

三牙轮钻头的改进方向

徐正明

(四川石油管理局成都总机厂)

内容提要 本文以三牙轮钻头的台架试验和油气田现场试验的效果为依据,探讨三牙轮钻头的改进方向。涉及学术上长期争议的国外钻头与国内钻头在轨迹设计上的差异,剖析轴偏移和角偏移的异同处。对轴承密封,牙轮锁紧,喷嘴安装等也有新的意向。

主题词: 牙轮钻头, 四川气田, 镶齿钻头, 密封件。

从1909年第一批三牙轮钻头专利至今,世界上应用最广,数量最多的仍然是三牙轮钻头。虽然PDC钻头和BDC钻头八十年代初进入市场,它们具有显著的特点:钻进中可自锐,切削效率高,机械钻速为牙轮钻头的2~4倍,综合经济效益高,适应于不同的井下动力和钻井方法等。但它们也有不可克服的弱点:对那些软硬交错相间的夹层、支离破碎的岩石结构和砾石层也不能尽如人意。薄、硬、脆的聚晶片经受不住这些岩石碰击。目前还不可能将三牙轮钻头取而代之。所以对三牙轮钻头的改进仍是一项重要的研究课题。

本文主要从钻头的试验结果来谈三牙轮钻头的改进方向。几十年来,三牙轮钻头从外观到内部结构已发生许多变化。外观如牙齿,从普通钢齿到敷焊钨钢粉发展到镶硬质合金齿。镶齿钻头在我国是七十年代才开始研制,十年来发展迅速,表1是四川气田近年使用成都石油总机械厂生产的川石牌8½"钻头的统计。

镶齿钻头寿命为钢齿钻头的2~3倍或更高,所以目前四川气田钻井进尺的80%已为

镶齿钻头所承担。特别是8½"XHP1s和8½"XHP2s及12¼"XHP2s钻头由于适宜钻软地层,为镶齿钻头拓宽了使用井段,使镶齿钻头应用更广。

表 1

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987
数量 (只)						
钢齿钻头	741	646	469	158	62	26
镶齿钻头	1080	1256	1691	1909	1721	1566

三牙轮钻头内部结构的轴承由普通钢材进到牙爪轴上堆焊高强度的耐磨合金及牙轮内镶减磨合金,再进到牙爪渗硼(其厚度约0.08mm)及牙轮内镶价格低廉的钢铁锰合金。钻头润滑脂的润滑方式由自带到能够自动补偿。喷嘴的选择和安装克服了岩屑紧附于井底的“压持效应”,于是钻头进尺突增。

钻头台架试验又给钻头提供了可循的改进方向和依据。几年来由不同尺寸的37只钻头台架试验,结果见下。

一、台架试验的透析

由钻头在钢板上留下的轨迹分析,并与国外同类型钻头对比:

1. 未破碎带圆环的比较

三牙轮钻头牙齿的排列目前都是按牙轮的轴向分圈排列,齿圈之间的岩石破碎靠钻头的滑动剪切作用实现。台架试验时,钢板上留下两条明显的未破碎带圆环的钻头轨迹。本厂的钻头在钢板上形成的未破碎带圆环既高又宽,国外钻头的两条未破碎带圆环低矮且狭窄,说明国外钻头的破碎效果更好些。以我厂8½" XHP 3钻头为例(出厂号169),纯钻155小时,钻头轨迹如图1。

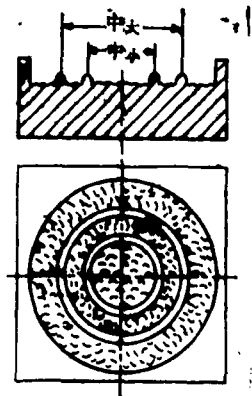


图1 台架试验169号钻头轨迹示意图

图上两条白圆即本文所谈的两条未破碎带圆环,其 $\phi_{大}$ 即大圆环之直径150mm,其 $\phi_{小}$ 即小圆环之直径为80mm,圆环的高度为20~30mm。

据长期试验8½"钻头的经验,其未破碎带圆环高度达到30~40mm,牙轮本体也就切穿了。国外钻头在钢板上的未破碎带圆环轨迹的 $\phi_{大}$ 和 $\phi_{小}$ 尺寸与成都石油机械厂的几乎相等,但圆环低矮而狭窄。说明其破碎效果不同。解释这种差异的有两种观点:第一种认为国外钻头设计时牙轮采用“角偏移”,即牙轮的轴线偏移一个角度。我厂的钻头设计采用“轴偏移”,即牙轮的轴线平行移动的一个距离,此两种设计方法不同,其

未破碎带圆环就有差别,见图2。

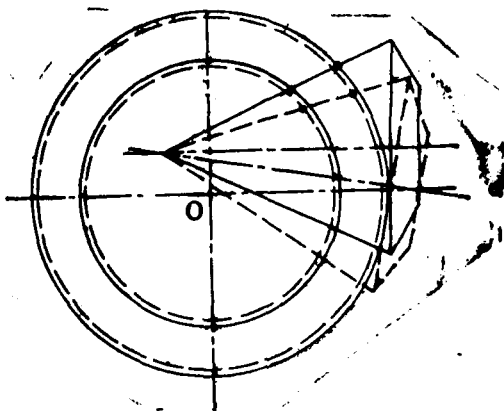


图2 轴偏移与角偏移比较图

实线牙轮为“轴偏移”,虚线牙轮为“角偏移”。实线上的两黑点表示两排齿,绕钻头中心作两条实线圆。虚线上的两黑点表示两排齿,绕钻头中心作两条虚线圆。实际量得两实线之间的距离等于两虚线之间的距离,用这种简单的作图法证明了两种偏移的牙轮轨迹是相同的,不会造成未破碎带圆环的差异。所以排除了第一种观点的可能性。

第二种观点认为本厂钻头布齿不尽合理,故应改善齿的分布,以期展延复盖面,消除两条未破碎带圆环。值得研讨。

曾有人提出牙轮镶齿以正弦曲线排列,这种镶齿错落排列的钻头与常规的按圈排列的钻头齿数相同。根据试验却能复盖更多的井底,它能有效地消除井底未破碎带圆环,在机械钻速不降低的情况下,可大大减轻断齿、牙轮本体磨损和轴承磨损的程度。

2. 轴承摩擦面的表面粗糙度

从理论上讲,理想的润滑是在摩擦面之间形成一层连续的极薄的油膜。实际上由于加工的垂直度、同轴度、圆度等有误差(在公差范围以内),牙轮滚动时牙齿交替地形成上下往复的振动,所以钻头在使用中牙轮并不是处于仅受钻压的一个静载荷。这振动使下部钻柱也上下振动,钻头和下部

钻柱的重力加速度的冲击给牙轮以动载荷。更有甚者,当牙轮轴的振动频率与钻头、钻柱系统的振动频率相同时,出现共振,便产生更大的动载荷。地层变化软硬相间或岩石破碎也产生钻头的跳动,也是动载荷。台架试验看到波动的电流曲线,也证明动载荷的存在。故轴承摩擦面之间的接触不可避免。这就要求有较高的表面粗糙度(即过去称呼的光洁度)。尤其是滑动轴承,应将摩擦减少到最大限度,否则摩擦生热,加速密封圈的老化和破损。

3. 改善O型密封圈的摩擦状况

钻头轴承中目前最薄弱的环节是O型密封圈。室内试验只能耐受温度 130℃。根据地温梯度计算井深3000m地温接近 100℃加上摩擦产生的热,O型密封圈很快就破损。牙轮与O型密封圈接触处的表面粗糙度可以比牙爪轴颈与O型密封圈接触处略低1~2级。因为O型密封圈是在压缩状态装入牙轮内的。美国取压缩率10~15%,日本取压缩率5~8%,本厂取13%左右。所以理论上讲O型密封圈是随同牙轮绕轴颈作相对运动,要求轴颈有更高的表面粗糙度。

国外钻头的轴承摩擦面光可鉴人,他们钻头牙爪密封部分要求 $\nabla 7$,渗硼牙爪的轴颈在渗硼前要求 $\nabla 7$,保证渗硼后表面粗糙度不低于 $\nabla 7$ 。我们目前设计上偏低于上述数据,加上加工时又与设计有距离,于是与国外的距离就拉大了。因此,现在我们应尽可能提高轴承摩擦面的表面粗糙度。

4. 牙轮的锁紧方式

国外有的钻头牙轮的锁紧已用卡簧代替弹子,优点有三:一是缩小了由原来锁紧弹子占据的位置,提高了牙轮及轴的强度。二是加工简单,增加可靠性。三是节约了成本,提高了生产效率。目前我们的钻头牙轮锁紧仍用弹子,故有必要加速牙轮的锁紧方式的改进。

二、从现场效果提出改进方面

四川气田使用我厂生产的川石牌8 $\frac{1}{2}$ "镶齿钻头(包括8 $\frac{1}{2}$ "XHP2, 8 $\frac{1}{2}$ "XHP2s, 8 $\frac{1}{2}$ "XHP3s, 8 $\frac{1}{2}$ "XHP4, 8 $\frac{1}{2}$ "XHP6等型号)的情况如表2。

平均年消耗川石牌8 $\frac{1}{2}$ "镶齿钻头接近2000只,平均单只进尺在80m左右徘徊,而机械钻速有逐年提高的趋势。这是由于近年来大力发展喷射钻井技术和装备更新的结果。喷射钻井对三牙轮钻头的研究提出了新的课题。

1. 安装加长喷嘴和抽吸式喷嘴

为了消除井底岩屑的“压持效应”,采用高压喷射形成井底横向的高速漫流净化井底。但目前的喷射式钻头,喷嘴距井底为127~178mm之间,喷束到达井底前速度损失约50~70%。一些研究者在砂岩、无水石膏、白云岩、石灰岩中的试验表明,喷嘴出口距井底的距离为喷嘴直径的3~6倍时效果较好。为避免大量岩屑破坏喷嘴,在软的地层及结构疏松的地层喷嘴距井底的距离就要大些。本厂在山东临邑连续试验4只8 $\frac{1}{2}$ "的带加长喷嘴的钻头,钻遇地层为平原组、明化组,岩性为黄色粘土、砂质粘土、棕黄色泥岩、红色泥岩,

表 2

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987
平均值						
平均进尺(m/只)	81.78	83.51	78.98	78.21	81.68	79.51
平均钻速(m/h)	1.25	1.41	1.50	1.73	1.65	1.50

都因加长喷嘴刺坏或脱落而被迫起钻,而轴承及牙齿均完好无损。相反,同类钻头在地层较硬的四川气田使用效果就很好。故应研究针对地层而确定加长喷嘴出口距井底的距离,这就要求加长喷嘴有不同长度规格,并针对不同地层对号入座,且可以安装拆卸和更换。

2. 轴承的密封

从现场试验发现钻头事故居多是掉牙轮,至于焊缝开裂、钢材夹渣夹气孔只占少数。本厂曾对密封起主要作用的O型密封圈材质进行过研究,经过实验和筛选,认为丁晴橡胶综合性能好,氟化橡胶除耐磨性差外其它性能优于丁晴橡胶。故必须密切关注国内氟化橡胶改性技术研究的发展动态,以至于采用改性氟化橡胶。O型密封圈的硬度有必要从邵氏75度提高至90度。密封圈与轴的配合为过盈配合,O型密封圈装入牙轮内腔必须有合适的预压缩率(即径向压缩量与松驰状态下的径向截面尺寸之比)。美国取10~15%,日本取5~8%。也有人研究采用椭圆型密封圈,其长轴方向即密封圈的径向,因

椭圆型密封圈比O型密封圈的径向尺寸大,按压缩率公式同样的压缩率可以获得较大的压缩量,这就会有更多的补偿余地,当然就延长了密封圈的工作时间。但橡胶毕竟不及金属耐温、耐磨,所以有人采用金属密封圈配上自动补偿方式,这确是可行的研究方向。

3. 轴承润滑脂

本厂钻头用润滑脂大部分是一坪化工厂生产的,该厂生产的锂基润滑脂与美国产品接近。钻头润滑脂必须具备耐温性、抗压性、润滑性、低腐蚀性及其它一些物理化学性要求。钻头轴承内的润滑脂消耗后就会在泥浆柱的压力下通过传压孔将储油囊内的润滑脂推去补偿,所以润滑脂的粘度要合适,便于流动。比较国内外几种润滑脂粘度结果,一坪化工厂的润滑脂的粘度比其它的都大,有待于降低粘度。

本文从台架试验和油气田现场试验两方面的效果谈三牙轮钻头改进的七点意见,抛砖引玉,欲为我国三牙轮钻头的制造工艺水平的提高略抒陋见,供同行参改。

(本文收到日期 1988年8月15日)

天然气勘探专家论证会在京召开

受中国石油天然气总公司的委托,由中国石油学会石油地质委员会组织召开的全国天然气勘探专家论证会于1989年元月4日至7日在北京召开。

中国石油天然气总公司和中国石油学会的领导王涛、李天相、侯祥麟、阎敦实等有关同志参加了会议,王涛总经理在开幕式上讲了话,指出天然气工业在国民经济发展中的重要作用以及我国天然气工业发展的现状,希望与会专家各抒己见,畅所欲言,为我国的天然气发展战略多提咨询建议。

我国地质学界著名学者叶连俊先生、翁文波先生及中国科学院、地矿部、石油天然气总公司所属单位和有关高校的50余名知名专家、教授应邀参加了专家论证会。

与会专家就加快我国天然气资源的勘探与开发

工作,我国大中型气田的勘探方向、勘探理论、勘探程序以及我国天然气工业发展的战略问题,我国天然气的成气条件,天然气物探、测井、钻井、采气工艺、完井技术进行了讨论并提出了建设性的意见。同时,就我国天然气工业近期和长远发展规划提出了许多具有指导性的咨询意见,与会专家一致呼吁应把发展天然气工业提到与发展石油工业同等重要的地位上来。

中国石油学会石油地质委员会将尽快把专家们的建议概要印成简报,并计划将各位专家的书面报告汇编成册,送交中国石油天然气总公司及各有关部门,以供决策参考。

王书林 杨杰

34 Casing and Tubing with Special Thread for Deep Well with High Pressure

In recent years, the casing and tubing series with special thread such as VAM, 2SC, 3SB, NS, etc., have been widely used in various deep oil-gas wells with high pressure in the world. In this paper, from the world trend in developing casing and tubing products, the textural principle of special thread is briefly introduced. Besides analyzing the advantages of SB and VAM special threads, the main properties of six types of special thread are compared through tabulating, and the concrete opinions on choice, inspection and use, etc. are proposed also.

Subject words: screw thread, deep well, high pressure, casing pipe, oil pipe.

Zhao Linlin

39 Improving Direction of Three Roller Bit

In this paper, on the basis of the results obtained from the bench and field tests of the three roller bit, its improving direction is approached. It related to the difference in trace design between the domestic bit and the foreign one—a disputed problem in sphere of learning over a long period of time, and to the difference in analyzing the axial and angular offsets. There is also a new intention on bearing's seal, roller's locking and nozzle's mounting.

Subject words: cone bit, Sichuan gas field, inserted teeth bit, sealed ring.

Xu Zhengming

43 Application of Node System Analysis Method to Gasfield

This paper introduces the basic concept and method on node system analysis method. Through the example in gas production technique, the thought of resolving questions and the process of calculation are concretely described. If using the node system analysis method to draw up the program of production and gathering system in each gasfield, it is favorable to optimize production and predict performance of gasfield.

Subject words: gathering line, method of calculation, dynamic state of gas pool, prediction, optimization designing.

Yang Jisheng

49 Calculation of the Effectively Reacting Distance of Foamed Acid Liquid When Flowing in Fractures

This paper considers the effect of temperature field in fractures for the first time and presents the calculation method of the effectively reacting distance of foamed acid liquid in the practically widened fractures. It has been verified through the comparative method of examples.

Subject words: foam acid, acid fracturing, physics of oil layer, temperature, density, distribution, fracturing of acid erosion.

Xiong Youming