

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA XXXX—202X

煤矿井下定向长钻孔分段水力压裂强化瓦斯抽采技术规范

Technical Specifications for Enhanced Gas Drainage Using Segmented Hydraulic Fracturing in Directional Long Boreholes in Coal Mines

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

国家矿山安全监察局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 定向水力压裂钻孔布置要求	1
5 分段压裂工艺要求	2
5.1 压裂工艺选择	2
5.2 压裂段位置确定	3
5.3 压裂参数选择	4
5.4 施工设备选型	4
6 压裂施工过程	4
7 压裂增透范围评价方法	4
8 水力压裂安全要求	4
8.1 安全环境要求	5
8.2 安全技术措施	5
附录 A（规范性） 分段压裂施工数据	6
附录 B（资料性） 压裂方案设计书编制提纲	7

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。

本文件由国家矿山安全监察局提出。

本文件由矿山安全行业标准化技术委员会（NMSA/TC 1）归口。

本文件起草单位：中煤能源研究院有限责任公司、重庆大学、中煤科工西安研究院（集团）有限公司、中煤科工集团重庆研究院有限公司、山西亚美大宁能源有限公司、国家能源集团宁夏煤业有限责任公司、中国矿业大学、山东科技大学、太原理工大学、辽宁铁法能源有限责任公司、中煤科工集团沈阳研究院有限公司、平安煤炭开采工程技术研究院有限责任公司、阜新矿业（集团）有限责任公司、成都大学。

本文件主要起草人：梁运培、龚选平、李全贵、成小雨、武文宾、孙四清、聂百胜、张庆华、王鹏军、赵文华、翟成、程成、陈冬冬、李良伟、孙万杰、徐吉钊、张跃兵、倪冠华、杨鹏、曲宝、吴国胜、刘波、范晓刚、宋明洋、刘乐、张秀忠、钱亚楠、赵政舵、李子文、张强、徐世波、李杰、吴志坚、杨康、湛金飞。

煤矿井下定向长钻孔分段水力压裂强化瓦斯抽采技术规范

1 范围

本文件规定了煤矿井下定向长钻孔分段水力压裂强化瓦斯抽采技术的术语和定义、定向钻孔水力压裂钻孔布置要求、分段压裂工艺要求、压裂影响范围评价方法和钻孔水力压裂安全要求。

本文件适用于煤矿井下定向长钻孔分段水力压裂方式强化抽采瓦斯。

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/T 41164	碎软低渗煤层顶板水平井分段压裂技术规范
GB/T 42638	煤矿井下煤层瓦斯抽采半径直接测定方法 抽采量法
NB/T 10001	煤层气压裂作业规范
NB/T 10850	煤矿井下强制增渗工程设计规范
NB/T 10851	煤矿井下水力压裂增渗效果及有效范围探测评价方法
NB/T 10964	煤矿井下钻孔水力压裂煤层增透工艺要求
NB/T 11125	煤矿井下瓦斯抽采孔水力压裂技术方案设计规范
NB/T 11749	煤矿井下煤层分段水力压裂技术规范
SY/T 7014	分段压裂工具

3 术语和定义

GB/T 42638、GB/T 41164、NB/T 10001、NB/T 10850、NB/T 10851、NB/T 10964、NB/T 11125、NB/T 11749、SY/T 7014界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤矿井下定向长钻孔分段水力压裂 multistage hydraulic fracturing of coal seams through directional boreholes in underground coal mines

对位于煤层中的定向钻孔采用封隔工具将压裂范围段按照特定的间距分成若干段，对每一段进行水力压裂，在煤层中形成多段裂缝。

3.2

分段压裂增透范围 affected area of multistage fracturing

水力压裂后经压裂效果评价媒体含水率、渗透率、瓦斯抽采指标提高的区域。

4 定向水力压裂钻孔布置要求

4.1 煤矿井下定向钻孔分段水力压裂的煤层应符合 NB/T 10850 的规定。

4.2 压裂定向钻孔不宜设计分支，钻孔的煤层段长度宜大于 100 m。

4.3 压裂定向钻孔的预计压裂范围应覆盖煤层增渗目标区域。

4.4 布置压裂钻孔时应避开煤的坚固性系数 $f \leq 0.3$ 的软分层区域。

4.5 当沿压裂目标层层面 30 m 以内以及距压裂目标层上、下煤岩层界面法线距离 10 m 以内的空间范围内存在断层、钻孔、采掘空间时，分段压裂的任意一个压裂段不应布置在该区域。

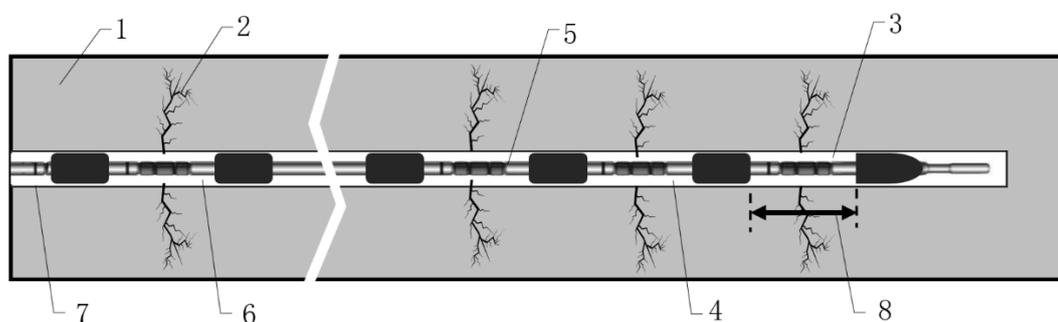
4.6 当沿压裂目标层 100 m 的平面及距压裂目标层上、下煤岩层界面法线距离 20 m 以内的空间范围内有含水层时，分段压裂的任意一个压裂段不应布置在该区域。

5 分段压裂工艺要求

5.1 压裂工艺选择

5.1.1 煤矿井下定向钻孔分段水力压裂应遵循安全、环保、经济的原则，其工艺应根据地层条件、钻孔特点、压裂工艺、施工成本等因素进行选择。

5.1.2 煤矿井下定向钻孔分段压裂可采用不动管柱分段水力压裂、拖动式分段水力压裂等工艺的一种或多种。不动管柱分段水力压裂工艺如图 1 所示，拖动式分段水力压裂工艺如图 2 所示。



标引序号说明：

1——分段压裂目标层位；

2——水力压裂裂缝；

3——第1个分段压裂段；

4——第2个分段压裂段；

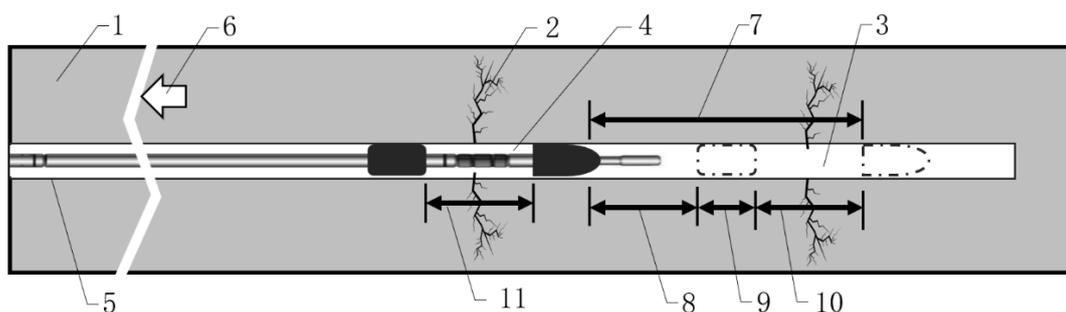
5——第3个分段压裂段；

6——第n个分段压裂段；

7——定向钻孔；

8——压裂段长度。

图1 不动管柱分段水力压裂工艺示意图



标引序号说明：

- 1——分段压裂目标层位；
- 2——水力压裂裂缝；
- 3——第1个分段压裂段；
- 4——第2个分段压裂段；
- 5——定向钻孔；
- 6——管柱拖动方向；
- 7——分段压裂单元长度；
- 8——分段压裂段间距；
- 9——封隔器长度；
- 10——第1个分段压裂段长度；
- 11——第2个分段压裂段长度。

图2 拖动式分段水力压裂工艺示意图

5.1.3 煤层体坚固性系数 $f \geq 0.8$ 且分段段数 ≤ 6 时，应采用不动管柱分段水力压裂工艺，其它情况应使用拖动式分段水力压裂工艺。

5.2 压裂段位置确定

5.2.1 对于不动管柱分段水力压裂，分段压裂总长度与压裂段长度的关系按公式（1）计算。对于拖动式分段水力压裂，分段压裂总长度与分段压裂段数、分段压裂单元长度的关系按公式（2）、（3）计算。

$$L_Z = nD \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L_Z ——压裂总长度，单位为米（m）；

n ——分段压裂段数；

D ——分段压裂段长度，单位为米（m）；

$$L_Z = nL \dots\dots\dots (2)$$

式中：

L ——分段压裂单元长度，单位为米（m）；

$$L = D + d \dots\dots\dots (3)$$

式中：

d ——分段压裂段间距，单位为米（m）。

5.2.2 定向钻孔分段水力压裂的压裂段长度、压裂段间距设计宜按先均分、后调整的思路进行。压裂段长度应为 15 m~30 m，压裂段间距应为 15 m~20 m。

5.2.3 应综合考虑煤层埋藏特征、区域地质构造、钻孔轨迹、压裂工艺、压裂规模、产气目标等资料，

避开煤岩交界面、复杂地质构造部位，设计压裂段位置。

5.3 压裂参数选择

5.3.1 煤层破裂压力、压裂管路液柱压力、压裂液沿程摩擦阻力、最小泵注压力的确定应符合 NB/T 11125 的规定。

5.3.2 每一段压裂需要的注液量应符合 NB/T 10850 的规定，将每一段压裂所需要的注液量累加即为定向钻孔分段水力压裂总注液量。

5.3.3 压裂前应按附录 A 表 A.1 编制煤矿井下定向钻孔分段水力压裂施工基础数据设计表。

5.3.4 压裂前应按照附录 B 编制压裂方案设计书编制提纲。

5.3.5 压裂施工时应进行压裂数据记录。应按附录 A 表 A.2 编制煤矿井下定向钻孔分段水力压裂数据记录表。

5.4 施工设备选型

5.4.1 煤矿井下定向钻孔分段水力压裂施工设备应包括压裂泵组、压裂水箱、高压胶管、压裂管柱、注水流量计、水压传感器、分段压裂封隔工具、压裂操作平台等。

5.4.2 压裂设备选型应包括压裂设备的型号、规格、性能、效率等，选型应依据压裂施工设计参数，并充分考虑井下工程技术条件。压裂泵组、水压传感器、压裂操作平台应具有煤安认证标识。注水流量计精度宜大于 0.1 L。水压传感器精度宜大于 0.1 MPa，量程应为压裂泵组最大输出压力的 1.5 倍。压裂操作平台应具有远程控制压裂泵组、显示与记录作业参数等功能。压裂泵组最大排量宜大于 200 L/min，最大输出压力宜大于 31.5 MPa。分段压裂封隔工具的结构应符合 NB/T 11749 的规定。

6 压裂施工过程

6.1 定向钻孔分段压裂施工过程应包括设备及管路连接、压裂系统及封隔装置调试、执行压裂作业、压裂过程监测、压后处理等环节。

6.2 不动管柱分段水力压裂施工与拖动式分段水力压裂施工操作流程应符合 NB/T 11749 的规定。

7 压裂增透范围评价方法

7.1 定向钻孔分段水力压裂过程中应采用一种或多种方法对压裂影响范围进行评价。当采用单一方法评价压裂范围时，确定的压裂范围半径仅可作为分段压裂影响范围半径的参考值，采用两种及以上方法评价压裂范围时，确定的最小压裂范围半径可作为分段压裂影响范围半径的确定值。

7.2 当压裂目标煤层区域存在同层或上下邻近层位的巷道时，可采用井下微震监测方法对分段压裂煤层破裂范围进行监测。当压裂目标煤层区域附近无满足条件的巷道时，可采用地面监测方法对分段压裂煤层破裂范围进行监测。微震监测的设备选型、监测点位布设、信号监测要求和破裂位置计算按 NB/T 10851 的规定开展。

7.3 可通过在压裂目标煤层区域施工取芯钻孔测试压裂前后煤层含水率增量，对定向钻孔分段水力压裂煤层含水率影响范围进行评价。取芯钻孔布置、煤样保存与含水率测试按 NB/T 10851 的规定开展。

7.4 可采用定向钻孔配套瞬变电磁设备对定向钻孔分段水力压裂的煤层含水率影响范围进行评价。使用瞬变电磁装置设备在分段压裂前后各开展一次钻孔周围视电阻率值测试，根据压裂前后视电阻率差值反应煤层含水率影响范围。

8 水力压裂安全要求

8.1 安全环境要求

8.1.1 水力压裂泵组安放区的巷道应支护完好、顶板完整，宽度及高度均应大于 2.5 m；应配置 2 台以上 8 kg 干粉灭火器和 2 个体积不少于 0.5 m³ 的沙箱，每个沙箱配置 15 个以上沙袋；压裂前应清理周围的煤渣及其他可燃物品。

8.1.2 压裂操作平台应与压裂泵组保持安全距离，安装甲烷传感器、监控视频、应急电话。

8.1.3 在压裂孔回风侧 10 m 位置附近应安设甲烷传感器监测压裂孔周边的瓦斯浓度变化情况；压裂孔口及其附近、压裂泵组等地点均应安装视频监控摄像头，实时监测压裂孔口及周边、压裂泵组的运行情况，发现异常及时停泵处理。

8.2 安全技术措施

8.2.1 煤矿井下定向钻孔水力压裂施工应实行远程操作，远程操作地点设在压裂影响区之外，且安装监测分站、监视屏、直通调度室电话。

8.2.2 压裂泵停泵直至压力下降到 0.5 MPa 以下时方可打开手动泄压阀卸压。

8.2.3 压裂过程中发现存在压裂孔口异常涌水、压裂煤层附近巷道异常涌水、压裂煤层附近巷道顶底板异常变形等情况时立即关闭压裂泵，停止压裂施工。

8.2.4 压裂期间应设置警戒线，警戒范围为压裂泵组安装位置至压裂孔口下风侧 200 m 范围内所有入口，警戒范围内不应人员进入。在警戒线处应设置醒目的安全警示标志。

8.2.5 压裂施工前编制安全技术措施，应包含压裂风险评估、安全警戒范围、监测监控及通讯系统、井上下联动应急处置方案等。

8.2.6 压裂过程中应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。

附 录 A
(规范性)
分段压裂施工数据

A.1 分段压裂施工基础信息记录见表 A.1。

表A.1 分段压裂施工基础信息记录表

钻孔编号					
施工地点					
目标煤层		煤层厚度 (m)		煤层埋深 (m)	
顶板岩性		底板岩性			
瓦斯含量 (m ³ /t)		瓦斯压力 (MPa)		钻孔孔径 (mm)	
钻孔总长度 (m)		岩孔长度 (m)		煤孔长度 (m)	
压裂方式		压裂设备型号		压裂影响半径 (m)	
破裂压力 (MPa)		压裂液沿程 摩擦阻力 (MPa)		静水压力损失 (MPa)	
最小泵注压力 (MPa)		作业时间 (h)		注液总量 (m ³)	

A.2 分段压裂数据记录见表 A.2。

表A.2 分段压裂数据记录表

班次		压裂泵组型号				
记录人		压裂方式				
钻孔编号		压裂开始时间		__年__月__日__时__分		
钻孔位置		压裂结束时间		__年__月__日__时__分		
压裂段编号	数据记录时间 (__时__分)	泵注压力 (MPa)	流量 (m ³ /min)	单次注液量 (m ³)	累计注液量 (m ³)	巷道瓦斯浓度 (%)
第__段						
第__段						
第__段						

附录 B

(资料性)

压裂方案设计书编制提纲

- 1 前言
 - 1.1 设计目的
 - 1.2 主要任务
 - 2 矿井概况及施工条件
 - 2.1 矿井概况
 - 2.2 压裂区条件
 - 3 方案设计原则及依据
 - 3.1 设计原则
 - 3.2 设计依据
 - 4 水力压裂设计
 - 4.1 钻孔布置要求
 - 4.2 压裂方式
 - 4.3 压裂液
 - 4.4 压裂施工参数设计
 - 4.5 压裂设备选型
 - 4.6 压裂施工设计
 - 5 安全技术措施
 - 5.1 压裂风险评估
 - 5.2 安全警戒范围
 - 5.3 监测监控及通讯系统
 - 5.4 井上下联动应急处置方案
- 附图1：压裂孔结构示意图
附图2：压裂孔布置示意图
附图3：孔内管柱及工具组合示意图
附图4：压裂设备连接及管线布置图
附图5：通风系统图
附图6：供水、供电系统图
附图7：监测监控及通讯系统图
附图8：避灾路线图
-