

大型发电设备检修工艺方法和质量标准丛书

DAXING FADIAN SHEBEI JIANXIU GONGYI FANGFA HE
ZHILIANG BIAOZHUN CONGSHU

汽轮机检修

刘崇和 张勇 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

大型发电设备检修工艺方法和质量标准丛书

汽轮机检修

刘崇和 张勇 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《大型发电设备检修工艺方法和质量标准丛书》之一。

全书主要介绍了汽轮机主要技术规范 and 结构, 汽轮机本体检修, DEH 控制系统检修, 给水泵及驱动设备检修, 辅机检修, 阀门检修等内容。对汽轮机结构、工作原理、拆装工序等进行了详细论述, 并采用表格形式, 按检修项目、工艺方法及注意事项、质量标准编写, 形式直观、内容实用。

本书既可作为火力发电厂检修人员培训教材和实际操作的理论教材, 也可作为大中专相关专业学员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽轮机检修/刘崇和, 张勇主编. - 北京: 中国电力出版社, 2004

(大型发电设备检修工艺方法和质量标准丛书)

ISBN 7-5083-1241-4

I. 汽... II. ①刘... ②张... III. 蒸汽透平 - 检修 IV. TK268

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 075487 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>)

北京通天印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 4 月第一版 2004 年 4 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 9.5 印张 240 千字 4 插图

印数 0001—4000 册 定价 19.00 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)

大型发电设备检修工艺方法和 质量标准丛书编审委员会

主 审 委	编：	刘崇和	张 勇		
	稿：	沈家民	邵关兴	毛剑培	
	员：	沈家民	邵关兴	赵耀钟	罗光华
		俞浩鑫	朱国懿	郁建国	毛剑培

前 言

发电设备检修管理是发电企业管理的重要组成部分，实施检修管理标准化，努力提高检修质量，是发电生产技术管理的重要内容之一。原华东电力集团公司自 1995 年开始，在试点成功的基础上，在大机组检修工作中大力推广贯彻 ISO—9000 标准，通过实践，已取得明显的成效，提高了企业管理水平和保证了检修质量。

健全完善程序文件、推行和加强工序管理是检修管理标准化的重要内容和基础工作。鉴此，原华东电力集团公司生产技术处提出编写《大型发电设备检修工艺方法和质量标准丛书》（以下简称《丛书》）的设想，本着奉献同行、公诸同好的愿望，博得了网内各单位、同行专家的附和，并由原华东电力集团公司生产技术处牵头，组建了“《丛书》编委会”。在编委们字斟句酌、切磋琢磨、不辞辛苦的努力下，本《丛书》得以如期间世。

《丛书》以国产引进型 300MW 发电机组为例，根据设备的出厂资料和华东电网发电设备检修的实践经验汇编而成。《丛书》分汽轮机检修、锅炉检修、汽轮发电机检修三个分册，介绍了设备本体及其附属设备的检修工艺方法和质量标准，是一套实用的检修工艺指导参考资料，可以作为电厂检修工人的培训教材，也可作为大中专院校相关专业学员的参考书。

在《丛书》编写过程中，上海市、江苏、浙江、安徽省电力公司生产技术部门和外高桥发电厂、望亭发电厂、吴泾热电厂、彭城发电厂、利港发电厂、嘉兴发电厂、洛河发电厂、田家庵发电厂、马鞍山第二发电厂、铜陵发电厂、淮北第二发电

厂、苏州工业园区华能发电厂等单位领导和专家给予了大力支持和帮助，积极提供编写素材，参与《丛书》的审阅工作，并且一丝不苟，直陈所见。在此，谨向他们表示衷心的感谢！

如果本《丛书》能起到一个抛砖引玉作用，并能向电业人员提供一些实用信息，我们将不胜欣慰。随着制造技术的不断改进完善和配套辅机的改变，可能会出现本《丛书》中未包涵的内容，需要各使用单位不断完善。由于时间仓促，经验不足，地域局限，《丛书》谬误欠妥之处在所难免，敬请各位读者不吝斧正。

丛书编审委员会

2003年10月

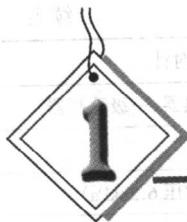
目 录

前言

1 汽轮机主要技术规范 and 结构	1
1.1 概述	1
1.2 技术规范及热力参数	1
1.3 主要技术数据	2
1.4 汽轮机结构	3
1.5 热力系统	5
1.6 汽轮机控制系统	6
2 汽轮机本体检修	9
2.1 汽缸检修	9
2.2 转子检修	16
2.3 静叶持环和平衡活塞持环检修	22
2.4 汽封、轴封检修	25
2.5 轴承检修	28
2.6 盘车装置检修	40
2.7 滑销系统检修	41
2.8 高压主汽阀检修	43
2.9 再热主汽阀检修	49
2.10 高压调节汽阀检修	52
2.11 再热调节汽阀检修	55
2.12 主油泵和危急遮断器检修	57
2.13 电动润滑油泵检修	60
2.14 顶轴油泵检修	61
2.15 主油箱检修	65
2.16 换向阀检修	66
2.17 冷油器检修	66

2.18	高压密封油备用油泵检修	67
3	DEH 控制系统检修	71
3.1	DEH 控制系统结构	71
3.2	EH 油箱检修	74
3.3	EH 冷油器检修	75
3.4	EH 系统滤器检修	76
3.5	蓄压器检修	77
4	给水泵及驱动设备检修	79
4.1	驱动给水泵的小汽轮机检修	79
4.2	给水泵检修	136
4.3	YOT46-550 (R16K-550) 型液力 偶合器结构与检修	187
4.4	电动泵电机驱动部分检修	200
5	辅机结构与检修	202
5.1	凝结水泵结构与检修	202
5.2	冷却水泵结构与检修	206
5.3	真空泵结构与检修	209
5.4	循环水泵结构与检修	212
5.5	输送泵结构与检修	230
5.6	高压加热器结构与检修	232
5.7	低压加热器结构与检修	236
5.8	除氧器结构与检修	238
5.9	凝汽器结构与检修	242
5.10	疏水扩容器检修	245
6	阀门检修	246
6.1	阀门检修的一般要求	246
6.2	阀门检修	247
附录一	引进型 300MW 机组汽缸中分面螺栓 紧固说明	268
附录二	转子晃度、各部件瓢偏度、轴颈的	

	椭圆度和锥度测量	272
附录三	可倾瓦轴承调整	275
附录四	推力轴承定位机构	282
附录五	MARK III 无刷励磁机机械部分检修	285



汽轮机主要技术规范 and 结构

1.1 概 述

该汽轮机为国产引进技术生产的 300MW 亚临界、中间再热、单轴、双缸、双排汽、凝汽式汽轮机。该机组属反动式汽轮机，热力级有 28 级（结构级 35 级），与 1025t/h 亚临界、中间再热、强制循环汽包式锅炉及 300MW 水氢氢冷却发电机配套。锅炉与汽轮机热力系统采用单元布置。

1.2 技术规范及热力参数

型 式	亚临界、中间再热、高中压合缸、双缸、双排汽、单轴、凝汽式汽轮机
型 号	N300 - 16.7/538/538
额定功率	300MW
最大功率	保证不小于 327MW(高压加热器正常投运时)
额定汽压	16.7MPa(170ata)
额定汽温	538℃
再热汽温	538℃
额定蒸汽流量	908.0t/h
额定转速	3000r/min
额定冷却水温	20℃
额定背压	4.9kPa(0.05ata)

续表

转 向	从汽轮机端向发电机端看为顺时针
回热级数	三级高压加热器、四级低压加热器、一级除氧器
额定给水温度	272.4℃
给水泵驱动方式	小汽轮机驱动(小汽轮机额定背压 6.28kPa)
末级叶高	905mm
分 缸	高中压缸:BB-0243;低压缸:BB-074
热耗(额定工况)	7921kJ/(kW·h)
保证汽耗	3.072kg/(kW·h)
汽轮机在工作转速下轴振	正常 $\leq 0.076\text{mm}$; 报警值为 0.125mm; 跳机值为 0.25mm

1.3 主要技术数据

最大连续功率(VWO+5%OP)	(MW)	326
主汽阀前蒸汽压力(VWO+5%OP)	(MPa)	17.5
主蒸汽进汽量(VWO+5%OP)	(t/h)	1025
再热汽阀前蒸汽压力(VWO+5%OP)	(MPa)	3.59
再热蒸汽量(VWO+5%OP)	(t/h)	834.7
汽轮机夏季运行最高背压	(kPa)	11.8
汽轮机最大允许背压	(kPa)	18.6
汽轮机变压运行范围	(%)	18~81
汽轮机通流 部分级数	高压缸	1(调节级)+11(压力级)
	中压缸	9级
	低压缸	2×7级
转子脆性转变温度 (℃)	高、中压	116
	低 压	13
低压转子末叶片最大外圆直径 (mm)		3548.36

续表

汽轮机 主要部件质量 (kg)	主汽阀—调节汽阀		17237
	再热主汽阀—调节汽阀		12930
	高、中压转子		26535
	高、中压外上缸		33142
	高、中压外下缸		36288
	低压转子		62790
	低压外上缸		36887
	低压外下缸		91574
	润滑油 组合油箱	(充油时)	33970
	(不充油时)	11407	
汽轮机转子轴系扭转振动固有频率			18.17/24.18/59.70/122.86 /126.42/133.68/147.94
汽轮发电机组 临界转速 (r/min)	高、中压转子		—阶 1732/二阶 > 4000
	低压转子		—阶 1583/二阶 > 4000
	发电机转子		—阶 867/二阶 2256
	励磁机转子		—阶 2532/二阶 > 4000

1.4 汽轮机结构

结构简图见图 1-1。

1.4.1 进汽室

有两组主汽阀—蒸汽室组件，每组有一只高压主汽阀与三只调节汽阀，分别装在汽缸两侧。主汽阀为卧式，调节汽阀为球形阀。主汽阀直接固定在基础上，是膨胀的死点。再热主汽阀与再热调节汽阀联为一体，共两只，分别装在汽缸两侧的恒作用力支架上，再热主汽阀是摇板直流式，再热调节汽阀为特殊设计的球形阀。各蒸汽阀的开启位置分别由各自单独的伺服执行机构所控制。

1.4.2 高、中压汽缸和低压缸

高、中压缸为双层缸，通流部分相对布置。

高、中压外缸是合金钢铸件，沿水平中分面分开，形成上缸和下缸，下缸由四只与端部铸成一体且向上折曲的猫爪支托，猫爪的支承面与汽缸的中分面一致。

两只分开的高压内缸和中压内缸也是合金钢铸件，沿水平中分面分开，形成上缸和下缸。在水平中分面处，内缸支承在外缸上，顶部和底部用定位销导向，以保持汽轮机轴线的正确位置，同时，允许随着温度的变化自由地膨胀和收缩。

低压缸由一只外缸、两只内缸和隔热罩组成，从进汽口至凝汽器间的温差，由三道壁来分配。低压外缸和内缸均是焊接结构，在水平中分面上分开，形成上缸和下缸。蒸汽从中央进入分别流向各端，然后再向下流过排汽口进入凝汽器。

1.4.3 转子

高、中压转子由合金钢（30Cr1Mo1V）锻件整体加工制成，另用一短轴由螺栓连接在进汽端，以形成推力盘，并装有主油泵叶轮和危急遮断器。

低压转子也由合金钢（30Cr2Ni4MoV）锻件加工制成。整个转子在全部装完叶片和加工后，进行了热箱试验和精确的动平衡试验。

高、中压转子和低压转子之间用法兰刚性联轴节连接，这样形成的旋转单元由高、中压转子推力盘与推力轴承轴向定位。低压转子依次用法兰刚性联轴节，通过中间轴与发电机转子连接，中间轴与发电机联轴节之间装有盘车齿轮。这样形成的主旋转单元（包括高中压转子、低压转子和发电机转子、励磁机转子等）被支承在七个轴承上。

1.4.4 轴承

汽轮机有四只径向轴承，高、中压转子和低压转子各两只。两只高、中压轴承为可倾瓦式径向轴承。低压前轴承下部为可倾瓦式，上部为圆柱形；低压后轴承为圆柱形轴承。推力

轴承为巴氏合金结构，前后各有六块推力瓦块，运行中能自动保持每一瓦块上的负荷均匀。发电机有两只轴承，励磁机只有一只轴承。

1.4.5 润滑油箱

润滑油箱为组合式油箱。油系统中的大部分部件，如注油器、交直流油泵、除油雾器、排油烟风机及高压备用密封油泵，均装在其中，整个油箱结构紧凑。油箱内还装有电加热器，启动时供加热润滑油用。润滑油管道为套装式，高压油管装在回油管中，如有漏油，可不漏在机房中，保证了安全。

1.4.6 盘车装置

盘车装置是汽轮机启、停时作为转子低速盘车之用，以便使汽轮机的转子获得均匀的加热和冷却，可使由于转子温度不均匀而引起的挠曲减低到最小程度。

盘车装置装设在低压缸发电机端的轴承座上，由 37kW 的电动机驱动，通过链轮、蜗轮蜗杆及二级减速齿轮、传动汽轮机与发电机联轴节之间的大齿轮，从而使它能以大约 3r/min 的转速来转动转子。

小齿轮轴和齿轮的衬套材料为含油的多孔青铜，不需要润滑。

1.5 热力系统

新蒸汽首先通过主汽阀，然后流过调节汽阀，进入高压缸做功。调节汽阀控制着进入高压缸的蒸汽流量。这些蒸汽通过三根导管连接汽缸上半部的进汽套管，通过另三根导管连接汽缸下半部的进汽套管，每根套管通过滑动接头与一喷嘴室连接。

经过高压缸膨胀做功后的蒸汽，从外缸下部的一个排汽口流至锅炉再热器，经再热的蒸汽通过两只中压主汽阀和中压调节汽阀，进入中压缸做功。中压调节汽阀出口通过滑动接头与中压下缸的进汽室相连。经过中压缸膨胀做功后的蒸汽，再经

连通管进入低压缸，蒸汽从低压缸通流部分的中央进入，并流向两端的排汽口进入凝汽器。

在每只汽缸上都设有抽汽口，第 7 级后抽出第一级抽汽供 1 号高压加热器；第 11 级后（高压缸排汽）抽出第二级抽汽供 2 号高压加热器及辅助用汽；第 16 级后抽出第三级抽汽供 3 号高压加热器；第 20 级后（中压缸排汽）抽出第四级抽汽供除氧器、小汽轮机及其他辅助用汽；第 22 级后（调阀端）抽出第五级抽汽供 5 号低压加热器；第 31 级后（发电机端）抽出第六级抽汽供 6 号低压加热器；第 25/32 级后抽出第七级抽汽供 7 号低压加热器；第 26/33 级后抽出第八级抽汽供 8 号低压加热器。

1.5 汽轮机控制系统

该机组的调节系统采用数字式电液控制系统（DEH），主要完成两个功能：汽轮机转速控制和汽轮机负荷控制。它由五部分组成：固态电子控制器（属热控）、蒸汽阀执行机构、EH 供油系统、危急遮断系统、运行人员操作盘、CRT 和打印机。

1.6.1 固态电子控制器（属热控）

电子控制器，是将转速或负荷的给定值和汽轮机各反馈信号进行基本运算，并发出控制各蒸汽阀伺服执行机构的输出信号。该控制器的硬件，由一台具有磁心存储器的数字计算机和一套装于框架上的数模部分的印制电路板插件所组成。

1.6.2 蒸汽阀执行机构

各个蒸汽阀的位置是由各自的执行机构来控制的。执行机构由一个液压油缸所组成，其开启由 EH 油压驱动，而关闭是靠弹簧力。液压油缸与一个控制块连接，在这个控制块上装有隔离阀、快速卸载阀和逆止阀。

1.6.3 EH 供油系统

EH 供油系统的功能是提供 EH 油，并由它来驱动伺服执

行机构，以调节汽轮机各蒸汽阀开度。EH 油是一种三芳基磷酸酯，它具有良好的抗燃性能和流体稳定性。

EH 油泵出油经过控制块滤油器、卸载阀、逆止阀和溢油阀，然后进入高压集管和蓄能器。卸载阀将油泵出口连接到蓄能器和高压集管，以常压 14.47MPa 向系统供油。管道上的逆止阀可防止 EH 油反流。高压集管上的过压阀是防止 EH 系统油压过高而设置的。当油压增加到 15.85MPa ~ 16.2MPa 时，它就将出口高压油压回入油箱。

EH 回油经一个方向控制阀引导，流经冷油器，再回入油箱。

1.6.4 危急遮断系统

该机具有一个机械超速飞锤和一个现场手动脱扣手柄，两者任一动作时将泄去机械—手动遮断油，使隔膜阀上部油压失去，在弹簧力的作用下打开隔膜阀，泄去 EH 遮断油而停机。机械—手动遮断油与 EH 遮断油互不相通。

位于前轴承座上的危急遮断控制块中有六个电磁阀。其中四个是自动停机遮断电磁阀 20/AST。在正常运行时，它们是被励磁关闭的，从而封闭了自动停机遮断总管中 EH 遮断油的泄油通道，使所有蒸汽阀执行机构活塞下部的油压建立起来；当电磁阀失电而被打开时，则泄去总管中 EH 遮断油，所有蒸汽阀执行机构活塞下部的油压将消失，使各蒸汽阀关闭而停机。20/AST 电磁阀采用串并联布置，从而具有多重的保护性。每个通道中必须至少有一个电磁阀打开，才可导致停机。引起停机的原因有：轴承油压过低、EH 油压过低、推力轴承磨损过大、凝汽器真空过低、超速以及一个用户停机手段等。

另外两个是超速保护控制器电磁阀 20/OPC，它们受 DEH 控制器的 OPC 保护部分所控制，并联布置。正常运行时，两个电磁阀 20/OPC 被励磁关闭，封闭了 OPC 总管油液的泄放通道，使高、中压调节汽阀的执行机构活塞下部建立起油压。当机组转速达 103% 额定转速时，OPC 动作，这两个电磁阀失电

而被打开，泄去 OPC 总管油液，各调节汽阀执行机构上的快速卸载阀就开启，各调节汽阀执行机构将因活塞下部的油压消失而迅速关闭。当机组转速下降到额定转速时，这两个电磁阀又被励磁关闭，各调节汽阀重新打开，并由主汽阀来控制机组转速。

在自动停机危急遮断油路和 OPC 油路之间的逆止阀，是用来当 OPC 动作时，维持前者油路中的油压。