

乘用车自动变速器关键零部件 工艺解析

——郭明忠在2019汽车零部件先进加工技术研讨会（山东站）的演讲整理

□ 《汽车工艺师》记者/张晓英



山东盛瑞集团公司专家 郭明忠

随着汽车工业的快速发展，手动变速器已经更多地向自动变速器转变。本文详细介绍了乘用车自动变速器概况以及其关键零部件的加工工艺。

如图1所示，发动机、自动变速器和底盘是汽车最重要的核心部件。而自动变速器集机械系统、电控系统、液压（气动）系统于一体，是技术含量高且结构复杂的核心部件，直接影响汽车的动力性、经济性等主要性能。目前，乘用车自动变速器分类与特点见表1。

乘用车自动变速器概况

如图2所示，在乘用车方面，2016年后手动变速器（MT）装车量开始下滑，而自动变速器装车量逐年提高。2018年，乘用车自动变速器装车量达到70%左右。2019年预计乘用车整车产量将达2 300万辆，由此预计2019年自动变速器需求量1 600万台，产业规模2 000亿元。目前，自动变速器平均年增幅约为5.8%。因此，自动变速器行业有很好的发展前景。

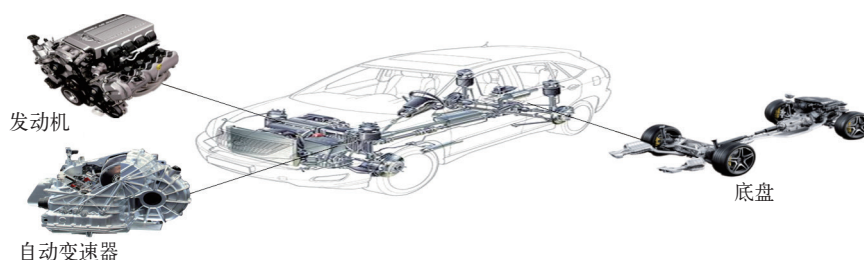
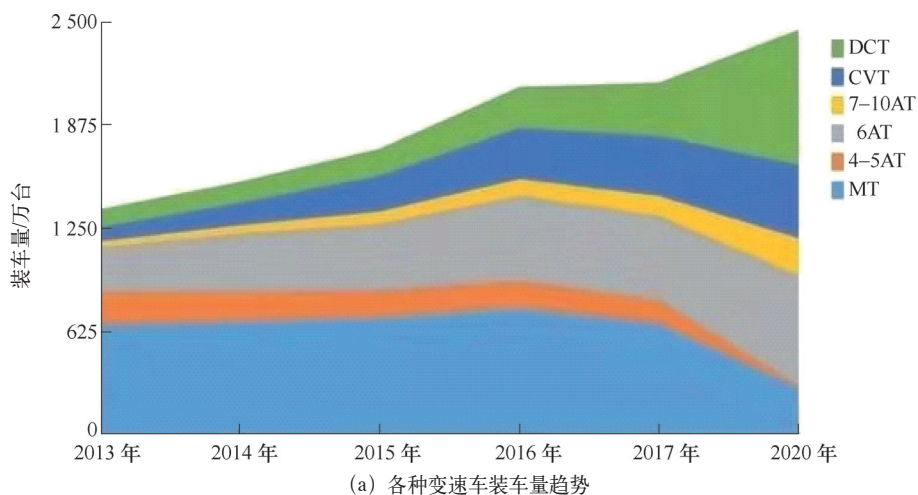


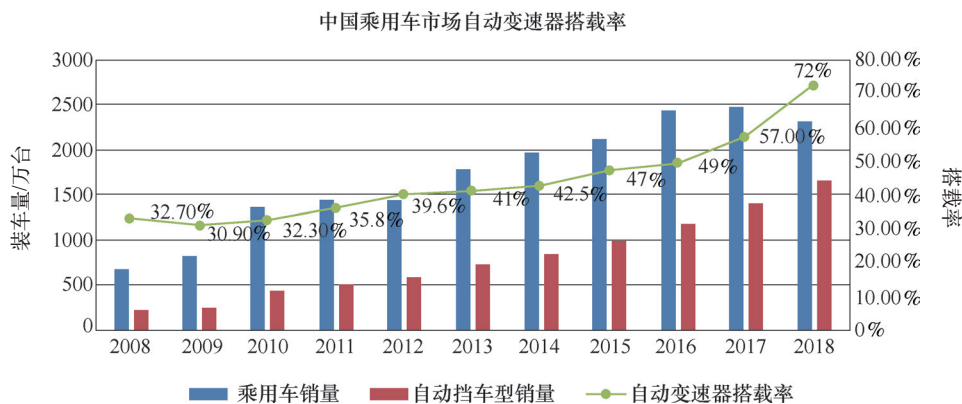
图1 汽车三大核心部件

表1 各种自动变速器特点

类型	AMT电控机械式自动变速器	AT液力换挡自动变速器	CVT无级自动变速器	DCT双离合自动变速器
基本结构特点	由离合器、齿轮机构、换挡执行机构、电动机或液压系统组成	由液力变矩器、行星齿轮机构、多换挡元件和液压控制系统组成，是应用面最广、最复杂的自动变速器	由液力变矩器、P行星排和齿轮、锥盘、钢带及液压控制系统组成	由双离合机构、齿轮传动机构、换挡元件和液压控制系统组成
优点	基于MT手动变速器结构，简单、成本低、传动效率高	应用范围广，市场占有率高，换挡品质高，转矩适应面广	真正无级变速，换挡品质最好	较同档次AT效率高，变速部分基于MT，换挡品质较好
缺点	换挡动力中断，换挡舒适性最差	结构复杂、价格高	结构较复杂，转矩受限	结构复杂，价格高，控制系统要求高



(a) 各种变速车装车量趋势



(b) 自动变速器装车量趋势

图2 我国乘用车市场变速器搭载情况分析

如图3所示,从自动变速器市场格局来看,AT的总量在继续上涨,DCT和CVT的市场占比不断攀升,AMT基本保持稳定。一些欧美车型、自主车型都愿意使用AT及DCT自动变速器,因此AT和DCT的市场份额占比较大,增长趋势也比较明显。而AMT由于固有特性存在一些弱点,所以现在基本处于边缘化地位。

从乘用车应用情况来看:

(1) AMT在MT的基础上增加了换挡执行机构,产业可继承性好,国内有良好的产业体系,适用于换挡品质要求不高的A0、A级以下乘用车型。

(2) AT适用于几乎所有车型,在国内基本上是一个全新的产业体系,还有相当一部分零部件加工、装配、测试设备需要进口。

(3) CVT适合于较小转矩的汽车,一般A~C级车型应用,产业化尚可,但钢带基本由一家供

货,受制于人。

(4) DCT适用于A~C级及更高档的车型,机械部分产业化继承性尚可,但是双离合及电控模块受制于人。

AT自动变速器基本结构及工艺特点

1. AT自动变速器结构特点

如图4所示,AT自动变速器结构特点如下:

(1) 集机、电、液于一体,电控液力换挡形成档位。

(2) 硬件主要有壳体、液力变矩器、行星排、离合器、油泵、液压模块及各种传感器等组成。

(3) 高转速、低噪声。

(4) 结构紧凑、轻量化,大量采用行星排结构,轴、齿、油缸(油路)及离合器结构一体化。

(5) AT专用润滑油(ATF)需要满足全寿命周期,既是液压用

油、润滑用油,又是摩擦冷却用油。

(6) 换挡控制阀的间隙一般为0.015~0.04mm,对油中的杂质非常敏感。

(7) 零部件清洁度要求严格,在装配过程中不能产生金属屑,特别是油孔、螺栓孔的装配。

(8) 运动零部件在全寿命周期内,产生的金属屑等杂质可控。

2. AT自动变速器关键零部件工艺特点

(1) 壳体类零件,如图5所示。结构特点表现为:壁薄,易变形;结构复杂,包括油路孔系、轴承孔系、螺栓孔系,油路孔深且交叉孔多。材质为铸造铝合金。工艺以平面铣削、孔系镗削、油路孔钻削为主。

壳体类零件基本工艺流程如图6所示,结合平面、轴承孔满足精度要求;通过刀具和切削参数的合

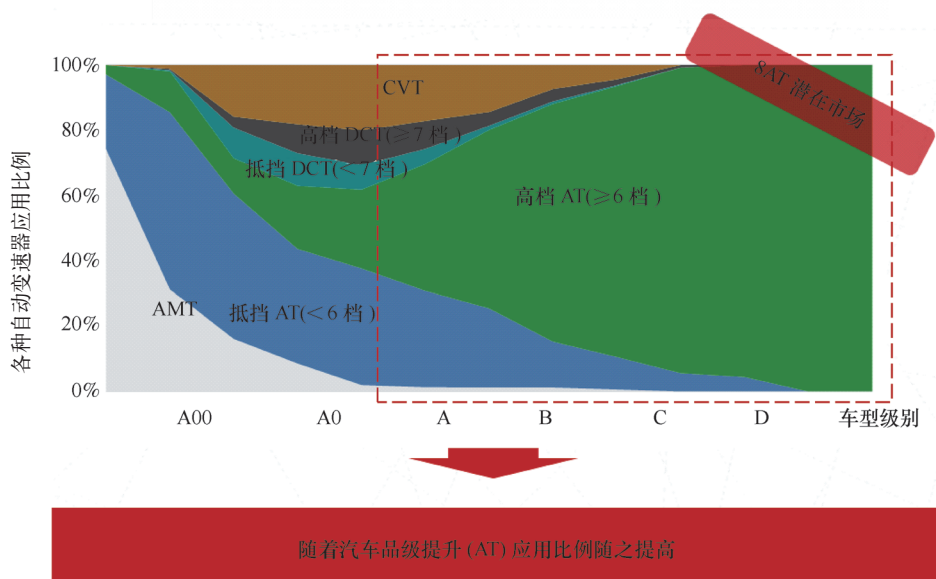
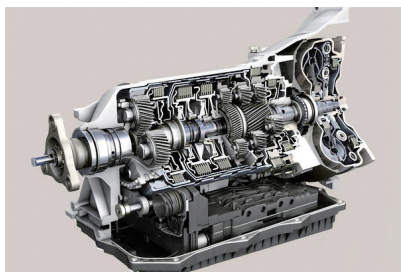
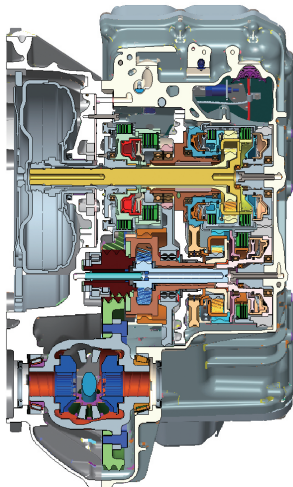


图3 各种自动变速器应用比例



(a) 前置后驱自动变速器



(b) 前置前驱自动变速器

图4 AT自动变速器结构

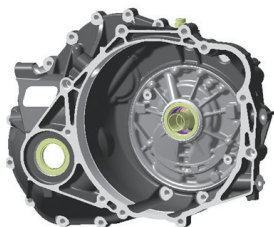


图5 壳体类零件

理选择,控制加工过程中产生的毛刺、飞边,特别是交叉孔的毛刺、飞边,便于之后工序高压清洗去除。

(2) 阀体类零件是液压核心部件,结构复杂,贯穿复杂的油路和阀芯孔系。材质为铸造铝合金,主要工艺为阀板结合面铣削加工,阀芯孔的钻、扩、铰削加工。

阀体类零件基本工艺流程如图

7所示,阀芯孔尺寸和形状公差稳定;阀芯孔粗精复合刀具耐用度高;阀芯孔刀痕管理;严格控制切削加工的飞边、毛刺;严格控制清洁度。

(3) 齿轮类零件如图8所示,结构特点表现为:典型的行星排结构,齿轮转速高(高达20 000r/min),噪声低,齿轮的齿形精度最高要求在0.002mm以内。材质为齿轮钢,渗碳淬火磨齿。

齿轮类零件基本工艺流程如图9所示,齿轮的各主要参数可控,一致性好;加工过程毛刺锐边控制;产品全寿命周期中的金属屑的控制。

(4) 轴类零件一般为套轴结构,壁薄且功能多,既有传动功能又有液压功能,集齿轮、花键、离

合器及液压缸于一体,零件结构相对复杂,零件的内外圆多有台阶、沟槽等结构。材质为合金结构钢,一般通过渗碳淬火后精加工,硬度要求一般在58HRC以上,加工要素多,形位公差要求高,一般采用热后硬车工艺。

轴类零件基本工艺流程如图9所示,刀具寿命长,重点控制零件的同轴度和加工过程中的变形量。

(5) 离合器毂类零件壁薄、齿形结构,材质为低碳钢板,采用冷旋压或冲压工艺。基本工艺流程如图10所示,刀具、模具同步开发;满足零件的动平衡要求。

(6) 内齿圈类零件为内斜齿结构、壁薄,齿形精度要求高。材质为齿轮钢,热处理采用渗碳或氮化工艺,加工采用螺旋拉齿、插滚

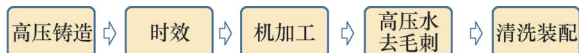


图6 壳体类零件基本工艺流程

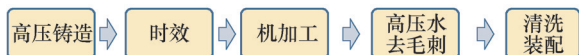


图7 阀体类零件基本工艺流程



图8 齿轮类零件



图9 齿轮及轴类零件基本工艺流程



图10 离合器毂类零件基本工艺流程

(下转第15页)

4.节距和输送速率对产能的影响

按照公式（1）、（2）和（3）可以得出滑橇节距变化及烘炉输送速率变化分别对烘炉产能变化的影响。图4所示为滑橇节距及输送速率对烘炉产能的影响。

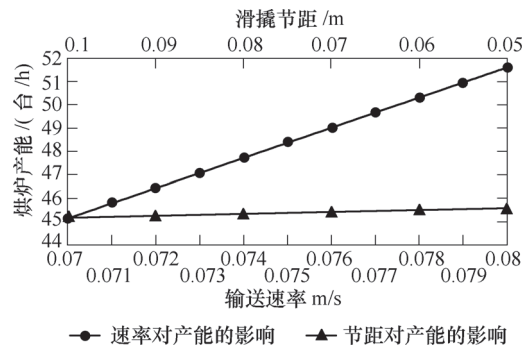


图4 滑橇节距及输送速率对烘炉产能的影响

由图4可知，输送速率和滑橇节距对产能的影响均为线性影响，输送速率每升高0.001m/s，则产能提升0.645台/h，节距每减少0.01m，则产能提升

0.086台/h。滑橇安全节距缩短对烘炉产能提升的贡献极小，而提升烘炉的输送速率则对产能提升效果显著。

结论

（1）提升烘炉输送速率及减小滑橇间安全节距均可提高烘炉的产能。

（2）输送速率提升对产能提升的影响远大于安全节距缩小对产能提升的影响。

（3）MRAII焊装烘炉输送速率每增加0.001m/s，产能提升0.645台/h，滑橇间安全节距每减少0.01m，产能提升0.086台/h。

AUTO1950

（上接第11页）

制齿工艺，一般热后不加工。基本工艺流程如图11所示，控制热后变形，提高成品合格率，刀具同步开发。

（7）焊合类零件功能多、结构复杂，零件材质和热处理要求不同。为了解决结构问题，零件精加工后采用电子束焊接、激光焊接工艺，焊接后一般不再进行加工。基本工艺流程如图12所示，焊接焊接后热变形小、满足精度要求、加工效率高。

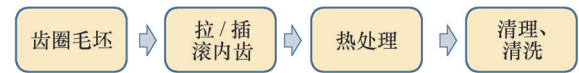


图11 内齿圈类零件基本工艺流程

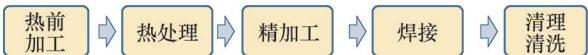


图12 焊合类零件基本工艺流程

结语

在汽车零部件制造成本中，刀具成本占总成本的3%~5%。模块式结构的复合刀具具有精度较高、刀柄可重复使用、库存量少等特点，被广泛采用，它可以大幅度缩短加工时间，提高劳动效率。因此，在精度要求不

高、标准刀具能够达到比较好的加工效果时尽量采用标准刀具，降低库存，提高互换性。同时，对于大批量生产的零件，精度要求又高的零件采用先进的非非标复合刀具更能提高加工精度和生产效率。

AUTO1950

