

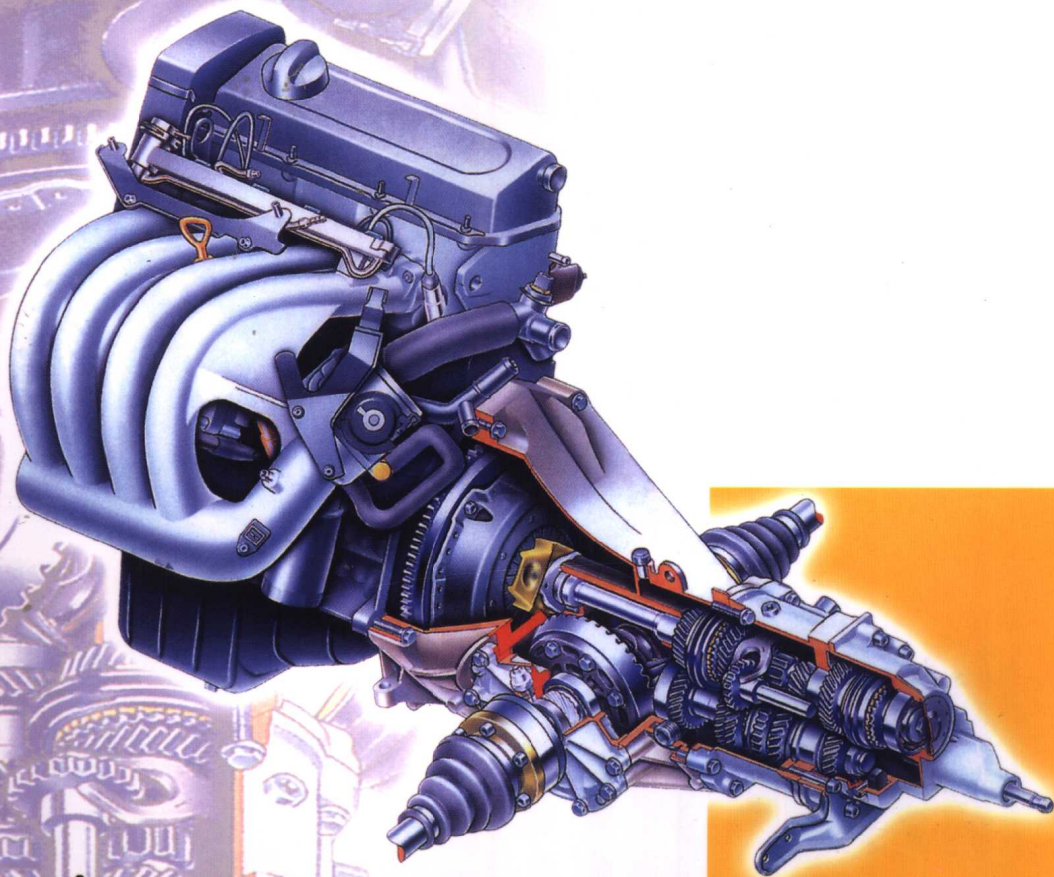


中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 汽车自动变速器 构造与维修

汽车运用与维修专业

主编 吴玉基



人民交通出版社

中等职业教育国家规划教材

Qiche Zidong Biansuqi Gouzao Yu Weixiu

## 汽车自动变速器构造与维修

(汽车运用与维修专业)

主 编	吴玉基
责任主审	冯晋祥
审 稿	姜华平
	徐 安

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书是中等职业教育国家规划教材,主要内容包括:总论 液力传动与液压控制基础、自动变速器的结构和工作原理、自动变速器检修仪器和设备的使用、自动变速器的检修、其他行星齿轮结构及典型自动变速器结构与原理、电控自动变速器的检修共七章

本书作为中等职业学校汽车运用与维修专业教学用书,可供汽车检测、汽车维修技术人员学习参考

### 图书在版编目(CIP)数据

自动变速器维修/吴玉基主编.-北京:人民交通出版社,2002.7

ISBN 7-114-04334-1

I.自… II.吴… III.自动变速装置-维修-专业学校-教材 IV.TH132.46

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第041862号

### 中等职业教育国家规划教材 汽车自动变速器构造与维修

(汽车运用与维修专业)

主 编 吴玉基

责任主审 冯晋祥

审 稿 姜华平

徐 安

版式设计:王静红 责任校对:戴瑞萍 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 486千

2002年7月 第1版

2002年7月 第1版 第1次印刷

印数 0001—10000册 定价 23.70元

ISBN 7-114-04334-1

I · 03187

## 中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从 2001 年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的“职业教育课程改革和教材建设规划”，教育部全面启动了中等职业教育国家规划教材建设工作。交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修学科委员会组织全国交通职业学校(院)的教师，根据教育部最新颁布的汽车运用与维修专业的主干课程教学基本要求，编写了中等职业教育汽车运用与维修专业国家规划教材共 7 册，并通过了全国中等职业教育教材审定委员会的审定。

本套教材的编写融入了全国各交通职业学校(院)汽车运用与维修专业近 20 年来的教学改革成果，并结合了汽车维修企业的生产实践，具有较强的针对性。新教材较好地贯彻了素质教育的思想，力求体现以人为本的现代理念，从交通行业岗位群的知识 and 技能要求出发，并结合对培养学生创新能力、职业道德方面的要求，提出教学目标并组织教学内容，在教材的理论体系、组织结构、内容描述上与传统教材有了明显的区别。为使教师和学生明确教学目的，培养学生的实践能力，在教材各章开始提出本章的教学目标，在各章教学内容之后，附有本章小结、复习与思考和实训要求，便于学生复习和各教学单位组织配套的实训课程。

《汽车自动变速器构造与维修》是中等职业教育汽车运用与维修专业国家规划教材之一，内容包括：总论、液力传动与液压控制基础、自动变速器的结构和工作原理、自动变速器检修仪器和设备的使用、自动变速器的检修、其他行星齿轮结构及典型自动变速器结构与原理、电控自动变速器的检修共七章。

参加本书编写工作的有：北京市交通学校吴玉基(编写第一、三、六章)、北京市交通学校王彦峰(编写第二章和第三章第一节)、北京市汽车修理公司六厂阙有波(编写第五、七章)、北京四惠汽车修理厂王海燕和福特汽车公司北京培训中心罗霄(编写第四章)，全书由北京市交通学校吴玉基担任主编，南京交通职业技术学院屠卫星担任责任编委。

本书由山东交通学院冯晋祥教授担任责任主审，山东交通学院姜华平副教授、徐安教授审稿。他们对书稿提出了宝贵意见，在此，

# 前 言

表示衷心感谢。

限于编者经历及水平,教材内容很难覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广国家规划教材的同时,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

交通职业教育教学指导委员会  
汽车运用与维修学科委员会

二〇〇二年五月

<b>第一章 总论</b> .....	1
第一节 自动变速器的组成和各部分功用.....	1
第二节 自动变速器的分类.....	6
<b>第二章 液力传动与液压控制基础</b> .....	8
第一节 液压传动的基本原理.....	8
第二节 液力传动的工作原理.....	11
第三节 液压元件的基本结构与工作原理.....	12
<b>第三章 自动变速器的结构和工作原理</b> .....	24
第一节 液力传动装置.....	24
第二节 行星齿轮机构.....	35
第三节 液压控制系统.....	54
第四节 电子控制系统简介.....	86
<b>第四章 自动变速器检修仪器和设备的使用</b> .....	95
第一节 汽车专用万用表.....	96
第二节 汽车综合电脑检测仪.....	102
<b>第五章 自动变速器的检修</b> .....	136
第一节 自动变速器的常规检查.....	136
第二节 自动变速器的基本检查与调整.....	139
第三节 自动变速器的试验.....	148
第四节 电控自动变速器的检修程序.....	160
第五节 自动变速器零件的检修.....	170
<b>第六章 其他行星齿轮结构及典型自动变速器结构与原理</b> .....	182
第一节 其他行星齿轮或齿轮变速机构.....	182
第二节 电子控制系统.....	196
第三节 典型自动变速器.....	220
<b>第七章 电控自动变速器的检修</b> .....	277
第一节 自动变速器的常用检修方法.....	277
第二节 常见电控自动变速器的检测.....	279
<b>参考文献</b> .....	304

# 第一章 总 论

## 学习目标

1. 了解自动变速器的历史和发展；
2. 掌握自动变速器的组成及各部分功用；
3. 掌握自动变速器的分类情况。

现代汽车使用的动力装置大多仍然是活塞式发动机,由于发动机的输出转矩变化范围比较小,不能满足现代汽车在多种行驶条件下的要求。因此,在汽车传动系统中安装了能够在较大范围内改变发动机转矩与转速的变速器和主减速器。

但大多数汽车采用的普通机械变速器需要经常换档,以适应各种行驶条件和需要的车速。因为每次换档都需要操作离合器,在交通繁忙的驾驶环境下,对于驾驶员的体力和精神都是一种负担。在汽车发展的历史中,伴随着轿车大量进入家庭的是大量非职业驾驶员的出现,因此自动变速器应运而生。美国主要的汽车制造厂家在 20 世纪 40 年代,即通用(GM)公司的奥兹莫比尔(Oldsmobile)于 1940 年、卡迪莱克(Cadillac)于 1941 年、旁蒂克(Pontiac)于 1948 年、克莱斯勒(Chrysler)公司于 1941 年,都相继推出了各自的自动变速器。1948 年美国通用公司以 Dynaflo 命名该公司应用于批量生产轿车上的自动变速器,随着 Dynaflo 的出现,美国的汽车开始普遍采用自动变速器。与此同时,欧洲的汽车制造厂也相继采用自动变速器技术。

近年来,由于自动变速器能够根据发动机的负荷和车辆的行驶速度自动地变换合适的档位,减轻了驾驶员的操作强度,驾驶员不需要掌握使用离合器时复杂的换档动作,加之采用液力传递动力,发动机和传动系均不易产生过载,所以自动变速器的装车率逐年上升。20 世纪 70 年代,欧洲及美国的商用汽车的装车率在 80% 以上;20 世纪 80 年代液力自动变速器成为美国轿车的标准装备,1983 年通用公司自研变速器的装车率达到 94%。在日本,1985 年轿车的装车率达到 49%。20 世纪末,城市客车的装车率在美国基本为 100%,在欧洲为 95%。工程机械车辆的装车率在美国为 70%,在欧洲是 30% 左右。

近年来,电子技术和计算机技术的发展也带动了自动变速器技术的发展,日本丰田(TOYOTA)公司在世界上首先推出了电控自动变速器 A140E,提高了自动变速器的使用性能和经济性,开创了自动变速器发展的新领域。

在我国,从 20 世纪 50 年代开始将自动变速器装在红旗高级轿车上,目前生产的上海通用别克、一汽捷达都市先锋、二汽富康轿车等都装有自动变速器。

## 第一节 自动变速器的组成和各部分功用

世界各汽车制造厂家生产的自动变速器形式繁多而不胜枚举,在结构上也各有特点,但其工作原理和基本功能却大同小异。一个典型的自动变速器如图 1-1 所示。



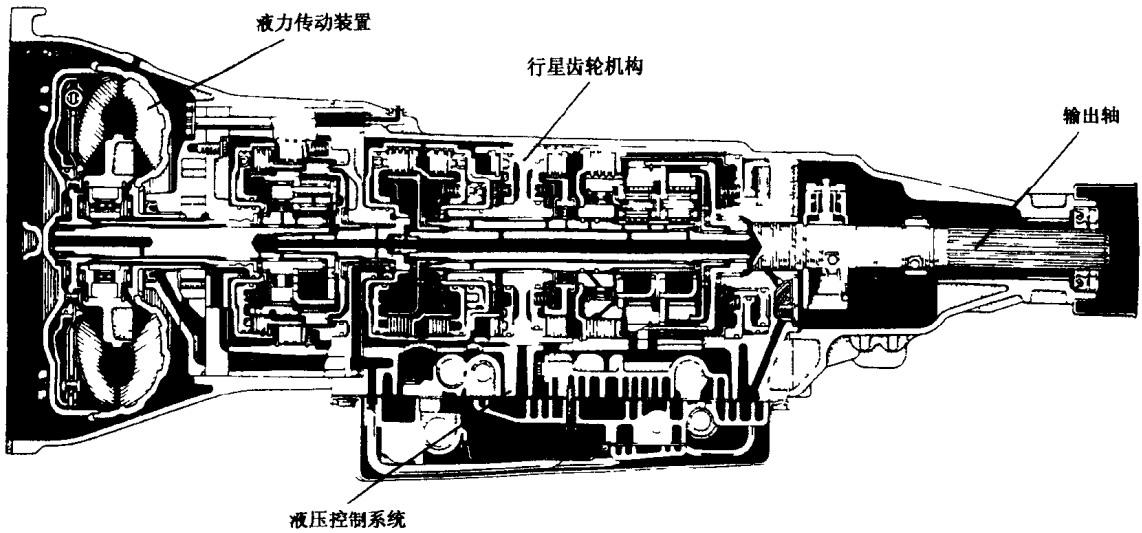


图 1-1 自动变速器的总体构造(丰田 A341E)

图 1-2 为与发动机连接的自动变速器的简图。由图 1-1 和图 1-2 可知,自动变速器由液力传动装置、机械传动装置、液压控制系统、人机联动装置组成,另外还有图中没有显示出的自动变速器油散热器,如果是电控自动变速器还有电控系统。

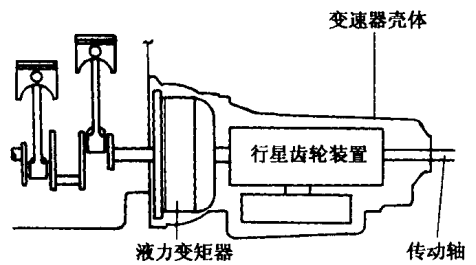


图 1-2 自动变速器的组成

### 一、液力传动装置

图 1-3 为液力变矩器的简图。

液力传动装置安装在发动机后端的飞轮上,其中装满自动变速器油,它取代了机械离合器,其作用是:将发动机的转矩传递给机械传动装置中的齿轮系统。在现代自动变速器中获得广泛应用的液力变矩器,还可以在传递转矩的过程中将转矩增大。在转矩传递的过程中,输出轴的转速还可以实现在一定范围内的无级变化。

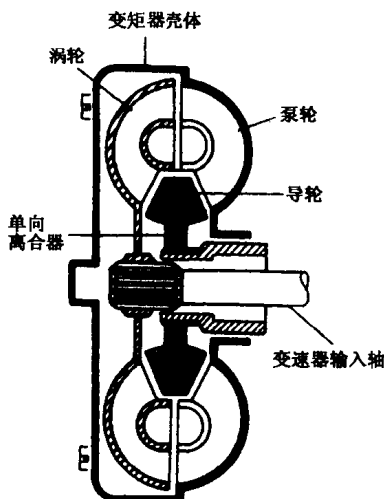


图 1-3 液力变矩器

由于采用了自动变速器油作为传递发动机转矩的介质,发动机与传动系统没有刚性的机械连接,可以有效地防止发动机和传动系过载,并防止发动机和传动系工作时的振动。

液力传动装置的质量比较大,在工作时可以起到飞轮的作用,使发动机运转更加平稳,因此装有自动变速器的发动机飞轮质量通常都比较小。

另外,自动变速器液压控制系统中的机油泵是由液力传动装置的壳体驱动的。

### 二、机械传动装置

机械传动装置是自动变速器中的重要组成部分,它安装在一般是铝合金制造的变速器壳体中。它将液力传动装置输入的转矩进一步增大并从输出轴传给万向传动装置。

机械传动装置由齿轮传动装置和换档执行元件两部分组成。

### 1. 齿轮传动装置

齿轮传动装置是起变速作用的机械部分,除少量汽车制造厂家使用平行轴式自动变速器外,绝大多数厂家都使用行星齿轮式的自动变速器。行星齿轮系统由始终处于啮合状态的太阳轮、若干行星齿轮和内齿圈组成,其结构见图 1-4。由于它具有啮合强度高,运转噪声小的优点,在自动变速器中得到广泛的应用。

### 2. 换档执行元件

换档执行元件包括离合器、制动器和单向离合器。

#### 1) 离合器

离合器的作用是连接。在车辆行驶时,它可以使行星齿轮系统中的某个元件与液力传动装置连接或断开,或者使行星齿轮系统中的两个元件实现连接,实现车辆的行驶和档位的变换。离合器通常采用圆盘和圆片交替排列的湿式多片结构,其结构见图 1-5,使用自动变速器油使其连接或脱开。

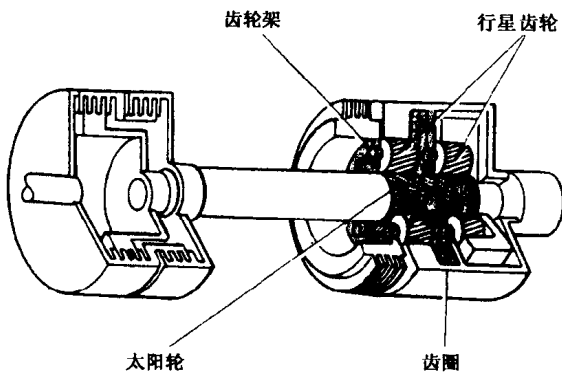


图 1-4 行星齿轮结构示意图

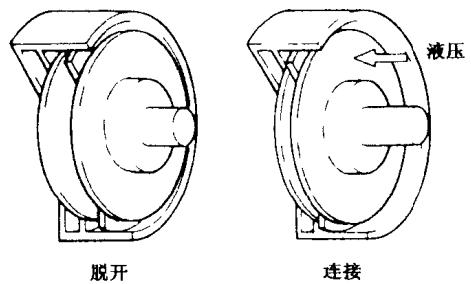


图 1-5 离合器工作小意图

#### 2) 制动器

制动器的作用是固定。在车辆行驶时,它可以固定行星齿轮系统中的某个元件,使其不能转动,以便获得需要的传动比。制动器既可以采用与离合器结构相同的湿式多片结构,其结构见图 1-6;也可以采用制动带的结构,其结构见图 1-7。

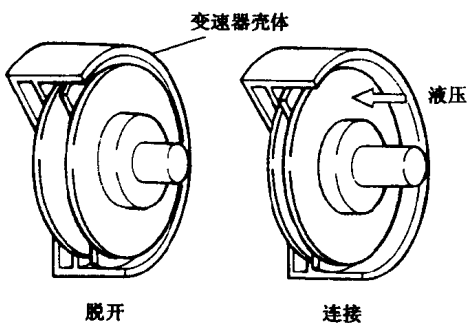


图 1-6 多片式制动器工作示意图

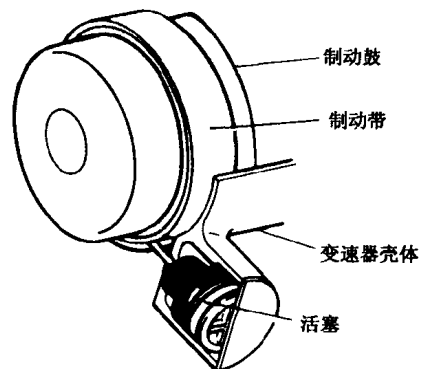


图 1-7 带式制动器工作示意图

湿式多片制动器的外壳与变速器壳体连接,制动片与行星齿轮系统中的元件连接,在液压

力的作用下,该元件不能转动,以便获得确定的传动比。

制动带则环绕在可旋转的制动鼓外部,制动鼓与行星齿轮系统中的元件连接,在液压力使制动带收紧时固定了制动鼓,并使与之连接的元件固定,获得需要的传动比。

### 3)单向离合器

单向离合器的作用是单向固定。在车辆行驶时,它可以单向固定行星齿轮系统中的某个元件,使其不能沿某个方向转动,以便获得确定的传动比。

整个机械传动装置可以提供若干个传动比供选择,以适应行驶条件的变化和驾驶员的需要。

另外,机械传动装置还可以为车辆提供倒档和空档。

## 三、液压控制系统

液压控制系统一般安装在自动变速器的油底壳中(图 1-8),是自动变速器中用于换档控制的

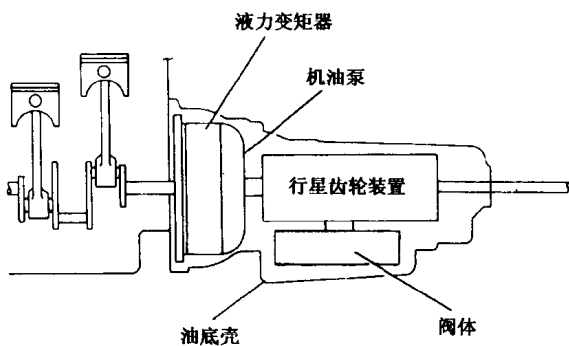


图 1-8 液压控制系统示意图

系统。在全液压自动变速器中,液压控制系统将发动机的负荷和车辆行驶速度转变成液压信号,并由这两个信号控制离合器和制动器的工作,根据车辆的行驶情况自动选择合适的传动比。

液压控制系统是自动变速器中的精密部分,主要由机油泵及各种不同的阀组成,用于提供和调节油压,以便在不同工况下,对离合器和制动器进行控制。

其次,液压控制系统为液力传动系统提供自动变速器油,以便传递发动机的转矩。

另外,液压控制系统为自动变速器内的旋转零件提供有效、可靠的润滑和冷却。

## 四、人机联动装置

自动变速器可以根据车辆行驶的情况自动选择合适的档位,但在此过程中并非不需要驾驶员的控制。车辆行驶时,自动变速器必须了解驾驶员对车辆行驶方式的具体要求以及发动机的负荷大小,这些信息通过人机联动装置通知自动变速器的液压控制系统,由液压控制系统控制油压的调节和档位的变换。人机联动装置包括换档手柄和节气门拉索。

### 1.换档手柄

换档手柄相当于手动变速器中的变速杆(图 1-9),它通过机械装置与变速器连接,驾驶员通过换档手柄可以选择行驶方式。与手动变速器不同的是,驾驶员改变自动变速器换档手柄的位置,仅仅改变了车辆的行驶方式——前进、倒车、空档或停车,换档由变速器内部自动控制。

自动变速器的换档手柄有 6~7 个位置,档位的名称因车而异,各厂有各自的习惯。现以 P、R、N、D、2、L 为例说明各档位可以提供的功能:

P 档为停车档,又叫锁止档。应该说,手动变速器没有这个档位,但自动变速器在设计过程中要模拟手动变速器的全部功能。因为手动变速器的车辆在停车时变速杆不在空挡位置,不使用驻车制动器车辆不会溜滑,为模拟这一功能,自动变速器设置了 P 档。在此档位变速器

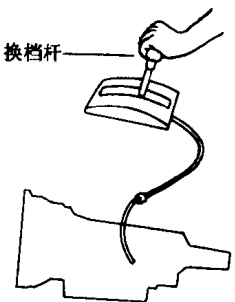


图 1-9 换档手柄

输出轴被强制锁止,即使不使用驻车制动器车辆也可以有效停驻不会溜滑,与手动变速器相似。但如果强力拖拽,手动变速器车辆因离合器打滑,驱动轮可以转动,而自动变速器因输出轴被机械锁止,驱动轮不能转动。

另外,从安全的角度出发,发动机仅在 P、N 两档时可以启动。

R 档是倒档,与手动变速器相同。

N 档是空档,在 N 档可以启动发动机,这为车辆行驶中发动机熄火后的重新启动提供了方便,驾驶员只需将换档手柄移至 N 档,便可以启动发动机。如果没有 N 档,就只能待车辆停稳后,将换档手柄移至 P 档才能重新启动发动机。

D、2、L 档都是前进档,但在使用时,各档的功能有明显的差异。

D 档:档位的变换只受行驶条件的限制,变速器根据需要在齿轮系统提供的全部传动比中选择最合适的一个,并随行驶条件的变化而自动完成升降档的动作。D 档是使用频率最高的档位。

2 档:俗称滑行档。换档手柄在此位置,一般不能升入最高档位(4 速变速器不能升入 4 档;3 速变速器不能升入 3 档),此档一般在弯道较多的下坡山路使用。在此类道路行车时,为确保安全必须控制车速。如果使用 D 档下坡,变速器会自动升入最高档,因此必须使用行车制动器,由于制动器的热衰退作用在遇到危险情况需要再减速时,会因制动效能的下降而导致危险。在 2 档时,因为不能升入最高档位,不需使用行车制动器车速便受到控制,在遇到紧急情况时,因车轮制动器的温度较低,可以有效地发挥出制动效能。另外,在 2 档,车辆有明显的发动机制动效果,有紧急情况时放松制动踏板,首先产生发动机制动使车速降低,再使用车轮制动器会发挥出更好的制动效果。

L 档是低速档,一般仅在冰雪路面、松软土路或根本无路的情况下使用。L 档一般只升一次档或根本不升档,行驶车速较低,同时具有发动机制动效果,为在上述路面行驶提供了很好的选择。

在自动变速器的使用过程中,应注意以下问题:

(1)在一般的路面行车时,换档手柄放在 D 位置即可,自动变速器会根据行车要求自动变换档位,不要在起步时开始从 L 逐渐向 D 移动换档手柄,避免引起不必要的损坏。

(2)在车辆前进时,严禁将换档手柄移至 R 档,避免离合器、制动器和齿轮系统损坏。

(3)车辆行驶时,严禁同时踩加速踏板和制动踏板,避免变速器过载而损坏。

(4)行车过程中需要停车时,车辆必须完全停住以后才能将换档手柄移至 P 档。如果车辆仍然在滑行时将换档手柄移至 P 档,会对自动变速器的机械部分造成损坏。

## 2 节气门拉索

节气门拉索将发动机的节气门与自动变速器的液压控制系统连接起来(图 1-10),可以将节气门的开度即发动机的负荷准确地传给变速器,变速器根据发动机的负荷和车辆行驶速度改变档位,驾驶员通过加速踏板改变节气门的开度来控制车速。

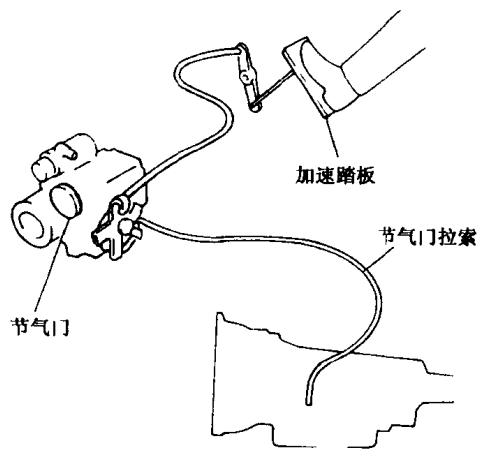


图 1 10 节气门拉索

## 五、电控系统

电脑控制自动变速器(简称 ECT: Electronic Control Transmssion)在控制过程中充分利用了

现代电子控制技术,ECT在液压控制系统的基础上增加了传感器和执行元件,使得变速器的换挡控制精度大大提高,但在结构上除了阀体部分,其余的机械部分与全液压的自动变速器是一样的。

## 第二节 自动变速器的分类

不同车型所装用的自动变速器在结构上表现出较大的差异,按不同的分类方法可以将其分成不同的类型。

### 1. 按驱动方式进行分类

由于汽车的驱动方式有前轮驱动和后轮驱动两种,自动变速器也可以分为前轮驱动的自动变速器和后轮驱动的自动变速器两种。

前轮驱动的自动变速器又称为自动驱动桥,在其壳体中除了装有与后轮驱动自动变速器相同的部分以外,还要安装差速器。由于发动机横置,自动变速器的横向尺寸受到限制,其输出轴与输入轴一般设计成两条平行的轴线以减小变速器的轴向尺寸。

后轮驱动的自动变速器的输入轴与输出轴成一条轴线布置,其轴向尺寸较大。

### 2. 按自动变速器前进档的档位数分类

按自动变速器前进档的档位数可以将自动变速器分为2前进档、3前进档、4前进档和5前进档等几种。早期的自动变速器只有2~3个前进档,并以直接档为最高档,新型自动变速器一般为设有超速档的4档自动变速器,目前的高档自动变速器一般配置带超速档的5档自动变速器。档位越多,结构当然越复杂,但由于设有超速档,车辆的经济性得到了很大的改善。

### 3. 按齿轮变速器的类型分类

自动变速器的齿轮变速部分虽然有多种布置形式,但可以分为两大类:普通齿轮式和行星齿轮式。普通齿轮式自动变速器的体积比较大,目前只有日本本田公司生产的轿车上在应用。行星齿轮变速器由于体积小结构紧凑而得到广泛的应用。

### 4. 按自动变速器内部控制的方式分类

自动变速器的内部控制方式有全液压控制和电脑控制两种。全液压控制的自动变速器采用机械的方式,将车辆行驶的速度和发动机的负荷这两个换挡信号转变为液压信号,液压控制系统根据这两个液压信号进行换挡控制;而电脑控制的自动变速器则是通过各种传感器接受发动机的负荷和水温、车辆行驶的速度等信号,对其输入的信号进行分析、对比、判断和运算,并根据结果向执行器发出控制信号,控制换挡执行元件的动作,实现档位的自动变换。

### 5. 按驾驶员的操作方式分类

自动变速器的最大特点就是自动进行档位的变换,这种变速器即为传统的自动变速器,虽然简化了操作过程,但显得有些单调,缺乏驾驶乐趣。有些制造厂将电控自动变速器的功能进一步扩展,使其成为既可以自动换挡,也可以由驾驶员来操作换挡的过程,为驾驶员提供了多种驾驶方式。

## 小 结

1. 自动变速器能够根据发动机的负荷和车辆的行驶速度自动地变换合适的档位,减轻了驾驶员的操作强度。

2. 驾驶员驾驶自动变速器车辆时,不需要掌握使用离合器时的复杂的换档动作。
3. 采用液力传递动力,发动机和传动系均不易产生过载。
4. 液力传动装置将发动机的转矩传递给机械传动装置中的齿轮系统,并可以防止发动机和传动系过载,在工作时可以起到飞轮的作用。
5. 机械传动装置将液力传动装置输入的转矩进一步增大并从输出轴输出。
6. 液压控制系统是自动变速器中用于换档控制的系统。
7. 人机联动装置将驾驶员对车辆行驶方式的具体要求以及发动机的负荷大小传给自动变速器的液压控制系统。
8. 电控系统根据传感器发回的信息,控制执行器的动作进行档位的变换。
9. 自动变速器的换档手柄一般有 P、R、N、D、2、L 等几个位置。
10. P 档停车时使用,防止车辆溜滑。在 P 档可以启动发动机。
11. R 档是倒档。车辆前行时,严禁将换档手柄移至 R 档。
12. N 档是空档,可以启动发动机。行车中熄火,可以将换档手柄移至空档重新启动发动机。
13. D 档可以在所有前进档传动比中选择档位。
14. 2 档也是前进档,不能升入超速档或直接档。在多弯的下坡路上使用,可以提高行驶安全性。
15. L 档不升档或只升一次档,在冰雪路面、松软土路或无路情况下使用,便于控制车速,可以提高行驶安全性。
16. 节气门拉索将发动机的负荷信号传给变速器的液压控制系统。

## 复习与思考

1. 自动变速器有什么优点?
2. 自动变速器由哪些部分组成?
3. 自动变速器的组成部分各起什么作用?
4. 换档手柄的各位置提供的功能有什么不同?
5. 节气门拉索的作用是什么?

## 第二章 液力传动与液压控制基础

### 学习目标

1. 知道液压机械的基本工作原理；
2. 知道液压传动的基本概念；
3. 知道帕斯卡定律及其在自动变速器中的应用；
4. 知道常见液压元件的结构及其工作原理；
5. 知道变速器液压回路的主要组成, 油液流动方向的控制和液压的产生。

液压传动是在流体力学、工程力学和机械制造技术基础上发展起来的一门应用技术。液压传动的应用始于 18 世纪末。

在工程中, 传动是指能量或动力由动力装置向工作装置传递。根据工作介质的不同, 传动方式可分为机械传动、电力传动、气体传动和液体传动。液体传动是以液体为工作介质进行能量传递的传动。

在液体传动中, 按其工作原理的不同可分为容积式液压传动和动力式液压传动两大类。两者的根本区别在于前者是以液体的压力能传递动力, 称之为液压传动; 后者是以液体的动能传递动力, 称之为液力传动。自动变速器的各种液压控制系统中更多的是液压传动, 而发动机功率传至变速器的过程则是液力传动。

### 第一节 液压传动的基本原理

#### 一、简单液压机械的工作原理

液压传动的基本原理, 可用油压千斤顶的工作过程来说明。图 2-1 是油压千斤顶的工作原理图。油压千斤顶的小油缸、大油缸、油箱以及它们之间的连接通道构成一个密闭的容器, 里面充满液压油。在阀门关闭的情况下, 提起杠杆时小油缸的柱塞上移, 柱塞下方容积增大形成部分真空, 于是油箱里的油液在大气压的作用下经过吸油管及单向阀进入小油缸, 完成吸油过程; 压下杠杆时, 小油缸的柱塞下移造成小油缸的密封, 使容积减小, 油液被压缩油压升高, 单向阀自动关闭, 压力油通过单向阀流入大油缸内, 完成输油过程, 推动大柱塞将重物顶起。再次提起杠杆时, 大油缸内的压力油力图流入小油缸, 此时单向阀自动关闭, 使油液不能倒流, 保证了重物不致自动落下。这样当杠杆被反复提起和压下时, 小油缸不断交替进行着吸油和输油过程; 压力

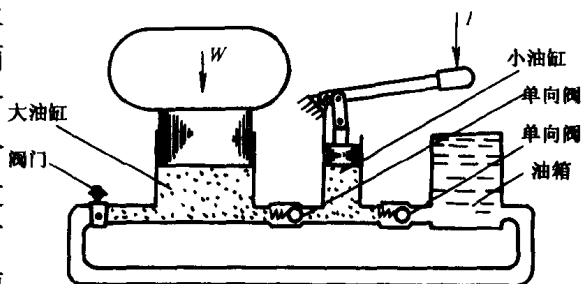


图 2-1 油压千斤顶工作原理图

油不断进入大油缸,将重物不断顶起,从而达到起重的目的。将阀门旋转 90°,在重物的重力作用下,大油缸的油液排回油箱。

通过对油压千斤顶工作过程的分析,说明液压工作需要有两个条件:一是处于密封容器内的液体由于大小油缸工作容积的变化而能够流动;二是这些液体具有压力。能够流动并具有一定压力的液体能对外做功,是因为它具有压力能。油压千斤顶就是利用油液的压力能将作用在杠杆上的力和杠杆的移动转变为举起重物的力和重物在此力作用下的升起。

## 二、静压传递原理

300 多年前,法国科学家布莱兹·帕斯卡发现了关于液压系统的基本原理。在密闭容器里的静止液体中,任意点处的压力如有变化,这个压力的变化值将传递给液体中的所有各点,且其值不变,这就是静压传递原理,又称帕斯卡原理。帕斯卡原理也可以描述为:施加于被密闭的液体上的压力,不衰减地沿各方向传递并以相等的压力作用在各个表面上。

静压传递原理是液压传动的基本原理之一,也是一个非常重要的原理。图 2-1 中油压千斤顶的工作原理图,就是静压传递原理的具体应用。

如小活塞的面积为  $S_1$ ,在其上加一个力  $F_1$ ,则小油缸中油液的压力  $p$  为:

$$p = F_1/S_1$$

根据静压传递原理,这个压力  $p$  将以等值传递到液体中的各点,也传递到大油缸中。大活塞的面积为  $S_2$ ,受油液压力作用而产生一个向上的作用力  $F_2$ :

$$F_2 = p \times S_2$$

将压力  $p = F_1/S_1$  的值代入则得:

$$F_2 = F_1 \times S_2/S_1$$

由此可知,当两活塞的面积比  $S_2/S_1$  足够大时,只需在小活塞上加不大的力就可以在大活塞上得到很大的推力将重物举起。用油压千斤顶抬起几吨重的汽车其原理就在于此。

## 三、液压传动的基本概念

### 1. 液体静压力及其特性

静止液体中单位面积上所受的作用力称为液体静压力,在液压传动中称为压力(其他地方叫压强),以符号  $p$  表示。压力的计量单位为帕斯卡,符号为 Pa(N/m<sup>2</sup>)。

静压力有下述重要特性:

(1)液体静压力永远垂直于承压表面,其方向和该面的内法线方向一致。

(2)静止液体内任意点所受到的各个方向上的静压力都相等。

在工程上常用液压表示单位面积上作用的力,相当于前述的压强和静压力。

液压和力的关系如下:

$$\text{液压} = \frac{\text{力(N)}}{\text{面积(m}^2\text{)}} \quad (\text{Pa})$$

如果将一液压作用于一物体,它会使物体移动,力的大小与接受液压的表面面积成正比。换言之,承受液压的表面越大力越大。

### 2. 液体特性

地球上的物质有三种基本形态:固态、气态和液态。液体与气体没有一定的形态,而与容纳它们的容器外形相同,所有的流体与容器的形状是一致的。液体与气体的不同之处在于气



体总是可以充满容纳它的密闭容器而液体不能。气体可随压强的变化而被压缩或膨胀,液体却基本上是不可被压缩的,正如帕斯卡定律描述的一样,液体可以传递施加在其上的压力,作用于密闭容器液体上的力,平均的向各个方向传递,并且在容器内各处的平均压力保持不变。

### 3. 绝对压力、相对压力和真空度

在地球表面上,一切物体都受到大气压力的作用。工程上各种物体所受的大气压力往往自成平衡而不对外显示任何力学效应。在绝大多数的压力仪表中,大气压力并不能使仪表指针动作。实际使用中压力表测出的压力值是高出大气压力的那一部分压力,而不是被测压力的绝对值。通过仪表测出的那部分压力为相对压力(也称表压力),而包括大气压力在内的压力才是绝对压力。

绝对压力——以绝对真空度为基准(零点)起算的压力数。

相对压力——以标准大气压力为基准(零点)起算的压力数。

如果液体中某点的绝对压力小于大气压力,则称这点上具有真空,并称绝对压力不足大气压力的差值为真空度。

表压力与真空度有着相反的关系,所以真空度又称为负表压力。对于具体的某一点来说,如果有表压力,就没有真空度;有真空度,就没有表压力。真空度不是绝对压力,而是该点绝对压力值低于大气压力值的部分。

### 4. 流量

流量指单位时间内流过某一截面的液体体积,用  $Q$  表示。

若测得在时间  $t$  内流过某一截面的液体体积为  $V$ ,则流量为:

$$Q = V/t$$

当液体在管道内流动时,根据物质不灭定律,液体在管道内既不能增加,也不能减少。因此,在单位时间内流过管道每一横截面的液体质量一定是相等的,即为液流的连续性原理(图 2-2)。

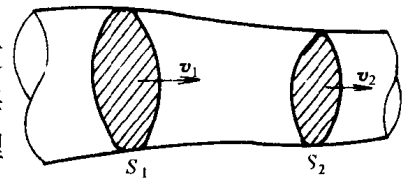


图 2-2 液流连续性原理简图

液体在管道中作稳定流动时,管道中任意截面所通过的流量都相等。

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = Q$$

$$v_1/v_2 = S_2/S_1$$

式中:  $v$ ——液体的流速;  
 $S$ ——管道的截面积。

此式说明:液体在管道中的流速与其截面积的大小成反比,即管道直径小处流速大,直径大处流速小。此式在液压传动比计算中有重要作用。

即:

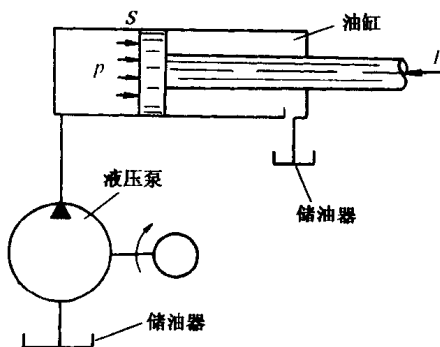


图 2-3 液压系统压力的形成

如图 2-3 所示,液压泵由动力装置带动连续地向油缸左腔供油,由于活塞受外载荷力  $F$ (其中包括摩擦力和其他阻力)的阻碍作用而使液体形成压力  $p$ ;随着液压泵不断供油,油压不断升高。当作用在活塞有效作用面积  $S$  上的力( $p \times S$ )足以克服外载荷时,活塞便向右运动。这时系统的压力为:

$$p = F/S$$

## 四、液压系统压力的形成