

■ 綦江齿轮传动有限公司/张 勇

重型载货车手动变速器 结构分析

2010年重型载货车市场超过百万辆大关后，经过2011年调整，2012年快速回落至2009年水平，在2013年第二季度又开始强劲反弹，最终2013年重型载货车市场规模达到77万辆。预期2014年市场需求量约在80万辆以上。我国重型载货车使用的变速器95%以上采用国内生产的产品，本文结合近期变速器产品发展特点，分析变速器结构发展趋势。

重型变速器基本技术情况

变速器通常按传动形式和换挡形式来进行分类。变速器按主箱结构来分，可分为单中间轴主箱和双中间轴主箱；按副箱结构来分，可分为行星式副箱和双中间轴副箱；按换挡形式来分，可分为同步器换挡和接合套换挡。这三种分类相互独立，不同组合就形成了一个不同结构的变速器。单中间轴主箱行星式副箱同步器换挡的典型产品如綦齿的5S-111GP（见图1）；双中间轴主箱双中间轴副箱接合套换挡的典型产

品如伊顿的RTX14710（见图2）；双中间轴主箱行星式副箱接合套换挡的典型产品如中国重汽的HW19710（见图3）；双中间轴主箱双中间轴副箱同步器换挡的典型产品如法士特的12JS160T（见图4）。

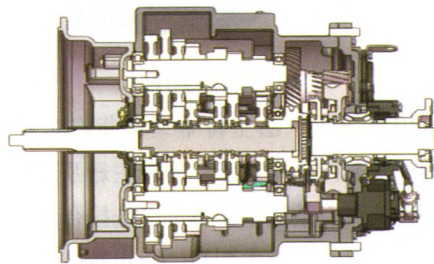


图2 伊顿 RTX14710

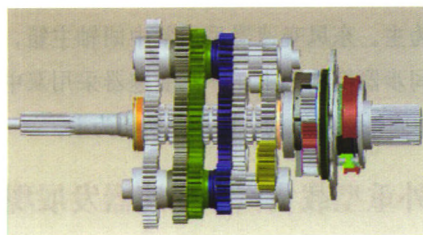


图3 中国重汽HW19710

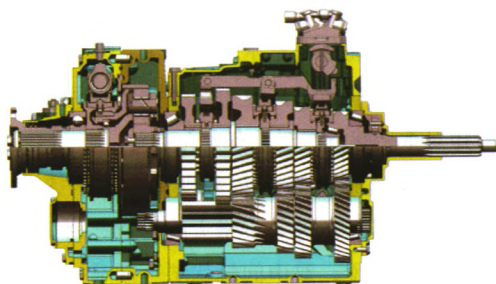


图1 綦齿5S-111GP

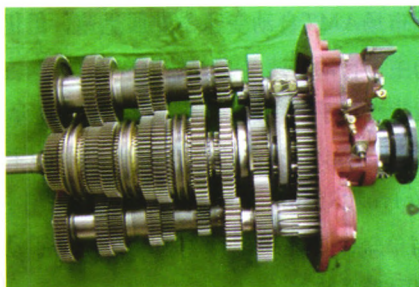


图4 法士特12JS160T

国内重型载货汽车变速器概况

1. 生产企业分类

变速器生产企业分为独立企业和附属企业两类。附属企业是指依附整车厂的变速器生产商，例如东风变速器、一汽变速器、中国重汽大齿等。独立企业是指没有依附整车厂，而独立存在的企业，例如葛兰和法士特等。

2. 市场情况

国外变速器生产商凭借先进的技术和可靠的产品，牢牢控制着出口市场和高端车市场。国内独立变速器企业凭借性价比高的产品和完善的售后服务控制主流市场。附属企业依托其母公司的影响力虽然市场占有率不高，但近年来的增幅明显。国内重型载货汽车变速器市场分布如图5所示。

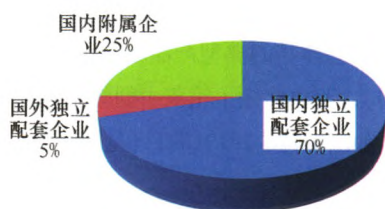


图5 国内市场分布

在中国市场上，法士特重型载货汽车变速器占据垄断地位，其产品采用双中间轴主箱及双中间轴副箱结构，换挡可以是同步器也可以是接合套。葛兰采用单中间轴主箱，行星式副箱，同步器换挡为主。中国重汽变速器采用双中间轴主箱、行星式副箱和接合套换挡为主。东风变速器采用单中间轴主箱，行星式副箱，同步器换挡为主。一汽变速器采用双中间轴主箱，双中间轴副箱结构，接合套换挡为主。

国外重型载货汽车变速器发展现状

1. 欧洲概况

欧洲市场AMT自动变速器发展迅速，但仍以手动变速器为主，自动变速器约占整个市场的20%左右。欧洲重型载货汽车手动变速器市场分布如图6所示。

在欧洲，除ZF公司外，自制变速器的主机厂有Benz、Volvo和Scania等。他们几乎全部采用主副箱结构，主箱单轴、副箱采用行星齿轮结构，手动变速器均采用全同步器换挡。

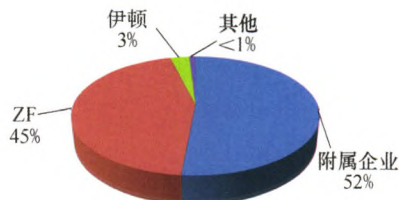


图6 欧洲重型载货汽车手动变速器分布

2. 北美概况

北美市场AMT自动变速器发展也很迅速，但仍以手动变速器为主（市场分布见图7），自动变速器约占整个市场的30%左右。在北美，除Mack公司的变速器采用主副箱三中间轴外，几乎所有的公司都采用主副箱结构，主箱双轴中间轴和副箱双中间轴结构，手动变速器均采用接合套换挡。

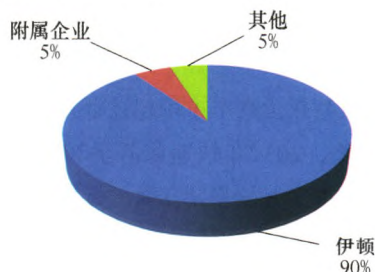


图7 北美重型载货汽车手动变速器分布

重型变速器结构发展分析

1. 主箱结构

重型载货汽车变速器的主箱主要有单中间轴和双中间轴两种。1784年第一台变速器诞生时就是单中间轴结构，至今单中间轴结构仍在轻中型载货汽车、客车、乘用车和工程机械等领域大量应用。而双中间轴结构的变速器是美国伊顿EATON公司在1962年发明的，主要应用于大转矩变速器。

单中间轴的优势在于重量轻，齿轮传动效率高，转动惯量小。重量轻和齿轮传动效率高，可以有效降低燃油消耗，转动惯量小有利于延长同步器寿命。

双中间轴的优势在于承受转矩大，安装尺寸短。承受转矩大可以有效适应重型载货汽车使用工况，安装尺寸短对重型载货汽车没有太大意义。

针对中国普遍存在的超载现象，结合未来重型载货汽车变速器转矩进一步增大的特点，对于重型载货汽车变速器来说，双中间轴优势更明显一点。可以预测未来重型载货汽车变速器，尤其是输入转矩超过

1600N·m的变速器将以双中间轴为主。

2. 副箱结构

重型载货汽车变速器的副箱主要有行星式副箱和双中间轴副箱两种。和双中间轴副箱相比，行星式副箱技术优势明显：

1) 行星式副箱在传递动力时可以进行功率分流，这就决定了在相同外部约束（例如输入转矩、安装尺寸等）的情况下，可以使行星式副箱体积小、质量轻，结构紧凑、承载能力大。

2) 由于行星式副箱的行星轮是均布的，使得径向力相互平衡，从而有利于提高传动效率，目前广泛采用的NGW型行星式副箱其效率值为98.5%，而双中间轴副箱约为95%。也正是由于均匀的结构，NGW型行星式副箱还具有运动平稳、抗冲击和振动的能力强等特点。

3) 行星式副箱可以轻松实现较大传动比。理论上讲，在仅作为传递运动的行星齿轮传动中，其传动比可超过1 000，这有利于整个变速器1挡速度的提升。而双中间轴副箱传动比和强度一直都是整个变速器的瓶颈。

行星式副箱最大的缺点是结构复杂。由于使用情况恶劣，超载严重，导致行星式副箱时有损坏。当某一零件损坏后，往往导致相配合的零件损坏，这种结构复杂的行星式副箱往往维修成本较高。如果能解决好设计能力、工艺水平、装配工艺等方面的问题，再加上使用环境规范，行星式副箱重型载货汽车变速器会成为主流应用。

3. 换挡形式

重型载货汽车变速器的换挡形式主要有同步器换挡和接合套换挡，下面分别从技术和市场的角度来分析。

(1) 技术方面 同步器换挡优势明显，最主要的优势是换挡步骤少，无动力中断，换挡过程安全。以3挡换2挡为例，规范的同步器换挡有三个步骤：踏下离合器踏板→摘下3挡换上2挡→松开踏板。而规范的接合套换挡有6个步骤：踏下离合器踏板→摘下3挡→松开踏板加大油门→踏下踏板→选择适当时机时换2挡→松开踏板。这6个步骤必须在十分之几秒内完成，否则可能出现换不上挡的情况。在汽车下陡坡或爬坡行驶等工况下，还可能出现通过改变油门大小也不能同步的情况。在这种情况下，驾驶员仅能通过“冲击”力来强行换挡。如果不成功，就换不上挡，可能出现安全事故。

(2) 市场方面 从上述国外概况分析中也可以看出，欧洲重型载货汽车手动变速器均是全同步器的，北美的手动重型载货汽车变速器大部分为接合套。国外之所以出现这两种明显的区分，并不是技术引导市场的结果，而是市场选择技术的结果。欧洲的地形以山区为主，道路条件复杂多变，地域面积小，国家和城市众多，道路运输多以中短途为主，要求频繁换挡；而北美以平原为主，道路条件以高速为主，可以长期运行在某一挡位，地域宽广，城市分散，道路运输多以长途为主，不需要频繁换挡。我国的地域宽广，地形复杂，在东部和东北部以平原为主，在西部以山区为主，在东南部以丘陵为主，道路运输各种距离的都有，这样复杂的市场使用环境就决定了重型载货汽车变速器必然会使用同步器换挡。

目前国内重型载货汽车主流的配置均采用牵引车标配同步器变速器。载货车标配同步器变速器，自卸车细分为公路自卸车和非公路自卸车，公路自卸车标配同步器变速器，非公路自卸车标配接合套变速器。非公路自卸车不用同步器变速器的原因是非公路用车的使用工况恶劣，超载严重，同步器的寿命一直没有得到有效解决。随着技术的进步和同步器寿命的提高，未来重型载货汽车手动变速器会全部采用同步器换挡。

结语

技术上最佳的组合方式是双中间轴同步器主箱加上行星式副箱，目前世界上还没有量产的产品，只有中国重汽在2011年研发了这种结构的样机，变速器型号为HW23716SXT。该型号变速器还未定型，主箱采用双锥面锁环式同步器或单锥面锁销式同步器，并申报了专利。

以上仅仅是从技术的角度分析了未来重型载货汽车变速器结构的发展趋势。这种最佳的变速器结构组合方式要批量的应用于市场，还必须处理好各个结构之间的技术匹配问题。为此，必须解决好双中间轴主箱输出轴浮动对行星传动的影响和双中间轴转动惯量最大对主箱同步器的影响，只有这样才能把双中间轴同步器主箱加上行星式副箱这种最佳的组合方式的优势发挥出来。

关键词：

重型载货汽车 手动变速器 结构发展趋势

(收稿日期20140411)