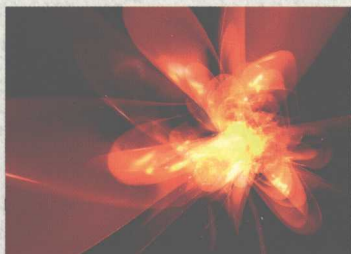


ZHIYEJIAOYU SHIYONGJIAOCAI

职业教育试用教材

机电设备 | 技术和节能

JIDIAN SHEBEI JISHU HE JIENENG



主编 冯送京 米易



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

职业
教育
试用
教材

JIDIANSHEBEIJISHUHEJIEENENG

机电设备 技术和节能

主编

冯送京 米 易

西北
大学
出版
社

图书在版编目(CIP)数据

机电设备技术和节能/冯送京,米易主编. —西安:西北大学出版社,2007.9

ISBN 978-7-5604-2374-6

I. 机... II. ①冯...②米... III. 机电设备—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 140024 号

机电设备技术和节能

主 编 冯送京 米 易

出版发行	西北大学出版社	社 址	西安市太白北路 229 号
电 话	029—88305287	邮政编码	710069
经 销	新华书店	印 刷	西安华新彩印有限公司
版 次	2007 年 9 月第 1 版	印 次	2007 年 9 月第 1 次印刷
开 本	787×1092 1/16	印 张	11.75
字 数	280 千字	印 数	1—3500
书 号	ISBN 978-7-5604-2374-6	定 价	20.00 元

陕西省建筑材料工业学校 教材编审委员会

主任

高东

副主任

方学初 张中华 魏萍 张毓

委员

毕 强 米 易 周建平 徐 瑛 马彦锋
费宝军 谢凤国 郭玉红 魏 东 鱼 浪
常晓明 邵晓莉 李 伟 顾学福

主编

冯送京 米 易

前 言

建材工业主要包括水泥、玻璃、陶瓷、砖瓦、石棉和现代复合材料等建筑材料的生产加工。建材工业所用机电设备分为通用设备和专业设备两大类,其单机功率大、耗能高,因此采用先进的节能技术和装备是其工作重点。

本书以笔者多年从事建材企业设备管理和节能管理的实践经验为基础,结合近年来机电设备技术和节能的需要,为培养建材企业急需的技术人员而编写。

本书通用设备部分主要包括电力的输送分配设备,电机的使用和节能技术,重点讲叙了近年来日益普及的电力电子技术;风机、水泵、空压机、起重机、皮带输送机等选型、使用、维护的常识。专用设备部分较详细地介绍了其构造原理、工艺功能、设计选型、维护常识、修理技巧,并结合工艺要求对巡检中设备故障的易发部位和严重后果做了重点讲解。在内容分配上,本书以水泥工艺为主,着重讲解新型干法窑外分解技术和装备,对湿法长窑和立窑则作了简单介绍;对玻璃熔窑和陶瓷、砖瓦隧道窑则侧重于自动控制系统。

由于建材行业的发展历史可追溯到几千年前,其设备种类繁杂,但能够称为工业化生产的设备发展历史不过百年左右。因此,本书直接讲解 20 世纪末在现代化水泥企业普遍采用的电气化、自动化的集散制数字逻辑控制系统(DCS),基本能反映目前我国建材行业机电装备的现状和发展方向;对部分企业仍采用的继电器-接触器控制系统或单板机顺序控制系统做了简单介绍。

学习此课程之前,学生应对电工基础和电子技术的基本知识有所了解,同时在学习过程中应至少进行两次现场实习或参观,增加一定感性认识,方能有效提高学习质量。

限于编者水平,同时编写时间也比较仓促,因而教材中一定存在不妥之处,希望广大读者提出批评和指正。

编 者

2007 年 7 月



目 录

第一篇 通用设备技术	(1)
第一章 变配电设备和技术	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 受电线路	(4)
第三节 总降压站、主变电所和车间变电所	(6)
第四节 二次回路和继电保护装置	(13)
第五节 计量设备	(15)
第六节 防雷、接地和安全用电	(16)
第七节 电气设备的预防性试验	(18)
第二章 电机和启动、调速设备	(24)
第一节 电机的分类和原理	(24)
第二节 电机的启动设备和技术	(26)
第三节 各类电机的调速	(31)
第四节 电机的制动	(33)
第五节 电力电子技术的应用	(33)
第六节 自动化技术和设备	(44)
第三章 起重运输设备	(55)
第一节 皮带运输机	(55)
第二节 空气压缩机	(58)
第三节 泵类设备	(59)
第四节 风机	(59)
第五节 架空索道和道路运输车辆	(61)
第六节 吊车、叉车、起重机和机加工设备	(61)
第二篇 建材工业专用设备及技术	(65)
第四章 矿山设备	(67)
第一节 采掘设备	(67)
第二节 破碎机及其外围设备	(67)



第三节 堆料机及均化设备	(70)
第五章 原料制备设备	(74)
第一节 配料设备	(74)
第二节 生料磨及外围设备	(74)
第六章 煅烧设备和技术	(80)
第一节 水泥熟料的煅烧设备	(80)
第二节 陶瓷、砖瓦隧道窑	(87)
第七章 水泥粉磨设备	(90)
第八章 建材产品深加工和延伸产品制造设备	(92)
第一节 商品混凝土搅拌站的设备	(92)
第二节 混凝土预制设备	(92)
第三节 玻璃纤维及其制品设备	(92)
第九章 化验、检验和质量控制设备	(93)
第一节 物理检验仪器和设备	(93)
第二节 在线随机检测的自动化设备	(95)
第十章 包装、输送和储存设备	(97)
第一节 水泥包装机	(97)
第二节 水泥散装设备	(97)
第三篇 建材企业的节能和环保设备	(99)
第十一章 余热发电和废热利用设备	(101)
第一节 有关热工的基本知识	(101)
第二节 余热提取和输送及补燃锅炉	(104)
第三节 $2 \times 12\text{MW}$ 余热电站设备简介	(105)
第四节 余热电站的并网和上网	(108)
第十二章 无功补偿和功率因数的提高	(110)
第一节 功率因数的概念和意义	(110)
第二节 提高功率因数的方法	(111)
第三节 同步机超前运行补偿功率设备	(114)
第十三章 用电设备的节能技术	(116)
第一节 电动机的节能	(116)
第二节 风机、水泵的节能	(118)



第三节 照明用电的节能	(121)
第四节 润滑技术和节能	(126)
第五节 变流装置和电热设备的节能	(134)
第十四章 收尘和废渣处理设备	(137)
第一节 环境保护的意义及标准	(137)
第二节 高压静电除尘器	(140)
第三节 袋式收尘器	(142)
第四节 机械除尘器	(146)
附 录	(149)
附录 1: 中华人民共和国电力法	(151)
附录 2: 中华人民共和国节约能源管理暂行条例	(158)
附录 3: 中华人民共和国行业标准水泥机械设备安装工程施工及 验收规范(摘要)	(163)
参考文献	(175)

第一篇

通用设备技术

- 第一章 变配电设备和技术
- 第二章 电机和启动、调速设备
- 第三章 起重运输设备



第一章 变配电设备和技术

第一节 概 述

任何企业都离不开电力。电力需要各种类别的变电、配电设备,企业供电的设备配备,取决于企业用电性质及受电容量、电压等级等因素。

1. 企业用电的性质

I类企业用电是指中断供电会造成爆炸、火灾或不可修复的设备损坏或重大的人员伤亡事故,对国计民生影响巨大,如军工、通讯、航空、铁路交通用电。

II类企业用电是指大型现代化连续生产的企业,中断供电会造成重大设备事故和大量产品报废、灾难性的环境污染的企业用电。

III类企业用电是指普通民用工业用电。

2. 受电容量、电压等级、接线方式、配电网路的选定

受电容量一般决定了主变压器的视在容量。各台主变压器容量之和乘以1.2即为受电总容量。

受电电压等级取决于企业到电网变电所的距离和负荷容量。我国的电压标准如下:

①输电线路为500,330,220,110 kV。

②配电线路为110,35,10 kV。

③企业具体的受电电压按上述条件分别为110,35,10 kV。

企业内用电电压其高压电机为10 kV(6 kV),低压电机为0.4 kV,照明为220 V。

对具体的电力用户来说,正确选择受电电压和配电电压是一项重要的技术工作,它直接关系到企业的安全性、可靠性以及供用电的经济效益。额定电压的确定与供电方式、用电负荷、负载性质、供电距离及当地电网的结构有关。可根据表1-1进行选择。

接线方式有以下几种:

①单回路受电接线直接供电到主变压器,主变压器前后装设隔离开关和断路器。

②常用1,常备1。对单台主变压器,在两路进线之间装设隔离开关和断路器。

③多路平行供电每路都配备主变压器,在主变压器前侧装设隔离开关和断路器的称为外桥接线,在其后装设隔离开关和断路器的称为内桥接线。

④环型供电多路电源各自供给一台主变压器,其低压母线用隔离开关和断路器连成环状。

几种常用受电接线方式如图1-1所示。



表 1-1 供电电压和输送容量的关系

额定电压(kV)	线路种类	极限容量(kW)	输送距离(km)
6	架空线	2 000	3 ~ 10
	电 缆	2 000	8
10	架空线	3 000	5 ~ 15
	电 缆	5 000	10
35	架空线	2 000 ~ 10 000	20 ~ 50
110	架空线	10 000 ~ 50 000	50 ~ 150
220	架空线	50 000 ~ 2 000 000	150 ~ 300
500	架空线	2 000 000 以上	300 以上

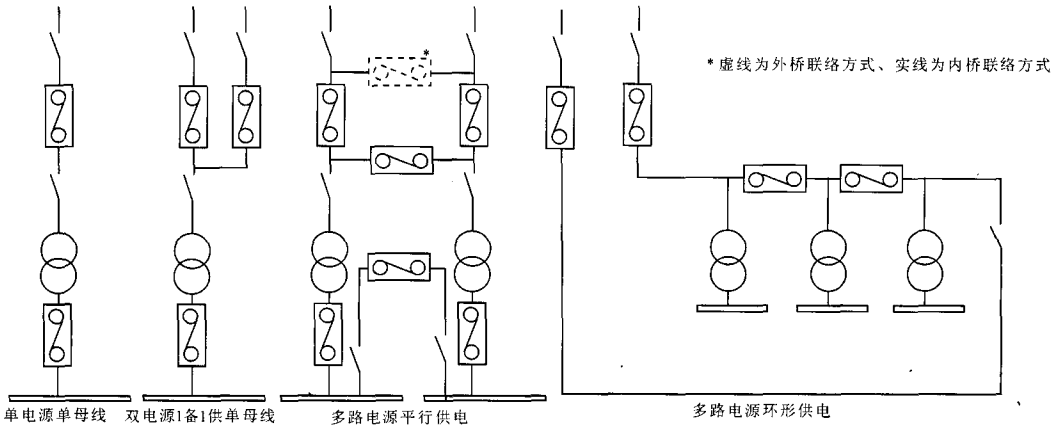


图 1-1 受电系统接线方式图

多数企业采用总降压站向各车间辐射供电,高压电机直接由总降供电至车间机旁。低压用电由总降供至车间变电所。

第二节 受电线路

电网供电线路多采用架空线路,如果毗邻电网距离较近,也可用电缆线路供电。企业内多数采用电缆隧道和电缆沟供电。

1. 架空线

- (1) 杆塔选型 高压架空线采用铁塔和混凝土杆塔,允许采用多回路共塔送电。
- (2) 杆型 分为直线杆、耐张杆、转角杆、终端杆、分支杆、跨越杆、换位杆等。
- (3) 导线 导线一般采用铝导线和钢芯铝导线,避雷线则采用钢绞线。



表 1-2 导线最小允许截面和直径

导线种类	高 压		低 压
	居民区	非居民区	
铝及铝合金导线(mm^2)	35	25	16
钢芯铝导线(mm^2)	25	16	16
铜线(mm^2)	16	16	8

表 1-3 导线与避雷线配合表

导线牌号	LGJ-35	LGJ-95	LGJ-240	LGJ-400
	LGJ-50	LGJ-120	LGJ-300	LGJQ-500
	LGJ-70	LGJ-150	LGJQ-300	及以上
		LGJ-185	LGJQ-400	
避雷线牌号	GJ-25	GJ-35	GJ-50	GJ-70

表 1-4 钢芯铝绞线技术规范(JIB649—65)

型号	计算截面(mm^2)			计算直径 (mm)	直流电阻 25℃时 $\leq \Omega/\text{km}$	重量 (kg/km)	铜铝 截面比
	铝	钢	合计				
LGJ-16	15.3	2.5	17.8	5.40	2.04	62	6.12
LGJ-25	22.8	3.8	26.6	6.6	1.38	92	6.00
LGJ-35	36.9	6.2	43.1	8.4	0.85	150	5.95
LGJ-50	48.3	8.00	56.30	9.60	0.65	196	6.04
LGJ-70	68.0	11.3	79.30	11.4	0.46	196	6.02
LGJ-95	95.14	17.8	112.94	13.70	0.33	404	5.34
LGJ-120	115.32	22.0	137.32	15.2	0.27	492	5.24
LGJ-150	147.6	26.6	174.2	17.0	0.21	617	5.55
LGJ-185	181.0	34.4	215.4	19.00	0.132	771	5.26
LGJ-240	238.0	43.1	281.1	21.6	0.132	997	5.52
LGJ-300	295.0	56.3	351.3	24.2	0.107	1257	5.24
LGJ-400	395.0	72.2	467.2	28.0	0.080	1660	5.47

表 1-5 各种导线的载流量

(环境温度+25℃,导线允许最高温度+70℃)

铜 线		铝 线		钢 绞 线	
型号	户外/户内	型号	户外/户内	型号	户外/户内
TJ-10	95/60	LJ-16	105/80	LGJ-16	105
TJ-16	130/100	LJ-25	135/110	LGJ-25	135
TJ-25	180/140	LJ-35	170/135	LGJ-35	170



续表

铜 线		铝 线		钢 绞 线	
型号	户外/户内	型号	户外/户内	型号	户外/户内
TJ-35	220/175	LJ-50	215/170	LGJ-50	220
TJ-70	340/280	LJ-70	265/215	LGJ-70	275
TJ-95	415/340	LJ-95	325/260	LGJ-95	335
TJ-120	485/405	LJ-120	375/310	LGJ-120	380
TJ-150	570/480	LJ-150	440/370	LGJ-150	445
TJ-180	645/550	LJ-185	500/425	LGJ-185	515

架空导线选择的基本原则是导电性能好,机械强度大,抗腐蚀能力强。

导线截面选择的基本原则:

$$S = \frac{P}{\sqrt{3}JU_e \cos\varphi}$$

式中: S ——导线截面(mm^2);

P ——线路上的有功负荷(kW);

U_e ——额定电压(V);

J ——经济电流密度(A/mm^2);

$\cos\varphi$ ——线路功率因数。

载流量按照全年平均负荷计算,选定截面后,必须对电压损失进行校验,电压损失不得大于5%。按发热条件校验截面时,保证在最高环境温度下连续通过最大负荷时导线温度不超过70℃为准。

运行和维修包括巡视检查、预防性试验、定期检修。具体规定参照电力部《电力线路运行管理规程》。

2. 电缆线路

(1) 电缆的技术参数 包括电压等级、芯线数目、绝缘材料、防护等级等。

(2) 敷设方法 直埋敷设、电缆沟敷设、排管敷设、桥架敷设和电缆隧道敷设。

(3) 运行和维修 电缆线路尽管故障率比较低,也要巡视检查和定期做好预防性试验。电缆的预防性试验项目有绝缘电阻和吸收比的测量和直流耐压和泄漏电流的测量等。

第三节 总降压站、主变电所和车间变电所

总降压站的主要设备有高压隔离开关、高压断路器、高压开关柜、电压互感器、电流互感器、避雷器、变压器、站用变压器、电容器、电抗器、分裂电抗器和阻波器等。



1. 高压隔离开关

高压隔离开关的主要技术指标有额定电压、额定电流、动稳定和热稳定电流,操作方式大多以手动操作杠杆机构为主。

2. 高压断路器

高压断路器的主要作用是能在无载(有电压无负载电流)、有载(有电压有负载电流)和各种故障状态下(短路、过流、过载、过电压、低电压、低周波)开断和接通电路,起控制作用和保护作用。

(1) 主要技术指标 高压断路器的主要技术指标如下:

- 额定短路容量。在断路器下侧发生金属性短路时能够切除的电功率。
- 额定电压。适用的线路电压。
- 额定电流。正常工作的线电流。
- 额定峰值电流。能承受的最大电流峰值。
- 工频耐压和冲击耐压。

(2) 关于电弧形成和消除的有关问题 电弧是气体的自持放电形式。工程上利用电弧焊接、冶炼是有益的应用,而在电路中开关接通和断开电路时,接点触头之间产生的电弧会烧蚀接点,引起接地或短路故障,是有害的现象,必须采取专门措施使其熄灭或无法产生。

气体物质的放电现象有电晕放电、火花放电、电弧放电三种。

① 电晕放电产生于带高压电的导体周围。由于存在高强度的电场,使空间的气体分子电离,形成蓝色的光圈,同时伴有吱吱放电声。在 110 kV 以上的输电线路下就能看到电晕光,听到放电声。

② 火花放电产生于带高压电的两极之间。当极间距离或电场强度达到一定程度时两极间出现气体导电电流,并发出弧光。但由于电源能量不足或电路阻抗过大,电流很小且是断续的,弧光变成明亮的细小火花。

③ 电弧放电是带电两极间导电质点不断产生和消失,处于一种平衡状态。它能维持的条件是电源能量足够而且极间距离不大。实践证明,如果触头间电压大于 10 ~ 20 V,电流大于 80 ~ 100 mA 时,触头间就有白色的弧光出现,称其为电弧。此时,接点虽已断开,电路却仍处于接通状态,要使弧光熄灭,必须将弧光拉长,或将其冷却,才能使电路断开。

用开关电器断开电路时,触头在分开的过程中,由于动静触头之间的压力和接触面积不断减少,接触电阻增大,接触处温度急剧升高,在强电场和高温作用下,触头材料发生热电子发射(金属材料中的自由电子从表面逸出),触头间的气体分子捕获电子成为离子,结果变成导电离子流,即形成电弧。

(3) 影响电弧维持的因素 介质的绝缘特性、冷却的速度、气体的压力、触头的材料。

根据上述理论,人们制造出各种断路器。按照灭弧介质和工作原理有多油断路器、少油断路器、真空断路器、六氟化硫断路器,其型号分别为 DN, SW, ZN, SF₆。



①少油断路器和多油断路器统称油断路器。少油断路器三相分开,各自有独立的灭弧室,而多油断路器则将三相接点密闭在同一灭弧室内。油断路器的灭弧原理是利用变压器油兼作灭弧和绝缘作用。在密闭的灭弧室内,电弧的高温将变压器油汽化,体积急剧膨胀将弧光压向各个灭弧栅,使其拉长变细,而周围的冷油流过来填充空间,把温度降低,使弧光熄灭。

②真空断路器以高度真空的玻璃管密封动静接点,则在真空中动作的接点之间不会产生电弧。

③六氟化硫断路器是利用 SF_6 气体在密闭室内将接点包围。 SF_6 气体具有比空气重 5 倍,无色、无臭、无毒、不燃烧的特点,而且高温下的导热性极其良好,捕捉电子能力极强,是空气灭弧能力的 100 倍。六氟化硫断路器在结构上采取旋弧纵吹式与压气式相结合的灭弧方式,将弧光拉长,同时降温使之熄灭。

(4)断路器的操作机构 断路器的操作机构是为了安全可靠地远距离操作其通断配备的专门机构。通常有以下几种:

①电磁式操作机构。其设置合闸线圈和分闸线圈两个电磁铁,配合弹簧机械机构控制开关的通断。合闸线圈动作电流可达 100 A,瞬间动作后即断开电源,靠机械机构将其位置锁定。分闸线圈动作电流比较小,一般不超过 1 A,跳闸后辅助接点断开线圈电源。普遍使用的电磁操作机构型号为 CD10。

②弹簧储能操作机构。其型号有 CT7,CT8,CT9,CT11,CT12 等。以 CT8 为例来说明其工作原理:利用电机转动带动偏心轮、滚轮、滑块、棘爪、棘轮将合闸弹簧拉长,储存能量;接到合闸信号,定位件将储能轴解脱推动连杆使开关合闸;接到分闸信号,脱扣板带动半轴转动,分闸弹簧带动机构使开关跳闸。

合闸机构的储能方式有电机加手动和只能手动两种。CT8 I 型为电动手动兼有的机构,CT8 II 型则只有手动储能的方式。

③手动操作机构。在开关数量少操作又不太频繁的条件下,可选用手动操作机构。CS2 型操作机构是应用较普遍的一种手动机构,其合闸是手动,分闸则为电动手动两种机构兼有。

下面列出各种断路器的技术数据。

表 1-6 油断路器技术数据

型 号	生产 厂家	额定 电压 (kV)	额定 电流 (A)	额定短 路开断 电流 (kA)	额定短 路关合 电流 (kA)	额定短 时耐受 电流 (kA)	额定峰 值耐受 电流 (kA)	额定短 路持续 时间 (s)	工频 耐压 (kV)	冲击 耐压 (kV)	额定操作 循环
SN10-10 I		10	630 ~ 1 000	16 20	40 50	20	50	4	42	90	0-0.55-CO -180S-CO
SN10-10 II		10	1 000	31.5	80	31.5	80	4	42	90	同上



续表

型 号	生产 厂家	额定 电压 (kV)	额定 电流 (A)	额定短 路开断 电流 (kA)	额定短 路关合 电流 (kA)	额定短 时耐受 电流 (kA)	额定峰 值耐受 电流 (kA)	额定短 路持续 时间 (s)	工频 耐压 (kV)	冲击 耐压 (kV)	额定操作 循环
SN10-10Ⅲ		10	1 250 ~ 3 000	40	100	40	100	4	42	90	31.5 时 0-0.5 s-CO -180-CO
SN10-35 I		35	1 250	16	40	16	40	4	80	185	同上
SN10-35 II		35	1 250	20	50	20	50	4	80	185	同上
SW2-35Ⅳ		35	1 600	25	63	25	63	4	80	185	同上
SW3-35		35	1 000	16	40	16	40	4	80	185	同上
DW6-35		35	400	6.6	16.5	6.6	19	4	95	185	同上
SW4-110Ⅲ		110	1 250	31.5	80	31.5	80	4	185	450	0-0.3 s CO-180S-CO
SW7-220		220	1 600	20	55	21	55	4	140	325	同上
SW2-110		110	1 600	31.5	80	31.5	80	4	185	450	同上
SW2-220		220	2 000	40	100	40	100	4	511	1 050	同上
SW6-220G		220	1 500	26.3	67	26.3	67	4	470	900	同上

表 1-7 ZN-10 真空断路器技术数据表

序 号	名 称	单 位	数 据	备 注
1	额 定 电 压	kV	10	
2	最高工作电压	kV	11.5	
3	额 定 电 流	A	630, 1 000	
4	额 定 频 率	Hz	50	
5	额定开断电流	kA(有效值)	20	
6	最大关合电流	kA(峰值)	50	
7	极限通过电流	kA(峰值)	50	
8	2 s 热稳定电流	kA(有效值)	20	
9	切合电容器组容量	kvar	10 000 及以下	
10	满容量开断次数	次	30	
11	额定电流开断次数	次	10 000	
12	机械寿命	次	10 000	
13	固有分闸时间	s	小于 0.05	
14	全开断时间	s	小于 0.07	