

凸轮磨削产生小平面问题分析及处理

神龙汽车有限公司襄阳工厂 (湖北 441004) 杨正凯 陆晓龙 刘 浩

神龙公司生产的 TU5JP4 凸轮轴的磨削加工, 是利用英国 Landis 公司生产的超精密凸轮轴磨削机床, 对凸轮轴轴颈、凸轮轮廓部位进行精磨削, 特别是凸轮的磨削, 依靠机床的 X 轴 (砂轮进给)、Z 轴 (砂轮左右移动) 和 C 轴 (头架高精度回转), 配合自定心中心架, 以精确的角度控制和砂轮进给磨成凸轮轮廓形状, 形成理想的轮廓曲线。这类高精尖机床技术复杂, 精度高, 尤其是在加工的产品质量方面, 凝聚了机床各方面综合精度。凸轮轴生产线上 XF0663 Landis 凸轮磨床使用中, 磨出的凸轮轮廓表面, 出现小平面、轮廓线失真等质量问题, 束缚了机床正常运行。机床技术状态劣化产生故障后, 需要分析探索故障产生的原因, 寻找问题点, 尽快恢复其原有功能和精度。因此, 研究不同类型机床的维修方法, 摸索一些特色的维修技巧, 巧妙地修复机床各类复杂故障, 是摆在维修人员面前的首要课题。

1. Landis 凸轮磨床介绍

Landis No. 860 系列凸轮磨床配置: 砂轮进给轴 (X 轴) 和砂轮横向移动 (Z 轴) 使用直线电动机驱动 (见图 1), 直线电动机的磁体部分 (次级线圈) 直接安装在床身与磨头下滑板之间, 电气控制移动

部件 (初级线圈) 安装在滑板中, 组成直线伺服电动机驱动, 光栅尺反馈以提高机床性能和可靠性; 机床用密封静压导轨承载; 静压轴承承载砂轮主轴; 头架主轴控

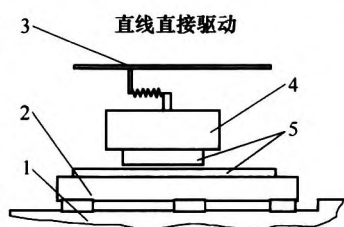


图1 直线电动机驱动结构

1. 地基 2. 机床床身 3. 光栅尺
4. 进给滑台 5. 直线电动机

制零件精密回转; 自定心中心架支承零件。

XF0663 是 Landis No. 860 系列精密凸轮磨床, 机床在磨削加工的时候, 工作台固定不动, 工作台上装置 4 套 Arobotech 产自定心中心架和高精度的头尾架装置, 对零件定位、夹紧、支承及精密旋转控制; 砂轮架前后移动进给, 左右移动换位, 满足凸轮轴上 8 个凸轮的磨削要求。

2. 问题的出现

XF0663 凸轮磨床加工产品过程中磨出的凸轮, 在轮廓的开启段与基圆交接处留有小平面 (见图 2), 最小平面宽度约 0.3mm;

最大 2~3mm, 在同一根凸轮轴上 (产品 8 个凸轮在 360° 分配), 磨削出 8 个凸轮小平面均在同一位置。2D 轮廓线检测结果, 也是一根凸轮轴上 8 个凸轮轮廓线同一位置出现缺陷 (见图 3)。如果停一会儿机床, 修改轮廓线起始点角度或加工参数, 加工前 2~3 件, 出现的平面窄小成暗纹, 到第 4~6 件时逐渐明显, 越来越宽 (0.2~0.7mm), 加工 10 件后宽度 0.8~1mm, 且越来越大。

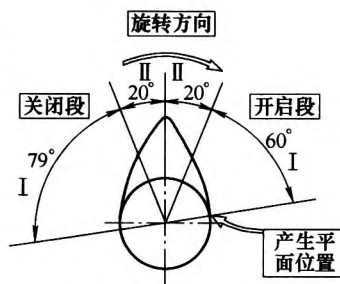


图2 凸轮出现小平面位置

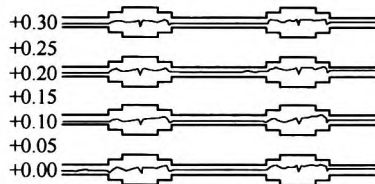


图3 在8个凸轮轮廓线上同一位置

3. 对产生问题的思考分析

根据 Landis 机床说明书介绍, 凸轮磨削这样的超精密机床, 加工零件有质量缺陷。出现机床精度故障, 首先从检查零件支承系统是否有问题入手; 其次测试各合成运动轴之间的同步, 以及进给轴的快速响应速度测试, 其他相关检查等一整套的测试、判断、分析、验证; 最后综合判断才能逐步找到故障原因。

(1) 零件支承系统分析验证 查看磨削过的有缺陷零件, 部分中心架支承痕迹不规则, 分析判断4个中心架的轴心线调整不一致, 零件在旋转时扭曲点正好和凸轮开启段与基圆交接处重合, 致使头架在这个点与砂轮架之间振动而出现平面或台阶。中心架没有调整好, 零件轴线与回转中心不重合, 会引起加工质量问题。现场检查验证: 把心棒夹紧后, 检查1~5轴颈跳动值为: 0.002mm、0.002mm、0.006mm、0.004mm、0.002mm, 多次规范调整后加工零件小平面无改变, 说明零件支承系统无问题。

(2) 头架回转和砂轮进给的同步分析 根据机床多轴合成运动的特性分析, C轴(头架)运行中, 回转角度有误差或者有停顿振动, 这样整个加工表面都会产生振纹(细小的小棱面), 同时出现振纹的位置会发生变化, 不会集中在不同角度的同一位置。试验改变机床轮廓线起始点角度, 机床故障无改善, 从8个凸轮加工结果分析, 除产生的开启段轮廓线与基圆交接处留有小平面对外, 其他部位全部符合要求, 包括圆跳动、轮廓线的光滑、表面粗糙度等均符合质量要求, 这就验证头架旋转与砂轮进给的同步没有问题。

(3) 砂轮进给轴的响应速度影响分析 Landis 凸轮磨床, 砂轮进给采用的是“零传动”, 整个闭环控制系统动态响应性能非常高, 反应非常灵敏快捷; 通过直线位置检测反馈控制, 既减少了差补时系统反应滞后带来的跟踪误差, 也提高了机床的定位精度和传动精度; 直线电动机动子和定子之间始终保持一定的空气隙而不接触, 消除了定子和动子之间的接触摩擦力, 大大地提高了系统的灵敏度、快速性和随动性。机床这些特点说明, 进给系统不能有任何磨损和误差, 否则将带来运动滞后, 响应速度达不到要求, 还会在零件上留下痕迹。

综合分析判断得出下列结论: 砂轮进给 X 轴在

换向进给时存在滞后响应误差, 响应速度瞬间产生变化。根据凸轮加工特性, 砂轮轴前进加工到位, 需要反向进给加工时, 快速性和随动性不允许有差异, 因此, 合成运动的任何单元反应滞后, 瞬间就会把缺陷留在零件上。

4. 对问题的验证分析及处理

根据上述分析, 要找到和验证砂轮进给 X 轴的滞后误差出现在那里, 究竟哪部分零件因磨损而失去原有的功能, 采取下列三种方法逐步验证故障点出在何处。

(1) 轴测试 按照 Landis cnc6400 系统轴测试说明, 对 XF0663 砂轮进给 X 轴和回转轴 C 轴做轴测试。轴测试可以判定任何不同之处, 不同之处可能由于机床的机械磨损、伺服故障、污损、润滑故障等造成。LandisCNC6400 中提供了两种轴(回转轴和直线移动轴)的性能测试功能。

测试前把 C:\cnc6400\project\vlog 中, 文件备份, 然后按说明书要求测试, 测试后的数据和原始数据进行对比, 查看差异点, 进行对应调整。也可以把该数据及备份数据传给 Landis 进行分析, 给出处理对策。

按说明要求测试后, 把 XF0663C 轴、X 轴的轴测试后的数据, 与机床出厂保存的原始精度数据进行对比分析, 同时把原始数据文件、测试后 C 轴、X 轴的测试数据文件, 以及近期加工零件的数据发给 Landis 技术部门协助分析。数据对比后发现: C 轴没有问题, X 轴每段进给的转矩值有微小的变化。Landis 技术部门分析后也确认: C 轴没有问题, X 轴进给的分段转矩值曲线, 有逐渐微小变大的改变。给出的结论是: 转矩微小变化从常规推断影响不大, 但可以看成是最大的疑点, 还要检查导轨浮起量, 是否浮起不一致产生阻力, 再综合分析影响高速响应速度变化的原因。

(2) 检查导轨 对砂轮架的 X 轴、Z 轴的密封静压导轨进行浮起量检测。Landis 凸轮磨床砂轮架设计的是全密封静压导轨技术, 在两个相对运动的导轨面之间通入压力油, 使运动部分浮起, 工作过程中油膜压力随外载荷变化而变化, 来平衡作用在导轨上的外负载。在不同速度下都能保证导轨面始终处于液体摩擦状态, 减少拖动导轨运动的直线电动

机的动力消耗, 稳定进给转矩的输出, 具有很高的运动精度和稳定性。设计的静压导轨在导轨的几个方向开若干个油腔, 承受正向、反向载荷, 承受颠覆力矩的能力强, 油膜刚度高, 导轨各方向均有静压压力, 运动时金属与金属之间无接触、无摩擦, 重复定位精确。

由于凸轮轮廓加工精度高，配置这种高刚度的导轨，是为了很好地保证机床加工质量。因此，机床通液压油后，导轨的运动部分浮起量将直接影响稳定性改变进给转矩的输出。在导轨的前后及侧面几个方向放置百分表，检测导轨通压力油后的浮起量为 $0.018 \sim 0.020\text{mm}$ ，符合机床出厂精度，验证机床导轨无问题。那么进给滑台的阻力究竟在何处？出现了故障分析难题问题不明朗，到此故障已缩小到 X 轴进给阻力上。

(3) 手动推拉滑台验证 由于验证机床导轨无问题,要再次证明 X 轴阻力产生在何处,经思考启发:运用触觉的办法直接感觉 X 轴转矩变化,手动推拉升给滑台是否有很大的摩擦阻力,判断其阻力来自何处。操作方法:①机床液压系统启动,让静压导轨浮起。②手轮把 Z 轴移到工件正前方(防止异物干涉损坏砂轮)。③取消 X 轴使能。④实际做推拉试验,用手推拉 X 轴运动滑台。正常情况下:推拉很轻松,用很轻的力就能推拉移动运动滑台。可是实际在分段手动推拉过程中,发现每段使用的推拉力不一致,非常不顺畅,一个人费力才能推走滑台,并且有死点,特别是滑台进给到离终点部位处 100mm 处,需要两人来推拉滑台才能移动,这种人工感觉到的推拉阻力足以改变 X 轴进给转矩,制约响应速度。用同样的方法推拉相同工序另一台 Landis 凸轮磨床 XF0671 作对比,单手 30 ~ 50N 左右的力很轻松推动,整个行程非常顺畅。

对这两台机床的人力推拉对比验证分析得出结论:机床X轴直线电动机存在问题,原因:可能存在直线电动机的线圈(初级部件)与磁铁(次级部件)干涉,发生摩擦,摩擦阻力增大了进给转矩,致使快速响应速度发生变化。

拆开X轴直线电动机,发现初级线圈膨胀,膨胀后防护钢板与磁铁防护钢板接触,产生很大的摩擦力,且初级部件防护套即将磨穿,这就是进给滑

台形成进给阻力,改变进给转矩变化的问题所在,也是移动快速响应产生误差的原因。确定进给滑台反向进给时,初级和次级部件相互摩擦产生阻力,致使响应速度遇阻力滞后,瞬间在零件上留下小平面,至此故障原因找到。

(4) 问题的处理 按照机床维修说明书要求, 规范细致地安装新的直线电动机备件, 电动机安装好后, 在没有使能的状态下, 通液压油让密封静压导轨浮起, 手推滑台感觉推拉力轻松, 和 XF0671 一样, 单手 30 ~ 50N 的力很轻松推动, 整个行程非常顺畅。这时再做 X 轴同步, 确认同步做好后, 空运行机床约 1h 没有异常, 按操作规程定标修正砂轮, 砂轮修好后, 打表确认中心架、卡盘跳动, 确认无问题开始加工零件, 检测零件质量小平面对称度消失, 精度恢复, 机床故障处理完。

5. 结语

设备某些零件因磨损而失去原有的功能和精度，就会出现复杂的故障难以查找，有些故障隐秘性强，需要层层分析，剥离故障的表面现象，最终完成故障的处理，恢复精度保证正常运行。经过对 XF0663 加工出的零件质量问题的分析处理，针对不明确的难题，运用逻辑性思维推论去具体分析，从而采取对应的处理措施，特别是在理论分析和实际验证出现阻碍，故障仍不明朗的情况下，在故障分析验证判断不准的关键时刻，思考运用手触方法，巧妙地用手推动推拉进给滑台，直接感觉进给滑台摩擦力的变化，找到故障的症结，顺利地把故障处理好。这次凸轮加工出现的质量问题，以往没有出现过，因此，对日常维修过程中遇到的复杂技术问题作出些经验总结，便于给从事 Landis 凸轮轴加工机床的维修人员启发和借鉴，有助于在维修过程中少走弯路，提高维修效率，规避质量风险，供读者参考。**MW**

(收稿日期: 20130925)

投稿须知

请作者登陆 www.metalworking1950.com 注册、登陆后, 点击“作者投稿查询”, 上传、提交稿件, 把信息补充完整, 以方便我们邮寄杂志和稿费!

本刊编辑部