



中等职业教育规划教材
中国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

矿山供电实训教材

● 主 编 余升平



煤炭工业出版社

中 等 职 业 教 育 规 划 教 材
中国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

矿 山 供 电 实 训 教 材

主 编 余升平

副主编 孔三喜 张天宇

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿山供电实训教材/余升平主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2009

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-5020-3573-0

I. 矿… II. 余… III. 矿山-供电-专业学校-教材
IV. TD611

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 144032 号

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

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 787mm × 1092mm $1/16$ 印张 11

字数 254 千字 印数 1—5,000

2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

社内编号 6383 定价 22.00 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

煤炭中等专业教育分专业教学与教材建设委员会

(煤矿机电类专业)

主 任 何富贤

副主任 何全茂 刘秀艳 郭 雨 卢芳革

委 员 (按姓氏笔画排序)

王纪风	王国文	王瑞捧	田树钰	关书安	刘英才
刘胜利	朱庆华	余升平	吴文亮	李 佳	陆 红
姜宏勋	郝敬豪	钟 诚	潘连彪	魏 良	魏晋文

前言

为贯彻《教育部办公厅、国家安全生产监督管理总局办公厅、中国煤炭工业协会关于实施职业院校煤炭行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》（教职成厅〔2008〕4号）精神，加快煤炭专业技能型人才的培养，满足煤炭行业发展对人才的迫切需求，依托煤炭职业学（院）校建立煤炭行业技能型人才培养培训基地，培养面向煤矿生产企业一线，具有与本专业岗位群相适应的文化水平和良好的职业道德，了解矿山企业生产的全过程，掌握本专业的基本专业知识和技能，具有从事矿山机电设备的生产运行、维护检修的中级技能型人才，中国煤炭教育协会组织煤炭职业学（院）校专家、学者编写了机电工程配套系列教材。

《矿山供电实训教材》一书是矿山机电专业中等职业教育规划教材中的一本，可作为中等职业学校机电专业矿山供电实训课程教学用书，也可作为在职人员培养提高的培训教材。

本书由石家庄工程技术学校余升平主编并统稿，其编写了项目一、项目三、项目四；河南平顶山工业职业技术学院孔三喜任副主编，其编写了项目五、项目六、项目七、项目八、项目九、项目十、项目十一；河南理工大学高等职业学院张天宇任副主编，其编写了项目二。

中国煤炭教育协会职业教育
教学与教材建设委员会

2009年9月

内 容 提 要

矿山供电实训是工科职业学校学生的专业技术技能课程。本书强调了职业所需技术应用能力的认识、掌握和运用,因而特别适用于职业实用技术技能教育。本书分为三部分:供电实训基础、供电实验、供电实训,涉及供电设备使用、操作、维护检修、技术管理、测试与试验等多方面的供电技术技能,对于电气设备的实际维护与检修也作了必要的说明和阐述。

本书是电气化和矿山机电等电类专业的教学用书,也可作为现场工程技术人员的参考用书。

目次

绪论.....	1
---------	---

供电实训基础

项目一 矿山供电系统及电气设备.....	7
模块1 矿山电力系统概述	7
模块2 矿山供电电气设备	13
模块3 电力变压器	28
模块4 矿用电力电缆	32
模块5 安全用电与电网保护	36
项目二 矿山井下供电系统电气设备	41
模块1 矿用隔爆型高压配电箱	41
模块2 矿用隔爆型低压自动馈电开关	46
模块3 矿用隔爆型电磁启动器	49
模块4 矿用隔爆型干式变压器	51
模块5 矿用隔爆型移动变电站	52
项目三 矿山供电系统运行保障与检修试验	57
模块1 矿山变配电所的运行保障	57
模块2 矿山供电线路的运行保障	61
模块3 矿山供电系统主要电气设备的检修试验	63

供电实验

项目四 矿山供电系统实验	79
模块1 矿山地面电力系统与井下双回路供电系统演示装置实验	80
模块2 高压电器认识实验	81
模块3 低压电器认识实验	82
模块4 矿用高低压配电开关认识与操作实验	85
模块5 矿用隔爆型磁力起动机实验	88
模块6 矿用隔爆型检漏继电器测试实验	92

模块 7 定时限过流保护实验	95
模块 8 反时限过流保护实验	97
模块 9 供电系统三段式继电保护实验	99
模块 10 矿用电力电缆的认识、测量及接线实验	102
模块 11 煤电钻变压器综合保护测试实验	106

供 电 实 训

项目五 供电管理操作	111
模块 1 操作票的填写	111
模块 2 设备状态操作	117
项目六 供电系统操作	121
模块 1 断点操作	121
模块 2 线路操作	122
模块 3 变压器运行	124
项目七 相序核定操作	127
模块 1 探棒核相操作	127
模块 2 无线核相操作	130
项目八 电缆探测操作	133
模块 1 距离测试	133
模块 2 路径探测	139
项目九 矿山供电设备操作	142
模块 1 煤矿电气设备防爆	142
模块 2 矿用隔爆型自动馈电开关	149
项目十 接地电阻测量	154
模块 1 手摇接地电阻仪测量	154
模块 2 钳形接地电阻仪测量	156
项目十一 绝缘电阻测量	160
模块 1 智能绝缘电阻测量	160
模块 2 变压器绝缘的测量	164
参考文献	167

绪 论

一、本课程的重要性

本书是中国煤炭教育协会与煤炭工业出版社共同组织编写的,是全国煤炭职业教育机电类规划教材。

本书在编写中坚持“学以致用”的原则,突出应用性和针对性,加强实践能力的培养,使学生在具有一定理论知识的基础上,又具备较强的实践操作能力和解决实际工程问题的能力。

本书的编写力求以实训及操作带动教学(理论与实际相结合)的方法,在实训的基础上掌握矿山供电工程的基本知识与操作能力。编写按项目分为三部分:供电实训基础、供电实验、供电实训。编写过程中以实际操作为核心,在《矿山供电》一书中出现的内容不再重复。

矿山供电实训教程是工科职业学校学生的专业技术技能课程。本课程的特点突出了矿山供电课程的实际操作技术与技能,对于电气设备的实际维护与维修也作了必要的说明和阐述。本书注重理论与实践相结合,将实用性和可操作性融入教学体系之中,力求最大限度地贴近教学,缩短工程实践与理论教学的距离,缩短教师与学生的距离,旨在通过本课程的教学与学习,使学生潜移默化地学习供电工程技术、掌握矿山供电专业工程技能,从而把学生引入到工程实践的大门中去。

本书特点具体表现如下:

(1) 实用性。本书以满足矿山企业生产实际需要的要求编写,具体体现在本书的内容均以供电电气行业现场的法规、技术规范、技术要求与技术标准等为准绳;一切从实际出发,让学生明确供电电气设备的实际使用情况,使用注意事项,以及如何维护、维修、管理等。

(2) 操作性。为了便于教学,本书的实验与实训都尽量提供了所需设备的型号、参数与使用要求等。

(3) 通用性。考虑到各个学校实际情况的差异,本书所选择的设备与仪器大多是常用和常规型的,实验与实训的变通余地也较大,从而使使用者能够根据自身的具体情况进行取舍。

(4) 兴趣性。本书的内容以专业与生产实际技术来替代抽象的理论知识,使学生容易接受,便于其理解和掌握;加之实验与实训的内容较多,能激发学生的动手能力,进而激发其学习兴趣。

(5) 启发性。实验与实训都有创新的要求,目的是启发和培养学生的创新实践能力,为今后的工作奠定基础。

矿山企业中的各个生产与生活领域、各种电气设备日新月异,发展很快,但基本的理论与知识仍在发挥着作用,因此,本书对矿山供电的基本内容从具体的实用角度进行了较

为详细的阐述,并结合实验与实训,侧重于实际的应用环节,具体来说包括矿山供电线路及设备的使用、操作、维护维修和测试等。

鉴于中职院校学生的多样性及供电课程的专业性与实践性,供电实训教程对供电课程的教学是一种创新的实践尝试,对于学生理解和掌握供电知识、技能技术有很大的帮助和促进作用。

二、本课程对职业技能培养的作用

本课程以注重学生的职业能力培养与技能提高为原则。本书在编写过程中充分考虑了职业学校的实际情况及当今经济社会对人才的需求,用教学改革与创新的思想指导教材建设;突出了实践操作能力的培养,采用技术具体、实验与实训教学模式进行编写;体现了以供电实用技术与技能训练为主线,维护与维修为支撑的编写思路;较好地处理了实训教学与专业技术技能训练的关系,有利于帮助学生掌握实用知识,形成实际工作能力和技能,提高工程方面应用的能力。本课程强调职业所需技术应用能力的认识、掌握和运用,因此特别适用于职业实用技术技能教育。

本课程能培养学生电气方面的工程应用能力,这种能力是学生走上工作岗位所必须具备的重要的职业能力。供电工作是否正确合理是做好企业供电工作的基础,供电工作的好坏直接影响矿山企业的安全生产和居民的生活秩序。供电工作是矿山企业的一项经常性的工作,供电工作能力也是其他电气工作的基础。学习好供电实训课程,不但可以提高供电工作能力,还可以触类旁通,做好其他电气方面的工作,提高学生电气方面的综合技能。所以完成供电实训课程职业技能的培养,对电气化和机电等电类专业的学生来说具有十分重要的现实作用。

三、课程的性质与目的

矿山供电实训课程根据专业技术能力培养和技能训练的原则,对学生进行供电工作能力的培养和技能训练,并为供电设备与系统的安全运行、维护检修和技术管理奠定一定的基础。本课程在内容安排上以供电设备为主线,兼顾维护检修和技术管理等方面知识。

由于工厂与矿山供电工作联系的紧密性及学生就业面向的市场性,本课程采取了以企业供电设备为主,工厂、矿山供电设备兼顾的原则。即以企业供电设备贯穿全书,对于矿山供电设备具有特殊性的内容在书中也作了必要的阐述。

本课程还注意突出供电设备的维护、维修与技术管理内容,因为供电设备的正常运行与其维护、维修有着直接的关系,而供电设备的安全可靠运行又与设备的技术管理密不可分,所以要求对供电设备不但会使用与操作,还应注重其维护、维修与技术管理,以期缩短学生动手能力教育与企业需要的距离,实现“零距离”教学,以更好地满足企业用人单位的需求。

矿山供电实训在章节顺序上是按实训基础、供电实验与供电实训的顺序排列的。其目的是帮助学生较为系统地学习和掌握供电设备的实际知识,让学生通过供电实训课程进行供电工作能力的培养训练,并使学生认识所学习供电专业技术与技能的重要性及用途,激发学生的学习兴趣。

通过本课程的学习、实验、实训等实践性的教学环节的进行,使学生能够认识和掌握

有关供电方面的规程、规定；能够正确地使用供电设备，为维护和管理电气设备奠定良好的职业技能和基础；能够正确合理地分析、维护、维修与试验各类供电电气装置；能够正确合理地确定设备布置方案；能够正确合理地对供电设备使用中的各类可行方案进行技术经济指标的分析和比较，并最终确定最佳方案。通过对矿山供电实训课程学习，要求学生在领会有关供电基本理论和基本原则的基础上，学会处理供电运行和管理工作中可能出现的一些实际问题；使学生具有工矿企业变电所工程应用能力和基本的施工能力，具有电气设备安装、测试、运行、维护和常见故障分析处理的基本能力，为今后在市场经济的大潮中博得有利的位置。

本课程内容丰富，涉及供电设备使用、操作、维护、维修、技术管理、测试与试验等多方面的供电技术技能知识，因此，学习本课程应注意将供电的实训知识与生产实际相结合并加以综合运用。在授课方法上要特别注意结合实物深入浅出与形象生动的方法，要重视实验、实训等应用能力的培养。

供电实训基础

项目一 矿山供电系统及电气设备

模块1 矿山电力系统概述

【模块目的】

通过本模块的学习，了解矿山电力系统的具体工作情况。

【模块简介】

本模块主要介绍电力与矿山电力系统的实际知识与基本的结线形式。

一、电力系统

如图 1-1 所示，电力系统是由发电厂、电力网和电能用户组成的一个有发电、输电、变配电和用电等的整体系统。发电厂可以将多种其他形式的能源转换为电能，如煤—电、水—电、核—电和风—电等，转换后的电能一般经变电升压后进入电力网；电力网调度分配、输送和调剂电能，电力网中有多种形式的区域性的变电所；各企业用户从电力网中的变电所取得的电能一般是高压电，同时应根据企业的具体情况，再在企业内的变配电所进

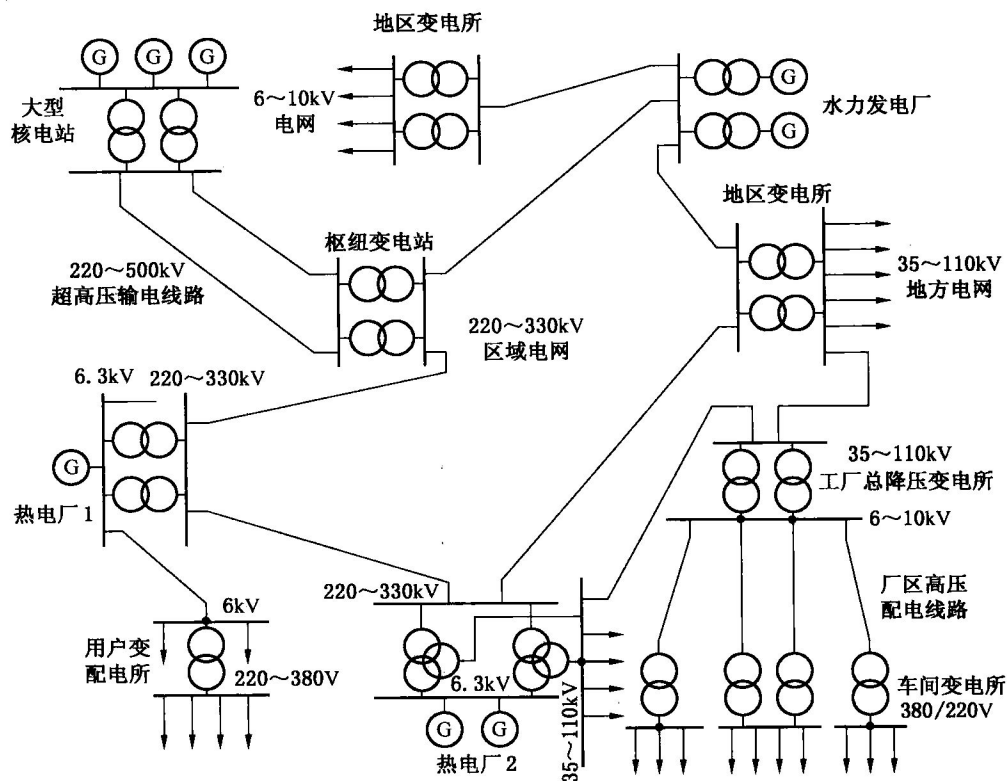


图 1-1 某电力系统简图

行降压变电或配电，供给电气设备使用。

矿山电力系统是由电力网、变配电所、电缆或架空线路构成的传输线路及矿用设备等组成的一个整体系统。具体来说，矿山电能取自矿山附近变电所，电压一般为 35kV，通常采用架空线路输入；矿山变电所将 35kV 的电压变为 6kV 和 380V；如果矿山能从电力网取得 6kV 的电压，则直接分配电能而无须主变压器变电；电能的传输采用电缆和架空线路并举的方法；矿用设备分为井上和井下两类，其所需电压根据要求再通过相应的变压器进行相应的变电，井下设备还应考虑防爆的具体要求。

另外，在实际学习矿山电力系统当中，应注意结合矿山地面变配电所内的供电系统示意图，找出图中主要的电气设备（主变压器，井上、井下高低压开关柜，断路器，隔离开关，配电箱，馈电开关等）的实际位置，明确其在电力网中的功用；同时确定其电力系统的具体接线方式。具体方法可以主变压器为电源起始点，按供电方向直至采区工作面负荷侧。

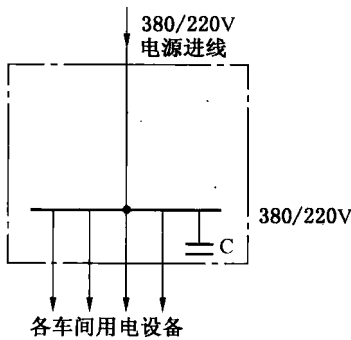


图 1-2 低压进线的小型
企业供电系统

对于某些小型的企业，有时也采用 380/220V 低压电源进线，此时只需设置一个低压配电室，经过馈电开关将电能直接分配给各低压用户使用，如图 1-2 所示。

二、电力负荷对供电的基本要求

为了使企业电力系统的供电工作很好地为生产实际服务，切实保证企业生产和生活用电的需要并节约电能，必须做到安全、可靠、优质和经济这四点基本要求。

1. 安全性

为了保证供电的安全性，应对供电系统中的电气设备加装过流、电压、接地和漏电保护等安全保护措施；

供电系统在安装、测试、运行和维护过程中应严格按照相应的电力规程规范规定执行。对于我国煤矿供电系统，由于其生产和环境的特殊性，规定向井下供电的变压器的中性点采用不直接接地运行方式，不允许井上、井下电气设备共用同一台变压器，其余按照《煤矿安全规程》规定严格执行。

2. 可靠性

应满足用户对供电可靠性的要求。负荷等级不同的企业对供电可靠性的要求有所差别。

衡量供电可靠性的指标一般以全部平均供电时间占全年时间的百分数来表示。例如：全年时间为 8760h，用户平均停电时间为 8.76h，停电时间占全年时间的 0.1%，则供电可靠性为 99.9%。

安全、可靠不仅是对企业供电的基本要求，同时也是对电力系统的基本要求。电力系统中的各种动力设备及发电厂、电力网和电力负荷或用户都有发生故障或遇到异常情况（飓风、暴风雪等）的可能，从而影响电力系统或企业供电的正常运行，造成供电中断，甚至造成重大或无法挽回的损失。例如：1977 年 7 月 13 日，美国纽约市的电力系统由于遭遇雷击，保护装置动作不正确，致使电力系统全部瓦解，造成至少 3.5 亿美元的经济损

失；1972年7月27日，我国湖北电力系统由于继电保护的错误动作，造成武汉和黄石地区电压崩溃，使得受端系统瓦解，经济损失达2700万元。

所以，电力系统的安全性和可靠性是极为重要的。但是，从某种程度上讲，绝对的安全与可靠也是不存在的。这就需要运行或操作人员，在电力系统发生故障后，应能借助保护装置把故障隔离开来，使事故停止及避免扩大并尽快恢复供电。

3. 质量性

在实际供电过程中，还应注意满足电气设备对电能质量的要求。其中电压和频率是衡量电能质量的重要指标。

电气设备在实际运行过程中，由于线路的电压损，大多实际得到的电压值比额定值要低，电能和电功率损失增加，电机启动困难，运行中温度升高，绝缘易老化，直至烧毁电机。所以，在变压器输出电压值时应根据实际情况调高实际的输出电压值；对于重要的或对电压要求较高的电气设备应尽量靠近变压器，以减少线路电压损，保证设备的电压质量；若无法保证电压质量，则电气设备应加装电压保护装置。需要注意的是，加在电气设备上的电压无论是高于它的额定电压还是低于它的额定电压，都会对电气设备造成损坏，因此都应加装电压保护装置。我国规定电力系统中用户电压变动范围是：35kV以上高压供电及对电压质量有特殊要求的用户为 $\pm(5\% \sim 10\%)$ ；10kV以上高压供电和低压供电用户为 $\pm 7\%$ ；低压照明用户为 $\pm(5\% \sim 10\%)$ 。

我国工业用电的标准频率是50Hz。供电时，若发生重大事故，使得电源发出的有功功率与用户所需的有功功率不相等，将会使频率质量下降，除对发电厂的安全运行有较大危害外，对电气设备本身也将造成损坏。为此，电力系统除应保持适当的备用容量外，还应有低频率自动减负荷装置，这种装置可以在频率降至预先整定的值时，自动切除部分次要负荷，以保证频率的稳定。

电力工业技术管理法规规定：在 $3 \times 10^6 \text{ kW}$ 以上的电力系统中，频率波动不得超过 $\pm 0.2 \text{ Hz}$ ；在不足 $3 \times 10^6 \text{ kW}$ 的电力系统中，频率波动不得超过 $\pm 0.5 \text{ Hz}$ 。

另外，在供电系统中，由于电子与整流变频设备的使用，电力网中将出现谐波，使得供电的正弦波形发生改变——出现毛刺，它不但会影响电气设备正常运行，而且会干扰通信和信号。此时可考虑加装屏蔽装置或加装滤波器来改善供电的波形，以提高供电质量。

若在三相电网上安装单相电气设备，应尽量平均分配到三相相线上，这样可较好地保持三相电网的平衡，有利于电网与设备优质、正常地运行。

4. 经济性

在供电过程中，具体到经济性上，主要的问题常常是供电的技术要求与供电系统投资及运行费用的矛盾。为此，应首先满足供电的技术要求，再考虑经济费用的投入。

三、供电系统结线方式

供电系统的结线通常分为一次结线和二次结线。一次结线是指变压器、开关电器、互感器及连接线路按一定顺序连接的用来接受和分配电能的接线；二次结线是指控制、指示、测量和保护一次结线及设备运行的接线。一次结线和二次结线之间是通过电流和电压互感器联系起来的。

(一) 一次结线