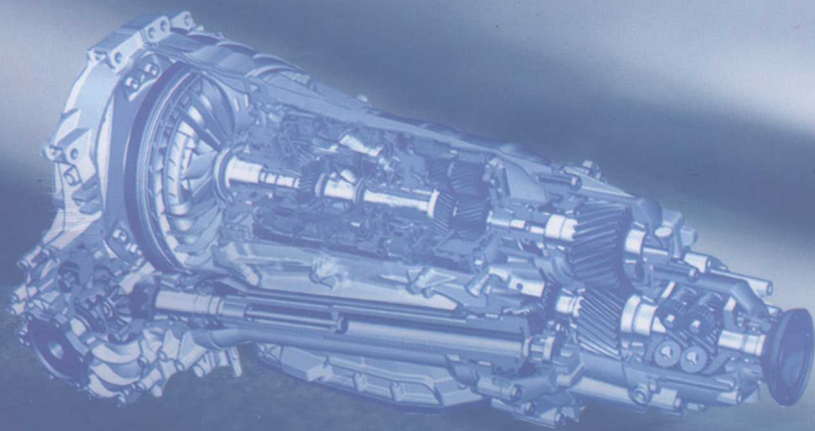


**21** 世纪高职高专汽车类教材  
shiji gaozhigaozhuan qichelei jiaocai



王惜慧 叶桂旬 陈 龙 编著

# 汽车自动变速器 原理与检修



华南理工大学出版社

21 世纪高职高专汽车类教材

# 汽车自动变速器 原理与检修

王惜慧 叶桂旬 陈 龙 编著

华南理工大学出版社

· 广州 ·

## 内 容 简 介

本书共分六章,内容包括液力控制自动变速器和电子控制自动变速器的组成、原理、控制过程、使用方法、维护和测试、故障分析以及自动变速器的分解与检修等。

为了使读者对所学知识能够巩固、提高、熟练掌握,书中还列举了丰田、本田、尼桑、马自达、通用、福特等厂家自动变速器的结构、原理。对具有代表性的自动变速器进行了详细讲解,内容涉及故障诊断、分析与排除以及拆装等具体的技能技术操作方法。

本书可作为高职和中职学校汽车运用与维修专业教材,也可作为高级汽车维修技术人员的培训教材,以及供从事汽车维修工作的工人和技术人员学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车自动变速器原理与检修/王惜慧,叶桂旬,陈龙编著. —广州:华南理工大学出版社,2007.8

(21世纪高职高专汽车类教材)

ISBN 978-7-5623-2670-0

I. 汽… II. ①王… ②叶… ③陈… III. ①汽车-自动变速装置-理论 ②汽车-自动变速装置-检查 IV. U463.212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 133088 号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼,邮编 510640)

营销部电话:020-87113487 87111048 (传真)

E-mail:scutc13@scut.edu.cn http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:谢茉莉 王魁葵

印刷者:湛江日报社印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12 字数:292 千

版次:2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~4000 册

定 价:20.00 元

版权所有 盗版必究

## 前 言

随着国民经济的迅速发展,汽车(特别是轿车)已经进入了普通百姓家庭。据统计,到目前为止,我国的汽车保有量已超过2 400万辆,成为仅次于美国的世界第二汽车大国,汽车行业已真正成为我国的支柱产业。

汽车作为交通工具,在满足人们快捷运输的同时,还要满足人们对环保、节能、安全性和舒适性等的要求。正因为如此,汽车自动变速器由于具有操作轻便性、乘坐舒适性、行驶挡位自动适应性、良好的工况稳定性以及能有效降低发动机污染排放等优点,使得其成为现代汽车的一个重要的组成部分。学习汽车自动变速器是从事汽车行业的技术人员不可或缺的内容。但是,由于自动变速器本身结构的复杂性、理论的高深性,往往使学习者感到学习的困难和疑惑,对自动变速器的整个系统的认识搞不清楚,甚至没办法学下去。例如,在学习自动变速器挡位分析时,由于弄不明白自动变速器运动的规律,故而寻找不到行之有效的分析方法;而油路分析又取决于挡位分析,电路分析又取决于油路分析,这就出现了一环紧扣一环、环环紧密联系的关系。如果在第一个环节没有弄懂、学好,那么就会直接影响对自动变速器的油路分析和电路分析的学习,更谈不上对自动变速器的正确使用、维护、故障诊断、检修等的学习了。

如何把复杂的问题简单化、抽象的问题具体化,做到具体、形象、易学、好用、实用,这一直是作者所思考的问题,也是形成本书的一个指导性原则。



本书集作者多年的教学和实践心得于一体，结构紧凑，思路清晰，分析详尽，操作性较强，图文并茂；在结构编排上，着重于尊重读者的学习过程与学习规律，做到循序渐进、突出重点、目的明确、有效总结与归纳。

本书可作为高职和中职学校汽车运用与维修专业教材，也可作为高级汽车维修技术人员的培训教材，以及供从事汽车维修工作的工人和技术人员学习参考。

由于作者水平有限，书中难免会出现不足和疏漏，恳请广大读者批评指正。

编者

2007年5月

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>第一章 自动变速器概述</b> .....  | 1  |
| 第一节 自动变速器的组成.....         | 1  |
| 第二节 自动变速器的类型.....         | 2  |
| 一、按自动变速器前进挡的挡位数分类 .....   | 2  |
| 二、按汽车的驱动方式分类 .....        | 2  |
| 三、按齿轮变速器的类型分类 .....       | 3  |
| 四、按控制方式分类 .....           | 3  |
| 五、按变扭器的类型分类 .....         | 5  |
| <b>第二章 液力变扭器</b> .....    | 6  |
| 第一节 液力耦合器.....            | 6  |
| 一、基本结构 .....              | 6  |
| 二、工作原理 .....              | 6  |
| 三、特性 .....                | 7  |
| 第二节 液力变扭器.....            | 8  |
| 一、基本结构 .....              | 8  |
| 二、工作原理 .....              | 9  |
| 三、特性.....                 | 12 |
| 第三节 综合式液力变扭器 .....        | 13 |
| 一、基本结构.....               | 14 |
| 二、工作原理.....               | 14 |
| 三、工作特性.....               | 15 |
| 第四节 带锁止离合器的综合式液力变扭器 ..... | 16 |
| 一、结构及其工作原理.....           | 16 |
| 二、工作特性.....               | 17 |
| 三、变扭器工作液的补偿及冷却.....       | 18 |
| <b>第三章 齿轮变速器</b> .....    | 19 |
| 第一节 行星齿轮变速器 .....         | 19 |
| 一、单排行星齿轮机构.....           | 19 |
| 二、行星齿轮机构变速原理.....         | 20 |

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 三、行星排的自由度·····                             | 22  |
| 第二节 换挡执行机构·····                            | 22  |
| 一、离合器·····                                 | 22  |
| 二、制动器·····                                 | 24  |
| 三、单向超越离合器·····                             | 25  |
| 第三节 行星齿轮变速器结构与工作原理·····                    | 27  |
| 一、自动变速器的挡位·····                            | 27  |
| 二、自动变速器的开关·····                            | 28  |
| 三、红旗 CA7560 轿车自动变速器·····                   | 29  |
| 四、行星齿轮变速器的典型结构(辛普森结构)·····                 | 33  |
| 五、丰田 A43D 自动变速器·····                       | 35  |
| 六、平行轴式自动变速器·····                           | 42  |
| 第四节 几种常见轿车自动变速器·····                       | 44  |
| 一、通用轿车 Turbo Hydra - matife 400 自动变速器····· | 44  |
| 二、丰田 CROWN3.0 轿车 A340E 自动变速器·····          | 45  |
| 三、丰田 CAMRY 轿车 A540E 自动变速器·····             | 47  |
| 四、马自达轿车 F3A 自动变速器·····                     | 48  |
| 五、R4A—EL 自动变速器·····                        | 50  |
| 第四章 控制系统结构与工作原理·····                       | 53  |
| 第一节 控制系统的组成·····                           | 53  |
| 第二节 液力式控制系统的结构与工作原理·····                   | 54  |
| 一、供油和调节部分·····                             | 54  |
| 二、控制参数信号转换·····                            | 59  |
| 第三节 电液式控制系统结构与工作原理·····                    | 79  |
| 一、电液式控制系统的组成·····                          | 80  |
| 二、电子控制装置的结构与工作原理·····                      | 81  |
| 三、油路控制·····                                | 99  |
| 第五章 自动变速器的使用、维护与测试·····                    | 112 |
| 第一节 自动变速器的使用及注意事项·····                     | 112 |
| 一、不同工况下自动变速器的使用·····                       | 112 |
| 二、自动变速器使用时的注意事项·····                       | 113 |
| 第二节 自动变速器的一般检查和调整·····                     | 114 |
| 一、发动机怠速的检查·····                            | 114 |
| 二、液压油品质和油面高度的检查·····                       | 114 |
| 三、操纵手柄位置和节气门拉索的检查·····                     | 115 |
| 第三节 自动变速器机械系统测试·····                       | 116 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 一、失速试验 .....                   | 116 |
| 二、时滞试验 .....                   | 118 |
| 三、油压试验 .....                   | 119 |
| 四、道路行驶试验 .....                 | 125 |
| 第四节 电子控制系统的检测 .....            | 128 |
| 一、汽车电脑检测仪简介 .....              | 128 |
| 二、人工读取故障码 .....                | 130 |
| <b>第六章 自动变速器的故障分析与检修</b> ..... | 139 |
| 第一节 自动变速器的故障分析 .....           | 139 |
| 一、汽车不能行驶 .....                 | 139 |
| 二、自动变速器打滑 .....                | 139 |
| 三、换挡冲击大 .....                  | 140 |
| 四、升挡过迟 .....                   | 141 |
| 五、不能升挡 .....                   | 141 |
| 六、无超速挡 .....                   | 141 |
| 七、无前进挡 .....                   | 142 |
| 八、无倒挡 .....                    | 142 |
| 九、频繁跳挡 .....                   | 142 |
| 十、挂挡后发动机怠速易熄火 .....            | 143 |
| 十一、无发动机制动 .....                | 143 |
| 十二、不能强制降挡 .....                | 144 |
| 十三、无锁定 .....                   | 144 |
| 十四、液压油易变质 .....                | 144 |
| 十五、变速器异响 .....                 | 145 |
| 第二节 自动变速器的分解与检修 .....          | 145 |
| 一、自动变速器的拆卸 .....               | 145 |
| 二、自动变速器的分解 .....               | 147 |
| 三、自动变速器的检修 .....               | 152 |
| 四、控制系统的检修 .....                | 163 |
| 五、自动变速器的组装 .....               | 177 |
| <b>参考文献</b> .....              | 184 |



# 第一章 自动变速器概述

一般人们所说的自动变速器都是指液力自动变速器，它是由液力变扭器和齿轮式自动变速器组合起来的。现代新型汽车所装用的大多是这种自动变速器。它与传统的手动齿轮式变速器相比，不但结构和工作原理要复杂得多，而且使用方法也有很大的不同。

## 第一节 自动变速器的组成

自动变速器主要由液力变扭器、齿轮变速器、油泵、控制系统（液力式或电液式）等几个部分组成（图1-1）。

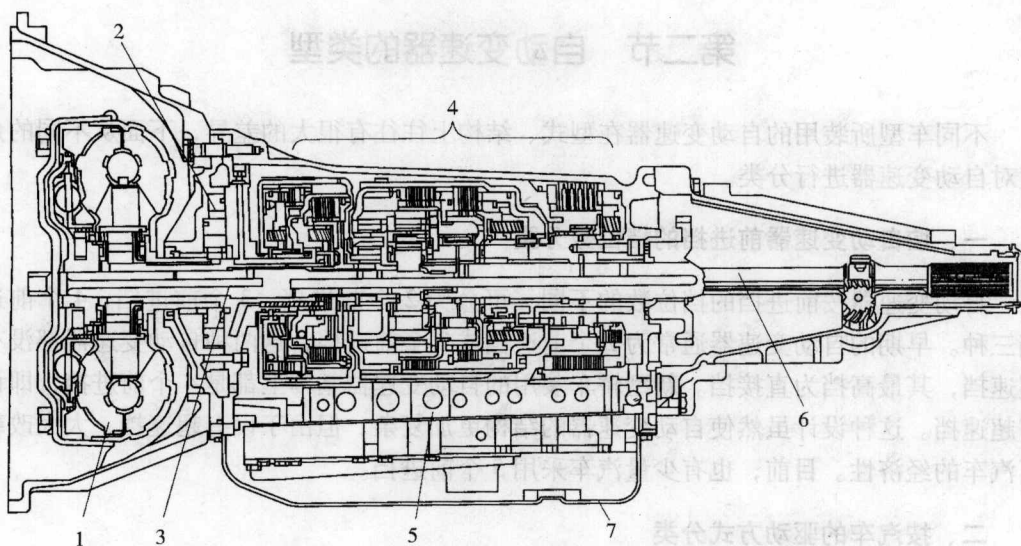


图1-1 自动变速器的组成

1—变扭器；2—油泵；3—输入轴；4—齿轮变速器；5—阀板总成；6—输出轴；7—油底壳

### 1. 液力变扭器

液力变扭器位于自动变速器的最前端，它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。它利用液力传递的原理，将发动机的动力传给自动变速器的输入轴。此外，它还能实现无级变速，并具有一定的减速增扭的功能。

### 2. 齿轮变速器

齿轮变速器是自动变速器的主要组成部分，它包括齿轮变速机构和换挡执行机构。换挡执行机构可以使齿轮变速机构处于不同的挡位，以实现不同的传动比。大部分自动变速器的齿轮变速机构设3~4个前进挡和1个倒挡，这些挡位与液力变扭器相配合，就可获得由起步至最高车速的整个范围内的无级变速。

### 3. 油泵

油泵通常安装在液力变扭器之后,由飞轮通过变扭器壳直接驱动,为液力变扭器、控制系统及换挡执行机构的工作提供一定压力的液压油。

### 4. 控制系统

新型汽车自动变速器的控制系统有液力式和电液式两种。液力式控制系统包括由许多控制阀组成的阀板总成以及液压油路。电液式控制系统除了阀板及液压油路之外,还包括电脑、传感器、执行器及控制电路等。阀板总成通常安装在齿轮变速器下方的油底壳内,驾驶员通过自动变速器的操纵手柄改变阀板内的手动阀的位置。控制系统根据手动阀的位置及节气门开度、车速、控制开关的状态等因素,利用液压自动控制原理或电子自动控制原理,按照一定的换挡规律控制齿轮变速器中的换挡执行机构的工作,实现自动换挡。

此外,在自动变速器的外部还设有一个液压油散热器,用于散发自动变速器内的液压油在工作过程中所产生的热量。

## 第二节 自动变速器的类型

不同车型所装用的自动变速器在型式、结构上往往有很大的差异,下面从不同的角度对自动变速器进行分类。

### 一、按自动变速器前进挡的挡位数分类

自动变速器按前进挡的挡位数的不同,可分为2个前进挡、3个前进挡、4个前进挡三种。早期的自动变速器通常为2个前进挡或3个前进挡,这两种自动变速器都没有超速挡,其最高挡为直接挡。新型轿车装用的自动变速器基本上都是4个前进挡,即设有超速挡。这种设计虽然使自动变速器的结构更加复杂,但由于设有超速挡,大大改善了汽车的经济性。目前,也有少量汽车采用5个前进挡。

### 二、按汽车的驱动方式分类

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扭器和齿轮变速器的输入轴及输出轴在同一轴线上,因此轴向尺寸较大;阀板总成布置在齿轮变速器下方的油底壳内(图1-1)。

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;横置发动机的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的方式(图1-2),变扭器和齿轮变速器的输入轴布置在上方,输出轴则布置在下方,这样的布置减少了变速器总体的轴向尺寸,但增加了变速器的高度,因此常将阀板总成布置在变速器的侧面或上方,以保证汽

车有足够小的离地间隙。

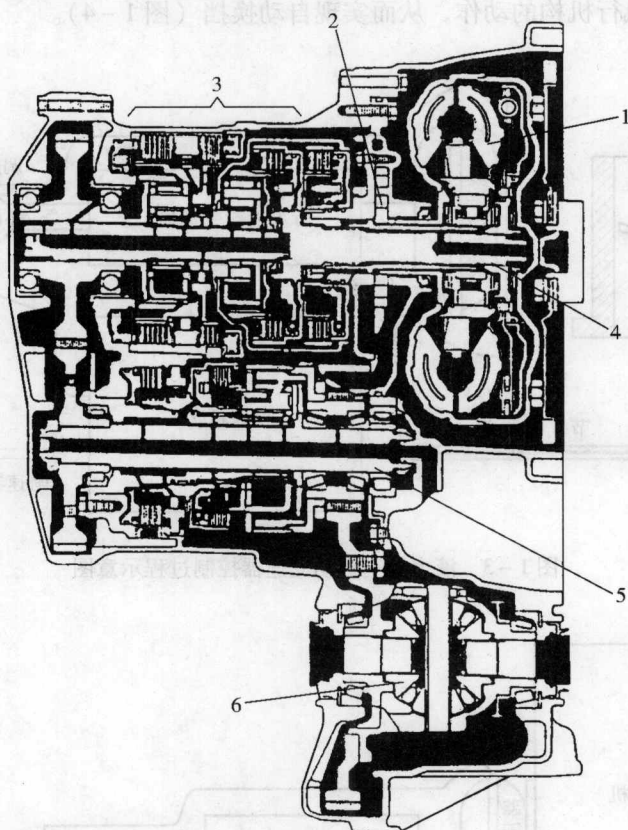


图 1-2 前驱动自动变速器

1—变扭器；2—油泵；3—齿轮变速器；4—输入轴；5—输出轴；6—差速器

### 三、按齿轮变速器的类型分类

自动变速器按其齿轮变速器的类型不同，可分为普通齿轮和行星齿轮两种。普通齿轮自动变速器体积较大，最大传动比较小，只有少数几种车型使用（如本田 ACCORD 轿车）。行星齿轮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。

### 四、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这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，按照设定的换挡规律，通过控制换挡执行机构的动作，实现自动换挡（图 1-3）。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、发动机水温、自动变速器液压油温度等参数转变为电信号，并输入电脑，电脑根据这些电信号，按照设定的换挡规律，向换挡电磁阀、油压电磁阀等发出电子控制信号，换挡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，控制换挡执行机构的动作，从而实现自动换挡（图 1-4）。

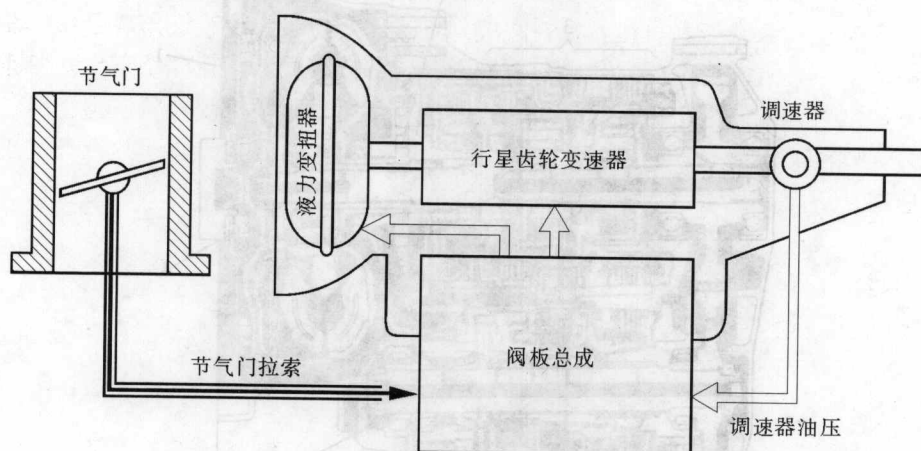


图 1-3 液力控制自动变速器控制过程示意图

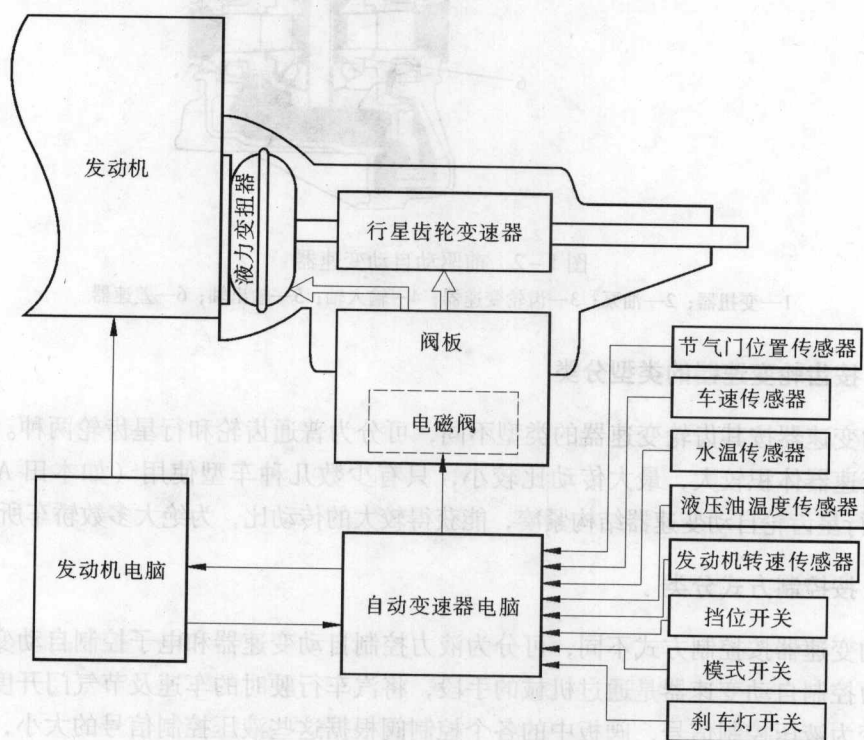


图 1-4 电子控制自动变速器控制过程示意图



### 五、按变扭器的类型分类

轿车自动变速器基本上都采用结构简单的单级三元件综合式液力变扭器，这种变扭器又分为有锁止离合器和无锁止离合器两种。早期的变扭器中没有锁止离合器，在任何情况下都是以液力的方式传递发动机动力，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扭器，这样当汽车达到一定车速时，控制系统使锁止离合器接合，液力变扭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齿轮变速器，从而提高了传动效率，降低了汽车燃油消耗量。

#### 练习题

1. 汽车自动变速器是怎样分类的？
2. 自动变速器由哪几部分组成？各部分作用是什么？

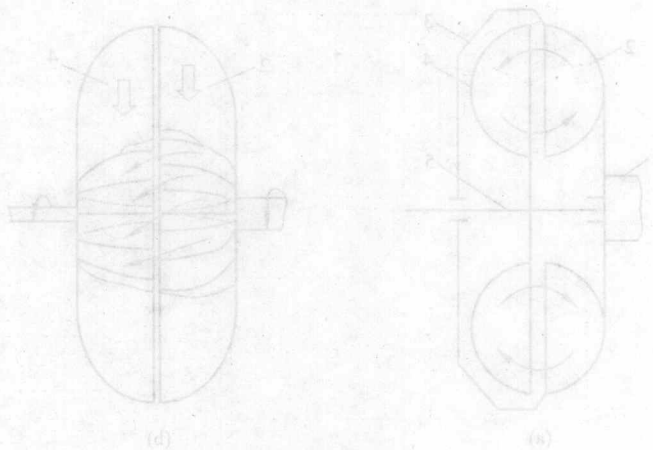


图 1-2-2 行星齿轮变速器的两种基本形式

1—输入轴；2—太阳轮；3—行星架；4—行星轮；5—齿圈

## 第二章 液力变扭器

变扭器是自动变速器不可缺少的重要组成部分，它安装在发动机的飞轮上，其作用是将发动机的动力传递给自动变速器中的齿轮变速机构，并具有一定的变速功能。变扭器是在耦合器的基础上发展而来的，耦合器只是起到一种传递扭矩的“耦合”作用，变扭器则不但能传递扭矩，并能改变传递扭矩的大小，即具有“变扭矩”的功能。现代汽车所采用的变扭器多为综合式液力变扭器，综合利用了液力耦合器和液力变扭器的特点，不但可以“变扭矩”，也可以“耦合”，甚至还具有“锁定”的功能，使输出效率几乎达到 100%。

### 第一节 液力耦合器

#### 一、基本结构

液力耦合器主要由壳体、泵轮、涡轮三个部分组成（图 2-1）。泵轮与壳体连成一体，安装在发动机飞轮上，随发动机飞轮的转动而转动，是耦合器的主动部分；涡轮和耦合器输出轴连接，是液力耦合器的从动部分。泵轮和涡轮相对安装，统称为工作轮。泵轮和涡轮之间有一定的间隙（3 ~ 4 mm），两者的内径相同，径向都排列有叶片（图 2-1b）。泵轮与涡轮装合后成一整体，其轴线断面一般为圆形，内腔有液压油。

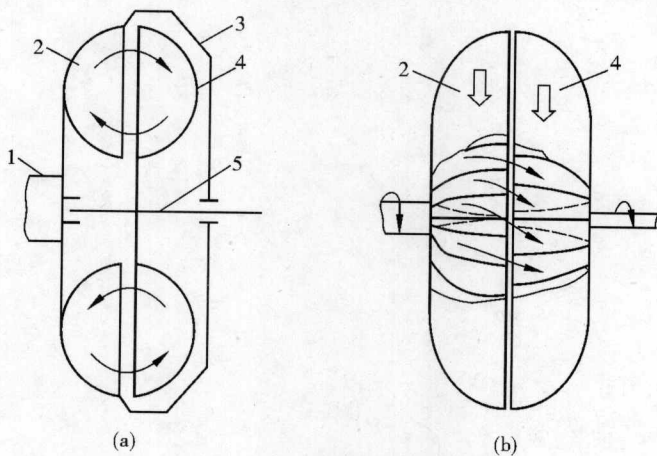


图 2-1 液力耦合器

1—发动机曲轴；2—泵轮；3—耦合器壳体；4—涡轮；5—耦合器输出轴

#### 二、工作原理

液力耦合器工作时，发动机的动力由飞轮带动液力耦合器的壳体和泵轮一同转动，

由于泵轮叶片的作用,使耦合器内部的工作油液也随叶片一起绕轴线旋转;在离心力的作用下,油液沿着叶片间的通道,从泵轮半径较小处(内缘)甩向半径较大处(外缘),此时,已具有一定的压力和速度的高速液流,在泵轮叶片外缘处冲向涡轮叶片,使涡轮在液压油的作用下旋转;冲向涡轮叶片的液压油沿涡轮叶片向内缘流动,又返回泵轮的内缘。工作油液就这样从泵轮流向涡轮,又从涡轮流回泵轮而形成循环的液流。

从能量转化的角度来看,实际上耦合器就是实现从机械能→液能→机械能这样的一个转换过程。即当油液从泵轮叶片内缘冲向外缘时,实现了将发动机的机械能转换成工作油液的能量;当油液冲击涡轮叶片并使涡轮旋转时,涡轮就实现了将液体的能量转换为涡轮输出轴上的机械能。

由于泵轮和涡轮封闭在一个整体内,工作时,工作液一方面随耦合器旋转而做圆周运动,另一方面又受离心力的作用从泵轮内缘甩向外缘,随后又受向心力的作用沿着涡轮叶片间通道流回涡轮叶片内缘,然后返回泵轮的内缘。如此不断循环,形成循环运动。它的过程是:

泵轮内缘→泵轮外缘→涡轮外缘→涡轮内缘→泵轮内缘

必须指出的是,液体做循环运动才是耦合器传递动力的必要条件。

### 三、特性

#### 1. 耦合器的传动原理

发动机的动能通过泵轮传给液压油,液压油在循环流动的过程中又将动能传给涡轮输出。由于液力耦合器内只有泵轮和涡轮,因此,液压油在流动过程中没有受其他任何附加的外力。根据作用力与反作用力相等的原理,液压油作用于涡轮上的扭矩与泵轮作用于液压油上的扭矩大小应相等。

#### 2. 耦合器的传动效率

设泵轮的转速是  $n_B$ , 涡轮的转速是  $n_w$ , 那么, 耦合器的传动比  $i = \frac{n_w}{n_B}$ 。根据耦合器的传动特点, 可计算出它的传动效率:

$$\text{传动效率 } (\eta) = \frac{M_w \cdot n_w}{M_B \cdot n_B}$$

因为液力耦合器仅起传递扭矩作用,  $M_w = M_B$ , 则有:

$$\text{传动效率 } (\eta) = \frac{\text{涡轮转速 } (n_w)}{\text{泵轮转速 } (n_B)} = \text{传动比 } (i)$$

式中  $M_B$ ——泵轮的输入扭矩;

$M_w$ ——涡轮的输出扭矩;

$n_B$ 、 $n_w$ ——泵轮、涡轮的转速;

$i$ ——液力耦合器传动比, 即涡轮转速与泵轮转速之比。

由上述的推导可知, 液力耦合器的传动效率等于涡轮转速与泵轮转速之比。涡轮与泵轮的转速差越大,

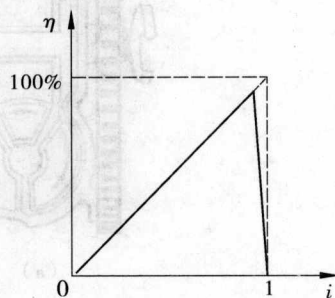


图 2-2 液力耦合器传动效率特性

传动比越小,传动效率也就越低;反之,涡轮与泵轮的转速差越小,传动比越大,传动效率就越高。具体来说,在汽车即将起步而未起步之时,涡轮的转速  $n_w = 0$ , 此时的传动效率为零;当汽车刚起步时,车速比较低,涡轮的转速也较小,因此传动效率也较低;随着车速的增加,涡轮的转速也逐渐变大,涡轮与泵轮的转速差逐渐减少,因而液力耦合器的传动效率亦随之增高。理论上,当涡轮转速等于泵轮转速时,传动效率应为100%。但实际上,若涡轮转速等于泵轮转速,则泵轮与涡轮叶片外缘处的液压油的压力相等,导致泵轮上的液压油不能冲向涡轮,液力耦合器内的液压油没有循环流动,因而耦合器失去了传递动力的作用。因此,液力耦合器要正常工作,涡轮的转速就必须小于泵轮的转速,这说明了液力耦合器的传动效率永远达不到100% (参见图2-2液力耦合器传动效率特性图)。

液力耦合器曾在早期少数几种车型的自动变速器上使用过,由于其在减速的同时不能增扭,而且在汽车低速时的传动效率极低,所以,目前采用液力耦合器的车型很少。但是它所具有的在高传动比工况下有较高传动效率的特性在综合式液力变扭器中得到了充分的使用。

## 第二节 液力变扭器

### 一、基本结构

液力变扭器的结构与液力耦合器相似,也有泵轮和涡轮,并且与液力耦合器的泵轮和涡轮基本相同。液力变扭器与液力耦合器的不同之处,在于液力变扭器在泵轮和涡轮之间加入了一个导轮,导轮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(图2-3)。泵轮、涡轮和导轮是液力变扭器转换能量、传递动力和改变扭矩必不可少的基本工作元件。

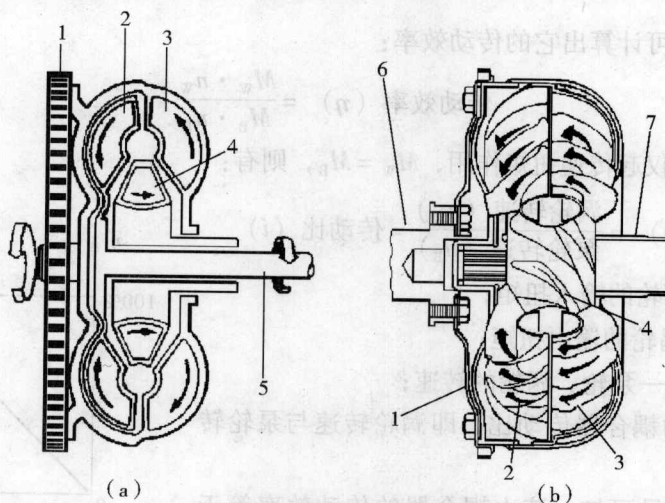


图2-3 液力变扭器

1—飞轮; 2—涡轮; 3—泵轮; 4—导轮; 5—变速器输出轴; 6—曲轴; 7—导轮固定套



## 二、工作原理

发动机转动时带动变扭器壳体和泵轮一同旋转, 泵轮内的液压油在离心力作用下, 由泵轮叶片内缘流向外缘, 然后经泵轮叶片外缘冲向涡轮叶片外缘, 并沿涡轮叶片流向导轮, 再经导轮叶片流回泵轮叶片内缘, 形成循环运动的液流。导轮的使用改变了涡轮上的输出扭矩。由于从涡轮叶片内缘流向导轮的液压油仍有相当大的冲击力, 只要将泵轮、涡轮和导轮的叶片设计成一定的形状和角度, 就可以利用上述冲击力来提高涡轮输出的扭矩。

例如, 假设将液力变扭器沿循环圆的中间流线展开成一直线, 于是泵轮 B、涡轮 W 和导轮 D 便成为三个沿展开直线顺序排列的环形平面, 如图 2-4 所示, 并假设在液力变扭器工作中, 发动机转速和负荷都不变, 即液力变扭器泵轮的转速  $n_B$  和扭矩  $M_B$  为常数。

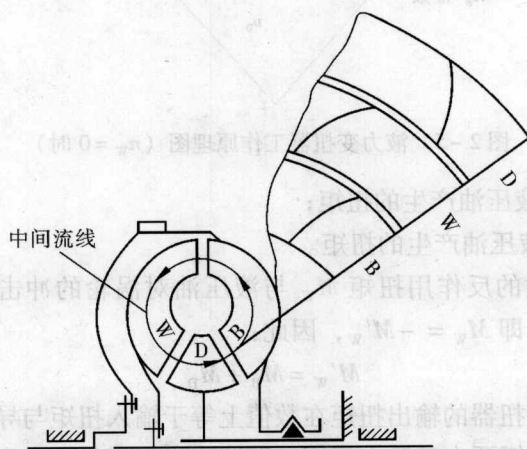


图 2-4 液力变扭器工作轮展开图

## 1. 在汽车起步之前

在汽车起步之前, 涡轮的转速  $n_w = 0$ , 发动机通过液力变扭器壳体带动泵轮转动, 并对液压油产生一个大小为  $M_B$  的扭矩 (图 2-5), 该扭矩即为液力变扭器输入扭矩。液压油在泵轮叶片的推动下以一定的绝对速度  $v_B$  冲向涡轮叶片的外缘, 并对涡轮产生冲击扭矩  $M'_w$ , 该扭矩是液力变扭器的输出扭矩。此时涡轮静止不动, 冲向涡轮的液压油沿涡轮叶片内缘, 在涡轮叶片内缘以一定的速度  $v_w$  冲向导轮叶片, 对导轮也产生一个冲击力矩, 并沿固定不动的导轮叶片  $v_D$  的方向流回泵轮中。图中  $v_{B1}$  是液体的圆周速度,  $v_{B2}$  是液体沿泵轮叶片的相对速度,  $v_B$  是  $v_{B1}$  和  $v_{B2}$  的合成速度。

当液压油对涡轮和导轮产生冲击扭矩时, 涡轮和导轮也对液压油产生一个与冲击扭矩大小相等、方向相反的反作用扭矩  $M_w$  和  $M_D$ , 其中  $M_w$  的方向与  $M_B$  的方向相反, 而  $M_D$  的方向与  $M_B$  的方向相同。由液压油受力平衡的原理可知:

$$M_w + M_B + M_D = 0$$

式中  $M_B$ ——泵轮转动时对液压油产生的扭矩;