

电能计量

接线

技术手册

李兆华 李 斌 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电能计量

接线

技术手册

李兆华 李斌 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

随着全国供用电量不断增长,电能计量装置的接线、安装、运行、检修和校验等需求日益增长,因此要求电能计量人员操作技能和技术监督水平不断提高,现根据现行电能计量装置技术管理规程、安装接线规则、设计技术规程和检验规程等要求,并与《电能计量技术手册》、《电能计量技能考核培训教材》相配套,组织编写《电能计量接线技术手册》一书。

本手册共五章,主要介绍三相三线有功、无功电能表接线,电能表用电流互感器和电压互感器原理,电能表用电流互感器和电压互感器接线,三相三线有功电能表和互感器错误接线实例分析及计费(七十一例),三相三线 60°无功电能表和互感器错误接线实例分析及计算(十例)。

本手册可作为电力企业特别是供用电企业、农电企业和供电营业所从事电能计量及其装置的接线、安装、运行、维护、检修、校验和装表接电、用电检查、用电营业与抄表核算收费等人员、技术人员和管理人员的必备工具书,也可作为电能计量技术监督参考书和电能计量培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量接线技术手册/李兆华,李斌编. —北京:中国电力出版社, 2011. 8

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2082 - 6

I. ①电… II. ①李…②李… III. ①电能计量 - 接线法 - 技术手册 IV. ①TM933. 4 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 177953 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 2 月第一版 2012 年 2 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.75 印张 202 千字
印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

2001 年 6 月编著出版《电能计量技术手册》到现在 2011 年 6 月已经是十年多了。在这十年里得到广大读者的阅读和应用有一定收效，但还有很多技术问题没有解决，特别是高压电能表、电流、电压互感器的接线问题、电能计量装置的接线问题，例如电压二次回路导线是 U、V、W 三相共 3 条线，电流二次回路导线是 U、W 两相共 4 条线，总共是 7 条线，正确的接线只有一种，其余错误的接线有 70 多种，所以很容易接错线，接错线会使其多计电量或少计电量，对供电部门会少收电费或多收电费，对用电户也影响电费缴交，特别容易发生少计电量，影响电能损耗增加，减少经济效益。

错误接线使电能计量装置产生的误差很大，比电能表本身的误差大几百倍，因此对计量装置错误接线，不但要善于和及时发现而且要及时改正处理。同时要根据错误接线图，绘制出相量图，并且进行分析计算，求出更正系数，计算出用电户正确的电量进行对用电户追补电费，及时处理因电能表错误接线所引起的电能计量纠纷。

本书所介绍的电能计量装置接错线大部分是笔者在多年来在实际工作中所遇到的实际原例，且对错误接线进行测试、分析、计算、更正、恢复正常计量的案例。由于时间有限和水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正，谢谢！

编 者

2011 年 8 月

目 录

前 言

第一章 三相三线有功、无功电能表接线	1
第一节 电能计量技术知识	1
第二节 三相三线有功电能表结构	3
第三节 三相三线有功电能表接线原理	4
第四节 三相三线 60° 无功电能表结构	6
第五节 三相三线 60° 无功电能表接线原理	6
第六节 三相三线有功、无功电能表和电流、电压 互感器接线方式	8
第二章 电能表用电流互感器和电压互感器原理	14
第一节 电流互感器结构和原理	15
第二节 电流互感器相量及误差	17
第三节 电流互感器误差影响因素和减小误差措施	20
第四节 电压互感器结构原理	21
第五节 电压互感器相量及误差	23
第六节 电压互感器误差影响因素和减小误差措施	24
第三章 电能表用电流互感器和电压互感器接线	26
第一节 电流互感器接线方式	26
第二节 电压互感器接线方式	31
第四章 三相三线有功电能表和互感器错误接线实例分析 计算及计费	40
第一节 第一至二十例错误接线	40

第二节	第二十一至四十例错误接线	89
第三节	第四十一至六十例错误接线	139
第四节	第六十一至七十一例错误接线	188
第五章	三相三线60°无功电能表和互感器错误接线实例	
	分析及计算	215
第一节	第一至五例错误接线	215
第二节	第六至十例错误接线	224
附录A	三相三线有功电能表和互感器错误接线实例分析	
	计算及计费目录	235
附录B	三相三线60°无功电能表和互感器错误接线实例	
	分析及计算目录	239

第一章 三相三线有功、 无功电能表接线

第一节 电能计量技术知识

电能计量装置包括电能表、电流互感器、电压互感器、二次连接导线、接线盒等装置。

电能计量装置的选配、安装、地点设置、连接方式等组成，称为电能计量方式。

电能计量工作人员不仅要创造条件使用户用电计量准确合理计收电费，而且要对电网供应电能数量进行准确记录、准确计算线损。

一、电能表的标称有关计算的数据（电能表铭牌上标志及数据）

（1）准确等级：将等级的数字标志在一个圆圈内，如 2.0 级电能表，其符号用②表示。

（2）计量单位名称或符号：有功用“千瓦·时”或“kWh”，无功用“千乏·时”或“kvarh”。

（3）电能表的常数：有功电能表标明每千瓦·时转盘的转数即“r/kWh”；无功电能表标明每千乏·时转盘的转数即“r/kvarh”。

（4）电能表的主要指标数据，额定电压（V），标定电流（A），额定最大电流（A），频率应为 50Hz。

二、用秒表（用手表的秒针亦可）测量用电户的负荷数量多少来核对用户的用电量多少的计算公式

$$\text{功率 } P = \frac{n \times 3600 \times K_I}{C \times t}$$

$$t = \frac{n \times 3600 \times K_I}{C \times P}$$

式中 K_I ——电流互感器变比；

C ——电能表常数；

t ——时间。

三、三相负荷平衡时，三相交流有功电功率计算公式（三线制电路）

$$P = \sqrt{3} U_L I_\varphi \cos \varphi$$

如计算电量时乘上时间 t

$$W_3 = \sqrt{3} U_L I_\varphi t \cos \varphi$$

四、三相四线制电路

$$W_4 = 3 U_0 I_\varphi t \cos \varphi$$

五、三相三线制电路（无功）

$$Q_3 = \sqrt{3} U_L I_\varphi t \sin \varphi$$

六、三相四线电路（无功）

$$Q_4 = 3 U_0 \times I_0 t \sin \varphi$$

七、有关计算接错线需要使用的三角函数公式

$$(1) \cos(90^\circ - \varphi) = \sin \varphi$$

$$\cos(90^\circ + \varphi) = -\sin \varphi$$

$$(2) \sin(90^\circ - \varphi) = \cos \varphi$$

$$\sin(90^\circ + \varphi) = \cos \varphi$$

$$(3) \cos(A + B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$$

$$\cos(A - B) = \cos A \cos B + \sin A \sin B$$

(4) 正弦和余弦的三角函数值，如表 1-1 所示。

表 1-1

φ	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	φ	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$
0°	0	1	210°	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$
30°	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	240°	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	$-\frac{1}{2}$
60°	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$	270°	1	0
90°	1	0	300°	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$
120°	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$	330°	$-\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
150°	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	360°	0	1
180°	0	-1			

第二节 三相三线有功电能表结构

三相三线有功电能表，其结构由两组电磁驱动元件和转动元件构成，转动元件可分为单转盘和双转盘两种。两组驱动元件的电磁转动力矩共同作用在同一个转动元件上，转轴通过蜗轮传动机构和记录器相连，转盘转动计量三相电路中的有功电量，传递到电能表的记录器上。

由此可知，三相三线有功电能表的计量电量相当于两个单相电能表的组合计量电量，因此三相三线有功电能表的基本性能和转动原理单相有功电能表的相同。但因三相三线有功电能表的两组电磁元件是组合在一起而相互存在干扰的，而单相有功电能表是互相分开的，两者完全不相同。

三相三线有功电能表的电压等级有 380V 和 100V，380V 为低压电能表，100V 为高压电能表。

第三节 三相三线有功电能表接线原理

三相三线有功电能表和电流互感器、电压互感器的接线方式如图 1-1 (a) 所示。

三相三线有功电能表接线第一元件，电压线圈是 U_{UV} ，电流线圈是 I_U ，第二元件，电压线圈是 U_{WV} ，电流线圈是 I_W 。

第一元件相量夹角是 $\cos(30^\circ + \varphi_U)$ ，第二元件相量夹角是 $\cos(30^\circ - \varphi_W)$ ，如图 1-1 (b) 所示。

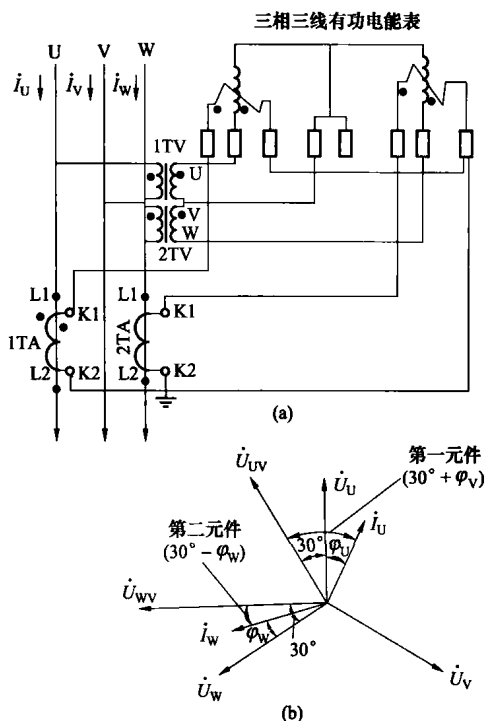


图 1-1

人们用有效值表示的话，根据相量图 1-1 (b)，可知有功电能表两个元件所计量得有功电量，具体内容如下：

第一元件所测得的有功电量为

$$W_1 = U_{UV} I_U t \cos(30^\circ + \varphi_U)$$

第二元件所计量得有功电量为

$$W_2 = U_{WV} I_W t \cos(30^\circ - \varphi_W)$$

两元件计量电量的总数为

$$W = W_1 + W_2$$

$$= U_{UV} I_U t \cos(30^\circ + \varphi_U) + U_{WV} I_W t \cos(30^\circ - \varphi_W)$$

当三相系统完全对称时, 则有

$$U_U = U_V = U_W = U$$

$$I_U = I_V = I_W = I$$

$$\varphi_U = \varphi_V = \varphi_W = \varphi$$

因此两个元件计量的总有功电量为

$$W = W_1 + W_2$$

$$= UI t \cos(30^\circ + \varphi) + UI t \cos(30^\circ - \varphi)$$

$$= \sqrt{3} UI t \cos \varphi$$

总结以上正确的接线要求, 具体内容如下:

(1) 用表计测试电压互感器的极性使其接线正确, 测试相序使其达到正相序。

(2) 用表计测试电流互感器的极性使其接线正确, 核对其相序使其达到正确。

(3) 检查二次导线的截面积达到要求, 连接良好没有断线。

三相三线有功电能表正确接线时, 其计算的公式是

$$W = W_1 + W_2 = \sqrt{3} UI t \cos \varphi$$

更正系数的计算公式是

$$\text{更正系数 } K = \frac{\text{正确电量}}{\text{错误电量}}$$

以上三相三线有功电能表接线正确, 其计量出来的电量是

$W = \sqrt{3} UI t \cos \varphi$, 其更正系数是

$$\text{更正系数 } K = \frac{\text{正确电量}}{\text{正确电量}} = \frac{\sqrt{3} UI t \cos \varphi}{\sqrt{3} UI t \cos \varphi} = 1$$

例：当三相三线有功电能表是正确接线时，其计量的电量是1000kWh，正确电量计算式是什么？

$$\begin{aligned}\text{正确电量(千瓦时)} &= \text{电能表的电量} \times \text{更正系数} \\ &= 1000\text{kWh} \times 1 \\ &= 1000\text{kWh}\end{aligned}$$

答：因为当三相三线有功电能表接线正确时，其更正系数为1，所以其计量出来的电量就是该表的记录的电量，即1000kWh。

第四节 三相三线 60° 无功电能表结构

三相三线 60° 无功电能表（亦称二元件无功电能表）有两组电磁驱动元件和转动元件，为双转盘驱动元件。两组驱动元件的电磁转动转矩共同作用在转动元件上，转轴通过蜗轮传动机构与记录器相连，测量三相电路中的无功电能。

第五节 三相三线 60° 无功电能表接线原理

三相三线 60° 无功电能表和电流互感器、电压互感器的接线方式如图1-2(a)所示。

三相三线 60° 无功电能表接线第一元件电压线圈是 $\dot{U}'_{\text{VW}}$ ，电流线圈是 I_{U} ，第二元件电压线圈是 $\dot{U}'_{\text{UW}}$ ，电流线圈是 $\dot{I}_{\text{W}}$ 。

第一元件的相量夹角是 $\cos(60^\circ - \varphi_{\text{U}})$ ，第二元件的相量夹角是 $\cos(120^\circ - \varphi_{\text{W}})$ ，如图1-2(b)所示。

根据相量图1-2(b)可知，无功电能表两元件所测得的无功电量计算如下：

第一元件所测得的无功电量为

$$Q_1 = U'_{\text{VW}} I_{\text{U}} t \cos(60^\circ - \varphi_{\text{U}})$$

第二元件所测得的无功电量为

$$Q_2 = U'_{\text{UW}} I_{\text{W}} t \cos(120^\circ - \varphi_{\text{W}})$$

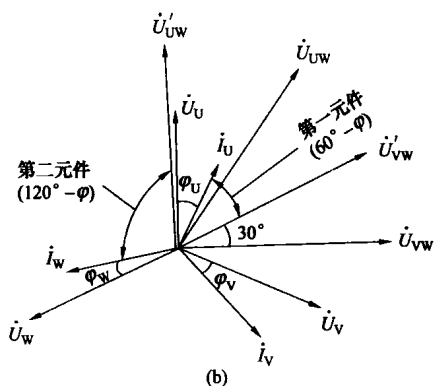
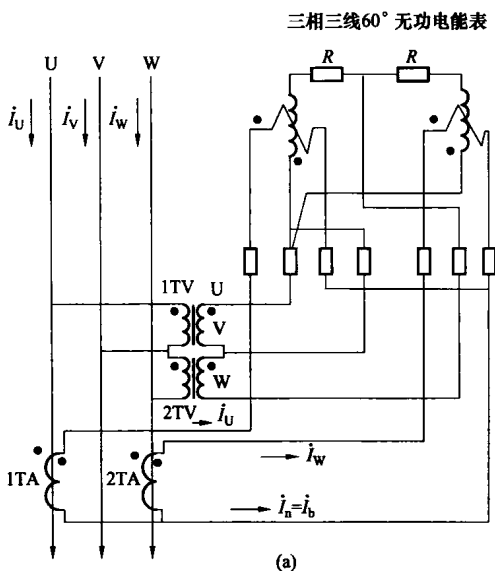


图 1-2

两元件所测得的无功电量之和的计算式为

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$= U'_{VW} I_U t \cos(60^\circ - \varphi_U) + U'_{UW} I_W t \cos(120^\circ - \varphi_W)$$

当三相系统完全对称时, 则有

$$U_U = U_V = U_W = U$$

$$I_U = I_V = I_W = I$$

$$\varphi_U = \varphi_V = \varphi_W = \varphi$$

因此两元件的总无功电量为

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 \\ &= UI t \cos(60^\circ - \varphi) + UI t \cos(120^\circ - \varphi) \\ &= \sqrt{3} UI t \sin \varphi \end{aligned}$$

第六节 三相三线有功、无功电能表和 电流、电压互感器接线方式

电能计量装置是三相三线有功、无功电能表，电流、电压互感器组装起来用导线通过接线盒将其连接起来成为一个电能计量装置，所以在电能表和互感器连接时很容易产生错误的接线，这里提醒读者和工作人员，正确接线只有一种，其他的接线都是错误的，错误的接线会使电能表停止计量，错误的接线会使电能表慢转而少计电量，错接线会使电能表快转多计电量，总的来讲错误接线会使到电能计量不正确，影响用电户的计收电费，影响供电部门的电能损耗计算，以及经济的统计工作。所以人们应特别重视这项工作，加强学习这方面的技术工作，深入研究并采取有效措施，克服种种困难，提高这方面的技能，使电能计量装置计量正确、可靠，减少电能损耗，提高效益。下面分别提供各种接线方式，要求接线正确，方便接线和更换接线以及更正接线。现介绍电能计量装置有功、无功电能表接线图，有缺点的中压有功、无功电能表接线图，有严重缺点的中压有功、无功电能表接线图，正确的接线图四种接线方式。其中，第四种为最好的接线方式。

一、电能计量装置有功、无功电能表接线图

中压是指 10kV 电压的电能计量装置接线的设计。一般有九种接法，有些接线看起来“正确”而且还有很多供电部门、计量柜制造厂都是这样接，但深入分析研究，以上这种错误接线，

是会造成电能表产生负误差即是使电能表少计电量，增加电能损耗。正确和准确的接线就不会产生这种负误差，这种负误差看来很少但中压电能表的户数不少，积少成多，所以必须引起重视，这种正确和准确的接线除了不会产生接线负误差外还有当接线发现错误时方便更正操作。正确和准确的中压有功、无功电能表接线图 1-3 所示。

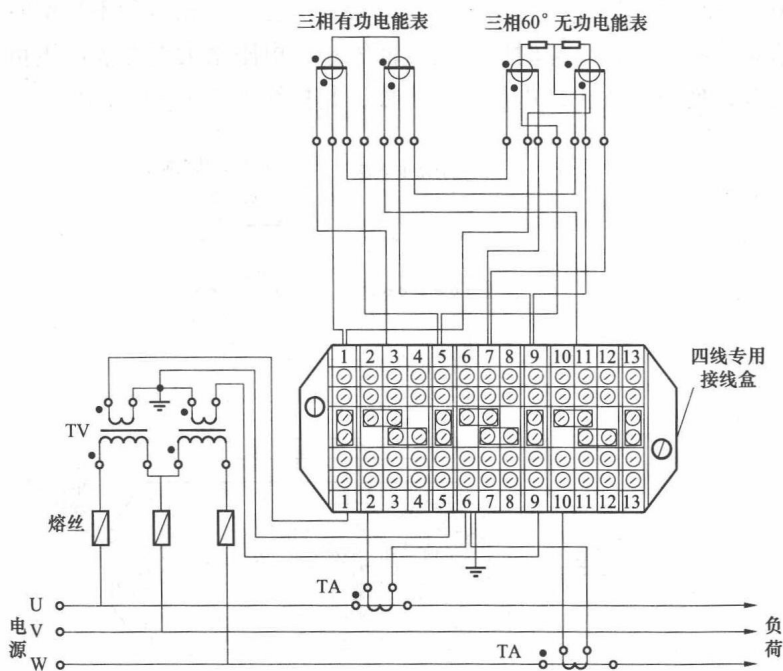


图 1-3

图 1-5 的接线有以下几个特点和优点：

(1) 电能表的电流元件每相单独和电流互感器每相连接，不采用公共线连接，消除导线增加电阻而造成的负误差。

(2) 电能表一、三相电流导线接入接线盒中相上端子孔，电流互感器二次一、三相电流导线接入接线盒中相下端子孔，如图 1-3 所示；方便更正接线的操作，确保安全。

(3) 电流互感器次级负极的接地保护不在电流互感器负极端子接地而是在接线盒中相下端子孔接地如图 1-3 所示。方便更正接线。提高工作效率。

二、有缺点的中压有功、无功电能表接线图

图 1-4 所示的接线有以下几个缺点和弊病：

(1) 电能表的电流一、三相元件负极连接用一条公共线和电流互感器二次一三相的负极相连接，这样当三相负荷不平衡时这条公共线流过电流时因导线截面缩小，电阻增大电能表产生负误差，使电能表少计电量增加线损，其接线如图 1-4 所示。

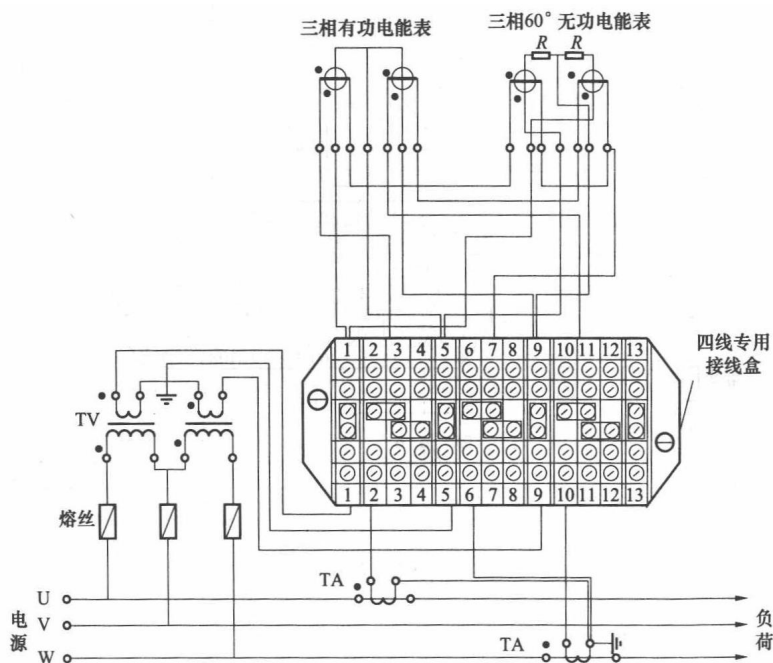


图 1-4

(2) 由于电流互感器的负极是第一、三相互相连接接地出一条公共线到接线盒，如果电流相序和极性接错时，更改时就必须进入计量柜内拆线更改是非麻烦和停电时间长影响工厂生产，

如采用图 1-3 就应用停电源柜只有短时停负荷变压器就可以在接线盒更改即可。

(3) 如图 1-6 接线, 它的第二相和第一、三相电流负极三个电流用一根线导通, 甚至用一根 1.5mm^2 导线导通, 这样的导线的电阻值更大, 产生负误差更大。

(4) 图 1-4 接线不应采用, 应采用图 1-3 接线。保证电能表计量准确、可靠, 操作方便。

三、有严重缺点的中压有功、无功电能表接线图

图 1-5 所示的接线有以下几个缺点:

(1) 图 1-5 电能表接线的缺点和图 1-4 一样, 产生负误差和要更正接线时操作困难。

(2) 在接线盒第一相电流接线端子有着其正极导线和负极导线, 第三相电流接线端子同样是这样接线, 这种接线方便用电

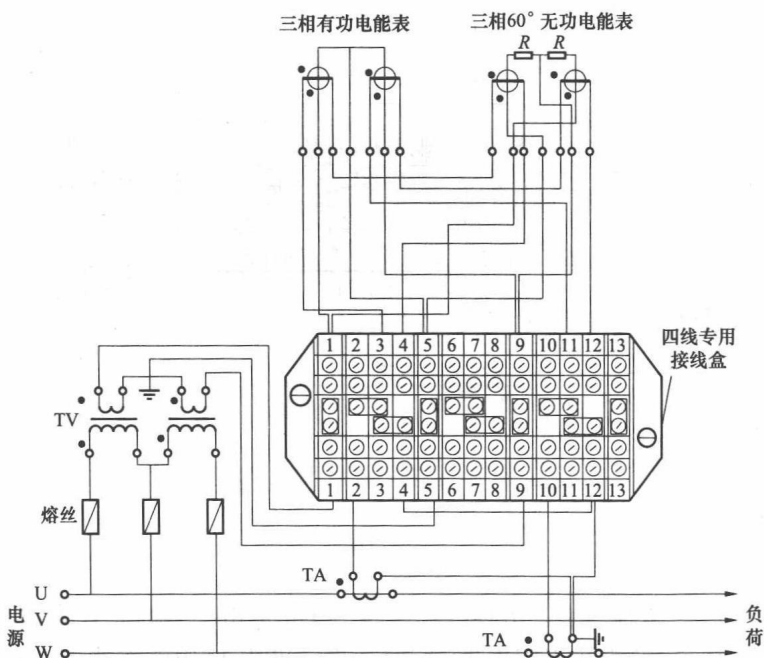


图 1-5