

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2020.05.018

喷涂机器人的喷头结构优化

张洪生¹, 官添翔¹, 刘海周²

(1. 兰州理工大学机电工程学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 亚龙智能装备公司, 浙江 温州 325100)

摘要:在喷涂机器人自动喷塑过程中,静电装置和喷嘴内部易产生粉末涂料堆积的问题,因此课题组基于SolidWorks 2016软件建立了喷头三维模型;使用ANSYS17.0的FLUENT模块对喷头进行流体仿真分析,发现喷头内部结构设计不合理。然后对喷头进行结构优化:将静电装置中原来的单条4 mm宽度横梁改成3条按等边三角形分布的1 mm宽度的横梁,同时将内芯的圆柱体改成圆锥体;使用斜面喷嘴代替整平面喷嘴,并对斜面角度进行研究,发现45°角斜面是最合适的角度。静力学分析结果表明:改进后喷嘴内粉末不易堆积,优化设计达到了要求。

关键词:喷涂机器人;喷塑工艺;静电装置;喷嘴;ANSYS

中图分类号:TQ639.2;TH145 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2020)05-0099-04

Spray Head Structure Optimization of Painting Robot

ZHANG Hongsheng¹, GUAN Tianxiang¹, LIU Haizhou²

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. Yalong Intelligent Equipment Company, Wenzhou, Zhejiang 325100, China)

Abstract: Aiming at the problem that the accumulation of powder paint was easily occurred in electrostatic devices and nozzles in the automatic spraying process of the spraying robot, a three-dimensional model of the nozzle based on SolidWorks2016 software was established and the FLUENT module of ANSYS17.0 was used to perform fluid simulation analysis on the nozzle. It was found that the design of the interior structure of the nozzle was unreasonable, and an optimization of the nozzle structure was proposed. The original single 4 mm width beam in the electrostatic device was changed to three 1 mm width beams distributed according to an equilateral triangle and the inner cylinder was changed to a cone; the bevel nozzle was used to replace the full-plane nozzle, and the angle of the bevel angle was studied. The results show that the 45 bevel is the most suitable angle. The static analysis results show that the powder in the improved nozzle is not easy to accumulate and the optimized design meets the requirements.

Keywords: spraying robot; spraying process; electrostatic device; nozzle; ANSYS

喷塑工艺是上世纪80年代以来国际上采用较为普遍的一种金属表面处理的装饰技术^[1],自从1962年由法国萨迈斯公司研制成功的世界第一套粉末静电喷涂设备问世后,喷塑工艺便迅速发展起来^{[2]59}。静电喷涂设备是由供粉装置、喷涂控制系统、喷枪、喷粉室和粉末回收设备等组成^[3]。工艺流程为:上料—水洗—脱脂—水洗—水洗—成膜—水洗—纯水—烘干—静电喷涂—固化—检验—下料打包^{[2]60}。与目前市场上流行的喷漆工艺相比,喷塑工艺具有以下优点:①无溶剂,粉末涂料利用率高(一般静电喷塑的塑粉

利用率均在98%以上);②坚固耐用,涂层附着力强,耐腐抗摔能力高;③耐水、耐油、耐酸、耐碱及耐盐;④成本低于喷漆工艺^[4-7]。但是由于喷塑使用的粉末涂料属于固体颗粒,与喷漆工艺所用的水性喷剂相比,更易产生堆积,尤其是在喷头等内部结构较复杂、管道直径较小处。课题组针对某公司在对单个阀门进行自动喷塑项目中所产生的一些问题进行研究。

1 自动喷塑项目中存在的主要问题

机器人喷塑台搭建好后,对喷枪进行试喷时发现一些问题:试喷一段时间后发现喷嘴喷出的涂层模型

收稿日期:2020-04-22;修回日期:2020-07-21

第一作者简介:张洪生(1962),男,甘肃临夏人,教授,主要研究方向为现代设计方法、工业机器人。E-mail:zh-h-sh@163.com

不稳定,肉眼看见的喷炬模型较小。在确定静电电压、输送高压气体稳定,涂料箱粉末雾化良好,输送管粉末输送正常的情况下,确定情况出现在喷枪处。通过对喷枪进行检查,发现如图 1 所示情况:在喷头的喷嘴处和静电装置的部件(这里简称静电装置)管口处都有粉末的堆积情况。这里将这两处的堆积粉末清除后发现涂层和喷炬恢复常态,但是过段时间仍然出现粉末堆积的状况,由此需要对喷头进行深入分析。

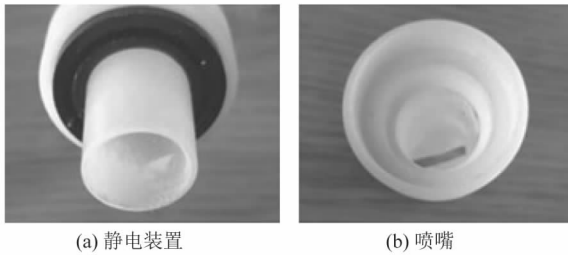


图 1 静电装置和喷口粉末堆积
Figure 1 Electrostatic device and nozzle powder accumulation

2 喷头的三维建模

为了能更好地对情况进行分析并进行后续的工作,需要对喷枪进行建模,由于情况主要发生在喷头处,文中只展示喷头处的三维模型。喷头的主要结构为喷嘴和静电装置,其三维结构图如图 2 所示。

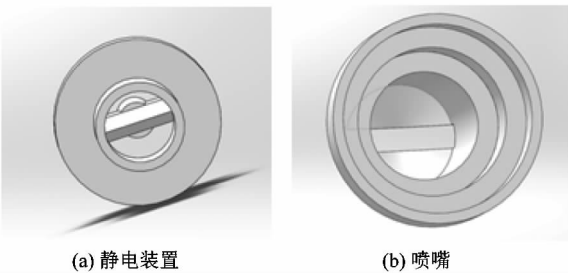


图 2 原喷嘴和静电装置
Figure 2 Original nozzle and electrostatic device

3 原模型的流体仿真分析

首先对喷头的静电装置进行初步分析:喷塑粉末由从静电装置内部流出后进入喷嘴,再从喷嘴处喷出。由于喷嘴的上部与静电装置精密连接在一起,因此我们在分析时主要考虑静电装置的内部结构和喷嘴的嘴型以及靠近喷嘴处的内部情况。选择使用 ANSYS17.0 的 FLUENT 模块对喷头(静电装置和喷嘴工作时连接在一起,此处简称喷头)内部进行流体力学分析,其压力和速度云图如图 3 所示。

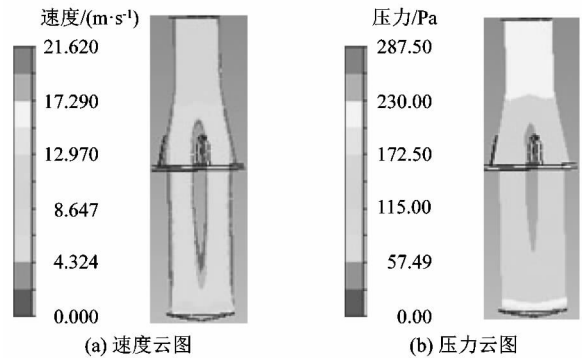


图 3 原模型速度和压力云图
Figure 3 Original model speed and pressure cloud

从图 3(a)可以看出,静电装置内芯(图中空白处)周围的流体流速较慢,但是中间部分(静电装置内部内芯旁边的通道)的流速较快。通过对比图 2 三维图可以发现:原设计为了方便和牢固,直接在内芯处插了一条较粗的塑料横梁,由于离静电装置的进料口比较近,且塑料横梁与内芯交界处有犄角,导致粉末随空气流体进入时速度受阻,且犄角处易堆积粉末,所以产生图 1(a)的状况。从图 3(b)可知,喷嘴处的压力最低。由于原设计时将喷嘴内部设为整平面,而扁平喷头的喷嘴只在中间开口,因此其他未开口处会阻碍流体的流动,流体到此处流速下降,粉末便堆积在此。

4 喷头的结构优化方案

4.1 静电装置的结构优化

按照上面的分析,为了使静电装置内部的流体流动更加稳定,静电装置的内芯在朝向进料口处的面积要尽量小,且尽量减少静电装置的内芯与横梁连接处产生的犄角。为此,将原先的单条 4 mm 宽度横梁改成 3 条按等边三角形分布的 1 mm 宽的横梁(如图 4(a)所示),这样便减小了朝向进口处面积,而且三角形的布局使得横梁更加的坚固;同时将内芯的圆柱体改成了圆锥体,可以减小对流体的阻力。

4.2 喷嘴的结构优化

为了减少喷嘴内部未开口处的粉末堆积,设计将原来的整平面改为一定角度的斜面(如图 4(b)所示)。理想状态下:当斜面为 0°时,射在未开口处的粉末粒子将发生全反射,只有开口处的粒子随空气流体射出(多次基础条件下的仿真结果都为收敛);而当斜面角度为 90°时,喷嘴处于全开口状态(变成放大的圆形喷嘴),所有粒子都将随着空气流体射出(极少数可忽略不计)。中间角度较为复杂,通过分析发现:45°的斜面可以达到最理想效果。

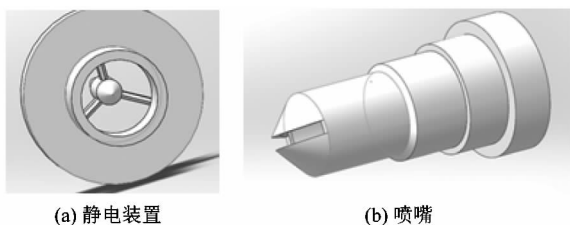


图4 优化后的静电装置和喷嘴

Figure 4 Optimized electrostatic device and nozzle

4.3 优化方案验证和分析

为了验证优化后的静电装置能否符合要求,对优化后的静电装置进行了静力学分析,其中:速度为 10 m/s,粉末的质量分数为 10%。优化后的静力学分析结果如图 5 所示。最大应力为 0.41 MPa,最大形变为 $1.75E-8$ m。通过查找资料,一般塑料的拉伸屈服强度为 40 MPa^[8],最大变形率小于等于 5%^[9] ($5E-7$ m),因此设计符合要求。

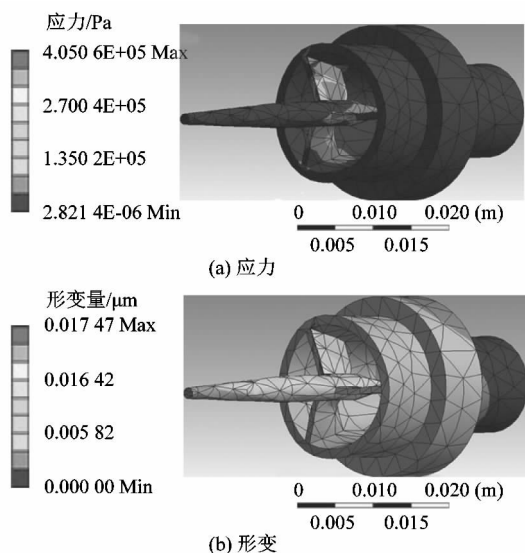


图5 静力学分析结果

Figure 5 Static analysis results

为了验证不同斜面对粉末喷出的影响,设计了 $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ 和 75° 的斜面进行研究 (90° 可认为开口处尖端离静电装置距离无限远)。情况如图 6 所示。

从图 6 可知,随着角度的变化:喷嘴口离静电装置距离变长,而在喷嘴口附近不同地方的速度发生变化。为了更加直观地对各云图进行比较,这里引入了“有效距”的概念:随着角度变化,喷嘴内壁面积变大,少部分 0° 时直接弹回的粉末粒子会反弹至中间,随着其他粉末粒子从中间开口处喷出,而喷嘴内速度最开始变化的地方(图 6 中喷嘴内部颜色开始变化地方)表

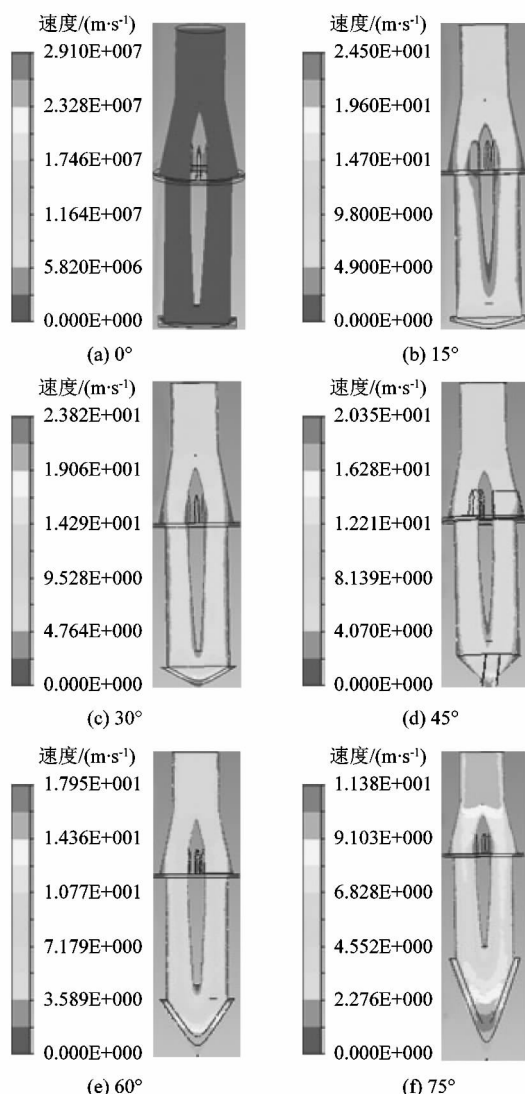


图6 各个角度的速度云图

Figure 6 Speed clouds at various angles

示粉末粒子反弹最远处(即从此处开始有反弹的粉末粒子),将此处到喷嘴口(尖端)的距离称为有效距。有效距与“喷嘴口到静电装置距离”的比值(“有效率”)越大,说明能喷出的粉末粒子相对越多,则粉末喷出效果越好。将所有数据归纳起来如表 1 所示。

表1 各个角度的有效率

Table 1 Efficiency from various angles

斜面角度/(°)	有效距(测量用图)/mm	喷嘴口到静电装置距离(测量用图)/mm	有效率/%
0	0	216	0.00
15	58	225	25.78
30	122	220	55.45
45	278	341	82.11
60	174	260	66.92
75	86	405	21.23

通过使用 MATLAB2016 的最小二乘法曲线拟合对上面数据进行拟合,得到图 7 所示的有效率与斜面角度的近似关系图。通过对拟合图形的分析,并结合喷枪长度的需要,45°的斜面角度是最合适的角度。

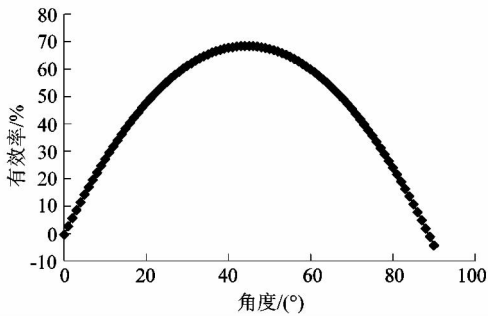


图 7 有效率与斜面角度关系
Figure 7 Relationship between efficiency and slope angle

5 优化后的流体仿真分析和对比

为了验证优化方案的可行性,需要对优化后的喷头进行了流体力学仿真。图 8 所示为优化后结构的速度云图和压力云图。

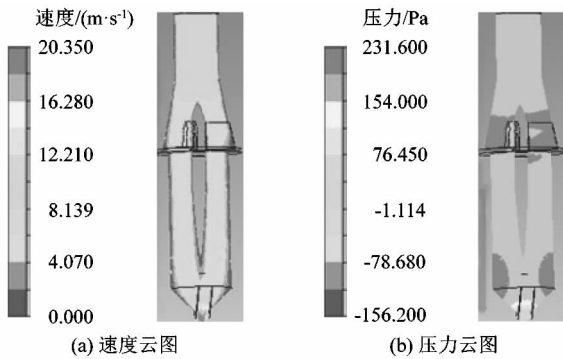


图 8 优化后模型速度和压力云图
Figure 8 Optimized model speed and pressure cloud

通过与图 3 的云图对比,发现图 8 的云图整体分布更为均匀。而从速度云图来看:优化后的静电装置

内芯周围的流体流速比其他地方颜色更浅(速度更快),粉末随空气流体经过此处时通过的速度更快,不易在此堆积。从压力云图来看,喷嘴的内部未开口处流体压力云图不变(压力不变),同样粉末在此不易堆积。理论上说明结构优化完成。

6 结语

1) 课题组通过对喷头内流道分析,得到喷头易发生粉末堆积的原因在于静电装置及喷嘴内侧的结构设计不合理——自动装置的横梁太宽,喷嘴内侧阻碍了流体的运动。

2) 课题组将静电装置中原来的单条 4 mm 宽度横梁改成 3 条按等边三角形分布的 1 mm 宽度的横梁。静力学分析结果表明其结构受力合理;流体分析表明优化后结构使用性能更好。

3) 课题组通过流体分析,得到了不同角度喷嘴的喷出粉末有效率数据,利用 MATLAB2016 对其进行函数拟合,结果显示 45°的斜面角度是最合适的角度。

参考文献:

- [1] 陈耀,王俊. 静电喷塑防腐处理应用探讨[J]. 工业设计,2011(8):209.
- [2] 李玉保,杨守武,常绍亚. 关于钣金喷塑涂装挂具使用可靠性研究[J]. 日用电器,2017(10):59-60.
- [3] 熊春豆. 静电粉末喷涂控制器的开发[D]. 广州:华南理工大学,2016:12.
- [4] 齐自成,马凤平. 静电喷塑常见故障分析与排除[J]. 中国人造板,2008(8):20.
- [5] 梁继勇. 浅析喷塑与喷漆的工艺特点[J]. 上海涂料,2009,47(2):16-18.
- [6] 包俊彬,李艳丽,吴敏缘. 浅析喷塑表面处理[J]. 科技与创新,2014(6):71.
- [7] 姚文杰. 喷塑阀门表面质量技术要求与检验[J]. 水利电力机械,2007(8):107.
- [8] 吴东亮,冯晓雷,陈毅明,等. 塑料拉伸屈服强度检测实验室能力评价方法的研究[J]. 新型建筑材料,2019,46(4):128-131.
- [9] 黄雯,肖唐俊. 埋地塑料排水管环刚度设计[J]. 市政技术,2019,37(2):178-179.

欢迎订阅 2021 年度《压力容器》杂志(月刊)

(邮局征订代号:26-10)

《压力容器》杂志是经国家新闻出版署正式认定的首批学术期刊,是中文核心期刊、中国科技核心期刊、RCCSE 中文核心学术期刊。1984 年创刊,中国科学技术协会主管,中国机械工程学会压力容器分会主办,国内统一刊号:CN 34-1058/TH,国际标准刊号:ISSN 1001-4837,月刊,全年 96 元,国内外公开发售,邮局征订代号:26-10。

《压力容器》杂志是承压设备类技术型学术期刊,坚持学术性、实用性相结合的办刊方针;主要报道各类压力容器、管道及其附件的设计、制造、检验、使用和试验研究、标准化等相关技术;常设栏目有:专题报告、试验研究、设计计算、标准规范、技术综述、安全分析、检验与修复、制造与安装、使用管理、经验交流等;已被中国知网、万方数据、维普资讯、超星等国内主要期刊数据库全文收录。

需要订阅《压力容器》杂志的读者,请及时到当地邮局订阅,逾期可向压力容器杂志社索取订单。通信地址:安徽省合肥市长江西路 888 号,邮编:230031;联系电话:0551-65335515,传真:0551-65313592;E-mail:ylrq1984@163.com,网上投稿:ylrq.cbpt.cnki.net;网址:http://www.chinapvt.com。

欢迎订阅 2021 年《新型建筑材料》月刊

邮发代号:32-57

- 全国中文核心期刊
- 中国科技核心期刊
- RCCSE 中国核心学术期刊
- 全国建材优秀期刊
- 全国建材系列期刊
- 浙江省及华东地区优秀期刊
- 中国期刊方阵“双效期刊”
- 美国 EBSCO 数据库全文收录
- 中国科技论文统计源期刊
- 中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊

主要栏目及内容:新型墙体材料、建筑石膏与胶凝材料、防水屋面材料、装饰装修材料、化学建材、保温材料与建筑节能、混凝土与制品、海绵城市、绿色建材、发展战略研讨,以及国家产业政策、理事单位特别报道等。

1974 年创刊,中国新型建材设计研究院主办。刊号:CN 33-1078/TU,ISSN 1001-702X。大 16 开,进口纸胶印 160 页。国内外公开发售。

定价:每期 8.00 元,全年 12 期共 96.00 元(含邮费)。

各地邮局及本刊均可办理订阅手续。

另有历年合订本发行。

本刊承接广告,欢迎联系。

地址:310022 杭州市下城区华中路 208 号

电话:0571-85175100,85062600,85066556

http://www.china-nbm.cn

E-mail:nbm999@163.com



欢迎关注本刊微信公众号

《轻工机械》2021年征订启事

《轻工机械》杂志(刊号:CN 33-1180/TH, ISSN 1005-2895),创刊于1983年,由中国轻工机械协会、中国联合装备集团有限公司与轻工业杭州机电设计研究院联合主办,是一份在国内有较高影响力、历史悠久的轻工机械领域的专业性科技期刊。以报道轻工机械、自动化技术、机电一体化、工艺设计及其应用为特色。

- 双月刊,大16开,每册定价10.00元,全年60.00元。
- 邮局订阅(代号32-39),也可直接向本编辑部邮购(另加邮费2元/本)。
- 编辑部地址:杭州市余杭区高教路970号西溪联合科技广场4号楼711 邮编:311121
- 电话:(0571)85186130 85187520 E-mail: qgjxzz@126.com
- 网址:www.qgjxzz.com
- 开户银行:工行杭州建国北路支行
- 户头:轻工业杭州机电设计研究院 帐号:1202022209014428297 税号:913300007236292912

本刊系中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊),已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”、“万方数据资源系统”、“中文科技期刊数据库”,并被《中国学术期刊文摘》、英国《科学文摘》(SA, INSPEC)、美国化学文摘(CA)、美国剑桥科学文摘(CSA)、美国乌利希期刊指南(Urich)等收录。

欢迎订阅 ● 欢迎刊登广告 ● 欢迎赐稿



杭州轻工技师学院

Hangzhou Qingong Technical School

自强文明 团结进步

【学校概况】

杭州市轻工高级技工学校隶属于杭州市人力资源和社会保障局,是一所集学历教育、技能培训与鉴定为一体的多功能、综合性的高级技工学校。建校50多年来,学校始终坚持以就业为导向、以技能为核心的办学理念,面向市场办学,不断提升办学层次,努力提高办学满意度。

学校地处杭州市中心,地理位置优越,交通便捷,建筑面积共计36 905.12平方米,在校学生2 256人。学校师资队伍结构合理,教师132名,专职教师86名,其中,具有高级职称的教师占20.4%,中级职称的教师占27.3%。现开设专业有:药物制剂、数控加工、机械设备装配与自动控制、服装设计与制作、装潢艺术设计、计算机网络应用、会计7个专业。



地址:浙江省杭州市莫干山路102号 邮编310011 校长:杨国强 电话:0571-85192066 网址:www.hzqgjx.com