係位在較少燃料區域 973 的旁邊。如此，當較多燃料區域 972 開始燃燒時，此燃燒的區域係點綴在較多稀釋劑區域之間，如此稀釋劑可以快速地與燃燒的物質混合。因此可以有效地幫助在燃燒區域內之燃料與稀釋劑的混合，藉以增加較多燃料區域 972 之燃燒穩定度。

請參照圖 13 的左側，在至少一區域 970 內，較少燃料區域 973 係位在管距的中間及位在靠近導管的位置，而較多燃料區域 972 係位在管距間之三分之一與三分之二的位置，如圖 12 所示。

藉由位在燃料導管 11 及稀釋劑導管 14 上之延著導管半徑方向延伸的孔洞 85 及夾有夾角的孔洞 86，可以形成如圖 13 所示之較多燃料區域 972 及較少燃料區域 973 的相對位置。在圖 13 最右側之區域 970 中，較少燃料區域 973 係位在管距間之三分之一與三分之二的位置，而較多燃料區域 972 係位在管距的中間及位在靠近導管的位置。

在'191 專利案中還揭露較多燃料區域與較多稀釋劑區域係為非對稱集中的樣式，且本方法可以提供橫越導管間距之溫度梯度及延著導管延伸的溫度梯度。

連結彎曲的燃料導管及稀釋劑導管

請參照圖 53，燃料流體通道及稀釋劑流體通道包括比如是排列成圓柱形之導管 16 之孔洞 80。或者，燃料流體導管及稀釋劑流體導管可以纏繞在一起，或是形成其他對等之具有多通道的導管。或者，燃料流體導管及稀釋劑

流體導管可以背靠背地纏繞在一起，而每對導管之間的間距係為  $G$ 。或者，燃料導管及稀釋劑導管可以向上游/下游方向，相互纏繞在一起，而每對導管之間的間距係為  $G$ 。

#### 曲線型導管

燃料流體導管及稀釋劑流體導管可以是平行的弧狀、圓環狀、螺旋狀或類似的曲線形狀。上述的這些導管可以裝設於截面為圓環狀的輸送管 144 中、截面為長方形的輸送管 145 中、截面為曲線形式之輸送管中、或是其他形式之曲線流起輸送管 130 中，而燃料流體導管及稀釋劑流體導管可以向上游/下游方向平行地排列。這些曲線型導管可以與延著半徑方向延伸的歧管 240 連接。

導管的分佈可以是連續地螺旋狀，或是其他類似的空間結構。燃料流體接觸器及稀釋劑接觸器可以裝設在角(horn)的結構中，且可以向上游或下游相互平行地排列。

#### 具有平行線性排列之孔洞的通道或接觸器導管

由孔洞或接觸器導管所構成之燃料流體通道及稀釋劑通道，比如是在長方形的流體輸送管 145 中，向上游或下游相互平行地排列。

#### 含有夾角的導管排列

燃料流體導管與稀釋劑接觸器導管之間夾有一角度。舉例而言，液態燃料導管係垂直於輸送水之導管的上游處或下游處，而垂直的排列會產生渦流，相較於平行排列的方式，垂直的排列會使下游有較佳的混合效果。

#### 窄的熱稀釋劑流體間隙

在液態燃料與氧化劑流體預先混合的狀態下，當回閃(flashback)從燃燒處退到預先混合區域時，是很危險的。位在燃料直接接觸器 13 與稀釋劑直接接觸劑 14 之間的區域係為預先混合區域，此區域含有由燃料與氧化劑所構成之可燃性混合物。稀釋劑流體導管之間的間距  $G$  比如是窄的，以形成屏障，用以避免回閃從燃燒處退到預先混合區域。如此，可以減少爆炸的風險及燃燒器毀壞的情況。

由於燃料-氧化劑混合物可能會有爆炸的危險，因此位於相鄰稀釋劑流體導管 14 間的間距  $G$  要小於燃料-氧化劑流體混合物之最大實驗安全間距(MESG)。舉例而言，用於甲烷氣體燃燒之燃燒器，位在相鄰稀釋劑導管 14 間的間距  $G$  要小於甲烷氣體之最大實驗安全間距，比如是約 1.12mm，但是會依照邊界條件有所修正，其中稀釋劑導管 14 係位在甲烷氣體預先混合區域的下游處。

稀釋劑接觸器 14 與氧化劑流體輸送管之管壁 132 之間的間距亦要小於最大實驗安全間距，故藉由直接接觸器可以避免火焰波及或爆炸的發生。本發明並不限於此，任何燃料與氧化劑之混合物均適用於本發明，但值得注意的是，管距  $G$  要小於最大實驗安全間距。

為了改善稀釋劑輸送導管 14 之邊際熱容量，可以將導熱片配置在稀釋劑輸送導管 14 之上游處或下游處，而導熱片之間的間距係小於最大實驗安全間距。為了有效地避免回閃，在輸送及混合流體與氧化劑之前，需要先噴出稀釋劑。

## 快速置換安裝元件

在燃燒器的上游端可以配置內部快速置換安裝元件 57，藉以快速地移除或安裝火焰承載器 100 及/或點火器 124。在燃燒器的下游端可以配置外部快速置換安裝元件 57，藉以快速地移除或安裝於開口上，故可以方便且快速地移除及或安裝排列之接觸器。

## 傳送及混合燃料及氧化劑

### 燃料流體直接接觸器

燃燒係為一放熱反應。請參照圖 28，流體直接接觸器系統 2 係用於噴灑燃料流體到氧化劑流體中，其中燃料流體比如是液態或氣態的碳氫化合物或是其他含有碳及/或氫的燃料流體，而氧化劑流體比如是氣體、富氧氣體或氧氣等。

燃料流體接觸器可以緊密且均勻地配置在氧化劑流體中，因此燃料流體可以小液滴的形式噴出。藉由流體直接接觸器可以將多個均勻之燃料流體的小液滴噴灑在位於燃燒器內流動之氧化劑流體中。如此緊密分佈，燃料流體會產生小渦流或紊流等現象，且可以將燃料流體之噴出物變成小液滴的形式。並且，可以避免因為混合及燃燒燃料流體所產生的熱衝擊，故本發明具有較佳的混合效果。

如上所述，當燃料流體及稀釋劑流體均勻地噴入於氧化劑流體中時，可以變成小且單分散(mono-disperse)之液滴的形式。

相較於習知技術，本發明之流體接觸器可以噴出較

均勻的燃料流體於氧化劑流體中，因此燃燒器具有較均勻之氧化劑/燃料之  $\lambda$  值。

透過燃料流體直接接觸器來輸送燃料流體

透過燃料流體直接接觸器 11 可以將燃料流體或反應劑輸入於燃燒器中，並且燃料流體可以與氧化劑流體混合。黏著的燃料流體可以事先預熱，藉以降低燃料流體的黏滯性，並且可以在較低壓力的情況下，以小液滴的形式傳送燃料流體。

在燃料流體之預熱溫度很熱的情況下，當燃料流體之噴出物噴入到具有較低壓力之氧化劑流體中時，噴出物內會產生蒸氣泡泡，此時在噴出物內的泡泡會快速地擴張且破掉。同理，本發明亦可以輸送具有很熱之液體熱稀釋劑之燃料，因此稀釋劑之噴出物會具有泡泡且會擴張，影響到位在周圍的燃料流體噴出物，使得燃料流體噴出物會變得更小。因此，藉由本發明之預熱傳送方法，可以提高燃料流體與氧化劑流體及稀釋劑流體的混合度。

噴出很熱之燃料流體的孔洞尺寸

當很熱的燃料流體之噴出物噴出時，會形成泡泡於燃料流體之噴出物內，且泡泡會破掉，因此燃料流體之噴出物可以變成更小的液滴形式，如此液滴的尺寸可以小於孔洞 80 的尺寸。舉例而言，孔洞的直徑尺寸比如是 15 微米到 30 微米，而液滴的直徑尺寸可以到達約 4 微米，視預熱的程度而定。

在不焦化的狀態下預熱燃料流體

藉由熱交換器可以預熱燃料流體，其中熱交換器可以從擴散器之下游處之已擴張的流體中汲取出熱能，其中已擴張的流體比如是已用過的流體或是廢氣，藉以提生熱效率。在加熱大於四個碳原子之碳氫化合物時，必須要控制外界溫度大於或小於一溫度區間，以避免產生焦化或聚合化的現象，上述可以參考 1992 年 ASTM STP 之 1138 頁中由 Kirkin 及 David 所提及的部分。舉例而言，流體噴出物的溫度比如是小於約 373K(100°C 或 212°F)，或大於 573K(300°C 或 527°F)。

透過熱交換器可以用來接熱燃料流體，然而他有下述的限制。燃料流體所加熱到達的溫度必須是要使燃料流體不能夠聚合化或是焦化，以避免孔洞被完全或部分阻塞，並且燃料流體的氣體壓力要大於燃燒器內之流體的壓力。

熱流體係相對於燃料流體位在熱交換器之另一側，透過控制熱流體的溫度，可以使燃料流體低於熱解、焦化或聚合化的溫度，藉以避免燃料流體發生聚合化或焦化的現象。透過控制熱交換器之管壁的溫度下降，可以使熱流體的溫度不超過可容忍的最高溫度。

#### 熱流體的直接加熱

透過直接接觸熱交換器可以使熱稀釋劑流體與燃料流體混合。在較佳的情況下，可以使用至少一直接接觸器柔和地混合熱稀釋劑流體與燃料流體，透過輸送管係傳送較大體積的流體，而透過直接接觸器係傳送較小體積的流

體。透過直接接觸器可以使熱固體粒子之流化流體與流體混合，藉以直接或間接地加熱燃料流體。

快速分佈很熱的液體&孔洞尺寸

本發明可以將燃料流體及/或液態熱稀釋劑流體加熱到很高的溫度，使得噴入到燃燒器內的噴出物內會存在有泡泡，當噴出物破掉時，燃料流體可以形成更小之液滴的形式。在較佳的情況下，可以使用比如是甲醇或乙醇之純燃料，如此並不會產生聚合化或焦化的現象。因此，孔洞的尺寸可以是大大於液滴的尺寸，並且透過加熱液體以生成泡泡及使液滴破裂的現象，可以達到小液滴尺寸的目的。

雙流體直接接觸器

在流體直接接觸器內亦可以具有兩個通道，比如是透過相鄰的流體通道來傳送稀釋劑流體及燃料劑流體。

爲了減少燃料在取得上的風險及價格波動的風險，可以藉由直接接觸器 11 噴出至少二種以上的燃料於燃燒器中，而液態或氣態的燃料可以透過雙燃料接觸器 11 之一個或兩個通道來傳送，比如是傳送天然氣及/或柴油。

結合的雙燃料直接接觸器

在氣態燃料接觸器 13 內的氣態燃料所噴出的截面積一般係大大於液態燃料接觸器 12 之孔洞的截面積，此乃因爲流體密度的不同、流體黏滯度的不同、氧化劑/燃料之 $\lambda$ 比率不同、噴出係數的不同及噴出壓力的不同等。爲了使氣態燃料有足夠的噴出截面積，可以調整孔洞 80 的數目及尺寸，並且沒有孔洞之流動區域的截面積除以燃料孔

洞之截面積所得之比率係小於氧化劑流體除以氣態燃料之體積比率。

上述的方法可以應用在傳輸液態燃料及氣態燃料之燃料直接接觸器 11 上，或是應用在分開的氣態燃料接觸器上。如此可以減少氣態燃料所需之接觸器區域，並且可以調整氧化劑除以燃料之比率，比如  $\lambda$  值係介於 50% 到 800% 之間，在較佳的情況下， $\lambda$  值係介於 100% 到 120% 之間。

#### 雙燃料直接接觸器

在一實施例中，燃燒器內比如是具有不同孔洞尺寸之二燃料直接接觸器 11、一氣態燃料接觸器 13 及一液態燃料接觸器 12。舉例而言，氣態燃料具有較大的孔洞 80，而液態燃料具有較小的孔洞 80。利用閥門的切換可以將氣態燃料傳輸至氣態燃料接觸器 13 與液態燃料接觸器 12 中。相對於分開的氣態燃料接觸器 13，本發明可以減少氣態燃料所需之孔洞截面積。

#### 雙燃料接觸器的位置

氣態燃料接觸器 13 比如係位在液態燃料接觸器 12 的上游，藉以避免液態燃料塗佈到下游的導管上。受到下游的燃料導管 12 及液態燃料噴出物的影響，可以增加氣態燃料及液態燃料與氧化劑燃料之氣態混合。

若是沒有聚合化的問題，其燃料流體比如是甲醇，液態燃料導管 12 亦可以配置在氣態燃料導管 13 的上游處。藉由將導管配置在下游處，則可以將較大之液態燃料



噴出物解體。

孔洞尺寸&雙燃料直接接觸器的距離

雙通道燃料接觸器 16 比如是具有兩個燃料流體通道 15，一個是用來傳輸液態燃料，另一個是用來傳輸氣態燃料。當使用液態燃料時，透過氣態燃料通道可以用來傳輸稀釋劑流體及/或氧化劑流體。氣態燃料通道比如是位在液態燃料通道之下游處，可以避免液態燃料因為受到燃燒的熱而聚合化或焦化。導管之截面比如是流線型的樣式，以減少阻力。

通道之孔洞的數目及尺寸會受到壓力比、導管與輸送管之間的壓力差、流體黏滯度、每單位體積所燃燒的熱及需要的流量等因素所影響。

燃料接觸器

燃料孔洞的分佈

流入之氧化劑流體的速度會隨著流經燃燒器之位置的不同而變化。一般而言，接觸器之入口處的速度圖表是需要量測的。接著，便可以算出流體的速度分佈，其中流體速度會因為孔洞 82 之密度不同而改變，使得燃燒器流體輸送管 130 內之氧化劑/燃料之  $\lambda$  比率會達到期望的數值。

燃料孔洞方向及尺寸

氧化劑流體的位置、方向及速度會影響液滴的噴出距離及方向。藉由調整孔洞之位置、方向及尺寸，可以控制從微小噴出口噴出到氧化劑流體中之液滴的漸進線的位置。

置。舉例而言，孔洞的延伸方向可以朝向上游方向，使得噴出的液滴可以橫越氧化劑流體，而到達管距  $G$  之中間位置；若是孔洞的延伸方向係朝向下游方向，則噴出的液滴可以橫越氧化劑流體，而液滴的漸進線軌道係靠近導管軸線。

透過調整孔洞 86 的方向，可以增加或減少液滴的橫向分佈動量，並且可以改變液滴橫越流體的程度。

另外，透過較大的孔洞藉以增加流體的噴出質量及動量，可以增加液滴橫越流體的程度。

#### 燃料壓力差

藉由調整燃料流體之壓力差( $p_i - p_o$ )，使得在高壓及高流速的氧化劑流體中，液滴可以到達到達管距  $G$  之中間位置。而若是降低燃料流體之壓力差，可以使得向下游方向或是延著軸向流動的液滴清潔燃料導管(在混合之前)。

另外，亦可以調整流體經過孔洞 80 的壓力差，以補償氧化劑流體之壓力及/或速度的改變。

#### 燃料-氧化劑壓力差的改變

藉由至少一改變速度之電子或機械裝置 468，可以啟動至少一流體幫浦及/或氧化劑流體壓縮機 407(吹風機或幫浦)。擴散器 440 可以直接或是透過齒輪組 466 驅動氧化劑流體壓縮機 406。

幫浦、壓縮機/吹風機 406、407、408、412、416 之移動記量器 580 或對應之旋轉啟動器 374 可以驅動燃料流體、稀釋劑流體及氧化劑流體。舉例而言，高解析度之光

學旋轉編碼器 582 可以是裝配在燃料幫浦上或稀釋劑幫浦上，而類似的高解析度之光學旋轉編碼器 584 可以是裝配在壓縮機 406 及/或吹風機 407 上。藉由絕對壓力或壓力差感測裝置 554 可以偵測壓縮機 407、擴散器 440 及再壓縮器 502 之壓力。藉由這些裝置及感測器可以精確地控制氧化劑流體除以燃料流體之傳送壓力的比值，並且可以控制氧化劑流體及燃料流體之相對流率。

### 多通道接觸器導管

請參照圖 3，在接觸器導管內可以形成兩個、三個、四個或更多個通道，以形成多通道接觸器導管。而請參照圖 40 及圖 42，多通道導管 220 可以用來傳送多種流體，這些通道比如是燃料流體通道 104 及稀釋劑流體通道 106。

### 三通道直接接觸器

請參照圖 38，多通道直接接觸器導管 26 比如具有三個鄰接的流體通道。在多通道接觸器導管內之通道比如是延著流體的流動方向排列，藉以減少氧化劑流體所受的阻力及其壓力降。

燃料流體通道 104 比如是靠近多通道導管 26 之中間的位置，稀釋劑流體比如透過稀釋劑流體通道 106 傳送，其中稀釋劑流體通道 106 比如係位在燃料流體通道 104 的上游處或下游處。當熱氧化劑流體在流過燃料流體通道 104 的周圍時，藉由上游的稀釋劑流體通道 106 可以保護燃料流體，以避免有過熱的現象。藉由下游的稀釋劑流體通道

106 可以保護燃料流體，以避免因下游燃燒而有過熱的現象。

燃料流體的孔洞及稀釋劑流體的孔洞之數目、位置及方向係可以調整的。孔洞 85 係延著直徑的方向延伸，並且噴出物可以經由孔洞 85 而以垂直於氧化劑流體流動的方向噴出。而透過夾有角度的孔洞，噴出物可以向上游方向或下游方向噴出到氧化劑流體中。

在上游/下游部分之流體通道截面積之形式係可以調整成流線型的形式，以減低氧化劑流體的壓降，並且流體通道要有足夠的強度，可以承受因為氧化劑流體所產生的折彎應力。而藉由調整管壁及導管之非圓形的程度，使得流體通道可以承受住設定的噴出壓力。熱絕緣阻隔層 34 可以塗佈在管壁上。

#### 多通道導管與歧管的連接

多通道接觸器導管 220 可以連接至多通道歧管 246。另外，藉由將導管連接亦可以形成鄰接的通道。再者，藉由將稀釋劑流體通道配置在燃料導管的周圍處，可以冷卻流體導管，其中稀釋劑流體通道比如是水冷卻劑通道。再者，請參照圖 31、圖 32 及圖 36，背對背的 D 型通道或雙通道導管 16 可以用來輸送燃料流體及稀釋劑流體。

在多通道接觸器導管 220 的一端，可以關閉燃料流體導管；而在多通道接觸器導管 220 的另一端，可以關閉稀釋劑流體導管。燃料流體通道的開放端可以連接到燃料流體歧管 242，而在多通道接觸器導管 220 的另一端，稀

釋劑流體通道可以連接到稀釋劑流體歧管。因此，在多通道接觸器導管 220 之至少一端，燃料流體通道及稀釋劑流體通道可以連接到多通道流體歧管 246。

#### 流線型尖端樣式之三通道接觸器

請參照圖 39，三通道接觸器導管 28 係具有曲線型式的外壁且具有孔洞。稀釋劑流體通道比如是位在燃料流體通道的上游處或下游處，藉以避免燃料流體受到熱氧化劑流體或燃燒所散發出的熱量之影響，而有過熱的現象。稀釋劑孔洞可以噴出靠近燃料之稀釋劑，並且可以噴出稀釋劑流體，而稀釋劑流體可以通過附近的火焰鋒面。

三通道接觸器導管 28 之外壁係具有凹陷的形式及凸起的形式，類似弦月的形狀。導管 28 係為流線型的樣式，其中導管 28 之頂端係指向上游處，而導管 28 之另外兩頂點係指向下游處。因此燃料在傳送時，可以避免燃料黏滯在接觸器的外壁上，並且可以避免焦化的現象。

在三流體通道接觸器導管內，靠近燃料通道 15 的下游外部處，係具有燃料噴出孔洞 86，與氧化劑流體之流動方向夾有一夾角。此種結構可以避免燃料流體滴下到導管的側壁上，並且可以避免燃料流體受到熱氧化劑流體或燃燒所散發出的熱量之影響，而有過熱的現象。

在稀釋劑流體通道 17 的下游側壁上，係具有稀釋劑流體孔洞 83，其中稀釋劑流體孔洞 83 係向下游的方向延伸，亦即係延著氧化劑流體之流動方向及輸送管之軸向方向延伸，而不是延著接觸器的軸向方向延伸。孔洞 84 可

以是用來輸送稀釋劑流體，稀釋劑流體可以流經下游的火焰鋒面，使得液態的稀釋劑流體可以在燃燒的氣體中蒸發。如此，在三通道接觸器靠近頂點的部分可以減少渦流的情況發生，以避免燃料流體退回到三通道接觸器的下游處。而位在下游處之稀釋劑孔洞 86 比如是朝外並夾有一角度。

燃料通道 15 可以被隔絕保護，以避免燃料流體受到上游之熱空氣或下游之燃燒所散發出的熱量所影響。熱絕緣阻隔層 34 可以塗佈在燃料通道 15 上，但是除了孔洞 82 以外。熱絕緣阻隔層 34 可以覆蓋在稀釋劑流體通道 17 的外表面上，但是除了稀釋劑孔洞 83 以外。熱絕緣阻隔層 34 可以覆蓋在面對下游的表面上，此表面係會接收由燃燒或熱空氣所發出的熱輻射。

就製程而言，係先將熱絕緣阻隔層 34 塗佈於導管 10 上，然後再利用雷射鑽孔的方式形成孔洞 32，其中雷射會穿過熱絕緣阻隔層 34 及位在下面的管壁 30 到流體通道 15、17 中。若是欲做出小直徑之孔洞，可以透過兩道步驟完成，首先係鑽大直徑的孔洞，此孔洞係穿過熱絕緣阻隔層及部分的管壁，如此僅剩下薄的管壁 32。接著，可以再利用雷射鑽孔的方式，以形成小半徑的孔洞，此小半徑的孔洞係穿過剩下之薄的管壁 32。或者，可以先將阻障層形成在孔洞處，接著再塗佈熱絕緣阻隔層到管壁上，之後再將阻障層移除。

在高壓比的情況下，輸入的氧化劑流體(壓縮空氣)會

因為被壓縮而使得溫度提高超過燃料流體焦化或聚合化的溫度，然而藉由熱絕緣阻隔層可以保護燃料流體避免被焦化或被聚合化。當然料導管暴露在燃燒輻射或熱循環空氣下，可以塗佈熱絕緣阻隔層於燃料導管上。

使用者可以調整冷卻劑流體的流動及溫度，藉以使燃料流體的溫度低於被焦化或被聚合化的溫度。舉例而言，當燃料流體係為具有四個碳原子以上的碳氫化合物時，燃料流體噴出物的溫度比如是小於約 373K(100°C 或 212°F)，或大於 573K(300°C 或 527°F)。如此，可以避免因為燃料流體產生焦化或聚合化的現象所導致之阻塞孔洞 80 的情形，故燃料流體可以在低於被焦化或被聚合化的溫度下，流出孔洞。

就形成尖形結構之製程而言，首先要將一薄板形成相互堆疊之一較大的凸圓弧面及一較小的凹圓弧面，並接合此相對之二圓弧面的邊緣處，以形成燃料流體通道 15。一第二薄板係連接在燃料流體通道 15 的上游處，且具有較大的凹圓弧面，其凹口係面向下游處，藉由黏著材料 39 可以將第二薄板之邊緣處與燃料流體通道 15 靠近邊緣處的位置連接，以形成上游的稀釋劑流體通道 17。一第三薄板係連接在燃料流體通道 15 的下游處，且具有較小的凹圓弧面，其凹口係面向下游處，藉由黏著材料 39 可以將第三薄板與燃料流體通道 15 之下游處靠近邊緣的位置連接，以形成下游的稀釋劑流體通道 17。

如圖 38 及圖 39 所示之流線型之三通道接觸器可以

是利用擠壓成型或灌模固化的方式做成。或者，可以利用多片薄板堆疊的方式製成，如圖 36、圖 37 及圖 38 所示。或者，可以利用多片圓弧片接合的方式，形成三通道接觸器，如圖 39 所示。

### 氧化劑流體系統

#### 輸送第二流體/氧化劑流體的輸送管

含有流體的第二反應劑(比如是含有流體的氧化劑或氧化劑流體)可以是經由輸送管 130 傳輸至接觸器 10 的位置。或者，氧化劑流體可以是經由接觸器 10 噴到延著下游方向延伸的輸送管 130 中，比如係將接觸器配置在輸送管的上游開始處。

#### 壓力導管

請參照圖 28 圖，壓力導管 172 可以環繞在輸送管 130 及接觸器 10 的周圍處。當輸送管內反應流體的壓力大於外界壓力時或與外界壓力之間存在有壓力差時，藉由壓力導管 172 的配置，則可以輸送此高壓的反應流體。經由輸送壓力通道 176 或穿過壓力通道 172 壁面之通道，可以傳送燃料流體及/或熱稀釋劑流體到燃燒器中。

#### 冷卻壓縮的氧化劑流體

當壓縮的氧化劑流體在高壓縮比的情況下，氧化劑流體的溫度係大於燃料流體聚合化或焦化的溫度，此時一般需要將熱的氧化劑流體冷卻。利用位在低壓縮機 408 與高壓縮機 412、416 之間的表面熱交換冷卻器 410、414 並透過冷的稀釋劑流體可以冷卻熱的第二流體，而熱的稀釋



劑流體可以傳送至燃燒器中。

稀釋劑流體可以經由稀釋劑流體接觸器 14 或噴嘴輸入到壓縮器 407、408、412、416 中。透過直接接觸器的預冷卻器 404 可以將流體輸送到吹風機或壓縮機的入口處 409，並且可以冷卻壓縮的氣體。如前所述之流線型的稀釋劑流體接觸器 14 可以是作為直接接觸器的預冷卻器 404。

如此，可以減少冷卻時的壓縮能量，而本發明冷卻時的壓縮能量會低於絕熱壓縮所需的能量或接近等溫壓縮所需的能量。如上所述，本發明可以提供準等溫(quasi-isothermal)壓縮所需的壓縮能量。

為了避免燃料流體被焦化或被聚合物化的問題，後冷卻器 417 可以用來冷卻熱的氧化劑壓縮流體，而熱的稀釋劑流體可以向下游輸送到燃燒器中。

### 擴散器

習知擴散器係用來降低氧化劑輸送系統(壓縮機)出口處的流體速度。然而在習知技術中，擴散器係無法有效控制氧化劑流體之軸向流量。請參照圖 14，多通道擴散器 420 可以是具有一入口 134 及一出口 136，氧化劑壓縮流體可以從入口 134 進入，而較低速度的流體可以從出口 136 處流出。擴散器 420 具有多個葉片 421，可以有效地減少流體的速度。歧管 240 係傳送比如是稀釋劑的流體到擴散器 420 之出口處附近。擴散器葉片支撐器 429 可以用來支撐擴散器葉片到擴散器導管壁面 132 上，而副歧管 254 可以

用來輸送流體到接觸器導管中。詳細的接觸器導管及擴散器葉片之詳細放大示意圖可以參照圖 15、圖 16、圖 18 及圖 19。

由於多通道擴散器 420 具有多個分開的葉片 421，因此可以降低氧化劑流體的軸向速度，故使用者可以在不爆破的狀態下，增加流體流動的平均速度。

適於氧化劑流體流動之擴散器尺寸

利用可蒸氣化的熱稀釋劑(比如是水及水蒸氣)來取代過量的氣態熱稀釋器(比如是壓縮氣體)，可以大量減少壓縮機 407 所需的尺寸(小於貧油燃燒所需之壓縮器的 65% 的尺寸)。如此會減少氧化劑流體的流量，並且位於壓縮器 407 與燃燒器 56 之間的擴散器 420 要能夠承受氧化劑流量的大幅改變。由於具有較小的流體流量，故可以降低擴散器的抽吸耗損。

分開的擴散器葉片

請參照圖 14，擴散器葉片 421 係用來控制氧化劑流體的擴張，其中擴散器葉片 421 係至少四片以上，較佳的情況係為六片以上，更佳的情況係為七片至十七片之間，而由擴散器葉片 421 所形成的通道係至少五個以上，較佳的情況係為七個以上，更佳的情況係為八個至十八個之間。相較於習知沒有使用葉片的擴散器，本發明之擴散器可以改善流體的流動速度。

請參照圖 14，考慮葉片厚度的限制及入口處附近的邊界形狀，分開的擴散器葉片 421 之軸向長度必須要做適

當的修正。因此，一個葉片係先從擴散器開口處分割擴散器成兩個空間；而向下游經過一段距離後，可以利用兩個葉片再分割此兩個空間，而形成四個空間；之後，可以利用四個葉片再分割此四個空間，而形成八個空間，如此可以形成八個擴散器流體通道。

若是需要更均勻流動的流體，則可以分割成十六個流體通道。或者，兩個葉片係先從擴散器開口處分割擴散器成三個空間；而向下游經過一段距離後，可以利用三個葉片再分割此三個空間，而形成六個空間；之後，可以利用六個葉片再分割此六個空間，而形成十二個空間，如此利用十一個分開的葉片可以形成八個擴散器流體通道。

擴散器之葉片間的夾角

請參照圖 14，藉由調整相鄰葉片 421 之間的夾角  $\beta$  及擴散器之軸向長度，可以減少抽吸作功的成本、資產成本及維修成本。當葉片的表面積增加時，會增加流體流動的表面摩擦力；當葉片之間的夾角  $\beta$  減少時，會減少擴散器或紊流的耗損；當葉片數目及表面積增加時，會增加資產成本；當葉片因為操作而被弄髒時，會因為葉片的數目及運作時間，而增加抽吸的作功及清潔成本。

葉片之間的夾角  $\beta$  通常是調整至可以使抽吸作功達到最小值的區域。在考慮配置額外葉片之較高的資產成本及保修成本的情況下，葉片之間的夾角  $\beta$  通常是稍微大於可以使抽吸作功達到最小值之葉片之間的夾角。在較佳的情況下，葉片之間的夾角  $\beta$  係小於可以使資產成本達到最

小值之葉片之間的夾角。

擴散器擴張的紊流耗損及表面摩擦耗損會導致流體抽吸成本的增加，因此可以增加葉片的數目以避免上述的情況發生，然而較佳的情況是可以藉由調整葉片之間的夾角，以減少因為增加葉片數目所增加資產成本的淨現值。舉例而言，葉片之間的夾角係介於 4 到 16 度之間，較佳的情況係為介於 6 到 13 度之間，更佳的情況係為介於 8 到 10 度之間。

#### 擴散器入口處的質量流量

在擴散器入口處之質量流量變異係可以量測出來的。請參照圖 22，在壓縮機出口處之壓縮氣體的速度及質量流量，在徑向方向上係具有較大的變異。如同圖示中倒拋物線的曲線，在靠近葉片及外壁處的部分係具有較低的速度，而在偏外側的中間區域，係具有較高的速度。就流體的向心加速度而言，徑向方向分佈的壓力曲線係在愈外側愈高。若是將外壁及葉片進行冷卻，則徑向方向分佈之溫度曲線在邊緣處會較低，而在中間區域會較高。

藉由上述的壓力分佈曲線及溫度分佈曲線，在比如是出口處的軸向位置上，可以計算出徑向流體密度的分佈曲線或是平均值。藉由流體密度的分佈曲線及速度曲線可以計算出徑向質量流量的分佈曲線，而將徑向質量流量分佈曲線整合之後，可以獲得從葉片到外壁處之累計質量流量分佈。

#### 葉片入口處與出口處的空間

請參照圖 14，使用者可以得知在擴散器流體通道之入口處與出口處之氧化劑流體流動的分佈，比如是在環狀燃燒器內的橫向或徑向的質量流量分佈。

請參照圖 14，在較佳的情況，切過燃燒器軸線之單位面積的質量流量係為均勻的。另外，葉片間切過流體的間距係為一致的，舉例而言，環狀擴散器之徑向間距比如是一致的。

藉由調整葉片 421 間距及面積，可以在葉片出口處傳送出具有均勻質量流量的流體，而累積質量流量分佈可以分成相等的質量流量部分。由這些質量流量部分可以得到徑向空間及位置，藉以定位出葉片 421 之入口處。

外壁效果的補償

使用者可以控制燃燒器出口處的質量流量分佈及速度分佈，比如是為了渦輪入口處的流動。一般而言，使用者是希望具有均勻的質量流量分佈及速度分佈。在葉片出口處與下游裝置入口處之間的燃燒器外壁係具有一邊界層之阻力結構，可以減少延著燃燒器外壁之流體流動。

爲了補償上述的阻力結構，可以增加靠近內壁或外壁處之葉片之間的間距，如此可以增加靠近內壁或外壁處之流體的流速。當流體到達燃燒器的出口時，流體會受到外壁之阻力的影響而減速，如此在燃燒器內可以形成一致的速度曲線。

速度的阻力

請參照圖 22，可以看出多通道擴散器之速度變異，

在中間處具有最大值，在靠近葉片處具有最小值。而在上游處裝設有葉片 421 之速度變異會小於沒裝設葉片之速度變異。

爲了使速度曲線更爲平滑，在擴散器葉片與燃燒區域之間可以配置一混合區域，藉以減少速度的波動，使得速度的阻力與距離係存在指數關係。藉由控制葉片 421 與下游的燃料流體接觸器及稀釋劑流體接觸器間的距離，可以控制速度曲線受到阻力的程度。

#### 能量流體的空間分佈

使用者可以調整能量流體流出燃燒器的流速。藉由在燃燒器內提供均勻之壓力及流速，可以改善比如是渦輪的下游擴張器的機械作功效能。

流體的剖面分佈亦可以是環狀的方向，並且可以是流速均勻的分佈。

#### 流動&組成分佈圖形

透過直接接觸器的孔洞可以輸送具有期望輸送曲線的流體，並且可以提供期望的組成曲線及溫度曲線。請參照圖 3，可以利用兩個以上的燃料流體輸送導管來傳送多種流體，透過調整孔洞直徑、方向、間距及導管間距可以燃料在噴出時具有甚佳的空間分佈，且具有甚佳的氧化劑/燃料比。

#### 稀釋劑流體輸送到氧化劑流體中

透過加熱的液態稀釋劑可以吸收下游處能量流體所發出的熱，比如是沸水的氣化稀釋劑係不能吸收下游處能

量流體所發出的熱。因此，可以噴出加熱的液態稀釋劑及飽和且溫度高的稀釋劑蒸氣到氧化劑中，以形成稀釋的氧化劑流體，比如是傳送熱水及水蒸氣混河道氣體中。

#### 氣態稀釋劑

藉由蒸氣產生器可以吸收下游擴張器之擴張流體的熱量，以提供加熱的水及水蒸氣作為稀釋劑流體。請參照圖 14，稀釋劑氣體可以經由接觸器導管 10 噴灑到擴散器之出口處的位置，以提供可以使液態稀釋劑及液態燃料氣化的熱量及使得稀釋劑與燃料之間有更多的時間可以預先混合。燃料流體亦可以噴灑在靠近擴散器之出口處的位置，但是必須要避免受到下游元件所導致之回閃的現象發生。

#### 接觸器平行於擴散器葉片

請參照圖 15，位在擴散器下游處附近的直接接觸器可以傳送加熱的稀釋劑液體及氣體。在稀釋劑噴出區域的下游會形成蒸發及/或混合區域，其具有足夠的至流時間使得稀釋劑流體在到達燃料流體噴出區域之前，稀釋劑流體可以被氣化且可以和氧化劑流體混合。液態稀釋劑的噴出孔洞 80 係為在甚熱的氣態稀釋劑噴出孔洞 80 的下游處，藉以改善稀釋劑蒸氣與氧化劑流體混合的程度。

請參照圖 15，接觸器導管 10 係位在擴散器葉片靠近下游端的位置上。飽和或甚熱的水蒸氣 907 可以透過位在擴散器下游的接觸器傳送，然後噴出到混合/蒸發區域。請參照圖 18，導管可以是排列在葉片 421 的下游端。葉片

的寬度可以是相同於擴散器導管的直徑，並與導管連接，而孔洞 80 的方向比如是垂直於氧化劑流體的流向。

接觸器垂直於擴散器葉片

請參照圖 16，稀釋劑接觸器導管 10 係位在靠近擴散器出口處並垂直於擴散器葉片，接觸器導管 10 有支撐擴散器葉片 421 的功能(具有如圖 14 所示之支撐住 429 的功能)。接觸器導管 10 比如是彎曲形狀的，使得接觸器導管 10 可以承受較大的熱擴張應力。

請參照圖 19，接觸器導管 10 係位在靠近擴散器下游之出口處並垂直於擴散器葉片 421，接觸器孔洞 80 的開口方向可以垂直於接觸器導管的延伸方向，並且垂直於氧化劑流體的流動方向。

稀釋劑接觸器孔洞

請參照圖 16 及圖 19，接觸器導管 10 係位在靠近擴散器下游之出口處並垂直於擴散器葉片 421。相較於與擴散器葉片平行排列之接觸器導管(如圖 15 及圖 18)，與擴散器葉片相會垂直排列之接觸器導管可以提供較佳之傳送稀釋劑流體(或燃料流體)之解析度。

請參照圖 16，稀釋劑接觸器係穿過擴散器葉片，且位在擴散器葉片邊緣之上游處。另外，請參照圖 19，徑向延伸之稀釋劑接觸器係位在擴散器葉片邊緣之下游處，且垂直於擴散器葉片。

稀釋劑的噴出速率係與在擴散器出口處之氧化劑質量流量成比例關係，因此使用者可以較精準地控制氧化劑



的稀釋程度。因此可以改善下游燃燒及能量流體之溫度均勻度，且控制稀釋劑的噴出可以調節氧化劑流體之速度波動。

相較於與擴散器葉片 421 相互垂直排列之接觸器，透過與擴散器葉片平行排列之接觸器(如圖 15 及圖 18 所示)噴出之稀釋劑流體所形成之噴出阻力，係可以較有效率地減少位在擴散器通道下游處之氧化劑流體的速度擾動。在擴散器出口處附近會形成渦流，有助於調節氧化劑流體之速度波動。相較於習知技術，本發明可以在較低成本的情況下，達成低速度擾動的目的。

#### 燃料流體孔洞

使用者一般會想要知道在燃燒器內燃料流體噴出之附近區域的氧化劑質流量的傳輸情形。藉由在接觸器上配置燃料流體孔洞可以使燃燒器具有甚佳的氧化劑對流體的分佈情況，比如可以將氧化劑對流體的比率  $\lambda$  控制在甚佳的範圍內。

其中，氧化劑對流體的比率  $\lambda$  比如是介於 1.0 到 2.0 之間；在較佳的情況下，比如是介於 1.01 到 1.49 之間；在更佳的情況下，比如是介於 1.02 到 1.24 之間。而氧化劑對流體的比率  $\lambda$  之平均值比如是介於 1.0 到 1.5 之間；在較佳的情況下，比如是介於 1.01 到 1.24 之間；在更佳的情況下，比如是介於 1.01 到 1.12 之間。

#### 稀釋劑/燃料曲線及溫度曲線

稀釋劑接觸器可以噴出稀釋劑流體，並且可以控制

稀釋劑對燃料的比率有甚佳的數值。透過調整稀釋劑對燃料的比率，可以控制溫度曲線在甚佳的狀況下，並且可以得到較佳的溫度曲線上界及較佳的溫度曲線下界。透過控制稀釋劑之熱焓量，可以調節其溫度曲線。因此，透過控制稀釋劑的輸送情況及稀釋劑的流動比率，可以使稀釋劑/燃料的比率在一範圍內，且其所對應之溫度曲線亦可以在一範圍內。

#### 溫度曲線的修正

在考量紊流、擴散混合、燃燒、噴嘴收縮、壁面阻力及燃燒器內之熱輻射等情況，一般會對溫度曲線作修正，比如可以利用理論推導方式或實驗方式對溫度曲線作修正。

#### 最大流動控制

在壓縮機 407 與擴張器 440 的周圍會有系統浪湧的情況發生，並且會產生最大背壓及速度，而導致有不穩定的情況，且可能會損及壓縮機。因此，使用者通常會設定混合流體的安全流速範圍及壓力範圍。在傳統技術中，比如是空氣之氧化劑流體的流動係在其上限。

在傳統渦輪進行貧油燃燒的情況下，氧化劑流體之 VAST 熱動態循環係低於氧氣流體之 VAST 熱動態循環。透過 VAST 熱動態循環，可以使能量系統之氧化劑流體流動減少至少 35%，較佳的情況係減少 65%，高溫燃燒器及渦輪可以達到貧油燃燒的極限，藉以控制排放物質及/或溫度。舉例而言，在 VAST 循環下，壓縮機功率可以是約

35%或更低之渦輪功率，相較於傳統之 65%的渦輪功率，可以使葉片溫度降至約 1290℃ 到 1525℃ 之間。

當非氣態熱稀釋劑傳送至氣態氧化劑內時，藉由液態熱稀釋劑冷卻的氧氣 VAST 循環僅需要小的壓縮機尺寸，約為習知利用壓縮空氣進行貧油燃燒之壓縮機尺寸的 7%。如此在輸送液態氧氣進行燃燒時，可以達到較小之液態抽吸的目的。

相較於傳統循環或恢復型 Brayton 循環而言，低溫度渦輪 444 之 VAST 熱動態循環僅需要小部分的壓縮空氣。舉例而言，傳統系統係利用水作為稀釋劑及配合 15%之壓縮空氣流動，並利用 667%之過量空氣可以冷卻在微渦輪 444 內的能量流體，而未冷卻之葉片的溫度係約 950℃。

一般而言，使用者會設定在特定壓力下，熱稀釋劑對燃料流體及氧化劑流體之流動比率。並且使用者會設定壓縮機浪湧邊界之操作區域、壓縮機溫度及能量流體的溫度。

#### 流體傳輸到燃燒器中的寬節流比

為了改善節流比，可以配置流體噴灑裝置，每一流體噴灑裝置均可以調整節流比。舉例而言，請參照圖 9，流體噴灑裝置比如是燃料流體接觸器導管 12、13 及稀釋劑流體接觸器導管 14。這些導管係依序排列，以提供較大的節流比，並且透過關閉閥可以控制每一孔洞，藉以有效地控制節流比。由於接觸器導管可以軸向排列，因此可以減少氧化劑流體經過接觸器導管之阻力。

### 相對節流比

請參照圖 9，排列之接觸器導管可以用來傳送燃料流體及/或稀釋劑流體，藉以提高節流比。另外，可以分別配置燃料流體幫浦及稀釋劑流體幫浦，藉以控制燃料流體接觸器及稀釋劑接觸器。或者，透過比如是針閥(needle valve)之控制閥 230 的開或關，藉以控制燃料流體接觸器及稀釋劑接觸器。

每一孔洞比如是具有五倍的節流比，亦即第二孔洞的截面積比如是第一孔洞的五倍，比如是導管 12 及導管 13。當開關閥裝配在較大的導管上時，流量節流比比如是 25。利用第一導管、第二導管或同時利用第一導管及第二導管，可以提供 26:1 之節流比。當調整導管及流量範圍時，會改變節流比的範圍。

流量比是壓力比的平方根。當二導管之面積比係為 5:1 且流量節流比係為 5:1，則總體節流比係為 25:1，因此流量比如是從 4%升到 100%。當經過導管之孔洞的過量壓力差係為 25:1 時，在沒有多個燃燒區域的情況下，壓力比可以為 625:1。

舉例而言，燃燒器內的壓力係大於大氣壓力 40 倍，而量測的過量流體壓力比如是約為 25。流體輸送壓力差係約為 25 倍，範圍係介於 4 bar 到 100 bar 之間，以達成每一組導管具有 5:1 之節流比的目的(比如是約 44 bar 之絕對壓力到約 140 bar 之絕對壓力之間，或是約 647 psi 之絕對壓力到約 2058 psi 之絕對壓力之間)。使用者可以減少每

一導管之流體壓力差的下邊界，而此下邊界係落在燃燒器的絕對壓力  $P_c$  加上需克服孔洞之液體表面張力之壓力附近，如此不需要關閉閥便可以關閉流體，例如是使用比如是水的稀釋劑，並配合小的孔洞。

另外，在傳統的柴油高壓系統內，藉由增加流體輸送的壓力差(比如是約 2600 bar 或 39000psi)，則可以增加節流比。

在考量相對流體密度、相對流率、相對表面張力、黏滯性、溫度、熱容量及液體潛熱等因素，可以調整稀釋劑接觸器導管 14 及燃料接觸器導管 11 之參數，藉以獲得期望之噴射長度、液滴尺寸、蒸發比率及排放物等。

#### 9.10.2 雙導管

請參照專利'191 之圖 60，直接接觸器比如是延著徑向方向延伸，並在圓桶狀之燃燒器導管內延著軸向延伸。接觸器包括歧管 240、閥 370、子歧管 254 及接觸器導管。請參照本發明圖 8 及專利'191 之圖 60，具有閥之多組接觸器導管適於輸送燃料流體及稀釋劑流體。稀釋劑導管及燃料導管可以是平行於流體輸送管之軸線方向排列，藉以減少阻力。

子歧管與開關閥可以與燃料接觸器導管及稀釋劑接觸器導管連接，歧管比如是位在燃燒器之內必或外壁附近的周圍，而接觸器可以是相互連接。

氧氣流體會流過接觸器，可燃性混合物可以是位在燃料接觸器及稀釋劑接觸器的附近。而節流比係超過 3:1，

比如是 4:1、6:1、7:1 或 8:1。

多種範圍的節流比可以提供較大的彈性，藉以控制燃料燃料及或稀釋劑，並且可以提供多種燃料。

火焰承載器的節流比

火焰承載器亦具有節流的功能。透過火焰承載器可以調整稀釋劑及燃料的流動，其比例係類似較大或較小之導管組的尺寸。

火焰承載器比如是小於最小之導管截面積五倍。

氧化劑流體之節流比

藉由氧化劑輸送系統可以較佳地控制氧化劑流體，並且可以配置不同尺寸之吹風機 406 或壓縮機 407，藉以增加節流比，並改善控制的程度。藉由正位移壓縮機 407 可以提供較佳的線性範圍，比如是使用螺旋壓縮機，其比如具有小於 10%之整體尺寸的線性範圍。如此就三倍大或是二十倍大之壓縮機而言，亦可以快速地提供高解析度。

在較寬節流比範圍的情況下，本發明之燃燒器亦可以具有均勻的氧化劑/燃料及稀釋劑/燃料之比率。

分段的稀釋劑-燃料導管組

多段稀釋劑導管組與燃料導管組可以配置在燃燒器內。

舉例而言，燃燒器 56 可以區分成多個區段，而較小區域與較大區域比如是具有 5:1 之角比例。如此，燃燒器之出口處 136 在徑向方向上具有一致的溫度及流體流動。

分開的氧化劑導管

請參照圖 4 及圖 14，多通道擴散器係具有輸送氧化劑流體的導管，其會影響稀釋劑-燃料導管組的配置。請參照圖 8，擴散器通道可以是分開的導管形式，用以傳送氧化劑流體，並且可以改變氧化劑的流動，已配合分開的稀釋劑-燃料導管組的配置。另外，可以配置一閥門，藉以控制燃燒及氧化劑的節流比。

散置的稀釋劑-燃料導管組

請參照本發明圖 8 及專利'191 之圖 60，較小的稀釋劑-燃料導管組比如可以配置在較大的稀釋劑-燃料導管組之間。在分區燃燒器內的分區面積的比例比如為 5:1，在中間可以配置一稀釋劑及燃料導管，而在其周圍配置四個或五個燃料流體導管及稀釋劑流體導管。

### 導管形式

流線型的導管可以增進氧化劑流體的流動，並且可以減少燃燒器之壓力損耗及可以增進系統熱動能。

### 非圓形導管

藉由將面向氧化劑流體流向之截面積縮短，而形成非圓形的導管，可以減少壓降及阻力係數。藉由調整導管之流線程度(亦即為阻力係數  $Cd0$ )及導管間距  $G$ ，可以使寄生抽吸耗損的程度與流體下游混合程度之間達到平衡。

符合空氣動力學的形狀

為了符合空氣動力學，可以將導管下游之截面寬度設計成小於導管上游之截面寬度。低阻力的桿件或對稱的

空氣動力翼面均是流線型的樣式，其截面具有較低的阻力。(在空氣動力翼面比較工具書中，揭露 Selig's S6063 之阻力係數  $Cd0$  係約為 0.005)

#### 橢圓導管

藉由擠壓圓形導管之一對側，可以形成橢圓形導管，其比原型導管有較低的阻力，因此可以減少流體壓降及抽吸耗損。

#### 多通道導管

燃料流體及用來冷卻的稀釋劑可以配置在多通道導管內。這些橫過氧化劑流體之相連結的通道可以在一側噴出燃料流體，而在另一側噴出用來冷卻的稀釋劑流體。

#### 雙通道直接接觸器導管

請參照圖 31，雙通道接觸器導管 16 具有二排孔洞 80，可以分別輸送燃料流體及稀釋劑流體。燃料流體比如是利用靠近上游之導管輸送，而稀釋劑流體比如是利用靠近下游之導管輸送，以保護燃料避免受到下游的熱而有過熱的現象。

傳送燃料之通道與傳送稀釋劑之通道之間存在有一內部管壁 31。由二通道所構成的導管具有流線型的樣式，並且具有甚薄的管壁 30，如此可以減少氧化劑流體流經導管時所產生的阻力及壓降。

#### 背對背的 D 形通道

請參照圖 33，藉由接合材料 39 可以將二 D 形的導管背對背的接合。位於二 D 形的導管之間的內壁係大致上垂



直於氧化劑流體的流動方向，亦即垂直於燃燒器的軸線。由於在兩側邊僅具有單一且薄的外壁，故可以製作出一致形狀的孔洞。

用來傳送燃料流體之燃料導管通道 224 係位在雙通道接觸器導管 16 之上游側；用來傳送稀釋劑流體之稀釋劑導管通道 228 係位在雙通道接觸器導管 16 之下游側。連結壁面的延伸方向比如是垂直於第二流體的延伸方向。凹折形成的雙通道

請參照圖 32，可以藉由凹折薄板的兩側，以形成流線型雙通道接觸器導管，其中薄板的兩側係與薄板的中間區域連接，而雙通道接觸器導管的外圍形狀係類似妥原形的樣式。固定片 40 可以與導管連接。

#### 圖 8 之導管

薄壁形式之雙通道接觸器導管可以壓成橢圓形的樣式，並且在橢圓形的短軸處壓上凹痕，以形成沙漏的形狀，而導管管壁 30 可以連接在中間區域，藉由焊接的方式可以連接導管管壁 30。

#### 啞鈴形導管

請參照圖 34，固定片 44 係位在而流體通道之間，而流體可以流經固定片 44 上。由於固定片 44 係為波浪形狀，可以允許與固定片 44 相連接的導管擴張。

可以將較大的導管配置在中間區域，以形成圖 8 形式的導管，且可以形成啞鈴形導管。長條形的導管可以在橫切兩通道的短軸上具有甚佳的彎曲應力，如此之強度與

硬度係大於個別單一之強度。

#### 燃料-稀釋劑結構

一般使用者希望燃燒器係可以提供穩定的燃燒且可以是有效率地燃燒，以避免氮氧化化合物的產生。稀釋劑在燃燒反應的上游處會先混合，使得在下游處之燃燒反應開始之前，稀釋劑已經氣化。

#### 燃料-熱稀釋劑層次&孔洞結構

藉由燃料孔洞可以燃料、稀釋劑及氧化劑混合，以便於加熱燃燒，混合稀釋劑的目的係要冷卻進行中的燃燒反應，以減少溫度的上升超過上界，因此可以減少氮氧化化合物的生成。

可以藉由調整導管上的密度，調整稀釋劑流體對燃料流體的比率。

#### 燃料流體的軸向分佈&稀釋劑孔洞

藉由調整導管上孔洞 80 的密度，可以調整燃料及/或稀釋劑的蒸發率，以控制燃燒器的溫度。燃燒開始之後，會將稀釋劑蒸發，會增加燃燒穩定度，並且可以快速地冷卻火焰。

雙通道接觸器之燃料流體通道與稀釋劑流體通道可以將燃料流體向上游噴出，而將稀釋劑流體向下游噴出。燃料流體會先氣化及燃燒，而混合在燃料流體及氧化劑流體中的稀釋劑會冷卻此燃燒現象。

藉由調整速度及液滴尺寸，可以控制稀釋劑流體的蒸發情況，使得在燃燒峰值之後，亦即在最大熱釋放率之

後，稀釋劑流體會有蒸發現象。如此一開始燃燒時，燃燒溫度就會快速地增加至燃燒出口溫度。此方法可以快速地使燃燒溫度降溫，並且可以避免燃燒溫度超過朋均溫度值，同時可以減少燃燒器內的溫度變化，亦即可以將模式因子及渦輪曲線因子考量成通一因子。本發明由於可以減少尖峰燃燒溫度及燃燒期間或高溫滯留時間，故減少氮氧化物的生成。

#### 燃料-稀釋劑之液滴尺寸

就液態燃料與稀釋劑而言(比如是柴油及/或水)，液滴的蒸發率係與表面積成正比或是與體積或質量的三分之二次方成正比。藉由調整孔洞 80 尺寸及孔洞數目，亦即藉由調整液滴直徑及液滴數目可以改變液態稀釋劑的蒸發率，如此可以改變液滴的表面積及液滴的蒸發率。在操作上，使用者可以控制液滴尺寸及燃料流體及熱稀釋劑流體的質量流率。

#### 燃料流體-熱稀釋劑流體的孔洞分佈

藉由調整燃料孔洞 82、稀釋劑流體孔洞 83 及軸向孔洞 84 的位置及距離，可以調整燃料流體及稀釋劑流體的軸向噴灑位置，並且可以調整傳送滯留時間、液滴的蒸發區域、蒸發量、燃料流體的蒸發曲線及稀釋劑流體的蒸發曲線。當然，也可以調整固定片的軸向長度及雙通道導管內之燃料流體通道與稀釋劑通道之孔洞距離，以達成上述目的。在專利'191 中，揭露藉由調整孔洞的方向，可以調整噴出物的噴灑方向及燃料及稀釋劑的軸向分佈。

### 三流體反應器建構方法

請參照圖 21 所示的三流體反應器或燃燒器之建構方法。透過接觸器導管可以輸送及混合第一流體、第二流體及第三流體，並且可以使第一流體、第二流體及第三流體進行反應，比如可以輸送及混合燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體，並且可以使燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體進行反應。三流體反應器分佈有多個孔洞，可以在所需流速的情況下噴出反應流體及稀釋劑流體。舉例而言，至少二燃料孔洞及稀釋劑孔洞可以分佈在燃料接觸器及稀釋劑接觸器上，用以噴出燃料及稀釋劑。

在建構方法中，一般是建立流體條件、機械條件及熱化學條件之聯立方程式，並設定系統的限制及邊界條件，並且還要設定方程式軟體工具所需之估計值等參數。之後，要解出聯立方程式。如此，可以得出流體系統的特性。

可以使用各種的解方程式方法，解出系統模組方程式。當要利用線性系統來估計反應器時，可以使用矩陣型線性解方程式步驟。當需要較精確的計算值時，會需要非線性的聯立方程式或參數，此時可以使用重複型非線性解方程式步驟，並且還要設定所需參數之估計值。

### 邊界條件的設定

請參照圖 21，根據傳送到反應系統中的流體特質可以設定基礎邊界條件，基礎邊界條件包括流體之質量流

量、速率、密度、溫度、壓力及輸入流體的濃度。在較佳的情況下，還包括流體特質的橫向分佈，比如是速度的橫向分佈、密度的橫向分佈、及從壓縮機流入到燃燒器內之氧化劑流體的質量流量之橫向分佈。另外，流體特質會受到製程之操作參數影響，比如是適於放熱反應之燃料、氧化劑及稀釋劑之重量及種類。

### 初始化參數

請參照圖 21，依照解方程式的方法或是軟體程式，使用者可以初始化參數及變數。舉例而言，依照不同的解方程式技巧，可以提供所需的初始估計量，在較佳的情況下，使用者可以提供輸出值的初始估計量。這些估計量要對應於所需可能的結果，以獲得反應流體系統之各種參數空間曲線。

舉例而言，爲了要得到孔洞密度之空間分佈及孔洞直徑的空間分佈，孔洞直徑的初始估計量比如可以設定爲 0.1mm，孔洞間距的初始估計量比如可以設定爲 1.0mm，而導管間距  $G$  的初始估計量比如可以設定爲 10mm。雖然期望的輸出係爲非均勻分佈，然而就初始估計量而言，使用者可以假設係爲數值不變的曲線(比如是：單一曲線)或是線性曲線。

初始化參數的數目或控制參數的數目要小於輸出數值的數目，以解出獨立的變數。初始化參數可以是系統的分佈特質或整體特質，包括流體流動的熱化學特質，比如是壓縮機壓力、燃料流體的流率、氧化劑對燃料的比率、

燃燒速度、期望的燃燒器出口速度及期望的燃燒器出口溫度等。初始化參數亦可以是流量特質，比如是噴出物的噴出長度、噴出物的速度及噴出物的錐形角度(*cone angle*)等。而初始化參數亦可以是反應器裝置的物理特質或空間尺寸，比如是導管長度、導管間距  $G$ 、孔洞數目、孔洞間距  $h$ 、孔洞直徑及孔洞方向等。根據解出方法及所需參數的不同，使用者必須要設定某些特質的空間分佈。藉由各種解出方法及軟體，可以初始化某些參數，以解出系統方程式。

#### 解聯立方程式

請參照圖 21，使用者可以藉由數學方程式架構反應器系統之不同特質的相互關係，然後再解聯立方程式。

#### 方程式&參數

請參照圖 21，使用者可以架設系統內之反應器結構及元件的相互關係，比如是張力、導管直徑與導管壓力差之間的關係。使用者亦可以架設下列參數的相互關係：孔洞面積(直徑)、間距及方向、導管間距、流體流動長度及流體質量流率。

#### 流動及熱化學方程式

請參照圖 21，流動及熱化學方程式係與相互作用之流體特質有關。這些方程式可以利用流體力學、熱動力學、化學動力學等概念架構而成。

就流體力學而言，可以利用流體系統之動量守恆定律可以架構出反應器系統內之流體流動的關係。如此可以

得出層流的或紊流的噴出物、噴出距離與錐形角度之間的關係。根據不同的速度與密度，可以得出各種液滴的型態、液滴的分佈、液滴或流體的夾帶作用(entrainment)及液滴或流體的黏滯消散(viscous dissipation)等。另外，必須要注意在導管內呈檢切方向且黏滯的阻塞物必須要注意，尤其是在孔洞內，他會造成延管壁或孔洞的壓力差，並且會造成各種速度曲線。

或者，亦可以靠經驗法則，架構出系統及變數之間的關係。比如是用在柴油引擎上的多維模型技術，透過 CFD 模型可以初步得出一維的模型。

利用下列的能量守恆定律、流體力學定律及流體熱動力學定律，可以得出整體移動之能量或軸向速度、比如是紊流的隨機移動、由系統溫度所表示的分散模型、或是化學結合反應之化學模型。

利用下列的能量守恆定律、流體力學定律及流體熱動力學定律，亦可以將熱傳導方程式加入於方程式系統中。由燃料及氧化劑的燃燒反應可以獲得所需之能量，當燃燒過熱時，可以將多量的稀釋劑輸入，藉以控制能量流體的溫度。

上述的傳導模型還可以加入其他的考量，比如是流體液滴的蒸發率。舉例而言，藉由直徑平方法可以修正溫差。

控制變數的選擇

請參照圖 21，定義系統之獨立關係的數目要等於定

義系統之所有的變數。使用者可以提供這些變數一數值，以形成限制條件。剩餘變數所解出的數值可以是和空間有關的暫時數值、分佈或曲線。

請參照圖 22-27，反應器比如是作為燃燒器，具有環狀的截面積及其望的氧化劑流體的橫向速度分佈。使用者可以設定導管間距、直徑及導管間噴出物的噴出距離。爲了要控制化學反應，使用者要說明系統之當量比 (equivalence ratio) 之徑向曲線。加入這些限制條件於系統中之後，可以得到反應器建構模型，而能夠求出較佳的導管孔洞直徑之徑向曲線及燃料流體接觸器之間的間距。當所設計的燃料流體導管孔洞會形成過熱燃燒徑向曲線時，會導致增加系統的溫度。系統一般會考慮燃燒出口溫度或渦輪入口溫度的限制，因此徑向曲線必須要限制系統的後段燃燒溫度。在燃燒之後，藉由稀釋劑流體輸送到系統中，可以控制溫度。爲了要將溫度曲線對系統做限制，使用者其次可以使用反應器建構模型，而求出較佳的導管孔洞直徑之徑向曲線及稀釋劑流體接觸器之間的間距。藉由其他的模型，可以控制液態流體傳送到系統中形成液滴型態之蒸發行爲及比率。

### 氧化劑流動速度曲線

請參照圖 22，係繪示在擴散器下游處之燃燒器內的氧化劑流體之軸向速度曲線。在擴散器出口處之氧化劑流動之速度曲線比如是如習知技術。就單一通道擴散器而言，從環形物內壁到外壁間距離內壁  $2/3$  之距離具有最大



的流體速率，比如是位在軸向壓縮機下游處之單一通道擴散器。

利用多葉片擴散器，可以使擴散器下游處具有較佳的速度分佈，在輸送管中比如是具有均勻的速度曲線。舉例而言，當壁面速度比如是穩定的，在燃料流體輸出區域之下游處，靠近輸送管中間區域的速度是均勻的，以達到較佳的燃料/氧化劑分佈比率。

其中一實施例有繪示具有九個通道之擴散器(具有八個葉片)的橫向分佈速度曲線。舉例而言，擴散器出口處之內徑比如是 200mm，而外徑比如是 250mm。相較於具有一個通道之擴散器，在具有九個通道之擴散器之下游處的速度曲線係較均勻的。一般而言，擴散器比如是具有一到四個通道，然而亦可以使用五個葉片，以提供六個通道而達到較均勻的橫向速度分佈。

請參照圖 22，其中標示「上游」的曲線係代表靠近多通道擴散器出口之上游處的第二流體或氧化劑之橫向分佈速度曲線。標示「下游」的曲線係代表第二流體或氧化劑在更下游處之橫向分佈速度曲線，此區域比如是靠近接觸器噴出燃料流體或稀釋劑流體之區域，或是靠近燃料流體與稀釋劑流體之混合區域。由圖可之，相對於上游處，在下游處之氧化劑流體速度曲線具有較低的週期波動振幅。舉例而言，上游速度比如是在離開擴散器 5.2 公分之距離量測，下游速度比如是在離開擴散器 42 公分之距離量測。而軸向速度之橫向分佈比如是具有 15%之平均軸向

速度的標準差或是更小。

### 限制條件之橫向分佈

參數的空間分佈可以假設為定值或是呈一曲線分配，比如是就導管的橫向分佈而言。這些參數比如是氧化劑流體、燃料流體及熱稀釋劑流體之壓力及溫度。

### 主要之設計限制條件

比如在橫向分佈方向上，用來定義系統之參數的空間曲線可以是被限制的。比如在靠近燃燒器的出口處之橫向分佈方向上，能量流體之溫度及殘餘氧化劑組成可以被限制。比如是如圖 23 所示的限制條件。

### 氧化劑/燃料曲線( $\lambda$ )

使用者可以設定在燃燒器內之氧化劑對流體之  $\lambda$  空間分佈(相對於化學計量氧化劑對流體比率之真實氧化劑/燃料質量流量)。舉例而言，圖 23 繪示在橫向分佈方向上之氧化劑/燃料曲線，從靠近環狀物半徑內部之接近 1 的較低數值(化學計量比率)，向環狀物半徑外部逐漸增加。

### 溫度分佈

在燃燒器出口處，從半徑內部向半徑外部之空間溫度分配可以是被預先設定的，因為溫度會對比如是位在下流處之燃燒器元件有很大的衝擊，其元件比如是渦輪的葉片。在第一橫向分佈方向上，溫度之分配比如是不均勻的，而在第二橫向分佈方向上，溫度之分配比如是均勻的，比如分別是環狀燃燒器之徑向方向及經向方向。

請參照圖 23，其繪示從環狀半徑之內部到外部之溫

度曲線的橫向分佈，係對應在渦輪入口處之潛在溫度(曲線因子)。(溫度分佈曲線比如是按照平均溫度縮尺繪示的)溫度曲線比如是倒拋物線的形式，比如是在燃燒器出口處或是在渦輪入口處之能量流體的溫度(渦輪入口溫度)，其係從具有最高溫之流體係位在環狀物的中間區域，逐漸向外係具有較低的溫度，比如在內部半徑處及在外部半徑處係具有較低的溫度。而在經向溫度分配上係具有均勻的圖形因子。

#### 稀釋劑之輸送

從溫度空間分佈及位在燃燒器出口處之能量流體的軸向速度之空間分佈，使用者可以獲得過熱燃燒的空間分佈，其中熱能可以增加入口處之氧化劑、燃料及產物之溫度、壓力及流量，一直到出口處。在燃燒過熱的情況下，藉由噴出稀釋劑而達到總稀釋劑焓變化的目的，使得流體在流到燃燒器出口處時，可以具有期望的高能溫度。

#### 次要設計限制

這些限制比如是流體噴出物之噴出距離的橫向分佈及接觸器之間的距離。藉由控制燃料噴出物的距離及稀釋劑噴出物的距離可以在第一橫向分佈方向上控制溫度及氧化劑/燃料曲線(比如是控制曲線因子)。在'191 專利案中，透過控制孔洞之排列方式，可以控制在導管間距之間的橫向分佈之氧化劑流量。

請參照圖 23，燃料及稀釋劑接觸器之管距可以是由內向外地逐漸以線性地方式增加，比如是類似輪幅狀之徑

向分佈。燃料噴出物的噴出距離與燃料導管間距之間係呈現一比例關係，且燃料噴出物的噴出距離係小於燃料導管間距。稀釋劑噴出物的噴出距離亦與稀釋劑導管間距之間係呈現一比例關係，然而稀釋劑噴出物的噴出距離係超過稀釋劑導管間距。比如可以利用水來混合柴油燃料，如此在傳輸水分之導管下游處可以噴出豐富的水分，而燃料比如是噴在相鄰的導管之間。此外，可以在燃燒的上游處噴出稀釋劑，以避免預先混合而燃燒。

### 解聯立方程式

請參照圖 21，藉由解聯立方程式可以獲得一輸出值。請參照圖 24，可以解出期望之孔洞參數之空間分佈，比如是孔洞直徑、間距、密度等。藉由參數的平均值、或是藉由將方程式的尺寸除以其他數值，可以使方程式常態化，藉以解出解答。

### 孔洞之橫向分佈

請參照圖 24，藉由解聯立方程式可以得到燃料接觸及稀釋劑接觸器之孔洞尺寸分配及每單位輸送管截面積之淨孔洞密度。在設定燃料及稀釋劑之接觸器導管之間距分佈之後，淨空間密度之分配可以轉成在燃料及稀釋劑接觸器導管上之孔洞間距分配。另外，在得到多通道擴散器出口處之週期軸向速度分配及氧化劑流體之質量流量波動分配之後，可以得到平滑變動的溫度橫向分配及氧化劑/燃料之橫向分配。(如圖 22 及圖 23 所示)

請參照圖 24，其繪示稀釋劑孔洞直徑之橫向分配及

稀釋劑孔洞間距之橫向分配，藉由平均孔洞直徑及平均孔洞間距可以將其常態化。透過圖 24 繪示之燃料孔洞直徑曲線及燃料孔洞間距曲線可以得到圖 23 之稀釋劑/燃料曲線。週期的流體輸送率可以是與氧化劑流體速度曲線之週期係為同步的，因此可以獲得期望之氧化劑對燃料的比率及期望的生成物溫度。如此，更容易精密地控制能量流體之溫度橫向分佈及氧化劑/燃料組成，並且可以避免過量的稀釋劑氣體及高抽吸循環的發生。

圖 26 繪示反應器可以用來控制蒸發率、燃料及稀釋劑流體的噴出距離及次數。使用者可以設定燃料流體及稀釋劑流體之蒸發距離，接者使用者可以設定噴入到氧化劑流體中的燃料流體液滴及稀釋劑流體液滴之最大尺寸。藉由這些設定，可以得到孔洞直徑，透過比如是電能激發之霧化技術，使用者可以獲得所需之液滴尺寸

### 管壁厚度

透過導管內之壓力分佈及孔洞之壓力差，可以得出所需之導管厚度，以支撐其壓力差。如此比如可以算出燃料流體導管與稀釋劑流體導管所需之厚度。

請參照圖 25，使用者可以求出每一孔洞之燃料流量及稀釋劑流量，及經過孔洞之噴出壓力差的分配，比如是從內徑到外徑。藉由上述的資料，可以算出適當的管壁厚度，使得管壁可以承受燃料接觸器及稀釋劑接觸器之最大壓力差。

管壁厚度對孔洞直徑的比率會影響由孔洞噴出之流

體錐形角、與液滴質量噴灑有關的流體橫向分配、及受到液滴重疊衝擊之流體橫向分配。藉由精確地控制液滴錐形角，可以得到期望之流體橫向分配。如'191 專利案所揭露，使用者不但可以調整孔洞尺寸、位置及方向，還可以控制孔洞深度，透過控制位在孔洞附近之導管深度來控制孔洞深度，比如透過雷射鑽孔的方式，可以薄化最靠近孔洞周圍處之管壁。另外，藉由調整孔洞之向內或向外的排列，可以調整液滴之錐形角。藉由調整鏡片之焦距可以使雷射光束聚焦，藉以控制錐形角。

上述的解方程式方法可以應用在其他的放熱系統中或其他的化學反應流體系統中，以達到期望的流體噴灑分配、流體噴灑比率及流體反應變數。

#### 蒸發控制條件

使用者可以控制系統，以達到最佳蒸發參數的目的，比如是在空間及時間限制下的蒸發程度。因此，可以得到位在流體輸送接觸器下游處之蒸發程度之軸向距離的橫向分佈。請參照圖 26，其繪示第一蒸發距離上之燃料蒸發距離橫向分佈曲線及稀釋劑蒸發距離橫向分佈曲線。藉由蒸發距離及速度空間分佈可以得到期望之蒸發時間。

#### 蒸發模型

利用直徑平方法，可以得到一階蒸發函數，此外還可以考慮液滴與周圍流體之間的溫差。在設定蒸發時間及邊界條件之後，可以得到在一期望蒸發時間內所能夠蒸發之最大液滴尺寸。如此便可以獲得期望之液滴尺寸，比如

是 Sauter 平均直徑。舉例而言，請參照圖 26，在第一橫向分配方向上，比如是在環狀半徑由內到外之徑向方向上，可以求得最大燃料液滴尺寸之橫向分配及最大稀釋劑液滴尺寸之橫向分配。

## 結論

前述之孔洞空間分佈、孔洞結構及排列方法、流體噴出方法、系統架構方法可以應用在反應系統內之傳送及混合流體之系統上，而架構出一維、二維或三維之空間限制條件。本發明係利用具有孔洞的導管可以使得接觸器分佈有孔洞，然而亦可以透過分佈有孔洞之非管狀形式之導管來噴灑流體。

## 稀釋劑的控制

### 稀釋劑的溫度控制

在燃燒處的上游位置配置有燃料及熱稀釋劑接觸器，藉由增加稀釋劑/燃料的比率，可以減少過熱的氣體，而使用者可以控制液態稀釋劑的傳送。

### 可蒸發之液態稀釋劑的傳送

在接近化學計量條件的情況下，火焰速度及火焰穩定度係具有最大值。在藉由比如是氮氣及過量氣體之低熱含量氣體進行稀釋之後，會使得在貧油燃燒狀態下之火焰速度及火焰穩定度係具有最小值。然而，在在接近化學計量條件的情況下與氣體或氧氣進行燃燒，會增加燃燒的溫度及較多的氮氧生成物。

可以藉由混合可氣化的液態稀釋劑及氧化劑流體，而形成稀釋後的氧化劑流體，以達到冷卻的效果。比如可以利用直接接觸器來傳送比如是水的小液滴到空氣中，而可以快速地蒸發形成薄霧狀，藉以形成稀釋的氧化劑流體或潮濕的氧化劑流體，其中熱水比如是利用位在擴張器下游之已擴張的流體來加熱，如此可以增進熱效率。

相較於輸送含有稀釋劑(比如是氣體)之氧化劑，藉由噴出可氣化的液態稀釋劑可以更精確地控制流量。利用液態水作為稀釋劑可以更精確地控制溫度，且可以具有更均勻的溫度分配。在接近化學計量條件下，在點火時可以具有穩定的火焰，且可以限制用來燃燒之流體的溫度。

燃燒器出口溫度(或渦輪入口溫度)可以控制在一般商用或實驗之渦輪機可用的範圍內，比如是  $846^{\circ}\text{C}$  ( $1555^{\circ}\text{F}$ ) 到  $1719^{\circ}\text{C}$  ( $3126^{\circ}\text{F}$ ) 之間。因此可以控制傳送至燃燒器之稀釋器流體/燃料流體之比例，比如是 7:1 到 1.5:1 之間，此比例的範圍是就用在現今渦輪燃燒器上之質量液態燃料而言。

在沒有超過燃燒穩定度的限制下，亦可以使用其他的熱稀釋劑。本發明可以使混合更均勻，使得氮氧化物及一氧化碳的排放量可以降低。

相較於習知技術，本發明可以提供較佳的混合過程及較佳的燃燒氣體之冷卻過程。相較於從燃燒器壁面噴出稀釋劑的技術而言，尤其是當利用含有稀釋劑之過量氧化劑時，本發明相對具有較佳的混合過程及溫度控制。如此，



在接近化學計量條件下，可以降低過量氧化劑的情形，並使氮氧化物及一氧化碳的排放量降低，且可以提高效率性。

相較於水蒸氣，利用具有 10 微米到 20 微米之微小霧狀水液滴可以提升四倍之滅火效率性。比如，Thomas(2002)。如果在燃燒之前噴出次 50 微米的微小液滴，且在混合均勻的情況下，可以控制使火焰熄滅。

藉由控制稀釋劑的噴出率可以克服火焰熄滅的限制。透過控制流體傳輸孔洞的尺寸及形成均勻且微小的液滴，可以達到下列的目的：

(a)在燃料流體點火之前，將被蒸發的液態熱稀釋劑噴入到過量的氧化劑流體中，則針對過熱燃燒所提供的熱稀釋劑必須要小於可燃燒性的限制，以避免稀釋劑液滴撲滅火焰。

(b)在開始燃燒及燃料點火之前，要噴出大尺寸的熱稀釋劑液滴或是密度低且尺寸小的液滴，以避免稀釋劑液滴撲滅火焰。

(c)比如是在擴張器之前且在燃燒器的出口處，噴出較大已蒸發的液滴。在'191 專利案中，孔洞可以是各種任何的尺寸。

因此，在點火的上游處，藉由控制小液滴的氣態熱稀釋劑，可以避免撲滅點火。舉例而言，藉由表面積不足的大液滴可以撲滅點火，以防止溫度增加太多或過度冷卻混合溶劑。

### 噴出大液滴的稀釋劑經過火焰鋒面

爲了要噴出小液滴的熱稀釋劑以控制燃燒溫度，在一實施例中，係透過孔洞噴出大液滴的熱稀釋劑。經由孔洞噴出的噴出物可以經過燃燒鋒面，請參照圖 28，孔洞比如是配置在燃料接觸器及稀釋劑接觸器的下游部分，使得噴出物可以垂直地穿過火焰鋒面。

藉由控制孔洞尺寸及間距  $h$ ，並使稀釋劑流體壓力超過燃燒器的壓力，可以使稀釋劑的噴出速度超過氧化劑流體的速度。舉例而言，一開始，水液滴的流動速率係大於空氣。稀釋劑噴出物的速度亦可以是快於燃料流體的速度。

多量的小液滴亦可以穿過火焰鋒面，並在穿過火焰鋒面後快速地蒸發。在穿過火焰鋒面之前，噴出物會崩潰而分出多個小液滴，多個小液滴可以穿過火焰鋒面，並在火焰內蒸發，藉以冷卻燃燒。噴出物可以是層流形式的，以形成均勻的液滴尺寸，而藉由氧化劑流體可以攜帶液滴進入到火焰中。藉由控制流體速度、密度、液滴表面能及黏滯度，可以形成層流形式或紊流形式的噴出物及控制液滴的形式，比如是含有 CFD 碼的方法，其中 CFD 碼比如是 KIVA 及 Star CD。

本發明可以噴出具有大表面積 ( $\text{m}^2/\text{kg}$ ) 的稀釋劑流體，在進入火焰鋒面之前，稀釋劑流體可以具有低的蒸發率，而在經過火焰鋒面之後，可以快速地提升蒸發率。藉由提升在熱燃燒氣體內的蒸發率及稀釋劑的冷卻程度，可

以達到快速冷卻的效果，並且可以避免氮氧化化合物的排出，同時可以避免因為熱稀釋劑濃度過濃而將火焰撲滅。

**藉由控制孔洞形狀已增進火焰波及及可火焰性**

在習知的模型中，會對火焰波及的參數作限制，係假設為具有液滴的等向(均勻)流體。然而本發明可以將稀釋劑液滴及燃料液滴假設為非均勻性的，以解除火焰的波及速度及可燃燒性的限制。在孔洞等向分佈的情況下，燃料孔洞 82 可以更為靠近。相較於與燃料流體區域對應的孔洞等向分佈區域，熱稀釋劑孔洞 83 可以是更為靠近。而孔洞可以噴出不均勻的噴出物，如使透過燃料孔洞及稀釋劑孔洞所噴出的燃料噴出物與稀釋劑噴出物，在尺寸上可以是不同的。

如此可以混何不同成分的燃料與稀釋劑，其具有不同之可燃性條件的邊界及不同的火焰波及率。

**周圍孔洞的空間橫向分配**

請參照圖 11，繪示用來噴出燃料及稀釋劑之接觸器導管。請參照圖 12，繪示多個導管或多通道導管，以輸送燃料及稀釋劑。(例如是圓形狀、螺旋狀、圓椎狀或橫向分佈矩陣形狀)

可以藉由調整噴出物的噴出距離或孔洞形狀，可以提升燃料流體或稀釋劑流體的濃度。就燃料較多及較少的區域(富燃區域與貧燃區域)而言，火焰可以延著燃料較多的區域燃燒。可燃燒的熱氣體可以與附近的稀釋劑較多之區域混合，藉以達到冷卻的效果。

### 孔洞的截面半徑

火焰除了可以延著富燃區域燃燒之外，透過孔洞及孔洞方向的設計，富燃混合物可以流經貧燃區域，使得火焰可以從富燃區域經過貧燃區域而到達其他的富燃區域。舉例而言，請參照圖 4，具有孔洞之至少一連結燃料導管 19 可以經過排列的燃料導管與稀釋劑導管 260，比如會穿過周圍或螺旋狀的導管、或是橫向分佈之平行的導管。在連結導管 19 上的燃料孔洞可以用來噴出燃料在連結導管之附近區域，以達到可燃性混合物 911 的期望組成。具有孔洞之至少一連結稀釋劑導管 19 可以經過排列的燃料導管與稀釋劑導管 260，而平行於連結燃料導管 19，藉以冷卻連結燃料導管，以防止焦化現象。透過噴出稀釋劑可以冷卻下游的燃料燃燒，比如是利用水的液滴在燃燒時蒸發。

請參照圖 4，連結燃料導管 19 的中間部分比如是靠近火焰承載器 100。然而，點火器 124 亦可以是靠近連結燃料導管 19 的上游處。藉由連結燃料導管 19 可以使火焰從火焰承載器 100 處開始延伸到每一燃料導管，比如是徑向地經過周圍的導管。連結燃料導管 19 可以提供可燃性混合物，以幫助火焰延著富燃連結區域 972 延伸，並經過貧燃區域 909。之後，火焰就可以從連結燃料導管 19 處開始延伸，並經過輸送管之富燃區域 972，比如是環繞著周圍區域。

連結燃料導管及連結稀釋劑導管 19 可以經過排列的

燃料導管與稀釋劑導管 260。火焰承載器 100 係靠近排列的燃料導管與稀釋劑導管 260 之中間區域。由於至少一、兩個或多個之連結燃料導管可以經過排列的燃料導管與稀釋劑導管，因此所形成的火焰可以經過橫向分佈地導管。

連結燃料導管 19 比如是位在排列的燃料導管與稀釋劑導管 260 之較上游的區域上，以形成連結的富燃區域，使得火焰可以火焰承載器 100 延伸到下游的導管。在可火焰性的限制下，在徑向延伸之連結燃料導管 19 的下游處可以是具有稀釋劑導管，如此在整個系統內可以是具有甚佳的稀釋劑/燃料比。

切過軸向之燃料流體液滴

就大尺寸的液滴而言，透過燃料孔洞的設計可以使噴出到流體中液滴均勻地具有較佳的形狀。若是將非常小的液滴(約小於 50 微米)中均勻地混合到燃料流體中可以避免燃料點火。舉例而言，請參照 191'之專利案中，稀釋劑孔洞 83 可以橫向地分開燃料孔洞 82，使得在空間中，稀釋劑液滴與燃料液滴之間可以是分開的。透過燃料孔洞 82 及稀釋劑孔洞 83 的設計，可以形成高燃料濃度區域及高稀釋劑濃度的區域。請參照圖 39，孔洞 80 的方向可以是與第二流體的流動方向一致，而不是在流體流動方向上橫截面地分佈，比如是形成具有角度的孔洞 86 或軸向孔洞 84。

藉由縮減稀釋劑孔洞 83 的橫向分佈距離，可以減少橫向分佈上稀釋劑液滴的距離；藉由縮減燃料孔洞 82 的

橫向分佈距離，可以減少橫向分佈上燃料液滴的距離。而燃料孔洞 82 之開口方向與燃燒室 56 軸線所夾的夾角係不同於稀釋劑孔洞 83 之開口方向與燃燒室 56 軸線所夾的夾角，因此燃料液滴所噴出的位置係不同於稀釋劑液滴所噴出的位置。由於在導管內，燃料液滴及稀釋劑可以是間歇性地傳輸，因此在稀釋劑區域內或燃料流體區域內，可以減少軸向液滴空間的橫向分佈，且可以區隔燃料流體區域及稀釋劑區域。

另外，可以減少稀釋劑/燃料流體的濃度，藉以改善燃料流體之可火焰性的限制及在高濃度燃料流體區域延伸之火焰波及率。因此，稀釋劑流體可以更靠近於燃料流體，故相較於習知技術，本發明具有較佳的混合性及較快的蒸發速度。

#### 燃料流體及稀釋劑傳輸之時相

就小液滴而言，爲了要增加燃料波及率及/或減少液態熱稀釋劑/燃料流體的比率，可以藉由控制燃料流體液滴的噴出時間及稀釋劑流體液滴的噴出時間以達成其目的，當流體在流到燃燒器時，可以交互地噴出燃料流體液滴及稀釋劑流體液滴。透過時相控制，稀釋劑的輸送與燃料流體的輸送可以是不同項的，比如高濃度燃料氣體或液滴可以與稀釋劑液滴之間可以交互噴出，藉以增加燃料帶上延著燃料流體延伸之火焰波及率。初始時，在燃料區域內之稀釋劑濃度較低，因此燃料與氧化劑的混合可能會有燃燒的現象。透過交互形成稀釋劑帶及燃料帶之時間控

制，使得因為燃燒所形成之紊流、稀釋劑的蒸發及導管所形成的渦流，會導致稀釋劑帶及燃料帶更為緊密及更快的混合。

藉由在各區域配置不同濃度之燃料流體液滴及稀釋劑液滴，可以在火焰不熄滅的情況下或依然有火焰波及的情況下，增加液態熱稀釋劑液滴/燃料的比率。依照液滴噴出率的不同，時相控制可能會產生聲音及激能共振。因此可以藉由調整液滴噴出率，以避免在燃燒器內產生共振。

爲了要增加頻率範圍的控制，藉由控制燃料流體液滴的短暫爆炸及小液滴的短暫噴出，可以調整噴出頻率，而在配合相變化的情況下，可以控制稀釋劑液滴的爆炸或稀釋劑液滴的噴出。藉由將噴出頻率調整成快於共振頻率時，會造成隨機的燃燒及減少燃燒器共振的現象。

#### 位在火焰鋒面下游之稀釋劑接觸器導管

請參照圖 2，至少一稀釋劑接觸器導管 22 係位在火焰鋒面下游。而熱稀釋劑接觸器導管 22 可以位在火焰鋒面或放熱反應區域的上游及下游。下游導管 22 之材質必須要耐得住燃燒所產生的高溫及能量流體所產生的高溫。

#### 陶瓷導管

請參照圖 2，下游導管 22 可以是陶瓷材質，比如是矽氮化物、矽碳化物、富鋁紅柱石(mullite)、單晶藍寶石、單晶藍寶石、氧化鋁或其他高溫材料等。藍寶石具有甚佳的強度且可以忍受約 1500℃ 以上的高溫。(藍寶石的熔點

係約為 2053°C，其可以忍受 1800°C 到 2000°C 之間的高溫，可以用來作為彈道飛彈的頭錐)。

### 金屬導管

下游接觸器導管也可以利用高溫合金所構成，比如是 hastalloy。利用塗佈隔熱層的方式可以保護導管，避免直接接觸熱燃燒氣體。塗佈隔熱層也可以應用在渦輪葉片上，以提供防熱及防氧化的保護。透過控制上游部分之稀釋劑導管的孔洞方向，可以噴出較冷的稀釋劑流體到下游的接觸器上，藉以保護下游的接觸器直接接觸高溫燃燒氣體。

下游的稀釋劑導管可以噴出比如是水的液態稀釋劑，以提供較佳的冷卻效果，且可以保護稀釋劑導管，然而可以使用已蒸發的稀釋劑及/或過熱的稀釋劑。舉例而言，由比如是渦輪之擴散器 440 所排放出的熱廢氣可以用來加熱以形成蒸氣。

### 速度、壓力及紊流的分佈

在習知技術中，係將過量的氧化劑流體傳送到燃燒器中，如此會導致壓力的變化及軸向速度的變化，變化量約是平均壓力及平均速度的 25%。壓力及軸向速度的橫向分佈會影響下游擴張器或渦輪葉片的效能。

透過控制燃燒器內之元件參數，可以調整流體噴出位置及燃燒器零件，並可以控制軸向速度、橫向速度或紊流之空間分配，及在燃燒器出口處之能量流體的靜壓力。

其他參數還包括多通道擴散器之結構、稀釋劑及燃



料接觸器的配置、截面積及間距、孔洞結構及方向、流體噴出壓力、微旋轉體的間距、葉片角度及稀釋劑的組成等。

### 軸向速度的空間分配

請參照圖 22，就多葉片擴散器而言，爲了要控制軸向速度，使用者要得知擴散器通道的數目、個別流體通道的結構(包括通道出口處/入口處的比率)。透過調整上述的參數，可以控制靠近擴散器出口處之軸向速度的空間分配。

孔洞方向可以調整成朝向氧化劑流體上游處的方向。請參照圖 27，藉由控制上述的參數，可以調整稀釋劑軸向速度之橫向分配。如此可以調整多通道擴散器出口處之軸向速度的橫向分配，且在燃燒器出口處可以提供更均勻之能量流體之軸向速度的橫向分配。藉由控制入口處擴散器的配置及孔洞的分佈，可以調整速度至期望的橫向分佈。

然而，還要考量輸送管內之導管阻塞係數(導管直徑  $D$ /導管間距  $H$ )。另外，還要考量微旋轉混合構件的尺寸空間分配、葉片角度之空間分配及濃度空間分配。這些參數會影響阻塞的情況、背壓及軸向速度的分佈。

軸向速度的橫向分佈可以在正常標準差內，在燃燒器出口處，一般是小於平均軸向速度的 18%，較佳的情況係小於 6%，更佳的情況係小於 2%。

### 12.8 壓力之橫向分佈

藉由控制氧化劑流體、稀釋劑流體及燃料流體之橫

向分佈，可以控制燃燒器出口處之壓力的橫向分佈，並且可以依照直徑調整流體噴出壓力、速度及流體輸送到燃燒器之動能及質量比。

相較於液態稀釋劑，在燃燒器內，氣態稀釋劑可以在較低輸送壓力差及較低動能的情況下輸送。藉由控制液態稀釋劑/氣態稀釋劑的比率、流體噴出壓力、孔洞及噴出速度，可以調整稀釋劑在流到燃燒器內時動能/稀釋劑總焓改變的比率。

另外，藉由調整氣態稀釋劑孔洞及液態稀釋劑孔洞之橫向分佈，可以調整壓力及速度。

如此，便可以調整液態稀釋劑/氣態稀釋劑的橫向分佈。舉例而言，水/氣體的比率。燃燒及稀釋劑的蒸發會增加流體體積之橫向分配的比率，並且會影響流體軸向速度及壓力的橫向分配。

藉由控制導管間距的橫向分配，可以調整背壓及壓力的橫向分配。另外，亦可以調整阻塞因子的空間分配、導管寬度或導管截面積。下游之平衡或過渡區域之截面積會影響壓力及速度分配。

因此，透過控制擴散器、燃料及稀釋劑孔洞、導管參數、及平衡區域形狀，可以達到期望之壓力及軸向速度的空間分配。比如在圓形燃燒器內之徑向方向上，可以提供較均勻的橫向壓力分配及速度分配。

壓力的橫向分佈可以在正常標準差內，在燃燒器出口處 136，一般是小於平均靜壓力的 18%，較佳的情況係

小於 6%，更佳的情況係小於 2%

### 紊流或橫向速度的橫向分配

習知技術一般係輸出大量的氧化劑流體(比如是壓縮空氣)，以達到更佳的混合效果。如此，在燃燒器出口處，能量流體之橫向紊流值係約軸向流量的 25%到 50%之間，而線性壓降係約燃燒器入口處壓力的 4%到 8%之間。

如上所述，在輸送管的多個區域內，藉由燃料、稀釋劑及氧化劑的噴出及混合，可以避免大粒子混合或大壓力降的發生。藉由調整隔開葉片的數目，可以控制多通道擴散器之通道數目。在分隔葉片出口處的任一邊具有強剪切區域，如此在葉片壁面上可以形成平穩流(stationary flow)，而在葉片之間可以形成全流(full flow)。當剪切區域毀壞時，會有下游混合及紊流的情況發生。在分隔葉片的橫向方向上，可以分隔出多個擴散器通道，如此可以視需求增加剪切區域的數目。

在輸送管內，透過微旋器可以提供較佳的區域混合效果。藉由調整孔洞的方向，可以依照軸向速度來調整混合程度的橫向分佈。藉由控制孔洞直徑及流體輸送壓力，可以依照流體質量流量調整流體動能。

接觸器導管之設計要考量阻塞、下游漩渦、紊流及混合等情況。在專利案'191 中，可以藉由控制接觸器導管的截面積，以調整導管阻塞的情況。導管可以是不對稱的形式，類似小型導流片，藉以增加流量及紊流的橫向分佈。

當被加熱蒸發之液態稀釋劑之體積係多於氣態稀釋

劑的體積。蒸發現象會產生不具有平均速度條件的混合紊流，透過控制液態稀釋劑與氣態稀釋劑的組成，可以調整隨機紊流及動能。

在燃燒器內，透過混合及紊流調整方法可以使流體紊流的空間分佈達到期望的空間分佈。比如在輸送管的橫向方向上，調整延著燃燒器軸向方向上的紊流；比如是 RMS 紊流或是延著橫向方向上的平均絕對速度。透過控制這些參數，可以調整位在燃燒器出口處之平均紊流流量，使其小於 20% 之平均軸向速度，較佳的情況係小於 10% 之平均軸向速度，更佳的情況係小於 5% 之平均軸向速度。

靠近燃燒器出口處附近之橫向紊流分佈可以是少於 10% 通過燃燒器出口面積之中間區域的 80%，較佳的情況係小於 5% 通過燃燒器出口面積之中間區域的 80%。因此，透過減少出口處的紊流，可以改善下游擴張器的效率。

#### 用於清潔的稀釋劑噴出物

透過下游的稀釋劑接觸器導管，可以將大部分之稀釋劑液滴輸送到擴張器 440 中。下游的稀釋劑絕緣接觸器導管 24 可以作為第二稀釋劑輸送通道，其具有較大的高壓噴出孔洞，此孔洞可以噴出具有大液滴尺寸的強力噴出物，適於清潔擴張器 440，而不是噴出適於蒸發的小液滴。

#### 不對稱的小液滴

藉由控制熱稀釋劑對燃料的質量比，可以達到期望之能量流體溫度。比如質量比係大於 1。

藉由調整經過稀釋劑流體孔洞及燃料流體孔洞之壓

力差比率，可以控制相對的質量流量差，而在孔洞阻塞比率(choke rate)之內，藉由增加經過孔洞的流體壓力差可以增加流體速度、動量及流體噴出距離。

孔洞出口直徑及增加液滴噴入到周圍流體中的噴出距離。

藉由改變稀釋劑孔洞之尺寸/燃料孔洞之尺寸，可以調整稀釋劑/質量流量的比率。透過增加孔洞的尺寸可以增加孔洞出口直徑及增加液滴噴入到周圍流體中的噴出距離。

藉由調整稀釋劑孔洞數目/燃料孔洞數目的比率，可以控制稀釋劑/質量流量的比率。藉由調整孔洞尺寸、孔洞數目、流體壓力、流體溫度、流體表面張力、流體黏滯性等因素可以使熱稀釋劑/燃料的比率達到最佳值。藉由改變直接接觸器的比率，可以使稀釋劑/燃料之比率的空間分配及溫度曲線達到最佳值。

### 小噴出物的長度差

小規格導管與大規格導管會散佈地配置，小規格導管係配置在大規格導管之下游處。透過調整流體壓力、孔洞尺寸、孔洞排列及孔洞方向可以形成長的小噴出物，其中具有較小截面積之孔洞，可以形成較長的小液滴。由小規格導管噴出之長的小噴出物可以更均勻地混合稀釋劑及燃料在氧化劑流體中。

### 孔洞-接觸器的配置

請參照圖 52，接觸器陣列 265 係由接觸器導管 10 所

構成。接觸器陣列 265 係為三維空間陣列。請參照圖 1，孔洞排列的形式可以是錐形的樣式、橢圓形的樣式、拋物線的樣式、複合拋物線的樣式、雙曲線的樣式或其他的排列形式等，可以參照專利'191。導管的分佈方向可以與流體輸送管 130 之軸線方向之間夾有一角度。

#### 開口方向

孔洞排列可以是角(horn)的樣式，下游具有開口，頂點在上游處。或者孔洞排列可以是漏斗(funnel)的樣式，上游具有開口，頂點在下游處。

請參照圖 1，具有孔洞之底部導管表面係面向下游處(頂點在上游處)。請參照圖 28，具有角(horn)樣式之孔洞排列可以應用在具有燃燒器 56 之放熱反應器內，反應流體的溫度可以處在高溫狀態且可以放出熱輻射。

請參照圖 44，具有漏斗(funnel)樣式之孔洞排列所形成的開口係朝向上游處，而頂點在下游處。比如孔洞排列係為角(horn)的樣式，當錐形角較小時，由外部流入到內部之氧化劑流體會流經孔洞排列之範圍有較長的距離。而具有漏斗(funnel)樣式之孔洞排列比如是應用在由內流向外的流體。

#### 底部之流體孔洞表面

請參照圖 1，下游底部之孔洞陣列 261 之孔洞分佈比如是延著一平面延伸。排列的導管與歧管 242 連接，歧管 242 比如是從頂部延伸到底部。舉例而言，透過歧管 242 及環狀導管的組合可以形成錐狀的孔洞陣列，或者利用導

管以螺旋纏繞成錐狀的方式，亦可以形成錐狀的孔洞陣列。請參照圖 28，利用多個環狀導管可以形成錐狀的孔洞陣列 262。此種排列的導管可以配置在燃燒器內，而相較於平面排列的導管，此種排列的導管可以提供更多的氧化劑流體流經相鄰的導管之間。如此可以減少阻塞的發生、減少流體流經孔洞陣列 261 之壓降及抽吸耗損。

錐形孔洞陣列 261 可以應用在噴出燃料上、噴出稀釋劑上等，而孔洞陣列 261 還可以是拋物線形、橢圓形或其他非平面的形式等。軸向的燃料流體分佈可以將燃燒的聲音散掉及返回(feedback)影響散掉，如此可以減少及擴散聲音的返回效應。

#### 角(horn)樣式之孔洞陣列

孔洞排列 262 可以是角(horn)的樣式，下游具有開口，頂點在上游處，如圖 28 所示。透過角(horn)樣式的孔洞陣列可以使流體輸送管內具有均勻的燃燒，並且可以減少流經燃料孔洞陣列或稀釋劑孔洞陣列的壓力降。

透過角(horn)樣式的孔洞排列 262 可以增加輻射領域與輻射返回。角(horn)樣式的孔洞排列 262 可以增加火焰區域內的熱輻射，並且亦可以減少位在導管陣列周圍的流體輸送管 130 受到燃燒的影響。位在底部導管 261 處的火焰所產生的輻射可以加熱及蒸發進入到導管陣列 261 中的燃料流體。此輻射可以增進靠近導管陣列 261 頂端的火焰承載器 100 之效能，且可以返回上游至燃料與第二流體的混合處及開始反應處。

### 角(horn)樣式之燃燒器

當在角(horn)樣式之燃燒器 262 內形成火焰時，在火焰承載器 100 與周圍排列之導管間所形成的區域內，從周圍的火焰及從火焰承載器 100 可以發出輻射。在燃燒器 56 內的下游處，從火焰及周圍的表面可以發出輻射。

在比傳統技術具有更高速度的情況下，紊流火焰的傳輸及輻射可以使火焰承載器 100 更具可靠度地點燃燃料-氧化劑-稀釋劑之混合物。如此在燃燒穩定的情況下，可以增加流體質量流率。

當角(horn)樣式之直接燃料流體接觸器 262 之錐形角變小時，可以改然熱傳率及燃燒速度的穩定性。當錐形角小於 45 度時，或是延伸在周圍之兩條線的夾角小於 90 度時，火焰從中間區域波及到燃燒器周圍區域的時間，係允許流體流率超過火焰波及速度。

較小的錐形角度會增加燃燒器的長度及成本。角(horn)樣式之直接燃料流體接觸器 262 之錐角可以是介於約 5 度到 85 度之間；在較佳的情況下，錐角可以是介於約 15 度到 60 度之間；在更佳的情況下，錐角可以是介於約 20 度到 30 度之間。亦即延伸在周圍之兩條線的夾角可以是介於 10 度到 170 度之間；在較佳的情況下，延伸在周圍之兩條線的夾角可以是介於約 20 度到 160 度之間；在更佳的情況下，延伸在周圍之兩條線的夾角可以是介於約 40 度到 60 度之間。

### 高速流動的點火



在習知技術中，爲了達到穩定的燃燒，壓縮的氧化劑流體流率可以是小於火焰速度。在三流體燃燒器內，可以對高速流動的流體點火。透過控制流體的傳輸及燃燒器的參數，可以使可燃性流體的傳輸速度大於或小於可燃性流體之火焰波及速度。

#### 槓桿式熱傳燃燒器

請參照圖 1 及圖 28，在燃料輸送管 130 內配置有燃料接觸器及/或稀釋劑接觸器。在直接流體接觸器內的多個通道可以傳輸及混合燃料流體及氧化劑流體。接觸器陣列 261 的開口係朝向下游處。接觸器陣列比如是錐形樣式 262 或類似橢圓的樣式、長方形樣式 268 或環形帷幕形式 269。

火焰承載器 100 可以配置在角(horn)樣式之接觸器陣列 261 的上游處。從火焰承載器 100 噴出的熱及火焰可以點燃附近的燃料-氧化劑混合物，火焰承載器 100 點燃的火焰可以延伸到接觸器陣列 261 之下游處。由火焰所形成的輻射及對流的熱空氣可以加熱並點燃位在接觸器陣列 261 周圍處及下游處的燃料-氧化劑混合物。如此，火焰可以擴散到未爆炸燃料的區域。

#### 隔熱燃燒區域的周圍

請參照圖 4 及圖 28，由火焰及燃燒所輻射的熱會加熱燃料接觸器與稀釋劑接觸器的表面，藉由燃料流體、稀釋劑流體及氧化劑流體可以冷卻燃料接觸器與稀釋劑接觸器的表面。輻射到接觸器的熱又會快速地傳回到燃燒區

域。由火焰承載器 100 所輻射出、對流出及傳導出的熱可以傳送到周圍的燃料氣體及接觸器。

由於在接觸器內部會有燃燒現象，因此接觸器表面可以暴露在火焰中，並且會接受到由接觸器陣列 261 內部的火焰所發出的輻射。如此可以加熱燃料流體及氧化劑流體，以幫助燃料流體及氧化劑流體點火及燃燒。

由於火焰承載器及接觸器係為錐狀的排列，因此可以幫助火焰及燃燒的熱傳。燃燒器 56 的上游處可以是在隔熱的狀態下操作。

#### 燃料接觸器錐角

請參照圖 28，當火焰從燃燒器上游端流到下游端時，火焰可以從接觸器陣列之上游端的中間處波及到下游端的周圍處。燃燒器的半錐角係為火焰波及率/燃燒氣體軸向流體速度的反正切值，此處所定義的半錐角係為接觸器陣列的軸線與連接接觸器陣列邊緣之線段間所夾的夾角。舉例而言，角(horn)樣式的導管陣列 262 之半錐角比如是介於 0 度到 90 度之間，而漏斗(funnel)樣式的導管陣列 264 之半錐角比如是介於 90 度到 180 度之間。

在導管陣列的下游處會形成漩渦，如此可以幫混合及熱對流。藉由在流體導管附近的微旋器，可以增進紊流混合，而形成軸向渦流。此部分可以參照「微旋器混合之優點」的章節。

#### 漏斗型(funnel)之導管陣列

請參照圖 44，孔洞排列 264 可以是漏斗(funnel)的

樣式，最大的導管係在上游處，最小的導管係在下游處。

在燃燒器內，火焰係位在接觸器陣列的外部。接觸器陣列係具有熱輻射，如此可以減少燃料流體及流體導管手到熱輻射或輻射返回的程度，值得注意的是，外圍輸送管壁面 132 的溫度並不高。位在導管陣列下游處及外部區域可以提供較均勻的混合區域。

#### 漏斗型燃燒器

頂點朝向下游處的導管陣列可以是位在輸送管內，比如是漏斗型樣式。此種導管陣列需要加熱導管，在上游導管陣列外部燃燒所產生的熱可傳導至下游的可燃性混合物，其係由內部的下游導管陣列所噴出。此結構比如可以用來加熱石油、柏油及黏滯性化學物質。

透過輻射方式會將燃燒熱傳送至下游附近之內部的混合流體中。爲了補償低熱傳的現象，可以配置火焰承載器 100，用以將可燃性混合物點火。火焰導管 116 係從上游的火焰承載器 100 延伸到位在上游周圍位置之導管陣列的附近，而火焰承載器 100 可以配置在燃燒器 56 的外部上游處。

#### 帷幕形式或其他形式的接觸器陣列

如專利案'191 之圖 58 及圖 59 所示，接觸器陣列亦可以是如金字塔或長方形的帷幕形式 268、或環狀帷幕形式 269。

接觸器可以分佈地配置在帷幕陣列內，用以輸送氧化劑流體及燃料流體到燃燒區域。起火處比如是位在上游

頂點處的附近，類似「角」樣式的導管陣列。帷幕形式的陣列可以裝配在圓形輸送管上、環形輸送管上、長方形輸送管上或其他型式的輸送管上，可以參照專利案'191 之圖 58 及圖 59。

### 垂直於輸送管軸的平面導管陣列

請參照圖 52，孔洞陣列或導管陣列係為平面的樣式，垂直於燃燒器流體輸送管的軸線。舉例而言，平面的圓形導管陣列 265 可以是位在圓形輸送管 144 內，氧化劑流體可以流經輸送管 144。平面的孔洞陣列可以是平面的圓形陣列 265、平面的長方形陣列 266、平面的環形陣列 267 或其他的形式，如圖 48、49、50、52 所示。在圓形的流體輸送管 144 內，可以纏繞導管成螺旋狀的樣式。圓形與圓弧狀的導管可以連接到歧管 240，而在非圓形的流體輸送管 130 內，導管陣列可以是平行於或垂直於流體輸送管 130 的一側邊，歧管 240 比如是平行於流體輸送管 130 的多個側邊，而導管 10 可以與歧管 240 連接。平面的導管陣列之優點係為具有較小的軸向空間。

### 圓筒狀的孔洞陣列

請參照圖 53，孔洞陣列係位在圓桶狀的導管陣列 265 上，此結構比如是應用在雙通道接觸器導管 16 上。氧化劑流體可以在流體輸送管 130 內輸送，且位在圓桶狀導管陣列 265 的外部。在入口處 134，比如利用絕緣板 157 遮住圓桶狀導管陣列 265 的中間區域；在出口處 136，比如利用絕緣環 154 遮住圓桶狀導管陣列 265 與輸送管壁 144

之間的區域。

氧化劑流體可以從邊緣的通道流入，亦即係由導管周圍外部的區域流入。當需要圓桶狀之燃燒區域時，則可以利用本實施例的配置。

#### 上方帽子(top hat)形式的孔洞陣列

燃料及稀釋劑可以分佈在上方帽子形式的導管陣列 271 上，如專利'191 之圖 66 所示。藉由此結構可以使流體從位在邊緣的通道流到流體輸送管中，或是包含有一端壁燃燒區域的圓桶狀燃燒區域可以應用此結構來設計。

#### 組合式或筒狀形式的燃燒器

如本發明之圖 1、28、52、53 所示及如專利案'191 之圖 65、66 所示，組合式或筒狀形式的燃燒器可以包括接觸器陣列。利用平面形式的接觸器陣列、錐狀形式的接觸器陣列、「角」狀形式的接觸器陣列 262 及「上方帽子」形式的接觸器陣列 271，可以形成組合式燃燒器。

#### 筒環(can-annular)燃燒器

筒狀燃燒器及筒環狀燃燒器均常見於習知技術中。多個組合式燃燒器可以構成一筒環燃燒器，其中每一組合式燃燒器具有孔洞陣列。在兩個或多個組合式筒狀燃燒器之間具有多個流體連接輸送管，以形成一筒環燃燒器(未繪示)。透過連接輸送管可以幫助平衡燃燒及平衡組合式燃燒器之間的壓力。

#### 接觸器陣列結構

當氧化劑流體流經導管陣列時，藉由調整導管間距，

可以減少氧化劑流體的壓力降，以期達到較佳的氧化劑流體/燃料流體的比率。另外，使用者亦可以控制燃料導管與稀釋劑導管之間的距離。

藉由調整導管間距以改變壓力降

由於導管可以是延著軸向配置，因此可以加大相鄰導管間的通道。位在燃料流體導管分佈區域及水導管分佈區域內的淨氣體通道面積係類似於位在燃燒器下游處的淨氣體通道面積。由於導管係分開配置，因此導管間具有較大的通道，以減少經過導管陣列的壓力降。如此可以減少抽吸耗損、增加系統效能及投資的內部報酬率。

雖然導管可以是延著軸向配置，但是其導管間距可以是類似於平面形式的導管間距。如此，在輸送管內可以提供更多的導管，且導管間具有相同的通道面積。透過增加或減少橫向間距的距離，可以增加導管間流體流動的壓力降。

燃料導管與稀釋劑導管之間的間距

藉由調整燃料導管與熱稀釋導管之間的軸向間距，可以調整稀釋劑流體與燃料流體的蒸發時間，亦可以調整稀釋劑流體與燃料流體的濃度，如此之調整需考量可點火性與燃燒的穩定性。並且，藉由調整燃料導管與熱稀釋導管之間的軸向間距，可以控制熱稀釋劑在相對於火焰鋒面之何處蒸發，並且可以改變燃燒器內的溫度曲線，故如此之調整需考量氮氧化物與一氧化碳的排放。

藉由調整燃料流體導管與熱稀釋劑導管間的徑向距

離或橫向距離，可以調整氧化劑流體之流動截面積/燃料流體流動截面積(累計燃料孔洞面積)的比率，並且可以調整氧化劑流體之流動截面積/稀釋劑流體流動截面積(累計稀釋劑孔洞面積)的比率。如此會影響氧化劑/燃料的比率及稀釋劑/燃料的比率，此比率係與導管陣列的壓力及經過導管孔洞的壓力差成正比。

#### 導管方向

爲了要減少阻塞、壓力降及抽吸耗損的發生，導管的排列方向可以是相同於氧化劑流體的流動方向，比如是與輸送管的軸線同向。當導管分佈係爲流線型的樣式時，導管截面的長軸可以是平行於氧化劑的流動通道及輸送管的軸線。

然而，橫向延長地導管可以與流體流動方向夾有一角度，導管的截面積可以是符合空氣動力學，已改善流體的流動，如專利案'191 之圖 40 所示。氧化劑流體可以是向上游導管陣列的方向流動，而在下游導管陣列處，流體會流回。

燃料流體導管的配置需要考量熱稀釋劑導管的配置。

#### 上游/下游導管陣列

燃料導管接觸器 11 可以是在稀釋劑導管接觸器 14 的上游處或下游處。相較於徑向配置燃料導管 11 與稀釋劑導管 14 的結構，當流體在流過導管接觸器時，上述本發明的結構可以減少流體的壓力降。壓力降是愈小愈好，上

游的導管與下游的導管可以是相互對準。爲了要增加紊流與混合程度，導管可以是交錯排列，使得下游處的導管可以是對準於上游的間距  $G$ 。

#### 燃料流體導管與稀釋劑流體導管的交錯配置

燃料流體導管與稀釋劑流體導管可以是交錯配置，燃料流體導管與稀釋劑流體導管可以是纏繞成交錯螺旋型的樣式，而燃料流體導管與稀釋劑流體導管可以是同心圓的樣式或是平面陣列的樣式。

#### 聲音的協同性(coherence)或共振(resonance)

孔洞陣列具有聲音的協同性，而比如形成揚聲器或可以在一容室中形成共振的情形，如圖 52 所示的平面陣列，或是如圖 4 或圖 8 所示之淺凹形式的陣列。

具有協同性質之孔洞的分佈表面

透過流體接觸器陣列，可以將孔洞排列成淺凹孔洞陣列 261 的形式，或淺錐形的形式、或平面的形式。如此，可以增進揚聲器或混合物之共振混合的聲音協同性。流體可以從孔洞陣列的中間頂點處噴出，而亦可以調整孔洞的軸向位置，藉以調整在徑向方向上之壓力脈波的時間/氧化劑流體之軸向流經的時間。如此便可以調整軸向流體傳送相位的表面，且可以調整凹陷表面的形狀，以改變聲音的回饋。

#### 燃料流體的刺激

燃料流體歧管 242 之液態燃料壓力可以調整成脈波的形式，此時燃料流體可以經過協同性的表面 266 噴出。



透過調整液體供給壓力的頻率及振幅，可以改變液滴的噴出率，且可以改變燃燒率。如此，可以協同性地改變氣體加熱率及平面接觸器陣列 266 的擴張，以形成平面的聲音源，比如是揚聲器。

#### 水的刺激

稀釋劑歧管 244 之液態流體壓力可以調整成脈波的形式，以調整稀釋劑的噴出速度及相位，使得在燃料液滴噴出之後，液態稀釋劑液滴可以馬上噴出，且噴出的速度可以是相同於燃料液滴的噴出速度。在形成燃料流體帶之後，可以馬上形成由液態稀釋劑液滴(比如是水)所形成的帶。燃料帶所形成的熱可以蒸發在稀釋劑流體帶內的稀釋劑液滴，如此稀釋劑流體帶可以協同性地快速擴張。

#### 協同性項陣列

爲了要形成較大的聲音源，多種聲音源可以裝配在較大的聲音陣列內，並且可以調整音源之間的項的關係，使得大音源可以聚焦、並控制焦距長度及/或聲音束。

#### 聲音陣列

接觸器陣列 260 的形式會影響聲音特質，凹形開口陣列或凸形開口陣列之錐形角及方向會影響聲音的特質及反應的流體。

#### 減少聲音的協同性或共振

請參照圖 28，在流體輸送管 130 內、或下游或上游的輸送管內、或其他的設備內，錐形樣式的導管陣列係具有較小的聲音共振模式。藉由一被動裝置可以控制聲音共

振。

#### 增加聲音共振

請參照圖 52，平面型導管陣列 266 或是具有小錐角的導管陣列，係可以增加縱向聲音模式，其係垂直於導管陣列之一平面。比如是圓筒型之導管陣列 270，或是錐角係為 0 度或 180 度之導管陣列，係具有最大的徑向聲音模式，其係垂直於流體輸送管 130 的軸線(或是垂直於導管陣列的軸線)，如圖 53 所示。

#### 聲音共振器

請參照圖 54，利用一聚焦形式的共振導管或容室 140，可以刺激容室內的聲音模式，使得聲音的回饋可以達到最大化，其中下游的壁面比如是拋物面的形式。三維拋物面集中器的形成係將一拋物線以流動軸為中心旋轉而成。上游的壁面可以是具有橢圓形狀的入口。錐形的燃料導管陣列及稀釋劑導管陣列 261 可以配置在共振器靠近上游壁面的位置，火焰承載器 100 可以配置在導管陣列的中間位置及下游處。

透過控制燃料流體及稀釋劑流體的噴出，可以形成強的聲音燃燒震盪，而透過拋物線集中器的壁面可以引導這些震盪到燃燒器出口處 136 的附近。在下游出口處之導管內的熱氣體會形成高的共振。如此，可以幫助流體的溶解及流體的混合。另外，平面型的導管陣列可以配置在圓筒型的燃燒器內或方型的燃燒器內，並且可以調整燃燒器之長度/直徑的比率成大於或小於 2，藉以刺激長度方向或

徑向方向的模式。

### 內部燃燒引擎

透過導管陣列可以噴出流體(比如是氣體燃料、液體燃料或水)到具有氧化劑流體的引擎中，氧化劑流體比如是氣體、富氧氣體或氧氣。經由一個或多個直接流體接觸器陣列 260 可以噴出燃料流體及熱稀釋劑流體(比如是柴油汲水)。

### 輸送流體到容室中

在習知技術中，利用高壓幫浦可以將燃料液滴從孔洞噴出到燃燒室中，此步驟係在空氣壓縮之後才進行。比如可以高速地噴出壓縮流體，以達到足夠的噴出距離。

請參照圖 58，在容室周圍具有多個孔洞，比如是具有孔洞的導管 10，小粒子的燃料流體液滴可以噴入到容室中。在活塞運動的限制下，導管比如是纏繞在汽缸頭的周圍。孔洞比如是面向容室的中間區域，並遠離壁面。孔洞可以是正切的方向，使得流體內可以產生漩渦或紊流，以增進混合的效果。

當壓縮的氧氣流體流入到燃燒室時，稀釋劑流體及/或燃料流體可以噴出及蒸發。較小且均勻的液滴係具有較均勻的延滯時間，可以改善均勻性。

### 經由筒狀壁面開口的輸送

在習知技術中，各種引擎可以經過位在引擎汽缸周圍壁面上的開口來汲取空氣。如圖 55-58 所示，透過燃料流體接觸器及稀釋劑流體接觸器可以噴出流體。在燃燒汽

缸 192 及開口的周圍配置有流線型導管陣列。

具有多個通道之導管可以用來傳輸燃料流體及稀釋劑流體。流線型導管陣列可以是位在燃燒汽缸 192 壁面的周圍，亦即係位在汽缸的開口上。另外，可以凹折位在燃燒汽缸 192 周圍的導管，使得孔洞可以是正面向燃燒汽缸的壁面 192，如圖 55 所示。燃料流體通道可以連接到燃料流體歧管 242，而稀釋劑流體通道可以連接到稀釋劑流體歧管 244(比如是柴油及水)。

在燃燒汽缸 192 周圍的導管比如是平行於汽缸軸，如圖 56 所示。燃料流體通道可以連接到燃料流體歧管 242，而稀釋劑流體通道可以連接到稀釋劑流體歧管 244。經過汽缸壁之開口進行噴出作業

在燃燒汽缸 192 周圍的導管可以噴出流體到燃燒汽缸 192 中，如圖 57 所示。導管可以配設在位於汽缸通道 194 兩側的燃燒汽缸 192 的壁面內，以減少紊流及阻塞。

經由多個小孔洞，燃料流體及稀釋劑流體可以小液滴的形式噴入到圓筒的開口中，而藉由形成多個孔洞，可以使累計小液滴孔洞面積達到期望值，本發明之小液滴的尺寸可以是小於傳統的液滴。藉由調整孔洞尺寸及流體壓力差，可以達到期望的噴出距離；而孔洞的數目會影響流量。

舉例而言，燃燒汽缸 192 的直徑比如是約 125mm，而位在燃燒汽缸 192 周圍的槽道 194 比如是約 5mm 寬，而入口處的截面積比如是約 1960mm<sup>2</sup>，而槽道 194 的週長

比如是約 785mm。在每一燃料通道或稀釋劑通道的每一槽道壁面上，每一行之孔洞排列中，每 6 微米就具有 2 微米的孔洞，總共約有 130,800 個。每一列的孔洞總面積比如是約  $0.41\text{mm}^2$ ，若是位在導管周圍的孔洞比如具有 100 行，則孔洞總面積比如是約  $41\text{mm}^2$ 。

透過孔洞可以噴出小液滴到燃燒室 192 中，且噴出小液滴可以減少導管陣列之壓力降。

流體輸送經過入口處的輸送管

由於在輸送管的入口處配置有導管陣列，因此可以輸送至少一流體到輸送管中，其中導管陣列的形式比如是圓筒狀樣式、平面型樣式、錐狀樣式或其他樣式等。

輸入流體到輸送管的入口處

請參照圖 58，導管可以配置在輸送管開口的周圍，且配置在流體輸送管之壁面 132 內。導管可以配置在輸送管的上游，且藉由調整滯留時間，可以調整輸入氣體內液體的蒸發量。

請參照圖 58，至少一導管可以配置在流體輸送管 130 內。舉例而言，請參照專利案'191 之圖 90，燃料接觸器及稀釋劑接觸器可以配置在位於入口閥上游之引擎入口處的周圍。導管比如具有不同尺寸的孔洞，透過孔洞可以噴出具有不同噴出距離的液滴至輸送管內，如專利案'191 之圖 85 及圖 86 所示。

導管陣列的排列方向係延著流體輸送管 130 之軸線排列，其中具有用來傳輸燃料流體及稀釋劑流體之雙通道

的接觸器之軸線係同軸於流體輸送管 130 的軸線。第二導管係位在第一導管的上游，且第二導管係與第一導管同中心，而形成同中心通道接觸器導管 20。燃料流體及稀釋劑流體可以輸送到二導管中，而歧管 240 可以用來支撐導管，微小液滴可以噴入到流體輸送管 130 中。

輸送流體到預容室中

引擎之預容室可以連接到主汽缸，至少一導管可以是位在流體輸送管的周圍，或者多個通道可以與預容室連接，用以傳輸流體到預容室中，如圖 58。經由小孔洞，燃料流體及熱稀釋劑流體可以小液滴的形式噴入到入口處，且孔洞的方向可以是指向燃燒汽缸。

導管可以是位在流體輸送管的周圍，以形成預容室。

### 多通道接觸器導管

請參照圖 41，在接觸器導管 10 內具有多個導管通道 222，以形成多通道接觸器導管 220。多通道接觸器導管 220 比如具有一個或兩個燃料通道 224，比如用來傳輸液體燃料、氣體燃料或多種燃料。而多通道接觸器導管 220 比如具有一個或多個稀釋劑通道 228，用來保護燃料通道及/或輸送稀釋劑。

### 多通道導管元件

請參照圖 41，藉由一薄板並凹折此薄板可以形成多通道接觸器導管 220 之兩側壁。延伸部分 229 係位在多通道接觸器陣列的上游處或下游處，用以減少阻塞的發生。導管隔層 31 係位在二導管側壁 33 之間，以形成二通道，

比如是用來傳輸燃料的燃料通道 224 及用來傳輸稀釋劑流體的稀釋劑通道 228。

導管隔層 31 可以將力量從一多通道導管 220 傳送至另一多通道導管，而形成在通道間的導管隔層 31 可以是垂直於導管軸。適合的接合材料可以塗佈在導管隔層 31 的兩端，以形成接合層 258，材質比如是焊料、銅鋅合金焊接材料或黏著材料等，並且還要接合薄板的下游處或接觸器側壁的下游處。值得注意的是，在高於燃料流體焦化溫度或聚合化溫度的情況下，接合材料要能夠保持足夠的強度。而在低於材料接合時之溫度的情況下，接合材料亦要能夠保持足夠的強度。

就曲線型接觸器導管 10 而言，利用兩片薄板可以形成二接觸器側壁，而薄板的上游側及/或下游側可以接合。為了使製造方便及快速，在接合之前，可以載薄板上鑽出多個孔洞。然而，亦可以在接合多通道導管 220 之後，再形成孔洞。

### 控制燃料流體溫度

燃料流體可以預熱至高於周圍溫度，而正在傳輸的燃料流體可以控制溫度在低於焦化或聚合化的溫度，焦化或聚合化的產生會增加總生命週期的成本，燃料液滴的溫度比如是低於 373K(100°C 或 212°F)或高於 573K(300°C 或 527°F)。

稀釋劑流體可以位在燃料流體通道周圍的通道中，燃料流體通道的暴露表面可以與周圍的熱稀釋劑通道的暴

露表面進行熱交換，用以控制燃料的焦化或聚合化現象。透過控制稀釋劑的溫度可以預熱燃料流體，以避免燃料流體發生焦化或聚合化的現象。位在燃料導管周圍的熱稀釋劑可以是低於燃料的溫度。另外，可以塗佈一熱隔絕層，用以減少傳送製燃料的熱量。

### 組合型接觸器陣列

藉由多通道接觸器導管陣列之多個孔洞可以噴出燃料流體及稀釋劑流體。請參照圖 40 及圖 41，藉由導管-輸送管接點 255 或導管間輸送管 257，多通道接觸器導管 220 可以與多通道歧管 246 連接。

在壓力能量守恆系統中，壓縮可以加熱上游輸入的氣體，如此會使得燃料焦化或聚合化，而下游燃燒所產生的熱亦會加熱燃料。由於在燃料周圍可以輸送稀釋劑，因此可以保護燃料。

### 燃燒溫度

一般而言，燃料通道及導管陣列孔洞並不會直接暴露在或僅是少部分暴露在燃燒所產生的熱氣中或熱燃燒氣體中。比如就「角(horn)」型的接觸器陣列而言，暴露的燃料流體通道表面及位在多通道接觸器導管 220 週圍部分的孔洞，配置在遠離中央的燃燒區域，其中燃燒區域係在角型導管陣列之下游處的中央。接觸器導管的內部表面可以是不具有或是僅只有少區域具有暴露的燃料通道表面及其孔洞。熱稀釋劑通道表面及其孔洞可以位在內部區域，暴露在燃燒的輻射下。



熱稀釋劑通道可以覆蓋燃料流體通道的主要區域，及覆蓋燃料流體通道靠近熱通量源頭的一側，比如是將稀釋劑通道配置在多通道接觸器 220 之下游處(靠近燃燒區域)的內側。在較佳的情況下，熱稀釋劑通道並不會覆蓋在遠離燃燒區域一的的燃料流體通道上。在下游處，稀釋劑通道可以是配置在朝向燃燒區域的一側，然而在上游處，稀釋劑通道可以是配置在遠離燃燒區域的一側。

#### 熱稀釋劑流體

氧化劑流體可以傳送至具有各種壓力的燃燒器中，比如是低壓渦輪(壓力比比如是 4)及高壓渦輪(壓力比比如是 60)，其中低壓渦輪比如是簡單小型渦輪，亦即壓力比比如是介於 4 到 60 之間。在較佳的情況下，壓力比比如是介於 20 到 45 之間。

較高的壓力會導致較高的氧化劑流體溫度。在高壓比及高氧化劑流體溫度的情況下，稀釋劑接觸器可以噴出足夠的稀釋劑流體到上游的壓縮加熱氧化劑流體中，以保持燃料流體在適當的溫度。

#### 期望的熱傳導

受到燃燒及熱空氣所產生之熱的影響，在組合型多通道接觸器導管 220 內，透過燃料流體及稀釋劑流體的熱傳可以使燃料流體的溫度控制在期望的區域內。爲了要控制燃料流體及稀釋劑流體的溫度，使用者可以冷卻熱稀釋劑流體，而在下游處，稀釋劑通道可以配置在靠近燃燒區域的位置，在上游處，稀釋劑通道可以配置在靠近熱壓縮

氧化劑流體的位置。而計算熱傳的方法係如 Jordal(2001)所述，此方法在配合流體動力學及小粒子熱傳學可以用來計算流體或紊流等之輻射及變異量。

#### 稀釋劑流體的保護薄層

爲了保護多通道接觸器導管受到高輻射熱通量的影響，稀釋劑流體可以從孔洞噴出，以形成一保護薄層在導管的周圍，或冷卻導管。保護流體層係應用在氣體渦輪的領域中，比如是應用在燃燒器管線上或渦輪葉片上。冷卻的流體一般係爲壓縮的空氣，保護的流體可以係爲液體水。藉由上游的熱稀釋劑孔洞，可以在燃料流體通道的外壁上形成一薄膜，用以保護燃料流體。

#### 不對稱的組合型直接接觸器導管

請參照圖 28，在錐形的孔洞陣列中，由燃燒所產生的輻射及熱氣流可以是依照斜的方向行進。而本發明亦可以應用不對稱的組合型直接接觸器導管，其中流體流動及稀釋劑溫度分佈係爲不對稱的形式。藉由導管、燃料及稀釋劑的傳輸系統可以進行不對稱的熱傳導。熱氧化劑流體的熱通量、燃燒輻射的熱通量及循環熱氣體的熱通量係可以算出的。請參照圖 29，熱隔絕塗佈層 34 可以形成在最靠近燃燒區域的一側及/或最靠近入口處熱氧化劑流體的一側。另外，可以加大多通道接觸器導管 220 之稀釋劑通道，而更多的稀釋劑或溫度較低的稀釋劑可以經由這些稀釋劑通道傳輸，如此可以承受較高的熱流量。比如應用在平面型的導管陣列中，此導管陣列可以承受由下游及上游

傳送過來的熱流量。

### 子歧管

請參照圖 42，組合型的子歧管 259 可以連接到導管-輸送管接點 255。一個或多個多通道接觸器陣列 220 可以連接到子歧管 259。請參照圖 42 及 43，子歧管及接觸器陣列可以形成六角形陣列的樣式或 Cartesian 陣列的樣式。

請參照圖 40，藉由將導管間輸送管 257 配置在二個多通道接觸器導管之間，或是配置在接觸器導管 220 與相鄰的導管-輸送管接點 255 之間，可以形成組合型子歧管。接合層 258 係位在導管-輸送管接點 255 或導管間輸送管 257 之每一相配表面之間，並且可以選擇性地配置在多通道接觸器導管 220 的相配表面上。多通道導管 220 可以直接地連接到歧管、導管-輸送管接點 255 及/或導管間輸送管 257。

請參照圖 42，一個或多個組合型子歧管 259 可以連接主歧管 240 到二個或多個之接觸器導管 220。

### 子歧管流動區域

子歧管之流動截面積係正比於流經子歧管的流量，並且可以調整氧化劑流體流經子歧管 254 時的橫向截面。當壓縮及汲取的氧化劑流體流經子歧管 254 時，藉由參數的調整可以減少經由子歧管 254 汲取流體之總生命週期成本。

位在直接接觸器導管間的導管間輸送管 257 之數目係正比於導管間輸送管 257 的總流量。藉由調整子歧管 254

的截面積或導管間輸送管 257 的數目，可以減少橫向流過之氧化劑流體的壓力降。

#### 連接孔

在流體欲從歧管 240 流到子歧管 254 的地方，或是在流體欲從歧管 240 流到接觸器導管 10 的地方，可以配置至少一歧管連接孔 250，穿過歧管管壁 249。比如可以利用雷射鑽孔的方式，形成較大的歧管孔洞 250，或者可以利用微影蝕刻的方式形成歧管孔洞 250。

在流體欲從歧管 240、子歧管 254 或導管間輸送管 257 流到接觸器導管 10 的地方，可以配置至少一連接孔 74，在接觸器導管 10 或多通道導管 220 之導管管壁 30 上。

當接觸器導管 10 與多流體通道連結時，在較佳的情況下，導管間輸送管 257 亦要具有多個內通道。至少一組的導管間輸送管 257 可以形成用以傳送稀釋劑的子歧管 254，而其他組的導管間輸送管 257 可以形成用以傳送燃料流體的子歧管 254。

#### 曲線型接觸器導管陣列

在提供曲線型薄板之後，可以接合曲線型薄板，以形成接觸器導管 10 或多通道接觸器 220。曲線型導管 10 可以與輸送管間導管及接合層 258 裝配在一起，以形成曲線型直接接觸器導管陣列 260。接合層 258 比如在高溫時可以接合接觸器導管到輸送管間導管上，使得直接接觸器導管 10、輸送管間導管 257 及接合層 258 可以組裝在一起。

連接器 10 可以與子歧管 254 連接，接觸器 10 的上

游端可以與子歧管 254 連接。

導管間輸送管 257 在靠近直接流體接觸器 10 之一端的端點形狀係為流線型的樣式，導管間輸送管 257 係具有扁平端，以形成具有平坦表面之直接流體接觸器 10。

### 混合的接觸器導管&歧管

請參照圖 41，藉由比如是長方形的薄板可以形成直接接觸器 10 及多通道接觸器導管 220。層板 31 係配置在薄板上，並橫切導管側壁。層板 31 係配置在裝配架內，並且可以與導管側壁 33 接合。藉由細線可以使層板 31 裝配時對準。接觸器導管之上游處/下游處可以是直線形的樣式，以改善接觸器導管的流線性，比如是 V 形的樣式、弧形的樣式、半圓形的樣式、或其他流線型的樣式。

請參照圖 40、42、43，藉由層板可以在歧管 240 內、子歧管 254 內及/或導管間輸送管 257 內形成多個通道。藉由有許多孔洞的薄板可以形成導管側壁 33。此結構可以簡化導管與導管間輸送管 257 之間的連結、導管與子歧管 254 之間的連結及/或導管與歧管 240 之間的連結，可以減少裝配成本。藉由線型的薄板可以形成通道間的側壁。

### 混合型接觸器陣列

請參照圖 41，藉由將多孔洞的薄板與層板接合，並配合導管間輸送管 257 的配置，可以形成多通道接觸器陣列。接合層 258 係位在元件之間的接觸區域上，而在層板外圍延伸的多孔洞薄板 33 可以是流線型的弧狀之樣式。因此，藉由將這些元件組裝便可以形成多通道接觸器陣

列。

藉由加熱或其他方式，並利用可以用來夾持元件的夾具夾住元件陣列，其包括將上游的流線區域與下游的流線區域接合。

在組裝之後，可以對通道施加不同的壓力，使得壓力差會大於正常操作壓力，使得在夾持裝置之間的層板可以向外凸起。多通道接觸器導管 220 除了可以是具有流線型的側邊外，可以具有平坦的側邊。

### 導管-輸送管接點

請參照圖 40，通道的相對兩側可以是具有線性的導管-輸送管接點 255，用以連接相鄰的多通道導管 220、歧管、或相鄰的導管間輸送管 257(亦可參照圖 42)。藉由形成凹口/凸緣 256 在導管-輸送管接點 255 上，可以方便組裝，且接合在導管與導管間輸送管 257 之間。導管側壁 33 可以是具有凹口/凸緣 256，以改善接合性。

導管-輸送管接點 255 與導管間輸送管 257 可以在多通道接觸器導管 220 的上游-下游方向上延伸，用以減少輸送管內的壓力降及寄生流體抽吸效能，並且可以減少阻塞係數及經過輸送管之氧化劑流體的抽吸成本。輸送管可以是流線型的樣式，以減少氧化劑流體的壓力降，而藉由薄板可以形成多通道接觸器導管 220。

### 組合型子歧管

爲了要形成直線型多通道導管陣列，藉由將導管-輸送管接點 255 與導管間輸送管 257 接合可以形成組合型子

歧管 259。較短的多通道接觸器導管 220 可以是配置在組合型子歧管 259 之間。

藉由將接觸器導管與導管-輸送管接點接合，可以形成多通道導管陣列。

### 多通道接觸器模組

請參照圖 43，藉由直接接觸器導管 10 或多通道直接接觸器導管 220 可以形成多孔洞的接觸器陣列模組 274，比如是六角型陣列模組、長方形陣列模組、Cartesian 陣列模組、或是類似還有弧狀結構的不規則四邊形模組。

### 多通道接觸器模組陣列

請參照圖 43，多接觸器陣列模組 274 比如是六角型陣列模組或 Cartesian 陣列模組的形式，每一模組係由小陣列所構成。就六角型陣列而言，至少一接觸器導管或多通道接觸器導管 220 係為六角型的樣式。位在角落的孔洞可以容納在較大的輸送管區域內，而中間的六角形接觸器可以向外噴出小液滴，其噴灑範圍係在周圍的六角型直接接觸器導管 10 內或多通道導管 220 內，如此在內部及外部均形成有小液滴。

### 歧管橋接點

請參照圖 43，燃料流體歧管 242 及稀釋劑歧管 244 可以連接到中間的歧管橋接點 247，其中歧管橋接點 247 比如位在輸送管的軸線附近。歧管的連接可以是對稱的，並且這些陣列模組 274 可以組裝在一起，且歧管橋接點 247 可以與陣列模組 274 連接。另外，可以視需要使用支撐條

38。

舉例而言，藉由將燃料流體歧管 242 及稀釋劑歧管 244 連接到歧管橋接點 247 時，便可以形成六角型的模組 274。

支撐條 38 比如位在六角型陣列模組與流體歧管(比如是稀釋劑歧管 244)之間，支撐條 38 可以配置在陣列模組 274 的徑向位置上，比如是歧管 242、244 上。

相較於欲拆除裝配在整個燃燒器內的巨大導管陣列，本發明之模組化裝配方法在拆除上較為簡易，比如可以透過位在燃燒器壓力導管內的小壓力導管來拆除這些陣列模組 274。不同組的燃料流體歧管 242 及稀釋劑歧管 244 可以連接在陣列模組 274 與歧管橋接點 247 之間。

#### 導管內稀釋劑的流動

請參照圖 41，藉由多個層板 31 可以形成多通道接觸器導管 220。多通道接觸器導管 220 可以形成壓力平衡孔在層板上，以減少應力。孔洞 80 可以穿過層板 31，使得稀釋劑流體及/或燃料流體可以流動到相鄰的通道 222。當通道 222 之間達到平衡的壓力時，可以減少多通道接觸器導管 220 的應力。

請參照圖 40、42 及 43，在多通道接觸器導管 220、子歧管 254、組合型子歧管 259 或歧管 246 的外壁上，可以形成孔洞 80，以連通到相鄰的內部通道 222。經由孔洞 80 可以噴出稀釋劑流體。當位在多通道接觸器導管 220 與子歧管 254、259 之間或與歧管 246 之間的通道 222 並未與流體連接時，可以透過層板之孔洞來傳輸流體到相鄰的



內通道 222 中。經過孔洞 80，可以使稀釋劑流體從通道中噴出，以冷卻外壁 33、249。

### 上游/下游的流線型頂蓋

請參照圖 40，薄板可以形成多通道接觸器導管 220。在多通道接觸器導管 220 的上游處及/或下游處可以形成延伸部 229，延伸部的形狀比如是 U 字形、V 字形、雙弧狀之歌德頂蓋的形式、或是其他流線型的樣式等。

### 微漩渦混合促進器

請參照圖 59，當第二流體 904 流經孔洞及導管之間的位置時，多個小型的混合構件或微旋器 290 可以引導流體往某一方向流動。微旋器的截面積可以是類似導流片的形狀，可以增進效率，而微旋器的截面積亦可以是具有簡單角度的板子、折彎的板子或曲線型的板子。在與輸送管軸線夾有一角度的方向上，具有角度的流體噴出物可以傳送橫向動量給導管間的氧化劑流體或是給位在導管下游的氧化劑流體。上述具有角度的微小流動會使得第二流體的中間區域形成小漩渦，而第二流體的流動方向可以是與導管的分佈夾有一角度、或是垂直於導管的分佈。

### 導管微旋器的上方及導管微旋器之間

導管微旋器可以是位在導管上、導管之間或多個導管之間。

#### 「T」字形微旋器

請參照圖 59，爲了要在第二流體內形成具有角度的

混合噴出物，可以配置「T」字形微旋器 294 在相鄰的導管 10 之間，用以引導流體 904 流經這些導管，其引導方向比如是與輸送管軸線之間夾有一角度，此角度係界於 0 到 90 度之間。

「T」字形微旋器 294 的外部下方區域可以被截掉，且可以裝配在導管 10 之一半的區域，微旋器可以藉由黏膠、焊接或銅鋅焊接的方式與導管連接。或者，「T」字形微旋器 294 可以被截掉而裝配在接觸器導管之間的區域，且「T」字形微旋器 294 可以呈現翹曲的樣式。

微旋器可以是延著接觸器導管延伸，以提供較佳的空間混合。微旋器可以是交錯排列的，或是沒有對準地排列在相鄰的接觸器導管之間，微旋器比如是環狀或圓形的樣式，並且微旋器離軸線可以是不同的距離。

#### 「鞍型」微旋器

請參照圖 60，具有兩隻腳的「鞍型」微旋器 291 係配置在導管 10 上。「鞍型」微旋器 291 的中間區域係被截掉，而形成兩隻腳的樣式，使得「鞍型」微旋器 291 可以配置在導管 10 上，而「鞍型」微旋器 291 可以製作成葉片的樣式。

#### 微旋器支撐柱

請參照圖 60，一個或多個的微旋器支撐柱 296 可以橫越配置在接觸器導管上，作為支撐之用。多個微旋器 290 可以接合在一起，比如是「T」字形微旋器或「鞍型」微旋器。「T」字形微旋器及「鞍型」微旋器的頂部區域係相

對於垂直部位不對稱地旋轉，而可以容納在相鄰導管間的位置，比如可以應用在「錐形」接觸器導管陣列上。

#### 「跨坐式」微旋器葉片

請參照圖 60，可以捲曲「鞍型」微旋器 291 的二微旋器葉片 298 往相反的方向，而形成「跨坐式」的樣式，用以引導流體在導管之任一側往相反的方向流動。

利用一細長板可以做出頭對頭「鞍型」微旋器 291。細長板的兩側可以是符合氣體動力學的形狀，之後可以將「鞍型」微旋器 291 接合起來，而形成二導流片 297，可以有效地引導流體。或者，可以利用單一的細長板先形成導流的導流片 297，然後，可以利用雷射切割或水柱切割的方式，進行切割製程，以形成跨坐式的「鞍型」微旋器 291。

「T」字形微旋器的下游區域可以形成有槽道，以形成二旋轉體導流片 297 或葉片 298，導流片 297 或葉片 298 可以往相反的方向旋轉，而形成跨坐式的樣式。如此可以引導流體在導管之間往相反的方向流動，如圖 62 及 65 所示。

細長板可以形成單一厚度的曲形葉片 298，以形成「鞍型」微旋器 291、292 或「T」字形微旋器 293、294 的導流片 297，且曲形葉片 298 可以是具有均勻的曲率，以增進引導流體的效率。並且，曲形葉片 298 的製作費用並不貴。

#### 「坐式」微旋器葉片

請參照圖 63 及 65，藉由將曲形的微旋器導流片 297 或葉片 298 以相同的方向配置在導管上，並且兩隻腳也是在相同的方向上排列，如此便可以形成「坐式」的「鞍型」微旋器 292。請參照圖 59、63 及 64，利用單一的曲形導流片 297 或葉片 298，可以形成坐式的「T」字形微旋器 294 在二導管之間。多個「坐式」的微旋器可以連接在一起並橫越多個導管，使得微旋器可以引導一部份的流體往腳的方向流動，並且可以在延著微旋器之腳的邊緣形成微漩渦。

較低或較高的微旋器導流片/葉片

一個或多個導流片 297 或葉片 298 可以配置在接觸器導管 10 的上游，由於微旋器可以配置在上游處，因此葉片可以不會直接干擾到孔洞。或者，微旋器導流片 297 或葉片 298 亦可以配置在接觸器導管 10 的下游處。

螺旋形微旋器葉片

請參照圖 62，薄的細長片可以纏繞在導管上，以形成螺旋形微旋器葉片 296，薄的細長片可以是以垂直於導管表面的方向，突出於導管表面，並且可以在導管表面上延伸。利用連續的微旋器葉片可以形成紊流在導管的任何一側，比如是跨坐式的「鞍型」微旋器 291。微旋器可以配置在圓形導管或橢圓形導管的周圍，或者配置在其他具有符合氣體動力學形狀之導管上。

微旋器所引導之流體流動

請參照圖 62 到 65，微旋器的葉片可以是具有四種不

同的形式。每一導管或導管間的兩個或多個之微旋器導流片 297 或葉片 298 可以是具有四種形式，以形成最大紊流、最大微漩渦。

透過微旋器可以使流體達到期望的混合效果。微旋器可以配置在圓形輸送管內，或者微旋器亦可以配置在環形或長方形的輸送管內。如此，在放熱化學反應上及燃燒上，微旋器可以增進紊流及混合的效果。

「半間距交替式」之微旋器所引導之流體流動

請參照圖 62，爲了達到最大的微紊流以增進混合效率，導流片 297 或葉片 298 可以是在間距內往相反的方向延伸，如此可以在導管 10 之間形成跨坐式「T 字形」微旋器 293 之陣列。請參照圖 62 的中間區域，具有相對之腳的跨坐式「鞍型」微旋器可以配置在接觸器導管上，其中微旋器 291 可以是在相同的方向上延伸。

請參照圖 62，螺旋狀微旋器 296 可以相同的方向環繞配置在導管上。螺旋狀微旋器 296 及「T 字形」或「鞍型」的微旋器可以形成微渦流，因此可以形成最大的微紊流且流經整個流體輸送管 130 之第二流體可以達到最佳的混合效果。

藉由微旋器可以增加第二流體之橫向旋轉動量，且第二流體每隔導管之一半間距可以改變方向。在某一微葉片 290 的密度下，可以使微漩渦的密度達到最大值。基本上，至少一微漩渦可以形成在每一接觸器導管的下游及導管間距  $G$  的下游，且位在相對的微漩渦葉片之間。

微旋器之腳或葉片 298 的寬度可以是間距  $G$  寬度的 5%到 50%。爲了增進混合效能，微旋器之葉片 298 的寬度可以是間距  $G$  寬度的 20%到 40%，在較佳的情況下，微旋器之葉片 298 的寬度可以是間距  $G$  寬度的 30%到 35%。如此在微旋器葉片的周圍可以形成微漩渦，且微流體可以延著微旋器之葉片方向流動。

#### 「方向一致」之微旋器所引導之流體流動

請參照圖 63，爲了要形成最小的紊流及最大的大漩渦，可以使導流片/葉片延著相同的方向排列。舉例而言，坐式「T 字形」微旋器之陣列可以配置在導管間距  $G$  之間，且葉片可以延著相同的方向排列。爲了要使流體以相同的方向旋轉，坐式「鞍型」的微流體 292 可以配置在接觸器導管上，並延著相同的方向排列。

藉由微旋器可以相同的方向增加流經子區域之第二流體之橫向旋轉動量，其中子區域比如是由微葉片、爲金屬薄片或微支撐柱所構成，因此在接觸器導管 10 或導管間距  $G$  的下游處，僅具有少量的微漩渦。

#### 「間距交替式」之微旋器所引導之流體流動

爲了要產生中紊流，可以在相同的方向上配置多對的導流片/葉片，而多對的導流片/葉片可以配置在導管之間且橫越導管，如圖 64、65 所示。

請參照圖 64 的左側，坐式「T 字形」微旋器 292 之陣列可以是延著導管間距  $G$  的方向排列，並位在導管之間。每隔一間距  $G$  的距離，便改變葉片的方向。請參照圖

63 的中間區域，爲了要使流體具有相同的流動方向，跨坐式「鞍型」微流體 291 之陣列可以是配置在接觸器導管上，並且是在相對的方向延伸，且會橫越接觸器導管 10。

請參照圖 64，螺旋狀微旋器 296 可以是在相對的方向上環繞在導管上。螺旋狀微旋器亦可以形成小漩渦，類似於「鞍型」或「T 字形」之微旋器。

藉由微旋器可以增加第二流體之橫向旋轉動量，其中第二流體會隨著每一導管間距  $G$  而改變方向。如此會在接觸器之中間區域的下游處且在反向旋轉的流體之間，可以形成連續的微漩渦。

「導管交替式」之微旋器所引導之流體流動

如圖 65，相對的導流片/葉片可以配置在導管之間，且可以橫越導管，以形成中紊流，比如可以是將跨坐式「T 字形」微旋器 293 可以是延著導管間距  $G$  之方向配置，且位在導管 10 之間。每隔一段導管間距  $G$  的距離，葉片的延伸方向可以是相反的。

而可以將坐式「鞍型」微流體 292 配置在接觸器導管上，以形成相同方向的流體流動，其中每經過導管 10 一次，葉片的延伸方向可以是相反的。相對地跨坐式「T 字形」微流體陣列可以結合相對地坐式「鞍型」微流體陣列。

藉由微旋器可以增加第二流體之橫向旋轉動量，其中第二流體會隨著每一組之接觸器導管 10 而改變方向。如此會在導管間距  $G$  之中間區域的下游處且在反向旋轉的

流體之間，可以形成至少一微漩渦。

### 微旋器之參數&材料

#### 微旋器的間隔

在延著導管的延伸方向上，微旋器 290 之間的距離比如是導管間距的一半。藉由增加或減少微旋器 290 之間的距離，可以減少或增加氧化劑流體流經接觸器導管陣列 10 或多通道導管陣列 220 之壓力降，且可以減少或增加燃燒器 56 的混合程度。藉由增加混合程度及壓力降，可以形成較均勻之軸向流體速度的橫向分配。

#### 微旋器之導流片曲線

微旋器之導流片 297 或葉片 298 的入口處可以是對準氧化劑流體的輸入方向，比如可以對準流體輸送管 130 的軸線。微旋器導流片 297 或葉片 298 的出口角度係可以控制的，而微旋器出口處之導流片角度或葉片角度可以是偏離流向軸線或微旋器入口方向或流體輸送管 130 軸線約 5 到 80 度之間，較佳的情況係偏離 10 到 50 度之間，更佳的情況係偏離 15 到 30 度之間。藉由增加或減少微旋體之葉片角度，藉以減少流體經過接觸器導管陣列 10 的壓力降、或多通道導管陣列 220 的壓力降、或多孔洞的導管陣列模組 274 的壓力降，或者藉以增加燃燒器 56 內的混合程度。

#### 微旋器材料&熱清洗

微旋器 290 可以是由抗腐蝕材料所構成，且可以承受熱清洗的溫度。另外，要定期地清除從上游之空氣/氣



體過濾器 390 所掉落的細纖維或其他物質，其中藉由加熱微旋器 290 及接觸器導管可以清除這些物質，直到這些物質氣化為止。在接觸器導管的上游處可以噴出稀釋劑流體(比如是水或水蒸氣)，而稀釋劑流體可以是已加熱的或是預熱過的。以加熱的稀釋劑(比如是水蒸氣)可以與碳化物反應，可以藉由氣化的方式去除它們。

#### 平滑的微旋器溫度曲線

藉由配置微旋器 290，可以達到較佳的混合效果。由於燃燒氣體與稀釋劑流體可以更均勻地混合，因此在接觸器導管的延伸方向上或是在接觸器導管的橫向方向上，可以具有更平滑的溫度曲線。

#### 具有歧管及導管支撐結構的微旋器

微旋器 290 可以延著燃燒器 56 內的其他元件延伸，比如是延著歧管 240 延伸、延著導管支撐結構 38 延伸或是延著導管延伸。「鞍型」微旋器可以配置在這些元件上。

#### 垂直於接觸器導管的微旋器

微旋器導流片 297 或葉片 298 可以是垂直於接觸器導管 10、220。若是將微旋器導流片 297 或葉片 298 混合有平行及垂直地排列，可以達到更佳混合效果。

#### 微旋器結構

請參照圖 60，微混合器或微旋器 290 可以是配置在接觸器導管 10 的周圍，因此可以在燃燒器內形成多個中間漩渦、微漩渦及紊流。在尺寸上，中間漩渦會小於傳統的大漩渦產生器。就「鞍型」微旋器 291 而言，微旋器腳

的兩邊可以分別形成兩個微漩渦，而大的中間漩渦會變成多個微漩渦。

在輸送管的橫向分佈上可以形成多個微漩渦，每單位面積之微旋器數目係正比於軸向流體流率的橫向分佈。因此，相較於傳統的混合方法，本發明藉由微旋器可以有效地混合氧化劑流體、燃料流體及/或稀釋劑流體。

請參照圖 60，延著導管間距的方向上，每 7mm 可以配置一微旋器 290，其中導管間距比如是 7mm，如此在每平方公尺內便可以配置約 20,000 個微旋器。利用具有兩個腳或葉片的微旋器 290，每平方公尺可以配置有約 40,000 個微旋器。每一微旋器葉片的邊緣可以產生微漩渦。因此，藉由本發明，可以在 1 平方公尺內形成 40,000 到 80,000 個中間漩渦及微漩渦。中間漩渦會被破壞成多個微漩渦，因此可以形成多個更小的奈米等級之漩渦。

微旋器 290 係對應每單位面積內的多個孔洞配置。舉例而言，比如是每 0.7mm 配置一孔洞，而每 7mm 配置一微旋器，因此橫越導管的微旋器之間可以具有 20 個孔洞。

在微旋器之間的開放區域內，每單位截面積可以具有較密的孔洞，此時微旋器可能會阻塞部分的導管。微旋器一側的氧化劑流體流速會大於另一側之氧化劑流體流速，此時可以配置更多的孔洞，來噴出流體到高速橫向流動的流體中。

**孔洞結構**

在專利案'191 中述及藉由配置接觸器導管孔洞可以改善混合的程度，比如可以參照該專利案的圖 30-33，關於「相對於導管軸線的孔洞角度」之部分。

稀釋劑流體的質量流量約是三倍到七倍的燃料流體的質量流量。藉由形成微稀釋劑液滴，可以達到橫向紊流及混合的目的，並且可以在延著接觸器導管的延伸方向上及橫越接觸器導管的方向上，調整橫向紊流的等級。

### 微旋器&孔洞結構

接觸器導管之孔洞具有一方向向量，此方向向量係同向於藉由區域性微旋器導流片 297 或微旋器葉片 298 對氧化劑流體所造成的方向，因此可以增加氧化劑流體的橫向動量及混合程度。孔洞的方向可以是垂直於氧化劑流體的方向，藉以增加從孔洞噴出之流體液滴的噴出距離，並且減少液態燃料流體波濤到微旋器導流片 297 或微旋器葉片 298 的程度。

孔洞的方向向量亦可以是交叉於或反向於藉由區域性微旋器導流片 297 或微旋器葉片 298 對氧化劑流體所造成的方向，如此可以改善混合效果。藉由形成微旋器葉片，可以使由孔洞噴出的燃料流體或稀釋劑流體形成漩渦，如此可以改善流體的混合。

### 藉由電流體改善燃燒現象

藉由高電壓及燃燒器電極 320 可以在燃燒器 56 內形成電流體。在孔洞較大的情況下，藉由電流體可以減少液

滴的尺寸並形成更小的液滴，如此可以改善燃燒氣體的混合效果。此方法可以改善燃燒、改善溫度的均勻性、減少排放量、減少流體過濾裝配的配置、及減少孔洞的阻塞。

#### 具有電性激發的直接接觸器陣列

藉由電場激發可以減小微液滴的尺寸及液態液滴的尺寸，尤其是針對黏滯性燃料流體而言。藉由施加高電壓在多孔洞的燃料導管電極 322 上及/或多孔洞的稀釋劑導管電極 324 上及/或對應的直接接觸器陣列上，如圖 66、67 所示。經過電極 322、324 之間的電場會壓縮由接觸器噴出的液態液滴，此此會導致液滴的破裂，並且相較於沒有使用電場的情況下，可以形成更小的液滴。

在燃料流體導管陣列與稀釋劑流體導管陣列之間，可以施加不同的高電壓。比如可以將具有第一電壓之第一電性接點連接到燃料流體導管電極 322 上，而將具有第二電壓之第二電性接點連接到稀釋劑流體導管電極 324 上。如此電場可以形成於導管電極 322、324 之間，電場會依照電壓及導管陣列之間的距離而變化。

由其中一導管陣列之孔洞所噴出的液態液滴會被另一導管陣列之孔洞所吸引。藉由電場可以使液滴的尺寸縮小，而液態液滴會被破壞成更小的液滴，此液滴的直徑可以是小於沒有受電場影響之液滴直徑，且液滴的直徑係顯著地小於孔洞的直徑。

燃料流體導管電極 322 及稀釋劑流體導管電極 324 可以配置在對應的燃料流體歧管上及稀釋劑流體歧管上，

在流體歧管之間可以施加高電壓的刺激。而流體歧管與其他的歧管之間可以是電性隔離。由於燃料流體或稀釋劑流體可以是導電的，因此可以施加高電壓在非導電性的導管陣列上。

燃料流體導管陣列與稀釋劑導管陣列之間的軸向電場

高電壓可以施加在燃料流體導管電極 322 及稀釋劑流體導管電極 324 上，而燃料流體導管電極 322 可以位在稀釋劑流體導管電極 324 的上游或下游，如圖 66、67 所示。電場可以吸引在下游的燃料流體液滴，並且在氧化劑流體的方向上，可以形成具有高速度的小液滴。

電場可以吸引稀釋劑液滴及縮減稀釋劑液滴的尺寸。在氣態燃料的上游處形成有液態的稀釋劑液滴，因此當液態的稀釋劑液滴流向下游時，液態的稀釋劑液滴會解體。當稀釋劑流體導管電極 324 位在燃料流體導管電極 322 的下游處時，相較於有電子吸引力的情況，由氧化劑流體所形成之阻塞物的強度會受到液滴是往上游移動或下游移動的影響。另外，較小的液滴係會受到電子的刺激。

藉由調整導管電極陣列 322、324 的間距及上游/下游順序，可以使燃料流體及稀釋劑流體的蒸發率達到期望的數值，並且在燃燒溫度的限制下，可以達成高信賴度地燃燒。

燃料流體導管電極陣列與稀釋劑流體導管電極陣列之間的橫向電場

在多孔洞的燃料流體導管電極 322 與稀釋劑流體導

管電極 324 之間，可以交替地施加有高的電壓差。如此電場可以形成於導管電極 322、324 之間，而導管電極 322、324 的方向可以是橫向地切過氧化劑流體的流動方向，如圖 66 所示。

由於在燃料流體導管電極 322 與稀釋劑流體導管電極 324 之間可以交替地施加有高的電壓差，因此由導管噴出的液滴會橫越氧化劑流體且會被吸引到相鄰的導管上。藉由橫向的電場會使得由稀釋劑導管陣列及/或燃料導管陣列 322、324 所產生的液滴，橫向地吸引到氧化劑流體中。相較於沒有電場的狀況下，電場會使得液體燃料及稀釋劑液滴形成更小的液滴，此更小的液滴會向下游流動並噴入到第二流體中。

導管陣列及電極之間的刺激

至少一分開的電極或陣列電極 326 可以是平行於至少一多孔洞的液態燃料導管電極 322 及/或液態稀釋劑導管電極 324 及/或對應的直接接觸器陣列，如圖 66 所示。高電壓電源供應源 300 可以供應所需的電壓，而高電壓電源供應源 300 可以藉由隔絕的導體輸送高電壓到輸送管管壁 132，並經由高電壓輸送孔 316 可以穿過輸送管管壁 132。經由高電壓輸送孔 316，可以施加高電壓到位在流體輸送管 132 內的陣列電極 326、液態燃料導管電極 322 及/或液態稀釋劑導管電極 324。因此在陣列電極 326 與液態燃料導管電極 322 之間及/或與液態稀釋劑導管電極 324 之間可以形成具有高電壓差的電場。這些電極或陣列電極

326 係由導電材質所構成，其導電性會高於流經陣列電極 326 與直接接觸器電極 322、324 之間的流體。

#### 下游的網狀陣列電極

爲了避免吸引上游的液滴，陣列電極 326 可以是位在稀釋劑導管陣列的下游，如圖 66 所示。施加在稀釋劑導管陣列上的第三電壓可以是大於施加在稀釋劑導管陣列上的第二電壓，陣列電極 326 比如是網狀的形式，可以是平行於稀釋劑導管陣列，且位在稀釋劑導管陣列的下游。由於網狀結構的強度是足夠的，因此可以禁得起軸向流動的阻塞物。網板比如是具有連線型支撐條 38 及/或導線，可以減少阻塞的發生，因此藉由流線型的結構可以支撐網板。藉由適當的支撐絕緣體 314，可以在流體輸送管之管壁 132 上支撐陣列電極 326。

#### 需要冷卻的下游電極

需要冷卻的電極 328 可以配置在燃料流體導管及稀釋劑流體導管的下游處，並且位在燃燒區域的附近，或者可以配置在熱燃燒氣體內，此電極 328 會吸收由燃燒傳送過來的熱，而此需要冷卻的電極 328 可以配置在導管上。由導管電極 328 所噴出稀釋劑流體可以用來冷卻此需要冷卻的電極 328，如圖 66 所示。

電極可以塗佈有高溫熱隔絕材料 34，如此可以保護管狀電極 328 避免受到因爲燃燒所產生之輻射熱通量的影響，並且可以避免受到因爲熱氣體所產生之熱對流的影響。此外，可以減少用來冷卻管狀電極 328 之稀釋劑的用

量，受此加熱的稀釋劑可以由上游噴入到燃燒器 56 中。

多孔洞的導管電極 328 可以用來輸送稀釋劑流體，經由導管電極的孔洞可以噴出加熱後的稀釋劑到燃燒氣體中及/或能量流體 920 中。

陣列電極 328 可以是排列在稀釋劑導管的下游，在稀釋劑導管內之上游軸向孔洞 84 可以是軸向地對準下游的陣列電極 328 的孔洞。如此可以減少流經管狀電極導管 328 的熱氣體之溫度，並且可以減少冷卻的需求及其溫度。

管狀電極 328 可以是由高溫材料的導管所構成，且內部具有導電體。比如是由單晶或多晶藍寶石、氧化鋁、碳化矽、氮矽化合物或其他適合高溫的材質，環繞在金屬導體的外圍。如上所述，絕緣的藍寶石套管可以配置在金屬電極導管 328 上。

16.1.6 稀釋劑與燃料流體之間係為絕緣的，且燃料流體係接地連接

稀釋劑流體導管陣列係電性隔絕於燃料流體導管陣列。為了安全的考量，燃料流體輸送系統可以是電性接地，以避免火花與爆炸的發生，因此第一電壓係為 0，如圖 66、67 所示。

稀釋劑導管陣列係電性隔絕於輸送端

相較於傳統技術，在較大孔洞之情況下，藉由高電壓之電場可以形成較小的液滴，比如可以應用在較重的燃料流體上。噴出的流體可以是導電的，然而習知由連續的液態接點所形成的電場會導致經過液態稀釋劑的電流發生



(比如是利用水作為熱稀釋劑，而甲醇作為燃料)。稀釋劑液體可以是在與電隔絕的情況下輸送，因此可以配置一導電液體隔絕器 340，如圖 68 所示。因此，可以減少熱稀釋劑電解現象的發生及氣體潛在爆炸的發生，例如是氫氣。

多孔洞的液體導管陣列 344 係位在電絕緣液滴塔 344 的上方，電絕緣液滴塔 344 具有一垂直輸送管，而利用一絕緣支撐架 348 可以支撐電絕緣液滴塔 344。塔輸送管的管壁係由非導電性材料所構成。接地的幫浦 342 可以輸送液體到液體導管陣列 343 中。液體導管陣列 343 的孔洞 80 係直接對準下面。由導管陣列所噴出的均勻稀釋劑液體會使得單獨噴出的液滴具有固定的流量。液滴收集器 346 可以收集液滴，而藉由高電壓幫浦 350 可以輸送收集的液體。

藉由調整塔的高度及/或施加在稀釋劑陣列上的第二電壓，液體蒸氣的電陡度會小於蒸氣的崩潰電場，會影響液滴間隙。在噴出雨狀的液滴時，稀釋劑噴出系統與稀釋劑傳輸系統之間可以是電絕緣的狀態。

#### 孔洞尺寸&電場間隔

利用電場，即使在較大孔洞直徑的情況下，亦可以噴出相同或較小的液滴，尤其是針對黏滯的燃料流體。如此可以減少抽吸的需要及孔洞阻塞的可能性。

在電場作用下，孔洞可以是靠近在一起，孔洞間距可以是小至約孔洞直徑的三倍到兩倍之間，比如是孔洞直徑的 1.5 倍。

#### 燃燒氣體的電控制

在燃燒氣體或熱流體內的原子可以會受到電場之施力所影響。至少一下游電極(比如是陣列電極 326)可以配置在比燃燒氣體還下游的地方。藉由位在下游電極與至少一上游導管陣列之間的高電壓輸送裝置，可以在電極與導管之間形成一電場。電場具有一軸向分量，可以加速位在上游或下游的燃燒氣體內或熱流體內之帶電粒子。

#### 軸向火焰承載電極

火焰承載器可以用來穩定燃燒，而火焰承載器可以裝配到燃燒室的電場內。請參照圖 67，至少一火焰承載軸向電極 330 可以是位在流體接觸器陣列的下游。就「角」型接觸器陣列 262 而言，軸向電極可以是位在流體輸送管 130 的軸線附近。中間燃料承載器 100 及電絕緣燃燒器 56 可以支撐軸向電極 330，軸向電極 330 可以連接高電壓功率輸出裝置 300，軸向電極 330 的電壓係不同於接地電壓 302，並且可以大於最近的上游直接接觸器陣列電壓。

#### 周圍火焰承載電極

請參照圖 67，下游周圍的火焰承載電極 332 可以是位在流體接觸器的周圍，比如是位在下游處「角型」燃燒器 262 的附近。就「角型」燃燒器 262 而言，此結構可以幫助在最冷及最少輻射之燃燒氣體附近的火焰承載能力。電極可以連接高電壓電源供應源 300，其電壓並不是等於接地電壓，且大於最靠近之上游直接接觸器陣列的電壓。

#### 陣列火焰承載電極

請參照圖 67，多導管電極 328 可以形成陣列電極，

位在燃料流體直接接觸器陣列及稀釋劑流體直接接觸器陣列的下游處。管狀電極 328 可以是熱絕緣的狀態，用以減緩管狀電極 328 受到燃燒熱之程度的影響。利用稀釋劑流體可以冷卻管狀電極 328，而上游的稀釋劑直接接觸器陣列可以用來傳輸已加熱的稀釋劑，而已加熱的稀釋劑可以噴處到燃燒氣體中。

#### 中間輸送管電極

請參照圖 57，中間輸送管電極 334 可以是位在兩個或多個之多孔洞的導管之間，多孔洞的導管可以是配置在槽道內。

中間輸送管電極 334 可以是環狀的樣式，比如位在流體輸送管 130 的中間區域，且位在周圍的多孔洞之導管之間。中間輸送管電極 334 會連接到高電壓源，而周圍導管及燃燒汽缸 192 可以連接到接地端 302。藉由至少一電絕緣體 314 可以支撐中間輸送管電極 334，電絕緣體 314 係位在燃燒汽缸 192 上，或是位在支撐構件 280 的周圍。

透過多孔洞導管可以傳輸液態燃料及/或稀釋劑，藉由位在多孔洞導管與中間輸送管電極 334 之間的電場，可以減少小液滴的截面積，比如成為縮頸(neck down)液滴的樣式，符合微液滴的尺寸。微液滴會崩裂成更小的液滴，氧化劑流體會搭載這些小液滴延著側邊通道 196 流入到燃燒汽缸 192 內。

#### 電場極性

電場的極性可以用來加速上游處之帶電荷之熱燃燒

氣體，帶電荷之熱燃燒氣體的反向流動可以幫助上游之燃燒混合流體點火。如此可以改善下游流動流體之表面處的燃燒穩定性。電場火焰承載器會有上游流量的限制，在此限制下，火焰可以保持在穩定的狀態。較大的流體流量會增加燃燒器之每單位截面積所產生的熱能，以減少熄火的發生及電場的利用性。

正電荷的離子或分子可以吸引位在周圍的氣體分子，相較於電子，正電荷的流體(比如是帶電荷的氣體或氣體分子)會具有較大的水壓截面積。若是在下游配置正電極 304，而在上游配置負電極，則正電荷分子及分子束會向上游流動，並且會牽引周圍的氣體分子隨著他們流動。

部分的電子會吸引周圍的分子，比如是帶電荷之稀釋劑流體液滴或燃料流體液滴。電子可以附著在流體內大液滴上，比如是煤灰上或是浮質上。上游的負電極 306 及下游的正電極 304 可以加速下游的負電荷原子，故此結構可以加速負電荷之稀釋劑液滴，可以幫助稀釋劑液滴流入到燃燒氣體中。稀釋劑的加速可以幫助下游熱稀釋劑液滴的移動及燃料-氧化劑-稀釋劑之混合流體的蒸發及冷卻。

在另一實施例中，亦可以相反上述電極之極性。

#### 軸向電場的震盪

比如可以利用脈波的方式施加軸向電場，其中軸向電場的方向係同軸於軸向流體之流動方向。波動的軸向電場可以延著軸向方向加速燃燒流體內的離子，移動的離子

會震盪地牽引燃燒流體，以改善燃燒流體之混合程度。

波動的軸向電場可以增加軸向燃料流體及稀釋劑的混合程度，藉以改善溫度的均勻性及燃燒流體內的燃料/氧化劑比率。改善後的混合效果及溫度均勻性可以減少氮氧化物的形成及增加殘餘的未燃燒燃料及一氧化碳的氧化。

#### 聲音阻尼

電場可以施加在燃燒氣體上，使得燃燒室內的燃燒氣體之頻率可以達到共振頻率，或者亦可以使燃燒氣體之頻率不在共振頻率的條件下，以減少共振的發生。其係類似泛音的現象，比如可以利用在輸送引擎及作功引擎上。在燃燒室內，比如是在輸送引擎內或作功引擎內，藉由電場可以使燃燒氣體在除了共振頻率外之某一頻率下震盪。如此可以減少在燃燒器內因為震盪電流體而產生的音場及共振效果。

爲了形成刺激訊號，在白色或隨機噪音內去除共振頻率時，會產生的粉紅噪音。使用者可以監測燃燒器內的噪音，其燃燒室聲音比如是符合富立葉(Fourier)轉換。如此可以去除或減少共振頻率的發生。由修改後的富立葉頻譜可以再組成期望的粉紅噪音訊號。利用適當的回饋可以控制再組成訊號的振幅，藉以減少燃燒噪音及共振頻率。

#### 聲音刺激

藉由調整燃燒器內的高電壓，可以使燃燒器變成一聲音揚聲器或超音波喇叭。當刺激之氣體的質量係爲非常

低的情況下，可以形成線性的揚聲器。此方法可以形成寬聲音響應範圍的揚聲器，可以延伸至超音波的範圍及重低音的範圍。藉由控制流體傳輸率的振幅及相位及震盪電場，可以達到所需的聲音刺激。

#### 橫向混合電場

電場的分量可以橫切於燃燒氣體的流向，藉由施加橫向電場，可以使離子加速，其加速的分量係橫切於流體的方向電場的方向。

請參照圖 67，比如是就圓形的流體輸送管內之「角狀」結構而言，藉由中間電極及周圍的輸送管之間高電壓所形成的電場方向，可以是橫切於流體的方向。

由於熱離子氣體可以橫越周圍的燃料流體液滴及稀釋劑液滴，因此橫向加速度可以改善燃燒流體的混合。橫向電場可以加速熱離子氣體從火焰承載器向外經過可燃性燃料混合流體，其中可燃性燃料混合流體可以是由燃料流體導管陣列與稀釋劑流體導管陣列噴出。橫向電場可以加速帶電荷燃料流體液滴及/或稀釋劑流體液滴，其加速方向係橫切於流體輸送管 130 內之氧化劑流體的流動方向。

請參照圖 66，電極比如可以位在比如是長方形帷幕陣列之錐形陣列外。因此，電壓可以施加在位於接觸器陣列 12、14 內部(下游)或外部(上游)之陣列電極 326 上。陣列電極可以是位在接觸器陣列內，比如是環形陣列的樣式，如圖 4 及專利案'191 之圖 59 所示。

經由絕緣體或輸送管壁 132 內之送料通道 316 可以

使電極 312 保持在一電位上，因此電壓可以施加在電極 312 及與其他接觸器陣列連接的另一電極之間。如圖 66 所示，輸送管與電極可以連接到接地端 302，比如可以將燃料導管陣列連接到接地端 302，藉以減少爆炸的風險。

電場亦可以加速橫切於流體方向之其他方向的離子流速，而熱氣體的橫向加速可以改善火焰從一可燃性混合流體跳至另一可燃性混合流體的速率，或是可以改善火焰從一液滴跳至下一液滴的速率。如此可以增加火焰的速度及火焰的穩定性。

高電壓可以施加在第二接觸器陣列上。如圖 66 所示，稀釋劑接觸器 14 可以連接至陣列電極 324，並且可以連接至一高電壓電極 308。

然而，電極亦可以位在其他接觸器陣列的下游處，並經由絕緣體 316 可以與高電壓電極 310 電性連接。爲了要容納由下游燃燒所產生的熱，可以利用至少一導電管形成導電陣列電極 328，而導電管可以傳輸比如是稀釋劑 907 的流體，藉以冷卻導電管。導電管具有多個孔洞，使得稀釋劑 907 經過導管管壁可以噴出，藉以冷卻外面的導管。孔洞可以是位在上游，藉以提供冷卻的流體在需要冷卻之電極的周圍。

在改善混合之後，可以減少流體內之區域熱點及區域冷點。藉由減少區域熱點可以減少氮氧化物的生成，及指數地減少 Zeldovich 之熱氮氧化物的生成率。並且，可以改善氧化劑與燃料之混合效率。如此可以改善一氧化碳

及未完全燃燒之燃料的氧化。

請參照'191 專利案之圖 80，經由與接地端連接的接觸器可以用來傳輸其中一流體，而經由與高電壓端連接的接觸器可以用來傳輸另一流體。一電壓可以施加在平行的電極或陣列電極 326 之間，其中平行的電極或陣列電極 326 可以是橫切於流體的流動。

波動的橫向電場之混合效果

橫向電場可以是調整成脈衝的形式或是震盪的形式。波動的橫向電場可以先在橫向方向上加速熱離子流體，然後再以反方向加速熱離子流體。橫向的熱氣體移動可以改善燃料、稀釋劑及熱氣體在燃燒流體內及在熱燃燒氣體內的混合現象。

刺激及波動的橫向電場之混合效果

上述方法係可以整合在一起使用。至少一刺激電壓可以施加在燃料導管上及/或稀釋劑導管上，藉以離子化燃料液滴及/或稀釋劑液滴。藉由調整橫向電場，可以形成震盪電場，藉以在橫切於流體流動的方向上加速離子化的氣體、帶電荷的燃料流體液滴及/或帶電荷的稀釋劑流體液滴。如此可以幫助蒸發流體及燃料流體的混合。

燃燒器的熱控制

反應器或燃燒器之零件係要能夠承受高溫、高熱梯度及高溫差的膨脹。

容忍物件間的熱膨脹差異



就垂直於連續元件之軸向方向上的熱梯度而言，燃燒器要能夠容忍溫度差的膨脹。當兩個或多個之直接接觸器具有不同溫度時，平行排列且具有類似材質之接觸器必須要能夠忍受相互間的熱膨脹。在燃燒器管線 60、壓力導管 170 及/或燃燒器 168 的外殼係具有不同溫度及不同熱膨脹係數的情況下，還必須要忍受燃燒器管線 60、壓力導管 170 及/或燃燒器 168 的外殼之間的熱膨脹。

#### 熱膨脹元件

請參照圖 6，受到不同溫度之流體影響，爲了要使多個直接接觸器能夠忍受熱膨脹的差異，至少一接觸器可以是具有自由的跨距，或者是類似波紋的形狀、彎曲延伸的形狀、週期折彎的形狀或是其他曲形的樣式。接觸器導管可以是具有自由的曲線間距，以允許膨脹的徑向移動。支撐架 37 之間的導管可以在沒有應力的情況下作徑向的膨脹。

較熱的接觸器係爲波紋的形式，且接觸器可以是以平行於第一流體導管 130 之軸向方向排列。而接觸器的排列方向亦可以橫切於輸送管 130 的軸線。彈性的支撐架 37 可以與波紋狀的接觸器連接。依照接觸器會經歷之不同的溫度變化程度，接觸器可以適用具有不同熱膨脹係數的材質，當接觸器要承受較大的溫度差變化時，接觸器可以是具有較低的熱膨脹係數。

#### 鰭板或膨脹間距

請參照圖 3 及圖 29-35，熱鰭板 40 或網狀結構 42 可

以配置在接觸器導管 10 上或管線 60 上，波紋狀的鰭板 66 可以配置在接觸器導管 10 或管線 60 之一側上，用以容納鰭板與導管之間的熱膨脹，或是網狀結構與導管之間的熱膨脹。當鰭板與導管之間的距離增加時，可以增加鰭板之波紋程度。鰭板比如是具有一致形狀的波紋。爲了要容忍在重導器表面之突出軸方向上的膨脹差異，較熱的重導器表面可以是具有週期的間隔。

請參照圖 36、37，配置在導管上或是配置在導管-鰭板管線上的鰭板或網狀結構可以是具有膨脹槽道或間距 67，藉以容忍鰭板與導管間的熱膨脹差異。當鰭板或網狀結構配置在附近的導管之間時，在導管之間的網狀結構可以被分割成兩片分開的鰭板，以允許導管之間產生移動，並且避免過大的剪力發生。具有曲線部分的固定器可以作爲導管之間的支撐結構。導管 10 間的網狀結構可以分割成多個薄片，並且網狀薄片可以往遠離導管軸的方向折彎，藉以減少因爲相鄰導管之間的移動對網狀結構所產生的剪應力。

#### 波紋的結構

鰭板上之波紋的軸線可以是平行於第二流體的流向或輸送管的軸線方向，藉以減少相鄰接觸器之間距的改變。然而，根據不同的熱擴張方向，波紋的軸線亦可以是橫切於第二流體的流向或輸送管的軸線方向，或者是延著介於軸向方向與橫切方向之間的方向延伸。

#### 彈性的連接及支撐結構

請參照圖 1，藉由接觸器陣列 261 與輸送管 130 之間的彈性連接支撐器 72 可以忍受熱膨脹的差異、震動及/或震盪。藉由波紋結構、彎曲延伸結構、螺旋狀曲線結構、折彎結構或類似的曲線結構等，可以用來支撐固定器、條狀結構、子歧管或歧管等，而可以容忍接觸器、管線及輸送管或壓力通道 170 之間的熱膨脹應力。

#### 中間跨距歧管

請參照圖 1，接觸器可以連接到歧管或子歧管，歧管係位在接觸器跨距內，藉以減少接觸器與歧管或子歧管之間的膨脹程度。歧管可以是對稱地連接接觸器的中間位置，藉以減少歧管之間的接觸器長度。

#### 減少膨脹的差異

請參照圖 28，由於在相鄰的接觸器 10、燃燒器管線 60、壓力通道 170 及燃燒器外殼 168 之間存在有熱膨脹的差異，因此可以藉由調整熱膨脹差異的參數，藉以調整上述結構的熱膨脹差異，比如是調整接觸器 10 之加熱或冷卻比率及熱膨脹係數。

#### 內部熱傳導

影響內部熱傳導的參數包括流體溫度、流體流率、內紊流等。

1.相對流體溫度：比如可以利用熱交換器調整傳送至接觸器的流體溫度，其中流體比如是熱水、燃料或水蒸氣。

2.相對流體流率：調整位在歧管與收集器歧管之間的接觸器 10 所傳輸之流體流率。

3.內紊流：調整內導管壁及/或內部元件的表面粗糙度，藉以改變紊流的情況。

#### 熱傳導性

請參照圖 3，爲了叫減少熱膨脹的差異性，可以調整燃燒氣體與流經接觸器導管 10 之流體之間的導管管壁 30 的熱傳導性，比如可以塗佈熱隔絕層 34、調整熱隔絕層 34 的厚度、或者可以調整熱隔絕材料的熱傳導性。

#### 17.2.3 控制外部熱傳導

請參照圖 3，爲了減少熱擴張的差異性，可以減少外部熱傳導至接觸器導管 10。由於稀釋劑孔洞可以朝向上游方向，會使得稀釋劑向下游流回到接觸器導管上，如此可以在接觸器導管 10 上形成一層熱稀釋劑 907。由於稀釋劑孔洞可以朝向下游方向，因此熱稀釋劑液滴 907 可以流到下游的稀釋劑導管 10 上。請參照圖 28，熱鰭板 36 可以用來保護接觸器 10 或導管鰭板管線 61，以減緩受到下游燃燒的輻射。

#### 腐蝕保護隔絕層

請參照圖 3，藉由塗佈一防磨蝕或防腐蝕層 35，可以保護接觸器導管 10 避免受到流體中腐蝕物的侵蝕。當使用具有大量灰塵之重油時，可以形成防磨蝕或防腐蝕層 35。或者，當傳輸具有流體化粉末之燃料流體(比如是第二流體中的粉狀煤炭在直接接觸器上流動)時，可以形成防磨蝕或防腐蝕層 35。防磨蝕或防腐蝕層 35 要形成在導管的上游側，以避免直接衝擊到導管。而在易受腐蝕之接

觸器上的周圍其他地方亦可以塗佈防磨蝕或防腐蝕層 35。

### 彈性的傳輸導管

當燃燒器管線 60 受到燃燒熱影響時，會使得流體輸送管與壓力管道之間有熱膨脹的差異性。請參照圖 1，彈性的輸送導管 54 可以是曲線的通道，使得燃料流體可以流到燃燒器 56 內的燃料歧管 242 中。在沒有配置燃料歧管 242 的時候，曲線形的彈性輸送導管 54 可以直接傳送燃料流體到燃料接觸器導管 11 中。由於彈性輸送導管 54 可以是螺旋狀樣式或是蜿蜒的形式，因此可以忍受最大的熱膨脹應力差異。彈性輸送導管 54 可以用來傳輸稀釋劑流體到稀釋劑流體歧管 244 中或是熱稀釋劑接觸器導管 14 中。請參照圖 52，彈性輸送導管 54 可以傳輸流體到震動的導管陣列中。彈性導管可以容忍膨脹的差異、震動或導管陣列的震盪。

### 考量擴張情況的支撐結構&流體連接

爲了要容忍燃燒管線的熱膨脹，透過剛性的軸向截面積區域可以連接燃燒管道到周圍的壓力通道中。燃燒管道的其他部分可以支撐位置爲基準，在燃燒器內向上或向下擴張，管道支撐結構可以是位在上游處及下游處，透過彈性及滑動可以容忍熱膨脹。

燃料流體及稀釋劑流體之歧管或子歧管可以透過靠近軸向位置之壓力通道連接。經過壓力通道之流體通道的軸向位置係位在支撐燃燒器管道之位置的附近。由上述的軸向位置，曲線形彈性傳輸導管 54 可以連接燃燒器內的

接觸器陣列。

### 輻射屏蔽的因子

在錐形導管陣列 262 或 261 中，每一導管均可以用來屏蔽燃燒器管道 60，藉由阻擋效果及將熱氣體與管壁分開，可以減緩受到火焰之輻射熱的影響，如圖 28 所示。在多通道導管內可以具有兩個或更多個的燃料流體通道及冷卻的稀釋劑通道，如圖 31 所示。

### 加長的導管

多孔洞導管的截面尺寸可以是橢圓形的樣式、或是其他符合氣體動力學樣式的尺寸。在考量火焰的情況下，可以增加導管的截面積。就錐形導管陣列而言，加長的導管可以增加對燃燒管壁或管線的屏蔽效果，以減緩燃燒管壁或管線受到燃燒輻射的影響。由於導管之軸向延伸可以是流線形的樣式，因此可以減少阻塞、壓力降及流體抽吸成本。如此可以增加燃料蒸發/稀釋劑蒸發的比率，且可以增加輻射屏蔽的效果，如圖 31 所示。

### 網板連接的流體通道

如圖 29，中間連接的網板支撐結構 42 係具有兩個通道。網板支撐結構 42 可以連接在導管之間，藉以隔絕火焰與燃燒器壁 59 或管線 60 之間的輻射。由於網板 44 具有孔洞，因此可以增加藉由軸向流動之第二流體進行冷卻的效能。

作為熱鰭板之網板 44 及網板支撐結構 42 可以用來隔絕輻射，因此可以收集大部分的輻射能，並將此收集的

輻射能釋放到經過連接通道的流體中及經過導管通道 222 及網板支撐結構 42 的氧化劑流體中。

#### 雙通道、隔開結構&鰭板

如圖 29、圖 33、圖 35，繪示有二通道及一個、兩個或三個的隔開結構或鰭板。薄板形成有四個半圓形的部分，薄板可以向上折疊，並利用接合劑可以將薄板的兩端接合起來。在導管之間的網板支撐結構 42 可以形成有二通道，而一個或兩個鰭板可以配置在二通道的上游處或下游處。

#### 輻射屏蔽構件

鰭板可以連接在導管之間，用以冷卻燃燒流體導管，及減緩燃燒器管線受到燃燒熱的影響，並且可以再利用若沒有鰭板會傳送至燃燒器壁的燃燒熱。網板支撐結構 40 或輻射屏蔽構件可以是配置在每一導管的上游處及/或下游處，或者是配置在每一單一或連接的燃料冷卻稀釋劑導管的上游處及/或下游處，由於其橫向截面積可以延伸，因此可以增加輻射屏蔽的效能，如圖 32-37 所示。並且，導管可以避免因為受到流經導管之第二流體的粒子而彎曲。

#### 單一鰭板支撐結構/輻射屏蔽構件

流體通道可以形成在導管的一側，而導管的另一側係為平整的樣式，以形成流線型或符合空氣動力學形狀的導管 10，在導管一側的流體通道可以與具有輻射屏蔽功能的鰭板支撐結構 40、機翼結構或網板支撐結構 42 連接，

以形成鰭板-支撐結構導管 46，如圖 32 所示。

#### 多個鰭板/輻射屏蔽構件

請參照圖 33，支撐結構 40 可以與導管連接，以形成二鰭板-支撐結構 40 在雙通道接觸器導管 16 的任一側上。鰭板的延伸可以屏蔽火焰的輻射，並將此輻射能傳導至流經導管之用來冷卻之稀釋劑中，及流經導管及鰭板的氧化劑流體中，如圖 33 所示。請參照圖 35，鰭板還可以裝設在另外的第二導管上，而形成第二鰭板-支撐結構導管 46，或者鰭板還可以裝配在其他位在上游或下游的另一導管上。

請參照圖 34，利用如圖 29 的方法可以加裝鰭板固定結構 40，用來屏蔽接觸器導管 10 所受到的輻射。多孔洞的網板固定結構 44 可以連接兩個導管通道。鰭板固定結構 40 可以安裝在由網板固定結構 44 所連接之通道的上游處及/或下游處。

#### 17.6.7 折疊的薄板輻射屏蔽導管

作為鰭板固定結構 40 之導管的上游端或下游端係為 V 形的形狀或 U 形的形狀，如圖 36 及 37 所示。上游端或下游端係為彎曲的形式及流線形的樣式。由於鰭板固定結構 40 可以是具有簡單的形狀，因此可以降低成本，如圖 33 所示。

請參照圖 36，利用一薄板形成導管，然後再將延伸部分向後折彎，以形成鰭板、固定片及/或輻射屏蔽構件，如此便可以形成具有鰭板固定結構 40 之輻射屏蔽導



管，其中鰭板與導管會延著兩條線接合，而薄板的側邊會接觸薄板的另一部份。

請參照圖 37，利用兩個鰭板固定結構 40 可以形成雙鰭板固定結構導管 48，其中鰭板與導管會延著四條線接合，而薄板的側邊會接觸薄板的另一部份。每一流體通道的外管壁 30 僅具有一薄板的厚度，所以可以形成小孔洞在流體通道的外管壁 30 上。

### 絕熱的塗佈物

爲了要增加能量流體 920 之可允許的溫度，可以塗佈一高溫絕熱陶瓷材料 34 到燃料流體導管上及稀釋劑流體導管上。塗佈層 34 可以保護下方的金屬避免被腐蝕，並且可以增加能量流體 920 與金屬管壁溫度之間的溫度降。此塗佈層 34 的材料可以是類似塗佈在渦輪葉片 450 上的材料。

### 火焰側的導管絕熱

爲了要減少熱輻射及減少燃料流體管線及噴出器產生燃料焦化或阻塞的現象，利用熱隔絕塗佈層 34 可以隔絕燃料流體管線及噴出器。熱隔絕塗佈層 34 可以塗佈在最靠近火焰的導管陣列上，亦即塗佈在面向火焰的導管陣列上。

### 上游絕熱

藉由熱隔絕塗佈層 34 可以保護導管緩和受到熱氣體的影響，將熱隔絕塗佈層 34 形成在導管的上游側及下游側，可使整個導管具有較均勻的溫度，以減緩導管的膨脹

及形變。將熱隔絕塗佈層 34 形成在靠近火焰的一側是重要的，然而亦可以整根導管均塗佈熱隔絕塗佈層 34，尤其是用來傳輸燃料的導管是最需要塗佈熱隔絕塗佈層 34 的。熱隔絕塗佈層 34 亦可以形成在固定結構上或其他不需要藉由流體(比如是燃料或稀釋劑)來冷卻的結構上。

#### 孔洞的保護

若是在形成熱隔絕塗佈層 34 之前就形成流體孔洞，則應該要保護孔洞，或是要將可熔性或可燃的材料填入於孔洞中，因此在形成熱隔絕塗佈層 34 之後，還要藉由加熱或燃燒的過程去除可熔性或可燃的材料。若是在形成熱隔絕塗佈層 34 之後才形成流體孔洞，則在孔洞鑽孔之前，可以先去除熱隔絕塗佈層 34。

#### 屏蔽結構的隔絕

熱隔絕塗佈層 34 或類似的絕熱材料可以形成在鰭板固定結構 40 上，如圖 29 及圖 30 所示。如此，鰭板固定結構 40 可以增加每一導管之輻射屏蔽效能，並且可以保護及固定導管。

將導管噴出的液滴蒸發，可以傳導的方式冷卻導管內的物質，並且可以冷卻流經導管的氣體。

#### 燃燒器管線

形狀係數接近於 1 之燃燒器可以溫度均勻地輸送流體經過燃燒器出口。內部燃燒壁或管線 60 可以容忍由燃燒及熱空氣所產生之高軸向速度流動的流體、高熱通量、高溫度梯度、高熱應力。燃燒器流體輸送管管壁 132 或燃

燒管線 60 的材質要能夠容忍由燃燒所產生的熱通量。燃燒會導致出口處之能量流體的平均溫度大於約 1200K 的溫度(927°C 或 1701°F)。在較佳的情況下，燃燒器壁所能夠容忍的溫度要大於約 1600K 的溫度(1327°C 或 2421°F)；在更佳的情況下，燃燒器壁所能夠容忍的溫度要大於約 1800K 的溫度(1527°C 或 2781°F)。

均勻噴灑的稀釋劑係取代大部分之過量的氣體，作為冷卻劑，因此可以清除所有或大部分之經由燃燒管線流動之冷卻劑氣體。如此可以清除經由燃燒器管線 60 之冷卻孔洞的高熱梯度及應力梯度。

藉由減少流經管線之作為冷卻劑的熱稀釋劑，可以緩和在燃燒器壁附近之能量流體溫度的減少。因此可以增加能量流體的平均溫度，故可以增加下游元件(比如是渦輪)的熱效率。

#### 高溫管線

燃燒器管線 60 比如是由高溫材料所構成。燃燒器管線 60 可以是由多晶藍寶石、單晶藍寶石、氧化鋁、氮矽化合物、碳矽化合物或其他適合高溫的材料等。藍寶石具有高強度，且可以容忍 1500°C 以上的高溫，藍寶石的熔點係約為 2053°C，因此藍寶石可容忍的溫度係約為 1800°C 到 2000°C 之間，因此可以用來作為彈道飛彈的頭錐。如此可以去除大部分或全部之大氣流及穿過燃燒器管線的孔洞。

或者，管線亦可以利用高溫合金所構成，比如是

hastalloy。利用塗佈隔熱層的方式可以保護管線，減緩受到熱氣體的影響。

### 管道的冷卻

請參照圖 28，燃燒管線可以纏繞在冷卻的輸送管 142 上，係具有彈簧承載的功能。藉由具有冷卻劑通道 62 的導管鰭板 61 可以形成管線。冷卻劑通道 62 可以配置在管線內。藉由稀釋劑流體流經冷卻的輸送管，可以控制燃燒器管線的溫度，以避免超過設定的溫度。冷卻劑輸送管要能夠容忍燃燒器出口 136 的溫度，亦即要能夠容忍渦輪 440 入口部分的溫度。

根據輸送管的材料及溫度設定，藉由稀釋劑流體可以冷卻用來冷卻的輸送管。舉例而言，用來冷卻的蒸氣在經由燃燒器內之上游接觸器傳送之前，蒸氣要加熱至過熱的狀態，而水冷卻劑亦可以應用在高溫的燃燒器內。

### 高速管線

燃燒管線 60 係可以容忍高速軸向流動的流體經過燃燒器，比如是大於 35m/s(115ft/s)。

### 組合的纏繞管線

藉由纏繞可以容忍高溫的帶狀結構 69，而將螺旋狀的帶狀結構可以配置在鑄件上，如此便形成燃燒器管線 60。帶狀結構 69 可以是由結晶的藍寶石或多晶藍寶石之薄片所構成，或是由其他高溫材料所構成。或者，帶狀結構 69 可以是由高溫金屬所構成，並且可以塗佈熱隔絕層 34 在此高溫金屬上。

請參照圖 30，S 形的歧管可以是由耐高溫的螺旋帶狀結構所構成，使得徑向向外之帶狀結構的上游部分可以是重疊在相鄰纏繞部分之徑向向內的下游部分。相鄰纏繞部分的內表面可以是相互對準，以形成平坦的內表面。藉由連接在螺旋纏繞帶狀結構之徑向向內表面上的固定桿，可以固定螺旋狀纏繞管線。藉由其彈性可以容忍溫度梯度及熱膨脹差異。

帶狀結構 68 的多個部分可以連接至熱稀釋劑歧管(未繪示)，而加熱的稀釋劑可以傳送至另一稀釋劑收集歧管(未繪示)。接著加熱的稀釋劑可以傳送到燃燒器的上游端。

高溫管線可以是圓環的樣式，或是可以由軸向薄片的堆疊所構成。多個纏繞結構、薄片或環狀結構可以配置在相鄰的元件上。

利用絕熱的環狀結構可以形成燃燒管線，而燃燒器 56 的截面積係為環狀的樣式，環狀結構可以是符合曲形的樣式。至少一軸向絕熱彈簧 160 可以從上游的冷卻端對絕熱燃燒器管線之環狀結構 154 提供彈性，使得環狀結構 154 可以平滑地相鄰。故環狀結構 154 可以容忍熱膨脹，而燃燒管線可以是楔形樣式 152 或是磁磚 156 的樣式，相互間可以緊密地緊鄰。相較於連續的管線，為了減少累積的熱應力，上述的結構可以是具有較高的熱瞬變現象。

屏蔽的管線

「角型」的三流體接觸器 262 可以屏蔽燃燒器管線 60 的上游部分，因此相較於習知系統，輸送管管壁 132 或燃

燒器管線 60 可以是具有較低的溫度。

### 保護的熱絕熱

就高溫渦輪 440 而言，燃燒器出口的溫度(渦輪入口溫度)可以是超過一般金屬之工作強度下的溫度，故可以解除放熱高溫材料的限制。比如是應用在適於 1100℃ 之 E 等級渦輪到適於 1440℃ 到 1525℃ 火焰溫度的 H 等級渦輪。飛機引擎可以是在高於 100K 的情況下運轉，而渦輪葉片超合金之最高工作溫度係約為 1100℃，隨著科技進步，此工作溫度會增加。較高的工作溫度是需要的，且必須要將暴露在燃燒及能量流體中的元件冷卻。

### 熱隔絕塗佈層

陶瓷熱隔絕塗佈層 34 可以覆蓋在燃燒室內暴露於火焰中的內部表面上，如此可以保護基材避免腐蝕，而可以形成熱輻射表面，故可以增進傳送到周圍流體的輻射熱。

### 高溫絕熱

在燃燒器管線 60 與周圍的壓力通道 170 之間會配置高效能之高溫絕熱結構 150，如圖 44 及圖 28 所示。絕熱材料可以容忍燃燒管線 60 內或燃燒室 424 內的溫度。舉例而言，能量流體 920 的溫度若是約為 1798K(1525℃ 或 2777°F)，則絕熱結構的材質可以是纖維材質或氧化鋁材質，其可以忍受 1922K(1649℃ 或 3000°F)的溫度。絕熱材料可以混合有氧化鋁的矽酸鹽，其所能承受的溫度較低，且成本較低。氧化鋯或其他用在太空梭地磚的材質亦可以作為絕熱材料。

請參見圖 69-71，利用楔形之絕熱結構 152、環形的絕熱結構 154 或地磚形的絕熱結構 156 可以形成燃燒管線。就圓筒狀燃燒器的內部結構而言，楔形之絕熱結構 152 與地磚形的絕熱結構 156 具有較窄的內部長度及較長的外部長度，如圖 70 所示。楔形之絕熱結構 152 與地磚形的絕熱結構 156 係配置在周圍的區域。爲了要能夠承載絕熱結構，絕熱結構的橫向側邊可以是凹陷/突出的形狀，如圖 70 及圖 71 所示。

楔形之絕熱結構 152、地磚形的絕熱結構 156 與壓力導管 170 之間可以是彈性地配置。就環狀的絕熱結構 154 而言，藉由軸向的彈力可以容忍熱擴張，並且可以使內部環狀通道固定更緊。絕熱結構 150 可以是不同比率的擴張及收縮，並且可以加熱超過周圍的壓力通道 170。

藉由將屑片配置在冷卻劑導管上，可以支撐地磚形的絕熱結構 156，並且可以使地磚形的絕熱結構 156 固定到冷卻劑導管上或是壓力通道上。

### 壓力通道之冷卻

絕熱構件及/或冷卻系統 178 可以保護壓力通道 170 及其他的燃燒器構件減緩受到燃燒及熱能量流體的影響，如圖 28、69-71 所示。藉由將熱的或冷的構件之外部進行熱隔絕，可以減少熱耗損或熱增益，故可以增進效率及保護人民。絕緣結構 150 可以配置在壓力通道 172 的外部，而有鰭的冷卻導管 148 可以配置在壓力通道的旁邊。

稀釋劑流體可以是在外部壓力導管 170 的旁邊流動。

藉由控制稀釋劑流體溫度及流率，可以使壓力通道 170 保持在標準 ASME 壓力通道的條件。加熱的稀釋劑可以流到燃燒室 56 中，藉由燃燒器壁 59 可以使熱耗損回到能量流體中。

延著壓力通道 170 的內部可以配置用來冷卻的熱稀釋劑輸送管 142，如圖 70 所示。用來冷卻的輸送管 142 可以橫向地纏繞在壓力通道 170 的內部上。彈簧係配置在冷卻劑輸送管 142 上，且彈簧可以是軸向地配置在壓力通道 170 的內壁上。相較於冷卻壓力通道的外部，此方法由於可以冷卻壓力通道 170 的內部，故壓力通道 170 具有較低的平均溫度。彈簧亦可以纏繞在環繞在壓力通道 170 上之冷卻導管 142 上，如圖 71 所示。

冷卻輸送管 142 具有延伸的鰭板或平的接觸表面，故可以增加與壓力通道 170 接觸之表面，且鰭板可以是位在壓力通道與絕熱結構之間。如此有助於冷卻輸送管與壓力通道 170 之間的熱傳導。由於冷卻劑輸送管 142 係為軸向地彎曲延伸，故可以提供彈簧的張力，且可以提供甚佳的接觸。

#### 燃燒器管線壁上的較冷氣體區域

#### 燃燒器管線內壁上的較冷氣體流動

燃料流體通道可以配置在與燃燒器管線 60 相鄰的燃料流體導管的周圍，而燃燒器管線可以傳輸冷卻流體。

#### 燃燒器管線上的稀釋劑流體

延著燃燒器管線 60 的圓形內壁上，多孔洞的導管可



以輸送稀釋劑流體，藉以冷卻及保護燃燒器管線 60。位在燃料流體導管外側之間的熱稀釋劑接觸器可以是位在燃燒器壁 59 的外部，透過周圍的接觸器可以傳輸液態的接除器。從燃燒器壁 59 或管線 60 所噴出的液滴可以噴入到經過這些冷卻導管的氧化劑流體中。

燃燒器壁 59 的內部可以輸送氮氣或重複循環之有害燃燒氣體。如此可以避免在燃燒器管線 60 內燃燒及限制燃燒器管線 60 內的氣體溫度。

控制周圍的液體/氣體比率

藉由控制周圍冷卻區域的液體/氣體比率，可以保持基本金屬溫度低於第一預設層級，並且可以控制最大管壁溫度低於第二預設層級。

冷卻燃燒器管線的外壁

在美國專利第 5,617,719 號、第 5,743,080 號及第 6,289,666 號中，Ginter 揭露延著燃燒器管線 60 的外壁或是藉由管線周圍之另一流體輸送管可以輸送氧氣流體。稀釋劑流體可以噴出到延著燃燒器管線 60 外壁傳輸的流體中。延著燃燒器管線 60 的外壁亦可以傳送稀釋劑流體，藉以冷卻燃燒器管線 60。經由平行於管線 60 之直接流體接觸器 14 可以傳送稀釋劑流體。然後，熱稀釋劑流體可以傳輸至燃燒室 424 中。或者，在管線 60 內亦可以傳輸稀釋劑流體，如圖 28 及圖 30 所示。

冷卻導管-鰭板之組合型燃燒管線

請參照圖 28，其繪示冷卻管線。比如利用具有稀釋

劑流體通道的導管-鰭板管線 61，可以形成組合型燃燒器管線。管線係延著燃燒器最熱的區域延伸，比如從接觸器的下游端到燃燒區域的下游端。請參照圖 30，混合纏繞導管-鰭板管線 61 可以包括導管-鰭板流體通道 62，其中導熱鰭板 66 會連接到位在上游端及下游端的稀釋劑流體導管上。

有鰭的導管可以纏繞成螺旋狀的樣式，以形成燃燒器導管-鰭板管線 61。鰭板的一端與下一導管之間的導管間距要足夠大，以允許管壁因溫度而產生的最大形變量。稀釋劑流體可以延著導管-鰭板冷卻劑通道 62 流動，其流動方向係相反於燃燒區域內流體流動的方向。導管-鰭板管線冷卻劑通道 62 的上游端可以與稀釋劑流體歧管連接。然而，延著導管-鰭板冷卻劑通道 62 流動之稀釋劑流體的流動方向亦可以相同於燃燒區域內流體流動的方向。

#### 導管-鰭板結構

請參照圖 30，管線 60 之鰭板及導管在靠近燃燒區域的一側係塗佈有熱隔絕層 24。熱隔絕層 34 的厚度係與導管-鰭板管線 61 的軸向長度及溫度的增加成正比，藉以控制因為熱膨脹程度不同而產生之導管-鰭板管線 61 與熱隔絕層 34 之間的熱應力。

稀釋劑流體導管 14 可以是扁平長條狀的，藉以減少徑向厚度，且可以增加軸向的覆蓋面積。徑向內側下游鰭板係平行於導管之徑向最內側部分，可以減少粗糙度及阻塞。徑向外部鰭板(上游處)及熱隔絕層 34 之間係有一徑向

外部間距，以容納相鄰之導管-鰭板管線 61 之徑向內部鰭板(下游處)。

如此高速氣體流動可以在平坦的內表面上流動，而導管之鰭板與相鄰導管之間的小間距係可以容忍當溫度改變時燃燒器 56 內部或流體輸送管 130 與外部壓力通道 17 之間的膨脹差異。

#### 導管-鰭板固定桿

至少一及較佳三個的軸向導管-鰭板固定桿 70 可以是配置在纏繞的導管-鰭板管線 61 的徑向外部側邊上。導管-鰭板固定桿 70 可以是螺旋地纏繞，並與螺旋纏繞的導管-鰭板管線交叉。固定桿 70 可以延伸並連接到壓力通道上，藉以支撐燃燒器管線 60 或導管-鰭板管線 61。固定桿 70 可以包括彎曲地延伸，而有足夠的彈性以容納熱膨脹差異。

週期堆疊的導管、鰭板及固定桿 70 可以是延著軸向且配置在周圍的彎曲結構，作為燃燒器的加熱或冷卻之用。燃燒器管線 60 或導管-鰭板管線 61 係具有支撐結構。此結構要能夠容忍快速地加熱率及冷卻率，因此此結構可以承受系統的快速啟動及關機。

有鰭的導管可以是圓形弧狀的樣式，並且連接到至少一軸向流體歧管 240；而有鰭的導管亦可以是軸向地延伸，並且連接到至少一配置在周圍的流體歧管 240

#### 線性冷卻導管

導管-鰭板管線可以纏繞在高溫絕熱燃燒管線 60，藉

以冷卻管線。管線比如是由富鋁紅柱石(mullite)或類似的高溫陶瓷材料所構成，其具有較佳的溫度及熱衝擊特性。

在垂直於鰭板的方向上，導管-鰭板管線具有波浪狀的曲線結構，在彎曲且有鰭的導管上可以是纏繞在內絕熱管線上，因此具有適度的張力。當絕熱管線及導管-鰭板管線在加熱時，導管-鰭板管線的擴張速度會大於絕熱管線的擴張速度。由於曲線結構是具有彈性的，因此可以容忍較大的絕熱管線與纏繞的導管-鰭板管線之間的熱膨脹差異性。

#### 管線支撐結構

燃燒器管線 60 可以是彈性地固定且連接在外部壓力通道 170 上，其中外部壓力通道 170 具有導管-鰭板陣列支撐結構 72。彈性的支撐結構比如是具有曲線型樣式、螺旋形樣式或類似的形狀等。當系統加熱或冷卻時，彈性結構可以容忍熱膨脹差異性。由於冷卻導管可以用來輸送稀釋劑流體，而冷卻導管可以纏繞在絕熱管線上，因此可以冷卻絕熱管線。

#### 聲音壓力阻尼

燃燒器內的壓力震盪會造成不可忽視的損害或疲勞。請參照圖 30，位在燃燒器導管-鰭板管線 61 之堆疊鰭板間間隙會產生聲音壓力震盪之阻尼效果，如圖 30 所示。在下游處，徑向地內部鰭板 62 可以是具有槽道或是波浪形的樣式，藉以提供堆疊鰭板與相鄰導管之間的阻尼空隙，比如是位在波浪狀鰭板 62 與平面鰭板 64 之間或是

位在二波浪狀鰭板 62 之間，如圖 29 所示。當壓力震盪時，會使得能量流體 920 流入到堆疊鰭板之間的空隙中，或是從堆疊鰭板之間的空隙中流出，藉以提供聲音阻尼。藉由調整管道的尺寸，可以降低較大的共振，特別是在高頻時。波浪形鰭板可以容忍導管-鰭板管線之上游端與下游端之間的熱膨脹差異。

由於導管-鰭板管線 61 具有間距或波浪形式的結構，所以在鰭板之內側可以塗佈有隔熱層，藉以減少鰭板的熱增益，並且可以使冷卻輸送管維持在期望的溫度。

### 火焰承載器

請參照圖 1，火焰承載器 100(火焰穩定器或指示燈)可以對燃料流體及氧氣之燃燒混合流體點火，如圖 28、44、52、54、67 所示。火焰承載器 100 係作為點火源，可以使周圍的可燃性混合流體穩定地燃燒。

### 三流體火焰承載器

請參照圖 72，小規模燃料流體輸送系統 372、小規模熱稀釋劑流體輸送系統 373 及小規模氧化劑流體輸送系統 418 可以連接到點火裝置 102，以形成三流體火焰承載器，其中三流體火焰承載器可以混合氧化劑流體、燃料流體及稀釋劑流體，並使此混合流體燃燒。火焰承載器具有稀釋劑輸送系統，可以控制小規模燃燒的溫度，並且還可以減少小規模燃燒的強度及溫度，且還可以減少氮氧化物的生成。

### 三流體之組成

請參照圖 72，蒸氣或水可以作為小規模稀釋劑流體 908，並傳輸到三流體火焰承載器 100 中。小規模氧化劑流體 906/小規模燃料流體 902 之比率( $\lambda$ )可以是約為 1.5 或是更小的數值，並且還傳送有蒸氣稀釋劑，以減少燃燒的強度及溫度。蒸氣稀釋劑會使得熱小規模氣體內產生大量的 OH 激進分子(radicals)。熱小規模流體的溫度比如是介於 1300K 及 1900K 之間(1027°C 到 1627°C 之間或 1880°F 到 2960°F 之間)。當 OH 及碳氫化合物之激進分子具有較佳濃度時，可以幫助點火及燃燒，並且可以避免氮氧化化合物的生成。

### 凹陷形方向調整火焰承載器

請參照圖 73，方向調整結構 103 可以具有兩個相對的內部凹陷。當外部軸向流體在流動時，藉由方向調整結構 103 可以抑制及穩定內部的漩渦。外部護罩 122 可以是具有曲線的表面，以形成流線形的結構，因此可以減少因為第二流體流經火焰承載器之壓力降。藉由白努力定律，流線型護罩 122 的外部突出表面可以減少橫向通道外部之壓力，因此可以汲取外部的熱氣體。

方向調整結構 103 具有一內凹結構，可以部分包覆火焰承載器 100 內的循環氣體。熱相對或包覆表面可以是灰體，以加強內部輻射通量，或者比如是接近黑體。如此可以改善燃料流體的蒸發、熱平衡及燃燒。

二方向調整結構 103 之間可以是具有間隙，方向調

整結構 103 可以是面向寬且垂直的結構，此結構可以有益於火焰承載器 100。

環形方向調整結構之火焰承載器的表面

方向調整結構比如具有相對的 C 形曲線結構，並且在相對偏移的軸線上延伸，以形成環形結構之二表面，比如是延著火焰承載器 100 之長軸方向延伸。火焰承載器 100 之長軸係平行於第二流體輸送管的軸線方向。比如是類似兩個相對的傘狀結構，其具有相對面之內凹表面，如圖 72-75 所示。

扇形環狀排列之入口及出口通道

請參照圖 72 及 73，內部凹陷曲形表面 103 之上游及下游外部表面係具有扇形環狀排列之上游氧化劑流體入口通道 107 及係牙熱氣體出口通道 114。方向調整結構 103 可以是偏移的，使得面向上游之扇形凹處或入口通道 107 處可以汲取氧化劑流體到內凹漩渦火焰承載器 100 內，而面向下游之扇形熱氣體出口通道 114 可以徑向地噴出熱流體到周圍的流體中。

火焰導管

請參照圖 44，由點火源、引導火焰處及/或火焰承載器 100 處延伸之至少一熱氣體傳輸火焰導管 116 可以是位在燃燒器 56 內可燃性混合流體的附近。在上游凹陷處或火焰承載器 100 處可以進行點火，燃燒導管 116 可以引導熱氣體或燃燒混合流體從點火源、引導火焰處及/或火焰承載器 100 處，流動到燃燒混合流體中，其係位在燃料流

體直接接觸器陣列及稀釋劑流體直接接觸器陣列的下游處。

火焰導管 116 之出口處可以是靠近可燃性混合流體，其係位在接觸器上游端的附近。火焰導管 116 可以使位在燃燒器 56 內之燃燒混合流體點火，而火焰導管 116 之出口處可以是位在下流火焰承載器 100 的附近或下流火焰承載器 100 內。

### 超環面(Toroidal)的抑制漩渦火焰結構

請參照圖 72，火焰承載器 100 之方向調整結構 103 可以是形成超環面形式的容室 102，甜甜圈形式之結構 102 具有內部容室，可以使由小規模火焰所形成之熱氣體循環，如圖 73-75 所示。由火焰承載器 100 之通道所流出的熱氣體可以使附近之可燃性的混合流體點火。火焰承載器支撐結構 118 可以支撐位在燃燒器 56 內的火焰承載器 100。

### 熱黑體容室

超環形結構的內部表面可以完全包覆或選擇性地環繞在循環氣體的周圍，而熱包覆表面比如是黑體。在超環形容室內，可以使熱表面產生均勻的高輻射場。循環的熱氣體及高輻射場可以使燃料流體蒸發，使得可以加熱可燃性混合流體，以形成易點火的可燃性混合流體。

請參照圖 73，超環面容室 102 可以提供受控制的流場，以避免震盪渦流的發生，故可以吹出小規模火焰或全火焰。超環面容室 102、方向調整結構 103 及/或支撐結構



118 的壁面可以塗佈有熱隔絕層 120，可以減緩超環面容室 102、方向調整結構 103 及/或支撐結構 118 受到過熱的內部及/或外部溫度之影響程度或受到熱氣體之影響程度。

#### 小規模氧化劑流體的流動

請參照圖 73-75，小規模氧化劑流體或一部份的氧化劑流體可以流入到從上游端軸線延伸之或是從下游端軸線延伸之超環面容室 102 中。超環面容室 102 之相對內凹表面 103 係具有分叉的尖端，並且對稱於軸線上。如此，流體的流向可以相對於流體之原流動方向回轉 180 度。

請參照圖 74，超環面火焰承載器的上游部分可以配置在收斂導管的內部，可以引導氧化劑流體到小規模氧化劑通道 108 中，並且經由燃料接觸器 12 可以混合小規模燃料流體 903，然後會流經軸向混合流體入口通道 112。由於上游入口輸送管與橫向下游出口通道的配置，因此藉由壓力差可以汲取氧化劑流體到火焰承載器中。

由於收斂輸送管具有壓力差，可以加速入口處流體延著軸線方向向下游流經混合流體入口通道 112。相對的內凹表面可以引導噴出物流入到內漩渦中。入口噴嘴可以使相鄰的內流體形成漩渦。相對於第一內凹表面 103 之第二相對內凹表面 103 可以是一互補的表面，以形成內渦流，而二內凹表面 103 可以形成超環形容室 102。

較小的小規模氧化劑導管 110 可以配置在上游處，且可以與主氧化劑流體通道 108 同軸配置。火焰承載器氧化

劑輸送系統 418 可以輸送小規模氧化劑流體，流經小規模氧化劑導管 110。小型小規模壓縮機、吹風機或幫浦可以是位在輸送系統內，以傳輸氧化劑流體到火焰承載器中。藉由小規模入口導管 110 所形成的軸向噴嘴，可以使氧化劑流體從周圍的主氧化劑通道 108 流經混合流體輸送通道 112 而到達超環面容室 102 中。

請參照圖 75，入口處之氧化劑流體可以傳輸到周圍的通道 111 中，繼續傳輸到火焰承載器 102 的下游部分。經由下游軸向通道 112 可以使流體傳輸到火焰承載器 102 中間部分。相較於外部的流體，藉由下游流體之入口處可以使漩渦的流動從下游處反轉到上游處。經由周圍通道 111 的流體可以使火焰承載器 102 壁面冷卻，當超環面容室壁面受到火焰承載器內燃燒加熱的影響時，或是受到火焰承載器外的主燃燒影響時，藉由流經周圍通道 111 的流體可以降低超環面容室壁面的溫度。

周圍的輸送管 108 或小規模導管 110 可以引導小規模氧化劑流體 906 流動到周圍的通道 111 中。

#### 小規模燃料之輸送

請參照圖 73-75，經由多孔洞的燃料接觸器 12 可以傳輸小規模燃料流體，且小規模燃料流體可以噴出到流經火焰承載器 102 的氧化劑流體 906 中。燃料通道或導管 12 可以是位在氧化劑流體中或是位在氧化劑流體的周圍。如此燃料流體在接觸內表面之前，燃料流體便可以混合、蒸發及燃燒。

燃料通道 12 要被保護以減緩受到火焰承載器內燃燒的影響、及減緩受到輸送管內主燃燒的影響、並避免聚合化或焦化的現象發生。

#### 小規模稀釋劑流體的輸送

請參照圖 73-75，藉由多孔洞的稀釋劑接觸器導管 14，可以使小規模的稀釋劑流體噴入到燃料-氧化劑混合流體中及/或噴入到火焰承載器 102 之內漩渦燃燒火焰中。具有熱稀釋劑的通道可以配置在燃料提體通道與燃燒熱氣體之間。藉由熱稀釋劑孔洞可以噴出稀釋劑流體及燃料流體，使得熱氣體可以達到期望的溫度，以限制氮氧化物或其他污染物的排放。

#### 稀釋冷卻的點火結構

稀釋劑流體可以冷卻火焰承載器 100，並且可以生成及冷卻受控制的漩渦。經由熱稀釋劑通道可以輸送稀釋劑流體到周圍的輸送管 111 中，而此稀釋劑可以冷卻火焰承載器 102 之壁面及下游部分，火焰承載器 102 可以包括用來形成下游凹陷漩渦的方向調整結構 103。經由軸向導管，稀釋劑流體可以傳輸到下游的方向調整結構 103 中，如此可以冷卻火焰承載器 102 中最熱的部分，係位在燃料流體及氧化劑入口處的對面，且此處的火焰或熱氣體會衝擊成收斂錐形的樣式。

#### 凹陷的導管表面

透過形成在上游及下游之內凹結構內的多孔洞導管 14 或通道 108，可以噴出稀釋劑流體及/或氧化劑流體或

燃料流體到上游及下游的內凹結構 103 中，此內凹結構 103 包括超環面火焰承載器 102。依情況可以調整輸送導管 14 或通道 108 的位置，並且還可以調整孔洞的尺寸、位置及方向。

#### 漩渦的流動

經由火焰承載器的氧化劑流體及位在火焰承載器出口處的熱氣體可以提供主要的動力交換，以形成內漩渦。氧化劑流體可以流到火焰承載器 102 中，並且熱氣體可以從火焰承載器中流出。燃燒會擴張火焰承載器內的氣體，以增加出口流體速率。

藉由控制氧化劑流體通道 12、氧化劑通道 108 及/或熱稀釋劑通道 14、以及氧化劑流體、稀釋劑流體及燃料流體的位置及方向，並且還控制氧化劑流體、稀釋劑流體及燃料流體噴入到超環面容室 102 中在流體流動之區域方向上的速度，以形成內渦流。

流體可以從超環面漩渦的下游端向外部的上游端流動，或者流體可以從區域漩渦的上游端流向下游端，如圖 74、75 所示。其中此處的上游端及下游端係指在火焰承載器 100 外之主第二流體的方向。在超環面火焰承載器 100 內的流體可以是軸向地由下游端流向上游端。

請參照圖 75，在火焰承載器下游端的多孔洞導管或流體通道可以噴出流體，並且可以引導流體從下游軸向通道 112 流向上游端，或是可以引導流體從下游處用來形成漩渦之內凹結構 103 的內徑處流向上游端。位於火焰承載

器內壁與外壁之間的周圍輸送管 111 等可以用來輸送小規模流體，使得流體可以從上游端流向下游端入口。藉由與下游入口連接的外部導管可以用來輸送小規模流體。

請參照圖 73，在上游內凹表面 103 之外徑處具有多孔洞接觸器導管 12、14，以噴出小規模燃料流體及小規模稀釋劑流體到下游的小規模氧化劑流體中。

流體可以從形成漩渦之內凹結構 103 的外側向內流動，流動到下游區域的流體可以延著下游處形成漩渦的內凹結構 103 之軸向導管支撐結構流動。經由延伸到區域漩渦方向之軸線處的徑向孔洞，可以使流體從軸線處徑向地向外流動，及/或從周圍區域徑向地向內流動。如此可以噴出經由稀釋劑流體之蒸發作用所形成的蒸氣。

#### 徑向熱噴出液滴

請參照圖 72，藉由形成至少一熱氣體通道 114，可以使熱氣體徑向地從火焰承載器噴出到下游處之周圍流體中，如圖 72-75 所示。熱噴出物可以包含燃燒流體，且熱氣體可以利用傳導的方式加熱周圍的流體。

藉由控制熱氣體出口通道 114 的位置及前表面的方向，可以引導熱氣體向外流動，其流動方向可以是平行於或橫切於附近之直接接觸器的表面。在火焰承載器 102 之內部表面的後方具有一出口，此出口的半徑可以是大於周圍內凹表面 103，因此熱的能量流體 920 可以向外流動到周圍的氣體流動中。

#### 長條形的噴出孔

請參照圖 72、73，在輸送管之上游-下游軸線上，長條形之熱氣通道 114 可以用來輸送熱氣體到火焰承載器 102 之出口處。長條形輸送管 114 可以噴出熱氣體之軸向延伸的長條形噴出物，其噴出到周圍軸向流動流體中的距離係遠於圓形噴出物噴出到周圍軸向流動流體中的距離。

### 火焰承載器

請參照圖 73-75，利用小規模燃料輸送系統 12 內之點火器 124 及軸向混合流體通道 112 可以進行小規模燃燒，而藉由氧化劑流體之高壓縮加熱，可以將可燃性混合流體點火。

點火器 124 係位在具有燃料流體及氧化劑流體之可燃性混合流體的附近，當刺激火焰承載器時，可以進行點火燃燒。當火焰承載器加熱到足夠操作的溫度時，便可以關閉點火器。利用至少一點火器 124 可以對輸送管內之可燃性混合流體進行點火。若是需要較大的燃燒可信賴度時，可以利用多個點火器，以點燃可燃的混合流體。

### 火花點火&刺激源

請參照圖 73-75，在火焰承載器的上游處附近，火花點火器 124 可以對燃料-氧化劑混合流體進行點火燃燒。點火器刺激源 126 可以分別與點火器 124 連接，其中藉由電磁能可以刺激點火器。

### 感應或微波加熱器

感應加熱器可以加熱位在燃燒器內、火焰承載器內、或容室內的電阻，使得可燃性混合流體可以點火。藉由微

波產生器並將輸送管集中，可以產生熱能，以進行可燃性混合流體的點火。在微波輸送管之出口處係接觸於可燃性流體，並且利用微波可以加熱位在微波輸送管附近的微波吸收點火元件，直到微波吸收點火元件足夠熱且可以點燃周圍的可燃的混合流體為止。在微波構件與點火構件之間可以配置一微波穿透壁。而微波穿透壁可以分開微波輸送管與燃燒室，以保護微波輸送管。

微波能量可以是直接或間接地加熱流體元件，並且可以對火焰承載器內的可燃性混合流體點火。火焰承載器之上游至少部分結構之材質、一些導管之材質、或是與火焰承載器連通並且具有可燃性混合流體之容室的材質，可以是允許多種微波頻率穿透的，微波能量可以軸向方向加熱火焰承載器或者是與其連接的容室。

#### 聚焦的雷射光

經由光纖或透鏡傳輸的雷射光可以照射到燃燒室內或火焰承載器內，藉以提供能量。由於聚焦的雷射光束可以是集中能量的傳輸，因此在焦點處可以是具有高能及高溫的現象。如此，燃料-氧化劑混合流體便可以進行點火。然而本發明亦可以對太陽能聚焦。

#### 接觸反應的點火器或發光插塞

在容室內具有一催化表面點火器 124，而用來提供可燃性混合流體的系統係位在催化表面的周圍。發光插塞可以是點燃火焰承載器附近的燃料流體。而燃燒承載器內或延著小規模系統延伸之保護區域下游處係為需要保護的區

域。

### 支撐結構&元件

流體接觸器陣列需要藉由支撐結構，承受流體的橫向流動、重力及振動，而流體接觸器陣列及支撐結構必須要能夠忍受期望的高溫熱通量。

#### 上游支撐結構

藉由至少一或三個或更多個之導管支撐結構 38 可以支撐多孔洞的導管。或者，亦可以利用作為導管支撐器 36 之支撐導線或棒桿來連接及支撐多孔洞的導管 10。

支撐結構 38 係配置在導管的上游，如此可以遠離下游之燃燒區域及減緩受到輻射熱通量的影響。相較於配置在下游的導管，配置在上游的支撐結構 38 可以具有較低的溫度。

#### 流體歧管

多孔洞的流體導管可以連接到歧管 240，如此流體可以輸送至導管中，比如是配置分開的燃料歧管 242 及稀釋劑歧管 244(柴油燃料歧管 242 及水歧管 244)。

位在多通道接觸器一端的燃料流體通道或導管可以是呈現關閉的狀態，而位在多通道接觸器另一端的稀釋劑流體通道亦可以是呈現關閉的狀態。燃料流體通道的開放端可以是連接到燃料流體歧管，而位在雙通道導管 16 另一端的稀釋劑通道可以連接到稀釋劑歧管。

多通道歧管可以用來輸送多種流體。多通道導管 220



之燃料流體通道及稀釋劑通道可以連接至多通道歧管 246。

作為支撐結構的流體歧管

爲了要承受高於最大金屬工作溫度的能量流體 920，必須要將位在燃燒器內或是位在燃燒器周圍的結構冷卻，並且使得引擎可以在低於燃燒流體及/或能量流體 920 的溫度下運轉。另外，利用塗佈熱阻障層 34 可以減少熱增益。

如此流體歧管 240 除了可以作為支撐結構，亦可以作為流體輸送導管。流體歧管 240 可以支撐導管及/或位在燃燒器內的接觸器陣列。流體歧管 240 可以將拖曳力從位在接觸器陣列上的流動第二流體處傳送至燃燒器壁面上及壓力通道 170 上。

彈性彎曲結構、螺旋狀結構或類似的曲線形結構可以承受低溫度之外部與高溫度之燃燒器管線 60 之間的熱膨脹應力。

流線型

支撐結構 38 及流體歧管 240 可以是流線型的樣式，可以減少流體的拖曳力、壓力降及抽吸耗損。由於流線型之支撐結構 38 及流體歧管 240 可以是軸向的延伸，因此可以增加垂直於第二流體流動方向上之彎曲力矩。如此可以增加支撐結構 38 及流體歧管 240 之支撐能力，且可以承受由橫向流體流動所造成的彎曲力量。

導管振動器

請參照圖 52，導管振動器 50 可以振動燃料流體導管接觸器及/或稀釋劑流體導管接觸器。由導管支撐結構 38 及彈性裝置 72 可以固定接觸器陣列。經由彈性輸送導管 54 可以輸送流體到接觸器陣列中，如'191 專利案之圖 50，說明書之 11.9 章節「振動導管-孔洞」。

#### 不對稱的稀釋劑&燃料導管位置

燃料導管可以配置在火焰承載器的附近，如此可以形成接近於化學計量之燃料豐富區域在火焰承載器附近，如此可以幫助火焰承載器點燃可燃燒的混合流體。

稀釋劑導管可以是配置在輸送管的附近，藉以冷卻輸送管之管壁。稀釋劑導管可以是配置在火焰承載器的附近，藉以冷卻火焰承載器。

#### 熱稀釋劑的傳送：水及水蒸氣

請參照圖 76，其繪示當利用液態水作為稀釋劑之傳送方法。在燃燒之前，若是尚未超過燃燒熄滅限制或是壓縮機激增限制時，傳統的技術係具有水/燃料之比率的限制。(舉例而言，LeFebvre 1998 揭露在較低之燃料/氣體限制下，水/燃料(m/m)的比率係約為 1.1:1)。在之前的 VAST 專利案中，Ginter 揭露在水/燃料(m/m)的比率係大於約 16:1 的情況下，可以將水噴入到燃燒器中，比如是噴入到燃燒氣體中，或是噴入到燃燒後的燃燒器中。如上所述，此專利有揭露在燃燒之前，稀釋劑流體可以噴入到氧化劑流體中，比如是水及/或水蒸氣噴入到壓縮氣體中。

### 最少量的稀釋劑

藉由提供最少量的過量氧化劑流體，可以令人滿意地氧化一氧化碳或其他的可燃物質。透過接觸器 14 可以噴出足夠的稀釋劑流體，藉以控制能量流體之最高溫度。

藉由將稀釋劑流體噴入到氧化劑流體中及/或燃料流體中，可以冷卻能量流體約 1 度的溫度，比如在氧化劑/燃料之化學計量比率( $\lambda$ ) 係為低於 110%的情況下，或是在質量流動之稀釋劑流體/燃料之比率低於 0.07%的情況下，可以計算由 1957 度到 1956 度所需的相對蒸發比熱、蒸發潛熱及焓等。

### 用於冷卻之可蒸發稀釋劑的最大量

經由直接接觸器可以噴出稀釋劑流體，藉以減少能量流體的溫度。稀釋劑比如是蒸發速率佳的，藉以形成均勻的飽和能量流體。藉由冷卻熱稀釋劑，可以冷卻能量流體成為飽和狀態的溫度。藉由表面熱交換器可以冷卻能量流體及稀釋劑流體。

在化學計量燃燒的情況下，熱稀釋劑/燃料(m/m)之比率可以是 1.5:1 到 7:1 之間，或是更大。舉例而言，在未到達水飽和(100%之相對濕度)的情況下，當水/柴油之比值約為 2 時，溫度可以從 1719 度降至 846 度，請參照表 2。

就潮濕氣體渦輪(HAT)循環系統、蒸氣氣體渦輪(EvGT)循環系統、或是潮濕氣體水射出渦輪(HAWIT)循環系統而言，在具有較低過量氧化劑流體及較高之燃燒溫度及能量流體溫度的情況下，具有高比率之稀釋劑流體可以控制在

較高溫度的範圍。相較於習知裝置，在較小的設備中，稀釋劑係具有較快的蒸發率。

### 最大量之稀釋劑的冷卻

比如是就直接接觸冷卻器而言，經由直接接觸器可以噴出稀釋劑流體，藉以冷卻能量流體至低於稀釋劑飽和的情況下。稀釋劑冷卻可以具有足夠的滯留時間，使得稀釋劑液滴與能量流體之間可以達到熱平衡。故在此結構中，可以控制熱稀釋劑之溫度在 1 度之變化範圍內，以冷卻能量流體或其他的高溫流體。

或者，稀釋劑流體可以冷卻至接近稀釋劑冰點的溫度，亦即稀釋劑的溫度可以低於環境的溫度。就水而言，用來冷卻能量流體的稀釋劑可以冷卻至 2 度，或是冷卻到 0 度，而不結成冰。經由直接接觸器輸送低溫稀釋劑流體，可以控制流體溫度至較低的溫度，比如是氟化碳氫化合物。

稀釋劑可以噴入到比如是氧氣或富氧氣體之氧化劑流體中，直到稀釋劑飽和於氧化劑流體中。稀釋劑流體可以用來限制燃燒溫度且可以有效地冷卻能量流體，如此可以不需使用過量的氧化劑流體或氮氣。

### 燃燒前之最大量的稀釋劑

爲了避免總稀釋劑流體/燃料之傳輸上的限制，使用者要控制稀釋劑流體的有效蒸發量及在燃燒區域上游處之稀釋劑流體與燃料流體之混合量，此時必須要得知氣體/燃料比率及流體溫度。由於液滴尺寸及表面效能會影響燃

燒的限制，因此可以加入表面積、液滴尺寸分佈或其他有效參數到稀釋劑流體限制中。

在燃燒區域上游處所噴出之稀釋劑流體的位置、液滴尺寸、流率及軸向速度可以受到控制。如此可以藉由增加或減少速度的軸向分量或稀釋劑流體的液滴尺寸，可以減少或增加蒸發稀釋劑流體之噴出量、燃燒前之液滴尺寸分配或表面積。藉由調整導管截面上之壓力差、稀釋劑流體的黏滯性及/或孔洞的軸向分量，可以調整稀釋劑速度的軸向分量。另外，也可以調整噴出位置是在下游處或是在上游處。

藉由將稀釋劑流體向下游噴入到燃燒氣體中，使得在液滴到達火焰之前，可以具有低於關鍵值之蒸發率及/或濃度。在經過燃燒之後，剩餘的稀釋劑流體會在燃燒氣體內或在能量流體 920 內蒸發。

相較於習知的混合流體，在本發明中，氧化劑流體、燃料流體及稀釋劑流體的分佈可以是較均勻的。如此可以避免習知系統中冷點的現象發生，故可以避免一氧化碳、其他未氧化的燃料或副產品生成。另外，亦可以避免形成熱點，以避免氮氧化物的生成。

在燃燒區域的上游處，可以噴出足夠量之稀釋劑流體。或者，在燃燒區域的下游處亦可以噴出稀釋劑流體。如此可以減少氧化劑流體至低於 150%之化學計量比率。在較佳的情況下，係超過習知熄滅限制之條件下，才噴出稀釋劑。

另外，也可以噴出超過飽和量之稀釋劑到氧化劑流體入口處或是燃燒器中。就潮濕氣體渦輪(HAT)循環系統、蒸氣氣體渦輪(EvGT)循環系統、回復水射出(RWI)循環系統、水蒸氣射出氣體(STIG)渦輪循環系統、或是潮濕氣體水射出渦輪(HAWIT)循環系統而言，所噴出的水可以使氣體飽和。舉例而言，在潮濕氣體渦輪(HAT)循環系統、蒸氣氣體渦輪(EvGT)循環系統中，少於約 151%之化學計量的氧化劑/燃料比率會使水飽和於入口氣體處，出自Lundstorm(2002)。

#### 引導燃燒/火焰支撐器的控制

在習知的系統中，引導火焰及火焰支撐器會排放出氮氧化物。由於對引導火焰並不能進行熱控制，因此氮氧化物的生成速率會大於引導火焰及主火焰之熱能的增加比率。

#### 在點火時之稀釋劑之控制

當在對可燃性混合流體進行點火燃燒時，稀釋劑之流量可以依照時間來控制。在開始點火之後，在少量的稀釋劑流體及較少的過量氧化劑的情況下，氧化劑流體及燃料流體可以混合成化學計量氧化劑/燃料比率。

當可燃性混合流體點火時，可以增加稀釋劑流體/燃料的比率，因此可以控制燃燒氣體的溫度、峰值燃燒溫度、在燃燒室 424 內的能量流體 920 之溫度、在平衡室內或過渡區域 426 內的能量流體 920 之溫度、在引擎內之能量流體 920 之溫度(引擎比如是位在渦輪之第一層級 446 內的

渦輪葉片 448、450 之間)、燃料接觸器陣列的溫度及稀釋劑流體接觸器陣列的溫度。

在操作時，且具有足夠之過量氧化劑的情況下，氧化劑/燃料的比率可以維持在期望的燃燒比率內，亦即係在化學計量比率的附近，如此可以有效地增進燃料的氧化及比如是一氧化碳之附產物的氧化。限制溫度及/或過量的氧化劑，可以減少氮氧化物之排放。

如上所述，本發明之結構可以是有利於點火及限制在開始時之附產物的排放，並且可以克服由於習知操作常發生之貧油限制所導致對稀釋劑/氧化劑/燃料之混合流體點火的困難度。

#### 引導火焰及火焰承載器的點火

當在利用火焰承載器 100 或引導火焰時，要潔淨火焰承載器 100，並且藉由火焰承載器 100 或引導火焰可以對可燃性混合流體點火，比如是可燃性氧化劑/燃料混合流體。利用稀釋劑流體可以冷卻燃燒區域及/或相關的流體或構件。在對可燃性混合流體點火之前，藉由稀釋劑流體可以稀釋可燃性混合流體，藉以降低起始溫度。藉由限制稀釋劑流體/燃料的比率，可以控制可燃性混合流體在可燃的區域內。

藉由調整孔洞頻率，可以更均勻地控制燃燒溫度及火焰承載器 100 內的溫度分度，藉以減少生成物的排放、維持火焰的穩定性及保護火焰承載器 100。利用引導氧化劑可以先潔淨火焰承載器 100 上之會爆炸的混合流體，之

後點火器就可以進行點火及噴出燃料流體。

當火焰產生之後，可以開始噴出稀釋劑流體，藉以控制火焰承載器 100 內的燃燒。藉由調整燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體的輸送速率，可以控制引導燃燒率及溫度、及排放到周圍燃燒器中之熱流體溫度及排方率。

引導火焰/火焰承載器之加速(ramp-up)

就火焰承載器 100 而言，在開始時，燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體的輸送速率及熱產生率係為較低的，之後會以適當的比率逐漸增加，到達期望的數值。如此會限制火焰承載器 100 內之加熱速率及熱應力。

藉由控制燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體輸送到火焰承載器 100 內的流率，可以適當的比率逐漸加熱周圍的燃燒器及下游的引擎，因此可以達到期望的溫度，如此可以減少習知系統在開始時常發生之熱衝擊的情形，並且還可以減少熱應力及維修成本。

藉由控制燃燒流體的溫度及/或引導火焰內之過量氧化劑及或火焰承載器 100，可以減少氮氧化物的生成。藉由提供過量的氧化劑、且將燃燒器內保持在期望溫度之上並維持一段滯留時間，如此可以減少未燃燒的燃料、未燃燒的碳水化合物(UHC)、及一氧化碳至可接受的濃度。

### 空間溫度分佈曲線

藉由調整過量的稀釋劑/熱釋放曲線的比率，可以精確地控制在一維、二維或三維方向上之空間溫度分佈，並



且可以有效增加稀釋劑流體中、氧化劑流體中或燃料流體中之稀釋劑的焓。藉由調整孔洞尺寸、孔洞方向、孔洞空間密度(孔洞數目/單位截面積)、孔洞空間分佈及/或燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體的參數，可以彈性地控制空間溫度分佈。如此在調整上具有很大的彈性，並且可以控制空間組成曲線、時間組成曲線及/或溫度曲線。

### 空間溫度曲線

藉由調整燃料流體孔洞及熱稀釋劑孔洞的數目、尺寸、位置及方向，可以控制燃料流體/氧化劑流體之比率及稀釋劑流體/氧化劑流體之比率。這些參數會影響過量氧化劑流體/燃料流體之徑向組成分佈或周圍方向(橫向)組成分佈的比率、稀釋劑流體/燃料流體之徑向組成分佈或周圍方向(橫向)組成分佈的比率、及熱釋放率之徑向組成分佈或周圍方向(橫向)組成分佈。藉由調整在燃料接觸器上之燃料流體孔洞及稀釋劑接觸器上之稀釋劑孔洞的數目、尺寸、位置及方向，以及兩個或多個接觸器的軸向排列位置及軸向排列間距，可以控制軸向組成曲線及軸向溫度曲線。並且，透過燃燒的控制，可以控制高能氣體之時間平均空間溫度曲線。

### 延著導管分佈之溫度曲線

如上所述，在平行於導管的方向上(垂直於輸送管或第二流體流動的方向)上，可以獲得燃燒器內之空間溫度分佈曲線或橫向溫度分佈曲線。藉由調整孔洞尺寸、孔洞空間密度、孔洞方向、燃料導管 11 之間的管距及稀釋劑

導管 14 之間的管距，可以控制組成曲線及溫度曲線。如此可以得到寬範圍之空間溫度曲線，比如是均勻分佈或跳動分佈之空間溫度曲線，如下所述。

#### 高解析之溫度控制

就高解析液體輸送系統及高精確度速度感測裝置而言，氧化劑/燃料的比率可以控制在約為 105%之化學計量比率。在沒有稀釋劑的情況下，會導致非常高的溫度且接近於化學計量絕熱火焰溫度。在燃燒器內之火焰鋒面達到期望溫度之前及/或之後，或者是在能量流體離開燃燒器時，可以藉由噴出稀釋劑流體到能量流體中，藉以降低能量流體的溫度。

在橫切於氧化劑流動的方向上之多孔洞的導管，可以是具有高解析之孔洞。舉例而言，在每條線上比如是每公釐約 167 個孔洞，孔洞的長度比如是約 2 微米。此外，可以增加更多條線在導管的周圍圓弧延伸，且在不同的方向上均可以噴出液滴。孔洞比如是約具有 6 線，而每公釐比如是具有 1000 個孔洞，或者每公尺比如是具有一百萬個孔洞。

藉由調整孔洞的空間密度，可以達到高解析之稀釋劑/燃料之比率。舉例而言，在導管橫向方向上，每一公釐之溫度變化範圍比如是在 0.1%之內。藉由具有軸向距離的紊流，可以改善具有燃燒氣體及稀釋劑流體之混合流體。如此，可以更精確地控制燃燒器出口處 136 之高溫燃燒(渦輪入口溫度)。

### 延著導管分佈之均勻溫度曲線

流體導管可以補償燃料及氧化劑流動的變化，使得在燃燒器出口處之能量流體可以達到高均勻度的溫度曲線。導管係橫切於氧化劑流體流動的方向，且導管在橫越 1 公尺的範圍內之每一公釐，在高於環境溫度之 1500K 的溫度範圍下，溫度可以是在約 1.5 度之克爾文溫度(degree Kelvin)。比如是約從 288K(15°C 或 59°F)到 1788K(1515°C 或 2759°F)之間。擴散及紊流會減少空間溫度梯度的變化。均勻的燃燒器壁面溫度及燃燒流體溫度。

燃燒器壁面及接近於燃燒器壁面之燃燒器管線要能夠承受空間高燃燒溫度分佈曲線。因此，燃燒器壁面及燃燒器管線可以包括能夠容忍高溫的材質，或是塗佈有熱隔絕層 34，或是利用其他的冷卻方法來冷卻燃燒器管線。

### 均勻之過渡區域壁面之溫度及能量流體溫度

在燃燒室 424 與擴張器 440 之間的過渡區域要具有高溫壁面材料及/或冷卻的壁面，如此可以承受在壁面附近之能量流體 920 之較高的溫度，並且在能量流體輸送管 130 內可以具有均勻的溫度分佈。

### 在導管上具有適度的溫度梯度

藉由對稱地調整孔洞空間密度比率，可以使燃燒器具有適當的均勻熱梯度。舉例而言，在導管長度方向上之孔洞密度可以是約為 1000 個/mm，而藉由調整熱稀釋劑孔洞 83 之空間密度/燃料孔洞 82 之空間密度的比率，可以使燃燒氣體的溫度具有均勻的梯度。從 515°C 到 1515°C 之

間，在 1 公尺的範圍內可以是具有 1000K 的熱梯度，或是約為 1K/mm。藉由調整稀釋劑孔洞 83 及燃料孔洞 82 的直徑，並且還調整相對壓力，可以控制質量稀釋劑/燃料的比率，以達到燃燒器出口 136 所需的溫度。

在導管上之大溫度梯度

爲了達到大溫度梯度及非常快的橫向溫度梯度(或步階溫度跳動)，可以藉由改變孔洞空間密度來達成。比如在靠近燃燒區域處，橫越 1mm 可以是具有 1500K 之溫度變化，而在導管下游之燃燒區域可以是具有 1,000,000K/m 之溫度梯度。擴散及紊流會減少燃燒區域下游處之熱梯度。

導管上的溫度曲線

依照進來的流體情況，藉由調整過量熱稀釋劑/過量熱釋放率之比率，可以達到任何的空間溫度曲線。舉例而言，藉由調整過量稀釋劑、氧化劑及燃料流體之輸送及進來邊界條件，可以控制相對於燃料及熱釋放之稀釋劑輸送的空間分配，其中包括調整在導管上之稀釋劑孔洞 83 的面積空間密度/燃料流體孔洞 82 的面積空間密度的比率，以及調整流體傳送壓力差。在多孔洞導管上且橫切於氧化劑流體流動方向的熱梯度可以是在十的六次方內變化，甚至是可以比 1K/m(0.045°F/in)還小，或是比 1,000,000K/m(45,000°F/in)還小。

導管上的溫度曲線

在導管係延著周圍輪廓延伸的情況下，且垂直於溫

度曲線，渦輪設計者比如藉由調整孔洞間距，可以設計出徑向偏斜反向拋物線形式之溫度曲線。

#### 反向偏斜拋物線形式之溫度曲線

就環狀燃燒器結構而言，在渦輪葉片 450 之下游活動處，周圍可以具有均勻的溫度。就傳統的設計而言，在橫切渦輪葉片 448 的方向上，比如是從靠近中間區域的內徑橫切向靠近護罩的外徑，係設計為反向拋物線的形式。由於葉片的頂端係難以冷卻的，因此可以設計為較葉片的中間區域冷。當葉片旋轉時，葉片的根部或中心區域要承受較高的向心力或離心力。葉片的根部會冷於葉片的中間區域，而峰值溫度係位在葉片之中間區域的外部。

#### 具有徑向導管之環狀燃燒器

爲了要在偏斜反向拋物線形式之溫度曲線上獲得最高的解析及精確度(比如是渦輪葉片)，多孔洞導管可以連接到周圍的歧管，且位在外部燃燒器的周圍。內部歧管的配置可以改善流體壓力的均勻度及結構的支撐。爲了配合徑向氧化劑流體質量流量及溫度分佈曲線，可以調整徑向熱稀釋劑導管及/或燃料流體導管之孔洞空間密度、方向及孔洞尺寸，如此可以控制能量流體 920 的溫度。藉由速度及密度的數值，以及徑向溫度及氧化劑流體的壓力，可以得出氧化劑質量流量及溫度，其中氧化劑比如是壓縮空氣。

就具有徑向直接接觸器之環狀燃燒器而言，藉由增加中心部分與護罩之間的徑向距離，可以增加接觸器之間

的間距。藉由調整孔洞的尺寸可以調整射出的距離，而藉由調整淨有效孔洞面積之空間密度，可以改變流體噴出物的流率及氧化劑流體之質量流率的徑向曲線。

在導管上之斜脊屋頂(Hip roof)形式之溫度曲線

燃燒器壁面的溫度可以是冷於燃燒氣體或高能氣體 920 的平均溫度。藉由調整在燃燒器管線/壁面附近之導管的孔洞面積空間密度，可以傳送具有較高之稀釋劑/燃料之比率的流體，或是具有較低之燃料/氧化劑之比率的流體，如此相較於燃燒器內的其他區域，在燃燒器壁面處可以得到較低的空間溫度分配。相較於習知二次方的曲線(比如是拋物線曲線或指數變化的曲線)，在本發明中，在燃燒器壁面的附近可以具有較尖的溫度梯度。在燃燒器壁面附近，溫度曲線可以是類似具有拋物線分佈之斜脊屋頂(Hip roof)形式之溫度曲線，或是修正後之斜脊屋頂形式之溫度曲線。

舉例而言，藉由調整空間溫度分佈，可以使傳輸到渦輪中的能量流體之平坦溫度曲線係接近於最大葉片溫度。在葉片的根部及頂部附近，具有較陡峭的溫度梯度，會達到葉片底部及頂部的溫度限制。

藉由調整空間溫度分佈，在燃燒器內可以具有非常均勻的能量流體溫度，但是在壁面附近之能量流體溫度曲線會快速下降，如此相較於習知利用氣態稀釋劑來冷卻的技術(氣態稀釋劑係透過具有二次方溫度梯度之燃燒器壁面傳輸)，本發明具有較高之能量流體之平均溫度。舉例

而言，當內部之流體的溫度降至壁面溫度時，約  $1000^{\circ}\text{C}$ ，且在環形燃燒器之外部 25%位置係符合拋物線溫度曲線，則在環形燃燒器之中間 50%位置可以具有均勻的溫度，約  $1500^{\circ}\text{C}$ 。

假設內部環形半徑係為外部半徑的一半，且輸送管內具有均勻的速度，則修正後之斜脊屋頂(Hip roof)形式之溫度曲線可以達到  $1690\text{K}(1417^{\circ}\text{C})$  之名目平均溫度。假設輸送管內具有相同均勻的速度，傳統的反向拋物線溫度曲線係具有相同於峰值流體溫度之溫度，約為  $1500^{\circ}\text{C}$ ，及相同於壁面溫度之溫度，約為  $1000^{\circ}\text{C}$ ，而其平均溫度係約為  $1606\text{K}(1333^{\circ}\text{C})$ 。當在調整平均速度曲線時，實際質量加權平均溫度亦會按比例調整。在符合修正後之斜脊屋頂(Hip roof)形式之溫度曲線的情況下，燃燒器出口處之能量流體的溫度可以高出絕對平均溫度之 5.2%。

假設平均 Carnot 排放溫度係為  $343\text{K}(70^{\circ}\text{C})$ ，藉由調整溫度曲線可以改善平均能量流體溫度，亦即在符合 Carnot 循環效率性的情況下，可以改善約 1.34%，其中在 Carnot 循環效率性的情況下，係具有相同於能量流體之峰值溫度的溫度，以及相同於燃燒器壁面溫度之溫度。如此相較於習知偏斜反向拋物線曲線或指數溫度曲線，本發明可以增加動能循環的熱效能。

就習知拋物線溫度曲線(隨距離做二次方的變化)而言，輸送管外部 25%位置之溫度改變係為輸送管內部 25%位置之溫度改變的 400%。從中間位置經過燃燒器輸送管

到輸送管管壁之間的區間中，溫度的變化可以是與相對橫向距離之間呈現指數的變化(2.73 次方)，或是呈現三次方的變化，或是呈現更高次方的變化。舉例而言，輸送管外部 25%位置到輸送管壁之間之溫度改變係為輸送管中間到輸送管外部 25%位置之間之溫度改變的 900%。

### 橫切導管之溫度曲線

藉由調整孔洞尺寸、孔洞空間密度、孔洞方向及燃燒器內之導管間距，可以控制橫切於(垂直於)導管方向上之輸送管內的溫度曲線，亦即可以控制垂直於輸送管軸線或氧化劑流體流動方向的溫度曲線。上述的概念可以應用在熱稀釋劑導管上，藉以改變橫切於輸送管的溫度曲線，如此可以輸送更均勻之氧化劑/燃料之比率的流體，或者可以補償期望之橫切方向上的氧化劑燃料曲線。

### 垂直於導管的均勻溫度曲線

就橫切於輸送管軸線及垂直於燃料流體導管 11 延伸方向及稀釋劑導管 14 延伸方向之溫度曲線而言，藉由調整燃料流體導管 11 及/或熱稀釋劑導管 14，可以使燃燒器 56 內之此溫度曲線更均勻。如此，可以增加在燃燒器 56 出口處之能量流體的平均溫度，可以更接近峰值出口溫度，而下游的渦輪葉片可以是具有較低溫度的曲線因子，且能量流體可以具有較高的平均溫度，故可以具有較高的熱動能效率。

### 適當的橫向溫度梯度

溫度梯度可以是橫切於導管，亦即係垂直於流體的



流動方向，藉由調整孔洞尺寸、孔洞方向及導管一端到另一端的空間密度，可以控制導管上具有較均勻的溫度梯度。在'191 專利案中，藉由噴灑裝置可以噴出稀釋劑至導管間，且液滴可以是具有不同的噴出距離。藉由調整燃料孔洞或稀釋劑孔洞，可以控制導管間的溫度分佈。

#### 步階溫度曲線

在橫切於導管的方向上，溫度的變化可以是跳動的。稀釋劑可以噴出在邊界分佈之側邊上，直到另外一側，使得其他導管可以具有較低或較高的均勻溫度，如此會具有較尖的熱梯度。在橫越溫度步階邊界的情況下，藉由改變導管間稀釋劑流體/燃料之比率，可以改變溫度步階。

燃燒器壁面溫度可以是冷於燃燒氣體或高能氣體 920 之溫度。相較於燃燒器內的其他部分，可以傳送較高之稀釋劑/燃料之比率的流體或較低之燃料/氧化劑之比率的流體到燃燒器壁面的附近。在燃燒器管線/壁面 60 附近可以是配置稀釋劑導管，但是不配置燃料流體導管。燃料流體導管之孔洞可以是配置在導管之一側，而沒有配置在導管之另外一側。

較均勻溫度之邊界係為下游峰值溫度，比如是渦輪葉片之峰值溫度，而相較於習知技術，本發明之燃燒器可以提供較高的溫度。因此在相同峰值溫度的情況下，燃燒器壁面、過渡區域壁面及擴散器葉片會承受較高之周圍及平均溫度。在燃燒器壁面上做隔熱，可以減少熱耗損及輸送管壁面附近之熱梯度。

### 周圍溫度曲線

類似於環狀燃燒器之徑向剖面，還可以架構出周圍流體流量及溫度曲線或類似之環狀燃燒器之形狀因子，藉以形成均勻的周圍流體流量曲線，因此接觸器可以具有均勻的氧化劑/燃料之比率的曲線及稀釋劑/燃料之比率的曲線，故可以得到均勻的溫度曲線。此曲線除了可以是均勻的形式之外，亦可以是其他的樣式。

### 軸向溫度曲線

藉由調整空間孔洞分佈，可以控制軸向溫度曲線。

孔洞軸向地分佈在接觸器上

孔洞可以軸向地分佈在接觸器上，經由這些孔洞所噴出之液滴可以是具有軸向間隔的。因此可以在控制燃燒器內之軸向熱溫度曲線的情況下，進行軸向混合及燃燒。

### 軸向配置的接觸器

稀釋劑接觸器陣列 11 及燃料接觸器陣列 14 可以是軸向地配置在燃燒器內，因此可以混合成稀釋的燃料或稀釋的氧化劑，藉以控制燃燒器內的溫度曲線。

### 軸向排列的接觸器

接觸器之間可以具有在燃燒器軸向方向上的間距，軸向排列的接觸器可以連接到子歧管，而子歧管又會連接到主歧管。如此可以控制燃料流體及稀釋劑流體與氧化劑流體混合的情形，而形成稀釋的氧化劑及稀釋的燃料。比如可以噴出水蒸氣或水到壓縮氣體中，以形成高潮濕度或飽和的氣體，或者可以將水與酒精混合。

### 下游及具有角度的接觸器

在燃燒器內的孔洞可以是軸向的間距，而在燃燒器內亦可以具有曲線型式的接觸器，其排列與軸向方向夾有一角度。或者曲線型式的接觸器可以是延著軸向方向排列，而在一橫切方向上或在二橫切方向上，可以是不具有軸線角。

就凹陷形式之「角」形接觸器陣列、突出形式之「漏斗」形接觸器陣列、角錐形帷幕形式之接觸器陣列、長方形帷幕形式之接觸器陣列、環形帷幕形式之接觸器陣列、或是曲線形式且排列在下游之內凹或外凸之三維螺旋狀接觸器陣列而言，接觸器的排列方向可以橫切第二流體輸送管的軸線，或是與輸送管的軸線平行，或是徑向地排列到中間區域、或是與橫切方向或軸向方向夾有一角度。藉由將配置在支柱形式 (backbone) 之歧管周圍的人字形 (herringbone) 之平的接觸器陣列折彎，可以形成環形接觸器陣列。

傑處器陣列可以是由組合型接觸器所構成，其中組合型接觸器可以具有多個通道，以傳輸或混合兩種或更多種之流體，且經由通道傳輸之流體可以與第三流體混合。比如可以傳輸及混合燃料流體及稀釋劑流體，且經由通道傳輸之流體可以與氧化劑流體混合。曲線型接觸器陣列可以延著第二輸送管之軸線方向排列，或者是延著橫切方向排列。

### 曲線型組成及溫度曲線範圍

在習知技術中，混合流體之溫度可以升高至大於入口溫度之邊界條件，而可以得出相對於入口溫度之邊界條件的溫度增加分佈。因此可以求得在相對於至少一橫向及/或軸向方向上之燃料流體及氧化劑流體之溫度邊界條件下之總稀釋劑冷卻率/過量熱生成率之比率或對等之溫度增加率之空間分佈，故可以得到在橫向及/或軸向方向上之溫度增加的分佈。

藉由改變稀釋劑的熱焓，可以調整總稀釋劑冷卻率，此熱焓會受到下列因素影響：熱容量、蒸發潛熱、以及總過量氧化劑流體(貧油組成)、過量燃料流體(富油組成)、熱稀釋劑氣體、熱稀釋劑液體及除了是化學計量反應流體之其他物質之化學分離。當要形成過熱的狀態時，亦即要加熱或化學計量反應燃料流體及氧化劑流體到期望的能量流體出口溫度時，可以先計算過額熱量的形成。因此，可以得出可控制的個別流體流量曲線，以控制總稀釋劑熱焓分佈/過量熱生成分佈的比率。

由於會有流體傳輸、混合及量測的不確定性，因此在某一機率條件下，大部分的流體溫度可以是介於上界與下界之間。比如是在 95%之機率條件下，流體溫度可以是介於 1450°C 到 1550°C 之間。

流體溫度的空間分佈可以是利用在某一機率條件下之溫度範圍區間來表示，其中溫度範圍區間係指介於至少一上界溫度空間分佈及至少一下界溫度空間分佈之間。舉例而言，在橫切或軸向方向上且在某一機率條件下，可以

獲得上界溫度曲線及下界溫度曲線。比如在 95%之機率條件下，在環狀燃燒器之內徑與外徑之間的溫度曲線可以是反向偏斜拋物線的形式。

得知在類似邊界條件下之相對於氧化劑流體及燃料流體之熱稀釋劑的空間燃料傳送分佈之後，可以得出在空間分佈邊界範圍內之空間溫度分佈。藉由調整流體噴出孔洞及橫向或軸向的流體流量分佈，可以在預期之流體不確定的情況下內，得出期望的流體曲線範圍。藉由控制流體流量分佈的比率。最終橫向或軸向氧化劑流體/燃料流體的比率曲線、稀釋劑蒸氣流體/燃料流體的比率曲線、及液態稀釋劑/燃料流體之比率曲線可以是符合在比率不確定性下之期望的流體比率曲線。

藉由控制過量熱生成之總熱焓改變量的比率橫向分配，可以比如在相對於未反應之燃料流體及氧化劑流體之對等流體溫度分配之邊界條件的情況下，控制溫度增加的橫向分配，且可以獲得燃燒器出口處之期望橫向溫度曲線。如此，在溫度不確定的情況下，溫度曲線可以是在期望溫度曲線範圍內。

### 空間燃燒器加熱器

在本發明及專利案'191 中，多流體燃燒器可以使能量流體流經熱交換器的表面，以加熱生成物流體。比如是將生成物流體流經加熱器導管，以加熱生成物流體。藉由控制能量流體的溫度及/或流率，可以控制熱交換率。藉

由控制輻射屏蔽之參數、絕熱參數、熱交換表面或鰭板的參數，可以改變流經熱交換器之壁面的熱交換率。如此，可以控制經過熱交換器壁面到生成物流體上之熱交換率。

#### 經由加熱器壁面之加熱

經由內導管壁表面 277、外導管壁表面 278 或加熱器導管或加熱器導管組 279 之壁面，利用加熱器導管 276 可以加熱生成物流體。藉由控制傳送到熱交換表面之熱交換率，可以得到期望之溫度曲線或熱交換曲線。

#### 外部加熱

藉由加熱位在外導管壁表面之加熱器導管，可以加熱流經加熱器導管之生成物。在化學精煉廠中，藉由含有石油或乙烯之熱高壓垂直加熱器導管 276，可以爆裂生成物，其中加熱器導管的直徑比如是約 125mm(6 英吋)，而高度比如是約 12.2m(40 呎)，而加熱器導管比如是利用下方的天然氣加熱。如此在周圍方向上、垂直方向上及熱器導管組 279 之間距上，會具有熱變化。加熱器導管 276 在操作時會受到金屬材料的限制，而加熱器導管的成本會甚高，且具有高的運作成本及維修成本。

#### 內部加熱

藉由加熱熱導管之內表面可以加熱柏油或化學物質，而在較大的柏油容器中可以利用 U 型導管加熱器。習知的燃燒器可以經由位在入口處之導管壁 30 快速地加熱，而在下游處也可以提供少量的熱傳。然而此結構會導致高成本的維修中斷時間且可能會發生火警的危害。請參照圖

44，燃燒器可以經由加熱器導管 277 傳輸能量流體，而燃燒器比可以配置在加熱器導管內。

#### 燃燒加熱

加熱加熱器導管列、加熱器導管壁或加熱器導管組 279 之兩側，係定義為外部加熱。在加熱器導管組之任一側可以配置有燃燒陣列，以提供空間加熱的功能，加熱器導管組 279 之間的加熱係定義為內部加熱。在加熱器導管組 279 之間的燃燒陣列亦可以提供空間加熱的功能。

#### 角型密封導管加熱器陣列

環狀的角型燃燒器陣列 262 或圓柱形的燃燒器陣列可以環繞在加熱器導管 276 內，並延著加熱器導管 276 的長度方向排列，以加熱導管。輸入管可以是環繞燃燒器，而燃燒器比如是環形的輸送管 146，在環形輸送管 146 內，加熱器導管會形成環狀的內壁。一吹風機可以提供流經輸送管及燃燒器的氣體，而利用煙囪效應可以抽取氣體流經輸送管。

#### 加熱高壓流體

在加熱高壓流體時，壓力燃燒器會配置在加熱器導管的周圍。請參照圖 4 及圖 28，高溫加熱器導管 276 及燃燒器管線 132 內的角狀燃燒器陣列可以是環繞在高溫加熱器導管 276 的周圍，絕熱材料 150 可以是形成在輸送管的周圍，位在燃燒器周圍的壓力通道 172 或導管，可以提供壓力控制的功能。藉由壓縮機可以增加氧化劑流體的壓力。

本方法可以減少在高溫加熱器導管 276 上之壓力降，如此可以改善加熱器導管之溫度控制，並且可以改善加熱器導管內之生成物流體之溫度分配，並且可以加熱生成物至較高的溫度。

#### 減少角型燃燒率

傳統的角度燃燒器會隨著距離的增加，而增加燃燒的情形。藉由調整燃燒器的直徑及導管間距  $H$ ，可以控制燃燒器內的燃燒率，以達成期望的溫度曲線。舉例而言，燃燒器比如可以是具有拋物線或橢圓形之內凹燃燒表面，使得加熱器導管可以具有均勻的加熱率。

在上游處比如具有較高的導管空間密度，而逐漸向下游處，可以具有較低的導管空間密度，如此可以使空間燃燒率更為均勻。藉由鰭板或輻射屏蔽可以調整相鄰之多孔洞導管間距，因此可以調整流經導管間之氧化劑流體之流量。

#### 圓柱狀之燃燒陣列加熱器

圓柱狀燃燒陣列可以是位在導管的周圍以加熱導管，或是位在輸送管內，或是位在加熱導管之間，以加熱加熱導管。在靠近流體輸送管入口處 134 之圓柱狀陣列的一側可以是被擋住的，而在流體輸送管出口處 136 之圓柱狀陣列的另一側可以對流經圓柱狀燃燒器的氧化劑流體(比如是氣體)加壓。

#### 逐漸地調整圓柱狀的燃燒陣列

由於紊流及壁面托曳的現象，會使得流經圓柱狀燃



燒器之能量流體產生壓力降。藉由將導管配置得更近，可以減少上游端的空氣間距，而若是將導管配置得較為分開，可以增加下游端的空氣間距。如此可以補償壓力降，且燃燒器內可以維持較均勻的氧化劑/燃料的比率。

藉由調整經過導管之燃料及稀釋劑的壓力差，可以補償氧化劑流量的變異。而藉由調整孔洞的間距、尺寸及/或數目，可以補償流經燃燒器之氧化劑的流量。

### 突出或漏斗型之燃燒器陣列

請參照圖 44，突出或漏斗型之燃燒器陣列 264 係位在加熱器導管 276 內，或是位在輸送管內，以加熱加熱器導管或是輸送管之內表面。請參照圖 48，突出或漏斗型之燃燒器陣列 264 可以是位在加熱導管組之加熱導管 276 之間，以加熱這些導管。在上游端之入口處，位在漏斗型燃燒器陣列 264 與外部加熱器或輸送管之間的間距可以是被擋住的，可以對流經燃燒器的氧化劑流體(比如是氣體)加壓。另外，還可以使用絕熱墊或絕熱環 154，如圖 53 所示。

### 逐漸增加漏斗型燃燒率

就漏斗型燃燒器的排列而言，如此之燃料導管及稀釋劑導管之結構，在入口處附近具有較高的燃燒率，然後會隨著混合-燃燒表面積的增加而逐漸減少。如此在長度方向上可以提供連續的熱傳，且可以避免將導管燒掉。比如是 U 型導管加熱器。

若是將燃燒器表面陣列調整為更凸起的形狀，比如是具有上游開口的拋物線形式或橢圓形樣式，可以減少上

游燃燒的情形，且可以增加下游燃燒的情形。藉由調整導管間距  $H$ 、孔洞尺寸、孔洞空間結構(密度及/或數目)及或孔洞之壓力差，可以調整氧化劑/燃料的比率及稀釋劑/燃料之比率，如此燃燒器可以得到期望的燃燒率及溫度曲線。

### 尖的燃燒器陣列

突出或漏斗型之燃燒器陣列會形成外部燃燒器陣列，以加熱除了輸送管之外的位在燃燒器陣列外部之元件，氧化劑流體可以向上傳輸到外部燃燒器陣列的中間區域，並且可以向外傳送到燃料孔洞陣列與稀釋劑孔洞陣列之間，其係類似漏斗型陣列的結構。舉例而言，請參照圖 48，至少一外部燃燒器陣列 272 可以是位在加熱器導管 276 之間，或是位在加熱器導管 276 的周圍。

在上游端，外部燃燒器 272 或輸送管與附近之加熱器導管之間的間距可以是被擋住的，藉以加壓流進來的流體，使得流體可以流經外部燃燒器 272 的中間通道。舉例而言，絕熱環 154 可以作為尖的接觸器環之間的阻擋墊片，如圖 44 及圖 53 所示。接觸器可以是延著加熱器導管軸向排列，而楔形之絕熱結構 152 可以作為接觸器之間的墊片。

請參照圖 51，在下游端，藉由帽蓋 175 可以擋住接觸器 272 的中間通道，如此可以使氧化劑流體向外流動到接觸器導管之間。

在外部燃燒器陣列 272 內的燃料接觸導管及稀釋劑導管可以是在橫切於加熱器導管之軸線方向上排列，如圖

49 所示，或者是在平行於加熱器導管之軸線方向上排列，如圖 51 所示。不論是橫切於加熱器軸線的情況，或是平行於加熱器軸線的情況，絕熱墊片可以是配置在燃料接觸器導管及稀釋劑接觸器導管之間，藉以減少空間熱通量密度及/或導管的數目。請參照圖 49，絕熱環 154 可以是作為尖形接觸器環之間的墊片。而接觸器可以是延著加熱器導管軸向排列，楔形之絕熱結構 152 可以作為接觸器之間的墊片，如圖 51 所示。

#### 尖形燃燒器結構

請參照圖 48，外部燃燒器陣列 272 可以是中空圓柱形的樣式，且可以位在六角形組之加熱器導管內。燃燒器陣列可以是三角形陣列的樣式，比如是向外凸出的導管陣列 272。相較於圓柱形樣式之外部圓柱形燃燒器陣列，藉由尖形燃燒器陣列 272 可以使燃燒火焰更均勻地且等距地形成在加熱器導管的長度方向上。如此更可以控制加熱器導管表面之加熱情形，且在加熱器周圍可以加熱的更均勻。

在考量經濟、效率及品質等因素，燃燒器之外部表面的曲線形式可以是凹陷尖端的形式、三角形或四方形的形式、突出圓弧狀的形式或圓形的形式等。藉由控制在加熱器導管周圍的燃料傳輸速率及/或稀釋劑傳輸速率，可以補償空間的變異，比如是加熱器導管之徑向距離的變異。

請參照圖 50，加熱器導管比如是 Cartesian 陣列的形

式，尖形的燃燒器 272 可以是等距離地配置，且位在四個加熱器導管之間。尖形的燃燒器 272 軸線可以是對準相鄰加熱器導管之間的等平分線，亦即燃燒器陣列的角落會指向加熱器導管之間。

尖形的燃燒器陣列的頂點可以是圓弧形的樣式，因此氧化劑流體可以有足夠的空間流到尖形燃燒器陣列的外圍。形成燃燒器表面之燃料流體導管及稀釋劑流體導管可以是由流體輸送歧管 240 及/或支撐結構 38 支撐。支撐結構 38 可以是位在燃燒器內，且靠近尖形燃燒器陣列之頂點附近。

逐漸增加尖形陣列燃燒率

就尖形燃燒器的排列結構而言，藉由控制流經尖形燃燒器陣列 272 之高能氣體的燃燒率及溫度，可以補償燃燒器表面積/加熱器導管表面積之比率的變異。藉由控制空間燃燒率及溫度分佈，可以得到期望的空間溫度及期望的能量流體流量，使得在加熱器導管的延伸方向上或是周圍，可以達到規定之熱傳率的空間分佈。

**燃燒壁面**

接觸器導管之平坦導管陣列 266 可以形成燃燒壁面，藉以控制經過熱傳壁或經過加熱器導管組的熱量。二燃燒壁可以是位在單一加熱器導管組之任一端上，且可以形成均勻的熱傳表面。

**熱傳結構**

請參照圖 44，藉由增加各種形成的熱阻絕層 180，

可以修整燃燒及/或能量流體與熱傳表面之間的熱傳率，因此可以得出經由熱交換壁面之熱交換率的平均值，在較佳的情況下，係具有均勻的熱交換率(比如是如圖 44 所示，在漏斗型燃燒陣列 264 與流體輸送管壁面 132 之間)。當能量流體加熱壁面時，能量流體會冷卻，而藉由絕熱層可以減少熱阻，且延著熱傳壁延伸，隨著距離的增加可以減少熱阻。此結構可以應用在熱傳壁之至少一側上，比如是用來加熱內部或外部之生成物流體。

各種不同的輻射屏蔽-逐漸增加孔洞

請參照圖 45，絕熱層可以作為輻射屏蔽 182 之用，且可以改變能量流體及/或燃燒區域與熱傳壁面之間的特性。舉例而言，輻射屏蔽 182 比如是多孔洞的熱屏蔽結構，可以吸收熱輻射。孔洞的改變會影響輻射屏蔽的效率。

改變孔洞或覆蓋的尺寸，會影響輻射屏蔽的效率。輻射屏蔽 182 的改變會影響傳導性熱傳。舉例而言，熱氣體可以流經多孔洞的熱屏蔽結構 182。

藉由改變輻射屏蔽結構的形狀，比如是具有不同寬度之分叉結構的梳子形狀或叉子形狀，可以改變熱隔絕率，亦即可以改變燃燒器或能量流體與熱傳壁面之間的輻射阻隔率。另外，亦可以改變輻射屏蔽結構 182 覆蓋於加熱器壁面上的面積，或者亦可以改變輻射屏蔽結構的數目，比如可以在軸向方向上配置較少或較多的屏蔽結構，如圖 47 所示。

改變熱阻

絕熱結構可以形成在加熱器的部分壁面上，使得曲線型式的加熱器壁面可以具有不同的熱阻。請參照圖 46，絕熱結構 184 可以塗佈有較薄或較厚的熱阻障層 120，藉以減少或增加熱傳的阻力。絕熱結構的形狀比如是類似梳子的形狀、或是類似具有不同寬度之手指的手掌形狀，因此可以控制熱阻障層覆蓋在熱傳壁面上的程度。覆蓋在加熱器壁面上的熱阻障層亦可以是其他的形式，熱阻障層可以位在熱交換器壁面上靠近能量流體的一側，或是生成物流體的一側。

#### 不同的有效熱傳表面

藉由改變熱交換壁面的有效熱傳表面，可以改變壁面的熱傳，而壁面可以是圓形的樣式或是溝槽狀樣式。請參照圖 47，熱傳表面比如包括導熱鰭板 188，位在熱交換器壁面 276 上之至少一側，藉由改變鰭板之有效表面積，可以控制從能量流體到交換器壁面之熱傳。如圖 47 所示，比如可以改變熱鰭板的深度或是熱交換鰭板的數目。

#### 流體加熱方法

請參照圖 81，一種流體加熱方法可以應用在燃燒器上及熱傳表面上，藉以加熱生成物流體。

#### 邊界條件及起使值

請參照圖 81，利用如圖 21 所示之燃燒器設定方法可以設定流體的邊界條件，包括加熱之生成物流體，而該解決方法或軟體可以初始化參數。

## 熱傳係數

如上所述，可以控制傳送至生成物流體的熱通量分佈或曲線，比如是延著位在生成物流體一側之曲線形式的熱傳壁面上所形成的熱通量分佈或曲線。

另外，還可以控制位在加熱器導管內或加熱器導管外之軸線上的熱通量。或者，在橫切軸線之方位角方向上及在熱傳導管之內圓周或外圓周的附近，還可以控制熱通量。

因此，本方法可以控制經過熱傳表面的輻射通量。舉例而言，請參照圖 45，比如可以控制能量流體與熱傳壁面之間的輻射阻障效率。請參照圖 46，藉由調整熱傳壁面上之一側或兩側之有效熱阻絕層 184，可以控制經過曲面形式之熱傳壁面的有效熱通量。

因此，藉由在壁面上形成熱傳鰭板 188 或槽道，可以調整熱傳壁面上之一側或兩側之有效熱通量，如圖 47 所示，故可以控制曲線形式之熱傳壁面之有效傳導熱傳表面。

在得知熱傳係數後，可以知道在橫向及軸向方向上經過加熱系統內之熱傳壁面的熱傳率。藉由控制能量流體及熱傳係數，可以控制在加熱系統內之任一方向上之空間熱通量分佈或曲線，比如是橫向或是軸向。

## 熱流體參數&限制

請參照圖 81，可以加入期望的限制到加熱系統中，類似於圖 21 的方法，比如包括生成物流體的最大溫度，

以避免破壞生成物或生成副生成物，還比如包括在熱傳系統內生成物流體之隨時間變化的溫度曲線，還比如包括流體之平均流速及生成物流體輸送管之橫切速度分佈。在加熱系統中靠近生成物的一側，可以藉由控制生成物流體之流速及流量，以達到期望的加熱率。

藉由控制熱傳通量、相對於生成物流體熱容量之加熱流體的流量及生成物流體入口溫度，以控制加熱流體的溫度分佈。溫度感測器可以裝設在能量流體內、熱傳表面內及生成物流體內，因此在期望的溫度不確定下，可以精確地控制能量流體、熱傳表面及加熱後生成物流體的溫度或溫度曲線。

### 加熱系統的輸出參數

利用模型參數及限制條件，藉由解聯立方程式可以獲得期望的加熱系統，這些限制條件包括熱傳通量的空間分佈、能量流體溫度、能量流體流量、熱隔絕程度、輻射隔絕程度及熱傳表面。

### 精確的動態流體傳輸控制

#### 習知技術

動態流體之習知技術係如下所述：

#### 習知技術：流體傳輸設備

離心、移動腔室或正位移的渦輪設備及壓力設備上(比如是幫浦或壓縮機)會利用流體傳輸系統。依照幫浦親和力法則，在離心幫浦上之幫浦頭部的壓力差會隨著經過幫



浦的流體體積而變化，此變化量可以是小的或是大的，視幫浦的設計而定。由移動室幫浦之頭部的壓力差會隨著流量的變化而做小量的變化，但是此變化係為顯著的。

習知技術：量測幫浦

在壓力差非常大的情況下(在 $\pm 0.1\%$ 內)，量測幫浦可以提供精準的平均流量，量測幫浦係利用動態壓力及流量脈衝來傳送流體。當活塞幫浦停止時或是在充電時，會造成 100%之平均流量的脈衝變化。正位移齒輪幫浦可以減少脈衝的情形，但是仍有脈衝的情形發生。

習知技術：多相幫浦頭部

幫浦頭部可以具有較慢的可變衝擊，藉由組合多個頭部並符合位差相位關係，可以減少壓力的脈衝，此裝置比如是由 Bran 及 Luebe 提出，其宣稱可以減少約 $\pm 10\%$ 到 30%之脈衝。

習知技術：脈衝減震器

Bran、Luebe 及其他公司可以提供脈衝減震器，以減少因為幫浦傳輸率的改變所造成之流體脈衝，依照脈衝減震器的結構，甚至可以減少一個數量級的脈衝。然而減震器的結構會存在有幫浦控制與流體傳輸之間的時間落差。藉由幫浦可以減少或消除流體之即時動態控制。藉由控制幫浦上之衝量，可以控制平均流率。

習知技術：放熱反應之比率變異及不確定性

在放熱反應過程中，反應劑比率之改變及稀釋劑/反應劑之比率的改變，會導致反應率的改變、溫度的改變、

生成物品質的變異，並且會生成不期望的副產品。此種傳輸系統會增加傳輸流體的壓力波動，在流體傳輸時，離心、連續腔室或量測的幫浦會導致某種程度的脈衝流動。

習知技術：壓力震盪&壓力回饋

在加壓的氧化劑流體內燃燒燃料流體會導致燃燒器內的壓力振動，壓力振動會回饋影響燃料流體及氧氣流體之傳輸輸送管。LeFebvre(1998)發現在 100Hz 到 2,000Hz 之間的廣譜範圍內，燃燒輻射聲音能量的峰值係介於 300Hz 到 500Hz 之間。在燃燒器內，當壓力震盪頻率介於 50Hz 到 180Hz 之間時，會產生燃燒之不穩定性並且會產生噪音(轟鳴聲)，如此會導致熄火問題的惡化。在較高運轉速度的情況下，當頻率介於 200Hz 到 500Hz 之間時，引擎會震盪並產生嗡嗡聲。

液態燃料與氣體氧化劑之間的流量阻抗變異會導致氧化劑/燃料之比率的快速波動。就氣體燃料而言，不同的傳輸壓力及壓縮機型態會導致不同的流量阻抗，並且會導致不同的流率或波動，而影響氧氣/燃料之混合比率。燃燒熱效率會導致壓力震盪，形成大於 1%之能量流體 920 的總壓力。高壓震盪會造成燃燒器 56 之過早損壞，且會造成渦輪葉片 450 之快速高頻刺激，導致擴張器 450 在數分鐘內毀損。

習知技術：燃料回饋控制

在習知技術中，流體回饋會控制流體傳輸率的波動。藉由壓力震盪的量測及相對於震盪做燃料流體流量的調

整，可以減少壓力震盪。

### 精確的流體傳輸方法

利用下述方法所形成之流體傳輸系統 360、361 或 400 可以改善習知技術，如圖 76 所示。利用主動或被動的方法可以減少流體傳輸之變異，因此可以減緩流體脈衝及燃燒震盪。爲了補償殘留流體(漏失流體)，並爲了使流體輸送系統 360、361、400 更精準的標準化，在一實施例中可以增加壓力回饋的操作、壓力波動回饋的操作、溫度回饋的操作及流體成分回饋之操作。或者，可以偵測殘留流體及副產物，以改善流體輸送系統 360、361、400 之控制。利用動態輸送方法，可以輸送流經多孔洞導管陣列之流體。

### 燃料輸送系統

正位移或量測幫浦可以輸送規定容量之液體及/或規定輸送率之液體，如圖 76 所示。利用連續腔室幫浦及/或離心幫浦可以傳輸或加壓於液態流體及/或氣態流體。

### 聲音燃料傳輸響應率

藉由使用具有高扭矩、低慣量及短流體輸送線路之流體輸送系統 360，可以控制渦輪動力系統內的壓力震盪，比如到達至少 200Hz 之響應，較佳係超過 700Hz 之響應，更佳是超過 1.5kHz 之響應。因此可以是高於 5kHz 的響應，甚至到達 20kHz，此爲人類可聽見之頻率敏感度。因此控制裝置必須要保持在等於上述的頻率，而較佳時係爲這些頻率的四倍。在封閉迴圈的控制下，感測器的響應率可以

是控制值的兩倍。

#### 連續正位移幫浦

正位移幫浦具有低的脈衝振幅，而正位移精確齒輪幫浦可以是具有小於 $\pm 3\%$ 之平均流量的脈衝波動。在400Hz之操作(24,000RPM)下，每轉可以具有5個脈衝，流體輸出可以是具有較小的脈衝率(20kHz)。連續腔室正位移幫浦可以具有平均流量之 $\pm 1\%$ 之脈衝波動。

#### 組合的位移幫浦

在均勻相位傳輸的情況下，利用兩個或更多個之正位移幫浦頭部可以形成組合型正位移幫浦，以改善抽吸的情形，且可以減少脈衝的現象。就正弦正位移幫浦而言，藉由將兩個正位移幫浦頭部平行排列，但是相互之間相位顛倒，因此由一幫浦所形成之高脈衝係配合由另一幫浦所形成之低脈衝。兩幫浦之出口係相互連結的，且之間的距離係等於管路的長度，因此兩流體可以保持相位顛倒，直到兩流體在共同管路中相遇。不同長度的管路可以應用在幫浦間相位變化的情況下。

在非正弦流動的情況下，可以利用三個或更多個之幫浦頭部，藉由將幫浦之脈衝之間的相位角除以幫浦頭部的數目，可以得到幫浦頭部之相位偏移。就六瓣齒輪幫浦頭部而言，每瓣之間可以具有60度之旋轉角度。就三個幫浦頭部之實施例而言，第二及第三幫浦頭部可以分別與第一幫浦頭部之間約夾有20度及40度，並且可以具有較低的脈衝流動振幅。三個精確正位移幫浦可以具有3%之

平均單一頭部脈衝波動，利用此三個幫浦所形成的組合頭部可以是具有少於 1% 的平均流量。

就組合的幫浦頭部而言，每轉之脈衝數目可以是等於瓣(lobe)的數目乘以幫浦頭部的數目。舉例而言，比如具有三個幫浦頭部，每一幫浦頭部可以具有六瓣，如此每一轉可以具有 18 個震盪脈衝。當脈衝率約為 100rps (6,000rpm) 時，正向的組合流體脈衝率可以是約為 1,800Hz。

### 精確旋轉促動器&幫浦

藉由高響應精確旋轉促動器可以促動至少一流體幫浦，其中馬達要具有高的扭矩/慣量之比率。高的響應馬達可以是裝配至組合位移幫浦上，藉以精確地促動幫浦，使其具有高的響應率。利用快的響應傳輸，可以使液態燃料及液態稀釋劑之傳輸速度快於習知技術。

### 高的扭矩/慣量旋轉促動器

請參照圖 77，藉由增加扭矩及/或減少旋轉促動器之組合慣量，可以改善馬達-幫浦之響應。馬達 600 可以具有高扭矩及低慣量，以增加系統響應。舉例而言，在高速的情況下，馬達可以是具有超過 20,000sec<sup>-2</sup> 之扭矩/慣量的比率。轉子可以是由薄的傳導柱或疊盤所構成，以增加扭矩並且可以減少轉子的慣量。馬達可以是具有較高的扭矩/慣量之比率，因此相較於傳統之鐵心馬達，具有較高的加速度。

舉例而言，在美國專利案第 6,111,329 號中，Graham

及 Yankie(讓渡給加州凡士拉市之 G&G 技術公司)揭露薄銅柱轉子。他們的薄間距(ThinGap™)伺服馬達可以具有高扭矩及低慣量，因此可以在沒有阻塞、遲滯、鐵耗或層壓的情況下，加快響應的比率。300 瓦之型號 TG3200 之刷式馬達的轉子可以具有連續的轉矩/慣量之峰值，其數值係為  $23,100\text{sec}^{-2}$ ，而其峰值速度可以是  $583\text{Hz}$  ( $3,000\text{RPM}$ )。因此本技術可以是具有較高的或較低的扭矩、能量及速度。

另外，馬達亦可以是薄碟形的樣式，比如伺服碟形(ServoDisc™)馬達(The Kollmorgen Motion Technologies of Commack, New York)可以具有較高的扭矩及較低的速度。假設幫浦與馬達係具有類似的慣量，使得馬達幫浦系統之扭矩/慣量係約為  $10,000\text{ radians sec}^{-2}$ 。在考慮液體慣量之前，響應時間可以是約  $0.6\text{ms}$ ，並且響應率可以是約  $1.6\text{kHz}$ 。

#### 冷卻馬達

請參照圖 77，藉由冷凝劑可以冷卻至少一用來驅動流體流動之馬達。冷凝劑護套 485 可以配設在起動器 608 的旁邊，使得冷凝劑流體可以傳輸經過起動器，其中稀釋劑可以作為冷凝劑，之後還要將已受熱的冷凝劑冷卻。受熱後的稀釋劑可以傳輸至熱交換系統中，使得馬達所產生的熱可以循環。或者，加熱後的稀釋劑可以傳送至燃燒器中。

舉例而言，請參照圖 77 及圖 78，馬達可以具有一內

轉子及至少一多孔洞稀釋劑導管 10，稀釋劑導管可以噴出冷凝流體到內部的轉子中。熱冷卻護套 485 可以是位在起動器 608 的周圍，藉以冷卻起動器 608，並且藉由稀釋劑 907 可以冷卻馬達。

利用中空軸承 612 之一端，比如下端，可以支撐轉子 602，並且一入口與一出口可以提供稀釋劑。稀釋劑直接接觸器 10 可以配置到中空軸承的中間區域，並且可以延著轉子的長度方向延伸。稀釋劑可以從經過中空軸承 612 之接觸器 14 噴出到轉子中。

轉子 602 是垂直方向地配置，使得冷凝劑可以是流出轉子。受到重力的影響，由轉子流出之加熱的稀釋劑可以是收集在稀釋劑收集器 346 中。而轉子亦可以是水平方向地配置，或是傾斜地配置。稀釋劑收集器 346 可以緊密地與具有特殊形狀之波濺屏蔽連接。

請參照圖 79，轉子 602 可以是配置在馬達 600 的外側，亦即配置在馬達 600 內部之定子 608 上。熱稀釋劑多孔洞導管 14 可以是位在馬達的外側，使得冷凝劑流體可以噴到轉子 602 上。冷卻護套 485 可以是配置在定子 608 內，以冷卻定子 608。

因此，利用定子的內部或外部，可以冷卻外部的轉子及內部的轉子。冷凝劑流體可以是具有低傳導性及高介電性，比如是高純度的水或碳氟化合物等。3M 公司之 St. Paul 及 Minnesota 製作出 Fluorinert™ 之碳氟化合物。

轉子可以是垂直地配置，以幫助冷凝劑流出轉子。

而轉子亦可以是水平方向地配置，或是傾斜地配置。

稀釋劑收集器 346 可以是包覆高效能轉子，且低黏滯性氣體可以填入於包覆結構內，以改善熱傳率及減少寄生氣流。

氫氣可以是冷凝劑氣體或是氮氣。冷凝劑氣體經由接觸器 14 可以傳送到轉子 602 中。藉由與熱交換系統 470 接觸，可以去除由氫氣所吸收的熱。加熱的稀釋劑流體可以傳送經過熱交換器，以回復寄生幫浦的熱能。另外，藉由吹風機可以改善冷卻率，以增進流經傳導轉子之氣流。

圓柱狀轉子可以是大尺寸或是小尺寸的，藉以改善可以提供較高或較低能量之馬達的響應率。然而亦可以是導體馬達，比如是碟型馬達。

冷卻以增進馬達的效能

傳導圓柱或碟片之主扭矩限制會受到由轉子及定子導體之熱阻所導致之溫度限制所影響。習知的馬達係利用氣體冷卻，薄間距圓柱馬達係具有最大的操作溫度，約為 616K(343°C，650°F)。

藉由增加轉子 602 及或定子 608 之冷卻率，可以改善響應率。利用液態稀釋劑可以冷卻轉子及定子。相較於習知的氣態冷卻，直接接觸液態冷卻的方法可以增加冷卻率。

因此，在不增加導體溫度的情況下，可以增加作動電流。在為持相同的最大操作溫度(343°C，650°F)的情況下，藉由增加冷卻的方式，可以增加扭矩/慣量之比率。



在固定熱阻的情況下，熱能的增加會隨著流體流動之平方成正比。當冷卻率增加四倍時，流體流動及扭矩/慣量之比率可以是增加兩倍。除了藉由氣態冷卻的方式，亦可以藉由液態冷卻的方式，扭矩/慣量的比率可以是大於 25,000sec<sup>-2</sup>(增加 20%或更多)或 30,000sec<sup>-2</sup>，且可以改善馬達/幫浦的響應率，約為 10%或更多，馬達/幫浦的響應率可以是大於 1.7kHz，而在較佳的情況下係大於 3.2kHz。

可以改善效能之幫浦形狀

馬達及孔洞之間的慣量、流體之壓縮率、及歧管 240 及導管之彈性或堅硬性，會影響流體噴出響應。請參照圖 77，幫浦頭部可以是配置在接觸器陣列之中間區域的附近，可以減少流體慣量及延滯時間，並且可以增加流體響應的對稱。利用短的歧管 240 可以連接旋轉幫浦頭部 376 至導管。幫浦頭部可以是位在中間區域的附近，亦即位在接觸器陣列之一半外徑的距離。

在液體慣量等於或小於馬達/幫浦慣量之比率的情況下，藉由高效能促動器可以使液態噴出響應率大於 800Hz。

由於可以改善流量響應率，因此可以改善工作引擎內燃料流體及稀釋劑之流動控制，其中工作引擎比如是供給液態燃料之渦輪及內部燃燒往復引擎。就機器操作者而言，較快的流體控制可以改善液壓促動之控制。

或者，超傳導馬達亦可以由超傳導材料所構成，亦即超傳導導體可以取代銅導體，如美國專利 6,111,329 所

述。利用超傳導導體，可以冷卻氫氣、氦氣、氮氣或其他的冷卻流體，使得馬達溫度可以是低於超傳導點。

請參圖 77，傳送不同流體之兩個幫浦可以是位在組合的幫浦頭部 376 內，比如是傳送兩種燃料、或是傳送燃料及稀釋劑、或是傳送兩種稀釋劑。藉由馬達可以驅動兩個兩個幫浦轉子 377，如此可以快速地控制具有正比關係之稀釋劑流體及燃料流體之傳輸。當能量流體溫度保持在常溫下，可以快速地控制燃料及稀釋劑。兩個馬達 600 及兩個軸桿 606 可以分別驅動兩個幫浦，而馬達軸桿 606 可以是同中心的，因此可以快速地控制總過量稀釋劑/過量熱容量的比率及溫度。

#### 高速加強轉子

由於冷卻率的改善，可以提高流率。旋轉速度的增加，可以增加轉子的向心加速度(向外的慣性力)。請參照圖 78，強化材料 604 的包覆可以限制轉子 602 之較高速度。利用高抗張力及低密度的材料可以作為強化材料的材質，以獲得高的強度/密度之比率。舉例而言，強化材料可以是纖維玻璃、石墨、單晶藍寶石及碳奈米導管之材料等。

請參照圖 79，馬達可以具有外轉子 602 及內轉子 608，強化包覆物 602 係位在轉子的外部，藉由將冷凝劑之稀釋劑從接觸器 14 噴灑到強化包覆物 602 上，可以冷卻轉子。強化包覆物 602 可以是帶狀的形式，並且可以暴露出強化包覆物 602 之間的轉子導體。稀釋劑接觸器 14 內之孔洞可以是位在強化包覆物 602 之間的間距中，以達

到最大的冷卻效果。當強化的轉子導體在高速運轉下，可以利用直接接觸的方式並利用液體冷卻轉子導體。，因此並不需要硬化定子與轉子間的強化包覆物，如圖 77 所示。利用相同或更多的強化包覆物 604，可以形成相同或是更小的轉子定子間距，藉以冷卻轉子及定子。

請參照圖 77，配置有馬達 600 及幫浦頭部 376。馬達轉子可以具有顯著的慣量，其中馬達轉子可以包括轉子導體、接觸器、轉子端部、飛輪及軸桿等。藉由馬達可以驅動幫浦，此時幫浦轉子係會影響慣量值。

藉由連接馬達轉子及幫浦轉子，可以省去連接桿的配置，藉以減少慣量。請參照圖 79，馬達轉子 602 可以直接固定在幫浦轉子 377 上，而形成組合構件。藉由將幫浦頭部轉子 377 與馬達轉子端部組合而形成單一的組合體，如此便可以省去轉子端部，如圖 77 所示。如此扭矩可以直接從傳導帶傳送至幫浦轉子 377，因此由轉子端部所形成的扭矩並不需要傳送至軸桿，在傳送至幫浦轉子。如此可以簡化結構及成本，並且可以減少慣量，以達成高效能的目的。幫浦轉子可以是由具有高的熱傳/強度的比值之材質所構成，因此藉由所抽吸的流體可以改善轉子導體的冷卻率。

藉由薄的圓柱體可以連接馬達及幫浦轉子，因此薄的圓柱體可以取代馬達及幫浦端部之實心碟盤，以減少連接之端部碟盤之慣量。

藉由馬達上之飛輪可以使幫浦頭部之慣量減少，在

美國專利案 6,111,329 中，揭露藉由薄的支撐圓柱體可以縮減與轉子及馬達軸桿連接之飛輪的體積。如此可以改善馬達幫浦，以減少成本及複雜性。

請參見圖 77，還包括有電接觸器或交換器，其中交換器可以是位在幫浦轉子的附近，以達到冷卻的效果，其中稀釋劑輸送管可以向上往轉子的中間區域延伸。因此，透過幫浦轉子可以提供液態冷卻的功能。交換器可以是位在相對於幫浦轉子端之另一端，而藉由類似的裝置可以輸送稀釋劑經過幫浦到馬達內及馬達的周圍，以冷卻轉子與定子。

燃料及稀釋劑可以輸送經過接觸器陣列，而藉由相互堆疊之兩個幫浦轉子可以形成混合幫浦頭部，其中一個可以用來傳輸燃料，而另一個可以用來傳輸稀釋劑。如圖 77 所示，兩組歧管可以進入到幫浦頭部中，並從幫浦頭部中離開，以輸送燃料流體 901 及稀釋劑流體。

幫浦頭部可以是位在轉子的周圍，以形成叫密實的系統，並且藉由幫浦來抽吸流體，可以使轉子冷卻。

#### 高解析步進馬達

藉由控制高解析步進馬達可以啟動驅動幫浦，以期望的流率來傳輸流體。藉由具有 200 步或更高解析度(每步 1.8 度或更少)之步進馬達可以驅動幫浦。

#### 精確的微步階控制器

利用高解析微步階控制器可以驅動高解析步階馬達，其中每一控制器步階可以是具有多個微步階，以改善

解析度。在步階馬達之微步階控制器 590 中，每一步階可以是具有十個到五十個之微步階。若是利用每一步階具有 50 個微步階之控制器，則當每一解析度具有 200 步階時，每一解析度可以是具有 10,000 個微步階。

### 線性促動器/螺線管

線性促動器 378 或螺線管促動器 379 可以是隨流體之壓力做動態的改變，線性促動器 378 或螺線管促動器 379 可以促動歧管 240 之彈性壁，而藉由動態壓力調整可以改變經過多孔洞導管所噴出之液態液滴噴出率。流體調節器之位置或位移感測器 586 可以監測線性促動器 378、螺線管促動器 379、壓力裝置或流量調節器 370，如圖 76 所示。線性促動器 378 或螺線管促動器 379 可以應用在彈性膜壁上，或是應用在汽缸的液壓活塞上，其中汽缸可以具有襯墊，已減少流體流出的現象。

### 控制器

在高時間解析度的情況下，利用高速控制器可以快速地驅動旋轉及/或線性促動器 374、378。控制器 590 可以作為燃料控制器 529、熱稀釋劑控制器 596 及/或氧化劑流體控制器 594。

藉由尺寸控制率來調整促進器/馬達之移動率

線性促動器之最大微步階控制率可以設定成最大馬達步階率，其中馬達步階率係為幫浦速度乘以每一幫浦跳動之步階數目或幫浦解析度。如果限制微步階控制電子頻寬，可以藉由調整每一解析之組合微步階，以達到最大微

步階控制頻寬除以步階馬達及微步階器之每一解析之微步階數目所得之數值。利用微步階控制器 590，可以控制為四分之一的步階頻率(小於 Nyquist 理論之理想步階頻率的一半)。

### 高速 DSP 控制器

高速控制器 590 可以是具有小於控制響應時脈之命令循環時脈。舉例而言，Parker Acroloop of Chaska Minnesota 提供一高速 8 軸移動控制器(Model ACR8020)，其係利用德州儀器之 TMS320C3X 之數位訊號處理器，該處理器具有 150MHz 之時脈速度。數位/類比轉換器可以是由許多家公司提供，並且在 16 位元解析度的情況下，可以具有超過 100,000 之設定(比如是 65,000 解析度分之一)。

在此種處理器及時脈速度下，版面可以顯示  $50 \mu s$  內的伺服回饋迴圈之改變，並且可以升級到  $150 \mu s$  之控制參數。在 5kHz 下，此種控制及促動器系統可以具有封閉迴圈控制頻寬(不包括幫浦及液體慣量)。

此系統可以升級到新的控制率或是複雜的模式，比如是  $150 \mu s$  或是較少。如此可以驅動步階馬達至約為 4MHz 之步階輸出率。在 4MHz 步階率下，控制器 590 可以控制具有高的 10,000 微步階/旋轉數目之步階馬達系統至約 400Hz 之旋轉速度(24,000RPM)。在 4MHz 之步階輸出率下，控制器 590 可以具有優於 1MHz 開放迴圈控制之刺激系統。

德州儀器或其他公司正在發展更高效能之數位訊號

處理器。高功率之電子裝置可以是具有次微米秒之響應次數。隨著更高效能之電子裝置研發完成，可以增加精確移動控制器 590 及驅動器的速度。

#### 精確的旋轉脈衝頻率範圍

藉由較大的數量級，可以測得流體輸送移動感測率係大致上大於聲音壓力震盪頻率。平均速度比如係約為 90% 之最大速度，而其變異量係約為  $\pm 10\%$ ，故最大速度可以是介於 81% 到 99% 之間。而在 4MHz 最大步階脈衝率下，脈衝率可以是介於 3.20MHz 到 3.96MHz 之間，其範圍係為 760kHz (以 3.6MHz 為中心  $\pm 360\text{kHz}$ )。

#### 改善後的回饋解析度

藉由安裝高速高解析移動編碼器或速度計量器 580 (比如是幫浦旋轉編碼器 582 及/或壓縮機旋轉編碼器 584)，可以改善流體輸送系統 360、361、400 之控制解析度，如圖 76 所示。編碼器之電子系統在做動時，至少要與控制器 590 之促動率一樣快，甚至要快於控制器 590 之促動率數倍。利用 4MHz 微步階促進器，可以使用一個 4MHz、8MHz 或 16MHz 之編碼器電子系統。

藉由將編碼器處理電子裝置之最高操作頻率除以馬達及幫浦之最大速度的結果，可以選擇所需之編碼器解析度。當馬達或幫浦之最大操作速度係約為 400Hz (24,000RPM) 時，旋轉編碼器幫浦速度量測器 582 可以是具有每轉 10,000 脈衝，且編碼器之電子裝置可以是具有 4MHz 的輸出。移動編碼器可以應用在高速微渦輪壓縮機

上或渦輪系統上。當壓縮機 407 比如具有 50Hz 的設計速度(3600RPM)時，且在 4MHz 的輸出下，編碼器可以是具有每轉約 66,667 個脈衝。

#### 高的扭矩/慣量促動器

壓力/流量調節器 370 或流體輸送旋轉促動器 374 可以在一時間差內(比如在 5 微秒)，可以做快速微量增加的移動或微步階移動，如圖 76 所示。因此，高響應旋轉促動器 374 可以是具有非常高的扭矩/旋轉慣量之比率，或是具有非常高的螺線管 372 或線性促動器之施力/慣量之比率。如此，在速度上具有非常快的加速度及改變量。就流體輸送促動器而言，薄的導體伺服轉子可以是具有非常高的扭矩/慣量之比率。

#### 低慣量流體推進裝置

流體壓力裝置可以是具有低的慣量/流量的比率。具有高扭矩/慣量之比率的促動器可以與具有低慣量/流量之比率的流體壓力設備結合使用，其中流體壓力設備比如是低慣量之旋轉幫浦頭部 376，因此旋轉幫浦頭部 376 可以是具有高的抽吸扭矩/慣量的比率，而旋轉幫浦頭部 376 係具有較小的直徑及較長的軸向長度。利用具有高強度/密度之比率的材質可以作為幫浦頭部，在較佳的情況下，係具有低密度。利用鎂或鎂合金可以做成旋轉幫浦的構件，或者利用鋁合金或不銹鋼合金可以做成旋轉幫浦的構件。幫浦構件可以具有硬的表面，以減少幫浦磨耗及潛在的空穴損傷。藉由形成一鑽石表面或其他較硬的表面材質



可以增加耐久性。

### 低流體慣性輸送系統

短流體輸送導管可以配置在流體壓力系統與流體輸送裝置之間。流體幫浦可以是位在流體接觸器陣列的中間區域，藉以減少流體導管的長度及流體的慣量，藉以加速流體。

短輸送管線可以從流體源連接到壓力設備，藉以減少輸送流體之機械慣量。

### 多階段序列流體壓力系統

在較高輸送壓力的情況下，至少一傳統的流體驅動系統係可以增加輸送壓力。藉由至少一高精確度之低壓力差輸送系統可以高效能地控制流經至少一直接接觸器的流體。

利用主要及次要的壓力系統可以傳輸燃料流體及/或熱稀釋劑流體或反應劑，以減少傳送到流體壓力設備所需之扭矩，並且可以改善輸送效能。當流體處在基本壓力下時，最終流體壓力裝置與流體輸送裝置之間係存在有低的壓力差。舉例而言，由於可以利用高效能及/或高精確度的幫浦頭部，因此雙壓力系統可以減少壓力及可以減少在高壓燃燒或反應系統中之液體輸送扭矩。

至少一流體可以輸送到最終流體輸送系統中，且該流體可以具有一平均壓力，此平均壓力係接近於可以使流體從直接流體接觸器噴出到燃燒器內之氧化劑流體中的平均壓力。主流體壓力的範圍可以是介於接近氧化劑流體的

壓力到可以輸送流體經過直接接觸器之最小壓力之間。

主流體/燃料輸送系統 360、361 係包括適合尺寸的蓄積器，係具有一平均響應率，用以緩衝由主壓力幫浦傳送過來的流體推力。流體蓄積器及主流體幫浦控制系統之響應率可以是快於主氧化劑流體輸送系統 400 的響應率。

中間輸送系統可以具有足夠的容量及/或彈性，以緩衝主輸送幫浦與次輸送幫浦之間的壓力波動，使得接觸器之壓力差可以是小於次要輸送幫浦之控制容量內。

次要燃料輸送系統可以具有較高的頻率響應率，且可以控制直接接觸器之壓力波動。

#### 精確之幫浦頭部解析度

高解析度之步階馬達可以驅動最終流體輸送幫浦，而步階馬達可以達到高解析度之位置敏感度及達到每一幫浦脈衝之作動。組合的幫浦可以具有多個頭部及多個瓣(lobe)，其中多個頭部及多個瓣具有多個每轉較小的脈衝。

高精密度位置編碼器可以具有高解析位置轉換器，其中該位置轉換器係具有每轉 40,000 個或較少之脈衝，且具有每轉 10,000 步階之步階馬達控制器及組合的幫浦頭部。就三個傳動頭部而言，相互間具有相位上的關係。每一個頭部具有六個傳動瓣，因此每轉可以提供 18 個脈衝。

如上所述，幫浦馬達之每一轉可以具有 18 個脈衝，因此名目解析度係為每一流體脈衝循環可以具有約 2,222 個之編碼器脈衝(40,000/18)。因此，每 90 度之流體脈衝循環可以具有 555 個編碼器脈衝。故就旋轉量測解析度而

言，0.05%之流體脈衝係等同於約 0.2%之每一流體脈衝振幅。

#### 精確的脈衝控制解析度

利用組合的幫浦頭部及具有約 200kHz 響應之微步階馬達，可以得到每一流體脈衝具有 555 微步階，因此控制器 590 內的名目解析度係為少於 0.2%之流體脈衝期間，且流體脈衝可以控制在約 $\pm 0.2\%$ 之流體脈衝變異。藉由校準幫浦頭部之流量特徵、及微步階控制器 590 與流體促動器之間的相位延遲，可以改善開放循環的流量控制。

#### 低脈衝量測幫浦

量測幫浦可以提供相對平滑之流體輸送及低峰值之流量脈衝。多瓣的正傳動頭幫浦係具有一峰值流量推動值，其係約為 3%的設計流量。高精確性之低脈衝正位移幫浦可以是具有高響應馬達及快速的控制器 590，因此流體流率可以控制在開放循環下且變異可以在總流速之 $\pm 1\%$ 內；在較佳的情況下，係在總流速之 $\pm 0.1\%$ 內；在更佳的情況下，係在總流速之 $\pm 0.01\%$ 內或更佳。

#### 頻率調整控制

藉由控制幫浦之每轉速率，可以減少由組合脈衝所產生的脈衝強度。微步階馬達控制器 590 之脈衝可以具有漸增的促動，用以控制用於頻率調整的信號。平均流量可以是對應於平均頻率，藉由調整具有高頻或低頻之脈衝為具有振幅最小值或振幅最大值，可以使抽吸流體之脈衝較為平滑。頻率最小值及最大值的相對相位可以是相對於脈

衝做調整，以改善感測時的相位延遲以及脈衝與控制信號之不同步的促動。

### 非線性組合幫浦控制

藉由幫浦排出率可以得知在全軸桿轉動的情況下每一旋轉移動的流體位移量，比如是在旋轉幾度的情況下可以排出幾升。微步階促動器、高解析步階馬達及精確的旋轉編碼器速度量測裝置 582 可以配置在適當的地方。舉例而言，在全轉動的情況下，使用者可以得知每一微步階轉換之累積流量(ml)。

爲了要加強馬達的控制，必須要考量流經正位移幫浦之流體溢出量，其係受到流體黏滯性、幫浦速度及幫浦壓力差的影響。爲了要加強由連續速度所產生之流體脈衝之非正弦曲線的控制，可以調整促動脈衝率以驅動微步階馬達，藉以補償非正弦曲線的促動且可以提供平順的流率。

### 規定的非線性流動

利用可以產生平滑流動之刺激的方法，可以調整另一非線性流動之基礎補償率。藉由調整幫浦馬達刺激率或步階脈衝率，可以得到期望的流率。藉由控制規定步階馬達控制率的改變情況，可以在規定的線性平均流率下，得到平滑上升的流率。同樣地，流率也可以向下調整到期望的數值。藉由計算期望的促動率或微步階率，可以調整非線性流率，而此部分的技術可以應用在控制器 590 上。

### 平行配置之高且低流量的幫浦

藉由平行配置兩個或多個之幫浦，可以改善流量控制的精確度及節流比。大的組合幫浦可以與小的組合幫浦平行排列，其中小幫浦之平均流量控制範圍係超過在大幫浦平均流率下之流量最大差異率。舉例而言，小幫浦流量可以控制在大於 33% 或較小之主流量變化，比如是大於 10% 之主流量變化，或是更小。假設主流量之脈衝變異係為 33% 到 3% 之間，可以藉由具有約 10% 到 0.3% 之主流量的較小幫浦來控制。

流量均勻器 394 可以配置在組合幫浦頭部與下游壓力感測器 552 之間。第二組合幫浦之容量可以大於主幫浦系統之最大脈衝變化率。較小的組合幫浦可以控制在小比例的流量內，如此可以改善流率的均勻度及對流率的控制。

接觸器可以配置在主流體通道之壁面的周圍，小量調整之流體可以輸入到主流體中，藉以減少紊流的情形。調整流體可以均勻地與主流體混合，且調整流體可以經由接觸器噴出。

或者，可以將三個大幫浦平行排列，比如每一個可以輸出約 20kg/s，因此總量係約 60kg/s。這些幫浦可以是平行地排列且具有相位差，並且可以控制這些幫浦具有如上所述的功能。三個幫浦頭部組合之脈衝變異可以是約  $\pm 2\%$ ，而流量的波動可以是約 1.4kg/s。

小的組合幫浦可以控制在至少約  $\pm 10\%$  之流量或是  $\pm 0.2\%$  之流量。比如就 60kg/s 而言，可以是約  $\pm 150\text{g/s}$ ，

甚至可以是約 $\pm 3\text{g/s}$ 。小的組合幫浦之頻率控制可以是快於下游之主組合幫浦之頻率控制。比如是快於兩倍，甚至是一個數量級。而組合控制解析度可以是 $\pm 0.1\%$ 之最大設計流量，較佳的情形是 $\pm 0.01\%$ 之最大設計流量，甚至可以達到 $\pm 0.002\%$ 之最大設計流量。

### 組合幫浦系統

爲了要增加流體壓力且可以精確地控制，可以將幫浦串聯地排列，並與平行排列的幫浦結合使用。第一組合幫浦可以增加壓力，一對之第二幫浦可以增加小部分的壓力，如此可以更精準地控制。第一幫浦可以提供平均輸送壓力，而第二幫浦可以補償壓力差。

### 輸送到引導火焰及火焰承載器處之流體輸送

可控制的流體輸送系統 360、361 可以輸送燃料流體及稀釋劑流體到引導火焰處及/或火焰承載器 100 處。流體輸送系統 360、361 可以包括各種的速度驅動器 468、或各種的流量控制閥 230、或其他類似的裝置，可以控制輸送到引導火焰處或火焰承載器 100 處的燃料流體及稀釋劑流體之壓力及流率。引導流體輸送系統可以包括燃料流體及/或稀釋劑流體之壓力槽或蓄積器。比如是丙烷槽、具有柴油燃料的壓力蓄積器、具有過濾水之壓力蓄積器。

### 精確的壓力感測

利用高精確度的壓力感測器 552，可以精確地感測流體流動的平均壓力，如圖 76 所示。舉例而言，石英共振壓力感測器係具有約 $\pm 0.1\%$ 之不確定性，較佳的情況下，

係具有約 $\pm 0.01\%$ 之不確定性，並且可以比解析度的數量級還佳，甚至可以達到百萬分之一的數量級。舉例而言，Paroscientific, Inc. of Redmond Washington 提供一種數位石英壓力轉換器。壓力感測器 552 係提供一種超精確壓力訊號，使得回饋控制器內具有整合的流量控制。爲了要感測流量的快速波動，流體之靜態壓力係大致上相同於流體的平均壓力，而快速壓力感測器 552 可以配置在參考流體與期望流體流動之間。因此，可以提供快速差動回饋控制訊號。

#### 精確壓力設備的控制

藉由控制組合幫浦具有 20kHz 到 200kHz 之訊號率，可以調整萬分之一的流率，在較佳的情況下，可以調整十萬分之一的流率，或者甚至是比 $\pm 0.002\%$ 還佳。在流體壓力具有穩定流動限制下，平均流量之即時控制可以是在 $\pm 1\%$ 內；在較佳的情況下，是在 $\pm 0.1\%$ 內；在更佳的情況下，是在 $\pm 0.01\%$ 內。而流體振幅波動可以是優於 $\pm 1\%$ 之毛流量；在較佳的情況下，是優於 $\pm 0.1\%$ 之毛流量；在更佳的情況下，是優於 $\pm 0.01\%$ 之毛流量。

#### 脈衝緩衝器及阻尼器

薄壁橢圓形導管可以作為彈性擴張容室，而藉由薄壁橢圓形導管可以輸送流體，如此可以減少流體壓力及流體脈衝，其係具有高頻緩衝器的功能。連續的彈性擴張容室係在連接通道內具有流體阻力，因此可以減少一部份的流體脈衝或殘餘脈衝。

脈衝緩衝器可以配置在幫浦系統與流體接觸器之間，以減少流體脈衝及輸送率的變異。脈衝調整系統可以配置在主壓力流體幫浦與次流體控制幫浦之間。

### 氧化劑流體輸送系統

氧化劑流體輸送系統 400 可以輸送具有期望流率及流體參數的流體，如圖 76 所示。在燃燒系統內，壓縮氣體係為一般常見的流體，其所輸送的氧氣係作為氧化劑。壓縮氣體比如是富氧氣體或氧氣，然而在化學反應中，亦可以利用其他的氣態或液態流體氧化劑。

### 渦輪機

氣體壓縮機 407 一般係為軸向、徑向或離心的壓縮機，並且具有渦輪機。其係應用在窄速度及流量的範圍。

### 移動容室壓縮機

移動容室壓縮機 407 可以改善直線性，並且可以增加系統節流比。舉例而言，Kobelco Compressors (America), Inc. of Elkhart Indiana 提供具有高效能之壓縮機，且在寬的節流比上具有直線性。舉例而言，當節流比從 100% 下降到 10% 或是更低時，可以是具有約  $\pm 1\%$  之直線性。

### 組合的壓縮機系統

另外，可以組合各種形式的壓縮機，以傳送燃料流體及熱稀釋劑流體。小的移動容室壓縮機與大的渦輪壓縮機可以結合使用。藉由流量控制閥 230 可以改變渦輪壓縮機 407 的入口及葉片，以達到期望的低流率。如此之結構可以節制大系統的成本，並且在低流率時亦可以具有甚佳



的效率性及控制性。

#### 引導/火焰承載器之氧化劑的供給

適當尺寸之可控制的流體輸送系統可以輸送氧化劑流體到火焰承載器 100 處或引導點火器處。引導氧化劑流體可以輸送到火焰承載器內之至少一引導導管或輸送管內，或是輸送到引導火焰的附近，如圖 28 及圖 44 所示。

高壓燃燒系統可以配置有適當的壓縮機 407、緩衝槽及各種的流量控制系統。而利用流量控制閥可以控制氧化劑流體，比如是針閥或是其他的調整閥。各種速度之移動容室幫浦或正位移幫浦可以具有脈衝阻尼的效應。

在期望壓力下，各種速度的幫浦或壓縮機 407 可以提供具有各種流率之氧化劑流體到火焰承載器 100 中。而壓力系統可以控制輸入到火焰承載器 100 及燃燒器 56 內的流率，以及火焰承載器 100 與燃燒器 56 之間的流率。

#### 液態氧化劑

液態氧化劑輸送系統可以用來輸送燃料流體 360 及稀釋劑流體 361。

#### 氧化劑輸送速度感測器

氧化劑輸送系統比如是吹風機 406-或壓縮機 407，可以具有適當的高解析速度轉換器或編碼器 584，而此結構可以應用在燃料流體輸送系統及熱稀釋劑輸送系統。絕對精確的壓力感測器 552 可以用來監測壓縮機 407 入口處及出口處的流體壓力，比如利用壓力錶或壓力差感測器 554。

## 控制系統

控制系統可以準確地控制燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體，如圖 76 所示。藉由各種的物理參數感測器 550 可以監測各種參數。

## 燃料控制

### 開放循環燃料流量控制

燃料流體係具有足夠的流率，使得燃料流體可以具有足夠的噴出速率噴入到能量流體 920 中，因此燃料流體可以具有足夠的機械能流率及熱能流率。

液態燃料流體輸送系統係具有高效能，且可以控制燃料流體輸送系統的速度，該速度係由燃料質量流率除以輸送系統效率而得。利用高精確度的第一流體/燃料流率感測器 560，可以監測燃料流體流率。

藉由幫浦、幫浦速度、流體黏滯性、流體密度及燃燒的流體熱量所產生的壓力差，可以調整液態燃料輸送率的效能。

比如是 Kobelco 所提出的移動容室幫浦，在輸送氣態燃料時，線性輸送速度可以具有寬的範圍。

### 封閉循環燃料流量控制

回饋量測裝置係與機械能或熱能的傳輸率有關。回饋量測裝置可以調整燃料流體進給率，使得在期望機率下，可以具有期望的系統輸出參數。

### 針對密度變異量調整燃料輸送率

藉由調整燃料流體輸送率，可以補償燃料流體密度

的變異，因此可以具有穩定的熱焓增加或規定的熱焓增加。高解析同軸密度量測系統可以是動態地量測連續的或是半連續的燃料流體密度。

藉由 Coreolis 量測計或共振密度容室可以量測流體密度之精確度到至少 0.1%，在較佳的情況下，係到 0.01%。比如利用共振容室光密度計可以量測密度到五位的有效位數。

針對燃燒熱的變化調整燃料輸送率

在期望的機率下，使用者可以監測燃料流體參數，其中燃料流體參數係與燃燒熱有關連性。藉由調整燃料流體的輸送率，可以補償燃燒流體熱量的變異，因此再輸送燃料、氧化劑及稀釋劑時，會伴隨固定的熱焓增加，並且亦會造成能量使用率的增加及能量流體 920 之溫度的增加。

利用同軸高解析之可收縮指標監測器可以調整密度變異。藉由參考密度值及可收縮指標，可以調整燃燒熱的主變異。

利用同軸或抽樣分光鏡儀器，可以量測燃料流體的組成，故可以週期性地得知在期望機率下之燃料流體燃燒熱，比如是利用近紅外線(NIR)、富立葉轉換紅外線(FTIR)及質量分光鏡的方法等。其中，在商業上，不確定性機率比如是設定為 $\pm 0.1\%$ 或是更佳。

結合的燃料流量控制

多種量測裝置及控制裝置係可以整合的，藉由結合

分光鏡量測方法與密度及/或可縮回指標量測裝置，可以得知燃燒熱，故可以調整燃料流體輸送率。藉由得知及調整燃料流體輸送率，可以使熱焓增加率係約為 $\pm 0.1\%$ ，在較佳的情況下，係約為 $\pm 0.1\%$ 或是更佳。

#### 加權後之氣體及溫度量測裝置

藉由選取流體中多處的溫度，可以得之流體的平均溫度。此結果可以相對於質量流量速度及對應之面積加權，因此可以得到平均質流量的結果。

在習知系統中，係難以控制氧氣/燃料之比率的橫向分佈及氧氣/高能氣體的比率。故習知系統係難已知道燃燒器之流體速度及壓力分佈的。

多個感測器可以配置在燃燒器 56 中的多個地方，用以量測能量流體 920 的溫度。藉由至少一成份感測器 570，可以測得能量流體 920 之成分，如圖 76 所示。利用靠近燃燒系統的儀器可以抽樣檢測短管線內的高能氣體 920，可以減少量測延遲。

另外，本發明可以校準在燃燒器 56 出口處之能量流體 920 的靜壓力分佈及速度分佈，並且抽樣出之氣體位置所量測的溫度係正比於能量流體 920 之質流量的溫度。氣體流量係與對應之能量流體 920 內的質量加權流率有緊密的相關。

流體抽樣導管 94 可以配置在輸送管中，且可以配置在燃燒器出口 136 附近的能量流體內。抽樣導管 94 係由高溫材質所形成，此高溫材質係可以容忍能量流體的溫度

且具有低流體阻力。抽樣導管 94 比如是由單晶或多晶的藍寶石導管所構成，且抽樣導管 94 可以是流線型的樣式。抽樣導管 94 可以與熱稀釋劑導管 14 結合而形成組合的抽樣-稀釋劑接觸器導管 96。上游孔洞可以用來抽樣氣體，然而在下游處，橫切於軸向排列的孔洞可以用來噴出稀釋劑流體。由於藍寶石對雷射頻率的吸收有甚佳的效果，因此藉由雷射鑽孔的方式，鑽過藍寶石導管壁 30，可以形成孔洞。舉例而言，Bird Precision of Waltham MA 之雷射在鑽過藍寶石碟盤所形成的孔洞，其直徑可以小於 7.5 微米或 0.0003 英吋。

抽樣導管 94 或抽樣稀釋劑接觸器導管 96 可以是由高溫合金所構成，上面含塗佈有熱阻障層並且藉由熱稀釋劑可以冷卻這些導管。

抽樣導管 94 在輸送管內分佈有多個孔洞，可以抽樣能量流體，其中每一橫向距離的淨抽樣孔洞面積可以是正比於圓周乘以徑向流速的乘積。因此，均勻孔洞之空間密度可以是正比於圓周乘以線性導管紊流速度的乘積。如上所述，均勻孔洞的空間密度可以是與周圍取樣器陣列或螺旋狀取樣器陣列之速度成正比。

當輻射影響管線的程度減少時，可以減少稀釋劑流體輸送經過燃燒器管線 60 之流量。藉由位在燃燒器管線 60 周圍的稀釋劑通道或輸送管，可以冷卻燃燒器管線。藉由直接流體接觸器 14，熱稀釋劑可以均勻地噴入燃燒器 56 中。

如此，可以改善燃燒器 56 內靜壓力及流體速度的均勻性。利用流體接觸器可以改善燃燒器 56 內氧氣/燃料之比率的空間分佈及熱稀釋劑/燃料之比率的空間分佈。

因此，本方法可以改善能量流體 920 之氧氣濃度與燃燒器 56 出口處之質量流率之間的相關係數的線性及精確性。並且，可以改善量測溫度與燃燒器 56 出口處之能量流體 920 之真實平均溫度或峰值溫度之間的相關性。

### 氧化劑的控制

在 VAST 循環中，可以輸送足夠的氧氣，藉以有效地燃燒燃料流體，且可以氧化大部分殘餘的一氧化碳，如圖 76 所示，如此可以有足夠的氧氣反應。

### 相對於燃料控制之氧化劑流體的控制

在期望的機率範圍內，氧氣/燃料的比率可以是接近期望比率。因此可以減少一氧化碳及未燃燒燃料的排放，並且可以改善熱系統的效率。

### 精確的氧化劑/燃料之比率的控制

藉由精確地控制氧化劑流體輸送率及燃料流體輸送率，可以控制氧化劑/燃料的比率。如此控制之主要限制是在於量測氧氣/燃料之比率的敏感性及穩定性。在較佳的情況下，氧氣/燃料的比率可以是接近化學計量比率，如此可以減少與燃料或反應劑反應之氧化劑含量。

比如在 10%之過量氧化劑的情況下，標準氣體燃燒所產生的燃燒氣體，其燃燒後的氧氣濃度可以下降約 91%。比如在表 1 中，空氣中 20.9%之氧氣的 10%之比率

可以下降至 2.1%。由稀釋劑流體所提供或燃燒所形成之水蒸氣係具有稀釋的效果。

氧氣全標度範圍可以是大於能量流體 920 之氧氣濃度。比如可以減少全標度氧氣濃度從約 22%下降至 2.2%。如此在量測氧氣濃度上，具有較佳的量測解析度。在習知技術中，係利用具有過量氧氣之氣體作為稀釋劑流體來稀釋，因此相較於習知技術，本發明可以改善氧氣/燃料之比率。

為了控制及燒掉一氧化碳，在接進全標示操作下，氧化劑/燃料之比率可以是控制在 101%到 120%之化學計量比率之間。由於流體接觸器可以有效地混合氧氣及燃料，因此可以使用低過量氧化劑。

精確的氧化劑量測

當在使用 110%之化學計量氧化劑流率時，可以使用一種儀器能夠標示約 2.2%或 2.5%之氧氣全標示，其敏感度係為全標示之 $\pm 1\%$ ，較佳的情況係為 $\pm 0.1\%$ 。而相對敏感度可以是優於約 $\pm 0.03\%$ 之化學計量的氧氣/燃料的比率。

利用高解析氧氣感測器 572 可以偵測燃燒器 56 出口處之能量流體 920，如圖 76 所示。舉例而言，Sable Syatem International, of Henderson Nevada 提出一種順磁性的氧氣分析。Sable Systems 認為在優於約 0.1%之機率下，且在 0-100%之全標度下，PA-1B 之模型可以量測氧氣濃度，據報導可以具有百萬分之一的解析度，亦即是 0.0001%，且

響應率是較快的，在約 0.15 秒內可以達到約 95%。在低氧氣濃度下，但是在較慢的響應率下，氧化鋯氧氣感測器可以具有相同的解析度。

透過殘餘濃度來控制氧化劑流體

在本技術中，相較於氣體流率，液體流率是更可以精密且準確地控制，比如是相較於氣態情況，液體燃料及水是可以精密且準確地控制。相較於入口處的氧氣流率，本量測方法可以更精確地量測殘留氧化劑濃度。當氧化劑流體傳輸到燃燒器 56 中時，在約 0.5% 之流率不確定性下，相較於 0.1% 之氧氣濃度，可以是約略等於 0.01% 之全流的能量流體 920 或擴張流體 924 之輸出氧氣解析度。

藉由控制氧化劑流體輸送系統 400 內的至少一壓力器的速度，可以調整氧化劑流體的傳輸率，因此可以控制能量流體 920 或擴張流體 924 內的殘餘氧氣濃度，比如是至少一壓縮機的速度，包括軸向壓縮機、徑向壓縮機、移動容室壓縮機、吹風機 406 或葉片等。當在使用煙囪系統或類似的流量控制系統時，藉由控制阻尼器或遮蔽板，可以調整阻力。

在一期望機率下，藉由控制氧化劑流率，可以保持殘餘氧化劑濃度接近於規定值。氧化劑濃度可以維持在需要的範圍。根據殘餘氧化劑濃度的量測位置，在氧化劑流體輸送系統內流經燃燒系統及使用系統之反應劑係有延遲的現象，因此在調整此控制的速度上會受到限制。

透過殘餘氧化劑濃度修正氧化劑流量



液態及殘餘的量測裝置可以改善氣體流率：相較於使用氣態氧化劑流體及氣態燃料流體，輸送液態燃料及液態稀釋劑(比如是水)可以具有較高的精確性，且在量測流體流量時及在校準儀器時也是具有較高的精確性，比如是利用甲醇與水取代氣體及天然氣。稀釋劑流體在接近化學計量燃燒下，其中稀釋劑比如是水或水蒸氣，而不是具有過量氣體的氧化劑流體，因此能量流體的殘餘氧化劑濃度(比如是 1.5%)可以是小於氧化劑流體之輸入氧化劑濃度(比如是 15%)。藉由儀器可以量測氧化劑濃度，其不確定性係正比於氧化劑的濃度，比如是 1%。由於質量的連續性，因此在量測輸入氣態流體流率時，可以改善及修正不確定性及解析度。利用量測系統可以改善系統控制及儀器校準並且可以監測效能的減少。

幫浦及壓縮機速度：利用現代的速度感測器 552 可以精確地量測流體傳輸速度及相對傳輸壓力。利用旋轉編碼器及位在輸送系統內且具有共振石英壓力感測器 552 之絕對壓力及壓力差感測裝置，可以量測平均幫浦速度及壓縮機速度到萬分之一或是十萬分之一或是更佳。

質量流率：利用高精確質量平衡裝置可以校準液體流率。比如是在 2 克或是 0.2 克的解析度下，可以量測約 200 公斤之燃料流體或水的輸送率。在輸送系統之前及在直接流體接觸器之前的燃燒器 56 內，藉由量測氣體及氣體的密度、壓力及溫度，可以獲得由於本技術的相率流率。

舉例而言，參數之量測可以達到萬分之一或是十萬

分之一或是更佳。藉由共振容室光密度計可以在此等級下量測液體密度。舉例而言，Solartron Mobrey 提供一種液體密度變換器模組 7835，係具有約  $0.02\text{kg/m}^3$  之重複性及約  $0.15\text{kg/m}^3$  之準確性，而就天然氣而言，氣體密度量測模組 7812 係具有約 0.01% 之重複性及約 0.15% 之準確性。甚至實驗室儀器可以提供更高的解析度。

功率控制：藉由調整燃料流體流率，可以控制時間變化功率，其中響應率可以是對應於至少兩倍之功率改變率。

聲音流率控制：爲了要控制燃燒器內的聲音壓力震盪，可以使流體輸送率達到 200Hz，在較佳的情況下係達到 700Hz，甚至可以達到 1.5kHz 或是更佳。

燃料流體參數：利用分光鏡的方法(比如是接近紅外線或是 NIR 系統)，可以連續地監控燃料流體的輸入，並且藉由與燃燒熱有關的參數，可以得知燃料流體的組成。比如是至少知道碳、氫、氧的相對組成，甚至還可以知道氮、硫、水、碳-碳、碳-氫、碳-氧、氫-氧之組成。透過燃料流體密度及組成，可以得知燃燒熱的變化率及傳送的熱焓率。

氧化劑流體的組成：乾空氣的組成係熟知的，藉由量測少量的變數、主要濕度及二氧化碳可以改善入口處空氣的組成，其中少量的變數、主要濕度及二氧化碳可以隨著環境溫度、壓力生長期而改變，並且因時而異。當稀釋劑流體輸送到流體輸送通道中時及輸送到燃燒器 56 中時，

可以調整水的輸送率及蒸發率。

燃料及燃燒物質：利用量測出的液態燃料輸送率及量測出的燃料流體組成，並藉由化學反應之化學計量學方法，可以得知二氧化碳及水蒸氣的生成率。因此，可以計算出能量流體 920 中之氧氣流量的減少。另外，可以藉由量測的方式得到氣體稀釋劑的輸送率，比如是水及水蒸氣。

殘餘的氧化劑：藉由氧氣感測器 572 可以量測在能量流體 920 內之一位置的殘餘氧氣濃度，因此可以增加燃燒器 56 及/或擴張流體 924 的精確度，如圖 76 所示。藉由量測流入到燃燒器 56 中流體之氧氣濃度，可以得知殘餘濃度。

氧化劑/燃料的比率：利用標準的化學計量方法及物理化學方法，並得知燃料、稀釋劑及氧化劑之質量流率後，並量測出能量流體 920 或擴張流體 924 之氧氣濃度後，可以得出氧化劑/燃料的比率。此外，藉由最小平方法可以得出改善後的流率。

氧化劑流率：藉由將燃料流率乘以估算後之氧化劑/燃料的比率，可以計算出氧化劑流率。

氧化劑流體流率：相較於計算後之入口氧化劑流率，藉由入口流體的組成，可以得出氧化劑流體的流率(比如是氧氣流體)。惰性氣體或是其他少量組成可以是摻雜在入口流體內。相較於傳統的氣態流體流量量測方法，在較低的不確定性下，本發明可以得到較精確的氧化劑及氧化

劑流體的流率。第二流體/氧化劑流體之流量感測器 562 可以改善量測裝置的不確定性。

改善產物的排出：藉由量測未燃燒燃料及附產物的排出量，可以改善產物的情況，比如是一氧化碳及/或氮氧化物。一氧化碳感測器 576 及/或氮氧化物感測器 574 可以監測燃燒器 56 出口處之能量流體 920，如圖 76 所示。因此可以得知入口處燃料流體內的氮氣組成，以及硫及二氧化硫的排出量，及惰性物質的組成。

#### 一氧化碳的排放

燃料流體流率的快速改變會影響氧化劑/燃料的比率、及一氧化碳及未燃燒燃料的排出量。藉由調整壓縮機 407 的速度，可以回復氧化劑/燃料的比率到期望的範圍內，如此可以使未氧化物質的排放在期望的範圍內。

當氧化劑流體在期望範圍之上或之下時，藉由量測一氧化碳之排放率，可以敏感地量測出期望之氧化劑/燃料的比率。舉例而言，當過量氧化劑係為大於或小於 3% 到 15% 之化學計量比率時，係會增加一氧化碳的排放率。藉由氧氣及一氧化碳感測器，可以動態且快速地控制氧化劑/燃料的比率在  $\pm 1\%$  內；在較佳的情況下，係在  $\pm 0.1\%$  內；在更佳的情況下，係在  $\pm 0.01\%$  內。

#### 氮氧化物的排放

氮氧化物的熱生成率係正比於氧氣濃度及氮氣濃度，並且係以指數的方式正比於絕對溫度。氮氧化物的生成機制會受到氧氣濃度及氫氧根濃度。利用稀釋劑流體，

比如是水，可以取代過量的氧氣流體，因此在熱燃燒氣體內及能量流體 920 內，可以減少氧氣及氧離子的濃度，或者可以增加氫氧離子的濃度。在相同溫度下，相較於習知系統，較低的氧離子濃度及較高的氫氧離子濃度可以減少氮氧化物的生成。

取代過量氧氣流體的方法可以減少氮的濃度，利用富氧氣體或是只使用氧氣可以作為氧化劑流體。就提供稀釋劑流體方法而言，可以減少燃燒氣體或能量流體 920 中氮的濃度。在相同溫度下，相較於習知系統利用過氧氣體作為稀釋劑流體，較低的氮可以減少氮氧化物的生成率。

如上所述，在一溫度下，藉由減少氧氣及氮氣之濃度，可以減少氮氧化物的生成率。藉由氮氧化物感測器可以監測燃燒器 56 出口處之能量流體 920，如圖 76 所示。

結合的燃料流體及氧化劑流體的控制

藉由監測及動態地控制燃料輸送率及氧化劑輸送率，可以使氧氣/燃料的比率在一期望範圍內，其範圍的狹窄程度可以是小於習知的控制範圍。因此可以控制氧氣/燃料的比率在一期望範圍內，其中不確定性可以是  $\pm 1\%$ ；在較佳的情況下，係為  $\pm 0.1\%$ ；在更佳的情況下，係為  $\pm 0.01\%$  或是更佳。

莫爾氧化劑流體輸送速度係正比於化學計量莫爾氧化劑流體輸送速率，因此在燃料流體輸送率下的燃料流體可以進行燃燒。低排放量及效率性是重要的，並且可以控制氧化劑及燃料流體在較低輸送率的情況下。

### 燃料-氧化劑壓差的變化

氣體流量會隨著孔洞面積及孔洞壓力差的平方根改變，因此可以調整燃料流體壓力/氧化劑流體壓力的比率，藉以控制氣體/燃料的比率，特別是針對氣態燃料而言。藉由調整電子或機械驅動裝置及渦輪壓縮機 407 之速度，並且偵測壓力感測器 554 及移動感測器(比如是旋轉速度感測器 582、584 及流量調節器位置/移動感測器 586)，可以精確地控制氧化劑流體/燃料流體之壓力比率及對應之氧化劑/燃料流體之輸送莫爾比率。

### 熱稀釋劑流量控制

藉由精確地調整稀釋劑流體的噴出率，可以控制反應器出口處之反應劑氣體的溫度，如圖 76 所示，並且可以控制氧化劑/燃料流體之比率在一窄的範圍內變化。利用高精確度之第三流體/熱稀釋劑的流量感測器 564，可以監測稀釋劑流體的流量。

由於稀釋劑流體/燃料流體之比率可以控制在一窄的範圍內變化，因此可以控制能量流體 920 之溫度在一窄的範圍內變化。

### 正比之幫浦速度的控制

藉由高解析之光學或線性編碼器或對應之旋轉或線性轉換器，可以精確地回饋液體幫浦操作速度，如此可以改善燃料流體流率及熱稀釋劑流體流率的控制。

另外，由於在最大安全操作速度下，可以選擇一期望或是正常的操作速度，因此能夠提供較大的可信賴度，

並且可以控制在極限操作情況下之速度增加的彈性。因此，可以利用適當的高速量測裝置來偵測幫浦的效能。

將編碼器或轉換器系統的最大操作頻率除以幫浦之最大速度，可以得到每轉之最大解析度。舉例而言，光學編碼器電子裝置比如可以達到 1MHz，在最大幫浦操作速度下，可以是約 100Hz(6,000RPM)，而使用者可以選擇每轉 10,000 個脈衝之編碼器解析度。在考量幫浦速度、流體黏滯性及壓力差的情況下，可以校正幫浦流率。如此，可以快速地量測到準確的幫浦速度及準確地控制流體輸送率的變化量。

#### 整體的比重控制

爲了改善整體控制，可以利用高解析的量測系統，來量測容器質量的改變，其中容器可以承裝至少一種輸送流體。

舉例而言，高精確度之工業用質量秤重系統之解析度可以達到一百五十萬分之一。舉例而言，解析度比如是 0.1g/150kg 或是 0.2g/300kg，比如是 Sartorius Ag。在輕至 0.2 克的容器中，可以量測約 200 公斤或更多的燃料流體，並且每秒可以有 50 次的動態讀取速率。比如是  $0.1\text{g}/100\text{kg} = 1/1,000,000 = 0.0001\%$ 。在燃料流體或液態稀釋劑流體容器被再裝滿之前，約 50g/s 之流率可以維持超過一小時。因此利用此系統可以調整燃料流體幫浦及熱稀釋劑流體幫浦，比如是在常溫下利用高純度的水來調整幫浦，然後再傳輸柴油或甲醇燃料。另外，還可以監測流體的溫度，以

補償因溫度而改變的流體密度。

彈性連接的輸送導管：兩個對稱的低硬度彈性導管連結裝置可以水平輸送導管的任一端，其中水平輸送導管可以是位在液體輸送容器與下游的輸送系統之間。如此可以避免重力的效果。質量量測系統可以量測流體輸出流率及流體連接裝置的硬度。量測系統可以補償重量，使得在固定準位下可以保持質量平衡。

影響質量量測裝置之因素是可以被監測及調整的，比如是導管端的相對高度、導管的傾斜度、連接構件的彎曲程度，藉由控制氣壓及濕度可以補償大氣浮力的重量，並且還可以調整液體平均高度及區域重力。受潮汐影響之每日重力變化係約為  $250 \mu \text{Gal}$  或  $0.25 \text{p.p.m.}$ 。 $3 \text{mm}$  之高度差量會改變區域重力約  $1 \mu \text{Gal}/980 \mu \text{Gal}$ 。名目之一百五十萬分之一的質量解析度係對等於  $2 \text{m}$  平均液體高度的差量。

#### 熱穩定及溫度控制

在絕熱佳的容器內可以混合燃料流體及稀釋劑流體，比如是適於熱水或冷水之大的絕熱槽。藉由針對燃料流體及稀釋劑流體之液體-液體熱交換器，可以在比例精密控制下混合熱水及冷水，藉以精確地控制輸送液體的溫度。另外，還可以良好地控制燃料流體的密度及稀釋劑的密度，因此相較於習知技術，可以改善燃料流體輸送率及稀釋劑輸送率的穩定度及不確定性。

#### 比例的流量控制



當幫浦作動係約為 100Hz 時，其輸送率可以是 50g/s，此時幫浦解析度係約為每轉 0.5g。當編碼器解析度係約為每轉 10,000 微步階時，增加的動態流率解析度係為每微步階約 20 微克。如此動態解析度可以是約為 4,000 次，大於整體控制的名目解析度。比如是 0.01% 或是相較於 0.2g/300kg 之質量解析度，可以是 20 微克。

利用至少 250Hz 之動態響應，在較佳的情況下係大於 1kHz，可以控制燃料流體輸送率。幫浦之操作係在約 100Hz 下(600RPM)，而編碼器可以是約 1MHz 之頻率響應，如此可以得到每轉 10,000 個微步階，亦即每 1% 轉具有約 100 個微步階。因此可以得到 0.01% 之流率的動態解析度，或是 40 倍之每秒名目質量解析度。高解析度之幫浦控制系統可以具有高解析度之質量量測系統，因此在整體控制量測裝置中，動態流量控制解析度可以達到四千萬分之一，比如為 25ppb 或是約 50mg/200kg。

利用高解析高速度的量測裝置及幫浦系統，可以達到至少 250Hz 之動態響應，在較佳的情況下，係約為 1kHz 之動態響應，或是更佳。如此累積或整體解析度可以是具有全標度之至少 0.01%，在較佳的情況下，係約為全標度之 0.001%，或是更佳。

#### 25.4.5 幫浦之壓力差

藉由偵測精確的流量控制幫浦的壓力差，可以調整幫浦的洩漏。利用高精確度幫浦速度感測裝置及高精確度流體質量流量感測裝置，可以調整洩漏量，並且可以改善

幫浦調整的可重複性及精確性。

#### 控制差量

利用高解析度動態感測裝置或編碼器系統，可以得到編碼器速率的差量，因此可以測出加速度及減速度。監測出的編碼器脈衝到達時間可以是有差異的，因此可以提供較快且較高的解析度差量控制，如此可以得到精確的差量控制以及比例及整體的控制。而參數可以提供高響應的PID控制。

#### 氮氧化物之溫度計算

氮氧化物的排出量濃度及能量流體之氧氣濃度及氮氣濃度係與絕對溫度呈現指數關係，可以監測燃燒器 56 內指數加權的有效軸向溫度曲線。藉由流體接觸器可以使燃燒器 56 內具有均勻的流體分佈以及均勻的燃燒率。在已知氧化劑/燃料的比率下，能量流體 920 的平均溫度係隨著稀釋劑流體/燃料之比率呈現正比的變化。

在燃燒器出口處 136 之氮氧化物排放率及溫度的改變，係與量測厚的稀釋劑/燃料的比率有關。由於主火焰(燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體)及火焰承載器 100(引導燃料 902、引導氧化劑 906 及引導稀釋劑 908 的流動)分別會影響氮氧化物的生成及溫度，因此可以改善相關性。三分之二的氮氧化物之排出量係從火焰承載器排出到燃器壁面。利用 CFD 模型且利用這些量測參數來調整這些模型，可以得出燃燒模型。

上述的關係可以提供其他量測能量流體 920 溫度之

方法。舉例而言，當溫度範圍介於 1300°C 到 1500°C 之間 (2372°F 到 2732°F 之間)，在預混合火焰中的氮氧化物之改變量可以介於 10ppb/K 到 30ppb/K 之間(請參見 Bhargava、Colket & Sowa et al. 1999)。氮氧排放率量測系統可以是具有 5ppm 之全標度，且可以具有約 1% 之全標度的解析度，或是 50ppb(請參見 AAB.)。名目解析度係約為 5K 到 1.6K 之間。

### 高溫量測系統

利用高解析度溫度量測系統陣列，可以測得燃燒器出口 136 處的溫度(渦輪入口溫度-TIT)。舉例而言，藍寶石纖維多頻溫度量測系統可以在達到 2000°C 時，具有 0.01 °C 之解析度(請參見 Luxtron Corp.)。

在大功率渦輪內的渦輪葉片 450 之價格係約為數百萬美元。當平均溫度增加或減少 10°C 時，高溫葉片的平均壽命會減少一半或增加一倍。藉由本時施力可以控制燃燒器出口處的溫度，以符合大系統內之期望的燃燒器出口溫度曲線，且不確定性可以是優於 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。相較於習知技術，燃燒器 56 處口處之能量流體 920 可以具有較佳的控制及均勻度。如此可以減少渦輪葉片 450 之置換成本、產生功率的成本及非預期儲運損耗的風險。

### 渦輪機之調整

由於可以改善直接接觸流體分佈、量測裝置及控制方法，並且還改善燃料流體、稀釋劑流體及氧化劑流體的流率及壓力量測裝置，可以渦輪機之調整情況。

### 甲醇調整之運作

甲醇可以作為燃料流體，藉以改善渦輪之功率調整及效率的不確定性。相較於柴油燃料，甲醇燃燒熱的量測係具有較低的不確定性。在鍋爐內，甲醇可以提供低功率位準的燃燒。藉由量測溫度、密度及燃料等級甲醇之成分，可以調整較少燃料元件的燃燒熱。

### 多變(polytropic)效率

在固定溫度下，流體流動可以具有固定體積及固定壓力，此時利用改善後的流體組成及詳細的構件熱含量資料，可以得到複合的熱含量。藉由這些改善的數值，可以得出改變效率，而具有改善後的不確定性。比如藉由變化水的組成及壓力，可以調整這些數值。

### 產生器&扭矩的調整

藉由調整產生器 500 的寄生耗損，可以改善系統調整的情況。產生器 500 可以提高轉速，並切利用離合器可以與產生器 500 分離，此時轉速會下降，並且在考量速度及元件溫度下，可以監控偏差及摩擦力。藉由監控冷卻劑流體流率及溫度的改變量，可以得出熱耗損。在考量軸承溫度、冷卻劑流量及溫度、及其他因素，可以得知維持產生器 500 之速度所需的轉矩。

藉由高精確度轉舉導管可以量測擴張器 440 與產生器 500 之間的轉矩。藉由高解析度之功率調整裝置，可以量測產生器的輸出，包括每一相位對應之壓力及電流波形，並且可以計算對應之功率因素、實際功率及反應功率。

### 擴張氣得調整

藉由調整擴張器 440，可以使壓縮機 407、燃燒器 56 及擴張器 440 達到期望的操作溫度。調整過程包括調整燃料、稀釋劑及氧化劑的流率至期望的功率位準、調整渦輪入口溫度及調整過量氧化劑濃度。

利用精確的質量流量感測方法可以改善流體量測的不確定性。藉由量測多餘之氧化劑的排放數值、流速、溫度、壓力及燃燒器出口的截面積及/或渦輪入口/出口的截面積，可以改善氧化劑流體流率的不確定性。如此，可以減少質量流率、熱焓產生率及渦輪效率的不確定性。

### 壓縮機之調整

利用渦輪調整方法亦可以調整流經壓縮機 407 的流量及壓縮機的效率。

### 液滴尺寸&蒸發

藉由控制影響燃料輸送的參數，可以調整燃料流體及稀釋劑流體的液滴尺寸及速度。藉由控制流體的溫度，可以調整流體的黏滯性。藉由調整流體的組成及添加物，可以調整流體黏滯性。

藉由調整導管的刺激頻率，可以調整液滴尺寸。藉由控制調整流體脈衝頻率及振幅，可以調整液滴尺寸及噴出率。上述的因素會影響液滴尺寸、噴出速度及輸送率，並且還會影像液滴蒸發率。

### 快速氧化劑流量的控制

利用高精確度的輸入與輸出壓力裝置及壓縮器速度

量測裝置，並且在得知稀釋劑流體入口組成的情況下，可以計算期望的壓縮機速度，以達到期望的氧化劑流率，如圖 76 所示。藉由改變壓縮機 407 之功率，可以快速達到期望速度，並且可以輸送期望的氧化劑流量。

本方法可以增加流率，在此流率下，可以精準地且具信賴度地控制壓縮機。如此可以避免流經能量系統之流體的長時間延遲，並且可以避免在檢測廢流體或擴張流體 924 時之長時間延遲。

### 壓縮機效率/阻塞

透過殘餘的氧化劑組成及相關方法，可以精準地得知氧化劑流率，然後可以加以改善。藉由這些結果及利用壓縮機速度量測計 584，可以得知壓縮機效率的現況、流體參數及壓縮機速度。

因此，可以監測驅動壓縮機的能量。輸送氧化劑流體所需的功率亦可以提供壓縮機機械效率之量測。

利用這些方法可以監測壓縮機效率的改變，以估計出相對收益及操作成本，並且可以決定合時可以清洗或置換壓縮機 407。

### 渦輪效率/阻塞/侵蝕

液態液滴的尺寸或速度會影響渦輪葉片 450，並且會腐蝕葉片的表面，以減少葉片的機械效率。

### 殘留液滴尺寸及衝擊損害

藉由調整稀釋劑孔洞的尺寸及位置，使得液滴在衝擊渦輪葉片 448 之前，液滴可以蒸發並且其尺寸可以縮減

至小於期望尺寸，因此可以限制渦輪葉片 448、450 的侵蝕率。如此當液滴衝擊一表面的壓力可以小於該表面的衝擊力。藉由在接觸器內形成多個且尺寸均勻的孔洞，相較於習知技術，可以使液滴具有較均勻的尺寸。如此可以減少使液滴大於期望尺寸的機率。

藉由控制稀釋劑的噴出率，可以使燃燒氣體具有足夠的溫度蒸發液滴，使液滴在衝擊擴張器 440 內的下流表面之前，可以小於期望尺寸。

#### 液滴衝擊的清潔

爲了要恢復壓縮機 407 及擴張器 440(渦輪葉片 450)的效率，較佳的情況下係爲定期的清洗。在清洗時，可以在提供少量燃料或是在不提供燃料的情況下，增加輸送壓力至最大值，使得液態稀釋劑可以達到最大速率。如此可以減少蒸發率、增加殘留稀釋劑液滴的尺寸及輸送率，並且液體可以有效地衝擊葉片，因此可以去除表面累積的阻塞物。

根據阻塞物的硬度或吸附力，本發法可以結合另外的噴灑導管使用。藉由增加燃料流體 920 內稀釋劑(水/水蒸氣或濕氣)的濃度，以達到最大稀釋劑的傳輸，如此相較於習知的清潔方法，可以減少噴出的清洗液滴之蒸發率，並且可以增加液滴的衝擊力及清潔的效率性。

由於另外在下游配置有稀釋劑噴灑接觸器，因此可以提供具有強稀釋劑噴灑物的高稀釋劑比率。功率系統可以在沒有關機的情況下，並減少操作作動，使得在開機的

狀態下可以進行清潔作業。

### 高溫清潔

在專利'191 中揭露此清潔方法，藉以清潔燃燒器，並且在低連續流量下，可以減少爆炸的風險。藉由控制加熱率，可以避免由於剩餘稀釋劑流體及/或燃料之蒸發所導致的過量壓力。因此藉由控制溫度可以減少燃燒器的損害。

微旋器 290 係裝配在直接流體接觸器上，而藉由高溫熱處理可以清潔微旋器。如此，利用高溫清潔的方法，可以清潔燃料流體導管及孔洞。

### 孔洞的清潔

在某一溫度下，燃料會碳化或是聚合化，比如是當大分子重量的石油燃料以及未飽和的碳水化合物係在 100℃ 到 300℃ 時。藉由去除比如是焦化的殘留物，可以使燃料自由的流經孔洞。

### 藉由稀釋劑清潔孔洞

請參見圖 10，藉由清潔系統可以引導稀釋劑流體流經燃料歧管 242 以及燃料導管 11。清潔閥 232 可以連接稀釋劑歧管 244 及燃料歧管 242。在系統關機之前，或是在液態燃料停止輸送之前，稀釋劑歧管可以輸送水、水蒸氣或類似的稀釋劑，藉以吹動或清洗由燃料流體歧管 242、燃料流體導管 11 及孔洞所提供的燃料，其中燃料比如是液態燃料。藉由清潔閥 232 可以引導氧化劑流體的吹動，藉以噴出液態燃料流體。



閥可以提供連續的流體流動，藉由閥可以切換一流體的流動至第二流體的流動。如此可以避免瞬間的衝擊，因此可以避免燃料流體在燃料流體通道中不流動的情況，並且可以避免燃料流體加熱至焦化溫度或聚合化的溫度內。

#### 清潔過熱的稀釋劑孔洞

經由燃料流體輸送系統可以輸送過熱的稀釋劑蒸氣，因此可以去除因為化學及/或機械作用所產生的碳氫化合物，比如可以透過燃料流體輸送系統輸送過熱的蒸氣。藉由將水蒸氣與碳或是與含碳物質進行氧化反應，可以氯化剩餘的燃料物質，比如是將焦化或聚合化的燃料與過熱的水蒸氣反應，再加上孔洞之機械壓力清潔。

藉由輔助加熱器可以加熱稀釋劑蒸氣，並且可以輸送稀釋劑蒸氣流經燃料接觸器導管 12 或是上游的其他導管，導管之壓力降不能超過一設計值，而利用加熱電阻可以形成過熱的稀釋劑。

#### 熱稀釋劑流量

在關機時，稀釋劑流體可以冷卻流體輸送導管及歧管，特別是燃料流體輸送管，因此可以避免過熱的情況、燃料流體焦化或聚合化的情況、及對輸送導管的損害。透過相鄰的熱稀釋劑通道及/或燃料流體通道，可以輸送稀釋劑，直到燃料流體及/或導管可以不會有過熱危險的發生。在開機時，稀釋劑流體與燃料流體可以具有適當的比率，以避免燃料流體及/或導管產生過熱的情況。

## 流體歧管

至少一輸送歧管 240 可以與短的多孔洞導管連接，如圖 55、圖 56 及圖 69。如此當稀釋劑陣列在噴出液滴時，可以避免時間延遲及相位延遲的發生，並且可以避免導管上累積壓力降的發生，其中壓力降比如是由導管上之累進流體輸送所造成，或是由導管內之流體摩擦力所造成。如此可以提供更均勻的液滴分佈。

## 調整燃料流體

在專利案'191 中，提及可以調整經過多孔洞導管陣列之燃料流體輸送。

## 調整稀釋劑流體

利用調整燃料流體的方法，可以調整經過多孔洞導管陣列之稀釋劑流體輸送。藉由控制燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體的輸送率，可以控制功率、系統效率及排放量。

藉由調整相位的調整或稀釋劑流體與燃料流體之間的時間關係，可以控制燃料的燃燒效率、燃料燃燒的穩定性、燃料-氧化劑-稀釋劑的混合、生成物的排放、壓力震盪頻率及振幅。

藉由調整輸送相位，可以快速連續地輸送燃料流體及稀釋劑的脈衝。如此可以改善火焰燃燒的穩定性及燃料流體及一氧化碳的燃燒，並且在混合稀釋劑的情況下，可以快速地減少燃燒溫度。藉由導管可以產生平行的渦流，因此可以快速地混合燃燒氣體及稀釋劑流體。藉由控制調

整頻率，可以減少燃燒器內聲音共振的發生。

#### 空間-時間分佈的補償

根據流體之聲音速度，輸送到導管的流體脈衝需要花費時間向下傳送到導管中。藉由調整相對於輸送管之導管的長度方向位置，可以補償流體脈衝的延遲。內部流體壓力會隨著導管改變，藉由調整壓力的增加，可以即時的從孔洞噴出流體。

為了減少主動流體分佈控制之長度方向的黏滯，可以彎曲導管的上游處，藉以增加距離燃料歧管 240 的距離。經過與流體歧管 240 連接的導管陣列，可以增加流體脈衝的時間延遲及燃料輸送之相對相位。如此可以減少在燃燒室內發生熱化學黏滯的情形。

為了減少熱化學黏滯的現象，可以提供奇數的流體歧管 240。奇數的導管可以配置在輸送管軸線之上游或下游，而燃料流體及稀釋劑流體導管可以一起調節，以進行混合的控制。

藉由增加主動流體控制之長度方向黏滯性，可以彎曲下游處的導管，其係與經過導管輸送之內部流體的延遲成比例，比如是為了增加流體燃燒之軸向黏滯性(比如是平面或是錐狀)，或是為了熱化學揚聲器之蒸發。

#### 精確的形狀因子

1.05 到 1.15 之形狀因子的典型值一般係為 1.10(平均燃燒器出口處溫度除以燃燒器平均溫度增加量的最大差值)。在 1500K 的溫度下，溫度增加量的範圍係介於 75K

到 225K 之間(135°F 到 405°F 之間)，例如係為 H 序列渦輪。

如此可以改善燃燒器出口處的溫度控制，因此可以顯著地提升形狀因子，及改善下游處受熱元件的壽命。

精確的溫度回饋

藉由高解析高精確度的溫度感測器 558，可以監測下游處流體的溫度。位在能量流體內的熱感測器係具有至少約為 1°C 之解析度，較佳的情況下係為 0.1°C 之解析度，並且還具有 100ms 之響應時間。熱感測器係具有約為 10ms 之響應以及約為 0.01°C 之精確度，比如是薄膜熱電阻、多頻藍寶石或是石英纖維熱感測器(例如：在英國 QuinetiQ 所研發的高速表面熱感測器)。藍寶石纖維熱感測系統可以具有 0.01°C 之名目解析度，並且具有 2000°C 之名目範圍(Luxtron Corporation of Santa Clara CA.)。利用精確的溫度感測器 558 及平均結果，可以改善熱回饋解析度及控制系統的穩定性。約為 0.01°C 之溫度感測度可以作為回饋控制，藉以控制燃燒器出口 136 的溫度以達到約為 0.02°C 之溫度控制層級。在需要時，可以增加量測解析度。

至少一溫度感測器 558 可以配置在熱敏感表面上。比如在高速區域內之燃燒器管線之過渡區域的內壁上，高敏感表面的外徑可以是曲線彎曲的樣式，渦輪葉片之上游端係靠近最大熱傳及溫度的位置，或是可以靠近第一層級渦輪之上游表面處，係約位在葉轂到靠近最熱表面尖端之間的中間位置到葉轂離開之 2/3 的位置之間。溫度感測器可以包括熱耦合器、光學高溫掃描裝置及/或熱阻感測器

等。

溫度控制不確定性的主要限制係為溫度感測器 552 之量測及絕對可重複性、用來估計溫度曲線及形狀因子之感測器的數目、流體紊流及渦流、及頻率響應。

相較於傳統技術之  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  的控制，本發明可以具有較佳的燃燒器內之溫度控制。藉由調整混合比率及溫度，可以控制受熱元件的溫度壽命及能量轉換系統之效率及能量。舉例而言，燃燒器管線、過渡區域管線、渦輪葉片 450。氧化劑輸送控制

藉由減少過量氣體，可以減少渦輪燃燒系統內之寄生抽吸耗損，用以抽吸氮氣及過量的氧氣。在理論的化學計量比率下或附近，不完全的混合及燃燒的不同質性，會阻礙一氧化碳之完全燃燒。透過高均勻度的傳輸及利用流體接觸器高均勻度的混合氧氣及燃料，可以使用較少之過量氧化劑，因此氧化劑/燃料之比率可以控制在約 101%到 120%之間的化學計量比率。

由於本發明可以提供均勻的混合及燃燒，因此可以使用 3%到 12%之間的過量氧氣，以確保一氧化碳及未燃燒的燃料可以充分的氧化，如此可以減少抽吸耗損並改善效率。

假設擴張器之渦輪葉片 450 係冷卻到約為  $1200^{\circ}\text{C}$ ，在全 VAST 循環中，過量氧氣流體可以從約 10%之氧氣降至 5%之氧氣，因此可以改善功率系統的熱動態效率，約為 1.4%。

### 25.12.2 氧化劑/燃料之比率的上界及下界

物理因子會限制可以燃燒之氧化劑/燃料之比率的範圍。燃料流體輸送系統之回應可以是快於氧化劑輸送系統。需要時，必須要界定氧化劑/燃料之比率的界限。可靠度範圍可以是由物理燃燒範圍之上界及下界定，如此可以建立出氧化劑/燃料之比率的可靠操作上界及下界。

### 25.12.3 安全清潔流體

本發明可以清潔氧化劑所流經的燃燒器或動力系統，其中燃燒器或動力系統係具有可爆炸混合流體。根據燃料流體的燃燒所得之體積交換量，可以估計出清潔所需之最少時間。藉由監測揮發燃料的濃度，可以確知燃燒器內之氧化劑/燃料的比率，係在燃料濃度燃燒下界之上。

流到火焰承載器的氧化劑

氧化劑流體可以輸送到引導火焰中或是火焰承載器 100 中，以進行清潔，並且可以控制流量，以達到安全點火之目的。

最小功率

系統比如是具有可以克服摩擦力及寄生耗損之最小功率，在低功率下係具有較低的轉換效率。藉由調整燃料流體輸送率，可以使功率係維持在最小功率等級之上。設定最小效率功率層級，會導致最小收益率及投資報酬率。

效率

監測效率

使用者可以估計燃料輸送系統、擴張系統及再壓縮

系統之效率。相較於傳統的方法，可以改善監測效率。

#### 清潔效率/恢復效率

這些實施例可以偵測出效率的下降，在考慮停工期、收益及操作成本的情況下，藉由這些參數可以估計出何時及如何需要完整地清潔壓縮機及或擴張器 440，如此可以增加系統淨值。

#### 控制效率

藉由控制輸送系統之輸送燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體之流率，可以在工作範圍內達到期望的效率。利用機械、電子、加熱及/或冷卻功率，透過回饋的方式可以較佳地調整流率。如此可以較快且較精確地控制動力系統內的能量流體 920。

#### 動力

##### 正常操作功率

在考量系統操作效率下，來控制燃料流率，可以傳送期望的動能。藉由控制稀釋劑/燃料的比率，可以控制能量流體 920 的平均溫度，以達到期望的溫度。接著，可以調整氧化劑/燃料之比率，以改善效率，並且可以減少在作功情況下的排放量。

##### 緊急動力

在緊急或是在接近熄滅的狀態下，藉由增加壓縮機的壓縮比及/或經由燃燒器 56 傳輸之能量流體 920 之溫度，可以增加擴張器 440 之功率。由於速度及溫度的限制會使擴張器 440 在接近阻塞的情況下，比如是在第一階層

葉片下接近 1 馬赫。由於會產生緊急動力，因此可以增加收益，並且可以平衡渦輪葉片 450 之壽命減少與機器之可利用性。

### 排放量的控制

高溫之大幅變化會大幅地影響燃燒器的排放量，並且會形成副產品，且在化學反應器內會殘留有未反應的化學物質。在燃燒器的橫切方向上，可以增加溫度曲線的均勻性，因此在燃燒器軸線上，可以具有均勻的反應及熱滯留時間。

### 熱滯留時間

藉由多孔洞燃料導管陣列可以精密地控制燃燒器 56 中氧化劑與燃料之間的混合情況。藉由多孔洞稀釋劑導管陣列可以控制熱稀釋劑的流率，並且可以控制稀釋劑/燃料之比率，並且還可以限制燃燒器 56 中能量流體 920 的溫度曲線，因此燃燒器出口處的附近可以具有均勻的溫度。如此可以控制燃燒器內的蒸發及混合反應。

因此，燃燒器 56 內可以具有均勻的燃料流體蒸發、均勻的混合及均勻的溫度曲線。燃料流體之噴出位置可以是位在稀釋劑噴出位置的上游，並且在考量燃料流體孔洞尺寸及稀釋劑孔洞尺寸的情況下，可以調整軸向溫度曲線。透過燃燒可以增加平均溫度至某一層級，之後可以增加稀釋劑的噴出量、蒸發率及冷卻率，藉以限制燃燒器內的軸向溫度曲線。



## 限制氮氧化合物的生成

在延伸的 Zeldovich 機制中，藉由將 Ahrenius 方程式除以絕對溫度的平方根，可以得知氮氧化合物的生成係與絕對溫度的指數成比例。如此可以限制燃燒器出口 136 所超過的溫度。另外，還可以限制燃燒氣體大於這些溫度的滯留時間，如此可以減少氮氧化物的生成率。

在延伸的 Zeldovich 機制中，氮氧化合物的生成係與氧氣濃度乘以氮氣濃度之平方根成比例。在提供稀釋劑流體的情況下，燃燒後過量氧化劑可以減少至約 5%之能量流體的混合流體，甚至更少，而不是如習知極端貧油燃燒係為 15%或更多。當稀釋劑流體存在時，氮的濃度會減少。在相同溫度下，相較於傳統的貧油燃燒，透過這些濃度參數，可以使 Zeldovich 氮氧化物之生成率減少 40%。

藉由較佳的均勻分佈、混合、溫度曲線及滯留時間控制方法，可以減少氮氧化物的生成，以符合嚴厲的法律限制(不但是氣體燃料，甚至是液體燃料)。根據利用 StarCD 之 CFD 計算，在 15%之氧氣下，#2 柴油燃燒所產生的氮氧化物可以是低於 2ppmv。

## 未燃燒元件的滯留時間

藉由控制燃燒器內的流體流率及燃燒器的速度，可以提供足夠的滯留時間在假定的最小溫度之上，藉以燃燒剩餘的燃料及一氧化碳，以降低其排放率。

在冷卻區域內，未燃燒的流體及一氧化碳並不會與氧化劑反應。在本發明中，燃燒器內可以具有較少的冷卻

區域。較均勻的混合、較均勻的溫度曲線及較低的溫度，可以得到快速的燃燒反應率。相較於習知技術，較短的滯留時間可以減少一氧化碳及未燃燒碳氫化合物的生成。

### 時間溫度曲線

藉由控制流體流率及流體流動之變化率，可以隨時間調整混合流體的組成及/或燃燒器內的溫度曲線。

### 時間溫度控制

#### 穩定的溫度控制

隨時間可以控制稀釋劑流體/燃料的比率達到 1%；在較佳的情況下，係約為 0.1%；在更佳的情況下，係約為 0.01%(比如是 15K、1.5K 或 0.15K 除以 1500K)，而在約 1500℃ 的情況下，溫度感測器 552 可以讀出約 1℃ 的變化；在較佳的情況下，係約為 0.1℃ 的變化；在更佳的情況下，係約為 0.01℃ 的變化。並且可以得知持續 100 秒的控制度；在較佳的情況下，可以得知持續 1000 秒(約為 17 分鐘)的控制度；在更佳的情況下，可以得知持續 10,000 秒(約為 3 小時)的控制度。在優於每 10,000 秒 1K 之穩定度下，可以控制平均溫度，因此溫度控制的動態範圍可以控制在約四到五個數量級，甚至更高。

#### 穩定的溫度空間曲線

利用接觸器溫度控制方法，可以得到期望的溫度曲線。舉例而言，在拉單晶的過程中，材料之熔點溫度的位置係會結晶並且被拉伸，較佳的情況係調整成垂直結晶位

置，比如是接近  $1500^{\circ}\text{C}$  之石英或是接近  $2050^{\circ}\text{C}$  之藍寶石。另外，可以調整熱曲線的範圍可以是從高於熔點的溫度到低於熔點的溫度，藉以調整溫度梯度。

熱梯度的分佈可以是以垂直軸為中心對稱，或是以平行於加速度向量(比如是重力)之軸線為中心對稱。在沒有熱能轉換成電能及電能轉換成熱能之不效率性下，在高溫時可以具有甚佳的溫度控制。

快速的時間溫度控制

相對於氧化劑流體之流速，使用者可以動態地控制燃料流體及稀釋劑流體之相對流速。在至少  $10\text{Hz}$  到  $100\text{Hz}$  下，可以控制液體的輸送；在較佳的情況下，甚至係約為  $1\text{kHz}$  下或是更高。在之前的實施例中，可以調整燃燒區域下游處之能量流體 920 的溫度及蒸發情況，比如是在  $100\text{ms}$  或  $10\text{ms}$  內，溫度範圍的變化可以是至少  $10\text{K}$  到  $100\text{K}$  之間；在較佳的情況下，甚至是在約  $1\text{ms}$  內，溫度範圍的變化可以是約  $1500\text{K}$ 。因此可以即時的控制溫度曲線，而其變化率可以是約  $100\text{K/s}$  到  $10,000\text{K/s}$  之間或是更高，在較佳的情況係約為  $1,000,000\text{K/s}$

退火及淬火

在動態控制下，退火材料比如是合金、玻璃或陶瓷等，可以保持在溫度固定的情況下。或者，亦可以使這些材料快速地淬火，比如是玻璃或合金進行回火製程。

控制燃料及稀釋劑之燃燒電刺激

藉由施加或調整橫向電場，可以使電場震盪而加速

橫切於流體流動方向之離子氣體、帶電荷的燃料流體液滴及/或帶電荷的稀釋劑液滴。如此，可以改善蒸發且燃燒之流體的混合。藉由調整電場振幅及頻率，可以控制混合情況、燃燒效率、排放量的減少、火焰穩定度及系統的利用性。如此可以控制參數，以減少系統的淨值。

### 燃燒器壓力震盪控制

#### 均勻地燃料壓力震盪控制

藉由裝設多孔洞的導管陣列，比如可以具有很多的燃料孔洞 82 及燃料流體微液滴。就下游開口內凹陣列 261 而言，燃燒可以是均勻分佈的，因此可以使用在燃燒器內用來減少壓力震盪的被動裝置。

#### 開放循環動態控制

在燃燒頻率的開放循環中，在沒有主動流體輸送的刺激下，首先可以量測燃燒壓力震盪頻率。爲了要形成刺激訊號，藉由富立葉迴旋、抽取及逆迴旋的方法，可以消除白噪音或隨機噪音的共振頻率，如此可以形成粉紅噪音。在具有傳輸系統及工作引擎的燃燒室內，形成粉紅噪音的頻率並非是共振頻率。如此可以減少燃燒器內的音場及共振。

燃燒氣體係具有最大表面積，根據表面積，聲音刺激的頻率可以調整至非爲共振頻率，如此可以避免或減少共振頻率的震盪，如此可以減少粉紅噪音。

#### 封閉循環的動態控制

開方循環控制可以包括由燃燒器產生的聲音回饋。

藉由壓力震盪感測器可以監測動態共振頻率，然後可以去除此頻率，以形成粉紅噪音。粉紅噪音訊號可以應用在燃料流體及/或中稀釋劑流體中，以減少燃燒的共振。藉由調整相對時間延遲(或相位)，可以依照相位輸送燃料流體及/或稀釋劑流體，以減少壓力震盪。

#### 減少加熱時間至震盪週期

根據自然共振的震盪週期及燃燒器之特徵液滴加熱時間，可以設計出適當的孔洞尺寸及流經多孔洞導管之孔洞的流體壓力差，使得震盪週期/特徵液滴加熱時間的比率可以避免特徵液滴加熱時間之震盪週期的最大響應，此比率比如是遠離 0.6，比如是小於 0.3 或是大於 0.9。如此可以調整液滴尺寸及蒸發時間，藉以避免燃燒器內之長度方向的共振或徑向的共振。

#### 分佈的燃料

藉由分佈燃料流體的源頭，可以減少燃燒回饋。藉由分佈的多孔洞導管陣列，可以有效率地分佈燃燒器內之燃料導管。

#### 內凹的燃料軸向分佈

在燃燒器內，多孔洞的導管可以分佈成平面型導管陣列 266，以達到軸向燃燒回饋的目的，因此可以軸向地及徑向地噴灑出燃料。爲了要減少燃燒回饋，下游的內凹燃料導管陣列 261 比如是具有多孔洞的燃料導管，比如是下游逐漸增加的錐形結構、橢圓形結構、拋物線結構、或是其他的內凹表面，如圖 28 所示。

### 減少溫度波動回饋

在傳統的燃燒器中，燃燒器內部之每一地方係具有不同的溫度變化，火焰會造成燃燒器有高溫的現象及熱梯度，輻射火焰所形成的輻射能會快速地傳會到燃料流體液滴中，而形成燃燒回饋的現象。在習知技術中，藉由混合稀釋劑流體，可以避免平均出口溫度有高溫的現象。藉由配置燃料流體及稀釋劑流體之直接流體接觸器，並利用甚佳的漩渦混合方法，可以使燃料、氧化劑及稀釋劑均勻地分佈。藉由增加溫度的均勻性，可以減少因為熱波動而產生的回饋循環。

### 被動流量阻尼

燃料流體及稀釋劑流體之直接流體接觸器陣列係配置在氧化劑流體中，因此氧化劑流體會流經相鄰流體導管間的間隙，以形成流體阻尼器。當燃燒器內之錐狀直接流體接觸器內受到壓力震盪時，會震盪多孔洞接觸器導管間的流體。因為震盪及下游紊流所形成的導管拖曳力，會減緩壓力震盪。藉由調整導管尺寸及導管之間的間距  $H$  可以調整阻尼及寄生壓力降。

### 液滴流體阻尼

利用導管可以形成燃料流體液滴及可蒸發液體的液滴，如此可以均勻地混合液滴在燃燒器內的流體中。藉由將液滴噴入到流體中，使得在液滴周圍的氣體會形成拖曳力，如此可以形成聲音阻尼，比如濃霧會顯著地減緩聲音。因此，噴入到氧化劑流體內之燃料流體液滴及可蒸發的稀

釋劑液滴會形成燃燒器內分散的阻尼系統。藉由調整液滴尺寸及溫度，此會影響拖曳力及液滴持續時間，可以調整阻尼的程度。

#### 減少動態溫度波動

由於分佈有可蒸氣化的稀釋劑液體液滴，並且可以緩和液滴之蒸發率及冷卻率，藉以減緩燃料熱釋放的動態波動及火焰溫度。如此可以減緩動彈燒氣體之溫度增加或減少，並且可以減少輻射到或傳回到燃料流體源頭之熱量的動態改變。

#### 動態燃料控制

藉由使用及接流體接觸器來噴出燃料，可以動態地及準確地控制燃料流體的輸送率。藉由對燃料流體脈衝進行振幅控制或頻率控制，可以相對於壓力震盪，控制燃料流體蒸發及燃燒的相位。藉由壓力、聲音、振動或加速度感測器，可以感測壓力的震盪。藉由壓力震盪，可以有效率地調整燃料輸送相位及燃燒相位，並且可以減少對他們的回饋控制。

#### 動態稀釋劑控制

利用直接流體接觸器可以動態地及精準地控制可蒸發稀釋劑液體之傳送率及噴出率，如此可以動態地增加或減少燃料流體由燃燒器流出的流率。在低壓力差的情況下，藉由控制壓力差是高於或是低於需要克服流體表面能量之壓力差或形成液滴之壓力差，可以達到數位流體流量控制的目的。

### 回饋/相位控制

在座標空間中，可以在至少兩倍之壓力震盪率的時間控制下，透過接觸器可以噴出液體燃料及/或液體稀釋劑，可以有效的回饋振幅控制及相位控制，如此可以控制燃燒器內的壓力震盪。舉例而言，響應時間係為震盪週期的一半。

舉例而言，大的渦輪燃燒器 56 之壓力震盪比如係介於 100Hz 到 600Hz 之間。假釋係當頻率共振壓力震盪係為 600Hz 時，每次壓力震盪循環係為至少兩滴的液滴時，燃料流體液滴及/或稀釋劑流體液滴之生成率比如是每孔洞每秒至少 1200 個，其中孔洞比如是配置於燃燒器內。假設柴油之輸送率係為 50g/s，且在密度 0.83g/ml 下，並且從 1000 個孔洞噴出，可以導致 50nl/drop，液滴的直徑比如是約 0.5mm 或是 500 微米，或是更小。如上所述，藉由接觸器、多個孔洞及高頻幫浦控制方法，可以達到上述目的。

藉由調整液滴尺寸，使得燃燒起始時之液滴蒸發時間可以是小於共振頻率的一半。當液滴流經火焰鋒面時，在 600Hz 下，利用 D 平方型態之蒸發率，可以調整 Sauter 平均直徑  $S_{32}$ ，使得蒸發時間可以小於約 0.8ms(參見 Thomas 2002)。利用鑽孔所形成的孔洞可以是約 5 微米到 50 微米之間。

在約為一半的週期內，孔洞的排列可以調整成共振的方向。舉例而言，在 600Hz 之軸向共振下，可以是約為



10m/s 之氣體流動，可以使孔洞軸向地排列在約為 8mm 內。就大孔洞的接觸器陣列而言，可以改善孔洞軸向位置，並可以計算出流經接觸器陣列之流體壓力脈衝的時間延遲。舉例而言，假設經過 1m 之導管的聲音速度係約為 5000m/s 時，流體壓力脈衝的時間延遲比如是 0.2ms。當氣體流率係約為 10m/s 時，在約為 2mm 之下游處，需要進行調整。

藉由偵測燃燒器的震盪壓力及使用封閉回路回饋控制方法，可以調整燃料流體及/或稀釋劑之振幅噴出頻率及相位，藉以減少震盪。在經過適當的校準之後，可以控制燃料流體及/或稀釋劑之振幅噴出頻率及相位，使其操作參數在某一範圍內，以符合開放回路的型態。

如上所述，可以控制輸送液態燃料及/或稀釋劑流體之流量，以及氣態燃料及/或稀釋劑流體之流量。比如是在空氣或潮濕空氣中混合有水或水蒸氣及乙醇、柴油燃料或天然氣。

#### 藉由軸向稀釋劑/燃料之曲線以控制火焰的限制

藉由控制稀釋劑輸送之軸向曲線，可以控制軸向之稀釋劑/燃料之曲線。另外，可以藉由控制一部份的稀釋劑，其中總稀釋劑的流量比如是小於 50%，在較佳的情況下，比如是小於 25%。

藉由控制軸向稀釋劑/燃料曲線，可以控制潮濕氧化劑及潮濕燃料的混合是否能夠點火。在開始時，要減少上游之稀釋劑/燃料的曲線，藉以增加氧化劑流體及燃料流體混合物之可燃燒性。在混合流體點火之後，可以增加上

游部分之稀釋劑/燃料之軸向曲線，藉以增加稀釋劑在氧化劑流體及燃料流體所形成之混合流體中之容量，並且可以減少氮氧化物的生成。

在火焰穩定的限制下，可以在燃燒之軸向起始處附近，動態地控制軸向稀釋劑/燃料曲線，以減少或增加燃燒震盪的程度。

#### 高解析稀釋劑/燃料之比率的控制

藉由調整稀釋劑/燃料之比率，可以控制在燃燒器 56 出口處之能量流體 920 之溫度，如圖 76。舉例而言，燃料比如是柴油#2 及約為 110%之化學計量氣體，此時水/燃料之比例可以控制在約 3.1:1，而其所形成之能量流體 920 的溫度可以是約為 1,800K(約 1,527°C 或 2,780°F)，其係大致上相同於 H 等級之渦輪技術的上限，燃燒溫度可以達到約 1487°C，然而在進行封閉環繞蒸氣冷卻時，葉片間之燃燒溫度可以是約為 40°C，低於 TIT。另外，就約為 110%之化學計量氣體而言，水/燃料的比例可以是約為 4.6:1，並且可以控制能量流體 920 之作功溫度係達到約 1,563K(約 1,290°C 或 2,354°F)。或者，也類似於 F 等級之渦輪技術，在葉片之間的燃燒溫度可以是約為 1179°C，假設在空氣冷卻時，燃燒溫度可以是約為 111°C，低於 TIT。

在燃燒器內之流體流速比如是約為 10m/s，比如是介於 0.5m/s 到約為 200m/s 之間。稀釋劑液滴的尺寸係正比於燃料流體液滴的尺寸，藉由調整相對輸送壓力、孔洞尺寸及流體溫度，可以達到期望之稀釋劑質量/燃料流體質

量之比率。另外，還可以調整燃料孔洞及稀釋劑孔洞的數目及面積，其係正比於液態燃料及稀釋劑之體積流率。舉例而言，依照期望的溫度，每一燃料流體液滴係配合約 3 到 6 滴之稀釋劑流體液滴。藉由調整液態及氣態之燃料及/或稀釋劑，以及潮濕的燃料及潮濕的氧化劑，可以控制上述的比例。由於可以具有高精確度的燃料流體傳輸及高液滴噴出率，因此可以具有足夠的液滴噴出率，藉以控制稀釋劑/燃料的比率到至少約為 0.01%；在較佳的情況下，當平均每秒約 30 次時，可以調整此比率。

精確的稀釋劑/燃料控制及溫度控制

藉由動態流量控制，稀釋劑流體/燃料的比率可以控制在至少約為  $\pm 0.3\%$  內，較佳的情況下，係約為  $\pm 0.1\%$  內，更佳的情況下，係約為  $\pm 0.01\%$  內。因此，液態稀釋劑的流率及液態燃料的流率可以控制在  $\pm 0.3\%$  內，因此在約 1,500K 到 1,800K (1,527°C 或 2780°F) 之間的能量流體 920 之溫度可以控制在約  $\pm 6^\circ\text{C}$ 。然而，在習知技術中，係控制在約  $\pm 10^\circ\text{C}$  或約 1%。

控制範圍可以是在約  $\pm 0.1\%$ ，在較佳的情況下，係約  $\pm 0.01\%$ ，比如是水/柴油燃料。燃燒器處口 136 處之溫度比如是在約 1800K，可以控制在約  $\pm 2^\circ\text{C}$ ，較佳的情況下，係控制在約  $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。

藉由高解析度之速度轉換器或編碼器，可以高精密度地監測及控制稀釋劑流體流率及燃料流體流率。舉例而言，藉由高精密度之編碼器可以控制流體幫浦，可以回饋

控制在燃燒器出口 136 處之稀釋劑流體/燃料之平均比率，至少是優於 0.1%；在較佳的情況下，係約為 0.01%；在更佳的情況下，係約為 0.001%，而其時間係長於稀釋劑及燃料流體輸送控制器 592 的響應時間。在燃燒器出口 136 處之能量流體 920 係具有穩定的溫度，其變化範圍係在約  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  之內；在較佳的情況下，係約為  $0.2^{\circ}\text{C}$ ；在更佳的情況下，係約為  $0.02^{\circ}\text{C}$ 。

#### 溫度控制響應率

就水及/或液態燃料噴出壓力而言，行動控制促動器比如是具有名目控制響應率，比如是大於約 250Hz，甚至可以是快於 700Hz，或者是可以快於 1kHz。即時反應率可以快於 1 秒；在較佳的情況下，係快於約 1 毫秒，甚至更少。

流體流率比如是約為 10m/s 或是更快，延滯時間係約為 0.1s(100ms)或更少，而名目反應器長度可以是約為 1m。改善後的流量輸送曲線可以改善燃燒器之混合率，並且燃燒器可以少於 1 公尺，且流率可以是快於 10m/s。藉由這些方式可以減少燃燒器內的延滯時間，使其低於 100ms。

#### 快速能量響應的過量氧化劑範圍

藉由幫浦及壓縮機 407，可以改變液態燃料及液態稀釋劑之噴出率，使其大於氧化劑流體的輸送率。當氧化劑流體輸送率改變時，可以增加或減少燃料噴出率，而燃料噴出率係大於氧化劑流體輸送率。藉由加快改變率，可以使緩衝之氧化劑/燃料之比率係在可操作的範圍內。

當氧化劑/燃料之比率係在最小的情況下時，可以氧化燃料及燃料附產物，並且可以有效率地減少排放量。在較低效率且可運轉之狀態下，氧化劑/燃料之比率係設定在最大值。

當能量快速的改變時，在期望之過量氧化劑/燃料之比率的範圍下，可以快速地改變燃料輸送率。藉由調整氧化劑流體之輸送率，可以使氧化劑/燃料之比率回到較佳值，其係在過量氧化劑/燃料之範圍內。

當期望快速改變時，可以增加氧化劑/燃料之比率到此範圍的上界，藉以增加快速改變的範圍。當預期少量改變時，可以減少氧化劑/燃料之比率，藉以改善系統之效率。

#### 快速的液態燃料控制

氣體燃料係可以快速地控制，且利用雙燃料接觸器及液體幫浦亦可以輸送及快速地控制第二液態燃料。

#### 動態之燃料及稀釋劑的控制

形成稀釋劑及燃料流體液滴之相對頻率、振幅及相位會影響燃燒器內及燃燒區域內之聲音刺激及聲音放大，如圖 76。藉由調整頻率、振幅及/或相對於液態燃料刺激之稀釋劑刺激的相位，可以影響及控制聲音刺激及回饋。如此，可以減少或增加稀釋劑對聲音產生的影響。比如可以依照應用放大或減緩它。藉由調整燃料流體及/或稀釋劑的刺激，可以減少或增加聲音的放大。刺激可以是隨機的，藉以減少聲音的放大。

### 流體輸送曲線控制

在輸送管之橫截面上，配置有多個孔洞，因此可以控制流體輸入的橫切曲線，而多個孔洞也可以軸向地分佈在輸送管 130 內。因此，本發明可以控制流體輸送管內之流體輸入的軸向曲線及橫切曲線，如此可以即時地控制流體輸送。

### 燃料流體曲線

利用多個孔洞及對流體的控制，可以控制燃料流體 901 之噴出物或微液滴的噴出及對應之噴出物尺寸的分佈、或流體微液滴尺寸及噴出距離的分佈。如此可以控制燃燒器內輸送燃料流體 901 之橫向及軸向的空間曲線。

### 氧化劑流體之曲線

利用多個孔洞及對流體的控制，可以控制氧化劑流體 904 之輸送。藉由分開的葉片及氧化劑接觸器陣列 260，可以控制燃燒器內輸送氧化劑流體之橫向及軸向空間曲線。

### 稀釋劑流體曲線

利用多個孔洞及對流體的控制，可以控制稀釋劑流體 907 之噴出物或微液滴的噴出及對應之噴出物尺寸的分佈、或流體微液滴尺寸及噴出距離的分佈。如此可以控制燃燒器內輸送稀釋劑流體 907 之橫向及軸向的空間曲線。

### 依照過量的熱生成來控制稀釋劑總量

藉由控制在流體輸送管 130 內之燃料流體 901、氧化

劑流體 904 及稀釋劑流體 907 之軸向曲線，可以控制在流體輸送管 130 內與過量熱生成相關之稀釋劑總量的軸向曲線。如此，可以控制在流體輸送管 130 內之軸向溫度曲線。

在流體輸送管 130 的橫截面上，可以分佈有多個孔洞 80，且流體曲線之橫切方向是是可以控制的。藉由控制燃燒器內總體稀釋劑/過量熱生成的橫截面曲線，可以在流體輸送管 130 之橫截面上，控制燃燒器出口 136 處之溫度曲線。

利用溫度換能器 558 可以量測燃燒器出口處附近之能量流體的溫度。並且溫度換能器 558 亦可以量測燃燒器出口處下游的能量流體之溫度，可以是位在下流元件的表面上，比如是在渦輪葉片上。利用溫度量測裝置可以控制峰值溫度、平均溫度或在流體輸送管 130 之橫截面上的溫度曲線。

利用溫度換能器 558 可以量測燃燒器內至少兩個軸向位置的溫度。因此，使用者可以控制燃燒器內之軸向溫度曲線及橫向溫度曲線。如此，可以有效率地控制燃燒器內的三維溫度曲線。

#### 控制總體稀釋劑/過量熱生成的變化量

藉由控制輸送燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體之時間變化，可以控制總體稀釋劑/過量熱生成之比率的變化量，因此可以控制輸送到燃燒器出口 136 處之能量流體的平均流體溫度的時間變化。另外再結合對多個孔洞的控制，則可以控制總體稀釋劑/過量熱生成之比率的空間

變化及時間變化，因此可以控制輸送到燃燒器出口 136 處之能量流體的溫度對時間及空間的變化。

### 放熱化學反應

在燃燒反應下，三流體反應器及直接接觸熱交換器可以用來均勻地控制各種的放熱化學反應。

### 放熱反應器

在輸送管內之至少一直接接觸器可以用來混合至少二可以進行放熱反應之反應劑流體。較佳的混合及對溫度的控制可以顯著地限制局部區域的反應溫度之升高。如此可以改善生成物的品質，且可以減少附產物的頻率。

藉由多個通道可以輸送反應劑，並且透過接觸器可以將反應劑噴灑到第二反應劑中，以進行混合。至少一接觸器係位在第一接觸器的下游，並且可以均勻地混合反應劑。

### 直接接觸冷卻

至少一稀釋劑接觸器 14 可以配置在第一接觸器的下游，可以用來傳送及混合用來冷卻之熱稀釋劑。稀釋劑流體可以吸收因為反應所釋放的熱能，因此可以限制反應混合流體及生成物的溫度升高。藉由控制溫度可以減少或避免附生成物之反應及改善生成物的品質。

### 混合構件

在多孔洞導管、歧管 240、鰭板 36 及支撐構件 38 之下游處可以產生紊流，因此可以增進第二流體流動的混



合。藉由增加混合構件在下游處，可以增進反應劑的混合。惰性層、纖維或其他複雜的混合構件可以應用在化學工業上。

### 擴張器

熱流體內的反應熱可以回復。當能量流體之壓力及溫度足夠時，藉由渦輪 440、444 之擴張作用可以使反應熱回復。

### 直接接觸凝結&熱回復

利用凝結器可以使擴張流體及/或冷卻流體之殘餘熱能回復，比如是直接接觸凝結器 484 - 垂直反向流體結構之熱交換器。由熱氣體所產生的熱會傳送到熱冷卻器或稀釋劑。利用直接接觸加熱器所加熱的液體會產生蒸氣，並且可以加熱各種的放熱反應系統，或進行局部加熱，或者可以加熱其他需要加熱的區域。

或者，可以利用表面熱交換器，熱交換器及輸送系統上可以塗佈防腐蝕材料，比如是不銹鋼、環氧樹脂、玻璃或藍寶石。

### 放熱反應

本發明之反應過程可以應用在化學反應上或生化反應上，可以包括烷化反應(alkylation)、羰基化反應(carbonylations)、氨基甲酰化反應(carbamylations)、氯化反應(chlorinations)、直接氧化反應(direct oxidations)、乙氧基化反應(ethoxylations)、鹵化反應(halogenations)、加氫甲酰化反應(hydroformylations)、氫化反應

(hydrogenations)、氮化反應(nitritions)、溶液聚合反應(solution polymerizations)、硫化反應(sulfations)、磺化反應(sulfonations)等。

上述的反應可以應用在化學製品上、生化製品上及食物上，可以包括表面活性物質(surfactant)、抗乳化劑(demulsifying agent)、乳化劑(emulsifying agent)、碳氫化合物燃料(hydrocarbon fuel)、合成潤滑油(synthetic lubricant)、鹵化碳氫化合物(halogenated hydrocarbon)、(hydrocarbon solvent)、有機聚合物(organic polymer)、防火材料(fire retardant)、纖維處理試劑(fabric treatment agent)、抗生素(antibiotic)、抗病毒試劑(antiviral agent)、抗疾病試劑(anti-pathogenic agent)、殺真菌劑(fungicide)、除草劑(herbicide)、殺蟲劑(insecticide)、農藥(pesticide)、殺鼠劑(rodenticide)或食物產品等。

各種實施例可以應用在下列的物質：由乙烯形成乙醇、由乙烯氧化形成乙烯氧化物、由乙烯氧化物形成乙酰胺、由氧化中的乙烯形成乙二醇、由二氯化乙烯形成乙醇胺、利用蒽醌(anthraquinone)形成雙氧水、順丁烯二酸酐(maleic anhydride)、由丙烯及苯形成 n-丁烷酚(n-butanephenol)、由酚(phenol)形成己二酸(adipic acid)、由環己烷(cyclohexane)形成己內醯胺(caprolactam)、由苯形成環己醇(cyclohexanol)、乙二醇乙醚(ethylene glycol ethyl ether)、由乙酸形成氯乙酸(chloroacetic)、環氧丙烷(propylene oxide)、由丙烷形成正丁醇(n-butanol)、由丙烷

形成丙烯酸(acrylic acid)、由順丁烯二酸(maleic acid)形成四氫呋喃(tetrahydrofuran)以及將丙烯酸(acrylic acid)酯化形成丙烯酸丁酯(Butyl acrylate)。

乳化劑或表面活化劑可以包括：烷基苯磺酸鹽(alkyl benzene sulfonates)、鍊形烷基苯磺酸鹽、二級烷基苯磺酸鹽、酯類磺酸鹽(ester sulfonates)、 $\alpha$  烯類磺酸鹽(alpha olefin sulfonates)、烷基甘油醚磺酸鹽(alkyl glyceryl ether sulfonates)、烷基甘油磺酸鹽(alkyl glyceryl sulfonates)、甲基酯磺酸鹽(methyl ester sulfonates)、自然油脂磺酸鹽(natural fat sulfonates、natural oil sulfonates)、醇硫酸鹽(alcohol sulfate)及醇醚硫酸鹽(alcohol ether sulfate)等。

### 吸熱反應之混合及加熱

除了放熱反應之外，利用直接接觸器亦可以均勻地混合流體，以進行吸熱反應。在進行吸熱反應時，需加熱系統，以增家反應劑的溫度，並改善反應。

### 直接接觸加熱器

利用多個直接接觸器可以作為直接接觸熱循環器。如此，可以均勻地輸入第三流體到反應系統中，藉以加熱反應流體 912。在直接接觸燃燒器內之熱交換流體及熱稀釋劑流體可以用來冷卻受到燃燒或其他熱源加熱的熱流體，而透過熱交換的方式，熱交換流體及熱稀釋劑流體可以加熱第三流體。

### 混合冷卻&反應劑

在系統內進行吸熱反應或是放熱反應時，水可以提供熱量。舉例而言，在水轉移反應中，可以使甲烷、重油、煤或其他的碳氫化合物，成為一氧化碳及氫氣。在期望之壓力及生成物下，藉由調整氧化劑流體/水之比率，可以得到期望的反應率及冷卻過程。

### 間接-混合熱量回復

透過表面熱交換器，液體可以吸收由熱燃燒流體放出的熱量，藉以加熱吸熱反應之反應劑及/或產物。利用接觸器可以傳送加熱的流體，藉以進行均勻的混合及反應，而受熱的流體可以用來加熱反應流體 912。如此，直接接觸器的燃燒可以達到更均勻的混合、較低的壓力降、較低的抽吸耗損、較佳的熱交換效率及較佳的熱回復率。

### 流體燃料、反應劑&稀釋劑/加熱器

三流體反應器-燃燒器可以用在更多的燃料流體上，包括各種的流體燃料或可流體化的燃料，可以包括液態燃料及氣態燃料，比如是天然氣及柴油。如此可以減少燃料價格及取得的經濟風險。

### 液態燃料

流體燃料可以包括各種的液態燃料。舉例而言：

- 1.液態石油燃料及蒸餾燃料，包括航用燃料、汽油、煤油、柴油、燃料油、工業燃油、原油、含沙粒的焦油(tar sand oil)、頁岩油(shale oil)、重化石液體(heavy fossil liquid)、傳輸煤之燃料流體及液化天然氣(LNG)等。

2. 植物油，包括棕櫚油、椰子油、醬油、油菜籽油、菜籽油及花生油等。
3. 蔬菜油之酯化。
4. 藉由加熱生物或化石之碳氫化合物所形成之熱解燃料。
5. 與氧化合之燃料流體，包括甲醇、乙醇及 MTBE。
6. 不含碳之液態燃料，包括液態氫、液態氨等。

### 氣態燃料

流體燃料可以包括各種的氣態燃料。舉例而言：

1. 任何化石或石油之氣體，包括天然氣、煤床甲烷、丙烷及丁烷。
2. 發生爐氣體(包括一氧化碳、氫氣及氮氣)、由氣化之化石燃料及氣體所形成之合成氣體(包括一氧化碳及氫氣)、富氧氣體或氧氣、氣化煤、氣化之焦油及氣化之重燃油等。氣化之燃料可以包括各種數量之一氧化碳及氫氣，其係視流體輸送情況、反應壓力及溫度而定。或者，亦可以包括甲烷或其他碳氫化合物，或者選擇性地可以包括殘餘未反應的燃料及/或包括氮氣及二氧化碳之稀釋劑。
3. 藉由在空氣中氣化生物形成之發生器氣體或合成氣體、富氧氣體或氧氣。
4. 氫氣、氨氣或其他不含碳之氣體燃料等。

### 具有水之燃料

流體燃料可以包含流體水，舉例而言：

1.燃料水之乳狀液，包括水與其他之液態燃料乳化、水亦可以與乳化劑或表面活化劑乳化，如 Orimulsion®。

2.混合有燃料之水，包括燃料內的水液滴、水內的燃料液滴。

3.混合有水氣、水蒸氣之氣態燃料。

4.具有上述燃料流體之混合流體

#### 可流體化之固態燃料

流體燃料可以由可流體化之固體燃料粒子所形成，並且還混合有稀釋劑流體，已流體化之稀釋燃料可以流入到燃燒器內。利用過熱的稀釋劑可以使粉狀的燃料流體化，比如是煤。利用具有足夠大之孔洞，其尺寸可以允許流體化之燃料輕易地流過，如此熱的稀釋燃料可以與稀釋的氧化劑混合，並流到一容室中。稀釋的燃料輸送管可以是傳熱不佳的材質，以避免凝結及阻塞的現象發生。由稀釋燃料及稀釋氧化劑所形成的混合流體會經過火焰承載器，且火焰承載器可以點燃稀釋燃料及稀釋氧化劑，此時部分之稀釋劑流體可以加入。之後，可以清潔能量流體。

此架構所包括的燃料比如是：

1.磨成細小粉末之煤炭，可以在氣體中或是在燃料流體中流體化，包括可磨成細小粉末之褐煤、瀝青煤灰、無煤灰之煤灰。

2.磨成細小粉末之生物體，可以在氣體中或是在燃料流體中流體化，包括鋸木屑、木頭粉末、活化碳粉末、麵粉、磨成細小粉末之農業殘餘物，比如是稻米殼、玉米、

小麥、燕麥、甘蔗、椰子及油棕櫚等。

## 氧化劑

爲了配合各種燃料流體及反應劑，可以輸送對應之反應劑或氧化劑流體，包括氧氣、各種氧化劑、或互補的反應劑等。氧化劑流體還可以包括稀釋劑流體，比如是氮氣、水、二氧化碳及例如是氬的惰性氣體等。

## 氣體

利用氣體作爲氧化劑流體，可以使氧氣流入到燃燒器或是反應器中，並且當欲控制氧化劑流體的流動時，可以補償氣體濕度、溫度及壓力的變化。

## 直接接觸噴灑過濾器

利用噴灑形式之直接流體接觸器的過濾器 392，可以噴灑液態稀釋劑，藉以去除氧化劑流體中灰塵及纖維，比如可以藉由氣體過濾器 390 過濾輸入的氣體。利用壓力差感測器 554，可以監測入口氣體過濾器 390 之壓力降，並且可以決定何時要清潔或置換氣體過濾器 390。

利用冷的液態稀釋劑可以冷卻及過濾空氣。此種過濾方式可以減少壓縮機 407 內及擴散器 440 內之纖維累積的速率，比如是壓縮機及擴散器的葉片上。冷卻空氣的過程可以使壓縮機容忍較多的受熱天數，而透過過濾的過程可以減少壓縮機及擴散器阻塞的比率，因此可以減少停工期的時間及清潔成本。如此可以減少流體過濾器 390 的壓力降，比如是氣體過濾器，故可以減少壓縮機的抽吸能量。

利用直接接觸過濾器 392 來噴出水，可以過濾氣體，

藉由控制燃燒前之稀釋劑的流動，並濕度變化及利用噴灑直接接觸過濾器 392，可以補償濕氣組成的變異。

### 氧氣

所輸送之氧化劑流體比如包括液態氧氣、蒸發液態氧氣所形成之氧氣，電接所形成之氧氣、薄膜或固體電解氧氣的分離、或其他方式所形成的氧氣。

傳統未稀釋之氧氣燃料燃燒會形成非常熱的能量流體 920，非常高的溫度會縮減燃燒器管線 60 之壽命。熱稀釋劑導管陣列之配置係可以使燃料流體及稀釋劑流體分佈在靠近的位置，如此可以限制熱的能量流體 920 的溫度。當在利用液態氧氣時，可以透過直接接觸器導管 10 來傳輸氧氣，藉以改善燃料流體、氧化劑及稀釋劑的混合，且可以控制組成的空間分佈。舉例而言，在輸送管內係具有均勻的組成。

因此可以得到較低之峰值流體溫度，且可以使燃燒器更具可靠度地容忍燃燒。利用熱稀釋劑導管及輻射屏蔽鰭板可以大幅度地減少燃料流體導管所面臨的熱通量，且可以控制靠近壁面的溫度，使其可以低於靠近中間部分的溫度。

### 富氧氣體

在一實施例中，可以利用富氧氣體來作為氧化劑的輸送，其中富氧氣體之氧氣濃度係高於一般空氣之氧氣濃度，而利用壓力搖蕩沸石濃度系統及真空壓力搖蕩濃度系統可以形成富氧氣體，或者亦可以使用薄膜富氧化方法。



在氧氣燃燒的情境下，利用多孔洞燃料流體導管陣列及多孔洞氧化劑流體導管陣列可以限制燃燒溫度，並且可以簡化燃燒器的設計。

#### 化學氧化劑

透過化學反應，可以輸送包括氯、乙烯氧化物及過氧化氫之氧化劑流體。

#### 熱稀釋劑/冷卻劑流體/加熱的流體

##### 水作為稀釋劑流體

透過直接接觸器所輸送的稀釋劑流體可以包括水，藉以冷卻反應流體 912，且會限制能量流體 920 的溫度。

冷卻水可以用來冷卻熱敏感構件，比如是壓力通道 170 及/或燃燒管線。壓力通道冷卻系統 178 可以維持壓力通道 170 的溫度低於 533K(約 260°C 或 500°F)，故可以使用較便宜之壓力通道構件，以符合 ASME 之標準。

利用直接流體接觸器可以輸送作為稀釋劑流體之被加熱的水到燃燒器內，故可以減少燃燒器的熱耗損。

利用熱交換器可以回復擴散流體的熱，成為較冷的稀釋劑流體。受熱的稀釋劑可以傳送回到燃燒器內，如此可以增加 VAST 系統的熱效率。

藉由冷卻擴張器 440 出口處的氣體，可以凝結稀釋劑流體及回復液態熱稀釋劑，比如可以凝結至少一部份的水蒸氣，以形成水，而所凝結的水可以輸送到燃燒器出口處上游的能量守恆系統中。

##### 二氧化碳作為稀釋劑流體

稀釋劑流體可以包括由燃燒所形成的二氧化碳，藉以限制燃燒的溫度。

作為稀釋劑流體的氣體及氮氣

在習知貧油燃燒動能系統中，係利用過量的氣體作為稀釋劑流體。然而，本發明可以減少作為稀釋劑流體之過量氣體，藉以改善熱效率。稀釋劑流體可以包括再循環之燃燒氣體或擴張氣體 924，比如含有氮氣、二氧化碳、水蒸氣及過量的氧氣。

天然或合成的油脂或流體

透過直接接觸器，可以輸送熱稀釋劑，其中熱稀釋劑可以包括低蒸氣壓的天然或合成油脂或流體。具有特殊熱特質及/或惰性化學特質之合成流體可以應用在本發明中，比如是氟氮化合物。

反應劑及產物

第一及/或第二流體可以包括冷卻或加熱之反應劑及/或產物，第一及/或第二流體可以傳送到反應構件中，並混合他們，以限制溫度。包括二氧化碳、水蒸氣、氮氣及/或惰性氣體之擴張氣體或廢氣體，可以進行再循環的過程。如此可以簡化產物分離系統、潔淨系統及反應物再循環系統。

形成可回復的二氧化碳

在能量流體擴張之後，二氧化碳會和能量流體分離。在峰值操作的情況下，可以控制氧化劑/燃料之空間相對比值( $\lambda$ )在 100%到 150%之間；在較佳的情況下，係介於

101%到 120%之間；在更佳的情況下，係介於 102%到 110%之間。此組成會分佈在燃燒開始附近的多處區域，並且會分佈在上游燃燒表面的附近。如此可以控制在效率燃燒的情況下，此時燃燒器內之能量流體會具有較低含量之一氧化碳及未燃燒的碳氫化合物，比如是在 375 個區域或是更多。透過熱稀釋劑可以達到能量流體之空間溫度控制。藉由控制組成及有效率的混合，可以達到輸送低含量之過量氧化劑流體的目的，及輸出較少量之污染物的目的。舉例而言，一氧化碳可以是 50ppm；在較佳的情況下，可以是 15ppm；在更佳的情況下，可以是 5ppm。

在習知技術中，並不是利用富氧氣體或氧氣作為燃燒之用，因此相較於習知技術，本發明之冷卻的廢氣中可以具有更高濃度之二氧化碳，如表 1 所示，表 1 係關於冷卻及乾燥之能量流體之氧氣及碳的殘餘量。

| 表 1 乾燥之氧氣及二氧化碳的殘餘量 VS 入口氣體 |                 |                 |                |                 |
|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 入口氣體                       | 非壓縮的殘餘廢氣體之濃度-乾燥 |                 |                |                 |
| 化學計量<br>之%                 | O <sub>2</sub>  | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> |
|                            | 莫爾%<br>(體積%)    | 莫爾%<br>(體積%)    | 質量%            | 質量%             |
| 334%                       | 15.00%          | 4.26%           | 16.39%         | 6.40%           |
| 300%                       | 14.31%          | 4.74%           | 15.61%         | 7.11%           |
| 250%                       | 12.94%          | 5.70%           | 14.07%         | 8.52%           |
| 200%                       | 10.87%          | 7.15%           | 11.75%         | 10.64%          |
| 150%                       | 7.34%           | 9.63%           | 7.87%          | 14.20%          |
| 110%                       | 2.04%           | 13.34%          | 2.16%          | 19.42%          |
| 105%                       | 1.07%           | 14.02%          | 1.13%          | 20.36%          |
| 100%                       | 0%              | 14.77%          | 0%             | 21.40%          |

舉例而言，當要燃燒柴油燃料及氧化劑流體內 110% 之化學計量氧化劑(比如是標準壓縮氣體內的氧氣)，在凝結擴張的流體內且在不含水蒸氣的乾燥環境下，非壓縮之二氧化碳的體積百分比例如是 13.34%，而質量百分比例如是 19.42%，其中柴油#2 的分子式可以是 C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>。在貧油燃燒下，入口處化學計量氣體百分比例如是 334%，則二氧化碳例如具有約 4.26%之體積百分比及 6.40%之質量百分比，而在乾燥環境下，殘餘非壓縮氣體之氧氣的體積百分比例如是 15%，而質量百分比例如是 16.39%。

在約為 110%之化學計量氣體內，進行柴油#2 的燃燒

時，二氧化碳濃度之質量百分比如是約為 303%，此情況若是在習知貧油燃燒系統中，則需要約 334%之化學計量氣體。在本實施例下游處之冷卻的擴張流體內，係具有較高濃度的二氧化碳，故相較於習知技術中超貧油燃燒的狀況下，本實施例可以減少能量的使用及成本，且可以離析出二氧化碳。

藉由減少過量的氧化劑流體，可以減少氧化劑流體內之非氧化劑的稀釋劑。利用氧氣或富氧氣體進行燃燒，可以消除氮氣及其他非壓縮氣態熱稀釋劑，藉由減少或除去空氣中的氮氣及其他稀釋劑，可以減少能量、設備及離析由高能擴張流體 924 燃燒所形成的二氧化碳之成本。

### 二氧化碳廢氣之應用

利用二氧化碳豐富之廢氣可以提供碳給食物、能量作物、水栽法的作物或利用海洋養殖的生物。本實施例之氮氧化物的濃度非常低，而可以提供高含量的碳，故可以減少氮氧化化合物的反應，因此可以加速蔬菜、水果或其他園藝產品的成熟。或者，可以藉由增加溫度，提高氮氧化物的生成，藉以加速植物的成熟。

二氧化碳可以從出口處之氣體分離出來，且含有豐富二氧化碳的氣體可以應用在製藥上、生物合成上或是其他需要高含碳量的製程。由於二氧化碳可以回收使用，因此本實施例可以更具效率及成本效益。

## 32.三流體燃燒器-烘乾機

三流體反應器可以用作為組合的燃燒器及烘乾機，第一接觸器 11 可以用來輸送燃料流體，且可以使燃料流體及氧化劑流體(比如是空氣)在輸送管內混合。在燃燒器內可以燃燒可燃燒的混合流體，以產生熱的能量流體。而第二接觸器 14 可以用來輸送稀釋劑流體，藉以冷卻能量流體到期望的溫度，使期望的流體可以乾燥化。

#### 乾燥而成為粉末

利用第三接觸器 14 可以均勻地輸送溶劑、懸浮劑或乳膠到能量流體中，使得熱氣體可以快速地蒸發，且可以乾燥含有這些物質之液體的均勻液滴，以形成期望的粉末。

三流體反應器-乾燥器可以利用連續的燃燒及流體流動，因此可以利用相較於習知烘乾機更小型之機器設備快速地形成均勻的粉末。另外，可以調整燃料流體流量及/或氧氣流體之流量，藉以形成具波動性質或脈衝性質的燃燒。

#### 乾燥低溫生成物

透過直接接觸器來傳送稀釋劑流體，可以冷卻能量流體，以達到乾燥生成物所能容忍的最大溫度。

#### 乾燥高溫生成物

當乾燥的產品可以容忍高溫燃燒時，在燃燒之前，可以利用直接流體接觸器 10 輸送含有流體的生成物，而能量流體可以作為燃燒時之稀釋劑流體及需要乾燥之物質的載體。如此，可以取代第二熱稀釋劑直接接觸器 14 的

地位。

### 生成物的離析

藉由各種離析方法，包括重力法、衝撞法及靜電沈澱法，可以離析粉末狀生成物。

利用熱燃燒流體及回復的生成物，可以乾燥流體物質。另一接觸器可以用來傳輸含有流體的物質到熱氣體中，藉以蒸發流體及形成粉末，類似回復的製程。

熱氣體可以乾燥濕或潮濕的燃料，而乾燥的燃料可以用在燃燒系統內作為主要或輔助之燃料流體。

### 乾燥纖維泥漿

藉由纖維泥漿可以形成能量流體及能量流體之直接噴出物。舉例而言，可以用來製作紙張、衛生紙及纖維板。當纖維泥漿流入到隔版之墊子內時，能量流體可以流經墊子，藉以乾燥纖維及墊子。

### 循環的液態載體及稀釋劑

為了回復乾燥後熱廢氣的熱量，利用第三接觸器可以形成直接接觸熱交換器。在垂直逆流的結構內，比如是水的冷卻流體可以接觸熱流體，如此之熱回復結構可以排出冷卻氣體，以及回復熱流體內之殘餘熱量。另外，還可以冷凝及回復稀釋劑流體及液態載體。

水可以用來回復熱量，受熱的水可以循環使用，並且可以作為載體，藉以溶解、懸浮或乳化需要烘乾的物質。當碳氫化合物用作為載體時，可以離析碳氫化合物及水，而能夠分別循環使用。

### 另一種直接接觸導管

利用其他方式亦可以形成直接接觸器導管，並且可以提供一些優點；

#### 多孔材質(porous)之導管

直接接觸導管係具有導管壁 30，其中導管壁 30 比如是多孔材質，以取代多孔洞之材料比如是燒結金屬、開放式陶瓷、塑膠泡沫、具有適當液晶結構且與生俱來具有多孔的材料等，金屬纖維、或是非金屬纖維等。相較於習知射出方法，流線型之多孔導管可以改善輸送管內流體輸送之空間均勻性。相較於多孔洞導管，多孔材質之導管可以不需要經過嚴格的過濾。

#### 多噴嘴導管

多個噴嘴可以配置在流線型導管 10 的周圍，而多個孔洞可以形成在噴嘴上，且可以朝向多個方向，藉以改善輸送管之空間覆蓋程度。噴嘴可以從導管處開始延伸，使得導管、噴嘴及孔洞可以噴出微液滴或小的液滴，且可以均勻地分佈在輸送管內。

#### 多噴嘴歧管

多個噴嘴可以配置在流線型歧管 240 的周圍，因此可以分佈有多個孔洞及多個微液滴。多個孔洞可以是位在噴嘴上，且朝向多個方向。依照導管的配置，多個歧管 240 可以是徑向地或是橫向地配置。噴嘴可以是從連接延伸導管之歧管 240 處向外延伸。



如此多流體噴出物，可以噴入到輸送管內之多個位置，藉以改善噴出物的空間分佈、氧化劑/燃料之比率的分佈及稀釋劑/燃料之比率的分佈。

#### 微旋器及小型漩渦器

微旋器 290 可以延著導管配置，並且配置在導管之間，藉以增加第二流體的紊流，及增加混合的效率。較大的小型漩渦器 299 可以產生較大的紊流。

#### 混合構件

混合構件可以是位在多孔洞導管 10 的下游處，藉以增加紊流及混合的效果。混合構件可以是球形的樣式、纖維狀的樣式、纖維構成的媒介、及/或具有複雜混合形狀之金屬、陶瓷或其他非金屬材料。

#### 混合輸送系統

輸送稀釋劑流體及/或燃料流體(或更多對應之反應劑)的方法是可以結合使用的。在壓縮機之後及渦輪之前，可以利用至少一接觸器或其他方法，藉以提供稀釋劑流體。藉由至少一或其他的輸送方法，可以使稀釋劑流體輸送率達到平衡。

利用直接接觸器可以達到水噴灑過濾的功能及/或達到使壓縮機 407 之上游處的氣體霧化的功能。流線型之直接接觸器陣列可以輸送水到壓縮機 407、408 或吹風機 406 之入口 409 處。如此相較於習知技術，可以在較低壓力降的情況下，進行均勻地噴灑。

利用接觸器 10 可以均勻地控制燃燒及溫度曲線，以

及至少一稀釋劑輸送系統。舉例而言，接觸器可以具有水或水蒸氣之輸送系統，比如可以在壓縮機前進行霧化、噴入水液滴到壓縮機 407 內、水液滴壓縮機之水中、內部壓縮機水液滴中、壓縮機間之液滴中、壓縮機(冷卻器)後的水液滴中、水飽合器中、或者液滴可以噴入到燃燒器 56 內之同流換熱器中、或水或水蒸氣之噴入系統中。

### 反應混合流體及能量流體之控制

直接接觸器可以是配置在熱系統內，藉以增加對混合流體組成的控制及對溫度曲線的控制。

### 置換氣態稀釋劑

利用接觸器傳輸方法可以均勻地混合燃料流體、氧化劑流體及稀釋劑流體。利用這些混合方法，可以在操作時趨近化學計量氧化劑/燃料之比率，因此氧化劑/燃料之比率可以大於貧油模式下之混合流體的化學計量比率。

在習知技術中，氣態稀釋劑流體或過量的氧化劑流體(比如是過量氣體)可以作為稀釋劑流體。舉例而言，藉由受控制之稀釋劑，可以減少氧化劑流體，從約 334%之氧化劑/燃料之比率開始下降，藉以使燃燒區域進行熱稀釋(比如在乾廢氣內，可以具有 15%之體積百分比的氧氣)。稀釋劑流體可以取代過量氧化劑流體，因此在操作時，氧化劑/燃料之化學計量比率可以是介於 100%到 150%之間。壓縮之氧化劑流體係具有氧氣，而氧氣之化學計量比率可以是介於 102%到 115%之間。

## 溫度控制

藉由輸入稀釋劑流體，可以控制離開燃燒器之燃燒流體及/或高能氣體的溫度曲線，比如是液態稀釋劑之稀釋劑流體可以輸送到熱系統中。透過接觸器可以輸送液態、氣態、及/或過熱的熱稀釋劑，且相較於習知技術，水/燃料之比率及氣體/燃料之比率的空間分佈可以是較均勻的，因此可以減少空間溫度的變異。

另外，噴嘴可以是配置在燃燒器內，且位在火焰的下游處，藉以增加水或蒸氣的輸送。

藉由控制稀釋劑流體輸送到燃料中的比率，可以控制可反應之混合流體或能量流體的溫度。在上述的燃燒反應中，要考量過量氧化劑、氣態熱稀釋劑或其他反應劑之參數、溫度、壓力、及用來改變反應溫度或能量流體溫度之每一流體的熱含量。

舉例而言，柴油#2 比如是處在 350K(約 77°C 或 171°F)，而壓縮氣體之化學計量比率比如是約 110%，且在約為 10 之壓力比率下(比如 10bar)，且溫度是在約 788K(約 515°C 或 959°F)，且入口氣體具有 60%之相對濕度下。當在上述條件下，在進行柴油燃料與氧化劑之燃燒時，且係以水作為稀釋劑的情況下，表 2 係列出在各種水/燃料之比率下所達到的溫度。

表 2 調整稀釋劑/燃料之比率來控制反應混合流體之溫度  
(柴油之溫度為 350K，110%之化學計量氣體，壓力為 10bar，相對濕度為 60%，溫度為 788K，水之溫度為 300K)

| 水/燃料<br>質量/質量 | 水/燃料<br>莫爾/莫爾 | 溫度<br>EK | 溫度<br>EC | 溫度<br>EF |
|---------------|---------------|----------|----------|----------|
| 0             | 0.176         | 2,230    | 1,957    | 3,555    |
| 1             | 1.658         | 2,102    | 1,829    | 3,323    |
| 1.5           | 2.588         | 1,993    | 1,719    | 3,127    |
| 2             | 3.168         | 1,884    | 1,611    | 2,931    |
| 2.67          | 4.428         | 1,752    | 1,479    | 2,695    |
| 3             | 4.975         | 1,692    | 1,419    | 2,586    |
| 4             | 6.633         | 1,524    | 1,251    | 2,284    |
| 5             | 8.292         | 1,367    | 1,094    | 2,001    |
| 6             | 9.95          | 1,236    | 963      | 1,765    |
| 7             | 11.61         | 1,119    | 846      | 1,555    |

舉例而言，在過量氣體約為 110%之情況下，且燃料係為柴油#2，而水/燃料(m/m)之比例約為 7:1，此時溫度可以控制在約為 846℃。當提供 2:1 之水/燃料(m/m)時，可以控制出口溫度約為 1611℃。此介於 7:1 到 2:1 之間的比例範圍係涵蓋商用氣體渦輪機之渦輪入口溫度的範圍。舉例而言，在 H 等級之技術下，冷卻葉片比如約為 900℃，GE 之溫度比如約為 1525℃。

利用 110%之過量氣體，燃料係為柴油#2，水/燃料之

比率係約為 1.5:1，可以使能量流體之溫度達到 1720℃。類似之渦輪入口溫度可以應用在高溫實驗陶瓷渦輪上。當水/燃料之比例約為 1:1 時，且燃料係為柴油#2，則能量流體之溫度可以達到約 1829℃。

在不同的溫度下，或是在不同的過量氧化劑或過量氣體稀釋劑之比率下，或是在不同的入口情況或熱回復下，或者燃料可以是天然氣或其他燃料流體，使用者可以利用一般可知的熱化學反應或可計算的流體動態程式，計算出水/燃料之比率。

藉由噴出稀釋劑流體，可以控制燃燒器出口處之能量流體的溫度低於約 2073K(約 1800℃ 或 3272°F)。而此處的溫度可以控制在高於冷卻之流體稀釋劑的溫度下，比如就水而言，係約為 1℃ 或 34°F。

稀釋劑流體之質量流量比率可以是高於燃料之質量流量比率。舉例而言，水/柴油#2 之比率可以是介於 2:1 到 7:1 之間，藉以控制能量流體的溫度在介於約 1611℃ 到約 846℃ 之間。較佳的情況下，要涵蓋大部分商用氣體渦輪機之渦輪入口溫度的範圍。

就習知技術而言，在火焰不會熄滅的狀況下，在不會排放出過多一氧化碳的狀況下，且在不會有過高壓力震盪的狀況下，可以限制水量，比如水/燃料之質量比可以是少於 1.1:1。然而在本發明中，水/燃料之質量比可以是至少約 1.5:1。利用接觸器陣列傳輸稀釋劑，可以減少能量流體的溫度至任何溫度。

能量流體的溫度可以控制在低於小於 100℃，利用低於周圍溫度的冷凝劑(比如約 15℃)可以使水蒸氣凝結，比如利用冷卻水可以控制溫度低至約 1℃。而利用其他的稀釋劑可以冷卻已經冷卻且乾燥的流體至更低的溫度，比如是利用氮氣或氧氣的沸點。

## 結論

利用本發明的方法，可以使流體接觸、混合或是反應。雖然本發明已以一較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾。

就尺寸而言，並沒有限制。熟悉該項技藝者應知，流體孔洞、流體通道或其他元件之尺寸、方向及結構係可以做適當的更動，以達到上述的優點。二維或三維之導管、多孔洞導管、歧管、子歧管及導管陣列結構可以改變厚度、直徑、截面形狀、間距或方向等參數。

利用燃料、稀釋劑、水、氣體、氧氣及氧化劑，可以混合多種反應或是非反應的流體結合使用。而流體可以是類似脈衝多次輸送或是連續的輸送。各種方法可以有效率地使用，以達到本發明的目的。

由於與橫截面、軸向、徑向及圓周方向有關，因此可以利用比如是曲線座標系統之任何座標系統，包括 Cartesian 系統、圓柱系統、球狀系統或環狀系統等。由於與橫截面分佈、軸向分佈或曲線有關，因此可以利用曲線

方向之空間控制方法。接觸器、陣列、裝置或輸送管方向可以是任意配置，以達到本發明的優點。

流體輸送控制係可以控制噴出液滴或微液滴的尺寸及流率，利用量測裝置，可以控制孔洞 80 的位置、孔洞 80 之噴出壓力差的分佈、孔洞的振動、流體壓力及孔洞 80 外的電磁場等。

本發明之結構、技術及特點係敘述如上，，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾。

#### 【圖示簡單說明】

圖 1 繪示具有控制系統及輸送系統的燃燒器之立體示意圖，燃燒器可以容納第一流體(燃料)、第二流體(氧化劑)及第三流體(稀釋劑)。

圖 2 繪示多區域燃燒器的示意圖，其中多區域燃燒器具有多葉片擴散器、稀釋劑及燃料輸送系統，且具有混合、燃燒及平衡的功能。

圖 3 繪示絕緣多燃料流體及稀釋劑流體輸送導管組的立體示意圖。

圖 4 繪示環形燃燒器的示意圖，環形燃燒器係具有多個控制方位角的燃料接觸器及稀釋劑接觸器，位在一環形輸送管內，環形輸送管係具有火焰承載器及橋接的接觸器。

圖 5 繪示孔洞及流體接觸器間液滴的放大示意圖。

圖 6 繪示在連接的流體接觸器之軸向彎曲延伸的示

意圖。

圖 7 繪示具有多種不同方位角之流體輸送接觸器的放大示意圖。

圖 8 繪示環形燃燒器的示意圖，環形燃燒器包括多個徑向燃料接觸器及徑向稀釋劑接觸器，位在一環形輸送管內，環形輸送管具有清潔輸送管及清潔閥。

圖 9 繪示多種不同之徑向流體輸送接觸器的放大示意圖。

圖 10 繪示多流體輸送歧管的放大示意圖，其中多流體輸送歧管係具有清潔輸送管及清潔閥。

圖 11 繪示位在燃料接觸器導管上及稀釋劑接觸器導管上的燃料孔洞及稀釋劑孔洞的示意圖，藉以在導管之間形成含有豐富混合流體的子區域及含有較少混合流體的子區域。

圖 12 繪示在接觸器導管上之燃料孔洞及稀釋劑孔洞之平行排列的示意圖，在接觸器導管之間係形成含有豐富混合流體的子區域及含有較少混合流體的子區域。

圖 13 繪示燃料液滴及稀釋劑液滴噴出到接觸器間的示意圖，在接觸器導管之間係形成含有豐富混合流體的子區域及含有較少混合流體的子區域。

圖 14 繪示環形多通道擴散器的示意圖，其中擴散器含有多流體歧管及方位角流體輸送接觸器。

圖 15 繪示在擴散器葉片處及子歧管處之多孔流體接觸器的局部放大示意圖，其中子歧管係位在擴散器出口處



的附近。

圖 16 繪示環形多通道擴散器的放大示意圖，其中擴散器係具有徑向流體多孔接觸器。

圖 17 繪示徑向多孔接觸器之間的微液滴之放大示意圖。

圖 18 繪示環形多通道擴散器的放大示意圖，多通道擴散器係具有徑向流體歧管及方位角接觸器，平行於擴散器之分開葉片，且位在分開葉片的下游。

圖 19 繪示環形多通道擴散器的放大示意圖，其中擴散器係具有徑向接觸器，橫切於擴散器之分開葉片，且位在分開葉片的下游。

圖 20 繪示具有孔洞之多個流體接觸器的放大示意圖。

圖 21 繪示三流體接觸器控制方法的示意圖。

圖 22 繪示由位在上游處及下游處且靠近擴散器出口處之環形單一通道擴散器及多通道擴散器所形成的速度曲線。

圖 23 繪示應用在三流體反應器控制方法上的橫切溫度曲線、氧化劑/燃料曲線( $\lambda$ )、導管間距、及燃料噴出物與稀釋劑噴出物的噴出距離。

圖 24 繪示在環形反應器內之橫切方向的限制上，稀釋劑孔洞及燃料孔洞之橫切直徑曲線、及稀釋劑及燃料孔洞的空間曲線。

圖 25 繪示三流體環形燃燒器之每一孔洞之稀釋劑流

量及燃料流量的橫切曲線，燃料導管或稀釋劑導管之管壁厚度/孔洞直徑的橫切曲線。

圖 26 繪示在期望之液滴尺寸橫切分佈下，稀釋劑及燃料之蒸發距離的橫向分佈限制的示意圖。

圖 27 繪示橫切的上游壓力曲線、期望的下游壓力限制及稀釋劑動能的橫切曲線之示意圖。

圖 28 繪示角型凹陷之三流體燃燒器的示意圖，其中三流體燃燒器係具有內部火焰承載器、一燃料接觸器、一稀釋劑接觸器、一冷卻的燃燒器管線及一絕緣的壓力通道。

圖 29 繪示二流體接觸器導管之立體示意圖，流體接觸器導管之間係配置有多孔之波浪狀固定板。

圖 30 繪示燃燒器冷卻鰭板-管線的立體示意圖，其中燃燒器冷卻鰭板-管線係具有絕緣的波浪狀鰭板及冷卻通道。

圖 31 繪示具有二流體通道之流體接觸器導管的示意圖。

圖 32 繪示具有二流體通道及一波浪狀鰭板固定裝置之流體接觸器導管的示意圖。

圖 33 繪示具有二流體通道及二波浪狀鰭板固定裝置之流體接觸器導管的示意圖。

圖 34 繪示具有一網狀固定裝置及一波浪狀鰭板固定裝置之流體接觸器導管的示意圖。

圖 35 繪示具有一導管支撐裝置及多個下游鰭板固定

裝置之二導管的示意圖。

圖 36 繪示具有一分開的鰭板固定裝置之導管的示意圖。

圖 37 繪示具有二分開的鰭板固定裝置之導管的示意圖。

圖 38 繪示絕緣流線型的三通道多孔接觸器導管之剖面示意圖，此接觸器導管係具有一燃料流體通道及二相鄰的稀釋劑流體通道。

圖 39 繪示絕緣之尖型三通道多孔接觸器導管之剖面示意圖，此接觸器導管係具有一燃料流體通道及二相鄰的稀釋劑流體通道。

圖 40 繪示流線型多通道接觸器導管之剖面示意圖，此接觸器導管係具有燃料流體通道及稀釋劑流體通道。

圖 41 繪示流線型多通道之導管-輸送管連接處的立體示意圖，其中此連接係具有中間燃料流體通道及相鄰的稀釋劑流體通道。

圖 42 繪示多通道接觸器導管陣列的立體示意圖，其中此陣列係具有導管間輸送管及歧管。

圖 43 繪示六角型多通道接觸器導管陣列模組的立體示意圖，此模組係具有多通道次歧管，係連接到中間歧管頭部上。

圖 44 繪示漏斗型凸起之燃燒器的示意圖，此燃燒器係具有燃料及燃料接觸器、稀釋劑接觸器、周圍的火焰承載器及具有不同熱傳比率的加熱器導管。

圖 45 繪示具有逐漸減少輻射屏蔽效應的熱屏蔽結構。

圖 46 繪示具有逐漸減少熱絕緣效應的熱屏蔽結構。

圖 47 繪示具有逐漸減少熱屏蔽效應的熱屏蔽結構。

圖 48 繪示配置在加熱器導管間的六角型樣式之尖形表面燃燒器的剖面示意圖。

圖 49 繪示受支撐的尖形表面表面燃燒器之立體示意圖，其中燃燒器具有歧管及絕緣墊片。

圖 50 繪示加熱器導管間 Cartesian 陣列形式之尖形表面燃燒器的剖面示意圖。

圖 51 繪示尖形表面燃燒器的立體示意圖，其中燃燒器具有軸向接觸器，而軸向接觸器配置有絕緣墊片及頂蓋。

圖 52 繪示燃燒器的立體示意圖，燃燒器具有平面形式的燃料及稀釋劑接觸器及內部火焰承載器。

圖 53 繪示圓筒狀燃燒器的立體示意圖，燃燒器係具有雙通道接觸器、火焰承載器及流量屏蔽裝置。

圖 54 繪示集中形式之凹形燃燒器的示意圖，其中燃燒器具有雙通道接觸器、中間火焰承載器及下游混合室。

圖 55 繪示周圍具有槽道之圓筒狀燃燒器的立體示意圖，燃燒器係具有位在周圍之雙通道流體接觸器陣列，而接觸器具有二歧管。

圖 56 繪示周圍具有槽道之圓筒狀燃燒器的立體示意圖，燃燒器係具有軸向雙通道流體接觸器陣列，而接觸器

具有二歧管。

圖 57 繪示周圍具有槽道之圓筒狀燃燒器的立體示意圖，燃燒器係具有上部及下部之周圍孔洞流體接觸器及一中間電極。

圖 58 繪示具有徑向通道之圓筒狀燃燒器的立體示意圖，燃燒器係具有二周圍孔洞流體接觸器及二軸向同心多孔洞直接流體接觸器。

圖 59 繪示坐式 T 字形之微旋器之立體示意圖，微旋器係分佈在多流體接觸器上。

圖 60 繪示跨坐式鞍形之微旋器的立體示意圖，微旋器係分佈在多流體接觸器上。

圖 61 繪示具有多孔洞導管之微旋器的立體示意圖，微旋器係分佈在多流體接觸器上。

圖 62 繪示跨坐式 T 字形微旋器(左側)及鞍型微旋器(右側)配置在接觸器上的上視圖，藉以在間隔的導管間距及導管處進行混合。

圖 63 繪示跨坐式 T 字形微旋器(左側)及鞍型微旋器(右側)配置在導管組上的上視圖，藉以形成均勻方向的漩渦。

圖 64 繪示坐式 T 字形微旋器(左側)及跨坐式鞍型微旋器(右側)配置在導管組上的上視圖，藉以形成漩渦在間隔的間距處。

圖 65 繪示跨坐式 T 字形微旋器(左側)及坐式鞍型微旋器(右側)配置在導管組上的上視圖，藉以形成漩渦在間

隔的導管處。

圖 66 繪示燃料及稀釋劑接觸器導管之高電壓刺激的示意圖，在輸送管之一半處，導管係具有上游及下游之電極陣列。

圖 67 繪示燃料及稀釋劑流體輸送系統之高電壓刺激的示意圖，在輸送管之一半處，輸送系統係具有電絕緣火焰承載器及下游電極。

圖 68 繪示電絕緣流體輸送系統之示意圖，輸送系統係適於在高電壓下輸送導電流體。

圖 69 繪示加壓流體燃燒器的剖面示意圖，加壓流體燃燒器係具有燃料導管、稀釋劑導管、歧管、火焰承載器、周圍的絕緣層及壓力通道。

圖 70 繪示燃燒器壁之剖面放大示意圖，燃燒器壁具有彈簧-鰭板冷卻劑通道，位於絕緣楔形結構與壓力通道之間。

圖 71 繪示燃燒器壁之放大上視示意圖，燃燒器壁具有外部冷卻鰭板-通道及彈簧，位於絕緣楔形結構與壓力通道之間。

圖 72 繪示超環面(toroidal)火焰承載器的立體示意圖，火焰承載器係具有位在上游處周圍之氧化劑流體入口通道及熱氣體出口通道。

圖 73 繪示超環面火焰承載器的剖面示意圖，火焰承載器係具有位在上游處周圍之氧化劑流體入口通道、點火器、位在上游處周圍之熱氣體出口通道、及單一的外壁。

圖 74 繪示超環面火焰承載器的剖面示意圖，火焰承載器係具有位在上游處之軸向氧化劑流體入口通道、點火器、及位在下游處之熱氣體出口通道。

圖 75 繪示超環面火焰承載器的剖面示意圖，火焰承載器係具有位在上游處周圍之軸向氧化劑流體入口通道、點火器、位在上游處周圍之熱氣體出口通道及雙外壁。

圖 76 繪示三流體燃燒控制系統的示意圖，利用接觸器導管適於輸送第一流體(燃料)及過濾後的第三流體(稀釋劑)，且第一流體及第三流體適於與第二流體(氧化劑)進行混合及燃燒。

圖 77 繪示馬達的剖面示意圖，馬達係具有冷卻的外部啓動器及利用液滴冷卻之小間隔內部轉子，其係連接於幫浦頭部。

圖 78 繪示利用利用液滴冷卻之轉子的放大示意圖，其係由周圍的軸承所支撐，其中軸承係位在冷卻起動器內。

圖 79 繪示利用液滴冷卻且具有小間距之外部轉子-幫浦頭部的示意圖，其中頭部係具有內部冷卻馬達。

圖 80 繪示習知馬達轉矩及波動的幫浦流動之示意圖，其可以補償轉矩及控制之幫浦流動。

圖 81 繪示生成物加熱形成的方法。

#### 圖示標示說明

2：反應器系統或接觸器系統

3：第一流體通道

- 4：第二流體通道
- 5：第三流體通道
- 6：導管內表面
- 7：導管外表面
- 8：導管
- 9：導管軸線
- 10：流體通道、多孔洞接觸器導管或構件上之孔洞
- 11：第一流體或燃料流體之孔洞通道、燃料流體之多孔洞接觸器導管
- 12：液態燃料流體之孔洞通道、液態燃料流體之多孔洞接觸器導管
- 13：氣態燃料流體之孔洞通道、氣態燃料流體之多孔洞接觸器導管
- 14：熱稀釋劑流體孔洞通道、稀釋劑多孔洞接觸器導管
- 15：燃料流體通道
- 16：雙通道接觸器之多孔洞導管
- 17：熱稀釋劑通道
- 18：組合之雙通道接觸器的多孔洞導管
- 19：連接之流體接觸器的多孔洞導管
- 20：同中心的通道接觸器之多孔洞導管
- 21：曲線形多孔洞導管部分
- 22：絕緣之稀釋劑接觸器的多孔洞導管
- 24：絕緣的稀釋劑噴出物接觸器之多孔洞導管



- 26：流線型三通道接觸器之多孔洞導管
- 28：尖形三通道接觸器之多孔洞導管
- 30：管壁
- 31：內管壁
- 32：薄導管壁部分
- 33：導管側壁
- 34：熱絕緣阻隔層
- 35：機械防護層、防腐蝕塗佈層
- 36：內導管固定裝置或導管部分
- 37：外部導管支撐結構
- 38：導管支撐結構
- 39：連接點
- 40：鰭板固定裝置或熱鰭板
- 42：網狀固定裝置
- 44：多孔洞之板狀結構
- 46：鰭板-固定裝置之導管
- 48：雙鰭板-固定裝置之導管
- 50：導管振動器
- 52：燃燒器
- 54：曲線形之彈性輸送導管
- 56：燃燒器
- 57：內部燃燒器固定裝置
- 58：外部燃燒器固定裝置
- 59：燃燒器壁面

- 60：燃燒器管線
- 61：導管-鰭板管線
- 62：導管-鰭板冷卻劑通道
- 64：平坦的鰭板
- 66：波浪狀鰭板
- 67：鰭板擴張間距
- 69：組合的然繞管線
- 70：導管-鰭板固定裝置
- 72：彈性的導管陣列支撐結構
- 74：導管連接孔
- 80：孔洞(可以包括非圓形的開口)
- 82：燃料流體孔洞或燃料孔洞
- 83：熱稀釋劑孔洞或稀釋劑孔洞
- 84：軸向孔洞、具有軸向構件之孔洞
- 85：徑向孔洞、具有徑向構件之孔洞
- 86：傾斜孔洞，角度係不垂直於流體流動的方向
- 87：較大的孔洞開口
- 88：孔洞入口
- 89：較小的孔洞開口
- 90：孔洞出口
- 91：六角型的孔洞陣列
- 92：Cartesian 或長方形的孔洞陣列
- 93：圓柱狀接觸器陣列
- 94：流體取樣導管

96：稀釋劑取樣之接觸器導管

100：火焰承載器、點火裝置、點火器、引導光線或  
引導火焰

102：修正後超環面(toroidal)容室

103：內凹調整器

104：燃料流體導管/通道

106：熱稀釋劑導管/通道，稀釋劑導管通道、輸送管  
或構件

107：氧化劑入口通道

108：主氧化劑導管/通道

110：引導氧化劑導管/通道

111：周圍的通道

112：混合流體的輸送通道

114：熱氣體入口通道

116：熱氣體輸送火焰導管

118：火焰承載器支撐構件

120：絕緣的熱阻障隔絕層

121：熱阻障結構

122：流線型罩蔽物

124：點火器

126：點火器刺激源

130：流體輸送管

131：流體子輸送管，較小的流體輸送管

132：流體輸送管壁

- 133：流體輸送管軸線
- 134：流體輸送管入口、燃燒器入口、蒸發器入口、飽和器入口
- 136：流體輸送管出口、反應器出口、蒸發器出口、飽和器出口
- 137：流體輸送管中心處
- 138：輸送管壁之冷卻通道
- 139：流體輸送管視窗、電磁傳透壁
- 140：集中共振導管
- 142：彈簧-鰭板冷凝劑輸送管
- 144：圓形輸送管、橢圓形輸送管、圓筒形輸送管
- 145：長方形輸送管
- 146：環形輸送管
- 148：稀釋劑流體輸送管
- 150：絕緣結構
- 151：絕緣墊片
- 152：絕緣楔形結構
- 154：絕緣環
- 156：絕緣管
- 158：輻射絕緣彈簧
- 160：軸向絕緣彈簧
- 162：絕緣屏蔽結構
- 168：燃燒器出口包覆結構
- 170：壓力通道

- 172：壓力通道壁
- 174：壓力通道端部封蓋/通道
- 176：壓力通道
- 178：壓力通道冷卻系統
- 180：多樣的熱阻障層
- 182：各種輻射屏蔽結構、各種孔洞熱屏蔽結構、屏蔽結構的數目
- 184：各種絕緣熱阻障層、各種厚度、各種絕緣覆蓋物
- 186：熱傳鰭板
- 188：各種熱傳表面、各種深度的鰭板、鰭板之數目
- 190：引擎汽缸
- 192：燃燒汽缸
- 194：輸送管滑動通道、圓筒槽道通道
- 196：輸送管一側之通道、圓筒一側之通道
- 197：往復運動的活塞
- 198：圓筒之磨耗條狀結構
- 200：組合的多孔洞導管、組合的導管
- 202：導管支撐結構
- 204：軸向導管部分
- 206：周圍的導管結構
- 220：多通道之組合接觸器導管
- 222：導管通道或導管輸送路徑
- 224：第一流體導管輸送路徑，比如是燃料流體導管

## 通道

226：內部通道之導管壁

228：第三流體導管輸送路徑，比如是熱稀釋劑導管

## 通道、稀釋劑導管通道

229：流線型延伸部分或罩蓋

230：流量控制閥

231：子輸送管閥

232：清潔閥

233：子歧管閥

244：歧管

242：燃料流體歧管

244：熱稀釋劑歧管、稀釋劑歧管

246：多通道歧管

247：中間歧管頭部

248：水壓輸入路徑

249：歧管壁

250：歧管連接孔

252：歧管端部開口

254：第二歧管或子歧管

255：導管-輸送管連接處

256：鋸齒狀結構或脊狀結構

257：內導管之輸送結構

258：接合層

259：組合的子歧管

- 260：接觸器孔洞陣列或多孔導管陣列
- 261：向下游逐漸增加的角型內凹孔洞陣列或凹陷的多孔洞導管陣列
- 262：角型錐狀孔洞陣列或角型錐狀多孔洞導管陣列
- 263：向下游逐漸減少的漏斗型凸起之孔洞陣列或凸起的多孔洞導管陣列
- 264：漏斗型錐狀孔洞陣列或錐狀多孔洞的導管陣列
- 265：橢圓的平面孔洞陣列、橢圓或圓形的多孔洞導管陣列
- 266：長方形或梯形之平面孔洞陣列
- 267：環形平面孔洞陣列或環形平面的多孔洞導管陣列
- 268：長方形帷幕、角錐形孔洞陣列或多孔洞導管陣列
- 269：環形帷幕孔洞陣列、環形帷幕多孔洞導管部分或陣列
- 270：橢圓形或圓形之孔洞陣列或多孔洞導管陣列
- 271：筒狀或帽子形狀的孔洞陣列或多孔洞導管陣列
- 272：尖形孔洞陣列或多孔洞導管陣列
- 273：球根狀或蒲公英狀的孔洞陣列或多孔洞導管陣列
- 274：子孔洞陣列、多孔洞接觸器導管陣列模組
- 275：組合的燃燒器或筒形燃燒器
- 276：加熱器導管

- 277：內部加熱器導管壁
- 278：外部加熱器導管壁
- 279：加熱器導管組或加熱器導管壁
- 280：支撐結構
- 282：陣列底板
- 284：皺折的陣列
- 290：微旋器
- 291：導管上跨坐式鞍型微旋器
- 292：坐式鞍型微旋器
- 293：導管間跨坐式 T 形微旋器
- 294：坐式 T 形微旋器
- 295：螺旋狀微旋器葉片
- 296：微旋器支撐結構
- 297：微旋器葉片
- 298：微旋器葉片
- 299：小型漩渦器
- 300：高電壓供給源
- 301：電源供應裝置
- 302：接地電極
- 304：正電極
- 306：負電極
- 308：第一電壓電極
- 310：第二電壓電極
- 312：第三電壓電極



- 314：支撐絕緣結構
- 316：高電壓輸送路徑
- 320：燃燒器電極、分配器電極
- 322：燃料流體陣列電極
- 324：稀釋劑陣列電極
- 326：網柵電極
- 328：冷卻的導管電極
- 330：軸向電極
- 332：周圍的電極
- 334：中間輸送管電極
- 340：導電液體絕緣裝置
- 342：接地之幫浦
- 343：多孔洞的液體散佈器
- 344：絕緣的液態液滴塔
- 346：稀釋劑收集裝置、液態稀釋劑或液滴的收集裝置

置

- 348：絕緣支撐結構
- 350：高電壓之幫浦
- 356：第一流體輸送裝置
- 358：第三流體輸送裝置
- 360：第一流體輸送系統或燃料輸送系統
- 361：第三流體輸送系統或稀釋劑輸送系統
- 362：貯存槽
- 364：幫浦、流體幫浦

- 366：輸送幫浦
- 367：獨特的歧管幫浦
- 368：再循環幫浦
- 369：流體波動阻尼器
- 370：壓力/流量調整器
- 372：引導火焰/火焰承載器燃料輸送系統
- 373：引導火焰/火焰承載器熱稀釋劑輸送系統
- 374：旋轉的促動器
- 376：旋轉的幫浦頭部
- 377：幫浦轉子
- 378：線性促動器
- 379：螺線管
- 380：過濾器
- 382：粗糙的流體過濾器、粗糙的液體稀釋劑或粗糙的燃料過濾器
- 384：較佳的流體過濾器、較佳的液體稀釋劑或較佳的燃料過濾器
- 386：均勻的孔洞過濾器或最大尺寸的過濾器
- 388：再循環分流過濾器
- 390：流體過濾器或氣體過濾器
- 392：噴出物直接接觸過濾器
- 394：流量均勻器或調整器
- 398：第二流體輸送裝置
- 400：第二流體輸送系統，氧化劑輸送系統

- 402：接觸器之霧氣產生器
- 404：接觸器預冷裝置
- 406：吹風機
- 407：壓縮機
- 408：第一或低壓壓縮機
- 409：吹風機/壓縮機入口/入口
- 410：第一內部冷凝器
- 412：第二或中壓壓縮機
- 414：第二內部冷凝器
- 416：第三或高壓壓縮機
- 417：後部的冷凝器
- 418：引導/火焰承載器氧化劑輸送系統
- 420：擴散器
- 421：擴散器葉片或分開的葉片
- 422：混合區域或連接的輸送管
- 424：燃燒室
- 426：平衡區域或過渡區域
- 429：擴散器葉片支撐結構
- 440：擴張器(渦輪或引擎)
- 442：高壓渦輪
- 444：低壓渦輪
- 446：渦輪平台
- 448：渦輪葉片(噴嘴)
- 450：渦輪葉片(桶狀物)

- 460：驅動系統
- 462：第一驅動軸
- 464：第二驅動軸
- 466：傳動裝置
- 468：各種速度的驅動裝置
- 470：熱交換器或熱回復系統
- 472：過熱裝置
- 474：蒸發器(鍋爐)
- 476：廢氣預熱器
- 478：預熱器
- 480：凝結器
- 481：收集器輸送管
- 482：表面凝結器
- 483：直接接觸熱交換器或直接流體接觸器
- 484：直接接觸冷凝器
- 485：冷卻的熱交換器、冷卻的保護罩
- 486：冷卻系統
- 488：液體-液體熱交換器
- 490：氣體-液體熱交換器
- 492：再循環幫浦
- 494：供應水槽
- 496：去離子水槽
- 498：噴出物清潔系統
- 500：產生器

- 502：再壓縮機
- 510：擴散器
- 512：乾燥冷卻塔
- 516：混合冷卻塔
- 518：廢氣擴散器
- 520：粒子分離裝置或液滴分離裝置
- 522：重力分離裝置
- 524：多輸送管重力分離裝置
- 526：旋風分離裝置
- 528：靜電凝結裝置
- 530：撞擊分離裝置
- 540：液體調節器
- 542：爲粒過濾器
- 544：PH 值調節器
- 546：CO<sup>2</sup> 清除器
- 548：去離子器
- 550：實體的參數感測裝置或轉換器
- 552：壓力感測器或轉換器
- 554：壓力差感測器或轉換器
- 558：溫度感測器或轉換器
- 560：第一流體流量感測器或轉換器，比如是燃料流  
體流量感測器
- 562：第二流體流量感測器或轉換器，比如是氧化劑  
流體流量感測器

564：第三流體流量感測器或轉換器，比如是熱稀釋劑流體流量感測器

570：成分感測器或轉換器

572：氧氣感測器或轉換器

574：氮氧化物感測器或轉換器

576：一氧化碳感測器或轉換器

578：未燃燒之碳氫化合物感測器或轉換器

580：監測感測器/速度量測裝置

582：幫浦位置感測器或轉換器或速度量測裝置或旋轉編碼器

584：壓縮機/吹風機位置或速度量測裝置或轉換器

586：流量調節控制感測器或轉換器(比如是位置/監測感測器)

588：控制系統

590：控制器

592：第一流體控制器，比如是燃料流體控制器

594：第二流體控制器，比如是氧化劑流體控制器

596：第三流體控制器，比如是熱稀釋劑流體控制器

598：熱流體控制器

600：馬達

602：轉子

604：強化的覆蓋物

606：轉軸

608：定子

610：軸承

612：中空核心軸承

902：第一流體液滴或泡沫

903：第一流體液滴或微液滴

900：流體

901：第一流體，包括含有流體之第一反應劑、含有流體之燃料或熱稀釋劑，在此稱為燃料流體。(比如是含有燃料、熱稀釋劑的氣態燃料、液態燃料或可流體化的粉末燃料，燃料流體可以經由多孔洞燃料導管輸送，且由孔洞噴出)

902：稀釋的第一流體，亦即第一流體或燃料流體含有熱稀釋劑流體。(生成物氣體比如是由氫氣、一氧化碳、氮氣、過量氣體及溶解有乙醇的水所混合而成)

903：引導第一流體，係為含有第一反應劑或燃料流體之少量的第一流體。

904：第二流體，包括第二反應劑、氧化劑或熱稀釋劑，在此稱為氧化劑流體，亦包括潮濕的氧化劑。(比如是潮濕的氣體、混合有水或水蒸氣的富氧氣體，氧化劑流體係流經具有多孔洞導管之流體輸送管、或是流經氧化劑多孔洞導管。)

905：稀釋的第二流體，亦即係為含有熱稀釋劑的第二流體或氧化劑流體，在此稱為潮濕的氧化劑。(比如是將水蒸氣混合在富氧氣體中)

906：引導第二流體，此流體流量係小於第二流體流

量，成分包括第二反應劑或氧化劑，在此稱為引導氧化劑。

907：第三流體，係為熱稀釋劑或稀釋劑流體，包括惰性流體或具有低反應能力的流體，比如是濃度不高的氧化劑，可以吸收熱量或發出熱量，且可以改變熱焓及溫度，在此稱為熱稀釋劑、稀釋劑流體或冷卻的稀釋劑，當稀釋劑流體係為可氣化時，可以區分為氣體稀釋劑及液體稀釋劑。(比如是水、水蒸氣、過量氣體、二氧化碳、燃燒的在循環生成物，稀釋劑流體可以經由熱稀釋劑多孔洞導管傳輸，且可以由孔洞噴出)

908：引導第三流體，此流體流量係小於第三流體流量，成分包括熱稀釋劑，有時候還包括過量的氧化劑流體，在此稱為引導稀釋劑。

909：稀釋的燃料混合流體，含有流體的燃料係稀釋成在入口處係為不能燃燒的狀態，但是經過加熱，卻係為可以燃燒的狀態。

910：混合的稀釋劑流體，熱稀釋劑含有分散的液態熱稀釋劑、氣態的熱稀釋劑或過量的氧化劑流體，在此稱為霧狀的稀釋劑。(比如是水液滴的霧氣、二氧化碳的霧氣、燃燒生成物或過量氣體的霧氣)

911：可反應的混合流體，係為可以快速反應的流體，此流體包括第一流體或燃料流體、及第二流體或氧化劑流體，且可以選擇性地包括第三流體或熱稀釋劑，在此稱為可燃性的混合流體。(比如是在貧油燃燒或富油燃燒的情況下，混合有潮濕氣體、氣態燃料、液態燃料或蒸氣燃料)



等)

912：反應流體，進行化學反應的流體，一般包括至少兩種以上的反應劑流體。

913：燃燒流體：係為一種反應流體，包括燃料流體及氧化劑流體，在此係指火焰或燃燒氣體。

914：火焰鋒面：流體快速反應或燃燒的區域

916：平衡氣體：在進行殘餘反應的反應流體，以達到化學平衡。

920：能量流體：可以傳輸能量的流體，係為一種熱壓力流體，包括反應生成物、第一流體及第二流體的剩餘部分及熱稀釋劑等。(舉例而言，藉由燃燒燃料流體及氧化劑流體可以形成熱壓力流體，氧化劑流體比如是壓縮氣體或過量氣體，水蒸氣可以用來稀釋氧化劑流體。

924：擴張流體，位在擴張器或是作功引擎下游的流體，其中作功引擎比如是渦輪或往復式引擎，亦可以稱作廢流體或耗盡的流體。

926：暖氣，擴張的能量流體

928：冷卻流體，吸取熱量的流體，比如是位於冷卻熱交換器或冷凝器的下游。

929：加熱的流體

930：冷卻流體

932：冷卻水、環境水

934：冷卻氣體、環境氣體

940：濃縮物

- 942：過濾後的濃縮物
- 942：過濾後的濃縮物
- 944：去離子後的濃縮物
- 950：蒸發後的稀釋劑流體
- 952：過熱的稀釋劑流體
- 960：噴出物&液滴
- 961：第一流體的液滴或泡沫
- 962：第一流體的噴出物或微液滴
- 965：第三流體的液滴或泡沫
- 966：第三流體的噴出物或微液滴
- 970：區域
- 971：子區域
- 972：含有豐富燃料的子區域、缺乏稀釋劑的子區域
- 973：缺乏燃料的子區域、含有豐富稀釋劑的子區域
- 980：生成物流體

Di：最小的導管內徑

Do：最小的導管外徑

Ao：導管內部面積

T：導管壁厚， $T = (Do-Di)/2$

t：薄導管壁厚度

H：導管中間到中間位置的距離

G：導管間距

di：孔洞內徑

do：孔洞外徑

ao：孔洞面積

pi：在開口內的孔洞內部壓力

po：在開口外的孔洞外部壓力

h：孔洞中間到中間位置的距離

g：孔洞間的間距

$\alpha$ ：孔洞軸向角度

$\theta$ ：孔洞橫切方向的角度

W：孔洞陣列寬度

在橫切方向上的代號：

Pr：徑向壓力分佈

Vpr：徑向速度分佈

Tpr：徑向溫度分佈

Rhopr：徑向密度分佈

Mdpr：徑向質量流量分佈

在第二或周圍橫切方向上的代號：

Ppc：周圍壓力分佈

Vpc：周圍速度分佈

Tpc：周圍溫度分佈

Rhopc：周圍密度分佈

Mdpc：周圍質量流量分佈

$\beta$ ：擴張器葉片間的角度

### 伍、中文發明摘要：

一種熱稀釋放熱反應器系統包括多個位在燃燒器內的孔洞，且可以分佈在多攪接觸器導管上或輸送管上。多孔洞接觸器可以輸送及混合稀釋劑流體、至少一反應劑流體及氧化劑流體。反應器可以在軸向方向上或在二橫切方向上控制至少一組成曲線、組成比率曲線及溫度曲線，藉以減少溫度梯度、且可以改善功率、效率及排放量。

### 陸、英文發明摘要：

A thermally diluted exothermic reactor system is comprised of numerous orifices distributed within a combustor by distributed perforated contactor tubes or ducts. The perforated contactors deliver and mix diluent fluid and one or more reactant fluids with an oxidant fluid. Numerous micro-jets about the perforated tubes deliver, mix and control the composition of reactant fluid, oxidant fluid and diluent fluid. The reactor controls one or more of composition profiles, composition ratio profiles and temperature profiles in one or more of the axial direction and one or two transverse directions, reduces temperature gradients and improves power, efficiency and emissions.

### 柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 1 ）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

2：反應器系統或接觸器系統

10：流體通道、多孔洞接觸器導管或構件上之孔洞

## 拾、申請專利範圍：

1.一種反應器，適於使含有第一反應劑之一第一流體與含有一第二反應劑之一第二流體進行反應，且一稀釋劑流體適於與該第一流體、該第二流體及他們反應所生成之反應生成物混合，該反應器包括：

一輸送管，具有一軸向方向及與該軸向方向不同之一第一及第二橫切方向，該第一及第二橫切方向係定義出該軸向方向穿過之一平面，在該輸送管之該內表面內之該平面的面積係定義為在該軸向位置上之該輸送管的一截面積；

一反應劑配送部分，包括至少一反應劑導管部分，該反應劑導管部分具有一內表面及一外表面，該內表面係定義出該第一流體之一第一流體通道，該反應劑導管部分具有多數個反應劑分佈孔洞，係由該內表面延伸到該外表面，該些孔洞之密度分配係為每一輸送管截面積之孔洞平均區域空間密度，該些孔洞之尺寸分配係與該第一或該第二橫向方向有關；

一稀釋劑配送部分，包括至少一稀釋劑導管部分，該稀釋劑導管部分具有一內表面及一外表面，該內表面係定義出該稀釋劑之一第一稀釋劑流體通道，該稀釋劑導管部分具有多數個稀釋劑孔洞，係由該稀釋劑配送部分之該內表面延伸到該外表面，該些稀釋劑孔洞之密度分配與尺寸分配係與該第一或該第二橫向方向有關；

一反應劑輸送系統，係輸送該第一流體至該反應劑

配送部分；

一第二流體輸送系統，係輸送至少一部份之該第二流體至該輸送管中，其中該輸送管係定義該第二流體之一第二流體通道；

一稀釋劑輸送系統，係輸送至少一部份之稀釋劑到該稀釋劑配送部分；

一控制器，係控制該第一流體、該第二流體及該稀釋劑流體輸送到該反應器內之過程；以及

其中，該些稀釋劑孔洞及該些反應劑孔洞之密度分配與尺寸分配係與該第一或該第二橫向方向有關，因此在靠近該反應器出口處附近之該輸送管之一截面上之該第一或該第二橫向方向上，可以控制該反應生成物之組成分配、溫度分配、壓力分配及速度分配。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，還包括多數個輸送區域，其中至少二附近孔洞的間距、在一橫切方向上與相鄰導管之距離、及在軸向下游方向上之距離，定義出一輸送區域，係在至少一孔洞的附近，經由該孔洞輸出的流體係噴至該輸送區域內。

3.如申請專利範圍第 2 項所述之反應器，其中在該輸送管內之多個區域內，藉由控制該第一反應劑的輸送，可以在橫切於該輸送管之軸線方向上控制該第一反應劑/該第二反應劑之比率的分佈，其中該第一反應劑的輸送係受到該第二反應劑之流量影響。

4.如申請專利範圍第 2 項所述之反應器，其中該輸送

區域包括至少一反應劑孔洞及一稀釋劑孔洞，一流體透過該反應劑孔洞或該稀釋劑孔洞輸送到該輸送區域內之至少一子區域中。

5.如申請專利範圍第 4 項所述之反應器，其中在部分之該些子區域內，係具有較豐富的稀釋劑，且稀釋劑/第一反應劑之比率係較高，在另一部分之該些子區域內，係具有較稀薄的稀釋劑，且稀釋劑/第一反應劑之比率係較低。

6.如申請專利範圍第 5 項所述之反應器，其中在至少一稀釋劑稀薄之子區域內，係包含一可燃燒的混合流體。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，還包括多數個輸送區域，在該些輸送區域內，且在一設定溫度下，該稀釋劑組成係少於導致熄滅之該第一氧化劑、該第二氧化劑及該稀釋劑之組成，當該稀釋劑組成大於導致熄滅之該第一氧化劑、該第二氧化劑及該稀釋劑之組成時，在該設定溫度下，會停止該反應至低於自我維持比率。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中當該第一反應劑及該第二反應劑輸送到該反應器中時，輸送至該反應器之該稀釋劑的總量係超過一預先混合組成之一熄滅組成。

9.如申請專利範圍第 8 項所述之反應器，其中輸入到多數個空間子區域與內之稀釋劑的輸送量係大於或小於熱熄滅的限制，而該些空間子區域係由至少二附近之稀釋劑流體孔洞及附近之管狀稀釋劑配送部分所定義。

10.如申請專利範圍第 9 項所述之反應器，其中輸送至至少一輸送區域之該稀釋劑係低於 100%及高於 68%之該第一及第二反應劑之該熄滅組成。

11.如申請專利範圍第 9 項所述之反應器，其中輸送至一輸送區域內之至少一子輸送區域之該稀釋劑係低於 100%及高於 68%之該第一及第二反應劑之該熄滅組成。

12.如申請專利範圍第 9 項所述之反應器，其中在一可反應的子輸送區域內，所輸送之稀釋劑含量係低於該區域內之熄滅組成濃度，而該些可反應的子輸送區域係散佈在非反應的子輸送區域之間，輸送之稀釋劑的含量係大於該熄滅組成濃度。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之反應器，其中在可反應的子輸送區域內，在反應開始之後，一液態稀釋劑會蒸發，該蒸發的稀釋劑係低於該熄滅組成濃度。

14.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中至少一部份之稀釋劑配送部分係位在該反應器內之該第一反應劑配送部分的上游。

15.如申請專利範圍第 14 項所述之反應器，其中該稀釋劑的蒸發係在到達該第一及第二反應劑快速反應之前。

16.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中藉由該稀釋劑孔洞的分佈，會使得所有的該稀釋劑蒸發，在蒸發之後係在橫切於該輸送管軸線之方向上，得到特定之蒸發軸向距離分佈。

17.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中透過



控制稀釋劑孔洞尺寸之分佈、稀釋劑密度之分佈、孔洞輸送之壓力差分佈及導管間距分佈，會使得所有的該稀釋劑蒸發，在蒸發之後係得到特定之蒸發軸向距離分佈。

18.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中在 80% 之輸送管截面積上，第一流體分佈之標準誤差變化係小於 15% 之質量流量。

19.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，還包括至少一管狀部分，其中每一管狀部分係具有一有效的外部面積及多數個內壁，該些內壁係定義出多數個流體通道，適於輸送液態或氣態之反應劑流體或稀釋劑流體。

20.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中稀釋劑流體及反應劑流體係透過至少二通道輸送。

21.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，還包括一點火器，適於點燃該第一流體與該第二流體之間的反應。

22.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該反應劑配送部分之至少一管狀部分係位在該稀釋劑配送部分之至少一稀釋劑導管部分的附近，藉以控制至少一部份之反應器配送部分的溫度。

23.如申請專利範圍第 22 項所述之反應器，其中至少部份之至少一稀釋劑導管部分係位在至少部份之至少一反應劑配送部分的附近，藉以限制該第一流體及該第二流體的溫度，及減少不期望之反應生成物的生成，避免反應劑孔洞阻塞。

24.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中藉由

調整該稀釋劑孔洞之孔洞配置的橫向分佈，係適於控制在至少一橫切方向上之稀釋劑輸送的分佈。

25.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該稀釋劑孔洞係具有逐漸向內或逐漸向外之錐角，在橫切方向上之錐角的橫向分配係可以改變的。

26.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，還包括至少一熱交換系統，位在該反應器內內。

27.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，包括一熱交換壁面，該熱交換壁面具有至少一絕緣層，一多孔洞輻射屏蔽、至少一輻射屏蔽或可以控制熱傳特質的壁面，藉由控制該絕緣層的熱阻、該多孔洞輻射屏蔽之孔洞形成程度、或是該輻射屏蔽的數目，適於控制該能量流體與該熱交換壁面之間的熱傳。

28.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中多數個窄通道係位在多數個稀釋劑管狀部分之間，該些稀釋劑管狀部分係位在該流體輸送管內之由該第一流體及該第二流體所形成之一可反應混合流體的下游處，該些窄通道的尺寸係要能夠避免火焰波及到該些窄通道的上游。

29.如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該輸送管還包括一擴散器，至少部分位在該反應劑配送部分之上游，藉以減少該第一流體的速度。

30.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中該擴散器包括多數個流體分開葉片，以形成多數個擴散器通道，且會影響該第一流體流量的速度。

31.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中藉由該些擴散器通道，可以在該擴散器下游處之至少一橫向方向上，達到期望之該第一流體之軸向質量流率之橫向分佈。

32.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中該期望的橫向第一流體輸送係為均勻的。

33.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中相較於該輸送管的中間區域，在該擴散器下游處之該輸送管的壁面附近，係具有較高的該橫向第一流體分佈。

34.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中在該擴散器下游處及該反應起始上游處之輸送管截面積內，藉由調整該些擴散器通道，適於控制該輸送管內之該軸向質量流率的橫向方向，該軸向質量流率的標準物差量係小於 15%之該軸向質量流率之規定橫向分佈。

35.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中每一該些擴散器通道係具有一入口面積及一出口面積，在該擴散器下游處之至少一橫切方向上，藉由調整每一該些擴散器通道之該出口面積/該入口面積的比率，係使該第一流體之軸向質量流率的橫向分佈達到期望的要求。

36.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中位在相鄰之擴散器通道壁面之間係具有一銳角，介於 4 度到 14 度之間。

37.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中至少部分之至少一稀釋劑導管部分係垂直於形成該些擴散器通

道之該流體分開葉片之下游處的邊緣，且接近該流體分開葉片之下游處邊緣的附近。

38.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中至少部分之至少一稀釋劑導管部分係平行於於形成該些擴散器通道之該流體分開葉片之下游處的邊緣，且接近該流體分開葉片之下游處邊緣的附近。

39.如申請專利範圍第 29 項所述之反應器，其中至少部分之該稀釋劑輸送系統係位在該擴散器之該出口處的下流及位在至少部分之該燃料輸送系統之上游。

40.一種反應及混合方法，適於使一第一反應劑及一第二反應劑反應，且一稀釋劑適於與至少一該第一及第二反應劑及一反應生成物混合，以形成一生成物流體，該方法包括：

提供一反應器，該反應器具有一軸向方向及與該軸向方向不同之一第一及第二橫切方向，該第一及第二橫切方向係定義出該軸向方向穿過之一平面，在該反應器之該內表面內之該平面的面積係定義為在該軸向位置上之該反應器的一截面積；

提供一第一反應劑輸送系統，適於輸送含有該第一反應劑之一第一反應劑流體到該反應器中；

提供一第二反應劑輸送系統，適於輸送含有該第二反應劑之一第二反應劑流體到該反應器中；

提供一稀釋劑輸送系統，適於輸送該稀釋劑流體到該反應器中；

在該第一或第二橫切方向上，控制該稀釋劑流體流到該反應器中之空間分佈；以及

其中在該第一或第二橫切方向上，藉由調整該第二反應劑流體及該稀釋劑流體之至少一空間分佈，適於在該反應器之截面上且靠近該反應器出口處之至少一橫切方向上，控制該反應生成物的組成、溫度、壓力或速度。

41.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，其中該稀釋劑流體包括流體水。

42.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括控制該反應器的平均出口溫度，其係透過控制該稀釋劑的輸送量來達成。

43.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括以聲音的方式刺激在該反應器內的該反應流體。

44.如申請專利範圍第 43 項所述之反應及混合方法，還包括在至少 10Hz 下，刺激該流體。

45.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括調整該第二流體輸送到該反應器之空間分佈，藉以減少該反應器內之流體壓力震盪。

46.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括調整該稀釋劑流體輸送到該反應器之空間分佈，藉以減少壓力震盪。

47.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括電性刺激該反應器。

48.如申請專利範圍第 47 項所述之反應及混合方法，

還包括產生一火焰區域，並刺激該火焰區域到至少 2kHz。

49.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括提供一擴散器，配置在該反應器內，並且在該擴散器出口處附近係輸送氣態稀釋劑。

50.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括提供一擴散器，配置在該反應器內，並且在該擴散器出口處附近係輸送液態稀釋劑。

51.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，其中藉由該稀釋劑輸送系統傳輸之部分液態稀釋劑在輸入到該反應器內時，係為未蒸發的狀態。

52.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括輸送一液態及氣態稀釋劑到該反應器中，其中該液態稀釋劑係輸送到位在該氣態稀釋劑輸送處下游之該反應器內。

53.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，其中藉由第二反應劑輸送系統及稀釋劑輸送系統會形成分散的多數個可燃區域及多數個不可燃區域，並且還包括可燃流體流經可燃區域及不可燃區域的橫向區域。

54.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，其中該第一反應劑包括氧氣流體，該第二反應劑包括一可燃性燃料，且該稀釋劑包括一可蒸發的液體。

55.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括在該燃燒室內，燃燒該第一反應劑及該第二反應劑。

56.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，其中該稀釋劑係在一火焰鋒面的下游傳輸。

57.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括控制該稀釋劑的蒸發，其係透過在至少一第一橫向方向上藉由控制離開該稀釋劑輸送系統之該稀釋劑的軸向速度分佈以達成。

58.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括在至少一橫向方向上，控制在該反應器內該稀釋劑的蒸發。

59.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括提供一高電壓功率，輸送到該第二反應劑輸送系統中或該稀釋劑輸送系統中，並在該反應器內產生一高電壓電場。

60.如申請專利範圍第 59 項所述之反應及混合方法，還包括震盪該高電壓電場。

61.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，其中該反應器具有複數個冷凝劑通道，利用傳送到該反應器內之該稀釋劑，冷卻至少部分之該反應器。

62.如申請專利範圍第 40 項所述之反應及混合方法，還包括控制在該燃燒器出口處之該能量流體的溫度，其係透過控制該稀釋劑之總熱焓量的改變以達成，其中該總熱焓量的改變並不會受到輸入到該燃燒器內之蒸發的稀釋劑之流量所影響。

63.一種流體輸送系統，包括：

一幫浦，包括至少一幫浦構件，適於做反覆或旋轉的運動，藉以輸送一流體，該流體係符合每次抽吸循環之一流量輸送分佈，且透過多次流體輸送循環可以輸送該流體；

一馬達，操作上地連接至少一幫浦構件，藉以產生該往復或旋轉的運動；以及

一控制器，操作上地連接該馬達，藉以控制至少一該馬達構件之往復移動或旋轉移動，藉由該馬達所輸出的力量或轉矩，適於在一單一抽吸循環內，促動至少一該幫浦構件進行往復移動或旋轉移動，該控制器係適於調整該馬達所輸出的力量或轉矩之時間分佈，藉以控制利用該幫浦所輸送之流體流量輸送分佈，並減少一正弦馬達促動之流量輸送波動。

64.如申請專利範圍第 63 項所述之流體輸送系統，還包括至少一位置參考感測器及至少一移動感測器，該位置參考感測器適於提供每一馬達循環之至少一位置參考，該移動感測器係適於決定該馬達構件之加速度、速度或位置，該控制器包括一回饋程序，該回饋程序係利用該些感測器調整在該流體輸送循環內之至少一幫浦構件的反覆或旋轉移動之馬達促動。

65.如申請專利範圍第 64 項所述之流體輸送系統，其中該移動感測器係適於提供每一抽吸循環至少 1,000 次的量測。

66.如申請專利範圍第 64 項所述之流體輸送系統，其



中該控制器係適於改變該馬達轉矩至每秒 1,000 次。

67.如申請專利範圍第 64 項所述之流體輸送系統，其中該馬達位置感測器係適於在具有至少 0.05%之解析度下，提供每次抽吸循環至少 2,000 次之量測，在每秒至少 2,000 次之封閉通道頻寬下，該控制器可以改變該馬達之轉矩。

68.如申請專利範圍第 63 項所述之流體輸送系統，其中一馬達轉子之轉矩/慣量之比率係為至少 10,000 反復秒平方。

69.如申請專利範圍第 63 項所述之流體輸送系統，其中利用一可氣化之冷凝劑，適於冷卻一馬達轉子及一定子，該馬達轉子之轉矩/慣量之比率係為至少 30,000 反復秒平方。

70.如申請專利範圍第 63 項所述之流體輸送系統，其中該幫浦係適於輸送至少一反應劑液體，該反應劑液體包括一反應劑及一稀釋劑液體。

71.如申請專利範圍第 63 項所述之流體輸送系統，其中該幫浦包括一第一幫浦構件及一第二幫浦構件，該第一幫浦構件係適於輸送含有一反應劑之一反應劑液體，該第二幫浦構件係適於輸送一稀釋劑液體。

72.如申請專利範圍第 71 項所述之流體輸送系統，其中該幫浦包括一第一幫浦構件及一第二幫浦構件，藉由具有多數個第一馬達感測器之一第一馬達轉子，適於促動該第一幫浦構件，藉由具有多數個第二馬達感測器之一第二

馬達轉子，適於促動該第二幫浦構件，其中該控制器係適於分別控制該馬達轉子。

73.如申請專利範圍第 70 項所述之流體輸送系統，其中該幫浦係適於連接至一延長的流體輸送構件，該流體輸送構件包括多數個孔洞，用於輸送該液體至周圍的空間。

74.如申請專利範圍第 73 項所述之流體輸送系統，其中該延長的流體輸送構件所形成的一空間陣列係具有一橫向尺寸，其中該幫浦係位在該陣列之中間區域之橫向距離尺寸內。

75.一種設計反應器之方法，適於反應由一稀釋劑所稀釋之至少二反應劑，以形成一反應生成物，其中該反應器包括：

一輸送管，具有一軸向方向及與該軸向方向不同之一第一及第二橫切方向，該第一及第二橫切方向係定義出該軸向方向穿過之一平面，在該輸送管之該內表面內之該平面的面積係定義為在該軸向位置上之該輸送管的一截面積；

一第一反應劑配送部分，包括至少一導管部分，該導管部分具有一內表面及一外表面，該內表面係定義出該第一流體之一第一流體通道，該反應劑導管部分具有多數個第一反應劑分佈孔洞，係由該內表面延伸到該外表面，該些第一反應劑分佈孔洞之空間密度分配及尺寸分配係與該第一或該第二橫向方向有關；

一稀釋劑配送部分，包括至少一稀釋劑導管部分，

該稀釋劑導管部分具有一內表面及一外表面，該內表面係定義出該稀釋劑之一第一稀釋劑流體通道，該稀釋劑導管部分具有多數個稀釋劑孔洞，係由該稀釋劑配送部分之該內表面延伸到該外表面，該些稀釋劑孔洞之密度分配與尺寸分配係與該第一或該第二橫向方向有關；

該設計反應器的方法包括：

決定含有一第一反應劑之一第一反應劑流體之期望輸送質量流率、含有一第二反應劑之一第二反應劑流體之期望輸送質量流率、稀釋劑流體之期望輸送質量流率、該流體入口參數、期望的輸出壓力、及該反應器出口處之反應生成物流體之溫度；

架構該第一反應劑配送部分；

架構該輸送管，該輸送管係定義該第二流體之一第二流體通道；

決定在該第一或該第二橫向方向上之該第二流體之軸向速度的橫向分佈；

架構該稀釋劑配送部分；

架構在該第一或該第二橫向方向上之該些第一反應劑孔洞之該空間密度分佈及該尺寸分佈；

架構在該第一或該第二橫向方向上之該些稀釋劑孔洞之該空間密度分佈及該尺寸分佈；以及

得到期望之橫向分佈，包括在該第一或該第二橫向方向上之第二反應劑濃度/第一反應劑濃度之濃度比率、及在該第一或該第二橫向方向上之該生成物流體之溫度。

76.一種反應及混合方法，適於使一第一反應劑及一第二反應劑反應，且一稀釋劑適於與至少一該第一及第二反應劑及一反應生成物混合，以形成一生成物流體，該方法包括：

提供一反應器，該反應器具有一軸向方向及與該軸向方向不同之一第一及第二橫切方向，該第一及第二橫切方向係定義出該軸向方向穿過之一平面，在該反應器之該內表面內之該平面的面積係定義為在該軸向位置上之該反應器的一截面積；

提供一第一反應劑輸送系統，適於輸送含有該第一反應劑之一第一反應劑流體到該反應器中，該第一反應劑輸送系統包括一擴散器，該擴散器包括多數個通道；

提供一第二反應劑輸送系統，適於輸送含有該第二反應劑之一第二反應劑流體到該反應器中；

提供一稀釋劑輸送系統，適於輸送該稀釋劑流體到該反應器中；

在至少一之該橫向方向上，控制該第二反應劑流體流到該反應器中之空間分佈；

在該第一或第二橫切方向上，控制該稀釋劑流體流到該反應器中之空間分佈；以及

其中在該第一或第二橫切方向上，藉由調整該第二反應劑流體及該稀釋劑流體之至少一空間分佈，適於在該反應器之截面上且靠近該反應器出口處之至少一橫切方向上，控制該反應生成物的組成、溫度、壓力或速度。

77.一種精確控制反應流體組成之方法，該反應流體係由二反應劑流體反應所生成，該方法包括：

利用一反應劑接觸器輸送一第一液態反應劑到一反應器中，該反應劑接觸器係位在該反應器之一輸送管內；

利用多數個流體通道輸送一第二流體共同反應物到該輸送管中，該輸送管具有一軸向方向及與該軸向方向不同之一第一及第二橫切方向，該第一及第二橫切方向係定義出該軸向方向穿過之一平面，在該輸送管之該內表面內之該平面的面積係定義為在該軸向位置上之該輸送管的一截面積；

架構該反應劑接觸器，藉以在一橫切方向上，控制輸送到該反應器中之該第一液態反應劑之空間分配；以及

量測該反應劑及該共同反應劑之殘餘濃度；

其中，所量測之殘餘濃度係少於在反應上游處之該反應劑濃度及該共同反應劑濃度之 15%；

其中，量測該殘餘濃度之一感測器係適於在不確定度小於 0.5%之情況下，量測該殘餘濃度；

在不確定度小於 1%之情況下，量測該第一反應劑之質量流量；

在反應器出口處之多個位置取樣該反應生成物，直到足以量測該殘餘濃度具有第二反應劑/第一反應劑之比率在不確定度約為 1%的情況。

78.一種混合裝置，適於混合一第一流體與一第二流體，該混合裝置包括：

一流體配送部分，包括至少一導管部分，該導管部分具有一內表面及一外表面，該內表面係定義出該第一流體之一第一流體通道；

一輸送管，定義出該第二流體之一第二流體通道，該輸送管具有一軸向方向及與該軸向方向不同之一第一及第二橫切方向，該第一及第二橫切方向係定義出該軸向方向穿過之一平面及該輸送管之一截面積；

一第一流體輸送系統，係適於輸送該第一流體到該第一流體配送部分；

一第二流體輸送系統，係適於輸送該第二流體到該輸送管中，該管狀部分包括多數個孔洞，每一該些孔洞係形成一第三流體通道，該第一流體係經由該第三流體通道噴入到該輸送管內之該第二流體中；以及

其中，具有該些孔洞之該導管部分之外表面係位在該第二流體通道之該輸送管內，該些孔洞係面向由該第一橫切方向及一第二橫切方向所構成之一平面，此該些孔洞之平均空間密度係為在每一平方公尺之輸送管截面積內具有至少約 10,000 個孔洞。

79.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該些孔洞之平均線性密度係為該導管部分長度在每一公尺內具有至少 1000 個孔洞。

80.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該些孔洞係面向由該第一橫切方向及一第二橫切方向所構成之一平面，此該些孔洞之平均空間密度係為在每一平方公

尺之輸送管截面積內具有至少約 100,000 個孔洞。

81.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該些孔洞之平均直徑係小於約 80 微米。

82.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該些孔洞之平均直徑係小於約 20 微米。

83.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該些孔洞之平均直徑係小於約 5 微米。

84.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中至少一該些導管部分係包括螺旋狀環繞成外部凸起形狀之導管。

85.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，還包括一彈性歧管，連接該第一流體輸送系統到每一導管部分。

86.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，還包括一支撐結構，適於連接該配送部分，藉以支撐該輸送管內之該配送部分。

87.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該導管部分包括多數個導管曲線部分，係延著該第一或第二橫切方向延伸，延著該第一或第二橫切方向延伸之多數個流體通道係連接至至少一歧管，而該歧管係連接至該第一流體輸送系統。

88.如申請專利範圍第 87 項所述之混合裝置，其中該些曲線部分係位在該第二流體路徑內的下游。

89.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該導管部分包括至少一導管構件，係在軸向的方向上延伸，

該導管部分還包括至少一歧管，連接該導管構件到該第一流體輸送系統。

90.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該導管部分包括至少一導管構件，係在該第一或第二橫切方向上延伸，該導管構件係連接到至少一對之歧管，其夾角係介於 5 度到 175 度之間。

91.如申請專利範圍第 90 項所述之混合裝置，其中該些歧管係相互夾有一角度。

92.如申請專利範圍第 90 項所述之混合裝置，其中一壓力差係施加在介於該二歧管之間的該第一流體上。

93.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該導管部分包括一第一部份，係在該第一橫切方向上延伸，藉由調整在該第一橫切方向上之該些孔洞的尺寸或分佈，適於在該第一橫切方向上不均勻地輸送該第一流體到該第二流體中，藉以使位在該第二流體內之該第一流體具有期望之橫向分佈。

94.如申請專利範圍第 93 項所述之混合裝置，其中該導管部分還包括一第二部份，係在該第二橫切方向上延伸，藉由調整在該第二橫切方向上之該些孔洞的尺寸或分佈，適於在該第二橫切方向上不均勻地輸送該第一流體到該第二流體中，藉以使位在該第二流體內之該第一流體在該第二橫切方向上具有期望之橫向分佈。

95.如申請專利範圍第 93 項所述之混合裝置，其中該第一及第二橫切方向係相互垂直。



96.如申請專利範圍第 93 項所述之混合裝置，其中該第一橫切方向係相對於該軸向方向徑向地延伸。

97.如申請專利範圍第 93 項所述之混合裝置，其中在該第一或該第二橫向方向上，第二流體流量/第一流體流量之橫切比率曲線係為不均勻的。

98.如申請專利範圍第 93 項所述之混合裝置，其中在該第二流體內之該第一流體之期望橫切分佈係為均勻的。

99.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該導管部分係具有一流線型截面積的形狀，係與該第二流體通道之間呈現一比例關係。

100.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該導管部分並非為流線型之截面形狀。

101.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該導管部分係由至少一薄板所構成，該薄板係安裝在一構件上，且該些孔洞係形成在該薄板上。

102.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，還包括一振動產生器，適於振動該導管部分。

103.如申請專利範圍第 102 項所述之混合裝置，其中該振動產生器係以一方向振動該導管部分，該方向係垂直於大部分之該些孔洞的軸線。

104.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，還包括一高電壓功率產生裝置，連接至該輸送管、至少一導管部分、一軸向電極、一電極、或是由該導管部分之該外部表面所取代之一周圍電極，而高電壓之輸送會在導管部分

之該外部表面周圍形成一電場，藉以調整在該些孔洞出口處之該第一流體的多數個液滴。

105.如申請專利範圍第 104 項所述之混合裝置，其中該輸入之高電壓的平均值係在一期望範圍內，藉以減少該些液滴的截面積，且小於會造成弧光之電壓。

106.如申請專利範圍第 104 項所述之混合裝置，其中該輸入之高電壓的波動值係在一期望範圍內，藉以震盪該些液滴，且小於會造成弧光之電壓。

107.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該導管部分包括一管壁，該管壁具有多數個較薄部分，該些孔洞係穿過該些較薄部分。

108.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中至少部分之孔洞的長軸線係傾斜於該導管部分的長軸。

109.如申請專利範圍第 78 項所述之混合裝置，其中該第一流體包括一液體，該第二流體包括一氣體，當該第一流體噴入到該輸送管內進行冷卻該第二流體時，至少部分之該第一流體係會蒸發。

110.一種混合方法，適於混合一第一流體及一第二流體，該方法包括：

提供一流體配送部分，該流體配送部分包括至少一導管部分，該導管部分具有一內表面及一外表面，該內表面係定義出該第一流體之一第一流體通道；

提供一輸送管，該輸送管係定義出該第二流體之一第二流體通道，該輸送管具有一軸向方向及與該軸向方向

垂直之一第一及第二橫切方向，該第一及第二橫切方向係定義出該軸向方向穿過之一平面，該平面係對應於該輸送管之一截面積；

定位置少一導管部分於該輸送管內，該導管部分係延著包括該第一橫切方向之一方向延伸；

提供多數個孔洞於至少一該導管部分上，每一孔洞係形成一第三流體通道，該第一流體係經由該第三流體通道輸送到位於該輸送管內之該第二流體中；

提供一第一流體輸送系統，用於輸送該第一流體到該第一流體通道中；

控制該第一流體之一輸送壓力；

控制在該第一或第二橫切方向上之該些孔洞的尺寸、在該第一或第二橫切方向上之該些孔洞的線性密度、或是該第一流體之輸送壓力，藉以在該第一橫切方向上不均勻地輸送該第一流體到該第二流體中，而在該第一橫切方向上且在該流體配送部分之下游處，該第二流體內之該第一流體係具有期望的均勻分佈。

111.如申請專利範圍第 110 項所述之混合方法，還包括：

提供一第二導管部分，該第二導管部分係具有一外表面及一內表面，該內表面係定義出該第一流體之該第一流體通道，且該內表面包括多數個孔洞，該第一流體係經由該些孔洞從該第一流體通道輸送到該第二流體通道中；以及

定位至少一導管部分於該輸送管內，該導管部分係延著包括該第二橫切方向之一方向延伸。

112.如申請專利範圍第 111 項所述之混合方法，還包括控制在該第一或第二橫切方向上之該第二導管部分之該些孔洞的尺寸、在該第一或第二橫切方向上之該第二導管部分之該些孔洞的線性密度、或是該第一流體之輸送壓力，藉以在該第二橫切方向上不均勻地輸送該第一流體到該第二流體中，而在該第二橫切方向上且在該流體配送部分之下游處，該第二流體內之該第一流體係具有期望的均勻分佈。

113.如申請專利範圍第 110 項所述之混合方法，其中該第一橫切方向係為一徑向方向，並與該軸向方向之間具有關係。

114.如申請專利範圍第 113 項所述之混合方法，其中該第一橫切方向及該第二橫切方向係相互正交。

115.如申請專利範圍第 110 項所述之混合方法，其中在該第一橫切方向上，該第一流體係在該第二流體內均勻地分佈。

116.如申請專利範圍第 110 項所述之混合方法，還包括在該第一橫切方向上調整該第一導管部分之該些孔洞的配置，藉以在該第一橫切方向上且在該流體配送部分的下流，使得該第一流體係期望地分佈在該第二流體內。

117.如申請專利範圍第 110 項所述之混合方法，還包括：

提供一第二導管部分，該第二導管部分係具有一外表面及一內表面，該內表面係定義出該第一流體之該第一流體通道，且該內表面包括多數個孔洞，該第一流體係經由該些孔洞從該第一流體通道輸送到該第二流體通道中；以及

定位該第二導管部分於該輸送管內，該導管部分係延著包括該第一橫切方向之一方向延伸，且該第二導管部分係位於該第一導管部分的周圍。

118.如申請專利範圍第 117 項所述之混合方法，還包括在該第一或第二橫切方向上控制一液滴噴出距離，該液滴噴出距離係為該第一及第二導管部分之間的間距之 10% 到 200%之間。

119.如申請專利範圍第 117 項所述之混合方法，還包括控制一液滴噴出距離，該液滴噴出距離係與該第一及第二導管部分之間的間距成比例。

120.一種混合及熱交換的方法，適於混合一第一流體及一第二流體，且適於使該第一流體及該第二流體進行一熱交換，該方法包括：

提供一第一流體輸送構件，該輸送構件包括多數個導管部分，該些導管部分包括多數個孔洞；

提供一第二流體輸送管，該輸送管具有一輸送管軸線及包圍多數個孔洞；

在橫切於該輸送管軸線之至少一橫切方向上，控制該些孔洞的尺寸係為不均勻地分佈；

在橫切於該輸送管軸線之一第一方向上，控制該些孔洞內該第一流體與該第二流體之間的噴出壓力差；

在該橫切方向上，控制該輸送構件之該些孔洞係為不均勻的分佈；

透過該輸送管輸送該第二流體；以及

經由該輸送構件輸送該第一流體，藉以控制位在該輸送管出口處之該第二流體之溫度。

121.如申請專利範圍第 120 項所述之混合及熱交換的方法，還包括：

控制該第一流體之輸送溫度；以及

控制該輸送管之溫度低於該第一流體之冷卻溫度，使得該第一流體之期望部分固化在該輸送管內之期望的區域。

122.如申請專利範圍第 120 項所述之混合及熱交換的方法，還包括控制該第一流體的溫度，藉以蒸發在該第二流體中之一部份的該第一流體。

123.如申請專利範圍第 122 項所述之混合及熱交換的方法，還包括在該第一橫切方向上控制該些第一流體之液滴尺寸的平均分佈。

124.一種熱輻射交換方法，適於與一第一流體進行熱輻射交換，該方法包括：

提供多數個導管部分，該些導管部分包括多數個孔洞，位於一輸送管內；

在該輸送管之一橫切軸線上，控制該些孔洞具有不

均勻的空間分配；

在該輸送管之該橫切軸線上，控制該些孔洞具有不均勻的尺寸分配；

在該橫切軸線上且在不均勻之噴出壓力差的情況下，輸送一第一流體到該些導管部分；

控制輸送到該些導管部分之該第一流體的溫度；

控制該輸送管之管壁的溫度；以及

控制由該輸送管壁輸送到該第一流體之輻射熱通量，該第一流體係由該些導管部分輸送到該輸送管中。

125.如申請專利範圍第 124 項所述之熱輻射交換方法，還包括：

控制該輸送管壁之一部分，使其達到期望之電磁輻射的穿透量；

經由該穿透壁部分，傳送一電磁輻射；以及

控制該些導管部分及該些孔洞，在期望之空間分佈及液滴尺寸分佈下，輸送該第一流體經過該電磁輻射傳送區域，使得期望之電磁輻射量會被吸收。

126.如申請專利範圍第 124 項所述之熱輻射交換方法，其中該第一流體係含有錄、鹼鹽或含有鹼鹽的混合物。

127.如申請專利範圍第 124 項所述之熱輻射交換方法，還包括定位部分之該些導管部分於多數個子輸送管內並控制該些孔洞，使得在該些子導管內之該些第一流體液滴之輻射因子係介於黑體之 5%到 98%之間。

128.一種混合方法，適於混合一第一流體及一第二流

體，包括：

提供一流體配送部分，具有至少一導管部分，該導管部分具有一內表面及一外表面，該內表面係定義出該第一流體之一第一流體通道；

提供一輸送管，定義出一第二流體通道，該輸送管具有一軸向方向及與該軸向方向垂直之一第一及第二橫切方向，該第一及第二橫切方向係定義出該軸向方向穿過之一平面及該輸送管的一截面積；

定位至少一導管部分於該輸送管內，該導管部分之延伸方向之分向量係含有該第一橫切方向；以及

在該第一橫切方向上且在該第一流體配送部分之下游處，動態地控制該第一流體輸送到該第二流體中，其係透過控制該流體配送部分兩端之壓力以達成。

129.如申請專利範圍第 128 項所述之混合方法，還包括在該第一橫切方向上，不均勻地輸送該第一流體到該第二流體中，而在該流體配送部分的下流，係均勻地輸送該第一流體到該第二流體中。

130.如申請專利範圍第 128 項所述之混合方法，還包括動態地控制位在該流體配送部分兩端的壓力，以回應位在該輸送管內之該第二流體的波動。



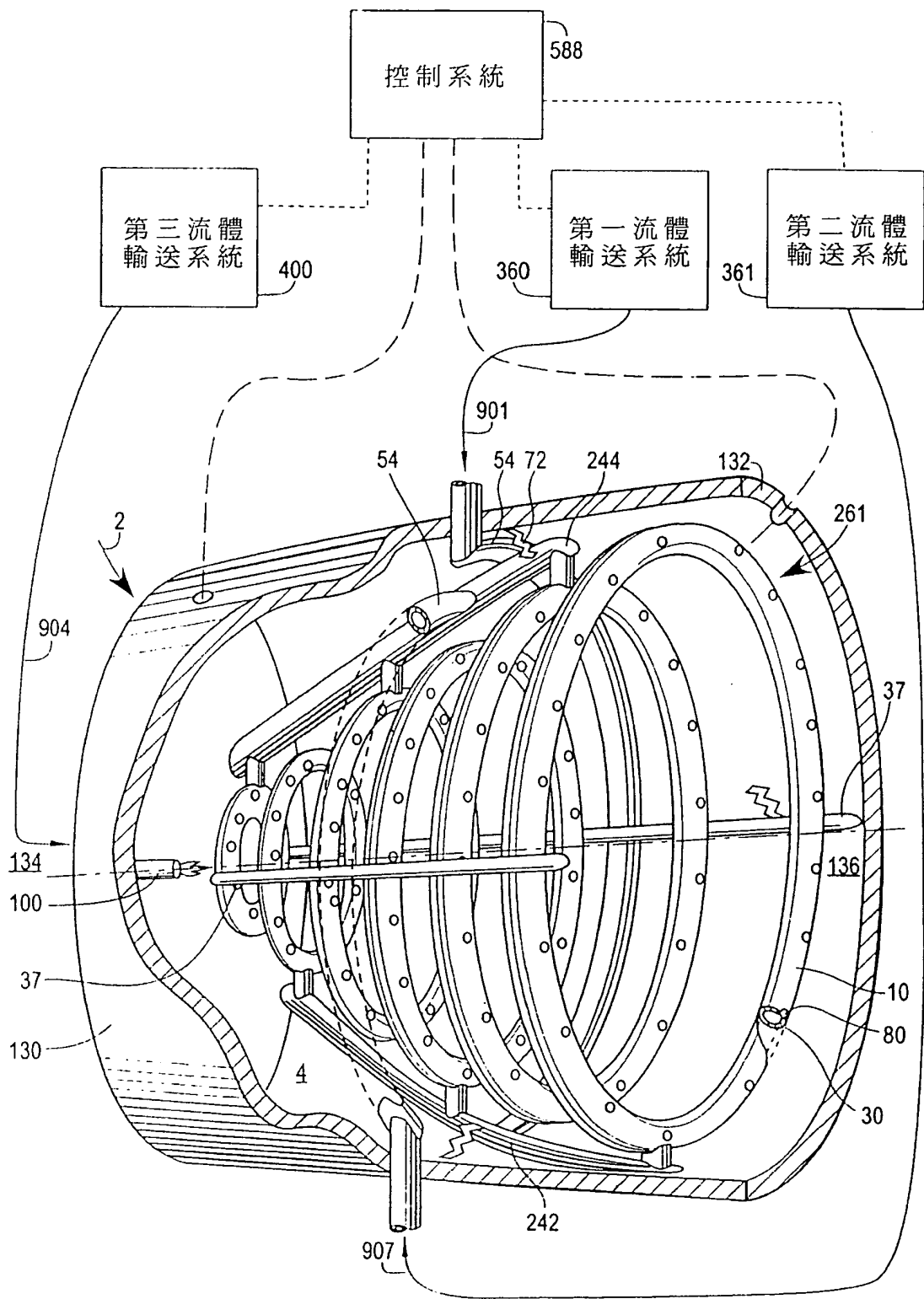


圖 1

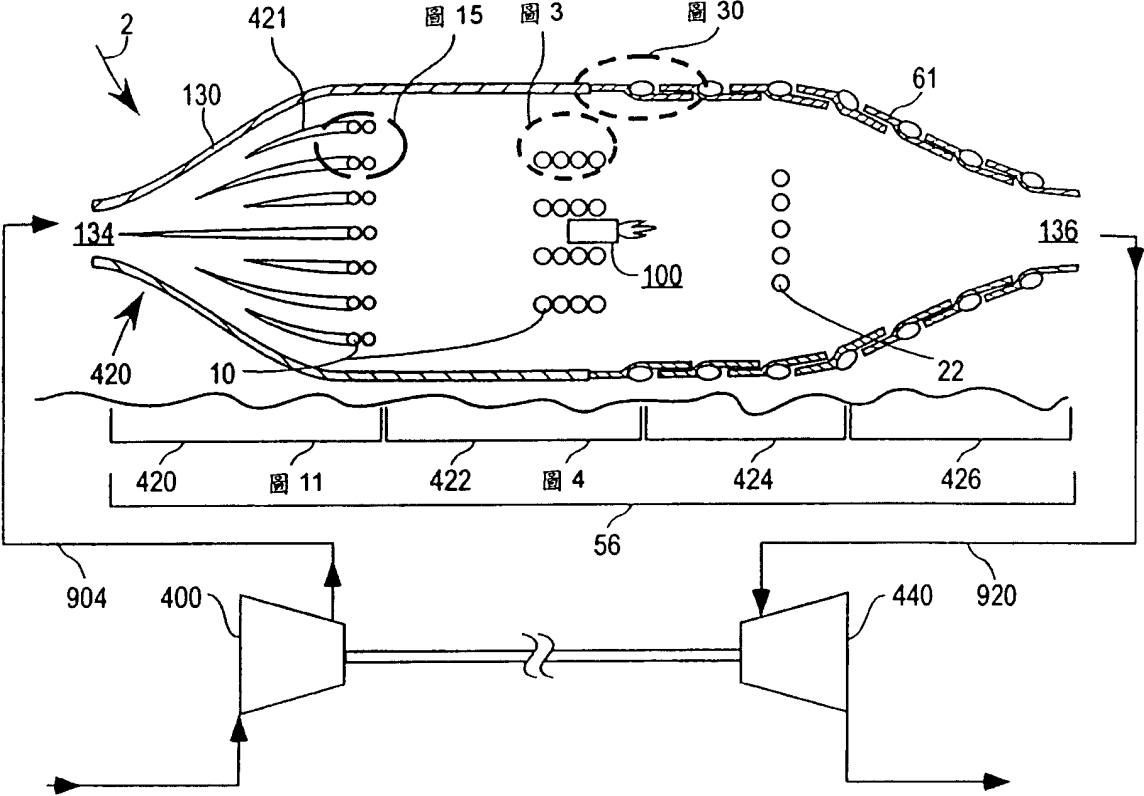


圖 2

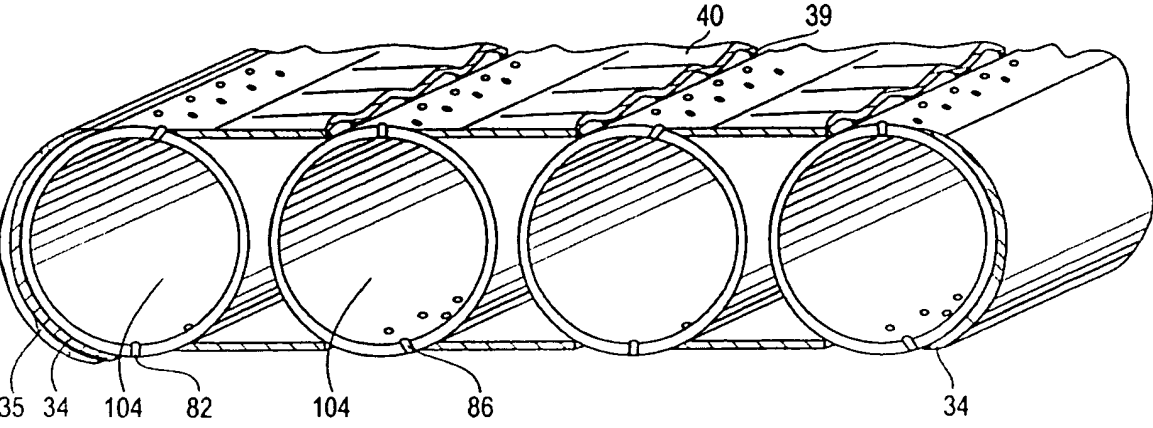
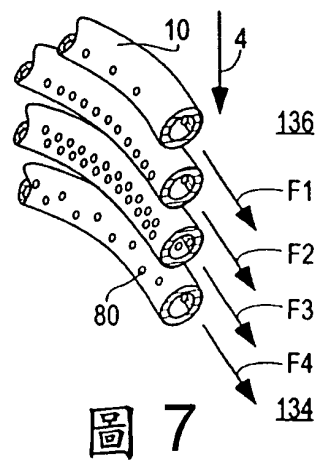
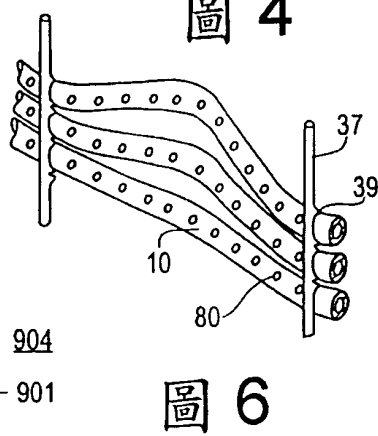
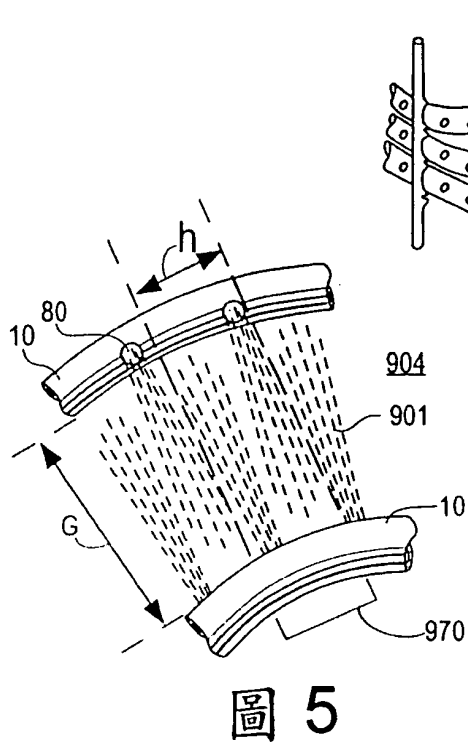
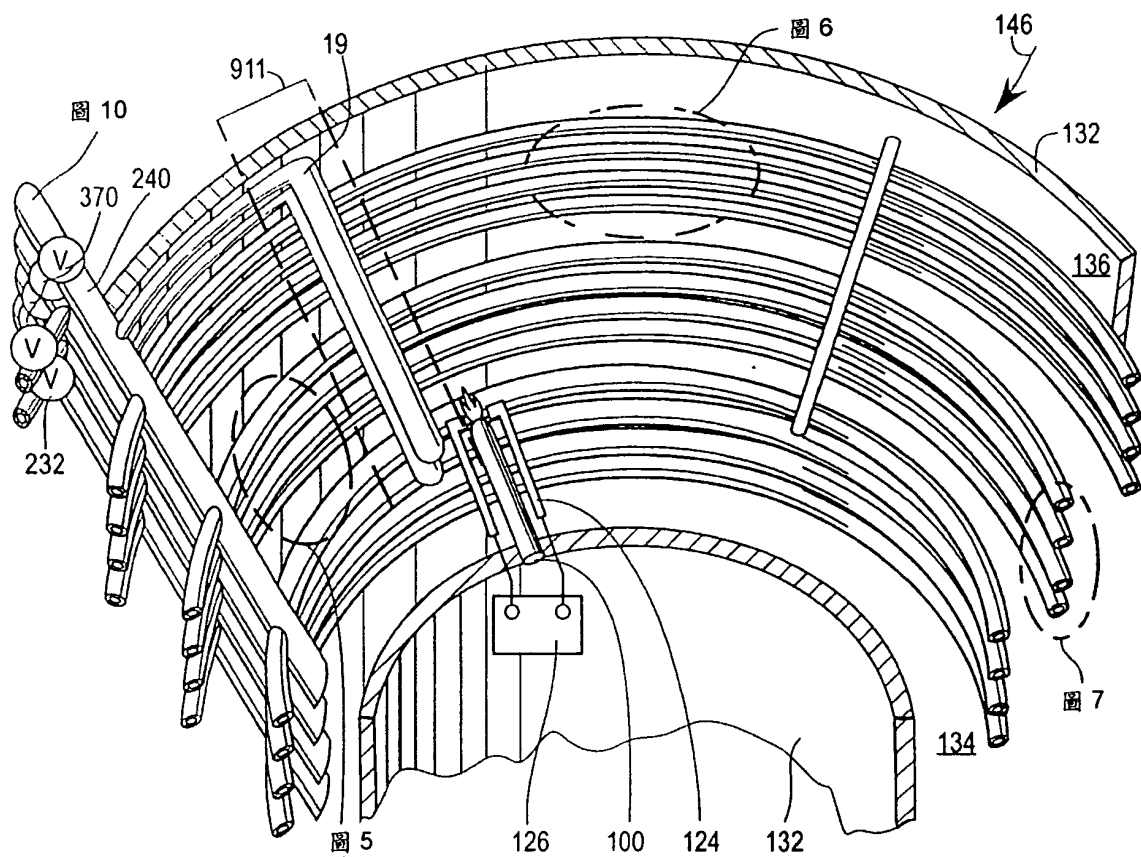


圖 3



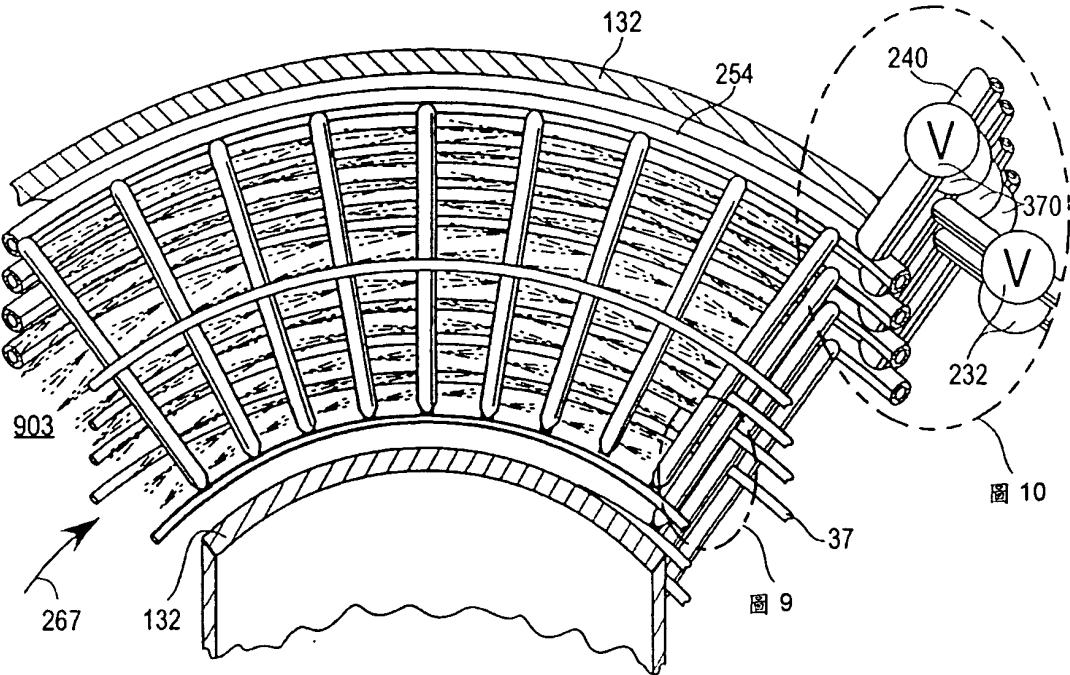


圖 8

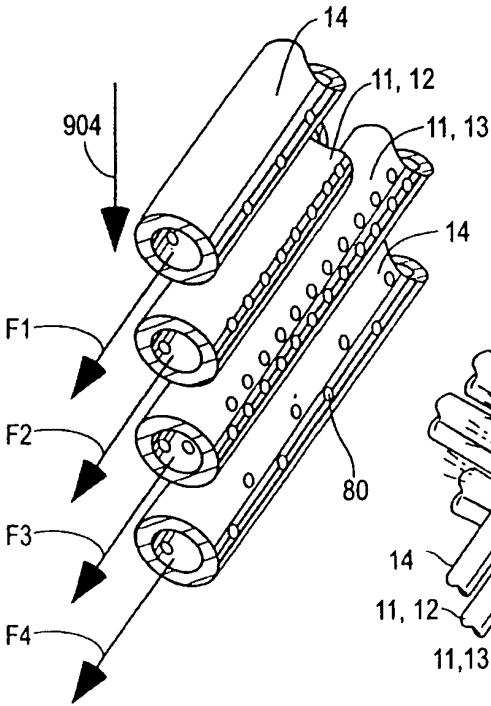


圖 9

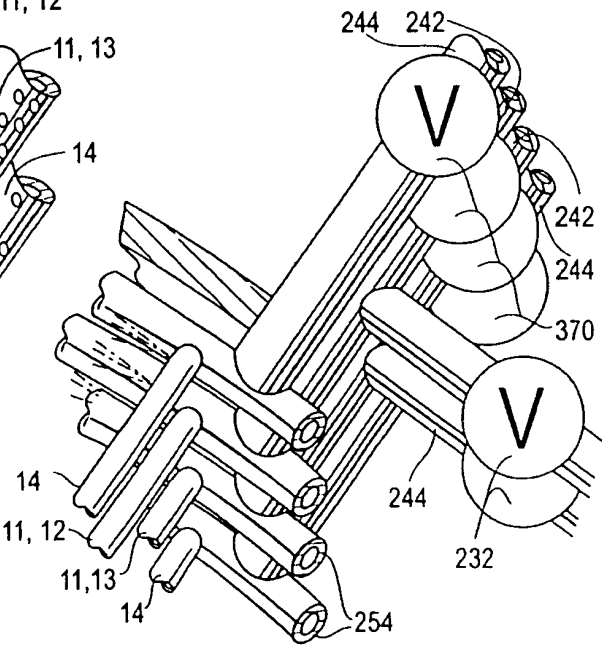


圖 10

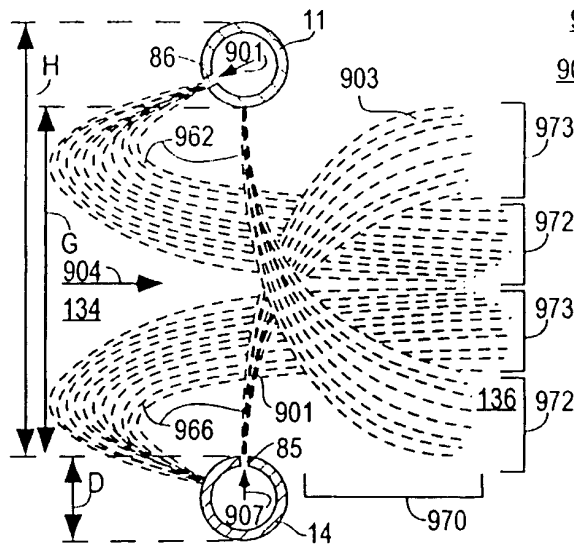


圖 11

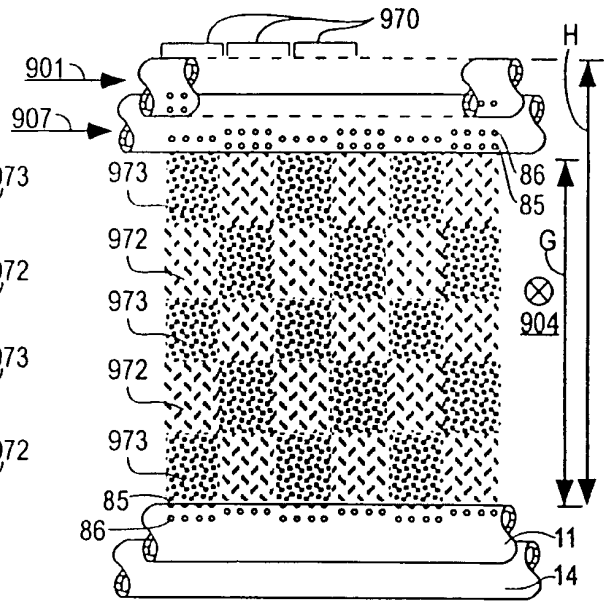


圖 13

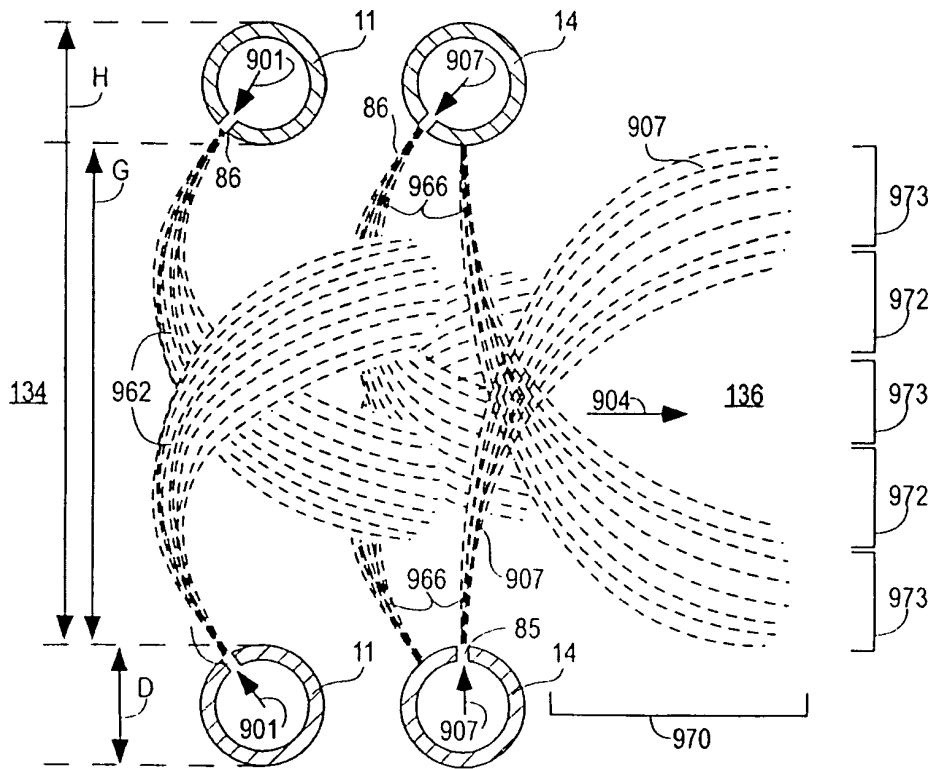


圖 12

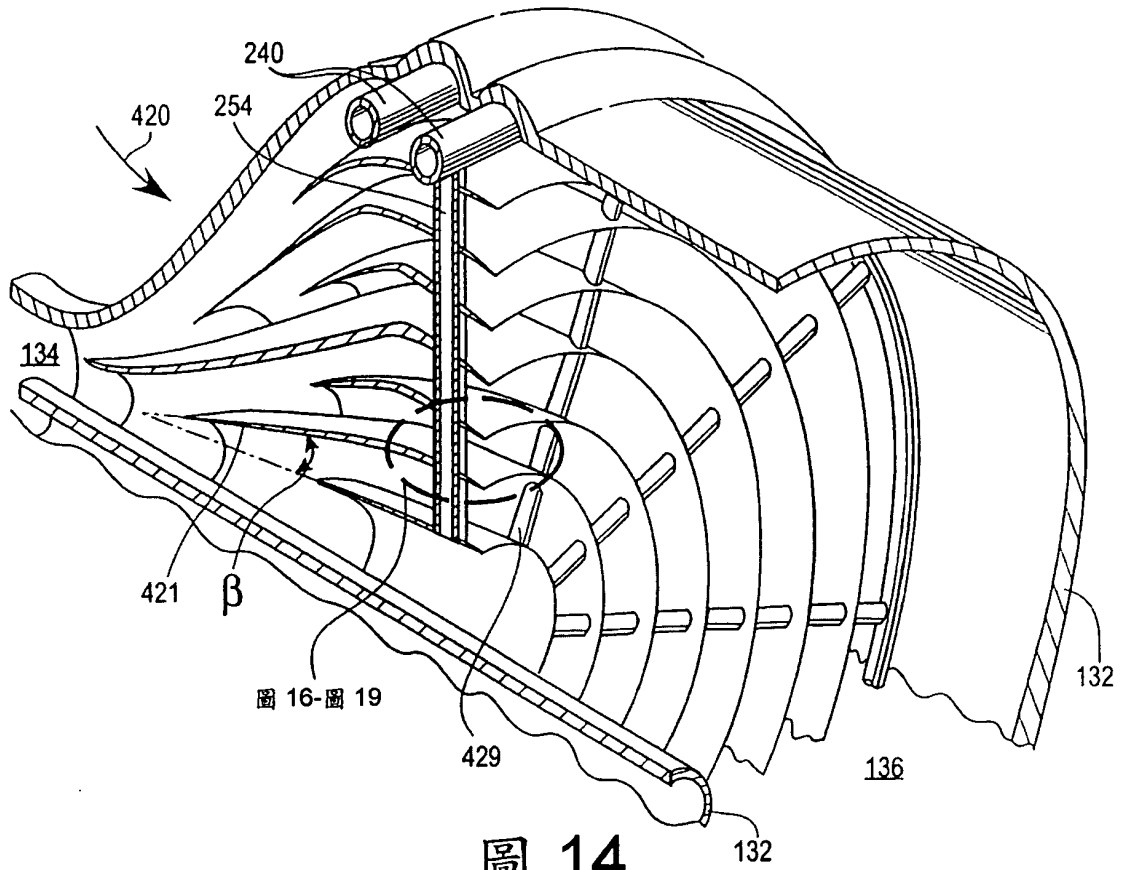


圖 14

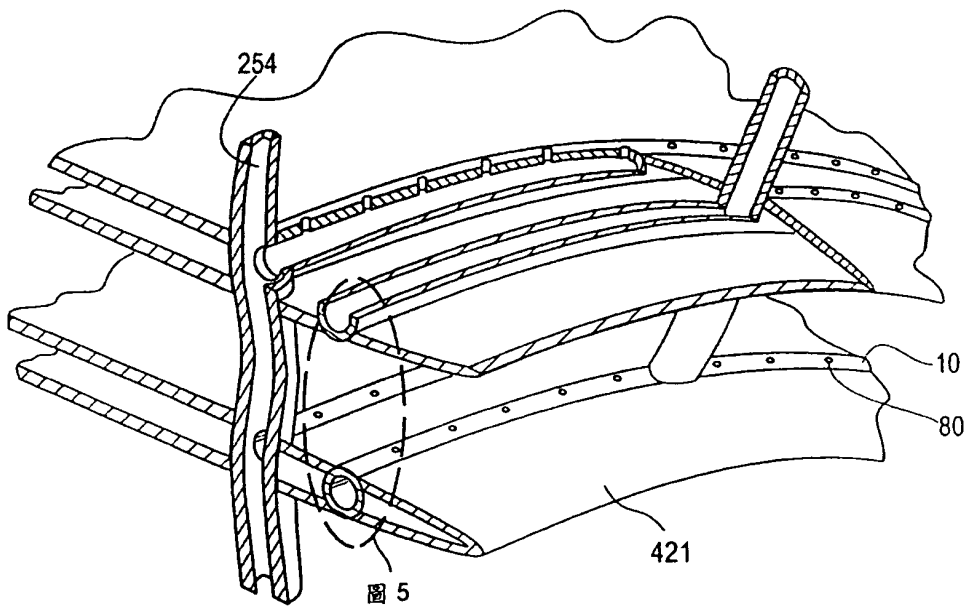


圖 15

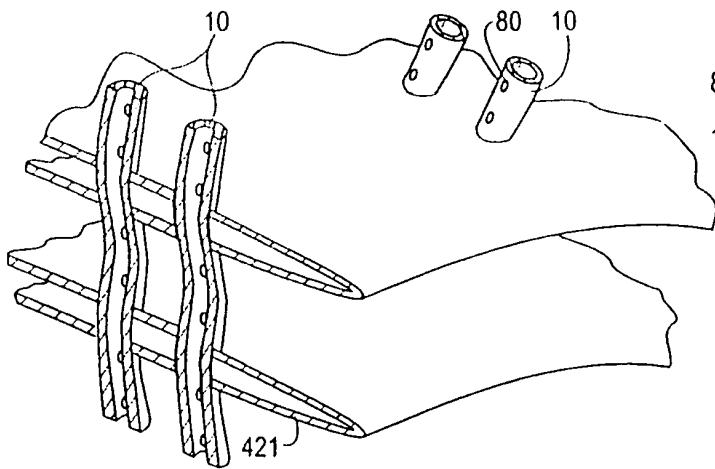


圖 16

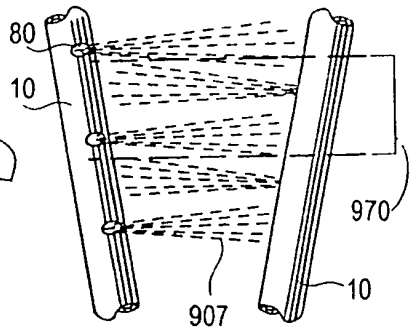


圖 17

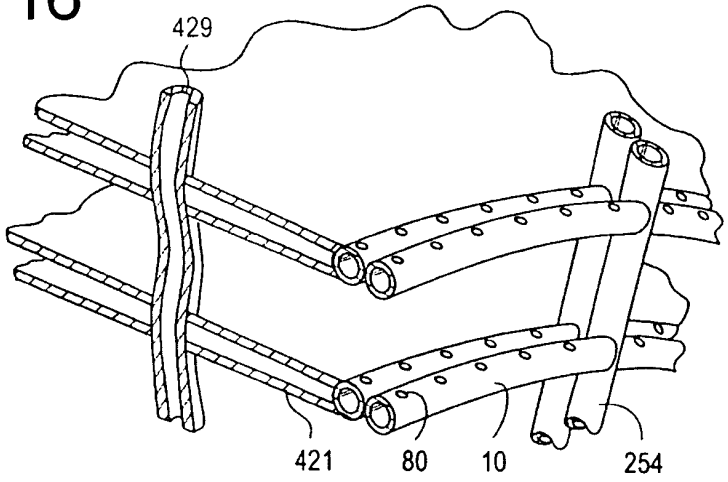


圖 18

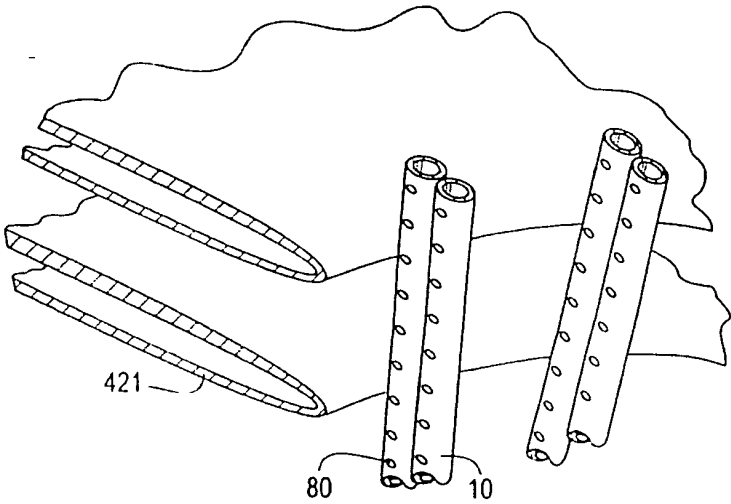


圖 19

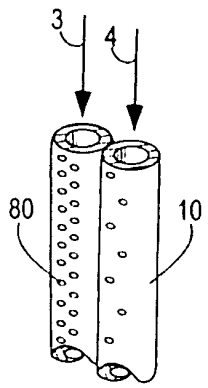


圖 20

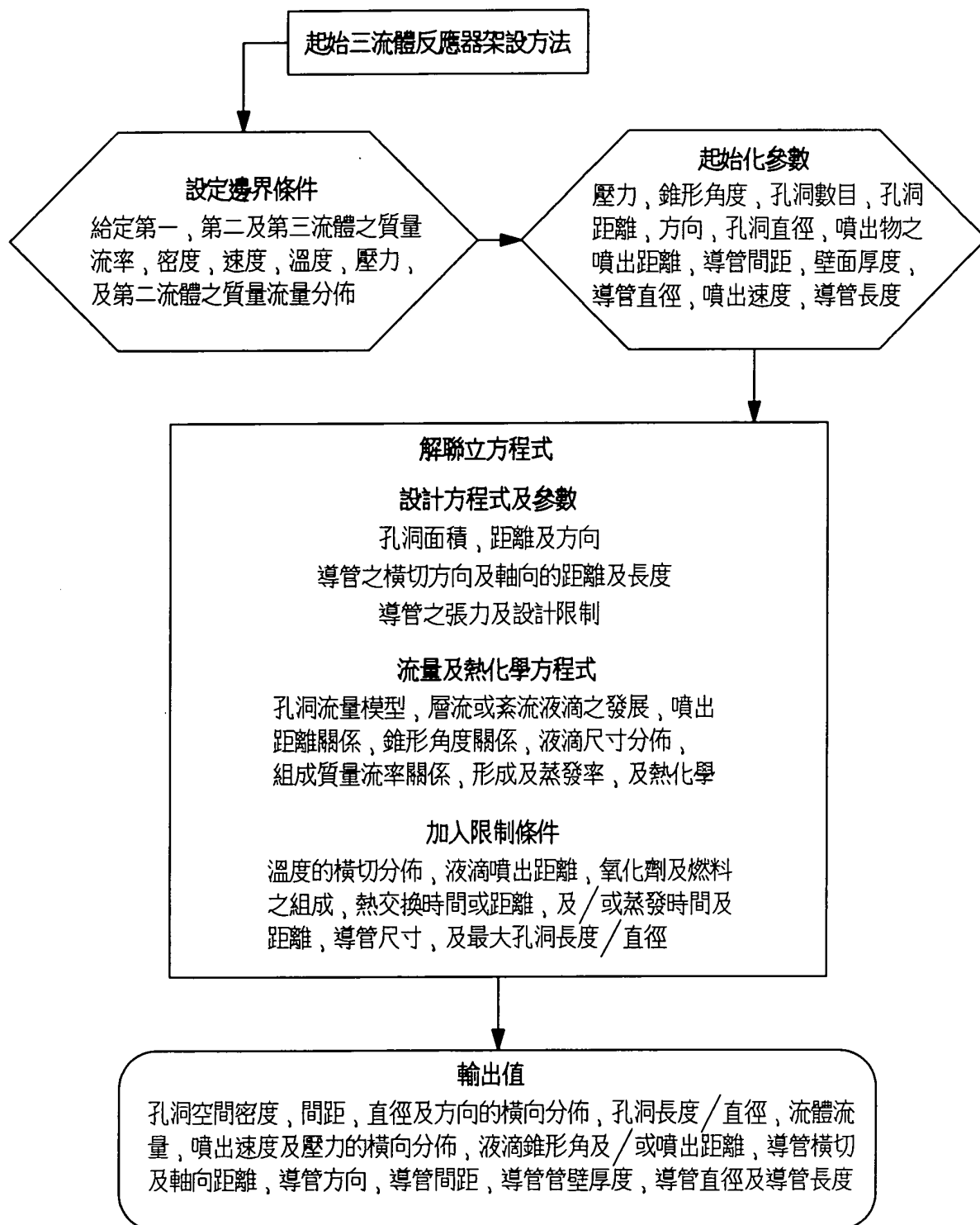


圖 21



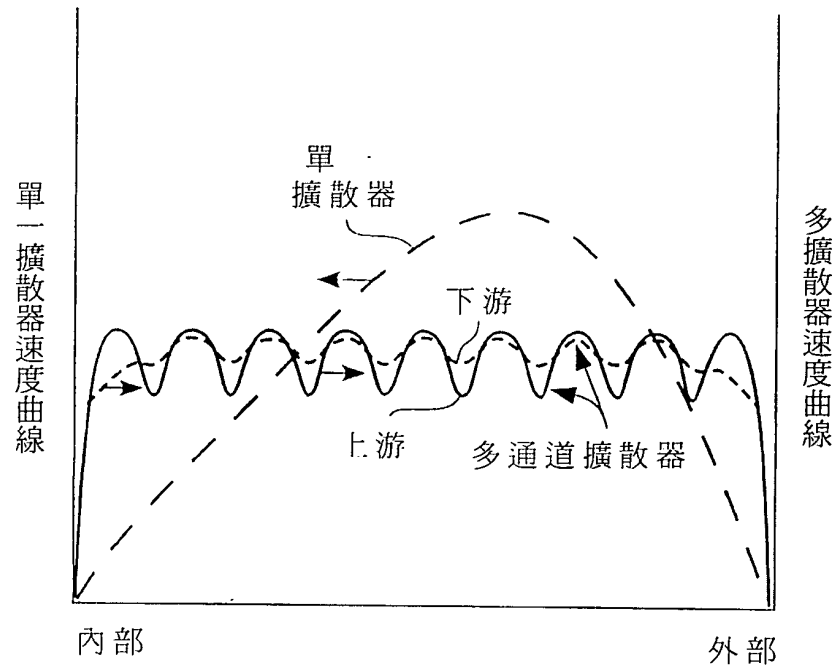


圖 22

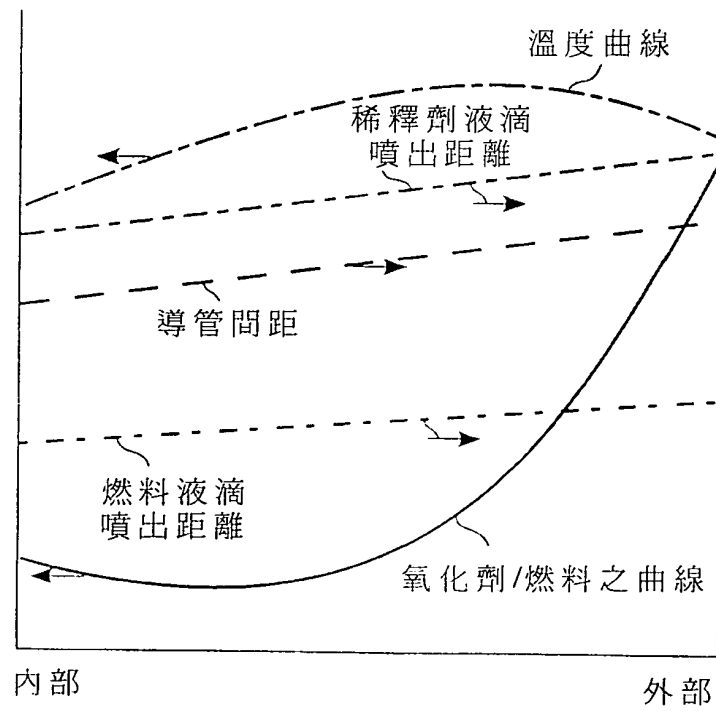


圖 23

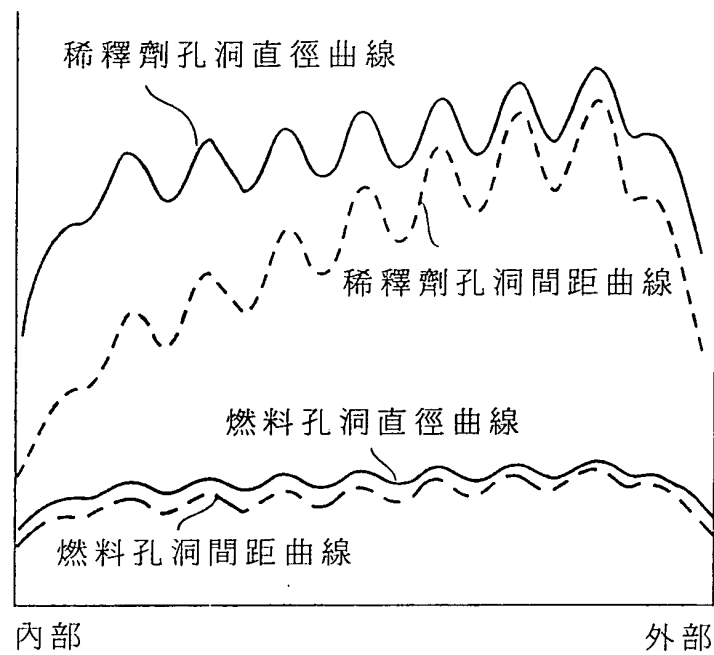


圖 24

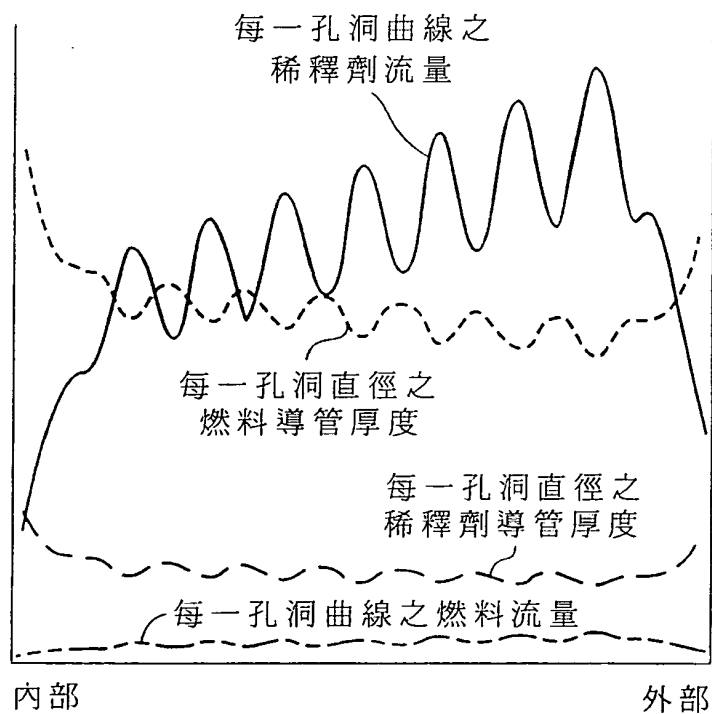


圖 25

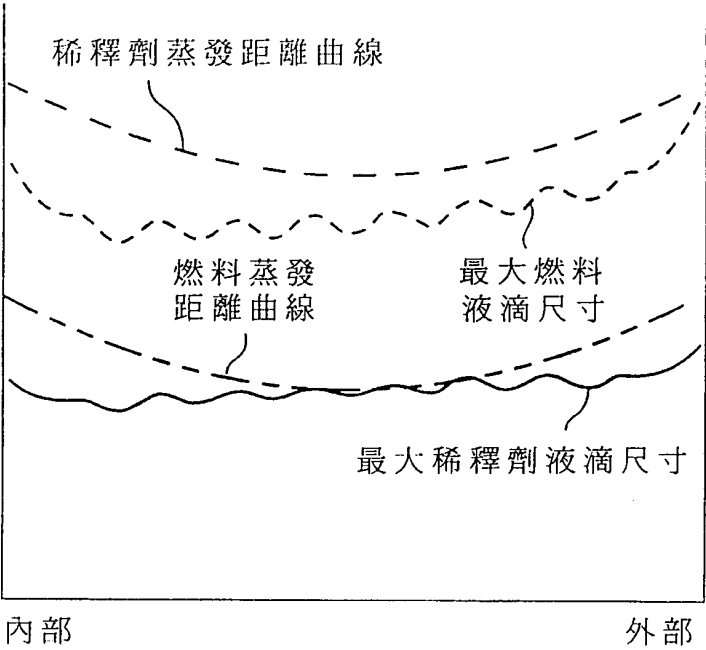


圖 26

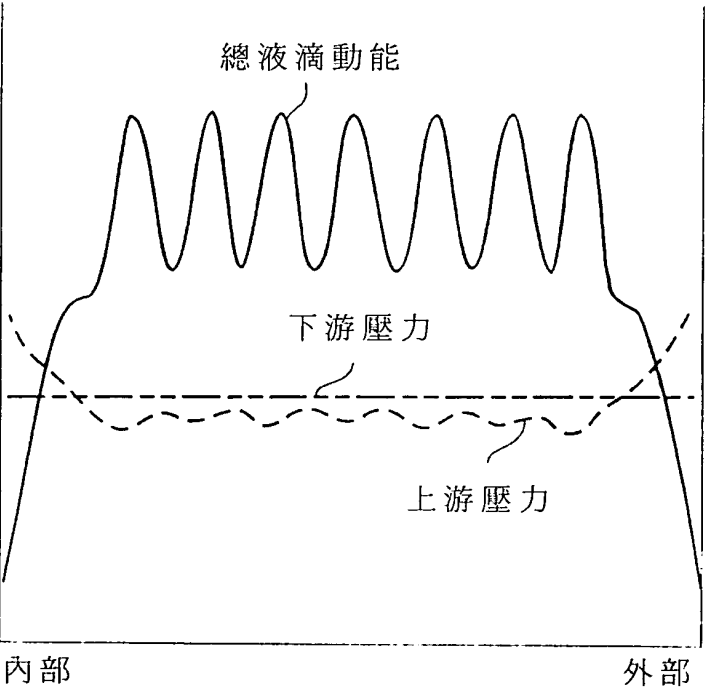


圖 27

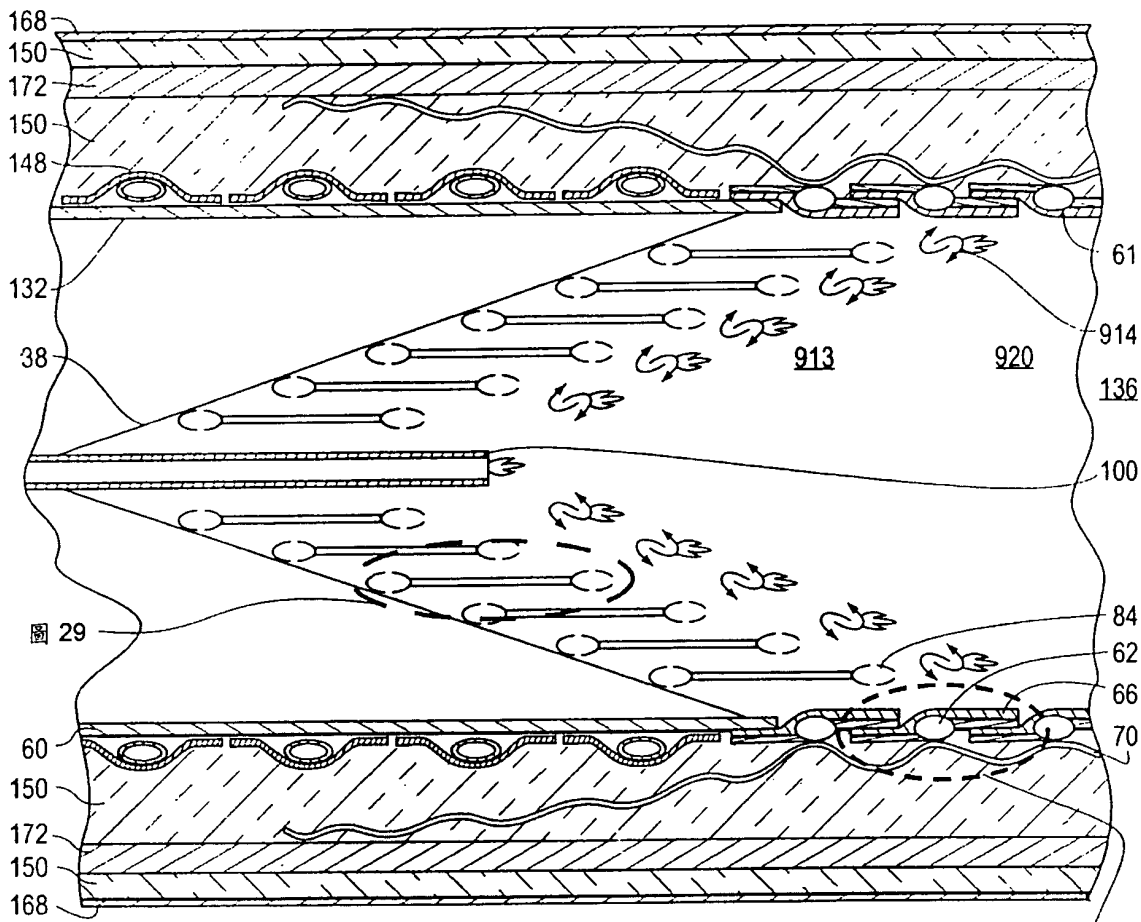


圖 28

圖 6

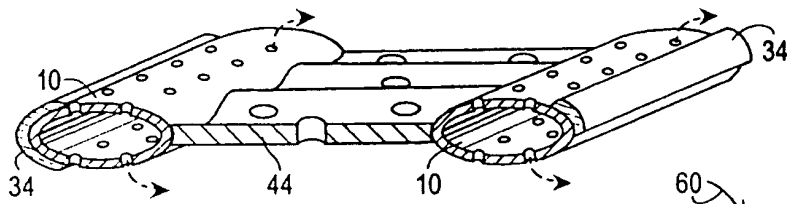


圖 29

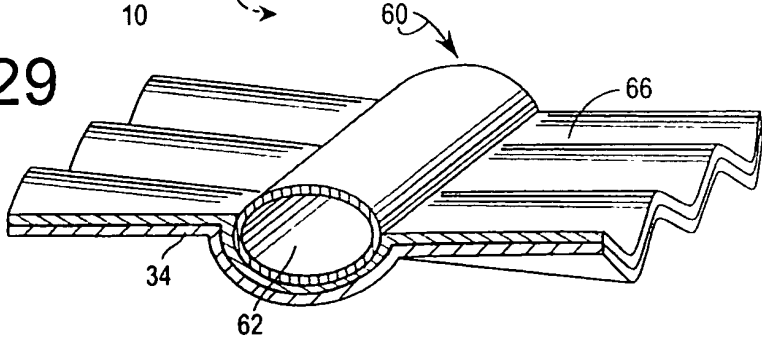


圖 30

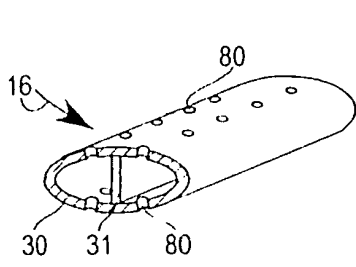


圖 31

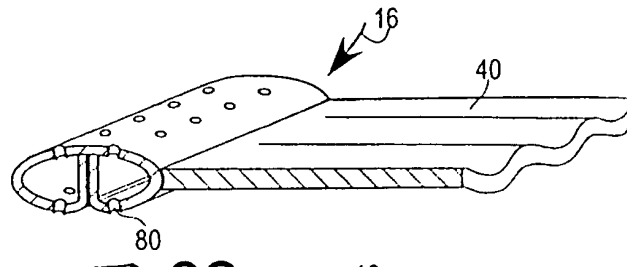


圖 32

圖 33

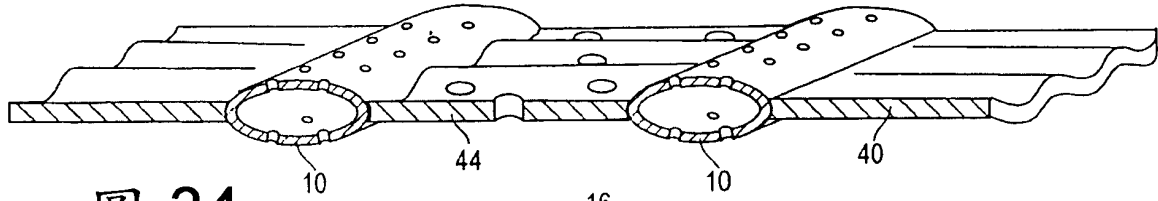
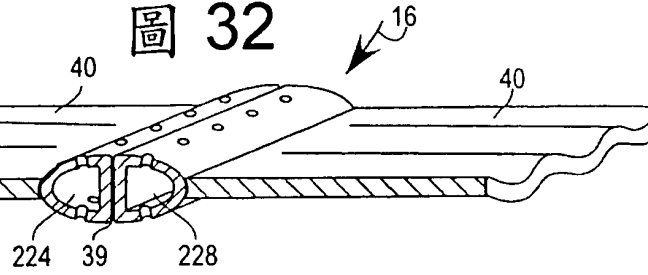


圖 34

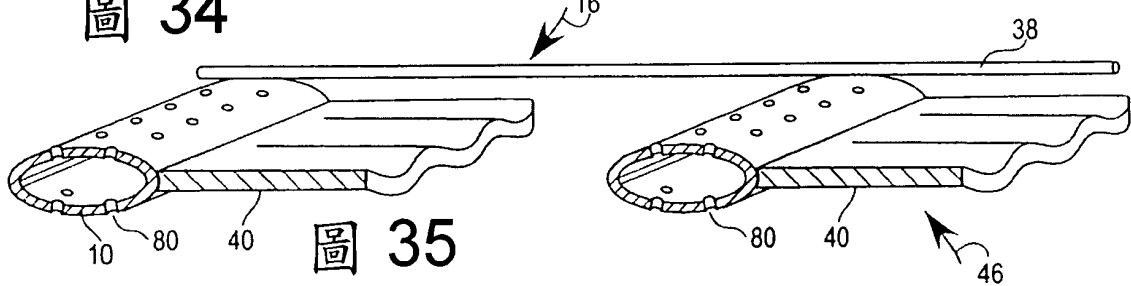


圖 35

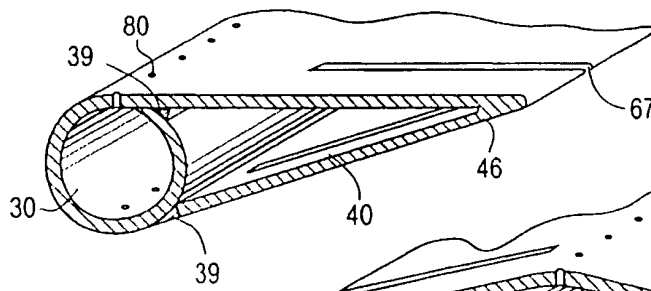


圖 36

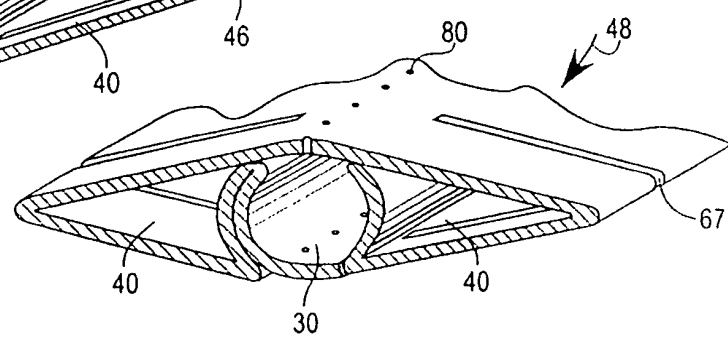


圖 37

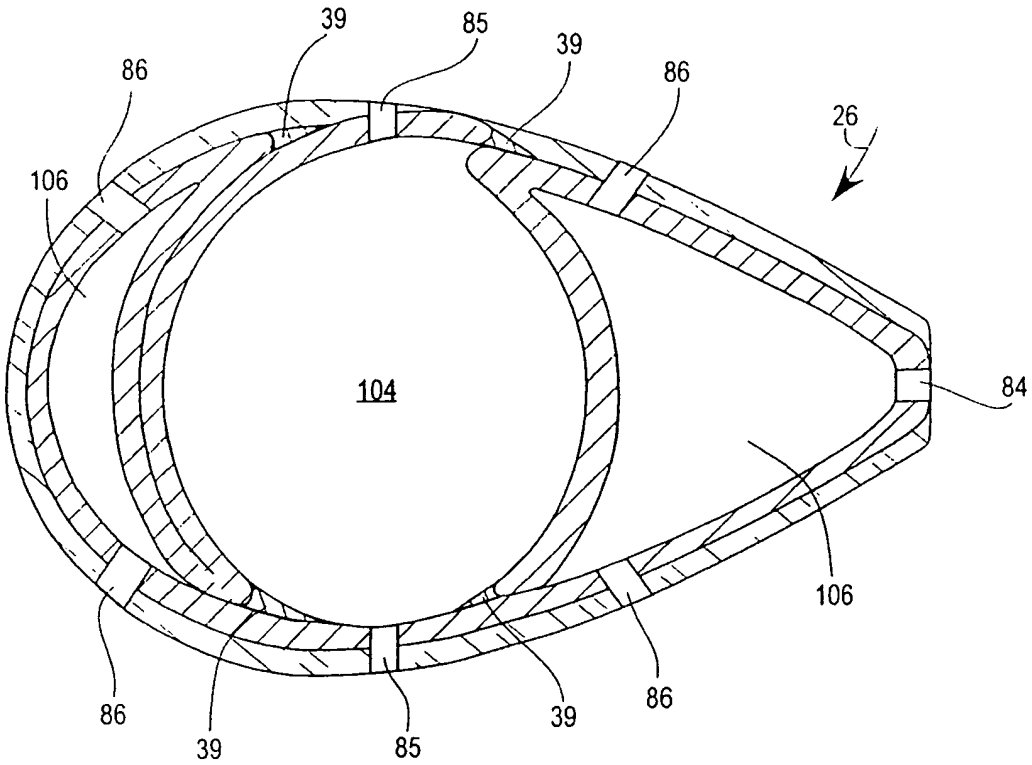


圖 38

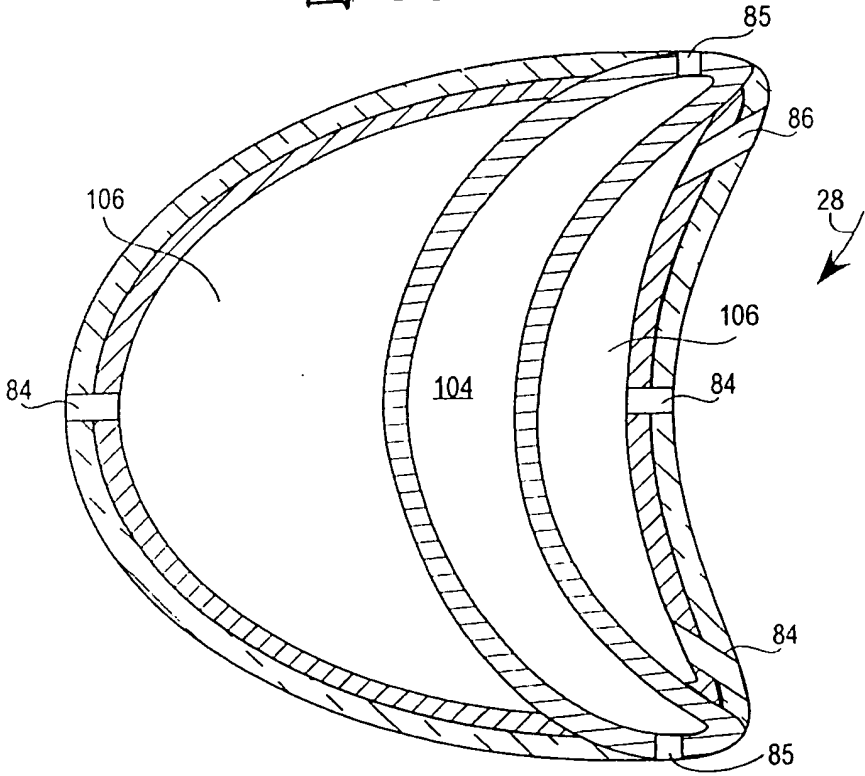


圖 39

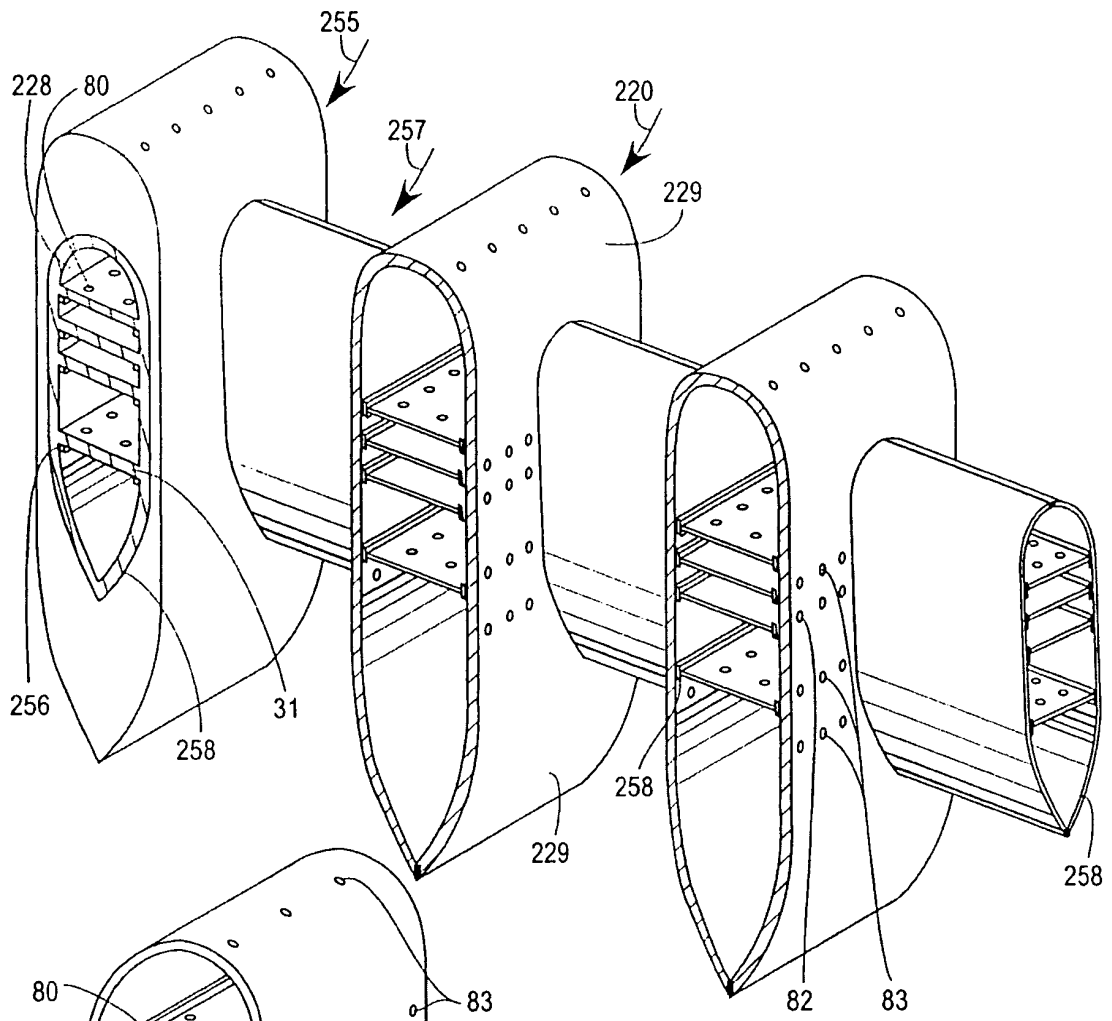


圖 40

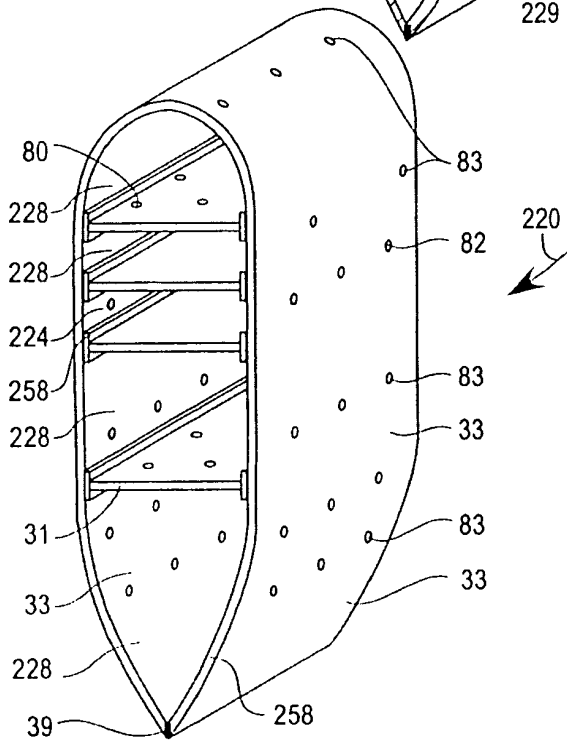


圖 41

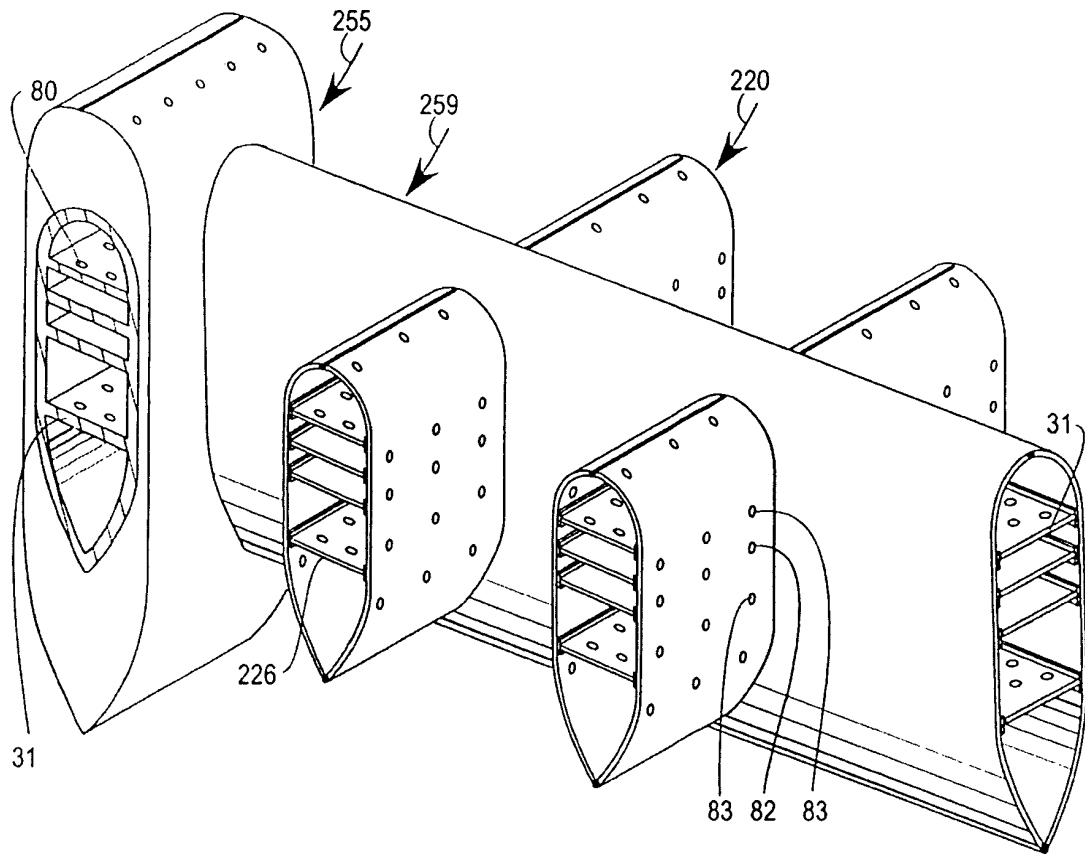


圖 42

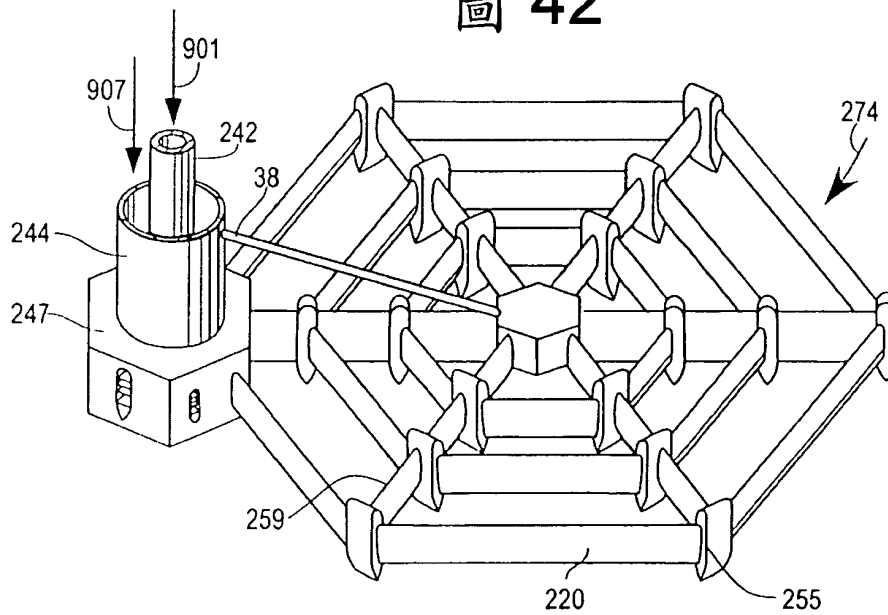


圖 43



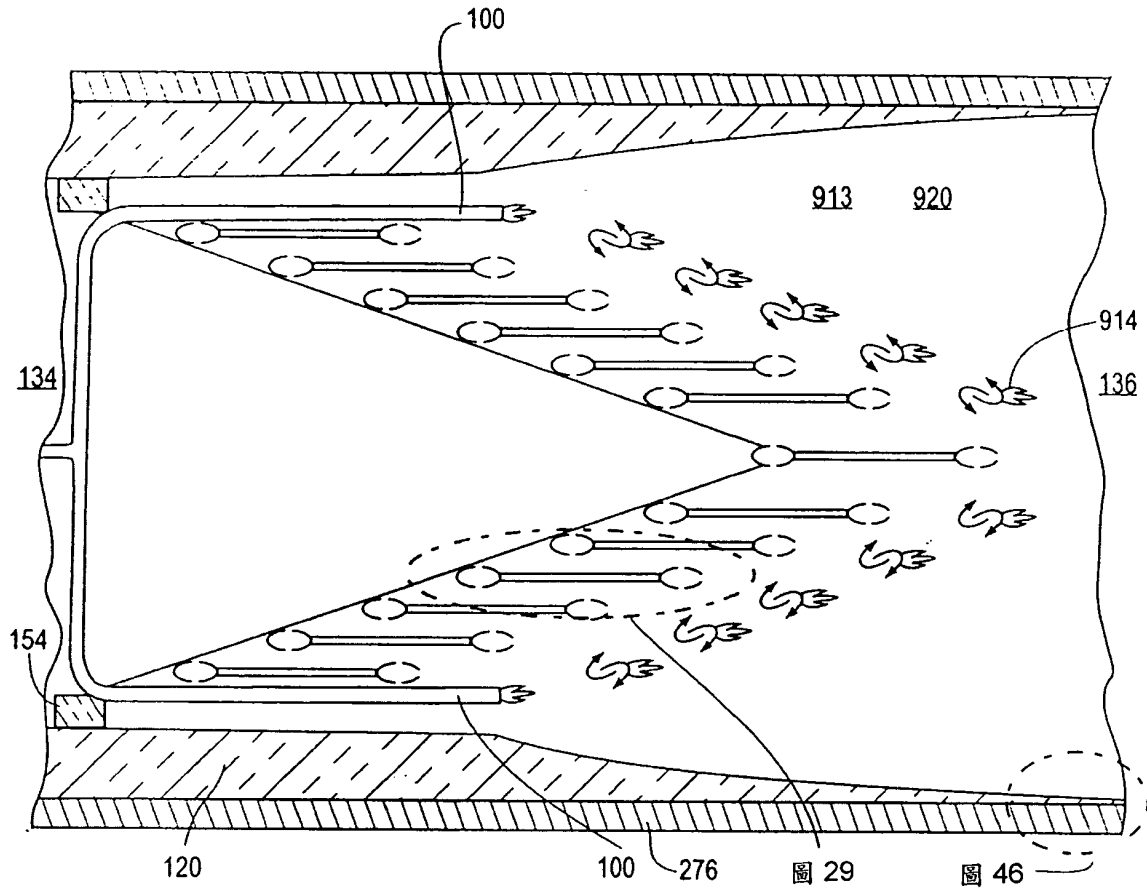


圖 44

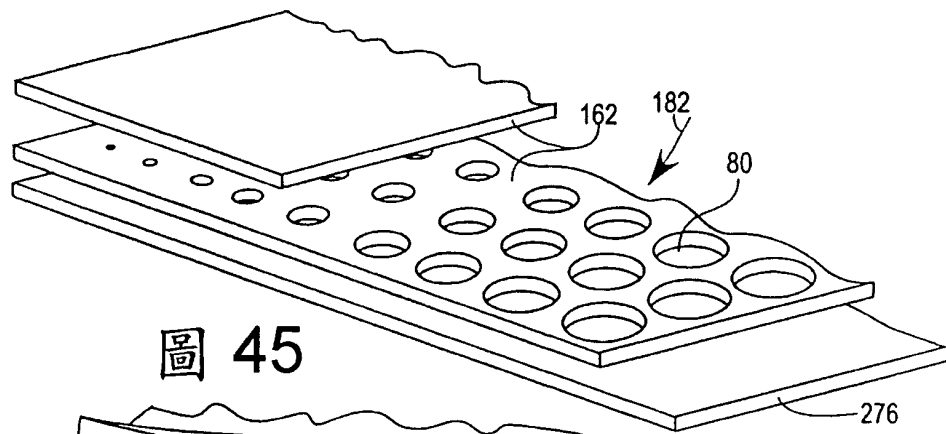


圖 45

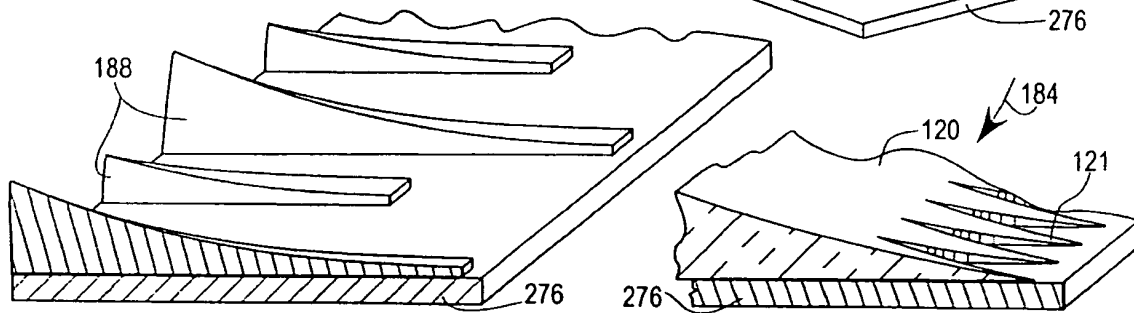


圖 46

圖 47

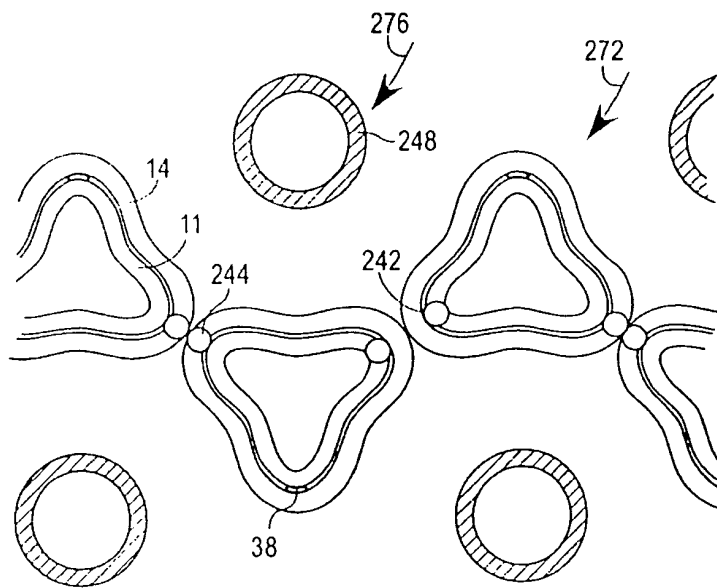


圖 48

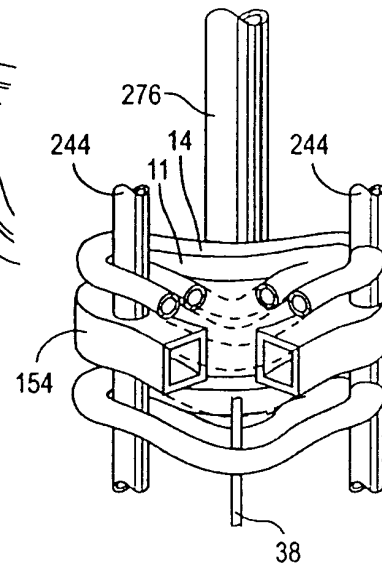


圖 49

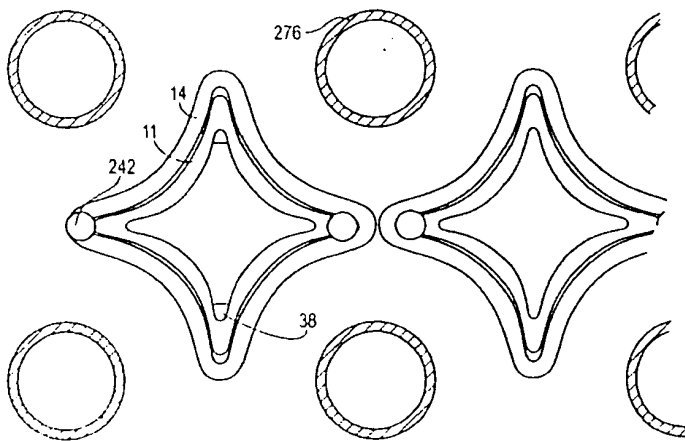


圖 50

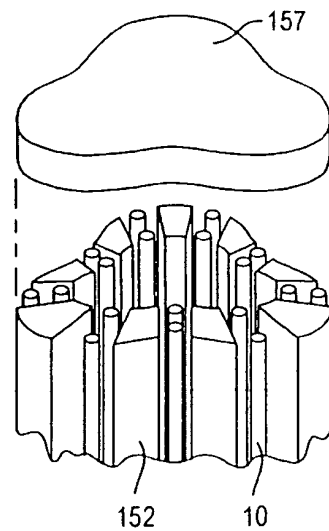


圖 51

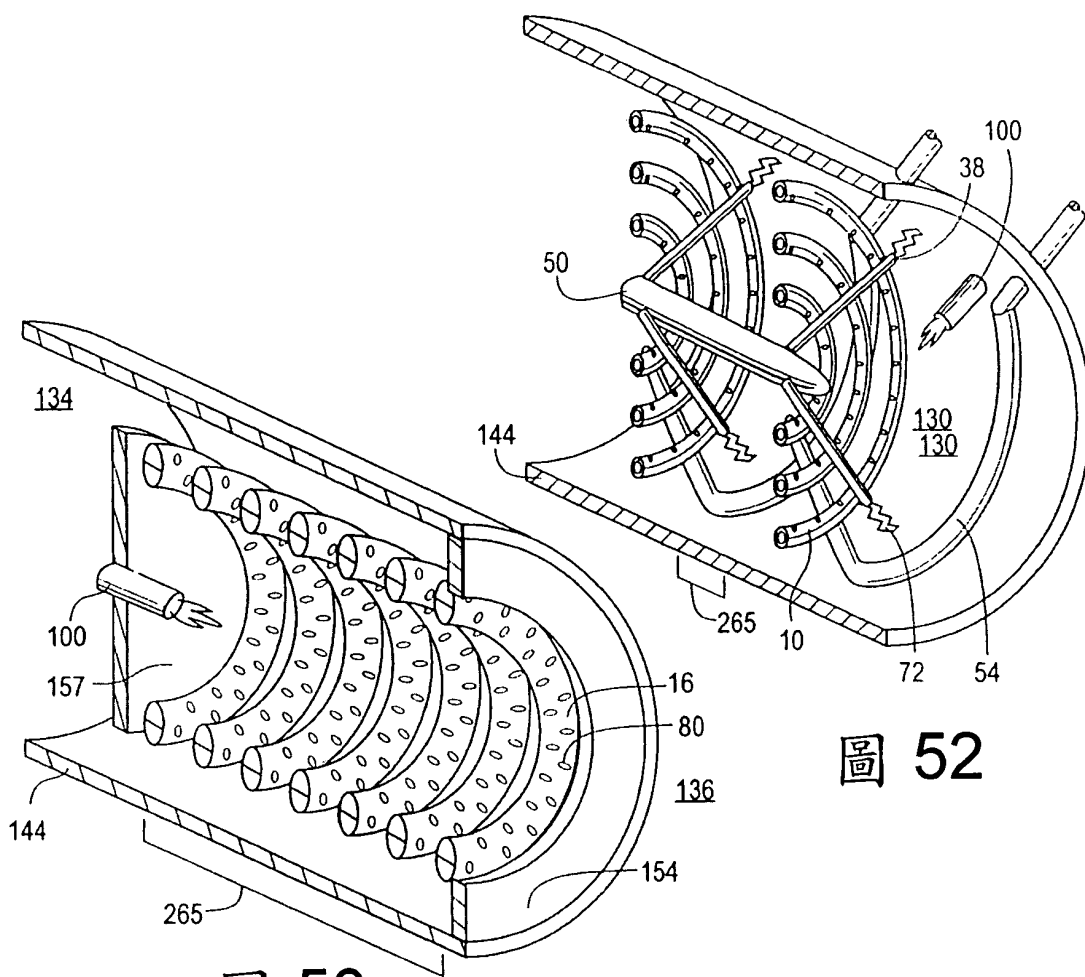


圖 52

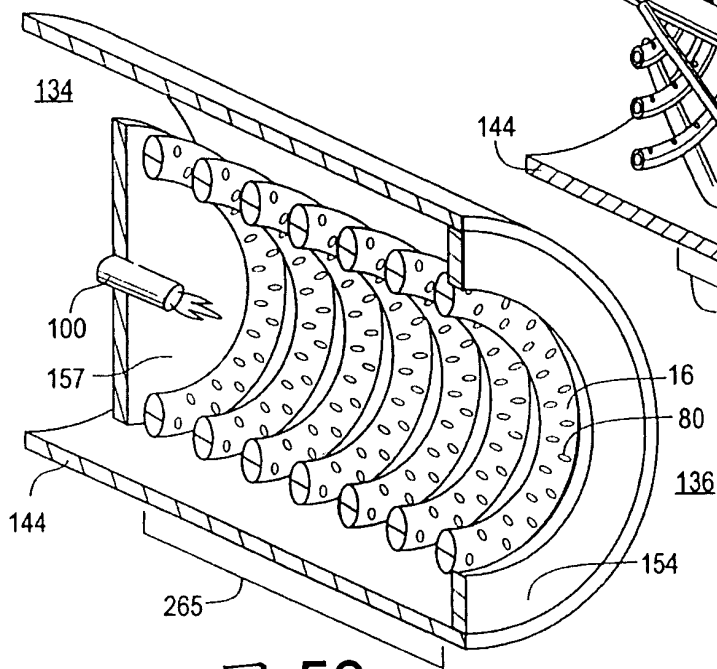


圖 53

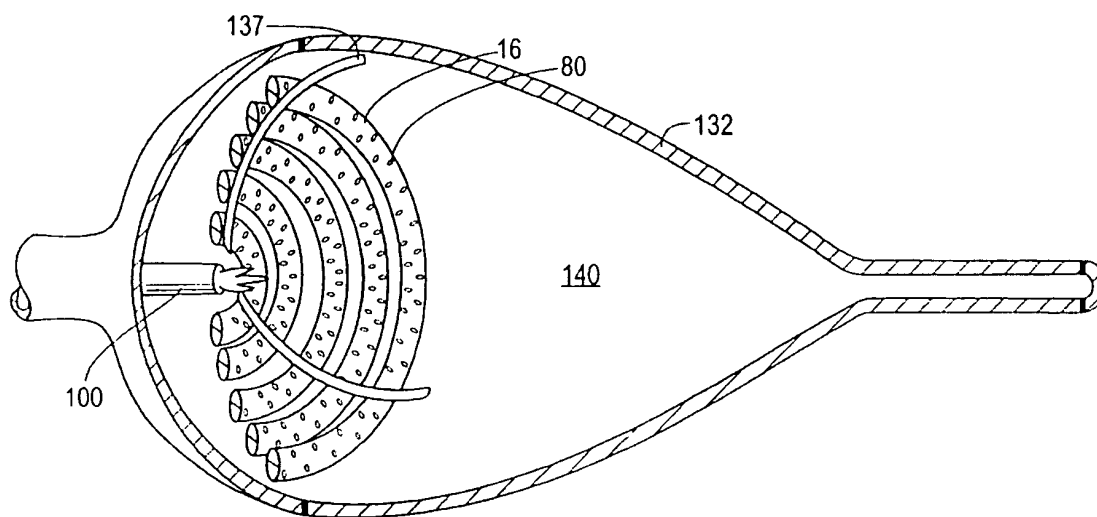


圖 54

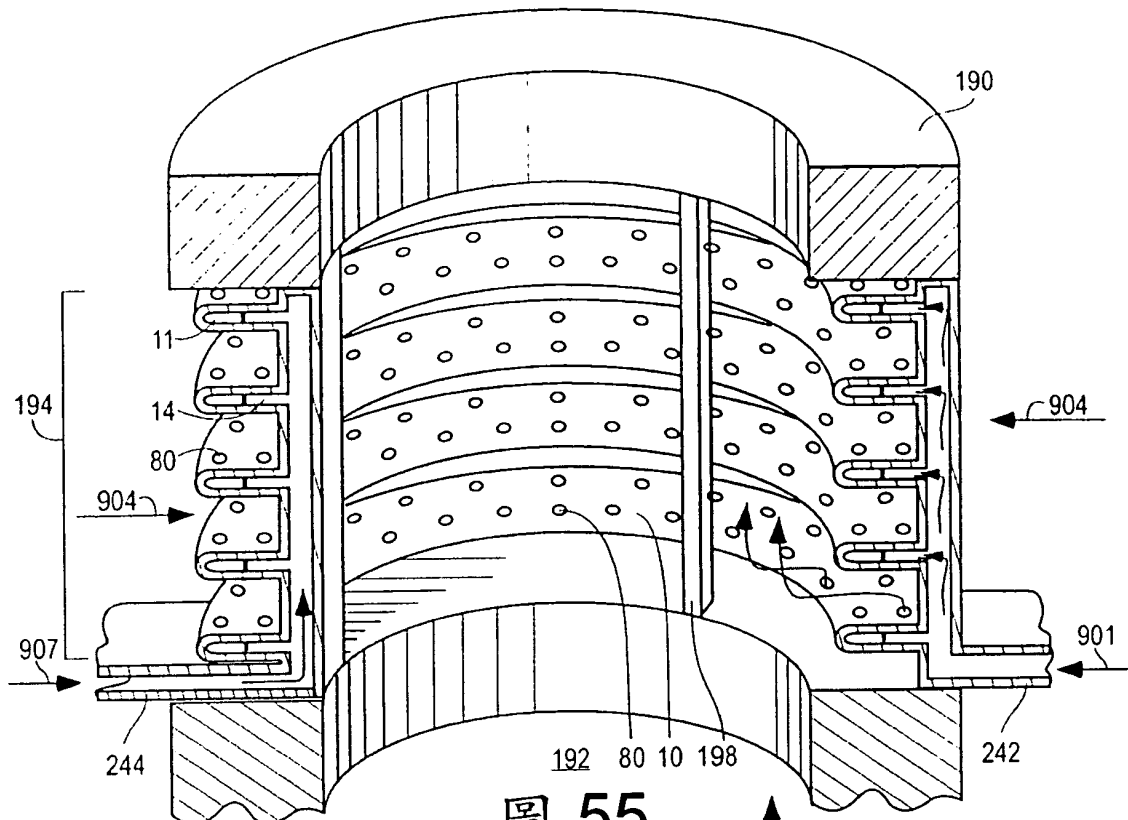


圖 55

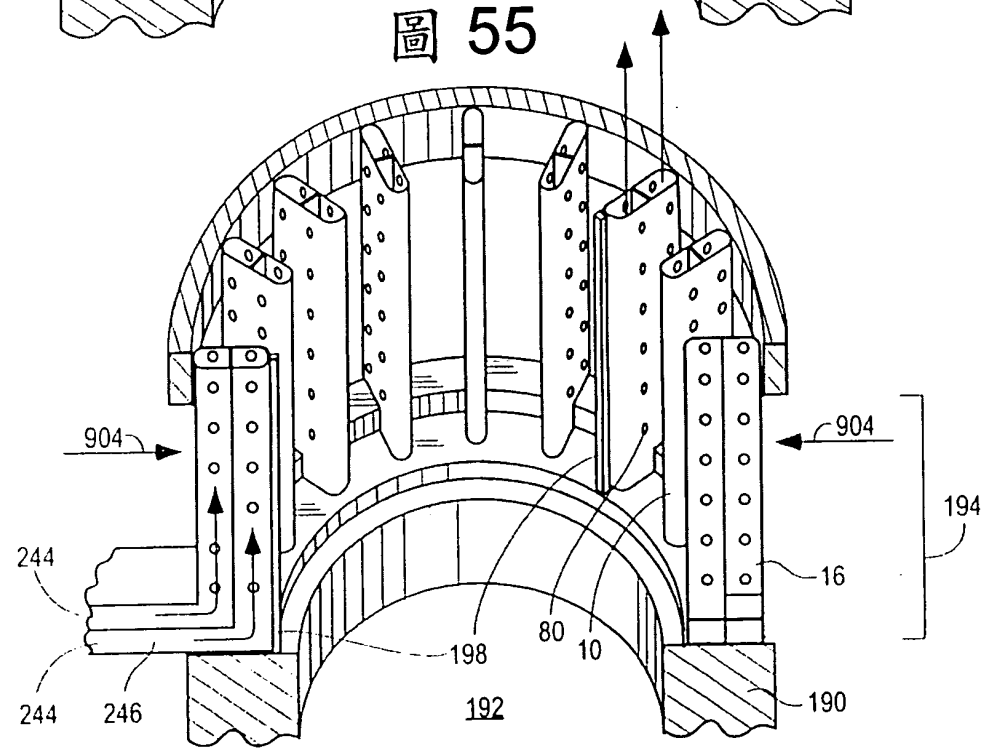


圖 56

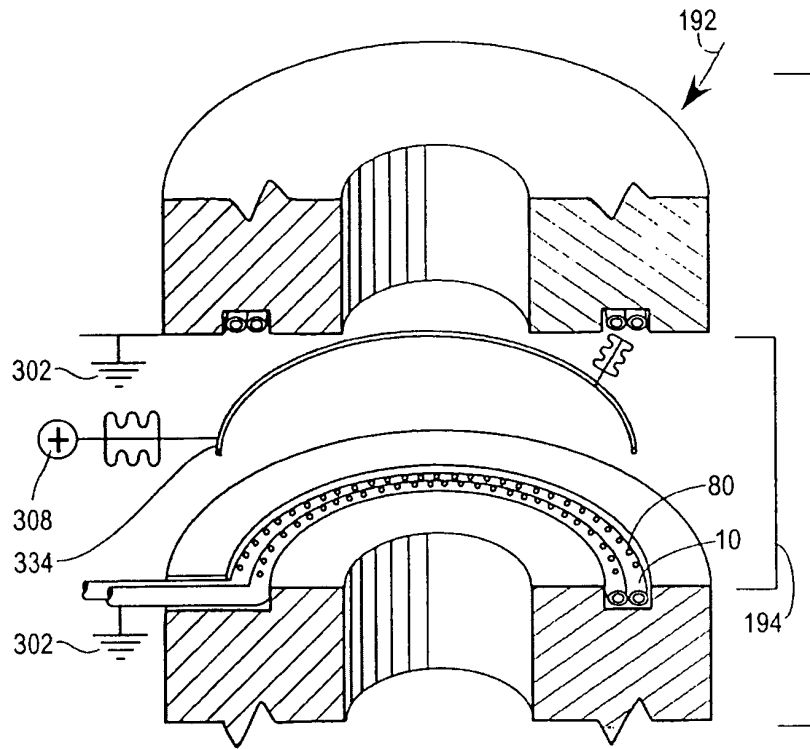


圖 57

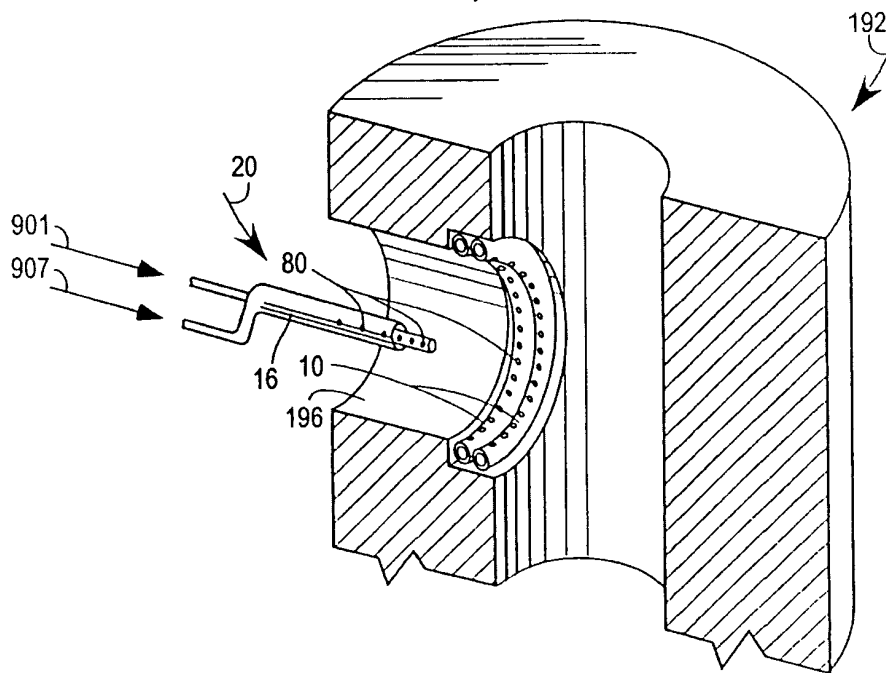


圖 58

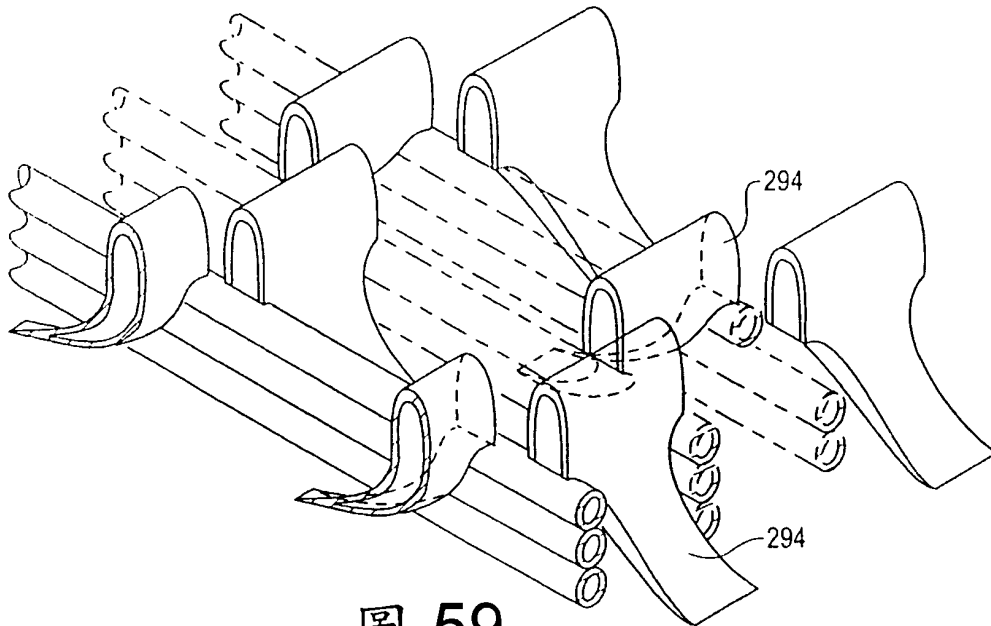


圖 59

圖 60

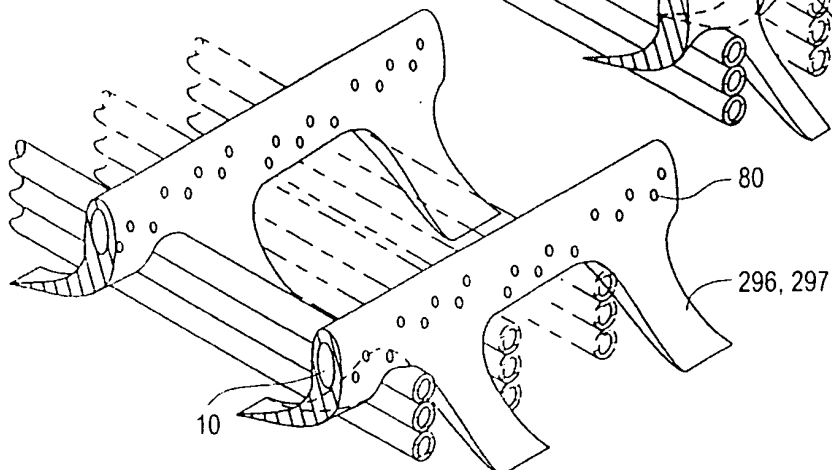
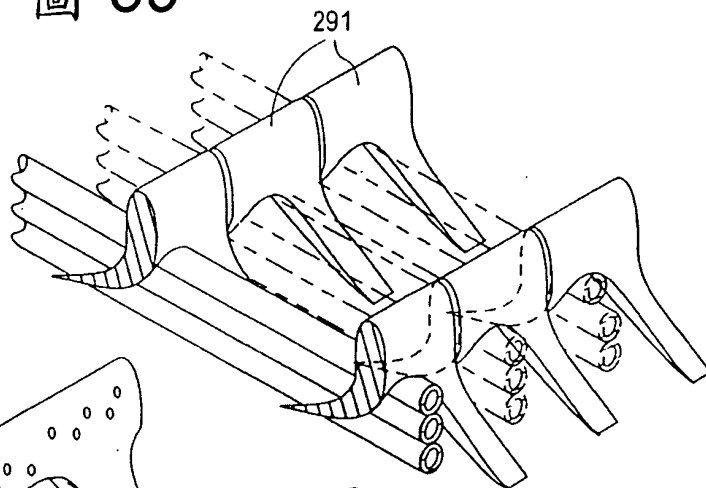


圖 61

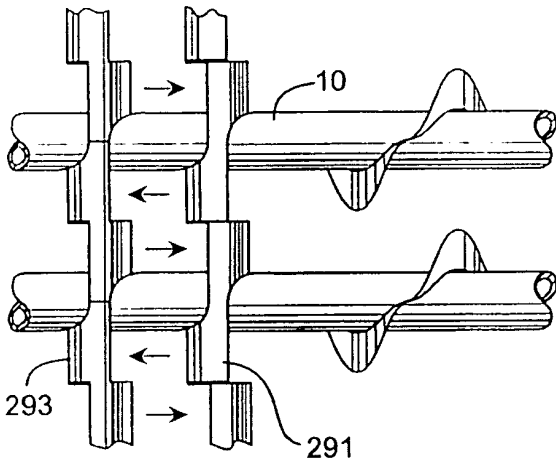


圖 62

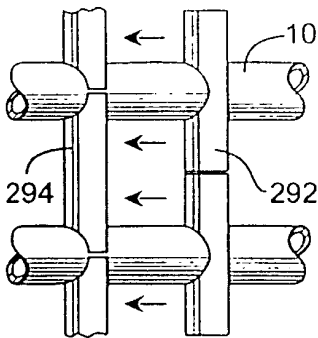


圖 63

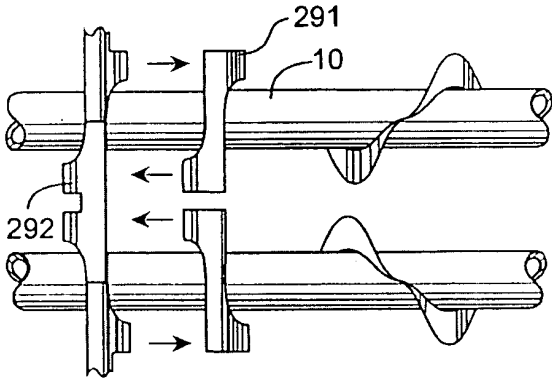


圖 64

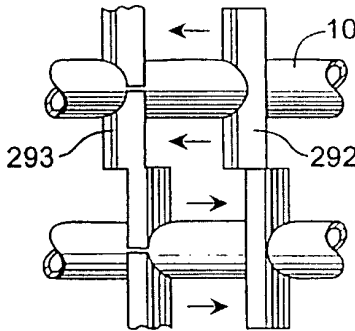


圖 65

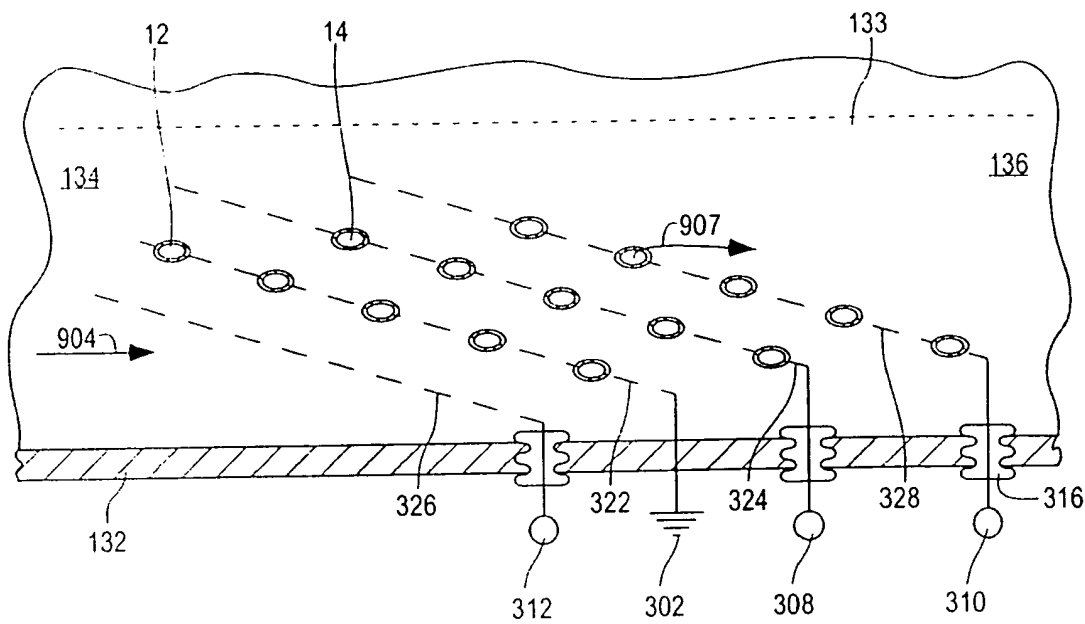


圖 66

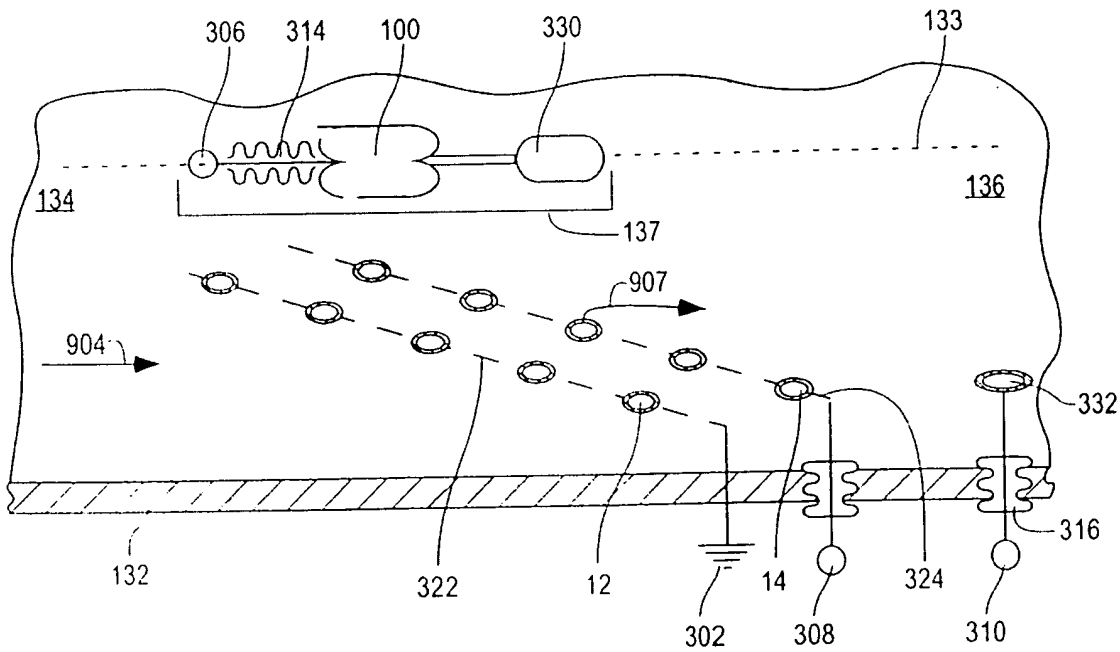


圖 67



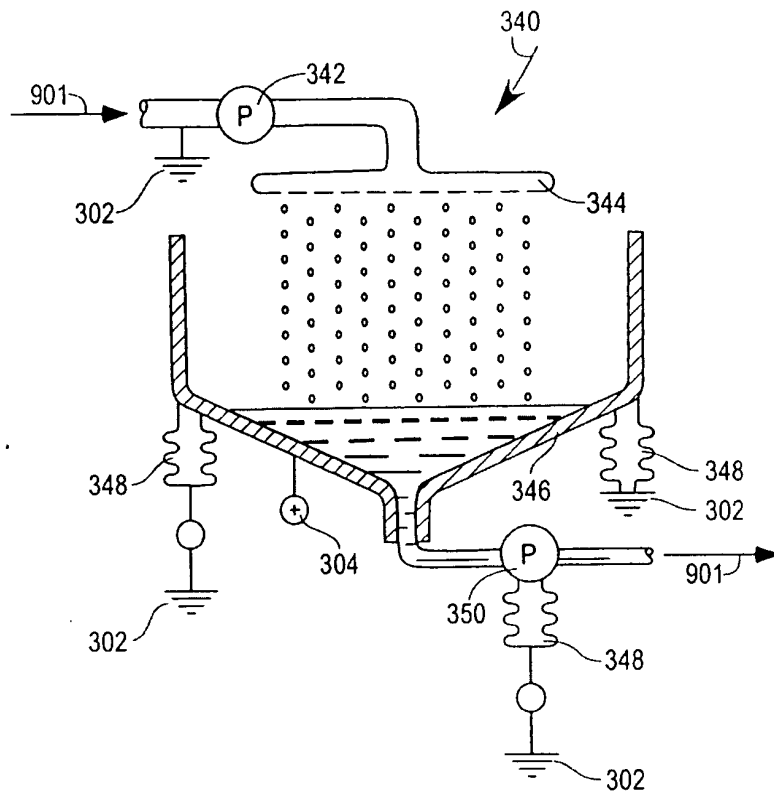


圖 68

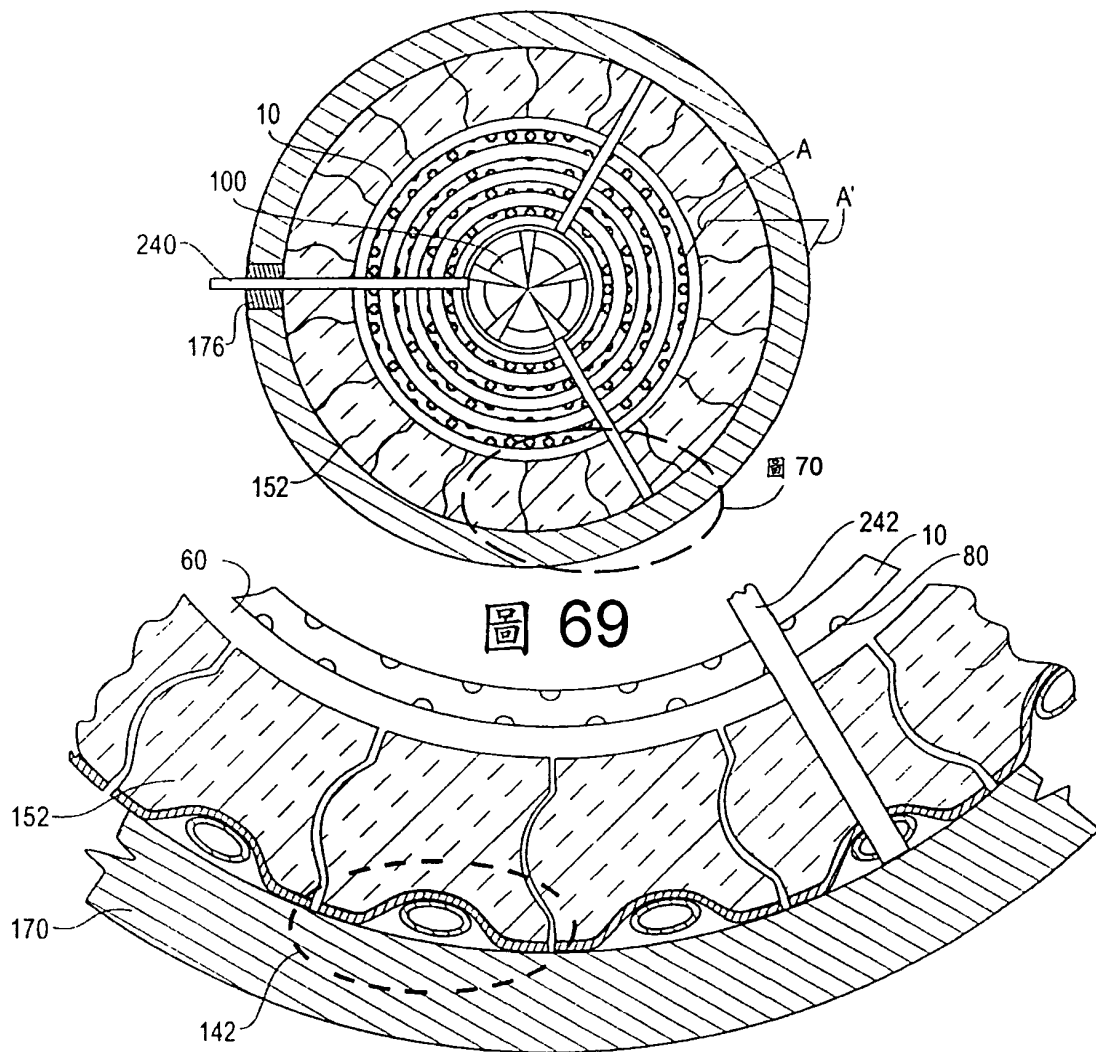


圖 69

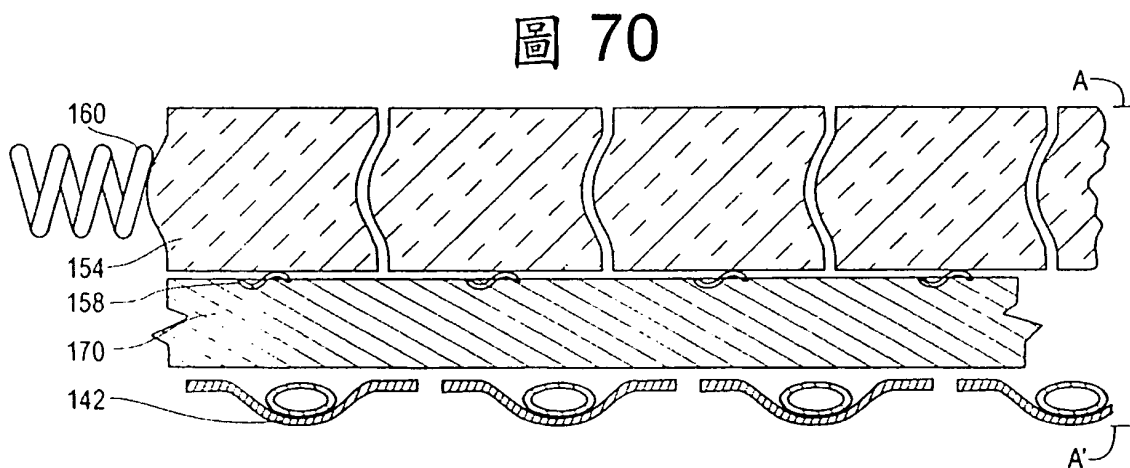


圖 70

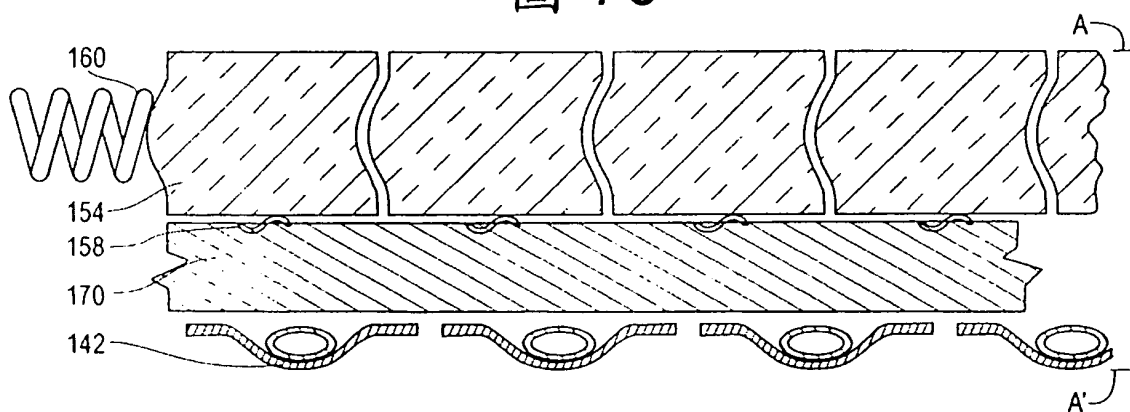


圖 71

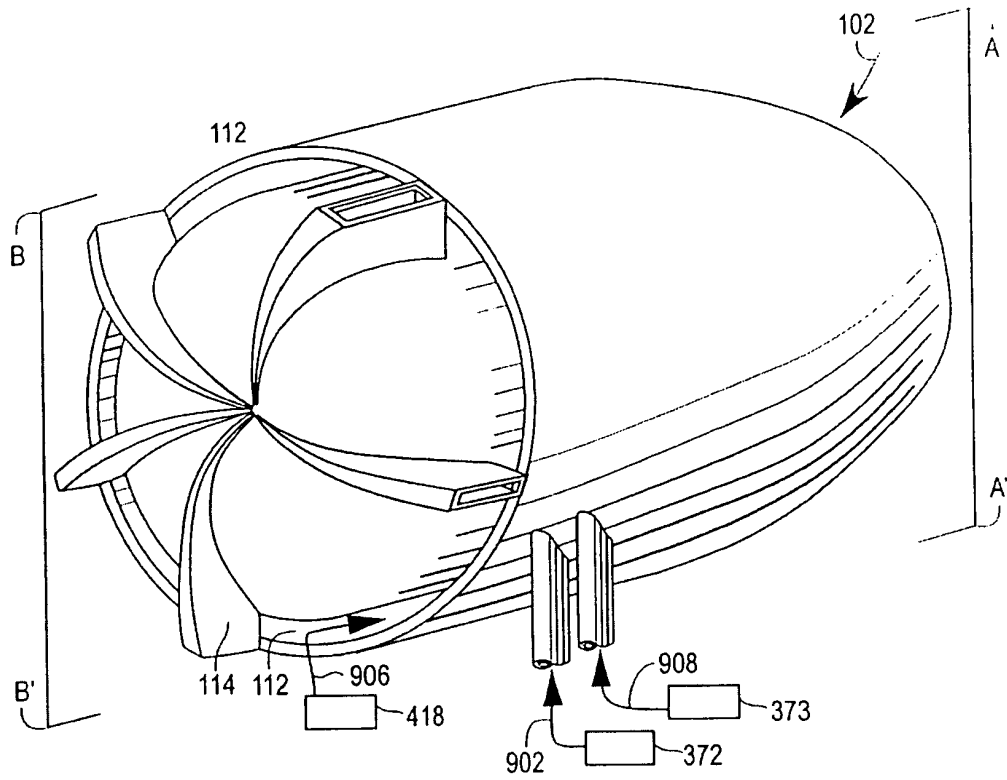


圖 72

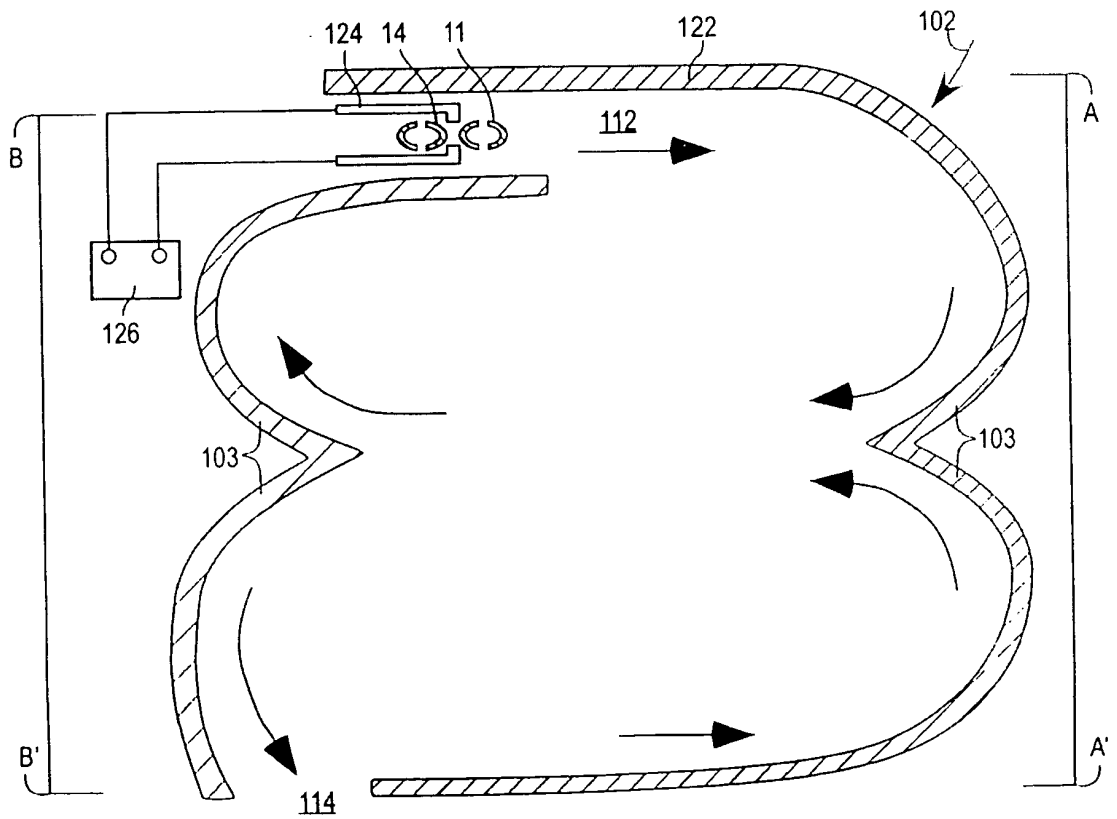


圖 73

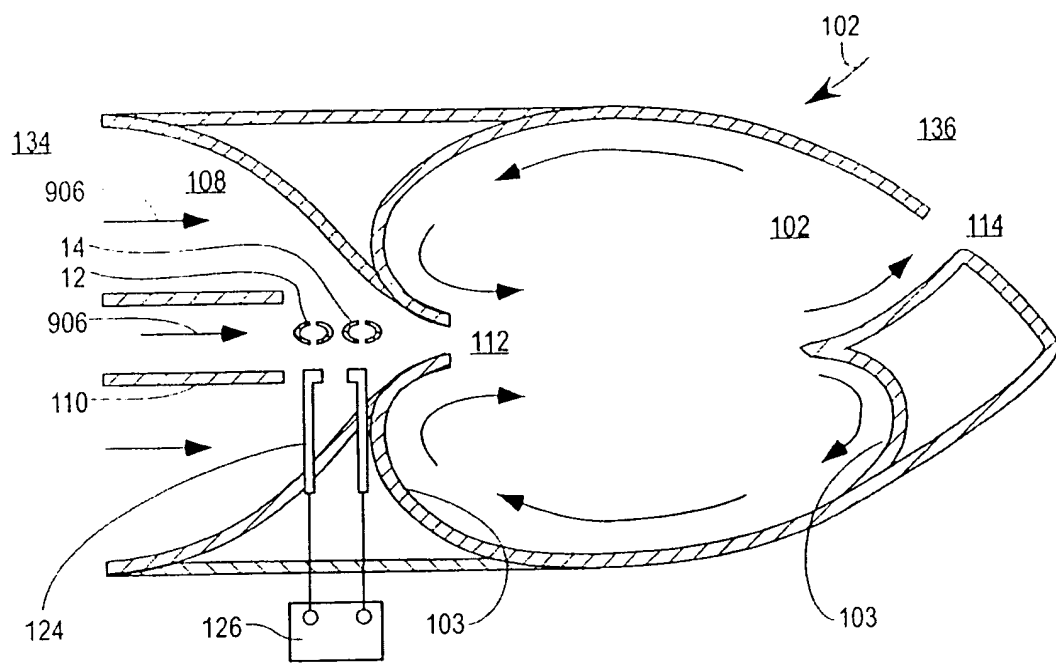


圖 74

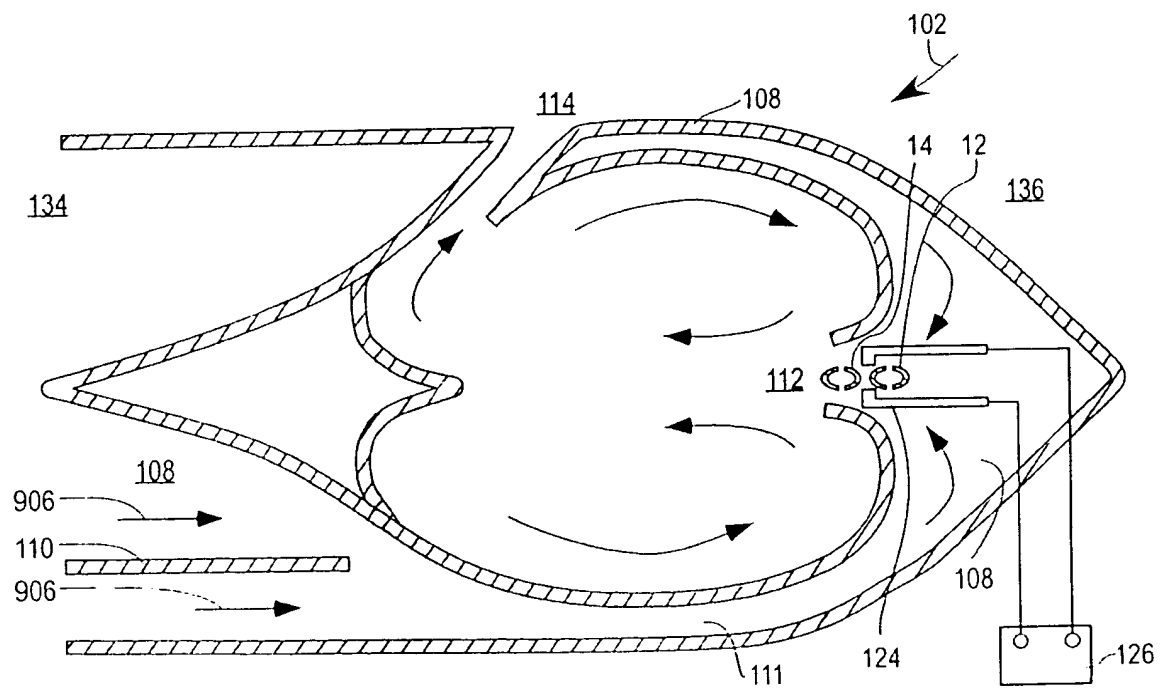


圖 75

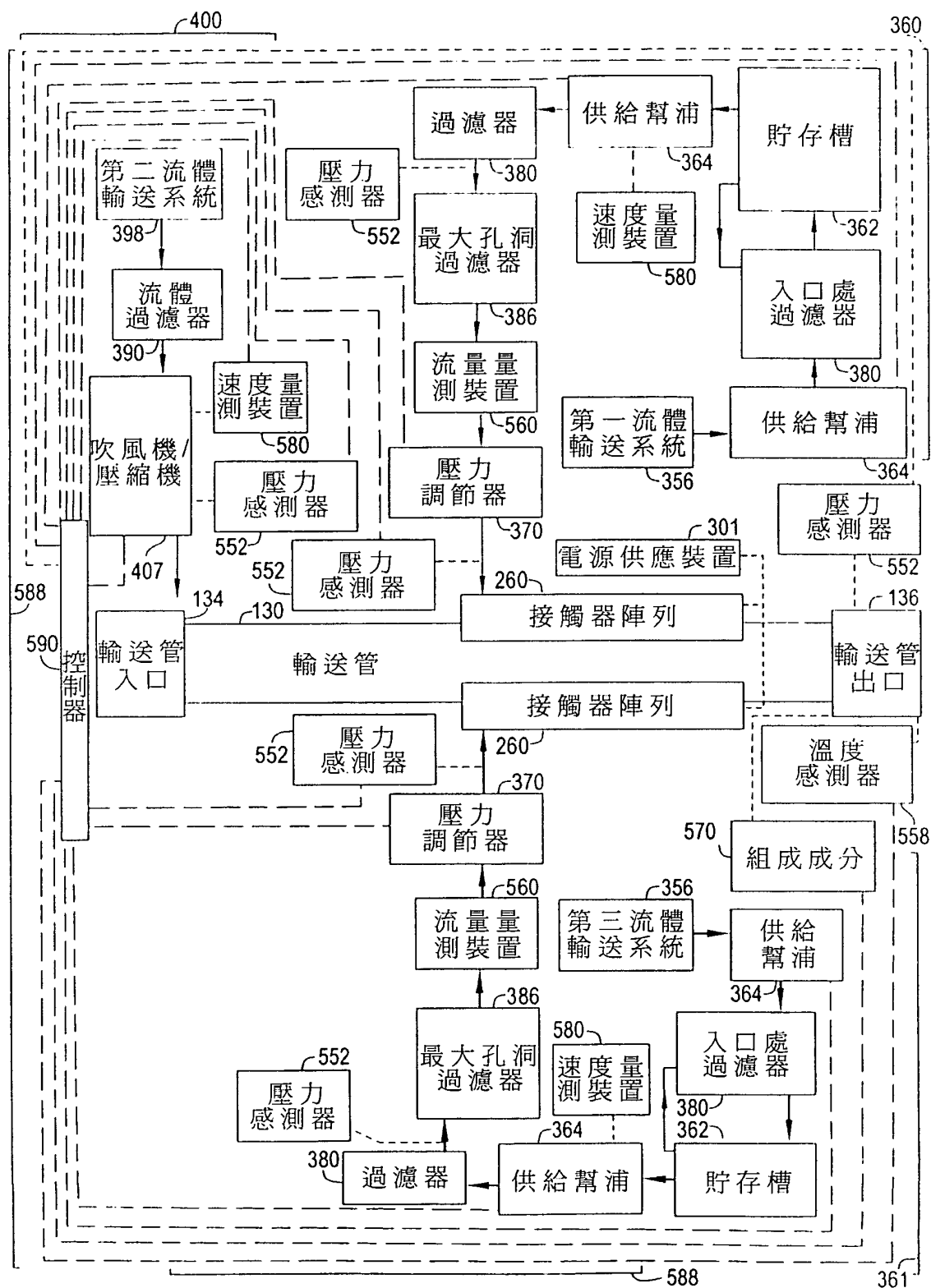


圖 76

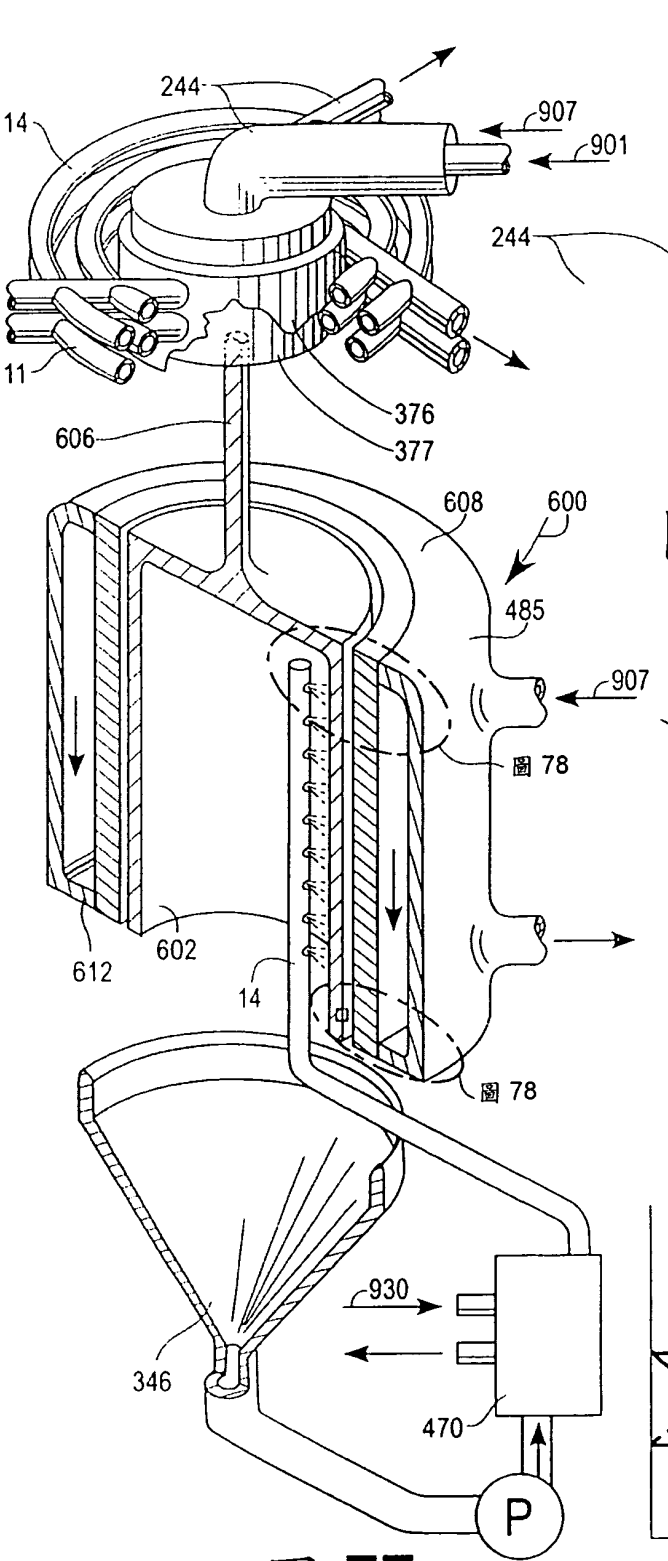


圖 77

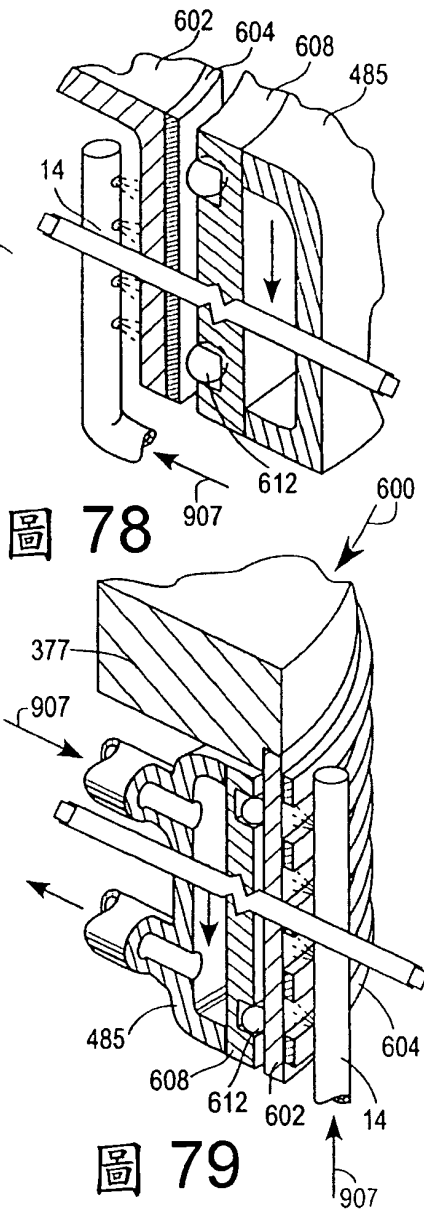


圖 78

圖 79

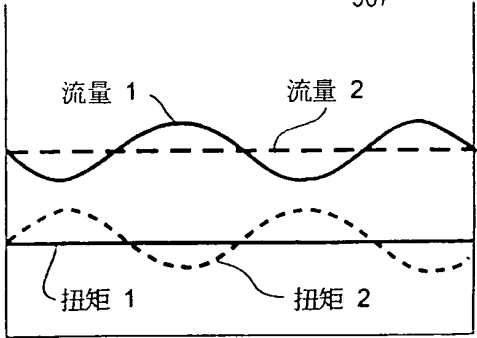


圖 80

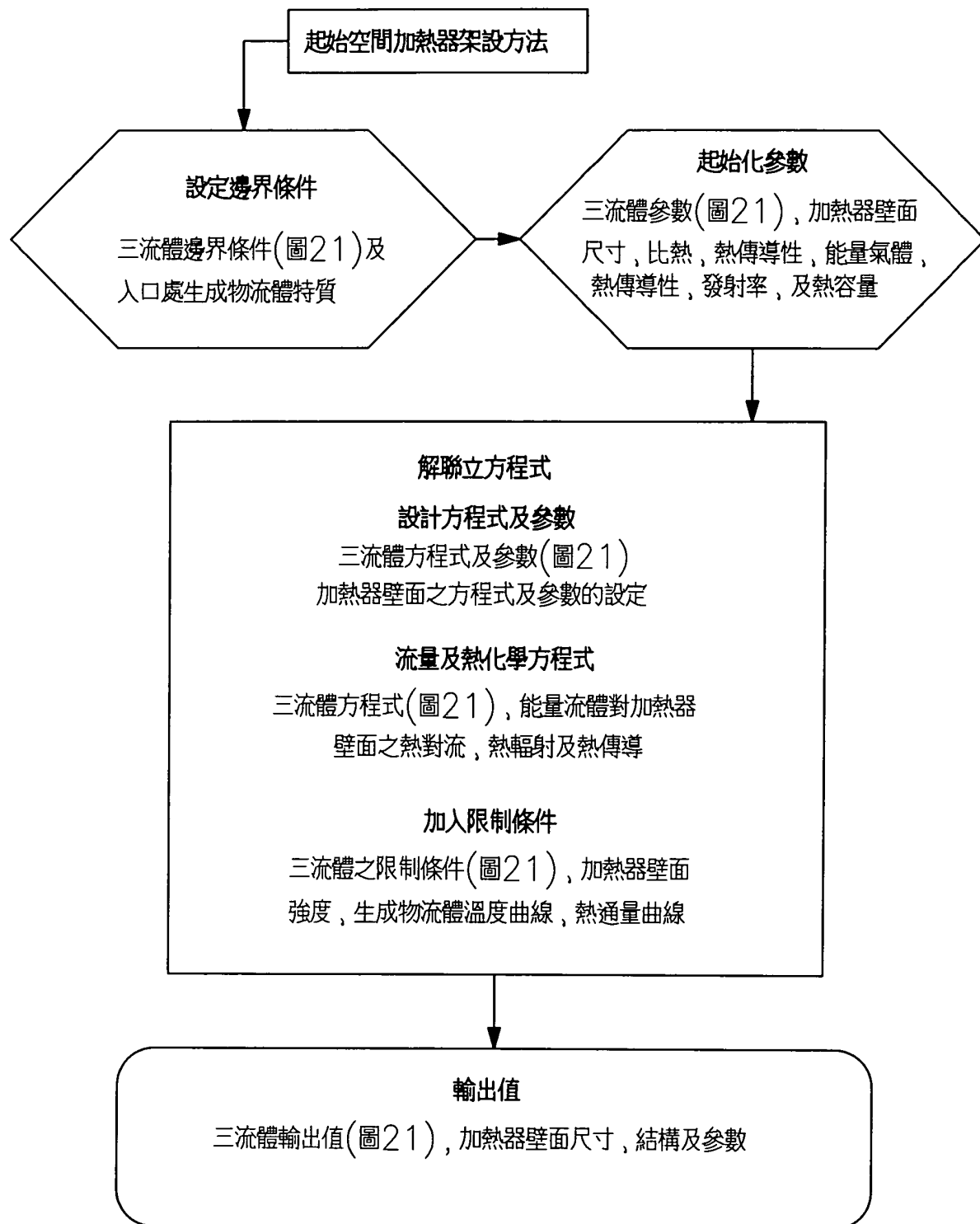


圖 81

### 伍、中文發明摘要：

一種熱稀釋放熱反應器系統包括多個位在燃燒器內的孔洞，且可以分佈在多攪接觸器導管上或輸送管上。多孔洞接觸器可以輸送及混合稀釋劑流體、至少一反應劑流體及氧化劑流體。反應器可以在軸向方向上或在二橫切方向上控制至少一組成曲線、組成比率曲線及溫度曲線，藉以減少溫度梯度、且可以改善功率、效率及排放量。

### 陸、英文發明摘要：

A thermally diluted exothermic reactor system is comprised of numerous orifices distributed within a combustor by distributed perforated contactor tubes or ducts. The perforated contactors deliver and mix diluent fluid and one or more reactant fluids with an oxidant fluid. Numerous micro-jets about the perforated tubes deliver, mix and control the composition of reactant fluid, oxidant fluid and diluent fluid. The reactor controls one or more of composition profiles, composition ratio profiles and temperature profiles in one or more of the axial direction and one or two transverse directions, reduces temperature gradients and improves power, efficiency and emissions.

### 柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 1 ）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

2：反應器系統或接觸器系統

10：流體通道、多孔洞接觸器導管或構件上之孔洞



30：管壁

37：外部導管支撐結構

54：曲線形之彈性輸送導管

72：彈性的導管陣列支撐結構

80：孔洞

100：火焰承載器、點火裝置、點火器、引導光線或  
引導火焰

130：流體輸送管

132：流體輸送管壁

134：流體輸送管入口、燃燒器入口、蒸發器入口、  
飽和器入口

136：流體輸送管出口、反應器出口、蒸發器出口、  
飽和器出口

242：燃料流體歧管

244：歧管

261：多孔洞導管陣列

360：第一流體輸送系統或燃料輸送系統

361：第三流體輸送系統或稀釋劑輸送系統

400：第二流體輸送系統，氧化劑輸送系統

588：控制系統

901：第一流體

904：第二流體

907：第三流體

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化  
學式：