

NI
JIANG
BENG

泥浆泵手册

S.L.科利尔

石油工业出版社

泥 浆 泵 手 册

S.L.科利尔

寇炳国 陈继龙 译 王运新 校

石 油 工 业 出 版 社

序 言

当年, Captain Lucas在 Spindletop油田把顿钻钻机改为旋转钻机时,采用了Smith-Vaile往复泵来循环钻井泥浆。至今这种泵仍然是陆地、海洋钻机用于循环泥浆的手段。到本世纪初,由于工业界的一般注意力已转到离心泵方面,以致对往复泵的广泛技术兴趣已明显降低了。但往复泵现在仍然是钻机的核心设备,而且随着钻井深度的增加以及象压裂之类高压技术的应用,对性能更好的泵的需求正与日俱增。

就提高泥浆泵性能方面来说还存在许多问题,为迅速解决这些问题,急切需要实际知识,这类知识可望在本书里找到。

本书详细叙述了用于循环泥浆的两种主要型式的往复泵——双缸双作用泵和三缸单作用泵。书中未作理论性的陈述,而是着重说明和解释各种实际应用问题。作者抱着为有关问题寻求答案的兴趣,根据现有的泵、试验室、测试仪器写出了这本书。

《泥浆泵手册》论述了吸入系统的各种问题,辨别敲击和液流内存有间隙的方法,以及借助适当的液力灌注、采用空气包来解决这类问题的措施。还深入探讨了液缸的工作情况、压力形成情况、效率、吸入阀、排出阀和排出系统、压力特性、空气包的使用等问题。

本书还考察了三缸单作用泵与双缸双作用泵的不同之处,并且运用实验的方法比较了这两种泵的运行特点。

一家德国工程公司的评论指出：“我们从未看到过这样的一本书，对影响泥浆泵工作情况的各种因素作如此全面的陈述”。希望这本书能象对那位热心的德国同行一样，对你们也有用。

美国机械工程师学会(ASME)高级会员 S. L. 科利尔

目 录

序言

第一章 双缸双作用泥浆泵	(1)
第一节 泥浆泵系统	(1)
一、泥浆泵的工作	(1)
二、正常运行	(3)
三、异常运行	(7)
四、泵的排出端	(10)
第二节 吸入管及加速度	(11)
一、吸入压力的用途	(12)
二、所需压力的计算	(17)
第三节 吸入空气包	(20)
一、空气包是如何工作的	(23)
二、油田应用	(28)
三、如何建造简单的吸入空气包	(31)
第四节 灌注	(33)
一、灌注的优越性	(36)
二、落基山的装置	(39)
三、灌注泵的布置	(41)
四、计算灌注泵的各种要求	(42)
五、其它优越性	(45)
第五节 敲击	(46)
一、什么是敲击	(46)

二、因液体被分隔开而产生的水击·····	(58)
三、检测仪器·····	(63)
第六节 排出压力和排出系统·····	(65)
一、泵的脉动特性·····	(65)
二、系统的摩擦曲线·····	(66)
三、系统决定压力和功率·····	(68)
四、串联泵不能提高压力·····	(70)
五、排出系统决定了一个冲程的压力特性·····	(72)
六、正常的压力损失波动效应·····	(75)
第七节 排出管线上的空气包·····	(77)
一、波动的产生·····	(77)
二、空气包能减轻波动·····	(78)
三、空气包如何有效地工作·····	(79)
四、空气包的安装位置·····	(82)
五、消除波动的效率·····	(82)
六、对设备寿命的影响·····	(84)
七、空气包怎样增加水马力·····	(85)
第八节 使用空气包可减少井漏·····	(86)
一、泵在高压下运行·····	(87)
二、四泥浆室试验·····	(87)
三、小缸套影响·····	(88)
四、取出右侧排出阀的效果·····	(89)
五、取出靠近曲柄轴端排出阀的效果·····	(91)
六、一侧运行的效果·····	(92)
七、现场试验·····	(92)
第九节 液力端的压力·····	(94)
第十节 容积效率·····	(101)

一、什么是容积效率·····	(101)
二、可压缩性·····	(102)
第十一节 机械效率·····	(111)
测量输出马力·····	(112)
第十二节 油田试验·····	(117)
一、吸入管的故障·····	(117)
二、正确的检查·····	(118)
三、水力敲击·····	(121)
第二章 三缸单作用泥浆泵·····	(125)
第一节 三缸泵与双缸泵的性能比较·····	(125)
一、三缸泵与双缸泵的排量比较·····	(125)
二、实验泵·····	(128)
三、理论冲程·····	(128)
四、活塞速度的影响·····	(130)
第二节 吸入系统结构及其工作·····	(135)
一、吸入压力·····	(136)
二、水击·····	(141)
三、沉淀·····	(142)
四、泥浆泵在实际应用中的复杂性·····	(143)
五、解决现场的实际问题·····	(148)
第三节 吸入灌注泵·····	(151)
一、灌注泵的规格·····	(154)
二、所需压力·····	(156)
三、灌注泵排量·····	(162)
四、某些特殊考虑·····	(165)
五、灌注泵的安装位置·····	(166)
六、灌注泵的管路系统·····	(168)

七、空气包与灌注泵	(169)
第四节 空气的侵入	(169)
一、泵的正常运行	(170)
二、空气的侵入	(172)
三、结论	(179)
第五节 阀的性能	(180)
一、阀是流量计	(180)
二、阀的延滞	(183)
三、阀的升举	(186)
四、排出压力分析	(191)
第六节 空气包	(193)
一、三缸泵的压力波动	(199)
二、流量的变化	(201)
三、空气包容积	(204)
四、空气包的选择	(206)
五、泵的磨损	(208)
第七节 活塞运动	(211)
一、活塞速度	(212)
二、活塞的摩擦	(218)
三、活塞的加速度	(220)
四、传动机构的其它方案	(221)
附录 活塞运动参数及数据表	(224)
本书所用英制单位与法定计量单位换算表	(243)

第一章 双缸双作用泥浆泵

第一节 泥浆泵系统

深入了解泥浆泵及其附属设备，可能会降低钻井成本。运用最先进的测试仪器在实验室精心得到的试验结果，可帮助读者更好地认识泥浆泵的工作情况。

典型的方法是，在实验室用示波器对泥浆泵按作业条件进行全面的应力应变分析。我们用这种方法在各种运行条件下共作了近4000个示波器记录。本书将介绍这些试验结果，并为将这些资料应用于油田提供一些线索。

泥浆泵是地面泥浆系统的重要组成部分，但它仅是由泵、吸入系统、排出系统这三个环节组成的整体中的一环。

为了使泥浆泵的吸入端能获得良好的运行条件，应该了解吸入系统的实际需要。而欲知吸入系统需要什么，则必须了解在活塞吸入冲程期间出现的以及由吸入冲程引起的各种正常情况和异常情况。

在排出冲程中，由于排出系统的复杂性，活塞运动形成了一种完全不同的特性，从而必须很好地采用泥浆管线和储罐，甚至还得适当采用辅助设备，以便系统地每个部分均能在最高效率下工作。

一、泥浆泵的工作

那种以为泥浆泵的工作很简单，无需认真加以研究的观点是错误的。研究泵的运行规律是了解泵的关键所在，而了解活塞泵运行规律的重点是要了解活塞的运动变化及其规律。

这种运动近似于简谐运动，它是由曲柄的旋转运动转换为活塞的往复运动而形成的。在冲程终端处，曲柄必需迴转较大的角度才能使活塞作少量移动，因为曲柄以恒速运动，所以活塞运动速度很低。到达冲程中点以前活塞运动速度持续增大，到达中点时曲柄只需迴转不大的角度便可令活塞有较大的位移。从图1—1可看出，冲程为14英寸的泵，其曲柄自冲程端部迴转 10° ，活塞的位移量为 $\frac{1}{10}$ 英寸，即小于冲程的 $\frac{1}{100}$ ；而自冲程中点曲柄迴转 10° ，活塞的位移超过1英寸，即冲程的 $\frac{8}{100}$ 。由此得到以下三点：

- (1) 整个冲程上，活塞速度是变化的。
- (2) 活塞速度的变化取决于曲柄的转动情况，即每分钟的冲数。
- (3) 活塞速度按加速及减速运动规律变化。

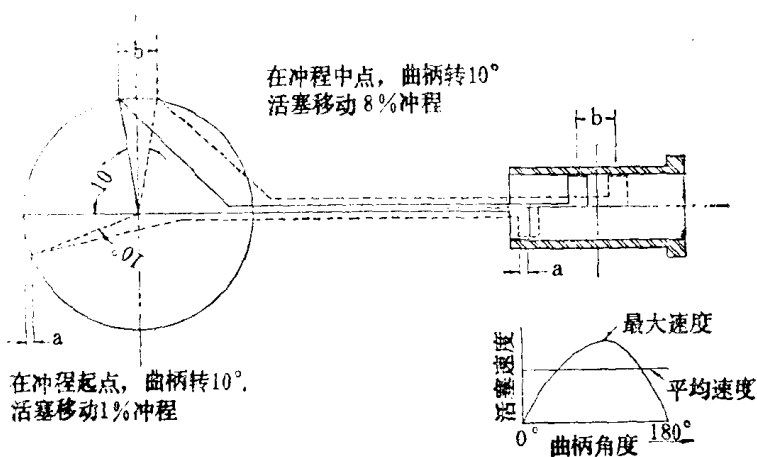


图 1—1 泥浆泵曲柄连杆机构将旋转运动变成往复运动的示意图

动力泵与蒸气泵的不同之处在于，在给定速度的一个冲程内活塞速度是变化的，而且速度的变化率不同。这些对了解吸入系统、排出系统的性能具有十分重要的意义。

二、正常运行

详细了解泵在正常工作条件下的特性和功能，可使操作人员更好地对付泵在不正常运行时出现的各种问题。无任何辅助装置的泵，在正常工作期间进行的试验表明，其各项有关的性能指标大都正常，符合预期要求。

从吸入端进入泵的泥浆液温度比较低而且含有少量空气或其它气体。吸入阀打开以前，吸入管汇里的泥浆不流动。当活塞从其终端位置开始运动时，便产生微小的压降迫使吸入阀打开，阀的开启象照像机快门动作一样迅速，只是动作较为平缓而已。

图1—2表示一台 $5\frac{1}{2}$ 英寸 $\times$ 14英寸（缸套直径 $\times$ 冲程）双缸泵阀的两组示波器记录。图1—2(a)中分别给出输送10磅泥浆、加重泥浆及高粘度泥浆阀的典型正常性能曲线。图1—2(b)表示阀运动时具有的各种正常曲线。由图可见，在最初的短暂开启阶段之后，阀的升举特性曲线的曲率与图1—1中活塞速度曲线的曲率非常相似。阀不是用来测流量的仪器，但阀的升程实际上与活塞速度成正比；在冲程中点升程最高，活塞速度低升程也低，阀的位置即反映该瞬间流经阀的泥浆量。这个特性是很重要的，因为它表明，通过阀、泵及吸入管线的最大流量必须比平均流量大很多才能弥补活塞处在冲程终了时的低流量。事实上，就单缸泵而言最简单，其最大流量大约是平均流量的156%。在研究吸入管线的内摩擦及其它问题时必须考虑到这一点。测试表明，阀的关闭过程是平缓的，这是由于在每个冲程终了时活塞是先减缓速度

而后中止的缘故。

在整个冲程中，阀只反映活塞的动作情况，阀升举表示活塞速度增加，阀下落表示活塞速度降低。因而就其特性来说，阀是随活塞而动的。到达一个冲程的终点，活塞就反向运动，曲柄只需迴转很小的角度，活塞运动便足以使吸入阀关闭。随着活塞的低速前进，便开始压缩气体，压缩滞留于管线和余隙中的泥浆，并使缸套和液力端压力增大。因为泥浆是不可压缩的，于是压力急剧升高，终将迫使排出阀打开，将泥浆泵入排出管线中去。

泥浆流速并不稳定，开始时活塞速度较低，接近冲程中

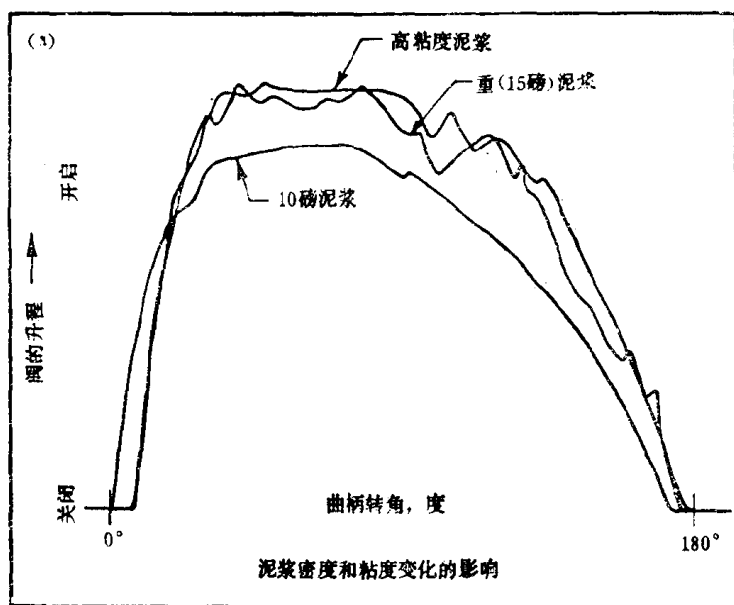


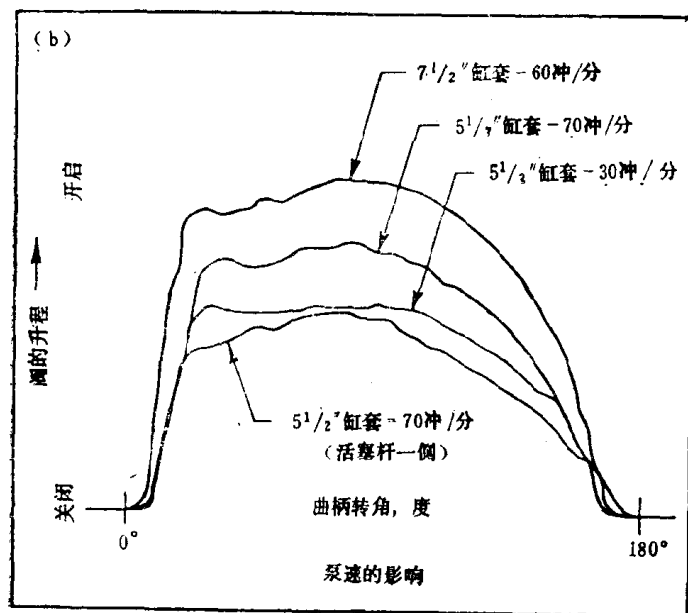
图 1—2 5 1/2 英寸
在正常运行时

点时活塞速度就增大，这同吸入冲程的情况一样。排出速度和排出阀的升程不断增加，过了冲程中点以后，活塞速度开始减慢，排出阀遂同样关闭。

由于排出系统的容积是固定不变的，所以在冲程中点时，排出流量远大于平均值从而压力增大并使多余的泥浆流出钻头水眼。这就使得管线压力与流速及活塞速度成正比，冲程开始时压力较低，至冲程中点压力便随之增高。

实际测试表明，单缸泵与双缸泵无论是单作用或双作用，其阀都有同样的特性，但其压力特性不同，单缸泵的压力曲线与计算曲线很接近，双缸泵的这些曲线则互相重叠。

图1—3是实测结果。



×14 3/4 寸泥浆泵阀
的示波器记录

液体作用于活塞上的力使活塞杆产生应力，活塞杆上的平均拉应力和平均压应力都反映液缸内的压力，就简单压力曲线或双缸泵的较复杂压力曲线来说，室内试验已证实了这一点。见图1—4所示的一活塞杆试验记录。即使在排出管线上安装空气包或设计一种特殊的脉动系统而使压力特性大大改变，但上述情况也不会改变。

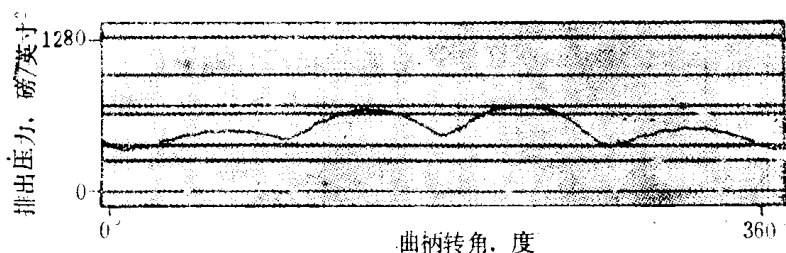


图 1—3 曲柄轴在各种迴转角度时排出压力的实测记录(压力与流速及活塞速度成正比)

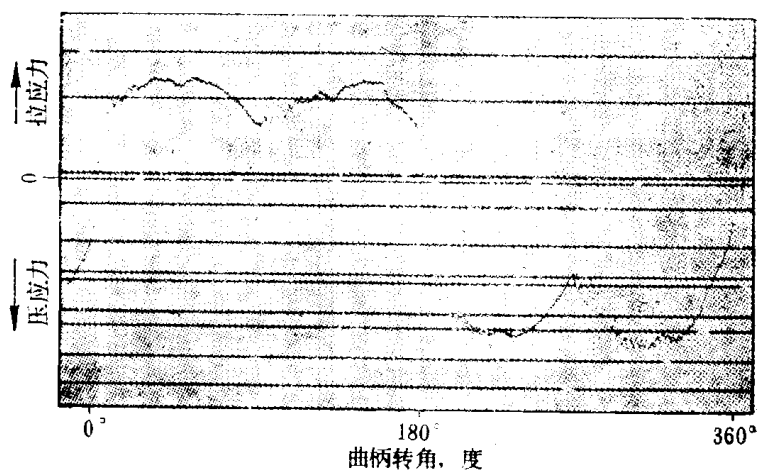


图 1—4 曲柄迴转时活塞杆的应力实测记录(曲线反映了液缸的压力)

三、异常运行

要想认识、判断并消除异常情况，或要改善泥浆泵的工作状况，就需要对泥浆泵的正常工况有一个清晰的概念。泥浆温度过高和泵在高冲数下工作，都会造成吸入恶化。温度的影响比想象的要大。温度高于 100°F 时，水蒸气压力会迅速上升。从图1—5可以看出，泥浆温度从 100°F 升到 150°F ，蒸气压力就升高6英尺水柱，这就相当于泥浆池液面降低6英尺。如果系统中任何部位的压力降为蒸气压力，液体将沸腾并形成真空区，所以泥浆温度应尽量低一些，当出现不利情况时（例如吸入不良），也许还要增加些特殊设备。如果系统里没

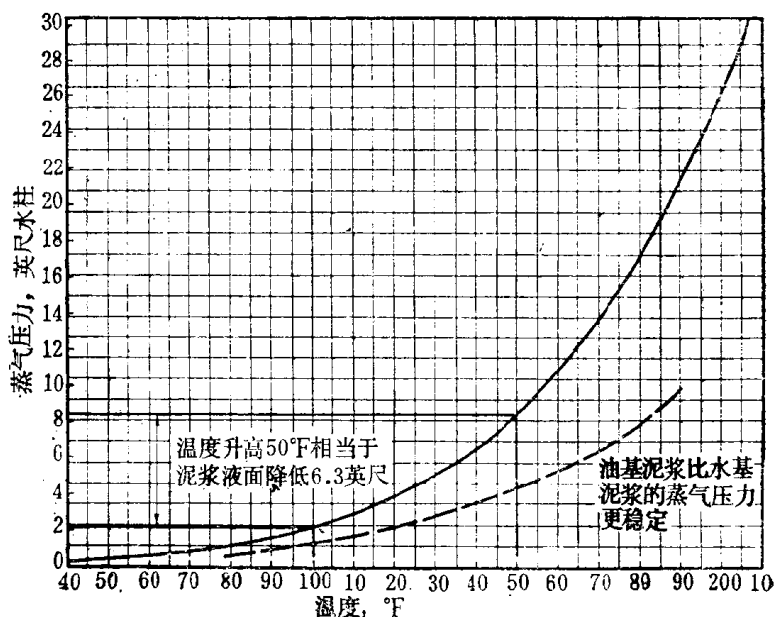


图 1—5 泥浆温度对泥浆泵性能的影响(温度高于 100°F 水蒸气压力迅速上升致使吸入水头降低)

有真空区，可用连续性原理研究其工况，然而一旦有真空产生，连续性即遭破坏，从而使问题大大复杂化。

连续性遭破坏的详细情况见图1—6，这是通过研究不良工作条件下吸入阀的工况记录而得出的。应该注意的是不规则阶段靠近冲程中点。由此可以推断出，这种情况会部分增加泥浆进入泵内的速度，随之速度又明显降低。由于阀是一种粗糙的流量计，因此阀此时的升程要比平常大得多。曲线也表明，阀的开启与关闭特性基本上没有什么变化。如果阀不能充分开启，它也许是撞上了上导杆。

采用更适用的吸入管线，必要时应用能提高效率的辅助吸入设备（如空气包或灌注泵），是可以避免产生真空区的。这

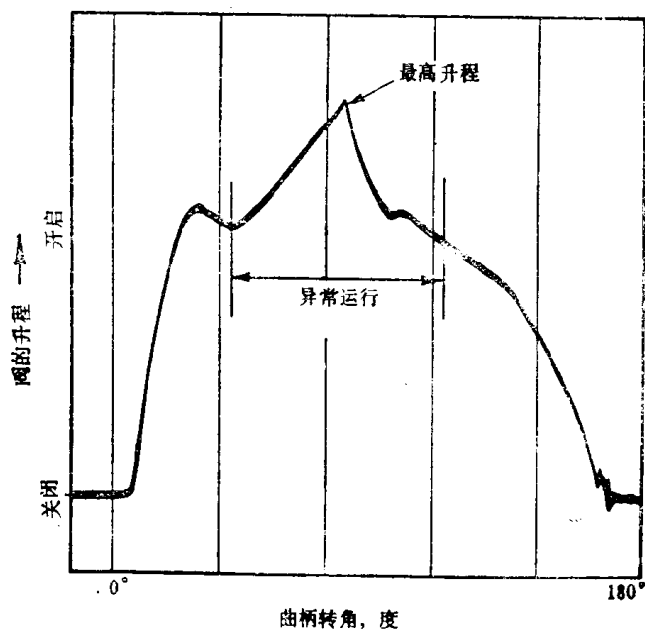


图 1—6 异常运行条件下吸入阀的工况

个问题将在第三节和第四节详细讨论，同时将研究高效吸入系统的布置方案，并从获得较长的零件寿命及以较低成本获得较高效率的角度来确定其效益。另一不太明显但很重要的异常工况，通常出现在处理充气泥浆的时候，当出现充气现象和处理气侵泥浆时，阀的工况很不稳定。

图1—7是当泥浆中携带有空气时吸入阀的工况记录。预期的正常工作状况明显被破坏，而阀的开启程度却大于正常工况，有必要采用较大的升程以防止阀对上导杆产生撞击。处理气态成分肯定会影响泵的效率。

排出阀的工作则不受真空现象或泥浆携带气态成分的影响

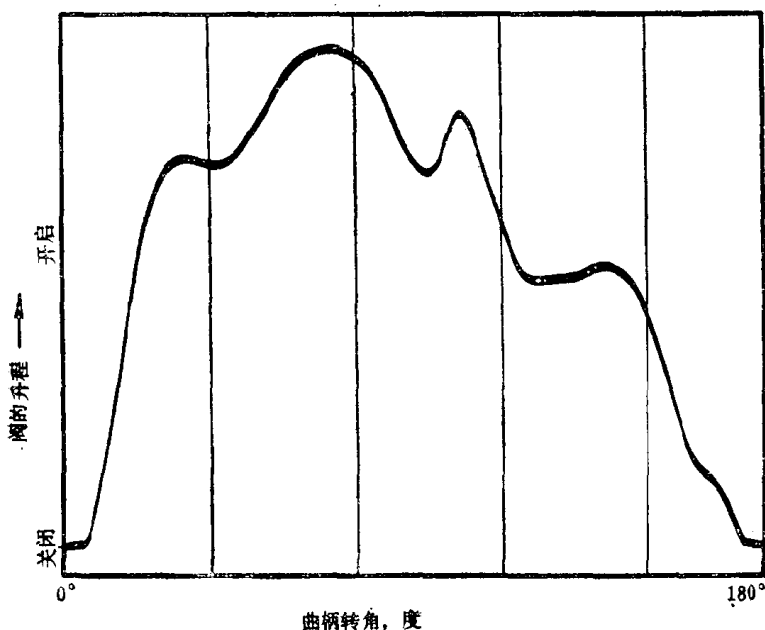


图 1—7 抽吸含气泥浆时吸入阀的
工况(可预测泵入气态物质的影响)