

泥浆新加重材料——钒钛磁铁矿

曹诒之 徐庆经

(四川石油管理局钻采工艺研究所)

随着石油、天然气勘探的发展,深井钻探日益增多;地层压力梯度悬殊,油气层压力大,对高密度泥浆加重材料的研究和应用日趋重要。为了开发深井、超深井特高密度泥浆的加重材料,提高重泥浆钻井的机械钻速,减少对油气层的污染,我们对钒钛磁铁矿进行了试验研究。

研究试验

一、钒钛磁铁矿的组成和化学成份

钒钛磁铁矿粗矿先经精选、处理,再经细度加工以适用于泥浆加重。其主要组成矿物为磁铁矿、钛铁晶石、钛铁矿,少量镁铝尖晶石和微量硫化物金属矿物。钒钛磁铁矿中的硅酸盐矿物主要为钛普通辉石、斜长石及少量的橄榄石、蛇纹石,不含钡盐矿物。典型的化学成分为:

成份	总铁	TiO ₂	V ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	S
%	55.2	11.6	0.18	0.38	1.50	0.14	1.19	0.16	0.04

能溶于水的盐类为:

成份	总量	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻
mg/l	253	22.1	10.2	39.4	69.1

二、钒钛磁铁矿的物理性能

1. 密度

钒钛磁铁矿的密度可达4.90g/cm³以上,比重晶石粉的密度4.20g/cm³(API标准)高16.67%。在同体积、同密度(例如2.0g/cm³)的泥浆中,其用量比重晶石粉少4.7%,固相体积(加重材料的)少5.4%。

2. 硬度

重晶石的硬度为莫氏3.0~3.5级,性脆,易粉碎;钒钛磁铁矿的硬度为莫氏5.5~6.0级,具金属韧性,不易粉碎,用钒钛磁铁矿加重泥浆后,在长时间的冲刷、碰撞、研磨过程中,粒度不易变细,颗粒比表面积增加不多,对重泥浆的流变性能影响不大,对泥浆的维护处理次数相应减少。曾用

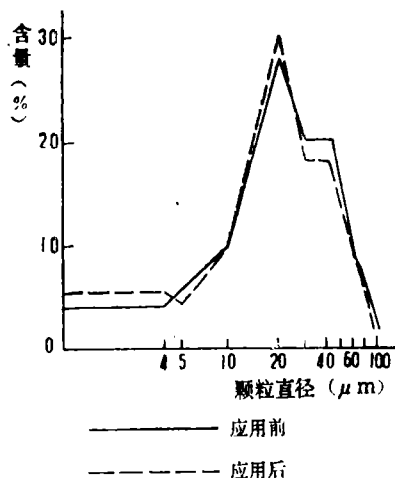


图1 钒钛磁铁矿粉使用前后粒径变化

KCT-1型颗粒沉降天平测定钒钛磁铁矿加重泥浆和重晶石粉加重泥浆使用前后的粒径变化,如图1。

图1系钒钛磁铁矿粉加重泥浆后和经钻井227小时后的固相颗粒粒径分布曲线。

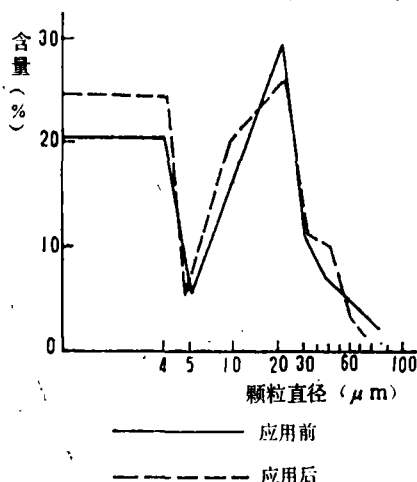


图2 重晶石粉使用前后粒径变化

图2是重晶石粉加重泥浆经钻井184.5小时前后的固相颗粒粒径分布曲线。此两种试样是在相邻的井钻遇同一地层、井深且泥浆密度基本相似的情况下取样测定的。用钒钛磁铁矿粉加重的泥浆小于10微米的颗粒只增加1.79%,而用重晶石粉加重的泥浆小于10微米的颗粒增加4.56%,小于4微米的颗粒增加了3.61%。足见重晶石粉容易研磨变细,而钒钛磁铁矿粉不易磨细,因而用钒钛磁铁矿粉加重泥浆的固相体积含量仅略有增加,所以钒钛磁铁矿粉加重泥浆各项性能稳定,维护处理次数自然就少,见表1。

3. 磁性

钒钛磁铁矿粉主要组成矿物是强磁性的磁铁矿,它的比磁化系数为 1220×10^{-4} 。曾在3个矿区的5口井中试验,未发现磁吸留现象,测井、下套管、固井作业均未发现磁干扰现象。在丹16井钻至井深2933米时,泥

两种加重泥浆维护处理次数比较

表1

序号	井号	加重井段 (m)	加重进尺 (m)	泥浆密度 (g/cm ³)	处理次数	处理次数/百米	对比度
1	丹16井	2800~3449	649	1.56~2.00	18	2.77	72.51
	丹13井	2860~3540	689	1.51~2.00	23	3.82	100
2	金35井	2378~2560	182	1.43~2.01	11	5.9	62.76
	金37井	2329~2477.4	148.4	1.48~1.99	14	9.1	100

注:丹16井、金35井用钒钛磁铁矿粉加重;丹13井、金37井用重晶石粉加重。

浆密度为 1.85 g/cm^3 , 2只牙轮落井,用磁铁打捞器顺利捞获落物,无阻卡亦无磁化现象。在金35井应用钒钛磁铁矿粉加重泥浆,钻至井深2430米,泥浆密度为 1.90 g/cm^3 , 8½"钻头的3个牙轮锥尖落井,用磁铁打捞器捞获碎铁约30克,未发现异常现象。

4. 对金属的磨蚀

钒钛磁铁矿的硬度远较重晶石大,其对

金属磨蚀情况在室内作了比较试验。对同一基浆分别用钒钛磁铁矿粉和重晶石粉加重至泥浆密度为 2.0 g/cm^3 。用钻杆钢制成 $80 \times 25 \times 5 \text{ mm}$ 的试片,放入到这两种泥浆中,以 96 r/min 的转速持续转动试验罐24小时和48小时后,测试试片的重量损失,计算磨蚀值,试验结果见表2。

两种加重材料对金属磨蚀的试验比较 表 2

测定内容 加重材料	转动时间 (h)	磨蚀值 (mg/cm ²)	磨蚀率 (%)
钒钛磁铁矿粉	24	7.88	0.593
	48	11.43	0.781
重晶石粉	24	3.01	0.206
	48	5.11	0.351

试验结果表明用钒钛磁铁矿粉加重泥浆对金属的磨蚀比用重晶石粉加重泥浆大。曾在青10井观察到钻头水眼有冲蚀现象。在丹16井的试验观察,对钻头牙轮、牙爪及轴承均无明显磨损特征。

现场试验统计,用钒钛磁铁矿粉加重泥浆的丹16井,钻头使用时间要比用重晶石粉加重泥浆的丹13井少11~14%;单只钻头的平均进尺则比用重晶石粉加重泥浆的多17~52%。实际上提高了机械钻速。

三、钒钛磁铁矿粉的化学性能

1. 能部分被盐酸溶液溶解

室内实验表明钒钛磁铁矿粉可以部分溶

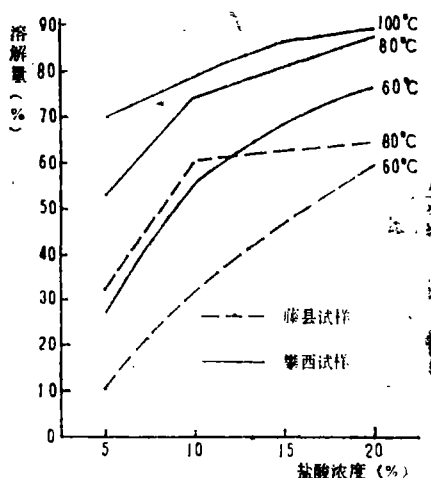


图3 不同温度下盐酸浓度与溶解量关系

于盐酸,其溶解量因矿物组成而异。在矿物组成相同的情况下,溶解量与盐酸溶液的浓度、反应的温度、反应的时间成正比,其溶解极限随不溶矿物含量而变化。图3为矿物组成不同的两种钒钛磁铁矿粉在不同温度、不同浓度盐酸溶液中的溶解量曲线。

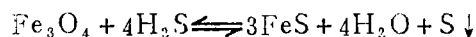
钒钛磁铁矿粉具有盐酸溶解性,有利于完井后的增产措施,用它加重泥浆的金35井于酸化后获得提高油气产量的结果。

2. 在碱性硫化物溶液中能部分反应

一般水基泥浆的pH值在 ≥ 10 ,硫化氢在碱性条件下能与溶液中的碱生成硫氢化钠存在于泥浆中。



钛钒磁铁矿粉在碱性硫化物溶液中,能部分与硫化物反应:



起到部分除硫的效果,减少硫化氢对钻具的腐蚀和对钻井工作人员的危害。

图4为室温下试验钒钛磁铁矿粉在碱性硫化物溶液中的反应表征曲线。在不同硫化

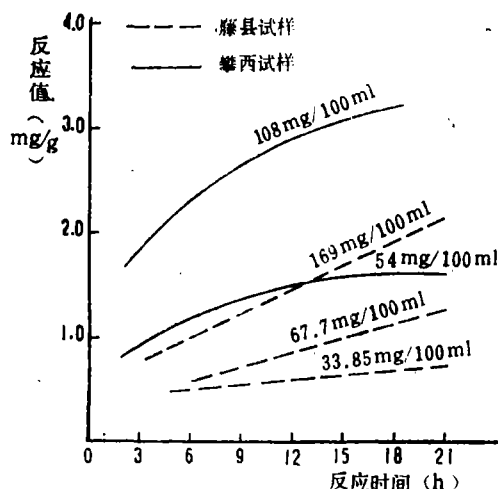


图4 钒钛磁铁矿粉在碱性硫化物溶液中的表征

氢含量的碱性溶液中,密闭振荡后测得钒钛磁铁矿粉与硫化物的反应量,其值随反应液硫化物含量的增加和反应时间的增长而增

高。反应值与钒钛磁铁矿粉的矿物组成有关,图中两种钒钛磁铁矿粉其反应值差异较大。

四、钒钛磁铁矿粉加重泥浆的性能

1. 泥饼粘滞系数 (Kf)

丹16井使用钒钛磁铁矿泥浆后其 Kf 值比使用重晶石粉泥浆的丹13井的 Kf 值低,见表3。

2. 流变性能的稳定性

用钒钛磁铁矿粉加重泥浆与用重晶石粉加重泥浆在密闭和长时间的转动下作对比试验,测量重泥浆流变性能的变化。在聚合腐植酸基浆中分别加入钒钛磁铁矿粉和重晶石粉配成密度为 2.0 g/cm^3 的重泥浆3升,又分别装入6升的密闭锥形罐中,以 96 r/min

的转速转动锥形罐,每隔3小时取试样,用 FANN35AS 型直读式粘度计测视粘度、塑性粘度及动切力,试验结果见表4。

从表4可以看出:用钒钛磁铁矿粉加重的泥浆经转动24小时后,其流变性能保持稳定;用重晶石粉加重的泥浆经转动24小时后,

泥 饼 粘 附 系 数 表 8

丹16井 (钒钛磁铁矿加重泥浆)				丹13井 (重晶石加重泥浆)			
井 深 (m)	密 度 (g/cm^3)	Kf		井 深 (m)	密 度 (g/cm^3)	Kf	
		45min	60min			45min	60min
/	/	/	/	2628	1.64	0.1670	/
2826	1.55	0.1414	0.1830	2908	2.00	0.2390	0.2580
2908	1.92	0.1331	0.1705	3048	2.02	0.2338	0.2580
3095	1.95	0.1997	0.2169	3190	2.00	0.2338	0.2626
/	/	/	/	/	/	/	/
3215	2.00	0.2081	0.2247	3288	2.04	0.2340	0.2630

两种加重材料重泥浆的流变性能稳定性试验

表 4

加重材料 测定结果 转动时间 (h)	钒 钛 磁 铁 矿 粉			重 晶 石 粉		
	视粘度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	塑性粘度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	动切力 (Pa)	视粘度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	塑性粘度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	动切力 (Pa)
	25.5	24	1.5	25	23	2.0
3	24	23	1.0	22	20	2.0
6	21.5	20	1.5	21.5	19	2.5
9	19	17	2.0	23	20	3.0
12	19	17	2.0	26	22	4.0
15	21.5	19	2.5	28.5	24	4.5
18	21.5	19	2.5	29.5	24	5.5
21	20	18	2.0	30.5	25	5.5
24	22.5	18	4.5	34.5	31	3.5

视粘度、塑性粘度大幅度增加，稳定性差。

现场试验

钒钛磁铁矿粉用于加重泥浆于1984年1月首次在丹16井1438米至3449米井段试用。试验进尺2011米，历时105天，钻经自流井群直至阳新统，于同年5月初完钻。后又在金35井的2378米至2560米井段试用，钻过了凉高山组直至马鞍山组。又相继在青10井、音17井和金36井等井进行了应用试验，取得了显著的经济效益。

一、提高机械钻速

钒钛磁铁矿粉的密度(4.80—5.0 g/cm³)比重晶石粉的密度(4.20—4.30 g/cm³)大，在相同的泥浆密度条件下，钒钛磁铁矿粉泥浆的固相含量比重晶石粉泥浆的固相含量低。随着泥浆密度的增高，钒钛磁铁矿粉泥浆的固相含量与重晶石粉泥浆的固相含量的差值就越大。固相含量的降

低，提高了机械钻速。川南矿区丹16井与同构造用重晶石粉泥浆的丹11井和丹13井相比，在钻井参数相近的情况下，重泥浆井段的机械钻速有明显的提高，丹16井比丹13井提高25.7%，比丹11井提高23%；川中矿区的金35井比同构造用重晶石粉加重泥浆的金37井的机械钻速提高12.11%；川西南矿区使用钒钛磁铁矿粉加重泥浆的青10井，其机械钻速要比其附近使用重晶石粉加重泥浆的塔16井提高14.29%。

二、少用加重材料

若将密度为1.07g/cm³的基浆，分别用钒钛磁铁矿粉和重晶石粉加重至泥浆密度2.03g/cm³，前者的加量较后者少11.5%，重泥浆的体积较后者小7.2%。现场试验的结果比理论计算值还要低，如丹16井、金35井及青10井加重材料的消耗量比丹13井、金37井及塔16井加重材料的消耗量低20.8~32.3%，见表5。

两 种 加 重 材 料 比 较

表 5

项 目	井 号				青 10 井	塔 16 井
	丹16井	丹13井	金35井	金37井		
加 重 材 料	钒钛磁铁矿	重晶石	钒钛磁铁矿	重晶石	钒钛磁铁矿	重晶石
全井井深(m)	3449	3540	2560	2477.4	2461.75~2533.3(未完)	2349.42~3472.72(未完)
加重材料用量(t)	570	859	230	330	100.8	136
每米加重材料用量(t/m)	0.165	0.243	0.09	0.133	0.095	0.12
每米加重材料费(元/m)	24.75	29.36	13.5	16.76	14.2	15.7

从表5看出，每米加重材料费16井比丹13井降低15.7%，金35井比金37井降低19.45%，青10井比塔16井降低9.96%。

结束语

从室内和现场试验中看出，用钒钛磁铁矿粉加重泥浆比用重晶石粉优越，不仅泥浆密度加得高，重泥浆流变性能良好，稳定性

佳，泥饼的粘滞系数低，而且重泥浆的维护处理次数减少，加重材料用量减少，重泥浆成本降低。三个矿区所试验的井都取得了泥浆费用低，机械钻速提高的经济效果。随着深部钻探的增多，开发钒钛磁铁矿作为泥浆加重材料将有广阔的前途。

(本文收到日期 1985年1月2日)

邓井关嘉三气藏参数识别

李 允 郎兆新

根据气田工作制度及对气井压力、产量和气水比的观测,反过来确定系统内部的参数结构(即参数识别),这是渗流力学近年来的重要研究课题。此法用于邓井关嘉三气藏,自动拟合八年的生产史,取得较好结果。

《天然气工业》 第5卷 第4期 1985

Parameter Recognition of the Jia-3 Gas Reservoir in Dengjingguan Gas Field

Li Yun, Long Zhaoxin

It is an important study subject concerning the filtration mechanics over the years to conversely determine the parameter texture (e.g. parameter recognition) in the inner system through observing the gas well pressure, production rate and water-gas ratio, in accordance with the working regulations for this gas field.

By use of this method, some good results have been obtained in automatically matching the production history for eight years in the Jia-3 gas reservoir of Dengjingguan gas field.

NGI Vol.5 No.4 1985

产气探井短期试采在勘探中的作用

言 文 伯

勘探阶段对产气的探井采取短期试采,可以完成储量计算,这对加速天然气勘探与开发有较大现实意义。本文论证了采用该法的依据,并举有实例。

《天然气工业》 第5卷 第4期 1985

Effect of the Short-Term Producing Test in the Prospecting Well on Exploration

Yan Wenbai

Utilizing the short-term producing test in prospecting wells at the exploration stage, the reserve estimation may be carried out. It has a practical significance for speeding up the exploration and exploitation

ion of natural gas. This paper discusses the basis for using such a method and holds up some practical examples.

NGI Vol.5 No.4 1985

泥浆新加重材料——钒钛磁铁矿

曹诒之 徐庆经

钒钛磁铁矿的密度 4.90g/cm^3 以上,莫氏硬度5.5~6.0级,主要组成为磁铁矿、钛铁晶石、钛铁矿。可部分被盐酸溶解,在碱性硫化物溶液中能部分反应。现场试验表明,它不仅提高了泥浆密度,而且流变性好,泥饼摩擦系数低。取得机械钻速提高,泥浆费用降低的效果。

《天然气工业》 第5卷 第4期 1985

New Mud Weighting Material

——Vanado-Titanomagnetite

Cao Jizhi Xu Qingjing

The density of the vanado-titanomagnetite is more than 4.90g/cm^3 . Its Moss hardness is 5.5-6.0. It is mainly composed of magnetite, ferro-ortho-titanate and titanioferrite. It can be partially dissolved by hydrochloric acid and can partially react with basic sulfide solution. The field test indicated that it not only can increase the mud density but has a good rheologic characteristic and a small cake friction coefficient. Using this weighting material we can get an effect on increasing the penetration speed and decreasing the mud cost.

NGI Vol.5 No.4 1985

内、外压力对井内管柱稳定性 与弯曲的影响

金学智 郝俊芳

本文通过管柱受力分析,导出了稳定力公式,讨论了不同约束条件下,内、外压力对井内管柱稳定性的影响。对处于不同工艺条件下的钻柱、套管、油管的强度设计和组合使用等均有实际意义。

《天然气工业》 第5卷 第4期 1985