

● 高职高专规划教材

汽车底盘电控技术

QICHE DIPAN DIANKONG JISHU

蒋卫东 田琳琳 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件

高 职 高 专 规 划 教 材

汽车底盘电控技术

主 编 蒋卫东 田琳琳
副主编 石反修 蔡 军 褚红宽
参 编 钱 坤 王素萍 蒋利梅 刘立志 王瑞涛
主 审 申立中



机 械 工 业 出 版 社

本书图文并茂,言简意赅,直观易懂,突出对基础理论的理解掌握和实践能力的培养,针对性和实用性强。

本书系统地阐述了电控自动变速器(包括电控液力自动变速器、电控无级自动变速器、电控机械式自动变速器)、电控防滑系统(包括防抱死制动系统、驱动防滑系统等)、电控悬架系统和电控转向系统(包括液力式电控转向系统、电动式液力转向系统、四轮转向系统、主动转向系统)等的结构、原理、检测和维修等内容。

本书适合用作高职高专汽车检测与维修技术专业、汽车电子技术专业以及相关汽车类专业的教材,也可作为汽车技术培训、成人高等教育等的教材。

图书在版编目(CIP)数据

汽车底盘电控技术/蒋卫东,田琳琳主编. —北京:
机械工业出版社, 2010. 8
高职高专规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 31397 - 7

I. ①汽… II. ①蒋…②田… III. ①汽车 - 底盘 -
电气控制系统 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 162223 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 葛晓慧 责任编辑: 葛晓慧
版式设计: 霍永明 责任校对: 程俊巧
责任印制: 杨 曦
北京京丰印刷厂印刷
2010 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm × 260mm · 11.5 印张 · 281 千字
0 001—4 000 册
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 31397 - 7
定价: 22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

汽车电子技术使汽车工业进入了一个全新的时代。电子技术在汽车上的应用,使得汽车的性能不仅适应日益严格的能源、排放、安全法规要求,而且满足了人们对汽车的舒适、便利、豪华的追求。目前,汽车电子技术已广泛应用于汽车的发动机控制、底盘控制、车身控制、故障诊断以及音响、通信、导航等方面。

汽车电子化被认为是汽车技术发展进程中的一次革命。当今世界,汽车电子化的程度已被看做是衡量一个国家汽车工业水平的重要标志。

为满足高职高专汽车专业对底盘电子控制系统的原理、组成、检测和维修方面的教学需要,使广大汽车维修技术人员系统掌握汽车底盘电控技术,作者编写了此教材。

本书根据普通高等教育“十一五”国家级规划教材的有关要求进行编写。全书图文并茂,言简意赅,直观易懂,非常利于读者的学习和掌握。在内容上突出对基础理论的理解掌握和实践能力的培养,针对性和实用性强。

本书由济宁职业技术学院蒋卫东、中石化山东济宁石油分公司田琳琳主编,济宁职业技术学院石反修、蔡军、褚红宽为副主编。丹佛斯(天津)有限公司技术部钱坤,天津一汽夏利汽车股份有限公司产品开发中心王素萍、中国重汽济宁商用车公司蒋利梅、济宁职业技术学院刘立志、王瑞涛参与了编写。全书由蒋卫东统稿。

昆明理工大学博士生导师申立中教授对本书进行了仔细审阅,提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,得到山东东岳专用汽车有限公司张养训高级工程师、山东润华集团济宁分公司技术总监张玉华、济宁振宁汽车修理厂孔军、广州本田济宁特约服务店文仁波、山东交通学院吴际璋教授和苏挺高级实验师、艾逊汽车教具制造有限公司孙永贵等许多业内专家和同行、同事的帮助,参阅了许多公开出版发表的文献,在此一并表示诚挚的谢意。同时感谢上海景格汽车科技有限公司和清华大学汽车电子技术课程网站。

由于作者水平有限,书中欠妥或错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论 1

第一章 电控液力自动变速器 2

第一节 概述 2

第二节 纯液力自动变速器的结构与 工作原理 4

第三节 电控液力自动变速器的结构 与工作原理 38

第四节 典型的电控液力自动变速器 45

第五节 电控液力自动变速器的使用、 检修与故障诊断 70

第二章 电控无级自动变速器 (ECVT) 79

第一节 概述 79

第二节 大众 01J 型 ECVT 84

第三章 电控防滑系统 98

第一节 防抱死制动系统 (ABS) 98

第二节 驱动防滑系统 (ASR/TRC) 121

第三节 其他防滑系统 128

第四章 电控悬架系统 132

第一节 概述 132

第二节 电子控制悬架系统的结构与 工作原理 133

第三节 典型汽车电子控制悬架 系统 142

第四节 电子控制悬架系统的使用与 检修 153

第五章 电控转向系统 156

第一节 电控动力转向 系统 (EPS) 156

第二节 四轮转向系统 164

第三节 主动转向系统 174

参考文献 178

绪 论

汽车电子技术使汽车工业进入一个全新的时代。当今世界，汽车电子化的程度已被看作是衡量一个国家汽车工业水平的重要标志。在国外，平均每辆汽车上的电子装置在整车成本中占 20% ~ 25%，有的甚至占 50% 以上。

汽车制造商认为：增加汽车电子装备的数量、促进汽车电子化，是夺取未来汽车市场的有效手段。汽车设计人员普遍认为：电子技术在汽车上的应用，已成为汽车设计研究部门考虑汽车结构革新的重要手段。现代汽车的电子化、多媒体化和智能化，使得汽车已不仅仅是一个代步工具，而是具有了交通、娱乐、办公和通信的多种功能。现在的汽车是带有一些电子控制的机械装置，汽车将会变成带有一些辅助机械的电子装置。汽车将成为计算机和信息技术的最重要的用户，智能化的汽车将被称为“车轮上的计算机”。

目前，汽车电子技术已广泛应用于汽车的发动机控制、底盘控制、车身控制、故障诊断以及音响、通信、导航等方面。

汽车底盘电控技术主要包括电控自动变速器、电控防滑系统（包括防抱死制动系统、驱动防滑系统等）、电控悬架系统和电控转向系统等。

一、电控自动变速器

是电控技术在汽车底盘传动系统的应用，具体针对变速器。目前存在的电控自动变速器有电控液力自动变速器、电控无级自动变速器、电控机械式自动变速器，而以电控液力自动变速器最为普遍。电控自动变速器结构复杂，工作原理难于理解，检测维修困难。

二、电控防滑系统

此系统包括防抱死制动系统、驱动防滑系统、防侧滑控制系统等。

防抱死制动系统是电控技术在汽车底盘制动系统上的应用，驱动防滑系统是电控技术在汽车牵引力控制系统、底盘传动系统上的应用。

三、电控悬架系统

是电控技术在汽车底盘行驶系统上的应用。

四、电控转向系统

是电控技术在汽车底盘转向系统上的应用，包括电控动力转向系统、四轮转向系统和主动转向系统。

第一章 电控液力自动变速器

第一节 概 述

一、变速器应用的必要性

变速器属汽车底盘传动系统的一个主要总成。变速器的作用是变速、变转矩、变方向，即可将发动机传来的动力改变转速、改变转矩、改变方向之后传给传动轴或直接传递给主减速器。

车用发动机的转矩和转速变化范围较小，无法适应复杂的使用条件的需要。例如：假设某汽车主减速器的主传动比 $i_{\pm} = 4$ ，车轮动力半径 $r = 0.3\text{m}$ ，发动机正常工作时的转速变化范围是 $n = 1000 \sim 6000\text{r/min}$ ，假设没有变速器，则车速范围是

$$v_{\text{a}} = \frac{(1000 \sim 6000)}{4 \times 1000} \times 60 \times 2\pi \times 0.3 = 28.26 \sim 169.56\text{km/h}$$

可见，它不符合实际需要，且无倒驶功能。所以，在汽车的传动系统中，需要加入变速器，根据形势需要改变转速、转矩和动力传递方向。

二、变速器的类型

1. 变速器的分类

变速器的分类如图 1-1 所示。

英文简写如图 1-2 所示。

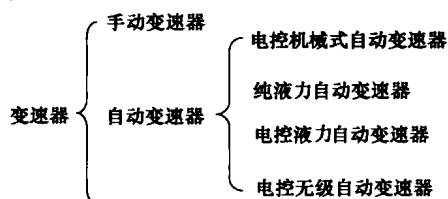


图 1-1 变速器的分类

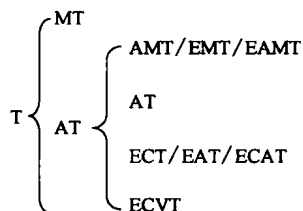


图 1-2 变速器的分类（英文简写）

其中：

T——Transmission/Transaxle，变速器

MT——Manual Transmission/Transaxle，手动变速器或称机械变速器

AT——Automatic Transmission/Transaxle，自动变速器，也指纯液力自动变速器

EAT——Electronic Automatic Transmission/Transaxle，电控液力自动变速器

ECT——Electronic (ally) Controlled Transmission/Transaxle，电控液力自动变速器

ECVT——Electronic Continuously Variable Transmission/Transaxle，电控无级自动变速器

AMT——Automatic Mechanical Transmission/Transaxle，机械式自动变速器

EMT——Electronic Mechanical Transmission/Transaxle，电控机械自动变速器

EAMT——Electronic Automatic Mechanical Transmission/Transaxle，电控机械自动变速器

在变速器的发展史上，出现了两次飞跃，第一次是从手动变速器到自动变速器（即从手动到自动）的飞跃，第二次是从自动变速器到电控无级自动变速器（即从有级到无级）的飞跃，即：

MT ———— 第一次飞跃 ———— AT ———— 第二次飞跃 ———— ECVT

2. 手动变速器的缺陷

统计资料表明，在城市行驶工况下，载货汽车每行驶 100km，需起步和停车 80 ~ 100 次，而公共汽车则 400 ~ 500 次。考虑到换挡时的离合器操纵，那么，在城市工况下每行驶 100km，公共汽车的离合器工作次数可达 800 ~ 1000 次/100km。频繁的换挡操作，对驾驶员来说，是很大的负担，也对交通安全造成不利影响。

3. 自动变速器的发展简史

从 20 世纪三四十年代起，人们就开始发展自动变速器。1939 年，美国通用汽车公司首先在其生产的轿车上装用了液力变速器，它由液力耦合器与行星齿轮机构组成，能在一定范围内自动变速，被认为是现代自动变速器的雏形。到了 20 世纪四五十年代，开始出现根据车速和节气门开度自动换挡的纯液力自动变速器，使自动变速器进入了迅速发展期。20 世纪 70 年代末期，电子控制技术开始应用于自动变速器。自 20 世纪 80 年代以来，以微机为控制核心的电控自动变速器得到迅速的发展。

4. 自动变速器的优点

- 1) 能根据行驶速度和加速踏板位置，自动地选择最合适的挡位。
- 2) 消除了离合器的操作和频繁的换挡，使驾驶员操作变得简单省力，同时，也提高了行车的安全性。
- 3) 行车平稳，舒适性好。
- 4) 大大降低了汽车传动系的动载荷，使发动机和传动系相关零部件以及轮胎等的使用寿命大为提高。
- 5) 在外载荷突然增大的情况下，可防止发动机过载或熄火，从而保护发动机，并减少排气污染。
- 6) 有效地、平稳地、持续地传递发动机所产生的转矩，起步平稳，振动和噪声减少，提高乘坐舒适性。

5. 自动变速器的缺点

- 1) 结构较为复杂，工艺要求及制造成本较高。
- 2) 传动效率略低。
- 3) 使整车制造成本和车辆在某些工况及场合下的运行油耗略有增高。
- 4) 维修难度大。

三、自动变速器的组成

目前最为普及的电控液力自动变速器的结构组成如图 1-3 所示。

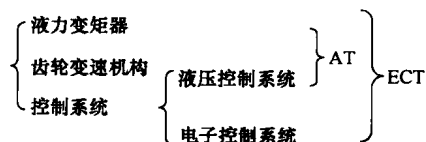


图 1-3 电控液力自动变速器的组成

第二节 纯液力自动变速器的结构与工作原理

一、基本原理

节气门信号（负荷）与车速信号相互配合，自动地改变换挡阀位置，从而进行自动换挡。

纯液力自动变速器由液力变矩器、齿轮变速机构、液压控制系统组成。液力变矩器紧靠发动机，是自动变速器的动力输入端，其位置同使用手动变速器汽车的离合器。齿轮变速机构类似于手动变速器中的变速传动机构，而液压控制系统则类似于手动变速器中的操纵机构。

二、液力变矩器

1. 液力变矩器的作用

- 1) 能使发动机产生的转矩增大 (2~4 倍)。
- 2) 能起到自动离合器的作用, 能够传送或切断发动机至齿轮变速机构的动力。
- 3) 能够缓冲发动机和传动轴之间的扭转振动。
- 4) 能够起到储能作用 (代替飞轮), 使发动机运转平稳。
- 5) 能够驱动液压控制系统的油泵。
- 6) 制动发动机。

2. 组成

液力变矩器的安装位置如图 1-4 所示, 组成如图 1-5 所示。

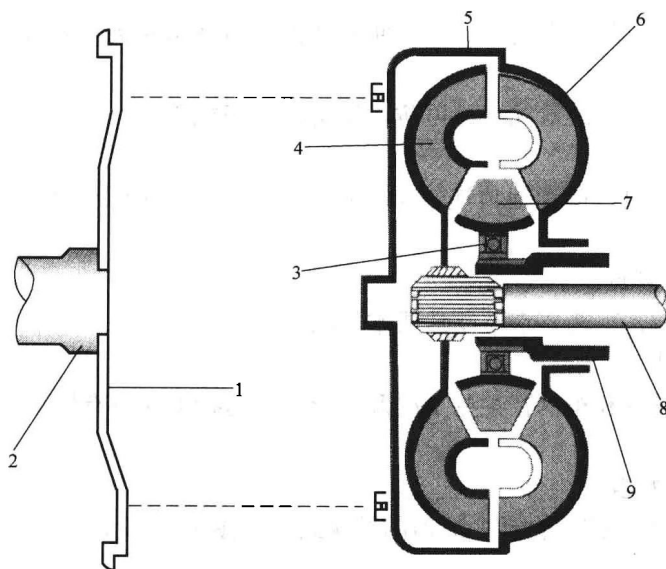


图 1-4 液力变矩器的安装位置

1—驱动端盖 2—曲轴 3—单向离合器 4—涡轮 5—变矩器壳体
6—泵轮 7—导轮 8—齿轮变速机构输入轴 9—变速器壳体

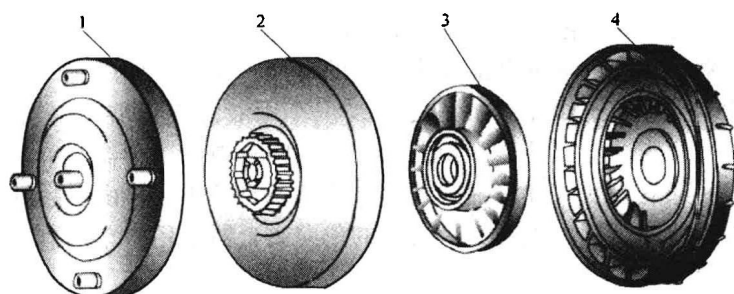


图 1-5 液力变矩器的组成

1—液力变矩器壳 2—涡轮 3—导轮 4—泵轮

图 1-4 中，泵轮 6、涡轮 4、导轮 7、单向离合器 3、变矩器壳体 5 组成液力变矩器，有的液力变矩器还设有锁止离合器。

从图中可以看出，液力变矩器的壳体与飞轮连接在一起，随发动机一起转动。涡轮与齿轮变速机构的输入轴通过花键连在一起。即动力的传递路线可以表示为：发动机—液力变矩器—齿轮变速机构。

注意：液力变矩器壳体 5 是转动的，而变速器壳体 9 是不能转动的。泵轮和涡轮之间的动力传递是靠自动变速器油（ATF）来完成的，是液力传动而不是机械传动，这也决定了在驱动过程中涡轮转速不会高于泵轮转速，亦即液力传动的效率始终小于 100%。图 1-4 中表示出了液力变矩器的基本三元件：泵轮、涡轮和导轮。泵轮是主动件，涡轮是从动件，导轮用于改变液体的流动方向，即为液体的流动导向，所以称导轮。

图 1-6 为液力变矩器的泵轮解剖图。

可见，泵轮内部有许多叶片焊在壳体上，叶片比较平直。叶片在随壳体一起转动时，就会带动其间的自动变速器油一起运动。因为是转动，自动变速器油受离心力作用由内向外径向运动。另外，叶片上还焊有导环，用于形成自动变速器油流动的油道。

图 1-7 所示为液力变矩器的涡轮。从图可以看出，涡轮内部也有许多叶片焊在壳体上，但叶片比较弯曲，而且和泵轮叶片数量不同。流向泵轮外缘的自动变速器油受壳体约束，只能流向涡轮外缘，冲击涡轮叶片使涡轮顺泵轮转动方向转动。另外，叶片上也焊有导环，用于形成自动变速器油流动的油道。涡轮中心带有花键孔，用于驱动齿轮变速机构的输入轴。涡轮背面带有减振装置，用于衰减在锁止离合器接合或分离瞬间产生的振动。

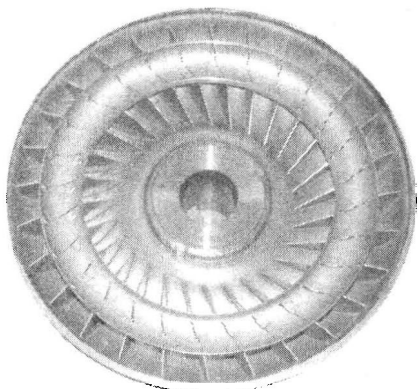


图 1-6 液力变矩器的泵轮解剖图

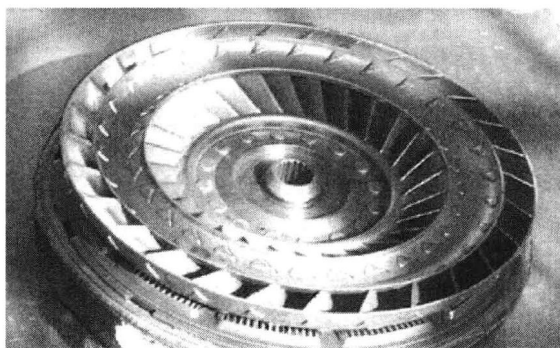


图 1-7 液力变矩器的涡轮

图 1-8 是液力变矩器的导轮图。导轮位于泵轮和涡轮中间，其上有叶片，用于改变来自涡轮内缘自动变速器油的流向而使其能冲击泵轮的背面，起增益作用。

除泵轮、涡轮、导轮这三个基本元件之外，汽车用液力变矩器中一般还要有两种离合器：单向离合器和锁止离合器。液力变矩器的导轮中间有单向离合器。单向离合器在自动变速器中应用较多，一般有楔块式和滚柱式两种，其状态有锁止、自由、超越三种状态。其作用为单向传递动力或单向制动，液力变矩器中的单向离合器是用来单向制动导轮。图 1-9 所示为楔块式单向离合器。

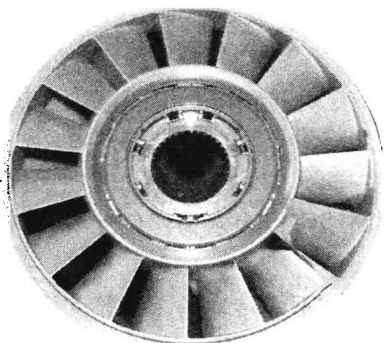


图 1-8 液力变矩器的导轮图

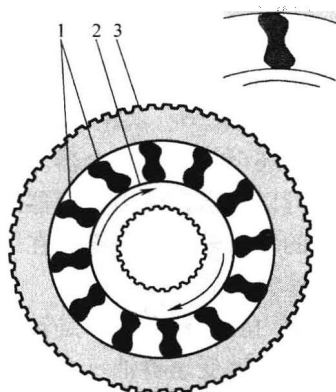
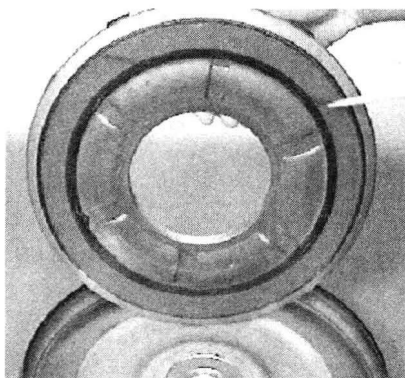


图 1-9 楔块式单向离合器

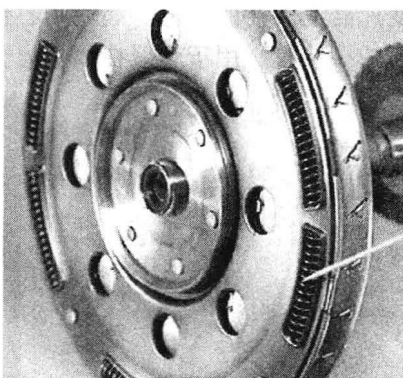
1—楔块 2—内座圈 3—外座圈

楔块式单向离合器一般由外座圈、内座圈和保持架三部分组成。外座圈的内表面和内座圈的外表面是光滑的。保持架上安装有许多楔块。楔块为不规则的“8”字形，有长轴和短轴之分，位于内、外座圈之间。当长轴与内、外座圈同时接触时，内、外座圈被锁住而同速转动，否则内、外座圈之间无动力传递关系。液力变矩器中的单向离合器的内座圈不转动，所以导轮只能单方向旋转。换言之，导轮要么与泵轮同方向旋转，要么不转，不会与泵轮的转向相反。

锁止离合器如图 1-10 所示。



a)



b)

图 1-10 液力变矩器中的锁止离合器

a) 压盘及摩擦材料 b) 减振装置

锁止离合器是一种摩擦式离合器，压盘与涡轮一起旋转，压盘与涡轮之间设有减振装置，当压盘被压在变矩器壳体上时，动力直接由壳体传递给齿轮变速机构输入轴，由液力传动变为机械传动。此时齿轮变速机构输入轴转速等于发动机转速，传动效率达到 100%。压盘或变矩器壳体（与压盘正对部分）有摩擦材料。

3. 传力变矩原理

液力变矩器中的流动有涡流和环流两种，整个流动为这两种流动的复合。所谓涡流，即从泵轮外缘—涡轮外缘—涡轮内缘—导轮—泵轮内缘—泵轮外缘的流动，为小循环。所谓环流，即从发动机端看，以曲轴为圆心的与发动机同转向的流动，为大循环。取某一油液为质点，其流动一个周期所走过的路线恰如将一个弹簧两端对接起来后弹簧丝的形状，如图 1-11 所示。正是因为自动变速器油的这种流动，才使得动力能够从泵轮传递到涡轮。

导轮的作用：在变速比小于 0.85 时，导轮不旋转，改变从涡轮返回泵轮的液体流向，把其对泵轮的阻碍变成推动，能够增大变矩器的输出转矩。在变速比大于 0.85 时，导轮旋转，变矩器成为耦合器，避免液力变矩器的传动效率下降。

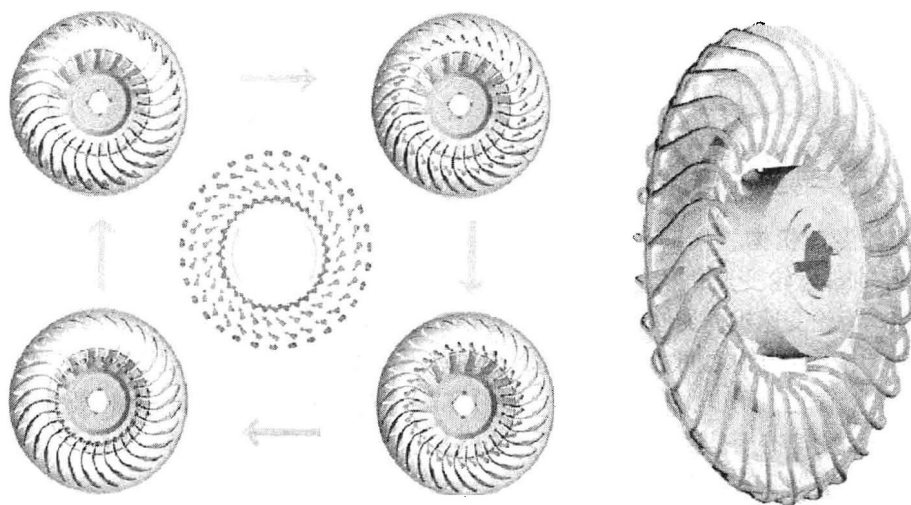


图 1-11 液力变矩器的涡流与环流

4. 液力变矩器的特性

其特性如图 1-12 所示。

图中虚线左侧为低速区，导轮不转，变矩比大于 1。虚线右侧为高速区，导轮旋转，不再起增大转矩的作用，此时液力变矩器变为液力耦合器（图中细虚线为液力耦合器的性能曲线）。

图 1-12 所示的曲线分析如下：

曲线 ABCE：变矩器中的导轮始终不转，锁止离合器不锁止，亦即单向离合器卡死，锁止离合器打滑。

曲线 ABCDG：变矩器中导轮在耦合点后开始旋转，变矩器在高速区成为耦合器，锁止离合器不锁止，亦即单向离合器正常而锁止离合器打滑。

曲线 ABCDFG：变矩器导轮在耦合点后开始旋转，且在车速高达规定值时锁止，即此时

液力变矩器完全正常。

可见，若单向离合器打滑，则变矩器成为耦合器。若导轮卡死，则在高速区变矩器传动效率迅速下降。若锁止离合器打滑，则变矩器传动比始终小于1。

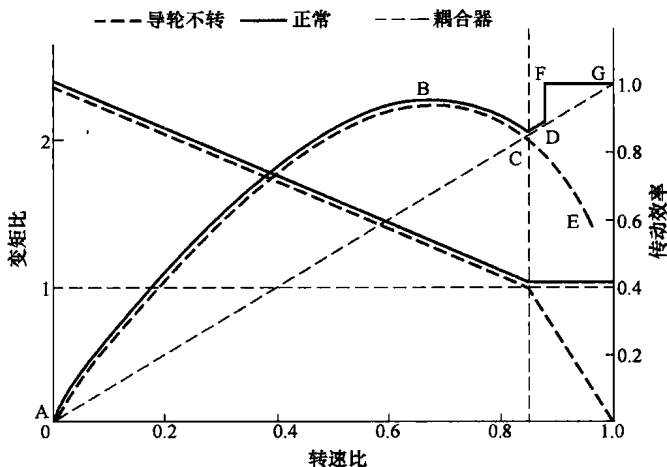


图 1-12 液力变矩器的性能曲线

A 点—失速点, $n_{泵} \neq 0$, $n_{涡轮} = 0$ B 点—传动效率最高点 (低速区)

C 点—耦合点, 即导轮开始旋转点 (变矩器变为耦合器) D 点—锁止离合器开始锁止点

E 点—传动效率急剧下降 F 点—锁止离合器完全锁止点 G 点—传动效率为 100% 的点

三、齿轮变速机构

1. 平行轴式齿轮变速机构

平行轴式齿轮变速机构类似于手动变速器的变速传动机构，两者之间的最大区别是：平行轴式自动变速器中齿轮与轴之间的动力传递是通过多片式离合器的接合来实现的，而手动变速器 (MT) 是通过接合套、同步器等来实现的。即 MT 要通过齿轮或接合套轴向的滑动来实现换挡，而平行轴式自动变速器则是通过多片式离合器的接合与分离来实现换挡的，如图 1-13 所示。

2. 行星齿轮式齿轮变速机构

(1) 基本结构 行星齿轮式齿轮变速机构由多排行星齿轮排复合而成，每一排行星齿轮机构由太阳轮 (也称中心轮)、齿圈和行星架 (上有行星轮) 三个基本元件组成，如图 1-14 所示。图中 z 表示齿数 (或当量齿数)， n 表示转速。

注意：区别液力变矩器的三元件和行星齿轮机构的三元件。

(2) 变速原理 齿轮变速机构同其他机械机构一样，满足如下变速原理：

$$\text{传动比 } i = \frac{n_{\text{主}}}{n_{\text{从}}} \quad \left\{ \begin{array}{l} > 0, \text{ 同向, 前进挡} \\ < 0, \text{ 反向, 倒挡} \end{array} \right. \quad |i| \quad \left\{ \begin{array}{l} > 1, \text{ 降速} \\ = 1, \text{ 等速} \\ < 1, \text{ 升速} \end{array} \right.$$

即

$$\text{传动比 } i \quad \left\{ \begin{array}{l} > 0, \text{ 前进挡} \\ < 0, \text{ 倒挡} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} > 1, \text{ 降速挡} \\ = 1, \text{ 直接挡} \\ < 1, \text{ 超速挡} \end{array} \right.$$

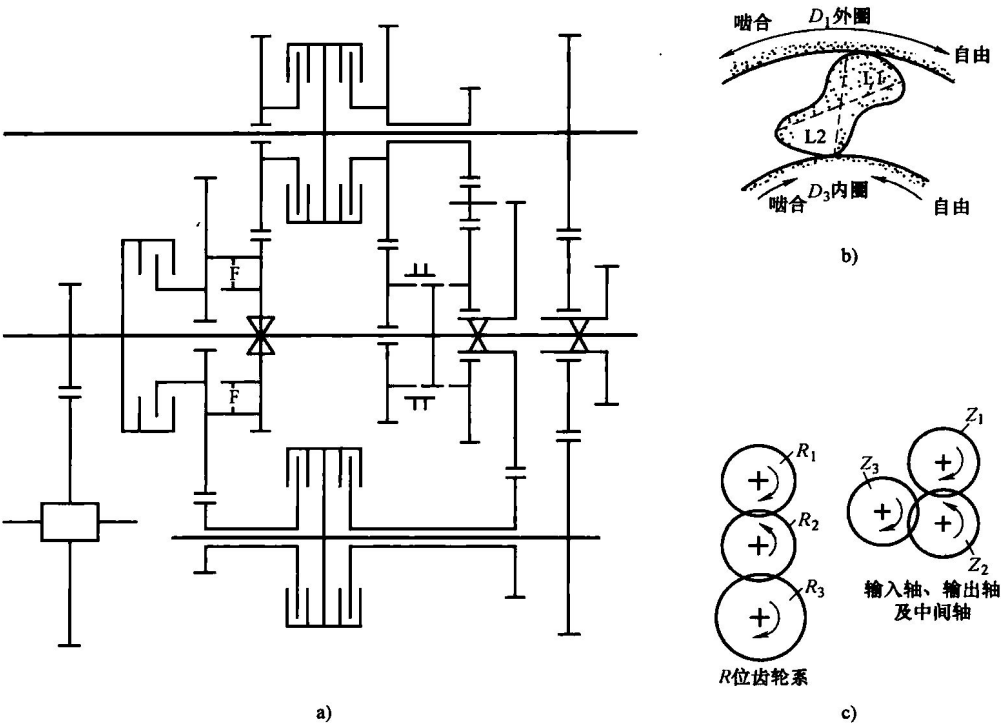


图 1-13 本田平行轴式液力自动变速器结构简图

a) 结构原理图 b) 单向离合器右视图 c) 轴的右视图

(3) 单排单级行星齿轮机构 结构特点为只有一排，且只有一级行星齿轮，如图 1-15 所示。



图 1-14 行星齿轮机构的组成

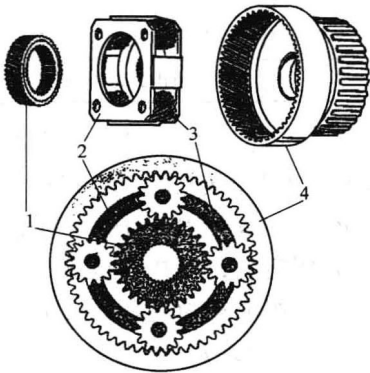


图 1-15 单排单级行星齿轮机构

1—太阳轮 2—行星架 3—行星轮 4—齿圈

其满足运动规律方程式

$$n_1 + an_2 - (1 + a)n_c = 0$$

式中， n_1 为太阳轮转速， n_2 为齿圈转速， n_c 为行星架转速， $a = z_2/z_1$ 。

变速情况：对机构中的不同元件予以固定，可获得不同的传动比和转动方向。例如：设

某一单排单级行星齿轮机构中 $z_1 = 10$, $z_2 = 20$, 则 $z_c = 30$, $a = 2$ 。

1) 当三元件有任意两个被固定时, 第三个也不能转动。即若 $n_1 = n_2 = 0$, 则 $n_c = 0$, 此时整个机构静止不转 (实际中不会出现这种情况)。

2) 当三元件中任意两个的转速相同时, 第三个元件的转速也相同。即若 $n_1 = n_2$, 则 $n_c = n_1 = n_2$ 。此时整个机构成为一个整体, 以某一相同的转速转动 (直接挡)。

3) 当三个元件的任何元件都不受约束时, 三者之间无确定的转速关系, 即空转, 无动力传递 (空挡及驻车挡)。

4) $n_1 = 0$, $n_{主} = n_2$, $n_{从} = n_c$ 时, $i = n_{主}/n_{从} = 3/2 = 1.5$, 为降速前进挡。

5) $n_1 = 0$, $n_{主} = n_c$, $n_{从} = n_2$ 时, $i = n_{主}/n_{从} = 2/3 = 0.667$, 为升速前进挡。

6) $n_1 = n_{主}$, $n_2 = 0$, $n_{从} = n_c$ 时, $i = n_{主}/n_{从} = 3$, 为降速前进挡。

7) $n_1 = n_{从}$, $n_2 = 0$, $n_{主} = n_c$ 时, $i = n_{主}/n_{从} = 1/3 = 0.333$, 为升速前进挡。

8) $n_1 = n_{主}$, $n_2 = n_{从}$, $n_c = 0$ 时, $i = n_{主}/n_{从} = -2$, 为降速倒挡。

9) $n_1 = n_{从}$, $n_2 = n_{主}$, $n_c = 0$ 时, $i = n_{主}/n_{从} = -0.5$, 为升速倒挡。

总结如下, 见表 1-1。

表 1-1 各种组合的传动比

行星架	太阳轮	齿圈	传动比	可用作的挡位
被动 ($n_c = n_{从}$)	主动	制动	3	D1
	制动	主动	1.5	D2
主动 ($n_c = n_{主}$)	制动	被动	0.67	D4
	被动	制动	0.33	×
制动 ($n_c = 0$)	被动	主动	-0.5	×
	主动	被动	-2	R
固接任意两元件, 则 $n_1 = n_2 = n_c$				D3
任何元件自由转动时, P 爪不工作				N
任何元件自由转动时, P 爪工作				P

综上所述, 不同的挡位取决于太阳轮、行星架、齿圈的状态不同。

(4) 双排单级行星齿轮机构 由上论述可知, 单排单级的行星齿轮机构理论上可以产生 P、R、N、D1、D2、D3、D4 这些挡位。事实上并非如此, 因为一般而言输入元件和输出元件是固定的, 即并不是任一元件都能输入或输出动力。实际中, 是将单排行星齿轮机构进行复合, 组成较为复杂的行星齿轮机构来满足工作需要。常见的复合形式如图 1-16 所示 (还有其他的形式)。机构中太阳轮共用 ($n_{前1} = n_{后1} = n_1$)、前行星架和后齿圈连接为一体 ($n_{前c} = n_{后2}$), 使 6 (自由) 元件经过复合成为 4 (自由) 元件。根据具体条件, 运用运动规律方程组, 即可求出传动比 i 。

(5) 单排双级行星齿轮机构 如图 1-17 所示。

运动规律方程式为

$$n_1 - an_2 - (1 - a)n_c = 0$$

结构特点: 两级行星齿轮, 内行星轮与太阳轮啮合, 外行星轮与齿圈啮合。传动情况见表 1-2。

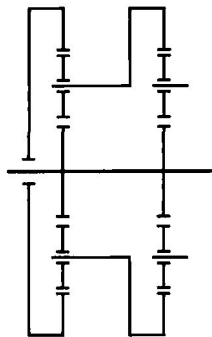


图 1-16 双排单级行星齿轮机构

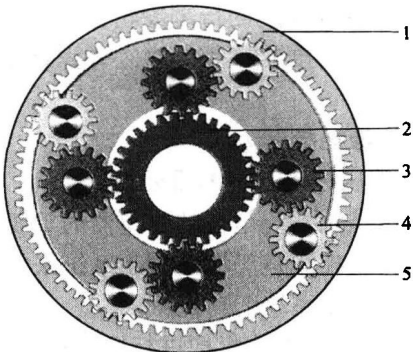


图 1-17 单排双级行星齿轮机构
1—齿圈 2—太阳轮 3—内行星轮
4—外行星轮 5—行星架

表 1-2 单排双级行星齿轮机构的传动情况

方案	主动件	被动件	制动件	传动比	结论
1	太阳轮	行星架	齿圈	$1 - a$	反向
2	行星架	太阳轮	齿圈	$1/(1 - a)$	反向
3	行星架	齿圈	太阳轮	$1/(a - 1)$	同向
4	齿圈	行星架	太阳轮	$1 - \frac{1}{a}$	升速同向
5	太阳轮	齿圈	行星架	a	减速同向
6	齿圈	太阳轮	行星架	$1/a$	升速同向
7	任两元件连成一体			1	直接传动
8	三元件自由转动				不传递动力

(6) 双排单、双级行星齿轮变速机构 如图 1-18 所示，通常称拉维娜（拉维奈尔赫）结构。6 元件复合成 4 元件，前排单级、后排双级，共用齿圈、共用行星架。

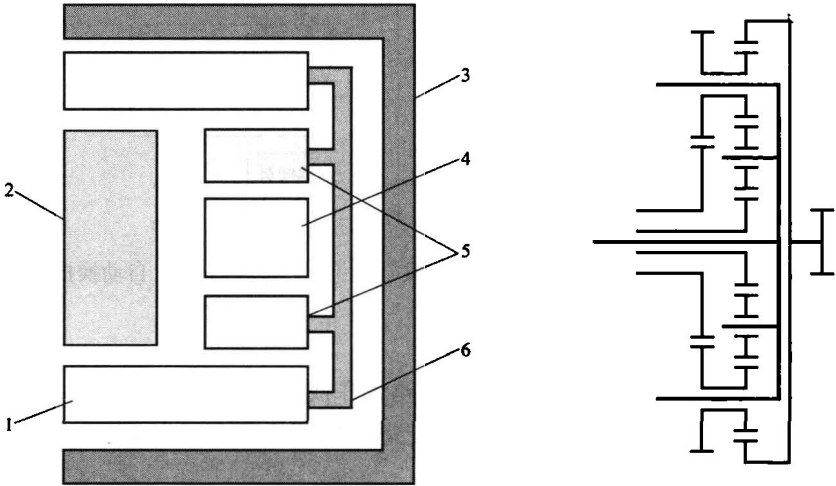


图 1-18 双排单、双级行星齿轮机构
1—长行星轮 2—前排大太阳轮 3—共用齿圈 4—后排小太阳轮 5—短行星轮 6—行星架

(7) 实际应用的行星齿轮变速机构的两种类型 实际应用的行星齿轮变速机构的类型有辛普森型、拉维娜型两种，辛普森型应用较广，拉维娜型结构紧凑小巧，传递的转矩稍小。

四、液压控制系统

1. 液压控制系统的重要性

液压控制系统是自动变速器的重要组成部分，是纯液力自动变速器的控制中心。自动变速器的自动控制是靠液压控制系统来完成的。

液压控制系统的功能：

- 1) 对齿轮变速机构进行换挡控制。
- 2) 对液力变矩器的工作状况进行控制（锁止与否等）。
- 3) 对液力传动装置提供传动介质。

2. 液压控制系统的组成

液压控制系统由主供油路装置、控制信号装置、换挡控制装置、执行元件、换挡品质控制装置、锁止控制装置、润滑冷却装置、安全限压装置等子系统组成。液压控制系统的组成如图 1-19 中点划线区域所示，图中粗实线为执行元件工作油压的路线，虚线为控制油压的路线。

结合前述，可总结出框图 1-20 所示的结论。

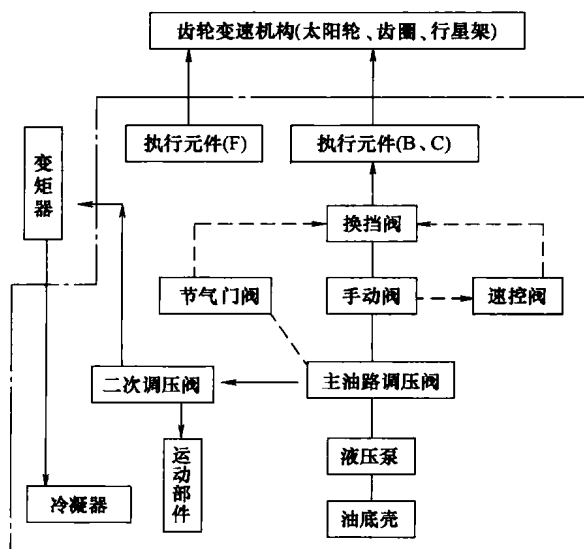


图 1-19 纯液控液力自动变速器液压控制系统的组成

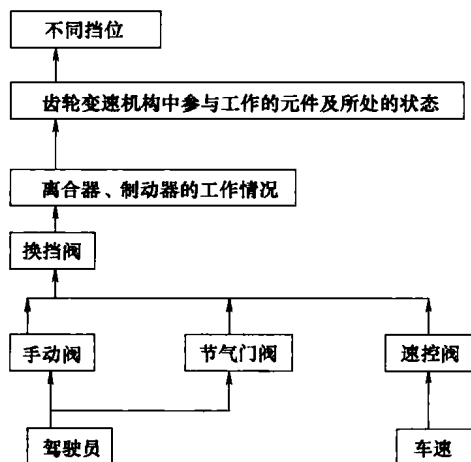


图 1-20 自动换挡的原理

3. 液压控制系统装置的结构与工作原理

(1) 主供油路装置 主要包括油泵和主油路调压阀。

1) 油泵：控制系统的动力源，利用容积变化产生压力变化，从而吸油和泵油。油泵的类型有多种，如图 1-21 所示。

①外啮合齿轮泵，如图 1-22 所示。它由一对渐开线齿轮和泵壳组成，主动齿轮由液力变矩器驱动。