

全国电力出版指导委员会出版规划重点项目

火力发电职业技能培训教材

HUOLIFADIAN ZHIYE JINENG PEIXUN JIAOCAI

电气试验

《火力发电职业技能培训教材》编委会

紧贴职业技能鉴定
体现火电技术发展
突出实际操作技能



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

全国电力出版指导委员会出版规划重点项目

火力发电职业技能培训教材

电气试验

张建平 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本教材是根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》对火力发电职业技能鉴定培训的要求编写的。教材突出了以实际操作技能为主线、将相关专业理论与生产实践紧密结合的特色,反映了当前我国火力发电技术发展的水平,体现了面向生产实际的原则。

本教材基本上按《鉴定规范》中的火力发电运行与检修专业进行分册。全套教材总共15个分册,内容包括了《鉴定规范》中相关的近40个工种的职业技能培训。针对教材中的重点和难点,还将配套出版各分册的《复习题与题解》。

本教材的作者和审稿人均为长年工作在生产第一线的技术人员,有较好的理论基础和丰富的实践经验和培训经验。

本书为《电气试验》分册,包括电气试验工工种的培训内容。全书共分十一章,主要介绍电气试验工应知的知识和应会的技能,包括电气试验的基本方法和发供电各类电气设备的试验方法、诊断技术及一些在线监测的方法。

本书可作为发电、供用电、电力建设等部门从事各种电气设备试验的电气试验工培训及考核教材,也可作为有关工人自学教材,还可以作为电气设备检修工培训的参考资料。

本教材为火力发电职业技能鉴定培训教材、火力发电现场生产技术培训教材。也可供火电类技术人员及技术学校教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电气试验/《火力发电职业技能培训教材》编委会编.
北京:中国电力出版社,2004
火力发电职业技能培训教材
ISBN 7-5083-2454-4
I. 电... II. 火... III. 电气设备—试验—技
术培训—教材 IV. TM64-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 112465 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)

责任编辑:柏松 丰兴庆

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005年1月第一版 2005年1月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 16.75印张 577千字
印数 0001—3000册 定价 29.00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)

《火力发电职业技能培训教材》

编 委 会

主 任：周大兵 翟若愚

副主任：刘润来 宗 健 朱良镛

常 委：魏建朝 刘治国 侯志勇 郭林虎

委 员：邓金福 张 强 张爱敏 刘志勇

王国清 尹立新 白国亮 王殿武

韩爱莲 刘志清 张建华 成 刚

郑跃生 梁东原 张建平 王小平

王培利 闫刘生 刘进海 李恒煌

张国军 周茂德 郭江东 闻海鹏

赵富春 高晓霞 贾瑞平 耿宝年

谢东健 傅正祥

主 编：刘润来 郭林虎

副主编：成 刚 耿宝年

教材编辑办公室成员：刘丽平 郑艳蓉

前言

近年来,我国电力工业正向着大机组、高参数、大电网、高电压、高度自动化方向迅猛发展。随着电力工业体制改革的深化,现代火力发电厂对职工所掌握知识与能力的深度、广度要求,对运用技能的熟练程度,以及对革新的能力,掌握新技术、新设备、新工艺的能力,监督管理能力,多种岗位上工作的适应能力,协作能力,综合能力等提出了更高、更新的要求。这都急切地需要通过培训来提高职工队伍的职业技能,以适应新形势的需要。

当前,随着《中华人民共和国职业技能鉴定规范》(简称《规范》)在电力行业的正式施行,电力行业职业技能标准的水平有了明显的提高。为了满足《规范》对火力发电有关工种鉴定的要求,做好职业技能培训工作,中国国电集团公司、中国大唐集团公司与中国电力出版社共同组织编写了这套《火力发电职业技能培训教材》,并邀请一批有良好电力职业培训基础和经验、并热心于职业教育培训的专家进行审稿把关。此次组织开发的新教材,汲取了以往教材建设的成功经验,认真研究和借鉴了国际劳工组织开发的 MES 技能培训模式,按照 MES 教材开发的原则和方法,按照《规范》对火力发电职业技能鉴定培训的要求编写。教材在设计思想上,以实际操作技能为主线,更加突出了理论和实践相结合,将相关的专业理论知识与实际操作技能有机地融为一体,形成了本套技能培训教材的新特色。

《火力发电职业技能培训教材》共 15 分册,同时配套有 15 分册的《复习题与题解》,以帮助学员巩固所学到的知识和技能。

《火力发电职业技能培训教材》主要具有以下突出特点:

(1) 教材体现了《规范》对培训的新要求,教材以培训大纲中的“职业技能模块”及生产实际的工作程序设章、节,每一个技能模块相对独立,均有非常具体的学习目标和学习内容。

(2) 对教材的体系和内容进行了必要的改革,更加科学合理。在内容编排上以实际操作技能为主线,知识为掌握技能服务,知识内容以相应的职业必须的专业知识为起点,不再重复已经掌握的理论知识,以达到再培训,再提高,满足技能的需要。

凡属已出版的《全国电力工人公用类培训教材》涉及到的内容,如识绘图、热工、机械、力学、钳工等基础理论均未重复编入本教材。

(3) 教材突出了对实际操作技能的要求,增加了现场实践性教学的内容,不再人为地划分初、中、高技术等级。不同技术等级的培训可根据大纲要求,从教材中选取相应的章节内容。每一章后,均有关于各技术等级应掌握本章节相应内容的提示。

(4) 教材更加体现了培训为企业服务的原则,面向生产,面向实际,以提高岗位技能为导向,强调了“缺什么补什么,干什么学什么”的原则,内容符合企业实际生产规程、规范的要求。

(5) 教材反映了当前新技术、新设备、新工艺、新材料以及有关生产管理、质量监督和专业技术发展动态等内容。

(6) 教材力求简明实用,内容叙述开门见山,重点突出,克服了偏深、偏难、内容繁杂等弊端,坚持少而精、学则得的原则,便于培训教学和自学。

(7) 教材不仅满足了《规范》对职业技能鉴定培训的要求,同时还融入了对分析能力、理解能力、学习方法等的培养,使学员既学会一定的理论知识和技能,又掌握学习的方法,从而提高自学本领。

(8) 教材图文并茂,便于理解,便于记忆,适应于企业培训,也可供广大工程技术人员参考,还可以用于职业技术教学。

《火力发电职业技能培训教材》的出版,是深化教材改革的成果,为创建新的培训教材体系迈进了一步,这将为推进火力发电厂的培训工作,为提高培训效果发挥积极作用。希望各单位在使用过程中对教材提出宝贵建议,以使不断改进,日臻完善。

在此谨向为编审教材做出贡献的各位专家和支持这项工作的领导们深表谢意。

《火力发电职业技能培训教材》编委会

编者的话

本书是为了提高电力生产检修试验人员和技术管理人员的技术素质,适应现场岗位培训的需要而编写的。

本书结合近年来火力发电企业发展的新技术,根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范(电力行业)》和《职业技能鉴定指导书》,本着理论联系实践,理论为实践服务的原则编写而成。

电气试验的目的是对电气设备进行有效的试验,检查电气设备是否存在隐患,判断其能否投入运行,防止发生设备损坏事故,保证设备安全运行。这些试验包括定期的预防性试验、带电检测和在线监测。本书中,参照《电气设备预防性试验》DL/T 596—1996,详细介绍了电气设备的各种试验技术。

本书具有以下特点:

一、系统性强

本书对初级、中级、高级工所应掌握的内容未做篇幅上的严格划分,每一部分内容都自成体系,都是由浅入深逐步阐述的,理论的深度和实践的深度相对应,便于各种层次检修工人系统性地学习和提高。

二、实用性强

本书根据现场常见的试验技术和电气设备编写,参与编写的人员全部来自生产一线的专业技术人员,非常适合于现场的工作人员使用。

三、内容新颖

本书引用的技术标准采用了最新的相关标准,编写中尽可能搜集和采用了新技术资料和具有代表性的资料,能够满足电力工业发展的要求。

本书内容共分11章。第一章~第五章由太原第一热电厂张建平编写;第六章、第七章由晋中供电局武立平编写;第八章由太原第一热电厂丁永刚编写;第九章由太原第一热电厂刘建弓编写;第十章由阳光发电有限公司武晋涛编写;第十一章由太原第一热电厂张兵编写。全书由太原第一热电厂张建平统稿主编。山西省电网公司王培利对全书进行了主审。

本书在编写过程中,由于时间仓促和编著者的水平与经历有限,难免有缺点和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2004年7月

目 录

前言

编者的话

第一章 常用测试技术 1

第一节 绝缘电阻和直流
电阻试验 1

第二节 泄漏电流试验 20

第三节 介质损耗因数
的试验 30

第四节 交流耐压试验 47

第五节 测量局部放电 63

第二章 发电机试验 76

第一节 发电机定子试验 ... 76

第二节 发电机转子试验 ... 117

第三节 特性及温升试
验 144

第四节 发电机绝缘故障
的在线诊断 168

第三章 变压器试验 177

第一节 绝缘特性试验 177

第二节 变压器绕组的直
流电阻测量 193

第三节 变压器极性组别
及变比试验 205

第四节 变压器特性试
验 224

第五节 变压器绕组变形
的诊断方法 234

第六节 变压器油流带电

测量 238

第七节 变压器绝缘老化
的诊断方法 244

第八节 变压器操作波
试验 248

第九节 变压器有载调压
装置试验 265

第四章 交直流电机试验 270

第一节 直流电机试验 270

第二节 电动机试验 280

第五章 开关电器试验 294

第一节 SF₆ 断路器和 GIS
试验 294

第二节 油断路器试验 308

第三节 真空断路器、重合器
及分段器试验 314

第四节 高压开关柜试验 ... 317

第五节 断路器特性试
验 318

第六节 断路器在线检
测 326

第六章 互感器电容器试验 ... 335

第一节 电流互感器试
验 336

第二节 电磁式电压互感器
试验 345

第三节 电容式电压互感器 试验	358	验	435
第四节 SF ₆ 电压互感器预 防性试验	362	第一节 电力电缆绝缘试 验	435
第五节 互感器的在线监 测	363	第二节 电力电缆线路的在 线监测	452
第六节 电容器试验	369	第三节 电力电缆线路故障 探测	456
第七章 套管绝缘子试验	381	第十章 绝缘油试验	467
第一节 套管试验	381	第一节 绝缘油的电气性能 试验	467
第二节 绝缘子试验	390	第二节 油中溶解气体的气 相色谱分析	472
第八章 避雷器试验	409	第十一章 相序、相位及输电线 路的工频参数测量和 接地装置	487
第一节 不带并联电阻避雷 器 (FS 型) 的 试验	409	第一节 测量相序和相 位	487
第二节 带有并联电阻避雷 器的试验	412	第二节 输电线路工频参数 测量	492
第三节 金属氧化物避雷器 试验	417	第三节 接地装置	501
第四节 避雷器的在线监 测	422		
第九章 电力电缆线路试			

第一章

常用测试技术

第一节 绝缘电阻和直流电阻试验

一、绝缘电阻试验

测量电气设备的绝缘电阻,是检查其绝缘状态最简便的辅助办法,在现场普遍采用兆欧表测量绝缘电阻和吸收比。由试验所测得的绝缘电阻,能判断电气设备中影响绝缘的异物、绝缘局部或整体受潮、绝缘脏污、绝缘油严重劣化、绝缘严重老化和绝缘击穿等缺陷。因此,测量绝缘电阻和吸收比,是电气检修、运行和试验人员都必须掌握的基本试验。

(一) 测量绝缘电阻的意义

众所周知,构成电气设备的电工材料有导体、半导体、绝缘体和磁性材料等几大类。绝缘体的作用是隔电,包括相线之间的绝缘(相间绝缘)和相对地之间的绝缘(对地绝缘)。在正常情况下,电气设备的绝缘是不导电的,也就是说,绝缘电阻很高。因此,对于任何一种电气设备,保证它的相间和对地具有足够高的绝缘电阻,是电气设备安全运行的重要指标之一。

但是,电气设备在长期运行中,不可避免地要受到内部电的、热的和机械力的作用,还要受到外部大气的(如雨、雾、雷电等)、环境的(如污秽等)和外力的作用,从而可能造成电气设备绝缘的老化,造成绝缘内部产生缺陷,使绝缘的耐电强度降低,最终导致绝缘的完全破坏。因而,在电气设备的绝缘试验中,测量绝缘电阻是不可缺少的试验项目。

通过对电气设备的绝缘电阻测量,可以有效地反映出设备绝缘的整体受潮、绝缘中贯穿性通道、绝缘油的油质变坏、设备进水绝缘受潮、绝缘瓷套裂纹等缺陷。

应当指出,在某些情况下,绝缘虽然存在某种局部的缺陷(如局部放电),但相间绝缘和相对地绝缘仍保持良好,绝缘电阻很少下降,甚至没有变化,测量绝缘电阻不能发现和判断这种类型的缺陷,因而需要采用其他试验项目来检测。

测量绝缘电阻为什么能反映设备绝缘状况呢？人们已经知道，绝缘体不是绝对不导电的，在一定的直流电压作用下，绝缘体中总是有电流通过的，这个电流称为泄漏电流（或称电导电流）。对于正常的绝缘，泄漏电流很小。加在设备绝缘上的直流电压和通过绝缘的泄漏电流的关系同样遵循欧姆定律： $R = U/I$ 。当电气设备绝缘受潮、脏污或存在其他缺陷时，在直流电压下，泄漏电流会急剧地增大，绝缘电阻相应地减小。因此，通过测试求得的绝缘电阻的大小，可以初步反映绝缘的状况，判断绝缘是否存在受潮等缺陷。

什么是绝缘电阻呢？它是指对绝缘施加一定的直流电压 U 时，绝缘中流过泄漏电流 I_g ，应用欧姆定律确定的比值，即

$$R_f = U / I_g \quad (1-1)$$

式中 R_f ——绝缘电阻， Ω （或 $M\Omega$ ）；

U ——直流电压，V；

I_g ——泄漏电流，A（或 μA ）。

（二）吸收现象和吸收比、极化指数

在图 1-1 (a) 中， C_x 表示某一电气设备的绝缘，当有一个直流电压 U 突然加到绝缘 C_x 上时，在绝缘 C_x 中会流过泄漏电流 i 。在刚加上直流

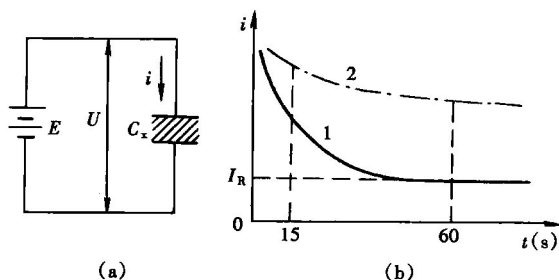


图 1-1 电介质的吸收现象

(a) 等值电路；(b) 吸收曲线

电压的瞬间，泄漏电流 i 比较大，随着加压时间的增长，泄漏电流 i 迅速衰减。一般情况下，当加压时间达 1min 以上时，电流 i 不再随时间而变化，趋于一个稳定不变的数值 [图 1-1 (b) 曲线 1]。在直流电压下，绝缘中泄漏电流随时间而变化的这种现象，称为绝缘介质的吸收现象。

图 1-1 (b) 中，不再随时间而变化的稳定电流值 I_R 称为泄漏电流，

相应于这个电流下绝缘体的电阻称为绝缘电阻。

当电气设备的绝缘为干燥状态时, 泄漏电流很小, 绝缘电阻很高。如果绝缘受潮或者脏污, 由于潮气和污秽导电率较高, 绝缘的泄漏电流增大, 绝缘电阻减小。此时, 泄漏电流随时间增长的变化规律也有所改变, 如图 1-1 (b) 的曲线 2 所示。

在电气设备的绝缘试验中, 取加压后 60s 的绝缘电阻为 R_{60s} , 加压后 15s 的绝缘电阻为 R_{15s} [见图 1-1 (b)], 其比值 R_{60s}/R_{15s} 称为吸收比。其表达式为

$$K_1 = R_{60s}/R_{15s} = (U/I_{60s})/(U/I_{15s}) \quad (1-2)$$

$$= I_{15s}/I_{60s}$$

式中 I_{15s} 、 R_{15s} ——分别为加压 15s 时的电流和相应的绝缘电阻值;

I_{60s} 、 R_{60s} ——分别为加压 60s 的电流和相应的绝缘电阻值;

K_1 ——吸收比。

测量 K_1 值的试验, 叫做吸收比试验。 K_1 值愈大, 电气设备绝缘的耐电性能愈好; K_1 值减小表明设备的绝缘可能受潮, 或者存在裂纹等缺陷; 受潮很严重时, 吸收比 K_1 可能接近于 1。

如何测量吸收比呢? 实际试验中是采用兆欧表测绝缘电阻的办法。用兆欧表对被试绝缘体测量绝缘电阻时, 从摇动手柄、兆欧表直流电压加到绝缘上那一瞬间算起, 记下第 15s 和第 60s 时的绝缘电阻值, 就是 R_{15s} 和 R_{60s} 。

随着变压器、发电机等电力设备的大容量化, 其吸收电流衰减得很慢, 在 60s 时测得的绝缘电阻仍会受吸收电流的影响, 这时若用吸收比 R_{60s}/R_{15s} 来判断绝缘是否受潮会产生困难。例如, 图 1-2 示出了两台变压器的吸收曲线, 若用吸收比作衡量指标就很难判断哪一台变压器受潮了。

对于大容量和吸收较长的变压器、发电机、电缆等, 有时 R_{60s}/R_{15s} 吸收比不足以反映吸收的全过程, 可采用较长时间的绝缘电阻比值, 即 10min (R_{10min}) 和 1min (R_{1min}) 时的绝缘电阻的比值 K_2 , 称作绝缘的极化指数, 即

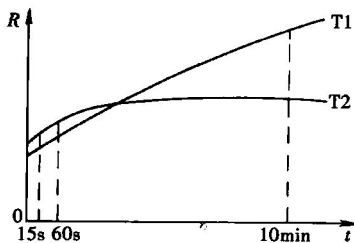


图 1-2 两台变压器的吸收曲线

$$K_2 = R_{10\min}/R_{1\min} = (U/I_{10\min})/(U/I_{1\min}) \quad (1-3)$$

$$= I_{1\min}/I_{10\min}$$

当绝缘处于受潮和污染状态时,不随时间变化的泄漏电流所占比例较大,所以 K_2 接近于 1; 当绝缘处于干燥状态时, K_2 较大。根据有关规程规定, K_2 值一般不小于 1.5。

实际上,电气设备的绝缘电阻不仅与绝缘材料的电阻率 ρ 有关,而且还与绝缘的几何尺寸有关。因此,对于发电机、变压器等电气设备,一般不是以绝缘电阻的绝对值来判断绝缘状况,而是测量吸收比(极化指数)更能较准确地判断绝缘是否整体受潮或存在贯穿性缺陷。

(三) 测量绝缘电阻的仪表

人们知道,电气设备绝缘的电阻率在 $10^{13}\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ 以上,也就是说,绝缘电阻很高,计量单位用 $\text{M}\Omega$ 。兆欧表就是用来测量绝缘电阻的专用仪表。

兆欧表主要是测量被试绝缘体在直流高压下的泄漏电流值(微安级),而在表盘上反映出来的却是兆欧值,所以也俗称兆欧表。

兆欧表按其产生的电压可分为 100、250、500、1000、2500、5000V 六种规格;按其结构可分为手摇式、晶体管式和数字式三种型式。在电力设备预防性试验中最常用的是 2500V 兆欧表。

1. 工作原理

下面以手摇式兆欧表(俗称摇表)为例,分析介绍兆欧表的工作原理。

兆欧表的原理接线见图 1-3。它由直流手摇发电机 G 和流比计构成。流比计中有一个电压线圈 L_V 和一个电流线圈 L_A , 两个线圈都是可动的,它们互相垂直而绕向相反,并固定在一起,放在不均匀的磁场中(永久磁铁中有一个开口圆柱铁芯)。因此,线圈所受的力既与通过线圈的电流大

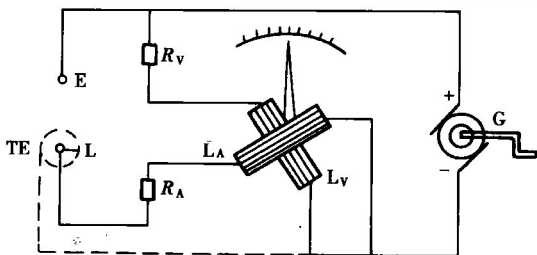


图 1-3 兆欧表的原理接线

小有关,还与线圈处在磁场中的位置有关。在图 1-3 中,电压线圈 L_V 接在手摇发电机的两端,而电流线圈接到线端 L 和地端 E,当 L、E 两端接有被测量的绝缘体时,流过绝缘体电阻的电流也就是流过电流线圈的电流。此时, L_V 、 L_A 两个线圈中通过电流,在不均匀磁场中,受到方向相反的两个力矩的作用,这个力矩差使线圈带着指针转动,转到力矩平衡为止。因此,指针的偏转角的大小,直接反映了被测绝缘体的绝缘电阻的大小。

当 L 端、E 端两个接线柱之间开路时,如果摇动兆欧表的手柄,发电机虽然电压有输出,即电压线圈 L_V 中有电流通过,但因电流回路在 L、E 端断开,所以电流线圈 L_A 中是没有电流流过的。此时,力矩差作用的结果,使指针逆时针方向偏转到最大位置“ ∞ ”,表示 L、E 端之间的电阻为无穷大(∞)。

如果将 L 端和 E 端短接起来, L_V 和 L_A 两个线圈中都会有电流通过,流过 L_A 电流线圈中的电流达到最大值(因为外电路被短接,电流回路中总电阻最小,只有本身的电阻 R_A),指针顺时针方向偏转到最大位置“0”,表示 L、E 端之间的电阻为零。

当 L、E 两端之间接上被测绝缘体时,电阻值 R_X 可能为 $0 \sim \infty$ 间任何数值。 R_X 愈小,流经电流线圈 L_A 的电流愈大,指针愈向顺时针方向偏转;反之, R_X 愈大,电流线圈 L_A 中电流愈小,指针愈向逆时针方向偏转。因此,兆欧表指针偏转所指示的位置也就反映了被测绝缘电阻 R_X 的大小,从刻度盘上能直接读出绝缘电阻值。应当注意,兆欧表不用时,指针可能停留在任何位置上,但这并不反映 R_X 的大小。

2. 兆欧表的正确使用

(1) 兆欧表的测量方法。

使用兆欧表前,应先对兆欧表本身进行检查。首先,在 L、E 两端开路状态下,摇动手柄,使手摇发电机达到额定转速(一般为 $120r/min$ 左右),此时指针应指到“ ∞ ”处。然后,将 L、E 两端用导线短接,轻轻摇动手柄(注意转速应当很慢),指针应迅速摆到“0”位置。这时,说明兆欧表本身正常,可以使用。

接着,检查兆欧表的接线端钮是否完好,测量用引线绝缘是否正常,特别是 L 端测量线(火线)一定要对大地有良好的绝缘。然后,将两根测量引线分别牢固地接到兆欧表的 L 端钮和 E 端钮的接线柱上,将 E 端引线的另一头接在被测绝缘体的接地端(如地线、接地的外壳等),L 端引线的另一头一般为带有绝缘的探头,将其悬空或握在手上(注意安全!)。准

备好后,即可摇动手柄,迅速从静止状态加速到兆欧表的额定转速,立即将L端的测量引线探头碰接到被测绝缘体的非接地端,从兆欧表的指针偏转位置,读出所测绝缘电阻数值。在测量读数时间内,应不停地摇动手柄,且保持恒定的额定转速。读好数后,应先将L的测试探头从被测绝缘体上挪开,方能停止摇动手柄,否则,可能由于被测物对兆欧表的反充电而损坏兆欧表。

(2) 兆欧表的选用。

兆欧表的电源是一个手摇发电机,它的容量不大,输出电压却很高。在测量电气设备的绝缘电阻时,事前应根据被测设备的耐压标准,选择适当电压的兆欧表,不要过高,也不要过低。电压太高,容易击穿被试物;电压过低,会使测量结果不准确。一般来说,测量1kV以下电气设备或低压二次回路绝缘电阻时可用1000V及以下兆欧表;测量1kV以上电气设备绝缘电阻时,常用2500V兆欧表,超高压输变电设备用5000V兆欧表。

(3) 屏蔽的采用。

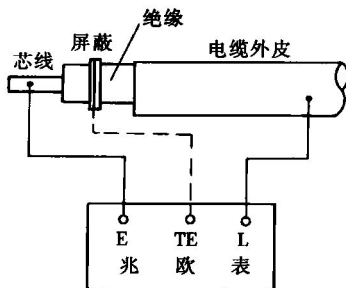


图 1-4 兆欧表屏蔽的接法

图 1-4 中示出的兆欧表输入端有三个端钮,一般在测量绝缘电阻时,被测绝缘体接在线端 E 和地端 L 之间,屏蔽端钮 TE 是当被测绝缘物表面泄漏电流严重时使用,即将 TE 端与被测物上的保护环(屏蔽)或其他不需测量的部分相连接。尤其在测量电缆绝缘电阻时,如果不接入屏蔽端钮 TE,则被测电缆芯线表面的泄漏

电流将流过兆欧表的电流线圈,使测量结果有很大误差。

(4) 尽量避免造成测量误差。

除了合理选用兆欧表的电压、采用屏蔽端接线、防止测量误差外,在测量之前,应将被试电气设备表面擦拭、清理干净,防止因表面脏物而增大泄漏电流;线端 L 和地端 E 的测量连接引线不要采用双股线,以免影响测量结果。测试时,摇动手柄速度应均匀,不要使发电机输出电压过低,否则导致所测绝缘电阻值偏高。

(四) 测试方法

(1) 试验前应拆除被试设备电源及一切对外连线,并将被试物短接后接地放电 1min,电容量较大的应至少放电 2min,以免触电。

(2) 校验兆欧表是否指零或无穷大。

(3) 用干燥清洁的柔软布擦去被试物的表面污垢,必要时可先用汽油洗净套管的表面积垢,以消除表面的影响。

(4) 接好线,如用手摇式兆欧表时,应以恒定转速转动摇柄,兆欧表指针逐渐上升,待 1min 后读取其绝缘电阻值。

(5) 在测量吸收比时,为了在开始计算时间时就能在被试物上加上全部试验电压,应在兆欧表达到额定转速时再将表笔接于被试物,同时计算时间,分别读取 15s 和 60s 的读数(如用带有测量吸收比和极化指数的智能兆欧表效果更好)。

(6) 试验完毕或重复进行试验时,必须将被试物短接后对地充分放电。这样除可保证安全外,还可提高测试的准确性。

(7) 记录被试设备铭牌、规范、所在位置及气象条件等。

(五) 注意事项

(1) 对于同杆双回架空线或双母线,当一路带电时,不得测量另一回路的绝缘电阻,以防感应高压损坏仪表和危及人身安全。对平行线路,也同样要注意感应电压,一般不应测其绝缘电阻。在必须测量时,要采取必要措施才能进行,如用绝缘棒接线等。

(2) 测量大容量电机和长电缆的绝缘电阻时,充电电流很大,因而兆欧表开始指示数很小,但这并不表示被试设备绝缘不良,必须经过较长时间,才能得到正确结果,并要防止被试设备对兆欧表反充电损坏兆欧表。

(3) 如所测绝缘电阻过低,应进行分解试验,找出绝缘电阻最低的部分。

(4) 在阴雨潮湿的天气及环境湿度太大时,不应进行测量。一般应在干燥、晴天、环境温度不低于 5℃ 时进行测量。

(5) 测量绝缘的吸收比、极化指数时,应避免记录时间带来的误差。必要时,可使用有测试绝缘吸收比和极化指数的智能兆欧表。

(6) 屏蔽环装设位置。为了避免表面泄漏电流的影响,测量时应在绝缘表面加等电位屏蔽环,且应靠近 E 端子装设。

(7) 兆欧表的 L 和 E 端子接线不能对调。正确的接线方式是 L 端子接被试品与大地绝缘部分, E 端子接被试品的接地端。

(8) 兆欧表与被试品间的连线不能绞接或拖地。

(9) 采用兆欧表测量时,应设法消除外界电磁场干扰引起的误差。

(10) 为了便于比较,对同一设备进行测量时,应采用同样的兆欧表、

同样的接线。

（六）影响绝缘电阻的因素

1. 湿度的影响

随着周围环境的变化，电力设备绝缘的吸湿程度也随着发生变化。当空气相对湿度增大时，绝缘物（特别是极性纤维所构成的材料）由于毛细管作用，将吸收较多的水分，使电导率增加，降低了绝缘电阻的数值，尤其对表面泄漏电流的影响更大。实践证明，在雾雨天气或早晚进行试验测出的绝缘电阻很低，与在晴朗的中午用同样的设备试验所测得的绝缘电阻相差很多，这充分说明了湿度对绝缘电阻的影响。

2. 温度的影响

电力设备的绝缘电阻是随温度变化而变化的，其变化的程度随绝缘的种类而异。富于吸湿性的材料，受温度影响最大。一般情况下，绝缘电阻随温度升高而减小。这是因为温度升高时，加速了电介质内部离子的运动，同时绝缘内的水分在低温时与绝缘物结合得较紧密。当温度升高时，在电场作用下水分即向两极伸长，这样在纤维物质中，呈细长线状的水分粒子伸长，使其电导增加。此外，水分中含有溶解的杂质或绝缘物内含有盐类、酸性物质，也使电导增加，从而降低了绝缘电阻。例如当发电机温度每变化 $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 时，其绝缘电阻变化一倍。

由于温度对绝缘电阻值有很大影响，而每次测量又不能在完全相同的温度下进行，所以为了比较试验结果，应换算到同一温度进行比较。由于目前还没有一个通用的换算绝缘电阻的公式，所以温度系数换算最好以实测决定。例如正常状态下，当设备自运行中停下时，在自行冷却过程中，可在不同温度下测量绝缘电阻值，从而求出其温度换算系数。

3. 表面脏污和受潮的影响

由于被试物的表面脏污或受潮会使其表面电阻率大大降低，绝缘电阻将显著下降。在这种情况下，必须设法消除表面泄漏电流的影响，以获得正确的测量结果。

4. 被试设备剩余电荷的影响

对有剩余电荷的被试设备进行试验时，会出现虚假现象，由于剩余电荷的存在会使测量数据虚假地增大或减小。

当剩余电荷的极性与兆欧表的极性相同时，会使测量结果虚假地增大。当剩余电荷的极性与兆欧表的极性相反时，会使测量结果虚假地减小。这是因为兆欧表需输出较多的异性电荷去中和剩余电荷之故。

为消除剩余电荷的影响，应事先“充分”放电。对于 10000pF 以上的