

多深孔轮体加工工艺研究<sup>\*</sup>陈建兵<sup>1</sup>, 向青青<sup>1</sup>, 戴述文<sup>2</sup>, 张智<sup>2</sup>

(1.长沙理工大学 创新创业教育学院, 湖南 长沙 410004; 2.珠海市理工职业技术学校, 广东 珠海 519000)

**摘要:** 深孔加工是机械加工中必不可少的工序之一, 由于其切削散热慢、排屑困难和轴线偏移等难题, 已成为机械加工中的重要问题。文中分析了枪钻外排屑加工、内排屑加工、喷吸钻加工、单管喷吸钻加工、单管喷吸钻内排屑加工等现有加工系统的优缺点, 以多深孔不锈钢轮体加工为例设计加工工艺, 并结合实际加工过程分析了深孔加工的影响因素。

**关键词:** 汽车; 深孔加工; 异形件深孔; 加工工艺

**中图分类号:** U466

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2018)04-0009-02

深孔加工通常指长径比大于 5 的钻孔过程, 是一种半封闭式状态下的切削加工工艺, 冷却和排屑过程存在很大困难, 切削热很难由冷却液和切削带走, 导致加工的工件、刀具等成为主要散热对象, 不仅会减少刀具使用寿命, 而且会对加工精度产生影响, 如因热胀冷缩而使孔产生形变。随着零件加工难度的不断升级及加工材料的不断更新, 急需找到一种更成熟的深孔加工方法。

## 1 多深孔轮体零件

如图 1 所示, 多深孔轮体零件的外圆直径为 138.5 mm, 高度为 129 mm, 加工要求是在该零件圆端面上加工出直径 6 mm、深度 110.8 mm 的深孔, 深孔均匀分布, 共 36 个。加工孔的直径小, 深度大,  $\text{深度/直径} = 110.8/6 \geq 18$ 。该工件材质为 2Cr13, 调质硬度为 HB220-230, 金相组织特征为马氏体。力学性能如下: 抗拉强度  $\geq 440 \text{ N/mm}^2$ ; 屈服强度  $\geq 635 \text{ N/mm}^2$ ; 伸长率  $\geq 20\%$ ; 断面收缩率  $\geq 50\%$ 。该零件韧性较大, 切削加工时易产生塑性变形, 同时产生切削热, 导致积屑瘤积聚。

## 2 深孔加工系统选择

随着国内外加工技术的发展, 深孔加工系统越来越多样化。根据其工艺流程和工艺特点, 主要有枪钻外排屑加工系统、喷吸钻加工系统、内排屑加工系统、单管喷吸钻加工系统和单管喷吸钻内排屑加工系统。

枪钻外排屑加工系统是 20 世纪初美、英等国为

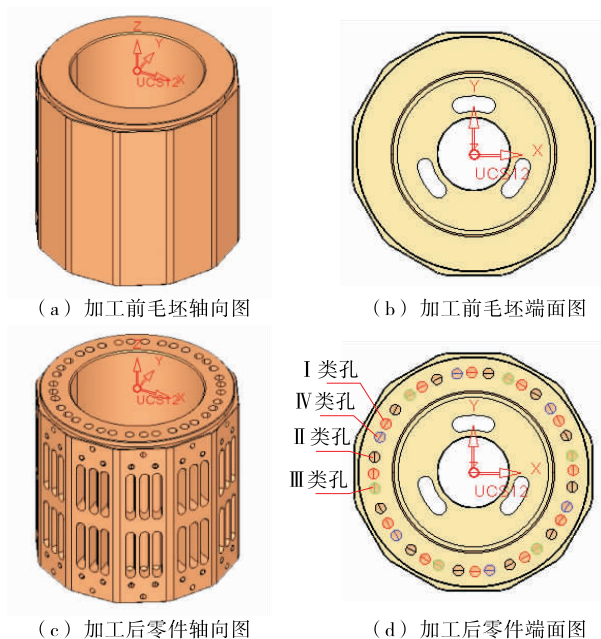


图 1 多深孔轮体零件

解决军事用途中的枪管制造问题而发明的深孔加工方法。该加工方法通过将加高压的切削液通入加工钻杆的内部进行冷却和润滑, 不存在切削热很难由冷却液和切削带走的现象, 设计的钻杆 V 形槽与孔内壁可在切削时直接带走切屑, 不会产生多余积屑。但由于切削时排屑, 积屑会产生部分摩擦, 导致深孔表面受损, 降低加工质量。该系统受钻杆结构及冷却排屑方式的限制, 不适用于高效、精密加工及直径小于 20 mm 的深孔加工。

内排屑加工系统又称 BTA (Boring and Trepanning Association) 加工系统, 是以德国 Beisner 发明

<sup>\*</sup> 基金项目: 国家自然科学基金项目(11572055)

的内排屑深孔钻为基础,通过BTA协会的提升与改进而提出的,是一种方便、实用的加工方法。它直接将高压切削液打入加工钻杆的外壁和内壁之间冲刷多余积屑,同时实现加工系统的冷却和润滑。这种排屑方式简单明了,不会损伤深孔表面。但因为切屑液有较高压力,使用时对密封要求较高,使用效果也会因钻杆内孔的有限空间而大打折扣,不适用于直径小于12 mm的深孔加工。

喷吸钻加工系统是一种应用广泛的加工系统,由瑞典Sandvik公司发明。其工作原理是根据喷吸效应,采用推吸联合作用将切屑液通入双层管钻杆,再利用流体的喷射效应将携带切屑的切削液从管内吸出。这种排屑方式既可保证深孔表面质量,也能降低切削液的压力,且钻杆的刚度得到改善。但由于其结构限制了排屑量,无法用于直径小于18 mm的深孔加工。

单管喷吸钻加工系统由日本的一家冶金公司综合BTA加工系统和喷吸钻加工系统的优点而提出,最初应用于煤矿行业。其工作原理是将喷吸钻加工系统的双层管钻杆结构改为单管,增加其排屑量。其使用双进油装置,在进油装置外增加一个专门起吸效应的油压头。该系统结构并不复杂,但效果明显,实现了一根钻杆完成推压和吸收切屑,加工过程更方便。其最小加工直径可达6 mm。

单管喷吸钻内排屑加工系统(SIED)于21世纪初由王峻等发明,是目前较先进的全面实现集成化的深孔加工系统,但还未广泛使用。该系统包含调式功率增补型喷吸钻抽屑装置、单出屑口内排屑喷吸钻、内排屑单刃深孔喷吸铰刀和内排屑单刃深孔镗头4项关键技术,可以说是集前几种技术于一身。

由于前述多深孔轮体零件的加工批量小,且对深孔的内表面质量要求不高,根据各加工系统的特点及适用范围选用枪钻外排屑加工系统进行加工。

### 3 加工工艺流程设计

根据图1,各深孔的几何关系为:36个深孔分为12组,每组深孔与外圆轮廓上的棱边具有一定的角度关系。在工件装夹时需校正棱边的角度,然后对X、Y方向进行分中,找到工件的零点。每组中的3个深孔之间的间距不等,中心距分别为8.3和9.5 mm,在加工过程中必然会出现受力不均衡的情况。为此,采用间隔加工的方式,即在当前加工位置所处的组内加工完成1个孔后立即跳转到其他组加工,

而不是加工该组剩余的2个孔。

考虑到孔的加工深度为110 mm,长径比大于18,工序安排为中心钻(在各深孔的圆心处钻中心孔)→短钻头钻孔(加工深度为40 mm,其作用是为深孔加工进行轴线导正)→长钻头钻孔(加工深度为110 mm)→倒角。加工路线为中心钻→1号短钻头加工图1(d)中Ⅰ类孔→1号短钻头加工图1(d)中Ⅳ类孔→2号短钻头加工图1(d)中Ⅲ类孔→2号短钻头加工图1(d)中Ⅱ类孔→1号长钻头加工图1(d)中Ⅰ类孔→2号长钻头加工图1(d)中Ⅳ类孔、Ⅲ类孔→3号长钻头加工图1(d)中Ⅱ类孔→倒角刀对36个深孔倒角。

该多深孔轮体使用的机床型号为DMG MORI ecoMill635。中心钻(在各深孔的圆心处钻中心孔)工序时,主轴转速为1 500 r/mm,进给速率为80 mm/min;短钻头(加工深度为40 mm,其作用是为深孔加工进行轴线导正)工序时,主轴转速为800 r/mm,进给速率为50 mm/min;长钻头(加工深度为110 mm)工序时,主轴转速为800 r/mm,进给速率为30 mm/min。图2为多深孔轮体零件的实际加工效果。



图2 多深孔轮体零件加工效果

### 4 影响深孔加工的因素分析

(1) 被加工零件材质及其均匀性。在深孔加工过程中,被加工零件材质及其均匀性是很重要的因素。若其组织不均匀、材质不纯等,会损害机床,损坏刀具,产生冲击振动,有的机械会发出“咔咔”异响。长此以往,会使机床损坏,加工过程停止,有的还会出现零件报废、撞机事故。

(2) 刀具质量问题。由于加工方式积屑磨损的原因,深孔加工过程中常会出现刃口磨损,也会产生切削振动等突发问题,生产过程被迫停止,甚至还会使零件报废,出现钻头折断现象。

(3) 定位夹紧装置。定位和导向不准确,如上

(下转第20页)

表 6 长沙市马王堆片区拥堵路段统计

时间	拥堵路段
周一	东二环(远大路—东荷街);万家丽路(晚报大道—纬二路);远大路(马王堆路—万家丽路)
周二	万家丽路(晚报大道—古汉路);古汉路(马王堆路—商贸路);荷花路(马王堆路—万家丽路)
周三	晚报大道(芙蓉市政—万家丽路);万家丽路(晚报大道—荷花路);远大路(马王堆路—万家丽路)
周四	东二环(晚报大道—荷花路);万家丽路(晚报大道—荷花路);远大路(马王堆路—万家丽路)
周五	东二环(晚报大道—荷花路);万家丽路(远大路—荷花路);远大路(马王堆路—万家丽路);荷花路(马王堆路—万家丽路)
周六	万家丽路(晚报大道—凌霄路);万家丽路(老屋园路—荷花路)
周日	万家丽路(晚报大道—凌霄路);古汉路(马王堆路—万家丽路)

5 结语

交通瓶颈是影响交通畅通的限制因素,一方面,瓶颈由于本身的特性会对交通流产生一定影响;另一方面,瓶颈处交通管理的不合理也会增强瓶颈对交通的负作用。该文提出的基于服务水平和基于在线地图实时路况的交通瓶颈识别方法简单、实用,能有效识别路网中交通瓶颈,为消除交通瓶颈提供优化管理依据,保证城市交通的畅通。

参考文献:

[1] 王殿海,陈学文,杨绍辉,等.北京市快速路交通瓶颈分

析[A].世界华人交通运输学术大会[C].2007.  
[2] 邓瑞.城市区域路网交通瓶颈识别与预测[D].成都:西南交通大学,2012.  
[3] CJJ 152—2010,城市道路交叉口设计规程[S].  
[4] 王伟,过秀成.交通工程学[M].南京:东南大学出版社,2011.  
[5] 陈宽民,严宝杰.道路通行能力分析[M].北京:人民交通出版社,2011.  
[6] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范[S].  
[7] 交通运输部科学研究院.2016 中国主要城市交通分析报告[R].北京:交通运输部科学研究院,2017.

收稿日期:2018—03—12

(上接第 10 页)

述多深孔轮体零件中棱边和 X、Y 方向寻中不正确,会导致孔的位置不精准,甚至发生偏移。同时由于工件人为夹不紧、夹不牢,会使加工过程中出现刀具损坏、加工精度差等突发问题,甚至使零件报废或零件直接脱离工作台而出现撞机事故。

5 结语

深孔加工经过多年的发展与探索,已形成较完备的加工体系,但仍需结合新时代下多种材料和技术的要求不断创新。多次机床试验加工结果表明,多深孔轮体加工效果与预想的一致,整体硬质合金钻头效果拔群,能较好地完成多深孔轮体加工过程。该深孔加工工艺可有效避免积屑损伤和孔的热胀冷缩现象,同时满足加工后的位置尺寸精度及严格的壁厚差要求。

参考文献:

[1] 何定健,李建勋,王勇.深孔加工关键技术及发展[J].航

空制造技术,2008(21).  
[2] 邱易,雷勇,郑建明,等.深孔加工工具系统研究现状及趋势分析[J].工具技术,2015,49(12).  
[3] 姜雪梅.空心长轴深孔加工工艺研究[J].航空精密制造技术,2011,47(4).  
[4] 黄宝岭.如何提高枪钻加工深径比[J].制造技术与机床,2011(3).  
[5] 李忠秋,沈兴全,张继明,等.深孔加工多级曲面负压抽屑系统的设计与研究[J].组合机床与自动化加工技术,2016(1).  
[6] 张晓东,韩策.航空复杂壳体零件深孔加工技术研究[J].航空制造技术,2017(15).  
[7] 李英,曹选平.内排屑深孔钻削加工刀具探讨[J].成都纺织高等专科学校学报,2007,24(4).  
[8] A Al-Hamdan.Effect of misalignment on the cutting force signature in drilling[J].Journal of Materials Processing Techniche,2002,124(1).  
[9] 顾军.一种客车车顶型支架的制作工艺[J].客车技术与研究,2015(1).

收稿日期:2018—03—20