

600MW火电机组系列培训教材
第五分册



汽轮机设备检修

中国大唐集团公司 | 组编
长沙理工大学



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

5



600MW火电机组系列培训教材

- 第一分册 单元机组集控运行
- 第二分册（上）单元机组设备运行 锅炉设备与运行
- 第二分册（中）单元机组设备运行 汽轮机设备与运行
- 第二分册（下）单元机组设备运行 电气设备与运行
- 第三分册 辅控集控设备及运行
- 第四分册 点检定修管理
- **第五分册 汽轮机设备检修**
- 第六分册 电气设备检修
- 第七分册 锅炉设备检修
- 第八分册 热工控制系统及设备

ISBN 978-7-5083-9583-8



9 787508 395838 >

定价：41.00元

上架建议：电力工程/火力发电

600MW火电机组系列培训教材
第五分册

汽轮机设备检修

中国大唐集团公司 组编
长沙理工大学
王运民 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

为确保 600MW 火电机组的安全、稳定、经济运行,提高 600MW 火电机组的生产运行人员、检修人员和技术管理人员的技术素质和管理水平,适应员工岗位培训工作的需要,中国大唐集团公司和长沙理工大学组织编写了《600MW 火电机组系列培训教材》。

本书是《600MW 火电机组系列培训教材》中的第五分册。全书系统全面地介绍了我国三大动力集团生产的引进型 600MW 汽轮机及其辅助设备的结构、原理、性能及检修工艺方法等。书中内容共分五章,包括汽轮机设备检修的概述,汽轮机本体设备检修,汽轮机调节、保安和油系统设备检修,汽轮机辅机系统设备检修,汽轮机管道阀门检修等。

本套教材适用于 600MW 及其他大型火电机组的岗位培训和继续教育,也可供从事 600MW 及其他大型火电机组设计、安装、调试、运行、检修的工程技术人员和管理人员阅读,并可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽轮机设备检修 / 中国大唐集团公司, 长沙理工大学组编.
北京: 中国电力出版社, 2009.12

(600MW 火电机组系列培训教材: 5)

ISBN 978-7-5083-9583-8

I. 汽… II. ①中…②长… III. 火电厂-蒸汽透平-检修-技术培训-教材 IV. TM621.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 191050 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

2009 年 12 月第一版 2009 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 195 印张 477 千字

印数 0001—5000 册 定价 41.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《600MW 火电机组系列培训教材》
编 委 会

主 任 翟若愚

副 主 任 刘顺达 钟 俊 杨 庆 王 琳 蔡哲夫

邹嘉华 胡绳木 熊 皓 吴 静 金耀华

常 务 委 员 武洪举 高智溥 洪源渤

委 员 杨俊平 阮大伟 侯国力 雷 鸣 赵丕友

黄竹青 张 健 王彤音 张成虎

总 编 邹嘉华

副 总 编 武洪举 杨俊平

执行副总编 雷 鸣

编写工作组:

组 长 雷 鸣

副 组 长 张成虎 陈 荐

成 员 赵晓旻 刘 军 赵士杰 孙希瑾 戴曙光

近年来,为进一步深入落实实践科学发展观以及适应国家节能减排及环保的需求,大容量、高参数、高自动化的大型火力发电机组在我国日益普及。600MW火电机组因其具有大容量、高参数、低能耗、低污染、高可靠性等优点,现已成为我国火力发电厂的主力机型。为确保600MW火电机组的安全、可靠、经济及环保运行,600MW火电机组从业人员的岗位培训显得十分重要。

为适应这一形势发展的需要,中国大唐集团公司与长沙理工大学组织人员编写了《600MW火电机组系列培训教材》。本系列教材目前包括《单元机组集控运行》、《单元机组设备运行》、《辅控集控设备及运行》、《点检定修管理》、《汽轮机设备检修》、《电气设备检修》、《锅炉设备检修》、《热工控制系统及设备》共八册。今后还将根据电力技术发展情况,不断地充实完善。

本系列教材适用于具有大中专及以上文化程度的600MW及其他大型火电机组生产人员和技术管理人员的岗位培训和继续教育,也可供从事600MW及其他大型火电机组设计、安装、调试、运行、检修的工程技术人员和管理人员阅读,以及高等院校相关专业师生参考。

《汽轮机设备检修》是本系列培训教材中的第五分册。全书比较系统全面地介绍了我国三大动力集团生产的引进型600MW汽轮机及其辅助设备的结构、原理、性能、检修工艺方法等,内容包括:汽轮机设备检修的概述,汽轮机本体设备检修,汽轮机调节、保安和油系统设备检修,汽轮机辅机系统设备检修,汽轮机管道阀门检修等。

本书由长沙理工大学王运民主编。第一、二、四、五章由王运民编写,第三章由杨继明编写。

本书由刘瑞、石建东、于晓龙担任编审,他们对本书进行了认真的审阅,提出了很多宝贵的意见与建议,并在教材编写过程中提供了许多重要的参考资料,在此谨表诚挚的谢意。

本书在编写过程中得到了福建大唐国际宁德发电有限责任公司、内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司、浙江大唐国际乌沙山发电有限责任公司、大唐湘潭发电有限责任公司、大唐华银金竹山火力发电分公司等单位的大力支持,同时也得到了大唐洛阳首阳山发电厂孙宏臣、大唐湘潭发电有限责任公司张正坤、大唐华银金竹山火力发电分公司陶志宏、陈忠雄的热情帮助,并参阅了相关电厂、制造厂、设计院、安装单位和高等院校的技术资料、说明书、图纸等,在此一并表示感谢。

本系列教材由长沙理工大学陈冬林教授负责统稿。

由于编者水平所限和编写时间紧迫,疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2009年7月

前言

第一章 概述	1
第一节 汽轮机组检修施工管理.....	1
第二节 汽轮机组检修相关技术标准.....	3
第三节 汽轮机组金属材料.....	4
第四节 国产典型 600MW 汽轮机技术规范及结构简介.....	8
第二章 汽轮机本体设备检修	20
第一节 概述.....	20
第二节 汽缸及滑销系统.....	24
第三节 隔板（静叶环）.....	45
第四节 汽封.....	53
第五节 转子及叶片.....	63
第六节 汽轮机找中心.....	86
第七节 汽轮机组轴承.....	92
第八节 盘车装置.....	106
第三章 汽轮机调节、保安和油系统设备检修	110
第一节 概述.....	110
第二节 电液调节系统.....	111
第三节 汽轮机保安控制系统.....	116
第四节 主汽门、再热主汽门和调节汽门.....	132
第五节 汽轮机抗燃油系统主要设备.....	153
第六节 汽轮机润滑油系统主要设备.....	162
第四章 汽轮机辅机系统设备检修	181
第一节 凝结水系统设备.....	181
第二节 给水除氧系统设备.....	190
第三节 真空系统设备.....	222
第四节 循环水系统设备.....	237

第五节	发电机冷却系统和密封油系统设备	242
第六节	直接空冷系统设备	256
第五章	汽轮机管道阀门检修	266
第一节	概述	266
第二节	汽轮机系统常用阀门	270
第三节	阀门的检修	276
第四节	阀门填料的选择及更换填料的方法	282
第五节	阀门的研磨	283
第六节	阀门常见故障及处理	287
第七节	弯管的工艺方法	289
第八节	高温、高压管道	292
参考文献		303

第一章

概 述

第一节 汽轮机组检修施工管理

一、汽轮机组检修的目的及范围

随着电力工业的快速发展,汽轮机组也日趋大型化和复杂化。为保证在两次大修间隔内机组能持续可靠地运行,必须对机组进行必要的检修。认真做好汽轮机的检修工作,是保证电厂安全经济运行,提高发电设备可用系数,充分发挥设备潜力的重要措施,同时也是设备全过程管理的一个重要环节。

通过检查和修理以恢复或改善汽轮机组原有性能的工作,称为汽轮机组检修。汽轮机组检修的范围除汽轮机转子、汽缸、隔板、轴承等本体部件外,还包括调节、保安系统设备,供油系统设备,辅助系统设备,以及管道阀门设备等。

二、设备检修等级

设备检修等级是以机组检修规模和停用时间为原则,将机组的检修分为 A、B、C、D 四个等级。

(1) A 级检修。A 级检修是指对机组进行全面的解体检查和修理,以保持、恢复或提高设备性能。

(2) B 级检修。B 级检修是指针对机组某些设备存在的问题,对机组部分设备进行解体检查和修理。B 级检修可根据机组设备状态的评估结果,有针对性地实施部分 A 级检修项目或定期滚动检修项目。

(3) C 级检修。C 级检修是指根据设备的磨损、老化规律,有重点地对机组进行检查、评估、修理和清扫。C 级检修可进行少量零件的更换、设备的消缺、调整、预防性试验等作业,以及实施部分 A 级检修项目或定期滚动检修项目。

(4) D 级检修。D 级检修是指机组总体运行状况良好,而仅对主要设备的附属系统和设备进行消缺。D 级检修除进行附属系统和设备的消缺外,还可根据设备状态的评估结果,安排部分 C 级检修项目。

三、设备检修间隔和停用时间

1. 设备检修间隔

(1) 汽轮发电机组的 A 级检修间隔和检修等级组合方式可按表 1-1 的规定执行。

(2) 发电企业也可根据机组的技术性能或实际运行小时数,适当调整 A 级检修间隔和采用不同的检修等级组合方式,但应进行技术论证,并经其上级主管机构批准。

(3) 对于每周不少于两次启停调峰的火电机组、累计运行 15 万 h 及以上的国产火电机组和燃用劣质燃料(低位发热量低于 14 654kJ/kg)的机组,其 A 级检修间隔可小于表 1-1 的规定,并可视具体情况,每年增加一次 D 级检修或一次 D 级检修的停用时间。

表 1-1 机组 A 级检修间隔和检修等级组合方式

机组类型	A 级检修间隔 (年)	检修等级组合方式
进口汽轮发电机组	6~8	组合原则: 在两次 A 级检修之间安排一次机组 B 级检修; 除有 A、B 级检修年外, 每年安排一次机组 C 级检修, 并可视情况, 每年增加一次 D 级检修。如 A 级检修间隔为 6 年时, 检修等级组合方式为 A—C (D)—C (D)—B—C (D)—C (D)—A (即第一年可安排 A 级检修 1 次, 第二年可安排 C 级检修 1 次, 并可视情况增加 D 级检修 1 次, 以后照此类推)
国产汽轮发电机组	4~6	

(4) 新机组第一次 A/B 级检修可根据制造厂要求、合同规定以及机组的具体情况决定。若制造厂无明确规定, 一般安排在正式投产后 1 年左右。

2. 设备检修停用时间

(1) 汽轮发电机组检修标准项目的停用时间可参照表 1-2 的规定执行。

表 1-2 汽轮发电机组标准项目检修停用时间

机组容量 P (MW)	检修等级 (d)			
	A	B	C	D
$100 \leq P < 200$	32~38	14~22	9~12	5~7
$200 \leq P < 300$	45~48	25~32	14~16	7~9
$300 \leq P < 500$	50~58	25~34	18~22	9~12
$500 \leq P < 750$	60~68	30~45	20~26	9~12
$750 \leq P \leq 1000$	70~80	35~50	26~30	9~15

注 检修停用时间已包括带负荷试验所需的时间。

(2) 母管制锅炉和供热汽轮发电机组的检修停用时间可根据与其锅炉铭牌出力所对应的凝汽式汽轮发电机组容量查出, 见表 1-2, 并可酌情增加 1~3d。

(3) 若因设备更换重要部件或其他特殊需要, 机组检修停用时间可适当超过表 1-2 的规定。

四、设备检修施工中的工程管理

1. 检修前准备工作的检查与落实

(1) 根据审批部门下达的检修计划, 各基层企业修订本企业年度检修计划, 各检修车间 (检修公司或队) 应编制施工计划和进度网络图, 开工前各班 (组) 应根据检修车间 (检修公司或队) 编制的施工计划和进度网络图, 编制出本班 (组) 作业计划。

(2) 所需材料、备品及加工件均已备齐并验收合格或落实了计划供应。

(3) 安全用具、专用器具、交通工具、起重工具、交通设施等均已备齐并试验合格。

(4) 参加检修的人员已经落实, 且经过了安全、技术培训与考试。

(5) 安全、技术措施均已得到落实, 检修和重大特殊等项目的负责人已明确。

(6) 检修场地平面布置、网络计划进度均已安排完毕。

2. 施工中的管理

(1) 列入计划检修的发电设备必须按现场规程的规定停止运行, 并有保证安全的组织措施和技术措施。

(2) 参加检修工作的人员要明确各自的任务与责任, 检修开工后, 严格执行规程, 保证人身安全。

(3) 要加强施工管理,采用网络计划管理技术,厂(公司)、检修车间(检修公司或队)、班(组)的网络计划要协调、配套。在施工过程中,针对出现的问题,不断加以优化,以实现最佳效果。

(4) 严格质量标准,执行工艺规程,遵守工艺纪律。修复后的设备要达到满出力,无泄漏,修前缺陷得到消除,并达到了验收质量标准。

(5) 施工中要每日或分段召开碰头会,随时掌握和平衡施工进度,解决检修中遇到的技术、材料问题,做好劳动力调配,保证工期按时完成。

(6) 认真做好原始记录,特别是解体装配的测量数据、试验数据以及更换部件、改变设备结构或接线方式等,均要做到记录正确完整,必要时附图纸说明。

(7) 检修工作中要注意工器具的使用与保管,防止损坏及丢失。每日收工时要清点工器具,并做好现场卫生。

3. 检修后的设备启动运行

(1) 检修后启动试运前,应由设备检修部门向各有关运行部门写出设备和系统变更情况、重大缺陷检查处理情况和分步试运情况的检修移交书,并按现场规程的规定,办理竣工手续,检修后的设备正式移交运行。

(2) 设备检修后须启动设备才能鉴定设备检修动态质量时,事先应终结工作票或将工作票交给运行人员,由运行人员进行检查和启停操作。若需继续检修,则须重新办理工作票或向运行人员索回工作票,否则不得继续进行检修工作。

(3) 检修后的设备整体启动试运由生产副厂长(副总经理)或总工程师批准。如有重大项目检修时,应制定试运行措施,整体试运行结果纳入验收评价。

(4) 检修后试运的组织、责任和事故处理工作要特别明确责任制,在现场必须明确试运行领导人、现场指挥、运行操作、事故处理、设备检修等职责分工。

第二节 汽轮机组检修相关技术标准

我国汽轮机设备检修主要执行以下技术标准:

- (1) GB/T 7596—2000 电厂用运行中汽轮机油质量标准
- (2) SD 339—1989 钛材管板焊接技术规程
- (3) 电安生[1994]227号 电业安全工作规程(热力和机械部分)
- (4) DL/T 838—2003 发电企业设备检修导则
- (5) DL/T 5011—1992 电力建设施工及验收技术规范(汽轮机机组篇)
- (6) DL/T 5031—1994 电力建设施工及验收技术规范(管道篇)
- (7) DL/T 869—2004 火力发电厂焊接技术规程
- (8) DL 438—2000 火力发电厂金属技术监督规程
- (9) DL/T 246—2006 化学监督导则
- (10) DL/T 1031—2006 运行中发电机用油质量标准
- (11) DL/T 705—1999 运行中氢冷发电机用密封油质量标准
- (12) DL/T 801—2002 大型发电机内冷却水质及系统技术要求
- (13) DL/T 571—2007 电厂用磷酸酯抗燃油运行与维护导则

- (14) DL/T 439—2006 火力发电厂高温紧固件技术导则
- (15) DL/T 694—1999 高温紧固螺栓超声波检验技术导则
- (16) DL/T 5072—2007 火力发电厂保温油漆设计规程
- (17) DL/T 776—2001 火力发电厂保温材料技术条件
- (18) DL/T 505—2005 汽轮机主轴焊缝超声波探伤规程
- (19) DL/T 711—1999 汽轮机调节控制系统试验导则
- (20) DL/T 714—2000 汽轮机叶片超声波检验技术导则
- (21) DL/T 717—2000 汽轮发电机组转子中心孔检验技术导则
- (22) DL/T 824—2002 汽轮机电液调节系统性能验收导则
- (23) DL/T 863—2004 汽轮机启动调试导则
- (24) DL/T 925—2005 汽轮机叶片涡流检验技术导则
- (25) DL/T 531—1994 电站高温高压截止阀、闸阀技术条件
- (26) DL/T 746—2001 电站蝶阀选用导则
- (27) DL/T 922—2005 火力发电用钢制通用阀门订货、验收导则
- (28) DL/T 923—2005 火力发电用止回阀技术条件
- (29) DL/T 5366—2006 火力发电厂汽水管道应力计算技术规程
- (30) DL/T 616—2006 火力发电厂汽水管道与支吊架维修调整导则
- (31) DL/T 5054—1996 火力发电厂汽水管道设计技术规定
- (32) DL/T 473—1992 大直径三通锻件技术条件
- (33) DL/T 5017—2007 水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范
- (34) DL/T 695—1999 电站钢制对焊管件
- (35) DL/T 709—1999 压力钢管安全检测技术规程
- (36) DL/T 785—2001 火力发电厂中温中压管道（件）安全技术导则
- (37) DL/T 715—2000 火力发电厂金属材料选用导则
- (38) DL/T 678—1999 电站钢结构焊接通用技术条件
- (39) DL/T 752—2001 火力发电厂异种钢焊接技术规程
- (40) DL/T 753—2001 汽轮机铸钢件补焊技术导则
- (41) DL/T 868—2004 焊接工艺评定规程
- (42) DL/T 521—2004 真空净油机验收及使用维护导则
- (43) DL/T 581—1995 凝汽器胶球清洗装置和循环水二次过滤装置
- (44) DL/T 511—1993 电站设备备品配件分类与编码导则
- (45) Q/CDT 207 0001—2006 设备点检定修管理导则（试行）
- (46) 厂家各种设备的技术标准

第三节 汽轮机组金属材料

一、国产亚临界及以下压力汽轮机零件材料

（一）叶片及其附件材料

1. 叶片材料

叶片材料主要根据工作温度和应力水平选择。汽轮机常用叶片材料在常温和高温下的机

械性能见表 1-3。常温下的机械性能是指屈服极限 $\sigma_{0.2}$ 、强度极限 σ_b 、延伸率 δ_s 、断面收缩率 φ 与室温冲击韧性 α_k ；物理性能是指材料密度 ρ 、线膨胀系数 β 与弹性模量 E ；高温强度指标则是指蠕变极限 σ_c 、持久强度极限 σ_t 与高温蠕变极限 $\sigma'_{0.2}$ 。其中，蠕变极限是指钢材产生 $1 \times 10^{-5}\%$ /h [或产生 1×10^{-7} mm/(mm·h)] 的第二蠕变阶段蠕变速度的应力值，也就是在一定温度下工作 10^5 h 后总共产生 1% 的塑性变形所对应的应力值，以 $\sigma'_{1 \times 10^{-5}}$ 来表示；持久强度极限是指钢材在某一温度下工作 10^5 h 刚好发生断裂（或破坏）时对应的应力值，以 σ_{10^5} 表示。

表 1-3 叶片材料的机械性能

材料牌号		1Cr13	2Cr13	20CrMoA	Cr11MoV	Cr12WMoV
最高使用温度 (°C)		475	450	500	550	580
常温 机械 性能	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	410	520	686	490	662
	σ_b (MPa)	610	720	883	686	735
	δ_s (%)	22	21	12	16	15
	φ (%)	60	55	50	55	45
	α_k (J/cm ²)	88	78	98	59	50
物理 性能	ρ (kg/m ³)	7750	7750	7850	7750	7850
	$\beta \times 10^6$ [mm/(mm·°C)]	10.1	10.1		11.4	9.7
	$E \times 10^{-4}$ (MPa)	22	22		21.6	21.2
高温 强度 指标	σ_c (MPa)	$\sigma_{1 \times 10^{-5}}^{450^\circ\text{C}} = 103$	$\sigma_{1 \times 10^{-5}}^{450^\circ\text{C}} = 127$	$\sigma_{1 \times 10^{-5}}^{420^\circ\text{C}} = 284$	$\sigma_{1 \times 10^{-5}}^{550^\circ\text{C}} = 88$	$\sigma_{1 \times 10^{-5}}^{580^\circ\text{C}} = 69$
	σ_t (MPa)	$\sigma_{10^5}^{470^\circ\text{C}} = 216$	$\sigma_{10^5}^{470^\circ\text{C}} = 186$	$\sigma_{10^5}^{420^\circ\text{C}} = 373$	$\sigma_{10^5}^{550^\circ\text{C}} = 157$	$\sigma_{10^5}^{580^\circ\text{C}} = 157$
	$\sigma'_{0.2}$ (MPa)	$\sigma_{0.2}^{400^\circ\text{C}} = 370$	$\sigma_{0.2}^{400^\circ\text{C}} = 400$	$\sigma_{0.2}^{500^\circ\text{C}} = 460$	$\sigma_{0.2}^{500^\circ\text{C}} = 392$	$\sigma_{0.2}^{580^\circ\text{C}} = 412$

2. 围带材料

围带材料与叶片材料基本相同，首先应选用 1Cr13。对围带应力较大的级采用 2Cr13；工作温度在 450 ~ 500°C 时采用 Cr11MoV；级的工作温度高于 500°C 时才采用 Cr12WMoV。

3. 拉筋材料

级的工作温度低于 450°C 时采用 1Cr13；当拉筋应力超过其许用应力值时采用 2Cr13；工作温度高于 450°C 时采用 Cr11MoV。

(二) 叶轮或转子的材料

对汽轮机套装叶轮，常用 30CrMo、35CrMoV；对低压级大型套装叶轮，采用 34CrNi3Mo 或 33Cr3MoWV。

对大型汽轮机高中压转子，应该采用 27Cr2Mo1V、30Cr2MoV 和 20Cr3MoWV，它们可在 540 ~ 550°C 温度下长期工作。

对焊接转子常用 17CrMo1V，可用于 520°C 以下。

常用叶轮、转子材料的机械性能见表 1-4。

表 1-4 叶轮、转子材料的机械性能

材料牌号	34CrMo	35CrMoV	33Cr3MoWV	34CrNi3Mo	17CrMo1V	27Cr2Mo1V	30Cr2MoV	20Cr3MoWV	
最高使用温度 (°C)	500	500	500	450	520	540		550	
常温机械性能	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	490	588	735	735	490	441	531	637
	σ_b (MPa)	657	765	853	853	637	637	704	748
	δ_5 (%)	15	14	12	12	15	15	22.3	13
	φ (%)	35	35	35	35	40	40	68.6	40
	α_k (J/cm ²)	49	49	49	49	59	49	54	49
	$E \times 10^{-4}$ (MPa)	22	22	22	21	21	22		
	$\beta \times 10^6$ (1/K)	12.3		10.6	10.8	12.4			
高温机械性能	σ_c (MPa)				$\sigma_{1 \times 10^{-5}}^{525^\circ\text{C}} = 98$	$\sigma_{1 \times 10^{-5}}^{550^\circ\text{C}} \geq 88$		$\sigma_{1 \times 10^{-5}}^{550^\circ\text{C}} = 88$	
	σ_t (MPa)				$\sigma_{10^5}^{525^\circ\text{C}} = 147$	$\sigma_{10^5}^{550^\circ\text{C}} = 137$		$\sigma_{10^5}^{550^\circ\text{C}} = 181$	
	$\sigma'_{0.2}$ (MPa)				$\sigma_{0.2}^{540^\circ\text{C}} = 240$			$\sigma_{0.2}^{500^\circ\text{C}} = 400$	
用途	叶轮、 主轴、 转子	叶轮	叶轮、 主轴、 转子	叶轮、 主轴、 转子	叶轮、 轮毂	转子	转子	转子	

(三) 汽缸、法兰及螺栓材料

汽缸、法兰及螺栓材料可以根据其工作温度和压力水平不同, 可选用铸钢或合金钢。常用汽缸、法兰及螺栓材料的机械性能见表 1-5。

表 1-5 汽缸、法兰及螺栓材料的机械性能

材料牌号	HT28-48	QT45-5	HT28-48CrMo	ZG25	ZG20CrMo	ZG20CrMoV	ZG15CrMo1V	25Cr2MoVA	
最高使用温度 (°C)	250	320	300	350	480	540	565	500	
常温机械性能	$\sigma_{0.2}$ (MPa)		330		235	245	314	343	735.5
	σ_b (MPa)	280/480	450	275	539	461	490	490	833.6
	δ_5 (%)		5		19	18	14	14	15
	φ (%)				30	30	30	30	50
高温机械性能	试验温度 (°C)				400	470	540	565	500
	σ_c (MPa)				68.6	159	59~98	49~74	78
	σ_t (MPa)				150.0	255~273	137	88~127	186~206
	$\sigma'_{0.2}$ (MPa)				157~196	294	216	485	582.5
用途	铸缸、 法兰	铸缸、 密封环	铸缸、 法兰	铸缸、 法兰	铸缸、 法兰	高中压内缸 及法兰	高中压内缸 及法兰	螺栓	

二、国产超临界汽轮机使用材料的特点

对超临界汽轮机而言，由于主蒸汽参数和再热蒸汽参数的提高，特别是主蒸汽温度和再热蒸汽温度的提高，在亚临界机组上适用的部分材料已不能适应超临界汽轮机的工作状况。因此，超临界汽轮机在选材问题上必须给予高度的重视。

现主要以哈尔滨汽轮机厂和东方汽轮机厂生产的超临界 600MW 汽轮机和亚临界 600MW 汽轮机为例，对其用材方面的不同点进行说明。

1. 哈尔滨汽轮机厂

哈尔滨汽轮机厂超临界 600MW 汽轮机和亚临界 600MW 汽轮机用材方面的不同见表 1-6。

表 1-6 哈尔滨汽轮机厂超临界汽轮机与亚临界汽轮机采用的材料对照

主要零部件	超临界 600MW 汽轮机	亚临界 600MW 汽轮机
高中压转子	10325AB (30Cr1Mo1V)	30Cr1Mo1V
喷嘴	火 SFVAF28	1Cr12Mo
动叶片	MTB10A、12% Cr、10705MBU、10705BU (2Cr12NiMo1W1V)、10705BA (1Cr12Mo)	2Cr12NiMo1W1V 1Cr12Mo
静叶片	HCM9M、9% Cr、10705BA (1Cr12Mo)	1Cr12Mo
高中压外缸	10315BR (ZG15Cr2Mo1)	ZG151Cr1MoA
高中压内缸	MJC12、12% Cr	ZG151Cr1MoA
喷嘴室	MJC12、12% Cr	1Cr12Mo
汽缸用的螺栓	MTB10A、12% Cr、10705MBU、10705BU (2Cr12NiMo1W1V)、20Cr1Mo1VTiB	20Cr1Mo1VTiB 25Cr2MoV
高压主汽调节阀壳	火 SFVAF28、9% Cr	ZG15Cr2Mo1
高压主汽调节阀用螺栓	M-8B (R-26)	20Cr1Mo1VTiB
再热主汽调节阀壳	10315BR (ZG15Cr2Mo1)	ZG15Cr2Mo1
再热主汽调节阀用螺栓	ZG15Cr2Mo1	20Cr1Mo1VTiB
高压导汽管	ASME SA-335 P91	12Cr2Mo1
中压导汽管	ASTM A387 GR22 CL1	12Cr2Mo1
低压转子	超纯 30Cr2Ni4MoV	普通 30Cr2Ni4MoV

超临界 600MW 汽轮机主汽调节阀壳体和主汽管采用 9% Cr 锻钢，以适应主蒸汽温度和压力变化的要求；同时，主汽阀壳体和主汽管采用同种材质，可避免现场异种钢焊接，有利于施工。

超临界 600MW 汽轮机低压缸进汽温度由亚临界的 320℃ 升至 370℃，亚临界使用的普通 30Cr2Ni4MoV 转子材料长期时效脆性敏感性高，不能满足机组长期安全运行的要求。因而超临界 600MW 汽轮机改用超纯 30Cr2Ni4MoV 转子材料。由于该种材料含磷、硫杂质少，因此降低了材料的长期时效脆性敏感性，使低压转子长期安全运行得到了保障。

2. 东方汽轮机厂

表 1-7 给出了东方汽轮机厂超临界 600MW 汽轮机与亚临界 600MW 汽轮机用材方面的对比。

表 1-7 东方汽轮机厂超临界汽轮机与亚临界汽轮机采用的材料对照

主要零部件	超临界 600MW 汽轮机		亚临界 600MW 汽轮机	
	高中压转子	Cr - Mo - V 钢	改良型 30Cr1Mo1V	Cr - Mo - V 钢
低压转子	Ni - Cr - Mo - V 钢	30Cr2Ni4MoV 超纯净钢	Ni - Cr - Mo - V 钢	30Cr2Ni4MoV
高压外缸	Cr - Mo - V 钢	ZG15Cr1Mo1V	Cr - Mo 钢	ZG15Cr1Mo1
高压内缸	Cr - Mo - V 钢	改良型 ZG15Cr1Mo1V	Cr - Mo 钢	ZG15Cr1Mo1
喷嘴室	Cr - Mo - V 钢	改良型 ZG15Cr1Mo1V	Cr - Mo - V 钢	ZG15Cr1Mo1V
中压外缸	Cr - Mo - V 钢	ZG15Cr1Mo1V	Cr - Mo 钢	ZG15Cr1Mo1
中压内缸	Cr - Mo - V 钢	改良型 ZG15Cr1Mo1V	Cr - Mo 钢	ZG15Cr1Mo1
低压外缸	碳钢	Q - 235B	碳钢	Q - 235B
低压内缸	碳钢	20g、Q - 235B	碳钢	20g、Q - 235B
高中压叶片	Cr - Mo - W - Nb 钢	KT5905S0	—	—
	Cr - Mo - Nb - V 钢	KT5300	Cr - Mo - Nb - V 钢	KT5300
	Cr - Mo - W - V 钢	KT5301	Cr - Mo - W - V 钢	KT5301
低压叶片	12Cr 钢	KT5302	12Cr 钢	KT5302
	Cr - Ni - Mo - V 钢	KT5312AS6	Cr - Ni - Mo - V 钢	KT5312AS6
汽缸螺栓	Cr - Mo - W - V 钢	KT5301	Cr - Mo - W - V 钢	KT5301
	Cr - Mo - V 钢	KT5008	Cr - Mo - V 钢	KT5008
	碳钢		碳钢	
主汽阀壳	12Cr 钢	ZG1Cr11MoNbVN	Cr - Mo 钢	ZG15Cr1Mo1
主汽阀杆	Ni - Co - Cr - Mo - Ti	R - 26	Cr - Mo - W - V 钢	KT5301
调节阀壳	Cr - Mo - V 钢	改良型 ZG15Cr1Mo1V	Cr - Mo 钢	ZG15Cr1Mo1
调节阀杆	Ni - Co - Cr - Mo - Ti	R - 26	Cr - Mo - W - V 钢	KT5301
主蒸汽管道	Cr - Mo - Nb - V 钢	P91	Cr - Mo - V 钢或 Cr - Mo 钢	12Cr1MoV 或 12Cr2MoG

第四节 国产典型 600MW 汽轮机技术规范及结构简介

一、亚临界 600MW 汽轮机

(一) 哈尔滨汽轮机厂 N600 - 16.7/537/537 型汽轮机

1. 技术规范

哈尔滨汽轮机厂 N600 - 16.7/537/537 型汽轮机主要参数及设计指标见表 1-8。

表 1-8 哈尔滨汽轮机厂 N600 - 16.7/537/537 型汽轮机主要参数及设计指标

主要参数	单位	设计指标
额定功率	MW	600
主蒸汽压力	MPa	16.67
主蒸汽温度	℃	537
额定功率主蒸汽流量	t/h	1783