

煤矿安全技术培训丛书(八)

煤矿供电及其设备

徐 之 等编



煤炭工业出版社

煤矿安全技术培训丛书(八)

煤矿供电及其设备

主 编：徐 之 张世根

编 写：徐 之 肖志宽 吕锡根 刘水英

主 审：董恩山

审 稿：董恩山 姜祥正 韩传帮

煤炭工业出版社

778642

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书是煤矿安全技术培训丛书的一个分册。全书主要介绍了煤矿地面及井下的供电系统,短路电流计算及架空线路,高低压电气设备的结构、原理及选择方法,继电保护及二次回路,矿用电缆的敷设、连接、使用及维护,煤矿三大保护(过流、漏电、接地)装置的整定、安装、使用及有关注意事项,地面配电设备、架空线路及建、构筑物的防雷保护等。

本书可作为煤矿电气工人的培训教材,也可作为具有初中以上文化程度的煤矿职工的自学读物。

煤 矿 安 全 技 术 培 训 丛 书 (八)

煤 矿 供 电 及 其 设 备

徐 之 等 编

责任编辑:姜 庆 乐

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街11号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $850 \times 1168 \text{mm}^{1/32}$ 印张 $12\frac{7}{8}$ 插页 4

字数 334千字 印数 1—10,156

993年11月第1版 1993年11月第1次印刷

ISBN 7-5020-0854-3/TD·794

书号 3620 D0131 定价 12.50元

煤矿安全技术培训丛书编委会

主 任：徐培顺

副主任：吴星一 王兆元 王立民 徐 树 余宝柱
王绪文 令孤世炯

委 员：（以姓氏笔划为序）

卜斯印	卜宪伟	万德营	王承焕	王立民
王兴民	王绪文	王兆元	尹长华	令孤世炯
孙化济	孙善达	许瑞祯	陈世杰	陈正科
孟玉峰	沈继庚	吴星一	余宝柱	杨家延
张世根	段世喜	郭天云	胡公才	赵 燕
钟德富	顾怀祯	徐 树	徐培顺	袁邦清
展良荣				

主 编：吴星一

副主编：王立民 余宝柱 徐 树 王绪文 万德营
张世根 郭天云 许瑞祯

前 言

为适应煤炭工业持续、稳定发展的需要，促进煤矿安全状况的根本好转，对煤矿职工实行强制性的安全培训是一项十分重要的战略任务。

根据能源部及中国统配煤矿总公司对煤矿职工安全技术培训工作的有关规定，首先从提高煤矿基层干部安全技术素质和安全管理水平出发，徐州矿务局组织部分具有丰富实践经验和较高理论水平的工程技术人员、行政管理干部、经济工作者、教师和医务人员编写了《煤矿地质与测量》、《采煤》、《井巷掘进》、《煤矿通风安全》、《煤矿机械基础》、《煤矿电气基础》、《煤矿固定设备》、《煤矿供电及其设备》、《煤矿采掘运设备》、《矿井轨道运输》、《煤矿机电管理》、《煤工尘肺的防治》、《创伤急救》和《煤矿安全生产技术参考资料》等一套安全技术培训丛书，以满足正规安全技术培训工作的需要。同时，还编写了《煤矿新工人读本》以满足新工人岗前培训的需要。

这套丛书主要适用于基层科（区、队）长、班组长和高级技工的安全技术培训，也可以作为具有初中以上文化程度的煤矿职工自学之用。

在丛书编写过程中，曾得到中国统配煤矿总公司安全管理局、教育局、江苏省煤炭工业总公司安全监察局，枣庄、兖州、淮北、大屯等矿务局和有关同志的帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免有错误，恳请广大读者批评指正。

目 录

第一章 矿山供电系统及负荷计算	1
第一节 概述	1
一、矿山供电的基本要求	1
二、电力用户的分级	2
三、电力系统的基本概念	2
四、矿山供电的电压等级	3
第二节 电网的种类	5
一、电力网的种类	5
二、中性点对地绝缘系统	5
三、中性点经消弧线圈接地系统	7
四、中性点直接接地系统	8
第三节 矿山供电系统	9
一、对供电系统接线方式的基本要求	10
二、供电系统的接线方式	10
三、变电所的主接线	13
四、矿井供电系统	16
第四节 变电所负荷计算	19
一、需用系数法计算负荷	19
二、主变压器的选择	21
三、变压器功率损耗计算	23
第五节 功率因数的改善	23
一、提高功率因数的意义	23
二、提高功率因数的方法	24
第二章 短路电流	26
第一节 概述	26
一、短路概念	26
二、短路故障的原因及危害	26

三、分析短路故障的目的	27
四、短路电流的暂态过程	27
五、短路电流冲击值与冲击电流有效值	28
第二节 三相短路电流的计算	28
一、用绝对值法计算短路电流的公式	29
二、用绝对值法计算元件阻抗值	30
第三节 短路电流的电动力效应	33
一、平行直导线间的电动力	34
二、动稳定电流	34
第四节 短路电流的热效应	35
第三章 架空线路	37
第一节 架空线路的结构	37
一、杆塔	37
二、横担	40
三、绝缘子(瓷瓶)	40
四、金具	44
五、导线	45
第二节 架空导线截面的选择	46
一、按经济电流密度选择导线截面	46
二、按长时允许电流选择导线截面	47
三、按允许电压损失选择导线截面	48
第四章 高压电器及其选择	50
第一节 开关的触头	50
一、对开关触头的要求	50
二、影响触头接触电阻的主要因素	50
第二节 灭弧方法	51
一、气吹灭弧	51
二、使电弧在周围介质中移动、拉长	52
三、狭缝灭弧	52
四、将长弧分成若干个短弧	53
五、利用多断点灭弧	53
六、利用真空灭弧	53
七、利用六氟化硫 (SF_6) 灭弧	54

第三节 高压断路器及其操作机构	54
一、高压断路器	54
二、断路器的操作机构	60
第四节 电器选择的一般条件	63
一、按正常工作条件选择	64
二、按故障情况进行校验	65
第五节 高压断路器的选择	66
一、按工作环境选型	66
二、按正常工作条件选择额定电压和额定电流	66
三、按短路电流校验动、热稳定性	66
四、断流容量的校验	67
第六节 负荷开关和隔离开关的选择	70
一、负荷开关	70
二、隔离开关	72
第七节 高压熔断器的选择	73
一、熔断器的用途	73
二、熔断器的选择	75
第八节 仪用互感器的选择	75
一、电压互感器	76
二、电流互感器	79
第九节 成套高压配电柜的选择	83
第五章 继电保护与二次回路	84
第一节 概述	84
一、继电保护装置的任务	84
二、继电保护装置的种类	84
三、对继电保护装置的基本要求	85
第二节 电网相间短路的电流电压保护	86
一、电流电压保护的常用继电器	86
二、电流保护的接线方式	92
三、有时限的电流保护	94
四、电流速断保护	98
五、三段式电流保护	101
六、电流电压联锁速断保护	103

第三节 电力变压器保护	106
一、概述	106
二、变压器的瓦斯保护	106
三、变压器的电流速断保护	108
四、变压器的差动保护	109
五、变压器的过流保护	114
六、变压器的过负荷保护	115
第四节 高压电动机的保护	115
一、概述	115
二、电流速断及过负荷保护	116
三、电动机的低电压保护	118
第五节 电力电容器的保护	121
第六节 高压漏电保护	122
一、非选择性漏电保护	122
二、选择性漏电保护	122
第七节 变电所的操作电源和二次回路	129
一、变电所的操作电源	129
二、变电所的二次回路	134
第六章 电气试验	146
第一节 概述	146
一、电气试验的意义	146
二、电气试验的分类	146
三、检查电气设备绝缘的基本方法	147
第二节 绝缘电阻和吸收比的测量	148
一、绝缘电阻及吸收比	148
二、用兆欧表测量绝缘电阻的一般方法	150
三、绝缘电阻的温度换算	151
第三节 直流耐压试验和泄漏电流的测量	152
一、用电子管直流高压发生器进行直流耐压试验和直流 泄漏电流的测量	153
二、用硅整流直流高压发生器进行直流耐压试验和直流 泄漏电流的测量	155
三、操作方法和注意事项	157

第四节 交流耐压试验	158
一、几种基本的接线方式	158
二、高压侧电压的测量	161
三、限流电阻及其作用	162
四、试验变压器容量选择	163
五、操作方法和注意事项	163
第五节 介质损失角的测量	165
一、介质损失角正切值的物理意义	165
二、用交流电桥法测量介质损失角的正切值	167
三、注意事项	168
第六节 变压器及其它高压设备的绝缘试验特点和分析判断	168
一、电力变压器	168
二、互感器	174
三、油断路器	176
四、电力电缆	178
五、电力电容器	180
六、阀型避雷器	183
七、套管	184
八、绝缘子	185
九、隔离开关	186
十、安全用具	187
第七章 地面变配电设备、架空线路及建构筑物的防雷 保护	192
第一节 过电压的原因及危害	192
第二节 大气过电压	193
一、直接雷击过电压	193
二、感应过电压	193
第三节 避雷针及避雷线	194
一、避雷针及避雷线的保护作用	194
二、避雷针和避雷线的保护范围	195
第四节 避雷器	199
一、阀型避雷器	199
二、压敏避雷器	205

第五节 架空线路的过电压保护	207
一、防止直接雷击	207
二、防止反击	207
三、特殊杆塔和设备的保护	207
第六节 变电所的过电压保护	208
一、对直击雷的过电压保护	208
二、对雷电侵入波的过电压保护	209
三、配电网的过电压保护	211
四、旋转电机的防雷保护	212
第七节 煤矿建筑物和构筑物的防雷保护	212
一、建筑物易受雷击的部位	212
二、建筑物、构筑物防雷分类及防雷措施	213
第八章 井下供电及设备	218
第一节 采区供电系统	218
一、采区变电所的位置选择	218
二、采区变电所低压接线方式	221
三、采煤工作面供电系统及设备布置	223
四、采区低压网络计算	224
五、采区变电所硐室及设备布置	242
第二节 井下高压防爆电气设备	245
一、PB ₃ -6GA型防爆高压配电箱	246
二、BGP8-6矿用隔爆高压真空配电装置	247
第三节 井下低压供电设备	257
一、防爆磁力起动器	257
二、矿用隔爆自动馈电开关	263
三、QC810系列隔爆兼本质安全型磁力起动器	266
四、DKZB-400/1140矿用隔爆型真空馈电开关	271
五、QC83-225型矿用隔爆磁力起动器的改造	275
第九章 井下过流保护	278
第一节 井下低压电网短路电流计算	279
一、计算的目的是要求	279
二、计算的特点	279
三、短路电流的计算方法	279

第二节 低压过电流继电器的整定计算	284
一、电动机保护	284
二、配电线路(干线)保护	285
三、变压器保护	286
第三节 高压配电箱的过电流继电器整定计算	289
一、变压器保护	289
二、高压电动机保护	290
三、高压电缆线路保护	292
四、高压配电箱的过电流继电器整定计算	293
第四节 JDB电动机综合保护器工作原理及整定	294
一、JDB- ¹²⁰ / ₂₂₅ 型电动机综合保护器工作原理	294
二、保护器的整定	298
第五节 相敏过电流保护	299
一、概述	299
二、短路电流和功率因数的关系	300
三、电机运行状态与功率因数之间的关系	301
四、BXL ₁ -200/400K型相敏过流保护器	302
第十章 矿用电线	307
第一节 常用电缆的型号规格及使用范围	307
一、油浸纸绝缘铅包电力电缆	307
二、油浸纸绝缘不滴流铅包电力电缆	308
三、矿用橡套软电缆	309
四、聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	311
五、交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	313
第二节 电缆载流量	314
一、一般选择原则	314
二、电缆的允许短路电流	314
第三节 电缆的敷设和连接	315
一、电缆敷设方式及注意事项	315
二、井下电缆敷设	317
三、电缆线芯的连接	320
四、电缆的连接与接线盒	323
五、高压电缆接线盒制作的主要材料及其工艺	323

第四节 电缆的运行和维护	326
一、运行中的温度及其测量方法	326
二、电缆运行中的绝缘标准及其测量方法	327
三、运行中电缆的最高允许负荷及其过载能力	328
四、电缆的定期检查维护	329
第五节 低压电缆的检修	329
一、橡套电缆的硫化热补和冷补	329
二、橡套电缆干燥处理	331
三、橡套电缆检修后的试验	332
第十一章 井下低压漏电保护	333
第一节 380/660V检漏继电器	334
一、JY82系列检漏继电器	334
二、JJKB30型检漏继电器	343
三、JL80系列隔爆检漏继电器	351
四、BZ80-2.5矿用隔爆型煤电钻综合保护装置	357
第二节 检漏继电器的安装、运行、维护与检修	360
一、安装	360
二、运行、维护与检修	364
三、电网漏电故障的判断与寻找	367
第三节 两种选择性漏电保护装置简介	370
一、KXL-1型矿用低压选择性漏电保护装置	370
二、BJJ ₁ -660/380X矿用隔爆型选择性检漏继电器	376
第十二章 井下保护接地	382
第一节 保护接地的作用	382
第二节 井下保护接地网	384
一、主接地极	384
二、局部接地极	384
三、接地母线和辅助接地母线	386
四、连接导线和接地导线	387
第三节 井下接地装置的安装	387
一、接地极的安装	387
二、电气设备的接地方法	389
三、接地线的连接和加固	393

第四节 接地装置的检查和试验	394
一、接地装置的检查	394
二、接地电阻的测定	395

第一章 矿山供电系统及负荷计算

第一节 概 述

一、矿山供电的基本要求

矿山企业在国民经济建设中起着重要作用，是电能的重要用户。随着生产的迅速发展，机械化和自动化水平不断提高，矿山企业对供电的要求也就更加严格。特别是煤矿井下作业，工作面不断移动，生产环境非常复杂，因此对供电的要求更高。矿山企业对供电的基本要求主要有以下几个方面：

1. 供电可靠

矿山企业供电中断，不仅会造成减产，而且有可能引起人身事故，甚至可能毁坏矿井。因此，矿山企业对供电的最重要要求是供电的可靠和不间断，即使在电力系统发生故障的情况下，也必须保证不间断供电，至少也得供应一部分电能，以保证人身安全和设备不受损坏。

2. 供电安全

由于煤矿井下有瓦斯和煤尘爆炸的危险，所以在使用电气设备时必须特别注意其防爆性。另外，井下潮湿，工作空间小，光线差，易发生人身触电事故，必须采取一系列的安全技术措施，以确保对煤矿企业供电的安全性。

3. 供电质量

在供电质量上煤矿企业要求供电电压稳定和 交流 频率 的稳定。煤矿中广泛使用三相异步电动机，而这种电动机的转矩与外加电压的平方成正比；转速与交流频率成正比。若供电电压和频率发生较大变化，就会严重影响电动机的正常运转，甚至会使生产机械不能工作。按照我国《动力系统调度管理规程》的规定，

额定频率的允许偏差为 $0.2 \sim 0.5\text{Hz}$,电压偏移的允许值规定为:电动机 $\pm 5\%$,白炽灯 $+3\%$ 、 -2.5% 。

4. 供电经济

一般考虑下列三个方面:

(1) 尽量降低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及维护费用。

二、电力用户的分级

按照对供电可靠性的要求不同,一般将电力用户分为三级,以便在不同情况下区别对待。

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给国民经济带来很大损失者为一级用户。如矿山扇风机、分区扇风机、井下主排水泵及立井经常提人的提升机等。这类用户必须由两个独立电源供电,无论电力网是否正常工作,均应保证对它的正常供电。

2. 二级用户

凡突然停电会造成大量废品,产量显著下降,在经济上造成较大损失者为二级用户,如煤矿集中提、运设备,大型矿井地面空气压缩机,井筒防冻设备,抽放瓦斯设备以及向综采工作面供电的采区变电所等。对这类用户一般采用双回路供电或进行方案对比后确定。

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,对这类用户只设单一回路供电。因某种原因需要停电时,三级用户是首先限电的对象。

三、电力系统的基本概念

为了提高供电的可靠性和经济性,目前广泛地将许多发电厂用超高压输电线路连接起来并联工作。这种由许多发电厂连成的供电和供热整体称为动力系统。动力系统中的一部分,即由发电

机、配电装置、升压、降压变电所输电线路以及电能用户所组成的部分称为电力系统。电力系统中由各级电压的输配电线路和变电所组成的部分称为电力网。用规定符号单线绘出的电力系统或电力网的接线图称为电路图。图1-1便是一个典型的电力系统图。

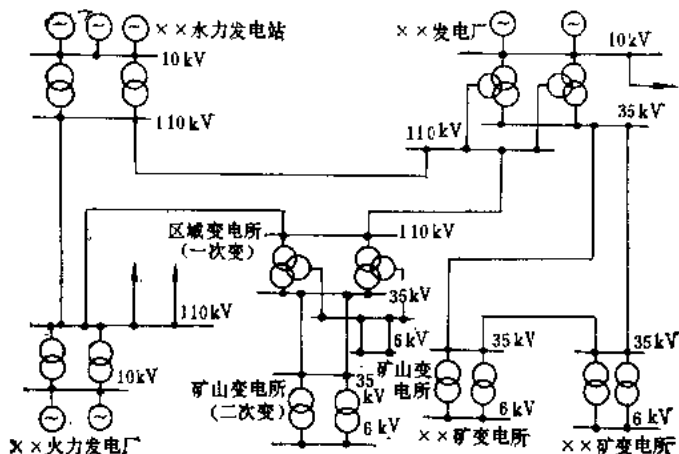


图 1-1 电力系统图

发电机发出的电压一般是3.15kV、6.3kV和10.5kV。发电厂设有升压变压器，将电压升高后再输送出去。输电容量越大，距离越长，要求输电电压越高，一般都在高压或超高压范围（35~500kV）。电力系统中各发电厂之间，以输电线路相连，这样不但可以提高供电可靠性，同时还可调节各发电厂的负荷，保证发电和供电的经济性。

一般送到矿山地面变电所的电压是35kV，当矿区的用电容量很大，距发电厂又很远时，则发电厂用更高的电压对矿区供电，这时需要建立区域变电所。距区域变电所很近的矿山，不需设35/6kV主变压器，可直接由区域变电所6kV母线对矿山供电。

四、矿山供电的电压等级

所有电气设备都是按一定的标准电压设计制造的，这个标准