

汽车维修初级技能

变速器篇

Qiche Weixiu Chuji Jineng

Biansuqipian

李元秀 编著



电子科技大学出版社

汽车维修技能培训一本通

汽车维修初级技能·变速器篇

李元秀 编著

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车维修初级技能. 变速器篇 / 李元秀编著. — 成都:
电子科技大学出版社, 2010.8

(汽车维修技能培训一本通)

ISBN 978-7-5647-0608-1

I. ①汽… II. ①李… III. ①汽车—自动变速装置—
车辆修理—技术培训—教材 IV. ①U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 170677 号

汽车维修技能培训一本通
汽车维修初级技能·变速器篇
李元秀 编著

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:
610051)

策划编辑: 杜 倩

责任编辑: 张 鹏

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 北京佳明伟业印务有限公司

纸张尺寸: 710mm×1000mm 1/16 印张 12 字数 215 千字

版 次: 2010 年 8 月第一版

印 次: 2010 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-0608-1

定 价: 19.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

自动变速器是在机械式变速器、液力变矩器等液力传动技术和电子控制技术的基础上发展而成的。液力传动技术 19 世纪初发明于欧洲，最早于 1912 年应用在船舶上。由于液力变矩器不仅具有防止发动机过载的作用，而且还能改变转速比和转矩比，因此在其他领域该技术也迅速得到应用，且主要用于公共汽车。

1930 年，英国研制生产了一种三级变矩器应用于公共汽车上；1932 年，美国通用公司也在公共汽车上采用了这种变矩器，1937 年又用于内燃机车上。第二次世界大战期间，液力变矩器又用于军用汽车和专用汽车。与此同时，美国开始自行研发液力传动技术。

最早生产自动变速器的是美国通用公司，该公司于 1938 年推出了将行星齿轮变速器与液力耦合器组合而成的液力自动变速器。此种变速器是采用液压控制自动变速，是现代轿车自动变速器的雏形。1942 年，通用汽车公司又研制成功了一种两挡液力机械变速器，其采用了“阿里逊”型双导轮、可闭锁的综合式变矩器。1947 年，该公司将液力传动装置用于批量生产的小客车上，并在第二年作为小客车用的标准部件，逐步应用到该公司生产的其他车型上。1948 年，通用汽车公司在别克轿车上装备了著名的 NYNAFLOW 型变速器，这种变速器由单级多相五元件变矩器（一个泵轮、一个涡轮、三个导轮）和具有两个前进挡、一个倒挡的行星齿轮变速器组成，采用液压控制，在结构上已接近现代汽车用液力自动变速器。

20 世纪 50 年代，我国成功地研制了“红旗”高级轿车用液力自动变速器。目前中国的自动变速器装车率也越来越高，上海通用、上海大众、一汽大众、长安福特、东风日产、东风雪铁龙、一汽及海南马自达、奇瑞、北京现代等在我国生产的汽车，均有自动变速器车型。但由于国内的机油品质、驾驶员的驾驶习惯、环境及道路状况等因素，自动变速器会经常出现各种各样的故障。而与手动变速器相比，自动变速器结构更复杂。所以，掌握自动变速器的原理、结构与维修是当代汽车维修人员的基本功。

本书是一本汽车自动变速器构造与故障诊断快速入门图书。针对自动变速器难学难懂的特点，编者一改传统书籍的编排特点，通过应用大量的图片，综合常见自动变速器结构特点，经过总结与分析，将自动变速器的工作原理



汽车维修初级技能·变速器篇

展现在读者面前。特别是应用图解法循序渐进分析自动变速器的挡位，形象直观，可使读者在最短的时间内有效掌握各种自动变速器换挡过程。同时，本书也介绍了有效的基本检测方法及故障诊断思路，并在每个单元中提出了具体的学习目标，读者只要根据目标进行学习，就会在最短的时间内对维修自动变速器有一个完整的了解，并能很快进入维修工作状态。

本书通俗易懂，对基础知识的要求不高，因而便于自学，比较适合作为职业院校的师生用书，也适合作为一线维修人员、接车员、检验员、维修培训人员以及相关专业师生的参考资料。

目 录

第一章 汽车自动变速器和驱动桥概述

第二章 汽车自动变速器基础知识

第一节 自动变速器的使用	42
第二节 自动变速器的组成及基本原理	44
第三节 自动变速器的类型及编号	46

第三章 汽车液力变矩器

第一节 变矩器的作用原理	51
第二节 单向离合器及锁止离合器	53
第三节 变矩器的故障诊断	56

第四章 变速原理

第一节 液压离合器与制动器	65
第二节 单排行星齿轮机构	73
第三节 普通型辛普森式行星齿轮机构	75
第四节 丰田 A341E 和 A342E 自动变速器	82
第五节 东南菱帅 F4A41 自动变速器	87
第六节 SPARK 汽车自动变速器	90
第七节 日产风度 RE4F03 自动变速器	92
第八节 富康 AL4 自动变速器	97
第九节 拉维娜轮系的自动变速器	101



第五章 汽车手动变速器或变速驱动桥

第六章 汽车差速器

第七章 汽车自动变速器电子控制系统

第一节 电子控制单元(ECU)的工作条件	179
第二节 输入信号的检查与调整	181

第一章 汽车自动变速器和驱动桥概述

自动变速器在 20 世纪 40 年代后期得到大规模应用，如今在北美有 85% 的汽车装备了自动变速器。与手动变速器不同，自动变速器不用人为地去变换齿轮的啮合，而是应用离合器（或制动带）夹持两组或更多行星齿轮组的不同部分来实现换挡的，如图 1-1 所示。液力变矩器安装在发动机与变速器或驱动桥之间，用于实现传递和放大发动机扭矩。

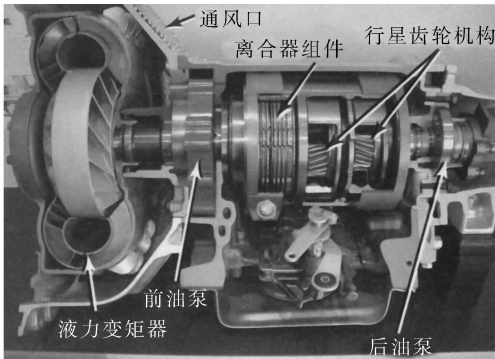


图 1-1 20 世纪 50 年代使用的一种 2 速自动变速器（克莱斯勒动力飞行，Chrysler Power Flight）的横剖图。自动变速器中的热量大多数由液力变矩器产生。风冷单元中有一个排泄孔，用来释放热空气

一、液力变矩器

泵轮（也叫做叶轮）是驱动单元，它随着发动机一起转动。泵轮的叶片带动变矩器壳体內的液压油，将其导向涡轮。液流驱动涡轮，当泵轮与涡轮之间的流动足够强大的时候，涡轮将能够旋转并带动变速器的输入轴一起旋转。液力变矩器中还包括导轮（也叫反应器），它是安装在单向离合器上的反作用部件。

叶片在液力变矩器的三个成员部件中都有使用，它被制成弯曲的形状以便增加流体转向的角度。这样做也增加了流体的推力和水力优势。泵轮叶片的输出侧使离开泵轮的液压油流速增加，从而增大了传递给涡轮的扭矩，如

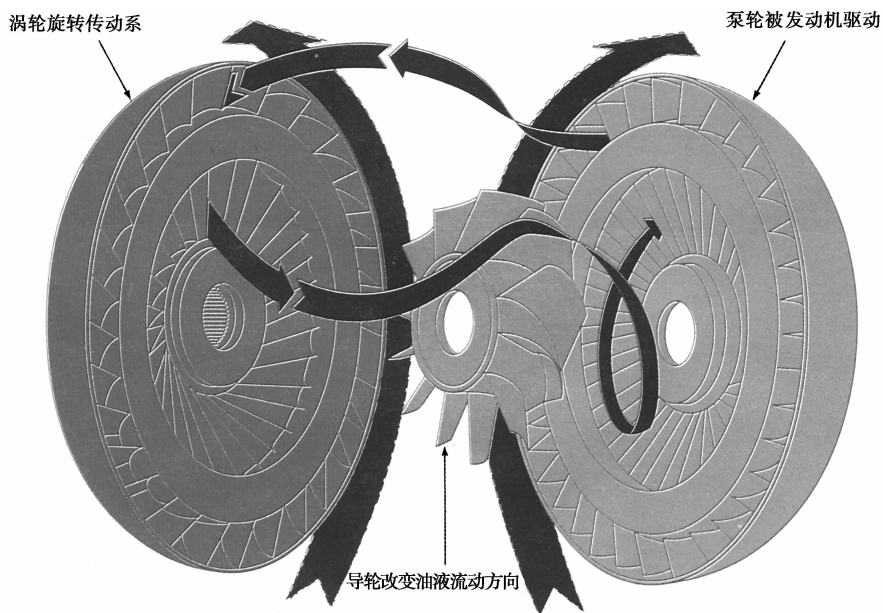


图 1—2 液力变矩器内部的液体流动路线。导轮使涡轮甩出的液体重新定向，因而提高了变矩器的效率

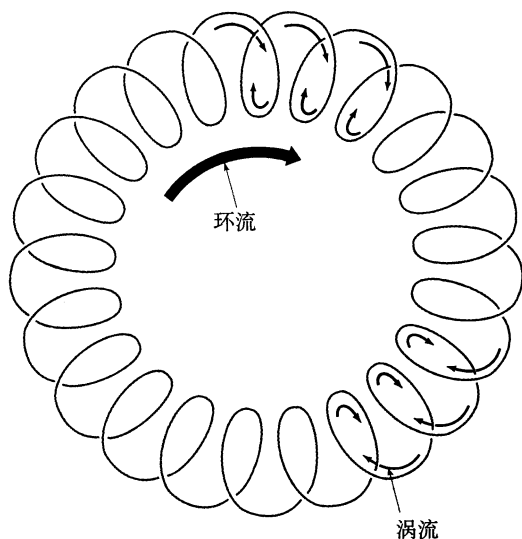


图 1—3 泵轮泵入涡轮里的液体不仅产生了环流流动，也产生了涡流流动，涡流增加了液力变矩器的效率

第一章 汽车自动变速器和驱动桥概述

图 1—2 所示。涡轮叶片的输入侧吸收了流体的冲击，并减少了由于泵轮和涡轮之间流体流速的突然变化所带来的能量损失。导轮叶片的曲线方向与泵轮和涡轮叶片的曲线方向相反，如图 1—3 所示。导轮位于泵轮与涡轮之间，它加强了泵轮方向传来的流动，从而使传递给涡轮的力量加大，如图 1—4 所示。

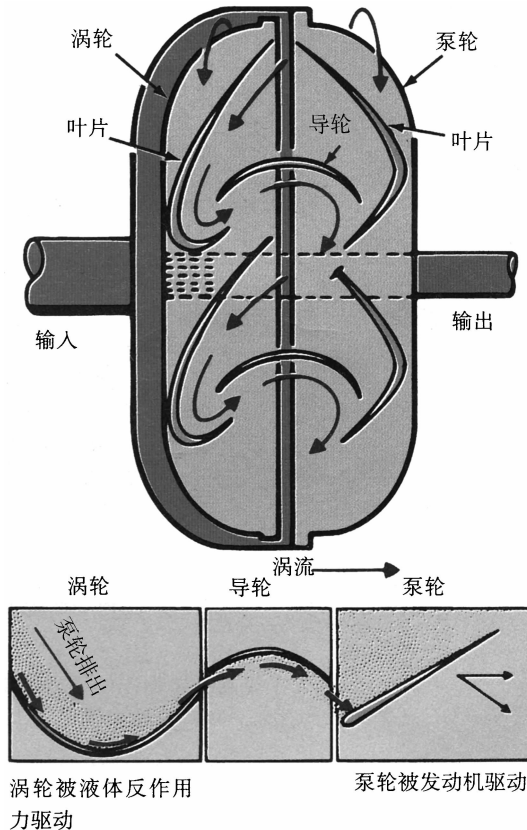


图 1—4 液力变矩器中每个叶片的曲率有助于维持高效的流动

液力变矩器是单件式焊接组合件，因而它不容易拆卸和修理。尽管它可以用专用设备来翻修，但是大多数商店在其发生故障时，只是简单地把焊接的液力变矩器作整体更换。

1. 液力变矩器固定装置

液力变矩器一般通过挠性板安装在发动机上，而挠性板安装在发动机的曲轴法兰上，如图 1—5 所示。挠性板代替了手动变速器中使用的笨重的飞



轮。飞轮的一个重要功能是消除发动机的脉动，并衰减它的振动。自动变速器不使用常规飞轮，这是因为液力变矩器中有足够质量的流体可以用来衰减发动机的振动。

挠性板的外缘通常装有一个外齿圈，这个齿圈在起动的时候与启动机主动小齿轮啮合，以使发动机启动。

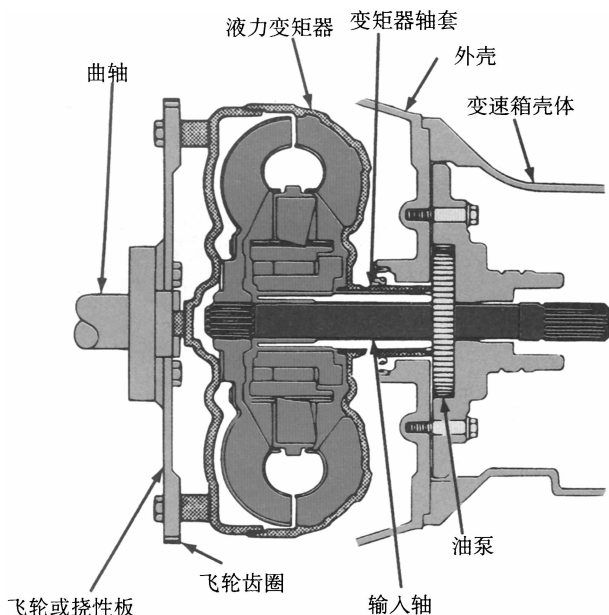


图 1—5 液力变矩器用螺栓连接在挠性板上，而挠性板则安装在曲轴上，并且与发动机同速旋转。在大多数后桥驱动变速器上，液力变矩器轴套直接驱动油泵

为了确保发动机运转时油泵总能把液体输送到变速器中，一个整体式轴套位于变矩器壳体上，并且直接与油泵连接，如图 1—6 所示。油泵驱动轴通常从一个中空的输入轴（或传动轴）内进入变矩器，并从内部用花键与变矩器壳体连接。

大多数后桥驱动变速器使用串联方式驱动变矩器，并且在涡轮和变速器输入轴之间提供直接的机械连接。在典型的结构中，涡轮用花键与变速器输入轴连接，导轮轴套安装在单向离合器上。单向离合器通过花键安装在油泵的固定外延上，这个外延称作导轮支撑，或者称作反作用轴，如图 1—7 所示。变矩器驱动轴套位于变矩器壳体的后部，它经导轮支撑，且穿过前油封来驱动油泵。

第一章 汽车自动变速器和驱动桥概述

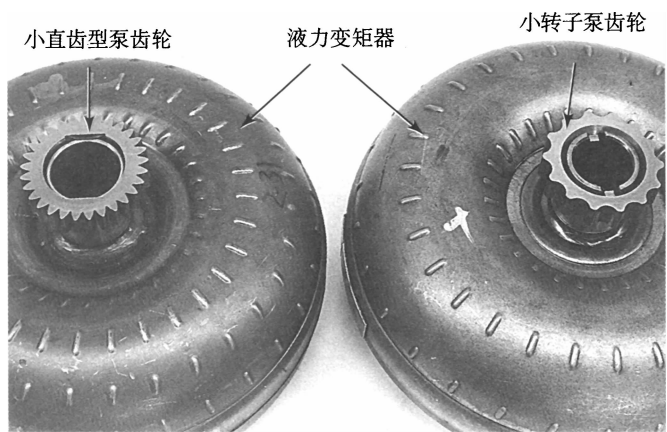


图 1—6 油泵的内部齿轮连接在液力变矩器的轴套上，用来驱动油泵。注意轴套没有与齿轮的整个齿深相啮合，这就是液力变矩器为什么必须完全安装的主要原因。如果没有与油泵齿轮完全啮合，将会导致油泵和液力变矩器严重损伤

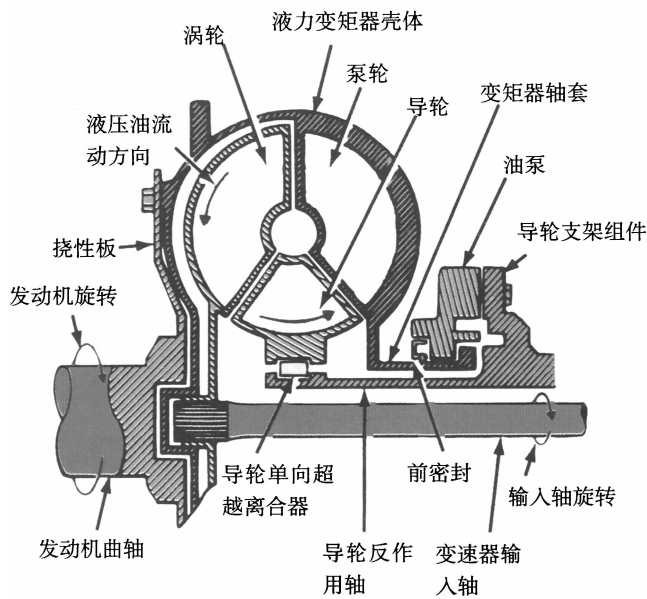


图 1—7 在大多数后轮驱动变速器中，变速器输入轴用花键与涡轮直接连接

许多驱动桥和后轮驱动变速器使用偏置式传动布置方式来节省空间。偏置式传动设计通常使用驱动链来为涡轮和输入轴之间提供机械连接，如图 1—



8 所示。油泵可以直接由变速器壳体或独立的驱动轴来驱动。

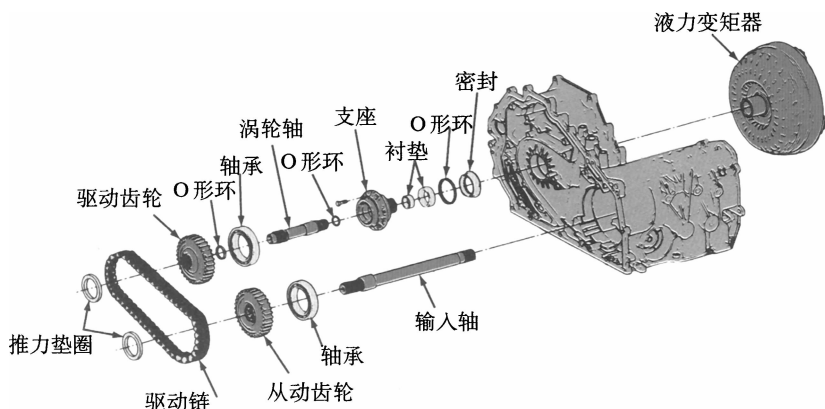


图 1—8 在驱动桥上，涡轮通过驱动链驱动输入轴

2. 液力变矩器工作过程

变速器油泵将液压油送入液力变矩器中，泵轮旋转的叶片将液压油卷起，通过涡流和环流到达涡轮叶片。

3. 扭矩放大阶段

当液压油离开涡轮叶片冲击导轮叶片的凹面（或者前侧）时，扭矩放大阶段开始。导轮叶片改变液压油的流动方向，使它加入从泵轮流向相邻涡轮叶片的液流，如图 1—9 所示。来自导轮的液流的力量增加了来自泵轮的液流的力量，从而增大了泵轮传递给涡轮的总扭矩。

涡流从泵轮输送到涡轮，然后流经导轮，最后流回泵轮完成整个循环称为扭矩放大过程。液力变矩器的扭矩放大效果与速度比有关。速度比较小时，泵轮的转动速度大于涡轮的转动速度，因而涡流流动很强，扭矩被放大。当涡轮速度增大并接近于泵轮速度时，旋流流动增大，从而减小了涡流流动和扭矩放大的效果。当变速比接近于 90% 时，扭矩放大变得最小，此时液力变矩器的功能更像是液力耦合器。

因为导轮在扭矩放大阶段保持固定，因而它可以改变液流的方向。导轮轴套安装在一个单向离合器上，其自由转动方向为顺时针方向，当其逆时针方向旋转时则会锁定，如图 1—10 所示。当从涡轮输送来的液流冲击导轮叶片的凹面时，它试图驱动导轮逆时针旋转。锁定导轮可以使液压油重新流回泵轮。

4. 耦合阶段

当变速比达到 90% 或者更高时，液力变矩器内液体的流动主要是旋流，并且从涡轮到导轮的流动角度增大。最终流体冲击的是导轮叶片的凸面侧

第一章 汽车自动变速器和驱动桥概述

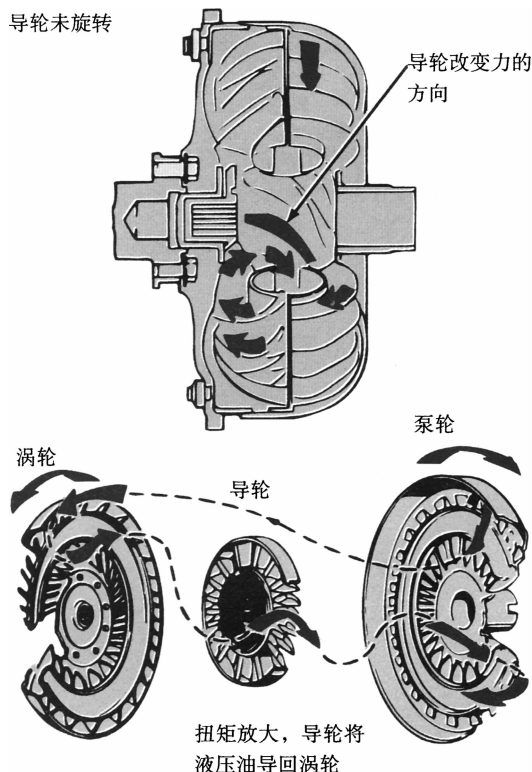


图 1—9 当液压油离开涡轮冲击导轮叶片的前端时，它被导轮改变方向流回泵轮，此时扭矩被放大



图 1—10 导轮包含一个单向滚柱离合器。离合器可以在某一个旋转方向锁定它，在相反的方向则允许它可以自由旋转



(或者背侧),而不是凹面侧。当液流冲击背侧的力量大到足以驱动导轮顺时针旋转时,单向离合器超速运转。随着离合器超速运转,涡轮、泵轮和导轮都以相同的方向旋转,并且旋转速度几乎相同。这个阶段被称为耦合阶段。一旦液流的流动角度改变到可以冲击导轮叶片的背侧并且驱动导轮顺时针旋转时,导轮发生解锁并且自由旋转。

当液力变矩器接近耦合阶段时,扭矩放大效果下降。这是因为导轮不再改变液流方向,从而增强泵轮到涡轮的流动。当液力变矩器到达耦合速度时,涡轮与泵轮的旋转速度几乎相同,旋流远远大于涡流。此时液力变矩器跟液力耦合器一样,只是简单地传递扭矩。

5. 失速速度

在变矩器失速期间,泵轮旋转而涡轮不动。失速通常发生在车辆的驱动轮刚要运动的时候。当发动机驱动泵轮以最大速度旋转时,涡轮有可能静止不动,绝大部分失速在此时发生。发生失速时的发动机转速称为液力变矩器失速速度。当泵轮旋转而涡轮不动时,变速比为零。此时的变速比最低,而扭矩放大最大。大多数现代的液力变矩器失速时,扭矩放大倍数为 $2:1 \sim 2.5:1$ 。

6. 液力变矩器直径

液力变矩器的失速速度由液力变矩器外径和导轮叶片角决定。当大、小两个变矩器以同样的导轮叶片角和旋转速度运转时,较小的变矩器内部产生的驱动流体的离心力也较小。因此,较小直径的变矩器具有较高的失速速度,它在发动机转速较高时才能放大扭矩,而且在发动机没有高速运转之前不会发生耦合。与之相反,较大直径的变矩器失速速度较低,它在发动机转速较低时放大扭矩,发生耦合时的发动机转速也较低。

汽车制造商根据传动系的需要和操作需要来选择液力变矩器。配备大功率发动机的车辆在发动机低转速时产生大扭矩,因此经常需要液力变矩器在低转速时耦合,从而提高燃油经济性。配备小功率发动机的车辆在发动机低转速时产生较小的扭矩,因此需要使用液力变矩器以使发动机工作在转矩曲线较高的区域,在此区域内工作可以获得更多的动力。装备自动变速器的高性能车辆经常使用小直径的变矩器,也是基于同样的原因。

7. 锁止式液力变矩器

即使最高效的液力变矩器,在运行期间也会有 $3\% \sim 6\%$ 发生打滑。这是因为传递扭矩的流体呈现一种称为流体剪切效应的滑动性。流体剪切效应会产生摩擦热,但是不同的流层彼此滑过时不会做功。

消除液力变矩器的滑动可以使汽车在高速公路行驶期间提高 $4\% \sim 5\%$ 的

第一章 汽车自动变速器和驱动桥概述

燃油经济性。随着新型汽车越来越重视燃油经济性，这也成为汽车工程师的一个重要目标。消除打滑的另一个好处是可以降低变速器的工作温度，从而可以增加它的预期寿命。锁止式液力变矩器用一个液力变矩器离合器（TCC）将泵轮锁定到涡轮，从而减少滑动。与手动变速器中使用的离合器类似，液力变矩器离合器用一个液压系统活塞控制的摩擦盘使涡轮与泵轮实现机械耦合，如图 1—11 所示。接合离合器可以使发动机与变速器之间产生机械连接，从而提供 1 : 1 的直接传动比。

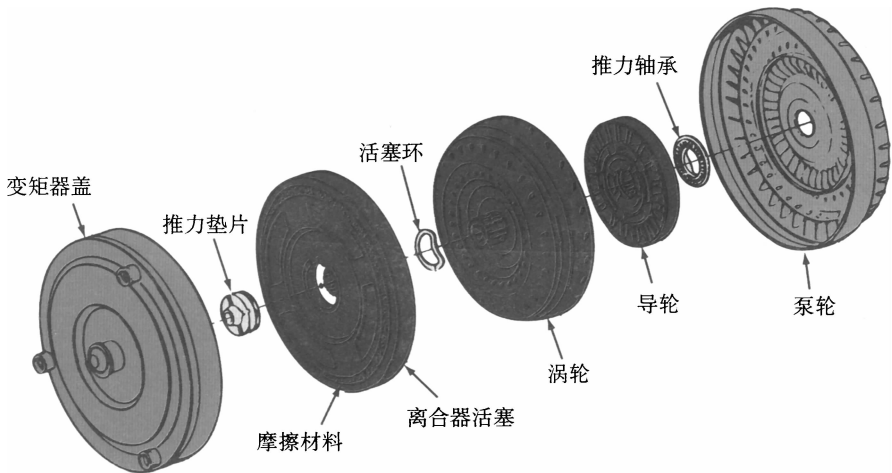


图 1—11 通用动力公司生产的典型液力变矩器离合器（TCC）的分视图

8. 变矩器离合器的控制

第一个液力锁止的变矩器是完全由液压和变速器阀体里的滑阀来控制的。在一些后期设计中增加了简单的电控开关和电磁阀，用来控制施加给变矩器离合器的压力。新型的液力变矩器离合器使用电子控制系统来调整离合器的正时和工作。

早期的液力变矩器离合器只在高速挡接合，这是因为在低速挡接合时会减小加速所需要的扭矩放大。在某些行驶速度和工作条件下也需要限制锁止。大多数车辆上，在变速器挂高档后，车辆速度超过 25~30mph (40~48km/h) 时发生锁止。一旦锁止发生，离合器会在特定的工作条件下自动断开，例如部分开启节气门或全开启节气门挂低挡时。在这些情况下，增大加速度的需要超越了对燃油经济性的考虑。

更复杂的电子控制系统可以每分钟锁定、解锁变矩器离合器几百次，以



满足汽车此时的需要。某些新系统也允许部分锁定液力变矩器。传统的锁止式液力变矩器只执行锁定或者解锁动作；而部分锁止式变矩器则允许离合器有一定数量的滑动。如图 1—12 所示，不同类型的液力变矩器离合器控制方式不同，需要特定类型的摩擦材料安装在离合器上。这样可以使变矩器平滑锁定，提高燃油的效能和经济性，并且对传动系没有冲击。

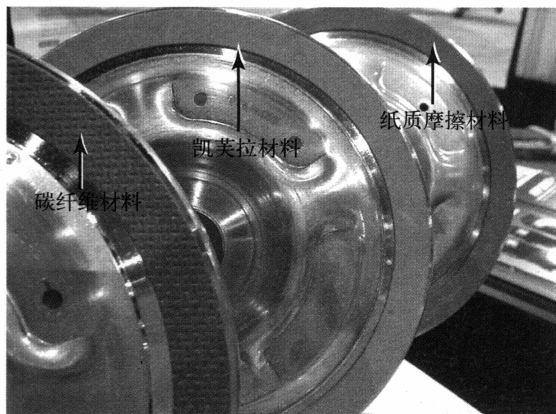


图 1—12 液力变矩器离合器的控制方式决定离合器上使用的摩擦材料的类型。纸质摩擦材料通常用在开关型离合器上，而碳纤维摩擦材料则经常用在脉宽调制型离合器上

总结液力变矩器的工作情况如下：

- 车辆挂挡并且没有运动，发动机转速低。在低转速时，自动变速器的液压油不能对涡轮施加足够的力量，以使车辆以爬行挡行驶。

- 发动机转速增加，车辆速度开始增加。当更多的发动机转矩施加到液力变矩器上时，液流流动将转矩传递给涡轮。导轮被锁止（不能运动），并且将液流重新导回涡轮。重新导回的液流对涡轮所产生的扭矩大于发动机扭矩，这就被称为扭矩放大。多数液力变矩器由于导轮的作用可以放大发动机转矩两倍。

- 发动机转速和车辆行驶速度稳定。当泵轮和涡轮的速度达到同样的速度（85%~90%）时，导轮中的单向离合器解锁，导轮自由旋转。这一速度称为耦合点。

- 车辆快速加速。在快速加速期间，发动机转速和泵轮转速远远大于涡轮转速。涡轮停转时，扭矩放大值最大，并且泵轮以发动机所能驱动它的最大速度旋转。这一速度叫做失速速度。失速时的扭矩放大最大值为 2 : 1，这