

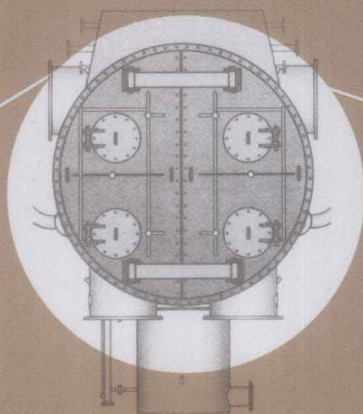
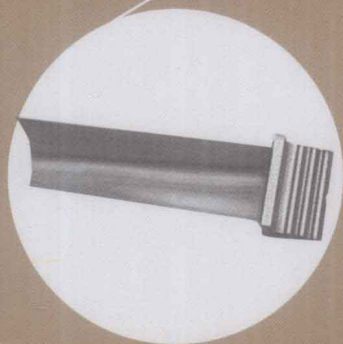


QILUNJI SHEBEI JIANXIU
SHIYONG JISHU



汽轮机设备检修 实用技术

汪玉林 主编



化学工业出版社

汽轮机设备检修 实用技术

汪玉林 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从热电厂汽轮机设备的检修实践出发,以实用为导向,全面介绍了汽轮机基础知识和检修管理知识,汽轮机静止部件、转动部件、调节系统、油系统、循环水系统、汽水系统等设备的检修工艺以及汽轮机发电机组的试验方法。检修工艺中详细介绍了各种部件和系统的检修步骤、注意事项,同时对设备问题的原因和处理方法作了阐述。书后附录列出了常用法定计量单位及换算、水蒸气热力特性、电力建设施工及验收技术规范(汽轮机组篇),方便检修时查阅。

本书可作为热力发电厂汽轮机设备检修人员的技术指南,也可作为大中专院校热能动力专业的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽轮机设备检修实用技术/汪玉林主编. —北京:化学工业出版社, 2012.3

ISBN 978-7-122-13255-0

I. 汽… II. 汪… III. 火电厂-蒸汽透平-检修 IV. TM621.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第004201号

责任编辑:傅聪智 路金辉

文字编辑:陈 雨

责任校对:王素芹

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张18 字数456千字 2012年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:68.00元

版权所有 违者必究

前言



汽轮机是热力发电厂的主要设备，汽轮机能否安全经济运行是关系电厂安全生产和经济效益的重要环节。热力发电厂的生产特点是要求汽轮机日夜不断地连续运行，而汽轮机在高温、高压、高转速环境下工作，热力系统比较复杂，运行一段时间就要对部件进行检修，才能保证汽轮发电机组安全经济运行。因此，汽轮机设备检修是热力发电厂一项十分重要的工作。一般电厂在正常情况下，汽轮机设备每年一小修，三年一大修。由于汽轮机是高精度设备，对检修工艺要求严格，为了保证汽轮机设备检修质量，降低检修成本，提高劳动生产率，编写一本详细讲述汽轮机检修工艺的实用技术书籍甚为必要。

本书以中小型汽轮机设备检修为重点，详细讲述汽轮机设备检修的基本知识、汽轮机设备检修管理、汽轮机主要部件及附属设备的检修工艺、汽轮机性能试验及汽轮发电机组的振动与平衡等，并对大型高压汽轮机设备检修也做了论述，为汽轮机设备检修提供了详尽的实用检修技术。

参加本书编写的有汪玉林、陈海璞、陈少华、于杰、魏建民，全书由汪玉林统一校阅，统稿。

本书在编写过程中，得到中国电机工程学会热电专业委员会、化学工业出版社、青岛捷能汽轮机集团股份有限公司、青岛热电股份有限公司的大力支持。青岛热电股份有限公司陈海璞高级工程师对本书进行了审阅，提出了许多宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

本书可作为热力发电厂技术人员的检修指南，也可作为大中专院校热能动力专业的教材和参考书。

限于编者的专业知识和实践经验，本书难免存在不妥之处，恳请读者给予指正。

编者

2012年1月

目录

CONTENTS

第一篇 综 述

第一章 基础知识	2
第一节 火力发电的基本形式	2
第二节 汽轮机的分类、型号和参数	3
一、汽轮机的分类	3
二、冲动式汽轮机的分类	4
三、汽轮机的型号和参数	5
第三节 汽轮机及附属设备的主要结构	6
一、汽轮机本体	6
二、汽轮机调节系统	6
三、汽轮机附属设备	7
第四节 汽轮机部件常用主要材料	7
一、转子主轴用材料	7
二、叶片用材料	7
三、高温铸钢件用材料	8
四、高温紧固件用材料	8
五、凝汽器管材	8
六、密封材料	9
第二章 汽轮机设备检修管理	10
第一节 汽轮机设备检修工作规定	10
一、汽轮机设备检修的基本要求	10
二、汽轮机设备检修内容	10
第二节 汽轮机设备检修管理	13
一、计划管理	13
二、施工管理	14
三、验收管理	14
四、工艺管理	14

第二篇 汽轮机本体检修

第三章 汽轮机静止部件检修 18

第一节 汽缸的检修	18
一、拆卸汽缸螺栓	19
二、吊大盖（上汽缸）	20
三、翻大盖（上汽缸）	20
四、汽缸结合面的清理与检查	21
五、扣大盖	21
六、汽缸裂纹的检查	22
第二节 喷嘴与隔板的检修	23
一、隔板的起吊	24
二、喷嘴与隔板的清理和检查	25
三、隔板的缺陷与处理	25
四、隔板的回装	26
五、旋转隔板的检修	26
第三节 汽封的检修	27
一、汽封的清理与检查	27
二、汽封间隙的测量	28
三、汽封间隙的测量方法	28
四、汽封常见缺陷的处理	29
第四节 轴承检修	29
一、主轴承检修	30
二、主轴承的清理检查	30
三、轴瓦间隙与紧力的测量	30
四、轴颈下沉的测量	31
五、调整垫铁的测量	31
六、油挡（挡油环）的检修	31
七、轴瓦与轴承回装	32
八、轴承常见缺陷分析	32
九、推力轴承检修	32
十、滑销系统检修	33
第五节 盘车装置检修	34
一、手动盘车装置检修	34
二、电动盘车装置检修	35

第四章 汽轮机转动部件的检修 37

第一节 汽轮机转子的检修	37
一、汽轮机转子的结构	37
二、转子检修	38
三、主轴检修	41
四、叶轮检修	42

第二节 叶片的检修	44
一、叶片结构	44
二、拆卸叶片	45
三、叶片的清理与检查	46
四、检查叶片裂纹的方法	46
五、叶片损伤的原因与处理	46
六、叶片振动测量	47
七、叶片回装	49
第三节 联轴器检修	49
一、联轴器的类型	49
二、联轴器的检修	51
三、联轴器回装	51
第四节 汽轮机找中心	51
一、汽轮机中心不正的危害	51
二、汽轮机找中心的方法	52
三、汽轮机找中心的测量	52
四、测量结果分析	53
五、转子按联轴器找中心	54
第五节 隔板与轴封套按转子找中心	58
一、压肥皂检查法	58
二、假轴检查法	59
三、隔板及轴封套中心的调整	60

第三篇 汽轮机调节系统与油系统检修

第五章 汽轮机调节系统检修

第一节 调节系统的作用和要求	62
一、调节系统的作用	62
二、调节系统的基本要求	62
第二节 调节系统的特性	63
一、调节系统的静态特性	63
二、调节系统静态特性曲线	64
三、调节系统的速度变动率和迟缓率	65
四、调节系统的动态特性	67
五、调节系统静态特性试验方法	69
六、抽汽式汽轮机调节系统静态特性	70
第三节 调速器检修	71
一、机械离心式调速器	71
二、液压调速器	73
三、半液压调速器	76
第四节 调压器检修	78
一、波纹管式调压器	79

二、薄膜钢带式调压器	80
第五节 错油门检修	80
一、断流式错油门	80
二、继流式错油门	80
三、错油门的检修	81
第六节 油动机检修	81
一、油动机分类	81
二、油动机检修注意事项	81
三、往复式油动机检修	82
四、回转式油动机检修	84
第七节 配汽机构检修	84
一、操纵机构	85
二、调速汽门	86
第八节 同步器检修	89
一、全液压调节系统同步器	89
二、半液压调节系统同步器	89
三、同步器检修	89
第九节 汽轮机保护装置检修	91
一、危急遮断器及危急遮断油门	91
二、轴向位移保护装置	95
三、磁力断路油门	97
四、自动主汽门	99
五、汽轮油泵自启动装置	101
六、低油压保护装置	102

第六章 汽轮机油系统检修 106

第一节 油泵的检修	106
一、主油泵	106
二、辅助油泵	110
第二节 油路系统设备检修	113
一、注油器	113
二、冷油器	113
三、滤油器	115
四、油箱	116
五、油管路及其附件	117

第四篇 汽轮机附属设备检修

第七章 汽轮机循环水系统设备检修 120

第一节 凝汽器	120
一、凝汽器分类	120

二、凝汽器检修工艺要求	122
三、自动排汽门检修	125
第二节 抽气器	126
一、抽气器的工作原理	127
二、射汽抽气器	127
三、抽气器检修工艺	129
第三节 热交换器	131
一、加热器的分类	131
二、加热器的结构形式	132
三、加热器检修	137
四、疏水器与危急泄水器	139
第四节 除氧器	141
一、除氧器的结构	141
二、除氧器检修	143

第八章 汽水系统附属设备 145

第一节 水泵	145
一、离心式水泵	145
二、循环水泵	147
三、凝结水泵	150
四、给水泵	153
五、射水泵	158
六、中继泵	159
七、深井泵	160
八、其他水泵	161
第二节 汽水系统附属设备	164
一、减温减压器	164
二、抽汽阀联动装置	164
三、滤水器	166
四、软水加热器	167
五、热网加热器	168
六、空气冷却器	168
第三节 汽水管道及阀门	169
一、汽水管道	169
二、阀门	175
三、专用阀门检修	179
四、垫片和填料的选用	188

第五篇 汽轮机发电机组的试验

第九章 汽轮机性能试验 192

第一节 汽轮机热力性能试验	192
---------------------	-----

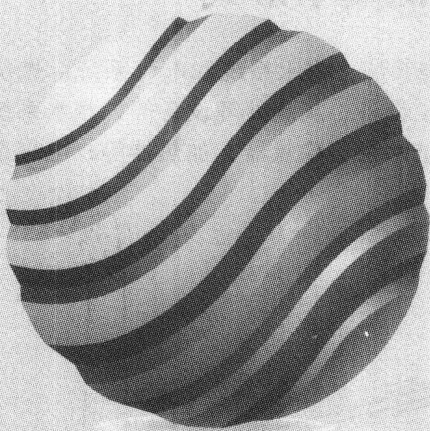
一、试验目的和运行方式	192
二、常用仪表和测量方法	193
三、试验结果的整理	194
第二节 调节保安系统性能试验	198
一、调节保安系统试验目的	198
二、主要试验项目	198
三、调节系统的调整	203
第十章 汽轮发电机组的振动与平衡	204
第一节 汽轮发电机组振动	204
一、汽轮发电机组的振动标准与振动测量	204
二、振动原因分析	205
三、机组振动特征、原因及消除方法	206
第二节 汽轮机转子动平衡	207
一、刚性转子的低速动平衡	207
二、转子高速动平衡	214
第三节 汽轮机转子在动平衡机上的平衡	217
一、硬支承平衡机	218
二、动平衡的操作工艺	220
三、特殊转子的动平衡	221
四、转子动平衡实例	222
第四节 汽轮机转子的现场平衡	222
一、转子现场平衡程序	223
二、现场动平衡方法	224
三、汽轮机转子现场动平衡实例	225
附录	226
一、常用法定计量单位及换算	226
二、水蒸气热力特性	227
三、《电力建设施工及验收技术规范(汽轮机机组篇)》(摘录)	239
参考文献	278

Chapter 1

汽
轮
机
设
备
检
修
实
用
技
术



第一篇 综 述



第一章

基础知识

火力发电厂是利用燃料（煤、石油、天然气等）中蕴藏的化学能，在锅炉内燃烧将水加热变成蒸汽的热能，进入汽轮机内将蒸汽热能转变成机械能带动发电机发电的发电厂。汽轮机是火力发电厂的主要设备，它是利用蒸汽热能来做功的旋转动力机械。汽轮机能否安全经济运行是影响电厂安全生产和经济效益的重要环节。汽轮机在高温、高压、高转速环境下工作，热力系统比较复杂，运行一段时间就要对部件进行检修，以保证汽轮发电机组安全经济运行，因此，汽轮机设备检修是一项十分重要的工作。正常情况下电厂的，汽轮机设备每年一小修，三年一大修。由于汽轮机是高精度设备，对检修的工艺要求也很严格，要做好检修工作就需要了解火力发电厂以及汽轮机的相关基础知识。

第一节 火力发电的基本形式

火力发电的基本形式如图 1-1 所示，它包括燃烧系统、汽水系统和电气系统。燃烧系统的主要设备有燃料输送设备、锅炉及辅机、脱硫除尘设备、灰渣处理设备等；汽水系统的主要设备有汽轮机、凝汽器、循环水泵、给水泵、凝结水泵、除氧器、加热器等；电气系统的主要设备有发电机、主变压器、升压站等。

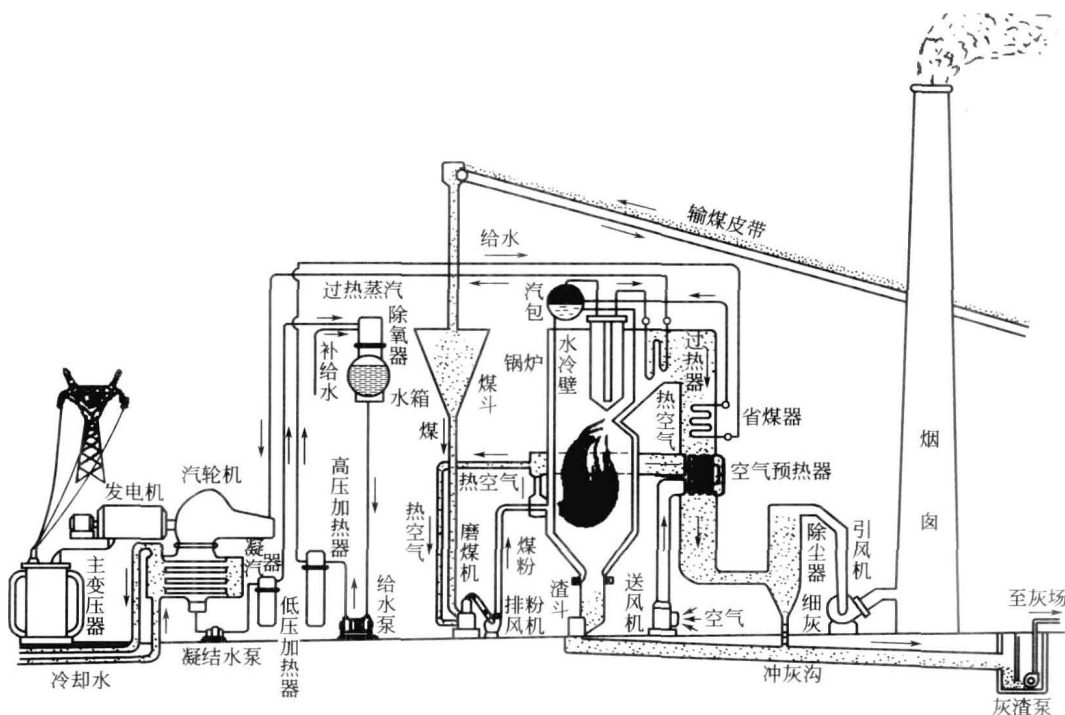


图 1-1 小型火力发电厂生产过程示意图

主要设备有发电机、变压器等。

火力发电的基本生产过程是：给水在锅炉中吸收燃料燃烧时放出的热量，产生具有一定压力和温度的蒸汽，通过管道送入汽轮机，在汽轮机内蒸汽通过喷嘴膨胀，压力降低，速度提高，变成高速汽流冲动汽轮机转子转动，汽轮机转子带动发电机转动而发出电能，做过功的蒸汽排入凝汽器凝结成水，凝结水通过凝结水泵升压后再经低压加热器加热升温后送入除氧器，在除氧器中继续加热并除去水中的氧气，然后经过给水泵进一步升压，最后再经过高压加热器加热进一步升温后送入锅炉，在锅炉内继续加热变成蒸汽，如此往复循环。

汽轮机带动发电机发出来的电能，一部分作为厂用电直接送入厂用配电系统或通过变压器降压后送入厂用低压配电系统，剩余部分经升压变压器升压后送入电网系统。

第二节 汽轮机的分类、型号和参数

一、汽轮机的分类

汽轮机按照其基本工作原理可以分为冲动式汽轮机和反动式汽轮机两种类型。

(1) 冲动式汽轮机 所谓冲动式汽轮机是利用冲动作用原理设计出来的汽轮机，即蒸汽只在喷嘴中膨胀，将蒸汽热能转换成动能，而在动叶片中蒸汽不发生膨胀，没有压力降，只改变了气流流动的方向，将蒸汽的动能转变成机械能。图 1-2 是一台多级冲动式汽轮机的基本结构示意图。

(2) 反动式汽轮机 蒸汽不仅在喷嘴中发生膨胀，而且在动叶片中也发生膨胀，即蒸汽的热能转变成动能的过程在喷嘴和动叶片同时进行，这种汽轮机叫做反动式汽轮机。图 1-3 是一台反动式汽轮机的结构示意图。

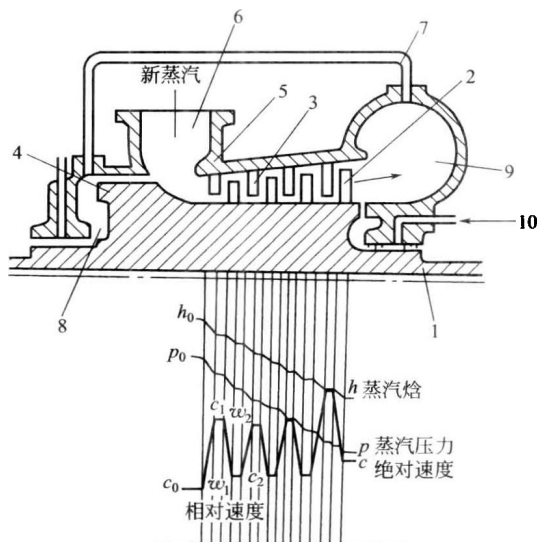


图 1-2 多级冲动式汽轮机基本结构

1—转子；2—隔板；3—喷嘴；4—动叶片；
5—汽缸；6—蒸汽室；7—排汽室；8—轴
封；9—隔板汽封；10—平衡孔

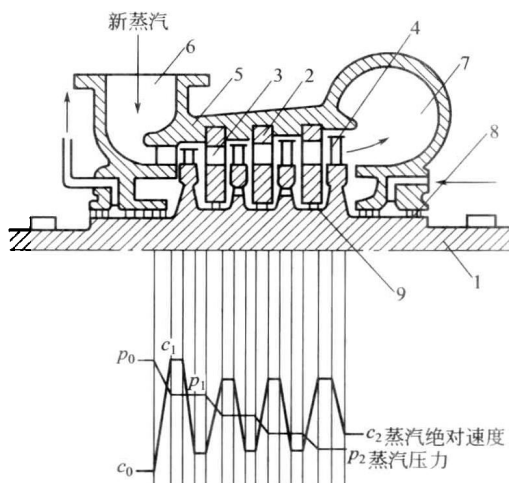


图 1-3 反动式汽轮机结构

1—转子；2—动叶片；3—喷嘴；4—平衡活塞；
5—汽缸；6—进汽室；7—平衡管；
8—平衡室；9—排汽室



冲动式汽轮机可以做成单级的，也可以做成多级的，而反动式汽轮机一般都做成多级的，在新蒸汽参数和功率相同的条件下，反动式汽轮机的级数要比冲动式汽轮机的级数多，同样热效率也相应提高，但是反动式汽轮机制造难度相对较大，因此冲动式汽轮机的应用比较广泛。

实际上纯粹冲动式汽轮机是不存在的，蒸汽在动叶片中或多或少会产生膨胀，压力有所降低。为了提高冲动式汽轮机的热效率，通常会将动叶片设计成一定的反动度，即让蒸汽在动叶片中稍微膨胀，产生一定的压力降，减少在动叶片中的流动损失。为了减少汽轮机的级数，提高汽轮机的热效率，也有采用冲动、反动联合式的，即前面几级为冲动式的，而后面几级为反动式的。

二、冲动式汽轮机的分类

现代火力发电厂中采用的汽轮机多为冲动式汽轮机。冲动式汽轮机的分类方法很多，可以按热力特性分类，也可以按用途、蒸汽参数、工作原理、级数分类，还可以按转子个数分类等，通常的分类方法有以下三种。

1. 按汽轮机的热力特性分类

(1) 凝汽式汽轮机 蒸汽在汽轮机内膨胀做功以后，除了小部分轴封漏气外，全部进入凝汽器凝结成水的汽轮机。实际上人们为了提高汽轮机的热效率，减少汽轮机排汽缸的直径尺寸，将做过部分功的蒸汽，从汽轮机内抽出来，送入回热加热器，用以加热锅炉给水，这种不调整抽汽式汽轮机，也统称为凝汽式汽轮机。

(2) 抽汽凝汽式汽轮机 蒸汽进入汽轮机内做过部分功以后，从中间某一级抽出来一部分，用于工业生产或居民采暖，其余排入凝汽器凝结成水的汽轮机称为抽汽凝汽式汽轮机（一次抽汽式或单抽）。从不同的级间抽出两种不同压力的蒸汽，分别供给不同的用户或生产过程的汽轮机称为双抽式（二次抽汽式）汽轮机。

(3) 背压式汽轮机 蒸汽进入汽轮机做功以后，以高于大气压力排出汽轮机，用于工业生产或居民采暖的汽轮机。

(4) 抽汽背压式汽轮机 为了满足不同用户的需要，从背压式汽轮机内抽出部分压力较高的蒸汽，用于工业生产，其余的蒸汽在汽轮机内继续做功后以较低的压力排出，供给工业生产或居民采暖的背压式汽轮机。

(5) 中间再热式汽轮机 对于高参数、大功率汽轮机来说，主蒸汽的初温、初压都比较高，蒸汽在汽轮机内膨胀到末几级，其湿度不断加大，对汽轮机的安全运行很不利，为了减小排汽湿度，将做过部分功的蒸汽从高压缸排出，再返回锅炉重新进行加热，使温度接近初始状态，然后再进入汽轮机中、低压缸继续做功，这样的汽轮机称为中间再热式汽轮机。蒸汽采用中间再热，不仅减小了汽轮机的排汽湿度，改善了末几级叶片的工作条件，同时提高了汽轮机的相对内效率。

2. 按用途分类

(1) 电站汽轮机 仅仅用来带动发电机发电的汽轮机通常称为电站汽轮机。

(2) 供热式汽轮机 既带动发电机发电又对外供热的汽轮机称为供热式汽轮机，又称热电联产汽轮机。

(3) 工业汽轮机 用来驱动风机、水泵、压缩机等机械设备的汽轮机称为工业汽轮机。

(4) 船用汽轮机 专门用于船舶推进动力装置的汽轮机称为船用汽轮机。

3. 按汽轮机的进汽压力分

- (1) 低压汽轮机 进汽压力为 1.2~1.5MPa。
- (2) 中压汽轮机 进汽压力为 2.0~4.0MPa。
- (3) 次高压汽轮机 进汽压力为 5.0~6.0MPa。
- (4) 高压汽轮机 进汽压力为 6.0~10.0MPa。
- (5) 超高压汽轮机 进汽压力为 12.0~14.0MPa。
- (6) 亚临界汽轮机 进汽压力为 16.0~18.0MPa。
- (7) 超临界汽轮机 进汽压力大于 22.17MPa。

三、汽轮机的型号和参数

1. 汽轮机的型号

汽轮机的型号代表汽轮机的基本特征。我国目前采用大写汉语拼音和数字来表示汽轮机的型号、规格，汉语拼音表示汽轮机的型式，第一组数字表示汽轮机的额定功率（单位 MW），第二组数字表示蒸汽参数（单位 MPa）。不同形式的汽轮机其表示的意义有所不同，如表 1-1 所示。

表 1-1 汽轮机型号、规格

序号	代号	名 称	第 2 组数字	第 3 组数字	第 4 组数字
1	N	凝汽式汽轮机	进汽压力		
2	N	凝汽式汽轮机(中间再热式)	进汽压力	进汽温度	中间再热温度
3	B	背压式汽轮机	进汽压力	排汽压力	
4	C	抽汽式汽轮机(一次抽汽)	进汽压力	抽汽压力	
5	CC	双抽汽式汽轮机(二次抽汽)	进汽压力	一次抽汽压力	二次抽汽压力
6	CB	抽汽背压式汽轮机	进汽压力	抽汽压力	排汽压力
7	G	工业汽轮机	进汽压力		
8	H	船用汽轮机	进汽压力		
9	Y	移动式汽轮机	进汽压力		

举例说明如下：

N3-2.35 表示凝汽式汽轮机，额定功率为 3MW，进汽压力为 2.35MPa。

B6-3.43/0.981 表示背压式汽轮机，其额定功率为 6MW，进汽压力为 3.43MPa。排汽压力为 0.981MPa。

C6-3.43/0.49 表示一次调整抽汽式汽轮机，其额定功率为 6MW，进汽压力为 3.43MPa，抽汽压力为 0.49MPa。

CB6-3.43/0.981/0.49 表示抽汽背压式汽轮机，其额定功率为 6MW，进汽压力为 3.43MPa，抽汽压力为 0.981MPa，排汽压力为 0.49MPa。

CC6-3.43/0.981/0.49 表示双抽汽式汽轮机，其额定功率为 6MW，进汽压力为 3.43MPa，一次调整抽汽压力为 0.981MPa，二次调整抽汽压力为 0.49MPa。

N100-13/535/535 表示凝汽式汽轮机，额定功率为 100MW，进汽压力为 13MPa，进汽温度为 535℃，中间再热蒸汽温度为 535℃。

2. 常用汽轮机的蒸汽参数

汽轮机的蒸汽参数在汽轮机设计时必须确定。蒸汽参数的数值根据功率的大小和用途



的不同而异。我国汽轮机制造厂家为便于汽轮机生产制造，按照常用的功率和用途选择一些蒸汽参数供用户选用。制造厂也可根据用户要求的蒸汽参数进行设计制造。我国常用汽轮机的蒸汽参数如表 1-2 所示。

表 1-2 常用汽轮机的蒸汽参数

序号	额定功率 /MW	进汽参数		抽汽和排汽压力	
		进汽压力/MPa	进汽温度/℃	汽机型式	压力范围/MPa
1	0.75、1.5、3	2.35、(3.43)	390	凝汽式	0.0086、0.0103
				背压式	0.294、0.49、0.981
				抽汽式	0.294、0.49、0.981
2	6、12、25	3.43(4.9)	435	凝汽式	0.0074、0.006、0.005
				背压式	0.294、0.49、0.981、1.57、2.55
				抽汽式	0.294、0.49、0.981、1.57、2.55
3	50、100	8.82(3.43)	535(435)	凝汽式	0.005~0.007
				背压式	0.49、0.981、1.57、2.55、3.43
				抽汽式	0.49、0.981、1.57、2.55、3.43
4	125、200	13(13.5)	535/535 (550/550)	凝汽式	0.005
				背压式	0.49、0.981、1.57、2.55、3.43、3.83
				抽汽式	0.49、0.981、1.57、2.55、3.43、3.83
5	300、600	16.5	535/535 (550/550)	凝汽式	0.005

第三节 汽轮机及附属设备的主要结构

汽轮机的主要结构是由汽轮机本体和调节系统两部分及其附属设备组成。

一、汽轮机本体

汽轮机本体可分为静止部分（静子）和转动部分（转子）两部分。

1. 汽轮机静子

汽轮机静子是汽轮机静止部分的组合体。主要包括汽缸、喷嘴组、隔板、汽封、轴承、盘车装置等。

2. 汽轮机转子

汽轮机转子是汽轮机转动部件的组合体，它主要由主轴、叶轮、叶片、推力盘、联轴器、汽封套筒等组成。

二、汽轮机调节系统

调节系统的形式很多，目前常用的有全液压调节系统、半液压调节系统、模拟式电液调节系统和数字式电液调节系统等。

1. 全液压调节系统

全液压调节系统包括调节器（调速器和调压器）、同步器、错油门、油动机、配汽机构

及保护装置（自动主汽门、危急保安器及危急遮断油门、轴向位移遮断器、磁力断路油门、汽轮油泵自启动装置等）和供油装置（主油泵、辅助油泵、冷油器等）。

2. 半液压调节系统

半液压调节系统的结构与全液压调节系统基本相同，只是其采用机械离心式调速器作为感应机构。

3. 模拟式电液调节系统

模拟式电液调节系统的控制器是由模拟电路组成的，执行部件仍保留原有的液压部分，两者之间通过电液转换器相连接。

4. 数字式电液调节系统

数字式电液调节系统的控制器是用数字计算机实现的，而执行部件仍保留原有的不变。

由于全液压调节系统和半液压调节系统应用广泛，本书仅以全液压调节系统和半液压调节系统为例，阐述汽轮机调节系统的检修技术。

三、汽轮机附属设备

汽轮机附属设备包括凝汽器、热交换器、除氧器、抽汽器以及汽水系统的附属设备滤水器、加热器等。

第四节 汽轮机部件常用主要材料

一、转子主轴用材料

转子是汽轮机的重要部件。大功率汽轮机转子高、中压部分一般都采用整锻转子，低压部分则采用焊接转子或套装转子。其使用温度在 500°C 至 550°C 之间，转子主轴材料多为 17CrMo1V、27Cr2Mo1V、20Cr3MoWV、26Cr2Ni3MoV。对于中小型汽轮机，蒸汽温度在 480°C 以下，主轴多采用 35CrMo 钢，这种材料的强度高，韧性高，淬透性好，经调质处理后，其拉伸强度为 1000MPa，屈服强度为 850MPa，延伸率为 12%，断面收缩率为 45%，冲击韧性为 64J，在 500°C 时仍具有很高的强度。制造转子的材料应符合以下要求：

- ① 材料成分应符合国家标准，在高温下工作的转子应有良好的组织稳定性。
- ② 对转子用钢中的有害杂质要严格控制，其硫、磷含量的允许量应符合国家标准。
- ③ 材料力学性能要求强度高，且塑性和韧性好。
- ④ 转子材料的组织均匀，残余应力不大于屈服极限的 8%~10%，转子内不应存在内裂、白点、缩孔、砂眼、大面积夹渣等缺陷，中心孔和轴颈表面不能存在缺陷。

二、叶片用材料

叶片在汽轮机中工作时承受着高温、高压和多种应力的作用，因此对叶片材料有比较严格的要求。大功率汽轮机叶片常用材料有 1Cr13、2Cr13、Cr11MoV、Cr12WMoV、Cr12WMoNbVB、18Cr12Ni2WMoV，蒸汽温度在 $450\sim 590^{\circ}\text{C}$ 。

对于中小型汽轮机，蒸汽温度在 450°C 以下，动叶片通常采用 1Cr13，静叶片采用 2Cr13。1Cr13 及 2Cr13 马氏体型不锈钢，在大气和水蒸气中，具有良好的耐腐蚀性，经调质处理以后，具有良好的综合力学性能。1Cr13 和 2Cr13 相比，后者的强度稍高，但耐腐蚀