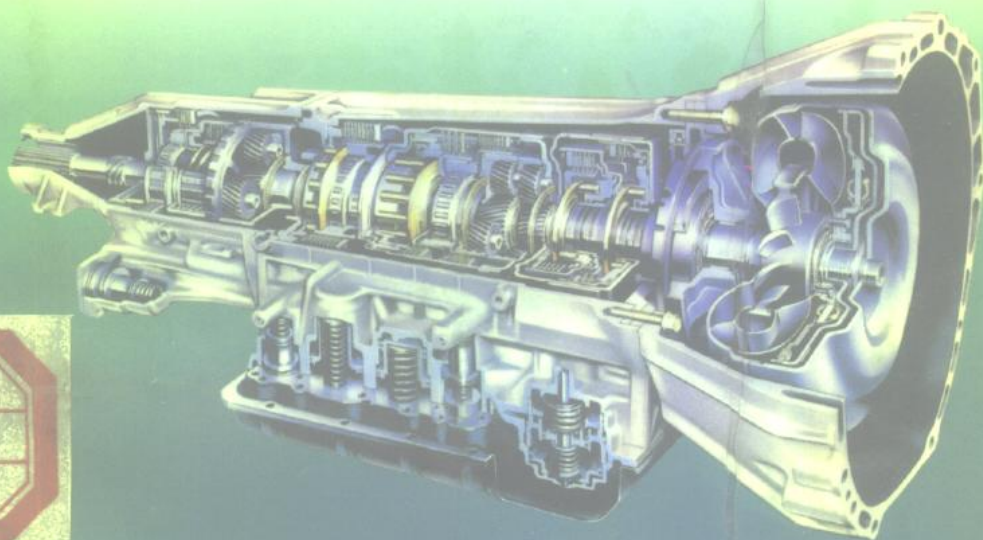


汽车自动变速器原理与维修

QICHE ZIDONG BIAN SUQI YUANLI
YU WEIXIU

6 F 6 Y 6 1 S

周大森 王利荣 编著



国防工业出版社

U463.212

Z30

汽车自动变速器原理与维修

周大森 王利荣 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

汽车自动变速器原理与维修/周大森,王利荣编著. —
北京:国防工业出版社,1998.1

ISBN 7-118-01763-9

I. 汽… II. ①周… ②王… III. ①汽车-自动变速装置
-理论②汽车-自动变速装置-维修 IV. U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 10762 号

国防·工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

河北三河市腾飞胶印厂

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 9% 251 千字

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1 3000 册 定价:15.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

汽车传动系中的变速自动化是车辆发展的高级阶段。汽车自动变速器在国外普及率很高，并且近年又在轿车上广泛地采用了电子控制的自动变速器。伴随着我国改革开放的进程，我国引进的自动变速汽车不论在数量上或种类上都不断增加；同时，我国汽车行业也面临着自动变速器的国产化。基于这种情况，许多汽车维修人员迫切希望掌握自动变速器工作原理和维修方面的知识，本书就是针对这一需要而编写的。

考虑到读者能学习到基本原理和实际应用知识，本书在编写过程中广泛取材，参考了国内外资料，结合我们的教学和实践经验，叙述了各种自动变速器相同的内容和基本原理，也介绍了国内外较成熟的故障检修方法，在内容编排上，对自动变速器的液力变矩器、行星齿轮变速器，离合器和制动器工作原理、结构性能进行了介绍，对自动变速器的液压及电子控制原理、结构组成进行了分析，并介绍了自动变速器的拆检、修理工艺和常见故障的检查与排除方法，还列举德、美、日、韩等国典型自动变速器的故障检修实例，以供汽车技术与维修人员参考。

本书力求通俗实用，理论与实践结合。由北京工业大学王利荣编写第一、二章；周大森编写第三、四、五章，并对全书统稿。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，希望读者给予批评、指正。

编 者

参 考 文 献

- 1 葛安林. 车辆自动变速理论与设计. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 2 周守仁. 自动变速箱. 北京: 中国铁道出版社, 1984
- 3 桜井一郎. 自動変速機の理論上実際铁道日本社, 1983
- 4 石神輝男. AT車のすべて. 铁道日本社, 1993
- 5 智百年. 汽车液力自动变速器的使用与修理. 北京: 人民交通出版社, 1990
- 6 桂林陆军学院. 进口汽车的构造与修理. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1995

目 录

第一章 自动变速器的工作原理	(1)
1-1 导论	(1)
1-1-1 自动变速器的发展及应用	(1)
1-1-2 自动变速器的优缺点	(2)
1-2 液力耦合器与液力变矩器的工作原理	(4)
1-2-1 液力耦合器的结构及工作原理	(4)
1-2-2 液力变矩器的结构和工作原理	(10)
1-3 行星齿轮变速机构	(14)
1-3-1 行星机构的基本组成及型式	(15)
1-3-2 行星传动的优点	(16)
1-3-3 行星齿轮变速机构的工作原理	(16)
1-4 离合器和制动器	(21)
1-4-1 离合器	(21)
1-4-2 制动器	(27)
1-5 液力机械变速器	(31)
第二章 自动变速器的控制	(37)
2-1 自动换挡操纵的原理与组成	(37)
2-2 换挡规律和换挡特性	(41)
2-2-1 换挡规律	(41)
2-2-2 换挡特性	(44)
2-3 液压控制系统及控制阀	(46)
2-3-1 控制参数变换器	(46)
2-3-2 换挡控制器	(54)
2-3-3 换挡品质控制机构	(59)
2-3-4 换挡执行机构的液压控制	(65)
2-3-5 换挡范围选择控制	(66)

2-3-6 供油系统	(67)
2-4 液力变矩器的锁止	(76)
2-4-1 锁止液力变矩器的工作原理	(76)
2-4-2 锁止时的换挡规律与换挡特性	(79)
2-4-3 皮托管速度调压器	(80)
2-4-4 锁止与解锁	(81)
2-5 自动变速器的电子控制	(83)
2-5-1 电控自动变速器的组成	(84)
2-5-2 电控系统所实现的控制方案	(91)
2-6 自动换挡系统	(103)
2-6-1 液压自动换挡系统举例	(103)
2-6-2 电控自动换挡系统举例	(108)
第三章 自动变速器的拆检	(127)
3-1 液力变矩器的结构和拆检	(128)
3-1-1 液力变矩器的结构	(128)
3-1-2 液力变矩器总成	(128)
3-1-3 液力变矩器的检查和清洗	(131)
3-1-4 液力变矩器的注油和安装	(134)
3-2 变速器阀体的分解	(136)
3-2-1 准备工作及注意事项	(136)
3-2-2 变速器阀体的单体拆检	(136)
3-2-3 控制阀的拆检	(137)
3-2-4 切诺基 AW-4 变速器阀体拆检	(137)
3-3 传动系的分解	(153)
3-3-1 前后离合器的分解	(153)
3-3-2 行星变速器的分解	(154)
3-3-3 组装时的注意事项	(154)
3-4 变速器机油泵的拆检	(156)
3-4-1 内齿啮合式渐开线齿轮泵的拆检	(156)
3-4-2 叶片式变速器机油泵的拆检	(162)
3-5 离合器的拆检和组装	(166)
3-5-1 离合器的解体	(166)
3-5-2 离合器各部分的检查与组装	(169)

3-6 制动带和各轴承的检查	(175)
3-6-1 制动带的检查	(175)
3-6-2 各部位轴承的检查	(176)
3-6-3 油封环的检查	(176)
3-7 油路确认的方法	(178)
3-7-1 油路工作油压的传递	(178)
3-7-2 油路油压作用效果的确认	(180)
3-8 切诺基 AW-4 自动变速器的装配、调整	(183)
第四章 自动变速器的故障诊断	(199)
4-1 行车试验前的检查	(199)
4-1-1 行车试验前的检查	(199)
4-1-2 自动变速器油压控制机构的确认	(200)
4-1-3 节气门调节油压的检查	(204)
4-1-4 速度调节油压的检查	(205)
4-2 行车试验时的故障诊断	(208)
4-2-1 变速点的检查	(209)
4-2-2 滞后试验检查	(210)
4-2-3 主油压检查	(212)
4-2-4 失速检查	(213)
4-2-5 中间开关检查	(218)
4-2-6 变速器机油温度的检查	(218)
4-3 典型故障诊断	(220)
4-3-1 变速器“打滑”	(220)
4-3-2 变速点异常以及变速点不良	(221)
4-3-3 汽车不能行驶	(222)
4-3-4 变速时冲击大	(223)
4-3-5 异常响声的故障检查	(224)
4-3-6 变速器漏机油的检查	(226)
4-3-7 驻车不良的故障	(227)
4-4 电子控制自动变速器的故障诊断	(228)
4-4-1 检查故障的思路	(228)
4-4-2 油压系统的检查	(229)
4-4-3 失速压力试验	(231)

4-4-4	电控变速器的自检功能	(233)
4-4-5	各种开关接头的检查	(236)
第五章	典型汽车自动变速器的故障检修	(248)
5-1	奔驰系列汽车自动变速器的故障及排除	(248)
5-1-1	常见故障及排除方法	(248)
5-1-2	奔驰车自动变速器特殊故障排除	(251)
5-1-3	奔驰系列变速器的变速点检查	(252)
5-2	克莱斯勒公司切诺基电控 AW-4 自动变速器的 故障诊断	(254)
5-2-1	AW-4 电控自动变速系统	(254)
5-2-2	AW-4 自动变速器检查程序	(254)
5-2-3	切诺基汽车 AW-4 自动变速器的专项检修	(256)
5-2-4	AW-4 变速器主要故障及原因	(260)
5-3	丰田系列汽车自动变速器电控系统检测	(261)
5-3-1	A43D 和 A43DL 型自动变速器系统检测	(261)
5-3-2	A43DE 型电控自动变速器控制系统的检测	(264)
5-3-3	A43DE 型电控自动变速器故障自检	(267)
5-3-4	AB4DE 型电控自动变速器故障诊断步骤	(270)
5-4	韩国大字赛手 (RACER) 轿车 THM125 自动 变速器检修	(272)
5-4-1	THM125 自动变速器路试检查	(273)
5-4-2	系统故障诊断程序	(280)
5-4-3	造成离合器或制动带烧毁的原因	(280)
5-5	美国福特公司 AXOD 自动变速器的检修	(290)
5-5-1	AXOD 自动变速器的检查与调整	(294)
5-5-2	AXOD 自动变速器的常见故障及原因	(296)
参考文献		(299)

第一章 自动变速器的工作原理

1-1 导 论

1-1-1 自动变速器的发展及应用

汽车工业 100 多年的历史，主要是动力传动系的技术史。传动系中变速的自动化是车辆发展的高级阶段，自动变速技术一直是人们追求的目标，它的发展经历了漫长的历程。随着变速理论与设计的不断完善，自动变速器已被广泛地应用于轿车、大客车、重型自卸车、越野车、货车、工程机械、拖拉机及履带车辆上。在应用过程中，自动变速技术也不断地完善和发展。

1904 年美国通用汽车公司的凯迪拉克 (Cadillac) 汽车采用了手操纵的三挡行星齿轮变速器。福特 (Ford) 汽车采用了二挡行星齿轮变速器。1926 年别克 (Buick) 小轿车上开始使用液力机械传动的变速器。1933 年美国的瑞欧 (Reo) 汽车使用了一种半自动变速器。1938 年美国克莱斯勒 (Chrysler) 汽车公司采用了液力偶合器，这为自动变速器的成功打下了基础，后来由液力变矩器代替液力偶合器，并命名为 Chrysler Torque-Drive 和 Plymouth Hydramatic。直到 1940 年通用汽车公司在奥兹莫比尔 (Oldsmobile) 汽车上采用了全自动变速器 Hydra Matic，它是由液力偶合器，四个挡位的行星变速器和自动换挡系统组成的。1948 年别克 (Buick) 汽车上采用了 Dynaflo 的全自动变速器，它成功地使用了变矩器，行星齿轮变速箱采用三个挡位，即低挡、直接挡和倒挡。与此同时，英国、联邦德国等国家生产的汽车也相继采用了自动变速器。

自 50 年代起，美国福特 (Ford)、克莱斯勒 (Chrysler) 及通

用 (General Motors) 等公司均将多种型号的自动变速器投入批量生产。近 20 年来, 英国、法国、意大利、原联邦德国、瑞典、日本等国都已成立了一批自动变速器的专业化生产公司和专业厂, 如美国的阿利森 (Allison)、英国的伯格-伐努 (Borg-warner)、原联邦德国的 ZF、意大利的菲亚特 (Fiat) 和日本的丰田等。

随着自动变速器的发展, 其结构和性能也在不断完善, 特别是近年来随着电子技术和自动控制技术在汽车上的应用, 出现了电控自动变速器, 它包括电控液力机械传动的自动变速器和电控齿轮式机械传动的自动变速器。电控自动变速器可实现与发动机的最佳匹配, 并可获得最佳的经济性、动力性、安全性及达到降低发动机排汽污染的目的。

1-1-2 自动变速器的优缺点

自动变速器得到迅速的发展, 是与它的以下优越性分不开的。其主要优点是:

1. 自动变速消除了驾驶员换挡技术的差异性

车辆性能的优劣除与其自身结构有关外, 还取决于正确的控制和操纵。而自动变速系统可按最佳换挡规律, 自动地完成换挡需求, 从而获得整车的最佳燃油经济性、动力性及较低的污染排放, 使其与驾驶员的技术水平无关。

2. 自动变速器提供了良好的传动比转换性能

自动变速的速度变换不仅迅速而且连续平稳, 提高了乘坐舒适性, 也提高了变速器及传动系零件的使用寿命, 因为采用液力元件, 可吸收动力传动装置中的动载荷。同时自动换挡避免了粗暴换挡所产生的冲击与动载。试验证明, 若行驶在最差路面上时, 在自动变速车辆的传动轴上, 最大力矩峰值只相当于手动换挡时的 20%~40%, 原地起步时力矩峰值只相当于手动时的 50%~70%。其结果, 可使发动机寿命提高 1.5 倍, 变速器寿命提高 2~3 倍, 其它传动系零部件寿命提高 1.5~2.5 倍, 同时也可以大大提高乘坐舒适性。

3. 自动变速器改善了车辆的动力性和通过性

自动变速器因其液力变矩的变矩性能可实现无级自动换挡,从而使汽车的起步、加速性能大大提高。自动换挡过程中传动系功率不中断,且可获得最佳换挡时刻进行换挡,提高了车辆的加速性能和平均行驶速度。另外,液力传动的自动换挡,可显著地改善车辆的通过性,能以较高的时速通过雪地、松软路面。试验表明,装有自动变速器的公共汽车起步后加速至 20km/h 的时速,所需时间比手动换挡节省 20%,而加速到 40km/h,可节省 10% 的时间。工程车辆及重型卡车在恶劣路面及山地行驶时,其平均速度可提高 10%~15%。

4. 自动变速器可减轻驾驶员疲劳强度,提高行车的安全性

自动变速器从根本上简化了操纵,由于取消了离合器踏板和变速杆,驾驶员只需操纵油门踏板,即可实现自动变速。若用巡航控制,连油门也无需人工控制了。这样极大地降低了驾驶员的劳动强度,使驾驶员从频繁的换挡操纵中解放出来,集中精力观察路面状况,操纵方向盘。统计表明,采用自动变速器,行车事故率降低了 1/4~1/3,工程车辆可提高生产率 1.3 倍。

5. 自动变速器可减少发动机排气污染

汽车排放的 CO 和 HC 有毒物质的含量与发动机使用条件有关。发动机在稳定工况下排放量小,而在非稳定状况下排放量大。发动机在极高与极低转速工作或加速时,容易产生黑烟。CO 的含量在接近怠速时高。HC 的排放量与转速成正比,转速升高,HC 的含量也提高。由于无级变速和自动换挡技术的使用,能把发动机限制在污染较小的转速范围内工作,从而可降低发动机排放中有害物含量。

自动变速器除具有以上优点外,还有一定的缺点,其缺点主要有:

(1) 较手动变速器,自动变速器结构复杂,制造精度要求高,加工量大,制造难度大,成本高。但可以通过产品系列化、专业化生产,采用积木块式结构,大大降低成本。

(2) 传动效率低。一般液力传动效率最高可达 80%~90%,比

机械传动效率低 $8\% \sim 12\%$ ，但从整车效率看，通过采用与发动机的最佳匹配，遵循最佳换挡规律，并采用变矩器的锁止，增加机械挡数与采用超速换挡装置，可使其机械效率达到手动变速器的水平。

(3) 由于自动变速器结构复杂，相应的维修技术也较复杂。要求有专门的维修人员，具有较高的修理水平和故障检查分析的能力。

1-2 液力耦合器与液力变矩器的工作原理

液力机械变速器由液力传动机械、机械变速机构及操纵系统组成。如图 1-1 所示是液力机械式自动变速器的示意图。液力传动可分为动液传动和静液传动两大类，汽车上通常使用的液力传动机构有液力耦合器和液力变矩器，这两种传动机构均靠液体循环流动来传递动力。液力变矩器还能根据行驶阻力，在一定范围内自动地、无级地改变传动比和扭矩比。

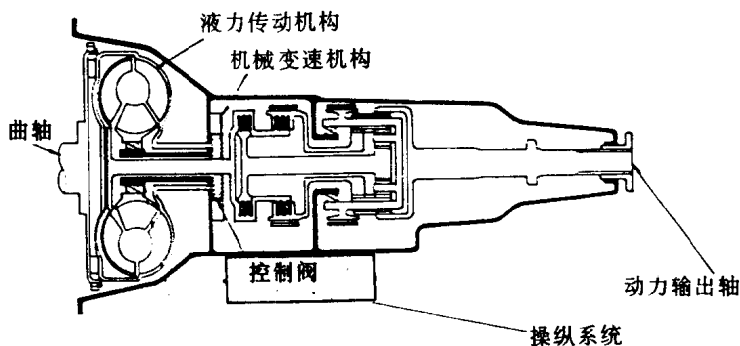


图 1-1 液力机械自动变速器示意图

1-2-1 液力耦合器的结构及工作原理

液力耦合器的结构示意图如图 1-2，其主要零件形状如图 1-3。如图 1-2 所示，在发动机曲轴 1 的凸缘上，固定着耦合器的外壳，叶轮 3 与外壳 2 作刚性连接并与曲轴连在一起旋转，这部分

为偶合器的主动件，称为泵轮。叶轮 4 与从动轴 5 相联，是偶合器的从动件，称为涡轮。泵轮与涡轮统称为工作轮。在工作轮的环状壳体内，径向排列着许多叶片，如图 1-3 所示。涡轮装在密封的外壳内，其端面与泵轮端相对，二者之间有 3~4mm 的间隙。泵轮与涡轮装合后，在环状壳体中装有工作液体。

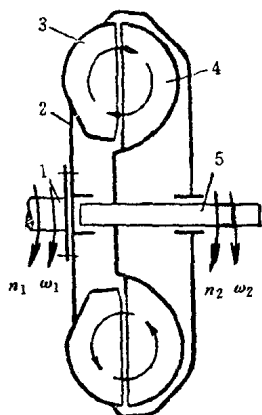


图 1-2 液力偶合器示意图

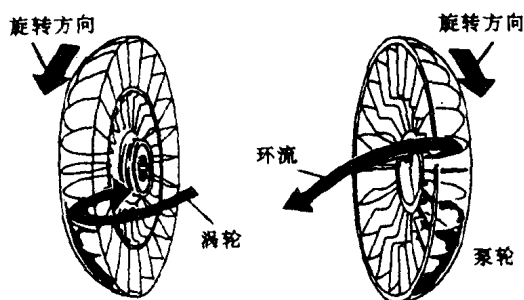


图 1-3 液力偶合器外形图

液力偶合器工作时，如图 1-2 所示。设输入轴 1 的转速为 n_1 ，角速度为 ω_1 ；输出轴 5 的转速为 n_2 ，角速度为 ω_2 。当 $n_1 > n_2$ 时，泵轮中液体的离心力将大于涡轮中液体的离心力，这样泵轮中的液体自泵轮的外缘流向涡轮。如图 1-3 中箭头所示。因为两轮间充满了液体，所以涡轮中的液体由内边缘流入泵轮，这样就形成了循环动力流，循环流动的液体在通过轴线截面呈环形，称为循环圆。如图 1-2 中箭头所示。

液体在泵轮和涡轮之间的流动特性可如图 1-4 所示。当液体沿泵轮到涡轮再到泵轮的循环运动过程中，形成一个首尾相连的环形螺旋线，如图 1-4 中箭头所示。为了避免液体在循环流动中产生涡流，中间区域应形成空心，如图 1-5 所示，这样可消除涡流，提高液体传动效率。

下面介绍一下液力偶合器的动力传递的原理。假定液体在所

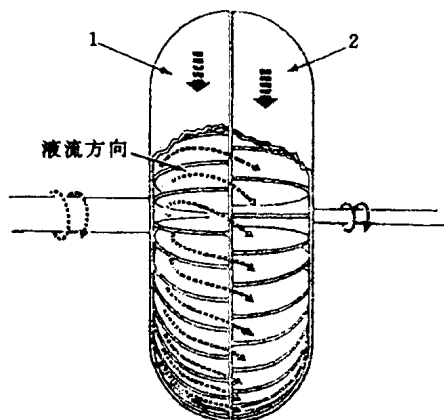


图 1-4 液力耦合器的液体工作示意图

1—泵轮;2—涡轮。

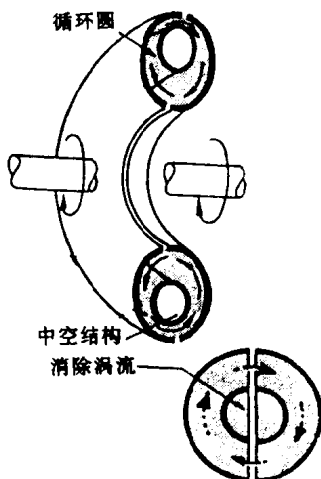


图 1-5 液力耦合器的

中空结构

有叶片间流动作用是相同的。并且都沿循环圆中心线流动。这样，可简化为只对一片工作叶片进行讨论。

如图 1-6 所示，当泵轮以角速度 ω_1 、涡轮以角速度 ω_2 旋转时，液体在泵轮出口处，相对于叶片的切线方向的相对速度为 w_{P2} （其方向沿叶片垂直于图面向外，为方便，在图中转 90° 表示）。同时叶片带动液体，液体随叶片转动的牵连速度（即叶片的转动速度）为 u_{P2} ，由上述两种速度合成后的绝对速度 v_{P2} ，该速度与液体进入涡轮前的液流速度 v_{T1} 相等。当液流进入涡轮后，在涡轮叶片作用下，使液流在涡轮出口处具有随叶片一起运动的速度 u_{T2} 和液流相对于叶片的速度 w_{T2} ，最后可得出涡轮出口处的绝对速度 v_{T2} （图 1-7），该速度也是液流进入泵轮前的速度 v_{P1} 。当循环圆的通道面积相等时，则有：

$$w_{P2} = w_{T2}, \quad v_{P2} = v_{T1}, \quad v_{T2} = v_{P1}$$

又由于

$$u_{T2} = R_1 \omega_2, \quad u_{P2} = R_2 \omega_1$$

式中 u_{T2} —— 涡轮出口处液流牵连速度；
 u_{P2} —— 泵轮出口处液流牵连速度；
 R_1 —— 涡轮出口平均半径；
 R_2 —— 泵轮出口平均半径。

由图 1-6 可知,单位时间内系统出口处液流对旋转轴的动量矩为

$$Q\rho u_{P2}\cos\alpha_2 R_2 = Q\rho u_{P2}r_2$$

同理,由图 1-7 可知,涡轮出口处液流对旋转轴的动量矩为

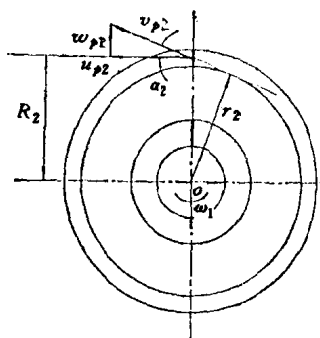


图 1-6 液力耦合器泵轮速度图

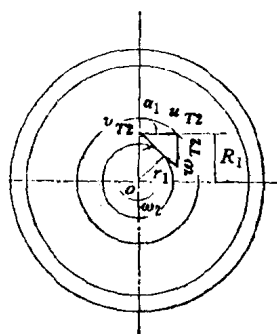


图 1-7 液力耦合器涡轮速度图

$$Q\rho v_{T2}\cos\alpha_1 R_1 = Q\rho v_{T2}r_1$$

式中 Q —— 单位时间内液体循环流量；
 ρ —— 液流密度；
 α_1, α_2 —— v_{T2} 与 u_{T2} 及 v_{P2} 与 u_{P2} 之间夹角；
 r_1, r_2 —— v_{T2} 及 v_{P2} 至旋转轴心垂直距离。

由上两式,可计算出单位时间内液体流过泵轮后的动量矩变化为:

$$M_1 = Q\rho(v_{P2}r_2 - v_{T2}r_1)$$

这里, M_1 相当于泵轮作用于液体上的外力矩。

同理可得单位时间内液体流过涡轮后动量矩的变化为:

$$M_2 = Q\rho(v_{T2}r_1 - v_{P2}r_2)$$

这里, M_2 相当于涡轮对液体作用的外力矩。故液体对涡轮作用的力矩为:

$$-M_2 = Q\rho(v_{P_2}r_2 - v_{T_2}r_1) = M_1$$

该式表明:当液力偶合器工作时,泵轮作用于液体的力矩 M_1 等于液体作用于涡轮的作用力矩 $-M_2$ 。也就是说,液力偶合器利用泵轮给液流一个力矩,增加液体的动量矩,当液体流经涡轮时,液体作用于涡轮一个力矩,使涡轮转动。这样依靠液体,就可实现动力的传递过程。从能量角度来说,液力偶合器的工作过程可描述为:泵轮接受发动机传来的机械能将其传给工作液,工作液的动能增加,然后当工作液流经涡轮时,又将其动能传给涡轮,完成能量传递过程。

由上述可知,泵轮与涡轮之间液体的循环流动是动力传递的必要条件,并且只有当泵轮与涡轮间速度不等,才能产生液体的循环流动。液力偶合器在正常工作时,泵轮转速 n_1 总是大于涡轮的转速 n_2 。当 n_1 与 n_2 的差减小时,则循环的液体流量也减小。当 $n_1 = n_2$ 时,循环流量 $Q = 0$ 。此时液体传递的力为零,液力偶合器不起作用。

下面我们来看一看液力偶合器的传动效率 η :

$$\eta = -M_2n_2/M_1n_1 = K \cdot n_2/n_1$$

式中 K ——偶合器的变矩比, $K = -\frac{M_2}{M_1}$;

M_1 ——泵轮作用于液体的力矩;

$-M_2$ ——液体对涡轮作用的力矩。

根据液力偶合器的力矩关系 $-M_2 = M_1$ 可知 $K = 1, \eta = \frac{n_2}{n_1} = i$ (i ——液力偶合器的传动比)。

图 1-8 是由上述偶合器的传动效率所画出的液力偶合器的外特性曲线。外特性即是指当泵轮转速和工作液密度不变时,泵轮上的转动力矩与涡轮转速的关系为 $M_1 = f(n_2)$; 涡轮轴上的转动力矩与涡轮转速的关系为 $-M_2 = f(n_2)$; 偶合器效率与涡轮转速的关系为 $\eta = f(n_2)$ 。