



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I851069 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：112108423

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 08 日

(51)Int. Cl. : **F25B1/10 (2006.01)****F25B9/08 (2006.01)****F25B40/02 (2006.01)****F25B43/00 (2006.01)**

(30)優先權：2022/03/08 世界智慧財產權組織 PCT/US22/19352

(71)申請人：美商貝特煙能源科技解決方案公司(美國) BECHTEL ENERGY TECHNOLOGIES & SOLUTIONS, INC. (US)

美國

(72)發明人：列德 大衛 LADD, DAVID (US)

(74)代理人：陳長文；張哲倫；古乃任

(56)參考文獻：

CN 109682103A

CN 110296543A

US 11215386B2

US 2013/0055751A1

審查人員：羅彬秀

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 21 頁

(54)名稱

用於單階冷卻循環之系統及單階冷卻方法

(57)摘要

本發明揭示用於基於再生噴射器之冷卻循環之系統及方法，其利用噴射器作為冷卻迴路中之動力，以在單階冷卻循環中再生地過冷製冷劑。

Systems and methods for regenerative ejector-based cooling cycles that utilize an ejector as the motivating force in a cooling loop to regeneratively sub-cool a refrigerant in a single-stage cooling cycle.

指定代表圖：



公告本

I851069

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於單階冷卻循環之系統及單階冷卻方法

【英文發明名稱】

SYSTEM FOR USE IN SINGLE-STAGE COOLING CYCLE AND
SINGLE STAGE COOLING METHOD

【中文】

本發明揭示用於基於再生噴射器之冷卻循環之系統及方法，其利用噴射器作為冷卻迴路中之動力，以在單階冷卻循環中再生地過冷製冷劑。

【英文】

Systems and methods for regenerative ejector-based cooling cycles that utilize an ejector as the motivating force in a cooling loop to regeneratively sub-cool a refrigerant in a single-stage cooling cycle.

【指定代表圖】

圖2

【代表圖之符號簡單說明】

200:系統

202:第一蒸發製冷劑管線

204:壓縮機

206:壓縮之製冷劑管線

207:泵

208:蒸發冷凝器

210:冷凝製冷劑管線

- 212:閃蒸節能器
- 214:噴射器
- 216:兩相製冷劑管線
- 220:液體製冷劑管線
- 222:泵
- 223:膨脹閥
- 224:過冷器
- 225:膨脹之製冷劑管線
- 226:第二蒸發製冷劑管線
- 228:過冷製冷劑管線
- 230:蒸發器
- 232: 第三蒸發製冷劑管線

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於單階冷卻循環之系統及單階冷卻方法

【英文發明名稱】

SYSTEM FOR USE IN SINGLE-STAGE COOLING CYCLE AND
SINGLE STAGE COOLING METHOD

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於用於基於再生噴射器之冷卻循環之系統及方法。更特定言之，系統及方法利用噴射器作為冷卻迴路中之動力，以在單階冷卻循環中再生地過冷製冷劑。

【先前技術】

【0002】 已熟知使用熱交換器來修改冷卻循環之熱力學效能。習知冷卻循環中之例示性熱交換器被稱為吸入管線熱交換器(SLHX)。SLHX之目的為在製冷劑進入壓縮機之前對其進行預熱。

【0003】 已提出利用熱交換器在使用噴射器之冷卻循環中過冷製冷劑之其他概念。舉例而言，在圖1中，在系統100中使用熱交換器，系統100用於具有噴射器之習知兩階冷卻循環中，以過冷製冷劑且降低系統之總功率消耗，此亦被稱為級聯製冷。

【0004】 蒸氣第一製冷劑自蒸發之第一製冷劑管線102進入第一壓縮機104，且被壓縮至由環境條件決定之蒸發壓力。壓縮之蒸氣第一製冷劑通過壓縮之第一製冷劑管線106至被稱為蒸發冷凝器108之熱交換器。冷凝之液體第一製冷劑通過冷凝之製冷劑管線110至第一膨脹閥107及/或基於控制閥(未展示)之噴射器114。

【0005】 冷凝之液體第一製冷劑在通過膨脹閥107時膨脹。膨脹之兩相第一製冷劑通過第一膨脹之第一製冷劑管線118至被稱為級聯交換器132之熱交換器，在該熱交換器中由熱蒸發且用於冷卻來自壓縮之第二製冷劑管線130之第二製冷劑，該第二製冷劑管線130形成冷卻循環之第二階之部分。蒸發之第一製冷劑通過蒸發之第一製冷劑管線102至壓縮機104。

【0006】 冷凝之液體第一製冷劑作為原動流體進入噴射器114，在噴射器114中與來自另一蒸發之第一製冷劑管線126之蒸發之第一製冷劑混合，且作為兩相第一製冷劑自噴射器114噴射。兩相第一製冷劑通過兩相第一製冷劑管線116至閃蒸節能器112，在閃蒸節能器112中閃蒸成蒸氣第一製冷劑及液體第一製冷劑。來自閃蒸節能器112之蒸氣第一製冷劑通過蒸發之第一製冷劑管線102進入壓縮機104。來自閃蒸節能器112之液體第一製冷劑通過液體第一製冷劑管線120至第二膨脹閥121。液體第一製冷劑在通過第二膨脹閥121時膨脹。膨脹之兩相第一製冷劑通過第二膨脹之第一製冷劑管線122至被稱為過冷器124之熱交換器，在熱交換器中由熱蒸發且用於冷卻來自形成冷卻循環之第二階之部分之冷卻之第二製冷劑管線134的第二製冷劑。來自過冷器124之蒸發之第一製冷劑通過另一蒸發之第一製冷劑管線126至噴射器114。

【0007】 蒸發之第二製冷劑通過蒸發之第二製冷劑管線128至第二壓縮機136。經壓縮之蒸氣第二製冷劑通過經壓縮之第二製冷劑管線130至級聯交換器132，在級聯交換器132中被冷卻。經冷卻之液體第二製冷劑通過經冷卻之第二製冷劑管線134至過冷器124，在過冷器124中被進一步冷卻。來自過冷器124之過冷液體第二製冷劑通過過冷之第二製冷劑管

線135至第三膨脹閥138。膨脹之兩相第二製冷劑通過膨脹之第二製冷劑管線139至被稱為蒸發器140之熱交換器，在熱交換器中由熱蒸發為蒸發之第二製冷劑。因此，兩階冷卻循環系統100需要兩個級聯冷卻迴路及用於各各自階段之製冷劑。

【發明內容】

【圖式簡單說明】

【0008】 下文參考隨附圖式描述詳細描述，其中相同元件用相同元件符號引用，其中：

【0009】 圖1為繪示用於習知基於兩階噴射器之冷卻循環之系統的示意圖。

【0010】 圖2為繪示用於基於單階再生噴射器之冷卻循環之系統之一個實施例的示意圖。

【0011】 圖3為比較圖2中繪示之系統及習知四(4)組件冷卻循環在狀態點處之預期壓力/焓值的壓力-焓圖。

【0012】 圖4為圖2中系統之示意圖，其中元件符號由圖3中對應之狀態點替代。

【0013】 圖5為繪示用於兩個組合之基於單階再生噴射器之冷卻循環之系統之一個實施例的示意圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0014】 本申請案，PCT申請案第PCT/US20/62972及PCT/US21/49010號，及美國專利第10,514,201、10,533,793、10,465,983及10,514,202號，該等案之各者以引用之方式併入本文中，共

同讓渡給Bechtel Energy Technologies & Solutions公司。

【0015】 明確描述本發明之標的物，然而，描述本身不旨在限制本發明之範疇。因此，結合其他當前或未來之技術，本文描述之標的物亦可以其他方式來體現，以包含類似於及/或少於本文描述之該等之不同結構、步驟及/或組合。儘管本文中可使用術語「步驟」來描述所採用之方法之不同元件，但術語不應被解釋為暗示本文揭示之各種步驟之中或之間的任何特定順序，除非描述另有明確限制為特定順序。基於審查以下圖及詳細描述，所揭示之實施例之其他特徵及優點對於一般技術者將係或將變得顯而易見。旨在將全部此等額外特徵及優點包含在所揭示之實施例之範疇內。此外，所繪示之圖僅為例示性的，且不旨在確證或暗示對其中可實施不同實施例之環境、架構、設計或程序之任何限制。就以下描述中提到之溫度及壓力而言，該等條件僅為說明性的，且不意謂限制本發明。

【0016】 因此，本文揭示之系統及方法藉由利用噴射器作為冷卻迴路中之動力，以在單階冷卻循環中再生地過冷製冷劑，從而改良習知之兩階冷卻循環。本文揭示之系統及方法實現與習知之兩階冷卻循環相同或更高的能量效率，但由於不需要第二階來實現過冷效應，因此用更少的設備。本文揭示之單階冷卻循環亦不需要高挾帶比噴射器，此降低壓縮比且提高冷卻循環之能量效率。

【0017】 在一個實施例中，本發明包含用於單階冷卻循環之系統，該系統包括：i)單一製冷劑；ii)噴射器，用於混合該單一製冷劑之冷凝液體形式及該單一製冷劑之第一蒸發形式，以形成該單一製冷劑之兩相形式；iii)與該噴射器流體相連通之閃蒸節能器，用於將來自該噴射器之該單一製冷劑之該兩相形式分離成該單一製冷劑之第二蒸發形式及該單一製

冷劑之液體形式；iv)與該閃蒸節能器流體相連通之膨脹閥，用於將該單一製冷劑之該液體形式之一部分轉換為該單一製冷劑之膨脹兩相形式；及v)與該膨脹閥流體相連通之過冷器，用於藉由將熱量自該單一製冷劑之該液體形式之另一部分傳遞至該單一製冷劑之該膨脹兩相形式來冷卻該單一製冷劑之該液體形式之另一部分，且產生該單一製冷劑之該第一蒸發形式及該單一製冷劑之單獨過冷液體形式。

【0018】 在另一實施例中，本發明包含單階冷卻方法，該方法包括：i)混合單一製冷劑之冷凝液體形式及該單一製冷劑之第一蒸發形式，以形成該單一製冷劑之兩相形式；ii)將該單一製冷劑之該兩相形式分離成該單一製冷劑之第二蒸發形式及該單一製冷劑之液體形式；iii)將該單一製冷劑之該液體形式之一部分轉換為該單一製冷劑之膨脹兩相形式；及iv)藉由將熱量自該單一製冷劑之該液體形式之另一部分傳遞至該單一製冷劑之該膨脹兩相形式來冷卻該單一製冷劑之該液體形式之另一部分，且產生該單一製冷劑之該第一蒸發形式及該單一製冷劑之單獨過冷液體形式。

【0019】 在一些實施例中，該單一製冷劑之該第二蒸發形式之溫度及壓力可分別為約72°F及約89 psia。該單一製冷劑之該液體形式之溫度及壓力可分別為約95°F及約129 psia。該單一製冷劑之該單獨過冷液體形式之溫度及壓力可分別為約68°F及約88 psia。該單一製冷劑之該兩相形式之溫度及壓力可分別為約72°F及約89 psia。單一製冷劑之該第一蒸發形式之溫度及壓力可分別為約60°F及約72 psia。

【0020】 現參考圖2，繪示用於用單一製冷劑之基於單階再生噴射器之冷卻循環之系統200的一個實施例。一例示性製冷劑為R-134A製冷

劑，具有5.4MW之冷卻負荷，用於將循環冷卻水系統自30°C(86°F)冷卻至22°C(72°F)，儘管可使用其他製冷劑。

【0021】 蒸氣製冷劑自第一蒸發製冷劑管線202進入壓縮機204，且被壓縮至114 psig之壓力及107°F之溫度。壓縮之蒸氣製冷劑通過壓縮之製冷劑管線206至被稱為蒸發冷凝器208之熱交換器。冷凝之液體製冷劑在泵207之幫助下在95°F之溫度下通過冷凝之製冷劑管線210至噴射器214。歸因於泵207及噴射器214提供之靈活性，系統200可達成比習知系統更高之效能係數及更低之能量消耗。因此，泵207能夠在噴射器214處實現更高的排放壓力，且在閃蒸節能器212處實現更高的中間壓力。視情況，可基於資金成本、維護考慮及/或系統限制來移除泵207。

【0022】 冷凝之液體製冷劑作為原動流體進入噴射器214，在噴射器214中與來自第二蒸發製冷劑管線226之蒸發製冷劑混合，且作為兩相製冷劑自噴射器214噴射。原動流體將總為液體，因為其直接定位於蒸發冷凝器208之下游。兩相製冷劑通過兩相製冷劑管線216至閃蒸節能器212，在閃蒸節能器212中被閃蒸成蒸氣製冷劑及液體製冷劑。視情況，調整閥可用於操作靈活性。

【0023】 來自閃蒸節能器212之蒸氣製冷劑通過第一蒸發製冷劑管線202進入壓縮機204。來自閃蒸節能器212之液體製冷劑通過液體製冷劑管線220至泵222。視情況，對於較小的冷卻循環，閃蒸節能器212及泵222可為不必要的，且因此被移除。液體製冷劑基於控制閥(未展示)被泵送至膨脹閥223及/或過冷器224。

【0024】 液體製冷劑在通過膨脹閥223時膨脹。膨脹之兩相製冷劑通過膨脹之製冷劑管線225至過冷器224，在過冷器224中由熱蒸發且用於

冷卻來自泵222之液體製冷劑。來自過冷器224之蒸發製冷劑通過第二蒸發製冷劑管線226至噴射器214。

【0025】來自過冷器224之過冷液體製冷劑通過過冷製冷劑管線228至蒸發器230，在蒸發器230中由熱蒸發為蒸發製冷劑，該蒸發製冷劑通過第三蒸發製冷劑管線232至閃蒸節能器212，在閃蒸節能器212中最終通過第一蒸發製冷劑管線202再循環回壓縮機204。系統200需要單一製冷劑，且因此比在冷卻上不太經濟及有效之用於基於兩階噴射器之冷卻循環之習知系統100需要更少之組件。表A示出本文之上位用語與圖2實施例中所使用之特定用語之間之對應關係。

表 A

上位用語	特定用語	管線
冷凝液體形式	冷凝製冷劑	210
第一蒸發形式	第二蒸發製冷劑	226
兩相形式	兩相製冷劑	216
第二蒸發形式	第一蒸發製冷劑	202
液體形式	液體製冷劑	220
膨脹兩相形式	膨脹之製冷劑	225
單獨過冷液體形式	過冷製冷劑	228
第三蒸發形式	第三蒸發製冷劑	232

【0026】圖3中之壓力-焓圖比較圖2中繪示之系統200及習知四(4)組件冷卻循環在狀態點處的預期壓力/焓值。虛線連接系統200之狀態點，且虛線/點線連接習知4組件冷卻循環之狀態點。泡點曲線表示超過其製冷劑便為液體之線。露點曲線表示超過其製冷劑便為蒸氣之線。

【0027】在圖4中，圖2中之系統200在圖3中藉由對應的狀態點替代元件符號。重要的是，製冷劑藉由過冷器224自狀態點040至狀態點010之

轉變有助於壓縮機204在狀態點001處之更高入口壓力及在狀態點001與002之間之壓差的隨後降低。與圖3中繪示之習知4組件循環中之狀態點008比較，系統200之狀態點0010表明，系統200中之單一製冷劑達成與習知4組件循環相同之冷卻溫度，同時在比習知4組件循環更高之壓力下操作，此降低壓縮能量。

【0028】 下表1使用模擬模型(Aspen HYSYS 12.1版)將圖2中繪示之習知4組件冷卻循環及基於單階再生噴射器之冷卻循環的預期效能與預計噴射器效能進行比較。如預期結果所示，圖2中繪示之基於單階再生噴射器之冷卻循環將以更小的壓縮功率產生更高的效能係數。

	表 1	
	習知冷卻循環	圖2 冷卻循環
冷卻負荷, MW	5.4	5.4
效能係數	10.05	11.43
壓縮功率, kW	534	470

【0029】 圖2中之系統200可與另一基於單階再生噴射器之冷卻循環組合，如圖2中繪示，藉由用圖5中繪示之單一級聯交換器502替換一個冷卻循環中之蒸發器230及其他冷卻循環中之蒸發冷凝器208，可在較低溫度下冷卻，舉例而言，諸如在用獨立製冷劑之超低溫應用中。

【0030】 雖然已結合當前較佳實施例描述本發明，但熟悉此項技術者將瞭解，其不旨在將本發明限制於該等實施例。根據本文之發明，可對現有之基於噴射器之冷卻循環進行改造或修改，亦可在用於加熱或冷卻之封閉結構中採用之任何其他製冷程序中實施，以達成類似結果。因此，可考慮，在不脫離隨附發明申請專利範圍及其等同物所界定之本發明之精神及範疇的情況下，可對所揭示之實施例進行各種替代實施例及修改。

【符號說明】

【0031】

001, 002, 008, 0010, 040:狀態點

100:系統

102:第一製冷劑管線

104:壓縮機

106:第一製冷劑管線

107:第一膨脹閥

108:蒸發冷凝器

110:冷凝之製冷劑管線

112:閃蒸節能器

114:噴射器

116:第一製冷劑管線

118:第一製冷劑管線

120:第一製冷劑管線

121:第二膨脹閥

122:第一製冷劑管線

124:過冷器

126:第一製冷劑管線

128:第二製冷劑管線

130:第二製冷劑管線

132:級聯交換器

134:第二製冷劑管線

135:第二製冷劑管線

136:第二壓縮機

- 138:第三膨脹閥
- 139:第二製冷劑管線
- 140:蒸發器
- 200:系統
- 202:第一蒸發製冷劑管線
- 204:壓縮機
- 206:壓縮之製冷劑管線
- 207:泵
- 208:蒸發冷凝器
- 210:冷凝製冷劑管線
- 212:閃蒸節能器
- 214:噴射器
- 216:兩相製冷劑管線
- 220:液體製冷劑管線
- 222:泵
- 223:膨脹閥
- 224:過冷器
- 225:膨脹之製冷劑管線
- 226:第二蒸發製冷劑管線
- 228:過冷製冷劑管線
- 230:蒸發器
- 232:第三蒸發製冷劑管線
- 502:單一級聯交換器

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於單階冷卻循環之系統，其包括：

單一製冷劑；

噴射器，其用於混合該單一製冷劑之冷凝液體形式及該單一製冷劑之第一蒸發形式，以形成該單一製冷劑之兩相形式；

與該噴射器流體相連通之閃蒸節能器，其用於將來自該噴射器之該單一製冷劑之該兩相形式分離成該單一製冷劑之第二蒸發形式及該單一製冷劑之液體形式；

與該閃蒸節能器流體相連通之膨脹閥，其用於將該單一製冷劑之該液體形式之一部分轉換為該單一製冷劑之膨脹兩相形式；及

與該膨脹閥流體相連通之過冷器，其用於藉由將熱量自該單一製冷劑之該液體形式之另一部分傳遞至該單一製冷劑之該膨脹兩相形式來冷卻該單一製冷劑之該液體形式之該另一部分，且產生該單一製冷劑之該第一蒸發形式及該單一製冷劑之單獨過冷液體形式。

【請求項2】

如請求項1之系統，其進一步包括定位於該閃蒸節能器與該過冷器之間之泵，用於分佈該單一製冷劑之該液體形式。

【請求項3】

如請求項1之系統，其進一步包括與該過冷器流體相連通之蒸發器，用於藉由將熱量自外部源傳遞至該單一製冷劑之該單獨過冷液體形式來加熱該單一製冷劑之該單獨過冷液體形式，且產生該單一製冷劑之第三蒸發形式。

【請求項4】

如請求項3之系統，其中，該閃蒸節能器連接至該蒸發器，用於接收該單一製冷劑之該第三蒸發形式。

【請求項5】

如請求項1之系統，其進一步包括與該閃蒸節能器流體相連通之壓縮機，用於壓縮該單一製冷劑之該第二蒸發形式。

【請求項6】

如請求項1之系統，其進一步包括定位於該噴射器上游之泵，用於增加該噴射器處之排放壓力及該閃蒸節能器處之中間壓力之至少一者。

【請求項7】

如請求項1之系統，其中，該單一製冷劑之該第二蒸發形式之溫度及壓力分別為約72°F及約89 psia。

【請求項8】

如請求項1之系統，其中，該單一製冷劑之該液體形式之溫度及壓力分別為約95°F及約129 psia。

【請求項9】

如請求項1之系統，其中，該單一製冷劑之該單獨過冷液體形式之溫度及壓力分別為約68°F及約88 psia。

【請求項10】

如請求項1之系統，其中，該單一製冷劑之該兩相形式之溫度及壓力分別為約72°F及約89 psia。

【請求項11】

一種單階冷卻方法，其包括：

混合單一製冷劑之冷凝液體形式及該單一製冷劑之第一蒸發形式，以形成該單一製冷劑之兩相形式；

將該單一製冷劑之該兩相形式分離成該單一製冷劑之第二蒸發形式及該單一製冷劑之液體形式；

將該單一製冷劑之該液體形式之一部分轉換為該單一製冷劑之膨脹兩相形式；及

藉由將熱量自該單一製冷劑之該液體形式之另一部分傳遞至該單一製冷劑之該膨脹兩相形式來冷卻該單一製冷劑之該液體形式之該另一部分，且產生該單一製冷劑之該第一蒸發形式及該單一製冷劑之單獨過冷液體形式。

【請求項12】

如請求項11之方法，其進一步包括藉由將熱量自外部源傳遞至該單一製冷劑之該單獨過冷液體形式來加熱該單一製冷劑之該單獨過冷液體形式，且產生該單一製冷劑之第三蒸發形式。

【請求項13】

如請求項11之方法，其進一步包括壓縮該單一製冷劑之該第二蒸發形式。

【請求項14】

如請求項11之方法，其進一步包括用泵增加用於形成該兩相形式之步驟之排放壓力及用於分離該兩相形式之步驟之中間壓力之至少一者。

【請求項15】

如請求項11之方法，其中，該單一製冷劑之該第二蒸發形式之溫度及壓力分別為約72°F及約89 psia。

【請求項16】

如請求項11之方法，其中，該單一製冷劑之該液體形式之溫度及壓力分別為約95°F及約129 psia。

【請求項17】

如請求項11之方法，其中，該單一製冷劑之該單獨過冷液體形式之溫度及壓力分別為約68°F及約88 psia。

【請求項18】

如請求項11之方法，其中，該單一製冷劑之該兩相形式之溫度及壓力分別為約72°F及約89 psia。

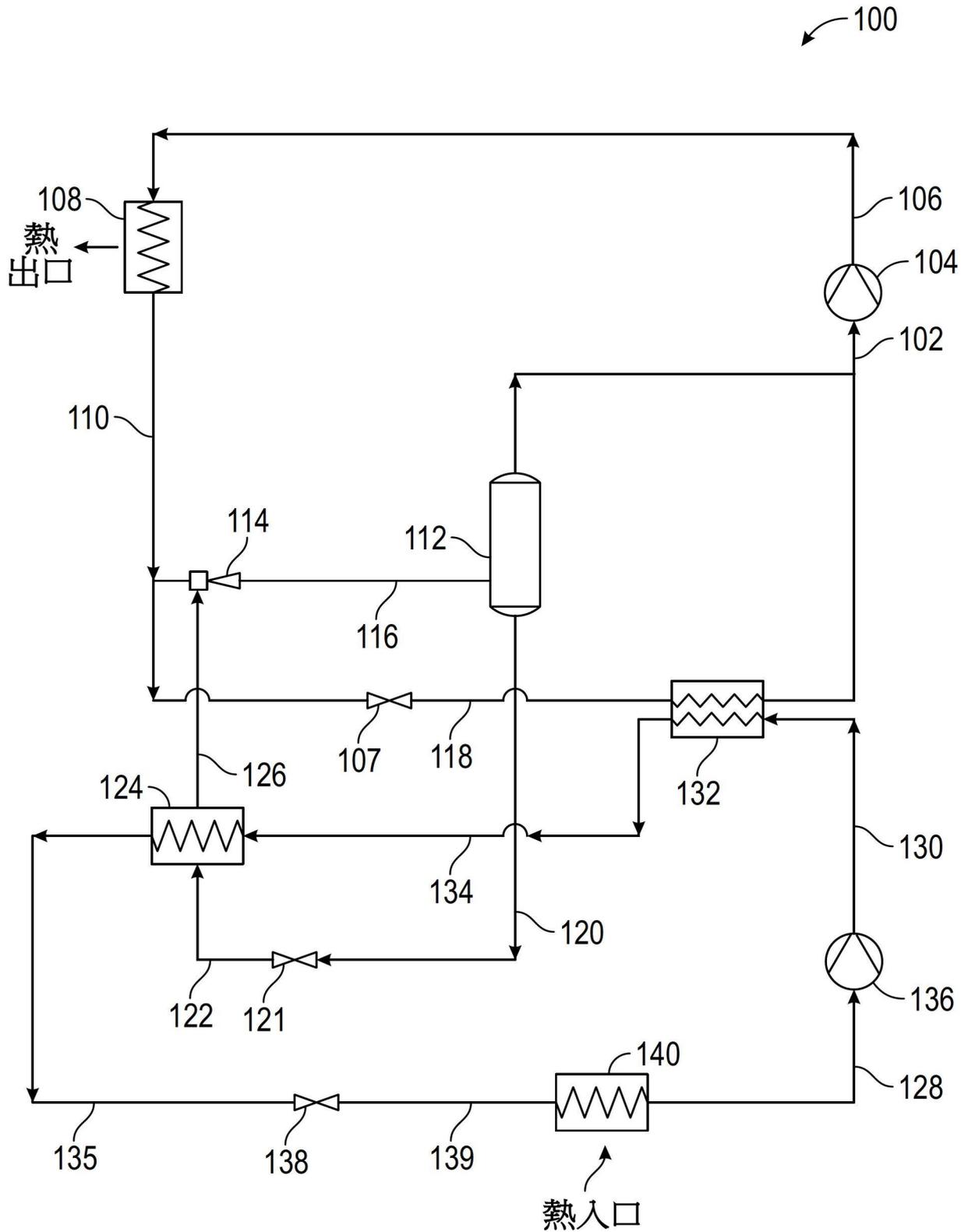
【請求項19】

如請求項11之方法，其中，該單一製冷劑之該第一蒸發形式之溫度及壓力分別為約60°F及約72 psia。

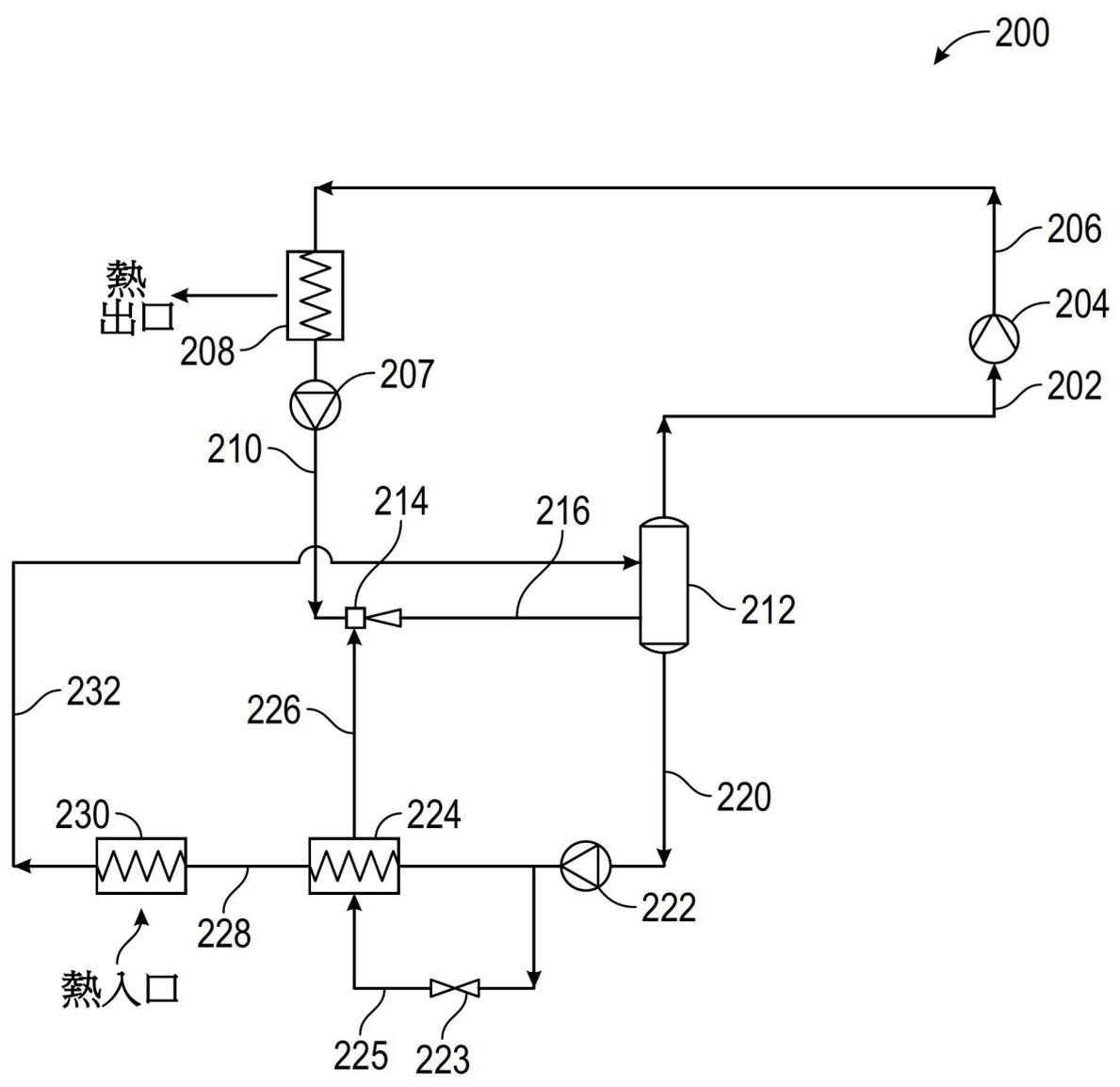
【請求項20】

如請求項11之方法，其中，該單一製冷劑為具有5.4 MW之冷卻負荷之製冷劑，用於將循環冷卻水系統自約86°F冷卻至約72°F。

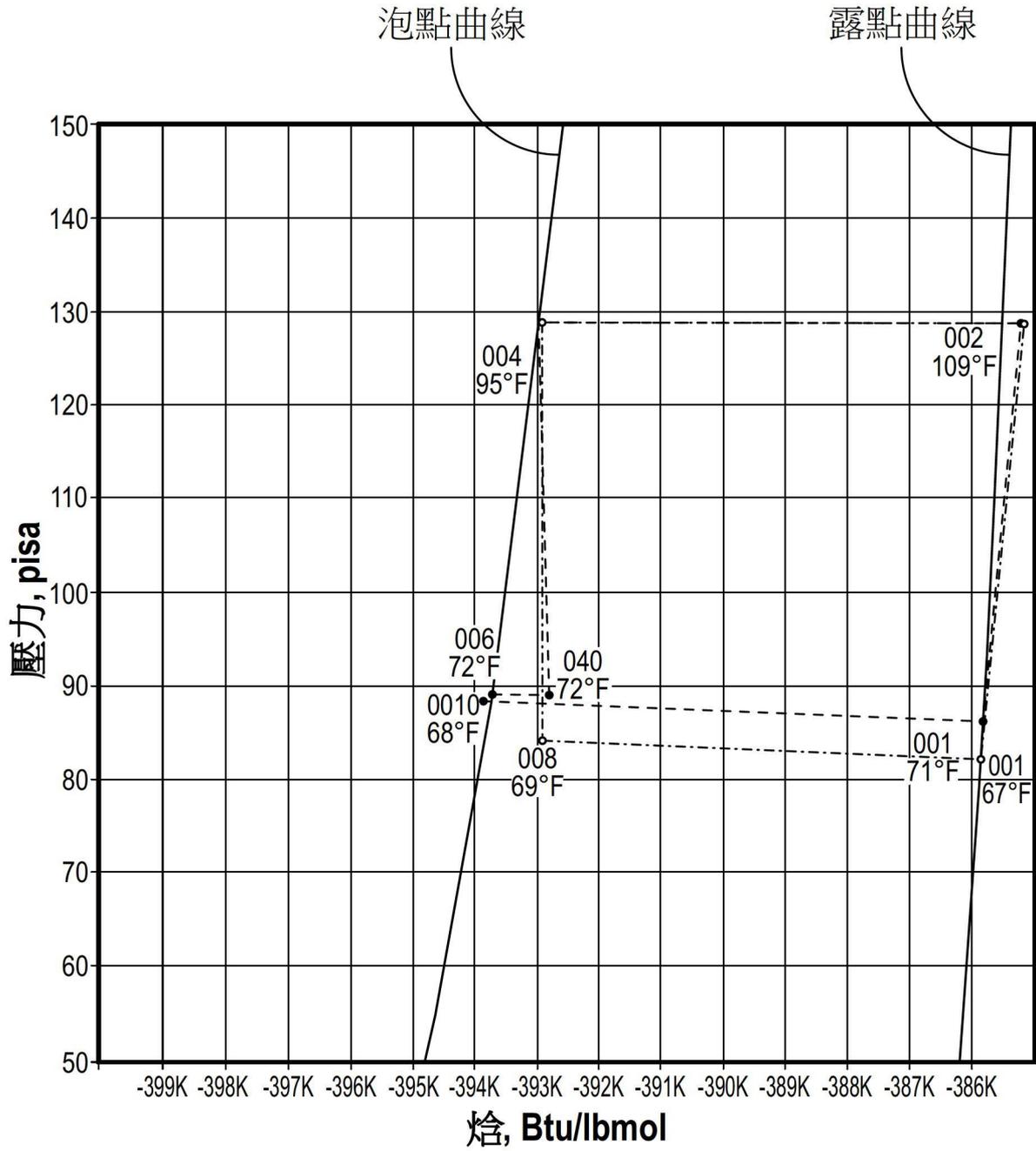
【發明圖式】



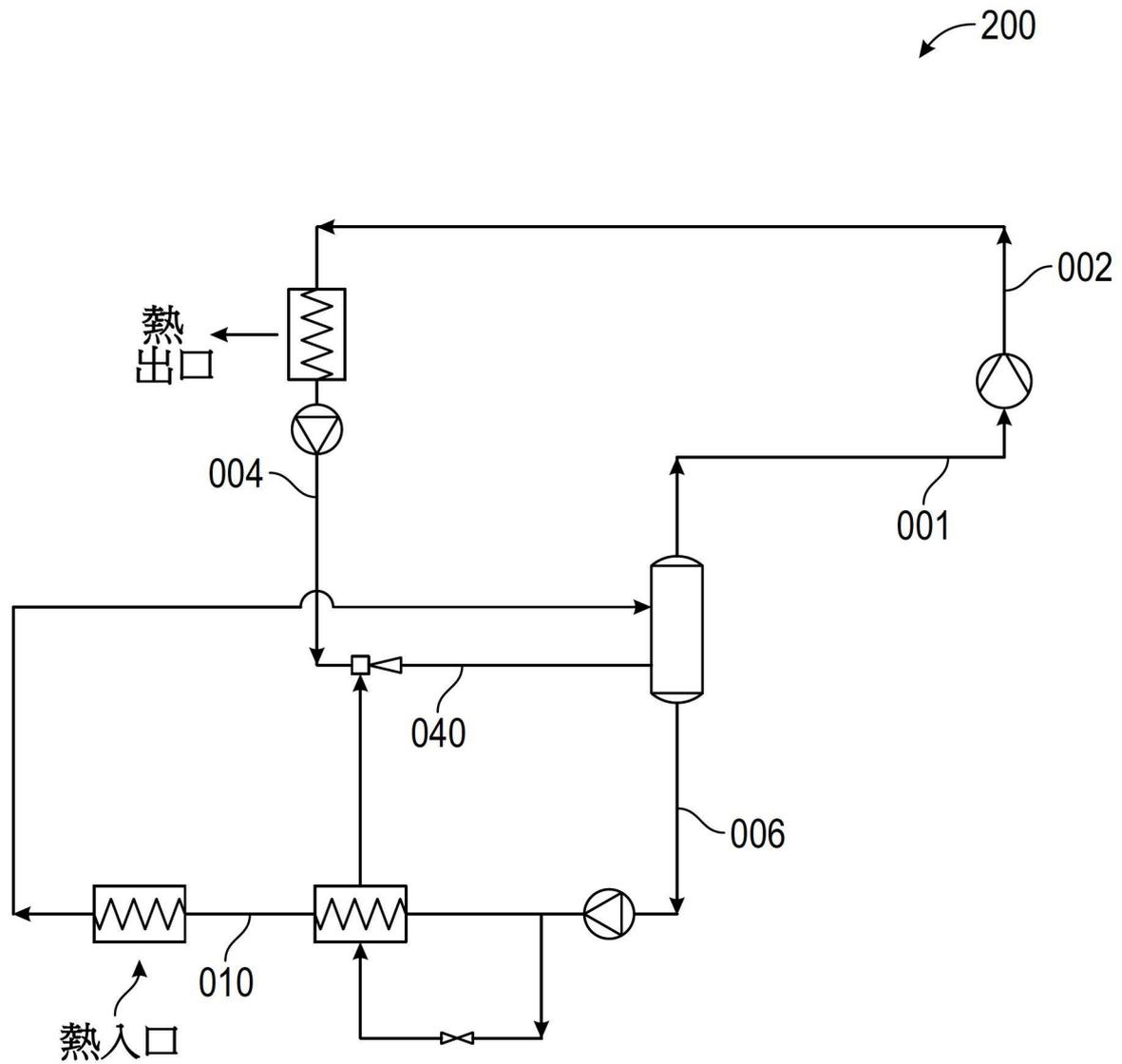
【圖1】



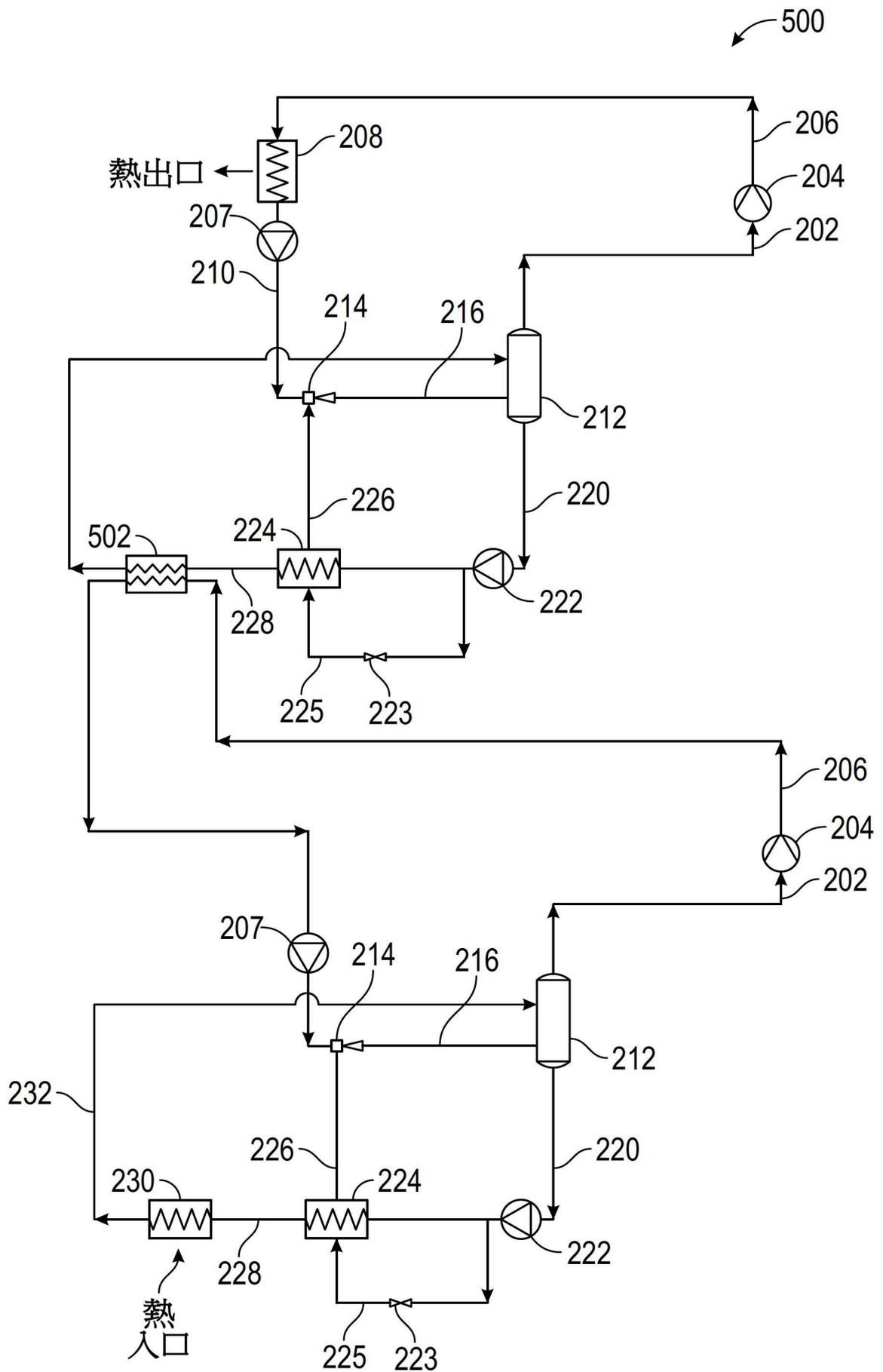
【圖2】



【圖3】



【圖4】



【圖5】