刚性专机变速箱壳体生产线柔性改造

浙江万里扬股份有限公司 （金华 321025） 李志贤

摘要：单品种、大批量生产线无法满足多品种、小批量的市场需求，企业怎么对现有的生产线进行改造？如果采用推倒重来，企业的生产成本会非常高。本文重点阐述刚性生产线的柔性改造，将粗加工的经济和精加工的高品质有效地结合在一起。

1. 项目背景

目前商用车变速箱壳体采用的生产线为多机细分工序生产线，虽然节拍短，效率高，但无法适应多品种、小批量市场的要求，经常要调整，尺寸的稳定性差，质量波动大；加工中心的产品质量好，但节拍长。企业的发展，迫切要求对目前壳体生产线进行柔性化改造。

2. 原工艺流程

原工艺流程如图1所示。

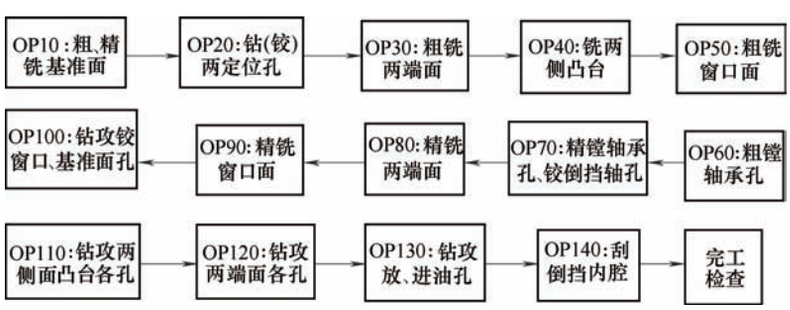


图 1

3. 原工艺存在的主要问题

（1）品种多。商用车变速器壳的品种多，生产线只能生产设定的产品，由于市场对各产品的需求不同，导致生产线的生产不均衡。

（2）开发周期长。每开发一个产品，小批量时都是在相近的生产线上更换工装，更换一个品种需要将近8h的时间，生产线品种的切换就必须增加各品种的库存。

（3）生产线的特点。由通用设备、专机组成的生产线能否达产，其关键点就在于专机的到位时间，专机的生产周期一般需要6个月；而专机线无法满足产品的改型，产品在各加工线之间也难于切换。

（4）生产线产能与配置（见表1）。

（5）专机线对产品的影响因素：①铸造应力和加工应力。②干切时铸件的热胀冷缩。③分序的定位精度。④转序引起的磕碰。

4. 改造方案的分析

（1）设计精度对加工工艺的要求，如图2所示，如果精铣两端面和精镗轴承孔（铰倒挡孔）在一次装夹下完成，就不存在分序加工的定位累计误差。

（2）我们选用了一款壳体加工的生产线，从使用设备、投资额、人员配置和工艺成本几个方面，对不同的方案进行

表1 生产线产能与配置

生产线	单件装夹次数/次	设备数量/台	班产量/件	工作制	人数/位
1#主主箱线（双线）	11	22	180	单班8h	8
2#主箱线	14	20	150	单班8h	11
3#主箱线（双线）	14	42	16	单班8h	9
			70		4
4#线主箱（三线）	14	19	200	单班8h	12
		23			
		22			

分析（见表2）。

经过以上对比分析，采用粗加工专线+FMS精加工线方案的成本优于自动专机生产线。

5. 改进的措施

（1）要实现生产线对各产品加工的适应性，需要对现有的产品进行设计改进，在基准面的周边设置工艺凸台和工艺定位孔，如图3所示，将工艺定位孔的中心距离L和销孔的孔径设计成一致。

（2）为了消除铸造应力，加工应力及加工产生的热量对产品质量的影响，将壳体的粗精加工分开。

（3）粗加工工序利用现有的设备资源，组成粗加工单元，发挥专机生产线生产节拍短的优势。

（4）OP10粗铣基准面工序，圆台铣工装的柔性设计：采用三顶针顶入轴承预留孔中，通过伸缩上端两顶针来适应不同长度的箱体，通过弹簧顶针的偏心来适应不同中心距的壳体加工，如图4所示。

（5）OP20工序通过调整箱体长度的定位，对不同的箱体进行定位孔的加工，实现工艺定位的统一，这样就可以在OP30、OP40和OP50的铣削工序中实现工装底板的统一，只要调整铣削头的轴向距离就可以适应不同长度箱体铣面的要求；对于OP60粗镗工序，只要更换镗削头就可以适应不同中心距产品的切换。

（6）精加工采用交换工作台卧式加工中心组成的FMS柔性加工生产单元，确保关键尺寸的加工在一次装夹下完成。

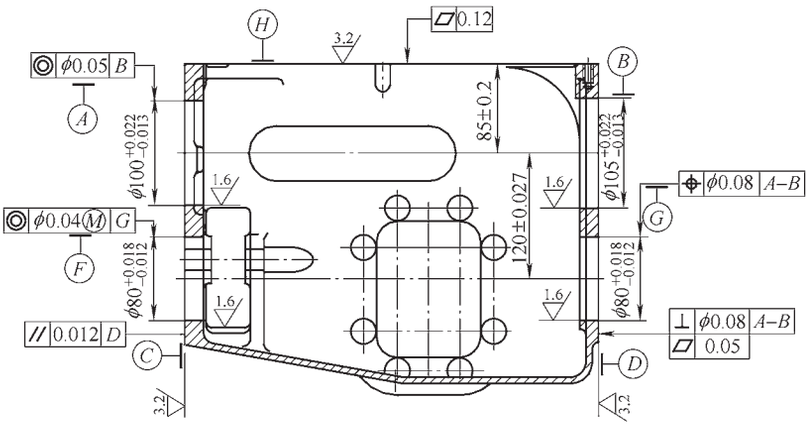
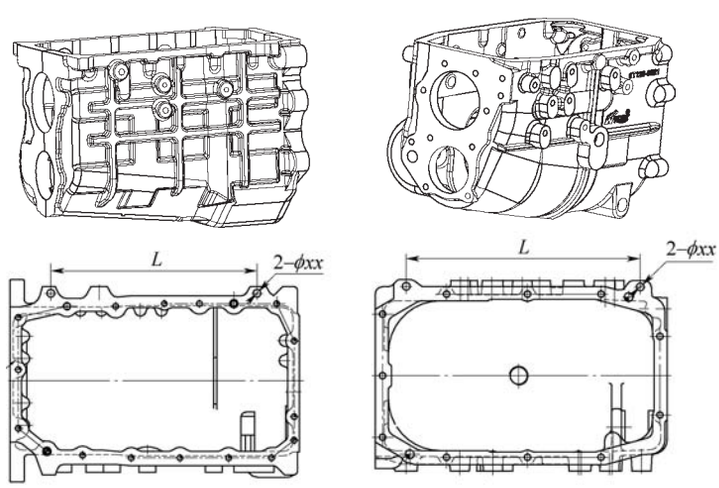


图 2

表2 方案对比

项目	生产方式	
	半自动专机线	粗加工专线+FMS精加工线
设备	专机	粗加工：现有设备 精加工：双工作台卧式加工中心
操作工/人	36	31
设备折旧/（元·件$^{-1}$）	10.50	7.88
工装折旧/（元·件$^{-1}$）	0.37	5.63
刀体（数控刀具）折旧/（元·件$^{-1}$）	1.85	1.19
电费/（元·件$^{-1}$）	4.74	3.79
刀具消耗成本/（元·件$^{-1}$）	7	6
工资成本/（元·件$^{-1}$）	7.8	5.2
维修保养成本/（元·件$^{-1}$）	1.05	0.79
其他机物料/（元·件$^{-1}$）	0.5	0.7
管理成本/（元·件$^{-1}$）	1.56	1.04
质量成本/（元·件$^{-1}$）	0.19	0.10
合计/（元·件$^{-1}$）	35.56	31.5



(a) (b)

图 3

6. 改后的工艺流程

改进后粗加工工艺流程如图5所示。

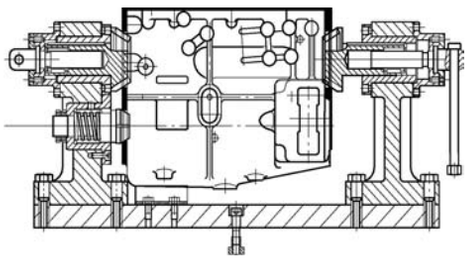


图 4

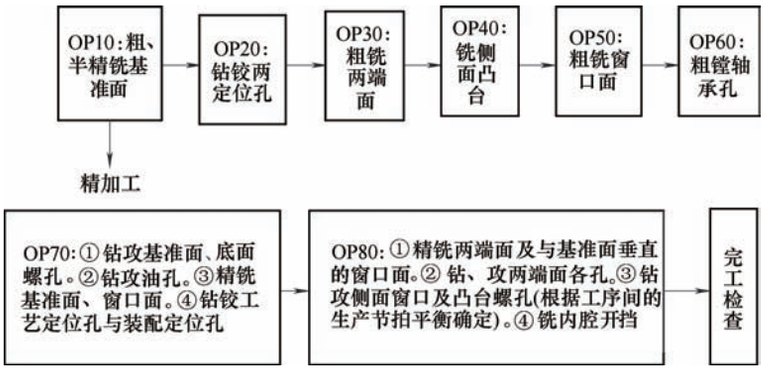


图 5

7. 设备布局

设备布局如图6所示。

8. 精加工的夹具的设计

（1）精加工OP70夹具如图7所示，工件推入夹具体后，通过工装底部圆柱锥体导入一轴轴承孔和中间轴孔削边销的顶出，限制了箱体的两个自由度，通过顶部导向压板使得箱体在长度方向进行定位，再经过薄型缸压紧，这样，夹紧力就可以很小，防止箱体的夹持变形，如图7所示。

（2）在OP70工序中，对粗定位孔进行扩孔和铰孔加工，这样便于精加工OP80的夹具底板的统一，如图8所示。

（3）OP70、OP80分别进行防错设计，做到产品与托盘的对应，托盘与加工程序的对应。

9. 生产线改造实施后达到的效果

（1）生产线的操作人员由原来的44人降至31人，人员降幅为42%。

（2）由于实现了工艺定位的统一和可调试夹具，提升了粗加工生产线对产品的适应性。

（3）采用柔性制造系统的精加工单元，可以实现多品种的同时生产。

（4）物流合理：该生产模式，可以粗精加工连线布局，也可以粗精生产线的异地布局，如将粗加工扩展到毛坯的生产厂家。

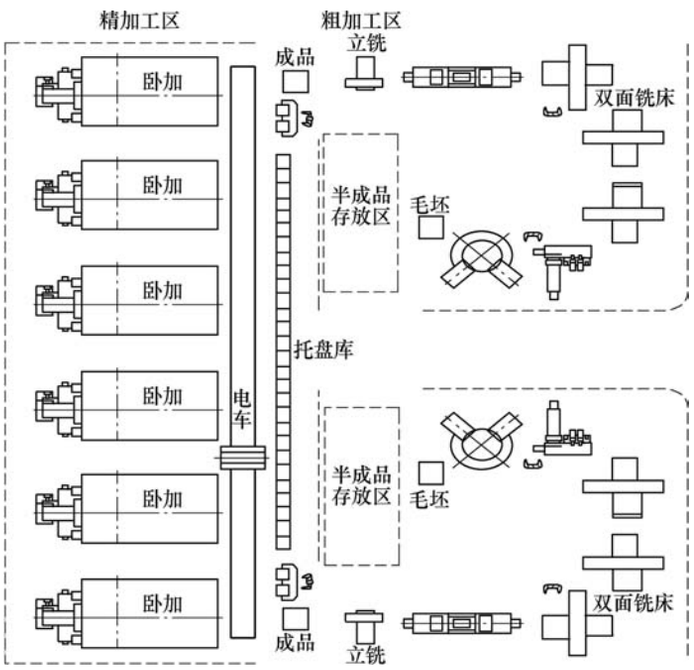


图 6

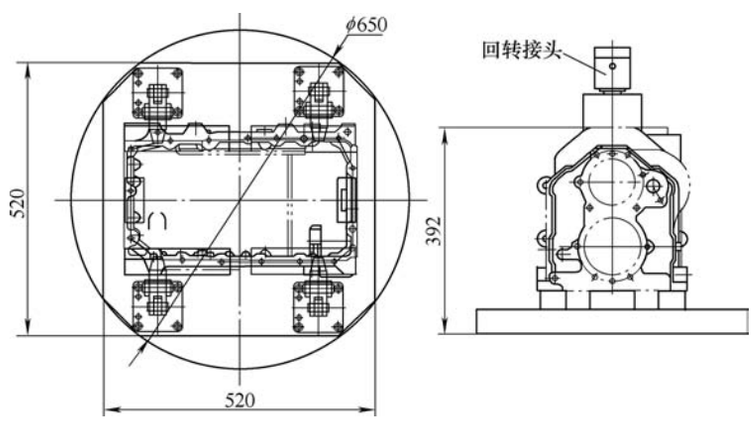


图 7

（5）由于生产线的柔性化强，可同时生产多个品种，减少在制品

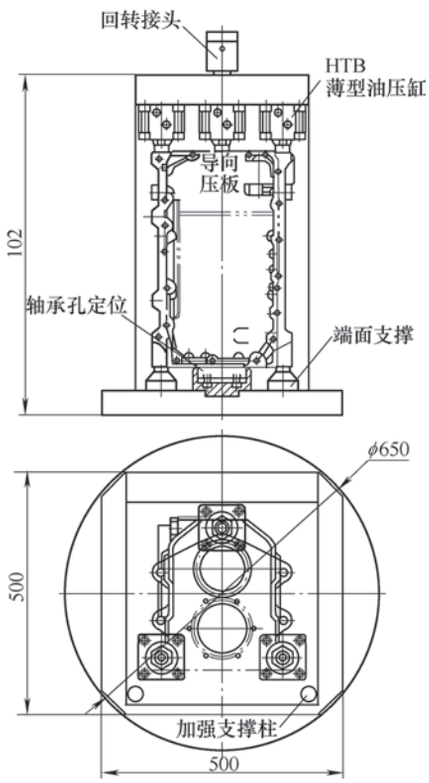


图 8

的数量，加速资金的周转。

（6）粗精加工分开，使粗加工和铸造的应力得到释放，保证产品尺寸的稳定性。

（7）精加工单元采用了先进的卧式加工中心，并采用湿式加工，避免零件因受热变形对尺寸精度的影响。

10. 结语

通过产品增设工艺定位孔，并使之标准统一，通过夹具和设备的适当调整，就能实现产品在各粗加工单元的及时切换，与自动柔性加工单元（FMS）配套，来满足多品种、小批量的生产要求，并对市场的变化作出快速反应；采用粗精加工分开，消除了应力和热变形对零件精度的影响；统一的工艺定位孔同样也满足了精加工单元的产品切换，使用快速夹紧的液压夹具，提高加工中心的生产效益。

参考文献：

[1] 孟少农. 机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，1992.

[2] 薛源顺. 机床夹具设计[M]. 北京：机械工业出版社，2011.

[3] 张伟. 柔性制造系统FMS技术与应用[J]. MM现代制造，2013.

[4] 陈捷. 高效柔性加工中心生产线[J]. 汽车制造业，2009（B05）：44-46.

MW（收稿日期：20170201）

OSK
CUTTING TOOL SYSTEM

欧思克切削技术有限公司
OSK Cutting Technology Co., Ltd.

SPM 系列刀具
微径深沟刀具

KPM 系列刀具
高效能模具刀具

KAM 系列刀具
铝合金刀具

KDM 系列刀具
石墨刀具

KSM 系列刀具
不锈钢刀具

KGM 系列刀具
通用刀具

地址：中国·昆山·巴城镇·迎宾西路 555 号
电话：+86 512 5518 6868
传真：+86 512 5518 6789
Email: info@osktool.com

www.osktool.com

◆广告 查询编号：3046