

曹钧 编著

螺杆钻具使用

维修手册

LUOGAN ZUANJIU SHIYONG
WEIXIU SHOUC

新疆科学技术出版社



螺杆钻具使用维修手册

曹 钧 编著

新疆科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

螺杆钻具使用维修手册 / 曹钧编著. — 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2006.9

ISBN 7-80727-410-7

I. 螺… II. 曹… III. 螺纹式钻杆 - 维修 - 手册

IV. TE921.07-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 103808 号

出版发行	新疆科学技术出版社
	地址: 乌鲁木齐市延安路 21 号 邮编: 830001
	电话: (0991) 2870049 2866319 (Fax)
	E-mail: xjkjcbhbs@yahoo.com.cn
印 刷	乌鲁木齐大金马印务有限责任公司
版 次	2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷
开 本	787 mm × 1092 mm 1/16
印 张	16
字 数	350 千字
定 价	35.00 元

版权所有, 侵权必究

前 言

随着钻井工业的发展,在钻具市场中,制造厂商及钻井技术人员日益被井下动力钻具所吸引。特别值得一提的是:近年来,螺杆钻具在我国得到了广泛的应用和迅速的发展。

螺杆钻具的主要特点是:结构简单、易损件少、工作可靠、维修方便。正常工作时,其扭矩与马达压差成正比;转速与钻井液流量成正比。它可适应三牙轮钻头、金刚石钻头、刮刀钻头和喷射式钻头钻井,可使用多种钻井液,效率高、故障少,钻具长度较小,特别适合于定向钻进和长钻程直孔钻进。但值得注意的是:螺杆钻具造价较高,在井下工作时会有一些故障,因此出于经济效益的考虑,必须对其进行及时的维修保养。因此,编著者根据自己的工作经验及理论知识,编著了《螺杆钻具使用维修手册》。

本手册的主要特点:

1.书中较详细地阐述了液动螺杆钻具的结构、工作原理、使用方法、使用过程中的问题及故障分析、维修螺杆钻具的设备、螺杆钻具的拆卸程序与维修保养、螺杆钻具的组装程序、国内外螺杆钻具的展望等。

2.内容力求新颖、广泛、全面,理论上力争做到由浅入深、简单易懂,并尽量反映国内外最新成就和发展趋势。

3.采用国际单位与行业单位相结合。

4.专业名词和图形符号均符合我国新制定的相应标准。

全书共八章五个附录。

黄水潮高级工程师审阅了书稿,提出了具体的修改意见。他知识渊博,学风

严谨,是值得学习的榜样。对他的帮助指导,表示感谢并致以崇高的敬礼。

本书文稿的计算机录入工作,主要由王萍、王香丽、周萌等同志完成,同时王萍同志还负责了全书文字、图表的校对工作,对她们的辛勤劳动深表感谢!

撰写本书的过程中,作者得到了各级领导的支持以及上级机关和室里同志们多方帮助,在此一并表示感谢!

编著者
2006年8月

内容简介

《螺杆钻具使用维修手册》主要介绍了液动螺杆钻具的结构、工作原理、使用方法、使用过程中的问题及故障分析、维修螺杆钻具的设备、螺杆钻具的拆卸程序与维修保养、螺杆钻具的组装程序、国内外螺杆钻具的展望等内容。其内容比较新颖、广泛、全面,并且在理论上力争做到由浅入深、简单易懂。在理论和实践方面,本书着重介绍具体方法和实施措施,便于掌握和应用,并且注重对于基本的理论和原理的分析。

本书对从事螺杆钻具设计、使用与维修保养的工程技术人员、操作人员及大专院校相关专业的师生有一定参考价值。

目 录

第1章 概论

1.1 钻探工程中的钻井方法及相关的问题	(1)
1.1.1 从地面向井下传递能量	(2)
1.1.2 井下产生动力	(2)
1.1.3 破碎岩石需要的力	(3)
1.1.4 总能量平衡	(4)
1.2 钻井技术的发展	(4)
1.2.1 钻井方法的演变	(4)
1.2.2 井下马达的现今发展阶段	(5)
1.2.3 直接破岩方法取得的进步	(7)
1.3 螺杆钻具及其历史背景	(8)
1.3.1 螺杆钻具	(8)
1.3.2 螺杆钻具的历史发展过程	(9)
1.4 小结	(10)

第2章 螺杆钻具简介

2.1 螺杆钻具的特点	(11)
2.2 螺杆钻具的结构组成	(12)
2.2.1 旁通阀组件	(12)
2.2.2 泥浆马达	(13)
2.2.3 连杆机构	(16)
2.2.4 驱动轴总成	(16)
2.3 螺杆钻具的结构特点	(18)

2.3.1 总成	(18)
2.3.2 排液	(18)
2.3.3 导斜作用	(19)
2.4 多头螺杆钻具简介	(19)
2.5 螺杆钻具的工作原理	(21)
2.6 螺杆钻具的主要技术参数	(23)
2.6.1 钻具尺寸	(23)
2.6.2 钻头水眼压降	(23)
2.6.3 井眼尺寸范围	(23)
2.6.4 转速	(24)
2.6.5 排量	(26)
2.6.6 扭矩	(26)
2.6.7 压力	(28)
2.6.8 功率	(29)
2.6.9 轴向推力	(30)
2.6.10 工作液	(31)
2.6.11 效率	(32)
2.6.12 马达空转压差	(39)
2.6.13 马达“失速”压降	(39)
2.6.14 钻具重量	(40)
2.6.15 联接螺纹	(40)
2.6.16 螺杆钻具使用寿命	(40)
2.7 螺杆钻具产品及生产厂家	(40)
2.7.1 代纳钻具	(40)
2.7.2 纳维钻具	(41)
2.7.3 贝克钻具	(41)
2.7.4 国产螺杆钻具及厂家	(42)
2.8 几种特殊的螺杆钻具	(43)
2.8.1 弯壳体螺杆钻具	(43)
2.8.2 小直径螺杆钻具	(44)
2.8.3 取心钻进螺杆钻具	(44)
2.8.4 大流量跟管钻进螺杆钻具	(45)
2.8.5 充油轴承螺杆钻具及其他	(45)

第3章 螺杆钻具的使用

3.1 钻井前的准备工作	(46)
--------------------	------

3.1.1 配套设备	(46)
3.1.2 选取钻具	(47)
3.2 水力设计	(48)
3.2.1 泵量	(48)
3.2.2 泵压	(49)
3.2.3 最佳钻压和最大钻压	(55)
3.3 下井	(57)
3.3.1 钻具组合	(57)
3.3.2 现场检查螺杆钻具	(58)
3.3.3 试验	(59)
3.3.4 下钻	(60)
3.3.5 重复钻进及扩孔将钻具下到井底	(61)
3.4 钻进与定向	(62)
3.4.1 钻进	(62)
3.4.2 定向	(63)

第4章 有关螺杆钻具的使用问题及其故障分析

4.1 用好螺杆钻具的必要条件	(65)
4.2 螺杆钻具使用过程中的注意事项	(67)
4.2.1 螺杆钻具下井前的地面检查	(67)
4.2.2 把钻具及其组合下到井眼里	(69)
4.2.3 开动钻具	(69)
4.3 定向钻井中有关螺杆钻具的使用问题	(69)
4.3.1 螺杆钻具的选择	(70)
4.3.2 弯接头的选择	(70)
4.3.3 反扭矩对定向钻井的影响	(71)
4.3.4 其他	(72)
4.4 螺杆钻具在井下出现的故障分析	(73)
4.4.1 螺杆钻具马达失速问题	(73)
4.4.2 螺杆钻具的故障分析	(73)
4.5 从井眼中起钻	(75)
4.5.1 提钻前最后一次测斜	(75)
4.5.2 起钻及随钻测斜的仪器出井	(75)
4.5.3 钻具出井前后的一些注意事项	(75)
4.5.4 清洗检修螺杆钻具	(76)

第5章 螺杆钻具维修保养设备

5.1 概述	(77)
5.2 螺杆钻具维修保养原则	(77)
5.3 螺杆钻具的修理车间	(79)
5.3.1 修理车间	(79)
5.3.2 修理车间的设备简介	(79)
5.4 螺杆钻具液压拆装架	(84)
5.4.1 简介	(84)
5.4.2 工作原理	(84)
5.4.3 技术性能	(86)
5.4.4 安装与调试	(87)
5.4.5 使用和保养	(88)
5.4.6 液压拆装架与通用的车间设备	(89)
5.5 增压设备	(92)
5.5.1 增压设备的液压回路简介	(92)
5.5.2 增压油缸	(93)
5.6 螺杆钻具液马达试验台	(97)
5.6.1 技术背景	(97)
5.6.2 设计原理	(97)
5.6.3 螺杆马达试验台技术性能	(98)
5.6.4 螺杆钻具马达试验台组成部分简介	(99)
5.6.5 技术关键及解决办法	(101)
5.7 螺杆钻具马达试验台微机数据采集与处理系统	(105)
5.7.1 概述	(105)
5.7.2 系统性能与技术指标	(105)
5.7.3 系统硬件构成及各部分功能	(106)
5.7.4 系统软件	(107)
5.7.5 系统的特点	(112)
5.8 测功机	(114)
5.8.1 概述	(114)
5.8.2 技术特性参数	(114)
5.8.3 结构与工作原理	(114)
5.8.4 安装与调节	(116)
5.8.5 使用和保养	(116)

第 6 章 螺杆钻具的拆卸检修与保养程序

6.1 概述	(118)
6.2 拆卸传动轴接头部件	(119)
6.2.1 填写卡片	(119)
6.2.2 拆卸传动轴接头	(120)
6.3 拆卸泥浆马达	(123)
6.4 拆卸轴承	(124)
6.5 拆卸旁通阀及泥浆筛网	(127)
6.5.1 拆卸 $3\frac{3}{4}$ "规格钻具的旁通阀	(127)
6.5.2 拆卸 $4\frac{3}{4}$ "~ $11\frac{1}{4}$ "规格钻具的旁通阀	(128)
6.5.3 拆卸泥浆筛网	(128)
6.6 拆卸万向节	(129)

第 7 章 螺杆钻具的组装程序

7.1 组装螺杆钻具泥浆马达	(132)
7.2 组装旁通阀部件	(133)
7.2.1 组装 $3\frac{3}{4}$ "规格钻具的旁通阀	(133)
7.2.2 组装 $4\frac{3}{4}$ "~ $11\frac{1}{4}$ "规格钻具的旁通阀	(134)
7.3 组装轴承部件	(134)
7.4 组装万向节部件	(137)
7.4.1 万向节弧瓣间隙测量	(138)
7.4.2 万向节橡胶套筒安装	(138)
7.5 加固万向节(螺纹联接) 与 ND ₄ 轴承部件组装步骤	(142)
7.6 螺杆钻具的最后成型组装	(149)

第 8 章 螺杆钻具的发展

8.1 国外井下动力钻具的发展情况	(155)
8.1.1 俄罗斯	(155)
8.1.2 美国	(157)
8.1.3 西欧及其他国家	(159)
8.2 现代井下动力钻具发展前景	(160)
8.3 螺杆钻具的技术进展	(161)

8.3.1 螺杆钻具的新发展	(161)
8.3.2 结构及零部件的改进	(166)
8.4 井下动力钻具展望	(169)
8.4.1 进一步提高井下动力钻具的工作可靠性	(169)
8.4.2 重视井下动力钻具配套技术的发展	(170)
8.4.3 研制适应小排量钻井工艺的井下动力钻具	(170)
8.4.4 完善井下动力钻具导向钻井系统的工作性能,实现钻井的闭环控制 和最优化	(170)
8.4.5 我国井下动力钻具的应用、研究和发展	(171)

附 录

附录 A 国内外部分螺杆钻具技术参数	(172)
附录 B 代纳钻具液力平衡图	(181)
附录 C 螺杆钻具水力手册	(184)
附录 C1 确定通过地面设备的压力损失	(184)
附录 C2 确定通过钻杆内腔的压力损失	(187)
附录 C3 确定通过加重钻杆、钢钻铤、无磁钻铤内部的压力损失	(194)
附录 C4 确定通过北京 DYNA-DRILL 螺杆钻具泥浆马达的 压力损失	(196)
附录 C5 确定通过马达、钢钻铤和无磁钻铤与井眼间环形通道上的 压力损失	(197)
附录 C6 确定通过钻杆和加重钻杆与井眼间环形通道上的压力损失 ...	(213)
附录 C7 根据实际泥浆密度修正系统压力损失值	(226)
附录 C8 用实际使用泥浆的塑性粘度修正系统压力损失值	(227)
附录 C9 泥浆通过钻头水眼的压力损失	(228)
附录 D 螺杆钻具的维修报告表及部分钻具明细表	(232)
附录 E 单位符号和本书所用的一些单位与法定计量单位换算表	(240)
附录 E1 单位	(240)
附录 E2 符号	(240)
参考文献	(242)

第 1 章 概论

1.1 钻探工程中的钻井方法及相关的问题

在钻探工程中,钻井方法根据马达从地面或是从井底附近驱动钻头可分为两大类。当马达位于地面时,钻头的运动是靠一柔性缆绳或刚性杆或管柱来传递。马达在井下时,管柱通常是导引钻具,补偿机械反作用力以及传递流体动力或原动力。这是一种简化的分类法。实际上,马达驱动、动力传递、钻头破岩是一个复杂的工艺过程,且钻头破岩是靠组合作用实现的。例如,当马达位于地面时,钻头破岩是井下马达加上管柱旋转的综合作用的结果(不考虑流体的工作方式)。由于本书讨论螺杆钻具的相关问题,因此,下面主要讨论上述两种钻井方法及相关的问题(见图 1-1)。

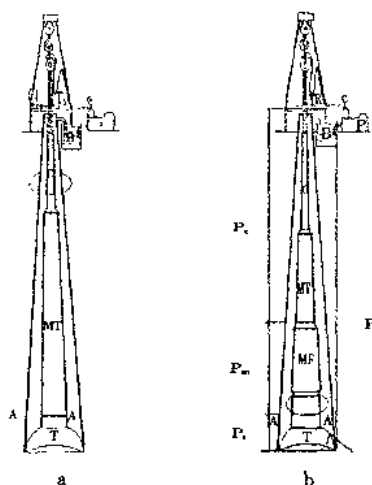


图 1-1a 转盘钻井 图 1-1b 井下马达钻井

P_p —泵压 P_c —钻柱内压力损失 P_t —钻头上压力损失 P_a —环空压力损失 P_m —马达中的压降
 TR—转盘 C—钻柱 MT—钻铤 MF—井下马达 T—钻头 A—环空
 a 中 $P_p = P_c + P_t + P_a$ b 中 $P_p = P_c + P_m + P_t + P_a$

1.1.1 从地面向井下传递能量

从理论上讲,任何类型马达都可用以驱动钻头,向钻头传递轴向、往复、振动或连续旋转的运动。当然还存在一些直接用能量进行破岩的钻井方法,此时,能量不必首先转换为机械能,例如,利用热力熔岩钻井或用聚爆钻井等。在表 1-1 中列举了如何从地面向井下传递能量(仅列举那些已进行过试验或已用于实践)的各种方法,这些方法仅供在实际施工过程中参考使用。

表 1-1 从地面向井下传递能量的方法

能 量	a 利用现有循环系统	b 利用专门的循环系统	c 直接作用法
1.机械能	依靠钻柱运动	依靠钻柱运动	常规转盘钻井(R)
2.液力能	依靠钻柱运动利用流体 ^① 的压力和流速	依靠钻柱运动利用钻井液以外的工作流体的能量	常规转盘钻井(R)“射流”(J)流体或弹丸喷射等
3.热动力能或气动能	利用空气或气体的膨胀作用	利用空气或气体的膨胀作用	震动波空气聚爆
4.电能	利用专门的钻柱	利用电缆 ^②	利用熔化,火花或电磁放电、电解、高频、电感等
5.振动	利用钻井液或管柱传递振动波	利用钻井液或管柱传递振动波	直接作用于岩石
6.化学能	向气流中添加一种燃料或一种氧化剂	利用特殊燃料	依靠化学反应
7.核能		向井内送入一带核反应堆的专门钻进装置	利用熔化

说明:① 2.a 相当于液力井下马达。

② 4.b 相当于电钻钻井,但也可能是组合的方法:一种爆燃式井下马达,可同时利用燃料的化学能及气流的压力(即 3.a+4.a)。最常见的则是把涡轮钻井与转盘钻井两种方法进行组合(即 2.a+1.a)。

1.1.2 井下产生动力

有许多方法可把运动直接转换为井下马达的运动。在浅层钻进时,可用震击器靠重力提供动力钻井,刚性或柔性钻柱的运动与钻头是分离的。带有运动元件的钻具,特别是牙轮钻头,也是运动转换器,它可使工作元件以不同于钻柱的转速旋转。一些连接在某种旋转马达上的减速器或增速器也属于这一范畴。当钻头与工作面接触时,在某些情况下产生的振动,能对钻头的工作产生相当大的有利或不利影响。在常规的转盘钻井中,这些因素的影响往往被忽略,而井下马达产生的高转速及大功率,则增加了它们的重要性。在表 1-2 中列举了如

何利用井下动力(仅列举那些已进行过试验或已用于实践)的各种方法,这些方法仅供在实际施工过程中参考使用。

表 1-2 如何利用井下动力

马达或转能器类型	a 往 复 式	b 旋 转 式	c 其 他
1.机械的	不同方式的浅层钻进及顿钻(P)	旋转运动的转换	振动
2.液力的	顿钻马达	涡轮钻具(T);容积式马达(D)	用各种方法在流体中造成超压、真空或脉动
3.气动的	空气锤	气体或压缩空气的容积式马达及涡轮钻具	对可压缩流体的容积式马达及涡轮钻具
4.电力的	电或磁的顿钻装置	电动钻具(E)	发电机,磁场,等离子,电子束,激光等
5.振动的	各种振动装置	(用—井下振动装置使钻头振动)	
6.燃烧或爆炸的	冲击锤或振动器	旋转马达(用于公共工程)	热力钻井;燃爆钻井
7.核能的	(仅供参考)		

有些钻井方法可综合使用。例如声波钻井是利用一振动的钻铤加载到钻头上。类似地,有一种近年来刚取得专利的钻井系统,用泥浆使井底动力钻具带动发电机向电动钻具供电并驱动钻头。

1.1.3 破碎岩石需要的力

传到钻头处的能量往往不能被充分利用,除非它能转换成钻进中能够有效利用的有用功。

岩石的破碎可以用剪切、研磨、冲击、疲劳或它们的组合方法实现。对于每种破岩方法及每种岩层,钻头在破岩时都有一些最优的转速及钻压值。然而,压力、温度或周围液体的性质等的变化都可能对破岩效果产生影响。

现正通过对整个钻井系统进行适时的变量计算,寻求井下马达的最优性能。整个系统包括:井下马达、钻井液、钻头及地层。需要研究的影响因素超过100个,但其中至多有10个因素应在钻台上予以考虑。如果在众多因素中的一个发生较大变化,就可能产生危险及意外。把能量高效率地传递到井底并有效地转换为有用功是很重要的,但也必须注意钻井过程中产生的阻力,应使之不超过钻头所具有的有用功。井内液柱压力与岩层本身所含液体压力之间的压力差,以及地层中的应力造成的有利与不利影响,能减少岩石对钻头的阻力矩,但也可能造成堵塞已钻成的井眼空间的严重情况。井底的动力条件也会引起钻具的振动,这类振动不是改善就是削弱钻头的工作性能,在极限情况下也会使钻头的工作完全失效。例如,钻头在井底仅是“跳动”,而没有进尺就是这类失效的典型事例。

1.1.4 总能量平衡

用于把井底钻屑携带到地面的这部分能量,通常仅占所用总能量的很小一部分。然而,机械的、液力的或动力条件的瞬时变化,都会对钻头的工作性能产生严重影响。因此,无论是轴向的或是角向的惯性力,都可以改善钻头及马达的工作性能。在井下高速旋转的马达,其旋转质量的惯性矩是一个重要的调节因素。在采用钻具下落动能进行浅层钻井的方式之后,现在又发展了“惯性”钻具,它是利用旋转钻铤的惯性矩的突发动力驱动钻头钻井。

1.2 钻井技术的发展

1.2.1 钻井方法的演变

在两千多年钻井历史中,早期只有一种用人工或机械钻井的方法钻入地下几十米深,这就是用重力做原动力的顿钻钻井方法。最初从井内提取液体和气体碳氢化合物的时间可追溯到很远。通常认为现代石油工业最早开始的时间是 1895 年 8 月 27 日,在美国宾州的 Titusville 钻成的 69.5 inch (21 m) 深的井。最早使用管子保持液体流动的转盘钻井的例子是 1845 年法国工程师 Fauvelle 在 Montpellier 附近钻的水井,这是个创举:深 170 m 的水井,钻速达到了 $1.20 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$,这在当时是史无前例的。但是现在同样地层孔底动力钻具钻井每分钟钻进不少于 2 m。

早在 1920 年,苏联就对井下动力钻具产生兴趣,而从 1945 年起,西方一些国家和苏联走了两种不同的途径。一方依靠发展转盘钻井技术求得进步,另一方则把重点放在发展井下动力钻具。双方都尽力通过钻井液向井下输送更多的能量。在美国通常利用钻头水眼处形成喷射的附加冲击力,而在苏联则是利用涡轮将液力能转变成机械能。这两种不同的途径现在开始汇合,例如,1956 年法国首先将转盘钻和井下动力钻具混合使用。在西方,井下动力钻具的应用领域正在逐渐扩大,而在苏联,经过四分之一世纪之后,转盘钻井正在恢复其所失去的某些领地。自从 1873 年发表第一个涡轮钻具专利以来,井下马达的研制工作和设计思想均有了很大发展。螺杆钻具使用已 40 多年了,制造厂商对螺杆钻具的兴趣依然有增无减(表 1-3)。

表 1-3 钻井方法的发展过程

时 期	占优势的方法	实验的方法	正在发展的方法
1860~1920 年	顿钻 (绳索实心钻杆或空心刚性钻杆)	转盘钻	井下马达
1920~1930 年	顿钻+转盘钻	涡轮钻	电钻
西 半 球			
1930~1945 年 1945~1960 年	转盘钻 转盘钻	喷射钻井	涡轮钻
1960~1980 年	直井钻井;转盘钻+喷射钻井 定向钻井;转盘钻+液力井下马达	电钻 气动顿钻	高压喷射钻井 喷丸钻井 脉冲钻井
苏 联			
1930~1945 年	转盘钻	涡轮钻	电钻
1945~1970 年	涡轮钻 ($>2/3$)+转盘钻 ($<1/3$)	电钻 容积式马达	直接破岩法
1970~1980 年	液力井下马达+转盘钻	电钻	直接破岩法
全 世 界			
1980 年至今	R-T-V-J 四种主要方法的联合 使用;转盘钻、涡轮钻、螺杆钻、 喷射钻井	电钻 液力直接破岩	各种直接破岩法

1.2.2 井下马达的现今发展阶段

1.2.2.1 液力冲击式马达

这是一个很有吸引力的解决办法,它采用连续的冲击力破碎岩石,这要比当前沿用的切削研磨或疲劳破坏岩石需要的能量少得多。

然而,这种技术在应用时有以下几个限制:

- (1) 这种方法不是任何情况下都能使用,因此它仅适用于硬地层;
- (2) 冲击式机械装置上下运动比旋转式更易磨损;
- (3) 在井下马达的旋转速度下,有相当大的一部分能量被硬地层转变为纵向振动,这个振动会给钻头附加一个很大的冲击效应。

实际应用最早的井下马达可能是“Wolski 冲锤”(图 1-2)。在 20 世纪,曾使用这种马达以 $500\sim 600$ 冲 $\cdot\text{min}^{-1}$ 的冲次钻成 300 m 深的井。许多顿击设备在设计时都想提高其旋转钻头的性能(有旋转—顿击作用),这些设备还在试验阶段,尚未达到工业阶段。