

通风与空调系统中风管系统清洗设备的设计*

童建平¹, 隋成华¹, 余文², 唐轶峻¹, 徐丹阳¹, 杨洋¹

(1. 浙江工业大学 理学院, 浙江 杭州 310032; 2. 杭州通保环境科技有限公司, 浙江 杭州 310032)

摘要: 利用运动小车上的滚刷扬尘, 用吸尘器把灰尘吸出来, 是目前国内外风管清洗设备最主要的形式。针对“在有较重积尘的情况下, 积尘很难通过长长的风管进入吸尘器”的问题, 设计了一种吸尘头, 该吸尘头靠抬臂机构预压紧, 调整吸尘头与风管之间的距离, 并在此基础上设计了一个吸尘头自压紧风管底部的机构, 这样机器人在运动时可适应风管不同位置上底部的不平整。即使风管稍有不平或接缝之处, 也可以吸尽粉尘。研究表明, 共用运动平台减轻了维护工作量, 降低了清洗设备的制造成本; 利用吸尘管形成负压方式, 不需在整个风管内形成负压, 可以大大降低吸尘电机的功率。

关键词: 控制装置; 清洗; 积尘; 风管; 吸尘头

中图分类号: TH184; TP212.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)07-0033-04

Design of cleaning equipment of air duct system in heating ventilation and air-conditioning system

TONG Jian-ping¹, SUI Cheng-hua¹, YU Wen², TANG Yi-jun¹, XV Dan-yang¹, YANG Yang¹

(1. College of Science, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China;

2. Hangzhou Tongbao Environment and Technology Co., Ltd., Hangzhou 310032, China)

Abstract: The dust raising by brush on the small car and vacuumed is the mainly of cleaning technology of vent duct at home and abroad. Aiming that the heavier dust is not easily through the long duct, a vacuum head was designed. Through the lifting or dropping the lifting appliance, it could adjust the distance between the air duct and the vacuum head, at the same time there is a self-pressed devices in the vacuum head to suit for the uneven bottom surface of the different location of the duct. Even if the duct is slightly uneven or has seams, the dust can be exhausted. The results indicate that using the same platform can reduce the maintenance workload and manufacturing costs of cleaning equipment. Using the local negative pressure which provided by vacuum tube, the power of motor can be greatly reduced.

Key words: control devicer; cleaning; dust; duct; vacuum head

0 引言

国外从 20 世纪 50 年代开始普遍使用空调, 因此对“集中空调系统污染对人体健康危害”的认识也较早, 从 20 世纪 70 年代末, 就开始重视集中空调的污染问题, 制定了较为完善的管理办法和较为严密的使用管理法规。如美国制订的《暖通空调系统的评估、清洗和修复标准》、日本制订的《日本风道清洗协会技术标准》以及英国和瑞典等相继制订的相应标准。目前发达国家均成立了集中空调风管清洗协会, 并已形成

一个完整的产业。美国有近 400 家公司, 日本与欧洲也有数百家公司从事集中空调的清洗服务。我国从 20 世纪 80 年代才开始普遍使用集中空调。目前有超过 500 万个各类集中空调使用单位, 每年以 10% 的速度递增, 大部分集中空调从未清洗过, 有些已运行了 20 年以上却从未清洗。2003 年的 SARS 风波, 公共危机使人们清醒地认识到集中空调污染问题的危害性^[1-5]。2003 年 8 月卫生部颁布了《公共场所集中空调通风系统卫生规范》。2006 年 2 月 16 日卫生部在此基础上修订和颁布了《公共场所集中空调通风系统

卫生管理办法》及《公共场所集中空调通风系统卫生规范》、《公共场所集中空调系统卫生评价规范》、《公共场所集中空调系统清洗规范》。行业里简称一个办法,三个规范^[6-7]。根据卫生部颁发的《公共场所集中空调通风系统清洗规范》的要求,由于风管狭小与安全的原因,规范中要求“严禁操作人员进入风管内进行人工清洗”,必须采用机械方式分段、分区域进行。国内清洗行业刚刚起步^[8-9],风管不同需要研制不同的设备,况且清洗设备的维护也相当重要,采用集中空调风管清洗设备的模块化设计可以加快设计进度,减轻维护工作量,降低清洗设备的制造成本。

本研究设计了一种吸尘头,降低了清洗设备的制造成本,并可以大大降低吸尘电机的功率。

1 工作原理和系统要求

根据《清洗规范》的“附录 M 专用清洗设备的技术要求”,风管清洗机器人的组成主要包括运动系统、清洗系统、监视录像系统、操作控制系统等,进入空调通风管道的是一辆移动的小车,在小车上装一个滚刷,利用滚刷扬尘,通过在风管进口接一个高于 $4\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ 的集尘器,一方面把灰尘吸出来,另一方面,要形成负压环境,防止灰尘在风管中搬家。在小车上要装摄像头和照明装置,可以观察或记录。小车可以前进与后退,考虑到长时间工作及工作场所的狭小,小车无法自带电源,电源应外接,工作电压应小于 $36\ \text{V}$ 。风管一般是用金属制成,有电磁屏蔽作用,控制也只能是线控完成。控制电缆最少需要 23 根线,其中控制小车两侧的电机共 4 根线,控制摄像头上下、左右运行 5 根线,摄像头信号与摄像头电源共 4 根线(其中摄像头信号需屏蔽线,否则易出现条纹干扰),前后照明灯 3 根线(地线公用),滚刷电机 2 根线,按规范要求能清洗 180×250 以上的矩形风管或 $300\ \text{mm}$ 的圆风管,需要一个抬臂机构,抬臂电机 2 根线,限位控制线 3 根,线缆需要耐磨、阻燃、有一定的抗拉强度,万一进入风管后,运动电机线断,或者碰到风管中有下出风口,把小车卡住,可以把小车拉出来,线缆与小车间采用带锁紧装置的航空插头连接。

风管清洗设备是一个集控制、照明、摄像、图像信号处理、控制各种机械运动于一体的机电一体化的产品,设备控制装置需要提供以下功能:①控制系统提供直流电压,共有 3 路($24\ \text{V}$ 、 $5\ \text{V}$ 、 $12\ \text{V}$)。 $24\ \text{V}$ 提供小车的行走动力; $5\ \text{V}$ 供给控制系统的 MCU 使用; $12\ \text{V}$ 提供给摄像头。②MCU 将面板上的按键转换为相应

的继电器动作控制直流电流的流向,进而控制小车的运动状态;同时也可以控制清扫刷的正转与反转,抬臂机构的升起、降落、停止,抬臂机构有限位停止开关,到极限位置时自动停止。③面板上装有液晶显示屏,用于观察小车在风管内的工作状态;配有 USB 接口,如有必要可以在计算机上进行录像留底。

滚刷扬尘,集尘器吸灰尘,是目前国内外风管清洗设备最主要的形式,例如丹麦 danduct clean 公司的多用途机器人。如果能在此基础上,共用运动系统、监视录像系统、操作控制系统,把滚刷换成吸尘头,模仿人在外面清洁地面的情况,把掉落在风管底面的较重颗粒吸掉。与滚刷扬尘方式相比,在洗尘效果相同的情况下,可以降低吸尘电机的功率,因为不需在整个风管范围内形成负压,只需在吸尘管内形成负压即可。难点是如何使小车在风管里行走时,吸尘头自动与风管底面保持紧密接触。即使风管底面有不平或者有凹凸、缝隙时,也可以把灰尘吸走,否则不能形成较高的负压,毫无效果。

2 系统实现

3 路电源($24\ \text{V}$ 、 $5\ \text{V}$ 、 $12\ \text{V}$)分别采用开关电源模块来完成,特别是 $24\ \text{V}$ 电源因为要驱动 8 个电机,电流容量要达到 $10\ \text{A}$ 。输出要加过流保护电路,防止电机堵转。

主控电路 CPU 是 89C2051,负责检测面板上的 4 个按键,分别控制小车前进、后退、左转、右转、停止(按键全不按下,表示停止);清扫刷的正转、反转、停止;抬臂机构的升起、降落、停止。把按键的功能对应控制继电器动作,控制小车运动的继电器有 3 个,如图 1 所示,常闭触点开关打在左边。前进时,1 号继电器吸合,后退时 1,2,3 吸合,电流反向流动,左转 1,2 吸合,右转 1,3 吸合,这样有一侧轮子正转,一侧反转,达到转向的目的。为达到最快移动速度应不低于 $10\ \text{m}/\text{min}$,能越过 $4\ \text{cm}$ 障碍的规范要求,本研究选用转速为 $50\ \text{r}/\text{min}$ 的电机,并配合定做的直径 $85\ \text{mm}$ 的带凸钉的橡胶轮,如图 2 所示。

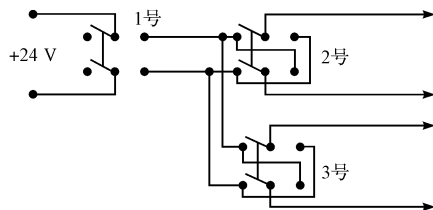


图 1 控制小车运动的继电器工作原理图



图2 橡胶轮

控制抬臂机构的升起、降落、停止由MCU与限位机构联合完成,停止时,4,5,6号继电器在自然释放状态,4号打在左边,6号打在左边,5号打在左边,但开关K断开,电机无电流流过。无论开关处于降落、升起,K都导通,K是双刀三掷开关。一边控制24V电源的通/断,一边有状态指示信号到MCU。按下降落开关,CPU控制6号吸合,打到左边,从4号那边得电。当下到最低时,碰到限位开关,使得4号吸合,打在右边,电机无电流流过,抬臂机构自动停止。此时再按降落开关,无效。按下升起键,6号打在右边,从5号得到电流流向相反的电,电机反方向转动到一定的位置,4号继电器的限位开关复位,4号继电器重新打到左边,到设定的最高位,另一边的限位开关动作,5号吸合,电流断开。控制图如图3所示。

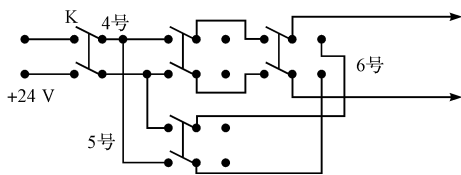


图3 限位用继电器工作原理

控制器中还装有图像数据采集卡,通过USB口与计算机相连后,可以把通过屏蔽线传过来的图像用MPEG格式存储在硬盘中,作为清洗效果评定依据之一,也可以通过面板上的液晶屏观测风管中的积尘与清洗过程。小车上摄像头,视场范围为左右有各180°转向,上下90°转向。可以有选择地观察风管中情况。在面板上还有照明亮度调节选钮,根据风管中金属板的反射情况,调节亮度,以便更好地观测风管。控制器的面板图如图4所示。

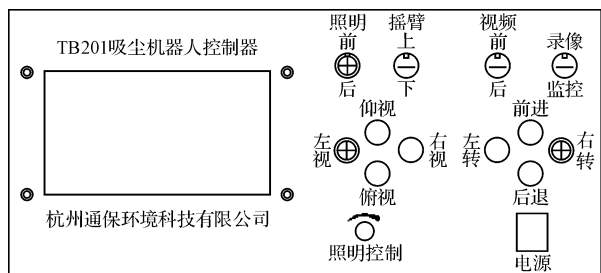


图4 控制装置面板图

吸尘头的结构如图5所示,在装上吸尘头时,可以实现吸尘的功能。吸尘口1采用不锈钢成型,下方左面、右面、后面植入高温尼龙丝(高温尼龙丝在图上未画出),前方留有缺口。控制抬臂机构使摇臂6升降,进而决定高温尼龙丝与风管底面紧密接触程度,并使压簧14有一定的形变,预压紧,这样可以实现吸尘口的左面、右面、后面不漏风,吸尘管吸气产生的负压主要用于把吸尘口1覆盖的地方灰尘吸干净。压簧14有一定的形变是为了满足风管底面不平或一些拼缝位置漏气,造成负压不够。拉簧10的作用是在吸尘口1碰到障碍时可以绕导柱7旋转,不会使吸尘口发生挤死的现象^[10]。

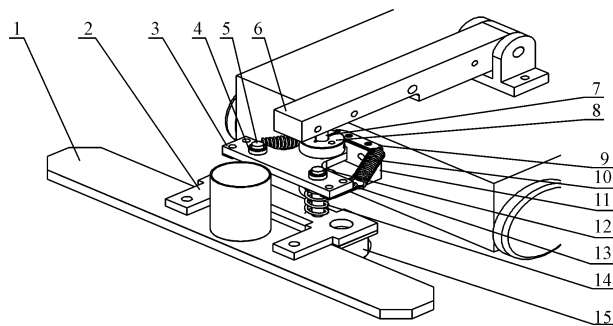


图5 吸尘头的结构示意图

1—吸尘口;2—压板;3—浮动板;4—导柱衬套(1对);5—导柱(1对);6—摇臂;7—导柱;8—固定环;9—大拉簧板;10—拉簧;11—连接座;12—导柱衬套;13—小拉簧板(1对);14—压簧;15—万向轮(1对)

3 结束语

整个控制装置的正面尺寸为435 mm×180 mm,深370 mm,考虑到工地现场使用,采用加厚铝合金机箱。运动小车采用铝合金材料与CNC工艺加工,自重约为15 kg,尺寸为260 mm(高)×230 mm(宽),深550 mm,最高推举高度为400 mm,连毛刷可达600 mm。通过在杭州中大广场、浙二医院的风管现场的使用,控制装置可以很方便地控制运动小车在管道中的运动,利用监视屏可以观察管道中的积尘情况,也可以通过USB口与上位机连接,进行录像留档,并作为清洗效果评定依据之一。吸尘头与清扫刷共用运动平台,吸尘头靠抬臂机构预压紧,调整吸尘头与风管之间的距离,在此基础上还要有一个吸尘头自压紧风管底部的机构,这样机器人在运动时可适应风管不同位置上底部的不平整。即使风管稍有不平或接缝之处,也可以吸尽粉尘。共用运动平台可以减轻维护工作量,降低清洗设备的制造成本。利用吸尘管形成负压方式,不需在整个风管内形成负压,可以大大降低吸尘电机的功率。(下转第84页)

法 PAMC 较 Otsu 双阈值低。

表 1 分割结果 PAMC 对比

PAMC(%)	实验次数				
	1	2	3	4	5
Otsu 双阈值	1.81	1.76	1.74	1.93	1.65
标记分水岭	1.29	1.33	1.56	1.62	1.11

PAMC(%)	实验次数				
	6	7	8	9	10
Otsu 双阈值	1.14	1.19	1.28	1.22	1.32
标记分水岭	0.99	1.04	1.07	0.95	1.16

4 结束语

采用本研究算法对 30 多幅 LED 芯片图像的实验结果表明,该算法具有如下特点:

(1) 准确度高。较好地抑制了过分割现象,感兴趣区域提取准确,边缘较光滑,凸点较少。在 LED 视觉任务的后续处理中表明,由该算法分割后提取的特征更准确。

(2) 鲁棒性强。对信噪比较小的图像分割,同样能得到完整光滑的目标轮廓,能够满足 LED 视觉任务特征提取的要求。

该算法对不同目标区域特征明显、灰度有一定区分度的图像不失为一种较好地选择。如何提高运算速度和如何自动确定目标分类数和峰值宽度,还有待进一步研究。

参考文献(References):

[1] PUN T. A new method for grey-level picture thresholding using the entropy of the histogram [J]. **Signal Processing**, 1980,2(3):223-237.

[2] KAPUR J N, SAHOO P K, WONG A K C. A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram [J]. **Computer Vision, Graphics and Image Processing**,1985,29(3):273-285.

[3] 崔天横,高晶敏,刘振慧.经典边缘检测的快速算法[J].微计算机应用,2007,28(6):575-579.

[4] 陈忠,赵忠明.基于区域生长的多尺度遥感图像分割算法[J].计算机工程与应用,2005,41(35):7-9.

[5] VINCENT L, SOILLE P. Watershed in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulation[J]. **IEEE Trans., PAMI**,1991,13(6):583-598.

[6] 陈军波,喻胜辉,舒振宇.基于控制标记符分水岭的医学图像分割[J].长江大学学报:自然科学版,2008,5(2):96-98.

[7] 苟中魁,张少军,李忠富,等.一种 Otsu 阈值法的推广—Otsu 双阈值法[J].机械,2004,31(7):12-14.

[8] 裴继红,谢维信.势函数聚类自适应多阈值图像分割[J].计算机学报,1999,22(7):758-762.

[9] YASNOFF W A, MUI J K, BACUS J W. Error measures for scene segmentation[J]. **Pattern Recognition**,1977,9(4):217-231.

[编辑:李辉]

(上接第 35 页)

参考文献(References):

[1] 金银龙.集中空调污染与健康危害控制[M].1版.北京:中国标准出版社,2007.

[2] 匡国正,陈石美.中央空调系统污染和预防措施探讨[J].江苏预防医学,2005,16(2):39-40.

[3] 《环境与健康》杂志编辑部.世界卫生组织公布香港淘大花园 SARS 传播的环境卫生报告[J].环境与健康杂志,2003,20(4):245.

[4] MAHBUBANI M H, BEJ A K, MILLER R, et al. Detection of legionella with polymerase chain reaction and and gene probe method[J]. **Mol. Cell Probes**,1990,4(3):175-187.

[5] SCHRAMAL P, HASSE S. Destruction of organic materials

by pressurized microwave digestion [J]. **Anal. Chem.**, 1993,34(6):794-799.

[6] 卫生部法监司.公共场所集中空调通风系统卫生规范[S].北京:中国卫生部,2003.

[7] 卫生部法监司.卫监督发[2006]58号卫生部关于印发《公共场所集中空调通风系统卫生规范》等三个规范的通知[S].北京:中国卫生部,2006.

[8] 崔建波,高丽萍.集中空调风道清洗现状与前景分析[J].清洗世界,2004,20(9):21-25.

[9] 杨雄.风管清洗机器人的国产化研究及应用[J].清洗世界,2004,20(11):37-40.

[10] 李雪涛,王戩.浅谈药品生产企业空调系统维护中易忽略的问题[J].现代制造技术与装备,2009(3):113-114.

[编辑:张翔]