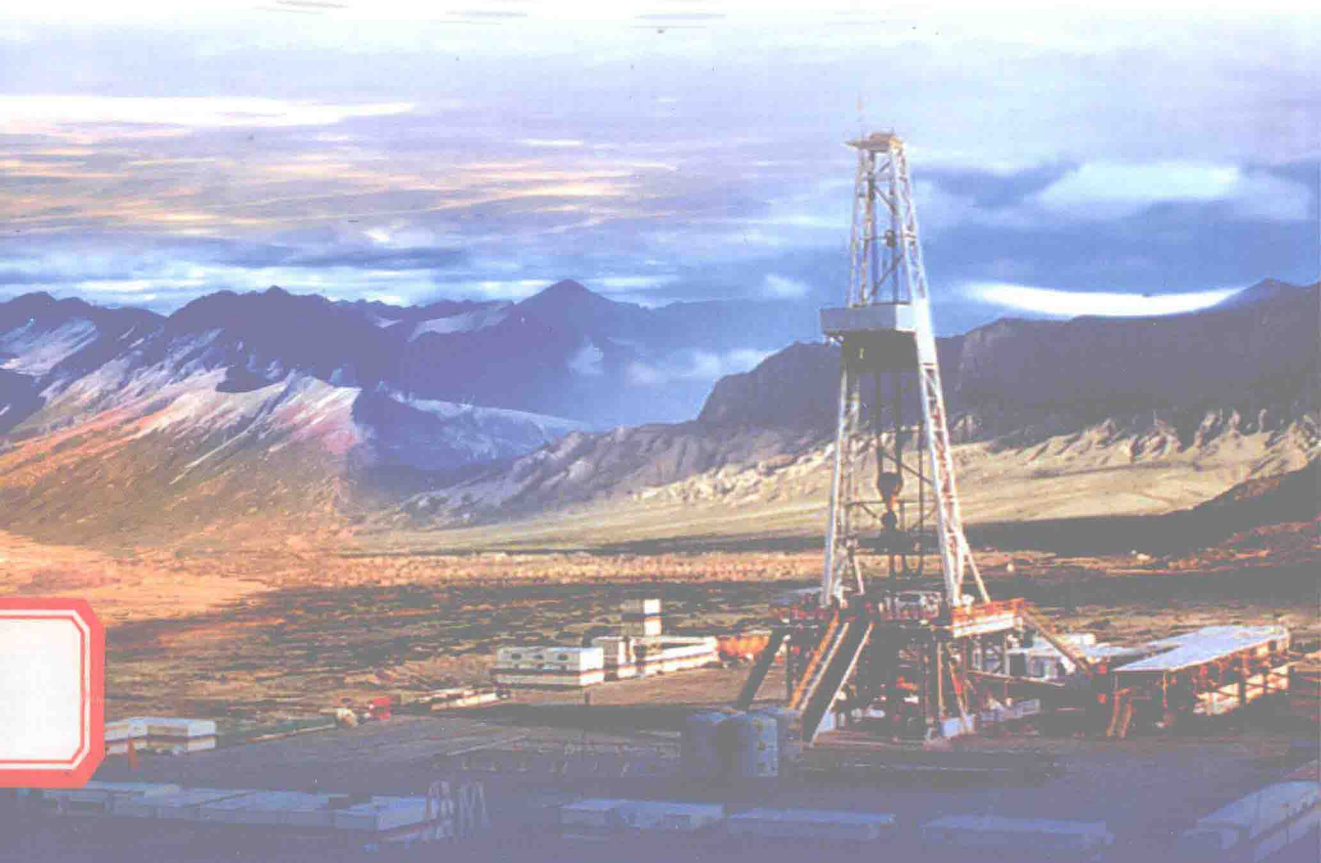


石油机械 液压系统及应用

SHIYOU JIXIE YEYA XITONG JI YINGYONG

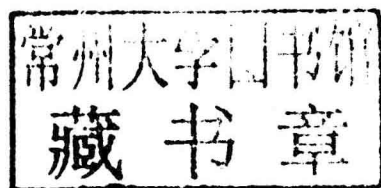
黄志坚 © 编著



石油工业出版社

石油机械液压系统及应用

黄志坚 编著



石油工业出版社

内 容 提 要

液压传动系统是现代石油机械极为重要的传动与控制装置。本书在总结国内石油液压技术应用的基础上介绍各类石油机械液压传动系统结构原理及其设计、使用与维修。书中的液压技术方案与典型实例取材新颖,数据翔实,有较大的实用价值。

本书可供石油液压系统设计开发人员与油田液压设备使用维修人员参考、借鉴与采用。

图书在版编目(CIP)数据

石油机械液压系统及应用/黄志坚编著.

北京:石油工业出版社,2016.8

ISBN 978-7-5183-1338-9

I. 石…

II. 黄…

III. 石油机械—液压系统—基本知识

IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 132266 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64523583 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:18.75

字数:480 千字

定价:78.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

液压传动是利用液体的压力能来传递动力的一种传动形式,液压传动用于实现机械能—液压能—机械能的转换。液压系统具有诸多优点:质量轻、体积小、运动惯性小、反应速度快;操纵控制方便,可实现大范围的无级调速;可自动实现过载保护;一般采用矿物油作为工作介质,相对运动面可自行润滑,使用寿命长;很容易实现直线运动;很容易实现机器的自动化,当采用电液联合控制后,不仅可实现更高程度的自动控制过程,而且可以实现遥控。因此,液压传动与控制技术在国民经济与国防各部门的应用日益广泛,液压设备在装备体系中占据着十分重要的位置。

石油工业是能源工业的重要组成部分。石油钻采机械具有功率大、工况复杂、载荷变化剧烈、工作环境条件恶劣、在野外和沙漠地区作业等特点,所以特别适合采用液压技术,并且对液压系统提出各种特殊要求,即高压化,变速范围大、能够防火、防爆和防腐蚀以及高可靠性。液压系统在石油机械领域得到了广泛的使用,尤其是在钻机、采油机械、修井机、绞车、作业车等石油机械中。这些应用有利于降低劳动者的工作强度,提高企业生产效率,增加企业经济效益。

全球油气资源中约 44% 分布在水深 300m 以下的水域。石油机械液压技术正逐步走向海洋。海洋钻井平台作业水深大、作业环境恶劣,这要求动力系统安全、平稳、高效,具有抗风暴与波浪的能力。液压系统动力强劲,控制灵活,运行可靠,适合海洋石油平台的各种要求。

使用 PLC 控制液压控制系统能显著提高系统的整体性能,具有明显的优越性。目前,在大多数情况下,液压系统均采用 PLC 控制。PLC 控制技术成功运用到石油机械液压系统中可以很好地实现液压控制系统的自动化,增加产业效益,减少操作者的劳动量,促进我国石油工业稳步发展。

全书共 6 章,其中第 1 章介绍石油机械液压技术基础,第 2 章介绍钻机液压系统及应用,第 3 章介绍采油机械液压系统及应用,第 4 章介绍钻井现场机械设施液压系统及应用,第 5 章介绍海上石油钻井平台液压系统及应用,第 6 章介绍石油机械液压—PLC 系统及应用。

感谢广东精钢海洋工程股份有限公司及广东省海洋石油工程重型装备工程技术研究中心的领导与专业技术人员为本书写作提供的支持与帮助。

因笔者水平有限,书中错误在所难免,欢迎读者批评指正。

目 录

第1章 液压技术基础	(1)
1.1 液压系统结构和原理	(1)
1.2 液压泵	(3)
1.3 液压阀	(14)
1.4 液压缸	(49)
1.5 液压马达	(61)
1.6 液压辅件	(67)
1.7 液压油	(85)
第2章 钻机液压系统及应用	(90)
2.1 钻机液压系统	(90)
2.2 钻机液压系统应用——钻机顶部驱动装置液压系统	(102)
第3章 采油机械液压系统及应用	(116)
3.1 抽油机液压系统	(116)
3.2 捞油车液压系统	(129)
3.3 海上油田采油机械液压系统	(133)
第4章 钻井现场机械设施液压系统及应用	(140)
4.1 修井机液压系统	(140)
4.2 海上油田修井机液压系统	(155)
4.3 测井装置液压系统	(162)
4.4 绞车液压系统	(177)
4.5 液压盘式刹车装置	(184)
4.6 防喷器液压系统	(195)
4.7 其他液压系统	(204)
第5章 海上石油钻井平台液压系统及应用	(212)
5.1 海上石油钻井平台升降与锁紧液压系统	(212)
5.2 钻柱液压升沉补偿液压系统	(229)
5.3 海上石油钻井平台绞车液压系统	(241)
5.4 深水连接器液压系统	(250)
5.5 海上石油钻井平台其他液压系统	(256)
第6章 石油机械液压—PLC 系统及应用	(260)
6.1 液压—PLC 控制概述	(260)
6.2 石油机械液压—PLC 系统应用实例	(265)
参考文献	(295)

第 1 章 液压技术基础

1.1 液压系统结构和原理

1.1.1 液体动力传递的原理

液压传动是利用液体的压力能来传递动力的一种传动形式,液压传动用于实现机械能—液压能—机械能的转换。

第一个转换是通过液压泵实现的。液压泵旋转的内部空腔在与油管联通时逐渐增大,形成吸油腔,将油液吸入;在其与压油口联通时逐渐缩小,形成压油腔,将油排入系统。

第二个转换是通过执行元件液压缸或液压马达来实现的,压力油以帕斯卡原理推动执行件的运动部分,驱动负载运动。

各类控制阀则用于限制、调节,分配与引导液压源的压力、量流与流动方向。

图 1.1 所示为典型液压系统。液压泵 3 由电动机驱动旋转,从油箱 1 经过滤器 2 吸油。

当换向阀 5 阀芯处于图示位置时,压力油经阀 4、阀 5 和管道 9 进入液压缸的左腔,推动活塞向右运动。液压缸右腔的油液经管道 6、阀 5 和管道 10 流回油箱。改变阀 5 阀芯工作位置,使之处于左端位置时,液压缸活塞反向运动。

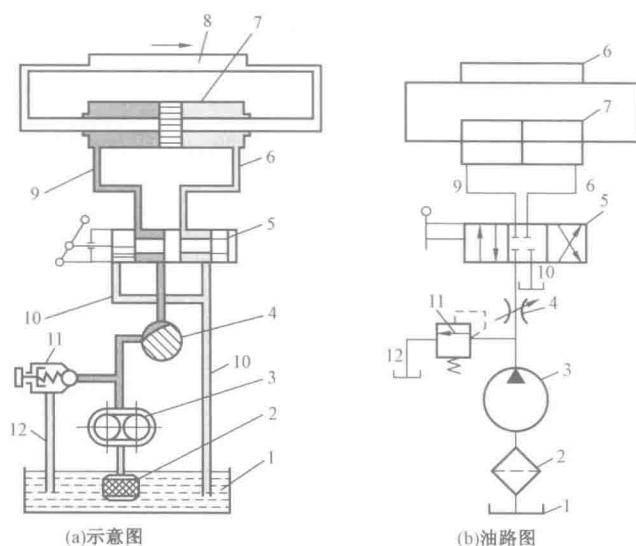


图 1.1 典型液压系统

1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4,5—阀;6,9,10—管道;7—液压缸;8—负载;11—调压阀;12—回油管

1.1.2 液压系统的组成

液压系统由动力元件(油泵)、执行元件(油缸或液压马达)、控制元件(各种阀)、辅助元件和工作介质等 5 部分组成。

第1章 液压技术基础

1.1 液压系统结构和原理

1.1.1 液体动力传递的原理

液压传动是利用液体的压力能来传递动力的一种传动形式,液压传动用于实现机械能—液压能—机械能的转换。

第一个转换是通过液压泵实现的。液压泵旋转的内部空腔在与油管联通时逐渐增大,形成吸油腔,将油液吸入;在其与压油口联通时逐渐缩小,形成压油腔,将油排入系统。

第二个转换是通过执行元件液压缸或液压马达来实现的,压力油以帕斯卡原理推动执行件的运动部分,驱动负载运动。

各类控制阀则用于限制、调节,分配与引导液压源的压力、量流与流动方向。

图 1.1 所示为典型液压系统。液压泵 3 由电动机驱动旋转,从油箱 1 经过滤器 2 吸油。

当换向阀 5 阀芯处于图示位置时,压力油经阀 4、阀 5 和管道 9 进入液压缸的左腔,推动活塞向右运动。液压缸右腔的油液经管道 6、阀 5 和管道 10 流回油箱。改变阀 5 阀芯工作位置,使之处于左端位置时,液压缸活塞反向运动。

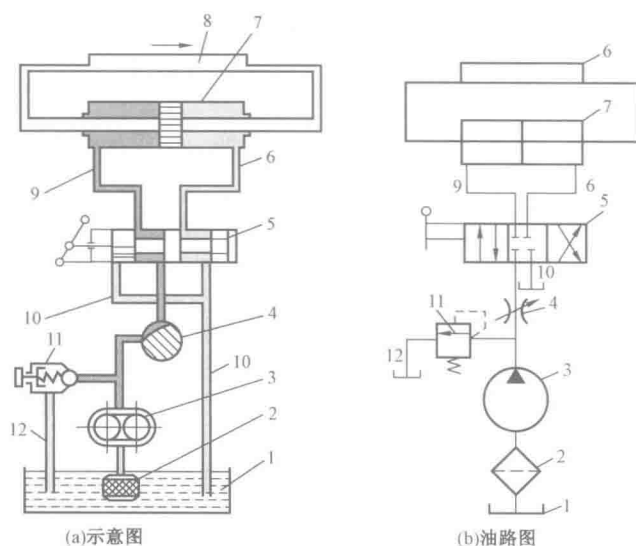


图 1.1 典型液压系统

1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4,5—阀;6,9,10—管道;7—液压缸;8—负载;11—调压阀;12—回油管

1.1.2 液压系统的组成

液压系统由动力元件(油泵)、执行元件(油缸或液压马达)、控制元件(各种阀)、辅助元件和工作介质等 5 部分组成。

作为一种控制系统,液压系统的动态性能(快速性、稳定性、动态精度等)要用控制理论建模、分析并优化改进。液压故障诊断也涉及控制理论。

液压工程技术人员只有打牢专业技术理论基础,才能深入系统地分析问题,才能顺利地解决问题。

1.2 液压泵

液压泵是液压系统的动力元件。

按运动部件的形状和运动方式分为齿轮泵、叶片泵、柱塞泵及螺杆泵等。齿轮泵又分外啮合齿轮泵和内啮合齿轮泵。叶片泵又分双作用叶片泵、单作用叶片泵和凸轮转子泵。柱塞泵又分径向柱塞泵和轴向柱塞泵。按排量能否变量分定量泵和变量泵。单作用叶片泵、径向柱塞泵和轴向柱塞泵可以作变量泵。

1.2.1 齿轮泵

1.2.1.1 齿轮泵的工作原理

(1) 齿轮泵的分类:齿轮泵是利用齿轮啮合原理工作的,根据啮合形式不同分为外啮合齿轮泵和内啮合齿轮泵。

(2) 齿轮泵结构组成:一对几何参数完全相同的齿轮(齿宽为 B 、齿数为 z 、泵体、前后盖板、长短轴)。

(3) 齿轮泵工作原理:两啮合的轮齿将泵体、前后盖板和齿轮包围的密闭容积分成两部分,轮齿进入啮合的一侧密闭容积减小,经压油口排油,退出啮合的一侧密闭容积增大,经吸油口吸油。

齿轮泵的工作原理如图 1.2 所示。

1.2.1.2 外啮合齿轮泵的排量

外啮合齿轮泵的排量:

$$V = 2 \pi z m^2 B$$

式中: z ——齿数; m ——齿轮模数; B ——齿宽。

齿轮节圆直径一定时,为增大泵的排量,应增大模数、减小齿数。齿轮泵的齿轮多为修正齿轮。

1.2.1.3 齿轮泵存在泄漏部位及间隙补偿措施

(1) 齿轮泵泄漏部位:主要有端面泄漏、径向泄漏和轮齿啮合处泄漏。端面泄漏占 80% ~ 85%。

(2) 补偿措施:端面间隙补偿采用静压平衡措施,在齿轮和盖板之间增加一个补偿零件,如浮动轴套或浮动侧板,在浮动零件的背面引入压力油,让作用在背面的液压力稍大于正面的液压力,其差值由一层很薄的油膜承受。

图 1.3 所示为浮动轴套压力补偿原理。

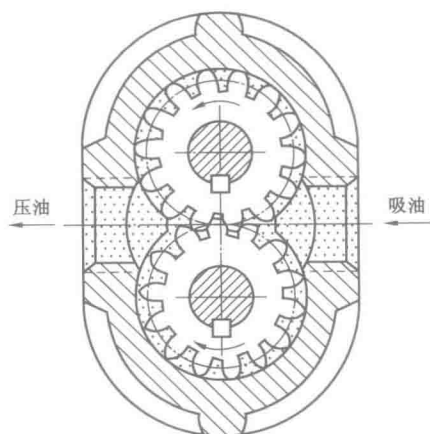


图 1.2 齿轮泵的工作原理图

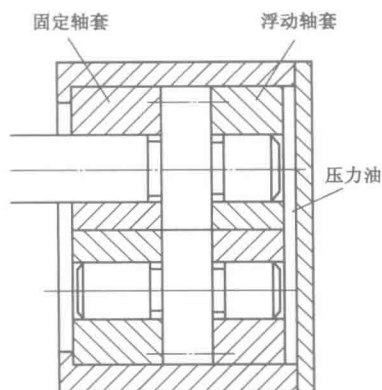


图 1.3 浮动轴套压力补偿原理示意图

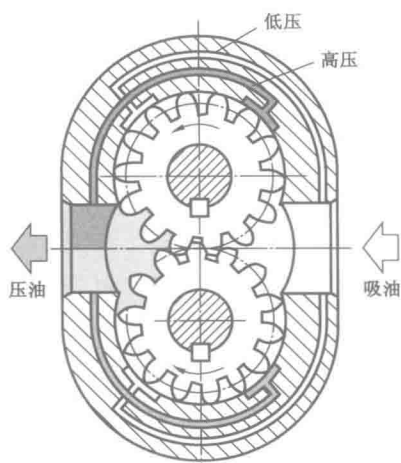


图 1.4 径向力平衡措施

1.2.1.4 齿轮泵的液压径向力及平衡措施

齿轮泵的液压径向力: 齿轮泵工作时, 作用在齿轮外圆上的压力是不均匀的, 排油腔和吸油腔齿轮外圆分别承受着系统工作压力和吸油压力; 在齿轮齿顶圆与泵体内孔的径向间隙中, 可以认为油液压力由高压腔压力逐级下降到吸油腔压力。这些液体压力综合作用的合力, 相当于给齿轮一个径向不平衡作用力, 使齿轮和轴承承受载。工作压力越大, 径向不平衡力越大, 严重时会造成齿顶与泵体接触而产生磨损。

液压径向力的平衡措施之一: 如图 1.4 所示, 在盖板上开设平衡槽, 将高压油引向低压侧, 使低压侧压力提高一些, 将低压油引向低压侧, 使高压侧压力降低一些, 产生一个与液压径向力平衡的作用。

平衡径向力的措施都是以增加径向泄漏为代价的。

1.2.1.5 齿轮泵的困油现象及卸荷措施

(1) 齿轮泵困油现象产生的原因: 如图 1.5 所示, 齿轮重叠系数 $\varepsilon > 1$, 在两对轮齿同时啮合时, 它们之间将形成一个与吸油腔、压油腔均不相通的闭死容积, 此闭死容积随着齿轮转动其大小会发生变化, 先由大变小, 后由小变大。

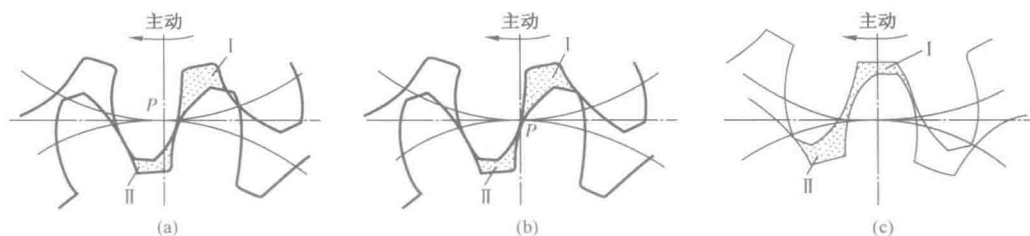


图 1.5 齿轮泵困油现象示意图

(2) 困油现象的危害:闭死容积由大变小时油液受挤压,导致压力冲击和油液发热;闭死容积由小变大时,会引起汽蚀和噪声。

(3) 卸荷措施:在前后盖板或浮动轴套上开卸荷槽,如图 1.6 所示。开设卸荷槽的原则是两槽间距 a 为最小闭死容积,而使闭死容积由大变小时与压油腔相通,闭死容积由小变大时与吸油腔相通。

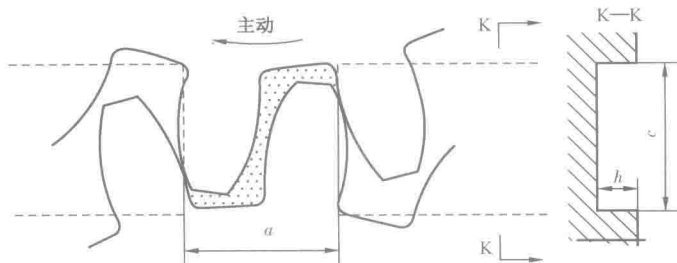


图 1.6 齿轮泵卸荷槽

1.2.1.6 内啮合齿轮泵

内啮合齿轮泵工作原理如图 1.7 所示,一对相互啮合的小齿轮和内齿轮与侧板所围成的密闭容积被齿啮合线分割成两部分,当传动轴带动小齿轮旋转时,轮齿脱离啮合的一侧密闭容积增大,为吸油腔;轮齿进入啮合的一侧密闭容积减小,为压油腔。

内啮合齿轮泵特点:无困油现象,流量脉动小,噪声低,采取间隙补偿措施后,泵的额定压力可达 30MPa。

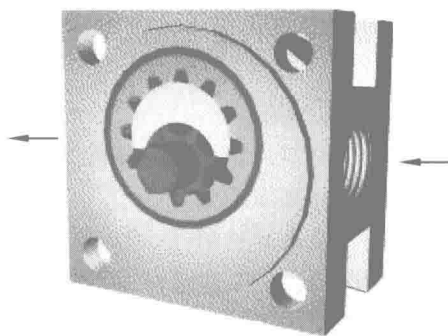


图 1.7 内啮合齿轮泵工作原理

1.2.1.7 齿轮泵常见故障及其原因

(1) 泵不出油。

如果在主机调试中发现齿轮泵不出油,首先检查齿轮泵的旋转方向是否正确。齿轮泵有左旋和右旋之分,如果转动方向不对,其内部齿轮啮合产生的容积差形成的压力油将使油封被冲坏而漏油。其次,检查齿轮泵进油口端的滤油器是否堵塞,如堵塞,会造成吸油困难或吸不到油,并产生吸油胶管被吸扁的现象。

(2) 油封被冲出。

① 齿轮泵旋向不对。当泵的旋向不正确时,高压油会直接通到油封处,由于一般低压骨架油封最多只能承受 0.5MPa 的压力,因此将使油封被冲出。

② 齿轮泵轴承受到轴向力。产生轴向力往往与齿轮泵轴伸端与联轴套的配合过紧有关,即安装时将泵用锤子硬砸或通过安装螺钉硬拉而将泵轴伸端强行压进联轴套。这样就使泵轴受到一个向后的轴向力,当泵轴旋转时,此向后的轴向力将迫使泵内部磨损加剧。由于齿轮泵内部是靠齿轮端面 and 轴套端面贴合密封的,当其轴向密封端面磨损严重时,泵内部轴向密封会产生一定的间隙,结果导致高低压油腔沟通而使油封冲出。这种情况在自卸车行业中出现得较多,主要是主机上联轴套的尺寸不规范所致。

③ 齿轮泵承受过大的径向力。如果齿轮泵安装时的同轴度不好,会使泵受到的径向力超

出油封的承受极限,将造成油封漏油。同时,也会造成泵内部浮动轴承损坏。

(3) 建立不起压力或压力不够。

出现此种现象大多与液压油的清洁度有关,如油液选用不正确或使用中油液的清洁度达不到标准要求,均会加速泵内部的磨损,导致内泄。因此,应选用含有添加剂的矿物液压油,这样可以防止油液氧化和产生气泡。油液的黏度标准为 $16 \times 10^{-6} \sim 80 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。过滤精度为:输入油路小于 $60 \mu\text{m}$,回油路为 $10 \sim 25 \mu\text{m}$ 。观察故障齿轮泵的轴套和侧板,若所用油液的清洁度差,会导致摩擦副表面产生明显的沟痕,而正常磨损的齿轮泵密封面上只会产生均匀的面痕。

特别提醒:液压油的清洁度、氧化安定性、抗泡沫性能等与液压泵的磨损关系密切,选用液压油时应关注相关参数。

(4) 流量达不到标准。

- ① 进油滤芯太脏,吸油不足。
- ② 泵的安装高度高于泵的自吸高度。
- ③ 齿轮泵的吸油管过细造成吸油阻力大。一般最大的吸油流速为 $0.5 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 。
- ④ 吸油口接头漏气造成泵吸油不足。通过观察油箱里是否有气泡即可判断系统是否漏气。

(5) 轮泵炸裂。

铝合金材料齿轮泵的耐压能力为 $38 \sim 45 \text{ MPa}$,在其无制造缺陷的前提下,齿轮泵炸裂肯定受到了瞬间高压所致。

出油管道有异物堵住,造成压力无限上升。

安全阀压力调整过高,或者安全阀的启闭特性差,反应滞后,使齿轮泵得不到保护。

系统如使用多路换向阀控制方向,有的多路阀可能为负开口,这样将遇到因死点升压而憋坏齿轮泵。

(6) 发热。

- ① 系统超载,主要表现为压力或转速过高。
- ② 油液清洁度差,内部磨损加剧,使容积效率下降,油从内部间隙泄漏节流而产生热量。
- ③ 出油管过细,油流速过高,一般出油流速为 $3 \sim 8 \text{ m/s}$ 。

小技巧:人手指感觉温度的误差不大于 4°C 。当液压系统温度为 0°C 左右时,用手指触摸感觉冰凉; 10°C 左右手感较凉; 20°C 左右手感稍凉; 30°C 左右手感微温有舒适感; 40°C 左右手感如触摸高烧病人; 50°C 左右手感较烫; 60°C 左右手感很烫并可忍受 10 s 左右; 70°C 左右手感灼痛且接触部位很快出现红色; 80°C 以上瞬间接触手感“麻辣火烧”。可据此判断泵发热温升。

(7) 噪声严重及压力波动。

- ① 滤油器污物阻塞不能起滤油作用;或油位不足,吸油位置太高,吸油管露出油面。
- ② 泵体与泵盖的两侧没有上纸垫,产生硬物冲撞,泵体与泵盖不垂直密封,旋转时吸入空气。
- ③ 泵的主动轴与电动机联轴器不同心,有扭曲摩擦;或泵齿轮啮合精度不够。

小技巧1:液压泵的噪声分别由吸入空气和机械精度低所引起。吸入空气引起的噪声沉闷且周期性不明显。机械精度低引起的噪声更加尖厉且周期性明显。可据此判别故障原因。

小技巧2:液压泵机械精度主要涉及3方面:泵设计制造、泵安装调试、泵运行时间及负荷,可分别从这3方面查找泵系统精度低的实际原因。

1.2.2 叶片泵

叶片泵转子旋转时,叶片在离心力和压力油的作用下,尖部紧贴在定子内表面上。这样两个叶片与转子和定子内表面所构成的工作容积,先由小到大吸油,后再由大到小排油。

叶片泵又分为双作用叶片泵和单作用叶片泵。双作用叶片泵只能作定量泵用,单作用叶片泵可作变量泵用。双作用叶片泵因转子旋转一周,叶片在转子叶片槽内滑动两次,完成两次吸油和压油而得名。单作用叶片泵转子每转一周,吸油和压油各一次,故称为单作用。

叶片泵具有结构紧凑、运动平稳、噪声小、输油均匀和寿命长等优点,广泛应用于中、低压液压系统中。其工作压力为6~21MPa。

1.2.2.1 双作用叶片泵

(1) 双作用叶片泵的工作原理及其结构。

① 双作用叶片泵的工作原理:如图1.8所示,转子每转一转,每个工作腔完成两次吸油和压油。

② 双作用叶片泵的结构:由定子内环、转子外圆和左右配流盘组成的密闭工作容积被叶片分割为4部分,传动轴带动转子旋转,叶片在离心力作用下紧贴定子内表面,因定子内环由两段大半径圆弧、两段小半径圆弧和四段过渡曲线组成,故有两部分密闭容积将减小,受挤压的油液经配流窗口排出,两部分密闭容积将增大形成真空,经配流窗口从油箱吸油。YB₁型叶片泵结构如图1.9所示。

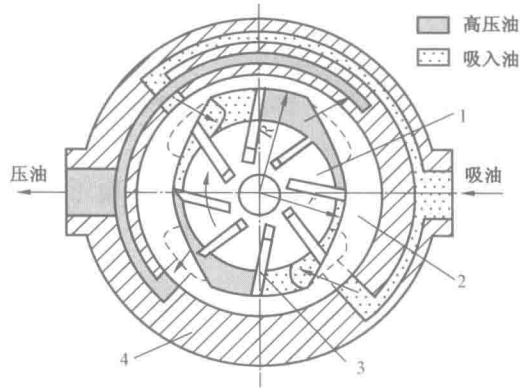


图 1.8 双作用叶片泵的工作原理图

1—转子;2—定子;3—叶片;4—泵壳

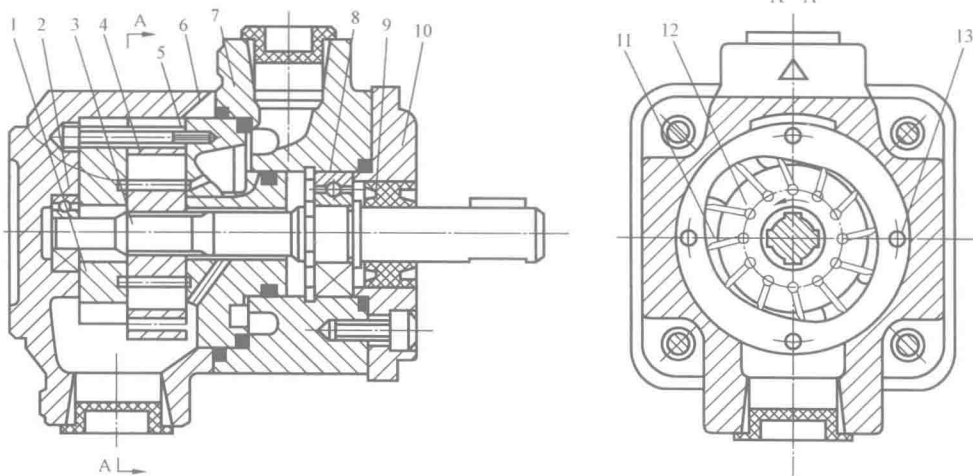


图 1.9 YB₁型叶片泵结构示意图

1—左配油盘;2—轴承;3—泵轴;4—定子;5—右配油盘;6—泵体;7—前泵体;

8—轴承;9—油封;10—盖板;11—叶片;12—转子;13—紧固螺钉

(2) 双作用叶片泵的排量。

双作用叶片泵的排量：

$$V = 2\pi B(R^2 - r^2) - 2zBS(R - r)/\cos\theta$$

式中： B ——转子(叶片、定子)宽度； R ——定子大半径； r ——定子小半径； z ——叶片数； S ——叶片厚度； θ ——叶片倾角。

(3) 双作用叶片泵的特点。

① 径向力平衡。

② 为保证叶片自由滑动且始终紧贴定子内表面，叶片槽根部全部通压力油。

③ 合理设计过渡曲线形状和叶片数($z \geq 8$)，可使理论流量均匀，噪声低。

④ 定子曲线圆弧段圆心角 $\beta \geq$ 配流窗口的间距角 $\gamma \geq$ 叶片间夹角 α ($\alpha = 2\pi/z$)。

⑤ 为减少两叶片间的密闭容积在吸压油腔转换时因压力突变而引起的压力冲击，在配流盘的配流窗口前端开有减振槽。

双作用叶片泵叶片槽根部全部通压力油会带来以下副作用：定子的吸油腔部被叶片刮研，造成磨损；减少了泵的理论排量；可能引起瞬时理论流量脉动。这样，影响了泵的寿命和额定压力的提高。

高压叶片泵是双作用叶片泵的改进型，主要采取以下措施提高双作用叶片泵额定压力：

① 采用浮动配流盘实现端面间隙补偿。

② 减小通往吸油区叶片根部的油液压力。

③ 减小吸油区叶片根部的有效作用面积，其中采用阶梯式叶片以减小叶片厚度[厚度 S 减为 S' ，如图 1.10(a) 所示]，采用子母叶片以减小叶片宽度[宽度 B 减为 B' ，如图 1.10(b) 所示]，采用柱销式叶片，如图 1.10(c) 所示。

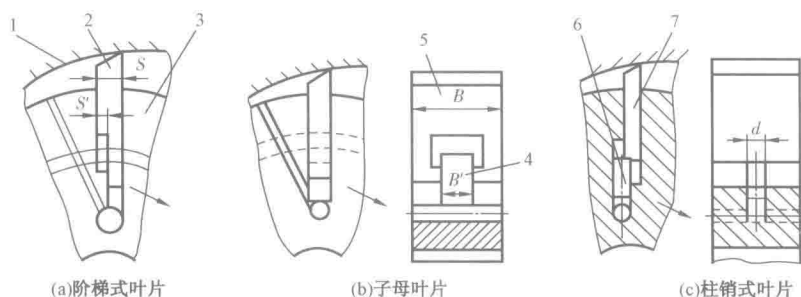


图 1.10 高压叶片泵结构示意图

1—定子；2—阶梯叶片；3—转子；4—子叶片；5—母叶片；6—柱销；7—叶片

④ 采用双层叶片结构，如图 1.11 所示，压力油经通道 c 从叶片根部 b 到顶部 a ，叶片顶部有压力油，实现了叶片根部与顶部的压力平衡与稳定，减小了叶片顶部对定子内表面的正压力与摩擦力。

1.2.2.2 单作用叶片泵

(1) 单作用叶片泵的工作原理和排量计算。

① 单作用叶片泵的工作原理：如图 1.12 所示，当转子按逆时针方向转动时，右半周，叶片向外伸出，密封工作腔容积逐渐增大，形成局部真空，于是通过吸油口和配油盘上的吸油窗口

将油吸入;左半周,叶片向转子里缩进,密封工作腔容积逐渐缩小,工作腔内的油液经配油盘压油窗口和泵的压油口输到系统中。

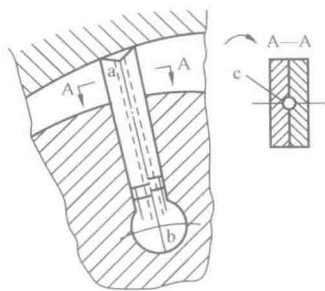


图 1.11 双层叶片结构示意图

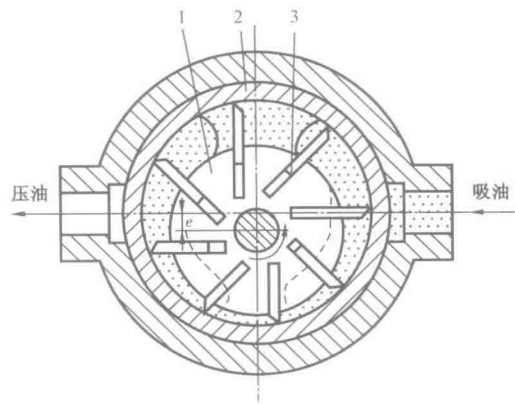


图 1.12 单作用叶片泵
1—转子;2—定子;3—叶片

② 单作用叶片泵排量计算:单作用叶片泵定子内环为圆, R 为定子内表面半径;转子与定子存在偏心 e ,铣有 z 个叶片槽;叶片在转子叶片槽内自由滑动,叶片宽度为 B ;左、右配流盘铣有吸、压油窗口。

排量:

$$V = 4BzResin(\pi/z)$$

(2) 单作用叶片泵的特点。

- ① 可以通过改变定子的偏心距 e 来调节泵的排量和流量。
- ② 叶片槽根部分别通油,叶片厚度对排量无影响。
- ③ 因叶片矢径是转角的函数,瞬时理论流量是脉动的。叶片数取为奇数,以减小流量的脉动。

(3) 限压式变量叶片泵。单作用叶片泵一般采用限压变量控制方式,采用这种控制方式的单作用叶片泵称为限压式变量叶片泵。

限压式变量叶片泵如图 1.13 所示,限压式变量叶片泵定子右边控制活塞作用着泵的出口压力 F ,左边作用着调压弹簧力 F_1 ,当 $F < F_1$ 时,定子处于右极限位置, $e = e_{\max}$,泵输出最大流量;若泵的压力随负载增大,导致 $F > F_1$,定子将向偏心减小的方向移动,泵的输出流量减小。

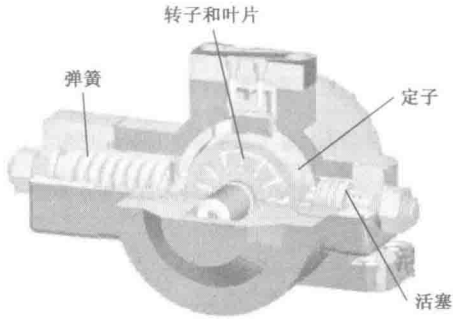


图 1.13 限压式变量叶片泵

限压式变量叶片泵特性曲线如图 1.14 所示,调节压力调节螺钉的预压缩量,即改变特性曲线中拐点 B 的压力大小 p_B ,曲线 BC 沿水平方向平移。调节定子右边的最大流量调节螺钉,可以改变定子的最大偏心距 $e_{\max}$,即改变泵的最大流量,曲线 AB 上下移动。限压式变量叶片

泵的压力流量特性曲线如图 ABC。更换不同刚度的弹簧,即改变了 BC 的斜率,泵的最高压力 p_c 也就不同。

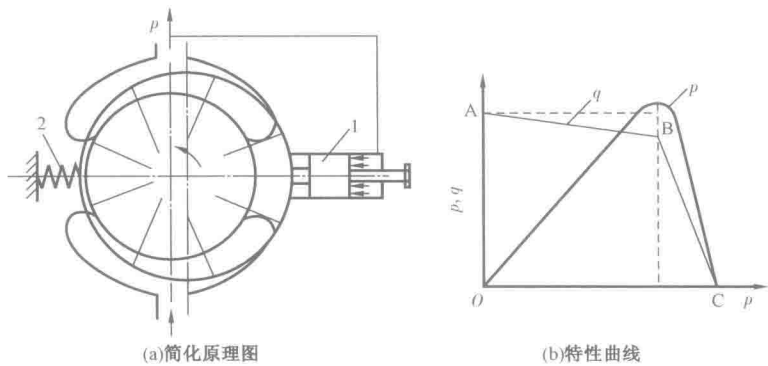


图 1.14 限压式变量叶片泵调节原理示意图

1—控制活塞;2—弹簧

1.2.2.3 叶片泵常见故障产生原因及排除方法

叶片泵常见故障产生原因及排除方法见表 1.1。

表 1.1 叶片泵常见故障产生原因及排除方法

现象	产生原因	排除方法
液压泵吸不上油或无压力	(1) 原动机与液压泵旋向不一致	纠正原动机旋向
	(2) 液压泵传动键脱落	重新安装传动链
	(3) 进出油口接反	按说明书选用正确接法
	(4) 油箱内油面过低,吸入管口露出油面	补充油液至最低油标线以上
	(5) 转速太低吸力不足	提高转速达到液压泵最低转速以上
	(6) 油黏度过高使叶片运动不灵活	选用推荐黏度的工作油
	(7) 油温过低,使油黏度过高	加温至推荐正常工作油温
	(8) 系统油液过滤精度低,导致叶片在槽内卡住	拆洗、修磨液压泵内脏件,仔细重装,并更换油液
	(9) 吸入管道或过滤装置堵塞造成吸油不畅	清洗管道或过滤装置,除去堵塞物,更换或过滤油箱内油液
	(10) 吸入口过滤器过滤精度过高造成吸油不畅	按说明书正确选用过滤器
	(11) 吸入管道漏气	检查管道各连接处,并予以密封、紧固
	(12) 小排量液压泵吸力不足	向泵内注满油
流量不足达不到额定值	(1) 转速未达到额定转速	按说明书指定额定转速选用电动机转速
	(2) 系统中有泄漏	检查系统,修补泄漏点
	(3) 由于泵长时间工作、振动使泵盖螺钉松动	拧紧螺钉
	(4) 吸入管道漏气	检查各连接处,并予以密封、紧固

续表

现象	产生原因		排除方法
流量不足达不到额定值	(5) 吸油不充分	① 油箱内油面过低	补充油液至最低油标线以上
		② 入口滤油器堵塞或通流量过小	清洗过滤器或选用通流量为泵流量 2 倍以上的滤油器
		③ 吸入管道堵塞或通径小	清洗管道, 选用不小于泵入口通径的吸入管
		④ 油黏度过高或过低	选用推荐黏度工作油
	(6) 变量泵流量调节不当		重新调节至所需流量
压力升不上去	(1) 泵不上油或流量不足		同前述排除方法
	(2) 溢流阀调整压力太低或出现故障		重新调试溢流阀压力或修复溢流阀
	(3) 系统中有泄漏		检查系统、修补泄漏点
	(4) 由于泵长时间工作、振动、使泵盖螺钉松动		拧紧螺钉
	(5) 吸入管道漏气		检查各连接处, 并予以密封、紧固
	(6) 吸油不充分		同前述排除方法
	(7) 变量泵压力调节不当		重新调节至所需压力
噪声过大	(1) 吸入管道漏气		检查管道各连接处, 并予以密封、紧固
	(2) 吸油不充分		同前述排除方法
	(3) 泵轴和原动机轴不同心		重新安装达到说明书要求精度
	(4) 油中有气泡		补充油液或采取结构措施, 把回油口浸入油面以下
	(5) 泵转速过高		选用推荐转速范围
	(6) 泵压力过高		降压至额定压力以下
	(7) 轴密封处漏气		更换油封
	(8) 油液过滤精度过低导致叶片在槽中卡住		拆洗修磨泵内脏件并仔细重新组装, 并更换油液
	(9) 变量泵止动螺钉调整失当		适当调整螺钉至噪声达到正常
过度发热	(1) 油温过高		改善油箱散热条件或增设冷却器使油温控制在推荐正常工作油温范围内
	(2) 油黏度太低, 内泄过大		选用推荐黏度工作油
	(3) 工作压力过高		降压至额定压力以下
	(4) 回油口直接接到泵入口		回油口接至油箱液面以下
振动过大	(1) 泵轴与电动机轴不同心		重新安装达到说明书要求精度
	(2) 安装螺钉松动		拧紧螺钉
	(3) 转速或压力过高		调整至许用范围以内
	(4) 油液过滤精度过低, 导致叶片在槽中卡住		拆洗修磨泵内脏件, 并仔细重新组装, 并更换油液或重新过滤油箱内油液
	(5) 吸入管道漏气		检查管道各连接处, 并予以密封、紧固
	(6) 吸油不充分		同前述排除方法
	(7) 油液中有气泡		补充油液或采取结构措施, 把回油口浸入油面以下
外泄漏	(1) 密封老化或损伤		更换密封
	(2) 进出油口连接部位松动		紧固螺钉或管接头
	(3) 密封面磕碰		修磨密封面
	(4) 外壳体砂眼		更换外壳体

1.2.3 柱塞泵

1.2.3.1 斜盘式轴向柱塞泵

(1) 斜盘式轴向柱塞泵工作原理。

如图 1.15 所示,缸体均布 Z 个柱塞孔,分布圆直径为 D ,柱塞滑履组柱塞直径为 d ,斜盘相对配流盘倾角为 α 。泵在原动机驱动下旋转,柱塞通过配流盘吸油和压油。

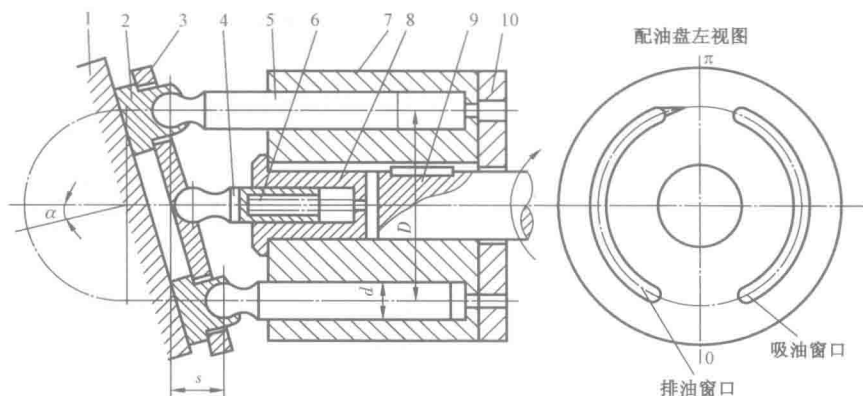


图 1.15 斜盘式轴向柱塞泵的工作原理示意图

1—斜盘;2—滑靴;3—压盘;4—心轴;5—柱塞;6—中心弹簧;7—转子;8—内套;9—驱动轴;10—配流盘;
 D —分布圆直径; d —柱塞直径; s —行程; α —倾斜角

泵旋转一周,每个柱塞轴向正反运行距离为 s ,排出油量为 $s \times \pi d^2/4$, $s = D \tan \alpha$,故泵排量为:

$$V = (\pi d^2/4) Z D \tan \alpha$$

改变斜盘倾角可以改变泵的排量。

(2) 斜盘式轴向柱塞泵的结构特点。

① 3 对摩擦副(柱塞与缸体孔、缸体与配流盘、滑靴与斜盘);容积效率较高;额定压力可达 35MPa。

② 泵体上有泄漏油口。

③ 传动轴是悬臂梁,缸体外有大轴承支承。

④ 为减小瞬时理论流量的脉动性,取柱塞数为奇数:5,7,9。

为防止密闭容积在吸油和压油转换时因压力突变引起的压力冲击,在配流盘的配流窗口前端开有减振槽或减振孔,或采用偏转结构,如图 1.16 所示。

1.2.3.2 斜轴式轴向柱塞泵

斜轴式轴向柱塞泵如图 1.17 所示,其工作原理与斜盘式轴向柱塞泵类似,只是缸体轴线与传动轴不在一条直线上,它们之间存在一个摆角 β ,柱塞与传动轴之间通过连杆连接。传动轴旋转通过连杆拨动缸体旋转,强制带动柱塞在缸体孔内作往复运动。

特点:柱塞受力状态较斜盘式好,不仅可增大摆角来增大流量,且耐冲击、寿命长。