

MVC—2M故障诊断系统及其应用*

翁维熊 徐国鹏 吴晓奇 卢文智 郭雪英 葛妮敏 朱建华 刘澄明 严红

(哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔摘要〕 本文介绍了国家“七五”重点攻关成果 MVC—2M 故障监测与诊断系统。该系统按模拟和数字双冗余原则设计,具有对旋转机械设备的运行参数(振动、转速、温度和压力等)实时监测分析,在线和脱机故障诊断、运行、数据库建立、故障(或关键)数据存黑匣子、结构动力学特性研究和现场动平衡等功能,可广泛应用于舰船、电力、石化、航空航天和机械制造等领域。

关键词 故障监测 诊断系统 应用

1 概述

当今世界的工业生产普遍迅速向高度现代化方向发展,其生产规模越来越大,性能指标越来越高,设备的组成与结构也越来越复杂,这样,一旦机械设备发生故障,将会造成严重后果。为了降低机械设备的故障率,减少巨额经济损失,人们采取了以设备实际运行状态为依据的状态监测维修体制替代了计划维修体制,创立和发展了故障诊断理论及各项应用技术,也发明创造了一系列先进的状态监测仪器。统计表明,在运动机械中因振动而产生的机械故障约占整个故障率的60%以上。工程实例又证明了“机器运行时其振动值的骤增意味着将会导致恶性事故”这个结论的正确性;振动参数变化相对于机器故障的“灵敏度”也远高于温度、压力等参数的变化量。例如,某船用柴油发电机组就是在温度、压力等参数正常,唯独振动值有异常变化的情况下发生毁机事

故的;而某化工厂的大型透平压缩机则是根据骤增的振动信号实施紧急停机后避免了另一次同类的毁机事故。MVC—2M 故障诊断系统,就是国家在“七五”科技发展规划中要求我们研制的高科技型在线监测和故障诊断类成套产品。现场应用实例证明:MVC—2M故障诊断系统完全可以替代目前国家大量引进的同类进口仪器,解决我国国民经济发展之急需。

2 系统组成及性能

MVC—2M 故障诊断系统与市售的磁电式振动传感器和各类温度、压力、转速传感器配套后,该系统具有对机械设备的关键运行参数(振动、转速、温度、压力)进行实时监测分析、在线和脱机故障诊断、运行数据库建立、故障(或关键)数据存黑匣子、振动测试系统的检查和标定、结构动力学特性研究和现场动平衡等功能。图1所示为MVC—2M 故障诊断系统的连接图。该系统

收稿日期 1991—06—22 收修改稿 1991—10—12

本文联系人 翁维熊 男 53 江苏无锡市117信箱 214151

* 本文曾被36届ASME国际会议、13届IMEKO世界大会、ICTD91国际会议录用,现发表之文有删节

由以下各部分组成。

2.1 MVC—2M—1 型舰用型 振动烈度监测仪，是应海军要求而设计的舰用型在线振动监测仪。该仪器具有较完善的测量—监

控功能，可直接测量振动烈度值，也可按需增设或改设振动位移和振动加速度的监测功能，可广泛应用于各类舰用动力装置的在线振动监测。

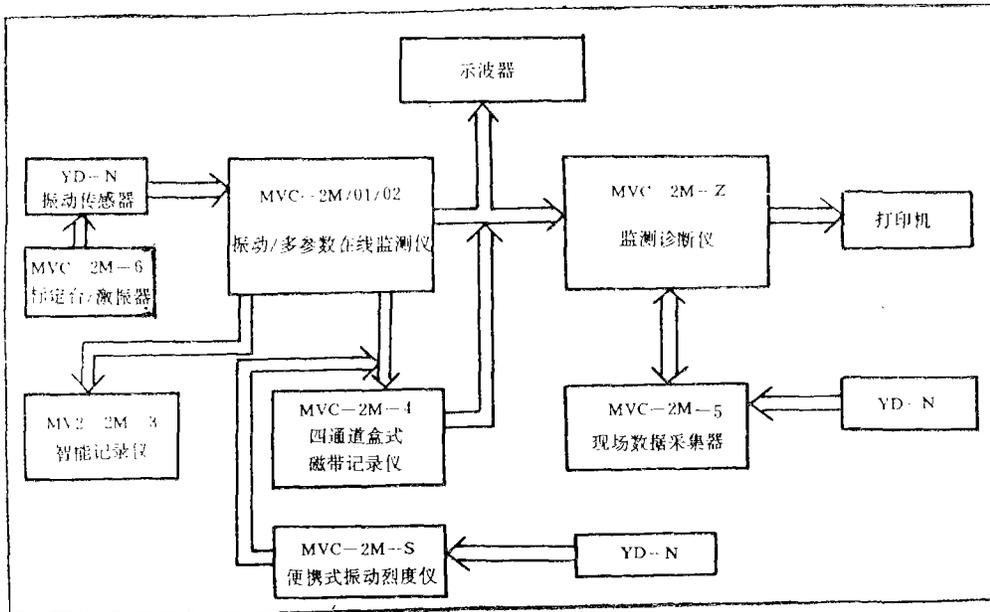


图 1 MVC—2M故障诊断系统连接图

2.2 MVC—2M—2 型多参数模拟监测仪。它以 MVC—2M—1 型为母型，增设温度、压力、转速等关键参数的监测通道组合成为多参数模拟型在线监测仪器，性能达到 ISO2954—1975 要求。它既可对被监测目标独立实施在线监测和诊断，又可作为前置信号调理器与 MVC—2M—Z 监测诊断仪配套使用，使 MVC—2M 故障诊断系统达到模拟和数字双冗余设计的目的。

2.3 MVC—2M—3 型故障记录仪。是应电力部门的要求而设计的，它具有定时、人控和故障自动记录功能（越限阈值可设），并具有记录瞬间前定长时间信息追忆功能的打印绘图仪器。是目前电站仪表中大量采用的传统笔式记录仪的更新换代产品。

2.4 MVC—2M—4 型磁带记录仪，是可采用普通盒式磁带，具有直接记录（DR）和调频记录（FM）功能的模拟信号磁带记

录设备，其功能和性能与国外同类产品相仿。

2.5 MVC—2M—5 型数据采集器。它与 YD—N型传感器和 MVC—2M—Z 监测诊断仪配套使用成为便携式多用型仪器。经 MVC—2M—Z 或个人计算机上的专门软件初始化后，具有现场直读振动位移/速度/加速度值、越限判别、样本采集（采样频率可设定）、存储和回放等功能。该仪器可对未装设在线振动监测仪器的各类分散机械设备按特定序列实施巡检式振动测量，并存储数据。由 MVC—2M—Z 监测诊断仪完成日报表数据整理和对超限振动信号进行分析诊断等工作。值得指出的是，采用专用软件和少量配套硬件后，这些通讯、初始化和分析诊断等功能由一台 IBM—PC/XT 或其兼容机即可完成。

2.6 MVC—2M—6 型标定/激振两用台。

它可为本诊断系统或其它任何监测诊断系统提供一个满足工程实用精度要求的振动标准源；还可在用户需要时对所研究的机械设备进行结构动力学特性研究；在模态分析时提供一个推力为 10 kg 的宽带正弦激励源。这个两全的特点，一般市售振动台或激励台却不能满足。

2.7 MVC—2M—S 型便携式振动烈度测量仪，它与 YD—N 传感器配套，具有振动位移峰值或峰—峰 (P—P) 值、速度或加速度有效值测量功能。在 YD—N 传感器的电路中设有被测参数的均方根处理网络，性能达到 ISO2954—1975 的要求。

2.8 MVC—2M—Z 型监测诊断仪。它具有在线监测与诊断、脱机分析、以及数据

存储三大功能。当执行在线监测与分析功能时，该仪器具有以数字或棒图形式显示被测诸参数的实时数据链、超限分级报警并自动转而进行 FFT 或轴心轨迹分析（在分析的同时继续进行实时监测）、超限数据自动存黑匣子、以及按需进行人控、定时或发生故障时依同级屏蔽原则按故障级别依序记录打印等功能；在执行脱机分析时，它用软件支持，则是具有丰富的时域和频域功能的双通道 FFT 分析仪；在执行数据存储功能时，通过软盘的更换，其容量可任意扩充，是一台数字式数据存储和记录设备。而这些数据通过软件管理模块又可随时被调用作进一步的脱机分析。图 2 所示为 MVC—2M—Z 型监测诊断仪的功能框图。

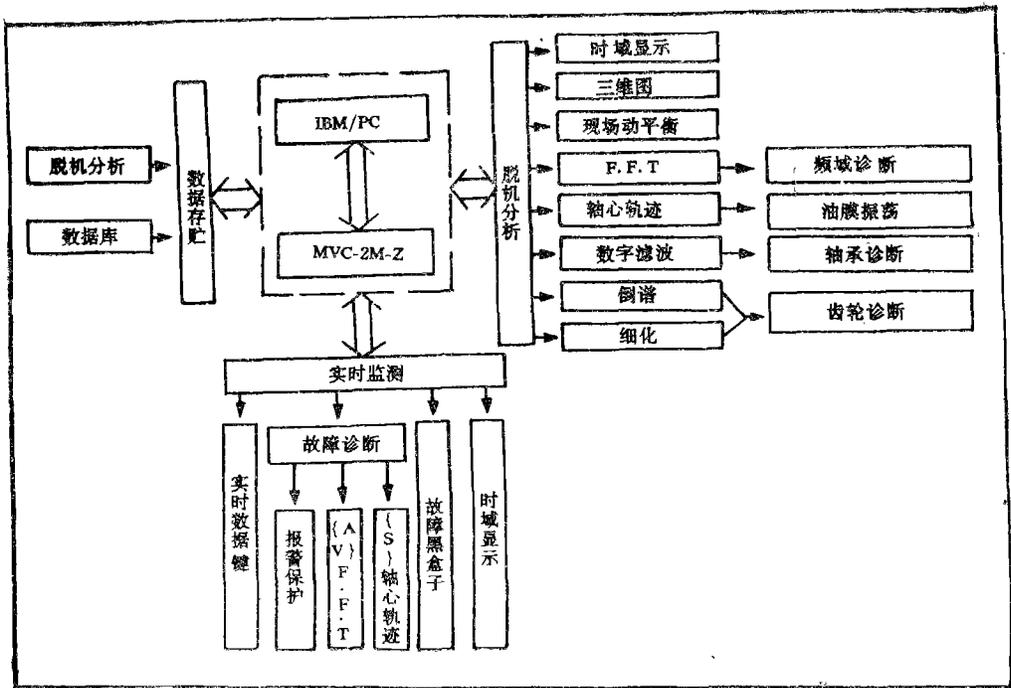


图 2 MVC—2M—Z 智能诊断功能框图

2.9 YD—N 型内藏电荷式振动传感器，是为克服恶劣的现场环境条件，提高抗干扰能力和增强可靠性而设计的。现在，已有了成功地应用于信号传输间距达 300 m，在露天、落尘等恶劣环境中长期运行的工程经

验。

2.10 ECT—05 型电涡流位移传感器，它具有深度反馈网络的稳频稳幅式高精度性能，其多项指标达到国际同类产品的先进水平。

3 例 证

MVC—2M 故障诊断系统研制成功后，立即被我国海军和电力工业部门所采用。迄今为止，该系统已先后用于试车台上的舰用燃气轮机动力装置，海军舰艇中的柴油机和燃气轮机动力装置，以及电站汽轮机组和锅炉风机等发电设备的在线监测和诊断。这些工程实例不仅使该诊断系统积累了现场应用方面的丰富经验，而且还多次为避免重大事故提供科学的依据。下面仅择三例简述之。

3.1 对电站汽轮机的在线振动监测实例

1986年，由上海汽轮机厂和中国船舶工业总公司船舶锅炉涡轮机研究所在上海闵行发电厂的 12[#]、125 MW 机组上联合组织了在线振动监测。长期的运行实践表明，本系统与 Bently 测振仪器的测量结果相同。而且表明，对于第二阶谐波及高阶振动分量的危险性评定系统，采用本诊断系统所用的振动烈度是更为合理的特征参量。图 3 所示为该汽轮机组在超越一阶临界转速时的谱图，它是现场数据经磁带记录后再采用脱机分析的方法得到的。

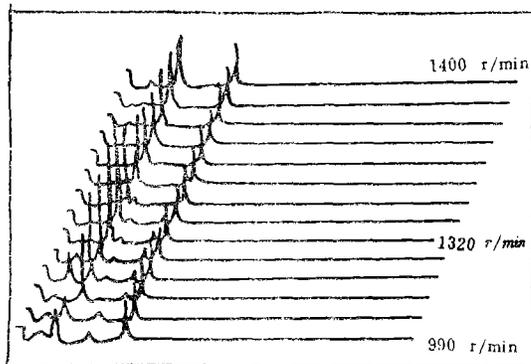


图 3 汽轮机组超越一阶临界转速时的谱图

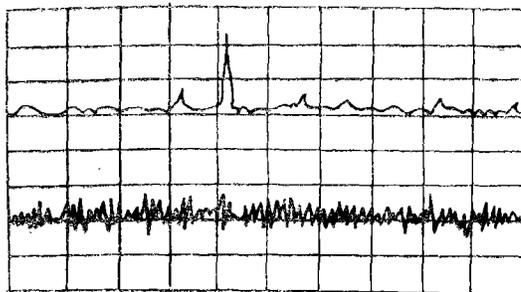


图 4 燃气轮机故障谱图

3.2 对海军舰艇燃气轮机动力装置的在线振动监测

海军选用了 MVC—2M 故障诊断系统在某舰艇上对两台燃气轮机实施在线振动监测。在一年多的试航过程中，该诊断系统曾先后两次准确地预报了振动超限的故障，其原因是主机减速器陷入结构共振及桨叶失衡和出现裂纹。为试航指挥部实施紧急停机及组织故障诊断提供了科学依据，从而避免了重大事故，保证了舰艇顺利试航。两次振动故障后的诊断工作都用的是现场磁带记录和脱机分析的方法，图 4 所示为故障谱图。图 5 是为消除主减速器共振状态而采用加固撑杆后的照片。目前该艇已在海军服役，配置其上的 MVC—2M 故障诊断系统仍在可靠运行中。

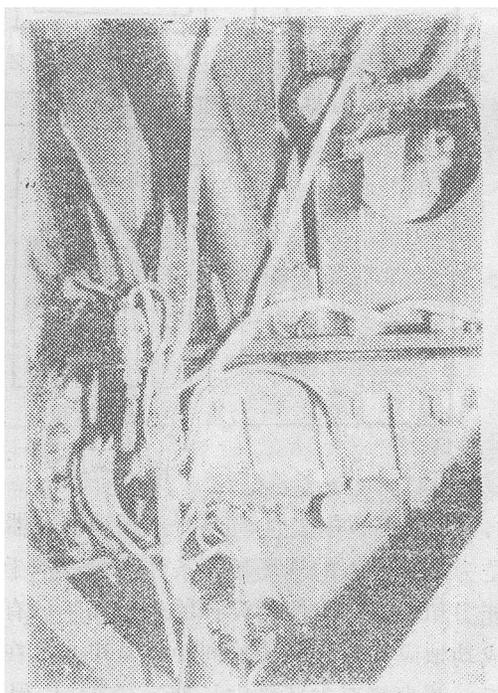


图 5 消除主减速器共振的加固撑杆

3.3 对上海闵行发电厂锅炉风机的在线振动监测

上海闵行发电厂鉴于 10[#] 锅炉的两台风机频频发生毁机事故，遂决定选用 MVC—2M 故障诊断系统，对其实施在线监测。现场环境恶劣（露天、落尘），对仪器要求十分苛刻（指定必须配用压电式振动传感器，且传感器至二次仪表间距长达 300m）。

自本诊断系统投入工作后，曾先后五次准确地预报了振动超限故障。其中三次因现场及时采取排故措施（即使是在突发性故障

的情况下）均避免了恶性毁机事故，而另两次超限则由于排故措施不及时，终致毁机事故重演。图 6、7、8 为事故发生过程中的振动记录曲线。由图 6 可见，该风机振动是在 6 月 9 日开始急剧恶化的，至事故前水平方向的最大振幅已达 $S_{r-p} = 0.42 \text{ mm}$ 。值得指出的是，由于早期进行的风机振动频率分析结果曾表明，该风机振动以驱动电机的工频分量为主，同时，工程分析也曾认为，风机振动的逐渐增大，并频频产生毁机事故的原因是消烟除尘不良，烟尘磨蚀风机叶轮使之失

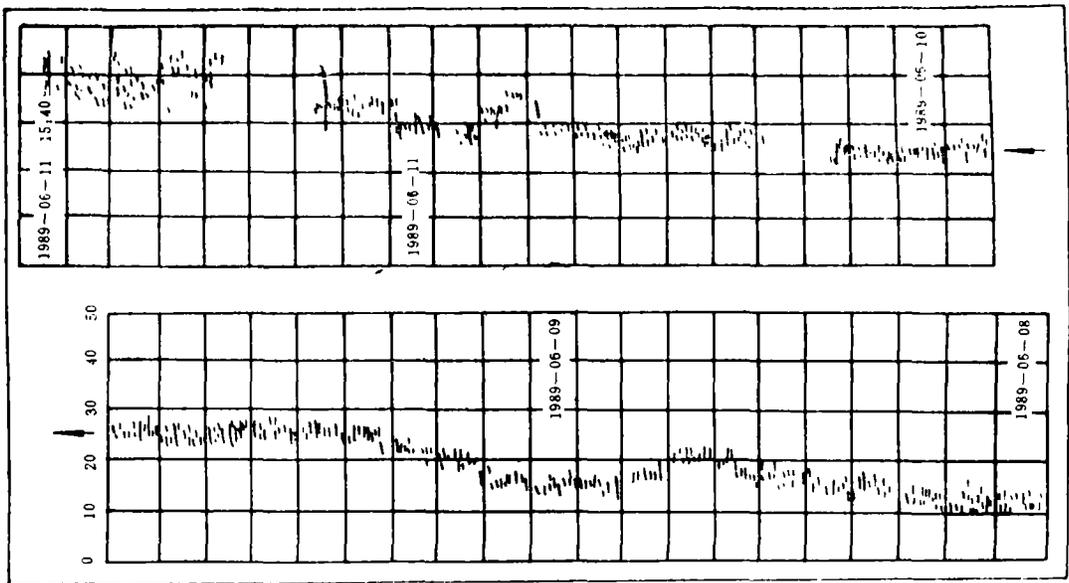


图 6 风机毁机过程的振动记录

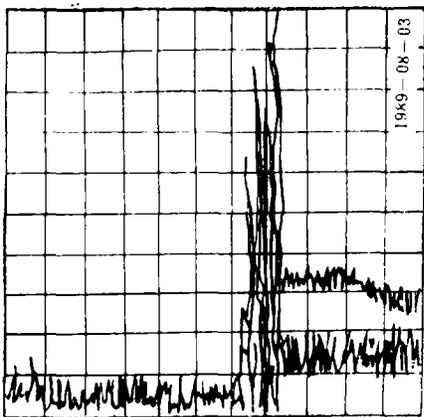


图 7 因叶片突然掉下来引起的毁机事故的振动曲线

衡所至。因此，图 7 所示的振动故障过程曲线和早期对风机振动信号进行的 FFT 分析结果为工程分析的正确性提供了十分吻合的依据。图 8 所示为风机因联轴节螺钉脱落导致振动剧增，继而采取紧急停机措施避免毁机事故重现的全过程振动记录。

4 结 束 语

由于 MVC—2M 故障诊断系统中振动监测仪器的性能指标达到《ISO2954—1975 对振动烈度测量仪器的要求》规定，而整个诊

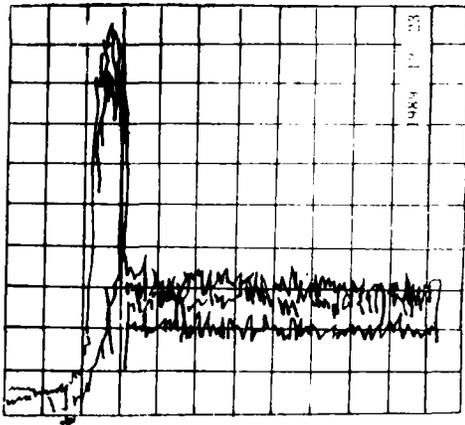


图 8 因联轴器螺钉松动而急停的振动记录

断系统在前期的工业应用实践中又取得了积极的效果, 呈现了很高的故障诊断率, 在技术上也达到了当今世界同类仪器的相应水平, 可以替代目前我国大量引进的国外同类产品, 因此, 该系统的研制是成功的。

可以预见, MVC—2M 故障诊断系统在工业领域中进一步推广应用, 定可为在我国建立和推行机械设备的状态预防性维修体制 (PMP) 作出更大的贡献。

本研究工作得到闻雪友总师, 强国芳、汪桐华副所长, 吴金林、葛炳耀高工的热情指导和帮助, 特此致谢!

参 考 文 献

- 1 屈梁生, 何正嘉. 机械故障诊断学. 第一版. 上海科学技术出版社, 1986年12月
- 2 沈水福, 高大勇. 设备故障诊断技术. 第一版. 科学出版社, 1990年4月
- 3 佟德纯. 工程信号处理及应用. 第一版. 上海交通大学出版社, 1989年11月
- 4 张阿舟, 张克荣, 姚起杭. 振动环境工程. 第一版. 航空工业出版社, 1986年12月
- 5 (日) 丰田利夫著. 设备现场诊断的开展方法. 高克勤, 李敏译. 第一版. 机械工业出版社, 1985年10月
- 6 布赖姆 E O. 快速富里叶变换. 柳群译. 第一版. 上海科学技术出版社, 1979年3月
- 7 翁维熊, 刘金元, 郭雪英等. 故障诊断技术和MVC—2M船用振动烈度监测仪. 热能动力工程, 1989, 4(1)
- 8 翁维熊. 海军×××艇发动机的振动监测和诊断. 第四届全国振动理论及应用学术会议论文集(下). 西北工业大学, 1990年4月
- 9 Xu G P, Lu W Z, Wu X Q, Weng W X, Ge N M, Guo X Y, Zhu J H. MVC—2M Fault Diagnosis System and Its Applications. 36th ASME International Gas Turbine and Aeroengine. Congress and Exposition 1991, ORLANDO, FLORIDA, U.S.A.
- 10 The international conference on technical diagnostics and technical seminar. 1988, Shenyang P.R.China

MVC—2M Failure Diagnostic System and Its Applications

Weng Weixiong, Xu Guopeng, Wu Xiaoji, Lu Wenzhi, Guo Xueying,
Ge Nimin, Zhu Jianhua, Liu Dengming, Yan Hong

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

Abstract

This paper describes MVC—2M Failure Monitoring & Diagnostic System, which has been listed as a state key research project for the "Seventh Five—Year Plan". The said system has been designed on the basis of a simulation and digital double redundancy principle and incorporates the following functions,

real-time monitoring and analysis of rotating machine key operation parameters (vibration, speed, temperature and pressure, etc), on-line and off-line failure diagnosis, setting-up of operation data base, storage of failure data and other key data in a black box, investigation of structural dynamics characteristics, calculation and realization of on-site dynamic balancing, etc. The above-cited system can be widely used in various fields, such as shipbuilding, electric power, petrochemical, aeronautical, aerospace and machine-building industries.

Key words: failure monitoring, diagnostic system, applications

运行中的汽轮机叶片结垢的处理方法

杨绍喜 (赵光糖厂)

我厂使用的汽轮机型号是B₃-24/5, 锅炉的型号是AZD20-25/400。

在1989~1990两年里, 由于锅炉水处理问题导致过热器和汽轮机叶片严重结垢, 严重影响锅炉和汽轮机的安全运行。经鉴定分析, 所结盐垢是无机钠盐, 这种盐垢易溶于80℃以上的水(经过试验), 在饱和湿蒸汽下也极易溶解。所以我们就大胆地运用了饱和湿蒸汽清除汽轮机叶片上的钠质盐垢这一方法。

具体做法如下:

1. 使正常运行着的汽轮机变为空负荷, 或带10%左右的低负荷运行, 以减轻轴间推力。

2. 锅炉压力控制在(2 255~2 353) kPa之间, 温度控制在270℃左右, 也就是使进入汽轮机的蒸汽具有50℃的过热度即可。

3. 由于叶片结垢, 致使轴间位移增大, 而在湿蒸汽的作用下会使轴间位移继续增大。维持汽轮机正常运转, 并不断观察轴

间位移油压指示, 可以看到, 自吹入湿蒸汽后, 轴间位移由最大逐渐地变小。这个现象说明盐垢在不断地溶解, 当看到轴间位移变化指示相对稳定时, 说明盐垢已基本溶解, 并随乏汽排出机体。也可对汽轮机乏汽进行化验分析盐垢的溶解程度。在这个过程中, 锅炉过热器及主蒸汽管道中的盐垢也一同被清除掉。

4. 如果效果还不理想, 也可进一步采用不含有过热度的饱和蒸汽进行清垢。

5. 由于整个过程技术性要求较高、危险性也较大, 所以要求技术人员一定要严格控制、密切注意汽轮机的运转情况, 以免损伤汽机叶片和推力瓦。

对于糖厂来说, 此清垢方法可在糖间刷缸动力小修时进行。

对电厂来讲可在低负荷期进行。

我厂在1989~1990两年间应用此方法清垢, 取得效果显著。

收稿日期: 1991-06-06

本文联系人 杨绍喜 男 164000 黑龙江北安市