



中华人民共和国国家标准

GB/T 40545—2021

煤层气井压裂作业导则

Guidelines of hydraulic fracturing for coalbed methane well

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 资料收集 1

5 压裂作业方案设计 1

 5.1 设计的一般性要求 1

 5.2 压裂液的优选 2

 5.3 支撑剂的优选 2

 5.4 方案及施工参数优化 2

 5.5 设计书 3

6 施工准备 3

 6.1 井场 3

 6.2 井筒 3

 6.3 压裂井口 3

 6.4 设备与管汇 3

 6.5 压裂液 3

 6.6 支撑剂 4

 6.7 现场检验仪器仪表 4

 6.8 应急预案 4

7 现场施工 4

 7.1 现场组织 4

 7.2 试压 4

 7.3 施工 4

8 施工后管理 4

 8.1 测压降及其他测试 4

 8.2 排液 5

 8.3 探砂面、冲砂 5

 8.4 资料采集 5

9 质量、健康、安全与环保 5

 9.1 质量控制 5

 9.2 安全要求 5

 9.3 健康及环保要求 5

10 施工总结与验收..... 6

10.1 资料汇总 6

10.2 压后评价 6

10.3 总结报告 6

10.4 施工验收 6

附录 A（资料性） 压裂作业方案设计书格式 7

附录 B（资料性） 压裂作业方案设计预案表格 13

附录 C（资料性） 现场质量控制表 14

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。

请注意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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由全国煤炭标准化技术委员会(SAC/TC 42)归口。

本文件起草单位：中联煤层气有限责任公司、中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院、煤科工集团西安研究院有限公司、中海油田服务股份有限公司。

本文件主要起草人：李丹琼、朱光辉、贺甲元、杨刚、胡滨、孙晗森、傅小康、张培河、张守仁、吴见、张平、张健、降文萍、张政和、王杏尊、夏日桂、孔鹏、程璐。

煤层气井压裂作业导则

1 范围

本文件规定了煤层气井压裂作业的资料收集、压裂作业方案设计、施工准备、现场施工、施工后管理、质量、健康、安全与环保、施工总结与验收等内容。

本文件适用于煤层气直井、定向井压裂作业，对于水平井等其他井型可参照执行。

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。

- AQ 1081 煤层气地面开采防火防爆安全规程
- NB/T 10034 煤层气藏用水基压裂液性能评价方法
- NB/T 10038 煤层气井小型压裂测试设计及评价规范
- NB/T 14023 页岩支撑剂充填层长期导流能力测定推荐方法
- SY/T 5108 水力压裂和砾石充填作业用支撑剂性能测试方法
- SY/T 5325 射孔作业技术规范
- SY/T 5467 套管柱试压规范
- SY/T 5587.5 常规修井作业规程 第 5 部分：井下作业井筒准备
- SY/T 5587.9 常规修井作业规程 第 9 部分：换井口装置
- SY/T 5727 井下作业安全规程
- SY/T 5952 油气水井井下工艺管柱工具图例
- SY/T 6270 石油天然气钻采设备 固井、压裂管汇的使用与维护
- SY/T 6302 压裂支撑剂导流能力测试方法

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 资料收集

资料收集包括但不限于：地质概况、钻井及完井资料、录井资料、测井资料、煤心及岩心分析资料、煤层与顶底板地应力及岩石力学参数测试资料、地下流体资料、煤层测试资料、周边井压裂施工资料、生产动态、井场附近的村庄、水源及邻近煤矿开发情况等。

5 压裂作业方案设计

5.1 设计的一般性要求

5.1.1 明确提出设计目的。

- 5.1.2 井筒应满足压裂施工要求。
- 5.1.3 压裂液、支撑剂与压裂工艺参数应进行优化。
- 5.1.4 制定压裂施工全过程质量控制及配套措施。
- 5.1.5 制定健康、安全、环保保障措施。

5.2 压裂液的优选

- 5.2.1 压裂液的类型及配方应根据压裂目的层的温度、物性、敏感性、岩心伤害实验结果,结合压裂工艺、改造目的、储层保护的要求确定。
- 5.2.2 压裂液性能测试及优选按照 NB/T 10034 的要求执行。

5.3 支撑剂的优选

- 5.3.1 支撑剂的性能评价及优选,综合考虑压裂储层的有效闭合压力、杨氏模量、支撑剂短期导流能力和长期导流能力等因素。结合预测的压裂井产量指标、稳产期指标和经济指标等进行优选。
- 5.3.2 支撑剂基础性能测试应按照 SY/T 5108 执行。
- 5.3.3 支撑剂短期导流能力测试应按照 SY/T 6302 执行。
- 5.3.4 支撑剂长期导流能力测试应按照 NB/T 14023 执行。

5.4 方案及施工参数优化

5.4.1 方案优化

5.4.1.1 压裂层段优选及射孔方式的优化

综合考虑煤层与顶底板的地应力差及距水层、断层的距离和分层起裂点的合理分布等因素,优选压裂井段及优化射孔方式。

5.4.1.2 压裂注入方式优选及最大排量的确定

根据油套管钢级、尺寸、壁厚及抗内压等数据,优选合适的压裂注入方式的原则:

- a) 根据煤层及井筒条件,且满足改造要求;
- b) 选择压裂方式,应安全、环保、简便;
- c) 确定是否下封隔器,选择满足施工的管柱及井口装置,并进行强度校核,以确保施工安全,管柱示意图按照 SY/T 5952 执行,模拟不同排量下的井口压力,落实最大的注入排量;
- d) 综合各项数据和信息,优选满足施工的注入方式。

5.4.2 参数优化

5.4.2.1 注入排量

综合考虑煤层力学性质、煤层厚度、煤层结构、压裂液性能、施工规模、工艺要求、注入方式、压裂管柱及井口装置承压能力、裂缝延伸等因素,结合软件模拟结果,优化落实不同阶段施工注入排量。

5.4.2.2 前置液量

根据储层条件、液体性能及邻井施工情况,并结合软件模拟结果,优化确定前置液量。

5.4.2.3 支撑剂量

根据煤层厚度、井网布置情况及地质要求,并结合软件模拟优化的支撑缝几何参数和导流能力,确

定支撑剂量。

5.4.2.4 砂比

综合地质条件、煤层物性、煤岩力学性质、施工参数、支撑剂性质、压裂液中携砂液的携砂性能等因素,并结合软件模拟优化结果,设计具体施工过程中的砂比。

5.4.2.5 顶替液量

顶替液量为注入管柱井口至压裂储层顶部体积、压裂储层顶部至注入管柱底部间的套管体积及地面注入管线的容积之和。

5.4.2.6 泵注程序

综合考虑施工安全、设备能力、压裂液性能、支撑缝剖面等因素确定。

5.5 设计书

设计书参照附录 A。

6 施工准备

6.1 井场

井场布局应满足施工车辆进出、设备和各类储罐摆放要求。井场地面平整坚实,满足压裂施工准备和施工期间的应用要求。

6.2 井筒

通井、刮削、洗井、试压、射孔等按照设计进行。通井、刮削、洗井应按 SY/T 5587.5 的规定执行,试压应符合 SY/T 5467 的规定,射孔应符合 SY/T 5325 的规定,起下管柱应符合 SY/T 5727 的规定。

6.3 压裂井口

压裂井口安装应符合 SY/T 5587.9 的规定。

6.4 设备与管汇

6.4.1 所有压裂设备在施工前应进行检查,确保压裂施工设备性能良好。

6.4.2 施工前应对压裂车的超压保护装置进行检测,确保其灵活可靠。

6.4.3 施工前,需对压力计(压力传感器)、流量计和密度计进行校对,液体及支撑剂的计量误差要求应小于 5%,压力误差应小于 1.5%;要求仪表车应以秒为单位、同步准确地记录全套数据,并保证施工全过程各数据信道及与其相关软件的连接畅通无故障。

6.4.4 压力传感器应安装在高压管线或井口上,不准许安装在高压管汇与压裂泵之间。

6.4.5 压裂车正常运行时上水效率应大于 85%,混砂车供液能力应达到 0.3MPa ~ 0.5MPa。

6.4.6 施工过程中的供液能力不小于设计最大排量,供砂能力不小于设计最大加砂浓度。

6.4.7 施工过程中应保证施工相关通讯畅通及时。

6.4.8 高压管汇安装与维护应符合 SY/T 6270 的规定。

6.5 压裂液

6.5.1 摆好液罐,并进行编号,要求闸门灵活,无漏水现象。

6.5.2 压裂液罐清洗干净,无杂质。

6.5.3 配液前备足清水,配液用水符合压裂液配方要求。

6.5.4 按设计配方和用量配制压裂液,在正式施工前,现场取小样进行测试,其性能指标应符合压裂作业方案设计要求。

6.6 支撑剂

6.6.1 砂罐车或其他储存支撑剂的设备内部应清洁干净、无异物。

6.6.2 现场取支撑剂小样筛析,支撑剂规格、数量、清洁程度、干燥程度等应符合压裂作业方案设计要求。

6.6.3 支撑剂备用量符合压裂作业方案设计要求。

6.7 现场检验仪器仪表

按压裂作业方案设计要求准备必需的符合现场性能要求的检验仪器仪表。

6.8 应急预案

压裂施工前应制定应急处理预案,如井口压力异常变化、砂堵、地面管线刺漏、泵车等设备故障、注入管柱脱落等。建议预案内容不少于附录 B 中表 B.1 所列项。

7 现场施工

7.1 现场组织

7.1.1 施工前应对施工人员进行技术交底,并召开施工安全会议,按压裂作业方案设计要求严格分工。

7.1.2 启泵、切换泵、井口闸门倒换等关键工序及液体供给、砂供给、外围安全警戒等关键岗位需专人负责,确保施工质量。

7.2 试压

按设计要求对地面高压管线和井口装置(压裂头)进行试压,试压值应大于预计的最高施工压力,但不应超过额定工作压力。

7.3 施工

7.3.1 小型压裂

按照压裂作业方案设计中的小型测试压裂程序进行施工,按照 NB/T 10038 的规定执行。

7.3.2 主压裂

按照压裂作业方案设计中的主压裂泵注程序进行施工。

8 施工后管理

8.1 测压降及其他测试

按设计要求进行测压降及其他测试。

8.2 排液

压裂施工结束后,按压裂作业方案设计要求返排。

8.3 探砂面、冲砂

排液停喷后,探砂面,按设计要求进行冲砂作业,探砂面、冲砂作业要求应符合 SY/T 5587.5 的规定。

8.4 资料采集

按压裂作业方案设计要求进行资料采集。

9 质量、健康、安全与环保

9.1 质量控制

9.1.1 施工前质量控制

9.1.1.1 开展压裂液各添加剂质量检验和水质化验,并提供合格报告。

9.1.1.2 对配液加料程序进行质量监督。

9.1.1.3 开展压裂液现场简易性能测试。

9.1.1.4 提供支撑剂质量检验报告。

9.1.1.5 入井材料检测基本信息见附录 C 表 C.1。

9.1.2 施工中质量控制

9.1.2.1 现场测试工作按照设计执行。

9.1.2.2 对加砂程序进行质量控制,确保加砂量、加砂程序与设计一致。

9.1.2.3 对压裂施工过程进行监测,出现异常情况时,调整施工参数。

9.1.3 施工后质量控制

9.1.3.1 按照压裂作业方案设计,做好返排工作,注意返排过程中的压降与出砂控制。

9.1.3.2 根据设计,开展液体参数测试和返排时间记录等工作,并开展相应分析。

9.1.3.3 准确记录返排过程中返排液量、出砂量、吐煤粉量等各项数据。

9.2 安全要求

9.2.1 《煤层气地面开采安全规程(试行)》给出了煤层气地面开采的规则和流程,安全要求按 AQ 1081 的规定执行。

9.2.2 在施工现场,应设置醒目的安全警示标志,并设置警戒线,不准许非施工人员进入高压区,同时应制定相应的应急逃生路线及疏散人群预案。

9.2.3 其他安全要求,应按 SY/T 5727 的规定执行。

9.3 健康及环保要求

9.3.1 压裂液、洗井液等不应随意排放,应妥善处理,确保不污染环境。

9.3.2 按 AQ 1081 的要求配备必要的防护装备,防止有毒有害气体、刺激性物质及噪声对人体造成伤害。

9.3.3 压裂施工结束后,对作业井场进行平整、复原,落地材料进行回收。

9.3.4 放喷时做好防护措施,不应造成环境污染。

10 施工总结与验收

10.1 资料汇总

10.1.1 设计书

包括压裂作业方案设计书和射孔施工设计书等。

10.1.2 分析实验报告

包括水源分析报告、压裂液室内评价报告、压裂液各种添加剂检验报告以及压裂支撑剂室内评价报告等。

10.1.3 压裂施工资料

包括小型压裂施工数据及曲线、主压裂施工数据及曲线等。

10.2 压后评价

10.2.1 质量优良

质量优良需满足以下条件:

- a) 入井材料的质量符合压裂作业方案设计要求。
- b) 实际加砂量大于设计量的 90%。
- c) 无工程事故、无环境污染事故、无安全事故。

10.2.2 质量合格

质量合格需满足以下条件:

- a) 入井材料的质量符合压裂作业方案设计要求。
- b) 实际加砂量不小于设计量的 80%。
- c) 无重大工程事故、无重大环境污染事故、无一般安全事故。

10.2.3 质量不合格

达不到合格要求的,质量不合格。

10.3 总结报告

总结报告应包括以下内容:压前作业施工总结、压裂作业施工总结 and 小型压裂分析总结等。

10.4 施工验收

应分别对施工准备、现场施工、施工后管理等作业内容分项进行验收。

附 录 A
(资料性)
压裂作业方案设计书格式

A.1 压裂作业方案设计书封面及审批页

图 A.1 给出了压裂作业方案设计书封面格式。

_____区块

_____井压裂作业方案设计

(____号煤层)

设计单位：_____

_____年____月____日

图 A.1 压裂作业方案设计书封面格式

表 A.1 给出了压裂作业方案设计书审批页格式。

表 A.1 压裂作业方案设计书审批页格式

设计审核审批意见	
设计人	
设计单位 审核意见	审核人： 年 月 日
设计单位 审批意见	审批人： 年 月 日
建设单位 审批意见	审批人： 年 月 日

A.2 设计书内容提纲

图 A.2 给出了压裂作业方案设计书内容提纲。

1	目的及依据
1.1	目的
1.2	依据
2	压裂施工井基础数据
3	压裂方案及施工参数
3.1	压裂工艺
3.2	压裂井段
3.3	注入方式
3.4	压裂井口
3.5	施工排量
3.6	支撑剂类型、粒径、用量
3.7	压裂液类型、用量
3.8	施工最高限压
3.9	压裂泵注程序
4	施工准备
4.1	开工准备
4.2	安装井口
4.3	通井
4.4	洗井
4.5	井筒试压
4.6	射孔
4.7	安装压裂井口
4.8	设备准备
4.9	支撑剂准备
4.10	压裂液准备
5	压裂作业
5.1	现场交底
5.2	高压管汇及井口试压
5.3	压裂施工
6	压后放喷排液
7	质量安全环保要求
8	压裂管柱示意图

图 A.2 压裂作业方案设计书内容提纲

A.3 相关表格

表 A.2～表 A.6 给出了压裂施工井基础数据。

表 A.2 基本数据

井 别		联入 m		油补距 m	
地理位置					
构造位置					
目的层					
开钻日期		完钻日期			
完井日期		完钻井深 m			
人工井底(砂面) m		水泥返深 m			
井身结构					
井眼轨迹					
井身质量					

表 A.3 套管情况

套管名称	外径 mm	内径 mm	壁厚 mm	钢级	套管下深 m	抗内压强度 MPa	水泥返深 m	固井质量
短套管位置 m								

表 A.4 测井解释成果表

层位	层号	井段 m	厚度 m	电阻率 $\Omega \cdot m$	声波时差 $\mu s/m$	体积密度 g/cm^3	自然伽马 API	孔隙度 %	渗透率 $\times 10^{-3} \mu m^2$	解释 结果	岩性

表 A.5 煤层及顶底板参数

含气量 m^3/t				含气饱和度 %	
原始地层压力 MPa				地层温度 $^{\circ}C$	
顶板	井段 m			厚度 m	顶板
	岩性描述				
底板	井段 m			厚度 m	底板
	岩性描述				

表 A.6 煤层射孔数据

层位	层号	井段 m	厚度 m	枪型	弹型	孔密 孔/m	相位角 (°)	实射孔数 孔	发射率 %

表 A.7 给出了压裂泵注程序。

表 A.7 加砂泵注程序表

阶段	净液 量 m ³	阶段 液量 m ³	总液 量 m ³	砂浓 度 kg/m ³	砂比 %	阶段 砂量 m ³	累计 砂量 m ³	排量 m ³ /min	阶段 时间 min	累计 时间 min	支撑 剂类 型	支撑 剂目 数	备注
前置液													
前置液													
携砂液													
携砂液													
携砂液													
顶替液													
累计													
说明：													

表 A.8 给出了设备准备表。

表 A.8 设备准备

序号	设备名称	单位	数量	负责单位
1	××型压裂井口			
2	××型泵车			
3	混砂车			
4	仪表车			
5	高压管汇车			
6	低压管汇车			
7	砂罐			
8	水罐车			
9	压裂液罐			

表 A.9 给出了支撑剂准备表。

表 A.9 支撑剂准备

类型	粒径 mm	数量 m ³

表 A.10 给出了压裂液准备表。

表 A.10 压裂液准备

名称	单位	数量

附 录 B
(资料性)

压裂作业方案应急预案表格

表 B.1 给出了压裂作业方案设计的应急预案表格。

表 B.1 应急预案

序号	现场情况	原因及处理预案	负责人及单位	联系方式
1	井口刺漏			
2	主压车故障			
3	混砂车故障			
4	仪表车故障			
5	液罐故障			
6	砂罐故障			
7	高低压管汇故障			
8	泵压高,排量不能满足设计要求			
9	井口压力快速上升			
10	封隔器失封			
11	管柱失效			
12	砂堵			
13	人员安全情况			

附 录 C
(资料性)
现场质量控制表

表 C.1 给出了压裂施工现场质量控制表。

表 C.1 入井材料检测报告

序号	材料名称	检测日期	检测结果	检测依据
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
...				

参 考 文 献

- [1] 煤层气地面开采安全规程(试行)(国家安全生产监督管理总局 [2012]第 46 号)
-