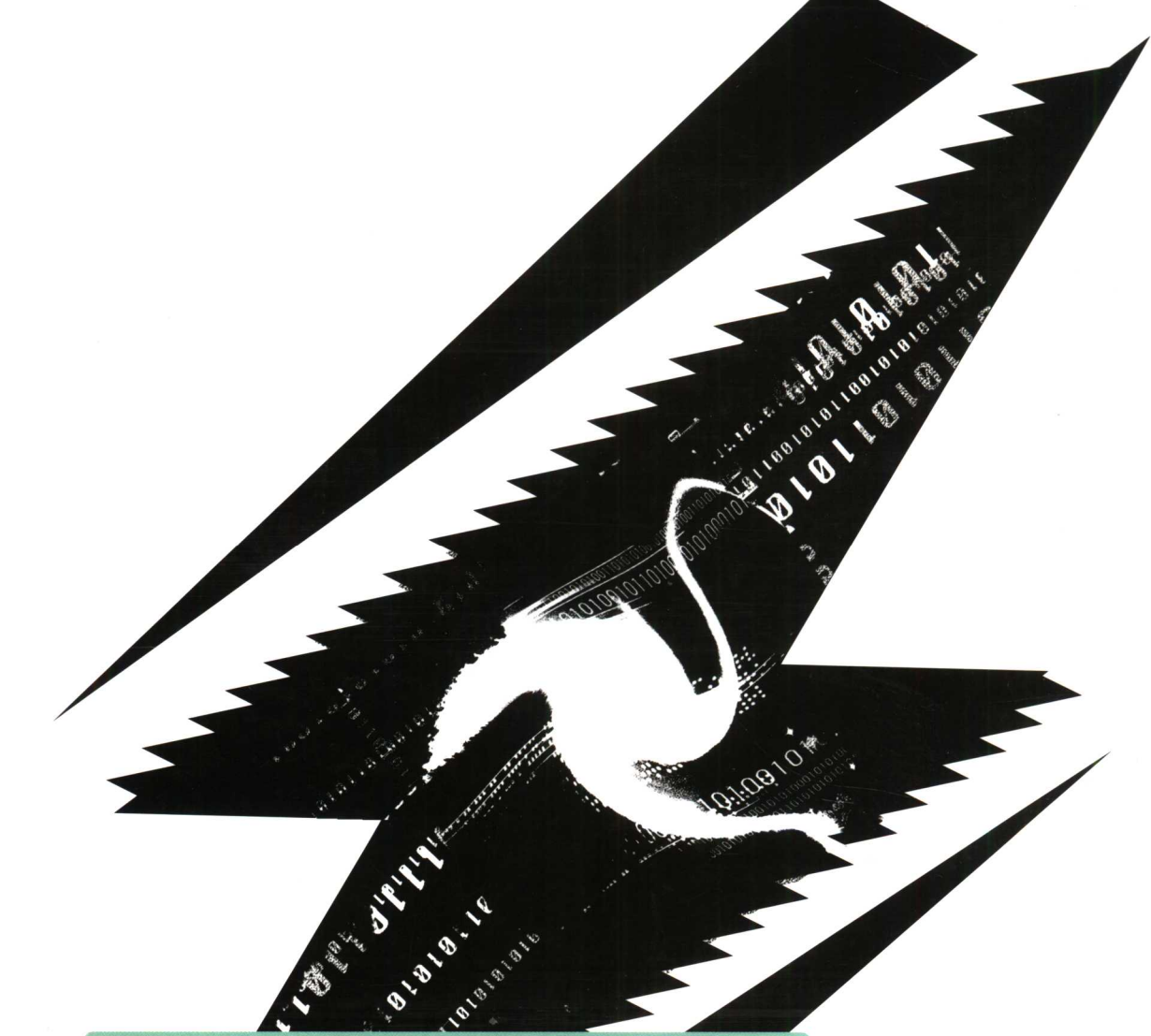




矿山安全技术教育通用教材

机电安全技术

柴常 王存莲 编



化学工业出版社
教材出版中心

矿山安全技术教育通用教材

机电安全技术

柴 常 王存莲 编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

机电安全技术/柴常, 王存莲编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 11

(矿山安全技术教育通用教材)

ISBN 7-5025-7889-7

I. 机… II. ①柴…②王… III. 煤矿-机电设备-安全技术-技术教育-教材 IV. TD608

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 135279 号

矿山安全技术教育通用教材

机电安全技术

柴 常 王存莲 编

责任编辑: 张双进 程树珍

文字编辑: 李玉峰

责任校对: 周梦华

封面设计: 胡艳玮

*

化学工业出版社
教材出版中心

出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 9 字数 167 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7889-7

定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

煤炭生产是我国生产领域中的最重要行业之一，而在世界地下资源日益匮乏的今天，它的重要性变得更加突出。但由于煤矿生产主要是地下作业，煤矿地质条件复杂多变，故经常受到瓦斯、水、火、煤尘、顶板等灾害的威胁，再加上技术装备水平相对落后、职工队伍素质普遍不高、安全管理意识淡薄，导致了煤矿一直是中国工矿企业中事故数和伤亡人数最多的行业，特别是近几年来由于一些煤矿过分追求暴利，无视国家的相关法规，违章作业，管理松懈，重、特大事故频频发生，使安全生产形势更加严峻。因此，为了贯彻落实《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国煤炭法》及《煤矿安全规程》等法律法规中有关安全生产教育和培训的规定，贯彻国家煤矿安全监察局加强和规范安全生产培训工作的要求，提高煤矿职工整体安全技术素质和防灾抗灾能力，编写了这套全国煤矿安全技术教育系列教材。

本书内容分三部分。

第一部分为基础知识部分，介绍煤矿用电和常用机电设备的一般知识，包括矿井供电系统和安全用电；矿用电气设备和电缆；矿井提升设备；矿井运输设备和主要通风设备；采掘机械设备，共五章。

第二部分为操作技能部分，介绍常用机电设备的使用与维护知识，包括矿井防爆电气设备的使用及维护；矿用电缆的使用与维护；矿井提升、运输与通风设备的使用与维护；采掘机械的使用与维护，共四章。

第三部分为机电事故分析与预防部分，介绍一些典型机电事故案例。

本书由柴常、王存莲编写。在编写过程中本着简洁、实用、可操作的原则，力求具有较强的系统性、科学性和实用性，成为煤矿机电安全教育的理想教材。

由于编者能力有限，时间仓促，书中难免有疏漏之处，恳请有关专家和读者批评指正。

目 录

基础知识部分

第一章 矿井供电系统和安全用电	1
第一节 矿井供电系统	1
第二节 安全用电	12
第三节 井下电网保护	18
第四节 井下电气设备的完好标准及检修质量标准	30
第二章 矿用电气设备和电缆	34
第一节 矿用电气设备	34
第二节 矿用电缆及连接器	38
第三章 矿井提升设备	42
第一节 概述	42
第二节 单绳缠绕式提升机	43
第三节 多绳摩擦式提升机	49
第四章 矿井运输设备和主要通风设备	52
第一节 常见运输设备	52
第二节 主要通风设备	57
第五章 采掘机械设备	60
第一节 采煤机械	60
第二节 液压支架和乳化液泵站	62
第三节 掘进机械	66

操作技能部分

第六章 矿井防爆电气设备的使用及维护	69
第一节 防爆电气设备的通用要求	69
第二节 隔爆型电气设备失爆的原因及预防措施	72
第三节 自动真空开关常见故障及检修	73
第四节 防爆电气设备的检查和维护	79
第七章 矿用电缆的使用与维护	83
第一节 电缆的选用	83

第二节	电缆的敷设	85
第三节	矿用电缆的维护和检修	88
第八章	矿井提升、运输与通风设备的使用与维护	92
第一节	提升设备的使用与维护	92
第二节	运输设备的使用、维护及故障处理	101
第三节	通风机的使用及维护	105
第九章	采掘机械的使用与维护	108
第一节	采煤机械的使用、保养与维护	108
第二节	液压支架的使用及乳化液泵站的安全运行	113
第三节	刮板输送机的安全运行	115
第四节	掘进机械的安全运行	119

机电事故分析与预防部分

第十章	机电事故分析与预防	125
第一节	事故一般分类及预防	125
第二节	典型煤矿机电事故案例	128
参考文献		137

基础知识部分

第一章 矿井供电系统和安全用电

电是煤矿生产的主要动力源，对矿井主要机电设备中断供电，不仅会影响矿井生产，而且会对矿井和正在矿井中工作的人员安全构成严重威胁。

第一节 矿井供电系统

一、矿井供电系统

煤矿用电来自电力系统或矿区发电厂，输出电压一般在 110kV，送到矿山变电所的电压是 35kV。为保证矿山供电的可靠性，矿山地面变电所应有两个独立的电源。距供电电源较近时，用平行双回路方式供电；距供电电源较远时，一般由电源送一回路，另外在相邻矿区地面变电所之间设一回路联络线，形成环形供电，保证每个矿山地面变电所有两个独立电源。

井下供电系统一般由井下电缆、中央变电所、分区变电所、采区变电所、防爆移动变电所、采区配电点以及用于相互供配电用的各类电缆等组成。煤矿井上、井下系统如图 1-1 所示。

井下用电由矿区地面变电所用两条高压电缆，把 6kV 的高压电经井筒送到井下中央变电所，然后再分配给各高压用户。为保证供电可靠性，地面变电所和井下中央变电所采用分段母线。

井下中央变电所主结线采用分段母线，保证供电不间断，如将主水泵的供电分别接在两段母线上，井下车场低压用电由设在中央变电所的降压变压器供电。另外，用高压电缆将 6kV 高压电能送至采区变电所（或移动变电所），经降压后向采区低压设备供电。

目前，我国井下采煤工作面供电方式主要有：干线式、辐射式、混合式、移动变电所四种。井下各配电电压和各种电气设备的额定电压等级如下：

高压不应超过 10000V；

低压不应超过 1140V；

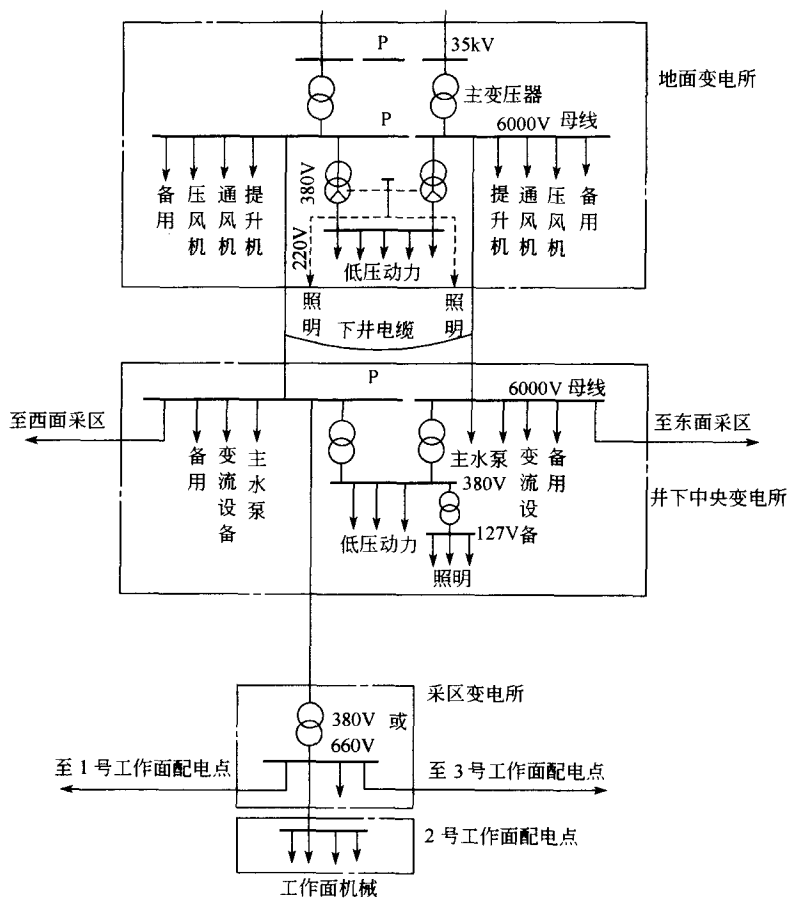


图 1-1 煤矿供电系统

照明、手持式电气设备的额定电压和电话、信号装置的额定供电电压，都不应超过 127V；

远距离控制线路的额定电压不应超过 36V。

井下低压网络的标准电压等级及其相应的平均电压为：

标准电压/V	127	380	660	1140	3300	6000
平均电压/V	133	400	690	1200	3460	6300

计算短路电流时，应按平均电压计算。

1. 矿井供电的一般规定

① 矿井应有两回路电源。在正常情况下应在运行状态下互为备用，以减少线路损失。当任一回路电源发生故障时，不影响矿井供电。由于电源系统或断电保护等原因不能长期并联运行时，必须采用带电热备用方式。

② 地面供电线路发生任何故障, 至少应有一路电源不中断供电, 即两路电源和线路不得同时受到损害, 并且任一回路都能担负矿井全部负荷。

③ 采用一个回路运行时, 另一回路应带电热备用, 保证已运行回路停车时, 能迅速查明停电原因并进行必要的倒闸操作。

④ 在发生任何故障时, 应由值班人员进行必要的操作, 迅速恢复一个电源供电, 并能担负矿井的全部负荷。

⑤ 矿井地面变电所的电能应分别来自电力网中的两个区域变电所和发电厂。

⑥ 年产 60000t 以下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。

⑦ 矿井的两回路电源线路上, 不得分接其他负荷。但经有关部门批准后, 其中一个回路可不受分接负荷的限制。

⑧ 矿井电源线路上严禁装有负荷定量器。

⑨ 小型矿井采用 10kV 以下电压作为矿井架空电源进线时, 两回路电源线路不得共杆架设。

⑩ 矿井多回路 (多于 2 路) 电源供电, 部分线路可共杆架设, 同时遵守下列规定:

a. 线路不得通过塌陷区;

b. 共杆架设部分, 在任一回路正常运行情况下, 另一回路必须具有正常维护和检修的条件;

c. 共杆架设的线路发生故障停止供电时, 其他电源线路仍能担负矿井的全部负荷。

⑪ 井下各水平中央变 (配) 电所、主排水泵房和下山开采的采区排水泵房的供电线路, 不得少于两回路。当任一回路停止供电时, 其余回路应能承担全部负荷的供电。主要通风机、提升人员的立井绞车、抽放瓦斯泵房等主要设备机房, 应各有两回路直接由变 (配) 电所馈出的供电线路, 在受条件限制时, 其中的一回路可引自上述同种设备机房的配电装置, 即绞车与绞车、瓦斯泵与瓦斯泵可互引一回路作为备用。上述供电线路应来自各自的变压器和母线段, 线路上不应分接任何负荷。上述设备的控制回路和辅助设备, 必须有与主要设备同等可靠的备用电源。

⑫ 井下各级配电电压和各种电气设备的额定电压等级应符合下列要求:

a. 高压不应超过 10000V;

b. 低压不应超过 1140V;

c. 照明、手持式电气设备的额定电压和电话、信号装置的额定供电电压都不应超过 127V;

d. 远距离控制线路的额定电压不应超过 36V。采区机械设备的额定供电电

压超过 3300V 时, 必须制定专门的安全措施。

⑬ 井下低压配电系统同时存在两种或两种以上电压时, 低压电气设备(电动机、变压器、馈电开关、启动器、检漏继电器等)上, 应明显地标出其电压额定值。

⑭ 每一矿井必须备有地面、井下配电系统图, 井下电气设备布置示意图和电力、电话、信号、电机车等线路平面敷设示意图, 并随着情况变化定期填绘。图中应注明:

- a. 电动机、变压器、配电设备、信号装置、通信装置等装设地点;
- b. 每一设备的型号、容量、电压、电流种类及其他技术性能;
- c. 馈电线的短路、过负荷保护的整定值、熔断器熔体的额定电流值以及被保护干线和支线最远点两相短路的电流值;
- d. 线路电缆的用途、型号、电压、截面和长度;
- e. 保护接地装置的地点;
- f. 风流方向。

⑮ 电气设备不应超过额定值运行。井下防爆电气设备变更额定值使用和进行技术改造时, 必须经国家授权的矿用产品质量监督检验部门检验合格后, 方可投入运行。

⑯ 直接向井下供电的高压馈电线上, 严禁装设自动重合闸。手动合闸时, 必须事先同井下联系。在井下低压馈电线路路上装有可靠的漏电、短路检测闭锁装置时, 可采用瞬间 1 次自动复电系统。如果在局部通风机线路上发生故障而停机时, 首先必须排除故障, 但严禁在停风区内或瓦斯超限的巷道中处理故障, 然后按照规程的有关规定执行。

⑰ 为了防止地面雷电波及井下引起瓦斯、煤尘以及火灾等灾害, 必须遵守下列规定:

- a. 经由地面架空线路引入井下的供电线路(包括电机车架线), 必须在入井处装设避雷装置;
- b. 由地面直接入井的轨道, 露天架空引入(出)的管路, 都必须在井口附近将金属体进行不少于两处的良好的集中接地;
- c. 通信线路必须在入井处装设熔断器和避雷装置。

⑱ 煤电钻必须设有检漏、漏电闭锁、短路、过负荷、断相、远距离启动和停止煤电钻的综合保护装置。煤电钻综合保护装置在每班使用前必须进行 1 次跳闸试验。

⑲ 严禁井下配电变压器中性点直接接地。严禁由地面中性点直接接地的变压器或发电机向井下供电。

⑳ 一切容易碰到的、裸露的电气设备及其带动的机器外露的转动和传动部分(靠背轮、链轮、胶带和齿轮等), 都必须加装护罩或遮栏, 防止碰触危险。

2. 井下配电变压器运行方式

井下配电变压器采用中性点直接接地的危害主要有两方面：一是人体触电时大大增加了人体的触电电流；二是单相接地时形成了单相短路。因此，中性点直接接地对人身安全和矿井安全都极为不利。如图 1-2 所示，当人体触及一相带电体时，跨接于人体的是相电压，通过人体的触电电流按欧姆定律计算，当电源电压为 380V 时为 220mA，660V 时为 380mA（由于井下潮湿，人身电阻定为 1000Ω ）。此时的电流路径为：电源 U 相→人身→大地→接地体→电源中性点。研究资料表明，当人体通过 5mA 电流时，就有触电感觉；通过 30mA 电流时，就有危险；通过 50mA 时可以致死；通过 100mA 时绝对致死。中性点直接接地时，通过人体的触电电流达 380mA，极其危险。设计漏电保护时，假定人身电阻为 1000Ω ，通过人体的触电电流不超过 30mA 为安全电流。

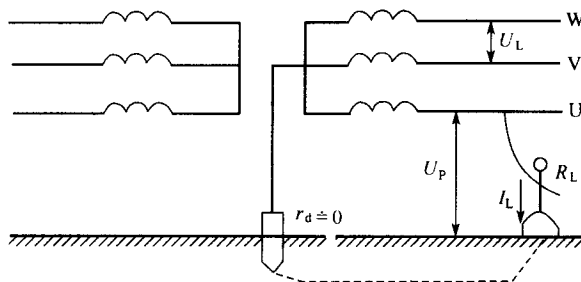


图 1-2 变压器中性点直接接地，人触及一相带电导体时的情况

单相接地线路如图 1-3 所示，此时电流路径为：电源 U 相→大地→接地体→电源中性点。显而易见，这时电流没有经过阻抗而直接流回到了电源，形成了单相短路。

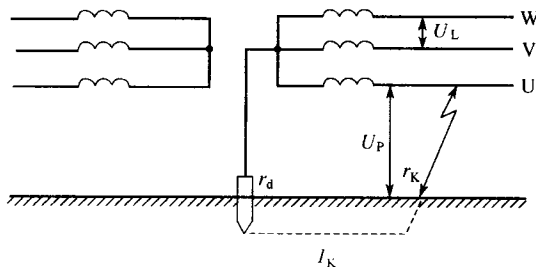


图 1-3 变压器中性点直接接地，单相线路接地时的情况

当单相短路电流很大时，在接地点将产生很大的电弧，有可能引起瓦斯和煤尘爆炸以及电雷管提前引爆。

因此，《煤矿安全规程》规定：严禁井下配电变压器中性点直接接地。严禁

由地面中性点直接接地的变压器或发电机直接向井下供电。

中性点不直接接地供电系统如图 1-4 所示, r_U 、 r_V 、 r_W 分别是电缆三相芯线的绝缘电阻, C_U 、 C_V 、 C_W 分别为三相芯线的对地电容。假如忽略电缆的对地电容, 则人身的触电电流通过路径为: 电源 U 相→人身→大地→V 相、W 相绝缘→V 相、W 相芯线→电源中性点。

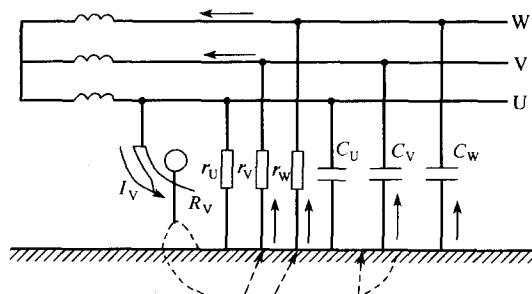


图 1-4 变压器中性点不接地, 人触及一相带电导体时的情况

设电网每相绝缘电阻在 380V 时为 $90\text{k}\Omega$, 660V 时为 $35\text{k}\Omega$ [实际上常为兆 (百万) 欧级], 而人身电阻仍为 1000Ω , 通过计算, 其触电电流分别为 7mA 和 30mA。由此可知, 在中性点不直接接地时, 通过人体的电流是安全的。

由于分布电容不应忽略, 目前采用在漏电继电器中加零序电抗线圈来补偿对地电容电流。

3. 电源进出线输、配电原则

① 对双回路供电的进线, 必须经两台专用高压开关后, 才能与高压母线连接, 且必须分别接在两段母线上。如果高压开关为断路器或高压配电箱, 应采用断路器两侧设有隔离开关的形式, 从而保证至少有一回路能对负荷正常供电。

② 对第一类负荷的两路电源配出线, 必须分别接在两段高压母线上。当第一类负荷设有备用设备时, 如井下主排水泵等, 必须按台数尽可能均匀地分布在两段母线上, 并由各自的高压配电箱进行控制。

③ 对井底车场低压负荷供电的降压变压器, 必须分别接在两段母线上。如果降压变压器的台数为 3 台以上, 应按负荷大小尽可能均匀地分布在两段母线上。

4. 井下中央变电所高、低压供电系统

井下中央变电所是井下供电的枢纽。根据开采方法, 一般来说, 井底车场是全井的负荷中心。因此, 中央变电所设在井底车场附近与水泵房相连。

如图 1-1 所示为井下中央变电所高、低压供电系统图, 其上半部分为高压电源部分, 下半部分为井底车场的低压供电系统。

由于井下中央变电所的高压负荷大部分为第一类负荷和比较重要的第二类负荷, 因此其接线方式必须遵守下列几个原则。

① 自地面变电所来的两路入井高压电源, 应分别经过高压配电箱后, 才能接到高压母线上。

② 采用分段单母线系统, 由一台高压配电箱作为分段母线的联络开关。

③ 对井底车场低压负荷供电的两台降压变压器, 必须分别接在两段不同的母线上, 并由各自的高压配电箱进行控制。

④ 如果主排水泵采用高压 (6kV) 电源供电时, 所有水泵必须按台数尽可能均匀地分布在两条母线上, 并分别设置高压配电箱进行控制。

⑤ 其他所有第一类负荷和采用双回路供电的第二类负荷的两路电源, 都必须分别接在不同的母线上, 并设置专用的高压配电箱进行控制。

⑥ 其他高压负荷也尽可能地均匀分布在两段母线上。

从上述接线方式得知, 这种接线方法对保证煤矿井下供电的安全性、可靠性、灵活性和操作方便等都是比较好的。

二、采区供电系统

采区变电所是采区用电的中心。它的电源由中央变电所提供, 其主要任务是将高电压变为低电压, 并将此电压分配到本采区所有采掘工作面及其他用电设备。采区变电所的位置取决于低压供电电压、供电距离、采煤方法及其巷道布置方式、煤岩地质条件和机械化程度等因素。因此, 一般情况下采区变电所设在采区用电负荷的中心, 以保证采区所有用电设备 (特别是大容量设备如大功率采煤机等) 的端电压不低于设备额定电压的 95%。对于较大的采区, 考虑到供电电缆上的电压损失可能超过允许值, 而影响供电质量, 可在该采区设置两个以上的变电所。

采区变电所高压侧接线方式: 对于单电源进线如果没有高压出线并且只有两台变压器, 可以不设电源进线开关, 如果有高压出线则要设进出线开关, 对于双回路电源如果一回路供电、一回路备用的接线方式要设进出线开关, 两回路同时供电时, 两回路均设进线开关, 且母线分段, 设分段开关, 正常情况下分段开关断开, 以保持电源的分列运行状态。

采区变电所内要求通风良好, 硐室围岩坚固, 无淋水, 易维修。硐室的其他安全措施基本与中央变电所相同。

(一) 综采工作面供电系统

综采工作面的供电系统如图 1-5 所示。

1. 综采工作面供电系统的一般原则

70mm²。橡套电缆长度按敷设路径长度乘以 1.1, 铠装电缆长度按敷设路径长度乘以 1.05。

2. 综采工作面供电系统的特点与组成

(1) 综采工作面供电系统的特点

提高供电电压可以减小电动机的工作电流, 从而减少电缆上的压降, 保护电气设备能够正常运行, 但须提高电缆、电动机、控制开关等设备的各部分绝缘。综采工作面供电电压提高到 1140V, 电压升高后, 供电距离增大, 而且电动机的转矩损失大大减小。

采用移动变电站, 可以缩短变电站和机采工作面动力设备的距离, 减少压降, 能适当加长工作面的走向长度, 提高了采区供电的质量。移动变电站与工作面距离一般大于 100m, 小于 300m, 对供电距离最远的电动机, 最大的采煤机的距离一般不大于 500m。

由于采用了移动变电站, 高压进入工作面顺槽, 高压线路较长, 所以要求高压开关内设置的保护系统, 在高压电缆出现故障时, 能很快切断高压电源。

提高和改善电气设备及供电系统的电气保护性能。在电缆方面, 除加强橡套的强度外, 还必须要有屏蔽层。在电气方面, 要求具有良好的防爆性能, 电气绝缘具有防潮性能, 大修周期和工作寿命长, 便于安装运输等。在供电系统保护装置方面, 过载、短路、漏电等保护装置应广泛采用性能良好的电子插件。

(2) 综采工作面供电系统的组成

6kV 高压系统的组成: 由高压防爆配电箱、高压双屏蔽软电缆 (613 型电缆)、高压电缆连接器和移动变电站等组成。

低压 1140V 系统的组成: 移动变电站将 6kV 降为 1140V, 由低压馈电开关 (设有漏电、过流、短路保护装置) 经由屏蔽电缆接至真空磁力启动器, 通过屏蔽电缆馈电给各用电设备。

3. 对综采工作面供电系统的要求

① 综采工作面设备多, 用电容量大, 采区范围广, 回采速度快, 使用固定变电所已不能满足要求, 为此, 普遍采用移动变电站的供电方式, 以缩短低压 1140V 供电电缆的长度, 减少压降, 提高供电质量。

② 为了保证大容量 (如采煤机组) 电动机启动和正常工作, 要求提高采区的供电电压。

③ 电气设备应有良好的保护装置与指标装置 (如设置过负荷、短路、欠电压、漏电闭锁、漏电保护等, 与电流、电压、故障等有关的指示装置), 一旦发生电气事故, 能立即切断电源。

④ 采用安全性较高的屏蔽电缆和双屏蔽电缆。

⑤ 配电点应设有一定数量的备用启动器与开关, 以便开关损坏后随时更换。

- ⑥ 真空磁力启动器的控制回路采用安全火花电路。
- ⑦ 电气设备的安装、移动和拆卸应迅速方便。

(二) 局部通风机供电系统

为保证高瓦斯矿井掘进工作面的局部通风机可靠运转，局部通风机都实行“三专”（专用变压器、专用开关、专用线路）供电。“三专”供电可用以下两种供电方式实现。

① 采区变电所内，设立专供局部通风机使用的高压防爆开关、变压器、低压馈电开关、漏电继电器和供电电缆，如图 1-6 (a) 所示。

② 同一采区内相邻的两个掘进巷道内的局部通风机，可用 1 条电缆从采区变电所为其供电，也可分开供电，供电系统图如图 1-6 (b) 所示。

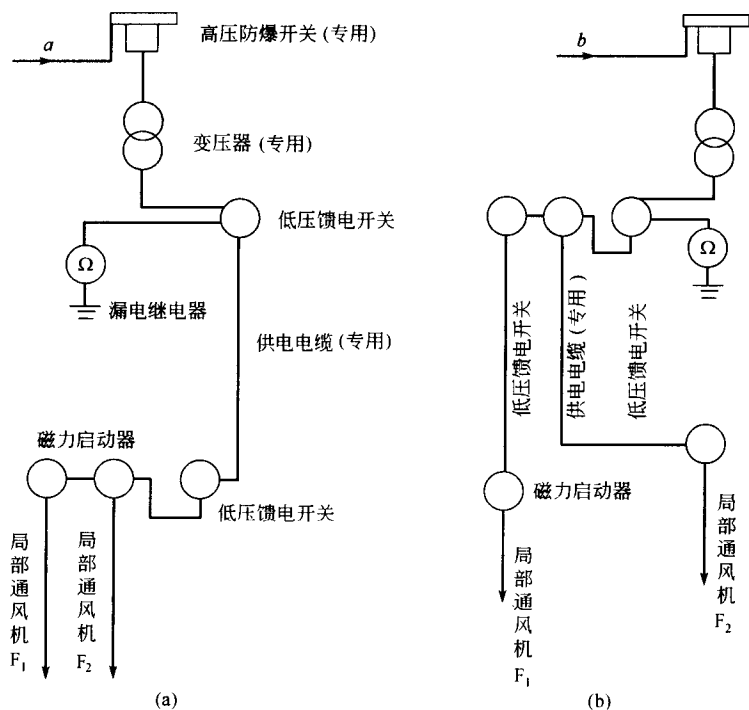


图 1-6 “三专”简单供电系统图

(三) 工作面配电点

工作面配电点是将采区变电所送来的低压电能再分配给采掘工作面的用电设备。主要起配电作用，其次是用于干式变压器将电压降为 127V，供煤电钻和照

明使用。

工作面配电点设在低压开关集中的地方, 因为经常随工作面移动。所以一般不需要开设专门的硐室, 大都直接设在工作面附近的运输平巷或回风巷的一侧, 位置距工作面 70~100m 处。

对于掘进工作面的配电点, 大都设在掘进巷的一侧或掘进巷道的联络巷内, 距工作面 80~100m 处。

对于使用采煤机的工作面, 配电点大都设在回风巷。这是因为当采煤机割完煤后, 停放在回风巷附近, 工作面内无电缆。当采煤机出现故障时, 也可利用回柱绞车较方便地将采煤机运出工作面。另外, 在输电方面可与回柱绞车及回风巷其他设备共用一路电缆。典型的采煤工作面配电点, 如图 1-7 所示。

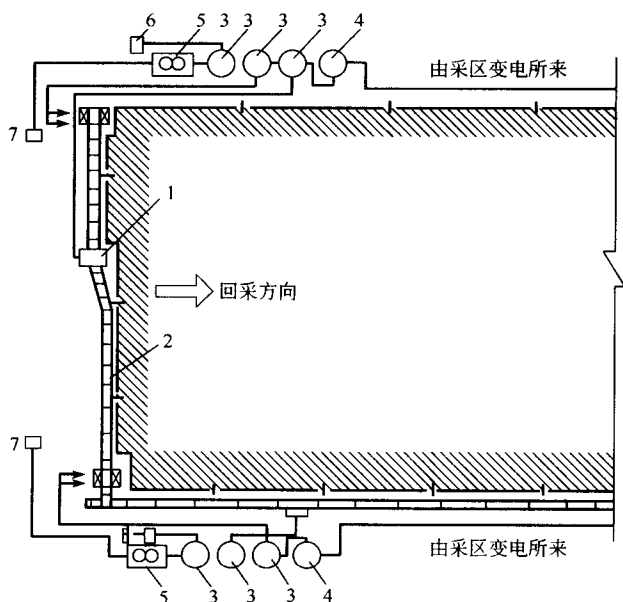


图 1-7 采煤工作面配电点布置及配电示意图

- 1—采煤机; 2—运输机; 3—磁力启动器; 4—自动馈电开关;
5—电钻综合启动器; 6—回柱绞车; 7—煤电钻

采掘工作面的电气设备随工作面的推进需经常移动, 且它们的负荷大、启动频繁, 加之工作的自然环境较差, 为了保证其安全运行及日常维修, 一般每个配电点都设置一台电源进线总开关。与其他开关放置在一起, 以利于停、送电操作。当其他开关出现因触点粘连机构失灵等故障时, 就能立即通过总开关迅速断开故障电源, 避免发生事故。