

热工自动装置检修

杨 静 沈安德 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

热工自动装置检修

杨 静 沈安德 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书简要讲述了热工基础知识、自动调节知识、计量器具知识、热工生产过程知识、热工控制设备图纸的看图知识,详细分析了自动调节系统调试、自动调节装置的应用、热工控制设备的安装及其要求,并适当加入了微机式热控装置软件编程组态知识和常规故障处理方法。全书编排紧凑、内容新颖、实用性强。

本书突出了岗位职业能力所需要的必备知识和必备的专业技能,适用于火力发电厂生产现场技术人员和热工自动装置检修人员岗位培训。

图书在版编目 (CIP) 数据

热工自动装置检修/杨静,沈安德主编. —北京:中国电力出版社, 2007

ISBN 978-7-5083-4827-8

I. 热... II. ①杨... ②沈... III. 火电厂-热力工程-自动控制系统-检修 IV. TM621.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 110584 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 14.625 印张 389 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 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)

前言

随着我国电力工业装备的不断更新和技术水平的不断提高，对电业生产技术人员素质也提出了更高的要求。此外，由于劳动、培训制度的不断深化，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，近一步加强电力工人的培训工作，新的职业培训模式的建设工作势在必行。

目前，电力行业正大力开展职业技能培训和实施技能鉴定工作。新的职业培训模式对职业培训教材的建设提出了新的思路和新的做法的要求。为满足这一要求，作者编写了这本书。

全书共有十一个模块，突出了岗位职业能力所需要的必备知识和必备的专业技能，可作为火电厂生产现场工程技术人员和检修人员的培训用书。

本书由中国电力投资集团公司高级培训中心杨静和华北电力科学研究院沈安德高级工程师主编，参编人员有郭玮、马爱萍、卢月琴、言军、方丽等。全书由徐元载教授级高工主审。

在本书编写的过程中，得到了有关电力集团公司的关心、支持，也得到了电力行业相关专家的关注和帮助，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，如发现不妥之处，或有修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

编者

2006年11月

目录

前言

模块一 安全技术措施	1
单元一 安全知识	1
单元二 安全技术措施	8
模块二 热工基础知识	15
单元一 热工计量知识	15
单元二 测量误差知识	16
单元三 热工测量参数及其单位换算	22
模块三 微机应用	26
模块四 自动调节知识	35
模块五 自动调节系统	94
单元一 自动调节系统分析	94
单元二 自动调节系统调试	136
单元三 自动调节系统组成方案及调节特性	150
模块六 自动调节装置	202
单元一 自动调节装置的基本知识	202
单元二 自动调节装置的应用	238
模块七 热工仪表及热工保护	280
单元一 热工仪表	280
单元二 热工保护	303
模块八 热工控制设备安装	325
单元一 热工控制设备安装及其要求	325

单元二 热工控制设备图纸的看图知识.....	348
单元三 微机式热控装置软件编程组态知识.....	379
模块九 常规故障分析及处理	436
模块十 计量器具知识	446
模块十一 热工生产过程知识	450
参考文献	461

模块一 安全技术措施

单元一 安全知识

一、概述

本单元节选自安全规程，具体安规考试应以安全规程为内容。需要指出的是，此处所指安全工作规程全称为《电业安全工作规程（热力和机械部分）》（简称《热机安规》）。

二、《热机安规》总则

鉴于安规总则的普遍适用性，它将成为我们学习内容中不可或缺的一部分。其包含如下部分：

坚决贯彻电力生产“预防为主，安全第一”的方针。安全生产，人人有责。各级领导必须以身作则；要充分发动群众，依靠群众；要发挥安全监察机构和群众性的安全组织的作用，严格监督本规程的贯彻执行。

担任发电（包括农电）工作的热工生产工人、技术人员均应熟悉本规程的有关部分，并在工作中认真贯彻执行。电力工业的工程设计应符合本规程的要求。

凡独立担任工作的人员必须经过考试合格；新参加工作的人员或调动到新的工作岗位的人员，在开始工作前必须学习本规程的有关部分，并经过考试合格。

工作人员接到违反本规程的命令，应拒绝执行。任何工作人员除自己严格执行本规程外，还应督促周围的人员遵守本规程。如发现有违反本规程，并足以危及人身和设备安全者，应立即制止。

每年五月一日前进行本规程的考试，由单位安监部门负责组织，考试成绩记录在安全考试合格证上。

三、热工检修人员的条件和服装

(1) 新录用的工作人员须经过体格检查合格。工作人员必须定期进行体格检查,凡患有不适于担任热力和机械生产工作病症的人员,经医生鉴定和有关部门批准,应调换做其他工作。

(2) 所有工作人员都应学会触电、窒息急救法、心肺复苏法,并熟悉有关烧伤、烫伤、外伤、气体中毒等急救常识。

(3) 使用可燃物品(如乙炔、氢气、油类、瓦斯等)的人员必须熟悉这些材料的特性和防火防爆规则。

(4) 工作人员的工作服不应有可能被转动的机器绞住的部分;工作时必须穿着工作服,衣服和袖口必须扣好;禁止戴围巾和穿长衣服;工作服禁止使用尼龙、化纤或棉、化纤混纺的衣料制作,以防工作服遇火燃烧加重烧伤程度;工作人员进入生产现场禁止穿拖鞋、凉鞋,女工作人员禁止穿裙子和高跟鞋;女工作人员的辫子、长发必须盘在工作帽内;做接触高温物体的工作时,应戴手套并穿专用的防护工作服。

(5) 任何人进入生产现场(办公室、控制室、值班室和检修班组室除外),必须戴安全帽。

四、检修工作中应注意的事项

(一) 设备的维护

(1) 机器的转动部分必须装有防护罩和其他防护设备(如栅栏),露出的轴端必须设有护盖,以防绞卷衣服。禁止在机器转动时,从联轴器和齿轮上取下防护罩或其他防护设备。

(2) 对于正在转动中的机器,不准装卸和校准皮带,或直接用手往皮带上撒松香等物。

(3) 在机器完全停止以前,不准进行修理工作。修理中的机器应做好防止转动的安全措施,如:切断电源(电动机的开关、刀闸或熔丝应拉开,开关操作电源的熔丝也应取下);切断风源、水源、汽源;所有有关的闸板、阀门等应关闭;上述地点都挂上警告牌。必要时,还应采取可靠的制动措施。检修工作负责人在工作前,必须对上述安全措施进行检查,确认无误后,方可开始

工作。

(4) 禁止在运行中清扫、擦拭和润滑机器的旋转和移动的部分，以及把手伸入栅栏内。清拭运转中机器的固定部分时，不准把抹布缠在手上或手指上使用，只有在转动部分对工作人员没有危险时，方可允许用长嘴油壶和油枪往油盅和轴承里加油。

(5) 禁止在栏杆上、管道上、联轴器上、安全罩上或正在运行设备的轴承上行走和坐立，如必须在管道上坐立才能工作时，则须先做好安全措施。

(6) 应尽可能避免靠近和长时间停留在可能遭受烫伤的地方，例如：汽水燃油管道的法兰盘、阀门，煤粉系统和锅炉烟道的人孔及检查孔和防爆门、安全门、除氧器、热交换器、汽包的水位计等处。如因工作需要，必须在这些地方长时间停留时，应做好安全措施。

设备异常运行可能危及人身安全时，应停止设备运行。在停止运行前，除必需的运行维护人员外，其他清扫人员、油漆等作业人员以及参观人员不准接近该设备或在该设备附近逗留。

上爬梯应该逐档检查爬梯是否牢固，上下爬梯必须抓牢，并不得两手同时抓一个梯阶。

(二) 一般电气安全注意事项

(1) 所有电气设备的金属外壳均应有良好的接地装置。使用中不准将接地装置拆除或对其进行任何工作。

(2) 任何电气设备上的标示牌，除原来放置人员或负责的运行值班人员外，其他任何人员不准移动。

(3) 不准靠近或接触任何有电设备的带电部分，特殊许可的工作，应遵守《电业安全工作规程》（发电厂和变电所电气部分）和《电业安全工作规程》（电力线路部分）中的有关规定。

(4) 湿手不准去触摸电灯开关以及其他电气设备（安全电压的电气设备除外）。

(5) 电源开关外壳和电线绝缘有破损不完整或带电部分外露时，应立即找电工修好，否则不准使用。

(6) 发现有人触电, 应立即切断电源, 使触电人脱离电源, 并进行急救。如在高空工作, 抢救时必须注意高空坠落。

(7) 遇有电气设备着火时, 应立即将有关设备的电源切断, 然后进行救火。对可能带电的电气设备以及发电机、电动机等, 应使用干式灭火器、二氧化碳灭火器或 1211 灭火器灭火; 对油断路器、变压器 (已隔绝电源) 可使用干式灭火器、1211 等灭火器灭火, 不能扑灭时再用泡沫式灭火器灭火, 不得已时可用于砂灭火; 地面上的绝缘油着火应用干砂灭火。

扑救可能产生有毒气体的火灾 (如电缆着火等) 时, 扑救人员应使用正压式消防空气呼吸器。

五、电力生产安全保护

高处作业对于从事电厂热工检修工作的人员来说是时常会遇到的, 学习安规中有关这方面的内容便于我们系统地熟悉和掌握高空作业的安全知识, 进而为实际工作的安全性和可靠性提供有力的保证。

(一) 高处作业

1. 一般注意事项

(1) 凡在离地面 2m 以上的地点进行的工作, 都应视作高处作业, 应按本章的规定执行。凡能在地面上预先做好的工作, 都必须在地面上工作, 尽量减少高处作业。

(2) 从事高处作业人员必须身体健康。患有精神病、癫痫病及经医师鉴定患有高血压、心脏病等不宜从事高处作业病症的人员不准参加高处作业。凡发现工作人员饮酒、精神不振时, 禁止登高作业。

(3) 高处作业均须搭建脚手架或采取防止坠落措施, 方可进行。

(4) 如果在坝顶、陡坡、屋顶、悬崖、杆塔、吊桥以及其他危险的边缘进行工作, 临空一面应装设安全网或防护栏杆, 否则, 工作人员须使用安全带。

(5) 峭壁、陡坡的场地或人行道上的冰雪、碎石、泥土须经

常清理,靠外面一侧须设 1m 高的栏杆。在栏杆内侧设 18cm 高的侧板或土埂,以防坠物伤人。

(6) 在没有脚手架或者没有栏杆的脚手架上工作,高度超过 1.5m 时,必须使用安全带,或采取其他可靠的安全措施。

(7) 安全带在使用前应进行检查,并应定期(每隔六个月)进行静荷重试验;试验荷重为 225kg,试验时间为 5min,试验后检查是否有变形、破裂等情况,并做好试验记录,对不合格的安全带应及时处理。

(8) 安全带的挂钩或绳子应挂在结实牢固的构件上,或专为挂安全带用的钢丝绳上,禁止挂在移动或不牢固的物件上。

(9) 高处作业应一律使用工具袋。较大的工具应用绳拴在牢固的构件上,不准随便乱放,以防止从高空坠落发生事故。

(10) 在进行高处作业时,除有关人员外,不准他人在工作地点的下面通行或逗留,工作地点下面应有围栏或装设其他保护装置,防止落物伤人。如果在格栅式的平台上工作,为了防止工具和器材掉落,应铺设木板。

(11) 不准将工具及材料上下投掷,要用绳系牢后往下或往上吊送,以免打伤下方工作人员或击毁脚手架。

(12) 上下层同时进行工作时,中间必须搭设严密牢固的防护隔板、罩棚或其他隔离设施,工作人员必须戴安全帽。

(13) 冬季在低于零下 10℃ 进行露天高处作业,必要时应该在施工地区附近设有取暖的休息所;取暖设备应有专人管理,注意防火。

(14) 在 6 级及以上的大风以及暴雨、打雷、大雾等恶劣天气,应停止露天高处作业。

(15) 禁止登在不坚固的结构(如石棉瓦屋顶)上进行工作。为了防止误登,应在这种结构的必要地点挂上警告牌。

2. 使用梯子注意事项(节选)

(1) 梯子的支柱须能承受工作人员携带工具攀登时的总重。梯子的横木须嵌在支柱上,不准使用钉子钉成的梯子,梯阶的距

离不应大于 40cm。

(2) 在梯子上工作时, 梯与地面的斜角度为 60° 左右。工作人员必须登在距离梯顶不少于 1m 的梯蹬上工作。

(二) 安全用电、消防、急救知识

热工检修人员应通过学习掌握有关触电急救方面的知识, 以便在工作实践中能够避免因这类知识的缺乏而受到不必要的伤害, 同时也可加强自我防范的意识, 提高一旦受伤后彼此救助的技能及手段。

1. 触电急救

某人触电后, 应立即对其进行有效救治, 只要稍有延误, 就将危及生命。因此, 学会和掌握正确的触电急救方法对受伤害者及时进行救助, 挽救其生命无疑是我们义不容辞的责任。要准确、恰当地进行触电急救, 首先有必要了解一下有关触电的机理和临床表现。

(1) 触电类型。

- 1) 两相触电;
- 2) 单相触电;
- 3) “跨步电压”触电。

(2) 触电时的临床表现。电击造成的伤害主要表现为全身的电休克所致的“假死”和局部的电灼伤, 特别是电流通过心脏时, 会形成心室纤维性颤动。电流通过神经中枢时, 可抑制神经中枢, 引起心跳呼吸停止, 这些均可造成触电后的“假死”状态。此时病人立即失去知觉, 面色苍白, 瞳孔放大, 心跳、呼吸停止。“假死”分成三种类型:

- 1) 心跳停止, 但呼吸尚存在;
- 2) 呼吸停止, 心跳尚存在;
- 3) 心跳、呼吸均停止。

对于有心跳无呼吸或有呼吸无心跳的情况, 只是暂时的现象, 如果抢救措施稍慢一些, 就会导致病人心跳、呼吸全停。触电造成的“假死”一般都是即时发生的, 但也有个别人员可在触

电后期（几分钟至几天）突然出现“假死”导致死亡。

（3）触电时的现场急救。在心跳和呼吸突然停止后，人体内部的某些器官还存在着微弱的活动，只要及时进行抢救就还有救活的希望。现场急救的具体方法和步骤如下：

1) 迅速解脱电源。发生触电事故时，切不可惊慌失措，首先要马上切断电源，使病人脱离受电流损害的状态，这是能否抢救成功的首要因素。

2) 简单诊断。解脱电源后，病人往往处于昏迷状态，情况不明，故应尽快对心跳和呼吸的情况作一判断，看看是否处于“假死”状态。因为只有明确地诊断，才能及时正确地进行施救。可以用一些简单有效的方法来对其进行判断，具体办法如下：

将脱离电源后的病人迅速移至比较通风、干燥的地方，使其仰卧，将上衣与裤带放松。①观察一下有否呼吸存在。当有呼吸时，可看到胸廓和腹部的肌肉随呼吸能上下运动，用手放在胸部可感到胸廓在呼吸时的运动。用手放在鼻孔处，有呼吸时可感到气体的流动。相反，无上述现象，则往往是呼吸已停止。②摸一摸颈部的颈动脉或腹沟处的股动脉有没有搏动，因为当有心跳时，就一定有脉搏。颈动脉和股动脉都是大动脉，位置浅，所以很容易感觉到它们的搏动，因此常常以此作为是否有心跳的依据。另外，在心前区也可听一听心音，有心音则有心跳。③看一看瞳孔是否扩大。

通过以上简单的检查，即可判断病人是否处于“假死”状态，并依据“假死”的分类标准，可知其属于“假死”的哪种类型。这样抢救时便可有的放矢，对症治疗。

3) 处理方法。经过简单诊断后的病人，一般可按下述情况分别处理：①病人神志清醒，但感乏力、头昏，心悸、出冷汗，甚至有恶心或呕吐。如有此类病人，应使其就地安静休息，减轻心脏负担，加快恢复；情况严重时，迅速送往医护部门，请医护人员检查治疗。②病人呼吸、心跳尚存在，但神志昏迷。此时应将病人仰卧，周围的空气要流通，并注意保暖。除了要严密地观

察外，还要做好人工呼吸和心脏挤压的准备工作，并立即通知医护部门或用担架将病人送往医院救治。在去医院的途中，要注意有否突然出现“假死”现象。如有“假死”现象，需立即进行抢救。③如经检查后病人处于“假死”状态，则应立即针对不同类型的“假死”进行对症处理。心跳停止的，用体外人工心脏挤压法来维持血液循环；如呼吸停止，则用口对口的人工呼吸法来维持气体交换；呼吸、心跳全停时，则需同时进行体外人工心脏挤压法和口对口的人工呼吸法，并向医院告急救。在抢救过程中，任何时刻抢救工作都不能中止；即使在送往医院的途中，也必须继续进行抢救，一定要边救边送，直至心跳、呼吸恢复。

(4) 口对口的人工呼吸法。人工呼吸的目的，是用人工的方法来代替肺的呼吸活动，使气体有节律地进入和排出肺脏，供给体内足够的氧气，充分排出二氧化碳，维持正常的通气功能。人工呼吸的方法很多，目前认为口对口的人工呼吸法效果最好。

(5) 体外心脏挤压法。体外心脏挤压是指有节律地对心脏进行挤压，用人工的方法代替心脏的自然收缩，从而达到维持血液循环的目的。

(6) 电灼伤与其他伤的处理。高压触电时（1kV 以上），两电极间电弧的温度可高达 $1000\sim 4000^{\circ}\text{C}$ ，接触处可造成十分严重的烧伤，往往深达骨骼，处理较复杂。现场抢救时，要用干净的布或纸类进行包扎，减少污染，从而有利于以后的治疗。

单元二 安全技术措施

一、关于热力机械工作票的填用

(1) 在生产现场进行检修、试验或安装工作时，为了能保证有安全的工作条件和设备的安全运行，防止发生事故，凡属下列情况之一者，必须填写热力机械工作票。

1) 需要将生产设备、系统停止运行或退出备用，由运行值班人员按规定采取断开电源，隔断与运行设备联系的热力系统，

对检修设备进行消压、吹扫等任何一项安全措施检修工作（热力系统包括汽、水、油、氢、瓦斯、烟、风、灰、压缩空气以及冲灰、输灰系统等发电生产设备系统）。

2) 需要运行人员在运行方式、操作调整上采取保障人身、设备运行安全措施的工作。

3) 各发电厂可根据具体条件制定出需要执行工作票的工作项目一览表，但对一览表中虽未列入而按 1) 或 2) 任何一项规定应填用工作票的工作，仍应填写工作票。

一台机组或一个管路系统的检修工作，也可以签发一张总的工作票，在全部工作期间有效。

(2) 事故抢修工作（指生产主、辅设备等发生故障被迫紧急停止运行，需立即恢复的抢修和排除故障的工作）可不填用工作票，但必须经值长同意，预计抢修工作时间超过 4h 的，仍应填用工作票；夜间如找不到工作票签发人，可先开工，至第二天白班上班时抢修工作仍需继续进行的，则应办理工作票手续。

对上述可以不填用工作票的事故抢修工作，包括运行人员排除故障工作，仍必须明确工作负责人、工作许可人，按《安规》规定做好安全措施、办理工作许可和工作终结手续。工作许可人应将工作负责人姓名、采取的安全措施、工作开始和结束时间记入值班记录。

在生产现场进行不填用工作票的其他一切工作应根据直接领导人的口头命令或得到其同意才能进行。若工作由非运行值班人员进行，在开工前还必须得到当值运行值班人员的允许。

(3) 同一车间由两个及以上班组在同一个设备系统、同一安全措施范围内（或班组之间安全措施范围有交叉）进行检修工作时，一般应由车间签发一张总的工作票，并指定工作负责人中的一人兼做总的工作负责人。总的工作负责人负责统一办理工作许可和工作终结手续，协调各班组间工作的正确配合。各个工作负责人仍应对其工作范围内的安全负责。

一个班组在同一个设备系统上依次进行同类型的设备检修工

作，如全部安全措施不能在工作开始前一次完成，应分别办理工作票。

生产现场禁火区域内进行动火作业时，应同时执行动火工作票制度。

(4) 抓煤机检修、维修工作必须填用热机或电气工作票。

二、工作票的执行程序

1. 签发工作票

(1) 工作票签发人根据工作任务的需要和计划工作期限确定工作负责人。

(2) 工作票一般应由工作票签发人填写，一式两份。签发时，应将工作票全部内容向工作负责人交待清楚。工作票也可由工作负责人填写，填写后交工作票签发人审核，工作票签发人对工作票全部内容确认无误后签发；并仍应将工作票全部内容向工作负责人作详细交待。工作票应由工作负责人送交运行班长。

(3) 如果几个工作班按规定填用一张总的工作票，工作负责人一栏应填入总的工作负责人姓名，各个工作负责人的姓名填在由其负责的那一项工作内容之后。

(4) 工作票应用钢笔或圆珠笔填写，一式两份，经工作票签发人审核签字后，由工作负责人一并交给工作许可人办理许可手续。

(5) 工作票不准任意涂改，涂改后上面应有签发人（或工作许可人）签名或盖章，否则此工作票无效。

2. 接收工作票

(1) 工作票一般应在开工前一天，当日消除缺陷的工作票应在开工前 1h，送交运行班长，由运行班长对工作票全部内容进行审核，必要时填好补充安全措施，确认无问题后记上收到工作票的时间，并在接票人处签名。

(2) 审查发现问题应向工作负责人询问清楚，如安全措施有错误或重要遗漏，工作票签发人应重新签发工作票。

(3) 运行班长签收工作票后，应在工作票登记簿上进行登

记。

(4) 必须经过值长或单元长审批的工作票, 应由发电厂作出明确规定印发运行班组及有关车间、科室。

3. 布置和执行安全措施

(1) 根据工作票计划开工时间、安全措施内容、机组开停计划和值长或单元长意见, 由班长在适当时候布置运行值班人员执行工作票所列安全措施。重要措施(由发电厂自定)应由班长或司机、司炉监护执行。

(2) 安全措施中如需由电气值班人员执行断开电源措施时, 热机运行班长应填写停电联系单, 送电气运行班长, 电气运行班长据此布置和执行断开电源措施。措施执行完毕, 填好措施完成时间、执行人签名后, 将停电联系单退给热机运行班长并做好记录; 如电气和热机为非集中控制, 措施执行完毕, 填好措施完成时间、执行人签名后, 可用电话通知热机运行班长, 并在联系单上记录受话的热机运行班长姓名, 停电联系单可保存在电气运行班长处备查, 热机运行班长接到通知后应做好记录。

如果工作负责人符合《安规》(发电厂和变电所电气部分)要求的条件, 能按规定和工作许可人共同到现场(配电室)检查安全措施确已正确地执行, 则可不使用停电联系单。

(3) 安全措施全部执行完毕应报告运行班长, 经运行班长了解执行情况无误后, 联系工作负责人办理开工手续。

4. 工作许可

(1) 工作许可人将工作票一份交工作负责人, 自持一份共同到施工现场, 由工作许可人向工作负责人详细交待安全措施布置情况和安全注意事项。工作负责人对照工作票检查安全措施无误后, 双方在工作票上签字并记上开工时间, 工作许可人留存一份, 工作负责人自持一份, 作为得到开工的凭证。工作负责人即可带领工作人员进入施工现场。

(2) 许可进行工作的事项(包括工作票号码、工作任务、许可工作时间及完工时间)必须记在运行班长(或值长)的操作记