

重型立式车床垂直刀架移动对工作台面平行度的测量方法研究

陈光远¹ 徐元迪² 周立¹

(1 齐重数控装备股份有限公司 黑龙江 齐齐哈尔 161005; 2 中国科学院高能物理研究所 北京 100049)

摘要: 本文基于重型立式车床几何精度中垂直刀架移动对工作台面平行度的测量难题, 在传统测量方法的基础上进行拓展推新, 通过精度建模与测量方法等关键共性技术研究及应用验证, 总结出三种检测方法, 制定相关标准及规范。

关键词: 重型机床; 垂直刀架; 工作台面; 平行度; 测量方法

0 引言

本文开展关于重型立式车床几何精度中垂直刀架移动对工作台面平行度检测和评价的新型方法。在传统测量方法的基础上进行总结, 并拓展推新、有所突破地形成可推广的新方法, 进而进行精度建模与测量方法等关键共性技术研究及应用验证, 制定相关标准及规范。

目前, 在机床制造行业中, 立式车床的 G5 项精度, 即垂直刀架移动对工作台面的平行度的检测, 常规方法是借助平尺检具进行检测, 即在立式车床工作台上, 与横梁前导轨面平行的位置摆放一平尺检具, 旋转工作台将平尺检具检测平面的两端在一侧垂直刀架位置调“零”, 目的是使平尺检具的检测平面与工作台面平行, 之后指示器 (百分表或千分表) 固定在垂直刀架上, 使其测头触及平尺检具的检验平面, 移动垂直刀架进行检验。此方法为标准检测方法, 比较适用于中、小型机床检测。

重型机床的真实精度受到多因素、多场耦合综合作用, 其精度模型、精度检测、误差建模与辨识等更为复杂。如何科学地评价重型机床的真实精度, 是当前国内外学者面临的一个技术难题。重型立式车床在检测此项精度时, 随着机床尺寸规格的增大, 横梁的跨距和平尺检具的尺寸也逐渐增大。长距离尺寸的平尺检具加工时本身就很难达到精度要求, 检测时平尺检具受到重力场作用的影响, 产生挠度变形, 测量的结果与真实值存在一定的误差。在检测时还需要调整平尺检具与工作台面之间的平行, 将平尺检具吊放到检测位置及进行调整也比较困难。针对以上重型立式车

床检测的难题, 我们亟需研究出简单可靠的测量方法, 以提高机床的检测精度和机床自身几何精度。

1 工作过程

立式车床刀架水平移动对工作台面的平行度测量方法, 在国家标准 GB/T 23582.1-2009《立式车床检验条件 精度检验 (第 1 部分)》中, 已经详细说明其检测方法和操作过程, 但是由于重型机床大尺寸、高精度的特点, 同时兼顾测量效率, 导致该测量方法检测操作相对较为困难。因此要在标准检测方法的基础上寻求一种操作方便、提高效率的检测方法。

首先根据本文基金资助项目的研究内容确定技术路线, 调研国内外资料和精度检测评定方法的基础理论, 深度剖析其原理并寻求突破性新方法。针对重型立式车床建立重型机床 G5 精度检测测试平台, 由齐重数控装备股份有限公司、哈尔滨工业大学相关科研人员在试验台上使用标准检测方法及新式检测方法进行精度测量试验, 取得了大量的试验数据, 并进行理论分析与建模, 验证评定方法的可行性。在反复试验论证的同时, 参考国家标准 GB/T 23582.1-2009《立式车床检验条件 精度检验 (第 1 部分)》及相关材料, 总结生产实践中的经验数据, 两家单位共同完成相关企业标准制定。标准中一些具体技术问题也参考同行业相关设计、工艺、检验人员的建议。

2 测量方法

通过试验数据分析, 总结出适用于立式车床垂直刀架移动对工作台面平行度的三种检测方法, 包括平尺

指示器法、激光跟踪仪法、激光几何测量仪法。其中平尺指示器法为可直接评定测量结果的直接方法，激光跟踪仪法与激光几何测量仪法为计算机评定后数据处理得出结果的间接方法。本文将对三种测量方法做详细阐述。

2.1 平尺指示器法

根据国家标准 GB/T 23582.1-2009《立式车床检验条件 精度检验（第1部分）》中对立式车床刀架移动对工作台平行度的检测说明（如图1所示），等高块根据平尺检具长度确定等高块之间摆放位置距离并放置在立式车床工作台上，等高块上放置平尺检具，平尺检具横跨龙门架，在垂直刀架上安装百分表或千分表指示器，刀架移动带动百分表等指示器移动读取平行度最大值。该检测方法比较适用于中、小立式车床刀架移动对工作台平行度的测量，由于机床尺寸规格小，整机刚性及检具静置状态都比较稳定，测量操作难度小，且评定结果也较为准确。

测量步骤：

- （1）将横梁固定在其行程下部位置，并锁紧背部卡紧压板；
- （2）在工作台面上，离工作台中心等距离处和横梁平行放两个等高块，等高块上放一平尺；
- （3）指示器固定在垂直刀架上，使其测头触及平尺检验面，移动刀架检验；
- （4）偏差以指示器读数的最大差值计。

2.2 激光跟踪仪法

如图2、图3所示，激光跟踪仪固定在能扫描到机床工作台台面及垂直刀架的范围内的位置处，将激光跟踪仪靶球在工作台面上布点，建立一个与工作台面平行的基准平面，再将靶球安装在垂直刀架的下端位置。理想情况下，在安装有靶球的垂直刀架移动时，测得靶球位置坐标而计算出相对于基准平面的变化量，通过计算机数据处理进而评定平行度误差。该方法适用于大、中、小立

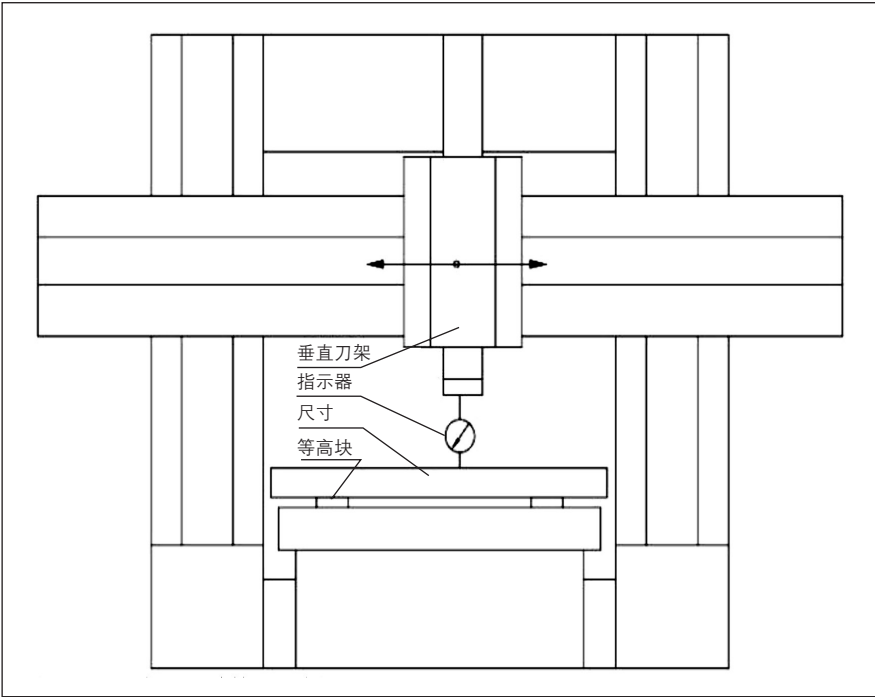


图1 平尺指示器法检测示意图

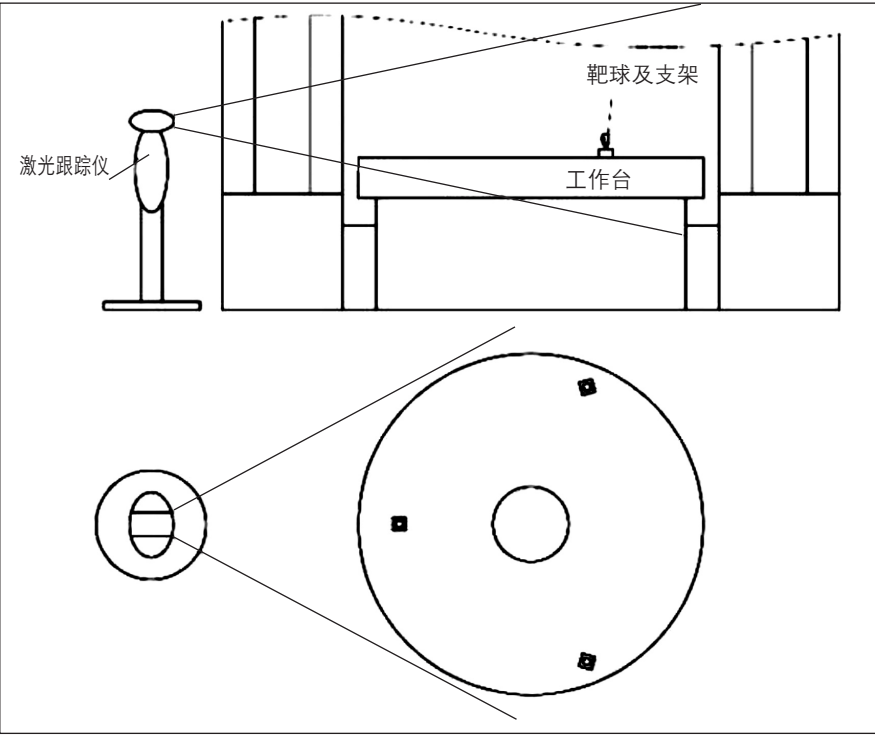


图2 激光跟踪仪建立基准平面示意图

式车床刀架移动对工作台平行度的测量。

测量步骤：

- （1）将横梁固定在其行程下部位置，并锁紧背部卡紧压板。
- （2）将激光跟踪仪固定摆放在立式车床工作台旁，使工作台及刀架在其激光跟踪头摆角范围内，并与计

算机连接。

(3) 将靶球及支架放置在工作台面上布点, 建立基准平面。

(4) 再将靶球及支架安装在垂直刀架上, 移动垂直刀架一段距离, 逐点采集数据;

(5) 通过计算机图形处理, 即可得到各测量点相对于计算机所形成的虚拟测量基面的坐标值。

(6) 各坐标点相对于基准平面的变化量即为平行度误差。

2.3 激光几何测量仪法

如图4、图5所示, 用激光几何测量靶标在台面上布点以调整旋转激光束平行于工作台面建立基准平面, 然后将靶标安装在被测刀架上, 得出靶标固定点移动轨迹坐标相对于基准平面的差值, 将该差值通过计算机数据进行处理, 从而求出平行度误差。由于激光几何测量仪体积小, 携带和操作也方便, 而激光检测没有距离的束缚, 同样适用于大、中、小立式车床刀架移动对工作台平行度的测量, 尤其作为重型机床检测更为便捷。

测量步骤:

(1) 将横梁固定在其行程下部位置, 并锁紧背部卡紧压板。

(2) 将激光发射器放置在工作台上能够扫描垂直刀架区域的位置处。

(3) 利用激光接收器“近点置零, 远点调零”的方法将激光发射器的旋转激光面调整至与工作台面平行, 建立基准平面。为了提高建立基准平面的准确性, 在远点三个位置进行调零。

(4) 将激光接收器放置在垂直刀架上, 调整接收器至可以接收到旋转激光平面的范围内。

(5) 开动垂直刀架进行检测, 读取行程上各位置的数值, 进行数据处理计算出垂直刀架移动与工作台面的平行度误差。

3 测量方法试验验证

在齐重数控股份有限公司设计、制造的G5精度测

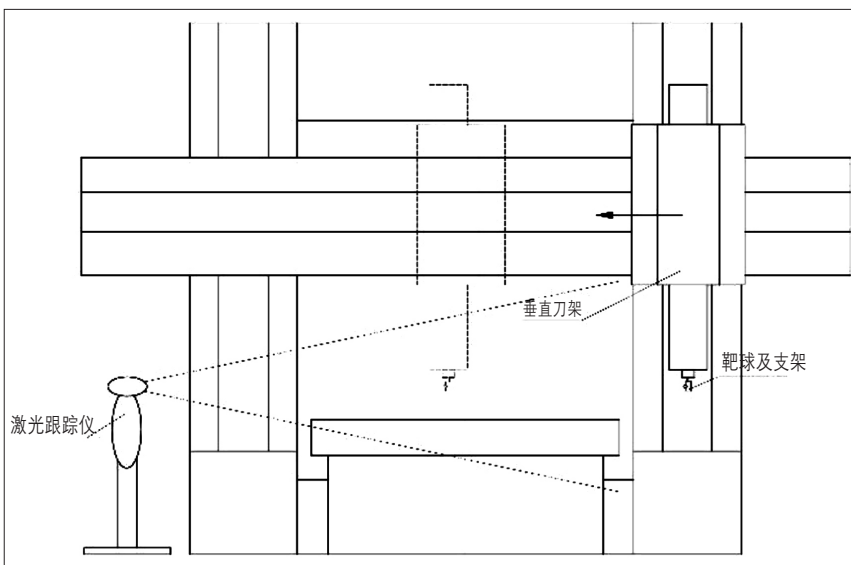


图3 激光跟踪仪检测示意图

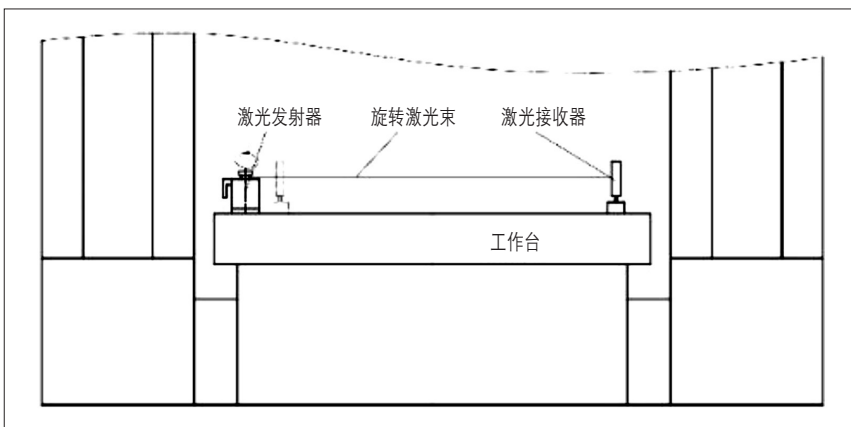


图4 激光几何建立基准平面示意图

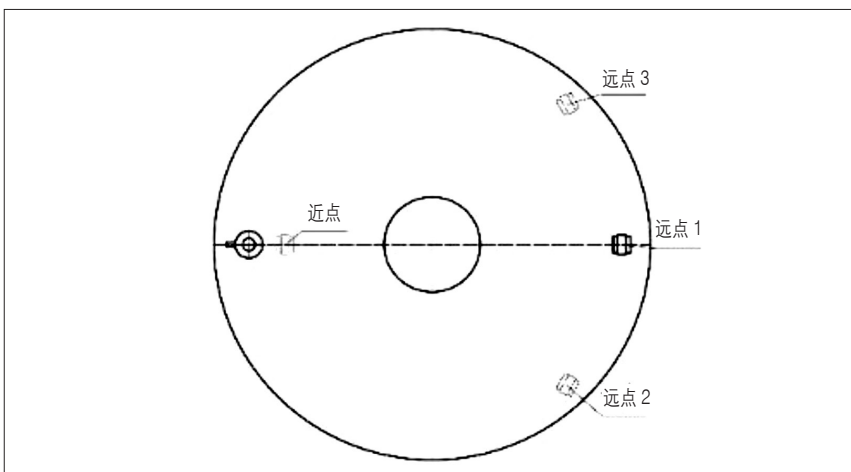


图5 激光测量仪测量示意图

量试验平台上进行试验验证, 试验台根据立式车床结构进行设计, 包括龙门框架、工作台、垂直刀架等主要部分。龙门跨距为5040mm, 工作台直径4500mm, 右

(下转第55页)

4.3 耐久试验

试验方法：在 187MPa 设计压力下，使液压缸往复运行 3000 次，每运行 1000 次后按保压试验的方法进行保压试验，验证液压缸的保压性能。试验数据如表 2 所示。

试验结果表明：液压缸在经历了 1000 次、2000 次和 3000 次耐久试验后的保压试验，压降值仍很小，且

表 2 耐久试验后保压压降值 /MPa

序号	耐久次数	保压压力	压降		
			3min	5min	10min
1	1000	120	2.6	3.7	5.4
		155	1.9	2.6	3.6
		187	1.3	1.8	2.9
2	2000	120	2.5	3.6	5.4
		155	1.8	2.7	3.5
		187	1.4	2.0	3.1
3	3000	120	2.8	3.6	5.6
		155	1.7	2.8	3.7
		187	1.5	2.2	3.0

随着耐久试验次数的增加，压降值并没有明显变化，说明液压缸密封性能十分稳定、可靠。

5 结语

理论分析设计和实际试验结果表明：采用该自补偿密封结构的超高压薄壁液压缸密封效果十分优异，性能稳定、可靠，工作压力越高，密封性能越优异。该形式的密封技术可用于空间受限但又需要较大出力的液压缸，具有较高的推广应用价值。

参考文献：

[1] 付长安，张显余. 超高压液压技术的探讨 [J]. 液压气动与密封, 2010, 30(11): 4-6.
[2] 乔培平. 超高压液压密封方法探讨与应用 [J]. 液压气动与密封, 2014, 34(09): 55-57.

作者简介：刘治 (1986. 05-)，男，汉族，重庆人，本科，高级工程师，研究方向：机电一体化设备研发设计。

(上接第 51 页)

表 测量实验结果

测量方法	平行度(mm/1000mm)	平行度 /(mm/ 全行程)
平尺指示器法	0.015	0.041
激光跟踪仪法	0.014	0.035
激光几何测量仪法	0.018	0.048

刀架行程 2785mm。激光几何测量仪法选用德国 Status Pro 激光几何测量系统，试验结果如表所示。各种测量方法最大偏差 0.004mm，满足重型机床测量要求，证明了测量方法的可行性。

这三种方法在齐重数控股份有限公司各规格的立式车床产品中进行了推广性验证，得到了机床装配人员与检测人员的共同认可。

4 结语

本文提出的三种重型立式车床垂直刀架移动对工作台面平行度检测方法，是针对重型机床大尺寸测量的特点，同时考虑工程实际应用进行的总结、提炼，分别是平尺指示器法、激光跟踪仪法、激光几何测量仪法。

其中平尺指示器法受高精度平尺的尺寸限制，无法适用于超大跨距龙门架立式车床的检测，激光跟踪

仪检测弥补了大跨距平尺检测的局限性，而根据企业生产实际测量方法广泛调研、理论分析、试验验证，以更为方便、快捷、准确检测为目的，最终在业内发布了激光几何测量仪检测的新方法，得到了业内人士的认可。进而衍生了企业标准规范的检测方法，对于重型立式车床提高产品质量、提升产品竞争力、规范生产具有重要意义，有利于推动重型机床行业的发展。

基金项目：重型机床智能远程运维与精度共性技术研究。项目编号：TD2019E003。

参考文献：

[1]GB/T 23582.1-2009, 立式车床检验条件 精度检验 第 1 部分：单柱和双柱立式车床 [S].
[2]GB/T 1182-2018, 产品几何技术规范 (GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注 [S].
[3]GB/T 1958-2017, 产品几何技术规范 (GPS) 几何公差 检测与验证 [S].
[4]GB/T 18780.1-2002, 产品几何量技术规范 (GPS) 几何要素 第 1 部分：基本术语和定义 [S].