

中等专业学校教学用书

矿 山 供 电

李文光 李望 訾贵昌 编

6813/27



中国矿业大学出版社

前 言

本书是根据煤炭部教育司教材编辑室在1986年组织召开的“全国煤炭中专《矿山供电》教材会议”审定的《矿山供电》教材编写细纲编写的。

在进行现场调查和总结多年教学经验的基础上,结合矿山电气化专业培养目标的要求,编写中加强了煤矿供电基本内容和基本概念的阐述。同时紧密联系我国目前煤矿生产的实际。全书尽可能地反映新技术和新设备,同时也介绍了过渡性的老产品。矿用设备的标志,采用了新的标准规定。书中一律使用法定计量单位。

为培养和训练学生的基本计算和实际能力,编入了必要的例题、复习题及常用电气设备的技术数据;并把有关的技术政策和规程的一些主要精神反映到教材中。

本书注意加强内容的系统性。另外,考虑到各学校专业生产认识实习的时间不尽一致,第五章矿用电气设备的内容具有一定的独立性,其讲述时间,可视各校具体情况灵活安排。

本书内容比较充实,它主要作为煤炭中专矿山电气化专业和煤矿机电专业《矿山供电》课程的教学用书,同时也可供技工学校 and 函授中专的有关专业及工程技术人员参考使用。

抚顺煤炭工业学校李文光同志编写了本书的第七、八、十、十一、十二章,并负责全书的主编工作;大同煤炭工业学校李望同志编写了第一、二、三、四、五、六、九章;阜新煤炭工业学校饒贵昌同志编写了第十三、十四章。西安矿业学院张燕美副教授主审全书,提出了许多宝贵意见。编者所在学校、抚顺煤炭研究所、阿城继电器厂、大同矿务局煤炭设计院等单位,对编写工作给予了大力支持。在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平,书中可能存在缺点和不足之处,恳请使用本书的师生和广大读者批评指正。

编 者

1988年4月

目 录

第一章 煤矿供电系统	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 电网的种类.....	(5)
第三节 矿山地面变电所.....	(9)
第四节 矿井供电系统.....	(13)
第二章 负荷计算与变压器的选择	(20)
第一节 负荷计算.....	(20)
第二节 功率因数的提高.....	(23)
第三节 主变压器的选择.....	(29)
第三章 短路电流	(34)
第一节 概述.....	(34)
第二节 短路电流的暂态过程.....	(35)
第三节 无限大电源容量系统短路电流的计算.....	(39)
第四节 有限电源容量系统短路电流的计算.....	(59)
第五节 短路电流的电动力及发热计算.....	(62)
第四章 高低压电器	(69)
第一节 电弧.....	(69)
第二节 低压开关.....	(72)
第三节 高压开关.....	(78)
第四节 熔断器.....	(86)
第五节 高压成套配电装置.....	(91)
第五章 矿用电气设备	(95)
第一节 概述.....	(95)
第二节 矿用低压开关.....	(102)
第三节 矿用高压配电箱.....	(120)
第四节 矿用变压器与移动式变电站.....	(132)
第六章 电气设备的选择	(140)
第一节 选择电气设备的一般原则.....	(140)
第二节 高压开关的选择.....	(142)
第三节 互感器的选择.....	(144)
第四节 母线和绝缘子的选择.....	(152)
第五节 电抗器的选择.....	(159)
第六节 高压线成套配电装置的选择.....	(162)
第七章 输电线路	(163)
第一节 架空线路.....	(166)
第二节 电缆线路.....	(173)
第八章 继电保护	(181)
第一节 概述.....	(181)

第二节	常用继电器	(183)
第三节	电流保护装置的接线方式	(188)
第四节	电网的过电流保护	(191)
第五节	晶体管过电流保护装置	(202)
第六节	电网的方向过电流保护	(205)
第七节	电力变压器的保护	(208)
第八节	高压异步电动机的保护	(220)
第九节	3~10kV 电网的单相接地保护	(224)
第九章	地面变电所的二次回路	(229)
第一节	操作电源	(229)
第二节	控制与信号回路	(235)
第三节	成套配电装置的二次接线	(245)
第十章	煤矿供电安全技术	(249)
第一节	触电危险性及其预防	(249)
第二节	井下低压电网漏电保护	(252)
第三节	煤电钻的保护装置	(263)
第四节	保护接地和保护接零	(267)
第十一章	采区供电	(272)
第一节	概述	(272)
第二节	采区变电所及供电系统的拟定	(273)
第三节	采区供电计算	(276)
第四节	综采供电简介	(289)
第十二章	过电压保护	(293)
第一节	概述	(293)
第二节	大气过电压	(293)
第三节	避雷针和避雷线	(295)
第四节	避雷器	(298)
第五节	变电所的防雷	(300)
第十三章	节约用电	(306)
第一节	节约用电的意义及措施	(306)
第二节	变压器的经济运行	(309)
第十四章	绝缘试验	(312)
第一节	绝缘材料的电气特性	(312)
第二节	绝缘电阻的测量	(319)
第三节	泄漏电流和直流耐压试验	(321)
第四节	介质损失角正切值 $\tan\delta$ 的测量	(323)
第五节	交流耐压试验	(325)
第六节	电气设备的绝缘试验	(326)

第一章 煤矿供电系统

第一节 概 述

一、电力系统

电能是现代化工农业生产、国防建设和人民生活中使用最广泛的二次能源。绝大多数煤矿机械都以电能为动力，保证电能的正常供应对煤炭生产有着十分重要的意义。

电能有一个生产、传输、分配和使用的过程。发电厂是生产电能的工厂，它将自然界所蕴藏的各种能源转换为电能。按照所利用的能源不同，发电厂可分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂（核电站）以及风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等类型。我国有着丰富的煤炭、石油和水力资源，发电厂多为火力发电厂和水力发电厂。现在我国已开始兴建原子能发电厂，它展现了电力工业发展的美好前景。

发电厂通常建设在动力资源丰富的地方，往往离用电中心地区较远，所以必须用高压输电线路进行远距离输电。由理论分析可知，在输电线路传输的电功率一定的条件下，电压愈高，线路电流愈小，线路上产生的电压损失和电能损耗也愈小，所以远距离输电采用高压比较经济。输电线路电压愈高，输电距离愈远，可输送的电功率愈大。我国高压电网的电压分35、110、220、330kV等多种电压等级。发电机输出电压多为6.3kV或10.5kV，故须升压后，才能向高压线路馈电。而对于用电设备，采用低压电能比较安全经济，在用户附近须建立降压变电所，以便把电压逐级降低，供给各种不同电压等级的用电户使用。一般在用户集中的地方设有区域变电所，把电压降到35（或60）kV，然后再配送到各工厂或矿山的降压变电所去。变电所内装有变压器和各种配电装置，用来变换电压和分配电能。由变电所与各种不同电压等级的输电线路组成的输、配电网，称为电力网。

为了使供电可靠、经济、合理，通常将几个大发电厂用高压电网联接起来，向广大范围内的用户供电，这样就形成一个电能生产、传输、分配和使用的系统，称为电力系统，图1-1为电力系统示意图。形成电力系统可以充分利用动力资源，充分发挥各类电厂的作用，从而提高供电的经济性。当电力系统中某一电厂发生故障退出运行时，其它发电厂仍可继续向各用户供电，从而提高了供电的可靠性。我国大多数煤矿的电源取自电力系统，煤矿供电系统是整个电力系统的一个组成部分。

二、煤矿对供电的要求

煤矿井下生产条件比较恶劣，对供电的要求较高。煤矿对供电的要求可以概括为以下4点。

1. 供电可靠

供电可靠就是要求供电不能间断。煤矿井下的空气中含有甲烷（沼气）、一氧化碳等有害气体，并有矿水不断涌出，时刻威胁着工作人员和整个矿井的安全。供电中断时，不仅会影响原煤产量，还将停止排水和通风，有可能造成矿水淹没矿井、工作人员

窒息死亡和引起沼气、煤尘爆炸等后果。所以煤矿对供电可靠性的要求十分严格，即使在供电系统发生某种故障时，也应保证对矿井重要设备继续供电。为此对煤矿中的重要用电设备采用双回路或环形供电方式，两条电源线路互为备用，当一条发生故障或检修时，则由另一条电源线路继续供电。

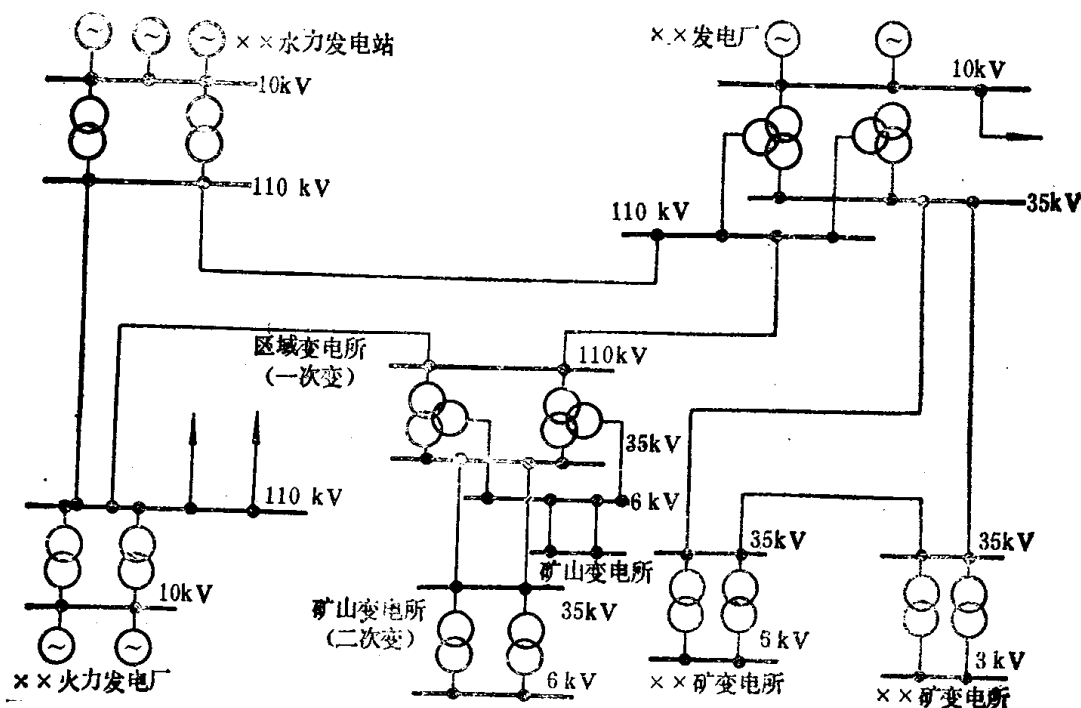


图1-1 电力系统示意图

2. 供电安全

煤矿井下生产空间狭小、潮湿阴暗，井下电气设备容易受机械性损伤，故容易发生人身触电事故。供电线路和用电设备所产生的电火花有可能点燃沼气和煤尘，引起爆炸。为了避免事故的发生，应当按照《煤矿安全规程》的有关规定，采取严格的技术措施和管理制度，消除各种不安全的因素，确保安全供电。

3. 保证供电质量

电能的质量由频率稳定性和电压偏移两个技术指标衡量。我国工业用交流电的额定频率为50Hz，允许偏差0.2~0.5Hz。频率稳定性由发电厂来调节和控制。电压偏移是指电气设备在运行过程中，实际的端电压与其额定电压的偏差。电压偏移用百分数表示。我国对电压偏移的允许值规定为：电动机 $\pm 5\%$ ；白炽灯 $+3\%$ ， -2.5% 。

电压偏移的程度与电源电压本身的稳定性有关，但也取决于供电系统的设计和运行方式是否合理。

4. 技术经济合理

在进行供电设计时应考虑以下三方面的因素：

- (1) 尽量减少矿山变电所与电网的基本建设投资；
- (2) 尽量降低设备材料及有色金属的消耗量；
- (3) 注意降低供电系统中的电能损耗和维护费用。

此外，供电系统应力求简单适用，操作方便，并应留有发展的余地。

应当指出，上述各项对煤矿供电的要求是互相关联、互相制约的，在解决具体

问题时，应进行综合分析，以求最佳的经济技术效益。

三、电力负荷的分类

在煤矿企业中，各种用电设备的运行特点和重要性是不完全相同的，它们对供电可靠性的要求和对电能质量的要求也不相同。对不同的用电设备或用电户应根据具体情况确定供电方式。根据对供电可靠性的要求不同，煤矿电力用户分为以下3类。

1. 一类用户（又称一级负荷）

凡因突然中断供电会发生人身伤亡事故或损坏重要设备，给生产带来重大损失者，均属一类用户。矿井主通风机、主排水泵、副井提升机等都是一类用户。在电力系统中，煤矿企业属于一类用户。

对于一类用户应采用不同电源的两回路供电。当其中一个电源或一条线路发生故障时，不影响另一电源继续向用户供电。

煤矿地面变电所一般设有两台电力变压器，每台变压器的二次侧都与一段6kV母线相联接，当一台变压器或一段6kV母线发生故障时，另一台变压器或母线还可以继续供电，这两段6kV母线可以看作是相对独立的电源。所以，煤矿中一类用户的两条电源线路，分别由地面变电所的两段6kV母线上引出。

2. 二类用户（又称二级负荷）

凡因突然停电会造成较大减产或产生大量废品，经济损失较大者，属于二类用户。煤矿集中提煤设备、矿山空压机及采区变电所等都是二类用户。

对于大型煤矿的二类用户，一般采用两回路或环形供电；对于中、小型煤矿的二类用户一般采用一回路供电，但应有一定数量的变压器、电缆等供电设备库存，以便及时更换。

3. 三类用户（又称三级负荷）

所有不属于一类和二类用电户的负荷均属于三类用户。如煤矿的辅助性生产车间、仓库、料场、办公楼及非生产照明等都是三类用户。

对三类用户采用一回路供电，没有特殊的技术要求。

将电力负荷进行分类，有利于合理供电。对于重要负荷，把保证供电可靠、安全，放在首位；对于次要负荷，则应注意供电的经济性。当供电系统进行检修或出现故障时，往往需要限制用电量，这时应根据实际情况先停三类用户用电，必要时再停二类用户用电，确保一类用户用电。

四、电压等级

电气设备（或元件）都是按照一定的标准电压设计和制造的。电气设备（或元件）在规定的电压下工作才能充分发挥效能并具有最佳的运行特性。这个标准电压称为电气设备（或元件）的额定电压。为了便于电气设备和电气元件的批量生产，国家规定了标准的电压等级，如表1-1所示。

由于发电机和变压器运行时，在其内部阻抗上会产生一定的电压损失，所以表1-1中发电机的额定电压比与其相应的电网额定电压高5%。对于升压变压器，其原边与发电机相连接，所以原边额定电压与发电机的额定电压相同；其副边额定电压比相应的电网额定电压高5%~10%。对于降压变压器，原边额定电压与相应的电网额定电压相同，副边额定电压比相应的电网额定电压高5%。

为了适应煤矿生产的特殊要求，煤矿还使用一些专用的电压等级，如表1-2所示。

表1-1 国家标准额定电压等级

电力网和电气设备		发电机的额定电压 kV	变压器的额定电压, kV	
的额定电压, kV			原 边	副 边
交 流	0.127	(0.133)	(0.127)	(0.133)
	0.22	0.23	0.22	0.23
	0.38	0.38	0.38	0.40
	3.0	3.15	3.0及3.15	3.15及3.3
	6.0	6.3	6.0及6.3	6.3及6.6
	10	10.5	10及10.5	10.5及11
		15.75	15.75	
	35		35	38.5
	(60)		(60)	(66)
	110		110	121
	(154)		(154)	(169)
	220		220	242
	330		330	363
直 流	0.11	0.115		
	0.22	0.23		
	0.44			

- 注 1. 变压器原边栏内3.15、6.3、15.75kV电压适用于与发电机端点直接连接的变压器使用。
2. 变压器副边栏内3.3、6.6、11kV电压适用于阻抗值为7.5%及以上的降压变压器。

表1-2 煤矿常用的电压等级

	电压等级, kV	用 途
交 流	0.036	矿用低压磁力起动器的控制回路及信号回路
	0.127	井下照明、信号及手持式煤电钻
	0.22	地面照明
	0.38	地面或井下低压动力
	0.66	井下低压动力
	1.14	采区大型采煤机组
	3.0或6.0	高压电动机及配电线路
	35或60	矿区内部配电线路
	110	矿区区域变电所受电电压
直 流	0.08、0.11、0.12、0.40	井下蓄电池式电机车
	0.11、0.22	地面变电所操作电压
	0.25、0.55	井下架线式电机车

输电线路的电压等级, 应根据输送功率的大小、输电距离以及电源与用电设备的额定电压等条件进行综合分析, 通过经济技术方案比较后选择确定。表1-3列出各种电压等级所适应的输送功率和输电距离的大致范围, 以供参考。

表 1-3 各种电压线路送电容量与距离的参考值

电网电压, 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	<0.03	<0.15	<0.1	<0.25
0.38	<0.1	<0.25	<0.175	<0.35
3.0	<1.0	1~3	<1.5	<1.8
6.0	<2.0	5~10	<3.0	<8
10.0	<3.0	8~15	<5.0	<10
35	<10	20~70		
60	<30	30~100		
110	<50	50~150		

第二节 电网的种类

一、电力网的分类

电力网是电力系统的重要组成部分。可以从以下几方面对电力网进行分类。

1. 按照电流种类可分为直流电网和交流电网。在煤矿供电系统中, 除架线式电机车由直流电网供电外, 其余设备均由交流电网供电。

2. 按照电压高低可分为低压电网和高压电网。电网的电压等级可参考表1-1、表1-2。在煤矿供电系统中, 一般把电压为1140V及以下电压等级的电网称为低压电网, 而把3kV及以上电压等级的电网称为高压电网。

3. 按照输电线路的种类可分为架空线路和电缆线路。煤矿地面多采用架空线路, 而井下除架线式电机车的直流电网为架空线外, 交流电网均为电缆线路。

4. 按照电网的结线方式可分为放射式、干线式、链式和环式电网。

5. 按照电网中性点对地的绝缘状态可分为中性点直接接地系统、中性点通过电抗器接地系统和中性点对地绝缘系统。

另外, 还可以从其它方面对电网进行分类, 这里不一一赘述。

电网的结线方式和对地的绝缘状态对供电的可靠性、安全性和经济性有着密切的联系, 下面分别进行讨论。

二、电网的结线方式

电网的各种结线方式如图1-2所示。

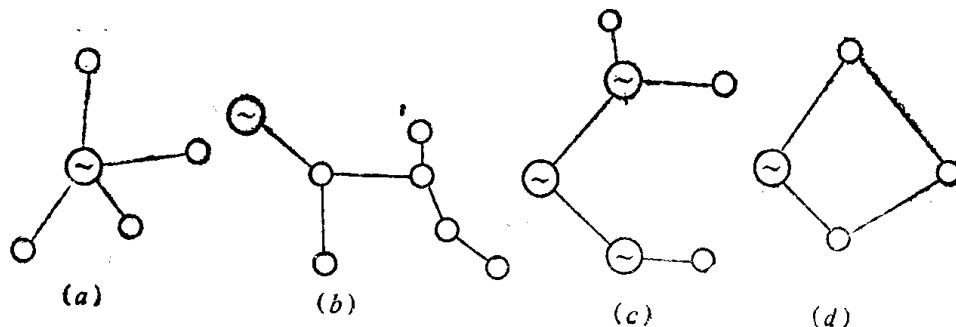


图1-2 电网的结线方式

a—放射式; b—干线式; c—链式; d—环式

放射式电网中每个用户的供电线路彼此独立，发生故障时互不影响，故停电机会较少。这种结线方式的继电保护装置比较简单，易于整定，当某一部分发生故障时，可以很迅速地从电源上切除下来。放射式电网的缺点是电源出线回路数多，线路总长度较长，有色金属消耗量大。

干线式电网的优点是电源出线回路数少，线路总长度较短，节约供电设备。其缺点是各用户有公用线路段，发生故障时容易互相影响，故停电机会较多，停电范围较大。另外，当靠近电源处的线路段发生故障时，继电保护装置的动作时间较长，切除故障不够迅速（其原因将在第八章中进行分析）。

链式电网是放射式与干线式电网的混合形式，它具有二者共同的特点。

环式电网中每一用户都可由两条不同的线路供电，由于两条线路经过的路径不同，不易同时发生故障，所以供电更加可靠。环式电网所用的供电设备也较少。这种结线方式的缺点是当用户由供电线路较长的电源供电时，电压往往不易得到保证。另外，环式电网的运行调度较为复杂。矿区35（或60）kV电网多采用环式结线方式。

图1-2中所示的放射式、干线式和链式电网均为单回路供电，故可靠性较差，不适用于向重要用户供电。这类电网称为无备用系统。为了保证供电的可靠性，放射式、干线式和链式电网都可采用双回路供电，两条回路互为备用。双回路供电的放射式、干线式、链式电网以及环式电网统称为有备用系统。

确定电网的结线方式时，应根据电源的分布情况、用户的地理位置、负荷的大小及重要程度等因素，进行综合分析，确定最佳的结线方案。

三、三相交流电网中性点的接地方式

三相交流电网的中性点是指星形接线的发电机或变压器的中点。中性点的接地方式关系到电气设备的绝缘水平、电压等级、系统的结线方式以及电网对附近通讯系统的干扰等很多方面的问题。下面讨论各种接地方式的特点。

（一）中性点对地绝缘系统

图1-3a为中性点对地绝缘系统的示意图。图中 C_A 、 C_B 、 C_C 分别为三相导线对地的分布电容，三者容抗近似相等。在三相导线对地绝缘状态良好的情况下，电网中性点与大地电位相同，每相导线对地电压等于电源的相电压，三相对称。由于三相导线对地电容相等，所以三相导线对地的电容电流也是对称的，图1-3b为其矢量图。

当中性点对地绝缘系统的一相导线直接接地时，该相导线对地电压为零，其它两相

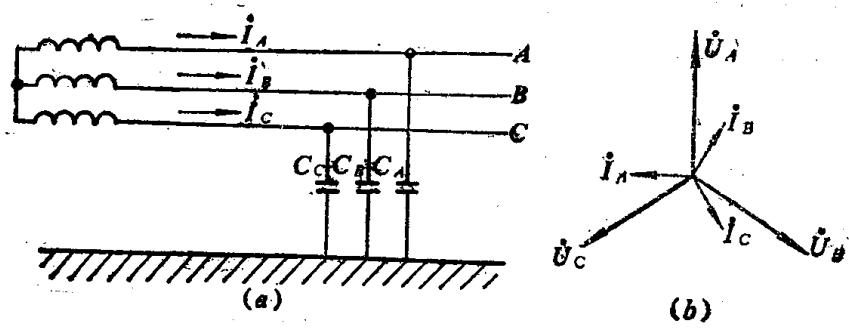


图1-3 中性点对地绝缘系统
a—电气原理示意图，b—矢量图

导线对地电压等于电网的线电压，为正常时的 $\sqrt{3}$ 倍。这时非接地相入地电容电流也为正常时的 $\sqrt{3}$ 倍，其相位超前于相应线电压 90° ，而接地相的入地电流为其它两相电容电流的矢量和，其大小为正常时入地电容电流的3倍。图1-4为一相导线接地时的电流分布情况和矢量图。

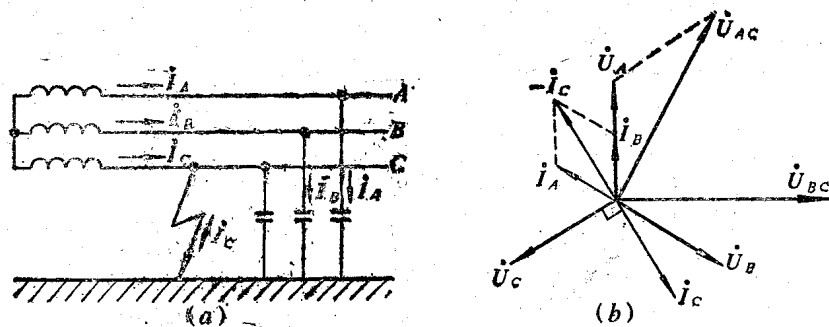


图1-4 中性点对地绝缘系统一相导线接地

a—电流分布情况；b—矢量图

中性点对地绝缘系统单相接地时的接地电容电流与线路电压、电网对地电容有关。电网对地电容取决于电网的种类、敷设情况和线路长度。在一般情况下，接地点入地电流可用下式计算：

$$\left. \begin{array}{l} \text{架空线路} \quad I_{ja} = \frac{Ul}{350}, \text{ A} \\ \text{电缆线路} \quad I_{ja} = \frac{Ul}{10}, \text{ A} \end{array} \right\} \quad (1-1)$$

式中 U ——电网的线电压，kV；
 l ——线路的总长度，km。

中性点对地绝缘系统当发生单相接地时，电网线电压仍保持对称，对三相交流电动机的运行没有直接影响，所以可以继续供电。这对减少停电次数，提高供电可靠性有利。但是，在单相接地时非接地相对地电压升高为线电压，容易使电网对地绝缘薄弱的地方被击穿，形成两相接地短路故障。

从式1-1可知，电压愈高、线路愈长接地电容电流愈大。如果接地电容电流超过某限度（3~10kV系统均为30A，35kV系统约为10A，接地点会产生断续的电弧。由于电网中的电感与对地电容构成振荡回路，断续的接地电弧会引起振荡回路的瞬变过程，在系统中产生过电压。这种过电压有时可达正常电压的3~4倍，可能将设备绝缘击穿。因此中性点对地绝缘系统不适于高电压远距离输电。

我国3~60kV电网一般采用中性点对地绝缘系统。

(二) 中性点通过消弧线圈接地系统

当3~60kV电网单相接地时入地电流超过以下数值：

3~6 kV电网	30A
10kV电网	20A
35~60kV电网	10A

中性点应通过消弧线圈接地。

图1-5 为中性点经消弧线圈接地系统单相接地时的电流分布情况和矢量图。

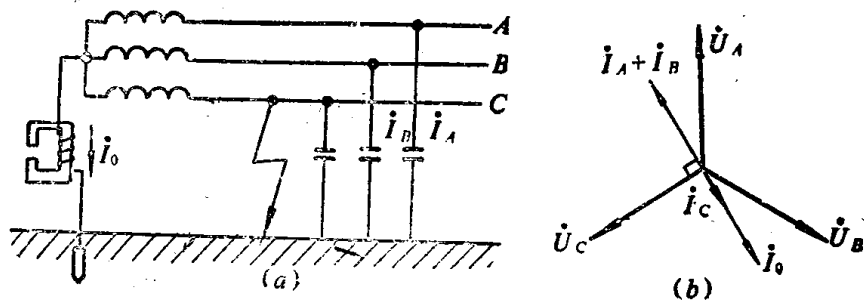


图1-5 中性点经消弧线圈接地系统
a—单相接地时的电流分布情况；b—矢量图

消弧线圈是一个具有可调空气间隙的铁芯线圈。在正常情况下，三相对地电压互相对称，且等于电源相电压，电网中性点的电位与大地电位相同，消弧线圈中没有电流。当发生单相接地时，比如C相接地，则中点对地电压 $\dot{U}_0$ 与 $\dot{U}_C$ 大小相等相位相反。此时有电流 $\dot{I}_L$ 通过消弧线圈， $\dot{I}_L$ 滞后于 $\dot{U}_0$ 90°，与非接地线A、B入地的电容电流的矢量和($\dot{I}_A + \dot{I}_B$)反相。而C相接地电流 $\dot{I}_C = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_L$ ，故适当调节消弧线圈的电抗值，就能将接地电流减少到不能建立电弧的程度。所以这种系统在发生单相接地时仍可以继续供电。

上述两种系统的接地电流都较小，称为小接地电流系统。

(三) 中性点直接接地系统

我国110kV以上的高压电网，普遍采用中性点直接接地系统，如图1-6a所示。这种电网当有一相导线接地时就会造成单相短路，接地电流很大，将使线路的过电流保护装置动作，将接地线路从电源上切除下来。实践证明，大多数接地故障是瞬时存在的，断电后即自动消除。为了减少停电次数，在线路中常采用分相单独动作的断路器和继电保护装置，并设有自动重合闸装置。当某相导线瞬时接地时，该相断路器跳闸，自动重合闸装置迅速动作，如果重合闸成功即可继续供电。

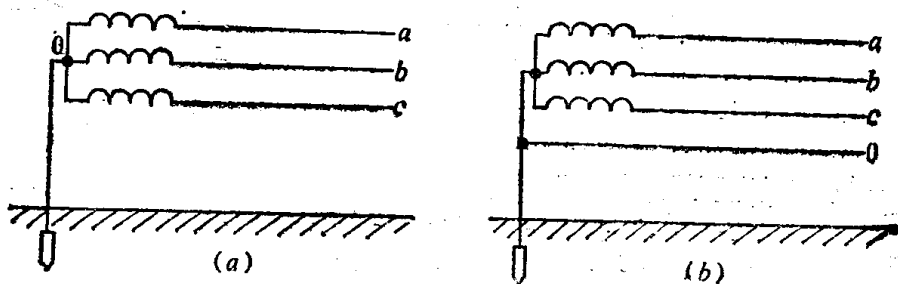


图1-6 中性点直接接地系统
a—三相三线制；b—三相四线制

高压电网采用中性点直接接地方式的优点是，当一相接地时其它两相对地电压不变，接地处不会形成间隙电弧和产生高频过电压。所以采用中性点直接接地方式，可以降低高压电网对绝缘水平的要求，使设备造价降低。这种系统的主要缺点是，接地电流很大，要求供电设备有较高的短路电流动稳定性和热稳定性。另外，当发生一相接地时造成单相短路，破坏了三相电源的对称性，同时会产生高次谐波，干扰附近通讯系统的正常工作。

中性点直接接地系统的接地电流很大，故称为大接地电流系统。

煤矿地面380/220V低压动力照明电网采用三相四线制，中性点直接接地，如图1-6b

所示。其中性点所以接地并非为了防止接地时断续电弧所产生的过电压，而是预防高电压窜入低压系统的一种安全措施。

《煤矿安全规程》第409条规定，煤矿井下配电变压器的中性点禁止接地，禁止由地面上中性点接地的变压器或发电机直接向井下供电。这一规定也是为了保证矿井和人身安全。煤矿井下工作条件恶劣，人体容易触电。如果采用中性点接地系统，当人体触及一相导体时，人体承受相电压，通过人体的电流较大，有致命危险。另外，这种系统当发生单相接地时，由于接地电流大，所产生的电火花有可能点燃井下的沼气和煤尘。关于煤矿供电的安全问题将在第十章中进行详细的讨论。

第三节 矿山地面变电所

一、概述

矿山地面变电所是全矿供电的中心，它把由电源线路引入的35（或60）kV电压变为6kV，然后向地面的各高压负荷和井下中央变电所配电。有的矿山地面变电所设有动力照明变压器，把6kV电压变为380/220V，供给变电所附近的低压动力设备和照明用电。矿山地面变电所中的主要电气设备是电力变压器和各种高低压配电装置。图1-7为一个典型的地面变电所的主结线图。

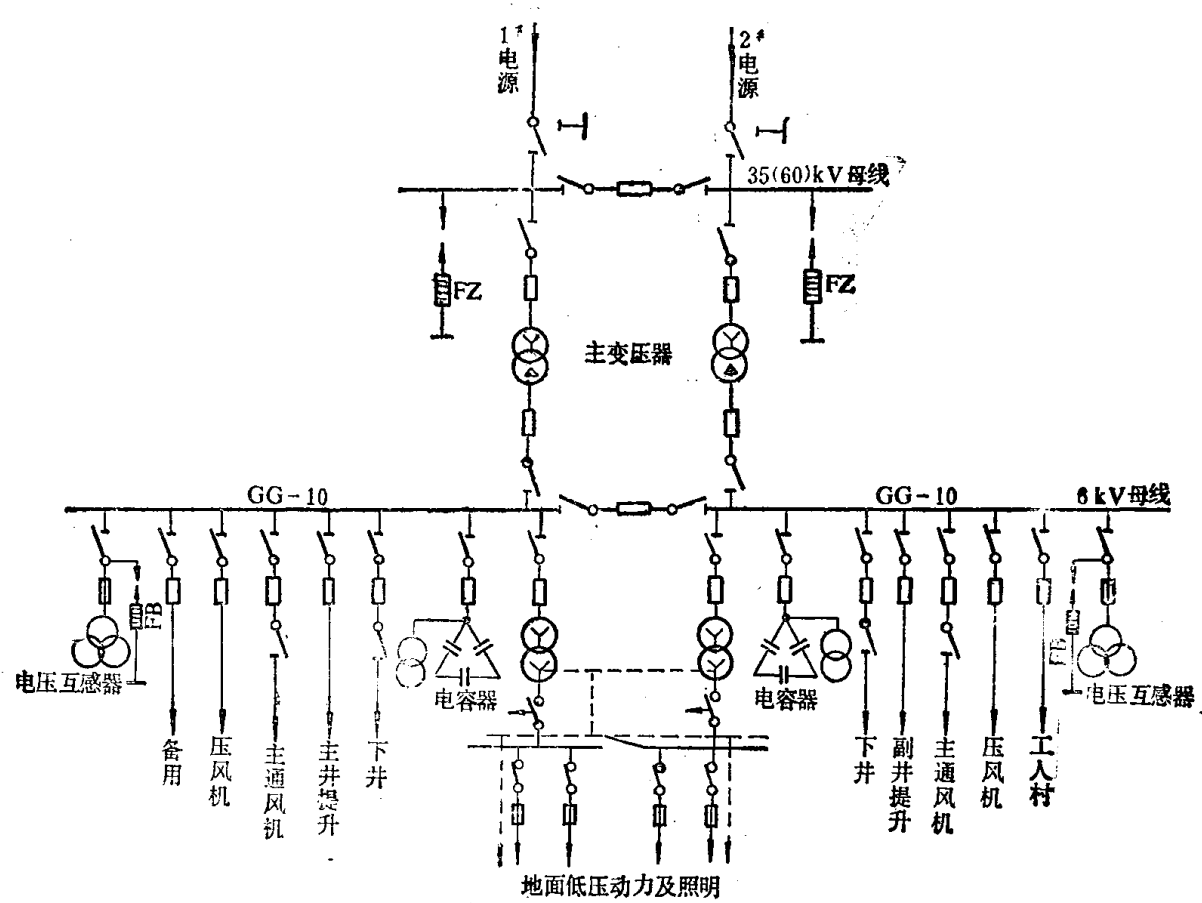


图1-7 矿山地面变电所主结线图

图1-7中有两条35（或60）kV电源进线，分别引自邻近的两个不同的变电所或发电厂，形成环形供电，有时也引自同一个矿山区域变电所或发电厂的两条不同的35（或60）kV母线段，形成双回路放射式供电。

每条电源进线都通过高压隔离开关与变电所的一段35（或60）kV母线相联接。母线是接受电能和引出电路分支的配电装置。每段母线上都接有一台电力变压器和阀型避雷器。两段母线之间用高压断路器相联络。

每台电力变压器的副方都通过断路器和隔离开关与一段6kV母线相联接。两段6kV母线间也设有联络开关。每段6kV母线上都接有避雷器、电压互感器、补偿电容器等，地面的高压用户和下井电缆都通过开关设备从6kV母线上引出。

图1-7中高压隔离开关和高压断路器具有不同的功能。隔离开关不能接通或分断负荷电路，只能在不带负荷的情况下进行操作；断路器可以带负荷进行操作，并可切断强大的短路电流。这两种高压开关的构造和性能将在第四章中做较详细的介绍。

二、矿山地面变电所的主结线

地面变电所的主结线指由各种配电装置和电力变压器等所联结成的受电、变电和配电电路。变电所的主结线应当满足简单、可靠、运行灵活、经济合理、操作维护方便等一般要求。主结线图通常用单线图的形式绘制。

下面讨论矿山地面变电所的一次结线、二次母线和配出线的结线方式。

（一）一次结线

变电所受电线路与主变压器的联接叫做一次结线。一次结线可分桥式结线和线路变压器组两种类型。

1. 桥式结线

桥式结线适用于两回路受电、两台主要压器的地面变电所。桥式结线又分内桥、外桥和全桥3种形式，如图1-8所示。

内桥结线如图1-8a所示，两段35（或60）kV母线之间的联接桥在断路器 DL_1 、 DL_2 的内侧。这种结线形式改变线路的运行方式比较方便，但是改变主变压器的运行方式不方便，有时会造成全部停电。比如电源由线路 l_1 供给， l_2 备用，主变压器 B_2 运行， B_1 备用。这时，隔离开关 G_5 、 G_7 处于断开状态，其余隔离开关均闭合。断路器 DL_1 、 DL_5 、 DL_4 闭合，而 DL_2 、 DL_3 分断。如果需要切换电源线路，只要先将断路器 DL_2 闭合，然后再将 DL_1 、 DL_5 断开即可。这一操作不需要停电，在控制室中通过转换控制开关就可以实现。但是，如果要切换变压器，则须先将 DL_1 分断，然后拉开隔离开关 G_6 、 G_8 ，合上 G_5 、 G_7 ，再使线路断路器 DL_1 和变压器6kV侧的断路器 DL_3 闭合，才能完成全部操作任务。隔离开关一般采用手动操作，需要一定的时间。由于切换变压器时需要停电，所以降低了供电的可靠性。

内桥式结线适用于线路较长、事故较多需要经常检修，而变电所负荷比较稳定，不需要经常改变变压器运行方式的场合。

外桥结线如图1-8b所示，两段35（或60）kV母线之间的联接桥在断路器 DL_1 、 DL_2 的外侧。这种结线形式改变变压器的运行方式比较方便，但切换电源线路比较困难，有时须全部停电。外桥结线适用于电源线路短、故障少，不需要经常切换，而变电所负荷变动较大，需要经常改变变压器运行方式的场合。图1-7所示电路的一次结线就是外桥结线。

外桥式结线比内桥式结线所用的高压隔离开关少，它可以比较方便地改造成全桥结线。

全桥结线又称单母线分段式结线，如图1-8c所示。它是内桥结线和外桥结线的综合

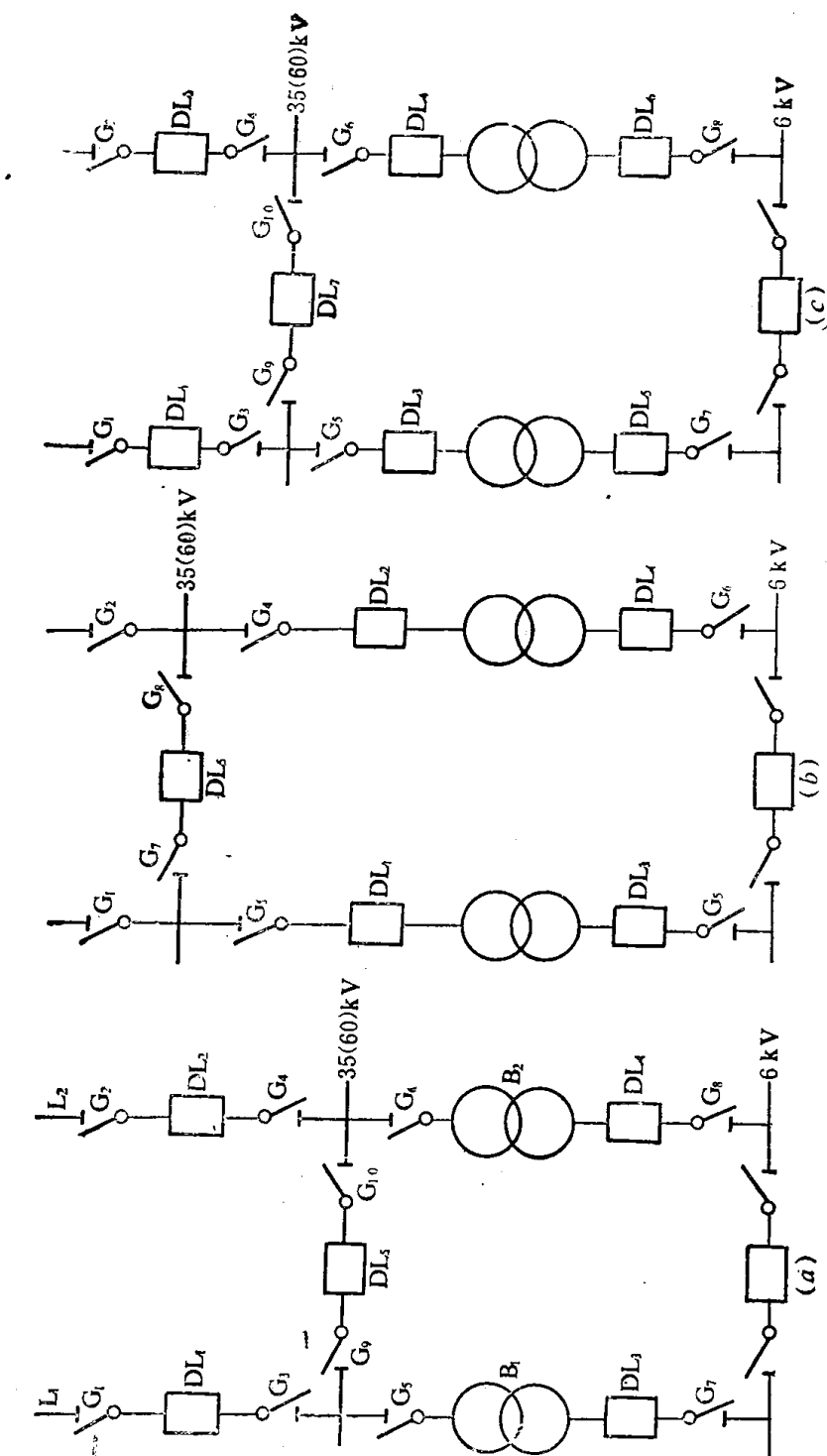


图1-8 桥式结线
a—内桥结线；b—外桥结线；c—全桥结线

形式。全桥结线所用设备较多、占地面积较大，但是改变线路和变压器的运行方式都很方便，所以被广泛采用。比较重要的用户，或有穿越负荷的两回电源进线的中间变电所一次结线，多采用全桥结线。

2. 线路变压器组

对于单电源、单变压器的小型变电所，可采用线路变压器组结线。这种结线的进线开关与变压器控制开关合用。根据变压器容量的大小和变电所的重要程度，可采用隔离开关、跌落式熔断器或高压断路器作为进线开关，如图 1-9所示。

如采用隔离开关作进线开关，变压器容量又较大时，需要利用上一级变电所（或发电厂）的高压断路器对变电所主变压器进行控制和保护。跌落式熔断器可以接通和切

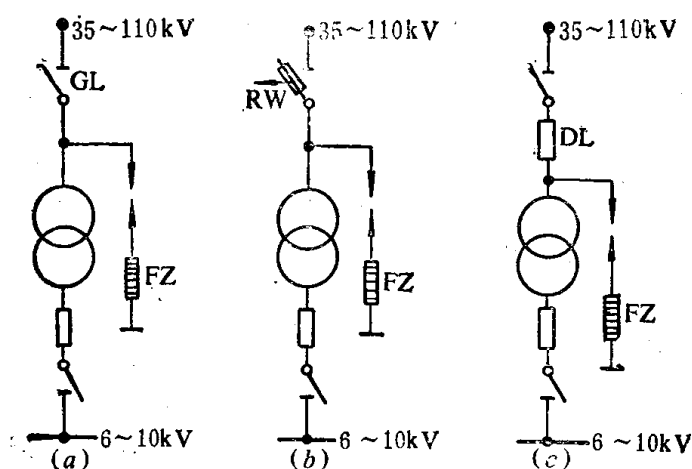


图1-9 线路变压器组接线
a—进线为隔离开关；b—进线为跌落式熔断器；
c—进线为高压断路器

断一定容量的空载变压器，并且具有过电流保护作用。如采用国产RW₆-60~110型跌落式熔断器与CS₄-TX型操作机构配合，可实现电动分闸。因此除了可以分、合空载变压器及作为变压器的过流保护之外，还可以实现变压器的瓦斯和差动保护。

(二) 二次母线的接线形式

与主变压器二次侧相联接的母线称为二次母线。二次母线分单母线、双母线、单母线分段3种接线形式。

1. 单母线

单母线接线形式如图1-10a所示。这种接线很简单，但是一旦母线发生故障，即会造成全部停电。单母线接线只适应于只有一台主变压器的小型变电所。

2. 双母线接线

双母线接线如图1-10b所示。两台主变压器的二次侧和每条配出线路都通过断路器和隔离开关与两组母线相接。不论哪一组母线发生故障，都可由另一组母线向所有用户继续供电，故可靠性高、运行方式灵活。其缺点是设备多、投资大、接线复杂、操作安全性较差。这种接线多用于大容量的区域变电所，在煤矿地面变电所中很少采用。

3. 单母线分段

单母线分段接线如图1-10c所示。两台变压器的二次侧分别接到两段母线上。两段母线之间用断路器或隔离开关相联络。变电所每一路配出线只接在一段母线上。当母线发生故障时，接在这段母线上的配出线全部断电。对于重要用电户，应有两条电源线路，分别从两段母线上引出，形成双回路或环形供电。单母线分段接线所用设备较小，系统简单、操作方便并有一定的供电可靠性。它适用于出线回路数不多，母线故障可能性不大的变电所。一般矿山地面变电所多采用这种接线。图1-7显示了两段母线上配出线的联接情况。

(三) 配出线

配出线由变电所二次母线上引出。应当正确选择配出线开关电器的类型并确定隔离开关的数目和

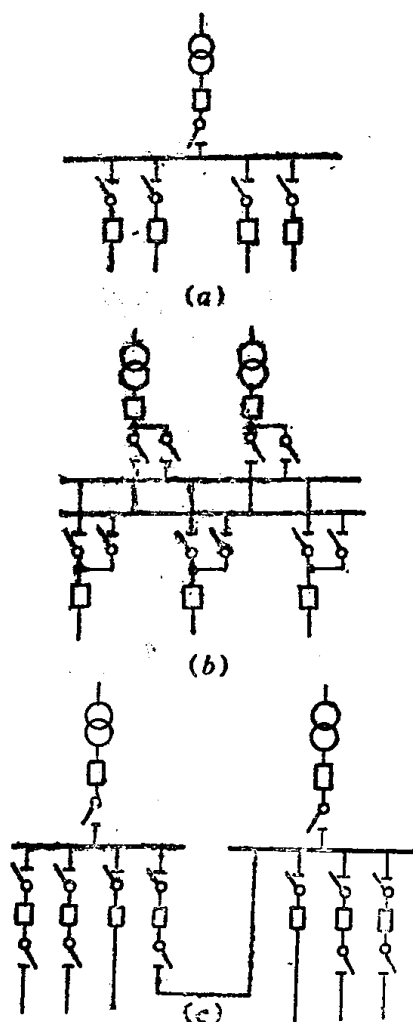


图1-10 二次母线的接线形式
a—单母线；b—双母线；c—单母线分段

布置。

1. 配出线开关的种类

矿山地面变电所的6kV配出线,一般采用断路器进行控制和保护。但是断路器价格昂贵,为了节约投资,对于容量较小、不重要的负荷,可采用负荷开关进行控制。负荷开关只能接通和断开正常的负荷电流,不能切断短路电流,故需与高压熔断器配合使用,以便对配出线实现过电流保护。对于避雷器或电压互感器则可用隔离开关分、合电路。

2. 隔离开关的布置

为了检修断路器或更换熔断器,在配出线断路器或熔断器靠近母线一侧必须装设隔离开关,如图1-11a所示。对于由双回路或环形供电的重要负荷,在检修断路器时,电有可能从负荷处反送回来,所以在断路器两侧必须装有隔离开关,如图1-11b所示。当检修断路器时,须将两侧的隔离开关断开,确保人身安全。

三、矿山地面变电所的位置

地面变电所的位置合适与否,直接关系到供电的可靠性与经济性。选择变电所位置时应考虑以下几点:

1. 尽量靠近负荷中心,以缩短供电线路的长度,减少线路上的电能损耗和电压损失;
2. 进出线要方便,应当尽量避免互相交叉和跨越;
3. 运输设备方便;
4. 地质和地形条件好,不易遭受洪水或雷电等灾害;
5. 应当尽量避免化工厂、锅炉房和矸石山等所造成的工业污染;
6. 占地要少,不占良田,但应留有扩建的余地。

一般矿山地面变电所设在工业广场边缘离井口不太远的地方。

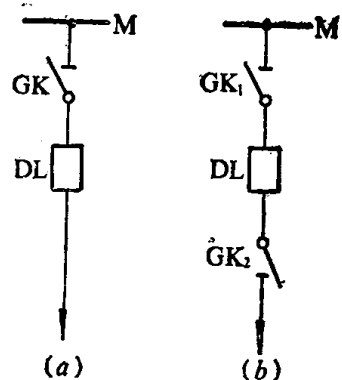


图1-11 隔离开关装设的位置

第四节 矿井供电系统

一、矿井供电系统的类型

矿井供电系统分深井供电系统和浅井供电系统两种类型,分别介绍如下。

(一) 深井供电系统

对于煤层埋藏深度在120m以上的大、中型矿井,多采用深井供电系统。深井供电系统由矿山地面变电所的6kV母线上引出下井电缆,沿井筒送到井下中央变电所,然后再从中央变电所通过沿巷道敷设的高压电缆把电输送到井下高压用户和各采区变电所中去,形成地面变电所-井下中央变电所-采区变电所三级供电。采区变电所把6kV电压降为660V,用低压电缆向各工作面配电点或动力设备供电。对于有综采工作面的采区,则由采区变电所把6kV电压直接用高压电缆送到工作面附近的移动式变电站。移动式变电站将电压降为1140V后,由工作面配电点向综采工作面的各种电气设备供电。图1-12为深井供电系统示意图。

(二) 浅井供电系统