

现代汽车新技术丛书

自动变速器

赵显新 编著

构造与维修



百通集团
辽宁科学技术出版社

现代汽车新技术丛书

自动变速器构造与维修

赵显新 编著



百 通 集 团
辽宁科学技术出版社

· 沈阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

自动变速器构造与维修/赵显新编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1997.8

ISBN 7-5381-2527-2

I. 自… II. 赵… III. ①汽车-自动变速装置-构造
②汽车-自动变速装置-维修 IV. U463.212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 03699 号

辽宁科学技术出版社出版

(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)

沈阳新华印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本: 787×1092 1/16 印张: 17 $\frac{3}{4}$ 字数: 420,000

1997 年 8 月第 1 版 1999 年 2 月第 2 次印刷

责任编辑: 白京久 宋纯智

版式设计: 于 浪

封面设计: 曹太文

责任校对: 李 雪

印数: 6 001—9 000

定价: 26.70 元

丛书编委会

主 编	姚国忱			
常务副主编	麻友良	赵显新		
副 主 编	牛卓民	游道华	杨志恒	杨志有
编 委	(以姓氏笔画为序)			
	牛卓民	包镒棣	刘少雄	宋建国
	吴杰山	杨仁甫	杨志恒	杨志有
	周家透	张远程	张应华	张炳焕
	赵正飞	赵显新	姚国忱	聂玉峰
	麻友良	游道华	曹 峥	
本 书 编 者	赵显新			

前 言

汽车传动系统采用的变速装置,通常有手动机械变速器与自动变速器两种。采用手动机械变速器因其换挡频繁、劳动强度大,且换挡时需切断发动机动力等诸多缺点,早在本世纪30年代,就开始设计、研制自动变速器。到了70年代,已得到了广泛的应用。特别是在欧美,大约有80%~90%的汽车采用了自动变速器,日本轿车采用自动变速器已达普及阶段。

随着我国汽车工业的发展,采用自动变速器的车辆也不断增加。采用自动变速器,一方面提高了行车安全性、降低了驾驶人员的劳动强度、延长了机件的使用寿命、改善了汽车的动力性能,而另一方面,由于它往往是由机、电、液3种部件组成,其结构复杂、制造精度高,因此对其故障分析与维修都要求具有较高的技术水平。

目前我国在汽车和工程机械维修人员中,熟悉自动变速器结构与维修的人并不多,又极缺自动变速器实用的维修资料,使自动变速器得不到正确的维修,造成极大的浪费。这与我国飞速发展的汽车工业极不适应。基于上述原因,作者编写了《自动变速器的构造与维修》一书,希望能对自动变速器的使用维修人员有所裨益。

本书的内容主要有以下几个特点:

1. 为了使读者切实掌握排除故障与修理的技能,前5章介绍了自动变速器的基本组成与原理。为了做到通俗易懂,这部分避免了一些繁琐的公式推导,以使本书适用于更多的读者。

2. 本书的重点是介绍了自动变速器的构造与维修技术。为了避免冗长,本书以红旗CA770、丰田A43DE和日产L4N71B为例,着重介绍了目前广泛使用的液压控制液力自动变速器与电子液压控制自动变速器的维修。对于其他型号的自动变速器的维修,读者可通过前几章的学习,并参照维修手册,相信会融会贯通,对所遇到的问题迎刃而解。

3. 本书附有大量的例图,这不仅使读者一目了然和易懂,同时还避免了读者读完本书后只会纸上谈兵,而不会或不敢动手的毛病,使其成为一本真正的维修用书。

4. 本书第九章介绍了其他典型的自动变速器的构造与工作原理,其中包括电子控制机械自动变速器,使读者对目前使用的汽车自动变速器的类型有一个全面的了解。

限于编者的水平与时间的仓促,书中的谬误与不妥之处在所难免,敬请行家及广大读者希拔冗相助,不吝赐正。

编 者

1996年9月

现代汽车新技术丛书

- 《自动变速器构造与维修》
- 《电子控制汽油喷射系统构造与维修》
- 《电子点火系统原理与检修》
- 《底盘电子控制系统原理与检修》
- 《最新汽车电器与电子设备原理与检修》

- 《康明斯柴油机构造与维修》
- 《现代汽车电器电子设备修理全书》
- 《汽车电脑控制系统自我诊断》
- 《进口汽车维修英语》
- 《本田汽车维修手册》

内 容 提 要

本书介绍了自动变速器的基本组成与工作原理,并详细介绍了红旗 CA770 自动变速器、丰田汽车自动变速器、日产 L4N71B 自动变速器的使用与维修。同时简述了其他典型的自动变速器的构造与工作原理。

本书可作为从事汽车维修工人及技术人员用书,也可作为中等以及高等学校汽车与工程机械专业的参考书。

目 录

前 言

第一章 绪 论	1
第一节 车辆传动的方式.....	1
第二节 自动变速器的组成与工作原理.....	5
第二章 液力偶合器与液力变矩器	8
第一节 液力偶合器.....	8
第二节 液力变矩器	11
第三章 行星齿轮变速器	20
第一节 行星齿轮变速器的工作原理	20
第二节 自动变速器典型行星轮系介绍	24
第四章 液压离合器与制动器	31
第一节 液压离合器	31
第二节 制动器	33
第五章 自动换挡操纵及控制系统	37
第一节 概 述	37
第二节 供油系统	39
第三节 调压机构	44
第四节 自动换挡规律与换挡控制机构	54
第六章 红旗 CA770 自动变速器的结构与维修	65
第一节 红旗 CA770 自动变速器的结构	65
第二节 自动换挡操纵系统	68
第三节 红旗 CA770 自动变速器拆装与调整	75
第四节 红旗 CA770 自动变速器装车调整与检验	95
第五节 红旗 CA770 自动变速器产生的故障及其排除方法	99
第七章 丰田汽车自动变速器使用与维修	104
第一节 丰田 A40 型自动变速器	104
第二节 丰田 A441E 型自动变速器	121
第三节 丰田汽车自动变速器的维修.....	126
第八章 日产公爵轿车 L4N71B 自动变速器的使用与维修	216
第一节 自动变速器的维修.....	221
第二节 自动变速器的检测.....	233
第三节 日产汽车自动变速器技术规范与拧紧力矩.....	243

第九章 其他典型汽车自动变速器简介	246
第一节 克莱斯勒自动变速器.....	246
第二节 阿里森 CLBT-750 型自动变速器	255
第三节 德国奥迪 (AUDI) V8 轿车用四挡自动变速器的结构与原理	261
第四节 电子控制机械变速器简介.....	270
主要参考文献	

第一章 绪 论

第一节 车辆传动的方式

车辆的传动是指将发动机发出的动力传递给驱动车轮，并保证车辆在运行或作业过程中具有良好的动力性、经济性和宜人性。

按结构和传动介质分，车辆传动的方式有机械式、液力机械式、静液式、电力式等等。

一、机械传动

车辆最初普遍采用机械传动，其使用的历史最长。机械传动的主要优点是结构简单、制造容易、工作可靠、价廉、重量轻等。

机械传动的主要缺点是：

(1) 采用人力换挡，换挡时动力传递要中断。对于汽车，当行驶于交通复杂的情况下换挡频繁，驾驶员容易引起紧张、劳累，因此要求其技术熟练。

(2) 传动系统受到附加冲击力、动载荷大，使得发动机及传动系零件的使用寿命降低。

(3) 行驶阻力的变化直接改变发动机的工况，为了充分利用发动机的功率，要求增加变速器的挡位数，因而使变速器结构复杂，并增加了换挡次数。

(4) 每次换挡要使主离合器分离、接合一次，在接合过程中离合器摩擦片都要经历一个滑磨过程。对于换挡频繁的车辆，降低了离合器摩擦片的使用寿命，缩短了更换周期，增加了停车维修时间，从而降低了生产率。

图 1-1 为轮式车辆的机械传动系统。

二、液力机械传动

液力机械传动是液力传动和机械传动的组合。此处，液力传动单指动液传动，即以液体为传动介质，利用液体在主动元件和从动元件之间循环流动过程中动能的变化来传递动力。动液传动装置有液力偶合

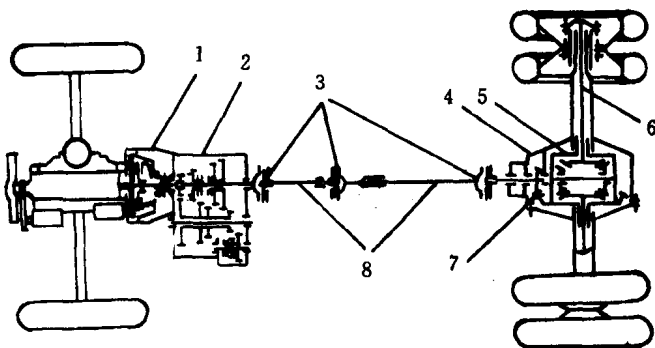


图 1-1 轮式车辆机械传动系统

1—离合器；2—变速器；3—万向节；4—驱动桥；5—差速器；6—半轴，
7—主减速器；8—传动轴

器和液力变矩器两种。液力偶合器只能传递扭矩，而不能改变扭矩的大小，可以代替离合器的部分功能。液力变矩器则除了具有液力偶合器全部功能外还能实现无级变速，故目前其应用比液力偶合器广泛得多。但是，液力变矩器的输出扭矩与输入扭矩的比值变化范围还不足以满足使用要求，故一般在其后再串联一个有级式机械变速器而组成液力机械变矩器以取代机械式传动系中的离合器和变速器。

液力机械传动的主要优点是：

(1) 能在一定范围内根据行驶阻力的变化，自动进行无级变速，因此能使发动机经常在所选定的工况附近工作，并能防止发动机过载熄火。这不仅提高了发动机的功率利用率，而且大大减少了换挡次数。

(2) 由于变矩器利用液体作为传递动力的介质，输出轴和输入轴之间没有刚性的机械联系，故大大降低了发动机及传动系统零件的冲击载荷，提高了机件的使用寿命。根据重型载重汽车的统计数据，液力机械传动和机械传动相比，发动机寿命增加 47%，变速器寿命增加 400%，后桥差速器寿命增加 93%。

(3) 由于变矩器具有一定的变速能力，因此对于同样的变速范围，可以减少变速器的挡位数，简化了变速器结构。

(4) 由于变矩器具有自动无级变速的能力，因而起步平稳，并可得到任意小的行驶速度，增加了车辆通过能力。

(5) 由于变矩器（或偶合器）采用液体介质传递动力，且由于变矩器冷却系统中的油泵、过滤器、冷却器等液压元件同时可兼用于换挡液压操纵系统等特点，这给采用自动换挡或动力换挡提供了条件，故其变速器大多采用动力换挡或自动控制换挡。

与机械传动相比，液力机械传动的主要缺点是成本高，传动效率低，零部件制造的工艺要求也比较高等。

图 1-2 为液力机械式传动系统。

上面所述的液力机械传动通常指液力变矩器与机械变速器串联组成液力机械传动。此外，还可以将液力变矩器与二自由度行星齿轮机构并联，而后再与机械变速器串联。在并联部分中，发动机功率的一部分经变矩器传递，其余部分经行星齿轮机构传递，因而兼有两种传动的优点。这种以并联方式组成的液力机械传动即为液力机械分流传动。

汽车上采用的液力机械分流传动可分为外分流式、内分流式和复合分流式。

图 1-3 为外分流式液力机械传动的一种形式，其特点是功率分流在液力变矩器的外部实现。而内

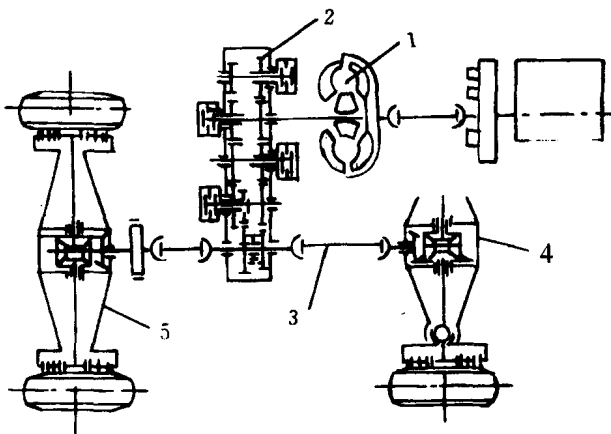


图 1-2 车辆液力机械式传动系统

1—变矩器；2—变速器；3—万向传动轴；4、5—前后驱动桥

分流则在液力传动内部实现。应用外分流式液力机械传动的目的是使现有定型生产的液力传动元件可与不同的机械传动元件配合后提高效率,还可能得到某种性能的改善,达到与发动机的良好匹配以满足汽车行驶要求的目的。应用内分流式液力机械传动的目的在于提高变矩器低传动比时的变矩系数和高传动比时的效率,并扩大高效率范围。

复合分流式是外分流式与内分流式的综合,它与内分流式相比,具有较高的变矩系数、较高的效率值和较宽的高效率范围。

三、静液式传动

所谓静液式传动,是通过液体传动介质的静压力能来传动的,即是用液压泵和液压马达连接的闭式回路。此方案早在 20 世纪初期就被提出,但一直没有得到广泛应用。主要是成本、可靠性和性能方面的问题。随着液压技术的不断进步,对于上述问题又开始重新探讨。近十年来,特别是在欧洲,在一些工程车辆上,静液传动已逐步取代液力机械传动。原因是与液力机械相比可以减小变速器的挡位数,且在液压制动时有动力回收的效果,使发动机具有较好的燃油经济性。静液传动与液力传动一样,为了提高整个传动系统的效率,近年来,发展了液压传动与机械传动相结合的液压—机械分流传动。这种传动既保留了液压传动无级变速的优点,又具有接近机械传动高效率的特点。其中的液压元件只传输部分功率,另一部分功率由机械部分传输,从而降低了液压损失。

液压与机械分流传动系统主要缺点:

(1)与液力机械传动相比,增加了结构上和控制调节方面的复

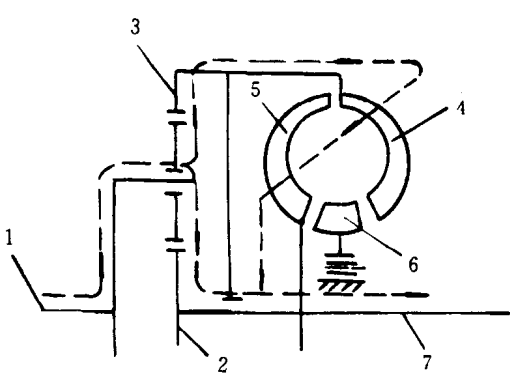


图 1-3 外分流式液力机械传动示意图

1—行星架; 2—中心齿轮; 3—齿圈; 4—泵轮; 5—涡轮;
6—导轮; 7—变矩器输出轴

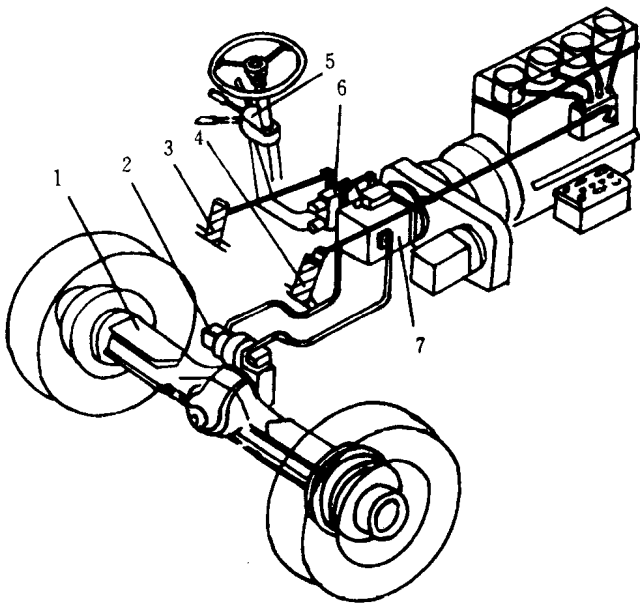


图 1-4 静液式传动系统

1—驱动桥; 2—液压马达; 3—制动踏板; 4—加速踏板; 5—变速操纵杆; 6—液压自动控制装置; 7—油泵

杂性。这类机构原则上只适用于整体式变速装置，因此成本高。

(2) 可靠性差。

尽管它存在着这些缺点，但它在其他性能方面的优越性却仍然使其获得越来越多的应用，并将使静液传动技术挤进高速车辆变速装置这一机械和液力传动的传统领域。目前，该传动方式已应用于汽车、拖拉机以及高速履带车辆上。

图 1-4 和图 1-5 分别为静液传动系统和液压与机械分流传动系统。

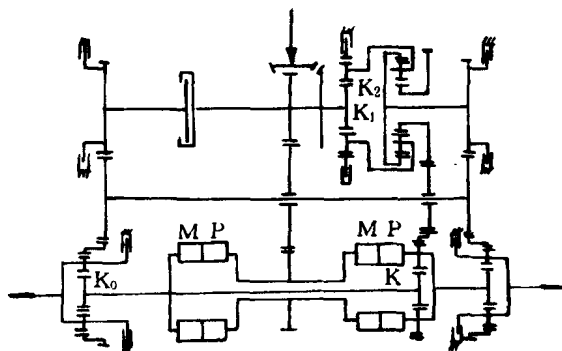


图 1-5 液压与机械分流传动系统

电力传动在组成上与静液传动有类似，即由发动机驱动发电机，由电动机驱动车轮。可以只用一个电动机与传动轴或驱动桥相连，也可以在每个驱动轮上装一个电机，但由于电机转速一般较高，扭矩较小，因此需要装一个轮边减速器。

早期采用的发电机和电动机都是直流的，因为直流电机的特性可以直接满足汽车的无级变速要求。由于直流发电机太重，体积也过于庞大，故现在多用其专设的直流励磁发电机。发电机发出的交流电通过可控硅全波整流器整流后，输入装有直流串激电动机的电动轮。图 1-6 为电力式传动系统。

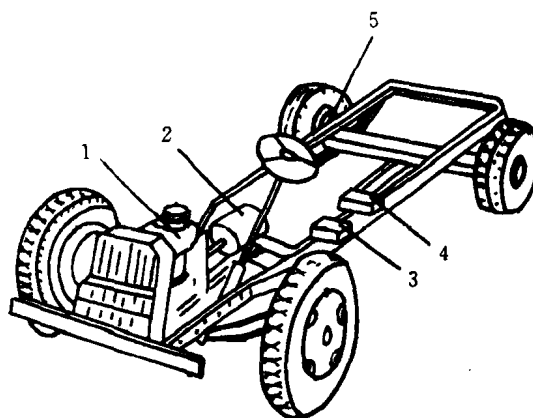


图 1-6 电力式传动系统

电力传动的主要特点是：

- (1) 动力装置和车轮易于布置与维修。
- (2) 可实现无级变速，操纵方便，在整个速度变化范围内都可充分利用发动机功率。

1—发动机；2—发电机；3—可控硅整流器；4—逆变装置；5—电动轮

- (3) 不用变速器，易实现自动化。

- (4) 与静液传动相比，传动效率高。

(5) 电力传动的主要缺点是价格高，能容量小（动力装置输出的功率与装置自重的比值称为“能容量”），其只有静液传动的十几分之一。

由于上述的特点，目前只限于在超重型汽车上应用。

第二节 自动变速器的组成与工作原理

一、自动变速器的特点

上面简述了车辆传动的方式。对车辆传动的操纵即车辆的换挡,通常可分为非动力换挡和动力换挡。非动力换挡即手动换挡,驾驶员必须根据车辆运行条件的变化随时变更挡位,要求驾驶员对离合器踏板、油门踏板及变速操纵杆等三个操纵件的操作动作,具有准确协调的配合,能够根据路面交通情况及发动机工作状况准确及时地进行换挡,以保证汽车具有良好的动力性和经济性。因此,手动机械变速器因换挡频繁、动作多、劳动强度大,而且会分散驾驶人员的注意力,增加了行车中的不安全因素。而且由于换挡时刻掌握不好使发动机不能经常保持在最佳工况下工作。此外,由于换挡时需切断发动机动力造成速度损失。高档换低挡时,为达到同步换挡常需在切断动力后加大油门使变速器输入轴转速提高等。这些情况都将使车辆的动力性和经济性下降。因此,早在第二次世界大战时期就开始研制自动变速器,但直到70年代才开始得到普遍的采用。特别是在欧美,大约有80%~90%的汽车选用了自动变速器。素来以车型紧凑、价格及油耗低著称于世的日本轿车,因其安全性的要求,自动变速器的采用率也不断增长。1982年的大、中、小型三种客车,平均占26%,到1986年增至41%,现已达普及阶段。我国一汽生产采用自动变速器的红旗CA770三排座高级轿车,国内保有量已足千余台。

自动变速器之所以能如此迅速地得到发展,是其与手动变速器相比,有如下优点:

(1) 操作简化且省力。采用自动变速器可取消离合器踏板和变速杆,使驾驶操作大大简化。由于它设置了一个自动换挡挡区范围的选择手柄,所以在一般情况下,即使在城市交通繁忙的街道上行驶,不需任何换挡操作动作,而由自动控制系统控制自动换挡,甚至当遇到红灯需要短暫停駛时,也可不移动手柄。驾驶员控制车速时,就只需控制好油门踏板即可,必要时也可用制动踏板予以配合。如果道路条件变化,需要移动一下选择手柄时,其操纵也很简单省力,因此大大降低了对驾驶人员操作水平的要求。

(2) 提高了行车安全和降低了劳动强度。由于简化了驾驶操作,使得驾驶员可以把注意力集中于观察交通情况,掌握好运行方向和车速,因此可以极大地提高运行安全性。

(3) 提高了乘坐舒适性。车辆的乘坐舒适性取决于许多因素。例如汽车的悬挂系统、发动机的振动与噪声以及换挡过程的平稳性等。由于自动变速器能把发动机的转速控制在一定范围内,避免急剧的变化,有利于减弱发动机的振动和噪音。自动变速器通过专门的控制系统,可以得到很平稳的换挡过程和减少换挡次数,因此可以提高汽车行驶的平稳性,可有效地改善乘坐舒适性。

(4) 延长了机件的使用寿命。由于自动变速器大多数采用了液力元件,可消除和吸收传动装置的动载荷,而且由于自动换挡减少了换挡时产生的冲击与动载。因此一般可使传动零件的使用寿命延长2~3倍。据统计,在恶劣的运行条件下,装自动变速器的汽车,其传动轴上的最大扭矩振幅只相当于手动机械变速器的20%~40%,原地起步时的扭矩峰值只相当于50%~70%。因此也可使发动机的使用寿命提高1.5~2.0倍。

(6) 减少对空气的污染。由于手动变速器在换挡过程中常伴有供油量的急剧变化, 发动机转速的变化较大, 导致燃烧过程变坏, 使废气中有害成分的含量增加。当使用自动变速器时, 由于液力传动和自动换挡技术, 能把发动机限制在污染较小的转速范围内工作, 从而减少了发动机排气中有害物质的含量。

此外，自动变速器由于结构复杂，因此其故障分析和维修等方面，都要求有较高的技术水平。

按汽车驾驶中离合器操作和换挡操作实现自动化的程度,自动变速器可分为半自动变速器和全自动变速器。即如仅在车辆起步过程或部分挡位自动换挡,而不能在全部挡位自动换挡的变速器,称为半自动变速器;能随着车速和发动机载荷的变化情况,而在全部挡位范围内能自动改变其速比的变速器,称为全自动变速器。

自动 变 速 器	{	液力自动变速器	{	液压控制	
				电子液压控制	
		电子控制机械自动变速器			
		静液传动自动变速器			

The diagram illustrates a control system architecture with multiple interconnected blocks. Key components and their connections include:

- Block 1:** Two blocks at the top left, connected to blocks 5 and 2.
- Block 2:** A large central block connected to 1, 5, 6, 3, and 11.
- Block 3:** A block to the right of 2, connected to 6, 2, and 7.
- Block 5:** A block above 2, connected to 1 and 2.
- Block 6:** A block between 2 and 3, connected to both.
- Block 7:** A block to the right of 3, connected to 3 and 1.
- Block 8:** A block at the top right, connected to 7 and 12.
- Block 9:** A block on the far left, connected to 1 and 10.
- Block 10:** A block below 9, connected to 9 and 15.
- Block 11:** A block below 2, connected to 2 and 13.
- Block 12:** A block at the top right, connected to 8 and 14.
- Block 13:** A block at the bottom right, connected to 11 and 16.
- Block 14:** A block on the far right, connected to 12 and 13.
- Block 15:** A block at the bottom left, connected to 10 and 16.
- Block 16:** A block at the bottom center, connected to 15 and 13.

Arrows indicate the direction of signal flow between these components.

1—发动机；2—液力变矩器；3—变速器；4—驱动轮；5—油门踏板；
6—油门信号油压；7—换挡阀；8—速度信号油压；9—油泵；10—
变矩器压力；11—油门调压阀；12—速度调压阀；13—选挡阀；14—
选挡手柄；15—主调压阀；16—主油路压力

• 6 •

三、自动变速器的工作原理

自动变速器的工作原理如图 1—7 所示，发动机驱动油泵与液力变矩器，动力由液力变矩器经齿轮变速器传到驱动轮。油泵输出流量经主压力阀一路去液力变矩器 2，另一路以主压力阀调节的主油路压力进入由换挡手柄控制的选挡阀，经选挡阀将主油路和油门调压阀、换挡阀及速度调压阀接通，油门调压阀根据油门踏板位置输出油门信号油压进入换挡阀、速度调压阀，根据车速输出速度信号油压也进入换挡阀。根据这两个信号油压，换挡阀使某些换挡执行机构（换挡离合器、制动器）动作，变速器便在某一挡位工作。当油门开度和车速变化到一定程度则换挡控制阀将根据信号油压自动使变速器升入高档或降入低挡。

第二章 液力耦合器与液力变矩器

液力自动变速器中液力元件主要包括液力耦合器与液力变矩器。只为数甚少的液力自动变速器中使用了液力耦合器，如英国 60 年代初期生产的 Rolls—Royce，美国 Oldsmobile 轿车以及前苏联生产的 3IM 轿车上曾装过液力耦合器。但由于采用液力耦合器时，不能提高输出扭矩，所以在行星变速机构中要增加一个挡。由于液力耦合器与四挡行星变速器组合比液力变矩器与三挡行星变速器组合其结构复杂，所以采用甚少。现代轿车在不舍弃汽车动力性的前提下，为了显著地改善其经济性，液力自动变速器均普遍地从三个前进挡发展为四个前进挡，近期新投入市场的基本上没有采用液力耦合器的。

为了更好地了解液力变矩器，这里首先还是介绍液力耦合器。

第一节 液力耦合器

一、液力耦合器的结构

图 2-1 为液力耦合器的结构示意图。耦合器的主要零件是两个直径相同的叶轮，统称为工作轮，其形状如图 2-2 所示。由发动机曲轴通过输入轴 1 驱动的叶轮 2 称为泵轮，另一个与输出轴 5 装在一起的叶轮 4 称为涡轮，故又称输入轴为泵轮轴，输出轴为涡轮轴。叶轮里面有许多半圆形的径向叶片，在各叶片之间充满工作油液。两轮装合后的相

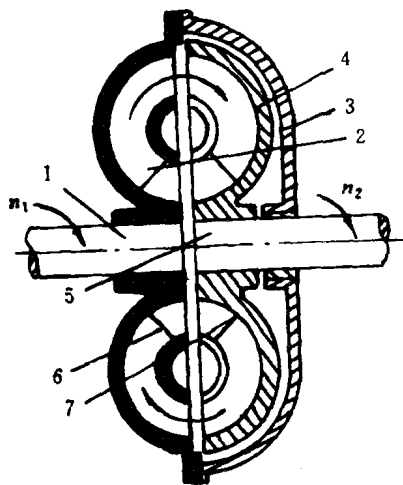


图 2-1 液力耦合器结构示意图

1—输入轴；2—泵轮；3—泵轮壳；4—涡轮；
5—输出轴；6、7—叶片

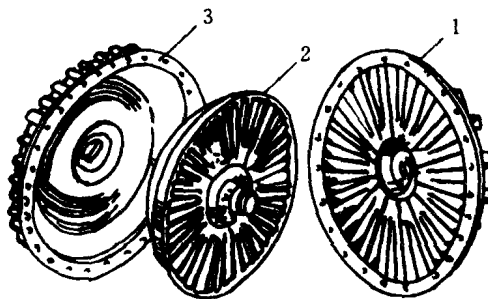


图 2-2 耦合器

1—泵轮；2—涡轮；3—泵轮输入盘