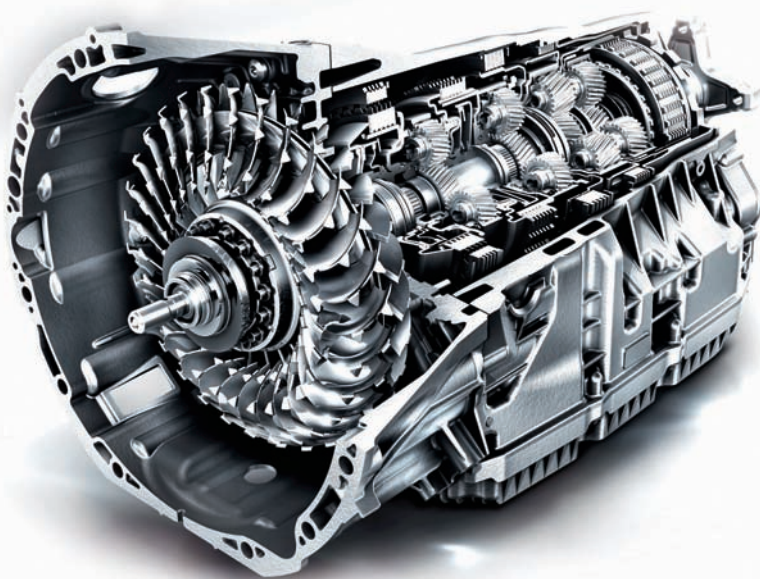


汽车自动变速器行业发展及展望

□ 河北工业大学新能源汽车研究中心/陈勇

本文对汽车市场主流的自动变速器(AT、AMT、CVT、DCT)和创新混合动力专用变速器DHT技术现状以及应用前景做了详细阐述。



汽车自动变速器行业总体发展状况

变速器是汽车传动系中最主要的部件之一。随着汽车工业的迅速发展,车辆性能不断优化,电子化程度不断加强,搭载汽车自动变速器的轿车正在逐渐取代手动变速器已经成为主流,也是汽车变速器市场发展不可逆转的趋势。

目前,产业化技术成熟的自动变速器在车辆上的应用主要有四种:液力自动变速器AT、电控机械式自动变速器AMT、无级自动变速器CVT和双离合器自动变速器DCT。

日趋严格的法律法规和汽车驾驶者日益提高的环保意识使汽车产业开始意识到,混合动力在汽车行业将赢得越来越重要的市场地位。一个新的驱动系统在这样的背景下脱颖而出:混合动力专用变速器DHT(Dedicated Hybrid Transmission),正在作为新的混合动力驱动,主要在欧洲发展起来。

随着时间的推移,手动变速器的市场占有率会逐渐降低,自动变速器将不断增加。发展趋势紧紧围绕安全、环保、节能、操纵轻便化、换挡自动化、智能化、整车电子集成控制一体化等方面展开。图

1为某国际机构对全球汽车变速器需求量的预测。

变速器传动效率分析:手动变速器中5MT与6MT在NEDC循环工况下油耗差别不明显,但在高速及非拥堵工况下6MT可省油5%左右。通过优化开发设计过程,重点在降油损失方面,手动变速器仍可提高效率2%左右;6速AMT的效率范围在95%~97.5%,具有较高的传递效率;当前AT变速器传递效率仍有4%~5%的提升空间,多挡位的发展利于AT变速器效率的提高;7DCT全电控比7DCT液力控制具有更高的传递效率;与AT变速器相比虽然CVT传递效率略低,但

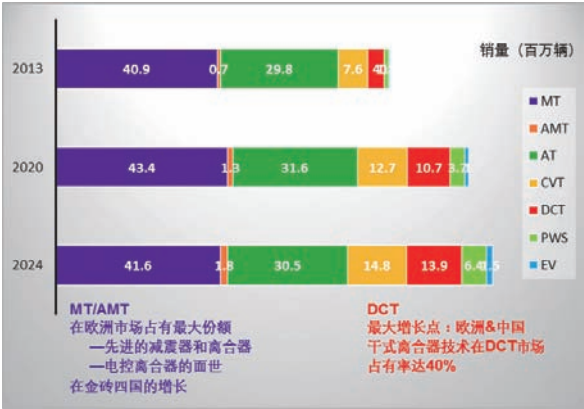


图1 全球汽车变速器需求量预测

由于CVT可实现发动机与动力传动系统的最佳匹配，其实际工况油耗与6AT（中上等水平油耗）基本相当。通过手动变速器和自动变速器的优化，可为整车油耗的降低提供3%~5%的贡献率。如图2所示为当前乘用车主要搭载变速器种类及其传递效率范围比较，图中蓝色表示该类型变速器效率最低值，绿色表示该类型变速器效率最高值。

附表为主流自动变速器优缺点

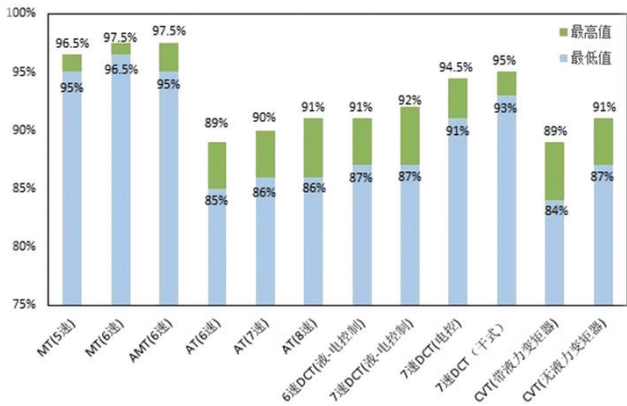


图2 当前乘用车市场变速器效率范围分析

主流自动变速器优缺点比较

变速器类型	主要缺点	主要优点
AT	操纵机构&其他效率较低	车辆启动时液力变矩器提供转矩增幅
AMT	换挡过程中转矩中断	高传动效率
CVT	需要持续的高压系统	换挡非常平顺，驾驶舒适
DCT	车辆启动时离合器不能转化转矩	无动力中断换挡，执行机构具有高效率

北美和日本，占50%以上。但在未来五年内，以AT技术为主，DCT快速增长，CVT相对市场份额稳定，AMT主要用于重型商用车和微型乘用车格局基本不变。我国自动变速器的技术路线也基本上形成了多种技术路线互相竞争、互相促进、同步发展的格局。

中国汽车自动变速器发展现状

目前我国匹配各类型变速器的车型的统计数据表明，我国手动变速器比例在总体上呈下降趋势，但仍然处于主导地位，绝对数值超过50%。自动变速器中的AT处于绝对多数地位，DCT增长速度最快，CVT在近几年呈现快速增长的势头，AMT已有应用。

近年来，国内部分汽车及变速器企业通过引进先进的技术与设备，并通过不断的吸收创新，逐步缩小在自动变速器领域与国际先进水平的差距。中国自动变速器产业化总体上已经进入起步阶段，尽管不同类型自动变速器的技术成熟度不同，不同企业根据自身条件和产品定位，所走的技术路线也不同，但AT/AMT/CVT/DCT多元化技术路线的格局已经形成，并将长期保持下去。在不同类型自动变速器竞争中，高效率、可靠性、开发时间、性能和价格将成为竞争的关键因素，市场将最终做出选择。

国内对自动变速器进行自主研发的主要有吉利汽车、奇瑞汽车、上汽、一汽、江淮汽车、山东盛瑞、湖南江麓容大等企业及部分科技高校，他们对AT、DCT、CVT

等自动变速器关键部件和控制策略的研究与开发进行了大量工作；国家科技部也将国内自动变速器的研发列入“十一五”和“十二五”期间的国家“863”计划重点发展项目，鼓励高校与企业进行产学研合作。上述企业也承担了自动变速器的研发任务，并逐步掌握了开发过程中的主要关键技术。

目前实现量产的自动变速器，有吉利的4AT、6AT，湖南江麓容大和奇瑞汽车的CVT，重庆青山变速器公司的5AMT等。国内多家汽车企业也在加紧对7速新型湿式双离合器自动变速器的研发，并已经取得阶段性的进展。但不可否认的是，我国自主研发的自动变速器产业化水平仍然相当低，在国产自动挡乘用车中，95%以上搭载的是进口自动变速器或是来自外资控股的生产企业。

自动变速器关键技术及发展趋势

1. 液力自动变速器AT

在过去的20年中，全球汽车自动变速器AT的技术、产品、市场不断得到迅速发展，其自动变速的可靠性和柔顺性得到市场的广泛认可。但是，要客观地指出，新型的6AT、7AT、8AT主要是在大排量轿车领域显示其优越性，在汽车市场占据主流地位的中、小排量车型中，颇有逐渐被CVT和DCT替代的趋势。

(1) 传动系统多挡化。挡位多使自动变速器具有更大的速比范围和更细的挡位速比分配，从而提高车辆的起动性能、改善换挡平顺

性、提高乘坐舒适性、降低车辆的噪声、油耗以及使发动机驱动力分配更合理。目前，在国内市场受制于国外汽车公司的限制，4AT占据最大的市场份额，但在欧美市场，6AT已经是主流，在豪华车如宝马、奥迪等上已经匹配了8AT。据报道，更多挡位的9AT、10AT的开发也已经被部分大型汽车公司列入战略考虑。图3为奥迪7速S-TRONIC自动变速器。

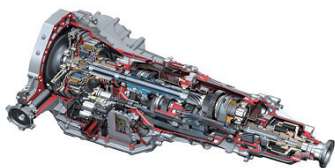


图3 奥迪7速S-TRONIC自动变速器

(2) 液力变矩器结构不断优化。液力变矩器是AT的重要组成部分，是实现将发动机转速转换成汽车行驶所需转速的关键部件，对其进行结构优化有着重要意义。基于三位叶栅理论和模拟技术仿真的优化设计，可以使循环形状及泵轮、涡轮和导轮的叶片形状与角度的设计更精确、合理，使液力变矩器结构更紧凑，流路面积比已经可以降低到0.6以下，减少了轴向尺寸。另外，由于闭锁离合器技术和ATF的不断优化，通过和发动机的联合控制，整车对液力变矩器的闭锁范围也达到了27km/h以下，大大提高了传递效率。

2. 电控机械式自动变速器AMT

AMT变速器基本原理是在普通手动变速器基础上加装液压或电控换挡装置来进行换挡操作，采用自动控制机械变速器AMT技术不仅可以降低驾驶员的工作强度，有利

于安全驾驶，而且可以根据发动机工况和整车动力需求，自动控制变速器挡位，使发动机工作在高效率区，从而改善整车燃油经济性。采用AMT技术后，整车油耗可降低约5%。目前，国外AMT技术基本趋于成熟，已经得到批量应用，特别是欧洲，其商用车使用AMT的比例实际已经超过50%。

国外掌握AMT核心关键技术公司，如马瑞利、WABUCO、LUK等对国内市场形成了垄断。国内对AMT技术的研究和应用起步较早。目前，开展AMT研制的主要有吉林大学、北京理工大学、清华大学、上海交通大学、南京阿福和北京斯达福等。乘用车取得的成果主要有：青山微型车AMT搭载江淮同悦、南京阿福AMT搭载昌河铃木和长城绚丽、江铃轻型车AMT、奇瑞AMT等已实现小批产出。国内AMT产业化已经起步，具有较好的市场前景。

3. 无级自动变速器CVT

CVT技术采用传动带和工作直径可变的主、从动带轮相配合传递动力。可以实现传动比的连续改变，从而得到传动系与发动机工况的最佳匹配，提高整车的燃油经济性和动力性，改善驾驶员的操纵方便性和乘员的乘坐舒适性。CVT的发展主要受限，除了其本身的转矩能力之外，还受制于其有限的市场供应。比如，CVT里的核心部件压力钢带就只有博世等少数供应商。但由于日本JATCO公司国外厂商在中国产能的急剧扩大和国内如奇瑞汽车CVT的量产，其发展趋势有可能好于预测。

2015年JATCO在原来CVT7基础上开发的新型宽变速比CVT7 W/R, 是在进一步改善燃油经济性能和驾驶性能这两个相互矛盾的性能的基础上开发出来的全新产品。CVT7 W/R的速比范围从之前的7.3增加到现在的8.7。此外, 通过减少内部摩擦, 改善了燃油经济性; 通过优化换挡特性, 提高了驾驶舒适感。

(1) 优化带轮刚度。液压系统的应用使带轮弹性变形, 这种弹性变形降低了带轮钢片与钢带之间的接触面积, 从而导致摩擦系数下降。图4展示了提高带轮刚度对提高摩擦系数带来的影响, 图5将新开发的变速器和旧型号变速器的转矩容量进行了比较。

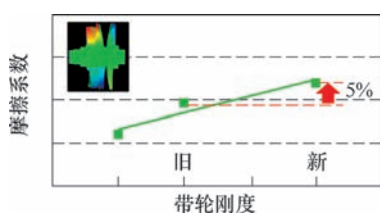


图4 改善带轮刚性

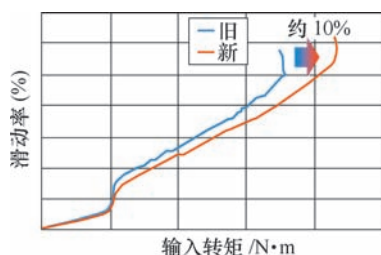


图5 提高转矩容量降低钢片和钢环之间的相对滑动

钢带是由两部分组成的: 钢片和钢环。由于运行期间的转动半径不同, 相对滑动不仅发生在钢片之间, 也发生在钢片和钢环之间。后者的相对滑动是由在环绕着钢片的带轮处的钢环的不同的转动半径带

来的转矩传递造成的。通过缩小摆动边界的高度差, 相对滑动的量减少了20%。如图6所示, 将减小后的转动半径与旧型号进行了对比。

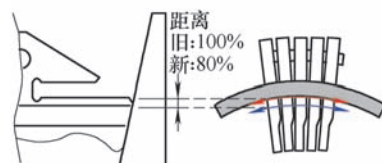


图6 钢片几何形状的优化

4. 双离合自动变速器DCT

双离合变速器的概念创始于1933年, 出现在Kegresses的专利中。经过不断的技术完善, 2002年大众汽车公司首次将双离合直接换挡变速器 (DSG) 应用到大众高尔夫车型上, 实现了DCT的产品量产。至2007年年底, 各种应用DSG的轿车已累计销售超过100万辆。

(1) 起步控制。车辆起步时, 为了使两个离合器具有相近的使用寿命, 并保证起步的快速和平顺性, 可以使两个离合器同时进入滑摩状态, 共同传递起步力矩实现车辆起步。由于起步工况的不确定性和驾驶员的操作意图随机地变化, 要求起步离合器的控制算法能够准确适应这些变化, 具有较强鲁棒性的模糊控制算法能够满足实际应用需要。

(2) 离合器冷却润滑控制策略。在DCT中离合器冷却润滑系统设计的关键是如何在整车所有驾驶工况下, 有效控制离合器摩擦面及润滑油温度。其中, 包括通过估计最优润滑油流量需求来平衡产热及冷却以满足系统要求。这就要求变速器控制单元 (TCU) 主动监控离合器滑摩功率及油槽温度。此外,

因不同液压系统工作原理的差异性, 离合器润滑冷却控制策略需要根据不同的系统针对性的设计开发。图7为某自主品牌7速湿式DCT润滑油流量需求测试及验证过程。

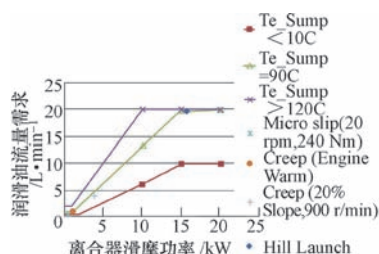


图7 某自主品牌7速湿式DCT润滑油流量需求测试及验证过程

5. 混合动力专用变速器DHT

在2015年12月初在柏林举行的第14届国际CTI论坛上, 第一次对观众展示了DHT变速器, 并进行了讨论。国际CTI论坛顾问委员会主席Ferit Küçükay教授和Robert Fische博士首先发起了这一概念, 同时也在专业领域引入了“DHT”这一缩写。DHT中电驱动的动力源完全被集成在变速器中, 其变速器功能需依赖于被集成的电气元件来实现, 如缺少电动机, 变速器将不具备相应功能。

惟一一款上市多年的DHT是丰田混动系统 (THS), 车身附有“混动协同驱动 (Hybrid Synergy Drive)”标志, 其开发历史已有20年之久, 于1997年搭载在丰田普锐斯中上市, 颇受消费者欢迎, 销量极佳并久居不下, 迄今仍未有其他混动变速器能够望其项背 (见图8)。

就我国而言, 上汽开发的电驱单元 (EDU), 使用两个电动机和一个非常简单的直齿变速器, 因需

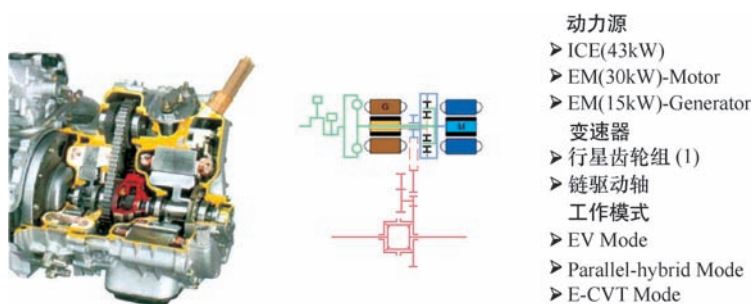


图8 1997年普锐斯动力总成

要使用电动机实现完整的功能，所以从定义上讲它是一个DHT。

很多汽车制造商及其主要供应商目前都在进行混动专用变速器（DHT）的开发。鉴于良好的市场应用前景，今后很可能会将DHT定义为一个独立的新变速器种类。对于DHT，目前确实存在一些顾虑，但通过下面的数据可以预测，DHT终将拥有辉煌的未来：至今售出的DHT已是其他所有混合动力变速器总和的2倍（见图10）。

变速器未来发展趋势

据中国汽车工业协会数据统计，2015年新能源汽车产量达340 471辆，销量331 092辆，同比分别增长3.3倍和3.4倍。预计到2020年中国新能源汽车销量将达200万辆，实现累计销量500万辆。电子化的动力系统将在未来几年成为中国优先发展的方向。

未来十年，法规、社会与消费者带来的降油耗压力将不断增

加，混动汽车的市场份额将会大幅提高，混动驱动系统的占有量也很可能会超过目前的预期值。由此看来，DHT的商业模式将会有大幅改善，预测的巨大产量将可以支撑DHT产品的开发及产业化成本，从而可充分展现出此类变速器在减重、空间尺寸与复杂性方面带来的优势。 **AUTO1950**



陈勇

2015.10至今

河北工业大学新能源汽车研究中心主任、教授

吉利动力总成研究院资深总工程师（兼职）

1990年就职于日本JATCO公司技术研发中心，在JATCO公司工作19年期间，作为高级技术人员曾担任4速、5速、6速、7速轿车自动变速器（AT）和无级变速器（CVT）传动系统研发项目负责人。回国后任吉利汽车研究院总工程师、副院长，吉利动力总成研究院副院长、资深总工程师，主管吉利汽车变速器研发工作，成功负责开发出量产6挡手动变速器，7挡双离合自动变速器。

在国际和国内技术期刊上发表文章50余篇，在国际和国内学会上发表论文60余篇。主持和参与提出并被授权发明专利160项，实用新型专利237项，主持完成了国家863项目和国家“十二五”科技支撑计划项目各一项。

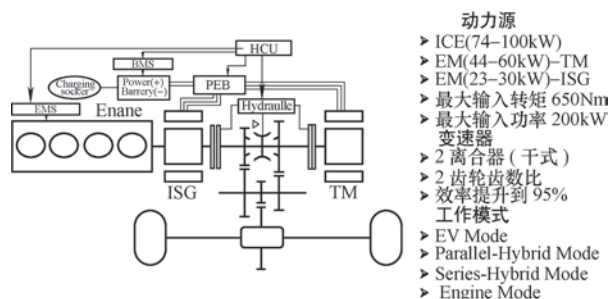


图9 上汽电驱单元（EDU）

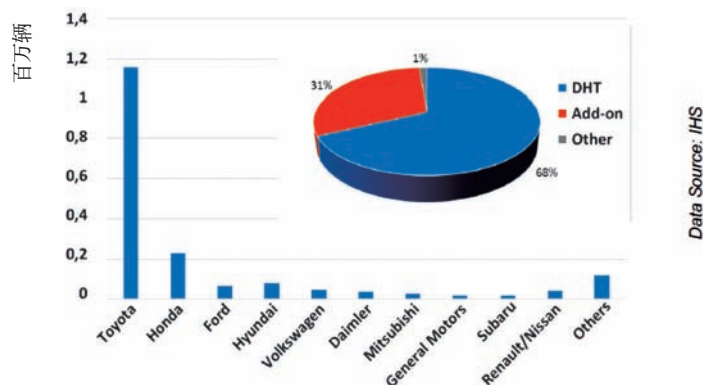


图10 2015年全球混合动力汽车销量