

讨论与建议

提高木门五金件孔槽加工精度的探讨

张兆好, 齐英杰, 马晓君

(东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 介绍国内外木门五金件孔槽数控加工设备的研究现状, 分析木门定制化生产对加工精度的影响; 并从系统误差控制、加工参数选择、刀位轨迹生成和刀具半径补偿等方面, 对改进木门五金件孔槽专用设备加工精度提出建议。

关键词: 木门; 五金件; 孔槽; 加工精度

中图分类号: TS64

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2014)01-0034-04

Discussion on Improving Hardware Groove Machining Precision for Wood Doors

ZHANG Zhao-hao, QI Ying-jie, MA Xiao-jun

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: The authors introduced the current status of using Computer Numerical Control (CNC) machining equipment for making hardware grooves in wood doors and analyzed the effects of customized-production on wood door machining precision. From systematic error control, processing parameter selection, tool path generation and tool radius compensation points of view, the authors made suggestions on improving the precision.

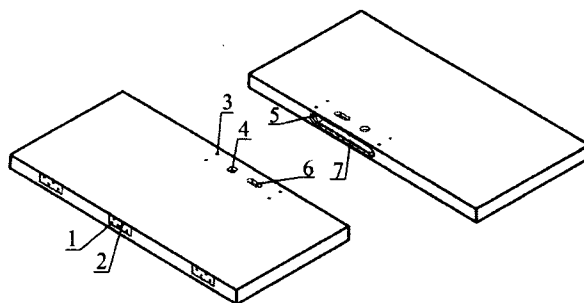
Key words: wood door; hardware; groove; precision

木门门锁、门铰链等五金件的孔槽, 主要包括合页槽、锁槽(臼槽、片槽、异型槽)、锁孔、门把手孔等。木门五金件孔槽的加工, 是木门生产的重要工序之一, 也是木门生产机械化、自动化的难点。五金件孔槽在门扇上的位置如图1所示。

传统木门五金件孔槽的机械加工, 大多是在镗铣机、钻床等设备上完成, 需多工序、多工位、多次装夹, 不仅工作量大、效率低、操作复杂, 而且加工精度低、位置偏差大, 不能满足高质量木门生产的要求^[1]。

应用数控加工方法, 研制专门化的木门五金件孔槽加工设备, 已成为我国现阶段木门设备生产企业的主攻方向, 已有多家企业开始研制生产木门专用加工

设备。但由于企业技术实力不够雄厚, 与国外同类产品相比, 在加工精度方面还存在一定差距, 导致国内大型木门生产企业纷纷选择国外设备, 以满足高档木门的加工要求。



1 合页槽; 2 合页槽盲孔; 3 把手盲孔; 4 把手孔;
5 锁具盲孔; 6 锁孔; 7 锁槽

图1 木门五金件孔槽结构及位置

Fig. 1 Structure and allocation of hardware grooves in wood doors

收稿日期: 2013-07-08; 修改日期: 2013-12-02

基金项目: 林业公益性行业科研专项经费项目“实木复合门机械化制造与环保涂装技术研究”(201204703)。

作者简介: 张兆好(1976—), 男, 东北林业大学高级工程师, 硕士。

为了推动国内木门制造专用设备的发展,提高设备加工精度,笔者从木门定制化生产、系统误差控制、加工参数选择、刀具控制和木门装夹方式等方面入手,对影响数控加工精度的因素进行分析,期望找出切实可行的误差抑制方法,为我国木门五金件孔槽加工设备的改进和完善提供参考。

1 国内外木门五金件孔槽数控加工设备研究现状

1.1 国外研究现状

德国、意大利、日本、美国等国家通过不断探索、创新,其木工机械在国际木机行业一直占有主导地位。进入 21 世纪以来,国外木门加工领域已基本实现数控化生产,使木门的质量和生产效率都得到大幅提高。特别是欧洲,对数控木材加工机械的研究已经从单机走向数控加工生产线。

日本的 HEIAN(平安)、SHODA(庄田铁工)、德国的 HOMAG(豪迈)、IMA(依马)公司、意大利的 PAOLINO BACCI(巴吉)、PADE(万德)、BIEESSE(比雅思)、SCM 公司等,是国外木门加工中心的主要制造商,先后开发出数控门铰链槽和门锁孔、锁槽加工的专用设备,实现了木门五金件孔槽加工的高速度、高精度化、集成化、柔性化和智能化。

1.2 国内研究现状

我国木工机械制造行业的数控化设备研制始于 20 世纪 90 年代初,随着数控镂铣机的研制成功,木门五金件孔槽的加工逐步进入数控化加工时代。进入 21 世纪,众多企业推出了各种各样的木门五金件孔槽加工设备。

如上海跃通公司研制的数控木门综合加工机,可同时加工门锁和门铰链等五金件的安装孔位;数控木门孔槽加工机采用七轴数控,可自动进出料、自动测量工件、自动对刀,在门纵向全程范围内同时加工锁槽和铰链。青岛豪迈隆公司推出的木工加工中心,可在一次装夹下实现门锁槽孔、合页槽孔以及门表面装饰沟槽的加工。沈阳广达力推出的木工雕刻机,可对木门正面的槽孔进行加工,也可通过主轴 90° 旋转,实现对木门侧面的锁槽和合页槽的加工。上海舒平推出的 PZ 门扇加工机,可对木门合页槽孔、门锁槽孔进行精确加工。由此可见,我国数控木门五金件孔槽加工设备也得到了很大程度的发展和进步。

2 木门定制化生产对加工精度的影响

定制化生产是影响我国木门产业自动化生产的主要原因,也是我国木门制造业有别于世界发达国家木门制造业的显著特点。

我国木门定制化生产方式不会在短时间内消失,主要原因:

1) 我国木门行业的标准化程度较低,目前仅有三项行业标准:2000 年建设部出台的 JG/T 122-2000《建筑木门木窗》标准,2006 年国家发改委批准颁布实施的 WB/T 1024-2006《木质门》标准、国家林业局发布的 LY/T 1923-2010《室内木质门》标准,至今没有专门的国家标准。而且这些行业标准都是推荐性标准,只能对木门行业起到指导作用,不具备强制性,无法规范木门的标准化生产。

2) 我国的家居消费习惯与西方发达国家不同,个性化的消费需求很大。即使国家或行业的标准化水平达到了发达国家的程度,木门规格趋于规范化,但不同消费者对木门造型、结构、色彩等个性化的需求仍会存续。

木门的定制化生产,降低了木门的生产效率,在很大程度上也影响木门的加工精度。为满足消费者的个性化要求,同一批次的木门产品,在外形尺寸、锁孔和合页的位置、门板花纹图案等均会有所变化,对加工精度的影响主要体现在:

① 在每扇门加工前都要调整相关技术参数,误操作概率增加;② 门板锯切工序质量标准控制不严,导致木门的外形尺寸差异加大;③ 每扇门的五金件孔槽加工前均需重新测量门的外形尺寸,并重新确定孔槽的加工位置,测量准确度直接影响加工精度;④ 木门的尺寸无标准,在五金件孔槽加工时,需要经常调整定位基准,从而导致加工精度下降。

为了解决木门定制化生产效率低、加工精度差的问题,上海跃通公司开发了“柔性门扇加工生产线”,可以完成每班 300 樘木门的加工。该生产线包括数控门扇四边锯、直线封边机、数控木门孔槽加工机、加工中心等。

首先通过数控门扇四边锯,对门板进行高精度锯切,使门板外形尺寸偏差控制在合理的范围内;应用条形码技术,实现木门加工信息的自动采集,减小参数调整误操作概率,提高工件的加工效率;数控木门

孔槽加工机通过一次定位、装夹,实现全部五金孔槽加工,显著提高了木门的加工精度;从门扇板坯上料、输送、定位、定尺锯切、封边、五金孔槽加工、表面成型加工、卸料等全过程实现自动化控制。

3 机床系统误差对加工精度的影响

机床系统误差包括设备自身刚度、强度低产生的变形,温度变化使机床产生的变形,传动系统的惯性,控制系统的滞后,机械结构自身的误差等。

3.1 螺距误差及补偿

木门五金件孔槽专用加工设备的定位精度主要取决于丝杠,数控机床多采用高精度的滚珠丝杠,但仍会有螺距误差。要克服螺距误差对加工精度的影响,需要进行螺距误差补偿。

螺距误差补偿是将木门五金件孔槽加工设备上某个轴的实际运动位置,与高精度位置测量系统的测量结果进行比较,在轴运动的全程上选择一定数量的测量点,记录下各测量点的误差,输入到数控系统中,数控系统在控制该轴运动到某点时就会自动考虑误差值。轴运动全程上的测量点越多,螺距误差补偿效果越好^[2]。

3.2 热变形误差及补偿

木门五金件孔槽专用加工设备周围温度变化,以及加工过程中产生的热量等因素,均会引起机床及刀具的变形。

热变形的补偿方法有列表、建立函数式等方法,但无论哪种方法,都需建立温度与热变形的关系。列表补偿要列出全部误差补偿表,并存入数控系统,需占用较大内存;函数补偿通过理论分析和实际误差测量,建立数学模型,将误差函数输入系统,占用系统内存较少,但需要实时计算,占用 CPU 时间,因此要求系统具有较高的运算速度。

3.3 动态响应误差及补偿

由于电机自身结构特点使其阻尼很小,当控制脉冲频率与电机固有频率接近时,振荡幅值将越来越大,造成的动态误差也随之增大,甚至造成失步。动态误差造成步距角误差,也是降低机床传动精度的因素之一。

为提高机床传动精度,可在电机轴外加阻尼环,增大阻尼,减小振荡,并尽量避开步进电机的共振区。

4 提高加工精度的关键技术

除机床自身的精度外,机床刀具与工件之间的相对位移关系亦是影响其加工精度的重要因素之一。合理选择加工参数、刀位轨迹以及刀具半径补偿等,是提高木门五金件孔槽加工精度的关键技术。

4.1 加工参数

1) 刀具类型:加工时选用合适的钻铣刀具。加工门锁孔时可选用成型钻铣刀,采用锁孔刀具机构可让几把钻铣刀同时加工,一次加工成型门锁孔;加工合页槽、闫槽、片槽时,钻铣刀的刀具半径要小于最小的合页槽、闫槽、片槽的曲率半径。

2) 加工方式:采用进给速度分级编程。闫槽和锁槽加工时,采用低速编程,进给速度为 8~10 m/min;其他部位加工的进给速度为 15~20 m/min,可减小刀具的扭变和热变形。

4.2 刀位轨迹

数控机床刀具的切削运动轨迹,决定了数控机床的加工效率和加工精度。对于木门五金件孔槽数控加工来说,用等参数线法规划刀具路径切实有效。为提高计算效率,等参数线法主要控制刀具的走刀步长和行距。

生成刀位轨迹时必须严格控制走刀步长,步长影响刀位之间线性插补的精度。走刀步长过大,使工件轮廓精度降低、表面质量恶化,后续处理工作量加大、加工效率降低;走刀步长过小,导致工件数控程序过于庞大,容易使机床产生速度波动乃至平均速度下降,影响加工精度与效率。因此,合理确定刀具走刀步长,是刀位轨迹计算的重要因素。对于木门五金件孔槽数控加工,可用直线逼近误差作为走刀步长的计算依据。

走刀行距的大小,是影响曲面加工精度和效率的重要因素。行距过大,则表面残留高度增大,后续处理加工量加大;行距过小,将使加工时间成倍增加,同时还导致编程效率下降,以及零件程序的成倍增加。为了满足加工精度和表面粗糙度的要求,并提高生产效率,必须合理确定行距。

4.3 刀具半径补偿

加工木门五金件孔槽时,钻铣刀具的运动轨迹是门合页槽、闫槽、片槽、锁孔数学描述的几何中心线。加工合页槽、闫槽、片槽时,由于刀具具有一定的半径,

如不考虑刀具半径,按照工件的几何中心编程,加工出来的合页槽、门槽、片槽会比实际偏大。采用钻铣刀中心轨迹编程,在加工的过程中,要始终保持刀具与工件轮廓之间的钻铣刀半径值,当刀具磨损其半径发生变化时,通过刀具半径补偿功能来调整刀具半径设置,无须更改加工程序,就能保证合页槽、门槽、片槽的加工精度^[3]。

4.4 进、退刀方式

进、退刀方式对轮廓加工质量影响较大。若刀具在内、外轮廓的连续表面直接进刀或退刀,会因刀具直径、机床运动误差、进给速度突变等原因,在加工表面形成小凹痕。因此精加工时,进、退刀具均宜离开加工表面,若必须从加工表面进刀或退刀,则尽可能采用圆弧切入或切出,且圆弧的半径应大于刀具半径。

4.5 装夹方式

采用人工手动或机动进给的传统夹紧方式,加工木门五金件孔槽时需要重复定位夹紧,造成严重的累积误差。为提高木门五金件孔槽的加工精度,应通过一次装夹,完成木门五金件孔槽多工序、多工位的一次加工。

木门五金件孔槽加工时,门扇正面和侧面等多部位需进行加工,因此,应采用随动的夹紧头,当加工刀具在某一位置加工时,该处的随动夹紧头松开,自动避让,其他随动夹紧头则保持夹紧状态,使门扇夹紧的可靠性大大提高,加工质量得到保证^[4]。

5 结语

1) 定制木门是我国木门制造业的显著特点,这就要求我国木门专用加工设备的制造企业,应结合用户的实际需求,摸索新的生产方式,用大批量生产的效率和精度来加工定制的产品。

2) 通过对螺距、热变形和动态响应等系统误差的分析,提出有效的提高设备加工精度的方法;同时,针对木门五金件孔槽专用加工设备,从加工参数选择、刀位轨迹生成、刀具半径补偿和进、退刀方式选择、装夹方式选择等方面入手,发现提高设备加工精度的方法,使国内木门五金件孔槽专用加工设备,在功能和加工精度上可以满足国内高档木门生产的要求,替代国外同类产品。

3) 在木门五金件孔槽加工中,精度是影响木门加工质量的关键因素,但是,可靠性和效率亦是我国木门行业亟待解决的关键问题,此部分内容将在后续文章中进一步讨论。

参考文献:

- [1] 马晓君,马岩. 门五金件孔槽数控加工的精度分析方法研究[J]. 机床与液压,2011,39(23):14-17.
- [2] 张建设. 数控机床加工精度的影响因素及其控制措施[J]. 现代制造技术与装备,2009,29(5):39-41.
- [3] 党新安,劳庆海. 刀具半径补偿使用中出现过切及其解决方法[J]. 工艺与装备,2006,28(2):89-91.
- [4] 姚遥,张占宽,李伟光,等. 木门五金件孔槽专用数控加工机的研发[J]. 木材工业,2013,27(6):21-24.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)

行业简讯

顺德前三季度家具出口创7.5亿美元

据海关统计,2013年前三季度,顺德出口家具及零部件达7.5亿美元,同比增长12.6%。

前三季度顺德出口家具增长速度逐渐放缓。第一、二、三季度出口分别约2.4、2.6、2.4亿美元,出口值除2、9月外,其他7月保持同比增长。9月出口7 917万美元,同比下降4.8%,环比增长0.1%。

以出口方式而言,以一般贸易方式出口6.8亿美元,同比增长14.1%,占同期顺德出口家具总值的90.7%。以加工贸易方式出口6 887万美元,同比微降0.7%。

私营企业出口4.8亿美元,同比增长17.4%,占出口家具总值的64.6%;外商投资企业出口2.6亿美元,同比增长4.8%,占35.4%。

顺德家具主要出口至欧盟、美国和东盟。对欧盟出口1.7亿美元,同比增长9.3%;对美国出口1.5亿美元,同比增长11.2%;对东盟出口6 548万美元,同比增长10.4%;上述3个市场出口值合计占出口总值的51.6%。对非洲地区出口为5 156万美元,同比增长32.1%;对拉丁美洲地区出口为4 959万美元,同比降低1.1%。

张一萍 摘编