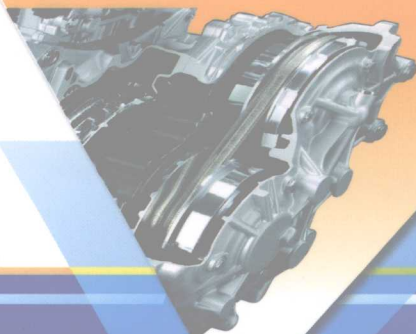




# 汽车无级变速器 原理与 维修

吴文琳 郭力伟 主编



# 汽车无级变速器原理与维修

主 编 吴文琳 郭力伟  
副主编 王明顺 蚁文荣

机械工业出版社

本书分十章,系统地介绍了奥迪 A6L、奥迪 A4、广本飞度、丰田普瑞斯、东风日产轩逸、日产天籁、南京菲亚特、奇瑞旗云和东南菱帅等几种汽车无级变速器的结构原理与维修技术。无级变速器的结构介绍详细,工作原理叙述清晰、明了,故障检修简洁实用。并精选了一些维修实例,便于读者查阅。

本书内容新颖,图文并茂,车型新,针对性和实用性强。适合汽车维修、汽车销售和汽车技术管理等人员阅读。是一本十分实用的汽车维修工具书。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车无级变速器原理与维修/吴文琳,郭力伟主编. 北京:机械工业出版社,2008.7

ISBN 978-7-111-24702-9

I. 汽… II. ①吴…②郭… III. ①汽车-无级变速装置-理论②汽车-无级变速装置-车辆修理 IV. U463.212.01 U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108477 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:齐福江

责任编辑:管晓伟 版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京鑫海金澳胶印有限公司印刷

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21.75 印张·532 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24702-9

定价:42.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379160

封面无防伪标均为盗版

# 前言

无级变速器技术是目前汽车传动系统的前沿技术，汽车无级变速器技术发展迅速，并进入了实用阶段。丰田、日产、本田、福特、通用、菲亚特、奥迪、奇瑞以及三菱等汽车公司生产的多款轿车（特别是混合动力汽车）装配有无级变速器，国内不少汽车公司生产的轿车也采用了无级变速器。为了满足广大读者，特别是使用 and 维修汽车无级变速器的人员尽快了解和熟练掌握无级变速器的使用与维修技术，我们编写了《汽车无级变速器原理与维修》一书。

本书分 10 章，系统地介绍了奥迪 A6、奥迪 A4、广本飞度、丰田普瑞斯、东风日产轩逸、日产天籁、南京菲亚特、奇瑞旗云和东南菱帅等几种汽车无级变速器的结构原理与维修技术。无级变速器的结构介绍详细，工作原理叙述清晰、明了，故障检修简洁实用。并精选了一些维修实例，便于读者查阅。该书适用于汽车维修、汽车销售和汽车技术管理等人员。

本书由吴文琳、郭力伟主编，王明顺、蚁文荣担任副主编，参加编写的人员还有王金星、沈祥开、刘一洪、常洪、王伟、王涛、贺明、林红、李明、肖建忠、王一平、刘三红、孔梅、刘荣、孙飞和李清等。在编写本书的过程中，查阅了大量文献资料，并参考了很多专家、学者的研究成果和经验，在此谨向这些专家、学者表示衷心的感谢。

由于内容较新、范围较广，加上编者的水平有限，本书难免有不妥或错误之处，恳请广大读者赐教。

编者

# 目 录

## 前言

## 第一章 概述 ..... 1

### 一、无级变速器的发展概况 ..... 1

### 二、无级变速器的发展趋势 ..... 2

## 第二章 无级变速器的结构与原理 ..... 4

### 第一节 无级变速器的类型和特点 ..... 4

#### 一、无级变速器的类型 ..... 4

#### 二、无级变速器的特点 ..... 5

### 第二节 无级变速器的结构与原理 ..... 7

#### 一、无级变速器的结构 ..... 7

#### 二、无级变速器的工作原理 ..... 16

#### 三、无级变速器的油路分析 ..... 18

## 第三章 奥迪 A6、A4 轿车无级变速器 ..... 35

### 第一节 概述 ..... 35

#### 一、01J 无级变速器简介 ..... 35

#### 二、01J 无级变速器的动力传递 ..... 36

### 第二节 无级变速器的结构与原理 ..... 38

#### 一、无级变速器的结构 ..... 38

#### 二、无级变速器主要组成部件 ..... 39

#### 三、离合器的控制功能 ..... 59

#### 四、速比变换器（变速器）的控制功能 ..... 67

### 第三节 01J 无级变速器的故障诊断 ..... 74

#### 一、故障自诊断 ..... 74

#### 二、电控单元及端子检测数据 ..... 82

### 第四节 01J 无级变速器的检修 ..... 85

#### 一、无级变速器检修注意事项 ..... 85

#### 二、无级变速器的拆卸与安装 ..... 85

#### 三、无级变速器主要部件的分解和 组装 ..... 102

#### 四、换挡操纵机构的检修 ..... 112

#### 五、无级变速器电器部件及其安装 位置 ..... 119

#### 六、无级变速器常见故障及原因 ..... 122

## 第四章 广州本田飞度轿车无级变速器 ..... 125

### 第一节 概述 ..... 125

#### 一、无级变速器的功能 ..... 125

#### 二、无级变速器的结构特点 ..... 125

### 第二节 无级变速器的结构与原理 ..... 126

#### 一、机械系统 ..... 126

#### 二、液压控制系统 ..... 134

#### 三、电控系统 ..... 142

### 第三节 无级变速器的测试 ..... 149

#### 一、无级变速器的试验 ..... 149

#### 二、电控系统的检测 ..... 155

#### 三、电控系统的检测数据 ..... 166

#### 四、常见故障的现象、原因及诊断 ..... 171

### 第四节 无级变速器的检修 ..... 179

#### 一、电控元件的更换 ..... 179

#### 二、无级变速器总成的拆卸与安装 ..... 180

#### 三、无级变速器的检修 ..... 184

## 第五章 东风日产轩逸轿车无级变速器 ..... 202

### 第一节 概述 ..... 202

### 第二节 无级变速器的结构与原理 ..... 203

#### 一、无级变速器的结构与作用 ..... 203

#### 二、无级变速器的工作原理 ..... 204

#### 三、无级变速器的控制系统 ..... 204

#### 四、无级变速器的控制模式 ..... 207

### 第三节 无级变速器的检修 ..... 208

#### 一、无级变速器检修注意事项 ..... 208

#### 二、无级变速器的检查 ..... 209

#### 三、无级变速器的测试 ..... 210

#### 四、无级变速器的拆装 ..... 211

### 第四节 无级变速器的故障诊断 ..... 213

#### 一、电控系统的检测 ..... 213

#### 二、故障码 ..... 219

#### 三、电路图 ..... 221

#### 四、常见故障的诊断 ..... 223

## 第六章 丰田普瑞斯轿车无级变速器 ..... 228

### 第一节 概述 ..... 228

|                              |     |                              |     |
|------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 第二节 变速驱动桥的结构与原理 .....        | 230 | 三、输入/输出信号 .....              | 287 |
| 一、变速驱动桥的结构 .....             | 230 | <b>第九章 奇瑞旗云轿车无级变速器</b> ..... | 289 |
| 二、变速驱动桥的主要组成部件 .....         | 231 | 第一节 概述 .....                 | 289 |
| 三、换挡控制系统 .....               | 236 | 第二节 无级变速器的结构 .....           | 290 |
| 第三节 无级变速器的检修 .....           | 243 | 第三节 无级变速器的电控系统 .....         | 290 |
| 一、无级变速器检修注意事项 .....          | 243 | 一、无级变速器电控系统的结构 .....         | 290 |
| 二、无级变速器的拆卸与安装 .....          | 243 | 二、VTIF 控制系统自学习 .....         | 292 |
| 三、无级变速器的检修 .....             | 251 | 三、无级变速器油的补充 .....            | 294 |
| 第四节 控制系统故障的诊断 .....          | 260 | <b>第十章 无级变速器的检修</b> .....    | 296 |
| 一、控制系统 .....                 | 260 | 第一节 无级变速器检修注意事项              |     |
| 二、电控系统主要部件的检测 .....          | 265 | 与拆装 .....                    | 296 |
| 三、故障诊断 .....                 | 266 | 一、无级变速器检修注意事项 .....          | 296 |
| 四、电控单元及端子检测数据 .....          | 269 | 二、无级变速器的拆装 .....             | 296 |
| <b>第七章 日产天籁轿车无级变速器</b> ..... | 272 | 第二节 无级变速器的检修 .....           | 297 |
| 第一节 概述 .....                 | 272 | 一、无级变速器的故障诊断流程 .....         | 297 |
| 第二节 无级变速器的结构与原理 .....        | 273 | 二、无级变速器的检修要点 .....           | 300 |
| 一、无级变速器的结构 .....             | 273 | 三、无级变速器的常见故障及原因 .....        | 302 |
| 二、无级变速器的控制原理 .....           | 276 | 四、故障检修实例 .....               | 304 |
| <b>第八章 菲亚特轿车无级变速器</b> .....  | 280 | <b>附录 东南菱帅轿车无级变速器故障</b>      |     |
| 第一节 概述 .....                 | 280 | 自诊断及电路图 .....                | 322 |
| 第二节 无级变速器的结构与原理 .....        | 280 | 一、故障自诊断 .....                | 322 |
| 一、无级变速器的结构 .....             | 280 | 二、油压控制的学习 .....              | 325 |
| 二、液压系统 .....                 | 284 | 三、控制电路图 .....                | 326 |
| 第三节 电控系统 .....               | 286 | <b>参考文献</b> .....            | 332 |
| 一、电路图 .....                  | 286 |                              |     |
| 二、传感器 .....                  | 286 |                              |     |

# 第一章 概述

## 一、无级变速器的发展概况

无级变速器（简称 CVT，Continuously Variable Transmission 的缩写）是指在输入轴转速不变的情况下，其输出轴转速可以在一定范围内连续变化的变速器。汽车无级变速器技术的发展已有 100 多年的历史。1914 年德国奔驰公司生产出第 1 台无级变速器，但它只为极少数的高级车配置了几台，并没有成为商品，也不是现代的电液控制的变速器，只是带传动的机械式无级变速器。

1958 年，荷兰的 DAF 公司研制出双 V 形橡胶带式 CVT，并装备于其制造的 Daffodil 轿车上。但是由于橡胶带式 CVT 功率有限（转矩局限于  $135\text{N}\cdot\text{m}$  以下），离合器工作不稳定，液压泵、传动带和夹紧机构的能量损失较大等，没有被汽车行业普遍采用。然而提高传动带性能和 CVT 传递功率的研究一直在进行，主要有：将液力变矩器集成到 CVT 系统中；主、从动轮的夹紧力由电子装置进行控制；采用节能泵；传动带使用金属带代替传统的橡胶带。汽车新技术的进步克服了 CVT 原有的技术缺陷，传递转矩更大、性能更优良的第二代 CVT 面世。

进入 20 世纪 90 年代，对 CVT 技术的研究开发日益受到重视，全球科技的迅猛发展，使得新的电子技术与自动控制技术不断地被采用到 CVT 中。

1997 年上半年，日产公司开发了在 2.0L 汽车上使用的 CVT。该类 CVT 使用了能增大发动机转矩的传动装置——液力变矩器，因此能使车辆迅速起步和加速，并平稳地行驶，即使在坡道起步、超低速行驶、倒车入库和纵向停车时也能够获得令人满意的驾驶感受。以此为基础，1998 年日产公司开发了一种为中型轿车设计、包含一个手动换档模式的 CVT。新型 CVT 采用一个最新研制的高强度宽钢带和一个高压液控系统，通过采用这些先进技术来获得较大的转矩能力。日产公司研究开发了 CVT 的电子控制技术，传动比的改变实现全档电子控制，汽车在下坡时可以一直根据车速控制发动机制动，而且在湿滑路面上能够平顺地增加加速比来防止打滑。日产公司计划将它的 CVT 的应用范围从 1.0L 的轿车扩大到 3.0L 轿车。

日产汽车公司 2003 年 2 月上市的新款 TEANA 车中采用了该公司最新开发的、面向大型车的 XTRONIC CVT。

日本三菱公司选择 CVT 传递、直喷式发动机（GDI）的动力来驱动汽车。V 带/传动轮机构可以保证在所有速率下发动机动力平顺无间断地传递。CVT 根除了传统的自动变速器在齿轮换档时的打齿现象，获得了更满意的响应和控制。三菱公司计划采用直喷式发动机（1.5L 或更小）与 CVT 组合。福建东南汽车公司生产的东南菱帅（LIONCEL）轿车就采用了三菱汽车公司的 CVT。

日本富士重工拥有 15 年开发 CVT 的经验。1997 年 5 月，富士重工将它的 Vistro 微型车安装了全计算机控制式 E-CVT（含有 6 档手动换档模式的 CVT），驾驶员无须操作离合器就可以进行 6 档变速。富士重工在 Pleo 微型车上采用一种有锁止式变矩器的电控式

CVT, 通过小范围锁止可以使液力变矩器的滑动保持在最小值, 行星齿轮用以切换前进/倒退档, 传动比范围为  $1:10 \sim 5.5:1$ 。

日本富士重工 CVT 的电子控制系统由电磁离合器系统、电控单元 (ECU)、传感器和电磁阀等组成。传感器包括变速杆位置传感器、节气门位置传感器、发动机转速传感器、车速传感器和制动踏板位置传感器, 它们的传感器提供汽车行驶的信号, ECU 根据传感器的信号作出判断, 并将控制信号送至电磁阀, 控制电磁阀与液压系统的工作。

1999 年, 美国的福特公司和德国 ZF 公司合作, 为福特公司的轿车和轻型载货车生产 CVT。巴达维亚和俄亥俄州新建的合资企业从 2001 年开始生产为福特公司设计、带有电子管理功能的 CFT23 型 CVT。ZF 公司设计的 CVT 是一种变矩器式变速器, 使用的钢带是为横向发动机前轮驱动汽车生产的。ZF 公司也能为安装纵向发动机的前轮驱动汽车和后轮驱动汽车生产 CVT 系列。与四档自动变速器相比, CVT 系统能够将加速性能提高 10%, 燃油经济性提高 10%~15%; 与锁止式变矩器相比, CVT 系统在不漏油的前提下效率更高。

福特汽车公司正在设计一种与公司内所有轻型载货车匹配的牵引驱动式 CVT, 包括后轮驱动和全轮驱动货车, 牵引驱动作为可移动滑件代替传动带和传动轮, 滑动部分和相对位置决定传动比, 由部件间非常薄的一层油来传递动力。

德国 ZF 公司从 1999 年中期开始为 Rover216 型汽车提供钢带驱动的 VT1 型 CVT。这种 CVT 包括螺旋齿轮式变速器、液压系统及湿式离合器。在系统中集成的 ECU 允许机械、液力和电子系统进一步组合, 更好地利用了各种系统的独特优点。

德国博世的电子式 CVT 控制系统是基于用传感器和执行器单元控制基础上的电子-液力模块。博世公司已经将独立部件、执行器、传感器和变速器换档 ECU 组成一个单独的模块, 变速器制造商只需增加一个集成控制单元。

到目前为止, 能够用于汽车无级变速器传动的有宽 V 形胶带式无级变速、金属带式无级变速、摆销链式无级变速和环盘滚轮式无级变速传动。

2000 年, 中国的程乃士教授开始研发无偏斜曲母线锥盘金属带式无级变速器; 2003 年研发无偏斜复合母线锥盘金属带式无级变速器; 2005 年研发无偏斜等强共轭曲母线无级变速器, 并于 2007 年在吉利汽车公司实现装车; 2006 年研发平盘非对称直母线无偏斜金属带式无级变速器, 2007 年在众泰汽车公司实现装车。

现在丰田、本田、尼桑、福特、CM、奥迪等著名汽车品牌中都有配备 CVT 变速器的轿车, 特别是一些混合动力汽车, 全世界 CVT 轿车的年产量已超过 50 万辆。

2002 年 11 月在我国下线的奥迪 A6 2.8L 轿车就是国内率先使用 CVT 的第一款国产轿车。目前国产车型装有无级变速器的有: 奥迪 A6 和 A4、广本飞度和思域、菲亚特的派力奥和西耶那、奇瑞的旗云轿车、东南菱帅和三菱蓝瑟轿车、丰田普瑞斯和吉利汽车、日产系列的天籁轿车和轩逸轿车以及海南马自达的普力马轿车等。

## 二、无级变速器的发展趋势

### 1. CVT 部件的发展

推式传动带和传动链将在转矩传递容量和专用性上进一步提高, CVT 专用的液压油泵将被推广。用于自动跳合和紧急制动的小型电子驱动泵与用于正常工况的发动机驱动泵协同工作, 将进一步改善整个变速器的效率。

滑轮优化设计不仅减小了系统的质量和降低成本, 而且保证了在主、从动带轮和传动带

之间传递的转矩最大。不同部件、微处理器和测试设备的电子控制差异导致非常高的研究和制造成本，这将通过电液控制模块化设计和大规模生产来降低，从而将柔性的功能和低廉的成本有机组合。CVT 专用变速器工作液研究开发将使 CVT 的工作特性进一步得到优化。

## 2. CVT 性能的改善

由于汽车驱动差异（FWD、RWD 和 AWD）和增加传动比覆盖范围的持续要求，大量不同的布置有可能出现。

电子化将使传动比、速度、压力和转矩控制更快和更精确，保证发动机和变速器调节得更好，并且可以提供不同的行驶模式，例如运动模式、舒适模式或巡航模式，从而使用户获得全方位的驾驶乐趣。

## 3. 发动机与 CVT 集成控制

更精确、更快的 CVT 控制，将与发动机控制一起集成到整个传动系管理系统中，使得油耗和排放进一步降低。

## 4. 混合动力 CVT 传动系

CVT 将在带有飞轮储能装置的混合动力传动系统中采用。采用 CVT 传动系的混合动力汽车的油耗可减少 30%，排放也有可能降低 50%。

## 第二章 无级变速器的结构与原理

### 第一节 无级变速器的类型和特点

#### 一、无级变速器的类型

##### 1. 汽车变速器的类型

按变速特点,汽车变速器可分为有级变速器和无级变速器;按执行变速的方式,可分为自动和手动两种。

一般来讲,汽车上常用的自动变速器有电控液力自动变速器、液力传动自动变速器、电力传动自动变速器、有级式机械自动变速器和无级式自动变速器等几种,其中最常见的是液力传动自动变速器。目前,在普通的轿车中,大多采用的是电控液力自动变速器。

##### 2. 无级变速器的类型

无级变速器可分为无级变速器和手动自动一体无级变速器。

根据无级变速器工作原理,可以分为机械无级变速器、液压无级变速器和电力式无级变速器三种。

机械传动式,目前常见的是锥块金属 V 带式传动,使用在轿车上。液压传动式 (HST Hydro Static Transmission),应用于工程车辆和农业机械中。电力式用于电动汽车 (EV, electric vehicle)。

机械无级变速器又可分为摩擦式、链式、带式和脉动式四种。

①摩擦式。摩擦式无级变速器,是靠旋转体间的接触摩擦力来传递动力的,通过改变输入、输出的作用半径,连续地改变了传动比。金属带式无级变速器也属于摩擦式无级变速器。

②链式。链式无级变速器的变速传动机械由主、从动链轮及套于其上的钢质挠性链组成,利用链条左右两侧面与作为链轮的两锥盘相接触所产生的摩擦力进行传动,并通过改变两锥盘的轴向距离来调整它们与链的接触位置和工作半径,从而实现无级变速传动。链式无级变速器与一般利用链与链轮啮合的链传动是不同的。目前应用最多的是滑片链式变速器。

③带式。带式无级变速器的变速传动机构是由作为主、从动带轮的两对锥盘及张紧在其上的传动带组成。其工作原理是利用传动带左右两侧与锥盘相接触所产生的摩擦力进行传动,并通过改变两锥盘的轴向距离来调整它们与传动带的接触位置和工作半径,从而实现无级变速传动。

带式无级变速器根据传动带的形状不同分为平带无级变速器和 V 形带无级变速器。V 形带无级变速器根据传动带的不同又可以分为普通 V 形橡胶带无级变速器和 V 形钢带无级变速器。

V 形钢带无级变速器和链式无级变速器由于其 V 形钢带和传动链传递功率大、传动效率高和工作寿命长等优点而被用在现代汽车上。

按传动带按材料不同,可分为橡胶带、金属带和金属链三种。

④脉动式。脉动式无级变速器的变速传动机构主要由三至五个连杆机构组成,或者是由连杆与凸轮和齿轮等机构组成,其工作原理与连杆机构相同,但为了使输出轴能够获得连续的旋转运动,需配置输出机构(如超越离合器)。

轿车无级变速器的起步装置有三种形式:

①电磁离合器式:重量和尺寸大,热负荷能力低,一般仅用于微型车辆上。

②电子控制湿式摩擦片式:结构尺寸小,响应快,能量损失小,用在中排量轿车上。

③液力变矩器式:起步转矩大,坡道起步性能好,驾驶容易,蠕动性能好(靠液力传动进出车库),而且能减轻因发动机转矩不均匀所引起的振动和冲击。

## 二、无级变速器的特点

### 1. 无级变速器的优点

汽车采用无级变速器后,由于可以实现发动机与变速器的最佳匹配,使发动机长时间工作在最佳工况下,因此,可以有效地提高汽车的动力性、经济性、排放性能和舒适性。

1) 提高动力性能。无级变速器工作时的传动比由电控单元控制,电控单元根据车速和节气门开度等信号确定最佳的传动比。在上下坡时能自动探测坡度,并能在上坡时自动调整速比增加动力输出;在下坡时,能加大发动机制动力矩,以保证行驶安全。汽车的后备功率决定了汽车的爬坡能力和加速能力。汽车的后备功率越大,汽车的动力性能越好。

由于无级变速器的无级变速特性,能够获得较大的传动比,所以无级变速器的动力性能明显优于机械变速器(MT)和自动变速器(AT)。

2) 提高燃油经济性。CVT可以在相当宽的范围内实现无级变速,从而获得传动系统与发动机工况的最佳匹配,使发动机长时间工作在最佳工况,提高整车的燃油经济性。

无级变速器可以使发动机在最佳状态下工作,依靠变速器无级调速来适应汽车的各种速度,因此可以使发动机燃烧最好,排气污染最小,达到节油的目的。

使用无级变速器的奥迪轿车比同级普通自动变速器车型百公里油耗降低了0.9L,节约7%~15%。

3) 减少排放量。CVT速比范围大,能够使发动机以最佳工况工作,从而改善燃烧过程,减少废气排放量。ZF公司生产的CVT装车进行测试,其废气排放量比安装四档AT的汽车减少约10%。

4) 降低成本。CVT结构简单,零部件数量比普通AT少,CVT的成本将会比AT低。随着大规模生产以及系统、材料的革新,CVT零部件(如传动带或传动链、主动轮、从动轮和液压油泵)的生产成本将降低20%~30%。

5) 改善驾驶舒适性能。安装无级变速器系统以后,可以在保证发动机具有最佳动力性能的同时实现无级变速,使驾驶员能够真正享受轻松驾驶的感受。

### 2. 无级变速器与自动变速器的主要区别

目前,在汽车上广泛使用的自动变速器技术是将变矩器和行星齿轮机构组合的自动变速器技术,但这种组合还存在着明显的缺陷:传动比不连续,只能实现分段范围内的无级变速,同时靠液力传递的动力效率影响了整车的动力性能和经济性能。

CVT的突出特点是采用传动带和工作直径可变的带轮与普通齿轮式变速器传递动力。无级变速器里的行星齿轮机构、离合器和制动器,只负责前进档和倒档的转换,而车速的变化最终是通过带轮活动面上的位移来实现的。

传统的 CVT 采用的是没有增大转矩作用的电磁离合器,在起步时缺乏强有力的转矩,起步加速性较差。目前 Hyper CVT 采用了液压变矩器,其有增加转矩的作用使起步加速性能有了很大的提高。液压变矩器的超低转矩使传统 CVT 所不擅长的斜坡起步和倒车入库等性能也得到了提高。

装配自动变速器的发动机没有传统的发动机飞轮,是用液力变矩器附带连接板替代飞轮工作,装配无级变速器的发动机有两个飞轮。无级变速器和自动变速器主要区别如下。

- 1) 无级变速器内一般没有液力变矩器。但部分轿车也装有液力变矩器,如日产汽车等。
- 2) 自动变速器 D 位上前进档的升降是靠变换离合器、制动器和单向离合器对行星齿轮机构的连接、固定和锁止来完成的。自动变速器 D 位上前进档的升降是通过换档阀实现的。而无级变速器的变速通过对带轮活动面施加不同的压力来改变传动比实现的。
- 3) 自动变速器输入轴、中间轴和输出轴位于同一个轴线上,而无级变速器则采用四根平行轴。
- 4) 自动变速器的安全缓冲装置是为了防止换档冲击,而无级变速器的安全缓冲装置只负责起步的平稳。
- 5) 无级变速器只是起步档由离合器和制动器控制,前进档和倒档的转换由离合器和制动器完成。在变速器内有一个负责前进档的离合器和一个负责倒档的制动器。所以,离合器和制动器的摩擦明显小于自动变速器,变速器的工作温度明显低于自动变速器。自动变速器由于离合器和制动器烧蚀以及油液氧化带来的一系列故障,在无级变速器中都不会发生。所以,无级变速器的故障率低于自动变速器。
- 6) 无级变速器控制单元和控制阀一样,装在变速器内部。
- 7) 电控液力自动变速器主要是由液力变矩器和齿轮变速器两大部分组成,它能根据节气门的开度和车速的变化自动进行换档。与 CVT 相比,液力自动变速器最大的不同是在结构上,即它是由液压控制的齿轮变速系统构成的。因此,液力自动变速器并不是真正的无级变速器,而是有档位的,仅是在两档之间的无级变速。而 CVT 则是由两组变速轮盘和一条传动带组成的。CVT 采用传动带和工作直径可变的主、从动轮相配合传递动力,可以自动改变传动比,实现传动比的全程无级连续改变,没有传统变速器换档时那种“停顿”的感觉,从而得到传动系统与发动机工况的最佳匹配,提高车辆的燃油经济性和动力性,改善驾驶者的操纵方便性及乘坐舒适性。
- 8) 从控制上看,最大的区别是速比的变换。手动变速器的速比变化靠驾驶员来实现,而且各档速比是固定不变的;液力自动变速器不是无级变速器,是有级变速器的自动控制,自动变速器虽然能自动选择合适的速比点,但它各档速比是固定不变的,只能相邻两档之间实现短暂的无级调节;而无变速器(CVT)的速比变化是连续性的,允许从大速比到最小速比之间做无级调节。也就是说,无级变速器(CVT)的前进档位是由无数个速比点组成的,速比范围很宽。
- 9) 自动变速器(AT)则是由于复杂的行星排和众多的换档执行元件以及非常复杂的液压控制系统组成。无级变速器(CVT)结构比传统变速器简单,体积小,它既没有手动变速器的众多齿轮,也没有自动变速器复杂的行星齿轮组,它只需两组变速滑轮,就能实现无数个前进档位的无级变速。
- 10) 它们共同特点是:换高档和换低档的最主要的参考信号都是发动机负荷信号和车速

信号的组合。

11) 无级变速器在使用过程中还有不够理想的地方,例如起步和低速行驶时会有种无级变速器独特的滞涩、不圆滑的感觉。在紧急停车后再起步时,偶尔会发生低速无法起步的现象。

12) 无级变速器的主要传感器和控制单元装在一起,有故障后需更换时要连同控制单元一起更换,对于故障诊断比自动变速器要容易,但维修成本明显增加。

13) 控制系统中存在着不足,主要是变速控制、传动带夹紧力控制和起步控制等方面。

## 第二节 无级变速器的结构与原理

### 一、无级变速器的结构

#### 1. 无级变速器的结构

1) 无级变速器的组成。无级变速器由电控系统、液压控制系统、传动装置、速比调节装置、安全缓冲装置和金属带组成。金属带式无级变速器的结构如图 2-1 所示。

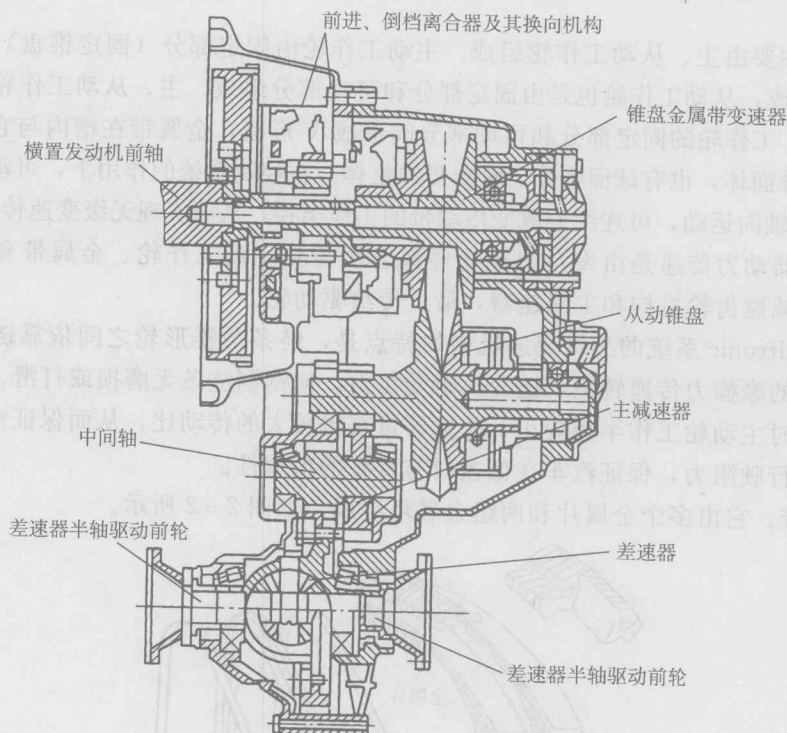


图 2-1 金属带式无级变速器的结构

汽车的横置发动机通过变速器壳内的离合器与换向机构带动金属带锥盘变速器、主减速器、差速器和差速器半轴齿轮等,通过半轴带动左右万向节轴驱动前轮。

无级变速器的变速控制大部分采用钢带来传递动力,只有奥迪轿车使用德国卡赛尔生产的型号为 01J 型 MuLtitronic 无级变速器采用钢链作为变速动力传递元件。无论是传动钢带

还是传动链,各种无级变速器的区别主要在动力连接(起步装置)方式上。

电磁离合器式无级变速器由于重量和尺寸较大并且热负荷能力低,一般仅用于小排量微型车上,目前这种形式已经被淘汰。

目前最为常见的是电子控制湿式摩擦片式和液力变矩器式无级变速器两种,如奥迪轿车所使用的是电子控制湿式摩擦片式,而日产轩逸轿车则使用液力变矩器式的。电子控制湿式摩擦片式结构尺寸较小、能量损失较小、响应快,主要应用中、小排量轿车上。液力变矩器式起步转矩大,坡道起步、怠速爬行及低速加速性能较好,容易驾驶,而且能够减轻因发动机转矩不均匀所引起的振动和冲击。

一般无级变速器采用两组或三组液压摩擦元件(离合器和制动器)即可,而所有轿车无级变速器均采用一组行星排,目的是实现倒车功能。目前在国产车型上的无级变速器行星排有两种结构:一种是单级单排,如广本飞度、日产天籁和轩逸轿车;另一种是双级单排,如奥迪和菲亚特轿车。

2) 无级变速器的速比调节装置。CVT的关键部件为无级变速机构,其作用是使变速器在多种传动比之间连续调整,最终自动选用最佳传动比,使发动机始终处于理想传动比范围之内。

变速机构主要由主、从动工作轮组成。主动工作轮由固定部分(固定锥盘)和可动部分(可动锥盘)组成,从动工作轮也是由固定部分和可动部分组成。主、从动工作轮的可动部分可做轴向移动;工作轮的固定部分和可动部分间形成V形槽,金属带在槽内与它啮合;工作面大多为直线锥面体,也有球面锥体、复合母线锥体。在控制系统的作用下,可动锥盘依靠钢球-滑道结构做轴向运动,可连续地改变传动带的工作半径,从而实现无级变速传动。

无级变速器动力传递是由发动机飞轮经离合器传到主动工作轮、金属带和从动工作轮后,再经中间减速齿轮机构和主减速器,最后传给驱动轮。

奥迪 Multitronic 系统的无级变速机构的特点是,链条与锥形轮之间依靠链销两端与锥形轮之间产生的摩擦力传递转矩,链片只承受拉力,使钢制链条无磨损或打滑。

汽车起步时主动轮工作半径较小,变速器可获得较大的传动比,从而保证汽车有足够的牵引力可克服行驶阻力,保证汽车在低速时有良好的加速性。

3) 金属带。它由多个金属片和两组金属环组成,如图 2-2 所示。

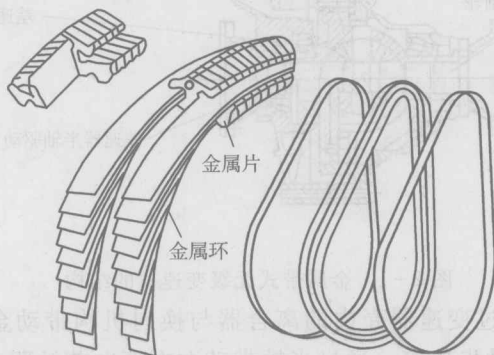


图 2-2 VD 金属带的组成

金属带式无级变速器的核心元件是金属带组件。金属带组件由两组 9~12 层的钢环组和 350~400 片摩擦片组成,其中钢环组的材料、尤其是制造工艺是最难的,各层带环之间

无间隙配合。以前只有荷兰 VDT 公司掌握这种工艺, 现在我国沈阳越士达无级变速器有限公司掌握了这项技术, 并建成了一条示范性生产线。

## 2. 无级变速器主要组成部分

(1) 液压控制系统 液压控制系统主要由油泵、主阀体、控制阀、离合器和制动器等组成。有的轿车无级变速器还装有液压变矩器, 例如日产天籁轿车。

1) 无级变速器的控制阀包括主阀体和控制阀。主阀体通常由螺栓固定在飞轮壳上, 控制阀则装在变速器内的控制单元旁边。

无级变速器的控制阀按装配位置不同分为以下两种:

①控制阀和变速器油泵装在一起, 固定在发动机的飞轮上。该控制阀上有 11 个滑阀, 分别为: PH 调压阀、PH 换档阀、润滑油压调节阀、手控制阀、前进档锁定阀、倒档锁定阀、起步离合器转换阀、起步离合器后备阀、起步离合器减压阀、起步离合器蓄压器以及冷却系控制阀。该控制阀主要作用有: 控制前进档离合器和倒档制动器的接合和分离; 调节离合器的工作压力; 对离合器提供冷却; 控制带轮活动面的接触压力, 进而控制传动比; 为飞溅润滑罩提供油液限制和控制油液压力, 以保护机件和提高油泵工作效率。

②装在控制单元旁边的主要有: 起步离合器阀、主动轮控制阀、从动轮控制阀、手控阀、施压阀、安全阀以及流量控制阀。无级变速器的三个电磁阀也装在该阀体上。

2) 电液控制系统。目前 CVT 电液控制系统主要有单压力回路和双压力回路两种。荷兰 VDT 公司所研制的 CVT 所采用的是单压力回路, 而日本的 Honda 公司研制的 CVT 则采用双压力回路。

①单压力回路液压系统。单压力回路控制原理如图 2-3 所示。主、从动缸采用同一个液压源。目前国内的研究基本上都是基于单压力回路系统。

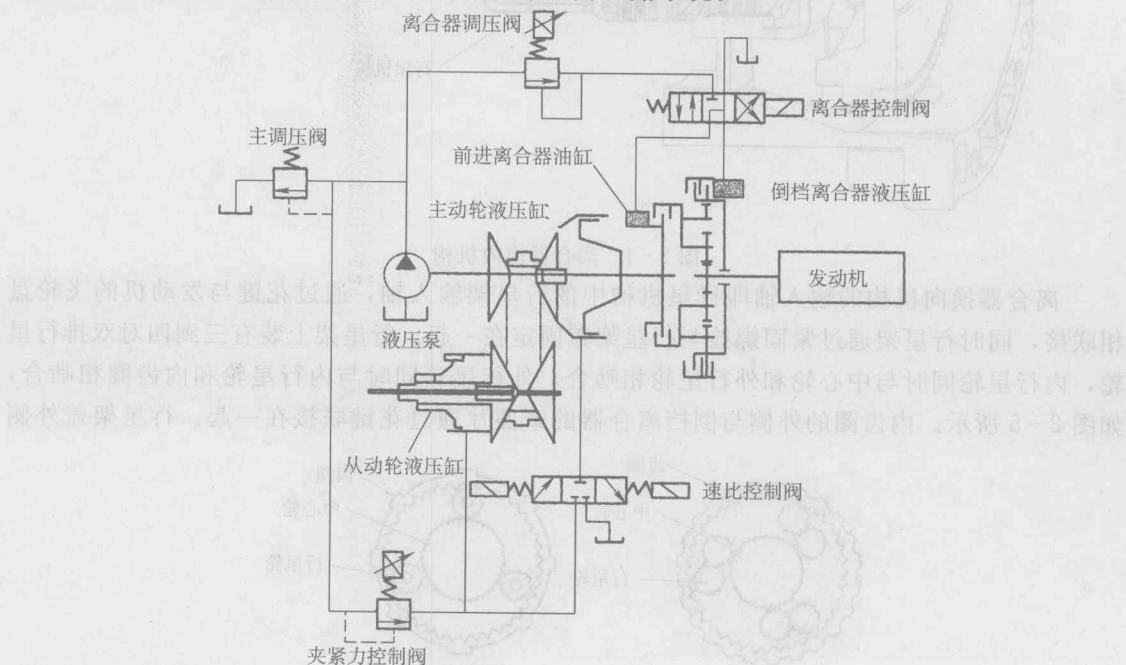


图 2-3 单压力回路液压原理

②传统的双压力回路。双压力回路是采用了单一液压源来提供压力，和单压力回路相比，它增加了起步离合器，可以使得汽车即使处于停车的状态，CVT 传动装置仍能够正常改变速比到最大值。

3) 离合器和制动器。无级变速器主动轮与中间轴主动轮的啮合与分离是靠起步离合器完成的。前进档和倒档的转换是靠前进档离合器和倒档制动器的接合与分离完成的。目前，摩擦片式离合器为绝大部分汽车所采用，行星轮式换档机构，可靠性高，也被很多汽车所采用。因此，在汽车无级变速器中通常采用的离合器换向机构，是由摩擦片式离合器和行星轮式换档机构所组成，它一般由前进档离合器、倒档离合器和行星齿轮机构所组成，如图 2-4 所示。

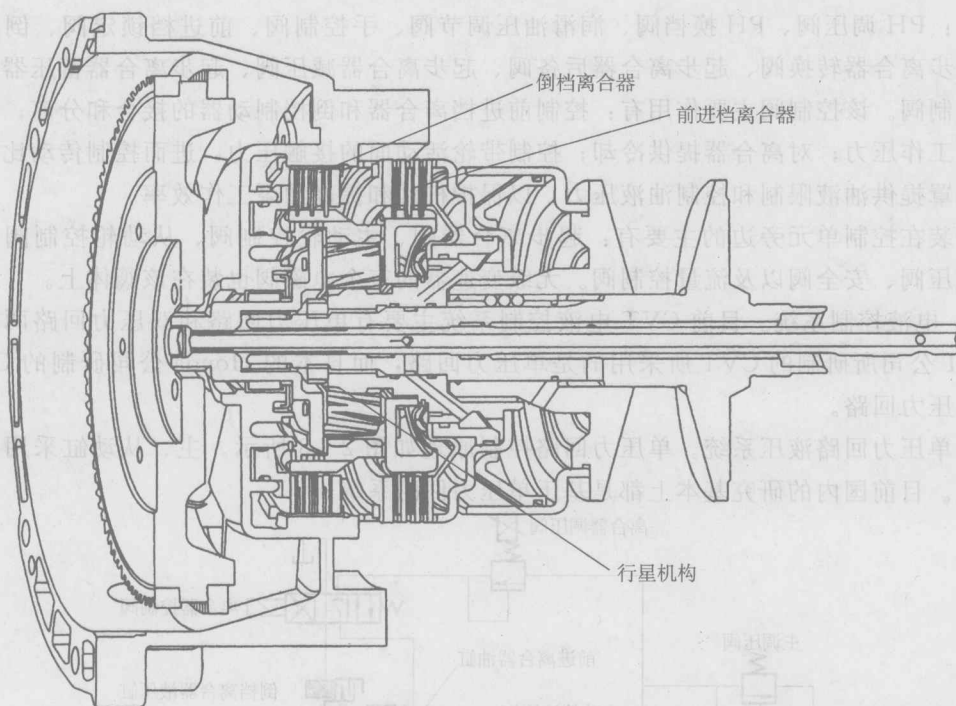


图 2-4 离合器换向机构

离合器换向机构的输入轴即行星机构中的行星架输入轴，通过花键与发动机的飞轮盘相联接，同时行星架通过紧固螺栓与行星架盖固定在一起。行星架上装有三到四对双排行星轮，内行星轮同时与中心轮和外行星轮相啮合，外行星轮同时与内行星轮和内齿圈相啮合，如图 2-5 所示。内齿圈的外侧与倒档离合器的摩擦片通过花键联接在一起。行星架盖外侧

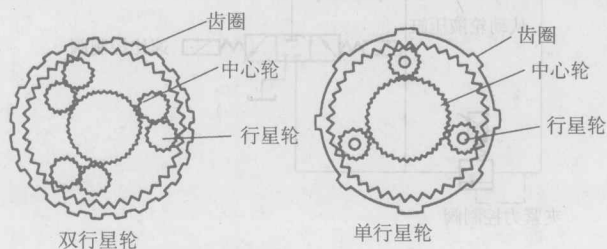


图 2-5 行星机构

与前进离合器的摩擦片也通过花键联接的。在前进和倒档离合器的摩擦片与压盘之间装有摩擦片压盘，并分别由前进离合器液压缸和倒档离合器液压缸来实现摩擦片的夹紧和分离。

发动机的动力由发动机的飞轮盘通过行星架的输入轴传递到行星架上，然后再通过行星架盖和前进档离合器直接传递到变速器的一轴（前进状态）；或者通过内齿圈和倒档离合器的固定作用，将动力传递给两排行星轮，再传递给中心轮，最后传递到变速器的一轴（倒档状态），从而实现汽车的前进和倒档。

在汽车倒档时，首先前进离合器的液压缸迅速泄压，使前进离合器的摩擦片与压盘迅速分离，然后倒档离合器的液压缸开始工作，将倒档离合器的摩擦片与压盘平稳柔和地压紧。前进离合器的分离切断了发动机的动力，直接传递到变速器一轴的途径，倒档离合器的接合使内齿圈与变速箱的箱体固定在一起。发动机的动力由行星架直接传递到两排行星轮上，同时在固定的内齿圈作用下，经过两排行星轮的反向作用，再将动力传至中心轮，最后由中心轮传递给变速器的一轴，从而改变变速器的一轴转向。

在汽车前进时，要先使倒档离合器的液压缸迅速泄压，使倒档离合器的摩擦片与压盘迅速分离，然后前进离合器的液压缸开始工作，将前进档离合器的摩擦片与压盘平稳柔和地压紧。倒档离合器的分离使内齿圈和行星轮均做自由运动，使其不能传递给中心轮任何动力，前进档离合器的接合使行星架与中心轮固定在一起。发动机的动力由行星架直接传递到中心轮上，再由中心轮传递给变速器的一轴，从而实现变速器的一轴正向转动。

汽车无级变速器中的前进、倒档离合器是一种湿式液压多片式离合器。离合器靠液压缸活塞压力进行传递转矩。当泄压时，活塞靠回位弹簧返回。多片式离合器因能获得较大的摩擦面积，所以能够传递较大的转矩。根据离合器的摩擦片的数量，很容易改变其所传递的转矩的能力。

4) 液力变矩器。液力变矩器是较早用于汽车传动的无级变速器，成功地用于高档汽车的传动中。由于传动效率较低，且变速比大于2时效率急剧下降，经常仅在有级（2~3档）变速器的两档中间实现无级变速，因此未能推广。目前经常作为起步离合器在汽车传动中使用。

目前汽车用无级变速传动装置主要可分为串接液力变矩器和不串接液力变矩器两种。

采用液力变矩器并不在于改善汽车在良好路面上的动力性，而是操作简便，起步、换档平顺，且发动机不易熄火。不采用液力变矩器无级变速传动装置，则必须在汽车起步的控制上采取一定的控制装置，保证汽车起步离合器结合动力平顺，结合时发动机不熄火、不空转，具有可靠的低速爬行功能。

液压泵为传动系提供控制、冷却和润滑的液压油源。它与自动变速器油泵的结构和工作原理相同。常用的液压泵有齿轮泵和叶片泵两种，为了提高液压泵的工作效率，在最近开发的CVT中采用了滚子叶片泵。

在CVT的传动中，由于液力变矩器的效率低，液力变矩器只是作为起步离合器作用，车速达到一定速度后，锁止离合器将液力变矩器锁止，但是锁止离合器还需要一个小泵支持。

由于液力变矩器的效率低，在有的CVT的传动中，采用普通的湿式摩擦片式离合器，在液压系统中增加压力控制环节，同样可以实现柔顺起步的功能，如德国Audi和ZF公司的CVT。