

Xiandai Zhulu Jixie Dianye Kongzhi Jishu

现代筑路机械电液控制技术

焦生杰 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要讲述了现代筑路机械中常用的电液控制技术,全书共7章,主要内容包括:筑路机械常用控制电气元件、自动换档系统、无级变速系统、摊铺机自动找平系统及沥青、水泥混凝土拌和楼控制系统。

本书具有较强的实用性,可作为高等院校相关专业教材,也可供从事筑路机械设计、管理、使用与维修的技术人员学习参考。

现代筑路机械电液控制技术

焦生杰 主编

插图设计:高静芳 版式设计:刘晓方 责任校对:尹 静

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 字数: 千

1998年12月 第1版

1998年12月 第1版 第1次印刷

印数:0001-4500 册 定价:16.00元

ISBN 7-114- -

前 言

我国的筑路机械制造业起步较晚、起点低,产品的数量、质量、性能远远不及国外。特别是在70年代之前,我校筑机系传统课程中也从未专门开设过这类课程。进入80年代末及90年代初,随着我国公路交通事业的迅猛发展,路越修越多,等级也越来越高。国外高质量、高效率的施工机械,尤其是机电液一体化的筑路机械纷纷挤入国内市场,进入各施工单位,国内一些大型工程机械制造企业也纷纷引进国际一流水平的电液控制自动化程度较高的挖掘机、摊铺机、装载机等工程机械的生产技术。而目前的现状是大多数施工部门对采用电液控制的现代筑路机械不熟悉,缺乏电液控制方面的基础知识,很多机械得不到正确的、合理的使用,不能发挥应有的效益,造成很大浪费。因此,依据社会的需求及毕业生的反应西安交通大学开设了《现代筑路机械电液控制技术》课。

《现代筑路机械电液控制技术》课是以筑路机械构造、电工学与电子学、液压传动与控制技术、传感器与计算机技术为基础,讲述筑路机械电液控制系统的结构、原理、特征及其使用维修等内容的一门专业课。本书吸收了国内外筑路机械使用的自动换档系统,电控液压泵马达车辆行驶无级变速系统,摊铺机自动找平系统,以及沥青、水泥混凝土拌和楼等控制系统并编录了作者参与有关科研实践的成果,具有较强的实用性。

随着现代科学技术的发展,筑路机械将向高效、节能、操作快速方便的方向迅速发展,电子技术在筑路机械中的地位和作用也将越来越重要,加之市场经济体制的建立,促进人才培养的目标向复合型转化,学生对课程的选择意识也日益强化,对内容的要求也越来越高,尽管我们从90年代初开始了对该课程的开设实践活动,1992年也曾编写了讲义《筑路机械电子技术》(焦生杰编),但深感内容不够完善,很难满足读者的需要,这次重编,内容作了大量的增减,也希望广大读者提出宝贵意见,以便修订。

本书可作为筑路机械专业教材,也可供从事筑路机械设计、使用、维修、管理人员参考。

本书第一、三、四章及第五章第五、六节由焦生杰编写,第二、六、七章由郑录社编写,第五章第一、二、三、四节由朱锦编写,全书由焦生杰统稿。

由于现代筑路机械控制技术是机械、电子、液压等多种学科的交叉技术,学科跨度大,涉及的知识面广,且要求编者有丰富的实践经验,这些都是作者能力水平难以胜任的。因此,书中内容只能起到抛砖引玉的作用。

由于编写时间仓促,有关电子监控技术方面的内容未能来得及录入,望在教学过程中插入此内容。

由于作者水平所限,书中肯定存在不少缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

编 者

1997.8

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第二章 筑路机械电气控制常用器件	6
第一节 常用控制电器	6
第二节 执行机构	14
第三节 检测器件	20
第三章 现代筑路机械自动换档系统	25
第一节 自动换档系统简介	25
第二节 自动换档变速器控制系统	31
第三节 变速控制器	36
第四节 自动换档液压系统	40
第四章 无级变速控制系统	51
第一节 系统组成与速度控制方式	51
第二节 典型无级变速系统	55
第三节 无级变速行驶控制	58
第四节 制动控制	61
第五节 特殊速度控制	62
第五章 沥青混凝土摊铺机电控系统	69
第一节 沥青混凝土摊铺机特点及电控系统简介	69
第二节 简单功能电系	70
第三节 行驶、供料与加热电系	71
第四节 调平电系	73
第五节 电液调平控制原理	76
第六节 TITAN 411 型沥青混凝土摊铺机主要电路	82
第六章 水泥混凝土搅拌楼控制电路	89
第一节 水泥混凝土搅拌楼简介	89
第二节 进料系统控制电路	90
第三节 配料系统控制电路	94
第四节 搅拌系统和出料系统控制电路	100
第五节 电子秤的工作原理	104
第六节 水泥混凝土搅拌楼的可编程控制系统	111
第七章 沥青混凝土搅拌设备电气控制系统	115
第一节 沥青混凝土搅拌设备简介	115
第二节 温度控制系统	116

第三节	骨料供给控制系统.....	122
第四节	热骨料称量控制系统.....	124
第五节	沥青、粉料称量和搅拌工序控制系统	127
第六节	提升机控制系统.....	129
参考文献	131

第一章 绪 论

一、机电一体化产生和发展

人类即将进入一个新的世纪——21世纪。传统的学科正在脱胎换骨,新的学科不断问世,各学科间的融合程度比任何一次技术革命都高。机电一体化技术正是产生于这一背景之下,符合科技发展的规律,也是机械学科发展的必然结果。它使古老的机械工业焕发青春,对社会的发展产生着极为深刻的影响。

机电一体化一词(Mechatronics)最早(70年代初)起源于日本。它由英语 Mechanics 的前半部和 Electronics 的后半部组合而成,字面上表示机械学和电子学两个学科的综合,我国通常称之为机电一体化或机械电子学。但是机电一体化并非是机械与电子的简单叠加,而是有着自身体系的新型学科。

目前,机电一体化这一术语尚无统一的定义,不过其基本含义可以概括为:机电一体化是从系统的观点出发,将机械技术、微电子技术、信息技术、控制技术等在系统工程的基础上有机地加以综合,实现整个机械系统最佳化而建立起来的一门新的学科。

机电一体化产生和发展的根本原因在于社会的发展和科学技术的进步。系统工程、控制论和信息论是机电一体化的理论基础,也是机电一体化技术的方法论。微电子技术的发展,半导体大规模集成电路制造技术的进步,则为机电一体化技术奠定了物质基础。

机电一体化技术产品现已渗透到国民经济、社会生活的各个领域。如家用电器、办公自动化系统、机械制造工艺设备、汽车、筑路机械、现代化武器装备等等。它促进了经济转型、社会发展和一批高新科技企业的脱颖而出。

机电一体化的发展趋势可以概括为以下三个方面。性能上向高精度、高效率、高性能、智能化的方向发展;功能上向小型化、轻型化、多功能方向发展;层次上向系统化、复合集成化的方向发展。机电一体化技术的研究与应用强调技术的融合与学科交叉,机电一体化技术依赖于相关技术的发展,同时也促进了相关技术的发展。

二、筑路机械机电液一体化技术

筑路机械机电液一体化技术仍然属于机电一体化的内容,由于液压与液力传动技术在筑路机械技术构成中所占的比例越来越大,为突出这一特点,人们习惯于将机电一体化称之为机电液一体化技术。在这一领域内,紧紧围绕着两个方面的内容进行研究:一是以简化驾驶员操作,提高车辆的动力性、经济性以及作业效率,节省能源等为目的机械、电子、液压融合技术。如自动换档系统、挖掘机多动作复合功能系统等。二是以提高作业质量为目的机电液一体化控制技术,如摊铺机、平地机自动找平和恒速控制系统,振动压路机“软”起振与停振系统,振动块旋转方向与行驶方向一致的控制系统等。电液控制技术兼备了电子和液压技术的双重优势,形成了具有强大竞争力的自身技术特点,为各种筑路机械自动控制提供了一种新手段。机电液一体化技术的发展使传统的液压系统和元件发生了实质性的变化,是筑路机械发展的一种必然趋

势。

机电液一体化控制技术的关键问题有两个：一是“软件”研究，即各种控制技术理论的研究，它包括计算机参数与控制的各种控制方法，如程序的研究；二是“硬件”的开发研制，即将电子与液压技术有机地结合在一起的电液控制元器件，以及相应的检测、反馈、转换、放大元件。“软件”的研究是“硬件”得以发展的理论基础，而“硬件”的实际应用是机电液一体化发展的目的。

筑路机械机电液一体化技术有其自身的特点，它虽千变万化，但离不开转向、行驶驱动、工作装置三个基本内容。由于具体机器的施工作业对象不同，工作装置千差万别，变化也最大。这一领域内研究的基本内容见图 1-1：

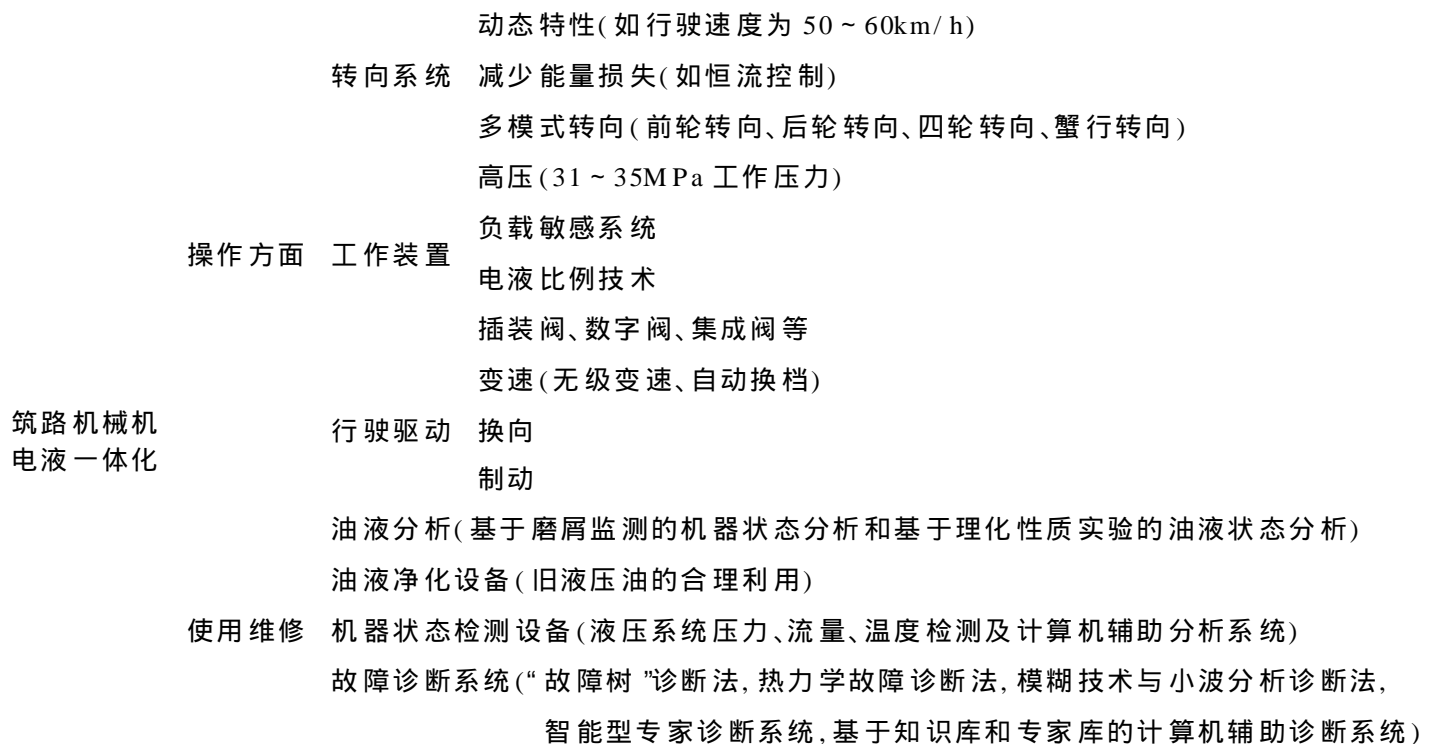


图 1-1 筑路机械机电液一体化的主要研究内容

筑路机械机电液一体化技术发展的最终目的就是简化操作与维修，提高机器的动力性和经济性，提高机器的作业效率和作业质量。

三、筑路机械机电液一体化技术的应用

1. 电子检测、监控技术

电子检测、监控技术是一种能对筑路机械动力、传动、工作和制动等装置的运行状态进行检测和数值显示，对机器运行中的异常状态进行自动分析、诊断和提示司机排除故障的方法。利用电子检测、监控技术能够及时、准确地给司机提供各种信息，改善作业环境，提高维修准确性和减少维修时间，有利于机器的管理，也为进一步自动控制打下了基础。

EMS 系统是美国 CAT 公司 966D 轮式装载机电气系统中一个重要的组成部分，它是 Electronic Monitoring System 的缩写，即电子监控系统，CAT 公司 80 年代开始装于 966D 轮式装载机(底盘为 35S1、94X1、99Y1 及以上)的微电子高新技术产品，其功能设有三级报警系统。1978 年之后研制出的用于挖掘机上的电子监控系统，能对机器运行情况进行连续监测；在近年开发的 E 系列挖掘机上都装有三级报警电子检测系统、功率方式选择器和发动机转速自动控制装置等机电一体化部件；并在 300 系列挖掘机上采用了混合与匹配的设计概念，安装自动诊断电子控制系统。日本小松公司的电子监测装置，包括 11 个自动报警检测项目和发动机液压系统压力、流量、电气系统等参数在内的挖掘机工况的瞬时状态检查。德国 O&K 公司微电子技术的检测、监控及故障诊断系统在同行业是较先进的，该公司在 1983 年就研制出了多

功能机电一体化的“未来型”挖掘机,它具有相当完善的微处理机监测系统,有12个检测点值,还设有100多种极限值用于预防性管理,并对机器的各种元件进行监视、判断,发出操作指令;该公司还将研制一种计算机辅助装料系统,具有计算挖掘机上最佳作业速度、最佳作业距离和控制过载保护等功能。德国利勃海尔公司的电子检测监控系统同样具有监测、记录、对比、显示和调节液压挖掘机上所有关键系统的功能,特别是该公司研制生产的适合水下作业的电子监视器在世界上是独一无二的。日本日立公司在超级EX系列挖掘机上都装有自动诊断系统,可对挖掘机40种以上的作业状态进行瞬时检测,检测包括发动机转速、液压流量和所有电气系统。另外,德国德马克、韩国三星和大宇、加拿大Rorsemount等公司都拥有机电一体化高新技术成果。

目前,电子监控正朝着以计算机辅助诊断为基础的多功能自动化监测与诊断,变传统的被动诊断为主动诊断,进而向人工智能专家系统的方向发展。

2. 电子负荷传感系统

负荷传感系统经常是带变量的液压系统,使换向阀节流点上的压差保持不变,从而使泵的流量始终与换向阀上调节的流量需要相适应。负荷传感阀虽然有多种结构形式,但其原理相同,属于等差减压阀。节能表现为:恒变量的损失最大,虽然流量可变得与负荷要求相一致,但压力损失过大;恒功率变量泵功率一定,而负载所需压力流量与泵可能不一致,必然有泵压力或流量过载所需值,从而引起损失。负荷传感系统则可使两者接近,减小损失。

现代挖掘机系统的压力达31~35MPa,装载机工作压力达21~25MPa,一般为16~21MPa。由于机器上液压执行元件越来越多和节能的需要,在大中型筑路机械上采用负荷传感工作的液压系统日趋成为主流。

日本日立建筑公司1991年研制出新型超级EX系列液压挖掘机,在其上应用了日立公司研制独创的电子式载荷传感挖掘系统,即ELLE系统,宣称是世界上第一个电子计算机控制的新一代挖掘机液压系统。该系统有11个传感器分布在动臂和铲斗的不同位置,把载荷数据传回驾驶室内的微机处理系统,通过控制发动机、液压泵及控制阀来操纵铲斗、动臂及斗杆,当机器工作时,使它的动作、速度和工作方法匹配,真正实现了同时操纵全部作业的功能动作,精确控制作业。可调式压力补偿阀可提供最佳油量,以便平稳操纵动臂、斗杆、铲斗,确保平稳而无冲击地进行作业,因此也提高了生产率。同时计算机可使发动机转速和液压油排量与所选功率(有4种功率供选择)形式的要求相匹配。日本小松公司在更为先进的新一代6系列挖掘机上都装上了小松公司独一无二的液压机械智能系统,它是一种封闭式中央负荷传感系统,依靠6个小松独创的压力补偿阀来控制而不是依赖于计算机,该系统控制器不要求有复杂的电子线路而能保证其安全性、可靠性和耐久性。压力补偿可以检测出各传动机构的负荷情况并能恒定地输送所需的精确压力,无论工作控制杆处在什么位置,来自泵的所有液流都流向传动机构,并且速度也由控制杆行程来决定。这种系统结构简单,能提供最平稳和最精确的作业状态(有5种作业状态),无论操作者的技术和经验如何,都能进行最好的控制操作、回转刮削及碎石处理,并能得到最佳生产率。

3. 节能控制

液压挖掘机虽能进行大功率、高灵敏度的各种作业,但其能量的总利用率仅为20%左右,巨大的能量损失使节能技术成为衡量液压挖掘机先进性的重要指标。

日本小松公司开发研制的OLLS系统,它由多联变量泵、多路控制阀、先导阀和3种先导压力控制阀等组成,并安装在轴向柱塞变量泵上。该装置具有良好的节能效果,不但减少了能

量损失,降低了挖掘机的平均油耗量,使其燃油节省了 23%,而且还消除了作业装置的滑移和噪声现象,同时延长了液压油的使用寿命。日本日立公司开发研制的节能控制系统可节省燃料 12% ~ 18%,提高生产率 20%。德国利勃海尔公司在 70 年代开始研制机电一体化挖掘机,并将开发研制的电子功率控制装置于 1983 年应用于 982 型挖掘机上,1986 年应用到 40t 以上所有机型上,1990 年首次推出具有最新机电一体化技术的 942 型挖掘机,不管其发动机按什么速度运转,均可获得全部液压功率,甚至出现液压故障时,虽然发动机作业很费劲,但其转速仍可保持稳定。该装置大大节约了燃油,减少了磨损,起到了较好的节能效果。美国卡特彼勒公司生产的挖掘机上采用的液压系统是通过卡特电子功率控制系统来平衡发动机转速和泵的输出量,使功率的利用率可达 98%,在卡特 300 系列 322L 型挖掘机上使用,也可达到控制精确、生产率高的效果。由于它建立起了泵流优先油路,所以可控制改变动臂与斗杆之间的优先流量。斗杆回缩时,限制斗杆单泵流量,斗杆伸出时,提供双泵流量。

4. 智能控制

采用该系统是使机器作业过程走向自动化操纵的必由之路。日本神户制钢所研制的智能控制系统将各部件的功能巧妙地匹配起来,使作业更经济有效,在崎岖不平的路面上,双向行驶速度系统能自动将开关从“高速/低扭矩”转换至“低速/高扭矩”;在等待装卸时,系统自动减速,使发动机速度减至 1 500r/min,还可减少噪声,节省燃料;还具有顺序合流系统,循环负荷作业系统等等,都可自动执行程序。

帕克·汉尼芬公司最新研制的 MMC1000 型数字控制器用于液压系统。这种 VCAN 串行总线系统能简化接线,遥控输入、输出且速度快,比例阀与遥控阀双向联络,能将控制指令传给独立元件,大大降低安装成本,简化了故障诊断程序。

振动压路机要求起振、停振、行驶速度实现连锁,碾压机行驶加速到一定值时起振,减速到一定值时停振,相应速度要可调。同时振动块旋转方向与行驶方向一致,这样在电液比例阀和操纵杆之间装入智能电子元件,可根据要求转换和修正信号,实现“软”启动和停机。

明尼苏达州 Sauer-Sundstrand 公司推出了一种 DC/2 微控制器,它装有一个 16 位的 Inter 控制器。随着越野行走设备所处环境的恶化,DC/2 控制器具有控制 4 ~ 6 档速度和检测回路位置的能力,既可作独立的控制器,又可作高速的控制器区域网络(CAN)。

该装置适用于闭合环路速度及功率控制的双通路液压静力推进系统,此外,应用联机的 PWM 阀驱动器,可用伺服阀和比例流量控制阀对闭合环路定位。

当与相似的高速 CAN 控制器进行网络工作时,DC/2 可与多达 32 个其它的 CAN 控制器实行串行联络。4 字符 LED 显示可提供安装调试、校正及故障排除等信息,一专用的 RS232 接口可存取 EEROM 程序记忆,动力源可在 9 ~ 36V 范围作业。

伊利诺伊州 Voac 液压公司生产的 EHC4000 型电液遥控系统是一种行走设备液压元件用的串行控制系统,它可与独立安装或手持式控制箱的各种控制杆相容。该公司的产品包括具有 2 和 3 个功能操纵杆的小型、大型控制器和带有功率放大器的直线操纵杆。

便携式控制器可用于电缆或无线电通讯,质量约 0.9kg,并按 Mi-Std461C 作了保护。其它安全措施包括电极反接、输出短路及高输出瞬时值保护;其它功能包括用外部反馈进行斜坡启动及速度减慢。

四、筑路机械机电液一体化的主要研究方向

1. 非接触传感器技术及其电子系统对恶劣环境的适应性研究

非接触传感器技术由于安装简单、使用方便、实时监控和诊断能力强,在筑路机械的监测、自动控制、故障诊断中有着十分广阔的应用前景。诸如核子射线、红外线、超声波、微波、激光等非接触传感器技术对于实时监控运动中的机器工作过程和状态有着一般接触式传感器无法替代的优点。这些传感技术虽然在原理上已经成熟,但应用到筑路机械的状态监测、过程控制、故障诊断上还需解决一系列工程应用的实际问题。此外,各种测量力、位移、速度、压力等机械量的传统传感器也存在着需要承受工程机械恶劣作业环境的考验,例如振动、冲击、高温、高湿、多尘、噪声等,必须具备必要的可靠性和耐久性。此项研究被认为是工程机械机电一体化技术方面的一项基础性工作。

2. 自适应和优化控制

在筑路机械自动化发展进程中,此项研究是近期最有发展前景、最易取得实效的机电液一体化技术。许多工程机械可由此大幅度地改善性能、节约能源、提高效率、增强安全性和可靠性。此项技术各类机械上的应用前景是十分广泛的。例如:可用于发动机工作过程的最佳控制、发动机与变矩器共同工作的自适应控制、行走速度和工作阻力的自适应调节等;对于摊铺机械、整平机械等的自动找平系统、行走直线性和转向过程的自适应控制;对于多因素交互作用的工作机械作业过程,如压实过程、搅拌过程等的最优控制。

3. 实时监测与故障诊断

这是机电一体化技术应用于工程机械使用与维修方面的一项重要内容。监测机器运行的技术状态,及时发现和排除故障可大大提高工程机械运行的安全性、可靠性和利用率。此项技术对于改进传统的维修制度、修理技术以至于对整个修理行业有着重要的现实意义。

4. 无人驾驶机械与智能化机械

筑路机械自动控制技术最终的归结是作业的无人化、机器人化。工程用机器的智能化要求比一般的工业机器人,例如焊接机器人、装配机器人更高,研究开发的费用也更大,是筑路机械自动化的进一步发展方向,我们可以看到其在水下、危险地带、恶劣环境下作业已首先获得应用。

机电液一体化技术必将以崭新的姿态进入 21 世纪!

第二章 筑路机械电气控制常用器件

筑路机械电气控制系统常用的器件分为常用控制电器、执行机构和检测器件。它们在控制系统中完成不同的任务,下面我们就分别介绍它们各自的工作原理和在控制系统中的作用。

第一节 常用控制电器

常用控制电器在电路中起着开关、控制、保护和调节等重要作用,它们的品种繁多、结构各异。本节将简要介绍工程机械电气控制电路中常用电器的基本结构和工作原理。

一、控制按钮

按钮是一种最简单的电器,用来短时接通或断开控制电路。图 2-1a) 为控制按钮的结构示意图。在常态(未加外力)时,静触点 1、2 与桥式动触点 5 闭合,习惯上称为常闭触点。静触点 3、4 与桥式动触点 5 分断,称之为常开触点。当按下按钮时,动触点 5 先将静触点 1、2 分断,再将静触点 3、4 闭合,所以它也称之为动合触点。

按钮的主要技术参数为:规格、结构型式、触点对数、钮数和按钮颜色。通常,按钮的额定电压为 500V,额定电流为 5A。结构型式有多种,以适应于各种场合。紧急式,装有突出的蘑菇形钮帽,以便紧急操作;旋钮式(X),用手旋转进行操作;指示灯式(D),在透明的彩色按钮内装入信号灯,以供显示用;钥匙式(Y),为使用安全起见,用钥匙插入进行旋转操作等。

图 2-1 控制按钮

a) 结构原理; b) 图形符号

1、2、3、4-静触点; 5-桥式动触点; 6-复位弹簧;
7-按钮

控制按钮主要用于操纵接触器、继电器或电气联锁线路,以实现对各种运动的控制。

二、万能转换开关

万能转换开关可同时控制许多条电路的通断,广泛应用于交直流控制电路、信号电路和测量电路。由于它能控制多个回路,适用复杂线路的要求,故有“万能”转换开关之称。

万能转换开关以手柄旋转的方式进行手动操作,手柄有 2~12 个位置,分定位式和自复位式两种。

图 2-2 是万能转换开关结构原理图,图中仅画出面板和开关的一节。在面板上以黑色圆点标志着操作手柄 2 的位置。在每节塑料盘 3 上对称地安装着两套触点系统,中部选装着两个凸轮 8 和 10。方轴 9 穿过凸轮中心的八角孔,并与手柄相连。当转动手柄时,方轴带着凸轮转动。图中凸轮 8 的凸部将推杆 4 推出,使触点 6 与 7 断开;而凸轮 10 的凹部对准推杆 11,触点弹簧 14 使触点 13 与 12 接通。选用不同形状的凸轮或以不同方位将方轴穿入八角孔,就可使触点

的通断顺序满足电路的要求。一个万能转换开关由许多节(可达 16 节)用两个螺栓分别穿过左、右孔组装而成。紧靠面板还有一节定位装置,它不但使手柄只能停留在指定的位置,而且有一定的速动作用,有利于提高分断能力。

万能转换开关的图形符号有两种表示方式,如图 2-3 所示。图 2-3a) 中操作位置用虚线表示,而不同操作位置的各对触点通断状态,表示在该触点的下方或右侧,规定与虚线相交的位置上的黑圆点表示手柄转到此位置时该副触点接通,无黑圆点则表示该副触点断开。另一种是用触点通断状态表来表示,如图 2-3b) 所示,表中“ ”表示触点闭合,无“ ”时表示触点断开。

三、行程开关

行程开关又称作限位开关。它是利用机械运动部件的碰撞来控制触点动作的小电流开关电器。它通常用于检测机械运行状态、限制机械的运动或实现安全保护电气联锁和程序控制。

1. 直动式行程开关

由图 2-4 可知,直动式行程开关的动作原理与控制按钮类似,所不同的是它用运动部件上的撞块来碰撞行程开关的推杆。其优点是结构简单、成本低,缺点是触点的分合速度取决于撞块移动速度。若撞块移动速度太慢,则触点就不能瞬时切换电路,使电弧在

图 2-2 万能转换开关结构原理

1-面板; 2-操作手柄; 3-塑料盘; 4、11-推杆; 5、14-触点弹簧; 6、13-桥式动触点; 7、12-静触点; 8、10-凸轮; 9-方轴

图 2-3 触点通断顺序表示法

a) 开关展开图; b) 触点闭合表

触点上停留时间过长,易烧蚀触点。因此,这种开关不宜用在撞块移动速度小于 $0.4\text{m}/\text{min}$ 的场合。

2. 微动式行程开关

为了克服直动式结构的缺点,微动式行程开关采用具有弯片状弹簧的瞬动机构,如图 2-5 所示。

图 2-4 直动式行程开关

a) 外形图; b) 原理图; c) 图形符号

1-推杆; 2-弹簧; 3-触点弹簧; 4-常闭触点; 5-常开触点

由于采用瞬动机构, 当开关的推杆被压下到一定距离时, 桥式动触点即瞬时动作, 使常闭触点 4 分断, 常开触点 3 闭合。当外力去掉后, 推杆 1 在恢复弹簧 5 的作用下迅速复位, 常开和常闭触点也即转入常态。采用瞬动机构, 可以使开关触点的换接速度不受推杆压下速度的影响。这样不仅可以减轻电弧对触点的烧蚀, 而且也能提高触点动作的准确性。

微动行程开关的体积小、动作灵敏, 适合在小型机构中使用。但由于推杆所允许的极限行程很小, 以及开关的结构强度不高, 因此, 在使用时必须对推杆的最大行程在机构上加以限制, 以免压坏开关。

3. 滚轮旋转式行程开关

图 2-6 是滚轮旋转式行程开关结构原理图。金属外壳 3 的内部分两层, 下层安装着机械信号传递装置, 如图 2-6a); 上层安装着触点装置, 如图 2-6b)。当撞块相对运动碰撞滚轮 9 时, 通过外转臂 8、带状弹簧 7、内转臂 6、滚珠 11、丁字杆 2、轴 1、摇臂 13 这套机械信号传递装置最后拨动桥式动触点动作。滚轮旋转式行程开关复位

图 2-5 微动行程开关原理图

1-推杆; 2-弯形片状弹簧; 3-常开触点; 4-常闭触点; 5-恢复弹簧

方式分为自动和非自动复位两种。自动复位式是依靠本身的恢复弹簧来复位; 非自动复位式在 U 形的传动摆杆上装有两个滚轮。当撞块通过其中的一个滚轮时, 转臂转过一定的角度, 使

图 2-6 滚轮旋转式行程开关结构原理

a) 下层结构; b) 上层结构

1-轴; 2-丁字杆; 3-外壳; 4、5、10-弹簧; 6-内转臂; 7-带状弹簧; 8-外转臂; 9-滚轮; 11-滚珠; 12-扣板; 13-摇臂; 14、15-常开和常闭触点

开关动作。撞块离开滚轮后，转臂并不自动复位，直到撞块在返回行程中再撞及另一滚轮时，转臂才回到原始位置，使开关复位。这种开关由于具有能“记忆”曾被压动过的特性，因此，在某些情况下可使控制线路简化。

滚轮旋转式行程开关触点动作迅速程度，与生产机械的运动速度无关，有利于灭弧，运行比较可靠。

四、接 触 器

接触器是用来频繁接通和切断电动机或其它负载主电路的一种自动切换电器。通常分为交流接触器与直流接触器。主触点控制交流电路的称为交流接触器，主触点控制直流电路的称为直流接触器。

1. 接触器的工作原理

接触器由触点、电磁机构、弹簧、灭弧装置和支架等部分组成。图 2-7 所示为 CJO- 20 型交流接触器的结构原理图。

图 2-7 CJO- 20 型接触器结构原理图

a) 结构原理； b) 图形符号

触点包括三对主触点和数对辅助触点，一般采用桥式结构。主触点体积较大，因此，用于通断主电路；辅助触点体积小，只能用以通断控制电路。接触器是根据电磁吸铁原理制成的。线圈通电时动铁芯被吸引，带动着桥式动触点与静触点接通，这个状态习惯上称为接触器“动作”。反之，线圈断电时动铁芯在弹簧的作用下复位，这个状态叫做“释放”。

2. 接触器的主要技术参数

接触器的主要技术参数有：触点额定电压、额定电流、主触点和辅助触点的数目，可控制电动机的最大功率、线圈电压、线圈消耗功率等。

线圈电压分直流和交流两种，交流 50Hz 的额定电压有 36V、127V、220V、380V；直流额定电压有 24V、36V、48V、110V、220V。

主触点的额定电流常分为 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A 几个等级。

五、继 电 器

继电器是一种根据外界输入的一定信号（电的或非电的）来控制电路中电流“通”与“断”的自动切换电器。它主要用来反应各种控制信号，其触点通常接在控制电路中。继电器的种类很多，其分类方法也较多。

按反应信号的不同，可分为电压、电流、功率、时间、热继电器和压力继电器等。
按动作原理的不同，可分为电磁式，感应式、电动式、电子式继电器和热继电器等。
下面主要介绍常用的电磁式继电器、热继电器、时间继电器和压力继电器。

1. 电磁式继电器

电磁式继电器与接触器的结构和工作原理大致相同，但电磁式继电器体积较小，动作灵敏，没有庞大的灭弧装置，触点的种类和数量也较多。

2. 热继电器

热继电器是利用电流通过热元件的热效应来工作的一种过热保护电器。常用作连续定额三相异步电动机的长期过载和断相保护。图 2-8 为两相式热继电器结构原理图。

图 2-8 两相式热继电器结构原理图

1-壳体；2-双金属片；3-加热元件；4-导板；5-补偿双金属片；6、7-静触点；8-复位调节螺钉；9-动触点；10-再扣弹簧；11-复位按钮；12-按钮复位弹簧；13-凸轮（电流调节按钮）；14-支持杆；15-弹簧；16-推杆

它主要由双金属片、加热元件、动作机构、触点机构、整定调整装置和温度补偿元件等组成。

两组双金属片 2 和加热元件 3 与电动机的两相电源进行串联。电动机在额定负载下工作时，双金属片被加热，其上端向右弯曲（图中涂黑的那层金属比不涂黑的那层金属线膨胀系数大），推动导板 4，并通过温度补偿双金属片 5 和推杆 16，传给动触点 9 推力，但此推力不足以克服反力弹簧的弹力，因此，触点 6 与 9 组成的一对常闭触点仍处于原来的闭合状态。如果电动机过载，则电动机的工作电流比额定值大，双金属片经过一段时间，就显著变弯，将常闭触点分断，从而使电动机自动断电，起到了过载保护的作用。

电动机断电后，双金属片就逐渐散热冷却。经过一段时间，动触点 9 在弹簧反力的作用下返回原位，使 6、9 常闭触点自动闭合。

除能自动复位外，还可用复位按钮 11 进行手动复位。

3. 时间继电器

时间继电器是一种使触点延时闭合和断开的自动时间控制电器。按工作原理可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和电子式等多种类型。

1) 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器由电磁系统、触点机构和气囊三部分组成，图 2-9 是它的结构原理图。图中所示为线圈断电时的情况。

图 2-9 空气阻尼式时间继电器结构原理图

1-静铁芯；2-线圈；3-托板；4、6-瞬时和延时微动开关；5-杠杆；7-调节螺钉；8-进气孔；9-出气孔；10-橡皮膜；11-活塞杆；12、14-弹簧；13-动铁芯

线圈通电后，动铁芯被吸，向上移动，微动开关 4 瞬时动作，弹簧 12 推动活塞杆 11 上移，气囊从很小的进气孔 8 吸入空气，活塞杆在空气阻尼作用下缓慢地向上运动，经过一段时间，杠杆 5 使微动开关 6 动作。从线圈通电到延时微动开关 6 动作的这段时间即为延时时间。调节螺钉 7 可以改变进气孔的大小，即可改变延时时间。

线圈断电后，依靠弹簧 14 的作用而复位，空气从较大的出气孔 9 迅速排出，两微动开关都瞬时复原。

这种安装方式属于通电延时继电器。如果将电磁系统和微动开关一起上下翻过来安装，就可以改造成断电延时继电器。

空气阻尼式时间继电器结构简单、价格便宜，但精度不高，其延时值可以从 0.4~180s 范围内连续调节。

2) 电动式时间继电器

电动式时间继电器原理是利用同步电动机带动齿轮传动机构从而获得触点的延时动作。它由同步电动机、电磁系统、触点系统、机械传动系统和指示系统等组成。图 2-10 是它的结构原理图，齿轮 19、20 与主轴 5 之间是活动连接，不能直接传递动力；齿轮 17 的轴与主轴固定连接，并与齿轮 19、20 的内平面圆周上的牙齿相啮合。图中所示为断电时的情况，左上角为电路图。

通电后的动作过程如下：

- (1) 动铁芯 14 被吸下，弹簧 2、9、15 被拉伸，触点 10 瞬时动作；
- (2) 齿轮 19 被制动片 8 卡住而不能转动，同步电动机 11 在通电的同时启动，经二级齿轮减速将动力传递给齿轮 20，通过齿轮 17 将动力传递给主轴 5，指针 7 向逆时针方向移动；
- (3) 当指针移到零位时，凸轮 21 推动钩 16、杠杆 4 脱离缺口并被弹簧 2 所拉，延时触点动作；
- (4) 延时触点的一副常闭触点断开同步电动机（见电路图）。从通电开始到延时触点动作这段时间，即指针 7 的起始位置所指示的时间。

断电时电磁系统及触点系统在弹簧 15 的作用下复位，制动器 8 脱离齿轮 19，主轴呈自由

状态，在游丝 18 的作用下带着指针 7 返回。

定时指针 6 固定在继电器玻璃罩下面，拨动它可以改变指针 7 的起始位置，即调节延时时间。

图 2-10 电动式时间继电器原理结构

1-延时触点；2、3、9、15-弹簧；4-杠杆；5-主轴；6-定时指针；7-走动指针；8-制动片；10-瞬时触点；11-同步电动机 D；12-静铁芯；13-线圈；14-动铁芯；16-钩；17、19、20-齿轮；18-游丝；21-凸轮

电动式时间继电器的优点是延时准确、延时范围宽（0.5s ~ 72h）、调节方便、可见指针移动。在搅拌楼控制系统中常用它作为搅拌计时。

4. 压力继电器

压力继电器是把气体或液体的压力信号转换成电信号，又返回去控制气压或液压系统的自动控制电器。如当气路气压低于某给定值时，压力继电器自动接通电路，使空压机自动启动；当气压高于某给定值时，压力继电器自动断开电路，使空压机自动停止工作。图 2-11 所示是压力继电器的结构原理图，它由气（或油）缸、活塞和触点等部分组成。

当进气管 1 中的气压降低到某给定值时，反作用弹簧 4 推着活塞 3 向下移动，杠杆 6 右端向上抬起，一旦动触点 7 的铰接轴越过了弹簧 10，触点迅速接通，其状态由图 2-11a) 变到 b)。反之，当气压升高到某给定值时，活塞克服弹簧 4 的压力向上移动，触点迅速断开。弹簧 10 不但保证触点有足够的压力，而且能使触点动作迅速且与活塞的运动速度无关。转动调整螺钉 5 可以改变反作用弹簧 4 的松紧，从而调节被控压力的范围。

六、电磁离合器

电磁离合器是用来传递或隔断转矩的一种电器元件，又称为电磁联轴器。它有摩擦片式、铁粉式、感应转差式和牙嵌式等类型，主要用在自动变速和电磁操纵机械式制动