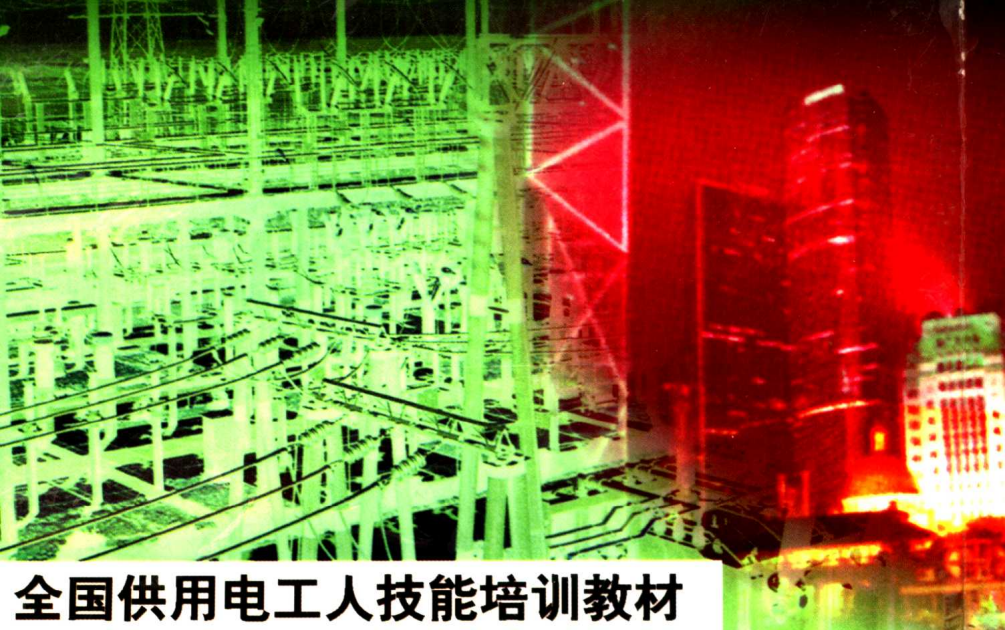




全国供用电工人技能培训教材

电气试验与油化验

中国电力企业家协会供电分会 编

初级工

中国电力出版社

全国供用电工人技能培训教材

电气试验与油化验

初级工

主编：汪学勤 许书燕

主审：李长益 李德伟

参编：（按编写章序排列）

杨德华 江和顺 张开明

董其国 赖汝荣 安丰顺

郭景阳

中国电力出版社

内 容 提 要

本书为全国供用电工人技能培训教材《电气试验与油化验》初级工分册,包括电气试验和油化验两篇。全书循序渐进、由浅入深地讲述了电气设备试验与油化验的方法和各种性能、特性、参数的测量以及设备诊断技术。全书内容通俗易懂,系统性、实用性强。

本书可作为供电类变电专业电气试验与油化验的初级工培训教材,也可供从事电气试验与油化验的中、高级工和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气试验与油化验/中国电力企业家协会供电分会编.北京:中国电力出版社,1998

全国供用电工人技能培训教材

ISBN 7-80125-771-5

Ⅰ.电… Ⅱ.中… Ⅲ.①电气设备-试验-技术培训-教材 ②电器-液体绝缘材料-化学实验:检验-技术培训-教材 N.TM506

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第30366号

电气试验与油化验(初级工)

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)

保定列电印刷厂印刷 各地新华书店经售

*

1999年6月第1版 1999年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 6.5印张 140千字

印数0001 5000册 全三册定价56.00元(本册13.00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 蒋貽吉 宋永伦 曾乃鸿

审定委员会办公室秘书 龙镇和 张兰慧

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
	韩英男			
委员	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	朱永范
	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	陈祥斌	胡维保	吕忠福
作	人	员	朱 品	谢 红	胡莉莉

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 and 操作技能。

本套丛书属于供电生产专业性技能培训教材，为达到结构设置合理化，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

为了认真贯彻“科技兴电”战略，全面提高供电职工队伍的素质，以培养电力生产职业型、技能型人才为目的。中国电力企业家协会供电分会同中国电力出版社组织了《全国供用电工人技能培训教材》的编写任务。《电气试验与油化验》由合肥供电局主编，郑州电业局、常州供电局、南通供电局、大同供电局参编。

本套书设初级工、中级工、高级工三个分册，每分册第一篇讲授“电气试验”，第二篇讲授“油化验”。本书从应用角度全面系统地介绍了供电企业所属电气设备的试验与油化验。全书重点突出、实用性强。初、中级工，偏重介绍知识理解与试验方法的熟练掌握，高级工偏重介绍应用与综合分析判断能力。

本套书共三十五章，其中初级工分册六章，中级工分册十四章，高级工分册十五章。每章后均附有复习题。各分册的主要内容包括：

初级工分册：介绍电气设备试验的基本知识和基本方法，35（60）kV及以下电气设备常规试验、绝缘油、气相色谱法的一般知识、六氟化硫气体。

中级工分册：介绍电介质的基本知识、常用高压电气设备绝缘及结构特点、常用的仪器、电气设备的绝缘试验方法和特性试验、过电压和绝缘配合的一般知识、试验工作实例、绝缘油的性质及常规试验、新油验收与管理、运行油的防劣措施、绝缘油的净化和再生、油的色谱分析、六氟化硫气体。

高级工分册：介绍电介质的老化与击穿、电气设备的特殊试验、电气设备常见故障及其原因分析、线路工频参数及接地装置工频参数的测量、消弧线圈伏安特性和系统电容电流的测量、电网谐波测量、主变压器保护简介、电力设备绝缘带电测量和在线监测、绝缘油的炼制与氧化安定性、绝缘油监督、变压器油的吸附处理、充油设备故障诊断、六氟化硫气体。

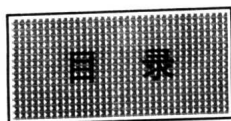
参加本套书编写的有汪学勤、杨德华（《电气试验》初级工第一～三章）、江和顺（“电气试验”中级工第一～七章）、张开明“电气试验”（高级工第一～八章）、董其国、江和顺（“电气试验”高级工第九章）、赖汝荣（初、中、高级工中关于“断路器”部分章节）、安丰顺（初、中、高级工中关于“电气设备试验工作实例”部分章节）、许书燕、郭景阳（“油化验”初级工第四～六章，中级工第八～十四章、高级工第十～十五章）。

本书为全国供用电工人技能培训教材之一，可作为供电类变电专业电气试验与油化验的初级工、中级工、高级工培训教材，也可作为相关工种的工人及有关工程技术人员学习参考。

全书“电气试验”篇由合肥供电局汪学勤主编，江苏省电力试验研究所李长益主审；“油化验”篇由合肥供电局许书燕主编，江苏省电力试验研究所李德伟主审。主审人提出了许多宝贵意见，在此特致衷心感谢。由于编者水平所限，书中错漏在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者

1997 年 11 月



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

第一篇 电 气 试 验

第一章 电气设备试验基本知识	1
第一节 电气设备试验的意义	1
第二节 电气设备试验的分类	2
第三节 高压试验工作的安全技术措施	3
复习题	5
第二章 电气设备绝缘试验的基本方法	7
第一节 绝缘电阻和吸收比试验	7
第二节 直流泄漏电流和直流耐压试验	15
第三节 介质损耗因数 $\tan\delta$ 的测量	30
第四节 工频交流耐压试验	45
第五节 直流电阻的测量	62
复习题	68
第三章 35 (60) kV 及以下电气设备	
常规试验	70
第一节 电力变压器试验	70
第二节 高压断路器试验	102

第三节	互感器试验	109
第四节	电力电缆试验	111
第五节	避雷器试验	118
第六节	各类安全工具的试验	122
第七节	电气设备试验工作实例	124
复习题		134

第二篇 油 化 验

第四章	绝缘油	137
第一节	概述	137
第二节	绝缘油的常规试验	141
第三节	绝缘油的监督和维护	155
复习题		166
第五章	气相色谱法简介	168
第一节	概述	168
第二节	气相色谱法的分离和鉴定过程	170
第三节	气相色谱仪	173
第四节	油中溶解气体的色谱分析	180
复习题		184
第六章	六氟化硫气体	186
第一节	概述	186
第二节	SF ₆ 气体的性质	187
第三节	SF ₆ 气体的作用	191
复习题		192

第一篇 电气试验

第一章 电气设备试验基本知识

第一节 电气设备试验的意义

电力系统中，常常由于设备存在缺陷而引起故障，以至造成停电事故，尤其是若发生绝缘击穿，将设备烧坏，这样影响面大，停电时间长。为尽量避免此类事故的发生，就必须要对电气设备进行试验来发现其缺陷。

设备缺陷的形成原因主要有以下两方面：①设备在制造或检修过程中，由于工艺不良或其他原因而留下潜伏性的缺陷。②设备在长期运行中，在工作电压、过电压、大气中潮湿、温度、机械力、化学等的作用下，使设备潜伏性缺陷不断扩大或使具有正常绝缘的设备，绝缘逐渐老化、变质，性能下降而形成缺陷。

绝缘缺陷通常分为两大类：①集中性缺陷（如悬式绝缘子的瓷质开裂。电缆局部有气隙，在工作电压作用下发生局部放电逐步损坏绝缘等）。②分布性缺陷，即电气设备整体绝缘下降（如变压器进水受潮，高压套管中的有机绝缘材料老化等）。

绝缘缺陷的存在和发展，往往会在工作电压或一般操作过电压的作用下，引起绝缘击穿事故。不仅使设备烧损，有时还可能造成大面积停电，影响工农业生产，给国民经济造成巨大的损失。

为了保证系统运行的安全,防止设备损坏事故的发生,使运行中设备和大修后以及新投入的设备具有一定的绝缘水平和良好的性能,对电气设备进行一系列的电气试验是非常必要的。

第二节 电气设备试验的分类

电气设备试验按其作用和要求,可分为两类:绝缘试验和特性试验。

一、绝缘试验

变电所的高压设备在运行中的可靠性基本上取决于其绝缘的可靠性,而判断和监督绝缘最可靠的手段是绝缘试验。试验又可分为非破坏性试验和破坏性试验。

非破坏性试验是指在较低的电压下或用其他不会损伤绝缘的办法来测量绝缘的某些特性(如绝缘电阻、介质损耗、局部放电、电压分布、色谱分析、超声波探测等)及其变化情况,来判断制造过中和运行中出现的绝缘缺陷。实践证明,非破坏性试验对绝缘的判断是有效的,但由于所加试验电压相对来说是较低的,有些绝缘缺陷还不能充分暴露出来。目前,各种非破坏性试验的测试量与绝缘耐电强度之间还没有确切的定量关系,但根据多种非破坏性试验结果并参考过去的试验数据是可以较为确切地判断绝缘缺陷的。

近几年来,非破坏性试验的带电测量(或称在线监测)、远红外测温等在现场已得到广泛应用。这对于综合判断设备的运行状况,及时发现绝缘缺陷非常有利,可以提高综合判断的可靠性。

破坏性试验也叫耐压试验。它是模仿设备的绝缘在运行