



全国火力发电工人通用培训教材

电 江苏工业学院图书馆
初藏书章

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

全书共八章，主要介绍火力发电厂中电机检修工作的规定、组织和要求；电机检修中常用的材料、工具和仪器、仪表；汽轮发电机检修的初步知识以及异步电动机、直流电动机的基本原理和一般故障的判断与检修方法等。

本书根据电机检修初级工应知应会的要求，着重介绍基本知识和技能，内容实用，通俗易懂，是发电厂电机检修初级工培训教材，也可供其它行业电机检修工人参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电机检修：初级工/山西省电力工业局编. -北京：中国电力出版社，1997

全国火力发电工人通用培训教材

ISBN 7-80125-152-0

I. 电… II. 山… III. 电机-检修-技术培训-教材
N. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 21093 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

水利局印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1997 年 5 月第一版 1997 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 10.625 印张 232 千字

印数 0001—5120 册 定价 11.00 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

由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》，发行、使用已历时 10 余年。其间，《学徒工初级工》各分册分别重印 5 至 9 次，《中级工》各分册分别重印 4 至 7 次，发行量很大，深受全国电力系统广大读者的欢迎，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平的要求，取得了显著的社会效益。为此，这两套培训丛书在全国电力普及读物评优中，荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

10 余年来，由于改革开放的不断深入发展，我国的电力工业有了很大的发展，现已普遍进入大机组、大电网、高参数、超高参数、高电压、超高电压和高度自动化的发展阶段，对电业生产人员的素质提出了更高的要求。继 1991 年 12 月原能源部颁发的《电力工人技术等级标准》之后，1995 年 9 月电力工业部、劳动部又颁发了《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·火力发电部分》。因此有必要根据电力生产的新情况和电力工人技术等级标准的新要求，对上述两套培训教材进行修订并增补高级工培训教材。经山西省电力工业局和中国电力出版社通力合作，并在全国电力工人技术教育研究所的支持下，现编写、出版了这套《全国火力发电工人通用培训教材》。本套丛书的内容覆盖了火力发电 16 个专业对初、中、高级工的技术要求，每个专业分初级工、中级工、高级工三个分册出版，共计 48 个分册；每一分册中又

以各专业的不同岗位工种设“篇”，共覆盖了40余个工种。

在编写本套丛书的过程中，首先根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从火电生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的火力发电工人培训教材，深信是紧扣新的工人技术等级标准的实用性教材。

火力发电工人培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法；教材以300MW机组及其辅机为主，兼顾600MW和200MW机组及其辅机的内容，因而有相当的先进性和普遍适用性，适应于“九五”期间主要机型的技术要求。与每一专业对应的初、中、高级工三个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。有些习题，如操作题、读绘图题、设计试验题等，主要用以培养和巩固必备的技能。鉴于全国电力系统各基层单位、部门培训力量和师资水平并不平衡，学员水平也参差不齐，所以有必要为每一分册编写相应的《教材使用说明和习题解答》，这将在本套丛书出版后陆续推出。

本分册是《电机检修》初级工培训教材，全书共八章，第四、七章由太原电力高等专科学校王瑛编写，第五、八章由

太原电力高等专科学校徐庆波编写，第一、二、三、六章由刘向东编写，并由刘向东任主编。全书由山西省电力工业局原总工程师沈燮楠详细审阅，并提出许多宝贵意见。

在中电联教培部为本套培训教材组织的审定会议上，本书由平顶山姚孟发电厂陈立新工程师及焦作发电厂乔晓霞工程师审定，并被推荐为全国火力发电工人通用培训教材。

在编写这套《全国火力发电工人通用培训教材》的过程中，得到了电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书进行了审定，提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，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，如发现有不妥之处或需修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1996年11月

目 录

序

前言

第一章 发电厂中电机检修组织管理方法	1
第一节 电机检修管理概述	1
第二节 检修计划的编制	5
第三节 保证检修质量的一般管理制度	7
复习题	12
第二章 电机检修常用电工材料	14
第一节 常用电磁材料	15
第二节 常用绝缘材料	40
第三节 常用辅助材料	76
复习题	90
第三章 常用检修工具及仪器仪表	96
第一节 常用检修工具	96
第二节 常用仪器仪表	101
复习题	117
第四章 三相异步电动机的基本知识	120
第一节 三相异步电动机的基本原理	120
第二节 异步电动机的分类与基本结构	123
第三节 三相异步电动机型号及一般规定	132
第四节 中小型三相异步电动机的电磁数据及机械数据	146
复习题	156
第五章 直流电动机的基本知识	162

第一节	概述	162
第二节	直流电动机的工作原理	163
第三节	直流电动机的基本结构	165
第四节	直流电动机的分类与一般规定	172
复习题		184
第六章	汽轮发电机检修的初步知识	188
第一节	汽轮发电机绝缘结构简介	188
第二节	汽轮发电机检修的准备工作	197
第三节	汽轮发电机检修的一般方法	198
第四节	汽轮发电机检修后的试验起动	222
复习题		224
第七章	中小型三相异步电动机一般故障	
	判断与修理	226
第一节	异步电动机的运行维护	226
第二节	异步电动机常见故障原因简析	252
第三节	低压交流电动机绕组的绕制与连接	261
复习题		273
第八章	小型直流电动机一般故障判断与修理	278
第一节	小型直流电动机的运行维护	278
第二节	直流电动机起动、调速和改变转向的方法	306
复习题		318
附录	主要文字符号下角	324

第一章 发电厂中电机检修 组织管理方法

在我国电力系统中，多年来的实践经验不断发展了计划预防性检修制度，完善了一整套比较科学合理的设备检修管理制度，有效地提高了整个电力系统的经济效益，保证了整个国计民生的用电需要。

第一节 电机检修管理概述

随着科学技术和我国电力工业的飞速发展，发供电设备已进入高压、高温、大容量、高自动化的阶段。单机容量、电力系统装机容量大，输电供电范围广，对供电连续性、安全性和供电质量的要求更加严格，因而对电机的管理，包括检修管理水准提出了更高的要求。根据设备管理理论，电机管理不应再限于检修管理的狭小范围，而应进入对“设备的一生”进行管理之中。

所谓对“设备的一生”进行管理，是企业对生产设备从选型、设计、制造、进厂验收，安装、调试、投入使用、维护保养、修理、改造、技术更新直到报废，完全更新为止的全部过程的一系列管理活动，也包括对设备的经济管理，即设备投资、维修费、折旧费、更新改造费用等的管理，使“设备的一生”都能得到最优化的结果。

从物质意义上说，企业产品的数量、质量、能源的消耗

和产品成本的高低，在很大程度上受设备的技术水平与更新程度的影响。因此，加强设备管理，既可以保证企业的技术进步，提高安全发供电水平，也才有可能保证发（供）电的经济效益。

一、电机及其检修管理的一般内容和任务

（1）建立健全的电机检修管理制度及检修责任制。这是保证电机检修质量和设备完好率的技术条件。

（2）认真贯彻执行电机检修规程制度；做好电机检修的组织管理工作、技术管理工作，保证检修质量和工艺要求，延长检修间隔，降低检修费用。

（3）认真搞好电机检修的备品配件及重要消耗材料的管理，实行备品配件及重要消耗材料进厂检验制度。

（4）建立健全电机安装、调试、运行、检修技术档案和图纸资料的现代化管理方法和系统。

（5）做好电机的改造更新工作，使电机和系统按照“安全、文明双达标”的要求，处于一流水平。

（6）加强培训教育，使电机进入全员、全过程管理体系，并取得成效。

（7）注意并研究电机损耗的物质运动形态，建立运行资金运动形态的先进管理模式。

通过对电机全过程的管理，给电机检修提供完整、全面、准确的技术、经济分析或运行记录的依据。电机的检修是对电机的运行状况、工作精度、磨损或腐蚀情况进行检查、处理和校验的过程。通过检修，可以及时查明并消除电机的缺陷及隐患。检修由于正常或不正常的原因所引起的电机的损坏，其实质是对电机的物质磨损（包括腐蚀、老化）的补偿。检修的基本手段是修复和更换，通过修复或更换，使电机的

效能得到恢复，保证电机具有良好的健康水平。

二、我国现行的电机检修制度

我国现行的电机检修的方针是：“以预防为主，维护保养与计划检修并重”。有关检修的制度主要有以下几种：

1. 电机保养维修制度

电机保养维修制度是由一定类别（由多个发电厂根据本厂设备实际状况及有关技术资料和生产要求确定的维修类别或等级）的维修保养和一定类别的修理所组成的设备维修制度，属日常检查与维修保养。

2. 计划预防检修制度

计划预防检修制度有计划、有目标地对电机进行维护保养、检查和修复，以保证电机经常处于完好状态的组织技术措施。通常国家或产业主管部门以国家颁发或部级主管颁发的规程规定的形式赋予电机检修管理以一定意义的法约约束力。计划预防检修制度主要包括：定期检查（设备缺陷登记）、预防性试验检查、计划检修三大部分内容。

（1）在计划检修中，电机大修、中修、小修的目的和要求不同，检修时间及间隔不同，所需资金来源也不同。大修费用来自大修理的折旧提成，而中、小修费用则直接计入生产成本。

电机大修是为了全面恢复电机的设计性能、出力 and 安全性，中修、小修则是为了维持电机在运行中的可靠性。所以大修、中修、小修的检修工作量、工期、检修周期也不同。所有电机的大修、中修、小修的进度与时间安排，均应严格按照被批准的检修计划来执行，并应按检修规程中所规定的标准项目来进行。因此计划预防检修制度的根本特点是它的严格的计划性和法定性。

(2) 计划检修的项目包括标准检修项目(法定项目)、非标准检修项目(处理检查试验发现的问题,一般性的技术改进和反事故措施),有的重大技术改进措施经批准也可并在大修期内实施。

(3) 计划预防检修的定额标准是按检修规程规定核定,非标准项目定额标准则一般参照技术设计要求、实践经验、相关定额拟制并经主管上级批准。

(4) 实行计划预防检修制度,应十分注意掌握和完善检修的周期结构。检修周期结构是指在一个修理周期内,大修、中修、小修的次数和排列顺序,这不仅要求对一个电机一个系统的维修保养有科学合理的安排,而且也有助于分析调整和改善检修的组织管理,使电机检修达到质量好、工期短、周期长、耗费低的目的。

3. 非计划预防检修制度

该检修制度是指在防止小缺陷扩大为事故的设备保养制度。其主要内容包括对非重点设备发生故障后的维修以及必须处理的主要设备的一般性缺陷。进行临时检修以确保主设备安全及人身安全。此种检修也必须事先申请,经批准或在紧急情况下,一边做防止扩大事故的处理一边向调度和主管部门申请。并严格按批准的检修工期执行。

4. 状态监测维修制度

该制度是对大容量、高参数机组均采用设备状态监测装置对其电气元件、热力元件和电气线路、热力设备及管阀系统进行状态监测,从监测记录数据分析中,掌握设备的质量退化状况、发展趋势,以确定其检修项目的时间和方式的制度。如对发电机最热点温度监测、连续绝缘监测、内冷水质监测、氢氧纯度和湿度监测、冷却介质温度监测等等。不少

发电厂已掌握乃至发展了设备诊断技术，对设备进行定期监测诊断和异常监测诊断，根据监测中得到的数据，进行设备寿命周期和故障发生的预测，并选择适当的处理、检修方式。

三、考核电气设备维修状况的技术经济指标

$$(1) \text{设备完好率} = \frac{\text{设备完好台数}}{\text{设备总台数}} \times 100\%$$

设备完好台数是指企业所拥有的该类生产设备中，完全符合单项设备完好标准的台数。单项设备完好的标准主要是：

- 1) 设备性能好，满足规定技术指标要求；
- 2) 设备运转正常，满足安全可靠要求；
- 3) 原料、燃料消耗正常；
- 4) 设备运转中无跑、冒、滴、漏现象。

$$(2) \text{设备故障率} = \frac{\text{故障停机时间}}{\text{生产运行时间}} \times 100\%$$

$$(3) \text{单位产量产品(或万元产值,或每万 kW} \cdot \text{h 发电量)}$$

$$\text{维修费} = \frac{\text{维修费用}}{\text{产品产量(或万元产值,或万 kW} \cdot \text{h 发电量)}}$$

$$(4) \text{维修费用率} = \frac{\text{维修费用}}{\text{生产费用总额}} \times 100\%。$$

第二节 检修计划的编制

检修计划主要指计划检修和临时检修。

一、计划检修计划的一般编制程序及实施

计划检修计划的内容包括大修计划、中修计划、项目修理计划、小修计划、预防性试验计划以及技术改造工程项目中可以列入计划检修计划内的部分。

上述检修计划的编制程序一般为：在年度的第三季度开始，由各专业部门（车间、分部、技术主管部门）根据检修规程规定的设备检修周期、项目要求及本年度设备技术状况，预计下年度生产计划、经济指标要求、安全生产的技术措施、反事故措施、备品配件、检修材料供应以及技术改进工程项目设计资料等进行研究分析，组织有关技术及管理人员进行年度计划检修的修理计划编制准备工作和编制修理计划初稿。初稿编制完成以后，由电厂主管部门组织有关人员分析审查初稿内容，从生产任务、经济承包计划、器材供应、图纸资料、设计内容、关键技术及工序的准备、检修资金准备状况，以及工作量与技术力量状况，对检修工期，开、竣工日期等进行反复的平衡核算，必要时应邀请有经验的班长和技术工人参与讨论分析，经各方面讨论修改、补充完善，形成全厂性计划检修计划编制的安排意见，最后由厂长、总工程师审定，形成正式的年度检修计划，并于本年度的第三季度末或 11 月份上报主管局或电力调度管理部门审批。

在检修计划初稿和正式检修建议计划上报待批的期间，一般由厂级技术主管部门随时与上级主管部门联系，对于变化不会太大的检修计划，必须及早对备品配件、加工件和调试试验准备等工作进行充分的准备。

下年度初，检修计划被上级主管或调度中心批准后，即成为电厂年度生产计划主要任务之一，被认真而严格地安排在季、月度生产执行计划之内，按确定的分工或业务系统准确地安排到班组、车间（分部）去执行。

在检修计划实施过程中遇有特殊情况，需修改或延迟执行时，必须按申请报批程序提前上报审批，否则不能随意修改工期、项目和提前（或推后）执行检修计划。在计划检修

工作开工后，必须保证修理质量和工期，不允许不经批准随意延长检修工期，否则，将按 DL558—94《电业生产事故调查规程》的规定，确认事故和追究事故责任者。由此可见，计划检修的检修计划是有很强的严肃性的生产计划，参加检修的全体人员应有明确的质量意识和严格的计划性意识。

二、临时检修计划的编制及执行

所谓临时检修，一般是指在经批准的年、季、月度计划检修计划之外发生的必须对机组或系统进行检查修理，才能保证正常运行的项目，包括占用的工期。临时检修又分事故检修和可以提前上报申请的计划外的临时检修。当设备或系统或某一重要元、器件由于人为或意外原因造成损坏而必须停机、停电处理，且影响发电量超过了部颁《电业生产事故调查规程》的规定而构成事故时，也必须按“有关调度规程向调度中心和主管上级申报事故检修计划，并应认真而迅速地组织人力、物力，积极抢修，争取以最短的时间处理损坏部分，恢复正常运行。事故抢修时，由于时间紧急，涉及面又可能很广，所以必须集中力量加强组织领导，必要时连续作业而且应有可靠的安全措施。抢修范围及修理项目一般由事故抢修单位与主管上级部门，根据实际情况，研究确定处理方案，并根据处理方案组织力量进行抢修作业。

第三节 保证检修质量的一般管理制度

在火电厂中进行电机检修时，应注意保证检修质量（包括检修工期和减少检修费用）。在经济体制改革过程中，现今发电厂的检修工作有两种类型。一种为集中式检修，另一种为自主式检修。集中式检修是由专业检修公司承担的，由修

理单位和使用单位签订检修合同确立的设备检修制度。自主式检修是由使用单位的检修公司或检修车间（分场）自己承担的设备检修制度。在实践中又发展了一种检修管理体制，即所谓互助式检修。互助式检修是在一个中心地区由几家距离相近，机组类型、容量相同的发电厂相互组织起来，成立一个挂钩式的检修公司，平时检修力量仍分散在各自电厂内，遇有大修或重大事故抢修时，则集中各电厂的专业工程技术人员、专业技术工人进行设备检修。不论采用什么样的检修体制，设备的使用单位对设备检修管理仍要承担重要责任。为了保证设备检修质量、降低检修费用，缩短检修工期，必须不断研究和改善检修管理方法。下面讲述几种常用的检修管理制度。

一、设备检修前的准备工作制度

设备检修前的准备工作是否完善和准确，对提高检修质量、缩短工期、降低修理费用是极其关键的。准备工作不仅要求充分，而且要求其质量也是高水平的。以往的实践证明：如果对检修前准备工作严格要求，按质量第一的标准衡量合格，则修理工作（特别是大修）就会又快、又好、又省。所以设备检修前的准备工作应根据本单位实际情况，制订出一整套符合标准化水准的工作程序、标准化尺度、准备工作的详尽内容及检验准备工作是否尽善尽美（应该这样要求）的制度。这个制度的内容起码应包括：

（1）修理工作标准化的内容及检验标准，按照全面质量管理要求，全面编制全员质量控制网络图及各阶段质量控制体系与目标。

（2）备品配件的管理与服务水准，比如国产设备的备品配件的数量、质量控制、供货货源周期控制、从旧型号设备

中拆卸有用备件의保管与使用以及国产设备型号更新换代后旧型号备件의储备与管理。引进设备备件의保管与检验，补充进口设备备件의计划以及国产备件替代方案等等。要做到对各种备品配件有一个经济合理的储备计划，保证及时供应，尽量减少资金积压。这个要求只有在有充足与完善的统计数据和管理下才能做好。

(3) 标准化供应的质量控制与外委加工计划的管理程序。

(4) 技术改进项目的设计、审查、批准程序与范围。

(5) 检修工作的技术组织措施及检查标准。

(6) 检修工程开工后，后勤服务保障工作内容、实施程序及检验标准。

(7) 重大修理工程的政治思想工作内容，协作要求、宣传鼓励内容与要求。

(8) 修理工作质量标准、验收程序、质量检查验收的网络设计。

(9) 重大修理项目、改进项目开工前的技术培训。

(10) 对修理工作需要订立的经济合同、承包方案、经济估算以及奖罚方案的制订与实施原则等等。

二、设备检修质量的验收制度

设备检修结束，必须组织检修单位和使用单位对检修质量进行验收，合格后，方可投运。设备大修、中修和小修的质量验收工作，在组织工作的规模、验收项目、验收要求上均有所不同，通常是根椐各电厂的实际情况确定重点验收项目、常规验收项目、一般验收项目以及各验收项目的验收标准。值得提出的是在验收规定中应该普遍注意和加强以下几方面工作。

(1) 充分注意和掌握新技术标准,新规范的发展变化,注意修理中采用的新材料、新工艺以及新型设备的技术标准,以使质量验收跟上新技术变化的要求,同时使修理后的设备功能满足技术进步的要求。

(2) 充分注意大修、中修的记录和质量验收记录的连续性、完整性、准确性和真实性,贯彻严肃认真原则,并注意及时整理检修技术资料和图纸,认真装裱后移交有关技术资料管理中心,归档保存。

(3) 注意建立和完善检修后质量跟踪反馈的工作或系统。检修工程结束后,在一定的运转周期应有系统、有计划地组织质量跟踪和信息反馈,除负责分析和处理确实检修质量不良的问题外,跟踪反馈的一个重要任务是积累经验和资料,改进检修施工管理的各个环节,以提高检修质量。

(4) 贯彻质量第一,严格把关,实事求是的原则。无论是外委检修或自主检修,都需要贯彻质量第一原则,既不能讲关系放松把关,也不能因要求严格而“顶牛”推诿。所以修理单位和使用单位必须团结协作,实事求是,互相支持,从严要求,这点对外委式检修更加重要。

(5) 大修工程和重大检修项目完成后,应注意抓好设备技术经济性能、完全可靠性能的评级定性工作,并据此提出运行操作的指导性措施,以保证设备的安全、经济运行。

三、安全管理制度

在检修现场,检修工程开工后,无论小修、中修或大修,检修的设备和系统都处于部分解体、全部解体、系统切断、部分停电、全部停电状态,工种多、现场杂,因此必须有严密的安全管理体系和安全监察体系。除明确和强调一般性、常