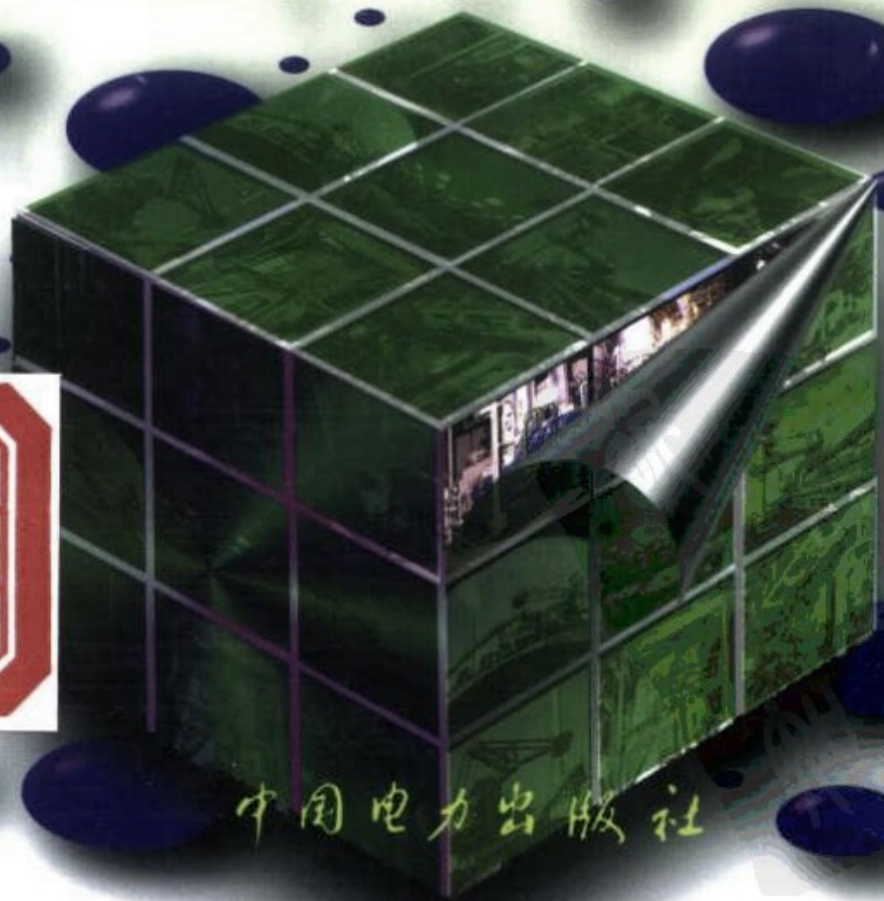


185

电力技术继续教育科目指南丛书

# 汽轮机事故分析及事故预防

四川省电力工业局  
四川省电力教育协会 编



中国电力出版社

# 汽轮机事故分析及事故预防

四川省电力工业局  
四川省电力教育协会 编

中国电力出版社



## 内 容 提 要

本书结合国内外汽轮发电机组发生的典型事故，对汽轮机超速、通流部分严重损坏、大轴弯曲、烧轴瓦、转子断裂、轴系扭振的原因及反事故技术措施进行了分析、叙述。其内容包括世界范围内汽轮机技术发展概况；当前汽轮机事故原因分析；防止汽轮机超速、通流部分磨损、大轴弯曲、烧轴瓦、转子断裂、轴系扭振措施。另附汽轮机反事故技术措施汇编。

本书作为汽轮机专业技术人员和火电厂技术管理人员继续教育的培训教材，也可供汽轮机运行和检修人员阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

汽轮机事故分析及事故预防/四川省电力工业局，四川省电力教育协会编. -北京：中国电力出版社，2000

(电力技术继续教育科目指南丛书)

ISBN 7-5083-0378-4

I. 汽… II. ①四… ②四… III. ①汽轮发电机组-事故分析②汽轮发电机组-事故-预防 IV. TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 35859 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>)

水电印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2000 年 10 月第一版 2000 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 6.625 印张 112 千字

印数 0001—3000 册 定价 12.00 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)

# 关于推荐使用 “电力技术继续教育丛书” 的通知

教成 [1998] 11 号

为了促进电力企业专业管理人员和专业技术人员的继续教育和岗位培训工作，四川省电力工业局、四川省电力教育协会组织编写，并由中国电力出版社出版了《电力技术继续教育丛书》（一套 12 册），谨向各单位推荐使用。

中电联教育培训部

一九九八年三月十六日



# 《电力技术继续教育科目指南丛书》

## 编委会

主任委员：晏玉清

副主任委员：王龙陵 沈迪民 李小白 凌廷亮

委 员：朱国俊 侯太明 覃友中 李小白

向 进 李克俭 李光宗 樊天龙

袁宏斌 杨胜渤 廖永纲 程树其

林文静 于康雄

总 编：李小白

副 总 编：熊维荣 丁福煜

主 审：王龙陵 侯太明 覃友中

# 《汽轮机事故分析及事故预防》

## 编审人员

主 编：潘治平

审 稿：刘尚贤 陈绍彬



## 序

为贯彻《中国教育改革和发展纲要》中提出的职工教育要“把大力开展岗位培训和继续教育作为重点，重视从业人员的知识更新”的要求，使职工教育工作更好地为电力系统专业技术人员和管理人员拓展专业知识，提高专业技术水平和管理能力服务，为电力企业安全文明生产“双达标”、“创一流”服务，为促进电力事业的发展服务，在四川省电力公司的领导下，四川省电力教育协会与四川省电力公司人力资源部教育培训处组织一批专家、教授和工程技术人员，联系电力系统的实际，结合国内外电力技术现状及发展方向，贯彻继续教育面向现代化、面向世界、面向未来的方针，注重针对性、实用性、科学性和先进性，编写了第二批《电力技术继续教育科目指南丛书》，作为对电力系统专业技术人员进行继续教育的培训教材，也为电力系统的管理人员和生产人员提供一套学习资料。

第二批丛书共四册，分别是：《500kV 变电所》、《汽轮机事故分析及事故预防》、《汽轮机及其辅助设备经济分析》、《水电站大坝安全管理与监测技术》等，全部由中国电力出版社出版发行。

本批丛书在编写与审稿全过程中，得到了四川省

电力公司领导及有关处室的大力支持与帮助。承担编写工作的四川电力试验研究院、成都电业局、内江发电总厂、龚嘴水力发电总厂、映秀湾水力发电总厂等单位为丛书的编写提供了良好的工作条件，给予了极大的支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，错漏在所难免，诚望读者指正。

## 《电力技术继续教育科目指南丛书》

编委会

2000年6月5日



## 前 言

为了加强技术管理和技术培训，提高汽轮机专业技术人员的技术业务水平和解决实际问题的能力，防止汽轮机重大事故的发生，杜绝特大事故，特编写《汽轮机事故分析及事故预防》，供汽轮机专业人员和火电厂技术管理人员学习和使用。

本书结合国内外汽轮发电机组发生的典型事故，对汽轮机超速、通流部分严重损坏、大轴弯曲、烧轴瓦、转子断裂、轴系扭振等产生的原因、反事故技术措施及理论依据加以叙述和分析，便于读者理解、掌握和运用。分析和判断设备出现的异常、故障和事故，对汽轮机专业人员和管理人员具有重要的参考价值；剖析诊断的针对性和适用性强，有利于防止事故扩大，避免汽轮机重大事故的发生。

为了提高培训效果，在讲解此书过程中，注意采取理论联系实际的教学方法，重在提高学员的安全意识和分析判断能力，使之在工作中不盲目、有预见性，达到预防事故的目的。



本教材应以 40 学时完成教学任务。

**编 者**

1998 年 3 月



# 目 录

序

前言

**第一章 世界范围内汽轮机技术发展概况** ..... 1

**第二章 当前汽轮机事故原因分析** ..... 5

第一节 设计、制造、安装问题及调峰的影响 ..... 5

第二节 技术管理问题 ..... 9

第三节 监测保护装置问题 ..... 10

第四节 人员素质问题 ..... 10

**第三章 防止汽轮发电机组超速损坏事故** ..... 13

第一节 认真贯彻执行规程及有关规定 ..... 13

第二节 对调节系统静态特性的要求 ..... 15

第三节 对调节系统动态特性的要求 ..... 18

第四节 对超速保护装置的要求 ..... 21

第五节 严格执行定期试验的规定 ..... 22

第六节 保证汽轮机油油质 ..... 31

第七节 其他注意事项 ..... 32

**第四章 防止汽轮机通流部分磨损** ..... 34

第一节 严格执行《法规》中关于汽轮机禁止启动  
和应立即停机的规定 ..... 35

第二节 建立汽轮机金属监督制度 ..... 39

第三节 防止 200MW 机组高中压转子联轴



器螺丝断裂 .....	41
第四节 防止叶片损坏 .....	43
第五节 机组异常情况的处理 .....	45
<b>第五章 防止大轴弯曲 .....</b>	<b>48</b>
第一节 大轴弯曲的原因 .....	48
第二节 防止转子弯曲的措施 .....	51
<b>第六章 防止烧轴瓦事故 .....</b>	<b>65</b>
<b>第七章 防止汽轮机转子断裂 .....</b>	<b>71</b>
第一节 典型转子断裂事故 .....	71
第二节 转子断裂原因分析及反事故技术措施 .....	72
<b>第八章 汽轮发电机组的轴系扭振 .....</b>	<b>78</b>
第一节 大型汽轮发电机组轴系扭振的概念和 机理 .....	78
第二节 产生轴系扭振的原因 .....	79
第三节 轴系扭振的危害和实例 .....	80
第四节 电力系统扰动对轴系扭振的影响 .....	81
第五节 预防和抑制轴系扭振的措施 .....	83
<b>附录 汽轮机反事故技术措施汇编 .....</b>	<b>88</b>
一、防止汽轮发电机组超速事故 .....	88
1. 汽轮机调速系统反事故技术措施 (水利电力部(61)水电技程字第15号文附件) .....	88
2. 关于发送《防止20万kW机组严重超速事故的技术措施》 (水电部(86)电生火字第194号) .....	101
3. 关于新机组进行甩负荷试验的通知 (水电部(85)电生火字第252号) (85)基火字第161号) .....	109

1. 关于重申新机组进行甩负荷试验的通知	
(水电部 (86) 电生火字第 215 号 (86) 基火字第 150 号)	110
5. 关于大同第二发电厂 2 号机组超速损坏事故的紧急通报 (水电部 (85) 水电生字第 85 号)	111
6. 关于秦岭电厂 5 号汽轮发电机组轴系断裂事故的通报 (安全情况通报 1990 年第 2 期)	114
7. 关于河南省新乡火电厂 2 号汽轮发电机组轴系损坏事故初步情况的通报 (能源部安保安 (1990) 17 号)	130
8. 关于华东某电厂汽轮机飞车的信息通报 (国家能源部物资公司电力技 (1991) 13 号)	136
二、防止汽轮机大轴弯曲、通流部分严重损坏和烧轴瓦事故	138
1. 关于防止 20 万 kW 机组大轴弯曲的技术措施	
(水电部 (85) 电生火字第 87 号文 (85) 基火字第 69 号文附件 2)	138
2. 关于转发《防止 20 万 kW 机组高中压转子联轴器螺丝断裂事故的技术措施》的通知 ( (86) 电生火字第 236 号)	145
3. 防止汽轮机轴瓦损坏的反事故技术措施 (水利电力部 (63) 水电生字第 287 号文)	149
三、防止转子断裂事故	156
1. 汽轮发电机组转子安全技术措施 (水利电力部生产司、科技司 (83) 电生技字第 209 号)	156
2. 汽轮机和发电机大轴中心孔超声波探伤方法 (试行) (水利电力部生产司、科技司 (85) 电生技字第 209 号文附件 2)	162



3 汽轮机和发电机转子检查工作交流会会议纪要 (水电部(88)电生火字第21号文附件) .....	165
四、20万kW机组安全讨论会纪要 (水电部(88)电生水字20号文附件) .....	175
五、关于印发《防止电力生产重大事故的 二十项重点要求》的通知 (能源办(1992)726号) .....	181



## 第一章

# 世界范围内汽轮机技术 发展概况

汽轮机作为一种大型叶轮机械，其设计科技含量高，工艺制造难度大。

世界范围内汽轮机技术的进步大体可分为三个阶段。

1970年前为第一代，又称为传统设计时代。这个时期，以实验气动力学为基础，动、静叶型主要通过吹风实验来确定其型谱。汽轮机设计以平均截面上二维流动的手工计算为主，静、动叶片广泛采用直叶片和简单扭转叶片，国产三缸三排汽200MW汽轮机，包括国产125MW和100MW及以下汽轮机均属于此代产品。

80年代为第二代。在这个时期，由于电子计算机的出现，二维流场计算成为可能，计算气动力学逐步代替传统设计，出现了以可控涡概念为代表的二维设计理论，叶片按较为复杂的造型规律扭转，汽轮机效

率提高约 1.5%。

90 年代以来，由于计算流体力学、计算机技术及叶轮机机械气动热力学的迅速发展，在世界范围内，汽轮机技术已进入全三维叶片设计与造型为基本特征的第三代。第三代的突出代表是弯扭联合成型叶片，汽轮机效率又提高约 1.5%。目前，第三代叶片的设计概念及其优越性已为世界所公认，几乎所有知名汽轮机厂家都在大力开发与应用，其中三菱、ABB 公司发展较快，已部分用于新产品。

70 年代以来，特别是近 10 年来，叶轮机机械气动热力学迅速发展，以弯扭联合成型全三维叶片为代表的第三代叶片，已由实验室逐步进入工业试验和小批量生产实用阶段。目前，世界上几乎所有的大型汽轮机制造厂家，如三菱、ABB、GE、西屋、日立、西门子、GEC、ALSTHOM，以及我国汽轮机行业都在积极研制弯扭叶片的新一代汽轮机，有的已投入运行。世界各大公司发表的实验结果表明，采用全三维弯扭叶片一项措施，即可提高汽轮机效率 1.5%~2%，甚至更高。还有其他成熟的先进技术，如：高效新型叶型，全三维流型（静、动叶匹配），高效后加载静、动叶型，薄出汽边，弯扭联合成型叶片；大型叶栅，高效跨音速叶栅，分流叶栅，弯扭叶栅，子午面收缩叶栅；弯扭静叶，斜置喷嘴，调节级喷嘴子午面收缩型线；高中低通流部分全部采用一维/准二维/准三维/全三维

气动热力设计体系。在结构设计方面：采用自带冠动叶片，增加汽封片，动、静叶栅子午通流部分光滑；取消拉筋，合理调整通流间隙；以钢质焊接隔板代替铸铁隔板；采用新型汽封“布莱顿”可调汽封、“卫士”汽封、软态铁素体汽封（高、中压部分）及铜汽封（低压部分）。反动式汽轮机采用了全新的高效率反动式可控涡叶型系列，全三元气动设计技术系统，CFD技术对进排汽蜗壳的改进，通流部分通道优化设计技术，自带围带动叶，新的强化叶根型线，自由叶片的混合调频技术，低压段蜂窝式汽封，马刀型反动式叶型系列等先进设计技术。在制造中采用了无余量精密铸造，叶片数控加工，隔板、围带激光加工等新工艺、新技术，机组效率进一步提高，安全可靠性和性能大大增强。

我国汽轮机工业自 50 年代从引进前苏联技术起步，掌握了第一代汽轮机的设计方法，最大单机容量达到 300MW。80 年代初引进的美国西屋公司 300MW 和 600MW 机组仍是第一代设计。后来，哈尔滨汽轮机厂、上海汽轮机厂两厂经过 10 多年的消化、吸收，并采用第二代设计概念进行改进，其性能已达到或接近第二代汽轮机的水平。

但是，我国汽轮机制造业自身还没有形成独立开发第三代设计方法的能力，外国汽轮机制造厂家出于市场竞争的需要，不愿意与我们合作，不论我国汽轮



机制造业采用何种方式，他们也不愿或至少短期内不愿把第三代设计技术转让给我方。

在中国科学院工程热物理研究所，哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、清华大学等高等院校，哈尔滨、东方、上海、北京等汽轮机制造厂的共同奋斗，并在电力部门的支持下，90年代中后期开发出具有90年代先进水平的汽轮机通流部分三维技术。

三维技术在国产200MW汽轮机改造中的成功，表明我国已开发出理论先进、程序可靠、系统配套、具有我国自主知识产权的新一代汽轮机气动热力设计体系，掌握了新一代大型电站汽轮机设计核心技术，基本实现了我国在这一领域由60、70年代水平向90年代国际先进水平的跨越。这对提高我国制造行业的技术水平，促进电力工业的技术进步，增强民族工业的竞争力，有着十分重要的意义。

