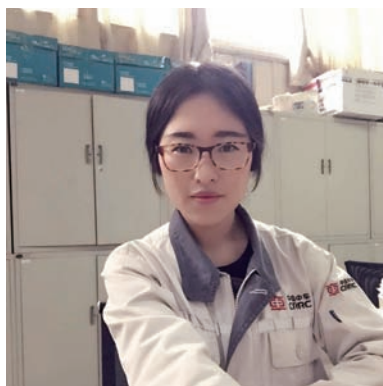


螺纹铣削技术在高速动车组构架加工中的应用

■ 中车南京浦镇车辆有限公司（江苏 230031） 李立华

摘要：针对传统螺纹加工方式无法满足高速动车组构架加工需求的问题，分析螺纹孔加工难点，采用螺纹铣削技术，选用合适的螺纹铣刀及加工方式，加工出满足技术要求的牵引拉杆座螺纹孔。



转向架是轨道客运车辆下部重要的走行部件，构架作为转向架的主体，通过加工部位装配各零部件将其联接成一个整体。构架整体加工精密而复杂，涉及钻、铣、镗、铰、攻等多种加工方式，加工方式的选择直接决定构架加工质量，从而影响转向架使用性能。螺纹孔作为构架质量安全控制“八防”中的一防（防松），其加工质量显得尤为重要。传统螺纹加工方法已无法满足高速列车转向架构架装配使用需要，探索新的工艺方法、改进螺纹孔加工质量势在必行。

1. 构架螺纹孔加工现状

目前公司各型构架螺纹孔均

采用传统攻螺纹加工，预先钻出螺纹孔底孔，利用螺纹丝锥以机动或手动方式通过连续切削加工出内螺纹。由于攻螺纹是在孔的内部进行加工，切屑易堵塞，从而造成丝锥崩刃和折损，攻螺纹时螺纹部的接触面积很大，润滑不足易引起丝锥熔结和磨损，最终导致螺纹质量出现问题，无法满足装配使用要求。

螺纹孔加工质量直接影响构架零部件的装配，从而影响转向架使用性能。针对螺纹孔出现的尺寸超差、部分螺纹损坏及烂牙等质量问题，分别可以采取扭力试验、镶嵌钢丝螺套以及扩孔焊补再加工等方式进行处理。不论采取何种处理措施，均会耗费

一定的人力、物力，并在一定程度上影响螺纹孔的耐用性及与螺纹副的联接质量。传统的攻螺纹加工虽初始成本低，但生产效率低、成品率不高，从长效来看，整体经济性欠佳。追求高效、灵活的螺纹加工方式是保证产品质量、提高生产效率的有效途径。

2. 牵引拉杆座M36螺纹孔加工难点

时速200km/h动车组构架牵引拉杆座如图1所示，通过牵引拉杆座M36螺纹孔将转向架与车体联接起来。牵引拉杆座作为转向架上的主要受力部件，其结构、强度直接对列车运行安全性产生影响，因此该处螺纹孔出现质量问题无法采用镶嵌钢丝螺套或更



牵引拉杆座
M36螺纹孔

图1 200km/h动车组构架牵引拉杆座

换新件的方式进行修复，只能采取扩孔焊补再加工的方法进行处理，修复工艺复杂，成本高、代价大。

采用传统机攻或手攻加工牵引拉杆座M36螺纹孔存在以下问题：

(1) 螺纹孔直径较大，加工中切削力也相应较大，无论采用刚性攻螺纹或柔性攻螺纹，在机床转速调整过程中切削力均变化较大，扭矩过大很容易导致丝锥折断。

(2) 螺纹孔为盲孔，丝锥很难在盲孔底部加工出全螺纹，且攻螺纹过程中孔底切屑不易排出，很容易造成丝锥挤压切屑。受加工空间限制，只能使用尺寸规格较小的窄铣头进行加工，窄铣头不带有内冷，外冷切削液的压力及流量不足均会影响冷却润滑效果，致使丝锥熔结和磨损。

(3) 螺纹孔手动攻螺纹对操作者操作技能要求较高，螺纹孔径大，手攻操作吃力，耗时长，加工效率低，螺纹孔质量难于保证。

在加工构架小直径内螺纹时，采用丝锥攻螺纹的方法可以保证一定的加工效率及成品率，但由于牵引拉杆座M36螺纹孔直径较大且为盲孔，采用机攻或手攻方式很难保证螺纹加工质量。

3. 螺纹铣削工艺分析

螺纹铣削（见图2）技术是利用数控机床三轴联动功能，实现螺旋插补铣削，由机床控制刀具实现螺旋运动。螺纹铣削时圆周运动产生螺纹直径，同时垂直方向的移动产生螺距。根据螺纹铣刀旋转方向和沿轴向运动方向的

不同，加工出左旋内螺纹、右旋内螺纹、左旋外螺纹和右旋外螺纹。螺纹铣刀不受螺距和螺纹规格的影响，加工中可以采用高速切削和快速进给，保证加工质量的同时大幅提高加工效率。

螺纹铣削可以不受螺纹结构、螺纹旋向及空间结构限制进行加工。图3所示牵引拉杆座M36螺纹孔要求有效螺纹深度为45mm，由于是盲孔加工，采用丝锥加工孔底部很难获得完整螺纹，螺纹深度难于保证。当丝锥到达螺纹孔底部时，主轴停止并开始反转，在此期间丝锥仍要向前移动一段距离，导致丝锥有折断在孔内的风险。采用螺纹铣削可以很好地解决这一问题。由于螺纹铣刀尖端具有完整螺纹形状，加工至孔底部仍可形成完整螺纹，相较丝锥螺纹铣刀可以准确控制刀具停止点，精确地保证螺纹孔深度。采用丝锥攻螺纹加工螺纹孔，切削速度低，加工完成后需进行反转退刀，严重制约了加工效率。加工大直径螺纹孔，由于切削力过大，排屑不畅极易导致丝锥断裂在孔内，想获

得理想的表面粗糙度及螺纹精度较困难。螺纹铣削则因刀具是逐步切入工件材料，切削力较小，不容易断刀，且刀具具有足够的排屑空间，即使在切削液不是很充足的情况下，细碎的切屑依然能够被轻松地冲出而不会划伤已加工表面，因此能够获得良好的表面粗糙度。就刀具寿命而言，螺纹铣刀相较丝锥也有很大的提升。综合分析在现有加工条件下，铣削加工牵引拉杆座M36螺纹孔可以更好地保证产品质量。

4. 螺纹铣削刀具及加工方式的确定

常用螺纹铣刀可分为圆柱螺纹铣刀、机夹式螺纹铣刀和螺纹切头。各型螺纹铣削刀具具有以下特点：

(1) 圆柱螺纹铣刀一般可以分为粗牙螺纹和细牙螺纹两种，刀具自身无螺旋升程，依靠机床运动实现螺纹加工，既可加工左旋螺纹，又可加工右旋螺纹。刀具材质为硬质合金或带有各种涂层，具有切削平稳、寿命高等特点，在钢件、铸铁、有色金属及小直径螺纹铣削中应用广泛，不适于加工大螺距螺纹。

(2) 机夹式螺纹铣刀与普通机夹式铣刀结构类似，由刀杆和刀片组合而成，刀片便于更换，刀杆可重复使用。机夹式螺纹铣



图2 螺纹铣削

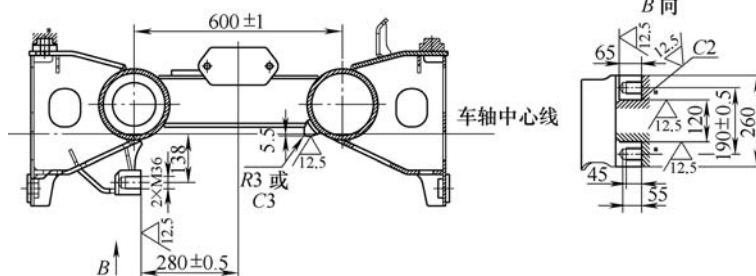


图3 牵引拉杆座加工示意图

刀相较整体螺纹铣刀抗冲击能力差，但刀具制造成本低，适宜加工M20以上大直径螺纹，能够大幅降低加工成本。在选择机夹式螺纹铣刀时，应综合考虑加工螺纹直径、螺纹有效深度及工件材料等因素。

(3) 螺纹切头可分为圆梳刀外螺纹切头和径向平梳刀内螺纹切头。切削过程中可通过手动或自动使梳刀径向开合。螺纹切头加工精度高、生产效率高且刀具寿命长，但其结构复杂、制造成本高，适合大直径螺纹加工，选用螺纹切头应考虑整体加工经济性。

选择螺纹铣刀除考虑刀具类型、刀具齿数、刀具几何角度和刀具长度等因素外，还应考虑刀具直径。铣削内螺纹过程中，随着铣刀直径的增加，刀具与工件的接触弧明显变长，随之显著增加的还有螺纹齿槽扩大量，因此选择合适的螺纹铣刀直径，才能保证获得精确的螺纹牙型和精度。在加工深孔螺纹时，应尽可能选用大直径螺纹铣刀，提高刀具刚性的同时缩短螺旋插补走刀路径，提高加工效率，获得更好的加工表面粗糙度及更长的刀具使用寿命。

螺纹铣削方式分为顺铣和逆铣两种，螺纹铣刀旋转方向与工件进给方向相同为顺铣，螺纹铣刀旋转方向与工件进给方向相反为逆铣。顺铣时切削力是压向工件的，切削平稳可以获得良好的表面加工质量，同时可减小刀具磨损、更有利于排屑、减少加工表面硬化，同等切削条件下，顺铣加工刀具寿命比逆铣可提高3倍。逆铣切削力有上抬工件的

风险，因此需要较大的夹紧力，切削过程中由于产生热量较多，刀具寿命明显下降，因此在螺纹铣削过程中应尽可能采用顺铣加工。

通过以上分析兼考虑加工的经济性，牵引拉杆座M36螺纹孔加工采用机夹式螺纹铣刀（见图4），刀柄型号为BT50BWN32105M，刀杆型号为TM45C 32W31-95-2U，刀片型号为2UIDC60TMVBX，选用的螺纹铣刀具有4个三角形可转位刀片，多齿刀片使螺纹刀具在螺纹插补铣削加工中容屑、排屑能力提升，有效避免刀具发生断裂，确保螺纹加工不间断。为获得更高的表面质量，螺纹铣削采用顺铣加工。

5. 工艺试验及取得的效果

时速200km/h动车组转向架构架有两个牵引拉杆座，拉杆座材质为Q345C，每个拉杆座有



图4 M36螺纹孔加工用机夹式螺纹铣刀

2个M36×4mm螺纹孔，螺纹孔底孔深度55mm，螺纹有效深度45mm。拉杆座已加工面理论上距筋板厚度为65mm，由于划线工序会出现尺寸找借等情况，实际拉杆座端面加工余量会有偏差，若螺纹孔底孔采用钻头加工，当拉杆座端面加工量偏大时，钻尖深度很有可能会伤及拉杆座筋板，因此决定采用U钻进行螺纹孔底孔加工。U钻加工效率高于普通钻头，加工前不需要打中心引导孔，加工后孔底平坦，在钻孔加工冷却润滑不充分的情况下，仍可获得较好的表面质量，且U钻前端具有可更换的刀片，磨损后直接更换刀片即可，降低了刀具使用成本。由于现场只有尺寸规格为φ31.5mm的U钻，因此另需增加一把φ32mm精镗刀，加工M36螺纹底孔至φ32mm尺寸。最后采用M36螺纹铣刀走刀一次加工出M36内螺纹，各刀具加工切削用量如附表所示。

采用M36螺纹铣刀加工牵引拉杆座螺纹孔取得了良好的效果（见图5），螺纹孔尺寸经M36-6H螺纹止通规检测，满足技术要求，且螺纹孔表面质量较高。经过现场工艺试验，验证了螺纹铣削技术在构架加工中应用的可行性和先进性，目前该技术已在公司多个项目构架加工中得到使用和推广。

M36螺纹孔加工切削用量表

加工部位	切削深度/ mm	走刀 次数	进给量/ (mm·min ⁻¹)	转速/ (r·min ⁻¹)	切削速度/ (m·min ⁻¹)	使用刀具
钻牵引拉杆座底孔	15.75	1	100	600	59.38	φ31.5 mm U钻
精镗牵引拉杆座底孔	0.25	1	100	800	80.43	φ32mm精镗刀
铣牵引拉杆座 M36螺纹孔	2	1	13.33	800	80.43	M36螺纹铣刀

3D打印技术在零件加工中的应用

■ 西安北方光电科技防务有限公司 (陕西 710043) 申 伟 张利军

摘要: 在复杂异形钛合金材料零件的切削加工中引入3D打印技术,通过快速成形方法,进行零件毛坯过程优化,以便提高造型精度、速度和质量,解决毛坯加工余量大的问题,提高了加工效率,降低了生产成本。



资产管理部工程师 申 伟

越来越多的钛合金材料被应用于产品零件中。由于钛合金材料较昂贵,利用钛合金材料做成的产品结构零件,大多为形状复杂的薄壁、高精度精密零件,单

纯采用机械加工的方法,加工余量大,工序繁琐,生产周期长,加工成本高。针对此问题,工艺采用3D打印钛合金毛坯,提高材料的利用率,降低加工成本,提高加工效率。

1. 3D打印原理

3D打印技术是增材制造的主要方式,依据由CAD构造的产品零件毛坯三维模型,通过离散获得堆积的路径、限制和方式,采用堆积材料叠加起来形成三维实体。对其进行分层切片,得到各层截面的轮廓。按照这些轮廓,激光束喷射源选择性地喷射一层

层所需要加工的材料粉末,并进行烧结,形成各截面并逐步叠加成三维产品。

2. 3D打印方法

(1) 建模。由CAD软件设计出所需加工零件毛坯的计算机三维曲面或实体模型。

(2) 分层。将三维模型沿一定方向,离散成一系列有序的二维层片。

(3) 层面处理。根据每层轮廓信息,按照CAD软件设计工艺规划,选择加工参数,自动生成数控代码。

(4) 层面加工与粘接。成形



图5 螺纹铣削加工后M36螺纹孔

6. 结语

螺纹铣削技术具有加工质量高、效率高、刀具通用性好及安全性能好等诸多优点。螺纹铣削相较传统机床攻螺纹加工,切削力大幅降低,在加工大直径螺纹时尤为明显,解决了由于机床负荷过大、无法驱动丝锥而停止加工的问题。丝锥磨损后重新修磨成本过高只能采取报废处理,而螺纹铣刀磨损后,只需进行必要的刀具半径补偿和程序修改便可

继续使用,加工出满足工艺要求的螺纹,大大延长了刀具的使用寿命,降低了加工成本。随着轨道交通行业的快速发展,螺纹铣削技术由于其优质、高效和低成本的特点,将在构架加工中得到越来越广泛的应用。

参考文献:

[1] 张涛. 数控铣削加工螺纹的方法探讨[J]. 金属加工(冷加工), 2008(11): 67-68.

MW (收稿日期: 20170503)