



普通高等教育“十二五”规划教材

能源动力类专业规划教材

发电厂现场实习指导

王永川 主 编

李海广 副主编

- 真实电厂现场照片
- 重现设备基建过程
- 直观观察设备结构
- 深入理解工作原理

应用型



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国电力出版社“十二五”规划教材

《发电厂电气部分》系列教材

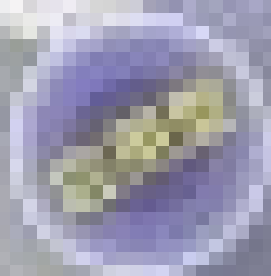
发电厂现场实习指导

张其成 王 楠

张 强 张 强

中国电力出版社
北京

ISBN 978-7-121-13444-4





普通高等教育“十二五”规划教材

能源动力类专业规划教材

发电厂现场实习指导

主 编 王永川
副主编 李海广
编 写 肖卓楠 左方超
主 审 袁镇福



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。本书根据本科能源动力类专业实习实践环节教学大纲的要求编写。全书共 5 章,按照火力发电厂动力设备进行划分,分别涉及汽轮机、锅炉、汽轮机及锅炉附属设备、公用系统等。本书以图片为主,主要是设备安装和检修过程中的现场照片,并辅以一定的文字说明,有助于学生和相关工程技术人员了解设备结构。

本书可作为普通高等教育本科能源与动力工程专业认识实习、生产实习教材,也可作为发电厂相关工程技术人员的现场生产培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

发电厂现场实习指导 / 王永川主编. —北京:中国电力出版社, 2012. 5

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3017 - 7

I. ①发… II. ①王… III. ①发电厂—生产实习—高等学校—教材 IV. ①TM6 - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 092339 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8 印张 187 千字

定价 31.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前 言

本书根据本科热能动力类专业实习实践环节教学大纲编写。全书共5章,按照火力发电厂动力设备进行划分,分别涉及汽轮机、锅炉、汽轮机及锅炉附属设备、公用系统等。本书摒弃了传统实习教材以介绍设备原理为主的编写思路,主要以现场设备照片为主,并辅以一定量的文字说明,其中很多照片是在电厂建设期间所拍摄的,有助于对设备原理和结构的理解。

全日制热能与动力工程专业本科生的认识实习、生产实习等实践教学是本科教育的重要环节。学生通过理论课程的学习,已经具备了一定的基础知识,通过实践环节的教学,来完善学生的知识体系,巩固对理论知识的理解。然而,由于现代电力企业对于安全生产要求提高,学生利用设备大修机会开展实习的机会很少,限制了学生对于现场设备内部结构的了解和掌握。本教材的特色恰恰可以很好地弥补学生未能深入现场实习的遗憾,同时教材对于现场生产培训也具有一定的意义。

本教材中的图片,一部分是编者在电厂工作时进行拍摄的,在这里感谢电厂的同事赵宏亮、张斌和领导关富副厂长、王玮总工程师等同志的大力支持;另一部分照片是由贾龙刚工程师在其所在的电厂拍摄的,并感谢该厂厂领导的支持;还有一部分照片来自中国电力联盟网站,如涉及版权问题,请与编者联系。

本书第1章由宁波枫林绿色能源有限公司左方超编写,第2章由浙江大学宁波理工学院王永川编写,第3章由内蒙古科技大学李海广编写,第4章由王永川和内蒙古呼和浩特金桥发电厂张克凡编写,第5章由内蒙古科技大学肖卓楠编写,全书由王永川担任主编并负责统稿工作。

本书由浙江大学袁镇福教授主审,主审老师提出的许多宝贵意见使编者受益匪浅,在此深表谢意。

编 者

2012年8月



目 录

前言

第1章 现场实习概述	1
1.1 现场实习的目的	1
1.2 现场实习安全知识	1
1.3 现场实习的内容及组织管理	6
第2章 火力发电厂汽轮机本体及附属设备	8
2.1 汽轮机本体设备	8
2.2 汽轮机附属设备及系统	29
2.3 汽轮机控制系统	36
第3章 火力发电厂煤粉锅炉设备及系统	52
3.1 煤粉锅炉燃烧设备	52
3.2 煤粉锅炉制粉设备	56
3.3 火力发电厂锅炉汽水系统设备	67
3.4 火力发电厂锅炉通用风机	82
第4章 火力发电厂循环流化床锅炉特有设备介绍	88
4.1 循环流化床锅炉布风板及风帽	88
4.2 循环流化床锅炉冷渣器	91
4.3 循环流化床锅炉分离器及回料装置	94
第5章 火力发电厂重要辅机设备及系统	99
5.1 除氧器设备及系统	99
5.2 给水泵及其控制系统	102
5.3 循环泵系统与水塔结构	111
5.4 工业水泵及其系统	116
参考文献	119



第1章 现场实习概述

1.1 现场实习的目的

现场实习是本科能源与动力工程专业重要的教学实践性环节,包括认识实习、生产实习和毕业实习等。它是在完成了基础课、学科基础课、学科专业课之后,必须进行的实践教学环节。通过现场实习,使学生能建立对专业知识的感性认识,为专业课学习、专业课程设计和毕业设计奠定认识基础。通过现场实习,使学生能建立起对整个电厂的初步认识,了解电力生产的基本工艺流程及其对国民经济发展的的重要性;初步了解电厂的主要发电设备、主要辅助设备和系统,了解这些设备和系统的主要结构、作用,为后续课程的学习创造有利条件;了解电厂主要设备、管道及主厂房的布置特点,了解主要设备和管道的安装检修工艺;提高阅读工程图纸和工程技术资料的能力;培养学生理论联系实际、独立观察客观事物、独立分析问题和解决问题的能力。

1.2 现场实习安全知识

1.2.1 火力发电厂安全特点

火力发电厂是利用煤、石油和天然气等燃料在锅炉炉膛内燃烧,生产出高温高压蒸汽,用蒸汽冲动汽轮机旋转,并带动发电机旋转发电。发电厂发电的原理很简单,但生产过程非常复杂。从安全角度讲,火力发电厂有以下几个特点:

- (1) 发电厂自动化程度高,各种控制开关和事故按钮多,很容易发生误触、误动事故。
- (2) 高压电气设备多,许多设备带电部分裸露在外,容易发生触电事故。
- (3) 锅炉和汽轮机房内压力容器、高温高压管道多,可能发生容器、管道爆破或泄漏,造成人员烧、烫伤事故。
- (4) 发电厂设备多层布置,生产人员经常在不同高度层面交叉作业,容易造成物件下落或高处坠落的人身伤害事故。
- (5) 许多专业使用易燃易爆物质,如点火用油、煤粉、氢气等,都容易发生着火爆炸事故。
- (6) 各种旋转和移动机械多,容易造成机械伤害事故。

1.2.2 发电厂着装安全要求

衣服:衣服不应有可能被转动的机器绞住的部分;入厂后必须穿着工作服,衣服和袖口必须扣好;禁止戴围巾和穿长衣服;衣服禁止使用尼龙、化纤或棉和化纤混纺的衣料制作,以防遇火燃烧加重烧伤程度;禁止穿裙子、短裤。

安全帽:需要安全帽的地方;设有安全帽标识符的地方;可能发生高空坠物的区域;空中作业区域;高压区域;辫子、长发必须盘在工作帽内。

鞋:进入生产现场禁止穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋、掌钉鞋。

1.2.3 行为安全规范

应在规定的安全通道、梯子、平台、楼梯及安全走廊（见图 1-1）范围行走，不准乱走捷径，攀爬斜梁、管道、构件等无安全保障的设备，不准穿越设有路障的区域。爬梯时必须逐一检查爬梯是否牢固，上下爬梯必须抓牢扶手，不准两手同时抓一个扶手，双手不能都拿东西。



图 1-1 现场安全走廊

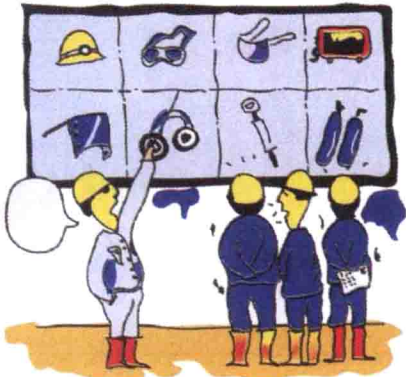
进入现场后，不乱动现场设备，不乱按现场设备按钮，不乱动现场电气开关。禁止在起重机吊着重物下停留或通过；禁止在栏杆上、管道上、安全罩上或运行中设备的轴承上行走和坐立；应尽可能避免靠近并长时间停留在可能受到烫伤的地方。

进入现场的注意事项见表 1-1。

表 1-1 进入现场的注意事项

注意事项	图 示
戴好安全帽	

续表

注意事项	图 示
认真听取安全讲座	
上下爬梯必须抓牢，并不准两手同时抓一个扶手	
注意转动机械	
不能进入危险地区	

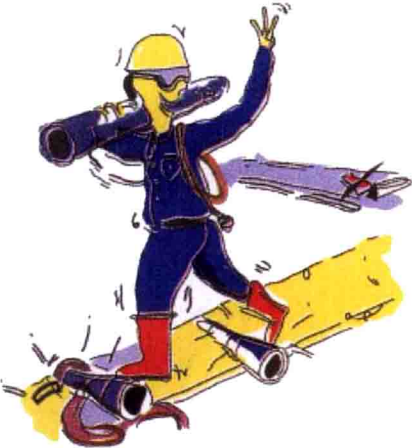
续表

注意事项	图 示
◇ 不乱摸乱动现场设备 ◇ 不乱按现场设备按钮 ◇ 不乱动现场电气开关	

防止绊倒或滑倒的注意事项及图示见表 1-2。

表 1-2

防止绊倒或滑倒的注意事项及图示

注意事项	图 示
◇ 隆起的地板、地毯 ◇ 损坏的凹陷地板、地砖 ◇ 地面的孔洞和裂缝 ◇ 地面高度的改变 ◇ 门槛、门挡	
◇ 液体或固体的溅溢 ◇ 擦后未干的地面 ◇ 有雨水、冰雪的地面 ◇ 地面的转变，如由地毯进入光滑的木板 ◇ 从湿的地面进入干的地面	

1.2.4 发电厂现场安全图示

1. 国家安全色标

(1) 国家规定的安全色有红、蓝、黄、绿四种颜色，其含义如下：

-   红色表示禁止、停止，也表示防火
   蓝色表示指令，必须遵守的规定
-   黄色表示警告、注意
   绿色表示提示、安全状态、通行

(2) 国家规定的对比色是黑白两种颜色，安全色及其相应的对比色如下：

	红色	——		白色	
	蓝色	——		白色	
	黄色	——		黑色	
	绿色	——		白色	

安全标志
由安全色、
几何图形
和图形符
号构成

2. 安全标志

安全标志分为禁止标志、警告标志、指令标志、提示标志四类。发电厂常用的安全警告标志如图 1-2 所示。



图 1-2 发电厂常用的安全警示标志 (一)

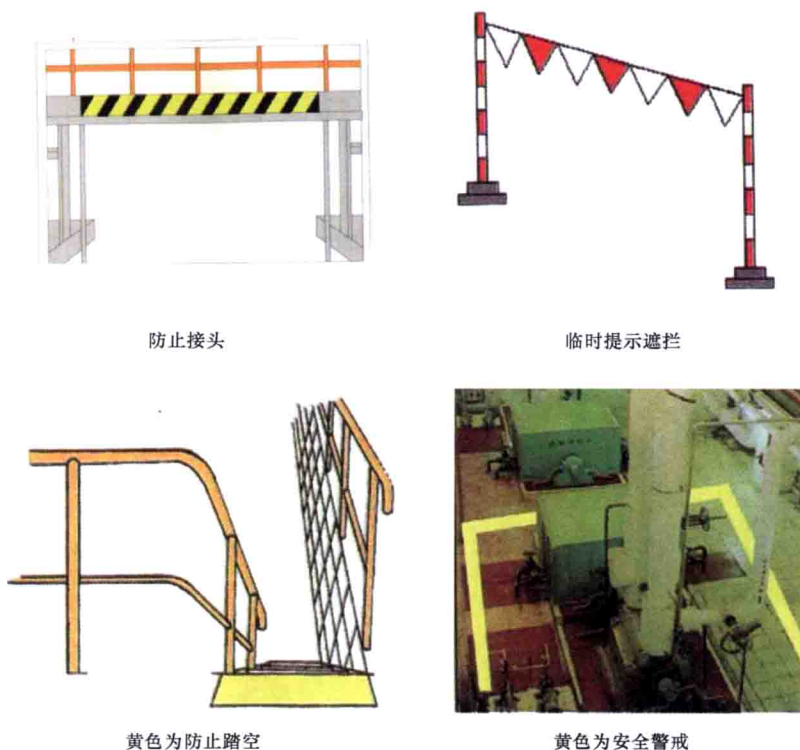


图 1-2 发电厂常用的安全警示标志（二）

1.3 现场实习的内容及组织管理

1.3.1 现场实习的主要内容

火力发电厂是利用煤、石油、天然气等燃料的化学能产出电能的工厂，即燃料的化学能→蒸汽的热能→机械能→电能。在锅炉中，燃料的化学能转变为蒸汽的热能；在汽轮机中，蒸汽的热能转变为转子旋转的机械能；在发电机中，机械能转变为电能。锅炉、汽轮机、发电机是火电厂中的主要设备，也称三大主机。能源与动力工程专业的现场实习主要针对锅炉和汽轮机两大主力设备。

锅炉实习的主要内容：锅炉本体（炉膛、汽包、过热器、省煤器、空气预热器）的构成及各部分的作用、结构及工作原理等；制粉系统的工艺流程及其主要设备的作用、结构、基本工作原理；锅炉主要的辅助设备（送、引风机，一次风机，喷水减温器）的作用、结构和基本工作原理等。

汽轮机的主要实习内容：汽轮机本体及汽封，轴封，法兰螺栓加热装置，盘车装置，滑销系统的结构、作用和基本工作原理；汽轮机调速系统和保护装置的基本作用和工作原理，调节元件和保护装置的一般结构，供油系统中主要设备的结构及其作用；热力系统及其主要辅助设备（高压加热器、低压加热器、除氧器、凝汽器、给水泵、循环水泵）的作用、结构和工作原理。

1.3.2 现场实习的组织管理

现场实习组织管理的好坏直接影响到学生实习质量,因此必须认真对待、认真组织,做好实习工作。

1. 教学办职责

(1) 在学生进行生产实习前,教学办应认真选择实习的企业,并安排指定具有本专业知识和经验丰富的教师带领学生进行实习。

(2) 教学办要根据生产实习大纲及接纳单位的具体情况确定实习方案,从而做到学生、指导教师、接纳单位都能心中有数,使实习能够顺利实施。

2. 指导教师职责

(1) 指导教师必须熟悉生产实习大纲规定的内容及生产实习方案,做好实习准备。

(2) 按照实习大纲要求和进度指导学生进行实习,每天实习任务结束后应对当日学生所实习的内容进行总结并对第二天的内容进行预先安排。

(3) 指导教师要结合学生在实习中的表现,做好思想工作。

(4) 指导教师要加强对学生的纪律、安全和品德教育,关心学生的生活和健康。

(5) 实习结束后带队指导教师要根据学生在实习中的表现和完成任务情况,按生产实习大纲的要求对学生进行全面考核,组织学生做好实习总结并及时向学院教学办公室汇报实习情况。

3. 对学生的要求

(1) 实习中要尊重指导教师和工作人员,服从安排、虚心请教。

(2) 要爱护公物、勤俭节约,严格遵守实习纪律和实习单位的各项规章制度。

(3) 要按照实习大纲的安排和要求认真完成实习中规定的各项任务。

(4) 实习结束后,要认真编写实习大纲。

4. 生产实习的考核

学生必须完成全部实习任务,写出实习报告,遵守实习纪律;实习指导教师要根据学生实习中的表现、完成实习报告情况和单独考核情况,按优、良、中、及格、不及格五级分制对学生进行成绩评定。对每一位学生的实习报告都要给予简短的评语,实习学生成绩为“优”的比例不大于实习学生总人数的20%。

第2章 火力发电厂汽轮机本体及附属设备

2.1 汽轮机本体设备

汽轮机的本体结构分为固定部分和转动部分,固定部分包括汽缸、滑销系统、隔板、隔板套、喷嘴、汽封、轴承及一些紧固件;转动部分包括主轴、叶轮、叶片、围带、联轴器和一些紧固件。

2.1.1 汽轮机本体固定设备

1. 设备简介

(1) 汽缸。汽缸是汽轮机的主要部件之一,其作用是将流经汽轮机内的蒸汽与外界隔绝,使蒸汽流形成一个封闭的流动空间,以完成能量的转换。

(2) 滑销系统。汽缸和轴承座安装在基础台板上。为了保证汽缸能定向膨胀,设置了滑销系统。滑销系统由纵销、横销和立销组成。纵销和横销轴线的交点,确定了汽缸的膨胀死点,即固定点;立销则保证汽缸在垂直方向的定向膨胀。

(3) 喷嘴。喷嘴又称静叶片。蒸汽流过喷嘴时,产生膨胀,压力降低,速度增大。把蒸汽的热能转换为动能,并以一定的角度进入叶片,完成蒸汽在汽轮机中的第二次能量转换。

(4) 隔板、隔板套。隔板的作用是固定喷嘴,并把汽缸分成若干个汽室,使蒸汽的压力和温度逐级降低。为了便于拆装,隔板都制成水平对分的两个半圆板体,并将数块隔板固定在隔板套中,再将隔板套固定在汽缸内壁,以简化汽缸的几何形状。隔板套常以抽汽点为分段,以便形成抽汽腔室。

(5) 汽封、汽封套。汽轮机工作时,转子高速旋转,而汽缸、隔板等部件固定不动。因此,转子和固定部分之间必须保持一定的间隙,以保证彼此间不发生相互碰摩。绝大部分蒸汽在喷嘴和叶片的通道中流过做功,但一小部分将会从间隙中泄漏而不做功。此外,转子穿出汽缸处也必须留有间隙,因而也会有蒸汽外漏或空气内漏。不论哪种间隙,都会因漏汽而造成损失,降低汽轮机的效率。为了减少上述漏汽损失,设置了汽封装置。汽封可分为三大类,通流部分汽封、隔板汽封和轴端汽封(简称轴封)。

(6) 轴承。轴承在汽轮机中可分成支持轴承和推力轴承两种。支持轴承的作用是支承转子的重力,确定转子的径向位置,保证转子与固定部分保持同心度。推力轴承的作用是承受蒸汽作用在转子上的轴向力和发电机传来的轴向力,并确定转子的轴向位置,以保证通流部分保持合理的轴向间隙。

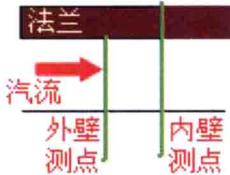
2. 图片及说明

(1) 法兰、隔板。法兰等部件的现场图片及说明见表2-1。隔板照片及说明见表2-2。

照片所拍摄机组的喷嘴、隔板、隔板套情况为:调节级的喷嘴组装在喷嘴室内,第2~4级隔板装在1号隔板套内,第5、6级隔板装在2号隔板套内,第7、8级隔板装在3号隔板套内,第9~11级隔板装在4号隔板套内,第12~16级隔板装在5号隔板套内,低压正反2、3级隔板装在7号隔板套内,其余低压正反级隔板直接装在低压缸中部内。

表 2-1

汽缸、法兰等部件的现场图片及说明

部件说明	图 片
高压缸下缸 第一排中间为一道漏汽，两侧为二道漏汽；第二排为高压调节门导管接口，第三排为工业抽汽口，后为1~3段抽汽口，最后为中压缸排汽口。 1—调节级蒸汽温度、压力测点；2—调节级疏水；3—法兰加热；4—立销滑槽	
高压缸上缸 1—法兰加热	
高压缸法兰加热装置及高压缸法兰内外壁温度测点 	
高压缸上缸内部温度测点 1—汽缸内壁温度测点；2—汽缸内壁温度测点；3—喷嘴室；4—汽缸上壁温度测点（下图为放大图）  汽缸的调节级集中了汽缸的温度测点，这些测点的温度与调节级蒸汽温度是机组启停时控制汽温的依据	
高压缸上缸喷嘴室	

续表

部件说明	图 片
低压缸通流区和排汽区连接 1—低压缸排汽区；2—低压缸下缸主体； 3—低压缸喷水管；4—低压缸下缸与排汽区连接部分	
低压缸喷水管与轴封进汽、回汽管 1—喷水管；2—轴封进汽管；3—轴封回汽管	
低压下缸排汽部分（结合了轴承箱） 1—轴承箱；2、3—轴承座	
轴承箱	
中压缸排汽缸下缸	

续表

部件说明	图 片
中压缸排汽室及汽封套。右下角的不锈钢小平台左右各一块，用于稳定下部隔板，是设计失误时的补救。 1—汽封管	
中压缸下缸的三个疏水孔。一段抽汽处本体疏水接到抽汽管道上。 1—工业抽汽口；2—中压调节门后本体疏水；3—一段抽汽处本体疏水管	

表 2-2

隔板照片及说明

说 明	照 片
高中压缸分缸隔板。此汽室为中压缸进汽室，蒸汽经喷嘴进入中压缸做功。汽室内的管子起支撑作用，防止汽室变形。 由于该机组具有工业抽汽（压力在 4.0MPa 左右），进入该汽缸的蒸汽压力为 4.0MPa 左右，所以称为中压缸。 1—高中压缸分缸隔板；2—喷嘴	