

Y E Y A C H U A N D O N G Z H U A N G Z H I

工程机械 液压传动装置 原理与检修

赵显新 编著



辽宁科学技术出版社

工程机械液压传动装置 原理与检修

赵显新 编著

辽宁科学技术出版社

· 沈阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

工程机械液压传动装置原理与检修/赵显新编著.
- 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1999.10
ISBN 7-5381-3138-8

I. 工… II. 赵… III. ①工程机械-液压传动装置-理论②工程机械-液压传动装置-检修 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 51719 号

NAU 5/04

辽宁科学技术出版社出版
(沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮政编码 110003)
各地新华书店经销 朝阳新华印刷厂印刷

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 字数: 550 千字 印张: 24

印数: 1—4000

2000 年 10 月第 1 版

2000 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑: 马旭东
封面设计: 杜江

版式设计: 于浪
责任校对: 王春茹



定价: 38.00 元

邮购电话: 024 - 23284502

《工程机械液压传动装置原理与检修》

编 委 会

主 编 姚国忱
副主编 赵显新
编 委 (以姓氏笔画为序)
丁卫东 马少华 刘义红 匡力源
宋建国 吴杰山 杨志有 杨志恒
杨建红 罗贤芬 周家透 张双喜
赵显新 胡银华 姚国忱 董小湘
作 者 赵显新

内 容 提 要

本书叙述了液压元件的工作原理、结构及常见故障排除，着重介绍了工程机械液压系统的工作原理、故障诊断与排除，同时还介绍了一般液压系统故障查找方法和液压元件的测试。

本书可作为工程机械技术管理、设备操作与维修人员用书，也可供大中专院校有关专业师生参考。

前 言

改革开放以来,我国经济持续高速增长,建设规模空前巨大,对工程机械的需求与日俱增。要使工程机械保持良好的技术状态,充分发挥其机械效能,做好维修工作是十分重要的。在工程机械中,由于液压技术的广泛应用,使其在技术性能上得到了很大的提高。然而,液压技术的采用,故障的诊断与排除变得困难得多。因为液压系统的故障既不像机械传动那样显而易见,又不如电气传动那样易于检测,所以工程机械液压系统故障诊断、排除与修理难度较大,对使用、维修技术人员的技术水平要求也较高。

目前,有关一般液压技术的书籍已出版了不少,但比较通俗,紧密联系实际,着眼于实用的尚少见到,特别是较全面介绍工程机械液压传动的书籍更为少见。为了适应广大工程机械使用、维修人员的要求,作者编写了《工程机械液压传动装置原理与检修》一书,希望它能为从事工程机械使用、维修人员以及有关专业的大专院校师生提供帮助和借鉴。

本书的内容主要有以下几个特点:

1. 本书不同于理论专著,也不同于一般的教科书,它的意图是指导实践,讲究实用。适用于从事工程机械的技术管理、设备操作与维修人员,也可作为中等或高等学校工程机械及相关专业的参考书。

2. 本书对目前国内广泛使用的国内、国外主要工程机械液压系统的原理及典型机型的液压系统故障诊断与排除做了详细地介绍、分析。其中包括挖掘机、铲土运输机械、混凝土机械、起重机械、压实及路面机械液压系统等。同时还介绍了一般液压系统故障查找方法,以使读者掌握液压系统故障诊断与排除等方面的要领。

3. 本书在讲述液压元件时,做到原理通俗易懂,修理方法实用可行,元件的选用针对性强。

4. 除介绍工程机械液压元件与液压系统外,本书还增加了液压元件的测试,因为它对液压系统的故障诊断与排除无疑是必要和重要的。

本书插图由罗晓宁、李宝成、庄宇升、赵海弘、王丽萍等绘制。

限于编者的水平与时间的仓促,书中的谬误与不妥之处在所难免,敬请行家及广大读者批评指正。

编 者

1999年5月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 液压传动工作原理及其组成.....	1
第二节 液压传动的特点.....	2
第三节 液压传动在工程机械中的应用.....	2
第二章 液压泵与液压马达	4
第一节 概述.....	4
第二节 齿轮泵和齿轮电动机.....	7
第三节 叶片泵和叶片电动机.....	20
第四节 柱塞泵和柱塞电动机.....	27
第三章 液压阀	51
第一节 概述.....	51
第二节 压力控制阀.....	51
第三节 方向控制阀.....	67
第四节 流量控制阀.....	86
第四章 液压缸	91
第一节 概述.....	91
第二节 液压缸工作原理与特点.....	91
第三节 液压缸的结构.....	93
第四节 液压缸的故障诊断与排除.....	97
第五章 辅助装置	100
第一节 概述.....	100
第二节 管件.....	100
第三节 密封装置.....	103
第四节 滤油器.....	104
第五节 蓄能器.....	107
第六节 冷却器.....	109
第七节 油箱.....	111
第六章 液压油	113
第一节 液压油的特性和选择.....	113
第二节 液压油污染与控制.....	117
第七章 液压系统故障排除步骤与方法	122
第一节 概述.....	122
第二节 液压系统故障排除的步骤.....	123
第三节 查找液压故障的方法.....	124
第八章 液压挖掘机液压系统	129
第一节 概述.....	129

第二节	液压挖掘机液压系统基本回路	129
第三节	液压挖掘机液压系统分析	141
第四节	液压挖掘机液压系统故障诊断与排除	156
第九章	铲土运输机械液压系统	172
第一节	概述	172
第二节	装载机液压系统	172
第三节	推土机液压系统	194
第四节	铲运机液压系统	202
第五节	平地机液压系统	213
第十章	起重机械液压系统	220
第一节	概述	220
第二节	塔式起重机液压系统	220
第三节	汽车起重机液压系统	222
第十一章	混凝土机械液压系统	287
第一节	概述	287
第二节	混凝土搅拌机液压系统	287
第三节	混凝土泵及泵车液压系统	289
第十二章	压实及路面机械液压系统	305
第一节	概述	305
第二节	振动压路机液压系统	305
第三节	沥青混凝土摊铺机液压系统	318
第十三章	液压元件的试验	325
第一节	概述	325
第二节	液压泵的试验	328
第三节	液压马达的试验	334
第四节	液压缸的试验	340
第五节	溢流阀的试验	342
第六节	单向阀与液控单向阀的试验	346
第七节	电磁换向阀的试验	349
第八节	多路换向阀的试验	351
第十四章	液压系统的安装和调试	356
第一节	液压系统的安装	356
第二节	液压系统的调试	363
附录：液压气动图形符号		366
主要参考文献		377

第一章 绪 论

第一节 液压传动工作原理及其组成

液压千斤顶的液压系统，如图 1-1 所示。下面以其为例说明液压传动的组成。

当手摇泵（液压泵）的压杆 10 向上抬起时，单向阀 3 关闭，泵缸 1 的工作容积扩大，形成真空。在大气压作用下，油箱 7 中液体经管 6、打开单向阀 5 流入泵缸 1 中；当压杆 10 向下运动时，单向阀 5 关闭。泵缸 1 中的油液推开单向阀 3、经管 4 进入缸 2，使活塞 2' 上移，克服重物 11 的重力 F_2 而做功；当需活塞 2' 停止时，停止压杆 10 的运动，缸 2 中的油压使单向阀 3 关闭，活塞 2' 就自锁不动；需要 2' 向 F 返回时，打开旁通截止阀 8，在 F_2 的作用下，活塞 2' 即可复位。这就是液压千斤顶的工作原理。它是简单又较完整的液压传动装置。由此可见液压传动装置有下面几个组成部分：

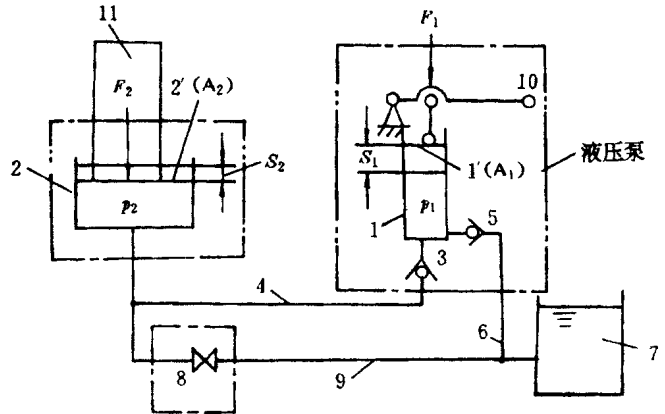


图 1-1 液压千斤顶的液压系统

1—泵缸 2—缸 3、5—单向阀 4、6、9—管 7—油箱
8—截止阀 10—压杆 11—重物 1'、2'—活塞

1. 液压泵

把机械能转换成液体压力能的元件。泵缸 1 和单向阀 3、5 组成一个单缸液压泵。

2. 执行元件

把液体压力能转换成机械能的元件。如缸 2。

3. 控制元件

通过对流体压力、流量、方向的控制，来实现对执行元件的运动速度、方向、作用力等的控制；也用于实现过载保护、程序控制等。图 1-1 中的阀 8 即属控制元件。

4. 辅助元件

上述三个组成部分以外的其它元件，如管道、接头、油箱、滤油器等。

第二节 液压传动的特点

任何一部完整的机器都有动力部分和工作装置部分，能量从动力部分到工作装置的传递形式可概括为机械传动、电力传动、液体传动（包括液压传动）和气压传动等4种形式。与其相比，液压传动有以下主要优点：

(1) 可方便的实现无级调速，调速范围大。液压传动的调速范围可达2000:1；柱塞式液压马达的最低稳定转速为1r/min，这是电力传动很难达到的。

(2) 易于实现直线往复运动，以直接驱动工作装置。各液压元件间可用管路连接，故安装位置自由，便于机械的总体布局。

(3) 容量大，即较小重量和尺寸的液压件可传递较大的功率。例如，液压泵与同功率的电机相比外形尺寸为后者的12%~13%，重量为后者的10%~12%。这样，再加上前述优点就可以使整个机械的重量大大减轻。

由于液压元件的结构紧凑、重量轻，而且液压油具有一定的吸振能力，所以液压系统的惯量小、启动快、工作平稳，易于实现快速而无冲击地变速与换向，应用于工程机械上，可减少变速时的功率损失。

(4) 液压系统易于实现安全保护，同时液压传动比机械传动操作简便、省力，因而提高了机械生产率和作业质量。

(5) 液压传动的工作介质本身就是润滑油，可使各液压元件自行润滑，因而延长了元件的使用寿命。

(6) 液压元件易于实现标准化、系列化、通用化，便于组织专业性大批量生产，从而可提高生产率，提高产品质量、降低成本。

(7) 与电、气配合，可设计出性能好、自动化程度高的传动及控制系统。

事物都是一分为二的，在比较各种传动方式时，也要看到其缺点，如：

(1) 液压油的泄漏难以避免，外漏会污染环境并造成液压油的浪费；内漏会降低传动效率，并影响传动的平稳性和准确性，因而液压传动不适用于严格定比传动的场合。当前液压传动比机械传动的效率低，这是许多机械传动不能被液压传动取代的主要原因。

(2) 液压油的粘度随温度变化而变化，从而影响传动机构的工作性能，因此在低温及高温条件下，均不宜采用液压传动。

(3) 液压元件制造精度要求较高，因而价格较贵；使用和维修要求有较高的技术和一定的专业知识。

第三节 液压传动在工程机械中的应用

由于液压传动有其突出的优点，目前在国内外工程机械上已得到广泛地应用。从挖掘机、装载机、起重机、推土机、铲运机、平地机到混凝土泵、振动压路机等都实现了液压化。工程机械采用液压传动后，普遍比原来同规格机械传动产品减小了外形尺寸、减轻了重量，提高了产品性能。例如起重机采用液压伸缩臂后增加了运输状态的机动性和

作业时的灵活性及作业环境的适应性；挖掘机工作装置采用液压传动，使铲斗可以转动，增加了作业的自由度，提高了作业质量；起重机采用了液压支腿大大缩短了作业准备时间，又由于支腿能很灵便地外伸，从而提高了作业时机械的稳定性；装载机采用液压传动后使铰接车架的结构形式得到广泛应用。

行走部分采用了液压传动，可使机械底盘结构大大简化，因而易于改型和发展新品种。此外，这种机械转弯半径很小，有的可原地转向。

工程机械由于采用了各种液压助力装置，可使操纵大大简化、轻巧、灵便。不像机械传动那样必须有多个手柄，而且需手脚并用的操作。操纵的改善大大减轻了操作手的劳动强度，从而利于提高作业效率。

液压技术的采用大大促进工程机械的发展，这既表现在产品结构的改进、性能的提高上，也表现在产品的规格、品种和数量的增加，即工程机械的发展速度上。要发展一种新的工程机械品种，一般讲，采用液压传动比采用机械传动所用的研制过程要短得多，原因是液压元件易于实现“三化”，元件在整机上的布置容易，并使整机的结构简单，应该说，工程机械的发展，液压技术起到了至关重要的作用。

第二章 液压泵与液压马达

第一节 概述

一、液压泵与液压马达的工作原理

图 2-1 为一简单的单柱塞泵的工作原理，柱塞 2 安装在泵体 3 内，柱塞在弹簧 4 的作用下保持和偏心轮 1 接触。当偏心轮 1 被带动转动时，柱塞做上下往复运动。柱塞向下运动时，柱塞顶端和泵体所形成的密封油腔 a 的容积增大，形成局部真空，油箱 7 中的油液在大气压的作用下，通过单向阀 6 进入泵体内，单向阀 5 封住出油口，这时油泵吸油。当柱塞在偏心轮的作用下向上运动时，a 腔的密封油腔体积减小，这时单向阀 6 封住油口，避免油液流回油箱，a 腔的油液受压压力增高，打开单向阀 5 而压入系统，这时油泵压油。若偏心轮不停地转动，泵就不断地吸油和压油。

由上述可知，构成容积式泵的基本特点是：必须具有若干个密封的工作腔，在运转过程中，工作腔的容积不断地由小变大，再由大变小，完成吸油与压油过程。其输油能力是由密封工作腔的数目、容积大小和容积变化速率决定的。

液压泵是一种能量转换装置，将驱动它的原动机的机械能转换成油液的压力能，为液压系统提供有一定流量和压力的油液，它是液压传动系统的能源。

液压马达也是一种能量转换装置，它是把油液液压能转换为机械能，驱动主机工作机构转动。液压马达是液压系统中的执行元件。液压系统中使用的液压马达都是容积式的。容积式液压马达的工作原理，是输入压力油，输出转速和转矩。容积式液压泵和液压马达是可逆的，但具相关结构有严格区别。

液压泵和液压马达的图形符号见图 2-2。

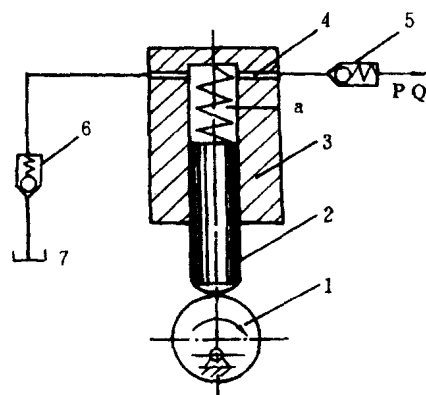


图 2-1 液压泵工作原理图

1—偏心轮 2—柱塞 3—泵体 4—弹簧
5、6—单向阀 7—油箱

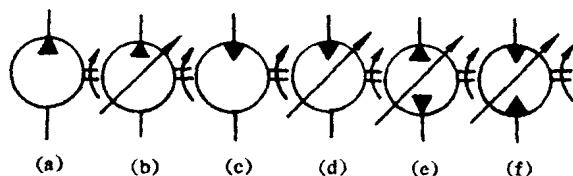


图 2-2 液压泵和液压马达的图形符号

二、液压泵与液压马达的分类

液压泵的类型见表 2—1，液压马达的类型见表 2—2，摆动液压马达的类型见表 2—

3。

表 2—1 液压泵分类表

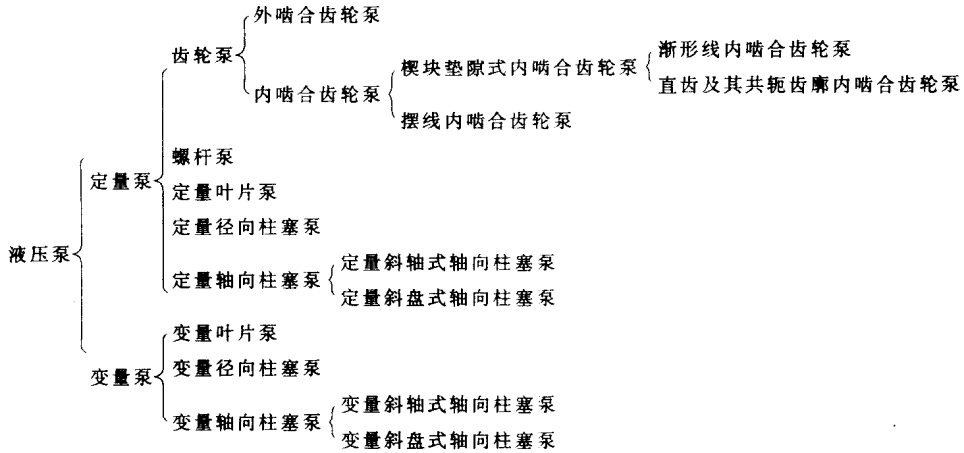


表 2—2 液压马达分类表

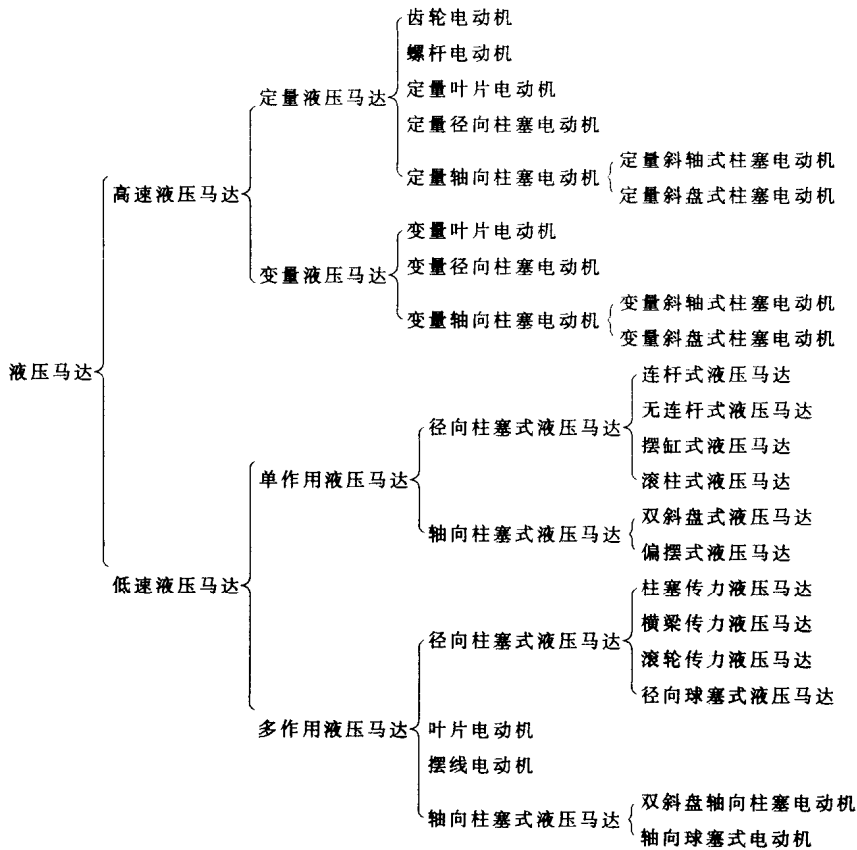


表 2-3 摆动液压马达分类表

摆动液压马达	{	旋转叶片式 (<360°)	{	单叶片式摆动液压马达
				多叶片式摆动液压马达
		活塞齿条式摆动液压马达 (0°~360°以上)		
		螺旋式摆动液压马达 (0°~360°以上)		

三、液压泵和液压马达的主要参数

1. 液压泵的主要参数

(1) 排量：液压泵每转一转，由其密封容腔几何尺寸变化计算而得的排出液体的体积称泵的排量。

(2) 理论流量：泵在单位时间内由密封容腔几何尺寸变化计算而得的排出液体的体积称泵的理论流量。

(3) 额定流量：在正常工作条件下，按试验标准规定必须保证的流量。

(4) 实际流量：泵工作时，出口处的流量称泵的实际流量。

(5) 额定压力：在正常工作条件下，按试验标准规定能连续运转的最高压力称泵的额定压力。

(6) 工作压力：泵实际工作时的压力叫泵的工作压力。

(7) 输入功率：驱动泵轴的机械功率。

(8) 输出功率：泵输出的液压功率其值为泵输出的实际流量和压力的乘积。

(9) 容积效率：泵的实际输出流量与理论流量的比值叫容积效率。

(10) 机械效率：泵的理论扭矩由压力作用于泵转子产生的液压扭矩和泵轴上实际输出扭矩之比叫泵的机械效率。

(11) 总效率：泵的输出液压功率与输入的机械功率之比叫泵的总效率。

(12) 额定转速：在额定压力下，能连续长时间正常运转的最高转速称泵的额定转速。

2. 液压马达的主要参数

(1) 排量：电动机轴每转一转，由其密封容腔几何尺寸变化计算而得的液体的体积称液压马达的排量。

(2) 实际流量：液压马达进口处的流量。

(3) 理论流量：在单位时间内为形成指定转速，液压马达封闭容积变化所需要的流量。即实际流量补偿泄漏后形成转速的流量。

(4) 额定压力：在正常工作条件下，按试验标准规定连续运转的最高压力。

(5) 工作压力：液压马达的实际工作压力。

(6) 压力差：液压马达输入压力和输出压力之差值。

(7) 理论扭矩：液体压力作用于液压马达转子形成的扭矩。

(8) 实际扭矩：电动机的理论扭矩克服摩擦力矩后的实际扭矩，即液压马达轴输出的扭矩。

(9) 输入功率：液压马达入口处输入的液压功率。

(10) 输出功率：液压马达输出轴上输出的机械功率。

(11) 容积效率：液压马达的理论流量与实际流量的比值。

(12) 机械效率：液压马达的实际扭矩与理论扭矩之比。

(13) 总效率：液压马达输出的机械功率与输入的液压功率之比。

(14) 额定转速：在额定压力下，能连续长时间正常运转的最高转速称电动机的额定转速。

(15) 最低转速：正常运转所允许的最低转速。在最低转速下，电动机不出现爬行现象。

第二节 齿轮泵和齿轮电动机

一、齿轮泵和齿轮电动机的工作原理

(一) 齿轮泵

齿轮泵是液压系统常用的一种定量泵，它具有工作可靠、结构简单、体积小、重量轻、便于制造、便于维修和成本低的特点。另外，齿轮泵还有自吸性能好，转速范围大，不容易咬死的优点。因此广泛地应用在各种液压机械上，特别是工程机械的工作条件比较恶劣，选用齿轮泵较为适宜。但由于目前齿轮泵的压力还不高，加之不能变量、流量脉动和压力脉动较大、噪声高，故使用范围受到了一定的限制。

齿轮泵的种类较多，按其啮合形式分为，外啮合和内啮合齿轮泵。应用较广的是外啮合渐开线齿形的齿轮泵。

1. 齿轮泵的工作原理

外啮合渐开线直齿圆柱齿轮泵的工作原理如图 2—3 所示。装在壳体内的一对齿轮的齿顶圆柱及侧面与壳体内壁接触，因此各个齿间槽腔形成密封的工作腔。齿轮泵的内腔被相互啮合的轮齿分为左右两个互不相通的空腔，分别与进油孔和排油孔相通。当齿轮按图 2—3 所示方向旋转时，右侧吸油腔的轮齿逐渐分离，工作空间的容积逐渐增大，形成部分真空，因此油箱中的油液在大气压力的作用下，经吸油管进入吸油孔 m，吸油腔 d 的油液用疏的黑点表示。吸入到齿间的油液在密封的齿间槽内随齿轮旋转带到左侧的排油腔 e，因左侧的轮齿逐渐啮合，工作空间的容积逐渐减小，所以齿间的油液被挤压出去，

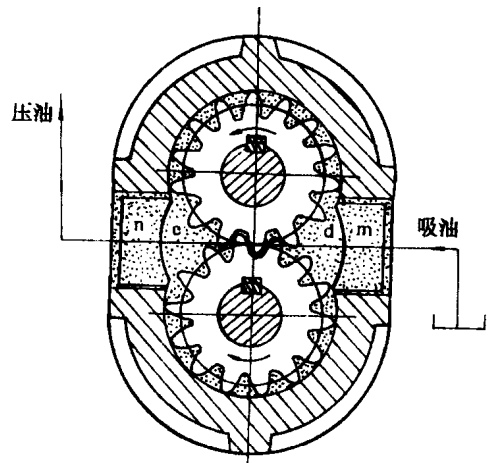


图 2—3 齿轮泵工作原理图

从排油孔 n 经油管输出。图中排油腔 e 用密的黑点表示。当齿轮不断旋转时，左右两腔不断完成吸油和排油过程，将油压到液压系统中，推动执行机构运动。

图 2—4 为 CB—B25 型齿轮泵的立体图，即轴侧装配图及其各主要零件的轴侧分解图。图 2—5 为 CB—B25 型齿轮泵结构图，从图中可以看出：齿轮 7、9 装在泵体 2 中，由传动轴 6 带动旋转。左右端盖 1、3 装在泵体两侧，用 6 个螺钉联接，并用圆锥销定位。

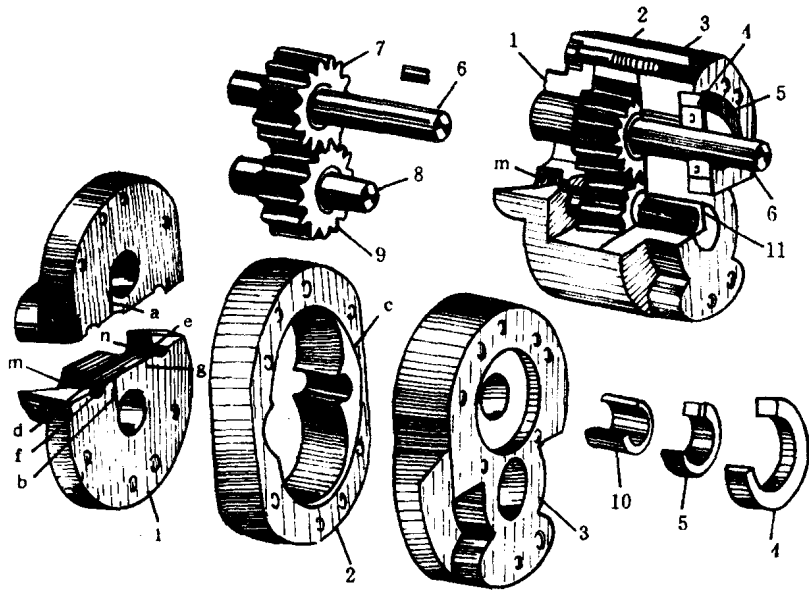


图 2—4 CB—B25 型齿轮泵立体图

带有保持架的滚针轴承 10 分别装在左右端盖中，支承传动轴 6 和 8。这种由泵体和端盖组成分离三片式结构，使装配后泵的轴向间隙直接由齿轮与泵体厚薄的公差来决定。因此容易控制。这个泵采用内泄漏结构，左右端盖上都铣有槽 a 和 b，使轴向泄漏的油液经通道 a 和 b 流回吸油腔。泵体两端面上还铣有压力卸荷槽 c，由侧面泄漏的油液经卸荷槽流回吸油腔，这样可以降低泵体与端盖结合面间泄漏油的压力。在立体图左边左端盖被剖切的轴侧图中，可看清其左端进油口 m 通过孔 d 进入泵体的吸油腔，右端的排油腔通过孔 e 通到排油口 n。

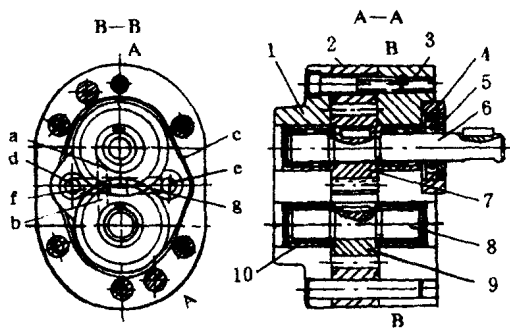


图 2—5 CB—B25 型齿轮泵结构图

1、3—左、右端盖 2—泵体 4、5、6、8—传动轴
7、9—齿轮 10—滚针轴承

2. 内啮合摆线转子泵的工作原理

内啮合摆线转子泵的工作原理如图 2—6 所示。它由一对内啮合的内外转子所组成。内转子为外齿轮，中心为 O_1 ；外转子为内齿轮，中心为 O_2 ， $\overline{O_1O_2}$ 为偏心距 e 。内转子为 7 齿。内外转子的齿廓是一对共轭曲线，外转子齿廓为一段圆弧，内转子齿廓为短幅等距外摆线，内外转子齿廓间形成若干个密封工作腔。内转子靠轴和轴承定心，外转子靠外径和壳体配合定心。当内转子绕 O_1 旋转时，带动外转子绕 O_2 作同向旋转。图 2—6 (a) ~ (f) 表示内转子旋转 180° 过程，也是封闭工作腔逐渐增大与减小的过程。密封工作腔 A 在回转过程中，由 $A_1 \sim A_6$ 逐渐增大，形成部分真空，并通过泵盖上左侧的配油

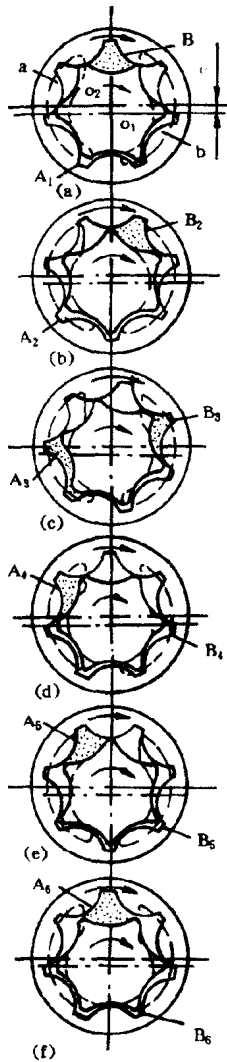


图 2—6 内啮合摆线转子泵的工作原理图

的轴侧装配图及其各主要零件的轴侧分解图，图 2—9 为 BB—B20 型摆线转子泵结构图。从图中可以看到，内转子 8 由传动轴 6 带动旋转，外转子 9 则由内转子带动在泵体 2 中旋转。前、后端盖 3、1 装在泵体两侧，组成分离三片式结构，用四个螺钉联接，并用两个圆柱销定位，以保证泵体与前后端盖间偏心距 e 的准确。油液从

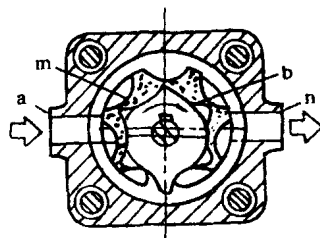


图 2—7 内啮合摆线转子泵吸油和排油原理图

窗口 a 完成吸油过程。密封工作腔 B 在旋转过程中，由 $B_1 \sim B_6$ 逐渐减小，被挤压出的油液通过泵盖上右侧的配油窗口 b 完成排油过程。当内转子旋转一周时，由内外转子齿廓所形成的每一个密封工作腔都各吸油、排油一次。当内转子不停旋转时，泵即连续完成吸油和排油过程，将压力油输出，如图 2—7 所示。

图 2—8 为 BB—B20 型摆线转子泵

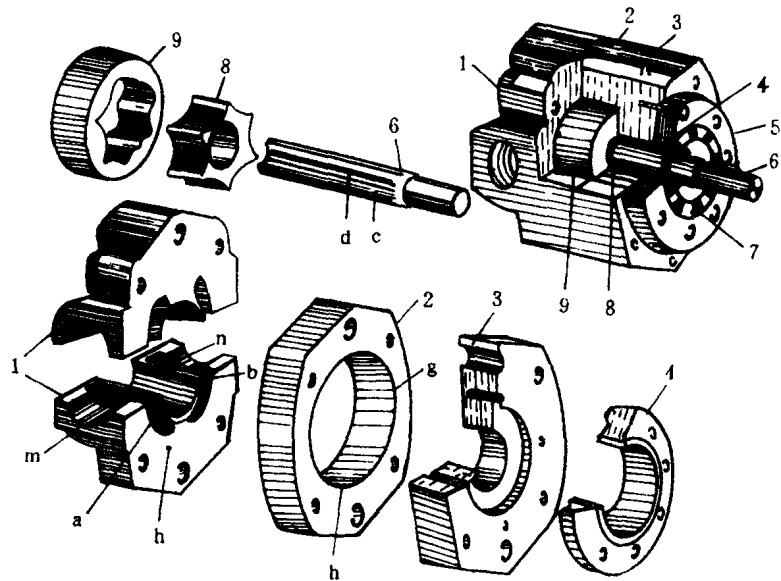


图 2—8 BB—B20 型摆线转子泵轴侧图及轴侧分解图

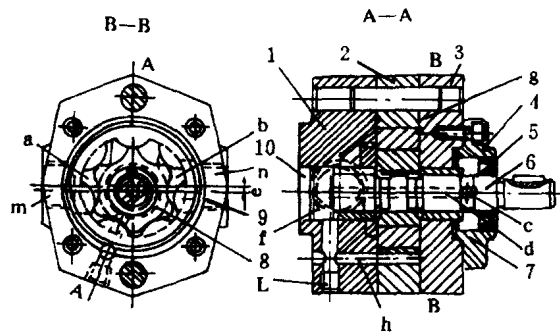


图 2—9 BB—B20 型摆线转子泵结构图
1—后端盖 2—泵体 3—前端盖 4、5、6—传动轴 7—轴承 8—内转子 9—外转子