

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

火电厂汽轮机故障诊断分析处理 与技术改造手册

(第四卷)

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

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)

附录 A: (规范性附录) 液体工质标准

A.1 新抗燃油的油质标准见表 A.1。

表 A.1 新抗燃油的油质标准

序号	项目	中压抗燃油 ($\leq 4\text{MPa}$)	高压抗燃油 ($\geq 11\text{MPa}$)	试验方法
1	外观	透明	透明	DL429.1
2	颜色	淡黄	淡黄	DL429.2
3	密度 (20℃, g/cm^3)	1.13 ~ 1.17	1.13 ~ 1.17	GB/T 1884
4	运动黏度 (40℃, mm^2/s)	28.8 ~ 35.2	37.9 ~ 44.3	GB265
5	凝点 (℃)	≤ -18	≤ -18	GB510
6	闪点 (℃)	≥ 235	≥ 240	GB3536
7	自燃点 (℃)	≥ 530	≥ 530	
8	颗粒污染度 SAE749D 级	≤ 6	\leq	SD313
9	水分 [% (m/m)]	≤ 0.1	≤ 0.1	GB7600
10	值 (mgKOH/g)	≤ 0.08	≤ 0.08	GB264
11	氯含量 [% (m/m)]	≤ 0.005	≤ 0.005	DL433
12	泡沫特性 (24℃, mL)	≤ 90	≤ 25	GB/T12579
13	电阻率 (20℃, $\Omega \cdot \text{cm}$)	--	5.0×10^9	DL421

A.2 运行中抗燃油的油质标准见表 A.2。

表 A.2 运行中抗燃油的油质标准

序号	项目	中压抗燃油 ($\leq 4\text{MPa}$)	高压抗燃油 ($\geq 11\text{MPa}$)	试验方法
1	外观	透明	透明	DL429.1
2	颜色	桔红	桔红	DL429.2
3	密度 (20℃, g/cm^3)	1.13 ~ 1.17	1.13 ~ 1.17	GB/T 1884
4	运动黏度 (40℃, mm^2/s)	28.8 ~ 35.2	37.9 ~ 44.3	GB265
5	凝点 (℃)	≤ -18	≤ -18	GB510
6	闪点 (℃)	≥ 235	≥ 235	GB3536
7	自燃点 (℃)	≥ 530	≥ 530	

续表

序号	项目	中压抗燃油 ($\leq 4\text{MPa}$)	高压抗燃油 ($\geq 11\text{MPa}$)	试验方法
8	颗粒污染度 SAE749D级	≤ 5	≤ 3	SD313
9	水分 [% (m/m)]	≤ 0.1	≤ 0.1	GB7600
10	酸值 (mgKOH/g)	≤ 0.25	≤ 0.20	GB264
11	氯含量 [% (m/m)]	≤ 0.015	≤ 0.01	DL433
12	泡沫特性 (24℃, mL)	≤ 200	≤ 200	GB/T12579
13	电阻率 (20℃, $\Omega \cdot \text{cm}$)	—	$\geq 5.0 \times 10^9$	DL421
1	矿物油含量 [% (m/m)]	\leq	≤ 4	

A.3 运行中透平油的油质标准见表 A.3。

表 A.3 运行中透平油油质量标准

序号	项目		设备规范	质量标准	测试方法
1	外状		—	透明	外观目测
2	运动黏度 (40℃) (mm^2/s)		—	与新油原始测量值的偏离值 $\leq 20\%$	GB/T 256
3	闪点 (开口) (℃)		—	与新油原始测量值相比不低于 15	GB/T267
4	机械杂质		—	无	外观目测
5	颗粒度		250MW 及以上机组	NAS 1638 标准 8~9 级 MOOC 标准 6 级	SD/T 313 DL/T432
6	酸值 (mgKOH/g)	未加防锈剂 加防锈剂	— —	≤ 0.2 ≤ 0.3	GB/T 7599 或 GB/T264
7	液相锈蚀		—	无锈	GB/T11143
8	破乳化度 (min)		—	≤ 60	GB/T 7605
9	水分 (mg/L)		200MW 及以上机组 200MW 以下机组	≤ 100 ≤ 200	GB/T7600 或 GB/T 7601
10	起泡沫试验 (mL)		250MW 及以上机组	极限值为 600 痕迹/mL	GB/T 12579
11	空气释放值 (min)		250MW 及以上机组	极限值为 10min	SH/T0308

附录 B: (资料性附录) 调节系统改造方案及特点

B.1 调节系统改造方案参见表 B.1。

表 B.1 调节系统改造方案汇总表

	调速器	调节器放大器	主汽门油动机	调门油动机	配汽机构	保安系统	油系统	改造特点
原液压系统	机械(液压)调速器	液压放大器	双侧或单侧	双侧或单侧	杠杆或凸轮	液 压、 危 机 遮 断	透平油 系统	
同步器型电液调节系统	增加磁阻发讯器、功率和压力变送器	增加 PI 调节器	保留	保留	保留	保留	保留	方 案 简 单, 仅 改 造 同 步 器, 增 加 调 节 器, 其 他 全 部 保 留
电液并存液跟踪切换电液调节系统	增加磁阻发讯器、功率和压力变送器	增加 PI 调节器、电液转换装置、切换阀和跟踪阀	保留	保留	保留	保留	保留	系 统 结 构 相 对 复 杂, 增 加 电 液 转 换 装 置、切 换 阀、跟 踪 阀 和 控 制 器, 其 他 全 部 保 留
电液并存联合调节电液调节系统	增加磁阻发讯器、功率和压力变送器	增加 PI 调节器和电液转换装置	保留	保留	保留	保留	保留	系 统 结 构 简 单, 增 加 电 液 转 换 装 置 和 控 制 器, 其 他 全 部 保 留
透平油纯电液调节系统	增加磁阻发讯器、功率和压力变送器	多回路 PI 调节器、电液转换装置	保留	保留	配置一 只或多 只电液 转换器	保留	保留	系 统 结 构 相 对 简 单, 保 留 油 系 统、 油 动 机、配 汽 机 构 和 保 安 系 统, 其 他 全 部 改 造
抗燃油纯电液调节系统	增加磁阻发讯器、功率和压力变送器	多回路 PI 调节器、伺服阀	改造为 单侧油 动机	改造为 单侧油 动机	每只阀 配置油 动机、 伺服阀	增加隔 膜阀	高压抗 燃油系 统	系 统 结 构 相 对 复 杂, 配 汽 机 构、油 系 统、保 安 系 统 全 部 改 造

B.2 调节系统改造方案特点参见表 B.2。

表 B.2 调节系统改造方案特点

	智能同步器型	电液切换	电液联合调节	透平油纯电调	抗燃油纯电调
基本操作方式	√	√	√	√	√
必备控制功能	√	√	√	√	√
基本控制功能	√	√	√	√	√
可选控制功能					
ATC				√	√
VM				√	√
FCB		√	√	√	√
FVA		√	√	√	√
基本接口功能	√	√	√	√	√
可选接口功能		√	√	√	√
限制功能		√	√	√	√
保护功能	√	√	√	√	√
油质要求	同液调	较高	同液调	较高	最高
对液调系统要求	良好	良好	良好	良好	无要求
油质处理	较易	较易	较易	较易	较难
系统复杂程度	最简单	较简单	简单	较简单	较复杂
改造量	最小	较大	较小	较小	最大
改造工期	最短	较长	较短	较短	最长
改造费用	最低	较多	较低	较少	最多
维护难度	最低	较难	较低	较低	最难
运行费用	最少	较少	少	较少	最多

附录 C: (资料性附录) 电液转换装置类型及特点

C 电液转换装置类型及特点见表 C.1。

表 C.1 电液转换装置类型及特点

型 式 指 标	哈汽型	东汽型	上汽型 DDV 阀	REXA 执行器	MOOG 阀	
额定输入信号	0 ~ ±250mA	0 ~ 2A	0 ~ 1A	信号: 标准 信号, 驱动: 0 ~ ±800mA	4 ~ 20mA	~ ±40mA
电磁力 (kg)	0 ~ ±1.5	0 ~ +4.7		+10, ±40	1000	0 ~ ±0.5
转换形式	随动双喷嘴 挡板式	随动滑阀式	碟阀式	直接驱动滑 阀式	力输出可直 接驱动油动 机错油门	固定双喷嘴 挡板式
特征间隙 (m)	0.47	0.05 ~ 0.08	0.2	0.003 ~ 0.005	—	0.02 ~ 0.03
控制滑阀行程 (mm)	0 ~ 25	0 ~ 10	控制行程 0.2	0 ~ +1	0 ~ 50	0 ~ ±1
时间常数 (s)	0.05	0.02	—	0.02	0.04s/m	0.02
滤网精度要求 (mm)	0.30	0.02 磁性滤 油器	0.2	0.05	—	0.005 磁性滤 油器
滤油器堵塞后的 处理	检修时清洗	在线切换清 洗 在线切换 清洗	在线切换清 洗	—	更换滤芯, 报废或送专 业公司清洗	
卡涩后的处理	电厂自行清 洗	电厂自行清 洗	电厂自行清 洗	更换或送专 业公司清洗	—	更换或送专 业公司清洗
特点	抗油污染能 力强, 装配 要求精度高。 目前较少采 用	抗油质污染 能力相对较 弱。目前较 少采用	适用于力平 衡的液压系 统, 抗油污 染能力较强。 多应用在透 平油系统	对油质要求 比 MOOG 阀 低, 电磁力 大, 可用于 抗燃油和透 平油系统	大力矩输出, 可直接驱动 伺服机构。 不存在油质 污染	对油质要求 高, 用于高 压抗燃油系 统