

矿业开采施工现场 十大工技术操作标准规范 ——电工

主编：王振华



安徽文化音像出版社

矿业开采施工现场 十大工技术操作标准规范

——电工

主编 王振华

安徽文化音像出版社

矿业开采施工现场十大工技术操作标准规范

——电工

主 编:王振华

出版发行:安徽文化音像出版社

出版时间:2004年3月

制 作:北京海传光盘有限公司

ISBN 7-88413-373-3

ISRC CN-E27-58-518-06/0

全套定价:1380.00元(1CD-ROM+十卷手册)

编 委 会

主 编 王振华

编 委 王真宏 彭学慧 何天柱 杨成清

胡 林 罗晓红 王 蕊 刘德伟

周润龙 高 瑞 刘华丽 徐 涛

余 松 徐玉中 王 靖 周如莲

刘一兵 孙立伟 徐国志 王叶军

杨 锋 李自拓

前 言

人类已跨入 21 世纪,进入知识经济和信息时代。各种矿业开采面临知识经济和我国加入世贸组织(WTO)的机遇和挑战。在这样一种世界经济环境条件下,新技术、新材料、新产品、新工艺将加快进入矿产行业,这就迫使我们不断掌握和运用新技术,来改造传统的矿井下作业条件和传统的工艺,提高矿业安全生产水平。这也可谓之必须走以知识产权为依托的企业技术创新与发展之路。

此外,矿业开采作业容易发生伤亡事故,对操作者本人、他人及周围设施、设备的安全造成重大危害。从统计资料分析,大量的事故都发生在这些作业中,而且多数都是由于直接从事这些作业的操作人员缺乏安全知识,安全操作技能差或违章作业造成的。因此,依法加强直接从事这些作业的操作人员,即特种作业人员的安全技术培训、考核非常必要。

为保障人民生命财产的安全,促进安全生产,《劳动法》、《矿山安全法》、《消防法》等有关法律、法规作出了一系列的规定,要求特种作业人员必须经过专门的安全技术培训,经考核合格取得操作资格证书,方可上岗作业。

因此,作为高危行业的矿业开采行业,安全生产始终是生产领域中的头等大事。党中央、国务院对煤矿的安全生产工作历来十分重视。各级矿业安全监察机构依据有关法律法规加大了矿业安全监察力度,开展了安全专项整治;以防治瓦斯为重点,加大了安全投入和安全隐患治理,确保了安全水平的不断提高。矿业事故有了明显下降,安全生产状况总体趋于好转。

但是我们也要清醒地看到,由于我国矿业生产主要是地下作业,地质条件复杂多变,经常受到瓦斯、水、火、煤尘、顶板等灾害的威胁,加之技术装备水平比较落后、职工队伍素质不高、安全管理薄弱,矿业开采仍然是发生事故数和伤亡人数最多的行业,重、特大事故时有发生,安全生产形势依然严峻。为此,必须从实践“三个代表”重要思想的高度,从维护改革发展稳定的大局出发,以对党、对人民高度负责的精神,认真贯彻落实党中央、国务院有关安全生产的指示精神,牢固树立安全第一的思想,落实安全生产责任,切实加强矿产安全生产工作。

为此,在总结经验并广泛征求各方面意见的基础上,我们编委特组织相关领域的众多专家和学者、技术人员共同编写了:《矿业开采施工现场矿井通风工技术操作标准规范》;《矿业开采施工现场带式输送机工技术操作标准规

范》;《矿业开采施工现场主提升机工技术操作标准规范》;《矿业开采施工现场安全检查工技术操作标准规范》;《矿业开采施工现场爆破工技术操作标准规范》;《矿业开采施工现场绞车工技术操作标准规范》;《矿业开采施工现场主扇风机工技术操作标准规范》;《矿业开采施工现场尾矿工技术操作标准规范》;《矿业开采施工现场电工技术操作标准规范》;《矿业开采施工现场矿井泵工技术操作标准规范》共十个工种的技术操作规范。

该书全面而系统地阐述了矿业开采十个工种作业人员必须掌握的安全技术知识,包括基本理论知识和实际操作技能,融科学性、实用性、系统性于一体,是作业人员上岗前进行安全技术培训的指导用书,也是上岗后不断巩固、提高安全操作技能的工具书,同时也可供有关管理人员、工程技术人员及大专院校师生参考。

本书在编写过程中得到许多专家和学者的大力支持,在此,对他们辛勤劳动深表感谢!

由于水平所限,书中难免有疏漏之处,欢迎有关专家及广大读者批评指正。

编 者

2004年3月

目 录

矿业开采施工现场电工技术操作标准规范

| | |
|-----------------------|-------|
| 第一章 概 论 | (3) |
| 第一节 直流电路 | (3) |
| 第二节 单相交流电路 | (12) |
| 第三节 三相交流电路 | (26) |
| 第四节 电磁感应 | (32) |
| 第五节 晶体管与晶闸管 | (40) |
| 第二章 矿山供电及照明 | (51) |
| 第一节 矿山电力负荷及供电系统 | (51) |
| 第二节 矿山总降压变电所 | (61) |
| 第三节 露天采矿场电力设施 | (70) |
| 第四节 地下采矿电力设施 | (81) |
| 第五节 矿山电力牵引 | (96) |
| 第六节 矿山照明 | (106) |
| 第七节 节电措施 | (115) |
| 第三章 电工测量技术 | (123) |
| 第一节 电工仪表基本知识 | (123) |
| 第二节 电流和电压的测量技术 | (124) |
| 第三节 功率的测量技术 | (126) |
| 第四节 电能的测量技术 | (126) |
| 第五节 万用表 | (129) |
| 第六节 绝缘电阻表 | (132) |
| 第七节 钳形电流表 | (134) |
| 第八节 直流电桥 | (136) |
| 第四章 矿用电缆与电缆连接器 | (139) |
| 第一节 矿用电缆 | (139) |
| 第二节 矿用电缆连接器 | (153) |
| 第五章 电气安全工作要求与措施 | (155) |

| | | |
|-------------|------------------------|--------------|
| 第一节 | 电气安全工作基本要求 | (155) |
| 第二节 | 保证安全的组织措施 | (157) |
| 第三节 | 保证安全的技术措施 | (160) |
| 第六章 | 变配电安全技术 | (164) |
| 第一节 | 工业企业供配电 | (164) |
| 第二节 | 变配电站组成 | (167) |
| 第三节 | 变配电站安全运行 | (170) |
| 第四节 | 倒闸操作技术 | (173) |
| 第五节 | 巡视检查 | (177) |
| 第七章 | 临时用电与电气设备安全技术 | (179) |
| 第一节 | 临时用电安全 | (179) |
| 第二节 | 移动设备安全要求 | (181) |
| 第三节 | 照明安全要求 | (183) |
| 第八章 | 防火防爆、防雷防静电技术 | (187) |
| 第一节 | 防火防爆安全要求 | (187) |
| 第二节 | 防雷防静电安全要求 | (190) |
| 第九章 | 矿井供电系统及采区供电安全技术 | (193) |
| 第一节 | 矿井供电系统 | (193) |
| 第二节 | 采区供电安全技术 | (202) |
| 第三节 | 井下电气设备的完好标准及检修质量标准 | (205) |
| 第四节 | 杂散电流 | (207) |
| 第五节 | “三专两闭锁” | (208) |
| 第十章 | 接触电击防护技术 | (213) |
| 第一节 | 直接接触电击防护技术 | (213) |
| 第二节 | 间接接触电击防护技术 | (219) |
| 第三节 | 通用触电防护措施 | (226) |
| 第十一章 | 触电与急救 | (233) |
| 第一节 | 电流对人体的危害 | (233) |
| 第二节 | 触电事故种类、方式与规律 | (237) |
| 第三节 | 触电急救 | (241) |

矿业开采
施工现场电工
技术操作标准规范

第一章 概论

电气知识的内容十分丰富,本章主要介绍直流电路、单相交流电路、三相交流电路、电磁感应及晶体管与晶闸管等电工基础知识。

第一节 直流电路

一、电路

在电的实际应用中,从最简单的手电筒的工作到复杂的电子计算机的运算,都是由电路来完成的。

1. 电路的组成及电路元件的作用

电路就是电流所流经的路径,它由电路元件组成。当合上电动机的刀闸开关时,电动机立即就转动起来,这是因为电动机通过导线经开关与电源接成了电流的通路,并将电能转换为机械能。电动机、电源等叫做电路元件,电路元件大体可分为四类:

(1)电源:即发电设备,其作用是将其它形式的能量转换为电能。如电池是将化学能转换为电能,而发电机是将机械能转换为电能。

(2)负载:即用电设备,它的作用是把电能转换为其它形式的能。如电炉是将电能转换为热能,电动机则是把电能转换为机械能。

(3)控制电器和保护电器:在电路中起控制和保护作用。如开关、熔断器、接触器等。

(4)导线:由导体材料制成,其作用就是把电源、负载和控制电器连接成一个电路,并将电源的电能传输给负载。

由此可见,电路的作用是产生、分配、传输和使用电能。图 1-1 就是一个最简单的电路。

2. 电路图

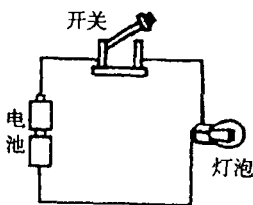


图 1-1
简单电路

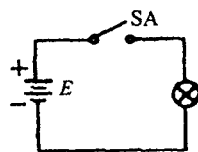


图 1-2
电路原理图

在实际工作中,为便于分析、研究电路,通常将电路的实际元件用图形符号表示在电路图中,称为电路原理图,也叫电路图。图 1-2 就是图 1-1 的原理电路图。一般电路图中,常用电路元件的符号见“附录 1:电气图形符号新旧对照表”。

在电路中,只有两个端点与电路其它部分相连的无分支电路叫做支路。在图 1-3 中共有 3 条支路。通常将 3 条支路以上的连接点称为节点。如图 1-3 中的 A 点和 B 点即为节点。在电路中由支路组成的任一闭合路径叫做回路,图 1-3 中共有 3 个回路。

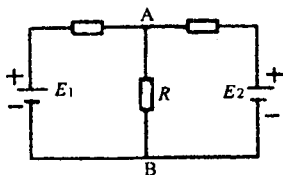


图 1-3 具有三个回路的电路

二、电路的欧姆定律

电流、电压和电阻是电路中的三个基本物理量,分析计算电路,就是研究以上各量之间的关系,确定它们的大小。欧姆定律就是反映电阻元件两端的电压与通过该元件的电流同电阻三者关系的定律,电路见图 1-4,其表达式为

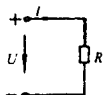


图 1-4 欧姆定律电路

$$I = \frac{U}{R}$$

式中 I —电流(A)
 U —电压(V)
 R —电阻(Ω)

由上式可知,通过电阻元件的电流与电阻两端的电压成正比,而与电阻成反比。

对于任一分支的电阻电路,只要知道电路中的电压、电流和电阻这三个量中的任意两个量,就可由欧姆定律求得第三个量。

例:一盏 200W、220V 的电灯,灯泡的电阻是 484 Ω ,当电源电压为 220V 时,求通过灯泡的电流。

解:已知电灯的电压和电阻,通过灯泡的电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{484} \approx 0.455(\text{A})$$

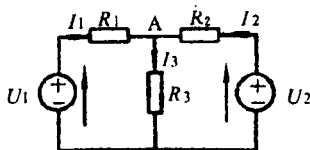


图 1-5

由欧姆定律可知,电阻有电流通过时,两端必有电压,这个电压习惯上叫做电压降。通常导线都是有电阻的,当用导线传输电流时,就产生电压降。因此输电线路末端的电位总是比始端的电位低,输电线路电压降低的数值叫做电压损失。如果线路较长,线路电流较大,其电压损失就较大,供给负载的电压将会明显下降,影响设备的正常工作。

三、电路的基尔霍夫定律

欧姆定律可以确定电阻元件上电压与电流的关系,但只能用于无分支的电阻电路。对于一个比较复杂的电路,(如图 1-5 所示),确定各支路电流和各部分电压的关系,只用欧姆定律一般是不能解决的,必须利用基尔霍夫定律才可表明支路电流之间的关系和回路电压间的关系。

1. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律也叫做基尔霍夫第一定律,它确定了电路中任一节点所连的各支路电流之间的关系。

基尔霍夫电流定律指出:对于电路中的任一节点,流入节点的电流之和必等于流出该节点的电流之和。

在图 1-5 电路中,对于节点 A, I_1 、 I_2 是流入节点的,而 I_3 是由节点流出的。由基尔霍夫电流定律可将三个电流之间的关系表示为

$$I_1 + I_2 = I_3$$

如果将上式 I_3 移到左边可得

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

即流入(或流出)电路任一节点各电流的代数和等于零。

$$\sum I = 0$$

式中符号 \sum 是“代数和”的意思,说明各项电流可为正或负,如果规定流入节点的电流为正,那么流出节点的电流就是负的,反之也成立。在应用时应注意各支路电流的方向。

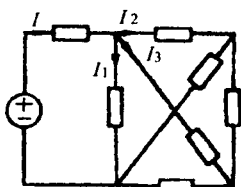


图 1-6

例:如图 1-6 所示,已知 I_1 为 1A, I_2 为 2A, I_3 为 1A,试求电源发出的总电流 I 。

解:根据基尔霍夫电流定律列出电流的方程式:

$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$= 1 + 2 + 1 = 4(\text{A})$$

即电源输出的电流为 4A。

2. 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律也叫做基尔霍夫第二定律,它确定了电路任一回路中各部分电压之间的相互关系。

基尔霍夫电压定律指出:对任一回路,沿任一方向绕行一周,各电源电势的代数和等于各电阻电压降的代数和。

$$\text{即} \quad \sum E = \sum IR$$

或 $\sum E = \sum U$

如图 1-7 所示,如沿顺时针方向绕行,由基尔霍夫电压定律可列出该回路的电压方程:

$$E_1 - E_2 = IR_1 + IR_2$$

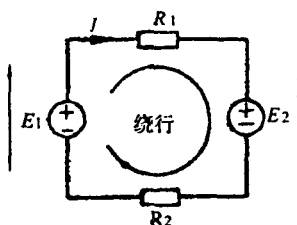


图 1-7 具有一个回路的电路

在应用基尔霍夫电压定律时应注意,先选定绕行方向,回路中凡是与绕行方向相同的电势或电流取正号,反之取负号,电势方向从负到正。

例:在图 1-8 所示电路中,已知电源电势 E_1 、 E_2 和各电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 , 试求回路中的电流 I 。

解:此电路为一分支的回路,故利用基尔霍夫电压定律,按顺时针方向绕行列回路方程为:

$$\begin{aligned} E_1 - E_2 &= IR_2 + IR_2 + IR_3 + IR_4 \\ &= I(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \end{aligned}$$

则

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

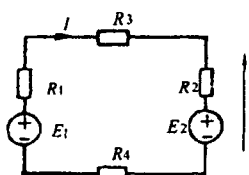


图 1-8

可见,利用基尔霍夫电压定律即可求解回路上的电压和电流。

基尔霍夫定律是电路理论的基本定律,在应用基尔霍夫定律时必须注意电流、电压、电势的方向及所选定的绕行方向的关系。

四、电阻的串联电路

在电路中,电阻的连接方式是多种多样的,串联电路是最简单的一种。将两个以上的电阻,依次首尾相联,使各电阻通过同一电流,这种连接方式叫做电阻的串联。图 1-9 所示为三个电阻的串联电路。

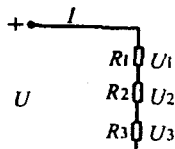


图 1-9 三个电阻串联电路



图 1-10 等效电路

串联电路的总电压等于各电阻上电压降之和。

由欧姆定律可知：

$$U_1 = IR_1; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3$$

所以总电压为

$$U = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

由此可见, R 为串联电路的总电阻, R 通常叫做等效电阻。这样就可以将三个电阻的串联电路用图 1-10 所示的等效电路来表示。

由串联电路的特点可看出:如果在电路中串联一个电阻,那么电路的等效电阻就要增大。在电源电压不变的情况下,电路中的电流将要减小。所以串联电阻可起到限流作用。例如,大型电动机起动时,为了防止起动电流过大,常在起动回路中串入一个起动电阻,以减小起动电流。

串联电阻的另一个用途就是可以起到分压作用,因为电阻通过电流要产生电压降,承担了电路的一部分电压。如电阻分压器和多量程电压表就是利用了这个原理。

例:如图 1-9 所示的三个电阻串联电路中, $R_1 = 10\Omega$ 、 $R_2 = 5\Omega$ 、 $R_3 = 20\Omega$, 电流为 $5A$, 试求串联电路的总电压。

解:电路的等效电阻为

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 5 + 20 = 35(\Omega)$$

电路的总电压为

$$U = IR = 5 \times 35 = 175(V)$$

此题也可先将每个电阻上的电压降求出,然后根据基尔霍夫电压定律求总电压。

$$U_1 = IR_1 = 5 \times 10 = 50(V)$$

$$U_2 = IR_2 = 5 \times 5 = 25(V)$$

$$U_3 = IR_3 = 5 \times 20 = 100(V)$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 50 + 25 + 100 = 175(V)$$

五、电阻的并联电路

几个电阻头尾分别连在一起,即电阻都接在两个节点之间,各电阻承受同一电压,这种连接方式叫做电阻的并联。图 1-11 即为三个电阻的并联电路。

并联电路的总电流为各电阻支路电流之和。由基尔霍夫电流定律可知,图 1-11 电路中的总电流为

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

并联电路等效电阻的倒数为各电阻的倒数之和。由欧姆定律可知,图 1-11 中各支路的电流为

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; I_2 = \frac{U}{R_2}; I_3 = \frac{U}{R_3}$$

因为总电流

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

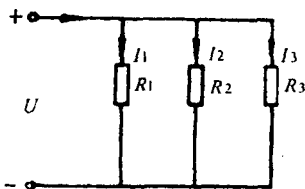


图 1-11 三个电阻并联电路

$$= U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{U}{R}$$

所以

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

电阻并联的实例很多,如电灯与电视机,电炉与电动机等都是并联连接。并联适应于恒定电压的供电方式。

由并联电路的特点还可看出,当电路增加一并联电阻后则该电阻中将通过一定的电流,使总电流增大。因此,并联电阻可以起分流作用。如电流表并联一电阻后可以扩大电流表的量程。

例:某户装有 40W 和 25W 的电灯各一盏,它们的电阻分别是 1210Ω 和 1936Ω;电源电压是 220V。求两盏电灯的总电流。

解:两种灯的等效电阻为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1210 \times 1936}{1210 + 1936} \approx 745(\Omega)$$

由欧姆定律可求得总电流

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{745} = 0.295(\text{A})$$

也可由欧姆定律先求出各灯电流

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{220}{1210} = 0.182(\text{A})$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{220}{1936} = 0.113(\text{A})$$

再由基尔霍夫电流定律求得总电流

$$I = I_1 + I_2 = 0.182 + 0.113 = 0.295(\text{A})$$

由此可见,在并联电路中,并联电阻越多,其等效电阻越小,而且小于任一并联支路的电阻,所以在电路中并联一个电阻后,总电流将增大。由欧姆定律可知,并联电路中各支路的电流与其支路电阻成反比。

六、电阻的混联电路

电阻的串联与并联是电路最基本的连接形式,在一些电路中,可能既有电阻的串联,又有电阻的并联,这种电路就叫做电阻的混联电路,如图 1-12 所示。分析、计算混联电路的方法如下:

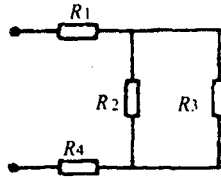


图 1-12 电阻的混联电路

1. 应用电阻的串联、并联逐步简化电路, 求出电路的等效电阻。
2. 由等效电阻和电路的总电压, 根据欧姆定律求电路的总电流。
3. 由总电流根据基尔霍夫定律和欧姆定律求各支路的电压和电流。

例: 如图 1-13 所示, 电路总电压为 220V, 已知各电阻值, 试求各电阻的电流和电压。

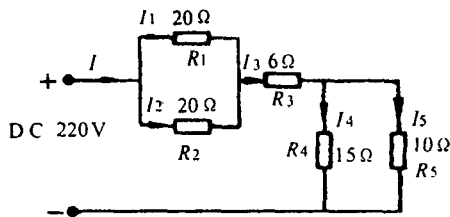


图 1-13

解: 先求 R_1 和 R_2 的并联等效电阻

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \times 20}{20 + 20} = \frac{20}{2} = 10(\Omega)$$

R_4 与 R_5 并联等效电阻为

$$R_{45} = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} = \frac{15 \times 10}{15 + 10} = 6(\Omega)$$

混联电路的等效电阻为

$$R = R_{12} + R_3 + R_{45} = 10 + 6 + 6 = 22(\Omega)$$

电路总电流为

$$I = I_3 = \frac{220}{22} = 10(\text{A})$$

R_1 、 R_2 两端的电压为

$$U_{12} = IR_{12} = 10 \times 10 = 100(\text{V})$$

R_3 的电压为

$$U_3 = IR_3 = 10 \times 6 = 60(\text{V})$$

R_4 、 R_5 两端的电压为

$$U_{45} = IR_{45} = 10 \times 6 = 60(\text{V})$$

由于 $R_1 = R_2$, 所以

$$I_1 = I_2 = \frac{100}{20} = 5(\text{A})$$

R_4 、 R_5 的电流分别为

$$I_4 = \frac{60}{15} = 4(\text{A})$$