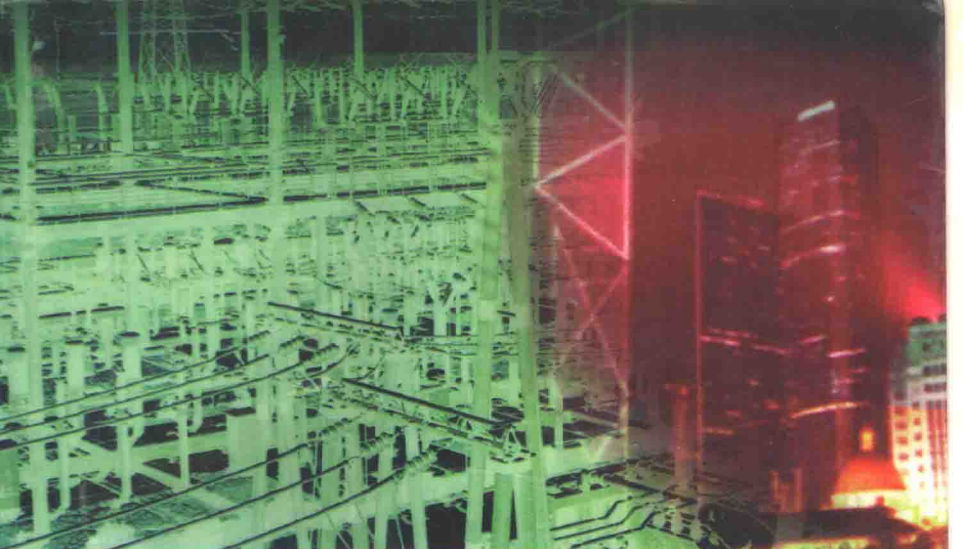




全国供用电工人技能培训教材

# 电 测 仪 表

中国电力企业家协会供电分会 编

**高级工**

中国电力出版社

## 内 容 提 要

本书按“全国供用电工人技能培训教材编审委员会”审定的“电测仪表培训教学大纲(高级工)编写,是电力工业各专业等级工系列培训教材之一。

全书共五章,按电测仪表高级工专业知识和技能要求,主要介绍了单臂电桥的检定方法,交流电桥的几种典型结构及工作原理,数字电压表的主要测量电路及工作原理,常用数字仪表如数字万用表、电子计数器、数字相位计、数字兆欧表及智能化仪表的工作原理。全书从电力生产实际需要出发安排教学内容,强调实用性,对交流电桥、数字电压表、电子计数器、数字相位计、数字兆欧表及智能化仪表的检定,测试项目、方法和要求及修调进行了较详细的叙述。此外,对各种类型的交、直流仪表检定装置的构成、工作原理、检定项目与方法及装置不确定度也作了较全面的论述。务求使经过本教材培训的电测仪表高级工能较快运用所学知识,掌握本专业技能,为电力生产服务。

每章的结尾附有复习题、习题、填空题、选择题、问答题、计算题和操作题等题型概括本书论述的主要内容。本书适合电测仪表高级工的培训,也可作为从事电气测量与仪表工作的技术人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电测仪表/中国电力企业家协会供电分会编. —北京:中国电力出版社, 1999

全国供用电工人技能培训教材

ISBN 7-80125-772-3

I. 电… II. 中… III. 电工仪表-技术培训 教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 26013 号

电测仪表(高级工)

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号, 100044) [http // www cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

1999 年 6 月第一版 1999 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 11.625 印张 255 千字

印数 0001—6010 册 全三册定价 65.00 元(本册 21.00 元)

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 审 定 委 员 会

主 任 王宏超

副主任 李宝祺 王文喜 郝邦振 刘治国

张一士 丁 雁

成 员 线路组：刘天明 成仲良 杨书全 许精潜

变电组：何雨宸 王典伟 万 达 沈镜明

调度组：冯新发 张 庆 朱佩萍 葛剑飞

用电组：刘云龙 蒋贻吉 宋永伦 曾乃鸿

审定委员会办公室秘书 龙镇和 张兰慧

4533/08

## 关于《全国供用电工人 技能培训教材》的审定意见

经中电联核准，由中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心共同组成的审定委员会于1998年9月下旬，对中国电力企业家协会供电分会组织编写的《全国供用电工人技能培训教材》进行了审定。其审定意见如下。

第一、本技能培训教材的指导思想正确、编写依据充实。这套教材以提高供用电工人职业技能为重点，以加强职业知识培训为指导思想，以原电力工业部、原劳动部颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·供用电部分》和原电力工业部颁布的运行、检修、安全规程、四项监督、五项制度为依据，在大纲的拟定、内容取舍和深度控制等方面，均符合中电联教培部《关于电力生产人员职业资格培训教材编审工作原则的意见》的原则和规定。

第二、编写形式符合工人技能培训特点。这套教材的结构设置借鉴了国际上电力行业编辑职业技能培训教材的先进做法，其结构框架、内容描述等，均力求与国际同行业惯例接轨。即以职业技能为中心，以岗位设篇，知识以够用为度，并将必备的知识融入技能描述之中。每一工种教材又分为初、中、高三个分册，内容上依次递进，互不重复或不简单重复，更适合工人技能培训之用。

第三、本教材的先进性、实用性结合得当。这套教材注重实用性和先进性的有机结合，在编写过程中，编者做了大量的调研工作，认真了解供用电工人的实际需求和整体素质状况，使编写内容符合供电企业培训、考核、技能鉴定的需要，有较强的实用性。同时，注重吸收电力生产的新工艺、新方法、新技术，使教材内容具有先进性，符合电力工业科技发展方向。书中的名词术语、计量单位等，均符合国家标准和行业标准，能适应电力工业培养跨世纪劳动者的要求。

第四、编写、出版阵容较强。这套教材是由中国电力企业家协会供电分会与中国电力出版社共同推出的。通过联手合作方式，使本套教材既具有显著的供电行业的特色，又具有较强的权威性。本套教材主要是为供电企业工人职业技能培训服务，而中国电力企业家协会供电分会的成员遍布全国，作者既具有深厚的理论基础，又直接从事生产实际工作，较好地体现出实践经验的总结和概括。中国电力出版社是中宣部和新闻出版署在全国首批认定的15家优秀出版单位之一，是我国唯一专门为电力行业服务的大型专业出版社，其出书质量是一流的。因此，供电企业与出版社两者的合作可谓珠联璧和，是值得提倡的。这套丛书的成功面世也为今后电力图书的出版提供了一个可借鉴的模式。

综上所述，我们认为：本套教材在编写结构、体例格式、内容描述的先进性、实用性方面适当；在字数控制、知识的渐进性和启发性，以及复习题的安排方面较好；语言文字的运用得当，所述内容基本正确，同时还具有图文并茂，通俗易懂，循序渐进的特点。因此，它不仅适用于培训、考核技术工人的需要，而且对现场的工程技术人员，也有参考价值。

建议可将这套丛书作为全国供用电工人的技能培训教材。

**中 国 电 力 企 业 家 协 会**  
**中 电 联 教 培 部**  
**电力行业职业技能鉴定指导中心**

一九九八年九月二十八日

# 教材编辑委员会

|       |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| 名誉主编  | 陆廷昌 | 张绍贤 | 刘宏  | 王宏超 |
| 主编    | 赵双驹 |     |     |     |
| 常务副主编 | 钱家越 | 陆孟君 | 张克让 |     |
| 副主编   | 宗健  | 朱良镭 | 丁德政 | 周英树 |
| 委员    | 韩英男 |     |     |     |
|       | 张一士 | 赵双驹 | 周永兴 | 李承的 |
|       | 吴周春 | 刘美观 | 郭志贵 | 杨新培 |
|       | 张昌润 | 钱家越 | 陆孟君 | 徐健  |
|       | 韩英男 | 周英树 | 陈祥斌 | 王春波 |
|       | 孙少平 | 骆应龙 | 史传卿 | 朱德林 |
|       | 白巨耀 | 蔡百川 | 李祥宪 | 严尔衡 |
|       | 赵广祥 | 杨光慈 | 何童芳 | 杨忠  |
|       | 张文奎 | 郭宏山 | 钱忠伟 | 顾志鹏 |
|       | 周道和 | 刘绍钧 | 娄殿强 | 朱永芹 |
|       | 王之珮 | 万善良 | 刘云龙 | 何宗义 |
|       | 赵彩明 | 何雨宸 | 阙炳良 |     |

## 教材编辑办公室

|   |   |     |     |     |     |         |
|---|---|-----|-----|-----|-----|---------|
| 主 | 任 | 陆孟君 | (兼) |     |     |         |
| 副 | 主 | 任   | 丁德政 | 任军良 | 张 涛 |         |
| 工 | 作 | 人   | 员   | 陈祥斌 | 胡维保 | 吕忠福 胡莉莉 |
|   |   |     |     | 朱 品 | 谢 红 |         |

# 前 言

为贯彻党的“十五大”精神，落实“科教兴国”战略，全国提高劳动者素质，中国电力企业家协会供电分会组织编写了《全国供用电工人技能培训教材》。本教材以电力工业发展的客观规律为依据，是服务于电力生产现代化，培养供电生产应用型人才的一部工种齐全配套、覆盖面广、实用性强、编写水平较高的系列通用技能培训教材。在中国电力企协、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心的重视和关心下，由中国电力企业家协会供电分会精心组织全国 49 个单位 146 名工程技术人员、专家和教授参加了编撰工作，并在中国电力出版社对编撰原则、框架结构、体例格式全过程的培训下，调查研究供电工人的技能需求和整体素质现状，撰写技能培训大纲，自 1995 年 11 月至 1998 年 4 月底，经历两年半时间，完成了书稿的写作、修改及初审工作。

这套丛书是遵照“电力工人技术等级标准”关于知识和技能的要求，结合供电生产发展情况进行编写的，全书分线路、变电、用电、调度通信四门专业，27 个工种，每个工种又分为初级、中级、高级工三个分册，共计 77 分册，1000 余万字。本教材以“做什么，怎样做，在什么条件下做，达到什么标准”为中心内容，详实得当，图文并茂，文字简练，由浅入深，便于对知识和操作工艺的掌握，收到以“知”为“做”服务的效果。这套教材的编写还力求把概念、原理、公式与技能有机地结合起来，避免重理论、轻技能的弊端。

本教材坚持先进性和实用性结合，突出技能，符合电力

工业科技发展方向,体现电力生产的新技术、新方法、新工艺,并力求向模块式教材靠拢,以适应技能考核鉴定和培养跨世纪供电用工人的需要,以电力生产目前实行的两个技术措施计划、三种规程、四项监督、五项制度的具体要求为依托,使教材达到规程、规范、制度的规定,能充分体现出电力生产工艺特性。

按供电工人培训目标要求,结合技能培训特点,以“干什么”、“学什么”、“考核什么”为原则,每章后均附有选择、是非、计算、画图、问答等复习思考题,便于巩固所学的理论知识和操作技能。

本套丛书属于供电生产专业性技能培训教材,为达到机构设置合理化,重在提高技能应用水平,避免基础理论知识的重复,凡属已出版的公用基础理论教材的内容,如职业道德、电力生产知识、绘图、电工、电子、热工、水工、机械、力学、钳工、计算机等基础理论均未重复编入本教材。

这套丛书业经中国电力企协、中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心组织专家审定,并建议作为全国供电工人技能培训教材。在编写过程中,得到很多单位的领导、专家和教育培训工作者的的大力支持与热心帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编者经验所限,在编写中难免有疏漏之处,诚恳地希望广大读者和教育培训部门的专家、教师提出修改意见,并在教学实践中进行调整和补充,使其更加完善,为提高供用电工人的素质和技能发挥积极作用。

**《全国供用电工人技能培训教材》编辑委员会**

一九九八年九月

## 编 者 的 话

为适应我国电力工业技术装备的不断更新和测量技术的不断提高,做好电测仪表维护修理、计量检定工作,贯彻电测量仪表专业的国家标准和行业标准,进一步提高电测仪表工人的技术素质,编写了这套书。本套书以《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工人·供电部分》为依据,按“全国供用电工人技能培训教材编辑委员会”审定的“电测仪表培训教学大纲(高级工)”进行编写。

全书共分初级工、中级工、高级工三个分册,内容上呈阶梯式递进,本着互不重复或不简单重复的原则,从电测仪表工作实际情况出发,突出各等级工的专业技能,对仪表基本结构和工作原理的论述力求通俗易懂,舍去深层的理论分析和推导,不过多涉及具体电路,着重于仪表维护修理技能、计量检定方法和要求上的讲解。每一章结尾都附有复习题,复习题的形式多种多样,有填空题、选择题、问答题、计算题和操作题。通过复习题的解答,可使学员巩固和深化所学知识,掌握各等级工仪表修理和计量检定必备的技能。

本册为电测仪表高级工培训教材,由上海电力工业局王长江编著,江苏省电力试验研究所吴桥主审。在本书编写过程中,得到中国电力出版社、本教材编辑办公室及有关同志

的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

限于编者的编著水平，且编写的时间仓促，书中错误、疏漏或不妥之处一定不少，热忱欢迎各位专家和学员批评指正。

编 者

1998 年 12 月

# 目 录

关于《全国供用电工人技能培训教材》的审定意见

前言

编者的话

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>第一章 交直流电桥的工作原理与检定 .....</b> | <b>1</b>   |
| 第一节 直流电桥的检定 .....              | 1          |
| 第二节 交流电桥 .....                 | 20         |
| 复习题 .....                      | 61         |
| <b>第二章 数字电压表 .....</b>         | <b>68</b>  |
| 第一节 直流数字电压表 .....              | 68         |
| 第二节 交流数字电压表 .....              | 85         |
| 第三节 数字电压表的主要特性 .....           | 103        |
| 复习题 .....                      | 112        |
| <b>第三章 数字电压表的检测 .....</b>      | <b>116</b> |
| 第一节 概述 .....                   | 116        |
| 第二节 数字电压表通用检定程序与方法 .....       | 117        |
| 第三节 数字电压表主要性能的测试 .....         | 123        |
| 第四节 检测结果的处理 .....              | 138        |
| 第五节 数字电压表的误差分析 .....           | 140        |
| 第六节 数字电压表的一般修理与校准方法 .....      | 150        |
| 复习题 .....                      | 157        |
| <b>第四章 常用数字仪表的工作原理</b>         |            |
| <b>及其检验 .....</b>              | <b>163</b> |
| 第一节 数字万用表 .....                | 163        |

|            |                       |            |
|------------|-----------------------|------------|
| 第二节        | 电子计数器.....            | 203        |
| 第三节        | 数字相位仪.....            | 225        |
| 第四节        | 数字兆欧表.....            | 234        |
| 第五节        | 智能化仪表（电压监测仪）.....     | 239        |
| 复习题.....   |                       | 256        |
| <b>第五章</b> | <b>电测量仪表检定装置.....</b> | <b>263</b> |
| 第一节        | 直流仪表检定装置.....         | 263        |
| 第二节        | 交流仪表检定装置.....         | 307        |
| 第三节        | 电测量仪表检定装置不确定度的论证..... | 334        |
| 复习题.....   |                       | 349        |
| 参考文献.....  |                       | 356        |

# 第一章 交直流电桥的工作 原理与检定

在《全国供用电工人技能培训教材·电测仪表·中级工》中已较详细地叙述了直流电桥的构造及工作原理。本章主要对直流电桥的检定方法及交流电桥的工作原理及检定方法进行论述。

## 第一节 直流电桥的检定

### 一、直流电桥的检定方法

直流电桥的检定方法可分为整体检定法、按元件检定法和介于这二者之间的半整体检定法。

整体检定法用符合计量检定规程要求的标准电阻箱作为可变标准量具,与被检电桥各量限的各示值直接进行比较,从而确定被检电桥的基本误差。

按元件检定法是用高准确度的电桥分别测定被检电桥桥臂各元件电阻的误差,或用同名义值标准电阻按替代法与被测单个元件进行比较,测定每个元件电阻的实际值,然后通过综合计算确定被检电桥的误差。由于这种方法对检定的环境要求很高,一般较难达到,故在实际检定工作中,在满足检定规程要求的情况下,对 0.1、0.2 级电桥运用整体检定法进行整体检定,而对 0.01~0.02 级电桥运用按元件检定法进行检定。

半整体检定法综合整体检定和按元件检定的检定方法，将被检电桥比较臂的各元件电阻按元件检定法进行检定，而将被检电桥比例臂阻值采用整体检定法进行检定。半整体检定法较适用于无法用整体检定法和按元件检定法检定的 0.05 级直流电桥。

直流电桥的检定，不管采用哪一种方法都要满足表 1-1 中的环境要求。此外，直流电桥检定时还应满足下列条件：

表 1-1 直流电桥检定时对环境的要求

| 被检电桥级别      | 0.01~0.02                     | 0.05                          | 0.1~0.5                       |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 标准量具误差      | $(1/5) \delta$                | $(1/5) \delta$                | $(1/4) \delta$                |
| 检定装置测量误差    | $(1/4) \delta$                | $(1/4) \delta$                | $(1/3) \delta$                |
| 平衡指示器分辨力    | $(1/10) \delta$               | $(1/10) \delta$               | $(1/5) \delta$                |
| 检定装置的室内温度范围 | $20 \pm 1 (^{\circ}\text{C})$ | $20 \pm 2 (^{\circ}\text{C})$ | $20 \pm 5 (^{\circ}\text{C})$ |
| 相对湿度        | $\geq 80\%$                   | $\geq 80\%$                   | $\geq 80\%$                   |

注 表中  $\delta$  为被检电桥的允许误差。

- (1) 检定装置线路与金属外部的绝缘电阻应大于  $200\text{M}\Omega$ 。
- (2) 检定装置的热电动势引起的误差应大于  $(1/5) \delta$ 。
- (3) 被检电桥检定之前应在表 1-1 规定的温度和相对湿度下，存放至少 4h。

由于整体检定法具有与实际使用状态相符并便于检定的优点，当标准电阻箱具有足够准确度，且完全能够满足计量检定规程要求时，应当说，任何等级的电桥都可按整体检定法进行检定。

## 二、单臂电桥的检定

### (一) 原理接线

整体检定单臂电桥的原理接线如图 1-1 所示。图中,  $R_1$ ,  $R_2$  电阻组成电桥倍率盘,  $R_3$  为比较盘电阻,  $R_N$  为标准十进位电阻箱电阻。检定时, 通常应先选定被检电桥的全检量程, 选择原则是:

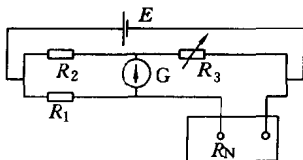


图 1-1 单臂电桥整体  
检定原理接线

(1) 应该是被检电桥常用的量程。

(2) 应能保证比较臂可平滑地调整, 并在对电桥进行示值比较时, 使基本读数盘的最大示值不超过基本量限的上限, 最小示值不低于基本量限的下限。

(3) 要保证标准电阻箱具有足够的读数位数和测量准确度。

通常都把单臂电桥的  $\times 1$  量程作为全检量程。

### (二) 具体检定步骤

(1) 将标准十进位电阻箱接入被检电桥“未知”( $R_x$ )端钮。为保证检定时被检电桥具有足够的灵敏度, 可在被检电桥外接检流计处外接一高分辨率的检流计, 而不用内附检流计, 注意外接检流计的外临界电阻应与被检电桥检流计端钮的输出电阻相匹配。

(2) 测定零位电阻和变差。把被检电桥和标准电阻箱的各测量盘, 分别从始端到末端转动 3~5 次, 并将被检电桥置于零位, 合上检流计和电池开关, 调节标准电阻箱使电桥平衡, 测得电桥零位电阻, 然后断开检流计和电池开关, 转动被检电桥各测量盘并置零位, 再测定零位电阻。共进行三次