

表5 噪音干扰质量数据类型

类别	位置	文件名	总时长
正常场景	position1	Record76	10'27"
	position2	Record77	10'00"
	position3	Record78	5'01"
	position4	Record79	5'01"
电机异常	position3	Record13、Record14	2:00:38"
	position4	Record15、Record16、Record17、Record18、Record19	5'01"
	position5	Record20、Record21、Record22、Record23、Record24	5'02"
风扇粘贴纸张	position1	Record42、Record43	11'34"
	position2	Record44	10'01"
	position3	Record46	09'13"
风扇旁存在干扰	position1	Record28、Record29、Record33	19'43"
	position2	Record30	05'01"
	position3	Record31	05'05"
	position4	Record32	05'02"
轴承装配不到位	position1	Record34	10'01"
	position2	Record35	10'01"
	position3	Record36、Record39	11'10"
	position4	Record38	02'23"
生产车间环境音	position1	Record53- Record57	11'31"
生产车间设备音	position1	Record59- Record70	16'17"

表6 测试结果

type	Normal	Motor	Bearing	AirFan_Paper	AirFan_foreign body
Test loss	0.00074	0.00897	0.00259	0.00017	0.00026
Test accuracy					0.99985
Test Fault detection rate	0.00007084	0.00176	0.00016	0.00001929	

分离、定位、成像，采用声像对抗和迁移学习等建立小样本模型，采用自组织神经网络对新样本进行在线学习以提升模型辨识率，采用基于时序/空间/时频多维信息融合推理模型的故障检出、辨识和故障声定位，达到产品或零部件故障检测行业应用的故障检出率、辨识准确率及故障声定位精度等要求。

基于非接触超声感知系统的故障辨识和故障定位技术，采用基于传统机器学习、流形学习和深度学习算法的损伤特征增强表示和损伤特征降维算法，采用基于时间反转的高精度损伤定位算法及多点感知分布定位精度优化方法，采用基于概率算法的高精度成像算法及基于概率神经网络的结构损伤自动辨识算法，达到了线状

管结构损伤检测应用的定位和成像精度、检出准确率要求。

研究面向智能制造感知的边缘计算节点构建的软硬件协同技术，采用高效能的可重构处理单元结构实现神经网络、信号处理等智能算法加速，采用多种计算粒度混合配备的处理单元数据通路和通道间交叉运算的方法提高阵列重构的灵活性，采用基于OpenCL的计算阵列访问接口封装与调用的运行时管理软件设计，达到多速率，多任务算法模型的在线评测与快速应用部署。

将多模态智能感知系统与边云协同技术应用于故障诊断中，可以有效提高检测的准确率。**T**

参考文献

[1] 佚名.珠海格力电器股份有限公司:PQAM完美质量模式在人民大会堂等空调项目的研究与应用[J].品质,2017,000(003):67-69.

[2] 吴建军.精益设计技术在家电设计中的应用研究[J].中国新技术新产品,2020(02):8-10.

[3] 李娟,李军锋,颜永红.波场合空中声像感知距离重建[J].声学学报,2013,38(06):743-748.

[4] 曾庆源,谭万威,吴海英.混合语音信号的声源分离[J].信息与电脑(理论版),2019, 31(18):35-37.

[5] 梁治华,曹江涛,姬晓飞.基于EEMD和CS-SVM的滚动轴承故障诊断研究[J].机电工程,2019,36(06):622-627.

[6] 唐振韬,邵坤,赵冬斌,朱圆恒.深度强化学习进展:从AlphaGo到AlphaGo Zero[J].控制理论与应用,2017,34(12):1529-1546.

[7] 黄飞,黄孝斌,梁向锋,司博章,

(下转40页)

MES对接下重卡输入轴智能化减材制造

刘胜勇, 宋克伟, 张 苗, 王月桂

中国重汽集团济南桥箱有限公司, 济南, 250104

摘要: 本文根据用户要求, 从数字化、自动化、信息化、实时化、安全化等7个方面, 介绍了重卡输入轴智能化减材制造的工艺方案, 为输入轴智能化生产线的建设提供了保障, 有效解决了生产效率、质量一致性及用工成本等问题。本文对智能化制造商具有指导意义, 对商用车用户具有借鉴意义。

关键词: 输入轴; 生产线; 智能; MES

1 引言

在由中桥和后桥组成的商用车双级减速驱动桥上, 发动机动力传递至中桥主减速器内输入轴后, 经桥间差速器和贯通轴等传动过渡至后桥。此期间内, 输入轴作为驱动中桥上动力传递的关键零件之一, 既承受较大的转矩载荷, 又承受劣质路面等环节间接反馈的冲击作用力, 对车辆的行驶性能和工作寿命具有一定的影响性^[1]。于是, 公司投资700多万元建设1条基于MES对接的输入轴智能化生产线, 以实现输入轴的数字化、自动化、信息化、实时化减材制造, 从而剔除先前人力为主的落后生产方式, 稳定输入轴制造工艺并控制其质量一致性。

2 用户要求

目标零件为MCY13、MCY11及AC16系列驱动桥用输入轴(见图1), 主要内容“轴坯取料→车削外圆面及端面(05工序)→调头车削外圆面及端面(10工序)→滚切花键轴Ⅲ(15工序)→滚切花键轴Ⅱ(20工序)→滚切花键轴Ⅰ(25工序)→成品出料”, 毛坯重量不超20kg, 材料为42CrMo及

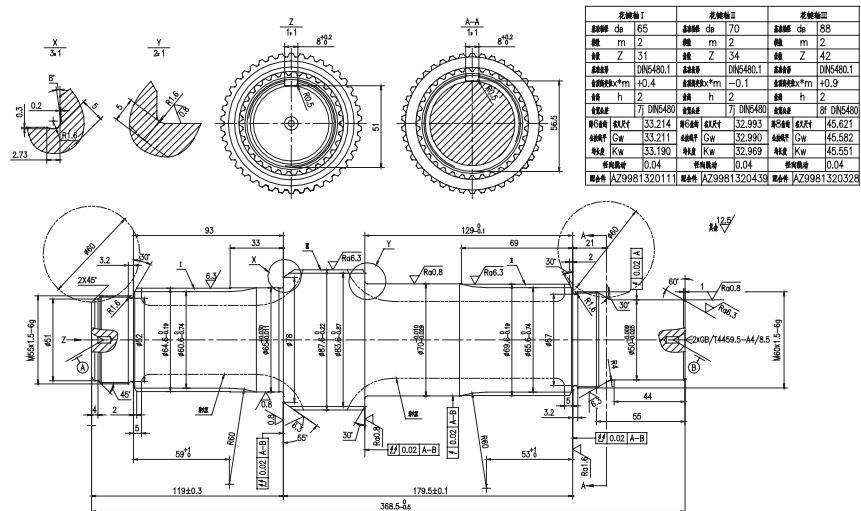


图1 AC16中桥输入轴(成品)示意

SAE4340H, 硬度HRC35~40, 相似产品有6种。先前, 逐件手工测量, 人工补偿刀具数据; 人工装卸产品, 员工腰肌劳损严重; 单班用工5人, 节拍达6min; 中间滑道输送物料, 作业空间狭小; 油漆笔标记产品类型, 常规格错乱废件。在投建输入轴智能化生产线后, 相似产品可快速拓展, 节拍不超4min, 过程产品智能识别纠错, 加工环境可智能监控, 零件自动装卸, 各项尺寸自动测量, 机床状态可实时数据显示, 质量数据直观呈现, 单班1人4小时无干涉连续作业等。

3 工艺方案

毛坯为锻件的中桥输入轴应先选择其前、后支承轴颈(或近端的外圆表面)作为粗基准, 进行两端面上A型中心孔的粗、精铣加工; 随后用A型中心孔定位, 进行毛坯的粗车削加工, 以获得图2所示的输入轴轴坯。后续加工方案则以轴坯两端面的A型中心孔定位, 实施车削和滚切任务的智能化减材加工。

3.1 数字化方案

轴坯先在2台FCL-300型数控卧

式车床上,依次完成05、10工序外圆面及端面的数字化车削,各自节拍3min/件。随后在6台YKX3132M型数控滚齿机上,每2台为一组,依次进行15、20和25工序中花键轴Ⅲ、Ⅱ、Ⅰ的数字化滚切,节拍6min/件。10工序结束,采用1台全自动测量机,对输入轴进行机外综合尺寸全项测量,SPC分析后生成Xbar-R、X-MR等图表。表1为AC16中桥输入轴05、10工序的工步内容。

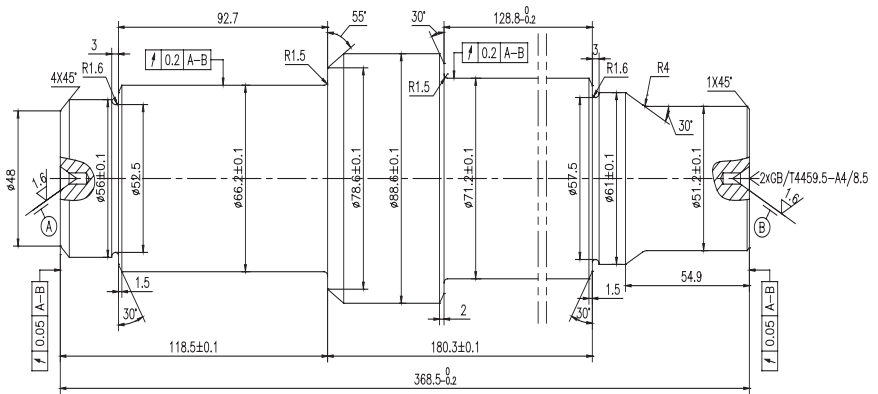


图2 AC16中桥输入轴的轴坯尺寸

表1 AC16中桥输入轴05、10工序的工步内容

工步顺号	工步名称	工步内容	对应的切削参数
05-1	精车削Ⅰ侧外圆面和端面	调用04号93°右偏车刀,在每转进给方式下,精车削输入轴上Ⅰ侧外圆面和端面,保证直径尺寸φ51mm、φ54.85mm、φ64.6 ^{-0.19} mm、φ65.3 ^{-0.05} mm、φ87.6 ^{-0.22} mm和φ78mm,并保证长度尺寸119 ^{+0.2} mm和368.5 ^{-0.2} mm等	S ₀₅₁ = 700r/min, n ₀₅₁ = 1 f ₀₅₁ = 0.3/0.2/0.1(mm/r) 刀杆: SDJCR 2525 M11 刀片: DCMT11T308-PM4215
05-2	精车削Ⅰ侧退刀槽	调用05号切槽刀,在每转进给方式下,精车削输入轴上Ⅰ侧退刀槽,其宽度3.2mm、底部直径φ52mm	S ₀₅₂ = 770r/min, n ₀₅₂ = 3 f ₀₅₂ = 0.03mm/r 刀杆: RF123F10-2525B 刀片: N123F2-0300-1125-RO
05-3	精车削Ⅰ侧外螺纹	调用06号螺纹车刀,在Ⅰ侧外圆面φ54.85mm上,以每转进给方式,分6次车削右旋单线细牙普通三角外螺纹M55×1.5mm,保证中径和顶径的公差带符合6g	S ₀₅₃ = 700r/min, n ₀₅₃ = 6, f ₀₅₃ = P ₁ = 1.5mm/r 刀杆: R166.5FA-2525-16 刀片: 266RG-16MM01A150M1125
10-1	精车削Ⅱ侧外圆面和端面	调用04号93°右偏车刀,在每转进给方式下,精车削输入轴上Ⅱ侧外圆面和端面,保证直径尺寸φ50.3 ^{-0.19} mm、φ59.85mm、φ69.6 ^{-0.19} mm和φ70.3 ^{-0.05} mm,并保证长度尺寸128.9 ^{-0.1} mm和368.5 ^{-0.2} mm等	S ₁₀₁ = 700r/min, n ₁₀₁ = 1 f ₁₀₁ = 0.3/0.2/0.1(mm/r) 刀杆: SDJCR 2525 M11 刀片: DCMT11T308-PM4215
10-2	精车削Ⅱ侧退刀槽	调用05号切槽刀,在每转进给方式下,精车削输入轴上Ⅱ侧退刀槽,其宽度3.2mm、底部直径φ57mm	S ₁₀₂ = 770r/min, n ₁₀₂ = 3 f ₁₀₂ = 0.03mm/r 刀杆: RF123F10-2525B 刀片: N123F2-0300-1125-RO
10-3	精车削Ⅱ侧外螺纹	调用06号螺纹车刀,在Ⅱ侧外圆面φ59.85mm处,以每转进给方式,分6次车削右旋单线细牙普通三角外螺纹M60×1.5mm,保证中径和顶径的公差带符合6g	S ₂₀₃ = 700r/min, n ₂₀₃ = 6 f ₂₀₃ = P ₂ = 1.5mm/r 刀杆: R166.5FA-2525-16 刀片: 266RG-16MM01A150M1125

说明: S为主轴转速, n为走刀次数, f为进给量

3.2 自动化方案

在基于S7-1500PLC和WinCC人机界面的自动化方面,采用2台ABB IRB6700-155型关节机器人(称RT)、雄克气动双手爪及22m长的齿条式地轨,实现输入轴的“取料

→传送料→装卸料→落料”任务;采用1台泰尼福XF510Cp微冲点阵气动打标机,完成通联条码(二维码+明码)的打标作业;成品出料前,RT抓件在康耐视DataMan 262X固定式图像读码器处识别完工;开设抽检出料

门和抽检平台,RT抓件向径向跳动测量仪装/卸料。图3为输入轴智能化生产线的平面布局。

在1号RT的任务流程中,视觉对中的RT自上料托盘抓取毛坯,放入二次定位台,识别并重新抓取;快移至打

标机处打码，经读码器读码，表示工件上线；RT抓件旋转移至05工序车床处，打开车床防护门后，卸下车削完的工件并装入待加工件，关门循环加工；抓件移至10工序车床处，重复05工序动作；RT抓件移至全自动测量机处，检测长度、外径及几何精度。此时，若15工序1(下称151)滚切已结束，则RT抓着检测合格的工件快移至151滚齿机处，卸下滚切完的工件并装入待滚切件，卸下的工件放于缓存及姿态转换台的1号位；若151滚切未结束，则RT抓着已检测工件快移至缓存及姿态转换台的2/3号位。随后，RT进入下一工作循环。

在2号RT的任务流程中，未经151滚切的目标件，则由RT自缓存及姿态转换台的2、3号位抓取并快移至15工序2(下称152)滚齿机处，卸下滚切完的工件并装入待滚切件，卸下的工件放于缓存及姿态转换台的4号位；变换姿态后，直接抓至20工序2滚齿机处，重复152动作；滚切完毕，RT将其卸至姿态转换台上。已在151滚切完的工件，则由RT自缓存及姿态转换台的1号位抓取并快移至20工序1滚齿机处，重复152动作；滚切完毕，卸至姿态转换台上。RT抓取姿态转换台上的目标件，送至25工序滚齿机进行加工；滚切完毕，RT抓取并送至读码器处扫码，表示工件合格。随后，视觉对中的RT将下线工件按程序路径码垛至成品托盘上，放满后托盘自动退出至既定位置，等待用户运走。码垛完的RT进入下一工作循环。

3.3 信息化方案

输入轴智能化生产线涉及3个网络，即生产网络、公司网络和监视网络。在生产网络内，总控制台PC先经

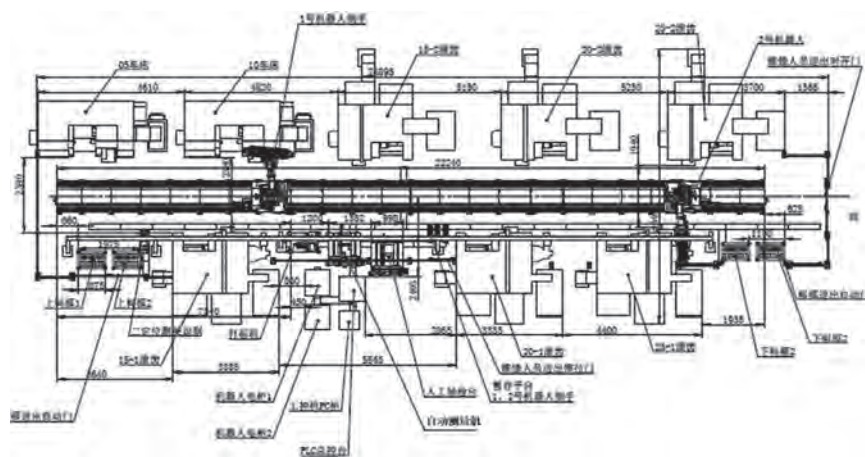


图3 输入轴智能化生产线平面布局



图4 基于Visual Studio环境的客户端车间管控系统

工业以太网交换机和Profinet现场总线，链接2台内嵌有DSQC688适配器的RT、2台数控卧式车床、6台数控滚齿机、自动测量机、打标机、读码器等装备；再用基于Visual Studio环境的客户端车间管控系统(见图4)协调车削、滚切、打标、读码、测量等工位之间的动作，完成RT的自动跟踪监控和协调控制。在公司网络内，总控制台PC与桥箱智造JMES系统连通，操作者凭用户权限直接领取车间派发的指定工件的网络化产线计划。在监视网络内，红外摄像头监视着RT装/卸料与机床内卡具的干涉实况，线尾及操作台侧的小米电视机可视化地呈现着生产线运行工况。

3.4 实时化方案

在2台RT的雄克气动双手爪上，均嵌装IS7600视觉系统，经由交换机接入生产网络内。视觉系统在给定目标件的当前位置信息后，立即反馈至SIMATIC S7-1500PLC，内部处理的逻辑信息送至RT；RT便根据坐标数据实时改变其运行轨迹，以完成输入轴的抓取/松开动作与出料侧的码垛任务。此外，客户端车间管控系统既会实时采集运行、状态数据、历史数据，完成数据库搭建，将采集数据存入数据库内，随时生成任务报表；也会实时采集自动测量机全数检测10工序完工的质量数据，在线计算出2台车床的刀具补偿值(见图5)，远程馈入车床的



图5 客户端侧05工序车床刀具补偿数据(远程)

数控系统内,以做出下一工件车削的调整指令。

3.5 安全化方案

轴坯进料、成品出料均安装佰阔捷C2000快速自动门,增装检测光幕保安全。在操作台侧,安装扩音器,以提高维修交流的分贝数。安全围栏一开门,RT使能立即切断。

输入轴品种较多且相似性高,使得上料托盘内轴坯拾取的纠错相当重要。为此,总控侧的In-Sight视觉系统预先定义好目标输入轴的特征点——轴端中心孔,待1号RT载着视觉系统对上料托盘内轴坯拍照识别后,视觉系统会进行两张照片的对比,以判定是否为本批次零件。随后,视觉对中的RT取件并将其放入二次定位台;定位台上的脚座安装型行程可读出气缸CE1L32-100L-M9BL会推动轴坯,使之紧靠于固定挡块,内装型位移传感器测出轴坯长度。符合长度规定的轴坯,允许进入生产线;不符合的,由RT抓取放入废件传送带。

3.6 其他方案

在环保方面,6台滚齿机的花键滚刀经等离子体化学气相沉积(PACVD)法,进行氮化钛铝涂层。滚

切时,采取压缩空气吹屑降温,以替代早先的滚齿油。

在精益方面,双料架装料至少56件;在总控制台PC侧,操作者开线领料,完工结账,对接JMES系统的生产计划;据机外测量结果,实时在线补偿车刀数据、修正滚齿机参数;客户端车间管控系统开设产量统计、数据分析、设备状态实时监控、生产工件上下线时间及所处工序等功能,同步运行的大屏幕实时显示加工质量、当前产量、合格率等监视数据。

4 结束语

在数字工厂的全业务流程中,产品工艺处于基础与先导地位。精益稳定的智能化制造工艺,是解决现阶段生产效率与质量一致的有效途径。MCY13、MCY11及AC16系列驱动桥用输入轴依托智能化生产线的建设,成功实现了智能化减材制造:质量更加稳定,班产效率提高50%,用工数量减少4人/班,信息孤岛得到链接,海量数据得以采集共享。期间,采用了产品防错、刀具寿命监测、机外在线刀具补偿、产品自动化标记及数据采集分析等工艺手段,融入了全程数字化切

削、全项自动测量、全面数据提取、全域结果共享、全参数实时可视、全动作机器人化、全校正互联网化、全决策于MES端、全工况图形化等工艺方法。

目前,输入轴智能化生产线建设项目已在中文核心期刊《制造技术与机床》2020年第3期上刊发成果论文1篇,获得2020年山东省机械工业科学技术奖·二等奖。^[7]

参考文献

- [1] 刘胜勇. 商用车输入轴生产线智能化建设[J]. 制造技术与机床 2020, 693(3): 157~160.
- [2] 刘胜勇. MES环境下刀具数据的采集与处理[J]. 金属加工(冷加工) 2020, 824(3): 2~5.
- [3] 刘胜勇. 实用数控加工手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.

第一作者信息:

刘胜勇,中国重汽集团济南桥箱有限公司,责任工程师,高级工程师,通讯地址:山东省济南市高新区世纪大道757号,邮政编码:250104,联系电话:13573101084,传真:0531-58068491,电子邮箱:1666155175@com。