

东风日产发动机：汽车零部件企业如何保证自身装备的先进性

东风汽车有限公司东风日产发动机分公司 李 林 刘昌宏 胡建平



李 林

东风汽车有限公司东风日产发动机分公司是东风汽车公司和日产汽车公司合资的一家专业生产乘用车发动机的大型合资企业，成立于2005年12月，2006年2月建成投产，为东风日产乘用车公司配套生产发动机和变速箱，生产的发动机匹配于东风日产楼兰、天籁、奇骏、逍客、轩逸、骏逸、骐达、颐达、阳光、骊威、玛驰和启辰全系列车型，目前已具备100万台发动机年制造能力，生产VQ、MR、

HR三大系列发动机，排量有1.6L、1.8L、2.0L、2.5L、3.5L五个级别。制造工艺包括铸造、锻造、机加工、热处理和装配。生产的主要零部件有：发动机的缸体、缸盖、曲轴、凸轮轴、连杆和缸套；变速箱的壳体、轴、齿轮，是国内乘用车发动机制造行业单一制造工厂产能最大、生产工艺最齐全的制造工厂之一。因此对东风日产发动机的设备使用情况进行总结，对国内乘用车制造业同行应有所借鉴和帮助。

下面重点对东风日产发动机机加工HR缸体生产线设备和工具的选型情况进行总结：

国内发动机缸体生产线以专机为主形成自动线的较为常见。以加工中心和专机相结合组成完整自动线的实例也有，但多为国外厂家整线承包设计建设的生产线。以国内设备为主、辅以部分关键进口设备。自行设计建线的以东风本田为

代表，带动了国内加工中心及生产线相关辅机行业的发展。但这些生产线也存在物流工作量大、员工劳动强度高、生产线人员多、产品质量稳定性与先进国家生产线有明显差距、生产线运行成本高等弱点。在这样的行业背景下，我们确定了生产线的基本设计理念是：在保证产品品质稳定性、设备生产运行的低费用及劳动强度适中的前提下，实现投资的最小化。

生产线概况

(1) 平面布局：HR生产线总体上呈一个U字形设计，布局紧凑，占地面积小，物流顺畅。含浸设备与中间试漏机并列布置，中间试漏后待含浸工件从试漏机下料滚道排出，直接放置在含浸设备的上料端，含浸完毕后的工件恰好放置于中间试漏机的再投入滚道旁，含浸工件的物流实现了最捷径化。



(2) 设备概况: HR缸体加工生产共有设备31台, 其中国产设备24台, 设备国产化率达到77%。缸体粗加工和半精加工主要采用了YNC YN4H7系列高速加工中心及YNX062/063自动线; 精加工采用了日本远州曲轴孔精加工自动线、Horkos各面精加工自动线、东洋缸孔精加工线等国内外先进的加工设备; 辅助机床则采取大连智云试漏设备、压装设备、保证工件清洁度的日本杉野清洗机、太阳铁工的工艺缸盖拧紧和拆解机以及对小泄漏缸体进行渗补的含浸机等设备。

设备选型

在HR发动机缸体加工线前期规划阶段, 我们制定生产线的设计理念就是: 生产线技术水平高、品质水准高、设备稳定性高、运行成本低、投资成本低以及将来产能变动的灵活性高。因而在设备选型时, 在有充分的质量保证的前提下, 尽可能地采用国产设备, 并且尽量保证设备的柔性。

在粗加工和半精加工设备方面, 除了为了保证加工精度的定位面、定位销孔的加工以及由于产品特点的关系难于使用加工中心柔性设备加工外, 其余的面孔加工全部采用了加工中心等柔性设备加工。通过和国内外多家设备供应商进行设备选型和工艺方案检讨,

最终和大连亿达日平机床有限公司(YNC)合作, 通过亿达日平机床有限公司引进日本日平机床有限公司的N4H7型加工中心。这款加工中心的性能要求能更好地满足我们的工艺要求和精度水平。加工中心一般有交换工作台和单工作台两种结构。交换工作台结构由于能提前实现工件的装夹, 减少了加工中心的非加工时间, 效率高; 单工作台加工中心投资相对小, 而且设备占地面积小, 各有优势。在缸体加工流水生产线上, 由于工件精度检查、刀具交换等需要, 工件的临时上下线都不可避免的存在, 而在这种情况下, 采用单工作台的方式能更好的防止工件直接跳过某台加工中心地加工, 也能更好地防止工件的重复加工, 从更好地控制质量方面考虑, 我们选用了单工作台加工中心的结构。

在缸体半精加工的设备选型中, 为了降低投资成本, 我们进行了多种方案比较, 如缸体底平面和缸盖安装面30个安装螺栓孔的加工, 我们认真分析了30个螺栓孔的特点, 发现这30个螺栓在这两个平面上基本上是均布、孔相互间距较大、加工的深度只有3种, 当然可以使用加工中心来加工, 也适合使用多轴箱设备加工。如果用加工中心加工, 完成这部分加工内容至少得4台加工中心, 投资高; 如果采用回

转多轴箱式结构, 则只需要2台设备即可以完成加工, 投资只需50%左右。这种回转多轴箱组合机床还可以通过更换多轴箱实现部分柔性加工, 而且完成这些孔系的加工只需要1.2min即可。通过方案比较, 最终采用了2台回转多轴箱组合机床的方案, 完成了其中28个孔的加工, 大大节约了投资成本。

在粗加工和半精加工段生产线主要由加工中心构成。工件在加工中心之间的搬送怎样来实现呢? 国内外生产线较多地采用了机械手搬送的方式, 机械手搬送具有工件搬送快、定位准确等优点。但是, 使用机械手搬送投资较大, 没有充分利用中国劳动力成本较低的优势, 而且, 机械手结构比较复杂, 要求保全水平高。多方面比较以后, 我们希望采用人工搬送工件的方式。使用人工搬送时, 希望操作工实现搬送的动作尽可能的少。通过与YNC合作, 我们设计了较为适用的搬送结构。在这种搬送方式中, 操作工将工件手动直接推入加工中心夹具上, 工件加工完毕后, 工件拉杆自动将工件从加工中心设备内拉出。仅用一个气缸加拉杆就实现了工件的自动排出, 操作工搬送工件时, 只需要将工件在自由滚道上向夹具中推入工件, 降低了操作工的劳动强度。

精加工设备方面, 由于工件精



加工后为了防止手动输送造成工件的磕碰伤，精加工设备都采用加工自动线。出于环境保护的考虑，缸孔精加工设备引进了水基珩磨技术，选用了日本东洋的精镗、珩磨一体式组合机自动线。

在辅机的选型方面，由于产品对缸体完成品的清洁度要求高（要求油道杂质含量1mg以下，缸体完成品整机杂质含量在15mg以下），引进了日本杉野清洗机，采用了中压机器人定点清洗技术和整机浪泳式清洗技术，确保清洁度要求。含浸装置半自动和自动设备的投资差别很大（相差3~5倍），半自动设备在含浸品质、含浸能力方面与自动设备基本一致，且半自动设备只需1人即可操作，基于以上考虑，含浸采用了大连旅顺坤达浸渗设备制造有限公司的半自动平台式含浸设备。气密性检测、螺栓拧紧及压装设备均采用了国内设备。

工具选型特点

HR缸体生产线中的刀具选型主要有以下几个方面的特点：

（1）粗镗缸孔方面，根据特点、加工节拍及加工品质的要求，选择了HSK-C的高精度的连接方式，在刀具方面选取了将加工余量分开，渐进的方式进行加工。

HSK-C刀柄的优点：1/10锥面与法兰部端面两处于机械主轴相结合，形成了两面定位的方式，保证了安装的精度，轴向的位置精度及刚性良的优点；另外手动-C结构的联接采用单螺钉锁紧的方式，使得拆装简易快捷。这样保证了在260m/min的高切削速度下的加工精度，另外每个刀头的更换可以确保在5min内（包括清洁主轴）完成，从而实现

更换的快速化。

刀体选择了HSK与小刀体组合的方式，保证了刀具的最小化，刀具在刀片的分布方式我们选择了各个刀片的外径及轴向方面渐进分布的方式，有效防止了多个刀片同时加工带来的振动并且密齿结构在80mm/r高进给的方式下确保每齿的进给降低，保证了缸孔加工后的孔径及表面粗糙度，同时也确保了精加工的余量，主轴采用了内冷的方式，有效降低了切削时产生的热量。刀片采用了三菱公司铸铁加工专用的CVD涂层硬质合金的材料，并且刀片形式为SNMG，每个刀片可以使用8个角，目前的加工寿命可以达到2 000孔/角以上，有效降低了刀具的使用费用。

（2）面的加工大量采用了金刚石刀片，有效地提高切削速度，保证加工面的表面质量，并提高刀具的寿命。加工中心用金刚石铣刀的转速已经达到6 000r/min，这样切削速度达到2 000m/min以上，有效地提高了切削效率。另外金刚石材质有效防止了加工铝合金粘屑的难题，从而可以保证面加工的表面精度，且都选用了密齿形的铣刀，在保证每转进给的前提下降低每刀的进给量，提高加工面的精度。由于金刚石刀具的寿命高，精加工都可以到20 000以上个工件，降低换刀的次数和刀具调整的次数，减少刀具更换及刀具调整的人力，从而提高机床的OEE水平。加工中心使用的刀盘选用了铝合金的材质的刀盘，从而使得刀体轻量化，确保高速加工的安全性及可靠性。

（3）全线钻头采用内冷直槽硬质合金钻头，并且采用高转速，高进给的切削条件。在保证加工精度

及加工效率的前提下，有效提高了钻头的寿命。

（4）在孔的精加工方面，特别是铰刀及高精度孔的加工（钻头类），选用了NT公司的HDZ刀柄，该刀柄的优点在于通过螺钉的调整可以让刀具刀尖的跳动在2 μm的范围内甚至可以调整为“零”跳动，铰孔可以实现H7公差的孔的加工，并且很稳定；另外降低孔的表面粗糙度值；提高刀具的寿命。刀尖跳动的调整在刀柄上采用四个螺钉调整的方式，操作非常迅速。

（5）缸孔的精加工为专机加工，镗头采用了缸孔倒角、半精加工及精加工集中在一体的结构形式，缸孔加工的刀片采用了CBN刀片，由于节拍的要求，缸孔加工的线速度达到900m/min以上，另外精镗缸孔尺寸要求严格，因此精加工通过设备的控制及刀具的设计实现在线调整的功能，有效保证了加工的精度。通过进一步调整加工参数半精加工的寿命能达到1 200孔以上，精加工的刀片寿命达到2 000孔，在保证加工节拍的前提下有效降低了刀具的单台成本。

（6）加工中心用HSK刀柄的弹簧卡头选用了双锥面夹持的方式，相对比常用的单锥面的夹紧方式可以提高1.5~2倍的夹持力，保证刀柄有效地将扭矩传递给刀具。锁紧螺母选用了具有防尘功能的螺母，可以防止或减少加工中产生的铝屑进入弹簧卡头及刀体内部，从而有效保证加工的精度及更换时清洗的繁琐。另外加工精度要求高的孔加工类的弹簧卡头采用了侧面冷却的方式，即通过弹簧卡头上的切削液孔可以让冷却液直接喷在刀刃上，一方面可以防止因刀具外冷无法供给

的情况下得到良好的加工尺寸及精度，另一方面可以让刀具制作成为非侧冷形式或者是无内冷的刀具，增加刀具的可重磨次数，从而降低刀具成本。

(7) 传统的专机类孔加工存在钻头、主轴刚性差的性质，因此必须使用钻模套，且必须定期更换钻模套；钻头的伸出部分较长，会产生精度不良，工具交换时间长。HR缸体专机用的孔加工类的刀柄选用了快换型的短刀柄的方式，除特殊的深孔加工（100mm）及细长的钻头加工上采用了钻模套的形式，其他均选用了短钻头无钻模套的形式：减少了机器的设计及制造成本；刀具的拆装在1min/个以内完成，有效减少刀具更换的时间；短刀柄采用与加工中心一样的弹簧卡头，保证有效传递扭矩；可以利用专用的HSK转换刀柄在专用调刀设备上调整刀具，实现刀具调整的快速、准确；短钻头可以保证刀尖刚性强、跳动小，可有效延长刀具的寿命，短刀具成本相对较低，降低刀具使用成本。

(8) 曲轴孔的精加工，采用了线镗刀的形式，在半精及精加工镗杆上安装了油封面专用的刀夹，有效实现刀具的复合性，保证机器最少的前提下实现更多的加工。精加工根据设备的在线调整功能，选用了可以供机械手在线调整的微调刀夹，有效保证加工的精度。

(9) 丝锥选用直槽带内冷的硬质合金切削丝锥，通过提高转速来提高切削效率，丝锥的切削速度达到75m/min以上，并且丝锥的夹头也采用了弹簧卡头冷却的形式，有效降低了积屑瘤的产生，有效保证螺纹孔的精度，提高丝锥的寿命。

(10) 专机用铣刀的拆装方式以方便快捷为原则： $\phi 200\text{mm}$ 以上的铣刀选用了分体型的结构，这样刀具重量减轻，更换刀具操作安全、方便。铣刀刀体内圆又凸缘，用具有通言凸缘的面板和一个夹紧螺栓对铣刀装卸，这样铣刀只需要转 15° 就形成防装卸脱落的机构，铣刀的更换可以在1min内完成，因此装卸安全迅速。小型铣刀的联接采用侧面夹紧的方式，其特点：转动夹紧螺栓（或夹紧螺母），圆锥面起着楔块左右，将压紧体往里拉，即可牢固夹紧铣刀体；压紧体前端为花瓣形，装卸铣刀时松开螺栓后只需转动 45° ；安装部分采用1/5锥面与端面双接触定位，夹紧刚性和重复定位精度高（ $2\sim 3\mu\text{m}$ ）；侧面夹紧机构可以在不固定主轴的情况下完成刀具的装卸，加上防脱落机构，操作安全可靠；通过一个螺栓就可以完成刀具的装卸，操作快捷，因此刀具更换的时间小于1min。

(11) 为了提高HR缸体线的加工效率，且要满足设备最少化，刀具最少化，达到投资最少化的整条生产线大量采用复合刀具。如台阶孔或者是要求有孔口倒角采用阶梯钻头或阶梯铰刀；瓦盖结合面宽度加工与倒角同时加工；启动机孔镗孔及倒角等等。

通过一年多的正式生产，全线运行正常，有效保证了整线的OEE水平达到85%以上。其中工具的更换及故障在目前1.6min的节拍下OEE的损失率在1%以下，且因工具造成的工废损失在200ppm以下。目前工具基本上为进口产品，但因为选型优良切削工具的成本达到同行业标杆水平。工具初期主要选用的

是进口的工具，价格相对较高，再逐步进行工具的国产化，从而进一步降低工具的运行成本。

增强自身装备能力 保持先进性

汽车零部件制造企业在转型升级过程中应该从以下几方面增强自身装备的能力，保持其装备的先进性：

(1) 装备的可靠性主要要求装备平稳运行不发生故障停机，品质保证能力强，没有不良品产生。由于零部件加工都是大规模大批量生产，如果装备的可靠性不好，将会产生巨大浪费，如批量不良品的报废以及由于故障停线造成装备效率低下，不能正常达成设计功能。

(2) 装备的运行成本主要体现在装备的投资强度（影响折旧费），装备的维修费用及运行所需的动能费。所以在前期规划阶段要充分考虑生产线产能的利用率，目前沿用三班体制进行产能规划，产能弹性在5%左右，通过满负荷生产降低运行成本；另外，节能电动机等产品导入，辅机采用国产化装备等，最终都可以降低动能费及维修费。

(3) 装备主要部件的标准化及整条生产线柔性化，由于主要关键设备来自不同国家，如同伺服系统、PLC、关键元器件要标准化，并结合各公司实际确定品牌，以降低后续的维修难度及维修成本；虽然是大批量生产，但通过刀具管理系统及自动换刀系统等还是可以提高柔性化能力的。MW

（收稿日期：20131218）