

四川省煤矿安全技术
培训系列教材

MEIKUANG JIDIAN JISHU YU ANQUAN GUANLI

煤矿机电技术 与安全管理

隆 泗 主编



西南交通大学出版社

内 容 简 介

本书系统介绍了目前煤矿常用的电气、采掘、提升、运输、通风、排水、压气设备的结构、工作原理、使用和维护知识；并以《煤矿安全规程》为依据，结合典型事故案例，重点对这些设备的安全管理进行了介绍。本书既可作为煤矿安全技术培训的教材，也可供矿山各级管理和工程技术人员学习参考。

图书在版编目（C I P）数据

煤矿机电技术与安全管理 / 隆泗，母洪都，曲东渝编。
成都：西南交通大学出版社，2003.9
（四川省煤矿安全技术培训系列教材）
ISBN 7-81057-780-8

I. 煤... II. ①隆...②母...③曲... III. ①煤矿
开采 - 机电设备 - 技术培训 - 教材②煤矿开采 - 机电设备 - 安全管理 - 技术培训 - 教材 IV. TD6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 078753 号

煤矿机电技术与安全管理

隆 泗 主 编

责任编辑 唐元宁

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

（成都二环路北一段 111 号 邮政编码 610031 发行部电话 87600564）

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本：787 mm × 1092 mm 1/16 印张：13.875

字数：327 千字 印数：1—4000 册

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-780-8/TD · 318

定价：28.00 元

四川省煤矿安全技术培训系列教材

编审委员会

顾 问 田逢泽

主 任 金 科

副主任 周一正 周伯征

委 员 隆 泗 王若潮 黄建功

覃继兰 游华聪

序

几年前，为使全省煤矿矿长资格培训能有一本合适的教材，我们曾组织专家们编写出版过一本题为《小煤矿安全知识问答》的书。该书由于符合省情，独具特色，因而深受欢迎，一版再版。此后，又根据出版社和广大读者的建议，该书又作了大量修订，更名为《煤矿安全知识问答》，重新出版，并且开始走出四川，面向全国发行。

经过几年的教学实践和调查研究，我们再次组织编写者为全省煤矿的安全技术培训编写了一套系列教材。

随着中国现代化进程的深入发展，国家关于要强化煤矿安全生产的“要求”将会越来越严；煤矿安全生产监察“关口”前移的步伐将会越来越实。这样，对煤矿经营管理者的素质要求，无疑也将会变得越来越高。这套系列教材正是遵循这样一种与时俱进的精神，对煤矿经营管理者所应该具备的基本职业素质和职业技能，进行了科学而系统的提炼和综合。各本教材之间既相互配套，又自成体系；相辅相成，相得益彰。

在改革开放、日新月异的今天，不努力学习、积极进取，就有可能成为一名落伍者，直至为飞速发展的时代所无情淘汰。在全省煤矿矿长资格的初训阶段，一部分学员最终未能取得《煤矿矿长资格证书》，就是一个例证。

为此，希望全省的煤矿经营管理者进一步更新观念，勤于思考，探寻知识，追求进步，不断提高自身综合素质，为尽快实现四川煤矿安全生产的稳定好转，做出我们责无旁贷的努力和贡献。

在此，我愿与同志们一道共勉。

是为序。

钟承基

2003.6.18

前 言

为了更进一步开展对煤矿矿长及主要经营管理人员的岗位培训,提高广大煤矿管理人员的安全意识和安全技术素质,强化煤矿安全管理,从而减少职业伤害,四川省煤矿安全监察局人事培训处与四川省煤矿安全技术培训中心,组织了由长期从事煤矿安全教育和培训工作的教师组成的教材编写委员会。经过编委会全体成员几个月的共同努力,编写了《矿山安全法律法规知识与应用》、《煤矿生产技术与安全管理》、《煤矿通风技术与安全管理》、《煤矿机电技术与安全管理》四本教材。编写人员在总结多年安全教育培训实践经验的基础上,结合近年来颁布的有关安全生产的法律、法规,《煤矿安全规程》的规定以及煤矿生产的现实状况,从技术与安全管理两方面作了较为全面、系统的阐述,以便于煤矿经营管理人员学习和实际运用。其中《矿山安全法律法规知识与应用》一书也可供非煤矿山安全教育培训之用。

《煤矿机电技术与安全管理》由隆泗主编,参加编写人员有隆泗(第3、7章)、母洪都(第4、5、6章)、曲东渝(第1、2章);《矿山安全法律法规知识与应用》由覃继兰主编,参加编写人员有周一正;《煤矿生产技术与安全管理》由黄建功主编,参加编写人员有李维光、楼建国;《煤矿通风技术与安全管理》由游华聪主编,参加编写人员有刘照鹏、刘飞。这套教材在编写过程中得到四川省煤矿安全监察局有关领导以及四川师范大学草堂校区领导的大力支持和帮助,在此一并表示深切的谢意。

由于编写时间仓促,加之水平有限,书中难免有不少缺点和错误,有待今后逐步修改、补充和完善,敬请读者和专家们批评指正。

编 者
2003.6

目 录

第一章 矿山常用电气设备及其安全管理

第一节 矿山电工基础知识	1
第二节 矿山常用电气设备	8
第三节 矿用电缆及其安全管理	21
思考题	33

第二章 矿井供电及其安全管理

第一节 矿井供电	34
第二节 井下安全用电	42
第三节 井下电气保护	48
思考题	65

第三章 采掘机械及其安全管理

第一节 采煤机及其安全管理	66
第二节 支护设备及其安全管理	73
第三节 掘进机械及其安全管理	84
思考题	94

第四章 矿井运输设备及其安全管理

第一节 刮板运输机及其安全管理	95
第二节 胶带运输机及其安全管理	101
第三节 电机车及其安全管理	106
思考题	115

第五章 矿井提升设备及其安全管理

第一节 矿井提升系统	116
第二节 提升容器及其安全管理	118
第三节 提升钢丝绳及其安全管理	128
第四节 矿井提升设备	136
第五节 提升设备的安全管理	149
思考题	153

第六章 矿用排水、通风和压气设备及其安全管理

第一节 矿用排水设备及其安全管理	155
------------------------	-----

第二节 矿用通风设备及其安全管理	163
第三节 矿用压气设备及其安全管理	171
思考题	180
第七章 提升、运输和机电事故及其预防	
第一节 提升事故及其预防	181
第二节 矿井窄轨运输事故及其预防	190
第三节 井下供电事故及其预防	193
第四节 采掘机械事故及其预防	196
第五节 空压机、通风机事故及其预防	199
思考题	201
附表 1	202
附表 2	206
附表 3	207
参考文献	211

第一章 矿山常用电气设备 及其安全管理

电能是矿山生产的主要能源。为适应矿山生产的特殊条件对用电设备的要求,《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)对矿山电气设备的选择、使用和维护管理都做了严格的规定。因此,学习电的基本知识,掌握矿山常用电气设备的工作原理和安全管理,对于保证矿山的安全用电和设备的合理使用都有着十分重要的意义。

第一节 矿山电工基础知识

一、电路的基本概念与物理量

1. 电路

电路是电流流过的路径,图 1.1 为一最简单的基本电路。一般电路都是由电源、负载、开关和导线四个基本部分组成。

在电路中,电源把其他形式的能量转换为电能输出。如发电设备把热能、水能、核能或风能转换为电能;蓄电池把化学能转换为电能。

负载是把电能转换为其他形式能量的元件和设备。例如电动机把电能转换为机械能;电灯把电能转换为热能和光能。

开关是控制电路接通或断开的器件,连接导线在电路中起着输送和分配电能的作用。

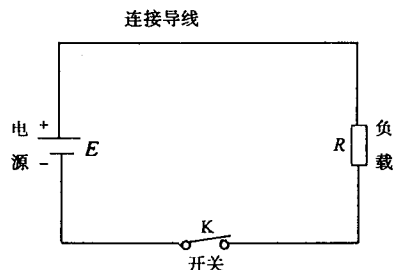


图 1.1 最简单的电路

2. 电流

金属导体内一般都有处于不规则运动状态的自由电子,在电场力的作用下,电荷有规则的定向运动称为电流。

电流强度是计量电流的物理量,用符号 I 表示。其定义是 1 秒钟内通过导体横截面的电荷量。若时间为 t 秒,通过导体横截面的电量为 Q 库仑,则

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.1)$$

电流强度简称为电流。电流强度的单位为安培，简称安，用符号 A 表示。常用的单位还有 kA（千安），mA（毫安）和 μA （微安），它们之间的关系是

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A}$$

$$1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA}$$

$$1 \text{ mA} = 1\,000 \mu\text{A}$$

电流分为交流电流和直流电流两大类，电流强度和方向都随时间变化的电流，称为交流电流；而电流强度和方向不随时间而变化的电流，称为直流电流。

习惯上规定电流的正方向是正电荷移动的方向。

3. 电位与电压

电场中某点的电位就是单位正电荷在该点所具有的电位能，电位的符号用 V 表示，并在符号的右下角注明是哪一点的电位。

电场中任意两点之间的电位差，称为电压。电压用符号 U 表示，并在符号的右下角注明是哪两点之间的电压。在国际单位制中，电压的单位是伏特，简称伏，用符号 V 表示。常用的单位还有 kV（千伏）、mV（毫伏），它们之间的关系是

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V}$$

$$1 \text{ V} = 1\,000 \text{ mV}$$

4. 电阻

导体对电流的阻力称为导体的电阻，用符号 R 表示。电阻的单位为欧姆，用符号 Ω 表示。在实际应用中常用的单位有 $\text{k}\Omega$ （千欧）和 $\text{M}\Omega$ （兆欧），它们之间的关系是

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

5. 电功和电功率

(1) 电功

电流所做的功简称为电功，用符号 W 表示。

电流在一段电路上所做的功，与这段电路两端的电压 U 、电路中的电流强度 I 以及通电的时间 t 成正比，即

$$W = UIt \quad (1.2)$$

电功的实用单位是千瓦小时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ），俗称“度”。

(2) 电功率

单位时间内电流所做的功称为电功率，简称功率。用符号 P 表示。其公式为

$$P = UI \quad (1.3)$$

电功率常用单位有千瓦（kW），瓦（W），毫瓦（mW），它们之间的关系是

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 10^3 \text{ mW}$$

6. 导体、绝缘体和半导体

根据物质导电能力的不同,可将物质分为导体、绝缘体和半导体。

(1) 导体

电荷容易流过的物体称为导体。例如,金属、大地和各种水溶液。

(2) 绝缘体

电荷难以流过的物体叫做绝缘体,例如,橡胶、塑料、云母、陶瓷、干木材等。绝缘体并不是完全不导电的物体,只是在正常情况下具有相当大的电阻,只能通过极小的电流。但当施加电压很高时,就会造成绝缘击穿,通过很大电流,以致烧坏绝缘。所施电压叫做击穿电压,正常的绝缘一旦受到损伤、过热、受潮或加压超过规定,都能使绝缘性能急剧下降。因此,对电气设备的绝缘材料必须按要求进行选择、运行和维护。

(3) 半导体

导电性能介于导体与绝缘体之间的物质,称为半导体。纯净半导体不导电,但掺加微量的杂质元素,即可使其导电,并能改变其导电类型。常见的半导体有锗、硅、硒和半导体橡胶等。

二、电阻的串、并联电路

在电路中,电阻的连接形式有串联、并联、混联三种,其中最简单和最常用的是串联与并联。

1. 电阻的串联

在电路中有两个或多个电阻按顺序首尾相连,并且在这些电阻中通过同一电流,这样的连接法称为电阻的串联。图 1.2 所示为两个电阻串联的电路。

电阻串联电路的特点有:

- ① 电路中各串联电阻的电流相同。
- ② 各串联电阻上电压的分配与电阻的大小成正比。
- ③ 总电压等于各串联电阻上电压之和。
- ④ 串联电阻可用一个等效电阻来代替,即总电阻,其值为各分电阻之和。

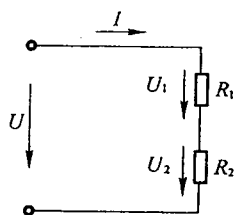


图 1.2 两个电阻串联的电路

2. 电阻的并联

电路中有两个或多个电阻连接在两个公共的节点之间,这样的连接方法称为电阻的并联,如图 1.3 所示。在日常生产生活中,用电设备很多,而电源往往只有一个,多数情况下把用电压相同的用电设备并联使用。

电阻并联电路的特点有:

- ① 并联各电阻两端电压都等于线路电压或电源电压,即 $U = U_1 = U_2$ 。

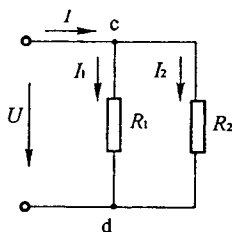


图 1.3 电阻的并联

② 电路中的总电流等于各并联电阻中电流之和，即 $I = I_1 + I_2$ 。

③ 并联电阻的总电阻的倒数等于各个并联支路电阻的倒数之和。并联的电阻越多，总电阻越小。

三、部分电路的欧姆定律

在一段电阻电路中，流过电阻的电流和电阻两端的电压值成正比，和电阻值成反比。这种电压、电流和电阻的关系称为欧姆定律，其公式表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.4)$$

欧姆定律是分析和计算部分电路的最基本定律，已知上式中的两个物理量，便可求出第三个量，如 $U = IR$ 或 $R = \frac{U}{I}$ 。

例 一根电线，电阻值为 0.3Ω ，流过 20 A 电流，求电线两端的电压（也称电压降）。

解 根据部分电路欧姆定律，有

$$U = IR = 20 \times 0.3 = 6 \text{ (V)}$$

四、电磁现象

电与磁是密不可分的。很多电气设备，如发电机、变压器、电动机等的工作原理都和电磁现象有关。因此，有必要对电磁的一般知识和电磁现象作一些了解。

1. 磁体

具有吸引铁类金属的物体叫磁体（或磁铁），磁体分为天然磁体和人造磁体两大类。

2. 磁体的性质

① 有南、北两极。把磁铁吊起来，磁铁的一端永远指南，另一端永远指北，指南的一端叫南极，用 S 表示；指北的一端叫北极，用 N 表示。

② 同性相斥、异性相吸。两个磁铁若北极与北极或南极与南极靠近时，两者相互排斥；若北极和南极靠近时，则两者相互吸引。

③ 有磁场和磁力线。在磁铁的周围存在磁场。磁场就是磁力影响所能达到的空间，通常用互不交叉闭合曲线即磁力线来描述。磁力线的方向是从磁铁的北极出发回到南极，在磁铁内部是由南极到北极。磁力线越密，说明磁力越强。

④ 有磁化作用。取一钢条放在桌上，用另一块磁铁和它靠近，这时就发现钢条也能吸引铁末，这种现象叫磁化。

3. 电流的磁场

电流通过导体时，导体的周围产生磁场，这种通电导体具有磁场的现象叫电流磁效应。若通过导体电流越大，则磁力也越大；若改变导体的电流方向，也就改变磁场方向。

无论是直导体还是螺旋线圈，磁场方向都用右手定则来判断。对直导体，右手握直导体，拇指指向电流方向，四指所指则为磁场方向；对线圈，右手握线圈，四指指向电流方向，拇指所指则为磁场方向。

常用的磁力启动器的吸持线圈电磁铁就是基于线圈通电，产生磁场，来吸引衔铁，从而使主触头闭合通电。若吸持线圈断电，磁场消失，则衔铁释放，主触头断开。

4. 磁场对电流的作用

通电导体在磁场中会受到磁场力的作用而运动，把这种现象称为“磁电生力”。电动机就是根据通电导体在磁场中受力而发生运动的原理制成的。电磁力的方向、磁场方向和电流方向用左手定则确定。即平摊左手，拇指与四指垂直，手心对准磁场方向，四指指向电流方向，拇指指向电磁力方向。

5. 电磁感应

当直导体相对于磁场运动而切割磁力线时，导体中会产生感应电动势 E ，这是发电机工作的基本原理。

穿过线圈中的磁通量变化，则线圈中也要产生感应电动势 E ，在闭合电路中电动势 E 产生感应电流，它是变压器工作的基本原理。

五、正弦交流电路

1. 交流电

在日常生活和工业生产中，所使用的电大多数都是交流电。电流（或电压、电动势）的大小和方向都随时间变化，就叫做交流电。

交流电又可分为正弦交流电和非正弦交流电两类。正弦交流电的电流（或电压、电动势）随时间按正弦规律周期性变化，如图 1.4 所示。

非正弦交流电的电流（或电压、电动势）随着时间不按正弦规律变化，本节只讨论正弦交流电。实际的发电机所产生的电动势和电压基本上都是按正弦规律变化的。

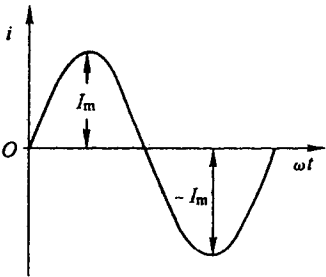


图 1.4 正弦交流电波形图

2. 正弦交流电的几个基本物理量

(1) 瞬时值和最大值

每一时刻的值叫做瞬时值。正弦电流、电压及电动势的瞬时值分别用 i 、 u 和 e 表示。

瞬时值中的最大值，叫做交流电的最大值（或峰值、振幅），如图 1.4 所示。电流的最大值为 I_m ，电压及电动势的最大值分别用 U_m 、 E_m 表示。

(2) 频率、角频率和周期

频率是指在 1 秒钟内交流电变化的次数，用 f 表示，其单位为赫兹（简称赫），用 Hz 表示。常用的单位还有 kHz（千赫）、MHz（兆赫）。

$$1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

角频率 ω 指在一秒中内正弦量所旋转的弧度。

周期是指交流电变化一周所需要的时间，用 T 表示。单位是秒，用 s 表示。周期与频率互为倒数，即

$$f = \frac{1}{T} \quad (1.5)$$

目前，我国的供电系统采用的交流电的频率为 50 Hz ，周期为 0.02 s 。

(3) 初相位和初相位差

$t=0$ 时的相位角称为初相位角或初相位。

相位差是指两个相同频率的正弦交流电的相位或初相位之差。

(4) 正弦交流电的有效值和最大值

把相同时间内，热效应相等的直流电流的值叫做交流电流的有效值。电流、电压及电动势的有效值分别用 I 、 U 、 E 表示。有效值和最大值有如下关系：

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \quad (1.6)$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m \quad (1.7)$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m \quad (1.8)$$

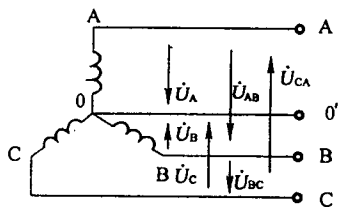
3. 三相交流电路

单相交流电路中的电源只是一个交变电动势，电源与负载之间用两根导线连接。目前工业生产中普遍应用的是三相交流电。

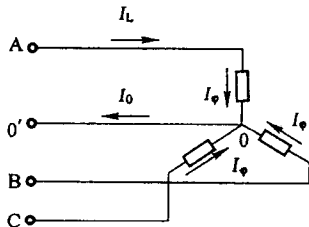
对称三相交流电，电源有三个交变电动势，这三个电动势的最大值相等、频率相同、相位互差 120° 。三相电源和三相负载常用的连接方式有两种：星形（Y）连接和三角形（ Δ ）连接。

(1) 星形连接

图 1.5 所示为三相电源及负载的星形连接，其中图 1.5 (a) 为电源三相绕组的星形连接。图 1.5 (b) 为三相负载的星形连接。此时，电源三相绕组的末端连在一起为 O 点，三相负载的末端连在一起为 O' 点， O 点或 O' 都称为中性点。中性点的连线称为中线或零线。



(a) 电源三相绕组的星形连接



(b) 三相负载的星形连接

图 1.5 三相星形连接

图 1.5 中的 A、B、C 为端线或火线，这种有四根引线的连接方式称三相四线制。照明线路常采用此种体制供电。动力线路和煤矿井下供电的电源禁止中性点直接接地，即没有中线，因此称为三相三线制。

端线与中线或各相的绕组首末端间的电压叫做相电压，用 U_ϕ 或 $\dot{U}_A$ 、 $\dot{U}_B$ 、 $\dot{U}_C$ 表示；端线与端线间的电压叫做线电压，用 U_L 或 $\dot{U}_{AB}$ 、 $\dot{U}_{BC}$ 、 $\dot{U}_{CA}$ 表示。端线上流过的电流，称为线电流，用 $I_{\text{线}}$ 或 I_L 表示；每相电源（或负载）通过的电流，称为相电流，用 $I_{\text{相}}$ 或 I_ϕ 表示。各相相等的负载称为对称负载，不相等的称为不对称负载。

当三相电源或负载对称时，中线不呈现电位差。

线电压在相位上比各对应相电压超前 30° ，在数值关系上有

$$U_{\text{线}} = \sqrt{3}U_{\text{相}} \quad (1.9)$$

由于三相电压及三相负载均对称，所以三相电流也必然是对称的，即每相电流的大小相等，相位互差 120° 。由于三相电流对称，所以中线电流的矢量和为零，即

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \quad (1.10)$$

由此可取消中线，使三相四线制变为三相三线制。当三相负载不平衡时， $\dot{I}_0 \neq 0$ ，如果没有中线，会使三相电压不平衡，甚至烧坏某相负载。为防止这种现象，满足实际使用中不平衡的情况，采用三相四线制，以平衡各相电压。此时的中线不能断开，所以中线上严禁装熔断器和开关。

在星形连接中，端线通过的电流和每相电源绕组或每相负载的电流是同一个电流，

$$\text{即} \quad I_{\text{线}} = I_{\text{相}} \quad (1.11)$$

(2) 三角形连接

将三相电源绕组或三相负载的首尾依次连接，构成一个封闭的三角形，由三个顶点引出端线，这种连接方法称为三角形（ Δ ）接法，如图 1.6 所示，图中 $\dot{I}_A$ 、 $\dot{I}_B$ 、 $\dot{I}_C$ 表示线电流， $\dot{I}_{AB}$ 、 $\dot{I}_{BC}$ 、 $\dot{I}_{CA}$ 表示相电流。三角形连接适用于三相对称电源与三相对称负载的连接。 $\dot{I}_A$ 、 $\dot{I}_B$ 、 $\dot{I}_C$ 相位互差 120° ，线电流滞后所对应的相电流 30° ，其数值关系为

$$I_{\text{线}} = \sqrt{3}I_{\text{相}} \quad (1.12)$$

在三角形连接时，电源每相绕组两端的相电压以及加在每相负载两端的相电压为同一个电压，即

$$U_{\text{线}} = U_{\text{相}} \quad (1.13)$$

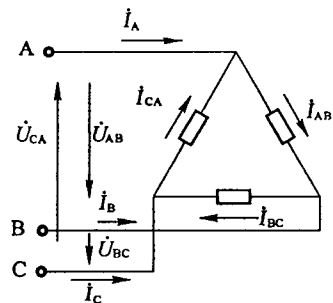


图 1.6 三角形连接

煤矿井下主要用电设备为三相交流电动机，属于三相平衡负载，只要对电动机绕组的接线进行一次 Y/ Δ 或 Δ /Y 变换，电动机的额定电压就能适应两个电压等级，为供电提供了方便。

(3) 三相功率

在实际工作中，很多电气设备都标出它们的功率值，以说明它们做功能力的大小。

负载接在三相电源上, 不论负载是星形连接或是三角形连接, 它所消耗的总的有功功率必定等于各相有功功率之和, 即

$$P = P_A + P_B + P_C \quad (1.14)$$

当负载对称时, 每相的有功功率是相等的。因此, 三相的总功率为

$$P = 3P_\phi = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi \quad (1.15)$$

式中 φ ——相电压与相电流之间的相位差。

无论是星形连接或是三角形连接, 对称负载的有功功率均可用线电压与线电流来表示, 即

$$P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi \quad (1.16)$$

但需注意, φ 角不是线电压与线电流之间的相位差, 而是相电压与相电流的相位差。

在实际工作中, 测量线电压和线电流比测量相电压和相电流方便, 所以三相对称负载功率一般多采用线电压与线电流表示。

同理, 可得出三相无功功率 Q 和视在功率 S , 即

$$Q = 3U_\phi I_\phi \sin \varphi = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi \quad (1.17)$$

$$S = 3U_\phi I_\phi = \sqrt{3}U_L I_L \quad (1.18)$$

第二节 矿山常用电气设备

一、矿用电气设备要求

矿用电气设备, 必须适应井下的以下特殊要求:

- ① 适应井下空间狭小的要求。矿用电气设备的尺寸要小, 重量要轻。
- ② 井下有些设备移动频繁, 因此矿用电气设备要便于移动, 应采用橡胶软电缆和专用的电缆插销装置向移动机械供电。设备的底部应装小轮或撬板以便于移动。
- ③ 井下电气设备必须有十分坚固的外壳, 同时要便于拆装以便于移置到安全地带。
- ④ 井下有煤尘、潮气和淋水, 电气设备应做成密封的, 并涂以防锈及防腐的油漆。电气设备的绝缘材料应防潮, 并设有防触电的闭锁装置。
- ⑤ 井下有瓦斯、煤尘燃烧和爆炸的危险, 电气设备应做成防爆型或本质安全型。

二、矿用电气设备的类型

煤矿井下使用的电气设备分为矿用一般型电气设备和矿用防爆型电气设备。

1. 矿用一般型电气设备

矿用一般型电气设备是指专为煤矿井下条件而设计的不防爆的电气设备，具有坚固的外壳和较好的防潮、绝缘、防滴、防溅的功能；有电缆引入装置，并能防止电缆扭转、拔脱和损伤；开关手柄和门盖之间有机机械连锁，同时在设备外壳的明显处有接地装置，并标有接地符号。这种电气设备，在其外壳的明显处，均有清晰的永久性金属凸纹红色标志“KY”，这种设备是按照《矿用一般型电气设备》国家标准 GB 12173 制造的。

2. 煤矿用防爆型电气设备

煤矿用防爆型电气设备是按照《爆炸性环境用防爆电气设备》国家标准 GB 3836 制造的。该类型电气设备适用于煤矿低瓦斯、高瓦斯和有煤尘与瓦斯突出、喷出的区域，根据其原理又分为 10 种设备类型。

三、矿用防爆型电气设备的类型及特点

1. 隔爆型电气设备

(1) 隔爆型电气设备的结构特征

隔爆型电气设备具有一个坚固的隔爆外壳，这种外壳除了可将其内部的火花、电弧与隔爆外壳环境中的混合爆炸物隔开以外，还有一定的机械强度。隔爆外壳不可能是一个完整的整体，而是由许多个零部件构成的。壳内的爆炸产物会穿过零部件间的连接缝隙，扩散到壳外环境，这些缝隙叫做隔爆接合面间隙。

(2) 隔爆原理

① 隔爆性。隔爆就是当电气设备外壳内发生爆炸时，其产物通过间隙不会引起设备外爆炸物的爆炸。隔爆性是由外壳的接合面宽度、间隙和表面粗糙度来实现隔爆的一种性能。

② 耐爆性。耐爆性是指外壳的结构强度，即隔爆外壳为了承受住爆炸引起的压力波的作用，所必须具有的结构强度。

2. 增安型电气设备

(1) 增安型电气设备结构特征

增安型防爆结构只能应用于在正常运行条件下不会产生电弧、火花或不可能点燃爆炸性混合物的高温热源的设备上。该型设备只是在其结构上采取了一定措施提高其安全程度，以避免在正常和认可的过载条件下出现上述现象。

(2) 增安型电气设备采取的安全措施

增安型电气设备主要是在其设备上采取了一系列的安全保护措施来达到其安全性能的。安全措施包括：有效的外壳保护；电路的可靠连接；增大电气间隙与爬电距离；加强与提高绝缘水平；加强温度的限制。

3. 本质安全型电气设备

(1) 本质安全型电气设备的类型

采用本质安全型电路组成的电气设备称为本质安全型电气设备。全部电路都是本质安

全电路的电气设备为单一式本质安全型电气设备；局部电路为本质安全电路的电气设备为复合式本质安全型电气设备。

(2) 本质安全电路原理

本质安全电路是根据安全火花原理，通过合理选择电路中的电气参数，使系统在正常或故障状态下，产生的电火花能量相当小，不能点燃爆炸混合物的电路。

电火花有电阻性、电容性和电感性三种。只要在电路的设计上合理选择元件，限制电路中的电流、电压等参数，就能达到限制火花能量的要求。其方法有：

- ① 合理选择电气元件，降低供电电压。
- ② 通过增大电路电阻或利用导线电阻来限制电路的短路故障电流。
- ③ 采取消能措施来消耗能量元件的能量。

(3) 本质安全型电气设备的特点

本质安全型电气设备结构简单，体积小，重量轻，制造、维修方便，投资少，安全性可靠，是一种比较理想的防爆设备。在满足技术要求的情况下，应优先选用。

4. 正压型电气设备

它具有正压外壳，可以保持壳内新鲜空气或惰性气体的压力高于周围爆炸性环境的压力，并能阻止外部混合物进入壳内。

5. 充油型电气设备

全部或部分部件浸在油内，使设备不能点燃油面以上的或壳外的爆炸性混合物的电气设备。

6. 充砂型电气设备

外壳内充填砂粒材料，使之在规定的使用条件下壳内产生的电弧、传播的火焰、外壳壁或砂粒材料表面的过热，均不能点燃周围爆炸性混合物的电气设备。

7. 无火花型电气设备

在正常运行条件下，不会点燃周围爆炸性混合物，且一般不会发生有点燃作用的故障的电气设备。

8. 浇封型电气设备

整台设备或其中部分浇封在浇封剂中，在正常运行和认可的过载或认可的故障下，不能点燃周围的爆炸性混合物的电气设备。

9. 气密型电气设备

凡具有气密封外壳的电气设备。气密封外壳是用熔化挤压或胶粘的方法进行密封的外壳。这种外壳能防止壳外气体进入壳内。

10. 特殊型电气设备

是指采用的防爆措施不为上述九种基本防爆类型所包括，经过防爆检验证明确实具有防爆性能的电气设备。这种特殊的防爆电气设备，是使点火源与爆炸性气体混合物进行了隔