

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM XXX-2023

深层高温高压页岩气水平井降密度与降温 钻井作业规范

Managed pressure and temperature drilling operation in deep shale gas horizontal
wells with high temperature and high pressure

【征求意见稿】

2023 - ** - **发布

2023 - ** - **实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

目 录

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 适用条件	2
5 施工设计	2
6 设备配置	2
7 施工准备	3
8 施工作业	3
9 作业应急程序	4
10 作业终止	4
11 数据记录	4
12 质量、健康、安全、环境保护	4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油集团工程技术研究院有限公司提出。

本文由中关村绿色矿山产业联盟标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：中国石油集团工程技术研究院有限公司、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司、中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院、西南石油大学。

本文件主要起草人：王元、杨恒林、付利、陈刚、张恒、王子昕、郭凯杰、李骥然、纪国栋、孙钰淇、范春英、袁光杰、夏焱、郑李、曲帅、张智、杨谋、杨兆亮、王旭东、陈烨、王果、张文平。

本文件为首次发布。

深层高温高压页岩气水平井降密度与降温钻井作业规范

1 范围

本文件规定了深层高温高压页岩气水平井降密度与降温钻井作业适用条件、施工设计、设备配置、施工准备、施工作业、作业应急程序、作业终止、数据记录、质量、环境保护和职业健康安全等。

本文件适用于深层高温高压页岩气水平井降密度与降温钻井作业。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB/T 25430 石油天然气钻采设备 旋转防喷器

SY/T 5087 硫化氢环境钻井场所作业安全规范

SY/T 5974 钻井井场设备作业安全技术规程

SY/T 6277 硫化氢环境人身防护规范

SY/T 6543 欠平衡钻井技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

1.1

深层高温高压页岩气水平井 Deep Shale Gas Horizontal Wells with High Temperature and High Pressure

储层埋深大于3500m，井下循环温度高于135℃且储层地层压力系数高于1.8的页岩气水平井。

1.2

降密度钻井作业 Managed Pressure Drilling Operation

钻井过程中，配合使用旋转防喷器和专用节流管汇降低钻井液密度，使钻井液流体施加在井底的压力不大于地层孔隙压力且大于地层坍塌压力的钻井方式。

1.3

降温钻井作业 Managed Temperature Drilling Operation

钻井过程中，通过地面降温设备对钻井液物理降温，并结合优化钻井参数和工序流程，降低井底循环温度的钻井方式。

1.4

地面降温装置 Mud Cooler

在钻井循环系统中通过热交换原理降低钻井液循环温度的装置。

4 适用条件

4.1 工程与地质条件

- 4.1.1 地层稳定性应满足降密度与降温钻井要求，预测地层流体中硫化氢含量应小于 $75\text{mg}/\text{m}^3$ 。
- 4.1.2 降密度与降温钻井宜选择在压力单一地层实施。
- 4.1.3 预测井底循环温度应高于 135°C 。

4.2 设备安装与场地

- 4.2.1 井架底座净空高应满足旋转防喷器组合安装空间要求。
- 4.2.2 钻机及井场应满足安装地面降温装置、旋转防喷器和节流管汇等设备的要求。

5 施工设计

5.1 设计依据

- a) 钻井地质设计、钻井工程设计。
- b) 基于地质力学的待钻井段三压力剖面、断层和裂缝展布。
- c) 已钻邻井的钻井、测井等工程地质资料。
- d) 待钻井段钻井液比热容、热导率，地温梯度等参数。

5.2 设计内容

- a) 钻井液密度降幅设计。
- b) 钻井装备和工具选型。
- c) 降密度工艺设计。
- d) 地面降温与循环降温工艺设计。
- e) 降密度与降温作业应急预案。
- f) 终止条件。
- g) 人员配置与岗位职责。
- h) 质量、环保、职业健康安全要求。

6 设备配置

6.1 降密度配套钻井系统

- 6.1.1 旋转防喷器系统应符合GB/T 25430的规定。
- 6.1.2 液压控制系统、专用节流管汇、钻具等设备、工具及材料应符合SY/T 6543的规定。

6.2 地面降温系统

- 6.2.1 地面降温系统宜包括换热系统、冷却系统、控制系统等。
- 6.2.2 经地面降温设备冷却后，出口钻井液温度不应高于 40°C 、不应低于 25°C ，钻井液处理能力应与钻井排量匹配。
- 6.2.3 冷却水应无杂质，不得使用含盐、含油废水。
- 6.2.4 地面降温设备应适应油基、水基等钻井液体系要求。
- 6.2.5 钻井液吸入、排出管线上应注明管内液体流向，安装相匹配的闸阀，闸阀承压不应低于 1MPa 。
- 6.2.6 钻井液吸入管线上应配备温度表及压力表，排出管线上应配备温度表、压力表及流量计。温度表测量范围宜为 $0\sim 150^\circ\text{C}$ ，压力表测量范围宜为 $0\sim 1.6\text{MPa}$ ，流量计量程不应低于 $200\text{m}^3/\text{h}$ 。

7 施工准备

7.1 技术交底

7.1.1 施工前，降密度与降温施工方应与钻井队、设备方、钻井液服务方等进行技术交底。

7.1.2 技术交底应包括下列内容：

- a) 降密度与降温钻井工艺的基本原理和工艺流程；
- b) 钻井液密度降幅；
- c) 降密度、地面降温与循环降温工艺要求；
- d) 作业应急程序；
- e) 终止条件；
- f) 其他注意事项。

7.2 设备安装及试压

7.2.1 降密度配套钻井设备安装及试压应符合SY/T 6543的规定。

7.2.2 地面降温设备安装前，设备方应提前踏勘现场，并与钻井方就场地安装以及供水供电等进行对接交底。

7.2.3 钻井队应提前在除泥器或一体机排出口的循环罐内准备钻井液降温吸入端接口，吸入端接口应满足钻井液管线接入要求。

7.2.4 井筒返出钻井液应经除泥器处理，进入地面降温设备冷却降温，再进入上水罐。

7.2.5 地面降温设备安装后，应检查核实管线流程正确，电路连接牢固，阀门处于合理位置。

7.2.6 对地面降温设备及连接管线应进行试压，试验压力宜为0.5~0.7MPa，稳压25~30min，压降不应大于0.2MPa。

7.2.7 地面降温设备应采用防爆电器，安装应符合GB 3836.1的规定。地面降温流程应满足现场井控工艺流程要求，且不得占用应急逃生通道。

8 施工作业

8.1 降密度作业

8.1.1 进入水平段 A 靶点前钻井液密度按正常钻井的钻井液密度使用要求执行。

8.1.2 进入 A 靶点后，检查地面机泵条件，具备正常钻进条件后，依据钻井液密度控制程序设计，开始泵入低密度钻井液进行循环钻进。

8.1.3 泵入低密度钻井液需在停止钻进工况下实施，一个循环周时间内均匀降低钻井液密度幅值 $0.01 \text{ g/cm}^3 \sim 0.02 \text{ g/cm}^3$ 。

8.1.4 每次泵入低密度钻井液后，需试钻进 2~3 柱，详细记录钻进过程中钻井液进出口密度、岩屑返出、全烃、液面、单根峰、摩阻扭矩情况及真空除气器使用情况，如无异常，实施后续钻进和降密度作业。简易控压钻井过程中相关数据记录见附录 A。

8.1.5 停泵、接单根时应通过旋转防喷器控制地面回压，保持井底处于平衡或略过平衡状态。

8.1.6 起下钻前在全井筒泵入与地层压力系数相同密度的钻井液。起钻到水平段 A 靶点时循环出 A 靶点以上可能存在的油气，再泵入附加不小于抽吸压力系数密度的钻井液后继续起钻。

8.2 降温作业

8.2.1 地面降温设备开启时间应根据预测井底循环温度及导向工具井下耐温能力确定。

8.2.2 降温作业过程中，应每2h检查设备、管线压力及冷却水存量。

8.2.3 起下钻及维修等停泵过程中，应进行钻井液地面降温设备维护。

8.2.4 钻进过程中，井底循环温度超过导向工具预警温度，应将钻具在一个立柱范围内上下活动，在满足井眼清洁要求前提下，适当降低转速和排量进行循环降温，待温度满足导向工具作业要求时恢复钻进。

8.2.5 下钻过程中，钻井液静止温度达到导向工具预警温度，应停止下钻并开泵循环降温，待温度满足导向工具作业要求时继续下钻。

9 作业应急程序

9.1 发生溢流、漏喷同存时，应按GB/T 31033的规定转入井控程序。

9.2 发生井漏，应监测环空液面，测漏速，采用堵漏作业。

9.3 预测含有硫化氢地层，钻井液pH值控制应按SY/T 5087执行。出口环境中硫化氢浓度超过30mg/m³，应按GB/T 31033的规定转入井控程序。

9.4 振动筛持续发现掉块，应适当提高钻井液密度，调整钻井液性能，确保井壁稳定。

10 终止作业

出现下列情况之一时，应终止作业：

- a) 设备故障不满足降密度与降温作业要求。
- b) 在线监测排气管线内硫化氢浓度大于75mg/m³，或出口环境中硫化氢浓度大于30mg/m³。
- c) 地层流体严重影响钻井液性能。
- d) 井眼条件不满足施工要求。

11 数据记录

11.1 降密度钻井施工日报表应包括井的基本情况、钻井液性能等。见附录B。

11.2 钻井过程中的井底循环温度、降温装置出入口钻井液温度、井口出入口钻井液温度等，见附录C。

12 质量、环境保护、职业健康安全

12.1 施工作业应制订井控、环保、防火、防爆应急预案。

12.2 降密度与降温钻井作业区应设置安全警戒线，禁止非作业人员及车辆进入作业区内，禁止携带火种或易燃易爆物品进入作业区。

12.3 施工作业安全应按SY/T 5974执行。

12.4 硫化氢检测仪、硫化氢监测和人身安全防护用品配备应符合SY/T 5087及SY/T 6277的规定。

附录 A

(资料性)

降密度钻井过程中数据记录表

A.1 降密度钻井过程中数据记录表格式见表 A.1。

表 A.1 降密度钻井过程中数据记录表

时间	钻井液入口密度 g/cm ³	钻井液出口密度 g/cm ³	全烃 %	单根峰 %	钻压 kN	扭矩 kN·m	大钩载荷 kN	排量 L/s	泵压 MPa	总池液面 m ³	岩屑返出情况	真空除气器使用	备注

附录 B

(资料性)

降密度钻井施工日报表

B.1 降密度钻井施工日报表格式见表 B.1。

表 B.1 降密度钻井施工日报表

井队：				井号：			
设计井深 m	钻进井段 m	日进尺 m	累计进尺 m	水平段长 m	钻达层位	岩性	钻井液密度 g/cm ³
工况							
钻具组合							
钻头情况				螺杆情况			
钻头尺寸	钻头水眼	纯钻时间 h	进尺 m	厂家	型号	累计纯钻 h	累计进尺 m
钻井液性能							
密度 g/cm ³	HTHP 失水 ml	HTHP 泥饼 mm	含砂%	碱度	氯离子	塑性粘度 Pa·s	六转读数
粘度 s	动切力 Pa	初/终切 Pa	固相含量%	油水比	电稳定性 ES		

附录 C

(资料性)

地面降温设备使用情况记录表

C.1 地面降温设备使用情况记录表格式见表 C.1。

表 C.1 地面降温设备使用情况记录表

XXX 井																
日期		钻井承包商				地面降温装服务方				降温设备启用井深			钻进工具方式			
时间 数据	降温设备 入口温度 ℃	降温设备 出口温度 ℃	循环上 水罐温 度/℃	井下仪 器温度 ℃	冷却水入 口水温 ℃	冷却水出 口水温 ℃	气温 ℃	井深 m	垂深 m	已钻水 平段长	剩余水平 段长 m	泥浆 密度 g/cm³	泥浆粘 度 s	排量 L/s	钻井 工况	设备累计运 转时间 h

参考文献

- [1]钱鸣高, 缪协兴, 许家林等. 岩层控制的关键层理论[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2000.
- [2]彭苏萍, 邓久帅, 王亮等. 绿色矿山评价指标条文释义[M].北京: 科学出版社, 2020.
- [3]王双明, 黄庆享, 范立民等. 生态脆弱区煤炭开发与生态水位保护[M].北京: 科学出版社, 2010.
- [4]顾大钊. 晋陕蒙接壤区大型煤炭基地地下水保护利用与生态修复[M].北京: 科学出版社, 2015.
- [6]范立民, 马雄德. 保水采煤的理论与实践[M].北京: 科学出版社, 2019.
- [7]范立民, 马立强, 蒋泽泉等. 保水采煤知多少[M].武汉: 中国地质大学出版社, 2023.
- [8]范立民. 煤矿隐蔽致灾因素与探查[M].北京: 煤炭工业出版社, 2014.
- [9]陆远昭, 赵志怀, 陆家河等. 山西煤水资源合理开发与保护研究[M].北京: 煤炭工业出版社, 2012.
- [10]马立强, 张东升. 浅埋煤层长壁工作面保水开采机理及其应用研究[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2013.
- [11]马立强, 金志远, 张东升. 浅埋近距煤层保水开采机理与技术[M].北京: 科学出版社, 2019.
- [12]葛亮涛, 叶贵钧, 高洪烈. 中国煤田水文地质学[M].北京: 煤炭工业出版社, 2001.
- [13]蒲海. 保水采煤的隔水关键层模型及力学分析[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2014.
- [14]黄庆享, 张文忠. 浅埋煤层条带充填保水开采岩层控制[M].北京: 科学出版社, 2014.
- [15]张吉雄. 煤矿开采与岩层控制英文科技论文撰写范例及词汇[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2020.
- [16]王现国, 王和平, 葛燕等. 地下水资源保护研究[M].郑州: 黄河水利出版社, 2012.
- [17]武强. 煤矿防治水手册[M].北京: 煤炭工业出版社, 2013.
- [18]夏玉成, 代革联. 生态潜水流畅的采煤扰动机理与优化调控[M].北京: 科学出版社, 2015.
- [19]许家林. 煤矿绿色开采[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2011.
- [20]张杰. 浅埋煤层长壁间隔式保水开采技术基础研究[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2020.
- [21]张发旺, 周俊业, 申保宏等. 干旱地区采煤条件下煤层顶板含水层再造与地下水资源保护[M].北京: 地质出版社, 2006.
- [22]李涛. 西部生态脆弱矿区煤-水协调开采技术与实践[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2020.
- [23]李智学, 申小龙, 靳德武等. 陕北侏罗纪煤田榆神矿区地质控水规律及保水采煤地质分区研究[M].北京: 地质出版社, 2022.
- [24]张东升 等. 我国西部煤炭开采中水资源保护基础研究[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2022.
- [25]郭文兵 主编. 煤矿开采损害与保护[M].北京: 应急管理出版社, 2019.
- [26]赵兵朝. 榆神府矿区保水开采覆岩导水裂缝带发育高度研究[M].徐州: 中国矿业大学出版社, 2016.
- [27]中国地质调查局. 水文地质手册[M].北京: 地质出版社, 2012.
- [28]煤炭科技名词审定委员会. 煤炭科技名词[M].北京: 科学出版社, 1996.