



国家电网
STATE GRID

国网技术学院培训系列教材

电能计量装置接线检查与电能表现场检验

宋文军 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网
STATE GRID

国网技术学院培训系列教材

电能计量装置接线检查与电能表现场检验

宋文军 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为提高培训质量,国网技术学院依据国家电网公司制订的培训方案,结合自身实训设施和培训特点,编写完成了《国网技术学院培训系列教材》。

本书为《国网技术学院培训系列教材 电能计量装置接线检查与电能表现场检验》分册,共分两个项目,主要包括:电能计量装置接线检查,电能表现场检验。

本书可作为电能计量相关专业的培训教学用书,也可作为各电力培训中心及电力职业院校电能计量相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量装置接线检查与电能表现场检验 / 宋文军主编. —北京:中国电力出版社, 2013.4

国网技术学院培训系列教材

ISBN 978-7-5123-4277-4

I. ①电… II. ①宋… III. ①电能—电量测量—导线连接—职业培训—教材 ②电度表—检验—职业培训—教材
IV. ①TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 066073 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>)

北京雁林吉兆印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 5 月第一版 2013 年 5 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 9 印张 115 千字

印数 0001—3000 册 定价 27.00 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

《国网技术学院培训系列教材》

编 委 会

主 任	赵建国	钱 平			
副 主 任	费耀山	程 剑	马放瑞	李勤道	
委 员	康梦君	张效胜	范永忠	石 椿	
	孙明晔	肖成芳	黄保海	马敬卫	
	王立志	陈威斋	冯 靖	张进久	
	马 骐	王立新	王云飞	于洲春	
	杨 健	高建国	陈祖坤	商自申	
	王付生	刘汝水	赵桂廷	刘广艳	
编写组组长	费耀山				
副 组 长	黄保海	高建国			
成 员	宋文军	张银奎	刘海客	康功良	
	施贵军	孟凡利	荆 辉	唐凌佳	
	林南宇	王 焯	赵彩霞	梅喜雪	
	宫志寰	吴丽静	邢成岗	李思同	



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

前 言

为贯彻落实国家电网公司“人才强企”战略，积极服务公司“三集五大”体系建设和智能电网发展对技能人才的需求，打造高素质的技术、技能人才队伍，提升企业素质、队伍素质，增强培训的针对性和时效性，创新国内一流、国际先进的示范性培训专业和标杆性培训项目，国网技术学院组织院内专职培训师、兼职培训师及国家电网公司系统内专业领军人才、生产技术和技能专家，结合国网技术学院实训设施和高技术、高技能员工培训特点，坚持面向现场主流技术、技能发展趋势的原则，编写了《国网技术学院培训系列教材》。

《国网技术学院培训系列教材》以培养职业能力为出发点，注重从工作领域向学习领域的转换，注重情境教学模式，把“教、学、做”融为一体，适应成年人学习特点，以达到拓展思路、传授方法和固定习惯的目的。

《国网技术学院培训系列教材》开发坚持系统、精炼、实用、配套的原则，整体规划，统一协调，分步实施。教材编写针对岗位特点，分析岗位知识、技术、技能需求，强化技术培训、结合技能实训、体现情景教学、覆盖业务范围、适当延伸视野，向参训学员提供全面的岗位成长所需要的素质、技术、技能和管理知识。编写过程中，广泛调研和比较分析现有教材，充分吸取其他培训单位在探索培养高素质的技术技能人才和教材建设方面取得的成功经验，依托行业优势，校企合作，与行业企业共同开发完成。

《国网技术学院培训系列教材》在经过审稿和试用后，已具备出版条件，将陆续由中国电力出版社出版。

本书为《国网技术学院培训系列教材 电能计量装置接线检查与电能表现场检验》分册。全书分为两个项目：项目一由安徽省电力公司培训中心张银奎、梅喜雪，国网技术学院刘海客，福建省电力有限公司福州电业局唐凌佳，江西省电力公司萍乡供电公司林南宇，山西省电力公司运城供电公司王焯，河南省电力公司技术技能培训中心赵彩霞，山东电力集团公司聊城供电公司吴丽静编写。项目二由国网技术学院宋文军、荆辉，陕西省电力公司宝鸡供电公司康功良，辽宁省电力有限公司营口供电局施贵军，河南省电力公司焦作供电公司孟凡利，山东电力集团公司东营供电公司宫志寰，山东电力集团公司日照供电公司邢成岗、李思同编写。全书由国网技术学院宋文军担任主编，陕西省电力公司培训中心杜文学主审、上海市电力公司黄俐萍参审。

由于编者自身认识水平和编写时间的局限性，本系列教材难免存在疏漏之处，恳请各位专家及读者不吝赐教，帮助我们不断提高培训水平。

编者

2012年11月



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

目 录

前言

项目一 电能计量装置接线检查	1
任务一 电能计量装置接线方式基础知识介绍	2
任务二 TA、TV 错误接线情况分析	8
任务三 电能计量装置接线检查方法	19
任务四 电能表接线仿真装置与常用仪表	25
任务五 三相四线电能表错误接线检查常用分析方法与步骤	35
任务六 低压三相四线电能表错误接线检查实训	39
任务七 高压三相四线电能表错误接线检查实训	51
任务八 三相三线电能表错误接线检查常用分析方法与步骤	57
任务九 三相三线电能表 TA 极性反接错误接线检查实训	63
任务十 三相三线电能表 TV 极性反接错误接线检查实训	69
任务十一 错误接线更正系数与退补电量的计算	74
任务十二 仿真实训与考核测评	80
项目二 电能表现场检验	87
任务一 电能表现场检验基础知识介绍	88
任务二 电能表现场检验方法	90
任务三 现场检验设备与仪表使用	95
任务四 电能表现场检验操作步骤与流程	105

任务五 电能表现场检验实际操作	108
任务六 电能表信息与状态识读	116
任务七 检验结果数据修约（化整）	120
任务八 仿真实训与考核测评	123
附录 A 三角函数公式	128
附录 B 接线盒简介	129
参考文献	135



电能计量装置接线检查

【项目描述】

本项目以实际工作为导向，结合基础理论知识，按照操作技能和职业素养训练为一体的思路而进行设计。通过完成规定任务的实训，使学员全面掌握电能计量装置接线检查理论知识和操作技能，从而具备工作岗位所需的相关知识和技能。

【教学目标】

知识目标：

1. 了解电能计量装置停电检查、带电检查的方法和步骤。
2. 理解电能表的正确接线方式，掌握各种错误接线的电参数特征，为错误接线分析打好基础。
3. 掌握电流互感器极性反接、公共线断开，电压互感器一次断线、二次断线、极性反接时，电能表错误接线的分析方法。
4. 掌握相位伏安表测量表尾电参数的步骤及方法、错误接线相量图和电路图绘制方法、错误接线结论判定及接线更正、更正系数与退补电量计算方法等基础理论知识。

能力目标：

1. 了解电能计量装置接线检查基础知识。
2. 理解电能计量装置的正确接线方式以及错误接线带来的后果。



3. 掌握互感器各种错误接线时的测试方法和电能表错误接线的分析方法。
4. 学会常用仪器、仪表的使用方法，掌握相量图法分析三相三线和三相四线电能表各种错误接线的步骤及方法。

【教学环境】

具备电能计量接线仿真装置、相位伏安表、相序表、万用表、验电笔等实训器材。实训室的供电电源应可靠、稳定，具备良好的保护功能，符合电能计量仿真装置安装使用的要求。各仿真装置之间保持一定的安全距离，操作区配备绝缘垫。

任务一 电能计量装置接线方式基础知识介绍

【教学目标】

要求学员全面了解各种电能表的正确接线方式。

【任务描述】

本任务主要讲解各种电能表的正确接线方式，为以后错误接线检查仿真实训提供理论依据。

【任务实施】

通过讲解电能表的工作原理，引导学员全面学习各种电能表的正确接线方式。

【相关知识】

通常把电能表、与电能表配合使用的互感器以及互感器到电能表之间

的二次回路连接线，称为电能计量装置。最简单的电能计量装置就是由一只电能表构成，因此电能表是计量装置的核心，本任务的重点就是了解各种电能表的正确接线方式。

一、直接接入式

1. 单相有功电能表直接接入

单相电路有功电能表的测量可采取单相有功电能表直接接入方式。国产直接接入式电能表应按“单进双出”方法接线，即单数接线柱（1、3进）接电源，偶数接线柱（2、4出）接负载，第一接线柱接相线（火线），第三接线柱接零线。此种接线方法称为“一进一出”接线法，是指表尾的两个接线之内，分别有一个进线和一个出线。单相有功电能表正确接线图如图 1-1 所示。

直接接入式单相电能表的电流线圈应该串接在相线上，若将其反接（串接在零线上，如图 1-2 所示），电能表虽然仍是正转，但是一旦在相线与地之间接有负载，该负载中的电流不流经电能表的电流线圈，就会产生漏计量。

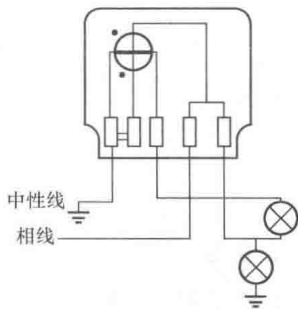
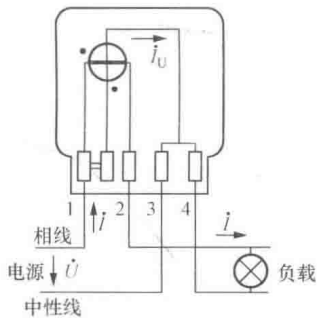


图 1-1 单相有功电能表正确接线图 图 1-2 单相有功电能表电流线圈反接接线图

测量单相电路有功电能的测量如图 1-3 所示。单相有功电能表的电流线圈必须与电源相线串联，电压线圈应跨接在电源端的相线与零线之间，



当负载电流和流经电压线圈的电流都由标有同名端标志的一端流入相应的线圈时，电能表才能正确计量。

按图 1-3 所示接线，电能表测得的有功功率为

$$P=UI\cos\varphi$$

若单相有功电能表有一个线圈极性接反，例如电流线圈，如图 1-4 (a) 所示，则流入电能表电流线圈中的电流方向与图 1-3 中相反，故产生的电能计量结果也相反，如图 1-4 (b) 所示。

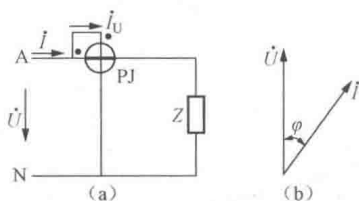


图 1-3 单相有功电能表有功电能的测量

(a) 原理接线图；(b) 相量图

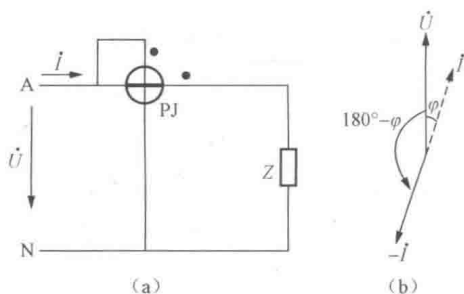


图 1-4 单相有功电能表电流线圈反接时有功电能的测量

(a) 原理接线图；(b) 相量图

在这种情况下，电能表的有功功率为

$$\begin{aligned} P &= UI \cos(180^\circ - \varphi) \\ &= -UI \cos \varphi \end{aligned}$$

其结果会导致电能表反转。

上述结论是针对感应式电能表而言的。对于电子式电能表，多数情况是两条进出线接反时，计数器仍能正确计数。

2. 三相四线有功电能表直接接入

三相四线电路可看作是由 3 个单相电路构成的。因此，可用 1 只三相四线有功电能表（即 3 个驱动元件）或 3 只相同规格的单相电能表来测量

三相四线电路的有功电能，其原理接线图如图 1-5 所示，正确接线图如图 1-6 所示。这种接线方式不管三相电压是否对称，电流是否平衡，都不会由于电能表接线方式不同而引起线路附加误差。按图 1-5 接线，消耗的有功电能等于三只单相电能表读数的代数和，三相四线有功电能表相量图如图 1-7 所示。其有功功率表达式为

$$P=U_a I_a \cos \varphi_a+U_b I_b \cos \varphi_b+U_c I_c \cos \varphi_c$$

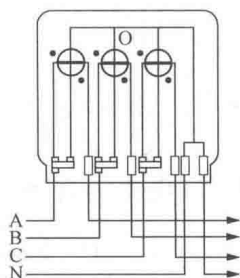
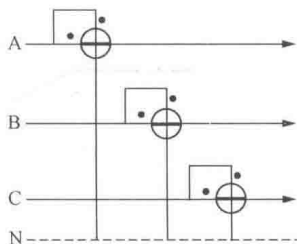


图 1-5 三相四线有功电能表原理接线图 图 1-6 三相四线有功电能表正确接线图

3. 三相三线有功电能表直接接入

三相三线有功电能表通常应用于高压计量用户，其正确接线图如图 1-8 所示，相量图如图 1-9 所示。

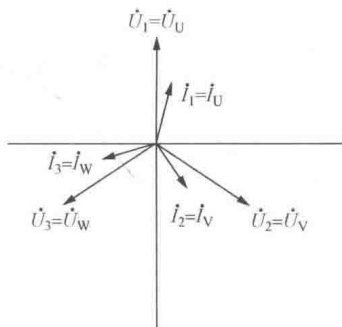


图 1-7 三相四线有功电能表有功电能测量相量图

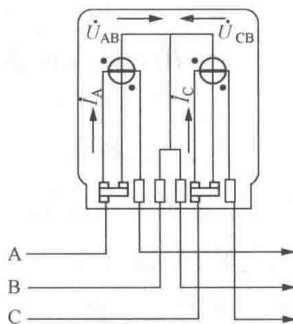


图 1-8 三相三线有功电能表正确接线图

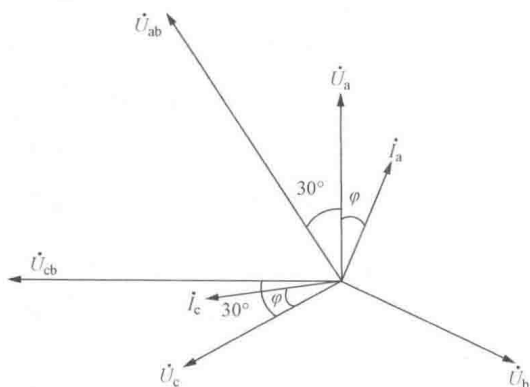


图 1-9 三相三线有功电能表有功电能测量相量图

三相三线电路的有功功率表达式为

$$P = U_{ab} I_a \cos(\widehat{U_{ab} I_a}) + U_{cb} I_c \cos(\widehat{U_{cb} I_c})$$

式中的 $(\widehat{U_{ab} I_a})$ 、 $(\widehat{U_{cb} I_c})$ 分别为第一元件、第二元件上所加的电压 \dot{U}_{ab} 、 \dot{U}_{cb} ，与对应元件上所加的电流 \dot{I}_a 、 \dot{I}_c 之间的夹角。

在三相对称情况下， $U_{ab}=U_{cb}=U$ ， $I_a=I_c=I$ ， $(\dot{U}_{ab}, \dot{I}_a)$ 夹角为 $30^\circ+\varphi$ ， $(\dot{U}_{cb}, \dot{I}_c)$ 夹角为 $30^\circ-\varphi$ ，则上式可简化为

$$\begin{aligned} P &= U_{ab} I_a \cos(\widehat{U_{ab} I_a}) + U_{cb} I_c \cos(\widehat{U_{cb} I_c}) \\ &= UI \cos(30^\circ + \varphi) + UI \cos(30^\circ - \varphi) \\ &= UI[(\cos 30^\circ \cos \varphi - \sin 30^\circ \sin \varphi) + (\cos 30^\circ \cos \varphi + \sin 30^\circ \sin \varphi)] \\ &= 2UI \cos 30^\circ \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} UI \cos \varphi \end{aligned}$$

注意：这里的电压 U 是指线电压，而单相表中的电压 U 是指相电压。

二、经 TA 接入式

1. 单相有功电能表经 TA 接入

单相有功电能表经 TA 接入原理接线图如图 1-10 所示。

电能表测得的有功功率 $P_2 = UI_2 \cos \varphi$ 。一次侧实际的有功功率

$P_1 = K_I U I_2 \cos \varphi$ (其中 K_I 指电流互感器的变比)。

2. 三相四线有功电能表经 TA 接入

三相四线有功电能表经 TA 接入原理接线图如图 1-11 所示。在三相电路对称情况下, 电能表测得的有功功率 $P_2 = 3U_2 I_2 \cos \varphi_2$ 。一次侧实际的功率 $P_1 = K_I \cdot 3U_2 I_2 \cos \varphi_2$ (其中 K_I 指电流互感器的变比)。

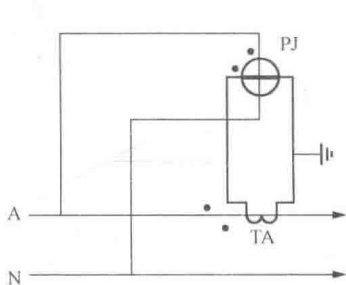


图 1-10 单相有功电能表经 TA 接入原理接线图

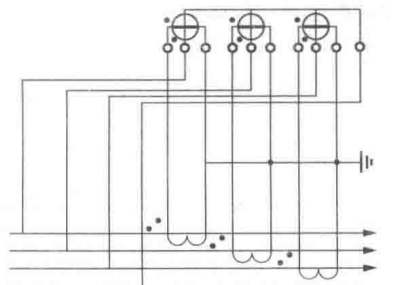


图 1-11 三相四线有功电能表经 TA 接入原理接线图

三、经 TA、TV 接入式

1. 三相三线有功电能表经 TA、TV 接入

三相三线有功电能表经 TA、TV 接入原理接线图如图 1-12 所示。在三

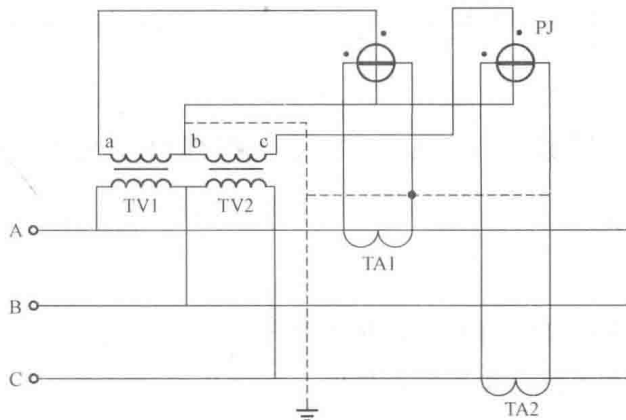


图 1-12 三相三线有功电能表经 TA、TV 接入原理接线图

相电路对称情况下,电能表测得的有功功率 $P_2 = \sqrt{3}U_2 I_2 \cos \varphi_2$ 。一次侧实际的功率 $P_1 = K_U K_I \cdot \sqrt{3}U_2 I_2 \cos \varphi_2$ (其中 K_U 指电压互感器的变比)。

2. 三相四线有功电能表经 TA、TV 接入

三相四线有功电能表经 TA、TV 接入原理接线图如图 1-13 所示。在三相电路对称情况下,电能表测得的有功功率 $P_2 = 3U_2 I_2 \cos \varphi_2$ 。一次侧功率 $P_1 = K_U K_I \cdot 3U_2 I_2 \cos \varphi_2$ 。

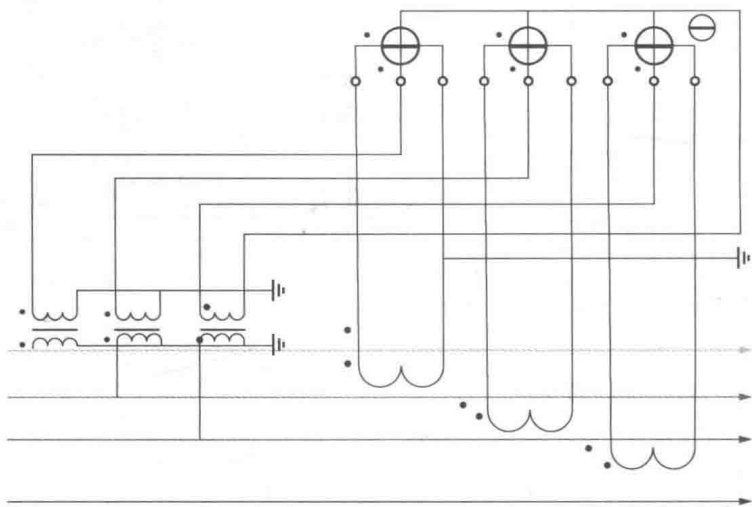


图 1-13 三相四线有功电能表经 TA、TV 接入原理接线图

任务二 TA、TV 错误接线情况分析

【教学目标】

要求学员理解 TA、TV 错误接线的原理,掌握 TA、TV 发生错误接线时的原理图、相量图以及等值电路图,并对各种错误接线分析方法有全面的了解。

【任务描述】

本任务主要讲解 TA、TV 错误接线的类型和各种错误接线的分析方法，为发现 TA、TV 错误接线提供理论依据。

【任务实施】

通过讲解 TA、TV 接线的基础知识，引导学员对常见的 TA、TV 错误接线进行思考和认识。

【相关知识】

感应式电能表，电子式电能表，TA、TV 错误接线情况分析。

一、感应式电能表**1. TA 错误接线的情况分析****(1) TA 绕组极性反接。**

1) TA 为两相星形(V形)接线，二次 a 相绕组极性接反时。在图 1-14 所示的三相三线电路中，根据基尔霍夫电流定律，得到 $i_a + i_b + i_c = 0$ ，此时 a 相的电流为 $-i_a$ ，所以 $-i_b = -i_a + i_c$ ，当三相负载对称时，则 $I_b = \sqrt{3}I_a$ ，b 相线电流值增大了 $\sqrt{3}$ 倍。

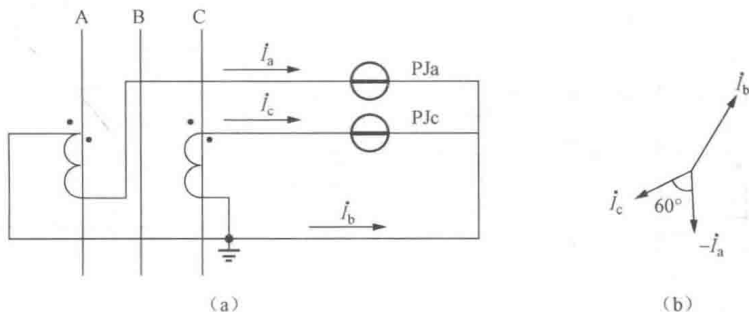


图 1-14 a 相绕组极性反接时的原理接线图和相量图

(a) 原理接线图；(b) 相量图