

数, 计算各插值点的函数值;

(4) 将计算所得函数值转换为刀轴矢量, 插入原刀位文件;

(5) 将修改后的刀位文件重新载入CAD/CAM软件。

刀轴矢量优化的同时仍需注意刀路设计中避免产生加工干涉或过切等情况, 因此将优化后的刀路文件重新载入CAD/CAM软件, 利用CAD/CAM软件完善的图形显示、刀路轨迹模拟功能来验证刀轴矢量修改的正确性。

4 优化实例分析

以我公司生产的机器人关节零件为例, 如图4所示, 曲面1为罩壳装配面, 宽度约3mm, 与塑料罩壳配合。曲面2为关节体内表面, 该面为自由曲面, 采用12mm球头铣刀加工。曲面1和2为内凹连接, 连接处要求圆角R0.5。曲面1为不可展直纹面, 在图5所示云图区域高斯曲率范围为 $(-4.49e-5, 0)$, 曲率变化较大。

对于曲面1和两曲面连接处的R0.5圆角, 如果采用球头铣刀加工, 需订购R1、R0.5非标刀具, 价格昂贵且交货期长, 而且逐次减小球刀直径的方法多次铣削该曲面的效率极低, 工时约为侧铣方案的300倍。鉴于该直纹面扭曲程度不大且宽度较窄, 经验证侧铣加工可以满足轮廓精度要求, 所以曲面1采用 $\Phi 16r0.5$ 机夹式立铣刀五轴联动侧铣加工, 刀尖圆角正好铣出两曲面连接处的R0.5圆角, 刀路轨迹如图4所示, 加工现场如图6所示。

在图5所示高斯曲率变化剧烈的区域, 因数模U、V数据的失真, CAD/CAM软件计算的刀路轨迹存在机床平动坐标和转动坐标运动不匹配的情

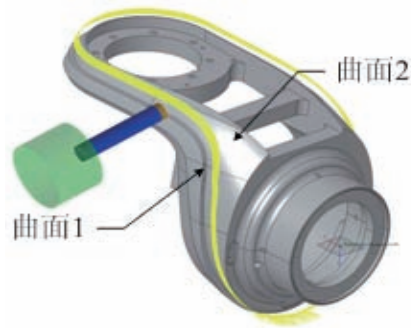


图4 零件三维数模与刀路

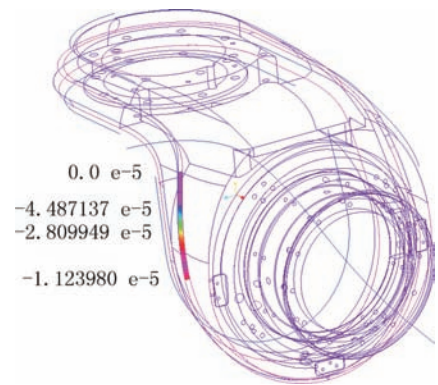
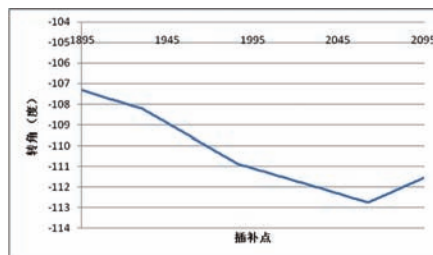


图5 高斯曲率示意图

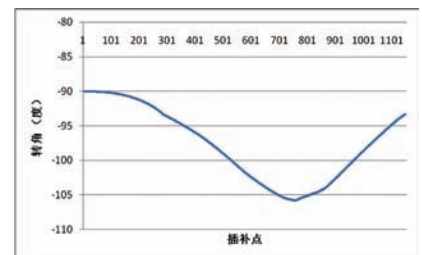
况, A轴有明显的剧烈加减速瞬间, 造成刀具滞留于加工表面, 在工件表面留下了0.5mm左右的刀痕。提取这部分曲面的刀路轨迹, 对刀轴矢量进行优化, 优化前后的A轴转角与速度如图7所示。优化后A轴的转动过程更为平滑, 速度波动更小, 避免了急加减速过程, 加工出来的曲面更为光滑。



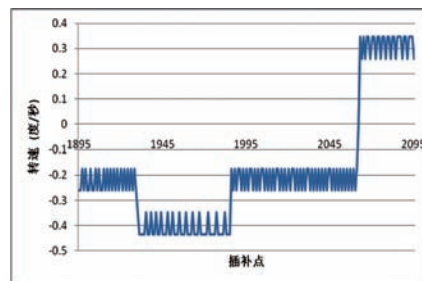
图6 案例零件加工现场



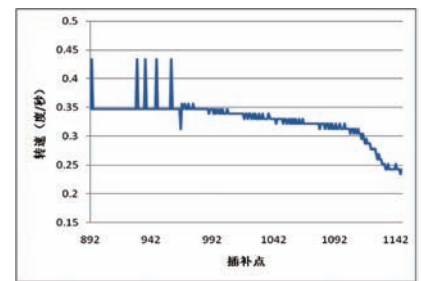
(a) 优化前A轴转角



(b) 优化后A轴转角



(c) 优化前A轴转速



(d) 优化后A轴转速

图7 A轴转角与转速对比

5 结论

(1) 不可展直纹面侧铣加工原理

误差与母线两个端点处法矢夹角 α 、刀具半径R以及导线在加工点处曲率

半径相关, 两端点处法矢夹角 α 与两端点距离正相关。可作为刀路优化时对加工误差的判断依据。

(2) 机床旋转轴坐标不受线性轴变量影响, 仅与工件坐标系下刀轴矢量非线性相关, 因此可通过刀轴矢量优化来改善加工过程中的A、C轴动态性能。

(3) 采用三次样条插值方法对刀路进行优化可有效改善机床回转轴运动平滑性, 使速度波动平缓, 避免急加减速过程, 使加工出来的曲面更为光滑。

(4) 生产实际中结合使用本文提出的刀路优化方法和CAD/CAM软件可有效解决因数模U、V信息失真造成

的五轴侧铣刀路回转轴急加减速、干涉、过切、计算无解等问题。7

参考文献

- [1] Liu X W. Five-axis NC cylindrical milling of sculptured surfaces[J]. Computer-Aided Design, 1995, 27(12): 887-894.
- [2] CHIOU C J. Accurate tool position for five-axis ruled surface machining by swept envelope approach[J]. Computer-Aided Design, 2004, 36(10): 967-974.
- [3] REDONNET J M, RUBIO W, DESSEIN G. Side milling of ruled surfaces: Optimum positioning of the milling cutter and calculation of interference[J]. International

Journal for Advanced Manufacturing Technology, 1998(14): 459-465.

[4] 丁汉, 朱利民. 复杂曲面数字化制造的几何学理论和方法[M]. 北京: 科学出版社, 2011.

[5] 同济大学计算数学教研室. 现代数值数学和计算[M]. 上海: 同济大学出版社, 2004.

作者信息

计开顺, 工程师, 上海烟草机械有限责任公司技术开发部, 研究方向为机械制造工艺与数控加工技术, 硕士研究生, 毕业于同济大学先进制造研究所。通讯地址: 上海浦东新区锦绣东路2555号, 邮编: 201206, 电话: 13585671026, 电子邮箱: jikaishun@126.com。

会员传真

中国中元南宁五象山庄项目 入选住建部海绵城市建设典型案例

发布时间: 2017-07-17 文章来源: 中国中元国际工程有限公司网站

由中国中元国际工程有限公司设计的南宁五象山庄项目是全国第一批海绵城市试点工程。近日, 经南宁市政府推荐, 该案例已被收录在住建部联合中国建筑工业出版社出版的《海绵城市建设典型案例》一书内, 将其先进的设计理念和技术推广到整个行业, 引领行业的科学技术进步。

项目位于广西南宁市五象新区, 北靠秋月路, 南接玉洞大道, 西毗玉象大道, 东邻五象湖。地处邕江南侧

良庆河流域。用地面积17.5万平方米, 总建筑面积5.3万平方米, 容积率0.27, 建筑密度12.8%, 绿化率45%。项目功能为新建酒店及配套设施。

南宁五象山庄项目运用了“海绵城市”的建设理念。海绵城市也就是要让水在城市中的迁移活动更加“自然”。海绵城市强调优先利用植草沟、雨水花园、下沉式绿地等“绿色”措施来组织排放径流雨水, 以“慢排缓释”和“源头分散式”控制为主要规划设



计理念, 先利用场地源头设施对径流进行促渗减排, 部分径流雨水可予以调蓄净化和回收利用, 最后实现安全有序排放, 与传统给排水系统最大的区别就是“水文循环回归于自然”这一理念。

该项目采用科学严谨的手法, 严格按照海绵城市建设理念进行精细化设计。充分结合原有地貌, 依地势进行平面布置及竖向设计, 减少土方平整节约资源, 以当地自然环境为主设计建造为辅, 最大化达到生态型海绵城市的理解效果, 最终成果也收到社会各界一致好评。

管形件端头冲压成形的浮动凹模修边冲孔模

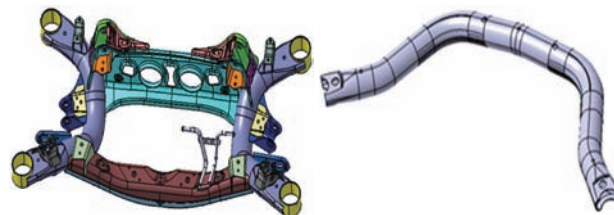
本项目属于材料加工工程学科和模具技术领域，是轿车底盘悬架总成管型端头冲压加工关键制造技术。管型零件的工艺流程为：切管、数控弯管、端头成型、端头修边冲孔。其中端头的修边冲孔模具的凹模强度薄弱，端头修边尺寸精度不足，严重影响底盘悬架系统焊接总成质量。

根据管型件端头的形状特点，采用新型模具结构，自行开发设计了浮动凹模修边冲孔模具，成功地解决了管形零件端头冲压加工的模具强度问题，将管形件端头上侧修边废料做为下侧修边的凸模，上侧修边、下侧修边和冲孔一次完成，生产效率提高2倍以上，并极大地降低了废品率。

从2010年该项技术应用开始，奔腾B50系列轿车(含B70、X80车型)后副车架主管已累计批量生产36.6万件，废品率低于0.1%。

通过4年多的实际生产表明，本项目所设计的浮动凹模修边冲孔模具在生产过程中，产品质量完全符合要求，并且将管型件端头的修边冲孔工艺在一序内加工完成，可使生产效率提高2倍以上，同时极大地降低了废品率。

该成果不仅应用到奔腾系列轿车上，后期还成功推广到红旗H7后副车架左右管梁的开发，降低零件的制造成本，显著提高零件的生产效率和



质量。7

项目名称：管形件端头冲压成形的浮动凹模修边冲孔模

主要完成单位：一汽轿车股份有限公司
联系地址（邮编）：吉林省长春市蔚山路4888号一汽轿车六号门（技术部），130012

联系人：董家玲

电话：0431-85782697

电子信箱：dongjialing@fawcar.com.cn

电器制造及性能检测技术及装备设计与制造

该项目为焊接与检测工艺技术及装备研发与应用，成功研制了多工序自动焊接生产线、剩余电流动作特性在线自动检测专机、框架断路器在线智能校验台，实现了多种零件的一次性自动组装与焊接、产品自动装配及性能检测智能化。

转盘式自动焊接机，以融合上料、滴焊膏、焊接、检测、裁断工艺方法的巨大优势，复合电阻点焊5个工位，实现了6个零件（双金属元件、弧角、连接片、软连接、触头及接线板）的一次性自动组装与焊接。当属国内低压电器行业首创，对于低压电器制造技术无疑是一个重要的提升和填补，也是复合加工技术的重要发展。

剩余电流动作特性在线自动智能检测专机复合三个检测工位于同一机台上，并设计各工位信息、监测数据采集、反馈系统。成功解决了漏电断路器在线自动智能检测和出厂产品质量一致性问题；同时解决电工式电源的响应速度慢、能耗大、故障率高、电流精度低等缺陷。

框架断路器在线智能校验台设计方案成功解决了框架断路器在线智能校验的问题；采取分体式结构，与柔性装配线对接；控制系统采用IPC+PLC，设置自动、手动和参数设置三种检测模式，适应柔性装配线多



规格订单式的生产模式。7

项目名称：电器制造及性能检测技术及装备设计与制造；完成单位：浙江正泰电器股份有限公司；

联系地址（邮编）：浙江省乐清市北白象镇正泰工业园区正泰路1号；325603

联系人：张应林

电话：0577-62877777-6067

传真：0577-62877777-6070

电子信箱：zyingl@chint.com