

数控机床直线导轨的直线度误差检测方法

黄祖祥 沈宗杰 唐德庆 潘建鑫 翁海龙

丽水市杰祥科技有限公司 323000

DOI: 10.12238/ems.v7i3.12274

[摘要] 随着机械装备对高精度、高精密化的要求日益提高,对组成精密装备的零件的精度要求也越来越高。直线导轨作为数控机床的重要零部件,其直线度误差直接影响机床的加工精度和稳定性。本文探讨了数控机床直线导轨直线度误差的常用检测方法,为导轨的精密制造和误差补偿提供理论支持和技术参考。

[关键词] 数控机床; 直线误差; 检测; 方法

引言:

直线导轨作为数控机床的支撑和直线导向部件,在机床的轧制、锻造、挤压、拉拔、冷却、运输及各种加工过程中,由于内力的消长、温度的变化以及外力的作用,常会发生弯曲或扭曲变形,对直线导轨的直线度误差进行检测和补偿,是提高机床加工精度的重要手段^[1]。

一、直线度误差的定义

直线度误差是几何公差的一种,用于描述实际直线相对于其理想位置(即理论上的完美直线)的偏差程度。这一概念广泛应用于机械工程、制造工艺以及精密测量等领域,保证零件或组件的形状精度符合设计要求。具体来说,直线度误差是指在给定的方向上,被测要素的实际直线对其理想直线的最大变动量。这里的“理想直线”通常由图纸上的标注来定义,可以是材料内部的一个假想线,也可以是两个端点之间的连线。实际直线则指的是工件表面或边缘的真实路径。影响直线度误差的因素众多,包括加工工艺、材料特性、环境条件等。加工过程中的刀具磨损、切削力变化、装夹变形等都可能导致成品出现不同程度的直线度偏差。此外,温度、湿度等外部环境的变化也可能引起材料的热胀冷缩,从而影响最终的直线度。保持良好的直线度对于确保机械设备的性能和寿命十分重要,过大的直线度误差会降低运动部件的运行平稳性和定位精度,加速磨损,增加维护成本,在设计 and 制造过程中,工程师们需要特别关注这一参数,并采取必要的措施加以控制^[2]。

二、数控机床直线导轨常用的直线度误差检测方法

(一) 研点法

研点法是一种传统但有效的检测方法,主要用于评估较短导轨的直线度。在被检导轨表面涂覆一层非常薄的红丹油(也称为普鲁士蓝或显示剂),使用平尺作为标准参考,对导轨进行研磨测试,利用两个表面之间的接触来显现误差,从而评估导轨的直线度。红丹油的作用是在研磨过程中留下标记,以便于后续分析。涂抹时要注意保持油层的厚度一致,保证结果的准确性。将平尺轻轻覆盖在涂有红丹油的导轨表面上,并施加适当的压力。接下来,使平尺沿着导轨表面做短距离的往复移动,这一动作模拟了实际工作中的负载情况,使得两个表面之间产生相对滑动,进而形成研点。移开平尺后,导轨表面会留下由红丹油形成的研点。这些研点的位置和密度反映了导轨表面与平尺接触的程度,即导轨的直线度状况。理想的研点分布应当是均匀且密集的,这表明导轨具有良好的直线度;而如果某些区域的研点稀疏,则可能意味着该处存在偏差,需要进一步调整或修正。根据研点的分布情况可以判断导轨的直线度是否满足要求。具体来说,如果研点在导轨全长上均匀分布,说明导轨的直线度已经达到了平尺所代表的精度水平;若出现明显的研点不均现象,则表

示导轨可能存在局部弯曲或其他形式的误差,需要采取措施加以改进。为了保证检测结果的可靠性,建议多次重复上述过程,从不同角度或位置对导轨进行检查,保证获得全面准确的数据。研点法虽然看似简单,但为工程师们提供了一种直观的方法来评估导轨的直线度。通过对研点分布情况的仔细观察和分析,不仅可以快速发现潜在的问题,还能后续的调整和修复工作提供指导,由于此方法不需要复杂的设备和技术,在很多场合中仍然被视为一种实用的选择。对于更长或精度要求更高的导轨,则需采用更加精密的测量工具和技术,如激光干涉仪等来进行检测^[3]。

(二) 平尺拉表比较法

平尺拉表比较法是一种用于评估机械导轨直线度的方法,结合了平尺(作为参考标准)和千分表(用于精密测量)的功能来检测导轨的直线度误差。这种方法广泛应用于需要高精度装配的场合,如机床、精密仪器等设备中导轨的质量控制。测量步骤:(1) 准备阶段:在开始测量之前,首先需要选择一个与导轨相匹配的垫铁,这个垫铁必须经过精密配刮以确保其表面平整,为千分表提供一个稳定的支持平台。(2) 安装千分表:将千分表座固定到垫铁上,并调整千分表测头的位置,使其能够接触平尺的两端表面。这一步骤是至关重要的,因为正确的设置可以保证后续读数的准确性。(3) 消除初始误差:调整平尺位置,使千分表在平尺两端得到相同的读数。这是为了确保测量起点没有偏差,从而提高整个测量过程的准确性。(4) 正式测量:按照预定的距离间隔移动垫铁,并记录每次移动后千分表的读数。这些读数代表了导轨不同位置处相对于平尺的间隙变化,即反映了导轨直线度的变化情况。(5) 数据分析:通过分析所有收集到的数据点,找出最大和最小读数之间的差值,该差值即为导轨全长内的直线度误差。根据误差大小判断导轨是否满足设计要求,若误差超出允许范围,则需对导轨进行修正或重新加工。通过平尺拉表比较法所获得的数据可以帮助工程师们了解导轨的实际直线度状况,并据此做出必要的调整,使得机械设备的性能达到预期标准。此方法不仅操作简便而且结果可靠,在工业生产中具有重要意义。如果误差较小,说明导轨的制造质量较好;反之,则需采取措施改进导轨的直线度^[4]。

(三) 垫塞法

垫塞法是一种常用于检测经过精密研磨且表面粗糙度较低的平面导轨直线度和平面度误差的方法。在被检测的平面导轨上放置一个标准平尺,并利用等高垫块进行支承,从而精确测量出导轨面与平尺工作面之间的间隙,评估导轨的几何精度。在实施垫塞法时,首先确保所使用的标准平尺具有极高的精度和平整度,以作为测量的基准。接着,在被检测的平面导轨上平稳地放置该标准平尺。为确保测量的准确性,在离平尺两端各为 $2/9L$ (L 为导轨的总长度) 的距离处,分

别放置两个等高垫块来支承平尺。这两个支承点的选择是基于三点定位原理,能够有效地减少因导轨微小变形或不平整对测量结果的影响。在支承好平尺后,利用量块和塞尺来检查平尺工作面和被测导轨面之间的间隙。量块是一种具有精确尺寸的校准块,用于校准和测量。而塞尺则是一种薄片状的测量工具,其厚度精确且有多种规格,可用于测量微小的间隙。选择合适的量块和塞尺组合,能精确地测量出导轨面与平尺工作面之间的间隙大小。在测量过程中,沿导轨的长度方向进行多点测量,并记录每个测量点的间隙值。这些测量数据可用于绘制导轨的误差曲线图,直观地展示出导轨的直线度和平面度误差情况。分析这些误差数据,对导轨的几何精度进行准确的评估,为后续的调整和改进提供有力的依据。垫塞法虽然操作简便且具有一定的精度,但测量结果仍受到多种因素的影响,如标准平尺的精度、等高垫块的稳定性、测量工具的选择以及测量人员的操作水平等。因此,在进行垫塞法测量时,要严格控制这些因素,保证测量结果的准确性和可靠性^[5]。

(四) 拉钢丝检测法

拉钢丝检测法是一种用于测量导轨直线度误差的精密方法,巧妙地利用拉紧后的钢丝作为理想的直线基准,实现对导轨各段组成面直线度误差的直接测量,适用于检测导轨在水平面内的直线度误差,为机械加工、设备安装等领域提供了重要的质量保证手段。在具体实施过程中,拉钢丝检测法遵循一系列严谨的操作步骤。首先,在导轨的两端各固定一个小滑轮,让钢丝能够平稳地拉直并保持在同一水平面上。然后,选用一根直径小于0.3mm的钢丝,一端牢固地固定在小滑轮上,另一端则通过重锤悬挂,保证钢丝在拉紧状态下具有足够的稳定性和精度。接下来,调整钢丝两端的位置,使得当显微镜置于导轨两端时,钢丝能够精确地与显微镜镜头上的刻线相重合。这一步骤至关重要,因为它建立了测量基准,保证后续测量的准确性。随后,移动垫铁,每隔一定距离便观察一次显微镜,检查钢丝是否与刻线保持重合。在移动过程中,如果发现钢丝与刻线不重合,要调整读数显微镜上的手轮,使其重新与刻线对齐,并记录下此时的读数。这些读数将用于后续的数据分析和误差计算。拉钢丝检测法的优点在于其操作简便、直观易懂,且具有较高的测量精度。通过这种方法,直观地观察到导轨上各段组成面的直线度误差情况,为后续的调整和改进提供有力的依据。同时,由于钢丝作为理想直线的代表,其稳定性和精度得到了充分的保证,使得测量结果更加可靠。然而,拉钢丝检测法也存在一定的局限性,主要适用于检测导轨在水平面内的直线度误差,对于其他方向的误差则无法直接测量。在测量过程中,注意钢丝的拉紧程度、显微镜的精度以及读数时的准确性等因素,保证测量结果的可靠性。

(五) 水平仪检测法

水平仪检测法作为一种常用的导轨直线度检测方法。(1)原理概述:利用水平仪内部的气泡来指示水平面的位置,当水平仪被放置在导轨上时,如果导轨存在倾斜,水平仪内的气泡将会受到重力作用而发生移动。通过观察气泡的移动方向和格数,能准确地判断导轨的倾斜方向和倾斜量。这种检测方法适用于检测导轨在垂直面的直线度误差。(2)使用方法:使用水平仪检测导轨直线度时,使得水平仪本身处于良好的工作状态,即气泡居中且稳定。然后,将水平仪平稳地放置在导轨上,沿着导轨的延伸方向进行移动。在移动过程中,密切观察气泡的变化情况,并记录下气泡移动的方向和格数。通过对比不同位置的气泡状态,可以得出导轨在垂直

面的直线度误差情况。(3)检测精度:水平仪检测法的精度主要取决于水平仪本身的精度以及操作人员的技能水平。一般来说,现代水平仪具有较高的精度和稳定性,能够满足大多数导轨直线度检测的需求。在实际操作中,需要注意避免一些可能影响检测精度的因素,如振动、温度变化等。水平仪检测法只能用于检测导轨在垂直面的直线度误差,对于导轨在水平面的直线度误差,水平仪则无法提供有效的检测手段。

(六) 光学平直仪检测法

光学平直仪作为一种高精度的测量工具,在检测导轨直线度误差方面发挥着至关重要的作用,能够精确地测量导轨在垂直面和水平面的直线度误差,为机械系统的精确安装和调试提供了有力支持。光学平直仪的测量原理基于光束运动的直线性。利用光学仪器发出的一束平行光,通过特定的光学系统,将光束投射到被测导轨上。当导轨存在直线度误差时,光束在导轨上的反射光斑会发生偏移,观察和测量这些偏移量,即可计算出导轨的直线度误差。光学平直仪可以检测导轨在垂直面的直线度误差,还能检测导轨在水平面的直线度误差,在各种机械系统中具有广泛的应用,如数控机床、精密加工设备、大型机械设备等。通过精确测量导轨的直线度误差,可以保证机械系统的运行精度和稳定性。尽管光学平直仪具有高精度和广泛的应用范围,但安装和调整过程相对复杂。主要是因为光学平直仪的测量精度受到多种因素的影响,如安装位置、调整角度、光源稳定性等。在进行测量之前,需要进行严格的安装和调整工作,确保测量结果的准确性。这一过程需要由专业的计量人员来操作,他们具备丰富的经验和专业知识,能够准确地完成光学平直仪的安装和调整工作。在使用光学平直仪进行检测时,需要注意以下几点:(1)确保光学平直仪的安装位置稳定可靠,避免测量过程中发生晃动或位移。(2)调整光学平直仪时,仔细校准光源和光学系统,保证光束的平行性和稳定性。(3)测量过程中,密切观察反射光斑的变化情况,及时记录数据并进行处理。(4)完成所有测量工作后,按照制造商提供的指南对光学平直仪进行适当的清洁、润滑以及存放。定期检查仪器的状态,使其长期处于良好工作状态。

结语:

数控机床直线导轨的直线度误差检测是提高机床加工精度的重要环节。本文探讨了常用的直线度误差检测方法,包括研点法、平尺拉表比较法、垫塞法、拉钢丝检测法、水平仪检测法和光学平直仪检测法。对于不同长度和精度的导轨,应选择适当的检测方法进行检测,保证机床的加工精度和稳定性。

[参考文献]

- [1]刘志峰,陈继民,李迎,赵永胜,闫兴,孙富权.数控机床线轨装配精度建模及其控制方法[J].吉林大学学报(工学版),1-8.
- [2]王华玲,姜海林,李芸,何超,陈文.基于LabVIEW的数控车床导轨直线度分析系统[J].机床与液压,2022,50(17):130-136.
- [3]叶雨凡.S5H数控机床导轨装配精度检测与提升技术研究[D].华中科技大学,2020.
- [4]孙雪.机床导轨运动误差的在线检测方法研究及实验验证[D].哈尔滨工业大学,2018.
- [5]王荣雨.数控机床导轨安装面几何误差检测方法的研究[D].东北大学,2018.