

套管的磨损与腐蚀

石油部科学技术情报研究所

一九八三年八月

TF 256

说 明

本资料是根据国外《套管和钻杆的维护》(Caring for Casing and Drill Pipe)一书中的部分文章翻译汇编而成的。该书是选自国外一些主要杂志中有关套管、钻杆的磨损和腐蚀方面的文章汇编而成的论文集。

本资料共包括七篇文章,这些文章是英荷壳牌石油公司(Shell Oil Co.)和英国石油技术有限公司(Petrotech Ltd.)经过大量的试验和研究工作而写成的。文章中分析了各种情况下套管产生磨损和腐蚀的原因,并推荐了一些防止套管磨损和腐蚀的措施。这对我们解决国内油田套管磨损和腐蚀问题有一定的参考价值。可供现场工程技术人员和从事这方面科研和教学的同志参考。

本资料由杨茁同志翻译,周邦杰、谌铁荪同志校对。由于水平有限,错误之处请读者批评指正。

一九八二年十二月

5049121

目 录

一、使用钻杆（橡皮）护箍减少高接触载荷条件下套管的旋转磨损	（1）
二、起下钻作业不是套管磨损的主要原因.....	（11）
三、重晶石和钻屑会加剧钢丝绳对套管的磨损.....	（30）
四、从试验数据估计现场的磨损情况.....	（37）
五、溶解气是腐蚀的关键.....	（52）
六、腐蚀疲劳是钻杆柱大批损坏的原因.....	（56）
七、效果最好的各种防腐技术.....	（61）

一、使用钻杆(橡皮)护箍减少高接触

随着钻井深度的增加, 旋转的钻杆与套管的接触时间多了, 并且需要进行更多的起下钻和钢丝绳作业。所有这些因素都将加速套管的磨损。

试图使用钻杆（橡皮）护箍来减少套管的磨损，但它的使用效果还存在一些问题。为此“壳牌”公司执行了一个试验方案，以鉴定钻杆护箍在减轻套管磨损中的有效性，并测定钻杆护箍和钻杆接头对套管的磨损率。

表 1 列举那些可能是套管磨损的重要参量。由于套管磨损的复杂性, 需要有一台尽可能接近实际钻井工况的试验装置。

表 1 有关套管磨损的各种参量 ω

- 1. 接触力的大小。
- 2. 钻井液中粒状物质（砂）的大小、成分和数量。
- 3. 钻井液的成分。
- 4. 接触表面的材料（包括钻杆和套管的钢型、硬化表面和钻杆护箍）。
- 5. 相对运动的形式（转动的或纵向的）。
- 6. 相对速度的大小。
- 7. 配合面的接触时间（快速钻进与慢速钻进比较）。
- 8. 钻杆、钢丝绳和套管的尺寸。
- 9. 温度。
- 10. 化学作用。
- 11. 已磨损的套管的几何形状对进一步磨损的影响。

因此, 装置是按试验足尺部件在钻井过程中受到各种接触载荷的条件设计的。

另外，按钻井作业应用现场泥浆，以典型的流速流过套管磨损面的实际流动型式来设计装置。

这次套管磨损的研究范围仅限于接触力和泥浆成分对磨损率的影响。

尽管目前对有关套管的旋转磨损的认识还不完全,但从这些磨损试验中仍能得出以下推论:

1. 泥浆中不含磨料, 在各种接触载荷条件下, 钻杆护箍对套管的磨损均要比旧钻杆接头对套管的磨损小得多。
2. 泥浆中含磨料, 在高接触载荷条件下, 钻杆护箍对套管的磨损比钻杆接头对套管的磨损要小。
3. 泥浆中含磨料, 在低接触载荷条件下, 钻杆护箍对套管的磨损超过了旧钻杆接头对套管的磨损。
4. 由于钻杆护箍在高接触载荷条件下有优点, 所以在设计上如何使它在这种载荷下保持固定而不产生滑移是很重要的。

5. 加大泥浆密度，磨损率有下降趋势。

6. 使用油基泥浆进行的有限的试验结果表明，在密度相同的油基泥浆和水基泥浆中，钻杆接头对套管的磨损率无明显差异。

试验装置

试验装置（图1）使用了足尺的钻杆接头和钻杆护箍，并把它们安装在直径为4½英寸的实心轴上。整段套管作为可更换的磨损试件。通过液压活塞使它紧靠在旋转的钻杆接头或者护箍上。

为了模拟现场条件，让泥浆从套管顶部沿切线方向输入，形成旋流经过磨损表面。该试验装置具有以下性能：

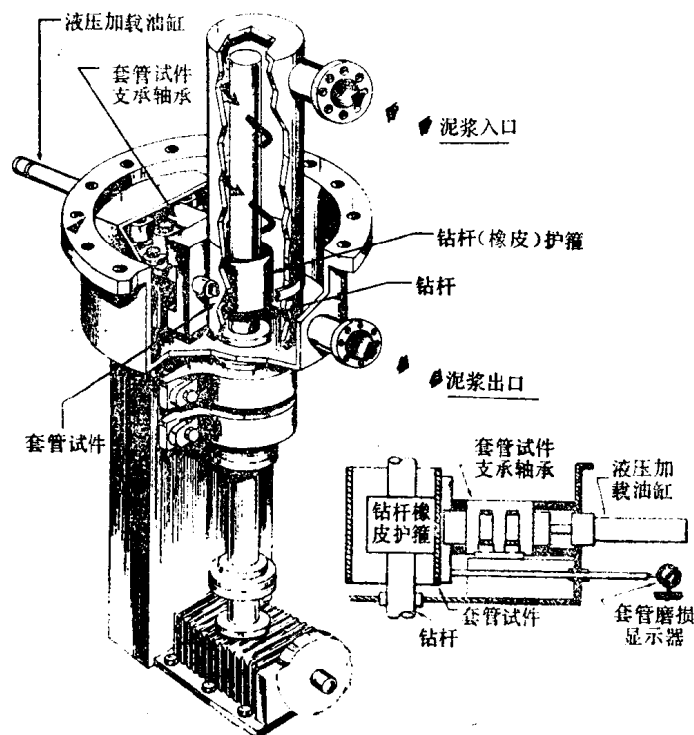
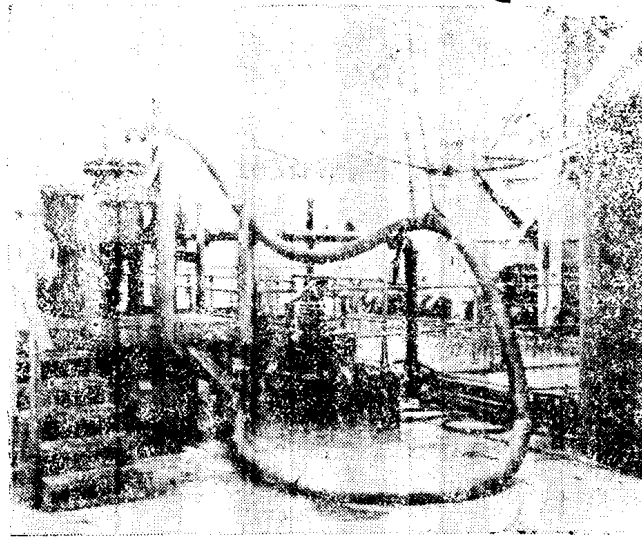


图1 试验装置

1. 钻柱与套管之间的最大接触压力为 10,000 磅。
2. 钻柱的旋转速度为 50~200 转/分。
3. 泥浆最大流速为 800 加仑/分。
4. 钻柱的最大输入功率为 25 马力。
5. 最大试验压力为 100 磅/英寸²。
6. 最高试验温度为 250°F。

使用这种试验装置，可以测定套管的总磨损深度和体积，以及试验期间套管的磨损率和摩擦力矩。

试验中分别使用了经过休斯-X微粒子表面硬化处理的新、旧 4 1/2 英寸、X- 孔钻杆接头，以及拜伦-杰克逊 (Byron-Jackson) 4 1/2 英寸×7 英寸格里普洛克 (Grip-lok) 耐天然气钻杆护箍。磨损试件为长 1 英尺、直径 9 5/8 英寸的 N-80 套管，重 53.5 磅，以测定套管随载荷而变化的磨损情况。

表 2

试验用的泥浆性能

12~25号试验所用的加重现场清水泥浆

表观粘度	22厘泊
塑性粘度	19厘泊
屈服点	6磅/100英尺 ²
初切力/终切力	1/21 磅/100英尺 ²
pH	12.1
API 失水量	9厘米 ³
密度	12.5磅/加仑
Cl ⁻	4,800ppm
Ca ⁺⁺	100ppm
钻屑	1%*

26和27号试验所用的加重现场油基泥浆

表观粘度	34厘泊
塑性粘度	30厘泊
屈服点	8磅/100英尺 ²
初切力/终切力	2/7 磅/100英尺 ²
pH	—
API 失水量	<0.5厘米 ³
高温高压失水量	在300°F, 压力为500磅/英寸 ² 时, 失水量为2.2厘米 ³
密度	11磅/加仑
水 (H ₂ O)	8 %
油	74%
固相	18%
钻屑*	0.3%

* 100目筛孔筛余。

用三种类型的泥浆做试验：清水、现场使用的12.5磅/加仑的清水泥浆和11磅/加仑的油基泥浆（表2）。为了模拟磨料（钻屑），在一些试验用的泥浆中加入了3%（体积）的16~35目尖粒石英砂。

试验结果

为了测定钻杆接头对套管的磨损，共进行了十六次试验。在其中八次试验用的泥浆中加入了石英砂，以模拟钻屑的作用。

未经表面硬化的钻杆接头表面不与套管壁接触，只有硬化的磨损表面才与套管壁接触（图2）。钻杆接头在套管试件上磨出的磨痕（图3）与钻杆接头的形状完全吻合。

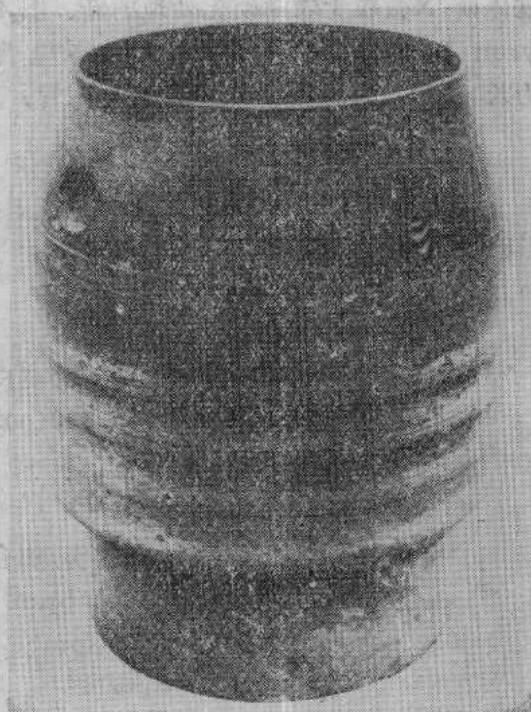


图2 试验用的钻杆接头

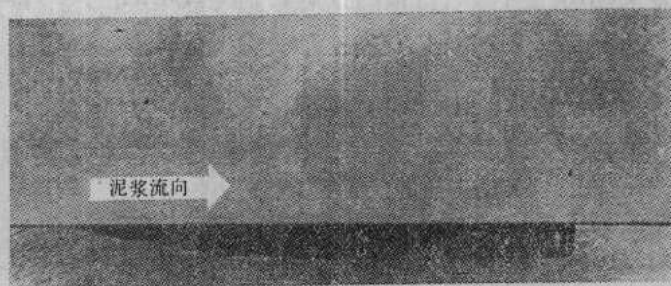


图3 钻杆接头磨损套管壁产生的凹痕

在磨损试验期间，钻杆接头磨入套管壁的深度由安装在试验装置外部的测微仪测量。套管磨损的总体积可根据填满磨痕所需的80~100目砂子体积来确定。

钻杆接头的试验结果表明（表3和图4）穿透率随钻杆接头和套管的接触时间和接触面积的增加而减小。而磨损率随接触载荷的降低而减小，但是这种减小也受到其它变量的影响，包括泥浆密度、砂子成分和磨损时间。

表 3

钻杆接头对套管的磨损

套管：9⁵/₈ 英寸、53.5磅、N-80；

钻杆接头：4¹/₂ 英寸、X-孔经休斯-X表面硬化处理；

泥浆： 1. 清水；

2. 12.5磅/加仑清水现场泥浆；

3. 11磅/加仑油基现场泥浆；

加砂量：加入3%（体积）的16~35目尖粒石英砂；

泥浆流速：约200英尺/分；

钻杆旋转速度：120转/分；

套管试件序号	泥 浆 类 型	试 件	载 荷 (磅)	试 验 时 间 (小时)	最大磨损 穿透深度 (英寸)	测量出的 磨损体积 (英寸 ³)
1	清水	1号新钻杆接头	2,000	5 ³ / ₄	0.084	0.39
2	" "	" "	5,000	2 ³ / ₄	0.363	4.24
3	" "	" "	10,000	1 ¹ / ₄	0.151	1.16
8	清水加砂	2号旧钻杆接头	1,000	14.3	0.145	1.26
6	清水加砂	" "	2,000	6.0	0.255	2.73
9	清水加砂	" "	2,000	23.0	0.240	2.37
7	清水加砂	" "	5,000	4.0	0.308	3.35
13	水基泥浆	3号旧钻杆接头	5,000	3.0	0.158	1.25
14	" "	" "	2,000	3.0	0.094	0.62
15	" "	" "	1,000	3.0	0.056	0.27
22	水基泥浆 加 砂	3号旧钻杆接头	2,000	3.0	0.086	0.48
24	"	" "	2,000	3.0	0.089	0.50
23	"	" "	1,000	3.0	0.055	0.23
25	"	" "	500	3.0	0.035	0.10
26	油基泥浆	3号旧钻杆接头	2,000	3.0	0.076	0.49*
27	"	" "	1,000	3.0	0.047	0.21*

* 没有循环泥浆。

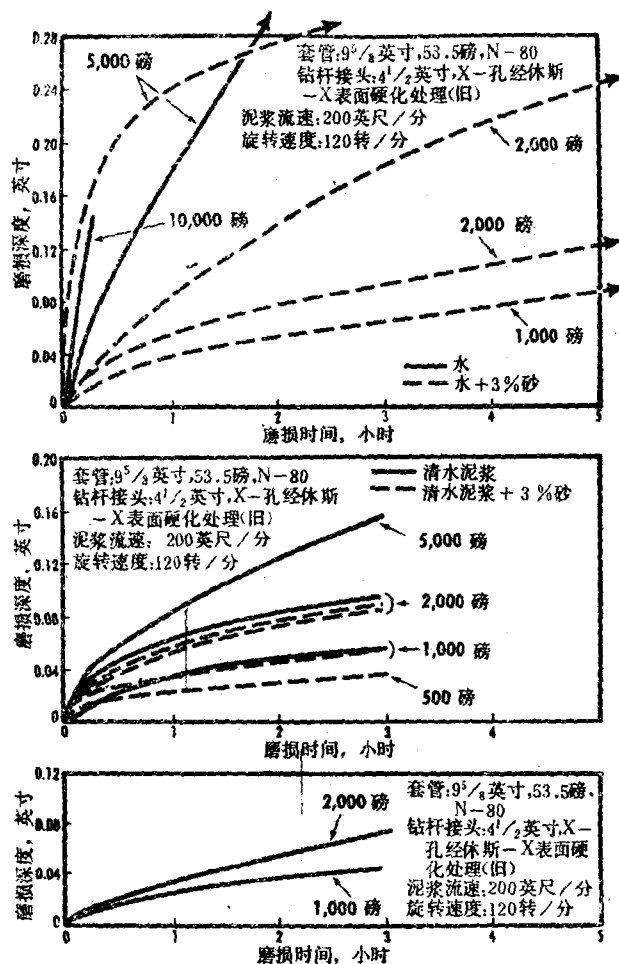


图 4 钻杆接头试验结果

钻杆护箍对套管的磨损

用清水和12.5磅/加仑的清水泥浆对钻杆护箍进行了十三次试验(表4),并在泥浆中加入3%的砂子,以模拟有磨蚀性的钻屑。

表 4

钻杆护箍对套管的磨损

套管: 9⁵/₈ 英寸、53.5磅、N-80;

钻杆护箍: 拜伦-杰克逊4¹/₂ 英寸×7英寸格里普洛克[代号“防风草”(Parsnip)]

耐天然气;

钻杆接头: 4¹/₂ 英寸, X-孔经休斯-X表面硬化处理;

泥浆: 1. 清水;

2. 12.5磅/加仑清水现场泥浆;

3. 11磅/加仑油基现场泥浆;

加砂量: 加入3%(体积)的16~35目尖粒石英砂;

泥浆流速: 约200英尺/分;

钻杆旋转速度: 120转/分;

套管试件序号	泥浆类型	试件	载 荷 (磅)	试 验 时 间 (小时)	最大磨损 穿透深度 (英寸)	测量出的 磨损体积 (英寸 ³)
4	清水加砂	钻杆护箍	5,000	1.9	0.253	2.04
5	"	" "	2,000	10.0	0.173	2.25
11	"	" "	2,000	14.2	0.173	1.53
10	"	" "	1,000	14.8	0.061	2.04
12	水基泥浆	" "	5,000	1 ³ / ₄	0.006	0
16	"	" "	1,000	9 ¹ / ₃	0.035	0.06
17	水基泥浆 加 砂	" "	2,000	3.0	0.060	0.10
18	"	" "	1,000	3.0	0.054	0.09
19	"	" "	500	3.0	0.055	0.13
20	"	" "	2,000	3.0		0.10
20	"	" "	2,000	6.0	0.073	0.14
21	"	" "	1,000	3.0		0.09
21	"	" "	1,000	6.0	0.076	0.12

与钻杆接头对套管产生的磨痕不同，钻杆护箍产生的磨痕表面是不均匀的（图5）。最大磨损量通常发生在磨痕的上端，这表明套管和护箍接触区下部的砂子被排除掉了。

接触力为2,000磅，试验时间为10小时（图5b）比接触力为5,000磅，试验时间为1.9小时（图5a），沿护箍产生的深磨损面积更大。由于这种深度是不均匀的，所以在试验中所测护箍磨入套管壁的深度并没有真实地反映出最大磨损深度。

钻杆护箍磨入套管壁的总磨损深度曲线也表明，穿透率随磨损时间的延长而减小的特点，这在钻杆接头试验中已被发现。但是通过测量套管的磨损体积来看，钻杆护箍对套管的磨损能力与所加载荷不成正比。事实上，在含有磨料的泥浆中，低载荷时的磨损能力增大。

用不含砂的泥浆进行试验，磨损时间在1小时以内时，套管没有出现可测量到的磨损，而仅仅是将套管壁表面磨光。

磨损比较

分析试验数据指出，许多因素对磨损率都有影响。虽然，还需做更多的试验来鉴别这些影响，但仍可作出一些观测结果。

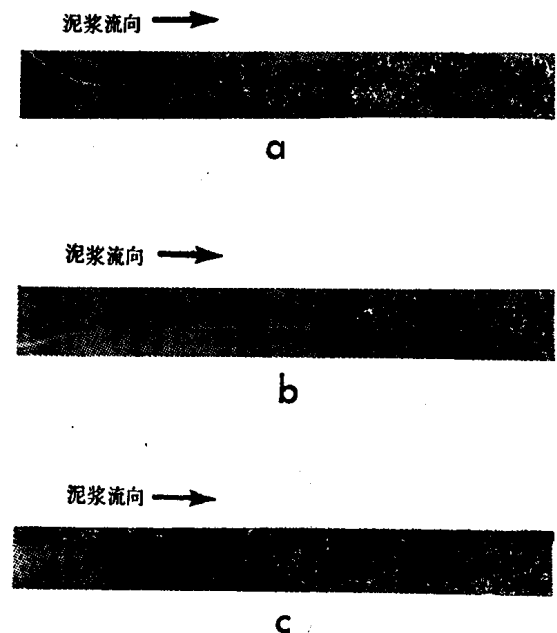


图5 钻杆护箍的磨损

用不含砂的清水进行的试验结果说明, 在各种接触载荷的作用下, 钻杆护箍比钻杆接头对套管的磨损显然要小得多。接触力分别为2,000磅和5,000磅, 进行一小时的磨损试验, 没有测量到钻杆护箍对套管的磨损。在水中加入3%的砂子, 钻杆护箍才开始磨损套管。

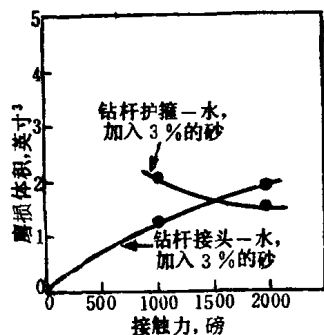


图6 在水中的磨损

这种液体中的磨损结果取决于砂子的粒径组成。当系统中的砂子被磨成较小的颗粒时, 磨损率就降低。

由于这一影响, 必须限制对两个顺序上相隔较远的试验进行直接比较, 而比较相邻的两次试验时, 砂子粒径变化的影响则可以忽略。

图6表明在高接触载荷作用时, 钻杆护箍对套管的磨损比旧钻杆接头对套管的磨损要小。但当接触载荷减小到某一值时, 钻杆护箍比钻杆接头对套管的磨损更快。事实上, 钻杆护箍对套管的磨损率随着接触载荷的减小而增加。

可以认为这是由于护箍在载荷的作用下产生变形, 影响砂子进入磨损区域。

在所有的载荷条件下, 钻杆护箍在清水中比旧钻杆接头在不含砂的加重水基现场泥浆中的磨损显著减小。

在清水中试验所看到的一般特性, 在含砂的加重泥浆中试验也可以观察到(图7)。在高接触载荷时, 钻杆护箍又表现出了防止套管磨损的良好性能。随着接触载荷的降低, 护箍对套管的磨损率重新增加, 直到它超过旧钻杆接头对套管的磨损率。

不过护箍超过钻杆接头磨损率的载荷, 在加重泥浆中比在清水中低。同样, 在加重水基现场泥浆中, 护箍对套管的磨损率随载荷降低而开始增加的点较低。

为了便于比较, 图7给出了在含3%砂子水中, 旧钻杆接头的磨损特性曲线。增加泥浆密度具有使磨损量减少的趋势。在高接触载荷作用时, 增加泥浆密度可以使磨损率显著减小。但由于存在砂子粒径被磨小的问题, 故对这一点还需要做更多的试验才能证实。

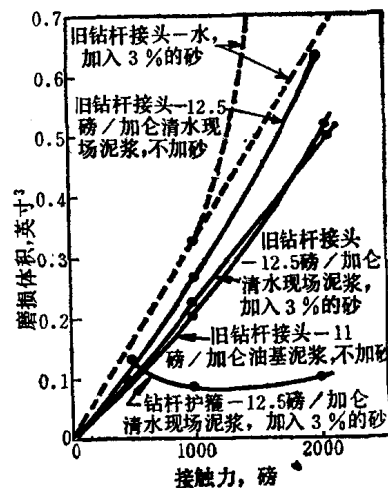


图7 在加重泥浆中的磨损

在加重的现场水基泥浆中试验, 改变砂子尺寸对磨损率并没有严重的影响, 因为试验时间较短和砂子参与磨损的总时间较短。

虽然, 钻杆接头在油基泥浆中的磨损比在水基泥浆中要小一些(图7), 但如果泥浆密度相似, 这一差异则并不大。

各种变量对试验的影响

在试验初期, 试验结果的重复性不合要求。那些用来进行比较的试验并不是连续做出的, 而是插入了许多其它条件的试验。为了证实含砂量的改变以及钻杆接头表面情况或二者同时导致无重复性, 连续进行了几次确定重复性的试验。

试验结果(表3和表4)再次说明了, 磨损过程中砂子成分和钻杆接头的表面情况的重要性。

间歇负载

九号试验观测了间歇负载对磨损率的影响。当最初的磨痕出现后, 对套管周期性地加载

和卸载，以观察这种现场常遇到的载荷形式是否对磨损率产生影响。

加载半小时后卸载，重新加载时先用钻井液将磨损区域至少冲洗三分钟。这样经过15个多小时的磨损后，发现周期性载荷对磨损率并无任何影响。磨损深度—磨损时间曲线表明，在周期性载荷试验的开始和结束阶段，曲线的斜率并无变化。

间歇负载的试验也适用于钻杆护箍，而且周期性载荷并不改变试验结果。

磨损体积

钻杆接头对套管磨损产生的磨痕形状与护箍产生的磨痕形状不同。前者与钻杆接头的形状相吻合（图2和图3），而后者则与护箍的形状不相吻合（图5）。

在磨痕上的这一差别说明了，钻杆护箍的变形特性对套管磨损的重要性（图8）。

从钻杆护箍的磨损情况来看，在泥浆流过护箍时，护箍与套管的接触区域上部分一开始就充填了具有磨蚀性的砂粒，接触区域下端砂子大量被排掉，因此，磨损主要发生在接触区域的上端。

套管在接触区域被磨损后，在未变形的护箍进入该区之前，变形的橡皮在凹陷区的接触载荷不大。随着磨损的不断加深，护箍磨损区域的下端承受的总接触载荷越来越大。

当载荷在接触区域上端减小时，砂子沿护箍接触区域延伸充满，而且磨痕逐渐向接触区域的下端扩展。

图9能帮助我们进一步理解这种磨损过程。图9a是在2,000磅力时，

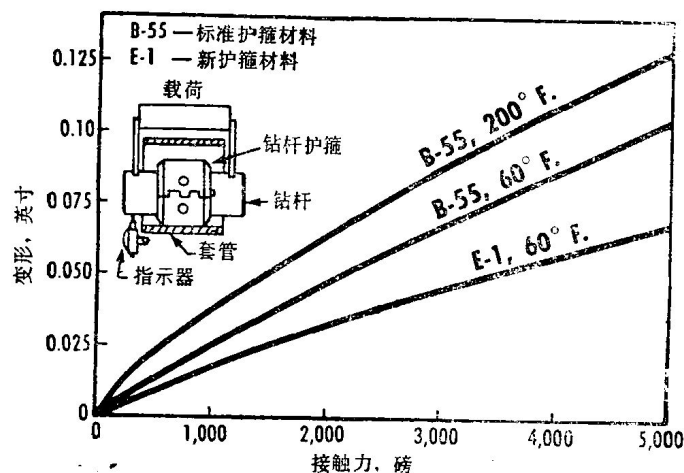


图8 钻杆护箍变形对套管磨损的影响

注：由Byron Jackson 公司进行试验1/3 1/72。

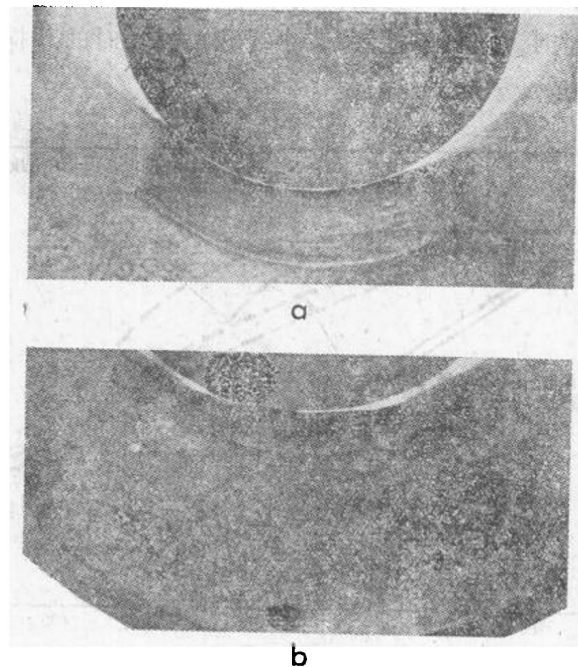


图9 钻杆护箍被磨损的形状

做11号试验的磨痕，与未变形的护箍相符。

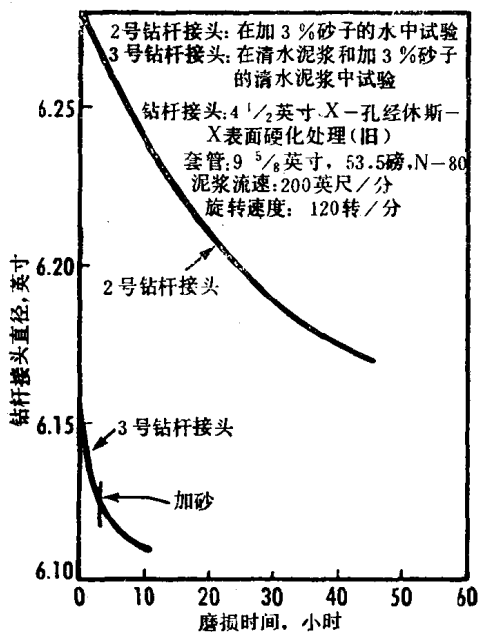


图10 钻杆接头的磨损

图9b是同一个试验中,在钻杆护箍变形的情况下,产生的磨痕的下端部分。

钻杆接头表面

在试验中使用了三个4¹/₂英寸的钻杆接头,一个是新的,另外两个是旧的。X-孔钻杆接头经休斯-X细粒碳化钨表面硬化处理。

由于试验中钻杆接头的表面硬化部分有相当程度的磨损,所以有必要说明磨损过程中钻杆接头的表面情况(图10)。

2号钻杆接头在试验中使用了46小时,相当于在现场使用了200个旋转日或300个钻井日。3号钻杆接头使用了12小时,或相当于75个钻井日。由于钻杆接头的磨损(图10),接头的圆柱形硬化表面被磨损微呈圆锥形(≈ 0.008 英寸)。

钻杆护箍的磨损及损坏

在试验中,要测定钻杆护箍在轴上开始产生滑动时的接触载荷。新护箍在接触载荷为2,000磅时开始产生滑动。护箍的不圆度为0.030~0.045英寸。

为了模拟护箍的旋转磨损,护箍被机械加工成圆形,然后进行滑移试验。当载荷为5,000磅时,护箍滑动很快。这种滑动使钻杆壁圆周方向出现划痕,从而增加了钻杆疲劳损坏的危险。为了解决钻杆护箍的滑动问题,试验时用键把护箍固定在轴上。

在试验期间钻杆护箍的直径减小很少。例如:5号试验,在含砂3%的水中,接触载荷为2,000磅,试验进行了10小时,护箍的直径仅减小0.013英寸,相当于60个钻井日的磨损。

当试验载荷达5,000磅时,钻杆护箍经1.9小时和1.75小时的磨损后损坏,外层包覆的橡胶与内部钢卡套脱开。

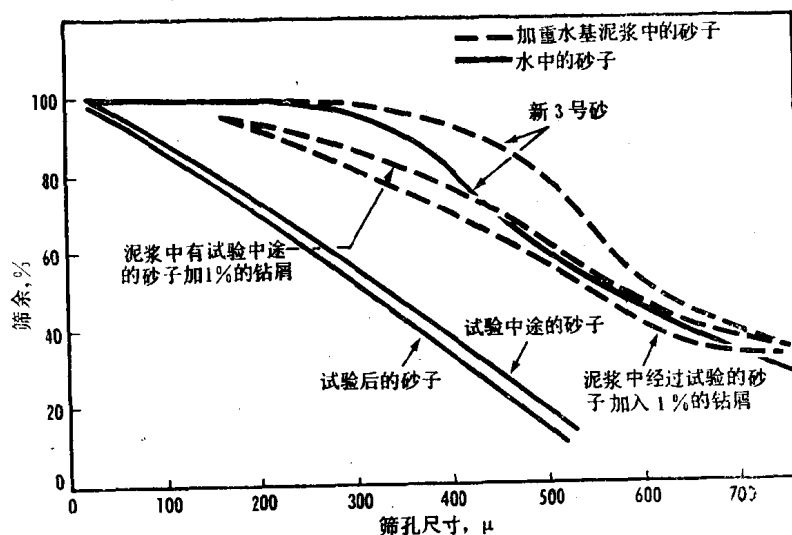


图11 砂子的成分

同供应厂商讨论, 知道钻杆护箍由新材料(E-1型)制成。在载荷为5,000磅时发生损坏, 主要是钢芯与钻杆护箍之间的粘接问题造成的。

因为钻杆护箍用在高接触载荷时有很大的优点, 所以使护箍橡皮粘结牢固而不产生滑脱就是设计中的一个重要问题。

新钻杆护箍的材料(E-1)虽然稍硬, 但从已做的现场试验来看, 对套管磨损的结果没有很大差异。但是较硬的材料能够改变护箍开始比钻杆接头加快磨损套管时的载荷。

砂子的成分

试验中所用的砂子是3级16~35目用于喷砂的尖粒石英砂(图11)。试验结果表明, 套管的磨损率与砂子成分有很大的关系, 因此在试验中对砂子的变化情况也做了研究。

在试验过程中, 砂子的粒径在磨损初期迅速减小, 然后尺寸变化较慢。但是, 用显微照片来研究尖粒砂子磨钝的情况表明, 砂子平均颗粒锐度并没有减小很多。

二、起下钻作业不是套管磨损的主要原因

我们已经讨论了由钻柱旋转对套管引起的磨损。壳牌石油公司对套管磨损的研究还包括, 钻杆和钢丝绳的往复运动引起套管磨损的试验性测试。

测试工作是在一系列的可控试验条件下进行的, 在试验中使用与现场实际尺寸相同的钻杆、钢丝绳和套管作为试件。

钻杆起下钻磨损试验表明:

- 磨损速率在水中最大, 在含砂的不加重胶体泥浆中稍小, 而在含钻屑或不含钻屑的加重泥浆中则更小。

- P-110套管的磨损速率通常小于K-55套管的磨损速率。

- 接触载荷对磨损速率的影响是高度非线性的。

- 最大磨损深度约比平均磨损深度大三分之一。

- 当假定在起下钻作业中, 所测到的套管磨损都是由钻杆体引起的时, 则由试验数据所确定的磨损系数比由现场磨损数据所确定的磨损系数要小得多。这表明现场磨损的主要原因并不是在起下钻时钻杆体对套管的磨损。

钢丝绳磨损试验的结果, 将在另一篇文章中讨论。

研究范围

目前, 研究套管磨损方面的报道很少, 在文献中也尚未见到由于起下钻作业而引起套管磨损的试验结果。

在往复部分的研究试验中, 选出有限的几个变量, 把试验限制在合理的范围内。这些变量对现场作业有重要的影响, 并且在某种程度上是可以控制的。它们是: 套管的级别、泥浆中的固相含量和类型、套管与钻杆或钢丝绳之间的接触载荷。

钻杆和钢丝绳的类型及其运动速度在试验中均保持不变。试验中使用的钻井液包括从清水到比重为14磅/加仑含砂或含石灰石微粒的水基泥浆。

在试验中使用了X-95钻杆和公称直径为15/32英寸的测井电缆, 并选用了K-55和P-110两种级别的套管, 以得到“软”、“硬”两种套管的试验数据。由于钻井泥浆类型的重要性, 在试验中使用了各种类型的泥浆。

施加在钻杆上的接触力分别为500磅/英尺、1,000磅/英尺、2,000磅/英尺。这三种载荷是根据以下计算得出的：在8°/100英尺的弯拐井段中，使用4¹/₂英寸的钻柱，当轴向拉力达到250,000磅时，将产生1,000磅/英尺的横向压力。

钢丝绳和套管的接触载荷是由钢丝绳在8°/100英尺的弯拐井段中，拉力达到7,000磅时产生的，相当于9.8磅/英尺。试验中还分别使用了4.9磅/英尺和19.6磅/英尺的接触载荷，以确定载荷的作用效果（表5）。

表 5

套管磨损试验中的变量研究

可变条件

套管级别：K-55、P-110

接触载荷（磅/英尺）：

钻杆 500；1,000；2,000；

钢丝绳 4.9；9.8；19.6；

钻井泥浆（磅/英尺）（原文如此）

不加重：1.水；

2.含砂或不含砂的凝胶水泥浆*；

加 重：1.含砂或不含砂的加重水基泥浆+；

2.含砂的加重水基泥浆+；

3.含砂或不含砂的加重油基泥浆++；

4.含砂的加重油基泥浆++；

不变条件：

钻杆：4¹/₂英寸、X-95

钢丝绳：施伦姆伯杰（Schlumberger）七芯测井电缆，直径1⁵/₃₂英寸

* 实际试验中加3%的砂。

+ 实际试验中加磨碎的碳酸钙。

++ 因为在加重的水基泥浆体系中，磨损速率是很低的，所以试验中不使用油基泥浆。

试验装置

试验装置设计成可以同时进行两根钻杆和两根钢丝绳的试验，使用一台游梁式抽油机来使钻杆和钢丝绳相对套管试件产生往复运动（图12）。

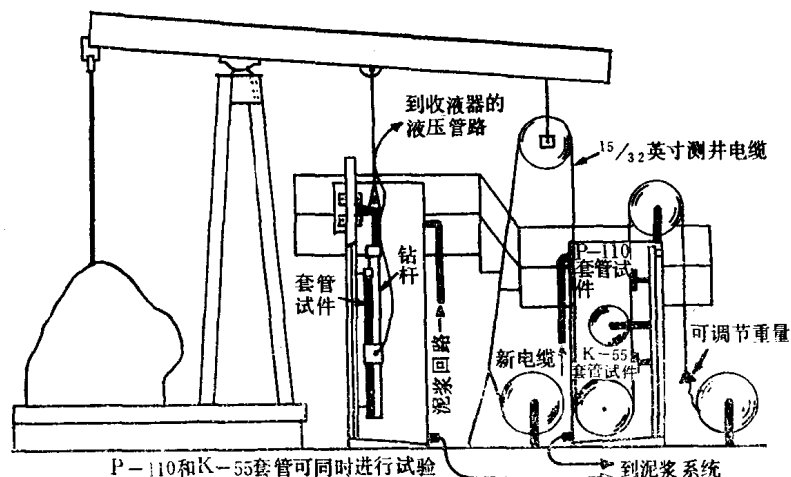


图 12 套管往复磨损试验机

钻杆和套管试件之间的接触载荷由液压缸控制。安放套管试件应能使电缆产生挠曲，通过拉紧电缆对套管试件施加载荷。

抽油机的冲数为每分钟12次，对钻杆和电缆采用不同的冲程，钻杆的平均速度为 48 英尺/分，钢丝绳的平均速度为214英尺/分。

图13是在磨损试验中被钻杆磨损了的一根套管试件。

磨损表面被浸没在试验用的泥浆中。试验装置的泥浆循环系统(图14)通过磨损储罐，循环速度可以达到 50 加仑/分。表6给出了泥浆的性质。

套管试件被钻杆和电缆磨损的体积，等于填满磨痕所用的油基模型粘土量。

在清水中，经过
16,000磨损循环次
数后的K-55套
管(5号试验)

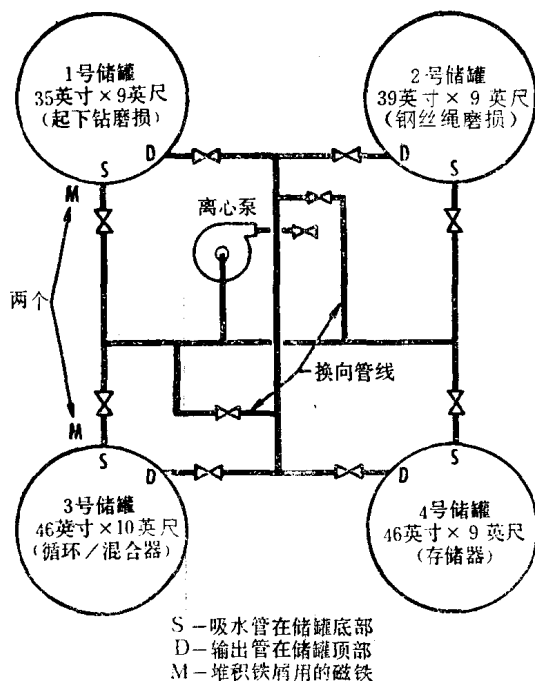


图 13 在K-55套管中的磨损

图 14 试验用的泥浆系统

表6 在套管磨损试验中使用的泥浆

试验号	试验日期	泥浆类型	密度 (磅/加仑)	漏斗粘度 (秒)	塑性粘度 (厘泊)	屈服点 (磅/100英尺 ²)	切力 (磅/100英尺 ²)	API 失水量 (厘米 ³)	亚甲基兰	固相含量 %	
										总量	砂量
1	7/72	A	8.3								
2	7/72	A	8.3								
3	7-8/72	A	8.3								
4	8/72	A	8.3								
5	8/16-9/14	A	8.3								
6	9/14-9/25	B	8.3								
7	9/26-9/29	B	8.3								
8	10/4-10/16	B	8.3								
9	10/30-11/6	C	13.9-14.0	64-75	62-75	12-15	2/3-3/5	4.5-5.0	26	18.5-21	0
10	11/7-11/3	C	13.8-13.9	68-74	67-73	10-15	1/7-2/4	4.8-5.0	21-22	20-20.5	0
11	11/14-11/20	D	13.0-14.0	67-81	62-83	12-24	0/4-2/11	4.4-4.6	25	20	0
12	11/21-12/1	E	13.9-14.2	65-78	55-79	8-13	2/4-4/8	3.8-4.0		18-21	0
13	12/4-12/14	F	14.0	63-92	51-92	4-20	1/4-2/6	4.4-5.2	15-27.4	18-24	0
14	12/14-12/18	G	13.9-14.1	70-105	64-101	9-18	2/4-2/6	4.6	22.5	21-23	3
15	12/29-1/2	G	13.8	67	57	15	2/6	4.4		17-21	3