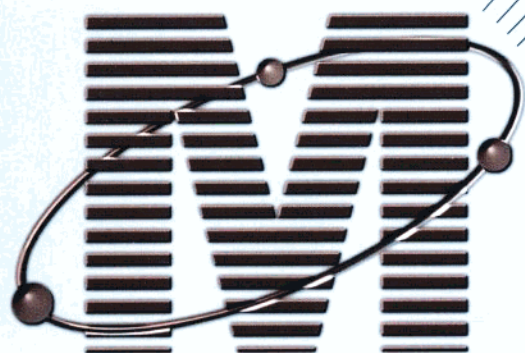




煤炭技工学校通用教材



选煤厂电气设备及自动控制

煤炭工业出版社

煤炭技工学校通用教材

选煤厂电气设备及自动控制

全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会 编

煤炭工业出版社

• 北 京 •

内 容 提 要

本书主要讲述选煤厂供电及自动控制的有关电气设备和系统的知识。其中包括选煤厂供电系统及其安全知识;选煤厂高低压电气设备;电力拖动基础知识及低压控制电器;晶闸管基础知识及其在选煤厂中的应用;选煤工艺参数的自动检测技术及检测仪表;选煤厂集中控制及计算机监控管理;选煤工艺过程自动化等知识。

本书为煤炭技工学校通用教材,也可作为选煤厂电气操作工人培训用书。

煤炭技工学校通用教材

选煤厂电气设备及自动控制

全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居35号 100029)

网址: www.eciph.com.cn

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 16¹/₂

字数 389 千字 印数 8,001—11,000

2005 年 8 月第 1 版 2009 年 9 月第 3 次印刷

ISBN 978-7-5020-2533-5/TD68

社内编号 5304

定价 28.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

全国职业培训教学工作指导委员会 煤炭专业委员会

主任委员	刘 富					
副主任委员	仵自连	刘同良	张贵金	韩文东	范洪春	刘荣林
	雷家鹏	曾宪周	夏金平	张瑞清		
委 员	(按姓氏笔画为序)					
	于锡昌	牛麦屯	牛宪民	王亚平	王自学	王郎辉
	甘志国	石丕应	仵自连	任秀志	刘同良	刘荣林
	刘振涛	刘 富	刘 鉴	刘鹤鸣	吕军昌	孙东翔
	孙兆鹏	邢树生	齐福全	严世杰	吴庆丰	张久援
	张 君	张祖文	张贵金	张瑞清	李 玉	李庆柱
	李祖益	李家新	杨 华	辛洪波	陈家林	周锡祥
	范洪春	赵国富	赵建平	赵新社	夏金平	高志华
	樊立谦	储可奎	曾宪周	程光玲	程建业	程彦涛
	韩文东	雷家鹏	樊玉亭			

前 言

为了加快煤炭技工学校的教学改革步伐,不断适应社会主义市场经济发展和劳动者就业的需要,加速煤炭工业技能型人才的培养,促进煤炭工业现代化建设和科学技术的进步,在全国职业培训教学工作指导委员会的指导下,全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会,以全国煤炭技工学校“八五”教材建设规划为基础,研究制定了全国煤炭技工学校新时期教材建设规划,并列入了国家劳动和社会保障部制定的全国技工学校教材建设规划,劳动和社会保障部以《关于印发1999年度全国职业培训教材修订开发计划的通知》(劳社培就司函(1999)第15号)下发全国。这套教材59种,其中技术基础课教材43种,实习课教材16种。目前正在陆续出版发行当中。

这套教材主要适用于煤炭技工学校教学,工人在职培训、就业前培训,也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《选煤厂电气设备及自动控制》是这套教材中的一种,是根据劳动和社会保障部批准的全国煤炭技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的,经全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会审定认可,已被劳动和社会保障部认定为合格教材,是全国煤炭技工学校教学、工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由淮北矿业集团公司王仁哲、徐志强编写,全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会组织有关专家对该教材进行了全面审查。另外,在本教材的编写过程中,得到了淮北煤炭高级技工学校领导和相关教师以及煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,书中难免有不当之处,恳请广大读者批评指正。

全国职业培训教学工作指导委员会

煤炭专业委员会

2005年7月

目 录

第一章 选煤厂供电与安全.....	1
第一节 选煤厂供电的基本知识.....	1
第二节 选煤厂变电所.....	4
第三节 选煤厂输配电线路	14
第四节 雷电防护与电气接地	21
第五节 电气安全常识	29
第二章 选煤厂高压电气设备及其选择	34
第一节 开关电弧	34
第二节 高压断路器	38
第三节 高压隔离开关与负荷开关	42
第四节 高压熔断器及互感器、电抗器	45
第五节 移相电容器及其计算	54
第六节 高压成套配电装置	58
第七节 高压电器的选择	61
第三章 电力拖动基础	64
第一节 低压电器	64
第二节 低压配电屏	75
第三节 电路图的基本知识	76
第四节 三相鼠笼式异步电动机直接启动的控制	81
第五节 电动机控制的几个常用环节	85
第六节 鼠笼式电动机的降压启动	89
第七节 绕线式异步电动机的启动控制	93
第八节 三相异步电动机的制动控制	96
第九节 交流调速技术	98
第四章 晶闸管及其应用.....	101
第一节 晶闸管的构造、工作原理、特性和参数.....	101
第二节 单相可控整流电路.....	107
第三节 晶闸管元件的选用和保护.....	114
第四节 晶闸管的触发电路.....	119
第五节 晶闸管的应用及特殊晶闸管.....	125
第五章 选煤工艺参数检测.....	130
第一节 温度检测.....	130
第二节 压力检测.....	136

第三节	流量测量.....	142
第四节	物位检测.....	149
第五节	质量检测.....	157
第六节	产品水分检测.....	162
第七节	密度、灰分、磁性物含量检测.....	163
第八节	矿浆固定物料量的测量.....	169
第六章	选煤厂集中控制及计算机监控管理.....	172
第一节	概述.....	172
第二节	选煤厂生产工艺对集中控制系统的要求.....	173
第三节	可编程序控制器.....	174
第四节	可编程序控制器的指令系统及编程原理.....	183
第五节	可编程序控制器在选煤厂集中控制系统中的应用.....	198
第六节	计算机在选煤厂控制及管理中的应用.....	214
第七章	选煤工艺过程自动化.....	220
第一节	自动控制的基本知识.....	220
第二节	圆盘真空过滤机液位自动控制.....	232
第三节	跳汰选煤工艺参数自动测控系统.....	233
第四节	浮选工艺参数自动测控系统.....	245
第五节	重介质选煤工艺参数自动测控系统.....	250

第一章 选煤厂供电与安全

第一节 选煤厂供电的基本知识

一、电力系统的基本知识

电能是现代工业的主要动力，它具有取用方便，输送简单，便于控制、调节和测量等优点。因此，电能被广泛用于国民经济各部门及人们的日常生活。电能是由发电厂生产的，发电厂一般设在一次能源所在地（如煤田、油田、河流等），但有可能远离电力用户，这样就存在一个电能输送问题；为了保证电能经济输送和满足不同用户对电压的要求，又存在一个变换电压的问题；电能输送到用户以后还存在一个电能分配的问题。因此，在电力系统中，电能从生产到供给用户使用，通常要经过发电、变电、输电及配电等许多环节。

1. 发电厂

发电厂又名发电站，简称电厂或电站，是生产电能的工厂。它将各种形式的一次能源（如热能、水能、核能等）转变成电能。按所用一次能源的不同，可分为火力发电、水力发电和核能发电等多种。目前我国以火力发电为主，约占发电总量的70%；其次是水力发电；核能发电近年来也有较快的发展。

2. 变电站（所）

它是变换电压和变换电能的场所。它主要由变压器、母线及开关设备等组成。根据性质和作用的不同，它可以分为升压变电站（所）和降压变电站（所）两大类。升压变电站（所）多设在发电厂内，而降压变电站（所）则根据其在电力系统内所处的地位和作用不同又分为区域变电站（所）（或者叫一级变电站）、企业变电站（所）及车间变电所。区域变电站（所）的作用是进行输电电压的变换，同时指挥、调度和监视某一大区域的电力运行，进行必要的保护，并能有效地控制事故的蔓延，以确保整个区域电网运行稳定和安全。企业变电站（所）、车间变电所通常用来进行配电电压的变换。

3. 输电

发电厂生产的电能、除了满足内部用电和直接分配给附近电力用户外，大部分需要经过升压变电站（所）转换成高压电能，进行远距离输送。根据焦耳—楞次定律（ $Q=I^2Rt$ ），电流通过导体产生的热量（ Q ）是与通过导体的电流强度（ I ）平方成正比的。在输送电能功率一定的情况下，采用低电压、大电流输电，不但线路热损耗（ Q ）很大，而且因导线截面大而浪费了金属材料，很不经济。如果提高输电电压，则输电电流可以减少，不仅线路热损耗（ Q ）减小，而且输电电压愈高，输电电流就愈小，导线截面将愈小，从而可以节省大量的金属材料。因此，输电容量（功率）越大，输电距离越远，就要求输电电压升得越高。在一般情况下，输电距离在50km以下时，采用35kV电压；在100km左右时，采用110kV电压；超过200km时，采用220kV或更高的电压。在具体选择输电电压等级时，还要综合

各种经济技术指标来考虑。

按输电电压的高低,输电线路可以分为高压级和超高压级两种。我国高压输电标准电压是35kV;超高压输电电压有110kV、220kV、330kV和500kV等多种。

4. 配电

配电是指对电能的分配。分电业系统对电能用户的电能分配和各用户内部对用电设备进行电能分配两种。配电线路上的电压称为配电电压。配电电压的高低通常取决于用户的分布、用电性质、负荷密度和特殊要求等情况。常用的高压配电电压为110kV、35kV、10kV和6kV等多种,大多数用户是由10kV或6kV直线供电。低压配电电压为660V、380V、220V。选煤厂大多采用380V和220V,目前所建选煤厂动力配电电压也有采用660V的。

由发电厂、变电站(所)、输电配电线路和电力用户组成的系统称为电力系统。它们之间的关系如图1-1所示。发电机输出的额定电压多为6~20kV,经升压变压器升至220~500kV的超高压,由输电线路送到远离发电厂的城市或工业集中地区。在城市近郊或工业区的负荷中心,建立区域变电站(所),将220~500kV的超高压降为35~110kV。然后再将35~110kV高压电能送至附近各工矿企业变电站(所)。最后由企业变电所进行内部电能分配。

二、电力负荷的分级

各类负荷由于运行的特点和重要性的不同,它们对供电可靠性和电能质量的要求也不

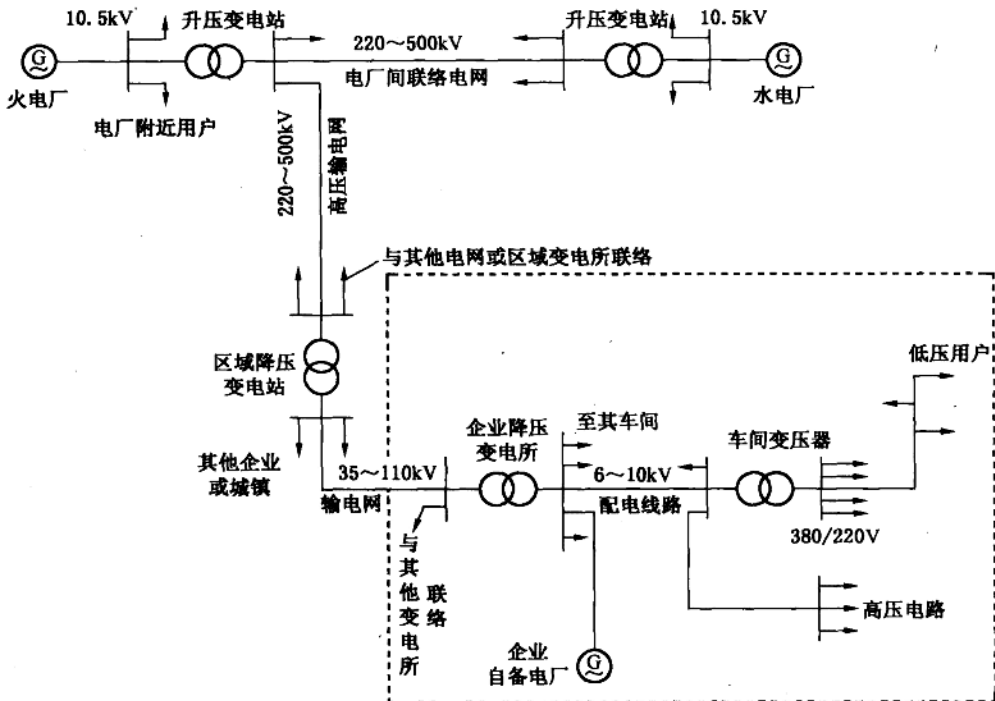


图1-1 电力系统示意图

同。为了适应不同负荷的要求、合理选择供电方案，我国将电力负荷分为三级：

(1) 一级负荷。这类负荷在供电突然中断时将造成人员伤亡，或造成重大设备损坏且难以修复，或给国民经济带来巨大损失。如煤矿的主排水泵和主要通风机、炼钢厂的高炉等。

对于一级负荷用户供电不能间断，应由两个独立电源供电、其中任一电源发生故障或因检修而停电时，立即由另一电源供电，以确保供电的连续性。

(2) 二级负荷。对这类负荷，当发生突然断电时，将造成设备的局部损坏，或生产流程紊乱且恢复困难，或出现大量废品或大量减产，从而在经济上造成较大损失。如选煤厂、水泥厂和化纤厂等。

二级负荷只允许短时停电，要求采用双回路电源供电，且应来自上一级变电所的不同变压器。当采用双回路电源供电有困难时，允许采用单回路专用架空线路(6kV及以上)供电。

(3) 三级负荷。凡不属于一、二级负荷的电能用户，均属于三级负荷。三级负荷对供电无特殊要求，允许较长时间停电。可以采用单回路供电，但在不增加投资的情况下，也应尽量提高其供电可靠性，如商店、学校等。

三、选煤厂供电的特点及要求

选煤厂机械化程度较高，生产连续性强，生产机械高度集中，便于实现集中控制和自动化生产，因而选煤厂对供电要求较高。

(1) 可靠。选煤厂属于二级负荷，供电中断会造成减产和产品质量下降，带来较大的经济损失。矿属选煤厂采用6~10kV电压供电时，一般不少于双回路供电，而且双回路电源应引自矿井地面变电所不同的变压器或母线段；大型独立选煤厂一般采用35kV电压等级，双回路或单回路专用架空线路供电。

(2) 安全。为了避免事故，保证生产的顺利进行，必须采用如防触电、过负荷及过电流保护等一系列技术措施和相应的管理制度，以确保供电的安全。

(3) 经济技术合理。除满足供电的可靠性和安全性要求以外，应力求系统简单、运行灵活、操作方便、建设投资和年运行维护费用低，并能保证供电质量。

供电质量的主要指标是供电电压和供电频率。在交流电网中，电压 U 和频率 f 对电动机的转矩 M 和转速 n 有很大影响：电动机的转矩 M 正比于电压的平方($M \propto U^2$)，转速 n 正比于频率 f ($n \propto f$)；因此，供电电压 U 和频率 f 的波动直接影响到电动机的正常运行。

我国规定，工频交流电的额定频率是50Hz，频率的偏差不得超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。频率指标由电力部门来保证，在此不作论述。

电压指标是电力用户需要考虑的。由于种种原因，用电设备在工作过程中的电压与额定电压总有一定的差值，两者之差称为电压偏移。各种用电设备的电压偏移都有一定的允许范围($\pm 15\%$)，超出此范围，用电设备将无法正常工作，严重时甚至造成设备损坏。在以后的章节中，我们还要具体分析各种情况下的电压偏差允许范围。

第二节 选煤厂变电所

一、概述

选煤厂供电系统可以简单地用图1-2和图1-3所示框图来描述。对于大型选煤厂(图1-2所示),送入选煤厂的35kV高压电,首先经过主降压变压器降压(图1-2中1),然后引至6~10kV高压配电室(图1-2中2),经各种配电装置,将6~10kV电能分配给各车间变电所(亭)(图1-2中3)或高压用电设备(图1-2中4),最后由车间变电所(亭)将6~10kV电能变至380V/220V供给各种低压电气设备和全厂照明之用。

大型选煤厂采用35kV电压供电时,厂内要设总降压变电所(图1-2中1和2部分)。变电所的主变压器一般为两台,当其中一台故障或检修时,另一台应能保障全厂的主要生产设备用电(不少于全厂总负荷的75%)。变压器的容量是根据全厂用电设备总计算负荷来确定的,变压器的总容量应大于或等于全厂用电设备的总计算负荷。

总降压变电所的位置一般选在靠近全厂负荷中心(即主厂房)的地方,且应进出线方便,位于污染源(如锅炉、煤仓等)上风侧,避开有剧烈震动的场所。还应留有扩建和发展的余地。

高压配电室主要由各种高压开关柜组成。根据控制对象的不同,开关柜的接线方案和结构都有所不同,在第二章中将详细介绍。每台高压开关柜分别与车间变压器、高压用电设备以及电力电容器、避雷器等相对应,主要起到将6~10kV母线(即高压配电室6~10kV总电源线)上的电能分配给各种用电设备。

中小型选煤厂供电系统可用图1-3所示的框图表示。这类选煤厂供电,一般是由矿井地面变电所直接引入6~10kV电压,不再需要总降压变压器,只设6~10kV配电所,将电能分配给各车间变电所或高压用电设备。

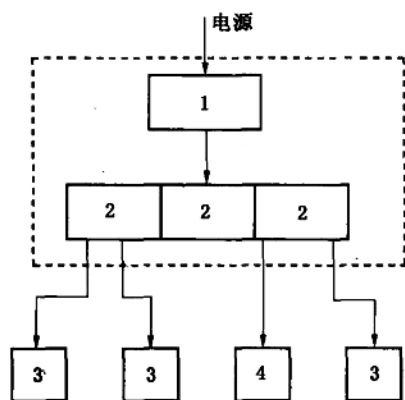


图1-2 大型选煤厂供电系统框图

1—总降压变压器；2—高压配电室；3—车间变电所；4—高压用电设备

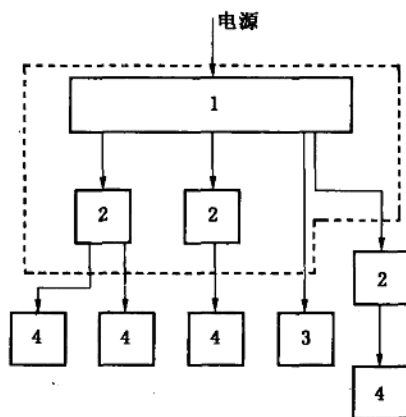


图1-3 中小型选煤厂供电系统框图

1—高压配电室；2—车间变电所；3—高压用电设备；4—低压配电室

当供电距离较近、设备集中时，车间变压器也可以设在6~10kV配电室内（此时称高压变电所），将6~10kV电能变至380V/220V后送往车间低压配电室。当6~10kV变电所距车间较远时，必须设置车间变电所（亭）。如图1—3所示。

车间变电所（亭）一般只有一台变压器，其容量取决于该车间用电设备的总计算负荷。车间变电所的位置一般根据下述几个原则来确定：尽量接近大容量设备；避开有剧烈震动的设备（如振动筛、破碎机等）；避免设在用水的设备及水池、水槽水面附近。另外，主厂房车间变电所的母线一般应采取竖向布置，各层配电室由竖向母线供电。母线由专设的母线通道与各层车间封闭，检修和安装口应设网门开向各层配电室。

车间变电所（亭）的种类很多，按所处的位置来划分有下列几种类型：

（1）户外变电所。变压器安装于户外露天地面上，不需要建设房屋，通风良好，造价低。户外变电所多位于车间外墙侧，也可单独设立。

（2）附设变电所。利用车间的一面或几面墙壁，在车间墙内或墙外设置的变电所。附设在车间墙内的，叫内附式；附设在车间墙外的，叫外附式。附设式变电所大门向车间外开。变电所不占车间生产面积或只占车间边角的一部分，不妨碍生产流程变动时调整设备布局。这种变电所比户外变电所造价略高，但供电可靠性高。

（3）车间内变电所。对于设备布局稳定，负荷大且集中的大型车间（如选煤厂主厂房），变电所设置在车间内，门向车间内开，由车间进入变电所。这种变电所突出的优点是接近负荷中心，可以节省大量的有色金属，减少功率损耗，保证电压稳定。

（4）独立变电所。设置在离车间有一定距离的单独建筑物内。这种变电所造价较高，对于不适合采用前几种变电所的场所，可以采用独立变电所。

（5）变电台。当变压器容量较小时，可以安装在户外的电杆上或台墩上。

二、变电所的主要电气设备

变电所的主要电气设备有电力变压器、高压断路器、隔离开关、负荷开关、母线、电流互感器、电压互感器、电力电容器、避雷器、高压开关柜以及各种继电保护装置等。这些设备的结构和原理将在以后的章节中详细分析，这里仅作简单介绍，以便分析变电所的接线。

1. 电力变压器

电力变压器是变电所的核心设备，用来进行电压变换，以满足各种电压等级用电设备的需要。如总降压变压器将35kV电压变至6~10kV，车间变压器将6~10kV电压变至380V/220V。

2. 高压断路器

高压断路器的作用是接通和切断高压负荷电流，同时也能切断过载电流和短路电流。高压断路器种类很多，变电所常用的主要是油断路器。油断路器有多油断路器和少油断路器之分，在6~10kV高压配电装置中使用的是少油断路器。

3. 高压隔离开关

高压隔离开关的作用是用来隔离电源并造成明显的断开点，以保障电气设备能够安全进行检修。隔离开关没有专门的灭弧装置，它不能用来关断负荷电流。它通常安装在高压断路器的进、出线侧，在高压断路器断开电路以后，隔离开关才能打开，使断路器或其他电器与电源隔离，以便检修。

4. 负荷开关

高压负荷开关的作用是用来切断和接通负荷电流。它具有简易灭弧装置，断流能力不大，不能切断事故短路电流，必须和高压熔断器配合使用，靠熔断器来切断短路电流。

5. 高压熔断器

用来保护电气设备免受过载电流和短路电流的危害。

6. 母线

母线又称汇流排，指高、低压配电室中的电源线，由它向各高、低压开关柜供电。母线一般是用铜、铝等材料制成。它的截面形状有圆形、矩形和多股绞线。在35kV以下的配电室中大多采用矩形母线；35kV以上的室外变电系统中多采用多股绞线作母线。为了便于识别相序，母线都涂有不同颜色：第一相为黄色，第二相为绿色，第三相为红色。

7. 互感器

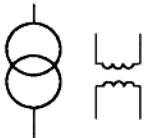
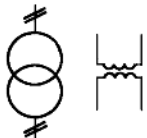
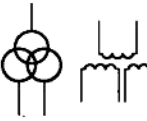
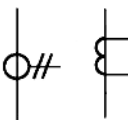
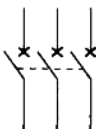
互感器是用来将一次回路中的交流电压、电流按比例降至某一标准值(如电压100V，电流5A)，以便于向仪表、继电器等低压电器供电，组成低压二次回路，并对一次侧高压回路进行测量、调节和保护。互感器按变换量的不同可分为电压互感器和电流互感器。

8. 避雷器

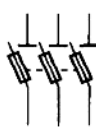
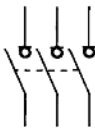
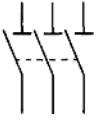
用来保护电气设备免遭雷电过电压的危害，接在电气设备的进线侧或母线上，在电压正常时，避雷器电阻很大，相当于对地开路，当雷击引起雷电过电压时，避雷器击穿，对地放电。

变电所主要电气设备的图形符号和文字符号如表1-1所示。

表1-1 变电所主要电气设备图形符号和文字符号

序号	名称	图形符号 (GB 4728)	文字符号 (GB 7159)	序号	名称	图形符号 (GB 4728)	文字符号 (GB 7159)
1	双绕组 变压器		TM	4	电压 互感器		TV
2	三绕组 变压器		TM	5	高压 断路器		QF
3	电流 互感器		TA	6	三相 断路器		QF

续表

序号	名称	图形符号 (GB 4728)	文字符号 (GB 7159)	序号	名称	图形符号 (GB 4728)	文字符号 (GB 7159)
7	高压负 荷开关		Q	12	带熔断器 三相隔 离开关		QS
8	三相负 荷开关		Q	13	跌落式 熔断器		FU
9	隔离 开关		QS	14	低压刀 开关		QS
10	三相隔 离开关		QS	15	自动空 气开关		QF
11	熔断器		FU	16	避雷器		F

三、变电所的主接线图

表示变电所各种电气设备及其相互之间连接顺序的图，称为变电所电气接线图，按其作用不同，变电所电气接线图可分为主接线图和二次接线图两种。

主接线图是表示电能由电源到用户传递和分配线路的接线图。为了便于看图，主接线图中一般只画出系统中主要设备，如变压器、断路器、隔离开关等。变电所的主接线直接影响变电所的技术经济指标和运行质量，主接线应做到简单、可靠，运行灵活，经济合理，操作安全方便。

二次接线图是表示控制、测量和保护等装置的接线图。与之相连的是测量用的电压和电流互感器、各种仪表及继电保护电器等电气设备。一般二次接线图中应附有主接线的设备和元件，以便了解二次接线的作用。

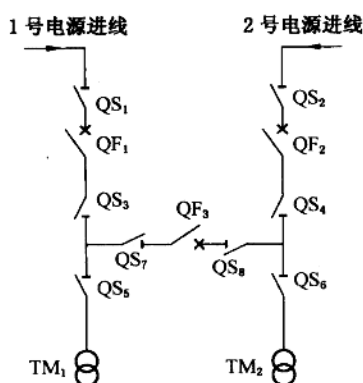


图1-4 内桥式接线

(一) 总降压变电所的主接线

采用两路35kV电压供电的大型选煤厂，总降压变电所的主接线方式一般采用桥式接线。桥式接线有内桥式、外桥式和全桥式3种。

1. 内桥式

如图1-4所示，1号、2号电源进线经过线路断路器 QF_1 和 QF_2 ，分别接主变压器 TM_1 和 TM_2 的高压侧，向变电所供电。为了提高供电可靠性，断路器 QF_3 和 QS_7 、 QS_8 组成一个联络桥，将两线路连接在一起。由于桥接断路器 QF_3 在 QF_1 和 QF_2 的内侧且靠近变压器，故称这种主接线为内桥式。

内桥式接线的优点是线路运行灵活性强。例如，当1号电源进线检修或故障时，断路器 QF_1 断开。这时变电所的变压器 TM_1 可由2号电源进线经线路断路器 QF_2 和桥接断路器 QF_3 继续供电，从而不会使低压侧的主要负荷中断供电。同理，当2号电源进线发生故障或检修时，变压器 TM_2 可以通过线路断路器 QF_1 和桥接断路器 QF_3 继续供电。因而内桥式主接线的供电可靠性较高。

若变压器 TM_1 故障或检修，应首先断开线路断路器 QF_1 和桥接断路器 QF_3 ，然后，再断开隔离开关 QS_5 。因隔离开关没有熄灭电弧的装置，它不能带负荷操作，只有在断路器把电路切断以后打开，才能起到隔离电源的作用。 QS_5 断开以后，合上 QF_1 及 QF_3 ，可恢复1号电源进线和变压器 TM_2 的正常工作。由于整个操作过程大约需要30min，因而这种接线方式在变压器故障或检修时操作不太方便。

内桥式接线多用于供电线路较长，线路故障和检修机关较多，经常需要切换线路，而且负荷比较平稳，变压器不需要经常切换的变电所。

2. 外桥式

图1-5所示为外桥式主接线。桥接断路器 QF_3 跨接在线路断路器 QF_1 和 QF_2 的外侧，因而称之为外桥式接线。这种接线方式的运行灵活性和供电可靠性与内桥式相似，但适用条件不同。外桥式接线适用于供电线路较短，线路故障和检修机会较少，而且负荷变化较大，变压器需要经常切换的变电所。这种接线在投入或切除变压器时，不影响线路的正常运行，检修 TM_2 时，只需断开断路器 QF_2 即可，两条电源进线可正常工作。

3. 全桥式

内桥式和外桥式主接线都具有结构简单、投资少、变电所占地少等优点。但它们都存在一定缺点，内桥式接线切换变压器不便，而外桥式接线切换线路不方便。图1-6所示的接线方式为全桥式，在桥接断路器 QF_3 的内、外侧均有两台线路断路器。这种接线方式克服了内桥式和外桥式接线的缺点，无论是切换线路还是切换变压器，操作都比较方便。但全桥式接线所需设备多，投资大，变电所占地面积广。选煤厂多采用前两种接线方式。

(二) 车间变电所的主接线

车间变电所一般只有一台变压器，其主接线采用线路—变压器组接线方式。车间变电所的电源来自高压配电室6~10kV母线，在6~10kV母线侧经带有隔离开关、断路器或负荷开关的高压开关柜送电。在车间变电所的高压侧（即变压器的高压侧），可安装高压断路

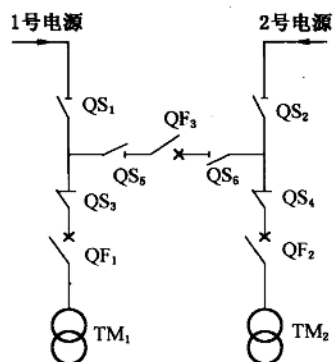


图1-5 外桥式接线

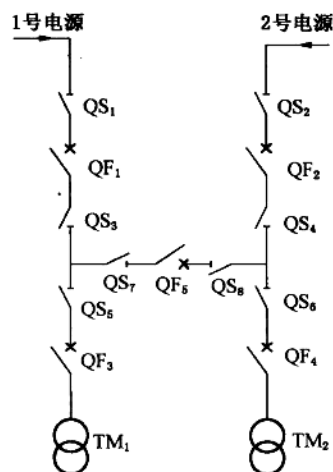


图1-6 全桥式接线

器、隔离开关或跌落式熔断器。高压侧究竟采用哪一种方式，应视具体情况而定。对于变压器容量为 $560\text{kV}\cdot\text{A}$ 及以上的 $6/(0.4\sim 0.23)\text{kV}$ 车间变电所，变压器高压侧应采用断路器，对于变压器容量为 $560\text{kV}\cdot\text{A}$ 及以下的 $6/(0.4\sim 0.23)\text{kV}$ 车间变电所，变压器高压侧可采用负荷开关、隔离开关或跌落式熔断器等；对于变压器容量在 $180\text{kV}\cdot\text{A}$ 及以下的 $6/(0.4\sim 0.23)\text{kV}$ 变电所（亭），高压侧可采用跌落式熔断器。车间变压器常用的接线方式如表1-2表示。

表1-2 车间变电所接线图例

序号	图 例	特 点
1		总降压变电所（配电所）端设断路器，用电缆放射式直配，至车间变电所经隔离开关接入变压器
2		总降压变电所（配电所）端设负荷开关和熔断器，其他同1
3		电源端如1，用电缆放射式直配，直接用电缆引入变压器室
4		架空线引入，经熔断器引入变压器室
5		架空线引入，经柱上油断路器引入变压器室
6		同5，但为架空线经电缆引入

(三) 选煤厂变电所的母线

变电所高（低）压配电室的母线，用于向各高（低）压开关柜供电。母线制可分为单母线制、单母线分段制和双母线制。母线制与电源进线的数目有关：一回路电源进线只采用单母线制；在两回路电源进线的情况下，可采用单母线分段制；只有在供电负荷大且重要负荷多等情况下，可以考虑采用双母线制。选煤厂变电所一般不采用双母线制。

单母线分段制是一根母线采用断路器或隔离开关分成两段。两段母线分别与两回路电源进线相联。一般当负荷较大时用断路器分段，负荷较小时采用隔离开关分段。选煤厂多采用隔离开关来分段母线。

(四) 选煤厂供电系统分析

1. 大型选煤厂供配电系统

图1-7 为大型选煤厂供配电系统图。来自35kV 电网的双回路电源进线向两台变压器 TM_1 和 TM_2 供电，主接线采用外桥式接线，6kV 母线采用单母线分段，厂内重要负荷接在不同的母线段上，以保证供电可靠性。图中变压器 TM_1 低压侧母线段上通过高压开关柜接有1号、2号、3号三台车间变压器；而另一段母线上接有4号和5号车间变压器、变电所专用变压器及高压电动机；两段母线之间通过隔离开关连接起来。为防止雷电过电压对电

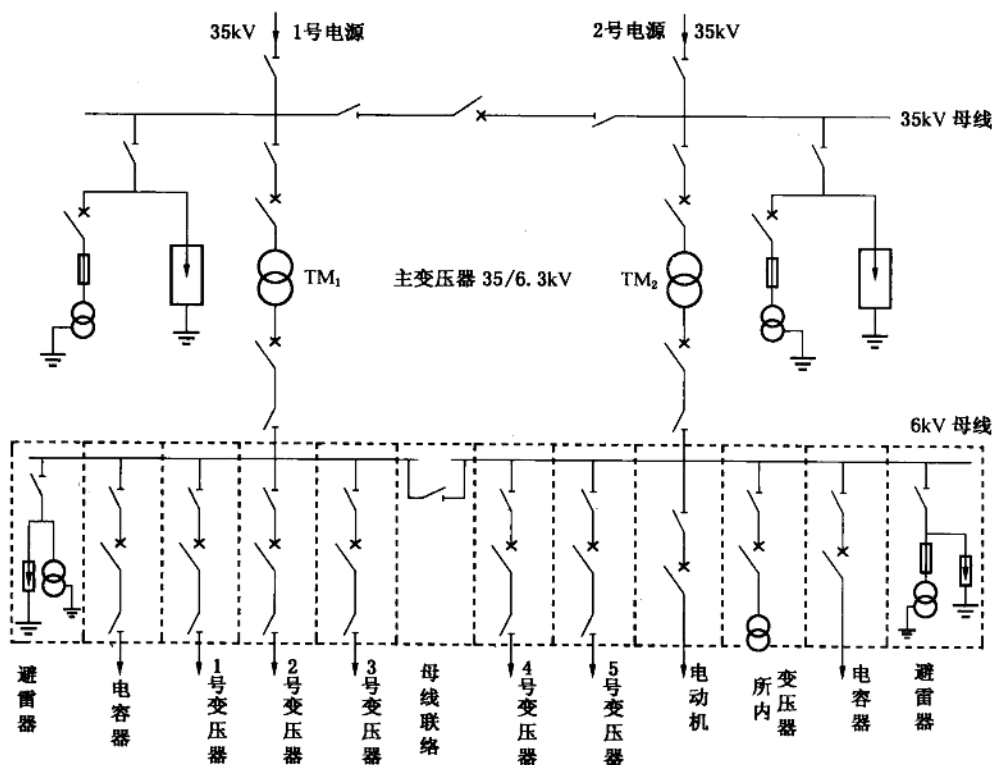


图1-7 大型选煤厂供配电系统图