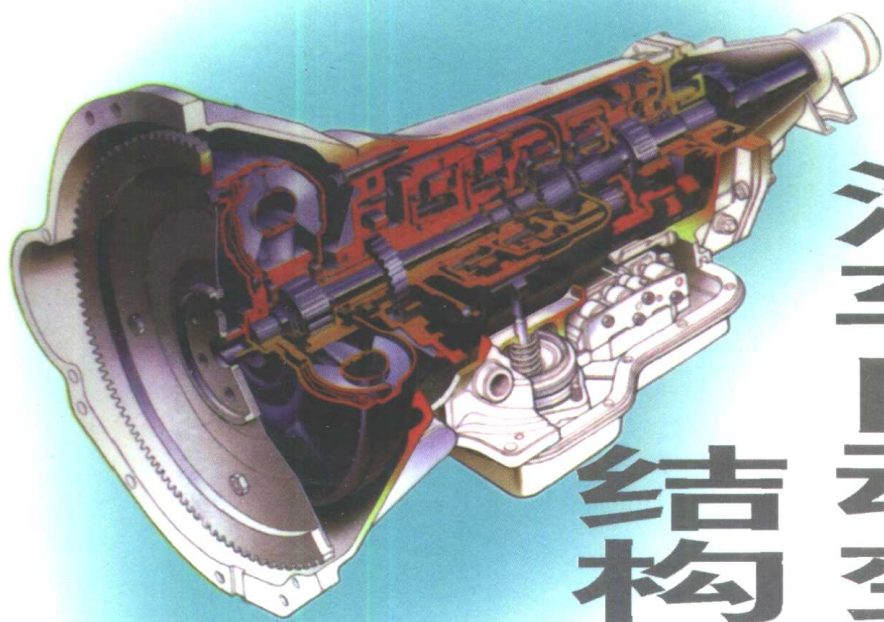




汽车自动变速器

结构原理与使用检修

徐安
乔向明
编著



人民交通出版社

**Qiche Zidong Biansuqi Jiegou Yuanli
yu Shiyong Jianxiu**

汽车自动变速器结构原理 与使用检修

徐 安 乔向明 编著

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书讲述了汽车自动变速器及其控制系统的结构原理,着重探讨了自动变速器的正确使用及各项检验,并详尽地给出了自动变速器故障分析以及自动变速器就车修理与总成解体修理的具体程序及方法。

本书涉及的内容广泛,因此可供与汽车工程和机械工程有关的科研人员、工程技术人员及院校师生阅读,也可供从事汽车检验与维修的中高级检修工阅读,并可作为有关专业培训的系统教材。除此之外,还可供自动变速器车主参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车自动变速器结构原理与使用检修 / 徐安编著.
北京:人民交通出版社, 2000. 9
ISBN 7-114-03720-1

I. 汽... II. 徐... III. ①汽车-自动变速装置-理论②汽车-自动变速装置-车辆修理 IV. U463.212

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第65118号

汽车自动变速器结构原理与使用检修

徐 安 乔向明 编著

版式设计:刘晓方 责任校对:尹 静 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010-64298977)

各地新华书店经销

新世纪印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:12.75 字数:323千

2000年9月 第1版

2000年9月 第1版 第1次印刷

印数:0001~3000册 定价:22.00元

ISBN 7-114-03720-1
U·02694

前 言

自动变速器,尤其是电子控制自动变速器,由于其能够根据车辆的行驶速度和驾驶者踩下加速踏板程度的不同而自动地实现换挡操作,从而将驾驶者从选择变速器挡位、操纵离合器以及实施换挡等一系列繁重的驾驶操作中解放出来,并因此而保证汽车的动力性,提高行车的安全性,增加驾乘的舒适性,所以在汽车上得到了越来越广泛的应用。但与传统的手动换挡机械式变速器相比,自动变速器存在着结构复杂、检验和维护修理要求及工艺难度高等问题,因而使其成为汽车维修业目前所遇到的带有普遍性的技术难题。

本书写作的目的,正是为了系统、全面、深入地探讨汽车自动变速器的结构原理、使用、检验、维护和修理问题,以促进汽车维修行业的科技进步,保持行业的可持续发展。另外,也为从事汽车工程和机械工程的科研人员、工程技术人员和院校师生提供一本内容新颖、翔实可靠、深入浅出的汽车自动变速器参考书籍。

本书作者近年来一直从事汽车自动变速器实用技术的研究,书中部分内容是国内已有出版物中所从未涉及的。希望本书的出版能推动汽车自动变速器使用与维修技术的进步,并对广大读者有所帮助。

在本书写作过程中,参考了大量的国内外文献资料,在此,谨向所有这些文献的作者表示深深的谢意。

作 者

目 录

第 1 章 汽车自动变速器概述	1
第 2 章 液力变矩器结构原理	5
2.1 液力变矩器的作用及其结构	5
2.2 液力变矩器工作原理	7
2.3 锁止型液力变矩器	13
2.4 液力机械分流传动变矩器	17
第 3 章 行星齿轮辅助变速器结构原理	19
3.1 行星齿轮机构及其特点	19
3.2 简单行星齿轮系统	20
3.3 自动变速器及各挡动力传递	24
第 4 章 自动变速器离合器与制动器	31
4.1 湿式多片离合器	31
4.2 制动器	35
4.3 离合器与制动器工作缓冲装置	38
4.4 单向离合器	40
第 5 章 自动变速器液压控制系统	42
5.1 自动变速器油泵	42
5.2 主油路压力及主油路压力调节阀	45
5.3 调速器阀压力及调速器阀	47
5.4 节气门阀压力及节气门阀	51
5.5 手控阀和换挡阀	53
第 6 章 自动变速器的电子控制	55
6.1 自动变速器的电子控制系统	55
6.2 锁止离合器的电子控制	65
6.3 自动变速器换挡的电子控制	72
6.4 电子控制自动变速器的换挡控制选择	74
第 7 章 自动变速器油及其滤清器和冷却器	77
7.1 自动变速器油的性能	77
7.2 自动变速器油的种类与使用	81
7.3 自动变速器油滤清器及其使用维护	85
7.4 自动变速器油冷却器及其使用维护	87
第 8 章 自动变速器的正确使用	90
8.1 自动变速器油的正确使用	90
8.2 换挡手柄的正确使用	93

8.3 装用自动变速器汽车的正确驾驶	96
第9章 自动变速器的检验	104
9.1 基础检验	104
9.2 失速试验	107
9.3 时滞试验	107
9.4 液压试验	108
9.5 道路试验	109
第10章 自动变速器故障分析与检修	111
10.1 典型自动变速器故障分析	111
10.2 自动变速器检修总则	139
10.3 典型自动变速器检修拆装	141
10.4 典型自动变速器维修规范	148
第11章 自动变速桥检修	150
11.1 典型自动变速桥概述	150
11.2 典型自动变速桥解体修理	153
第12章 自动变速器维修附件	187
12.1 自动变速器密封垫	187
12.2 自动变速器密封圈	188
12.3 自动变速器衬套、滚子推力轴承、推力垫圈和锁环	192
参考文献	195

第 1 章 汽车自动变速器概述

众所周知,由于车用发动机的扭矩和转速变化范围较小,而复杂的使用条件又要求汽车的车轮驱动力和车速能在相当大的范围内变化,所以,需要在汽车的动力传动系统中设置变速器。

汽车变速器一般有两种形式,一种是普通的手动变速器,一种是自动变速器。

借助于普通的手动变速器,汽车驾驶员虽然也可以根据需要进行换挡操作,即选择最合适的齿轮组合,以适应具体的行驶条件,但每次换挡,都不可避免地要伴之以操纵离合器。统计资料表明,在城市行驶工况下,载货汽车每行驶 100km,需起步和停车 80~100 次,而公共汽车则需 400~500 次。考虑到换挡时的离合器操纵,那么,在城市工况下每行驶 100km,公共汽车的离合器工作次数可达 800~1 000 次。在城市交通日益繁忙,道路阻塞日趋加剧的情况下,频繁的换挡对汽车驾驶员来说,无论在精神上,还是体力上,都是一个很大的负担;同时,对道路交通安全也是一个不利的因素。

由于自动变速器能根据车辆的行驶速度和驾驶员踩下加速踏板的程度,自动地实现换挡操纵,从而把汽车驾驶员从选择变速器挡位、操纵离合器,以及实施换挡等一系列繁重的驾驶操作中解放出来,并因此而保证了汽车的动力性,提高了行车的安全性,增加了驾驶和乘车的舒适性。

总的来说,汽车自动变速的采用,具有以下一系列的优点:

- a) 能根据行驶速度和加速踏板位置,自动地选择最合适的挡位;
- b) 消除了离合器操作和频繁的换挡,使驾驶操作变得简单而省力,同时,也提高了行车的安全性;
- c) 大大降低了汽车传动系统的动载荷,使发动机和传动系相关零部件以及轮胎等的使用寿命大为提高;
- d) 在外载荷突然增大的情况下,可防止发动机过载或熄火,从而保护发动机,并减少排气污染;
- e) 有效地、平稳地、持续地传递发动机所产生的扭矩,起步平稳,振动和噪声减少,提高乘坐舒适性。

与普通的手动变速器相比,自动变速器存在着结构较为复杂,工艺要求及制造成本较高,以及传动效率略低等缺点,从而使整车的制造成本和车辆在某些工况及场合下的运行油耗略有增高,维修难度加大。但由于其优点远远超过了缺点,所以自动变速器在汽车上得到了越来越广泛的应用。

汽车自动变速器发展到今天,可以说是种类繁多。但是,其基本工作原理大致相同,基本构成差异也不大。图 1.1 给出了美国福特(Ford)汽车公司 A4LD 型汽车自动变速器的大体结构。

由图 1.1 可见,汽车自动变速器在结构上,要远较普通的手动变速器复杂。一般来说,汽车自动变速器由以下几部分组成:

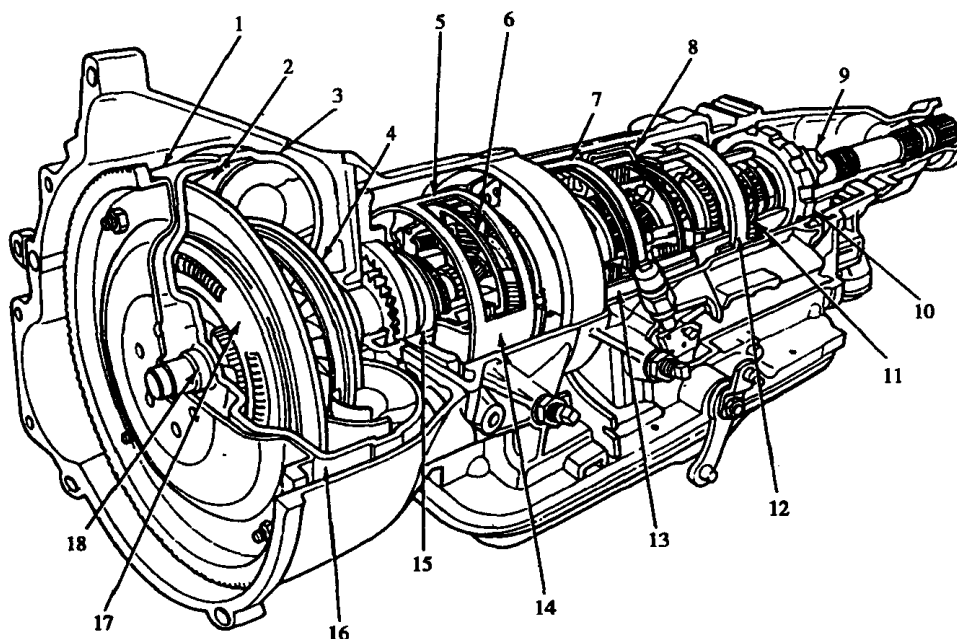


图 1.1 福特汽车公司 A4LD 型自动变速器

1-液力变矩器;2-涡轮;3-泵轮;4-导轮;5-直接挡离合器;6-直接挡单向离合器;7-三挡-倒挡离合器;8-前进挡离合器;9-调速器阀;10-驻车制动齿轮;11-单向离合器;12-一档-倒挡制动器;13-二挡制动器;14-超速挡制动器;15-油泵;16-液力变矩器盖;17-锁止离合器和减振器组件;18-输入轴

液力变矩器——汽车上广泛采用的是三元件综合式液力变矩器,它由带叶片的泵轮、涡轮和导轮组成,形成一个封闭的液力循环系统,通过工作过程中内部油液循环流动时能量的变化,在发动机曲轴和自动变速器的行星齿轮变速器之间传递功率或扭矩。这种由液力作用进行偶合传动的装置,能根据汽车的行驶阻力,在一定范围内自动而且无级地改变其传动比和扭矩比。与此同时,液力变矩器借助于传递或不传递由发动机发出的功率或扭矩至行星齿轮变速器,还可起到自动离合器的作用。除此之外,液力变矩器能衰减传动系统中的扭转振动,防止传动系过载,并起到使发动机运转平稳的飞轮作用。

行星齿轮变速器及液压执行机构——虽然液力变矩器能在一定范围内,自动而且无级地改变扭矩比和传动比,但它尚存在着变矩能力与传动效率之间的矛盾,而且也无倒挡,难以满足汽车的使用要求。所以,在汽车自动变速器中,需增设一齿轮式变速器,而目前与液力变矩器配合使用的,多为行星齿轮式变速器。为使行星齿轮变速器完成既定的工作,还需要有由离合器、制动器等组成的液压执行机构与其一道工作。

液压自动控制系统——它由油泵、主油路压力调节阀、节气门阀、调速器阀、手控阀、换挡阀及其他一系列辅助阀和控制油路等组成,可根据发动机的节气门开度(即负荷)和汽车行驶速度,产生不同的液压信号,借助于液压执行机构,控制行星齿轮变速器,自动地进行换挡。

除此之外,还有自动变速器油液滤清及散热系统等。

汽车液力自动变速器的构成和基本工作过程,可用图 1.2 概括表示。至于近年来为不少新车型所采用的电子控制液力自动变速器,则图 1.2 相应演变为图 1.3 的形式。

虽然近年来自动变速器在汽车,尤其是轿车上的装备率得到了大幅度的提高,但在其背后,却有一段相当长的发展历史。例如,某些在 20 世纪头 10 年制造的轿车所装用的变速器中,即带有类似于今天自动变速器中的齿轮机构;而在 30 年代后期,美国的通用(GM)、福特

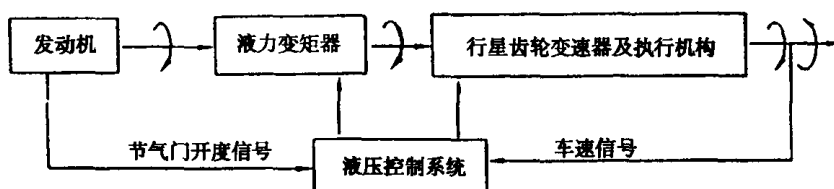


图 1.2 自动变速器的构成及基本工作过程框图

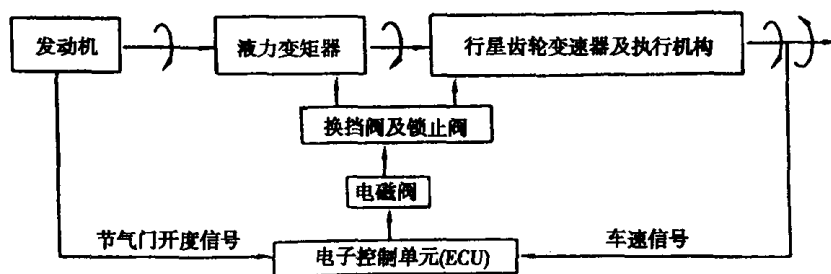


图 1.3 电子控制自动变速器的构成及基本工作过程框图

(Ford)、克莱斯勒(Chrysler)以及其他一些汽车公司,就有了处于试验或有限生产阶段的半自动或自动变速器。最初的液压控制式全自动变速器,安装在 1940 年型的奥兹莫比尔(Oldsmobile)和凯迪拉克(Cadillac)牌轿车上,而这种自动变速器,则是在 1938 年型的别克(Buick)牌轿车半自动变速器的基础上发展起来的。

国产轿车中采用自动变速器最早的车型,当属第一汽车制造厂生产的红旗 CA770 型三排座高级轿车,该型轿车在 1965~1980 年间共生产了 1 283 辆,其所装用的自动变速器在结构上与美国克莱斯勒汽车公司生产的 Power Flite 自动变速器、苏联 1958 年开始生产 3ИЛТ—111 及其后的改进型 3ИЛТ—114、3ИЛТ—117 上所装用的自动变速器相同,显而易见,3ИЛТ—111 和 CA770 的自动变速器都是按 1953~1957 年间生产的 Power Flite 仿制的。

近年来,我国汽车工业在引进消化吸收国外先进技术的基础上,产品不断跃上新台阶,从产品一投产就采用自动变速器的车型亦已出现。例如 1998 年 12 月在上海通用汽车有限公司首辆下线,1999 年 4 月 12 日正式批量生产的上海别克轿车,以美国通用汽车公司 1997 年新上市的北美别克轿车为基础,成为我国目前批量生产的轿车中车型最新的。该车型装备 L46E2.98LV6 电控燃料喷射(EFI)发动机和 4T65—E 电控 4 挡自动变速器,采用双恒温控制系统、磁液助力转向系统、动力总成(发动机与自动变速器)控制系统、双安全气囊、防抱制动系统等世界先进水平技术与装备,还可根据需要选装卫星导航系统和语音声控系统等,从而填补了国产轿车多项技术空白。

横置安装的 4T65—E 型自动变速器,采用电子控制技术,适用于 3.0~3.8L 汽油发动机,可用于中型、大型轿车,以及中型客车,其最大允许车重 2903kg,最大拖车能力 1584kg,最大允许发动机扭矩 380N·m,最高车速 200km/h,可以在 -40~55℃ 的环境温度范围内正常工作。除停车挡、倒车挡和空挡外,还有 4 个前进挡。该自动变速器具有自适应换挡控制功能,采用 EC3 电控接合力离合器技术来实现发动机与自动变速器之间的直接连接。这项在液力变矩器领域里的新技术可在很大程度上改善燃料经济性,而不会以牺牲动力总成的运行性能作为代价,该技术的采用使发动机和变速器可以在较低的转速下实现机械连接。

液力变矩器锁止离合器可在第二、三和四挡时起作用,通过动力总成控制模块(PCM)改变锁止离合器油压,从而提供合适的接合力,此举可使燃料经济性提高 2%~3%,而自动变速器

仍能十分平顺地传递扭矩。4T65-E型自动变速器内设有两组行星齿轮,可提供4个前进挡和1个倒挡。动力总成控制模块(PCM)每隔25ms即对节气门开度、车速、发动机转速、发动机冷却水温、进气歧管绝对压力、输入油转速、变速器油温、换挡模式选择开关、手控换挡阀盖、锁止离合器开关、空调开关、巡航控制信息等输入信息进行一次处理,然后将输出的控制信号传至电磁阀,从而精确地控制换挡时刻。另外,换挡品质也同样采用了电子控制,从而可以适应车辆运行条件的改变,譬如可以很好地适应城市道路交通拥挤的情况。

附带说明一点,上海通用汽车有限公司的自动变速器B&K测试可以模拟自动变速器的实际工作状态,在1.8min内对产品进行大约250项功能参数的测试、采集、分析处理和存储,并能立即打印出测试报告,是实现交付产品“零缺陷”这一质量目标的关键控制手段之一。该系统目前是国内惟一的自动变速器测试系统,同时亦代表着目前世界汽车自动变速器测试领域的最高水平。

除此之外,一汽-大众1998年底在国内首家推出批量生产的装用电控自动变速器的轿车捷达AT(JETTA AT),该车采用德国大众(VW)原厂生产的第三代95型01M电控4档自动变速器,这是大众公司4档自动变速器的最新款。其特点主要在于其换挡点的选择采用了智能型模糊控制理论,设有与行驶阻力、行驶状态及驾驶员有关的换挡程序。其中,与行驶阻力有关的换挡程序可以识别上下坡、顶风、拖挂等情况,控制单元根据节气门开度、车速、发动机转速和车辆的加速情况等,计算出行驶阻力,然后自动确定换挡时刻;与行驶状态及驾驶员有关的换挡程序根据驾驶踩下加速踏板的速度,产生对应的动力系数,控制单元利用模糊理论识别出该系数,再选择不同的换挡时机,以此来满足不同驾驶习惯开车者的个性要求。对于驾驶员的错误操作,如起动发动机时选档手柄不在“P”或“N”工况位置等,控制单元将不予接受,从而避免损坏自动变速器。为安全起见,该型自动变速器的控制单元万一出现故障时,其一档、三档和倒档的液压系统仍然有效,这时可通过选档手柄控制进行手动变速。

国内的神龙富康汽车公司亦于1999年初展示了其装备自动变速器的富康988轿车,这种电控4档自动变速器由法国的雪铁龙(CITROËN)和雷诺(RENAULT)公司共同研制,在意大利生产,1998年6月才开始应用的。该型自动变速器采用智能型模糊逻辑控制程序,可提供10种不同的换挡规律来满足风格各异的驾驶员的不同要求。这种自动变速器还设有运动、冰雪和一档模式,其状态均可在仪表板上显示。另外,上海——大众汽车公司目前也在开发桑塔纳(SANTANA)自动变速器。可以断言,国产轿车普遍装用自动变速器的时代正在到来。

第2章 液力变矩器结构原理

2.1 液力变矩器的作用及其结构

就汽车上广泛采用的三元件综合式液力变矩器而言,它有一个工作腔,其中有三个叶片,即泵轮、涡轮和导轮。泵轮与发动机曲轴相联接,把输入的机械能转变为自动变速器油的能量,使油液的动量矩增加,其作用类似离心泵的叶轮,所以称其为泵轮。涡轮与自动变速器中的行星齿轮变速器输入轴相联接,将自动变速器油的能量转变为机械能输出,涡轮因其使油液的动量矩减小,作用类似于水涡轮,故被称为涡轮。导轮不转动时,变速器壳体的反作用扭矩通过它作用于自动变速器油,使油液的动量矩改变,换言之,导轮在液力变矩器中起导向作用,使自涡轮流出的油液改变方向后流向导轮,形成液体循环,所以称其为导轮。

液力变矩器的作用主要有:

a)自动无级变矩、变速。液力变矩器的涡轮扭矩,能随着汽车行驶中负荷扭矩的增大而自动增大,同时,涡轮转速自动降低;而当负荷扭矩减小时,涡轮扭矩随之自动减小,同时,涡轮转速自动升高。

b)自动离合。液力变矩器可借助于传递或不传递发动机发出的扭矩至行星齿轮变速器,起自动离合器的作用,从而在使用自动变速器的汽车上,取消了传统的螺旋弹簧式或膜片弹簧式离合器,大大减轻了驾驶员的负担。

c)减振隔振。由于液力变矩器是通过液力作用进行偶合传动的装置,主、从动件之间无直接的机械传动关系,所以能通过自动变速器油的阻尼作用,减小发动机的扭振,并隔离这种扭转振动向底盘传动系统的传递,从而提高汽车发动机和底盘传动系统的使用寿命。

d)使发动机转动平稳。由于工作时内部充满自动变速器油液的液力变矩器具有较大的转动质量,完全可以起到传统的飞轮使发动机转动平稳的作用,所以在装用自动变速器的汽车上,取消了发动机飞轮。为实现扭矩的传递,仅在发动机曲轴与液力变矩器之间,安装一柔性联接板或驱动端盖。

e)过载保护。当汽车行驶工况突然变化,出现过负荷时,使用液力变矩器,可以对发动机起保护作用。

f)发动机制动。在汽车下长坡行驶时,可以通过液力变矩器的偶合传动,利用发动机的泵气损失来进行制动。

由图 2.1 和图 2.2,可以了解到,在福特汽车公司 C5 型自动变速器中,液力变矩器的具体安装位置和结构。

典型的汽车自动变速器液力变矩器,由封装在变矩器壳体中的泵轮、涡轮和导轮三个主要部分组成。变矩器的壳体,一般用钢板冲压而成,分前、后两段,前面一段用螺栓与柔性联接板或驱动端盖相接,并固定在发动机曲轴后端的凸缘上;后面一段,往往直接在其内壁上固定泵轮叶片而成为泵轮。由于液力变矩器装配完毕后,通常将其壳体前、后两段焊接成一体,所以,工作时泵轮是经由变矩器壳体而被发动机曲轴直接驱动的。在液力变矩器中,涡轮与行星齿

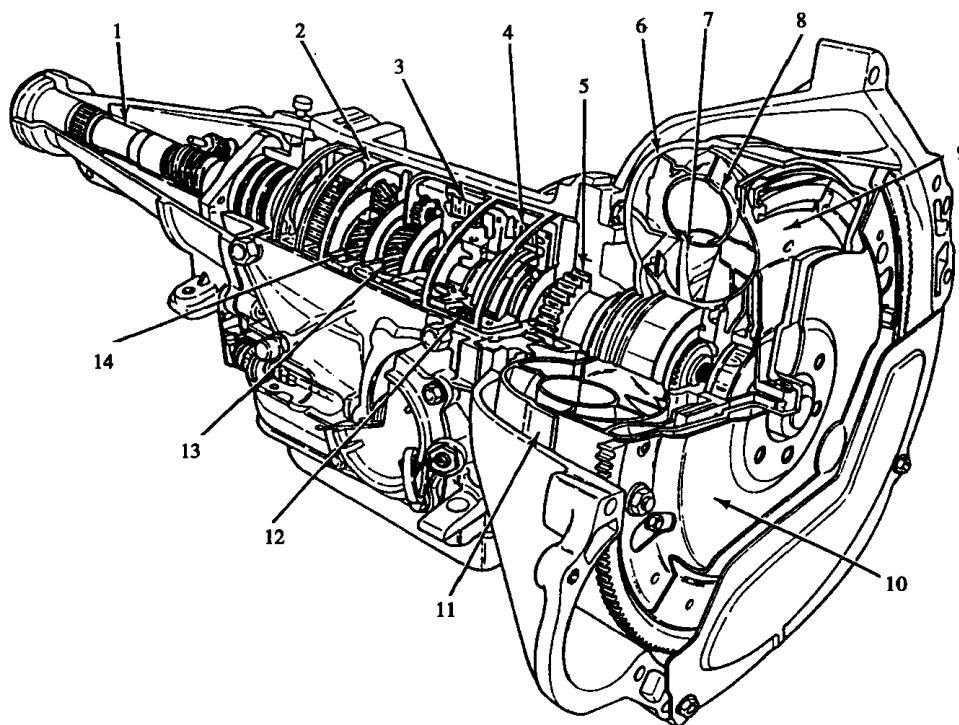


图 2.1 福特汽车公司 C5 型自动变速器及其液力变矩器

1-输出轴;2-一档-倒挡制动器;3-前进挡离合器;4-三挡-倒挡离合器;5-油泵;6-泵轮;7-导轮;8-涡轮;9-锁止离合器及减振器组件;10-柔性联接板;11-液力变矩器;12-二挡制动器;13、14-前、后行星排

轮变速器的输入轴,也即液力变矩器的输出轴之间用花键联接,作为与主动件泵轮相对应的从动件,涡轮也是薄钢板冲压件,其内装有许多弯曲的叶片。如前所述,与一般机械装置不同的是,主动件泵轮与从动件涡轮之间,并无机械联接或传动,而且装合后,两者的端面相对,中间留有一定的间隙,其值约为 3 ~ 4mm。工作时,通过自泵轮循环流入涡轮的自动变速器油的偶合作用,实现主动件与从动件之间的传动任务。由图可见,在液力变矩器中,还有一主要部分,这就是起变扭作用的,并通过一单向离合器安装在与变速器壳体相联的支承轴管上的导轮。导轮多是用铝合金压力铸造而成。

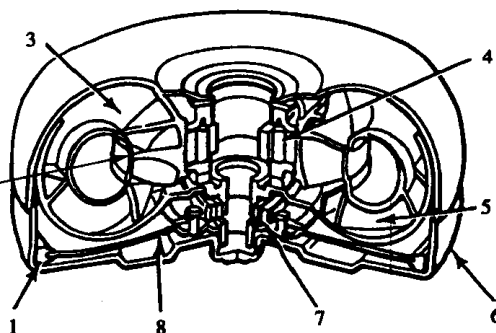


图 2.2 C5 型自动变速器的液力变矩器总成

1-离心锁止离合器蹄;2-导轮;3-泵轮;4-导轮单向离合器;5-涡轮;6-液力变矩器盖;7-减振器与涡轮单向离合器;8-锁止离合器及减振器组件

装配后的液力变矩器,其壳体前、后两段通常焊合在一起,使用、维修过程中不可拆开。仅从外形上来看,图 2.2 所示的液力变矩器很象是一只小号的充气救生圈。由于在装用自动变速器的汽车上,液力变矩器还起传统的发动机飞轮的作用,所以,液力变矩器在制造时要求其质量分布均匀,并经过平衡检验,必要时,在壳体外缘上加焊平衡片,以防其高速转动时产生过大的附加载荷和振动。在自动变速器解体检修时,注意不要磕碰液力变矩器壳体,对其上遗失的平衡片,应及时补焊。

另外,因装用自动变速器的汽车上无发动机飞轮,所以,为满足用起动机起动发动机的需要,如图 2.1 所示,通常在经平衡后的柔性联接板或驱动端盖的外缘处,加装供起动用的外齿

圈。

2.2 液力变矩器工作原理

若将液力变矩器加以简化,使其只剩下泵轮和涡轮这一对偶合件,就形成了液力偶合器。由于液力偶合器的工作原理与液力变矩器的极为相似,同时,也由于在结构上液力偶合器比液力变矩器要简单一些,所以,先了解液力偶合器的工作情况,将有助于对液力变矩器工作原理的掌握。

2.2.1 液力偶合器工作原理

如图 2.3 所示,液力偶合器仅由相互面对,且各自带有叶片的泵轮和涡轮这一对偶合件组成。作为主动件的泵轮用螺栓与发动机曲轴的柔性联接板或驱动端盖相连,而作为被动件的涡轮,则与变速器输入轴相连。

工作状态下,液力偶合器内充满被变速器油泵送入的自动变速器油,当泵轮被发动机曲轴驱动旋转时,将带动泵轮一侧的自动变速器油与其一道转动。在惯性离心力的作用下,油液从泵轮中靠近旋转轴线的一侧,沿泵轮曲面向远离旋转轴线的一侧流动。在液力偶合器中,由于主动件泵轮的转速始终要高于从动件涡轮的转速,同时,还因为泵轮和涡轮的径向尺寸相等,所以在两轮端面相对的间隙处,存在着液体压力差,也正是在此压力差的作用下,油液才得以自泵轮外侧,穿过两轮之间的间隙,强行进入涡轮。然后,油液在涡轮曲面的引导下,向靠近涡轮旋转轴线的内侧流去,并最终再度穿过两轮之间的间隙,回流至泵轮内侧,形成所谓的涡流。

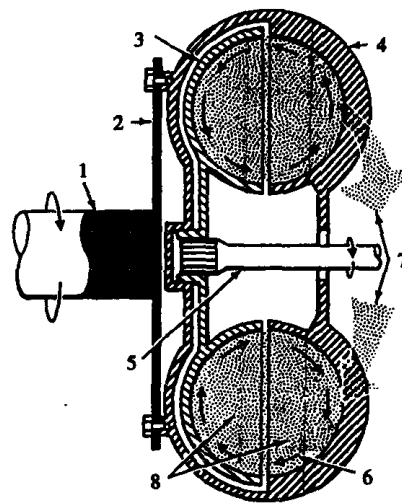


图 2.3 液力偶合器结构简图

1-发动机曲轴;2-柔性联接板;3-涡轮;
4-泵轮;5-变速器输入轴;6-涡流方向;
7-环流方向;8-自动变速器油

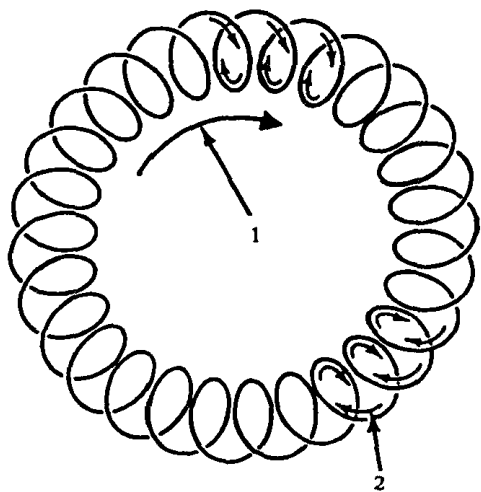


图 2.4 环流和涡流

1-环流;2-涡流

除了涡流外,油液在液力偶合器中,还发生沿另一条路径的流动,此即环流。所谓环流,即油液在泵轮转动时,随其一道发生的沿围绕发动机曲轴和变速器输入轴轴线的环形路径的圆流动,见图 2.4。

在液力偶合器中,当泵轮和涡轮之间有较强的转速差时,将产生阻碍油液循环流动的紊流,见图 2.5。为有效地引导泵轮与涡轮之间油液的流动,减少因无规则的紊流涡动而产生的传动过程能量损失,通常在液力偶合器中,加入一如图 2.6 所示的剖分式导环。由图可见,导环的一半与泵轮叶片相连,而另一半则与涡轮的叶片相连。

当油液在泵轮和涡轮之间循环流动时,其所具有的功能因吸收了泵轮的能量而增加,当越过两轮之间的窄隙而冲击作用于涡轮的叶片上时,又将其所携带的动能传给涡轮,从而带动涡轮沿与泵轮转向相同的方向旋转。这也就是说,泵轮是依靠液力作用,而不是机械作用带动涡轮旋转并传递运动和扭矩的。由此可见,液力偶合器传动的必要条件,

是油液在泵轮和涡轮之间有循环流动,而此循环流动的起因在于两轮的转速不等,从而使两轮端面相对的间隙处产生液体压力差。所以,正常工作状态下的液力耦合器,从动件涡轮的转速总是低于主动件泵轮,一旦两者的转速相等,则液力耦合器将不再起传动作用。

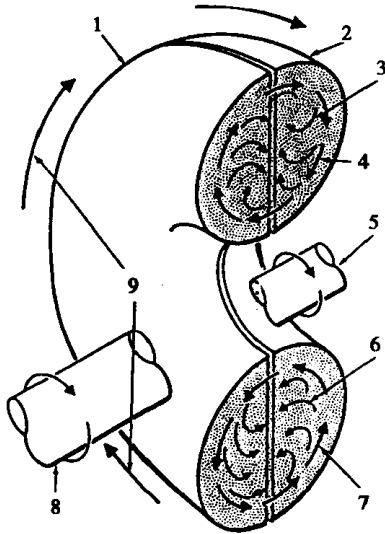


图 2.5 泵轮与涡轮间油液的紊流

1-泵轮;2-涡轮;3、6-紊流;4、7-涡流;5-变速器输入轴;8-发动机曲线;9-发动机转向

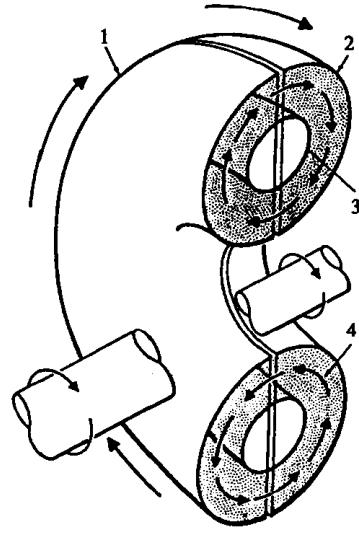


图 2.6 剖分式导环及其作用

泵轮;2-涡轮;3-剖分式导环;;4-涡流;

在液力耦合器中,油液的循环流动直接与耦合器的转速比有关。所谓转速比,即作为输出件的涡轮与作为输入件的泵轮的转速之比,一般用 i 表示。例如,当泵轮以 2000r/min 的转速旋转,而涡轮转速仅为 1800r/min 时,相应的转速比为 0.9 ;而当泵轮旋转但涡轮静止不动,譬如汽车原地不动但发动机怠速运转时,相应的转速比则为零。在转速比为零的情况下,液力耦合器中的油液涡流很强,但固定不动的涡轮以及很强的涡流,都对油液的环流起阻碍作用,而恰恰是油液的环流,才是液力耦合器泵轮和涡轮之间传递扭矩的主要角色。正因如此,此刻的液力耦合器无法向变速器传送发动机所发出的扭矩,因而自动地使变速器与发动机分离。在汽车行驶过程中,较高的涡轮转速使液力耦合器的转速比得以升高,这时的耦合器内,环流增强而涡流减弱,从而能够有效地传递扭矩。随着涡轮转速的不断增加,油液流动的速度矢量方向逐渐向环流方向偏转,当此两方向几乎重合时,液力耦合器所处的状态称为耦合状态。

应该注意的是,油液的流动不可能完全是环流,这是因为若在泵轮与涡轮之间没有一定的涡流存在的话,耦合器将无法传递扭矩。此外,由涡流所提供的油液循环,对保证泵轮和涡轮叶片间充满油液也是必须的。假如涡轮以几乎相同的速度与泵轮同时转动,则偶合作用将不复存在。正是由于涡轮总要比泵轮转动得慢一些,所以,在液力耦合器中,两者之间的转速差,或称滑差,永远存在,这也就是说,液力耦合器的转速比 i 永远小于 1 。

另外,液力耦合器还可通过其在汽车驱动轮与发动机之间所起的偶合作用,未提供制动作用。例如,汽车下长坡时,涡轮起泵轮的作用,将油液回送至泵轮,由此反拖发动机,利用压缩空气时产生的泵气损失,提供发动机制动,使车辆减速制动。

事实上,自动变速器油在液力耦合器中循环流动时,只是将其自泵轮叶片处所获得的动能冲击转移到涡轮叶片上,也就是说,若不计能量损失,那么发动机传给泵轮的扭矩与涡轮所接受的扭矩相等,亦即液力耦合器只能起传递扭矩,而不能起增大扭矩的作用。况且,在实际的液力耦合器中,冲击作用在涡轮叶片上的油液会产生反弹和散射,阻碍油液的正常流动,引起

冲击损失,而随着两轮间的转速差增大,或油液的循环速度加快,这种冲击损失都将加大。只有在涡轮的转速几乎与泵轮相等时,液力耦合器的传动效率才达到最高,但即便如此,其输出扭矩也不会超过输入扭矩。

2.2.2 液力变矩器工作原理

众所周知,汽车上广泛采用的活塞式内燃机,其扭矩和转速的变化范围较小,而复杂的使用条件则要求汽车的牵引力和车速能在相当大的范围内变化。为解决这一矛盾,改变,尤其是增大发动机所发出的扭矩,可将一称之为导轮的部件置于泵轮与涡轮之间,从而将液力耦合器改变成为液力变矩器。

液力变矩器与液力耦合器相比,有相同点,也有不同之处。相同点在于两者都是利用液体来传递动力,都有泵轮和涡轮;不同之处在于前者不仅能在泵轮和涡轮之间传递扭矩,而且还能在泵轮扭矩不变的情况下,自动而且无级地根据反映汽车不同行驶速度的不同涡轮转速来改变由涡轮输出的扭矩值。液力变矩器之所以能起到这种变矩作用,是因为它在结构上比液力耦合器多出了一个导轮机构的缘故。

液力变矩器早在 1948 年就开始用于汽车,虽然直到 60 年代,仍有一些新生产的汽车使用结构相对而言简单一些的液力耦合器,但由于液力变矩器无可比拟的优越性,所以从 1964 年开始,世界上最大的汽车生产国美国所生产的汽车,就已全部使用了液力变矩器。由此,便确立了液力变矩器在汽车自动变速器中的绝对统治地位。

如图 2.2 所示,一个现代汽车的液力变矩器,由 3 个元件,即主动件泵轮、被动件涡轮和反作用件导轮组成。它们被封装在一个壳体中,壳内充满了由自动变速器油泵供给的自动变速器油。在液力变矩器中,仍保留有剖分式导环,以减少油液流动时的紊流。这种三元件液力变矩器中所采用的泵轮、涡轮和导轮,其叶片形状均为曲线形,从而有别于液力耦合器的那种直线形叶片。

早期的液力变矩器,是由用螺栓联接在一起的几部分组成的,修理时,这种装置可以被拆解开来。但目前生产的汽车液力变矩器,无一例外都是将外壳焊接成一体式的,从而无法进行解体或修理,一旦发生失效,就必须作为一个总成被更换掉。另外,早期的液力变矩器设有放油塞,所以很方便在维护自动变速器时更换液力变矩器壳体中的油液。然而,大多数新型的液力变矩器已不再设放油塞,这也就是说,在定期强制维护时,这些液力变矩器壳体中的油液无法排出,因而,在自动变速器中实现油液的完全更换,已成为不可能的事情。当然,我们也不排除在原设计未考虑放油塞的新型汽车液力变矩器上,由用户自己加设放油塞的作法。

为了更清楚地了解现代汽车自动变速器中三元件液力变矩器的内部结构,尤其是各轮叶片的曲线形状,特给出经局部解剖后的图 2.7,在泵轮和涡轮之间增设导轮后,会使液力变矩器内的油液运动轨迹相对于液力耦合器中的油液运动轨迹出现某些变化。图 2.8 所示即为我们



图 2.7 液力变矩器内部结构
1-涡轮;2-导轮;3-后毂;4-泵轮;5-变矩器盖

们实测后得到的某型汽车自动变速器液力变矩器内的油液运动轨迹。由图可见,由于在液力变矩器中采用了导轮,从而使自涡轮回流至泵轮的油液冲击作用于泵轮叶片的后表面,这种加力作用进一步推动了泵轮的旋转,使泵轮有可能将输入扭矩增大后,再通过液力偶合作用传至

涡轮,起到扭矩放大作用。

在液力变矩器中,导轮位于泵轮和涡轮内侧的中间,安装在与自动变速器壳体相连的支承轴管上。导轮可由铝合金精密铸造而成,也可采用钢板冲压制造。在导轮与支承轴管之间,有一单向离合器,通过其中单向元件的作用,使导轮只能按与发动机曲轴,即泵轮旋转方向相同的方向转动,若试图使导轮沿与此相反的方向转动,单向离合器将产生锁止作用。

在液力变矩器内部,油液的流动也存在着环流和涡流。这两种流动各自的强弱,取决于液力变矩器的工作条件,以及泵轮和涡轮之间的转速差。总起来说,环流的速度增减随泵轮以及涡轮转速的增减而变化,而与此相反的是涡流的速度以及参与涡流的油液体积,则在涡轮转速降低时升高,在涡轮转速升高时降低。这里,我们一般将涡轮转速的升高与降低等同于汽车行驶速度的升高与降低。

液力变矩器的工作,一般分为两种状态,一种是增扭状态,一种是偶合状态。下面,首先来讨论增扭状态。

增扭状态,即液力变矩器工作的这样一个时期,这时的涡轮与泵轮转速差大,在两轮之间循环的油液涡流也强。自涡轮回流至泵轮的油液,冲击作用于导轮叶片的前面,即凹入面,力图推动其反向转动,但由于单向离合器的锁止作用,导轮不能顺应油液的冲击方向转动,从而迫使油液涡流沿导轮叶片的前表面

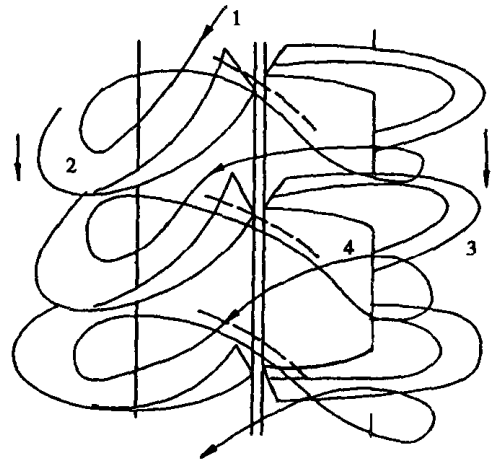


图 2.8 液力变矩器内部的油液运动轨迹
1-油液运动轨迹;2-涡轮叶片;3-泵轮叶片;4-导轮叶片

改变流动方向,掠过导轮后冲击作用于泵轮叶片的后表面,这无疑于有一附加力矩与泵轮所接受的发动机扭矩相叠加,从而增大了泵轮扭矩,再经液力偶合作用后,涡轮所获得的输出扭矩也得以增大。

只有在油液涡流从泵轮到涡轮,并经导轮重返泵轮时(见图 2.9),油液完成一个完整的液力循环,液力变矩器才能够产生增扭作用,这就意味着液力变矩器的增扭作用与涡轮和泵轮之间的转速差有关。当转速比很低,即泵轮转速很高而涡轮转动缓慢时,液力变矩器内存在着较强的涡流,由于增扭作用由涡流实现,所以增扭作用明显。一旦涡轮转动加快并接近泵轮的转速,则环流增强,涡流减弱,因而增扭作用也随之减弱,当转速比接近 0.9 时,增扭作用最小。

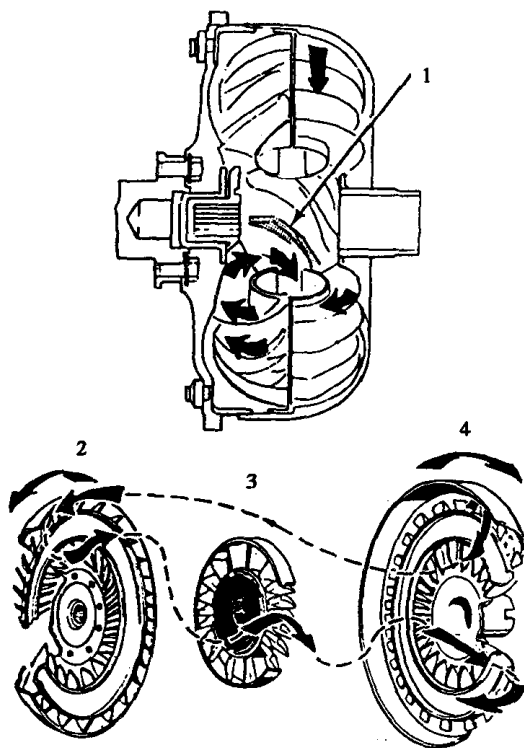


图 2.9 液力变矩器的增扭状态
1-导轮改变液流方向;2-涡轮;3-导轮;4-泵轮

当涡轮与泵轮的转速比接近 0.9 时,液力变矩器中的油液流动大部分变为环流,而且自涡轮向导轮流动的油液方向发生偏转,最终,油液冲击作用于导轮叶片凸起的背面,而不是凹入的前面(见图 2.10),当冲击作用于导轮叶片背面的油液作用力大到足以推动导轮顺时针旋转时,单面离合器的锁止作用解除,这时,泵轮、涡轮以及导轮以大致相同的速度同方向转动,此即液力变矩器的偶合状态。

应该注意的是,一旦油液流动角度改变得足以推动导轮顺时针旋转,且单向锁止离合器解除锁止,则油液将在叶片上发生反弹。由于这种反弹的方向与从泵轮流向涡轮的油流方向相反,所以将使处于偶合状态下的液力变矩器传动效率大大降低。

当液力变矩器处于偶合状态时,将不再发生增扭作用,这是因为油液不再冲击导轮叶片凹入的前面并被迫转向后作用于泵轮叶片背面的缘故。这时,在油液流动中,环流大大地强于涡流,涡轮的转速仅稍微低于泵轮,整个液力变矩器的工作情形,就如同是一个液力偶合器。

综上所述,在液力变矩器中,从涡轮流向导轮的油液速度矢量方向,取决于泵轮与涡轮之间的转速差。转速差大时,油液流动中涡流弱而环流弱,在3个工作轮之间流动的油液速度矢量方向如图2.11所示。这时,油液冲向导轮叶片的前凹面,被迫转向后作用于泵轮叶片背面,因而单向离合器锁止,变矩器起增扭作用;转速差小时,油液流动中涡流弱而环流强,在3个工作轮之间流动的油液速度矢量方向发生如图2.12所示的变化。这时,油液转而冲向导轮叶片的背凸面,并因此而推动导轮与泵轮和涡轮同方向转动,掠过导轮之后,油液进入泵轮,但不起增扭作用,因而此刻的液力变矩器,只传递扭矩,却不增大扭矩。

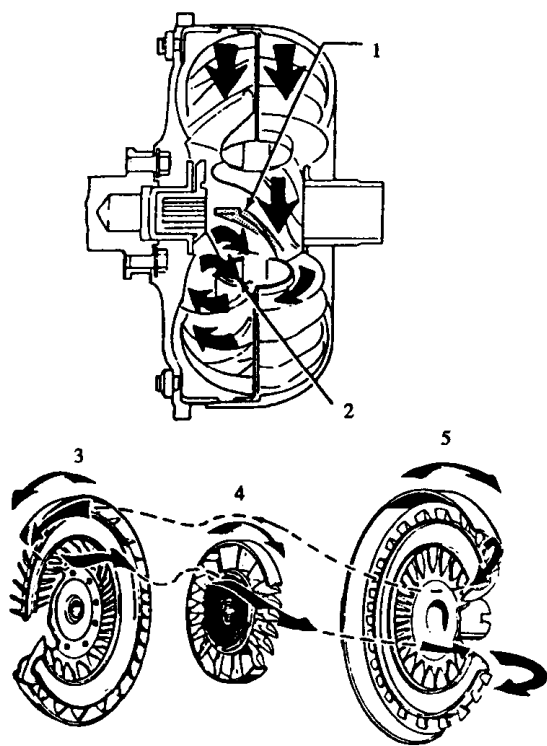


图 2.10 液力变矩器的偶合状态

1-导轮叶片背面;2-改变了的油流方向;3-涡轮;4-导轮;5-泵轮

2.2.3 液力变矩器工作特性

研究表明,对液力变矩器中的泵轮和涡轮,其各自的扭矩 M_1 和 M_2 分别为

$$M_1 = \gamma \lambda_1 n_1^2 D^5 \quad (2.1)$$

$$M_2 = \gamma \lambda_2 n_1^2 D^5 \quad (2.2)$$

式中: γ ——油液的重度;

λ_1 、 λ_2 ——泵轮和涡轮的力矩系数,且 $\lambda_1 = f_1(i)$, $\lambda_2 = f_2(i)$;

n_1 ——泵轮转速;

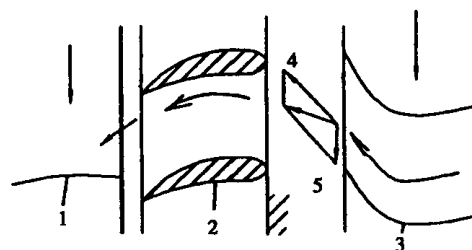


图 2.11 增扭状态时的油液速度矢量

1-泵轮叶片;2-导轮叶片;3-涡轮叶片;4-涡流矢量;5-环流矢量

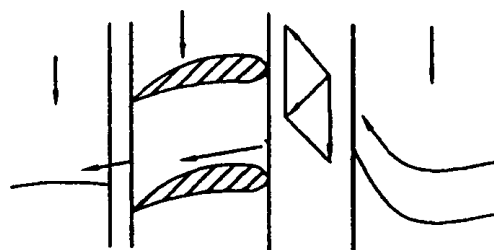


图 2.12 偶合状态时的油液速度矢量