

JIANZHU DIANQI XITONG GUZHANG JIANCE YU WEIHU PEIXUN JIAOCHENG

建筑电气系统 故障检测 与维护培训教程

JIANZHU DIANQI XITONG GUZHANG JIANCE
YU WEIHU PEIXUN JIAOCHENG

王国贞 张惠荣 刘春艳◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

建筑电气系统故障检测与 维护培训教程

王国贞 张惠荣 刘春艳 编著



机械工业出版社

本书介绍了建筑电气系统中常用电气设备的维护及常见故障的判断与处理,建筑电气控制系统中的可编程控制器、变频器的运行、维护及故障检测与维修,建筑中最常用的电梯及有线电视系统的维护及检修等知识。

本书可作为建筑电气从业人员及在校师生的培训教材,也可供建筑电气管理及使用人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气系统故障检测与维护培训教程/王国贞,张惠荣,刘春艳编著. —北京:机械工业出版社,2008.1

ISBN 978-7-111-22972-8

I. 建… II. ①王…②张…③刘… III. ①房屋建筑设备:电气设备—故障检测—技术培训—教材②房屋建筑设备:电气设备—维护—技术培训—教材 IV. TU85

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第188164号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王黎庆 版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:马精明 责任印制:邓博

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2008年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.5印张·457千字

标准书号:ISBN 978-7-111-22972-8

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着经济的发展和社会的进步以及城市化步伐的加快,我国的建筑事业进入了一个崭新的发展阶段。同时各种电气、电子设备装满了各个建筑,各种智能化信息技术大量涌现,并在各种建筑中得到应用。

电气设备、信息系统的安全运行直接关系到工作人员和设备的安全,关系到工作的正常运行。为保证电气系统和各种电气设备的正常运行,一方面加强巡视检查,做好维护工作;另一方面,一旦发生异常时,应能迅速判断并正确处理。为满足广大从事建筑电气工人及工程技术人员的工作需要,特编写了《建筑电气系统故障检测与维护培训教程》。

本书主要介绍了建筑电气系统中常用电气设备、动力设备、控制设备、电梯、有线电视系统的运行、维护与检修、故障分析与处理。而对工作原理、名词术语等理论知识讲得不多,如在学习过程中需要理论方面的知识,可参考相关书籍。

本书由河北工业职业技术学院王国贞、张惠荣等编著。

由于水平所限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

已行版第1次印刷

目 录

前言	
第1章 建筑电气系统概述	1
1.1 建筑电气系统特点	1
1.2 建筑电气系统的基本构成	1
1.3 电气设备故障检测	2
1.3.1 电气故障的关键参数	2
1.3.2 电气设备故障检测方法	5
1.3.3 故障检测的保证机制	15
第2章 建筑电气线路的维护与检修	17
2.1 架空线路的维护与检修	17
2.1.1 架空线路的组成	17
2.1.2 架空线路的维护与故障检测	18
2.2 电缆的维护与检修	22
2.2.1 日常维护检查	22
2.2.2 定期试验项目	24
2.2.3 常见故障与处理	25
2.3 母线和室内配线的维护	27
2.3.1 母线的日常维护与故障检修	27
2.3.2 室内配线的维护与检修	29
第3章 建筑电气照明运行与维护	34
3.1 照明光源使用与维修	34
3.1.1 照明分类	34
3.1.2 常用电光源	34
3.1.3 光源的选择	35
3.1.4 照明光源的使用与维修	37
3.2 照明电气运行与维修	46
3.2.1 照明电气运行与维修	46
3.2.2 照明电路故障检修	48
第4章 建筑电气动力系统运行与维护	52
4.1 电动机运行与故障检测	52
4.1.1 电动机检测与维护要点	52
4.1.2 三相异步电动机运行与维修	57
4.2 变压器的运行与维修	62
4.2.1 常见故障原因和种类	62
4.2.2 日常检查发现的异常现象、原因与对策	64
4.2.3 日常维护与维修项目	65
4.3 互感器运行与维修	73
4.3.1 电压互感器运行与维修	73
4.3.2 电流互感器运行与维修	78
4.4 断路器的使用与维护	83
4.4.1 断路器的种类	83
4.4.2 断路器的维护	84
4.4.3 断路器常见故障与处理	93
第5章 建筑电气控制系统运行与维护	98
5.1 可编程序控制器概述	98
5.1.1 可编程控制器基本组成	98
5.1.2 可编程控制器的软件及编程语言	111
5.1.3 可编程控制器的工作原理	114
5.2 可编程控制器的维护与检修	116
5.2.1 可编程控制器安放环境	116
5.2.2 配线时的注意事项	118
5.2.3 可编程控制器的检查与维护	119
5.2.4 故障查找	120
5.2.5 故障处理	124
5.3 变频技术概述	126
5.3.1 变频器常用电力半导体器件及其应用	127
5.3.2 变频器基本知识及应用	132
5.3.3 变频器安装、接线、维护及故障诊断	147
5.4 可编程控制器和变频器在恒压供水方面的应用	158
5.4.1 恒压供水的意义	158
5.4.2 两种恒压供水主体方案的比较	159
5.4.3 恒压供水变频调速控制系统设计要点	159
5.4.4 恒压供水变频调速控制系统应用举例	160
第6章 电梯运行与维护	163
6.1 电梯运行概述	163

6.1.1 电梯的分类	163	7.2.3 故障应急检修方法	222
6.1.2 电梯的规格与主要参数介绍	164	7.2.4 故障判断技巧	224
6.1.3 电梯的组成部件	166	7.3 卫星电视接收系统的维护与检修	226
6.1.4 电梯的主要性能指标	168	7.3.1 卫星电视接收系统的组成	226
6.1.5 电梯的电气拖动与控制系统	171	7.3.2 卫星数字电视接收机常见故障的检修	230
6.1.6 电梯紧急情况的处理	173	7.4 前端设备的维护与检修	231
6.2 电梯的维护与保养	178	7.4.1 前端的组成	231
6.2.1 电梯维护保养的一般要求	178	7.4.2 前端设备的维护与保养	232
6.2.2 对电梯维护人员和管理人员的基本要求	182	7.4.3 前端设备常见故障分析	233
6.2.3 电梯的日常保养	183	7.4.4 前端设备故障维修 29 例	235
6.3 电梯的故障诊断与排除	203	7.5 传输干线的维护与检修	244
6.3.1 电梯机械部分常见故障的分析与排除	204	7.5.1 电缆干线的维护与检修	244
6.3.2 电梯电气部分常见故障的分析与排除	210	7.5.2 光缆传输干线的维护与检修	254
第 7 章 有线电视系统维护与检修	218	7.5.3 多路微波分配系统 (MMDS) 的维护与检修	257
7.1 有线电视系统的组成	218	7.6 用户分配网络的维护与检修	264
7.2 有线电视系统维修的基本知识	220	第 8 章 建筑物的防雷与电气安全	278
7.2.1 设备检修的步骤	220	8.1 建筑物防雷	278
7.2.2 网络故障的初步判断与检修方法	221	8.2 接地	280
		8.3 接地装置的运行与维修	283
		参考文献	287

第1章 建筑电气系统概述

1.1 建筑电气系统特点

现代建筑物电气系统的发展是经过电气化阶段、自动化阶段到当今的智能化阶段。它是电力电子技术、通信技术、网络技术、计算机技术、自动控制技术、传感技术及多媒体等一系列最先进技术飞速发展的结晶,是各种电气电子设备的集装箱。而这些技术和设备必须建立在电气技术的平台上,依靠电气技术的支持才能实现。

各类建筑由于用途不同,而形成住宅用建筑、各类办公用建筑、综合商用建筑、宾馆、学校等。虽然不同用途建筑物的电气系统构成不完全相同,但它们具有以下共同的特点:

- (1) 电气系统复杂且分布散。
- (2) 电子和微电子设备品种多、数量多。
- (3) 各种用途的布线多,布线交叉多。
- (4) 各种电气设备、电子设备集中,且同时工作,相互干扰严重。
- (5) 人们的工作和生活对电气电子设备的依赖性越来越强,任何的电气或设备故障带来的损失都很严重,安全性要求非常高。
- (6) 用电负荷大,供电可靠性要求高等。

因此,建筑电气系统应达到以下基本要求:

- (1) 安全。在电能的变、配、用各个环节,必须保证安全第一,定时检修,切实避免人身伤亡及电气设备损坏事故。
- (2) 可靠。应按不同用户的负荷等级,采取相应措施,满足供电的可靠性要求。
- (3) 优质。切实保证供电质量,满足用户对电压和频率等的要求。
- (4) 经济。在满足使用的条件下,应使供配电系统的投资尽可能节省,管理运行费用低、节约电能、减少占地。
- (5) 美观。供配电系统线路及各种布线,电气设备安装等要与环境的美观要求相匹配。
- (6) 发展。在电力工程的规划和设计中,要根据工程特点、规模和发展规划,正确处理近期建设和远期发展的关系,远近结合,以近期为主,适当考虑发展的可能。要妥善处理局部与全局、本区域与邻近区域的关系。

1.2 建筑电气系统的基本构成

虽然不同的建筑,用途不同,其电气配置、电子设备种类也不同,但基本都包含下列电气系统:

- (1) 供配电系统。包括变压器、电气线路、互感器、断路器等。
- (2) 动力系统。
- (3) 调速系统。

- (4) 自动控制系统。
- (5) 电梯系统。
- (6) 照明系统。
- (7) 有线电视系统。
- (8) 电气安全等。

1.3 电气设备故障检测

如上所述,品种多、数量多的电气电子设备集中在一个建筑物中,且人们的工作和生活高度依赖这些电气电子设备,这一方面为人们的工作和生活带来了方便,提高了工作效率;另一方面也带来很大的问题,一旦发生电气及电子设备故障,即使只引起设备极短暂的停止,也会造成巨大的损失,这样的例子已屡见不鲜。为了防止电气事故的发生,一方面要求设备设计符合规范、高标准,设备制作高工艺、高质量,安装交接从严检验,从根本上提高可靠性,降低事故发生率;另一方面,要建立一套科学的管理与维护制度,不间断地对设备进行运行管理、保养、监护,定期进行维修,力争能提前发现设备的异常情况以便防止事故于未然,降低事故发生率。

早期对电气设备的故障检测主要通过维修工的检查或操作工根据设备运行情况而得到线索。随着科学技术尤其是集成技术和计算机技术的发展,检测技术得到迅猛发展。在检测技术的推动下,促进了各式各样测试设备的不断发展,故障检测在某种程度上已经依赖于各种测试仪器,同时也出现了很多新技术,如电气设备故障监测预诊断技术、电气设备智能故障诊断专家系统、无人值班技术等新技术。

电气设备故障监测的方式有两种,即离线监测和在线监测。

离线监测诊断是在设备停运或运行中利用有关仪表器具人为地对设备定时地进行接触检测或远距离遥测,定时分为次/h、次/班,例如用涡流计、加速计测量旋转电动机的外壳、轴振动、轴位移,用红外线测温仪在远距离处测量高压带电体的温度等,对所测参数建档,进行历史比较、趋势分析,做出初级诊断,为制订设备运行的维修计划提供依据。

电气设备的在线监测预诊断方法是预先在设备的关键部位、敏感区域、重要参数环节处安装传感元件和参数取出设备及特别的信号参数变换装置,将各种强、弱、大小规格不一的机械信号与电气信号进行整理放大、规格化,变成自动化检测仪表及计算机能够接纳的模拟或数字信号送入监测仪表和计算机系统的输入单元,自动化仪表及计算机智能系统连续不断地接纳或周期性采样接纳各种参数信号,智能系统按一定的数学模型和运算程序进行分析处理、计算,综合进行预诊断。

1.3.1 电气故障的关键参数

检测电气故障的参数很多、情况也较复杂。有时一个参数能直接造成故障;有时由几个参数共同作用产生故障;有时一个(或几个)参数变化导致新的参数产生。其主要参数包括绝缘电阻、湿度、电流电压等。

1. 绝缘电阻

绝缘电阻是电气设备和系统的一个主要参数,绝缘电阻值不符合要求是绝大部分电气故

障产生的主要根源，或者与它直接相关。

绝缘值大小以兆欧（符号为 $M\Omega$ ）为单位，它是衡量电气设备的载电体对设备外壳（地）及设备上不同相别导体间或不同载压等级导体之间的隔电程度，由于电阻值很大，因此用兆欧度量，对设备绝缘阻值的一个最低的基本要求标准是 $1k\Omega/V$ ，各种不同电压的载体对地绝缘实际标准数应以这一数进行规算。对于高电压还应乘一个可靠系数，电压越高系数应越大，而且常温下测量的绝缘阻值还要换算到设备最高允许工况温度。

温度升高绝缘值下降是有机绝缘材料的固有特性，它与导体温度升高电阻增大的特性相反。各种绝缘材料绝缘值下降的原因是：

(1) 绝缘材料老化，破损。

(2) 绝缘材料吸潮。

(3) 绝缘材料高温变质。

(4) 绝缘材料表面不清洁，放电碳化。

(5) 绝缘材料受瞬变过压冲击表面放电碳化。

(6) 绝缘层厚度不够或绝缘薄弱点漏电恶化。

(7) 绝缘油气化、含杂质、受潮等。

电气事故的残酷莫过于短路放炮，瞬间可将设备烧坏、烧毁，事故的主要根源就是绝缘不好，因此对电气设备的离线和在线监测，监测绝缘电阻应成为重中之重的任务。

2. 温度

温度在电气设备中也是一个十分重要的参数，必须严格监控。各种电气设备根据设备中使用的绝缘材料都在其铭牌上标定了工况最高允许温度值数字等级字符，超过其限值必须停机检查。温度受其他参数变化的影响而升高，而温度的升高又影响其他参数的变化，特别是与绝缘电阻值的相互关联程度更是密不可分。

电气设备中温度升高的原因是：

(1) 受现场环境温度的影响。

(2) 设备长期过载运行、冷却装置不良。

(3) 导体连接点松动，接触电阻大，局部严重发热，散热不及，热量积累升温。

(4) 机械部分摩擦发热。

(5) 空载电流大、绕组功耗损失大发热。

(6) 匝间、相间短路发热，运行中缺相发热。

(7) 机械卡住或严重过载，致使电动机转速下降或堵转，使绕组中电流增大而发热。

电动机发热严重，会使电动机温度升高，上述(1)、(2)、(4)、(5)种原因温度升高较慢，易于监测掌握；(3)、(6)、(7)种原因电动机发热升温极快，维护人员难于监控这种随机发生的状况，极易造成电气事故。

3. 电流

电流是电气设备发热升温的主要因素。电气设备的容量——功率大小是以它长期通过一定电流后，其发热升温值不超过绝缘材料允许温升时的值界定的。这个电流为设备的额定电流 I_N ， I_N 所做的功为额定功率。电气设备内部发热与电流的平方成正比，电流越大发热越严重，发热量大于散热量则设备内热量被积累而升温，高热、高温是电气设备的大敌。短路发热是由于短路电流大，其值为额定电流的 5~10 倍以上，短路发热可以极快地烧毁设备。

超载发热的温升时间较长,一般5~30min,高温会使绝缘材料的绝缘性能降低,最终导致事故。

电气设备监测系统重要任务之一是监测温度,电流是升温的重要原因,因此应把电流作为主要参数看待。监测电流时要正确区分正常电流、过载电流、短路电流。

4. 电压

电气设备中的绝缘材料的材质好坏,可用它承受电压的能力来衡量,电气术语谓之耐压。设备制作时选用的绝缘材料承压能力要大于设备的最大工作电压才能保证设备长期平安运行。在实际运行中往往因电压问题引发或演变导致发生电气事故,其情况如下:

- (1) 瞬变电压大,击穿绝缘体。
- (2) 雷电电压击穿绝缘物。
- (3) 网路电压升高,经常或长期过压。
- (4) 大气潮湿或绝缘物表面不清洁,放电击穿。
- (5) 绝缘材料受机械损伤被电压击穿。
- (6) 导体间或导体对地距离不足,例如空气潮湿或空气中含有导电粉尘等物被电压击穿。
- (7) 绝缘老化击穿等。

上述(1)~(4)种情况,产生的事故皆为瞬变过程,例如感应过压常发生在感性负荷电路的开合闸或事故跳闸瞬间,这种情况不易监控;(5)~(7)种情况,事故则有一个演变加重的较长发展过程,易于监测、控制。设备监测诊断系统采样的电压信号应充分考虑区分上述各种情况。

5. 其他参数

电气设备故障的产生除了以上几个参数外,还有一些参数也是不容忽视的,它也会引发电气设备的重大事故,只是发生事故的概率略小一些。

(1) 接地网接地电阻。接地网接地电阻阻值增大。

(2) 绝缘油的油质。电气设备中,如变压器、油浸电抗器、油断路器等都注入了绝缘油,用以散发热量和起电气绝缘隔电作用,因油的绝缘能力强,可以减小设备内导体间和导体对外壳的距离,减小设备制造体积。

绝缘油易于吸潮,吸潮后将降低油的绝缘能力,绝缘油遇到高温还会分解成气体,放电电弧会使油分解、碳化,导致油中含有导电杂质,降低油的绝缘能力。绝缘能力的下降会发生漏电、放电,循环发展下去将导致事故的发生。电气监测系统应能监测出油的材质状况,及时输出信号报警,提醒维护人员对绝缘油及时过滤,滤去油中水分及所含杂质。

(3) 导体连接电阻。大型电气设备导体引出端及功率导线的连接要求很高,国标中都做了较详细的规定。因为连接处流过的大电流,会因连接的接触电阻产生电压降、发热,造成功率损耗,热量增加又增大接触电阻值,恶性循环终将使连接体烧坏烧断,形成事故,造成变压器或电动机缺相工作,运行中的电气设备缺相工作将会造成一系列后续事故。因此,要求大电流导体连接点的接触电阻 $r < 0.0005\Omega$,要求监测系统进行直接或间接对温度进行监测。

接触电阻增大的原因是由于温度变化、气体腐蚀、导体产生电动力的振动等,使得连接螺栓松动造成的。

(4) 旋转电动机的振动、位移。旋转电气设备由于轴不对中、连接部件松动、铁心松

动、定转子间隙不均、轴承摩擦、能源介质故障、转动部分不平衡等均会引起电动机、发电机振动、轴位移、绕组发热,进而扭断轴、轴承损坏、绕组烧坏等。因此,电气设备监控诊断系统除进行电气故障的诊断外,还应包含其机械部件的故障监测诊断。

上述列举的一些检测参数为电气设备监测中的关键参数和主要参数,还有许多相关参数也是电气设备故障监测诊断必不可少的。电气设备的监测诊断所需参数甚多,各个参数互相影响,互相派生,分析判断故障时必须彼此考虑,找出故障形成原因。设计监测线路、编制软件的工作较机械设备诊断复杂。电气设备投入运行时,特别是高压设备必须确保质量万无一失,因此投产前及运行计划维修中必须严格检验、考核试验。在线监测诊断只解决维修周期中随机发生的问题,离线监测与在线监测必须紧密结合,二者不能缺一,这样才能使设备监测诊断工作取得更大的效果。

1.3.2 电气设备故障检测方法

1. 利用人的感官检查设备故障

虽然说随着自动化程度的提高,故障检测在某种程度越来越依赖于各种测试仪器和监测系统。但是目前还没有一种全能的故障测试仪,电气设备的维修工通常也不可能拿着各种测试仪器进行日常的检查。在日常巡视时充分利用人体器官,用眼睛看、耳朵听、手摸、鼻子闻等作为主要的检查手段(装有仪表的当然根据仪表指示)。当发现和初步确定有不正常情况时,或者定期检查时才采用高精度的仪表进行精密检测。

本节将介绍怎样通过对声音、振动、气味、变色、温度等的感觉来判断电气设备的运行状态;怎样根据所发现的各种现象的变化来分析故障发生的部位和程度。

(1) 通过对声音和振动的观测发现故障。任何电气设备在运行中都会发生各种声音和振动。例如,变压器中的励磁电流引起硅钢片磁致伸缩而发出振动的声音;旋转电动机轴承处产生的机械振动声音等。这些声音和振动是运行中的设备所特有的,也可以说这是表示设备运行状态的一种特征。如果注意观察这种声音和振动,就能通过检测声音的高低、音色的变化和振动的强弱来判断设备的故障。

利用人的感觉来检测声音或振动的方法有以下几种:

- 1) 单用耳朵听。
- 2) 利用听音棒检测。这是为了更正确地掌握机器所发生的振动声音而采用的检测工具。
- 3) 用检查锤检测。这是用检查锤敲打被检部位、根据所发出声音进行检查的方法。常用于检查有机械运动的设备。
- 4) 用手摸凭触觉检测。用上述方法,虽可通过对声音和振动的感觉来判断设备的情况,但任何一种方法都是根据响声或不规则的振动声,与正常运行时的声音、振动有某些差异,才能判断有故障。当然,不能单凭声音高或低的绝对值,而是要根据与平时运行时的微小差别来判断,所以经常仔细记住稳定运行时的特征是必要的。

通过声音、振动等来检测电动机、变压器以及继电器盘和电磁接触器盘的运行情况,能够发现设备故障。

1) 电动机的异常声音和振动。运行中的电动机本来就发出各种声音和振动,但在巡视检查中如发现有叩击声、滑动声、金属声等,即与平时运行中比较感到有差异时,就有必要调查一下是什么原因。这时应调查分析异常声音是由电动机本身的异常而产生的,还是由于

外因而产生。但在不能做出判断时,解开联轴节将电动机单独试运转就可以弄清楚了。

2) 变压器的异常声音和振动。变压器虽属于静止设备,但运行中经常发出“嗡嗡……”的声音,一般把这种声音作为噪声。近来,在城市中心和近郊等建设场地有限的地区内装设大容量变电设备时,都要采取措施来抑制这种噪声。

变压器产生“嗡嗡”声的原因有下列几种:

- ① 硅钢片的磁致伸缩引起的振动。
- ② 铁心的接缝与叠层之间的磁力作用引起的振动。
- ③ 绕组的导线之间或线圈之间的电磁力引起振动。
- ④ 强迫冷却式的变压器,其风扇和冷却泵产生的噪声等。

了解了产生这种声音的原因,根据不正常声音来检测变压器是完全可能的。而且,由于最近变压器铁心的材质向着低损耗方向发展,可以认为因电压变动、负荷变化而使变压器声音变化的情况将占更大的比例。

3) 继电器盘或电磁接触器盘有声音和振动。即使在正常情况下,继电器盘或电磁接触器盘内也会发出一定的声音和振动,但如有特殊的不正常声音时,可认为有下列原因:

- ① 电磁接触器的老化和污损。
- ② 电磁接触器不正常。
- ③ 接触器安装不良和配线接头处松动。

(2) 从温度的变化发现故障。各种电力设备和器材,不管是静止的还是旋转的设备,只要通过电流总会产生热量。另外,在旋转设备中还会因可动部分与固定部分的摩擦而发热,使温度上升。但是这种温升通常总是在额定温度以下的一定温度时达到饱和,使设备能连续运行。但是无论发生任何电气方面或机械方面的不正常情况,就会通过温度的变化表现出来,即温度升高至额定温度以上。所以可通过电气设备的温度是否高于正常情况时的温度来判断是否发生故障。这就表明,电气设备必须在适当的温度范围内使用。另外,运行温度升高还会显著缩短电气设备寿命。

检测温度变化的简单方法有下列几种:

1) 用手摸凭感觉来检测。用这种方法所反映的温度随不同的人有很大的差别,所以检测设备时,经验和习惯是很重要的。如果平时经常有意识地去体验设备的正常温度,那么要判断不正常的温度并不难。一般情况下,能用手摸 10s 左右的温度约为 60°C 上下。

2) 用贴示温片或涂示温涂料来检测。类似汇流排的接头、隔离开关的刀刃处等会局部发热的部位,在运行时带着电不能用手摸的情况下,可用贴示温片或涂上示温涂料,然后通过其颜色随温度而变化的情况来检测温度。最近市场上出现了很多好的示温片和涂料,还有在规定温度下能浮现出数字的品种,如果贴上 2~3 种温度为 60°C 左右的示温片就能反映出温度的细微变化。

3) 用固定安装的温度传感器或温度计检测。在一些特别需要监视温度的部位,如电动机的轴承和定子线圈、变压器油和各種冷却器的出入口等部位,一般均安装普通的温度计或温度传感器,通过目测或仪表就可知道温度。

通过温度的变化能够发现电气设备的故障:

1) 电动机外壳及内部线圈的温度过高。其原因可能是过负荷、单相运行、绕组性能不好和进风量不足等。当然,电动机的最高允许温度因所用的绝缘材料而不同。正常状态下绝

缘耐温等级为 Y 级的电动机外壳温度与 F 级电动机的外壳温度差相当大。因此,判断温度正常与否,单凭温度高低是不够的,必须了解其耐温等级做综合判断。对于中型电动机,其外壳温度通常比内部线圈温度要低 $30 \sim 40^{\circ}\text{C}$,所以从外壳温度可以大致推算出其内部温度。

2) 电动机轴承温度过高。如果是滚动轴承温度过高,可能是轴承破损、润滑油不足;如果是滑动轴承温度过高,则可能是金属磨损、供油量不足、油冷却器不良、冷却水断水等。另外,由于轴承的最大允许温升(在环境温度为 40°C 时轴承的表面温升)规定为 40°C ,所以可认为在轴承外壳温度达到 80°C 时使用应无问题。滚动轴承中使用耐热润滑油时,预计还可允许比 80°C 高出 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

3) 电动机排风温度不正常。电动机采用强迫冷却时,排风温度是重要的监视数据。排风温度高的原因可能是过负荷、环境温度太高、冷却风量不足、冷却器不正常等。在水冷式冷却器中,内部生锈、沉积水垢等会显著降低冷却效果,必须隔一定的时间打开清洗。

4) 电气接触部分温度升高。这类故障在电气事故中非常多,而在电力设备中电气接头又很多,如开关设备的可动接触处;断路器、电磁接触器的触点部位;电线与电器的接头(连接端子)等。

这类故障多数是由于振动、绝缘材料干枯或老化使连接螺钉在长年累月之中发生松动,引起这部分的接触电阻增大,不少情况下会因接头处局部发热而发展成设备烧毁事故。所以对预计温度可能会过高的部位应定期采取紧固的措施,特别对于新装上的设备,希望在一年内重新检查并紧固一次。

5) 配电室内温度过高。配电室内温度过高往往是被忽视的重要迹象。在装有大量采用半导体元件的控制柜的房间里,特别应注意由于室内温度升高而产生故障。当发生原因不明的控制失常时适当调整一下空调系统就能恢复正常,这种例子是很多的。对于安装有大量采用半导体元件的控制柜等装置的配电间,必须采用空调,其温度从节约能源的观点出发进行适当管理,一般规定为使大多数人不会感到不舒服的 28°C 左右。

(3) 从气味变化发现故障。人类感觉所能够反应的现象中,气味是尚未有科学上的通用标准的现象之一。虽然已有了一些表示法,如用 6 个等级来表示气味强度的气味表示法、香水气味表示法等,但还没有通用性。显然,对气味的感觉因人而异、千差万别。例如,对电气产品,有的人在安装运行的开始阶段就会感到有异样的气味;有的人则在其他阶段也不会嗅到。不过,当电工产品(主要是绝缘材料)烧起来时产生的特殊气味(刺鼻的奇臭)却是大家都能嗅到又能辨别的气味。气味是会自然而然被感觉到的东西。当人们进入配电间或在检查电气设备时,如嗅到有些什么气味就会促使着手调查有没有冒烟的地方、有没有变色的部位,这就是有意识的一次性检测。对气味的检查需要打开配电柜的门了解盘内全部设备情况,其优点是检查范围广。从这个意义上说来,嗅气味是很重要的检查项目,当感到有与平时不同的气味时,必须认识到这是发现故障的第一步,但是单凭气味尚不可能确定故障,只有综合对外观和变色的检查结果后才比较完整。

(4) 检查外观和变色发现故障。在电气设备的故障中通过检查外观和变色而能发现的故障非常多。这些统称为通过目测能发现的异常现象。

通过目测检查能够发现的现象,如破损(断线、带伤、粗糙)、变形(膨胀、收缩)、松动、漏油、漏水、漏气、污秽、腐蚀、磨损、变色(烧焦、吸潮)、冒烟、产生火花、有无杂质异物、动作不正常。这些均是已经列在检查规程的条目中的现象,把发现的现象与每

一种电气设备——对应列出分析就能发现故障。

1) 变压器的外观检测。虽然干式变压器已在多种场合中使用,但是一般场合下还是使用油浸变压器。对于油浸变压器通过外观和变色能检查出许多故障。

① 漏油。变压器外面沾粘着黑色的液体或者闪闪发光的时候,首先应该怀疑是漏油。大中型变压器装有油位计,可以通过油面水平线的降低而发现漏油。但小型变压器装在配电柜中时必须加以注意,因为漏出的油流入配电柜下部的坑内而不流到外面来,所以不易及时发现。等到从外面弄清发生漏油时,漏掉的油就非常多。检查配电柜内部时,漏油也是应注意的内容之一。万一发现漏油,必须寻找漏油部位及早进行再次焊接修理。

② 变压器油温度。当变压器内部的油不与外界空气直接接触时,普通变压器的最大允许温升为 55°C 。超过这个数值时就应怀疑有过负荷或冷却不良、绕组有故障等。变压器油的温度用安装在外面的油温计测知。由于油温升高是促进油老化的重要因素,所以对负荷较大、平时油温较高的变压器,必须定期进行绝缘油试验。

③ 呼吸器的吸湿剂严重变色。吸湿剂严重变色的原因是过度的吸潮、垫圈损坏、呼吸器破损、进入油杯的油太多等。通常用的吸湿剂是活性氧化铝(矾土)、硅胶等,并着色成蓝色;然后当吸湿量达到吸湿剂重量的 25% 以上时,吸湿剂就从蓝色变为粉红色,此时就应进行再生处理;吸湿剂再生处理应加热至 $100 \sim 140^{\circ}\text{C}$ 直至恢复到蓝色。对呼吸器如果管理不善,就会加速油的老化。

2) 电缆线路的外观检查。固定敷设在配线槽架上的电缆线路,电缆本体的故障是很少的。但对于移动使用的橡胶套电缆或是垂直敷设的电缆,通过外观检查能推测出故障的机会却不少。

① 电缆的变形。电缆护套上可明显发现损伤痕迹时,可根据损伤的深度而决定是否更换或紧急修理。但如果仅仅是护套起皱,要判断内部有否异常是较难的。护套产生起皱的原因有些是制造中的缺陷,有些是在长期运行中因老化而逐步发展的,如果护套起皱过大必须及早更换电缆。对有皱纹的电缆切断皱纹处后,发现缆芯各导线之间的绝缘间距减小了。

② 电缆夹子松动。检查电缆夹子是否松动是外观检查的要点之一。夹子松动的原因是夹子部位的绝缘材料干枯或施工不良等,由此引发出故障的例子很多。例如,电缆垂直敷设的中间夹板处夹子松动,使电缆受到下面的拉力,护套损坏,发生了接地故障。因绝缘材料干枯使本来应该固定的地方发生松动而引起故障的例子占有不小的比例。又例如,由于地基石下沉使埋在地下的电缆部分被拉伸,造成接头部位把端子拉至破裂。所以在新敷设电缆的地区应考虑地基石下沉问题,必须在两年以内进行全面检查,观察这些地方是否异常变形。

3) 电磁控制柜、断路器柜的外观检查。电磁控制柜、断路器柜内,因为装有各种继电器、电阻、电容器等,为此通过检查外观与变色而发现的故障也很多。

① 柜内安装线受热变色。发现控制柜等柜内的安装线变色时首先应怀疑是热老化。柜内有电力消耗大的电阻器之类时,会在其周围产生相当高的温度,这种热量会加速安装线的热老化,甚至使电线护套脆裂脱落。改进的措施是应该采取把发热的东西移开,用换上耐热电线或绕包耐热绝缘材料(如石棉、聚四氟乙烯带等)等方法进行保护。

② 断路器和电磁接触器的合闸线圈烧伤变色。合闸线圈的颜色在长期运行中,较安装初期虽有一些变化,但当颜色急速地变化为茶褐色时,就可能是老化断线。只要注意检查,这些现象自然就能被发现。

③ 接触器触点粗糙、熔化。检查分、合大电流的接触器，动作频率高的接触器，辅助继电器等设备中的触点是否发毛（粗糙）和熔化是必不可少的检查内容。触点发毛虽是必然会发生的，但严重粗糙的触点会发生接触不良。如果用于三相电动机主回路的接触器触点接触不好，就会变成缺相运行。

从以上的叙述可以看出，对于检测电气设备来说，发挥检查人员的直觉功能可以早期发现很多种故障，因此是重要的初步检测方法。而为了使以直觉做出的初步检测能发挥更大的作用，使检测更正确，就必须准确地掌握各种设备正常运行时的状态。这一点，对以后的各种检测方法同样是十分重要的。

利用人的感官检查设备故障的方法见表 1-1。

表 1-1 利用人的感官检查设备故障的方法

观察方式	表现形式	借助工具	方法和内容
眼看	现象 状态 颜色 缺陷 毛病	放大镜（近） 望远镜（远） 当观察设备内部或细小缺陷时，可用放大镜；当观察杆上、设备上带电器件时，可用望远镜观察有些现象可在雨后、雪后、或晚上观察，如触头、接头部位发热、发红等	1. 短缺，如绝缘子、垫片、螺母、开口销子、电动机的后罩、风叶等辅件。排风道堵塞，转速明显加快或变慢，电灯不能正常发光或通电后不点亮等现象，均为电气故障 2. 破损（裂纹、断线、粗糙、伤残、绝缘皮变硬）。如，绝缘子、套管有裂纹易放电，绝缘能力降低；断线因垂度太小或太大或受到外力破坏所致；电刷太粗糙易产生火花，而线夹与导线触面不粗糙不易夹紧导线；铁心触面和触头接触必须平整严密；电器元件伤残易漏电或功能不全；绝缘导线电流太大发热使绝缘变硬等 3. 变形（膨胀或收缩）。电力电容器外壳鼓肚或凹凸不平，说明内部变形不能继续使用；电缆外皮起皱或凹凸不平，说明电缆制造低劣或运行老化，相间绝缘被破坏，不能继续使用 4. 松动。导线接头或与设备连接处松动易使接头烧坏或烧坏电气元件，固定件松动易使设备脱落摔坏或使导线拉断等 5. 漏油。变压器、油断路器、充电电缆、电容器等设备漏油，一方面污染环境，更重要的是使其绝缘能力降低，最后使其损坏。漏油要及早修复，并随时观察油位计。充气设备，如 SF₆ 断路器漏气更是不允许的，冷却装置漏水要及早修复 6. 污垢和腐蚀。要及时清理电气场所及设备元件上的污垢，以免造成腐蚀，有腐蚀性源的场所要选用防腐电器 7. 磨损。如，触点、传动部位当磨损较大时将会产生大的火花电弧或不能正确动作，要经常检查触点和传动机构，及时更换部件；对传动机构摩擦处要点少许机油以润滑；对铁心吸力不足者可将其间隙适应减小以增大吸力 8. 变色。触点或导线接头发红、铜导线发黑、铝导线发灰白、母线油漆变色、绝缘皮变脆烧焦，均为电流过大所致；变压器油发黑，混浊不清、游离物和沉淀物增多均为过压、过流严重所致，将导致绝缘能力降低而报废停用；变压器呼吸器吸湿剂变色（由蓝变粉红）为吸潮过度、垫圈损坏所致，将加速变压器油老化 9. 冒烟。电流太大，加上环境温度过高，使绝缘材料过热而超过耐热等级，最终使绝缘材料烧坏而冒烟或点燃。应加强检查并设定保护装置或增大开关元件、导线的规格，有些地方必须用钳型表实测电流再设定

(续)

观察方式	表现形式	借助工具	方法和内容
眼看	现象 状态 颜色 缺陷 毛病	放大镜 (近) 望远镜 (远) 当观察设备内部或细小缺陷时, 可用放大镜; 当观察杆上、设备上带电器件时, 可用望远镜观察有些现象可在雨后、雪后、或晚上观察, 如触头、接头部位发热、发红等	10. 产生火花, 即放电现象。当绝缘子有裂纹而绝缘降低时, 高压导线将对地放电, 有火花并伴有啦啦声; 当爬电距离较小、或间隔较小时, 潮湿天气, 高压相与相、相与地也会有放电火花产生; 电刷在电动机正常运转时有微弱蓝色小火花, 当火花太大超过允许等级时, 说明电刷或集电环有缺陷。产生火花应及时处理, 避免大事故发生 11. 电气线路、电气设备、元件、插接件上有杂质异物应及时清除, 以免影响正常运行或造成短路、发生事故或火灾 12. 控制线路有误致使电气设备或元件动作不正常, 而影响系统的运行 13. 观测电流表、电压表、三相平衡且不超过红线、功率因数表、温度表正常
鼻嗅	气味 一般轻微的气味是正常的, 当人不能忍受时则说明电流太大, 应进行调整或保护		1. 新的电气产品刚投入使用时, 由于电流的作用而使其温度会有升高, 特别是夏季室温较高, 这样电器本身会放出一种微轻的气味, 但不刺鼻, 不会引起人们的咳嗽, 这是正常的; 但是这时应加强巡视通风并测试其电流并加强器件本身的温度 (可用半导体点式温度计) 的测试, 如今伪劣品较多要注意 2. 绝缘胶布包扎的接头由于电流的作用发热并放出橡胶烧焦的难闻气味, 当气味较浓, 时则说明接头松动或氧化而电阻增大, 电流再大时会烧坏接头 3. 塑料胶布或塑料绝缘导线的接头以及导线本身电流较大时, 要放出塑料烧糊的极难闻的气味, 会引起咳嗽, 再大时会使人窒息, 接头烧坏、绝缘变硬烧坏 4. 电木制品由于触点或接点松动, 电流太大使电器木身受热而发出强烈的焦糊味, 常常将电气外壳烧坏 5. 母线油漆、管道油漆、电动机及电磁铁绝缘漆, 由于电流过大而放出刺鼻的油漆焦糊味, 使人难以忍受, 必须设置过流或载保护、温度保护装置, 及时消除隐患
耳听	声音 振动音律 音色	听音棍一般用长把的旋具代替, 也可用检查小锤来敲击有关部位, 再根据发出来的声音来进行判断。用手触摸来测试振动或振幅	1. 正常的电动机是以均匀的嗡嗡声运行的, 当用听音棍的一端顶住机壳或轴承盖时, 另一端顶住耳朵即可测听其声响。如果听到的是有规律或无规律的叩击声、滑动声、金属撞击声, 并与均匀的嗡嗡声有较大差异时, 则说明电动机处于非正常状态。电动机的音响一般来自基础、安装不当、轴承损坏、定子转子相碰 (扫膛)、内部接线错误 (绞磁)、转子部件松动, 或由负荷造成的。因此, 为了进一步判断, 通常是空载 (将联轴器/传动带解开) 来进一步进行测试 2. 正常的变压器也是以均匀的嗡嗡声运行的, 当用听音棍测听时, 器身内部有较大的撞击声、放电声、或嗡嗡声很大时测说明变压器处于非正常运行状态。变压器的非正常音响是由于绝缘老化、变压器长期超载运行、内部零部件松动、油变质绝缘能力下降、线圈绑扎松动等原因造成的, 应加强监视电流、温度 3. 电磁式继电器、接触器正常的音响也应为均匀的嗡嗡声, 当音响过大, 振动过大时, 往往是由于铁心间隙太大、或有污物、或不平、或短路环破损、配线接点松动、弹簧失效、线圈烧坏、线圈制造先天不良等原因造成的, 应加强维护、保养和检修

观察方式	表观形式	借助工具	方法和内容
手摸	温度 振动	半导体点式温度计、示温贴片	1. 用手摸电气设备的不带电的外壳、绝缘导线的外皮、电缆的外皮，正常情况下不应烫手，用手摸能坚持 10s 的温度根据经验为 60℃ 左右，当发现烫手时则为温度太高 2. 用手摸电气设备不带电的外壳，如手感觉轻微的抖动，是正常的；当手感剧烈、手感发麻，则说明电气设备的振动太大，应找出原因 3. 由于振动会使设备的螺钉松动，接线端子发热，进而使设备发生断线、单相乃至发生事故

2. 利用专用仪器检查设备故障

在日常巡视过程中，当我们发现和初步确定有不正常情况时，为确定故障原因就需要用专用仪器进行检查。在科学技术迅猛发展的今天，各种精度高、可靠性高、使用安全方便的新产品不断面世。电气工作人员应经常关注市场供应，尽可能采用新产品，在提高工作效率的同时，提高故障检测的准确率，保障系统的正常运转。本节只简单介绍部分常用仪器，各种仪器的使用方法按仪器的使用说明书进行操作即可。

(1) 绝缘的检测。电气设备在运行过程中会因热的、电的、环境的和机械的等各种应力的作用而引起绝缘老化，直至最后丧失功能而寿命终止，一般以绝缘击穿作为使用寿命终止的标志。所以，在进行绝缘检测之前充分了解该绝缘的老化机理是很重要的。为此必须掌握加速老化试验中各种应力作用下的绝缘击穿电压，以及其他绝缘性能随时间变化的特性；还要积累电气设备运行中的现场实际数据；然后将对被测设备进行非破坏性绝缘试验的数据、加速老化试验的数据与同一设备的现场实际数据进行对照，由此推断出该设备的绝缘在当时的击穿电压水平，并判断是否还可继续运行。

每一种绝缘结构的老化特性是各具特点的，所以必须积累各种绝缘结构的老化数据。即使是同一绝缘结构的老化数据也会因结构尺寸不同而变化；测试时的周围条件如温度、湿度等变化，一般也会使数据不同。因此，为了使绝缘老化测试更准确，就应该考虑上述各种影响因素，并从制造阶段就开始定期、连续积累绝缘性能的数据。还应注意，不能只进行一些非破坏性绝缘试验项目，而要同时用目测、听声音、测温度、嗅气味等直观检测方法，对运行中诱发绝缘老化的各种应力进行监视，并根据所得资料进行综合判断。正因为这样，虽然对绝缘检测技术历来都很重视，但至今尚未形成一个判断绝缘老化的绝对标准，而且今后大概也提不出一个判断标准的相对范围。

以上说明了在电气设备的绝缘检测中存在着很多问题，但其局部老化的检测、鉴别放电部位、在外加电压不太高的范围内提高检测精度、测试装置的小型化和自动化、在运行设备上连续联机测试和把物理和化学测试技术引入绝缘检测技术中等，将是今后极需解决的主要课题。

测量绝缘的仪器和方法，大家熟知的有兆欧表法、直流试验法、介质损耗角正切试验法、交流电流实验法和局部放电测试法等非破坏性实验方法。现在市场供应的还有用于检测输电线路绝缘子性能劣化的“远距离绝缘子故障侦测器”，带背光功能，便于夜间操作的