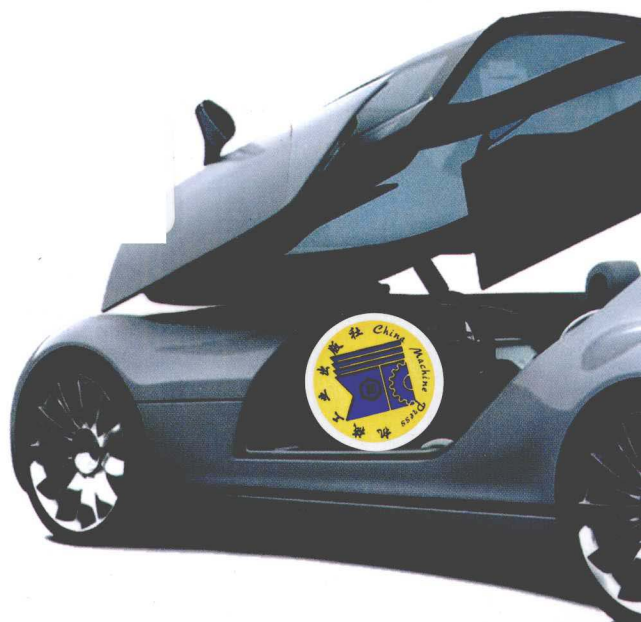
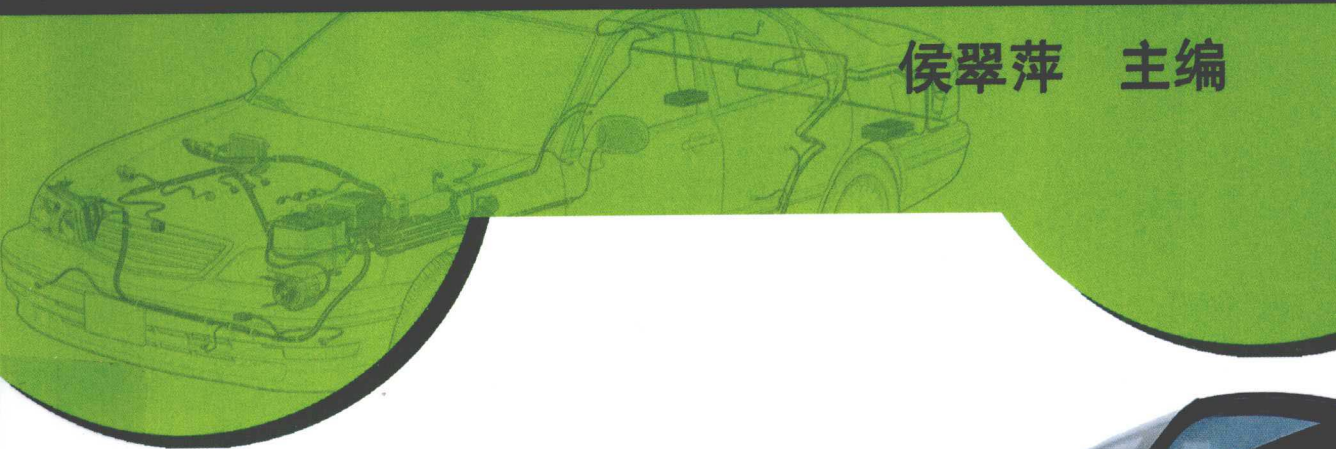


职业教育汽车类专业课程改革新规划教材

ZIDONG BIAN SUO LYUAN LI YU JIAN XIU

自动变速器 原理与检修

侯翠萍 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

自动变速器原理与检修

主 编 侯翠萍
副主编 庄建莎
参 编 杨 辉 贾彦良
主 审 刘志忠

机械工业出版社

本书从企业对维修人员的能力要求出发,重点培养学生对自动变速器的维护和拆装技能,掌握初步的故障诊断和排除方法。为便于采用理论与实训一体化教学,本书以“行动导向法”的模式进行编写。全书由六大学习项目组成,共分为49个学习任务,并在每个模块中精心设计了相应的“工作页”。

本书主要内容有:自动变速器的基础知识、动力传动系统的组成原理及动力传递路线分析、液压控制系统及电子控制系统的结构与工作原理分析、自动变速器的基本检查、调整、试验及故障诊断等。

本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业及相关专业的教材,也可以作为职业技能培训和其他从事相关专业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

自动变速器原理与检修/侯翠萍主编. —北京:机械工业出版社,2010.10
职业教育汽车类专业课程改革新规划教材
ISBN 978-7-111-32380-8

I. ①自… II. ①侯… III. ①汽车-自动变速装置-理论-职业教育-教材②汽车-自动变速装置-车辆修理-职业教育-教材 IV. ①U463.212

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第212457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:宋学敏 责任编辑:宋学敏 洪丽红 版式设计:张世琴
责任校对:肖琳 封面设计:路恩中 责任印制:杨曦
北京蓝海印刷有限公司印刷
2011年3月第1版第1次印刷
184mm×260mm·15印张·4插页·351千字
0001—3000册
标准书号:ISBN 978-7-111-32380-8
定价:29.00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

封面无防伪标均为盗版

读者服务部:(010)68993821

本书以学习领域为内容单元，以工作任务为内容单位，在编写中体现出以下特点：

- 本书教学学时为 120~130 学时,其中 53 学时为实践教学学时,学时方案建议见下表,仅供参考。

教学项目	课程内容	总学时	讲授	实践
一	自动变速器的整体认识	6	4	2
二	动力传动系统的结构与拆装	44	24	20
三	液压控制系统的分析与拆装	24	15	9
四	电子控制系统的分析与检测	20	10	10
五	自动变速器的基本检查、调整及试验	14	6	8
六	自动变速器的故障诊断	14	10	4
机动		10		

本书由石家庄市第三职业中专学校侯翠萍主编，庄建莎任副主编，烟台汽车工程职业学院杨辉，石家庄市第三职业中专学校庄建莎、贾彦良参加了本书的编写。其中，庄建莎编写项目一和项目二中的模块一，贾彦良编写项目二中的模块二，侯翠萍

编写项目二中的模块三、四和项目三、项目五，杨辉编写项目四、项目六。全书由侯翠萍统稿，并由河北省交通职业技术学院刘志忠教授主审。

本书在编写过程中，借鉴和参考了大量相关资料及文献，在此，向这些技术资料及文献的作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免有疏漏或错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

编者

项 次	页 数	总 学 时	容 内 容 要 点	目 录 页 数
1	4	0	绪论	1
20	42	14	自动变速器的组成及工作原理	2
9	12	24	自动变速器的分类及特点	3
10	10	30	自动变速器的主要部件	4
8	0	14	自动变速器的检修	5
4	10	14	自动变速器的故障诊断与排除	6
10				合计

本书在编写过程中，编者力求做到：①注重基础知识的传授，②注重实践能力的培养，③注重职业素养的养成，④注重团队合作精神的培养，⑤注重创新能力的培养。本书可作为职业院校汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车维修工作的技术人员参考。

目 录

前言

项目一 自动变速器的

整体认识

- 任务一 认识自动变速器的分类及组成 2
- 任务二 认识自动变速器的挡位
名称及含义 5

项目二 动力传动系统的

结构与拆装

模块一 液力变矩器的结构及工作

性能检测 9

- 任务一 认识液力变矩器的结构 9
- 任务二 分析液力变矩器的工作原理 12
- 任务三 检测液力变矩器的工作性能 15

模块二 行星齿轮机构的结构认识 16

- 任务一 认识、分析行星齿轮机构的
运动形式 17
- 任务二 认识辛普森式、拉维纳式行星
齿轮机构 20
- 任务三 分析换挡执行元件的结构及
作用 21

模块三 自动变速器动力传递路线的

分析 27

- 任务一 分析辛普森式行星齿轮机构的
动力传递路线 27
- 任务二 分析辛普森改进式行星齿轮
机构的动力传递路线 33
- 任务三 分析拉维纳式行星齿轮机构的
动力传递路线 35
- 任务四 分析平轴式行星齿轮机构的
动力传递路线 38

模块四 自动变速器动力传动机构的

拆装与检测 41

- 任务一 拆卸自动变速器壳体、阀板

录

变速器变矩器 M10 拆代 一卷升

- 及油泵 41
- 任务二 正确分解行星齿轮机构 45
- 任务三 检修、组装自动变速器行星
齿轮机构 50

项目三 液压控制系统的

分析与拆装

模块一 液压控制油路的分析 57

- 任务一 分析油泵的结构和工作原理 58
- 任务二 分析油压调节系统的工作
情况 60
- 任务三 分析换挡控制油路的工作
情况 63
- 任务四 分析辅助控制油路的工作
情况 66
- 任务五 分析液压控制系统的油路
流动路线 68
- 任务六 分析 01M 型自动变速器液
压控制系统 77

模块二 液压控制阀板的拆装检查 86

- 任务一 解体液压控制阀板 86
- 任务二 检修与装配阀板 89

项目四 电子控制系统的

分析与检测

模块一 各电气元件工作性能的

检测 95

- 任务一 检测传感器 95
- 任务二 检测控制开关 100
- 任务三 检测执行器 104

模块二 电子控制系统控制单元的

分析 108

- 任务一 分析电子控制单元的控制
内容 108
- 任务二 分析失效保护功能 111

任务三 分析故障自诊断功能	113	任务三 升挡过迟的故障诊断	173
模块三 电子控制系统电路的分析	116	任务四 无前进挡的故障诊断	174
任务一 分析 01M 型自动变速器控制电路	117	任务五 无发动机制动的故障诊断	175
任务二 分析 A341E 型自动变速器控制电路	128	任务六 自动变速器油易变质的故障诊断	176
模块四 电子控制系统的检测	134	任务七 异响的故障诊断	177
任务一 认识自动变速器故障检测仪器	135		
任务二 检测汽车用微机及其控制电路	139		
任务三 检测电子控制系统工作过程	142		
项目五 自动变速器的基本检查、调整及试验			
模块一 自动变速器的基本检查与调整	146		
任务一 对自动变速器进行基本检查	146		
任务二 对自动变速器进行基本调整	149		
模块二 自动变速器的相关试验	151		
任务一 失速试验	151		
任务二 油压试验	152		
任务三 时滞试验	154		
任务四 手动换挡试验	155		
任务五 道路试验	156		
项目六 自动变速器的故障诊断			
模块一 自动变速器的故障诊断程序	161		
任务一 确定故障诊断原则及准备工作	161		
任务二 确定故障诊断流程	167		
模块二 自动变速器常见故障诊断	169		
任务一 打滑的故障诊断	169		
任务二 换挡冲击过大的故障诊断	171		

项目一

自动变速器的整体认识

【项目描述】

传统的手动变速器具有传动效率高、工作可靠、结构简单和价格低等优点，但也存在一些缺点：由于频繁换挡操作，容易使驾驶员疲劳；不能充分利用发动机功率，并且易产生车速突变；不同的驾驶技术水平对车辆的燃料经济性、动力性、乘坐舒适性造成差异。

自动变速器简称为 AT (Automatic Transmission)，所谓自动变速就是自动变换汽车驱动车轮的转速与转矩，使其适应汽车负载和道路条件变化的要求。因此，自动变速是人们长期追求的目标，是车辆向高级阶段发展的重要标志。本项目主要围绕自动变速器的结构组成、工作特点进行学习。

【项目目标】

通过对本项目的学习及分析，应能：

- 1) 讲述自动变速器的分类及组成。
- 2) 结合实物，识别自动变速器各组成部分的名称及作用。
- 3) 讲述自动变速器各挡位的含义。
- 4) 了解自动变速器的正确使用方法。

自动变速器的整体认识工作页见附录 A。

任务一 认识自动变速器的分类及组成

一、自动变速器的分类

自动变速器可以按驱动方式、控制方式及传动比的不同来分类。

1. 按驱动方式分

自动变速器按驱动方式的不同,可以分为后驱自动变速器 (Automatic Transmission) 和前驱自动变速器 (Automatic Transaxle)。后驱自动变速器用于发动机前置后轮驱动的布置形式,自动变速器与驱动桥 (主减速器、差速器) 分开通过传动轴连接,如图 1-1 所示。而前驱自动变速器用于发动机前置前轮驱动的布置形式,自动变速器与驱动桥 (主减速器、差速器) 制成一个总成,如图 1-2 所示。

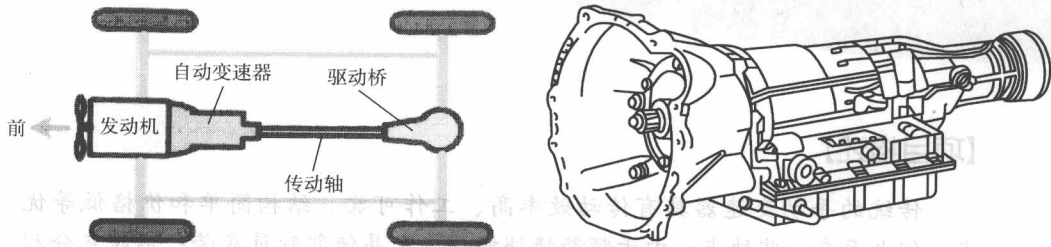


图 1-1 后驱自动变速器



图 1-2 前驱自动变速器

2. 按控制方式分

自动变速器按控制方式的不同,可以分为液压控制自动变速器和电子控制自动变速器。由于采用电子控制自动变速器使换挡时刻更加精确,工作更加平顺,因此目前应用最为广泛。

电子控制自动变速器是在液压控制自动变速器的基础上增设了电子控制系统。它将决定变速器挡位的汽车运行参数转变成电压信号,并利用电子控制原理和液压控制原理实现对变速器挡位的控制。自动变速器电子控制单元接收并比较车速传感器与节气门位置传感器信号电压,控制换挡电磁阀的运动状态,从而控制变速器的挡位,以实现不同的传动

比，其组成及控制方式如图 1-3 所示。目前轿车上大多采用这种类型的自动变速器，例如：通用公司的 4T65E、丰田公司的 A34XE、日产公司的 RE4F03A、现代公司的 KM177 以及三菱公司的 F4A33 等。

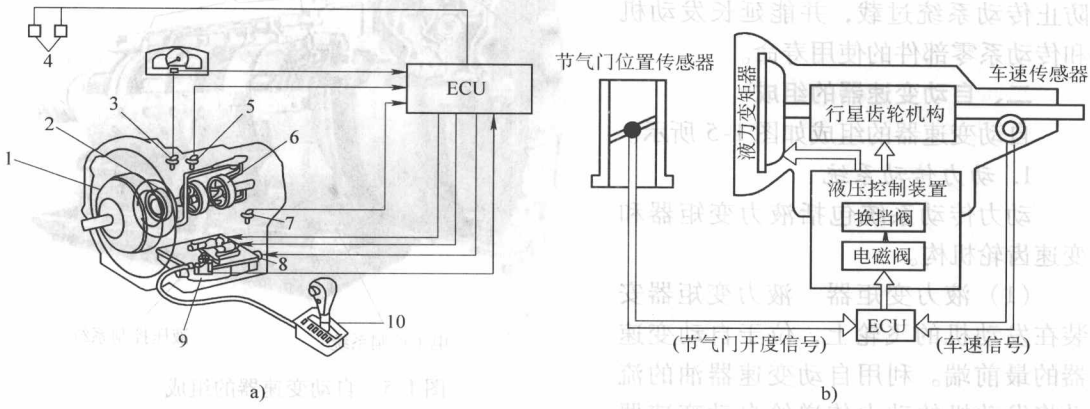


图 1-3 电子控制自动变速器的组成及控制方式

a) 结构组成 b) 控制方式

- 1—液力变矩器 2—油泵 3—车速传感器 4—各类传感器 5—车速传感器
6—行星齿轮机构 7—输入转速传感器 8—电磁阀 9—液压控制装置 10—变速杆

3. 按传动比分

自动变速器按传动比的不同，可以分为有级变速器、无级变速器（CVT）和综合式变速器三种。

有级变速器应用最为广泛，它采用齿轮传动，具有若干个定值传动比。

无级变速器的基本原理是用金属的链条在两个锥体之间传动（见图 1-4），锥体间的间距可由油压进行控制，链条在两个锥体上绕过的周长不同就可实现不同的传动比，而且可以实现在一定范围内任意变化的传动比。

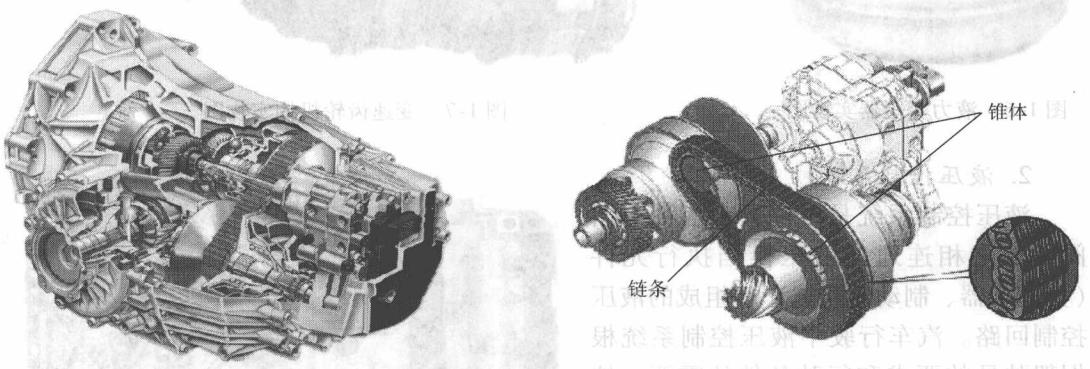


图 1-4 无级变速器（CVT）原理示意图

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。

自动变速器的工作介质是自动变速器油（Automatic Transmission Fluid，简称 ATF），

其在传递动力的过程中具有缓冲作用,能够有效地衰减传动系统的冲击与振动,保证汽车平稳起步,提高舒适性,防止传动系统过载,并能延长发动机和传动系零部件的使用寿命。

二、自动变速器的组成

自动变速器的组成如图 1-5 所示。

1. 动力传动系统

动力传动系统包括液力变矩器和变速齿轮机构。

(1) 液力变矩器 液力变矩器安装在发动机的飞轮上,位于自动变速器的最前端。利用自动变速器油的流动将发动机的动力传递给自动变速器齿轮机构的输入轴,并能根据汽车行驶阻力的变化,在一定范围内改变传动比和转矩比,具有一定的减速增矩功能。其实物如图 1-6 所示。

(2) 变速齿轮机构 自动变速器的变速齿轮机构主要包括齿轮机构和换挡执行机构两部分,齿轮机构以行星齿轮机构为主。行星齿轮机构传动比的改变是通过以不同的运动元件作为主动件或限制不同的元件的运动而实现的,而换挡执行机构主要用来改变行星齿轮中的主动元件或限制某个元件的运动,从而实现动力传递方向和传动比的改变。其实物如图 1-7 所示。

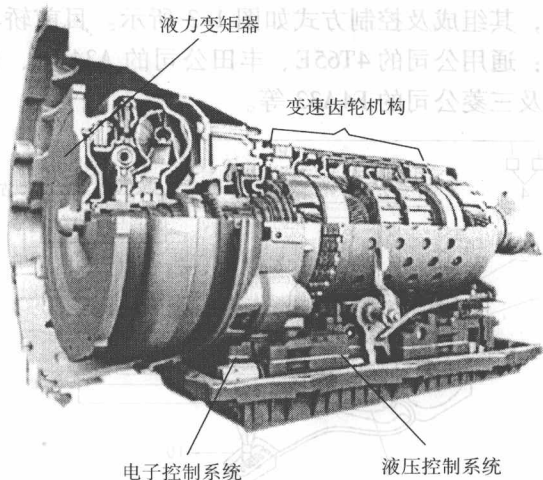


图 1-5 自动变速器的组成

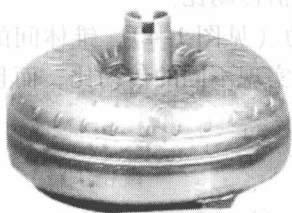


图 1-6 液力变矩器实物图

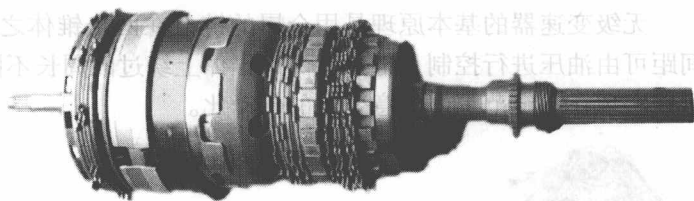


图 1-7 变速齿轮机构实物图

2. 液压控制系统

液压控制系统是由油泵、各种控制阀及与之相连通的液压换挡执行元件(如离合器、制动器油缸)等组成的液压控制回路。汽车行驶中液压控制系统根据驾驶员的要求和行驶条件的需要,控制离合器和制动器的工作状况的改变来实现机械变速器的自动换挡。各控制阀的阀板总成如图 1-8 所示。

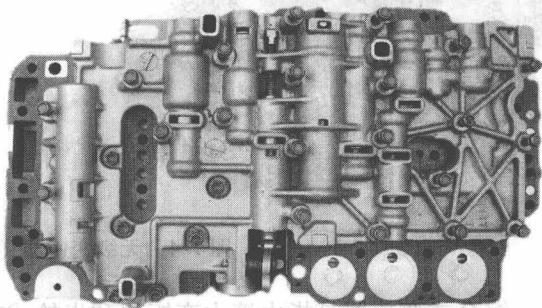


图 1-8 自动变速器阀板总成

3. 电子控制系统

电子控制系统由传感器、电子控制单元和执行器三部分组成。通过各种传感器,电子控制系统将自动变速器的各种控制信号输入电子控制单元(ECU),经ECU处理后发出控制指令控制液压系统中的各种电磁阀实现自动换挡,并改善换挡性能。

4. 冷却滤油装置

油液冷却系统是自动变速器中必不可少的。因为液力变矩器在传递动力的过程中,会使油温急剧升高,将导致自动变速器油粘度下降,传动效率降低,因此必须对自动变速器油进行冷却。为保持正常的工作油温($80 \sim 90^{\circ}\text{C}$),从液力变矩器出来的油液需经冷却后再流回油底壳。

此外,自动变速器工作中各部件磨损产生的机械杂质,由过滤器从油中过滤分离出去,以减小机械的磨损、液压油路堵塞和控制阀卡滞等。

任务二 认识自动变速器的挡位名称及含义

一、变速杆

自动变速器的变速杆与手动变速器有很大的不同,其通常有4~7个位置,如图1-9所示,其主要功能如下:

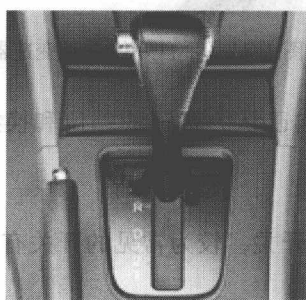


图 1-9 自动变速器变速杆示意图

(1) P 位(Park) 驻车挡。变速杆置于此位置时,驻车锁止机构将自动变速器输出轴锁止。其工作情况如图1-10所示。注意:只有在汽车保持静止状态时变速杆才能放在P位,否则会使自动变速器受到损坏。

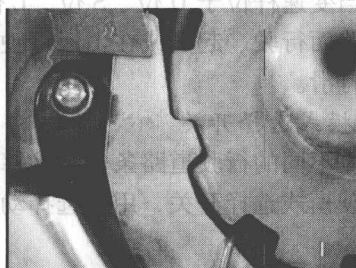
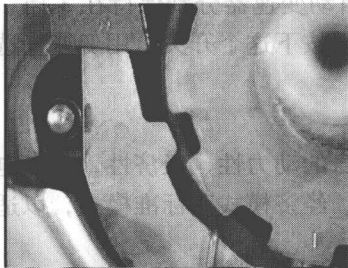


图 1-10 驻车锁止机构的工作情况

(2) R 位 (Reverse) 倒挡。变速杆置于此位置时, 液压系统倒挡油路被接通, 驱动轮反转, 实现反向行驶。

(3) N 位 (Neutral) 空挡。变速杆置于此位置时, 自动变速器内动力被切断, 所有齿轮机构空转, 不能输出动力。

(4) D 位 (Drive) 前进位, 在良好路面行驶时使用。变速杆置于此位置时, 自动变速器根据发动机的负荷和车速自动地改变传动比, 实现自动变速功能。

(5) S 位 (也称 2 位, Second) 高速发动机制动挡。变速杆置于此位置时, 对于 A341 型变速器只能在三种传动比中自动转换。无论车速多快, 变速器都不能升入超速挡, 从而使汽车获得发动机制动效果。

(6) L 位 (也称 1 位, Low) 低速发动机制动挡。变速杆置于此位置时, 行驶中变速器只能在两种传动比中自动转换, 发动机制动效果更强, L 位适用于较大坡度的山间弯路行驶。S、L 两个挡位多用于山区等路况的行驶, 可避免频繁换挡, 提高变速器的使用寿命。



图 1-11 手自一体自动变速器变速杆

此外, 现在越来越多的汽车采用手自一体自动变速器, 其变速杆如图 1-11 所示, 该自动变速器设有手动模式。当将变速杆拨到该模式上时, 通过电控系统模拟出手动变速器的操作,

“+”挂挡, “-”减挡, 使驾驶员可以自由地选择自己认为合适的挡位和换挡时机, 大大提高了驾驶乐趣。

二、控制开关

不同车型的自动变速器变速杆上有着不同的控制开关, 较为常见的开关有以下三种:

1. 超速挡开关

超速挡开关用来控制自动变速器能否升入超速挡。当开关打开时, 变速杆置于 D 位, 自动变速器随车速的提高而升挡时, 最高可升入 4 挡 (即超速挡)。当开关关闭时, 仪表盘上的 “O/D OFF” 指示灯随之亮起, 自动变速器随着车速的提高而升挡, 但最高只能升入 3 挡, 不能升入超速挡。

2. 保持开关

通常位于变速杆上, 按下开关后, 自动变速器便不能自动换挡, 挡位完全取决于变速杆的位置。当变速杆位于 D 位、S 位、L 位时, 自动变速器分别保持在 3 挡、2 挡、1 挡。汽车在冰雪路面行驶、起步或在山区行驶时, 可以按下这个开关, 用变速杆选择挡位, 以防止驱动轮打滑。

3. 行驶模式选择开关

为了适应不同的行驶道路条件, 发挥车辆本身的动力性、经济性, 一些电控自动变速器都装有行驶模式选择开关, 用来选择动力模式、经济模式和标准模式, 以适应人们不同的开车习惯。

(1) 经济模式 (ECONOMY) 当车辆在城市道路上行驶, 接通经济模式时, 可以降低油耗, 这时自动变速器的换挡规律能使发动机在汽车行驶过程中保持在经济转速范围内

运转。

(2) 动力模式 (POWER) 当车辆在上坡时或在山路上行驶或希望发动机在高转速下工作时, 可选择动力模式, 大大发挥它的动力性。

(3) 标准模式 (NORMAL) 选择该模式时, 既可保证一定的动力性, 又有较好的燃油经济性。

三、自动变速器使用注意事项

1. 起步

1) 只有变速杆放在 P 位或 N 位时发动机方可起动。在点火开关打开状态下若想移出这两个挡位, 须踏下制动踏板并同时按下锁止按钮。

2) 起步前, 须将驻车制动器操纵杆拉紧, 变速杆放在 P 位或 N 位, 并将制动踏板踩下, 然后起动发动机准备起步。途中熄火时, 必须等汽车停稳后将变速杆放在 P 位或 N 位才能再起动。

3) 为防止变速杆由 P 位移入 R 位时出现突然倒车的现象, 最好在熄火后选用 N 位起动, 同时踩制动踏板 (最好拉紧驻车制动器), 防止发生瞬时起步的现象。

4) 起步前要踩住制动踏板, 前行时, 由 P 或 N 位换入 D 位; 倒车时, 由 P 或 N 位换入 R 位。选择正确挡位后再缓慢地松开制动踏板, 平稳起步。

2. 大功率行驶

1) 加速或超车时, 需要将加速踏板踩到底, 自动变速器会自动升高一个或两个挡位, 从而获得明显的加速效果。

2) 上坡时, 如果坡面不是很陡, 变速杆在 D 位即可; 如果坡面较陡, 则必须将变速杆从 D 位移到 L 位。下长坡时, 除利用踩制动踏板减速外, 最好同时使用发动机制动。通常当车速降到 30km/h 以下时, 在 L 位会获得更强有力的发动机制动性能。

3. 恶劣天气时行驶

1) 雨天行驶时缓慢起步, 不要急加速或者急减速, 以避免车辆产生滑移现象。最好选用合适的速度保持低速稳速行驶。

2) 雪地行驶的要求与雨天一样, 要缓慢行驶, 尽可能不变速。对有模式选择开关的车, 可选择冬季 (W) 模式或雪地模式 (*)。在雪地模式下, ECU 控制自动变速器直接用 2 挡起步, 避免因车轮打滑而失控。

4. 拖车

拖车时, 由于油泵没有工作, 不能提供足够的油压, 自动变速器运转会发生干摩擦。当发动机或变速器发生故障不能行驶时, 需要其他车辆拖动, 此时变速杆放在 N 位, 牵引速度小于 50km/h。一般拖车行驶里程最远不超过 80km, 最高车速小于 30km/h。

若需长距离牵引, 对于后轮驱动的汽车, 在拖车时需将后轮架起, 或将传动轴拆除; 对于前轮驱动的汽车, 需将前轮架起, 避免变速器和发动机损坏。

5. 不能推车起动

发动机不工作时, 油泵也不工作, 变速器内无控制油液, 即使在 D 位或 R 位上输出轴仍然是空转, 发动机无法起动。

项目二

动力传动系统的结构与拆装

【项目描述】

动力传动系统是自动变速器的重要组成部分，包括液力变矩器、行星齿轮机构及各执行元件。它们共同改变传动比，以实现自动换挡；减小换挡冲击，自动适应汽车行驶阻力的变化；提高燃油经济性，降低排放污染。

绝大多数轿车自动变速器中的变速齿轮机构为行星齿轮式，通过改变行星齿轮机构中各元件间的连接关系，增加或减少换挡执行元件，行星齿轮机构就可以实现不同的运动情况，从而使自动变速器实现不同的挡位。本项目主要围绕辛普森式、辛普森改进式、拉维纳式三种行星齿轮机构的结构、工作情况进行学习 and 训练。

模块一 液力变矩器的结构及工作性能检测

【模块目标】

通过对本模块的学习及分析，应能：

- 1) 识别液力变矩器的安装位置并说明其作用。
- 2) 描述综合式、锁止式两类液力变矩器的结构及工作原理。
- 3) 对液力变矩器进行常规检测。
- 4) 了解液力变矩器的冷却方式。

液力变矩器的结构及工作性能检测工作页见附录 B。

任务一 认识液力变矩器的结构

【学习资料】

自动变速器良好的使用性能在很大程度上取决于液力变矩器的工作性能。液力变矩器是利用油液在循环流动过程中传递动力来工作的。常见的类型有综合式液力变矩器和锁止式液力变矩器。

一、综合式液力变矩器的结构

综合式液力变矩器主要由泵轮、涡轮、导轮、壳体和单向离合器组成（见图 2-1），在变矩器内部充满了自动变速器油液。

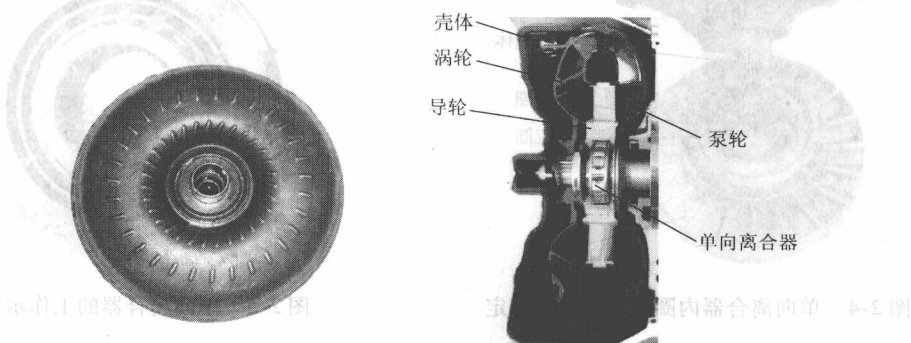


图 2-1 液力变矩器外形及结构组成

1. 泵轮

泵轮是液力变矩器的主动元件，驱动变速器油泵工作。泵轮与变矩器壳体制成（焊接）一体（见图 2-2）。泵轮内部有一系列径向向后弯曲的叶片，叶片内沿儿装有使自动变速器油液平滑流动的导环。

2. 涡轮

涡轮是液力变矩器的从动元件，驱动变速器输入轴转动。涡轮中心通过花键与自动变速器输入轴联接（见图2-3）。结构与泵轮类似，涡轮与泵轮两者的叶片相对布置，但叶片的弯曲方向与泵轮叶片弯曲方向相反，中间有大约2~3mm的间隙。

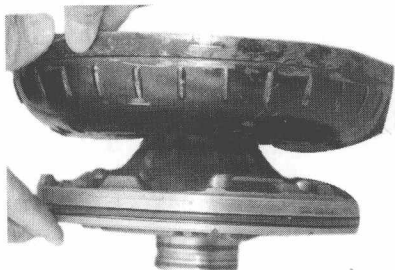


图 2-2 泵轮外形结构

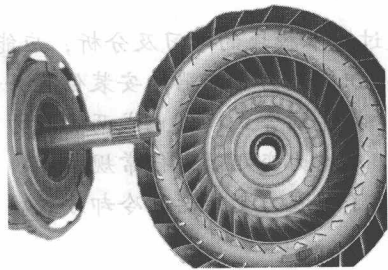


图 2-3 涡轮外形结构

3. 导轮

导轮位于泵轮与涡轮之间，通过单向离合器内圈花键与油泵壳体相联。单向离合器使导轮以与发动机曲轴相同的方向转动，当导轮以相反方向转动时，单向离合器将其锁止、固定。

单向离合器的结构如图2-4所示。其外座圈与导轮连为一体，内座圈与油泵壳体通过花键联接，两个座圈之间放置若干个倾斜的楔块。当内座圈被固定，外座圈单向旋转时不受阻力作用，可以顺利转动；但是，当外座圈以相反方向旋转时则受到阻力而不能转动（见图2-5）。

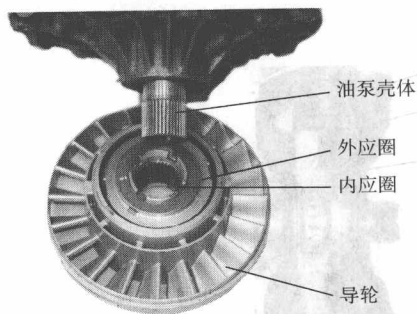


图 2-4 单向离合器内圈由油泵壳体固定

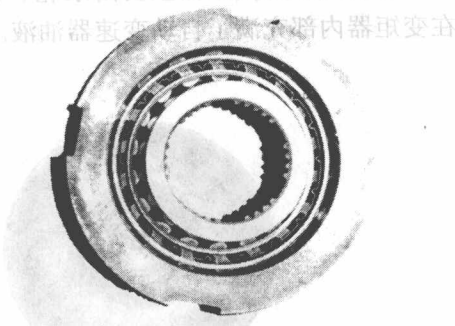


图 2-5 单向离合器的工作示意图

若油液冲击导轮叶片正面，使单向离合器的外座圈沿逆时针方向转动，此时，楔块将锁止在内、外座圈之间，由于内座圈固定不动，使导轮处于锁止状态。反之，当油液冲击导轮叶片背面时，导轮处于自由状态。

二、锁止式液力变矩器的结构

如图2-6所示，锁止式液力变矩器的结构与综合式液力变矩器类似，但在变矩器的涡轮与壳体之间，加装了锁止离合器总成（见图2-7）。锁止离合器为湿式离合器（见图2-7），可轴向移动，并通过花键与涡轮联接，其工作表面上粘附有摩擦材料，以加