



全国中等职业技术学校
煤矿技术专业教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUOXIAO
MEIKUANG JISHU ZHUANYE JIAOCAI



煤矿电气设备维修技能训练

全国中等职业技术学校煤矿技术专业教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO MEIKUANG JISHU ZHUANYE JIAOCAI

煤矿技术专业教学计划与教学大纲（2008）

采煤概论

矿井通风与安全

液压支架与泵站

煤矿电工学

综合机械化采煤工艺

采煤机

综采运输机械

掘进与支护

综合机械化掘进机械

综合机械化掘进工艺

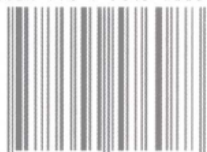
煤矿供电

煤矿电气设备维修技能训练

煤矿机械

煤矿固定设备维修技能训练

ISBN 978-7-5045-7608-8



9 787504 576088 >

定价：29.00元

全国中等职业技术学校煤矿技术专业教材

煤矿电气设备维修 技能训练

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

煤矿电气设备维修技能训练/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校煤矿技术专业教材

ISBN 978-7-5045-7608-8

I. 煤… II. 人… III. 煤矿-矿用电气设备-维修-专业学校-教材 IV. TD607

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 090261 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 1 插页 362 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定价: 26.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前 言

随着我国煤炭工业的迅速发展，煤矿企业对技术工人的知识和技能水平以及相关的职业教育和职业培训提出了更高、更新的要求。为了适应行业发展的需要，更好地满足全国中等职业技术学校煤矿技术专业的教学要求，我们根据原劳动和社会保障部培训就业司颁发的《煤矿技术专业教学计划与教学大纲（2008）》，组织全国有关学校的一线教师和行业专家开发了这套煤矿技术专业教材。

根据教学计划，本套教材按“综合机械化采煤”“综合机械化掘进”“煤矿电气设备维修”和“煤矿机械设备维修”四个专业方向设计，包括《采煤概论》《矿井通风与安全》《液压支架与泵站》《煤矿电工学》《综合机械化采煤工艺》《采煤机》《综采运输机械》《掘进与支护》《综合机械化掘进机械》《综合机械化掘进工艺》《煤矿供电》《煤矿电气设备维修技能训练》《煤矿机械》《煤矿固定设备维修技能训练》等教材。

这次教材开发工作的重点有以下几个方面：

第一，突出职业教育特色，重视实践能力的培养。根据煤矿技术专业毕业生所从事职业的实际需要，适当调整专业知识的深度和难度，合理确定学生应具备的知识结构和能力结构，同时，进一步加强实践性教学的内容，以满足企业对技能型人才的要求。

第二，体现行业发展现状和趋势，彰显时代特色。在教材中较多地介绍煤炭行业的新知识、新技术、新工艺和新设备，突出教材的先进性，同时，在教材编写过程中，严格执行国家有关技术标准。

第三，创新教材编写模式，激发学生学习兴趣。按照教学规律和学生的认知规律，合理安排教材内容，并注重利用图表、实物照片及案例辅助讲解知识点和技能点，为学生营造生动、直观的学习环境。

本套教材可供全国中等职业技术学校煤矿技术专业使用，也可作为职业培训教材。教材的编写工作得到了山东、江苏、河南、河北、山西等省人力资源社会保障（劳动保障）厅及有关学校的大力支持，在此，我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年5月

简介

本教材是煤矿电气设备运行、维护、管理与故障检修知识及相关能力训练的一体化教材。教材的结构层次合理，内容详细，简单易懂。主要内容包括煤矿供电系统及供电安全技术、启动控制电器、高低压配电设备、综合保护装置等部分。各部分教学内容参考学时见下表。

本教材由胡宗福主编，黄翠柏、高晓东、高绍武、李丰艺参加编写；李喜林审稿。

《煤矿电气设备维修技能训练》参考学时

| 教学内容 | 总学时 | 讲授学时 | 训练学时 |
|-----------------|-----|------|------|
| 一 煤矿供电系统及供电安全技术 | 98 | 28 | 70 |
| 二 启动控制电器 | 110 | 30 | 80 |
| 三 高低压配电设备 | 106 | 26 | 80 |
| 四 综合保护装置 | 56 | 16 | 40 |
| 总计 | 370 | 100 | 270 |

目 录

| | |
|-----------------------------------------------------------------|---------|
| 模块一 煤矿供电系统及供电安全技术 | (1) |
| 课题一 煤矿供电系统 | (1) |
| 课题二 矿用电缆运行维护与故障判断 | (16) |
| 课题三 井下供电安全技术 | (35) |
| 模块二 启动控制电器 | (53) |
| 课题一 CJZ - 300/1140A 型交流真空接触器的拆装与调整 | (53) |
| 课题二 QBZ - 120ND 型矿用隔爆可逆真空电磁启动器的维修 | (62) |
| 课题三 QJZ - 300/1140 型矿用隔爆兼本质安全真空电磁启动器的维修 | (80) |
| 课题四 QJZ - 400 (315) /1140 型矿用隔爆兼本质安全智能真空电磁启动器 的运行与维修 | (96) |
| 课题五 QJR3 - 315/1140 型交流软启动器的运行与维修 | (111) |
| 模块三 高低压配电设备 | (123) |
| 课题一 BGP _{9L} - 6AK 型隔爆型高压真空配电装置的安装与调试 | (123) |
| 课题二 PBG - 400/6 型矿用隔爆型高压真空配电装置的维修 | (138) |
| 课题三 KBZ - 630/1140A 型隔爆型真空馈电开关 (智能型) 的维修 | (150) |
| 课题四 BKD20 - 400/1140Z 型隔爆真空馈电开关的维修 | (168) |
| 课题五 KBZ - 400/1140 II 型隔爆真空馈电开关的维修 | (180) |
| 模块四 综合保护装置 | (199) |
| 课题一 电动机综合保护器的使用 | (199) |
| 课题二 照明信号综合保护装置的运行与维护 | (209) |
| 课题三 煤电钻综合保护装置的运行与维护 | (220) |

煤矿供电系统及供电安全技术

煤矿电力是煤矿企业生产的主要动力，它主要来源于供电系统。煤矿供电系统由各种电气设备和配电线路按一定的接线方式组成，其作用是从电力系统取得电能，通过变换、分配、输送等环节将电能安全、可靠地输送到动力设备上，以满足煤矿生产的需要。在煤矿井下，由于环境条件恶劣，工作空间狭窄，为保证供电安全，井下供电线路除架线电机车外，必须使用矿用电缆。另外，在煤矿井下变压器中性点不接地供电系统中，设置过流保护、漏电保护、接地保护等装置也是保证供电安全的可靠措施。

课题一 煤矿供电系统

◎ 学习目标

1. 熟悉煤矿企业常用的电压等级及其应用。
2. 掌握煤矿供电系统组成，能识读矿井供电系统图。
3. 了解井下变电所设备选型与布置情况，能绘制变电所设备布置框图及主接线图。

◎ 相关知识

一、煤矿供电常用电压等级

根据国家标准的规定，考虑煤矿生产条件的特殊性，目前煤矿常用的电压等级及用途见表 1—1。

表 1—1 煤矿常用电压等级及用途

| 电压/kV | | 用 途 |
|-------|-----------|---------------------|
| 种类 | 等级 | |
| 交流电 | 0.036 及以下 | 井下电气设备的控制及局部照明 |
| | 0.127 | 井下照明、手持式电气设备及矿井提升信号 |
| | 0.22 | 矿井地面照明和井下大巷照明 |
| | 0.38、0.66 | 地面及井下低压动力用电压 |

续表

| 电压/kV | | 用途 |
|-------|--------------|----------------------|
| 种类 | 等级 | |
| 交流电 | 1、14、3 | 井下综合机械化采区动力设备用电压 |
| | 3、6、10 | 井上、下大型固定设备及供配电电压 |
| | 35、60 | 一般用于矿区配电或受电电压 |
| | 110、220、330 | 主要为矿区受电电压，大型矿井也作配电电压 |
| 直流电 | 0.0025、0.004 | 酸、碱性矿灯用电压 |
| | 0.11、0.22 | 地面变电所二次回路电压 |
| | 0.25、0.55 | 架线式电机车用电压 |
| | 0.75、1.5 | 露天煤矿工业电机车用电压 |

◎ 提示

《煤矿安全规程》（第 448 条）规定：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：

1. 高压，不超过 10 000 V。
2. 低压，不超过 1 140 V。
3. 照明、信号、电话和手持式电气设备的供电额定电压，不超过 127 V。
4. 远距离控制线路的额定电压，不超过 36 V。
5. 采区电气设备使用 3 300 V 供电时，必须制定专门的安全措施。

二、煤矿供电系统及其类型

1. 煤矿供电系统

煤矿供电系统由各种电气设备和配电线路按一定的接线方式组成，其作用是从电力系统取得电能，通过变换、分配、输送等环节将电能安全、可靠地输送到动力设备上，以满足煤矿生产的需要。如图 1—1 所示为一典型的煤矿供电系统框图，来自区域变电所或发电厂的电能，经矿井地面变电所变压器降压后，分别向矿井地面上的高、低压负荷供电，同时通过下井电缆将 6 kV（或 10 kV）高压电能送至井下中央变电所，供井下高低压动力用电，并向各采区变电所供电或经移动变电站降压后，再将电能输送至各工作面配点。

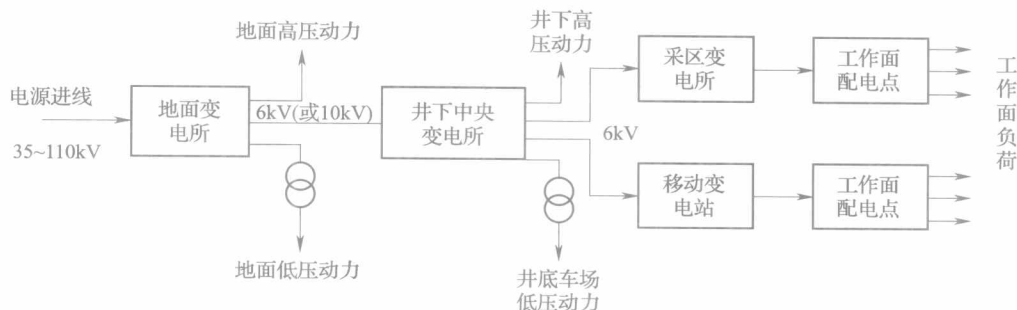


图 1—1 煤矿供电系统框图

2. 矿井供电系统的类型

根据矿井的井田范围、煤层埋藏深度、矿井年产量、开采方式以及开采的机械化和电气化程度等不同,矿井供电系统可分为深井供电系统和浅井供电系统。

(1) 深井供电系统

对于开采煤层较深(150 m 以上)、年产量大的矿井,通常经过井筒将 6 kV (或 10 kV) 高压电能送入井下,一般将这种类型的供电方式称为深井供电,如图 1—2 所示。深井供电系统采用 3 级供电方式,即地面变电所供电、井下中央变电所供电和采区变电所供电。

矿井地面变电所的双回路电源取自 35 ~ 110 kV 电力网,这两条输电线路经两台主变压器降压后分别接在 6 kV (或 10 kV) 母线的两段上。

地面变电所一方面直接经分段母线配出两条电缆线路(一路工作;一路备用),向地面大容量高压用电设备(如主、副井提升机,通风机,空压机等)提供可靠的高压电能;另一方面又经降压变压器,向地面小容量用电设备及照明装置提供 380 V/220 V 低压电能。同时,由地面变电所两段 6 kV (或 10 kV) 母线引出电源,用高压电缆经井筒向井下中央变电所供电。

中央变电所一方面向井底车场附近的主要用电设备(如主排水泵、牵引变流所等)提供高压电能;另一方面通过变压器将 6 kV 电压降为 380 V (或 660 V),供给井底车场附近的低压动力设备(如翻车机、小水泵、照明变压器等)。同时,经高压电缆将 6 kV 电能输送到各采区变电所,采区变电所再将 6 kV 电压降至 1 140 V (或 660 V) 向采掘工作面供电。

(2) 浅井供电系统

浅井供电系统适用于煤层埋藏深度较浅(不超过 150 m),且电力负荷较小的中、小型矿井。如图 1—3 所示为典型的浅井供电系统图。

浅井供电系统的特点是井下不设中央变电所,而是根据负荷的大小,由地面变电所通过井筒或地面钻孔(用钢管加固孔壁)直接向井下高、低压设备或采区工作面供电。根据具体情况,浅井供电系统又可分为两种不同的供电方式:

1) 井下负荷不大时,采用低压向井下供电,如图 1—3 中的井底车场和右侧采区的供电方式。

2) 井下负荷较大时,采用高压向井下供电,如图 1—3 中左侧采区的供电方式。

采用浅井供电,不仅可以节省价格昂贵的高压电缆,减少井下硐室的开拓量,而且井上变电、配电站所用设备不需要采用价格过高的防爆型装置,既提高了矿井供电的安全性,又具有较高的技术经济效益。但是,对于煤层埋藏深或用电负荷大的矿井,则必须考虑采用深井供电方式或采用两者结合的供电方式。

◎ 提示

《煤矿安全规程》(第 441 条)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、提升等设备的要求。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,一回路运行时另一回路必须带电备用,以保证供电的连续性。矿井电源线路上严禁装设负荷定量器。

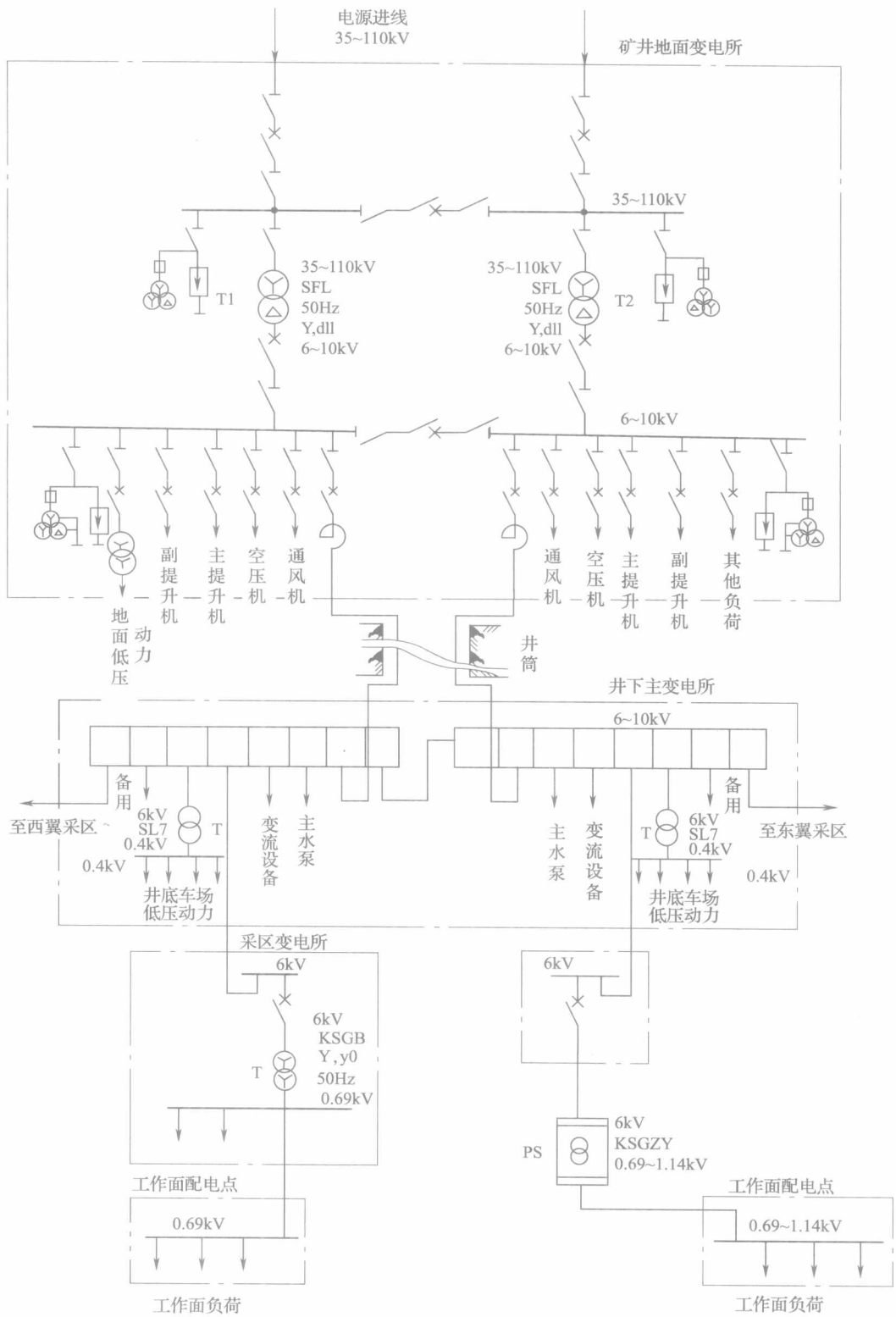


图 1—2 深井供电系统

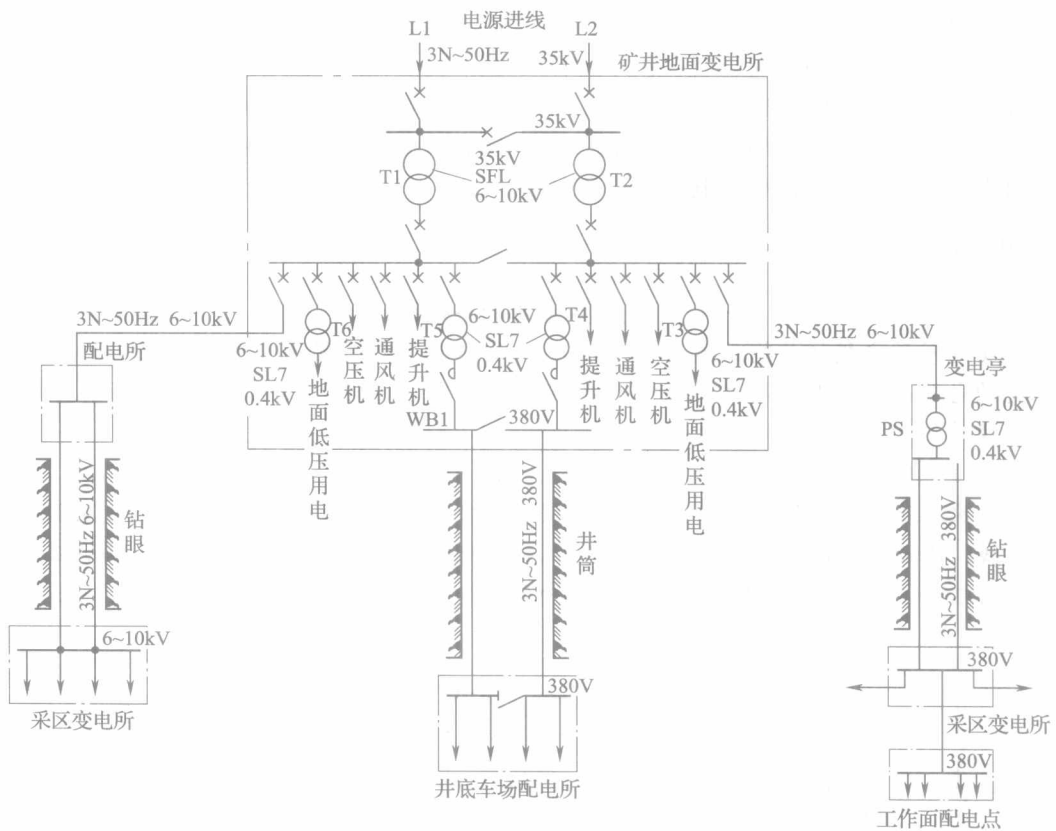


图 1—3 浅井供电系统

◎ 知识拓展

10 kV 电压直接下井供电

随着井下机械化程度的提高，采掘工作面机组容量的加大，6 kV 供电电压已不能满足某些高产高效矿井生产的需要，特别是一些大型甚至特大型的矿井，已开始采用 10 kV 电压直接下井供电。10 kV 电压直接下井供电，可以提高电网输送电能的能力，扩大经济合理供电范围。同时，在输送能量一定的情况下，也减小了输电导线的截面。

然而，井下供电电压越高，电网对地电容电流越大，接地电火花的能量就越大，人身触电伤亡的危险性及瓦斯、煤尘爆炸的可能性也越大。因此，采用 10 kV 电压直接下井供电，必须遵循一系列规定，矿用屏蔽监视型橡套电缆间的相互连接，以及电缆与设备的连接，也必须采用 10 kV 专用的电缆终端。

三、矿井地面变电所

矿井地面变电所是全矿供电的总枢纽，担负着受电、变电、配电和主要电气设备工作状态监视等任务。地面变电所一般设在负荷中心。

矿井企业属于一级用户，为了保证供电的可靠性，矿井地面变电所必须具有两个独立电源供电，如图 1—2、图 1—3 所示。地面变电所一般设有两台主变压器，分别经高压开关与

相应的一次母线段连接，以保证重要用电负荷的双电源供电。主变压器将电压降为 6 kV（或 10 kV）后，经高压开关与变电所相应的二次母线段连接，然后通过各母线段上的高压开关将电能分配到地面各高压用户和井下中央变电所。

此外，在变电所的一次和二次母线上还接有避雷器和电压互感器，它们分别担负着变电所电气设备、配出线路及用电设备的保护、测量和监视等任务。在变电所的二次母线上一般还接有电力电容器，以提高变电所的功率因数。

◎ 知识拓展

地面变电所的主接线

变电所的主接线是指由各种电气设备（变压器、断路器等）组成的受电、变电和配电的电路系统。变电所主接线的形式应满足可靠、简单、安全、运行灵活、经济合理、操作维护方便等基本要求。

1. 一次接线

一次接线是指变电所的受电线路与主变压器之间的接线。一次接线可分为线路变压器组接线、桥式接线和单母线分段式接线等几种。桥式接线运用于双电源受电、两台主变压器的变电所。桥式接线又分为内桥、外桥和全桥三种形式，如图 1—4 所示。

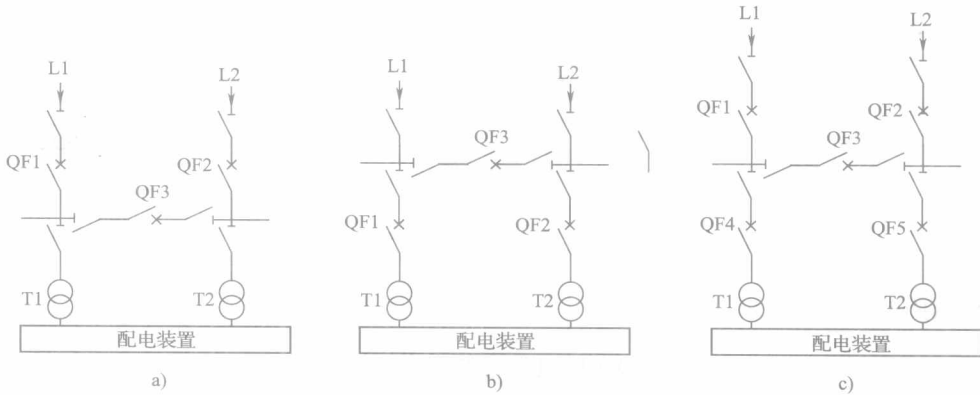


图 1—4 桥式接线

a) 内桥接线 b) 外桥接线 c) 全桥接线

矿井地面变电所多为内桥式接线，如图 1—4a 所示。内桥式接线因一次母线的联络断路器（桥断路器）QF3 位于线路断路器 QF1 和 QF2 内侧而得名。它的优点是：一次侧可设线路保护，倒换线路比较方便，设备投资和占地面积均较少。其缺点有：变压器操作不便，也不利于发展成为全桥和单母线分段接线。内桥接线适用于电源线路较长、需要经常对线路进行检修和切换，而变电所负荷比较稳定、不需要经常改变变压器运行方式的变电所。

2. 二次母线

与主变压器二次侧连接的母线称为二次母线。二次母线的形式有单母线、双母线和单母线分段三种，如图 1—5 所示。

矿井地面变电所通常设有两台主变压器，为了满足重要的矿山高压用户对双电源供电的要求，地面变电所的二次母线大多采用单母线分段式接线，每台变压器各带一段母线，

如图 1—5c 所示。矿井一级负荷和重要的二级负荷，可以从两段母线上分别获得电源以保证供电的可靠性。

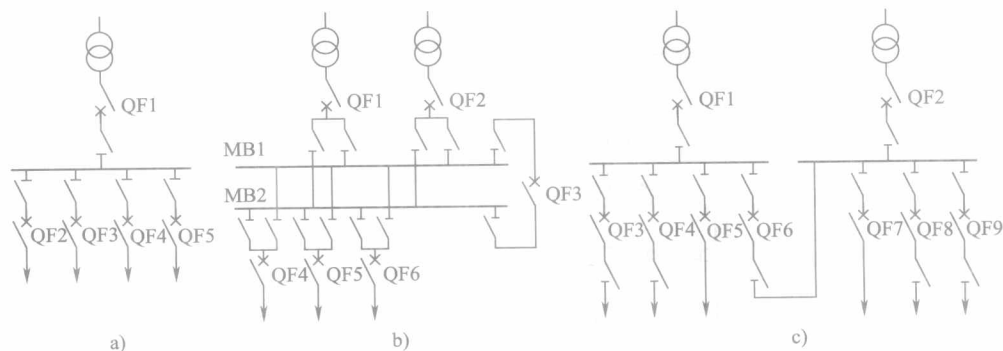


图 1—5 变电所二次母线形式

a) 单母线 b) 双母线 c) 单母线分段

四、井下中央变电所

井下中央变电所是井下供电的枢纽，电能配送的中心，它直接由地面变电所供电。其主要任务是向下列设备及地点配电：

- (1) 各采区变电所。
- (2) 主排水泵的高压电动机。
- (3) 井底车场及附近巷道的低压动力设备和照明装置。
- (4) 井下电机车需要的变流设备。

1. 位置选择

井下中央变电所一般设在井底车场附近、负荷的中心，且与水泵房相连。为设备运输方便，井下中央变电所与井底车场运输巷道开有相通的联巷，如图 1—6 所示。

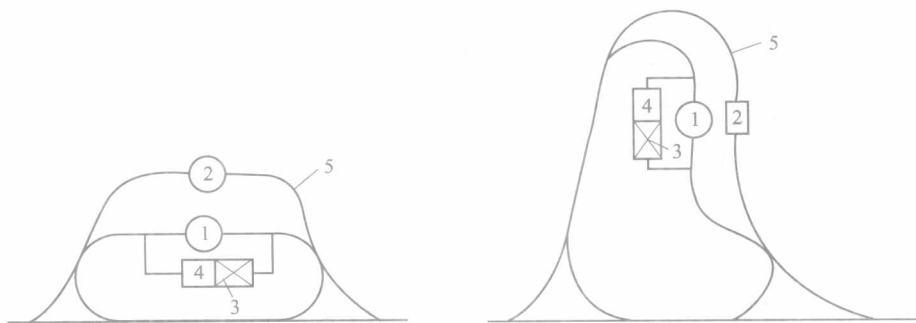


图 1—6 井下中央变电所位置示意图

1—副井井筒 2—主井井筒 3—井下中央变电所 4—主井泵房 5—井底车场运输巷道

2. 设备布置

井下中央变电所主要设备有高压配电装置、动力变压器、低压馈电开关、高压启动柜、变流器柜照明信号综合保护装置及照明灯具等。动力变压器至少有两台，以保证供电的可靠性、安全性。其设备布置如图 1—7 所示。

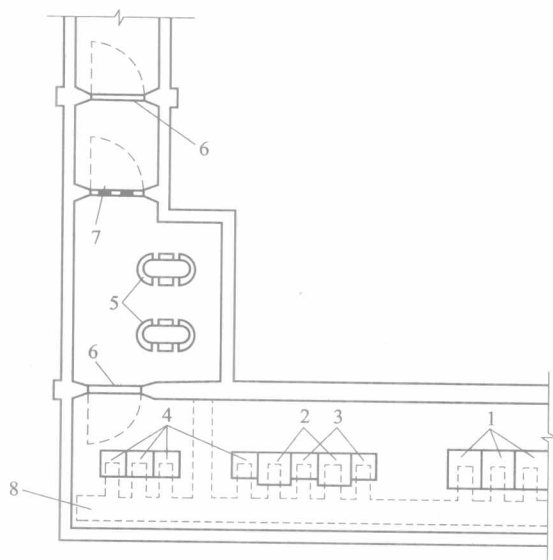


图 1—7 井下中央变电所设备布置图

1—高压配电装置 2—变器柜 3—直流配电箱 4—低压馈电开关 5—动力变压器
6—防火铁门 7—铁栅栏门 8—电缆沟

◎ 提示

《煤矿安全规程》(第 444 条)规定:选用的井下电气设备,必须符合表 1—2 的要求。

普通型携带式电气测量仪表,必须在瓦斯浓度 1.0% 以下的地点使用,并实时监测使用环境的瓦斯浓度。

表 1—2 井下电气设备选用规定

| 使用场所 类别 | 煤(岩)与瓦斯 (二氧化碳)突出 矿井和瓦斯喷出 区域 | 瓦斯矿井 | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| | | 井底车场、总进风巷 和主要进风巷 | | 翻车机 硐室 | 采区 进风巷 | 总回风巷、主要回风 巷、采区回风巷、工作 面和工作面进风巷 |
| | | 低瓦斯矿井 | 高瓦斯矿井 ^① | | | |
| 高低压电机 和电气设备 | 矿用防爆型 ^② (矿用增安型 除外) | 矿用一般型 | 矿用一般型 | 矿用防 爆型 | 矿用防 爆型 | 矿用防爆型(矿用 增安型除外) |
| 照明灯具 | 矿用防爆型 ^③ (矿用增安型 除外) | 矿用一般型 | 矿用防爆型 | 矿用防 爆型 | 矿用防 爆型 | 矿用防爆型(矿用 增安型除外) |
| 通信、自动化 装置和仪表、 仪器 | 矿用防爆型 (矿用增安型 除外) | 矿用一般型 | 矿用防爆型 | 矿用防 爆型 | 矿用防 爆型 | 矿用防爆型(矿用 增安型除外) |

注:①使用架线电机车运输的巷道中及沿该巷道的机电设备硐室内可以采用矿用一般型电气设备(包括照明灯具、通信、自动化装备和仪表、仪器)。

②煤(岩)与瓦斯突出矿井的井底车场的主要泵房内,可使用矿用增安型电动机。

③允许使用经安全检测鉴定,并取得煤矿矿用产品安全标志的矿灯。

3. 接线方式

井下中央变电所担负着向井下供电的重要任务，其主接线如图 1—8 所示。

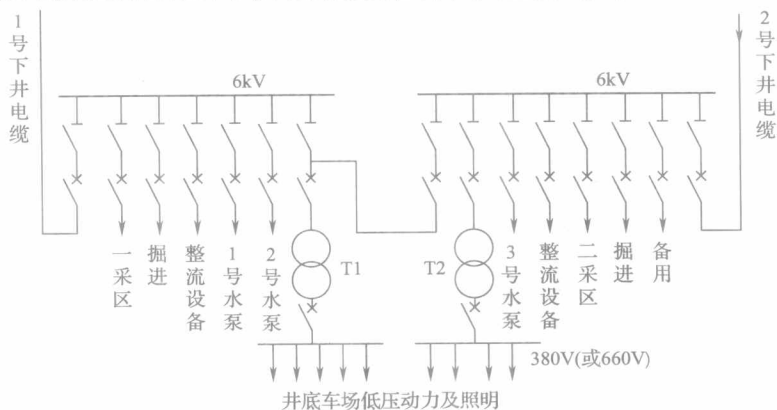


图 1—8 井下中央变电所主接线

为保证井下供电的可靠性，由地面变电所引至井下中央变电所的电缆数至少应有两条，并分别引自地面变电所的两段 6 kV（或 10 kV）母线上。

井下中央变电所的高压母线采用单母线分段接线方式，母线段数与下井电缆数对应，各段母线通过高压开关联络。正常时联络开关断开，母线采用分列运行方式，当某条电缆故障退出运行时，母线联络开关闭合，以保证对负荷的供电。

为了向井底车场及附近巷道的低压动力和照明装置供电，中央变电所内通常还设有两台低压动力变压器。当主排水泵采用低压电动机拖动时，每一台变压器均应满足最大涌水量时的供电要求。

◎ 提示

《煤矿安全规程》（第 442 条）规定：对井下各水平中央变（配）电所、主排水泵房和下山开采的采区排水泵房供电的线路，不得少于两条回路。当任一回路停止供电时，其余回路应能担负全部负荷。

主要通风机、提升人员的立井绞车、抽放瓦斯泵等主要设备房，应各有两回路直接由变（配）电所馈出的供电线路；受条件限制时，其中的一回路可引自上述同种设备房的配电装置。

本条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。本条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。

◎ 知识拓展

井下供电概况

凡是进入矿井井筒（包括平硐、斜井）的供电设备及电缆所组成的供电网路，均属井下供电系统。一般由下井电缆、井下中央变电所、井下各水平的中央变（配）电所、分区变电所（配电点）、采区变电所、防爆移动变电站、采区配电点以及用于供配电的各类电缆等组成，如图 1—9 所示。

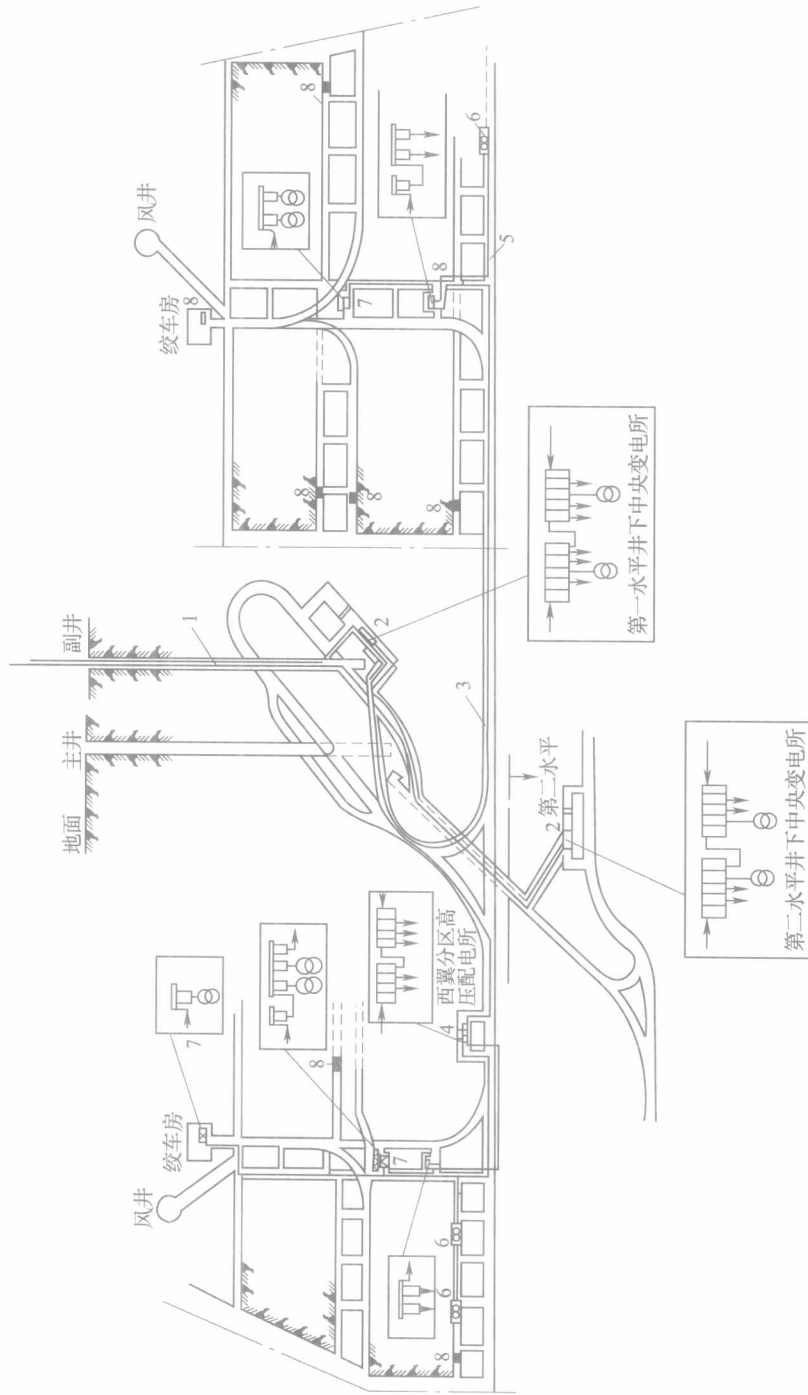


图 1—9 井下供电系统概况图

1—井下高压电缆 2—井下中央变电所 3—采区供电高压电缆 4—分区变(配)电所 5—移动变电站高压电缆
6—防爆移动变电站 7—移动变电站 8—采区配电站