



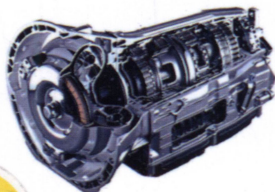
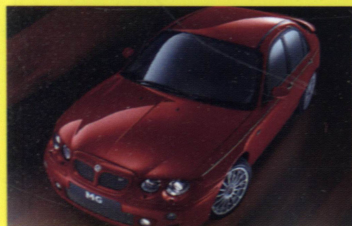
# 自动变速器结构 原理与维修

第2版



赵国富 赵 阳◎主 编  
孙长勇 柏 松◎副主编

ZIDONG BIAN SUO QI JIE GOU  
YUAN LI YU WEI XIU



结构原理图片清晰

维修方法实例讲解



机械电控全面掌握

品牌丰富车型经典



汽车维修技能修炼丛书

# 自动变速器结构原理与维修

第 2 版

主 编 赵国富 赵 阳  
副主编 孙长勇 柏 松



机械工业出版社

本书选取丰田、大众、通用、奔驰、宝马等公司常见车系所装备的普通自动变速器(AT),从机械、液压、电子控制系统三方面,详细阐述了它们的结构组成及工作原理。另外,还重点讲解了普通自动变速器的装配、调整与检测,以及常见故障的诊断方法。最后,对DSG、CVT、AMT等其他类型的自动变速器也进行了简要介绍。

本书可作为汽车工程技术人员及汽车维修技师的自学教材,也可作为高等职业院校汽车相关专业的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

自动变速器结构原理与维修/赵国富,赵阳主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2015.2

(汽车维修技能修炼丛书)

ISBN 978-7-111-49380-8

I. ①自… II. ①赵…②赵… III. ①汽车-自动变速装置-构造  
②汽车-自动变速装置-车辆修理 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第031542号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:杜凡如 责任编辑:杜凡如

责任校对:闫玥红 封面设计:鞠 杨

责任印制:李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2015年3月第2版第1次印刷

184mm×260mm·17印张·4插页·412千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-49380-8

定价: 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

# 前 言

中国已经成为汽车大国，汽车服务市场迫切需要一批掌握现代汽车新技术和维修技能的人才。自动变速器的维修属于汽车维修技术中难度较大、技术含量较高的领域，本书力图帮助汽车维修行业从业者和汽车维修相关专业的高职学生全面掌握这门技术。

本书第2版中选取的变速器更加丰富，不仅包括大众01M/01N/01V、上海通用4T65E/6L50E、丰田A341E/U340E/A760E/A761E/A960E等主流自动变速器产品，还包括奔驰、宝马等品牌高端车型配备的722.9、6HP-19/26/32等自动变速器。

本书按机械、液压、电控系统的次序，由浅入深展开，力图从内容组织上，使选取的每个自动变速器都得到详细解读，以使读者更全面、系统地学习相关知识。本书第2版的第6~8章重点阐述了普通自动变速器的装配、检测和故障诊断方法，第9章对平衡轴式自动变速器、双离合自动变速器(DSG)、无级变速器(CVT)、机械自动变速器(AMT)等进行了介绍。

本书由赵国富、赵阳任主编，孙长勇、柏松任副主编。赵国富负责第1、2章的编写，赵阳负责第4、8章的编写，孙长勇负责第3、9章的编写，柏松负责第5章的编写，马果卫负责第6章的编写，潘月泉和曹国栋负责第7章的编写。

在编写本书的过程中，得到了山东华宇工学院汽车系的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，难免有不妥之处，希望广大读者予以指正。

编 者

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 自动变速器概述</b> .....	1
1.1 自动变速器的发展历程 .....	1
1.2 自动变速器的分类.....	3
1.3 自动变速器的总体构造 .....	8
1.4 自动变速器的工作原理 .....	10
<b>第 2 章 液力变矩器</b> .....	12
2.1 液力变矩器的结构 .....	12
2.2 液力变矩器的工作原理 .....	13
<b>第 3 章 行星齿轮变速机构</b> .....	17
3.1 单排行星排档位分析 .....	17
3.2 多排行星排共同输出档位实现的条件 .....	18
3.3 自动变速器执行元件 .....	20
3.4 丰田 A341E 自动变速器 .....	23
3.5 别克 4T65E 自动变速器 .....	27
3.6 别克 6T40E 自动变速器 .....	32
3.7 大众 01M 自动变速器 .....	38
3.8 大众 01V 自动变速器 .....	41
3.9 通用别克 6L50E 自动变速器 .....	43
3.10 丰田 U340E 自动变速器 .....	49
3.11 奔驰 722.9 自动变速器 .....	54
3.12 丰田 A760E/A761E/A960E 自动变速器 .....	63
3.13 宝马 6HP-19/26/32 自动变速器 .....	69
<b>第 4 章 自动变速器液压控制系统</b> .....	75
4.1 油泵及油压调节油路 .....	76
4.2 变矩器锁止控制油路 .....	79
4.3 自动变速器换挡控制油路 .....	81
4.4 自动变速器冷却、润滑油路.....	93
4.5 大众 01M 自动变速器油路 .....	95
4.6 通用别克 4T65E 自动变速器油路 .....	100
4.7 通用别克 6L50E 自动变速器油路 .....	112
4.8 宝马 6HP-19/26/32 自动变速器油路 .....	126
4.9 奔驰 722.9 自动变速器油路 .....	134
<b>第 5 章 自动变速器电子控制系统</b> .....	148

---

5.1 电子控制系统结构原理 .....	148
5.2 大众 01M 自动变速器电控系统 .....	160
5.3 别克 6T40E 自动变速器电控系统 .....	172
5.4 自动变速器电控系统检测 .....	178
<b>第 6 章 自动变速器的检查与试验</b> .....	<b>181</b>
6.1 自动变速器的基本检查 .....	181
6.2 自动变速器的油压检测与试验 .....	183
<b>第 7 章 自动变速器拆装与零件检修</b> .....	<b>189</b>
7.1 大众 01N 自动变速器的拆装 .....	189
7.2 自动变速器的零件检修 .....	197
<b>第 8 章 自动变速器的故障诊断与排除</b> .....	<b>203</b>
8.1 自动变速器故障诊断流程 .....	203
8.2 自动变速器常见故障分析 .....	205
<b>第 9 章 其他类型自动变速器</b> .....	<b>216</b>
9.1 本田平行轴式自动变速器 .....	216
9.2 双离合自动变速器 (DSG) .....	217
9.3 无级自动变速器 (CVT) .....	229
9.4 机械自动变速器 .....	252
<b>参考文献</b> .....	<b>264</b>

# 第 1 章

## 自动变速器概述



### 1.1 自动变速器的发展历程

#### 1.1.1 国外汽车自动变速器的发展历程

自动变速器能够根据车速和发动机负荷状况自动完成换档，减轻了驾驶人劳动强度，提高了汽车运行安全性，因此自汽车发明以来针对自动变速器的研究和开发一直没有止步。

1904年，波士顿的斯图凡德兄弟发明了第一个自动变速器，这个变速器有两个前进档，通过离心力的作用使齿轮啮合或脱开，无需踩离合器踏板。当发动机转速低时，离心力较小、变速器啮合在低速段。随着发动机转速提高，低速段会退出啮合、高速段进入啮合。这种换档装置常因离心力产生啮合弹跳而失效。1904年凯迪拉克汽车第一次采用行星齿轮变速器。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的“动力换档”，并解决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。1914年，由德国奔驰公司最先推出第一个自动齿轮变速器，当时装在少数为高级官员制造的汽车上。

1938年至1941年，美国通用（GM）和克莱斯勒（Chrysler）公司推出了装有液力耦合器、省去了离合器踏板的变速器。它依据车速和节气门两个参数信号，采用液压油路控制换档，这就是早期的液力自动变速器。耦合器的运用，使发动机在变速器挂有档位的情况下还能保持怠速运转。

从1939年的通用 Oldsmobile 车上的 Hydromatic 开始，液力自动变速器得到迅速发展和应用。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所组成，控制是通过液压系统来实现的，控制信号的产生，主要是通过反映节气门开度大小的节气门阀和反映车速高低的速控阀来实现，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，按照设定的换档规律，控制换档执行机构的动作，从而实现自动换档。代表性的产品有丰田 A40 系列自动变速器、通用的 CHPE9 等系列自动变速器。由于液压系统的控制精度较低，难以适应车辆行驶状况的变化，无法按使用者愿望实现精确的换档品质控制，因此这种液控自动变速器迫切需要改进。

自动变速器最重要的技术突破是别克公司为坦克开发了液力变矩器。1948年，这种液力变矩器与变速机构结合成为最早的相对成熟的自动变速器。

1949年，帕卡德的超自动传动装置（ULTRAMATIC）采用了锁止液力变矩器。但该变矩器具有工作冲击性，遂于1957年被弃置，直到20世纪70年代才又被重新采用。



1952年,美国47%的轻型汽车使用了自动变速器。同时德国、英国及一些东欧国家也大量应用自动变速器。

20世纪50年代末期,日本从西方引进并开发自动变速器,很快便投入成批生产,其发展速度之快,超出人们想象。

1956年,克莱斯勒汽车公司投产了陶克福利特变速器(TORQUEFLITE),这种变速器是带有变矩器的3速自动变速器,它最先采用辛普森(SIMPSON)复合行星齿轮机构。

1968年法国雷诺公司率先在自动变速器上使用了电子元件。

1969年法国的雷诺R16TA轿车首先使用了电子控制自动变速器,与全液压自动变速器的区别在于自动换挡的控制是由电脑来实现的,但当时电子技术不成熟,应用范围较窄。

1977年美国克莱斯勒公司首先开发出了带锁止离合器的液力变矩器。锁止离合器锁止时,变矩器主被动部分连为一体,这就提高了传动效率,改善了燃料的经济性,降低了变速器的温度。到1978年,城市运输车辆的自动变速器装车率在美国为80%,在西欧为50%。

20世纪70年代,美国每年生产的600万~800万辆轿车中,AT的装备率已超过90%。这种趋势很快也波及欧洲、日本等汽车工业大国,各大汽车公司竞相开发自己的自动变速器产品。

1982年丰田汽车公司生产了A140E型自动变速驱动桥,这是第一种相对成熟的电控换挡自动变速器,这种自动变速器代表着电控自动变速器的发展方向。1983年德国成功地研制出电控发动机和电控自动变速器共用的电控单元。

到20世纪80年代末,电子控制技术日趋成熟,越来越多的自动变速器采用了电子控制。电控液力自动变速器(AT)被普遍采用。此类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(如车速和节气门开度等)通过传感器转换为电信号输送给电脑,电脑通过处理这些换挡的信号,最终将换挡指令传给换挡电磁阀,换挡电磁阀控制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,在改善换挡品质方面,体现出明显的优越性,并且与整车的其他控制系统的兼容性好,可以实现车辆电子控制系统一体化。

在日本,20世纪80年代后期对AT的需求已经超过65%,并且仍在不断提高。AT不仅在小轿车上得到了最广泛的应用,同样在城市公共汽车、各种城市用汽车、矿用汽车以及越野军用车辆中也迅速得到应用。装用自动变速器的比例越来越高,各大汽车公司都已建成了大规模生产AT的专业化工厂。

自动变速驱动桥就是将自动变速器、主减速器和差速器集成,安装在同一个外壳(常称为变速器壳)之内的总成部件。这样的设计可以有效地简化结构,减小体积,提高传动效率。由于取消了传动轴,可以使汽车自重减轻。自动变速驱动桥广泛应用于发动机前置、前轮驱动的轿车上。从1990年起,大部分轿车自动变速器都采用了电控自动变速器,特别是美国国内的各汽车制造厂,至少各推出了一种电控自动变速器(ECT)。如1991年通用汽车公司在前轮驱动的豪华型轿车上,装用了4T60-E型自动变速器,福特汽车公司也在其生产的林肯轿车上装用了AXOD-E型4速电控自动变速驱动桥。

无级变速一直以来是人们的梦想。随着汽车技术的进步,无级变速器也得到了发展。近年来,福特、菲亚特、奥迪等汽车公司纷纷推出了能够匹配大排量发动机的无级变速器。目前国内装车的自动变速器以液力自动变速器为主。无级自动变速器(CVT)装车率虽少,但发展速度不可小视。奥迪A6、广本飞度、日产天籁等轿车均配装无级变速器。无级变速器



比传统的自动变速器重量轻、结构更简单而紧凑。

汽车电子化的发展,使自动变速器性能产生了质的飞跃。智能型的电子控制自动变速器的电子系统可以在汽车行驶过程中,对汽车的运行参数进行控制,合理地选择换档点,并且在换档过程中对恶化的参数进行修正。当今自动变速器具有强大的自诊断功能,这为高效排除自动变速器故障创造了条件。为实现平顺换档,在换档瞬间,电控单元使发动机转矩降低,与此同时,使进入工作状态的执行元件供油压力线性增长。

随着汽车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,车辆自动变速技术已经进入智能化阶段,控制策略的不断改进成为自动变速技术发展的主要特点。德国的宝马公司从1992年起,陆续推出的用于四速和五速自动变速器的自适应控制系统,能够自动识别驾驶人的类型、环境条件和行驶状况,并依此对换档规律做出适当调整。日产的E4N71B自动变速器,采用模糊推理对高速公路坡道进行识别,采取禁止升档的措施消除循环换档。

### 1.1.2 我国汽车自动变速器的发展历程

我国从20世纪60年代起,就在红旗770轿车上使用了具有2个前进档的液力自动变速器,1975年又研制出具有3个前进档的CA774液力自动变速器。随着中国的改革开放,大量国外轿车进入我国市场,使国内汽车企业加快了自动变速器的发展步伐。

1998年上海通用汽车公司(SGM)生产的用于别克轿车上的4T65E电子控制自动变速器正式下线,1999年开始批量生产并投放市场,率先在国内将AT作为标准配置装于轿车。1999年中日合资生产的本田雅阁轿车也正式投产,其AT为本田PAX型,它弃用行星齿轮,而选择常啮合平行轴式结构,零件少、易制造是其长处。与此同时,上海大众的帕萨特B5、一汽大众的捷达都市先锋都装备了AG4-95自动变速器。近几年,国产轿车自动变速器装车率明显提高,但总体装车率发展空间仍很大。

城市客车(即公共汽车)频繁起步换档,劳动强度极大,更适合配装自动变速器。国外几乎是100%装用,我国1995年首次在国产公共汽车上装备了Allison自动变速器。

近年来,机械自动变速器(AMT)在货车上也得到了推广和应用。2008年以来,中国重汽、一汽、二汽、福田欧曼等都推出了自己的AMT产品。

## 1.2 自动变速器的分类

### 1.2.1 自动变速器的分类

不同车型所装用的自动变速器在形式、结构上往往有很大的差异,其主要分类方法有以下几种。

#### 1. 按变速方式分类

汽车自动变速器按变速方式的不同,可分为有级变速器和无级变速器两种。有级变速器只有有限几个定值传动比(一般轿车自动变速器有3~8个前进档和一个倒档),无级变速器传动比可在一定范围内连续变化。

#### 2. 按汽车驱动方式分类

自动变速器按照汽车驱动方式的不同,可分为后驱动自动变速器和前驱动自动变速器两



种。这两种自动变速器在结构和布置上有很大的不同。后驱动自动变速器的变矩器和齿轮变速器的输入轴及输出轴在同一轴线上，发动机的动力经变矩器、自动变速器、传动轴、后驱动桥的主减速器、差速器和半轴传给左右两个后轮。这种发动机前置、后轮驱动的布置形式，其发动机和自动变速器都是纵置的，因此轴向尺寸较大，在小型汽车上布置比较困难。

前驱动自动变速器除了具有与后驱动自动变速器相同的组成部分外，在自动变速器的壳体内还装有主减速器、差速器。前驱动汽车的发动机有纵置和横置两种。纵置发动机的前驱动自动变速器的结构和布置与后驱动自动变速器基本相同，只是在后端增加了一个差速器。横置发动机前驱动自动变速器由于汽车横向尺寸的限制，要求有较小的轴向尺寸，因此通常将输入轴和输出轴设计成两个轴线。前驱自动变速器具有变速器和主减速器双重功能，因此称为变速驱动桥。

### 3. 按自动变速器前进档位数不同分类

自动变速器按前进档的档位数不同，可分为3个前进档、4个前进档、5个前进档等多种。早期的自动变速器4个前进档最为常见。当前自动变速器档位有增加趋势，在轿车上已有7速、8速自动变速器。货车上的机械自动变速器（AMT）档位数量更多，16速自动变速器已经很常见。档位数量的增加，一方面使自动变速器的构造更加复杂，另一方面大大改善了汽车的动力性和燃油经济性。

### 4. 按齿轮变速器的类型分类

自动变速器按齿轮变速器的类型不同，可分为普通齿轮式自动变速器和行星齿轮式自动变速器两种。普通齿轮式自动变速器体积较大，在轿车上使用较少。行星齿轮式自动变速器结构紧凑，能获得较大的传动比，为绝大多数轿车所采用。

### 5. 按变矩器的类型分类

轿车自动变速器基本上都是采用结构简单的三元件综合式液力变矩器。这种变矩器又分为有锁止离合器和无锁止离合器两种。早期的变矩器中没有锁止离合器，在任何工况下都是以液体传递发动机动力，因此传动效率较低。新型轿车自动变速器大都采用带锁止离合器的变矩器，当汽车达到一定车速时，控制系统使锁止离合器结合，液力变矩器输入部分和输出部分连成一体，发动机动力以机械传递的方式直接传入变速器，从而提高了传动效率和燃油经济性。

### 6. 按控制方式分类

自动变速器按控制方式不同，可分为液力控制自动变速器和电子控制自动变速器两种。液力控制自动变速器是通过机械的手段，将汽车行驶时的车速及节气门开度两个参数转变为液压控制信号，阀板中的各个控制阀根据这些液压控制信号的大小，按照设定的换档规律，通过控制换档执行机构动作，实现自动换档。这种自动变速器由于性能所限，现在已经退出市场。电子控制自动变速器是通过各种传感器，将发动机转速、节气门开度、车速、发动机冷却液温度、自动变速器油温等参数转变为电信号，并输入电脑，电脑根据这些电信号，按照设定的换档规律，向换档电磁阀、油压电磁阀等发出电子控制信号，换档电磁阀和油压电磁阀再将电脑的电子控制信号转变为液压控制信号，阀板中的各个控制阀根据这些液压控制信号，控制换档执行机构的动作，从而实现自动换档、油压调节等功能。

## 1.2.2 国内汽车市场上的自动变速器类型

当今市场上的自动变速器主要有电控液力自动变速器（AT）、双离合器自动变速器



(DSG)、无级自动变速器 (CVT)、机械式自动变速器 (AMT) 等。其中电控液力自动变速器为市场主流, 应用最为广泛。

### 1. 电控液力自动变速器 (AT)

这种类型的自动变速器由机械部分、电子控制系统和液压控制系统三部分组成, 如图 1-1 所示。机械部分由变矩器和行星排两部分构成。在车辆起步和增档提速过程中, 变矩器能够连续改变传动比, 降速增加转矩。在发动机怠速运转时变矩器自动趋于分离, 起到了离合器的作用。行星排为变速机构, 一般为两排以上。通过换档执行元件将行星排中的两元件连接或对某些元件固定, 便可满足档位实现条件, 完成档位转换和动力输出。

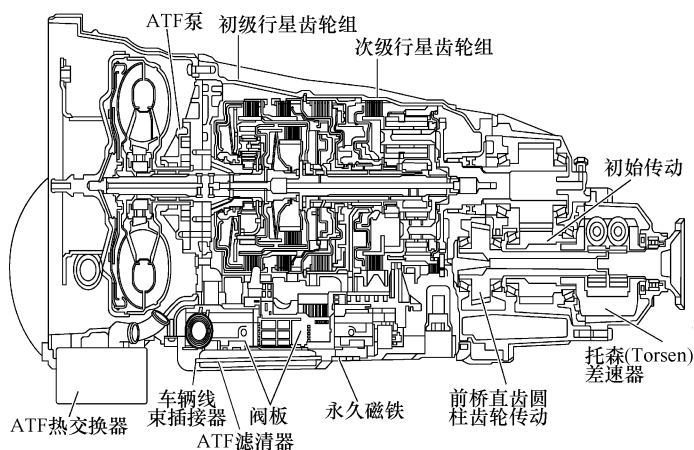


图 1-1 电控液力自动变速器结构图

变矩器锁止和行星排档位转换受 ECU 控制。ECU 依据车速传感器、节气门位置传感器、变速器油温传感器等传感器信号, 以及档位开关、制动开关、超速档开关和模式开关等开关信号, 来确定当前工况下的档位和变矩器是否需要锁止, 然后通过换档电磁阀和变矩器锁止电磁阀来执行换档和变矩器锁止 (或解锁) 任务。电磁阀接收到 ECU 的指令后, 控制和改变液压油路的走向, 最终实现档位转换和变矩器锁止 (或解锁)。

值得一提的是, 本田轿车电控液力自动变速器为独特的平行轴式结构。这种自动变速器机械部分由变矩器和普通齿轮变速机构所组成, 各档齿轮档位属性明确, 而电控系统和液压控制系统与普通电控液力自动变速器并无差异。

### 2. 双离合自动变速器 (DSG)

DSG (Direct Shift Gearbox) 中文意思为直接换档变速器, 又称为双离合自动变速器。DSG 系统主要由一个双离合装置和与手动变速器相似的普通齿轮变速机构组成, 如图 1-2 所示。在由实心轴及其外套筒组合而成的双传动轴机构中, 离合器 1 负责控制奇数档位齿轮和倒档齿轮, 离合器 2 负责控制偶数档位齿轮。在挂入 1 档时, 离合器 1 接合的同时 1 档齿轮与输出轴也相啮合, 完成动力输出。此时, 2 档的齿轮与输出轴也相啮合, 但与之相连的离合器 2 仍处于分离状态, 等待换档命令。当换档时机到来, 电子控制系统控制处于接合状态的离合器 1 分离, 1 档齿轮与输出轴也随之退出啮合。与此同时, 离合器 2 接合, 升入 2 档。升入 2 档后 3 档齿轮与输出轴也相啮合, 等待升入 3 档命令, 以此类推。在整个换档过程中, 当一组齿轮在输出动力时, 另一组齿轮已经待命, 这使换档过程更加快捷、顺畅, 提



速更为迅速。

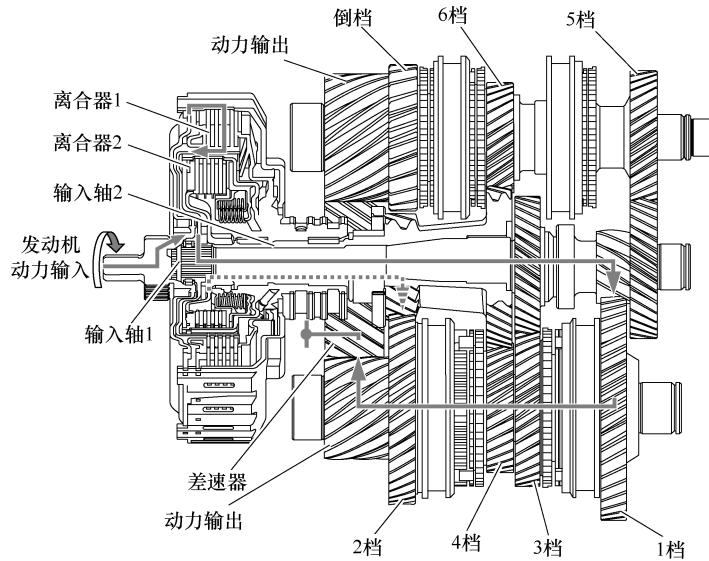


图 1-2 双离合自动变速器结构简图

### 3. 无级自动变速器 (CVT)

这种自动变速器采用了两组带轮进行变速传动,如图 1-3 所示。通过改变主动带轮与从动带轮的接触半径进行变速。低速时,主动带轮接触半径较小、从动带轮接触半径较大,实现较大传动比;高速时主动带轮接触半径变大、从动带轮接触半径变小,传动比值变小。由于 CVT 可以实现传动比的连续改变,从而能够实现传动系与发动机工况的最佳匹配,大大提高了整车的燃油经济性,改善了驾驶人的操纵方便性和乘员的乘坐舒适性。国内市场上较早采用这种自动变速器的车型有奥迪 A4L (模拟 8 档)、广本飞度 (模拟 7 档) 及东风日产逍客和天籁 (模拟 6 档) 等。

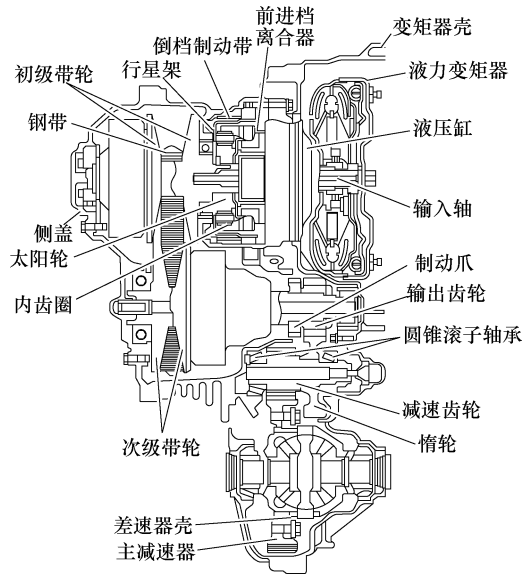


图 1-3 无级自动变速器结构图

### 4. 机械自动变速器 (AMT)

这种自动变速器是以手动变速器为母体,甚至保留换档拨叉,只是换档过程中的离合器分离和换档拨叉移动不再是靠人工操纵,而是由 ECU 控制自动完成的,如图 1-4 所示。AMT 按执行机构的类型可分为电控液动 AMT、电控气动 AMT 和电控电动 AMT 三类。

电控液动 AMT 具有工作平稳、操作简便等优点,缺点是结构相对复杂。奇瑞汽车配备的马瑞利 AMT 就属于这一类。

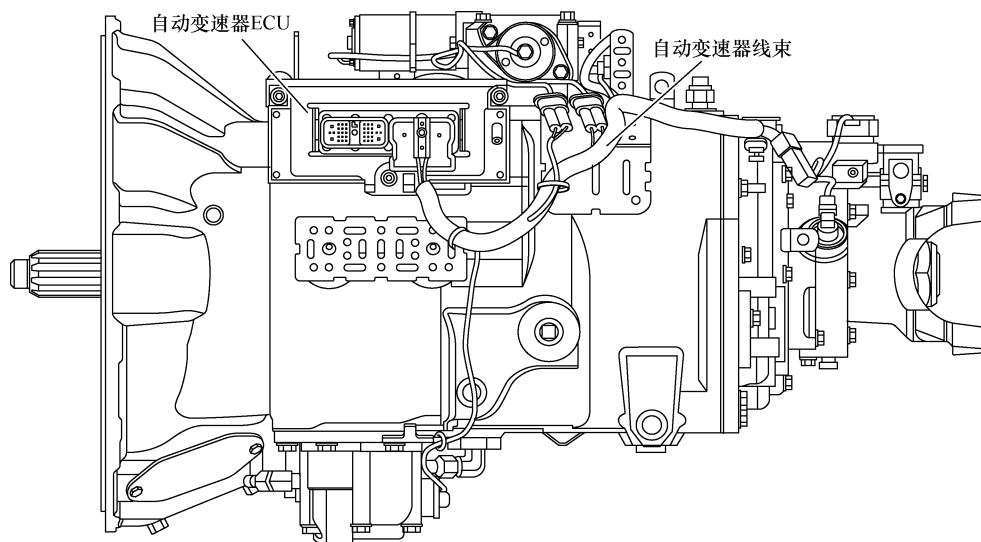


图 1-4 AMT 自动变速器结构图

电控电动 AMT 结构相对简单,重量轻,另外由于直接采用电动机作为执行元件,使得换档控制更简捷。缺点是要配备减速器,以增大驱动力,这使执行机构结构变得复杂。海马丘比特 ASG 自动变速器就属于此类型。

电控气动 AMT 主要用于带有气压系统的大型客车或重型货车。其优点是构造简单、安装调试方便,工作稳固可靠。缺点是响应性较差,换档平顺性不很理想。

### 1.2.3 自动变速器的特点

手动变速器具有效率高,工作可靠,结构比较简单等优点,故被广泛地应用在各种汽车上。但是它还存在许多不足之处,具体如下。

1) 为适应汽车行驶条件的变化,必须经常换档。频繁换档增加了驾驶人的劳动强度。手动换档还要求驾驶人准确掌握换档时机,才能顺利完成增、减档操作。对一个新驾驶人而言,掌握手动档车换档技能,具有一定的难度。

2) 由于换档时存在冲击现象,传动系要受到很大的附加载荷。手动变速器具有刚性传力的特点,当传动系瞬间过载时,零部件容易损坏,使用寿命缩短。

3) 档位数量受限。手动变速器由若干组齿轮构成。齿轮的不同组合可得到不同的档位。档位数越多,越能够充分发挥发动机的动力性,提高车辆的通过性。事实上,手动变速器的档位不可能增加很多,否则将会导致结构复杂笨重。另一方面,档位增多,换档次数随之增多,使变速器的操控变得复杂。

自动变速器由 ECU 控制自动换档,与手动变速器相比具有以下优点。

(1) 自动变速器使换档冲击减小且具有过载保护功能 采取液力自动变速器的汽车与采用手动变速器的汽车相比,由于发动机与传动系之间由液体工作介质“软”性连接,液力传动能够吸收、衰减扭转振动和冲击,使传动系受力条件得到改善。例如,当负荷突然增大时,可防止发动机过载和突然熄火。汽车在起步、换档或制动时,能减少发动机和传动系所承受的冲击载荷,因而提高了相关零部件的使用寿命。



(2) 提高了汽车通过性 采用液力自动变速器的汽车,在起步时,驱动轮上的驱动转矩是逐渐增加的,防止产生很大的振动,减少车轮的打滑倾向,使起步变得容易,且更加平稳,汽车的稳定车速可以降得很低。例如,当行驶阻力很大时(如爬陡坡),使汽车仍能以极低速度行驶,发动机也不至于熄火。在不良路面行驶时,因换挡时没有功率间断,不会出现汽车停车的现象。因此,液力手动变速器对于提高汽车的通过性有很大帮助。

(3) 具有良好的自适应性 装有液力变矩器的自动档汽车,能自动适应汽车驱动轮阻力的变化。当行驶阻力增大时,车速会降低,此时变矩器会使驱动轮转矩增加;当行驶阻力减小时,变矩器变矩,减小驱动力矩,增加车速。变矩器能在一定范围内实现无级变速,大大减少行驶过程中的换挡次数,有利于提高汽车的动力性和平均车速。

(4) 操纵轻便 装配自动变速器的汽车,采用液压操纵、电动操纵或气动换挡,无需驾驶人手动操纵换挡拨叉,这使换挡操纵变得更简单。在自动变速器汽车上,操纵变速杆时,只改变手动阀位置,这比拨动普通手动变速器拨叉要轻松得多。自动变速器一般都采用行星齿轮组,采用常啮合设计,这就降低了换挡时的齿轮冲击。自动变速器取消了主离合器及离合器踏板(在双离合器自动变速器上,离合器的操纵也不再由驾驶人来完成),大大减轻了驾驶人的劳动强度。

综上所述,液力自动变速器不仅能与汽车运行条件相适应,还使变速器的操控变得更加简单,装备液力自动变速器的汽车受到了用户的普遍欢迎,应用越来越广泛。

当然普通电控液力自动变速器与手动变速器相比,也存在一些缺点,如结构复杂,制造、维修成本较高,传动效率较低等。通常情况下液力变矩器的传动效率只有82%~86%(变矩器锁止时要高于此值),而手动变速器的传动效率可达95%~97%。由于传动效率低,使汽车的燃油经济性有所降低;由于自动变速器的结构复杂,相应的维修技术也较复杂,要求维修人员具有较高的专业理论知识和维修技能。

## 1.3 自动变速器的总体构造

不同类型的自动变速器在结构上有很大的差异。电控液力自动变速器结构最具代表性,应用也最为广泛。通常所说的自动变速器就是指这一类。

自动变速器由变矩器、行星齿轮变速机构、液压控制系统、电子控制系统和壳体等组成。

### 1.3.1 液力变矩器

液力变矩器位于自动变速器的最前端,与曲轴后端相连接。动力经曲轴传入变矩器壳体,然后经涡轮输出至变速器输入轴,如图1-5所示。液力变矩器的作用如下。

1) 起到手动变速器汽车中离合器的作用。发动机怠速运转时趋于分离,而在车辆起步加速时自动接合。

2) 具有一定的减速增转矩功能。

3) 能根据汽车行驶阻力的变化,在一定范围内自动地、无级地改变传动比。

4) 减缓冲击,并有防止传动系过载作用。



- 5) 驱动液压系统油泵。
- 6) 储存能量，起到了飞轮的作用。

### 1.3.2 行星齿轮变速器

行星齿轮变速器主要包括行星齿轮机构和换档执行元件两部分。行星齿轮机构，是自动变速器的变速机构，一般由一组或多组行星齿轮组构成。每个行星齿轮组由太阳轮（也称中心轮）、内齿圈、行星架和行星齿轮（一般3~4个）等元件组成，如图1-6所示。速比的改变是通过换档执行元件来完成的。换档执行元件包括多片湿式离合器、制动器和单向超越离合器三类。多片湿式离合器的作用是把两运动件连接起来。制动器的作用是将行星齿轮机构中的某个元件固定（即与壳体相连）。单向超越离合器也是换档执行元件之一，其作用和多片湿式离合器或制动器基本相同，用于固定或连接运动件。单向超越离合器的接合是单向的，它是否接合取决于内外圈的相对运动趋势。

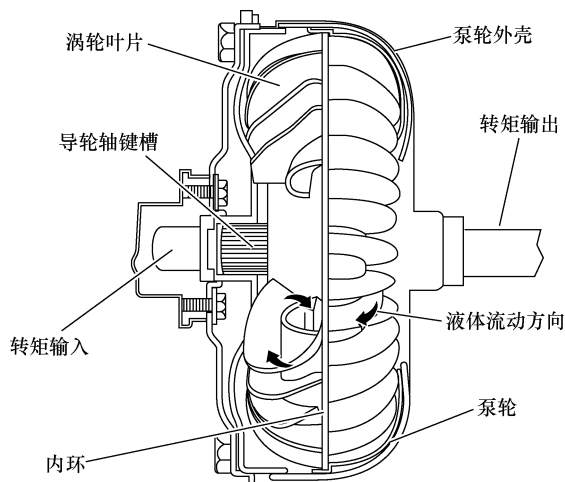


图 1-5 变矩器结构简图

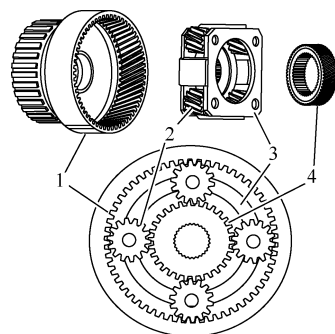


图 1-6 行星齿轮组结构

- 1—齿圈 2—行星齿轮  
3—行星架 4—太阳轮

### 1.3.3 电子控制系统

电子控制系统由自动变速器 ECU、传感器、各类开关和执行器所组成。传感器包括车速传感器、节气门位置传感器、自动变速器油温传感器等。开关包括档位开关、制动开关、超速档开关和模式开关等。执行器包括换档电磁阀和变矩器锁止电磁阀等。

ECU 通过传感器和各种开关提供的信号，来确定当前工况预选档位和变矩器是否应该锁止，然后通过电磁阀发出相应指令来完成对自动变速器的控制。

### 1.3.4 液压控制系统

液压控制系统主要包括油泵、主油压调节阀、散热器、换档阀、变矩器锁止阀、手动阀等。液压控制系统受控于电子控制系统，通过改变油路走向来控制换档执行元件工作，最终实现档位控制和变矩器锁止控制。



## 1.4 自动变速器的工作原理

### 1.4.1 自动变速器的档位

自动变速器的变速杆有多个不同的位置,不同车型变速杆位置数量会有不同。例如丰田A341E自动变速器变速杆有P、R、N、D、2、L六个位置可供驾驶人选择。P位为驻车档(无动力输出,自动变速器实为空档),变速杆处于P位时,P位锁会将变速器输出轴锁止(固定),起到防溜车的作用。N位为空档。变速杆处于P位或N位时,可以起动发动机。R位为倒档。D位为前进档,变速杆在此位置时,档位可在1~4档之间转换(OD开关打开),转换过程完全由ECU控制。2位为坡道档,在此位置升档受限,3档为最高档(3档只降不升)。1位为陡坡档,档位只能在1~2档间转换(2档只降不升)。

### 1.4.2 换档控制原理

变速杆在D位时,ECU根据车速传感器信号和节气门位置传感器信号确定预选档位。ECU中存有换档数据,如图1-7和图1-8所示。无论是升档还是降档,只要输入一个车速数据、一个节气门开度,就可以得到一个升档或减档车速,即确定一个换档点。

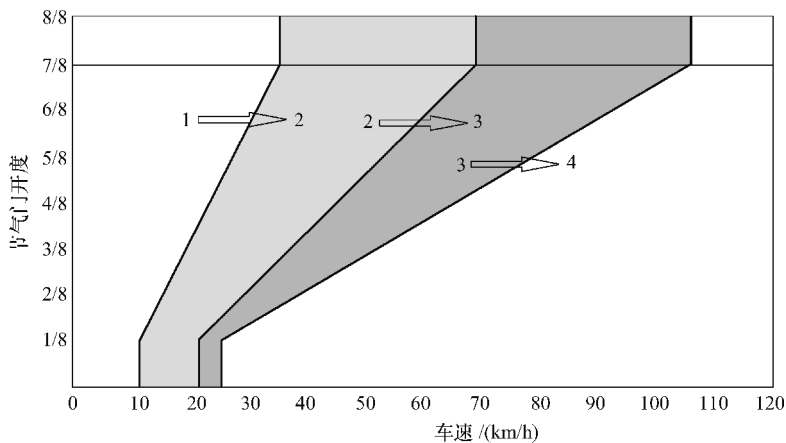


图 1-7 4 档自动变速器升档图

自动变速器换档控制过程如图1-9所示。当车速达到换档点时,ECU会向换档电磁阀发出档位控制信号(使之通电或断电),换档电磁阀为换档阀供油或断油,换档阀位置随之发生改变。换档阀为二位多路换向阀,负责控制执行元件的油液供给。换档电磁阀通、断电状况一定的情况下,各换档阀的位置便确定下来,得液工作的执行元件也就确定了,档位随之确定下来。

从图1-9可以看出,驾驶人的指令通过变速杆、档位开关传给自动变速器ECU的同时,变速杆也直接作用于液压控制系统,改变手动阀的位置。换档电磁阀通、断电状况和手动阀的位置共同决定实现的档位。电磁阀通、断电状况确定后实现的档位并不是唯一的,手动阀位置不同,实现的档位也会完全不同。

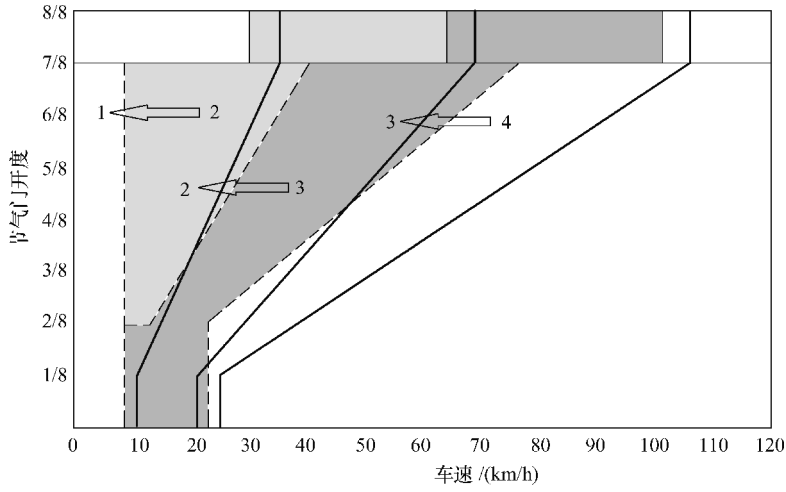


图 1-8 4 档自动变速器降档图  
实线为升档曲线，虚线为降档曲线

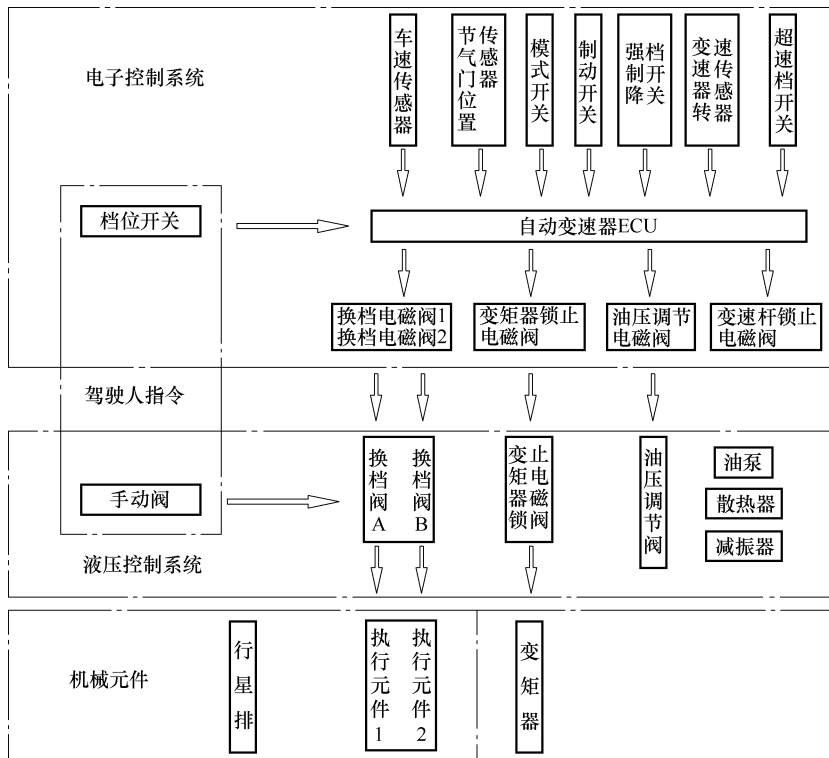


图 1-9 自动变速器换档控制框图