

电 业 工 人 技 术 问 答 丛 书

汽轮机检修 技术问答

国家电力公司华东公司 编

中国电力出版社

电 业 工 人 技 术 问 答 丛 书

汽轮机检修技术问答

国家电力公司华东公司 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

— 内 容 提 要 —

本书是《电业工人技术问答丛书》之一。本书以问答形式介绍了汽轮机检修技术的基本知识。

全书共分 19 章, 主要内容包括基础知识、汽轮机本体检修、汽轮机调速系统检修和汽轮机辅机检修等部分。

本书可作为汽轮机检修工人日常学习用书, 或作为转岗、在岗培训教材, 也可供相关专业工程技术人员和大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽轮机检修技术问答/国家电力公司华东公司编. 北京:
中国电力出版社, 2003

(电业工人技术问答丛书)

ISBN 7-5083-1719-X

I. 汽… II. 国… III. 蒸汽透平-检修-问答
IV. TK268-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 073593 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>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 11 月第一版 2003 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 32 开本 12.25 印张 247 千字

印数 0001—3000 册 定价 20.00 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)

电业工人技术问答丛书

编委会

主 任：冯良芳

副 主 任：曹寿鹏 沈 炼 罗斌雄 甘霄松

委 员：王四知 黄海涛 沈 挺 陈岐山

贾慧莉 葛兢业 吴少伟 韦光庆

王文胜 邹 俭 周云波 黄奇峰

胡国荣 吴书强 曹施忠 陈林生

钟钢军 李长益 宋维宁

本册主编：葛兢业

副 主 编：于晓晖

参 编：田鸣主 田鹤年 范国栋 丁佐华

顾 欣 吴国莉 钱 毅

主 审：黄正一

前 言

为了提高电力生产运行、检修人员和技术管理人员的技术素质和管理水平,适应工人岗位培训的需要,国家电力公司华东公司组织华东地区有关省、市电力局和发电厂、供电局的有关人员,在 1999 年出版的 10 本技术问答的基础上,又补充了 17 本技术问答。分别为:锅炉检修技术问答、化学检修技术问答、汽轮机检修技术问答、发电厂集控运行技术问答、电机检修技术问答、变电检修技术问答、变压器运行技术问答、带电检修技术问答、电测仪表技术问答、送电线路技术问答、电气试验技术问答、配电线路技术问答、内线安装技术问答、电能表校验技术问答、电能表修理技术问答、厂用电安装技术问答、二次线安装技术问答。

丛书本着紧密联系生产实际的原则,采用问答的形式并配以必要的图解,内容以操作技能为主,以基础训练为重点,强调了基本操作技能的通用性和规范性。本丛书内容丰富,覆盖面广,文字通俗易懂,是一套适用性、针对性较强的工人技术培训读物,适合广大电业职工在职自学和岗位培训,亦可作为工程技术人员的参考书。

《汽轮机检修技术问答》是按照国家标准和部颁标准、规范的要求进行编写的,体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则,尽量反映新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法。此书收集了大量的现场生产实际检修经验,还借鉴了一些汽轮机检修技术的教材和其他电厂的技术资料,是从生产实际需要和工人实际水平出发进行设计

编写的，实用性较强。全书内容包括基础知识、汽轮机本体检修、汽轮机调速系统检修和汽轮机辅体检修等知识。《汽轮机检修技术问答》不仅适应现场检修工人的技术培训的需要，而且对于工程技术人员也有一定的参考价值。

本书由南通天生港发电有限公司组织了 20 余人的编写班子，精心策划，精雕细刻。在编写《汽轮机检修技术问答》一书的过程中，得到了国家电力公司华东公司和江苏省电力公司领导的关怀支持，同时也取得了各有关单位和人员的关注和帮助，他们为本书进行了审定，提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心的感谢。

我们相信，《汽轮机检修技术问答》一书的编写必将对我国电力职工培训工作的有效展开和职工素质的提高以及指导改进汽轮机检修技术工作，保证机组安全经济运行起到积极的促进作用。

《汽轮机检修技术问答》由葛兢业同志主编、于晓晖同志副主编。全书由黄正一同志主审。

由于编者水平有限，书中错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2003 年 7 月

目 录

前言

第一章 基础知识

1-0-1 如何减小管道的压力损失?	1
1-0-2 消除或减轻水击危害的基本方法有哪些?	1
1-0-3 如何安装蠕胀测点?	1
1-0-4 汽轮机常用耐热钢有哪些?	2
1-0-5 高压汽缸螺栓常用的材料有哪些?	3
1-0-6 对高温高压汽缸螺栓有何要求?	4
1-0-7 凝汽器铜管材料在什么条件下可选用 HSn70-1A (B)?	4
1-0-8 主汽门和调节汽门常用材料与要求是什么?	4
1-0-9 门杆常做哪些强化处理?	5
1-0-10 常用的叶片用钢有哪些?	5
1-0-11 汽轮机末级叶片的表面强化方法有哪些?	6
1-0-12 常用的汽轮机转子、轮盘和叶轮用钢有哪些?	7
1-0-13 怎样合理使用密封件?	7
1-0-14 发电厂常用的金属垫有哪些?	8
1-0-15 什么是金属包密封垫? 它有哪些特点与用途?	8
1-0-16 缠绕垫片的型式与用途分别是什么?	8
1-0-17 液体密封的特点和用途是什么?	9
1-0-18 怎样选用密封胶?	9
1-0-19 厌氧密封胶有哪些特点和用途?	10
1-0-20 什么是磁性流体密封圈?	10

1-0-21	磁性流体密封圈有何优点？	11
1-0-22	选择机械密封结构时应注意哪些问题？	11
1-0-23	常用检漏技术有哪几种方法？	12
1-0-24	带压堵漏有哪些方法？	12
1-0-25	试述 T91 (P91) 钢的性能？	13
1-0-26	T91 (P91) 钢焊接的注意事项有哪些？	13
1-0-27	大功率机组总体结构方面有哪些特点？	14
1-0-28	大机组转子高温段如何冷却？	14
1-0-29	对汽轮机组状态的监测有哪些内容？	14
1-0-30	试述汽轮发电机组振动故障的分类及其特征？	15

第二章 汽缸与隔板

第一节 汽缸的形式与特点	17
2-1-1 汽缸的作用是什么？	17
2-1-2 汽缸有哪些结构形式？	17
2-1-3 汽缸有哪些支承方式？	18
2-1-4 上猫爪支撑的内缸，在由下猫爪临时支撑改为上 猫爪支撑有何要求？	18
2-1-5 上猫爪支撑的外缸，在由下猫爪临时支撑改为上 猫爪支撑有何要求？	18
第二节 汽缸的检修	19
2-2-1 汽缸大盖起吊时基本工序是什么？	19
2-2-2 怎样翻汽轮机大盖？	19
2-2-3 怎样扣汽轮机大盖？	20
2-2-4 如何检查汽缸结合面的严密性？	20
2-2-5 汽缸结合面发生泄漏的原因有哪些？	21
2-2-6 汽缸法兰变形的原因有哪些？	21
2-2-7 汽缸结合面出现间隙时，如何处理？	21
2-2-8 研刮汽缸结合面的工艺过程是什么？	22

2-2-9	汽缸结合面出现局部间隙时如何处理？	22
2-2-10	汽缸裂纹容易发生在哪些部位？	23
2-2-11	汽缸产生裂纹的原因是什么？	23
2-2-12	检查汽缸裂纹的方法有几种？	23
2-2-13	发现汽缸存在裂纹时，如何处理？	24
2-2-14	汽缸裂纹补焊工艺有哪两种？各有何优缺点？	24
2-2-15	汽缸裂纹热焊工艺顺序是什么？	25
2-2-16	汽缸裂纹冷焊工艺顺序是什么？	25
2-2-17	对汽缸裂纹如何进行焊前检查？	25
2-2-18	如何进行汽缸裂纹补焊区开槽？	26
2-2-19	汽缸裂纹补焊前后如何进行汽缸变形测量？	27
2-2-20	汽缸使用什么密封涂料？	27
2-2-21	汽缸滑销系统损坏的原因有哪些？	28
2-2-22	汽缸吊空后有哪些清理检查工作？	28
2-2-23	如何在现场镗削汽缸内圆和轴向平面？	29
2-2-24	如何更换低压内缸？	30
2-2-25	如何测量汽缸静垂弧及汽缸变形对汽封洼窝的影响值？	31

第三节 隔板的检修 31

2-3-1	隔板有几种结构形式？各适用于什么范围？	31
2-3-2	隔板有哪几种支承定位方式？	32
2-3-3	隔板套的作用是什么？	32
2-3-4	隔板起吊时应注意什么？	32
2-3-5	隔板检查内容主要有哪些？	32
2-3-6	隔板在检修中应做哪些测量和调整工作？	33
2-3-7	在什么情况下隔板需要进行打压试验？	33
2-3-8	隔板常见缺陷有哪些？	33
2-3-9	隔板弯曲变形的原因有哪些？	33
2-3-10	隔板材料开裂的原因有哪些？	34

2-3-11	隔板和静叶腐蚀的原因是什么？有什么危害？	34
2-3-12	隔板或隔板套卡涩的原因是什么？	34
2-3-13	采取哪些预防措施可防止隔板发生故障？	35
2-3-14	发现隔板裂纹时如何处理？	35
2-3-15	隔板结合面严密性不合格的原因有哪些？ 如何处理？	35
2-3-16	在运行中，旋转隔板发生卡涩的原因是什么？	36
2-3-17	旋转隔板如何进行检修？	36

第四节 喷嘴与静叶的检修 36

2-4-1	对喷嘴静叶有哪些检查工作？	36
2-4-2	隔板和转子叶片结垢有何危害？	37
2-4-3	动、静叶片如何进行清扫？	37
2-4-4	隔板喷嘴出汽边损坏如何处理？	38
2-4-5	如何更换喷嘴组？	38

第五节 高温螺栓的检修 39

2-5-1	汽缸螺栓的拆卸应注意什么问题？	39
2-5-2	螺栓拆卸时，常见的异常及处理方法有哪些？	39
2-5-3	造成螺纹咬死的原因及其预防的方法有哪些？	40
2-5-4	螺栓断裂原因有哪些？	40
2-5-5	高压缸螺栓为什么要热紧？	41
2-5-6	紧固螺栓应注意什么？	41
2-5-7	螺栓检修的清理工作有哪些？	42
2-5-8	汽缸的法兰螺栓加热装置的作用是什么？	42
2-5-9	造成汽缸螺栓偏斜原因有哪些？	42
2-5-10	按什么顺序松紧汽缸中分面螺栓？	42
2-5-11	如何进行螺栓与螺母的研磨？	43
2-5-12	高温螺栓有哪些测量和金属检查项目？	43
2-5-13	球面垫圈有何作用？如何进行研刮？	43

2-5-14 如何进行汽缸螺栓的上紧？	44
---------------------------	----

第三章 汽轮机转子

第一节 转子的检修	46
-----------------	----

3-1-1 汽轮机转子分为几种形式？	46
3-1-2 什么是套装转子？有哪些优缺点？	46
3-1-3 整锻转子有何优缺点？	46
3-1-4 整锻转子中心孔有何作用？	47
3-1-5 焊接转子有何优缺点？	47
3-1-6 盘车装置的作用是什么？	47
3-1-7 高速盘车有何优缺点？	48
3-1-8 什么是转子的临界转速？	48
3-1-9 什么是刚性转子？有何特点？	48
3-1-10 什么是挠性转子？有何特点？	48
3-1-11 转子起吊时应注意什么？	48
3-1-12 汽轮机转子上哪些部件需要进行瓢偏度测量？	49
3-1-13 汽轮机转子检修中有哪些测量工作？	49
3-1-14 如何测量转子部件的瓢偏度？	49
3-1-15 测量瓢偏时应注意什么？	50
3-1-16 如何测量轴颈椭圆度和锥度？	51
3-1-17 如何测量大轴弯曲度？	51
3-1-18 测量大轴弯曲时应注意什么？	52
3-1-19 大轴弯曲的原因有哪些？	53
3-1-20 直轴的方法有几种？	53
3-1-21 直轴后应进行哪些检查？	54
3-1-22 发生严重弯曲的转子，直轴前有哪些测量检 查工作？	54
3-1-23 如何检查转子最大弯曲点是否存在裂纹？	55
3-1-24 汽轮机转子断裂的原因有哪些？	55
3-1-25 为何要检查推力盘的不平度？	55

3-1-26	联轴器的作用是什么？有几种类型？	56
3-1-27	什么是刚性联轴器？有何特点？	56
3-1-28	什么是半挠性联轴器？有何特点？	56
3-1-29	什么是挠性联轴器？有何特点？	56
3-1-30	齿形联轴器有何优缺点？	57
3-1-31	如何拆卸联轴器？	57
3-1-32	联轴器组装的程序是什么？	58
3-1-33	如何对转子中心孔进行检查清理？	59
3-1-34	如何进行转子扬度的测量？	59
第二节 叶轮和叶片的检修		60
3-2-1	叶轮上平衡孔的作用是什么？	60
3-2-2	叶轮拆卸前应进行哪些测量工作？	60
3-2-3	叶轮套装时应做哪些准备工作？	60
3-2-4	叶轮套装前应检查哪些工作？	61
3-2-5	如何套装叶轮？	61
3-2-6	叶轮套装冷却后应进行哪些检查工作？	62
3-2-7	叶轮键槽处产生裂纹的原因是什么？	62
3-2-8	叶轮轮缘裂纹产生的原因是什么？	62
3-2-9	如何进行叶轮轮毂裂纹焊补？	62
3-2-10	叶轮变形的原因有哪些？	63
3-2-11	套装叶轮松动的原因是什么？	63
3-2-12	叶轮松动有几种消除方法？	63
3-2-13	已变形的叶轮校正前应进行哪些检查工作？	64
3-2-14	动叶片一般由几部分组成？其主要作用是 什么？	64
3-2-15	汽轮机高压段为什么采用等截面叶片？	65
3-2-16	汽轮机为什么采用扭曲叶片？	65
3-2-17	叶片工作时受到几种作用力？	65
3-2-18	何为叶片的自由振动频率？	66

3-2-19	叶片共振的原因是什么？	66
3-2-20	引起叶片振动的激振力是什么？	66
3-2-21	什么是叶片的调频？	66
3-2-22	叶片调频的措施有哪些？	67
3-2-23	造成叶片损伤的原因有哪些？	67
3-2-24	造成叶片机械损伤的原因有哪些？有何危害？	67
3-2-25	造成叶片水击损伤的原因有哪些？有何危害？	68
3-2-26	叶片检查的内容有哪些？	68
3-2-27	叶片裂纹的检查方法有哪几种？	69
3-2-28	如何用听音法检查叶片裂纹？	69
3-2-29	如何用宏观法检查叶片裂纹？	69
3-2-30	检修方面防止叶片断裂的措施有哪些？	70
3-2-31	长叶片防蚀的方法有哪几种？	70

第四章 轴承与回转设备

第一节 轴承的形式与特点 71

4-1-1	汽轮机轴承的作用是什么？	71
4-1-2	轴承油膜是怎样形成的？	71
4-1-3	支持轴承种类有哪几种？	72
4-1-4	圆筒形轴承有何结构特点？	72
4-1-5	椭圆形轴承有何结构特点？	72
4-1-6	三油楔轴承有何结构特点？	73
4-1-7	可倾瓦有何结构特点？	73
4-1-8	自位式轴承（球形轴承）有何结构特点？	74

第二节 径向轴承的检修 74

4-2-1	轴瓦解体后有哪些检查工作？	74
4-2-2	如何进行轴瓦两侧间隙测量？	74
4-2-3	如何测量轴瓦顶部间隙？	75
4-2-4	何为轴瓦的紧力？	75

4-2-5	如何测量轴瓦紧力？	75
4-2-6	造成轴瓦紧力测量的误差原因有哪些？	76
4-2-7	如何进行轴颈下沉测量？	76
4-2-8	如何进行球形瓦面的检查和修刮？	76
4-2-9	如何进行轴瓦垫铁的检查？	77
4-2-10	如何进行轴瓦垫铁的修刮？	77
4-2-11	如何检查轴瓦乌金是否脱胎？	78
4-2-12	如何组装轴承？	78
4-2-13	支持轴承常见的缺陷有哪些？	79
4-2-14	如何处理轴瓦合金表面局部缺陷？	79
4-2-15	油质不良对轴瓦轴颈有何危害？	79
4-2-16	三油楔轴承检修的特点是什么？	80
4-2-17	如何进行挡油环的检修？	80
4-2-18	挡油环间隙调整标准是什么？	81

第三节 推力轴承的检修

4-3-1	汽轮机轴向推力是如何产生的？	81
4-3-2	平衡轴向推力的措施是什么？	81
4-3-3	推力瓦背面摆动线有何作用？	82
4-3-4	推力瓦块的检查工作有哪些？	82
4-3-5	推力轴承外壳有哪些检查工作？	82
4-3-6	如何测量推力间隙？	82
4-3-7	影响推力间隙测量准确性的因素有哪些？	83
4-3-8	如何进行推力瓦块的检修？	83
4-3-9	前轴承箱卡涩的原因有哪些？	84
4-3-10	轴瓦两侧间隙不一致应进行哪些检查？	84
4-3-11	轴瓦的高压油顶轴装置有什么作用？	84
4-3-12	造成推力瓦缺陷和损坏的原因有哪些？	84
4-3-13	常见的密封瓦有哪几种形式？其使用特点是什么？	85

4-3-14	密封瓦常见的缺陷有哪些？	85
4-3-15	密封瓦漏氢如何处理？	85
4-3-16	密封瓦温度过高如何处理？	86
4-3-17	密封瓦漏油如何处理？	86
第四节 转子的对轮校中心		86
4-4-1	汽轮机找中心的目的是什么？	86
4-4-2	按联轴器找中心时应注意哪些事项？	87
4-4-3	按联轴器找中心可能会产生误差的原因有哪些？	88
4-4-4	如何测量计算联轴器圆周和端面偏差？	88
4-4-5	如何根据中心偏差计算轴承调整量(举例说明)？	89
4-4-6	如何进行三支点的两转子按联轴器找中心？	91
4-4-7	如何调整轴瓦位置？	91
4-4-8	按联轴器找中心时，如何调整可倾瓦？	92
4-4-9	如何进行联轴器螺栓测量检查清理工作？	93
4-4-10	联轴器螺栓紧固要领是什么？	93
4-4-11	如何测量两联轴器外圆同心度？	94
第五节 盘车的检修		94
4-5-1	盘车装置有何作用？	94
4-5-2	盘车装置检修中有哪些清理检查工作？	95
第五章 汽 封		
第一节 汽封的形式		96
5-1-1	端部汽封（轴封）的作用是什么？	96
5-1-2	隔板汽封的作用是什么？	96
5-1-3	迷宫汽封是如何工作的？	96
5-1-4	大型汽轮机为保证轴封正常工作配置了哪些辅助设备？	97

第二节 汽封的检查与调整 97

- 5-2-1 如何拆装汽封? 97
- 5-2-2 汽封块与汽封套之间的弹簧片有何作用? 97
- 5-2-3 汽封间隙过大或过小有什么影响? 98
- 5-2-4 汽封块锈死如何处理? 98
- 5-2-5 如何进行汽封的清理检查工作? 98
- 5-2-6 测量汽封间隙方法有哪些? 99
- 5-2-7 如何用压胶布法测量汽封间隙? 99
- 5-2-8 如何用假轴测量汽封间隙? 100
- 5-2-9 如何调整隔板和轴封套的洼窝中心? 100
- 5-2-10 如何进行叶顶汽封检修? 101
- 5-2-11 造成轴封漏汽的原因有哪些? 101
- 5-2-12 测量汽缸通流部分间隙时应注意什么? 102
- 5-2-13 汽轮机通流间隙修前与修后测量的目的各是什么? 102
- 5-2-14 利用假轴调整隔板和轴封套中心应考虑哪些影响因素? 102

第六章 汽轮机振动与平衡

第一节 汽轮机振动的原因 103

- 6-1-1 汽轮发电机发生振动有什么危害? 103
- 6-1-2 汽轮机转子与隔板发生摩擦的原因有哪些? 103
- 6-1-3 常见的机组振动的原因有哪些? 103
- 6-1-4 机组振动可以通过哪些试验检查振动特性? 104
- 6-1-5 轴承振动有何标准? 104
- 6-1-6 如何进行机组振动的综合分析? 105
- 6-1-7 何谓油膜振荡? 消除油膜振荡的方法有哪些? 106

第二节 转子的动平衡 107

- 6-2-1 何谓刚性转子? 107

6-2-2	什么是转子静不平衡, 动不平衡和动、静混合不平衡?	107
6-2-3	什么是刚性转子的动平衡原理? 有什么特点?	109
6-2-4	刚性转子找动平衡的方法有哪几种?	110
6-2-5	刚性转子作低速动平衡有哪些方法?	111
6-2-6	一端轴承固定、另一端轴承松开情况下, 如何用测量其共振振幅的方法校刚性转子动平衡?	111
6-2-7	如何采用二次试加质量法校动平衡?	111

第七章 机械液压调速系统 与 检 修

第一节	调节系统的任务与调节特点	114
7-1-1	汽轮机调节系统的基本任务是什么?	114
7-1-2	汽轮机对调节系统有何基本要求?	114
7-1-3	孤立运行时调速系统有何作用?	115
7-1-4	并列运行时调速系统有何作用?	115
7-1-5	中间再热式汽轮机调节系统具有哪些特点?	115
7-1-6	影响中间再热式汽轮机一次调频能力的因素是什么?	115
7-1-7	供热式汽轮机有哪些类型?	116
7-1-8	抽汽凝汽式汽轮机对调节系统的自整要求是什么?	116
7-1-9	背压式汽轮机调节系统的作用和特点是什么?	116
7-1-10	背压式汽轮机有哪几种运行方式?	117
7-1-11	为什么背压式汽轮机必须并入电网运行?	117
7-1-12	调整抽汽背压式汽轮机对调节系统的自整要求是什么?	117
第二节	构造与工作原理	118
7-2-1	调速系统的基本工作原理是什么?	118