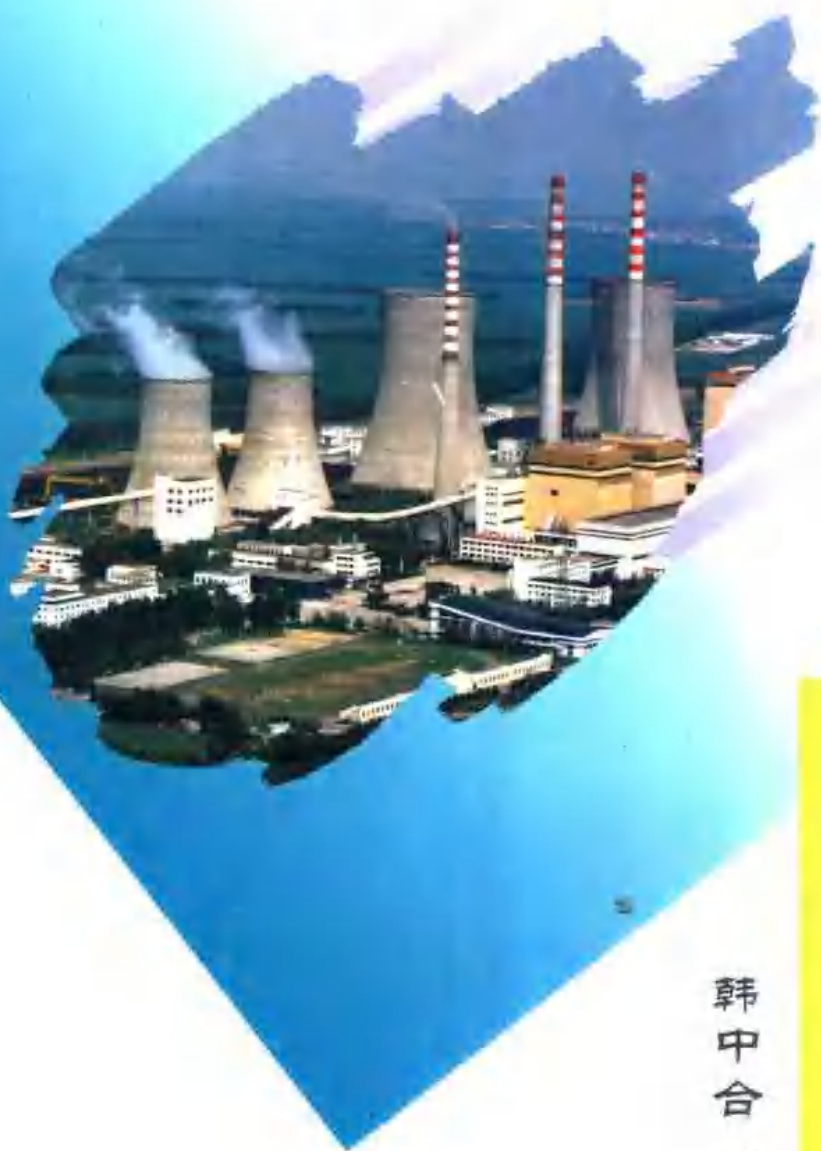


大型火电厂生产技术人员培训系列教材

火电厂汽机设备及运行

韩中合 田松峰 马晓芳 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

大型火电厂生产技术人员培训系列教材

火电厂汽机设备及运行

韩中合 田松峰 马晓芬 编著

中国电力出版社
www.cespp.com.cn



内 容 提 要

本书主要讲述了国产 300MW 汽轮机设备的工作原理、结构、调节保护系统、汽轮机运行及典型事故预防与处理等内容。全书共分 7 章,分别介绍了汽轮机级的工作原理、级的分类及其结构性能特点、多级汽轮机的分类,国产 300、600MW 汽轮机的总体概况;多级汽轮机的本体结构,重点介绍了国产 300MW 汽轮机的转子和静子各部分的结构及特点,汽轮机的滑销系统、轴封系统和润滑系统及轴承结构;汽轮机凝汽设备的工作原理、凝汽器结构、凝汽器的压力与传热;汽轮机数字电液调节系统(DEH)的自动控制原理,计算机系统和液压伺服系统,汽轮机的各种保护系统,汽轮机的润滑供油系统和 DEH 供油系统及设备;拖动给水泵小汽轮机的结构和调节;汽轮机的启停方式,汽轮机主要零部件的热应力、热膨胀和热变形及热应力的控制,汽轮机的正常运行维护;汽轮机常见典型事故发生的原因,事故的预防措施等内容。

本书适合从事 300MW 及以上大型火力发电机组设计、安装、调试、运行、检修及管理工作的工程技术人员阅读,或作为培训教材使用,也可供其他有关专业人员及高等院校热能动力工程类和电力工程类专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

火电厂汽机设备及运行/韩中合,田松峰,马晓芳编著. - 北京:中国电力出版社,2002

大型火电厂生产技术人员培训系列教材

ISBN 7-5083-0951-0

I. 火… II. ①韩…②田…③马… III. 蒸汽透平 - 技术培训 - 教材 IV. TK26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 011392 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>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

x

2002 年 8 月第一版 2002 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 415 千字 3 插页

印数 0001—5000 册 定价 35.00 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)

随着科学技术的迅速发展,新技术、新材料、新工艺不断涌现并得到应用。电力生产是技术高度密集型产业,伴随科学技术及电力工业的发展,现代化电力生产也朝着“大容量、高参数、高自动化”的方向快速发展。快速发展的电力技术对电力生产技术人员和管理人员提出了更高的要求,迅速提高生产技术人员素质及观念,更新知识,已经成为当前电力生产的重要任务。

在职教育是提高劳动者素质的重要途径,高等学校发挥自身的人才优势,开展在职教育是现代高等教育发展的一大趋势。华北电力大学动力工程系统经过十多年的努力与探索,在开展在职教育,为电力生产企业培训高层次技术人才方面,取得了一定成绩,积累了丰富的实践经验。为满足电力生产企业培训及电力生产技术人员学习新技术、新知识的需要,华北电力大学动力工程系组织具有十多年培训经验的教师,编写了这套《大型火电厂生产技术人员培训系列教材》。本套教材首批共8种:《火电厂锅炉设备及运行》、《火电厂汽机设备及运行》、《火电厂电气设备及运行》、《火电厂过程控制》、《火电厂开关量控制技术及应用》、《汽轮机控制、监视和保护》、《计算机控制系统及其在电厂中的应用》、《火电厂自动控制理论基础》。

本套培训教材的特点:

- 一、力求反映当前电力生产的新知识、新技术。
- 二、力求理论结合实际,明确理论在生产过程、生产设备及系统中的作用。
- 三、注重解决生产过程中的实际问题。

本套教材可供电力生产企业培训生产技术人员使用,也可供其他相关工程技术人员学习、参考。

这套教材的出版是编著者多年教学培训实践的积累结果,但不可避免地会存在一些问题和不足,热切地希望广大读者给予批评指正。

《大型火电厂生产技术人员培训系列教材》编委会

2000年7月

前 言

本书是在多年单元机组值长培训和技术岗位培训教学的基础上，引入了作者及同行的一些研究成果，根据火电厂汽轮机组运行专业技术的实际需要编写的。本书面向的主要对象是具有一定电厂运行实践经验的技术及管理人员。在编写本书的过程中，力争做到既要使非汽轮机专业人员尽快掌握必要的汽轮机专业理论知识，又要使从事汽轮机专业的技术人员在理论与实践方面有更多的收获及提高。因此在内容的选取上，注意加强了广度和深度，并具有系统性和完整性。

全书由华北电力大学韩中合、田松峰、马晓芳编写，由韩中合负责统稿。

河北电力职工大学文祖国教授级高级工程师认真审阅了全书，并提出了详细的修改意见，在此表示感谢。由于作者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

20001.11

序 言 前 言

第一章 概述	1
第一节 汽轮机的分类和国产型号	1
第二节 国产 300、600MW 汽轮机总体概述	5
第二章 汽轮机本体	13
第一节 汽缸及滑销系统	13
第二节 隔板、隔板套和静叶环、静叶持环	33
第三节 转子与盘车装置	39
第四节 叶片与叶轮	51
第五节 汽封与汽封系统	63
第六节 轴承	81
第三章 凝汽设备及运行	99
第一节 凝汽器的工作原理和结构	99
第二节 凝汽器的压力与真空除氧	106
第三节 大型机组凝汽器的结构特点	115
第四节 抽气设备	123
第五节 多压凝汽器	128
第六节 凝汽器的运行和维护	130
第四章 汽轮机的调节保护及供油系统	138
第一节 数字电液调节系统概述	138
第二节 DEH 调节系统的液压伺服系统	145
第三节 汽轮机的保护和危急遮断系统	155
第四节 供油系统	170
第五章 给水泵汽轮机	195
第一节 概述	195
第二节 给水泵汽轮机的结构	197

第三节	给水泵汽轮机的热力系统·····	204
第四节	给水泵汽轮机的调节保安及供油系统·····	206
第六章	汽轮机的运行 ·····	215
第一节	汽轮机启动·····	216
第二节	汽轮机停机·····	236
第三节	汽轮机的热应力、热膨胀、热变形·····	242
第四节	汽轮机的正常运行维护·····	260
第七章	汽轮机的常见典型事故及处理方法 ·····	266
第一节	汽轮机振动·····	266
第二节	汽轮机进水事故·····	268
第三节	汽轮机大轴弯曲事故·····	271
第四节	汽轮发电机组严重超速事故·····	273
第五节	轴瓦烧损事故·····	275
第六节	汽轮机轴承故障·····	276
第七节	汽轮机热膨胀·····	278
第八节	通流部分动静磨损事故·····	279
第九节	叶片损坏事故·····	280
第十节	汽轮机转子轴向位移·····	281
第十一节	汽轮机油系统着火事故·····	283

概 述

汽轮机是以水蒸气为工质，将蒸汽的热能转变为机械能的一种高速旋转式原动机。与其他类型的原动机相比，它具有单机功率大、效率高、运转平稳、单位功率制造成本低和使用寿命长等一系列优点，它不仅是现代火电厂和核电站中所普遍采用的发动机，而且还广泛用于冶金、化工、船运等部门用来直接拖动各种泵、风机、压缩机和船舶螺旋桨等。在现代火电厂和核电站中，汽轮机是用来驱动发电机产生电能的，故汽轮机和发电机合称为汽轮发电机组，全世界发电总量的 80% 左右是由汽轮发电机组发出的。除用于驱动发电机外，汽轮机还常用来驱动泵、风机、压缩机和船舶螺旋桨等，所以汽轮机是现代化国家中重要的动力机械设备。

汽轮机设备是火电厂的三大主要设备之一，汽轮机设备包括汽轮机本体、调节保安及供油系统和辅助设备等。

第一节 汽轮机的分类和国产型号

一、汽轮机的分类

汽轮机的用途广泛，类型繁多，可以从不同的角度对汽轮机进行分类，一般常用的分类方式有以下几种。

（一）按工作原理分类

根据工作原理不同，可将汽轮机分为冲动式汽轮机和反动式汽轮机。现代火电厂中采用的都是由若干级顺序串联构成的多级汽轮机，来自锅炉的蒸汽依次流过各级，将其热能转换成机械能。级是汽轮机中最基本的工作单元，在结构上，它由一系列喷嘴叶栅（静叶栅）和紧邻其后与之相配合的动叶栅组成。在功能上，它完成将蒸汽的热能转变为机械能的能量转换过程。冲动式汽轮机和反动式汽轮机的结构及蒸汽在其级内的能量转换方式有所不同。

（1）冲动式汽轮机。主要由冲动级组成，蒸汽主要在喷嘴叶栅中膨胀，在动叶栅中只有少许膨胀。结构为隔板型，动叶片嵌装在叶轮的轮缘上，喷嘴装在隔板上，隔板的外缘嵌入隔板套或汽缸内壁的相应槽道内。如图 1-1 所示，为东方汽轮机厂生产的冲动式 300MW 汽轮机组的纵剖面图。

（2）反动式汽轮机。主要由反动级组成，蒸汽在喷嘴叶栅和动叶栅中的膨胀程度相同。结构为转鼓型，动叶片直接嵌装在转子的外缘上，隔板为单只静叶环结构，它装在汽缸内壁或静叶持环的相应槽道内。采用喷嘴调节的反动式汽轮机，第一级为部分进汽，为避免产生过大的漏汽损失，故第一级常采用单列或双列速度级而不做成反动级。图 1-2 所

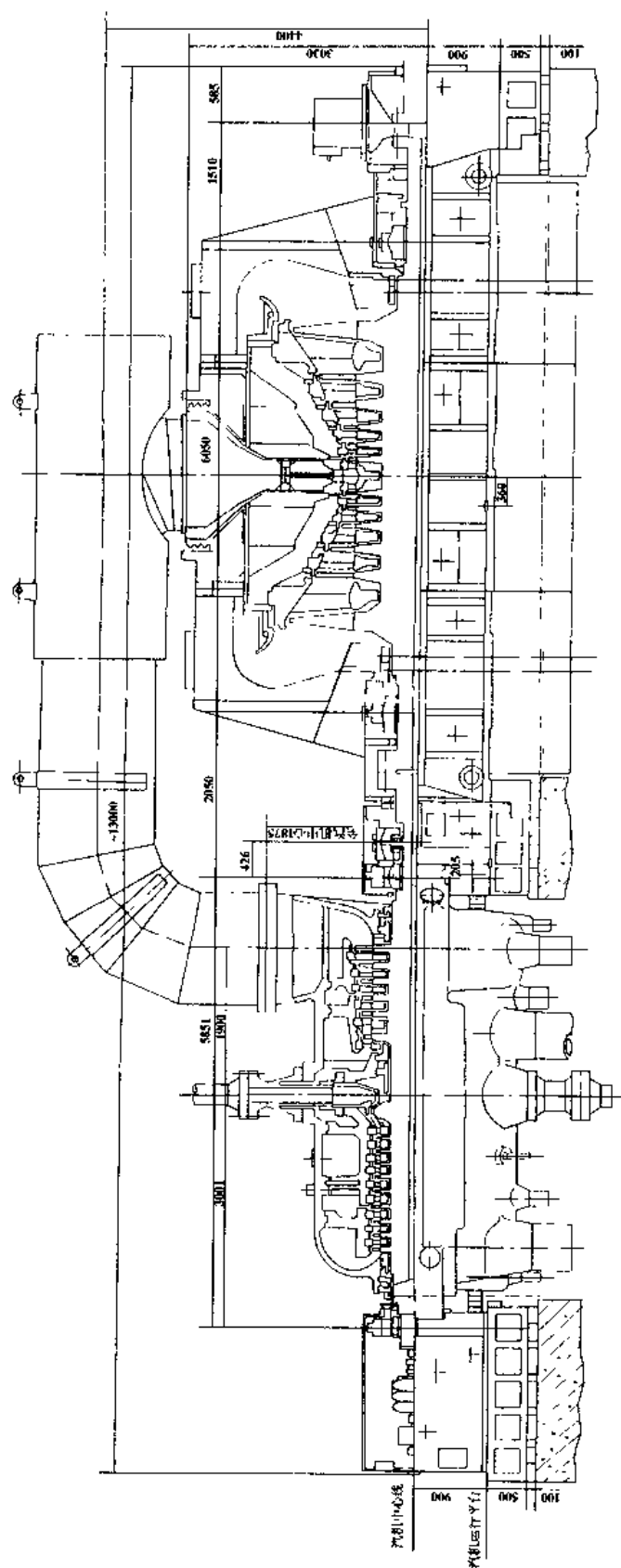


图 1-1 东方汽轮机厂生产的冲动式 300MW 汽轮机组纵剖面图

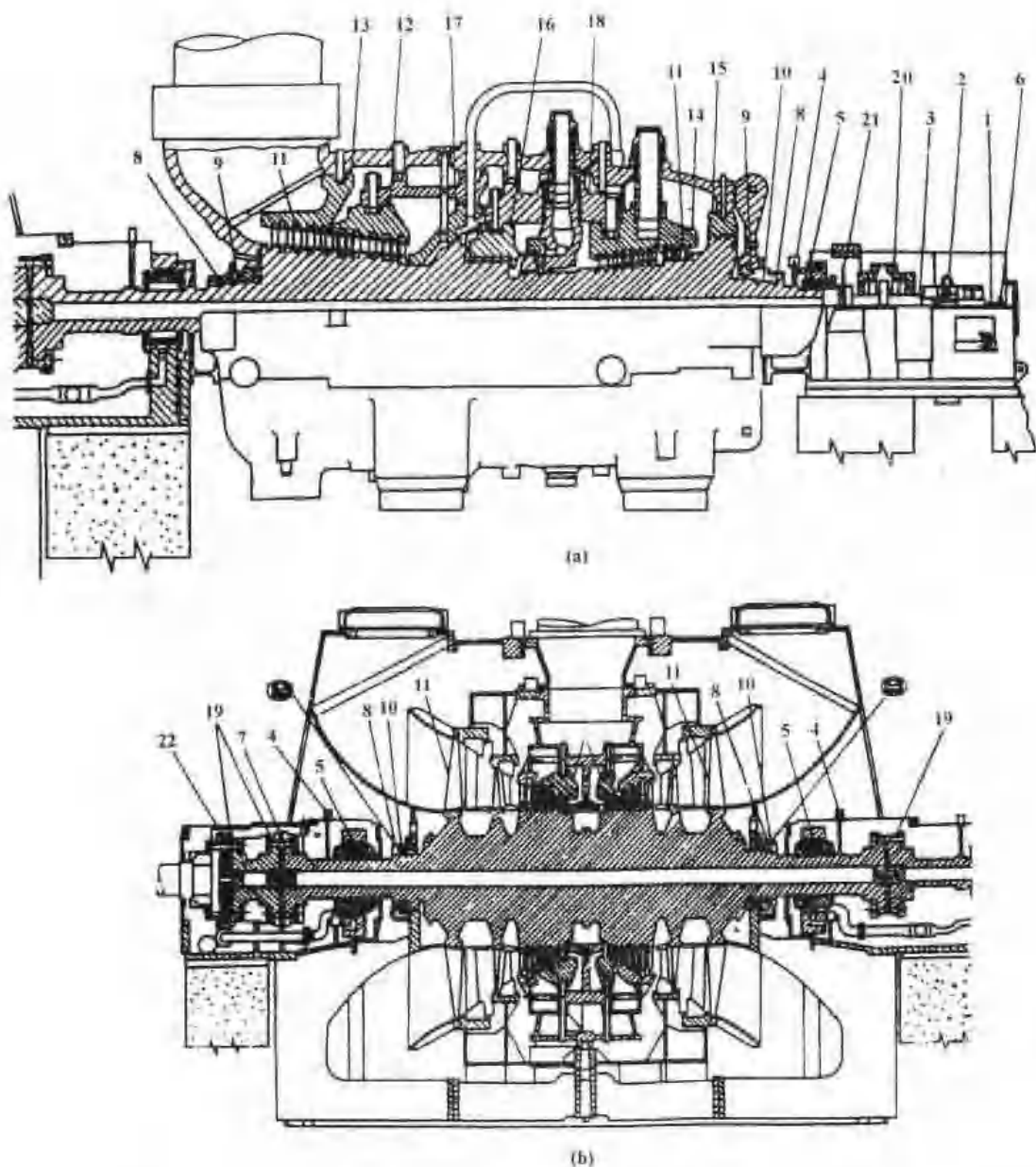


图 1-2 上海汽轮机厂生产的反动式 N300-16.7/538/538 型汽轮机纵剖面图

(a) 高、中压部分；(b) 低压部分

1—超速脱扣装置；2—主轴泵；3—转速传感器 + 零转速检测器；4—振动检测器；5—轴承；6—偏心 + 鉴相器；7—差胀检测器；8—外轴封；9—内轴封；10—汽封；11—叶片；12—中压 1 号持环；13—中压 2 号持环；14—高压 1 号持环；15—低压平衡持环；16—高压平衡持环；17—中压平衡持环；18—内上缸；19—联轴器；20—推力轴承；21—轴向位置 + 推力轴承脱扣检测器；22—测速装置（危急脱扣系统）

示，为上海汽轮机厂生产的反动式 N300-16.7/538/538 型汽轮机纵剖面图。

(二) 按热力特性分类

(1) 凝汽式汽轮机。进入汽轮机的蒸汽在汽轮机中做功后，排入高度真空状态的凝汽器，凝结成水。

(2) 背压式汽轮机。汽轮机的排汽压力高于大气压，排汽直接用于供热，无凝汽器。如排汽作为其他中低压汽轮机的工作蒸汽时，称为前置式汽轮机。

(3) 调整抽汽式汽轮机。在汽轮机某级后抽出一定压力的部分蒸汽向外供热，其余蒸汽在汽轮机做完功后仍进入凝汽器。由于热用户对供热蒸汽压力有一定要求，需要对抽汽供热压力进行自动调节。根据供热需要，有一次调整抽汽和两次调整抽汽。

(4) 抽汽背压式汽轮机。具有调整抽汽的背压式汽轮机。

(5) 中间再热式汽轮机。蒸汽在汽轮机内膨胀到某一压力后，被全部抽出送往锅炉的再热器加热，再热后的蒸汽重新返回汽轮机继续膨胀做功。

(三) 按主蒸汽参数分类

(1) 低压汽轮机。主蒸汽压力小于 1.5MPa。

(2) 中压汽轮机。主蒸汽压力为 2~4MPa。

(3) 高压汽轮机。主蒸汽压力为 6~10MPa。

(4) 超高压汽轮机。主蒸汽压力为 12~14MPa。

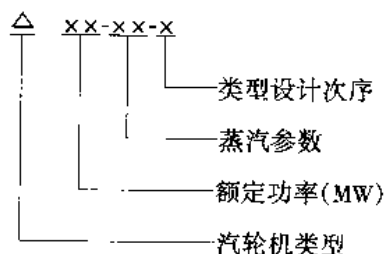
(5) 亚临界压力汽轮机。主蒸汽压力为 16~18MPa。

(6) 超临界压力汽轮机。主蒸汽压力大于 22.2MPa。

此外，还可按蒸汽在汽轮机内的流动方向分为轴流式和辐流式汽轮机；按用途分为电站汽轮机、工业汽轮机、船用汽轮机；按功率大小分为大功率汽轮机和中小功率汽轮机等。

二、国产汽轮机的型号

国产汽轮机的型号表示方法是：



其中汽轮机类型采用汉语拼音表示，如表 1-1 所示；蒸汽参数的表示方法如表 1-2 所示。

表 1-1 国产汽轮机类型代号

代 号	N	B	C	CC	CB	H	Y
型 式	凝汽式	背压式	一次调整抽汽式	二次调整抽汽式	抽汽背压式	船用	移动式

表 1-2 汽轮机型号中蒸汽参数的表示方法

汽轮机类型	蒸汽参数表示方法	示 例
凝汽式	主蒸汽压力/主蒸汽温度	N100-8.83/535
中间再热式	主蒸汽压力/主蒸汽温度/中间再热温度	N300-16.7/538/538

续表

汽轮机类型	蒸汽参数表示方法	示 例
一次调整抽汽式	主蒸汽压力/调节抽汽压力	C50 - 8.83/0.118
二次调整抽汽式	主蒸汽压力/高压抽汽压力/低压抽汽压力	CC25 - 8.83/0.98/0.118
背压式	主蒸汽压力/背压	B50 - 8.83/0.98
抽汽背压式	主蒸汽压力/抽汽压力/背压	CB25 - 8.83/0.98/0.118

第二节 国产 300、600MW 汽轮机总体概述

一、国产 300MW 汽轮机总体概述

(一) 东方汽轮机厂 N300-16.7/537/537-4 型汽轮机

该机组是东方汽轮机厂引进和吸收国内外技术设计制造的 300MW 系列机型之一，其中调节级吸取了美国西屋公司的技术，低压部分吸取了 GE 公司和日立公司的技术。该机为亚临界、一次中间再热、单轴、高中压合缸、双缸双排汽、冲动式凝汽式汽轮机，其主要技术规范如下：

额定功率（经济功率）：300MW

最大功率：330MW

额定蒸汽参数：

新蒸汽：16.7MPa/537℃

再热蒸汽：3.3MPa/537℃

背压：冷却水温度为 20℃时，设计背压为 5.2kPa

额定新汽流量：935t/h

最大新汽流量：1025t/h

给水温度：271℃

通流级数：

总共 28 级，其中：

高压缸：1 个单列调节级 + 9 个冲动压力级

中压缸：6 个冲动压力级

低压缸：2×6 个冲动压力级

给水回热系统：3 高加 + 1 除氧 + 4 低加

给水泵拖动方式（有两种方式可供选择）：

第一种：1×100%B - MCR 的小汽轮机拖动；1×50%B - MCR 电动调速水泵作为备用。

第二种：2×50%B - MCR 的小汽轮机拖动；1×50%B - MCR 电动调速给水泵作为备用。

末级动叶片高度：851mm

末级动叶片环形排汽面积： $2 \times 6.69\text{m}^2$

汽轮机本体外形尺寸（长×宽×高）：18055mm×7464mm×6434mm（高度是指从连通管吊环最高点到运行平台的距离）

保证净热耗：8005kJ/kWh

该机组为两缸两排汽型式，高、中压部分采用合缸结构。因进汽参数较高，为减小汽缸热应力，增加机组启停及变负荷的灵活性，高压部分设计为双层缸。低压缸为对称分流式，也采用双层缸结构。纵剖面图如图 1-1 所示。

高压通流部分设计为反向流动，高压和中压进汽口都布置在高中压缸中部，是整个机组工作温度最高的部位。来自锅炉过热器的新蒸汽通过主蒸汽管进入高压主汽调节阀，再经 4 根 $\phi 273 \times 40\text{mm}$ 的高压主汽管和装在高中压外缸中部的 4 个高压进汽管分别从上下方进入高压内缸中的喷嘴室，然后进入高压通流部分。蒸汽经 1 个单列调节级和 9 个冲动压力级做功后，由高中压缸前端下部的 2 个高压排汽口排出，经 2 根冷段再热汽管去锅炉再热器，2 根再热汽管上各装 1 个 DN600 的排汽止回阀。再热蒸汽通过 2 根热段再热管进入中压联合汽门，再经 2 根 $\phi 582 \times 65\text{mm}$ 中压主汽管从高中压外缸中部下半两侧进入中压通流部分，经中压部分 6 个冲动压力级做功后，由高中压外缸后端上半正中的一个 $\phi 1400\text{mm}$ 中压排汽口进入连通管通向低压缸。蒸汽由低压缸中部进入通流部分，分别向前后两个方向流动，经 2×6 个冲动压力级做功后向下排入凝汽器。

高中低压转子均为整锻结构，转子间采用刚性连接，本机共有 4 个椭圆形支撑轴承和 1 个自位式轴向推力轴承，推力轴承置于 2 号支持轴承后。

本机组有 8 段回热抽汽，分别供给 3 个高压加热器、1 个除氧器和 4 个低压加热器。表 1-3 为额定工况下各段抽汽参数和抽汽量。

表 1-3 额定工况下 N300-16.7/537/537-4 型汽轮机各段抽汽参数和抽汽量（东方汽轮机厂）

抽汽段号	1	2	3	4	5	6	7	8
加热器	JC3	JC2	JC1	CY	JD4	JD3	JD2	JD1
抽汽点（第几级后）	7	10	13	16	17/23	18/24	19/25	20/26
抽汽压力（MPa）	5.55	3.66	1.58	0.825	0.475	0.264	0.133	0.063
抽汽压损	5%			6%			5%	
抽汽温度（℃）	374.9	319.6	428.5	337.6	274.5	210.2	143.1	87.4
流量（t/h）	54.36	80.07	32.48	23.38	26.98	25.93	24.34	53.28

驱动给水泵汽轮机汽源为主机中压缸排汽，即第 4 段抽汽，机组低负荷运行时，自动切换为主机新蒸汽。驱动给水泵汽轮机的排汽进入主凝汽器。

该机采用从美国 Bailey 集团的 ETSI 公司引进的高压抗燃油数字电液控制系统（DEH），它可以和其他上位机取得联络，实现机电炉的协调控制。

(二) 上海汽轮机厂引进型 N300-16.7/538/538 型汽轮机

该机是上海汽轮机厂按照引进的美国西屋公司技术制造的。该机为亚临界、一次中间再热、单轴、高中压合缸、双缸双排汽、反动式凝汽式汽轮机，其主要技术规范如下：

额定功率（经济功率）：300MW

最大功率：326MW

额定蒸汽参数：

新蒸汽：16.7MPa/538℃

再热蒸汽：3.29MPa/538℃

背压：冷却水温 20℃时，设计背压为 4.9kPa

额定新汽流量：907t/h

最大新汽流量：1021t/h

给水温度：273.8℃

通流级数：

全机共由 35 级组成，其中

高压缸：1 个单列调节级 + 11 个反动压力级

中压缸：9 个反动压力级

低压缸：2×7 个反动压力级

给水回热系统：3 高加 + 1 除氧 + 4 低加

给水泵拖动方式：2×50%B - MCR 的小汽轮机拖动，1×50%B - MCR 进动调速给水泵作为备用

末级动叶片长度：869mm

汽轮机总长：17.269m

保证净热耗：7921kJ/kWh

该机通流部分由高、中、低压三部分组成，共 35 级，除高压调节级为冲动级外，其余 34 级均为反动级。如图 1-2 所示，它由一个高中压合缸和一个分流低压缸组成，高、中压缸均为双层缸结构，低压缸为三层缸结构。

高压通流部分设计为反向流动，高压和中压进汽口都布置在高、中压缸中部，是整个机组工作温度最高的部位。来自锅炉的新蒸汽经 2 个自动主汽阀后，再经 6 个调节阀后进入高压部分，蒸汽在高压缸中经 1 个单列调节级和 11 个压力反动级做功后，由高中压缸前端下半部的 2 个高压排汽口排出，经锅炉再热后，再经 2 个中压联合汽门进入中压缸，流过 9 个反动压力级并经高、中压缸后端上半正中的一个排汽口导入低压缸中部的进汽口，分别向前后两个方向流动，经 2×7 个反动压力级做功后向下排入凝汽器。

高、中、低压转子均为整锻结构，转子间采用刚性连接。本机共有 4 个支撑轴承和 1 个轴向推力轴承，其中 1、2 号支撑轴承（即高中压部分两端轴承）为 4 片可倾瓦结构，3、4 号支持轴承（即低压部分两端轴承）为球面支承的圆筒形轴承。推力轴承设置在前轴承箱中，在 1 号支持轴承前，为自位式推力轴承。

全机共有 8 段回热抽汽，分别在压力级第 8、11、16、20、22、24、25、26 级后抽出

至相应的 3 个高压加热器、1 个除氧器和 4 个低压加热器。正常运行时，高压加热器疏水逐级自流至除氧器，低压加热器疏水逐级自流至凝汽器。高、低压加热器均设有疏水冷却段，高压加热器还设有过热蒸汽冷却段。表 1-4 为在额定工况下，各段抽汽参数及抽汽量。

表 1-4 额定工况下 N300-16.7/538/538 型汽轮机抽汽参数及抽汽量（上海汽轮机厂引进型）

抽汽段号	1	2	3	4	5	6	7	8
加热器	JG3	JG2	JG1	CY	JD4	JD3	JD2	JD1
抽汽点（第几级后）	7	10	15	19	21	23	24	25
抽汽压力（MPa）	5.56	3.43	1.57	0.77	0.305	0.126	0.069	0.0244
抽汽压损	5%			6%			5%	
抽汽温度（℃）	382.1	318.7	434.4	336.3	229.9	142.9	91.5	64.5
流量（t/h）	63.6	71	31.6	32.7	33.7	19.9	29.1	29.2

驱动给水泵汽轮机的汽源为中压缸排汽，在机组低负荷运行时，自动切换为主机新蒸汽，其排汽进入主机凝汽器。

机组的第 4、5 段抽汽有一部分蒸汽可供厂用汽。

机组配有 30% 额定容量的两级串联旁路系统。

该机的调节系统是依据西屋公司技术生产的 DEH-II 型数字电液调节系统。

（三）哈尔滨汽轮机厂 N300-16.7/537/537 型汽轮机

该机组是哈尔滨汽轮机厂引进美国西屋公司技术优化改进后制造的。为亚临界、一次中间再热、单轴、高中压合缸、双缸双排汽反动凝汽式汽轮机。

该机总体结构及蒸汽参数与上海汽轮机厂引进型 N300-16.7/538/538 汽轮机基本相同，不同之处是该机末级叶片长度为 900mm。

（四）国产 600MW 汽轮机

图 1-3 系哈尔滨汽轮机厂制造的 N600-16.7/538/538 型汽轮机，该机为亚临界、一次中间再热、单轴、四缸四排汽反动式凝汽式汽轮机。其主要技术参数如下：

额定功率（经济功率）：	600MW
最大功率：	657MW
额定新汽参数	
新蒸汽：	16.7MPa/537℃
再热蒸汽：	3.29MPa/537℃
背压：	冷却水温为 20℃ 时，设计背压为 5.4kPa
额定新汽流量：	1815t/h
最大新汽流量：	1990t/h
给水温度：	273℃
通流级数：	

总共 57 级，其中

高压部分：1 个单列调节级 + 10 个压力反动级

中压部分：2×9 个压力反动级

低压部分：2×2×7 个压力反动级

给水回热系统：3 高加 + 1 除氧 + 4 低加

给水泵拖动方式：小汽轮机拖动

末级叶片长度：900mm

汽轮机总长：32m

保证净热耗率：7896kJ/kWh

该机有 1 个高压缸、1 个分流中压缸和 2 个分流低压缸组成。

高压缸为双层缸结构，共有 11 级，除冲动式的调节级外，其余 10 个压力级均为反动级；中压缸采用分流结构，每一流向由 9 个压力反动级组成；2 个低压缸都是双流程的，每一个流程由 7 个压力反动级组成，故低压缸共有 28 级，整台汽轮机由 57 级组成。锅炉来汽经 2 个自动主汽门和 4 个调节汽门后进入高压缸，蒸汽在高压缸做功后，通过高压外缸下部的 2 个排汽口排出，去锅炉再热器。再热后的蒸汽经过 2 台组合式的再热主汽调节器（每台由 1 个再热主汽阀和 2 个调节汽阀组成）送至汽轮机中压缸，通过中压缸上下两个进汽口进入中压缸内做功，然后经中压缸两端上缸的各两个排汽口分别排出。蒸汽由两个导汽管进入低压缸，分别流向两端的排汽口，流经 7 个压力反动级做功，最后经排汽缸进入凝汽器。

机组的中压缸为双层结构，低压缸为三层缸结构。哈尔滨汽轮机厂的 600MW 汽轮机的低压缸结构与其 300MW 汽轮机的低压缸结构完全相同。

二、国产 300MW 机组与进口机组的比较

表 1-5 给出了国产和进口 300MW 等级汽轮机组的主要技术参数，以便参考比较。

表 1-5 国产和进口 300MW 等级汽轮机组的主要技术参数

汽轮机型号		N300-16.2/550/550	N300-16.7/537/537	N300-16.7/538/538	N300-16.7/538/538	N300-16.7/537/537
型 式		亚临界一次中间 再热单轴四缸 四排汽 冲动凝汽式 上海汽轮机厂	亚临界一次中间 再热单轴双缸 双排汽 反动凝汽式 上海汽轮机厂	亚临界一次中间 再热单轴双缸 双排汽 反动凝汽式 上海汽轮机厂	亚临界一次中间 再热单轴双缸 双排汽 反动凝汽式 哈尔滨汽轮机厂	亚临界一次中间 再热单轴双缸 双排汽 冲动凝汽式 东方汽轮机厂
项目名称	单 位					
额定功率	MW	300	300	300	300	300
最大功率 (T-MCR)	MW		326	327		330
主蒸汽 压力/再热 蒸汽压力	MPa	16.2/3.12	16.7/3.29	16.7/3.14	16.7/3.14	16.7/3.29
主蒸汽 温度/再热 蒸汽温度	℃	550/550	537/537	538/538	538/538	537/537

续表

汽轮机型号		N300-16.2/550/550	N300-16.7/537/537	N300-16.7/538/538	N300-16.7/538/538	N300-16.7/537/537
型 式		亚临界—次中间 再热单轴四缸 四排汽 冲动凝汽式 上海汽轮机厂	亚临界—次中间 再热单轴双缸 双排汽 反动凝汽式 上海汽轮机厂	亚临界—次中间 再热单轴双缸 双排汽 反动凝汽式 上海汽轮机厂	亚临界—次中间 再热单轴双缸 双排汽 反动凝汽式 哈尔滨汽轮机厂	亚临界—次中间 再热单轴双缸 双排汽 冲动凝汽式 东方汽轮机厂
项目名称	单 位					
额定主 蒸汽流量	t/h	945	922.3	918.4	918	935
额定排汽 压 力	MPa	0.0051	0.0054	0.0049	0.00539	0.0052
额定冷却 水 温 度	℃	20	20	20	20	20
给水温度	℃	263	273	274.7	273	271
回热抽汽 段 数	段	8	8	8	8	8
汽轮机级数 (高/中/低)	级	1 + 8/11/ (4 × 6) = 44	1 + 10/9/ (2 × 7) = 34	1 + 11/9/ (2 × 7) = 35	1 + 11/9/ (2 × 7) = 35	1 + 9/6/ (2 × 6) = 28
末级叶片 长 度	mm	700	869	869	900	851
保证净热 耗 率	kJ/(kW·h)	8331	8080	7993	7955	8005
汽轮机 总 长	m	23.828	17.269	17.269	17.269	18.055
汽轮机型号		T2A300-30-2F1044	T2A330-30-2F1044	T2A360-30-2F1044	D3YT12 × 54	TC2F-33.5
型 式		亚临界—次中间 再热单轴三缸 双排汽 冲动凝汽式 法国阿尔斯通公司	亚临界—次中间 再热单轴三缸 双排汽 冲动凝汽式 法国 A-A 公司	亚临界—次中间 再热单轴三缸 双排汽 冲动凝汽式 法国阿尔斯通公司	亚临界—次中间 再热单轴三缸 双排汽 反动凝汽式 法国 CEM	亚临界—次中间 再热单轴双缸 双排汽 反动凝汽式 日本三菱
项目名称	单 位					
额定功率	MW	300	330	360	313	350
最大功率 (T-MCR)	MW		350	375		364.3
主蒸汽 压力/再热 蒸汽压力	MPa	17.75/3.91	17.7/3.77	17.9/3.79	17.76/3.85	16.6/3.49
主蒸汽 温度/再热 蒸汽温度	℃	540/540	540/540	538/538	540/540	538/538
额定主 蒸汽流量	t/h	924	936.4	1017.5	921	1061.9
额定排汽 压 力	MPa	0.0053	0.0049	0.0049	0.00558	0.0049