

县局电业人员岗位培训教材

主编 孙成宝

电 气 仪 表

钱永强 李积才 慕伟 编

中国电力出版社



华北水利水电学院图书馆



208564490

TM93

S9001

县局电业人

主编 孙成宝

电 气 仪 表

钱永强 李积才 慕伟 编



中国电力出版社

856449

内 容 提 要

本书为《县局电业人员岗位培训教材》之一，全书共分为六章。主要内容为概述，指示式仪表，频率表、相位表和同步指示器，电阻测量仪，电气仪表的选择、校验、调整和修理以及电气测量常用的电子仪器。

本书在电力生产过程中提出了对电气仪表的技术要求；对县及县级以上电力生产部门的仪表的结构原理、使用方法及注意事项作了扼要的阐述，并附有实例。同时，对目前电力生产中应用较广的电子测量仪器及各种电气仪表的修理方法作了必要的介绍，使广大县局电业人员不仅能够使用当前电力生产过程中的各种仪表和作简单的维修，还能对将来电气测量的发展方向有一定的了解。

本书重点突出、深入浅出、通俗易懂，不仅可以作为县局电业人员岗位培训和技能考核教材，还可以供电力生产部门从事电气测量的专业技术人员和有关院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气仪表/孙成宝主编. —北京：中国电力出版社，1998.8

县局电业人员岗位培训教材

ISBN 7-80125-747-2

I. 电… II. 孙… 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(98)第12733号

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)

水电印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1998年10月第一版 1999年11月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 5.5印张 119千字

印数5091—9090册 定价9.00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)

国家电力公司农电发展局关于征订 《县局电业人员岗位培训教材》 的 通 知

农电 [1998] 17 号

各网、省电力局农电局（处）：

为了提高县局电业人员的技术素质和管理水平，根据原电力工业部关于开展电力职工岗位培训工作的部署，按照《电力工人技术等级标准》和《关于电力工人培训教材建设的意见》等有关文件和标准的要求，中国电力出版社编写出版了《县局电业人员岗位培训教材》丛书。本套教材是针对县电力局各生产岗位的特点编写的，可作为县局电业人员提高管理水平的培训教材。

本套教材将于 1998 年 9 月由中国电力出版社出版发行，希望各单位认真做好征订发行工作。

一九九八年八月十二日

序

大力开展职工岗位培训，提高电力生产岗位的工作能力和生产技能，是职工教育培训的重点，也是提高劳动生产率和工作效率的重要手段。而岗位培训教材建设，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。

随着电力事业的发展，电力系统容量的增加，高压甚至超高压供电不断增多，新型供用电技术和设备不断涌现，对县局电业人员提出更高要求。为了适应电力生产安全经济运行的需要，提高县局电业人员的技术素质和管理水平，由国家电力公司农电发展局和中国电力出版社共同组织编写出版了《县局电业人员岗位培训教材》，是县局电力职工培训工作的一件大事。

《县局电业人员岗位培训教材》具有的特点是：首先，本套教材的编写依据，是部颁《电力工人技术等级标准》、《关于电力工人培训教材建设的意见》以及有关电力生产岗位规范和新颁国家、电力行业标准。其二，以操作技能为主线，强调实用性，从电力生产实际需要和工人实际水平出发，进行设计、编写的，因此不仅适用于具有高中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的县局电业人员，而且对现场工程技术人员也有参考价值。其三，本套教材编写、出版力量强，组织供电企业 30 多位专家和技术人员，他们有相当丰富的工作经验和专业理论水平。另外，作为全国首批认定的 15 家优秀出版社之一的中国电力出版社，领导亲自挂

帅，组织 20 位编辑班子，精心策划，全面指导，精雕细刻，因此其质量是高的。

本套教材突出电力行业和岗位培训特点，针对性、适应性强，是全国县局电业人员岗位培训的理想教材。它的出版发行，必将对我国县局电力职工培训工作的有效开展和素质提高，产生积极的影响。

国家电力公司农电发展局局长

杨洪文

1998 年 7 月 4 日

前 言

为了适应县局电业人员岗位培训,提高职工本岗位的工作能力和生产技能,编写了《县局电业人员岗位培训教材 电气仪表》。

本教材内容既结合县电力系统的实际,又能满足全国城镇电工要求。它是依照新颁国家标准和部颁《电力工人技术等级标准》规定而进行编写的。本书突出电力行业和岗位培训特点,实用性强,通俗易懂,覆盖面广,是县局电业部门电气仪表人员的培训和考核的指定教材。

本书是由陕西省农电局、榆林供电局钱永强、李积才、慕伟同志编写,并得到榆林供电局李军同志的大力支持。本书由黄世英同志主审,并感谢林虔、孙成宝提出许多宝贵意见。

本书在编写过程中,虽经反复修改,但是由于编者水平有限,不足之处在所难免,希望各单位、读者在使用中及时提出宝贵意见,以便再版时修订和完善。

作 者

1998年8月

目 录

序

前 言

第一章 概述..... 1

第二章 指示式电气仪表..... 5

第一节 电气仪表的分类..... 5

第二节 指示式仪表和附件的基本误差..... 13

第三节 指示式仪表和附件的改变量..... 17

第四节 常见的几种电气仪表..... 18

第五节 万用电表..... 41

第六节 三相有功功率表..... 64

第七节 三相无功功率表..... 71

第八节 钳形电流表..... 79

第三章 频率表、相位表和同步

指示器..... 81

第一节 D_3 -Hz 型电动系频率表..... 81

第二节 电动系相位表..... 88

第三节 同步指示器..... 93

第四章 电阻测量仪..... 104

第一节 直流单臂电桥..... 104

第二节 直流双臂电桥..... 108

第三节	接地电阻的测量方法和 ZC-8 型 接地电阻表	112
第四节	绝缘电阻表	116

第五章 电气仪表的选择、校验、

调整和修理	123
--------------------	-----

第一节	仪表使用选择	123
第二节	仪表的校验与调整	130
第三节	仪表的检修和工艺要求	141

第六章 电气测量常用电子仪器

第一节	晶体管万用电表	145
第二节	数字式电压表	155
第三节	电子计数器测频方法	162

第一章 概 述

为保证安全经济运行，电力系统电能的生产、输送、分配、控制及使用的各个环节，必须有电气仪表随时准确无误地反映和累计电气量的各种变化值。电力系统的主要经济技术指标有发电量、供电量、售电量、煤耗、厂用电、线路损耗等，都是依靠电气仪表的正确指示作为量值的反映，例如，电能表不准，就不可能如实反映国家计划完成情况；功率表或电流表指示不准，就可能使设备潜力得不到充分发挥，也可能使设备过负荷运行，缩短设备的使用寿命，甚至烧毁；电压表和频率表不准，将会严重的影响供电质量，还会使系统发生故障，给用户带来一系列恶果。为此，根据国际电工委员会的标准 IECpub.51 和国家标准 GB7676—87 的规定，对电气测量仪表装置的设计、对电力系统及电力设备运行监视的要求作出具体规定，并要做到技术先进、经济合理、准确可靠、监视方便。

电力系统是应用电气测量仪表最为集中，也是最为普遍的一个部门，用于电力系统中的电气测量仪表，必须适应电力生产的特点，并满足下面的全面技术要求。

1. 足够的准确度

准确度是电气测量指示仪表和附件的重要指标之一，对仪表本身来说，准确度表征指示值对真实值接近程度的量；对附件来说，准确度是表征标志值对真实值接近程度的量。

准确度是以基本误差极限和改变量的极限来确定的。也

就是说，一只合格的仪表或附件，不但其基本误差应满足准确度等级的要求，改变量也满足该准确度等级的要求。

仪表和附件的基本误差和准确度等级之间有严格的对应关系，最大允许误差与准确度等级的关系，是把带有正负号以百分数的等级指数作为误差极限。例如，对于准确度等级为0.5级的仪表，其等级指数是0.5，基本误差极限为基准值的 $\pm 0.5\%$ 。

2. 受外界条件影响要小

电气仪表要受到外界诸多因素的影响，如环境温度、外磁场、外电场等，所以要求使用电气测量仪表的环境温度要尽量相对稳定。在设计、结构选型、材质选择等方面，使其所引起的附加误差应尽量小。

3. 仪表自身消耗的功率要尽量小

电气测量仪表在工作过程中，要消耗一定的能量，如果被测电路的功率较小，而仪表本身所消耗的功率又比较大时，就可能改变电路原来的工作状态，从而引起比较大的测量误差，所以要求仪表本身所消耗的功率应尽量小。

4. 应有良好的读数装置

为了便于读数，一般的仪表标尺分度应该力求均匀。对于标尺分度不均匀的仪表，在表的盘面上要注明读数的起始点，并以“.”符号表示；在某些情况下（非工作部分）用弧线或虚线表示。一般情况下，规定的标尺工作部分，不应

小于满刻度的85%。

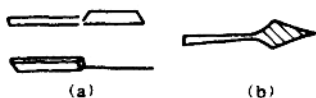


图 1-1 指针的结构

(a) 刀形；(b) 矛形

通常，为了减小所引起的读数误差，对于实验室所用的电气测量仪表指针，多采用刀形结构，如图 1-1(a)

所示,并在标尺上附有反光镜,在读数时,应使眼睛和指针以及指针在镜中的影像三点重合成为一条直线。对于安装式仪表,标尺分度线则要醒目,读数部分刻度要细,保证仪表指针在指示的位置有较高的灵敏度,其指针的结构形式,多采用矛形,如图 1-1 (b) 所示,便于远外观察。

5. 要有合适的灵敏度

电气测量仪表的灵敏度,就是单位测量值所引起的偏转角。假如被测量值的变化量为 ΔX 时,相对应的仪表活动部分偏转角的变化量为 $\Delta\alpha$, 则其灵敏度 S 为

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta X}$$

对于均匀分度标尺的仪表,则灵敏度是一个常数,即

$$S = \frac{\alpha}{X}$$

根据使用场所的具体要求合理地选择电气仪表,其灵敏度的要求以适中为宜。灵敏度高的仪表固然能反映出微小的被测量值,但是,由于高灵敏度仪表的阻尼时间较长,指针一时难以稳定,将会造成仪表读数困难。

6. 阻尼性能良好

仪表阻尼性能的好坏是指阻尼时间的长短而言。阻尼时间即指从接通电路开始,至仪表在读数位置左右摆动不超过满刻度 $\pm 1\%$ 的这段时间。一般来说,此值愈小,则说明仪表的阻尼性能愈好。

7. 具有足够的绝缘强度和过载能力

在正常情况下,电力系统内的每一种操作,如像对于空载变压器,空载线路,无功补偿电容器的分、合以及大型感应电动机的起动等,都将在系统内引起一个暂态过渡过程。

在此过程中都可能出现有短时的，甚至是比较危险的过电压或冲击电流值，虽然仪表接在主设备的二次侧，但基于电磁能量转换原理，也要求仪表能承受超过它本身额定工作值，以至数倍之多的瞬时值的能力，以确保电力生产和使用的安全。

此外，还应要求电气测量仪表使用方便，结构坚固。对于安装在常有振动的场所或携带型仪表，还需要对仪表采取减振措施。

电气测量仪表在电力系统生产过程的每一个环节中，都是必不可少的。因此，对于仪表在电力系统中使用时的准确度配合选择、检修运行以及维护等都应严格按照有关规定进行，以免造成大的损失。而在实际使用过程中，除了应对仪表有计划的、定期的进行检修和校验外，还应该绝对保证生产现场、实验室里、重要场所仪表应有的准确度。

为了适应我国电力工业的蓬勃发展，电网的不断扩大，大容量新型发电机组的投用以及科学技术的进步，在电气测量仪表的使用、维护、检修和校验等方面，对电测工作者都提出了更高和更新的要求。所以说，电测工的责任是重大的，任务是艰巨的。

第二章 指示式电气仪表

电气测量指示仪表具有结构简单、性能稳定可靠、成本低、使用和维护方便等优点。因此，在数字仪表广泛应用的今天，电气测量指示仪表作为一种基本测量工具仍被广泛地用于电力系统和科学实验中。

电气测量仪表的种类多种多样，实用中最常见的电气仪表，按其工作原理可分为磁电系、电磁系、电动系及感应系。用不同的仪器和不同的方法进行测量，都难免引起不同的测量误差，所以电气测量除了正确的选择和使用仪表外，还必须正确处理测量中的误差，才能够得到满意的测量结果。

第一节 电气仪表的分类

电气仪表的产品种类、规格繁多，它们的分类方法各有差异。根据国家标准将指示仪表及附件，按照其结构和用途，大体分为下述几类：

1. 按照仪表和附件的准确度分类

根据国际标准 IECpub.51 和国家标准 GB7676—87 规定，仪表和附件的等级指数应从 1—2—5 序列及其十进倍数或分数中选择。另外，等级指数 0.3、1.5、2.5 和 3 可用于仪表，等级指数 0.15 用于频率表，等级指数 0.3 也适用于附件。

国家标准的具体规定是：

电流表、电压表和功率表的准确度等级为 0.05、0.1、

0.2、0.3、0.5、1、1.5、2、2.5、3 和 5，共计 11 个等级；

频率表的准确度等级为 0.05、0.1、0.15、0.2、0.3、0.5、1、1.5、2、2.5 和 5，共计 11 个等级；

相位表、功率因数表和同步指示器的准确度等级为 0.1、0.2、0.3、0.5、1、1.5、2、2.5、3 和 5，共计 10 个等级。

电阻表的准确度等级为 0.05、0.1、0.2、0.5、1、1.5、2、2.5、3、5、10 和 20，共计 12 个等级；

仪表的附件的准确度等级为 0.02、0.05、0.1、0.2、0.3、0.5、1、2、5 和 10，共计 10 个等级，其中 2、5 和 10 这 3 个等级仅适用于高压串联电阻器和阻抗器。

2. 按照仪表的工作原理分类

根据仪表的工作原理（包括流比计）可以分为磁电系、动磁系、极化系、电动系、铁磁电动系、磁感应系、静电系、振簧系、热线系、双金属系、热电系、整流系、感应系及电子系，共 14 种类型。

3. 按照测量对象的种类分类

按测量对象可以分为电流表、电压表、功率表、欧姆表、电能表、频率表等。

4. 按照被测量的性质分类

按被测量的性质可以分为直流仪表、交流仪表和交直流仪表。

仪表分类不仅仅按以上四种分法，还有按照使用条件、保护性能、防御能力、外形、可动部分的支承方式等多种分法，这里就不一一列举了。

尽管电气仪表种类如此之多，但世界各国电气仪表的形状和含义大体相近。为了正确使用和维护电气仪表，掌握电气仪表的标志符号含义是非常必要的。此外列出 GB7676—

87 中规定的常见电气测量单位符号及电气仪表的标志、符号所代表的意义, 如表 2-1 所示, 供使用中参考。

表 2-1 标志仪表和附件的符号

A1 单位和符号

名 称	符 号	名 称	符 号
安〔培〕	A	伏〔特〕	V
分贝	dB	伏安	VA
赫〔兹〕	Hz	乏〔尔〕	var
欧〔姆〕	Ω	瓦〔特〕	W
秒	s	功率因数	$\cos\varphi$
西〔门子〕	S	无功功率因数	$\sin\varphi$
特〔斯拉〕	T	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$

A2 SI 词头*

名 称	符 号	因 数	名 称	符 号	因 数
艾〔可萨〕	E	10^{18}	分	d	10^{-1}
拍〔它〕	P	10^{15}	厘	c	10^{-2}
太〔拉〕	T	10^{12}	毫	m	10^{-3}
吉〔咖〕	G	10^9	微	μ	10^{-6}
兆	M	10^6	纳〔诺〕	n	10^{-9}
千	k	10^3	皮〔可〕	p	10^{-12}
百	h	10^2	飞〔姆托〕	f	10^{-15}
十	da	10	阿〔托〕	a	10^{-18}

续表 2-1

B 被测量的性质和测量元件数

编 号	项 目	符 号	编 号	项 目	符 号
B-1	直流线路和(或)直流响应的测量机		B-7	一个测量元件用于四线网络	3N~1E
B-2	交流线路和交流响应的测量机		B-8	两个测量元件用于不平衡负载三线网络	3~2E
B-3	直流和交流线路和直流和交流响应的测量机		B-9	两个测量元件用于不平衡负载四线网络	3N~2E
B-4	三相交流线路	3~	B-10	三个测量元件用于不平衡四线网络	3N~3E
B-6	一个测量元件用于三相网络	3~1E			