



高等学校“十一五”规划教材

矿山电工学

Kuangshan Diangongxue

唐 轶 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

矿山电工学

主 编 唐 轶

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了矿山供电系统和负荷、矿山供电系统故障分析、井下电网三大保护、矿山供电系统设备及选择、矿山电气设备的控制等方面的内容。

本书是普通高等院校(煤炭)非电气工程专业(采矿工程、矿山安全工程、建井、机电等)的通用专业课教材,也可作为成人教育的相关专业及有关专业培训班的教材,对从事煤矿机电工作的工程技术人员也是一本较好的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山电工学/唐轶主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2011.2

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0963 - 4

I. ① 矿… II. ① 唐… III. ① 矿山电工—高等学校—教材 IV. ① TD6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第019713号

书 名 矿山电工学

主 编 唐 轶

责任编辑 郭 玉

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 15 字数 374 千字

版次印次 2011年2月第1版 2011年2月第1次印刷

定 价 30.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

《矿山电工学》是煤炭高等学校非电气工程专业的通用教材,适用于采矿工程、矿山安全工程、建井、机电等专业,也可作为成人教育的相关专业和有关专业培训班的教材。

首先,《矿山电工学》是一本非电气工程专业的“电工学”教材,因此,它应该尽量简洁、易懂,以利于非电气专业的学生学习,同时又应该具备非电气工程专业“电工学”教材的较完整的体系,尽量保证专业知识的系统性和完整性;其次,该教材是用于矿山(主要是煤矿)人才培养的,因此,在内容选材上则尽量选择与矿山相关的内容。第一章的供电系统主要介绍煤矿供电系统,负荷计算也以煤矿井下负荷为例;由于煤矿电网都是中性点非有效接地电网,因此,第二章的电网故障分析则针对中性点非有效接地电网进行分析,并着重对单相接地、漏电故障进行分析;第三章围绕煤矿井下三大保护展开;第四章以煤矿井下电气设备为主,并且把防爆知识放到一个很重要的地位进行介绍;第五章从“电工学”的整体性考虑,介绍了电气设备控制的基本知识,但主要内容还是井下电气设备自动控制。

由于煤炭工业技术的快速发展,煤矿井下的电气设备也在不断更新,原来多个版本的《矿山电工学》教材所介绍的电气设备基本上在煤矿已多年不用了。因此,本书编写时力图将所介绍的电气设备都换为当前煤矿最常用的或是正在推广使用的新的电气设备,但由于种种原因,书中还保留了一部分传统的电气设备的介绍。

全书共有5章,第一章由安徽理工大学高昕副教授和中国矿业大学陈奎副教授编写;第二章由中国矿业大学唐轶教授编写;第三章由中国矿业大学陈奎副教授编写;第四章由中国矿业大学董海波副教授编写;第五章由安徽理工大学高昕副教授编写。全书由唐轶教授统稿并担任主编。

由于编者水平所限,书中疏漏和错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

唐 轶

2010年12月30日

目 录

星期一 [五]	第一章 矿山供电系统和负荷	1
	第一节 电力系统概述	1
	第二节 矿山供电系统	9
	第三节 矿山电力负荷及计算	27
	第四节 功率因数的改善和变压器的选择	34
	复习思考题	43
星期二 [六]	第二章 矿山供电系统故障分析	45
	第一节 漏电流及其危害	45
	第二节 井下供电的变压器中性点禁止直接接地分析	51
	第三节 单相漏电或接地故障时电网中零序电流的分布	59
	第四节 短路的原因、危害和物理过程	69
	第五节 三相和两相短路电流计算(有名值法)	73
	复习思考题	85
星期三 [日]	第三章 煤矿井下电网三大保护	87
	第一节 继电保护基础	87
	第二节 井下电网过流保护	93
	第三节 漏电保护	105
	第四节 保护接地	118
	复习思考题	126
星期四 [一]	第四章 矿山电气设备及其选择	127
	第一节 电气设备中的电弧问题及对开关的要求	127
	第二节 矿用电气设备的防爆原理	131
	第三节 矿井高压供电设备及其选择	138
	第四节 井下低压配电设备及其选择	163
	第五节 矿用电缆及其选择	168
	复习思考题	190

填空 20分

判断 10分

简答 30分

分析题 15分 2题

计算题 25分 2题

习题库

第五章 矿山电气设备的控制.....	192
第一节 控制电器.....	192
第二节 控制线路图的绘制原则.....	197
第三节 矿用隔爆磁力启动器.....	199
第四节 采煤机组的电气控制.....	209
第五节 掘进机械的电气控制.....	222
第六节 皮带运输系统的电气控制.....	231
复习思考题.....	232
参考文献.....	234

① 断路器和隔离开关 开关 11/20

互感：电压二次不能开路 不能加熔断器
电流二次不能短路 必须装熔断器

第一章 矿山供电系统和负荷

本章首先介绍电力系统的组成和有关基本概念,接着介绍矿山供电系统的结线方式、典型的矿山供电系统、矿山各级变电所及配电点位置的选择原则和布置方式,然后介绍矿山电力负荷及计算,最后介绍矿山电力负荷的确定和变压器的选择。

第一节 电力系统概述

一、电力系统

为了更有效地利用动力资源,充分发挥各类发电厂的作用,以提高供电系统的可靠性和经济性,要将各类发电厂用电力网联系起来并列运行,以构成联合电力系统。

电能以功率形式表示时,俗称电力。由各种不同电压等级的电力线路将发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体,叫做电力系统,即电能的生产—变换—传输—分配—使用,如图 1-1 所示。图 1-1 中各种电气设备的标准图符及含义见表 1-1。

1. 发电厂

发电厂是把其他形式的能量转换成电能的场所。这里,其他形式的能量是指燃料(煤、石油、再生燃料等)的热能、水流的位能、风流的动能、核燃料的核能等。为了合理地利用国家资源,发电厂通常建在动力资源较丰富的地方。

通常根据所用能源的不同,将发电厂加以分类,如将使用热力作动力的称为火力发电厂,将使用水力作动力的称为水电站,将使用风流动能作动力的称为风力发电场,将使用核能作动力的称为核电站等。近年来,我国为合理开发和利用能源,在煤炭资源集中的地区兴建了大型坑口电站,实行煤电综合开发,以减少煤的运输量。

在发电厂中,由于发电机产生的电能电压较低,它除供附近用户直接使用外,一般要先经厂内的升压变电站转换成高压,通过高压电力网送至远方,再经降压变电站降压后才能供用户使用。

2. 变电所

变电所是汇集电能、变换电压的中间环节,它由各种电力变压器和配电设备组成。不含电力变压器的变电所称为配电站。

可按不同标准将变电所分类。变电所按用途可分为升压或降压变电所、联络变电所、工矿企业变电所、农村变电所、整流变电所和电车变电所;按其在电力系统中的地位分为枢纽变电所、穿越变电所和终端变电所;按供电范围分为区域变电所(一次变电所)和地区变电所(二次变电所)等。

矿山供配电系统中的矿区变电所属于地区变电所,它接受枢纽(或区域)变电所降压后

10kV 以下

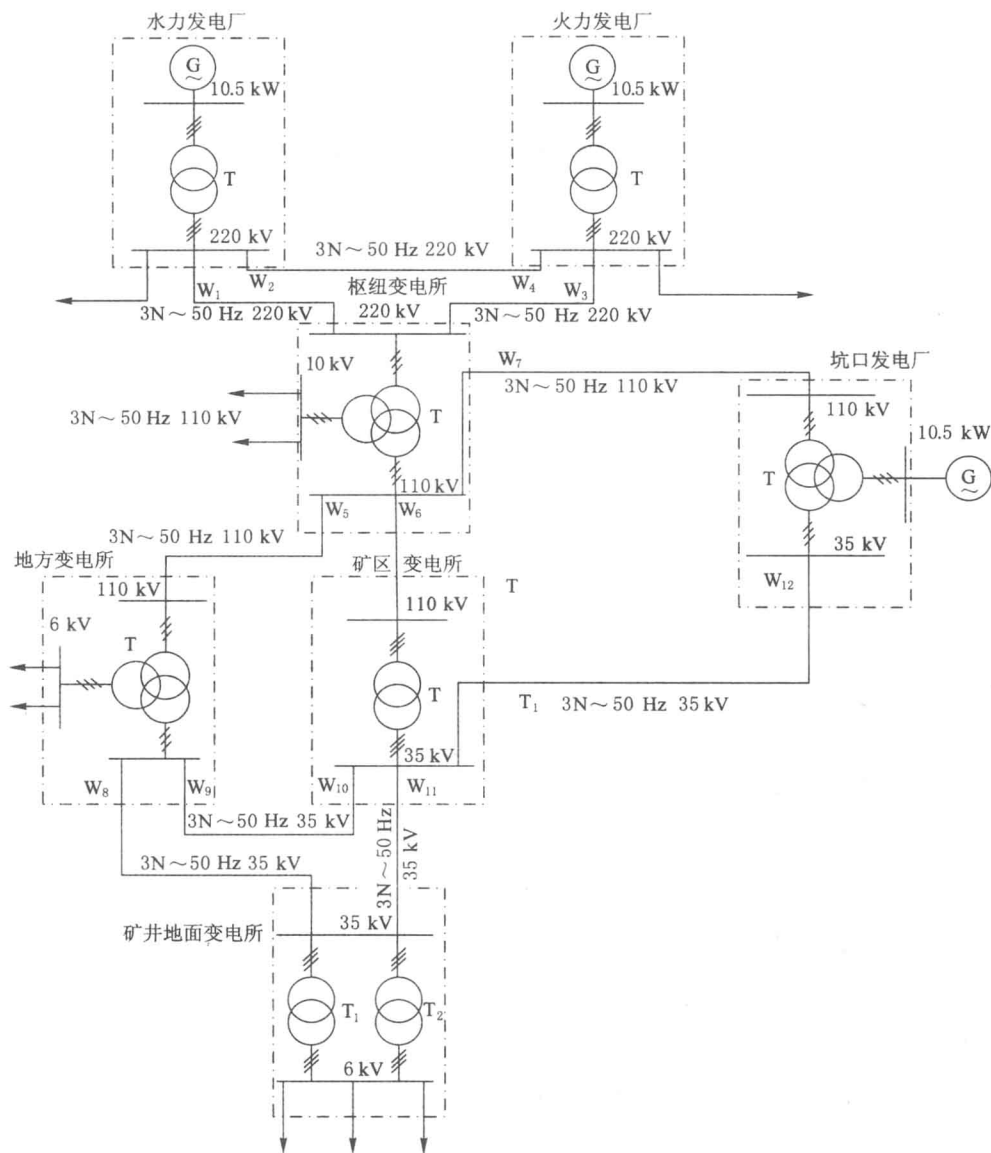


图 1-1 典型的电力系统

注:三条斜线表示三相交流电力系统,为简便三条斜线不再画出。

的 110 kV 电能, 经降压至 35 kV 后送至矿山地面变电所。矿山地面变电所多属终端或穿越变电所, 它将电压降为 6(10) kV 后, 向额定电压为 10 kV 及以下的用电设备供电。

3. 电力网

在电力系统中,变电所与各种不同电压的电力线路组成的网叫做电力网。它是电力系统的重要组成部分,担负着输送、变换和分配电能的任务。

一般根据电压等级的高低,将电力网分成低压、高压、超高压和特高压四种。电压在 1 kV 及以下的电力网为低压电网; $3\sim 330\text{ kV}$ 的为高压电网; $330\sim 1\,000\text{ kV}$ 的为超高压电网; $1\,000\text{ kV}$ 以上的为特高压电网。

表 1-1

主要电气设备符号表

电气设备名称及 文字符号(字母)	图形符号	电气设备名称及 文字符号(字母)	图形符号
电力变压器 T		母线及母线 引出线路 W(WB、WL)	
断路器 QF		电流互感器 (单次级) TA	
隔离开关 QS	 不能带电闭合 和断电	电流互感器 (双次级) TA	
熔断器 FU		电压互感器 TV	
跌落式熔断器 F		避雷器 F	
刀开关 K		电抗器 L	
负荷开关 Q	 能切断负荷 电流,但不能切 断短路电流	电容器 C	
熔断器式开关 Q		电缆终端头 X	
交流发电机 G			

常开开关 顺时针闭合, 逆时针打开, 常闭开关, 顺时针打开, 逆时针闭合

二、电力系统的额定电压

为使电气设备生产标准化, 便于批量化生产, 同时在使用中又易于互换, 对发电、输电及用电等所有设备的额定电压必须有统一的规定, 以使电力网的额定电压与电气设备的额定电压相对应。因此, 可根据电力网和电气设备不同使用场合, 将电压分为若干等级。

1. 额定电压

额定电压是指能使发电机、变压器和电气设备等正常运行且具有最佳技术性能和经济效益时的电压。

2. 额定电压等级 由国家规定的各种标准电压

标准电压等级是根据国民经济发展的需要,考虑了技术、经济上的合理性以及所有电气设备的制造水平和发展趋势等一系列因素,经全面分析、研究制定的。它可使电力设备的生产实现标准化及系列化,有利于电网的建设和运行。

在我国,依照国家标准的规定,3 kV 以下的电气设备与系统的额定电压等级见表 1-2; 3 kV 及以上电气设备与系统的额定电压及其所对应的设备最高电压见表 1-3。表 1-3 中的设备最高电压是根据设备绝缘性能和一些其他有关性能(如变压器的磁化电流及电容器的损耗等)确定的最高运行电压,该电压在数值上等于系统最高电压的最大值。

表 1-2

3 kV 以下电气设备与系统的额定电压等级

单位: V

直流		单相交流		三相交流	
受电设备	供电设备	受电设备	供电设备	受电设备	供电设备
1.5	1.5				
2	2				
3	3				
6	6	6	6		
12	12	12	12		
24	24	24	24		
36	36	36	36	36	36
		42	42	42	42
48	48				
60	60				
72	72				
		100 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	100 ⁺
110	115	127 [*]	133 [*]	127 [*]	133 [*]
220	230	220	230	220/230	230/400
400 [▽] / 440	400 [▽] / 440			380/660	400/690
800 [▽]	800 [▽]				
1 000 [▽]	1 000 [▽]			1 140 ^{**}	1 200 ^{**}

注: 1. 电气设备和电子设备分为供电设备和受电设备两大类,受电设备的额定电压也是系统的额定电压。

2. 直流电压为平均值,交流电压为有效值。

3. 在三相交流栏中,斜线“/”以上为相电压,以下为线电压,无斜线者均为线电压。

4. 带“+”者只用于电压互感器、继电器等控制系统的电压;带“▽”者为单台供电的电压;带“*”者只用于矿井下、热工仪表和机床控制系统的电压;带“**”者只限于煤矿井下及特殊场合使用的电压。

表 1-3

3 kV 及以上的设备与系统额定电压及其对应的设备最高电压

单位: kV

受电设备与系统额定电压	供电设备额定电压	设备最高电压
3	3.15	
6	6.3	6.9
10	10.5	11.5
35		40.5

续表 1-3

受电设备与系统额定电压	供电设备额定电压	设备最高电压
60		69
110		126
220		252
330		363
500		550
750		—

由表 1-2 和表 1-3 可以看出,额定电压是以受电设备为中心制定的,故在同一电压等级中,电力系统各环节的额定电压值并不相同。一般规定,在同一电压等级中,受电设备和系统的额定电压正好与等级电压相同,发电机额定电压比同级受电设备的额定电压高 5%。对于变压器,当一次侧与电网相连时,其额定电压与系统的网络电压相同;与发电机相连时,其额定电压与发电机额定电压相同。对于变压器二次侧,规定其额定电压比系统电网的电压高 5%~10%。35kV 为分界

在同一电压等级电网中,各环节的额定电压作如上规定的原因,可用图 1-2 加以说明。从图 1-2 可知,由于线路中存在着电压损耗,使线路始端电压 U_1 和 U_2 在不超出额定电压 $\pm 5\%$ 的范围内变动。变压器在电网中具有发电机和受电器的双重地位,当变压器一次侧接电力网时,相当于受电器,该侧的额定电压应为 U_N (直接与发电机相连接的变压器除外,此时其一次侧额定电压应与发电机的相同);当变压器二次侧送出电能时,其作用相当于发电机,由于其处于下一级线路的始端,故其额定(空载)电压应较后续的受电器与电力网的额定电压高出 5%。在实际应用中,由于变压器的高压绕组上有为改变变压比而设的分接头,故可根据电力网电压损失的大小及变电所对实际电压的要求,改变分接头进行电压调整。

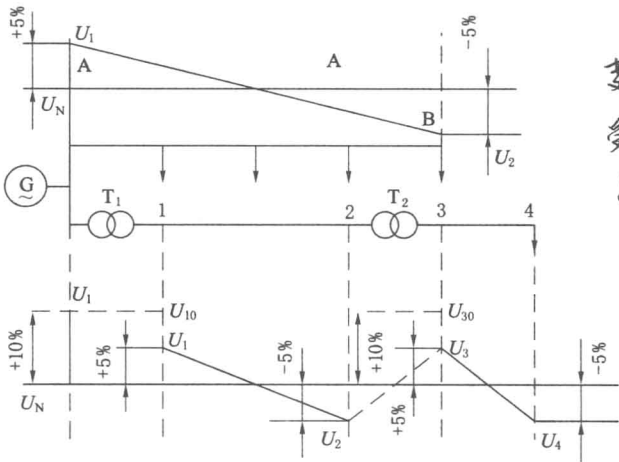


图 1-2 电力网中的电压变化

3. 煤矿常见额定电压等级及应用范围

根据煤矿生产的特殊条件,有关部门制定了煤矿常用电压等级及其用途,见表 1-4。

表 1-4

煤矿常用电压等级及应用范围

电 压/kV	应用范围	备 注
0.036 及以下 <i>36V</i>	井下电气设备的控制及局部照明	
<i>D</i> 0.127 <i>127V</i>	井下照明及手持式电钻	
0.22 <i>220V</i>	矿井地面照明	
0.25 <i>250V</i>	电机车	直 流
0.38 <i>380V</i>	地面及井下低压动力	现有小型煤矿井下用
0.5 <i>500V</i>	电机车	直 流
0.66 <i>660V</i>	井下低压动力	
0.75 <i>750V</i>	露天煤矿工业电机车	直 流
<i>Δ</i> 1.14 <i>1140V</i>	井下综合机械化采区动力 <i>采煤机</i>	
1.5 <i>1500V</i>	露天煤矿工业电机车	直 流
6 <i>6kV</i> <i>6000V</i>	井上、下高压电机及配电电压 <i>采煤机、压风机</i>	
10 <i>10kV</i> <i>10000V</i>	井上、下高压电机及配电电压	
35 及 60 <i>35kV</i> <i>60kV</i>	一般用于矿区配电或受电电压	
110 <i>110kV</i>	主要作矿区受电电压,大型矿区也作配电电压	

三、电力负荷对供电的基本要求及分级

(一) 电力负荷对供电的基本要求

保证供电的安全性
保证供电的可靠性

保证电能的质量
保证供电技术经济合理

1. 保证供电的安全性

供电的安全性是指在电能的供应、分配和使用中不发生人身触电伤亡和设备损坏事故。防止人身触电的方法主要有加强防护避免人身触及带电体(提高架空线的高度、采用电缆和绝缘导线等)和加保护措施(漏电保护、保护接地等);防止设备损坏的方法主要采用继电保护和自动装置快速隔离故障等。

煤矿井下有水、火、瓦斯、煤尘和顶板五大自然灾害存在。井下有空间狭小、空气潮湿、电气设备移动频繁、负荷变化大等特点,容易发生触电或由电火花引起的瓦斯煤尘爆炸。我国煤矿井下主要是采取了变压器中性点不接地系统及对电气设备加装过流、接地和漏电三大保护等安全保护措施。因此,必须严格遵守《煤矿安全规程》中的有关规定,以确保煤矿供电安全。

2. 保证供电的可靠性

供电的可靠性是指供电系统不间断供电的可能程度。对于煤矿,供电一旦中断,不仅影响生产,而且可能造成设备损坏,甚至发生人员伤亡事故,严重时会造成整个矿井的毁坏。供电网络保证煤矿供电的安全可靠,每一矿井应采用两回电源线路,当任一回路发生故障而停止供电时,另一回路应能担负起矿井全部负荷。正常情况下,采用一回路运行,另一回路必须带电备用,以保证井下生产过程中供电的连续性。两回电源线路最好引自不同的发电站或变电所,至少应引自同一变电所的不同母线。因此,要求煤矿供电(尤其是井下)绝对可靠,即无论在任何情况下,都必须保证能提供一部分电能,以确保人身与设备不受危害。

3. 保证电能的良好质量

保证电能的良好质量主要是指应将供电系统中交流电的电压幅值和频率保持在一定的允许变动范围内,并使其波形畸变在允许范围之内。

当电力设备的端电压与额定电压之差超过允许值时,它的运行状态就要恶化。电力用户供电电压允许变化范围见表 1-5。

表 1-5

电力用户供电电压允许变化范围

线路额定电压 U_N	电压允许变化范围
35 kV 及以下	$\pm 5\%U_N$
10 kV 及以下	$\pm 7\%U_N$
低压照明	$+5\% \sim -10\%U_N$

交流电频率的变化不仅影响电力用户的正常作业,而且还对系统本身有严重危害。我国规定电力系统的频率应经常保持在 50 Hz 左右,同时规定:对电网装机容量在 300 万 kW 及其以上的系统,频率偏差不应超过 ± 0.2 Hz;对电网装机容量在 300 万 kW 以下的系统,不超过 ± 0.5 Hz。

当交流电压中的总谐波电压(所有高次谐波电压的均方根值)超过基波电压的 5% 时,就可能使继电保护、自动装置、控制装置、电子计算机等产生误动作,甚至不能正常工作。因此,一般要求任一高次谐波的瞬时值都不应超过同相基波电压瞬时值的 5%。

4. 保证供电的技术经济合理

供电的技术经济合理指的是供电系统的投资要少、运行费用要低并尽可能地节约电能和减少有色金属的消耗。煤矿电气设备耗电量很大,普通机采矿井电费在吨煤成本中占 10% 以上,水力采煤与综采的矿井所占比重更大。若供电系统不合理,电气设备使用不当,就会造成“大马拉小车”的现象,功率因数降低,线路损耗加大,浪费许多电能。因此,在供电系统中,采取各种措施,节约电能,降低耗电量,保证供电的经济性,有着极其重大的意义。

必须注意的是:应该在满足用电负荷对供电的前三个技术要求的条件下尽量使供电系统设计技术经济合理。即在保证安全生产和用电的前提下,提供技术经济、可靠的电能,使系统结构简单,便于安装维护,易于操作。

(二) 电力负荷分级

电力负荷对供电的可靠性要求是决定电力系统规划、设计、运行的主要依据,按用电户对供电的可靠性要求分为三级。

1. 一级负荷

凡因突然中断供电,将造成生命危险,导致重大设备破坏且难以修复,打乱复杂的生产过程并使大量产品报废,给国民经济造成重大损失者,均属一级负荷。例如,在涌水量大的矿井中,若主排水泵因供电突然中断而停转,则会导致地下水大量涌出,有可能淹没矿井,造成长期停产,故此类负荷当属一级负荷。在有爆炸、火灾危险的矿井中,如因供电中断使主通风机停止运转,则有害气体将可能积聚超限,从而使操作人员会因缺氧窒息而死亡,并可能造成爆炸事故,故此类负荷也属一级负荷。此外,对具有瓦斯爆炸或水患危险的矿井,其立井载人提升机及其配套的辅助高低压用电设备,均应列为一级负荷。

对属于一级负荷的设备,为使其可靠运行,必须采用完全备用系统供电,即采用两个独立电源的双回路供电。这里的独立电源,是指若干供电电源的任一个发生故障或停止供电时,不影响其他电源的供电。

《煤矿安全规程》规定:矿井应有两回路电源线路。当任一回路发生故障停止供电时,另一回路应能担负矿井全部负荷。年产 60 000 t 以下(不含 60 000 t)的矿井采用单回路供电时,必须有备用电源。备用电源的容量必须满足通风、排水、提升等要求,并保证主要通风机等在 10 min 内可靠启动和运行。

矿井的两回路电源线路上都不得分接任何负荷。

正常情况下,矿井电源应采用分列运行方式。若采用单一回路运行,另一回路必须带电备用,以保证供电的连续性和可靠性。10 kV 及其以下的矿井架空电源线路不得共杆架设。矿井电源线路上严禁装设负荷定量器。

两回电源线路应符合下列条件之一:

- (1) 两个电源之间相互独立、无联系。
- (2) 若两个电源之间有联系,应符合下列规定:

- ① 在发生任何一种故障时,两个或两个以上的电源线路不得同时受到损坏。
- ② 在发生任何一种故障且保护动作正常时,至少应有一个电源不中断供电,并能担负矿井全部负荷。

- ③ 在发生任何一种故障且主保护失灵,以致所有电源都中断供电时,应能有人在值班处所完成必要的操作,迅速恢复一个电源的供电,并能担负矿井全部负荷。

必须指出:矿井的两回电源线路,应分别来自电力网中的两个区域变电所或发电厂。如实现这一要求确有困难时,则必须引自同一区域变电所或发电厂的不同母线段。

同时,《煤矿安全规程》还规定:对井下变(配)电所、主排水泵房和下山开采的采区排水泵房供电的线路,不得少于两回路。当任一回路停止供电时,其余回路应能担负全部负荷。向局部通风机供电的井下变(配)电所应采用分列运行方式。

2. 二级负荷

凡因突然中断供电,将造成大量减产,产生大量废品,大量原材料报废,使工业企业内部交通停顿的,均属二级负荷。例如,大型矿井的地面空气压缩机、主要运输提升设备、井底车场整流设备、向综采工作面供电的采区变电所、井筒防冻设备、选煤厂等的主要生产流程中的运转设备以及保证主要流程所需的部分照明设备等,都属二级负荷。

对属于二级负荷的设备也应采用有备用系统供电,从技术经济合理考虑,可采用不完全备用系统供电,即双回路供电(从经济考虑可不设电源备用)。

3. 三级负荷

凡中断供电不会在经济上或其他方面造成较大影响者为三级负荷。这类负荷有机械修理厂、生活福利设施等。此类负荷一般对供电可靠性无特殊要求,不需要备用电源和设备,一般采用单回线路供电方式。

煤矿企业对用户进行分类,其目的是为了合理供电。一旦电源出现故障或检修时,根据轻重缓急,先停三类负荷,必要时再停二类负荷,确保一类负荷用电(即保安负荷)。

第二节 矿山供电系统

一、供电系统结线方式

供电系统结线,是指由各种电气设备及其连接线构成的电路,其功能是汇集和分配电能。结线中的母线,又称汇流排,它实质上是电源线路或变压器与多个用户馈出线的连接处,表现为电路中的一个节点,起集中和分配电能的作用。

煤矿企业对结线方式的基本要求如下:

- ① 供电可靠。根据负荷等级不同,采用相应的结线方式来保证不同可靠性的要求。
- ② 操作方便。各种结线方式应具有线路简单、运行灵活、倒闸方便的特点,并能充分保证工作人员在进行各种操作和切换时的人身安全和设备安全。
- ③ 经济合理。结线方式在满足以上要求的情况下应力求结构简单,以减少设备投资和运行费用。在符合《煤矿安全规程》的前提下尽量采用高压深入负荷中心的结线方式。

选择供电系统结线方式的依据是电力负荷对供电可靠性的要求。供电系统结线按对电力负荷供电的可靠性可分为两类:有备用系统结线和无备用系统结线。对一、二级负荷应该选择有备用系统结线,对三级负荷则可采用无备用系统结线。

(一) 供电电源系统结线

供电电源系统结线按电路拓扑结构可分为3种:放射式、干线式和环式。

1. 放射式结线

根据负荷对供电可靠性的要求,放射式结线又分为单回路和双回路两种。

(1) 单回路放射式结线

这种方式是在上一级降压站(变电所)的馈出母线上引出多条回路,直接向下级降压站(变电所)或用电设备供电,各条引出线之间无联系,其沿线不分支接其他负荷。单回路放射式结线如图1-3所示。

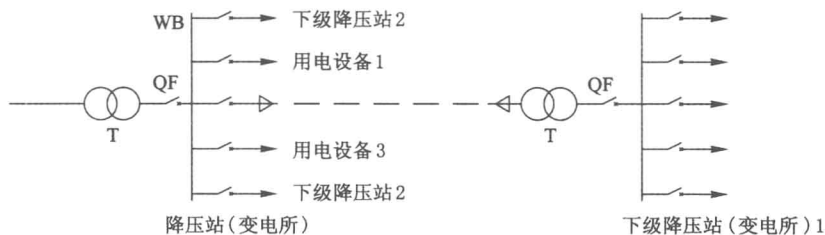


图 1-3 单回路放射式结线

图1-3中字母QF表示开关设备(断路器),WB表示变电所母线。这种结线具有线路敷设简单、操作维护方便、保护设置容易等优点,但变电所配出线多,使用开关设备多,特别是当某条线路上的开关设备发生故障时,该线路上的全部负荷都将停电。因此,单回路放射式结线供电可靠性较低,仅适用于向三级负荷供电。

(2) 双回路放射式结线

为了提高供电可靠性,在单回路供电的基础上引入备用电源,形成双回路放射式结线。

根据引入备用电源的数目,双回路放射式结线又有单电源双回路和双电源双回路之分。

① 单电源双回路放射式结线。

单电源双回路放射式结线如图 1-4 所示。这种结线是在单回路放射式结线的基础上用 2 条线路向下级变电所供电。当某条线路发生故障或需要检修时,可通过切换开关设备使另一条线路继续运行,从而提高了供电的可靠性。因此,这种接线可用于二级负荷。

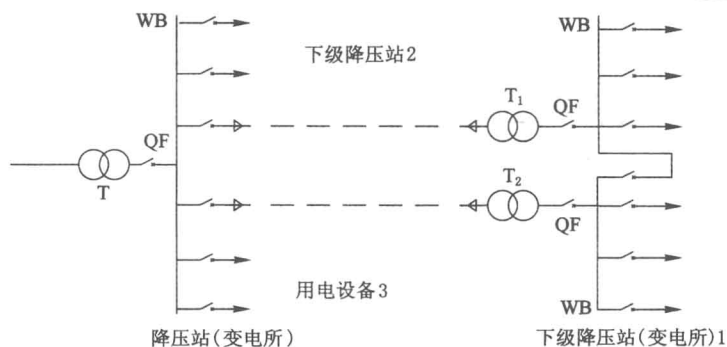


图 1-4 单电源双回路放射式结线

② 双电源双回路放射式结线。

双电源双回路放射式结线如图 1-5 所示。这种结线是在上级变电所设置 2 个电源,分别接在不同的母线上,向下级变电站或用电设备供电。当任一路电源或线路发生故障时,可通过另一路电源或线路向负载供电。这种结线供电可靠性高,适用于容量较大的一、二级负荷。但这种接线所用设备多、用线长、投资大,当负荷不大时会造成有色金属材料的浪费。

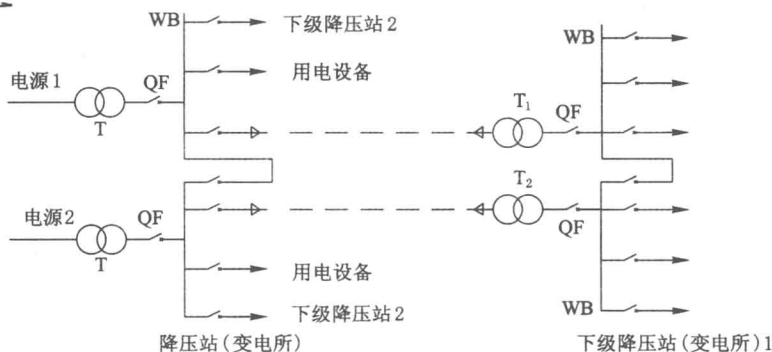


图 1-5 双电源双回路放射式结线

2. 干线式结线

干线式结线也称树干式结线。这种结线分直接树干式和串联型树干式两种。

(1) 直接树干式结线

直接树干式结线如图 1-6 所示。这种结线是将上一级变电所引出的每路配电干线沿各用户架空敷设,各用户可从干线上直接接出分支线,引入各自的变电所或用电设备上。由图 1-6 可见,这种结线所用设备少,上一级变电所配出线简单,故具有投资低、敷设方便等优点。但其供电可靠性差,当干线上任何一处发生故障时,该线上所有用户都将全部停电。所

以这种结线在每条干线上直接引接的支线不宜太多。

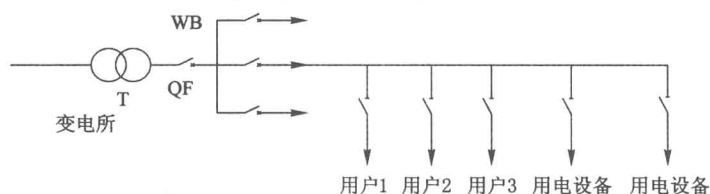


图 1-6 直接树干式结线方式

(2) 串联型树干式结线

为提高干线式结线的可靠性，各用户采用进、出线均装隔离开关的方式引接分支线，形成串联型树干式结线，也称为链串型树干式结线。这种结线又分为单回路树干式和双回路树干式两种。

① 单回路树干式结线。

单回路树干式结线如图 1-7 所示。这种结线在每个用户的进、出线上均装有隔离开关 QS 。当干线上 N 点发生故障时，干线总开关 QF 将跳闸。这时只要断开隔离开关 QS_1 ，再闭合总开关 QF ，即可恢复对 1 号用户和 2 号用户的供电，从而缩短了停电范围，在一定程度上提高了供电的可靠性。

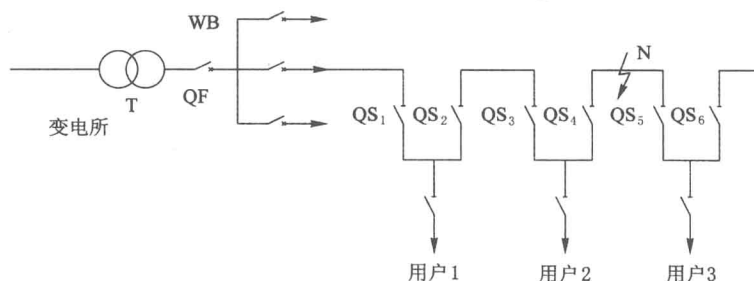


图 1-7 单回路树干式结线方式

为了提高单回路树干式结线方式的可靠性，可采用备用干线的方式供电，如图 1-8 所示。当干线上任一处或任一干线发生故障或需要检修时，可通过开关切换由备用干线从另一侧供电，从而进一步缩小停电范围。

② 双回路树干式结线。

双回路树干式结线方式如图 1-9 所示。这种结线的特点是每个用户或用电设备分别从两条干线上引入电源，当任一条干线出现故障或需要检修时，可用另一干线恢复供电。所以这种结线供电可靠性较高，可向二、三级负荷供电。

3. 环式结线

环式结线方式如图 1-10 所示。这种结线一般是在同电压的变电所之间构成环形，每个变电所都有两路进线，当其中一路发生故障时，可由另一路线路供电，因而具有可靠性高、运行灵活的特点，适用于一、二级负荷的供电系统。但环式供电线路的导线截面是按故障情况下能承担环网全部负荷选取的，故有色金属材料用量较多。所以这种结线适用于变电所容量较大且相差不多的用户。