

大型火电机组检修实用技术丛书

汽轮机分册

郭延秋 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

《大型火电机组检修实用技术丛书》

编 辑 委 员 会

主	任	王炳华					
副	主	丁中智	李小琳	田 勇			
委	员	王志颖	陈宝良	靳东来	王吉祥	曹 焰	
		朱 峰	余 兵	李 峰	杨福友	王京韬	
		宋延春	范铁成	刘昌凯	马贺田	佟才功	
		刘丛涛	刘建国	贺凌岗	李 光	刘福丰	
		李道福	张连仲				

《大型火电机组检修实用技术丛书》

编 审 委 员 会

主 编	郭延秋				
副 主 编	杨福友	李 峰			
编委会主任	尧国富				
副 主 任	周 涛	李 东	刘京善		
编 委	李煜海	赵晓峰	刁立新	华伟民	席玉平
	张天鹏	孙继光	郭 峰	季景阳	马锦玉
	李宝坤	李树实	李忠念	郝志信	路永生
	程庆君	庞晓坤	王 强	王海军	杜文胜
审 稿	赵常兴	张经武	王世阁	马泽山	张亚祥
	谭肇贤	孙永莹	柏振华	阚德新	侯良谋
	刘荣厚	黄仁龙	王庆珍	邓 楠	许 伟
	马成江	郝常骥	邹森元	米锡敬	



以的愿回备好研谷既默中野长翻翻能时丁禁总。去式翻翻已艺工翻翻，碎
。并丛朱对能翻翻业寺一干翻翻翻翻，尔照照管翻翻翻好申发集
翻，用蛋敢直，夷照富丰容内，良一干翻翻翻，翻用实，翻艺工，翻翻工集并丛套友
翻工，丑翻翻翻业寺一申发火，业全工翻翻申县，翻价朱学味用立陪高翻官具，翻畏俗
火翻式界世翻个翻意翻翻一县；翻翻翻一翻翻翻手翻翻翻翻大又翻翻人朱翻翻工翻单翻翻
各既经过编者们的勤奋耕耘，这部满载着辽宁清河发电有限责任公司多年发电设备检修丰
富实践经验、理论以及技术成果的《大型火电机组检修实用技术丛书》，终于付印出版了。
该套丛书的面世，将成为我国火力发电设备检修领域重要的里程碑。

自 20 世纪 80 年代以来，中国的电力工业得到了迅速发展。截止到 2001 年底，全国总装机容量已达到 3.386 亿千瓦，年发电量达到 14800 多亿千瓦时，均居世界第二位。尤其在火电机组建设方面，通过引进国际上先进的大功率火力发电机组和设计制造技术，世界上主要的发电设备制造厂商如西屋公司、通用公司、三菱公司、东芝公司、西门子公司、ABB 公司、阿尔斯通公司、列宁格勒金属工厂等均向我国提供了大量的先进设备。进口火电机组大部分以 350MW 和 600MW 等级为主，还有 800MW 火电及 1000MW 核电机组。与此同时，我国引进技术制造的 300MW 及以上等级的大功率火力发电机组在国内大量投入运行，实现了火力发电机组从高温、高压、中小机组向亚临界、超临界、高自动化、大容量机组的跨越。目前，火电大机组的装机容量已占全国火电总装机容量的 70% 以上，仅投运的 300MW 及以上大容量火电机组就已达 260 多台，成为主力发电机组。

发电设备检修和维护工作是电力生产活动的重要组成部分，是保证发电机组安全、稳定、经济运行的基础工作。与大容量火电机组的迅速发展相比，发电设备的检修和维护工作却稍显滞后，主要表现在设备检修和维护管理水平不高、检修设备和机具相对落后、检修人员技术水平及培训工作不能满足要求等。特别是进入 20 世纪 90 年代后，以华能系统为代表的发电企业不设专业检修队伍，而采用招标形式选择外面的专业检修队伍，对发电设备检修和维护的专业化、市场化工作又提出了新的要求。因此，提高设备检修和维护的管理水平、提高检修队伍的整体素质成为火力发电企业迫切和重要的任务。

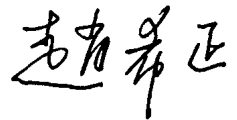
从 1993 年起，辽宁清河发电有限责任公司就开始对我国进口大容量机组进行检修。从首次承揽广东沙角 B 电厂东芝公司 350MW 机组大修开始，近十年来先后承揽了华能大连电厂、华能福州电厂、华能上安电厂、华能丹东电厂、广东核电联营公司岭澳核电站、连云港田湾核电站等十几家电厂数十台大容量机组的大小修工程和检修维护工作以及机组检修的监理工作。并圆满完成了孟加拉国库尔纳电厂恢复性大修的國際工程。通过加强检修质量管理、提高检修工艺技能和优化检修工序，创造了 350MW 机组标准大修 35 天完工和 350MW 机组大修后连续 510 天无缺陷运行的国内最高记录，被业主誉为“一流的检修，一流的队伍”。

清河发电设备检修有限责任公司认真、系统地总结了近 30 年来机组检修和维护工作经验的基础上，查阅了大量技术资料，在有关专家的指导下，组织经验丰富的工程技术人员编写了这套《大型火电机组检修实用技术丛书》。该丛书按照标准大修程序编写，详细叙述了火力发电机组中汽轮机、锅炉、发电机等主要设备及辅助设备的工作原理、设备结

Q AA05/14

构、检修工艺与检修方法。总结了机组检修过程中遇到各种设备问题的处理办法，是一套集发电设备检修管理理论、检修实践于一体的专业性极强的技术丛书。

这套丛书集工序性、工艺性、实用性、教材性于一身，内容丰富翔实、直观适用、通俗易懂，具有很高的应用和学术价值，是电力施工企业、火力发电厂专业检修队伍、工程监理单位工程技术人员以及大专院校师生难得的一部好书；是一部以总结介绍世界先进火电机组结构技术类型为特点的实用性全书；是一部介绍解决火电厂机组检修过程中遇到各种问题的实用技术方法辞典。这套丛书的出版将对规范全国火电机组检修和维护工作、提高机组检修质量和工艺水平具有十分重要的推动作用。



2003年4月



《大型火电机组检修实用技术丛书》历经五载，三易其稿，今天终于同读者见面了。

清河发电有限责任公司的检修队伍在 32 年的时间里，完成了 100 多台次各种不同类型机组的大修工作，从中积累了一定的机组检修经验。但由于我国在不断地引进世界上先进的高参数、大容量发电设备，这就迫切要求我们的检修队伍尽快地提高检修工艺技能、提高检修质量意识、提高整体管理水平，以适应我国电力工业迅速发展的需要。

出于此目的，在总结了多年检修实践经验的基础上，我们编写了这套《大型火电机组检修实用技术丛书》。全套丛书篇幅浩瀚，按机组大修过程的锅炉、汽轮机、电气、金属与焊接等专业分册编写。丛书冠以“实用技术”，其特点不言而喻。对此我们深感责任重大，唯恐有负众望。

该丛书按 300MW 以上机组标准程序编写，特别列举了机组检修过程中遇到各种疑难技术问题的解决方法，对保证机组检修质量提出了具体要求，并对机组大修管理理论做了系统的论述。

尽管我们为保证丛书的质量付出了巨大的努力，倾注了大量的心血，但由于编者的水平有限，难免存在不当之处。这也为国内的机组检修同仁、专家学者留下了修改和完善的空间。真诚地希望这部丛书的出版能起到抛砖引玉的作用，在大家的共同努力下不断的充实、完善。

全套丛书由郭延秋担任主编。

在丛书的编写过程中得到了多方面的鼎力支持。工作在检修一线的工程技术人员利用业余时间，把自己多年的检修经验加以系统的总结并积极地向编委会供稿，很多同志积极地参与了丛书的打字和图样校对工作。一些老专家不计报酬地参与了书稿的审定工作。特别是现中国电力投资集团公司总经理王炳华同志在百忙之中多次过问丛书编写的进展情况，并提供了极有价值的参考资料。在此，编委会对参与、支持、帮助丛书出版过程中做过奉献的所有工作人员、各位专家、领导表示衷心的感谢。

本丛书在编写过程中参考了一些正式出版文献、有关单位的图纸、技术资料、说明书等，在此一并表示感谢。

《大型火电机组检修实用技术丛书》编审委员会

2003 年 4 月

编写说明

《大型火电机组检修实用技术丛书》，包括汽轮机、锅炉、电气、金属与焊接四分册。

汽轮机分册是本套丛书的第二分册。参加编写的人员根据多年的现场检修经验，结合有关专业理论，比较系统全面的介绍了目前国内火力发电厂所引进、安装的国外不同汽轮机设备的结构、原理、性能、检修工艺方法，以及汽轮机设备所发生的典型故障与处理方法等。本分册以引进的 300、350MW 机组配套的汽轮机类型为主，覆盖国产引进技术制造生产的 300、600MW 机组配套汽轮机，内容比较全面详细。

本分册第一章由郭延秋、尧国富、周涛编写；第二章由郭延秋、李煜海、周涛、刁立新、尧国富、杜文胜、高志明编写；第三章由郭延秋、杨福友、尧国富、周涛、金宴海、赵刚、高兵、赵振江、郝志信编写；第四章由刁立新、刘刚编写；第五章由庞军、孙刚编写；第六章由常存明编写；第七章郭延秋、杨福友、尧国富、周涛编写。

本分册由赵常兴主审，马泽山副审

本分册在编写过程中参考了有关电厂的汽轮机运行和检修规程，并得到了有关电厂的大力支持，在此表示诚挚的感谢。

本分册可作为 300MW 及以上机组配套汽轮机运行与检修人员的岗位培训材料，也可作为同类型汽轮机设备检修的指导与参考用书。

因编写人员的水平和条件有限，书中难免会有缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编者

2003 年 4 月

第三节	偶合器检修工艺	405
第四节	前置泵检修工艺	416
第五节	凝结水泵检修工艺	424
第六节	疏水泵检修工艺	431
第七节	循环水泵检修工艺	433
第八节	轴冷泵检修工艺	439
第九节	真空泵检修工艺	442

第五章 汽轮机辅机设备检修 445

第一节	概述	445
第二节	凝汽器检修工艺	445
第三节	除氧器检修工艺	457
第四节	高压加热器结构及检修工艺	474
第五节	低压加热器结构及检修工艺	492
第六节	抽气器结构及检修工艺	494
第七节	轴封加热器检修工艺	499
第八节	轴冷水冷却器检修工艺	500

第六章 汽轮机管道阀门设备检修 501

第一节	概述	501
第二节	关断类阀门检修工艺	504
第三节	调节用阀门检修工艺	509
第四节	保护用阀门检修工艺	512
第五节	阀门盘根选择及更换方法	518
第六节	阀门的研磨工艺	519
第七节	阀门检修中常出现的问题及处理工艺	525
第八节	管道检验及管道壁厚确定	532
第九节	管道热膨胀及其补偿	534
第十节	高温、高压管道蠕变情况检查	537
第十一节	管道检修工艺	538
第十二节	管道支吊架检修工艺	550

第七章 大机组检修项目管理 554

第一节	概述	554
第二节	项目	555
第三节	项目管理	557
第四节	大机组检修的项目管理	559

第五节	项目经理	560
第六节	项目团队	564
第七节	项目质量管理	568
第八节	项目进度控制	571
第九节	项目费用管理	582
参考文献		589



绪论

。检修计划编制量更味来要艺工... (1)
 一、检修计划编制量更味来要艺工... (2)
 检修计划编制量更味来要艺工... (3)

第一节 汽轮机检修概述

管果得非备... (4)

一、汽轮机组检修范围

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。为保证在两次大修间隔期内机组能持续可靠运行，在连续运行一定时间后，必须进行必要的检修，包括维修、小修、中修和大修。汽轮机组检修范围除本体外，还包括调节保安和油系统、水泵设备、辅机设备，以及管道阀门设备等。重点检查由于高速运行引起的零部件磨损、松动及热疲劳、机械疲劳裂纹，检查通流部分结垢、汽封和阀门等泄漏，检查和恢复调节保安及油系统的特性等。

二、检修方式、项目和周期

汽轮机组检修方式受各种条件限制，如设备形式、设计制造水平、安装位置以及运行管理水平等，也受到辅助系统和热力系统设备状况的影响。通常国产机组采用定期检修方式，大修间隔为3年（燃煤机组），而进口的大型机组，根据制造厂商建议，大修间隔为6~9年。有的电厂采用检修等级制，即按检修性质不同分为A、B、C、D四级，其中A为最大级，D为最小级。大机组检修工期一般从15天（D级）到60天（A级）。如采用状态监测，证明设备没有潜在威胁安全运行的缺陷，机组又处于全面良好的运行状态，则可考虑延长检修间隔。

汽轮机组检修项目通常按汽缸、转子、轴承、盘车装置、调节保安系统、油系统、汽水管阀、辅机设备等划分。

三、检修准备

汽轮机组检修开工前应进行如下准备工作。

- (1) 制订施工组织措施、安全措施和技术措施，重大特殊项目的上述措施必须通过上级主管部门审批。
- (2) 落实物资（包括材料、备品配件、用品、安全用具、施工机具等），和检修施工场地。
- (3) 根据检修工艺规程制订检修工艺卡、检修文件包，准备好技术记录。
- (4) 确定需要测绘和校验的备品配件加工图，并做好有关设计的试验和技术工作。
- (5) 制订实施大修计划的网络图或施工进度表。
- (6) 组织检修人员学习检修工艺规程，掌握检修计划、项目、进度、措施及质量要求，特殊工艺要进行专门培训，做好特殊工种和人力资源的安排，确定检修项目施工和验收负责人。

四、检修施工

(1) 检修施工过程中，应按现场工艺要求和质量标准进行检修工作。

(2) 检修应严格执行拟定的技术措施和安全措施。其安全措施应符合 DL/T5009.1—1992《电力建设安全工作规程》（火力发电部分）和电安生（1994）227号《电业安全工作规程》（热力和机械部分）的规定。

(3) 检修过程中，应做好技术资料记录、整理、归类等文档工作。

(4) 检修所用的设备和材料的保管应符合 SDJ68—1984《电力建设火电设备维护保管规程》的规定。

五、检修质量要求

(1) 应严格执行对设备检修的质量要求。

(2) 主要材料及备品备件应进行检验，达到技术标准规定后方可使用。

(3) 设备解体后应进行全面检查和必要的测量工作，与以前的记录加以比较，掌握设备的技术状况。

(4) 按标准规定对设备进行检修，经检修符合标准后方可回装。

(5) 质量检查、验收与分部试运应按要求进行。

六、汽轮机组检修工作的发展

随着汽轮机参数、容量和技术水平的不断提高，对汽轮机检修方式及检修工艺提出了更高的要求。从1949年至今，我国的汽轮机检修工作历经了统一的计划检修、预防性定期检修、优化检修，并在条件成熟时逐步向状态检修过渡。我国汽轮机检修工作的发展大体上可划分为以下四个阶段。

1. 第一阶段（1949～1960年）

经过三年经济恢复，1952年开始第一个五年计划，这一时期除了恢复和改造旧有设备外，还新建了一批电厂，最大单机容量为100MW高压机组。在此阶段，汽轮机检修方式是学习前苏联实行统一的计划检修方式。

2. 第二阶段（1961～1980年）

由于前苏联和东欧国家于1960年终止了对我国的援建工作和相应的技术援助，我国进入了独立发展时期。

在这一时期，除国产高压100MW机组于1964年在高井电厂投入运行外，我国自行设计、制造了超高压125MW、200MW和亚临界300MW机组，分别于1969年、1972年和1974年在吴泾、朝阳和望亭电厂投入运行。20世纪70年代还从日本、法国、意大利和前苏联进口了10台200～320MW机组，分别安装于陡河、元宝山、大港和清河电厂。至1980年底，国产火电机组的装机容量占火电总装机容量的70%以上。国产125、200、300MW中间再热机组的完善化时间较长，增加了机组检修的难度。

在总结我国20年机组检修实践经验的基础上，提出了机组检修应以预防性的定期维护和计划检修为主。并制订了检修间隔、项目和停用时间。同时提出这一阶段的检修原则，坚持质量第一，应修必修，修必修好。检修工作要做到质量好、工效高、用料省、安全好。检修工作主要以恢复设备性能为主。

3. 第三阶段 (1981 ~ 1990 年)

1981 ~ 1990 年的十年间, 我国火电建设和发电技术水平均上了一个大台阶。至 1990 年底, 我国火电装机容量和发电量均比 1980 年增加了一倍以上。

用美国引进技术在国内生产了较先进的 300MW 和 600MW 机组, 于 1987 年和 1989 年在石横电厂和平圩电厂投入运行, 并已批量生产。此外, 还从日本、西欧、美国、俄罗斯、东欧等国进口了 300 ~ 800MW 亚临界和超临界机组, 包括石洞口二厂的 2 台 600MW 和绥中 2 台 800MW 超临界机组。

随着我国电力工业的高速发展, 高参数、大容量机组已成为发电的主力机组。某些汽轮机及其附属设备的结构和性能已接近当时的国际先进水平, 因此对汽轮机组检修技术提出了更高的要求。

通过不断的总结检修经验, 尤其是高参数、大容量机组检修实践, 明确提出了现阶段机组检修仍采用预防为主计划检修方式。但检修工作应从恢复设备性能过渡到改进设备性能, 实现以技术进步为中心的改进性检修。

4. 第四阶段 (1991 ~ 2000 年)

在 1991 ~ 2000 年的十年间, 火力发电和已起步的核电技术继续加快发展, 并着重于火电各项技术经济指标, 尽可能达到节约能源和改善环境的目的。至 2000 年底, 我国火电装机容量及其发电量均较 1990 年增长一倍以上。

通过借鉴国外现代设备检修管理方面的先进经验, 确定了以状态检修为设备检修的发展方向, 并进行了试点工作。如大亚湾核电站、沙角 C 厂、镇海电厂等推行现代定检制, 引入了计算机维修管理系统 (CMMS), 采用先进的检修管理体制。又如北仑港电厂推行点检 (由点检员对设备进行定点、定期检查, 确定点检周期) 制, 利用 CMMS 对点检定修工作进行管理, 强化作业卡标准管理, 在作业卡的基础上开发点检作业文件包, 并推行设备状态监测工作。



第二节 典型亚临界汽轮机设备

我国成套引进的亚临界汽轮发电机组大部分以 300MW 和 600MW 等级容量为主。汽轮机采用通用化、标准化积木块式设计, 即通过对高、中、低压缸的不同组合, 设计成不同容量的汽轮发电机组。600MW 机组就是典型 300MW 的设计通用组合。

至 2000 年底, 我国 300MW 等级以上的汽轮发电机组的装机容量已占到了全国火电总装机容量的 36% 左右。投运的大部分机组基本上来自三个生产系列, 它们分别如下。

(1) 我国生产的 300MW 机组大体上有四种机型, 即上海汽轮机厂自行设计制造的 N300-16.18/550/550 型及其改进型 N300-16.18/535/535 型汽轮机、东方汽轮机厂制造的 N300-16.17/535/535 型汽轮机、引进技术制造的 N300-16.7/537/537 型汽轮机及引进优化型 300MW 汽轮机。

(2) 美国西屋公司系列机组, 包括日本三菱公司制造的 350MW 机组、国产引进技术由上海汽轮机厂和哈尔滨汽轮机厂制造的 300MW 及 600MW 机组。

(3) 美国通用公司系列机组，包括日本东芝公司制造的 350MW 及 600MW 机组、日本日立公司制造的 250MW 机组、意大利安莎多公司制造的 320MW 机组以及东方汽轮机厂制造的东方日立合作型 600MW 机组。

在我国引进的机组中，美国通用公司系列和美国西屋公司系列机组占的比例较大，在总体结构上他们有许多相似之处。例如，都是 300MW 和 600MW 等级出力，300MW、350MW 及东方日立合作型 600MW 汽轮机的高、中压汽缸都是高压与中压合缸的双层汽缸结构，高、中压转子都共用一根转子，高、中压转子轴承都选用双向可倾瓦轴承，都采用汽动给水泵等。

在具体部件设计上，他们又有很多不同之处。例如，美国通用公司系列机组均为冲动式汽轮机，汽缸采用上缸支撑，美国西屋公司系列机组均为反动式汽轮机，汽缸采用下缸支撑；通用公司系列机组采用 6 瓦块双向可倾瓦轴承，西屋公司系列机组采用 4 瓦块双向可倾瓦轴承；通用公司系列机组的高、中、低压转子均为隔板型、整锻转子，低压缸为双层结构，而西屋公司系列机组的高、中、低压转子均为整锻转子，低压缸为三层结构等。

同时，我国也曾引进了 ABB 公司、西门子公司、法国 ALSTOM 公司、英国 GEC 公司、列宁格勒金属厂等公司不同容量的各种类型机组，但他们所占的比例不大。

本书将着重介绍美国通用公司和西屋公司的 350MW 机组的检修工艺，由于采用了积木块式设计方案，所以这些检修工艺对 300MW、600MW 机组的检修是通用的，对其他类型机组可参照使用。

下面简单介绍我国引进的几种典型汽轮机设备的结构。

一、AD-5 (TC2F-33.5) 型汽轮机

日本引进美国技术，并沿用美国汽轮机型号，这两个国家汽轮机型号的组成方式见图 1-1。

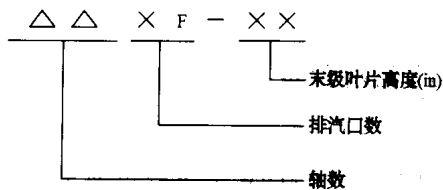


图 1-1 日本、美国汽轮机型号组成方式

TC2F-33.5 的意义为：TC 表示单轴；2F 表示双排汽；33.5 表示末级叶片长度。AD-5 (TC2F-33.5) 型汽轮机（以下简称 AD-5 型）是美国通用电气公司（GE）制造的亚临界、单轴、双缸（见图 1-2）、双排汽、一次中间再热、冲动、凝汽式 350MW 汽轮机组，该机组在整体设计和结构上的特点比在相同的蒸汽参数下的机组具有较高的可靠性和经济性。

由日本东芝公司（TOSHIBA）采用美国通用电气公司（GE）制造许可证制造的 TC4F-26 型 350MW 机组的设计结构特点与 AD-5 型机组基本相同，只不过其末级叶片采用了 26in (660mm) 的叶片，所以该机组设计成两个低压缸。

1. 蒸汽流程

AD-5 型机组汽缸分为两部分，高、中压缸和低压缸，高、中压缸包括高压段和再热段，他们分别组装在双层缸内。主蒸汽经过 2 个高压自动主汽门和 4 个高压调速汽门进入高压缸，在高压部分膨胀做功后排入锅炉的再热器中，通过锅炉再热器加热后进入中压部

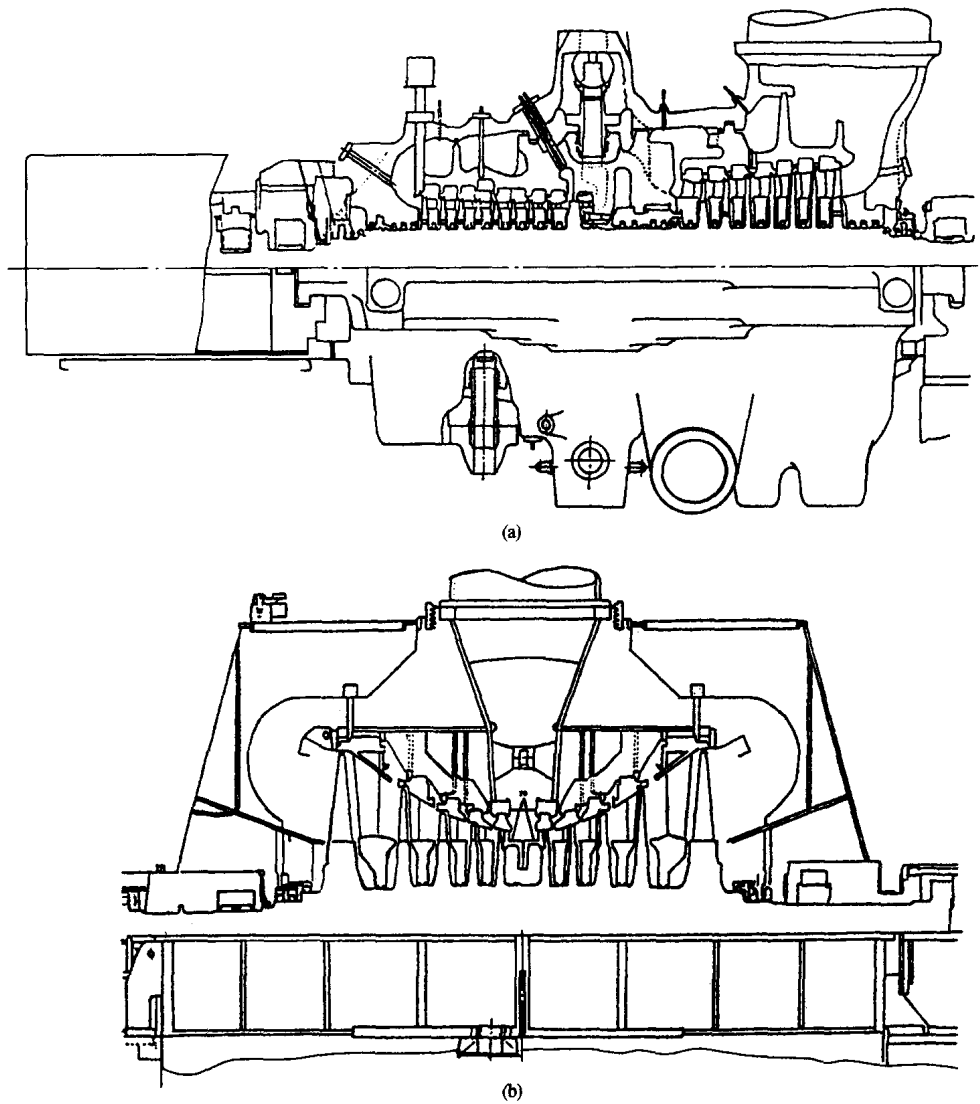


图 1-2 AD-5 型汽轮机高、低压缸结构

(a) 高压缸结构；(b) 低压缸结构

分做功。在高、中压缸膨胀做功后的蒸汽通过导汽管进入低压缸的分流室内，在分流室中分成两股汽流，一股汽流向发电机侧膨胀，一股汽流向汽轮机侧膨胀，膨胀做功后的蒸汽进入两个凝汽器中被凝结成水，返回锅炉再被加热成新蒸汽进行下一个循环。

2. 高、中压汽缸

高、中压汽缸结构上的特点是：高、中压部分采用合缸反向布置，这样可以缩短主轴长度，减少轴承数量，平衡一部分轴向推力，缩小推力轴承尺寸；高、中压缸采用双层缸结构，使得内、外缸缸壁减薄，有利于在运行中减少汽缸内、外壁温差，降低热应力，同时也可以适当加快机组启停速度。

3. 低压汽缸

低压部分也是采用双层缸结构，外层缸用钢板焊接而成，内层缸用铸造方法加工而

成。低压内缸的外壁装有隔热板可减少蒸汽对凝汽器的热传递。在低压缸两端装有排汽温控喷水装置，当机组在启动或低负荷运行、凝汽器内的压力大于设计值时，能自动喷水降低排汽室温度。在低压排汽口上装有导流环，可改善排汽流动特性，减小排汽损失。在低压外缸顶部设有两个排大气安全门，在机组正常运行时，排大气安全门处于关闭状态，当内部压力超过允许值时，安全门膜片被刀口切断，蒸汽排向大气，从而保护低压缸。低压内缸由四个支撑垫铁支撑在外缸中，用定位键保持轴向和横向定位，并能够横向自由膨胀。低压外缸横向中心线与纵向中心线的交点为汽缸的膨胀死点。

4. 转子

AD-5 型汽轮机有两个转子，高中压转子总长 6991mm，最大回转直径为 1617mm，低压转子总长 8191mm，最大回转直径为 3390mm。高压部分有 9 级叶轮（1 级单列调节级和 8 级压力级），中压部分有 7 级叶轮，低压部分为 2×5 级叶轮，双流对称布置。两根转子均是用 CrMoV 钢整体锻造而成，加工了通长的中心孔，没有套装叶轮，这样的结构在机组启动时可减小热应力，加快机组启动速度。

5. 叶片

该机组动叶片全部采用外包式枞树形叶根，其叶片根部截面积比内包式大，能提高叶片根部拉伸强度。所有动叶片工作部分均为扭曲叶片（即变截面叶片），可保证机组有较高的内效率。各级叶片均为成组围带，不仅减少了叶顶漏汽量、提高机组内效率，而且能减小叶片振动幅度，有利于叶片安全运行。末级叶片长 851mm，叶顶用拱形围带连接，并在叶片中部安装松拉金和减振套，当叶片受到偏心弯应力（离心力引起的反向弯曲）时，能减少叶片振动。次末级叶片采用围带和松拉金减振。全部叶片材质均为含铬量 12% 的合金钢，为防止蒸汽对叶片的冲蚀（水蚀），末级和次末级叶片表面焊有特制合金保护层。

6. 轴承

(1) 支撑轴承。AD-5 型汽轮机轴颈轴承采用两种形式的轴承，高中压转子两端（1、2 号轴承）采用双向可倾轴承；低压转子高压侧轴承（3 号轴承）采用双向可倾轴承；低压转子发电机侧轴承（4 号轴承）和发电机前（5 号轴承）、后（6 号轴承）轴承为椭圆轴承。双向可倾轴承有 6 块钢制的瓦块，表面上有离心浇铸的巴氏合金，瓦块装在轴承体内组成圆筒形，上下半各有 3 块瓦块，每块瓦块背部都有硬化处理的锁定销防止窜动。润滑油流进环形供油路，该油路向每个瓦块供油，排油孔位于下瓦另一侧，其孔径能充分限制流量以形成微弱油压。除一部分油经过排油孔进入窥视油室外，其余均从端部流出，端部装有油封齿，在下半周的瓦块背面上，还装有环形耐磨垫片。

椭圆轴承是采用在轴瓦水平结合面上加临时垫片的方法制作而成的，在上半轴瓦上设置油槽，宽度为轴承有效宽度的一半，深度为 5mm 左右，为便于进油和排油，在中间结合面开有圆滑过渡缺口，油从中分面缺口进入轴承，另一侧的缺口使润滑油充分节流，在排油侧形成微弱油压，一部分油从中分面缺口漏出，大部分油从端部流出。为减少从油挡漏出的油量，在轴承端部设有一个圆周布置的油槽，把油从端部导入轴承室内。为减小漏油间隙，把在端部回油槽部位的乌金加工成圆形而不是椭圆形。

(2) 推力轴承。推力轴承的形式为双楔面扇形球座式推力瓦，它由两块铜胎挂乌金的

环形推力瓦片和一个有球面的推力轴承体及调整垫片组成。乌金瓦表面被径向油槽分割成十块孤立的岛形平面，每个平面都为双楔形，它能使推力盘和推力瓦之间形成沿旋转方向和从内向外逐渐减薄的油膜。推力轴承体外圆制成球形，保证了推力瓦与推力盘对中。轴承体上部装有防止转动的定位销。轴承体与推力瓦之间装有调整垫片，用以调整转子的轴向位置（前侧加垫片转子后移，后侧加垫片转子前移）和推力间隙（推力间隙过大加垫片，推力间隙过小减垫片）。润滑油从轴承体下部进入中央环形油室，然后向每个径向油槽，沿半径方向流出。

7. 通流部分

汽轮机装置的作用就是把蒸汽的热能转换成转子高速旋转的机械能，在转变机械能的过程中，汽缸内参与转换的部件的集合体称为通流部分，其主要组成为高压喷嘴组、隔板、静叶、高低压端部汽封和隔板汽封。AD-5 型汽轮机高压喷嘴有 20 个，机组共有 25 级隔板，其中高压部分有 1 级喷嘴和 8 级隔板，中压有 7 级隔板，低压有 2×5 级隔板。高、中压隔板均为焊接隔板，低压隔板为铸造隔板，为了减小汽轮机中的漏气损失，在转子的前、后轴端，高、中压转子中部，各级隔板与主轴之间以及叶轮复环与隔板径向之间分别装有端部汽封、隔板汽封和径向汽封，隔板汽封 2~16 级为高、低齿迷宫式汽封，17~21 级为斜面平齿式汽封，端部汽封均为迷宫式汽封。

8. 盘车装置

电动盘车装置安装在汽轮机与发电机的对轮附近，盘车齿轮由两个垂直安装的电动机（预啮合电动机和主电动机）驱动，通过一个减速齿轮系统将扭矩传递到汽轮发电机转子中。盘车齿轮系统的润滑油由主机润滑系统供给，无论哪一台油泵运行都可以供给盘车装置所需要的润滑油。

二、TC2F-33.5 型汽轮机

TC2F-33.5 型和 TC2F-40 型汽轮机是日本三菱公司采用美国西屋公司（WH）制造技术制造的亚临界、反动式、一次中间再热、单轴、双缸、双排汽、凝汽式 350MW 汽轮机，属于美国西屋公司系列机组。TC2F-33.5 型汽轮机适用于冷却水温较高的地区，而 TC2F-40 型适用于冷却水温较低的地区。

1. 蒸汽流程

从锅炉来的蒸汽由两根主蒸汽管进入自动主汽门，再从调节汽门进入高压缸。首先由喷嘴室进入单列调节级，然后逐次流入 11 个压力级。再热蒸汽经中压联合主汽门进入中压缸，中压缸排汽分成三部分，一部分带动给水泵汽轮机，一部分加热除氧器，其余部分进入低压缸。经过低压缸的排汽经分流径向扩压后排入凝汽器。

2. 高、中压汽缸

高、中压汽缸为内外双层合缸结构，由铬钼合金钢铸造而成。内缸中分面通过滑块支撑在外缸下半部上，与外缸突出部分的凹型槽相配合，限定了内缸的径向位置。顶部和底部装有导向键以确定轴向位置，在温度变化时内缸能自由膨胀和收缩。高压外缸两端用 H 形横梁定中心，与高压和低压轴承座处用螺栓紧固，使汽缸与轴承座连成一体，而轴向又能自由膨胀。