

煤炭职业教育课程改革规划教材

MEITAN ZHIYE JIAOYU KECHENG GAIGE GUIHUA JIAOCAI

# 煤矿电工学

MEIKUANG DIANGONGXUE

● 主 编 沈占彬 张会娜

煤炭工业出版社

煤炭职业教育课程改革规划教材

# 煤矿电工学

主编 沈占彬 张会娜

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

### 图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿电工学/沈占彬, 张会娜主编. --北京: 煤炭工业出版社, 2010

煤炭职业教育课程改革规划教材

ISBN 978-7-5020-3746-8

I. ①煤… II. ①沈…②张… III. ①煤矿-矿山电工-职业教育-教材 IV. ①TD6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 201532 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](http://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<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub>

字数 242 千字 印数 1—3 000

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

社内编号 6556 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

# 前 言

为满足煤炭工业新形势对煤炭职业教育发展的需要，加快煤炭职业教育教材建设步伐，依据培养技术应用型专门人才的要求和煤炭行业的自身特点，我们组织有关教师编写了本教材。本教材在编写过程中注重职业教育的特点，简化了理论体系，以实用、必需、够用为原则，力求使所讲内容尽可能与现场实际相结合。

本书由平顶山工业职业技术学院组织编写，由沈占彬、张会娜任主编。具体编写分工如下：沈占彬编写第一章和第五章，张会娜编写第二章第二节至第六节，梁晓红编写第三章和附录，任伟编写第三章第一节和第四章。全书由沈占彬负责统稿工作。

在本书的编写过程中，吸收和借鉴了同类教材和书籍的精华，在此谨对各位原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中可能存在错误和不妥之处，恳请有关专家和广大读者提出宝贵意见，以便再版时修改。

编 者

2010年9月

# 目 次

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 矿山供电系统.....          | 1   |
| 第一节 概述.....              | 1   |
| 第二节 矿井供电系统.....          | 6   |
| 第三节 井下变电所 .....          | 15  |
| 第二章 矿山供电设备 .....         | 22  |
| 第一节 电气设备防爆原理 .....       | 22  |
| 第二节 高压开关电器 .....         | 26  |
| 第三节 低压配电开关 .....         | 31  |
| 第四节 电力变压器和移动变电站 .....    | 37  |
| 第五节 矿用电缆 .....           | 47  |
| 第六节 矿用隔爆电气设备的维护与检查 ..... | 57  |
| 第三章 井下安全用电技术 .....       | 61  |
| 第一节 矿井安全用电常识 .....       | 61  |
| 第二节 触电及其预防 .....         | 65  |
| 第三节 井下电气设备的保护接地 .....    | 69  |
| 第四节 井下低压电网的漏电保护 .....    | 73  |
| 第五节 井下电网过流保护 .....       | 78  |
| 第六节 煤电钻和照明综合保护装置 .....   | 85  |
| 第四章 采掘机械设备的电气控制 .....    | 90  |
| 第一节 控制电器 .....           | 90  |
| 第二节 控制系统线路图的绘制与阅读 .....  | 94  |
| 第三节 矿用隔爆型电磁起动器 .....     | 99  |
| 第四节 采煤机组的电气控制.....       | 103 |
| 第五节 掘进机械的电气控制.....       | 108 |
| 第六节 重型输送机的电气控制.....      | 113 |
| 第七节 高产高效工作面的电气控制.....    | 118 |
| 第五章 采区供电设备选择及其计算.....    | 122 |
| 第一节 概述.....              | 122 |

|      |                  |     |
|------|------------------|-----|
| 第二节  | 采区变压器的选择         | 123 |
| 第三节  | 采区供电系统的拟定        | 126 |
| 第四节  | 低压电缆的选择          | 127 |
| 第五节  | 井下低压电网短路电流的计算    | 135 |
| 第六节  | 采区低压电器设备的选择      | 137 |
| 第七节  | 采区低压保护装置的整定计算    | 140 |
| 附录   |                  | 145 |
| 附录一  | 矿用高低压配电开关的认识与操作  | 145 |
| 附录二  | 矿用隔爆型磁力起动器的认识与操作 | 148 |
| 附录三  | 检漏继电器的性能测试       | 153 |
| 附录四  | 煤电钻变压器综合装置的性能试验  | 156 |
| 参考文献 |                  | 159 |

# 第一章 矿山供电系统

## 第一节 概 述

### 一、电力系统

电能以功率形式表达时，俗称电力。电力由各种形式的发电厂产生，经过输送、变换和分配，到达分散的电能用户，这些生产、传输、分配、消费的环节，组成了一个有机的整体，叫做电力系统。典型的电力系统如图 1-1 所示，图中各电气设备的图形符号及含义见表 1-1。

下面扼要介绍电力系统的各主要环节。

#### 1. 发电厂

发电厂是把其他形式的能量（指燃料的热能、水流的位能或动能、核燃料的核能等）转换成电能的场所。

通常根据所用能源的不同，将发电厂加以分类，例如，将使用热力做动力的，称为火力发电厂；将使用水力做动力的，称为水电厂等。近年来，我国为合理开发和利用能源，在煤炭资源集中的地区兴建了大型坑口电站，实行煤电综合开发，以减轻煤的运输量。

在发电厂中，由发电机产生的电能电压较低（10 kV 及以下），它除供附近用户直接使用外，一般要先经厂内的升压变电站转换成高压，再送至外界的高压电力网。

#### 2. 变电所

变电所是汇集电能、变换电压的中间环节，它由各种电力变压器和配电设备组成。不含电力变压器的变电所称为配电所。

变电所按用途分为升压或降压变电所、联络变电所、工矿企业变电所、农村变电所、整流变电所和电车变电所；按其在电力系统中的地位分为枢纽变电所、穿越变电所和终端变电所；按供电范围分为区域变电所（一次变电所）及地区变电所（二次变电所）等。

矿山供配电系统中的矿区变电所属于地区变电所，它接受枢纽（或区域）变电所降压后的 110 kV 电能，经降压至 35 kV 后送至矿山地面变电所。矿山地面变电所多属终端或穿越变电所，它将电压降为 6~10 kV 后，向额定电压为 10 kV 及以下的用电设备供电。

#### 3. 电力网

电力网主要由各种变电所及各种等级的电力线路组成，是电力系统的重要组成部分，担负着输送、变换和分配电能的任务。

一般根据电压等级的高低，将电力网分成低压电网、高压电网、超高压电网和特高压电网。电压在 1 kV 以下的电力网为低压电网，1~10 kV 的为中压电网，10~330 kV 的为高压电网，330~1000 kV 的为超高压电网，1000 kV 以上的为特高压电网。

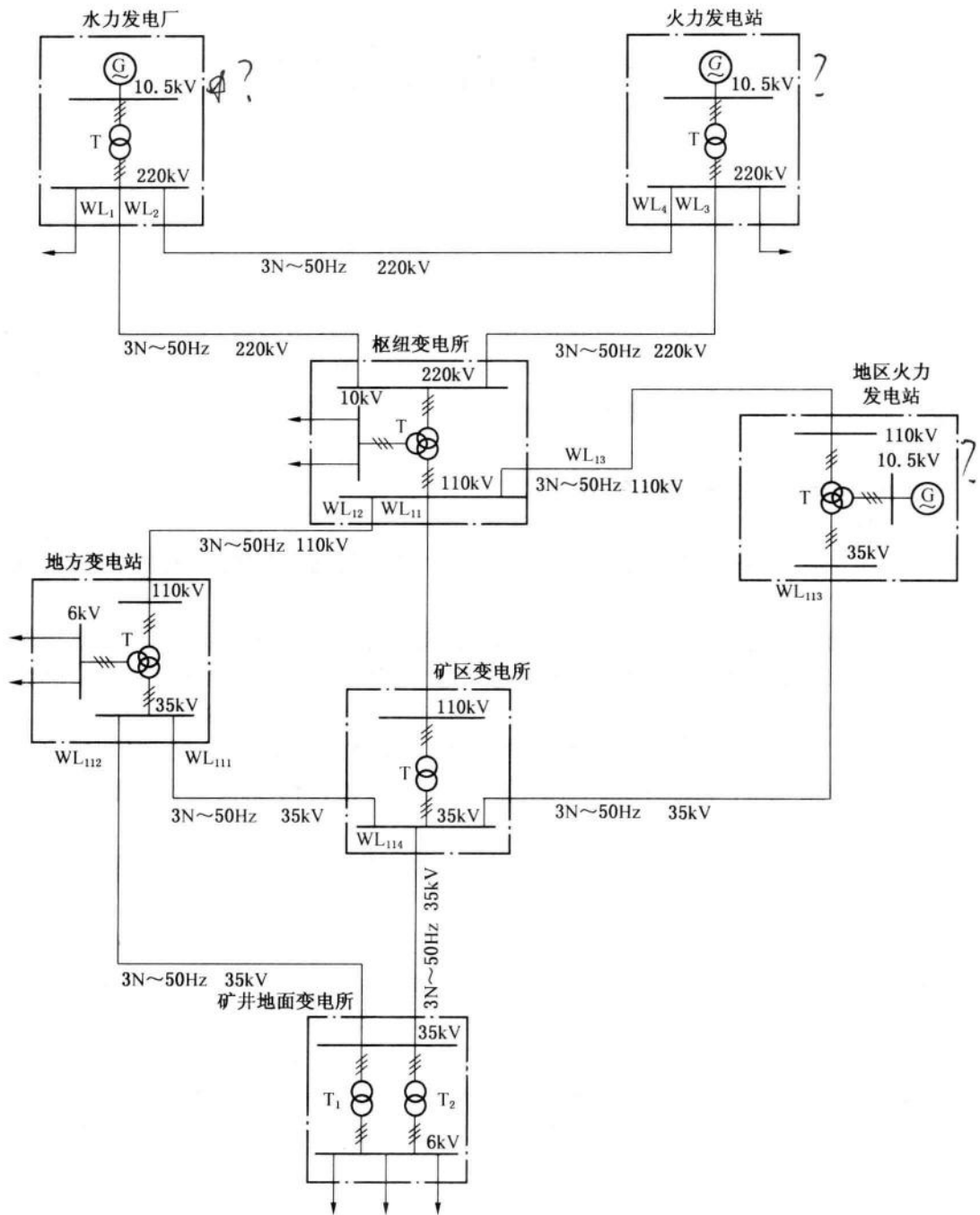
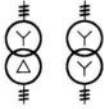




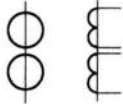



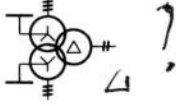












图 1-1 典型的电力系统



表1-1 主要电气设备符号

| 电气设备名称及文字符号<br>单字母 (双字母) | 图形符号  | 电气设备名称及文字符号<br>单字母 (双字母) | 图形符号  |
|--------------------------|---|--------------------------|---|
| 电力变压器<br>T (TM)          |    | 母线及母线引出线<br>W            |    |
| 断路器<br>Q (QF)            |    | 电流互感器 (单次级)<br>T (TA)    |    |
| 负荷开关<br>Q                |    | 电流互感器 (双次级)<br>T (TA)    |    |
| 隔离开关<br>Q (QS)           |    | 电压互感器 (单相式压变)<br>T (TV)  |    |
| 熔断器<br>F (FU)            |  | 电压互感器 (三线圈压变)<br>T (TV)  |  |
| 跌落式熔断器<br>F (FU)         |  | 阀型避雷器<br>F               |  |
| 自动空气断路器<br>Q (QA)        |  | 电抗器<br>L                 |  |
| 刀开关<br>Q (QK)            |  | 移相电容器<br>C               |  |
| 熔断器式开关<br>Q              |  | 电缆终端头<br>X               |  |
| 交流发电机<br>G               |  | 电容器<br>C                 |  |

## 二、煤矿对供电的基本要求

### 1. 供电安全

供电安全包括人身安全、矿井安全、设备安全三个方面。由于井下的特殊工作环境，为防止触电、电火灾和瓦斯、煤尘爆炸事故，必须严格按照《煤矿安全规程》中的有关规定进行供电设计、安装与运行，同时严禁井下违章作业。

### 2. 供电可靠

供电可靠是指不间断供电。根据负荷的重要程度，煤矿电力负荷分为三类，各类负荷对供电可靠性的要求不同，采取的供电方式也不同。

#### 1) 一类负荷

凡因突然停电可能造成人身伤亡或重要设备损坏或给生产造成重大损失的负荷为一类负荷，如主通风机、提升人员的立井提升机、井下主排水泵、高瓦斯矿井的区域通风机以及上述设备的辅助设备。对一类负荷供电必须有可靠的备用电源，一般是由变电所引出的独立双回路供电。

#### 2) 二类负荷

因突然停电可能造成较大经济损失的负荷为二类负荷。生产设备大多数是二类负荷，如非提升人员的主提升机、压风机以及没有一类负荷的井下变电所等。对大型矿井的二类负荷，一般采用具有备用电源的供电方式。对中小型矿井，一般采用专线供电即可。

#### 3) 三类负荷

不属于一、二类负荷的所有负荷都属于三类负荷，如生产辅助设备、家属区、办公楼、机修厂等。对三类负荷供电的可靠性没有特殊要求，可采用一条线路向多个负荷供电，以减少设备投资。

为确保安全生产，当供电系统发生故障或检修需要限电时，对三类负荷可全部停止供电，对二类负荷可部分或全部停电，以确保对一类负荷的不间断供电。

### 3. 供电质量

供电质量是指供电电压、频率基本稳定为额定值。我国煤矿一般要求电压允许偏差不超过额定电压的 $\pm 5\%$ ，频率允许偏差不超过 $\pm (0.2 \sim 0.5) \text{ Hz}$ 。频率的质量是由发电厂保证的。电压的质量是靠调整变压器分接头、降低电源内阻抗和输电线路上的电压损失保证的。

### 4. 供电经济

供电经济是指矿井供电系统的投资、电能损耗及维修费用应尽量少。这就要求合理地确定供电系统，优选质量高、损耗小、价格低的系统设备。但必须在满足上述三个要求的前提下，尽量保证供电的经济性。此外，考虑到以后的发展，在煤矿供电设计时应留有扩建的余地。

## 三、供电电压等级

### 1. 供电线路电压等级的确定

供电线路电压等级取决于供电功率及供电距离。供电功率越大，供电距离越远，需要的电压等级越高。这是因为供电功率越大，线路中的电压、电流越大；供电距离越远，线

路的阻抗越大,从而使得线路的功率损失和电压损失越大。在功率一定的条件下,提高供电电压,可减小电压及功率损失,提高供电质量和经济性。

## 2. 电压等级

### 1) 国家规定的电压等级

交流电压分为低压(24、36、127、220、380、660、1140 V)、高压(3、6、10、35、63、110、154、220 kV)和超高压(330、500、750 kV)三类,直流电压主要有110、220、250、500 V。目前,我国实施的西北电网750 kV输变电示范工程建设,是目前亚洲最高电压等级的输变电工程。另外,我国也有几条大功率、超高压的直流输电线路已投入运行,其中包括三峡—常州500 kV直流输电工程。

### 2) 煤矿常用电压等级

煤矿常用的交流电压有35 kV(地面变电所的电源进线电压)、10 kV(地面变电所的电源电压或下井电压以及大型设备的动力用电电压)、6 kV(煤矿大型设备的主要动力用电电压及下井电压)、3.3 kV(大型综采工作面及高产高效工作面的动力用电电压)、1140 V(综采工作面的常用动力电压)、660 V(井下采掘运等设备的动力用电电压)、380 V(地面低压动力或小型矿井井下的动力用电电压)、220 V(地面照明用电电压)、127 V(井下电钻、照明及信号装置的用电电压)、36 V(矿用电器控制回路电压)。

煤矿常用的直流电压有250 V或550 V(井下架线式电机车的用电电压)、110 V或220 V(地面变电所直流操作、继电器保护的直流电源和大型提升机控制系统的电源)。

## 3. 10 kV 电压下井的特点

20世纪80年代初,随着煤矿采掘机械化的发展和生产率的大幅提高,我国和世界其他先进产煤国均出现了很多大型甚至是特大型矿井,井下用电负荷增幅很大,原来6 kV的供电电压已不能满足要求,因此开始采用10 kV电压下井。

10 kV电压下井提高了供电的经济性并增加了供电范围。针对不同的井型,其优点有以下几个方面:

### 1) 大型矿井

(1) 降低高压电网的电能损耗。由于10 kV输电比6 kV输电的电能损耗小,同时也没有10 kV/6 kV变压器的损耗,所以,降低了高压电网的电能损耗。

(2) 减少下井电缆截面。由于电压越高,电流就越小,输电所需导线的截面也越小,10 kV输电时的下井电缆截面比6 kV下井电缆截面减小约一半。

(3) 减少设置在风井的35 kV/6 kV的变电站。多数大型矿井需要从风井引入下井电缆供给井下采区的负荷,由于供电距离远、负荷大,要在风井设置35 kV/6 kV变电站。采用10 kV变电站,则可省去设置35 kV/6 kV变电站,从而节约了投资,提高了供电可靠性。

### 2) 中小型矿井

目前的中小型矿井,部分采用电力系统的10 kV电源供电。若利用10 kV直接下井,有以下优点:

(1) 减少因设置变电所而造成的主变压器多余容量的初装增容费。

(2) 减少运行费。其中主要包括主变压器的损耗、多余容量的基本电费、固定资产折旧及设备大修费用等。

(3) 简化供电系统,减少电网事故,提高电压运行可靠性。

经过运行考核,充分肯定了10 kV电压下井的安全可靠性及可行性,并且在2001年版《煤矿安全规程》中明确规定井下电压不超过10000 V。但由于电压的升高,增大了安全隐患,所以我国在《煤矿安全规程执行说明》中作出了明确规定:①采用的10 kV矿用电气设备,必须通过部级技术鉴定;②10 kV系统投入运行前,必须按有关规定进行验收、检查、检验;③10 kV系统投入运行后,必须按有关规定进行各项试验及整定工作;④必须装设10 kV单相接地保护、保护接地,并按有关规定进行各项试验;⑤10 kV纸绝缘电缆的连接,应使用环氧树脂浇注的接线盒;⑥10 kV/6 kV矿用减少屏蔽型橡套电缆的相互连接及其与设备的连接,必须采用10 kV专用的电缆终端。

#### 四、煤矿供电电源

煤矿供电电源一般来自电力系统,只有尚未建成电力系统的地区才由地方发电厂或自备电厂供电。

电力系统一般包括两个或更多的发电厂,各发电厂之间变电所以输电线路相连,称为并网,以便互为备用,保障供电可靠,并可合理地调配各电厂的负荷。

发电厂发电机的输出电压目前尚不超过26 kV。一般用电负荷距离发电厂较远,故需要在发电厂中设置升压变压器,将电压升高后再进行远距离输电,以保障供电质量和降低供电损耗。

变电所根据输电距离和容量不同可分为区域(或枢纽)变电所、地方变电所、矿井地面变电所。电力系统内应有多个电压等级,以保证经济合理地供电。

对煤矿系统的供电,应根据其附近的电源和煤矿的具体情况而定。为保证供电可靠,《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。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(即两回路电源独立供电,互不连接),一回路运行时另一回路必须带电备用,以保证供电的不间断性。

## 第二节 矿井供电系统

### 一、供电系统结线方式

供电系统结线是指由各种电气设备及其连接线构成的电路,其功能是汇集和分配电能。结线中的母线又称汇流排,它实质上是电源线路或变压器与多个用户馈出线的连接处,表现为电路中的一个节点,起集中和分配电能作用。

#### 1. 系统或网络结构的基本方式

##### 1) 放射式

(1) 单回放射式。如图1-2a所示,适于向三类或二类小负荷或某些专用设备供电。

(2) 双回路放射式。根据所含电源数目,双回路放射式又分为单电源双回路(图1-2b)和双电源双回路(图1-2c)两种。

单电源双回路放射式结线方式是从一段母线上并列引出两回线路,且每回路均由单独

的开关控制，适用于二类负荷。双电源双回路放射式结线方式是从两段母线上各引出一回路对用户供电。这种结线方式适用于具有较大容量或一类负荷的供电点。

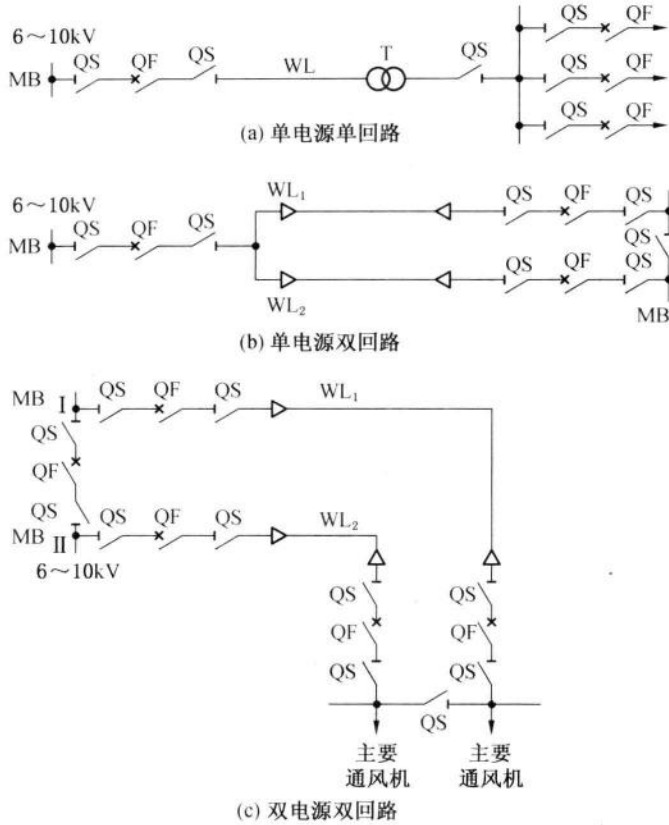


图 1-2 放射式结线

## 2) 干线式

干线式结线分直接连接（图 1-3a）和贯穿连接（图 1-3b）两种。

直接连接的结线方式是从一路高压配电干线上直接引出分支线向用户供电。其分支线数一般不超过 5 个，且配电变压器容量不宜超过  $3000 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。它一般适用于架空线上对三级负荷分散用户配电，也适用于井下电缆线路对多台工作面平巷输送机的供电。

贯穿连接的结线方式是各用户变电所呈串接形式。由于在连接各用户干线的进出两端均采用了隔离开关，故有可能减小因一段干线故障而引起的停电范围。

## 3) 环状式

环状式结线方式如图 1-4 所示，线路将电能从两段母线或同一电源引出，经过不同路径，由不同的方向和地点，引入矿山地面变电所或某负荷点。此种结线方式适用于电源距矿区用户的相对位置居中或较远，而用户间距较近，且负荷相差不很悬殊的供电情况。特别适用于当初期建设的送电线路和变电所容量不足时，需在其它位置新建变电所的情况。

## 2. 矿山各级变电所常用结线方式

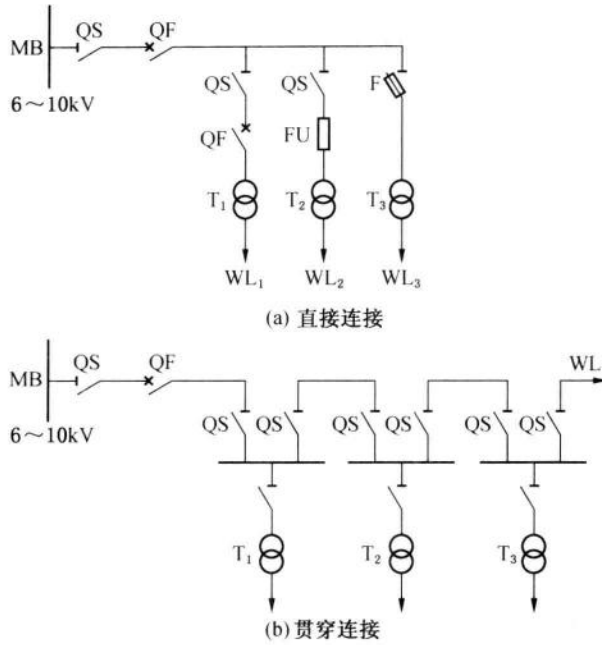


图 1-3 干线式结线

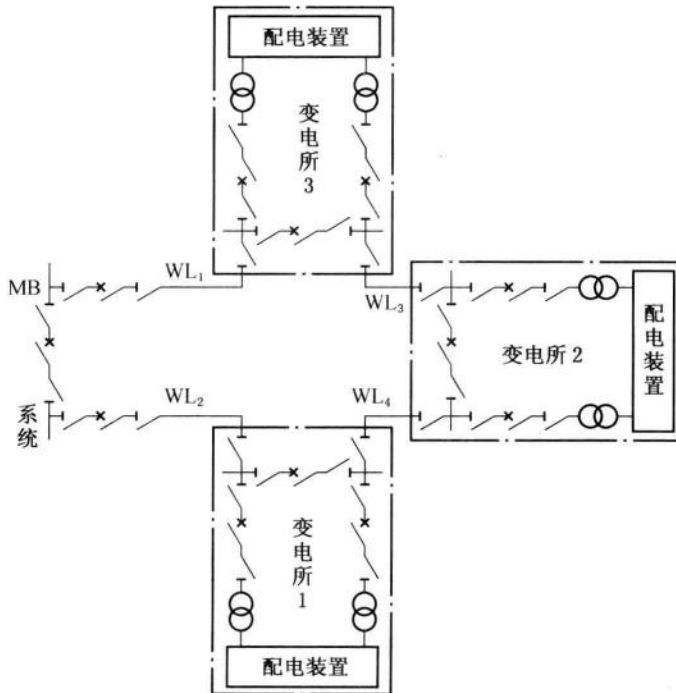


图 1-4 环状式结线

### 1) 单母线

在母线结线方式中，进出线均设有旨在切断负荷与故障电流的断路器，并设有与母线

连接的母线隔离开关和与线路连接的线路隔离开关。其中前一种隔离开关用来在检修断路器时隔离母线；后一种隔离开关用来防止在检修断路器时从用户侧反向送电，或防止雷电过电压侵入，从而保证维修人员和设备的安全。

单母线结线又分为不分段和分段两种形式。

(1) 单母线不分段。单母线不分段结线方式原理如图 1-5a 所示。这种结构虽有线路简单，配电装置造价低的优点，但在性能上却不够灵活与可靠。特别是在处理母线系统故障或检修时，因需全线停电，故其一般只适用于小容量的用户。这里，母线系统是指由母线本身与其隔离开关构成的系统。

(2) 单母线分段。为克服母线不分段结线工作可靠性和灵活性差的缺点，可根据电源的数目和功率、电网的结线情况，将母线分成若干段，这就形成了单母线分段的结线方式。在这种方式中，通常每段接 1~2 个电源，其引出线分别接到各段上，并使各段引出线电能分配尽量与电源功率相平衡，且尽量减少各段之间的功率交换。

单母线分段结线又分用隔离开关分段和用断路器分段两类。前一类结线如图 1-5b 所示，适用于由双回路供电的、允许短时间停电的二类负荷用户；后一类结线如图 1-5c 所示，适用于一类负荷用户较多的情况。

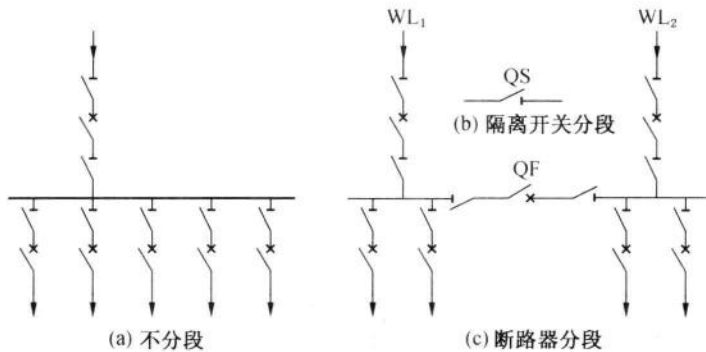


图 1-5 单母线结线

在采用隔离开关分段的情况下，各段可分列或并列运行。当分列运行时，要出现短时全部停电。一般多采用分列运行方式，只有在一路电源送电时，隔离开关方投入运行。

在采用断路器分段的情况下，由于断路器除具有分段隔离开关的作用，能实现切断负荷电流或故障电流的功能外，还可以在继电保护配合下，实现自动分合闸，故在母线系统检修或故障时，可以避免全部停电。

不管采用何种开关分段，在检修母线或电源系统故障时，单母线分段结线方式都不能避免使故障段母线的用户停电。用断路器分段的单母线接有二类用户较多又无备用电源时，为避免长时停电造成较大经济损失，通常在变电所装备用母线来解决（即旁路母线或双母线），这比装负荷备用线路要节约有色金属与投资。

## 2) 桥式结线

对具有两回电源进线、两台变压器的变电所，可采用桥式结线。它实质上是用一条由断路器和隔离开关组成的横连跨越的“桥”，将两个线路-变压器组高压侧连接起来的结线方式。称“桥”上的断路器为“桥开关”。

根据跨接桥横连位置的不同，桥式结线可分为外桥式、内桥式和全桥式。

(1) 外桥结线。外桥结线方式如图 1-6a 所示，跨接桥连接在变压器断路器  $QF_1$  和  $QF_2$  的外线路侧，进线回路只装隔离开关。这种结线方式对变压器的切换操作是方便的，只需用断路器 ( $QF_1$  和  $QF_2$ ) 自动进行即可，但对电源进线回路的切换操作却不方便。例如当电源线路  $WL_1$  故障或检修操作  $WL_1$  的隔离开关时，需在断路器  $QF_1$  和  $QF_2$  断开后方可进行。

外桥结线的适用范围是：①供电线路较短、线路切换少的变电所；②由于某种原因（如负荷变化）要经常切换变压器的变电所；③有稳定穿越功率的变电所；④处于环网中的变电所；⑤向一、二类负荷供电的情况。

(2) 内桥结线。内桥结线方式如图 1-6b 所示，跨接桥连接在变压器断路器 ( $QF_1$  和  $QF_2$ ) 的靠变压器侧，变压器电源端仅装隔离开关。这种结线方式无疑可以提高电源线路运行的可靠性和倒闸操作的灵活方便性。

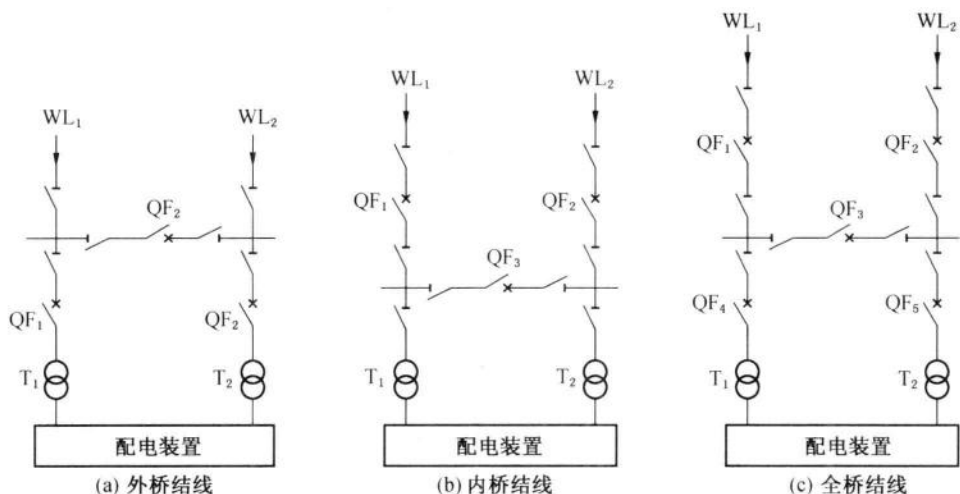


图 1-6 桥式结线

内桥结线的适用范围是：①电源线路较长且线路故障概率较大的变电所；②不需要经常切换变压器且负荷稳定的变电所；③没有穿越功率的变电所；④处于电网终端的变电所；⑤向一、二类负荷供电的情况。

(3) 全桥结线。由前述可知，在内桥结线中，当变压器故障时，线路将短时停止工作，而在外桥结线中，当线路故障时，变压器将短时停止工作。且两种情况下，均不能避免用操作容量较小的隔离开关切断空载电路。为了克服上述缺点，在内桥结线的基础上，再增加两个变压器断路器，组成具有 5 个断路器的全桥结线，如图 1-6c 所示。一般对于电压在 35 kV、容量在 7500 kV·A 以上，或电压为 110 kV、容量在 31500 kV·A 以上的变压器，当隔离开关切断其空载电流的能力不足时，就需要设置断路器或构成全桥结线。

在具体应用上述各种结线方式时，应就技术、经济等指标进行综合比较，从中选取合理的主结线系统。一般来说，矿山地面变电所均有两路电源进线和两台变压器，变压器一次侧电压为 35 ~ 110 kV，二次侧电压为 6 ~ 10 kV（目前多为 6 kV）。按其所在的网络结



构划分,有双回高压网上的中途和终端变电所、环网上的变电所、单回开式网上的终端变电所等类型。下面结合这四种类型,简要说明方案的选择。

(1) 对于双回高压网上的中途变电所,一般可选用如图 1-7 所示的单母线分段接线方案。因为对此类变电所通常有两点要求,其一是它要既保证本所的可靠性又保证后续变电所的可靠性,其二是它要兼起闭锁的作用。所以,若按该图接线,则在任一段线路故障时,均可使其余线路按串联方式正常运行,并使线路阻抗比一回线路全部跳闸时要小,即所形成的双回路贯穿式接线,可较好地保持后续变电所的电压质量。对于特大型变电所,当变压器台数较多时,可采用双母线接线。

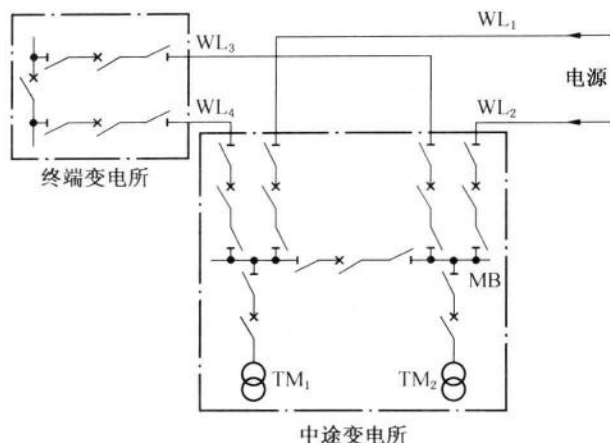


图 1-7 双回高压网上的中途变电所

(2) 对于双回高压网上的终端变电所,可采用内桥接线(当电源线路较长,需经常操作时)或外桥接线(当变电所负荷变化较大,需经常切换电源变压器时)。若所内有三台变压器时,可采用扩大内(外)桥接线。

(3) 对于环网上的变电所,为了减少环网的解环次数,且尽量减少环内断路器的数目,以采用外桥接线为宜。当所内有三台变压器时,可采用扩大外桥接线。

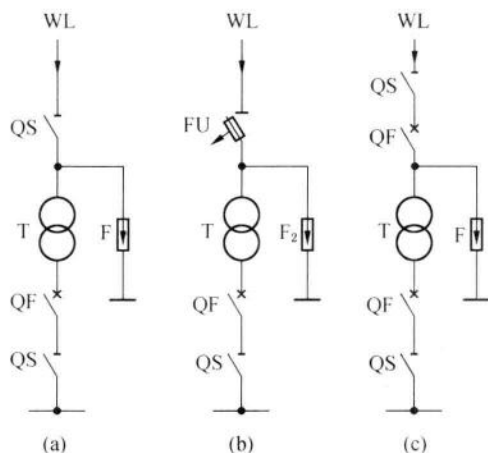


图 1-8 线路-变压器组接线

(4) 对于单回线开式网上的终端变电所,可采用图 1-8 所示的线路-变压器组接线方式,即只有单侧电源、单回线路且变电所只装有一台变压器的接线方式。当负荷分别为二、三类时,采用这种接线方式具有结构简单、使用设备少、投资小、基建快等优点。但因其在线路或变压器故障或检修时均要停电,故其可靠性较差。

## 二、矿井供电系统

由各矿井的各级变电所、各电压等级的配电线路共同构成了矿井供电系统。矿井供电方式取决于矿区范围、采用机械化方式、矿层结构、采煤方法、矿层埋藏深浅、井下涌水量大小等因素。典型的矿井供电系统主要有深井、浅井和平硐三种,下面分述它们的构成和特点。

### 1. 深井供电系统

当煤层埋藏较深、井田范围较大、井下用电量较大时,一般采用深井供电系统。其特征是由地面变电所、井下主变电所和采区变电所构成三级高压供电。图 1-9 所示为典型