

电力施工企业职工岗位技能培训教材

汽轮机本体安装

中国电力企业联合会企业部组织
西北电力建设总公司
苏云堤 主编



中国电力出版社

PDG

电力施工企业职工岗位技能培训教材

- 热工仪表及控制装置安装
- 电气二次回路接线及施工
- 高压电气设备安装
- 管道安装
- 厂用电安装
- 汽轮机本体安装
- 汽轮机辅机安装
- 汽轮机调速器安装
- 起重技术
- 锅炉本体安装
- 锅炉辅机安装
- 锅炉钢架安装
- 送电线路施工 (初、中级工)
- 送电线路施工 (高级工)

ISBN 7-80125-908-4



9 787801 259080 >

ISBN 7-80125-908-4/TK · 2

定价: 16.00 元

电力施工企业职工岗位技能培训教材
PDG

99150

TK266

S859

电力企业职业技能培训教材

汽轮机本体安装

中国电力企业联合会企业部组织
西北电力建设总公司

苏云堤 主编

赠阅

中国电力出版社

PDG

内 容 提 要

本书是火电·送变电“施工企业”汽轮发电机本体安装工的岗位培训教材，是按部颁《电力工人技术等级标准》对本专业的专业基础知识和操作技能的要求而编写的。

本书的主要内容为：汽轮机工作原理；本体有关系统；本体设备的结构和作用；汽轮发电机安装工艺；整套启动的基础知识等。书中还选编了在试运中较常出现的转子直轴和找平衡两章，其目的是使施工人员了解转子弯轴和不平衡与施工工艺间的密切联系，促使施工工艺进一步的提高。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽轮机本体安装/苏云堤主编. -北京：中国电力出版社，1998.10

电力施工企业职工岗位技能培训教材

ISBN 7-80125-908-4

I. 汽… II. 苏… III. 蒸汽透平-设备安装-技术培训-教材 IV. TK266

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 25731 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>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1999 年 1 月第一版 1999 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 13 印张 288 千字

印数 0001—3100 册 定价 16.00 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)

老 師 知 道
PDG

电力施工企业职工岗位技能 培训教材编审委员会

名誉主任：张绍贤 刘 宏

主 任：赵宗鹤 贾国栋

副 主 任：孙永安 张克让 孙力源（常务）

王 巨

委 员：（排名不分先后）

程建飞 段景祥 周炳深 徐玉华

朱铁生 马惠廉 张乐安 杨逸云

杨万涛 乐秀弟 李新华（常务）

李汉型（常务） 徐相奎

ASD.02/06

PDG

前 言

为适应施工企业深化改革,加强管理和提高职工队伍素质的需要,继1994年出版发行了《电力施工企业中层干部岗位培训教材》之后,我们又组织编写了这套《电力施工企业职工岗位技能培训教材》。

组织编写这套教材,考虑到以下三个方面的情况:一是近十几年来我国电力建设事业发展速度很快,每年装机都超过1000万kW,这个发展速度不仅缓解了我国长期缺电的局面,同时也带动了电力施工企业管理和技术的进步,在施工中遇到了许多新设备,出现了许多新技术和新工艺,对此应当及时进行总结和推广,原来的培训教材已难以适应现在的需要;二是施工企业进入市场参与竞争,必须不断提高队伍素质和加强职工培训,因此教材建设就是一项不可缺少的基础工作;三是工人技术等级标准已修订并颁发了多年,也应有一套新的教材与之适应。总之培训教材必须适应情况的变化和满足实际需要。

这套教材覆盖了火电、送变电施工15个主要岗位工种,共14册,不仅适用于火电、送变电施工企业职工岗位技能培训,也适用于发供电企业安装、检修人员的岗位技能培训,电力系统中专技校及其他行业有关人员的岗位培训也可选用和参考。

这套教材的主要特点是紧密联系施工实际,突出操作技能,兼顾必要的基础技术知识。火电以国产300MW机组安装技术为主,送变电以500kV设备安装技术为主,兼顾了330kV和220kV送变电施工技术。

除“送电线路施工”两个分册外,每册书后附有“教材使用说明”,以便针对不同培训对象,灵活选用教材内容。

组织编写这套教材,得到了很多单位的支持,特别是陕西电建总公司、山东电力集团公司、山东电建一公司、上海电力建设局、陕西电建

一公司、陕西电建三公司、甘肃送变电公司、陕西送变电公司等单位及有关同志做了大量的工作。

主要参加编写人员及分工如下：

热工仪表及控制装置安装	钱承华
电气二次回路接线及施工	牟思甫
高压电气设备安装	魏国柱
管道安装	谢万军
厂用电安装	姚展祥
汽轮机本体安装	苏云提
汽轮机辅机安装	李浩然
汽轮机调速器安装	党双海
起重技术	汤毛志
锅炉本体安装	刘永贵
锅炉辅机安装	李莹昌
锅炉钢架安装	刘永贵
送电线路施工（初、中级工）	朱延庆
送电线路施工（高级工）	王恒昌

在教材出版发行之际，谨对上述单位及有关编审人员表示诚挚谢意。

由于我们经验不足、水平有限，致使培训教材出现疏漏以至错误之处在所难免，在此恳请给予批评指正。

电力施工企业职工岗位技能培训教材编审委员会

中国电力企业联合会企业部

1998年6月

编者说明

随着我国工业的迅速发展，对电力的需求更加迫切。目前，从电力工业发展来看，火电仍为我国电力工业发展的一个主要方面。

为了适应电力工业的迅猛发展，对汽轮发电机组要求单机容量应愈来愈大和机组的效率亦应相应提高。近几年来，我国装机将以 30 万千瓦为主力机组，向 60 万千瓦机组过渡。因而在机组的设备和系统上，均增加了不少的技术难度和复杂性。本书是为了适应形势发展的需要，力求满足施工人员的实际工作要求而编写的。内容上涉及汽轮发电机本体及系统的工作原理。设备结构，借以增加施工人员的理性认识，但重点仍以设备安装工艺为主，以期提高施工人员的操作技能和工艺水平。

本书按大纲要求，包括以下主要内容：汽轮机基本工作原理；汽机本体汽、水系统；汽轮机本体设备；汽轮机本体安装；转子直轴及汽缸检修；发电机本体安装；转子找平衡；汽轮机整套启动及试运行。

按审定的编写大纲要求，本书内容以国产 30 万千瓦汽轮机为主要内容，并适当编入了 20 万千瓦汽轮机的部分内容。基本上是按电建工人应知应会而选编的。第一章至第三章的内容为汽机专业应掌握的基础知识；第四章至第八章为施工人员应会的安装技能部分。总之，力图通过本书能使施工人员的整体素质得到提高。本书在编写中结合本人的施工体会，选取了“大型汽轮机安装”一书中的部分公式和插图，在此

表示谢意。

本书由西北电建总公司苏云堤主编，由广东电力一局林坤远主审；第一章由西安电力专科学校李馥编写，第二至八章由苏云堤编写，部分章节（二、三章）李馥参编。由于编者水平所限，本书还存在不少不足之处，请广大读者不吝提出宝贵意见，以利本书进一步的完善。

苏云堤
李馥
PDG

目 录

前言

编者说明

第一章 汽轮机的基本工作原理	1
第一节 力的冲动原理和反动原理	1
第二节 汽轮机的工作原理	4
第三节 汽轮机的分类及型号	10
第四节 汽轮机的热力过程 汽轮机的损失 和效率	14
第五节 发电机和汽轮发电机组的损失和效率	17
第六节 中间再热式汽轮机的热力过程	18
第二章 汽轮机本体定型管道系统及安装	22
第一节 汽轮机本体管道系统	22
第二节 管道及附件的选用和检验	33
第三节 管道简易计算	37
第四节 管道的弯制及校正	40
第五节 管道的膨胀与补偿	48
第六节 阀门检修	51
第七节 管道安装	54
第三章 汽轮机本体设备	59
第一节 国产 300MW 汽轮机的结构特点	59
第二节 N300-16.7/537/537 型汽轮机汽缸 结构及性能	65

第三节	隔板与汽封结构	78
第四节	转子主要结构	87
第五节	轴承及盘车装置	91
第四章	汽轮机本体设备安装	105
第一节	安装前的准备工作	105
第二节	基础检查及台板、轴承座安装	114
第三节	轴承的检修、安装	126
第四节	汽缸安装	138
第五节	转子安装	155
第六节	隔板、汽封及通流部分间隙的调整	167
第七节	汽轮机扣大盖	184
第八节	扣缸后的几项主要安装工作	193
第五章	转子直轴、轴瓦浇铸与汽缸检修	210
第一节	轴弯曲的校直	210
第二节	轴瓦浇铸轴承合金	234
第三节	汽缸裂纹的检查和处理	242
第四节	汽缸接合面的研刮	251
第六章	发电机安装	256
第一节	发电机本体的主要结构	256
第二节	发电机安装前的准备工作	265
第三节	发电机定子安装	266
第四节	发电机定子压力试验	274
第五节	发电机转子安装	277
第六节	轴承及密封瓦安装	286
第七节	发电机间隙的调整	291
第八节	发电机气、水、油系统安装	298

第七章 转子找平衡	309
第一节 刚性转子的平衡原理.....	311
第二节 转子找静平衡.....	314
第三节 转子的低速动平衡.....	318
第四节 转子额定转速下的平衡.....	341
第八章 汽轮机整套启动及试运行	358
第一节 分部试运及汽水管道冲洗.....	358
第二节 整套启动前的试验.....	364
第三节 汽轮机的启动和带负荷.....	368
第四节 运行中的主要监护及调整.....	376
第五节 热态滑参数启动.....	387
第六节 汽轮机停机.....	391
第七节 重大事故的预防.....	393
附录	
表 1 计量单位对照表	404
表 2 加工精度对照表	404
表 3 高温蒸汽的汽缸涂料配比	405
表 4 密封材料品种及适用范围	405
表 5 常用油脂品种及适用范围	406



第一章 汽轮机的基本 工作原理

第一节 力的冲动原理和反动原理

汽轮机是利用蒸汽热能做功的旋转式原动机。它工作时进行两个能量转换过程，即先使蒸汽通过喷嘴流速提高，将蒸汽的热能转变成蒸汽的动能；然后再将蒸汽的动能在动叶栅中转换成转子转动的机械能。

汽轮机与其他动力机械相比，具有功率大、尺寸小、重量轻、效率高等优点。是电力工业、交通运输业、国防工业上应用最广泛的原动机之一。

汽轮机中由喷嘴与动叶片所构成的基本工作单元叫做级。汽轮机只有一个级的叫单级汽轮机；汽轮机若由许多个级构成的就叫多级汽轮机。图 1-1 所示为一台单级冲动式汽轮机的示意图。

一、力的冲动原理

由力学可知，当一个运动物体 A 以高速运动撞击另一个静止或运动速度比它低的物体 B 时，物体 A 因受

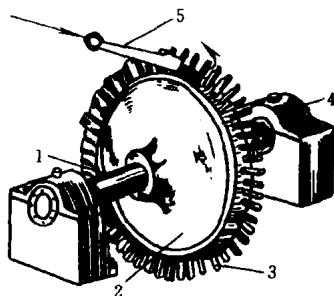


图 1-1 单级冲动式
汽轮机示意图

1—轴；2—叶轮；3—叶片；

4—轴承；5—喷嘴

阻碍而改变速度和运动方向，而同时物体 B 受到一个冲击力，其冲击力的大小决定于物体 A 的质量和撞击前后的速度变化值。物体 A 的质量愈大，速度变化值愈大其冲击力愈大。这个冲击力使物体 B 运动状态改变时，那么物体 B 就做了功。显然，这个功是由运动物体 A 的动能变化转变而得到的。

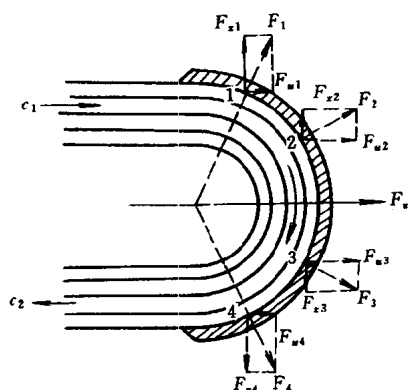


图 1-2 蒸汽对动叶片的冲动作用

在汽轮机里，高速蒸汽流冲击动叶片时，叶片运动而做功。如图 1-2 所示，蒸汽以 c_1 的速度流过弧形叶片的槽道时，蒸汽改变了速度，变成 c_2 ，同时也改变了流动方向。蒸汽的每个质点沿动叶片内弧流动时都要受到向心力作用，根据牛顿第三定律，这时动叶片必然同时受

到蒸汽质点加给它的离心力作用，如果作用在位置 1、2、3、4 各点的离心力分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 ，则这些离心力又可分解成轴向分力 F_{z1} 、 F_{z2} 、 F_{z3} 、 F_{z4} 和周向力 F_{u1} 、 F_{u2} 、 F_{u3} 、 F_{u4} 。如果动叶内弧形状是对称的，则 F_{z1} 与 F_{z4} 、 F_{z2} 与 F_{z3} 相抵消，使动叶片上的轴向力为零。但周向力 $F_u = F_{u1} + F_{u2} + F_{u3} + F_{u4}$ 。这个 F_u 就是使动叶片运动做功的冲动力。这种利用蒸汽冲动力做功的原理就是我们所谓的力的冲动原理。从上面内容可知利用冲动原理做功的特点是汽流在动叶片中不加速，不降压膨胀，只是蒸汽在动叶片中流速降低、方向改变产生冲动力使动叶运动做功。

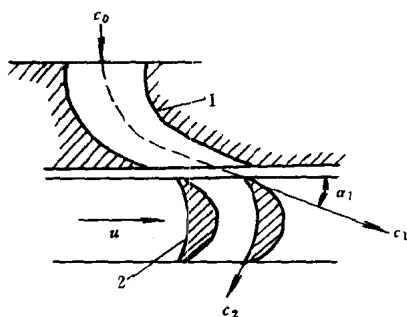


图 1-3 冲动式汽轮机中喷嘴与
动叶断面形状及相互位置

1—喷嘴；2—动叶片

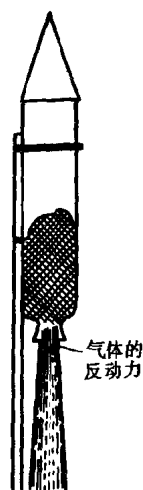


图 1-4 火箭工作
原理示意图

在实际汽轮机中，由于结构的要求，喷嘴不可能装在两个动叶片之间。所以，蒸汽流动方向不可能与动叶运动方向一致，而必须是与叶片运动方向形成某一角度 α_1 ，动叶片的断面形状也不可能是对称的半圆形内弧，如图 1-3 所示。因此作用在动叶片上的轴向力不可能等于零，即存在着轴向推力。

二、反动原理

如图 1-4 所示，火箭发射时，燃料燃烧产生的高压气体以很高的流速从火箭尾部喷出，与此同时高速气流给火箭一个与气流力大小相等方向相反的作用力，推动火箭向前运动。高速气流对火箭的作用力就叫反动力。由于气流反动作用使火箭运动做功就是反动作用原理。

汽轮机的级有的就是利用上述反动原理做功的。如图 1-

5 所示，蒸汽在喷嘴（又叫静叶）内膨胀加速后进入动叶片，在动叶片间蒸汽流动改变方向，对动叶产生一个冲动力。同时由于动叶片间的蒸汽通道形状也与喷嘴一致，蒸汽在其中还要进行膨胀加速，然后以速度 w_2 ($w_2 > w_1$) 流出动叶汽道，即汽流又给动叶一个与 w_2 方向相反的反动力。所以这种级内动叶片运动做功的力是冲动力和反动力的合力。因此，反动级既利用了冲动原理，又利用了反动原理。

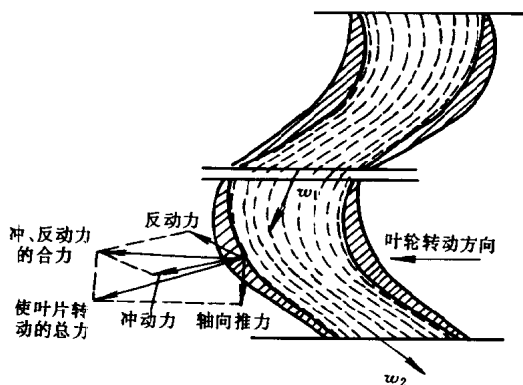


图 1-5 蒸汽对反动式动叶片的作用力

第二节 汽轮机的工作原理

一、单级冲动式汽轮机

图 1-6 所示，是一台单级冲动式汽轮机的纵剖面。它主要由汽缸、转子（大轴，叶轮和动叶片组成）、喷嘴、轴承等部件组成。图上部是蒸汽的压力和流速变化过程。新蒸汽以压力 p_0 及速度 c_0 进入喷嘴，在喷嘴内膨胀，压力降低到 p_1 ，速度升高到 c_1 ，然后汽流进入工作叶片。汽流在动叶片内改变方

向产生冲动力，使转子运动做功，汽流速度由 c_1 降到 c_2 。由于蒸汽在动叶片中不再膨胀，故工作完了的蒸汽压力 p_2 等于 p_1 ，流出汽轮机。

这种汽轮机由于功率小，转速高，效率很低，所以在发电厂中仅用来带动水泵和油泵。

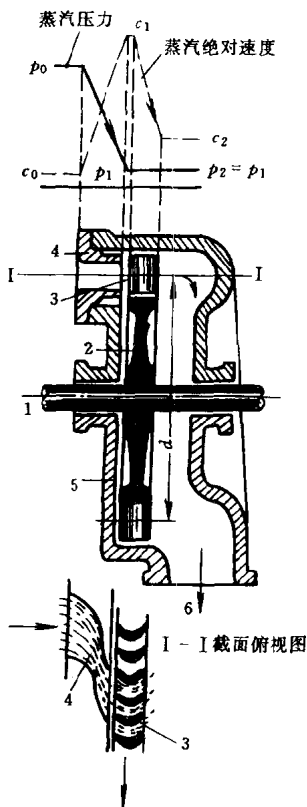


图 1-6 单级冲动式汽轮机

1—轴；2—叶轮；3—动叶片；4—喷嘴；5—汽缸；6—排汽口

二、速度级汽轮机

上述汽轮机中只有一列动叶片，蒸汽在这一列动叶片做功后尚有很大的动能没有被利用就排出汽轮机，必然会造成

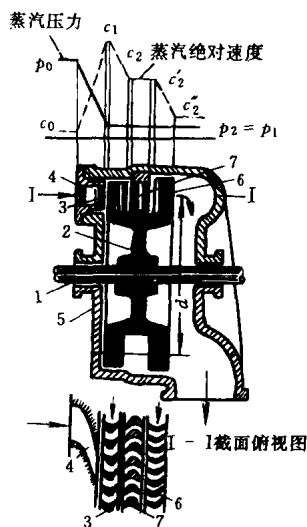


图 1-7 双列速度级汽轮机

1—轴；2—叶轮；3—第一列动叶片；4—喷嘴；5—汽缸；6—第一列动叶片；7—导叶