

■ 江淮汽车集团安凯福田曙光车桥有限公司/韦 军

桥壳总成的柔性制造技术

随着道路交通条件的改善和物流运输业的发展，汽车市场需求日趋壮大，尤其是重型载货汽车和大中型客车的快速发展，安凯客车产量已突破万辆，各种桥壳供不应求，企业需紧紧抓住当前发展的有利时机，但公司现有桥壳机加工生产线制造品种单一，不能满足市场对桥壳总成多品种、小批量和高质量的生产需求；另一方面，在满足客户个性化需求下如何保持较低生产成本成为竞争的关键。

为解决汽车中后桥壳制造中多品种产品质量和产能不稳定性问题，本文结合公司现有成熟品种桥壳的加工工艺和生产设备，对比分析多品种桥壳总成与现有基本型桥壳的加工工艺，采用成品垫压板焊接等新工艺、结合现有工艺对产品设计结构进行优化和对现有加工线技术装备进行柔性化改造，实现差异化桥壳

与现有成熟加工产品加工工艺统一，提高了现有生产线的柔性化加工能力，节约了生产成本。

现状分析

公司现有桥壳加工线是按斯太尔桥壳工艺布局设置，拥有专用机床17台，通用普通机床20台，生产线工艺布局只能加工生产斯太尔桥壳及其变型产品。新开发的CK 4BZ桥总成是公司根据市场需求开发的一种达到国家先进水平的轮边减速双桥，为了抢占市场先机急需批量生产。其中桥总成最关键零部件中后桥壳总成的金属切削加工产能成为整个产品开发推广的瓶颈。斯太尔桥壳和CK 4BZ中后桥壳总成加工工艺流程对比见表1，可见CK 4BZ中后桥（见图1）主要加工部位的轴头、桥壳主减定位面及孔与现有桥壳品种有较大的不同。

表1 斯太尔桥壳和CK 4BZ中后桥壳总成加工工艺流程对比

加工工艺流程		设备类型		工艺通用性	工艺分析
斯太尔桥壳	CK 4BZ桥壳	斯太尔桥壳	CK 4BZ桥壳	—	—
粗镗两头端面、内孔、倒角	粗镗两头端面倒角	组合专机	普通车床	不通用	普通车床加工时间长，质量不稳定，需场地和购置多台普通车床
精镗两头端面、内孔、倒角	精镗两头端面、内孔、倒角	组合专机	普通车床	不通用	
车两轴头各道外圆	车两轴头各道外圆	数控车	普通车床	不通用	
粗镗大盘面孔	—	专机	—	—	—
铣大盘面、镗内孔、钻铰定位孔	铣大盘面、镗内孔、钻铰定位孔	加工中心	加工中心	通用	—
铣弹簧垫压板平面	铣垫压板平面	三面铣/铣床	铣床	不通用	普通铣床加工时间长，质量不稳定，需场地和购置多台普通车床
铣两固定支座平面	铣两固定支座平面	组合专机	铣床	通用	

(续)

钻盘面孔	钻盘面孔	钻床	加工中心	不通用	盘面为前垫板和桥壳中段焊接结构，接合面有缝隙，需在加工中心采用螺旋型攻丝加工，普通丝锥易断裂
钻铰差速锁孔	—	钻床	—	—	—
钻沉头螺栓孔攻螺纹	—	钻床	—	—	—
钻放油孔、通气孔等本体上孔	钻放油孔、通气孔等本体上孔	钻床	钻床	通用	—
磨轴头上外圆、R和锥面	磨轴头上外圆、R和锥面	数控磨床	普通磨床	不通用	需购买R16/R12两种砂轮且加工时需更换砂轮加工，同轴度差时间长，操作人员劳动强度大
铣两端轴头上花键	铣两端轴头上花键	花键铣	专用设备	不通用	定位孔尺寸不同需购置多台专用数控花键铣床
车止口外圆及法兰平面	车止口外圆及法兰平面	普通车床	普通车床	通用	—
铣两轴头键槽	铣两轴头键槽/缺口	专机	专机	不通用	需订购不同尺寸的专用铣刀片
铣轴头螺纹	铣轴头螺纹	专机	普通车床	通用	—
焊小件	焊小件	CO ₂ 焊机	CO ₂ 焊机	通用	—

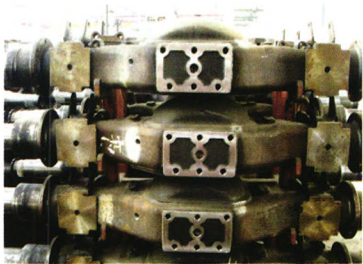


图1 CK 4BZ中后桥壳成品

根据工艺分析可知，CK 4BZ中后桥壳总成在现有的桥壳加工线上无法加工，若要形成批量生产则需专门投资一条生产线。为此公司组织核心技术力量，通过对多品种桥壳总成与现有基本型桥壳的加工工艺、定位基准和方式进行对比分析，统一桥壳定位基准和尺寸，对现有加工线工装夹具进行柔性化改造，解决多品种产品质量和产能不稳定性问题，使重型汽车车桥的产能和质量能进一步提升，为企业的跨越式发展打下坚实的基础。

工艺方案

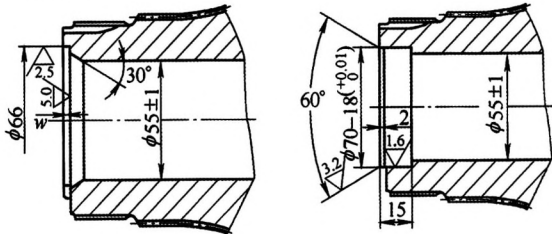
1.粗镗两头端面、内孔、倒角工序工艺优化

斯太尔桥壳盘面孔为圆形，CK 4BZ桥壳盘面孔为多边形，通过对机床定位夹具进行优化，改进镗内孔组合专机内孔定位装置（见图2），实现专机生产。



图2 改进后的内孔定位夹具

为适应斯太尔桥壳生产线的加工，统一定位基准，对CK 4BZ中后桥壳总成增加轴头工艺定位内孔、倒角与斯太尔桥壳轴头内孔尺寸相同（见图3），并设计和购置了组合专机的专用刀盘和刀具，以满足后续工序定位。



(a) 改进前 (b) 改进后

图3 内孔尺寸工艺改进前后

2.车两轴头各道外圆工序工艺优化

CK 4BZ中后桥总成轴头螺纹退刀槽为较深凹槽结

构（见图4），加工时数控车床成型刀片后角易划伤加工面。通过工艺论证和试验，数控编程时将退刀槽优化为R角过渡不影响螺纹加工刀具的退刀（见图5），实现了CK 4BZ中后桥总成在斯太尔加工线上数控双头车加工。

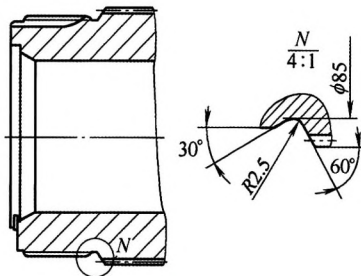


图4 原螺纹退刀槽结构

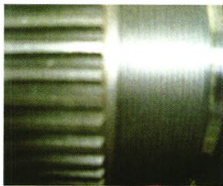


图5 轴头外圆工艺改进后的加工

3. 铣弹簧垫压板平面工序工艺优化

由于桥壳垫板、压板加工和焊接尺寸不同，无法在生产线上专机加工，需普通铣床加工，通过设计专用工装夹具（见图6），经反复试验确定合适的焊接参数，改变桥壳弹簧垫压板焊接后加工，解决焊接误差实现桥壳弹簧垫压板的成品焊接，使不同品种桥壳使用成熟加工工艺和加工线的生产设备，使批量生产成为可能。



图6 成品焊接夹具

4. 磨轴头上外圆、R和锥面工序工艺优化

斯太尔桥壳磨轴头两档外圆是在数控磨床上采用成组砂轮同时磨削，CK 4BZ桥壳两档外圆由于间距不同无法加工，通过工艺改进对机床夹具进行调整，对一成

组法兰盘进行改造（见图7），实现了CK 4BZ桥壳的数控磨床加工。

CK 4BZ中后桥总成两端轴头轴承档需磨削，由于两端外圆过渡圆弧分别为R16

和R12，加工时需更换不同R角砂轮，只能在普通磨床上磨削，无法在加工线数控磨床上加工。通过技术论证，将φ 100g6外圆过渡圆弧R16更改为与斯太尔桥壳轴承档外圆过渡圆弧相统一的R12，工布优化前后如图8和图9所示，工艺优化后实现了CK 4BZ桥壳在数控专用磨床的加工，加工节拍由30min/件缩短为10min/件，装夹由四次减少为两次，外圆同时磨削，两档外圆同轴度得到了提高，节约了采购不同R角砂轮的费用。

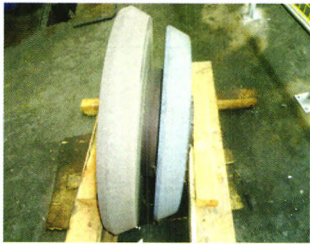


图7 成组砂轮的改造

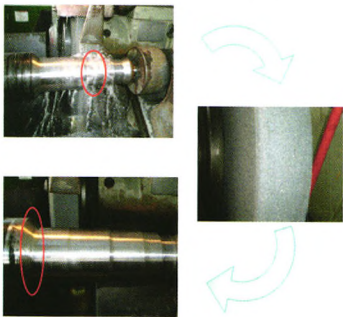


图8 磨削工艺优化前



图9 磨削工艺优化后

性能指标分析

工艺优化后的CK 4BZ桥壳实现了生产线批量加工生产，对工艺不通用工序改进，改进效果如表2所示。

表2 桥壳工艺改进前后效果对比

（单位：min/件）

CK 4BZ 桥壳 工艺流程	优化前 节拍	工艺优化前 工艺状态	工艺优化措施	优化后 节拍	效果验证
粗镗两头端面倒角	25	在普通车床上加工，加工时间 长，形成批量需购置设备	A、机床定位夹具优化：通过对组合专机内孔定位装置进行改造 B、产品工艺结构优化：增加轴头工艺定位内孔、倒角设计和购置组合专机的专用刀盘和刀具	8	实现专机生产

(续)

精镗两头端面、内孔、倒角	25	在普通车床上加工，加工时间长，形成批量需购置设备	A、机床定位夹具优化：通过对组合专机内孔定位装置进行改造 B、产品工艺结构优化：增加轴头工艺定位内孔、倒角设计和购置组合专机的专用刀盘和刀具	8	实现专机生产
车两轴头各道外圆	50	轴头螺纹退刀槽为较深的凹槽结构，数控车床成型刀片后角划伤加工面，在普通车床上加工，加工时间长，无法形成批量生产	A、机床定位夹具优化：CK4BZ桥壳盘面孔为多边形通过设计不对称配重块和夹具配重实现数控车床加工 B、产品工艺结构优化：轴头螺纹退刀槽为凹槽结构，车刀片后角划伤加工面。数控编程时将退刀槽优化为R角过渡不影响螺纹刀具的退刀	20	实现了数控双头车加工
铣垫压板平面	30	由于桥壳附件垫板、压板加工和焊接尺寸不同无法在生产线上专机加工，需普通铣床加工	通过设计专用的工装夹具和并反复试验确定合适的焊接参数改变了桥壳弹簧垫压板焊接后加工才能保证设计要求和传统工艺流程	—	垫压板已产品焊接
钻盘面孔	30	桥壳盘面为前垫板和桥壳中段焊接结构接合面留有空隙丝锥因受力不均易断裂，盘面孔为盲孔结构，钻削加工时铁屑不易排出冷却差螺纹孔易超差	A、产品加工方法优化：通过对焊接焊缝进行试验改进，大幅减少丝锥因受力不均易断裂 B、产品工艺结构优化：盘面孔为盲孔结构，加工时铁屑不易排出冷却效果较差，经过工艺验证将盲孔改为通孔	25	实现钻床加工
磨轴头上外圆、R和锥面	30	数控磨床用成组砂轮同时磨削，CK 4BZ桥壳两档外圆间距不同无法加工，两档外圆过渡圆弧分别为R16和R12加工时需更换不同R角砂轮	A、机床定位夹具优化：对机床夹具进行调整，对一组闲置的成组法兰盘进行改造，实现了数控磨床的加工 B、产品工艺结构优化：轴承档外圆过渡圆弧均改为R12	10	实现数控磨床加工
铣两端轴头上花键	30	花键铣以轴头内孔定位涨紧驱动，因定位尺寸不同，需购置新的设备加工	数控花键铣床内撑后端面无法接触造成夹紧力不够工件铣削时发生移动，通过对花键铣床内涨装置进行改进实现了数控花键铣床加工	20	实现花键铣床加工
铣两轴头键槽	8	键槽宽度不同，需重新订购非标刀具	将锁紧槽宽度尺寸统一为10mm只需相应更锁紧片尺寸不影响桥总成的性能	8	实现键槽铣床加工

CK 4BZ中后桥壳总成工艺优化前初步估算加工成本为880元/件，工艺优化后目前加工成本为640元/件，单件可节约成本240元/件，桥壳柔性化制造技术优化前后在近一年半的节约成本对比见表3。

表3 桥壳制造技术优化前后节约成本对比

时间	桥壳产能/件	优化前加工费用/万元	优化后加工费用/万元	节约成本/万元
2010上半年	1860	163.68	119.04	44.64
2010下半年	2020	177.76	129.28	48.48
2011上半年	1695	149.16	108.48	40.68

结语

经对比分析，缩短差异化桥壳批量生产周期≥45%、提高设备利用率和降低成本≥30%、提高生产节

拍≥45%、降低生产能耗≥20%，充分说明了安凯公司利用创新技术提高了产品生产效率，降低了生产成本，大大提高了产品的竞争优势。

通过对汽车中后桥壳总成加工的柔性化制造技术的开发，充分运用垫压板成品焊接等先进工艺技术的优化改进，实现了利用现有生产装备和技术以较小的投资实现了高质量低成本的差异化桥壳生产，提高了市场产品结构变化的应对能力和竞争力，也为其他多品种零部件在现有技术条件及装备下如何实现柔性化生产提供了良好的借鉴。

关键词：

桥壳总成 柔性制造

(收稿日期20130520)