

文章编号: 0253-2697(2013)01-0157-07 DOI: 10. 7623/syxb201301020

# 拉弯复合载荷作用下的 API 短圆套管螺纹力学行为

祝效华<sup>1</sup> 董亮亮<sup>1</sup> 童 华<sup>1</sup> 高 原<sup>1</sup> 庞 然<sup>2</sup>

(1. 西南石油大学机电工程学院 四川成都 610500; 2. 中国石油川庆钻探工程有限公司川东钻探公司 重庆 400021)

**摘要:**套管下入水平井弯曲段时,套管螺纹是否已发生屈服对于随后的钻进和油气井生产有至关重要的影响,而目前国内外对于井眼曲率(弯矩)对套管螺纹连接强度和密封性能影响的研究极少。笔者基于虚功原理、接触非线性理论及 von Mises 屈服准则,建立了 API 短圆套管螺纹连接的三维计算模型,研究了拉弯复合载荷下连接螺纹的应力分布规律,指出井眼曲率(弯矩)对套管的连接强度和密封性能影响极大,并通过大量计算绘制了给定井眼曲率时的最大许用套管悬重图,综合考虑连接强度和密封能力推荐了 API 短圆套管螺纹标准所列锥度、螺距、螺纹长度、牙高参数系列中的最优值。

**关键词:**套管;圆螺纹;井眼曲率;复合载荷;连接强度;密封能力

**中图分类号:**TE 826.2

**文献标识码:**A

## Mechanical behaviors of short-round thread of the API casing under combined load of stretching and bending moment

ZHU Xiaohua<sup>1</sup> DONG Liangliang<sup>1</sup> TONG Hua<sup>1</sup> GAO Yuan<sup>1</sup> PANG Ran<sup>2</sup>

(1. School of Mechatronic Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China;

2. Chuandong Drilling Company, CNPC Chuanqing Drilling Engineering Company Limited, Chongqing 400021, China)

**Abstract:** While casing goes down into the curved section of a horizontal well, whether casing threads have been yielded has a great influence on following drilling and oil-gas production. However, there have been very few researches on mechanical behaviors of casing threads while casing goes down through the curved portion of a horizontal well, such as connection strength and sealing ability of the casing. Based on the principle of virtual work, nonlinear contact theory and von Mises yield criterion, we established a 3-D calculation model for the API short-round casing thread connection, examined the stress distribution of short-round casing threads under combined load of stretching and bending moment, and figured out that hole curvature (bending moment) would significantly influence the connection strength and sealing ability of casing. In addition, a maximum allowance hanging load for various given hole curvature was worked out through a large number of calculations. Based on synthetic considerations of thread connection performance and sealing ability, we recommended the optimized parameters of the API short-round casing thread criteria, including thread taper, thread pitch, thread length and thread ridge thickness. This research has an important engineering reference value for reducing casing thread failure and selecting the casing thread type for the curved section of a horizontal well.

**Key words:** casing; round thread; hole curvature; combined load; connection strength; sealing ability

据统计,国外油套管失效事故的 64% 发生在螺纹连接处<sup>[1]</sup>,国内则高达 86%<sup>[2]</sup>,而随着我国水平井、定向井、分支井及大位移井等特殊工艺井的推广与应用<sup>[3-4]</sup>,这一比例还在进一步的上升。究其原因,主要是由于连接螺纹在承受常规载荷的同时还要承受弯矩载荷的作用,因此,研究拉弯复合载荷作用下螺纹应力分布规律并对参量做出敏感性评价至关重要。由于 API 标准圆螺纹套管的广泛应用,历来各生产厂家及科研单位对其连接强度和密封性能影响的研究极其重视。许多学者在轴向载荷作用下套管接头螺纹抗滑脱

强度计算与影响因素分析方面做了大量研究工作<sup>[5-8]</sup>,并利用二维结构的有限元模型对螺纹接头应力分布规律进行了研究<sup>[9-12]</sup>。然而,二维有限元模型无法准确表征弯矩载荷对套管螺纹连接性能的影响。笔者在建立拉弯复合载荷作用下 API 短圆套管螺纹三维有限元分析模型的基础上,研究了螺纹在复合载荷作用下的应力分布规律,计算了 P110 钢级 5" 短圆套管螺纹在不同曲率井眼时的最大许用悬重,并对弯矩载荷作用下螺纹锥度、螺距、螺纹长度及第 1、第 2 牙螺纹牙高进行了参数敏感性分析。

**基金项目:**国家自然科学基金项目(No. 51004082, No. 51222406)、四川省杰出青年学术技术带头人项目(2011JQ0020)和四川省高等学校科技创新团队项目“油气井管柱力学与井下工具”(12TD007)资助。

**第一作者及通讯作者:**祝效华,男,1978 年 7 月生,2005 年获西南石油大学博士学位,现为西南石油大学教授,主要从事管柱力学与井下工具设计方面的研究与教学工作。Email: zxhth113@163.com

## 1 螺纹连接的控制方程

基于虚功原理,连接螺纹的单元控制方程为<sup>[13]</sup>

$$\iiint_V \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV = \iint_A F_i \delta u_i dA \quad (1)$$

式中: $\sigma_{ij}$ 为 Euler 应力张量; $\delta \varepsilon_{ij}$ 为虚应变; $F_i$ 为单位表面力荷载矢量; $\delta u_i$ 为虚位移; $V$ 为现时构型中体积; $A$ 为现时构型中表面积。

式(1)是基于欧拉描述的单元控制方程,其边界条件是未知的,需将其转换为拉格朗日描述方程。设单元体在初始构型中占据的区域为  $V_0$ ,表面积为  $A_0$ ,根据欧拉描述的 Euler 应力张量和拉格朗日描述的 Kirchhoff 应力张量转化关系:

$$\sigma_{ij} = J^{-1} \frac{\partial x_i}{\partial X_l} \frac{\partial x_j}{\partial X_m} S_{lm} \quad (2)$$

式中: $J$ 为 Jacobi 行列式; $S_{lm}$ 为 Kirchhoff 应力张量; $x_i$ 为空间坐标; $X_l$ 为物质坐标。

现时构型中单元体积与相应初始构型中单元体积满足:

$$dV = J dV_0 \quad (3)$$

假设连接螺纹变形体承受保守力系作用,则有:

$$\iint_A F_i \delta u_i dA = \iint_{A_0} F_{i0} \delta u_i dA_0 \quad (4)$$

式中: $F_{i0}$ 为表面力荷载矢量。

将式(2)、式(3)和式(4)代入式(1)可得用 Kirchhoff 应力张量表示的控制方程:

$$\iiint_{V_0} S_{lm} \delta e_{lm} dV_0 = \iint_{A_0} F_{i0} \delta u_i dA_0 \quad (5)$$

Green 应变张量  $e_{lm}$  采用增量形式得:

$$\delta e_{lm} = B \delta u_e \quad (6)$$

$$\delta u = N \delta u_e \quad (7)$$

式中: $B$ 为单元应变矩阵; $u$ 为节点位移; $N$ 为单元形函数。

对所有单元的控制方程进行组合,得到连接螺纹的有限元控制方程:

$$\sum \iiint_{V_0} B^T S dV_0 = \sum \iint_{A_0} N^T F_{i0} dA_0 \quad (8)$$

由于螺纹承受载荷较大,其接触面的局部应力可能会超出材料的屈服极限,因此计算时需要同时考虑螺纹弹性变形和塑性变形,弹性阶段采用 Hooke 定理,塑性判据采用 von Mises 屈服准则,套管连接螺纹可视为均质金属,屈服后其服从 Prandtl-Reuss 方程,应变增量为

$$d\varepsilon_{ij} = \frac{3d\bar{\varepsilon}}{2\bar{\sigma}} \sigma'_{ij} + \frac{d\sigma'_{ij}}{2G} + \frac{1-2\mu}{E} \delta_{ij} d\sigma_m \quad (9)$$

式中: $\bar{\sigma}$ 为等效应力,MPa; $\bar{\varepsilon}$ 为等效应变; $\sigma'_{ij}$ 为应力偏量分量,MPa; $G$ 为剪切模量,MPa; $E$ 为弹性模量,

MPa; $\mu$ 为泊松比; $\sigma_m$ 为静水压力,MPa; $\delta_{ij}$ 为 Kronecker 符号。

## 2 套管圆螺纹有限元模型

以常用规格 5" 套管( $\phi 127 \text{ mm} \times 7.52 \text{ mm}$ )螺纹为研究对象建立有限元模型。该类套管钢级为 P110,弹性模量  $E$  为  $2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ ,泊松比  $\mu$  为 0.3,屈服强度  $\sigma_s$  为 758 MPa,抗拉强度  $\sigma_b$  为 862 MPa;接箍外径为 141.3 mm;摩擦系数一般取 0.015~0.025<sup>[14]</sup>,计算时取 0.02。

该规格套管短圆螺纹的升角为  $1.432^\circ$ ,但螺纹牙的载荷分布几乎不受螺纹升角的影响<sup>[15]</sup>,建模过程中可对其进行简化。为减少模型中单元数量,节省计算成本,取 10 m 长的套管与接箍连接的 1/2 模型。采用 C3D8R 六面体单元对模型进行单元划分,共划分单元数:套管 1138 200 个、接箍 639 900 个。所划分的单元模型如图 1 所示。

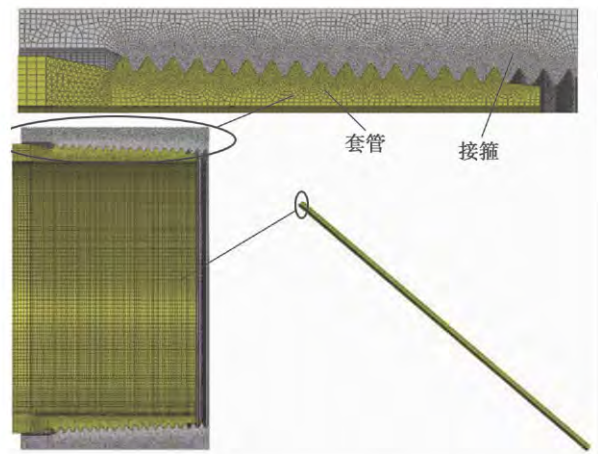


图 1 套管和接箍的单元模型

Fig. 1 Casing and coupling element model

套管带接箍一端施加固定约束,1/2 截面处采用对称边界条件,将套管无螺纹端底面与参考点进行耦合,并在参考点上施加角位移。其加载方式如图 2 所示,角位移为套管弯曲后和弯曲前参考点相对于固定端的转角  $\alpha$  (若弯曲曲率为  $30^\circ/30 \text{ m}$ ,则  $\alpha \approx 0.175 \text{ rad}$ )。

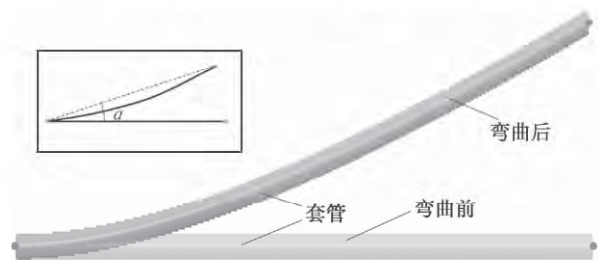


图 2 加载方式示意图

Fig. 2 Schematic diagram of load conditions



### 3 有限元模型的验证及分析结果

#### 3.1 模型验证

在对文献[16]中的 API 圆螺纹套管接头应力场分布实验研究基础上,建立与文献中规格相同的套管螺纹的连接模型,分析在拉力为 1200.96 kN 时母扣接头外缘的应力变化量。由图 3 可见,模拟结果和实验结果数值差异很小,且变化趋势完全相同,这表明所建有限元模型精度可以满足短圆套管螺纹工作力学行为研究的需要。

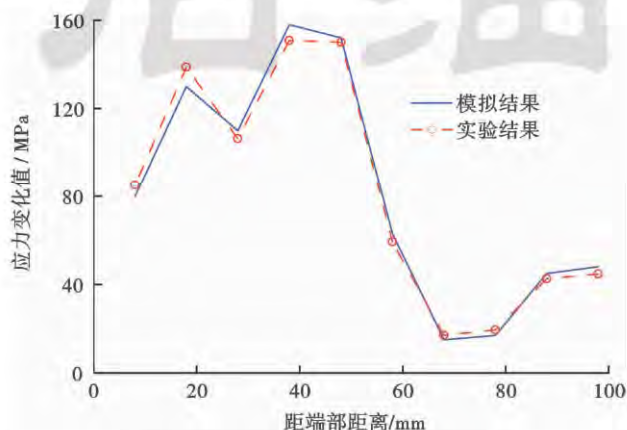


图 3 模拟结果与实验结果的对比

Fig. 3 Comparison of simulated result and experimental data

#### 3.2 拉弯复合载荷作用下螺纹应力分布

在拉伸载荷分别取 75 kN、150 kN,井眼曲率分别

取  $0^\circ/30\text{ m}$ 、 $15^\circ/30\text{ m}$ 、 $30^\circ/30\text{ m}$  情况下,研究 P110 钢级  $\phi 127\text{ mm} \times 7.52\text{ mm}$  套管的工作应力分布特征(图 4 和图 5)。图 4 为拉伸与弯矩复合载荷作用下各螺纹牙最大 Mises 应力值的变化曲线(为论述方便,将图 1 中套管左端的第一牙螺纹命名为第 1 牙,向右依次类推)。由图 4 可以看出,在只承受 75 kN 拉伸载荷时,螺纹牙根部最大 Mises 应力为 63.05 MPa;当拉伸载荷增至 150 kN 时,螺纹牙根部最大 Mises 应力为 146.7 MPa;当承受拉伸载荷 75 kN,以及井眼曲率  $15^\circ/30\text{ m}$  和  $30^\circ/30\text{ m}$  分别产生的位移载荷时,螺纹牙最大 Mises 应力值分别为 763.4 MPa 和 796.1 MPa,是无弯矩载荷时的 12 倍之多。而常用中短半径水平

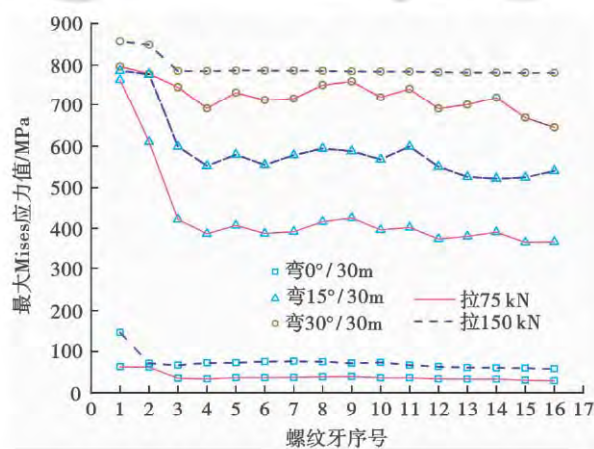


图 4 载荷作用下各螺纹牙的最大 Mises 应力值

Fig. 4 Maximum Mises stress of each thread screw under load

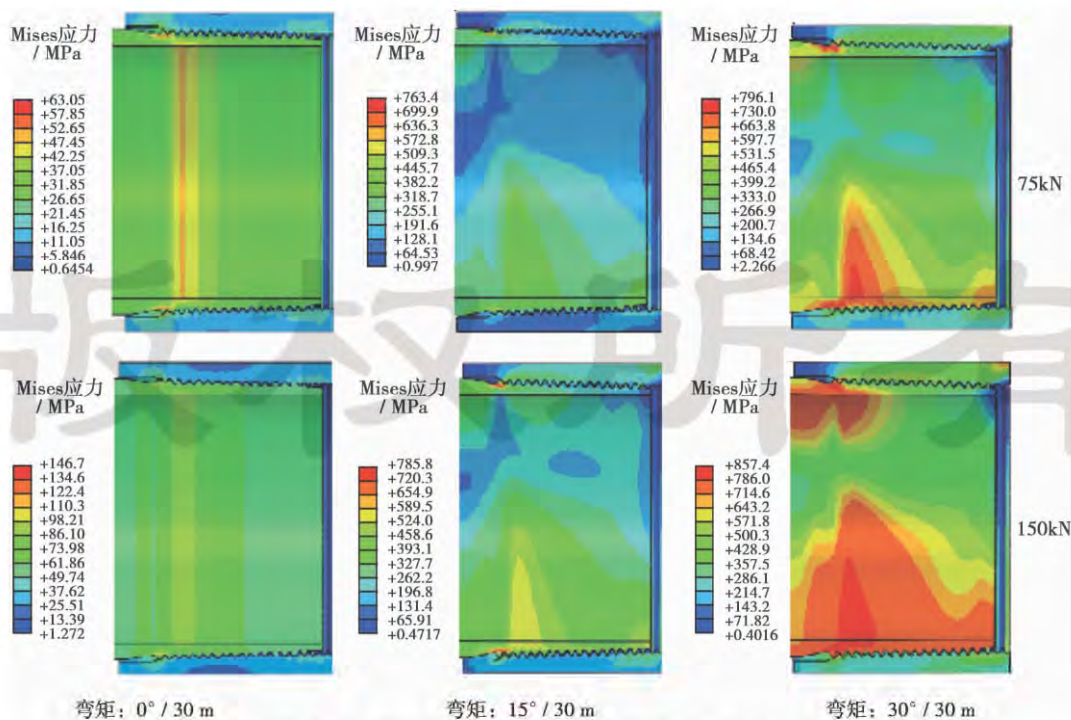


图 5 载荷作用下套管螺纹连接处的 Mises 应力云图

Fig. 5 Mises stress cloud chart of casing thread connections under load

井井眼造斜率为  $20^{\circ}/30\text{ m} \sim 80^{\circ}/30\text{ m}$ 。由此可见,在常见的弯曲井眼内下入套管时,弯矩载荷对连接螺纹应力状态影响极大,常规的水平井、定向井、分支井及大位移井用套管螺纹设计和套管下入时必须考虑井眼曲率(弯矩载荷)的影响。

由图 5 可以看出,接箍的 Mises 应力值低于套管螺纹的 Mises 应力值,且 Mises 应力峰值落在套管螺纹的第 1 牙和第 2 牙之间。

由图 6 可以看出,当井眼曲率为  $0^{\circ}/30\text{ m}$  时(无弯

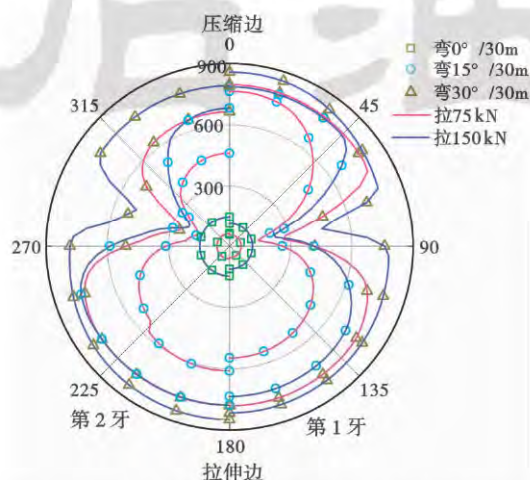


图 6 载荷作用下第 1 牙和第 2 牙的 Mises 应力值

Fig. 6 Mises stress of the first and second thread screw under load

矩载荷),螺纹牙 Mises 应力沿周向均匀分布。弯矩载荷作用下,套管螺纹一边受拉,一边受压;螺纹牙周向 Mises 应力分布两端大中间小;最大 Mises 应力值在压缩边的第 1 牙与消失点平面之间;随着弯矩载荷的增加,压缩边 Mises 应力分布越来越集中,而拉伸边 Mises 应力较大区域逐渐增大。这种周向载荷分布不均的现象将会大大降低套管的抗挤毁能力。弯曲井眼所用套管螺纹设计、选型及下入时应特别注意第 1、第 2 牙 Mises 应力状态及套管周向抗挤毁强度的不均匀性。

#### 4 井眼曲率对连接强度的影响

水平井可分为长半径、中半径、中短半径和短半径水平井 4 种,其造斜率分别为  $2^{\circ}/30\text{ m} \sim 6^{\circ}/30\text{ m}$ 、 $6^{\circ}/30\text{ m} \sim 20^{\circ}/30\text{ m}$ 、 $20^{\circ}/30\text{ m} \sim 80^{\circ}/30\text{ m}$  和  $30^{\circ}/30\text{ m} \sim 150^{\circ}/30\text{ m}$ 。选取  $0^{\circ}/30\text{ m}$ 、 $2^{\circ}/30\text{ m}$ 、 $6^{\circ}/30\text{ m}$ 、 $12^{\circ}/30\text{ m}$ 、 $20^{\circ}/30\text{ m}$ 、 $32^{\circ}/30\text{ m}$ 、 $40^{\circ}/30\text{ m}$  和  $45^{\circ}/30\text{ m}$  8 种曲率类型研究井眼曲率对短圆套管螺纹连接强度的影响规律,结果如图 7 所示。

由图 7 可直观得出 P110 钢级 5"短圆套管螺纹下入不同曲率井眼时的许用最大拉伸载荷。换言之,根据该图可判断给定曲率井眼中 P110 钢级 5"短圆套管在造斜点以下的最大悬长。

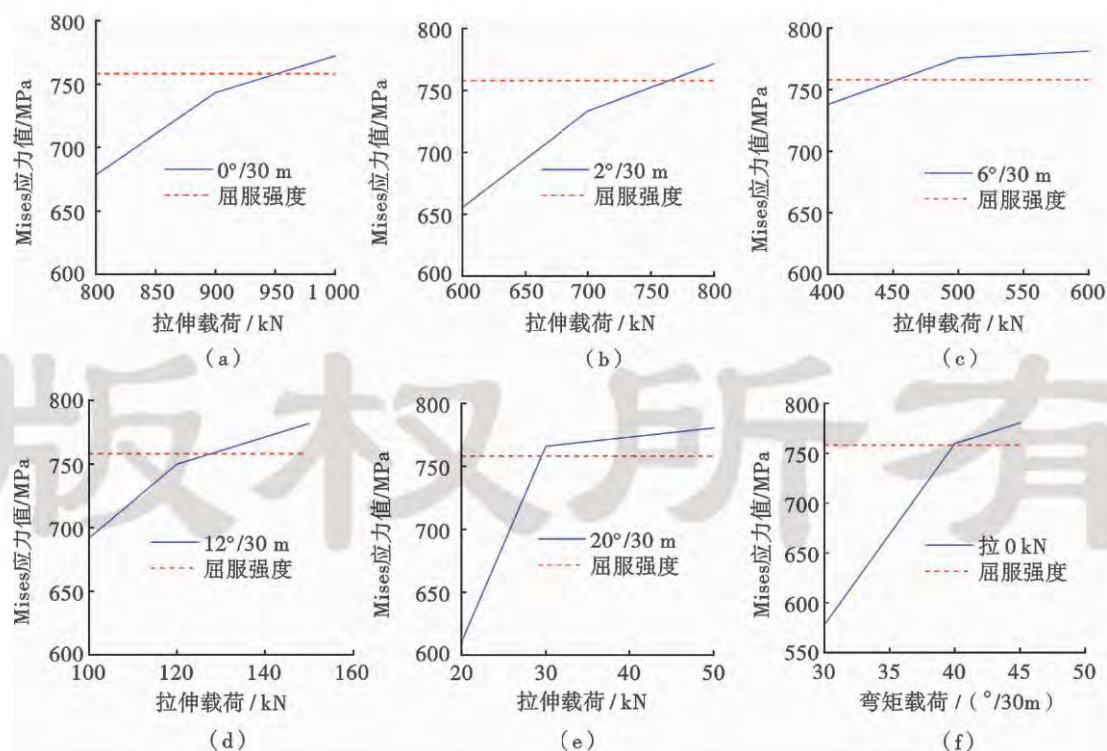


图 7 拉弯载荷下螺纹最大 Mises 应力值与屈服强度对比

Fig. 7 Comparison of maximum Mises stress and yield strength of casing thread under combined load of stretching and bending moment



图 7(a)给出了井眼曲率为  $0^\circ/30\text{ m}$ ,即直井眼条件下 P110 钢级 5"短圆套管螺纹的最大许用悬重为 950 kN,根据该数值可确定直井段的最大悬长(下深)。图 7(f)给出了轴向拉伸载荷为 0 kN 时 P110 钢级 5"短圆套管的最大允许下入的井眼曲率为  $40^\circ/30\text{ m}$ ,该数值可用于判断 P110 钢级 5"短圆套管螺纹在稳斜段末点(水平段起始点)处下入过程中是否已发生屈服。

## 5 弯矩载荷作用下连接螺纹结构参数敏感性评价

由图 8 可看出,各螺纹牙的最大 Mises 应力值随锥度的增加而逐渐增大;接触压力峰值集中在第 1 牙,随锥度增加接触压力峰值也逐渐增加;锥度小时最后几牙接触压力波动较大,且幅值较低,最小接触压力仅为 170 MPa。如果考虑到上扣操作不完全规范、螺纹服役老化及关井或压井时产生的瞬时高压,那么最后几牙螺纹则存在泄漏风险。建议高压井中尽可能选择锥度为  $62.5\text{ mm/m}$  的 API 短圆螺纹套管。

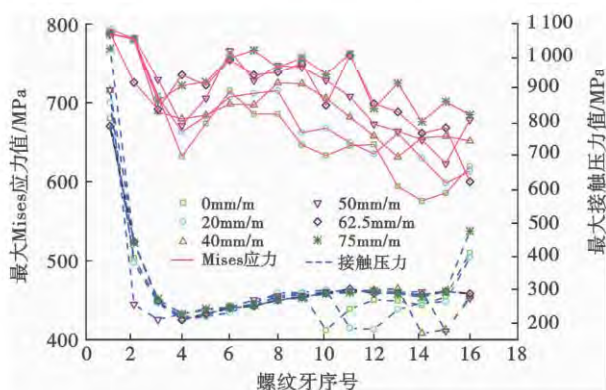


图 8 锥度变化时各螺纹牙最大接触压力、Mises 应力值  
Fig. 8 Maximum contact pressure and Mises stress of thread screw when thread taper change

API 5"短圆套管螺纹常用的螺距有 4 牙/in、6 牙/in、8 牙/in 3 种 ( $1\text{ in} = 25.4\text{ mm}$ )。由图 9 可看出,螺距较小(8 牙/in)时,峰值应力也较小,各牙接触压力较均匀,均在 220 MPa 以上,且最大峰值接触压力不大(800 MPa),粘扣几率小。

从图 10 可以看出,螺纹长度对螺纹连接强度影响不大(关键螺纹牙的应力幅值变化小),但螺纹长度对螺纹的密封能力影响较大。螺纹长度较大时,其峰值接触压力较大,最小接触压力较小,其中螺纹长度为 90 mm 时最小接触压力仅为 117.5 MPa,低于服役中可能遇到的井筒内外流体压力。螺纹长度的增加,增

大了粘扣和泄漏的可能性,因此不建议采用大螺距长度的 API 短圆套管螺纹。

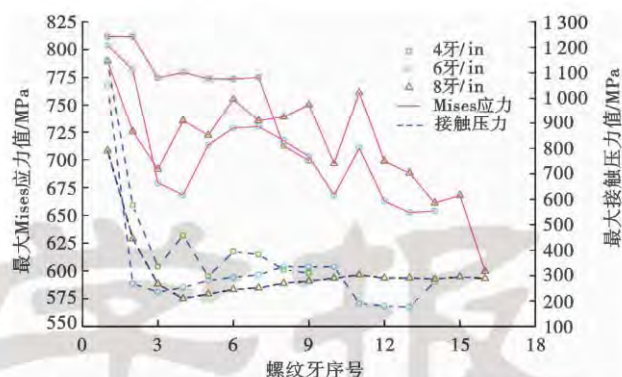


图 9 螺距变化时各螺纹牙的最大接触压力、Mises 应力值  
Fig. 9 Maximum contact pressure and Mises stress of thread screw when thread pitch change

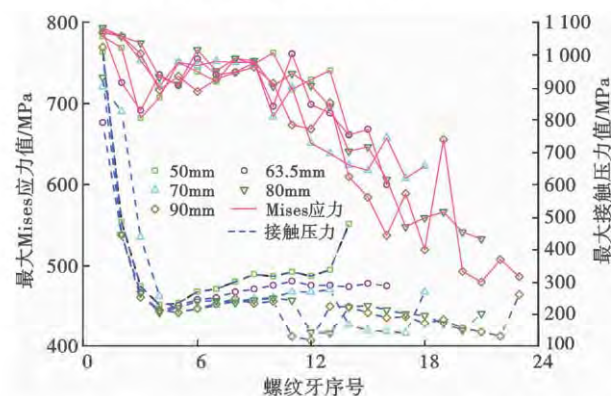


图 10 长度变化时各螺纹牙的最大接触压力、Mises 应力值  
Fig. 10 Maximum contact pressure and Mises stress of thread screw when thread length change

由图 11 和图 12 可以看出,改变牙高对螺纹 Mises 应力分布规律影响很小,但牙高降低后,第 1、第 2 牙的最大接触压力值变大,粘扣几率增加。

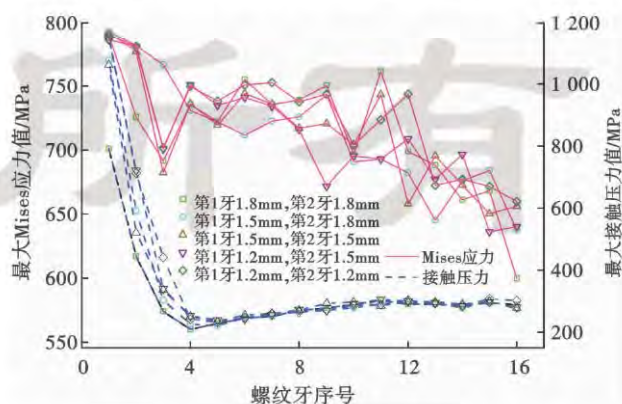


图 11 不同第 1、第 2 牙牙高时各螺纹牙最大接触压力、Mises 应力值

Fig. 11 Maximum contact pressure and Mises stress of thread screw when the first and second thread ridge thicknesses change



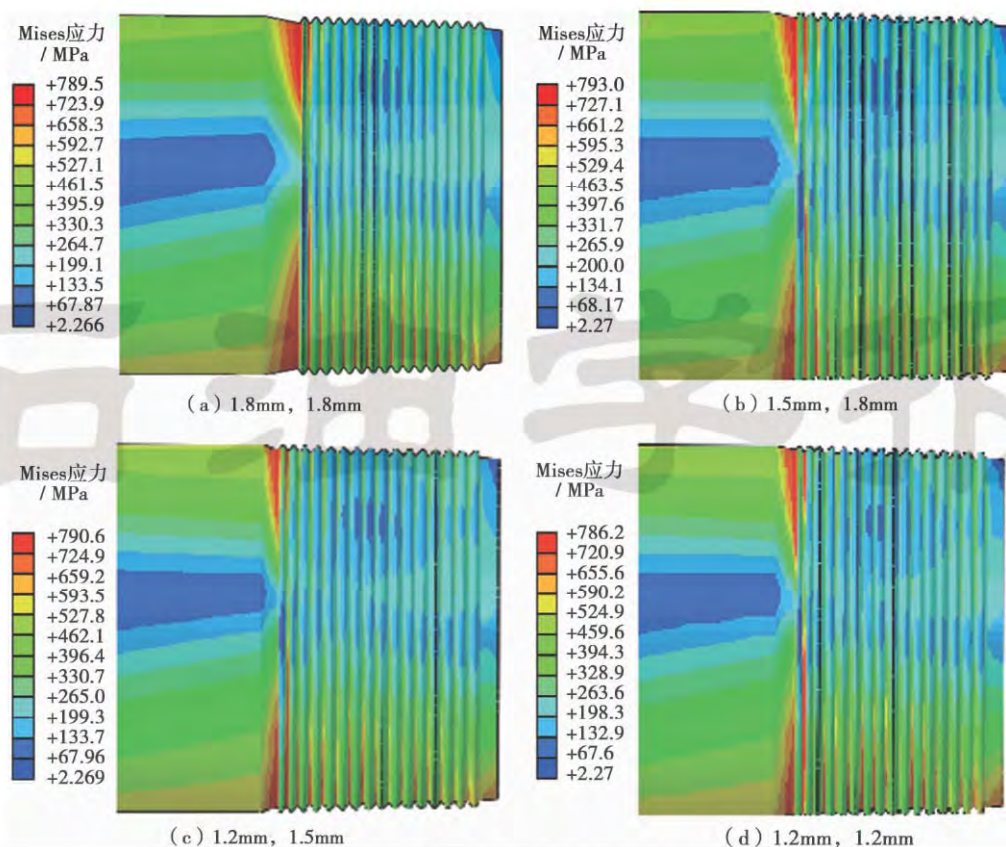


图 12 不同第 1、第 2 牙牙高时套管螺纹 Mises 应力云图

Fig. 12 Mises stress cloud chart of casing thread when the first and second thread ridge thicknesses change

## 6 结论与建议

(1) 井眼曲率(弯矩)对连接螺纹应力状态影响极大,常规的水平井、定向井、分支井及大位移井用套管螺纹设计和套管下入时必须考虑井眼曲率(弯矩)的影响。根据文中给出的给定井眼曲率时套管的最大许用悬重,可计算最大许用下入深度。

(2) 在弯曲井眼中下入 API 短圆螺纹套管时,要综合考虑连接强度和密封性能,建议在连接螺纹各项性能满足标准规定范围内,尽量选取大锥度、小螺距、小螺纹长度、大牙高的短圆螺纹套管。对于 API 5"短圆螺纹套管,推荐螺纹参数为:锥度为 62.5 mm/m;螺距为 8 牙/in;螺纹长度为 50 mm 或 63.5 mm;第 1 牙、第 2 牙高均为 1.8 mm。

### 参 考 文 献

- [1] Schwind B. Mobile qualifies three tubing/casing connection product lines[J]. Hart's Petroleum Engineer International, 1998, 71(11): 59-62.
- [2] 袁光杰,姚振强. 油套管螺纹连接抗粘扣技术的研究现状及展望[J]. 钢铁, 2003, 38(11): 66-69.  
Yuan Guangjie, Yao Zhenqiang. Recent situation and future of anti-galling technique for API round thread[J]. Iron and Steel, 2003, 38(11): 66-69.
- [3] 刘欣颖,胡平. 非均质底水油藏水平井三维物理模拟实验[J]. 石油学报, 2011, 32(6): 1012-1016.  
Liu Xinying, Hu Ping. A 3-D visible physical experiment on horizontal wells of heterogeneous reservoirs with bottom water[J]. Acta Petrolei sinica, 2011, 32(6): 1012-1016.
- [4] 李军,陈勉,张辉. 定向井套管应力随地应力条件的变化规律研究[J]. 石油学报, 2005, 26(1): 109-112.  
Li Jun, Chen Mian, Zhang Hui. Study on varying rules of casing stress in directional hole with in-situ stress conditions[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(1): 109-112.
- [5] 王琨,陈兆能,佟德纯,等. 套管接头螺纹滑脱失效有限元模拟[J]. 北京科技大学学报, 2001, 23(2): 137-139.  
Wang Li, Chen Zhaoneng, Tong Dechun, et al. Finite element method simulation of thread off failure on casing thread connection[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2001, 23(2): 137-139.
- [6] 王琨,陈兆能,张汝忻,等. API 圆螺纹套管接头螺纹脂密封性能分析[J]. 上海交通大学学报, 2001, 35(7): 1053-1056.  
Wang Li, Chen Zhaoneng, Zhang Ruxin, et al. Analysis of sealing performance on API round thread casing connection for thread compound[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2001, 35(7): 1053-1056.
- [7] 申昭熙. 材料形变强化和摩擦系数对圆螺纹接头滑脱性能的影响[J]. 应用力学学报, 2008, 25(2): 293-295.  
Shen Zhaoxi. Influence of material deformation strengthening and

- friction coefficient on round thread connection pull-out[J]. Chinese Journal of Applied Mechanics, 2008, 25(2): 293-295.
- [8] 练章华, 韩建增, 张毅, 等. 套管偏梯形和圆形螺纹滑脱载荷分析[J]. 石油机械, 2004, 32(5): 7-9.  
Lian Zhanghua, Han Jianzeng, Zhang Yi, et al. Analysis of jump-out loads on connectors of buttress and round threads of casing[J]. China Petroleum Machinery, 2004, 32(5): 7-9.
- [9] 高学仕, 张作龙, 赵怀文, 等. 两级柱螺纹套管接箍扣牙力计算与分析[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1994, 18(5): 70-73.  
Gao Xueshi, Zhang Zuolong, Zhao Huaiwen, et al. Calculation and analysis of the force acting on two-stage non-taper threads for casing connection[J]. Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science, 1994, 18(5): 70-73.
- [10] 高连新, 金烨, 张毅. 优化套管螺纹载荷分布特性的方法[J]. 机械科学与技术, 2003, 22(增刊): 28-30.  
Gao Lianxin, Jin Ye, Zhang Yi. A method for optimizing the load distribution on casing thread[J]. Mechanical Science and Technology, 2003, 22(Supplement): 28-30.
- [11] 李润方, 林腾蛟, 唐倩, 等. 石油钻杆联接螺纹弹塑性接触有限元分析[J]. 石油矿场机械, 1998, 27(6): 44-46.  
Li Runfang, Lin Tengjiao, Tang Qian, et al. Finite element analysis of elastoplastic contact for oil drillpipe thread compounds[J]. Oil Field Equipment, 1998, 27(6): 44-46.
- [12] 林腾蛟, 蒋仁科, 李润方, 等. 大尺寸偏差油管螺纹接头弹塑性接触特性研究[J]. 机械科学与技术, 2007, 26(8): 992-995.  
Lin Tengjiao, Jiang Renke, Li Runfang, et al. Study of the elastoplastic contact characteristics of threaded joints of oil pipes with large dimensional deviations[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2007, 26(8): 992-995.
- [13] 杨勇, 柯映林, 董辉跃. 高速切削有限元模拟技术研究[J]. 航空学报, 2006, 27(3): 531-535.  
Yang Yong, Ke Yinglin, Dong Huiyue. Finite element simulation of high-speed cutting[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2006, 27(3): 531-535.
- [14] 习俊通, 裴钢, 梅雪松, 等. 套管螺纹接头连接性能的接触有限元分析[J]. 西安交通大学学报, 1999, 33(11): 63-66.  
Xi Juntong, Nie Gang, Mei Xuesong, et al. Contact and connection behavior in finite element analysis of casing thread joints[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 1999, 33(11): 63-66.
- [15] Zhao Hua. Analysis of the load distribution in a bolt-nut connector[J]. Computer and Structures, 1994, 53(6): 1465-1472.
- [16] 王刚, 张汝忻, 邹家祥, 等. API 圆螺纹套管接头应力场分布实验[J]. 北京科技大学学报, 2000, 22(6): 555-558.  
Wang Li, Zhang Ruxin, Zou Jiaxiang, et al. Experimental research of stress field distribution on API round thread casing connection[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2000, 22(6): 555-558.

(收稿日期 2012-05-19 改回日期 2012-08-14 责任编辑 王 秀)

## 《石油学报》2013 年第 2 期部分文章预告(Ⅱ)

页岩储层防水锁微乳液的制备与性能实验 .....	邱正松等
利用 CT 技术研究顶部垂直注气提高采收率机理 .....	冷振鹏等
楔形裂缝压裂井产量预测模型 .....	郭建春等
接枝丙烯酰胺共聚物在水溶液中的缔合与黏弹行为 .....	钟传蓉等
微生物驱产出液群落结构与现场生产动态的关系 .....	王 慧等
石油工程钻井液连续压力波信号的延迟差动检测及信号重构 .....	沈 跃等
定向射孔水力压裂起裂压力的预测模型 .....	朱海燕等
复合材料缠绕修复管道的应力分析 .....	帅 健等
油井水泥浆与多功能钻井液泥饼界面离子扩散阻碍机理 .....	顾 军等
钻井全过程井筒-地层瞬态传热模型 .....	杨 谋等
基于流场计算的天然气集输管线 CO <sub>2</sub> 腐蚀预测模型 .....	崔 钺等
油气输送站场内外阴极保护系统间干扰数值模拟 .....	董 亮等
生物成因非常规天然气研究进展及展望 .....	朱炎铭等
讨论《启动压力梯度真的存在吗?》一文 .....	窦宏恩等