

汽车自动变速器

原理与检修

张泰岭 陆华忠 罗锡文 编著

广东科技出版社



内 容 提 要

本书共分7章,系统地介绍了汽车液力自动变速器的结构和工作原理,对液力变矩器、行星齿轮变速器、液压控制系统、电子控制系统、自动变速器的维护和测试以及自动变速器的故障分析做了详细的介绍。书中对国内外典型自动变速器的结构和控制原理作为实例介绍。

本书可作为汽车专业学生的参考教材和高级汽车维修技术人员的培训教材,也可供汽车行业和工程机械行业的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车自动变速器原理与检修/张泰岭
等编著. —广州:广东科技出版社,
1999. 1

ISBN 7-5359-2112-4

I. 汽…

II. 张…

III. 汽车-变速器-原理-检修

IV. U463.212

出版发行:广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码:510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

出 版 人:黄达全

经 销:广东新华发行集团股份有限公司

排 版:广东科电有限公司

印 刷:广东韶关新华印刷厂

(广东韶关市新华北路50号 邮码:512026)

规 格:787mm×1092mm 1/16 印张16 字数398千

版 次:1999年8月第1版

2000年8月第2次印刷

印 数:6201~14200册

定 价:25.00元

如发现因印装质量问题影响阅读,请与承印厂联系调换。

前 言

随着汽车工业的迅速发展,汽车保有量以惊人的速度增长。汽车对人的生活方式有了很大的影响,人们对汽车的要求也越来越高,要求汽车快捷、舒适、安全、可靠、低油耗和低排污。采用自动变速器,实现自动换挡,是提高汽车舒适性、安全性、使用性能和降低排气污染的有效措施。液力自动变速器已普遍应用于中高档轿车上,并在军用车辆、越野车辆、工程机械和客车上也广泛采用。

自动变速器应用于汽车已有 60 多年,尤其是近 20 年来,随着汽车工业和电子技术的迅速发展,电子控制自动变速器使自动变速器的性能更加优越。在美国,自动变速器已作为轿车的标准装备。在德国、日本等一些汽车工业较为发达的国家,轿车装用自动变速器的比率也在与日俱增。50 年代末期,国产红旗牌高级轿车上也装置了自动变速器。近年来,我国引进生产的轿车也开始采用自动变速器。此外,在我国使用的进口汽车有很大一部分是装置自动变速器。因此我国汽车行业的技术人员应了解、掌握自动变速器的使用、结构原理和测试维修,以满足我国交通运输行业发展的需要。本书的出版,希望对我国汽车、工程机械的教学、科研和汽车行业技术人员有所帮助。

本书主要介绍轿车用全液压控制自动变速器和电子控制自动变速器的构造、工作原理及性能测试和故障诊断方法。在编写本书时注意了理论的系统性和各部分相对的独立性。理论阐述由浅入深,以国内常见车型的自动变速器为实例,条理清楚,深入浅出,通俗易懂。同时,从作者的实际修车经验出发,针对常见的两种车型进行自动变速器故障诊断分析。

本书是作者多年教学和汽车维修人员培训的心得,是在“自动变速器”(1989 年)、“汽车液力自动变速器”(1994 年)等华南农业大学教材和教学实践的基础上,除了删繁与补充新内容外,主要是调整了各章节内容的系统和独立性,使本书更适合于用作教材和教学参考书。

本书由华南农业大学张秦岭教授主编,罗锡文教授和陆华忠副教授副主编,吴慕春同志绘描书中所有插图。编写中我们参考了国内外大量资料和文献,在此,对引文作者一并表示深切的谢意。由于水平有限,书中不当之处敬请读者批评指正。

编 者
1998 年 3 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 汽车变速器	1
一、变速器的种类	1
二、有级式变速器	2
第二节 自动变速器类型	2
一、液力自动变速器	3
二、液压传动	3
三、电传动	3
四、有级式机械自动变速器	4
五、电子控制无级自动变速器	4
第三节 汽车自动变速器应用	7
一、汽车自动变速器应用概况	7
二、汽车应用自动变速器的优点	8
三、液力自动变速器的缺点	9
第四节 汽车液力自动变速器的结构简介	10
第二章 液力变矩器	12
第一节 液力耦合器	12
一、工作原理	12
二、特性	13
第二节 液力变矩器工作原理	14
一、基本结构	14
二、工作原理	15
第三节 液力变矩器的特性	19
一、特性参数	19
二、特性曲线	20
第四节 综合式液力变矩器	22
一、结构	22
二、三元件综合式液力变矩器工作原理	23
三、三元件综合式液力变矩器的特性	25
四、四元件综合式液力变矩器	25
第五节 带锁定离合器综合式液力变矩器	27
一、结构及其工作原理	27

二、特性	27
第六节 液力变矩器的补偿及冷却	28
第三章 液力机械变速器	30
第一节 行星齿轮变速器	30
一、单排行星齿轮机构运动学	30
二、行星变速器的自由度和组成	33
三、行星齿轮变速器的典型结构	35
四、行星齿轮变速器的评述	37
第二节 自动变速器的执行机构	37
一、离合器	38
二、制动器	39
三、单向离合器	40
第三节 行星齿轮自动变速器	41
一、自动变速器的挡位	41
二、红旗 CA7560 轿车自动变速器	41
三、丰田 (TOYOTA) 汽车液力机械变速器	44
四、马自达 (MAZDA) 自动变速器	54
五、ZF 型自动变速器	64
第四节 平行轴式自动变速器	66
一、结构	67
二、各挡位的动力传递	69
第四章 液压控制自动换挡系统	75
第一节 概述	75
第二节 液压控制系统的原理和组成	76
一、控制原理	76
二、系统组成	76
三、阀体和控制阀	77
四、液压控制基础知识	82
第三节 供油和调压部分	83
一、油泵及其辅助装置	84
二、压力调节与控制	87
三、自动变速器油料	91
第四节 控制参数信号转换	95
一、油门调压阀	95
二、速度调压阀	97
三、挡位选择杆和手动阀	99
第五节 换挡控制及各挡油路	101

一、换挡规律及其对车辆动力性和经济性的影响	101
二、换挡控制阀	104
三、各挡位控制油路	109
第六节 换挡品质及其控制	123
一、换挡平顺性	123
二、影响换挡品质的因素	124
三、改善换挡品质的控制	126
第五章 电子控制液压换挡系统	130
第一节 概述	130
第二节 电控自动变速器的基本结构和原理	131
一、基本结构	132
二、控制原理	134
三、电子控制系统的控制范围	137
第三节 电子控制系统	141
一、主要元件	141
二、丰田汽车自动变速器电子控制系统	145
三、日产汽车自动变速器的电子控制系统	154
四、本田汽车自动变速器电子控制系统	157
五、马自达自动变速器电子控制系统	160
第四节 电液控制系统	171
一、电磁阀	171
二、油压控制	173
三、液力变矩器的锁定控制	178
四、电液控制换挡	183
第六章 自动变速器的维护与测试	192
第一节 基本检查和调整	192
一、油面检查	192
二、油质检查	192
三、液压控制系统漏油检查	193
四、油门拉索检查和调整	193
五、换挡杆位置检查和调整	195
六、空挡起动开关检查	195
七、怠速检查	195
第二节 机械系统测试	196
一、失速试验	196
二、时滞试验	199
三、油压测试	201

四、手动换挡试验	206
第三节 道路行驶试验	207
一、要点	207
二、道路行驶试验	209
第四节 电子控制系统的检测	214
一、自我诊断	215
二、线路和元件检测	220
第七章 自动变速器的故障分析	224
第一节 概述	224
第二节 常见故障分析	225
一、液压控制自动变速器常见故障	225
二、电控自动变速器常见故障	228
三、典型自动变速器常见故障诊断表	229
第三节 丰田电控自动变速器故障诊断方法	236
一、结构	236
二、故障诊断方法	237
三、电脑控制系统自诊和检测	238
四、变速器内部故障诊断	239
第四节 本田电控自动变速器故障诊断方法	241
一、结构	241
二、故障诊断方法	242
三、电脑控制系统自诊和检测	243
四、变速器内部故障诊断	244
第五节 自动变速器的修理	246
一、就车修理	247
二、拆卸修理	247
参考文献	248

第一章 绪 论

汽车从诞生至今的 100 余年期间,汽车工业从无到有,以惊人的速度向前发展。汽车对人的生活方式有了很大的影响,人类的生活需求又对汽车的发展产生了极大的推动作用。随着人民生活水平的提高,对汽车的要求也越来越高。希望汽车更快捷、舒适、安全、可靠。其舒适为乘员创造宜人的车内环境、良好的乘坐条件和轻便的驾驶方式。如果说过去内燃机的发展在汽车工业中起了重要作用,现在则是计算机的应用,有力地推动了汽车工业的发展,汽车传动系变速的自动化是目前车辆发展的高级阶段。近 40 年来,由于自动变速理论及设计达到了相对完善,所以自动变速器已越来越广泛地应用于轿车、大客车、重型自卸车、越野车、工程机械、拖拉机及履带车辆上。尤其是现代中高档轿车几乎都采用了电子控制的液力自动变速器。

第一节 汽车变速器

汽车作为一类现代机动的交通运输车辆,它的动力装置普遍采用的是活塞式内燃发动机。这种发动机虽然能源转换方便、结构尺寸较小,但由于其具有转速高、转矩小以及转矩和转速变化范围小,而复杂的使用条件则要求汽车的牵引力和车速能在相当大的范围内变化。为解决这一矛盾,在传动系中设置了变速器。它的功用是:①改变传动比,扩大驱动轮转矩和转速的变化范围,以适应经常变化的行驶条件,同时使发动机在有利(功率较高而耗油率较低)的工况下工作;②在发动机旋转方向不变的前提下,使汽车能倒退行驶;③利用空挡,中断动力传递,以便发动机能够起动、怠速,并便于变速器换挡或输出动力。

一、变速器的种类

1. 按传动比变化方式,汽车变速器可分为有级式、无级式和综合式三种

有级式变速器应用最广泛。它采用齿轮传动,具有若干个定值传动比。按所用轮系型式不同,有轴线固定式变速器(普通变速器)和轴线旋转式变速器(行星齿轮变速器)两种。目前,轿车和轻、中型货车变速器的传动比通常有 3~5 个前进挡和一个倒挡,在重型货车用的组合式变速器中,则有更多挡位。所谓变速器挡位数系指其前进挡位数。

无级式变速器的传动比在一定的数值范围内可按无限多级变化,常见的有电力式、液力式(动液式)和机械式三种。电力式无级变速器的变速传动部件为直流串激电动机,除在无轨电车上应用外,在超重型自卸车传动系中也有广泛采用的趋势。动液式无级变速器的传动部件是液力变矩器。机械式无级变速器是利用直径可变的传动轮来实现无级变速。

综合式变速器是指由液力变矩器和齿轮式有级变速器组成的液力机械式变速器,其传动比可在最大值与最小值之间的几个间断的范围内作无级变化,目前应用较多。

2. 按操纵方式不同,变速器又可分为三种

①强制操纵式变速器靠驾驶员直接操纵换挡杆换挡,为大多数汽车所采用。

②自动操纵式变速器的传动比选择和换挡是自动进行的。所谓“自动”，系指机械变速器每个挡位的变换是根据反映发动机负荷和车速的信号来控制换挡系统的执行元件而实现的。驾驶员只需操纵加速踏板以控制车速。

③半自动操纵式变速器有两种形式。一种是常用的几个挡位自动操纵，其余挡位则由驾驶员操纵；另一种是预选式，即驾驶员预先用按钮选定挡位，在踩下离合器踏板或松开加速踏板时，接通一个电磁装置或液压装置来进行换挡。

二、有级式变速器

在汽车变速器中最初普遍采用的是有级式机械变速器，它使用的历史最长。有级式机械变速器具有效率高、结构简单、制造容易、工作可靠、维修容易和成本低等优点，但存在以下不足之处：

(1) 为适应汽车行驶中多变的工况，必须经常换挡。在行驶中频频换挡，既要踩离合器踏板还要扳动变速手柄，驾驶员操作频繁，劳动强度大，易于疲劳，分散驾驶员的注意力，影响行驶安全。

(2) 使车辆的动力性和经济性能降低。由于换挡时刻掌握不好使发动机不能经常在最佳工况下工作。再者，由于换挡时切断发动机动力造成速度损失。另外，有级式机械变速器挡次有限，不能满足多变的工况，因而发动机的功率不能充分利用。以上情况都将使车辆的动力和经济性下降。

(3) 使车辆的通过性能变坏。当在泥泞、沙地或转弯上坡等路面行车时，若驾驶员技术不够熟练或操作不慎，常会因换挡动作不当或不及时而造成车轮打滑或发动机熄火而无法行驶或重新启动发动机。

(4) 使车辆的行驶平顺性和机件寿命降低。换挡时，由于进入啮合齿轮副的线速度不一致，在强制啮合中，齿轮会受到冲击。在车辆起步或换挡时，往往会出现不同程度的冲击或颠簸。这一方面使乘坐者感到不适，影响了车辆的行驶平顺性，另一方面，频繁出现的冲击载荷，将会使发动机及传动系零件的寿命降低。

第二节 自动变速器类型

自动变速技术是人们一直追求的目标，经历了相当长的发展过程。现在在汽车上使用的自动变速器有以下几种类型：

- (1) 液力自动变速器；
- (2) 液压传动自动变速器；
- (3) 电传动自动变速器；
- (4) 有级式机械自动变速器；
- (5) 机械式无级自动变速器。

在以上5种类型中，目前最广泛采用的是液力自动变速器，尤其是电子控制的液力机械自动变速器普遍应用于现代轿车上。近年来，机械式无级自动变速器在世界性汽车展览会上越来越受到广大汽车制造商的青睐，并开始批量用于商用中小型轿车上。本书主要介绍液力自动变速器，本节先对上述5种自动变速器作简要评述。

一、液力自动变速器

液力传动是以液体为介质的叶片传动机械，其基本型式为液力耦合器与液力变矩器，两者更确切的定义是：工作轮叶片与工作液体相互作用，引起机械能与液体能的相应转换，以此来传递动力，并通过液体动量矩的变化来改变转矩。由于液力耦合器只能起到联轴节的作用，不能改变转矩的大小，故在汽车上不再采用。液力变矩器具有无级连续变速和变矩的能力，对外部负载有良好的自动调节和适应性能，故根本上简化了操纵。它既具有离合器的功能，又使发动机与传动系之间实现“柔性”连接和传动，因而将发动机和底盘这两大振动源分隔，这就减轻车辆的振动，提高了车辆乘坐舒适性，使车辆起步平稳，加速均匀、柔和。

液力传动虽然具有上述优点，但若采用单纯液力传动，也存在以下问题：①传动效率较低，高效率范围不大；②变矩范围有限，不足以完全适应行驶中工况的变化；③难以实现倒挡。因此，一般不采用单纯的液力传动，而是采用液力传动与机械传动相结合后，使其缺陷得到了一定弥补，功能得到扩展，因而得到了迅速发展。

目前，得到广泛应用的液力自动变速器是液力变矩器与机械传动部件共同构成的一个不可分割的整体，它在原有液力变矩器的基础上，获得全新的特性。它利用液力传动、机械传动和功率分流原理，改变和改善变矩器的特性，使之能与多种发动机进行理想的匹配，使各种车辆获得良好的动力性能和经济性。液力自动变速器综合了液压控制技术，机械传动技术和电子计算控制技术，成为现代汽车普遍采用的一种自动变速器（AT，即 Automatic Transmission）。

二、液压传动

它与液力传动同属液体传动范畴，其区别主要在于：液压传动主要依靠液体压能的变化来传递或变换能量。它是利用工作腔的容积变化来工作的，液压元件主要是液压泵与液压马达。液压泵将发动机输出功率转变为工作油压并由控制元件将其输入液压马达，液压马达驱动车辆。系统工作油压的大小取决于负载，车辆速度的变化取决于液压油的流量。它的主要特点是：可在大范围内连续地前进和倒车行驶时能平稳地无级变速，性能接近理想特性；可利用增加液流循环阻力的方法进行动力制动；具有液体传动吸振与降低冲击的能力；液压元件间用管路连接，便于合理安排总体布置。因此，近年来在车辆上，特别是在推土机、装载机上获得了应用。但是它的效率显著低于纯机械传动，液压元件制造精度要求高、成本高，大功率的液压元件制造更为困难。液压传动多与行星齿轮并联构成液压-机械系统无级传动系统，液压只传递总功率的一部分，总效率也得到较大提高，并降低了制作大功率液压元件的成本，从而使它在特种车辆、军用车辆、履带式车辆及飞机牵引车上获得应用。

三、电传动

电传动与液压车轮马达相似，它取消了机械传动中的传统机构，而代之以电流输至电动机（通常称为“电动轮”）来驱动汽车。其基本传动形式是：由柴油机带动发电机，然后用发电机发出的电能驱动装在车轮中的电动机。车轮和电动机（包括减速装置）装成一

体,故称为“电动轮”。

电传动的优点是:

(1) 可按汽车行驶功率要求,以最经济的转速运行,得到恒定功率特性。

(2) 可无级变速,起步及变速平稳。

(3) 能将电动机转换为发电机实现制动,提高行驶安全性。

(4) 动力装置和车轮之间无刚性联系,便于总体布置及维修。

但电传动的主要缺点是:价格高,它比液力机械传动还高 20% 左右,自重大并消耗大量有色金属。目前在载重 850kN 以上的自卸载重车、大铲运机及轮机装载上,采用电传动已成为发展趋势。

另外,随着汽车保有量的迅速增加,汽车排气对大气的污染越来越受到人们的重视,人们迫切希望研制和开发无污染汽车。于是各国汽车公司大力研制一种以新型蓄电池、燃料电池作为能源的电动汽车,它不用石油燃料、无污染、能量转换率高。目前已研制出纯电动汽车,电动与内燃机混合汽车,并且已开始投放市场。如果能较好地解决蓄电池的体积、储电量和充电速度,电动汽车将被广泛用于轿车、大客车和货车上,将是汽车工业的一个飞跃。

四、有级式机械自动变速器

固定轴式齿轮变速器是实现有级排挡的传动机械,以其效率高、成本低、生产工艺成熟的特点而获得广泛应用。但这种变速存在着换挡频繁、劳动强度大、动力中断以及驾驶员水平对车辆行驶性能有较大影响等缺陷,所以人们总期望在同步变速器基础上实现换挡自动化。但在很长一段时间内,对于研究这些问题的努力是失败的。随着电子技术的发展和微机控制技术的应用,现已研制成功机械式手动变速器的起步、换挡的自动控制。1983 年日本五十铃公司最先研制成功电子控制全机械式有级自动变速器 NAVI-5,装于 ASKA 轿车投放市场,以 60km/h 行驶时,比液力机械自动变速器车节油 10% ~ 30% 左右,受到了普遍欢迎。此后,美国、欧洲一些国家的汽车公司也相继开始这方面的研究与开发,我国吉林工业大学等单位也在进行这方面的研究。

有级式机械自动变速器的基本思想是:驾驶员通过加速踏板和选择器(包括选挡范围、换挡规律、巡航控制等)向微机表达意图,各种传感器时刻检测车辆的现状,微机接收信号和处理信号并输出最佳控制信号(最佳换挡规律、离合器最佳接合规律、发动机油门的自适应调节规律等),通过电动和液压或气压分别对油门开度、离合器接合及换挡三者进行控制,以实现最佳匹配,从而获得优良的行驶性能、平稳起步性能和迅速换挡的能力。

有级式机械自动变速器具有自动变速的优点,又保留了齿轮式机械变速器传动效率高、价廉、宜于制造的长处。但与液力自动变速器相比,自动换挡控制的难度更大,要求很高的控制精度,目前还很少应用。

五、电子控制无级自动变速器

省油、降低排气污染、操纵简便、行驶舒适的无级变速器(Continuously Variable Transmission, 简称 CVT)一直是人们追求的目标。早期通过双锥体改变接触半径实现传动比连

续变化的方法，因接触部分挤压应力太高而难于实用化。目前，中小轿车上使用的电子控制无级变速器，皆以金属三角带作传动，简称为 ECVT。这种金属三角带是荷兰 VDT 公司的专利。它利用 10 层厚 0.2mm 的铝合金薄钢带串上约 280 片三角形的钢片制成，如图 1-1 所示。这种金属三角带可承受很大的拉力和侧向压力，钢带装在工作半径可变的带轮上，靠液压改变带轮的半径来改变速比，如图 1-2。ECVT 的最大优点是可以实现全程无级变速。电子控制机构可以使 ECVT 在各种工作状态下保持最佳的传动比和圆滑的过渡，使汽车具有一个没有“漏洞”的牵引性能，驱动力与车速曲线呈平稳圆滑下降，而任何有级变速器的驱动力曲线都是呈不规则下降。

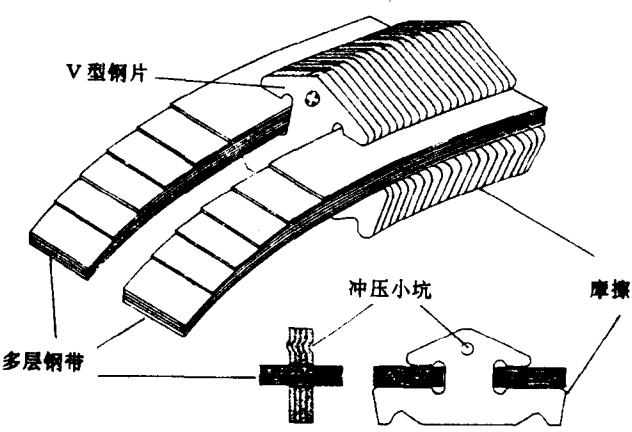


图 1-1 ECVT 上用的金属三角带结构

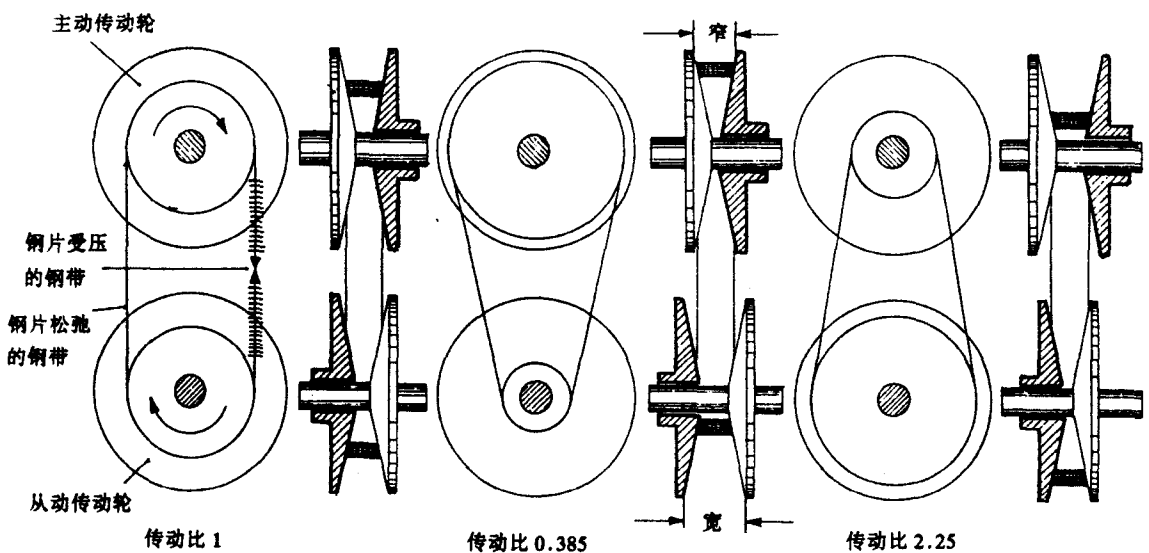


图 1-2 ECVT 带传动变速原理图

ECVT 变速器由电子控制部分、液压控制部分、液力变矩器和机械无级变速器等组成。机械无级变速器结构如图 1-3，主要由金属三角带、可变槽宽带轮、一组行星齿轮机构、一组前进多片离合器、一组倒挡多片制动器等组成。主动带轮和从动带轮的槽宽由液压油缸来控制改变，从而改变了三角带传动比，实现变速。

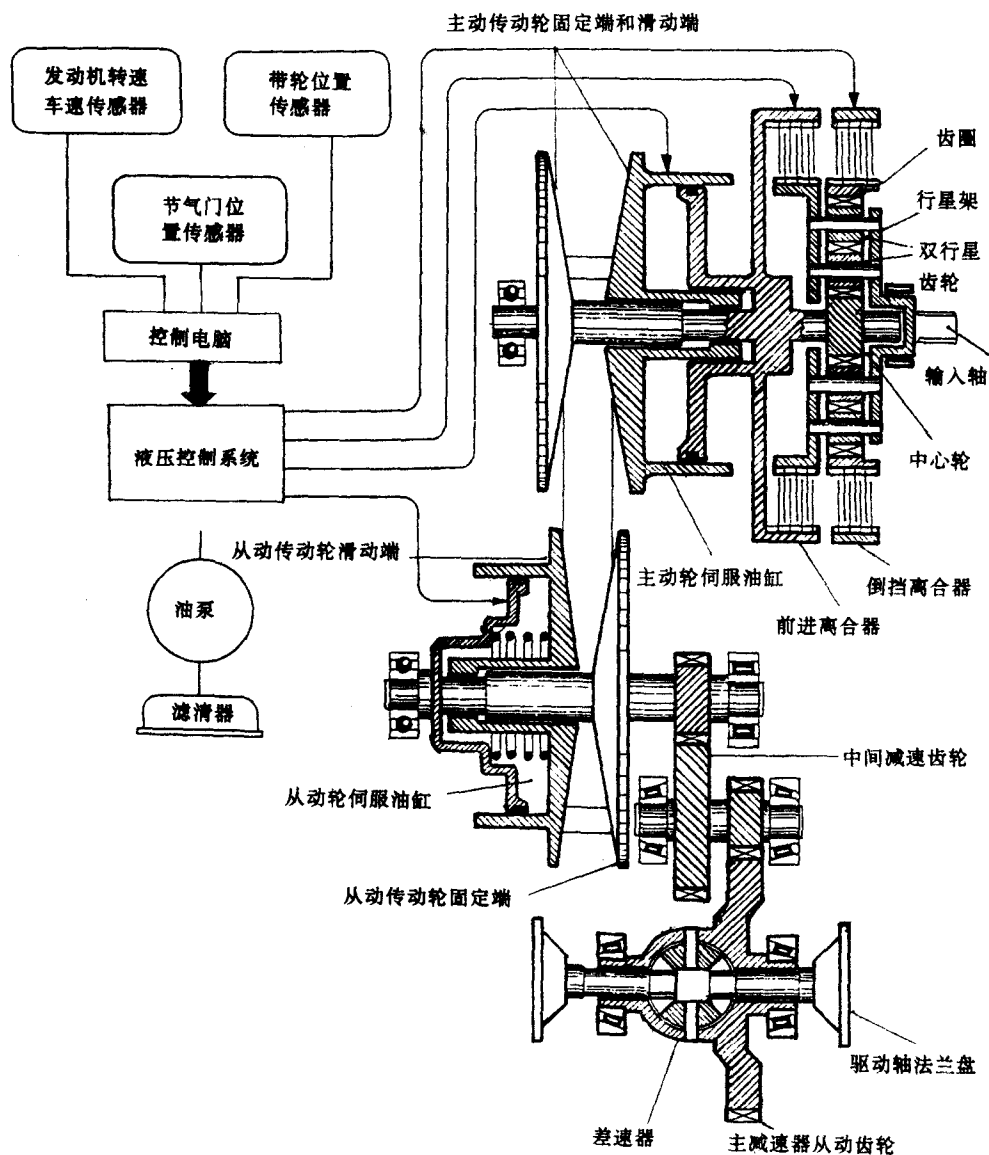


图 1-3 ECVT 结构图

如果说从手动变速器到液力自动变速器是第一次飞跃，那么从液力自动变速器到电子控制无级变速器可以称之为第二次飞跃。由于 ECVT 的出现使汽车的动力性、经济性和操

纵性发生了一个质的飞跃。近年来, ECVT 已被美国 Ford 公司和意大利 Fiat 公司装用于中小排量的轿车上, Borg-Warner 公司、ZF 公司和日本富士重工等也都批量生产, 并将 ECVT 作为改善汽车品质的主攻方向之一。

第三节 汽车自动变速器应用

一、汽车自动变速器应用概况

液力传动装置自本世纪初问世至今已近 90 年, 最初用于船舶。在使用实践和科学研究的基础上, 人们认识到液力传动装置的优点, 它也适用于陆用车辆。目前, 液力传动装置已广泛应用于各种类型的汽车: 小轿车、小型客车、公共汽车、军用车辆、重型矿山车辆和工程机械等。

最初研制液力传动车辆是第一次世界大战之后, 到 30 年代, 英国、美国已将液力传动应用于公用汽车。第二次世界大战期间, 许多军用车辆和专用汽车也开始采用液力传动装置。

在 40 年代初, 美国成功地研制出两挡的液力-机械变速器。1948 年, 美国通用汽车公司率先将命名为 Dynaflow 的全自动变速器应用于批量生产的小轿车上。40 年代末 70 年代初, 开始出现根据车速和油门的位置进行自动换挡的液力自动变速器, 使汽车液力传动装置进入了一个新的发展阶段。

随着 Dynaflow 变速器的发展, 美国的汽车工业进入普遍采用自动变速器的阶段, 美国几家大汽车公司采用自动变速器的情况如表 1-1 所示。与此同时, 英国、德国、欧洲等国家生产的汽车也相继采用自动变速器。

表 1-1 美国汽车装用自动变速器的情况表

公 司	汽 车 型 号	变 速 箱	生 产 年 度
通用汽车公司 General Motors	Pontiac	Hydra-Matic	1948
	Buick	Dynaflow	1948
	Chevrolet	Dowerglide	1950
福特汽车公司 Ford	Lincoln	GM Hydra-Matic	1950
	Mercury	Merc-O-Matic	1951
	Ford	Ford-O-Matic	1951
克莱斯勒汽车公司 Chrysler	Chrysler and Imperia	Powerlife	1953
	Dodge	Powerlife	1954
	Desoto	Powerlife	1954
	Plymoufh	Powerlife	1954

续表

公 司	汽 车 型 号	变 速 箱	生 产 年 度
其 他 公 司	Packard	Ultramatic	1949
	Nash	GM Hydra-Matic	1950
	Studebaker	Studebaker	1950
	Kaiser-Frazer	GM Hydra-Matic	1951
	Ranber	GM Hydra-Matic	1953
	Willys	GM Hydra-Matic	1953

由于液力自动变速器具有一系列优越性，使几乎在轮式及履带式车辆上，都得到了广泛的应用，自动变速器的生产得到了飞速的发展。60年代后期，在美国生产的小轿车上，自动变速器差不多取代了手动机械换挡变速器。50年代末，日本从西方引进并研制自动变速器，很快即投入成批生产，其发展之势更趋迅猛。近20年来，美国、英国、法国、意大利、德国、日本等国家，都已成立了一批自动变速器的专业化生产公司或专业厂，如美国的 Allison、英国的 Borg-Warner、德国的 ZF、意大利的 Fiat 和日本的丰田等。

液力自动变速器的装车率逐年增加，70年代，西欧及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。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11%，而1985年上升至49%。城市大客车的装车率，美国基本上是100%，西欧为95%。工程机械车辆的装车率，在美国是70%，西欧为30%左右。

近十年来，随着电子技术和电子计算机技术的迅速发展，电子计算机控制的液力自动变速器已普遍推广，它使液力自动变速器按照最低油耗，最佳换挡理论进行自动换挡，使汽车液力自动变速器性能达到综合优化。

在我国，应用液力传动装置始于50年代，当时成功地研制了“红旗牌”高级轿车液力自动变速器，并批量生产。在70年代，已将液力传动应用于一系列的重型矿用汽车上，如SH380型32t矿用自卸车，CA390型60t矿用自卸车等。

二、汽车应用自动变速器的优点

自动变速器之所以能如此迅速地得到发展，是与它的一系列优越性分不开的。这主要是：

1. 操纵轻便并提高行车安全性

装备液力自动变速器的汽车，采用液压操纵或电子控制，使换挡实现自动化。在变换换挡杆位置时，只需操纵液压控制阀的滑动，这比普通机械变速器通过分离离合器和拨动换挡手柄要简单轻便得多。而且，在汽车行驶过程中，由自动控制系统控制自动换挡，驾驶员只需对车辆的行驶方向和速度进行机动灵活的控制。由于简化操作，使得驾驶员可把注意力从频繁的换挡操纵中解放出来，集中精力于观察道路和交通情况，提高了行车安全性。

2. 大大提高发动机和传动系的使用寿命

液力传动汽车的发动机与传动系由液体工作介质作“软”性连接，液力传动对振动能起一定的吸收、衰减和缓冲的作用，大大地减少冲击和动载荷。这不仅改善了乘员的舒适性，还提高了有关机件的使用寿命。采用液力自动变速器的汽车与采用机械变速器的汽车对比试验表明：前者发动机寿命可提高 85%，变速器寿命提高 1~2 倍，传动轴、驱动半轴寿命可提高 75%~100%。

3. 提高汽车通过性

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，可防止很大的震动、减少车轮的打滑，使起步容易，且更加平稳。它的稳定车速可以降低到很低，而且即使在行驶阻力很大时，发动机也不至于熄火。在特别困难路面行驶时，因换挡时没有功率间断，不会出现汽车停车的现象。液力自动变速器对于提高汽车的通过性具有良好的效果。

4. 具有良好的自动适应性

目前，液力自动变速器都采用液力变矩器，它能自动适应汽车驱动轮负荷的变化。当行驶阻力增大时，汽车自动降低速度，使驱动轮驱动转矩增加；当行驶阻力减小时，车速增加，减小驱动转矩。另外，自动变速是按照系统设计的最佳使用要求来进行的，以使整车获得最佳的动力性和燃料经济性，消除了对驾驶员换挡技术的依赖。因此，液力自动变速器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，另一方面随时都处于最佳挡位行驶，这样提高了汽车的动力性、燃料经济性和平均车速。

5. 减轻空气污染

在手动换挡变速器中，由于经常换挡，经常切断动力，发动机的转速变化较大，节气门开度变化急剧，非稳定工况强烈，从而导致排气中的污染物多。而自动换挡属于动力换挡，发动机工况相对比较稳定，且能把发动机设计在较小污染的转速范围工作，从而使污染降低。

三、液力自动变速器的缺点

液力自动变速器与手动机械变速器相比，存在以下缺点：

1. 结构复杂，精密度高的零件多，制造困难，成本高，相应的维修技术要求较高。

2. 传动效率较低。对液力变矩器而言，最高效率一般只有 82%~86% 左右，而机械齿轮转动的效率可达 95%~97%。由于传动效率低，使汽车的燃油经济性有所降低。

但这个缺点是相对的，由于大大延长了发动机和传动系的使用寿命，提高了出车率和生产率，减少了维修成本，提高了发动机功率的平均利用率，提高了平均车速，虽然燃油经济性有所降低，却提高了汽车整体使用经济性。此外，目前还采用一种带锁定离合器的液力变矩器，在一定行驶条件下，锁定离合器结合，使液力变矩器失去作用，输入轴与输出轴变为直接传动，传动效率可接近 100%，这时液力自动变速器的传动效率与机械变速器的传动效率相近。

第四节 汽车液力自动变速器的结构简介

典型的汽车自动变速器结构如图 1-4 所示，它由液力变矩器 1、行星齿轮变速器 2、壳体 3 和油冷却系统 6 等组成。

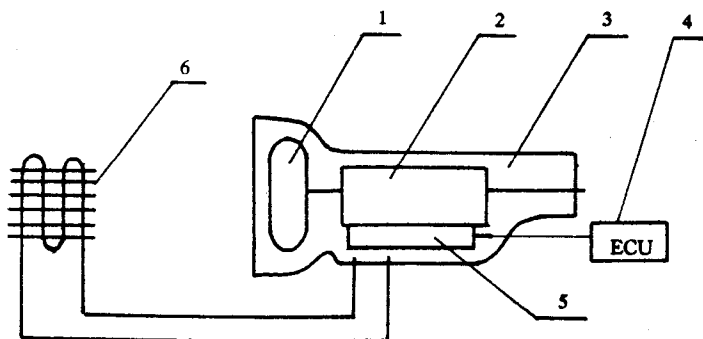


图 1-4 液力自动变速器结构

1-液力变矩器；2-行星齿轮变速器；3-壳体；4-电子控制系统；5-液压控制系统；6-油冷却系统

液力变矩器是液力自动变速器的重要部件，它的前端与发动机起动齿圈轮相连接，输出部件与行星齿轮变速器的输入轴相连。发动机的动力经液力变矩器传入行星齿轮变速器，实现发动机与变速器的“软”连接，从而大大减少传动机构的动载荷，延长发动机和变速器的使用寿命。同时，在一定范围内实现无级变速和变扭。液力变矩器有可拆式和不可拆式两种。可拆式液力变矩器，虽维修方便，但平衡精度不高，一般只允许以较低转速运转。目前，小汽车和轿车上大都配用高转速发动机，故采用的都是不可拆的液力变矩器。

行星齿轮变速器是液力变速器的变速机构，它由行星机构及其必要的操纵元件组成。行星排的多少因挡数的多少而异，一般 3 挡位有二个行星排，而 4 挡位（即具有超速挡的）有三个行星排。操纵元件是指行星齿轮变速器中用于改变传动路线（即换挡）的多片摩擦式离合器、制动器和单向自由轮机构。多片摩擦式离合器结构比较单一，几乎所有型号的自动变速器都是相同的结构。制动器型式有片式和带式，带式制动器结构上易布置，片式制动器尽管径向尺寸较大，要占用较大空间，但它结合柔和，易于控制，且可以借增减制动片，以适应不同排量的发动机。单向自由轮机构是自动变速器中一个至关重要的元件，它能使换挡机构元件的相对运动方向改变时立即脱开或锁止，从而大大简化液压控制系统。

液压控制系统是液力自动变速器的核心部分，它将根据换挡杆的位置，油门的开度及汽车的车速，自动控制离合器的分离或结合，制动器制动或释放，从而实现改变动力传动路线，自动变换挡位。此外，它还向液力变矩器和润滑油路供油。

电子控制系统由传感器、电控单元（ECU）和执行器三部分组成。ECU 根据传感器检测到的汽车行驶状况并根据发动机的运转情况，十分精密地控制换挡时刻、锁定定时、系