

汽车维修技术点拨系列丛书

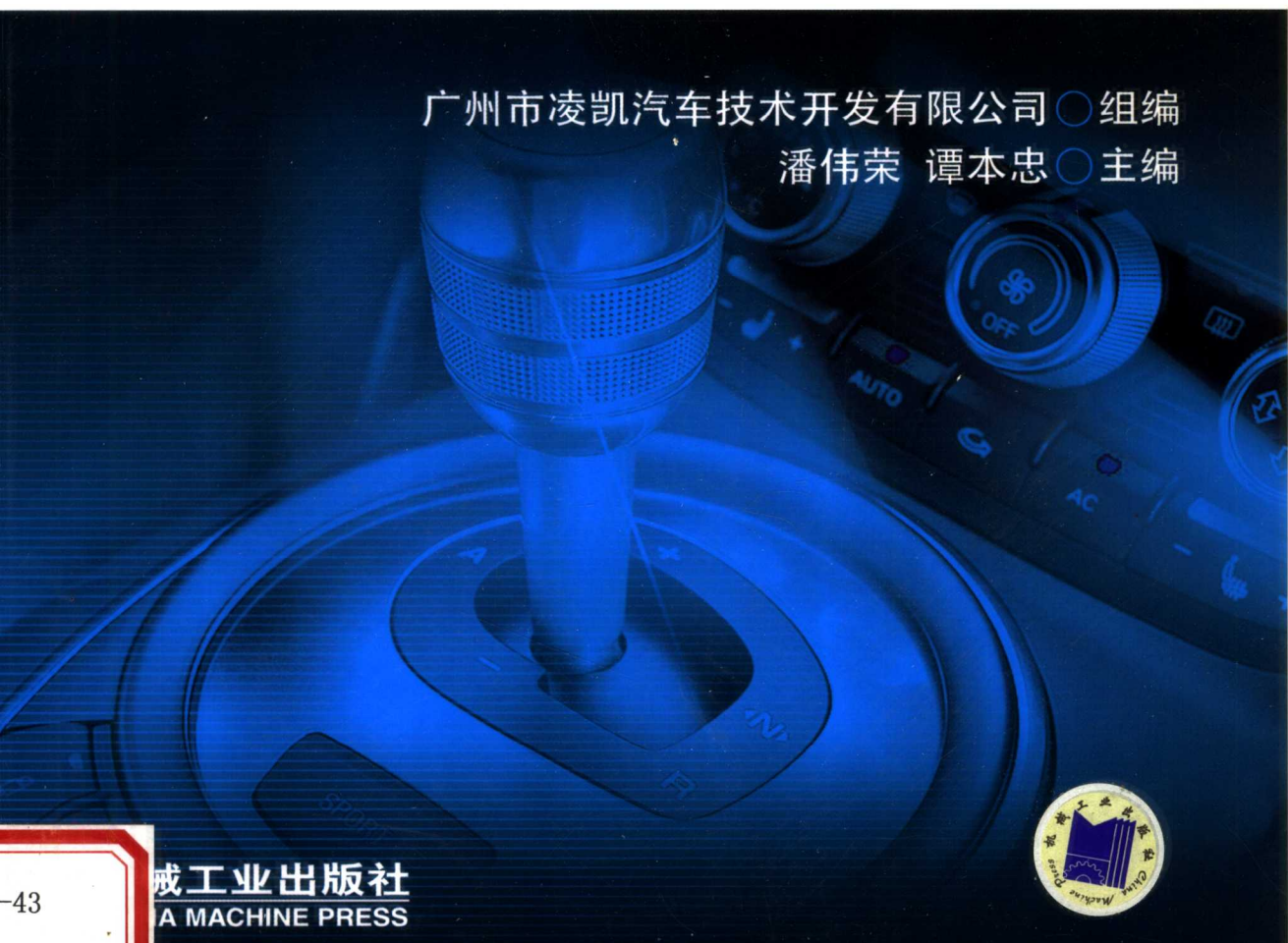
DI CHU WEN XUE JI SHU DIAN BO
XILIE CONG SHU

汽车自动变速器

维修高级教程

QI CHE ZI DONG BIAN SU QI WEI XIU GAO JI JIAO CHENG

广州市凌凯汽车技术开发有限公司 组编
潘伟荣 谭本忠 主编



机械工业出版社
A MACHINE PRESS



汽车维修技术点拨系列丛书

汽车自动变速器维修 高级教程

广州市凌凯汽车技术开发有限公司 组编

主编 潘伟荣 谭本忠

参编 胡欢贵 于海东 宁海忠

林贞贤 赖元生



机械工业出版社

本书介绍了汽车自动变速器的分类组成及使用,重点讲解了几种常见的自动变速器机械传动系统的工作原理,讲述了自动变速器液压控制与电子控制两大系统的工作原理,以及自动变速器的故障检验与维修。最后按行星齿轮式、平行轴式与无级变速式三个分类列举了奔驰、宝马、奥迪、通用、大众、雪铁龙、丰田、本田等公司品牌的自动变速器维修案例。

本着“实用、能用、好用”的原则,本书以图为主,辅以文字叙述,力图将人人以为深奥难懂的汽车自动变速器的分类、构造、原理及检修化繁为简。

本书可供汽车维修一线技术人员学习参考,也可供汽车相关职业院校师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车自动变速器维修高级教程/潘伟荣,谭本忠主编.

—北京:机械工业出版社,2007.6

(汽车维修技术点拨系列丛书)

ISBN 978-7-111-21492-2

I. 汽… II. ①潘…②谭… III. 汽车-自动变速装置-
维修-教材 IV. U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第069288号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:徐巍 版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:王伟光 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9印张·220千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-21492-2

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379771

封面无防伪标均为盗版

前 言

自1894年一个法国工程师给一辆汽车装上世界上第一个变速器至今,汽车变速器已经经过了一百多年的发展,最初为手动变速器,后又发展为自动变速器,而且有向无级变速器发展的趋势。

手动变速器通过脚踩离合器踏板、手拉变速杆,利用不同的齿轮搭配放大发动机转矩;配合发动机动力特性,使动力理想地传递,汽车顺利行驶。而自动变速器则取消离合踏板和手动挂档,主要利用液力变矩器配合机械齿轮组,借用多个离合器和制动器实现换档功能。

在美国,轿车自动变速器装车率在20世纪70年代就达到了80%以上。1998年在北美销售的每10辆汽车中有9辆装备自动变速器。在亚洲,日本则发展更为迅猛,1969年引进美国技术开始合资生产轿车自动变速器,1977年的轿车自动变速器装车率只有14.7%,到1993年已达到了74.7%,最近几年均超过了80%。欧洲经过1985~1995年自动变速器需求的缓慢增长后,从1997年的176万台增长到2005年的335万台,几乎翻了一番。目前国际上高档乘用车装配自动变速器的比例已占到90%、中档和低档乘用车分别接近60%和40%。我国国内目前在高档乘用车上装配自动变速器的比例为80%,中档和低档乘用车分别为38%和10%。

在自动变速器领域,我国一直依赖于进口。2005年浙江吉利汽车公司自主研发生产3档自动变速器并于当年量产,其“Z系列自动变速器产品研发与产业化”获得了2006年度“中国汽车科技进步奖”惟一的一等奖,结束了长期以来我国自动变速器只能完全依赖进口的历史。

随着我国不断加快汽车产业发展的步伐,不少汽车新技术从国外引入,这给汽车的研发、生产、销售和维护带来了新的挑战。从技术的难度和重要性上来说,汽车自动变速技术与汽车发动机电控技术是处于同等地位的,甚至有的技术人员认为自动变速技术比电控燃油喷射技术的难度还要大,机构还要复杂。

有不少专家学者根据实际需要编写了大量关于汽车自动变速器技术、原理与检修方面的著作,很多汽车交通职业院校及社会培训机构也纷纷开设“汽车自动变速器”这个全新的科目。为满足装备自动变速器汽车的养护与维修的需要,各种专门化维修自动变速器的单位也应运而生。

为了满足广大汽车技术人员学习汽车自动变速器技术的需要,我们特地组织专家学者编写了《汽车自动变速器维修高级教程》一书。本着“实用、能用、好用”的原则,本书以图为主,辅以文字叙述,力图将人人以为深奥难懂的汽车自动变速器的分类、构造、原理及检修化繁为简。通过阅读本书,使从未接触过汽车自动变速器的人也能略知一二,这是本书编写的根本目的。

本书分为七章,第一章简要介绍了汽车自动变速器的分类、组成及使用,第二章重点讲解几种常见自动变速器机械传动系统的工作原理,第三、四章分别讲述自动变速器液压控制与电子控制两大系统的工作原理,第五、六章则讲解主流自动变速器的故障检验与维修,最

后第七章按行星齿轮式、平行轴式与无级变速式三个分类列举了奔驰、宝马、奥迪、通用、大众、雪铁龙、丰田、本田等公司一些品牌自动变速器的维修案例。

囿于编者水平，书中纰漏之处在所难免，还望业内行家及广大读者不吝指正。

编 者



目 录

前言

第一章 概述	1
一、自动变速器与手动变速器的比较.....	1
二、自动变速器的分类.....	2
三、自动变速器的组成.....	4
四、自动变速器的使用.....	5
第二章 自动变速器结构与原理	10
一、液力变矩器.....	10
二、行星齿轮式自动变速器.....	11
三、本田平行轴式自动变速器.....	18
四、辛普森式行星齿轮变速器动力传递分析.....	20
五、拉威挪式行星齿轮变速器动力传递分析.....	25
六、无级变速器.....	28
第三章 自动变速器液压控制原理	33
一、液压控制系统的组成部件及其原理.....	33
二、液压控制系统的工作原理.....	37
第四章 自动变速器电控系统	54
一、电控系统的组成部件及其原理.....	54
二、电控系统的控制原理.....	62
三、电控系统的控制阀.....	68
第五章 自动变速器的检验	72
一、检查与调整.....	72
二、油压试验.....	75
三、时滞试验.....	76
四、失速试验.....	76
五、道路试验.....	77
六、手动换档试验.....	78

第六章 自动变速器的维修	80
一、自动变速器维修注意事项.....	80
二、自动变速器的拆解与装配.....	80
三、自动变速器各部件的检修.....	84
四、常见故障与排除方法.....	89
第七章 自动变速器维修案例	97
一、奥迪 4HP-18 自动变速器.....	97
二、奥迪 Tiptronic 手动/自动一体式变速器.....	98
三、奔驰 722.6 的变速器.....	99
四、宝马 ZFBHP-24 自动变速器.....	103
五、别克 4T65E 自动变速器.....	104
六、别克 4HP-16 自动变速器.....	107
七、雪铁龙 A14 自动变速器.....	108
八、丰田 U540F 四速自动变速器.....	114
九、丰田 A541E 自动变速器.....	115
十、丰田 A341E 自动变速器.....	117
十一、大众 01M 自动变速器.....	118
十二、大众 01N 自动变速器.....	122
十三、本田平行轴变速器.....	127
十四、奥迪 CVT 无级变速器.....	135

第一章 概述

一、自动变速器与手动变速器的比较

1. 手动变速器的缺点

- 1) 不能充分利用发动机的功率。
- 2) 换档操作复杂。
- 3) 动载荷影响发动机、传动系的寿命。
- 4) 不易把握换档的最佳时机。
- 5) 换档操作使行车不平稳影响乘坐舒适性。

手动变速器操控台见图 1-1。

2. 自动变速器的优点

- 1) 汽车起步平稳, 能吸收、衰减振动与冲击, 提高乘坐的舒适性。
- 2) 自动适应行驶阻力和发动机工况的变化, 实现自动换档, 有利于提高汽车的动力性和行驶性能。
- 3) 液力变矩器使传动系的动载荷减小, 提高了汽车的使用寿命。
- 4) 驾驶操纵简单, 实现换档自动化, 有利于行车安全。
- 5) 能以较低的车速稳定行驶, 提高车辆在坏路上的通过性。
- 6) 减少排放, 降低空气污染。
- 7) 由于不需经常性地踩放离合器踏板及换档, 减少驾驶员的疲劳。

自动变速器操控台见图 1-2。



图 1-1 手动变速器操控台



图 1-2 自动变速器操控台

知识链接

自动变速器发展简史

美国通用汽车公司于1940年在奥兹莫比尔 (Oldsmobile) 汽车上安装了第一台全自动

变速器 Hydra Matic。该变速器由液力耦合器和4个档位的行星齿轮变速器以及自动换档系统组成。20世纪40年代末50年代初,出现根据车速和节气门开度自动控制换档的液力自动变速器。1948年,美国通用汽车公司又在别克(Buick)汽车上采用了Dyna flow自动变速器,它是由液力变矩器和3个档位的行星齿轮变速器及自动换档机构组成的。Dyna flow是第一个带有液力变矩器的自动变速器,它确立了现代液力自动变速器的基本结构。

由于液力自动变速器具有一系列优越性,因此在各种车辆上都得到了广泛的应用。在美国生产的小轿车上,自动变速器差不多取代了手动变速器。20世纪50年代末,日本从西方引进并研制自动变速器,很快就投入并成批生产。

液力自动变速器的装车率也逐年增加。20世纪70年代,西欧与美国的商用汽车中使用液力自动变速器的已占全部商用汽车的80%以上。日本丰田公司于1976年成功研制了全球第一台电子控制变速器装置。到了80年代,美国已将液力自动变速器作为轿车的标准装备。1983年美国通用汽车公司的液力自动变速器装车率已达94%。日本生产的小型客车和轿车中,液力自动变速器的装车率也在不断地增长。以轿车为例,1976年仅占11%,而到1985年则上升至49%。在城市大客车的装车率,美国基本上是100%,西欧则为95%。在工程机械车辆上的装车率,美国为70%,西欧为30%左右。

我国最早采用自动变速器的车型是一汽生产的红旗牌CA770型三排座高级轿车(采用与美国克莱斯勒公司 Power Filte AT 相似的自动变速器,此车在1965~1980年间,共生产1283辆)。1998年,一汽生产的捷达都市先锋(AT),在国内首家配置电控自动变速器,该车装用德国大众的第三代95型01M电控4档自动变速器。1998年6月,富康988也开始装用由法国雪铁龙与雷诺公司共同研制的电控4档自动变速器。

二、自动变速器的分类

(1) 按驱动方式分

- 1) 自动变速驱动桥(前驱)(见图1-3)。
- 2) 自动变速器(后驱)(见图1-4)。

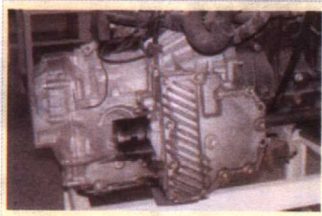


图1-3 自动变速驱动桥,适用于发动机前置前驱型汽车



图1-4 自动变速器,适用于发动机前置后驱型汽车

(2) 按前进档位数分

- 1) 2个前进档
 - 2) 3个前进档
 - 3) 4个前进档(现在还有6个前进档,7个前进档)。
- | 无超速档,前端为直接档,早期多见。

(3) 按变矩器类型分

- 1) 普通液力变矩：泵轮、涡轮、导轮。
- 2) 综合液力型：导轮加装有单向离合器。
- 3) 带锁止离合器型：硬性接触、直接传输动力。

(4) 按变速机构形式分

1) 行星齿轮式

- ① 辛普森式 (见图 1-5)。
- ② 拉威挪式 (见图 1-6)。

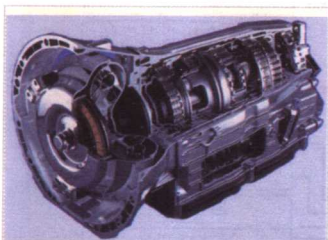


图 1-5 辛普森 (Simpson) 式行星齿轮自动变速器



图 1-6 拉威挪 (Ravigneaux) 式行星齿轮自动变速器

- 2) 平行轴式 (本田专利) (见图 1-7)。
- 3) 无级变速式，链轮传动 (见图 1-8)。



图 1-7 本田平行轴式自动变速器 (分两轴和三轴)



图 1-8 无级变速器

(5) 按控制方式分

1) 液力控制式 (见图 1-9)。

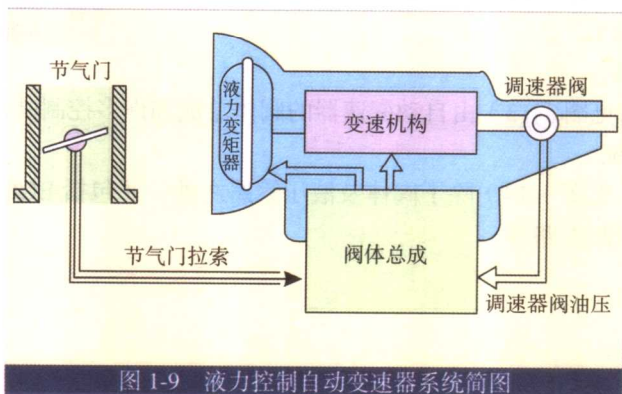


图 1-9 液力控制自动变速器系统简图

2) 电液控制式 (见图 1-10)。

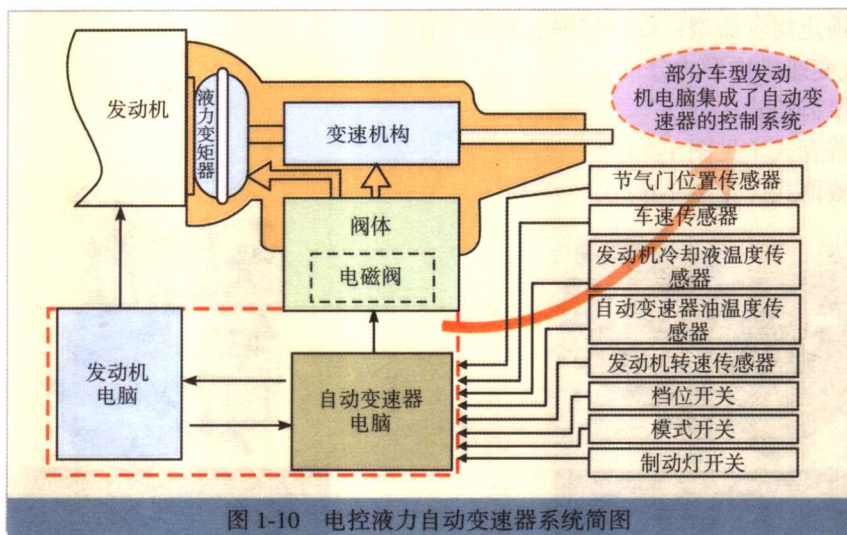


图 1-10 电控液力自动变速器系统简图

三、自动变速器的组成

自动变速器主要由液力变矩器、机械变速机构、阀体总成、电控系统等四个部分组成。前两个部分主要完成转矩与转速的调节与传递，阀体总成完成液力控制，执行件为各档离合器与制动器，电控系统的核心为电子控制单元 ECU，执行件为各种电磁阀。

1. 液力变矩器

液力变矩器 (见图 1-11) 位于自动变速器的最前端，安装在发动机的飞轮上，其作用与采用手动变速器的汽车中的离合器相似，并可在一定范围内实现减速增矩。

2. 机械变速机构

机械变速机构 (见图 1-12) 包括变速机构和换档执行机构。换档的执行机构可以使变速机构处于不同的啮合状态，以实现不同的传动比。大部分自动变速器的行星齿轮机构有 3~4 个前进档和 1 个倒档。

3. 液压控制系统

液压控制系统 (见图 1-13) 由自动变速器的阀体总成和许多控制阀以及液压管路组成。

4. 电液控制系统

电液控制系统 (见图 1-14) 除了阀体及液压管路之外，还包括 ECU (电子控制单元)、传感器、执行器及控制电路等。



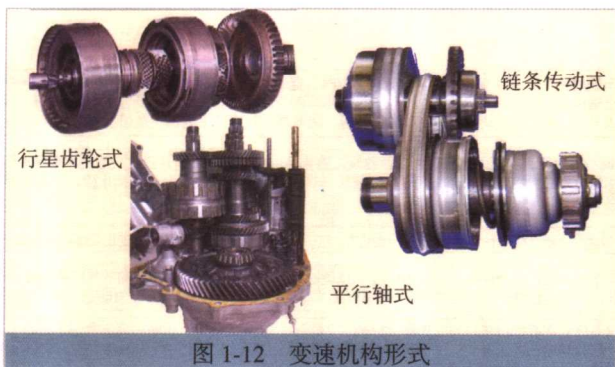


图 1-12 变速器机构形式

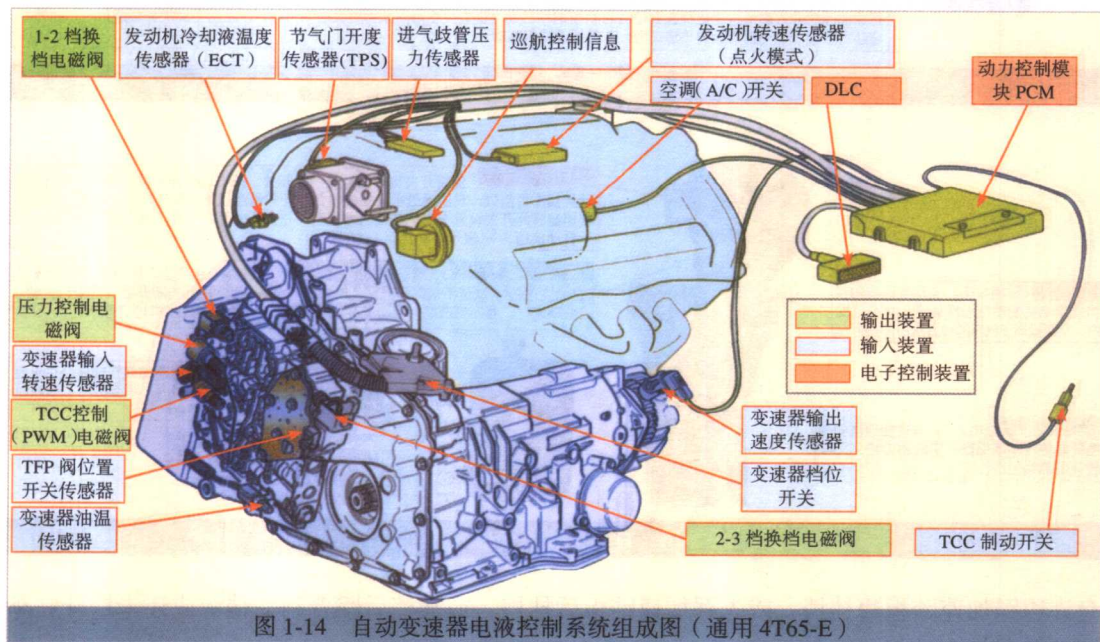
图 1-13 自动变速器的
阀体总成

图 1-14 自动变速器电液控制系统组成图（通用 4T65-E）

四、自动变速器的使用

下面以装备自动变速器汽车的驾驶操作来介绍一下自动变速器的基本使用。在介绍使用之前先让我们认识一下自动变速器的变速杆与控制开关。

自动变速器中的变速杆位置如图 1-15 所示。

自动变速器中的控制开关如图 1-16 所示。

（一）汽车起步时的操作

起动发动机时，必须将变速杆置于 P 位或 N 位，并拉紧或踩住驻车制动器，此时将点火开关转至起动位置，才能起动发动机。变速杆在 P 位或 N 位之外的其他任何位置上时，将点火开关转至起动位置，都不能起动发动机。

汽车起步时应先踩下制动踏板，挂档后，松开车制动器，然后平稳地抬起制动踏板，待汽车缓慢起步后，再缓慢踩下加速踏板。汽车起步时要注意必须先挂档后踩加速踏板。不

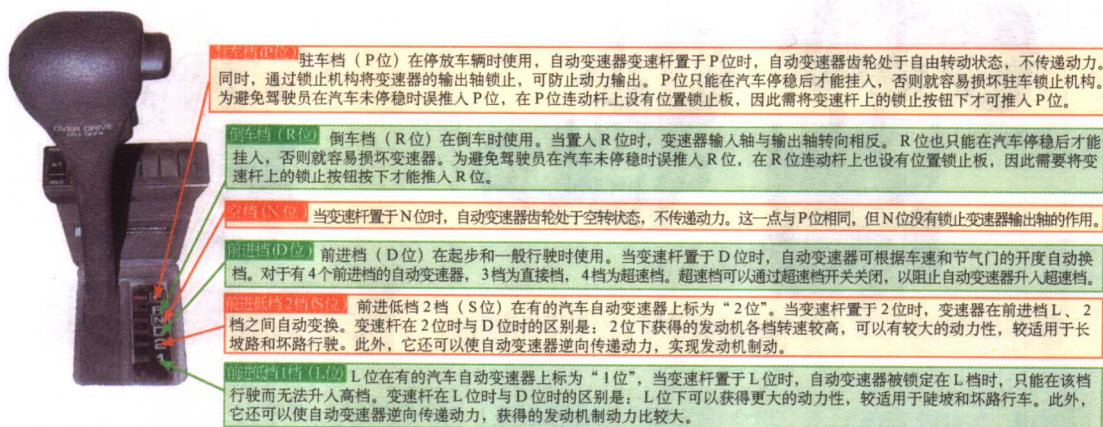


图 1-15 自动变速器中的变速杆位置



图 1-16 自动变速器中的控制开关

允许边踩加速踏板边挂档，或先踩加速踏板后挂档，或挂档后踩着制动踏板或还未松开驻车制动器就加大油门。

（二）正常路面行驶

1. 正常行驶

装有自动变速器的汽车在一般道路上向前行驶时，应将变速杆置于D位，并接通超速档开关。这样自动变速器就能根据车速、行驶阻力、节气门开度等因素，在1档、2档、3档及超速档之中自动升档或降档，以选择最适合汽车行驶的档位。

汽车在行进中，可以改变变速杆的位置，也就是可以改变实现自动换档的范围。

如果把变速杆位置按“L位→2位→D位”的顺序进行变换,可以不受任何车速条件的限制。如果要按“D位→2位→L位”顺序变换变速杆必须在不高于相应的升档车速时进行。即,从“D位→2位”时,应在2~3档车速时换档,从“2位→L位”时,应在1~2档车速时进行。

2. 节油驾驶

为了节省燃油，可将模式开关设置在经济模式或标准模式位置上。加速时，应平稳缓慢，

并尽量让节气门开度保持在小于1/2开度的范围内。也可以采用提前升档的方法。我们知道自动变速器的换档规律是预先确定好的,即在一定的节气门开度下只有当车速达到一定值时,才会自动地由低档升为高档。如果使自动变速器在某一发动机节气门开度下,以比该节气门开度相应的升档车速为低的车速升入高档,则称为“提前升档”。提前升档时,由于自动变速器较早地升入高档,此时对应的发动机转速较低,从而可以在一定程度上降低发动机的噪声、磨损或油耗,同时让乘坐变得更为舒适。提前升档的操作方法如下:

汽车起步后,将汽车加速至20~30km/h,然后将加速踏板很快地松开,并持续2~3s,这时自动变速器就能立即从1档升至2档;当感觉到升档后,再将加速踏板踩下,继续加速。从2档升至3档也可用这种方法。这种操作方法能让自动变速器较早地升入高一档,从而提高了发动机负荷率,降低了发动机的转速,在一定程度上节省了燃油,同时还能降低发动机的磨损程度,减小噪声。

3. 高速驾驶

为了提高汽车的动力性,可将模式开关设置在动力模式位置上。在急加速时,还可以采用“强制降档”的操作方法。正常情况下,只有当车速低于一定数值时,自动变速器才会自动地降档。但在特殊情况下,如要高速超车,可能会感到即便是将加速踏板踩到底仍不能达到预期的加速效果,这时则要求将自动变速器立即强制性地换入低档,此即“强制降档”。

在强制降档发生之前,液力变矩器已进入偶合工况,无法进一步增大转矩,但在加速踏板已踩到底的情况下,如能将与液力变矩器串联的行星齿轮机构挂入低档,则仍可通过传动比的改变来使自动变速器输出更大的转矩,在极短的时间内起到极强的加速作用。强制降档的操作方法如下:

将加速踏板迅速踩到全开位置,此时,与加速踏板联动的强制降档机构便可通过自动变速器的液压油路,将低档强制性地接通。自动变速器会自动地下降一个档位,一旦加速要求得到满足,便应立即松开加速踏板,以防止发动机转速超过极限转速,造成损坏。“强制降档”旨在高速超车,在这种情况下,自动变速器中的摩擦片磨损,发热现象均严重,很容易造成破裂或粘接。如非特殊需要,不宜经常使用。

4. 巡航控制

巡航控制按钮如图1-17所示。近年来,某些装用自动变速器的轿车采用了巡航控制系统。巡航控制可以使车辆保持在高于40km/h的设定速度行驶,而不必用脚踩着加速踏板。巡航控制可以在天气好且视线开阔的汽车专用公路上使用,但在城市驾驶、曲折道路、溜滑路面、大雪或坏天气下,由于必须保持对车辆完全的控制,所以不宜使用它。

可以用以下两种方法中的任一种来使原来设定的车速降低一些。

- 1) 按住“设定/减速”按钮,使车速值缓缓下降,当达到所要求的车速后,松开按钮即可。

- 2) 用脚轻踩制动踏板,使车速下降,当降至预期的车速后再按下“设定/减速”按钮,其后,汽车将以较低些的设定车速继续巡航。要注意当轻踩制动踏板时,仪表板上的巡航控



图 1-17 巡航控制按钮

制灯将会暂时熄灭。

采用下列两种方法中的任一种来使原来设定的车速增加。

1) 按住“恢复/加速”(RESUME/accel)按钮,汽车将缓慢地开始加速,当车速达到要求后,松开该按钮。

2) 踩下加速踏板,加速到所要求的巡航速度后按下“设定/减速”按钮。

即使在巡航控制系统起作用时,仍可用踩加速踏板的方式来加速超车。当超车完成后,只需将加速踏板松开,汽车仍将返回到原设定的巡航车速上去。

在需要的时候,下列任一操作都可使巡航控制解除。

1) 轻踩制动踏板。

2) 将“设定/减速”和“恢复/加速”两钮同时按下。

3) 按下巡航控制主开关。

当轻踩制动踏板或同时按下两个巡航控制按钮时,仪表板上的巡航控制灯将会熄灭,且汽车将开始减速,此后,便可以正常方式来使用加速踏板了。若使用踩制动踏板的方法来取消巡航控制,系统将记住先前设定的巡航速度,当需要重新开始巡航时,可将汽车加速到高于40km/h并按下“恢复/加速”按钮直至巡航控制灯重新点亮,这时汽车又被加速到以前相同的巡航速度。若用同时按下两个巡航控制按钮的方法来取消巡航控制,那么与上述不同的是原先设定的巡航车速将在电子控制单元中被消除,为再度使用巡航控制,只有将车速加速到所需的巡航车速并按下“设定/减速”按钮这一途径。

如果按下巡航控制主开关,系统将被彻底关闭,而且原先设定的巡航速度也将从电子控制单元的存储中消除。为再次使用该系统,只有重复巡航控制开始部分的操作了。

(三) 坡道行驶

1) 在一般坡道上行驶时,可按一般道路行驶的方法,将变速杆置于D位,用脚控制加速或制动踏板来控制上下坡车速。

2) 如果遇较长的陡坡,应将变速杆从D位移至S位或L位(视坡度而定)。

这可以避免在D位上坡时因高档的动力不足而造成自动变速器“循环跳档”(不断地降档、升档),加剧变速器换档执行元件的磨损;下坡时,置于S位和L位则可以利用发动机的制动作用。

要注意的是:在车速很高的情况下从D位换入S或L位会引起发动机的强烈的牵制作用,使低档换档执行元件受到较强烈的摩擦而容易损坏。因此,要从高档换入低档时,应在车速下降以后再换入。

(四) 雪地或泥泞路面行驶

在雪地或泥泞路面上行驶时,若变速杆置于D位,当驱动轮打滑时,如果驾驶员立刻松开加速踏板,由于打滑的驱动轮转速较快,自动变速器会出现前面所述的提前升档的现象,从而进一步加剧了驱动轮的打滑。此时,可将变速杆置于S位或L位,限制自动变速器的最高档位,即可利用节气门开度来控制车轮的转速,防止驱动轮打滑。设有保持开关的自动变速器也可打开保持开关,然后就可以采用与操纵手动变速器一样的方法,用变速杆来选择适当的档位行驶。

（五）倒车

倒车时，应在汽车完全停稳后将变速杆移至R位。如果是平坦的路面倒车，松开制动踏板和驻车制动器后，以发动机的怠速缓慢倒车即可，无需踩加速踏板。如果倒车中要越过台阶或其他障碍物时，应缓慢踩下加速踏板，并在越过障碍物后及时制动。

（六）临时停车

汽车在交叉路口等待交通信号或因堵车等原因而需要临时停车时，应根据具体情况采用不同的停车方法。

1) 如果停车时间很短，可让变速杆保持在D位，只用踩下制动踏板停车。这样一放松制动踏板，汽车就可以重新起步。

2) 如果停车时间稍长，可以让变速杆保持在P或N位，拉紧驻车制动器，以免不小心松开制动踏板，撞上前车。

（七）停放

汽车在停放的位置停下后，应踩住制动踏板，待汽车完全停稳后将变速杆置于P位，并拉紧驻车制动器，然后关闭点火开关，使发动机熄火。

第二章 自动变速器结构与原理

一、液力变矩器

在最早期的自动变速器上曾使用液力偶合器，后被液力变矩器取代。

液力偶合器由泵轮和涡轮组成，它只能传递动力，无法增加转矩，适用于高速传动（见图 2-1）。

液力变矩器有3个工作轮，即泵轮、涡轮和导轮。其中泵轮和涡轮的构造与液力偶合器基本相同，导轮则位于泵轮和涡轮之间，并与泵轮和涡轮保持一定的轴向间隙，通过导轮固定套固定于变速器壳体上（见图 2-2、图 2-3）。

液力变矩器在低速时增大输出转矩，但高速传动效率差，故适用于低速传动。

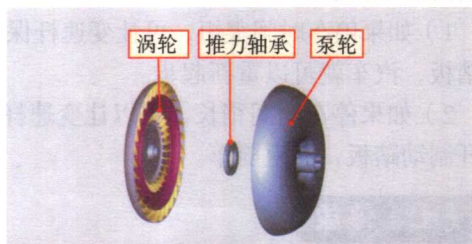


图 2-1 液力偶合器结构图



图 2-2 液力变矩器结构图



图 2-3 液力变矩器整体图

目前在装用自动变速器的汽车上使用的变矩器都是综合式液力变矩器。在导轮与导轮固定套之间装有单向离合器的液力变矩器称为综合式液力变矩器（见图2-4）。单向离合器可以使导轮顺时针（从发动机前面看）旋转，但不能逆时针旋转。这样就综合了偶合器与变矩器的优点。

变矩器是用液力来传递汽车动力的，而工作油液的内部摩擦会造成一定的能量损失，因此传动效率较低。为提高汽车的传动效率，减少燃油损耗，轿车自动变速器一般采用一种带锁止离合器的综合式液力变矩器。此种结构可以说是融合了机械式离合器与综合式液力变矩器的优点并兼有自动控制的独特之处（见图 2-5）。