

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2013.05.028

石材楼梯扶手加工专用设备的设计

李涛^{1,2}, 张进生^{1,2}, 王经坤^{1,2}, 王志^{1,2}

(1. 山东大学机械工程学院, 山东济南 250061; 2. 山东省石材工程技术研究中心, 山东济南 250061)

摘要: 在分析目前石材楼梯扶手加工工艺现状的基础上, 针对楼梯扶手工艺繁琐、加工效率不高、劳动强度大等问题, 采用工序集成, 优化了现有的加工工艺路线; 应用模块化设计技术, 通过功能、运动分析, 研制了石材楼梯扶手的加工专用设备, 为提高楼梯扶手的加工效率以及减轻工人的劳动强度等提供了一种新的解决方案。

关键词: 石材楼梯扶手; 工序集成; 模块化; 加工专用设备

中图分类号: TU754.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-3881(2013)5-109-5

Research and Design of Special Machining Equipment for Stone Staircase Handrail

LI Tao^{1,2}, ZHANG Jinsheng^{1,2}, WANG Jingkun^{1,2}, WANG Zhi^{1,2}

(1. School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan Shandong 250061, China;
2. Stone Engineering Center of Shandong Province, Jinan Shandong 250061, China)

Abstract: Based on the analysis of current situation of processing stone handrail, aiming at the problems of cumbersome and inefficient process, labor intensity, the existing processing line was optimized by using process integration. Via the analyses of function and movement, applying modular design technology, the special equipment for processing stone handrail was developed. It provides a new solution for improving processing efficiency and reducing labor intensity.

Keywords: Stone staircase handrail; Process integration; Modularization; Special processing equipment

随着建筑装饰业的发展以及人们对大自然的崇尚, 石材楼梯扶手以其天然华丽的饰面效果、稳定的物理化学性能在建筑装饰业得到广泛应用。但是楼梯扶手加工复杂, 设备操作繁琐, 工人劳动强度较大, 生产效率低, 制约着楼梯扶手加工技术的发展, 难以满足市场的要求^[1]; 同时由于进口加工设备价格昂贵, 很难被我国市场和客户接受, 因此, 迫切需要研发适合国内市场的加工石材楼梯扶手的专用设备来满足市场需求。为此, 作者在工序集成及模块化设计研究的基础上, 开发了一种加工石材楼梯扶手的专用设备。

1 石材楼梯扶手的加工技术现状

1.1 石材楼梯扶手的加工工艺

石材楼梯扶手形状、图案各异, 截面形状归纳起来大体有以下几种, 如表1所示。

表1 楼梯扶手截面形状分类

截面形状	特征
椭圆形	
单面弧形	截面由直线或曲线构成,
多弧形曲面形	基本呈对称形式
复杂曲面	

根据楼梯扶手的特点以及市场需求状况, 选择了一种比较典型的楼梯扶手进行研究, 其横截面是由曲线与若干直线段构成的直线形楼梯扶手, 长度一般在1 000 mm左右, 最宽处不超过100 mm, 长径比大约为10, 如图1所示。下面主要以此类楼梯扶手为例进行讨论。

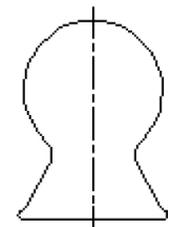


图1 楼梯扶手横截面图

此类直线型楼梯扶手在石材制品中属于花线制品, 加工特点为通过铣刀进行单侧铣削加工^[2], 具体的加工流程如图2所示。

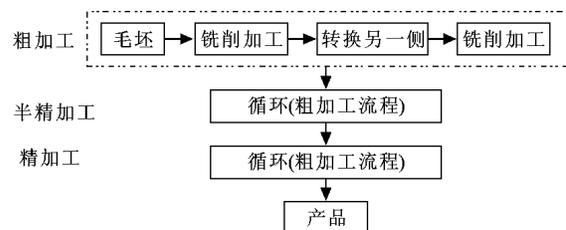


图2 石材楼梯扶手主要加工流程

根据市场调研, 采用现有的加工工艺, 加工大理石楼梯扶手, 从毛坯(1 200 mm × 60 mm × 100 mm)至如图1所示, 生产率计算卡如表2所示。

收稿日期: 2012-02-05

作者简介: 李涛(1985—), 男, 硕士研究生。通信作者: 张进生, E-mail: zhangjs@sdu.edu.cn。

表 2 生产率计算卡

被加工零件	图号		毛坯种类			大理石		
	名称	楼梯扶手			毛坯质量			20 kg
	材料	大理石			硬度			HS35 ~ 55
加工名称					毛坯尺寸			1 200 mm × 60 mm × 100 mm
序号	工作名称	被加工零件数量	工作行程/mm	转速/ (r · min ⁻¹)	进给量/ (mm · min ⁻¹)	工时/min		
						机动时间	辅助时间	共计
1	人工将工件安装在工作台上	1					0.5	0.5
2	粗加工侧面		1 200	2 500	400	3		3
3	停车					0.6		0.6
4	人工转换侧面、安装模具 然后将其安装在工作台上						2	2
5	粗加工侧面		1 200	2 500	400	3		3
6	停车, 换半精加工刀具					0.6	1.2	1.8
7	半精加工侧面		1 200	3 000	600	2		2
8	停车					0.6		0.6
9	人工转换侧面、安装模具 然后将其安装在工作台上						2	2
10	半精加工侧面		1 200	3 000	600	2		2
11	停车, 换精加工刀具					0.6	1.2	1.8
12	精加工侧面		1 200	3 500	800	1.5		1.5
13	停车					0.6		0.6
14	人工转换侧面、安装模具 然后将其安装在工作台上						2	2
15	精加工侧面		1 200	3 500	800	1.5		1.5
16	停车, 换抛光刀具					0.6	1.2	1.8
17	抛光侧面		1 200	4 000	800	1.5		1.5
18	停车					0.6		0.6
19	人工转换侧面、安装模具 然后将其安装在工作台上						2	2
20	抛光侧面		1 200	4 000	800	1.5		1.5
21	停车					0.6		0.6
22	人工卸料						0.5	0.5
合计								33.4

根据生产率计算卡, 可以统计出一些相关的主要加工数据, 如表 3 所示。

表 3 现有扶手加工设备主要加工数据

装夹固定次数/次	4
工件转换次数/次	4
所需模具件数/件	4
加工时间 $t_{加工}/min$	16
辅助加工时间 $t_{辅助}/min$	17.4
加工效率/(min · 件 ⁻¹)	33.4

1.2 加工中普遍存在的问题

目前传统的石材楼梯扶手加工是利用石材磨抛设

备, 根据横截面的特征及外廓曲面制定或选用相应的铣磨轮对毛坯进行加工^[3]。

通过对现有石材市场楼梯扶手加工的调研, 发现现有加工工艺流程及设备普遍存在以下问题:

(1) 加工工艺路线长, 需多次更换工具和人工调整, 相应地增加了工人的劳动强度。

(2) 加工设备功能单一, 组成生产线需要多台设备, 占地面积大, 搬运量大, 效率低, 劳动强度大。

(3) 多数企业的加工工艺参数一般是凭经验摸索的, 生产成本低, 保证质量稳定较难。

2 专用设备的设计

2.1 设计原则

设备的设计应满足的基本要求:

(1) 功能多, 适应性强, 能够适应常见截面形状楼梯扶手的自动化加工;

(2) 加工精度高, 加工效率高, 生产成本低;

(3) 造型美观大方, 符合人机工程学要求, 操作应便捷, 容易掌握;

(4) 便于维护。

根据上述设计原则, 需要对楼梯扶手加工工艺进行合理改进, 提高生产效率; 在保证设备性能要求的情况下, 考虑设备的成本, 包括材料、加工制造费用, 从而提高使用经济效益; 考虑人机关系, 保证操作的方便、省力, 解决使用维护中的问题^[4]。

2.2 加工工艺方案的确定

针对现有楼梯扶手加工工艺流程繁琐、加工效率不高等问题, 根据楼梯扶手在长度方向上较大的特点, 加工工艺采用工序集成, 将粗加工、半精加工、精加工、抛光等工序集成在一起, 并且有效利用自身重力固定加工位置, 大大减少辅助时间, 从而提高加工质量和效率。具体加工流程如图3所示。

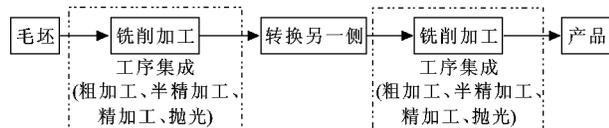


图3 石材楼梯扶手主要加工流程

综上所述, 可以最终确定楼梯扶手的加工工艺方案为: 选择石材坯料材质→坯料的加工→坯料的工序集成加工(粗加工、半精加工、精加工、抛光)→清洗→检验→入库。

2.3 功能规划

根据上述工艺方案, 那么刀具与工件在加工时的相对运动也随之确定, 而机床运动功能模块的分配是由多方面因素决定的, 一般是本着满足性能要求的同时, 以有利于提高加工效率和质量、操作、维护方便为原则^[4]。

石材楼梯扶手的加工关键是型面的成型加工, 需要成形刀具相对于工件水平方向、竖直方向和前后方向(简称 x 、 y 、 z 方向)运动, 那么相应的设备应具备 x 、 y 、 z 3个方向的运动部件, 以满足其加工要求。

为了快速响应市场、降低产品开发成本、缩短开发周期, 便于设计、生产组织及使用、维护, 机械部分采用模块化设计^[5-7]。通过功能和运动分析, 参考其他石材异型制品的加工设备, 可设计出设备的整个功能体系, 其中包括设备的功能、功能元、功能模块以及各功能模块对应的实现部件等, 如图4所示。

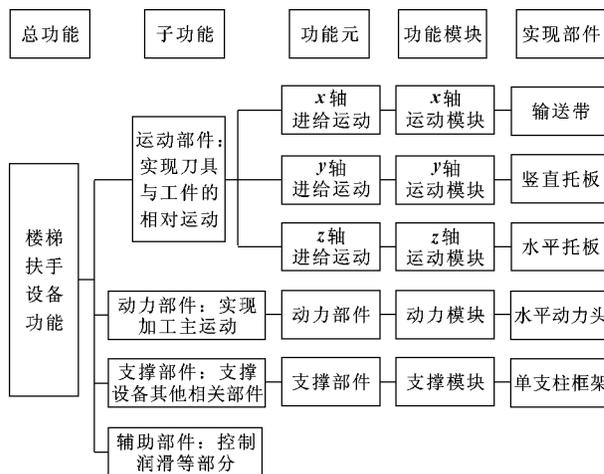


图4 专用加工设备功能分解

综上所述, 楼梯扶手加工设备分为五大功能模块: 支撑框架模块、输送带模块、竖直托板模块、水平托板模块和动力头模块。通过各功能模块的标准接口连接组装^[7], 即可组成具有楼梯扶手加工功能的设备。

2.4 主要参数拟定

根据机床的设计原则, 参照常用制品的规格参数, 结合加工工艺, 同时依据建筑结构荷载规范(GB 50009)、中国建材行业标准(JC 202-92)、石材加工用金刚石磨具标准(JB 5205-1991)等, 确定了设备的主要规格和技术参数, 见表4。

表4 设备的主要规格和技术参数

工作台长度	2 600 mm
工作台高度	750 ~ 850 mm
有效加工长度	2 200 mm
外形尺寸(长×宽×高)	4 000 mm × 1 200 mm × 1 100 mm
刀具转速	1 500 ~ 4 500 r/min
进给电机功率	0.55 kW
进给速度	0.2 ~ 1 m/min
主电机数	4 台
主电机间距	600 mm
主电机功率	4 kW
总功率	16 ~ 18 kW

2.5 方案设计

(1) 设备的布局

设备的总体布局如图5所示。该设备采用卧式布局形式, 支撑模块5为基本的支撑框架, 工件7依靠自身重力放置在工作台上, 动力头模块4固定在竖直托板模块2上, 同时带动铣刀6作主运动, 实现楼梯扶手的加工。输送带模块1带动工件, 实现工件 x 向的进给运动, 把传统加工楼梯扶手的固定式工作台转变为可以自动进给的工作台, 方便流水线作业, 有利于批量生产; 竖直托板模块2带动动力头模块4作上下移动, 从而实现了刀具的 y 向进给运动; 人工调节水平托板模块3可以实现工件的 z 向进给运动^[8-12]。

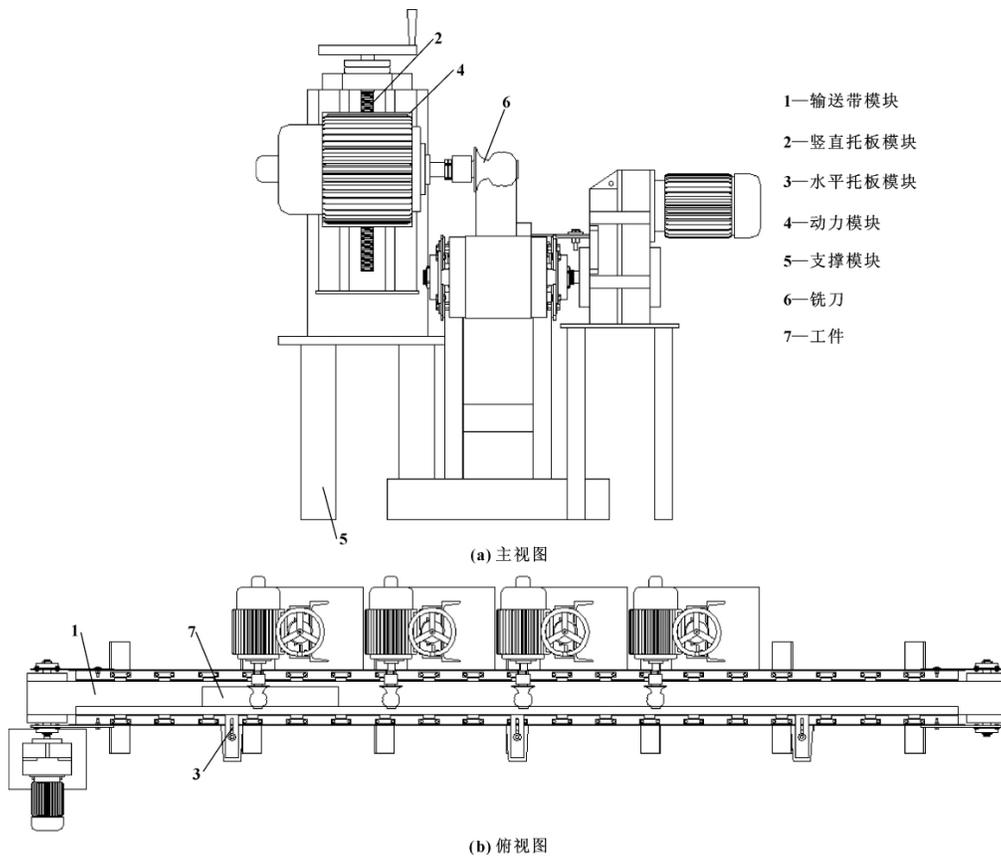


图 5 石材楼梯扶手专用加工机床简图

(2) 设备的主要部件

根据机床的经济性能原则，机床床身的支撑模块主要采用焊接件，大大降低了机床的成本。

输送带模块采用高强度树脂作为工作台面，从而避免了目前的加工设备以铸铁为工作台带来的锈迹难以处理的难题。

(3) 生产率的计算

在同一加工条件下，根据拟定的设备主要参数，结合现有加工设备加工楼梯扶手的具体数据，采用工序集成，加工相同毛坯（尺寸为 1 200 mm × 60 mm × 100 mm）的大理石至同一形状（如图 1 所示），得出生产率计算卡如表 5 所示。

表 5 生产率计算卡

被加工零件	图号	楼梯扶手			毛坯种类	大理石		
	名称				毛坯质量	20 kg		
	材料	大理石			硬度	HS35 ~ 55		
加工名称					毛坯尺寸	60 mm × 100 mm × 1 200 mm		
序号	工作名称	被加工零件数量	工作行程/mm	转速/ (r · min ⁻¹)	进给量/ (mm · min ⁻¹)	工时/min		
						机动时间	辅助时间	共计
1	人工将工件放置在工作台上	1.5					0.5	0.5
2	粗加工侧面		1 200	2 500	600	5		5
3	半精加工侧面		1 200	3 000	600			
4	精加工侧面		1 200	3 500	600			
5	抛光侧面		1 200	4 000	600			
6	停车					0.6		0.6
7	人工转换侧面、安装模具然后放置工件						2	2
8	粗加工侧面		1 200	2 500	600	5		5
9	半精加工侧面		1 200	3 000	600			
10	精加工侧面		1 200	3 500	600			
11	抛光侧面		1 200	4 000	600			
12	停车					0.6		0.6
13	人工卸料					0.5		0.5
		合计						14.2

由此,可以统计出一些相关的主要加工数据,如表6所示。

表6 加工专用设备主要加工数据

装夹固定次数/次	1
工件转换次数/次	1
所需模具件数/件	1
加工时间 $t_{\text{加工}}/\text{min}$	10
辅助加工时间 $t_{\text{辅助}}/\text{min}$	4.2
加工效率/ $(\text{min} \cdot \text{件}^{-1})$	9.5

对比表3与表6可以看出:在同样的加工条件下,加工相同毛坯(尺寸为1 200 mm × 60 mm × 100 mm)的大理石,采用工序集成方法,工件的转换、装夹固定次数比传统工艺加工时各减少3次,加工效率约为原来的3.5倍,相应地工人劳动强度、加工成本会大幅度降低,加工质量会有很大程度的提高。

3 结束语

(1) 采用工序集成,优化了现有的加工工艺路线,减少了辅助时间,提高了加工效率;同时减少了加工过程中人工调整次数,减少了人为因素的影响,改善了加工质量,也减轻了工人的劳动强度。

(2) 采用模块化设计,通过功能、运动分析,将设备结构划分为支撑框架模块、水平输送带模块、竖直托板模块、水平托板模块和动力头模块,便于设备的设计、生产以及维护;同时改变现有设备功能单一的缺陷,使一台加工设备具有从粗加工到成品的功能集成的优点,缩小占地面积,便于批量生产,提高效率,降低成本。

(3) 主要部件采用焊接件,工艺性好,具有良好的经济性,降低了制造成本;输送带模块采用高强度PVC聚氯乙烯树脂作工作台面,使用方便、可靠,同时解决了台面的防锈难题。

(上接第108页)

5 结束语

针对履带式移动机器人动力匹配要求,对提出的三挡变速器进行了设计与研究,主要工作为:提出了一种适用于履带式移动机器人的三挡变速机构,并对其工作原理进行了分析;对所提出的三挡变速器传动链结构和电动换挡装置进行了具体设计,给出了其实现自动换挡的工作流程;对其换挡过程进行了力学分析,并通过仿真验证了其能够实现自动换挡功能。今后,还需要通过结合具体的履带式移动机器人完善三挡变速器样机,进行结构优化设计与可靠性分析,提高其实际性能与适用性。

参考文献:

【1】仲崇慧,贾喜花.国外地面无人作战平台军用机器人发展概况综述[J].机器人技术与应用 2005(3):18-24.

参考文献:

- 【1】张进生,张良智,王志.石材异型制品加工技术[M].北京:化学工业出版社 2006.
- 【2】CAMPOS Julio Garrido, MARTIN Ricardo Marin. Modelling and Implementing Circular Sawblade Stone Cutting Processes in STEP-NC[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 2010 26(6):602-609.
- 【3】SUH S-H, SEO Y, LEE S M, et al. Modeling and Implementation of Internet-based Virtual Machine Tools[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2003 21(7):516-522.
- 【4】戴曙.金属切削机床[M].北京:机械工业出版社 2004.
- 【5】张进生,王日君,王学哲,等.新型石材雕刻制品加工设备的开发[J].石材 2006(3):46-48.
- 【6】王志,张进生,岳明君,等.石材异型台面板材加工工艺与设备分析[J].石材 1998(1):13-14.
- 【7】单绍福,王日君,王志,等.模块化石材异型制品加工设备研究开发[J].现代制造技术与装备 2006(4):55-58.
- 【8】TSAI You-Tern. The Development of Modular-based Design in Considering Technology Complexity[J]. European J of Operation Research 1999 119(3):670-692.
- 【9】张进生,王志,朱志远.石材曲面制品集成制造技术与开发[J].机电一体化 2002(5):26-28.
- 【10】XU X W, WANG H, MAO J, et al. NC Research: the Search for Intelligent CAD/CAPP/CAM/CNC Integration[J]. International Journal of Production Research 2005, 43(17):3703-3743.
- 【11】NEWMAN S T, NASSEHI A, XU X W, et al. Strategic Advantages of Interoperability for Global Manufacturing Using CNC Technology[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 2008 24:699-708.
- 【12】彭小敏.高精度三轴镗孔专用机床的设计和研制[D].大连:大连理工大学 2009.

【2】章小兵,宋爱国.地面移动机器人研究现状及发展趋势[J].机器人技术与应用 2006(8):19-24.

【3】王鹏飞,孙立宁,黄博.地面移动机器人系统的研究现状与关键技术[J].机械设计 2006 27(7):1-4.

【4】张炳力,赵韩,金朝勇.汽车自动变速器研究与展望[J].中国机械工程 2006 17(s1):417-420.

【5】盛英泰,张蕾.自动变速器技术的应用及其发展趋势[J].机电工程技术 2010 39(7):113-117.

【6】王华坤,范元勋,宋德锋.机床弹性滑键齿轮变速换挡机构的设计[J].组合机床与自动化加工技术 2000(7):11-13.

【7】张振宇.电动汽车用齿轮离合器自动变速器设计[D].武汉:武汉理工大学 2006.

【8】陈宁.电控机械式自动变速器换挡执行器设计[J].机电工程 2009(3):76-77.