

# 适应复杂钻探条件的钻探螺纹设计探讨

姜光忍, 李忠, 王献斌

(河北省地矿局第一地质大队, 河北邯郸 056001)

**摘要:**分析钻探、钻井工程中钻柱的力学情况, 钻柱螺纹现状, 提出钻柱螺纹的技术创新思路, 及技术创新后的钻柱螺纹优点。

**关键词:**钻柱; 螺纹; 失效; 交变应力; 双锥结构; 螺旋过盈面

**中图分类号:** P634.4    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2009)12-0037-02

**Discussion on the Design of Drilling String Thread for Complex Drilling Conditions/**JIANG Guang-ren, LI Zhong, WANG Xian-bin (No.1 Geological Party of Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Handan Hebei 056001, China)

**Abstract:** The mechanic and the thread conditions of drilling rod were discussed, and the innovation plan was put forward for drilling string thread, the advantages of innovated drilling rod thread was also presented.

**Key words:** drilling string; thread; failure; alternative stress; double cone structure; screw interference face

## 0 前言

地质、煤炭、石油等行业的钻探、钻井工程中, 钻柱中的钻柱广泛采用螺纹连接, 钻柱由方钻杆、钻杆、加重钻杆、钻铤等组成, 负责把地面钻机的扭矩和钻压传递到孔底, 由于工况极度恶劣, 钻柱失效事故时有发生, 失效原因与钻进时钻柱的力学情况, 钻具组合及钻井工艺, 钻柱结构与材料, 地层因素, 井内腐蚀介质等有关, 其中钻柱的力学情况是钻柱失效的重要原因。钻柱失效的主要部位在螺纹连接处, 钻柱螺纹是钻柱安全可靠性的关键, 随着浅层资源的枯竭, 深孔、超深孔钻探、钻井工程越来越多, 钻柱的安全可靠性成为一个十分突出的问题, 分析钻柱的力学情况, 从钻柱螺纹适应和满足钻柱钻进中的复杂受力出发, 提高钻柱螺纹的设计水平和加工质量, 加强钻柱螺纹研究, 对提高钻柱的强度和使用寿命具有明显意义。

随钻探、钻井技术的发展和产品通用化的要求, 钻柱螺纹大多已形成国际通用标准、国家标准等, 如 API 标准、DCDMA 金刚石钻探标准等, 已被许多国家等效或非等效采用。有标准可循并不等于对钻柱螺纹的研究停步不前, 在通用化基础上, 渤海能克公司、西安石油管材研究所等单位做了大量工作, 双台肩钻柱螺纹技术大大增加其抗扭性能; 一种抗疲劳钻具螺纹接头, 使钻具螺纹抗疲劳强度大大增加; 钻柱螺纹采用牙底滚压技术, 也大大提高了钻柱寿命。标准是不断发展完善的, 钻柱螺纹新技术的采用, 螺

纹引起的钻柱失效事故大大减少。其中, 抗疲劳钻柱螺纹 1999 年在塔里木油田应用, 钻柱螺纹接头的疲劳断裂事故下降约 80%, 取得了非常显著的效果。

但总的来说, 钻柱螺纹技术发展缓慢, 许多钻杆生产厂商和研究单位认为螺纹已经形成标准, 不能也不用改进, 这也是钻柱螺纹技术发展缓慢的重要原因。

## 1 钻柱的力学情况

钻柱在钻进中传递较大的功率和压力, 在钻进中承受着大小和方向都在变化的拉、压、弯、扭的交变载荷, 加之钻柱和孔壁摩擦, 工作状况十分复杂。在钻柱设计中往往注重和满足拉、压、扭载荷, 而忽略对弯曲应力, 尤其是交变的弯曲应力工况下的适应。实际上, 钻柱回转时, 有两种不同运动发生, 一种运动围绕钻孔轴线回转, 一种运动围绕钻柱本身轴线回转, 围绕钻柱本身轴线回转生成交变应力, 交变的弯曲应力引起钻柱的疲劳破坏, 严重影响钻柱的强度和寿命。

## 2 钻柱螺纹现状

在目前的钻探、钻井工程中使用的钻柱螺纹如 API、DCDMA 螺纹, 普遍存在抗横向载荷能力差、载荷分布不均匀的情况。API 螺纹采用中径定心, 牙型角为  $60^\circ$ , 横向载荷传到螺纹载荷面上, 产生了弯曲应力, 该牙型承受弯曲应力的能力差, 没有适合承

收稿日期: 2009-06-19; 改回日期: 2009-12-02

作者简介: 姜光忍(1972-), 男(汉族), 河北人, 河北省地矿局第一地质大队高级工程师, 矿业机械专业, 从事钻探机械与工艺的研发工作, 河北省邯郸市光明南大街4号。

受横向载荷的承载面,螺纹锥度公差,外螺纹为“+”,内螺纹为“-”,使承受载荷主要在大径端,载荷分布不均匀。DCDMA标准中的绳索取心螺纹采用大径定心,大端过盈,小端稍松,使危险端面处于大端,有适合承受横向载荷的承载面,受紧密距、锥度公差的影响,大径过盈接触面积发生变化,承受的横向载荷主要集中在大端过盈处,抗横向载荷能力差,载荷分布不均匀。磨损后的钻柱螺纹,缺点更突出,加重了抗横向载荷能力差的缺点,并且出现不同程度的松扣、脱扣现象。

### 3 问题的提出

分析钻柱的基本力学情况,钻柱螺纹基本能满足其抗拉、压、扭载荷,其薄弱之处,在于抗横向载荷能力差,载荷分布不均匀,承受交变的弯曲应力差,当遇到复杂工况,交变的弯曲应力成为主要载荷时,钻柱螺纹失效在所难免。

吸收和借鉴以往的研究成果,加强钻柱螺纹的研究,使钻柱螺纹更加适应交变的弯曲应力,成为我们研究的重点。

### 4 设计思路

分析抗横向载荷能力差,载荷分布不均匀,承受交变的弯曲应力差的原因,在于螺纹设计中缺乏横向载荷承受面,或虽有横向载荷承受面,但面积较小,承受力差。掌握了钻柱的受力情况和失效原因,提出以下创新技术。

(1) 钻柱内螺纹,牙与牙之间的根部为定心坡面,定心坡面的上部大径端为与外锥螺纹牙顶过盈配合的定心面,所述定心坡面与主锥面之间的夹角 $\beta$ 为 $0 < \beta < \alpha$ , $\alpha$ 为锥螺纹的倾斜角。

(2) 钻柱内螺纹的牙形为三角形、梯形、锯齿形,牙与牙之间的根部以与之配合的外锥螺纹牙顶位置为基准,大径端向内凸起,小径端向外凹进形成所述的定心坡面。

(3) 钻柱内螺纹的牙根以与之配合的外锥螺纹牙顶的交点构成倾斜角为 $\alpha$ 标准螺旋线。

(4) 钻柱内螺纹采用双锥结构,内螺纹牙根锥度值不等于外螺纹牙顶锥度值。设计一个过盈螺旋面为横向载荷承受面,内外螺纹配合后,形成一个设计范围的紧密距,理论上达到了内螺纹定心坡面与外螺纹的牙顶大径端的过盈点,继续加大扭矩,旋紧螺纹,在螺纹全长上形成过盈螺旋面,大大提高横向载荷承受能力,达到预期目的。

新型螺纹结构如图1、2所示。

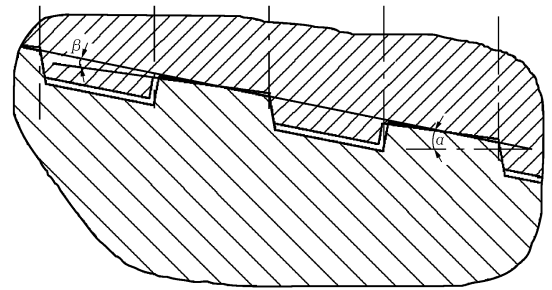


图1 梯形螺纹新结构

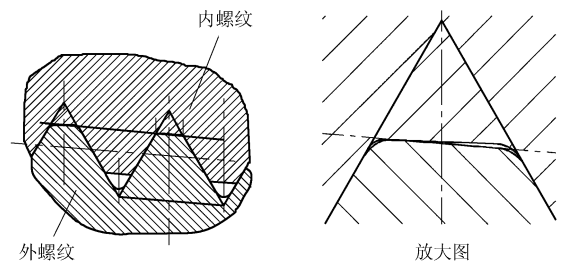


图2 API螺纹新结构

### 5 结语

与现有技术相比,钻柱内螺纹牙与牙之间的根部采用定心坡面的双锥面结构,形成全螺纹螺旋过盈面,通过调整紧密距,可调整螺旋过盈面的大小,以符合设计需要,全螺纹螺旋过盈面的产生使横向载荷均匀分布在螺纹全长上,并形成自锁螺旋面,具有优越的防松性能;具有优异的抗横向振动能力,应对频繁振动及交变载荷;不易造成磨损和疲劳断裂;适合频繁拆卸,只改变内螺纹,可以和原有产品互换。

本技术设计新颖、原理可行,已申请国家发明专利,笔者公司产品深孔绳索取心钻杆将采用这项技术,预计取得较好效果。

### 参考文献:

- [1] 冯耀荣,王新虎,林凯,等. 油井管失效分析预测预防技术进展及发展方向[J]. 理化检验(物理分册),2005,(S1).
- [2] 王新虎,杨龙. 塔里木油田钻杆疲劳刺漏原因与深井钻柱设计[A]. 中国石油学会石油工程专业委员会钻井工作部2005年学术研讨会[C]. 2005.
- [3] 毕雪亮,王长江,阎铁,等. 深井钻具失效分析与预防. 钻井工艺,2005,28(6).
- [4] 张焱,刘坤芳,曹里民,等. 石油钻铤螺纹联接失效的机理分析[J]. 探矿工程,2000,(6).
- [5] 武汉地质学院,等. 岩石钻探设备及设计原理[M]. 北京:地质出版社,1980.
- [6] 张春波. 绳索取心钻杆折断原因的分析[J]. 探矿工程,1987,(2).
- [7] 张蛮庆. S75 绳索取心钻杆折断事故的某些施工因素及其预防措施[J]. 探矿工程,1986,(2).