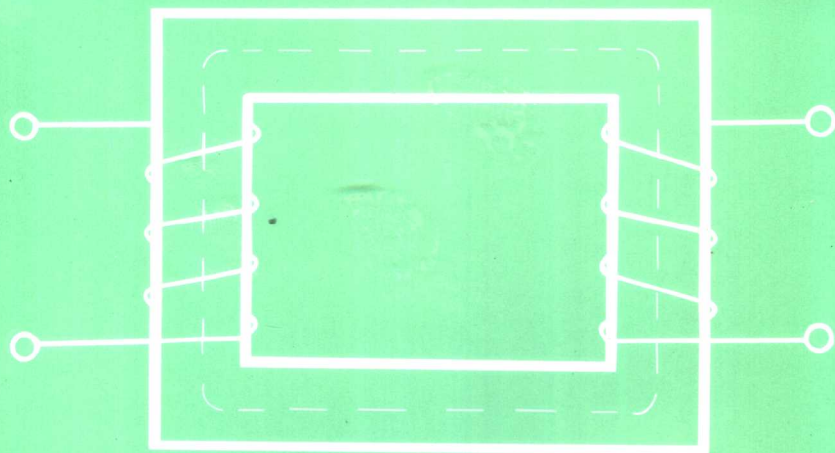


煤矿技工学校试用教材

变 配 电 设 备



煤炭工业出版社

煤矿技工学校试用教材

变 配 电 设 备

李 景 恩 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书主要介绍了煤矿常用变配电设备,如断路器、高压配电箱、隔离开关、熔断器、架空线路、变压器等的结构、工作原理、维护检修要求、选择计算方法等;煤矿供电系统的特点及短路故障的分析、计算;安全用电的基本知识及各种过电压保护的基本概念;各种设备的试验方法、周期及要求。

本书除可作为煤矿技工学校的教材外,还可作为煤矿电气工人的自学参考书。

煤矿技工学校试用教材

变 配 电 设 备

李 景 恩 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.cciph.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 28¹/₄

字数 672 千字 印数 1—3,000

2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-5020-2644-4/TD·905

社内编号 5415 定价 39.00 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

前 言

为了适应煤矿技工学校教学改革的需要,加速技术工人的培养,促进煤炭工业现代化生产建设的不断发展和技术进步,全国煤矿技工教材编审委员会于1989年召开了第二次全体会议,确定以“七·五”教材建设为基础,按照“补齐、配套、完善、提高”,突出基本理论、基本知识教学和基本技能训练的原则,编制了“八·五”技工教材建设规划。这套教材包括:《变配电设备》、《综采工作面采煤机》、《煤矿开采方法》、《机械化掘进工艺》、《矿井地质》、《矿山测量》等共计70余种,将陆续出版发行。

这套教材主要适用于全国煤矿技工学校教学,也适合具有初中文化水平工人自学和工程技术人员参考。

《变配电设备》是这套教材中的一种,是根据修订后的“八·五”期间全国煤矿技工学校统一教学计划和大纲编写的。本书由全国煤矿技工教材编审委员会组织审定、认可,是全国煤矿技工学校变配电等工种教学必备的统一教材。

该教材由阜新煤矿技工学校李景恩同志编写。义马矿务局常国定同志主审,阳泉、铁法、义马等煤矿技工学校的有关教师和工程技术人员参加了审定工作,全国煤矿技工教材编审会的有关同志具体组织并参加了审定。

由于时间仓促,经验不足,书中难免有不当之处,请用书单位和读者提出批评指正。

全国煤矿技工教材编审委员会

1994年3月7日

目 录

第一章 煤矿供电系统及短路故障分析	1
第一节 电力工业的发展及煤矿对供电的要求	1
一、电力系统的基本概念	1
二、电力系统的电压等级	3
三、煤矿企业对供电的要求	5
四、电力用户分级	5
第二节 煤矿供电系统	6
一、变电所的主接线	6
二、矿井供电系统	9
第三节 短路故障分析	17
一、产生短路的原因及其危害	18
二、短路类型	18
三、三相短路电流的计算	20
四、井下短路电流计算	31
五、短路电流的电动力效应和热效应	31
习题	34
第二章 电力负荷及其供电线路	36
第一节 电力负荷及计算	36
一、计算负荷的目的及负荷曲线	36
二、计算负荷的方法	36
三、功率损耗计算	39
四、变电所主变压器的选择	43
第二节 功率因数的改善	46
一、提高功率因数的意义	46
二、功率因数的改善方法	47
第三节 电力线路	50
一、架空线路	50
二、电缆线路	58
三、室内配线	64
第四节 导线截面的选择	70
一、截面选择的一般原则	70
二、按发热条件选择导线截面	71
三、按允许电压损失选择导线截面	74
四、按经济电流密度选择导线截面	80

五、电缆截面的选择	82
习题	85
第三章 电力变压器	87
第一节 变压器的结构及铭牌数据	87
一、变压器的结构	87
二、铭牌数据	92
三、三相变压器空载运行时的电势波形	100
第二节 变压器的运行检查	104
一、变压器的外部检查	104
二、变压器的并列运行	109
三、变压器的经济运行	113
第三节 变压器的不正常运行	114
一、变压器运行中的不正常现象	114
二、变压器自动跳闸	115
三、变压器的失火和灭火	115
四、变压器的不对称运行	115
第四节 变压器的安装	123
一、清扫和检查	123
二、变压器就位与安装	126
三、配电变压器的安装	130
第五节 变压器的干燥及油的处理	130
一、变压器的干燥方法	130
二、变压器油处理	135
第六节 变压器投入运行	138
一、投送电前的检查	138
二、冲击试验	138
习题	139
第四章 高压电器	140
第一节 开关电弧	140
一、电弧的主要特征	140
二、电弧的形成	140
三、电弧的熄灭	141
四、交流电弧的开断	142
五、灭弧的基本方法	143
第二节 高压隔离开关及操作机构	145
一、隔离开关的用途及类型	145
二、户内隔离开关	145
三、户外隔离开关	146
四、操作机构	147

五、隔离开关的安装和维修	148
六、高压负荷开关	151
第三节 断路器及操作机构	152
一、高压断路器的型号及技术参数	152
二、油断路器	154
三、六氟化硫断路器	165
四、真空断路器	167
五、断路器的操作机构	169
六、断路器的安装与维修	180
第四节 高压熔断器	192
一、熔断器的作用及技术特性	192
二、高压熔断器结构	194
第五节 电抗器	196
一、电抗器的型号及结构	196
二、电抗器的参数	197
第六节 母线及绝缘子	198
一、母线	198
二、绝缘子	199
第七节 互感器	202
一、电流互感器	203
二、电压互感器	208
三、注意事项	215
第八节 成套配电装置	216
一、地面高压开关柜	216
二、井下高压配电箱	225
第九节 并联电容器	233
一、电容器的结构及型号	233
二、电容器的装设地点和接线	234
三、电容器的运行维护	237
四、电容器屏	238
第十节 高压电器的选择	239
一、高压电器选择的一般原则	239
二、设备选择	241
习题	246
第五章 低压电器	248
第一节 闸刀开关及熔断器	248
一、闸刀开关	248
二、熔断器	248
三、负荷开关	252

第二节 磁力起动器	257
一、接触器	257
二、热继电器	260
三、磁力起动器的控制电路	262
四、磁力起动器常见故障及处理方法	263
第三节 自动空气开关	265
一、工作原理	265
二、自由脱扣机构	265
三、触头系统及灭弧装置	266
四、开关的类型及其脱扣器	267
五、故障分析与处理	267
第四节 低压成套配电装置	268
一、低压配电屏	268
二、动力配电箱	269
三、防爆馈电开关	269
第五节 低压电器的选择	273
一、低压电器选择的一般原则	273
二、熔断器的选择	274
三、自动空气开关的选择	276
习题	277
第六章 电气安全保护	279
第一节 保护接地和接零	279
一、保护接地	279
二、保护接零	281
三、接地电阻的计算	283
四、接地体的施工	286
第二节 过电压及其保护	289
一、大气过电压	289
二、内部过电压的基本概念	305
第三节 触电的危害及其防护	306
一、触电的危害	306
二、低压触电保安器	308
三、电工安全用具	310
四、井下电气安全及漏电保护装置	314
习题	324
第七章 电气试验	325
第一节 导体和绝缘体的电特性	325
一、导体的电特性	325
二、绝缘体的电特性	326

第二节 非破坏性试验	330
一、绝缘电阻的测量	330
二、泄漏电流测试	334
三、介质损失角正切值的测定	336
第三节 耐压试验	339
一、交流耐压试验	339
二、直流耐压试验	342
第四节 直流电阻的测量	343
一、测量的目的	343
二、测量方法	343
第五节 绝缘油试验及气相色谱分析	346
一、绝缘油试验	346
二、气相色谱分析	346
第六节 电气设备的试验项目、周期及其标准	347
一、电力变压器	347
二、多油、少油断路器	354
三、互感器	356
四、套管	357
五、绝缘子	357
六、隔离开关和母线	359
七、电力电缆	359
八、电力电容器	360
九、避雷器	362
十、保安用具	363
十一、电源核相检查	364
十二、接地电阻测量	365
习题	369
第八章 变电所设备选型计算	371
一、选择主变压器的台数及型号	372
二、选择电源线路及防雷保护	373
三、35kV 侧断路器和隔离开关的选择	373
四、6kV 进线断路器和隔离开关的选择及开关柜一次方案编号的确定	377
五、选择 6kV 母线截面及进线穿墙套管型号	378
六、选择 6kV 电流互感器	380
七、井下回路电抗器的选择	381
八、选择电容器型号及容量	383
九、避雷针的高度和根数选择	383
十、变电所接地网的设计	384
十一、选择主变压器二次保护方案	387

十二、井下中央变电所设备选择	398
十三、采区变电所设备选择	403
附录	406

第一章 煤矿供电系统及短路故障分析

第一节 电力工业的发展及煤矿对供电的要求

一、电力系统的基本概念

电能可以方便而经济地远距离输送与分配，又可以方便地和其他各种能量互相转换，在使用时也易于操作和控制，并且它与新兴科学技术有着密切不可分割的联系。因此，在现代工农业生产、交通运输、国民经济各部门和日常生活中，电能得到了日益广泛的应用。所以，电力工业在国民经济建设中占有特别重要地位。

电能由发电厂供给，为了经济起见，发电厂多建立在资源丰富的地方，一般来说距工业企业甚远，因此产生了电能输送问题。电能输送到工业企业之后由于用户的分散，又产生了电能的分配问题。现在就电能的生产、输送和分配有关问题的基本知识加以介绍。

1. 发电厂

发电厂是把其他形式的能量转换为电能的一种特殊工厂，根据所有能量的形式不同，可以有多种不同形式的发电厂。但发电量大的电厂，有以下三种：

1) 火力发电厂

它是利用燃料燃烧所释放的热能使锅炉产生高压蒸气，推动汽轮机转动而带动发电机发电的。所用燃料多为固体煤、液体重油和气体的天然气等。由于单纯生产电能的火力发电厂大部分热量不能充分利用，而是被循环水带走损失掉了，因此这种发电厂的效率也只有30%~40%。为了充分利用热能，近年来大的工业区多修建兼供热式汽轮机发电厂，简称热电厂。它不仅向用户提供电能，而且在汽轮机的中段抽气，向附近城市用户提供蒸气和热水，这样可以较充分地利用热能，其热、电联合生产效率可达60%~70%以上。

2) 水力发电厂

它是利用河水由上游流到下游的势能转换为电能的。发电机的原动机，为水轮机。按工程实用单位， 1m^3 的水重约1000kg，则水力发电厂的总容量可由下式算出

$$S = \frac{1000QH}{102} \cdot n = 9.8QHn \text{ (kW)}$$

式中 Q ——通过水轮机的水流量， m^3/s ；

H ——水头（上、下游水的落差）， m ；

n ——效率，现代水力发电厂一般为0.85~0.86。

由上式可见，其总容量与水的流量及水头的大小成正比。在河水流量一定时，要获得较大的发电量，必须有较高的水头。因此，一般在河的上游修建拦水坝，建成水库抬高水位，使其上、下游形成较大的集中落差。

水力发电厂不消耗燃料，所需自用电也较少，易于全盘自动化，检修工作量也较少，年运行费用低。但水力发电厂建设投资大，建设工期长，运行中受自然水的影响较大。

3) 原子能发电厂

它是利用原子核反应堆和蒸气发生器代替火力发电厂的锅炉设备，而发电设备仍为汽

轮机和发电机。反应堆中的燃料元件是产生热量的部件，用天然铀、低浓铀或高浓铀等核燃料制成。

原子能发电厂所需核燃料极少，如 500kW 原子能发电厂，在 24 h 内仅消耗 30 g 铀，而同容量的蒸气式火力发电厂要消耗 100~110 t 煤。由于原子能发电厂铀的消耗量极小，所以它可以建立在距离水力资源和产煤区较远的用电中心或用热中心。我国自行设计和建设的第一座核电站——秦山核电站所生产的电力，已于 1992 年并网送电。就世界能源发展趋势来看，原子能将成为最有前途的大规模发电能源。

2. 变电所

变电所有升压降压之分。由于它在电力系统所处地位不同，又分为区域、企业变电所及车间变电所等。它是接受电能与分配电能并改变电能电压的枢纽，是发电厂到用户之间的重要环节之一。变电所主要由变压器与一些配电设备构成，它的单线系统如图 1-1 所示。图中设备图形符号的旁侧标注的文字，是设备的文字符号。图形及文字的表示意义，见附录 1。

母线 M 是汇集受电电源和配出负荷线路的设备；断路器 DL 是用来接通和切断正常及事故电流的设备；隔离开关 QS 因无灭弧装置，不能切断负荷电流，主要起隔离电源作用。

在变电所中，只有受电和配电开关等控制设备，无主变压器者称配电所或开闭所，用来把交流电转换为直流电的，称变流所。

3. 电力网

它由各种不同电压等级、不同类型的线路和变电所组成，是传送并分配电能的装置。在习惯上，也有把各种不同电压等级的电气线路，统称为电力网。

由发电厂、电力网、变电所及用户构成的系统，称为电力系统，如图 1-2 所示。

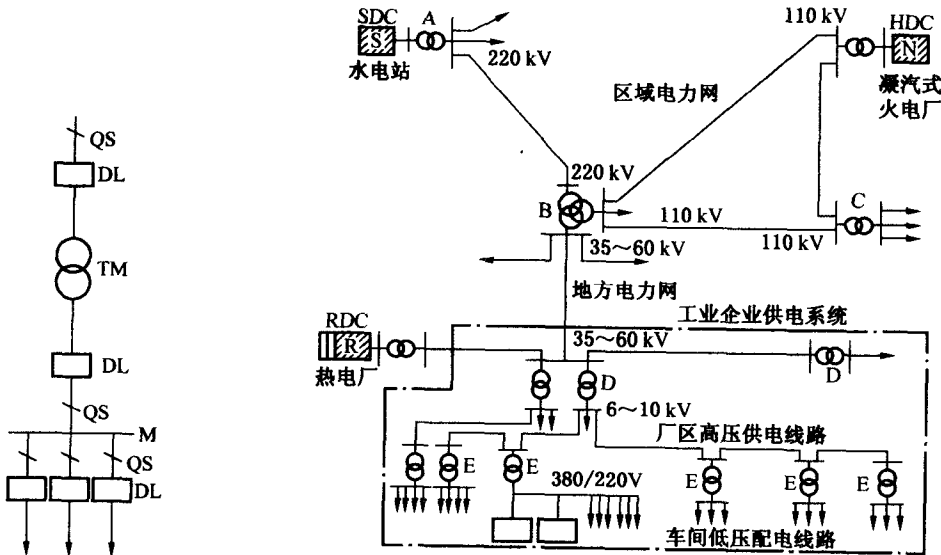


图 1-1 变电所主要设备符号

QS—隔离开关；TM—变压器；
DL—断路器；M—母线

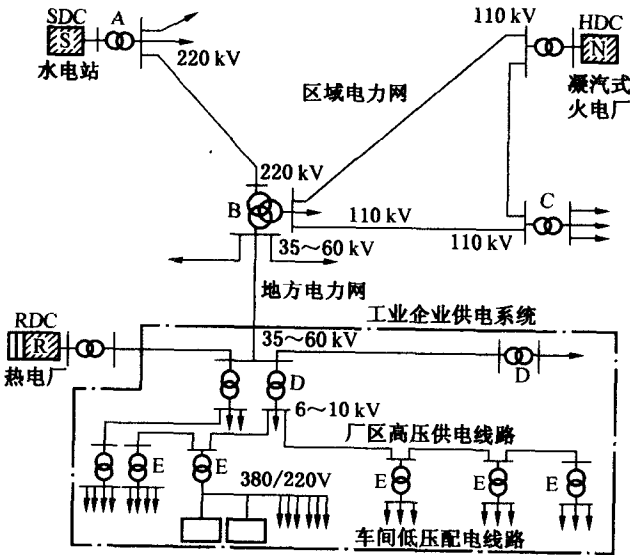


图 1-2 电力系统示意图

A—升压变电站；B—区域变电所；C—地方变电所；
D—总降压变电所；E—车间变电所

从发电厂产生的电能，除了供给电厂内部少量用电外，一般都是经过升压变电站，将发电机发出的低压电能转变成高压电能，采用高压把电能传送出去。因为电力网传送的电压越高，则输送的距离越远，输送的功率也越大。也就是说输送同样功率的电能，如采用高电压时，输电网络上流过的电流就小，因此网路上的电能损失小，输送电能的效率就越高。同时导线截面也可以减小，从而可节省导线所用的有色金属铜或铝。同理，输送同样功率采用高电压时，由于电流减小，则网路阻抗所引起的电压损失也减小，这样对保证用户得到良好质量的电能是极为有利的。

当然也不是网路电压越高越好，一个电压等级的确定是否合理，将直接影响到供电系统设计经济的合理性。对于 110kV 及以下的输配电线路，各级电压与其送电容量及距离较好的配合关系，如表 1-1 所示。

表 1-1 各级电压线路输送容量与距离的参考值

电压等级 (kV)	架 空 线 路		电 缆 线 路	
	输送容量 (MW)	输送距离 (km)	输送容量 (MW)	输送距离 (km)
0.22	<0.06	<0.15	<0.1	<0.2
0.38	<0.1	<0.25	<0.175	<0.35
3	<1	1~3	<1.5	<1.8
6	<2	5~10	<3	<8
10	<3	8~15	<5	<10
35	<10	20~70		
60	<30	30~100		
115	<50	50~150		

目前我国发电机额定电压多为 6.3~15.75kV，经过升压后电网电压为 154~500kV，高电压经高压电网，送到距离较远的工业集中地区或城市。在工业中心或城市的附近建立区域变电所（又称一次变电所），所内装设三绕组降压变压器，将 110~330kV 的电压降为 35kV 和 60~110kV 两种不同电压，与其相应电压等级网路联系起来供给地方或企业内部降压变电所（又称二次变电所），再将其电压降低为 6~10kV 对企业内部供电。一个大型煤矿，可设一个至几个二次变电所，每一个二次变电所设在矿井负荷中心。

为了提高供电可靠性和经济性，目前广泛地将许多发电厂用电网连接起来，构成大的电力系统。这样做具有很多优点，首先可以充分利用动力资源和发挥各类电厂的作用，使系统中各发电厂都能实现最佳的经济运行方式。如一般夏季丰水期，水力发电厂可以多发电，但这个季节照明时间短，用电量少；相反，冬季枯水期，发电量少，而用户用电量多，如果水电厂不与系统连接，就使水力资源受到限制。在统一大电力系统中，水、火电厂便可以互相配合和调节，夏季让水力发电厂担任系统的主要负荷，冬季则让水力发电厂担任系统的尖峰负荷。这样既减少了火力发电厂的耗煤量，又提高了系统运行的经济性。

二、电力系统的电压等级

为了使电气设备生产标准化，便于大批量生产和应用中的互换性，对发电、输电以及用电等所有设备的额定电压必须统一规定，并分成若干等级。电力网的额定电压也必须与

电气设备的额定电压相适应，也应分成若干等级。

电气设备的额定电压（又叫标准电压），是指发电机、变压器和用电设备在正常运行时，获得最佳经济效果的电压。

标准电压等级是根据国民经济的需要，且考虑到经济上的合理性以及电器、电机的制造水平等因素，经全面分析研究而定的。我国国家标准所规定的工频交流单相，三相标准电压等级，列于表 1-2 中。

表 1-2 标准 额 定 电 压

系统额定电压	单 相 交 流		三 相 交 流	
	受电设备	供电设备	受电设备	供电设备
1000V 以下 (V)				
	100 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	100 ⁺
127 [*]	127 [*]	133 [*]	127 [*]	133 [*]
220	220	230	220/380	230/400
380			380/660	400/690
			1140 ^{**}	1200 ^{**}
1000V 以上 (kV)				
3			3	3.15
6			6	6.3
10			10	11.5
35			35	38.5
63			63	69
110			110	121
220			220	242
330			330	363
500			500	550

注：1. 三相交流栏下，斜线“/”之上为相电压，斜线之下为线电压。无斜线者都是线电压。

2. 带“+”号者用于电压互感器、继电器等控制系统电压。带“*”号者用于煤矿井下，热工仪表和机床控制系统的电压。带“**”号者，只限于煤矿井下及特殊场合使用的电压。

表 1-2 中供电设备额定电压，为发电机和变压器的二次额定电压；受电设备额定电压，为变压器的一次电压和用电设备的额定电压。供、受电设备额定电压不一致的原因，是因为线路通过正常负荷电流时要产生电压损失。为了使受电设备获得近于系统额定电压，国家规定供电设备的额定电压要高出系统额定电压的 5%。变压器常接在电力系统的末端，相当于系统负载，故规定变压器一次电压与受电设备相同。对电站用升压变压器，因与发电机距离很近，规定一次电压与发电设备相同。为了补偿正常负载时变压器内部阻抗和线路阻抗所造成的电压损失，规定变压器二次额定电压比用电设备的额定电压高出 5%；如供电距离较远时，应选用比受电设备电压高出 10% 的变压器。

由于煤矿生产条件特殊，还采用一些新的电压等级，表 1-3 列出了目前煤矿常用的电压等级及其用途。

表 1-3 煤矿常用电压等级及其用途

电 压 等 级 (kV)		用 途
类 别	等 级	
交 流	0.036 以下	井下电气设备控制及局部照明
	0.127	井下照明及手持式电钻
	0.22	地面照明
	0.38	地面动力及小型矿井井下动力
	0.66	井下动力
	1.14	井下综采机械化动力
	3、6、10*	井上下高压电动机及配电用
	35、60、110	区域或地面降压变电所受电电压
直 流	0.11、0.22	矿灯充电、变电所控制电压
	0.25、0.5	地面或井下电机车
	0.75、1.5	露天工业电机车

注：带“*”号者，目前采用的较少。

三、煤矿企业对供电的要求

电力是现代化矿山企业的动力，为了适应煤矿的特殊性，对供电有如下要求：

1. 可靠性

煤矿一旦中断供电，不仅影响产量，而且有可能发生人身事故或设备损坏，严重时会造成矿山破坏。为了确保煤矿的供电可靠性，地面降压变电所的受电线路应采用两回独立电源，并且在其线路上不得分接任何负荷。两回电源可来自不同的变电所（或电厂）或同一变电所的不同母线上，这样在一回路发生故障时，仍可保证对矿井的供电。

2. 安全性

煤矿生产环境复杂，自然条件恶劣，供电线路和电气设备易受损坏，可能造成人身触电和电火花引起的火灾和瓦斯煤尘爆炸等事故。为此，必须采取防爆、防触电及过流保护等一系列技术措施，并且制定相应的管理规程，严格遵守《煤矿安全规程》有关规定，以确保安全供电。

3. 供电量充裕

设计时不仅考虑建设时期和投产后电能的需要，而且要考虑到矿井将来发展时电能的增加，以保证供电设施有扩充的余地。

4. 技术经济合理

在保证可靠和安全供电的前提下，还要保证供电质量。供电质量，是指电压的偏移不超过额定电压值的 $\pm 5\%$ ；频率的偏移，不超过 $\pm 0.2 \sim 0.5\text{Hz}$ 。如应用大功率晶闸管整流时，要防止因谐波分量的增大，可能使电力电容器过负荷或使网路某部分产生谐振而造成事故等，为此，应采取相应措施以保证供电技术合理。

在满足上述要求条件下，应力求供电系统简单，安装、运行操作方便，建设投资和运行费用低等。

四、电力用户分级

电力用户的分级，是根据负荷的重要性以及供电中断所造成的危害程度来划分的。电

力用户一般分三级管理，以利在不同情况下分别对待。

1. 一级用户

凡突然停电会造成人身伤亡或设备损坏、长期才能恢复生产或对国民经济带来重大损失者，如矿井扇风机、井下主排水泵、竖井经常提人的提升机等，都为一级用户。对一级用户必须设有两个独立电源，以保证一回供电线路故障情况下，仍能继续供电。

2. 二级用户

凡突然停电会造成大量废品，产品显著下降，在经济上造成很大损失者，如煤矿集中提运设备、空气压缩机、抽放瓦斯设备及综采供电的采区变电所等，都为二级用户。对二级用户，是采用双回路或单回路电源供电，应视产量大小而定。

3. 三级用户

凡不属于一、二级用户者，均为三级用户。这类用户停电不直接影响生产，因此采用单回路电源供电。

用户分级管理便于调整电力负荷，在电力不足情况下，应视实际情况首先对三级负荷限电；必要时再对二级用户限电，以确保对一级用户供电。

第二节 煤矿供电系统

煤矿地面降压变电所主变压器的一次受电电压为 $35\sim 110\text{kV}$ ，经降压后的二次电压为 $3\sim 10\text{kV}$ 。经配电变压器或采区变电所再次降压后，地面为 $380/220\text{V}$ 三相四线制供电；井下为 380V 或 660V 或 1140V 三相三线制供电。

一、变电所的主接线

变电所的主接线是由变压器、断路器、隔离开关等主要电气设备及其连接线组成的，用以接受和分配电能，是供电系统主要组成部分。它与电源的供电方式、电压等级、负荷大小、级别以及变压器的台数、容量等因素有关，因此变电所有多种接线型式。确定变电所主接线，对电气设备的选择、配电装置的布置及运行可靠性、经济性等都有直接关系，是变电所设计的重要任务之一。

1. 线路变压器组接线

当供电电源只有一回线路，其负荷仅为单台变压器时，称为线路—变压器组接线，如图 1-3 所示。

根据负荷重要性和投资情况，线路变压器组高压侧的隔离开关 QS，也可以改用熔断器 FU 或断路器 DL。

这种接线的优点是简单、设备少、投资省，但供电可靠性低。当此系统任一设备故障或检修时，全部负荷都停止供电。所以这种接线只用于三级或不重要的二级用户变电所。

2. 桥式接线

煤矿企业用电为一级用户，且用电量大，通常变电所内设有几台同容量的变压器，常见者为两台。为了供电可靠，便于切换电源线路或变压器，在两回受电电源线路之间设有联络桥。桥式接线分为内桥、外桥和全桥三种，其接线如图 1-4 所示。

1) 内桥接线

内桥接线如图 1-4a 所示。由于在两回线路的进线断路器 DL_1 、 DL_2 的内侧设有一条联络桥，故称内桥式接线。为了简化保护装置和限制短路电流，联络桥的断路器 DL_3 通

常处于断开状态，使变电所以两组线路变压器组接线方式工作。它的特点是：当一回受电线路故障或检修时，两台变压器 TM_1 、 TM_2 均可继续工作。例如，进线 XL_1 故障时，则断开 DL_1 ，合上 DL_3 ，即可通过进线 XL_2 使两台变压器照常工作。如果变压器 B_1 发生故障时，使 DL_1 断开，则无故障的进线 XL_1 也停止工作，若想使 XL_1 恢复工作，必须断开隔离开关 G_5 后，再投入 DL_1 和 DL_3 。可见，变压器发生故障时，电源线路间断供电时间较长，所以内桥接线适用于电源进线距离长，线路故障较多，而变压器不经常切换的变电所。它与全桥式结构相比较，切换变压器和扩建成全桥或单母线分段都不方便。

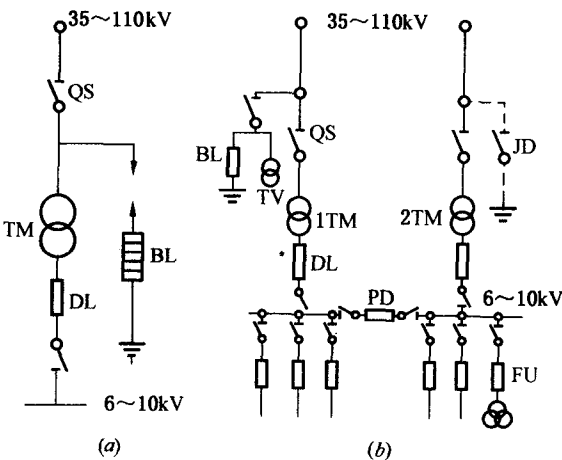


图 1-3 线路-变压器组接线图

a—单回路；b—双回路

QS—隔离开关；TM—变压器；DL—断路器；PD—联络开关；FU—熔断器；BL—避雷器

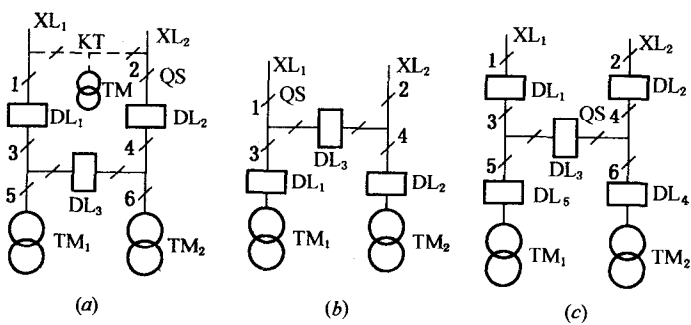


图 1-4 桥式接线

a—内桥接线；b—外桥接线；c—全桥接线

为了检修进线断路器 DL_1 或 DL_2 时不使供电中断，可在线路断路器的外侧（图中虚线部分）增设由两组隔离开关构成的跨条 KT 。在跨条上可连接整流装置作变电所直流控制电源的自用变压器。