

文章编号: 1002-0446(1999)05-0375-04

水冷壁清扫检测爬壁机器人

沈为民 潘涣涣 潘沛霖 王 炎 赵言正

(哈尔滨工业大学机器人研究所 150001)

张 稳

(天力机器人公司)

摘 要: 本文简要介绍了一种适用于火力发电站的大型排管锅炉中的水冷壁清扫、检测用爬壁机器人, 该机器人具有工作效率高, 安全可靠, 并能极大地降低作业费用, 提高检测精度等优点, 是爬壁机器人技术在电站锅炉领域中的新应用。

关键词: 水冷壁; 爬壁机器人; 无损检测; 钎铁硼

中图分类号: TP24 文献标识码: B

1 引言

水冷壁清扫、检测爬壁机器人用于对电站锅炉水冷壁排管向火面浮灰的清扫、结焦的清除、以及排管壁厚度的自动检测。并能够在检测到壁厚小于预置的极限值处, 发出报警信号, 并能够在该处打标记。

目前, 水冷壁的清扫、检测工作全部由人工负担。人工作业存在着作业周期长, 工作效率低, 费用高, 易出现事故, 以及现有的检测手段比较原始等诸多缺点。另外, 我国现有火力发电站 600 余座, 因此, 水冷壁的清扫、检测工作量非常大。如果采用爬壁机器人, 则能够大幅度地提高工作效率, 使用中安全可靠, 并且采用科学的方法进行自动检测, 还能够极大地降低作业费用。因此可见, 水冷壁清扫、检测爬壁机器人的应用具有广阔的市场前景和深远的社会意义。

爬壁机器人是一种能够在垂直壁面上移动的极限作业机器人, 它一般必须具备两个基本功能: 吸附功能和移动功能。在机器人的本体设计中, 充分考虑到现场实际中的一些特点, 以及对爬壁机器人的要求, 我们所研制的爬壁机器人采用双履带移动方式, 永磁吸附式。

2 主要技术指标和技术难点

根据水冷壁清扫、检测作业要求, 爬壁机器人的性能需达到如下主要技术指标:

- (1) 永磁吸附方式;
- (2) 双履带移动机构, 速度 2~ 9m/m in, 可调;
- (3) 负重不小于 40kg;
- (4) 遥控距离 $\geq 60\text{m}$;
- (5) 具有清扫、除渣、检测和打标记的功能;
- (6) 工作壁面为电站锅炉水冷壁。

基金项目: 本课题为国家 863 高技术计划资助项目

收稿日期: 1998- 11- 23

研制满足上述指标的水冷壁清扫、检测爬壁机器人存在的主要技术难点如下:

- (1) 水冷壁表面形状比较特殊, 使得磁吸附块的磁路设计存在一定的困难;
- (2) 工作环境恶劣, 灰尘飞扬以及掉渣, 一方面垫高爬壁机器人的永磁吸附块, 削弱磁吸附力; 另一方面灰尘颗粒的存在影响爬壁机器人内部的传动机构;
- (3) 水冷壁的工作面一般很大, 高度约为 60~ 100m, 管壁还存在高约为 3~ 5mm 的焊缝, 环境非常恶劣。因此, 要求爬壁机器人具有高的可靠性和强的适应性;
- (4) 锅炉的入孔口直径仅约为 440mm, 要求爬壁机器人的结构紧凑, 体积小;
- (5) 爬壁机器人应具有清扫、除渣、检测和打标记等多种功能。

3 本体结构设计

水冷壁清扫、检测爬壁机器人的本体结构如图 1 所示。

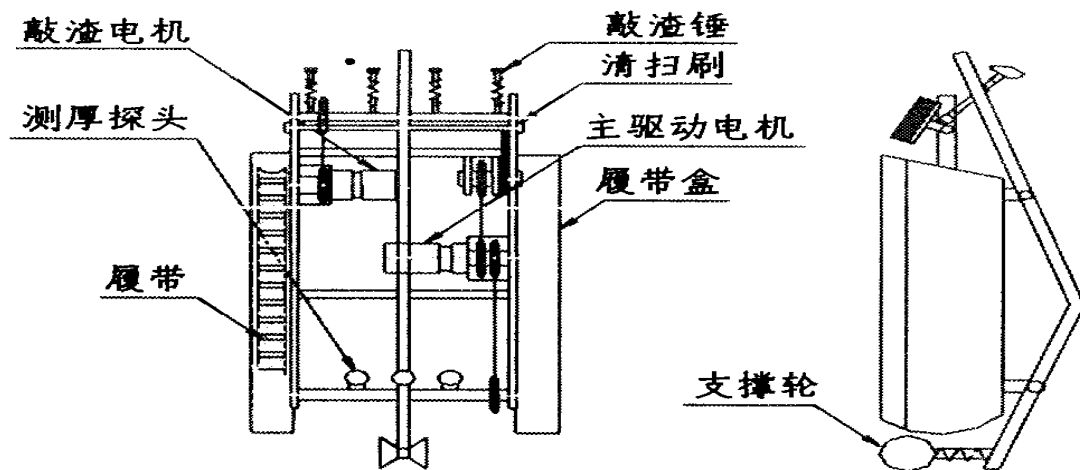


图 1 爬壁机器人本体结构图

在履带的一周上安装有数十个永磁吸附块, 其中的一部分紧紧地吸附于壁面上。履带由链条与永磁吸附块组成, 由一台交流伺服电动机通过谐波减速器驱动。固定在链条上的永磁吸附块随着链条的旋转而依次脱离壁面和吸附于壁面, 从而实现机器人在壁面上的移动。通过链条传动带动摇杆机构, 使钢丝刷作来回往复运动, 实现对水冷管壁的清扫。敲渣电机带动棘轮棘爪机构, 使钢锤间歇性地敲打水冷管壁表面, 实现对管壁表面结渣部分的清除。通过安置在机器人本体上的三个超声波探头, 实现对水冷管壁厚度的无损检测。系统同时测量三个管子的壁厚, 将测量结果记录备案; 管壁厚度低于极限值, 则发出报警信号, 并且在水冷壁面上打标记。

爬壁机器人本体结构紧凑、重量轻、爬行速度快(达 9m/m in), 具有如下特色:

- (1) 具有清扫、敲渣、检测和打标记的功能, 多种功能配合作业, 可靠性高;
- (2) 永磁块的圆弧形面, 与管壁圆弧相吻合, 减少磁路的气隙, 提高磁吸附力;
- (3) 具有抗倾覆机构, 能安全跨越一定高度的焊缝, 并且行走平稳、可靠;
- (4) 履带用密封罩进行密封, 并且设计了气压回路, 进一步防止永磁吸附块对导磁性废渣的吸引以及防止灰尘对整体机构的影响;
- (5) 负载能力强(不小于 40kg), 对震动和冲击的适应能力较强。

4 永磁吸附块设计

永磁吸附块磁路设计的目的是利用尽可能小的体积产生尽可能大的磁吸力。并且希望能够在外部较强磁场环境中长期稳定工作,即具有较高的 H_c 和较好的抗电化退磁的性能。鉴于以上考虑,比对多种永磁材料,选用新型永磁材料钕铁硼,其标准成分是 $N_{d15}F_{e77}B_8$, 它的性能参数如表 1 所示。

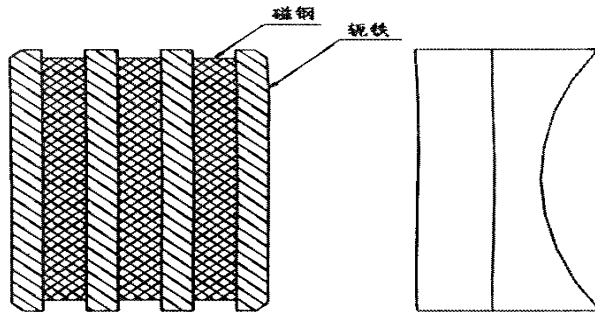


图 2 永磁吸附块结构图

磁块的外部尺寸为 $32\text{mm} \times 24\text{mm} \times 31\text{mm}$, 重量为 0.21kg , 每个磁块的吸附力可达到 25kg 。该结构的磁块可以以较小的体积,产生较大的吸附力。缺点是在气隙中的衰减很快,必须采取一定的措施。因此,所设计的永磁块端面呈圆弧形,减少气隙,以提高磁吸附力,内部结构如图 2 所示。

表 1 钕铁硼性能参数

剩余磁感应强度 B_r	磁感应矫顽力	内禀矫顽力	最大磁能积	B_r 的温度系数	居里温度 T	比重 D	回复磁导率
T	KA/m	KA/m	KJ/m ³	%/℃	℃	G/c m ³	μ_{rec}
1.06~ 1.16	800~ 880	> 1360	224~ 248	0.120	312	7.4~ 7.5	1.05~ 1.10

5 爬壁机器人控制系统设计

爬壁机器人控制系统如图 3 所示。

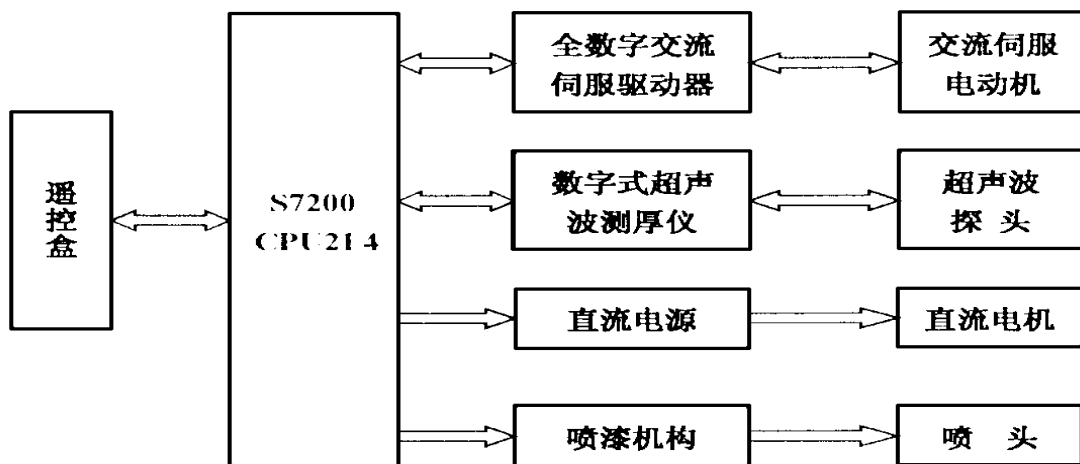


图 3 爬壁机器人控制系统图

针对工作现场环境恶劣,灰尘大,温度高,要求爬壁机器人的控制系统应具有高可靠性。在控制系统设计中,选用抗干扰性能优越的可程序控制器 S7- 200CPU 214 模块,松下交流伺服电机和与之配套的全数字交流伺服驱动器作驱动,另外选用性能优越的直流电机驱动敲渣

锤。此外,控制系统充分考虑各种抗干扰措施,以保证系统的高可靠性。为使用户界面友好,操作方便,设计由若干个控制按钮构成的遥控盒,可实现对机器人的远距离遥控,并能够控制爬壁机器人的运动,测量和打标记等。

6 结束语

综上所述,以水冷壁清扫、检测爬壁机器人具有如下突出优点:

- (1) 缩短作业周期,降低作业费用;
- (2) 改善工作人员的劳动强度和作业条件;
- (3) 提高检测精度,为锅炉运行提供科学的依据,基本解决管壁由于变薄而引起的爆管事故;
- (4) 提高锅炉运行的经济效益。

水冷壁清扫、检测爬壁机器人8月份在长春热电二厂做了现场实验,基本实现上述若干功能。但是,还有待改进之处。

总之,水冷壁清扫、检测爬壁机器人的应用具有深远的现实意义。

参 考 文 献

- 1 Shuji Asomi. Robots in Japan: Present and Future. IEEE Robotics & Automation Magazine, June 1994
- 2 潘沛霖等. 日本磁吸附爬壁机器人的研究现状. 机器人, 1994, 6
- 3 沈为民等. 水冷壁清扫、检测与自动化. 黑龙江自动化技术及应用, 1998, 4
- 4 高 鄂, 刘鉴民编. 热力发电厂. 上海交大出版社, 1995年

A WALL-CLIMBING ROBOT FOR WATER-COOLING TUBE SWEEPING AND INSPECTING

SHEN Wei-min PAN Huan-huan PAN Pei-lin WANG Yan ZHAO Yan-zhen

(Robot Research Institute of Harbin Institute of Technology 150001)

Zhang Wen

(Tianli Robot Corporation 150036)

Abstract In this paper, a wall-climbing robot, which is applied in heat power plants to sweep and detect the water-cooling tubes, is introduced. It has many advantages, such as high efficiency and safety, low cost, etc. It is a new application in the field of power plant.

Key words: Water-cooling tube; wall-climbing robot; non-destructive test; Nd15Fe77B8

作者简介:

沈为民 (1972-), 男, 博士研究生. 研究领域: 机电一体化、智能控制.

潘涣涣 (1973-), 男, 博士研究生. 研究领域: 机电控制.

潘沛霖 (1939-), 男, 教授. 研究领域: 机器人机构设计.