

# 概 述

地铁信号检修工担负着地铁运营信号系统维保生产、检修计划、应急处置的重任，在运营生产和应急抢修中起着举足轻重的作用，其职业素质、业务技能水平的高低直接关系到整个地铁线网的生产效率和运营安全。

对于信号检修工而言，掌握系统的理论和实操基础就显得尤为重要。全套的信号 CBTC 系统，涵盖了 ATS 子系统、联锁子系统、车载 ATC 子系统、轨旁 ATC 子系统、DCS 子系统、维护支持子系统，并包括了全方位信号基础设备（电源子系统、计轴设备、轨道电路、转辙机、信号机、防雷设备）。结合系统特点，信号检修工分为信号车载检修工、信号正线检修工、信号基地检修工以及 ATS 检修工，按照分配的系统范围对设备进行全面的维护管理。

基于设备维护要求，成都地铁对于信号设备维护制定了合理的周期修、故障修以及大中修的维护策略，因此对各工种的信号检修工就有了明确的职责要求，根据成都地铁维护检修的各项规程、规范和标准，负责所辖区域内的车载系统、ATS 系统、联锁系统、电源系统、DCS 系统以及轨旁 ATP/ATO 设备的巡检、维护、保养和故障抢修工作，保证信号系统正常运行。基于职责的要求，信号检修工必须掌握扎实的信号设备使用及维护的理论基础，同时有着丰富的实际操作经验。本教材既结合现场实践，又突出理论知识，既有典型案例分析，又

有应用方法和实践指导。

本教材较全面系统地阐述了信号系统各子系统的基础知识、岗位知识、故障处理等内容；教材编写贯彻“抓重点、切实际、重现场”的思想，为信号检修工提供理论支持及实操指导。本教材可以有效地帮助初、中、高级信号检修工掌握设备原理、提高设备操作熟练度，有助于提高从业人员基本素质，有助于提升信号检修工的核心知识与技能。

# 第一部分 基础知识

## 第一章 电工电子基础

### 【本章学习重点】

本章主要学习电工电子基础知识，包括电工基础、电子技术基础、数字电路基础三大方面的知识，理解各类基本定理、电路组成，并且学会常见运算。

### 第一节 电工基础

#### 第一目 电路基本定律

##### 一、欧姆定律

欧姆定律：流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比，用公式表示为：

$$R=U/I \quad (1)$$

式中： $R$ 为电阻（ $\Omega$ ）； $I$ 为电流（ $A$ ）； $U$ 为电压（ $V$ ）。

公式表明：

(1)  $U$ 一定时，电阻 $R$ 愈大，则电流愈小，因此，电阻 $R$ 具有对电流阻碍作用的物理性质。

(2) 流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比；它表明电阻对电流具有阻碍特性；把遵循欧姆定律的电阻称为线性电阻。

电压和电流是具有方向的物理量，因此，欧姆定律具有多种形式，具体如图 1-1 所示。

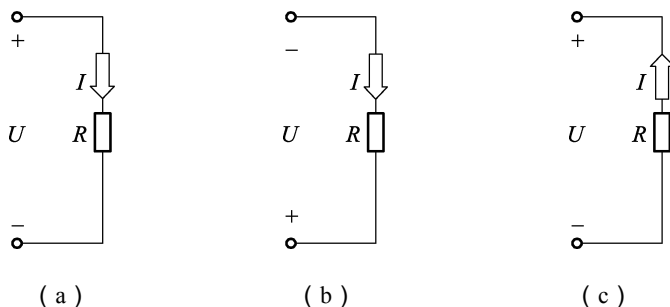


图 1-1 欧姆定律的三种形式

图 1-1 ( a ): 电压、电流方向一致， $U=RI$ 。

图 1-1 ( b ): 电压、电流方向不一致， $U=-RI$ 。

图 1-1 ( c ): 电压、电流方向不一致， $U=-RI$ 。

## 二、基尔霍夫定律

### 1. 支路、节点和回路

下面先介绍电路的几个常用名词。

支路：由一个或几个元件首尾相连接构成的一段无分支电路。在同一支路内，流过所有元件的电流相等。在图 1-2 中有三条支路，即  $R_3$ 、 $R_1U_{S1}$ 、 $R_2U_{S2}$  支路。其中  $R_1U_{S1}$ 、 $R_2U_{S2}$  两条支路中分别含有电源，称为有源支路； $R_3$  支路没有电源，称为无源支路。

节点：电路中三条或三条以上支路的连接点。图 1-2 中  $a$  点和  $b$  点都是节点。

回路：电路中任一闭合的路径。图 1-2 中 1、2、3 都是回路。

网孔：不含有分支的闭合回路。图 1-2 中 1、2 回路是网孔。

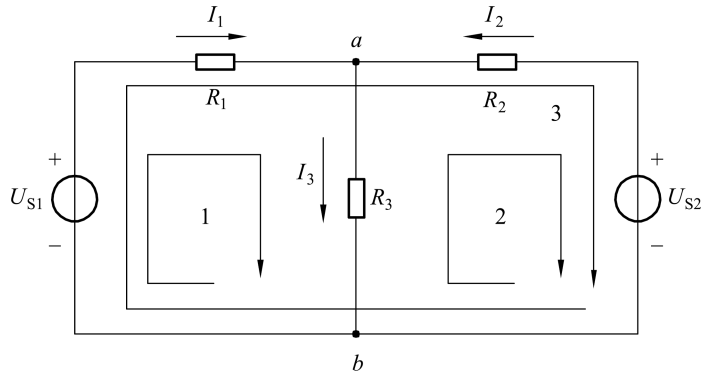


图 1-2 支路电路

## 2. 基尔霍夫电流定律

在任一瞬时，流向某一节点的电流之和应该等于由该节点流出的电流之和，即在任一瞬时，一个节点上电流的代数和恒等于零，即：

$$\sum I_{\lambda} = \sum I_{\text{出}}$$

根据基尔霍夫电流定律，图 1-3 中节点  $a$  的节点方程为：

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

电路中的每一分支称为支路，支路是构成节点的基础，一条支路流过同一个电流，称为支路电流；在图 1-3 所示的电路中，共有三个支路，分别为： $ab$ 、 $acb$ 、 $adb$ 。

电路中三条或三条以上的支路相连接的点称为节点；图示电路有两个节点： $a$  和  $b$ 。

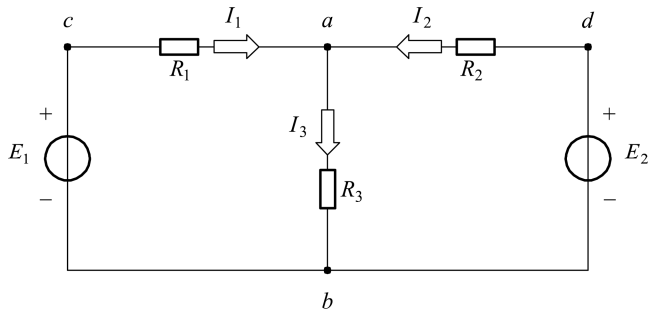


图 1-3 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律的推广：

基尔霍夫电流定律通常应用于节点，但也可以应用于包围部分电路的任一假设的闭合面。

具体表述如下：在任一瞬时，通过任一闭合面的电流的代数和恒等于零，或者说在任一瞬时，流向某一闭合面的电流之和应该等于由闭合面流出的电流之和。

基尔霍夫电流定律通常应用于节点，但也可以应用于包围部分电路的任一假设的闭合面。

具体实例如图 1-4 所示。

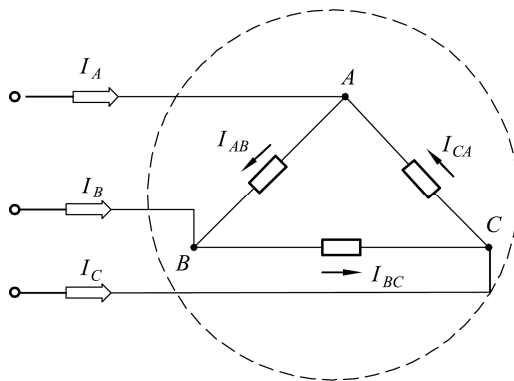


图 1-4 基尔霍夫电流定律推广

在图 1-4 所示电路中，闭合面包围的是一个三角形电路，从节点定义出发，它有 A、B、

C 三个节点，分别应用基尔霍夫电流定律如下：

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB}$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

将上面三式相加，便得：

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

式中： $I_A$ 、 $I_B$ 、 $I_C$ 均为流入电流。

### 3. 基尔霍夫电压定律

在任一瞬时，沿任一回路循行方向（顺时针方向或逆时针方向），回路中各段电压的代数和恒等于零，即：

$$\sum U = 0$$

【例 1-1】如图 1-5 所示电路中， $U_{S1}=100\text{ V}$ ， $U_{S2}=150\text{ V}$ ， $R_1=15\ \Omega$ ， $R_2=25\ \Omega$ ， $R_3=40\ \Omega$ ， $R_4=20\ \Omega$ ，试求电路中的电流  $I$ ，以及  $A$ 、 $B$  两点间的电压  $U_{AB}$ 。

解：设回路绕行方向为虚线与回路电流参考方向一致，由 KVL 定律，列回路电压方程如下：

$$IR_1 + IR_2 + IR_3 + IR_4 = U_{S1} - U_{S2}$$

则：

$$I = \frac{U_{S1} - U_{S2}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{100 - 150}{15 + 25 + 40 + 20} = \frac{-50}{100} = -0.5\text{ A}$$

$$U_{AB} = U_{S2} + IR_2 + IR_3 = 150 + (-0.5) \times 25 + (-0.5) \times 40 = 117.5\text{ V}$$

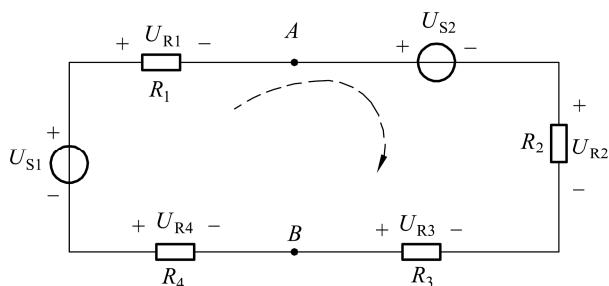


图 1-5 基尔霍夫电压定律

## 第二目 电路基本分析方法

### 一、支路电流法

支路电流法的基本内容是：以电路中所有支路的电流为未知数，通过列写节点的 KCL 方程和回路的 KVL 方程构成方程组，从而求解出各支路电流。然后，可以根据支路电流求解电路的电压、功率等其他参数。

支路电流法的解题步骤如下：

- (1) 判断电路的支路数  $b$ 、节点数  $n$ ，并假设各支路的电流及方向。该方向称为参考方向。
- (2) 列写  $(n-1)$  个节点的 KCL 方程。

当电路中有  $n$  个节点时，只能列写出  $(n-1)$  个独立的节点方程。第  $n$  个节点的方程是非独立方程，对于求解未知电流没有意义。

- (3) 选定  $b-(n-1)$  个独立回路，列写回路的 KVL 方程。

所谓独立回路是指所选回路中包含一条其他回路所没有的新支路。只有根据独立回路列



写的方程才是独立方程。

(4) 联立方程求解。

将第(2)、(3)步所列写的  $b$  个独立方程联立求解，可以解出各支路电流。若电流为正，说明实际电流方向与参考方向相同；若电流为负，说明实际电流方向与参考方向相反。

(5) 如果需要，再根据支路电流解出电路的其他参数。

【例 1-2】如图 1-6 所示电路中，已知图中， $U_{S1}=130\text{ V}$ ， $U_{S2}=117\text{ V}$ ， $R_1=1\ \Omega$ ， $R_2=0.6\ \Omega$ ， $R_3=24\ \Omega$ 。求各支路电流。

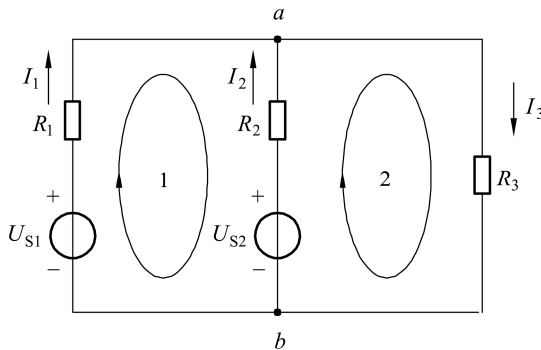


图 1-6 支路电流

解：(1) KCL 方程。

对于节点  $a$ ：

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad (1-2)$$

(2) KVL 方程。

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = U_{S1} - U_{S2} \quad (1-3)$$

$$I_2 R_2 + I_3 R_3 = U_{S2} \quad (1-4)$$

代数解式 (1-2)、(1-3)、(1-4) 组成的方程组：

$$I_1 - 0.6I_2 = 130 - 117$$

$$0.6I_2 + 24I_3 = 117$$

解得： $I_1 = 10 \text{ A}$

$$I_2 = -5 \text{ A}$$

$$I_3 = 5 \text{ A}$$

## 二、节点电压法

在复杂直流电路计算中，有时会碰到这样的电路，其支路较多而节点很少，对于这样的电路，用节点法计算较为简单。

如图 1-7 所示，这个电路具有两个节点  $A$ 、 $B$  两个节点之间的电压称为节点电压。节点电压法以节点电压为未知量，先求出节点电压，再根据含源电路欧姆定律求出各支路电流。

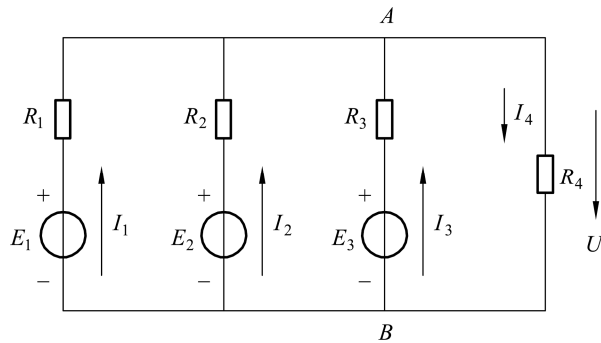


图 1-7 节点电压法

用节点电压法解题的步骤如下：