

汽车 **专项维修** 技术精华丛书



汽车无级变速器 (CVT) 结构原理与维修精华

薛庆文 王力田 编

CVT

- 奥迪01J、广本飞度CVT
- 快速提高专项维修技能



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车专项维修技术精华丛书

汽车无级变速器 (CVT) 结构原理与维修精华

薛庆文 王力田 编



机械工业出版社

本书由国内著名的变速器维修培训专家薛庆文主笔,并结合多年的变速器维修经验,从修理的角度出发,侧重 CVT 电控原理的分析,从原理到实践,运用修理工的语言加以阐述,让修理人员在实际维修应用中能够形成正确的维修思路,在维修无级变速器时能够真正地得以应用,使维修人员尽快掌握 CVT 这门新技术。

本书结合国内车型详细介绍了奥迪 01J 无级变速器的结构、工作原理与维修,本田飞度无级变速器的结构与工作原理,无级变速器故障综合诊断思路。特色是大量采用原理图和实物照片,贴近实际维修情况,并在实际维修中重要的部分加以说明和标注,让修理人员对重点部分一目了然,记忆深刻;以控制流程图的方式进行原理讲解,掌握了控制流程也就形成了维修诊断思路。

本书力求内容详尽,实操性强,始终遵循“正确的诊断思路、规范的维修操作”这一准则,因而既是修理人员的维修工具书,也是汽车维修职业学校开展汽车维修技能培训的实用教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车无级变速器 (CVT) 结构原理与维修精华/薛庆文,王力田编.
—北京:机械工业出版社,2006.1

(汽车专项维修技术精华丛书)

ISBN 7-111-17588-3

I. 汽… II. ①薛…②王… III. 汽车-变速装置-车辆修理
IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 119598 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:齐福江 版式设计:霍永明

封面设计:王伟光 责任印制:石冉

保定市印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·10.25 印张·4 插页·248 千字

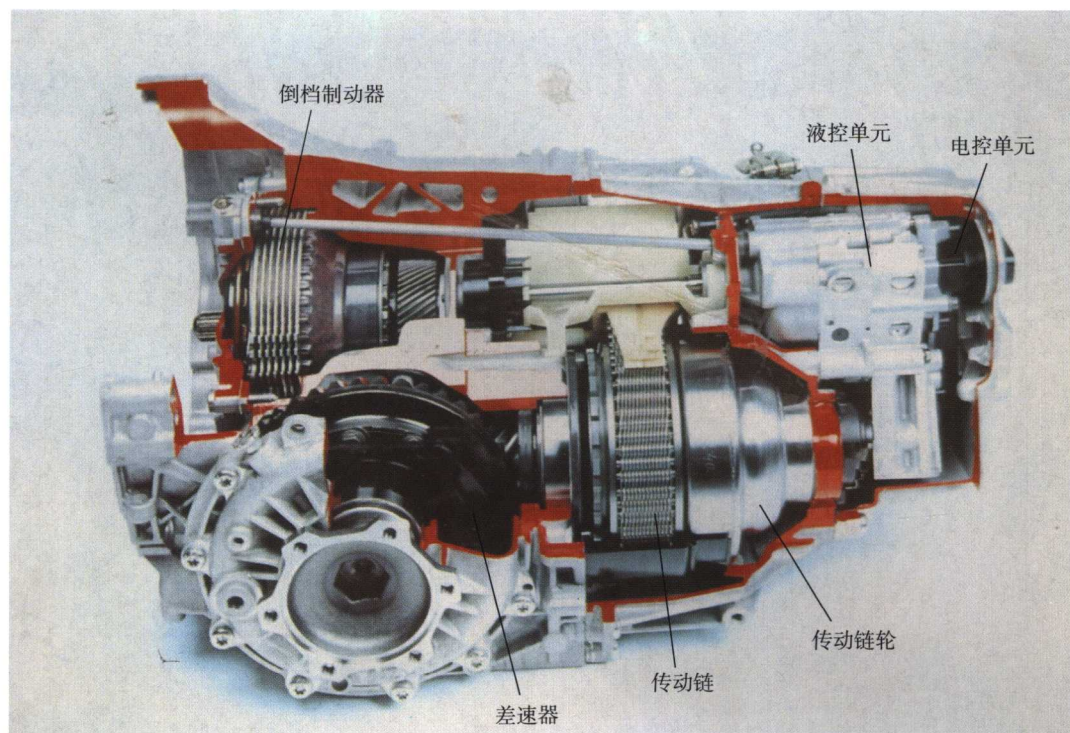
0 001-4 000 册

定价:28.00 元

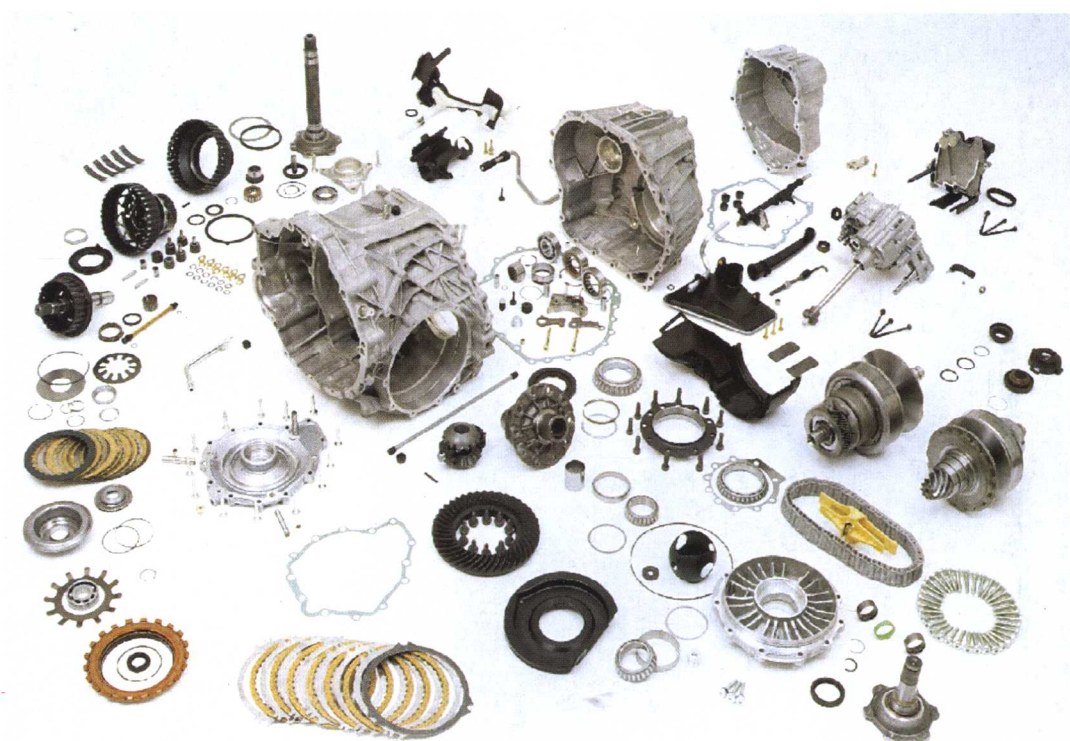
凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

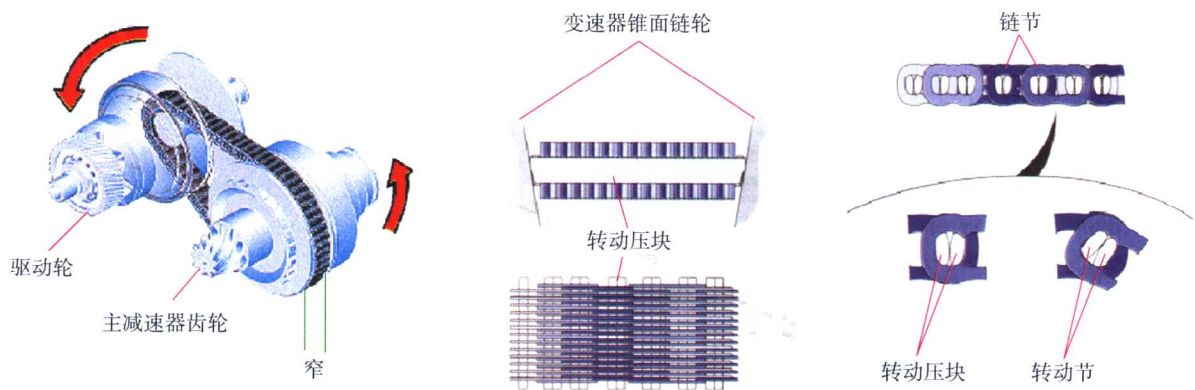
封面无防伪标均为盗版



奥迪 01J CVT剖视图

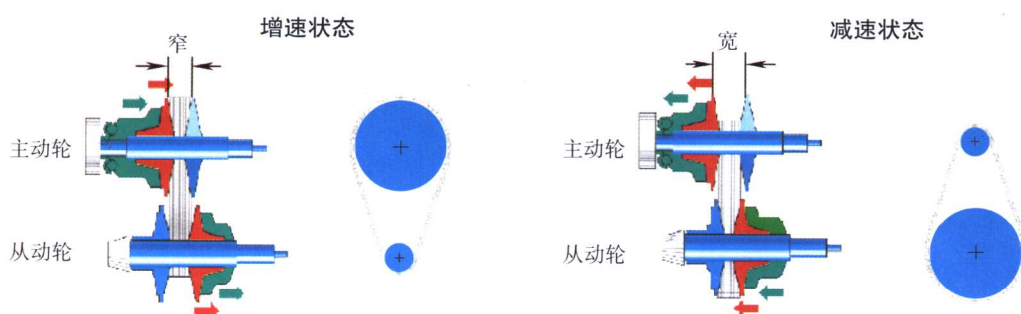


01J CVT零部件(图 3-2)

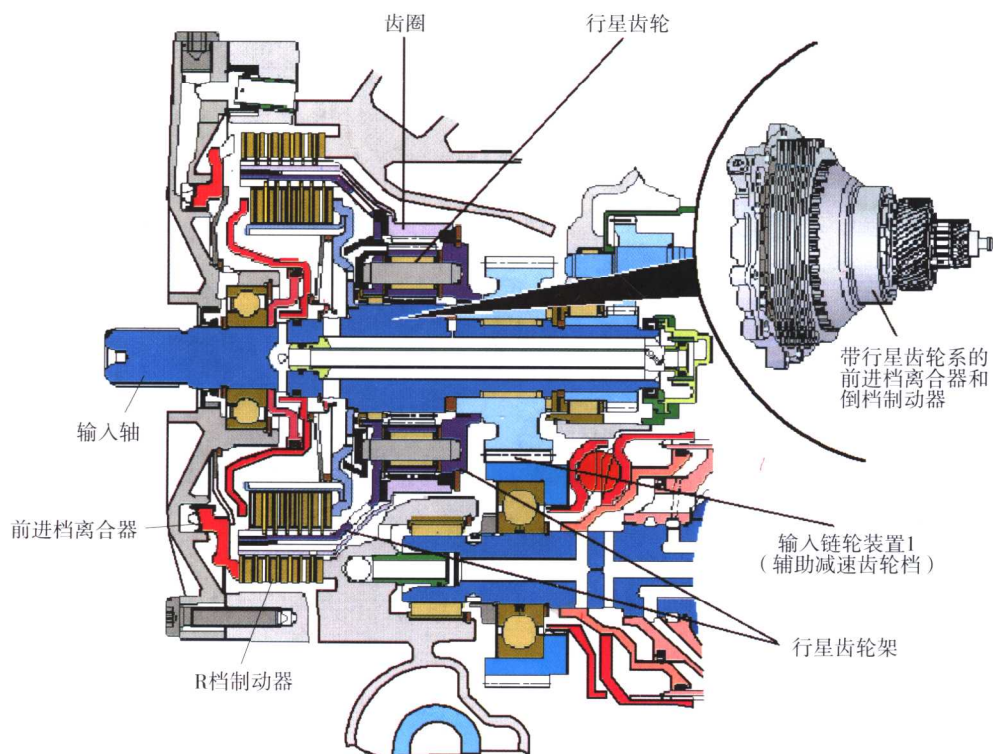


01J CVT 结构原理(图3-13)

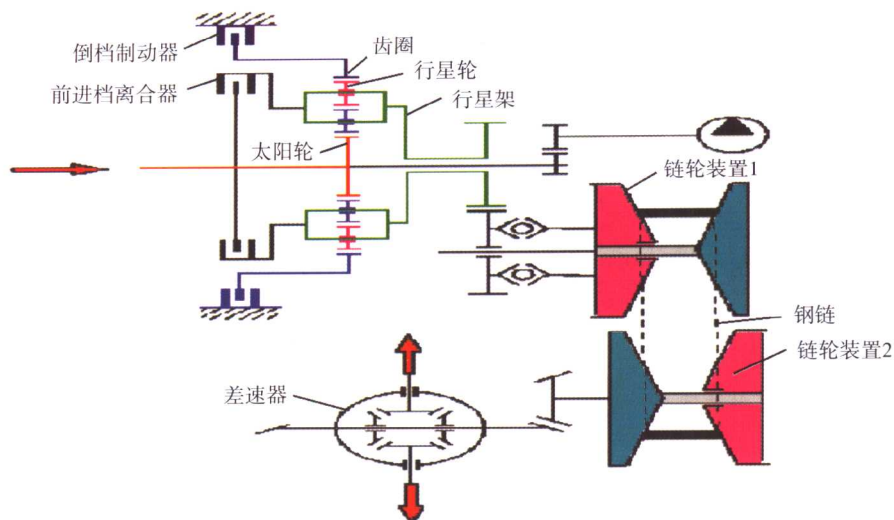
传动链(图 3-36)



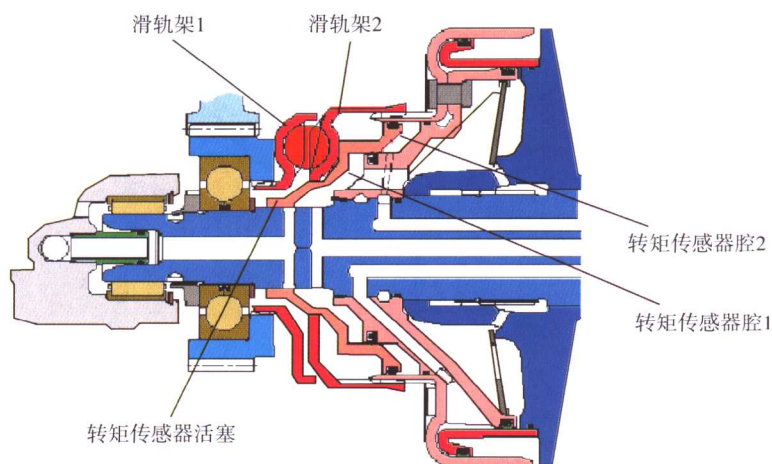
01J CVT速比变换原理(图3-14)



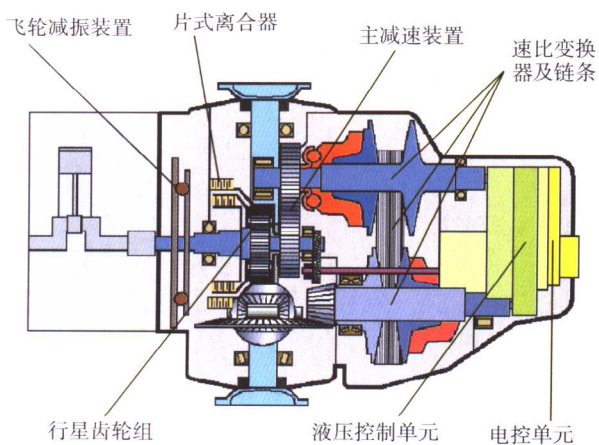
01J CVT动力连接装置(图 3-5)



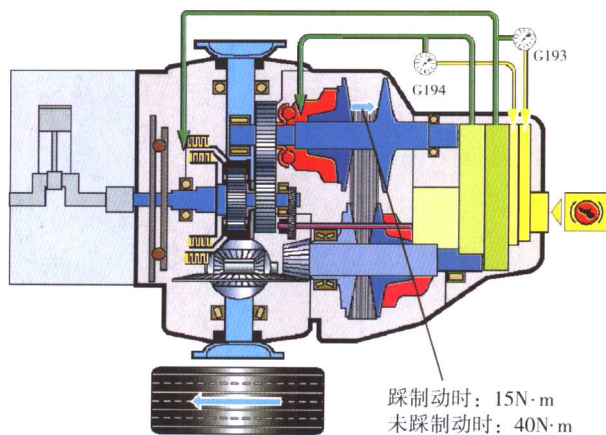
01J CVT R 档传动简图(图3-10)



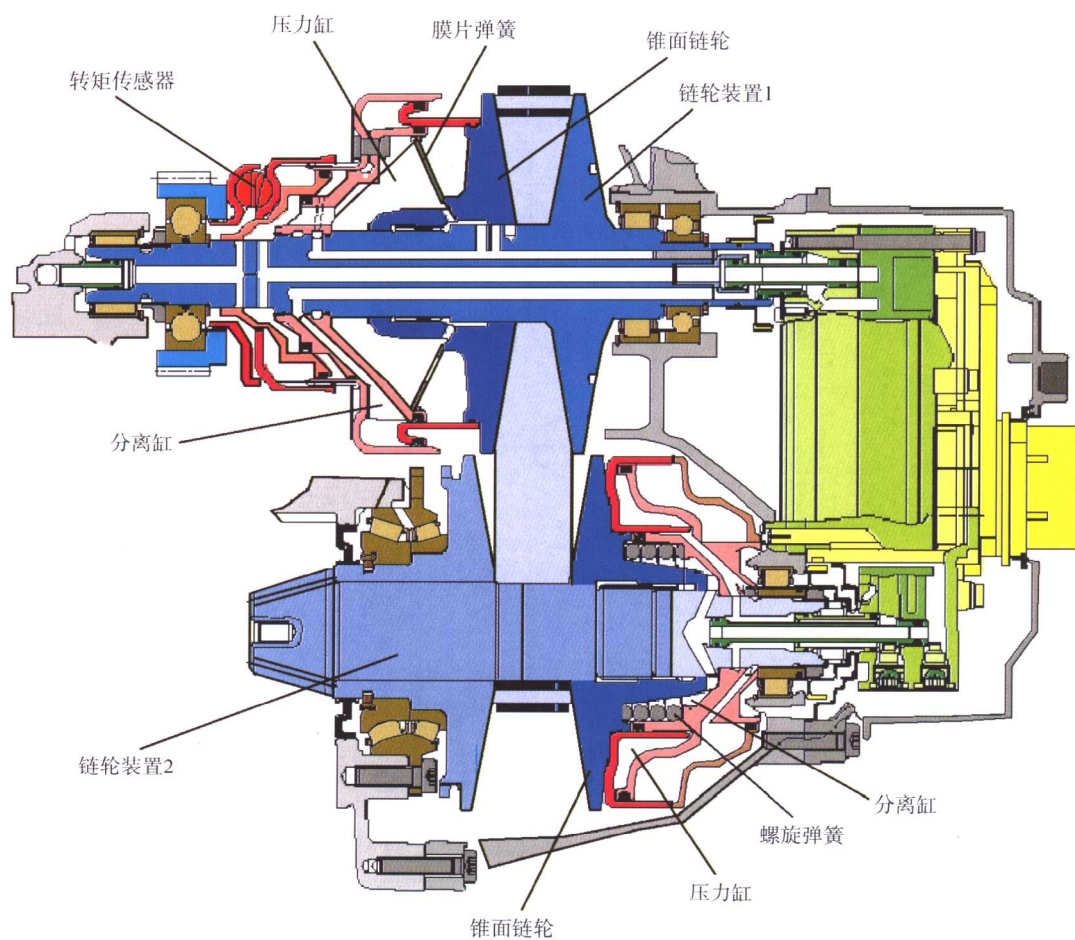
转矩传感器工作原理(图 3-30)



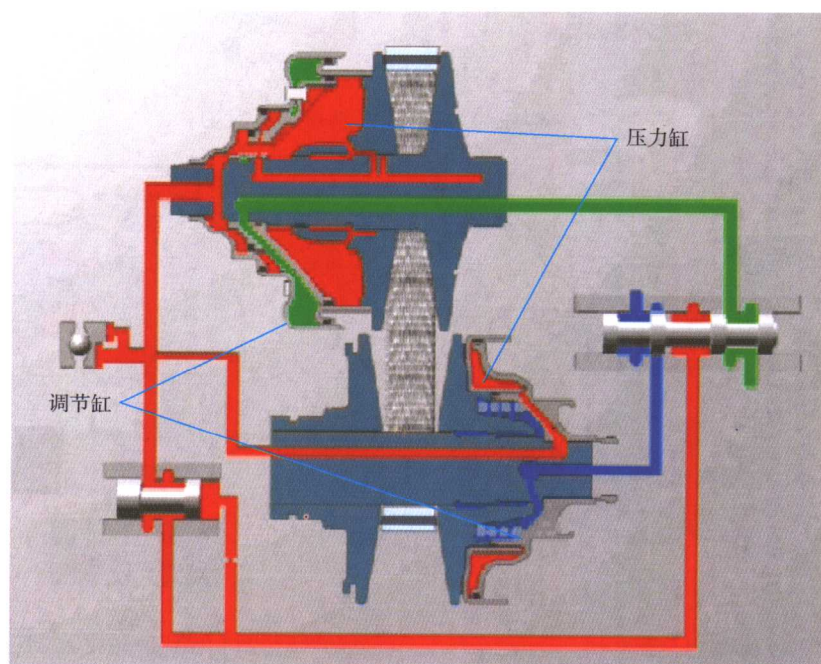
01J CVT结构简图(图 3-1)



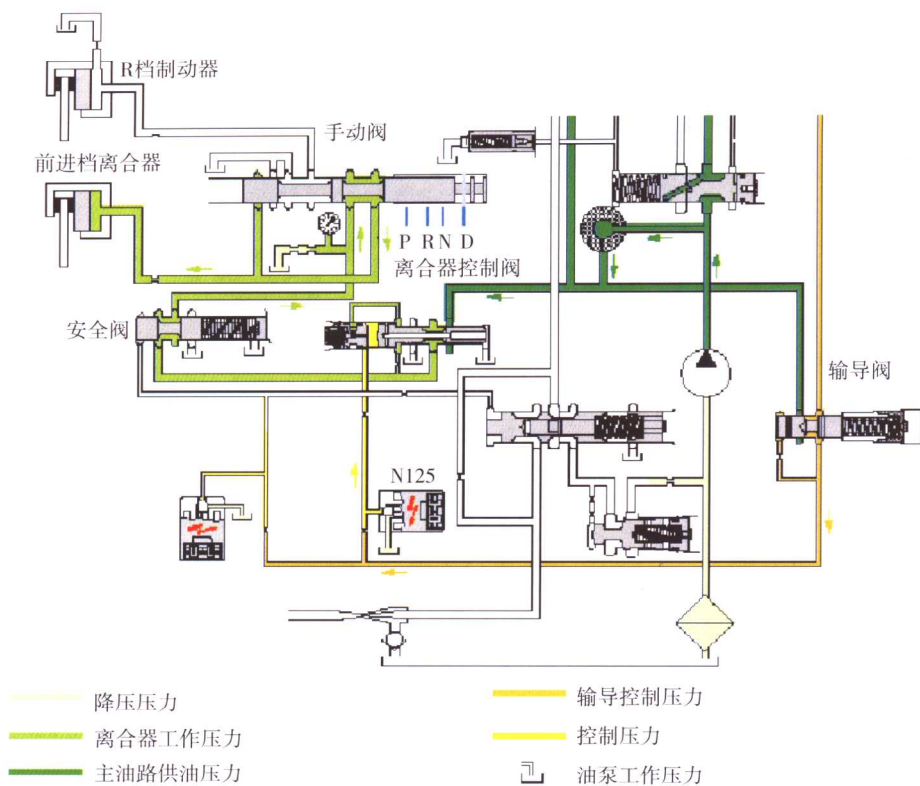
01J CVT 爬坡控制(图 3-22)



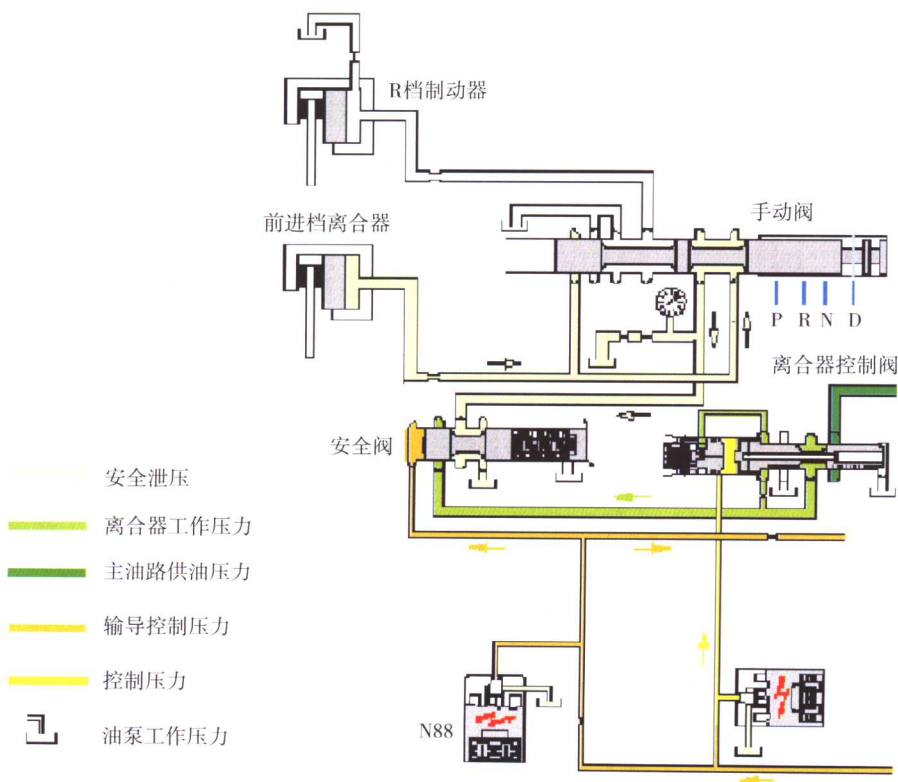
01J CVT速比变换器的组成(图 3-24)



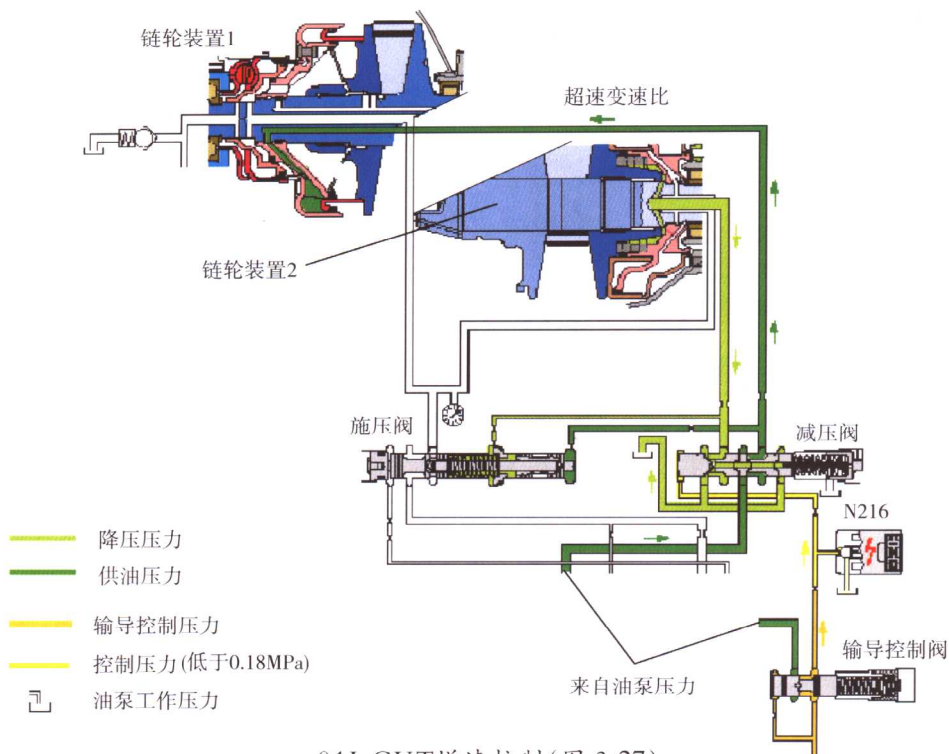
01J CVT 速比变换过程(图 3-26)



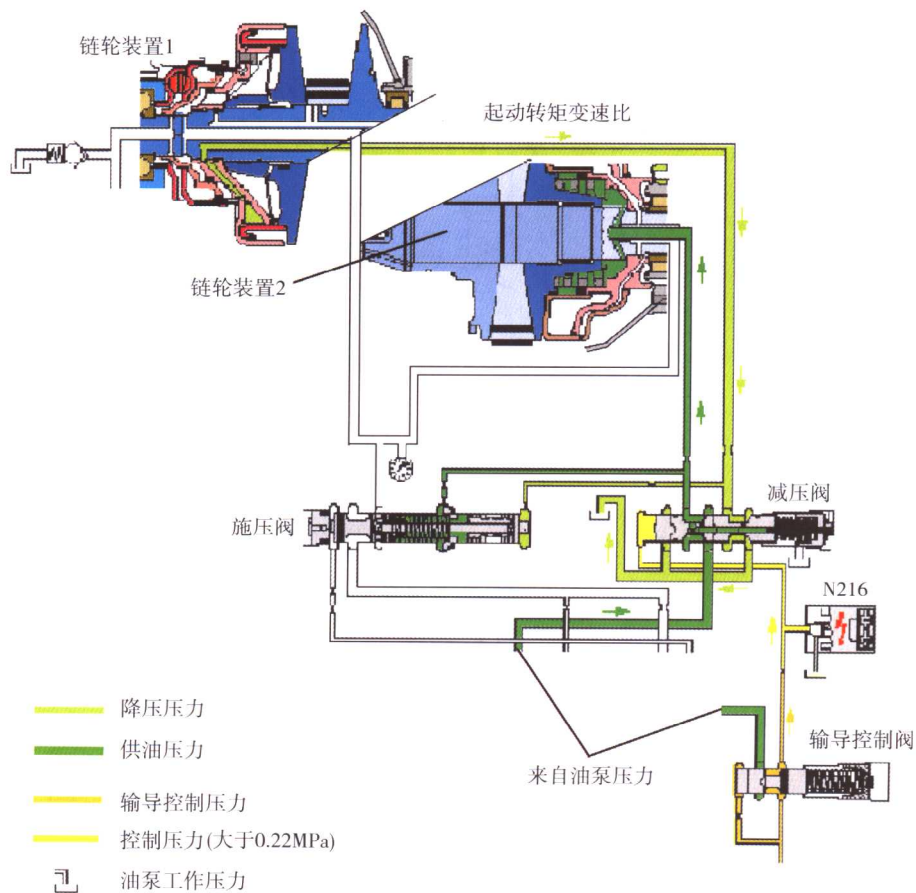
01J CVT 前进档离合器液压控制油路图 (图3-16)



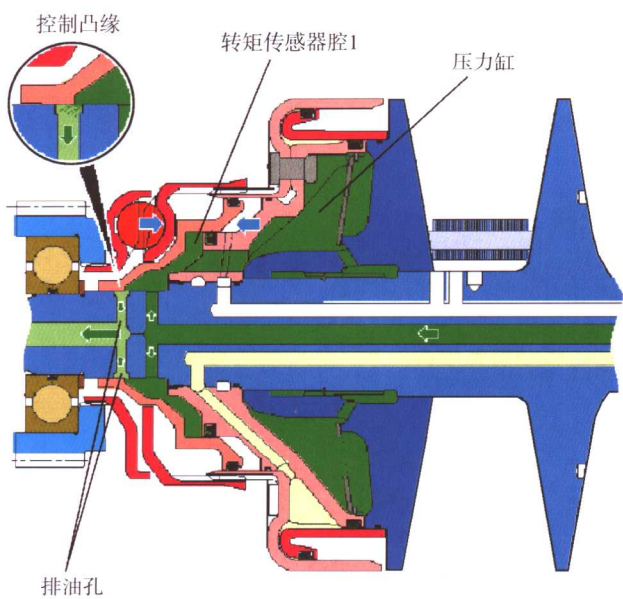
01J CVT离合器的安全保护控制 (图3-17)



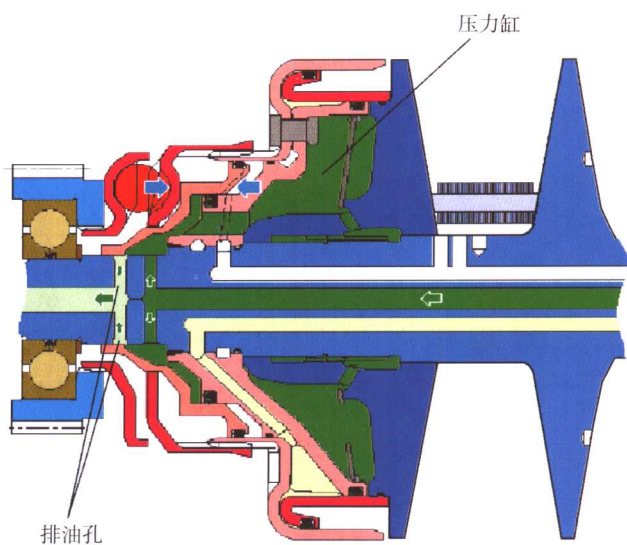
01J CVT增速控制(图 3-27)



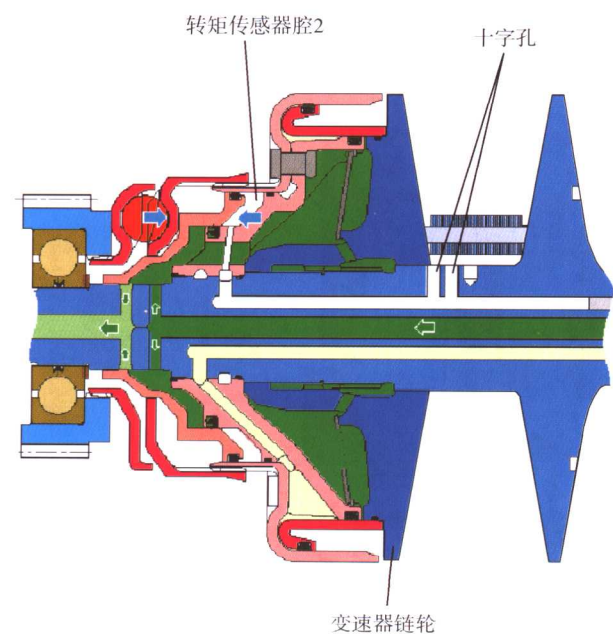
01J CVT减速控制(图 3-28)



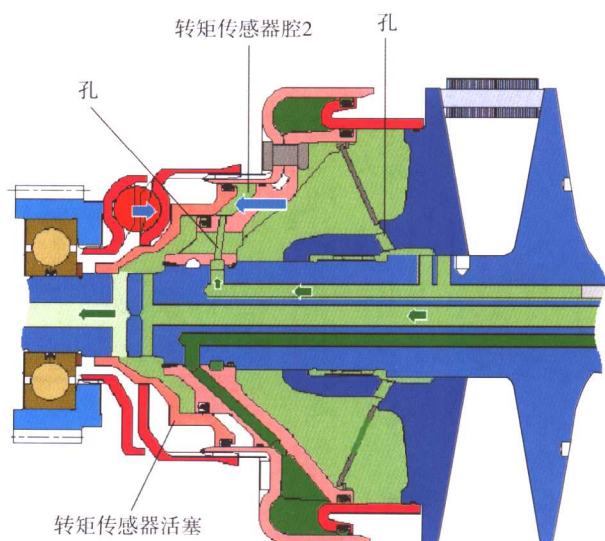
01J CVT 接触压力在低转矩时的控制
(图 3-31)



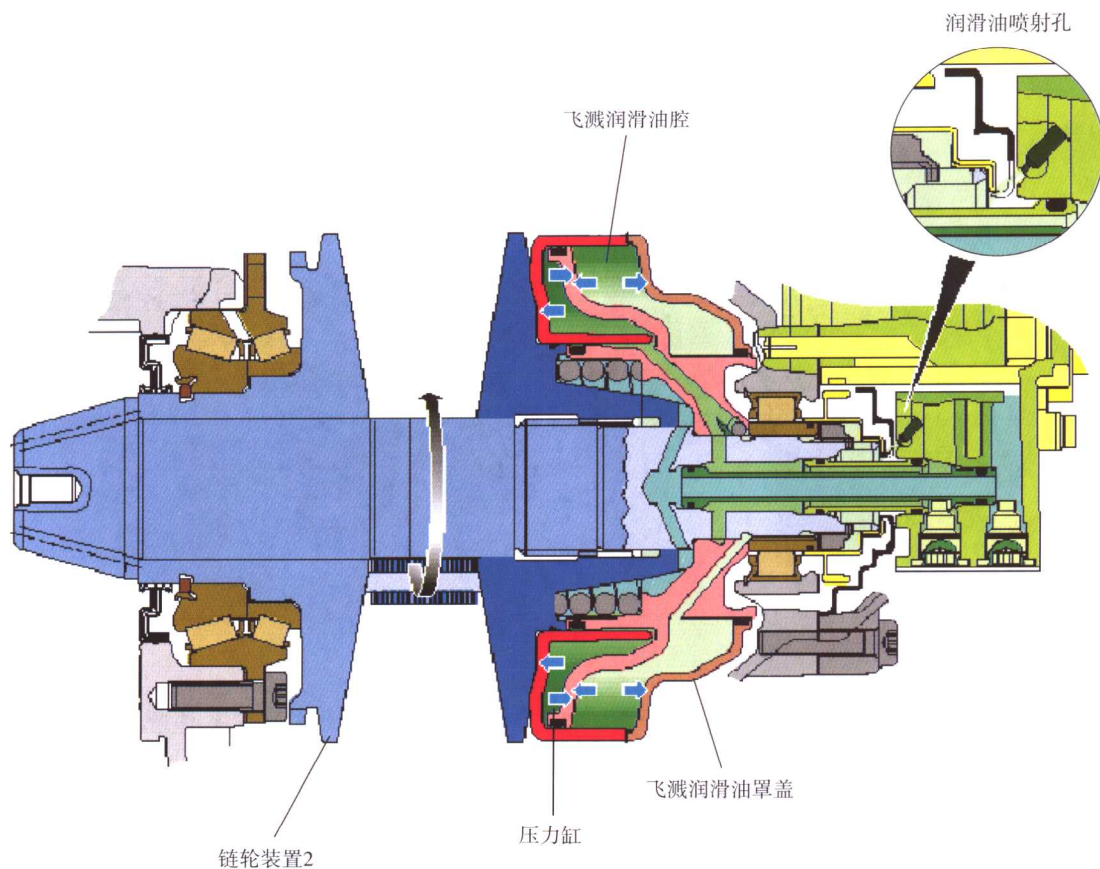
01J CVT接触压力在高转矩时的控制
(图 3-32)



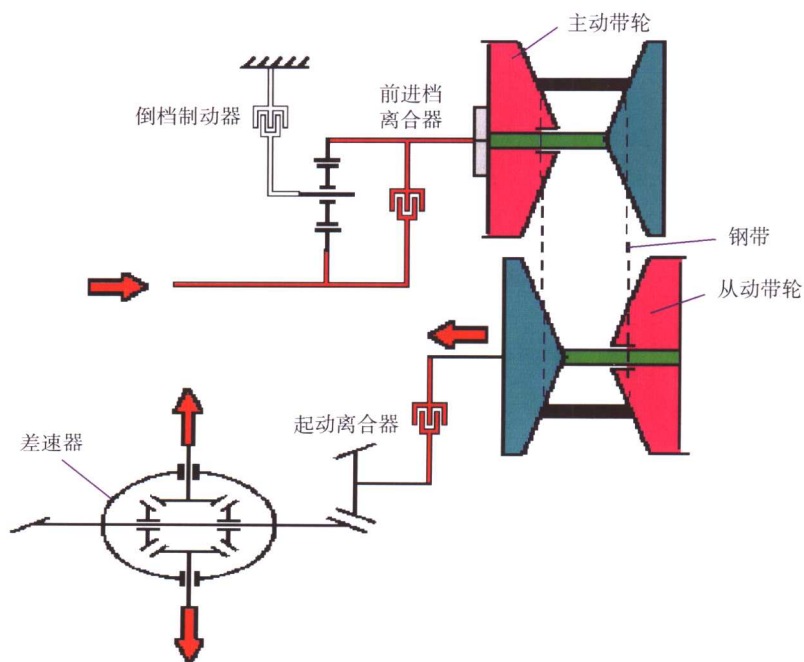
01J CVT 接触压力在低速时的控制
(图 3-33)



01J CVT接触压力在高速时的控制
(图 3-34)



01J CVT 动态压力控制图(3-35)



广本飞度 CVT 前进档动力流程图(图 5-10)

前 言

无级变速技术是目前汽车传动系统中的前沿新技术,无级变速器(CVT)已成为各大汽车制造商技术开发的重点,尤其在2005年上海国际汽车展上可以看到很多车型开始装备CVT。一汽大众奥迪A6、A4以及广本的飞度(fit)轿车早已选装CVT,国内的奇瑞和南京菲亚特等汽车也都开始匹配CVT。随着电子技术和网络技术在汽车上的应用,CVT将更加适合现代汽车设计的要求。作为汽车维修人员有必要掌握CVT维修技术,以面对将来的维修工作需要。

其实CVT的机械传动原理部分早就得以应用,例如1987年日本富士重工(Subaru)把装备CVT的汽车投放市场。可以说,CVT并不是新技术,但为什么CVT现今才被各大汽车制造商所选用呢?其根本原因是CVT在电控部分和机械部分两方面都获得了很大的技术进步。CVT与MT、AT相比,综合动力性能更佳,能与发动机形成理想的动力匹配,因此无级变速汽车是当今汽车发展的主要趋势之一。

如果从修理的角度来学习CVT技术,应该主要掌握CVT的控制部分,因为CVT的维修必须是建立在综合诊断和全车性能分析的基础上,形象地说,CVT应是汽车上的一个执行器,它工作的好坏,不但要看其本身,还要考虑控制它的各种信息数据是否正确。同时就CVT本身的维修来说,可能更多的是更换部件,而不是简单的解体维修,这一点与自动变速器的维修会有很大的不同。

基于以上的思路,本书在讲解CVT技术时,从修理的角度出发,侧重CVT电控原理的分析,同时提供控制原理图,便于理解和掌握基本原理,例如关于奥迪A6无级变速器的工作原理,全部采用控制流程图进行讲解,这样也更有利于故障的诊断和分析,使维修人员尽快掌握CVT这门新技术。

本书结合国内车型,重点讲解国内最普及,将来也是维修量最大的奥迪A6无级变速器01J的结构和工作原理,特色是大量采用原理图和实物照片,贴近实际维修情况,并且将实际维修中的重要部分加以说明和标注。其目的就是要修理人员对重点部分一目了然,记忆深刻;另外,在原理讲解中多是以控制流程图的方式进行讲解,掌握了控制流程也就形成了我们常说的维修诊断思路,相信会对修理人员的诊断大有帮助。01J的维修操作以“规范操作”为准则,严格执行厂家的维修数据标准,确保在诊断思路正确的前提下,维修操作规范和准确,最终全面保证维修质量。

本书结合笔者多年的变速器维修经验,以实际故障案例为出发点,由现象到本质,从原理到实践,从一个修理人员的角度去思考问题,并运用修理工的语言加以阐述,目的就是让修理人员在实际维修应用中,能够形成正确的维修诊断思路,在维修无级变速器时能够真正地得以应用。

本书力求内容详尽,实操性强,始终遵循“正确的诊断思路、规范的维修操作”这一准则,因而既是修理人员的维修工具书,也是汽车维修职业学校开展汽车维修技能培训的实用教材。

编 者

目 录

前言

第一章 概述	1
一、汽车无级变速器的发展历史	1
二、无级变速器的应用	2
第二章 无级变速器的类型和优缺点	6
一、汽车变速器的类型	6
二、MT/AT/CVT 的区别	6
三、汽车无级变速器的形式	7
四、无级变速器的优缺点	7
五、无级变速器的工作原理	9
第三章 奥迪 01J 无级变速器结构与工作原理	10
一、奥迪 01J 无级变速器的结构组成	10
二、各系统的作用	11
三、离合器（制动器）的控制	17
四、速比变换器（变速器）的特点和功能	23
五、液压控制系统	32
六、电控系统	42
第四章 奥迪 01J 无级变速器的维修	57
一、维护与保养	57
二、变速器的拆装	63
三、分解和组装变速器	99
四、更换密封圈	109
五、维修 ATF 管路和 ATF 冷却器	118
第五章 广本飞度无级变速器的结构与工作原理	122
一、概述	122
二、主要部件与动力流程	124
三、电控系统	131
四、换挡控制/带轮压力控制	133
五、液压控制	135
第六章 无级变速器的故障诊断思路	151
一、维修工作注意事项	152
二、检查操纵锁止机构（外围检查）	152
三、内部控制装置的检查与维修	153
四、常见故障及原因	156

第一章 概 述

随着全球汽车工业的飞速发展，汽车新技术的不断使用，在汽车传动系统中又一项新技术得到重新使用，那就是汽车无级变速器技术——CVT（Continuously Variable Transmission）。

目前，在汽车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，只有增加前进档档位数来扩大速比范围，这样就必须增加使用换档执行元件和行星排数量来实现多档速比，因此无形中又增加了产品结构复杂性和成本费用，而且由于结构复杂给维修带来诸多不便。现代真正意义的无级变速器恰恰解决了这一技术难题。

无级变速器现在可以说是当今汽车变速器的理想目标。因为从原始的橡胶带无级变速器开始，到有级的齿轮变速器过渡，再到现代的金属链无级变速器，百年大回转说明只有无级变速器才是汽车最理想的变速器。旧款的 CVT 多用橡胶带做传动元件，缺点是受力有限，容易打滑，使用寿命短，因此只能用在功率较小的摩托车和小排量微型车上。变速器的生产厂家并未停止对其缺陷的研究，很多汽车公司十几年来一直都在致力于解决无级变速器这一难题。

一、汽车无级变速器的发展历史

汽车无级变速器已有 100 多年的历史，最早生产 CVT 的国家为日本和德国。德国奔驰公司是在汽车上采用无级变速器技术的鼻祖，早在 1886 年就将 V 形橡胶带式无级变速器安装在其生产的汽油机汽车上。但是由于橡胶材料受到本身特点的约束，传递的力矩比较小，没有什么实际应用价值。1958 年，荷兰的 DAF 公司 H. VanDoorne 博士研制成功了名为 Variomatic 的双 V 形橡胶带式无级变速器，并装备于 DAF 公司制造的 Daffodil 轿车上，其销量超过了 100 万辆。但是由于橡胶带式无级变速器存在一系列的缺陷，如功率有限（转矩局限于 $135\text{N}\cdot\text{m}$ 以下）；离合器工作不稳定；液压油泵、传动带和夹紧机构的能量损失较大，因而没有被汽车行业普遍接受。

提高传动带性能和无级变速器传递功率极限的研究一直在进行，主要包括以下一些研究方面：将液力变矩器集成到无级变速器系统中；主、从动轮的夹紧力实现电子化控制；在无级变速器中采用节能泵，传动带用金属带或金属链条代替传统的橡胶带等。新技术克服了原有无级变速器系统的技术缺陷，促进了传递转矩容量大、性能更优良的第二代无级变速器的问世。

进入 20 世纪 90 年代，汽车行业对无级变速器技术的研究开发日益重视，特别是在微型汽车中，无级变速器被认为是关键技术。随着全球科技的迅速发展，许多新的电子技术和自动控制技术不断被应用到无级变速器中。

日产公司在世界上首次实现了将无级变速器应用在 2.0L 排量的轿车上，称为 Hyper 无

级变速器, 它可以使车辆在完全没有自动变速器换档冲击的同时获得强有力的加速性能, 而油耗与自动变速器车辆相比减少了 20%, 同时减轻了对环境的污染。由于无级变速器首次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、加速并平稳的行驶, 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。日本富士重工具有 15 年开发无级变速器的经验。1997 年 5 月, 富士重工在 Vistro 微型车上装配了计算机控制式 ECVT (含有 6 档手动换档模式的无级变速器)。驾驶员无需操作离合器就可以进行 6 档变速。富士重工在 Pleo 微型汽车上采用了一种具有锁止功能的电控无级变速器。通过小范围锁止可以使液力变矩器的滑移率保持在最小值, 同时利用行星齿轮可以实现前进档、倒档的切换。

1999 年上半年, 美国的福特公司和德国 ZF 公司一起合作为福特公司的轿车和轻型载货汽车生产无级变速器。主要产品是带有电子管理功能的 CFT23 型无级变速器。福特公司还在设计与公司内所有轻型载货车匹配的牵引驱动无级变速器, (包括后轮驱动和全轮驱动载货车)。牵引驱动使用可移动滑件代替传动带和传动轮。滑动部分的相对位置决定传动比, 通过各个部件之间一层非常薄的油膜来传递动力。

另外一种机械传动无级变速器 (名为 Extroid 无级变速器) 是滚轮转盘式。日产公司把它装在 XVL 概念车上首次于 2002 年东京车展展示, 新款公爵车也装备了这种无级变速器。实现与 3L 以上排量的大功率发动机 (XVL 发动机输出为 $330\text{N}\cdot\text{m}/194\text{kW}$) 搭配使用, 是汽车变速器发展史上又一项重要进步。

值得一提的是, 在 2002 年 11 月我国下线的奥迪 A6 2.8L 轿车就是国内率先使用 CVT 的第一款国产轿车。目前国内已有奥迪 A6、奥迪 A4、南京菲亚特、派力奥和西耶那、广本飞度以及奇瑞旗云轿车等车型使用 CVT。另外, 在我国星火科技攻关项目计划里攻克了无级变速器技术, 并已经生产出我们自己的无级变速器, 现正在国产奇瑞轿车上试应用, 相信在不久的将来我国的无级变速器技术将与世界同步。

二、无级变速器的应用

从 V 形橡胶带无级变速器到 V 形金属带无级变速器, 再到滚轮转盘式无级变速器, 机械传动无级变速器研究已持续了整整一个世纪, 这充分说明全球各大汽车厂商对于无级变速器的研究都具有很高的热情, 极度重视无级变速器在汽车领域的实用化进程。

现在丰田、本田、尼桑、福特、GM、奥迪等著名汽车品牌中都有配备 CVT 变速器的轿车销售, 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。下面就国产各车型 CVT 分别作一简单介绍。

1. 奥迪 Multitronic 无级/手动一体变速器

奥迪的 Multitronic 变速器 (图 1-1) 是在原有无级变速器的基础上安装了一种多片式链条的传动组件, 这种组件大大拓展了无级变速器的使用范围, 能够传递和控制峰值高达 $280\text{N}\cdot\text{m}$ 的动力输出, 其传动比超过了以前各种自动变速器的极限值。该变速器的明显优势是耗能量少, 反应更快, 从车辆的整体性能来看, 装有 Multitronic 变速器 (01J) 的奥迪 A6 2.8L 轿车的 $0\sim 100\text{km/h}$ 加速时间比同级普通自动变速器车型快了 1.3s, 百公里油耗降低了 0.9L。

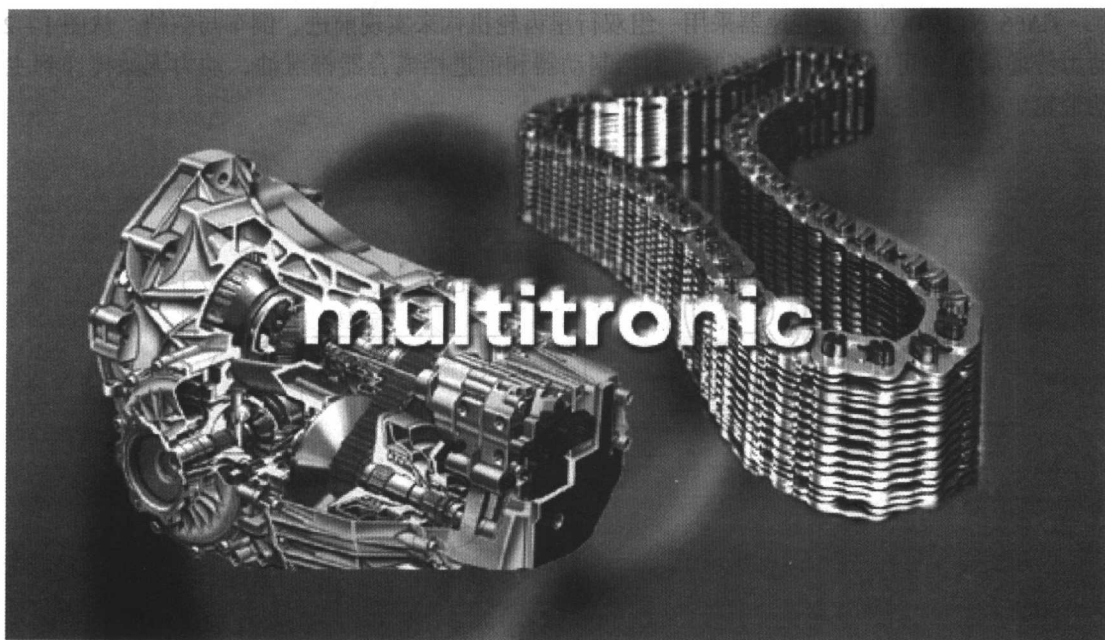


图 1-1 奥迪 CVT

Multitronic 变速器还采用了全新的电子控制系统，以克服原有无级变速器的不足。比如在上下坡时，系统能自动探测坡度，并通过调整速比增加动力输出或加大发动机的制动力矩来协助车辆行驶。

相对于传统的自动变速器，Multitronic 变速器有更高的灵活性，在增加或删除变速模式的时候，只需要更改电脑程序即可改变齿轮的比数和半径，因此可以和多台不同类型、不同输出特性的发动机配合使用。

2. 旗云 CVT

旗云 CVT 采用了德国 ZF 公司生产的 VT1F 无级变速器，和它出色的发动机一起，这一整套动力和传动系统都来自于宝马 MINI COOPER。该无级变速器有无级变速、自动巡航、运动模式和 6 档手动 4 种驾驶模式，与电子节气门配合以后更接近智能化控制。采用了 CVT 的旗云百公里油耗仅比原来增加了 0.3 L（厂家统计数字）。

3. 派力奥（西耶那、周末风）Speedgear

国产派力奥轿车配备的是富士公司生产的 CA66.N13.01 型无级变速器（ECVT）。它与传统 AT 变速器无论从结构上还是控制上都有很大区别。

派力奥 Speedgear 是一种手/自一体式电控无级变速器（ECVT），南京菲亚特率先把它应用在小型车上。它提供两种换档模式：电控无级自动变速模式和 6 档顺序手动变速模式，驾驶者可以根据喜好选择不同的换档方法。Speedgear 由液力转矩转换器、两个可变直径钢带轮和一根传动金属带（一定数量的钢片和两根 9 层钢带）组成，具有更宽的传动比，同时具有无级变速器结构简单、体积紧凑的特点。

CA66.N13.01 型无级变速器采用一组双行星齿轮机构来实现前进、倒车与空档。从图 1-2 动力传递简图中可以看出在空档时,倒档制动器和前进档离合器都泄油,动力无法传递到主动带轮,以实现空档。

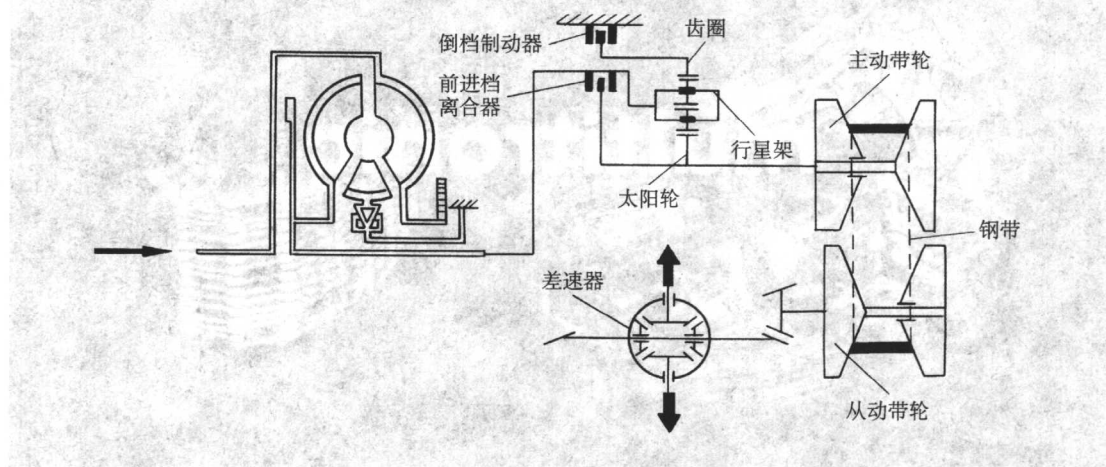


图 1-2 空档动力传递简图

在前进档时(图 1-3),前进档离合器结合,倒档制动器泄油分离。行星架的动力经前进档离合器、太阳轮不改变方向传递到主动带轮而实现前进档。

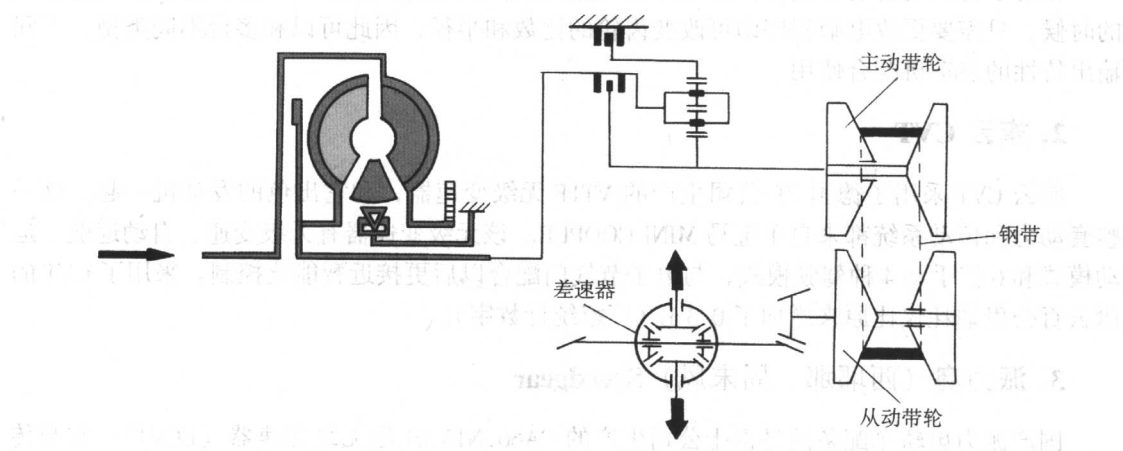


图 1-3 前进档动力传递简图

倒档制动器结合齿圈被制动,前进档离合器泄油分离,行星架动力经行星机构改变方向传递到主动带轮 实现倒档,见图 1-4。