

最新

汽车无级变速器 结构原理与维修

栾琪文 于京诺 主编



ZUIXINQICHEWUJI
BIANSUQIJIEGOUYUANLI
YUWEIXIU

辽宁科学技术出版社

最新汽车无级变速器 结构原理与维修

栾琪文 于京诺 主编



辽宁科学技术出版社

· 沈 阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

最新汽车无级变速器结构原理与维修/栾琪文, 于京
诺主编. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2007.5

ISBN 978-7-5381-4803-9

I. 最… II. ①栾…②于… III. ①汽车-无级变速
装置-结构②汽车-无级变速装置-车辆修理 IV. ①
U463.212.03②U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 137190 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 22.75

字 数: 50 万

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2007 年 5 月第 1 版

印刷时间: 2007 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑: 董 波

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 王玉宝

ISBN 978-7-5381-4803-9

定 价: 39.00 元

编辑部电话: 024-23284062

邮购热线: 024-23284502 23284357

E-mail: elecom@mail.lnpgc.com.cn

http: //www.lnkj.com.cn

前 言

汽车无级变速器已有 100 多年的历史，以前的无级变速器因为存在传递功率有限，离合器工作不稳定，液压油泵、传动带和夹紧机构的能量损失大等缺点，所以未被广泛采用。进入 20 世纪 90 年代，汽车无级变速器技术得到了迅速发展，并进入了实用阶段。

现在，丰田、日产、本田、福特、通用、菲亚特、奥迪等公司生产的很多轿车（特别是混合动力汽车）都装配无级变速器，全世界无级变速器轿车的年产量已超过 50 万辆。目前，国内已有奥迪 A6、奥迪 A4、南京菲亚特、广州本田飞度、一汽丰田普瑞斯和东风日产轩逸等轿车采用了无级变速器。无级变速器技术是汽车的前沿技术，汽车维修人员只有掌握它，才能跟上时代发展的步伐，但现在了解它的人不多，掌握它的人更少。为满足广大维修人员的需要，我们编写了这本《最新汽车无级变速器结构原理与维修》。

本书的特点是：

(1) 车型新，车型全。本书不仅介绍了保有量大的轿车（如奥迪 A6 和广州本田飞度等）的无级变速器，而且还介绍了最新款轿车（如一汽丰田普瑞斯和东风日产轩逸等）的无级变速器。

(2) 内容丰富，可读性强。本书首先系统性地介绍了无级变速器的基本结构和工作原理，然后详细介绍了各种国产轿车无级变速器的维修知识。

本书由栾琪文和于京诺主编，姚美红和沈世荣为副主编，参加编写的人员还有林忠玲、路方、贺鸿、杨大好、迟文东、林红旗、刘建功、林刚、陈涛、王晓勇、曲红梅、栾黎丽、汤云涛、白宗宝、麻常选、孙振萍、刘梅、刘国钰、栾明明、王伟丽、常勇、郑利民、张明阳等，参加描图的人员有高义双、刘毅、高峰、王翠麟、高义奎等。

由于水平所限，时间仓促，书中不当和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 无级变速器的分类	1
第二节 无级变速器的使用特性	1
一、CVT 对汽车动力性的影响	1
二、CVT 对汽车经济性的影响	2
三、CVT 对汽车排放性的影响	2
四、CVT 对汽车成本的影响	2
第三节 无级变速器技术的发展趋势	2
一、CVT 部件的技术发展	2
二、CVT 性能的改善	2
三、发动机与 CVT 集成控制	2
四、混合动力 CVT 传动系	3
第二章 无级变速器的结构和原理	4
第一节 V 形钢带无级变速传动的基本原理	4
一、V 形钢带无级变速传动装置的变速原理	4
二、V 形钢带的结构和传动原理	4
第二节 典型 V 形钢带无级变速器的结构和工作原理	5
一、福特 Fiesta 无级变速器	6
二、日产 REOF05A 无级变速器	8
第三节 无级变速器的传动特性	14
第三章 广州本田飞度轿车无级变速器	17
第一节 概述	17
第二节 结构与工作原理	18
一、机械机构	18
二、液压系统	25
三、电子控制系统	34
第三节 故障诊断与试验	46
一、故障自诊断	47
二、故障码诊断	49
三、电路故障诊断	64
四、PCM 插接器端子电压检测	70
五、故障征兆诊断	72
六、变速器试验	82
第四节 变速器的检修	87
一、部件检修	87
二、变速器总成的拆卸与安装	101
三、变速器的分解、检测和组装	110

第四章 奥迪 A6、A4 轿车 01J 无级变速器	135
第一节 概述	135
一、01J 无级变速器的技术规格	135
二、01J 无级变速器的动力传递	135
第二节 无级变速器结构	137
一、机械传动部分	137
二、电控系统	142
三、液压操纵系统	154
第三节 01J 无级变速器自诊断	165
一、故障码诊断	165
二、执行元件诊断	175
三、电控单元编码	176
四、自适应	177
五、数据流	178
第四节 01J 无级变速器电控单元检测	179
一、电控单元端子说明	179
二、电控单元端子检测	180
第五节 01J 无级变速器的检修	180
一、变速器的拆装	180
二、选挡操纵机构的检查、拆卸和维修	196
三、电器部件及其安装位置	205
四、分解和组装变速器	207
第六节 电路图和油路图	216
一、01J 无级变速器电路图	216
二、油路图	220
第五章 丰田普瑞斯轿车混合动力系统和无级变速器	221
第一节 概述	221
一、总体介绍	221
二、技术参数	221
第二节 混合动力系统工作原理	222
一、混合动力系统概述	222
二、丰田混合动力系统	222
三、混合动力汽车制动控制系统	232
第三节 无级变速器检修要点	236
一、电控元件位置图	236
二、故障码表	238
三、电控单元端子图和端子检测表	265
四、无级变速器车上检查	275
第四节 无级变速器的拆装和检修	277
一、无级变速器结构	277
二、无级变速器检修注意事项	278
三、无级变速器拆卸	278

四、无级变速器安装	283
五、输入轴总成检修	292
六、从动链轮和中间轴主动齿轮检修	294
七、差速器主动小齿轮检修	294
八、变速器主动链轮分总成检修	296
第五节 电路图	298
第六章 菲亚特轿车无级变速器	302
第一节 总体介绍	302
一、结构特征	302
二、操作规范	302
第二节 无级变速器结构	304
一、变速器—差速器单元剖面视图	304
二、各零部件结构	305
三、无级变速器液压系统的工作过程	310
第三节 电控系统	312
一、传感器	312
二、电控系统电路图	313
三、输入/输出信号	313
四、控制功能	314
第七章 东风日产轩逸轿车无级变速器	315
第一节 结构	315
一、电控元件位置图	315
二、变速器内部结构	316
三、无级变速器控制模式	317
四、无级变速器控制系统主要部件检修	318
第二节 故障诊断与 CVT 试验	322
一、安全—失效模式检测	322
二、数据流	323
三、故障码表	325
四、故障码诊断	326
五、CVT 检查和试验	335
第三节 无级变速器检测	337
一、拆卸与检查	337
二、换挡锁止系统检测	338
三、换挡控制系统	340
第四节 电控单元端子图、电路图和常见故障诊断	343
一、电控单元端子图和端子检测表	343
二、电路图	346
三、常见故障诊断	349
第八章 无级变速器故障诊断与排除	354
第一节 基本检查	354
一、问诊	354

二、直观检查	354
三、无级变速器油位检查	354
第二节 无级变速器试验、电控系统和机械系统检修	355
一、无级变速器试验	355
二、无级变速器电控系统检修	355
三、无级变速器机械系统检修	355

第一章 概 述

第一节 无级变速器的分类

无级变速器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。无级变速器的英文是 Continuously Variable Transmission，简称 CVT。

根据无级变速器工作原理的不同，无级变速器可以分为机械无级变速器、液压无级变速器和电气无级变速器。

机械无级变速器又可分为摩擦式、链式、带式 and 脉动式 4 种。

摩擦式无级变速器的变速传动机构由各种不同几何形状的刚性传动元件组成，利用主、从动元件（或通过中间元件）在接触处产生的摩擦力进行传动，并通过改变接触处的工作半径实现无级变速。由于这类变速器除了利用摩擦力之外，还可以利用润滑油膜牵引力进行传动，故通常也把它称为牵引（式）传动。但是，牵引传动实际上只有当接触区处于液体润滑状态时才能实现，而一般变速器大都处于混合润滑状态，达不到液体润滑状态要求，所以它主要还是依靠摩擦力进行传动。

链式无级变速器的变速传动机构由主、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，其锥盘接触面制有浅齿槽，故与链条接触时形成准啮合式，其作用是减少张紧力和滑动率。

带式无级变速器与链式无级变速器相似，它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。

脉动式无级变速器的变速传动机构主要由三至五相连杆机构组成，或者是连杆与凸轮和齿轮等机构的组合，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）。

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 形带无级变速器两类。

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 形钢带无级变速器两类。

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、工作寿命长等优点而被用在现代汽车上。

第二节 无级变速器的使用特性

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、经济性和排放性能。由于 CVT 结构简单，还可以降低成本。

一、CVT 对汽车动力性的影响

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，汽车的动力性越好。无级变速器工作时的传动比由电脑控制，电脑根据车速和节气门开度等信号确定最佳的传动

比，因此，可以在急加速或爬坡时使变速器有最佳的传动比，获得最大的后备功率，因此，CVT 的动力性能明显优于手动变速器（MT）和普通自动变速器（AT）。表 1—2—1 为安装 4AT（4 速自动变速器）和 CVT 的克莱斯勒 Voyager 小客车的动力性比较，安装 CVT 的汽车拥有更佳的动力性。

二、CVT 对汽车经济性的影响

CVT 可以在相当宽的范围内实现无级变速，从而获得传动系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，提高了整车的燃油经济性。德国大众公司在自己的 Golf VR6 轿车上分别安装了 4AT 和 CVT 进行 ECE（欧洲经济委员会）市区循环和 ECE 郊区循环测试，证明 CVT 能够有效节约燃油，试验结果见表 1—2—2。

三、CVT 对汽车排放性能的影响

CVT 的速比范围大，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 公司将自己生产的 CVT 装车进行测试，其废气排放量比安装 4AT 的汽车减少大约 10%。

四、CVT 对汽车成本的影响

CVT 结构简单，零部件数量比普通 AT 少，一旦汽车制造商大规模生产，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%。

第三节 无级变速器技术的发展趋势

一、CVT 部件的技术发展

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。由于产品数量的迅速增加，伴随产品过程的进一步自动化，成本会大幅降低。

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。

滑轮优化设计将不仅减小系统的质量和降低成本，而且保证在主、从动带轮和传动带之间传递转矩最大。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。

因为越来越多的 CVT 进入市场，制造商已经开始研究开发 CVT 专用变速器工作液，这将使 CVT 工作特性进一步优化。

二、CVT 性能的改善

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

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

三、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

表 1—2—1 装有 4AT 和 CVT 的克莱斯勒
Voyager 小客车动力性比较

项 目		4AT	CVT
加速时间（s）	0 ~ 30km/h	2.5	2.5
	0 ~ 100km/h	13.2	12.2

表 1—2—2 装有 4AT 和 CVT 的大众公司
Golf VR6 汽车的燃油消耗对比

运行条件	试验油耗（L/100km）	
	4AT	CVT
ECE 市区循环	14.4	13.2
ECE 郊区/远程循环	10.8	9.8
90km/h 匀速	8.3	7.0
120km/h 匀速	10.3	9.2

和排放进一步降低。带有集成发动机管理单元的第一个 CVT 传动系原型已经进行了行驶循环测试。

四、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设计中扮演重要角色。采用 CVT 传动系的混合动力汽车的油耗有可能减少 30%，排放有可能降低 50%。

第二章 无级变速器的结构和原理

V 形钢带无级变速器采用 V 形金属挠性件作为传动部件，借助于摩擦来进行传动。V 形钢带无级变速传动具有传动效率高、传递功率大、工作寿命长等优点，近年来应用得越来越多。

V 形钢带无级变速传动所使用的 V 形钢带是 V 形带刚性化的结果，故这种钢带又称为 V 形导带活节链或 V 形锥块金属链，由于其更具有传动带的特征，所以将这种传动归于带式无级变速传动。V 形钢带无级变速传动现在逐渐应用于多种汽车变速器中，并结合电、液自动控制与计算机技术，实现了自动控制机械无级变速传动，使得汽车的行驶和操纵性大大改善，显示出了广阔的应用前景。

第一节 V 形钢带无级变速传动的基本原理

V 形钢带无级变速传动装置由主动带轮、从动带轮和 V 形钢带组成，如图 2—1—1 所示。主、从动带轮都是由固定锥盘和移动锥盘两部分组成，V 形钢带主要由楔形金属块和钢质环带组成，V 形钢带在主、从动带轮之间传递动力。

一、V 形钢带无级变速传动装置的变速原理

V 形钢带无级变速传动装置在进行变速时，主、从动带轮轴之间的距离保持不变，主、从动带轮的移动锥盘相对于其固定锥盘进行移动，移动锥盘的移动通常靠液压装置完成，当主动带轮的移动锥盘靠近其固定锥盘时，从动带轮的移动锥盘则相应地向离开固定锥盘的方向移动。这种移动会使 V 形钢带做整体平移，改变主、从动带轮与 V 形钢带的接触摩擦节圆直径，主动带轮的传动半径增大，从动带轮的传动半径减小，因而传动比变小。反之，当从动带轮的移动锥盘靠近其固定锥盘时，主动带轮的移动锥盘则相应地向离开固定锥盘的方向移动，传动比将变大。由于主、从动带轮的传动半径尺寸可在一定范围内连续变化，因此，该装置可实现传动比连续变化的无级变速传动。

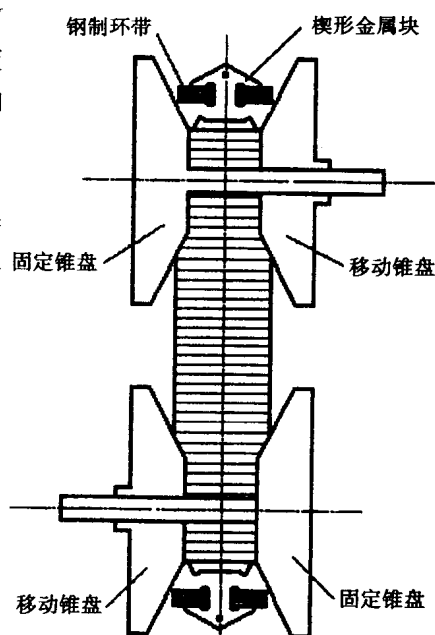


图 2—1—1 V 形钢带无级变速传动装置

二、V 形钢带的结构和传动原理

1. V 形钢带的组成与结构

V 形钢带是由数百片薄的楔形金属块和两组钢质环带组合而成，其结构如图 2—1—2 所示。楔形金属块厚度约为 2mm，两端的 V 形侧面与带轮 V 形槽接触产生摩擦作用。钢质环带是厚度约为 0.2mm 的薄钢片环，数条钢质环带叠合嵌入楔形金属块上部两侧的缺口中，数百片楔形金属块连成一体，形成一条挠性 V 形钢带。

荷兰 VDT 公司的 P821 型 V 形钢带由 280 块楔形金属块和两组钢质环带组成。每组钢质环带由 10 条钢质环带叠合而成，每条钢质环带的厚度为 0.2mm，宽度为 9mm。楔形金属块的宽度为 24mm，高度为 14.5mm，厚度为 2mm。这种 V 形钢带横向具有非常好的刚性，纵向又有非常好的挠性，承载能力强，使用寿命长，尺寸小，重量轻，可用于高转速场合，其输入转速可高达 7000r/min，传递转矩可达 250N·m。

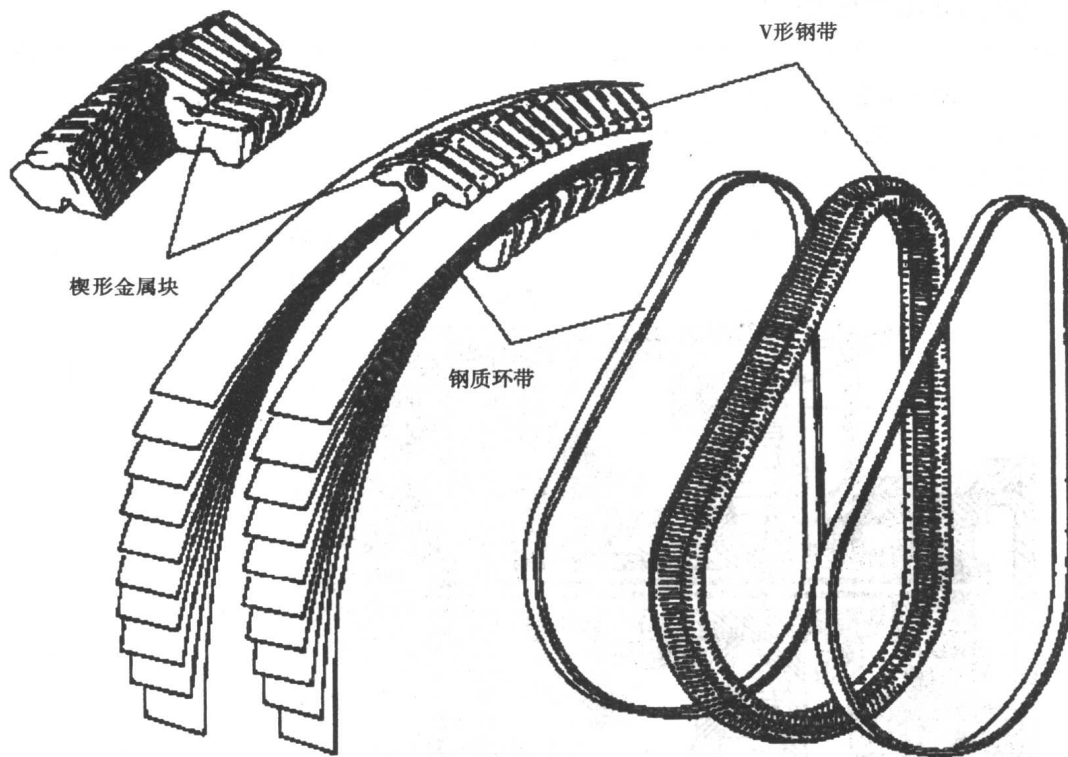


图 2—1—2 V 形钢带的组成与结构

2. V 形钢带的传动原理

V 形钢带无级变速传动原理与 V 形胶带无级变速传动类似，都是借助带与带轮侧面之间的摩擦力进行动力传递，但 V 形胶带传动是由带的张紧力产生摩擦力，并通过带的拉力来传递动力，而 V 形钢带传动是由钢质环带的张紧力来产生摩擦力，不是依靠带的拉力来传递动力，而是通过楔形金属块的推力来传递动力。

在工作过程中，V 形钢带主动带轮一侧的楔形金属块由于受带轮与楔形金属块斜面间的摩擦力作用而向前运动，并挤压其前面的楔形金属块，于是两者之间产生挤压力。随着楔形金属块由接触的始端向末端运动，这种挤压力就在整个 V 形钢带的紧边（金属块压紧边）建立起来。而在从动带轮一侧，通过楔形金属块斜面对带轮的摩擦力带动从动带轮转动。在这一过程中，在 V 形钢带的松边，作用在前面楔形金属块上的挤压力逐渐减小，到最后挤压力消失，楔形金属块之间出现间隙；在 V 形钢带的紧边，楔形金属块一个推压一个，后面的楔形金属块推动前面的楔形金属块而产生多米诺效应，将动力由主动带轮传递到从动带轮。由于楔形金属块主要承受压力，因此，称这种楔形金属块 V 形钢带为压力带。

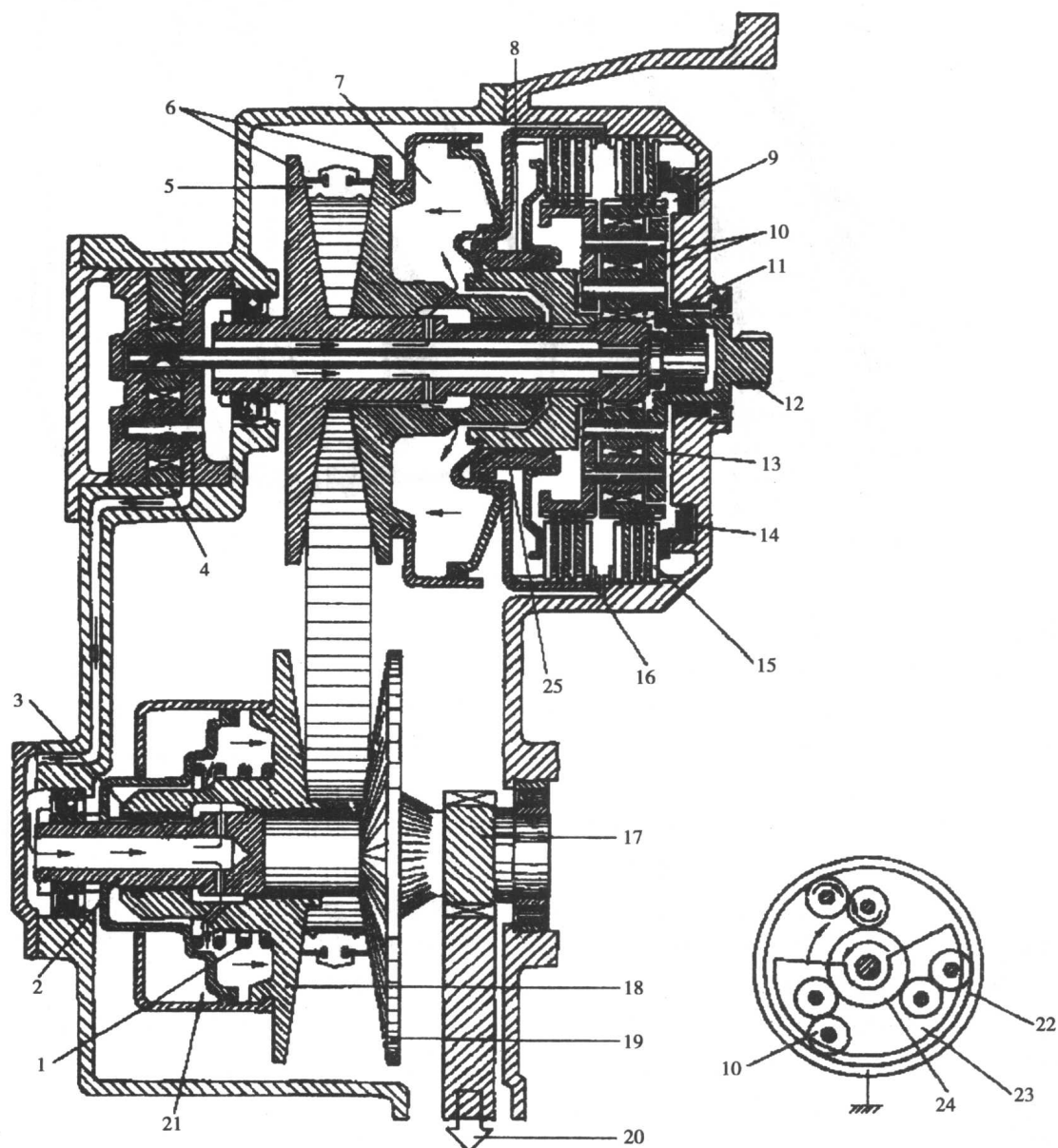
此外，钢质环带由于嵌入楔形金属块的缺口中，它们之间也产生摩擦作用。钢质环带不仅是楔形金属块的运动轨道，而且其本身也有传力的功能。在 V 形钢带的紧边，因楔形金属块的挤压作用，楔形金属块与钢质环带产生摩擦；在 V 形钢带的松边，因楔形金属块之间存在间隙，挤压作用消失，故钢质环带只产生拉伸作用，即形成所谓的拉伸带。这就是所谓的拉、压带理论。由此可见，V 形钢带与 V 形橡胶带传动原理不完全相同。

第二节 典型 V 形钢带无级变速器的结构和工作原理

各种汽车上的 V 形钢带无级变速器的结构基本相同，下面以美国福特汽车公司的 Fiesta 小客车采用的无级变速器和日产 REOF05A 无级变速器为例介绍 V 形钢带无级变速器的结构和工作原理。

一、福特 Fiesta 无级变速器

Fiesta 小客车发动机排量为 1.6L，最大扭矩为 $140\text{N}\cdot\text{m}$ (2800r/min)，最大功率为 78kW (6000r/min)。无级变速器变速范围为 5.5。无级变速器由一组行星齿轮机构、倒挡多片摩擦式制动器、前进挡多片摩擦式离合器、V 形钢带无级变速传动装置、齿轮减速器、齿轮油泵及液压加压系统等组成，如图 2—2—1 所示。



1—回位弹簧 2—从动带轮轴 3—滚动花键 4—齿轮油泵 5—楔形金属块 6—主动带轮的固定和移动锥盘 7、21—伺服油缸 8—前进挡离合器伺服活塞 9、22—齿圈 10—行星齿轮 11、24—太阳轮 12—动力输入轴 13、23—行星架 14—倒挡伺服活塞 15—倒挡多片摩擦式制动器 16—前进挡多片摩擦式离合器 17—输出轴小齿轮 18—从动带轮移动锥盘 19—从动带轮固定锥盘 20—中间减速齿轮 25—支撑盘

图 2—2—1 Fiesta 小客车钢带无级变速器的结构

该无级变速器采用了 VDT 的 P811 V 形钢带，其结构与上述的 P821 V 形钢带相同。无级变速器的主、从动带轮都由固定锥盘和活动锥盘组成。主动带轮的固定锥盘与行星齿轮机构的太阳轮连成一体，为无级变速器动力输入件。主动带轮的移动锥盘可在液压油的驱动下做轴向移动，

以便对 V 形钢带施压，从而改变 V 形钢带在带轮 V 形槽内的径向位置。从动带轮的移动锥盘也可在液压油的驱动下做轴向移动，并与主动带轮的活动锥盘的轴向移动相配合，获得所期望的传动比。

此外，主、从动带轮的移动锥盘与主、从动轴均通过花键连接。为了减少摩擦损失，采用滚珠花键结构，即在花键槽中放有滚珠，将滑动摩擦变成滚动摩擦，提高了传动效率。

从动带轮的活动锥盘内的回位弹簧，在液压系统卸压、汽车停驶后推压活动锥盘接近固定锥盘，从而使钢带处于从动带轮槽中的最大半径处，以便在汽车重新起步时获得较大的驱动力，有利于克服汽车起步时的巨大惯性力。

主动带轮的活动锥盘与从动带轮的活动锥盘必须布置在 V 形钢带的左、右两侧，而不是布置在同一侧，否则在变速过程中会使 V 形钢带产生歪斜和扭曲而损坏失效。

齿轮油泵由变速器主动轴带动，以确保液压系统工作可靠。为主、从动带轮移动锥盘施压的机构具有液压加压系统。采用液压加压可使施压平顺，无冲击，能提高 V 形钢带的使用寿命，而且压力控制比较方便。

当换挡杆挂入前进挡位置时，控制系统使无级变速器的倒挡多片摩擦式制动器分离，前进挡多片摩擦式离合器接合，如图 2—2—1 所示，发动机动力通过动力输入轴 12→行星架 13→前进挡多片摩擦式离合器 16→支撑盘 25→太阳轮 11 及主动带轮的固定和移动锥盘 6→V 形钢带→从动带轮的移动锥盘 18 和固定锥盘 19→输出轴小齿轮 17→中间减速齿轮 20，然后到差速器和驱动车轮。

同时，液压油泵也由主动轴带动工作，向液压系统供油。主动带轮的移动锥盘的伺服缸中有压力油充入并对移动锥盘产生轴向推力，推压 V 形钢带。带轮的楔形槽面与 V 形钢带楔形金属块的斜面间产生摩擦力，使 V 形钢带具有带动从动带轮旋转的圆周力。从动带轮的移动锥盘在液压油的作用下产生的轴向推力也使从动带轮与 V 形钢带之间产生相应的摩擦力，以便能承受 V 形钢带上传来的圆周力。通过 V 形钢带上的圆周力驱动从动带轮旋转，在从动带轮轴上产生驱动转矩，此转矩用以克服汽车行驶的阻力矩，使汽车正常行驶。

汽车在不同道路上行驶时遇到的阻力矩变化，使从动带轮上的负载发生变化，进而使作用在两带轮上的轴向推力也相应变化，其综合作用决定了该变速传动的机械特性。如当道路阻力减小从动轴上的负载下降时，液压系统产生的液压力会使主动带轮中的移动锥盘向固定锥盘移动（靠近），使 V 形钢带在带轮槽中沿着两锥面向外移动，从而使 V 形钢带的工作半径增大。由于主、从动带轮的中心距及 V 形钢带的周长为定值，从动带轮上的 V 形钢带工作半径相应减小，因而车速提高，反之亦然。

传动比的变化范围取决于主、从动带轮的最大工作半径和最小工作半径，而最大工作半径受两带轮中心距的限制，最小工作半径受主、从动带轮轴的直径尺寸限制。当主、从动带轮的结构尺寸相同时，传动比的变化范围为带轮最大工作半径与最小工作半径比值的平方，此时不仅传动比的变化范围最大，而且还可获得增速传动。因此，汽车就可在发动机转速较低和转矩较大工况下输出较大功率，这样既可减小发动机磨损，又可提高动力系统效率，降低辅助装置的动力损耗，所以汽车无级变速器通常均采用等尺寸的主、从动带轮。

当换挡杆挂入倒挡时，无级变速器控制系统使前进挡多片摩擦式离合器分离，倒挡多片摩擦式制动器接合，此时，行星齿轮机构的齿圈被制动不转，发动机动力通过动力输入轴 12→行星架 13→太阳轮 11 传递至主动带轮 6，这种传动使太阳轮的旋转方向与动力输入轴和行星架的旋转方向相反（即与前进挡时的旋转方向相反），从而实现倒车行驶。

当发动机不熄火，前进挡多片摩擦式离合器分离时，倒挡多片摩擦式制动器也分离，此时，行星齿轮机构空转，无动力输出，即为 V 形钢带式无级变速器的空挡。此外，少数带式无级变速

器实现倒挡传动的机构布置在带式无级变速器的后面。

在 V 形钢带无级变速器工作过程中, 当传动比变化时, 钢带沿带轮锥盘面上、下移动, 同时引起 V 形钢带径向和轴向移动。V 形钢带在两带轮上的轴向位移并不总是绝对相等。当主、从动带轮工作半径较小时, 传动比变化引起的 V 形钢带轴向位移较大; 当带轮工作半径较大时, 传动比变化引起的 V 形钢带轴向位移较小。当传动比为最大和最小时, V 形钢带在主、从动带轮上的轴向偏差最大, 而当传动比为 1 时, 主、从动带轮的工作半径相等, 此时, V 形钢带的轴向偏差为零。此外, V 形钢带的轴向偏差还与初始安装位置和加工精度等有关。

V 形钢带在主、从动带轮上的轴向偏差会引起 V 形钢带中心线偏斜, 从而影响传动效率和 V 形钢带寿命。V 形钢带中心线轴向偏斜越大, 带的扭曲越大, 楔形金属块之间的相对运动与摩擦越大, 结果导致传动效率下降, 磨损加快, 寿命降低。

二、日产 REOF05A 无级变速器

日产 REOF05A 无级变速器也是一种 V 形钢带无级变速器, 但在发动机与变速器之间是由电磁粉式离合器将发动机动力传递至变速器。电磁粉式离合器的构造如图 2—2—2 所示, 电磁粉式离合器的外壳与发动机飞轮相连, 为电磁粉式离合器的主动件。电磁粉式离合器内侧为从动件, 从动件与变速器输入轴相连, 将动力传至变速器。在主动件内缘与从动件外缘之间有一个很小的间隙, 该间隙内充满了磁粉。当没有磁场作用于磁粉时, 电磁粉式离合器分离; 当有磁场作用于磁粉时, 磁粉被磁化, 磁粉颗粒连接成链状, 形成固化体, 将主动件和从动件连接成一体, 电磁粉式离合器接合, 传递发动机动力。

电磁粉式离合器的电磁场由电磁线圈产生, 电流由电控单元控制, 经碳刷和滑环输入到电磁线圈。电磁粉式离合器传递的力矩与电磁线圈的电流大小有关, 电流越大, 传递的力矩就越大。

日产 REOF05A 无级变速器的控制系统包括电子控制系统和液压系统, 电子控制系统通过电磁粉式离合器和液压系统实现对变速器传动比的控制。

(一) 电子控制系统

电子控制系统如图 2—2—3 所示。电控单元接收来自各种传感器和开关的输入信号, 通过运算分析, 确定输出信号, 对无级变速器进行控制。

1. 电子控制系统的输入信号

1) 发动机转速信号。由分电器负端子点火脉冲获得发动机转速信号, 发动机转速信号用来确定起步时电磁粉式离合器的电流。

2) 加速踏板开关 (ON/OFF) 信号。加速踏板上的微动开关监测加速踏板的操作, 将该信号送至电控单元, 当电控单元监测到加速踏板完全放松且汽车停车 (无车速传感器信号输入) 时, 电控单元控制电磁粉式离合器的电流, 以防发动机熄火。

3) 节气门位置信号。节气门位置信号由节气门位置传感器产生, 电控单元根据节气门位置调节电磁粉式离合器的电流。节气门开度越大, 负荷越大, 电磁粉式离合器的电流也越大。

4) 制动信号。当检测到汽车制动时, 电控单元调整电磁粉式离合器的电流, 以防发动机熄火。

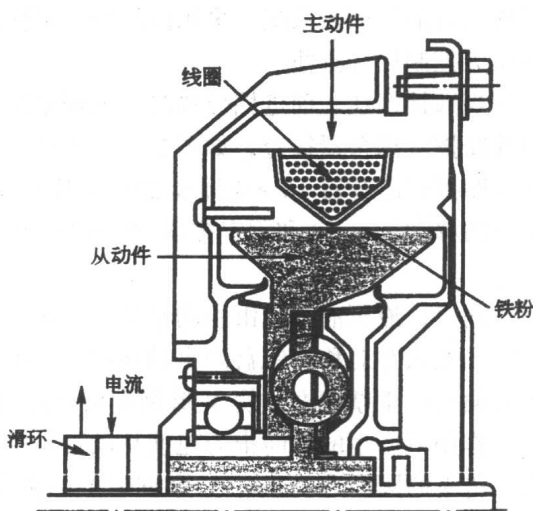


图 2—2—2 电磁粉式离合器的构造

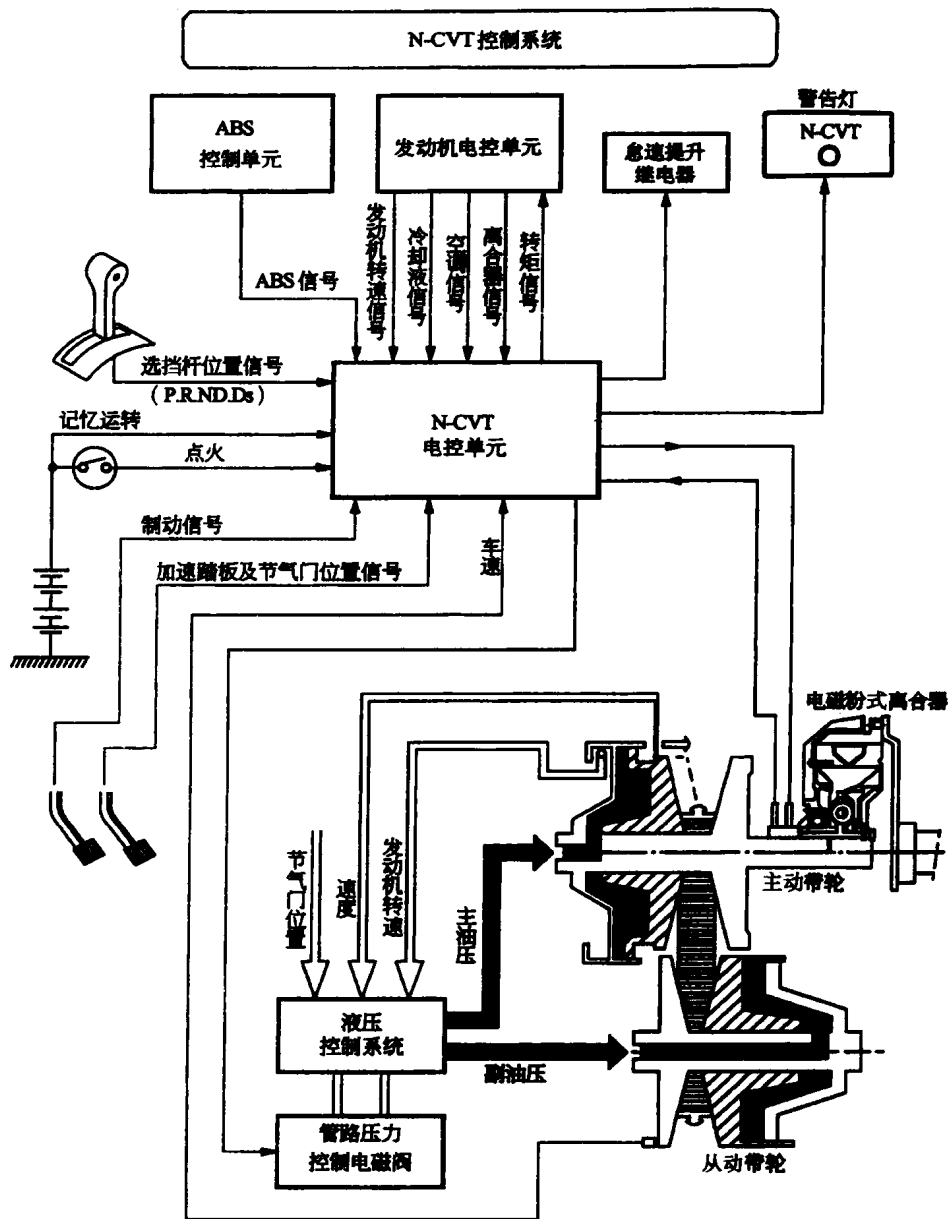


图 2—2—3 日产 REOF05A 无级变速器的电子控制系统

5) 选挡杆位置信号。该信号由安装在选挡杆处的挡位开关产生，可感知 D、S 和 R 等位置，以便对变速器进行相应的控制。

6) 车速信号。该信号由安装在变速器壳体上的车速传感器产生，用来检测变速器输出轴的转速。

7) 冷却液温度信号。电控单元根据发动机冷却液温度对电磁粉式离合器的电流进行修正，即在发动机冷却液温度较低的情况下，使失速点升高。失速点是离合器力矩曲线与发动机力矩曲线的交点，在该点之下，电磁粉式离合器有部分滑动的情况；在该点之上，电磁粉式离合器直接接合。

8) 空调信号。检测空调是否工作，调节电磁粉式离合器电流。

9) ABS 信号。在 ABS 工作时，切断电磁粉式离合器的电流。