

水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材

电气设备及控制

水利部综合事业局 组织编写

梅华锋 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材

电气设备及控制

水利部综合事业局 组织编写

梅华锋 主编

本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	书号	978-7-116-05000-0
本书由水利部综合事业局组织编写，梅华锋主编。本书共分10章，主要内容包括：绪论、常用低压电器、电动机、变压器、电力电缆、继电保护、自动控制、电气安全、电气施工、电气试验等。	定价	25.00元
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	ISBN	978-7-116-05000-0
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	作者	梅华锋
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	出版社	中国水利水电出版社
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	地址	北京市丰台区右安门外大街22号
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	电话	010-88388888
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	网址	www.waterpub.com.cn
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	书号	978-7-116-05000-0
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	定价	25.00元
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	ISBN	978-7-116-05000-0
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	作者	梅华锋
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	出版社	中国水利水电出版社
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	地址	北京市丰台区右安门外大街22号
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	电话	010-88388888
本书为水利部综合事业局组织编写的《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》之一，主要介绍电气设备及控制的基本知识、基本理论和基本操作技能。本书可作为水利系统从事启闭机运行、维护、检修、管理等工作的专业技术人员培训教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。	网址	www.waterpub.com.cn



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

地址：北京市丰台区右安门外大街22号 邮编：100054 电话：010-88388888

定价：25.00元

内 容 提 要

本书概述了水利工程启闭机电气系统的构成与特点,技术要求及发展。分别介绍了常用低压元器件、电动机、电阻器、人机界面、检测元件、起重量限制器、变频器等主要电气设备。并讲述了常规继电器接触控制、PLC 控制及总线与网络控制在内的有关电机传动与控制方面的知识。结合启闭机电气系统设计的内容及水利水电工程上的设计实例,分析了启闭机在电气系统方面的常见故障及解决办法,同时还介绍了有关启闭机的制造安装及验收方面的知识。

本书既可作为启闭机电气技术人员的培训教材,也可供科研、设计、施工、运行人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备与控制 / 梅华锋主编 ; 水利部综合事业局
组织编写. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2015. 6
水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材
ISBN 978-7-5170-3341-7

I. ①电… II. ①梅… ②水… III. ①电气设备—自
动控制系统—技术培训—教材 IV. ①TM762

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第148688号

书 名	水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材 电气设备与控制
作 者	水利部综合事业局 组织编写 梅华锋 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷 印	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9.75印张 231千字
版 次	2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	48.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会

主 审：李兰奇

副 主 审：李文明 曹树林

主 编：梅华锋

编写人员：梅华锋 张煜明 郑宇辉 汤勇生

邱 艳 王晗埭

序

水利工程启闭机是水利工程中用于实现闸门开启和关闭、拦污栅起吊和安放的专用设备，其质量与安全直接关系到水利工程的安全运行，关系到国家和人民生命财产安全。

国家历来重视启闭机的产品质量管理工作，水利部自 1992 年起对启闭机实行使用许可证管理制度。2004 年，“启闭机使用许可证核发”被国务院作为确需保留的行政审批项目设定行政许可（国务院 412 号令第 166 项）。2010 年 10 月和 2011 年 3 月，水利部分别颁布了《水利工程启闭机使用许可管理办法》（水利部 41 号令）和《水利工程启闭机使用许可管理办法实施细则》（水事业〔2011〕77 号），以进一步加强启闭机使用许可管理。部领导对此项工作高度重视，2007 年 12 月和 2012 年 11 月，陈雷部长和李国英副部长分别就启闭机使用许可管理工作做出重要批示：加强水利工程启闭机质量管理，关系到水利工程的运行安全和人民生命财产安全；要加强制度建设，完善有关管理办法，加强全过程监督管理，确保质量和运行安全。多年来，严格的管理大大提高了启闭机产品质量，有效地保护了水利工程的安全。经过多年的共同努力，我们可以看到行业管理力度不断加强，市场准入制度逐步完善；行业企业规模逐步壮大，产品质量不断提升；产品技术创新能力有所提高，新产品新技术不断涌现，市场竞争力不断提升。

2009 年，水利部综合事业局编写了《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材》，以进一步提升启闭机制造企业专业技术人员的业务素质，使其全面掌握启闭机制造技术，保障企业生产出合格的启闭机产品。近年来，随着我国现代化工业的飞速发展和进步，启闭机生产技术和工艺水平也得到了相应的蓬勃发展，尤其是新技术、新工艺和新材料在启闭机制造过程中的大量应用，使启闭机生产技术提升到另一个高度，同时，涉及启闭机生产过程的相关技术标准 and 规范也进行了修订。因此，在原教材的基础上，综合事业局

精心策划、组织相关专家对原教材进行了修订，将理论与实际相结合，力求更加严谨，更加通俗易懂，从而打造一套更加适合启闭机行业企业技术人员水平的优秀教材。

希望本套教材的出版可以更好地帮助水利工程启闭机生产企业及相关单位技术人员全面了解、掌握启闭机的设计制造技术，为推动企业技术进步，强化质量管理，提升产品科技含量，提高产品现代化水平，保障启闭机的安全运行做出更大贡献。

水利部综合事业局局长

郑通汉

2015年3月

前 言

自上一版《水利工程启闭机电气部分》2009年12月出版以来,作为一本培训教材,它对水利工程启闭机的电气设计、制造、安装调试及验收和运行管理起到了很好的指导作用,有力地促进了水利行业启闭机制造的规范化,其实用性和通用性的特点受到了广大读者的一致好评。

近年来,国内外电气新技术不断涌现,它们在启闭机产品中得到了广泛应用,同时,自2009年以来,大量的启闭机及电气技术标准均出现修改或增加,如SL 41—2011《水利水电工程启闭机设计规范》、GB 6067.1—2010《起重机械安全规程 第1部分:总则》、GB/T 28264—2012《起重机械安全监控管理系统》等,业内人士认为第一版的内容已不能完全满足广大读者的要求,有必要进行全面的修改和补充。

为此水利部综合事业局,组织相关专业人员进行了《水利工程启闭机专业技术人员培训系列教材 电气设备及控制》的编写工作,本次编写修订依据“系统性、直观性和实用性”的原则,做了如下修改:

第一章中增加了启闭机电气系统的一般技术要求,删除了第一版中电气系统的性能要求的内容。

第二章改为启闭机常用电气设备:主要涉及到启闭机电气系统常用的电气元器件及设备,如起重重量限制器、电缆卷筒、电阻器、起重专用变频器、液压抓梁检测元器件、工控机和触摸屏等。

第三章改为启闭机电气传动与控制,增加了安全监控管理系统的新内容。

第四章增加了启闭机电气设备的选用,在“启闭机电气系统设计”一节中增加了大量有关启闭机电气系统设计、制造和验收的新标准的内容,并结合启闭机起升机构能量反馈的案例,充实了启闭机变频调速部分的新内容:删除了原教材的运用案例,增加了反映卷扬式启闭机和液压启闭机最新电气技术的两个成功案例。

第五章增加了启闭机电气设备成套出厂验收的具体要求:如司机室、电机、电控柜等,同时增加了启闭机安装调试的具体步骤和要求。

第六章删除了原教材中“状态监测与故障诊断”一节。

本书在修订过程中，得到了许多单位的领导和专家的鼎力支持和帮助，在此谨向为本书的撰写、审校和出版付出艰辛劳动的全体人员致以诚挚的谢意。

由于时间和能力水平有限，本书中难免存在错漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2015年3月

目 录

序 前言

第一章 概述	1
第一节 启闭机电气系统的构成及特点	1
第二节 启闭机电气系统的一般技术要求	2
第三节 启闭机电气系统的发展	4
第二章 启闭机常用电气设备	6
第一节 常用低压元器件	6
第二节 交流电动机	27
第三节 电阻器	36
第四节 工控机与触摸屏	37
第五节 检测元件	41
第六节 起重量限制器	46
第七节 变频器	47
第三章 启闭机电气传动与控制	52
第一节 三相异步电动机的启制动	52
第二节 三相异步电动机的调速	57
第三节 电气控制方式	61
第四节 安全监控管理系统	75
第四章 启闭机电气系统设计	78
第一节 启闭机电气系统设计的基本流程	78
第二节 启闭机电气制图的基本要求	79
第三节 启闭机电气设备及选用	85
第四节 启闭机电气系统设计	91
第五节 启闭机电气系统设计实例	106
第五章 启闭机电气系统的制造安装及验收	116
第一节 启闭机的设计总原则及验收资料	116
第二节 启闭机电气设备的验收	117
第三节 启闭机电气设备安装调试的总体要求	119

第四节 启闭机电气系统的试验与验收	122
第六章 启闭机电气系统故障诊断	126
第一节 电气系统常见故障	126
第二节 电气系统故障查找	128
第三节 启闭机的电气调试及常见故障分析	138
参考文献	144

第一章 概 述

第一节 启闭机电气系统的构成及特点

在水利水电工程中，将启闭水工建筑物中的闸门用的起重机械统称为启闭机。根据启闭机的机构特征将启闭机分为固定卷扬式启闭机、移动式启闭机、螺杆式启闭机和液压启闭机。其作用主要用于操作门叶的移动，达到开启、关闭孔口的目的。启闭机具有防洪、供水、发电、通航、排除漂浮物等功能。

启闭机电气又称为电力传动控制或电力拖动控制，它的基本目的是将电能转化为机械能，并通过对其控制完成生产工艺过程的要求。为了实现生产过程自动化的要求，启闭机电气不仅包括拖动闸门提升机构的电动机，而且还包含控制电动机的一整套控制系统，也就是说，电气控制系统是由各种传感与检测元件、信息处理元件和控制元件组成的自动控制系统。

一、启闭机电气系统的构成

启闭机根据水利工程的要求有不同的种类，结构形式千差万别，其控制系统也不同，但是归纳起来，同其他控制系统一样，启闭机电气电路可分为主要被控回路（即主回路）和控制回路。从电路上看，它们都有电源供给部分，也有自己的保护电路；为了能感受系统信息，有时还采用传感器及其他转换部件。为此，启闭机整个电气系统可以归纳为由供电与保护系统、传动与控制系统和照明与检测三部分构成。

1. 供电与保护系统

供电与保护系统包括电源进线保护开关、总断路器和接触器等以及相应的操作及指示器件，如钥匙开关、启动停止按钮、紧急开关、指示灯等，并配以短路、过流、欠（失）压和相序保护。

2. 传动与控制系统

传动与控制系统由启闭机各主要机构（如起升、平移、回转机构等）、辅助机构（如抓梁、葫芦及液压夹轨器等）的电力拖动与控制及相应的安全保护装置所组成，如控制柜（屏）、电阻器、制动器的电力驱动器件、操作器件（按钮、主令控制器等）。常见电气传动方式有直接启动、串电阻启动、能耗制动调速、涡流调速、变频调速等。控制系统有常规继电器接触器控制、可编程控制器（PLC）控制、总线和网络控制等。

3. 照明与检测

照明与检测由启闭机各部位照明、检修照明及荷重、行程、风速以及开度等检测组成，如荷重仪、高度限制器、风速仪及行程开关等。



启闭机电气安全保护和装置有缺相保护、错相保护、零位保护、短路保护、过流保护、漏电保护,另外,还有起重量限制器、高度限制器、行程开关、夹轨器与锚定装置、风速仪、缓冲器、制动器以及穿退销保护等电气设备。

二、启闭机电气系统的特点

启闭机是一类特殊的起重设备,因此其控制和普通起重机的控制有相似之处,但是,作为一种专门启闭水利工程闸门的专用起重设备(见图 1-1)有它自己的特点:

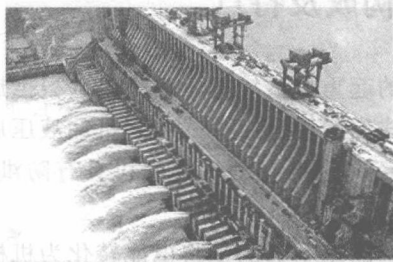


图 1-1 闸门启闭机

(1) 启闭机拖动的荷载变化大。下降时,闸门及其附件的重力足以克服摩擦阻力,载荷几乎为零;上升时,因意外原因,可能会出现卡阻,最大负荷往往大于额定负载,所以中等以上启闭机一般要求设置负荷指示和负荷限制器。

(2) 启闭运动速度低。一般为 $1\sim 2\text{m/min}$,通常不超过 5m/min ,甚至为 0.1m/min 。

(3) 工作级别低,但要求绝对可靠。除一些船闸以及泄洪用的闸门启闭较频繁外,有些闸门几个月才启闭一次。

(4) 双吊点启闭机的运动要求同步。多数闸门,特别是大跨度闸门上具有两个吊点,所以这类闸门的启闭机具有两套额定容量相同的起升机构,为保证闸门的顺利启闭,就要求保证双吊点同步。

除此之外,根据水利工程的不同,启闭机的控制也有特殊的要求,比如带充水阀的闸门,要求开启充水阀后自动停机,待充水平压后再提升闸门;对于快速事故闸门,要求快速闭门,但并不需要快速启门,因此闸门要求具有两种运行速度。

第二节 启闭机电气系统的一般技术要求

启闭机电气系统的一般技术要求,大致可分为两类:一类是工作环境的要求,另一类是系统的使用性能。

一、电气系统的工作环境

1. 电源

启闭机的电源为三相交流,频率为 50Hz ,电压为 380V 。在正常工作条件下,供电系统在启闭机馈电线接入处的电压波动不应超过额定值的 $\pm 10\%$,其中启闭机内部电压降应不超过 5% 。

2. 防油滴

任何润滑系统、液压系统或其他含油装置在运行和安装时均应保证不会使油滴到电气设备上,否则电气设备应加以保护,不致因油滴而损坏。



3. 环境温度

启闭机电气设备应能保证在启闭机运行场所的环境温度范围内正常工作。当所选电气设备不满足工作环境温度时，应对电气设备的工作环境采取冷却或加温措施。

4. 相对湿度

周围空气温度在 40°C 的最高温度时，其相对湿度不超过 50%，较低温度下相对湿度可以提高（例如在 20°C 时提高为 90%），应考虑到由于温度变化可能偶然发生一般凝露。

周围空气温度在不超过 25°C 时，相对湿度允许短时高达 100%。

5. 海拔

一般启闭机电气设备使用的海拔不超过 1000m。启闭机若用于海拔 1000m 以上时，其电气设备应符合相应的电气产品标准规定。

二、使用性能要求

启闭机按照 SL 41—2011 和 GB/T 3811—2008 设计规范必须满足如下使用性能要求：

(1) 启闭机的启闭容量应大于或等于闸门计算启闭力。对于闸门前有泥沙淤积的双吊点启闭机，其启闭力的确定应考虑两个吊点启闭荷载的不均匀系数。同时应满足最大工作行程要求，并留有适当的裕度。

(2) 对在严寒地区使用的启闭机，应有必要的保温设施，工作油或润滑油的牌号应考虑工作地区的气温条件。

(3) 对浸入水中的部分，需采取密封、防腐等措施。如动滑轮组，宜采用自润滑滑动轴承。

(4) 对用以操作泄洪、挡潮及其他应急闸门的启闭机，必须采取可靠的备用电源，若启闭力较小，则需配备手摇起升机构。

(5) 对采用双吊点闸门的启闭机，应有可靠的同步控制措施。

(6) 有小开度或平压阀充水要求的闸门，启闭机应设有能满足小开度要求的控制装置或其他措施。

(7) 与启闭机使用有关的参数，应符合有关标准及用户在订货合同中提出的要求。

(8) 电站机组进水口及泵站出水口的快速闸门启闭机应满足快速关闭孔口的时间要求，并应设有限速装置或缓冲装置。闸门接近全关闭时的速度不应大于 $5\text{m}/\text{min}$ 。

(9) 在供电系统电压波动为额定值的 $\pm 10\%$ 时起升额定载荷，无论载荷处于什么位置，系统应保证机构正常工作且不出溜钩。

(10) 除非控制方案允许，无论控制手柄处于什么位置，正常工作时满载下降速度不应超过额定速度的 120%。

(11) 对启闭机运行和回转机构，两个方向的启动和停车应渐进控制。

(12) 自动抓梁采用电缆卷筒供电时，电缆的收放应与抓梁升降同步，自动抓梁要求在水下运行的电气或液压系统应有可靠的耐水压密封。

(13) 多孔泄水系统的固定式启闭机，除现地操作外，宜设置集中或远程控制。电站机组进水口和泵站出水口的快速闸门启闭机，其快速闭门功能应既能在现地操作，也能远程控制。启闭机采用集中控制或远程控制时，宜设有可靠的监测、监视装置。



(14) 移动式启闭机宜采用现地操作方式。

第三节 启闭机电气系统的发展

现代科学技术的发展,极大地推动了不同学科的相互交叉与渗透,导致了几乎所有工程领域的技术革命与改造,纵向分化、横向综合已成为当代科学技术发展的重要特点。在机械工程领域,由于微电子技术的飞速发展及其向机械工业的渗透所形成的机电一体化,使机械工业的技术结构、产品结构、功能与构成、生产方式及管理体系均发生了巨大的变化,使工业生产由“机械电气化”迈入了以“机电一体化”为特征的发展阶段。

“机电一体化”的发展趋势可以概括为以下三个方向:性能上向高精度、高效率、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。

自从以电动机作为启闭机的原动机以来,伴随着电气控制技术的发展,启闭机的电气控制经历了以下四个阶段。

一、继电器接触器控制

最早的自动控制是 20 世纪 20—30 年代出现的传统继电器接触器控制,它可以实现对控制对象的启动、停车、调速、自动循环以及保护等控制。该方式优点是所使用的控制器件结构简单、价廉、控制方式直观、易掌握、工作可靠、易维护等特点。因此,在设备控制上得到了广泛的应用。但是,经过长期使用,人们发现这种控制方式存在不足之处,那就是体积大、功耗大、控制速度慢、改变控制程序困难。由于是有触点控制,在控制系统复杂时可靠性降低。所以,不适合对生产工艺及流程经常变化的控制要求。

二、可编程序控制器 (PLC) 控制

可编程序控制器又简称为 PLC,是计算机技术与继电器接触器控制技术相结合的产物。它是以微处理器为核心,顺序控制为主的控制器,不仅具有顺序控制器的特点,而且具有微处理器的运算功能。可编程序控制器 (PLC) 的设计以工业控制为目标,因而具有功率级输出、接线简单、通用性好、编程容易、抗干扰能力强、工作可靠等一系列优点。它一问世就以强大的生命力,大面积地占领了传统的控制领域。可编程序控制器 (PLC) 的一个发展方向是微型、简易、价廉,以适应单机控制和机电一体化相结合的控制,使可编程序控制器 (PLC) 更广泛的取代传统的继电器控制;而它的另一个发展方向是大容量、高速、高性能,实现可编程序控制器 (PLC) 与管理计算机之间的通信网络,形成多层分布控制系统,对大规模复杂控制系统能进行综合控制。

三、现场总线和网络控制

现场总线技术产生于 20 世纪 80 年代。随着自动控制系统的网络化、信息化进程的不断加快,十几年来,欧洲、北美的一些企业陆续推出了几十种控制网络,其中有一些已被



列入国际标准, 如 FF (Foundation Fieldbus)、LonWorks、CAN (Controller Area Network)、PROFIBUS (Process Field Bus), 我国现场总线近年来已被成功运用于启闭机电气控制系统中 (如三峡尾水门机电控系统、液压启闭机等)。网络控制系统 (Networked Control System, NCS) 是将多个分散在生产现场的, 具有数字通信能力的测量控制仪器和仪表作为网络节点, 采用公开、规范的通信协议, 以现场总线作为通信的纽带, 把现场控制设备连接成可以相互沟通信息, 并能够共同完成自动控制任务的网络与控制系统。

四、无线通信技术

由于地面和墙体布线、网络线路维护等一系列问题, 特别是在一些设备需要较大范围移动的场合, 固定的线路给应用带来了很大不便。近年来无线通信技术得到了蓬勃发展。基于无线传输的网络系统其性能指标, 如传输速率、误码率、传输距离等, 都有了很大的提高。将无线通信技术应用于网络控制系统, 可以使得网络控制系统延伸至光缆或电缆铺设不便的特殊地理环境, 还适用于对控制网络中的节点有移动性要求的场合。同时无线网络系统也可作为有线网络控制系统的备份和补充。随着无线通信技术和控制技术的逐渐成熟和应用, 无线控制网络虽然不能完全取代有线网络, 却足以作为其一种重要的补充, 并可与其一起组成一种安全、可靠、灵活、高效的新型工业控制模式。

综上所述, 可以看到当今的启闭机控制技术是微电子、电力电子、计算机、信息处理、通信、检测、过程控制、伺服传动及自动控制等多种技术相互交叉、互相渗透、有机结合而成的一种综合性技术。

第二章 启闭机常用电气设备

第一节 常用低压元器件

一、断路器（塑壳开关和框架开关）

断路器用于配电系统中总电路与分支电路的保护及通断电控制，也可用于非频繁通断的用电设备的控制和保护，如图 2-1 所示。

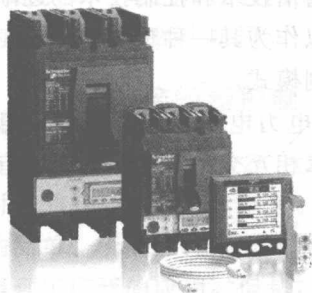


图 2-1 断路器

断路器由开关部分、保护部分和控制部分组成。根据保护部分的特性，断路器又可分为配电保护断路器、电动机保护断路器和发电机保护断路器。

（一）断路器的主要参数

（1）额定工作电流。断路器能够长时间承受，并正常接通和切断的电流。通常根据负载设备的工作电流选择。

（2）额定工作电压。断路器能够长时间承受的工作电压，应高于断路器所处的线电压。

（3）极限分断能力。断路器可分断的最大短路电流。执行分断任务后的断路器不保证能够再次分断短路电流，

必须检修后方可继续使用。

（4）使用分断能力。断路器可分断的短路电流。执行分断任务后的断路器至少还具备分断另一次相应的短路电流的能力。

（5）短时耐受电流。为了保证配电线路的选择性，上级断路器要能够承受短时间的局部短路电流。

（二）脱扣器

脱扣器用于在故障发生时使断路器主触点分离（脱扣）。

根据保护的性质，脱扣器分为电磁保护脱扣器和热磁保护脱扣器。前者只提供短路保护，后者可同时提供短路保护和过载保护。

根据保护的對象或应用场合，脱扣器分为电动机保护脱扣器、配电保护脱扣器和发电机保护脱扣器。三者的主要区别在于短路保护电流对整定电流的倍数，电动机保护时取值较大而发电机保护时取值较小。

根据脱扣器的性能，脱扣器又分为普通脱扣器和电子脱扣器。

各种脱扣器的脱扣曲线示意如图 2-2 所示。

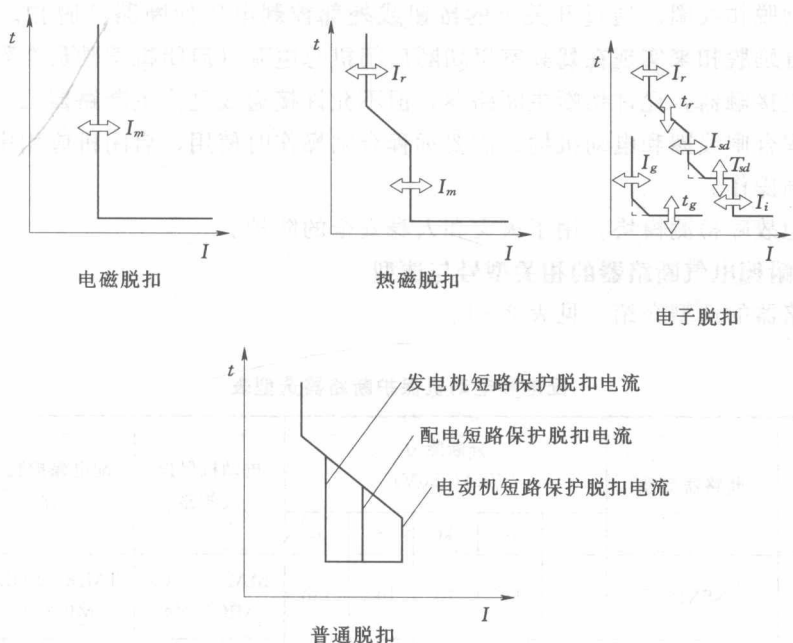


图 2-2 不同脱扣器的脱扣曲线

I_m —短路保护电流； I_r —热保护电流； I_{sd} —短路故障固定延时保护电流； I_i —短路故障瞬时保护电流； I_g —接地故障保护电流； T_{sd} —短路故障保护动作延时时间； t_g —接地电流故障保护电流

1. 电动机电磁保护脱扣器

(1) 配置有电动机电磁保护脱扣器的断路器称作电动机保护断路器。主要任务是为电动机提供短路保护和隔离点，它可以与热继电器一起构成非频繁操作的电动机控制器，与作为电动机热保护的电动机断路器相比，电流更大，性能更强。但一般不提供热磁（过载）保护脱扣功能，除非选用电子脱扣器。

(2) 大电流电动机保护脱扣器（如施耐德电气的 NSX 系列断路器超过 220A 时），只有电子式的可供选用。电子式电动机保护脱扣器（MIC2.*M）除了可以为电动机负载提供短路保护外，还可提供过载保护和断相故障保护。

2. 配置配电热磁保护脱扣器

(1) 配置配电热磁保护脱扣器的断路器称为配电保护断路器。主要任务是为各种类型的负载提供短路保护、过载保护和隔离点。

(2) 当配电回路的额定电流较大时（如：施耐德电气产品为大于 250A），只有电子式配电保护脱扣器可供选用。电子式配电保护脱扣器可以通过对长延时、短延时、瞬时延时的整定值和延时时间的分别整定，为配电回路提供完善的保护。

（三）断路器的主要附件

(1) 辅助触点。可分别指示断路器触头位置、断路器脱扣、已储能、断路器故障脱扣和断路器接地故障脱扣。

(2) 欠压脱扣线圈。发生欠电压故障时使断路器脱扣。