



SHIYOU

中等专业学校教学用书

石油矿场 水力机械

卫晓亭 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书着重介绍石油矿场水力机械的结构、工作原理、特性、基本计算和使用维护。

本书是石油中等专业学校矿机专业、钻井专业和采油专业的试用教材，亦可作汽车、油田建设、油田化学和工业与民用建筑专业的参考书。也可供石油技工学校 and 石油厂矿有关人员参考。

石油矿场水力机械

卫 晓 亭 主 编

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

地质出版社印刷厂排版

北京燕华营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 20印张 475千字 印1—8000

1989年8月北京第1版 1989年8月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0214-0/TE·210

定价：3.40元

前 言

本书是根据1986年石油工业部中等专业学校教材编审会安排和1986年11月石油工业部教育司制定的中等专业学校教学大纲编写的。是石油中等专业学校的矿机专业、钻井专业和石油开采专业的试用教材。

《石油矿场机械》教材将分为三册出版，以满足不同专业的需要。矿机专业以《石油钻井机械》、《石油矿场水力机械》和《采油机械》作为专业课教材；钻井专业以《石油钻井机械》和《石油矿场水力机械》作为专业课教材石油开采专业以《石油矿场水力机械》和《采油机械》作为专业课教材。

本书在内容的选材和处理上，贯彻了基础理论“少而精”和专业知识“广而新”的原则，对石油现场具有代表性的设备进行了介绍，并力求理论与实际相结合。在内容方面，既注意讲清基本概念，又适当加强理论基础，对设备的分析、使用、管理和维护等方面能力的培养，也给予了足够的重视。为了便于读者加深理解和巩固所学知识，每章附有一定数量的思考题和习题。

本书内容重点讲述石油矿场水力机械的原理、结构、特性、基本计算和使用维护。全书共分六章，主要内容有：往复泵及泥浆净化设备、液压传动、井口控制设备、离心泵、涡轮钻具与螺杆钻具、液力传动。对抽油泵、海上钻井设备中的水力机械等专用设备，则分别归入另外两册教材内讲述。在实际教学过程中，可根据不同专业、不同情况，对内容和授课顺序作适当取舍和调整。

本书由重庆石油学校卫晓亭主编，西南石油学院马德坤、杨长全主审。参加编写的有：卫晓亭（编写绪论、第一章、第四章和第五章）、重庆石油学校稽彭年（编写第二章和第三章）、重庆石油学校王守谦（编写第六章）。本书插图主要由重庆石油学校易旦白和白淑瑾两人绘制。

本书编写过程中，曾得到有关石油厂矿、科研单位和兄弟学校的大力支持和帮助，编者在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

1987年10月

目 录

绪 论	(1)
第一章 往复泵及钻井液固控设备	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 钻井泵的典型结构	(6)
第三节 泵的排量	(13)
第四节 往复泵的吸入过程和排出过程	(22)
第五节 空气包的原理和计算	(32)
第六节 泵阀的基本理论	(38)
第七节 往复泵的压头、功率和效率	(43)
第八节 往复泵的特性曲线	(51)
第九节 钻井液固控设备	(55)
第十节 往复泵的维护和保养	(72)
第二章 液压 传动	(79)
第一节 液压传动概述	(79)
第二节 油泵与油马达	(86)
第三节 油缸	(99)
第四节 控制阀	(108)
第五节 液压系统的辅助装置	(129)
第六节 液压基本回路	(136)
第七节 液压系统图的阅读方法和几种典型液压系统	(150)
第八节 液压系统的设计计算提示	(161)
第九节 液压系统的安装、调试、使用和维护	(169)
第三章 井口压力控制设备	(181)
第一节 概述	(181)
第二节 防喷装置	(183)
第三节 防喷器控制系统	(193)
第四节 节流、压井和放喷管汇	(202)
第五节 井控装置主要设备的使用与维护	(206)
第四章 离心泵	(210)
第一节 概述	(210)
第二节 离心泵的典型结构	(211)
第三节 离心泵内液体的运动	(216)
第四节 离心泵的基本方程式	(218)
第五节 离心泵的功率和效率	(222)
第六节 离心泵的特性曲线	(226)
第七节 相似理论在离心泵上的应用	(229)
第八节 离心泵的汽蚀与允许吸入高度	(235)

第九节	离心泵在管线上的工作	(238)
第十节	离心泵的选择与使用	(242)
第五章	涡轮钻具和螺杆钻具	(247)
第一节	涡轮钻具	(247)
第二节	涡轮内液体的运动和基本方程	(253)
第三节	涡轮钻具的功率损失与效率	(257)
第四节	涡轮钻具的特性曲线	(259)
第五节	螺杆钻具	(261)
第六章	液力传动	(267)
第一节	概述	(267)
第二节	液力变矩器的结构	(269)
第三节	液力变矩器的基本理论	(272)
第四节	液力变矩器的特性曲线	(283)
第五节	液力变矩器的补偿与冷却系统	(290)
第六节	液力变矩器在钻机上的应用	(293)
第七节	液力耦合器	(298)
第八节	综合式液力变矩器	(303)
附录		(307)
附录一	本书常用单位换算表	(307)
附录二	常用液压元件符号表 (GB 786—76)	(308)
主要参考书		(312)

绪 论

《石油矿场水力机械》是石油矿场机械、石油钻井工程和石油开采专业的主要专业课。凡以液体作为工作介质的机械称液力机械或水力机械。本课程系统介绍石油矿场所用各种典型水力机械的基本理论、工作特性、典型结构,以便进行这些机械设备的合理选择、使用及维护。同时,还对设备的结构特点、主要零件结构的优缺点进行简要分析和比较,并介绍必要的基本计算,以满足石油矿场水力机械的改装、配套和技术革新的需要。

水力机械在石油矿场上应用十分广泛。钻井时,利用性能良好的液力传动、液压传动机构来传递动力机的能量给绞车、转盘和钻井泵等工作机;利用高压往复泵循环泥浆及注水泥固井;利用离心泵给高速三缸单作用泵进行灌注及泥浆净化系统中输送泥浆;利用井底动力钻具带动钻头破碎岩石。采油时,应用各种往复泵进行洗井、油层压裂酸化和注水;利用抽油机、抽油泵、液压抽油机、水力活塞泵、电动潜油离心泵及振动泵从油井内抽油(用于采油上设备在《采油机械》一书中专门讲述)。随着钻井、采油工艺的发展,石油矿场水力机械设备成套性及其机械化程度将获得显著提高。

水力机械的种类很多,根据用途不同,可分为泵、水力发动机和液体传动机构三类。其中泵与水力发动机是水力机械的两大基本类型,而液体传动机构是利用前两者作为基本元件组成的传动机械。

泵是将动力机的机械能传给液体,转化为液体的位能、压能和动能的设备。根据作用原理及结构特征不同,泵可分为两个基本类型:

- (1) 离心式泵 通过转动的工作轮叶片和液体的相互作用,把机械能转化为液体能。
- (2) 容积式泵 利用转能件与外壳等形成密闭容积的变化进行吸入与排出,从而实现机械能转化为液体能的装置。往复泵、叶片泵等属于这一类。

水力发动机是将液体能转化为水力发动机输出轴上的机械能的设备。根据液体能量转化特点,常用的水力发动机分为两个基本类型:

- (1) 液压式水力发动机 利用液体压能推动机构作功,如液压缸、液马达等。
- (2) 涡轮式水力发动机 利用进出涡轮的液体的动量矩变化来工作,对外输出机械能。水涡轮、涡轮钻具属于这一类。

液体传动机构是利用液体作传能工质的传动机构。由泵和水力发动机组合而成,并具有一定的控制机构。根据能量传递过程中所依据水力学原理和组成元件的不同,液体传动机构分为两个基本类型:

- (1) 容积式液体传动(液压传动) 液压传动是基于水力学中的帕斯卡原理,以液体的静压力来实现压力能与机械能的转化,实现能量传递的。液压泵将动力机的机械能转化为液体的压能,通过液体传递到液动机(液压缸或液马达)上,从而使液动机输出推力或转矩,实现能量传递。

- (2) 动力式液体传动(液力传动) 液力传动是基于水力学中的动量矩原理,并主要依靠液体的动能与机械能的转化来实现能量传递的。它是由泵轮(相当于离心泵)将发动机

机械能转化为液体能（主要是液体动能），获得能量的液体与涡轮机（相当于水涡轮）作用，将液体能再转化为涡轮轴上的机械能对外作功，从而实现能量传递。

由于石油矿场水力机械的多样性，为了照顾课程分工，本课程是按照水力机械工作原理，并结合现场实际来进行编排：先介绍容积式水力机械，然后介绍涡轮类水力机械。采油用水力机械在《采油机械》一书中专述，本书不再重复，因此，本课程除绪论外，由往复泵、液压传动、井口控制设备、离心泵、涡轮钻具与螺杆钻具、液力传动等六章组成。

和其它专业课一样，本课程的内容是在石油矿场使用机器的实际经验基础上进行理论概括而成的，因此在学习本课时要求：

（1）正确处理本课程和其它专业课之间的相互关系 本课程和钻井工程和采油工程（或钻采概论）等课程有密切联系，因此，学习本课程各专业机械章节时，如涡轮钻具与螺杆钻具时，必须密切联系钻井工艺对它们提出的要求和使用操作中的特点，只有这样，才能获得深入和完整的知识。

（2）正确处理本课程和先修课程的相互关系 机械制图、理论力学、材料力学、机械原理、机器零件、金属工艺学、水力学、热工学等先修课程都与本课程有密切联系，因此，要求学生学习时，善于将专业内容与过去所学理论联系起来，深入思考。如在学习离心泵一章时，必须善于利用理论力学和水力学的基础知识。

（3）正确处理本课程各个教学环节间的相互关系 本课程包括讲课、结构课、实验课、作业、课外辅导等教学环节。讲课是各个环节的中心，在学习本课程时必须抓住这个中心环节，学习基本理论，同时还要善于利用其它环节特点来加深、巩固和扩大课堂所讲授的基本内容。尤其应重视结构课、实验课，以增强实际动手能力的培养。如在学习往复泵一章时，首先通过课堂讲授掌握它的基本工作理论，其次利用结构课，研究往复泵的结构特点，利用实验课掌握操作使用和往复泵试验的基本技能。当然其它环节也不可忽视。只有这样，才能在教师指导下全面而深入地学好这门课程。

第一章 往复泵及钻井液固控设备

往复泵是一种发展较早的水力机械之一，往复泵包括活塞泵和柱塞泵。它适用于泵送液体排量较小，压力较高的场合。

往复泵在石油工业中的应用很广泛。石油矿场上常需要在高压下输送高粘度、大密度和高含砂量的液体，而流量相对不大，这些条件就限制了离心泵的使用，因为在这些条件下，离心泵的效率较低，而且极易磨损，所以多采用往复泵来满足上述要求。在钻井过程中，往复泵用作循环泥浆和注水泥固井及用往复泵作井口控制设备的动力泵。在采油矿场往复泵用作原油输送、洗井、注水及地层压裂酸化；在抽油设备中的抽油泵也是一种特殊结构的往复泵，所以，往复泵是石油矿场通用的和关键的设备之一。

石油生产的发展对往复泵不断提出了新的要求。如深井钻进、使用喷射钻头和钻定向井、丛式井所使用的井下动力钻具，都需要有高压钻井泵；油层压裂工艺需要有高压压裂泵；边远地区钻井和车装钻机等又要求往复泵体积小、重量轻，使之运移方便；此外，用于排送含有磨蚀性液体的往复泵本身有许多易损件，大大影响了它的正常使用，增加了生产费用和维修工作量。这些情况都对往复泵的设计、制造和使用维护提出了更高的要求。

本章主要以钻井泵为例，讨论往复泵及其典型零部件的结构、基本参数、基本理论以及使用维护等问题。

同时，本章对于现代钻井循环系统的重要组成部分——钻井液固控设备作一简单介绍。

第一节 概 述

一、往复泵的工作原理

图1—1为卧式单缸单作用往复活塞泵的示意图。它由缸体、活塞、吸入阀、排出阀、阀室、吸入管、排出管、曲柄、连杆、十字头、活塞杆以及其它零件组成。一般以十字头为界，与曲柄连杆等动力输入部分叫动力端，与活塞杆活塞等用于输出液体的部分叫液力端。

由图1—1可见，发动机通过皮带、齿轮等传动部件带动泵的主轴旋转。当曲柄以角速度 ω 从水平位置按箭头方向开始旋转时，活塞自左死点a向右运动，缸内容积逐渐增大，压力降低，形成真空(负压)。在吸入池液面大气压力与缸内压力的压差作用下，液体自吸入池推开吸入阀(排出阀关闭)进入液缸。这一过程称为吸入过程。吸入过程到活塞运动到右死点b为止。当曲柄转动 180° 后，活塞移到右死点b，曲柄继续转动，活塞则由右死点b向左移动，缸内容积逐渐减小，液体受到挤压，压力升

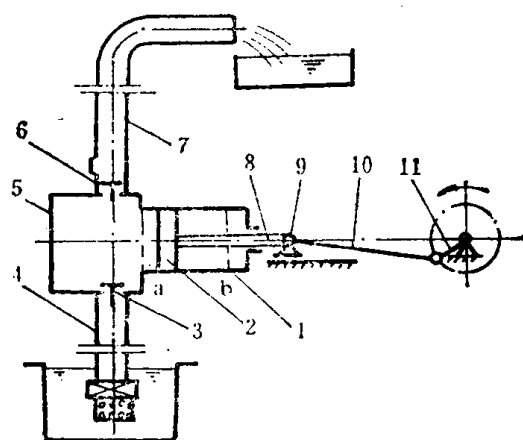


图 1—1 往复泵示意图

1—缸体；2—活塞；3—吸入阀；4—吸入管；5—阀室(泵头)；6—排出管；7—排出管；8—活塞杆(拉杆)；9—十字头；10—连杆；11—曲柄

高。当液体压力大于排出管压力时，液体克服排出阀的重量和弹簧弹力而推开排出阀（吸入阀关闭）进入排出管，由b到a的这一过程称为排出过程。活塞达到左死点a时排出结束。

在吸入或排出过程中，活塞在两死点间移动的距离叫做泵的冲程 S ，它与曲柄半径 r 之间存在下列关系

$$S=2r$$

二、往复泵的分类

1. 按传动方式分类

- (1) 电动往复泵 由电动机带动。
- (2) 柴油机往复泵 由柴油机带动。
- (3) 直接作用往复泵 由蒸汽、压缩空气或压力油为动力源。
- (4) 手动往复泵 由人力通过杠杆使活塞运动。

2. 按活塞构造型式分类

- (1) 活塞泵 泵缸内的工作部件是活塞。
- (2) 柱塞泵 泵缸内的工作部件是柱塞。

3. 按作用方式分类

- (1) 单作用泵 曲轴每转一周，吸入、排出各一次，见图1—2(a)和(b)。
- (2) 双作用泵 曲轴每转一周，吸入、排出各二次，见图1—2(c)。

4. 按液缸数目分类

有单缸泵、双缸泵(曲柄互成 180° 角)、三缸泵(曲柄互成 120° 角)、四缸泵(曲柄互成 90° 角)等。以上均指单作用泵。

5. 按液缸的布置方案及其相互位置分类有卧式泵、立式泵、V形泵、星形泵等。

图1—2所示为各种类型泵的示意图。目前石油矿场上所用的钻井泵一般是由柴油机或电动机带动的卧式双缸双作用或三缸单作用活塞泵。

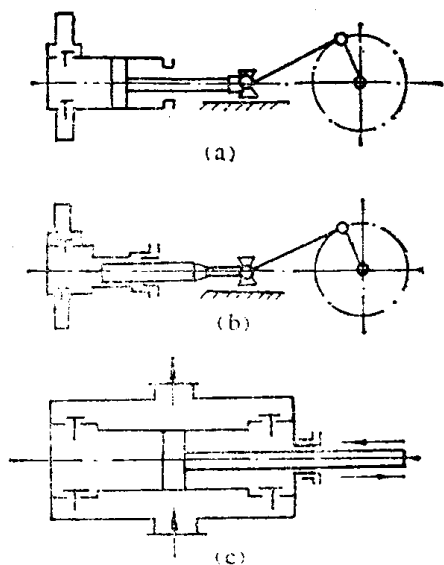


图 1—2 各种不同的泵

(a) 单作用式活塞泵；(b) 单作用式柱塞泵；(c) 双作用式活塞泵

三、往复泵的基本参数

反映泵的基本工作性能参数有：

1. 流量或排量

由于石油矿场都把流量称作排量，因此本书都称“排量”。

排量是指单位时间内，泵通过排出管所输送的液体数量。液体数量以体积单位表示时，称为体积排量 Q_v (L/s 或 m^3/s)。液体数量以重量单位表示时，称为重量排量 Q_G (kg/s 或 kg/h) $Q_G = Q_v \gamma / g = Q_v \rho$

式中 ρ ——液体的密度， kg/m^3 ；

γ ——液体的重度， N/cm^3 或 kN/m^3 。

2. 泵压

泵压一般是指泵排出口处的液体压力，通常以 p 表示 (kPa 或 Pa)。

3. 泵的功率和效率

表 1-1 钻井泵的技术规范

钻 机	130-2 130-3 大庆-130	4DH-315 F-320	3DH-200A	F-200	2DH-75 4LD-150D (R-3200)	2DH-75A	130-1 V-3II V2-4-5II	C-1500 BY-40	ZJ-45	E-2100
钻 井 泵	NB _g -600	2PN-1250	2PN-800B	2PN-630A	3PN-465M	2PN-340A	NB ₁ -470 (V _g -3)	HF-150 C-1500	3NB-1000	T-1600
最大传动功率, kW	441.3	919.4	588.4	463.4	342	250	345.7	110.3	735.5	1176.8
活塞行程, mm	400	400	400	400	305	305	450	260	235	305
缸数	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3
最大冲数, min ⁻¹	65	65	65	65	65	70	55	65	150	120
拉杆直径, mm	75	85	75	75	56	56	65	50		
主动皮带带轮直径, mm	万向轴传动或560	链条传动	链条传动	链条传动	560	460	630	400	630	电传动
被动皮带带轮直径, mm					1600	1600(1800)	1600	1000	1350	
三角皮带型号					E7574(E10074)	E8500(E7574)	E12574(E10074)	E7174	E10160	—
三角皮带根数					16	12	16	8	16	—
上水管直径, mm	260	255	255	255	250	250	250	125	254	
出水管直径, mm	100	100	100	100	100	100	100(110)	100	101.6	
重量, kg	14500	31700	19300	15000	13500	10800	19900	7500	17000	
外形尺寸: 长, mm	4920	5792	5275	4970	4280	4224	4750(4850)	3320	4575	
宽, mm	1960	2500	2295	1800	2750	2123	3077(3150)	1980	2600	
高, mm	3000	3760	3680	3445	2590	2325	3403(3420)	2516	1700	

从能量观点看,泵是把发动机的机械能转化为液体能的机器。单位时间内发动机传到泵轴上的能量称作输入功率或泵的主轴功率,以 N_z 表示;而单位时间内液体经过泵后增加的能量称作泵的有效功率以 N 表示。

泵的效率是指有效功率与输入功率之比值

$$\eta_b = \frac{N}{N_z}$$

式中 η_b ——泵的总效率。

4. 泵的冲数

泵的冲数是指单位时间内活塞在液缸内运动的往复次数 $n(\text{min}^{-1})$,即曲柄的转数。

四、石油矿场常用各型钻井泵的技术规范

石油矿场上所使用的往复泵,按用途不同,分钻井泵、压裂泵、洗井泵、注水泵及抽油泵等。现介绍钻井泵的主要技术规范,见表1—1所示。

第二节 钻井泵的典型结构

尽管钻井泵类型不同,其结构都大同小异,一般分为液力端和动力端两大部分。目前我国矿场上钻井泵种类很多,现以国产NB₈-600型双缸双作用泵和国产3NB-1000型三缸单作用泵为例进行介绍。

一、NB₈-600型钻井泵的结构

兰州石油化工机器厂生产的NB₈-600型钻井泵系双缸双作用卧式泵,用在国产130-2型钻机、大庆-130型钻机上。该泵的主要技术规范见表1—1。

NB₈-600型泵与其它类型的双缸双作用泵大同小异,只在局部作了改进,见图1—3。

动力端部分:它包括底座、装皮带轮的传动轴、主轴、齿轮、偏心轮、连杆、十字头等,如图1—4所示。在传动轴两边伸出的轴端的左方或右方安装皮带轮,便于井场布置。传动轴两端各由一个单列向心圆柱滚子轴承(32634型)支承。主轴为两个双列向心球面滚子轴承(3640型)支承。传动轴及主轴均为45号钢或35CrMo钢。人字齿圈为中间对剖,法向模数为10,倾角 $21^{\circ}54'32''$,与主轴偏心轮辐板用螺栓连接。由于采用人字齿传动,使传动平稳可靠,消除了轴向力。齿轮副采用油浴润滑。为使加工方便,曲柄装置采用了偏心轮结构。偏心轮由ZG35 II制成,两偏心轮(曲柄)夹角为 90° 。偏心轮大轴承与连杆大头联接,可使泵缸中心线的距离缩短,减少泵的外形尺寸,降低重量。曲柄偏心轮用键固定在水轴上。为减轻重量,曲柄偏心轮做成两边内凹结构,在辐板上用螺栓固定大人字齿圈。这种结构比较简单,便于加工和维护修理。为减少泵运行中的振动,偏心轮增加了平衡重。与连杆小头联结的铸钢十字头采用了滚子轴承,可减少摩擦损失,提高使用寿命。十字头的上下滑板在机座导板上滑动,其间隙在0.2~0.5mm之间,少量磨损可用垫片调节,磨损严重时,滑板与导板可以更换。十字头由齿轮飞溅机油进行润滑。

机座为焊接结构,轴承座下采用双层板结构,以提高机座的刚性。主轴轴承座为剖分式,便于拆装。机座上有壳盖,其上有观察孔。机座两侧,在十字头滑导部位和活塞杆部位,均设有观察孔。

液力端部分:包括阀箱(泵头)、泵阀、阀盖、缸套、缸盖、活塞及活塞杆等。两个铸钢

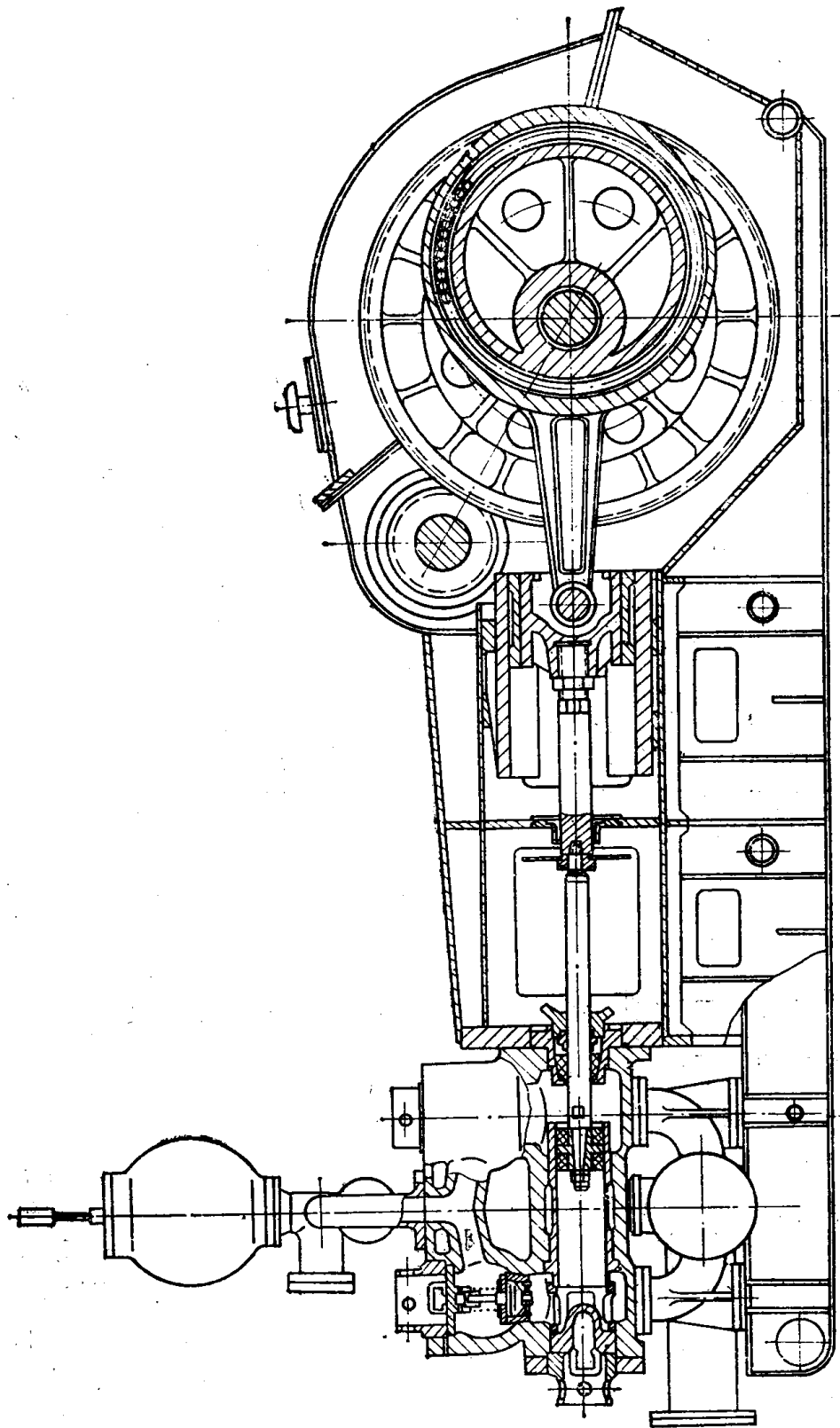


图 1—3 NB₂-600型泵的结构图

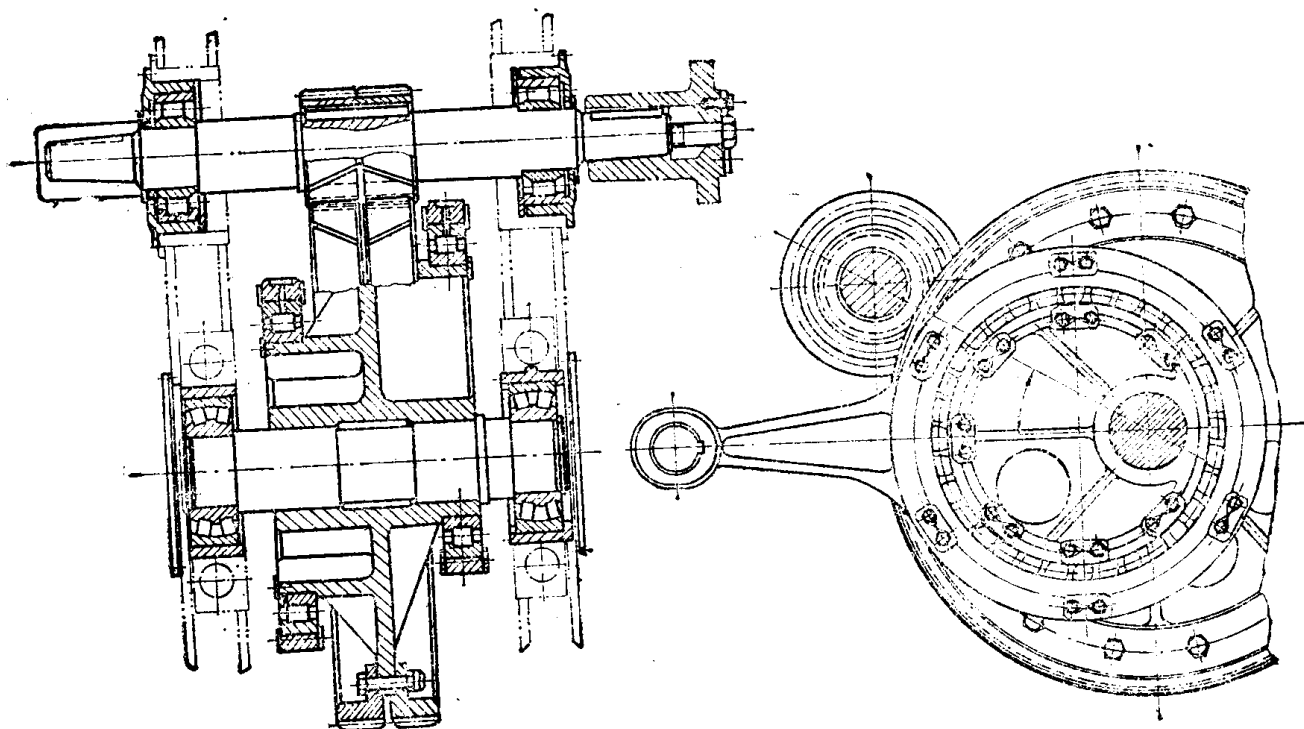


图 1-4 NB₆-600型泵传动总成

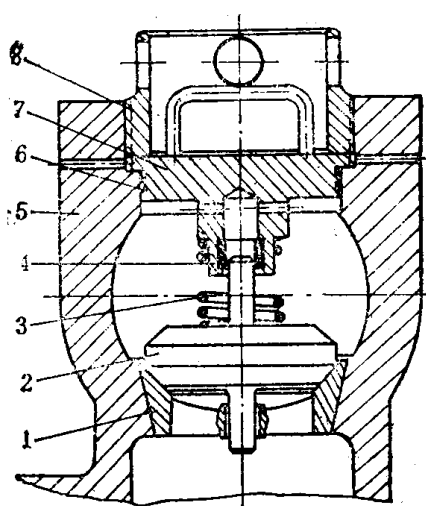


图 1-5 泵阀结构

1—阀座；2—阀体；3—弹簧；4—衬套；5—阀箱；
6—密封圈；7—阀盖；8—压盖

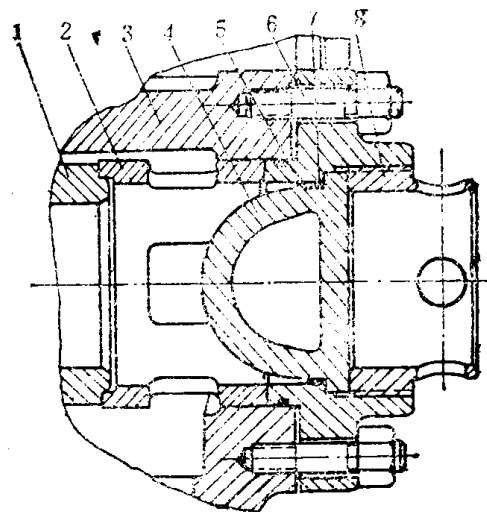


图 1-6 顶缸部分结构

1—缸套；2—顶套；3—泵头(阀箱)；4—缸盖；
5—缸盖法兰；6—螺栓；7—密封圈；8—压盖

阀箱，用螺栓与机座相连。每个阀箱有两个吸入阀和排出阀。泵阀结构如图1—5所示。阀座靠外锥面座于阀箱体上，阀体又以锥面与阀座内圆锥面配合，起密封作用。阀体为对称形状，在阀盘上下各有一密封锥面，可以互换使用，延长了易损件阀体的工作时间。阀体靠弹簧将其紧压在阀座上，阀盖和阀座上有阀体杆上下运动的导向内孔，弹簧就顶在阀盖的台阶上。阀盖由压盖(或压紧套筒)将其压紧。所有密封采用“O”形密封圈和平垫圈相结合的结构，提高了密封效果。压盖采用梯形螺纹，可快速拆装。

缸套可根据排量和压力进行更换，缸套内径自 $\phi 130$ 至 $\phi 200\text{mm}$ 五种不同尺寸，其外径相同。缸套由顶套、缸盖、压盖和缸盖法兰等压紧在阀箱(泵头)的缸套孔中，压盖(压紧

套筒)采用大螺距梯形螺纹的快卸结构,缩短了换缸套时间,见图1—6所示。

活塞采用组装式,磨损后只需更换橡胶皮碗,而活塞芯可继续使用。活塞为自封式,有不同外径与内径不同的缸套相配合。活塞固定于活塞杆有锥度的一端,而活塞杆又与副杆(中间拉杆)相连。活塞杆用整体带锥度的橡胶套筒密封圈密封与泵头和机座之间的间隙。为避免水或泥浆进入十字头部分,活塞杆与副杆相接处有挡水板。排出连通管与四个阀室相通,连通管内有带孔的管状过滤器。为减少排出压力波动而造成泵和高压管线的振动,采用了预压式空气包,空气包容积为65L,胶囊厚8mm,如图1—3所示。球形预压空气包内充氮气或空气,但绝不允许充氧气等易燃易爆气体。

为保证泵正常工作,必须设置安全保险装置。在泵排出管上装有安全阀,当泵出现憋压,压力到达一定极限时,剪断销钉,保护泵不致损坏。安全阀结构见图1—7所示。套筒

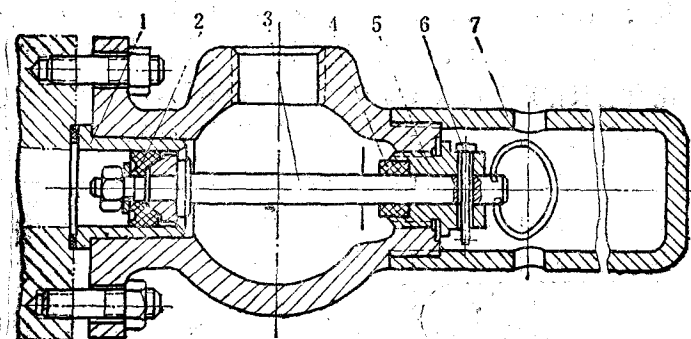


图 1—7 安全阀结构

1—套筒; 2—活塞; 3—活塞杆; 4—内衬套; 5—阀盖; 6—销钉; 7—阀罩

与液缸相通,当泵压增高时,套筒内压力升高,活塞上受向上的力,由活塞杆将力传递给销钉。当压力达到一定值时,剪断销钉,高压液体从安全阀排出口排出并流回吸入池,从而起到安全保险作用。泵在使用时必须正确安装符合要求的销钉。NB₈-600泵的安全阀销钉有五种规格,对应用于不同直径的缸套,以适应不同的泵压与排量,不得乱用。该泵销钉的技术规范见表1—2。

表 1—2 NB₈-600泵安全阀销钉规范

缸套直径, mm	工作压力, MPa	排量, L/s	销钉直径, mm	销钉剪断压力, MPa
φ130	19.60	19.2	φ8.6 _{-0.02}	~21.364
φ150	14.014	26.8	φ7.3 _{-0.02}	~15.288
φ170	10.584	35.5	φ6.4 _{-0.02}	~11.76
φ185	8.722	42.8	φ5.7 _{-0.02}	~10.584
φ200	7.448	50.6	φ5.3 _{-0.02}	~9.212

二、3NB-1000型钻井泵

3NB-1000型钻井泵为兰州石油机械厂设计制造,配备在ZJ-45钻机上的三缸单作用卧式活塞泵。由于钻井泵向体积缩小、重量减轻和使用维护方便方向发展,在双缸双作用活塞泵与三缸单作用柱塞泵长期使用经验的基础上而采用三缸单作用活塞泵。

1. 三缸单作用活塞泵的特点

(1) 系的压力高、排量大、选用范围也大 由于泵的冲数增大,提高了泵的排量。如美国NAJIONAL SUPPLY公司生产的12-P-160型三缸单作用泵,输入功率1176.8kW,最高泵压3851.4MPa,用 $\phi 159\text{mm}$ 缸套,在冲数 $n=40\sim 140\text{min}^{-1}$ 时,排量为975~3411 L/min。而同样是该公司制造的N-1600双缸双作用泵,输入功率也是1176.8kW,最高泵压3694.6MPa,用 $\phi 184.2\text{mm}$ 缸套,在 $n=40\sim 60\text{min}^{-1}$ 时,排量为1739~2510 L/min。若采用直流电动机驱动,三缸单作用泵的冲数可在 $40\sim 140\text{min}^{-1}$ 的范围内自由选择,以适应钻井的不同需要。

(2) 排量均匀、压力波动小 双缸双作用泵的排量波动约为48%,而三缸单作用泵的排量波动仅为25%。这样就减少了水力冲击负荷。

(3) 体积小、重量轻 双缸双作用泵的缸径大、冲程长、冲数低(一般为 65min^{-1}),所以体积大、重量大。而三缸单作用泵的缸径小、冲程短、冲数高,额定冲数最高接近于 200min^{-1} ,冲程约为150~300mm。所以体积小、重量轻。如以956kW的两种泵对比,则三缸单作用泵比双缸双作用泵的长度短25%,重量轻27%,所以运移方便,节省钢材。

(4) 更换易损件方便、维护保养简单 三缸单作用泵的缸套不象双缸双作用泵那样装在泵体中,而是在外部用夹持器固定(见图1—8)。活塞杆与副杆不用丝扣也是用夹持器联结,所以拆装方便。若更换缸套,三缸泵只需一个人10分钟,而双缸泵更换缸套则需三个人40分钟。由于液力端结构简化,不需要缸盖、顶缸器,也不要活塞杆盘根盒的密封,因而省去更换刺坏垫子的工作,同时,活塞杆已不再属易损件。由于活塞为单向密封,所以,活塞与缸套间的接触面还可以用喷淋泵将冷却润滑剂对其进行冲洗(大多数使用清水冲洗),从而减少了缸套的变形和磨损。

(5) 易损件少、费用低 三缸单作用泵有6个阀、三个缸套活塞副,而双缸双作用泵有八个阀、二个缸套活塞副、两根活塞杆及其盘根密封装置。所以三缸单作用泵缸数虽然增加了一个,但易损件却减少了。据有关资料统计,三缸单作用泵比双缸双作用泵易损件费用低7%左右。

(6) 机械效率高、根据实验数据,三缸单作用泵的机械效率为90%左右,比双缸双作用泵提高约5%左右。效率的提高除加工精度、配合精度高以外,主要原因是:三个曲柄互差 120° 角,运转平稳,十字头的摩擦小,同时没有活塞杆盘根处的摩擦阻力。

根据实测三缸单作用泵的容积效率,在使用清水时为97%,使用泥浆时为95%,如泥浆中混入油气时,容积效率还要低些。由于冲数高,三缸单作用泵活塞的线速度高(活塞平均线速度达45m/min,比双缸双作用泵高73%),容易产生汽蚀现象,所以三缸单作用泵往往必须设置灌注泵或把泥浆池位置提高,用泥浆进行灌注。这是三缸单作用泵的缺点。

2. 3NB-1000型钻井泵结构

3NB-1000型钻井泵结构图如图1—8所示。

动力端部分: 3NB-1000型泵与NB₈-600泵的动力端结构大体相似。泵的机座、外壳均为焊接结构。为提高支座的强度与刚度,主轴(曲轴)和传动轴的轴承座由一块厚钢板制成。在拆装时,轴承需从轴向推入和压出,便于轴承的装拆。主轴采用两副双列圆锥滚子轴承(209716型)设置在主轴两端。三个偏心轮(曲柄)互差 120° 角,通过键与主轴联结。齿轮装在中间偏心轮和右侧偏心轮之间。使用一个时期后,可以把两根轴都调过头来装配,利用轮齿未经磨损的一面。人字形大齿圈与偏心轮辐板用螺栓连接。主轴是空心合

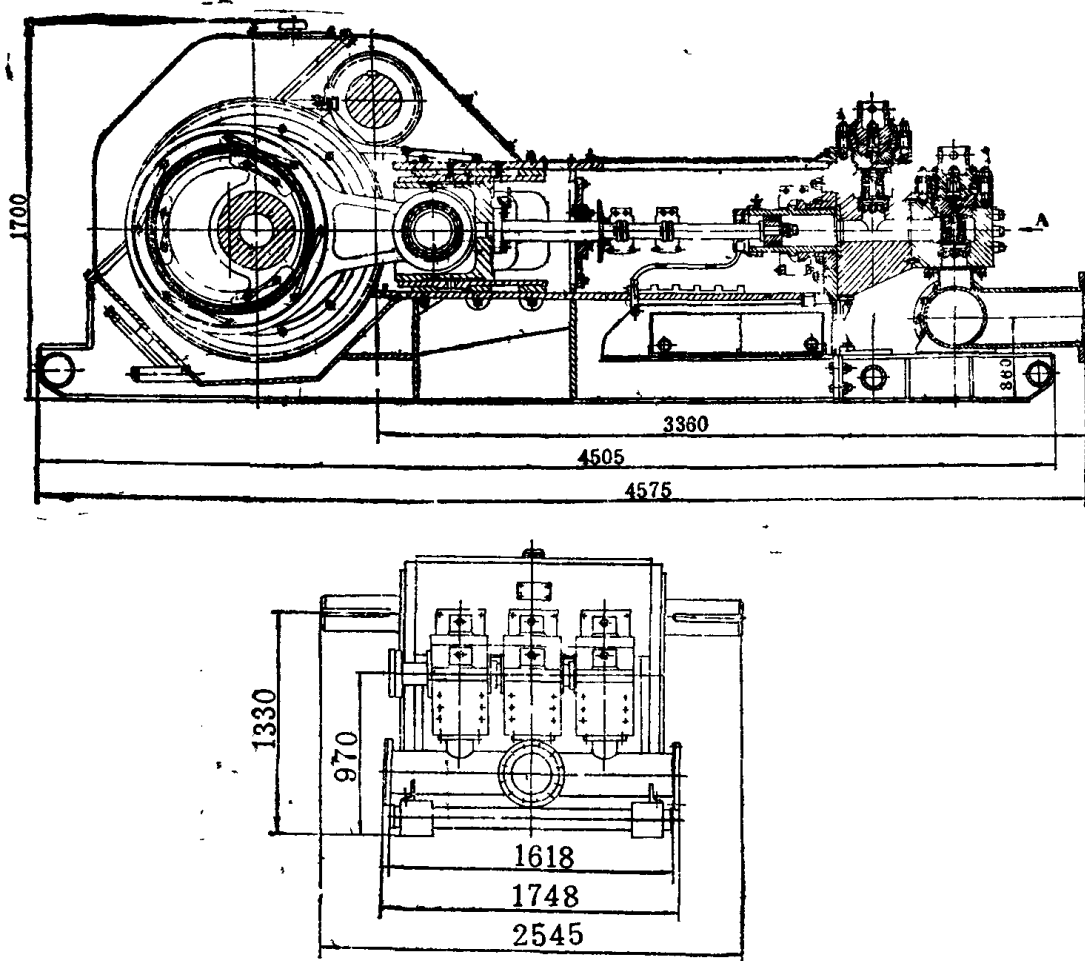


图 1—8 3NB-1000三缸单作用钻井泵

金钢直轴。

十字头体与导板直接接触，中间没有滑板，若有磨损，可加垫片调整。十字头与连杆小头用轴销联结，为减少摩擦装有轴承。十字头润滑采用泵油强制润滑。3NB-1000 钻井泵配备有喷淋泵、灌注泵及其吸排管线，均装在一个底座上，以便于搬迁及连接管线。

液力端部分：3NB-1000泵的液力端与 NB₈-600泵液力端相比，具有很多优点。如图1—8所示，该泵采用L形布置，使液流比较平稳，减少振动和压力波动。缸体由合金钢锻成。由于缸套在缸体之外，使结构简化。六个缸体用螺钉互相连接，便于维修，且某一缸体损坏，可单独更换。缸体的阀腔锥度1:12，并留有台阶，可适应高压下工作。六个独立的缸体（阀箱）之间的连接密封，设计了快速更换密封件的新结构，如图1—9所示。

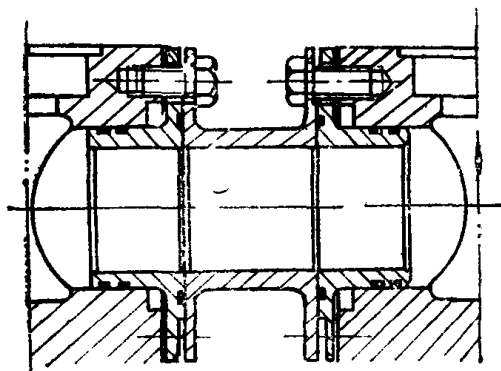


图 1—9 缸体间连接

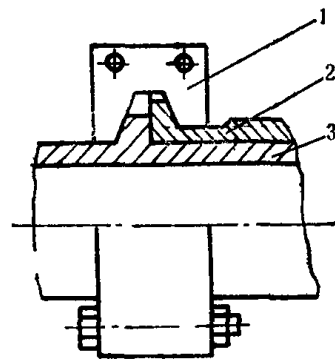


图 1—10 缸套与缸体的连接
1—夹持器；2—缸体法兰；3—缸套

由于该泵为单作用泵，考虑到单向受力的特点，缸套放在缸体外，由夹持器(卡箍)将缸体法兰与缸套夹紧而连在一起，拆装迅速。缸体法兰用螺钉与缸体紧固后，换缸套、活塞时无需拆卸，如图 1—10 所示。活塞杆与副杆之间，同样采用螺栓夹持器夹紧而连在一起，螺栓数少，便于快速拆装，如图1—11所示。

在现代大型钻井泵中，排出压力较高，作用于阀盖的压力周期性的变化差值很大，大螺距的螺纹难以上紧，在交变的动载荷作用下会产生冷作加工现象，进一步破坏密封面，发生刺坏或丝扣剥落等现象，因此，考虑上紧压紧套筒时，使丝扣上具有一定的预加载荷以抵抗交变的动载作用，而又能在更换阀体、阀座等易损件时拆装迅速，3NB-1000 泵设计了楔块锁定阀盖结构，该结构如图1—12所示。

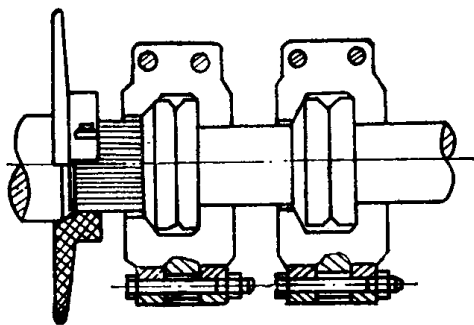


图 1—11 活塞杆与介杆联接

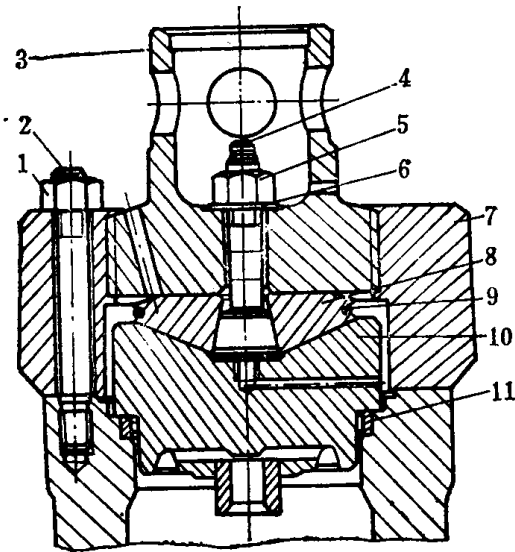


图 1—12 楔块锁定阀盖结构
1—螺帽；2—螺栓；3—压紧套筒；4—调节螺丝；
5—上紧螺帽；6—垫；7—缸盖法兰；8—扇形
楔块；9—卡簧；10—阀盖；11—密封件

六个扇形楔块安放在阀盖与压紧套筒之间。拧紧上紧螺帽时，调节螺丝被提上来，6个楔形块就向外移动，使调节螺丝的锥度部分迫使楔块沿阀盖的斜面向上行，并把阀盖向下压，压紧套筒向上顶。用一个人的力量通过适当的板手，就可以使丝扣和阀盖上的预加载荷大于泵的工作压力。

拆卸时，只要松开上紧螺帽，并把调节螺丝打下去，就可以较为轻松地将压紧套筒拆

表 1—3 3NB-1000泵排量与压力关系

缸 径, mm		170	160	150	140	130	120
额定压力, MPa		16.464	18.62	21.168	24.304	28.224	33.32
冲数, 1/min	输入功率, kW	排量, L/s					
150	735.5	40	35.4	31.1	27.1	23.4	19.9
140	682.5	37.3	33	29	25.3	21.8	18.6
130	634.7	34.7	30.7	26.9	23.5	20.3	17.3
120	548.7	30	28.3	24.9	21.7	18.7	15.9
110	536.2	39.3	26	22.8	19.9	17.2	14.6
100	488.4	26.7	23.6	20.7	18.07	15.2	13.3

注：机械效率为90%，，容积效率为100%算出