

■ 王志江 著

# 煤矿

MEIKUANG

DIANKONGZHISHU

# 电气控制技术

煤炭工业出版社



王志江，1969年生，采煤工程师，安全工程本科学历。长期从事煤矿安全生产工作。出版有《光学瓦检仪使用与维护》、《通风知识与调风技术》、《思考安全》、《永远的探索》等专著。

一本推进平民教育的书

一本侧重实践应用的书

责任编辑：廖永平  
编 辑：张泽忠  
封面设计：王 滨

ISBN 978-7-5020-3411-5



9 787502 034115 >

定价：28.00 元

# 煤矿电气控制技术

王志江 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿电气控制技术/王志江著. —北京: 煤炭工业出版社, 2008. 11

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3411 - 5

I. 煤… II. 王… III. 煤矿-矿用电气设备-电气控制  
IV. TD68

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第155942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 × 960mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 16<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 插页 4  
字数 217 千字 印数 1—3,000  
2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷  
社内编号 6216 定价 28.00 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

## 内 容 提 要

本书对煤矿常用设备的电气控制方法进行了系统介绍,对一些复杂原理和疑难问题进行了通俗解答,对生产中常见的电气故障进行了简要分析,对实践中需要掌握和应用的技术进行了详细阐述。

本书紧贴实践,力争使用深入浅出的大众化语言,多层次、多角度地论述煤矿电控知识,其中很多是在实践中创新的技术。它可供煤矿电工及专业人员在生产中参考,也可作为煤矿从业人员机电安全培训的教材。

# 目 次

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第一章 电气控制的基本概念和元件      | 1   |
| 第一节 电 流 电 压 电 路       | 3   |
| 第二节 电 阻 电 感 电 容       | 11  |
| 第三节 二 极 管 三 极 管 晶 闸 管 | 17  |
| 第四节 放 大 器 比 较 器       | 26  |
| 第五节 接 触 器 继 电 器 互 感 器 | 29  |
| 第二章 单台设备电气控制          | 37  |
| 第一节 变 压 器             | 39  |
| 第二节 高 压 控 制 柜         | 53  |
| 第三节 电 缆               | 61  |
| 第四节 馈 电               | 71  |
| 第五节 开 关               | 102 |
| 第六节 掘 进 机             | 128 |
| 第七节 采 煤 机             | 134 |
| 第八节 主 提 升 机           | 142 |
| 第九节 电 机 车             | 165 |
| 第十节 照 明 (煤 钻) 综 保     | 179 |
| 第十一节 三 相 交 流 电 动 机    | 187 |
| 第三章 电气设备联控            | 203 |
| 第一节 风 电 闭 锁           | 205 |

|         |                |     |
|---------|----------------|-----|
| 第二节     | 瓦斯电闭锁.....     | 212 |
| 第三节     | 开关联控.....      | 223 |
| 第四节     | 带式输送机综合保护..... | 229 |
| 第五节     | 三位一体信号.....    | 233 |
| 第六节     | 自动抽水.....      | 237 |
| 第七节     | 自动喷雾.....      | 239 |
| 第八节     | 自动监测监控.....    | 246 |
| 第九节     | 自动报警.....      | 251 |
| 尝试 (后记) | .....          | 256 |

# 第一章

## 电气控制的基本概念和元件



## 第一节 电流 电压 电路

### 一、电流

不要把“电”看得很神秘，电与风、水一样，都具有能量，只不过是传递方式不同：风靠空气传递，水靠河道传递，而电靠电路传递。

电子在电路中流动，就形成电流，电子流动的过程就是能量传递的过程。

电子流动的速度非常快，达  $300000\text{km/s}$ ，接近于光速，其实，电子不可能在电路中  $1\text{s}$  内流动  $300000\text{km}$ ，但电子与电子碰撞（或传递能量）能达到这个速度，只不过每个电子的“模样”都是一样的，为便于理解，习惯上把电子的能量传递看作是电子的流动。

电子在电路中流动，电能转变为机械能，并不是把电子消耗掉了，这如同我们冬天用暖气的道理一样：

热水在管道中流动，热水中的热量通过管道散发到空气中，回到锅炉后的水变成了凉水。

热水循环了一圈，只是把热能消耗了，而水本身没有减少。电做功也是如此，电子在电路中转了一圈，只是有“力气”的电子变成了没“力气”的电子，这种力气做功了（变成了机械能、热能等），而电子本身并没有消耗。

电流一般用  $I$  表示，单位是安（A）， $1\text{A}$  的含义是：

$1\text{s}$  内通过导体截面的电荷量为  $1\text{C}$  时，电流为  $1\text{A}$ 。 $1\text{A} = 1000\text{mA}$ （毫安）。

## 二、电压

电压同水压、风压一样，具有类似的性质：水压是水流动的根本原因，风压是空气流动的根本原因，电压是电子流动的根本原因和动力所在。

理解电压，必须正确认识 3 个关系：

### 1. 电压与电位

电压与电位有着本质的区别：

我们经常所说的电压，实际上是指电压差，如图 1-1-1 所示，作用在灯泡上的电压，是指 a、b 两点的电压差值。

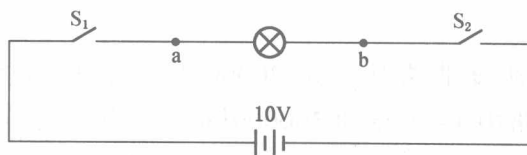


图 1-1-1 简化电路图

而电位是指某一点的电压值，如图 1-1-1 所示，a 点的电位高，灯泡并不一定就亮，这还要考虑 b 点的电位。如果  $U_a = U_b$ ，即使 a 点的电位有 10000V，灯也不亮。

二者的关系可从图 1-1-1 分析（忽略线损等因素）：

当开关  $S_1$ 、 $S_2$  均合上时， $U_a = 10V$ ， $U_b = 0V$ ， $U_{ab} = 10V$ ，灯亮。

当开关  $S_1$  合上， $S_2$  断开时， $U_a = 10V$ ， $U_b = 10V$ ， $U_{ab} = 0V$ ，灯不亮。

当开关  $S_1$  断开， $S_2$  合上时， $U_a = 0V$ ， $U_b = 0V$ ， $U_{ab} = 0V$ ，灯不亮。

### 2. 电压与电流

电压与电流的关系比较复杂，有两点关系经常用到：

(1) 在电阻一定的情况下，电压与电流成正比。

(2) 在负载功率一定的情况下, 电压与电流成反比, 即电压大, 需要的电流小; 电压小, 需要的电流大。

怎样理解第(2)点呢?

如让一台水力发电机转 5 圈, 在 1000m 的高处倒下一桶水就能做到, 而站在 100m 的高处可能需要倒 10 桶水。

这就是说, 在做功一定的情况下, 水压越高, 需要的水流就越小, 水压越低, 需要的水流就越大。

电压与电流与之类似, 如让一台 40kW 的电机运转, 使用 660V 的电压与使用 380V 的电压相比, 参与能量传递的电子就会少一些 (因为在 660V 电压下, 电子能量高, 做功能力强)。

### 3. 直流电与交流电

#### (1) 二者的主要特点:

直流电的特点是: 在直流电源一定的情况下, 电流、电压的大小与方向是不随时间而改变的。直流电一般是单相电, 即一端为正极, 另一端为负极。

交流电的特点是: 在交流电源一定的情况下, 电流与电压的大小和方向均随着时间的改变而有规律的变化。

交流电有单相交流电与三相交流电, 生活中的照明一般用的是单相交流电, 井下生产所用交流电均为三相交流电。

三相交流电可表述为:

三相电压一样大, 频率相同都变化。

瞬时数值有区别, 你追我赶三分差。

注:

①三相交流电的频率一般为 50Hz/s, 即 1s 变化 50 次。

②交流电有瞬时值、最大值、有效值之分, 我们平时所说的电流电压的大小均是指有效值。

③三相交流电的每两相之间的相位差均为  $120^\circ$ 。

## (2) 二者做功比较:

直流电与交流电均有能量, 均可做功。

对直流电的做功比较好理解, 但交流电的大小和方向一直在变化, 它怎样做功呢? 可以这样通俗地理解:

电的做功可以比作“锯木头”, 直流电是朝一个方向锯并且用力一致, 最后将木头锯断。而交流电是“来回拉”, 左拉一下、右拉一下, 尽管每拉一次力的大小和方向不一致, 但同样能把木头锯断。

而三相交流电可以比作是从同一面的三个方向同时开口, 锯断木头会更快一些, 故我们常讲三相电比单相电“劲”大, 实际上是三相电做功的能力大。

## 三、电路

### 1. 电路中的两个重要定律

一个电路, 最少由 4 个部分组成: 电源、负载、开关和导线。它可分为直流电路、交流电路或单相电路、三相交流电路等, 不管什么电路, 均遵循两个重要定律:

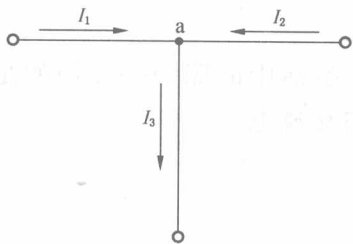


图 1-1-2 基尔霍夫电流定律示意图

#### (1) 电流定律:

在任一瞬时, 流向某一结点的电流之和等于该结点流出的电流之和。这就是基尔霍夫电流定律。

如图 1-1-2 所示, 根据该定律可知:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

从以上两式也可得出以下结论:

任一瞬间, 电路中某一结点电流的代数和恒等于零。

#### (2) 电压定律:

从回路中的任意一点出发, 沿回路转动一周, 则在这个方向上电

压降之和等于电位升之和。这就是基尔霍夫电压定律。

如图 1-1-3 所示, 如果沿 a 点转一周, 则:  $U_{R1} + U_{R2} = E$  也可写为:

$$U_{R1} + U_{R2} - E = 0$$

从以上两式也可得出以下结论:

任一瞬间, 某回路中各段电压的代数和恒等于零。

这两个定律在实践中的意义是: 它能在复杂的电路中快速计算出某一支路的电流, 也能尽快计算出某一回路中的一个负载上承受的电压。同时, 对于理解三相电相与相之间的电压关系和电流关系也有很大的帮助。

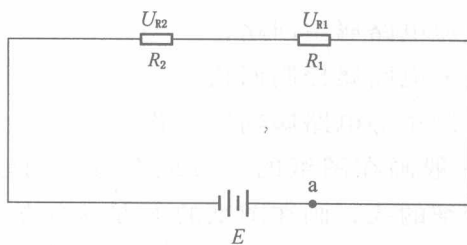


图 1-1-3 电压定律原理图

## 2. 门电路简介

门电路是数字电路中的概念, 其实它也不深奥, 如图 1-1-4 所示。

与门的特点是两个或两个以上条件都具备, 电路才通。如 A 与 B 均合闸, 灯才亮。

或门的特点是多个条件中只要有一个具备, 电路就通。如 A 或 B 合闸, 灯就亮。

非门的特点是条件与结果是相反的, 如 A 合闸, 灯却不亮。

## 3. 电路控制原理图绘制原则

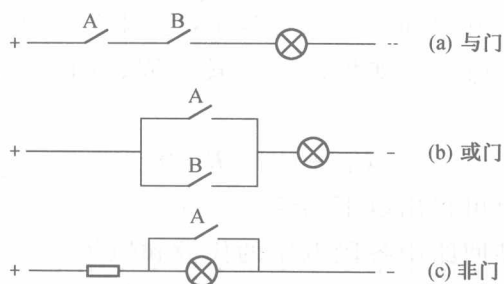


图 1-1-4 门电路原理图

(1) 井下设备的电气回路，一般都可分为主回路、控制回路和辅助回路，其中：

电动机等强电流电路属主回路；

继电器等小电流电路属控制回路；

保护、信号、测量等电路属辅助回路。

(2) 主回路一般画在图纸的上方或左方，用较粗的线绘出，控制或辅助回路用较细的线，画在图纸的下方或右方。

控制回路电源线垂直画在两侧，各并联支路平行地画在两控制电源线之间，排列顺序应尽量符合电器元件的动作顺序。

(3) 图中各电器元件应按国家规定的图形符号和文字符号表示。同一电器元件，必须用相同的文字符号。

例如有两个相同的接触器 KM，可用 1KM、2KM 表示，同一个继电器 K 有三个触点，触点应标为  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 。

(4) 电路中的接点、触点位置，均按线圈不通电（或未加外力）时的情况画出。

(5) 在原理图中，电器元件不是按实际位置绘的，在接线图中，电器元件均按实际位置绘制。这一点在读图时应注意。

#### 4. 电路控制的基本原则

(1) 弱电控制强电，低电控制高电。

强电来自外部电源，弱电一般来自设备内部变压器。弱控制强，小控制大，低控制高，这是电气控制的第一条原则。

(2) 回路决定通、断。

不管是主回路还是控制回路，不论是保护回路还是信号回路，只要能顺利转一圈，则表示电路接通，否则电路中断。通过回路实施控制是电气控制的第二条原则。

(3) 触点相互串联，电路相互制约。

电气回路一般不是单一的，一个回路的常开、常闭触点往往串联在另一个回路中，起到相互制约、闭锁的作用，达到程序化控制的目的。

如 315A 开关，保护回路的触点串接在控制回路中，先导回路的触点也串接在控制回路中，也就是说它们组成了一个“与门”电路，只有保护回路与先导回路均闭合，控制回路才能勾通。

当前，一些大型设备使用了 PLC 装置（即常讲的电脑控制），它的核心是用可编程序软件取代了继电器及其触点，从而实现了自动化控制的目的。

不管什么设备，触点相互串联，电路相互连锁，实施程序上的控制是电控的第三条原则。

(4) 只许一处启动，允许多处停止。

如果能多处启动，一个人在检修设备时很不安全，而多处能够停止，也是从安全的角度考虑——当发生紧急情况时，能随时停机，如开关，在加接远方控制按钮后，近控启动按钮功能必须解除。

一处启动，多处停止，这是电气控制的第四条原则。

(5) 机械、电气互为闭锁。

为避免带电检修，防止误操作，井下设备外壳均有可靠的机械、电气闭锁装置——开盖必须断电，断电方能开盖。一些高压设备，甚至设置了几道闭锁防线。

电气闭锁是电气控制的第五条原则。

(6) 送电从外往里, 停电从里往外。

这一点主要是从操作的角度对电路进行控制和保护的, 这样规定的目的是: 避免带负荷启动, 也避免带负荷停止。否则主回路易产生电弧烧损设备。

坚持正确的停送电顺序是电气控制的第六条原则。