

机器人与自动化技术 在生产线智能化改造中的应用

□ 中国重汽集团济南桥箱有限公司/王厚勇 张文佳 辛磊磊 孙 亮 李建超 王即武 王月桂 张 浩

对重型载货汽车差速器壳体类加工生产线的自动化进行改造，由于生产线设备陈旧、种类多，空间小、人员密集，产品加工精度要求高，改造方案中包括增加机器人整套搬运系统，还增加了3D视觉系统来实现零件的识别定位抓取；必要的铁屑在线清理、设备改造如机床自动门改造、工装液压改造等为自动化提供基础条件；刀具寿命管理、在线检测技术的应用是减少人工介入，减少停线的关键因素，其中在线检测需要根据现场需求对测量系统进行二次开发。

项目背景

生产线情况概述：现有生产线成U形布局，由三台立式车床和两台加工中心组成，机床均为手动开关门，部分机床系统通信方面只具有RS232串口通信能力。该线主要

生产两种产品，它们外形相似，工艺流程相同，工装、刀具通用，产品柔性化程度较高。工件在机床上的定位工序间需翻转一次，其中，有两个工序有角向定位要求（工装及工件安装见图1）。

项目内容

对现有生产线设备进行功能及自动化改造，增加多关节机器人、2D/3D视觉拍照系统及行走导轨，增加生产线附属设施，实现工件的自动运转。通过增加刀具管理系统、产品的在线检测及刀具破损检测等功能，实现两种产品在现有生产线上的一定时间内的无人化生产。

1. 整个系统的组成

整个项目系统由一个PLC总控制柜、一台FANUC机器人R2000iC/165F、一个机器人控制柜R-30iB、FANUC iR Vision 2DV/3DL视觉系统、行走轴（第七轴）、抽屑台、五个换向台、切屑及切削液清理装置、物料自动输送线、角向定位周转台、非标卡爪（断气保持）、3台数控车床、2台加工中心、两套雷尼绍在



(a) 05序



(b) 10序



(c) 15序



(d) 20序

图 1

线测量Primo system、三套刀具破损系统TRS2及一套基恩士电感测笔（GT2-A12K）组成。

2. 电气连接

机器人控制柜与机器人进行接线（包括气路的连接）及通信设置；将所需的机床信号点（如开关门、程序启动、报警等）采集后利用cclink模块集成与总控进行I/O通信连接；同样将输送线上的变频器、电磁阀以及传感器等开关量也利用CCLINK进行集成与总控制柜通信连接；然后完成总控与机器人控制柜的接线通信；转换台、抽检台及吹气筒的电磁阀及传感器的信号则通过直接接线实现I/O连接。

3. 产品翻转的设计方案

由于产品在加工流转过程中存在四次翻转，为实现工件的自由换向，利用齿轮齿条旋转工作原理，借助气缸、电磁阀和限位块。实现工件灵活、准确的换向，并通过控制柜控制转换台的旋转（见图2）。

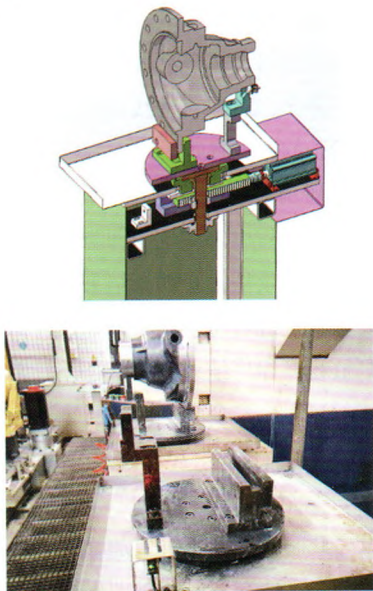


图 2

4. 产品的定位及产品抓取方案

（1）2D/3D视觉的应用。为实现对托盘上毛坯的准确抓取，我们利用FANUC iR Vision 3DL视觉系统，对托盘中的产品进行特征识别，依据基准特征进行校正，对工件进行准确定位，确保工件抓取时准确可靠。OP15工件在安装时需要准确的角向定位要求，为此，我们利用FANUC iR Vision 2D视觉系统，充分利用工件的有效角向特征量，来满足工件的角向定位抓取及安装要求。

（2）三指气动手抓设计。为同时满足产品大小端的抓取，避免更换手抓或者设计双手抓浪费时间、占空间的问题，将手抓设计成阶梯型手抓，手抓带断气保持，保证抓取的安全（三指气动手抓见图3）。

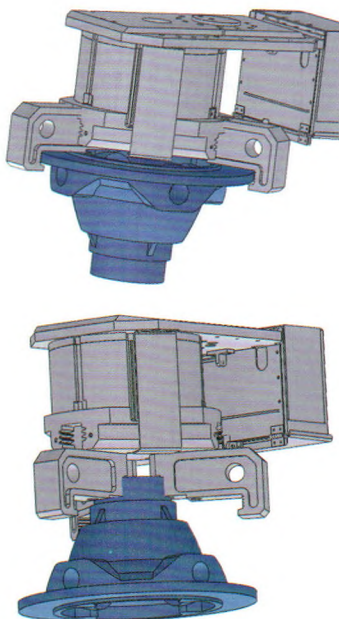


图 3

5. 抽检台的设计方案

根据工件两种放置状态设置两

个抽检台，并可沿导轨往复运动。操作人员在围栏外选取需抽检机床（工序）的开关，机器人将自动在该机床（工序）加工完成后，将待测工件放在抽检平台上，并输出到安全围栏外。抽检完成后人工向系统发送完成信号，机器人会自动将产品送回生产线进行后序加工（抽检台见图4）。



图 4

6. 机床、工装改造

（1）自动门的改造。现场的数控机床PMC具备自动门功能，根据机床电气原理图将自动门K代码接通，把自动门功能打开，然后查找开关门的M代码指令。取机床两个输入X分别接在开门按钮和关门按钮上，再取两个输出Y接在三位五通的电磁阀上，再从电磁阀上引出气管接入自动门的气缸上，在机床上安装气缸及接线，接入机床对应的Y输出。同时增加门开到位检测的控制。自动门自动运行通过执行M代码实现，同时人工可以通过开关门按钮对其控制。

（2）液压工装的改造。对OP15序工装进行液压改造，由手动夹紧，改为液压夹紧，同时增加定位面的气密检测装置，将气密信号写入机床PMC，实现气密检测及报警，保证定位可靠。

（3）机床底液管路改造。为清理工装切屑，将机床底液管路改

造，通过管路引到机床侧壁上，对工件、工装进行冲刷，并通过机底液开关M代码集成到加工程序中来控制（机底液改造效果见图5）。



图 5

7. 机器人搬运系统流程

整个生产线进行初始化确认，从托盘利用视觉系统进行拍照抓取毛坯，放置转换台，机器人读取各机床的上料、下料信号，并通过节拍判断，选择对哪台机床进行上料、下料。其中工件OP10到OP15

时，再次进行拍照，识别角向特征，准确抓取。当需要抽检时，控制柜发出具体的工位抽检信号，机器人执行抽检程序，抽检完成后，工件被放回，继续加工。

机器人搬运系统流程如图6所示，整个设计方案实现了机器人与机床、输送线及相关附件的基本通信，满足了机器人对工件的定位、翻转、抓取、抽检及准确上下料，构成了一套完整的、响应迅速的搬运系统。

在线检测技术在自动线改造中的应用

1. 基于宏程序的雷尼绍在线检测技术的二次开发应用

为解决产品的在线检测，我们在数控立车上安装了雷尼绍在线检测系统（见图7），主要对外圆内孔进行测量以及实现部分刀具的自动对刀。但雷尼绍在立车上的应用还比较罕见，我们通过研究，对该系统进行了二次开发。

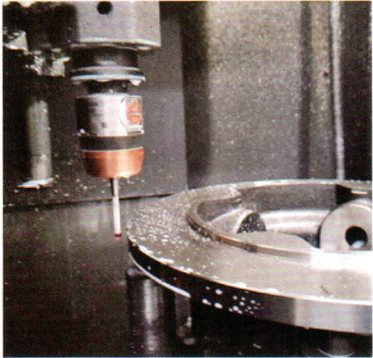


图 7

雷尼绍的测量二次开发思路分析：由雷尼绍测量原理可知，该系统的测量思路是“工件加工前检测”，即对下一工件加工前进行修正。该测量系统适用于工件的偏差值必须设定在公差范围内，修正的目标是将在公差范围的尺寸不断趋近中值的过程，类似于CPK上下线的收窄，借助测量控制来提高过程控制能力及稳定性。如果测量超差，系统就会报警，测量结果不会保存，这时需人工介入测量，人工修正加工。这对自动线运转造成一个较长的停机时间。

利用宏程序将加工前测量改为加工过程中的测量，即当前工件加工、测量后，将测量结果与工件要求公差进行比较判断，如果合格则放行，程序结束。如果超差，雷尼绍（程序）会将差值进行自动补偿，并对该尺寸自动进行二次加工，然后针对该尺寸进行二次测量，此时从理论上讲，加工的工件为合格工件，所以此时调用的测量程序的公差范围为工件的真实公

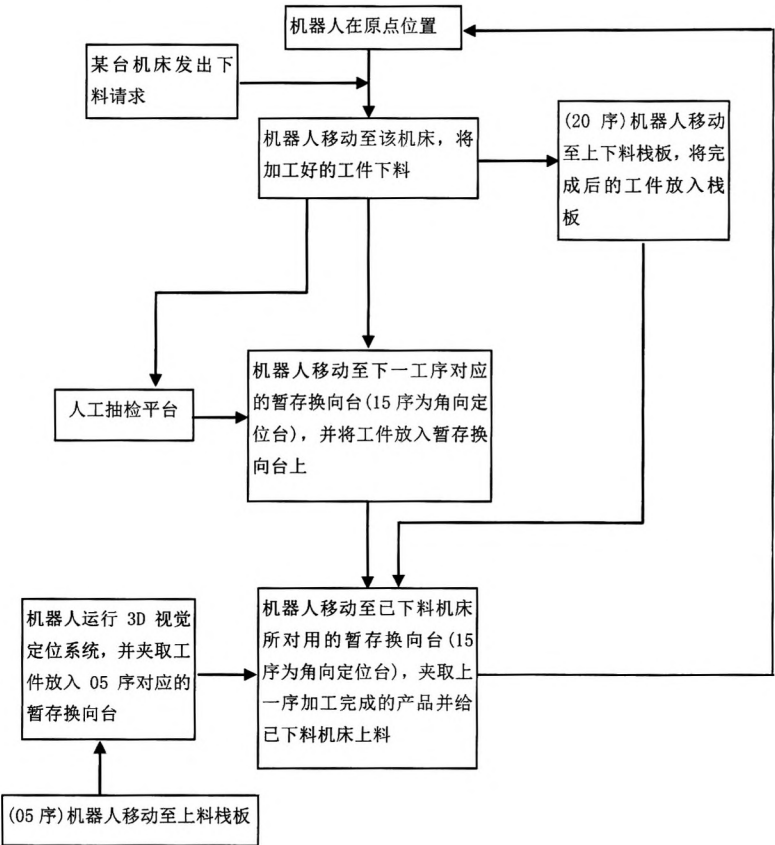


图 6

差，一旦测量超差，说明测量系统异常。这相当于对测量系统的一个二次反馈与测评。从而使整个系统形成一个完整的闭环，保证了整个测量系统的安全可靠性。

2. 对刀功能

未使用对刀仪时，每把刀的补偿值是通过人工试切，然后对试切工件进行测量计算，补偿才能完成，此方式容易造成工件的报废。当更换刀具时，原则上这项工作要重新进行，先试切、再刀补。该工作占用大量的生产辅助时间，尤其在自动生产线中，造成大量停机时间，影响整条线的搬运效率。我们利用雷尼绍的刀具破损检测，实现了刀具的自动对刀，刀具更换后，无需再人为退刀补，再加工，便能得到准确的刀具补偿值。

此次雷尼绍测量系统在数控立车上的应用并对其二次开发，实现了对该技术的一个突破，尤其为立式车床实现在线检测提供了经验。

3. 基于基恩士测笔的在线检测及自动补偿技术的二次开发

OP10序的在线检测，是利用基恩士测笔来实现的。该测笔系统是独立于机床以外的控制测量系统，测笔作为末端传感器，通过测笔与工件接触时测笔的压缩量触发传感器开关（见图8）。



图 8

基恩士控制系统能够准确记录信号触发位置，通过CPU进行处理，得到测量数值。由于整个基恩士测笔与机床相互独立，无法实现在线检测后的刀具自动补偿，为此需要建立测笔与机床间的通信，实现自动补偿。

实现方式：通过增加小型工控机，设计开发测量软件，读取测笔的测量值，并通过运算，转化为产品尺寸，利用CF卡转网口，实现工控机与机床的通信，使之既能读取机床的模式变量又能对机床的宏变量地址进行写入，实现双向传输。在此基础上与机床宏程序及总控相配合，实现对产品的在线检测、自动补偿以及检测频次的设置。软件界面如图9所示。

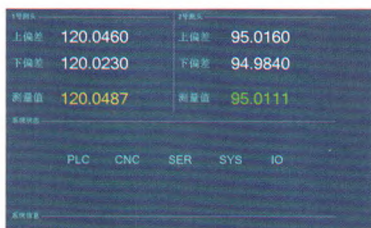


图 9

刀具管理系统在自动线改造中的应用

为解决项目实施中刀具更换频繁，导致人为干预较多，将刀具寿命管理系统应用于自动化改造。

原理：利用宏程序，将刀组的信息（包括刀组数及刀具寿命）、刀组的内的刀具地址及刀具偏置地址以及每把刀具的刀具寿命计数器寄存器的数值进行读取，添加到FANUC刀具管理系统的可视化的页面上，一把刀的刀具寿命达到预设值后，系统接受信号，同时调用该刀组内的备用刀具，当刀组内刀具

寿命全部达到时，即已使用刀具数达到刀组预设刀具数时，机床PMC报警。

完成刀具寿命管理程序后，刀组及相应刀具寿命更新到刀具寿命管理系统中。加工程序中调用格式为TXX99。在加工程序中调用所需刀组号，即可实现刀具寿命的管理及备用刀具的自动切换，从而减少了换刀频次，提高了刀具的使用规范性。

结语

目前的很多传统生产线的自动化改造还仅仅停留在机器代替人工的搬运阶段，自动化程度较低，严重制约改造后的生产效率。重型载货汽车差速器壳体类生产线的自动化改造，涉及到机器人技术、3D视觉技术、机床的电气改造、刀具寿命管理技术、在线检测技术、宏程序、PLC和机床通信等多个技术领域，这些技术的综合应用，是解决老旧生产线自动化改造中无人化自动化生产的关键因素。AUTO1950



王厚勇

毕业于山东工业大学自动化专业
中国重汽集团济南桥箱有限公司
部门副经理
长期从事现场技术管理工作