小型阀板立式加工中心流水线的技术革新与应用

许诏棉，金杨杨，何其俊
海天塑机集团有限公司　浙江宁波　315800

摘要：针对阀板车间现有立式加工设备多为单机、无法实现高效加工的问题，以工装升级为切入点，以实现立式加工中心流水线加工为目标，提出一种新型立式加工中心流水线方案，从而全面打造阀板车间“16+8”黑灯生产模式，以此实现立式加工设备上的高效、高集成化加工，并为各事业部、各零件以及各设备自动化流水线改造提供宝贵经验。

关键词：阀板；立式加工中心；流水线；OK夹

许诏棉

1　序言

阀板是注塑机、压铸机等设备液压系统的核心组件，其加工质量直接关系到整台设备的性能和可靠性。阀板加工的孔数多，中心距要求严格，孔与孔之间有的贯通，有的是盲孔，复杂性大[1]。公司阀板主要在阀板车间卧式加工中心（以下简称“卧加”）上加工，但目前现有卧加设备无法满足产能，考虑到成本、加工效果和效率等因素，公司计划增设立式加工中心（以下简称“立加”）流水线，以满足产能需要。虽然此前卧加设备已完成单机转流水线改造，但增设立加流水线不是简单的复制粘贴，需要考虑到各种因素。

实现阀板零件立加流水线的首要前提是阀板能在立加上加工，以往阀板工装多采用压板和靠销，该装夹方式无法直接应用在立加上；核心需求是提升效率，但若直接参考卧加流水线，立加更换工作台效率低。为解决上述问题，本文提出一种新型立加流水线，主要包括阀板专用OK夹工装、零点快换系统和上下料装置，可实现阀板立加“16+8”黑灯生产模式加工，为各事业部、各零件和各设备自动化改造升级提供思路。

2　现状分析

以往公司大、小阀板均在卧加单机上加工，为进一步提升效率，已针对现有单机卧加进行流水线自动化改造，如图1所示。但该流水线主要应用于大型阀板加工，小型阀板仍采用卧加单机加工。卧

图1　卧加流水线

加单机加工共有4道工序，所加工面的顺序如图2所示，均采用图3所示装夹方式，实现双层一次装夹8件零件加工。

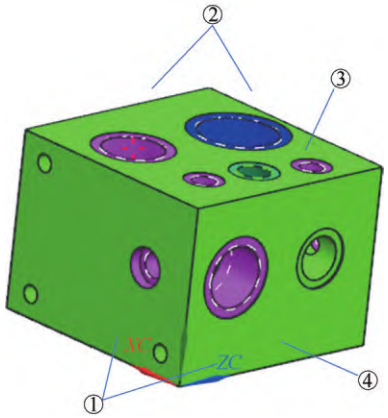


图2　卧加加工顺序

图3　卧加装夹方式

虽然小阀板卧加单机加工方式加工效率较高，但该方式仍无法满足产能需要。为进一步提高生产效率，集中专用设备做专有零件加工，并结合成本、排产等诸多方面因素，现决定增设立加流水线来进一步提效。虽然已有卧加流水线加工经历，但立加流水线在阀板加工上的应用不是简单的复制粘贴，需考虑各方因素全面设计。

立式加工中心与卧式加工中心不同，卧加工作台可回转，主轴平行于工作台，可实现侧面四向加工；而立加主轴垂直于工作台，仅可加工顶面一向。因此，原加工工艺已无法满立加加工需要。此外，由于以往阀板类零件采用的压板、靠销组合装夹方案只能应用在卧加上，因此立加阀板工装仍是一片空白。而实现流水线加工还需在不影响加工效率的同时，最大程度降低人工参与度，而卧加流水线快换工作台不适用于立加，因此立加更换零件时的自动定位无法解决。

3　设计思路

实现小型阀板卧加单机转变为立加流水线生产的首要前提是立加可高效加工阀板，其次才是立加单机实现流水线的过程。因此如前文所提，需经工艺改良→工装升级→自动定位优化→上下料装置应用，才能实现阀板立加流水线“8+16”自动化加工。

3.1　工艺改良——多工序少换面

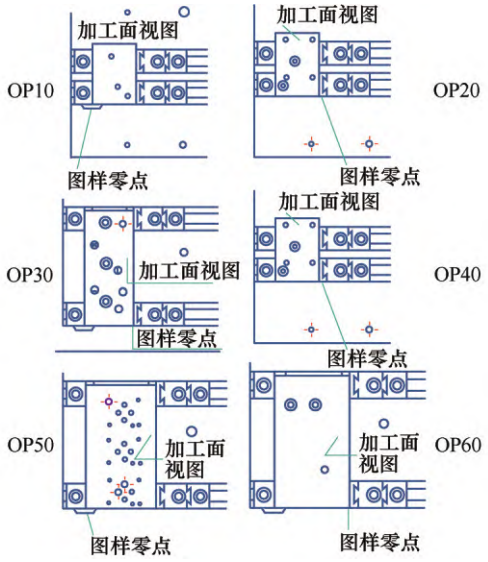
考虑到立加机床结构与卧加机床结构不同，采用立加加工无法如卧加一样仅靠一次装夹实现多个面的加工，因此注定立加加工必须经6道工序才能完成零件6面加工。虽然卧加改立加后加工工序会变多，但加工内容是一致的。尽管工序更多意味着需要更多次数的装夹，但也意味着无需再旋转工作台即可加工该工序全部孔。而阀板孔系特征复杂，减少工作台旋转节省的时间就未必不如减少工序节省的时间。考虑到立加流水线主要加工小型阀板，因此可根据加工阀板尺寸结合上述情况进行工艺改良，以585A977LZ5阀板为例，新工艺工序如图4所示。

OP10和OP20在同一台机床上对阀板两端面进行加工，便于在后续的工序中确定零点位置与装夹方向，避免出现装夹失误导致加工失败；OP30～OP60对其余4面进行加工。因每两道工序装夹位置不同，需更换匹配的托盘进行装夹，即需3种夹持位置不同的托盘分别完成OP10和OP20、OP30和OP40、OP50和OP60工序的加工。

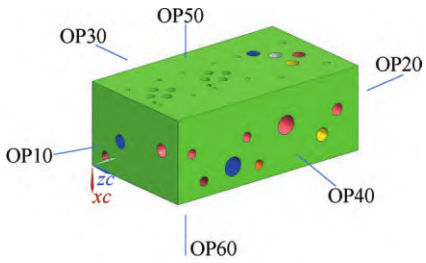
3.2　工装升级——OK夹新型工装的应用

现有阀板工装为压板和靠销组合式，采用靠销定位，压板从阀板顶面压紧。该装夹方式不仅会因装夹角度所需更大压紧力产生压痕影响阀板质量，还存在其占用阀板顶部位置进行装夹，与立加工作机理相悖，以及装夹多为人工等因素，无法直接适用于立加流水线。

本文提出一种阀板专用OK夹新型工装来满足新设备新工艺要求，其工作原理如图5所示：靠山固定不动，夹紧块通过螺栓实现横向夹紧；前端面的挡环保障其零点定位，底侧通过定位销与螺栓进行联接，配合零点夹具装夹；导轨位置有3挡固定，可根



a）加工面视图



b）三维视图

图4　立加阀板新工艺工序

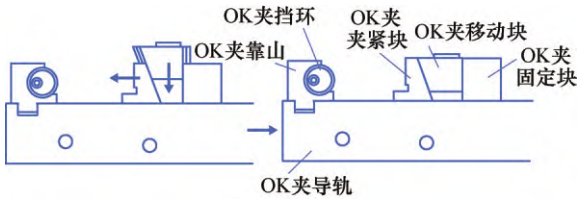


图5　OK夹新型工装工作原理

据阀板规格设置更换导轨位置；加工完成需要拆卸时，工件内侧的卡簧能够使夹紧侧自动收紧，便于加工完成阀板的取出。目前OK夹支持长端200mm、短边120mm以下尺寸的小阀板装夹，已满足我司大部分阀板的装夹需求。

3.3　自动定位优化——零点装夹系统的集成

自动定位是实现流水线自动化加工的基础，而与现有卧加流水线相比，立加设备虽也可拆卸工作台，但其拆卸更换效率远不如卧加，故无法采用该种方式实现自动定位。在不动工作台前提下想实现准确定位，可增设过渡板，借助过渡板上的定位孔来实现。而传统过渡板仍需人工参与装夹，因此本文引入零点装夹系统来实现流水线自动定位。

零点装夹系统（见图6、图7）中零点定位模块化夹具系统主要由机床工作台、卡盘定位基板、带基准系统的气动卡盘、孔系托板及定位部件等组成[2]。零点定位器固定在机床工作台上，作为基准点；定位接头与夹具或工件相连，确保准确对接；夹具模块采用标准化设计，适应不同加工需求。原理上，零点装夹系统通过气压或液压控制实现工件的快速定位和夹紧；传感器实时监测工件位置和状态，控制系统精确调整夹紧力。相较于传统装夹与定位方案，零点定位系统拥有显著的定位精度和换装效率优势，并在提高生产线自动化率、简化工艺编排、减少工装设计成本和生产线柔性化方面持续赋能[3]。

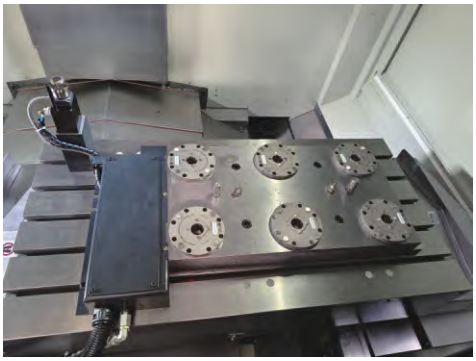


图6　零点装夹系统基板

图7　零点夹具

3.4　上下料装置应用——机械臂

上下料装置是实现流水线自动化的枢纽，与卧加流水线相比，立加流水线主要加工小型阀板，且更换的零点夹具和其上OK夹新型工装的质量远小于卧加工作台、双层压板工装和大型阀板的总质量。在车间中将机器人与数控机床集成为一体化作业单元，使机器人承担上下料和工序转换等任务，不仅能够降低人力成本，而且可以提高生产效率和生产精度[4]。因此无需采用堆垛车，仅需利用负载为500kg的6轴机械臂（见图8）即可。

图8　机械臂现场应用

4　动作流程

小型阀板在立加流水线的加工需由3台立加设备配合机械臂、零点装夹系统和OK夹新型工装实现6道工序加工，这就要求各部件之间逻辑合理、配合紧密有序，因而需要PLC控制系统实现各部件间动作流程的复现。对1个工件进行6道工序的完整加工，具体动作流程（见图9）包括：①工件准备，操作人员在装夹台进行工件的拆卸与安装固定，并由机械臂将零点夹具带工件整体送至工位。②机床上料，机械臂将零点夹具放至暂存区并移动至上料机床，等待机床内部零点夹具与基板松开后，将机床内部零点夹具取出，放至暂存区另一位置，并将待加工工件从暂存区运送至机床。③机床选用程序进行加工。④加工完成后，反向重复上述步骤②，零点夹具通过机械臂进入料架或者装夹台。

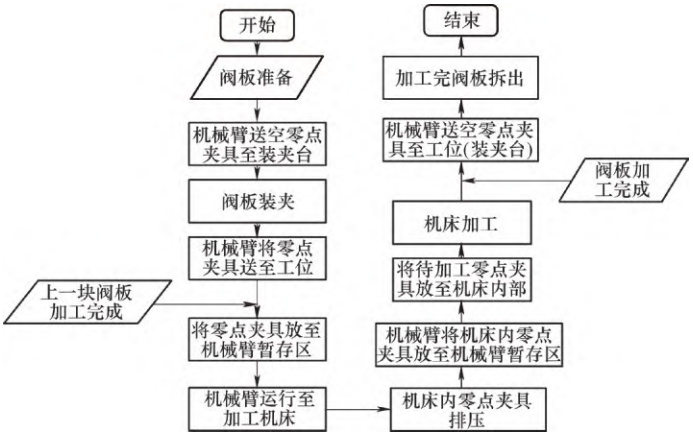


图9　动作流程

5　实际应用效果

阀板立加流水线（见图10）自问世以来，在多个维度提升了我司小型阀板加工的能力。包括机器人在内的生产设备布局极大地节省了材料的物流费用、提高了生产效率[5]。仅以585A977LZ5阀板为例，之前装夹方式的加工时间平均约55.3min/块，现在装夹方式的加工时间约为44.67min/块，可节省约10.63min/块，仅加工效率就提升25%；操作人员无需对螺栓联接提供太大的扭矩，拆装更加方便快捷，降低了操作人员的劳动强度；立式加工中心占地更小，空间排布更加紧凑，空间利用率和机床性能利用率提高；装夹高度变低，装夹方式稳定，切屑清除合理，加工安全性和环境整洁度有一定提高。

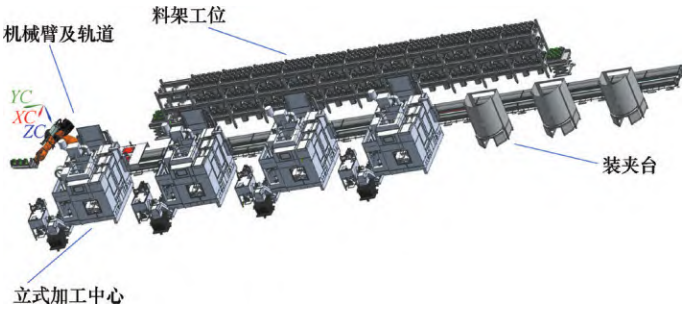


图10　阀板立加流水线

6　结束语

当下，传统制造业无不向着自动化、数字化方向发展。通过对阀板自动化加工的进一步突破，OK夹新型工装技术填补了我司阀板立加加工技术的空白，工艺路线的革新为小型阀板立加加工提供了方向，小型阀板立加机床流水线制造的应用保证了车间“8+16”的生产模式，也为其他零件的自动化改造提供了一定参考。该生产线的自动化改造响应了国家制造业产业转型升级的发展战略，也为其他制造业企业改造升级提供了一定的参考。

参考文献：

[1] 赵美荣. 阀板加工工艺的改进[J]. 装备制造技术，2014（4）：236-237.

[2] 文华，王玲，殷国富，等. 数控机床零点定位模块化夹具系统参数化设计[J]. 机械，2019，46（1）：32-35，48.

[3] 徐欣，韩芸，马铮，等. 零点定位系统功能研究及产业应用综述[J]. 工具技术，2023，57（2）：3-12.

[4] 周萌. 基于机器人的机床自动换刀系统[J]. 制造技术与机床，2019（9）：152-155.

[5] 周尔民，邓洪，费卫卫，等. 基于混合算法的车间设备布局优化[J]. 组合机床与自动化加工技术，2019（2）：139-142.

MW 20240626