

哈尔滨工业大学讲义

电 器

下 · 册

电 器 教 研 室
張 冠 生 編

1956

电 器

下 册

电 器 教 研 室
張 冠 生 編

1956

編譯者：電器教研室 張冠生
出版者：哈爾濱工業大學
印刷者：哈爾濱工業大學印刷廠

1956年 月出版 工本費 1.05

目 录

第三編 自動控制與保護電器

第九章 接觸器

I. 概述	1
II. 直流接觸器	4
III. 交流接觸器	21
IV. 扣鎖接觸器、串激接觸器及延時接觸器的概念	27
V. 接觸器的選擇、運行及維護	34

第十章 繼電器

I. 概述	43
II. 電流繼電器	44
III. 電壓繼電器	55
IV. 時間繼電器	59
V. 中間繼電器	76
VI. 速度繼電器等其它控制繼電器的概念	77
VII. 熱繼電器	80
VIII. 繼電器的選擇、運行及維護	87

第十一章 低壓熔斷器

I. 概述	91
II. 低壓熔斷器的構造	92
III. 熔斷器工作特性的分析	97
IV. 熔斷器的計算、選擇和維護	104

第十二章 自動空氣斷路器

- I. 概述 110
- II. 自動空氣斷路器的結構和特性 110
- III. 快速空氣斷路器的概念 117

第四編 成套電器

第十三章 磁力起動器

- I. 概述 121
- II. 磁力起動器的結構 121
- III. 防爆式磁力起動器的特點 126

第十四章 電磁控制站和操作台

- I. 電磁控制站的一般介紹 131
- II. 電磁控制站的安裝和維護 135

第五編 電氣設備

- I. 概述 139
- II. 電氣設備的結構和特性 139
- III. 電氣設備的安裝和維護 145

第三編 自动控制与保護电器

第九章 接觸器

1. 概 述

接觸器是用來接通或切斷帶有負載的主电路或大容量控制电路的自动化切换电器。从使用上来看，接觸器和刀开关的用途基本是一致的。它們間的区别僅在于：前者具有低压釋放的保护，能用作遙远控制和頻繁地操作；而后者沒有低压釋放的保护和只能用手控制。随着生產机械自动化的進展，接觸器的应用日趨广泛，它的結構和性能亦日益完善。今日，接觸器已成为繼电—接觸器控制系统中最重要和常用的元件之一。

接觸器的种类很多。按动作原理來分有：电磁式和压气式（或称气动式）。电磁式接觸器又分为分激線圈接觸器和串激線圈接觸器，又可分为直流接觸器和交流接觸器。我們將要討論的主要是电磁式分激線圈的接觸器。为了叙述方便起见，以后所談到的接觸器，都是指电磁式分激線圈接觸器。

除了根据上面那些原則分类以外，尚可根据接觸器結構的不同而分为：帶有常开触头（常分触头）和帶有常闭触头（常合触头）的接觸器；單極和多極接觸器；帶有强迫消弧和不帶有强迫消弧的接觸器等。

为了統一和正確地了解自动化电器（包括接觸器在內）中几个常用術語的定义，有必要把从个常用的名称作簡要的解释。

(1) 常开触头（或称常分触头），俄文名 нормально-открытый контакт，簡寫为 Н. О.，在控制線路中的符号为 \parallel 或 $=$ 。它的定义为：在正常情况下，触头是打开的。所謂正常情况，就是指电器在动作以前的情况。举例來說，接觸器在沒有被激以前，它的触头如果是处于开断的位置，那末这种触头就叫做常开触头。

(2) 常闭触头（或称常合触头），俄文名 нормально-закрытый контакт，簡寫为 Н. З.，在控制線路中的符号是 \perp 或 \neq 。它的定义

为：在正常情况下，触头是闭合的。

(3) 固有合閘時間 (собственное время включения 或 собственное время замыкания)。对常开触头來講，是从激磁線圈得到訊号的瞬間起，到动触头与靜触头刚一接触的瞬間止，所經歷的时间；对常閉触头來講，是从激磁線圈失去訊号的瞬間起，到动触头与靜触头刚一接触的瞬間止，所經歷的时间。

(4) 固有吸合時間 (собственное время втягивания) 它的定义是，从激磁線圈得到訊号的瞬間起，到銜鉄全部吸合的瞬間止，所需的時間。

(5) 固有分閘時間 (собственное время отключения 或称 собственное время размыкание)。对常开触头來講，它是指在銜鉄已全部合上的情況下，从激磁線圈失激的瞬間起，到动、靜触头間出現縫隙 (或出現电压) 的瞬間止，所需的時間；对常閉触头來講，是指从触头激磁線圈得到訊号的瞬間起到动、靜触头間出現縫隙的瞬間止，所經歷的時間。

(6) 固有釋放時間 (собственное время отпадания)：它的定义是，从激磁線圈失激的瞬間起，到銜鉄已全部釋放的瞬間止，所需的時間。

(7) 全部切斷時間 (полное время отключения)。它是指固有分閘時間与电弧燃熾時間之和。

(8) 吸合电流 (ток втягивания)。它是指使电磁鉄的銜鉄开始並且全部吸合所需的最小电流。

(9) 釋放电流 (ток отпадания)。它是指使电磁鉄的銜鉄开始並且完全釋放时所需的最大电流。

至于吸合电压和釋放电压的定义与前相同。

(10) 恢复系数 (返回系数) (коэффициент возврата)。它是釋放电压 (电流) 与吸合电压 (电流) 的比值。

接触器主触头所通过的电流一般分为下列数級 (或称号数)：(1)

等 級	I	II	III	IV	V	VI	VII
电 流 (安)	40	75	150	300	600	1500	2500

直流接触器主触头的电压一般为：110 伏，220 伏和 440 伏；交流的则为 110 伏，220 伏，380 伏和 500 伏。某些特殊用途的接触器的主触头电压有高至 3000 伏甚至到 6000 伏。

直流接触器用符号 КП (контактор постоянного тока) 来表示；交流接触器则用 КТ (контактор трехфазного тока) 来表示。符号后面的数字和字母，系代表该接触器的系列、结构和等级。举例来说，КП1—1001。其中，КП 后面的 1 表示 I 级，即 40 安；1001 中，最后位数的 1 表示有吸引线圈而无保持线圈；第二位数字表示桥式触头数，此处为 0；第三位数字表示无灭弧的指式触头数，此处亦为 0；第四位数字表示有灭弧的指式触头数，此处为一个指式触头。又例如 КП—513。数字 513 的第一位数表示接触器的等级；第二位数表示触头的情况；其中，0 代表有强迫消弧的 H.O. 触头，1 代表无强迫消弧的 H.O. 触头，2 代表有强迫消弧的 H.3. 触头，3 代表无强迫消弧的 H.3. 触头；第三位数字 5 表示接触器的结构形式。所以，这里 КП—513 就是不带有强迫消弧 H.O. 触头的第三级（150 安）直流接触器。值得指出，由于接触器的结构很多，因此表示符号也很多，难于一一列举，读者可从接触器的产品说明书中熟谙之。

接触器的主要参数，除主触头的极数、电压、额定电流和有否消弧装置以及线圈的激磁电压外，尚有操作功率，恢复系数及动作时间等。接触器操作功率一般从几瓦到几百瓦，它的恢复系数从 0.15 到 0.5 左右。直流接触的合闸时间，一般从 0.11 秒到 0.4 秒；分闸时间从 0.07 秒到 0.12 秒。至于交流接触器的动作时间则较短，一般合闸时间为 0.05 秒到 0.1 秒，而分闸时间则为 0.04 秒到 0.1 秒左右。

应该指出，我国早在 1953 年就已开始制造仿苏的 КТ 型交流接触器，之后又生产了直流接触器。到目前为止，我国已生产的接触器有 КТ，

〔註 1〕直流接触器中尚有 50 安及 100 安的。

KTЭ, КТД, КТП, КТР, КП1, КП-200 和 КП-500 等型号,基本上已滿足了一般工業企業電力裝备的要求。隨着經濟建設的發展,接觸器的生產必將進一步加強,以便出現更多、更好、結合我國自然條件的接觸器為工業自動化服務。

II. 直 流 接 觸 器

圖 9-1 表示最常用的 КП-500 型直流接觸器的結構。其中: 1 為磁導體的軛; 2 為銜鐵; 3 為支架鐵軛; 4 為銜鐵釋放彈簧; 5 為動觸頭; 6 為觸頭彈簧; 7 為軟聯接線; 8 為動觸頭引出線; 9 為消弧室和靜觸頭的支架; 10 為靜觸頭; 11 為靜觸頭引出線; 12 為消弧線圈; 13 為消弧罩; 14 為保護環和消弧角; 15 為弧室增磁夾片; 16 為激磁線圈; 17 為防震彈簧片; 18 為連鎖觸頭。接觸器的零件雖多,但歸納起來,不外乎下列幾個組成部分:

(1) 觸頭系統 (包括主觸頭、連鎖觸頭, 觸頭彈簧和軟聯接線等); (2) 消弧系統 (包括消弧線圈, 消弧室及消弧角等); (3) 電磁系統 (包括鐵心和線圈) 以及 (4) 支架與固定裝置。

現在我們來討論一下這些主要組成部分。

(1) 觸頭系統

觸頭是接觸器的執行元件。通過它而完成接通或切斷電路的任務。因此, 必須保證觸頭工作的可靠性。對觸頭的主要要求, 首先是能

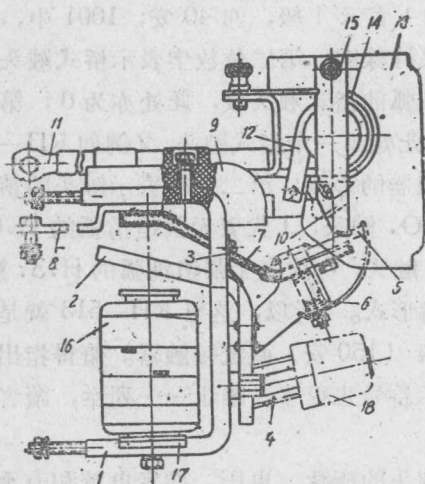


圖 9-1 КП-500 型直流接觸器的結構

断开电弧而不熔断，其次是它的电磨损要小，最后是触头上的压降不要太大，同时它的工作温升不能超过规定的容许温升。前面二个要求主要决定于触头的消弧设备。最后一个要求则在于触头本身。为了使触头的电压降落小，必须使触头的电阻尽量的小。我们知道，触头的电阻是由二部分组成，一部分是触头本身材料的电阻，另一部分是触头的接触电阻。制造触头所用的材料过去都用硬拉铜，硬拉铜的导电率高即电阻

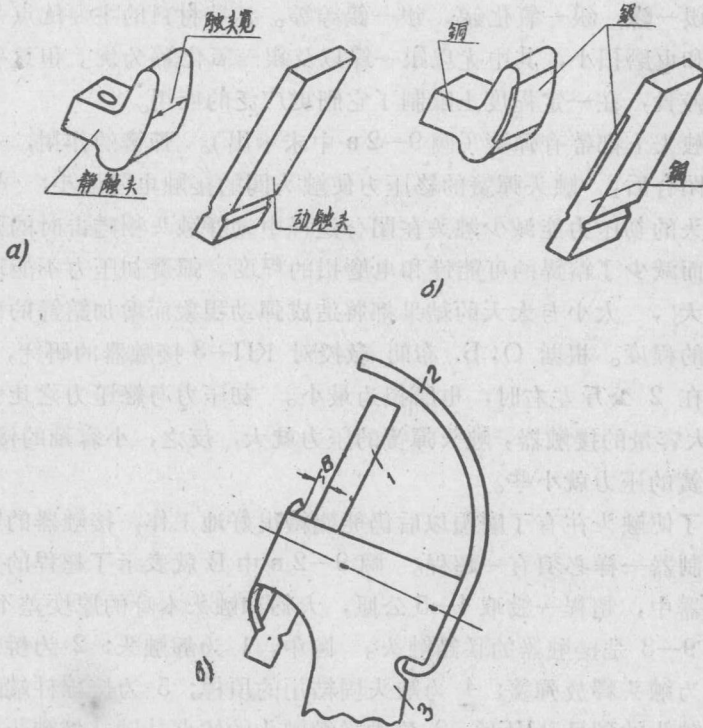


圖 9—2 KPI—500 直直接触器的主触頭

圖中 a 爲普通的動靜觸頭；b 爲嵌銀的動靜觸頭，c 爲動觸頭的外形圖，其中；1 爲動觸頭，2 爲消弧角；3 爲觸頭支架及觸頭彈簧。

小，而且機械强度高，能承受頻繁的操作而不變形。銅質觸頭在溫度高時極易氧化，觸頭上的氧化膜薄層使接觸電阻激增。為了使觸頭在操作過

程中能自动地去除氧化薄膜，触头接触处做成一定的弧形，並使它有滚动的線接触（見控制器一節）。在触头的操作次数不多而触头长期通电工作时，銅触头的氧化膜就不能有效地去除，接触电阻激增，温升也相应增高。因此，我們就采用了銅触头嵌（鑲）銀塊办法。圖 9—26 表示了嵌銀的銅触头。但銀的抗磨性較差，所以嵌銀的銅触头不适合于操作頻繁的場合。近年來，触头的材料广泛地使用陶瓷混合物或称燒結材料，如銀—鎳，銀—氧化鎳，銀—鎢等等。这些材料的主要优点是接触电阻小和电磨損小，其中尤以銀—鎳以及銀—氧化鎳为优。但这些材料的價格較貴，在一定程度上限制了它們更广泛的应用。

在触头上都帶有彈簧（圖 9—2B 中未示出）。彈簧的作用，一方面在触头閉合后，触头彈簧的終压力使触头間的接触电阻减小；另一方面，触头的初压力能减少触头在閉合过程中动靜触头相碰击时的彈动現象，从而减少了鎔錐的可能性和电磨損的程度。彈簧初压力不能取得太小或太大，太小与太大的結果都將造成彈动現象而增加鎔錐的可能性与磨損的程度。根据 O. B. 布朗 教授对 КП—3 接触器的研究，指出初压力在 2 公斤左右时，电磨損为最小。初压力与終压力之比一般为 1:2。大容量的接触器，触头彈簧的压力就大，反之，小容量的接触器，触头彈簧的压力就小些。

为了使触头在有了磨損以后仍能繼續很好地工作，接触器的触头和鼓形控制器一样必須有一超程。圖 9—2B 中 B 就表示了超程的大小。在接触器中，超程一般取 4—5 公厘，大約和触头本身的厚度差不多。

圖 9—3 是接触器的联鎖触头。圖中，1 为靜触头；2 为桥式动触头；3 为触头釋放彈簧；4 为触头固結用的頂桿；5 为接線柱端鈕。这种联鎖触头的型号是 УБК—2。这种联鎖触头的优点是动、靜触头按裝在一个盒子內，便于安裝和不怕震动。联鎖触头都是做成桥式的結構，它的优点在于有二个遮断的弧隙。联鎖触头一般由銅片上錫（或錳）以銀点而成。在接触器中，不論主触头容量如何，联鎖触头总是做成一个容量的。按照規定，对 УБК—2 型來講，接入的長期工作电流为 10 安。切断电流則較小，当直流电压是 110 伏时，切断电流为 2.5 安，电压是

220 伏时为 1 安，电压是 440 伏时为 0.5 安。

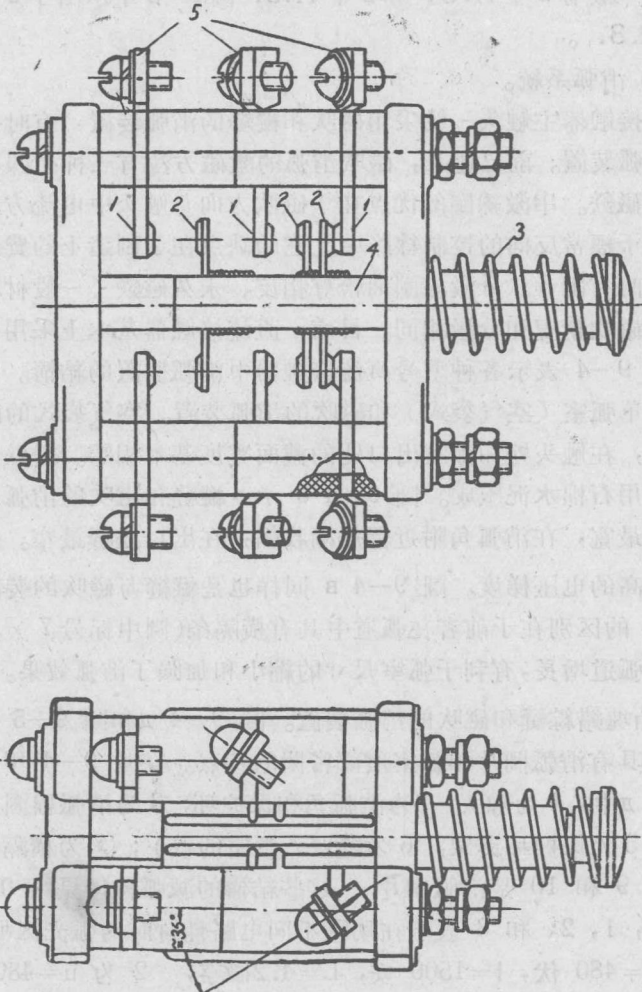


圖 9-3 YBK-2 型聯鎖觸頭

為了保證聯鎖觸頭的很好工作，每個橋式觸頭都有觸頭彈簧，並同樣留有超程，不過彈簧的壓力和超程都較小而已。

联鎖触头的数目，除 KΠ—1 型最多可达 5 个 H.O. 和 5 个 H.3. 外，其它一般有 2 个 H.O. 和 2 个 H.3. 圖 9—3 中示出了 2 个 H.O. 和 1 个 H.3. 。

(2) 消弧系統。

直流接触器主触头一般采用磁吹和縱縫的消弧裝置，有时也用去离子柵的消弧裝置。前已述及，磁吹消弧的激磁方法有三种：即串激，分激和永久磁鉄。串激線圈的优点在于磁吹方向与触头中电流方向无关，因而适用于經常反向的控制線路中。它的缺点在于制造上的費銅料和熄滅小电流时有困难。分激線圈則恰好相反。永久磁鉄（一般材料为鋁鎳合金）的磁吹情况和分激相同。目前，直流接触器基本上采用串激消弧線圈。圖 9—4 表示各种型号直流接触器中消弧裝置的結構。圖 9—4 a 示具有簡單弧室（空气袋式）和磁吹的消弧裝置。空气袋式的簡單弧室的縫很寬，在触头处和弧室出口处的截面寬度基本相等。縫壁一般用陶土燒成或用石棉水泥压成。圖 9—4 б 示一縱縫和磁吹的消弧裝置。在触头处縫最寬，在消弧角附近縫逐漸收縮，在出口处縫最窄。这种裝置能得到較高的电压梯度。圖 9—4 в 同样也是縱縫与磁吹的裝置。它和圖 9—4 б 的區別在于前者在弧道中具有橫隔条（圖中标号 7）。橫隔条的作用使弧道增長，有利于弧室尺寸的縮小和加强了消弧效果。圖 9—4

г 示凹凸塊錯綜縫和磁吹的消弧裝置。圖 9—4 д 和圖 9—5 г 相似，但前者还具有消弧柵片和弧室頂部密閉的特点。在圖 9—4 甲的 а、б、в、г 和 д 中，1 为触头；2 为消弧角和保护环；3 为消弧線圈；4 为增磁夾片；5 为保护环支架；6 为縫壁（弧室的壁）；7 为橫隔条；8 为凹凸塊；9 和 10 是消弧柵片。这些結構的滅弧特性見圖 9—4 丙所示。圖中，1, 2, 和 3 表示在切断不同电路性質时的弧光区域。其中

1 为 $u=480$ 伏， $I=1500$ 安， $L=4.2$ 微亨； 2 为 $u=480$ 伏 $I=600$ 安， $L=11.5$ 微亨； 3 为 $u=480$ 伏， $I=1500$ 安，电阻式負載。从圖中可以看出：弧光区域 1 比弧光区域 3 大得多，而弧光区域 2 却比弧光区域 1 小一些。这种現象可以用电弧能量等于 $\frac{LI^2}{2}$ 的公式來解釋。在

各种不同結構的消弧室中，弧光区域的大小亦不相同。若以此來衡量消弧室的工作，那末以結構 α 的性能最好，而 a 的性能最差。在結構 α 中，由于去离子栅片和弧室頂部密閉等特点，电弧既不能穿出栅外而有光效应的游离的質点因受頂部密閉影響亦不能自由地逸出室外。这种滅弧裝置的优点是顯著的，它的缺点是結構复雜和每小时分合次数不高。圖 γ 中电弧受很多凹凸塊和錯綜縫的影響而形成很多弯曲，在弧長一定的情况下，弧光所佔的空間区域当然会減小。这种結構也比較复雜，而且所用的磁吹線圈也較强。圖 β 中电弧被橫隔条阻擋形成一定的弯曲，甚至被隔成数段。圖 δ 因沒有橫隔条所以电弧弯曲处少些，弧光区域稍大些。圖 a 空气袋弧室的上端封住，电弧僅向 A 和 B 的方向吹出，由于弧室沒有阻碍电弧运动的仄縫，所以弧光区域就較大。圖 a 的优点是結構簡單和每小时分断次数多。上面曾經講过，用消弧栅片限止了每小时的分断次数；同样理由，应用了凹凸塊和錯綜縫，弧室橫隔条和仄縫裝置后，电弧在弧室中停留時間較長，弧室直接受电弧灼伤而温升过高的程度也將變得嚴重起來。弧室的温升过高一方面減弱了它的机械强度从而降低了它的使用寿命，另一方面將使熄弧惡化。用空气袋式的弧室可以允許每小时切断电弧 1200 次到 1500 次，而对圖 δ 、 β 、 γ 的結構，一般僅为 600 次到 1000 次左右。至于圖 α 的結構，每小时断弧次数限止在 600 次以下。

当接触器按裝在櫃中（頂簡單的如磁力起动机）工作时，电弧区域的大小决定了按裝的尺寸，也就是說决定了櫃子的尺寸。因此，接触器断弧时弧光区域的大小是有很大实际意义的。

值得指出，不是所有的接触器都采用消弧设备的。例如在起动机閉合电阻段的加速接触器就无需消弧裝置，因为在接触器工作的时候不發生电弧。此外，有些接触器不用磁吹的消弧線圈，而僅靠它切断电流时所產生的电动力來拉長和熄滅电弧。

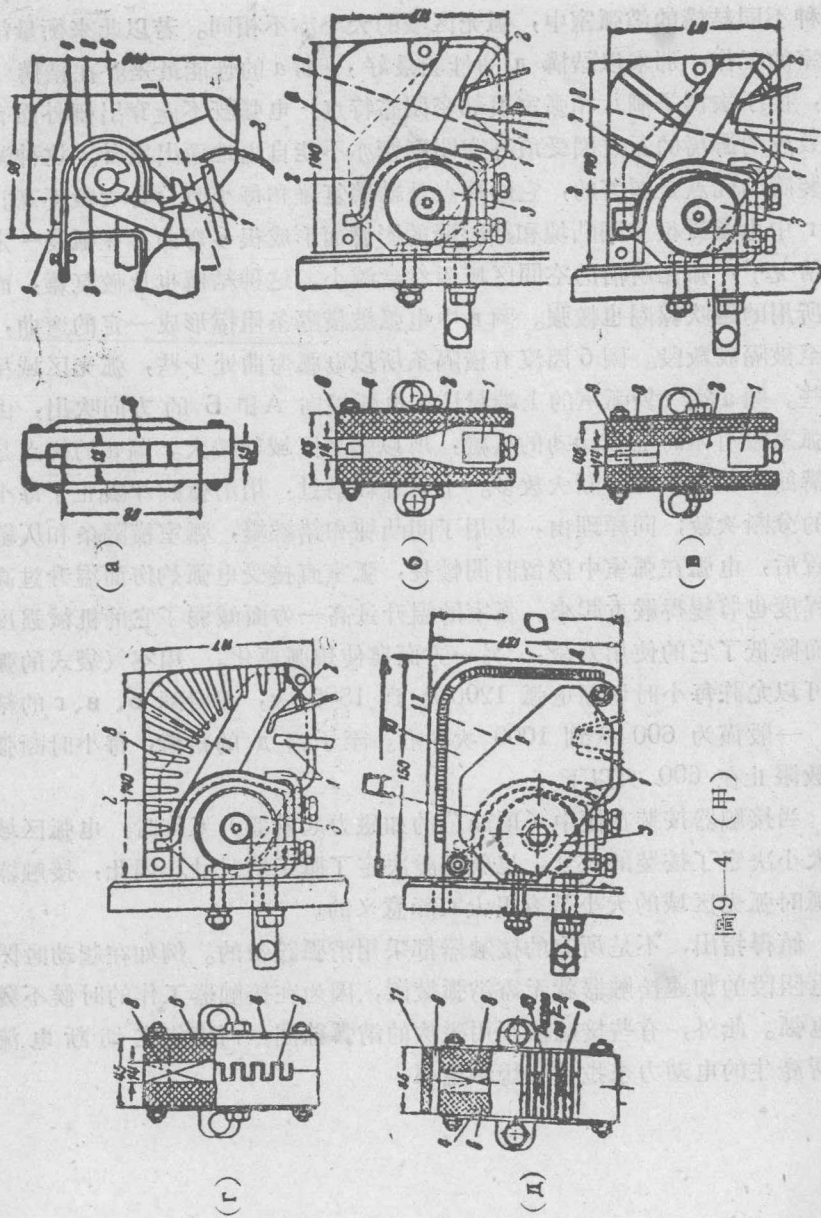


图9-4 (甲)

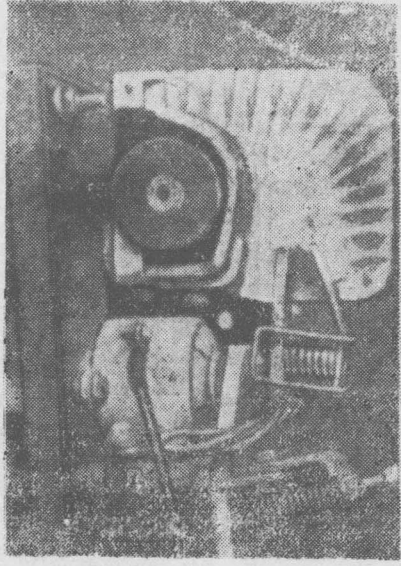
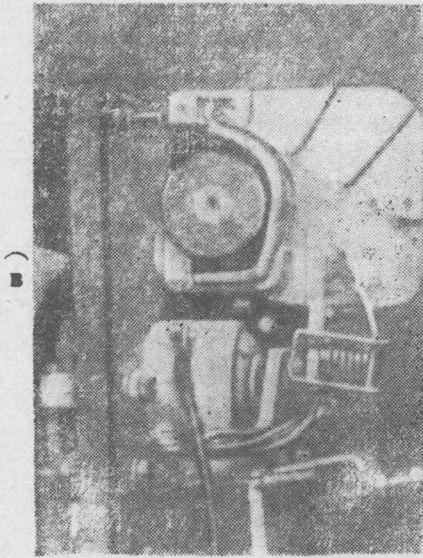
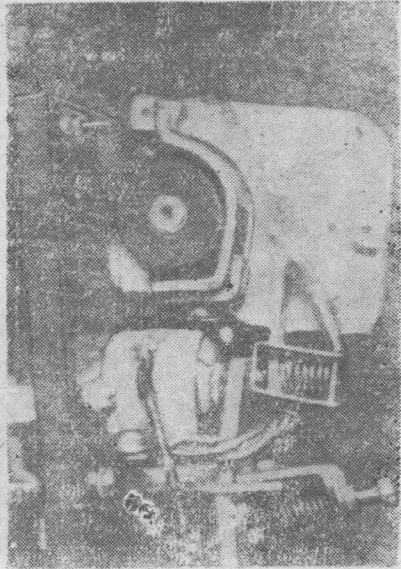
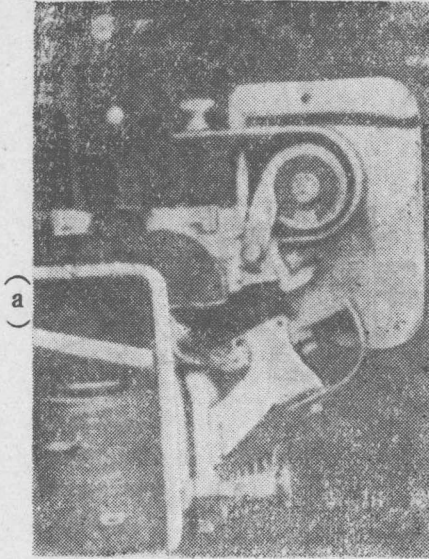
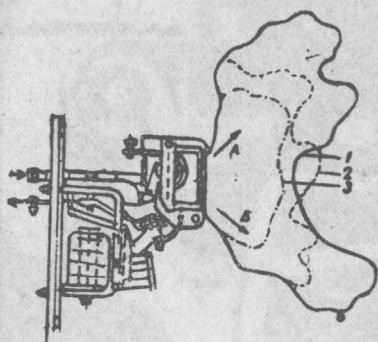
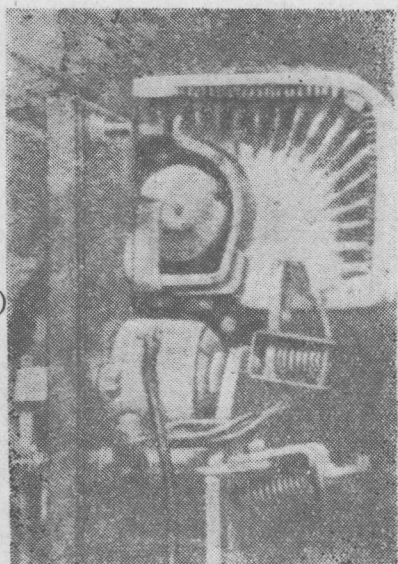


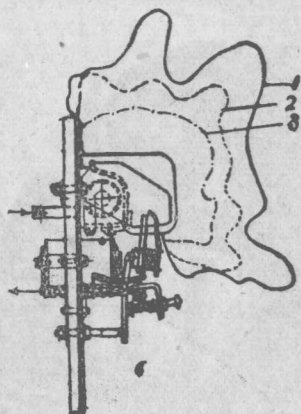
圖 9-4(乙)

(д)

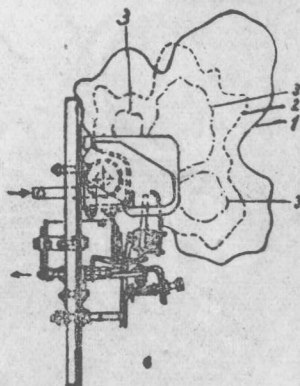


(a)

圖 9-4 (乙)



(б)



(в)

圖 9-4 (丙)