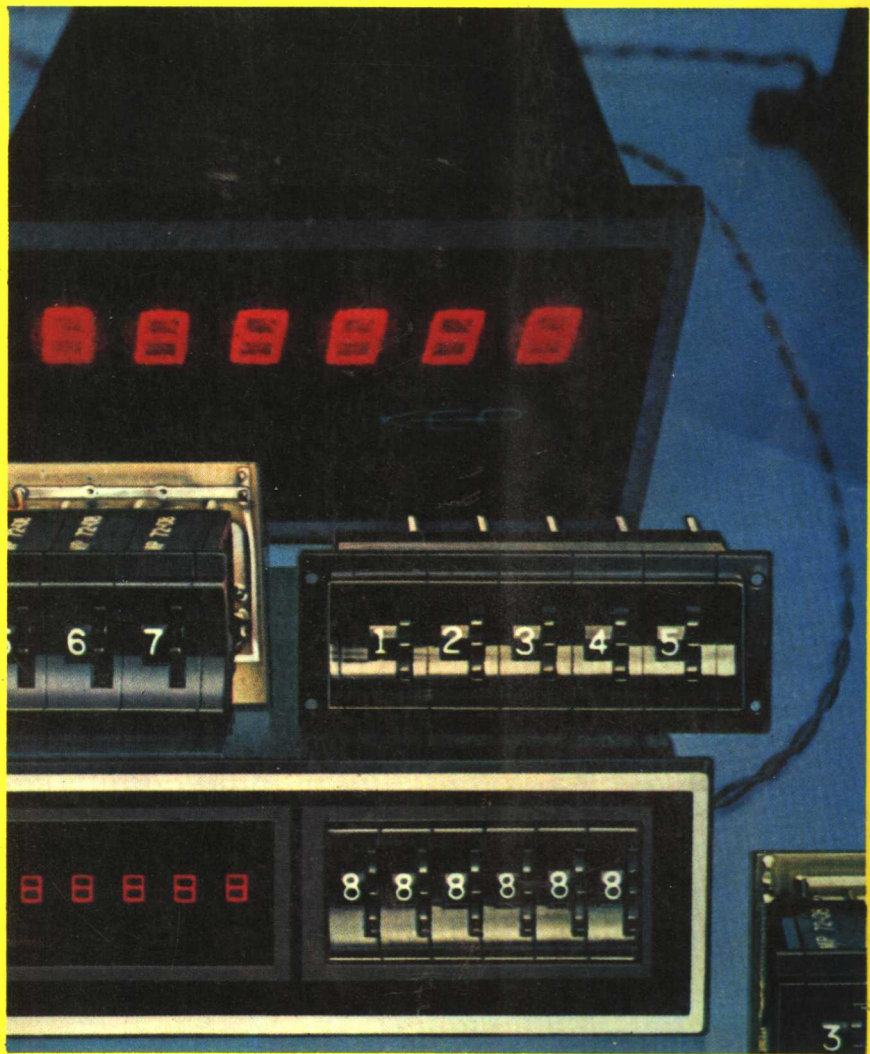


電子控制技术

馮藻英編著·萬里書店出版



電子控制技術

馮藻英編著

香港萬里書店出版

現代電子技術叢書

電 子 控 制 技 術

馮藻英編著

出 版 者：萬里書店有限公司

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-832111 5-632412

承 印 者：壹冠印刷有限公司

香港北角英皇道499號六樓B座

定 價：港 幣 十 五 元

版權所有 * 不准翻印

(一九八〇年六月版)

前 言

在現代社會中，不論是工業、農業、商業、交通運輸以及人們的日常生活中，都有電子控制技術的應用踪影。它為社會生產力、為人們的物質生活，提供了便捷和高質量的服務。因此電子控制技術甚受重視，並得到迅速的發展。目前電子控制技術已經成為一個龐大的學科，廣泛滲入到各個工程技術的領域中。同時在自動控制中，擔任顯要的角色。

本書對通用性分立式電子控制技術和裝置作綜合性介紹。至於大規模的系統性電子控制，以及無綫電遙控，筆者以為另立專題編寫更為合適，故基本上少編撰入本書。內容方面，以實用性為主。限於筆者的知識水平，書中未完善的地方在所難免，懇請各方先進指正。

本書部份內容曾在“無綫電月刊”以專題的形式連載，在此特向該刊同人致謝。

筆者識

Amelby 1981

電子控制在現代工業中的地位越來越重要，很多自動化控制都離不開電子控制技術。本書比較全面地介紹了通用性分立式電子控制技術和裝置。涉及面較廣，包括：光電控制、熱電控制、聲電控制、感應與觸碰式控制、時間控制、常用電參數的自動控制及數控等，適合從事自動化技術的有關人員及無錢電愛好者參考。

目 次

前 言	I
第一章 電子控制概論	1
電子控制技術的概念	1
電子控制的特點	3
常用的繼電器	5
其他伺服元件	13
第二章 光電控制	22
光的基本認識	22
光電控制裝置的光學系統	26
各種光電訊號檢知元件	31
光電控制開關	43
照明設備的光電控制	48
防護保安用的光電控制裝置	51
光電計量和控制裝置	56
追光伺服裝置	60
紫外光及紅外光電控制	61
其他方面的應用	63
第三章 熱電控制	66
熱的基本認識	66
各種熱電訊號檢知元件	68
簡易的熱電控制	76
中溫範圍的電熱溫度控制	78
高溫溫度控制	82
低溫溫度控制	84

	光電式溫度控制·····	85
	中央監察式超溫報訊系統·····	86
	電機和電子製品的超溫保護·····	87
	熱電式光電開關和延時開關·····	89
	濕度的測量和控制·····	90
	流速的測量和控制·····	92
	熱電式真空計·····	92
第四章	聲電控制·····	94
	聲的基本認識·····	94
	常用的聲源和聲電訊號變換元件·····	96
	聲控與超聲控開關·····	101
	超聲波控制的自動門·····	109
	聲控燈光和音樂燈飾·····	111
	聲控特技攝影·····	113
	超聲監察防盜器·····	114
	超聲波探傷和診斷器械·····	116
	語言控制·····	117
第五章	感應與觸碰式控制·····	119
	基本工作原理·····	119
	常用的訊號檢知元件·····	120
	電感感應式控制·····	126
	電容感應式控制·····	131
	磁感應式控制·····	133
	觸碰式控制·····	136
第六章	時間控制·····	138
	時間控制器的概念·····	138
	CR 型時間控制器原理·····	141
	晶體管時間掣·····	145
	開關管時間掣·····	148
	IC 化的 CR 時間掣·····	153
	計數式時間控制器·····	154
	跳字電子鐘時間控制器·····	159

第七章	常用電參數的自動控制	163
	電壓參數的控制.....	163
	電流參數的控制.....	167
	電力系統漏電保安裝置.....	169
	靜電控制.....	171
	電解液導電率檢測和控制.....	172
	頻率訊號操縱的控制裝置.....	173
第八章	數控及其應用	175
	數控的認識.....	175
	打孔卡、打孔帶和磁帶.....	177
	其他的數字訊號檢知元件.....	179
	數控的機床設備.....	181
	“自動手”採用的數控技術.....	185
	其他方面的應用.....	187

第 1 章

電子控制概論

電子控制技術的概念

在工程技術的領域中，凡是通過電子裝置來達到人們所預定計劃之運動過程，都叫作電子控制或電子操縱。而設計、製造、使用和維護這類用電子裝置的控制技術，統稱為電子控制技術。由於電子控制的重要用途是作自動控制用，所以它是自動控制技術中重要支柱。而自動控制技術的範圍較廣，除了主要的電子控制外，還包括液壓技術、氣壓技術、機械控制技術和射流控制技術等等。

不論是簡單的電子控制，如恆溫控制，光電自動門等以至到複雜的電子控制，如人造衛星、宇宙飛船的運行和導航操縱等等，它們的工作原理都建立在這樣的自然哲理中：在自然界中的任何運動與變化，它們都是互相依賴、互相影響、互相制約。不受外界影響的獨立事物在實際上是存在的。這個哲學原理是“控制論”的靈魂，也是一切自動控制技術的理論基礎。圖 1 — 1 的電子控制方框圖，不但繪出了電子控制裝置的基本結構部份，而且也把運動變化的互相依賴、互相影響、互相制約的過程充份表露。

參看圖 1 — 1，外界的訊號是控制電子裝置運行的指令。訊號的性質可以是任何的物理量，譬如光照、熱、電參數、壓力、位移速度、聲音以及放射綫等等。電子控制裝置中，訊號接收器的作用是負責選擇與接收（或者吸收）所需要的訊號，並送到訊號轉換器去。訊號轉換器亦稱變換器。它是由一些可以把其他物理量訊號轉變為電訊號的元件充任，是電子控制裝置中的重要組成部份。因為凡是電子裝置，

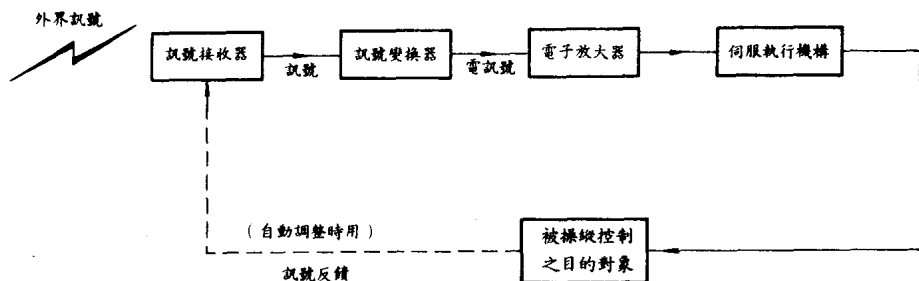


圖 1 - 1 電子控制方框圖

實際上需要的是電訊號（包括常用的電流、電壓、電阻等電訊號），而不是那些不能直接控制電子裝置的其它物理量訊號。當然若外界訊號本身是一個電訊號時，那裝置中的這一部份是可以省却。在實際裝製工藝中，很多時會把訊號接收器和訊號轉換器兩部份合製成一個元件。例如光電控制用的光電管，其玻璃泡殼就製成具有聚光透鏡的性能，使其接收光訊號更靈敏、更準確。有些更加有濾光鏡片，作光綫的選擇接收。通常合具接收訊號和轉換訊號兩個功能的元件，叫作訊號傳感器。

由訊號變換器送出的電訊號，一般都非常微弱，故此要經過電子放大器，把訊號放大，才能驅動執行器的伺服元件工作。電子放大器有採用電子管、離子管、晶體管及其它半導體有源元件担任。目前流行的趨勢是晶體管及其它半導體有源元件，如 SCR、TRIAC 及集成電路等等。放大器所採用的電路類型，因電訊號的性質不同而異。常用的有交流阻容放大器、選頻放大器、直接交連放大器、差動放大器、相敏放大器（或相位控制放大器）等等。裝置中的伺服執行器，是能受已放大的訊號操縱，作出狀態變化，或者產生機械運動的元件。諸如各類型的電磁繼電器、伺服電動器械、步進電動機及半導體開關等等。伺服執行器可說是電子控制裝置的終端部份，它的動作是直接操縱着目的事物。

總括起來，上述的過程可以簡化為這樣理解，即外界訊號去控制電子裝置的狀態，而電子裝置狀態的變化則控制了目的事物。顯然，電子裝置成了外界訊號控制目的事物的橋樑。

目的事物受控制而作運動變化，該變化如再沒有把變化的訊號反饋到裝置的輸入端時，這就屬於不連續性控制。即由外界訊號的輸入直至終端伺服執行器動作為止，就完成了一個控制任務。下一個動作要由下一次的外界訊號作用下才起反應。如果被控制目的事物的運動變化，會有訊號反饋至裝置輸入端時（如圖 1—1 虛綫所連結那樣），則該電子控制的過程屬於連續性循環控制。亦即是電子自動調整系統了。這時被控制對象的任何變化都會伴隨着訊號的反饋。在自動調整技術中，“反饋”是不可缺少的手段。當然這是指廣義的“反饋”，不單是指電訊號的反饋。

電子控制的特點

快而準，可進行遠距離操縱是電子控制的優點。電子控制技術是在電工技術和無綫電技術的基礎上發展起來。現在它已成為無綫電電子學中的一大範疇。因此一般電子控制裝置電路圖的繪製規則、符號的代表含義等等，都和普通無綫電電路圖基本相同。而一些在電子控制裝置中專用的元件，雖然普通的電路少見，但多數在旁邊有文字說明，故不難明白。值得指出的是，由於地域和習慣的不同，參看不同國家的技術資料時，往往有同一元件而用不同的符號代表的情況出現。電路的繪寫規則也有些不同。這都要清楚知道，不能一視同仁。

電子控制在各項工程技術、生產設備及日用裝置中被廣泛應用，大家有目共睹，它的發展前途更是無可估量。本書編寫的目的，就是希望能藉此引導具有初步無綫電知識的愛好者，踏入電子控制技術的領域，而不局限於電聲技術及無綫電技術的天地中。

對於學習和鑽研電子控制技術的方法和經驗，與研讀無綫電技術的基本相同。除了理論性的學習，電路剖析外，還要進行大量的實驗製作。通過理論和實踐相結合，把知識消化融匯。掌握了電子控制的電路和裝置技術外，要靈活運用到生產技術及各項工程裝置中去，還必須具備有多種學科的知識。如物理、化學、生物、醫學、機械及各行業務等知識。否則電子控制的千變萬化，無孔不入的應用就很難完

滿實現。因為在設計效果良好的電子控制裝置時，首先必須細緻地分析了解被控制事物之各種運動過程，以及在運動過程中有什麼物理現象伴隨着發生顯著的和規律性的變化。這些規律性的變化，將是指揮電子控制裝置工作的外界訊號。下面用火災自動報警裝置為例，說明一下具備其他學科知識的重要性。

在火災發生時，經研究分析，必然有溫度驟升、濃烟密佈、氣壓變化等物理現象伴隨發生。再根據這些現象進行深入比較，於是我們發現溫度的驟升，適宜採用“熱電控制”的方法去裝置電子火災報訊器。而烟霧密佈的現象對光綫及某些放射綫都有顯著的吸收現象，所以用“光電控制”或者“放射綫控制”的電路設計也同樣適合作為火災自動報訊器。關於各種火災自動報訊器的優劣和選用，也和防止火災的場地之實際環境配合有關，不能一概而論。假如我們對火災的情況一無所知，那又怎能設計出熱電型或光電型等火災報訊器呢？

業餘無線電愛好者常常有這樣的經驗體會，自己製作電子控制裝置多數是表面性的成功。用在實際中去就毛病百出，誤動作多多。這主要是缺乏其它實際知識的相助，不能配合實際使用環境的需求。另外，作相同的操縱控制，往往可以用多種電子學的方法去進行。如上述的火災自動報訊，就可用“光電”、“熱電”和“放射性控制”等幾種方法。效果優劣有時也要在實際的使用中作探討，才能更確切。

“電路決優劣”的觀點在電子控制技術中是行不通的。初入門者常犯的毛病，是以為得到一個好電路，依此製作便得到一具良好的裝置，達到高質量的操縱。這些都是忽視了其它學科知識配合的重要性。結果當然不會滿意。

“鑽牛角尖”是研習電子技術的大忌之一。因為這樣將把學者的大量精神時間消耗，自然對廣泛基礎技術的學習與掌握不夠。了解其它學科的知識就更少了。結果在基礎不穩的情況下，“牛角尖”自然也鑽不成的。必須知道，任何的尖端科學成就，都是在一定的基礎上才能發展起來，而且需要各種不同的技術相助。“電子技術萬能”的論調也是自大和錯誤的。明白、正確了解電子技術和其它各項技術的密切關係，互相利用、互相影響、互相制約，才能使電子控制裝置在實際上發揮其最大的功能。電子技術愛好者就更要經常在實踐中接觸其它學科和技術，以便能把電子技術導入各種各樣的用途去。

常用的繼電器

伺服元件是電子控制裝置中的重要元件。它的存在，成為電子控制裝置的標誌。因此也可以這樣說，在為數眾多、五花八門的無綫電電子裝置中，有伺服元件存在的，必屬於（或有部份屬於）電子控制用的裝置。常用的伺服元件有電磁繼電器、拉力電磁鐵、電磁離合器、伺服電動機、電磁閥門等等。在此，先把這些元件的扼要性能和原理作介紹。使以後在講述到各種具體的電子控制電路時，對於執行伺服機構的元件，有充份了解。在分析各伺服元件的驅動電路和匹配問題，就更能使初學者容易明白。這是為何要把伺服元件作為電子控制技術的基礎常識，用專題介紹的原因。

圖1—2顯示電磁繼電器的作用原理。鐵心A上繞有綫圈L。在電子控制裝置中，該綫圈L常接到電子放大驅動電路的負載上。放大器放大了的訊號電流流經綫圈L時，鐵心A就變成了一塊電磁鐵。其磁力迅速把銜鐵B吸下。連結在銜鐵B上的觸點，就離開了控制電路a，轉移和b相接通。當電流停止或減到很弱時，磁力低於彈簧C的拉力，於是銜鐵會被釋放回原位。由此可知，被控制目的對象之電路狀態，可以由裝置前端的訊號操縱控制。

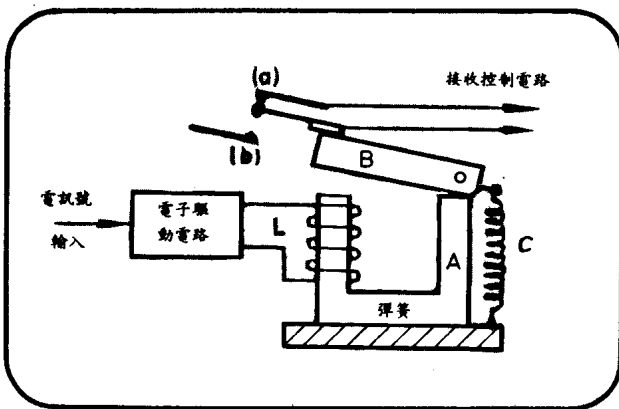
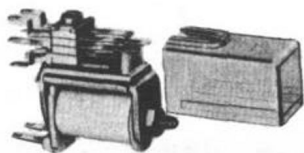


圖1—2 電磁繼電器的作用原理

電磁繼電器在沒有電流通過綫圈時的狀態，常稱為“靜止狀態”。此時繼電器的觸點如果是閉合的則叫作“常閉”。反之，是開路的則稱“常開”。實用的電磁繼電器通常都有兩對以上的常開與常閉觸點。同時分有直流繼電器和交流繼電器兩大類。在電子控制裝置中，直接應用最廣泛的是直流類型。交流繼電器則間接使用較多。直接使用的交流繼電器，與半導體開關元件，如SSS、TRIAC及大功率光敏電阻等配用，才比較適宜。繼電器中鐵心所產生的磁力，與綫圈的匝數和流過的電流強度之乘積成正比。即術語的安培—匝數。安培—匝數越大的繼電器，吸力越大。因此為保持一定正常的吸力，而又希望靈敏度很高，即用很少的電流就足夠工作，那繼電器綫圈的匝數就要倍大。例如一個10mA，1千匝可正常工作的繼電器，想在1mA便能吸動，那綫圈匝數就要倍大十倍，即10,000匝，這時的安培—匝數和原來的相等。再深入一層分析，就發現了事件的矛盾性，這就是匝數倍大，綫圈所用的導綫幼細了，長度也長了差不多原來的十倍，自然綫圈的總內阻比原來的增加數十倍有多。假如用原來的驅動電路，那電源電壓或負載匹配都不符合，靈敏度提高了的繼電器反而會不能吸動，故此對於有一定負載匹配特性的電子驅動電路而言，選擇符合匹配性能的繼電器，是保證電子控制裝置正常工作的重要因素。盲目追求靈敏度是不切實際的。下面分別談談各類型電磁式繼電器的特點。

(1) 直流繼電器

流行的直流繼電器的結構如圖1—3所示。除了銜鐵與觸點間採用槓桿結構連結外，其他的基本上和圖1—2的相同。直流繼電器的綫圈適合平穩的直流通過而工作。脈動的直流會使銜鐵顫動。當有這種情況出現時，可在綫圈兩端並入十數微法的電容器，使脈衝直流變得平穩，自可消除顫動現象。適合電子電路用的直流繼電器，其靈敏度通常都很高，只要有5~20mA電流，就能正常地工作。這類產品



照片圖1—1 一種直流繼電器的外貌

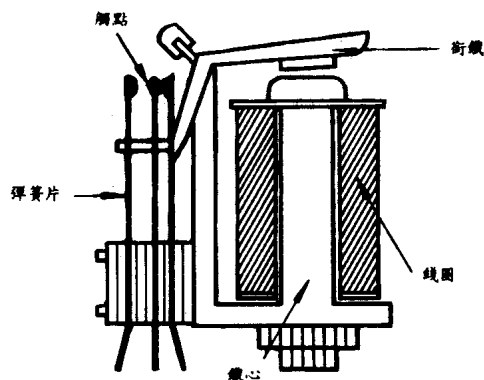
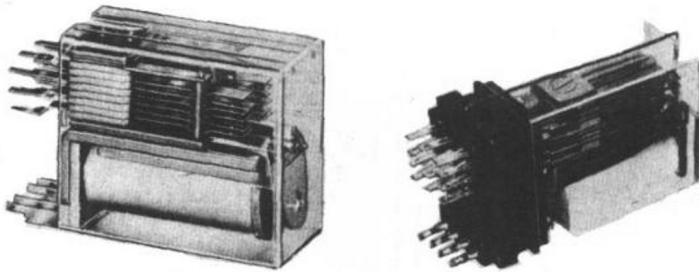


圖 1 - 3 直流繼電器的結構

的參數常用“直流內阻”或“工作電壓”來表示。直流內阻沒有標明時，可用萬用錶量度，然後根據其工作電壓值，用歐姆定律可求出其正常工作電流。知道這些數據，配合電子驅動電路就萬無一失了。

(2) 交流繼電器

若用直流繼電器通入交流電使用，則銜鐵發生劇烈的顫動，使繼電器無法正常工作。為避免這些缺點，交流繼電器都需要在鐵心上加裝一個閉合的銅環，該俗稱為“短路環”的銅匝，在很多交流的電磁動力產品中常見。它的作用正如一個變壓器的次級繞圈，在繼電器繞圈通過的交流電流，由最大值降至零值時（交流電是按正弦函數作週期性變化），短路環則因感應作用而產生由零升至最大值的二次電流。該電流亦十分大，足使鐵心產生磁力。由於繼電器繞圈與短路環的電流相位相反變化，故在互相補充的情況下，鐵心所產生的磁力就顯得穩定，銜鐵不再顫動。交流繼電器的主要特性參數是工作電壓值，最常用的有110V和200V兩類。其靈敏度多屬於中等，所以它需要比較大的功率供給才能動作。不過其機械吸力就比高靈敏度的直流繼電器大很多，故觸點的組數以及接觸壓力都可提高，這對於多路控制和提高觸點的載流量都很有利。一般小功率直流繼電器觸點的載流大，自0.1A～3A不等，視乎觸點大小和壓力強弱而定。中功率的交流繼電器觸點載流量，則以3A～10A的居多。



照片圖 1 - 2 兩種交流繼電器的外觀

(3) 諧振繼電器

諧振繼電器是交流繼電器的一種特殊形式。它只會對某一特定頻率的電流發生動作反應，這種有頻率選擇性的繼電器，在多路載波遙控，以及多訊號指令的電子控制系統中被應用。諧振繼電器的外形結構和普通的交流繼電器基本相似。作為激磁用的線圈與一電容器組成諧振電路。該諧振電路本身的固有諧振頻率常在音頻的中、低段範圍內。如果有相同於繼電器本身諧振頻率的電流供給時，繼電器將會動作。

近年來，因電子選頻濾波器的特性優異，利用電子選頻濾波器對供給的訊號作頻率選擇後，再驅動電磁繼電器，這種組合的功能比上述的諧振繼電器有選擇性好、靈敏度高、容易調整選頻頻率等優點，所以應用上有取代之趨勢。

機械諧振式繼電器的構造如圖 1 - 4 所示。它與直流繼電器相似，所差異者是其銜鐵由一排具有不同固有諧振頻率的軟磁性彈簧片組成。當繼電器有一定頻率的電流通過時，彈簧片起顫動。其中固有諧振頻率與電流頻率相同或十分相近之彈簧片，其振幅最大。故彈簧片端點的位移距離也最長。於是鑲在端點上的觸點會與固定觸點相接合，其他的因頻率不配合，振幅很少而觸點不會接合。這種接合是振動性的接合，與普通觸點的穩恆接合有所不同。使用時要考慮這個特點。

(4) 磁簧繼電器

磁簧繼電器亦叫做“干簧繼電器”或“舌簧繼電器”，它是近十年來的新產品，其結構是由磁簧開關加上激磁線圈合組而成，圖 1 -

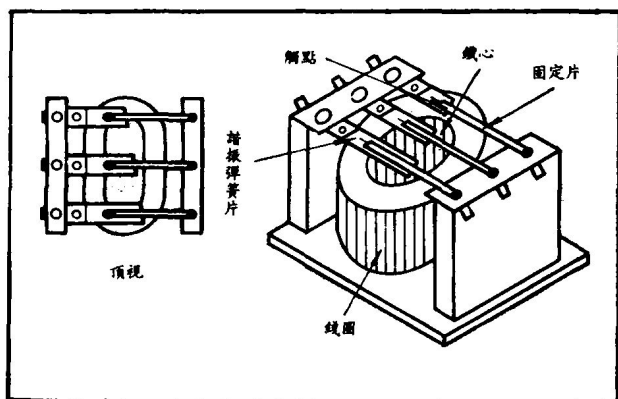
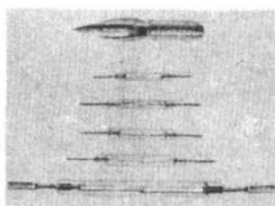


圖 1 - 4 機械諧振式繼電器的構造



照片圖 1 - 3 磁簧開關

5 (a) 是磁簧開關的結構示意圖。在一個細長的玻璃管內密封着兩片長扁形的磁性合金彈簧片，這彈簧片在玻璃管中部的位置有小部份是可以彼此重疊，該部份就是磁簧開關的觸點部份。靜止時兩彈簧片的觸點雖然重疊，但兩者之間存在着很短的距離，即術語說的“開路”狀態，假如在磁簧開關的附近有足夠強的磁場存在，那兩塊磁性合金片便會被磁化，彼此產生吸引，使觸點部份接合，即變成“閉路”狀態。當磁場消失或大大地減弱時，彈簧片的固有彈力會使觸點部份彈開，回復開路狀態。

只要如圖 1 - 5 (b) 或 1 - 5 (c) 那樣，在磁簧開關上繞上適當的線圈或加上電磁鐵，就可組成磁簧繼電器。普通磁簧開關在 30~100 安培匝數的激磁下已能正常吸合。較大型的則需 200 安培匝數。磁簧繼電器小巧而靈敏度高、工作反應快和較廉價的元件，小功率的控制電路中很受歡迎，但其觸點所負載控制的功率不大，約自 3 W~25 W