

■中国重型汽车集团新疆商用车有限公司/王效勇

■中国重型汽车集团济南桥箱有限公司/孟繁纯

汽车转向节

全自动柔性线的开发

随着重型载货汽车需求的急剧扩张,市场竞争日趋激烈,汽车零部件制造水平和生产能力直接或间接地影响着整车的竞争。柔性化生产和精益化制造成为汽车零部件制造业追求的理念,高质量、高效率、低成本运行的生产制造系统成为汽车零部件企业的迫切期望。我公司基于柔性制造技术理念,广泛应用集成加工和复合加工技术,自主开发了重型载货汽车转向节加工流程和制造工艺,结合当今成熟的“CNC”机床、机器人和自动化技术,开发并实现了重型载货汽车转向节全自动加工线应用。

重型载货汽车转向节加工现状

1. 转向节加工流程及设备

国内外对于转向节的加工工艺多以专用机床、通用机床或以专用机床、通用机床、加工中心等组成加工线,分成十几道或二十几道加工工序。比较典型的加工流程如图1所示。

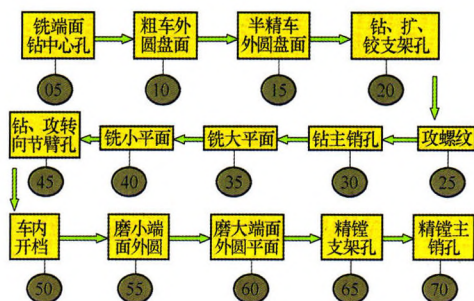


图1 转向节典型的加工流程示意

使用专机加工出用于加工轴颈所需的中心孔(05序),支承轴颈主要以粗车(10序)、精车(15序)、磨削(55、60序)等工艺方法加工完成。法兰、支架部分主要以钻、扩、铰、铣、镗、拉等工艺方法实现。主要设备以通用机床、专机、数控车床、加工中心等设备实现上述流程。考虑各工序加工能力的平衡,比较成熟的一条加工生产线含20~21台设备,加工能力约240件/天(三班制)。

2. 转向节典型加工流程分析

典型的转向节加工工艺流程存在下列特征:

- 1) 工序受到传统加工方式的束缚,虽然使用了数控车、加工中心等较先进的设备,但基准多次转换,数控设备难以发挥最大效率,加工产品的精度不够稳定。
- 2) 因结构特征和工序内容约束,加工工序多,产品转型局限性较大。
- 3) 设备结构和布局限制,生产线较长,在制品占用量大,难以实现一个流生产,生产效率难以实现最大化,精益化管理推行困难。

对国外多家重型载货汽车转向节加工线的了解、考察得知,其主要是以数控专机、加工中心等设备组成的生产线,虽然设备精度较高,但各工序单机作业,柔性差,生产管理也同样受到制约。目前国内外重型载货汽车转向节加工基本未实现将工艺系统、物流系统、信息技术有效结合,无法实现快速、敏捷、柔性化生产。

自动线策划、分析

1. 自动线策划的目标

国际先进制造技术系统应对的是市场需求的快速反应,实现敏捷化制造。该系统的构成应该包含了创新设计、前沿技术、制造组织、监控、物流、信息等内容系统化工程。基于企业自身发展的需要,对重型载货汽车转向节加工自动线的策划至少应实现先进工艺制造技术、信息技术、自动化技术、管理技术的集成应用,保证生产线高效率、高质量、低成本运行,满足重型汽车对转向节产品变化、制造精度、可靠一致性及生产能力的需要。

2. 先进工艺制造技术保证流程再造

在金属切削加工领域,复合加工技术正以其独特的优势,不断拓展应用空间。如复合加工机床一次装夹可实现车、铣、钻、镗、攻螺纹等多种工序内容的加工;复合刀具实现多工步加工一次成形。其最突出优点是极大缩短工件的制造周期,提高工件加工精度和品质一致性。

(1) 流程再造的工艺技术分析 基于复合加工先进技术理念的认识,数控设备的集成、精准、高速、自动化、数字化等功能的发挥,对转向节加工工艺简约化处理,达到流程再造目的实现。经过论证分析,OP10工序,充分利用可交换工作台的卧式加工中心将主销孔($\phi 78\text{mm}$ 、 $\phi 56\text{mm}$ 孔)、支架面、开挡面等粗加工内容和中心孔、支销孔($\phi 30\text{mm}$ 孔)等精加工用于后续定位的内容在一道工序实现;OP20工序,将各级轴颈加工面、盘面螺纹、轴颈端面等内容利用高精度数控车铣复合机床实现粗精加工一次完成;OP30工序,利用轴颈定位,将主销孔($\phi 78\text{mm}$ 、 $\phi 56\text{mm}$ 孔)、支销孔($\phi 30\text{mm}$ 孔)、支架面、开挡面等内容的精加工在一道工序完成,三道工序是可以实现的(工艺流程见图2)。



图 2

(2) 工艺过程难点预测控制 OP10的加工只能用

毛坯面定位,工件抓取、定位、加工的可靠性和准确性,直接影响后续基准和加工精度,乃至设备运行安全性。OP20的加工要实现定位准确和夹紧可靠,系统动静平衡,确保轴颈粗精加工,以车代磨一次完成,螺纹加工准确分度功能实现。OP30夹具需要保证定位的准确性,必须具有工件装夹准确检测功能,保证最终相关尺寸和位置的正确性,机械手抓取安全、准确、正确必须控制。包括工件状态识别、位置控制、夹持控制,信息交换等技术的把握。

(3) 柔性制造技术的运用 自动线应具备先进的柔性制造功能,主要表现在:自动线设备可根据所加工产品的需要,通过简单地更换夹具元器件来实现零件的多品种加工;对加工产品的批量可根据需要迅速调整,对加工产品的性能参数变化,可迅速变更并及时恢复生产;可迅速而有效地综合应用新技术、新工艺、新刀具,快速改变生产运营效率和成本;对产品换型需求变化及特殊要求能迅速做出反应,适应瞬息万变的市场需求。

(4) 高速加工制造技术的运用 自动线对机床的要求是高速、高精度、高精度保持性(工程能力指数 C_m/C_{mk})和高耐久性运转,对刀具的要求是利用新材料,以达到高的切削速度和进给速度。

(5) 加工能力分析和设备布局 原有成熟的重型载货汽车转向节一条加工生产线(左、右产品混线)含22台设备,加工能力约240件/天(三班制),加工节拍5min/件。按新策划的加工工艺流程各工序加工内容进行节拍评估:OP10需要12min/件,OP20需要8min/件,OP30需要12min/件。综合考虑、生产组织、物料管理和敏捷制造,策划将新的加工线按左右线分开,以适应突发事件。左线:OP10卧式加工中心三台,OP20数控车铣复合机床两台,OP30卧式加工中心三台。右线:OP10卧式加工中心三台,OP20数控车铣复合机床两台,OP30卧式加工中心三台。

(6) 物料输送系统 根据设备布局结构和生产线各环境要求控制分析,结合机器人运行速度和动作精度,设置六台机器人(每条线三台),分别完成各工序间工件输送、上/下料、状态识别和检测等工作。辅助设施由抓取系统、运行系统、物料输入/输出系统、中间周转/检测系统及各类传感器组成。

(7) 控制、信息系统 包括中央控制台、网络及软件、警示/报警/显示和安全防护系统。

重型载货汽车转向节自动加工线

基于上述的策划和分析,对重型载货汽车转向节自动线设计开发,并得以顺利实施。这条自动加工线由计算机网络全方位控制,通过机器人完成数控加工中心与车铣复合加工机床工序交换,实现了全线从毛坯到成品的自动化制造,将原来多道加工工序压缩为三道,达到集制造加工技术、自动化技术和信息技术于一体的柔性制造技术应用(见图3)。



图3 重型载货汽车转向节自动加工线

1.中心控制系统介绍

转向节自动线由CNC机床、机器人、上下料装置、周转/检测台及操作台组合,这些部分的动作和逻辑控制由系统主控部分负责,系统主控采用日本三菱的Q系列大型PLC进行控制,Q系列CPU是模块化的PLC,这使系统具有很强的可扩展性和可维护性。PLC的控制程序采用了较为容易理解的梯形图语言进行编程,采用了模块化编程,方便系统的调试和后期故障诊断与维修。PLC与CNC机床之间通信采用了较为流行的Profibus-DP现场总线,这种通信方式能够使通信速率和抗干扰性得到保证,而且采用总线结构,使系统接线得到了简化,对于后期维护也提供了方便。操作台硬件采用了PROFACE公司的真彩触摸屏,触摸屏与PLC之间通信采用了以太网结构的通信方式,这使系统的控制线路硬件结构和接线大大简化,在触摸屏上不仅能够对系统进行操作,而且能够显示系统及CNC机床的报警信息、产量信息、系统I/O状态等信息,还能对机床刀具进行寿命管理。机器人程序为川崎公司的AS编程语言,此语言类似于计算机C语言,方便理解,机器人动作由示教方式进行确定,这种方

式便于后期对动作位置进行调整。机器人与机床之间的动作逻辑由PLC进行控制,保证了动作的可靠性。

2.自动线运行过程实效简介

定时将工件毛坯放置到上料自动输送装置上后,上料装置检测开关检测到有工件时开始运行将工件运送到等待位,等待位检测开关检测到有工件时机器人执行抓取工件程序,将工件抓到机器人卡爪上(见图4)。在卡爪上加装限位开关,当卡爪有工件时,限位开关动作发出信号,执行装料程序,当卡爪上无工件时,限位开关无动作或提示报警。

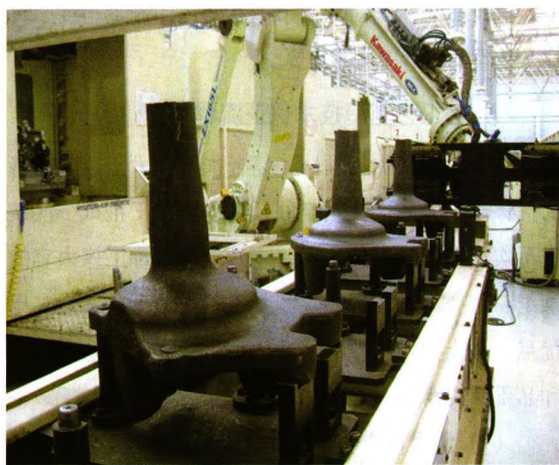


图 4

当加工中心加工完毕时,机器人将执行上下料程序。当机床夹具松开后,机器人将完成工序加工的工件取出,然后将毛坯工件装入机床夹具,夹具夹紧动作准确完成后,机器人移动将已加工工件放入周转/检测台(见图5)。

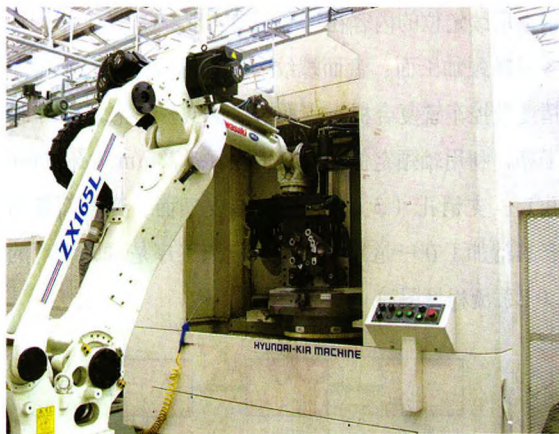


图 5

通过同样的控制方式实现OP20的工件自动装卸。由于OP20复合加工机床的结构特点。所以机床尾座上

加装三个接近开关，加载工件时顶尖向前，顶住工件时，触发装载到位接近开关，发出装载完毕信号，当无工件时，顶尖向前触发顶尖过位开关，当顶尖退回时，触发退回到位接近开关，发出退回到位信号（见图6）。

OP20工序增加了工件在线检测功能。当线外检测台发出要求检测的信号，则机器人将工件放到检测台上，检测完毕后按下检测完毕按钮，发出检测完毕信号，机器人再将工件从检测台上取下。如果没有要求检测信号，则机器人直接将工件放入下一工序的周转/检测台上（见图7）。最后一道工序的工件加工完毕后，机器人将工件放置到下料输送装置上，当下料装置的检测开关检测到有工件时则装置运行，将工件向外移送一步，等待操作工将完工工件取走（见图8）。

在OP30工序同样增加了工件在线检测功能。



图 6

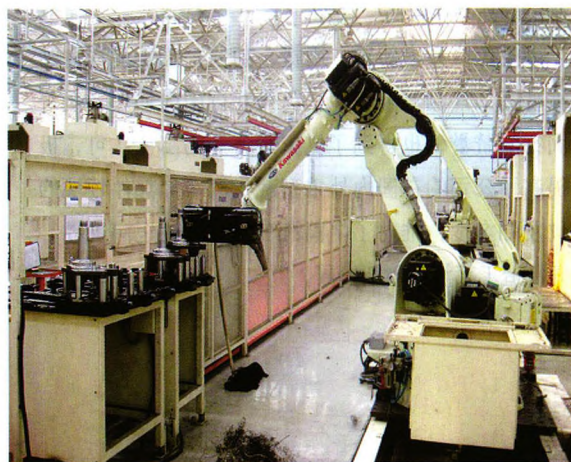


图 7



图 8

自动加工线的先进技术及先进工艺的应用

自动生产线运用了先进的自动物料输入/输出系统、工件在夹具中自动准确定位系统、气密检测系统、状态识别、在线诊断、检测、刀具寿命管理、破损检测系统、加工管理系统、柔性、复合加工技术和以车削代磨削等多项先进技术，创新了重型载货汽车转向节加工工艺。

1.自动线夹具，气密检测系统

无人操作的自动线，系统需有准确的识别工件在夹具准确定位及夹紧状态判别功能。气密检测系统应用保证了工件在每个工位夹具的定位正确。

在每台机床的夹具各定位面上配有气道结构，工件正确定位后即可把气道封闭，否则会漏气。自动线系统配置气密检测装置，其特点是：可检测系统压力，可自动保压，可调节驱动压力，从而达到调节出口压力的目的。当工件正确定位后系统的压力保持不变，自动线将按正确的程序运行。当夹具的定位面上气道漏气时，系统压力下降，则系统报警，程序停止运行，确保工件正确安装。

2.刀具寿命管理、破损检测系统

自动线配有刀具寿命管理和破损检测系统。系统

中备有正确的各类关键刀具径向及轴向尺寸的记忆。刀具在加工完成后需移动至检测开关位置进行检测,如与正确记忆发生偏差,系统将报警。

对正常使用的刀具,根据刀具的切削性能和使用寿命,对各种刀具的使用状况进行统计。确定刀具使用寿命,按编制刀具使用/更换说明书执行。

3.数据管理系统

自动线配有先进的数据管理系统。

(1) 生产运行的管理 每台机床输入输出运行状况,生产量的记忆(包括每个时段、每小时、每个班、每天、每月产量运行状况)在显示屏一目了然。

(2) 设备运行的管理 自动线六台卧式加工中心、两台车铣复合加工机床和三台机器人在总控制台显示屏中均有标识,通过不同颜色显示设备运行状态。设备如出现故障,系统也将准确显示故障的原因。

(3) 工件上下料及安装运行状态的管理系统 工件在运行或安装中发生异常,系统也将报警显示。

4.在线诊断、检测

自动线在每个工位旁均设有线外检测平台,机器人将按照设定的程序、按照工艺要求的检验频次,按程序将工件放置检测平台,操作工检测后发出信号,合格件通过机器人送至下工序运行。

5.以车削代替磨削新工艺

汽车制造业的大多数零件是在热处理后进行最终精度或形状的加工,车削正作为替代磨削的一种经济性方法在普及。目前,国外越来越多的企业已认识到车削的优点。在发达国家的汽车工业中,多种轴类、套类零件大多采用车工艺,收到良好效果。

以车代磨存在以下优点:加工效率高;设备投资少,维护费用低,适合柔性生产要求;可使零件获得良好的表面加工质量;车削是洁净加工工艺。在转向节自动线实施过程中的技术关键之一在于,工装配重的调节以及因机床工装等问题造成大小头及椭圆。由于转向节是不对称的回转体,且精车时切削速度高。要求车夹按每批零件的差异,调整动平衡量。

转向节全新的加工工艺特点

1) 保证工艺的合理性。转向节加工线使原来的二十几道工序的加工工艺变为三道工序。工序集中使

相互位置精度质量有极大的提高,工艺流程实现了国内首创。

2) 从毛坯到成品的上下料全部由机器人控制、操作。各工序运转安全、可靠,实现了柔性制造技术在国内中、大型零件的应用。

3) 自动线工件的上料、定位需正确、可靠,夹具配有气密检测机构,通过气密检测工件定位的正确与否。

4) 通过配置高精度平衡夹具,实现了先进冷挤压刀具的应用。总结出合理的加工参数,保证工件的表面粗糙度,达到了材料表面变性处理的效果,提高了工件的材料强度性能。

5) 自动线运行过程中,通过工件加工质量的在线检测,保证在线工件的加工质量。在线检测刀具的磨损状况,及时校正刀具补偿环节,保证工件加工质量水平的准确性和一致性。

6) 配有自动线配有严密管理系统,包括生产运行的管理、设备运行的管理、工件上下料及安装运行状态的管理系统等。

结语

由我公司自主开发的转向节柔性自动线,具有高精度、高效和自动化等特点,使生产线仅需操作工36人,与原来两条转向节线所需168名操作工相比减少了132人,仅此一项每年可节约人工成本264万元。自动线的加工效率比以专机组成的加工线提高了30%,年利润增加近1000万元。同时消除了人为因素在生产制造过程中的影响,极大地提高工程保证能力,体现了产品制造的高品质和高一致性。

该生产线方案新颖、简捷、超前,加工流程自动化程度高,产品质量稳定,已经获得国内外许多用户及同行的赞誉,也得到了机床装备业的高度认可,极大提高了公司的在国内外重型载货汽车零部件领域的地位及知名度,推动了中国汽车工艺装备迈向世界,提升制造工艺流程创新发展。

关键词:

重型载货汽车 转向节 柔性制造 自动线

(收稿日期20131125)