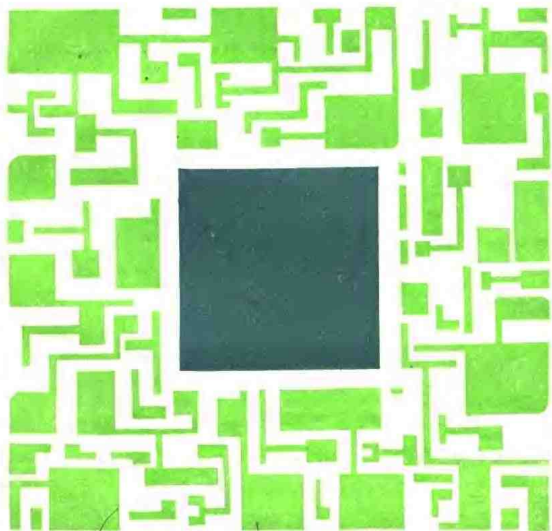




技工学校电工类通用教材

电力拖动与自动控制



劳动人事出版社

本书是根据原劳动人事部培训就业局审定颁发的《电力拖动与自动控制教学大纲》编写，供技工学校招收初中毕业生使用的统编教材。

本书内容包括：电力拖动基本知识、电力拖动中常用低压电器、三相异步电动机的基本控制线路、直流电动机的基本控制线路、电动机的选择、自动控制基本知识、直流电动机的自动调速线路和工厂常用生产机械的控制线路。

本书也可作为职业高中和企业维修电工、内、外线电工中级技术工人培训的教材以及职工的自学用书。

本书由饶林钟、左庆禄、王祖兴编写，饶林钟主编，唐德景、胡鸣跃审稿，唐德景主审。

电力拖动与自动控制

劳动部培训司组织编写

责任编辑：张秉淑

劳动人事出版社出版

(北京市和平里中街12号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 17.75 印张 445 千字

1983年11月北京第1版 1988年11月北京第1次印刷

印数：60 150册

ISBN 7-5045-0194-8/TM·013 (供) 定价：4.15元

前 言

为了培养合格的中级电气技术工人，原劳动人事部培训就业局于1986年委托有关省、市劳动人事部门负责组织编写了一套电工类技工学校教材。包括：机械知识、电工基础、电子技术基础、电工材料、电机与变压器、电力拖动与自动控制、电力系统及运行、安全用电、电工仪表与测量、维修电工生产实习以及内外线电工生产实习等11种。这套教材在编写时注意了理论联系实际及其科学性、先进性。反映了电工专业的新技术、新工艺、新材料、新设备，并一律采用了国家统一规定的新标准。它适合于招收初中毕业生、学制为三年的电工类技工学校使用。也可作为职业高中和企业维修电工、内外线电工中级技术工人培训的教材。

技工学校电工专业教学计划中规定开设的政治、语文、数学、物理、制图、企业管理等课程，均采用机械类技工学校的教材。其中数学、物理、制图三门课程另组织编写了教学大纲。

由于编写时间紧迫，经验不足，缺点错误在所难免，望各地区、各部门在使用中提出宝贵意见，以便再版时修订。

劳动部培训司

一九八八年七月

绪 言

《电力拖动与自动控制》是技工学校电工类通用工种的主要专业课。本课程研究的内容是电力拖动与自动控制中最基本的工作中线路和原理。本课程的任务是使学生初步掌握电力拖动与自动控制的基本理论知识和实践技能,为今后解决电力拖动与自动控制中的一般技术问题,以及承担电力拖动控制线路的安装、维护与检修等任务打好基础。

学完本课程后,应达到以下要求:

1. 初步掌握电力拖动与自动控制的基本理论知识。
2. 了解电机与常用低压电器在电力拖动与自动控制中的应用。
3. 具有阅读和分析电力拖动与自动控制基本控制线路的能力。
4. 熟悉机械制造业中典型机床和常用生产机械的电气控制线路,并能对上述线路进行正确的使用与维修。

本书内容共两大部分,一部分为电力拖动,另一部分为电力拖动的自动控制。

电力拖动是以电动机为原动机,配合传动机构使生产机械产生符合人们要求的机械运动以完成一定生产任务。由于电能在生产、传输、分配、使用和控制等方面较之蒸汽动力具有无可比拟的优点,所以,电力拖动很早便成为人类生产中必不可少的一部分。

电力拖动的发展按电力拖动中电动机的组合数量来分,经历了以下三个阶段:第一阶段是一台电动机拖动几台生产机械,叫成组拖动;第二阶段是一台电动机拖动一台生产机械,叫单电机拖动;第三阶段是多台电动机各自拖动生产机械设备中每个运动部件,叫多电机拖动。例如龙门刨床就是多电机拖动,它的刨台、左右垂直刀架、横梁等均分别由各自的电动机拖动。现代电力拖动,大部分都采用多电机拖动形式,因为它可使传动机构简化,控制灵活和便于实现自动化。

电力拖动按拖动电机种类可分为两种:一是直流电动机拖动,称作直流电力拖动;二是交流电动机拖动,称作交流电力拖动。最早出现的是直流电力拖动,因为当时只有蓄电池形式的直流电及直流电动机。到19世纪末出现了三相交流电及三相交流鼠笼式异步电动机,由于异步电动机较直流电动机结构简单,价格便宜,使用、保管、维修方便,从而交流电力拖动占据主要地位。20世纪以来,随着生产力的发展,特别是精密机械加工及冶金工业生产过程自动化的发展等都对电力拖动的起动、制动、调速精度和调速范围等方面提出了更高的要求,而交流电力拖动又难以实现这些要求,所以很长一段时期在可逆、可调速、高精度等的拖动系统中,又都采用直流电力拖动。

近年,随着工业、国防和科学技术的飞跃发展,对电力拖动中电机的容量、速度、精度等提出了新的要求。而由于直流电机具有电刷和整流子,限制了电机向高速、大容量方向发展,同时直流电机的体积、重量与价格均比同容量的交流电机要大,维修量也大。因此,使用交流电力拖动越来越多。尤其是70年代以来,电子技术的发展,大规模集成电路的出现,为交流电力拖动的开发和应用创造了有利条件,使交流电力拖动的进展很迅速。目前许多国家

已实现了交流调速装置的产品系列化。

电力拖动是由以下四个基本部分组成的：电动机、控制设备、传动机构和生产机械。其中控制设备是控制电动机的运转使其适应生产机械的需要。控制设备是由各种控制电器按照一定线路组成的，随着电子技术的进展和电子计算机的广泛应用，使控制系统愈来愈向自动化方向迈进。

电力拖动的控制方式有断续控制(有级控制)和连续控制(无级控制)两种，其发展过程是从断续控制到连续控制再到断续控制。20~30年代是使用接触器与继电器等低压电器的断续控制。到40~50年代发展到电机放大机——发电机——电动机系统的连续控制，以及60年代以后的晶体管放大器——晶闸管——电动机和集成电路——晶闸管——电动机等的连续控制。近些年由于数控技术和电子计算机的应用，出现了控制间隔极短的断续控制(即采样控制)。

电力拖动的自动控制，内容很多，本书只讲自动控制的基本知识和直流电动机的自动调速线路的工作原理、检测及常见故障分析与检修。交流电动机的速度自动连续控制是今后的发展方向，由于其技术较复杂，且不属本课程所要求的范围，故本书不作介绍。

电力拖动与自动控制在现代生产建设中发挥着极其重要的作用。先进的合理的电力拖动与自动控制不仅可大大提高生产率、提高产品质量、创造更多的物质财富，而且改善了劳动条件，易于实现文明生产。

如何学好本课程，除要求掌握电力拖动与自动控制的基本原理和基本控制线路以外，特别强调本课是一门实践性很强的课程，要求理论紧密联系实际，课堂教学、实验和生产实习相结合。有些内容(如低压电器、电气装备的安装、调试、使用和维修等)可在实习现场进行教学。学习本课程切忌死记硬背，要掌握最基本的知识、环节和技能，注意培养实际技能和独立工作能力。在教学时，注意介绍电力拖动与自动控制方面的新工艺、新技术和新产品。

目 录

绪 言

第一章 电力拖动基本知识	1
§ 1-1 概 述	1
§ 1-2 电力拖动的主要组成部分	1
§ 1-3 电力拖动的特点	2
§ 1-4 电力拖动系统的发展过程	3
§ 1-5 电力拖动的控制线路	4
习 题	5

第二章 常用低压电器	7
§ 2-1 低压开关	7
§ 2-2 主令电器	14
§ 2-3 熔断器	18
§ 2-4 接触器	21
§ 2-5 继电器	28
§ 2-6 低压电器的故障分析与维修	40
习 题	44

第三章 三相异步电动机的基本控制线路	45
§ 3-1 三相异步电动机的正转控制线路	45
§ 3-2 三相异步电动机的正反转控制线路	56
§ 3-3 生产机械的位置控制与自动往返的控制线路	64
§ 3-4 顺序控制与多地控制线路	66
§ 3-5 三相异步电动机降压起动控制线路	68
§ 3-6 绕线式异步电动机的起动和调速	82
§ 3-7 三相异步电动机的制动控制线路	88
§ 3-8 三相异步电动机的调速控制线路	100
习 题	106

第四章 电动机的选择	111
§ 4-1 生产机械的机械特性	111
§ 4-2 电动机的机械特性	112
§ 4-3 电动机的选择	116
习 题	119

第五章 直流电动机的基本控制线路	121
§ 5-1 概 述	121

§ 5-2	他励直流电动机的起动控制线路	122
§ 5-3	他励直流电动机的正反转控制线路	126
§ 5-4	他励直流电动机的制动控制线路	127
§ 5-5	他励直流电动机的调速控制线路	130
§ 5-6	并励直流电动机的调速控制线路	135
§ 5-7	串励直流电动机的控制线路	136
§ 5-8	选择调速方式的基本依据	138
§ 5-9	直流电动机的保护	139
习 题		140
第六章	自动控制的基本知识	142
§ 6-1	概 述	142
§ 6-2	自动控制术语和分类	143
§ 6-3	开环控制和闭环控制	144
§ 6-4	方块图	148
§ 6-5	自动调速系统的质量指标	149
§ 6-6	基本环节	152
* § 6-7	电力拖动自动控制的基本原理	156
习 题		157
第七章	晶闸管——直流电动机自动调速线路	159
§ 7-1	概 述	159
§ 7-2	晶闸管整流电路	160
§ 7-3	转速负反馈调速线路	164
§ 7-4	比例调节器及其应用	170
§ 7-5	电压负反馈及电流正反馈自动调速系统线路	173
§ 7-6	转速负反馈带电流截止负反馈自动调速线路	179
§ 7-7	电压微分负反馈和电流微分负反馈	181
§ 7-8	实例——龙门铣床直流拖动系统	183
* § 7-9	具有转速负反馈的无差自动调速线路	194
* § 7-10	速度、电流双闭环自动调速系统	198
§ 7-11	自动调速系统中的检测元件	201
习 题		205
第八章	常用生产机械控制线路	207
§ 8-1	车床控制线路	207
§ 8-2	钻床控制线路	210
§ 8-3	磨床控制线路	217
§ 8-4	万能铣床控制线路	223
§ 8-5	刨床控制线路	238
§ 8-6	桥式起重机控制线路	245
§ 8-7	电葫芦控制线路	252

§ 8-8 皮带输送机控制线路	253
§ 8-9 电阻炉控制线路	256
§ 8-10 机床电气维修	260
习 题	266
实验	267
实验一 三相异步电动机点动和自锁控制线路	267
实验二 三相异步电动机的正反转控制线路	268
实验三 三相异步电动机 Y— Δ 降压起动控制线路	270
实验四 三相异步电动机反接制动控制线路	271
实验五 直流电动机正反转控制线路和调磁场调速线路	273
实验六 晶闸管——直流电动机调速线路	274

第一章 电力拖动基本知识

§ 1-1 概 述

在工业、农业和交通运输等部门中，广泛地使用着各种各样的生产机械，例如，在现代工业中为满足不同生产工艺过程的要求所使用的轧钢机、造纸机、运输机、车床、刨床、铣床、磨床等各种生产机械。而驱动这些生产机械工作的机构使其运动，就必须要有电气机械装置，也就是电动机、减速箱以及控制电动机运转所使用的电气控制设备。我们把以上这些电气的和机械的装置统称为电力拖动。又如起重机、通风机、空气压缩机、机械泵以及各种生产线等，以上生产机械及其拖动装置也都属于电力拖动。

电力拖动应用于国民经济中的各行各业，在机械制造业中机床是主要加工设备。机床的质量、自动化程度以及应用先进技术的状况，直接反应了机械工业的发展水平。机床自动化对提高产品质量、减轻劳动强度和提高生产率等都起着重要的作用。由于机床是机械制造业中各类机械设备最典型的代表，因此本书对工厂中常用的典型机床，如普通车床、摇臂钻床、平面磨床、万能铣床、卧式镗床等机床的电力拖动与自动控制线路进行了详细的讲解。

不同行业对电力拖动系统的要求也不同。但就电力拖动系统的研究内容来说，都不外乎是研究各种类型的交流电动机与直流电动机的起动、制动、调速、反转等各种工作状态及它们的控制线路，其中包括控制线路的结构、工作原理以及线路中使用的各种控制电器。

本章讲的电力拖动基本知识，仅对电力拖动的主要组成部分、特点、内容、发展过程及控制线路等内容进行概括的介绍。

电力拖动作为一门课程，它具有电机学中最基本的内容，同时又是电机学基本理论的进一步应用。学习这门课程，要对电动机的特性、状态、选择及其控制线路有一个基本的了解。

§ 1-2 电力拖动的主要组成部分

电力拖动是由电动机、传动装置、控制设备和生产机械四个基本部分组成的。如图1-1所示。

一、控制设备

控制设备是控制电动机运转的设备，控制设备是由各种控制电器（如开关、熔断器、接触器、继电器、按钮等）按照一定要求和规律组成的控制线路和设备，用以控制电动机的运行，即控制电动机的起动、制动、调速和反转等。

控制设备按其操作方式可分为手动控制、半自动控制和全自动控制。目前普遍使用的是

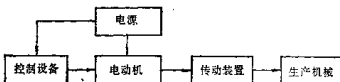


图 1-1 电力拖动系统示意图

半自动控制。

二、电动机

电动机是电力拖动的原动机。电动机是将电能转换成机械能的部件。通过对电能的控制以产生所需的转矩与转速。

电动机分交流电动机与直流电动机两大类，它们的最大不同处，主要在于交流电动机免除了电动机内部电流流向变化的机械式换向器——整流子。因此，交流电动机具有结构简单、制造方便、牢固可靠、维护容易、价格便宜等优点，所以使用较为广泛。如工厂中大量使用的各种机床、风机、压缩机、机械泵、原动机等，都是由交流电动机拖动的。直流电动机具有良好的起动、制动、调速和控制性能。可以方便地在很宽的范围内平滑地调速，所以在频繁起动、制动及调速要求较高的场合，直流电机拖动仍然居主要地位，并被用于自动控制要求较高的各种生产部门，例如大型机床的进给运动等。但是由于直流电动机具有易磨损的电刷和易损坏的整流子，因而必须经常对它们进行维护与检修。还由于电刷与整流子接触不良易产生火花，致使直流电机不能在有易爆炸气体及尘埃多的场合使用。

在向高速和大容量方向发展上，直流电机远不及交流电机。直流电机由于受换向器的限制，其电枢电压最高只能达到1000多伏，而交流电机可作到6~10千伏级。直流电机的单机容量最大到十几兆瓦，而交流电机的单机容量可比直流电机高出几倍。直流电机的最高转速也远低于交流电机。

60年代以来，随着电子技术的发展，出现了半导体晶闸管交流调速系统，尤其是70年代以后，大规模集成电路和电子计算机的发展，以及现代控制理论的应用，为开发交流电力拖动创造了更有利的条件。例如，交流电动机的串级调速、变频调速、无换向器电动机调速等，都使交流电力拖动的调速范围加宽了，精度和稳定度也提高了。在调速性能方面可与直流电力拖动媲美。

三、传动装置

传动装置是电动机与生产机械之间的传动机构，用于传递动力，如减速箱、皮带、联轴节等。不同的生产机械对传动装置的要求也是不同的。因此，选用合理的传动装置，可使生产机械达到理想的工作状态。

四、生产机械

生产机械是直接进行生产的机械设备，生产机械是电动机的负载，其种类繁多、不同的生产机械对电力拖动系统的要求有很大差别。如大型机床的进给运动及一些精密机床都要求具有精度很高的直流拖动，大型镗床要求在很宽的范围内调速，各种生产线要求实现自动联锁和集中控制，巨型初压机必须快速可逆运行，造纸机的速度要求1000米/分±0.01%的精度……。因此，选用电力拖动种类及其控制线路时，必须根据生产机械的特点和不同要求进行合理选择。

§1-3 电力拖动的特点

电力拖动所以能得到广泛的应用是因为与其它形式的拖动比，具有以下一系列优点：

1. 电能输送方便；尤其是远距离输送电能，既简单经济又便于分配，同时还具有检测方便、价格低廉等特点。

2. 效率高:由于电动机与生产机械的连接简单,因此损耗少、拖动性能好、控制方便,效率高。

3. 易于实现生产过程自动化:由于电力拖动可以远距离测量和控制,所以便于集中管理和实现自动化,这对于提高生产率和产品质量、改善劳动条件、增加工作可靠性都有重大意义。

4. 调节性能好:由于电动机的种类和型式繁多,各有不同的特性,因此能适应各种生产机械的需要。同时由于电动机的起动、制动、调速、反转的控制简便迅速,所以能达到理想的控制要求。

5. 有发展前途:由于电子技术的发展、大功率半导体器件、集成电路、组合块等电子器件的出现,使电子拖动系统及其控制设备的体积大大缩小,因此电力拖动比起其它型式的拖动,越来越受到使用者的欢迎。

6. 容易与电子计算机配合进行现代化控制。电子计算机的应用更进一步赋予电力拖动系统自寻最佳运行规律,自动适应运行条件和参数变化的能力。以达到对电力拖动最理想的控制。

§1-4 电力拖动系统的发展过程

19世纪末开始有照明和电动机以后,电能便成为当时最先进的能源,由于电能在生产、传输、分配、使用和控制等方面比蒸汽动力具有无可比拟的优点,所以电动机很快取代了蒸汽机而成为生产机械的主要原动机,这种以电动机为原动机的拖动,叫作电力拖动。今天电能已成为工农业生产中最主要的能量形式,因而作为机电能量转换工具的各类电动机在国民经济的各个部门中起着极为重要的作用,电力拖动也普及到各工矿企业中。

按电力拖动中电动机的组合数量分,电力拖动的发展经过了以下三个阶段:

1. 成组拖动:19世纪末,由于交、直流电动机的相继出现,电动机逐步代替了蒸汽机,最初是由一台电机拖动多台生产机械。这种拖动方式叫成组拖动。成组拖动的机构复杂、转速不高、生产效率低、灵活性差、不安全,一台电机出现故障造成成组的生产机械停车。

2. 单电机拖动:20世纪20年代,开始用一台电动机只拖动一台生产机械,叫作单电机拖动。单电机拖动缩短了中间传动机构,提高了效率,为生产机械提供了更大的动力和更高的速度。但是当一台生产机械的运动部分较多时传动机构仍十分复杂。

3. 多电机拖动:20世纪30年代,随着生产规模的扩大,逐步制造出各种大型复杂的机械设备,这些机械设备的运动机构和运动形式也相应增加,如果仍用一台电动机拖动,传动机构就会变得十分复杂。因此出现了在一台生产机械上由几台电动机分别拖动不同的运动机构,叫作多电机拖动。多电机拖动大大简化了生产机械的传动机构,而且控制灵活,为生产机械的自动化提供了有利条件。因此,现代电力拖动系统基本上采用这种拖动形式。

电力拖动控制线路的发展与电机、电器及自动化元件的发展是密切相关的。

按电力拖动系统的供电方式和控制线路的类型分,电力拖动的发展过程分以下四个阶段:

1. 继电接触式有触点断续控制

有触点断续控制产生于本世纪20~30年代。最初是采用一些手动电器(如开关、按钮

等)来控制执行电器(如电动机)。这种手动控制适用于那些容量小、操作单一的场所。以后发展为采用自动控制电器的继电器接触式控制线路。这种控制线路主要由一些继电器、接触器、按钮、位置开关等组成。这种控制方式一般是通过按钮或主令控制器首先接通继电器,而继电器又控制着接触器,再通过接触器实现对电动机各种运行状态的控制,以满足生产机械的启动、停车及有级调速等各种要求。

继电器接触式有触点断续控制只有“通”和“断”两种状态,其控制作用是断续的,也就是只能控制信号的有无,而不能控制信号的大小。

继电器接触式控制线路的特点是线路简单、价格低廉、易掌握、维护方便、抗干扰强,因此广泛应用于各类机床和其它生产机械上。采用它不仅可以方便地实现生产过程自动化,而且还可以实现远距离控制和集中控制。目前,继电器接触控制仍然是机床和其它生产机械最基本的电气控制型式之一。

2. 发电机——电动机组(G-M)连续控制

继电器接触式有触点断续控制虽然应用广泛,但是它远不能适应自动化生产的要求,同时在电力拖动中,不管是直流电动机拖动还是交流电动机拖动,都存在一个较大的问题,就是调速范围不能满足生产机械的要求。因此,在30年代初便发展了发电机——电动机组连续控制。其控制线路和工作原理详见第五章。

由于发电机——电动机组的出现,使调速性能优异的直流电动机得到了广泛的应用。

发电机——电动机组连续控制拖动系统的缺点是设备体积庞大、需要的电机多、占地面积大、噪声大、能量损耗也大,因此还不是理想的拖动系统。

3. 电机放大机——发电机——电动机连续控制

这种控制出现于40~50年代,它是由电机放大机作为连续控制元件加上继电器、接触器组成的控制线路对电动机进行控制的。

连续控制的快速性及控制精度都远远超过了最初的断续控制,并简化了控制系统,减少了线路中的接点,提高了可靠性,使生产率大大提高了。同时还加宽了调速范围,并能实现无级调速。其缺点是使用电机数量多、安装占地面积大、投资高、效率低,安装维护量大,因此限制了它的使用范围。目前我国仍有不少工厂为了发挥旧有设备的作用,在使用着这种系统,如A系列龙门刨床主拖动就是采用电机放大机作为励磁调节器的电机放大机——直流发电机——电动机系统。

4. 晶闸管——电动机连续控制

60年代,由于大功率半导体器件——晶闸管的出现,组成了晶闸管——电动机连续控制系统。其中又分为晶闸管——直流电动机调速系统和晶闸管——交流电动机调速系统。

晶闸管——直流电动机调速系统已广泛用于各工矿企业中。近几年,由于晶闸管技术在交流调速系统中的应用已有切实可行的新方法,使晶闸管——交流电动机调速系统逐渐受到重视,今后会越来越多地应用到各生产部门,这将给电力拖动带来新的面貌。

§ 1-5 电力拖动的控制线路

电力拖动的控制线路种类繁多,繁简程度差别很大。例如:有的机床只需一台电动机作“启动”和“停止”的控制,就能满足机床工作状态的要求;而另一些机床,则要求多台电动机

或电气操纵的自动机构协同运行(或动作),才能满足机床工作程序的要求。因此,不同机床的控制线路,不但在使用电器元件的种类和数量上有多有少,线路结构的繁简往往也差异很大。

随着生产和科学技术的不断发展,电力拖动的控制线路也不断更新。在控制方法上,是从手动到自动;在控制功能上,则是由简单到复杂;在操作上是由笨重到轻巧。由于生产工艺不断提出新的要求,使控制线路也相应得到发展。新型控制电器和电子器件的出现,也给控制线路的发展开拓了新的途径。

电力拖动的控制线路是随着生产工艺的改进、电工与电子技术的进步而不断发展起来的。最初是采用一些手动电器来控制执行电器,如手动合刀闸使电机运转及手动拉刀闸使电机停转,这种控制线路适用于电机容量小、操作单一的场所。以后发展为采用自动控制电器的继电器接触式控制线路。由于继电器接触器的动作是有触点的开关动作,工作频率低,触点易损坏、可靠性差,还因为其接线形式是固定的,故在进行程序控制时,改变控制程序不方便,灵活性差。

在生产实际中,加工的机械零件五花八门,同一生产机械要完成的生产任务也是多种多样的,因此生产工艺及流程要经常变化,应用继电器接触式控制线路,就不能满足需要。于是60年代出现了一种能够根据生产需要,方便地改变控制程序,且价格低廉的自动化装置——顺序控制器。

顺序控制器是通过组合逻辑元件插接或编程来实现继电器接触控制线路功能的装置。它可以满足控制程序经常改变的要求。使生产机械的控制系统具有较大的灵活性和通用性。日前在一定范围内(如机械制造、冶金、石油化工、轻工纺织等行业)均得到广泛的应用。

为解决占机械总加工量80%左右的单件和小批生产中的自动化,50年代,出现了数控机床。它是一种具有广泛通用性的高效率自动化机床,它综合应用了电子技术、计算技术、自动控制、测试和机床结构设计等各领域内的最新技术成就。

数控机床与一般自动化机床的区别在于,一般常用的自动化机床、组合机床等适用于机床零件的大批量生产,它们的专用性较强。而数控机床除具有高效率的自动化程度外,还具有广泛的通用性,数控机床在加工不同机械零件时,除更换相应刀具外,只需更换一下控制用的磁带、穿孔带或改变一下拨码盘等,即可进行新的零件加工。

电力拖动的控制线路发展非常迅速,目前已有许多先进的控制方法和自动化程度很高的控制线路。这些都不属于本课程范围。

习 题

- 1-1. 什么叫电力拖动?
- 1-2. 举例说明电力拖动的实际应用。
- 1-3. 电力拖动有哪几个主要组成部分?各部分的作用是什么?
- 1-4. 电力拖动与其它形式的拖动比,有哪些特点?
- 1-5. 机械制造业中的常用生产机械有哪些?
- 1-6. 交流电力拖动与直流电力拖动各有何特点?发展方向如何?
- 1-7. 按电力拖动中电动机的组合数量分,电力拖动的发展经过了哪几个阶段?各阶段的特点是什么?

1-8. 按电力拖动系统的供电方式和控制线路分, 电力拖动的发展经过了哪几个阶段? 各阶段的特点是什么?

1-9. 什么是继电器接触式有触点断续控制? 它有哪些优缺点?

1-10. 简述电力拖动控制线路的发展过程。

第二章 常用低压电器

什么叫电器？对电力网或电力电路实行通、断和转换的电工器械是电器；对电动机实行起动、停止、正转、反转完成控制任务的电工器械是电器；对电路负载，电工设备或电动机进行过载、过压、短路等保护的电工器械也是电器；在电路中传递、变换、放大电的或非电的信号达到自动检测和调节的电工器械也是电器。概括地说，凡是根据外界指定的信号或要求，自动或手动接通电路和断开电路，断续或连续地实现对电路或非电对象转换、控制、保护和调节的电工器械都属于电器的范围。

电器的种类很多，本章仅对电力拖动系统所用的低压电器加以介绍。由于电力拖动系统的主要内容是对电动机的控制和保护，这些控制和保护就是利用低压控制电器来完成。所以必须掌握各种常用低压电器的作用、结构、职能、工作原理和电气符号等，这样才能够阅读和分析各种电力拖动系统的电气控制线路。

电力拖动系统所用的控制电器，因其所控制的电路电压一般在交流 1000 伏及以下，直流 1200 伏及以下，故称为低压电器。

按照电器动作性质不同，低压电器可分为手控电器和自控电器两大类，手控电器是指依靠人力直接操作的电器，如闸刀开关，铁壳开关，按钮开关，转换开关等。自控电器是指按照指令信号或物理参数（如电流、电压、时间、速度等等）的变化而自动动作的电器，如各种型式的接触器、继电器等。

按照电器的有、无触点，控制电器可分为有触点电器和无触点电器两大类。前述各种电器都是有触点的，由有触点控制电器组成的控制电路又称为继电——接触控制。就目前情况看，这种有触点控制电器在各厂矿单位的应用上，仍占绝对的主导地位。至于现代化的电力拖动系统，尽管应用了无触点电器和新的控制元件如：晶体管无触点逻辑元件、电子程序控制，数字控制系统，以致计算机控制系统等，但由于这些新技术和新元件应用了大量的电子技术和自控理论，超越了本课程的范围。另外一方面，即使这些现代电器元件在实现对电动机的控制时，最终总是与接触器、继电器相配合才能完成较高质量的控制，因此开关、按钮、接触器、继电器等有触点控制电器仍为最基本、最常用的控制电器。

本章主要内容仅介绍最常用的几种低压控制电器，如各种低压开关、熔断器、按钮、接触器和常用继电器等。在后面章节所述控制线路中出现机会不多的控制电器如鼓形控制器、频敏变阻器等，将在相应章节单独简介。

§ 2-1 低 压 开 关

在低压开关中常用的有刀开关、转换开关、自动空气开关及主令控制器等。它们的作用主要是实现对电路进行接通或断开的控制。多数作为机床电路的电源开关，有时也用来直接控制小容量电动机的通断工作。

一、刀开关

刀开关又称闸刀开关,它是结构最简单,应用最广泛的一种低压电器,其种类很多,这里仅介绍两种带有熔断器的刀开关。

(一) 瓷底胶盖刀开关(又称开启式负荷开关)

以 HK 系列为例,这种瓷底胶盖刀开关是由刀开关和熔断体组合而成的一种电器,瓷底板上装有进线座、静触头、熔断丝、出线座及三个刀片式(或两个刀片式)的动触头,上面盖有胶盖以保证用电安全,其结构以外形图如图 2-1 所示。刀开关的符号见图 2-2 所示。

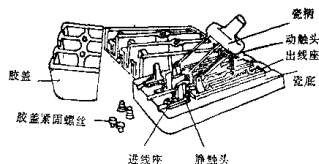


图 2-1 HK 系列瓷底胶盖刀开关

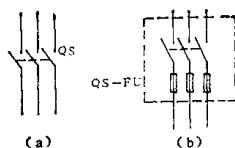


图 2-2 刀开关符号

(a) 刀开关 (b) 带熔断器刀开关

HK 系列刀开关不设专门的灭弧设备,用胶木盖作为防止电弧灼伤人手。拉闸和合闸时应动作迅速,使电弧较快地熄灭,可以减少电弧对刀片和触座的灼损。

由于这种开关易被电弧烧坏,引起接触不良等故障,因此不宜开断有负载的电路,适于接通或断开有电压而无负载电流的电路。但因其价格便宜,在一般的照明电路和功率小于 5.5 千瓦电动机的控制电路中仍可采用。用于照明电路时可选用额定电压为 220 伏或 250 伏,额定电流等于或大于电路最大工作电流的二极开关;用于电动机的直接启动时,可选用额定电压为 380 伏或 500 伏,额定电流等于或大于电动机额定电流 3 倍的三极刀开关。

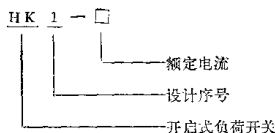
HK 1 系列瓷底胶盖刀开关规格如表 2-1 所示:

表 2-1

HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数

型 号	极 数	额定电流值	额定电压值	可控制电动机 最大容量值 (千瓦)		配 用 熔 丝 规 格			
		(安)	(伏)	220伏	380伏	熔 丝 成 分			熔 丝 线 径 φ (毫米)
						铅	锡	铜	
15	2	15	220	—	—	80%	1%	1%	1.45~1.59
HK1-30	2	30	220	—	—				2.30~2.52
60	2	60	220	—	—				3.36~4.00
15	3	15	380	1.5	2.2	80%	1%	1%	1.45~1.59
HK1-30	3	30	380	3.0	4.0				2.30~2.52
60	3	60	380	4.5	5.5				3.36~4.00

型号意义：



(二) 铁壳开关(又称封闭式负荷开关)

常用 HH 系列铁壳开关的结构及外形如图 2-3 所示。这种闸刀开关装有速断弹簧，对于容量较大的闸刀开关，当闸刀断开电路时，由于闸刀与夹座之间的电压很高，将产生很大的电弧，如不将电弧迅速熄灭，则将烧坏刀刃。因此，在铁壳开关的手柄转轴与底座之间装有一个快断弹簧，用钩子扣在转轴上，当扳动手柄分闸或合闸时，开始阶段 U 形双刀片并不移动，只拉伸了弹簧，储蓄了能量，当转轴转到一定角度时，弹簧力就使 U 形双刀片快速从夹座拉开或将刀片迅速插入夹座，电弧被很快熄灭。

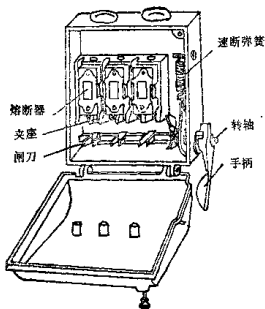


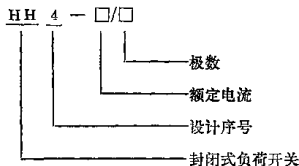
图 2-3 HH 系列铁壳开关

这种闸刀开关的外壳为铁壳，故称为铁壳开关。铁壳开关内装有熔断器，作为短路保护用。为了保证用电安全，铁壳上装有机械联锁装置，当箱盖打开时，不能合闸；闸刀合闸后，箱盖不能打开。

铁壳开关的图形符号和文字符号同图 2-2(b)所示。

HH 系列铁壳开关要根据电源种类、电压等级和电动机的额定功率来选择。

型号意义：



二、转换开关(又称组合开关)

转换开关实质上也是一种刀开关，只不过一般刀开关的操作手柄是在垂直于安装面的平面内向上或向下转动，而转换开关的操作手柄则是在平行于其安装面的平面内向左或向右转动而已。转换开关一般用于电气设备中作为不频繁地接通和断开电路，换接电源和负载等作用。