

# 控制系統

<b>1 不同形式的系統</b> .....	<b>2</b>
(a) 機械系統.....	2
(b) 電子系統.....	2
(c) 電腦操控系統.....	3
(d) 氣動系統.....	3
(e) 其他系統.....	3
<b>2 子系統</b> .....	<b>4</b>
<b>3 控制系統的類別</b> .....	<b>5</b>
(a) 開環式和閉環式控制系統.....	5
(i) 開環式控制系統.....	5
(ii) 閉環式控制系統.....	6
(b) 人手和自動控制系統.....	7
(c) 控制系統的應用例子.....	7
(i) 洗衣機.....	7
(ii) 冷氣機.....	8
<b>4 簡單系統分析</b> .....	<b>8</b>
(a) 操作流程方塊圖.....	8
(b) 順序控制流程方塊圖.....	9
<b>5 簡單系統設計</b> .....	<b>9</b>
<b>練習</b> .....	<b>11</b>

# 控制系統

## 1 不同形式的系統

各種工具和機器操作時都要有適當的控制，否則便難以準確地完成指定的工作。所以，我們需要控制系統來指引、命令或規律化各種工具和機器的操作。常用的控制系統有機械系統、電子系統、氣動系統和電腦操控系統等。系統由許多部分組合在一起，各部分適當地排列和聯繫成整體。一個系統通常包括三大主要部分：輸入、處理和輸出。

### (a) 機械系統

機械系統是主要由多個機械部分組合而成的裝置。施力是機械的輸入，施力作功經機械處理後會產生特定的運動來驅動負荷，對負荷的做功便是機械系統的輸出。機械系統的例子有許多，例如：槓桿、齒輪、輪軸等。圖 1 顯示機械系統的一些例子。



(a) 開罐刀



(b) 木塞起子

圖1 機械系統的例子

### (b) 電子系統

電子系統是利用電子信號來控制電子裝置的系統，例如：收音機、計算機、電子遊戲機、流動電話、掌上型電腦(圖 2)等。電子信號是電子系統的輸入，它經處理後可以產生輸出信號，從而控制多種輸出裝置的操作，例如：揚聲器、液晶體顯示器等。電子系統具有很多功能，例如：產生聲音、傳遞信息、顯示畫面、測量、記憶、計算等。電子裝置有許多種類，常用的包括有：半導體二極管、晶體管、電容器等，它們通常會被焊接在一塊電子線路板上(圖 3)。



(a) 手提電話



(b) 掌上型電腦

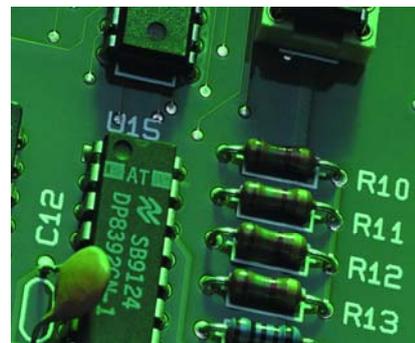


圖3 電子線路板

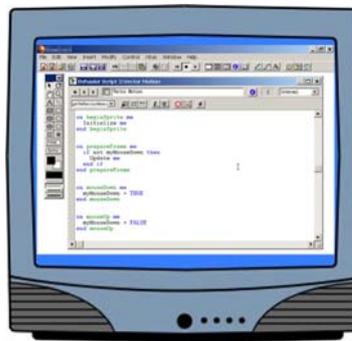
圖2 電子系統的例子

## (c) 電腦操控系統

電腦操控系統是利用電腦根據不同的輸入信息來操控輸出裝置。它的功能與電子系統相似，但具有高速運算的功能，在短時間內處理大量的輸入信息，然後根據預先編定的程式來產生適當的輸出。電腦操控系統有許多應用例子，例如：電腦數控摺床、電腦操控的家庭電器、電腦操控的地下鐵路系統(圖 4)等。



(a) 電腦數控摺床



(b) 電腦操控的家庭電器構想圖

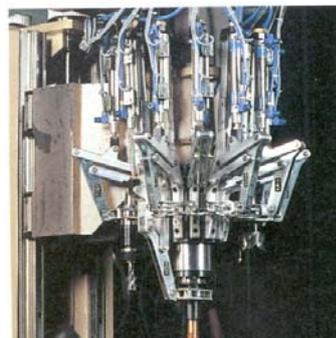
圖4 電腦操控系統的例子

## (d) 氣動系統

氣體動力系統是利用壓縮氣體來傳遞和控制能量的一種系統。在這系統中，先利用氣缸來壓縮空氣，從而提高它的壓力，並提供能量。然後利用開關擊來輸入信號，再通過密封喉管將空氣輸送到各種氣動元件處理，由氣動執行元件來輸出作功，完成指定的工作。氣動用途非常廣泛，例如：控制地下鐵路車門開關、控制自動化生產線操作、控制自動化機械夾頭運作(圖 5)等。



(a) 光碟生產線



(b) 控制機械夾頭

圖5 氣動系統的例子

## (e) 其他系統

除了上述的各種系統外，現代社會還使用各式各樣的系統，例如：郵件處理系統、商品營運系統等。不同的系統均有不同的輸入、處理和輸出特性。在本章內，將扼要地討論各種常用的控制系統。

## 2 子系統

一個系統可以非常簡單，例如：控制電燈開關的系統只需要一個開關掣。不過，隨著科技不斷發展，許多系統已日漸變得複雜，並可能包括了多種不同的元件。以升降機為例，它要利用多種元件互相適當地組合，才可以將乘客安全和快捷地送到不同樓層(圖 6)。



圖6 (a) 商場內的觀光升降機



(b) 醫院內的升降機

一個系統可能會包括多個較小的部分，它們稱為子系統。例如：升降機系統便包括了驅動系統、開關門系統、控制系統、安全系統、照明系統、通風系統和保安系統等(圖 7)。圖 8 顯示升降機的多個子系統。



圖7 (a) 控制系統



(b) 驅動系統

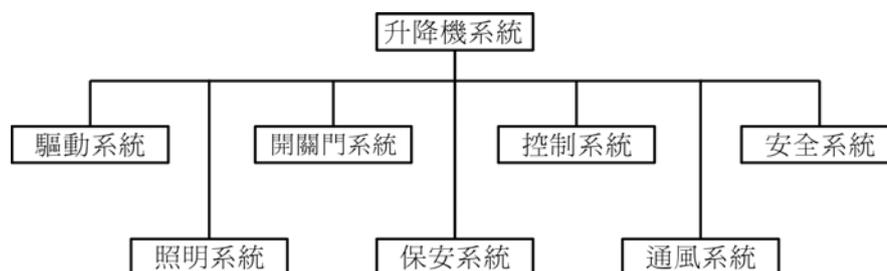


圖8 升降機系統中的各子系統

事實上，每一個子系統均可以視為一個獨立系統，並包括有獨立的輸入、處理和輸出三大部分。各子系統之間往往會有一些關係，所以一個子系統的輸出可能是另一個子系統的輸入。以升降機為例，控制系統的輸出便會影響驅動系統和開關門系統(圖 9)。不過，必須留意許多子系統的關係會較為複雜。



圖9 子系統間的關係

所以，當我們分析一個複雜的控制系統時，可以將該系統的不同部份分為多個較簡單子系統，以便更容易了解整個系統的運作。此外，利用子系統的概念，我們就可以更容易了解整個系統中各部份或元件之間的關係。

### 3 控制系統的類別

#### (a) 開環式和閉環式控制系統

控制系統可以簡單分為兩大類：開環式系統和閉環式系統。它們均可以利用方塊圖來表示。方塊圖利用方塊來顯示處理過程，並利用箭咀來連接各輸入、處理和輸出部分。

##### (i) 開環式控制系統



圖 10 開環式控制系統的方塊圖

圖 10 顯示一個簡單的開環式控制系統。它的操作非常簡單，當輸入的信號指示控制元件作出反應，便會獲得輸出的結果。開環式控制系統的例子包括洗衣機、房間的電燈開關和煤氣煮食爐等。



(a) 洗衣機



(b) 電燈開關

圖11 開環式系統的例子

簡單的洗衣機是一個開環式控制系統的例子，圖 12 顯示它的方塊圖。開環式系統的輸出與輸入無關，例如：洗衣機便是利用操作時間來作標準而不理會衣物的清潔程度。由此可知，開環式控制系統的結構和控制過程均非常簡單，但輸出的效果會視乎輸入信號是否適當。

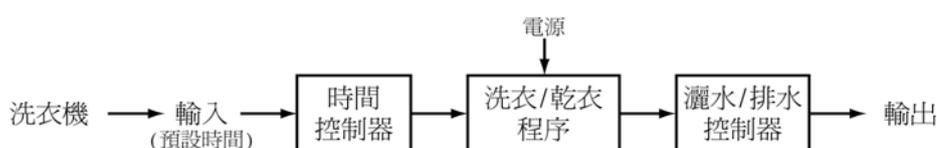


圖 12 洗衣機的方塊圖

圖 13 顯示另一個較詳細的開環式控制系統例子：防盜警報器系統。傳感器的作用是收集被監察房屋的信息。當電子傳感器被觸發(例如：有人靠近)，它便將信號傳到接收器。接收器便啟動警報器而發出警報信號。警報信號會不斷響起，直至被人手按停。

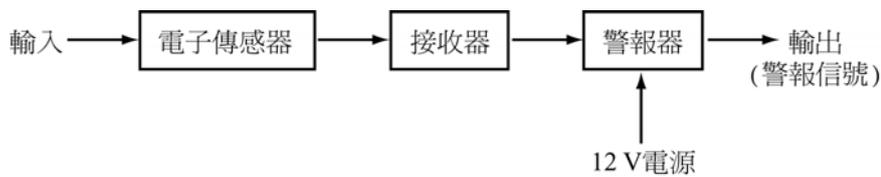


圖13 防盜警報器的方塊圖

開環式控制系統的缺點是沒有自動控制的功能，無論系統的輸出過大或不足，系統也不會作出適當的調控。所以這類系統不宜用作複雜的控制系統，有時並需要使用者監察及回應，例如：衣物經洗衣機清洗後需要使用者監察是否清潔，否則要再次放回洗衣機內清洗。

## (ii) 閉環式控制系統

假如我們把控制系統的輸出來調校輸入的信號，這種程序稱為「回輸」。回輸是閉環式控制系統的一個特性，它把輸出與預期的效果或指令狀態作比較，然後作出適當的控制行動，以更正輸入的信號。因此，閉環式控制系統中必須包括一個偵察器，以監察輸出的結果，並把它與預期的效果作比較。圖 14 顯示一個簡單的閉環式控制系統，其中的輸出信號會通過回輸途徑再傳送到輸入，以影響新的輸出。適當的回輸可以增加輸出的準確性。

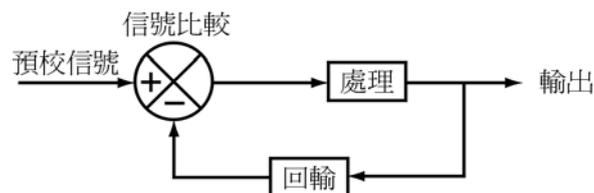


圖14 閉環式控制系統的方塊圖

回輸可以分為正回輸和負回輸兩種。正回輸會令新的輸出偏離現存的指令狀態，例如把揚聲器放到微音器(俗稱咪高峰)，輸入的聲音便會不斷擴大，從而令揚聲器發出非常大的輸出聲音。負回輸會令新的輸出偏向現存的指令狀態，令控制更為精密，例如駕駛汽車時，司機會不斷調校駕駛盤，令汽車能保持在適當的行車路線。

現代的電器和機器，不少都是用閉環式控制系統來作自動控制，例子包括冷氣機、電冰箱(俗稱雪櫃)、自動電飯煲、地下鐵路車站的自動售票機等。以一部自動調節溫度的冷氣機為例，它利用一個恆溫器來探測溫度和控制電動機的開關，以保持指定的室內溫度。它的控制系統方塊圖如圖 15 所示。

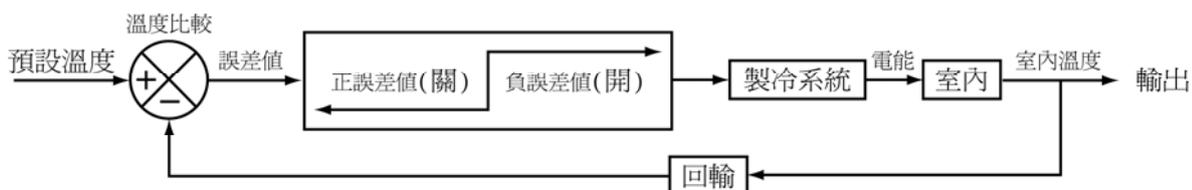


圖15 裝置有恆溫器的冷氣機操作方塊圖

閉環式控制系統的優點是具有自動調節輸出的功能，而系統中的回輸功能是将部分輸出信號回饋至輸入端。當負載產生變化時，系統產生的誤差信號會調整輸出。不過，閉環式控制系統的結構通常較複雜，所以製造成本亦較高。

## (b) 人手和自動控制系統

科技發展經歷多個不同的階段。當蒸汽機和各種機器發明後，第一次工業革命改進了生產功率和速度。不過，許多稱為自動化的機器實際上只是不停運作的機器。由於缺乏靈敏的感應器和處理器，這些機器沒有完善的控制系統，所以它們屬於開環式控制系統。

為了改善控制系統的精確性，操作人員被聘用來控制機器。操作人員在控制系統內擔任了感應器和決策者的角色。它們將輸出和所需要的狀態加以比較，然後提供回輸訊號和作出決定(大腦)。跟著，採取適當的措施來改變系統的不平衡和減少誤差。最後的輸出就會更接近要求。所以，人手操作的系統通常是一種閉環式控制系統。

當更可靠的感應器、處理器和驅動器發展後，自動化機械逐漸取代人手操作員。當工序非常清晰、經常重複和可以由可靠的自動調節系統來操作時，採用自動控制機械便會較為合適。所以自動控制機械適用於沉悶和重複的工作，例如：根據室內溫度而不停地開或關冷氣機的壓縮機，這種工作交由溫度感應器來控制會較佳。

當微處理器和新的感應器出現後，人手控制系統就更容易地被電腦控制系統所取代。所以，越來越多的機器變成自動化控制，例如：如果發覺食物不足，一些新發展的電冰箱(俗稱雪櫃)可以自動透過互聯網來訂購食物。

## (c) 控制系統的應用例子

在家居和工業上，有許多控制系統的應用例子，例如：洗衣機、冷氣機、保安警報器和自動購票機等。

### (i) 洗衣機

現時許多家庭均使用全自動洗衣機來清洗衣物。全自動洗衣機有許多預定的洗衣程序供使用者選擇。當選擇合適的程序後，洗衣機便會自動進行入水、加入洗衣粉、轉動和清洗衣物、放水等多個步驟，通常每個步驟都會在設定的操作時間內完成。當程序內的所有步驟完成後，洗衣機便會停止操作。

全自動洗衣機只需要使用者選擇一個程序便可以完成所有清洗步驟，所以能夠節省使用者不少時間。不過，全自動洗衣機只會按時間完成所有步驟，並不會理會清洗後的衣物是否清潔，也不會產生任何回輸。所以，這種洗衣機的控制系統事實上是開環式的，它的方塊圖如圖 16 所示。

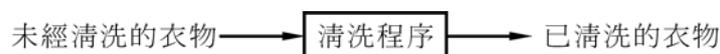


圖16 洗衣機的開環式控制系統方塊圖

## (ii) 冷氣機

現時許多家庭均使用自動控制溫度的冷氣機。圖 17 顯示一部冷氣機的內部結構，不停循環的冷凍劑會吸收室內的熱量，再從蒸發器不斷傳送到冷凝器，然後由風扇吹送到室外。冷氣機通常會附設溫度調校器，讓使用者用來調校冷凍的程度。當冷空氣的溫度低於指定的溫度時，冷氣機的控制器便會停止壓縮機的運作，令冷凍劑暫停運行。裝置在蒸發器附近溫度感應器會不停地測量冷空氣的溫度，然後將結果送到控制器。

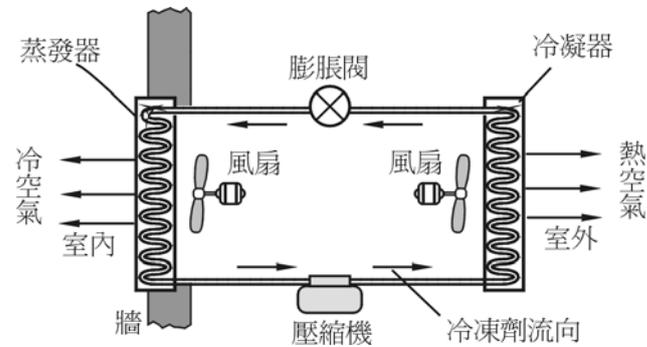


圖17 冷氣機的內部結構

由於冷氣機輸出冷空氣的溫度會影響它的運作，所以冷氣機的控制系統是一種閉環式系統，它的方塊圖如圖 18 所示。

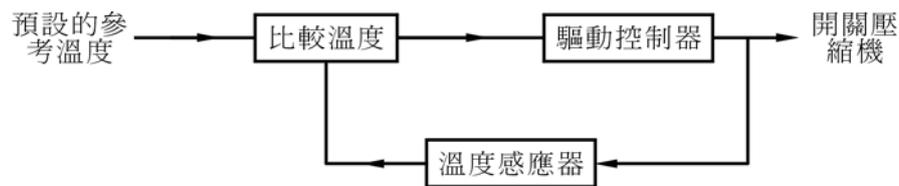


圖18 冷氣機的閉環式控制系統方塊圖

## 4 簡單系統分析

假如要分析一個簡單的控制系統，必須先瞭解它的操作過程，然後再分析各部分的控制程序。

### (a) 操作流程方塊圖

一個控制系統的操作過程可能有多個步驟，以一部自動洗衣機為例，它的操作過程可以用下列文字表示：

- (i) 首先將骯髒的衣服和適量的洗衣劑放進洗濯桶內，然後開動洗衣機，
- (ii) 滾桶然後會注滿清水。
- (iii) 探測水溫是否與預設值相約，否則便需要加熱清水。
- (iv) 內置的程序控制洗濯桶前後滾動，令桶內的洗衣劑及清水去除衣物上的污垢。
- (v) 洗衣機以高速旋轉滾桶，將剩餘的水排放及絞乾衣服。
- (vi) 最後，洗衣機便會停止。

但文字表達的過程往往需要花不少時間才能夠理解。為節省理解的時間，可以用一幅操作程序方塊圖用來簡潔地顯示一個系統的操作過程。圖 19 顯示上述自動洗衣機的操作程序方塊圖，這方塊圖可以令人很快瞭解各主要操作步驟的次序和關係。

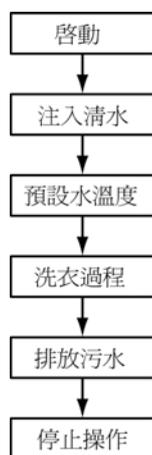


圖19 操作程序方塊圖

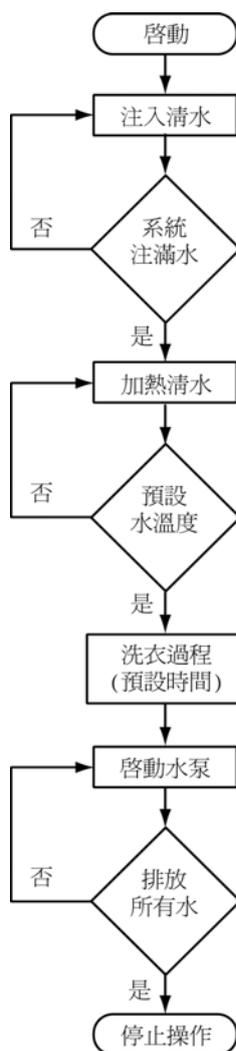


圖20 順序控制程序方塊圖

## (b) 順序控制程序方塊圖

操作程序方塊圖雖然可以簡潔地表示一個控制系統的操作過程，但它未能顯示各主要控制步驟中的決策關係，例如：哪一個步驟需要探測器？為了更清楚地顯示各控制步驟中的決策關係，可以用順序控制程序方塊圖來顯示該控制系統。順序控制是指為依照預先安排的次序逐項進行控制。圖 20 顯示上述自動洗衣機的順序控制程序方塊圖，它可以明確地顯示該洗衣機最少應有三個探測器和回輪：注滿清水、水溫和排放所有水。

## 5 簡單系統設計

在設計一個控制系統時應考慮它的輸入、操作過程、輸出的模式等因素。有時一個控制系統可以包括多種系統，例如：電能驅動系統、電子控制系統、機械系統或電腦程式操控等，它們可以稱為子系統。在設計整個控制系統前，必須研究各子系統之間的關係和如何互相配合。

以設計一個電動牙刷為例，應先根據它的功能和特性來決定輸入、操作過程和輸出等因素。明顯地，電動牙刷應包括兩個子系統：電子控制系統和機械系統。所以，可以利用兩個個操作方塊圖來顯示各因素的關係，如圖 21 和圖 22 所示。

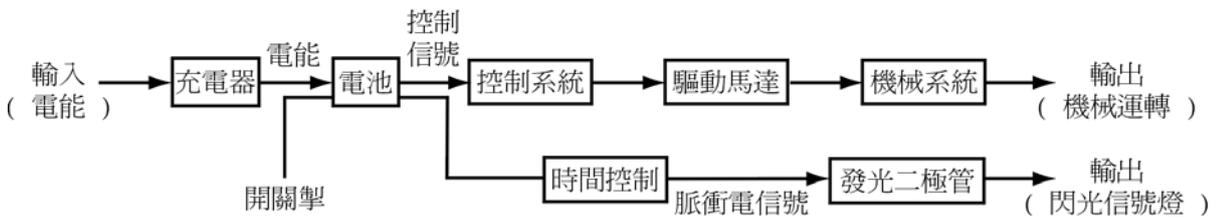


圖21 電子系統操作方塊圖

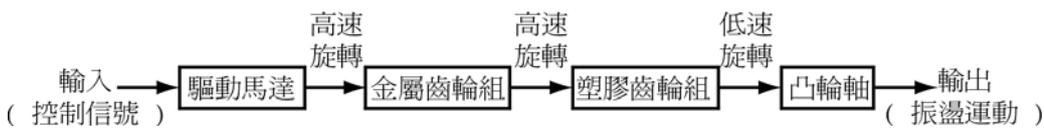


圖22 機械系統操作方塊圖

根據電動牙刷的系統操作方塊圖，便可以設計它的結構。例如：圖 23 顯示一個典型電動牙刷的剖切圖，它的操作應符合上述方塊圖所描述的次序。

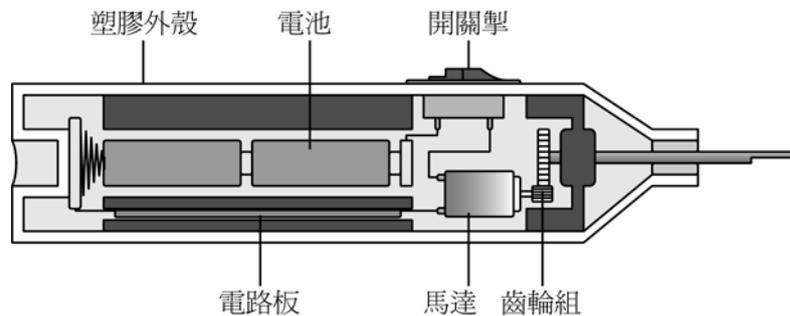
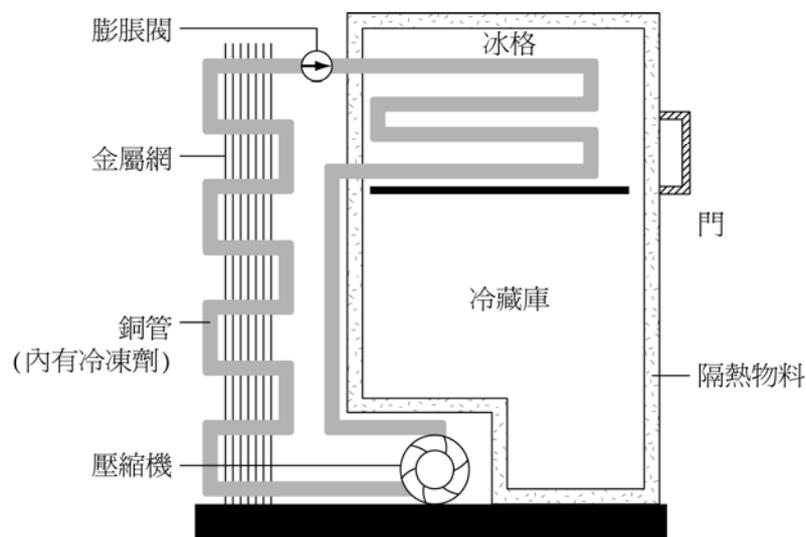


圖23 電動牙刷剖切圖

## 練習

1. 一個控制系統通常包括哪三個部分？控制系統是如何分類的？
2. 闡述機械系統與氣體動力系統的分別。
3. 開環式及閉環式控制系統的主要分別是甚麼？並以方塊圖加以說明。
4. 試解釋閉環式控制系統中正回輸和負回輸的信號，有甚麼分別及對控制系統有何影響？
5. 試繪畫一個家庭式自動恆溫（雙層金屬片）電熨斗的控制系統方塊圖。
6. 下圖顯示一個家居電冰箱(俗稱雪櫃)的結構。



- (a) 電冰箱使用冷凍劑來吸收熱量，試簡單描述它的工作原理。
- (b) 繪畫電冰箱冷凍系統的方塊圖，並標註冷凍劑的流動方向。
- (c) 電冰箱通常會附設溫度控制器來調校內部溫度。
  - (i) 試繪畫電冰箱控制系統的方塊圖。
  - (ii) 電冰箱控制系統是開環式還是閉環式的？