

# 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

(第二卷)

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

<b>第一章 概 述</b> .....	(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)
<b>第二章 汽轮机组故障诊断的技术基础</b> .....	(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)
<b>第三章 汽轮机事故预防</b> .....	(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)

<b>第二章 定子铁芯故障诊断分析处理</b> .....	(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)
<b>第三章 转子绕组的常见故障诊断分析处理</b> .....	(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)
<b>第四章 直接冷却转子绕组的故障诊断分析处理</b> .....	(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)
<b>第五章 负序电流引起的转子损坏诊断分析处理</b> .....	(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)
<b>第六章 转子护环损坏及强度计算</b> .....	(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)

<b>第七章 转子的超速损坏和扭振损坏</b> .....	(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)
<b>第八章 机组磁化与退磁、轴电压及转轴的合理接地方式</b> .....	(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)
<b>第九章 发电机的振动诊断分析处理</b> .....	(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

<b>第一章 汽轮机组的工作特性与故障现象分析</b> .....	(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)
<b>第二章 汽轮机组故障特征的提取</b> .....	(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)
<b>第三章 汽轮机组常见横向振动故障的诊断分析处理</b> .....	(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)
<b>第四章</b>	<b>汽轮发电机组轴系扭转振动故障分析处理</b>	<b>(619)</b>
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)
<b>第五章</b>	<b>汽轮机组通流部分故障的诊断分析处理</b>	<b>(640)</b>
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)
<b>第六章</b>	<b>汽轮机组辅助设备及系统的故障诊断分析处理</b>	<b>(647)</b>
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)
<b>第七章</b>	<b>汽轮机组状态监测与故障诊断分析系统</b>	<b>(665)</b>
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

<b>第一章</b>	<b>事故处理原则和预防对策</b>	<b>(679)</b>
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)
<b>第二章</b>	<b>汽轮机调试中常见故障与处理实例</b>	<b>(682)</b>



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)
<b>第六章</b>	<b>转子绕组接地故障处理实例 .....</b>	<b>(804)</b>
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)
<b>第七章</b>	<b>转子绕组匝间短路故障处理实例 .....</b>	<b>(826)</b>
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)
<b>第八章</b>	<b>集电环—电刷装置烧损故障处理实例 .....</b>	<b>(844)</b>
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

<b>第一章</b>	<b>汽轮机通流部分技术改造 .....</b>	<b>(1139)</b>
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)
<b>第二章</b>	<b>汽轮机辅助系统和设备技术改造 .....</b>	<b>(1154)</b>
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)
<b>第三章</b>	<b>汽轮机调节系统改造 .....</b>	<b>(1165)</b>
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)
<b>第四章</b>	<b>汽轮发电机及附属电气设备技术改造 .....</b>	<b>(1190)</b>
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)
<b>第五章</b>	<b>交流发电机励磁系统技术改造 .....</b>	<b>(1219)</b>
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)
<b>第六章</b>	<b>热工自动化技术改造 .....</b>	<b>(1224)</b>
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)
<b>第七章</b>	<b>火电机组技术改造项目可行性研究财务评价 .....</b>	<b>(1248)</b>
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

<b>第一章</b>	<b>国内汽轮机控制系统情况 .....</b>	<b>(1373)</b>
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)
<b>第二章</b>	<b>汽轮机控制系统改造模式 .....</b>	<b>(1392)</b>
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)
<b>第三章</b>	<b>高压抗燃油纯电调系统改造安装调试 .....</b>	<b>(1472)</b>
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)
<b>第四章</b>	<b>汽轮机控制系统技术改造实例 .....</b>	<b>(1494)</b>
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)

## 第四章 直接冷却转子绕组的故障诊断 分析处理

### 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

#### 一、通风道的局部堵塞及其原因

我国已运行的 200MW 及以下氢气直接冷却汽轮发电机，相当一部分采用气隙取气斜流通风方式。转子有数以千计的通风孔道，如表 4-1 所示。由于设计、制造工艺及运行等多种因素的影响。转子绕组通风道的局部堵塞时有发生，且堵塞的形式和程度又是多种多样的。从 70 年代到现在，已有多台侧面铣槽式转子的通风道发生堵塞而导致严重损坏的事故，不得不全部重绕转子绕组的绝缘。

表 4-1 气隙取气斜流通风侧面铣槽氢内冷转子绕组的通风孔及通风道数

发电机型号		TBP-60-2*	QFN-100-2	TBP-120-2	QFQS-200-2**	
制造厂		前苏联新西伯利亚	哈尔滨	前苏联新西伯利亚	哈尔滨	
额定功率 (MW)		60	100	120	200	
转子槽数		28	32	32	32	
风区数	冷风区	2	2	2	4	
	热风区	3	3	3	5	
	合计	5	5	5	9	
每槽通风孔数	端部	护环下	22 (18)	20	20	22
		端部	20 (16)	20	20	24
		合计	42 (34)	40	40	46
	端部	56 (56)	56	56	112	
	合计	98 (90)	%	96	158	
每槽通风道数	端部	22 (18)	20	20	24	
	槽部	28 (28)	28	28	56	
	合计	50 (46)	48	48	80	

续 表

发电机型号		T1B-60-2*	QFN-100-2	T1B-120-2	QFQS-200-2**	
全机通风 孔数	端部	护环下	600	640	640	704
		槽部	544	640	640	768
		合计	1144	1280	1280	1472
	槽部	1568	1792	1792	3584	
	合计	2712	3072	3072	5056	
全机通 风道数	端部	600	640	640	768	
	槽部	784 896	8%	1792		
	合计	1384	1536	1536	2560	

\* 该型发电机转子的最小线圈(小包)仅9匝,其他线圈为11匝;各线圈(包)的上面两匝均经同一槽部风嘴出风。故括号内的值表示最小线圈(小包)所属槽号的情况。

\*\* 该型发电机转子铁芯每槽两端各开有一个槽底通风副槽,在出风区与其对应的有两个出风孔。

下面分析侧面铣槽的转子由于通风道堵塞而引起的损耗、温升及烧损的现象。

一台1972年出厂的QFQS-200-2型氢冷汽轮发电机转子绕组为气隙取气通风系统及绕组侧面铣槽的进出风路,如图4-1及图4-2所示。该机自从1984年11月投入运行到1986年9月大修前共运行了12553h,运行中有功负荷为200MW,  $\cos\varphi$ 为0.95,转子电流低于额定值(1763A),约1600A左右,氢压为0.245~0.294MPa,冷氢温度25~40℃,运行期间出现过四次转子接地信号。停机大修前又发现转子剩磁较大,转子汽侧联轴器外缘的径向磁通密度平均值为 $41 \times 10^{-4}$ T,在大修时拔下转子护环,退下槽楔,检查转子绕组。发现部分端部绕组无匝间绝缘及磨损,导致绕组匝间短路。还发现转子存有严重过热现象。取出转子绕组进一步检查发现,第三风区过热最严重,其次是五、七风区,再其次是二、四、八风区:一、六、九风区过热较轻。在第三风区中,如按磁极中心线为界,则一半以5、6号槽,另一半以21号槽为最严重,而5、6和21号槽相比,又以6号槽为甚(见图4-3)。三风区6号槽的楔下垫条厚度为11mm,已被烧损掉5~6mm;铜线过热变蓝,同匝的两半导线已烧结在一起;部分槽衬绝缘已成玻璃丝团状物,已将风沟全部堵死;匝间绝缘部分烧光,剩下的也已成为白色玻璃丝并粘贴在铜线上;槽底垫条变黑、干缩。五、七风区的楔下垫条已由浅黄色变成褐或黑色;铜线变成红或蓝色;槽衬绝缘已成深褐或黑色,且沿着转子通风道已鼓胀变形;匝间绝缘大多已变成深褐或黑色;大部分槽底垫条颜色变深,有的呈黑色。四个冷风区和一、九热风区下层4~6匝导线及绝缘,大多呈现不

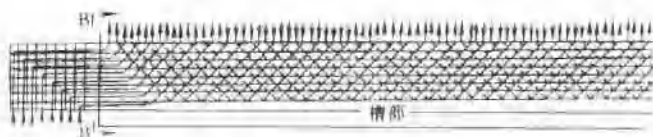


图 4-1 气隙取气通风系统图

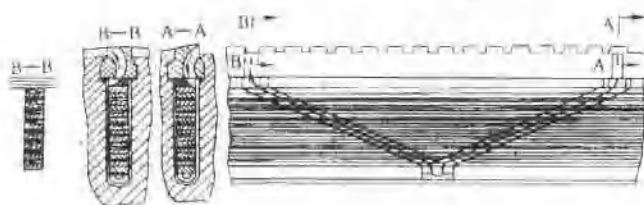


图 4-2 绕组侧面铣槽转子的进出风路

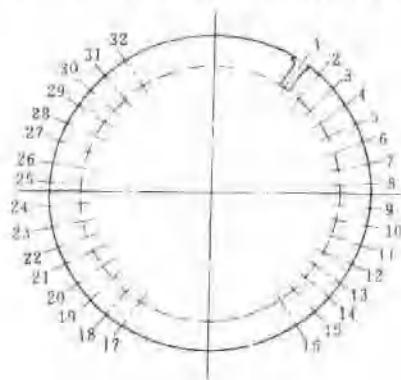


图 4-3 转子槽号图 (对着转子励端看)

同程度的过热，严重者已发蓝。总之，转子已普遍严重过热。发电机仅投运一年五个月，转子就发生了如此严重过热烧损。下面分析过热的原因。首先分析制造厂在 1984 年的通风试验数据和电厂运行记录，并检查了发电机的通风系统。查明，造成转子严重过热的根本原因是，出厂时转子通风道普遍不畅通。由制造厂的通风试验数据知道，转子槽部绕组 1792 个通风道的风速平均值只有  $3.25\text{m/s}$ ，约是该机三、五、七风区 1344 个通风道中最大风速值的 46%，其中风速低于  $2.5\text{m/s}$  的通风道达 484 个；三、五、七风区的 1344 个通风道的风速平均值为  $2.7\text{m/s}$ ，仅为通风道最大风速值的 39%，其中低于  $2.5\text{m/s}$  的通风道多达 478 个；以这三个风区的 1~16 号槽为例，其中 224 个通风道的风速平均值只能到  $2.4\text{m/s}$ ，仅为三、五、七风区通风道最大风速值的 34%，而低于  $2.5\text{m/s}$  的通风道竟达 132 个之多。由此可见，该转子出厂时，通风道就已严重堵塞。

比较各风区的通风道风速平均值看出,若以三风区风速平均值为基数,则七风区仅大5%;五风区还小9%。为什么七、五风区过热没有三风区严重呢?这可从如下两个方面来说明。试验已证明,一方面,由定转子气隙的进风增加了二、八风区的进风阻力,所以由定子两端进入四、六风区的风量是进入二、八风区的1.47倍,五风区的出风量为三、七风区的1.43倍(见图4-1所示)。从而可知,虽然转子第五风区通风道堵塞最严重,但由于从定子来的冷却风量大,所以过热程度反面比三、七风区轻;三风区过热程度沿轴向分布,愈靠近二风区愈严重,也说明了这一点。另一方面,即可发现三风区沿周向两半的通风道风速平均值相差较多,其1~16号槽的通风道风速平均值仅2.4m/s,且又以1~10号槽为最低,而这种情况在五、七风区是不存在的。正由于上述两方面的原因,发电机在运行时,转子三风区1~10号槽为最热区。又由于5、6号槽处于该最热区的中部,所以5、6号槽过热烧损最严重。三风区1~16号槽的过热首先会波及同一风区本来就过热的17~32号槽的另一半,从而呈现以21号槽为中心的次最热区,这也就是三风区在周向形成以5、6号槽和21号槽近乎于对称的严重过热的原因。

八风区是冷风区,但因冷却风量小,且分别受三、七热风区的波及,所以它们的下层线匝过热也比较严重。四风区虽通风量较大,但受三风区的波及,下层线匝仍产生比较严重的过热。六风区通风量较大,且远离三风区,所以过热较轻。

## 二、九风区的风速较大,冷却条件较好,故过热最轻

上述这台发电机转子由于通风道堵塞发生严重烧损的事例虽比较罕见,然而,侧面铣槽斜流式通风结构的转子,由于某部位通风道的堵塞,而造成导线、匝间绝缘、楔下垫条、槽底垫条或槽部绝缘局部过热的故障,却时有发生。如一台QFN-100-2型,100MW发电机,由于某槽存在连续三块侧面未开孔的楔下垫条,造成对应部位的导线过热、绝缘炭化烧损;又如,另一台同型发电机,由于在相邻两槽基本相同的轴向部位,发生了一槽连续堵了4个通风道,另一槽又全部和局部堵了数个通风道,这两个槽在对应通风道堵塞部位的槽绝缘发生了严重过热老化,绝缘的颜色已由黄色变成棕色。

由于制造工艺的分散性,转子绕组与槽衬配装的松紧度不可能相同,对侧面铣槽的转子而言,即表明通风道间相互穿越的漏泄风量是不同的,因而即使两个槽的堵塞情况完全一样,但因存在漏泄风量不同所造成的冷却效果的差异,过热的现象也就不同。如在一台同型的100MW发电机上,虽在同



一槽中连续堵了7个孔，但运行4年后仍无明显异常。然而必须指出这种机遇是偶然的。

从对多台堵塞通风道转子的检查表明，堵塞的原因是多种多样的，其中主要原因是由于制造工艺不佳，其次是保管和运行问题。

在制造工艺方面，大多数是由于工艺不严所造成的，统计6台通风道严重堵塞发电机转子情况归纳如下原因。

(1) 槽底垫条错位。如前述典型过热烧损的 QFQS-200-2 型发电机转子的详细检查表明，在全机9个风区32个槽的288个风区槽中，槽底垫条错位堵阻风道的风区槽达133个，占风区槽总数的46%。槽底垫条与底匝导线通风口的错位量，少则2~3mm，多则10mm，个别甚至有15~18mm。

(2) 压制槽衬用的脱模薄膜堵塞了通风道。存有这种问题的发电机转子较多。有的是槽绝缘内壁的顶部薄膜被压在槽楔垫条的下而，堵住了顶部导线的通风口；有的是薄膜被下入槽内的铜线刮落，成团地堵在槽底的通风口处；最多的是在运行温度和机械力的连续作用下，槽衬的脱模薄膜发生局部脱落，其碎片被堵卡在通风道的许多部位，如在那台普遍严重过热的 QFQS-200-2 型发电机转子中，存在这种问题的通风道至少达56处。

(3) 楔下垫条错位。错位量大多在2~6mm范围内，且相当部分是由于加垫的薄垫条的位置不符合要求而造成的。

(4) 楔下垫条未开孔。如前所述由于转子某槽存有连续三块未开孔的楔下垫条，使导线过热、槽绝缘鼓胀、炭化烧损的 QFN-100-2 型发电机。

(5) 匝间绝缘未开孔、开半孔或错位。在一台 QFQS-200-2 型发电机的转子中，发现匝间绝缘根本未开孔的有两处，发现开半孔的有三处。

(6) 杂物堵塞通风道。这种现象在每台转子上都程度不同地存在。杂物包括棉花球、粘补槽绝缘的塑性云母板的碎片、转子端部垫块外包玻璃丝带的碎片和绝缘漆碎片等。

转子通风道堵塞有时由于运行不当所造成的。诚然，这种原因所占比重虽然很少，但后果却是十分严重。如一台 QFN-100-2 型发电机，在投运后的3年中，过负荷运行了一年多，致使热风区的转于槽绝缘均沿通风道起折。还有一台 QFN-100-2 型发电机，由于投运操作错误，在转子相当于强励的电流下运行了40min，导致转子普遍过热；中间热风区的过热最为严重，鼓胀的槽衬已连续堵了7个通风道，使该处的导线熔粘在一起，不得不全换转于绕组。

也曾有过由于保管和搬运不当，造成转于通风道堵塞。如一台 QFQS-