

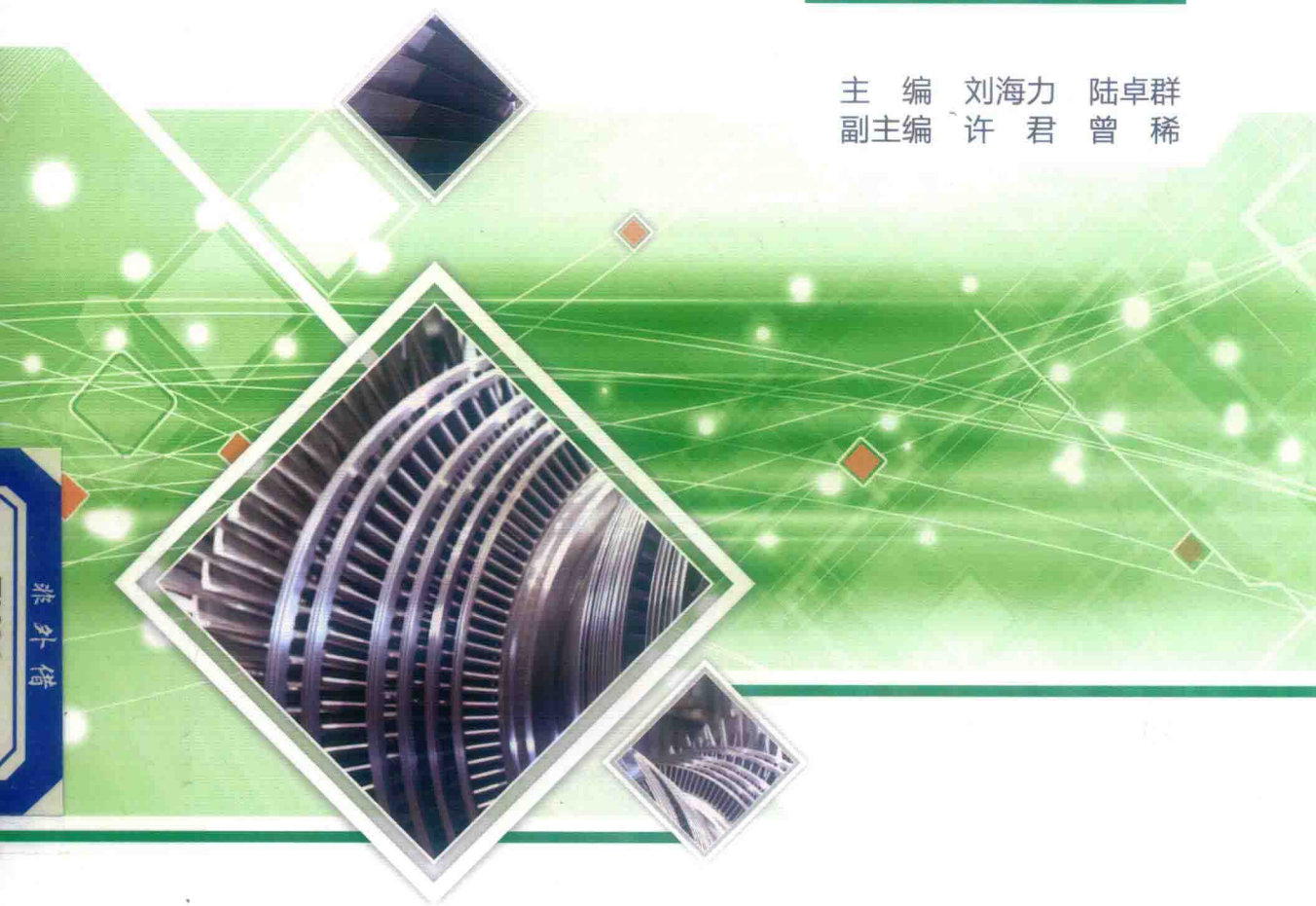
• 应用型高等院校校企合作创新示范教材 •



# 汽轮机原理

## 及运行

主 编 刘海力 陆卓群  
副主编 许 君 曾 稀



非 外 借



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

应用型高等院校校企合作创新示范教材

# 汽轮机原理及运行

主 编 刘海力 陆卓群

副主编 许 君 曾 稀



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书为湖南人文科技学院与理昂生态能源股份有限公司共同编写的校企合作课程教材。

本书内容分为三个部分。第一部分阐述汽轮机的结构和工作原理, 主要内容包括汽轮机静止部分结构、汽轮机转动部分结构、汽轮机级的基本概念、汽轮机级的工作过程分析、汽轮机级的级内损失和相对内效率、多级汽轮机的特点、汽轮机凝汽设备、汽轮机抽汽设备、汽轮机给水回热设备、汽轮机冷却设备等内容。第二部分以理昂生态能源股份有限公司郎溪电厂汽轮机系统为例, 阐述汽轮机的运行和维护, 主要内容包括汽轮机的启动、汽轮机的运行调整、汽轮机的停机等内容。第三部分继续以理昂郎溪电厂汽轮机系统为例, 阐述汽轮机系统的常见事故原因和处理, 主要内容包括汽轮机主机系统的事故及处理、汽轮机辅助设备的事故及处理等内容。

本书可作为普通高等院校能源动力类专业汽轮机课程的教材用书, 也可作为相关工程技术人员的培训教材或参考用书。

本书配有免费电子教案, 读者可以从中国水利水电出版社网站以及万水书苑下载, 网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽轮机原理及运行 / 刘海力, 陆卓群主编. — 北京:  
中国水利水电出版社, 2019.3  
应用型高等院校校企合作创新示范教材  
ISBN 978-7-5170-7540-0

I. ①汽… II. ①刘…②陆… III. ①蒸汽透平—高等学校—教材②汽轮机运行—高等学校—教材 IV.  
①TK26

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第051155号

策划编辑: 周益丹 责任编辑: 张玉玲 加工编辑: 高双春 封面设计: 梁 燕

书 名	应用型高等院校校企合作创新示范教材 汽轮机原理及运行 QILUNJI YUANLI JI YUNXING
作 者	主 编 刘海力 陆卓群 副主编 许 君 曾 稀
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a> E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水) <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a>
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.25印张 298千字
版 次	2019年3月第1版 2019年3月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 前 言

2015年7月起湖南人文科技学院与理昂生态能源股份有限公司开展深度校企合作、协同育人,在湖南人文科技学院组建了“理昂班”。合作三年多来,双方共同开发了“生物质锅炉技术”“汽轮机运行”“生物质电厂电气控制技术”三门校企合作课程。本书是根据“汽轮机运行”课程授课讲义的内容经整理编写而成。

国内外已经有很多关于汽轮机系统和运行的经典教材,其中一些已供电厂员工的培训使用。而本书作为一本校企合作课程的教材,其服务对象最初是我校“理昂班”学生,但是由于生物质发电厂的汽轮机设备和原理本质上与燃煤电厂一致,因此本书也可供相关专业的学生和工程技术人员使用和参考。

具体来说,本书的内容结构分为三个部分。第一部分为汽轮机系统及工作原理,主要阐述汽轮机本体结构、工作原理和辅助系统设备。在对该内容进行编写时,编者综合考虑了地方本科院校的培养目标、学生的实际水平和本校校企合作课程的定位,遵循“理论够用,实践为重”的思路,仅保留了汽轮机系统最为核心和基本的理论知识,而筛去了很多较为繁琐和细节化的工业设计和改进内容。因此只要是具备相关专业基础(如学习过机械设计、工程热力学、流体力学)的读者,在阅读和学习这一部分时都不会存在很大困难。第二部分为汽轮机系统的运行和维护,第三部分为汽轮机系统的事故及处理,后两部分内容是以理昂生态能源股份有限公司郎溪电厂汽轮机系统的运行规程为基础进行编撰的,因此可以作为高校相关专业汽轮机集控运行课程的参考资料,同时也可以作为相关工程技术人员的工具参考用书。

本书由湖南人文科技学院刘海力和陆卓群担任主编,理昂生态能源股份有限公司许君和湖南人文科技学院曾稀担任副主编,湖南人文科技学院陈旺和李艳参与了编写。由刘海力对全书的编写工作进行统筹和安排,由陆卓群和曾稀对全书内容进行审校。其中,本书绪论与第一章由陈旺负责编写,第二章由陆卓群负责编写,第三章由李艳负责编写,本书第二部分和第三部分由许君和曾稀负责编写。本书由陆卓群负责统稿。需要指出的是,国内外已有的大量汽轮机专著和经典教材为本书的编写提供了极大的帮助,本书编者在此对相关作者致以诚挚的谢意。然而,在相关内容的编写过程中,编者仍发现部分专著或教材在对一些定义的表述、公式推导、配图等方面存在偏差,因此本书在编写过程中尽可能地订正了这些问题,但由于本书编者水平有限且编写日程紧凑,书中值得商榷和疏漏之处仍在所难免,恳请广大读者批评指正。

最后,作为校企合作实践教学体系的一个环节,本书在编写过程中将配图绘制的工作交给了我校能源与动力工程专业的相关学生,具体如下:曹威、孙立凡、刘瑶、杨毅、唐运通、唐国强、何需要、邓汉洋、张武、黄鹏鹏、苑颖慧、张赛参与了绪论和第一章各配图的绘制;刘瑶、孙立凡、唐运通、邓汉阳、王俊参与了第二章各配图的绘制;邓汉阳、唐国强、张莉、

张爽逸、龙卡、李姣秀参与了第三章各配图的绘制；湖南人文科技学院杨正德和各章编写人在配图绘制过程中对学生提供了指导。以上同学在配图绘制过程中表现出了对机械制图、工程热力学、流体力学等课程知识和对 AutoCAD 制图软件操作较高的掌握程度，并最终在紧凑的编写日程中按时保质地完成了本书多达一百余幅配图的绘制，在此对他们表示衷心的感谢。

编者

2019年1月

# 目 录

前言

## 第一部分 汽轮机系统及工作原理

绪论	1	五、汽轮机的轮周效率及速度比	55
一、汽轮机的起源和发展	1	第三节 汽轮机的级内损失和相对内效率	62
二、汽轮机的分类及型号	4	一、汽轮机的级内损失	62
三、现代汽轮机的结构简介	6	二、汽轮机的级内损失对汽轮机热力过程的影响	72
思考题	10	三、影响级相对内效率的结构因素	74
第一章 汽轮机的主要结构	11	第四节 多级汽轮机的特点	77
第一节 汽轮机静止部分结构	11	一、多级汽轮机的工作特点和热力过程	77
一、汽缸	11	二、多级汽轮机的余速利用	80
二、喷嘴组、隔板、隔板套和静叶环、静叶持环	17	三、多级汽轮机的重热现象	81
三、轴承	19	四、多级汽轮机的损失	82
第二节 汽轮机转动部分结构	22	五、汽轮发电机组的效率和经济指标	84
一、转子	22	六、多级汽轮机的优缺点	88
二、叶轮	24	思考题	89
三、动叶片	26	第三章 汽轮机辅助系统设备	92
四、联轴器	29	第一节 凝汽设备	92
五、盘车装置	30	一、凝汽系统的组成、作用及类型	92
思考题	32	二、凝汽器压力的确定及其影响因素	95
第二章 汽轮机的工作原理	33	第二节 抽汽设备	99
第一节 汽轮机级的基本概念	33	一、射流式抽汽器	99
一、汽轮机的级	33	二、容积式抽汽器	101
二、蒸汽的冲动作用原理及冲动式汽轮机	34	第三节 给水回热设备	104
三、蒸汽的反动作用原理及反动式汽轮机	36	一、回热加热器的分类	104
四、汽轮机级的反动度和级的类型	38	二、表面式加热器的结构	105
第二节 汽轮机级的工作过程分析	41	三、除氧器	109
一、汽轮机级中流动的模型简化	41	第四节 空气冷却系统	112
二、蒸汽在喷嘴中的能量转换	44	一、直接空冷系统	113
三、蒸汽在动叶栅中的能量转换	51	二、间接空冷系统	116
四、蒸汽作用在动叶片上的力	54	思考题	118

## 第二部分 汽轮机系统的运行与维护

第四章 汽轮机启动	119	二、空气冷却器、冷油器、冷却水滤水器清洗	146
第一节 汽轮发电机组设备、参数及特性	119	三、汽轮机及各辅机轴承添加润滑油	147
一、概况	119	四、主机各道轴承测量振动	147
二、汽轮机本体	121	五、运行中滤油器滤网切换	147
三、机组热工逻辑说明	123	六、冷油器水样检查	147
第二节 汽轮机启动前的检查和试验	127	七、汽轮机超速试验	147
一、汽轮机启动与试验要求	127	八、主汽门、调速汽门严密性试验	148
二、汽轮机组启动前准备	128	九、自动主汽门、抽汽逆止门松动试验	149
第三节 汽轮机启动方式及选择	134	十、真空严密性试验	149
一、汽轮机启动状态的划分	134	十一、调速系统喷油试验	149
二、升速率及升负荷率的选择	134	思考题	150
三、机组额定参数冷态启动操作原则	135	第六章 汽轮机停机	151
四、冷态启动与热态启动操作差别	135	第一节 汽轮机停机方式	151
第四节 汽轮机的启动	135	第二节 汽轮机正常停机	151
一、暖管	135	一、停机前准备工作	151
二、机组冲转操作步骤	137	二、额定参数停机操作步骤	151
三、并网与带负荷	140	三、滑参数停机操作步骤	153
思考题	142	第三节 汽轮机故障停机	154
第五章 汽轮机运行调整及维护	143	一、紧急故障停机	154
第一节 机组运行中的检查项目	143	二、一般故障停机	154
第二节 汽轮机运行的调整操作	145	三、故障停机的注意事项	155
一、机组负荷调整	145	第四节 汽轮机停机后的维护保养	155
二、机组运行调整注意事项	145	一、停机维护	155
第三节 汽轮机组定期试验	146	二、盘车注意事项	156
一、汽轮机定期试验与切换项目	146	思考题	156

## 第三部分 汽轮机系统的事故处理

第七章 汽轮机事故处理概述	157	思考题	160
第一节 事故处理总则	157	第八章 汽轮机主机系统常见异常及事故处理	161
第二节 事故处理的注意事项	158	第一节 蒸汽参数异常	161
第三节 事故处理的原则	158	一、汽压升高	161
一、主机系统异常及事故处理原则	158	二、汽压降低	161
二、事故停机条件	159	三、汽温升高	162

四、汽温降低	162	二、原因	170
第二节 水冲击	163	三、处理措施	171
一、水冲击现象	163	第十一节 厂用电中断	171
二、水冲击发生的原因	163	一、全部厂用电中断	171
三、处理措施	163	二、部分厂用电中断	171
四、禁止重新启动事项	163	思考题	171
五、重新启动注意事项	163	第九章 汽轮机辅助设备常见异常及故障处理	173
第三节 机组异常振动	164	第一节 油系统工作异常	173
第四节 轴向位移增大	164	一、油系统工作异常的主要原因	173
一、轴向位移增大现象	165	二、油系统漏油的几种现象	173
二、发生的原因	165	三、发现下列情况之一者，应立即破坏真空紧急停机	174
三、处理措施	165	四、汽机启、停过程中辅助油泵工作失常	175
第五节 压力管道破裂	165	第二节 油系统着火	175
一、主蒸汽管道破裂或附件损坏	165	一、处理原则	175
二、凝结水管道或给水管道的破裂	165	二、油系统着火处理措施	175
三、高压加热器钢管破裂	166	第三节 凝汽器真空下降	176
四、循环水管破裂	166	一、凝汽器真空下降应采取的措施	176
第六节 通流部分动静磨损	166	二、真空下降过程注意事项	177
一、通流部分动静摩擦的原因	166	三、真空下降现象	177
二、汽轮机通流部分摩擦事故的现象与处理	166	四、真空下降原因及处理	177
三、防止动静摩擦的技术措施	166	第四节 循环水泵异常	178
四、通流部分磨损事故典型案例	167	一、循环水泵紧急停运条件	178
第七节 汽轮机进水、进冷汽	167	二、紧急停泵操作	178
一、汽轮机进水、进冷蒸汽的原因	167	三、循环水泵跳闸处理	179
二、汽轮机进水进冷汽的现象	167	第五节 给水泵异常	179
三、防止汽轮机进水、进冷汽的对策	168	一、给水泵紧急停运条件	179
第八节 汽轮机大轴弯曲	168	二、给水泵异常处理	179
一、汽轮机大轴弯曲的原因	168	第六节 除氧器异常	180
二、防止大轴弯曲的技术措施	168	一、除氧器压力异常	180
第九节 汽轮机超速	169	二、除氧器水位异常处理	181
一、汽轮机超速的原因	169	三、除氧器含氧量异常	181
二、防止汽轮机超速事故的措施	169	四、除氧器振动处理原则	182
三、超速事故实例	170	思考题	182
第十节 汽轮机叶片损坏	170	参考文献	183
一、现象	170	附表 汽机阀门状态表	184

# 第一部分 汽轮机系统及工作原理

## 绪论

汽轮机 (steam turbine) 又称“蒸汽透平”，是一种以蒸汽为工质的旋转式原动机，被广泛用于现代火力发电厂和核电厂。与水轮机 (water turbine)、燃气轮机 (gas turbine)、风力机 (wind turbine) 等相比较，汽轮机具有运行平稳、单机功率大、效率高、使用寿命长等优点。汽轮机还可作为带动各种泵、风机、压缩机等的原动机。

汽轮机的连续安全经济运行既决定了发电厂的经济效益，也具有广泛的社会效益。为了保证汽轮机安全经济地运行，并适应外界负荷的变化，每台汽轮机都配有调节保护装置和其他辅助设备 (如凝汽设备、回热加热设备等)。汽轮机本体及其附属设备由管道和阀门连成整体，统称汽轮机设备。汽轮机与发电机的组合称为汽轮发电机组。

### 一、汽轮机的起源和发展

汽轮机最早出现在大约公元前 120 年，也就是埃及人希罗 (Hero) 所描述的利用蒸汽反作用力而旋转的圆球，如图 0-1 所示。其原理是将水装入金属锅 1 中，加热使其蒸发，将蒸汽用导管 2 送入圆球 3，然后经排汽管 4 和 5 喷出，圆球则沿蒸汽喷出的反方向旋转。这是反动式汽轮机的雏形。

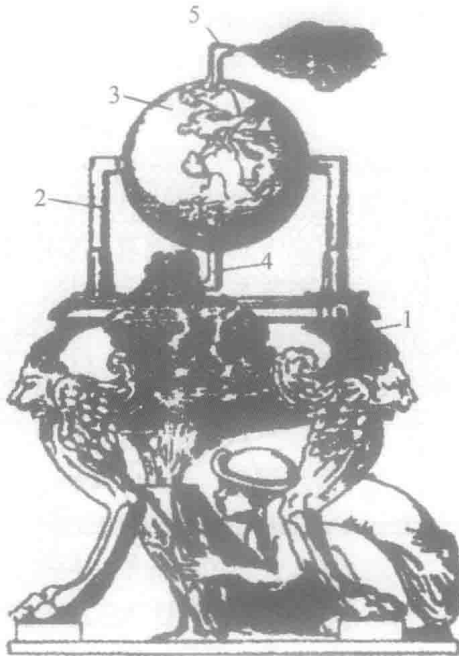


图 0-2 冲动式汽轮机雏形

1-金属锅；2-导管；3-圆球；4、5-排汽管

最早的冲动式汽轮机的雏形由意大利人布兰卡 (G.Branea) 提出。它将叶片安装在叶轮上, 利用高速汽流冲击叶片, 从而使叶轮旋转, 如图 0-2 所示。这种叶轮称为布兰卡轮。

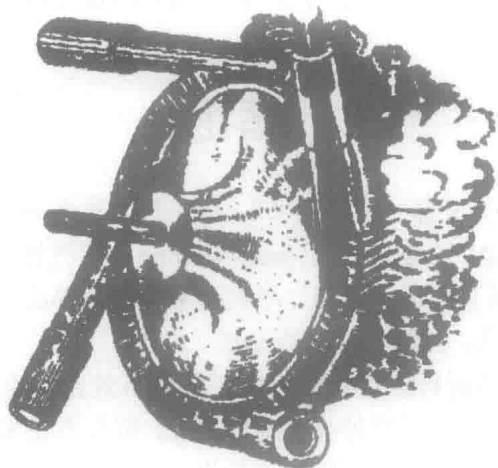


图 0-1 反动式汽轮机雏形

单级冲动式汽轮机是 1883 年由瑞典工程师拉瓦尔 (Laval) 发明制造的, 其主要参数是: 进汽压力为 1.034MPa, 进汽温度为 204.4℃, 排汽压力为 6.8kPa, 转速为 25000r/min, 功率为 3.73kW。单级冲动式汽轮机的结构和工作原理将在第一章和第二章分别进行阐述。

多级反动式汽轮机、速度级和多级冲动式汽轮机分别出现在 1884 年、1896 年和 1902 年。这些汽轮机的特点是汽流方向均与转轴的轴线方向一致, 所以也称为轴流式汽轮机, 如图 0-3 所示。1912 年, 瑞士人制成了反动式辐流式汽轮机, 如图 0-4 所示。1930 年, 德国西门子公司将辐流式高压级与任何一种普通的轴流式低压级结合, 进一步制成了能采用较高参数的汽轮机。

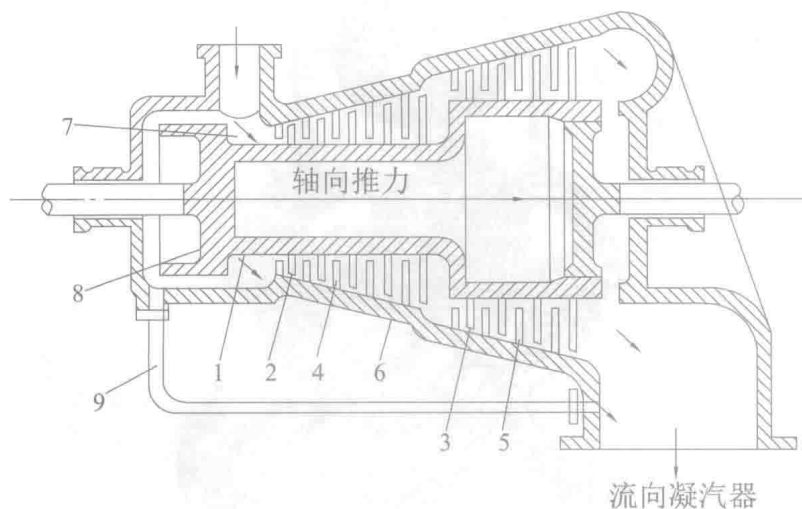


图 0-3 多级轴流式汽轮机

1-轮毂; 2, 3-动叶片; 4, 5-喷嘴静叶片; 6-汽缸; 7-蛇形蒸汽管; 8-平衡活塞; 9-连通管

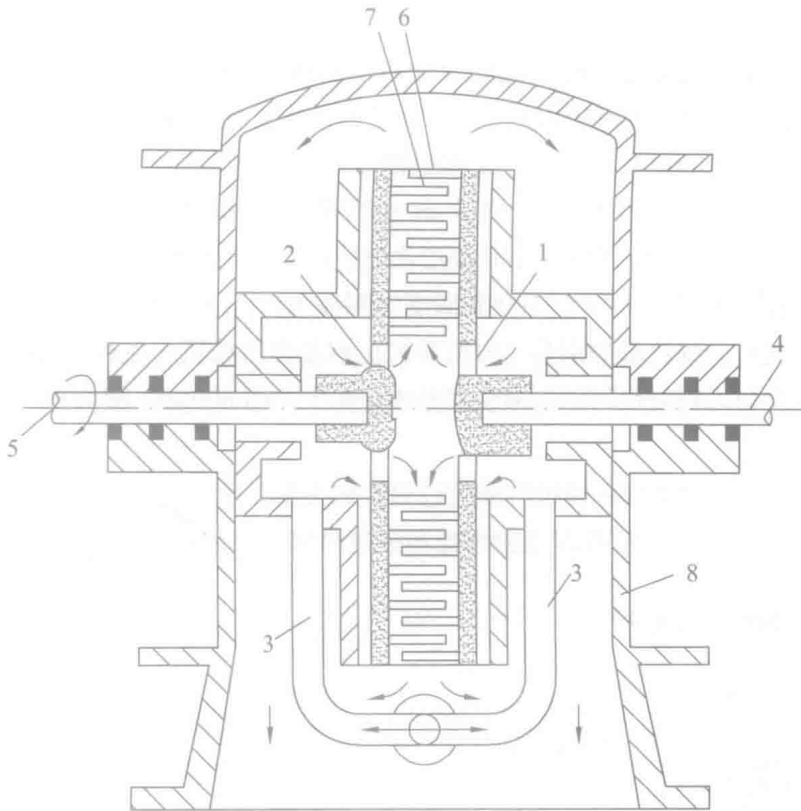


图 0-4 反动式辐流式汽轮机

1, 2-叶轮; 3-新蒸汽管; 4, 5-轴; 6, 7-叶片; 8-汽缸

进入 20 世纪 40 年代以后, 汽轮机的发展非常迅速, 蒸汽参数进一步提高, 结构日趋完善, 单机功率连续攀升。1957 年, 世界上第一台超临界机组在美国投入运行, 其参数为 31MPa/621℃, 功率为 125MW。之后, 超临界机组经历了快速发展、谨慎发展和大力发展的反复过程。其中, 1967—1976 年的 10 年期间是一个快速发展的时期。但到了 20 世纪 70 年代, 超临界机组的订货急剧下降, 1980—1989 年期间仅有 7 台超临界机组投运。究其原因, 主要包括: 单机容量增大过快, 早期超临界机组的锅炉事故偏多, 可用率低及维修费用高; 另外, 由于大量核电机组的迅速投产, 以及当时尚不具备带周期性负荷能力等原因, 使得超临界机组不能适合市场需要。随着制造技术、设计水平和材料技术的发展, 加上能源危机和环保要求, 近期, 超临界机组进入了大力发展的阶段。除美国和日本外, 俄罗斯、德国、瑞士和捷克等国家都在超临界机组的设计和制造方面有所建树。

目前, 世界上最大的 3000r/min 单机、单轴火电厂汽轮机容量为 1200MW, 而最大的 1500r/min 核电厂汽轮机容量为 1550MW。用于 3000r/min 全速汽轮机的末级动叶长度已经达到 1415mm, 目前正在开发 1675~1830mm 的叶片。

经过一百余年的发展, 汽轮机已广泛用于燃煤发电、核能发电、蒸汽—燃气联合循环发电、地热发电和太阳能集热发电等领域。世界上著名的汽轮机生产厂商有通用公司 (GE)、西屋公司 (WH)、西门子公司 (SIMENS)、阿尔斯通公司 (Alstom)、日立公司 (Hitachi)、东芝公司 (Toshiba)、三菱公司 (Mitsubishi), 以及列宁格勒金属工厂 (LMZ) 等。

我国 1955 年开始生产第一台中压 6MW 汽轮机, 20 世纪 70 年代开始生产超高参数和具有中间再热的 125MW、200MW 和亚临界 300MW 汽轮机。进入 21 世纪, 随着我国电力工业步入快速发展轨道, 国内三大汽轮机制造厂, 通过引进国外先进技术(上海汽轮机厂采用西门子、西屋公司的技术, 哈尔滨汽轮机厂采用三菱技术, 东方汽轮机厂采用日立技术), 在汽轮机设计、制造等方面有了长足的进步, 生产出 600MW 等级和 1000MW 超(超)临界汽轮机。2004 年 11 月, 首台国产超临界机组在河南沁北电厂正式投入运行, 汽轮机为哈尔滨汽轮机厂生产; 2006 年 11 月和 12 月, 国产 1000MW 超超临界机组分别在浙江玉环电厂和山东邹县电厂正式投入商业运行, 汽轮机分别为上海汽轮机厂和东方汽轮机厂生产。而北重阿尔斯通(北京)电气设备有限公司则采用阿尔斯通公司技术, 其生产的 600MW 超临界汽轮机也已投入运行。

到 2010 年底, 我国电力总装机容量超过 9.6 亿 kW, 各大电网的主力机组为 600MW 或 1000MW 的机组, 其中由汽轮机驱动的燃煤和核电机组占 70%以上。

## 二、汽轮机的分类及型号

### 1. 汽轮机的分类

根据汽轮机的工作原理、热力过程特性和蒸汽参数的不同, 可对汽轮机分类。

#### (1) 按工作原理分:

1) 冲动式汽轮机: 主要由冲动级组成, 蒸汽主要在喷嘴叶栅(或静叶栅)中膨胀, 在动叶栅中只有少量膨胀。

2) 反动式汽轮机: 主要由反动级组成, 蒸汽在喷嘴叶栅(或静叶栅)和动叶栅中都进行膨胀, 且膨胀程度大致相同。

#### (2) 按热力特性分:

1) 凝汽式汽轮机: 蒸汽在汽轮机中膨胀做功, 做完功后的蒸汽在低于大气压力的真空状态进入凝汽器凝结成水。若将蒸汽在汽轮机某级后引出再次加热, 然后再返回汽轮机继续膨胀做功, 则称为中间再热凝汽式汽轮机。

2) 背压式汽轮机: 汽轮机的排汽压力大于大气压力, 排汽直接供热用户使用, 而不进入凝汽器。当排汽作为其他中、低压汽轮机的工作蒸汽时, 又称前置式汽轮机。

3) 抽汽式汽轮机: 从汽轮机中间某级后抽出一定的可以调整参数、流量的蒸汽对外供热, 其余汽流排入凝汽器, 可分为一次调整抽汽式汽轮机和两次调整抽汽式汽轮机。

4) 抽汽背压汽轮机: 具有调整抽汽的背压式汽轮机, 调整抽汽和排汽都分别供热用户。

5) 多压式汽轮机: 汽轮机的进汽不止一个参数, 在汽轮机的某中间级前又引入其他来源的蒸汽, 与原来的蒸汽混合共同膨胀做功。

#### (3) 按主蒸汽压力分:

按不同的压力等级分为:

· 低压汽轮机: 主蒸汽压力为 0.12~1.5MPa。

中压汽轮机：主蒸汽压力为 2~4MPa。

高压汽轮机：主蒸汽压力为 6~10MPa。

超高压汽轮机：主蒸汽压力为 12~14MPa。

亚临界压力汽轮机：主蒸汽压力为 16~18MPa。

超临界压力汽轮机：主蒸汽压力大于 22.15MPa。

超超临界压力汽轮机：主蒸汽压力大于 32MPa。

此外，按汽流方向可分为轴流式、辐流式和周流（回流）式汽轮机；按汽缸数目可分为单缸、双缸和多缸汽轮机；按用途可分为电站汽轮机、工业汽轮机和船用汽轮机；按布置方式可分为单轴、双轴汽轮机；按工作状态可分为固定式和移动式（如列车电站）汽轮机等。

## 2. 汽轮机的型号

为了便于识别汽轮机的类别，每台汽轮机都有产品型号。我国生产的汽轮机所采用的系列标准及型号已经统一，汽轮机产品型号的表示方法如图 0-5 所示。

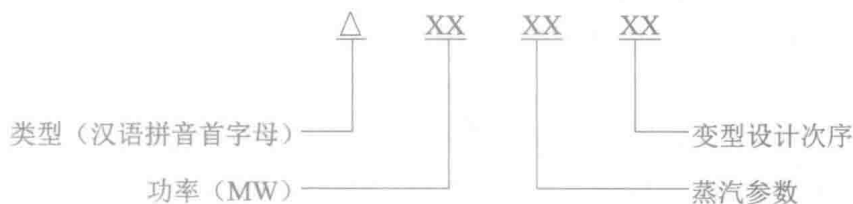


图 0-5 我国汽轮机型号代号表示方法

汽轮机型式代号见表 0-1。

表 0-1 汽轮机型式代号

代号	型式	代号	型式	代号	型式
N	凝汽式	CC	两次调整抽汽式	Y	移动式
B	背压式	CB	抽汽背压式	HN	核电汽轮机
C	一次调整抽汽式	CY	船用		

汽轮机蒸汽参数表示方式见表 0-2，表内示例中功率的单位为 MW，蒸汽压力的单位为 MPa，蒸汽温度的单位为℃。

表 0-2 蒸汽参数表示方法

型式	参数表示方式	示例
凝汽式	蒸汽初压	N50-8.83
凝汽式（具有中间再热）	蒸汽初压/蒸汽初温/再热温度	N300-16.7/538/538
抽汽式	蒸汽初压/高压抽汽压力/低压抽汽压力	CC12-3.43/0.98/0.12
背压式	蒸汽初压/背压	B25-8.83/0.98
抽汽背压式	蒸汽初压/抽汽压力/背压	CB25-8.83/0.98/0.119

### 三、现代汽轮机的结构简介

多级冲动式汽轮机和反动式汽轮机在现代电厂中都获得了广泛应用。这两种类型汽轮机的差异不仅表现在工作原理上,而且还表现在结构上。前者为隔板型,后者为转鼓型。为了帮助读者了解汽轮机的主要结构,接下来以几个国产汽轮机为例进行简要介绍。汽轮机各部件的结构和功能将在第一章进行详细介绍。

图 0-6 所示为东方汽轮机厂生产的双缸双排汽 300MW 冲动式多级汽轮机的纵向剖视图。虽然汽轮机由很多部件组成,但概括地看,可分为两大部分,即转动部分和静止部分。转动部分即转子,转子主要由主轴、叶轮、动叶及联轴器组成;静止部分主要由汽缸、隔板、喷嘴(静叶栅)以及轴承组成。转动部分和静止部分之间的密封是用汽封实现的,其作用是减小转动表面和静止表面之间的间隙中漏过工质的流量,以保证汽轮机有较高的效率。在汽轮机内部,凡是有压差而又不希望有大量工质流过的地方都装有汽封,如隔板汽封、叶顶汽封等,在汽缸两端转轴穿出汽缸的地方均装有轴封。汽缸的作用是形成一个空间,容纳蒸汽在其中流动和转子在其中旋转,并支撑装在汽缸内的其他部分。隔板装在汽缸上,而喷嘴(静叶栅)装在隔板上。轴承分径向轴承和推力轴承,径向轴承是用来承受转子重量及确定转子在汽缸中的径向位置的,推力轴承是用来承受转子的轴向推力及确定转子在汽缸中的轴向位置的。该汽轮机采用双缸双排汽型式,从锅炉来的新蒸汽从高、中压缸之间进入高压缸,然后逐级流动做功,高压缸末端的排汽回到锅炉的再热器再热后进入中压缸,从前向后流动做功,中压缸的排汽经导汽管进入低压缸中部。低压缸为完全对称结构,蒸汽向两侧流动做功后,乏汽从两侧的排汽口排入凝汽器。

图 0-7 所示为哈尔滨汽轮机厂生产的 300MW 汽轮机纵向剖视图。该汽轮机为亚临界、一次中间再热、单轴、双缸双排汽反动式汽轮机,采用积木块式的设计并能与 600MW 机组通用组合。其特点是动叶直接嵌装在鼓形转子的外缘上,喷嘴装在汽缸内部圆周的表面上或持环上,没有轮盘和隔板。叶片的一端可以是自由的,叶片与汽缸或喷嘴与转子之间形成很小的间隙,也可以在叶片端部附加一条围带,以形成汽封。该汽轮机为四缸四排汽式,即有一个独立的高压缸、一个独立的中压缸和两个完全相同的低压缸。

图 0-8 所示为东方汽轮机厂引进日立技术生产制造的典型高、中压合缸汽轮机高、中压部分结构示意图。高、中压缸为对头布置,采用单流程、双层缸、水平中分结构,外缸为上猫爪支撑形式,上下缸之间采用螺栓联接。在高压缸第 6 级后、高压缸排汽、中压缸 11 级后和中压缸排汽布置四级抽汽口,分别供 1 号、2 号、3 号高压加热器及除氧器用汽。高、中压内缸之间设置有分缸隔板,在高、中压外缸两端及高、中压内缸之间设置有轴端密封装置,在高、中压外缸和轴承座之间设置有挡油环。



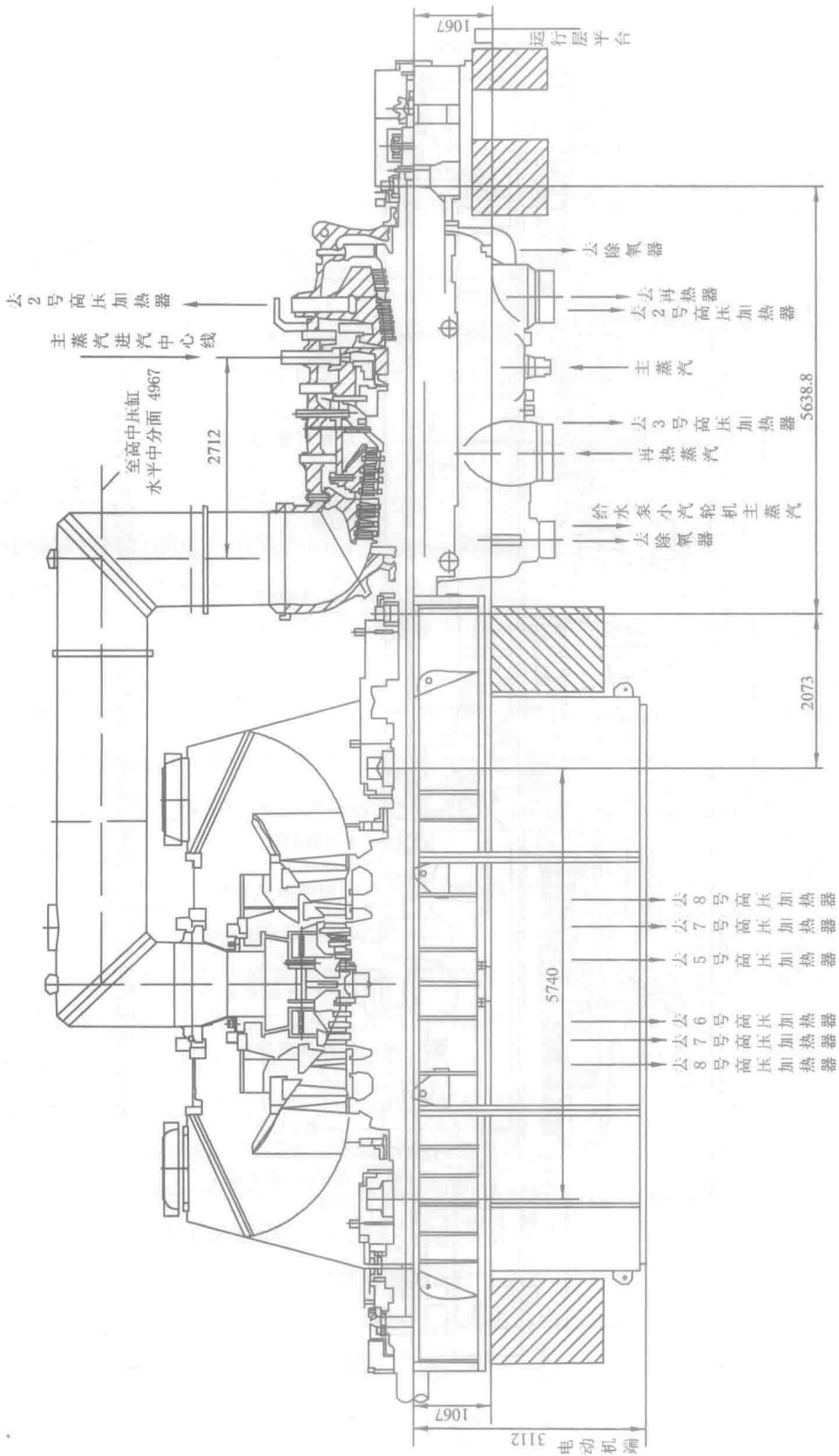


图 0-7 哈尔滨汽轮机厂生产的 300MW 汽轮机纵向剖视图

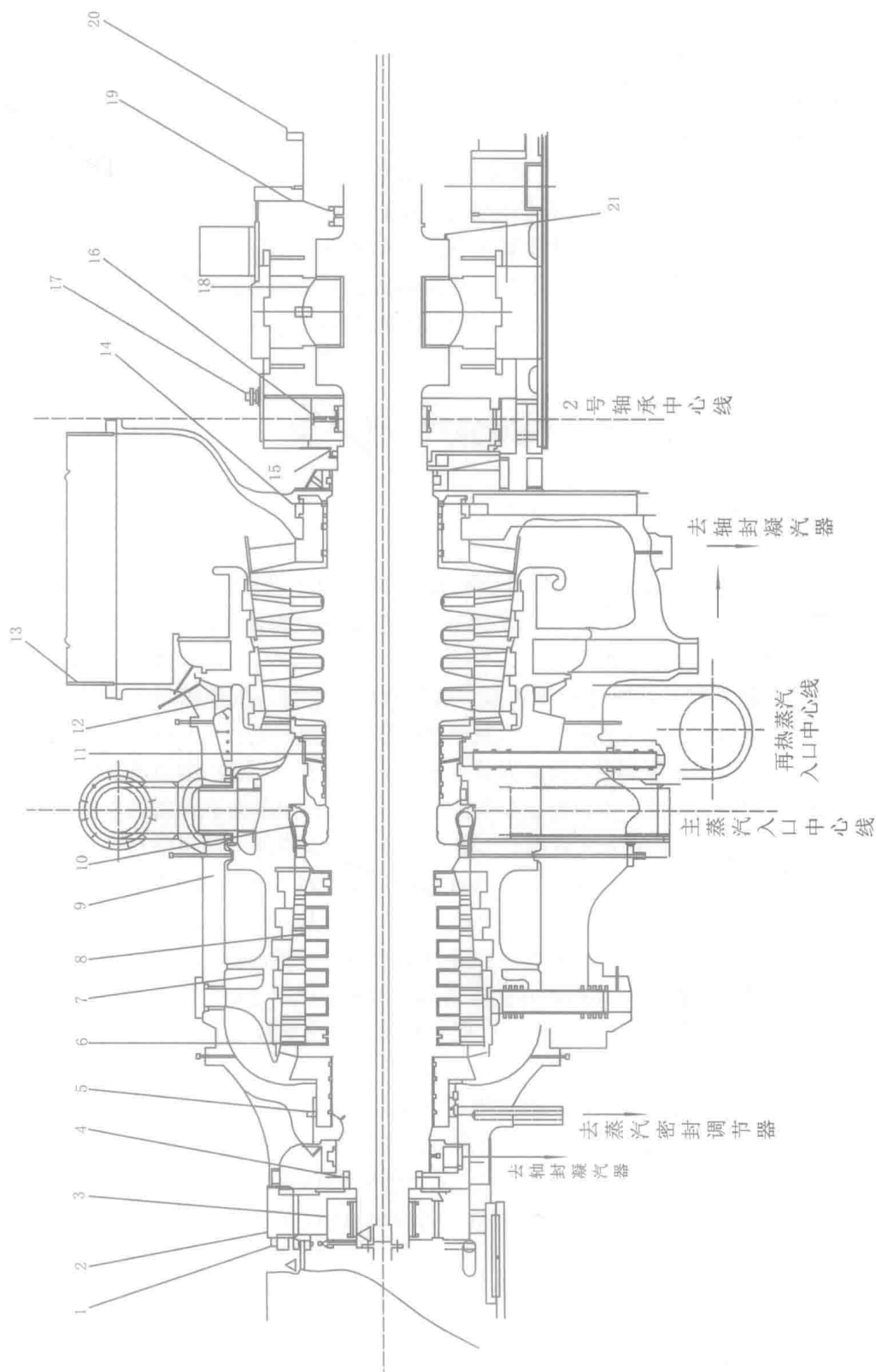


图 0-8 典型高、中压缸汽轮机高、中压部分结构示意图