黑龙江省石油学会钻井工程专业委员会　编

Collection of Works on Wellbore Technology of Daqing Oil Field

大庆油田井筒技术文集

（2004 — 2005年）



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

需要全本请访问 www.ertongbook.com

Collection of Works on Wellbore Technology of Daqing Oil Field

策划编辑：方代煊
责任编辑：潘晓军
封面设计：赛维钰
责任校对：黄京萍



大庆油田井筒技术文集

（2004—2005 年）

黑龙江省石油学会钻井工程专业委员会　编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收集了2004—2005年大庆油田在井筒技术领域的先进技术和重要成果，内容涉及钻井地质、录井技术、钻井技术、储集层保护技术、完井技术和修井技术等。

本书可供钻井、完井、修井工程技术人员、管理人员以及石油院校相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

大庆油田井筒技术文集(2004—2005年)/黑龙江省石油学会钻井工程专业委员会编. —北京：石油工业出版社，2007.8

ISBN 978-7-5021-6170-5

Ⅰ. 大…

Ⅱ. 黑…

Ⅲ. 井(石油、天然气)-井筒-文集

Ⅳ. TE2-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第105420号

大庆油田井筒技术文集(2004—2005年)

黑龙江省石油学会钻井工程专业委员会编

出版发行：石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址：www.petropub.cn

发行部：(010)64210392

经 销：全国新华书店

排 版：北京乘设伟业科技排版中心

印 刷：北京晨旭印刷厂

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

787×1092毫米 开本：1/16 印张：22.5

字数：527千字 印数：1—1000册

定价：74.50元

(如出现印装质量问题，我社发行部负责调换)

版权所有，翻印必究

《大庆油田井筒技术文集(2004—2005年)》
编 委 会

名誉主任：王亚伟

主　　任：钟启刚

副 主 任：刘　富　周英操

委　　员：(按姓氏笔画为序)

丁保刚　王亚伟　王忠福　王晓达　由保胜

刘　富　刘　文　刘方玉　刘国志　闫　铁

李文斌　李　杉　吴俊辉　迟元林　张书瑞

杨决算　杨　野　邹　野　杨智光　周英操

周东风　钟启刚　高凤林　朗东升

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

近年来，黑龙江省石油学会钻井工程专业委员会通过组织各会员单位参加各种学术研讨和技术交流活动，充分调动了广大工程技术人员的积极性和创造性，为广大工程技术人员交流与展示新成果、新技术和新方法创造了良好的环境和机会。

井筒技术涉及地质、钻井、完井、修井等多项技术，是一项综合性的石油工程应用技术。为使近几年的最新研究成果与现场应用经验得以推广和传播，在专业委员会领导的积极倡议和各会员单位的大力支持下，组织出版这本《大庆油田井筒技术文集 2004—2005 年》。本书收集了 2004—2005 年大庆油田在井筒技术领域的先进技术和重要成果，其内容涉及钻井地质、录井技术、钻井技术、储集层保护技术、完井技术、修井技术等方面。我们希望，本书的出版能够促进井筒技术各领域之间的相互渗透与借鉴，进一步启迪广大管理决策人员、工程技术人员和现场操作人员的聪明才智和创造精神，同时在营造良好的学术氛围方面能够起到一定的促进作用。

在此，谨向各会员单位和编审专家以及论文作者表示衷心的感谢！

黑龙江省石油学会钻井工程专业委员会

2006 年 9 月

目　录

地质研究

庆深气田岩石宏观可钻性研究 …… 毕雪亮　常　雷(3)
大庆长垣南部浅气层分布规律 …… 张玉玲　高战友　杨小飞　董丽娟(9)
测井解释地层孔隙压力在油田钻井和开发中的应用
…… 燕守斌　郭　军　李国庆　王连生　王　雷(16)
大庆外围复杂地质条件下的葡萄花油层压裂技术探讨 …… 王晓牧　陈艳庆　陈世胜(21)

钻井技术

庆深气田复合钻井技术 …… 闫　铁　常　雷　刘维凯(31)
欠平衡钻井井底压力研究的新进展 …… 周英操　刘永贵　鹿志文(36)
G105 钻杆焊缝淬火介质的选择与淬火设备的研制
…… 陈士维　张艳波　刘长军　石俊江　郑海洋　毕宏波(45)
深井取心技术研究与认识 …… 张洪军　孙庆仁　何启儒(50)
井底压力温度测试技术在充气欠平衡井中的应用
…… 刘永贵　姜玉芳　赵德云　田鲁才　马晓伟(57)
芳 23—3 井钻井液设计及实施效果分析 …… 张春祥　董丽娟　许长勇(64)
有机黑色正电胶钻井液在冀东油田的应用 …… 许长勇　赵秀良　陈淑英　李云波(68)
冀东油田浅层水平井井眼轨迹控制技术 …… 吴晓川　孔庆欣　王　罡　赵丽波(74)
复合钻进弯曲角对井眼扩大率的影响分析 …… 孙文才　贾彦超(82)
大庆油田薄油层双阶梯水平井钻井液技术
…… 董丽娟　许长勇　陈淑英　余建顺　王　波　史金龙(87)
海拉尔地区七翼型 PDC 钻头研制与应用评价
…… 刘英众　孙冬梅　国学臣　张治邦　张永星　韩　贺(91)
提高低渗透薄油层阶梯水平井沙岩钻遇率的方法 …… 杨民瑜　李洪秀　张元逊(97)
升深 2—17 井络合铝聚合物充气钻井液现场试验
…… 何　恕　鄢捷年　孙淑珍　王　珩(103)
冀东油田水平井底水控制技术研究与应用 …… 宋宝桐　刘　敏　刘　强　刘保全(108)
深井钻具失效的机理与预防 …… 王玉武　穆宗泽　赵德云(113)
大位移井延伸极限预测技术研究 …… 王洪英　李瑞营　刘维凯　关而沫　李　飞(118)
多靶点定向井钻井技术实践与应用 …… 吴晓川　袁国强　陈彦平　赵成新　李　欣(126)

徐深21井空气钻井设计与应用 …… 姜玉芳 杨淑静 王永吉 陈凤杰(135)
大庆油田钻机电气控制系统现状分析 …… 罗晓丽 邵崇权(143)
钻井液地球化学分析技术研究探讨 …… 程少芳 吕 彬(152)
海拉尔钻具断裂原因分析及预防措施 …… 郭盛堂 刘 卜 徐 田 王志伟(158)
特低渗透油田调整井钻井液密度设计方法 …… 陈艳庆 杨秋梅 孙永春 沈洪波(161)

完井技术

科里奥利质量密度计在水泥浆密度检测中的运用 …… 周兆明 赵清军 段景良(169)
嫩二段底部油页岩层的测、录井资料特征及其在判断套损方面的应用方法初探
…… 姚 冰 唐庆梅 左铁秋(175)
影响质量流量计连续检测水泥浆密度因素分析 …… 周记满 赵清军 段景良(182)
新型气井压井液研制及应用 …… 梁 岩 张广华(188)
SDL9000型综合录井仪数据库的转储及应用 …… 王迅达 张传波(198)
试油施工过程中异常曲线分析 …… 梁淑平 张士君 于雪莲(209)
应用多级模糊评判方法预测固井质量研究 …… 贾付山 周兆明 袭 杰 闫家欣(218)
杏南东过原始异常高压对固井质量的影响 … 宗欣 黄小燕 彭永生 王杰 吴保民(227)
对全烃的重新认识 …… 杨占山 李富强 孙文库(232)
DQ35－1型井壁取心器的研制与应用 …… 毕鹏飞 敖卫东 侯宝成 金海东(237)
液相色谱分析技术在储集层含水性评价中的应用 …… 营云英 周红(242)
高强低密度防漏水泥浆在中100—218井上的成功应用 …… 姜开文 胡伟 张晓红(247)
萨北开发区录井水淹层评价方法应用 …… 邱玉娥 赵晨颖 左铁秋(252)
利用流体测井曲线进行完井压力解释方法研究
…… 宗 欣 何礼君 王广仁 韩 忠 王 杰(259)
模块化射孔工艺技术 …… 蔡山 郭景学 刘德君(267)
相渗及核磁共振分析资料评价油水层方法及其应用 …… 赵淑英(272)
关于高渗层影响固井质量的研究
…… 何礼君 王广仁 李万全 杨春丽 桑双利 王艳丽(278)
井壁取心资料在北二区西部剩余油分布规律评价中的应用 …… 宋冠军 邱玉娥(285)
应用相渗分析解决葡西地区开发井解释的疑难问题 …… 陈世明(290)
MFE(II)地层测试监测压力泄压的研究及预防方法 …… 包鸿海(295)

修井技术

套管错断井吐岩机理的研究 …… 赵恩远 陈民 刘士军 张宝晶 姚 洋(303)
国内外水平井大修技术的发展与应用 …… 艾敬银 兰中孝(310)
抽汲求产工艺技术在印尼修井项目的应用 …… 王炜 刘于波(327)

其　他

应用计算机技术建立岗井质量统计分析系统 …… 方秀梅　刘长喜(337)
BP 网络预测地层压力 …… 高战友　马向阳　谷志峰(340)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

地质研究

庆深气田岩石宏观可钻性研究

毕雪亮　常　雷

（大庆石油学院　黑龙江大庆）

摘　要：因为庆深气田下部地层情况复杂，岩石可钻性级值较高，钻井机械钻速低、进尺慢和钻井周期长，所以迫切需要准确预测庆深气田下部地层的岩石可钻性级值，科学制订钻井计划。本文通过对庆深气田大量实际钻井资料进行统计、分析、计算，利用通用钻速方程，得出庆深气田下部地层岩石可钻性级值规律，并对所求岩石可钻性级值进行分析，得出地层岩石可钻性与地层深度的剖面图并且拟合出岩石可钻性级值与地层深度的表达式。从而对庆深气田钻井速度科学预测、钻头优选和钻井参数优化具有一定的指导作用。

关键词：庆深气田　可钻性　钻速方程　机械钻速

对于地层岩石可钻性，国内外投入了大量的科研力量，取得了丰富的研究成果，其求得的方法有很多种，例如室内实验方法、声波时差法、测井资料预测法等[1]。对于庆深气田地层岩石可钻性的研究，本文首次从庆深气田现场实际钻井资料入手，利用通用钻速方程反求出地层岩石可钻性级值。因为现场实际钻井资料中的参数可以充分地反映地层状况，因此求出的岩石可钻性级值具有较高的利用价值。通过对庆深气田已完钻的 11 口深井的现场实际钻井资料进行收集整理，对不同年代的地层共收集了 226 组，共计 1356 个数据（7 个不同年代的地层），利用已有的研究成果，求得不同年代和不同井深的地层岩石可钻性级值数据 226 个，对所求数据应用数理统计的方法得出地层岩石可钻性规律并且对其进行分析，得出岩石可钻性与地层深度的剖面图。

一、钻速方程数学模型的建立

钻速方程数学模型是以试验室和现场试验为基础建立起来的，计算模式中都有一个“口袋”系数，用于容纳各种复杂因素的影响，因此这些模式只能局限于同一（或具有相似地质条件）地区，缺乏通用性，给优化钻井的定量描述造成很大的困难。使科学钻井工作几乎陷于难以推广的困境。于是人们致力于寻找一种通用的钻速模式，值之不受地区限制，而且精度较高，且便于实际应用[2]。经过大量的试验研究，以地层的非均质为基础，统计地层的可钻性，即地层宏观可钻性，从而建立起来的通用钻速方程应用范围广，不受地区限制，经现场实钻验证，其宏观准确度可达 90% 以上，可以满足科学钻井的要求。

通用钻速方程的形式[3]为：

$$v = \frac{131.27}{5.62^{A} \times 60^{B} \times 1.026^{C} \times e^{1.15D}} W^{A} \cdot N^{B} \cdot HEI^{C} \cdot e^{MW-1.15} \qquad (1)$$

作者简介：毕雪亮，(1971—)，副教授，研究方向为钻井工艺技术。

结合庆深气田的钻井参数实际情况,对通用钻速方程进行修正有:

$$v = \frac{131.27}{5.62^{A} \times 60^{B} \times 1.026^{C}} W^{A} \cdot N^{B} \cdot HEI^{C} \cdot e^{-0.01182(MW-DH)} \tag{2}$$

式中 A——钻压指数($A = 0.5366 + 0.1993K_d$);

B——转速指数($B = 0.9250 - 0.0375K_d$);

C——地层水力指数($C = 0.7011 - 0.05682K_d$);

D——钻井液密度差系数($D = 0.97673K_d - 7.2703$);

H——平均井段,m;

W——比钻压,t/cm;

N——转速,min/r;

HEI——有效钻头比水功率,km/cm^2;

MW——实际或设计钻井液密度,g/cm^3;

V——机械钻速,m/h;

DH——地层压力系数,g/cm^3;

K_d——岩石可钻性级值。

根据式(2),可以看出式中所有的参数除了地层岩石可钻性级值 K_d 外,其余参数均为现场实际钻井参数。因此通过处理现场实际钻井参数来求取地层岩石可钻性级值是可行的。如果现场实际钻井参数记录比较准确,那么求出的地层岩石可钻性级值 K_d 也必然接近实际值。在求取一定数量样本的基础上,分不同年代地层,应用数理统计的方法,分别求出地层岩石可钻性级值趋势方程,这样地层岩石可钻性级值的预测就解决了,从而使科学预测钻速成为现实。

二、庆深气田地层岩石可钻性级值的研究

(一)庆深气田地层岩石可钻性级值的确定

根据式(2),通过利用迭代计算方法编制软件可求出庆深气田地层岩石可钻性级值。利用 2004—2005 年完钻的庆深气田 11 井的现场实际钻井资料,并且进行整理、分析、筛选和计算。根据计算出的地层岩石可钻性系数,绘制出岩石可钻性系数随地层深度变化的剖面图,如图 1—图 3 所示。

(二)泉二、泉三段以下地层岩石可钻性分析

由图 1—图 3 可以看到,在庆深气田上部地层,地层岩石可钻性级值比较小,而且变化幅度不是很大。在钻井过程中,不会对机械钻速带来显著影响。然而,在泉三、泉二段地层岩石可钻性级值突然增大,而且随着地层深度的增加,增大趋势非常明显。总体上看,庆深气田深部地层(尤其是泉三、泉二段以下地层)岩石可钻性级值比较高,变化幅度非常大,地层岩石可钻性级值变化范围可达到 4 ~ 14.8 级,而且岩石可钻性级值波动性比较大,存在不稳定性。在钻井工程中,直接影响到钻井参数的确定、钻头的正确优选和机械钻速,所以

下面着重对地层岩石可钻性级值比较高，而且变化幅度比较大的泉三、泉二段以下地层进行详细分析，计算出庆深气田泉三、泉二段以下地层的平均岩石可钻性级值。表 1 给出的是根据庆深气田 11 口深井实际钻井资料，经过计算所求得的泉三、泉二段以下地层平均岩石可钻性级值。

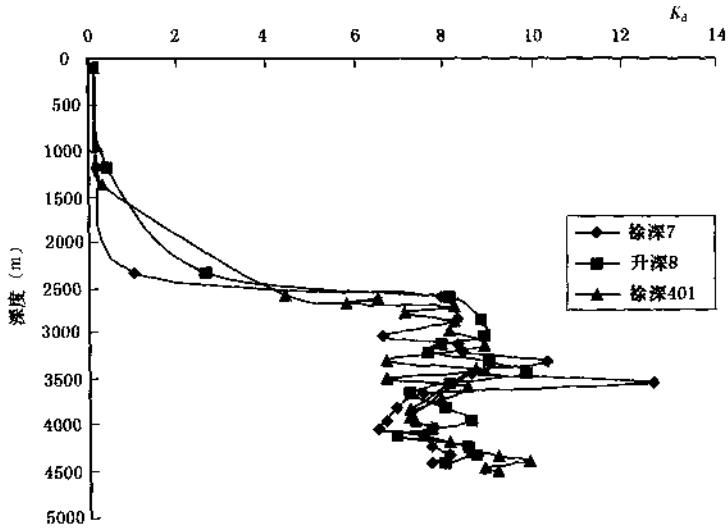


图 1　K_d 随地层深度变化的关系曲线剖面图

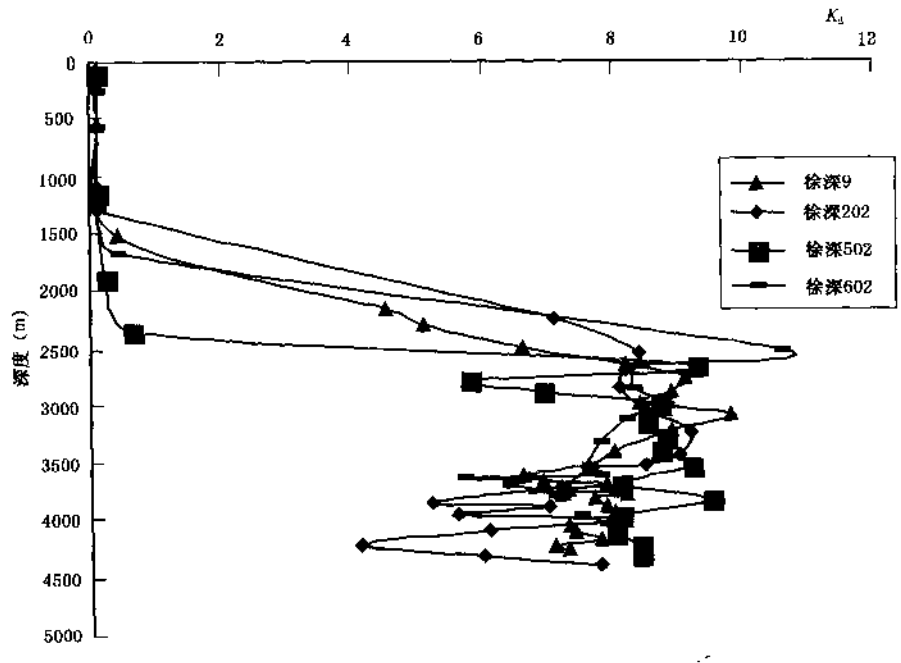


图 2　K_d 随地层深度变化的关系曲线剖面图

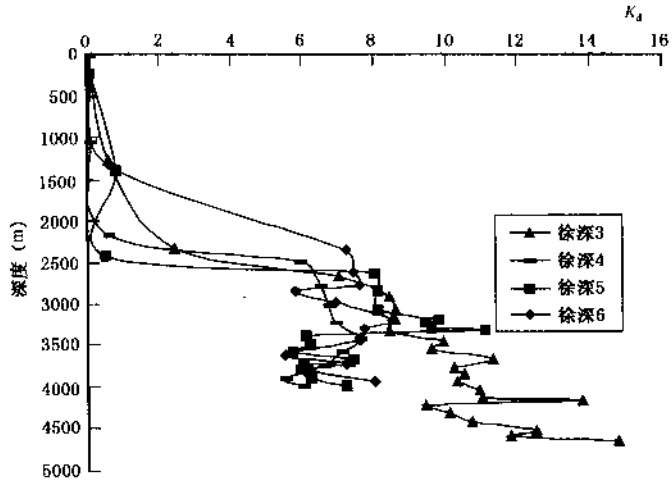


图 3　K_d 随地层深度变化的关系曲线剖面图

由表 1 可以看出,从平均岩石可钻性级值角度分析,庆深气田泉三、泉二段以下地层平均岩石可钻性级值总体上比较高,但是变化幅度不是很大,平均岩石可钻性级值变化范围为 7.1 ~8.7,而且沙河子组地层平均岩石可钻性级值比营城组地层平均岩石可钻性级值略小。平均岩石可钻性级值的给出,对科学制订钻井计划起着重要的指导作用。对于那些岩石可钻性级值偏离平均岩石可钻性级值较大的情况,在实际钻井中应采取适当的措施,来保持或提高机械钻速。

表 1　泉三、泉二段以下地层平均岩石可钻性级值

层位	井段 (m)	平均可钻性级值
泉二段	2500 ~ 2700	7.1
泉一段	2700 ~ 2850	7.7
登四段	2800 ~ 3000	8.2
登三段	3000 ~ 3300	8.3
登二段	3250 ~ 3400	8.4
营城组	3500 ~ 4000	8.7
沙河子组	4000 ~ 4500	8.5

为了比较直观形象的反映出庆深气田泉三、泉二段以下地层平均岩石可钻性级值随地层深度变化的规律。根据表 1 所示数据,绘制出庆深气田泉三、泉二段以下地层平均岩石可钻性级值随地层深度变化的关系曲线剖面图,如图 4 所示。

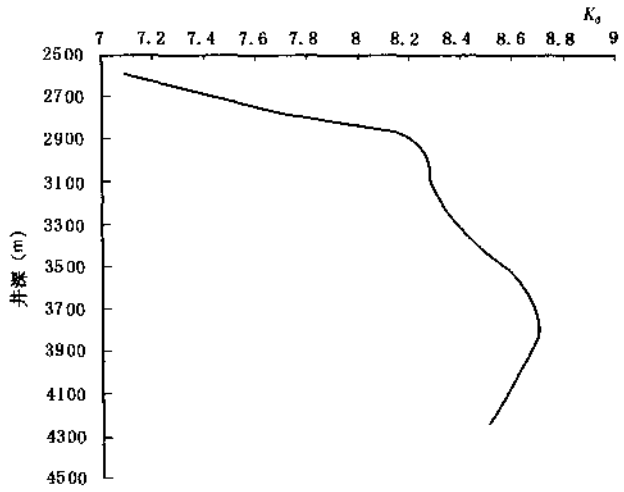


图4　泉三、泉二段以下地层 K_d 随地层深度变化的关系曲线剖面图

(三)数学拟合

将泉三、泉二段以下地层岩石平均可钻性级值运用最小二乘法进行拟合，分别将经验公式选型设为多项式、幂函数、指数函数等形式，取拟合度最大、相对误差量小的经验公式，即得二次方程，如式(3)所示：

$$K_d = -0.000001H^2 + 0.0083H - 8.8374 \tag{3}$$

通过用通用钻速方程求解的地层岩石可钻性级值与应用拟合方程计算的地层岩石可钻性级值进行比较，两者的最大误差为24.76%，以徐深9井和徐深6井两口井为例，计算得到平均误差为14.05%，基本可以满足现场要求。

三、结论与建议

(1)庆深气田上部地层岩石可钻性级值比较低，而且变化幅度比较小，从目前钻井技术来看，不会给钻井速度带来显著影响。

(2)庆深气田地层岩石可钻性级值在泉三、泉二段地层突然剧增，下部地层(泉三、泉二段以下地层)岩石可钻性级值比较高，变化幅度比较大，而且变化频率比较高，直接影响到钻井参数的确定、钻头的正确优选和机械钻速。

(3)从统计学角度上分析，庆深气田下部地层(泉三、泉二段以下地层)平均岩石可钻性级值比较高，但总体变化幅度不是很大，岩石平均可钻性对预测钻井速度，制定钻井措施具有指导作用。

(4)建议在庆深气田下部地层(泉三、泉二段以下地层)钻进时，由于地层岩石可钻性级值比较高，地层情况复杂，应采用与地层相配伍的钻头。在钻进时，应该适当平稳的加大钻压和提高钻速，以防止钻头牙齿突然折断。

(5)由于本文获取地层可钻性规律的方法是建立在钻井实践的基础上,有效数据量越多得到的庆深气田岩石可钻性级值越准确,因此还需要继续应用新的现场实际钻井资料,不断去修正完善已得出的庆深气田地层岩石可钻性规律,使之更加符合实际,对现场钻井具有更强的指导作用。

参 考 文 献

[1] 刘希圣主编. 钻井工艺原理(上册). 北京:石油工业出版社,1988
[2] 李天相主编. 钻井手册(甲方). 北京:石油工业出版社,1990
[3] 张伯文,郭艳洁,陆建宏. 简便易行的地层可钻性求取和钻速预测方法. 天然气工业,2001,21(6)

需要全本请访问 www.ertongbook.com