

浅谈共晶焊接机龙门滑台形位误差分析与改进措施

王秀英¹ 范文涛¹ 陈署泉²

(1 深圳第二高级技工学校 广东 深圳 518000; 2 深圳市安思泰科技有限公司 广东 深圳 518131)

摘要: 龙门滑台是自动化定位设备常用的运动机构, 其特点是占用空间小, 对形位误差敏感。本文在处理分析装配精度问题中分析到误差发生关键因素, 并提出了几点改进思路: 应力释放致组件形位误差是引起工件精度下降主要原因。因此提出更换工作台、龙门立柱的材质以减少工作台变形, 换用铝合金整体原料做减材加工以减少横梁应力及变形发生可能性等整改对策, 以期为同类设备改进提供参考。

关键词: 龙门滑台; 变形; 形位误差; 应力释放; 时效

0 引言

如图 1 所示, 把 4 个零件精确摆放在底板上用气动装置夹紧后升温到 350℃完成共晶焊接。零件定位精度要求为 ±0.03mm, 市面上成品龙门滑台在精度、刚度方面都不能满足需求, 故采用设计龙门滑台机构来驱动抓取组件运动、摄像定位与误差补偿方式来应对。

根据本机体积要求, 采用空间占用小的天车式龙门滑台。X、Y、Z 轴采用承载能力强的矩形滑动淬火导轨, 来保证足够的抗弯刚度和抗压强度。进给驱动采用伺服电机加 C3 级高精度滚珠丝杠, 进给精度可达 ±0.01mm。此设计在抗振、承载、稳定性、寿命等综合性能都比较均衡。

再增加照相辅助定位补偿: 用 CCD 相机拍照判断零件轮廓来测算真空吸嘴吸取零件的位置误差, 给出相应补偿来修正零件摆放位置精度, 提高工件的焊接精度和零件加工的一致性。

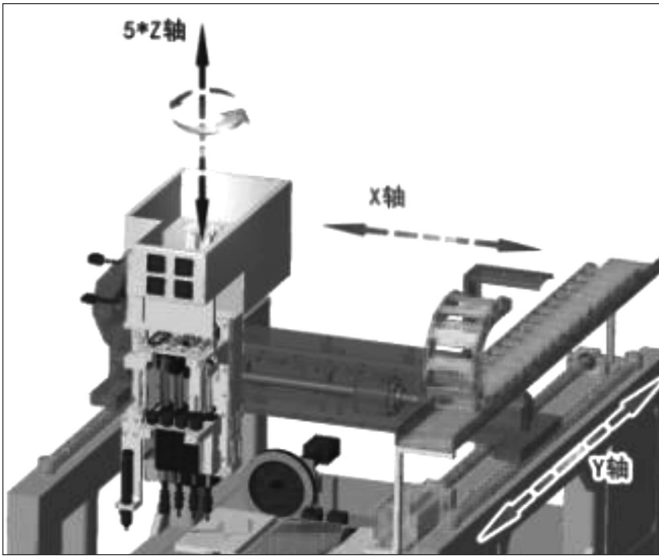


图 2 X、Y、Z 轴运动进给示意

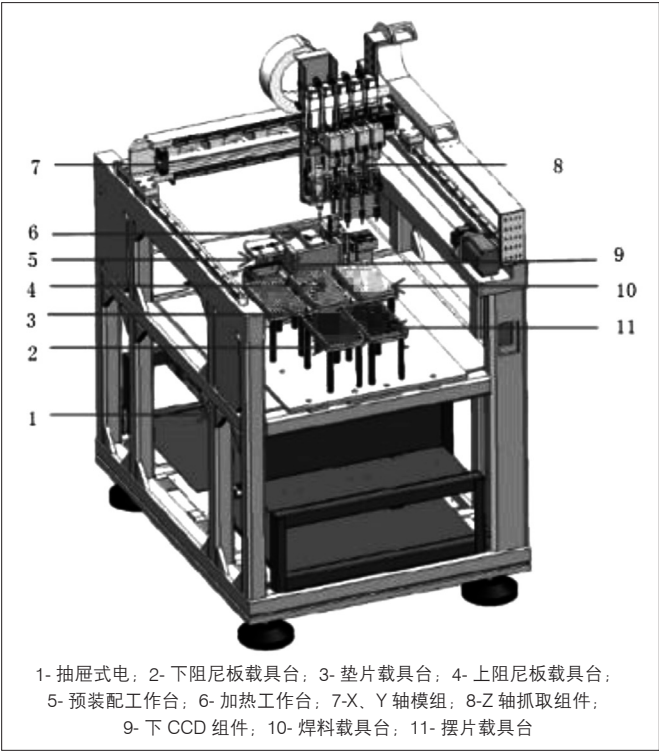


图 1 共晶焊接机

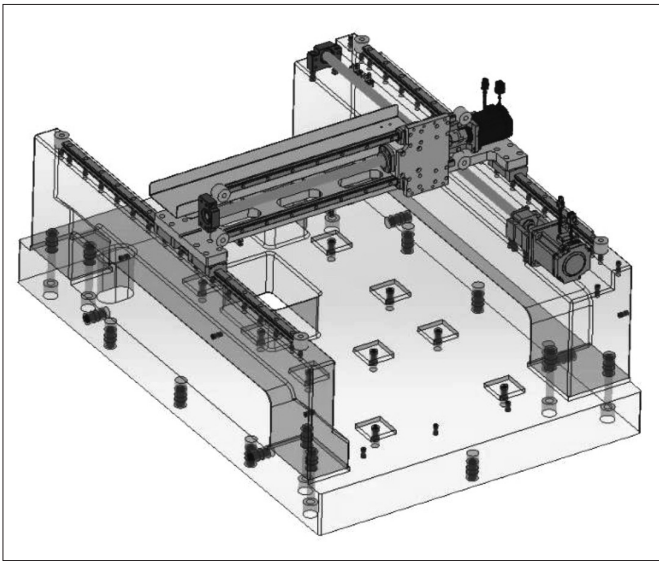


图 3 X、Y 轴龙门滑台组件

1 龙门滑台形位误差引起装配精度误差恶化

天车式龙门滑台对形位误差敏感, 导轨平面度、导轨平行度、横梁的挠曲变形和扭转变形都会影响定位精度和运动特性。试运行中发现存在龙门滑台横梁组件变形问题, 具

体现象有:

(1) 龙门滑台卡死。所采用的预制应力高精度导轨对变形敏感。Y 轴支架以及 X 轴横梁变形, 导致滑台不能精准运动到指定位置, 阻力变大也会引起滚珠丝杠驱动电机过载、运动定位不准;

(2) 因龙门滑台运动精度下降, 导致工件定位精度下降, 产生不良品;

(3) 随着使用时间变长, 应力释放, 相关问题会加重;

(4) 导轨精度重调时测量发现, Y 轴 2 条导轨的平面度、平行度都发生了变化。

2 变形原因初步分析

初始设计中, 龙门滑台横梁组件由中碳钢制板材焊接后机加工制成。焊接后的组件存在较大应力。在设备使用过程中, 随着时间推移, 横梁组件内部应力释放导致发生扭转和挠曲变形。整机两侧的框架立柱与横梁组成的 Y 轴导轨安装平面同样存在焊接应力释放导致的变形问题。

在问题发现的初期, 准备通过针对性精度调整来恢复: 如果能够明确变形发生所在的自由度, 可针对相关自由度超限变形进行处理。实际调整后发现: 无法精确定量分析变形, 变形不收敛于某个特定自由度, 不同机器的变形无确定性规律, 无法提出与应用明确的针对特定变形的修理方法。

3 应对策略与决策过程

针对前言所述的背景介绍与问题现象, 经初步分析与讨论, 改进策略和决策过程如下。

从现状出发, 从维修角度改善精度的内容:

(1) 减小 Y 轴左侧滑轨上滑块长度, 以减少因变形导致的 Y 轴左侧导轨摩擦副运动卡死。

可行性评估: 因整机空间限制, 外形已经确定而无法实现, 且不能保证对所发生变形有效改善。

(2) 在当前条件下精调导轨, 补偿龙门机构横梁形位误差引起的尺寸精度变化。

可行性评估: 短时间内可解决问题。但因工作台上 350℃ 的高温加热工作台, 随时间推移, 会让龙门机构横梁和立柱释放更多变形, 不能从根本上解决问题。

从消除应力后再组装的角度出发, 改变结构设计与工艺:

(1) 整机工作台和龙门机构立柱 (Y 轴导轨固定平面) 换用大理石材质, 重新设计装配。

可行性评估: 大理石原料经过长期自然时效, 残余应力和潜在变形量非常小。耐磨性和耐冲击性比较差。整体上评估, 能从根本上解决工作台与龙门机构立柱变形问题。

大理石工作台组件由 3 个大理石构件组合而成, 构件在组装前预留加工余量, 装配后对精度要求高的定位面、Y 轴工作台安装平面进行精磨, 以保证整体使用精度要求。

(2) 原设计的板材焊接组件, 通过人工时效或自然时效消除潜在应力变形, 再精加工后再行装配, 步骤如下: 调整工艺流程, 加大待焊件粗加工余量; 焊接后充分时效处理以消除组件内焊接应力; 使用数控铣与磨床精加工横梁焊接

组件。

可行性评估: 焊接应力及变形大, 需要充分时效处理。优先采用人工时效 (如加热保温、振动或冷热冲击循环)。此方法成本比较高, 时间效率差。

(3) 使用整体材料加工龙门机构横梁, 如图 4 所示。

可行性评估: 原料已有自然时效。铣削加工会改变原材料原有的内部应力平衡, 粗加工后仍然需要做时效处理, 再进行精加工。此方法成本较高, 预期残余应力和变形量都较低。材料可选用整体的铝合金或中碳钢材料。因工件体积和质量都较小, 优先考虑使用铝合金材料。成品横梁质量轻, 运动惯量小, 对 Y 轴驱动电机的功率要求比较低。同样精度要求下, 铝合金加工成本较中碳钢材料低。

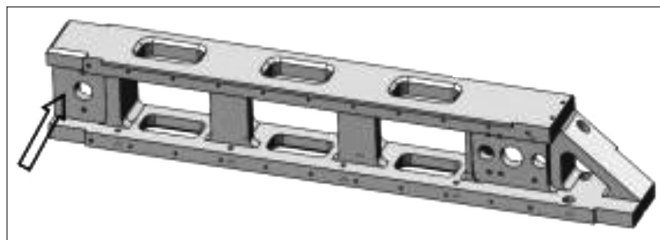


图 4 整体式横梁

龙门滑台横梁整体加工技术要求: 零件两侧突出小平面精加工 (平面磨) 之前预留加工余量, 喷 120# 砂, 亮黑阳极氧化后精磨, 保证两个面的平面度与平行度。

综合以上讨论结果, 决定按照第 3、5 点来落实改进。

4 实施验证与总结

实施过程如下:

(1) 整机工作台和龙门机构立柱换用大理石材质, 更换后工作台装配如图 5。

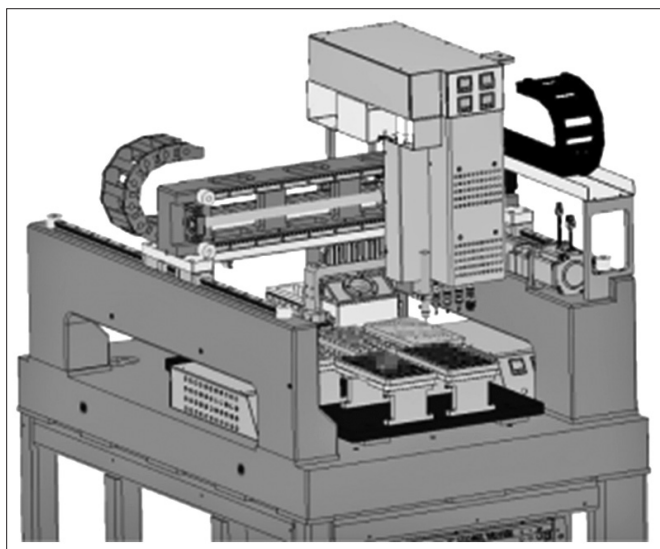


图 5 大理石材质工作台与立柱

初步使用一段时间后测量, 相关变形量几乎可以忽略不计, 评价能满足中长期使用要求, 最终结果还有待于持续

(下转第 152 页)

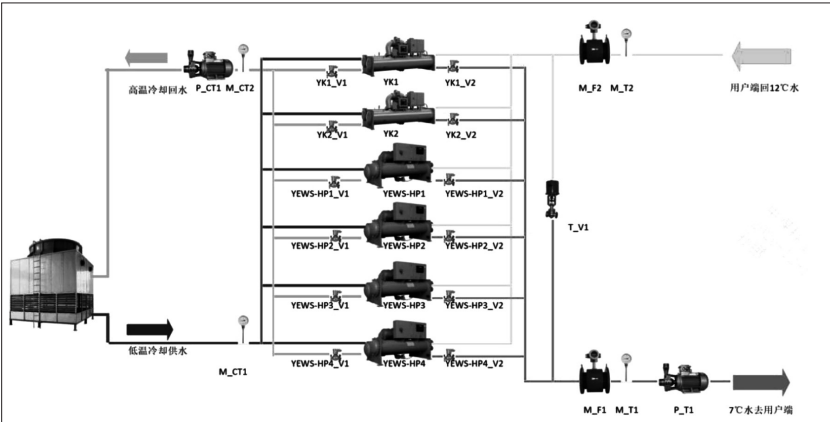


图 1 生物制剂厂冷源系统配置原理图

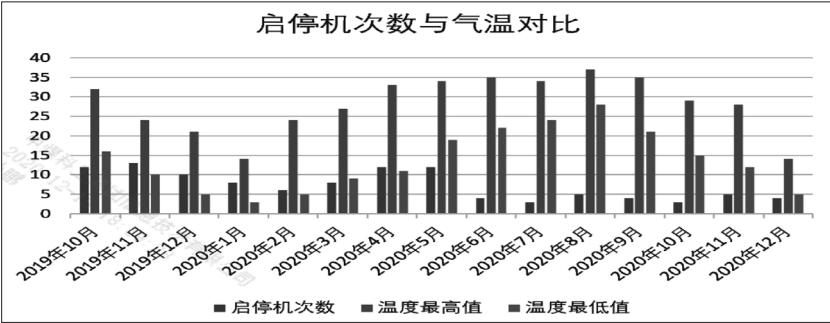


图 2 月度启停机次数统计

2.2 实施情况

此系统从 2019 年 10 月上线以来，运行超过 14 个月，月度启停机次数统计如图 2 所示。

由图 2 可知，月度机组启停次数相比原来效果明显。

3 结语

经过一个完整采暖季的在线运行，系统稳定可靠，机组启停次数相比人为操作有明显下降，在线机组的运行时间较长，没有频繁的机组切换现象，说明控制策略可行。

参考文献：

[1] 江华,刘宪英,黄忠.中央空调能耗现状调查与分析[C].西南地区暖通空调热能动力年论文集.总第73期,2005-09,中国重庆:《制冷与空调》编辑部,2005:34-36.

[2] 刘雪峰.中央空调冷源系统变负荷运行控制机理与应用研究[D].广州:华南理工大学,2012.

[3] 徐新华,王盛卫.离心式制冷机系统优化控制策略研究[J].建筑热能通风空调,2007(01).

[4] 清华大学建筑节能研究中心.中国建筑节能年度发展研究报告2017[M].北京:中国建筑工业出版社,2017:1

[5] 冯一鸣.基于层次化指标体系的制冷站诊断方法研究[D].北京:清华大学,2013:1

[6] 田雪冬.公共建筑全过程能耗总量控制管理方法研究[D].北京:清华大学,2015:3

作者简介: 孙鹏 (1983.02-), 男, 汉族, 陕西汉中 人, 本科, 工程师, 研究方向: 自动控制与系统工程。

(上接第 150 页)

验证。

(2) 使用铝合金整体加工龙门机构横梁，加工后做发黑处理时可起到人工时效作用，可消除加工后内部应力分布变化。再精铣表面即可满足设计要求。此方案优点是运动部分总质量、惯量低，响应速度快，材料成本高。试运行后测量误差在可接受范围内。

(3) 焊接成型龙门机构横梁组件时效后再精加工：龙门机构横梁组件由板材焊接成型，应力集中大，人工时效的效果有一定的不确定性。整体成本相对较低，对机加工、时效处理要求比较高。成品的刚度高，可承载负荷大，适合批量使用。因本次设备整改属于单台高精度整改，此方案未执行。

5 结语

本文简述了共晶焊接机龙门滑台机构形位误差引起的问题、原因分析及整改对策的过程。目前应用的整改措施已经能够基本保障设备在生产中的精度需求与稳定性，后续仍将对设备运行状况进行持续观察，在未来设备的使用过程中不断改善精度、稳定性。

参考文献：

[1] 成大光. 机械设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.

[2] 张鹏. 十字滑台装配测量技术 [J]. 机械工程与自动化, 2015(8):217-218.

[3] 张国政. 低碳钢的焊接性与焊接缺陷分析 [J]. 科技经济市场, 2012(3):14-15.

[4] 张霞峰. 气浮测量装置精密大理石平台的研磨方法 [J]. 机械, 2016,43(10):55-58.