无心车床在细长杆切削中的应用与改进

德州联合石油机械有限公司 （山东 253034） 侯祖刚 杨成永 魏开龙

摘要：论述了无心车床在细长杆零件车削中的优势和不足，以及加工过程中可能出现的质量问题及解决措施，通过改进加工方案、组合设备资源来消除机床现有的弊端，大幅提高生产效率。

“车工怕车杆”是一句流传了几十年的行业俗语。细长杆因为自身刚性差，车削过程中容易产生弯曲变形，对操作者的要求比较严格。车刀磨不好，不行；跟刀架用不好，不行；切削用量选择不好，不行。总之，一系列工艺因素影响着细长杆的正常车削，稍有不慎就会出现振纹、竹节及棱形等加工缺陷。老师傅总结了很多这方面的实践经验，在刀具和辅助支撑上也做了很多改进。中心架与跟刀架双管齐下，反向车削与弹性顶尖互相配合，虽然取得了一些成绩，但总体效率依然不高。工艺系统刚性不好是制约细长杆车削的关键因素，在工件受力弯曲和刀具受迫振动的限制下，车床转速上不去，走刀量也不可能放得太快，受切削应力造成的变形影响，即使外圆余量不大，也要分两刀车削，第一刀释放工件内部的残余应力（已加工外圆出现轻微的弯曲变形），第二刀精车至成品尺寸（去除应力释放造成的变形量），这样才能保证加工精度要求。几十年来，虽然工艺方案和装夹方法都做了相应的调整和改进，细长杆车削效率在卧式车床上始终没有跨越式的进步。

1. 无心车床加工优势

无心车床又称剥皮机，与卧式车床的区别在于：工件不旋转，只做进给运动，多把刀具组成的动力刀盘绕工件外圆做旋转车削，快速去除加工余量，达到一定的尺寸精度和表面粗糙度。作为金属切削的专用设备，无心车床一般应用在专业的钢材制造厂家。用于对无缝管，不锈钢、钛合金等棒料和管材的外圆连续车削，剥除毛坯外圆的裂纹、黑皮等表面缺陷，保证规格尺寸和表面质量的一致性。其刀具的修光刃部分长达15～25mm，装夹部分的工艺刚性较好，因此可实现较快的走刀速度。工件越长，优势越明显，一台无心车床可以替代多台卧式车床，相同的工作量可以少用一半以上的生产工人，大幅降低制造成本，提高工厂利润。以前，无心车床主要应用于钢管和棒料的粗加工，对于其是否适用于细长杆零件的精密车削，好多制造厂家还没有这方面的先例和经验，我们决定做一次大胆的尝试。

现有的无心车床车削直径为60～150mm，整个加工过程基本实现自动化控制。操作者首先将待加工的棒料吊运至上料台架上（见图1），排列整齐（较细

的棒料要手动铺平，防止交叉重叠），自动拨料臂将棒料拨移到上料滚道上，在液压油缸的驱动下，上下两个V形滚轮自动对中夹紧棒料，在传动箱的带动下实现进给运动，将棒料送入到轴向定位装置，使其与切削机构保持同心，由旋转刀盘实现对工件的强力切削。车削后的一端外圆进入与其贴近的成品夹持机构，由另一对进给滚轮自动对中夹紧，将工件运送至卸料装置（见图2）；整根棒料车削完毕后，机械臂将成品拨送至下料台架，人工捆扎后吊运至预定位置。上述加工过程除吊装工件外，其余均由机床生产线自动完成。不占用切削时间，省去了卧式车床安装找正的繁琐环节。无心车床最大的优势是采用刀盘切削，走刀量依不同材料和加工精度要求，在100～1 000mm/min范围内自由调节。同时，工件采用两端对中的夹持方式，工艺刚性明显增强，切削受力均衡，而且刀具是在充分冷却的条件下实现切削，刀具寿命显著提高。上述优势决定了无心车床加工长杆类零件，相对于常规设备（加长车床配跟刀架）效率可提高3～5倍，以精车长6m的ϕ100mm圆钢为例，毛坯直径余量10mm，卧式车床加工最少需要3h，无心车床最快走刀量接近1m/min，车三刀外圆，算上装卸过程，不到0.5h。并且做到了工件装夹与传送的一体化控制，实现整个加工过程的全自动循环，大幅减少了辅助时间和人工成本。

2. 无心车床加工弊端及改进方案

任何设备都存在一些弊端，无心车床也不例外，其最大的缺点是随弯就弯，不能在车削过程中修正工件的直线度误差，加工外圆随着毛坯的弯曲而弯曲，料不直车出来还是不直，料弯曲多少，车出来还是弯曲多少，这一弊端在精车中尤为明显，致使细长杆零件的弯曲度严重超差。同时，无心车床采用多刀车削，刀尖圆弧较大，并且走刀较快，车削后的刀纹痕迹不够清晰，表面质量较差。这些加工弊端在很大程度上限制了无心车床的使用范围。用于细长杆精密车削后，工艺人员做了很多改进工作，加工方案也做了相应的调整。

（1）毛坯尽可能地校直，并经过时效处理（校直后垂直吊放2～3个星期，释放内应力），保证弯曲度不超出工艺规定的技术要求。精度较高的长杆类工件，分粗、精车加工，车圆毛坯外圆后，适当增加一道校直和时效工序，去除工件内部残存的内应力后再进行精加工。精加工时更换较为锋利的刀片，减小切削抗力，提高表面精度，对于一些外圆精度要求较高的工件，增加一道砂带抛光工序，去除加工痕迹。同时，在无心车床加工外圆至成品尺寸后，再增加一道专检工序，若直线度超差，则热处理校直，并定型处理。这些措施基本上可以保证工件的直线度公差，弥补无心车床的加工弊端。

（2）为满足批量加工，组建自动生产线，合理配置设备资源，无心车床与矫直机、抛光机组合使用，减少转运环节，集校正工件弯曲度和提高表面质量功能于一体，扬长避短，加工优势更加明显。

3. 加工过程中可能出现的问题及解决措施

无心车床有着不同于常规车削的缺陷特征，精加工细长杆零件时，容易出现以下问题。

（1）鱼鳞纹：工件外圆出现鱼鳞状刀痕，严重影响表面质量，主要原因是动力刀盘的刀具磨损后继续切削，并且进给速度较快，形成刮削加工，其明显特征是出现不规则片状切屑。

解决措施：及时更换切削刀片，减小刀具修光刃长度，保持

图1　上料装置

图2　卸料装置

刀尖锋利，切削参数中适当减小进给量和吃刀量。

（2）蛇皮痕：工件外圆出现有规律的螺旋状凹痕，主要原因是夹持机构力度不够，动力刀盘强力车削时工件产生剧烈振颤，刀尖圆弧连续嵌入工件外圆造成螺旋状凹痕。

解决措施：适当调整工件两端的夹持机构力度，使车削部位保持一定的工艺刚性，减小刀尖圆弧。

（3）螺旋弯：无心车床的工件弯曲变形与卧式车床不同，是一段一段的螺旋状小弯，虽然全长范围内的弯曲度不大，但校直难度较大，主要原因是无心车床采用两端V形块夹持机构，旋转刀盘像铅笔刀一样剥皮切削，工件在夹持范围内受力扭曲造成螺旋状小弧弯曲。

解决措施：采用数控校直机，自动检测工件的直线度误差，予以分段校直和低温时效处理。

（4）壁厚差：车削后的管件壁厚超差，影响后续加工。主要原因是毛坯外圆没有经过校直处理，一开始就出现吃刀量不均匀的偏心车削。

解决措施：校直工件并进行时效和定型处理，必要时可使用数控校直机，重点控制工件两端的同轴度要求。保证工件两端1m长度范围内的直线度误差小于1mm，将工件弯曲度控制在合理的范围内。

4. 加工案例

以ϕ120mm×5 000mm光轴（见图3，外圆加工余量为6mm）为例，制定无心车床工艺流程。车间设备布局为：校直机→无心车→抛光机。工艺流程为：①校直棒料，全长范围内直线度误差小于2mm。②粗车外圆，去除大部分余量，刀盘转速250r/min，进给量1 000mm/min，一次车削耗时5min。③检测工件直线度，若直线度超差则自动校直并低温时效处理。④精车外圆至成品尺寸，刀盘转速300r/min，进给量800mm/min，耗时7.5min。⑤外圆抛光至表面粗糙度要求（外圆精度要求不高时省略此工序）。

加工共使用3台设备，由2名员工（无心车与抛光机自动化程度较高，可采用一人双机的操作模式）完成，考虑到辅助和转运时间，单班8h产量32根，生产效率较以前提高2倍。

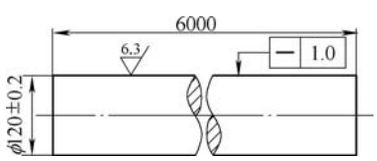

图3 ϕ120mm×5 000mm光轴

5. 结语

金属切削技术日新月异，几倍、几十倍地提高生产效率已经变得不再稀奇。虽然无心车床在细长杆车削中还存在一些技术性问题，但是作为一种高效、快捷的专用设备，从认识到掌握其应用，必然需要一个过程，甚至会走一段弯路。不创新就没有进步。无心车床的普及使用，一定会大幅提升车削效率，使细长杆的加工走出一条新路。

参考文献：

[1] 杨叔子. 机械加工工艺师手册[M]. 北京：机械工业出版社，2002.

[2] 王先逵. 机械制造工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，2006.

[3] 刘党生. 金属切削原理与刀具[M]. 北京：北京理工大学出版社，2009.

[4] 杨光薰. 发展精益生产推动制造业现代化[J]. 制造技术与机床，2004（3）：57-60.

MW（收稿日期：20150528）

《金属加工（热加工）》2015年第17期要目

卧式离心复合轧辊铸造过程温度场模拟
CAE模拟分析在摇臂室铸件开发过程中的应用
液压阀板类铸件的低压铸造工艺分析及验证
消失模铸造过程中型砂对负压度的影响
活塞模具的工艺改进
从机加工需求看压铸模具的设计优化
制动轮壳粘砂问题的解决
42CrMo钢阀桥“U”形槽底高频淬火变形分析
中频感应设备在枪管尾座热处理中的应用
一种薄壁导套热处理工艺研究
高速电动列车轴的中频感应淬火工艺
载货汽车变速器二轴校直断裂原因分析与对策
GCr15钢行星轮轴的开裂失效分析
发电机支架断裂原因分析
汽车半轴套管用锁紧螺母调质开裂失效分析