

蒸汽发生器二次侧的远程视频检查

刘一博¹,程 檐¹,李辛玺²,梁云雷²,周志威²,杨 垚²,张 勇²

(1.核动力运行研究所,武汉 430223;2.中核武汉核电运行技术股份有限公司,武汉 430223)

摘要:针对核电厂蒸汽发生器二次侧清洁度检查时,采用手动视频操作对人员操作技能要求很高的问题,通过远程视频检查的方法,克服了由于个人技能的差异,造成视频检查质量参差不齐的缺点,而且,该方法可以实现远距离视频检查的自动化,其实用价值很高。

关键词:蒸汽发生器;远程;视频检查

中图分类号: TG115.28

文献标志码: B

文章编号:1000-6656(2017)09-0073-03

Remote Video Inspection of Secondary Side of Steam Generator

LIU Yibo¹, CHENG Tan¹, LI Xinxi², LIANG Yunlei², ZHOU Zhiwei², YANG Ken², ZHANG Yong²

(1. Research Institute of Nuclear Power Operation, Wuhan 430223, China;

2. China Nuclear Power Operation Technology Corporation, Wuhan 430223, China)

Abstract: Video inspection of steam generator secondary side is operated manually. This leads to the uneven inspection quality. Manual operation also needs high operating skills. Remote video inspection can overcome the above shortcomings and do this work automatically. Therefore it has a high application value.

Key words: steam generator; remote; video inspection

核电厂蒸汽发生器(SG)传热管是重要的一回路压力边界。通过 SG 二次侧清洁度视频检查,可以了解 SG 二次侧的泥渣分布,检验是否存在外来物,能够使核电站运行人员及时了解 SG 的状态,评估当前清洁度是否满足电站安全运行的要求。同时方便了核电站运行人员以此为依据,采取后续的相关措施,及时消除潜在危害。目前国内 SG 二次侧清洁度的视频检查工作,均由检查人员使用专门设计的视频检查工具进行人工操作。手动检查的方式虽然适应性好,但需要检查人员长时间在 SG 附近工作,会造成人员集体受照剂量大幅升高;同时,手动视频检查对人员操作技能要求很高,由于个人技能的差异,视频检查的质量也参差不齐^[1]。远程视频检查技术可以实现自动化的视频检查操作,具有很高的应用价值。

收稿日期:2016-12-20

作者简介:刘一博(1988—),男,工程师,主要从事核电站检修项目组织与实施工作,以及相关检修技术研究工作

通信作者:程 檐,chengt@cnpo.com

1 蒸汽发生器二次侧结构

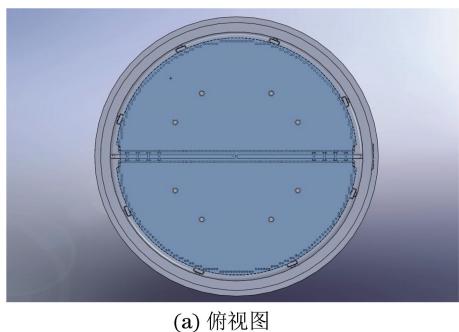
蒸汽发生器二次侧远程视频检查区域主要为蒸汽发生器二次侧管板至流量分配板之间的区域,该区域具有结构复杂、空间狭小等特点,直接制约着远程视频检查设备的设计。蒸汽发生器二次侧管板区域结构如图 1 所示。

2 外环廊远程视频检查设备

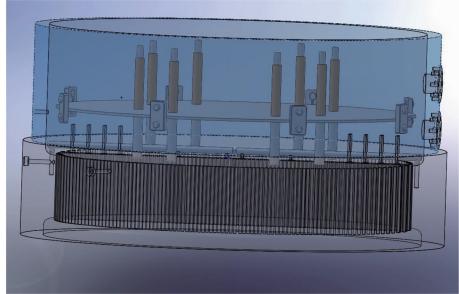
外环廊远程视频检查是通过爬壁小车搭载摄像头的方式实现的。该设备主要包括 4 个功能模块:① 爬壁小车;② 云台摄像头;③ 送缆装置;④ 控制系统。外环廊远程视频检查总体布局如图 2 所示。

2.1 爬壁小车

爬壁小车采用磁吸附的方式,通过磁轮吸附在 SG 内壁,实现小车沿 SG 内壁的移动。通过控制小车一侧的磁轮转动,另一侧磁轮不转动的方法可实现小车在 SG 内的转向。爬壁小车结构如图 3 所示。



(a) 俯视图



(b) 侧视图

图 1 蒸汽发生器二次侧管板区域结构示意

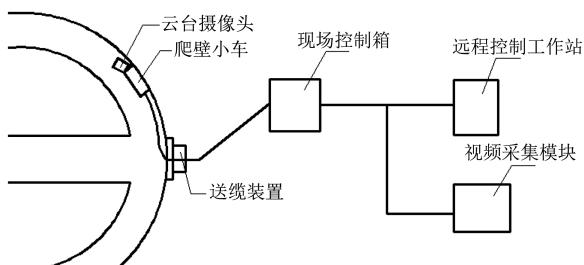


图 2 外环廊远程视频检查总体布局示意

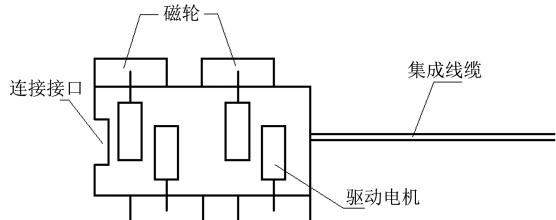


图 3 爬壁小车结构示意

2.2 云台摄像头

云台摄像头通过底座上的连接接口与爬壁小车相连,云台支架沿水平旋转轴和垂直旋转轴独立旋转运动,从而实现摄像头光轴对检查区域的360°全范围覆盖。

2.3 送缆装置

送缆装置由固定机构和传送机构两部分组成。固定机构用于送缆装置在手孔法兰面上的安装固定。传送机构用于驱动线缆的移动。

2.4 控制系统

控制系统由现场控制箱、控制工作站、视频采集模块等组成。现场控制箱置于蒸汽发生器的房间,

与爬壁小车和送缆装置相连。远端的控制系统包括控制工作站和视频采集模块。控制系统的原理如图4所示。

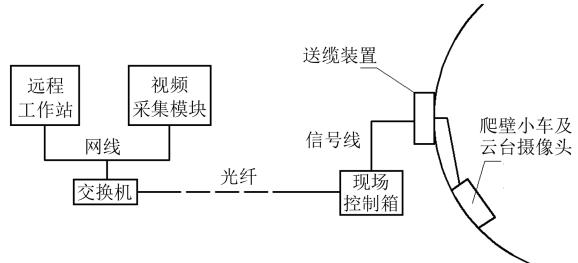


图 4 控制系统原理示意

外环廊检查区域为蒸汽发生器二次侧管板上表面管束与蒸汽发生器筒体之间的环形区域。视频检查过程中重点关注泥渣堆积情况和有无外来物。由于远程视频检查的视频探头和图像处理模块与手动检查的方式基本相同,其主要区别在于视频探头的载体不同,因此采集的图像质量相近,远程视频检查图像如图5所示,手动检查图像(外环廊发现的外来物)如图6所示。



图 5 远程视频检查图像(外环廊锈迹)



图 6 手动检查图像(外环廊外来物)

3 管间远程视频检查设备

管间远程视频检查设备结构如图7所示。

该设备主要包括4个功能模块:①钢带推拔驱动部件;②枪体组件;③枪体旋转/步进驱动部件;④检查钢带。

其中检查钢带为柔性结构,可深入管间对管间区域进行视频检查。通过推拔驱动部件控制进入管

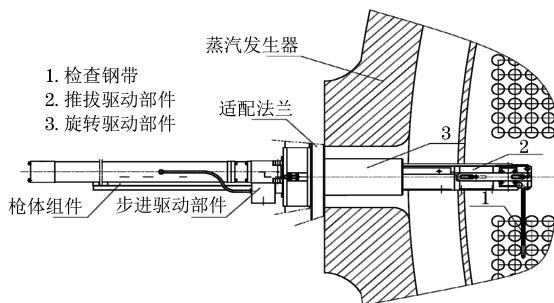


图 7 管间远程视频检查设备结构示意

间的钢带长度,通过枪体的步进和旋转驱动部件控制检查钢带进入不同的管间区域^[2]。

3.1 钢带推拔驱动部件

钢带推拔驱动部件上面布置两个驱动机构:一个用来驱动钢带的进退(推拔);另一个驱动钢带导向轮,控制钢带的张开角度,便于钢带的初始安装。

3.2 枪体组件

枪体组件与钢带推拔驱动部件连接,侧面的齿条与步进组件啮合传动。枪体连接时可以打开侧面的钢带盖板和电缆盖板,盖板同枪体形成的两个空腔作为钢带和电缆的通道。

3.3 枪体旋转/步进驱动部件

枪体旋转驱动部件的主要功能是驱动枪体在中心管廊旋转,从而使钢带在管间摆动。枪体步进驱动部件的主要功能是驱动枪体在中心管廊方向的进退,从而更换检查的管间。

检查钢带是视频检查探头及异物抓取工具的载体。钢带的外形与电影胶片类似,但是中间部分凸出,这种结构使钢带既具有柔性(可以弯曲),又具有弹性。

管间检查区域为蒸汽发生器二次侧管板上表面相邻传热管之间的区域。视频检查过程中重点关注泥渣的状态(如粉状泥渣、硬性泥渣等)和分布情况,

(上接第 18 页)

证便携电源设备不变的情况下,所提出的梯形波电流模型在原有方波电流模型的基础上续航时间增加了 46.98%,大大地提高了装置的使用效率。同时,通过分段控制信号很好地抑制了尖峰电流,在减少耗能的同时,保护了电路设备,尤其是避免了电池的过高输出。所以该方案在便携式磁粉机的实际设计中具有很好的参考价值。

参考文献:

[1] 李本事,华娜,赵希龙.电流波形和试块对三相全波整

以及有无外来物。远程视频检查和手动方式检查采集的图像见图 8 和图 9。



图 8 远程视频检查图像(管间洁净状态)



图 9 手动检查图像

4 结语

笔者单位曾在国内某核电厂实施了管板远程视频检查工作,但由于管间间隙小、视频钢带需多次弯折等原因,钢带进出管间较为困难。综合比较后,检查用时和人员集体受照剂量方面相比手动检查尚不具有优势,因此暂未推广实施。

参考文献:

- [1] 丁训慎.核电站蒸汽发生器二次侧远距离目视检查[J].无损检测,2001,23(6):266-267.
- [2] 朱立辉,刘于珑,周政,等.蒸汽发生器柔性泥渣冲洗枪研制[J].核动力工程,2014(s1): 107-109.
- 流电磁粉检测系统性能测试的影响[J].无损检测,2016, 38(5): 34-37.
- [2] 朱万钦,张彦奎,王恒迪,等.多功能便携式磁粉探伤仪的研制[J].无损探伤,2015,39(4):29-31.
- [3] 杨文峰,陈君平,伊建锋,等.磁粉检测中交叉磁轭的灵敏度探讨[J].无损检测,2010, 32(11): 868-876.
- [4] 郑国恒,张柯,周瑶,等.便携式磁粉探伤机设计的关键技术[J].无损检测,2010, 32(4): 267-270.
- [5] 张其善,王钢,韦玉川.基于梯形波分析信号的一种新方法[J].电子学报,2001(4): 560-562.
- [6] 陶旺斌.论磁化电流[J].无损检测,1995, 17 (3): 81-85.