

全国火力发电工人通用培训教材

# 电 测 仪 表

初 级 工

山西省电力工业局 编

安全第一 预防为主

中国电力出版社

全国火力发电工人通用培i

5130 1

# 电 测 仪 表

初 级 工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

· · · 855830

## 内 容 提 要

本书是新的《电力工人技术等级标准》全国火力发电工人通用培训教材电测仪表（初级工）。

本书共分八章，主要讲述电测仪表常用知识，磁电系、电磁系、电动系、感应系仪表和万用表的基本结构、使用常识和简单的故障处理，介绍了安装式仪表在试验室与现场检定方法，并就电测仪表活动部分机械平衡的调整与仪表拆装注意事项作了阐述。为了便于培训和考核，每章之后均附有复习题。

本书适用于火力发电、供电、火电建设等部门从事电测仪表及检定装置的安装、调试和检修工人阅读。

### 图书在版编目（CIP）数据

电测仪表：初级工/山西省电力工业局编．—北京：中国电力出版社，1997

全国火力发电工人通用培训教材．

ISBN 7-80125-150-4

I．电… II．山… III．电工仪表-技术培训-教材  
N．TM930

中国版本图书馆CIP数据核字（96）第08012号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路6号 邮政编码 100044）

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

1997年3月第一版 1998年5月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 7.5印张 161千字

印数 5131—8190册 定价 8.00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）

努力搞好教材建設  
為提高電業職工  
素質服務

史大楨  
丁巳年春

全国火力发电工人通用培训教材  
编 审 委 员 会 .

名 誉 主 任: 卞学海

主 任: 刘润来

常务副主任: 郭连邦

副 主 任: 程忠智 李宝祺 曹德声

贺至刚 张克让 王靖中

金明轩 刘治国 顾希衍

程纪奎 杨定鑫 刘玉柱

刘向东 王文杰

委 员: 阎刘生 陈懋龙 贾 诚

王清文 王解新 梁秀生

燕福龙 刘宇平 张建国

王扁桃 曹保林 王 震

周 新 郭林虎 乔文普

马家斌

办 公 室 主 任: 杨定鑫 (兼)

办 公 室 副 主 任: 刘向东 乔文普

马家斌 郭林虎

办 公 室 工 作 人 员: 曹 璘 王荣辉

## 序

《全国火力发电工人通用培训教材》出版、发行了，这是电力职工培训工作的一件大事。

工人技术培训教材建设，是搞好培训、提高人员素质、直接为生产服务的一项重要基础工作。电力工业部领导对电力职工队伍的培训和教材建设非常重视，多次为之做过重要指示。

关于电力工人培训教材建设工作，多年来我部取得了较大的成绩，得到了劳动部的肯定。由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》已发行、使用10余年，并多次重印，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平的需要，有力地促进了培训工作的开展。在1987年全国电力普及读物评优中，这两套培训教材荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

但是，随着我国电力工业技术装备的不断更新和技术水平的不断提高，对电业生产人员的素质相应地提出了更高的要求。此外，由于劳动、培训制度改革的不深化，关于工人培训教育的思想、方法和手段也发生了深刻变化。为适应这一新情况、新需要，进一步加强电力工人培训教材的建设，有必要对原编写的两套培训教材进行修订和增补。为此，决定由山西省电力工业局重新编写《全国火力发电工人通用培训教材》。这套新编的培训教材业经中电联教培部组织审定，

作为全国火力发电工人通用的培训教材，由中国电力出版社出版、发行。

《全国火力发电工人通用培训教材》具有相当的权威性。首先，这套培训教材的编写依据，是电力工业部、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·火力发电部分》和中电联教培部《关于电力工人培训教材建设的意见》，以及有关电业生产、建设的技术规程、规范。无论是在内容的取舍上，还是在深度的把握上，这套教材都是按以上国家标准和部颁规程、规范的要求来进行的。

其次，这套培训教材从总体设计上来讲，思路是清晰的，指导思想是正确的。教材的编写突破了传统的学校教科书模式，注意按照工人培训的特点和规律，安排教学内容，即强调实用性，并且“以工种立目，以岗位立篇”。与每一个专业工种对应的初、中、高三个分册在内容上是阶梯式递进的，互不重复或不简单重复。这些思路都是超前的、可行的，符合中电联教培部《关于电力工人培训教材建设工作的意见》的精神。

再有，这套培训教材的编写、出版力量都是相当强的。其作者是山西省电力系统中技术上比较权威的专家，有相当丰富的培训工作经验，基本上能够代表全国电力系统的技术力量水平。作为全国首批认定的15家优秀出版社之一的电力出版社，无论在编辑力量和水平上，还是在出版质量上，都是国内一流的。对于这套培训教材，出版社领导亲自挂帅，组织了20余人的编辑班子，精心策划，全面指导，精雕细刻，因此，其质量是高的。

《全国火力发电工人通用培训教材》的另一个特点是实用性较强。一方面，这套培训教材是从生产实际需要和工人实

际水平出发，进行设计、编写的。为了使教材更具有针对性，更加实用，我们做了大量的前期工作，对电力系统的人员结构、整体素质进行过调查和认真分析。这套培训教材不仅适用于具有初中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的电力生产人员，而且对于现场的工程技术人员，也是有参考价值的。另一方面，这套培训教材以培养工人实际能力为重点，以提高工人操作技能为主线，教材中所提供的“知识”是为“技能”服务的，因而增强了教材的实用性，使经过培训的工人能较快运用所学的和掌握的技能，指导或改进所从事的生产实践。

此外，这套培训教材图文并茂，通俗易懂，好学好用，特别适合于工人学习。

当然，《全国火力发电工人通用培训教材》所反映的是普遍适用的主要内容。各单位在使用过程中，只要结合本单位的设备、工艺特点和人员素质的实际情况，在内容上做适当的补充和调整，便可有针对性地对本单位职工开展培训。

《全国火力发电工人通用培训教材》是《全国电力工人公用类培训教材》的延伸，两套培训教材要配合使用。这些培训教材的出版，必将对我国电力职工培训工作的有效开展和“九五”期间电力职工素质的提高，产生积极而深远的影响。

**中国电力企业联合会教育培训部**

1996年12月

# 前 言

由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》，发行、使用已历时 10 余年。其间，《学徒工初级工》各分册分别重印 5 至 9 次，《中级工》各分册分别重印 4 至 7 次，发行量很大，深受全国电力系统广大读者的欢迎，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平的要求，取得了显著的社会效益。为此，这两套培训丛书在全国电力普及读物评优中，荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

10 余年来，由于改革开放的不断深入发展，我国的电力工业有了很大的发展，现已普遍进入大机组、大电网、高参数、超高参数、高电压、超高电压和高度自动化的发展阶段，对电业生产人员的素质提出了更高的要求。继 1991 年 12 月原能源部颁发的《电力工人技术等级标准》之后，1995 年 9 月电力工业部、劳动部又颁发了《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·火力发电部分》。因此有必要根据电力生产的新情况和电力工人技术等级标准的新要求，对上述两套培训教材进行修订并增补高级工培训教材。经山西省电力工业局和中国电力出版社通力合作，并在全国电力工人技术教育研究所的支持下，现编写、出版了这套《全国火力发电工人通用培训教材》。本套丛书的内容覆盖了火力发电 16 个专业对初、中、高级工的技术要求，每个专业分初级工、中级工、高级工三个分册出版，共计 48 个分册；每一分册中又

以各专业的不同岗位工种设“篇”，共覆盖了40余个工种。

在编写本套丛书的过程中，首先根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从火力生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的火力发电工人培训教材，深信是紧扣新的工人技术等级标准的实用性教材。

火力发电工人培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法；教材以300MW机组及其辅机为主，兼顾600MW和200MW机组及其辅机的内容，因而有相当的先进性和普遍适用性，适应于“九五”期间主要机型的技术要求。与每一专业对应的初、中、高级工三个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。有些习题，如操作题、读绘图题、设计试验题等，主要用以培养和巩固必备的技能。鉴于全国电力系统各基层单位、部门培训力量和师资水平并不平衡，学员水平也参差不齐，所以有必要为每一分册编写相应的《教材使用说明和习题解答》，这将在本套丛书出版后陆续推出。

本分册是《电测仪表》初级工培训教材，全书内容分为八章，第一、二、三、四、五、六、七章由张同福编写，第

八章由尹瑞平编写。本书由张同福任主编，由山西省太原供电公司高级工程师阎刘生主审。

在中电联教培部为本套培训教材组织的审定会议上，本书由武汉供电局张文莲同志审定，并被推荐为全国火力发电工人通用培训教材。

在编写这套《全国火力发电工人通用培训教材》的过程中，得到了电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书进行了审定，提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心的感谢。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现有不妥之处或需修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1996年11月

# 目 录

序

前 言

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>第一章 电测仪表常用知识</b> ..... | 1  |
| 第一节 国产电测仪表的分类 .....       | 1  |
| 第二节 电测量指示仪表和附件的符号 .....   | 4  |
| 第三节 国际单位制与法定计量单位 .....    | 12 |
| 第四节 仪表的误差及其表示方式 .....     | 22 |
| 第五节 电测仪表的正确选择和使用 .....    | 25 |
| 复习题 .....                 | 29 |
| <b>第二章 磁电系仪表</b> .....    | 32 |
| 第一节 磁电系仪表的结构 .....        | 32 |
| 第二节 磁电系电流表与分流器 .....      | 35 |
| 第三节 磁电系电压表与附加电阻 .....     | 38 |
| 第四节 磁电系仪表的技术特性及应用 .....   | 43 |
| 第五节 磁电系仪表常见故障及排除方法 .....  | 44 |
| 第六节 整流系仪表 .....           | 46 |
| 复习题 .....                 | 54 |
| <b>第三章 电磁系仪表</b> .....    | 57 |
| 第一节 电磁系仪表的结构 .....        | 57 |
| 第二节 电磁系电流表和电压表 .....      | 62 |
| 第三节 电磁系仪表的技术特性及应用 .....   | 66 |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| 第四节        | 电磁系仪表常见故障与处理 .....           | 67         |
| 复习题 .....  |                              | 69         |
| <b>第四章</b> | <b>电动系仪表 .....</b>           | <b>72</b>  |
| 第一节        | 电动系仪表的结构 .....               | 72         |
| 第二节        | 电动系电流表、电压表和功率表 .....         | 76         |
| 第三节        | 铁磁电动系功率表 .....               | 84         |
| 第四节        | 三相电路无功功率的测量 .....            | 87         |
| 第五节        | 铁磁电动系频率表 .....               | 88         |
| 第六节        | 电动系仪表常见故障与排除方法 .....         | 93         |
| 复习题 .....  |                              | 96         |
| <b>第五章</b> | <b>万用表 .....</b>             | <b>99</b>  |
| 第一节        | 万用表的结构 .....                 | 99         |
| 第二节        | 万用表的特点 .....                 | 101        |
| 第三节        | 万用表的正确使用 .....               | 102        |
| 复习题 .....  |                              | 106        |
| <b>第六章</b> | <b>电测指示仪表的检定 .....</b>       | <b>109</b> |
| 第一节        | 检定项目及技术要求 .....              | 109        |
| 第二节        | 安装式仪表检定方法 .....              | 119        |
| 第三节        | 安装式仪表的现场检验 .....             | 138        |
| 第四节        | 电测仪表可动部分平衡的调整 .....          | 141        |
| 复习题 .....  |                              | 143        |
| <b>第七章</b> | <b>仪表元件技术要求与拆装注意事项 .....</b> | <b>147</b> |
| 第一节        | 主要元件技术要求 .....               | 147        |
| 第二节        | 重新配制元件的技术要求 .....            | 151        |
| 第三节        | 仪表拆装时一般注意事项 .....            | 158        |
| 复习题 .....  |                              | 164        |
| <b>第八章</b> | <b>感应系电能表 .....</b>          | <b>167</b> |
| 第一节        | 电能表的一般概念 .....               | 167        |
| 第二节        | 电能表的基本结构 .....               | 171        |

|      |                                       |     |
|------|---------------------------------------|-----|
| 第三节  | 有功电能表的接线方式 .....                      | 184 |
| 第四节  | 电能表的检定与调整 .....                       | 190 |
| 第五节  | 电能表检定装置 .....                         | 209 |
| 复习题  | .....                                 | 212 |
| 附录一  | 常用电测仪表的类、组代号 .....                    | 216 |
| 附录二  | 锰铜合金线和镍铜合金线的电阻值 .....                 | 219 |
| 附录三  | 每厘米 (cm) 长度的电阻板上用密集绕法实际<br>可绕圈数 ..... | 221 |
| 参考文献 | .....                                 | 222 |
| 后记   | ..... 李振生                             |     |

# 第一章 电测仪表常用知识

## 第一节 国产电测仪表的分类

电工测量仪表的种类繁多,对各种电气参数(如电流、电压、功率、频率等)的测量,由于被测对象的性质、大小、使用条件等的不同,所使用仪表的种类也不同。按其在进行测量时得到测得值 $X$ 的方式的不同,可以分为直接作用模拟指示的电测量仪表<sup>①</sup>与比较式仪表两大类。在直接作用模拟指示电测量仪表中(以下简称电测仪表),测得值 $X$ 的读数直接由指示器<sup>②</sup>上给出来,所以使用特别方便,如我们常用的电压表,频率表、功率表等。使用这类仪表时,被测量作用于仪表的测量机构<sup>③</sup>,结果测量机构的可动部分就会产生转矩发生偏转(通常是角位移),从而模拟出被测量的大小。在另

- ① “直接作用模拟指示电测量仪表”一词来源于国际电工委员会(IEC)推荐标准第51号出版物和GB7676—87《直接作用模拟指示电测量仪表及其附件》的规定,我国过去习惯称为“直读式仪表”。

在IEC推荐标准中给定下列通用术语:

直接作用指示仪表——指示装置与可动部分机械联结并由可动部分作用的仪表;

模拟式(测量)仪表——给出或显示输出信号为被测量的连续函数的仪表;

指示仪表——在任一时间内显示被测量而不记录其值的仪表;

电工测量仪表——使用电工方式测量电量和非电量的仪表。

- ② 指示器是结合标度尺指示可动部分位置的装置。

- ③ 测量机构是由被测量作用使可动部分产生与此量相关的转动的那些仪表部件的组合。

一类比较式仪表中，被测量的大小是通过和标准量具进行直接比较而得到的。操作起来较复杂，不如电测仪表使用方便、简捷，但其优点是准确度比前者高，如电桥，电位差计等。

常用的电测仪表，按结构和工作原理来分有：磁电系仪表（或叫动圈式仪表）及磁电系比率表，电磁系仪表（或叫动铁式仪表）及电磁系比率表，电动系仪表及电动系比率表，铁磁电动系仪表及铁磁电动系比率表，感应系仪表，静电系仪表，整流系仪表，热电系仪表，电子系仪表，热线系仪表等。

仪表和附件按使用条件分为 A、A1、B、B1、C 五组，其工作条件与最恶劣条件如表 1-1 所示。

表 1-1 仪表使用条件及参数

| 分类组别<br>环境条件参数 |                    | A             | A1            | B             | B1            | C             |
|----------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 工作条件           | 温度 (°C)            | 0~+40         |               | -20~+50       |               | -40~+60       |
|                | 相对湿度 (%)<br>(当时温度) | 95<br>(+25°C) | 85<br>(+25°C) | 95<br>(+25°C) | 85<br>(+25°C) | 95<br>(+35°C) |
| 最恶劣条件          | 温度 (°C)            | -40~+60       |               | -40~+60       |               | -50~+60       |
|                | 相对湿度 (%)<br>(当时温度) | 95<br>(+35°C) | 95<br>(+30°C) | 95<br>(+35°C) | 95<br>(+30°C) | 95<br>(+60°C) |

仪表按其外形尺寸大小分为：微型、小型、中型、大型四种，如表 1-2 所示。

表 1-2 仪表分类尺寸表

| 仪表分类名称 | 仪表正面部分的最大尺寸 (mm) |                 |
|--------|------------------|-----------------|
|        | 可携式仪表            | 安装式仪表           |
| 微型仪表   | $\leq 75$        | $\leq 40$       |
| 小型仪表   | $> 75 \sim 150$  | $> 40 \sim 80$  |
| 中型仪表   | $> 150 \sim 300$ | $> 80 \sim 160$ |
| 大型仪表   | $> 300$          | $> 160$         |

仪表按国家 JJG124—93《电流表、电压表、功率表及电阻表检定规程》的规定，其准确度等级按基本误差限共分为十三级，见表 1-3 所示。

表 1-3 仪表按基本误差限的分级

|           |            |             |             |           |           |           |             |
|-----------|------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 等级指数      | 0.05       | 0.1         | 0.2         | (0.3)     | 0.5       | 1.0       | (1.5)       |
| 基本误差限 (%) | $\pm 0.05$ | $\pm 0.1$   | $(\pm 0.2)$ | $\pm 0.3$ | $\pm 0.5$ | $\pm 1.0$ | $(\pm 1.5)$ |
| 等级指数      | 2.0        | (2.5)       | (3.0)       | 5.0       | 10        | 20        |             |
| 基本误差限 (%) | $\pm 2.0$  | $(\pm 2.5)$ | $(\pm 3.0)$ | $\pm 5.0$ | $\pm 10$  | $\pm 20$  |             |

注 带括号的级别不是优选系列。

电测量指示仪表准确度等级划分如下。

电流表和电压表的准确度等级分为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、1.5、2、2.5、3、5 级。

功率表和无功功率表的准确度等级分为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、1.5、2、2.5、3.5 级。

频率表的准确度等级分为 0.05、0.1、0.15、0.2、0.3、0.5、1、1.5、2、2.5、5 级。