大模数齿条加工方法优化

北方重工集团重大部件加工分公司　（辽宁沈阳　110141）　何海洋

图1是某大型回转装置的传动部件齿条简图，齿条长8 300 mm，直径为520 mm，但其上面要加工掉143 mm厚的坯料，以便形成齿形上平面。齿条的法向模数为65，材料42CrMo，质量为9 300 kg。这样大模数的齿条在我公司是第一次遇到，齿条横断面小，纵向长度大，粗加工特别是在粗切齿后结构易变形。

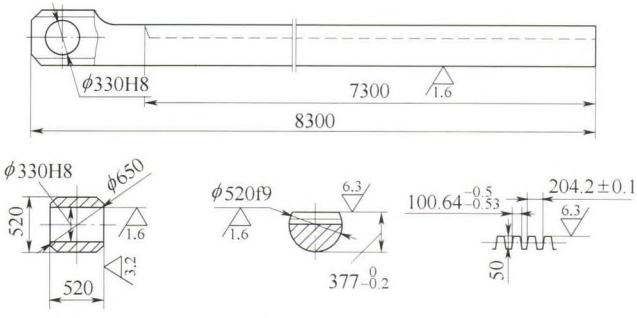


图1　齿条

1. 加工分析

（1）为保证齿条啮合传动强度要求，不能按常规将工件粗车成圆柱状进行调质，而必须将齿顶面及齿形粗加工后进行调质，这样可以减少齿条开齿后的变形。

（2）本件不能使用两个中心架做支撑，因为我公司1680卧式车床每种规格的中心架只有一个，而两种不同规格的中心架不能同时使用，如同时使用可能存在不同心问题。

（3）使用中心架的部位一定要保留好整圆结构，并要有一定的宽度，以便于在半精加工和精加工时能够加工出架子窝。

（4）由于工件截面不对称，不平衡重约有2 t，必须在卡盘处设置配重块，防止偏心。

（5）各齿形的加工不用专用铣刀，因为本件的齿形模数较大，可用刀盘装在万向铣头上分别加工各齿形面，再用齿形齿距样板控制齿形各部尺寸，这样可以节省专用刀具费用，并且此类工件很少加工。

（6）齿条的弯曲变形采用热校直方法，这种方法可以有效控制齿条加工产生的变形。齿条的加工工艺路线：锻毛坯→粗加工/粗开齿→调质→半精加工/半精铣齿→时效处理→精加工/精铣齿。

2. 粗加工

毛坯经划线后检查各部余量均匀性，在φ200 mm镗床上平端面，钻中心孔75° B30顶尖孔，加工出520 mm×520 mm方形面和φ330 mm吊装孔（单面12 mm或双向24 mm），上1680卧式车床车削工件大外圆按544 mm车出，上13 m数控龙门铣按简图加工各部尺寸并粗开齿（齿形每面留12 mm），保留一处架子窝尺寸（宽度149.4 mm）如图2所示。加工齿形时一定要先开槽后加工齿形，小切削量，多次走刀，控制工件变形。按5000号标准进行探伤，合格后进行调质处理，调质硬度达217～255 HBW。

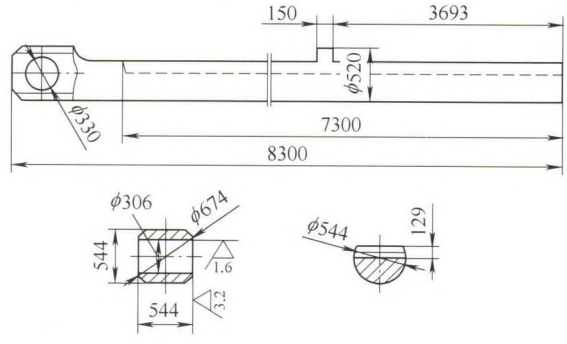


图2　架子窝位置

3. 半精加工

齿条粗加工调质后要重新划全线，检查各部尺

寸变形情况，进行试棒取样，必要时可以采用热校直方法。在 ϕ200 mm 镗床上平端面精修顶尖孔，加工出 520 mm × 520 mm 方形面和 ϕ330 mm 吊装孔（单面7 mm或双向 14 mm），在 1680 卧式车床卡盘处安装配重块，防止工件偏心，车削工件大外圆按 534 mm 车出，上 13m 数控龙门铣按简图 2 加工各部尺寸并粗开齿（齿形每面留 7 mm），根据手册查得圆柱形齿条（$20 \geqslant m$，$L/d > 15$，$B/h \leqslant 4$，$L > 1\,500$）粗切齿后进行人工时效处理，控制齿条变形。

4. 精加工

重新划线检查各部变形情况，测出最大弯曲弯形量，调整工件中心方向。ϕ200 mm 镗床上平端面精修顶尖孔，在 1680 车床上精车外圆，严格控制切削量，多次走刀，防止工件变形。最后在 13 m 数控龙门铣床上将 520 mm × 520 mm 方各面、ϕ330 mm 吊装孔及总体长度 8 300 mm 达图样要求。刀盘装在万向铣头上分别加工各齿形面，再用齿形齿距样板控制齿形各部尺寸（见图 3）。

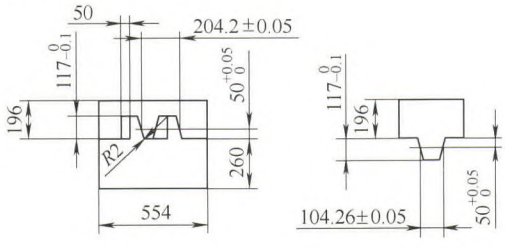


图 3　齿距齿形样板

5. 齿条的弯曲变形及热校直

大型齿条的加工过程中变形总是不同程度存在的，严重的变形将直接影响齿条的加工精度。一般情况下，由于切齿，特别是粗切齿后齿条内应力重新分布，引起齿条变形，主要表现在沿齿顶方向弯曲。如图 4 所示，长 3 m 以上的齿条弯曲变形量 δ 粗铣齿后达 3 mm 以上，如果变形量过大无法进行精加工时，必须对齿条进行校直，通常采用热校直的方法效果较好，其方法是：通过加热改变其内应力状态，以变形抵消原变形，从而达到校直齿条的目的。加热时齿顶面朝向平台，背面向上，用火烤背面，加热温度和时间按各部位变形大小而定。加热后自然冷却，待全部冷却后翻个放置，检查校直情况；如不符合要求时可重复进行火燃加热，直到达到要求为止。

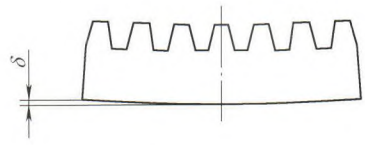


图 4　齿条弯曲变形

6. 结语

目前，随着我公司对外承揽的加工范围不断扩大，及我公司与外协公司的业务不断增多，我们所面临的各样加工件的形式不断改变。这种工艺方法优化了生产工艺，提高了产品质量，从工艺方法和工艺措施上保证了关键件、复杂件的尺寸精度、几何精度和表面粗糙度等各项技术指标达到设计要求和使用性能要求，并在工艺上采用先进手段提高产品质量，并且适合于公司的生产要求。以后我公司还要生产制造其他产品，这种工艺方法具有广阔的前景和深远的意义。**MW**　（收稿日期：20140126）

三方联手推动传统机床产业升级

2014 年 4 月 15 日，哈尔滨工业大学、黑龙江工大华工电机科技有限公司、齐重数控装备股份有限公司三方在哈尔滨工业大学共同签署了战略合作协议，三方将强强联手，协作攻关大型重载机床用力矩电动机产业化。该项目研发成功后将是我国传统机床行业的又一次升级换代的革命，具有降低噪声、减少污染，节能环保的特点，此合作研发将大大提高我国机床行业绿色制造水平。

据介绍，三方整合了高校、生产厂家、用户单位多方在装备制造技术、人力、信息优势等资源。该项战略合作旨在通过产、学、研、用相结合，以齐重数控为产品载体，以工大华工电机为技术依托，共同开发重型数控机床用超大力矩电动机及大尺寸高精度传感器，掌握相关设计、制造和控制核心技术，综合技术指标和可靠性达到国际同类产品水平。三方通过合作开发，将彻底改变机床传统的传动模式，采用直接驱动技术实现“零传动”，利用力矩电动机的软机械特性及高精度感应同步器大孔径高精度的特点，改变传统的传动方式，取代“伺服电动机 + 蜗轮蜗杆”或“伺服电动机 + 齿轮箱”的工作方式，直接驱动滚、磨齿机的转台、立车回转台，最终达到突破重型数控机床加工精度的难题。