

钻柱

ZUANZHU • ZUANZHU •
NZHU • ZUANZHU • ZUA
ANZHU • ZUANZHU • ZU
ANZHU • ZUANZHU • ZUAN
ZUANZHU • ZUANZHU

徐国贤 编

石油大学出版社



- 第一章介绍钻铤、厚壁钻杆和方钻杆的应用及其维护与保养
- 第二章介绍钻杆和钻杆的疲劳损坏，以及“狗腿”严重度的计算
- 第三章介绍铝制钻杆和铝制钻杆的使用
- 第四章介绍钻柱的设计过程及方法，讨论了扶正器的选择和钻铤用量计算、钻压计算和中和点计算等问题

学(北京)

7.07



200480764

46398



钻 柱

徐国贤 编



00305822



46398

石油大学出版社

内 容 提 要

全书共分四章，第一章介绍钻铤、厚壁钻杆和方钻杆的应用，及其维护与保养；第二章介绍钻杆和钻杆的疲劳损坏，以及“狗腿”严重度的计算；第三章介绍铝制钻杆和铝制钻杆的使用；第四章介绍钻柱的设计过程及方法，讨论了扶正器的选择和钻铤用量计算、钻压计算和中和点计算等问题。

本书实用性强，可作为培训钻井监督和井队技术人员的教材，也可供钻井技术人员参考。

DP40/10

钻 柱

徐国贤 编

石油大学出版社出版

(山东省 东营市)

山东省新华书店发行

山东电子工业印刷厂印刷

(淄博市周村)

开本787×1092 1/16 7.25印张 180千字

1990年4月第1版 1990年4月第1次印刷

印数 1—2500册

ISBN7-5636-0075-2/TE·14

1.55

前 言

石油大学勘探开发技术培训中心利用联合国援助,引进国外先进技术,开展继续工程教育,迄今已有10年。钻井技术培训是其中一部分。其培训效果显著,得到国内外的好评。为了便于大学本科生参考及在职技术人员的继续教育,积钻井培训教学的经验,培训中心特编写了这套教材。它包括:1.《最优化钻井的理论基础与计算》,2.《油井设计》,3.《定向井的设计与计算》,4.《应用地层压力检测技术》,5.《井控技术》,6.《泥浆固相控制》,7.《钻柱》8.《钻井流体工艺》,9.《钻井液有机处理剂》,10.《钻井液流变化与流体力学》,11.《喷射钻井》,12.《特种固井工艺》。13.《钻井安全》,14.《钻井工程设计》,15.《钻井工程计算程序》等。前三册由石油工业出版社出版。其余由石油大学出版社出版。

此套教材内容先进,实用性强,例题丰富,文字简洁。适用于钻井甲方代表、钻井监督、钻井工程技术人员及管理人员、大学本科钻井专业师生参考。

本书是第七册。详细介绍了钻铤、厚壁钻杆和方钻杆的应用;钻杆和钻杆的疲劳损坏以及“狗腿”严重度的计算;铝制钻杆和铝制钻杆的使用;钻柱的设计过程及方法等问题。鉴于编者水平有限,错漏之处在所难免,欢迎批评指正。

编 者

1989年12月

目 录

第一章 钻铤、厚壁钻杆和方钻杆	1
第一节 钻铤扣型的选择	1
第二节 钻铤丝扣的紧扣扭矩	11
第三节 钻铤的维护与保养	17
第四节 厚壁钻杆	17
第五节 方钻杆	20
第二章 钻杆	23
第一节 钻杆和钻杆接头	23
第二节 接头的抗扭强度	26
第三节 钻杆接头的维护与管理	26
第四节 钻杆的维护与管理	35
第五节 钻杆的检查和分级	37
第六节 钻杆的疲劳损坏	41
第七节 “狗腿”严重度及其计算	43
第八节 “狗腿”严重度的限制	48
第九节 钻杆和接头的磨损	51
第十节 临界转速	56
第十一节 氢脆	57
第三章 铝制钻杆	59
第一节 铝制钻杆的物理机械性能	59
第二节 铝制钻杆的使用和维护	65
第四章 钻柱设计	69
第一节 钻杆柱设计	69
第二节 直井中井底钻具组合的选择	77
第三节 扶正器的选择	80
第四节 钻铤选择及用量计算	88
第五节 斜井中钻压和中和点的计算	97

第一章 钻铤、厚壁钻杆和方钻杆

钻杆和钻头之间的钻具叫井底钻具组合(Bottom Hole Assembly)。几十年来,井底钻具组合从一两根简单的钻铤发展成为一套复杂的钻具。井底钻具组合的长度大约为150~300米,主要由钻铤、厚壁钻杆、扶正器、扩眼器、防震器和钻杆等几部分组成。

过去,井底钻具组合只起一个提供钻压的作用,现在除了给钻头提供钻压外,还有以下重要功用:

- (1) 防止“狗腿”和键槽的出现;
- (2) 使井眼规则;
- (3) 改进钻头的工作条件;
- (4) 减少钻井中的事故;
- (5) 减小有害的振动;
- (6) 减少卡钻;
- (7) 减少油井生产中的事故。

钻铤是井底钻具组合的主要组成部分。在现代钻井中,高钻压将带来高钻速,钻铤的重力除了要能提供足够的钻压外,还应有一定的余量,以便保证钻杆处于拉伸状态(图1-1 A-1)。当钻杆处于拉伸状态时,它基本是直的(图1-1 A-2),弯曲和磨损都非常小。当钻杆处于压缩状态时,钻杆会严重弯曲(图1-1 B-1),受到磨损。由于钻杆接头比钻杆管体强度高,因此钻杆的弯曲就产生在管体部分(图1-1 C-1),其损坏、折断主要也发生在这些部位。

除了给钻头提供钻压外,设计合理的钻铤还可使钻井成本降低。例如,钻铤选择合适可使井内少发生事故,甚至不发生事故,可使井径规则、保持井眼方向、延长钻杆的使用寿命等。

为了优质钻井,钻铤必须有足够的刚性,要达到这一条件,就必须在井下情况允许的条件下,尽量选择大直径、大壁厚的钻铤。对于直径大的钻铤,丝扣的选择显得更为重要,其原因是丝扣比钻铤本身更容易损坏(图1-1 C-2)。

第一节 钻铤扣型的选择

钻铤丝扣主要有两个功用:第一,它是两根钻铤的连接部分,因此它必须具有足够的强度,要抵抗拉伸和弯曲产生的应力;第二,它是密封部分,要在很高的钻井液压力下起密封作用。

我们知道,钻铤丝扣靠其台肩密封,而丝扣并起不到密封的作用,如图1-2。如果丝扣连接不合适,两个台肩面就不可能接触上,也就起不到密封作用。此外,如连接不好,丝扣部分会产生很大应力,使得丝扣处产生疲劳裂纹,裂纹会不断扩大,最后导致钻铤丝扣损坏。

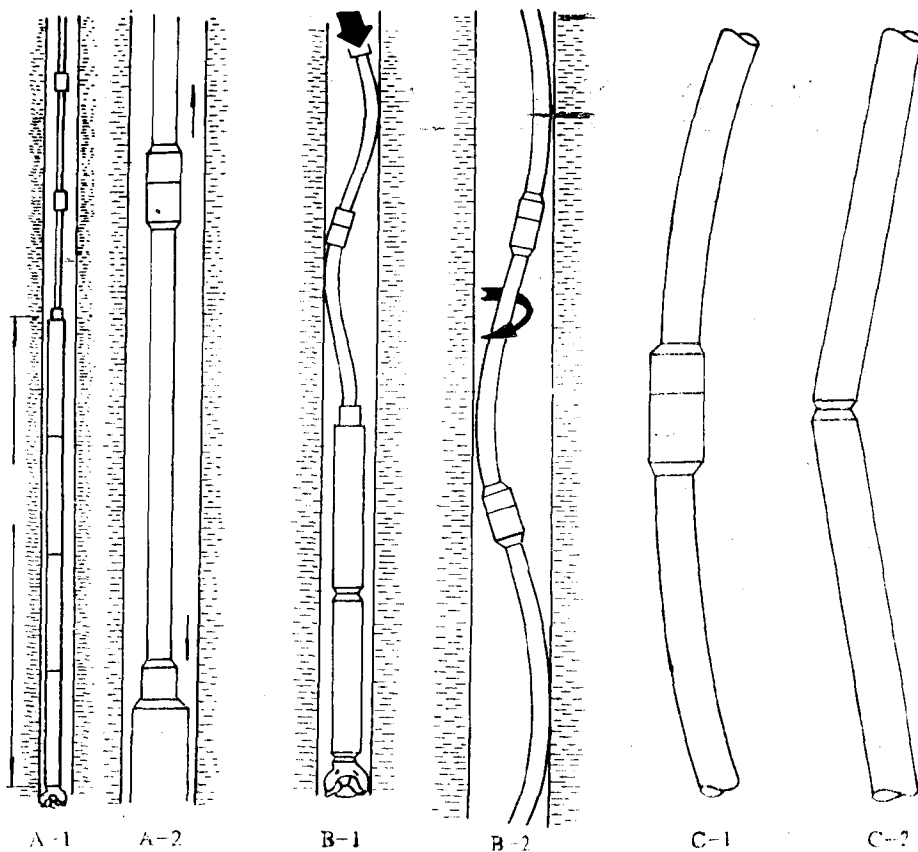


图1-1 钻杆和钻铤的弯曲

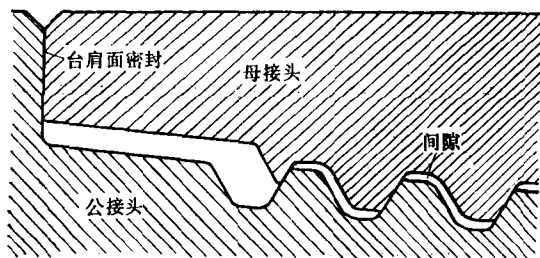


图1-2 钻铤丝扣的密封

一般来说, 钻铤的母扣比公扣更容易损坏, 如果丝扣配合不合适, 例如公扣大, 母扣就会很薄, 这样在钻铤弯曲时, 母扣很容易损坏。为了延长钻铤的使用寿命, 就要使公、母扣在尺寸和强度上保持平衡。

很多钻铤不是由于扭转应力而是因为弯曲应力而损坏的。弯曲强度比法是一种根据钻铤内外径及其环境条件选择丝扣的方法。它的出发点是使钻铤的公、母丝扣在抵抗弯曲疲劳破坏的相对能力保持平衡。

一、弯曲强度比的计算

弯曲强度比是公扣的抗弯截面系数与母扣的抗弯截面系数之比。

$$BSR = \frac{W_B}{W_P} = \frac{\frac{\pi(D^4 - b^4)}{32} \frac{D}{D}}{\frac{\pi(R^4 - d^4)}{32} \frac{R}{R}} = \frac{(D^4 - b^4)}{(R^4 - d^4)} \quad (1-1)$$

式中 BSR ——弯曲强度比

W_B ——母扣抗弯截面系数

W_P ——公扣抗弯截面系数

D ——钻铤外径

b ——相当于公扣端部位置的母扣齿根直径

R ——距台肩面19毫米处的公扣齿根直径

d ——钻铤内径

公式中各参数请参看图1-3。

二、用弯曲强度比选择钻铤丝扣

在一般的钻井条件下, BSR 若为 $2.5:1$, 则认为是强度平衡了。从后面的图中我们可以看到, 大部分钻铤都不可能使 BSR 刚好为 $2.5:1$ 。为了选择合适的丝扣, 下面几条规则可供参考。

(1) 对于152毫米(6")和152毫米以下的钻铤, BSR 不要大于 $2.75:1$ 和小于 $2.25:1$ 。

(2) 对于转速高、地层软、与井眼直径相比钻铤直径不够大的情况, BSR 不要大于 $2.85:1$ 和小于 $2.25:1$ 。

(3) 对于地层硬、转速低、钻铤直径接近井眼直径的情况, BSR 不要大于 $3.20:1$ 和小于 $2.25:1$ 。

(4) 对地层研磨性大、钻铤外径磨损严重的情况, 合适的 BSR 为 $2.50:1$ 至 $3.00:1$ 。

(5) 在有腐蚀的情况下, 合适的 BSR 为 $2.50:1$ 至 $3.00:1$ 。

图1-4至图1-10用来选择合适的钻铤丝扣。根据钻铤的内外径, 从图上可选择合适的丝扣类型。

使用这些图表时, 先在 $BSR = 2.5:1$ 点作纵坐标的平行线(图1-7中的 AB), 然后根据选定的外径作横坐标的平行线(图1-7 CD), 离这两根线的交点最近的丝扣为最合适的丝扣。其次选最合适丝扣左边的丝扣, 再次选最合适丝扣右边的丝扣。

例1 为247.6毫米($9\frac{3}{4}$ ") $\times$ 71.4毫米($2\frac{13}{16}$ ")的钻铤选择合适的丝扣。

由图1-7找到 $BSR = 2.5:1$ 处的 B 点, 由该点作垂直线, 再由钻铤直径为247.6毫米($9\frac{3}{4}$ ")的 C 点作水平线, 与 AB 线相交于 D 点, 由 D 点可得:

(1) 最合适的丝扣为 $NC70$;

(2) 其次为 $7\frac{5}{8}$ " REG ;

(3) 再次为 $7\frac{5}{8}$ " $H90$ 。

若地层的研磨性大, 则应取:

(1) 最合适的丝扣为 $7\frac{5}{8}$ " REG ;

(2) 其次为 $NC70$;

(3) 再次为 $7\frac{5}{8}$ " $H90$ 。

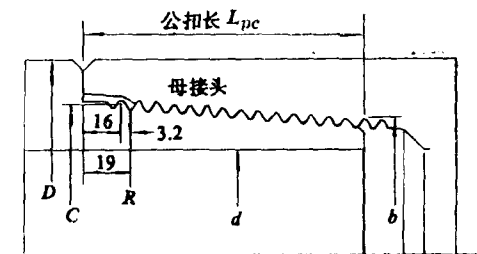


图1-3 旋转接头

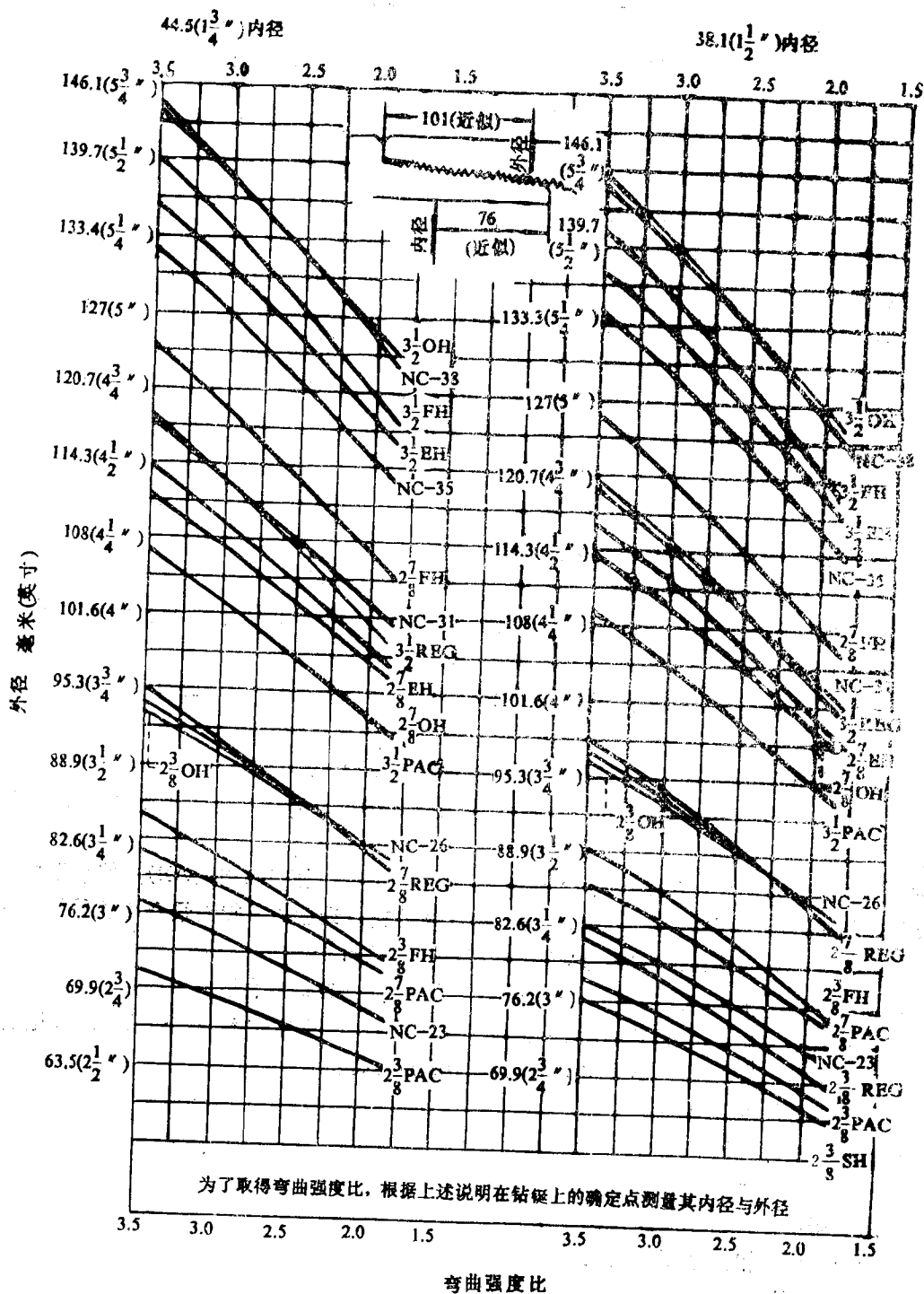


图 1-4

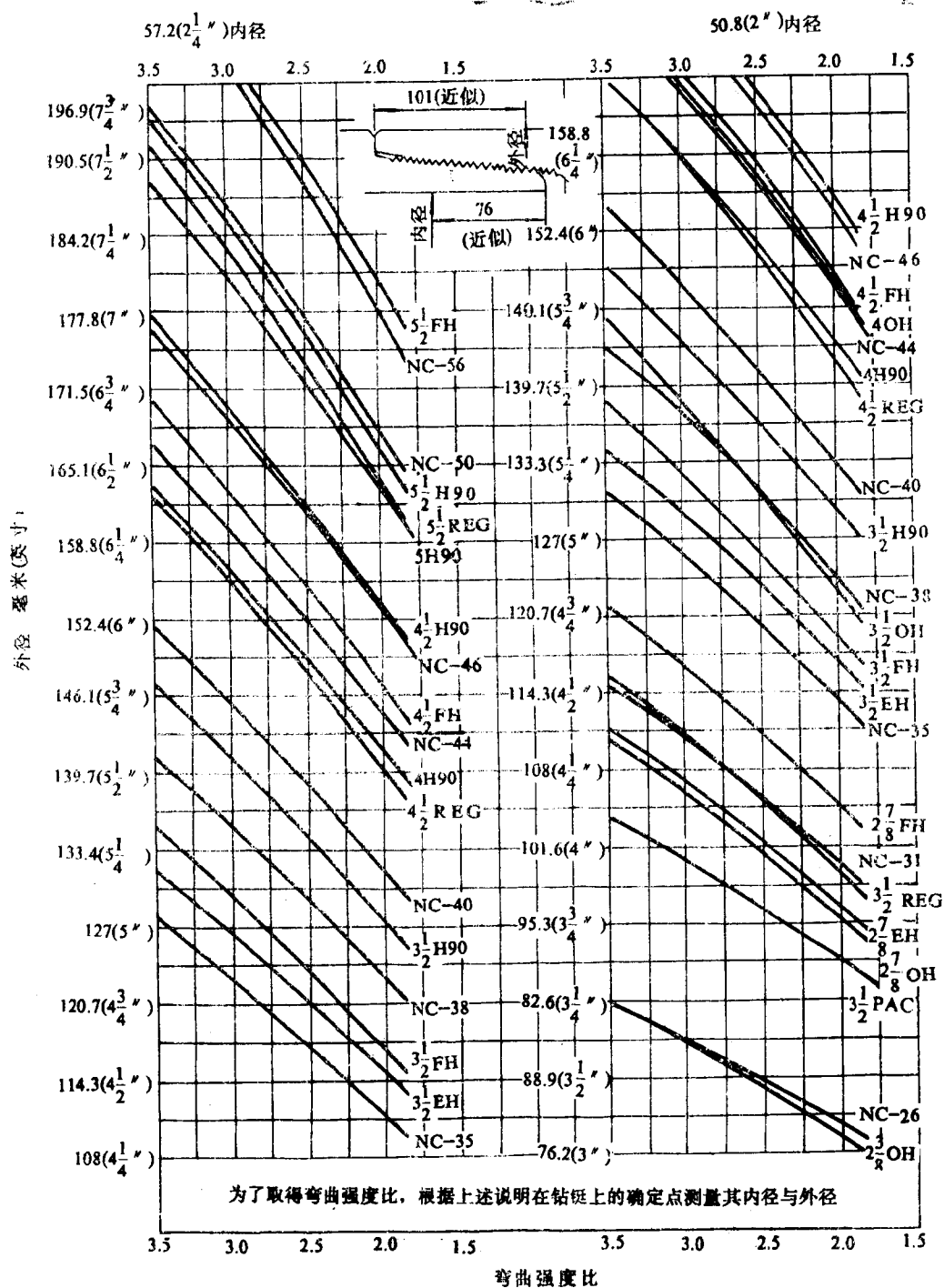


图 1-5

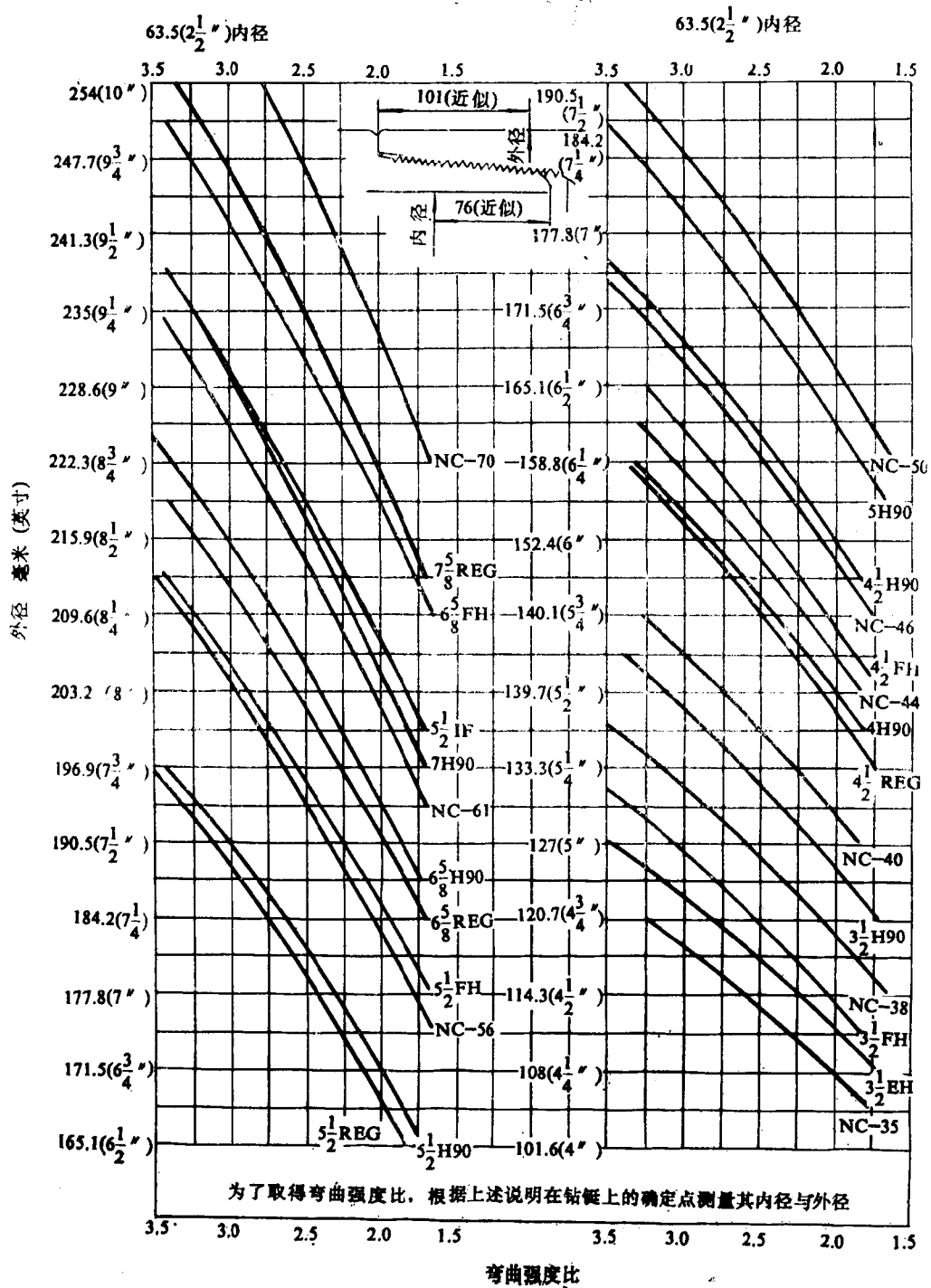


图 1-6

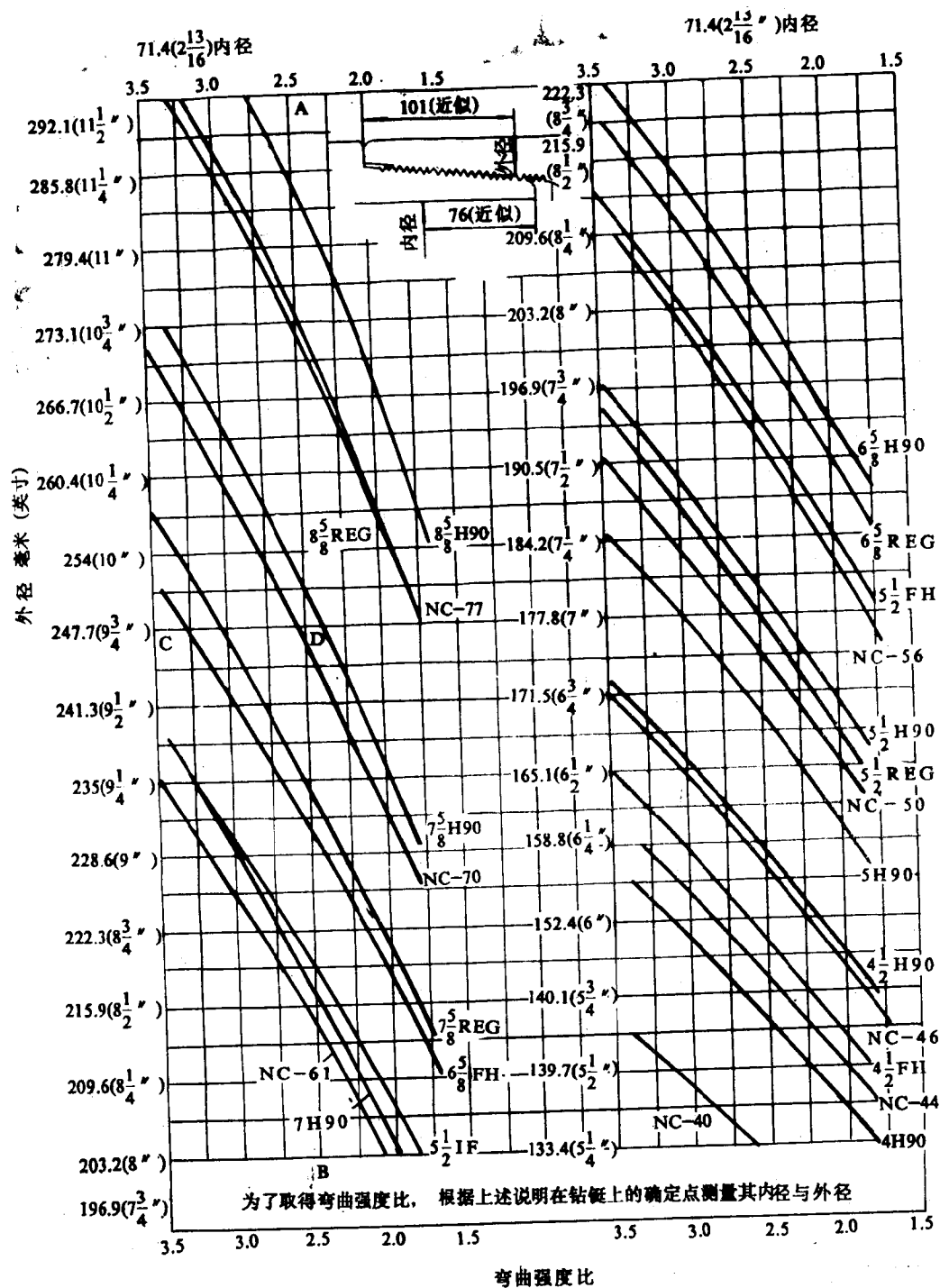


图 1-7

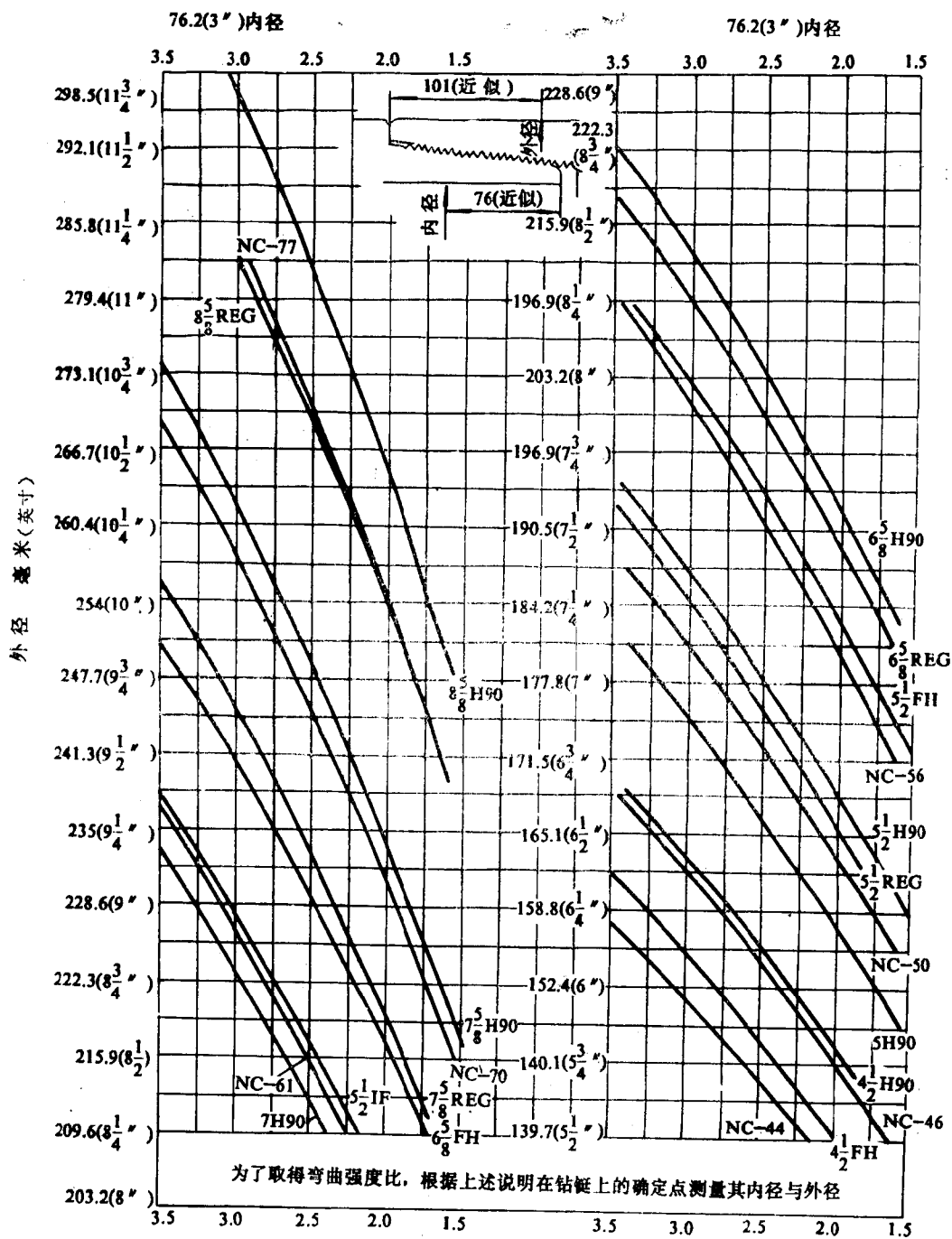


图 1-8

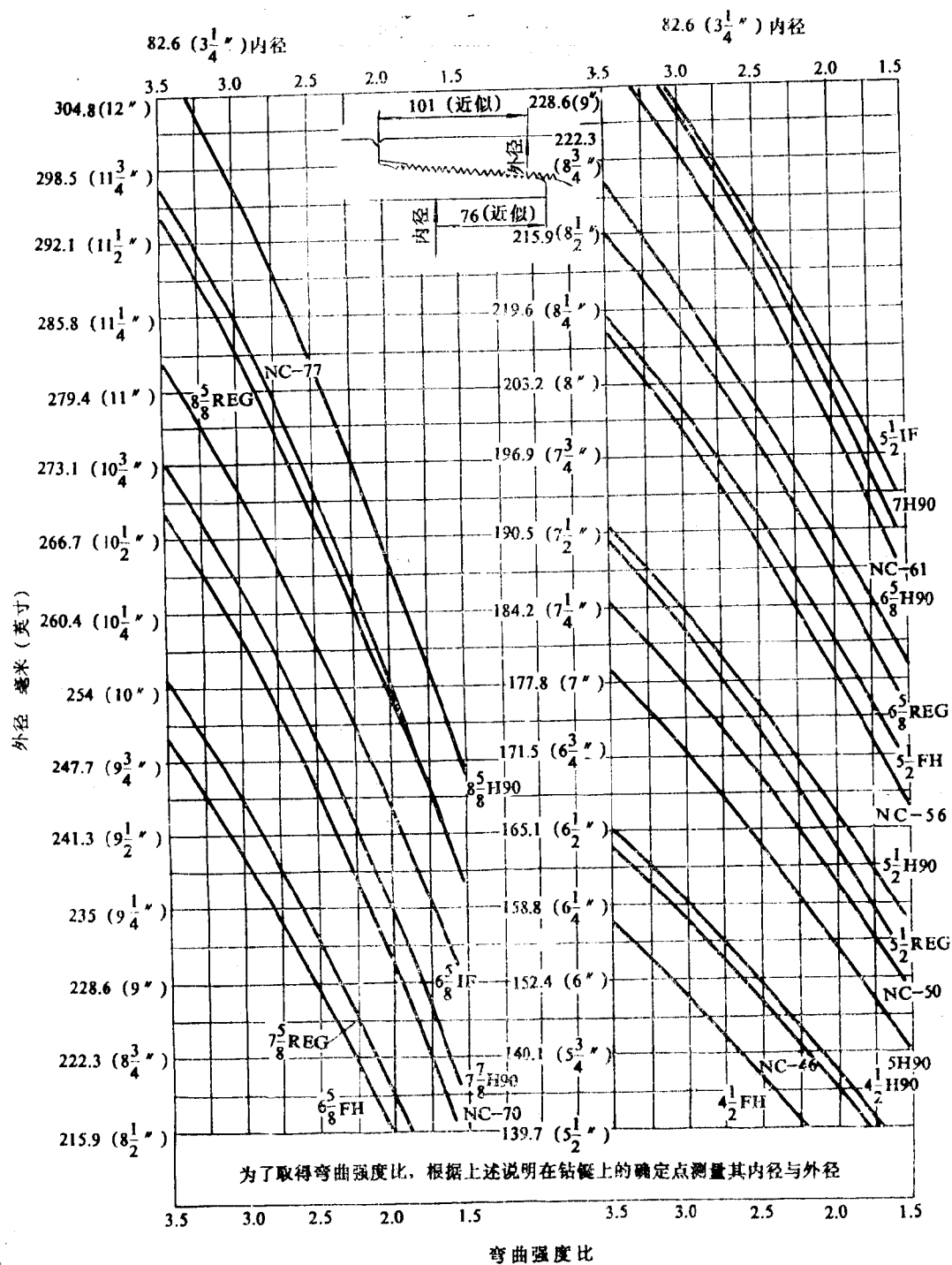


图 1-9

由于母扣外径比公扣内径磨损快, 这样就会使弯曲强度比不断下降。当弯曲强度比低于2.0:1时, 母扣就会开裂, 或在母扣最后一扣处出现疲劳裂纹。

一个地区的最小弯曲强度比对其它地区并不一定适用, 应根据本地区的实践经验以及其它条件来确定适合本地区的最小弯曲强度比。

第二节 钻铤丝扣的紧扣扭矩

上面已谈到, 钻铤丝扣靠台肩面密封, 丝扣本身不起密封作用, 因此丝扣上紧后, 台肩面之间一定不能有间隙, 而且还应贴得很紧。如台肩面仅仅是接触上, 在钻铤产生弯曲时, 受拉的一面台肩之间就会出现间隙(如图1-11)。要使钻铤在任何弯曲的情况下, 其台肩面上都不出现间隙, 上扣时一定要把丝扣紧到一定的程度, 使得台肩面产生一定的弹性变形。

为了达到以上目的, 每一种丝扣都应按照API所推荐的扭矩来紧扣。钻铤越长, 转速越高, 台肩面需要贴得越紧, 所需的扭矩也就越大。但扭矩有一定的限制, 不应超过公、母丝扣的屈服极限, 否则就会损坏丝扣。

推荐的扭矩是根据公扣、母扣横截面积来确定的, 公扣的横截面是离台肩19毫米丝扣根部处的横截面, 母扣的横截面也是离台肩19毫米丝扣根部处的横截面。当公、母扣强度不一样时, 应按照强度较弱者来确定。

在紧扣时, 应该使用测量装置。在测量拉力时, 猫头绳应与大钳成 90° 。紧扣时应平稳, 不应猛拉。不同直径钻铤的合适紧扣扭矩应由表1-2或表1-3查得。

例2 计算171.5毫米($6\frac{1}{4}$ ") $\times$ 57.2毫米($2\frac{1}{4}$ ")钻铤EH丝扣所需的紧扣拉力。

从表1-3查得EH丝扣所需的紧扣扭矩为48808牛顿米, 大钳臂长为1.28米。

所需拉力 = $48\,808 / 1.28 = 38\,131$ (牛顿)

为了防止钻铤丝扣台肩之间有间隙, 紧扣扭矩所产生的压力应使钻铤在任何条件下其台肩面都紧贴在一起。对于大直径钻铤, 由于其台肩很宽, 所需的紧扣扭矩很大, 井上的设备能力可能达不到这一要求。解决这一问题的方法是采用低扭矩面(图1-12), 通过增大母接头的锥孔直径, 减小台肩的接触面积, 使得紧扣扭矩减小。

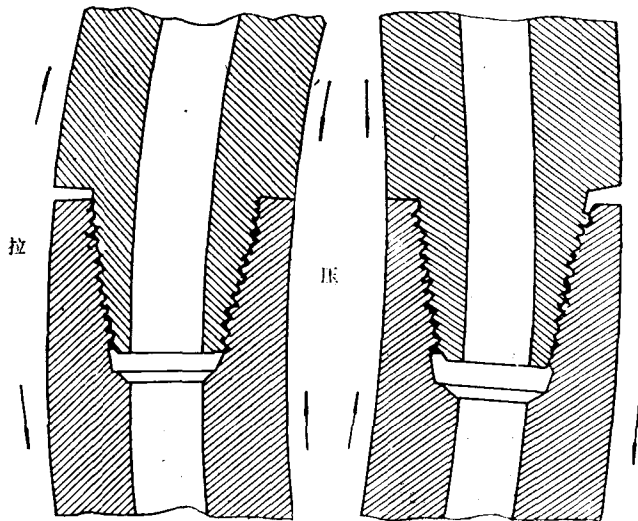


图 1-11

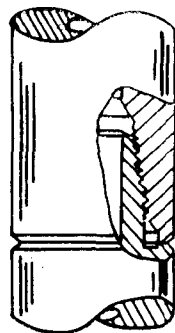


图1-12 低扭矩面结构

表1-1 钻铤尺寸及接头选配

钻 铤 尺 寸	推荐的接头	推荐最小紧扣扭矩 (牛·米)	弯曲强度比(BSR)
76.2×25.4(3"×1")	2 ³ / ₈ " PAC	4338	2.55:1
79.4×31.7(3 ¹ / ₈ "×1 ¹ / ₄ "	2 ⁷ / ₈ " PAC	6644	2.15:1
79.4×31.7(3 ¹ / ₈ "×1 ¹ / ₄ "	NC23	4491	2.57:1
79.4×31.7(3 ¹ / ₈ "×1 ¹ / ₄ "	2 ³ / ₈ " REG	4108	2.75:1
88.9×38.1(3 ¹ / ₂ "×1 ¹ / ₂ "	2 ³ / ₈ " IF(NC26)	6236	2.42:1
104.8×50.8(4 ¹ / ₈ "×2"	2 ⁷ / ₈ " IF(NC31)	9219	2.43:1
120.7×57.1(4 ³ / ₈ "×2 ¹ / ₄ "	3 ¹ / ₂ " IF(NC38)	13422	1.85:1
127×57.1(5"×2 ¹ / ₄ "	3 ¹ / ₂ " IF(NC38)	17354	2.38:1
152.4×57.1(6"×2 ¹ / ₄ "	NC44	31599	2.49:1
152.4×71.4(6"×2 ¹³ / ₁₆ "	NC44	24404	2.84:1
160.3×57.1(6 ¹ / ₄ "×2 ¹ / ₄ "	NC44	31590	2.91:1
160.3×71.4(6 ¹ / ₄ "×2 ¹³ / ₁₆ "	4" IF(NC46)	30099	2.63:1
165.1×57.1(6 ¹ / ₂ "×2 ¹ / ₄ "	4" IF(NC46)	38505	2.76:1
165.1×71.4(6 ¹ / ₂ "×2 ¹³ / ₁₆ "	4" IF(NC46)	31183	3.05:1
171.5×57.1(6 ³ / ₄ "×2 ¹ / ₄ "	4" IF(NC46)	38911	3.18:1
177.8×57.1(7"×2 ¹ / ₄ "	4 ¹ / ₂ " IF(NC50)	52470	2.54:1
177.8×71.4(7"×2 ¹³ / ₁₆ "	4 ¹ / ₂ " IF(NC50)	44470	2.73:1
184.1×71.4(7 ¹ / ₄ "×2 ¹³ / ₁₆ "	4 ¹ / ₂ " IF(NC50)	44877	3.12:1
203.2×71.4(8"×2 ¹³ / ₁₆ "	6 ⁵ / ₈ " REG	72807	2.60:1
209.5×71.4(8 ¹ / ₄ "×2 ¹³ / ₁₆ "	6 ⁵ / ₈ " REG	73485	2.93:1
241.3×88.9(9 ¹ / ₂ "×3"	7 ⁵ / ₈ " REG	121616	2.81:1
247.7×88.9(9 ³ / ₄ "×3"	7 ⁵ / ₈ " REG	125006	3.09:1
292.1×88.9(11"×3"	8 ⁵ / ₈ " REG	177069	2.78:1

表1-2 钻铤最小紧扣扭矩

连 接 丝 扣			最小上扣扭矩(牛·米)							
尺 寸 毫米(英寸)	类 型	外径毫米 (英寸)	钻铤内径毫米(英寸)							
			31.8 (1 ¹ / ₄ "	38.1 (1 ¹ / ₂ "	44.5 (1 ³ / ₄ "	50.8 (2"	57.2 (2 ¹ / ₄ "	63.5 (2 ¹ / ₂ "	71.4 (2 ¹³ / ₁₆ "	76.2 (3"
73(2 ⁷ / ₈ "	API	98.4(3 ⁷ / ₈ "	6236	6236	6236	6236				
API	NC31	104.8(4 ¹ / ₈ "	9897	9879	9879	9219				
88.9(3 ¹ / ₂ "	SH	108(4 ¹ / ₄ "	11931	11931	10982	9219				
		114.3(4 ¹ / ₂ "	13558	12609	10982	9219				
API	NC35	108(4 ¹ / ₂ "			12066	12066	12066	10032		
		120.7(4 ³ / ₄ "			16405	14624	12473	10032		
		127(5"			16405	14624	12473	10032		
88.9(3 ¹ / ₂ "	EH	108(4 ¹ / ₄ "			6914	6914	6914	6914		
101.6(4"	SH	114.3(4 ¹ / ₂ "			11388	11388	11388	11117		
88.9(3 ¹ / ₂ "	Mod. Open	120.7(4 ³ / ₄ "			16134	15862	13558	11117		
		127(5"			17896	15862	13558	11117		
		133.4(5 ¹ / ₄ "			17896	15862	13558	11117		
88.9(3 ¹ / ₂ "	API IF	120.7(4 ³ / ₄ "			13422	13422	13422	13422	11253	
API	NC38	127(5"			18710	18710	17354	14778	11253	
108(4 ¹ / ₂ "	SH	133.4(5 ¹ / ₄ "			21693	19794	17354	14778	11253	
		139.7(5 ¹ / ₂ "			21693	19794	17354	14778	11253	
88.9(3 ¹ / ₂ "	H90	120.7(4 ³ / ₄ "			11795	11795	11795	11795	11795	