

火电厂汽轮机

故障诊断分析处理与技术改造手册

HUODIANCHANG QILUNJI GUZHANG ZHENDUAN FENXI CHULI YU JISHU GAIZAO SHOUCHE

银声音像出版社

名 称:火电厂汽轮机故障诊断分析处理与技术改造手册

出版时间:2005年6月

出 版 社:银声音像出版社

类 别:1CD+配套手册四卷

ISBN 7-88362-428-8

定 价:998.00元

火电厂汽轮机故障诊断分析处理 与技术改造手册

编委会

主 编：欧阳安
编 委：(排名不分先后)

白 云	华世赫	韩 晓
梁雨虹	王久峰	杨海新
郝连琴	褚 越	褚海天
赵爱军	赵 刚	张永和
张金龙	梁 艳	杨 洁
张玉萍	于 婷	韦 辉
李 勇	王勇生	陈中刚
张永智	张 群	李冬玲
郝振泉	黄国秀	于 虹
霍红蕾	刘 勇	冯海峰
李旭君	金 丽	徐 丹
谭丽彤	冯清河	张志广
门铁柱	李 春	徐子滨

前 言

汽轮机是火力发电的重要组成部分,也是一种故障率高、故障危害性大的机械,一旦出现故障,势必造成重大的经济损失和人身伤亡。因此,对汽轮机故障的及时诊断分析与处理,对老旧汽轮机组进行技术改造,历来都受到电力企业和管理部门的高度重视。在汽轮机、汽轮机组故障诊断领域里,已取得了一些重要的理论和应用成果。但是,当前汽轮机、汽轮机组故障诊断技术的研究还存在以下几个方面和不足:

(1)在诊断方法和诊断系统的开发研究方面投入的精力较多,而对故障机理的研究投入的精力相对来说少了一些,专家系统知识库中存放的知识不丰富。所以,所开发出来的诊断系统难以对被诊断对象做出准确有效的诊断。

(2)国内在诊断系统软件开发方面“百花齐放”,没有统一、规范的软件标准,没有标准的开发环境;诊断系统的硬件没有标准化、系列化。因此,开发一套诊断系统要花费巨大的人力、物力和财力。

(3)开发出来的诊断系统的功能比较单一。目前已有的诊断系统大多数只能诊断出故障的名称,对故障机理的分析不够透彻,缺少对设备状态的综合评价、故障趋势的预测、设备运行指导和维修决策等方面的综合功能。诊断系统的自学习功能没有达到实用化。

(4)现有诊断系统的诊断过程是非“自主”的。目前已开发出来的诊断系统,大多数是在人工参与下的辅助诊断系统,其诊断过程需要人员的参与和照料,因此,这样的诊断系统是非“自主”系统。正因为诊断过程的非自主性,大大降低了诊断系统的实用性。

大型汽轮机组的结构特点和运行条件特点,决定了汽轮机组的故障诊断要快速、准确、高效和实时。为了满足上述要求,汽轮机组诊断技术的研究应在如下几个方面取得突破。

(1)分布式结构的故障诊断系统的研究与开发。汽轮机组各子系统的结构和功能是分布式和多层次的。这种结构上的层次关系,要求其诊断系统也是分布式和多层次的,由全局诊断系统和子诊断系统组成。全局诊断系统负责诊断任务的管理,包括将总体任务分解成子任务和向各子诊断系统分配任务两方面内容,这些子任务往往是相互耦合的。诊断子任务完成以后,通过对各子诊断系统结论的综合,最终得出结论。分布式故障诊断专家系统具有推理效率高、诊断速度快、系统可靠、实时性好的特点。

(2)集成式故障诊断系统的研究与开发。由于当前的诊断系统在推理方

法上的单一性,在求解复杂系统的诊断问题时受到很大的限制。未来的汽轮机组故障诊断系统,将根据不同子系统的特点采用不同的推理模型,甚至采用几种不同推理模型进行混合推理。例如,在同一个诊断系统中,同时集成了基于规则的推理模型、基于人工神经网络的推理模型、基本事例的推理模型等等。

(3)构造大型监测诊断中心。在同一个电厂或在一个区域内,有许多同类型(或不同类型)的汽轮发电机组在同时运转,可构造一个大型监测诊断中心,对这些汽轮发电机组进行集中监测和管理。

(4)自主闭环诊断系统的研究与开发。全自主闭环故障诊断系统能够在人员不参与和不照料的情况下完成持续的故障诊断,形成决策,再由诊断系统发出相应的控制指令,对机组施加适当的控制。

(5)故障诊断的相关技术研究。故障诊断技术是以现代传感技术、信息技术、计算机技术、可靠性技术、软件工程及人工智能为基础的高新技术。

为了发展汽轮机组的故障诊断技术,我们还必须研究如下相关的关键技术:①专家系统开发工具的研究与开发。利用专家系统开发工具,可大大缩短专家系统的开发周期,节约大量的时间和资金。②人工智能理论的研究。未来的诊断系统,都是具有智能的。人工智能理论研究所取得的新成果应用于故障诊断系统后,将使诊断系统的智能化程度大大提高,从而大大提高诊断的自主性。③传感技术的研究。目前,故障诊断系统所用的传感器都是常规的传感器,检测诊断对象的动态信号主要有振动、温度、压力、流量、噪声、应力和位移等。各种新型传感器(如光学传感器、光纤传感器、化学传感器等)的应用,特别是各种多功能集成式传感器和智能化传感器的应用,将大大提高诊断对象状态信息的识辨力,提高诊断结果的准确率。

有鉴于此,我们编写了《火电厂汽轮机故障诊断分析处理与技术改造手册》。本书系统叙述近年来我国汽轮机运行中发生的事故(或故障),特别是近几年来发生的性质严重、影响较大,且在一定程度上带有普遍性质的事故,分析其原因,并提出防止对策;对老旧汽轮机技术改造的改造方案、改造中出现的问题和解决方法也做了详细的介绍;同时探讨一些发电机运行与试验研究工作的新动向和经验,提供给汽轮机、发电机制造部门和运行部门,在改进产品设计、工艺及产品质量和提高运行维护水平方面作为参考和借鉴。

本书编委会

2005年6月

目 录

第一篇 汽轮机故障诊断分析基本知识

第一章 概 述	(3)
第一节 汽轮机故障诊断技术的发展历史.....	(3)
第二节 设备故障诊断技术产生的影响	(10)
第三节 汽轮机组故障诊断技术的特点	(12)
第四节 汽轮机组故障诊断的目的、任务和方法.....	(13)
第二章 汽轮机组故障诊断的技术基础	(18)
第一节 设备故障的定义和分类	(18)
第二节 设备故障诊断技术的内容和类型	(20)
第三节 故障信息的获取方法与故障特征信号的选取	(21)
第四节 传感器的选取	(25)
第五节 信号分析与处理	(27)
第六节 基于特征提取的故障分类模型	(36)
第七节 汽轮机组常用故障诊断技术	(44)
第三章 汽轮机事故预防	(52)
第一节 事故预防的基本要求	(52)
第二节 防止汽轮机超速	(53)
第三节 防止汽轮发电机组轴瓦损坏	(54)
第四节 防止汽轮机大轴弯曲	(56)
第五节 防止汽轮机水冲击	(58)
第六节 防止机组轴承出现过大振动	(59)
第七节 防止汽轮机真空下降	(61)
第八节 防止通流部分动静磨损	(63)
第九节 防止汽轮机叶片损坏	(64)
第十节 防止调节控制系统异常	(69)

第十一节	防止厂用电中断	(70)
第十二节	防止给水泵故障	(73)
第十三节	防止汽水管道故障	(76)
第十四节	防止油系统着火	(78)
第十五节	防止主、再热蒸汽参数异常	(80)
第十六节	防止负荷骤变	(80)
第十七节	防止发电机甩负荷	(81)
第十八节	防止轴向位移增大	(82)

第二篇 汽轮机本体故障诊断分析处理技术

第一章	转子故障诊断分析处理	(85)
第一节	叶片故障诊断分析处理	(85)
第二节	汽轮机主轴弯曲及处理	(113)
第三节	转子的低速平衡	(147)
第四节	叶轮的故障诊断分析处理	(163)
第五节	轴颈与轴封的故障诊断分析处理	(184)
第六节	联轴器的故障诊断分析处理	(197)
第二章	汽缸故障诊断分析处理	(210)
第一节	汽缸过大正负胀差的排除	(210)
第二节	汽缸结合面栽丝底扣损坏后的处理	(218)
第三节	汽缸内部的异常状态分析处理	(221)
第四节	汽缸结合面泄漏的处理	(223)

第三篇 汽轮发电机故障诊断分析处理技术

第一章	定子绕组故障诊断分析处理	(243)
第一节	定子绕组绝缘故障	(243)
第二节	定子绕组导线的断股	(258)
第三节	定子绕组的接头事故	(273)
第四节	水冷定子绕组堵塞和断水	(281)
第五节	定子绕组漏水	(293)

第二章 定子铁芯故障诊断分析处理	(307)
第一节 片间绝缘的损坏	(307)
第二节 有效铁芯压装的变松	(308)
第三节 铁芯端部压指压偏	(310)
第四节 电阻温度计损坏引起有效铁芯的故障	(314)
第五节 绕组接地引起的定子铁芯损坏	(315)
第六节 定子铁芯试验	(316)
第七节 ELCID—定子铁芯故障探测仪的应用	(322)
第三章 转子绕组的常见故障诊断分析处理	(328)
第一节 转子绕组的对地绝缘故障	(328)
第二节 转子绕组匝间短路	(340)
第三节 不拔护环诊断大型汽轮发电机转子绕组匝间短路 位置的方法	(353)
第四节 转子绕组热变形	(363)
第五节 集电环—电刷装置的烧损	(372)
第四章 直接冷却转子绕组的故障诊断分析处理	(379)
第一节 直接氢冷转子绕组通风道的局部堵塞与转子 温度场的计算	(379)
第二节 直接冷却转子绕组的通风检验	(396)
第三节 直接水冷转子绕组漏水	(400)
第四节 直接不冷转子绕组局部堵塞	(411)
第五章 负序电流引起的转子损坏诊断分析处理	(422)
第一节 不对称运行对发电机的影响	(422)
第二节 负序电流烧损转子的实例及特征	(425)
第三节 发电机承受负序电流的能力	(431)
第四节 发电机不对称运行后的检查及处理	(437)
第六章 转子护环损坏及强度计算	(439)
第一节 转子护环事故概述	(439)
第二节 护环裂纹的性质、成因和机理	(440)
第三节 防止护环开裂的技术措施	(447)
第四节 汽轮发电机护环强度的计算	(453)
第五节 转子护环的检查和更换问题	(462)

第七章 转子的超速损坏和扭振损坏	(469)
第一节 有明显超速特征的转子损坏实例及原因分析	(469)
第二节 扭振导致的转子损坏	(477)
第三节 其他原因引起的转子损坏	(481)
第八章 机组磁化与退磁、轴电压及转轴的合理接地方式	(485)
第一节 汽轮发电机组的磁化与退磁技术	(485)
第二节 汽轮发电机组的轴电压及转轴的合理接地方式	(509)
第九章 发电机的振动诊断分析处理	(514)
第一节 振动的原因和类型	(514)
第二节 转子匝间短路引起的振动	(517)
第三节 气隙不均匀和电磁谐振引起的电磁振动	(521)
第四节 转子中心位置偏移引起的振动增大	(522)
第五节 不对称负荷引起的电磁振动及转子热不平衡引起 的振动	(524)
第六节 大型汽轮发电机转子异常振动实例分析及清除	(525)

第四篇 汽轮机组故障诊断分析处理技术

第一章 汽轮机组的工作特性与故障现象分析	(535)
第一节 汽轮机组的结构特性	(535)
第二节 汽轮机组的工作特性分析	(543)
第三节 汽轮机组的故障与结构因素之间的关系	(546)
第四节 汽轮机组的故障与运行因素之间的关系	(549)
第二章 汽轮机组故障特征的提取	(553)
第一节 故障特征的不确定性描述	(553)
第二节 从机组输出参数中提取故障特征	(554)
第三节 从振动信号的时域波形中提取故障特征	(563)
第四节 轨迹型征兆的自动获取	(566)
第五节 从振动信号的频谱中提取故障特征	(577)
第六节 故障信号的奇异特征提取	(583)
第三章 汽轮机组常见横向振动故障的诊断分析处理	(591)
第一节 转子不平衡故障的诊断	(591)
第二节 转子动静碰磨故障的诊断	(594)

第三节	转子不对中故障的诊断	(601)
第四节	转子裂纹故障的诊断	(602)
第五节	油膜涡动与油膜振荡故障的诊断	(605)
第六节	蒸汽振荡故障的诊断	(609)
第七节	非转动部件松动故障的诊断	(612)
第八节	转子中心孔异物吸附故障的诊断	(613)
第四章	汽轮发电机组轴系扭转振动故障分析处理	(619)
第一节	汽轮发电机组轴系扭振概述	(619)
第二节	单元机组轴系扭振特性分析与计算	(625)
第三节	并列运行机组的扭振特性分析与计算	(630)
第四节	防止轴系扭振的对策	(637)
第五章	汽轮机组通流部分故障的诊断分析处理	(640)
第一节	根据监视段压力变化	(640)
第二节	汽轮机组通流部分故障诊断的热力判据	(643)
第六章	汽轮机组辅助设备及系统的故障诊断分析处理	(647)
第一节	回热系统的故障特性分析	(647)
第二节	高压加热器的故障原因分析	(651)
第三节	高压加热器管系泄漏的故障机理分析	(652)
第四节	汽轮机组凝汽系统的故障分析	(658)
第五节	高压加热器与凝汽系统故障的模糊诊断	(660)
第七章	汽轮机组状态监测与故障诊断分析系统	(665)
第一节	汽轮机组状态监测与故障诊断的任务特点	(665)
第二节	系统的总体结构、功能及特点	(666)
第三节	监测子系统的设计与实现	(670)
第四节	故障诊断子系统的设计与实现	(671)
第五节	汽轮机组远程在线监测与诊断系统	(673)

第五篇 汽轮机调试中常见的故障诊断与分析处理

第一章	事故处理原则和预防对策	(679)
第一节	汽轮机重大事故的处理原则	(679)
第二节	事故预防对策	(680)
第二章	汽轮机调试中常见故障与处理实例	(682)

第一节	机组振动故障	(682)
第二节	主机存在的故障	(689)
第三节	调节系统及油系统出现的故障	(692)
第四节	给水泵及系统出现的故障	(701)
第五节	加热器出现的故障	(712)
第六节	给水泵汽轮机出现的故障	(715)
第七节	汽轮机叶片出现的故障	(716)
第八节	辅助设备及系统出现的故障	(724)
第九节	其他故障与预防	(726)

第六篇 汽轮机故障诊断分析处理实例

第一章	定子绕组相间短路事故处理实例	(735)
第一节	概 述	(735)
第二节	国产 200MW 发电机相间短路	(735)
第三节	国产 200MW 发电机相间短路	(742)
第四节	国产 200MW 发电机相间短路	(758)
第二章	被遗留在机内的异物造成的故障处理实例	(766)
第一节	概 述	(766)
第二节	国产 200MW 发电机被遗留在机内的锯条造成相间短路	(766)
第三节	国产 200MW 发电机被遗留在机内的工具刀刮伤 定子线棒绝缘	(768)
第三章	定子绕组接地事故处理实例	(773)
第一节	概 述	(773)
第二节	国产 600MW 发电机定子绕组接地事故	(774)
第四章	定子绕组漏水故障处理实例	(780)
第一节	概 述	(780)
第二节	一台国产 200MW 发电机定子绕组多次漏水	(781)
第三节	国产 200MW 发电机定子绕组鼻部泄漏电流大及 过渡引线漏水	(787)
第四节	ALSTHOM 产 620MW 发电机定子绕组鼻部水盒漏水	(793)
第五章	定子绕组电晕腐蚀的危害处理实例	(796)
第一节	概 述	(796)

第二节	国产 25MW 发电机定子线棒被电晕严重腐蚀	(796)
第六章	转子绕组接地故障处理实例	(804)
第一节	概 述	(804)
第二节	日本产 15MW 老式发电机两次转子一点接地	(805)
第三节	国产 300MW 发电机两次转子一点接地	(816)
第七章	转子绕组匝间短路故障处理实例	(826)
第一节	概 述	(826)
第二节	前苏联产 TB-50-2 型发电机转子绕组匝间短路	(827)
第三节	前苏联产 TTB-2003 型发电机转子绕组匝间短路	(830)
第四节	法国 CEM 产 313MW 发电机两次转子绕组匝间短路	(834)
第八章	集电环—电刷装置烧损故障处理实例	(844)
第一节	概 述	(844)
第二节	国产 200MW 发电机集电环及刷架烧损	(845)
附录一	国产 200MW 汽轮发电机检修工艺规程	(850)
附录二	350MW 汽轮机检修规程	(909)
附录三	火力发电厂汽轮机防进水和冷蒸汽导则	(1109)

第七篇 汽轮机技术改造

第一章	汽轮机通流部分技术改造	(1139)
第一节	范 围	(1139)
第二节	专业术语	(1139)
第三节	概况	(1140)
第四节	改造目的和原则	(1142)
第五节	技术措施和方案	(1142)
第六节	改造效果试验验证	(1145)
第二章	汽轮机辅助系统和设备技术改造	(1154)
第一节	回热系统	(1154)
第二节	真空系统	(1156)
第三节	给水泵	(1158)
第四节	胶球清洗	(1162)
第三章	汽轮机调节系统改造	(1165)
第一节	范围	(1165)

第二节	概况	(1165)
第三节	术语、定义、符号、单位和缩略语	(1167)
第四节	电液调节系统分类	(1172)
第五节	电液调节系统功能要求	(1173)
第六节	电液调节系统性能要求	(1175)
第七节	调节系统改造方案	(1177)
第八节	主要设备、系统功能选用要求	(1179)
第九节	对实施电液调节系统改造的要求	(1183)
第四章	汽轮发电机及附属电气设备技术改造	(1190)
第一节	范围	(1190)
第二节	概况	(1190)
第三节	发电机技术改造原则	(1192)
第四节	发电机增容改造	(1193)
第五节	电网与发电机组协调关系涉及的改造	(1196)
第六节	为消除设备缺陷和事故隐患的改造	(1205)
第七节	电厂节能降耗的改造	(1212)
第五章	交流发电机励磁系统技术改造	(1219)
第一节	范围	(1219)
第二节	概况	(1219)
第三节	励磁方式与性能的改进	(1219)
第四节	励磁设备的选择	(1220)
第五节	励磁改造管理工作的建议	(1222)
第六章	热工自动化技术改造	(1224)
第一节	范 围	(1224)
第二节	专业术语	(1224)
第三节	热工自动化技术改造目的和要求	(1225)
第四节	分散控制系统(DCS)改造技术要求	(1227)
第五节	汽轮机控制系统改造技术要求	(1236)
第六节	辅助车间监控网络化和集中控制改造技术要求	(1238)
第七节	试验和验收	(1242)
第七章	火电机组技术改造项目可行性研究财务评价	(1248)
第一节	总 则	(1248)
第二节	火电技术改造项目类型及评价特点	(1249)

第三节	火电技术改造项目财务评价报告的主要内容	(1258)
第四节	火电技术改造项目财务评价主要报表及辅助报表	(1260)
第五节	关于敏感性分析	(1260)
附录一	电站汽轮机技术条件	(1278)
附录二	汽轮机电液调节系统性能验收导则	(1349)

第八篇 汽轮机控制系统技术改造

第一章	国内汽轮机控制系统情况	(1373)
第一节	概 述	(1373)
第二节	汽轮机控制系统分类	(1376)
第三节	汽轮机控制系统现状	(1386)
第四节	汽轮机控制系统的发展	(1389)
第五节	小 结	(1390)
第二章	汽轮机控制系统改造模式	(1392)
第一节	汽轮机控制系统的改造	(1392)
第二节	同步器控制改造模式	(1396)
第三节	电液并存改造模式	(1399)
第四节	低压透平油数字电调改造模式	(1410)
第五节	抗燃油纯电调控制改造模式	(1421)
第六节	各种改造方案综合比较	(1468)
第三章	高压抗燃油纯电调系统改造安装调试	(1472)
第一节	系统安装	(1472)
第二节	抗燃油油系统冲洗	(1478)
第三节	系统调试	(1482)
第四节	再生装置	(1492)
第四章	汽轮机控制系统技术改造实例	(1494)
第一节	目前国内改造情况	(1494)
第二节	100MW 机组	(1501)
第三节	125MW 机组	(1509)
第四节	200MW 机组	(1521)
第五节	300MW 机组	(1566)

汽轮机故障诊断分析基本知识

★ 第一篇

第一章 概 述

第一节 汽轮机故障诊断技术的发展历史

20世纪以来,随着工业生产和科学技术的发展,机械设备的可靠性、可用性、可维修性和安全性的问题日益突出,促进了人们对机械设备故障机理及故障诊断技术的研究。

汽轮机组是大型旋转机械,它将高温、高压蒸汽所具有的内能转换成机组转子旋转的机械能,从而驱动其他机械或带动发电机发出电能。汽轮机组是工业领域的重要设备,特别是在电力工业中,汽轮机组是关键的设备。由于汽轮机组结构和系统的复杂性、运行环境的特殊性,汽轮机组的故障率较高,而且故障的危害性也很大。因此,汽轮机组的故障诊断一直是故障诊断技术应用的一个重要方面。

一、设备诊断技术的发展历史

设备诊断技术的历史,可追溯到19世纪产业革命时期,早期的诊断技术主要依赖于该领域个体专家单纯依靠感官获取设备的状态信息,凭个体专家的经验做出直接判断,这是最原始、最简单的诊断技术。20世纪初,可靠性理论的产生和应用,使人们可以依靠事前对材料寿命的分析和评估及设备运行中对材料性能的部分检测来完成对设备的诊断。

真正意义上的诊断技术是产生于20世纪60年代初期的现代设备诊断技术。1961年,美国开始执行阿波罗计划,出现了一系列严重设备故障,于是在1967年,在美国宇航局(NASA)的倡导下,由美国海军研究室(ONR)主持成立了美国机械故障预防小组(MFPG),主要从事设备诊断技术的研究与开发。1971年MFPG划归美国国家标准局(NSB)领导,成为一个官方领导的组织,下设故障机理研究、检测、诊断和预测技术、可靠性设计和材料耐久性评价四个小组。美国工程师学会(ASME)领导下的锅炉压力容器监测中心(NBBI)对锅炉压力容器和管道等设备的诊断技术作了大量的研究,制定了一系列有关静态设备设计、制造、试验和故障诊断及预防的标准。另