



(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 I835521 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：112101492

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 01 月 13 日

(51)Int. Cl. : H05H3/06 (2006.01)

G01T3/02 (2006.01)

G01T5/00 (2006.01)

A61N5/10 (2006.01)

(71)申請人：禾榮科技股份有限公司 (中華民國) HERON NEUTRON MEDICAL CORP. (TW)

新竹縣竹北市生醫五路 66-2 號

(72)發明人：黃冠諺 HUANG, KUAN-YAN (TW)；邱顯浩 CHIOU, SHAN-HAW (TW)；林志

中 LIN, CHIH-CHUNG (TW)；劉嘯青 LIOU, SIAO-CING (TW)

(74)代理人：洪澄文

(56)參考文獻：

TW 201706008A

CN 106552322A

CN 114599426A

EP 2946809B1

US 11246209B2

審查人員：鄭美莉

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：8 共 42 頁

(54)名稱

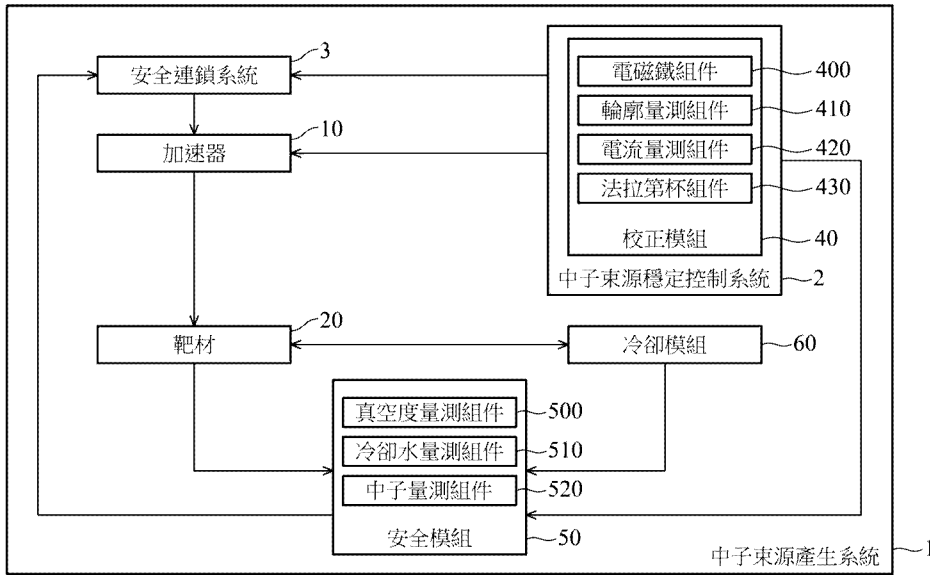
中子束源產生系統、穩定控制系統及產生方法

(57)摘要

一種中子束源產生系統包括加速器、靶材及校正模組。加速器用於產生沿著第一方向前進的質子束。靶材藉由質子束的照射產生中子束源。校正模組包括電磁鐵組件、輪廓量測組件、電流量測組件及法拉第杯組件。輪廓量測組件用於量測質子束以獲得輪廓分布。電流量測組件用於量測質子束以獲得第一電流值。法拉第杯組件用於量測質子束以獲得第二電流值。校正模組根據輪廓分布並藉由電磁鐵組件控制質子束在第二方向及在第三方向上的分布，且根據第一電流值及/或第二電流值調整質子束的電流大小。

A neutron beam source generating system, a neutron beam source stability control system, and a neutron beam source generating method are provided. The neutron beam source generating system includes an accelerator, a target, and a calibration module. The accelerator is used to generate a proton beam transmitting in a first direction. The target generates a neutron beam source by irradiating with the proton beam. The calibration module includes an electromagnet component, a profile measuring component, a current measuring component, and a Faraday cup component. The profile measuring component is used to sense the proton beam to obtain a profile distribution. The current measuring component is used to sense the proton beam to obtain a first current value. The Faraday cup component is used to sense the proton beam to obtain a second current value. The calibration module controls the distribution of the proton beam in a second direction and a third direction through the electromagnet component according to the profile distribution, and adjusts the current magnitude of the proton beam according to the first current value and/or the second current value.

指定代表圖：



第 1 圖

符號簡單說明：

- 1:中子束源產生系統
- 2:中子束源穩定控制系統
- 3:安全連鎖系統
- 10:加速器
- 20:靶材
- 40:校正模組
- 400:電磁鐵組件
- 410:輪廓量測組件
- 420:電流量測組件
- 430:法拉第杯組件
- 50:安全模組
- 500:真空度量測組件
- 510:冷卻水量測組件
- 520:中子量測組件
- 60:冷卻模組



I835521

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】中子束源產生系統、穩定控制系統及產生方法

【英文發明名稱】NEUTRON BEAM SOURCE GENERATION SYSTEM, STABILITY CONTROL SYSTEM, AND GENERATION METHOD

## 【中文】

一種中子束源產生系統包括加速器、靶材及校正模組。加速器用於產生沿著第一方向前進的質子束。靶材藉由質子束的照射產生中子束源。校正模組包括電磁鐵組件、輪廓量測組件、電流量測組件及法拉第杯組件。輪廓量測組件用於量測質子束以獲得輪廓分布。電流量測組件用於量測質子束以獲得第一電流值。法拉第杯組件用於量測質子束以獲得第二電流值。校正模組根據輪廓分布並藉由電磁鐵組件控制質子束在第二方向及在第三方向上的分布，且根據第一電流值及/或第二電流值調整質子束的電流大小。

## 【英文】

A neutron beam source generating system, a neutron beam source stability control system, and a neutron beam source generating method are provided. The neutron beam source generating system includes an accelerator, a target, and a calibration module. The accelerator is used to generate a

proton beam transmitting in a first direction. The target generates a neutron beam source by irradiating with the proton beam. The calibration module includes a electromagnet component, a profile measuring component, a current measuring component, and a Faraday cup component. The profile measuring component is used to sense the proton beam to obtain a profile distribution. The current measuring component is used to sense the proton beam to obtain a first current value. The Faraday cup component is used to sense the proton beam to obtain a second current value. The calibration module controls the distribution of the proton beam in a second direction and a third direction through the electromagnet component according to the profile distribution, and adjusts the current magnitude of the proton beam according to the first current value and/or the second current value.

【指定代表圖】 第1圖

【代表圖之符號簡單說明】

1:中子束源產生系統

2:中子束源穩定控制系統

3:安全連鎖系統

10:加速器

20:靶材

40:校正模組

400:電磁鐵組件

410:輪廓量測組件

420:電流量測組件

430:法拉第杯組件

50:安全模組

500:真空度量測組件

510:冷卻水量測組件

520:中子量測組件

60:冷卻模組

## 【特徵化學式】

無。

**【發明說明書】**

**【中文發明名稱】** 中子束源產生系統、穩定控制系統及產生方法

**【英文發明名稱】** NEUTRON BEAM SOURCE GENERATION SYSTEM, STABILITY CONTROL SYSTEM, AND GENERATION METHOD

**【技術領域】**

**【0001】** 本發明是關於中子束源產生系統、穩定控制系統及產生方法，特別是關於具有穩定質子束的中子束源產生系統、穩定中子束源控制系統及產生方法。

**【先前技術】**

**【0002】** 中子捕獲治療(neutron capture therapy, NCT)是一種放射性療法，其藉由投送對於中子吸收較佳的物質(例如，硼)到特定位置，再利用不同元素對於中子的吸收程度差異進行選擇性治療，從而準確破壞癌細胞而不破壞其他正常的組織。

**【0003】** 具體而言，可藉由粒子加速器產生質子束，並將所述質子束照射於靶材上而產生用於治療的中子束源。然而，現有的中子捕獲治療裝置沒有即時監測質子束特性，從而難以確保中子束源的穩定。是以，雖然現存的中子捕獲治療裝置已逐步滿足它們既定的用途，但它們並非在各方面皆符合要求。因此，關於中子捕獲治療裝置仍有一些問題需要克服。

**【發明內容】**

**【0004】** 在一些實施例中，提供中子束源產生系統。所述中子束源產生系統包括加速器、靶材及校正模組。加速器用於產生在通道中沿著第一方向前進的質子束。靶材位於通道的末端，並藉由質子束的照射產生中子束源。校正模組設置於通道之間，並包括電磁鐵組件、輪廓量測組件、電流量測組件及法拉第杯組件。電磁鐵組件用於控制質子束在第二方向上的分布及在第三方向上的分布。輪廓量測組件用於量測質子束以獲得輪廓分布。電流量測組件用於量測質子束以獲得第一電流值。法拉第杯組件可選地遮擋質子束，並用於量測質子束以獲得第二電流值。其中，校正模組根據輪廓分布並藉由電磁鐵組件控制質子束在第二方向上的分布及在第三方向上的分布，且校正模組根據第一電流值及/或第二電流值調整質子束的電流大小。

**【0005】** 在一些實施例中，提供中子束源產生方法，其應用於中子束源產生系統。所述中子束源產生系統包括加速器、靶材及校正模組，且所述中子束源產生方法包括藉由加速器發出在通道中沿著第一方向前進的質子束；藉由校正模組中的電流量測組件量測質子束以獲得第一電流值；藉由校正模組中的法拉第杯組件量測質子束以獲得第二電流值；根據第一電流值及/或第二電流值調整質子束的電流大小；藉由校正模組中的輪廓量測組件量測質子束以獲得輪廓分布；根據輪廓分布並藉由校正模組中的電磁鐵組件調整質子

束在第二方向上的分布及在第三方向的分布；以及當第一電流值、第二電流值及輪廓分布皆符合預設值時，移開法拉第杯組件以使質子束照射至靶材並產生中子束源。

**【0006】** 在一些實施例中，提供中子束源穩定控制系統。所述中子束源穩定控制系統設置於加速器與靶材之間，其中加速器用於產生在通道中沿著第一方向前進的質子束，靶材位於通道的末端，並藉由質子束的照射產生中子束源。所述中子束源穩定控制系統包括校正模組。校正模組設置於加速器與靶材之間，校正模組包括電磁鐵組件、輪廓量測組件、電流量測組件及法拉第杯組件。電磁鐵組件用於控制質子束在第二方向上的分布及在第三方向上的分布。輪廓量測組件用於量測質子束以獲得輪廓分布。電流量測組件用於量測質子束以獲得第一電流值。法拉第杯組件可選地遮擋質子束，並用於量測質子束以獲得第二電流值。其中，校正模組根據輪廓分布並藉由電磁鐵組件控制質子束在第二方向上的分布及在第三方向上的分布，且校正模組根據第一電流值及/或第二電流值調整質子束的電流大小。

**【0007】** 本揭露的中子束源產生系統、穩定控制系統及產生方法中可應用於多種類型的中子捕獲治療系統中。為讓本揭露之特徵及優點能更明顯易懂，下文特舉出各種實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

### **【圖式簡單說明】**

**【0008】** 藉由以下的詳細敘述配合所附圖式，能更加理解本揭露實施例的觀點。值得注意的是，根據工業上的標準慣例，一些部件(feature)可能沒有按照比例繪製。事實上，為了能清楚地描述，不同部件的尺寸可能被增加或減少。

第1圖是根據本揭露的一些實施例，顯示中子束源產生系統的方塊圖。

第2圖是根據本揭露的一些實施例，顯示加速器、校正模組及靶材的示意圖。

第3圖是根據本揭露的另一些實施例，顯示加速器、校正模組及靶材的示意圖。

第4圖是根據本揭露的一些實施例，顯示中子束源產生方法的流程圖。

第5圖是根據本揭露的一些實施例，顯示電流品質管制方法的流程圖。

第6圖是根據本揭露的一些實施例，顯示輪廓品質管制方法的流程圖。

第7圖是根據本揭露的一些實施例，顯示中子束源穩定控制方法的流程圖。

第8圖是根據本揭露的一些實施例，顯示安全連鎖方法的流程圖。

## **【實施方式】**

**【0009】** 以下揭露提供了很多不同的實施例或範例，用於實施所提供的中子束源產生系統、穩定控制系統及產生方法中的不同部件。各部件及其配置的具體範例描述如下，以簡化本揭露實施例，當然並非用以限定本揭露。舉例而言，敘述中若提及第一部件形成在第二部件之上，可能包括第一部件及第二部件直接接觸的實施例，也可能包括形成額外的部件在第一部件及第二部件之間，使得第一部件及第二部件不直接接觸的實施例。此外，本揭露可能在不同的實施例或範例中重複元件符號及/或字符。如此重複是為了簡明及清楚，而非用以表示所討論的不同實施例及/或範例之間的關係。

**【0010】** 本文中所提到的方向用語，例如：「上」、「下」、「左」、「右」及其類似用語是參考圖式的方向。因此，使用的方向用語是用來說明而非限制本揭露。

**【0011】** 在本揭露的一些實施例中，關於設置、連接之用語例如「設置」、「連接」及其類似用語，除非特別定義，否則可指兩個部件直接接觸，或者亦可指兩個部件並非直接接觸，其中有額外結部件位於此兩個結構之間。關於設置、連接之用語亦可包括兩個結構都可移動，或者兩個結構都固定的情況。

**【0012】** 另外，本說明書或申請專利範圍中提及的「第一」、「第二」及其類似用語是用以命名不同的部件或區別不同實施例或範圍，而並非用來限制部件數量上的上限或下限，也並非用以限定部件的製造順序或設置順序。

【0013】 於下文中，「大約」、「實質上」或其類似用語表示在一給定數值或數值範圍的 10% 內、或 5% 內、或 3% 之內、或 2% 之內、或 1% 之內、或 0.5% 之內。在此給定的數量為大約的數量，亦即在沒有特定說明「大約」或「實質上」的情況下，仍可隱含「大約」或「實質上」的含義。

【0014】 除非另外定義，在此使用的全部用語(包括技術及科學用語)具有與所屬技術領域中具有通常知識者通常理解的相同涵義。能理解的是，這些用語例如在通常使用的字典中定義用語，應被解讀成具有與相關技術及本揭露的背景或上下文一致的意思，而不應以一理想化或過度正式的方式解讀，除非在本揭露的實施例有特別定義。

【0015】 以下描述實施例的一些變化。在不同圖式和說明的實施例中，相同或相似的元件符號被用來標明相同或相似的部件。可以理解的是，在方法之前、期間中、之後可以提供額外的步驟，且一些所敘述的步驟可為了方法的其他實施例被取代或刪除。

【0016】 參照第 1 圖及第 2 圖，其分別是根據本揭露的一些實施例，顯示中子束源產生系統的方塊圖及加速器、校正模組及靶材的示意圖。在一些實施例中，中子束源產生系統 1 包括加速器 10、靶材 20 及中子束源穩定控制系統 2，其可用於產生穩定的中子束源。在一些實施例中，可藉由匯聚由上述元件所產生之中子束源形成一中子束，並藉由所述中子束執行中子捕獲治療。亦即，本揭露之中子束源產生系統 1 可應用於中子捕獲治療裝置中。然而，

本揭露不限於此。在其他實施例中，由上述元件所產生之中子束源亦可應用於其他需要使用中子束的裝置中。關於中子束源產生系統 1 的詳細結構進一步說明如下。

**【0017】** 如第 2 圖所示，在一些實施例中，加速器 10 用於產生在通道 30 中沿著第一方向 D1 往靶材 20 前進的質子束。在一些實施例中，加速器 10 可為迴旋加速器、直線加速器、其他合適的加速器或其組合，但本揭露不限於此。在一些實施例中，通道 30 的內部可為真空狀態。在一些實施例中，靶材 20 位於通道 30 的末端，且可藉由質子束的照射產生中子束源。舉例而言，靶材 20 可位於通道 30 內，或是位於通道 30 外但與通道 30 相連並接觸。在一些實施例中，靶材 20 的材料可為或可包括鋰(Li)、鈹(Be)、其他合適的材料或其組合，但本揭露不限於此。

**【0018】** 在一些實施例中，中子束源穩定控制系統 2 可包括校正模組 40。在一些實施例中，校正模組 40 設置於通道 30 的兩端之間。可藉由校正模組 40 對質子束進行量測與校正，以使質子束穩定地照射靶材 20，從而產生穩定的中子束源。

**【0019】** 在一些實施例中，校正模組 40 可包括電磁鐵組件 400，電磁鐵組件 400 用於控制質子束在第二方向 D2 上的分布及在第三方向 D3 上的分布。在一些實施例中，電磁鐵組件 400 可為或可包括四極磁鐵、其他合適的電磁鐵或其組合，但本揭露不限於此。藉由調整輸入到四極磁鐵中的電流，可改變四極磁鐵的磁場從而使質子束聚焦。以第 2 圖為例，電磁鐵組件 400 可包括四極磁鐵

401 及四極磁鐵 402。四極磁鐵 401 用於控制質子束在第二方向 D2 上的分布，四極磁鐵 402 用於控制質子束在第三方向 D3 上的分布。在本文中，術語「分布」可指的是高斯分布(Gaussian distribution)，但本揭露不限於此。在一些實施例中，第一方向 D1、第二方向 D2 與第三方向 D3 彼此垂直，但本揭露不限於此。在一些實施例中，第一方向 D1 垂直於第二方向 D2 及第三方向 D3，但第二方向 D2 不垂直於第三方向 D3。

**【0020】** 在一些實施例中，校正模組 40 更包括輪廓量測組件 410，輪廓量測組件 410 用於量測質子束以獲得輪廓分布。在一些實施例中，輪廓量測組件 410 可為或可包括質子束輪廓監控儀 (beam profiler monitor, BPM)、其他合適的量測器或其組合，但本揭露不限於此。在一些實施例中，校正模組 40 可根據輪廓量測組件 410 所測得之輪廓分布，藉由電磁鐵組件 400 控制質子束在第二方向 D2 上的分布及在第三方向 D3 上的分布。

**【0021】** 在一些實施例中，校正模組 40 更包括電流量測組件 420，電流量測組件 420 用於量測質子束以獲得第一電流值。在一些實施例中，電流量測組件 420 可為或可包括連續波電流互感器 (continuous wave current transformer, CWCT)、其他合適的量測器或其組合，但本揭露不限於此。在一些實施例中，校正模組 40 可根據電流量測組件 420 所測得之第一電流值，藉由控制加速器 10 以調整質子束的電流大小。

**【0022】** 在一些實施例中，校正模組 40 更包括法拉第杯 (Faraday Cup, FC) 組件 430。法拉第杯組件 430 可選地遮擋質子束，並用於量測質子束以獲得第二電流值。舉例而言，可藉由降下法拉第杯組件 430 (亦即，使法拉第杯組件 430 位於質子束的路徑上) 來遮擋質子束，並量測質子束以獲得第二電流值；或者，可藉由升起法拉第杯組件 430 (亦即，使法拉第杯組件 430 遠離質子束的路徑) 以使質子束通過。在一些實施例中，校正模組 40 可根據法拉第杯組件 430 所測得之第二電流值，藉由控制加速器 10 以調整質子束的電流大小。

**【0023】** 在一些實施例中，法拉第杯組件 430 所測得之第二電流值較可更準確於電流量測組件 420 所測得之第一電流值。換言之，藉由第二電流值來校正加速器 10 更準確於藉由第一電流值來校正加速器 10。舉例而言，可執行複數次量測，以繪製第一電流值及第二電流值的對應關係表。接著，在升起法拉第杯組件 430 的情況下，藉由所述對應關係表將第一電流值回推成第二電流值，以根據第二電流值精確地校正加速器 10。

**【0024】** 參照第 3 圖，其是根據本揭露的另一些實施例，顯示加速器、校正模組及靶材的示意圖。如圖所示，通道 30 具有第一側 300 以及相對於第一側 300 的第二側 301。加速器 10 設置於第一側 300，且靶材 20 設置於第二側 301。換言之，加速器 10 與靶材 20 分別位於通道 30 的兩端。在一些實施例中，可藉由在通道 30 中的第一側 300 及通道 30 中的第二側 301 上設置校正模組 40

中的相同組件，以分別校正剛離開加速器 10 的質子束與即將照射到靶材 20 的質子束。以第 3 圖為例，詳細說明如下。

**【0025】** 在一些實施例中，電磁鐵組件 400 可包括彼此間隔的第一組四極磁鐵 400a 及第二組四極磁鐵 400b，且第一組四極磁鐵 400a 及第二組四極磁鐵 400b 用於控制質子束在第二方向 D2 上的分布及在第三方向 D3 上的分布。舉例而言，第一組四極磁鐵 400a 設置在通道 30 的第一側 300(亦即，鄰近加速器 10 的一端)，且可包括四極磁鐵 401a 及四極磁鐵 402a，第二組四極磁鐵 400b 設置在通道 30 的第二側 301(亦即，鄰近靶材 20 的一端)，且可包括四極磁鐵 401b 及四極磁鐵 402b。其中，四極磁鐵 401a 及四極磁鐵 401b 用於控制質子束在第二方向 D2 上的分布，且四極磁鐵 402a 及四極磁鐵 402b 用於控制質子束在第三方向 D3 上的分布。據此，可在通道 30 的第一側 300 與第二側 301 分別校正質子束的輪廓分布。

**【0026】** 類似於電磁鐵組件 400 的配置，在一些實施例中，輪廓量測組件 410 可包括第一輪廓量測組件 410a 及第二輪廓量測組件 410b，電流量測組件 420 包括第一電流量測組件 420a 及第二電流量測組件 420b，且法拉第杯組件 430 包括第一法拉第杯 430a 及第二法拉第杯 430b。舉例而言，第一輪廓量測組件 410a、第一電流量測組件 420a 及第一法拉第杯 430a 設置在通道 30 的第一側 300(亦即，鄰近加速器 10 的一端)，且第二輪廓量測組件 410b、第二電流量測組件 420b 及第二法拉第杯 430b 設置在通道 30 的第

二側 301(亦即，鄰近靶材 20 的一端)。據此，可在通道 30 的第一側 300 與第二側 301 分別量測質子束的電流大小與輪廓分布。值得一提的是，本揭露不限於第 2 圖及第 3 圖中所繪示之電磁鐵組件 400、輪廓量測組件 410、電流量測組件 420 及法拉第杯組件 430 的設置位置及設置數量。在一些實施例中，本揭露的校正模組 40 中的各個組件之數量可為任意正整數，且可以根據需求而設置在通道 30 中的不同位置。

**【0027】** 重新參照第 1 圖，在一些實施例中，中子束源產生系統 1 更包括安全模組 50 及安全連鎖系統 3。具體而言，安全模組 50 用於監控中子束源產生系統 1 的運行過程，且安全連鎖系統 3 可根據中子束源穩定控制系統 2 中的校正模組 40 所量測之數據及安全模組 50 所量測之數據停止中子束源產生系統 1 的運行或發出通知。藉由設置安全連鎖系統 3 及安全模組 50，可以有效保障中子束源產生系統 1 的安全性。在一些實施例中，安全連鎖系統 3 可包括處理器，以發出指令至加速器 10 或是其他的通知裝置。舉例而言，處理器可包括中央處理器(Central Processing Unit, CPU)、微處理器(Micro Processing Unit, MPU)、其他合適的處理器或其組合，但本揭露不限於此。

**【0028】** 在一些實施例中，安全模組 50 可包括真空度量測組件 500，真空度量測組件 500 用於量測通道 30 以獲得真空度。在一些實施例中，真空度量測組件 500 可為或可包括電阻式量測器、電容式量測器、其他合適的量測器或其組合，但本揭露不限於

此。在一些實施例中，當真空度量測組件 500 所測得之真空度偏離安全值時(例如，真空度低於安全值)，可藉由安全連鎖系統 3 停止加速器 10 的運行。

**【0029】** 在一些實施例中，中子束源產生系統 1 更包括冷卻模組 60，冷卻模組 60 用於冷卻靶材 20。在中子束源產生系統 1 包括冷卻模組 60 的一些實施例中，安全模組 50 可包括冷卻水量測組件 510。冷卻水量測組件 510 用於量測冷卻模組 60 中的冷卻水以獲得水溫、水壓、水流量及水流電阻。在一些實施例中，當冷卻水量測組件 510 所測得之水溫、水壓、水流量及水流電阻中的一者偏離安全值時(例如，水溫高於安全值)，可藉由安全連鎖系統 3 停止加速器 10 的運行。

**【0030】** 在一些實施例中，安全模組 50 可包括中子量測組件 520，中子量測組件 520 用於量測中子束源以獲得中子計數率。在一些實施例中，中子量測組件 520 可為或可包括氦-3 中子比例計數器(Helium-3 ( $^3\text{He}$ ) Neutron Proportional Counters)、氟化硼中子比例計數器(Boron trifluoride ( $\text{BF}_3$ ) Neutron Proportional Counters)、其他合適的量測器或其組合，但本揭露不限於此。在一些實施例中，當中子量測組件 520 所測得之中子計數率偏離安全值時(例如，中子計數率高於安全值)，可藉由安全連鎖系統 3 停止加速器 10 的運行。

**【0031】** 參照第 4 圖，其是根據本揭露的一些實施例，顯示中子束源產生方法的流程圖。在一些實施例中，可藉由在上文所述

之中子束源產生系統 1 中執行一種中子束源產生方法，以穩定地產生中子束源。在一些實施例中，中子束源產生方法可包括中子束源穩定控制方法，其用於在產生中子束源之前校正質子束。舉例而言，中子束源穩定控制方法可包括步驟 S10 至步驟 S22。在步驟 S10 中，可藉由加速器發出在通道中沿著第一方向前進的質子束。在步驟 S12 中，可藉由校正模組中的電流量測組件量測質子束以獲得第一電流值。在步驟 S14 中，可藉由校正模組中的法拉第杯組件量測質子束以獲得第二電流值。在一些實施例中，在步驟 S12 及步驟 S14 之後，中子束源產生方法更包括比對第一電流值及第二電流值，以獲得電流對應關係表。由於第二電流值的精確度可高於第一電流值，因此藉由所述電流對應關係表，可在產生中子束源的過程中(此時的法拉第杯組件為升起狀態)將第一電流值回推成第二電流值，以更精確地判斷質子束的電流大小。接續上述，在步驟 S16 中，可根據第一電流值及/或第二電流值調整質子束的電流大小。舉例而言，可根據第一電流值及第二電流值中的一者來調整質子束的電流大小。可替代地，也可分別根據第一電流值及第二電流值來調整質子束的電流大小。在步驟 S18 中，藉由校正模組中的輪廓量測組件量測質子束以獲得輪廓分布。在步驟 S20 中，根據輪廓分布並藉由校正模組中的電磁鐵組件調整質子束在第二方向上的分布及在第三方向的分布。在步驟 S22 中，當第一電流值、第二電流值及輪廓分布皆符合預設值時，移開(亦即，升起)法拉第杯組件以使質子束照射至靶材並產生中子束源。

**【0032】** 在一些實施例中，上述的步驟 S10 至步驟 S16 可共同稱為電流品質管制方法。在一些實施例中，步驟 S18 至步驟 S20 可共同稱為輪廓品質管制方法。在一些實施例中，可以先執行電流品質管制方法，再執行輪廓品質管制方法。具體而言，當質子束的電流變大時，質子束內部的排斥力增大使得質子束散開(例如，分布面積變大)。反之，當質子束的電流變小時，質子束內部的排斥力減小使得質子束集中(例如，分布面積變小)。換言之，質子束的輪廓分布會受到電流大小影響。因此，先執行電流品質管制方法可避免經調整後的輪廓分布因改變電流大小而受影響。

**【0033】** 參照第 5 圖，其是根據本揭露的一些實施例，顯示電流品質管制方法的流程圖。在一些實施例中，電流品質管制方法可替代地以步驟 S100 至步驟 S106 來執行。在步驟 S100 中，藉由加速器發出質子束，並根據第一預設電流值對應調整質子束的電流大小。在步驟 S102 中，藉由電流量測組件量測質子束，以獲得第一電流值。在步驟 S104 中，比對第一電流值與第一預設電流值之差是否小於第一電流臨界值。當第一電流值與第一預設電流值之差小於第一電流臨界值時，判斷質子束的第一電流大小通過品質管制。反之，當第一電流值與第一預設電流值之差大於等於第一電流臨界值時，判斷質子束的第一電流大小無法通過品質管制，重新執行步驟 S100。在一些實施例中，第一電流臨界值為第一預設電流值的 5%，但本揭露不限於此。在其他實施例中，第一電流臨界值

可以為任意數值，例如第一預設電流值的 3%、10%、15% 等。在步驟 S106 中，結束質子束的電流品質管制。

**【0034】** 在一些實施例中，可改用法拉第杯組件取代步驟 S102 中的電流量測組件。舉例而言，可藉由法拉第杯組件量測質子束以獲得第二電流值大小。接著，比對第二電流值與第二預設電流值之差是否小於第二電流臨界值。當第二電流值與第二預設電流值之差小於第二電流臨界值時，判斷質子束的第二電流大小通過品質管制。反之，當第二電流值與第二預設電流值之差大於等於第二電流臨界值時，判斷質子束的第二電流大小無法通過品質管制，並重新執行步驟 S100。

**【0035】** 請參照第 6 圖，其是根據本揭露的一些實施例，顯示輪廓品質管制方法的流程圖。在一些實施例中，輪廓品質管制方法可替代地以步驟 S200 至步驟 S206 來執行。在步驟 S200 中，藉由電磁鐵組件調整質子束在第二方向上的分布及在第三方向的分布。在步驟 S202 中，藉由輪廓量測組件量測質子束，以獲得輪廓分布。在步驟 S204 中，比對輪廓分布與預設輪廓分布之差是否小於第一輪廓臨界值。當輪廓分布與預設輪廓分布之差小於輪廓臨界值時，判斷質子束的輪廓分布通過品質管制。反之，當輪廓分布與預設輪廓分布之差大於等於輪廓臨界值時，判斷質子束的輪廓分布無法通過品質管制，並重新執行步驟 S200。如本文所使用的，「輪廓分布與預設輪廓分布之差」可指的是質子束的分布面積與預設面積之間的面積差異，但本揭露不限於此。在一些實施例中，輪廓臨

界值可為預設輪廓分布的 5%。在步驟 S206 中，結束質子束的輪廓品質管制。

**【0036】** 請參照第 7 圖，其是根據本揭露的一些實施例，顯示中子束源穩定控制方法的流程圖。在一些實施例中，中子束源產生系統的通道的兩側均設置有電磁鐵組件、輪廓量測組件、電流量測組件及法拉第杯組件(例如，中子束源產生系統具有如第 3 圖所示的配置)。在這種情況下，中子束源穩定控制方法可替代地以步驟 S300 至步驟 S332 來執行，且所述步驟可劃分為兩階段。

**【0037】** 在步驟 S300 中，開始質子束的品質管制，並執行第一階段的品質管制流程。在步驟 S302 中，確認加速器未輸出質子束，以防止法拉第杯損壞。當加速器並未輸出質子束時，執行步驟 S301 與重新執行步驟 S300。在步驟 S301 中，調整加速器的狀態(例如，關閉加速器)以停止輸出質子束，並藉由揚聲器、警示燈等裝置發出通知訊息，但本揭露不限於此。在步驟 S304 中，降下第一法拉第杯及第二法拉第杯。在步驟 S306 中，藉由加速器發出質子束。在步驟 S308 至步驟 S312 中，確認質子束的電流大小與輪廓分布是否分別通過第一次電流品質管制與第一次輪廓品質管制。當質子束的電流大小及/或輪廓分布無法通過第一次電流品質管制與第一次輪廓品質管制中的任意一者時，執行步驟 S307 與重新執行步驟 S308。在一些實施例中，步驟 S307 及步驟 S308 可用相似或相同於上文中提到的電流品質管制方法(例如，步驟 S10 至步驟 S16，或是步驟 S100 至步驟 S106)與輪廓品質管制方法(例如，

步驟 S18 至步驟 S20，或是步驟 S200 至步驟 S206)來執行。在步驟 S314 中，使加速器停止發出質子束。

**【0038】** 在步驟 S316 中，執行第二階段的品質管制流程。具體而言，在步驟 S316 至步驟 S332 中，可再次執行相似或相同於步驟 S300 至步驟 S314 的品質管制流程，故省略相關說明。值得一提的是，在第一階段的品質管制流程中(步驟 S300 至步驟 S314)，質子束是被第一法拉第杯阻擋(如步驟 S304)。換言之，在第一階段的品質管制流程中，主要是量測及控制質子束在加速器與第一法拉第杯之間的輪廓及電流大小。另一方面，在第二階段的品質管制流程中(步驟 S316 至步驟 S332)，由於第一法拉第杯升起，因此質子束是被第二法拉第杯阻擋(如步驟 S320)。換言之，在第二階段的品質管制流程中，主要是量測及控制質子束在第一法拉第杯與第二法拉第杯之間的輪廓及電流大小。藉由兩次的電流品質管制與兩次的輪廓品質管制，可產生更加穩定的質子束。在步驟 S332 中，當質子束通過了兩階段的品質管制流程之後，結束質子束的品質管制。

**【0039】** 在一些實施例中，中子束源產生方法更包括中子束源穩定產生方法，其用於在產生中子束源的過程中校正質子束。舉例而言，在移開法拉第杯組件之後，中子束源產生方法更包括藉由電流量測組件量測質子束以獲得第一電流值；根據第一電流值調整質子束的電流大小；藉由輪廓量測組件量測質子束以獲得輪廓分布；以及根據輪廓分布並藉由電磁鐵組件調整質子束在第二方向上

的分布及在第三方向的分布。換言之，校正模組中的部份組件除了可用於在產生中子束源之前校正質子束，亦可以用於在產生中子束源的過程中校正質子束。

**【0040】** 請參照第 8 圖，其是根據本揭露的一些實施例，顯示安全連鎖方法的流程圖。在一些實施例中，中子束源產生方法可更包括安全連鎖方法，其用於在產生中子束源的過程中確認系統的安全。在一些實施例中，安全連鎖方法可包括步驟 S400 至步驟 S402、步驟 S410 至步驟 S416、步驟 S420 至步驟 S426、及步驟 S430 至步驟 S436。關於各個步驟的詳細說明如下。在步驟 S400 及步驟 S402 中，可藉由加速器發出質子束，並照射質子束於靶材上以產生中子束源。

**【0041】** 在一些實施例中，步驟 S410 至步驟 S416 用於確認中子束源的產率是否通過品質管制。具體而言，在步驟 S410 中，可藉由校正模組中的電流量測組件量測質子束，以獲得第一電流值。在步驟 S412 中，可藉由安全模組中的中子量測組件量測中子束源，以獲得中子計數率。在本文中，術語「中子計數率」指的是藉由諸如比例計數器等裝置所量測到的中子數。在一些實施例中，可根據比例計數器中所測得之脈衝數推得中子數。在步驟 S414 中，可將中子計數率除以第一電流值以獲得第一中子產率因子，並比對第一中子產率因子與第一預設中子產率因子。當第一中子產率因子與第一預設中子產率因子之差大於等於第一中子產率因子臨界值時，執行安全連鎖控制。在一些實施例中，第一中子產率因子臨

界值可為第一預設中子產率因子的 5%，但本揭露不限於此。在一些實施例中，安全連鎖控制可包括執行步驟 S411(亦即，發出通知)及重新執行步驟 S410。可替代地，在步驟 S414 中，可先將中子計數率轉換為中子通率，並將中子通率除以第一電流值以獲得第一中子產率。在本文中，術語「中子通率」是指單位時間內通過單位面積的中子數。在一些實施例中，「中子通率」等於中子密度與其平均速度的乘積。接著，可比對第一中子產率與第一預設中子產率。當第一中子產率與第一預設中子產率之差大於等於第一中子產率臨界值時，執行安全連鎖控制。

**【0042】** 在一些實施例中，在步驟 S410 之後，可藉由第一電流值與第二電流值的對應關係表將第一電流值回推成第二電流值。接著，在步驟 S414 中，可將中子計數率除以第二電流值以獲得第二中子產率因子，並比對第二中子產率因子與第二預設中子產率因子。當第二中子產率因子與第二預設中子產率因子之差大於等於第二中子產率因子臨界值時，執行安全連鎖控制。藉由採用更精確的第二電流值，可更精確地估算中子束的產率。可替代地，在一些實施例中，可先將中子計數率轉換為中子通率，並將中子通率除以第二電流值以獲得第二中子產率。接著，可比對第二中子產率與第二預設中子產率。當第二中子產率與第二預設中子產率之差大於等於第二中子產率臨界值時，執行安全連鎖控制。在一些實施例中，當上述之第二中子產率與第二預設中子產率之差大於等於 5% 時，

安全連鎖控制可包括執行步驟 S411(亦即，發出通知)並重新執行步驟 S410，在此狀況下，由專業人員判斷該如何進行處置。

**【0043】** 在一些實施例中，步驟 S420 至步驟 S426 用於確認靶材的狀態是否通過品質管制。具體而言，在步驟 S420 中，可藉由校正模組中的冷卻水量測組件量測冷卻模組中的冷卻水，以獲得水溫、水壓、水流量及水流電阻。在步驟 S422 中，可分別比對水溫與預設水溫、水壓與預設水壓、水流量與預設水流量及水流電阻與預設水流電阻。當水溫與預設水溫之差大於等於水溫臨界值、水壓與預設水壓之差大於等於水壓臨界值、水流量與預設水流量之差大於等於水流量臨界值、或水流電阻與預設水流電阻之差大於等於水流電阻臨界值時，執行安全連鎖控制。在一些實施例中，當上述之任意參數與其所對應之預設參數之差大於等於 5% 時，安全連鎖控制可包括執行步驟 S423(亦即，發出通知)並重新執行步驟 S420，在此狀況下，由專業人員判斷該如何進行處置。在一些實施例中，當上述之任意參數與其所對應之預設參數之差大於等於 10% 時，安全連鎖控制可包括執行步驟 S424，以藉由安全連鎖系統停止運行加速器。

**【0044】** 在一些實施例中，步驟 S430 至步驟 S436 用於確認中子束源的環境是否通過品質管制。具體而言，在步驟 S430 中，可藉由校正模組中的真空度量測組件量測通道以獲得真空度。在步驟 S432 中，可比對真空度與預設真空度。當真空度與預設真空度之差大於等於真空度臨界值時，執行安全連鎖控制。在一些實施例

中，當真空度與預設真空度之差大於等於 5%時，安全連鎖控制可包括執行步驟 S433(亦即，發出通知)並重新執行步驟 S430，在此狀況下，由專業人員判斷該如何進行處置。在一些實施例中，當真空度與預設真空度之差大於等於 10%時，安全連鎖控制可包括執行步驟 S434，以藉由安全連鎖系統停止運行加速器。

**【0045】** 值得一提的是，雖然在本文中使用了諸如 5%、10% 等的差值來判斷是否要執行調整加速器、發出通知或是藉由安全連鎖系統停止運行加速器等步驟，但本揭露不限於此。舉例而言，可將在步驟 S104、S204、S411、S416、S423、S433 的任意一者中用於判斷的差值改為其他數值，例如 2%、3%、4%、6%、7%、8%、上述數值的任意範圍、或其他合適的數值。替代地，可將在步驟 S424、S434 的任意一者中用於判斷的差值改為其他數值，例如 7%、8%、9%、11%、12%、13%、上述數值的任意範圍、或其他合適的數值。換言之，本文中所使用之差值均為示例，其可根據實際需求調整。

**【0046】** 本揭露實施例之間的部件只要不違背發明精神或相衝突，均可任意混合搭配使用。此外，本揭露之保護範圍並未侷限於說明書內所述特定實施例中的製程、機器、製造、物質組成、裝置、方法及步驟，任何本領域中的通常知識者可從本揭露揭示內容中理解現行或未來所發展出的製程、機器、製造、物質組成、裝置、方法及步驟，只要可以在此處所述實施例中實施實質上相同功能或獲得實質上相同結果皆可根據本揭露使用。因此，本揭露之保

護範圍包括上述製程、機器、製造、物質組成、裝置、方法及步驟。本揭露的任一實施例或請求項不須達成本揭露所公開的全部目的、優點及/或特點。

**【0047】** 以上概述數個實施例，以便本領域中的通常知識者可以更理解本揭露實施例的觀點。本領域中的通常知識者應該理解的是，能以本揭露實施例為基礎，設計或修改其他製程與結構，以達到與在此介紹的實施例相同之目的及/或優勢。本領域中的通常知識者也應該理解的是，此類等效的製程與結構並無悖離本揭露的精神與範圍，且能在不違背本揭露之精神與範圍之下，做各式各樣的改變、取代與替換。

### **【符號說明】**

#### **【0048】**

1:中子束源產生系統

2:中子束源穩定控制系統

3:安全連鎖系統

10:加速器

20:靶材

30:通道

300:第一側

301:第二側

40:校正模組

第 112101492 號

修正日期:113.01.03

修正本

400:電磁鐵組件

400a: 第一電磁鐵組件

401, 401a, 401b, 402, 402a, 402b:四極磁鐵

400b: 第二電磁鐵組件

410:輪廓量測組件

410a: 第一輪廓量測組件

410b: 第二輪廓量測組件

420:電流量測組件

430:法拉第杯組件

430a:第一法拉第杯

430b:第二法拉第杯

50:安全模組

500:真空度量測組件

510:冷卻水量測組件

520:中子量測組件

60:冷卻模組

S10-S22, S100-S106, S200-S206, S300-S332, S400-S402,  
S410-S416, S420-S426, S430-S436:步驟

D1:第一方向

D2:第二方向

D3:第三方向

**【發明申請專利範圍】**

**【請求項1】** 一種中子束源產生系統，包括：

一加速器，用於產生在一通道中沿著一第一方向前進的一質子束；

一靶材，位於該通道的末端，並藉由該質子束的照射產生一中子束源；以及

一校正模組，設置於該通道的兩端之間，該校正模組包括：

一電磁鐵組件，用於控制該質子束在一第二方向上的分布及在一第三方向上的分布；

一輪廓量測組件，用於量測該質子束以獲得一輪廓分布；

一電流量測組件，用於量測該質子束以獲得一第一電流值；

以及

一法拉第杯組件(Faraday Cup, FC)，可選地遮擋該質子束，並用於量測該質子束以獲得一第二電流值；

其中，該校正模組根據該輪廓分布並藉由該電磁鐵組件控制該質子束在該第二方向上的分布及在該第三方向上的分布，且該校正模組根據該第一電流值及/或該第二電流值調整該質子束的電流大小。

**【請求項2】** 如請求項1之中子束源產生系統，更包括一安全連鎖系統，該安全連鎖系統藉由該校正模組及一安全模組對該中子束源產生系統進行安全連鎖控制。

**【請求項3】** 如請求項2之中子束源產生系統，更包括用於冷卻該靶材的一冷卻模組，且

其中，該安全模組用於監控該通道的真空狀態、該冷卻模組中的一冷卻水的狀態及該中子束源的強度。

【請求項4】 如請求項3之中子束源產生系統，其中該安全模組包括：

一真空度量測組件，用於量測該通道以獲得一真空度；

一冷卻水量測組件，用於量測該冷卻模組中的該冷卻水以獲得一水溫、一水壓、一水流量及一水流電阻；以及

一中子量測組件，用於量測該中子束源以獲得一中子計數率。

【請求項5】 如請求項1之中子束源產生系統，其中該通道具有一第一側以及相對於該第一側的一第二側，該加速器設置於該第一側，該靶材設置於該第二側；

其中，該電磁鐵組件包括一第一組四極磁鐵及一第二組四極磁鐵，該輪廓量測組件包括一第一輪廓量測組件及一第二輪廓量測組件，該電流量測組件包括一第一電流量測組件及一第二電流量測組件，且該法拉第杯組件包括一第一法拉第杯及一第二法拉第杯；

其中，該加速器、該第一組四極磁鐵、該第一輪廓量測組件、該第一電流量測組件及該第一法拉第杯鄰近於該通道的該第一側，且該靶材、該第二組四極磁鐵、該第二輪廓量測組件、該第二電流量測組件及該第二法拉第杯鄰近於該通道的該第二側。

【請求項6】 如請求項1之中子束源產生系統，其中該電磁鐵組件包括彼此間隔的一第一組四極磁鐵及一第二組四極磁鐵，該第一組四極磁鐵及該第二組四極磁鐵用於控制該質子束在該第二方向上

的分布及在該第三方向上的分布。

【請求項7】 如請求項1之中子束源產生系統，其中該第一方向、該第二方向與該第三方向彼此垂直。

【請求項8】 一種中子束源產生方法，應用於一中子束源產生系統，該中子束源產生系統包括一加速器、一靶材及一校正模組，且該中子束源產生方法包括：

藉由該加速器發出在一通道中沿著一第一方向前進的一質子束；

藉由該校正模組中的一電流量測組件量測該質子束以獲得一第一電流值；

藉由該校正模組中的一法拉第杯組件量測該質子束以獲得一第二電流值；

根據該第一電流值及/或該第二電流值調整該質子束的電流大小；

藉由該校正模組中的一輪廓量測組件量測該質子束以獲得一輪廓分布；

根據該輪廓分布並藉由該校正模組中的一電磁鐵組件調整該質子束在一第二方向上的分布及在一第三方向的分布；以及

當該第一電流值、該第二電流值及該輪廓分布皆符合預設值時，移開該法拉第杯組件以使該質子束照射至該靶材並產生一中子束源。

【請求項9】 如請求項8之中子束源產生方法，其中在移開該法拉第杯組件之後，該中子束源產生方法更包括：

藉由該電流量測組件量測該質子束以獲得該第一電流值；

根據該第一電流值調整該質子束的電流大小；

藉由該輪廓量測組件量測該質子束以獲得該輪廓分布；以及

根據該輪廓分布並藉由該電磁鐵組件調整該質子束在該第二方向上的分布及在該第三方向的分布。

**【請求項10】** 如請求項8之中子束源產生方法，其中藉由該校正模組中的該電磁鐵組件調整該質子束在該第二方向上的分布及在該第三方向上的分布的步驟包括：

比對一預設輪廓分布與該輪廓分布；以及

當該預設輪廓分布與該輪廓空間分布之差大於一輪廓臨界值時，調整該質子束在該第二方向上的分布及/或在該第三方向上的分布。

**【請求項11】** 如請求項8之中子束源產生方法，其中根據該第一電流值及/或該第二電流值調整該質子束的電流大小的步驟包括：

比對一第一預設電流值與該第一電流值；以及

當該第一預設電流值與該第一電流值之差大於一第一電流臨界值時，調整該質子束的電流大小。

**【請求項12】** 如請求項8之中子束源產生方法，其中根據該第一電流值及/或該第二電流值調整該質子束的電流大小的步驟包括：

比對一第二預設電流值與該第二電流值；以及

當該第二預設電流值與該第二電流值之差大於一第二電流臨界值時，調整該質子束的電流大小。

【請求項13】 如請求項8之中子束源產生方法，其中該中子束源產生系統更包括用於冷卻該靶材的一冷卻模組，且該中子束源產生方法更包括：

藉由一安全模組監控該通道的真空狀態、該冷卻模組中的一冷卻水的狀態及該中子束源的強度；以及

根據該校正模組所測得之該質子束的電流大小、該安全模組所測得之該通道的真空狀態、該冷卻水的狀態及該中子束源的強度，藉由一安全連鎖系統對該中子束源產生系統進行安全連鎖控制。

【請求項14】 如請求項13之中子束源產生方法，其中藉由該安全模組監控該通道的真空狀態的步驟包括：

藉由該安全模組中的一真空度量測組件量測該通道以獲得一真空度。

【請求項15】 如請求項14之中子束源產生方法，其中在藉由該真空度量測組件量測該通道的該真空度的步驟之後，該中子束源產生方法更包括：

比對一預設真空度與該真空度；以及

當該預設真空度與該真空度之差大於一真空度臨界值時，藉由該安全連鎖系統停止運行該加速器。

【請求項16】 如請求項13之中子束源產生方法，其中藉由該安全模組監控該冷卻模組中的該冷卻水的狀態的步驟包括：

藉由該安全模組中的一冷卻水量測組件量測該冷卻模組中的冷卻水以獲得一水溫、一水壓、一水流量及一水流電阻。

【請求項17】 如請求項16之中子束源產生方法，其中在藉由該冷卻水量測組件量測該冷卻模組中的該冷卻水的該水溫、該水壓、該水流量及該水流電阻的步驟之後，該中子束源產生方法更包括：

分別比對一預設水溫與該水溫、一預設水壓與該水壓、一預設水流量與該水流量及一預設水流電阻與該水流電阻；以及

當該預設水溫與該水溫之差大於一水溫臨界值、該預設水壓與該水壓之差大於一水壓臨界值、該預設水流量與該水流量之差大於一水流量臨界值、或該預設水流電阻與該水流電阻之差大於一水流電阻臨界值時，藉由該安全連鎖系統停止運行該加速器。

【請求項18】 如請求項13之中子束源產生方法，其中藉由該安全模組監控該中子束源的強度的步驟包括：

藉由該安全模組中的一中子量測組件量測該中子束源以獲得一中子計數率。

【請求項19】 如請求項18之中子束源產生方法，其中在獲得該中子計數率的步驟之後，該中子束源產生方法更包括：

將該中子計數率除以該第一電流值，以獲得一第一中子產率因子；

比對一第一預設中子產率因子與該第一中子產率因子；以及

當該第一預設中子產率因子與該第一中子產率因子之差大於一第一中子產率因子臨界值時，藉由該安全連鎖系統停止運行該加速器。

【請求項20】 如請求項18之中子束源產生方法，其中

在移開該法拉第杯組件之前，該中子束源產生方法更包括：

比對該第一電流值與該第二電流值，以獲得一電流對應關係表；以及

在獲得該中子計數率的步驟之後，該中子束源產生方法更包括：

根據該電流對應關係表，將該電流量測組件所量測到的該第一電流值回推成該第二電流值；

將該中子計數率除以該第二電流值，以獲得一第二中子產率因子；

比對一第二預設中子產率因子與該第二中子產率因子；以及  
當該第二預設中子產率因子與該第二中子產率因子之差大於一第二中子產率因子臨界值時，藉由該安全連鎖系統停止運行該加速器。

**【請求項21】** 一種中子束源穩定控制系統，設置於一加速器與一靶材之間，其中該加速器用於產生在一通道中沿著一第一方向前進的一質子束，該靶材位於該通道的末端，並藉由該質子束的照射產生一中子束源，該中子束源穩定控制系統包括：

一校正模組，設置於該加速器與該靶材之間，該校正模組包括：

一電磁鐵組件，用於控制該質子束在一第二方向上的分布及在一第三方向上的分布；

一輪廓量測組件，用於量測該質子束以獲得一輪廓分布；

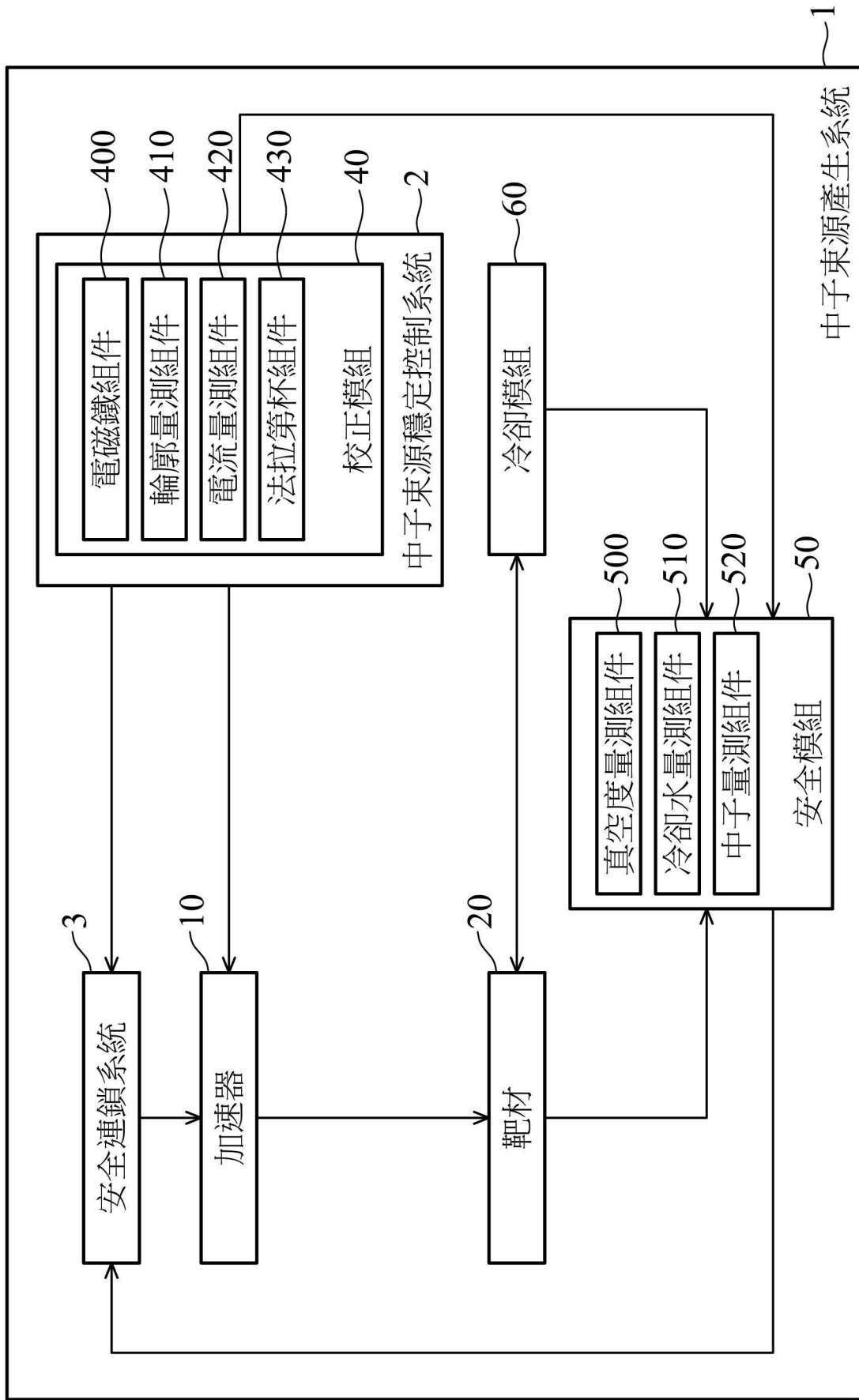
一電流量測組件，用於量測該質子束以獲得一第一電流值；

以及

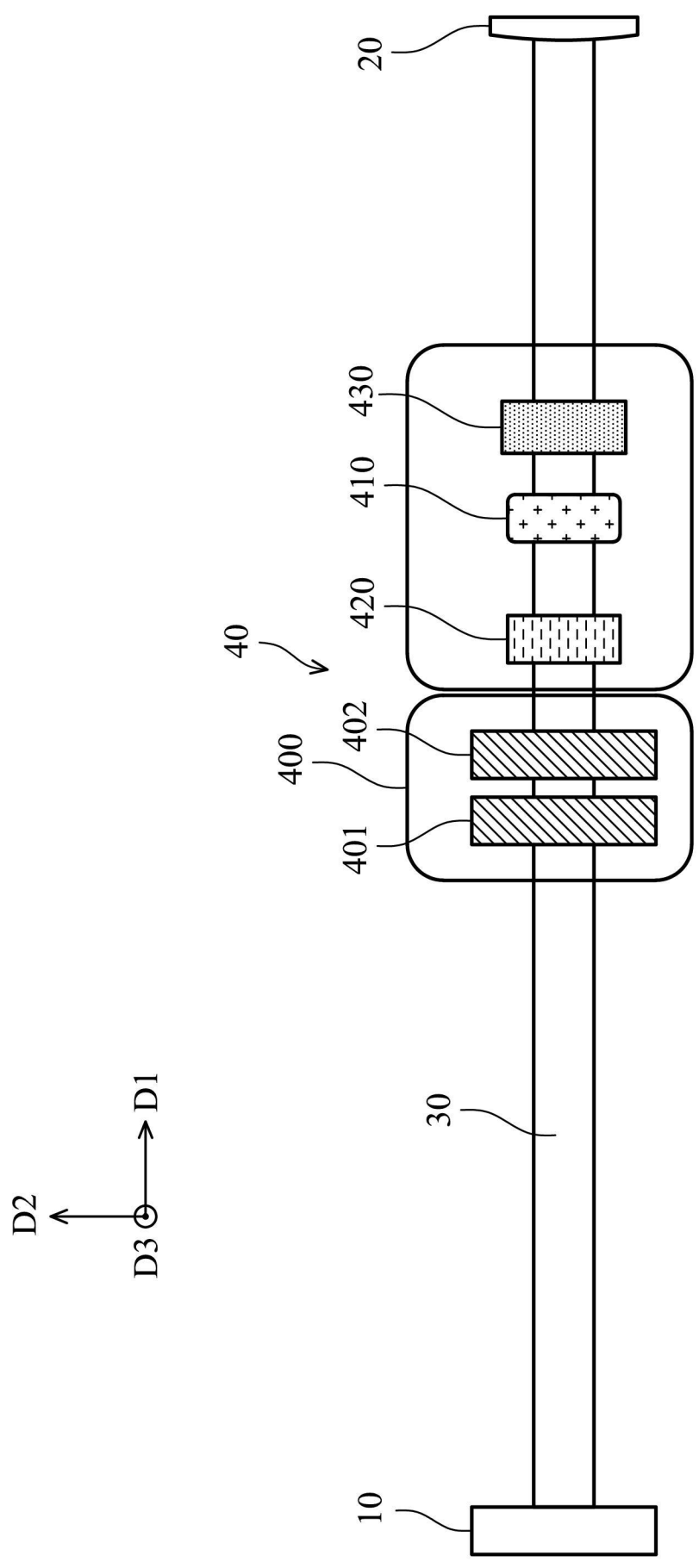
一 法拉第杯組件，可選地遮擋該質子束，並用於量測該質子束以獲得一第二電流值；

其中，該校正模組根據該輪廓分布並藉由該電磁鐵組件控制該質子束在該第二方向上的分布及在該第三方向上的分布，且該校正模組根據該第一電流值及/或該第二電流值調整該質子束的電流大小。

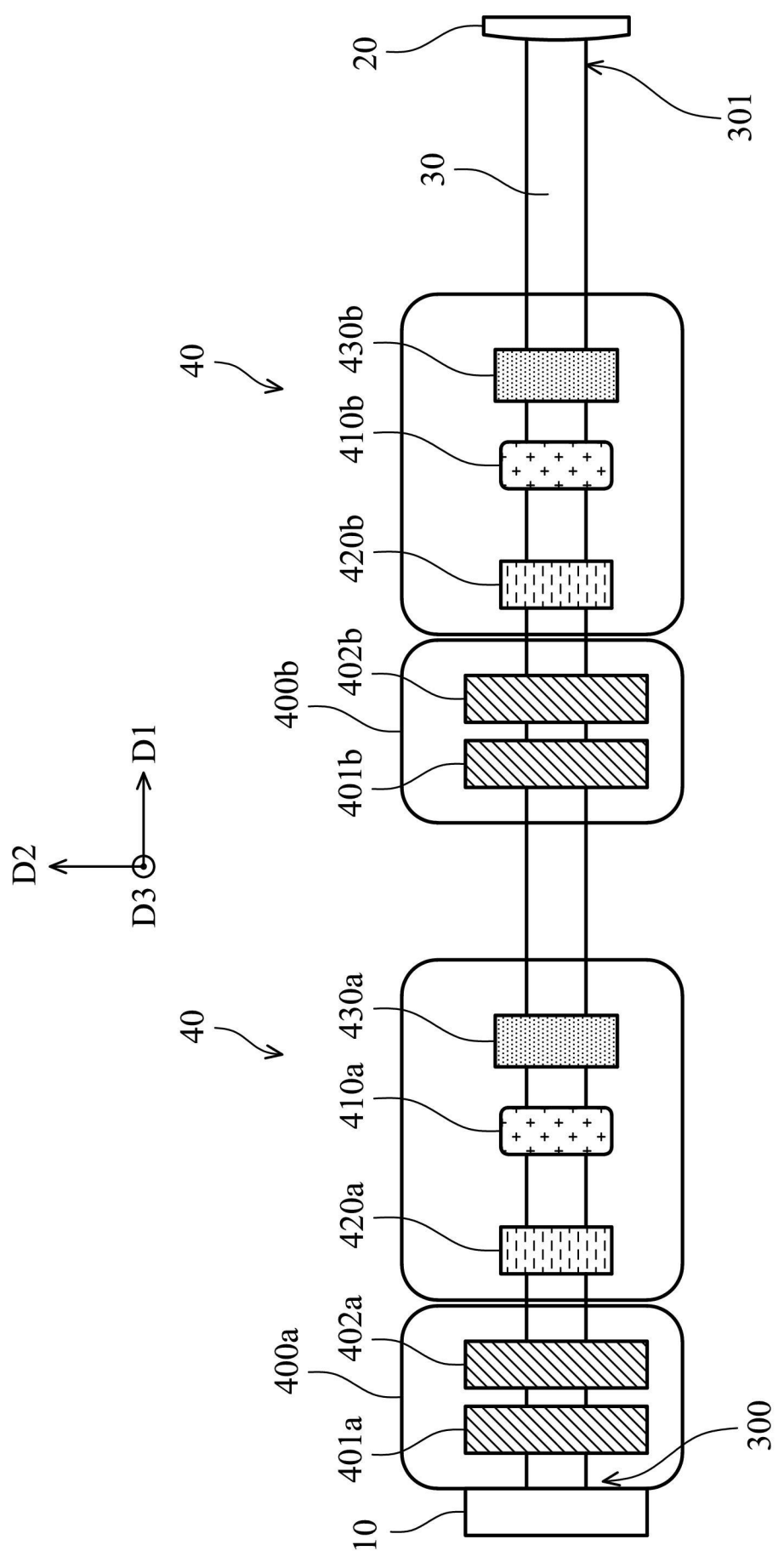
【發明圖式】



第 1 圖



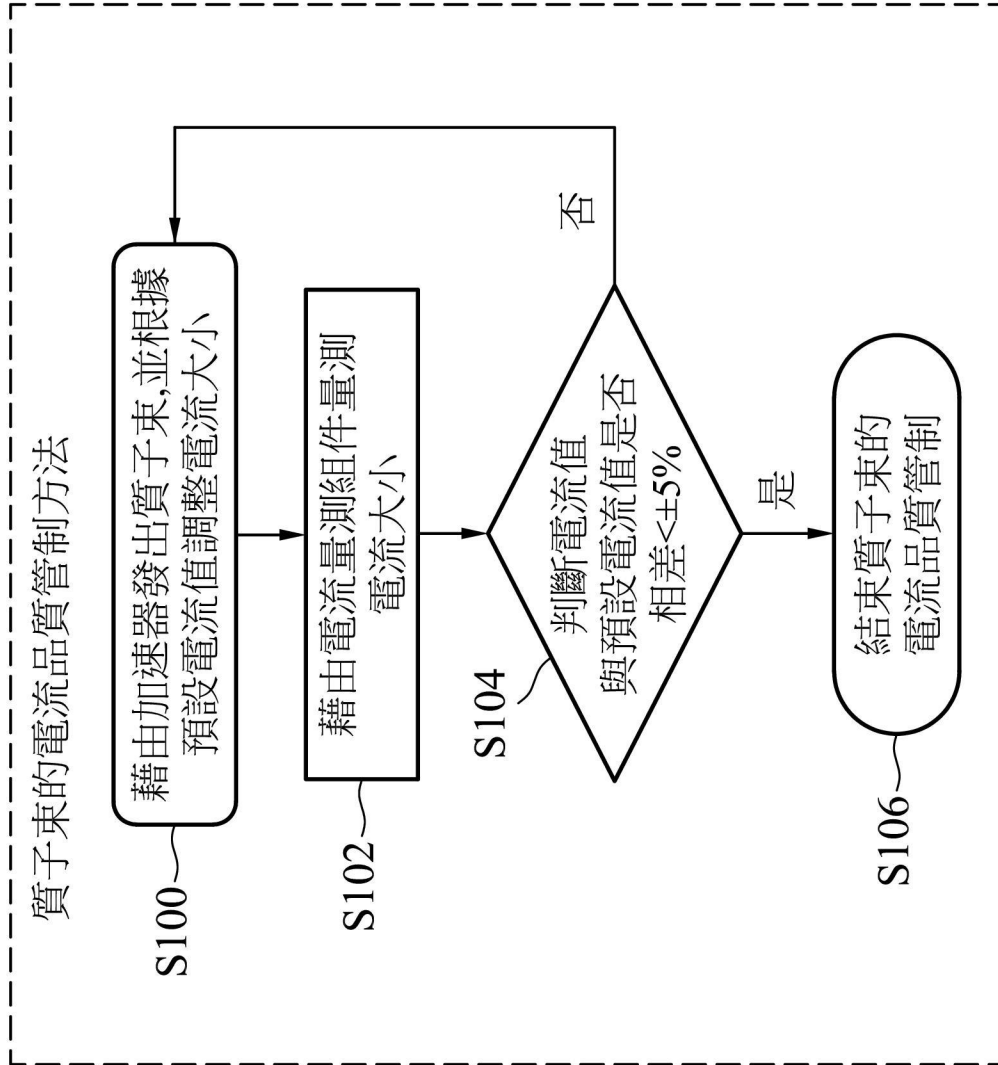
第 2 圖



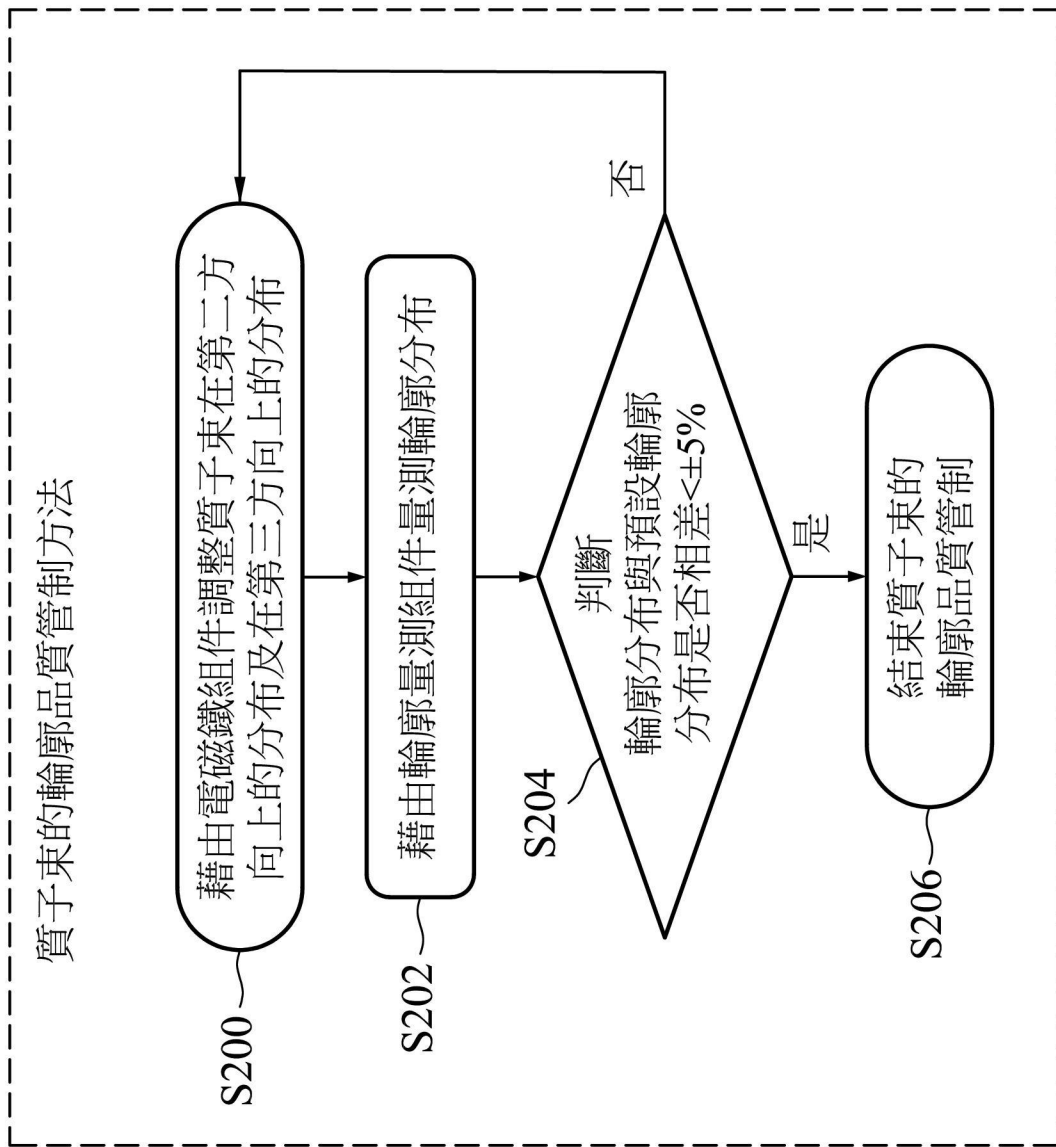
第 3 圖



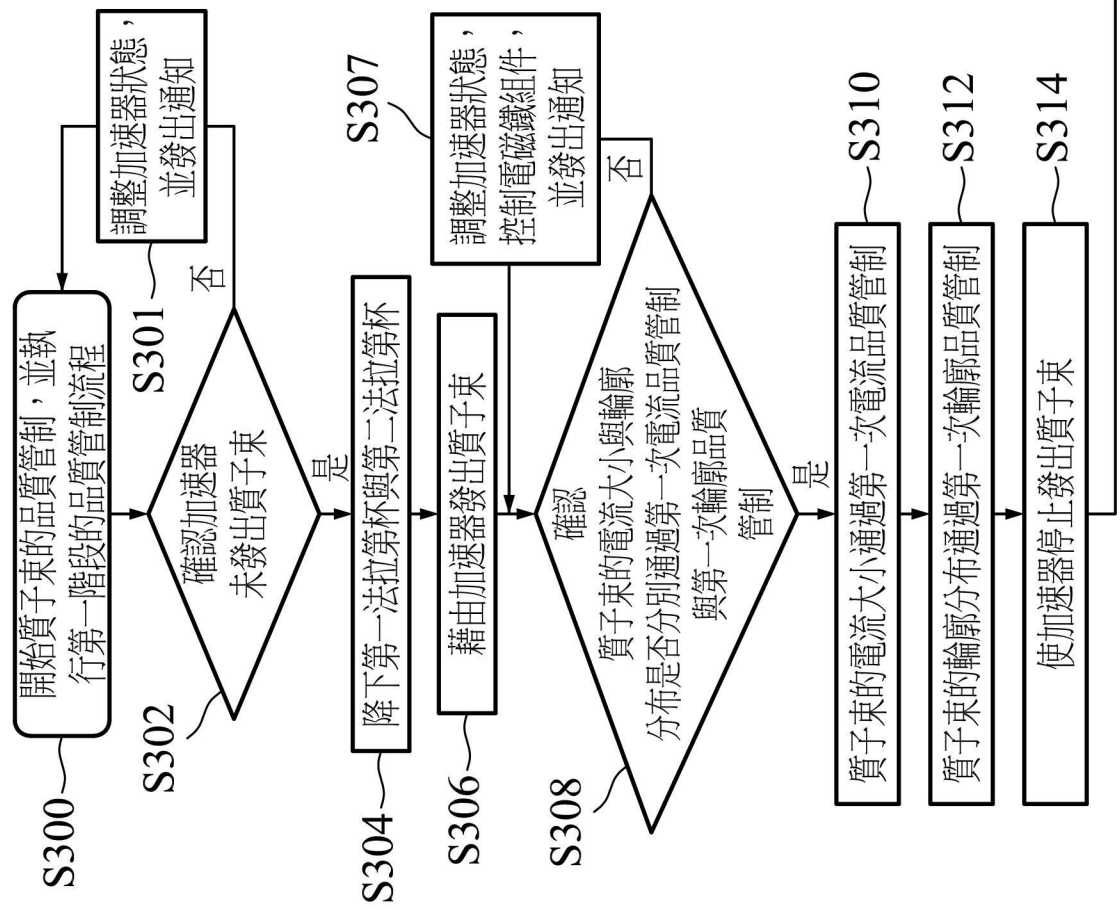
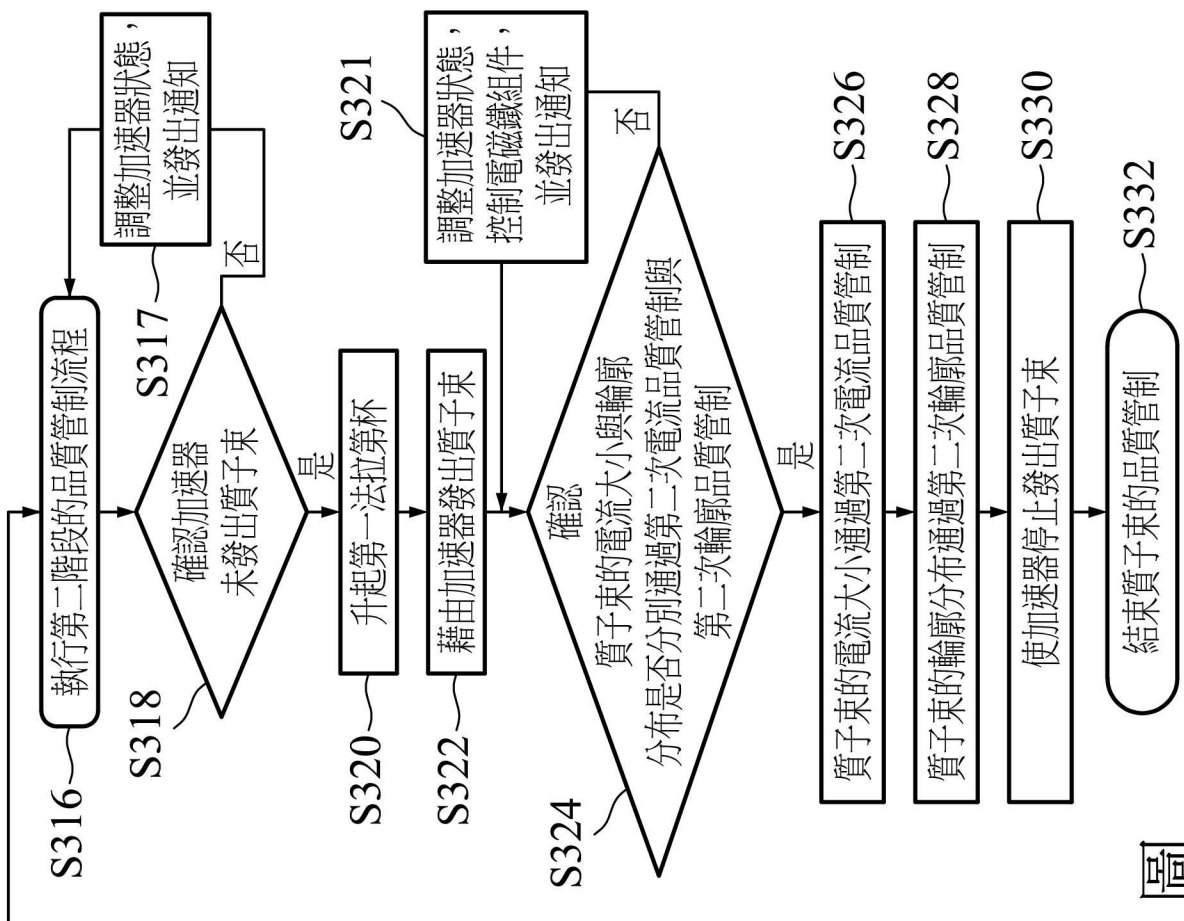
第 4 圖



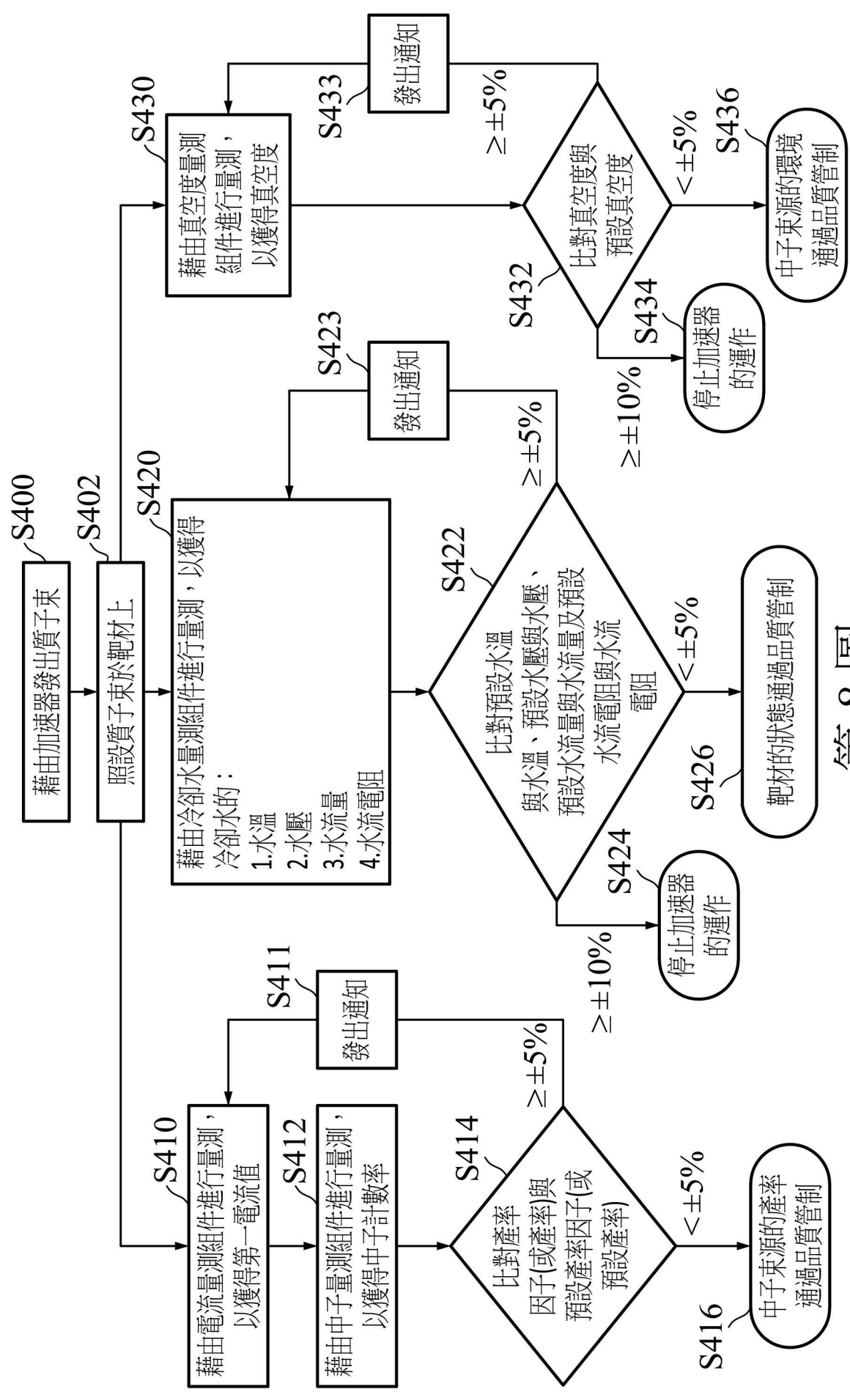
第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖