

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

《油气储层裂缝地质力学定量预测技术规范》

编制说明

2024 年 12 月

油气储层裂缝地质力学定量预测技术规范

编制说明

一、工作简况

1、任务来源

本标准的制定计划由中国地质大学(武汉)提出,正式列入中国地质大学(武汉)2025年度标准制订立项计划,标准名称为油气储层裂缝地质力学定量预测技术规范。

本文件的计划完成年限为2025年。

2、起草单位、参编单位

起草单位:中国地质大学(武汉)

参编单位:中国石油天然气股份有限公司冀东油田分公司、中国矿业大学、成都理工大学、中国石油大学(华东)、中国科学院武汉岩土力学研究所、中国石油集团川庆钻探工程有限公司。

3、主要起草人

本文件主要起草人为:刘敬寿,沈传波,李聪,施宁,蒋恕,孟祥瑞,鞠玮,何建华,邹娟,王淼,商琳,田博涵,马存飞,何怀银,葛翔,杨亚东,罗洋,刘贺娟,李珍赞,时贤,李海东,高永亮,冒海军,李彦泽,鲁远红,马立民,李子颐,王祥,冯靓,赵健凯,段彬,钱超,吴海涛,缪聪,唐志潭。

二、制定规范的必要性和意义

1、必要性

作为全球油气增储的重要领域,裂缝性油气藏占已探明非常规资源的40%以上,其复杂缝网既是油气高效渗流的“高速公路”,也是诱发压裂失效、井壁失稳等工程风险的潜在隐患。传统裂缝表征多聚焦静态几何参数,缺乏对地应力场动态演化、裂缝力学行为及其与开发工艺耦合机制的定量刻画,导致储层改造方案设计存在盲目性。储层裂缝地质力学预测通过构建“构造演化-岩石力学-地应力-裂缝响应”地质力学预测模型,可突破经验公式的局限性,实现裂缝密度、开度、渗透率及稳定性的动态模拟,为靶区优选、压裂参数精细化设计及开发全周期风险预警提供理论支撑。当前储层裂缝地质力学预测过程中普遍存在流程不规范、指标不统一、参数不合理的问题。本规范的制定将建立从数据采集、模型构建到现场验证的全流程标准化体系,推动储层裂缝地质力学预测技术从“实验室算法”向“工业化工具”转化,为我国深层-超深层、非常规油气藏等战略接替领域的效益开发提供核心技术保障。

2、意义

制定《油气储层裂缝地质力学定量预测技术规范》是服务国家能源安全战略的迫切需求。一方面,我国陆相沉积盆地构造活动复杂,储层非均质性强,亟需

通过标准化技术体系明确构造应力场反演、岩石力学参数测试、裂缝网络建模等全流程的技术要求,建立从微观岩石破裂实验到宏观裂缝预测的多尺度衔接准则,为深层碳酸盐岩、页岩储层等重大接替领域提供可复制的技术范式。另一方面,规范可推动人工智能、数字孪生等新兴技术与地质力学理论的深度融合,规范地震各向异性分析、微地震监测数据解译、三维地质力学建模等关键环节的技术参数,提升复杂构造区裂缝预测精度,支撑“十四五”期间页岩油气万亿立方米增储目标的高效实现。此外,该规范将助力我国在地质工程一体化、智能油气田等前沿方向形成技术主导权,为“双碳”目标下非常规油气资源的绿色开发提供中国方案。

三、主要起草过程

1、成立编制组,制定工作计划

按照标准制修订项目计划任务和工作要求,项目承担单位和协作单位组成标准编制组,认真学习领会油气储层裂缝预测相关法律法规政策标准文件,收集相关资料,并制定工作计划。

2、提案立项

2025年7月,中国地质大学(武汉)主持召开开题论证会,通过开题论证,并提出以下意见:针对油气储层裂缝地质力学定量预测技术,单独制定油气储层裂缝地质力学定量预测技术规范。2024年8月初,通过共同研讨,确定针对油气储层裂缝地质力学定量预测技术开展立项。经过文献调研,结合相关工作积累,经内部研讨和专家咨询,起草完成开题论证报告,编制标准文本初稿。

3、组织起草

立项书提交同步开展起草工作,起草组由各参编单位的专业标准化工程师及相关技术人员组成,并成立内审组,邀请行业专家初步评审。根据立项反馈意见,起草组及时召开工作会议,补充相关计划,细化范围,组织召开标准编制启动会,确立参编职责,开展资料收集分析,于9月初完成标准初稿。

4、开展调研,形成征集意见稿

2024年9月上旬,对领内油气储层裂缝地质力学定量预测技术应用企业开展调研,了解目前技术中参数体系标准化、多源数据处理流程与标准、预测结果与动静态验证等方面的需求。根据以上信息,征集专家意见,完成草案初步审查与修订工作。参与意见征求单位共6个,包括高校、科研院所和企业。

四、制定规范的原则和依据

1、规范制定原则

本文件的制定充分考虑最新技术水平和当前市场情况,认真分析油气储层裂缝地质力学定量预测技术规范及发展需求,在准确把握规范化对象、规范使用者的基础上选择规范性要素,合理编制,准确表达。具体制定原则如下:

1.1、符合性:

本标准遵照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则》开展编制。

1.2 必要性：

目前不存在与本标准完全同类的标准，填补了标准空白。

1.3 合理性：

本标准通过充分的前期调研，收集了大量的技术资料与相关标准，与现行法规与标准均不冲突，宜于应用。

1.4 先进性：

本标准设计内容技术上不低于当前国内先进水平。

2、规范制定的依据

本标准为首次制定，是在域内相关研究所、高校、企业现场试验、应用、推广的成功建设运营经验基础上经过相关试验确定的，以国家自然科学基金砂/泥岩互层裂缝“反转”发育机制及定量预测模型研究（No.42572151）和国家科技重大专项油气田地质力学与储层改造新技术为依托。

2.1、范围

本标准根据 SY/T 6451-2017《探井测井资料处理与解释规范》、GB/T 33685-2023《地震勘探数据处理技术规程》、GB/T 23561（所有部分）《煤和岩石物理力学性质测定方法》、SY/T 7617-2021《海相页岩地质力学评价规范》、NB/T 10842-2021《页岩地应力方向测定方法 粘滞剩磁—波速各向异性法》等确定适用范围，为油气储层裂缝地质力学定量预测技术规范推广应用依据。

2.2 油气储层裂缝地质力学定量预测技术基本要求

设计需满足高可靠、数据高可用、参数体系标准化、结果高可靠性等方面的需求。

五、与现行有关法律、法规和标准的关系

无

六、标准主要内容说明

本文件为《油气储层裂缝地质力学定量预测技术规范》，规定了基于地质力学的油气储层裂缝定量预测技术，规定了单井裂缝识别与综合表征、岩石力学参数评价、古构造应力场数值模拟、现今应力场数值模拟方法和储层裂缝三维分布预测。

1、适用范围

本文件适用于常规油气储层和非常规油气储层勘探开发阶段时，对整体和局部油气区块构造裂缝的定量预测。

5、岩石力学参数

(1) 依据SY/T 7617-2021相关规定，岩石力学参数实验测定的准确性是油气储层裂缝预测的基础，所以本文件5.1条规定了“岩石力学实验应还原岩石地下原位的赋存条件，明确岩石力学实验时应施加的围压大小，岩石力学实验方案设计中应包括岩石弹性力学参数和岩石强度力学参数的实验设计，同时应进行岩石应力测试。”

(3) 依据地震反演长期经验，三维岩石力学参数的反演应符合空间分布规律和数值分布区间，所以本文件5.4.1和5.4.2条规定了“反演得到的三维岩石力学参数应与静态岩石力学参数进行对比，误差应 $\leq 20\%$ 。”

6、古构造应力场数值模拟

(1) 依据古构造应力场数值模拟经验，模拟网格的尺寸大小决定了模拟的精度，且断层对地应力分布具有明显的控制作用，所以本文件6.3条规定了“将模型进行有限元网格划分时网格尺寸应满足模拟精度要求，并加密断层周围的网格。”

(2) 依据古构造应力场数值模拟可靠性分析经验，数值模拟结果应进行可靠性分析且误差应满足实际生产要求，所以本文件6.4条规定了“古构造应力场模拟结果应根据岩石声发射实验结果进行验证，误差应 $\leq 20\%$ ，模拟结果的应力状态应符合构造运动时期的应力状态，若模拟结果误差 $>20\%$ ，应调整边界条件至符合误差范围。”

7、现今应力场数值模拟

(1) 依据现今应力场数值模拟经验，模拟网格的尺寸大小决定了模拟的精度，且断层对地应力分布具有明显的控制作用，所以本文件7.4条规定了“将模型进行有限元网格划分时网格尺寸应满足模拟精度要求，并加密断层周围的网格。”

(2) 依据现今应力场数值模拟可靠性分析经验，数值模拟结果应进行可靠性分析且误差应满足实际生产要求，所以本文件6.4条规定了“现今应力场模拟结果应根据井点地应力大小进行验证，误差应 $\leq 15\%$ ，若模拟结果误差 $>15\%$ ，应调整边界条件至符合误差范围。”

8、储层裂缝三维预测

(1) 依据储层裂缝地质力学预测经验，现今地应力对先存裂缝具有改造作用，所以本文件8.1.3条规定了“裂缝开度的计算应考虑古构造应力场模拟的主应力和主应变结果，同时应考虑现今应力对裂缝开度的改造作用，包括现今应力场的正应力和孔隙压力。”

(2) 依据储层裂缝地质力学预测经验，现今地应力对先存裂缝具有改造作用，所以本文件8.1.4条规定了“裂缝孔隙度和渗透率是经过现今地应力改造之后的结果，应考虑裂缝线密度和裂缝现今开度数据。”

七、分歧意见的处理过程、依据和结果

无

八、采用国际标准或国外先进标准情况

无

九、贯彻标准的措施建议

无

十、其他应予说明的事项

无