

蒙皮类部件钻孔法向的测量和调整

Normal Measurement and Adjustment for Skin Drilling

北京航空制造工程研究所 薛汉杰
北京航天时代激光导航技术有限公司 张敬佩

[摘要] 给出了一种蒙皮类部件钻孔时法向精度控制的方法,论述了此方法的原理和实施方式,并结合实例对该方法的应用情况进行了说明。

关键词: 蒙皮 钻孔 法向测量和调整 数控系统

[ABSTRACT] A method of the normal adjustment for skin drilling is presented. The theory and application of the normal measurement and adjustment are discussed, and an example with some questions is described.

Keywords: Skin Drilling Normal measurement and adjustment NC system

蒙皮类部件在航空航天、高速车辆等领域大量应用,特别是飞机、高速列车等对气动外形有严格要求的交通工具,由于蒙皮多采用铆接结构,钻孔法向精度超差导致的孔质量缺陷将直接影响蒙皮的气动外形乃至部件结构的安全性能。飞机、高速列车等蒙皮部件钻孔数量巨大,手工钻孔存在着质量一致性差、效率低等突出问题,随着生产需求的提高,采用自动化钻孔是必然趋势。因此,钻孔法向精度的在线测量和调整越来越显现出巨大的应用需求。

本文将钻孔时的法向精度控制方法进行论述,并采用实例进行说明,以期获得比较客观理想的结论。

1 钻孔法向精度的调整方法

钻孔法向精度的控制一般采用2种方法:一是采用特定装置;二是通过设备驱动轴来调整钻孔刀具的法向精度。前一种方法多用于手工钻孔,后一种方法用于自动钻孔时法向精度的在线调整。

当采用手工钻孔时,蒙皮部件的安装出现误差或者局部变形时,操作人员可以根据经验适当调整钻头角度来保证钻孔的法向精度,或者采用一种特定装置进行校正(钻杯)。这种特定装置是一种杯形套接装置,沿杯口对称布置3个支脚,后部与钻孔装置套接在一起。杯形校正装置如图1所示。钻孔时,3个支脚顶在工件表面,使杯形装置垂直于工件表面。杯形装置套在钻头上,通过弹簧预加负载力使杯形装置紧贴工件表面,钻头沿导向槽可以伸出和缩回,从而保证钻孔时钻孔刀具基本垂



图1 杯形校正装置

Fig.1 Cup-shaped for adjustment device

直于工件的表面。

自动钻孔时,钻孔设备根据蒙皮部件的理论数学模型获得钻孔点位的法向信息,通过压脚压紧蒙皮使其与骨架紧密贴合,并进行钻孔操作。自动钻孔操作流程如图2所示。由于部件的安装误差、变形等原因,部件的实际型面和理论外形存在一定的偏差,此时在部件表面

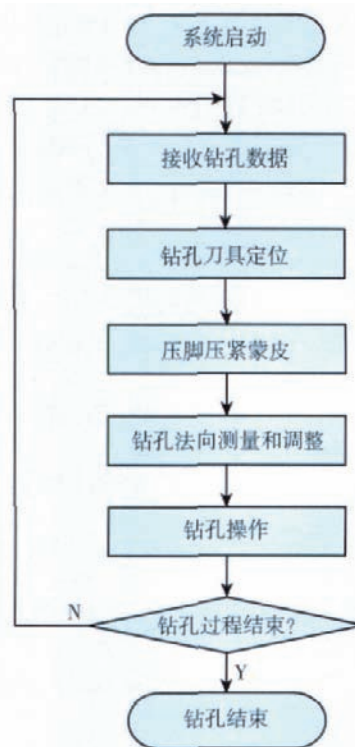


图2 自动钻孔操作流程

Fig.2 Flow chart of automatic drilling

钻孔时,刀具往往不是垂直于部件表面,这会造成钻孔的质量缺陷。

对于蒙皮类部件来说,其表面弧度随位置的不同而发生变化,为保证钻孔时的法向精度,就必须在每一个钻孔位置上实时测量孔位处的法向。在实际应用中,蒙皮法向的测量存在困难,且蒙皮部件孔位处的理论法向可以从产品数学模型中获得,因此,一般不直接测量蒙皮的实际法向,而是采用间接方法测量实际法向与理论法向的偏差值。

蒙皮法向测量的原理如图 3 所示。按照直角三角形的结构形式在钻孔轴的压脚周围安装 3 个位移传感器。当压脚按理论法向压紧部件时,如果刀具垂直于部件表面,则 3 个位移传感器的测量值相等,如果不垂直,则 3 个位移传感器的测量值不相等,根据位移传感器测量值的不同,可以计算出刀具与蒙皮表面的法向误差,即蒙皮实际法向与理论法向的偏差。钻孔设备只需按照此法向偏差值调整钻孔刀具的定位,即可获得比较理想的钻孔法向精度。

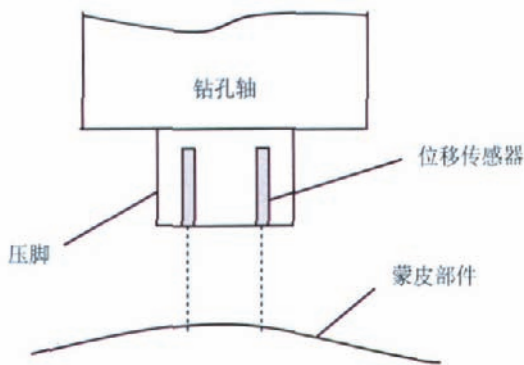


图3 蒙皮法向测量原理示意图
Fig.3 Normal measurement of skin

对于飞机、快速列车等所用蒙皮零件,其表面弧度变化平缓,在蒙皮钻孔位置的小范围内可以看作是平面结构,在此基础上,测量数据的分析计算得以相应简化,同时可以取得很好的测量效果。

钻孔法向的调整需要五坐标钻孔设备来实现。钻孔法向的调整如图 4 所示,当 A 摆角方向存在偏差时,通过位移传感器 1 和 2 的测量值进行对比和计算,从而获得 A 摆角的法向误差修正量;当 B 摆角方向存在偏差时,通过位移传感器 1 和 3 的测量值进行对比和计算,获得 B 摆角的法向误差修正量。当调整钻孔刀具的法向时必须保证刀尖的位置不变,以免造成钻孔位置的偏差,因此钻孔法向的调整需要结合数控系统的 RTCP 功能进行。当计算出 A、B 轴的法向偏差后,激活 RTCP 功能并以增量方式移动 A、B 轴相应的偏差量,即可实现刀具法向偏差的调整。

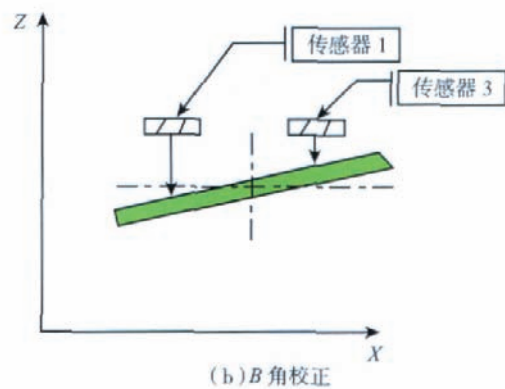
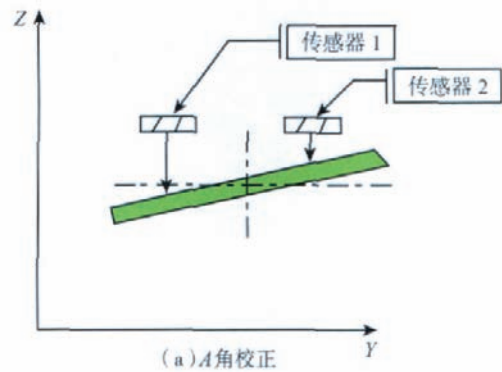


图4 法向调整示意图
Fig.4 Normal adjustment

2 法向测量的不同方式

钻孔法向的测量一般有涡流式、机械接触式、激光非接触式等测量方法。可以根据蒙皮的材料、结构等的不同选取合适的测量方式。

2.1 涡流式

当通电线圈接近金属表面时会产生涡流效应,因此,可以采用涡流传感器来测量距离的变化。当涡流传感器接近金属蒙皮表面时,由于距离的变化会造成涡流强度的改变,从而获得距离信息。涡流传感器的输出为标准信号,可以通过 A/D 变换得到确切的距离值进行计算。涡流传感器的特性决定其只能用于金属类蒙皮钻孔时的法向测量和调整。涡流传感器如图 5 所示。由于涡流传感器体积较大,且测量时须非常接近蒙皮表面,这就需要蒙皮表面的钻孔区域有非常好的开敞性。

2.2 机械接触式

一般采用接触直线位移传感器,如图 6 所示,通过可伸缩的金属杆来测量位移的变化。传感器通过弹簧使金属细杆状触头伸出,碰触蒙皮表面,金属细杆伸出的长度被转换为电感信号或者直接带动光栅读数头移动,经放大转换后输出标准信号,再通过 A/D 变换得到距离值。机械接触式位移传感器可以用于金属或非金属蒙皮钻孔时的法向测量,应用范围比较广泛。直线位

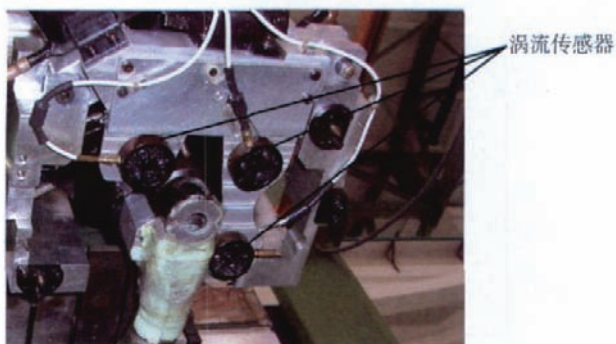


图5 涡流传感器的安装
Fig.5 Installation of eddy current sensors



图7 位移传感器安装位置
Fig.7 Installation position of displacement sensors

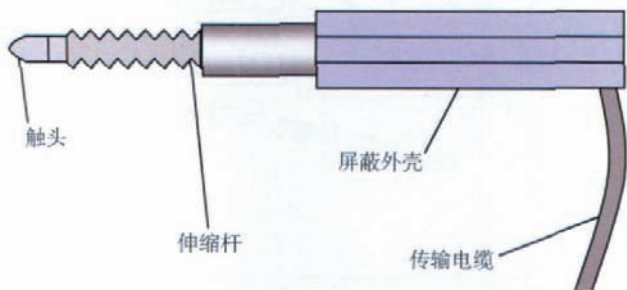


图6 直线位移传感器
Fig.6 Linear displacement sensors

移传感器体积小,对蒙皮表面钻孔区域的开敞性要求相对较低,但伸出的细杆状触头易发生碰撞,侧向受力会造成细杆弯曲而影响测量精度。

2.3 激光非接触式

一般采用集成的激光测距模块进行测量,由激光测距模块发出激光束照射蒙皮表面,通过接收其反射来的激光进行距离测量。激光测距模块可以输出标准信号,也可以附加后置处理单元直接输出距离值。激光非接触式测量精度高,不受蒙皮材质的影响,且不易发生碰撞等,应用范围比较广。

3 蒙皮钻孔法向调整的应用

上述蒙皮钻孔法向的测量和调整方法在我所研制的五坐标自动钻孔设备上已得到应用。该设备采用 SIEMENS 840D 数控系统,主要用于飞机翼面类部件的自动钻孔操作。本文将结合 SIEMENS 840D 数控系统来说明蒙皮钻孔法向测量和调整的应用情况。

位移传感器在设备上的安装位置见图 7,图中所示为钻孔时用于压紧蒙皮的压脚,4 个伸出的探针即是位移传感器。该设备中采用的位移传感器是机械接触方式,是由霍尼韦尔公司生产的 AY112 型位移传感器,位移测量量程为 $\pm 2.54\text{mm}$,输出信号为 4~20mA。

在实际应用中,一般在压脚上安装 4 个位移传感器,测量时只采用其中 3 个即可完成计算,另一个位移传感

器作为备用。当某一个位移传感器与被测部件接触点由于孔、沟、槽等造成无法测量,或者刀具的法向偏差过大,距离变化超过位移传感器的量程时,可以采用其他 3 个位移传感器完成测量,当超过 2 个位移传感器,由于上述原因无法测量时,系统会报警提示无法进行测量。

由于钻孔法向的调整必须在线实时进行,这就要求位移传感器的测量和传输及数据的分析、计算应具有快速性,采用 PLC 模拟量变换模块无法满足实时性要求,因此位移传感器测量变换的输入和输出必须采用高速通道。根据实时性要求,选取 SIEMENS 840D 数控系统的 DMP 紧凑型快速模拟量变换模块进行位移传感器测量值的 A/D 变换,DMP 快速模块通过 NCU TERMINAL BLOCK 直接连接在数控系统的驱动总线上,可以直接将测得的数据传输到数控系统,模块的变换时间为 $75\mu\text{s}$ 。变换后的输出值可以通过 NC 程序进行读取,也可以通过 PLC 进行读取,对各位移传感器的测量值进行分析计算,并将偏差值分配到各坐标轴进行法向偏差调整,从而获得理想的钻孔法向精度。

为了保证法向测量和调整的快速性和实时性,在本设备中对法向偏差的分析和计算采用 NC 程序实现,其处理过程作为 1 个子程序。在执行钻孔过程时,该子程序被加载到系统内存中,当开始钻孔时系统可以直接调用。五坐标自动钻孔设备采用上述方法取得了较好的效果,实现刀具法向实时调整精度可达到 0.1° ,测量变换时间约为 0.5s。

DMP 快速模拟量变换模块是 1 个小型封装模块,存取时间快,它可以插入到 NCU TERMINAL BLOCK 的插槽中,连接在数控系统的驱动总线上,因此必须作为驱动节点进行硬件配置。在系统设置 Config 界面下,将对应的节点设置为 DMP 类型,同时,还需要对系统的相应参数进行正确设置。有关 SIEMENS 系统快速模拟量变换模块的参数设置,本文不作论述,详细的设置请参阅 SIEMENS 数控系统资料 NCK I/O 部分。

(下转第 66 页)

气垫悬浮移动设备开始,逐步开发出迎合市场需求的各类工业气垫悬浮运输解决方案。英国皇家空军“鹞”式垂直起降战斗机支援服务中心采用了芬兰 Solving 公司所提供的悬浮移动设备进行战斗机的维修和组装。它可以非常方便地将分解开的机身和其他组件在 6 个测试检查车间内来回移动并最后组装。美国、德国、芬兰等国家的多家公司,吨位从 100t ~ 600t 组合气垫车都有涵盖。空客的飞机装配采用德国 DELU 公司生产的气垫运输设备(见图 6),其功能与波音采用的气垫运输设备相当。



图6 DELU公司生产的气垫运输设备
Fig.6 Air-cushion transport of DELU

在国内,由于技术基础不同及应用程度的差异,应用状况及技术发展水平较低,目前绝大多数公司还是采用人工推动方式,但运输吨位较小,由于对气垫运输了解不多,生产工艺规划往往也采用一般的起吊方式。近些年来,也开始应用气垫车,对产品和装配型架进行厂房内移动定位。包括天津空客 A320 生产线(图 7)、商飞公司(图 8)、西安变压器公司和 ABB 变压器公司等。目前在国内变压器行业使用的大型气垫车,几乎全部是进口产品,价额比较昂贵。图 7 是空客天津飞机装配厂使用的气垫运输装配平台,该平台实际是一个工作站,



图7 天津空客A320装配
Fig.7 Aircraft assembly of A320 in Tianjin



图8 商飞C919平尾装配台(制造中)
Fig.8 Aircraft assembly of C919 in COMAC

上面集成了测量、气动、电控等功能,使得飞机装配效率大大提高,最终将达到每周装配一架的水平。

4 结束语

我国大飞机制造起步较晚,与国外先进水平相比差距较大。但通过采用 iGPS、激光跟踪仪等先进精确测量、定位技术和气垫运输技术,可在较高的技术起点上提高我国大飞机装配技术水平,缩小与国外先进水平差距,提高工作效率,节约成本,是实现我国大飞机的柔性装配制造的重要组成部分。

参考文献

- [1] 高全. 机械工程手册(运输机械篇). 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [2] 杨桂云. 气垫悬浮技术在起重运输机械上的应用. 起重运输机械, 2008(6):41-44.
- [3] 郭洪杰. 大型飞机柔性装配技术. 航空制造技术, 2010(18):52-54.

(责编 飞翔)

(上接第 62 页)

4 结束语

本文中所述蒙皮钻孔法向的测量和调整是采用位移传感器在线测量的方法实时调整刀具与蒙皮部件表面的法向偏差,保证蒙皮部件的钻孔质量。此方法便于实施,控制简单,并可以获得较高的钻孔法向精度,具有很广泛的应用领域,可以为从事此相关工作的科技人员提供一个选择。

志谢: 在本文写作过程中,有关杯形矫正装置(钻杯)方面的论述,卜泳同志给出了中肯的建议,在此表示感谢。文中图 4 (法向调整示意图)引用了 BA 公司相关技术资料中的图片,因无法在参考文献中列出,故在此注明,一并表示感谢。

(责编 飞翔)