

气测录井在南方页岩气黔绥地 1 井中的应用

王志刚, 薛倩冰, 吴纪修, 李 宽, 李鑫森, 尹 浩, 李小洋

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要: 南方页岩气黔绥地 1 井为全井取心钻进, 通过加工模拟绞车实现了绞车传感器的安装、安装开关代替了悬重传感器的安装、将泵冲传感器安装到皮带轮保护罩上等解决方法, 使得气测录井在黔绥地 1 井中顺利进行。影响黔绥地 1 井气测录井结果的主要因素有储集层、钻井液、钻井工程以及脱气器, 这些影响因素的存在给黔绥地 1 井气测录井资料解释带来了很大的困扰。为了减少对气测录井资料解释的困扰, 必须加强对现场工作人员的录井培训, 使录井人员在工作当中能够有效地消除可控因素对气测录井的影响, 在一定程度上提高地质钻探气测录井的准确度, 为南方页岩气地层划分提供有力的数据支撑。

关键词: 气测录井; 页岩气; 传感器; 钻探

中图分类号: TE151; P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2018)07-0001-05

Application of Gas Logging in Shale Gas Well Qiansuidi - 1 in South China/WANG Zhi-gang, XUE Qian-bing, WU Ji-xiu, LI Kuan, LI Xin-miao, YIN Hao, LI Xiao-yang (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: In the full length core drilling in well Qiansuidi - 1 of southern China, the winch sensor installation was realized by processing the simulation winch, the suspended load sensor was replaced by the installation of a switch and the pump punching sensor was installed on the pulley protection cover, which made the gas logging being smoothly carried out. The main factors affecting the gas logging results in well Qiansuidi - 1 are the reservoir, drilling fluid, drilling engineering and degasser. In order to reduce the misunderstanding of gas logging data, it is necessary to strengthen the training of logging personnel on site to effectively eliminate the influence led by controllable factors on gas logging and improve the the accuracy of geological drilling gas logging to a certain extent to provide powerful data support for the division of shale gas formations in south China.

Key words: gas logging; shale gas; sensor; drilling

随着各国环保意识的不断增强, 对天然气这种清洁能源的需求与日俱增, 页岩气作为非常规新型清洁能源, 受到了人们的广泛关注。页岩气以赋存和游离状态储存于页岩当中, 在中国资源储量巨大, 但勘探开发却远落后于美国, 仍处于起步阶段, 未实现完全的工业化开采。页岩气属于致密气, 具有低孔隙度、低渗透率的特点, 开采时须进行压裂改造^[1-7]。基于页岩气赋存及开采的特点, 南方页岩气基础地质调查虽为全井取心钻探, 但仍将气测录井作为重要录井方式来帮助地质工作者划分储层, 为南方页岩气评价提供基础地质依据。气测录井是利用气体检测系统按一定的周期检测分析通过钻井液脱气器从钻井液中脱离出的烃类气体含量的一种录井方式, 它能及时发现油气显示、预报井涌、井喷、气侵, 综合评价储集层, 已经在常规油气勘探开发中得到了广泛的应用^[8]。

1 项目概况

黔北地区黔绥地 1 井由中国地质科学院勘探技术研究所承担, 井位位于贵州省遵义市绥阳县太白镇, 目的是探明黔北桐梓地区地层结构, 落实地层层序, 标定物探资料地层界面, 查明目标层(上奥陶统宝塔组、五峰组和下志留统龙马溪组)特征, 获得目标层页岩气评价参数, 力争取得页岩气突破, 为参数井部署提供真实可靠的地质资料。

在综合考虑了钻进取心工艺要求、施工成本以及交通运输条件的基础上, 黔绥地 1 井对钻探设备和器具进行了最优化的配置。最终黔绥地 1 井选择的钻探设备如表 1 所示。

2 录井传感器安装存在的问题及解决方法

2.1 录井传感器安装存在的问题

收稿日期: 2018-01-12; **修回日期:** 2018-05-02

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“南方地区 1:5 万页岩气基础地质调查填图试点(中国地质科学院勘探技术研究所)”(编号: DD20179042); 兰州城市学院青年教师科研资助项目(编号: LZCU-QN2016-05)

作者简介: 王志刚, 男, 汉族, 1987 年生, 油气井工程专业, 硕士, 从事钻井及录井工艺技术研究工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, 1036821833@qq.com。

万方数据

表 1 黔绥地 1 井配套的主要钻探设备及其技术参数

设备名称	型 号	主 要 技 术 参 数
岩心钻机	XY-6N 型立轴钻机	功率 55 kW; 扭矩 5~6 kN·m; 转速 62~1000 r/min
钻塔	HR18/25	高度 18 m; 最大静载荷 250 kN
泥浆泵	NBB-260/7A	流量 35~260 L/min; 压力 7/10 MPa
钻机底座	定做	长×宽×高: 7500 mm×7500 mm×1760 mm
绳索取心绞车	SJ2000	功率 7 kW; 钢丝绳直径 5.5 mm

黔绥地 1 井使用的钻探设备为常用的地质岩心钻探设备,与石油钻井所使用的设备存在着很大的不同,而目前市场上主流的录井传感器主要适用于石油钻井设备,还没有一套专门适用于地质取心钻探设备的录井传感器。黔绥地 1 井所使用的录井传感器在石油钻井过程中已经使用过多次,具有可靠的稳定性,但在地质岩心钻探设备上安装时却出现了很大的问题。

2.1.1 绞车传感器安装存在的问题

绞车传感器在石油钻井中安装在大钩钢丝绳的绞车轴上,大钩上下移动时,绞车轴也随着转动,传感器根据自身内部的光电开关来获的电脉冲信号,再经过计算确定大钩的高度变化,得到当前的钻井深度。而黔绥地 1 井所使用的岩心钻机没有绞车,只有卷扬机且为横向布置,左右都没有外露的转动轴,绞车传感器没有位置进行安装,且大钩钢丝绳在卷扬机上的分布为不规律分布,无法准确确定卷扬机上钢丝绳缠绕的圈数,所以现场所使用的岩心钻机不具备安装绞车传感器的必要条件。

2.1.2 悬重传感器安装存在的问题

悬重传感器也是压力传感器,主要用来测量大钩负荷,根据大钩的负荷来判断解卡还是坐卡,解卡意味着正在下钻或者钻进,坐卡意味着提钻或者不再钻进,配合绞车传感器来准确确定某一时刻的钻井井深。在石油钻井设备上安装时是将悬重传感器的快速接头与井架死绳固定器的快速接头进行对接即可。但是黔绥地 1 井使用的岩心钻机的大钩钢丝绳固定端无死绳固定器,且岩心钻机上无其它压力接口可以安装悬重传感器。

2.1.3 泵冲传感器安装存在的问题

泵冲传感器在石油钻井中安装在泥浆泵头拉杆上,在安装时用卡子将传感器固定在合适的位置,然后调整传感器的固定螺母使传感器的端面与被测拉杆的感应面接近。接通电源后,当感应体与传感器端面接近后,指示灯亮;远离时,指使灯灭。这两种信号

经过计算分析后转变为泵冲数。黔绥地 1 井使用的泥浆泵为卧式三缸单作用活塞往复式泥浆泵,如果按照石油泥浆泵安装要求进行安装将无法进行安装。

2.2 解决方法

2.2.1 绞车传感器安装的解决方法

岩心钻机自身的卷扬机不具备安装绞车传感器的条件,但井深是气测录井不可或缺的重要参数,为了解决气测录井中的井深问题,首先想到解决办法是用手拧动绞车传感器,在机台上安装摄像头,对准钻机立轴,岩心钻机立轴每次钻进进尺是 50 cm,通过摄像头观察立轴钻进进度,每钻进 50 cm,对应的拧动绞车传感器使录井软件显示井深加深 50 cm,这种解决方案虽然解决了井深问题,但是全是人工在进行操作,录井时需值班人员一丝不苟,准确无误地转动绞车传感器,否则就会出现连续几米的录井数据都相同的问题,大大增加了值班人员的工作量,且在采用这种方法录井几十米后发现,误差很大,不适宜采用。经过仔细分析岩心钻机钻进工艺后,决定制作模拟绞车(见图 1)来安装绞车传感器。



图 1 模拟绞车

模拟绞车的结构主要包括钢丝绳部分、转动轴部分、滚筒部分和弹簧部分。钢丝绳悬挂到立轴钻机主动钻杆上接的提引器上,在钻进的过程中,主动钻杆连接提引器下行,钢丝绳也跟着下行,从而拉动滚筒转动,滚筒转动后会带动绞车传感器转动,绞车传感器根据自身获得的脉冲信号来计算井深。采用模拟绞车可以实现绞车传感器的自动化识别,减轻录井值班人员的工作量和压力,使录井存盘数据更加准确。不过在应用过程中发现,采用模拟绞车虽然实现了绞车传感器识别的自动化,但是岩心钻机在接单杆时使用的是另外的提引器来接单杆,在接单杆并下放 3 m 的这个过程中,由于模拟绞车弹簧弹性范围的限制,钢丝绳还一直悬挂在主动钻杆的提引器上,也就是说接单杆下放这 3 m 绞车传感器识

别不到,因此必须采用人为的在钻头位置处加 3 m 才能跟上实时井深,所以该方法也不能完全实现自动化录井。该解决方法虽然存在一定的缺陷,但是目前地质岩心钻探气测录井解决井深最好的办法。

2.2.2 悬重传感器安装的解决方法

悬重传感器是配合绞车传感器一起使用的,使用悬重传感器的目的是确定坐卡还是解卡,岩心钻机不具备安装悬重传感器的位置,经过研究采取的解决方法是采用开关来代替悬重传感器,开关打开代表已经解卡,开关关闭代表已经坐卡,开关通过信号线连接到数据采集系统,数据采集系统通过开关的状态来判断坐卡还是解卡,一旦坐卡,机台工作人员就将开关关闭,数据系统就会认为已经坐卡,这时绞车怎么转动井深都不会再增加,一旦解卡,机台工作人员就将开关打开。

2.2.3 泵冲传感器安装的解决方法

泵冲传感器只能安装在卧式三缸单作用活塞往复式泥浆泵皮带轮保护罩上,在保护罩上焊接一块铁块用来固定泵冲传感器,在皮带轮上的螺丝上固定一根较长的铁丝,调节泵冲传感器使传感器端面与铁丝的距离在不影响转动的情况下尽可能的接近,当铁丝转动一圈从传感器端面经过时,传感器指示灯亮,当铁丝转动离开时,传感器指示灯灭。泵冲传感器安装好以后,手持秒表站在泵旁数活塞来回

1 min 运动次数对泵冲传感器进行标定。

3 储集层对气测录井的影响

储集层的厚度、含气饱和度、渗透率和地层压力等因素都是气测显示的重要影响因素^[9-10]。储集层厚度的大小,决定了经过钻头破碎地层后释放出来气体的多少,在色谱仪上表现为气体的“充裕”与否,厚度越大的含气层越容易被识别;含气饱和度决定了储层中气量的多少,这直接关系到气测色谱仪测得的气体百分含量的多少;渗透率代表着流体在地层中的流动性,渗透率越好,气体越容易进入钻井液当中,气测显示越好,渗透率越低气体不容易流动,难以进入钻井液,则气测显示越差;地层压力决定了气体进入钻井液中的速度和流量,通常情况下地层压力越大,气测显示越好。

黔绥地 1 井全井气测显示较好的层段有两段,分别是 1095~1101 m 志留系新滩组泥质粉砂岩和 1131~1141 m 龙马溪组炭质页岩。第一段储层的厚度为 6 m,第二段储层的厚度为 10 m,在气测显示的持续时间上第二段要比第一段长,如图 2 和图 3 所示。两段储层的含气饱和度和地层压力基本一致,所以这两个因素对气测显示的影响基本没有区别。而页岩气储集在致密的页岩当中,地层渗透率极低,在一定程度上也影响了黔绥地 1 井的气测显示。

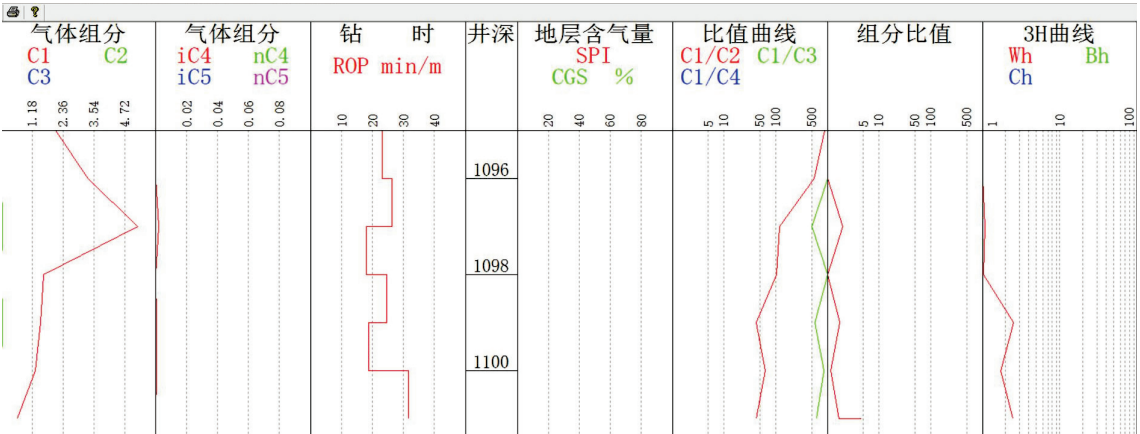


图 2 井深 1095~1101 m 气测特征曲线

4 钻井液性能对气测录井的影响

钻井液对气测录井的影响主要有 3 个方面,分别是钻井液柱压力、钻井液粘度和钻井液混油。黔绥地 1 井为了保证录井的质量采取的是近平衡钻井液工艺技术,钻井液液柱压力和地层压力基本平衡,保证了钻井液对地层的进气量。黔绥地 1 井各开次钻井

液性能表如表 2 所示。钻井液为水基钻井液,以清水为主,添加了膨润土、聚丙烯酰胺(PAM)、纯碱、

表 2 各开次钻井液性能参数

开次	密度/(g·cm ⁻³)	粘度/(Pa·s)	含砂量/%
一开	1.02	40	0.5
二开	1.02	50	0.6
三开	1.03	60	0.6

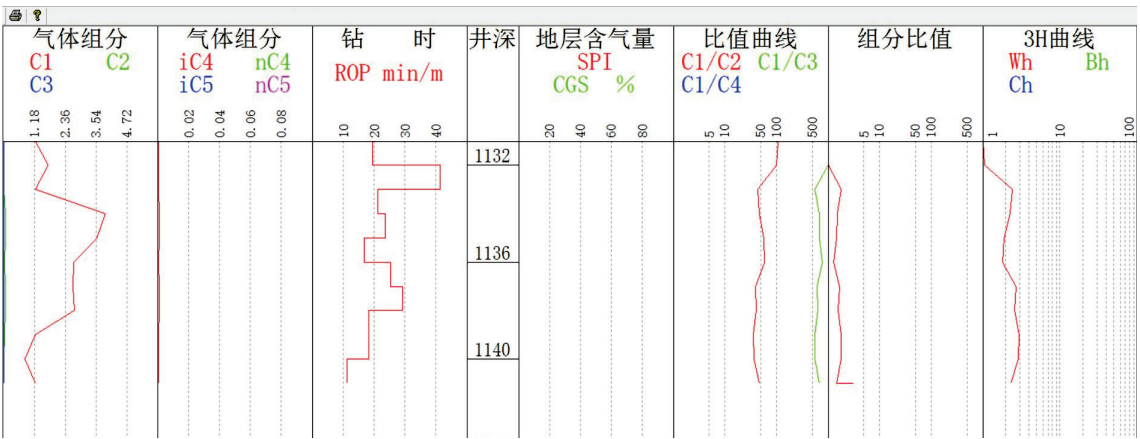


图 3 井深 1131~1141 m 气测特征曲线

高粘羧甲基纤维素、磺化沥青防塌护壁剂、多元共聚物、腐植酸钾和褐煤树。该钻井液配方具有防渗漏、抑制页岩水化、护壁、润滑以及携砂能力强的特点。

钻井液中加入的聚丙烯酰胺(PAM)和高粘羧甲基纤维素具有很强的增粘性及聚合性,加入这两种物质后,钻井液粘度上升很快,流动性逐渐变差,出现絮凝状态,但不会形成沉淀,使用工具对钻井液进行搅拌、挑动时,会有很长的丝状物形成。脱气器很难对这样的钻井液进行液气分离,导致了气测甲烷含量较低。同时钻井液中形成的丝状物质很容易进入到气管当中,造成管线的堵塞,影响气测结果。

同时,黔绥地 1 井使用的 XY-6N 立轴钻机在钻进过程中发现有润滑油渗漏,渗漏的润滑油与钻井液混合后,经过脱气器进入到进气管线中,使得黔绥地 1 井气测录井重烃含量上升。后经过维修,钻机不再漏油,气测重烃含量几乎为零。

5 钻井工程对气测录井的影响

5.1 钻头的影响

页岩气储集在致密的页岩当中,在开采的过程需要大规模的水力压裂才能进行开采,石油钻井采用的是全面钻井工艺,使用的钻头为牙轮钻头等全面钻头,破碎岩石的面积大,产生的破碎气相对比较多,而黔绥地 1 井为全孔取心,使用的是金刚石取心钻头,钻进时保留岩石的中心部分,岩石破碎面积只有钻头内外表面面积之差大小,碎岩面积非常小,页岩气开采尚需要压裂才能将气体释放出来,何况如此小的破岩面积,释放出来的气体极少,这也是造成黔绥地 1 井气测数值较低的一个重要原因。同时采用金刚石取心钻头及配套钻具还给黔绥地 1 井的气测录井带来了另一个困扰,无法测量迟到时间。如

果投入较大的碎块标志物进行迟到时间测量,则很容易造成卡钻,发生钻井事故。

5.2 取心工艺的影响

黔绥地 1 井采取的是绳索取心钻进工艺,为全孔取心。这与常规的油气钻井工艺有很大区别,常规油气井钻进过程中,如无特殊情况,在钻进过程中需要停泵的时间,只有接单根的这一段时间,而绳索取心钻进除了接单杆需要停泵外,投掷打捞器、上提岩心管以及投入内管的过程都需要停泵,并且随着井深的加深所花费的取心时间也会不断增加。所以在黔绥地 1 井气测录井当中出现了许多的时间断点。同时停泵时间越长,进入孔内静止钻井液中的气体越多,重新开泵循环钻井液后会出现后效气测假异常现象。再加上打捞和投入岩心管时,会产生抽汲和“激动”压力,造成环空钻井液涌出井口,在气测录井数据上出现新的时间断点。由于绳索取心工艺因素所引起的时间断点和后效气测假异常现象给后期的气测解释带来了很大的难度。

5.3 钻时的影响

钻时越小,钻进速度越快,意味着单位时间内破碎的岩石越多,在目的层进入钻井液的气体就越多,反映在录井软件上则为气测录井值较高。如果钻时越大则气测录井值越小。黔绥地 1 井在钻进到 900 m 后出现了较大井斜,经过纠斜以后正常钻进,但是在该位置产生了一个“大肚子”,容易产生断钻杆、粘附卡钻等井内事故,因此对 900 m 以深井段的钻进速度产生了较大影响,使得钻时增大,对气测录井值产生了一定的影响。

5.4 钻井液排量的影响

钻井液排量越大,单位体积钻井液所携带的气体多,钻井液上返速度快,气测录井全烃值就越高;

相反,如果钻井液排量越小,单位体积钻井液所携带的气体就越少,上返速度慢,气测录井全烃值越低。钻井液排量的大小直接由泵的排量来决定。黔绥地1井设计井深为1700 m,终孔直径为95 mm,由于井径较小,且全孔取心碎岩所产生的岩屑非常少,所以采用的泥浆泵型号为NBB-260/7A,该泥浆泵有3个挡位,流量范围:35~260 L/min;压力:7/10 MPa。

在绳索取心钻进过程中,由于泥浆泵的排量低,钻井液上返速度低,所以泥浆泵对气测录井的影响主要体现在钻井液迟到时间上。黔绥地1井进入目的层以后,受井深和井斜的影响,每钻进3 m花费时间平均都在50 min以上,而钻井液迟到时间最小不低于30 min,最大甚至达到了50 min。所以在进行回次钻进时采集的气测录井数据只是回次上部不到1.2 m的数据,而剩余的其他钻井液仍然停留在井内没有上返出来,这样的录井数据是不能准确反应地层含气量的。

6 脱气器对气测录井的影响

气体主要是通过脱气器的分离,才进入到气体输送管线当中^[11]。黔绥地1井选用的脱气器是非恒量脱气器,主要的影响因素是槽内钻井液面高度的变化。黔绥地1井有多井段是漏失性上返,所以槽内钻井液在正常井段时较多,在漏失性井段时较少,虽然现场录井人员在录井过程中发现了这个情况,对脱气器高度进行了调节,但是由于调节不及时,使得在漏失性井段脱气器距离液面高度较高,脱气器分离气体较少,气测值较低,而在正常井段,由于槽内钻井液液面较高,录井人员没有及时调高脱气器,使得钻井液被抽进进气管线使管线堵塞,气测值降低。同时黔绥地1井采用的脱气器在高度调节上采用的是调节螺丝柱的高低来实现,由于脱气器一直在不断的震动,很容易产生下滑,而录井人员没有及时发现也出现了钻井液堵塞进气管线的情况,对气测值产生了很大的影响。

7 结论

(1)气测录井已经在常规油气钻井中得到了广泛的应用,取得了非常不错效果。在最近几年作为一门辅助手段应用到了岩心钻探当中。多一门成熟的技术应用到岩心钻探对于岩心钻探事业的发展十分有利,但是气测录井在岩心钻探中的应用有一个很大的问题一直没有得到解决,那就是如何进行传感器安

装。地质岩心钻探设备目前最常采用的设备是立轴钻机,与石油钻探设备有很大的区别,目前所有市场上应用的录井传感器针对的主要为石油钻井设备,还没有一套专门针对地质取心钻探设备的传感器,因此限制了气测录井在地质岩心钻探中的推广和应用。

(2)气测录井在黔绥地1井得到了成功应用,虽然在录井过程中还没有完全实现自动控制,但是通过加工模拟绞车来实现绞车传感器的安装,安装开关来代替悬重传感器的安装,将泵冲传感器安装到皮带轮保护罩上等解决方法,基本实现了自动控制,解决了一直困扰录井传感器安装到地质岩心钻探设备上的一个大难题,提高了气测录井在地质岩心钻探中使用的准确度,为地质层序和地层界面的划定提供了有利的技术支撑。

(3)在黔绥地1井录井过程中,我们发现了许多对气测结果产生影响的因素,既有储集层因素的影响,也有钻井液、钻井工程和脱气器的影响。其中储集层因素是不可改变的;钻井液因素主要是因为地质钻探缺乏专业的泥浆工程师,再加上气测录井才开始应用到地质钻探当中,现场工作人员认识不足,通过后期引进泥浆工程师,可以在一定程度上消除该因素的影响;地质钻探钻井工程具有很大的特殊性,在短时间内不能够消除该因素对气测录井的影响;脱气器对气测录井的影响,与现场录井人员能否及时进行高度调节有关,所以通过对现场工作人员的培训可以很大程度上消除该因素的影响。

参考文献:

- [1] 邹才能,董大忠,王玉满,等.中国页岩气特征、挑战及前景(一)[J].石油勘探与开发,2015,42(6):689-690.
- [2] 路保平.中国页岩气工程技术进步及展望[J].石油钻探技术,2013,41(5):1-2.
- [3] 张东晓,杨婷云.页岩气开发综述[J].石油学报,2013,34(4):792-793.
- [4] 王世谦.页岩气资源开采现状、问题与前景[J].观点与论坛,2017,37(6):115-118.
- [5] 月鹏升,石乔,岳来群,等.中国页岩气近期勘探开发进展[J].天然气勘探与开发,2017,40(3):38-43.
- [6] 董大忠,王玉满,李新景,等.中国页岩气勘探开发新突破及发展前景思考[J].天然气工业,2016,36(1):19-31.
- [7] 张大权,张家强,王玉芳,等.中国非常规油气勘探开发进展与前景[J].资源科学,2015,37(5):1068-1071.
- [8] 金军,周效志,易同生,等.气测录井在松河井田煤层气勘探开发中的应用[J].特种油气藏,2014,21(4):22-25.
- [9] 芦城,杨亚娟.气测录井影响因素分析[J].青海石油,2010,28(1):99-103.
- [10] 高锁贵.气测录井影响因素分析及甲烷校正值的应用[J].录井工程,19(4):42-45.
- [11] 刘文精.气测录井影响因素分析及对策[J].石化技术,2015,28(5):197-198.