

# 电能表错误接线 快速判断方法

雷君召 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 电能表错误接线 快速判断方法

雷君召 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以正确计量装置接线方式为依据,通过对各种错误接线方式进行分析与判断,同时根据现场电能计量装置实际运行情况,结合计量装置错误接线实例,重点对电压互感器与电流互感器一次侧、二次侧各种错误接线方式进行分析,从而达到快速判断计量装置错误接线并加以修正的目的。

全书共分七章,包括基础知识、电能计量装置的正确接线及向量关系、三相电能表接线相序的快速判断方法、电能表错误接线快速判断方法、互感器错误接线的快速判断方法、电能表常见错误接线电量更正分析、电能计量装置错误接线典型案例分析。

本书主要适合现场装表接电人员、用电检查人员及计量工作人员阅读,也可供相关专业人员参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

电能表错误接线快速判断方法/雷君召编. —北京:中国电力出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-5123-5229-2

I. ①电… II. ①雷… III. ①电子式电度表—导线连接  
IV. ①TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 280288 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色系列有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2014 年 10 月第一版 2014 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.25 印张 163 千字

印数 0001—2000 册 定价 20.00 元

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



# 前 言

---

电能计量是电力商品交易中的“一杆秤”，其准确与否直接涉及供用电双方的经济效益。电能表的错误接线将会给电能计量带来很大的误差。因此，交流电能表的正确接线是保证电能表准确计量的首要条件。对于电能表的错误接线，不但要善于发现和及时纠正，而且要求工作人员对错误的接线方式作出快速的判断，同时，还要善于根据错误的接线方式绘制出相应的相量图并进行分析，最终达到电能更正的目的。

目前，国内虽然有很多关于电能计量装置接线方面的书籍，但涉及对错误接线快速判断方法及实际工作中案例的却相对较少。为了帮助广大计量技术人员快速掌握电能表错误接线的判断分析方法以及因电能表错误接线所引起的电能纠纷处理方法，特编写本书。

本书共分七章，包括基础知识、电能计量装置的正确接线及向量关系、三相电能表接线相序的快速判断方法、电能表错误接线快速判断方法、互感器错误接线的快速判断方法、电能表常见错误接线电量更正分析、电能计量装置错误接线典型案例分析。

本书所介绍的电能表错误接线，大部分是编者多年来在实际工作中的经验积累，同时也选用了有关书刊上介绍的部分错误接线。本书在编写过程中，得到同仁们的热情帮助、支持和鼓励，在此，一并表示由衷的感谢！

由于时间仓促和水平所限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 6 月

# 目 录

## 前言

|     |                                    |    |
|-----|------------------------------------|----|
| 第一章 | 基础知识 .....                         | 1  |
|     | 第一节 正弦交流电的基本概念 .....               | 1  |
|     | 第二节 向量的基本概念和运算方法 .....             | 7  |
|     | 第三节 向量图的正确画法 .....                 | 12 |
|     | 第四节 三相负载电路 .....                   | 19 |
|     | 第五节 电能计量装置的概述 .....                | 22 |
| 第二章 | 电能计量装置的正确接线及向量关系 .....             | 34 |
|     | 第一节 单相有功电能表的正确接线及向量<br>关系 .....    | 34 |
|     | 第二节 三相四线制有功电能表的正确接线及<br>向量关系 ..... | 36 |
|     | 第三节 三相三线制有功电能表的正确接线及<br>向量关系 ..... | 40 |
| 第三章 | 三相电能表接线相序的快速判断方法 .....             | 45 |
|     | 第一节 三相交流电的相序及向量关系 .....            | 45 |
|     | 第二节 三相电能表接线的正相序及向量关系 .....         | 47 |
|     | 第三节 三相电能表接线的负相序及向量关系 .....         | 49 |
|     | 第四节 三相电能表接线相序的快速判断方法 .....         | 51 |
|     | 第五节 三相电能表接线相序的快速判断方法<br>实例分析 ..... | 54 |
| 第四章 | 电能表错误接线快速判断方法 .....                | 62 |
|     | 第一节 电能表错误接线分析判断步骤及实例               |    |

|             |                                   |            |
|-------------|-----------------------------------|------------|
|             | 分析 .....                          | 62         |
| 第二节         | 三相三线电能表错误接线常用的分析<br>方法 .....      | 76         |
| 第三节         | 实例分析 .....                        | 86         |
| <b>第五章</b>  | <b>互感器错误接线的快速判断方法 .....</b>       | <b>102</b> |
| 第一节         | 电压互感器错误接线的快速判断<br>方法 .....        | 102        |
| 第二节         | 电流互感器错误接线的快速判断<br>方法 .....        | 128        |
| <b>第六章</b>  | <b>电能表常见错误接线电量更正分析 .....</b>      | <b>141</b> |
| 第一节         | 错误接线方式下电量的更正方法 .....              | 141        |
| 第二节         | 单相有功电能表错误接线方式下的<br>电量分析 .....     | 145        |
| 第三节         | 三相四线制有功电能表错误接线方式<br>的电量分析 .....   | 147        |
| 第四节         | 三相三线制有功电能表常见错误接线<br>及更正系数分析 ..... | 156        |
| <b>第七章</b>  | <b>电能计量装置错误接线典型案例剖析 .....</b>     | <b>175</b> |
| 第一节         | 三相四线制有功电能表错误接线案例<br>分析 .....      | 175        |
| 第二节         | 三相三线制电能表的错误接线案例<br>分析 .....       | 177        |
| <b>参考文献</b> | .....                             | <b>193</b> |

# 第一章

## 基础知识

### 第一节 正弦交流电的基本概念

#### 一、交流电的概念

直流电的大小和方向是不随时间变化的。交流电与直流电的区别在于交流电的大小和方向均随时间有规律地作周期性变化。一般交流电是遵循正弦函数的变化规律的，因此，交流电即为正弦交流电，正弦交流电的电动势、电压、电流等物理量的大小也是随时间按正弦函数规律作周期性变化的。我们分别称它们为交流电动势、交流电压、交流电流，统称交流电。随时间按照正弦规律变化的电流和电压，写成函数式为

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

式中： $I_m$ 、 $U_m$  分别是交流电流、电压的最大瞬时值，称为最大值，也称为振幅； $i$ 、 $u$  分别为电流、电压的瞬时值，它是时间的函数； $\omega$  是角频率， $\varphi$  是初相角。

#### 二、交流电的周期、频率、角频率

周期、频率和角频率是用来衡量交流电变化快慢的三种表示方式。

把交流电变化一周所需要的时间称为周期，用字母  $T$  表示，单位是秒（s）。周期越短，表明交流电变化越快。

在单位时间内交流电重复变化的周期数叫做频率，用字母  $f$  表示，单位是赫兹（Hz）。频率越高，表明交流电变化越快。如图 1-1 所示的交流电，在 1s 内重复变化了 2 次，频率  $f=2\text{Hz}$ ，

每变化一次，所需时间就是 $\frac{1}{2}$ s，则周期 $T=\frac{1}{2}$ s。由此可见，周期和频率互为倒数关系，即 $T=\frac{1}{f}$ 、 $f=\frac{1}{T}$ 。

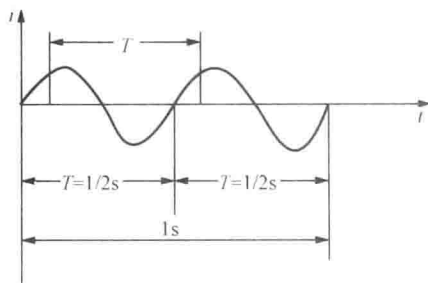


图 1-1 周期、频率关系图

交流电变化一周，相当于电角度（ $\omega t$ ）变化了 $2\pi$ 弧度。交流电的角频率 $\omega$ 就是单位时间内交流电变化的角度，单位是弧度/秒（rad/s）。因此，角频率 $\omega$ 和周期、频率的关系为 $\omega = \frac{2}{T}\pi = 2\pi f$ 。我国电力网的交流电频率为50Hz，我们习惯上称其为工业频率，简称“工频”。

### 三、相位和初相角

正弦交流电压的数学公式为： $u=U_m\sin(\omega t+\varphi)$ ，而 $\omega t+\varphi$ 是一个角度，它是时间的函数。对应于确定的时间 $t$ ，就有一个确定的角度，说明在这段时间内交流电变化的角度，故 $\omega t+\varphi$ 是表示正弦交流电变化进程的量，称为相位或相角。

### 四、交流电的相位差

两个或两个以上同频率正弦交流电的相位之差称为相位差。在电能表的接线向量分析中，经常会遇到研究同一个交流电的电压与电流之间的相位关系，用字母 $\varphi$ 表示。如已知一交流电的电压 $u$ 和电流 $i$ 的数学表达式分别为

$$u=U_m\sin(\omega t+\varphi_u)$$

$$i=I_m\sin(\omega t+\varphi_i)$$

它们的角频率  $\omega$  相同，但初相角不同，其相位差是

$$\varphi = (\omega t + \varphi_u) - (\omega t + \varphi_i) = \varphi_u - \varphi_i$$

由此可见，相位差就是两个同频率正弦交流电的初相角之差。

## 五、交流电的有效值

交流电的瞬时值是随时间而变的，最大值虽然是一个不随时间而变的定值，但它实际上也是一个瞬时值，只不过是瞬时值中最大的一个而已。因此，当我们要衡量交流电的大小或做功的能力时，既不能用瞬时值来描述，也不能用最大值来描述。为此，定义出一个衡量交流电大小的量值——有效值。

### 1. 有效值的定义

在阻值相同的两电阻元件中，分别通入直流电流  $I$  和交流电流  $i$ 。如果在相同的时间里，这两个电流所产生的热量相同，则交流电流  $i$  的有效值就等于这个直流电流  $I$  的大小。

从这个定义中可以看出，所谓有效值，是指热效应方面，交流电流与相应的直流电流表具有相同的效果。

交流电动势和交流电压有效值的意义与交流电流有效值的意义相同。

例如：220V、25W 的电烙铁，把它分别接在 220V 直流电源上和有效值为 220V 的交流电源上，其发热程度是一样的；同样，两只灯泡分别接在 220V 的直流电源上和接在有效值为 220V 的交流电源上，其发光的亮度也是一样的。

交流电动势、电压和电流的有效值分别用字母  $E$ 、 $U$  和  $I$  表示。

### 2. 有效值与最大值之间的关系

有效值可以从最大值求出，它们的关系是：各正弦量的有效值分别等于其最大值的  $1/\sqrt{2}$  倍。关系式为

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

式中： $I$ 、 $U$  为有效值； $I_m$ 、 $U_m$  为最大值。

由于最大值是与时间、角频率和初相无关的定值，所以有效值也是与时间、角频率和初相无关的定值。

**【例 1-1】** 已知电压  $u = 311 \sin\left(314t + \frac{\pi}{2}\right) \text{V}$ ，求它的最大值和有效值。

**解** 最大值  $U_m = 311 \text{V}$

$$\text{有效值 } U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{311}{\sqrt{2}} \approx 220 \text{V}$$

平常所说的交流电流、电压和电动势的数值，如无特别声明，指的都是有效值。例如我们说交流电路中某两点间电压为 100V，某支路电流为 1A，指的就是电压有效值为 100V，电流有效值为 1A。交流电流表和交流电压表测量出的数值也分别是交流电流和交流电压的有效值。还有交流电气设备铭牌上所标出的额定电压、额定电流值，一般都是有效值。

例如，电灯泡上标的 220V，也是指其额定电压有效值为 220V。

## 六、三相交流电压及其向量关系

### 1. 三相交流电

三相交流电压和三相交流电流统称为三相交流电。三相交流电电压是由三相发电机产生的。三相发电机有三个绕组，三相绕组按一定的方式连接成星形或三角形。实际上三相发电机每相的电动势只是一个近似的正弦电动势，因而三相电动势合起来并不绝对等于零，在三角形回路中可能出现环流。所以发电机绕组很少接成三角形。三相绕组各在空间和时间上彼此相差  $120^\circ$ 。因此可以提出三个具有相同频率和振幅、相位上互差  $120^\circ$  的交流电压。如以 A 相电压瞬时值为参考正弦量，其瞬时值表示式为

$$u_{AN} = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$u_{BN} = U_m \sin(\omega t + \varphi - 120^\circ)$$

$$u_{CN} = U_m \sin(\omega t + \varphi + 240^\circ)$$

三相绕组电压关系如图 1-2 所示。

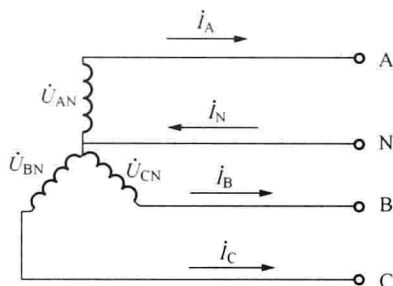


图 1-2 三相绕组电压关系

每根端线与中线之间的电压为相电压，用  $U_{AN}$ 、 $U_{BN}$ 、 $U_{CN}$  分别表示 A、B、C 相的相电压。三相电源中任意两根端线间的电压称为线电压用  $U_{AB}$ 、 $U_{BC}$ 、 $U_{CA}$  分别表示。

## 2. 三相交流电压及其向量关系

三相三线制系统对称时，其三相相电压和线电压的向量关系如图 1-3 所示。

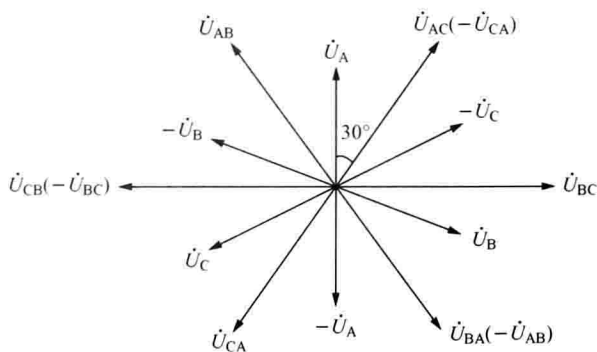


图 1-3 三相交流电压及其向量关系

从向量图中可以看出，三相相电压和线电压的相角关系是：线电压  $\dot{U}_{AB}$ 、 $\dot{U}_{BC}$ 、 $\dot{U}_{CA}$  分别超前相应的相电压  $\dot{U}_A$ 、 $\dot{U}_B$ 、 $\dot{U}_C$   $30^\circ$ 。

相电压 $\dot{U}_A$ 、 $\dot{U}_B$ 、 $\dot{U}_C$ 也互差 $120^\circ$ ，同样线电压 $\dot{U}_{AB}$ 、 $\dot{U}_{BC}$ 、 $\dot{U}_{CA}$ 彼此相差 $120^\circ$ 。 $-\dot{U}_A$ 、 $-\dot{U}_B$ 、 $-\dot{U}_C$ 亦彼此相差 $120^\circ$ ，它们分别与 $\dot{U}_A$ 、 $\dot{U}_B$ 、 $\dot{U}_C$ 互差 $180^\circ$ （即反相）。

三相系统对称时，线电压关系为 $U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=U$ ，相电压关系为 $U_A=U_B=U_C=U_x$ ，两式中， $U=\sqrt{3}U_x$ （ $U_x$ 为相电压）。

在三相三线制或三相四线制电路中，不论三个线电压是否对称，三个线电压的向量和均等于零，即

$$\dot{U}_{AB}+\dot{U}_{BC}+\dot{U}_{CA}=0$$

在三相四线制中，当三个相电压对称时，三个相电压的向量和等于零，即 $\dot{U}_A=\dot{U}_B=\dot{U}_C=0$ 。

### 3. 三相交流电流及其向量关系

在三相系统对称时，三相相电流与线电流的向量关系如图1-4所示。

在三相四线电路中，三相电流对称或中性线上没有电流，则 $\dot{I}_a+\dot{I}_b+\dot{I}_c=0$ ，若中性线有电流，则 $\dot{I}_a+\dot{I}_b+\dot{I}_c\neq 0$ 。在三相三线电路中，不论三相电流是否对称， $\dot{I}_a+\dot{I}_b+\dot{I}_c=0$ 。

三相三线电路电流关系如图1-5所示，由图可知，三相三线电流有如下向量和相角关系。

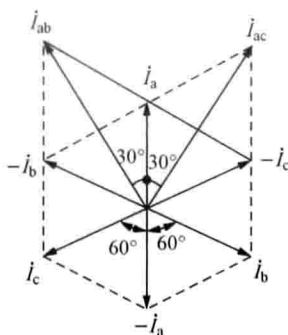


图1-4 三相对称交流电流及其向量关系

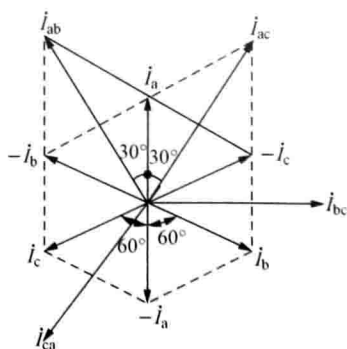


图1-5 三相三线电路电流关系

向量关系

$$\begin{aligned}\dot{I}_a + \dot{I}_c &= -\dot{I}_b \\ \dot{I}_b &= -\dot{I}_a - \dot{I}_c \\ \dot{I}_a - \dot{I}_c &= \sqrt{3} \dot{I}_a = \sqrt{3} \dot{I}_c \\ \dot{I}_{ab} &= \sqrt{3} \dot{I}_a = \sqrt{3} \dot{I}_b \\ \dot{I}_{ac} &= \sqrt{3} \dot{I}_a = \sqrt{3} \dot{I}_b\end{aligned}$$

相角关系：线电流  $\dot{I}_{ab}$ 、 $\dot{I}_{bc}$ 、 $\dot{I}_{ca}$  分别超前相应相电流  $\dot{I}_a$ 、 $\dot{I}_b$ 、 $\dot{I}_c$   $30^\circ$ ；相电流彼此相差  $120^\circ$ ；线电流彼此也相差  $120^\circ$ 。

## 第二节 向量的基本概念和运算方法

### 一、向量的基本概念

在交流电路中，经常要进行交流电压或交流电流之间的加、减运算。在正弦交流电路中，电压和电流是按正弦规律变化的，而且电路中的几个正弦量之间常常又不是同相位的，当然最大值就不是同时出现，所以就不能简单地将几个正弦量的最大值（或有效值）直接进行加减，而只能用三角函数式波形图来计算正弦量的瞬时值，然后再求出它们的有效值。

**【例 1 - 2】** 有两个同频率的已知正弦电压  $u_1 = 150\sqrt{2}\sin(\omega t + 37^\circ)$ ， $u_2 = 220\sqrt{2}\sin(\omega t + 60^\circ)$ ，计算两相电压之和。

$$\begin{aligned}u &= u_1 + u_2 \\ &= 150\sqrt{2}\sin(\omega t + 37^\circ) + 220\sqrt{2}\sin(\omega t + 60^\circ) \\ &= 363\sqrt{2}\sin(\omega t + 50.7^\circ)\end{aligned}$$

求  $u_1$  和  $u_2$  两电压之和需要进行三角运算，即用三角函数公式进行展开、并项、化简才得出其结果，这样整个计算过程比较繁琐。用波形图来求两个电压之和更是麻烦，而且不准确。人们在实践中发现，正弦量的各种特点可以用向量表示，于是在交流电路中，就可应用向量来代替正弦量，使正弦量的运算

简化为向量运算。这样使分析、计算大为简化。

**【例 1-3】**  $u = u_1 + u_2 = 150\sqrt{2}\sin(\omega t + 37^\circ) + 220\sqrt{2}\sin(\omega t + 60^\circ)$ ，用向量运算求两电压之和。

计算过程如图 1-6 所示。

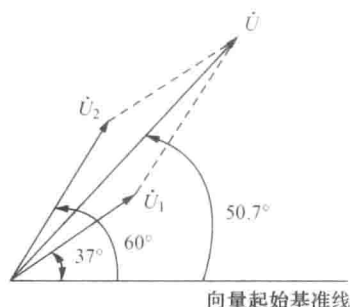


图 1-6 电压向量运算关系

所谓向量就是既有大小又有方向的量，换句话说，向量既表示量的大小又表示量的方向或时间的先后。在交流电路中，交流电压、电流、磁通等量比较时，不但有大小，而且时间上有先后，即所谓超前和滞后，也就是说它们具有不同的相位关系，所以它们也是向量。

规定起始相角等于  $0^\circ$  是标准方向，它是向右的水平方向。当箭头指向左边方向，这个向量的起始相位就是  $180^\circ$ 。因为在直线上加了箭头好似一支箭，所以向量还可以称矢量。

## 二、向量作图的一般规定

(1) 在画向量时，不用正弦交流电的最大值作为代表向量的长度，应按有效值表示向量的长度。

(2) 为了便于比较分析向量，必须选择一个正弦量作为参考向量，例如在三相交流电路中一般选择 A 相电压为参考向量。

(3) 在一个向量图中，同单位量的长度比例应相同。

(4) 向量图中，表示各向量余弦夹角的大小应不大于  $180^\circ$ 。

(5) 几个同相位的向量画法，如  $\dot{U}_1$ 、 $\dot{U}_2$ 、 $\dot{U}_3$  电压向量，可在同一条直线用共同的尾端取带箭头的相应长度来表示几个向

量，如图 1-7 所示。

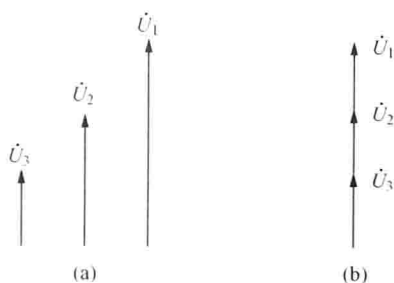


图 1-7 同相位的向量画法

(a) 三个同相位的电压向量；

(b) 三个同相位的电压向量叠加在一条直线上

### 三、运算方法

#### 1. 向量相加

向量  $\dot{A}$  与向量  $\dot{B}$  相加，和为  $\dot{C}$ ，表示为： $\dot{A} + \dot{B} = \dot{C}$ 。

用平行四边形法计算的步骤（见图 1-8）为：

(1) 将向量  $\dot{A}$ 、 $\dot{B}$  尾端画在一点（0 点）上。

(2) 以向量  $\dot{B}$  为参考向量，量出  $\dot{A}$  与  $\dot{B}$  之间的夹角为  $\varphi$ 。

(3) 从 A 点出发作一条虚线与  $\dot{B}$  平行，然后从 B 点出发，作一条虚线与  $\dot{A}$  平行，两条虚线的交点就是 C，从 O 点到 C 点带箭头的线段，就表示向量  $\dot{C}$ ，线段 OC 的长度就是  $\dot{A}$  与  $\dot{B}$  的向量和的大小，它的指向就是向量和  $\dot{C}$  的方向。

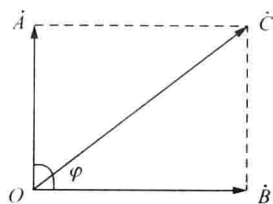


图 1-8 两个向量的相加

当有两个以上的向量相加时，可应用平行四边形法则先求出任意两个向量的和，然后再求这个向量与第三个向量的和（ $\dot{I} = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$ ），依次用下去就得到最后的结果，如图 1-9 所示。

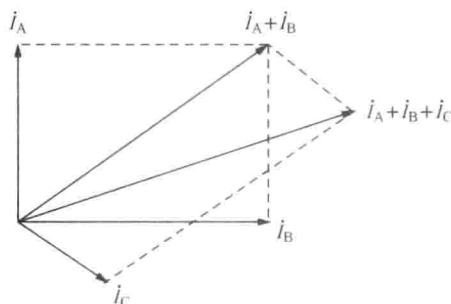


图 1-9 平行四边形法求得三个向量的和

也可以用平移法求相量，方法如下：第一个向量保持不动，只要将第二个向量的尾端接到第一个向量的首端；第三个向量的尾端接到第二个向量的首端，这样一个一个地连接起来，将最后一个向量的首端和第一个向量的尾端连接起来，所得的向量就是所有向量的总和，如图 1-10 所示。

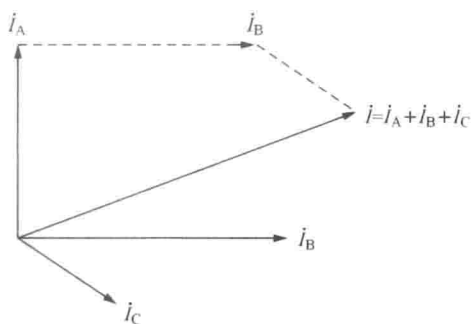


图 1-10 平移法求得三个向量的和

注意：向量的加减有它的特殊规律，不能直接将向量的大小相加或相减。而应考虑各量之间的方向（相位）进行加减。

在运用平行四边形法和平移连接法进行向量求和的运算时，注意以下几点：

- (1) 各已知向量的大小和方向不能改变。
- (2) 向量相加只适用于同频率和同单位。例如，50Hz 的电

压向量不能与 60Hz 的电压向量相加；同频率的电压向量不能与电流向量相加。

(3) 两个同相位的向量相加，可直接将向量的大小相加，且两个向量和的方向相同。

(4) 两个反相（即相角差等于  $180^\circ$ ）向量相加时，其向量和等于它们的大小之差，向量和的方向与其中较大的一个向量的方向相同。

(5) 如果用测量的方法来确定向量，已知向量的大小和方向都要画得准确，否则结果就不正确。

## 2. 向量相减

两个向量相减，可以运用向量相加运算法则。如  $\dot{C} = \dot{A} - \dot{B} = \dot{A} + (-\dot{B})$ ，表明进行向量相减时，先将被减的一个向量的方向旋转  $180^\circ$ ，再用向量的加法运算，如图 1-11 所示。

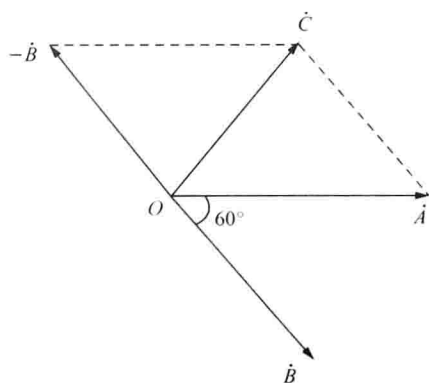


图 1-11 两个向量相减

具体方法：

(1) 使向量  $\dot{A}$  的方向保持不变。

(2) 将被减向量  $\dot{B}$  的方向转  $180^\circ$ 。

(3) 作出平行四边形  $OAC-BO$ ，连接  $OC$ ，便得到向量  $\dot{C}$ ，即  $\dot{C} = \dot{A} - \dot{B} = \dot{A} + (-\dot{B})$ 。