

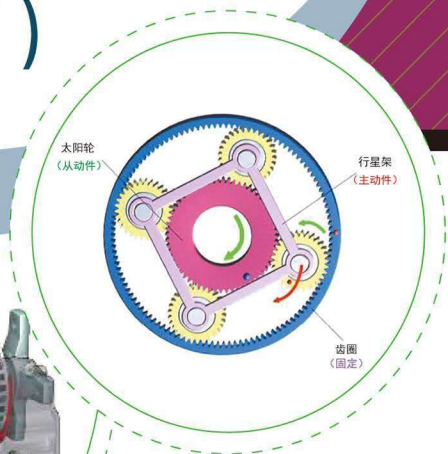
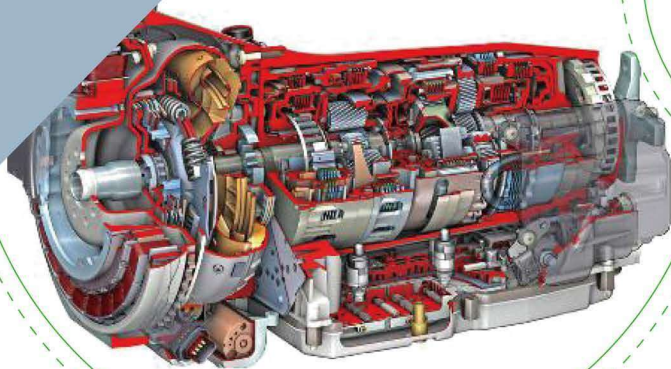


“十三五”职业院校汽车系列规划教材
“互联网+”新形态一体化精品教材

汽车自动变速器 构造与维修

主编◎陈映波 陈玉刚 易成贤

(微课版)



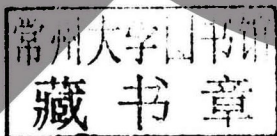
电子科技大学出版社



“十三五”职业院校汽车系列规划教材
“互联网+”新形态一体化精品教材

汽车自动变速器 构造与维修

(微课版)



主 编 陈映波 陈玉刚 易成贤
副主编 陈 晖 方 俊 汪小孟
邢 辉 马 哲



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车自动变速器构造与维修 / 陈映波, 陈玉刚, 易成贤主编. — 成都 : 电子科技大学出版社, 2017.7
ISBN 978-7-5647-4697-1

I. ①汽… II. ①陈… ②陈… ③易… III. ①汽车—自动变速装置—构造—职业教育—教材 ②汽车—自动变速装置—车辆修理—职业教育—教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第150197号

汽车自动变速器构造与维修

陈映波 陈玉刚 易成贤 主 编

出 版 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑 张 鹏
责任编辑 张 鹏
主 页 www.uestcp.com.cn
电子邮箱 uestcp@uestcp.com.cn
发 行 新华书店经销
印 刷 北京荣玉印刷有限公司
成品尺寸 185mm × 260mm 印张 16 字数 389千字
版 次 2017年7月第1版
印 次 2017年7月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5647-4697-1
定 价 39.00元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。



本书编写依据《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》为指导，吸收了近年来汽车高职教育教学所取得的新成果，立足以人为本，以技能为导向的原则，根据广大学生的要求，精选学生终身受用的基础理论、基本知识和基本技能，突出实用性和新颖性。按照学生的认知规律，由表及里、由浅入深、分项目分任务组织教材体系。

本书共分为六个项目十六个任务。项目一为自动变速器概述，介绍了自动变速器的类型、特点、分类及使用；项目二为液力耦合器和液力变矩器，介绍了液力耦合器及其液力变矩器的结构特点；项目三为行星齿轮自动变速器，介绍了行星齿轮机构及换挡执行机构的构造原理；项目四为液压控制自动变速器，介绍了液压控制系统结构原理、油路分析及其油泵结构原理；项目五为电子控制自动变速器，介绍了电子控制自动变速器的工作原理；项目六为自动变速器故障诊断与检修，介绍了自动变速器常见的故障及诊断排除方法。

全书参考总学时为72学时，建议采用理实一体化的教学模式进行授课。各项目的学时分配表如下，仅供参考。

项目	课程内容	学时分配	
		讲 授	实 训
项目一	自动变速器概述	2	2
项目二	液力耦合器和液力变矩器	4	4
项目三	行星齿轮自动变速器	12	12
项目四	液压控制自动变速器	7	7
项目五	电子控制自动变速器	7	7
项目六	自动变速器故障诊断与检修	4	4
课时总计		36	36

本书从实际工作岗位出发，介绍了自动变速器的基本知识和基本技能，并介绍了几种变速器的类型、结构及其检修方法。本书取材新颖，内容实用，条理清晰，图文并茂。同时，为了打造“互联网+”新型教材，本教材在传统纸质教材的基础上，加入数字化教学资源，顺应了新常态一体化教材的建设趋势，为使用本教材的师生、读者提供更多实践指导。

本书可以作为高职高专的汽车专业教材，还可以作为汽车培训及中专技校的参考教材，对广大汽车爱好者而言，也是一本值得阅读和收藏的书籍。此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电 010-57749959 或发邮件至 2033489814@qq.com。

由于编者水平和经验所限，书中难免存在不妥和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



项目一

自动变速器概述

- 任务一 自动变速器的发展历程 /2
- 任务二 自动变速器的分类、特点及应用 /6
- 任务三 自动变速器的型号及识别 /11
- 任务四 自动变速器的使用 /19



项目二

液力耦合器和液力变矩器

- 任务一 液力耦合器的发展历程 /28
- 任务二 液力变矩器 /36



项目三

行星齿轮自动变速器

- 任务一 行星齿轮机构 /52
- 任务二 组合行星齿轮机构 /59
- 任务三 换挡执行机构 /84



项目四

液压控制自动变速器

- 任务一 液压控制系统的结构原理及油路分析 /100
- 任务二 油泵及油泵的检修 /140



项目五

电子控制自动变速器

任务一 电子控制自动变速器 /158

任务二 电子控制自动变速器的油路分析 /180



项目六

自动变速器故障诊断与检修

任务一 自动变速器的拆装与分解 /190

任务二 自动变速器的检修 /205

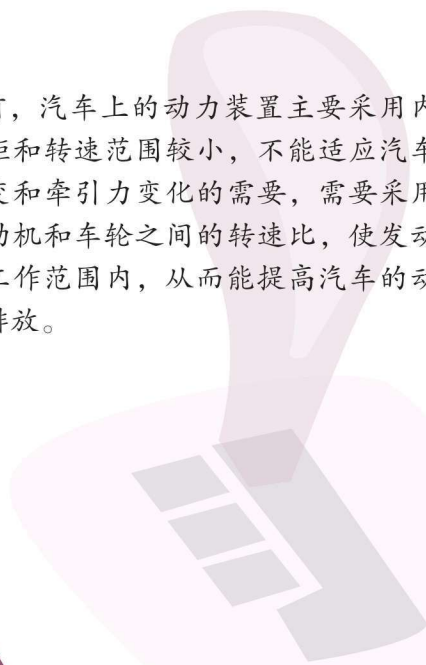
任务三 自动变速器的调试与故障诊断 /225

参考文献 /249

项目一

自动变速器概述

目前，汽车上的动力装置主要采用内燃机，内燃机转矩和转速范围较小，不能适应汽车行驶时车速的改变和牵引力变化的需要，需要采用变速器来改变发动机和车轮之间的转速比，使发动机工作在合理的工作范围内，从而能提高汽车的动力性，减小尾气排放。



任务

自动变速器的发展历程

学习目标

完成本学习任务后，你应当达到以下目标：

知识目标

1. 了解自动变速器的发展历程
2. 熟悉各个阶段技术的应用情况

能力目标

能够正确描述变速器技术应用状况。

任务引入

汽车自动变速器是随着车辆技术及其相关技术的发展而产生的。自动变速器从最初挡位固定的变速器，到有多个挡位可变换的齿轮变速器，直到现在应用计算机控制实现换挡的自动变速器，都有力地推动了汽车技术的发展。

任务实施

一、自动变速器的发展阶段

汽车自动变速器的发展历程，大体上可以分为四个阶段：自动变速早期、液力自动变速阶段、电控自动变速阶段和智能变速阶段，各阶段的技术发展历程如图 1-1 所示。

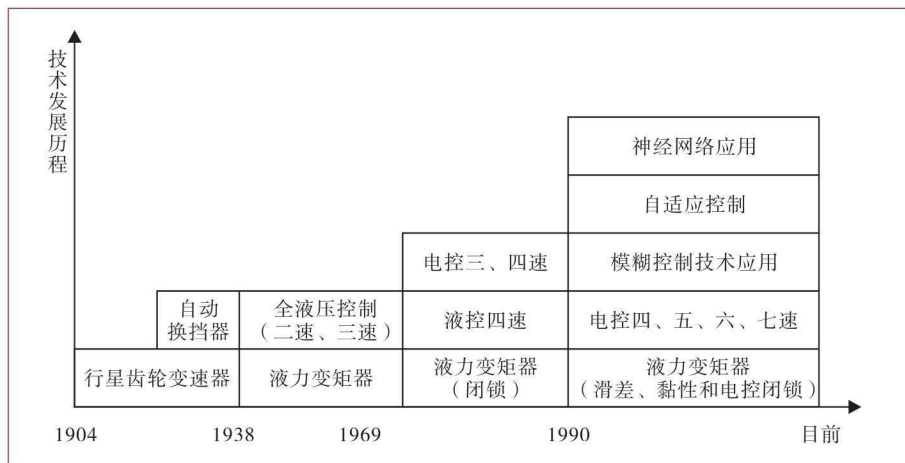


图 1-1 自动变速器各阶段技术发展历程图

1. 自动变速早期

最早在 1904 年出现了离合器和制动器等摩擦元件操纵变速的行星齿轮机构, 该机构首先用于英国 Wilson Picher 汽车上。

1907 年福特车上大量使用行星齿轮变速器, 它的出现实现了不切断动力进行的“动力换挡”, 并避免了固定轴式变速器中的“同步问题”。而液力耦合器的出现为自动操纵的实现提供了可能, 1938 年至 1941 年美国 General Motors 和 Chrysler 公司采用液力耦合器代替离合器, 省去了驾驶时的离合器踏板操作。随后出现了液力自动变速器的前身, 开始了车速和油门两个参数信号, 用液压逻辑油路控制的液力自动变速时代。

2. 液力自动变速阶段

该阶段以 1938 年的通用 Oldsmobile 车上的 Hydromatic 开始, 以液力自动变速器的普遍应用和迅速推广为特征。这个阶段的液力自动变速器由液力变矩器和行星齿轮变速器组成, 控制系统是通过液压系统来实现的; 控制信号的产生, 主要是通过反应油门开度大小的节气门阀和反应车速高低的速控阀来实现的; 其控制系统是由若干个复杂的液压阀和油路构成的逻辑控制系统, 按照设定的换挡规律, 控制换挡执行机构的动作, 从而实现自动换挡。代表性的产品有: 丰田的 A40 系列自动变速器、通用的 4T60E、EF 等系列产品。但液压系统的控制精度较低, 难以适应车辆行驶状况的变化, 无法按使用者的愿望实现精确的换挡品质控制。

3. 电控自动变速阶段

1969 年, 法国的雷诺 R16TA 轿车首先使用了电子控制自动变速器, 与全液压的区别在于自动换挡的控制系统是由电脑来实现的, 但当时电子技术不成熟, 应用范围较窄, 到 20 世纪 80 年代末, 电子控制逐步实用化, 越来越多的自动变速器采用了电子控制。

自动变速器的控制系统包括电控和液控两部分, 电控系统由电脑、各种传感器、电磁阀及控制电路等组成, 它将控制换挡的参数(如车速和油门开度等)通过传感器转换为电信号输送给电脑, 电脑通过处理将换挡的信号作用于换挡电磁阀, 从而利用液压换挡执行机构实现自动换挡。由于电脑能存储和处理多种换挡规律, 在改善换挡品质控制方面, 有明显的优越性, 并且与整车的其他控制系统兼容性好, 最终可以实现车辆电子控制系统一体化。

4. 智能自动变速阶段

随着车辆技术和自动变速技术的发展, 人们不再满足于简单的功能实现, 车辆自动变速技术即将进入智能化阶段, 控制策略的不断改进成为车辆自动变速技术的特点。德国的宝马公司从 1992 年起, 陆续推出用于四挡和五挡自动变速器的自适应控制系统, 能够自动识别驾驶员的类型、环境条件和行驶状况, 并对换挡规律做出适当调整。尼桑的 E4N71B 自动变速器, 采用模糊推理对高速公路坡道进行识别, 采取禁止升挡的措施消除循环换挡, 三菱新型四挡自动变速器, 将各种输入信息和驾驶员的换挡通过神经网络建立联系, 利用神经网络的学习功能, 使得车辆能够按照驾驶员意图自动换挡。

我国应用液力传动始于五十年代, 自行研制出了内燃机车和红旗 CA770 三排座高级轿车的液力传动系统, 随后液力传动也在我国获得了一定发展。此外, 部分军用车辆上使用了液力自动变速器, 但发展速度要落后于发达国家。

由于对自动变速器良好性能的逐渐认识,用户的需求量也越来越大,使国内汽车企业加快了自动变速器的发展步伐,并且在液力自动变速器的研究、生产、修理等方面都有了一定的基础。

二、自动变速器的发展趋势

随着控制技术的发展,人们对车辆性能要求的不断提高,自动变速系统的发展将朝着控制系统智能化和车辆电子一体化的方向发展。



1. 控制系统智能化

现在对车辆的主观评价越来越受重视,车辆对人的适应也是“智能车辆”的重要标志,所以自动变速器控制系统对驾驶员特征的识别、对其意图的适应是体现“人机工程”指标和人机协调优化的重要组成部分。

随着各种自动变速器使用中问题的出现和人们对车辆性能要求的不断提高,人们采用了各种新的检测、控制技术用于改善自动变速车辆的性能,在控制方法和策略中,越来越多的应用了模糊控制技术和神经网络技术。使得换挡控制系统对车辆负载状态、车辆使用参数和使用环境变化的适应更具智能化特征。



2. 车辆电子一体化

从最早 20 世纪 60 年代的电子点火系统到后来的电控燃油喷射系统、电控自动变速器、车辆巡航控制、电控制动防抱死系统、电控悬架等,车辆电子技术已有了极大的发展,将各个相对独立的车辆电子控制单元合为一体已成为一种趋势,如图 1-2 所示为车辆动力传动系统电子控制一体化趋势。有以下优点:

(1) 可以充分利用各部件对车辆的观测参数,使用尽量少的传感器。

(2) 采用 CAN 总线技术,实现汽车内部控制系统与各检测、执行机构间的数据通讯,为车辆的轻量化提供可能。

(3) 实现传动系统联合控制,可以使系统获得更多的改善换挡品质的控制手段,并可以实现变油门的换挡规律,实现比自动变速器独立控制具有更优越的性能。

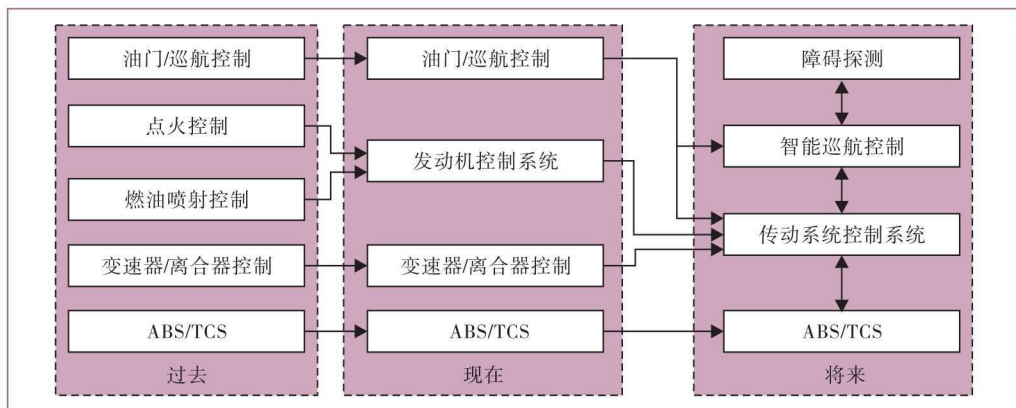


图 1-2 车辆动力传动系统电子控制一体化趋势

任务实训

根据任务要求，确定所需要的实训场地、设备及工具，以小组讨论的方式制订详细的工作计划（操作流程或工序），对小组成员进行合理分工，实施计划，完成任务并记录。

任务	自动变速器的发展历程				
学生姓名		班级		学号	
实训场地		学时		日期	
设备及工具					
小组成员及分工					
工作计划（操作流程或工序）				测试结果	
自动变速器的发展趋势					
根据测试结果写出学习计划					

任务练习

- 一、填空题
1. 汽车自动变速器经历了_____、_____、_____和_____四个阶段。
2. 自动变速器的控制系统包括_____和_____两部分。
3. 电控系统由_____、_____、_____及_____等组成。
- 二、问答题
1. 电控自动变速器在哪个世纪应用最广泛？
2. 电控自动变速器的控制系统由哪些部件组成？

任务

二

自动变速器的分类、特点及应用

学习目标

完成本学习任务后，你应当达到以下目标：

知识目标

1. 了解自动变速器的特点。
2. 掌握自动变速器的应用情况。
3. 熟悉自动变速器的分类。

能力目标

1. 能正确区分自动变速器。
2. 会描述自动变速器的特点。

任务引入

自动变速器的类型复杂多变，怎样区分变速器就显得尤为重要，不同类型的变速器其作用也不同。变速器又有哪些突出的特点呢，在未来发展的道路上新的技术将如何运用在汽车上也是我们所关注的问题。

任务实施



自动变速器分类

一、自动变速器的分类

目前自动变速器技术的应用，主要有以下三种形式：液力自动变速器（简称“AT”）；电控机械式自动变速器（简称“AMT”）；机械无级变速器（简称“CVT”）。其中，AMT 和 AT 一样，是有级变速器的自动换挡控制，而非无级变速器。



1. 液力自动变速器

液力自动变速器（如图 1-3 所示）的基本结构是由液力变矩器与动力换挡辅助变速装置组成。液力变矩器安装在发动机和变速器之间，以液压油为工作介质，起传递转矩、变矩、变速及离合的作用。

液力变矩器可在一定范围内自动无级地改变转矩比和传动比，以适应行驶阻力的变化。但是由于液力变矩器变矩系数小，不能完全满足汽车使用的要求，所以，它必须与齿轮变速器组合使用，扩大传动比的变化范围。目前，绝大多数液力自动变速器都采用行星齿轮系统作为辅助变速器。行星齿轮系统主要由行星齿轮机构和执行机构组成，通过改变动力传递路线得到不同的传动比。由此可见，液力自动变速器实际上是能实现局部无级变速的有级变速器。液力自动变速器是目前使用最多的自动变速器。采用此种类型的自动变速器，免除了手动变速器繁杂的操作，使开

车变得省力。同时,电子控制也使自动切换过程柔和、平顺,因此汽车具有良好的乘坐舒适性和安全性、优越的动力性和方便的操纵性。

2. 电控机械式自动变速器

电控机械式自动变速器(如图1-4所示)是在传统固定轴式变速器和干式离合器的基础上,应用电子技术和自动变速理论来实现机电一体化协调控制的。车辆起步、换挡的自动操纵是以电控单元(ECU)为核心,通过液压或气压执行机构来控制离合器的分离与接合、选换挡操作以及发动机节气门的调节。ECU根据车辆的运行状况(发动机转速、变速器输入轴转速、车速)、驾驶员意图(油门开度、制动踏板行程)和道路路面状况(坡道、弯道)等因素,按预先设定的由模拟熟练驾驶员的驾驶规律(换挡规律、离合器接合规律),借助于相应的执行机构(发动机油门控制执行机构、离合器执行机构、变速器换挡执行机构),对发动机、离合器、变速器的协调动作进行自动操纵。

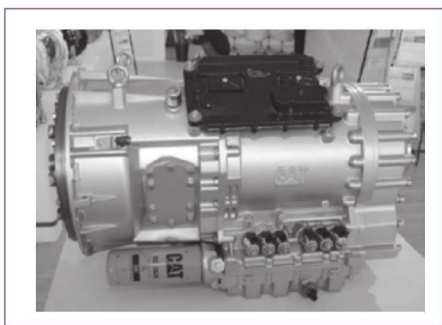


图 1-3 液力自动变速器



图 1-4 电控机械式自动变速器

AMT既具有液力自动变速器自动变速的优点,又保留了原手动变速器齿轮传动的效率高、成本低、结构简单、易制造的长处。它糅合了二者优点,是非常适合我国国情的机电一体化高新技术产品。它的缺点是非动力换挡,这可以通过电控软件方面来得到一定弥补。

在几种自动变速器中,AMT的性价比最高。在中低档轿车、城市客车、军用车、载货车等方面应用较广阔。

3. 无级自动变速器

机械式无级变速器种类很多,有实用价值的仅有V形金属带式。金属带式无级变速器(如图1-5所示)属摩擦式无级变速器,其传动与变速的关键件是具有V型槽的主动锥轮、从动锥轮和金属带,金属带安装在主动锥轮和从动锥轮的V形槽内。每个锥轮由一个固定锥盘和一个能沿轴向移动的可动锥盘组成,来自液压系统的压力分别作用到主、从动锥轮的可动锥盘上,通过改变作用到主、从动锥轮可动锥盘上液压力的大小,便可使主、从动锥轮传递扭矩的节圆半径连续发生变化,从而达到无级改变传动比的目的。机械式无级自动变速器传动比连续,传递动力平



无级变速器原理

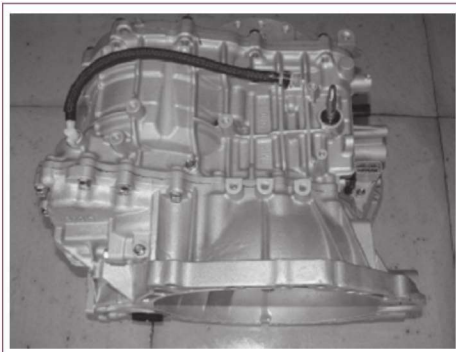


图 1-5 金属带式无级变速器

稳,操纵方便,同时因加速时无须切断动力,因此汽车乘坐舒适,超车加速性能好。特别值得一提的是,由于可使发动机始终在其经济转速区域内运行,从而大大改善了燃油经济性。但与齿轮传动相比,效率并不高,且此种变速器启动性能差,需另加启动装置,制造困难,价格也较高。

二、自动变速器的特点

自动变速器的主要特点表现在以下几个方面。



自动变速器特点

1. 驾驶性能优良

汽车驾驶性能的好坏,除与汽车本身的结构有关外,还取决于正确的控制和操纵。自动变速器可以按照预先设定的最佳换挡规律自动变换挡位,让汽车在不同的运行条件下都能同时兼顾发动机的最低油耗和变速器的最高效率,因而特别适合于非职业驾驶。

2. 自适应能力强

自动变速装置的挡位变换不但快,而且平稳,提高了汽车的乘坐舒适性。通过液体传动或电脑控制换挡,一方面能在一定范围内实现无级变速,大大减少了行驶过程中的换挡次数,另一方面可以消除或降低动力传动系统中的冲击。试验结果表明,在坏路段行驶时,自动变速的车辆传动轴上,最大负载转矩的峰值只有手动变速器的 20%~40%。原地起步时最大负载转矩的峰值只有手动变速的 50%~70%。从而延长发动机和传动系统零部件的寿命。

3. 行车安全性高

在车辆行驶过程中,驾驶员必须根据道路、交通条件的变化,对车辆的行驶方向和速度进行调节。以城市大客车为例,平均每分钟换挡 3~5 次,而每次换挡有 4~6 个手脚协同动作。正是由于这种连续不断的频繁操作,使驾驶员的注意力被分散,而且易产生疲劳,造成交通事故增加。装用自动变速器的车辆,取消了离合器踏板,只要控制油门踏板,就能自动变速。从而改善了驾驶员的劳动强度,使行车事故率降低,平均车速提高。

4. 废气排放低

手动换挡变速器由于经常换挡,需要切断动力,使发动机的转速变化较大,节气门开度变化急剧,工作不稳定,从而导致排放中的污染物多。而自动变速器的应用,可使发动机经常处于经济转速区域内运转,也就是在较小污染排放的转速范围内工作,从而降低了排气污染。

5. 经济性较好

自动变速器能自动适应行驶阻力的变化,选择最佳的换挡时刻,从而提高了汽车的动力性和经济性。通过实验可知,装备四挡自动变速器时,城市行驶的百公里油耗小于同车装备五挡手动机械变速器。

当然,与手动变速器相比,自动变速器结构复杂,零部件加工难度较大,生产成本较高,此外,变速器的维护和修理也较麻烦。

三、自动变速器的新发展及其应用

近年来,随着微电子技术的飞速发展,电子控制自动变速器的出现,给汽车带来了更理想的传动系统。机电一体化技术进入汽车领域,推动汽车变速器装置的重大变革。自动变速器装置出现了电子化趋势,特别是大规模集成电路技术的发展,使由微机控制发动机和变速换挡成为可能。



1. 智能型电子控制自动变速器

智能型电子控制自动变速器的电子系统可以在汽车行驶过程中对运行参数进行控制,合理选择换挡点,而且可以在换挡过程中对不稳定的参数(摩擦片的摩擦系数、油的黏度、车辆的复合变化等)进行修正。同时具有自诊断系统,可将汽车运行中的故障记录下来,便于维护。利用微机控制变速器,不仅使换挡程序更符合驾驶者的意愿,而且能利用模糊控制理论解决特殊情况下变速程序的复杂问题,使自动变速器的控制能力及可靠性大幅度提高。



2. 电子控制无级变速器 (ECVT)

由于无级变速器存在体积大、笨重和传动效率低的问题,而且缺少解决耐久性问题的相应措施。随着电子技术的应用,电子控制的V形金属带型无级变速器在西欧及日本得到重视,正在积极开发。目前,日本富士重工公司、荷兰VDT公司等正着手研制开发并在微型轿车上采用此类变速器。当今世界各大汽车公司对无级变速器的研制十分活跃。不久的将来,电子控制无级变速器有望得到广泛应用和发展。



3. 双离合自动变速器 (DCT)

近几年又有一种新的自动变速器——双离合自动变速器DCT (Dual Clutch Transmission) 开始大量装车上路,2009年装配有双离合自动变速器(大众汽车公司将其称为DSG)的一汽大众新迈腾已于我国消费者见面,其出众的加速性能和超低的油耗吸引着众多消费者的眼球,在业内也掀起了一股双离合自动变速器热。

20世纪90年代末期,大众汽车公司和博格华纳公司携手合作,生产第一个适用于大批量生产和应用于主流车型的Dual Tronic技术双离合自动变速器,博格华纳公司通过使用新的电子液压元件,是双离合自动变速器变成了实用性很强的变速器。2002年德国大众汽车公司首次向世界展示了这一技术创新,并给他命名为直接换挡变速器Direct-Shift Gearbox (简称DSG)。2003年大众汽车公司推出了6挡DSG变速器,成为首个提供双离合自动变速器系统的整车厂,随后DSG变速器逐步推广应用在奥迪TT3.2、大众捷达、大众途安、大众第五代高尔夫、宝来、奥迪A3、SKODA等众多车型上。2008年大众汽车公司联手舍弗勒集团推出了更为先进的7挡DSG变速器。

我国也很重视双离合自动变速器的自主研发,2007年,我国科技部“十一五”和“863”计划将双离合自动变速器列为“汽车开发先进技术”重大项目,由重庆青山、吉利、杭齿三家公司承担。2008年,上海汽车公司和沈阳华晨汽车公司宣布联合开发双离合自动变速器。同年,在国家发改委支持下,国内12家汽车企业联合成立了“中发联”,与美国的博格华纳公司进行合作,开发双离合自动变速器。在2009年上海车展上,吉利汽车公司展出了我国第一款自主研发的7挡双离合自动变速器。

任务实训

根据任务要求，确定所需要的实训场地、设备及工具，以小组讨论的方式制订详细的工作计划（操作流程或工序），对小组成员进行合理分工，实施计划，完成任务并记录。

任务	自动变速器的分类、特点及应用				
学生姓名		班级		学号	
实训场地		学时		日期	
设备及工具					
小组成员及分工					
工作计划（操作流程或工序）				测试结果	
自动变速器有何特点					
自动变速器有哪几种类型					
根据测试结果写出学习计划					

任务练习

一、填空题

1. 自动变速器主要有_____、_____、_____三种形式。
2. 液力自动变速器主要由_____组成。
3. 液力变矩器是以_____为工作介质。

二、问答题

1. 无级自动变速器与液力自动变速器有何不同？
2. 简要概括自动变速器的特点？