



煤炭技工学校“十二五”规划教材

ZONGCAI DIANQI SHEBEI

综采电气设备

■ 中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

 煤炭工业出版社

煤炭技工学校“十二五”规划教材

综采电气设备

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

综采电气设备/中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会编.

--北京:煤炭工业出版社,2016

煤炭技工学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-5206-5

I. ①综… II. ①中… III. ①采煤综合机组—电气设备—技工学校—教材 IV. ①TD421.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 022925 号

综采电气设备(煤炭技工学校“十二五”规划教材)

编 者 中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

责任编辑 罗秀全 袁 筠 肖 力

编 辑 郭玉娟

责任校对 高红勤

封面设计 王 滨

出版发行 煤炭工业出版社(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

电 话 010-84657898(总编室)

010-64018321(发行部) 010-84657880(读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 北京玥实印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 18¹/₄ 插页 2 字数 440 千字

版 次 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

社内编号 8057 定价 38.00 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,电话:010-84657880

内 容 提 要

本书由9章构成,主要介绍了矿井供电概况、煤矿电气保护技术、综采工作面常用隔爆开关、综采工作面变配电设备、KTC101型煤矿综采工作面通信与控制装置、MG400/940-WD型采煤机、EBZ150JA型掘进机、ZBZ-2.5(4.0)M型矿用隔爆型照明信号综合保护装置和矿用电缆等内容。本书重点介绍煤矿具有代表性的综采电气设备,内容先进,文字精练,图文并茂,注重现场实际操作和技能训练,课后复习题题型多样、针对性强。

本书是煤炭中职和技工院校机电及相关专业的核心课教材,也适用于煤矿职工培训和自学。

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

主 任 邱 江

常务副主任 刘 富

副 主 任 刘爱菊 肖仁政 吴占鹏 武继承 魏焕成
曹允伟 仵自连 雷家鹏 丁 波 韩文东
李传涛 牛耀宏 程建业

秘 书 长 刘 富 (兼)

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁 波 王 忱 王明生 牛宪民 牛耀宏
甘志国 仵自连 任秀志 刘 富 刘爱菊
孙茂林 肖仁政 吴丁良 吴占鹏 邱 江
何富贤 邹京生 张久援 张延刚 张瑞清
陈季言 武继承 赵 杰 赵俊谦 贾 涛
夏金平 曹中林 梁茂庆 葛 侃 董 礼
韩文东 程光岭 程建业 温永康 谢宗东
雷家鹏 魏焕成

主 编 尹亚军 陈国庆

副 主 编 史 峰 席艳瑶

参编人员 李 钢 牛景建 孙 杰 刘春宇 周 丹
田 浩 王 建 赵松森 张振武 姜培坤

前 言

“十二五”期间，煤炭职业教育必须坚持认真贯彻党的教育方针，全面实施素质教育；坚持以服务为宗旨、以就业为导向、以提高质量为重点，立足煤炭、面向社会办学，增强职业教育服务煤炭工业发展和社会主义现代化建设的能力；深化人才培养模式改革，完善教学内容，创新教学方法，突出职业技能培养，全面提升学生的综合素质和职业能力。为此，中国煤炭教育协会组织煤炭行业职业教育专家编制了《煤炭技工学校专业目录》并在人力资源和社会保障部备案，同时完成了《煤炭职业教育“十二五”教材建设规划》编制工作，提出了教材建设工作继续坚持“改革创新、突出特色、提高质量、适应发展”的指导思想，新的教学方法研究和教材开发工作进展顺利，一套“结构科学、特色突出、专业配套、质量优良”的煤炭技工学校“十二五”规划教材正在陆续出版发行，将为煤炭职业教育的创新发展提供有力的技术支撑。

这套教材主要适用于煤炭技工学校教学、工人在职培训和就业前培训，也适合具有初中以上文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《综采电气设备》是这套教材中的一种，是根据中国煤炭教育协会发布并经人力资源和社会保障部认可的全国煤炭技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会审定，并认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学、工人在职培训和就业前培训必备的统一教材。

本书由辽宁工程职业学院尹亚军、辽北技师学院陈国庆任主编，史峰、席艳瑶任副主编，李钢、牛景建、孙杰等参编。在本书的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

中国煤炭教育协会职业教育
教材编审委员会
2015年10月

目次

第一章 矿井供电概况	1
第二章 煤矿电气保护技术	8
第一节 接地保护技术	8
第二节 过流保护技术	18
第三节 漏电检测与漏电闭锁	27
第四节 瓦斯电、风电闭锁保护	33
第五节 煤矿电气防爆技术	39
第三章 综采工作面常用隔爆开关	45
第一节 矿用隔爆高压真空配电装置	45
第二节 KBZ16-400(200)Z/1140(660)型矿用隔爆型真空馈电开关	61
第三节 QBZ系列矿用隔爆型真空磁力启动器	71
第四节 QJR4-400/1140型矿用隔爆兼本安型电动机软启动磁力启动器	80
第五节 QJZ-4×315/1140DP型矿用隔爆兼本质安全型多功能真空组合开关	94
第六节 8SKC9215-3300/1140/660V(PLC)型矿用隔爆型组合开关	109
第四章 综采工作面变配电设备	133
第一节 KBSGZY系列矿用隔爆型移动变电站	133
第二节 KBG-250/6Y型矿用隔爆型移动变电站用高压真空开关	136
第三节 BXB-800/1140(660)Y型矿用隔爆型移动变电站用低压侧保护箱	150
第五章 KTC101型煤矿综采工作面通信与控制装置	163
第六章 MG400/940-WD型采煤机	190
第一节 MG400/940-WD型采煤机简介	190
第二节 MG400/940-WD型采煤机电控系统	192
第三节 MG400/940-WD型采煤机操作	205
第四节 采煤机的维护与检修	209
第七章 EBZ150JA型掘进机	215
第一节 概述	215
第二节 EBZ150JA型掘进机技术参数及电控系统结构	217
第三节 EBZ150JA型掘进机电气控制原理	224

第四节 EBZ150JA 型掘进机维护与故障处理	231
第五节 EBZ150JA 型掘进机电气系统的基本操作	235
第八章 ZBZ-2.5(4.0)M 型矿用隔爆型照明信号综合保护装置	242
第九章 矿用电缆	253
第一节 矿用电缆的种类	253
第二节 矿用电缆的选择	261
第三节 矿用电缆的敷设、连接及故障处理	265
第四节 矿用电缆的修补方法	272
参考文献	279

第一章 矿井供电概况

【知识要点】

1. 了解煤矿企业对供电的要求。
2. 了解电力负荷分级。
3. 掌握矿井供电系统的构成与各部分用途。
4. 了解综采电气设备的特殊要求。

【课程内容】

一、煤矿企业对供电的要求

1. 可靠性

供电的可靠性是指供电系统不间断供电的可靠程度。煤矿供电一旦中断,不仅影响生产,而且可能使设备损坏,甚至发生人员伤亡事故,严重时会造成整个矿井的毁坏。为保证煤矿供电的安全可靠,《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。正常情况下,采用一回路运行,另一回路带电备用,以保证井下生产过程中供电的连续性和可靠性。两回路电源线路应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段。

2. 安全性

由于煤矿生产环境复杂,自然条件恶劣,供电线路和电气设备易受损坏,工作环境中存在水、火、瓦斯、煤尘、顶板五大自然灾害,容易发生漏电和触电或由电火花引起的瓦斯煤尘爆炸。所以,必须采取防爆、防触电、防潮及过流保护等一系列技术措施,制定严格的管理制度,以保证安全供电。

3. 技术合理性

技术合理性是指电能的电压、频率、波形等质量指标要达到一定的技术标准。频率、波形的偏差会影响到某些电气设备的正常工作。良好的电能质量是指电压偏移不超过额定值的 $\pm 5\%$; 3000 kW及以上供电系统频率偏移不应超过 ± 0.2 Hz, 3000 kW及以下供电系统频率偏移不应超过 ± 0.5 Hz。

4. 经济性

煤矿电气设备耗电量大,如果由于系统设计不合理、电气设备使用不当、功率因数降低,线路损耗加大,会浪费许多电能,因此在矿井供电中应采取措施节约电能、降低电耗。在保证供电安全可靠的前提下,应力求供电网络接线简单,操作方便,建设投资和维护费用较低。

二、电力负荷分级

矿区电力负荷按用户的重要性和中断供电对人身安全或经济等方面所造成的损失和影

响程度分为3级。

1. 一级负荷

凡突然停电会造成人员伤亡或对经济方面造成重大损失者，均为一级负荷。这类负荷主要有：矿井通风设备、井下主排水设备、经常升降人员的副井提升设备、瓦斯抽放设备等。一级负荷至少应有两个电源供电，并对供电电源有以下要求：

(1) 在发生任何一种故障时，两个电源的任何部分应不致同时受到损坏。

(2) 在发生任何一种故障且保护装置动作正常时，应有一个电源不中断供电。

(3) 在发生任何一种故障且主保护装置失灵，以致所有电源均中断供电后，应能在有人值班的处所经过必要的操作，迅速恢复一个电源的供电。

2. 二级负荷

凡中断供电会对经济等方面造成较大损失或影响重要用户正常工作者，均为二级负荷。这类负荷主要有：主井提升设备、地面空气压缩设备、井筒保温设备、矿灯充电设备、井底水窝和采区下山排水设备等。二级负荷中较重要的负荷一般由两回路电源线路供电，其他设备也可以采用单回路专用线路供电。

3. 三级负荷

凡中断供电不会对经济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、坑木加工厂、矿区住宅等。三级负荷只需要单回路电源线路供电。

三、矿井供电系统

矿井供电系统主要由矿井地面变电所、井下中央变电所、采区变电所、工作面配电点等组成。

1. 矿井地面变电所

矿井地面变电所是全矿供电的总枢纽，它担负着受电、变电及配电的任务。

电源由区域变电所或上方发电厂取得，由两回路架空线直接将高压电送入矿井地面变电所，用2台主变压器（1台工作，1台备用）配电给地面的主要高压设备，如主副井提升机、主要通风机、选煤厂、地面6 kV变电所。

地面变电所再将2条6 kV高压电缆经井筒输送到井下中央变电所，同时通过配电变压器降为380 V构成三相四线制系统，向地面低压动力及照明设备供电。矿井地面变电所供电系统如图1-1所示。

2. 井下中央变电所

1) 井下中央变电所概述

井下中央变电所是全矿井下的供电枢纽，担负全矿井下采、掘、机、运、通等系统的供电任务。

为了保证中央变电所供电的安全性和可靠性，《煤矿安全规程》规定，对井下中央变电所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。井下中央变电所一般采用分段单母线接线方式。母线段数与井筒敷设的电缆数相对应，所有主要用电设备均与两段母线连接，各段母线通过高压母联开关联络。正常时母联开关断开，母线采用分列运行方式，当任意一段母线发生故障或检修时，母联开关合闸，主要用电设备均可由另一段母线获得电能（图1-2）。

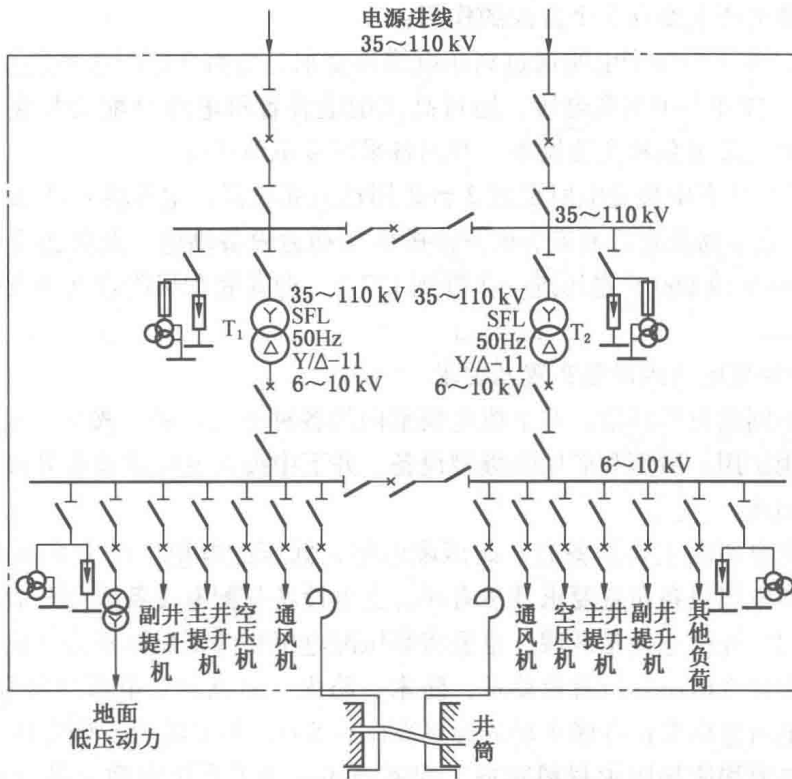


图 1-1 矿井地面变电所供电系统

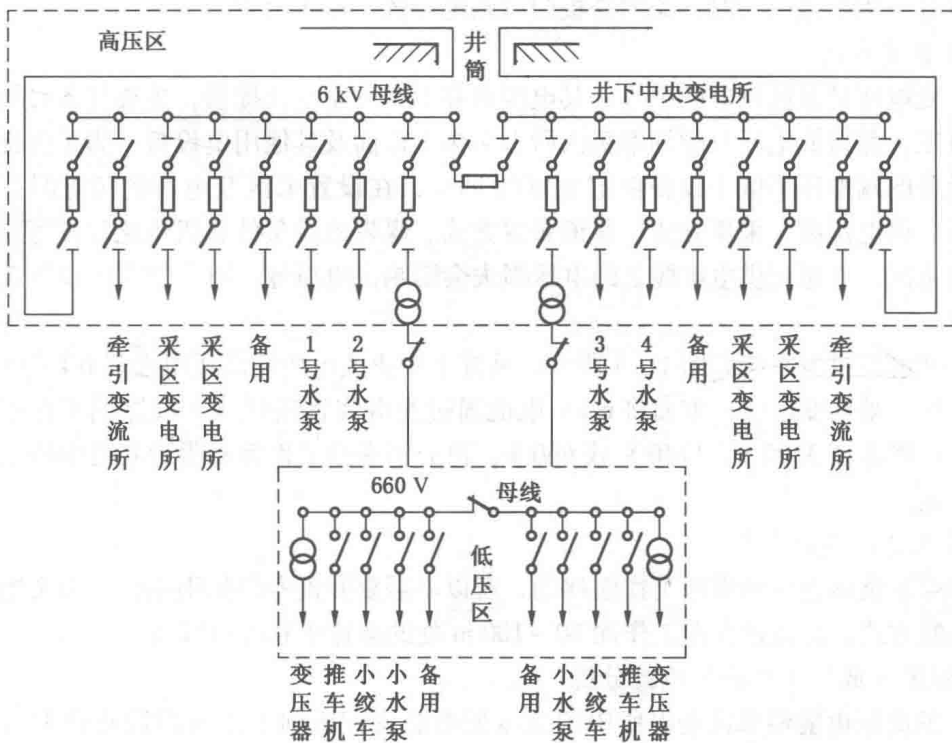


图 1-2 井下中央变电所供电系统

井下中央变电所主要有 3 个方面的作用:

(1) 受电。井下中央变电所通过高压电缆接受来自地面变电所送来的 6 kV 电能。

(2) 配电。在井下中央变电所, 通过高压配电装置将电能分配给井底车场附近的高压用电设备, 如主排水泵和变流设备, 并向各采区变电所供电。

(3) 变电。在井下中央变电所设置 2 台矿用动力变压器, 主要将 6 kV 高压降到 1140 V 或 660 V, 向井底车场及附近巷道、硐室中的低压动力设备供电。此外还设置有矿用照明变压器, 将 1140 V 或 660 V 电压进一步降到 127 V, 向井底车场附近巷道及硐室中的照明设备供电。

2) 井下中央变电所内设备布置及要求

根据井下不同的自然环境, 井下机电硐室内的各种电气设备, 按照《煤矿安全规程》的规定分别选用矿用一般型和矿用隔爆型设备。井下中央变电所多设在井底车场, 并直接与中央水泵房相连。

井下中央变电所的主要设备有: 高压配电柜、低压配电柜、动力变压器和照明变压器。变电所内的电气设备布置要求井然有序。变电设备与配电设备要分开放置, 中间隔有防火墙或防火门。在配电设备区域, 也要将高压配电柜和低压配电柜分开放置。

对于井下中央变电所的位置及要求, 防水、防火、通风是变电所应特别注意的问题。为了防水, 变电所地面要比井底车场的标高高出 0.5 m; 为了防火, 硐室内部及从硐室出口处 5 m 内的巷道均应用耐火材料建成, 硐室内还必须设有规定数量的合格灭火器和沙箱; 为使通风良好, 当硐室长度超过 6 m 时, 要设 2 个出口, 出口处设置双重门, 即铁板门和铁栅门。铁栅门平时应关闭, 避免非工作人员入内; 铁板门平时应敞开, 以保证硐室内通风良好。当发生火灾时, 关闭铁板门以隔绝空气, 便于灭火。

3. 采区变电所

采区变电所是采区供电的中心, 其电源由井下中央变电所提供, 主要任务是将高电压变为低电压, 并将低电压分配到本采区所有采掘工作面及其他用电设备。为了保证采区所有用电设备的端电压不低于设备额定电压的 95%, 在设置采区变电所的位置时, 应考虑供电电压、供电距离、采煤方法、巷道布置方式、煤岩地质条件和机械化程度等因素。对于较大的采区, 考虑到供电电缆上的电压损失会影响供电质量, 可在该采区设置 2 个以上的变电所。

采区变电所供电系统如图 1-3 所示。从井下中央变电所用高压电缆将 6 kV 电能送到采区变电所, 采区变电所一方面将 6 kV 电能通过配电装置送到综采或综掘工作面, 另一方面将电压降低到 3300 V、1140 V 或 660 V, 再分别送给工作面及附近巷道中的生产与辅助运输机械。

4. 综采工作面配电点

由于综采供电设备经常随工作面移动, 所以不需要开设专门的硐室, 一般采用移动变电站供电的方式, 位置设在距工作面 70 ~ 100 m 处的运输平巷或回风巷。

1) 综采(放)工作面的电能分配

6 kV 的高压电能经采区变电所中的高压配电装置配送到工作面附近巷道中的移动变电站, 然后经移动变电站将 6 kV 电压降低到 3300 V、1140 V 或 660 V, 分配给各用电负荷。

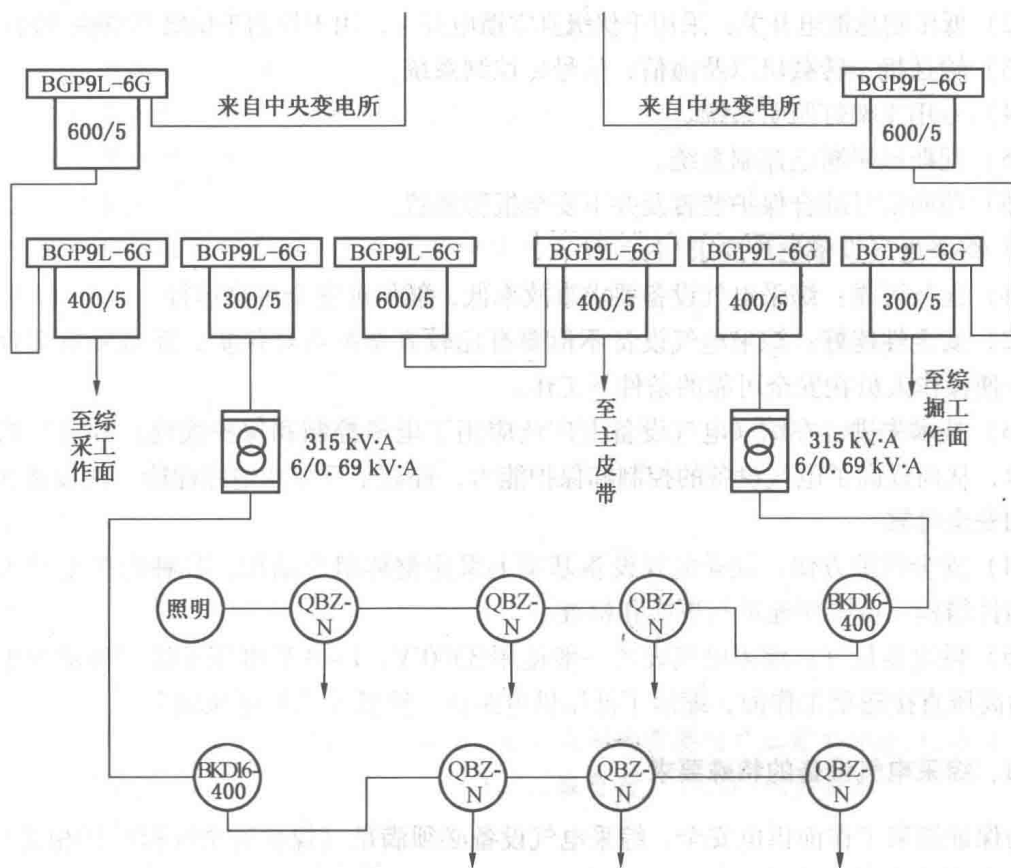


图 1-3 采区变电所供电系统

工作面的照明、信号则由安装在配电点的照明信号综合保护装置对其供电。综采工作面供电系统如图 1-4 所示。

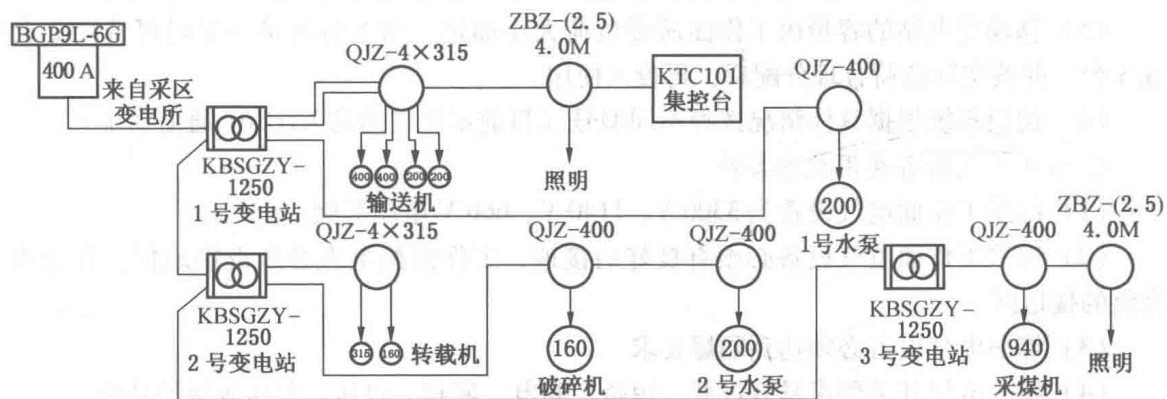


图 1-4 综采工作面供电系统

2) 综采工作面配套设备

(1) 移动变电站：主要作用是降低电压供工作面使用，缩短低压供电距离。

- (2) 低压侧总馈电开关: 采用千伏级真空馈电开关, 用于控制千伏级真空磁力启动器。
- (3) 输送机、转载机以及通信、信号、控制系统。
- (4) 专用支架灯照明系统。
- (5) 瓦斯超限断电控制系统。
- (6) 照明信号综合保护装置及井下安全报警装置。

3) 综采电气设备生产要求

- (1) 运行可靠: 综采电气设备要求事故率低, 能保证安全可靠运行。
- (2) 安全性能好: 综采电气设备不但要有比较齐全的各种保护, 而且要有多种闭锁装置, 使操作人员在安全可靠的条件下工作。
- (3) 技术先进: 在综采电气设备上广泛应用了电子控制和保护线路, 并且采取了真空技术, 从而提高了电气设备的控制和保护能力, 提高了灭弧和绝缘性能, 使设备在使用上更加安全可靠。
- (4) 安全维护方便: 综采电气设备基本上采用整体组合结构, 各种保护组件大多数采用插件结构, 可方便地进行更换和检查。
- (5) 供电质量好: 综采电气设备一般使用 3300 V、1140 V 电压等级, 移动变电站将 6 kV 的高压直接送至工作面, 缩短了低压供电距离, 降低了线路电压损失。

四、综采电气设备的特殊要求

为保证综采工作面供电安全, 综采电气设备必须满足《煤矿安全规程》的相关规定。

1. 综采电气设备的选型

综采电气设备的选型是由综采机械设备的容量、配套情况决定的, 其基本原则如下:

- (1) 所选用的开关容量必须大于综采机械设备的电机容量, 并具有一定的余量。
- (2) 优先选用保护系统齐全的具有电子或数字保护电路的开关。
- (3) 回风巷必须选用具有瓦斯超限断电闭锁功能的馈电开关。
- (4) 必须选用具有屏蔽层的千伏级电缆, 其线径的大小由负荷电流的大小决定。
- (5) 移动变电站的容量由工作面所带负荷大小而定, 当 1 台容量不足时可选用 2 台或 3 台, 并按实际负荷合理分配后, 再投入使用。
- (6) 通信系统根据具体情况选择不同型号 (目前最先进的是 KTC101 通信系统)。

2. 综采电气设备通用技术条件

- (1) 综采工作面电气设备为 3300 V、1140 V、660 V 电压等级。
- (2) 综采工作面电气设备必须有良好的接地, 工作面配电点必须设接地极, 并形成完整的接地网。
- (3) 综采电气设备必须达到隔爆要求。
- (4) 综采电气开关要求具有过载、短路、漏电、断相、过压、欠压等保护功能。



本章复习题

一、填空题

- 1. 供电的技术合理性是指电能的_____、_____、_____等质量指标要达到

一定的技术标准。

2. 一级负荷必须采用_____供电；二级负荷中较重要的负荷采用_____供电，其他设备也可采用_____供电；三级负荷采用_____供电。

3. 矿井供电系统主要由_____、_____、_____、_____等组成。

二、判断题

1. 为保证供电的可靠性，应采用两回路电源线路供电，其线路可引自相同的发电站或变电所。 ()

2. 矿井地面变电所经2台主变压器配电给地面主要高压设备，这些设备的受电电压为60 kV。 ()

3. 移动变电站的主要作用是降低电压供工作面使用，缩短低压供电距离。 ()

4. 井下中央变电所主要有3个方面的作用，即受电、供电、配电。 ()

三、选择题

1. 良好的电能质量是指电压偏移不超过额定值的 ()。

A. $\pm 1\%$ B. $\pm 5\%$ C. $\pm 0.2 \text{ Hz}$ D. $\pm 0.5 \text{ Hz}$

2. 3000 kW 及以下供电系统频率偏移不应超过 ()。

A. $\pm 1\%$ B. $\pm 5\%$ C. $\pm 0.2 \text{ Hz}$ D. $\pm 0.5 \text{ Hz}$

3. 凡中断供电会对经济等方面造成较大损失或影响重要用户正常工作者，均为 ()。

A. 一级负荷 B. 二级负荷 C. 三级负荷 D. 电力负荷

4. 主井提升设备属于 ()。

A. 一级负荷 B. 二级负荷 C. 三级负荷 D. 电力负荷

5. 下列电压等级不属于综采电气设备低压动力电压等级的为 ()。

A. 3300 V B. 1140 V C. 660 V D. 220 V

四、简答题

1. 煤矿企业对供电的要求有哪些？

2. 矿井供电系统的组成是什么？

第二章 煤矿电气保护技术

采区安全供电是保证矿井安全生产的关键之一。由于煤矿井下工作环境恶劣,煤矿工人触电概率很大,为了保证采区安全生产,确保供电安全,必须对采区供电系统及其电气设备进行有效的电气保护。按照《煤矿安全规程》的要求,采区中主要电气保护有接地保护、过流保护、漏电保护、风电闭锁保护、瓦斯电闭锁保护和信号照明综合保护。

第一节 接地保护技术

【知识要点】

1. 了解井下电气设备的保护接地及其作用。
2. 掌握井下保护接地系统的构成及作用。
3. 了解 ZC-8 型接地电阻测量仪的结构及作用。
4. 掌握接地电阻的测量方法。

【课程内容】

一、井下电气设备的保护接地及其作用

1. 保护接地的概念

所谓电气设备的保护接地,就是将电气设备的正常不带电的金属外壳或者其他构件与埋在地下的保护接地极进行良好的电气连接。

电气设备的保护接地通常由 3 部分组成,图 2-1 所示为串车上防爆电气设备的保护接地,图中接地极或接地母线由于条件所限未画出。

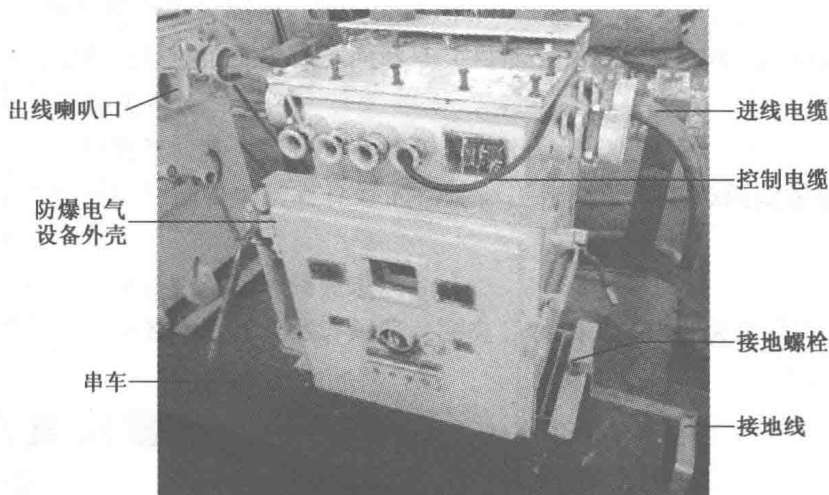


图 2-1 串车上防爆电气设备的保护接地

- (1) 接地线：用于将电气设备的金属外壳与接地极连接起来。
- (2) 接地螺栓：用于将接地线牢固地固定于电气设备的金属外壳上。
- (3) 接地极或接地母线：用于减小保护接地的接地电阻，保证电气设备的金属外壳与大地之间有良好的电气连接。

2. 保护接地的作用

(1) 没有保护接地时人体触电情况分析如图 2-2a 所示，在没有采用保护接地时，若电气设备外壳带电，人体一旦触及外壳，漏电电流 I_h 将全部流过人体。虽然煤矿井下供电系统采用变压器中性点不接地运行方式，漏电电流比较小；但是，当电网供电线路较长时，漏电电流可能超过安全电流值（30 mA），触电人员的安全将受到威胁。

(2) 有保护接地时人体触电情况及等效图如图 2-2b、图 2-2c 所示，在采取保护接地后，人体和接地电阻之间是并联关系。此时，即使电气设备外壳带电，人体一旦触及外壳，由于接地电阻 R 远小于人体电阻 R_h ，因此通过人体的电流极小，不会对人体造成伤害。

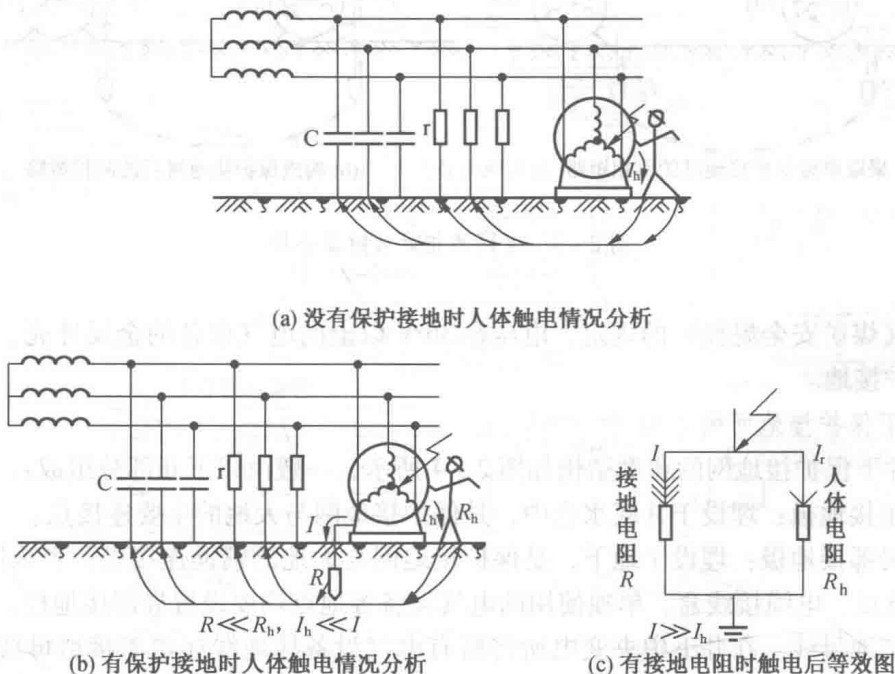


图 2-2 保护接地作用示意图

二、井下保护接地系统（保护接地网）

当井下电气设备都装设单独的接地装置后，并不能完全消除电网漏电所造成的危险。如图 2-3a 所示的供电系统中，尽管 2 个电动机 M1、M2 都设置了接地装置，但当 M1 的一相（如 U 相）绝缘损坏时，将使其外壳带电，如果电网没有装设漏电保护装置或漏电保护装置失灵，这一接地故障就会长期存在；此时，若电动机 M2 的另一相（如 V 相）由于某种原因也发生了漏电，这时电网就会发生两相对地短路。由于这个短路电流要经过