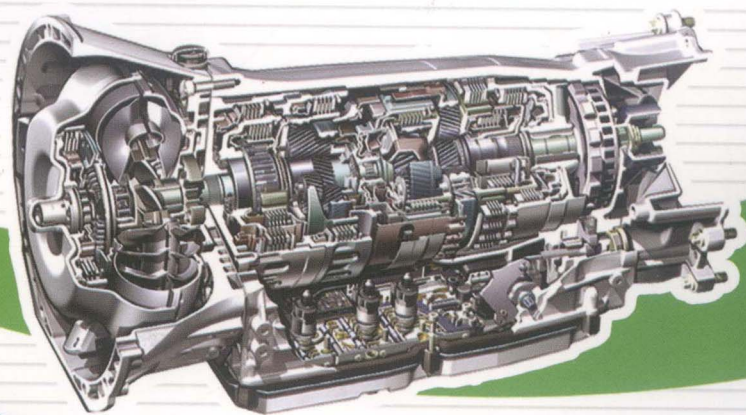


汽车自动变速器

结构原理彩色图解

罗新闻 霍志毅 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车白车身涂装

结构件涂装



汽车自动变速器结构原理彩色图解

主 编 罗新闻 霍志毅

副主编 王文龙 梁春兰 王大鹏

主 审 鲁民巧 王正旭



机械工业出版社

本书利用二维、三维彩色图形和实物图片相结合的方式,形象生动地介绍了液力变矩器的工作原理,辛普森式和拉维娜式行星齿轮传动原理,自动变速器各种典型阀体的工作原理,01M(01N)、4T65-E等典型自动变速器的结构、控制油路及电路,自动变速器的基本检查,奥迪01J无级变速器的结构及工作原理。

本书目标是培养具有扎实理论基础的技能型人才,对关键部件和操作明确注意事项、典型故障现象及原因等。利用彩色图解的新颖方式,图文配合,易学易懂,便于读者突破自动变速器的学习难关。

本书可作为大中专院校、职业学校等汽车维修、汽车运用及相关专业技能型人才培养的教材或辅助读本,也适用于汽车维修职业培训和汽车维修人员自学之用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车自动变速器结构原理彩色图解/罗新闻,霍志毅主编. —北京:机械工业出版社,2008.2

ISBN 978-7-111-22960-5

I. 汽… II. ①罗…②霍… III. 汽车-自动变速装置-构造-图解
IV. U463.212-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第195576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:齐福江 版式设计:霍永明

封面设计:王伟光 责任印制:王书来

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2008年2月第1版第1次印刷

285mm×210mm 5.75印张·178千字

0001-4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22960-5

定价:39.00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) 88379735

封面无防伪标均为盗版

前 言

装用自动变速器的轿车比例在不断提高,而且自动变速器结构和控制技术也越来越复杂,档位数从4档发展到5档、6档甚至7档,更增加了自动变速器学习、诊断与维修的难度。

维修自动变速器需要三方面的基本功,即要对自动变速器的机械部分、液压控制部分和电子控制部分都有相当的认识和深刻的理解。只有对这三部分详细了解,并能熟练实践操作,才能正确、高效地维修自动变速器。

本书利用二维、三维彩色图形和实物图片相结合,形象生动地介绍了液力变矩器的工作原理,辛普森式和拉维娜式行星齿轮传动原理,自动变速器各种典型阀体的工作原理,01M(01N)、4T65-E等典型自动变速器的结构、控制油路及电路,自动变速器的基本检查,奥迪01J无级变速器的结构及工作原理。

本书由具有多年自动变速器维修经验和授课经验的教师共同完成,并经多位专家审查、修改。本书目标是培养具有扎实理论基础的技能型人才,对关键部件和操作明确注意事项、典型故障现象及原因;利用彩色图解的新颖方式,图文配合,易学易懂,便于读者突破自动变速器的学习难关。

本书可作为大中专院校、职业学校等汽车维修、汽车运用及相关专业技能型人才培养的教材或辅助读本,也适用于汽车维修职业培训和汽车维修人员自学之用。

本书由邢台职业技术学院罗新闻、霍志毅任主编,王文龙、梁春兰、王大鹏任副主编,由邢台职业技术学院鲁民巧和广州白云工商高级技工学校王正旭任主审。参编人员还有李景蒲、李祥峰、李英、徐平、曾宪均、马金刚、高运芳、闫燕、常保利、陈超、王倩、王鹏、陶炳全、丁淑杰、卜爱会、乔士平等。薛庆文、嵇伟、周升猷、齐明、朱振奇、汪光荣、窦振友等专家和老师提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,难免有很多缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编 者

目录

前言

第一章 概述 / 1

- 一、自动变速器的组成 / 1
- 二、前轮驱动、后轮驱动自动变速器 / 2

第二章 液力变矩器 / 3

- 一、液力变矩器的组成 / 3
- 二、液力变矩器动力传递原理 / 4
- 三、液力变矩器的液流 / 5
- 四、液力变矩器变矩原理 / 6
- 五、液控锁止离合器工作状态 / 8
- 六、电控锁止离合器工作状态 / 9

第三章 行星齿轮变速机构 / 10

- 一、行星齿轮机构的组成 / 10
- 二、变速原理(倒档) / 11
- 三、变速原理(减速) / 12
- 四、变速原理(增速) / 13
- 五、行星齿轮机构的空档与直接档 / 14

第四章 辛普森式齿轮变速机构 / 15

- 一、辛普森式齿轮变速机构的组成 / 15
- 二、辛普森式齿轮变速机构 D₁ 档 / 16
- 三、辛普森式齿轮变速机构 D₂ 档 / 17
- 四、辛普森式齿轮变速机构 D₃ 档 / 18
- 五、辛普森式齿轮变速机构 D₄ 档 / 19
- 六、辛普森式齿轮变速机构倒档 / 20
- 七、辛普森式齿轮变速机构低位前进档 / 21

第五章 拉维娜式齿轮变速机构 / 22

- 一、拉维娜式齿轮变速机构的组成 / 22
- 二、拉维娜式齿轮变速机构 D₁ 档 / 24
- 三、拉维娜式齿轮变速机构 D₂ 档 / 25
- 四、拉维娜式齿轮变速机构 D₃ 档 / 26
- 五、拉维娜式齿轮变速机构 D₄ 档 / 27
- 六、拉维娜式齿轮变速机构倒档 / 28

第六章 换档执行元件 / 29

- 一、离合器的组成 / 29
- 二、离合器的工作原理 / 30
- 三、片式制动器的组成 / 31
- 四、片式制动器工作原理 / 32
- 五、带式制动器 / 33
- 六、双活塞的离合器与制动器 / 34
- 七、单向离合器 / 35

第七章 自动变速器控制系统 / 36

- 一、油泵结构与原理 / 36
- 二、液压控制自动变速器的换档原理 / 37
- 三、电控自动变速器的换档原理 / 39
- 四、电控自动变速器控制原理 / 41
- 五、控制系统元件 / 42
 1. 主调压阀和次调压阀 / 42
 2. 手控阀 / 43
 3. 节气门阀和速控阀 / 44
 4. 1-2 档换档阀和 2-3 档换档阀 / 45
 5. 3-4 档换档阀和蓄压器调压阀 / 46
 6. 锁止信号阀和锁止阀 / 47
 7. 顺序动作阀与蓄压器 / 48
 8. 开关式电磁阀 / 49
 9. 脉冲线性式电磁阀 / 50
- 六、丰田 140E 自动变速器油路图 / 51

第八章 01M 自动变速器的结构与工作原理 / 52

- 一、01M 自动变速器分解图 / 52
- 二、01M 阀体分解图 / 53
- 三、01M 自动变速器传动分解图 / 54
- 四、01M 自动变速器传动路线分析 / 55
- 五、控制油路 / 56
 1. 01M 电控自动变速器 P 档油路图 / 56
 2. 01M 电控自动变速器 R 档油路图 / 57
 3. 01M 电控自动变速器 D₁ 档油路图 / 58
 4. 01M 电控自动变速器 D₂ 档油路图 / 59
 5. 01M 电控自动变速器 D₃ 档油路图 / 60

6. 01M 电控自动变速器在 D₃ 档锁止离合器接合油路图 / 61
 7. 01M 电控自动变速器 D₄ 档油路图 / 62
 8. 01M 电控自动变速器在 D₄ 档锁止离合器接合油路图 / 63
- 六、01M 自动变速器控制电路 / 64

第九章 4T65-E 自动变速器的结构与工作原理 / 65

- 一、4T65-E 零部件整体图 / 65
- 二、4T65-E 阀体总成 / 66
- 三、4T65-E 传动部件分解图 / 67
- 四、阀体分解图 / 68
- 五、输入离合器 C₃ 和 3 档离合器 C₂ / 69
- 六、离合器 C₁ 和制动器 B₁ / 70
- 七、4T65-E 自动变速器的传动元件 / 71
- 八、4T65-E 自动变速器的传动分解图 / 72
- 九、4T65-E 自动变速器执行元件工作表 / 73
- 十、4T65-E 自动变速器油路分析 / 74
- 十一、控制油路 / 75
 1. 4T65-E 电控自动变速器 P 档油路图 / 75
 2. 4T65-E 电控自动变速器 R 档油路图 / 76
 3. 4T65-E 电控自动变速器 D₁ 档油路图 / 77
 4. 4T65-E 电控自动变速器 D₂ 档油路图 / 78
 5. 4T65-E 电控自动变速器 D₃ 档油路图 / 79
 6. 4T65-E 电控自动变速器 D₄ 档油路图 / 80
- 十二、4T65-E 电控自动变速器电路图 / 81
- 十三、4T65-E 电路图说明 / 82

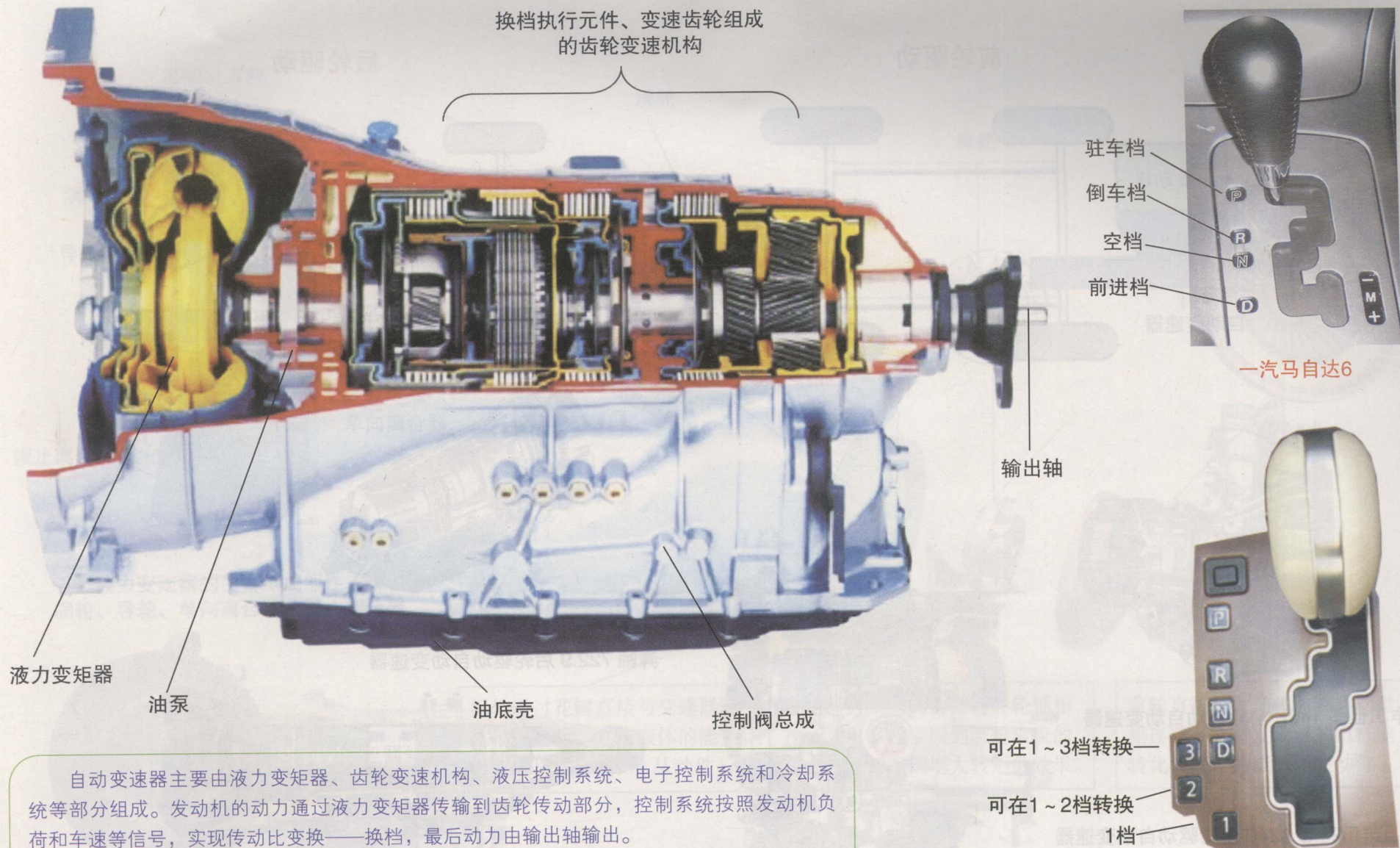
第十章 自动变速器基本检查 / 83

- 一、自动变速器失速和时滞试验 / 83
- 二、自动变速器主油路油压和锁止离合器工作状态测试试验 / 84
- 三、自动变速器油压电磁阀测试试验 / 85

第十一章 无级变速器(CVT)结构与工作原理 / 86

- 一、奥迪 01J 无级变速器的传动原理 / 86
- 二、01J 无级变速器液压控制系统 / 87
- 三、0J 无级变速器电路控制系统 / 88

一、自动变速器的组成

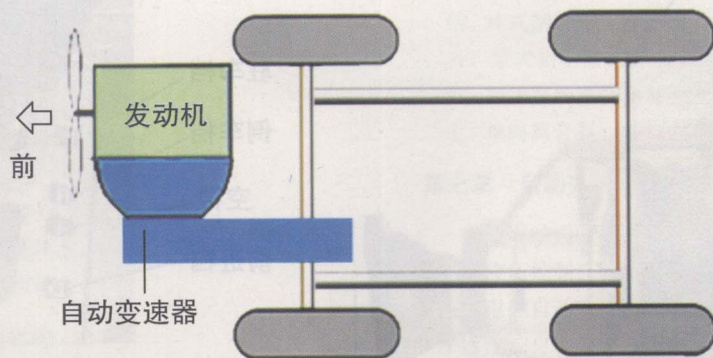


自动变速器主要由液力变矩器、齿轮变速机构、液压控制系统、电子控制系统和冷却系统等部分组成。发动机的动力通过液力变矩器传输到齿轮传动部分，控制系统按照发动机负荷和车速等信号，实现传动比变换——换档，最后动力由输出轴输出。

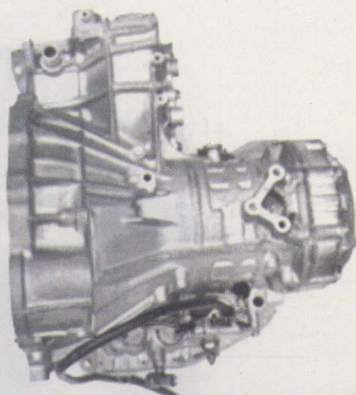
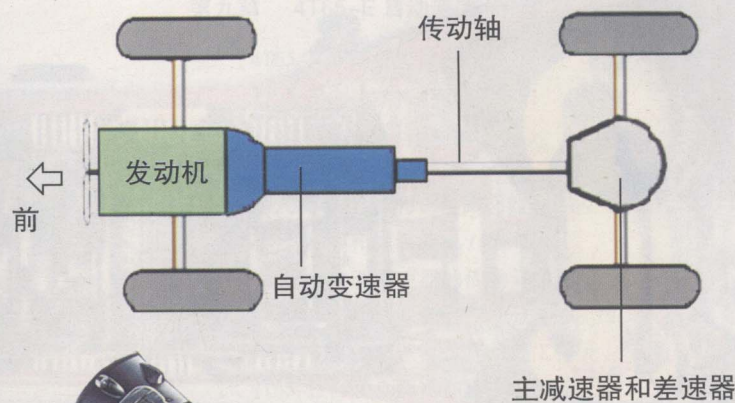
自动变速器的类型分为有级自动变速器（AT）和无级自动变速器（CVT）。有级自动变速器按驱动方式分为前轮驱动、后轮驱动；按变速器传动形式分为行星齿轮式和平行轴斜齿轮式；按控制类型分为全液压控制式和电子控制式；按前进档位数分为4、5、6、7、8速等。

二、前轮驱动、后轮驱动自动变速器

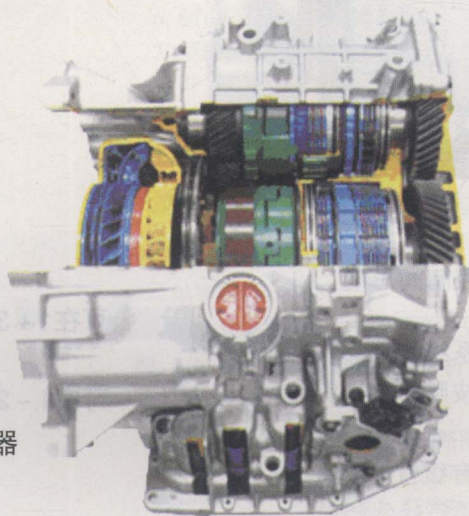
前轮驱动



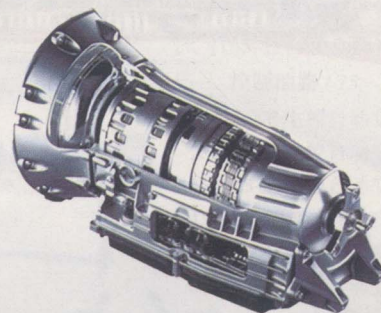
后轮驱动



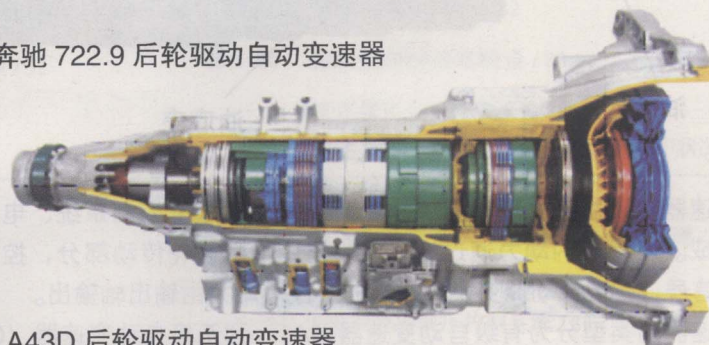
丰田佳美 140E 前轮驱动自动变速器



丰田花冠 A240 前轮驱动自动变速器

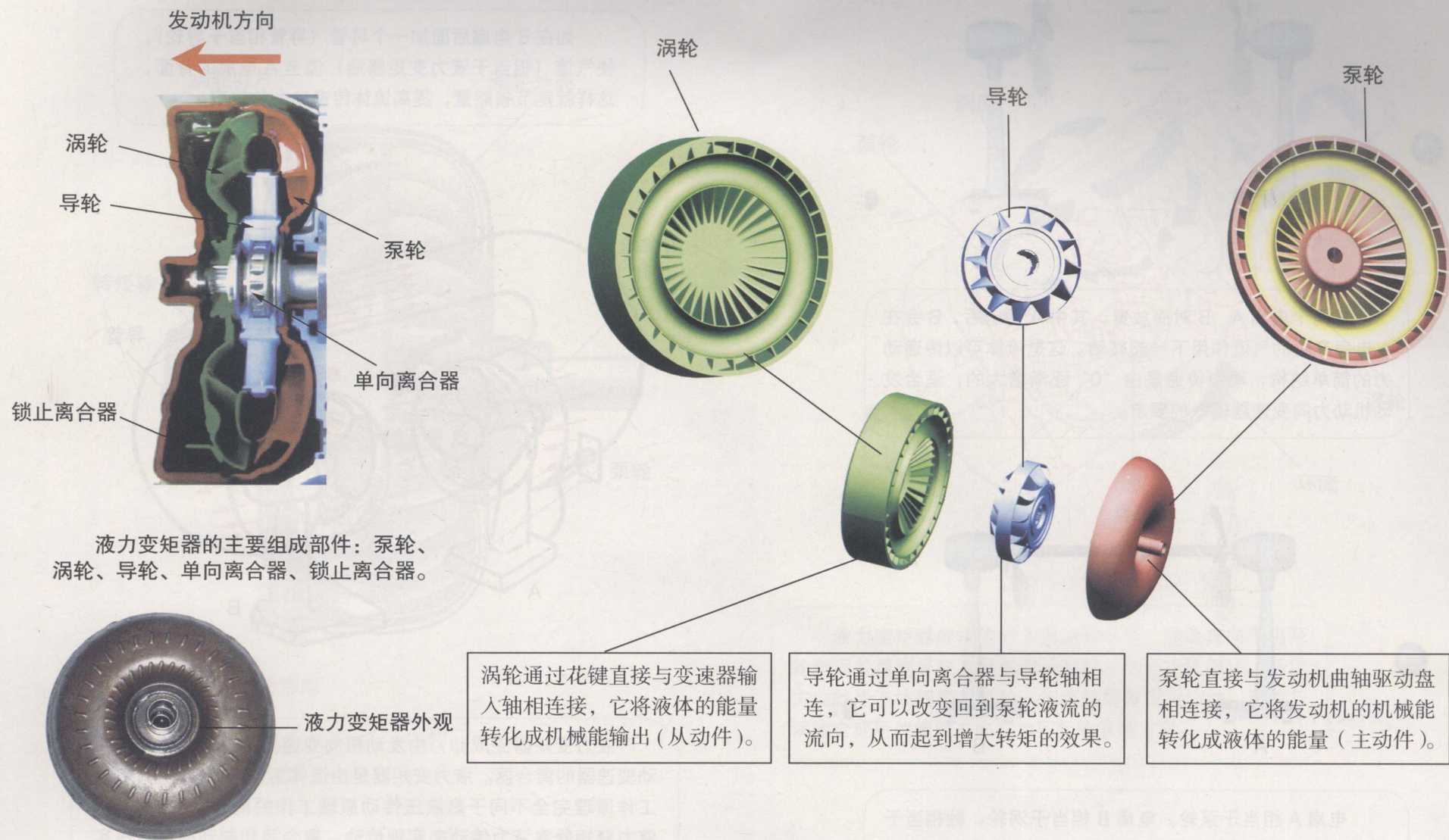


奔驰 722.9 后轮驱动自动变速器

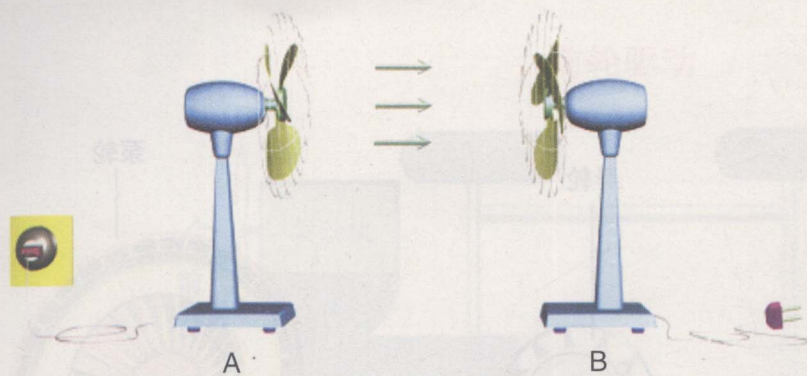


丰田 A43D 后轮驱动自动变速器

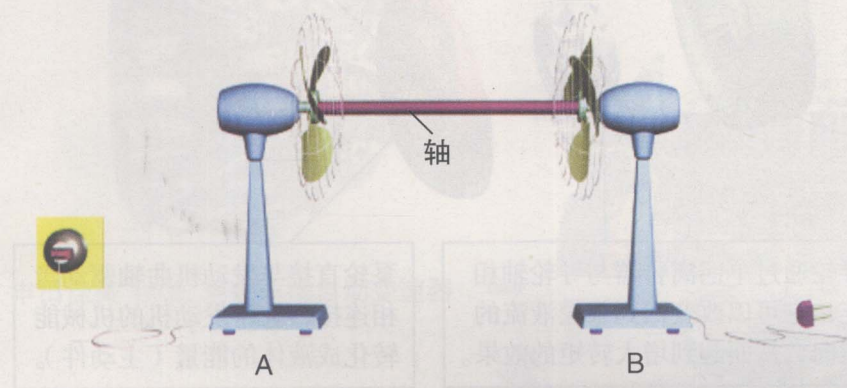
一、液力变矩器的组成



二、液力变矩器动力传递原理

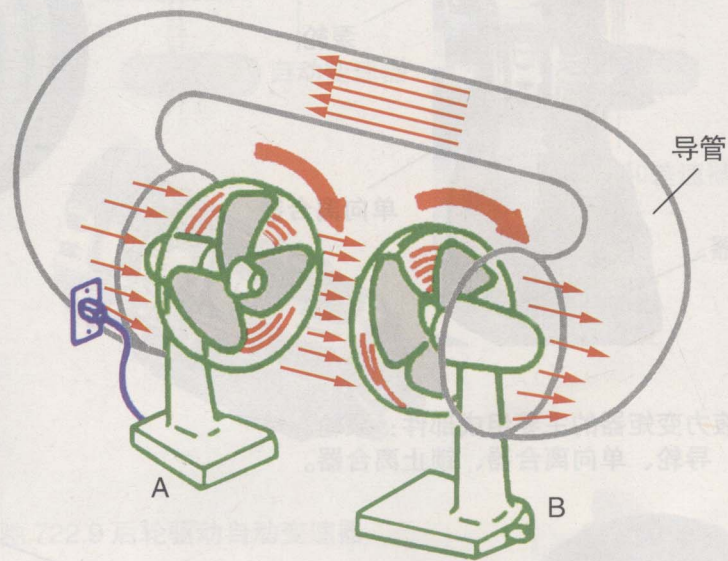


将两个电扇 A、B 对面放置，其中 A 通电后，B 会在 A 电扇产生的气流作用下一起转动。这是流体可以传递动力的简单结构，动力传递是由“0”逐渐增大的，适合发动机动力向变速器输入的要求。

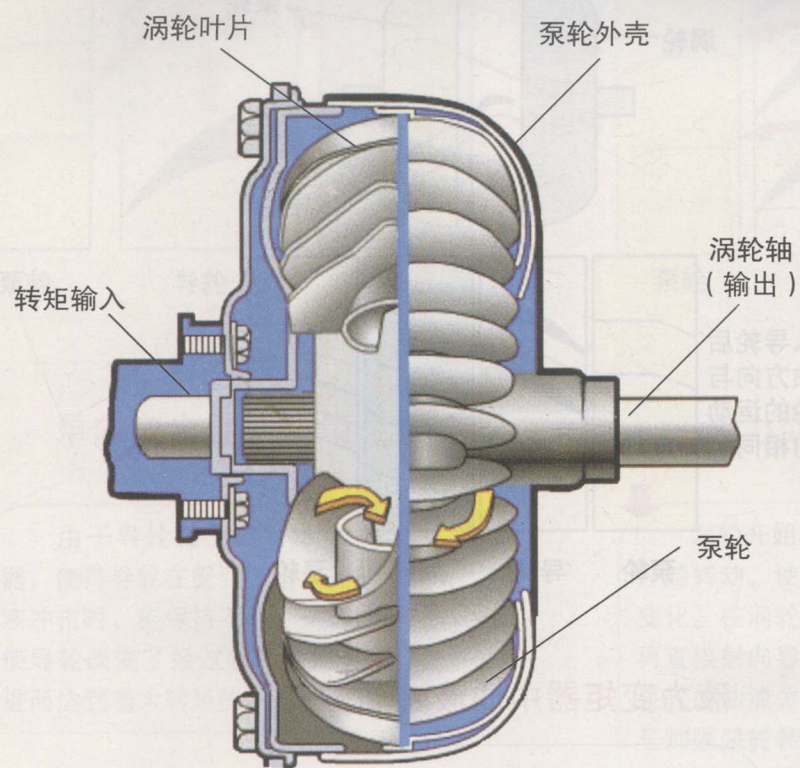


电扇 A 相当于泵轮，电扇 B 相当于涡轮，轴相当于锁止离合器（机械锁止克服流体传递流动的损耗）。

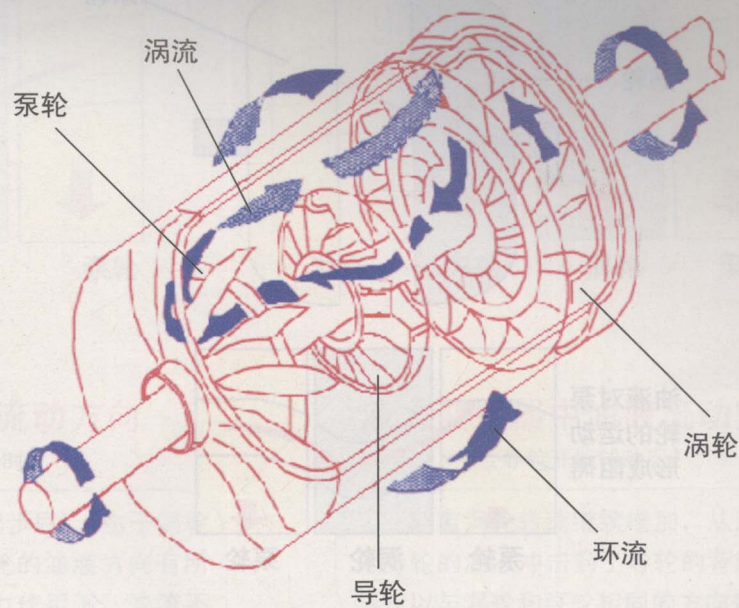
如在 B 电扇后面加一个导管（导管相当于导轮），使气流（相当于液力变矩器油）流至 A 电扇的背面，这样就能节省能量，提高流体传递动力的效率。



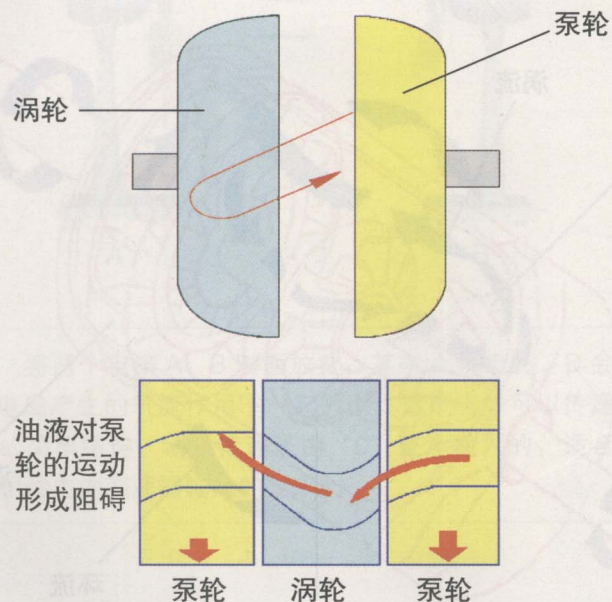
液力变矩器完成动力由发动机向变速器的传递，作用像手动变速器的离合器。液力变矩器是由流体工作来完成动力传递，工作原理完全不同于靠液压传动原理工作的离合器和制动器。液力变矩器靠液力传动来实现传动，离合器和制动器靠液压实现动作。



■ 液体流动方向

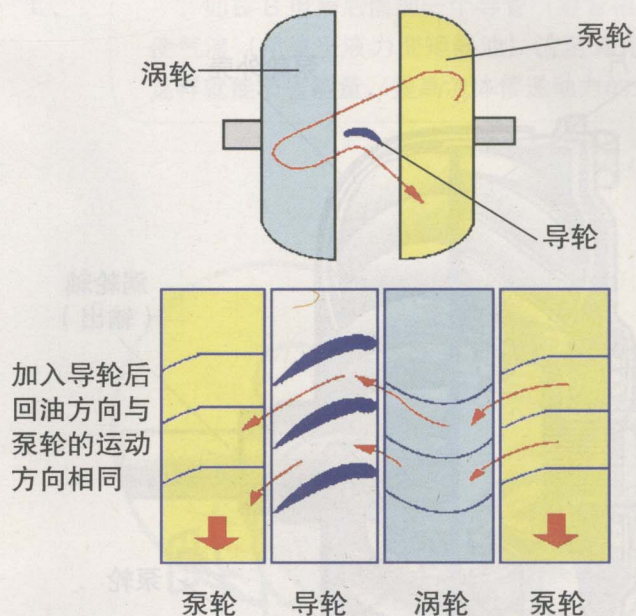


液力变矩器的液流分为涡流和环流。涡流方向是由泵轮到涡轮再到导轮，最后回到泵轮，从而不断循环。环流方向就是液体随同工作轮一起绕轴线做圆周运动。环流与涡流合成后的螺旋方向即为实际的液流方向。



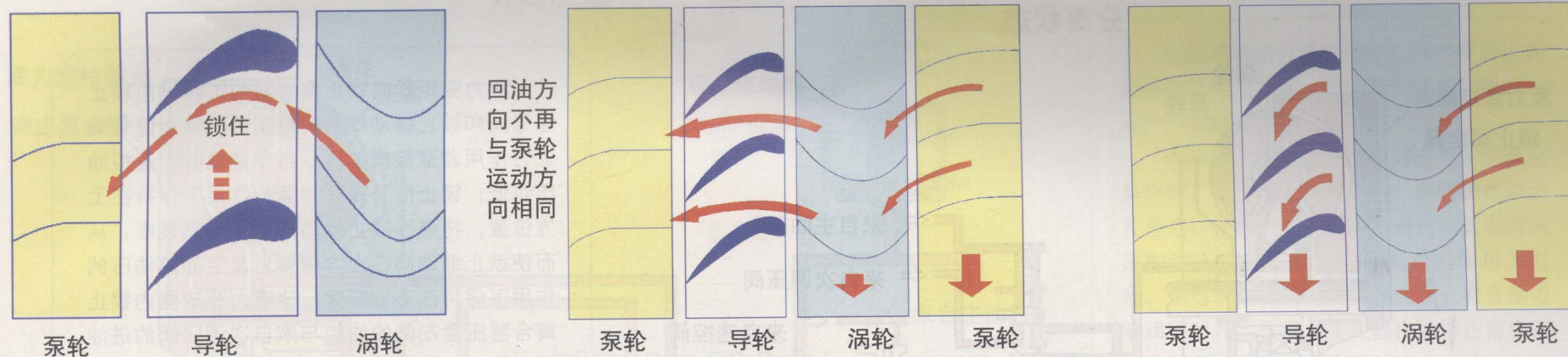
液力耦合器中油液流动方向

液力耦合器泵轮主动与发动机曲轴刚性联接，转动时，离心力使 ATF 向外甩，冲击涡轮叶片，涡轮从动，涡轮回流的液体又冲击泵轮，阻碍了泵轮转动，其特点是传动效率低，但在一定范围内能实现无级变速，有利于汽车起步换挡的平顺性。



液力变矩器中油液流动方向

在增加了导轮的液力变矩器中，自动变速器油从涡轮流入导轮后方向会改变，当油液再流回到泵轮时，其流动方向变得与泵轮运动方向相同，这就加强了泵轮的转动力矩，进而也就增大了输出转矩，这就是液力变矩器可以增大转矩的原因。



单向离合器的作用

由于导轮轴上装有单向离合器,使得导轮在受到来自涡轮的油液冲击时,能保持不动,这样才能使导轮改变了经过它的油流方向,进而达到增大转矩的作用。

液力变矩器中油液流动方向

(变矩器变为偶合器时)

涡轮开始转动时(即汽车起步后),由于涡轮开始转动,使得从涡轮流入导轮的油液方向有所变化。在涡轮转动产生的离心力作用下,油流不再直接射向导轮,而是越过导轮流回泵轮。流回泵轮的油流方向不再与泵轮转向相同,因而失去了加强泵轮转矩的作用,所以此时液力变矩器又变成了液力偶合器,不再具有增大转矩的作用。

液力变矩器中油液流动方向

(导轮开始转动后)

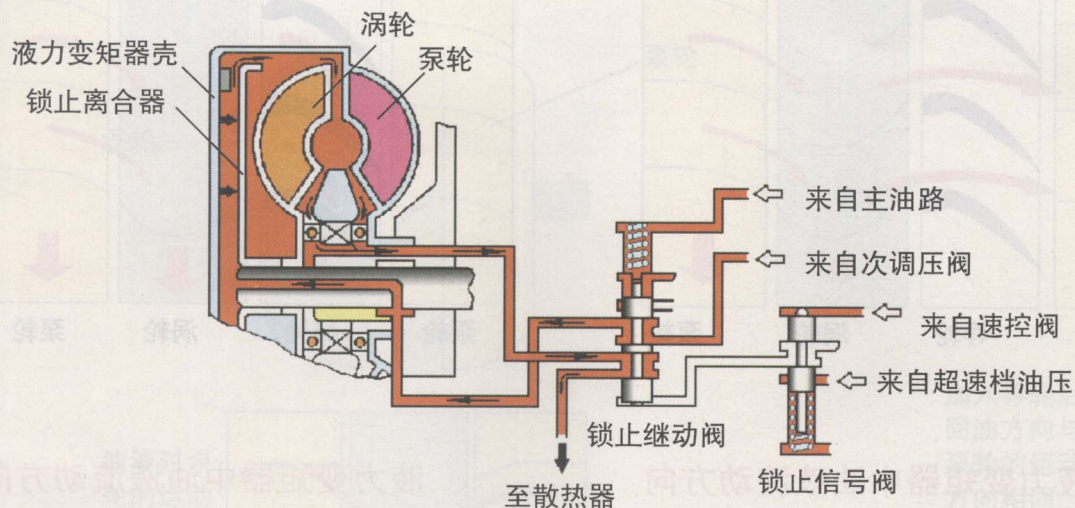
随着涡轮转速继续增加,从涡轮进入导轮的油液冲击到了导轮的背向,使导轮以与涡轮和泵轮相同的方向转动。

小结

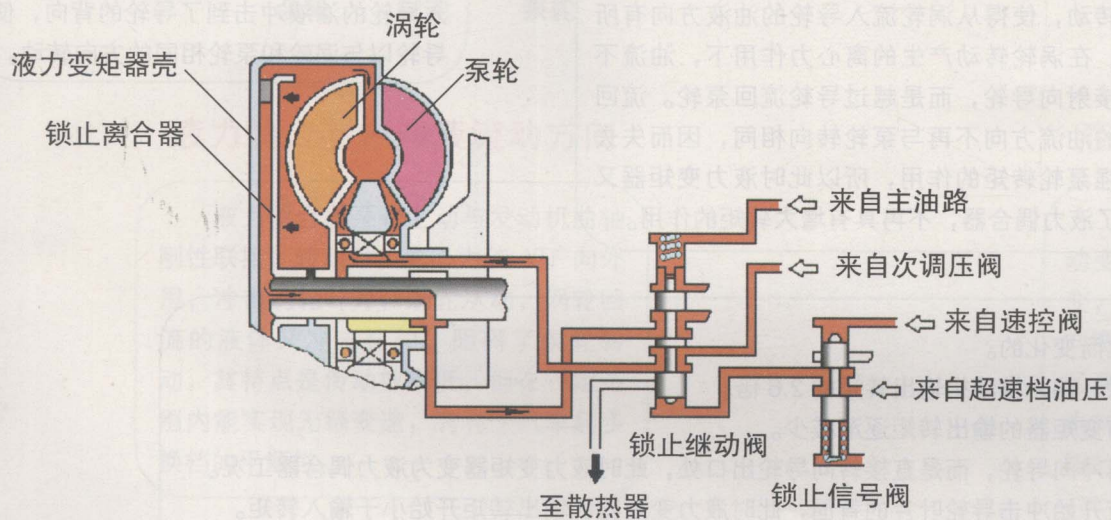
液力变矩器的变矩效率是随涡轮转速的变化而变化的。

- (1) 涡轮转速为零时,变矩器输出转矩最大,约为发动机输出转矩的2.6倍。
- (2) 当涡轮转速从零开始逐渐增大时,液力变矩器的输出转矩逐渐减少。
- (3) 当涡轮转速达到一定时,涡轮出油不再冲向导轮,而是直接转向导轮出口处,此时液力变矩器变为液力偶合器工况。
- (4) 当涡轮转速进一步提高,涡轮出口油液开始冲击导轮叶片的背面,此时液力变矩器的输出转矩开始小于输入转矩。
- (5) 当涡轮转速与泵轮转速相同时,液力变矩器已经没有了涡流运动,所以液力变矩器失去增加转矩的功能。

分离状态



接合状态

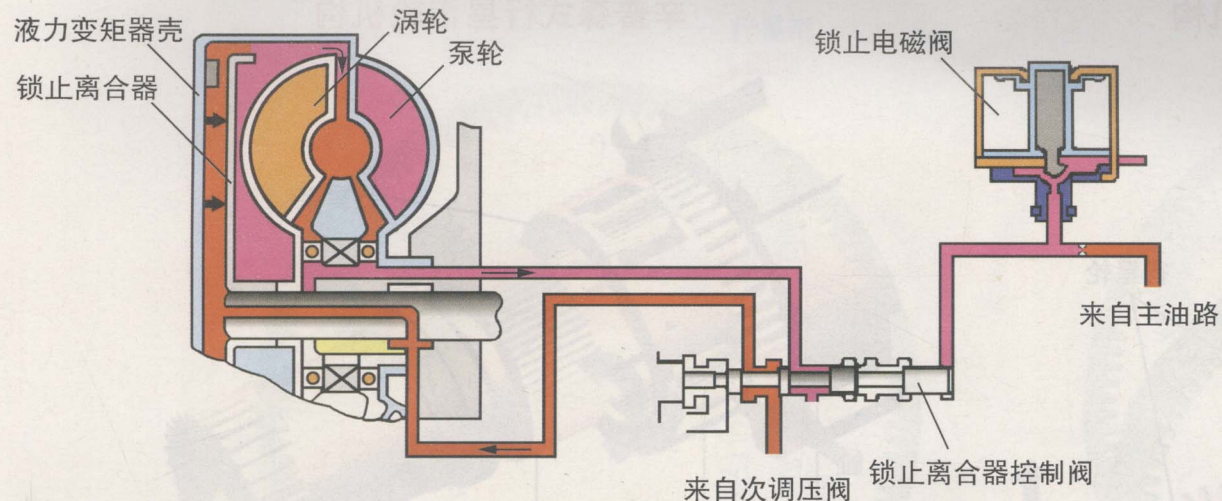


液力变矩器内锁止离合器的工作是由锁止信号阀和锁止继动阀共同控制的，锁止信号阀上方作用着速控油压。当车速低时，速控油压也低，锁止信号阀在弹簧的作用下保持在上方位置，将通往锁止继动阀的主油路切断，从而使锁止继动阀在上方弹簧力及主油路油压的作用下保持在下方位置，让液力变矩器内锁止离合器压盘左侧的油腔与来自次调压阀的进油道相通，此时锁止离合器处于**分离状态**，发动机的动力完全由液力变矩器内的液压油来传递。

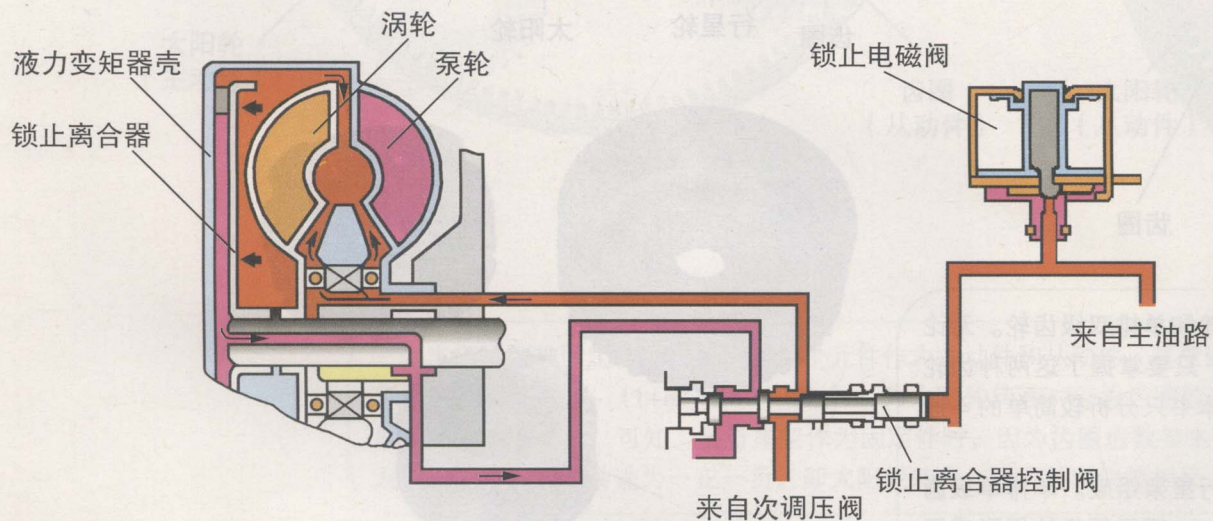
当汽车在锁止档行驶，且车速及相应的速控油压升高到一定数值时，锁止信号阀在速控油压的作用下被推至下方位置，使来自换档阀油路的主油路油压进入锁止继动阀下端，锁止继动阀在下方主油路油压的作用下上移，让锁止离合器左侧的油腔与泄油口相通，使锁止离合器处于**接合状态**，发动机的动力经锁止离合器直接传至涡轮输出轴。

锁止继动阀卡滞在工作端时，会造成制动熄火。锁止离合器是液力变矩器中最容易损坏的部件，大众 01V、01N 变速器一般使用 6~7 年，行驶 20 万 km 左右会出现锁止离合器磨损打滑现象，此时，汽车以 60~80km/h 行驶，节气门开度较小时，车身有窜动感；节气门开度增大，窜动消失；松开加速踏板再次踩下时窜动明显。使用劣质油或油脏是造成锁止离合器磨损主要原因之一。

分离状态



接合状态



主油路的压力油经节流孔作用在锁止离合器控制阀的右端，锁止离合器控制阀的左端作用着弹簧弹力。

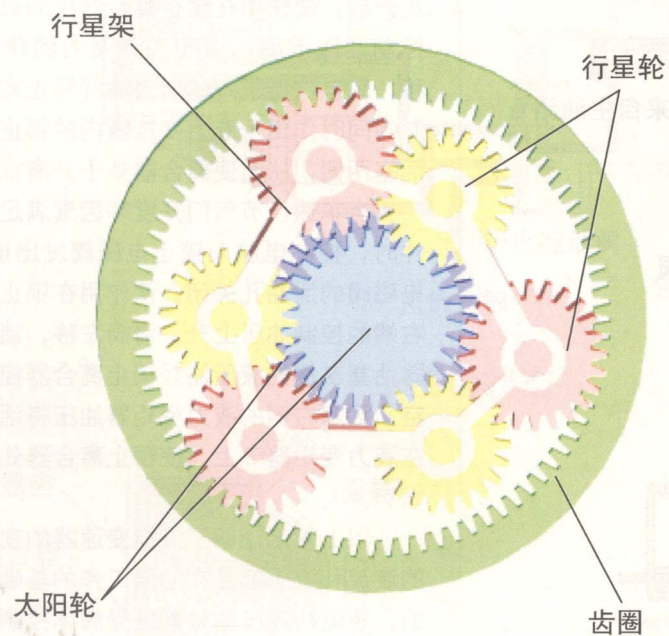
当车速、节气门开度等因素未达到锁止条件时，锁止电磁阀不通电，电磁阀的泄油孔开启，使作用在锁止离合器控制阀右端的控制油压下降，滑阀在弹簧力的作用下右移，来自次调压阀的压力油经锁止离合器控制阀同时作用于液力变矩器内的锁止离合器活塞两侧，从而使离合器处于**分离状态**。

当车速、节气门开度等因素满足锁止条件时，控制电脑向锁止电磁阀发出电信号，电磁阀的泄油孔关闭，使作用在锁止离合器右端的控制油压上升，滑阀左移，锁止离合器活塞左侧的液压油经锁止离合器控制阀泄空，活塞右侧的液力变矩器油压将活塞压紧在液力变矩器壳上，使锁止离合器处于**接合状态**。

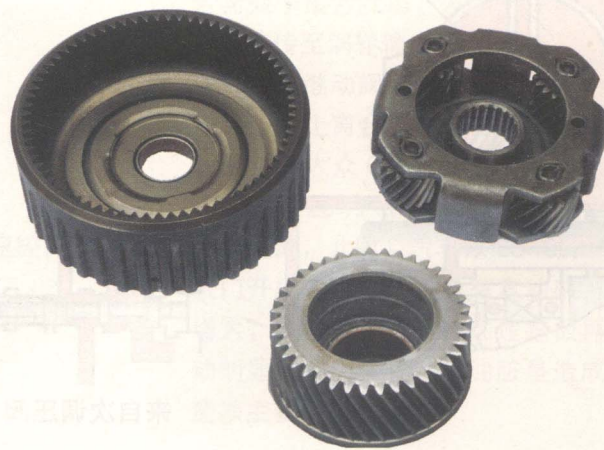
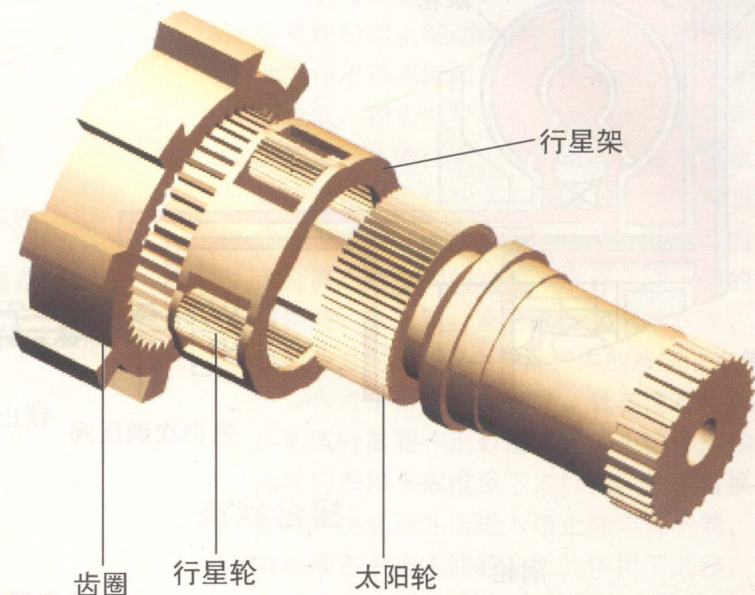
以上图示说明了液控变速器的变矩器中的液流和液压都是在油泵工作的基础上建立的，液流和液压的分配是受阀体控制的；而电子控制的变速器离合器的锁止状态是受电子系统监控的，不正常状态会导致控制系统进入保护模式而不换挡。

锁止电磁阀有开关控制式和脉冲控制式，电磁阀卡死在锁止状态时，踩下制动踏板发动机就容易熄火，若电磁阀卡死不锁止状态，汽车油耗量会增大，并使油温升高易变质，高速时动力性变差。

拉维娜式行星齿轮机构

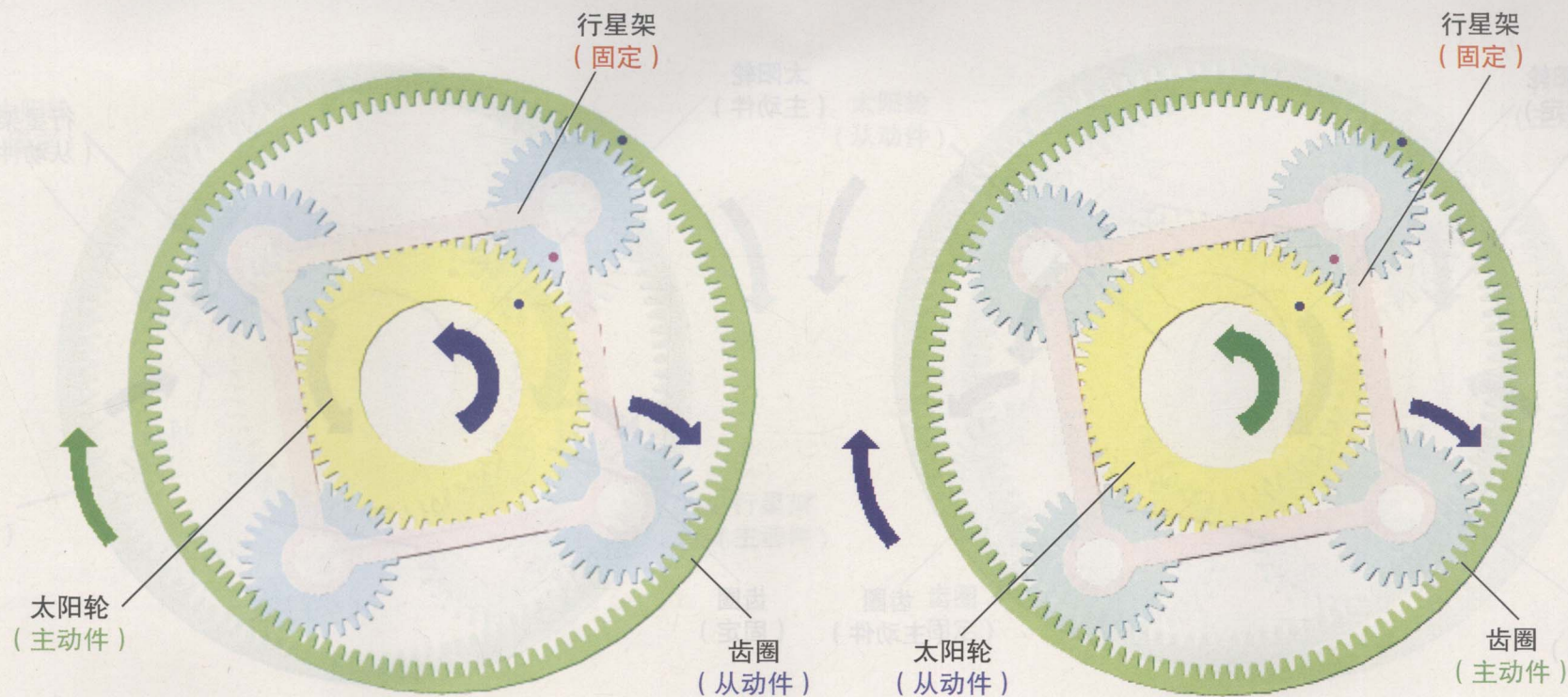


辛普森式行星齿轮机构



自动变速器行星齿轮机构有两种：单排单级齿轮和单排双级齿轮。无论是4、5速自动变速器还是6、7、8速自动变速器，只要掌握了这两种齿轮的变速规律，再复杂的齿轮传递也容易分析，因此本书只分析较简单的4速辛普森式和4速拉维娜式。

单排行星齿轮机构由太阳轮、齿圈、行星轮、行星架组成。单排单级齿轮中“行星架”是比较重要的部件。在此基础上增加一组行星齿轮便形成了单排双级齿轮，通过三元件的不同组合实现6种组合。



当行星架被固定时，不管其他哪个元件作为主动件和从动件，其变速结果都是反向。

由公式 $n_1 + \alpha n_2 - (1 + \alpha) n_3 = 0$ (其中 n_1 为太阳轮转速; n_2 为齿圈转速; n_3 为行星架转速; α 为齿圈与太阳轮齿数之比) 可知: 当行星架作为固定件时, 因为齿圈齿数与太阳轮齿数之比始终大于 0, 所以太阳轮转速与齿圈转速为一正一负, 即太阳轮转向与齿圈转向必然相反。