

高等学校交流讲义

# 电力拖动自动控制

上册

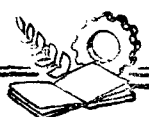
南京工学院工业企业电气化自动化教研组  
华中工学院工业企业电气化自动化教研室 合编

只限学校内部使用



3  
77  
中国工业出版社

高等学校交流讲义



# 电力拖动自动控制

上册

南京工学院工业企业电气化自动化教研组  
华中工学院工业企业电气化自动化教研室 合編

中国工业出版社

本书内容包括控制电器的基本理论和性能,继电器、接触器、电机放大机、磁放大器及电子离子器械的基本作用原理及其在电力拖动自动控制系统中的应用。

本书由于取材较广,不但可做高等学校工业企业电气化自动化专业的教科书,亦可供高等学校动力类其他专业以及有关工程技术人员参考。

## 电力拖动自动控制

上 册

南京工学院工业企业电气化自动化教研组 合編  
华中工学院工业企业电气化自动化教研室

\*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张12 $\frac{3}{8}$ ·插页1·字数274,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—4,337·定价(10-6)2.50元

统一书号: 15165·809 (水电-120)

## 教材說明

一、本书是根据1961年3月水利电力部召开的高等学校水利电力类教材工作会议的决定，由南京工学院和华中工学院工业企业电气化自动化专业的有关讲义经过修改补充而编写的，适用于高等学校工业企业电气化自动化专业“电力拖动自动控制”课程，亦可供作高等学校动力类其他专业以及有关工程技术人员参考。其内容安排基本上是根据该课1959年教学大纲并作了部分修改。

二、由于目前各校教学计划不完全一致，而且因为编写时间仓促，来不及与有关单位共同讨论，因此本书取材较广，并在各篇前面分别介绍取材的原则和内容的简介，作为各校根据实际学时讲授该课的参考。

为了使理论很好的和实际结合起来，本书把电器结构和性能先放在第一篇中叙述，在第二篇中叙述了电力拖动的继电器-接触器自动控制，而作为连续控制的电机放大机、磁放大器、电子-离子的三种系统各具有控制特点，分别在第三篇、第四篇、第五篇中叙述。为了对这些系统有完整的了解和分析，所以把电机放大机、磁放大器和无功功率整流设备元件的介绍和控制系统的分析亦放在一起讨论。

三、本书第一、二、四、五篇原来是由南京工学院工业企业电气化自动化专业1960年毕业生编写的，现在在此基础上经该专业教研组王耀德、许允义、万元康、喻纯坤、赵家璧负责整理编写，并经杨简初、曹大鏞、李庶荣、史伯奋、仇仪杰、赵以钰、冷增祥等校阅；第三篇是由华中工学院工业企业电气化自动化教研室王禹九、李敦安负责编写的，由林奕鸿、陈锦江等校阅，并经南京工学院工业企业电气化自动化教研组屠念祖校过。

四、由于编写期限较短，特别是限于编者的理论与实际工作水平，在全书编排体系和具体内容方面会有不恰当与错误之处，我们衷心希望使用本书的教师、同学和有关读者提出批评和指正。意见请寄南京工学院工业企业电气化自动化教研组。

南京工学院工业企业电气化自动化教研组  
华中工学院工业企业电气化自动化教研室

1961年5月

# 上册目录

## 第一篇 控制电器的基本理论和性能

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第一章 电气接触</b>         | 6   |
| §1-1 概述                 | 6   |
| §1-2 接触电阻的物理现象          | 7   |
| §1-3 接触联结的基本结构          | 11  |
| §1-4 接触联结所用材料           | 15  |
| <b>第二章 电器中的电弧及灭弧装置</b>  | 16  |
| §2-1 触头间的火花放电和弧光放电的物理现象 | 16  |
| §2-2 灭火花电路              | 18  |
| §2-3 直流电弧及其熄灭           | 21  |
| §2-4 交流电弧及其熄灭           | 23  |
| §2-5 灭弧装置               | 24  |
| §2-6 电弧对电器触头工作的影响       | 33  |
| <b>第三章 磁路及电磁机构</b>      | 36  |
| §3-1 概述                 | 36  |
| §3-2 磁路的计算              | 38  |
| §3-3 电磁机构的静吸力特性         | 50  |
| §3-4 电磁机构的动特性           | 50  |
| §3-5 电磁线圈               | 60  |
| §3-6 磁系统的形式及磁性材料        | 63  |
| §3-7 电磁铁的例题             | 65  |
| <b>第四章 电磁接触器</b>        | 67  |
| §4-1 概述                 | 67  |
| §4-2 直流接触器              | 72  |
| §4-3 交流接触器              | 74  |
| §4-4 新型接触器的结构和性能        | 78  |
| <b>第五章 继电器</b>          | 82  |
| §5-1 概述                 | 82  |
| §5-2 时间继电器              | 86  |
| §5-3 极化继电器              | 93  |
| §5-4 电话继电器与电话选线器        | 97  |
| <b>第六章 电阻器和控制器</b>      | 102 |
| §6-1 概述                 | 102 |
| §6-2 金属电阻元件             | 103 |
| §6-3 控制器                | 110 |
| §6-4 变阻器                | 116 |
| §6-5 按发热条件计算和选择电阻器      | 118 |

## 第二篇 电力拖动的继电器-接触器自动控制

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 第七章   | 自动控制线路的图示                | 123 |
| 第八章   | 电动机的保护                   | 124 |
| §8-1  | 电动机保护的作用和分类              | 124 |
| §8-2  | 短路电流的保护                  | 125 |
| §8-3  | 长期过载的热保护                 | 132 |
| §8-4  | 短时过载的过电流保护               | 136 |
| §8-5  | 零压或欠压保护                  | 137 |
| §8-6  | 磁力启动器                    | 138 |
| §8-7  | 电动机保护中存在的问题              | 139 |
| 第九章   | 电动机的各种控制原则               | 139 |
| §9-1  | 概述                       | 139 |
| §9-2  | 行程原则的控制                  | 140 |
| §9-3  | 电流原则的控制                  | 145 |
| §9-4  | 加速度原则的控制                 | 153 |
| §9-5  | 时间原则的控制                  | 154 |
| §9-6  | 速度原则的控制                  | 158 |
| §9-7  | 各种自动控制原则的比较              | 171 |
| §9-8  | 各种电动机的控制                 | 177 |
| 第十章   | 继电接触控制线路的设计与继电接触线路的代数理论  | 186 |
| §10-1 | 对控制线路的基本要求               | 186 |
| §10-2 | 继电接触线路代数(开关代数)理论的基本定律和应用 | 189 |
| §10-3 | 单拍线路和多拍线路的概念             | 193 |
| §10-4 | 半导体整流器(阀门元件)在继电接触线路中的应用  | 195 |

## 緒 言

### 一、电力拖动与电力拖动自动控制

“一切发展了的机器，都由三个在本质上不同的部分——发动机，配力机与工具机（即工作机）——构成”<sup>①</sup>。而机器的第一部分及第二部分的作用都是使工作机器产生动作，所以把它们统称为“拖动”。“电力拖动”是指以电动机作为工作机动力的拖动。要使电力拖动满足不同的生产任务要求，必须要通过控制的方法才能完成。如果操作者以简单的控制电器如闸刀开关、转换开关、起动及调节电阻器等手控电器来实现电力拖动控制的，称为手动控制。手动控制由于要化额外的时间来操作开关设备，因此减低了机械的生产率，特别是在要经常改变工作状态的情况下，和在功率较大的电力拖动中，操作时需要强大的力量，手控很困难或者甚至于不可能。用电力拖动的自动控制就能避免手控操作的缺点，操作者只需发出一定的信号，就能由控制设备自动地完成工作。例如在电力拖动的某些装置中操作者只要按电钮或旋转手柄就能使设备进行工作，有的在工作过程中甚至无须操作者的参与这类工作，而设备能按事先规定的生产程序进行生产。

### 二、电力拖动自动控制对发展生产的意义

我国社会主义建设的飞跃发展，要求不断的提高社会劳动生产率，而生产上的电气化水平与劳动生产率又有着直接的联系。生产上的电气化水平主要是通过它的电力装备水平反映出来。在各种类型的电力装备中采用自动控制技术后，使生产面貌不断革新，这样能使功率大小不同的单个机器和许多机器按规定的工艺要求和程序进行生产，而工人的工作仅是操作电钮和手柄，或者只要监视信号和仪表读数。这样不但可以提高劳动生产率和产品的质量，而且还降低了生产的成本，在这些工厂中工人已从笨重费力的劳动中解放出来。值得指出，电力拖动自动控制开始只是满足一些起动、制动、反转等一般要求，现在则发展异常迅速，已有可能满足不同静特性和动特性的要求，甚至符合事先规定复杂的工作程序，这样就有可能在实现单机自动化的基础上完成一个生产程序、一个车间、甚至一个工厂的综合自动化。因此电力拖动的自动化水平将是工业生产、农业生产和国防建设现代化的重要标志。

### 三、电力拖动自动控制发展现状

电力拖动自动控制在苏联无论在理论基础和实际工作方面都已发展到极高的水平。苏联共产党和政府非常注重生产过程的机械化和自动化，在国民经济的计划中，在这方面提出了极其宏伟的任务。目前在苏联已有许多企业和工厂实现了生产过程半自动化和自动化，一些新的自动装置不断用到各种生产过程中去，不断建立生产流水线、自动车间和自动工厂。最近在生产中已开始应用程序控制和计算机装置。

我国的电力拖动自动控制工作在解放后才开始不断发展，在苏联的帮助下，我国建立了许多用电力拖动自动控制程度比较高的生产设备装备起来的工厂和企业，而且还成

<sup>①</sup> 马克思，资本论，第一卷448页，1953年人民出版社出版。

立了有关的科学研究机关和设计机关。高等和中等院校亦成立有关的专业逐年培养了許多技术人才。虽然我国原有的基础比較薄弱，但是发展的速度是很快的。特别是在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，我国的工农业生产有了飞跃的发展，而与电力拖动自动控制有关的电能生产、电机工业、电器工业亦有迅速的发展，在这个領域內的科学研究力量亦有了很大的增长。完全可以預料，在不长的時間內，我国的电力拖动自动控制科学的水平可以赶上世界的先进水平。

# 第一篇 控制电器的基本理论和性能

电器是一种电的设备，它对电工设备，如电机和电路，以及对非电的机械设备起着各种不同的作用，包括自动地或非自动地进行控制、调节和保护等。因此，电器是个非常广泛的概念，可以认为除了电机、变压器、仪表、照明、整流器、蓄电池、电子管、电工材料等等之外，其他所有的电气设备均属于电器的范围。

一般所指的电器是在电力系统、电力拖动、自动和远动技术以及交通运输电气化中所应用的，所以电器的应用范围是非常广泛的。在电厂和配电站中广泛地用电器将电能分配给用户，保证输电线路的可靠供电，保护发电机和变压器等正常工作。在广大的工业部门中，电器是实现电气化的必要设备之一，可认为是电气化的核心。只要有电动机的地方就需要用大量的电器来控制和保护。最简单的电动机至少也需要闸刀和熔断器才能运转；如果需要远距离控制和自动调节，则需要更多数量的接触器、继电器、主令电器和变阻器等电器设备。很多电器是生产过程自动化和远动化的基本部分，是自动装置中一个特别分支。在交通运输部门中也要用电器来控制机车、飞机和轮船等的运行。

对工业企业电气化和自动化专业的学生来说，主要的应该了解和熟悉低压电器和一部分普通的高压电器，它是用于工业企业变电所和配电站的。

本篇的内容是这样编排的。

1) 虽然电器品种甚多，且应用不同的作用原理，如电磁、热效应、机械原理等，但组成的电器元件有很多共同的现象，如电弧的发生与消灭，触头的动作与磨损，电磁与机械机构等，因此放在本篇一、二、三讲授，至于电动稳定及热稳定的理论分析和计算，考虑到在低压电器中它不是个很突出的问题，同时已在工业企业供电课程中讲授，所以不讲，至于磁放大器，非线性理论在第四篇中讲授，其它如感应机构，以及双金属机械等将结合在具体应用中讲（见本书第二编）。

2) 为了巩固所讲基本理论和理论联系实际，在第四和第五章中讲授一些典型的接触器和电磁继电器，考虑到电力拖动控制系统及工业企业自动化的发展适当地介绍了一点电话继电器。

3) 电力拖动控制系统中一个常用的基本元件—电阻器和控制器在第六章中讲授，至于一些简单的低压自动电器，如按钮、闸刀和转换开关就不讲授，因为学生通过生产劳动和实习是很容易了解的。

## 第一章 电气接触

### §1-1 概述

所谓电接触联结是指为了通过电流将二个或几个导体联结起来的结构。这些有电流通过的导体结构称为电触头。普通所说的电触头，不是指导体的接触处，而是泛指相接

他的导体中的任一个。

导体间相接触的表面称作接触面。

接触联结是各种电器中非常重要的部分，特别是在开关中，触头是个执行环节。接触联结的不正确的结构，不经意的安装，以及不完满的状态都不仅是电器损坏的原因，而且是发生事故的根源。为了使触头在大工作电流和短路电流的情况下可靠的工作，触头的制备更加复杂。

电器中所常用的各种结构不同的接触联结，按其工作情况可分为三大类：(1)固定的；(2)可分合的；(3)滑动的。

(1)固定接触联结，就是在工作过程中不要求接触面互相分离的联结。固定接触联结多用螺钉、铆钉及其他类似方法将导体以机械的方法联结，亦可用焊接得到固定联接。

(2)可分合接触联结，就是两接触面可以互相分离的联结。这样就使它们间的电路可以完全开断，而于必要时又可重新联结。这类使电器经常地断开与闭合的接触联结可用于各种断路器，接触器、继电器和许多别种电器中。

(3)滑动接触联结，是容许一个接触面沿着另一个接触面运动而不损坏它们之间的导电性能，这样的滑动接触在电机中及电器中都要应用到。

各种接触都必须满足下列要求：工作的可靠性，足够的机械强度，长期通过额定电流时温升不超过容许值；通过短路电流时有足够强的热稳定性，并对外界影响有强的抗衡性。

除上述一般要求外，对不同种类的接触，还有其他要求。

## §1-2 接触电阻的物理现象

实际测量指出，由于接触联结中存在着由一个导体通到另一个导体的过渡区域使得接触联结的电阻比同样尺寸的整块导体要大些。这种触头所特有的电阻称作接触电阻。要研究接触电阻的本质，就得研究相遇接触面间的过渡区域，实际上不能认为触头的二个接触面(视在接触面)，是全部密合地相接触着，而只是在一些突出的孤立点上存在着有效接触。事实上不论表面经过怎样精细地加工，它们总不会绝对地平整，即接触面总是“粗糙”的。所以通过过渡区域的电流将限制在某些点上。而这些点上的电流密度也因此大于视在电流密度，或者认为触头在接触边界上的导电截面变狭，这就出现了接触电阻。

在二个同样材料和成分的触头1和2所作成的一对接触联结结构上，其有效的电接触的放大图，如图1-1所示。二接触面仅仅相遇于一些孤立点A、B、C上。二个触头上的点 $P_1$ 和 $P_2$ 间接触电阻由三部分组成：其一是电流流过过渡区域所表现的电阻，其次是在触头1中电流流向过渡区域时，由于聚集效应所表现的电阻，第三是在触头2中电流聚集效应所表现的电阻。实际上，后二部分可以忽略。

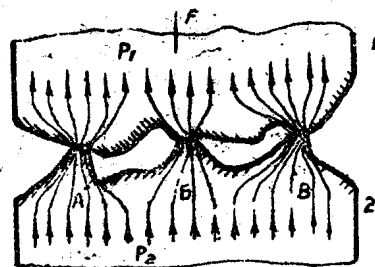


图1-1 二接触面接触处的放大图

全面地、精确地表示接触电阻的公式还没有，目前有切尔契林和荷尔莫二种理论。

切尔契林认为是过渡区域导体截面变狭引起接触电阻。荷尔莫认为是过渡区域的电流密度增加引起接触电阻。二者所得的结果是相同的，其表达式：

$$R = \frac{k}{F^m} \quad (1-1)$$

式中  $k = \frac{\rho}{\sqrt{\frac{\sqrt{k_n}}{\pi \sigma a \sqrt{\pi}}}}$ ;

$\rho$ ——触头材料的电阻系数，欧·厘米；

$a$ ——实际接触点的半径，厘米；

$\sigma$ ——触头材料的屈服强度，公斤/厘米<sup>2</sup>；

$F$ ——触头间的互压力，公斤；

$k_n$ 及 $m$ ——常数。

通常公式(1-1)中系数 $k_n$ 及 $m$ 的大小均由实验求得，例如表1-1及1-2所示。接触电阻不仅与触头材料的物理性质(如 $\rho$ 及 $\sigma$ )及触头间互压力 $F$ 有关；而且与接触面的形状及接触状态有关。

表 1-1

| 构成触头的导体材料  | $k$                       | 接触面情况 |
|------------|---------------------------|-------|
| 铜—铜        | $(0.08 \sim 0.14)10^{-3}$ | 没有氧化物 |
| 铜—镀锡的铜     | $(0.07 \sim 0.1)10^{-3}$  | 没有氧化物 |
| 镀锡的铜—镀锡的铜  | $0.1 \times 10^{-3}$      | 干燥    |
| 镀锡的铜—镀锡的铜  | $0.07 \times 10^{-3}$     | 涂油    |
| 镀锡的铜—镀锡的铜  | $0.03 \times 10^{-3}$     | 部分氧化  |
| 铜—铜(指爪形接触) | $0.28 \times 10^{-3}$     | 没有氧化物 |
| 铜—铜(刷形接触)  | $0.1 \times 10^{-3}$      | 没有氧化物 |
| 铝—铝        | $(3 \sim 6.7)10^{-3}$     | 没有氧化物 |
| 黄铜—黄铜      | $0.67 \times 10^{-3}$     | 没有氧化物 |
| 铜—铜        | $7.6 \times 10^{-3}$      | 没有氧化物 |
| 铜—铜        | $3.1 \times 10^{-3}$      | 没有氧化物 |
| 铜—银        | $0.06 \times 10^{-3}$     | 没有氧化物 |

表 1-2

| 触头形式    | $m$     |
|---------|---------|
| 平面——平面  | 1       |
| 尖端——平面  | 0.5     |
| 球形——平面  | 0.5     |
| 球形——球形  | 0.5     |
| 多板刷——平面 | 1       |
| 母线接触    | 0.5~0.7 |

下面就逐一阐述影响接触电阻的各项因素。

(1)从式(1-1)看出，接触电阻 $R$ 反比于互压力 $F$ 。应该指出，如所加的压力使触头接触面上的各点处在弹性变形限度之内时，即外压力去除后，接触面可以恢复原状，

则  $R$  与  $F$  具有单值关系。实际上，接触处总有一些剩余变形，故  $R$  与  $F$  不是单值关系。如图 1-2 所示，接触电阻在同一压力下，触点处于增加压力过程中比处于减少压力过程中的要大一些。

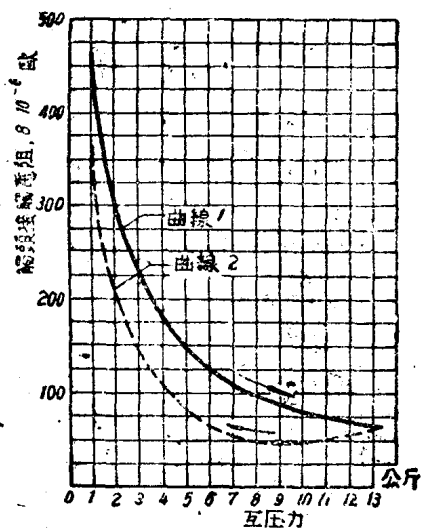


图 1-2 触头接触电阻与互压力的关系曲线

1—增加压力；2—减少压力。

(2) 接触联结中所用导体材料的电阻系数  $\rho$  愈小，接触电阻也愈小。

(3) 接触导体材料的屈服强度  $\sigma$  愈小，接触电阻也就愈小。这样可以考虑采用二种不同的金属材料组成一对触头，如用较软的金属与较硬的金属组成一对触头。但是不能由于它们间的电化次序不同，引起电化学腐蚀。

(4) 当视在面积不变时，接触面上的互压力愈大，接触电阻就愈小。接触面的形状影响着有效的单位面积压力和有效接触面的大小。接触电阻与互压力间为双曲线函数的关系。各种形状硬抽铜触头的接触电阻与互压力的关系曲线绘于图 1-3 中。在互压力为较小时，增加互压力能使接触电阻骤减，若再增加互压力，则不能使接触电阻再有显著的改变。

用螺钉联结的固定性接触联结，其互压力必须足以保证接触电阻不大。但是互压力又不能太大，以免由于应力太大使材料的弹性消失，甚至使接触联结损坏。对于不同的金属和不同的接触面状态，最大容许接触压力也不相同。

接触面的表面形状也影响接触电阻的大小。一对很光滑的接触表面比起一对略微粗糙的接触表面将有较大的接触电阻。因在“粗糙”的表面情况下压力集中于少数点的实际接触点，这样单位压力较大，触头表面变形也较大，就使有效接触面反而能扩大。故一般电器的触头表面只用锉刀加工，把接触面细心的磨光或锉光是没有必要的。

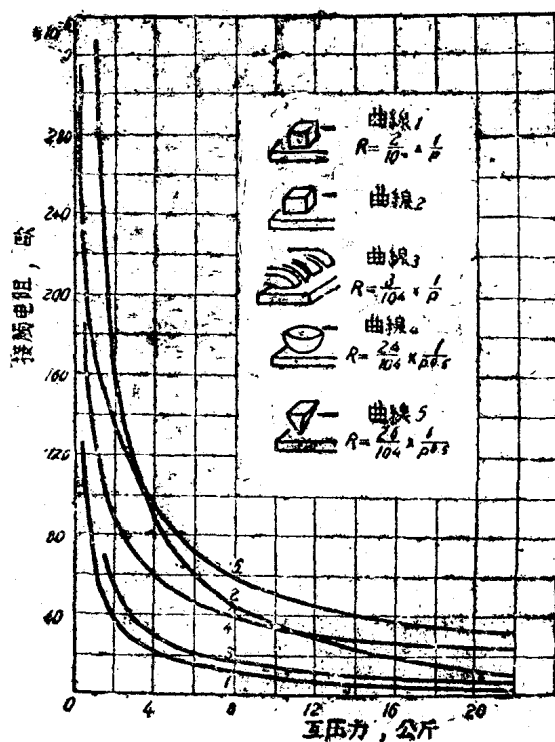


图 1-3 各种触头形状接触电阻与互压力的关系

1—接触面  $25\text{cm}^2$ ，经研磨后，再用砂纸打磨使表面粗糙；2—接触面  $55\text{cm}^2$  研磨与打光；3—刷形触头 ( $4 \times 1.1\text{cm}^2$  120片)，接触面磨光；4—单点圆接触 (半径  $2.5\text{cm}$ )；5—单点角锥形触头 (接触点磨成半径  $2.5\text{cm}$  圆形)。

(5) 触头的温度对触头的接触电阻大小也很有影响。触头发热的热源是接触电阻损耗。发热的后果是：接触导体的导电率改变了，导体有正的温度系数时接触电阻增加，有负的温度系数时则电阻减小；其次在高温情况下材料显著地变软，这样一来在给定压力下有效接触面积将增加，即接触电阻减小。通常用作触头的金属均有正的温度系数，触头发热后，对接触电阻影响的二个因素作用恰是相反的。当温度约在  $200^{\circ}\text{C}$  以下，接触电阻对温度的关系，由实验得：

$$R_n = R_{n0} \left( 1 + \frac{2}{3} \alpha_0 \theta \right) \quad (1-2)$$

式中  $R_{n0}$ ——触头在  $0^{\circ}\text{C}$  时的接触电阻，欧；

$\alpha_0$ ——触头导体的电阻温度系数， $1/^{\circ}\text{C}$ ；

$\theta$ ——触头的温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

取一个孤立的接触点，假设电流流过这样的接触点时电流线的收缩大致与半球体的半径重合，理论上可求得接触点的温升：

$$\theta = \frac{0.05}{\lambda_0} u^2 \quad (1-3)$$

式中  $\lambda_0$ ——导体的导热系数，瓦/厘米 $\cdot^{\circ}\text{C}$ ；

$u$ ——接触联结处的电压降，伏。

可见接触联结处的发热与接触点数目无关，而与电压降的平方成正比。

当接触联结处温度很高时，就不能用公式 (1-2) 来表示。这是因为触头导体将进一步软化，以致熔化成共熔液体，接触电阻便会骤然降低。

(6) 最后一个影响接触电阻的因素是接触面的状态。除非将金属谨慎地放置于高度真空中，才会保有清洁的表面而没有外附薄膜。如果接触面上没有特殊保护措施，在大气中，接触面上便会生成一层不易导电的薄膜。这薄膜厚度决定于放置环境的条件及时间的久暂。这种薄膜主要的是金属氧化物。触头温度高时，将会助长氧化的进行，例如铜在  $50^{\circ}\text{C}$  以上，氧化进行得很快，氧化物薄膜就会加厚。

在室温下 ( $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ) 铜触头放在空气中就能被氧化，但是此时氧化物膜很薄 (约为  $25 \times 10^{-6}$  毫米) 对接触电阻影响不大。因为当压紧触头时，薄膜被擦坏。从实际观察知道，曝于空气中经月的铜触头，较之新制的触头，接触电阻不过大 10% 左右。在周围环境介质中有硫化物气体，硫化氢、氨、氮和酸性蒸汽时对铜触头腐蚀作用很强烈。铁在潮湿空气中极易被氧化，如果没有特殊防锈措施，就不应采用铁触头，因为铁锈不易擦去。铁触头防锈的方法还没有很好解决。银的氧化物及一些贵金属的薄膜具有导电性，因此，它们广泛地被用作接触材料。

改善接触表面状态的方法是：在固定接触联结的接触面联结处加上润滑剂或防腐漆防止金属表面与空气接触，形成导电不良的薄膜。也有在铜触头上复以锡或银层以防腐蚀。对于可分合接触联结，如用防腐的镀复层，需能经得住机械摩擦，故不常用这种办法，而使触头在接触的过程中产生滑动动作，以摩去薄膜，让清洁的金属接触面互相接触来加强触头的导电性能。

理想的接触联结要求做到：

(1) 接触电阻等于同样长度导线的电阻，

$$R_k = R_{np}.$$

(2) 工作电流在接触联结处引起的发热不高于同样截面导线的发热,

$$Q_k = Q_{np}.$$

实验结果指出: 接触联结如能满足第一个要求, 便能满足第二个要求。

### §1-3 接触联结的基本结构

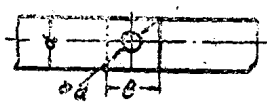
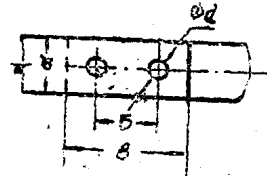
#### (一) 固定接触联结:

固定接触联结就是将个别带电部分互相牢固地联结起来, 如将平板形的母线互相联结, 将母线末端联至电器入线端, 将电器内部的个别带电部分相互联结起来等。

依照被联结导体(带电部分)的形状, 可将实际联结的结构分成以下三类。

(1) 平板形导体联结, 常见于矩形截面母线间的联结。接触面间所需的互压力以选择适当数目的螺钉来保证, 一般如表-1-3 所推荐的数值。接触互压力由几个截面较小的螺钉来产生, 比由一个截面大的螺钉来产生更为有利。因为前一种情况下变形较均匀, 接触点数目增加, 减小了接触电阻。螺钉的数目决定于母线尺寸。

表 1-3

| 接 触 草 图                                                                             | 母线宽 $a$<br>(毫米) | 尺 寸 (毫米) |     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|-----|-----|
|                                                                                     |                 | $B$      | $B$ | $d$ |
|  | 25              | —        | 25  | 11  |
|                                                                                     | 40              | —        | 40  | 13  |
|  | 25              | 26       | 50  | 11  |
|                                                                                     | 30              | 30       | 60  | 13  |
|                                                                                     | 40              | 40       | 70  | 13  |
|                                                                                     | 50              | 40       | 75  | 17  |
|                                                                                     | 60              | 45       | 80  | 17  |
|  | 60              | 30       | 60  | 13  |
|                                                                                     | 80              | 40       | 80  | 17  |
|                                                                                     | 100             | 50       | 100 | 17  |

几个平行母线联结时, 最好按照图1-4, a) 所示的方法安装, 以增大接触面积减少接触电阻, 而不要按照图1-4, b) 所示的联结。

(2) 圆形导体间的接触常用于圆形母线的相互联结, 也用于圆形母线与电器(断路器等)圆形入线端的联结。图1-5, a) 表示最简单的联结方式。圆形导线1的末端锤成平面(称为扁头), 在扁头中心钻孔以便被联的第二根导线从中穿过。扁头被压于二个装在第二根导线上的螺母3和4之间。这种联结中通过电流的路径经过螺母3的侧面和螺纹。为了防止

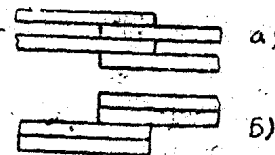


图 1-4 一组母线的联结  
a—良好; b—不良。

螺母在振动下松脱，其上装有止动螺钉 5。

图1-5, 6)二个圆形导体端都锤成扁头的联结法。此时二导体直接接触，就无需以螺钉或螺母充任中间导电媒介，就是说，在这种联结法中电流只经过一个接触处。

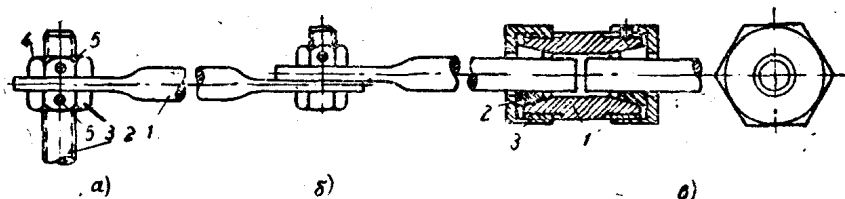


图 1-5 圆形导线的联结

另一种联结二根圆形导体的方法如图1-5a)所示。联结用所谓同心接线柱完成。同心接线柱是由二端锻成圆锥形的胴体 1，截锥形套管 2 和压紧螺母 3 所组成。套管 2 的外表面作截锥形，内表面作圆筒形，它的直径与被联结的导体直径相等。当旋紧压紧螺母时，套管就沿直径方向被胴体的锥形孔压住，因而夹紧导线。压紧力可达到很大数值。同心接线柱联结可靠而简单，但是电流流经的接触处却变多了。

(3) 平板导体与圆形导体的接触常用于将圆形(平板形)母线联至平板形(圆形)，电

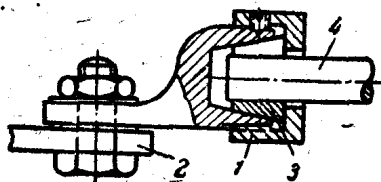


图 1-6 平板导体与圆形导体的联结

器的出线端等联结。图1-5, a)和6)中的联结，是先把圆形部分的触头锤扁，再钻孔，有时还可以再刻上螺纹，和另一个平板形触头组成。同心接线柱也能用来将圆形和平板形导线相连。图 1-6 中接线柱导体胴体 1 的一端呈扁平状，用螺钉与母线 2 联结。如果电器的入线端头上有螺纹，则套管 3 内面，亦刻以同样的螺纹。

用压紧螺钉作成的固定接触联结不得由于振动等原因而松脱，以免接触面上互压力减低，接触电阻增大，使得接触发热，而造成事故。为了保证固定接触联结可靠地工作，就需要消除螺钉压力减弱的可能性，在螺母或螺帽下加钢弹簧垫圈与管制垫圈及使用制动螺钉等可做到防止松动。

## (二)可分合接触联结:

可分合接触联结用于断路器(断路器、隔离开关、接触器等)及继电器中，以断开或闭合带电部分。可分合接触联结通常用一个可动接触面对另一个固定接触面的相对运动来作到断开或闭合电路。这种接触联结的可动部分称为动触头，固定部分称为静触头。

可分合接触联结的工作情况比固定接触更为繁重。原因在于:

(1) 要在带电流的情况下断开或闭合电路，这时触头间可能产生电弧，以致使触头损伤。

(2) 由于断路与闭路的结果，可分合接触的互压力不固定，而且单位面积上压力  $P$  较固定联结时为小。

(3) 有时处于断开位置接触面更易氧化。

(4) 可分合接触闭合时，容易由于互相碰击而损坏。

在隔离开关中，接触面的断开与闭合是在无电流时进行的，比起在通电的情况下，**断开和闭合电路的开关来说，它们的工作条件要轻易得多。**

可分合接触除了要满足第一节所述的一般要求外，还须满足下列条件：

- (1) 触头必须具有足够的机械强度，并能承受标准规定的闭合与断开次数。
- (2) 当带电流断开时，电弧不应过分损伤触头，以致妨碍它继续顺利工作。
- (3) 当在电路中发生短路时，不应使触头损坏或熔结。

可分合接触联结的分类，可按通过电流的大小，或者按触头的形状和接触点的数目来分类。

按通过电流的大小，可分合接触联结分成：弱电流，中电流和强电流三种。(1) 弱电流接触联结用于断开或闭合电流由几毫安至几安的电路中，即主要用于信号及继电器控制电路中。(2) 中电流——几安至几百安的电路，即主要是电力拖动控制的主电路及小功率配电中。(3) 强电流——上千至几万安的电路，即主要是电力系统中及个别大功率电力拖动控制的主电路。

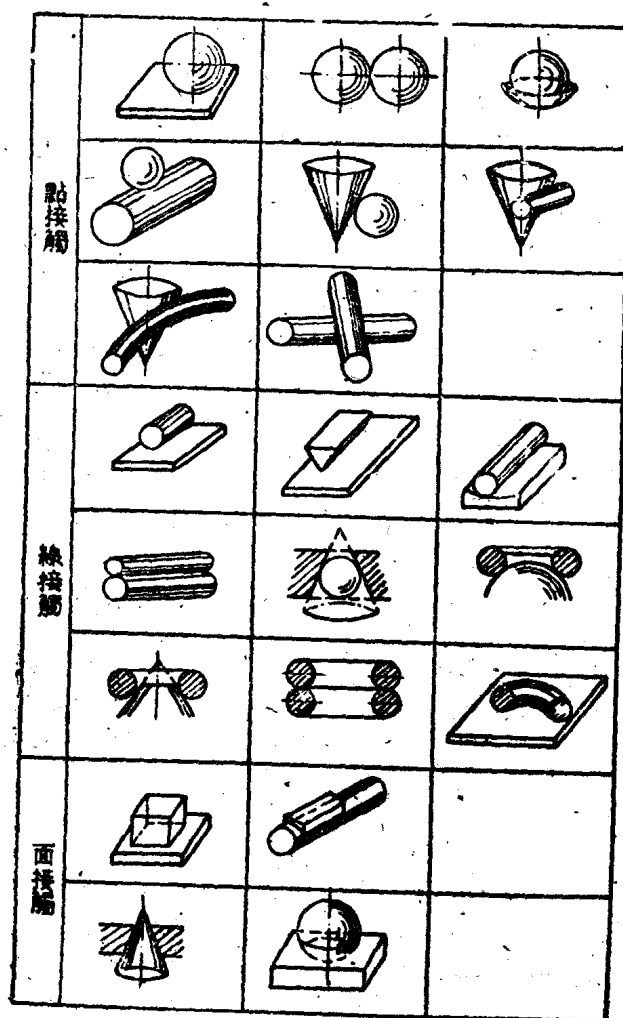


图 1-7 各种接触形式

接触头的形状和接触的数目可分合接触联结分成：点接触，綫接触和面接触三种。

(1) 只有一点或很小的面积上发生接触的称为点接触。(2) 沿着綫或极窄狭的表面发生接触的称为綫接触。(3) 沿着寬闊的表面发生接触的称为面接触。这三种接触形式如图 1-7 中所示。

弱电流可分合接触联结，在其接触过程中有压紧的和滑动的二种。弱电流接触的特征是：接触电阻大，在外界因素影响下，接触电阻有剧烈的变化，常用球面与平面或二球面間的点接触形式(图 1-8)。接触压力的大小由 0.005 克至 (50~150) 克，或者更高些。

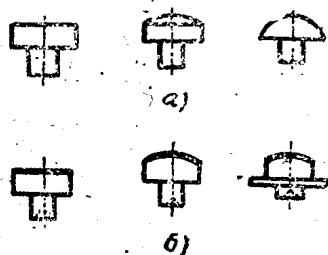


图 1-8 点接触中触头的形状

中电流和强电流可分合接触联结的特点是：接触电阻小，并且发热温度高，触头材料重量大，常用綫接触和面接触形式。在强电流面接触中更要特别注意保証很小的接触电阻。接触压力大小由 1 公斤至几百公斤。中电流和强电流可分合接触联结，分如下几种结构形式：

(1) 对接式触头，它广泛地用于接触器中，图 1-9, a) 中是一对弧柱面的綫接触。也可以是弧柱面与平面的綫接触。

(2) 插塞式触头，它广泛地用于近代断路器中。图 1-9, b) 表示由六个梯形金属瓣組成的插塞座式静触头。金属瓣摆成象空心圆柱体的形状。每个金属瓣都經由軟联结綫 5 和电器的静止带电部分 6 联接。并且每个金属瓣上有彈簧 2。动触头 3 作成棒形或管形，它的直径較插塞座的內直径为大。当触头閉合时圆柱形的动触头插入插塞座，金属瓣被推开，彈簧被压紧，产生所需的触头互压力，保証接触电阻較小。

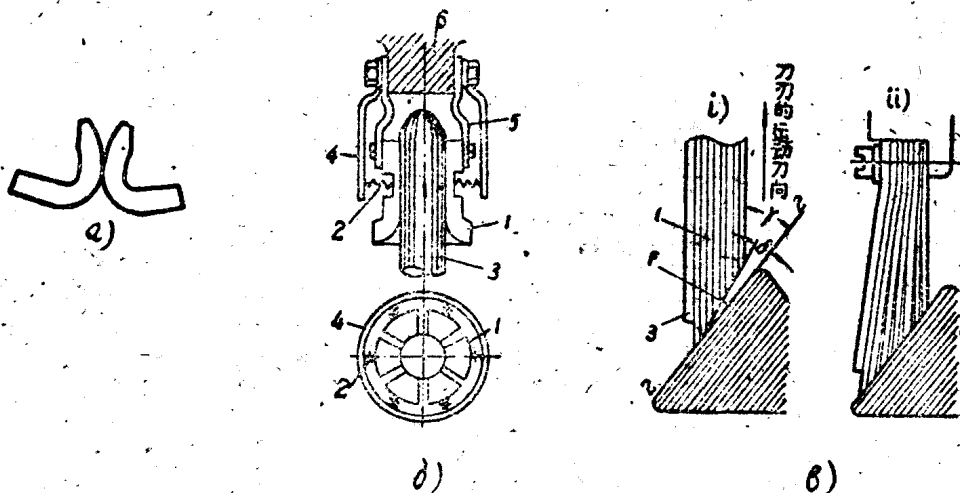


图 1-9 中电流和强电流触头的形状

a) 对接式綫接触触头。

b) 具有梯形金属瓣的玫瑰式触头。

1—金属瓣的静触头；2—彈簧；3—动触头(棒状或管状)；4—觸体；5—軟連綫；6—引綫部分。

c) 刷形触头。

1—刷形触头；2—楔形触头；3—平板彈簧；4—平板触头；

5—静触头是刷形；6—动触头为刷形。