

液 压 传 动

李成林 于尔敬 李 凯 戴民英 编著



石油工业出版社

液 压 传 动

李成林 于尔敬 李 凯 戴民英 编著

石 油 工 业 出 版 社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了液压传动的基本知识和油泵(油马达)、动力油缸、控制阀和液压辅助装置等液压元件的结构及工作原理,介绍了工程中常用的液压基本回路,分析了工程机械典型液压传动系统;最后还简单介绍了液压传动系统的设计、安装调试、维护保养、故障判断及处理。

本书适应于自动化、机械等相关专业的工程技术人员阅读,也可作为高等院校有关专业的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动/李成林等编著,一北京:石油工业出版社,1994.6

ISBN 7-5021-1266-9

I. 液… II. 李… III. 液压传动-概论 N. TH137

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里2区1号楼)

大庆石油学院印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开 13¹/₄印张 330千字 印1-1,000

1994年6月北京第1版 1994年6月北京第1次印刷

定价: 14.5元

编 者 的 话

液压传动是二十世纪四十年代才发展起来的一门新型传动技术。它的出现,大大地促进了机械行业的自动化和自动控制,促进了七十年代宇航事业的高速发展。

液压技术是一个国家工业发展水平重要的标志之一。世界工业强国,都非常重视液压技术发展。美国、德国等一直处于领先地位。日本的液压技术,在第二次世界大战末排列在世界第20几位,到七十年代末一跃居世界第二位。液压技术的发展和运用,大大增强了这些国家国民经济的活力。

在我国,液压技术,已广泛用于国民经济、国防各个部门,广范深入用到矿山、工厂、农田以及航空航海等。

为了适应我国四个现代化的建设需要,加速培养液压技术专门人才,我们写了这本书奉献给读者,让它为各位读者起到铺路架桥的作用。

《液压传动》是一门技术基础课程,本书在写作过程中,作者强调了知识的连贯性、系统性,强调了内容择选的适用性,并十分重视引入国外的先进技术和换代技术。

本书共分十章。第一章至第六章介绍掌握液压技术应具有的基本知识:液压基本概念,液压元件及液压基本回路;第七章介绍液压传动系统,以石油机械的液压传动为例,分析了每个液压系统设计的特点,以便读者能了解到一般性的设计、技术巧妙的设计以及高度自动化和自动控制的设计,并引入了技术换代的集成元件和集成油路。第八章液压油。为了突出液压油的重要性,将液压油专立一章,本章除介绍了液压油的基本知识,还介绍了世界最新的油液净化技术。油液净化技术使得液压油的寿命从一般半年提高到20年,为液压设备一次性地使用奠定了基础。第九、十章介绍了液压传动一般的设计、安装、试运转、使用、维护管理及查寻故障的一般知识。

本书是由现场具有实践经验的工程技术人员和高等院校教师联合编写而成。我们的愿望是使初学者能获得阅读液压传动系统的能力、能具有初步设计液压传动系统的能力。

本书具有较广泛的适用性。可作为高等院校机械专业液压传动的教材,也可作为职工大学液压传动的教材,也适用于各行各业的液压传动工程技术人员使用。

本书是由李成林、于尔敬、李凯、戴民英同志编写,其中第二、三章由李成林编写,第四、五章由于尔敬编写,第六、八、十由李凯编写,第一、七、九章由戴民英编写。全书由戴民英统稿。由于编者水平有限,书中错漏在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

一九九四年六月

目 录

第一章 液压传动概述.....	(1)
第一节 什么是液压传动.....	(1)
第二节 液压传动工作原理及基本特征.....	(1)
第三节 液压传动系统图及其组成.....	(4)
第四节 液压传动优点.....	(5)
第二章 油泵和油马达.....	(6)
第一节 概述.....	(6)
第二节 轴向柱塞油泵、油马达	(8)
第三节 径向柱塞低速大扭矩马达	(16)
第四节 齿轮泵及齿轮油马达	(20)
第五节 叶片泵及其油马达	(27)
第六节 摆线泵及摆线马达	(31)
第七节 螺杆泵	(33)
第八节 油泵及油马达的能量转换及能量损失	(37)
第三章 动力油缸	(43)
第一节 油缸	(43)
第二节 摆动油缸	(62)
第四章 液压控制阀	(65)
第一节 方向控制阀	(65)
第二节 方向逻辑阀	(73)
第三节 压力控制阀	(76)
第四节 速度控制阀	(92)
第五节 比例控制阀.....	(103)
第五章 液压辅助装置.....	(105)
第一节 滤油器.....	(105)
第二节 油箱.....	(109)
第三节 冷却器.....	(111)
第四节 管件和管接头.....	(113)
第五节 蓄能器.....	(122)
第六章 液压基本回路.....	(125)
第一节 速度调节基本回路.....	(125)
第二节 方向控制基本回路.....	(132)
第三节 压力控制基本回路.....	(138)
第七章 液压传动系统.....	(146)
第一节 液压传动系统型式及评价.....	(146)

第二节	威尔逊 65B 石油车装钻机液压传动系统	(149)
第三节	Baker 修井机起升系统	(151)
第四节	液压随动恒功率控制系统	(153)
第五节	阿里森液压控制系统	(156)
第六节	液压大钳液压系统	(161)
第七节	修井机绞车系统	(161)
第八节	威尔逊 65 石油车装钻机液压传动系统	(165)
第九节	K650 石油车装钻机液压传动系统	(165)
第十节	爱迪克 8085 石油车装钻机液压传动系统	(165)
第八章	液压油	(170)
第一节	液压油的性质	(170)
第二节	液压油的污染、净化及管理	(180)
第三节	液压油污染标准及检验方法	(182)
第九章	液压传动系统的设计	(186)
第十章	液压传动系统的安装、试运转、使用、维护及故障处理	(194)
第一节	液压传动系统的安装、清洗和试运转	(194)
第二节	液压系统的使用和维护	(196)
第三节	日常维护工作	(198)
第四节	液压系统常见的故障及排除方法	(199)
参考文献		(203)

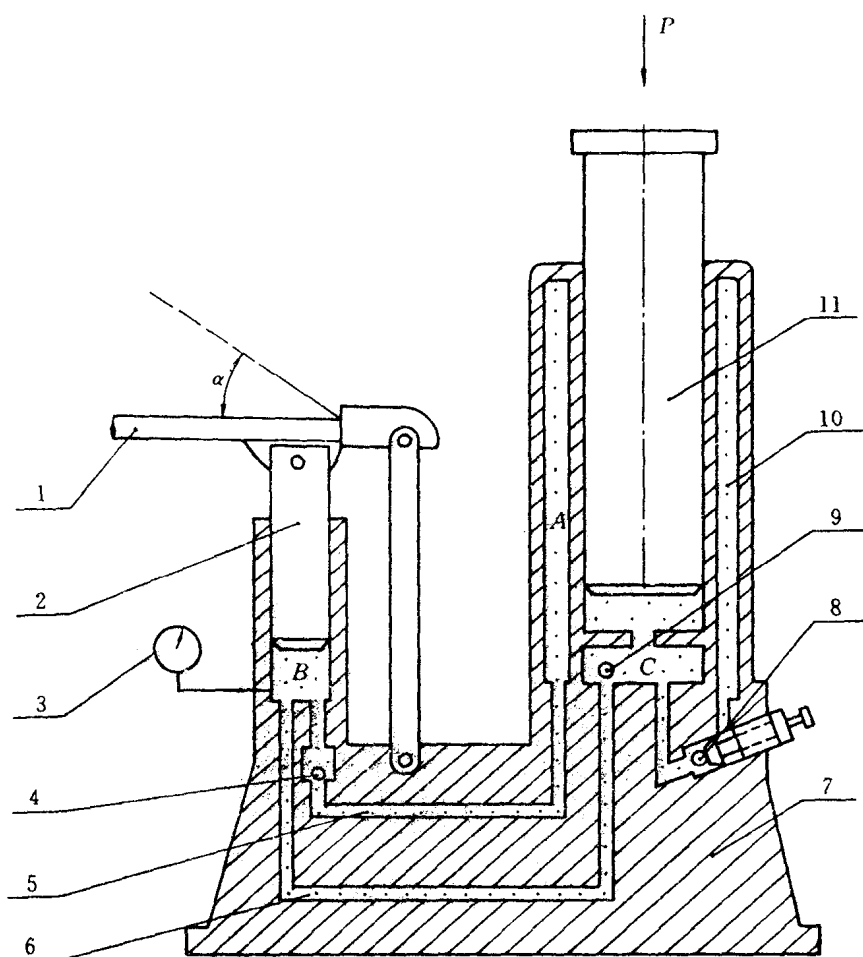


图 1-2 液压千斤顶半结构图

1—加力杆；2—加压柱塞；3—压力表；4、9—单向阀；5、6—液压油管路；
7—千斤壳体；8—手动单向阀；10—油箱；11—起重柱塞

液压千斤顶是世界上第一台液压传动设备，它是以帕斯卡定律作为工作原理进行设计的。

千斤顶的工作过程是：首先关闭手动单向阀 8，将加力杆 1 往上提，柱塞 2 底部的单向阀 4 打开，柱塞 11 底部的单向阀 9 关闭，油液从油箱 10 进入柱塞 2 的底部。加力杠下压时，柱塞 2 底部单向阀 4 关闭，柱塞 11 底部单向阀 9 打开，液体进入柱塞 11 的底部。柱塞 11 被压力油推动将重物举升。千斤顶是最古老的液压传动设备，也是最古老的液压传动系统，通过这个传动系统的工作，可以理解液压传动的几个基本特征如下。

(1) 液压传动是以帕斯卡定律作为它的工作原理。

(2) 液压系统中工作压力的大小，取决于外负荷 P 的大小。液压系统中工作压力大小，由压力表指示。

系统中，工作压力大小，用公式(1-3)进行计算。

$$p = \frac{P}{F} \quad (1-3)$$

式中

P ——外负荷, N ;

F ——柱塞底部的液力作用面积, m^2 ;

p ——压强, 即系统中工作的压力, Pa 。

(3) 在系统中执行机构(起重柱塞 11)工作的速度大小取决于执行机构获得的流量。即

$$v = \frac{Q}{F} \quad (1-4)$$

式中

Q ——工作机所获流量, m^3/s ;

v ——执行机构工作速度, m/s 。

(4) 液压系统传递功率大小取决于系统的工作压力及供给的流量。计算公式

$$N = p \cdot Q \quad (1-5)$$

式中

N ——传递功率, W 。

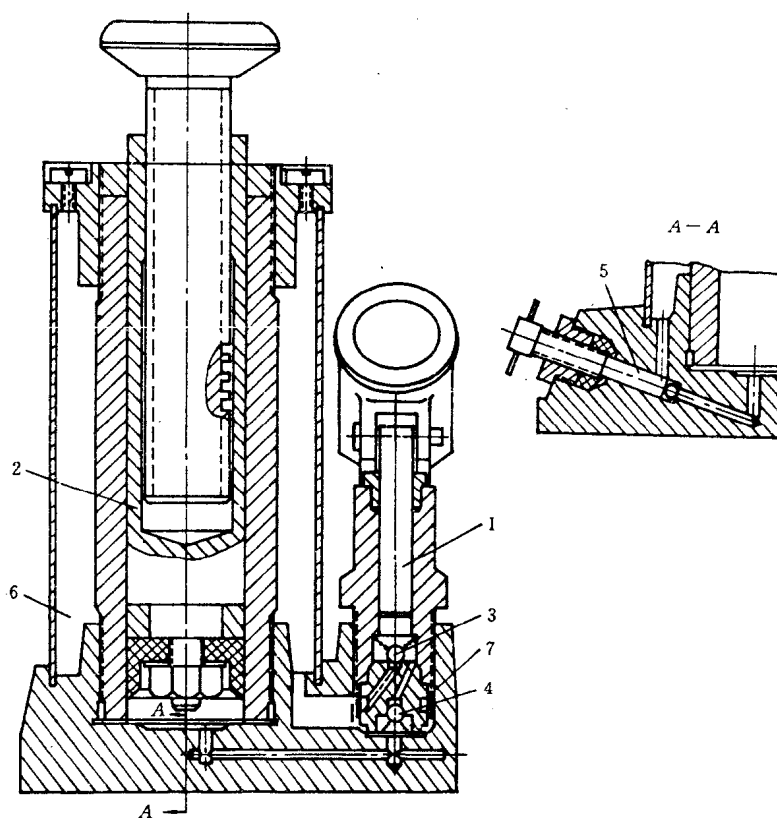


图 1-3 液压千斤顶结构图

1—加压柱塞; 2—起重柱塞; 3、4—单向阀; 5—手动控阀杆; 6—油箱

第三节 液压传动系统图及其组成

一、液压传动系统图

象千斤顶这样的液压设备,其液压传动的工作原理,采用结构图 1—3,半结构图 1—2 基本上还可以表示清楚。若再复杂的液压设备就难表示清楚,因而需采用一种液压传动系统图。液压传动系统图又称为液压系统图,它用来表示液压传动的工作原理。它是由液压元件符号及液压管线等组成。图 1—4 就是图 1—2,图 1—3 所示的液压千斤顶的液压系统图。

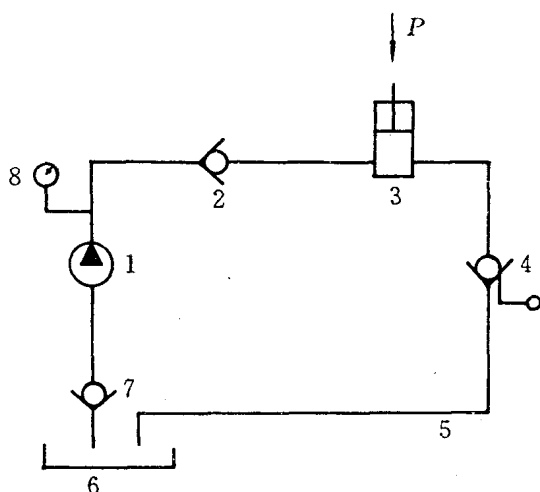


图 1—4 千斤顶液压传动系统图

1—动力元件;2、4、7—控制元件;3—执行元件;

5—管路;6—油箱;8—压力表

图 1—4 中,动力元件 1 表示千斤顶(图 1—2)的加力柱塞。控制元件 2、7、4 表示千斤顶上的单向阀,执行机构 3 表示千斤顶的起重柱塞。管路 5 表示千斤顶上的油道。油箱 6 表示千斤顶上的油箱。压力表 8 表示千斤顶上的压力表。

二、液压传动系统组成

液压传动系统又称为液压系统,它由四大部分组成,即动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件。

液压千斤顶液压系统的组成:

动力元件——泵

执行元件——液缸

控制元件——单向阀

辅助元件——油箱、压力表、管路

第四节 液压传动优点

液压传动的优点是其它传动方式不可代替的,因而液压技术的发展非常迅速。

(1)容易实现自动化和自动控制,例如:自动机床、矿山工程车辆等。

(2)能发出巨大的力量,例如:海洋钻井船固定在海上,是用四只腿插入海底,每只腿要用400吨的推力向海底推进,这是借助于液压传动的力量。

(3)实现大传动比调速,天文望远镜,一年四季观察星空要求望远镜转动速度非常均匀、非常慢,甚至于一月转动一圈,这是靠液压来实现的,若用机械传动,其减速机构将十分庞大,速度也难均匀。

(4)动作敏捷,高速飞机迅速变化其俯冲、上升、转向是靠液压传动。

(5)无级调速。

(6)恒功率控制。

(7)能完成特殊作业,如海底作业、高空灭火等。液压消防车几秒钟就可把消防人员送到高空。

液压传动的缺点是密封容易漏油。油液净化度要求高,对油液的管理不便。

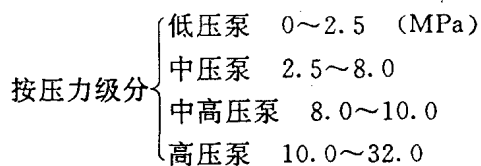
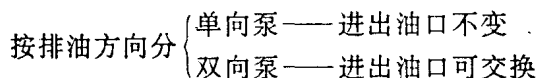
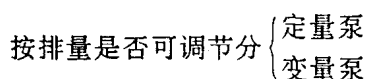
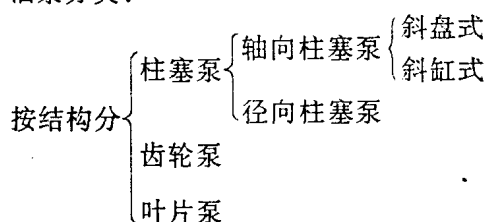
第二章 油泵和油马达

第一节 概 述

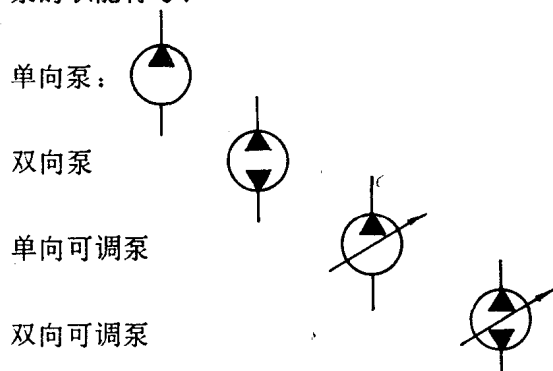
一、油泵

油泵的职能：油泵是一种能量转换装置，给它输入机械能力矩 M 、转速 n ，输出液体能压力 p 、排量 Q 。在液压系统中，所需的液压能都是油泵供给，油泵在液压系统中是动力元件，是液压系统中的心脏。若将液压系统和电路系统相比，油泵相当于发电机。

油泵分类：



泵的职能符号：



石油矿场液压设备中常用的油泵见表 2-1。

表 2-1 石油矿场液压设备中常用的油泵

名称	分类	排量 cm^3/r	最高压力 ($\times 10^5 \text{Pa}$)	最高转速 (r/min)	最高效率 (%)	对尘埃的敏感性	吸入性能
齿轮泵	外啮合型	1~500	10~250	900~4000	70~85	很难受到尘埃影响,即使环境恶劣也能使用。随着齿的磨损,效率下降	容许吸入真空度高,转速在 1800 r/min 时,允许到 20~40 厘米汞柱
	内啮合型	1~500	5~300	1200~4000	65~90		
叶片泵	双作用型	1~350	35~400	1200~3000	70~90	对尘埃比较敏感,须使用洁净的油,叶片磨损后,效率下降得少	不容许大的吸入真空度,转速在 1800 r/min 时允许到 10~20 厘米汞柱
	单作用型	10~250	35~400	1200~1800	60~70		
轴向柱塞泵	斜缸式(斜轴式)	10~1000	210~400	750~3600	88~95	对尘埃最敏感,特别是配油盘损伤后,效率下降	容许吸入真空度小,转速在 1800 r/min 时,允许到 3~10 厘米汞柱
	斜盘式	4~500	210~400	750~3600	85~92	与斜缸式同样敏感	允许吸入真空度比倾斜缸式还小
	旋转斜盘式(通轴)	5~300	140~560	1000~5000	85~90	容易受尘埃影响	与斜缸式同

二、油马达

油马达的职能:油马达是一种能量转换装置,给它输入液体能压力 P 、排量 Q ,输出机械能转矩 M 、转速 n ,马达在液压系统中是执行元件。它带动负荷转动。若将液压系统和电路系统相比,油马达相当于电动机。

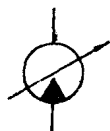
其分类和油泵一样,只需把上述油泵分类改成油马达分类。把油泵二字改成马达。

职能符号:

单向油马达:



单向可调油马达:



双向油马达:



双向可调油马达:



第二节 轴向柱塞油泵、油马达

一、斜盘轴向柱塞式油泵

(一) 结构简介

斜盘轴向柱塞泵结构组成如图 2-1 所示。它由传动轴、缸体、配流盘、柱塞、斜盘等组成。

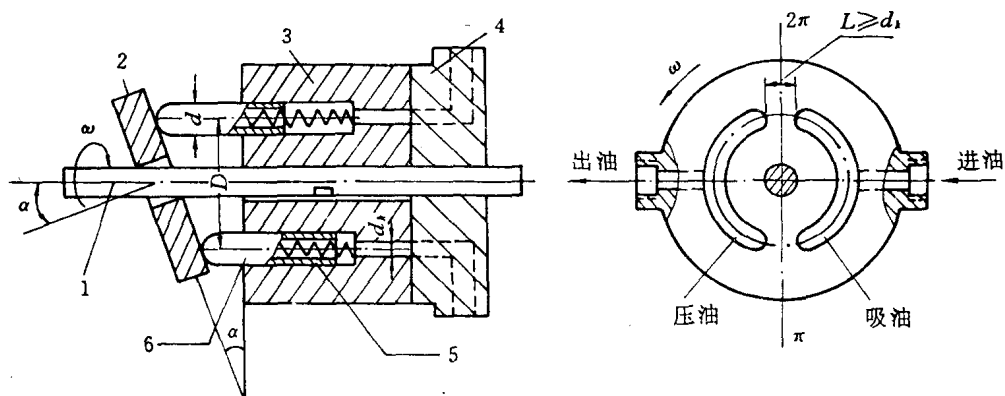


图 2-1 斜盘轴向柱塞式油泵

1—传动轴；2—斜盘；3—缸体；

4—配流盘；5—假想弹簧；6—柱塞

1. 缸体

缸体如图 2-2 所示。

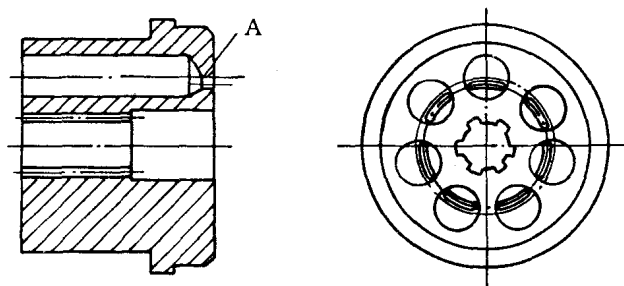


图 2-2 缸体结构

缸体形状是一旋转体，在缸体中部有花键轴的轴槽，可同传动轴上的花键连结。沿分度圆的圆周上分布有七只通孔，孔中可装柱塞，柱塞和孔间的间隙大小既要保持油液的密封性，又要保证相对滑动时的灵活，该间隙称为金属密封间隙。其间隙大小为柱塞直径的千分之一。在柱塞孔的端部 A 加工成弯月形，该弯月形同配流盘上的半月孔相叠，形成油流的通道。缸体是高速旋转的运动件，将同静止的配流盘产生摩擦，为保证这两构件之间不受损伤，有的缸体采用锡磷青铜，锡磷青铜组织较疏松，存油润滑性好。这两件之间还有流动着的油流，使接触面得到良好的润滑和冷却，提高接触面的寿命。

2. 配流盘

配流盘如图 2-3 所示。

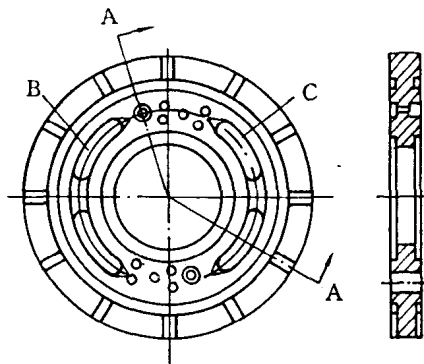


图 2-3 配流盘结构

配流盘是一圆形盘,配流盘上有两只半月形通孔。该通孔同缸体上的七只柱塞孔,泵端盖上的进、出油孔分别相通。配流盘表面上的小圆孔、圆圈形的油槽、幅射形的油槽都是为了增加润滑油的储存、改善润滑性、提高接触面的寿命。配流盘上那些小圆孔均是盲孔。在配流盘上,半月形通孔两端部还开有三角形口以及小圆通孔是为解决闭式容积而设计的。配流盘表面开的槽还可以存放砂粒等减少砂粒对盘表面的破坏等用途。

3. 斜盘

斜盘如图 2-4 所示。

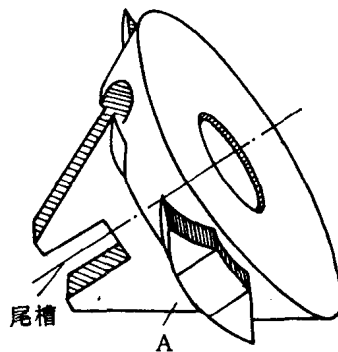


图 2-4 斜盘结构

斜盘又称为变量头, A 处是斜盘摆动时的支承点, 这个支承点 A 是两点, 在斜盘上相对轴线对称。尾槽插入销钉, 销钉上下移动, 斜盘就可以上下摆动。摆动的角度, 称为摆角 α 。以轴线为界, α 有正负之分。

图 2-1 中, 其 α 角称为泵的摆角。摆角 α 是泵轴 1 的轴线和斜盘 2 (变量头) 的轴线的夹角。如图所示, α 角在轴心线下侧, 假设称它为正 α 。若将斜盘按顺时针摆动, α 角在轴心线上

侧,此时称它为负 α 。 α 正负的变化将改变油泵的进出口方向。

4. 柱塞、滑靴、斜盘组件

柱塞、滑靴、斜盘组件如图 2-5 所示。

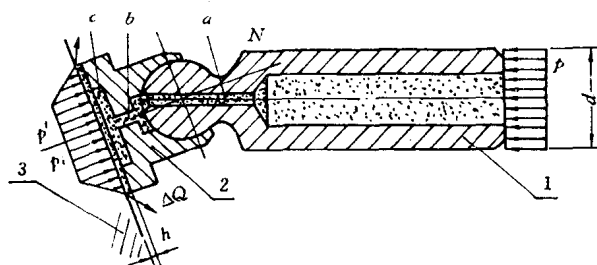


图 2-5 柱塞、滑靴、斜盘组件

1—柱塞;2—滑靴;3—斜盘

柱塞作用于斜盘,有相当大的挤压力,再加上高速旋转产生很大的摩擦力,斜盘很快会遭至破坏。因此,在斜盘同柱塞之间加一只滑靴,并在各接触面上建立了油膜,使柱塞和斜盘的寿命大大提高,即是使泵的寿命大大得到提高。

油膜的油源是从柱塞进入,经过孔 a, b 将油流分布到柱塞和滑靴铰接之间,分布到滑靴和斜盘接触面上,构成油膜,这个油膜称为油膜轴承。这个油膜,既起轴承作用,又起润滑及冷却作用。油膜太厚,油流漏失量大,降低泵的容积效率,油膜太薄,润滑、冷却效果不好,从而降低泵的寿命。如何建立起比较合适的油膜,这是设计工作者必须处理好的问题之一。

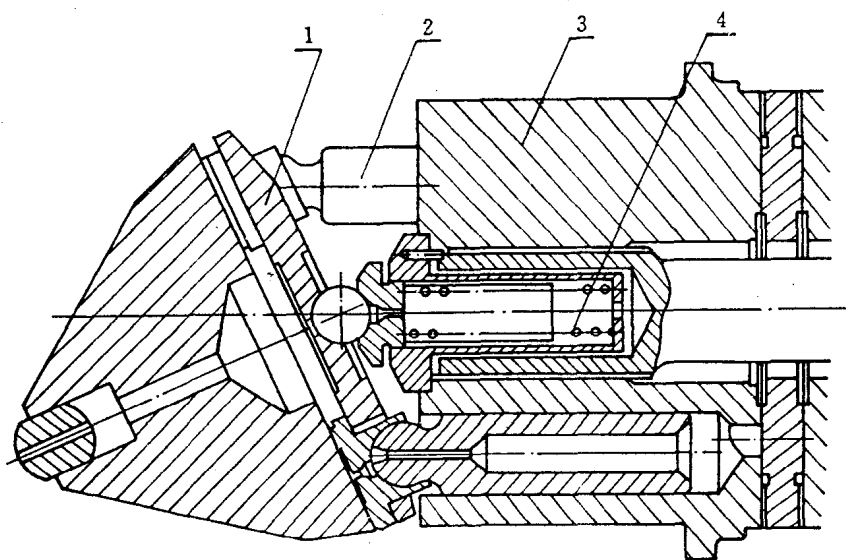


图 2-6 柱塞回程组件

1—回程盘;2—柱塞;3—缸体;4—回程弹簧

5. 柱塞回程组件

柱塞回程组件如图 2-6 所示。

在图 2-1 中,柱塞和斜盘没有固结关系,不能回程。假想弹簧 5,其作用是柱塞回程时给柱塞一个推出之力。然而,在油腔中,实际没有安放这只弹簧。这只弹簧的作用由柱塞回程组件所代替,如图 2-6 所示。假想弹簧的作用实际是由图中的回程盘 1,回程弹簧 4 所代替。

在回程盘 1 上有七只孔每只孔分别套装在柱塞的滑靴上,在弹簧 4 的作用下,回程盘被挤压靠紧滑靴和变量头,使柱塞回程。

(二) 泵的工作原理

如图 2-1 所示,当动力机带动泵轴旋转,输入机械能力矩 M 、转速 n ,动力轴通过花键带动缸体旋转(配流盘固定不动),缸体带动柱塞一面绕主轴公转,一面在弹簧和斜盘的作用下往复运动。视一只柱塞逆时针从 π 转到 2π 的过程,放置有假想弹簧的油腔容积不断增大进行吸油。从 2π 转到 π 时,油腔容积不断缩小,进行排油。泵轴每转一周,七只柱塞均吸、排油一次。

还是看上述那只柱塞,只将 α 摆角换向,设由正调换为负。柱塞从 π 转到 2π 的过程,油腔容积不断减小,进行排油,从 2π 转到 π 的过程,油腔容积不断增大,进行吸油。这就改变了上述的吸排油的方向。因此,改变了摆角 α 的正、负就改变了泵进出口的方向。

以上工作过程,既完成了泵的吸油、排油,又完成了泵的吸油口、排油口的换向,也实现了能量的转换。

(三) 泵工作基本参数

泵的工作基本参数常标注在泵的铭牌上。泵的工作参数主要有排量、流量、功率、压力等。其定义如下。

1. 排量 q

泵轴转一圈泵排出的油量称为排量 q 。排量大小,取决于泵的结构参数。根据泵的结构参数可得如下公式:

$$q = S \cdot F \cdot Z \quad (2-1)$$

式中 q ——泵转一周排出的油量, m^3/r ;

S ——柱塞行程, mm ;

F ——柱塞横截面积, m^2 ;

Z ——柱塞数。

由图 2-1 可知

$$S = D \cdot \text{tg}\alpha \quad (2-2)$$

式中 D ——柱塞孔在缸体上的分布直径, m ;

α ——转轴和斜盘中心线的夹角。

将式(2-2)代入式(2-1)中得下式:

$$q = Z \cdot F \cdot D \text{tg}\alpha \quad (2-3)$$

q 的大小,由结构参数而定,因而它是一个理论值。

2. 流量 Q

流量是单位时间内输出液体的体积。计算公式如下:

$$Q = q \cdot n.$$

式中 n ——泵轴转速, r/min

3. 压力