

# 车辆变速器 及驱动桥设计

许兰贵 著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 车辆变速器 及驱动桥设计

许兰贵◎著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

·北京·

## 内 容 提 要

变速器是汽车传动系最重要的组成部分之一,其主要用来改变汽车的车速和转矩、使汽车反方向行驶、实现空挡滑行等,而驱动桥位于汽车传动系统末端,其性能的好坏直接影响整车性能,对于载重汽车显得尤为重要。

本书对车辆变速器及驱动桥的设计进行了研究,主要内容包括:液力变矩器设计、两轴式手动变速器设计、三轴式手动变速器设计、液力机械式自动变速器设计、驱动桥设计等。

本书结构合理,条理清晰,内容丰富新颖,是一本值得学习研究的著作。

## 图书在版编目(CIP)数据

车辆变速器及驱动桥设计 / 许兰贵著. —北京:  
中国水利水电出版社, 2017. 9  
ISBN 978-7-5170-5887-8

I. ①车… II. ①许… III. ①汽车—变速装置②汽车—驱动桥 IV. ①U463. 21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 233933 号

书 名	车辆变速器及驱动桥设计 CHELIANG BIAN SUQI JI QUDONGQIAO SHEJI
作 者	许兰贵 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010)68367658(营销中心) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京亚吉飞数码科技有限公司
印 刷	三河市天润建兴印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 11.5 印张 206 千字
版 次	2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	64.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

在汽车的各大系统中,汽车传动系统的作用举足轻重,像人体的心脏一样,发动机产生转矩,经传动系统减速后传递给驱动车轮,带动汽车前进或者倒退。液力变矩器则是一种利用液力传动技术来实现动力矩转换的非刚性的液力元件。现代工业的发展与革新,使得液力变矩器在国内外的应用非常广泛,应用范围涉及公共交通、工程机械、军用车辆以及航空航天等各个领域,对社会的进步影响巨大。随着科学技术的飞速发展,工作环境对液力变矩器的性能要求有了更高的标准,未来的研究与发展将会更加具有挑战性。变速器是汽车传动系统最重要的组成部分之一,其主要用来改变汽车的车速和转矩、使汽车反方向行驶、实现空挡滑行等。手动机械式变速器制作工艺简单,制造成本低廉和工作性能可靠,所以在各类汽车上得到了广泛的应用。自动变速箱传动比的改变主要是由行星齿轮变速机构来完成的。行星齿轮变速器由换挡操纵机构和行星齿轮传动机构两部分组成。行星齿轮机构的作用是改变传动比和传动方向形成不同的挡位。变速器是汽车传动系统的重要组成部分,对汽车的动力性与经济性、操纵的可靠性与轻便性、传动的平稳性与效率都有直接的影响。驱动桥位于汽车传动系统末端,是重型汽车总成中的主要承载件之一,一般由主减速器、差速器、轮边减速器、车轮传动装置和驱动桥壳等组成,其基本功能是增大由传动轴或变速器传来的转矩,并将动力合理地分配给左右驱动轮。它的性能好坏直接影响整车性能,而对于载重汽车显得尤为重要。当采用大功率发动机输出大的转矩以满足载重汽车的快速、重载的高效率、高效益的需要时,必须要搭配一个高效、可靠的驱动桥。所以采用传动效率高的单级减速驱动桥已成为未来重载汽车的发展方向。

本书从设计的角度系统地讲述液力变矩器、手动变速器、自动变速器、驱动桥的工作原理和设计过程。液力变矩器设计包括:液力变矩器的循环圆设计、叶片叶形参数计算与设计、叶片的三维模型。手动变速器设计根据使用场合不同分为二轴式和三轴式两种类型,主要分为齿轮结构的设计、轴结构的设计以及变速器的装配。齿轮结构设计需要计算齿轮各挡位的齿

数,计算齿轮之间的中心距和齿轮的模数等齿轮参数。轴结构设计主要是轴各部分的长度以及直径的设计,三根轴彼此相关,需要同时设计。轴径的大小和轴的长度是放置齿轮的位置的关键,齿轮之间能否啮合与轴的位置密切相关,因此设计轴的位置就需要考虑齿轮的结构以及其他各轴的位置。自动变速器设计包括动力传动路线分析和传动效率计算,并进行主要受力部件的有限元分析。本书参照传统驱动桥的设计方法进行了载重汽车驱动桥的设计。首先确定主要部件的结构型式和主要设计参数;然后参考类似驱动桥的结构,确定出总体设计方案;最后对主、从动锥齿轮,差速器圆锥行星齿轮,半轴齿轮,全浮式半轴和整体式桥壳的强度进行校核以及对支承轴承进行了寿命校核。

作者

2017年8月

# 目 录

第 1 章 液力变矩器设计 .....	1
1.1 液力变矩器发展概述 .....	1
1.2 液力变矩器的结构及其工作原理 .....	8
1.3 液力变矩器循环圆设计 .....	11
1.4 叶片设计 .....	17
1.5 基于 Pro/E 叶片的三维模型设计 .....	26
第 2 章 两轴式手动变速器设计 .....	28
2.1 设计方案与基本数据 .....	28
2.2 变速器设计的基本要求 .....	29
2.3 变速器主要参数的确定 .....	29
2.4 齿轮设计计算 .....	30
2.5 齿数的分配 .....	31
2.6 齿轮的校核 .....	38
2.7 轴的设计计算 .....	46
2.8 轴承校核 .....	49
2.9 零件的建模和装配 .....	50
2.10 一档的运动仿真 .....	59
第 3 章 三轴式手动变速器设计 .....	62
3.1 传动机构的分析与型式选择 .....	63
3.2 倒挡传动方案 .....	64
3.3 主要参数的计算和选择 .....	66
3.4 其他零部件的选择 .....	71
3.5 齿轮的强度计算及材料选择 .....	73
3.6 变速器轴的结构及其强度计算 .....	77

3.7	三维建模及其装配	81
<b>第4章</b>	<b>液力机械式自动变速器设计</b>	<b>84</b>
4.1	液力机械式自动变速器的组成原理及特点分析	86
4.2	液力变矩器的基本类型和结构	87
4.3	行星齿轮传动特点及分类	88
4.4	奔驰722.6自动变速器	93
4.5	变速器三维建模	113
4.6	行星架和齿轮的有限元分析	123
<b>第5章</b>	<b>驱动桥设计</b>	<b>141</b>
5.1	主传动器设计	141
5.2	差速器设计	151
5.3	轮边减速器设计	157
5.4	半轴设计	163
5.5	驱动桥主减速系统参数化建模	165
	<b>参考文献</b>	<b>174</b>

# 第1章 液力变矩器设计

## 1.1 液力变矩器发展概述

液力传动是以液体为工作介质,依靠流动液体动能的变化来传递能量的一种新型的传动方式。动力机(如发动机)将自身的转速、功率经输入轴,在液体动能的作用下,经叶轮进行传递。在整个工作过程中,液体与各叶轮间相互作用,使动量矩发生变化,进而实现传递能量。液力传动的过程中必须要有液力元件的参与,常见的液力元件有液力变矩器和液力耦合器。

最先接触的是液压传动,液力传动与液压传动,看着十分相似,但是它们之间有着十分大的差别。液压传动是传递液体压能的,而液力传动则是传递液体动能的。在液力传动中,动力机的输入轴和输出轴中间只可以用液体为工作介质来联系,构件之间不存在直接接触,是一种非刚性的传动。而液力传动相对于机械类传动的方式,存在很多优点:可以吸收冲击与振动、过载保护性能较好,甚至在输出轴卡住的时候,动力机仍然可以运转而不受损伤、带荷载启动容易、可以实现自动变速和无级调速等。所以,它可以提高整个传动装置的动力性能。

液力传动装置的整体性能也跟它与动力机的匹配情况有关。若匹配不当便不能获得良好的传动性能。因此,应对总体动力性能和经济性能进行分析计算,在此基础上设计整个液力传动装置。一个完整的液力传动装置,为了使其正常工作,避免过程中产生磨损和保证散热,还需要配以一定的辅助供油系统、冷却系统和操作控制系统。

液力变矩器主要有如下特性。

### (1) 内特性

内特性概括了变矩器内部液体流动的所有参数,如液体的速度、压力分布特性(即速度场和压力场)、入口冲击角、出口偏离角、泵轮出口偏离修正系数、冲击损失系数、通流损失系数、循环流量(及比流量)、轴面速度系数、



雷诺数等,主要为叶栅系统的设计提供依据。

### (2) 外特性

外特性是指液力变矩器的泵轮力矩、涡轮力矩以及效率与涡轮转速的关系,其实是变矩器的输出特性。它是依据变矩器在一定的工作条件下在试验台上测出的或者理论计算出来的,叫作试验外特性或预期外特性,它的工作条件是变矩器的几何参数(也就是某个确定的变矩器)、泵轮转速、工作油的品种(即密度)以及工作的温度一定。所以在外特性曲线表中都要注明工作条件。

### (3) 泵轮的负载特性

泵轮的负载特性是指液力变矩器作为发动机的负载,它所体现出来的特性,用泵轮力矩和泵轮转速的关系来表示,它其实也是变矩器的输入特性。

### (4) 液力特性

液力力矩是指叶轮叶片和液流相互作用的力矩,并没有包含机械摩擦力矩以及圆盘摩擦力矩。液力特性指泵轮和涡轮轴上的液力力矩随着涡轮轴转速的变化关系。

### (5) 外特性族

外特性族是指对于同一个变矩器,它在指定工作油的品种以及油温不变的情况下,把在不同的泵轮转速下得到的各个外特性集中地绘制在同一个图上,就得到了一组特性曲线图。

### (6) 全外特性

全外特性是指变矩器在全部工况,即牵引工况、涡轮反转制动工况、涡轮超越工况这三种工况下的外特性组成的完整的特殊曲线。分别位于第一、第二和第四象限。

### (7) 无因次特性

无因次特性是指依据相似理论对外特性进行无因次化,然后计算出的特性,它包括三条曲线。曲线1是泵轮力矩系数跟着转速比(工况)变化的特性,又称为能容特性,它表示泵轮从发动机吸收力矩(能量)的能力,也表示变矩器传递功率的容量。曲线2是变矩比(涡轮力矩和泵轮力矩之比)跟着转速比变化的特性,也叫变矩特性。曲线3是效率跟着转速比变化的特性,也叫经济特性,它是变矩器传递功率的经济指标。

### (8) 相似理论

相似理论可以简述为,如果两个变矩器之间满足几何相似、运动相似、动力相似,则这两个变矩器的无因次特性相同。几何相似应该满足相对的循环圆几何尺寸是同一比例,也就是相似比,并且叶片数和叶片倾斜角对应

相等;运动相似则是在几何相似的条件下,同时满足速比相等,两变矩器内部的流动运动相似,也就是速度方向相同,而且大小为同一比例;动力相似是在运动相似并满足雷诺数相等的条件下,相对空间点上的流体质点所受同名力的多边形相似,由这个能够导出两变矩器具有相同的无因次特性。

无因次特性的含义:①对于两个循环圆直径大小不相等,但是循环圆的几何相似(即一个是另一个的放大或缩小)的变矩器,只要它们满足雷诺数相等这个条件,那么,它们在同一速比下的各无因次参数也是对应相等的;②对于同一个变矩器(可视为相似比为1),因为不同工作条件下的外特性导出的无因次特性相同。所以说,无因次特性是实物与模型的,或者不同工作条件下的外特性之间的一种联系。

常见的液力传动装置有液力耦合器和液力变矩器两种。液力耦合器是一种非刚性联轴器。而液力变矩器实质上是一种非刚性力矩变换器,也正是我们这次课题所研究设计的传动元件(实体如图1-1所示)。它所传递的功率大小与输入轴转速的3次方、与叶轮尺寸的5次方成正比。额定工况状态下,传递效率最高,偏离额定状态时,传递效率会有所下降。液力耦合器和液力变矩器同样是液力元件,它们之间的区别在于:液力耦合器是将主动轴输出的转矩等值传递给从动轴,而液力变矩器则是根据工况,相应地改变其输出转矩。

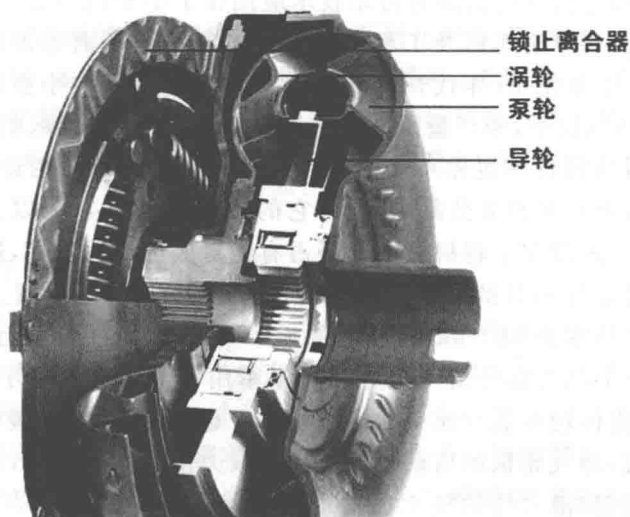


图 1-1 液力变矩器实体

液力传动最为典型的元件是液力变矩器,它主要是由泵轮、涡轮和导轮三部分组成的液力元件。其中叶轮是液力变矩器的核心,叶轮的形状、型式

和存在的位置在液力变矩器中,对其性能的影响有着决定性的作用。同样一个液力变矩器中导轮、涡轮或泵轮的数目不同,其产生的性能也不同,下面在按其结构特点分类过程中也会提到。其结构形式、传动方式和工作环境也决定了液力变矩器有着类似的特点:过载保护性能好、能消除冲击和振动、启动性能好和有良好的自动变速性能等。

### 1.1.1 液力变矩器在国内外的应用

液力变矩器作为一种液力传动装置,具有许多机械类传动所没有的优良特性,如无级变速、减振隔振、良好稳定的低速性能、自动适应性及无机械磨损等,是其他传动元件无可替代的。生活中,液力传动被广泛应用于很多地方。液力传动最早开始应用,是在船舶内燃机与螺旋桨之间。20世纪30年代后,随着现代工业的发展,液力传动技术很快在车辆如各种汽车、履带车辆和机车、工程机械、钻探设备、起重运输机械、大型鼓风机、泵和其他惯性大、冲击大的传动设备上有着很重要的应用。从液力传动技术出现发展到现在已经有一百多年了,液力变矩器的应用领域不断扩大,从汽车、工程机械、军用车辆到石油、化工、矿工、冶金机械等领域都得到了广泛的应用。

在国外,已经普遍把液力传动技术应用在了小型汽车、公交车和豪华型大客车、公用牵引车以及工程机械装载机和军用车辆等领域。就拿美国来说,从20世纪70年代开始,液力变矩器每年安装在小型轿车上的安装率都在90%以上,年产量则在800万台以上;并且在市区的公交车上,液力变矩器的装备率也差不多达到100%。在某些专门用途的车辆上,比如重型载重汽车和非公路车辆上,它的装备率也在70%以上。就现在而言,液力变矩器在工程机械中已经占有绝对的优势地位了,这与社会建设不断发展是分不开的。例如阿里森的CLB9680系列的液力机械变速器就应用于功率为882.6kW、装载量为108t的矿用自卸车上;在一些非公路的用车上和大部分新型坦克和大型军用车辆上也安装了液力传动。在美国,液力传动在航空航天机械中也有了尝试,如美国的B-1型战略轰炸机,燃气轮机的启动也都应用了液力传动。同样的,在日本和大部分欧洲国家,液力传动技术也得到了广泛应用。在国外,城建、水利和铁路上,较大吨位的起吊车、装载机和推土机等工程机械中也多数采用了液力传动。

在我国,由于重型工业起步比较晚,直到20世纪50年代,长春一汽才将液力传动技术应用于红旗牌轿车,相应的配套研制液力变矩器,开发液力

传动系统,填补了我国在液力变矩器设计和制造上的空白。从此,液力传动技术开始在我国逐步地发展开来。1958年,我国“东方红I型”卫星内燃机车上应用了液力传动技术,机车采用了两套735kW柴油机和液力传动机组。其中液力传动机组包含了一个启动液力变矩和两个运转液力变矩器。1970年,我国成功设计了4400kW的“北京号”液力传动内燃机车,从此,我国也迈入了设计制造大功率液力传动内燃机车的时代。再到80年代,北京理工大学为满足军用车辆的使用要求,研制开发了Ch300、Ch400、Ch700、Ch1000系列液力变矩器,成功突破了高能容、高转速、大功率等设计制造中的关键技术,达到了国际先进水平,对我国的国防建设具有重要的意义。

液力传动在国内工程机械上的应用最为显著。装载机ZL30到ZL90以及ZM425中都应用了液力机械传动。C65推土机、C47铲运车以及挖掘机和在港口、仓库中装卸用的叉车也都采用了液力传动系统。液力元件有双涡轮液力变矩器、三元件综合式变矩器、四元件综合式变矩器。工程机械与液力传动紧紧地联系在了一起,这与社会主义建设的快速发展是分不开的。西部大开发、中原建设以及高铁时代的到来,向我们表露了液力变矩器在我国具有广阔的发展前景。

### 1.1.2 液力变矩器的研究现状以及发展趋势

目前广泛使用的液力变矩器主要有以下几种形式:普通三工作轮闭锁式液力变矩器,多工作轮液力变矩器,可调(导叶)式液力变矩器,牵引—制动型液力变矩器<sup>[5]</sup>。现阶段,液力变矩器的设计和理论研究都取得了一定的成果。未来,对液力变矩器的性能会有更高的要求,有着很好的发展前景。

#### 1. 液力变矩器的研究现状

行业的发展总是离不开社会这一个大环境,国家的发展策略对行业供需分析有着很大影响。在供给方面,只有2000年液力变矩器的产量有所下降,之后每年都有所增加,呈上升趋势。在需求方面,随着中原崛起,东北老工业的振兴,工程机械的需求量增大,对液力变矩器的需求以及性能都有很大依赖。技术层面上,液力变矩器正向着一个经济型、节能型、大功率、集成化和复合化的高标准方向发展,逐渐与国际发展接轨,甚至现今有的技术已达到国际先进水平。但是我国大型工业起步晚,基础零件的制造工艺不够稳定,所以对液力变矩器的发展还应更加努力。国际环境也是我国液力变矩器发展过程当中不可或缺的一个重要因素。随着外资企业如日本的大

金,德国 ZF 等的介入,不仅带来了先进的技术和设计经验,同时也是对国内液力变矩器企业的一种威胁,这就迫使人们必须更加努力参与竞争,改革创新。

液力变矩器之所以能够被广泛使用,是因为它有着显著的优良特性,经济性、自动适应性、无级变速、减振隔振以及无机械磨损等,这些是其他的传动元件无法取代的,也是发展的必然趋势。近年来,液力变矩器的理论研究也有了很大的进步,特别是流场理论、设计方法与制造技术。

叶轮是液力变矩器的核心,它的设计理论基础主要是内部的流场理论。又因为内部流道内液体的活动是黏性的,不可压缩的三维不稳定状态,这就给液力变矩器的设计带来新的挑战。流动理论的发展是液力变矩器发展中主要的理论内容,也是发展的一个方向。

由于建模和计算的复杂性以及液力变矩器内部流场的特殊性,在工程中,常采用的是一维流动理论,因为其简便合理,具有一定的实用价值,也是目前使用最为普遍的理论依据。又因为实际应用中,对液力变矩器的性能要求很高,而变矩器内部流场和理论有很大的差别,用一维的理论知识去设计的变矩器往往达不到预期的性能指标。现在,相关研究人员已经在流场理论研究上取得了一定的进展,液力变矩器叶片设计的理论基础已由最初的一维束流理论发展到二维束流理论,最后又提出了三维束流理论。

一维束流理论的物理概念很简单,即将叶轮内的工作液流在理想状态下分成无数的束流,同时认为叶片也是无限薄,叶片数无限多,忽略了液流黏性对内流场的影响。设计较为简单,易掌握,但因为实际工作过程中和内流场差别较大,设计后的效果往往很难达到性能要求。

二维束流理论在一维束流的基础上,将液流流动简化为过旋转轴心的一组平行轴面内的平面流动,认为每个平面内的压力分布和速度分布都是相同的。在二维束流理论的基础上,也建立了二维性能预测和叶栅设计方法,进一步淡化了中间流线的概念,直接对内外环变化做出规律性设计。现阶段,二维束流理论在某些地方已经有了应用,取得了不错的成绩。

三维束流理论是未来液力变矩器设计发展的方向。纳-维斯托克斯(Navier-Stokes)运动方程很好地对黏性流体的三维流动进行了描述,就是常见的 N-S 方程。因为叶片的形状是三维的,流道的曲率变化也比较大,所以液流在各个方向上都是变化的。要想得到准确的流场计算结果,直接对 N-S 方程求解可得,但是由于其与欧拉方程的复杂性,求解过程非常困难,目前尚无法求解。21 世纪是科学技术蓬勃发展的黄金时期,随着计算

机计算能力和流体力学(CFD)理论研究的飞速发展,液力变矩器的三维理论设计也取得很大的进步。在设计过程中,现代计算机设计软件也起到了很大的作用,效果显著。但是,三维束流理论仍处于研究阶段,为了满足新型液力变矩器的性能要求,还有待继续研究与深入发展。

## 2. 液力变矩器的发展趋势

在液力变矩器的设计过程中,特性分析、叶轮内部流场的测量、数值仿真计算以及传动设计方法这四个方面是最重要的。因此以后液力变矩器的发展趋势也主要体现在这四个方面。

①液力变矩器的内部流场测量以前总是抽象化分析测量,现如今一些新兴的技术手段如粒子图像测速技术(PIV)、多普勒测速技术(LDA)和压力探针测量技术等,都开始被应用于内部流场测量,测量过程与过去的流场模型分析相比较准确、方便。所以在未来的发展中,流场测量技术也主要向这个方向发展。

②液力变矩器的特性分析对变矩器的性能和设计都具有很重要的影响,其中液力变矩器的瞬态特性尤为重要。现阶段,已经引入了应用瞬态模型,它能够简化和细化边界分析,进一步提升计算物理模型,从而达到与真实模型相似的效果,提高分析过程中数值计算的准确性。所以特性分析以及数值计算都是未来液力变矩器研究和发展的方向。

③由于叶轮流道内的工作液体有黏性,对实际流速有一定的阻碍,而且每个位置的流动状况又是不一样的,这些不可避免的因素对在流道内的数值仿真计算有一定的限制。计算都是有误差的,但是怎么把误差控制在最小的范围内又是一个问题。所以下一步的研究方向,会在数值仿真计算上加大投入,寻求突破,减小误差。新的计算方法和计算模型都需要进一步改进。

④随着流体力学研究的不断深入与计算机计算能力的飞速发展,新兴的设计软件和设计方法在不断出现,如计算机辅助设计(CAD)能够根据设计数据结果很快地生成图形以及三维实体模型,能够更加方便地进行较为复杂的数值计算;计算机辅助制造(CAM)技术取代了人工制造,从产品设计到加工的整个过程都可以由计算机数控操作,简单方便,误差小。流体动力学(CFD)数值分析近年来也发展迅速,比较热门。它可以通过计算机软件如 Fluent、Phoenics 等进行流动状况模拟,对设计的优化和结构的改进有很大的帮助。液力变矩器的设计研究不仅仅是独立的课题,它也需要一个更加系统的设计开发流程,如果把 CAD 技术、CFD 技术以及 CAM 技术三者有效地结合起来,那么液力变矩器的设计就会更加简单。在模拟的基础上,我们可以更好地通过改进液力变矩器的结构来达到设计要求的性能

指标。在计算机高速发展时代,多软件集成化设计是未来液力变矩器的一个发展趋势。

## 1.2 液力变矩器的结构及其工作原理

### 1.2.1 液力变矩器的结构与分类

液力变矩器结构包括以下几个部分。

①泵轮、涡轮、导轮:它们是液力变矩器中的主要构件。负责将机械能转变为流体动能,再将流体动能转变为机械能。

②主要构件的支撑零件:轴承及轴承座,保证主要构件的稳定性。

③输入轴,输出轴:与外面动力机和变速箱相连接,负责将转速、功率传递给变矩器,带动下个构件工作。

④密封零件:橡胶油封、金属密封环、“O”形密封圈等达到密封效果。

⑤变矩器壳体以及支撑零件:支撑保护作用。

提到液力变矩器,常常会看到有关于“级”和“相”的说明,要了解变矩器的分类,首先必须搞清楚相关概念。“级”指的就是各叶轮之间彼此刚性连接的涡轮数目。“相”指的是在变矩器中,各种工作机构的组合不同或功能改变,导致传动效果的多种改变,称为“相”。正是因为液力变矩器的结构形式存在不同,才使得液力变矩器在工作时的性能随之不同,具有多样性。因此随着液力变矩器的发展,对液力变矩器的性能要求也有着很大的提高。

查阅相关的统计资料,依据液力变矩器的结构以及性能特点,可以按以下几种情况进行分类。

①按变矩器在工作时,涡轮相对于泵轮的转动方向的不同来分,当涡轮的转动方向与泵轮的转动方向相同时,称为正转变矩器;当涡轮的转动方向与泵轮的转动方向相反时,称为反转变矩器。

②根据液力变矩器中叶轮间刚性连接在一起的涡轮的数量,可分为单级、两级、三级及多级的涡轮变矩器。

③按工况下轴面液流在涡轮内部的液流方向可以分为轴流涡轮变矩器、离心涡轮变矩器以及向心涡轮变矩器。

④根据液力变矩器的能容和特性是否可以调节,可以分为可调变矩器和不可调变矩器两种。

⑤根据液力变矩器工况下涡轮和泵轮是否可以闭锁成一体,分为闭锁式变矩器和非闭锁式变矩器。

⑥按变矩器中各叶轮的组合和工作情况的不同,所达到的液力传动效果的不同,可以分为单相变矩器、两相变矩器和多相变矩器。

## 1.2.2 液力变矩器的工作原理

如图1-2所示,可以很清晰地看到液力变矩器在工作过程中液流的流动情况。

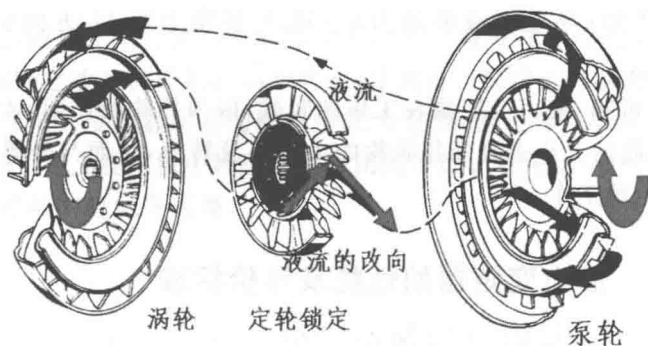


图1-2 液流在液力变矩器中的循环流动

液力变矩器在工作工程中,工作腔内是充满工作液体的。当发动机带动泵轮旋转时,泵轮与液体相互作用,使得液流加速获得动能。接着,高速运动的液流进入并冲击涡轮,涡轮叶片获得一个速度,带动涡轮转动,液体的动能又转化成为涡轮转动的机械能,通过涡轮轴以力矩的形式向外输出功率;液体从涡轮流入导轮,经导轮加速并改变方向后重新流入泵轮。这样循环往复,就形成了一个封闭的液流循环圆,在整个过程中不断地进行能量的传递和转换。

整个循环运动过程中,忽略外界的影响,液力变矩器所受的外力矩之和应该为零,即所受的力矩应该处于一个平衡的状态。即式:

$$M_B + M_T + M_D = 0 \quad (1-1)$$

或

$$-M_T = M_B + M_D \quad (1-2)$$

式中: $M_B$ ——发动机施加在泵轮轴上力矩;

$M_T$ ——荷载施加在涡轮轴上的力矩;

$M_D$ ——壳体对导轮的支反力矩。



当泵轮转速  $n$  一定时,而涡轮则以三种不同的转速转动,引起液流方向变化,从而引起叶轮作用力矩不断变化。分析有以下几种情况。

①当  $n_T=0$  或较低转速时,涡轮出口液流以速度  $v_T$  冲击导轮正面,因此导轮对液流的作用力矩  $M_D$  与泵轮力矩  $M_B$  同向,由力矩平衡方程,  $-M_T > M_B$ 。

②当  $n_T$  增加到一定数值时,涡轮出口速度  $v_T$  的方向就与导轮进口的叶片骨线重合,液流顺着导轮叶片流出,导轮进出口速度相等、方向相同时,液流对导轮没有作用,导轮力矩  $M_D=0$ ,此时  $-M_T=M_B$ 。

③若  $n_T$  继续增大,从速度三角形得出,涡轮出口速度  $v_T$  将冲击导轮背面,导轮力矩(导轮对液流的力矩)  $M_D$  与泵轮力矩  $M_B$  方向相反,因而  $-M_T < M_B$ 。

由以上可知,液力变矩器在工作的时候,因为导轮的作用,才能够使其根据外界荷载的大小去改变其涡轮的力矩以及转速,从而与外界荷载相适应,并且稳定地工作。

### 1.2.3 液力变矩器的性能及评价标准

液力变矩器的工作特性有:内特性、外特性和无因次特性三大类。其中液力变矩器的性能指标主要由其外特性和原始特性体现出来。总结起来,主要特性的性能有以下几种:变矩性能,经济性能,负荷特性,穿透性,自动适应性和能容性。这些性能指标很好地说明了液力变矩器在生活中的应用有着很好的作用效果。这里简单介绍几种比较常见、容易理解和重要的性能。

#### 1. 经济性

经济性并不是指变矩器有多么便宜,而是指液力变矩器在能量传递过程中所传递的效率。常用无因次效率特性方程  $\eta=\eta(\epsilon)$  来表达。液力变矩器经济性能的两个指标分别是最高效率值  $\eta^*$  和高效率区范围的宽度  $G$ 。通常认为,在高效率区内  $G$  的值越大,最高效率越高,液力变矩器的性能就越好。但实际上并不是这样,这两个指标是相互矛盾的。

评价液力变矩器的经济性能时,必须兼顾两个方面,单纯认为最高效率高,经济性能好是片面的,不准确的。在无因次特性曲线上,单独地看一个点,是不能说明经济性能的好坏的,因为变矩器的工作环境不可能是一个点。因此,高效率范围的宽度,才是决定变矩器经济性能好坏的关键。