

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

气井压裂返排液现场处理及循环利用 技术要求

Technical requirements for on-site treatment and reuse of fracturing
flowback fluid from gas field

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 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	2
4 总体要求	2
5 现场检测要求	4
6 推荐处理工艺与技术要求	5
7 设备材料要求	7
8 安全环保管理要求	8

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：四川兴澳环境技术服务有限公司。

本文件主要起草人：张涛、黄福友、田雪梅、王官均、张刘盼、童锐。

气井压裂返排液现场处理及循环利用技术要求

1 范围

本文件规定了气井压裂返排液现场处理及循环利用的总体要求、现场检测要求、推荐处理工艺与技术要求、设备材料要求、安全环保管理要求等。

本文件适用于常规天然气井、页岩气井、致密气井、煤层气井等压裂返排液的现场处理及循环利用。

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 2894 安全标志及其使用导则
- GB 4053.3 固定式工业防护栏杆安全技术规范
- GB 5085 危险废物鉴别标准 通则
- GB/T 7476 水质 钙的测定 EDTA滴定法
- GB/T 7477 水质 钙和镁总量的测定 EDTA滴定法
- GB/T 8423.1 石油天然气工业术语 第1部分勘探开发
- GB/T 11901 水质 悬浮物的测定 重量法
- GB 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB 13200 水质 浊度的测定
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- HJ/T 51 水质 全盐含量的测定 重量法
- HJ 91.1-2019 污水检测技术规范
- HJ 298 危险废物鉴别技术规范
- HJ 579 膜分离法污水处理工程技术规范
- HJ 819 排污单位自行监测技术指南 总则
- HJ 828-2017 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法
- HJ 1147 水质 pH 值的测定 电极法
- HJ 2006 污水混凝与絮凝处理工程技术规范
- HJ 2007 污水气浮处理工程技术规范
- HJ 2008 污水过滤处理工程技术规范
- DB 61/T 1248-2019 压裂返排液回配压裂液用水水质要求
- SY/T 5329 碎屑岩油藏注水水质指标技术要求及分析方法
- SY/T 5523 油田水分析方法
- NB/T 14002.3-2022 页岩气储层改造第3部分，压裂返排液回收和处理方法
- 《危险化学品安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 591 号）
- 国家危险废物名录（生态环境部令 第 36 号）（2025年版）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

简易处理 simple treatment

指针对压裂返排液开展的简易化混凝除悬和杀菌处理工艺，核心目标为去除返排液中的悬浮物及硫酸盐还原菌（SRB）、铁细菌（FB）及腐生菌（TGB）等微生物。处理后的液体主要用于洗井、配前置液或顶替液。

3.2

标准处理 standard treatment

压裂返排液的标准处理，是在简易处理的基础上通过双碱法进一步去除钙离子、镁离子、钡离子、锶离子、铁离子等，并控制硼含量。处理后的液体直接或经稀释后用于配制携砂液。

3.3

脱盐处理 desalination treatment

压裂返排液的脱盐处理，是在标准处理基础上进一步通过反渗透膜处理去除盐分。处理后的淡水可直接作为清水使用，或配制各类工作液。

3.4

前置液 pre fluid

[来源：GB/T 8423.1-2018，5.4.1.11，有修改]

压裂施工初期注入井内的流体，其作用是破裂地层并造成一定几何尺寸的裂缝，同时还起到一定的降温作用，为后续携砂液注入创造条件，其通常不含支撑剂或只含少量支撑剂，成分以不交联的胍胶压裂液或低粘滑溜水为主。

3.5

携砂液 sand carrying fluid

[来源：GB/T 8423.1-2018，5.4.1.12，有修改]

压裂施工中期注入井内的流体，含有支撑剂（陶粒或石英砂），通过高压注入地层裂缝，能将支撑剂输送至裂缝深处支撑裂缝，保障天然气渗流通道畅通；其成分以交联的胍胶压裂液或中、高粘滑溜水为主，其性能直接影响压裂效果。

3.6

顶替液 displacement fluid

[来源：GB/T 8423.1-2018，5.4.1.13，有修改]

压裂施工后期注入的流体，用于将井筒内的携砂液全部顶替至地层裂缝中，避免支撑剂在井筒内沉积，其成分以不交联的胍胶压裂液或低粘滑溜水为主。

3.7

洗井液 well-flushing fluid

用于清洗井筒的专用流体，主要作用是清除井内沉渣、冲洗井壁残留物及优化后续作业条件，主要成分为表面活性剂、溶剂、增黏剂与降滤失剂。

4 总体要求

4.1 压裂返排液现场处理应依据其水量及水质特征，以处理后出水的回用方向或最终处置去向为核心导向，优先选用能够满足出水水质指标、符合安全生产规范、技术成熟稳定、处理效能优异、物耗能耗较低、产渣量少、环境友好且投资成本低的处理工艺、药剂材料及成套装备。

4.2 压裂返排液处理前后应对水质特征进行检测分析，包括 pH、悬浮物含量、化学需氧量（COD）、

钙离子含量、镁离子含量、铁含量、硼含量、总溶解固体（TDS）、浊度、细菌含量、配伍性等。

4.3 推荐压裂返排液处理后出水水质标准参考表1至表3。表1至表3的指标主要依据 DB61/T 1248-2019、NB/T 14002.3-2022 及现场实践经验确定。

表 1 简易处理出水水质指标

序号	项目		指标
1	pH		6-9
2	悬浮物含量, mg/L		≤100
3	浊度, NTU		≤10
4	细菌含量	硫酸盐还原菌 (SRB), 个/mL	≤25
		铁细菌 (FB), 个/mL	≤10 ⁴
		腐生菌 (TGB), 个/mL	≤10 ⁴
5	配伍性		无沉淀、无絮凝

表 2 标准处理出水水质指标

序号	项目		指标	
			聚合物压裂返排液	植物胶压裂返排液
1	pH		6-9	6.5-9.0
2	悬浮物含量, mg/L		≤100	≤50
3	钙离子含量, mg/L		≤200	≤100
4	镁离子含量, mg/L		≤50	≤50
5	铁含量, mg/L		≤10	≤10
6	硼含量, mg/L		-	<5
7	浊度, NTU		≤10	≤10
8	细菌含量	硫酸盐还原菌 (SRB), 个/mL	≤25	≤25
		铁细菌 (FB), 个/mL	≤10 ⁴	≤100
		腐生菌 (TGB), 个/mL	≤10 ⁴	≤100
9	配伍性		无沉淀、无絮凝	无沉淀、无絮凝

表 3 脱盐处理出水水质指标

序号	项目	指标
1	pH	6-9

2	悬浮物含量, mg/L		≤ 1.0
3	钙离子含量, mg/L		≤ 20
4	镁离子含量, mg/L		≤ 10
5	铁含量, mg/L		≤ 1.0
6	总溶解固体 (TDS), mg/L		$\leq 10^3$
7	氯离子含量, mg/L		≤ 350
8	细菌含量	硫酸盐还原菌 (SRB), 个/mL	≤ 25
		铁细菌 (FB), 个/mL	≤ 100
		腐生菌 (TGB), 个/mL	≤ 100
9	配伍性		无沉淀、无絮凝

5 现场检测要求

5.1 pH 值

按照 HJ 1147 的规定执行。

5.2 悬浮物含量

按照 GB/T 11901 的规定执行。

5.3 化学需氧量 (COD)

按照 HJ 828-2017 的规定执行。

5.4 钙离子含量

按照 GB/T 7476 的规定执行。

5.5 镁离子含量

按照 GB/T 7476 与 GB/T 7477 的规定执行, 用测得的钙镁总量减去钙的含量即为镁的含量; 也可直接采用电感耦合等离子体发射光谱法 (ICP-OES) 进行测定, 该方法更为快速准确, 可同时测定钙、镁、铁等多种离子。

5.6 铁含量

按照 SY/T 5523 中的第 5 章执行。

5.7 硼含量

按照 SY/T 5523 中的第 5 章执行。

5.8 总溶解固体 (TDS)

宜采用便携式 TDS 测定仪现场测定, 测定仪应定期校准, 测量范围应覆盖实际水质, 精度不低于

±5%；必要时按照 HJ/T 51 重量法进行实验室确认。

5.9 浊度

按照 GB 13200 的规定执行。

5.10 硫酸盐还原菌（SRB）、铁细菌（FB）及腐生菌（TGB）含量

按照 SY/T 5329 中的第 5 章执行。

5.11 配伍性

5.11.1 与其他水源水配伍性

将处理后的返排液与其他水源水按照实际使用比例混配，在储存温度下恒温 24 h，观察是否产生沉淀。

5.11.2 与添加剂之间配伍性

将配液用添加剂按配方要求顺序依次加入，室温下观察是否产生沉淀。

6 推荐处理工艺与技术要求

6.1 一般要求

6.1.1 压裂返排液处理工艺应根据返排液水质特征、压裂液配方要求及回用用途综合确定，并符合 NB/T 14002.3 等相关标准要求。工艺选择应遵循“因水而异、因用定质、经济合理、运行可靠”的原则，在满足出水水质指标的前提下，优先采用成熟、稳定、易操作的工艺组合。

6.1.2 当处理后的压裂返排液用于洗井、配前置液、顶替液时，需重点去除其中的石油类、悬浮物与细菌，宜采用简易处理工艺，推荐流程为均质调节、混凝沉降/混凝气浮、过滤、杀菌，工艺流程图如图 1 所示。

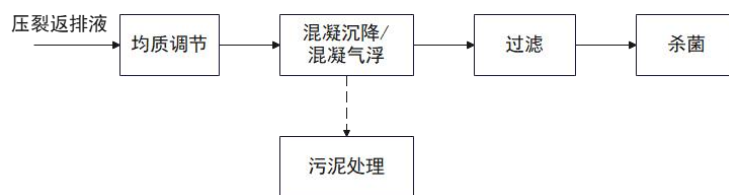


图 1 简易处理推荐工艺流程图

6.1.3 当处理后的压裂返排液用于配制携砂液时，需重点去除其中的悬浮物、细菌、钙镁离子及铁离子等物质，宜采用标准处理工艺，推荐流程为均质调节、混凝沉降/混凝气浮、除硬、过滤、pH 回调、杀菌。若为胍胶压裂返排液，需考虑硼对回用的影响，应在上述工艺中增加除硼环节或稀释至硼含量 < 5 mg/L 条件下使用。标准处理出水水质指标中应增列硼含量限值，建议参照表 2 补充相关要求。若采用离子交换树脂法除硼，推荐工艺流程图如图 2 所示；若采用掩蔽法除硼，推荐工艺流程图如图 3 所示。

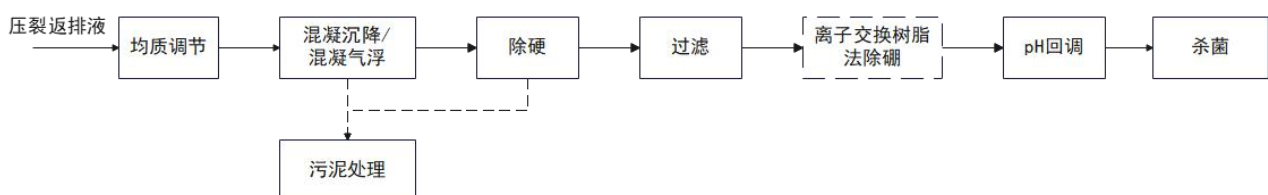


图 2 标准处理推荐工艺流程图（离子交换树脂法除硼）

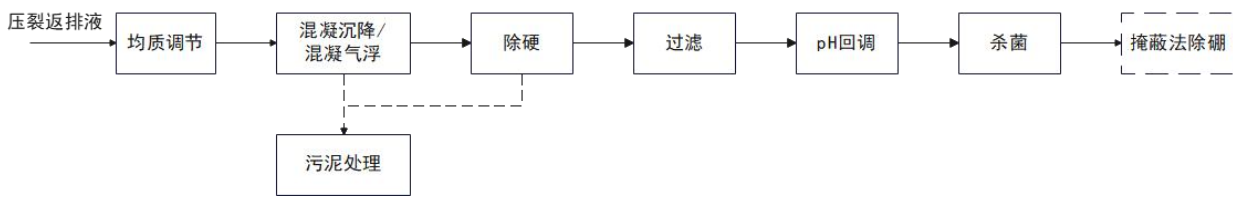


图 3 标准处理推荐工艺流程图（掩蔽法除硼）

6.1.4 当需要处理返排液中的 TDS 时，需重点去除其中的悬浮物、细菌、钙镁离子、铁离子及盐分等物质，宜采用膜法脱盐处理工艺，推荐流程为均质调节、混凝沉降/混凝气浮、除硬、超滤、杀菌、pH 回调、膜过滤工艺流程图如图 4 所示。

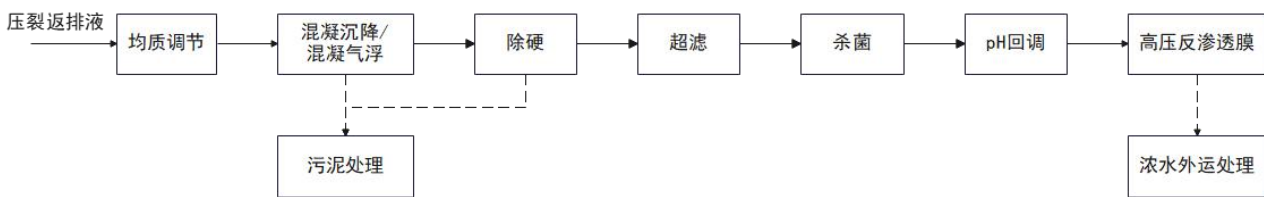


图 4 脱盐处理推荐工艺流程图

6.2 均质调节处理单元

采用均质调节处理均衡调节压裂返排液水质及水量，降低冲击负荷，提高适应水质及水量波动能力。

6.3 混凝沉降/混凝气浮处理单元

6.3.1 采用混凝沉降工艺去除压裂返排液中的悬浮物、胶体物质时，工艺设计应符合 HJ 2006 的规定。

6.3.2 采用混凝气浮工艺时，气浮处理宜采用溶气气浮、涡凹气浮或射流气浮。工艺设计应符合 HJ 2007 的规定。

6.4 过滤处理单元

采用过滤工艺去除经混凝处理后压裂返排液中的悬浮物和脱稳胶体，宜选用粒径级配合理、耐腐蚀、机械强度好、成本低的滤料或滤材。工艺设计应符合 HJ 2008 的规定。

6.5 杀菌处理单元

采用杀菌剂去除压裂返排液中的硫酸盐还原菌（SRB）、铁细菌（FB）及腐生菌（TGB）等微生物。杀菌剂种类、杀菌剂加量以及杀菌剂加入时间应通过试验确定。

6.6 除硬处理单元

推荐采用化学沉淀法（如常用氢氧化钠与碳酸钠组合）或离子交换法等去除压裂返排液中的钙、镁、钡、锶、铁等离子。若采用化学沉淀法，应通过试验确定最佳药剂种类、投加量、反应 pH 值、反应时间及沉淀时间。

6.7 pH 回调处理单元

宜选用柠檬酸或稀盐酸，应结合后续工艺对水质的要求及现场安全条件，选择合适的酸进行 pH 回调；使用稀盐酸时应注意控制氯离子增量，避免影响后续回用（尤其是脱盐处理出水对氯离子有限值时）。

6.8 除硼单元

除硼工艺推荐离子交换树脂法或掩蔽法等，实际应用中需结合各类技术的优缺点及现场实际工况选择适配的工艺。

6.9 超滤处理单元

采用超滤处理工艺进一步去除水中的细菌、铁锈、胶体等物质。超滤进水前应设置 5 μm-10 μm 精密过滤器。

6.10 高压反渗透膜处理单元

6.10.1 推荐采用高压反渗透膜对压裂返排液中的盐分进行脱除。

6.10.2 推荐高压反渗透膜包括碟管式反渗透膜（DTRO）和管网式反渗透（STRO），宜根据进水和产水水质、水温、回收率等选用适宜的反渗透膜。

6.10.3 反渗透膜进水水质的浊度（NTU）≤1，淤塞密度指数 SDI≤5，pH、温度、COD、含铁量、余氯等其他指标应满足设备进水要求。

6.10.4 推荐 DTRO 与 STRO 膜稳定运行压力≤8 MPa。

6.10.5 高压反渗透膜运行前需用清水冲洗 30 min；运行过程中每小时记录进出口压力、产水量、电导率，跨膜压差（TMP）超过 0.3 MPa 时需进行化学清洗；化学清洗采用柠檬酸（pH 2-3）或氢氧化钠 + 次氯酸钠（pH 10-11）溶液，清洗时间 60-90 min。

6.10.6 其他工艺参数应符合 HJ 579 的规定。

6.11 污泥处理单元

6.11.1 压裂返排液处理过程中产生的污泥宜采用压滤、压榨、离心等工艺进行脱水。污泥脱水前应对污泥进行加脱水剂调理。不同污泥投脱水剂的种类和数量应通过试验确定。

6.11.2 污泥脱水机类型应根据污泥性质、产量、脱水要求等选择。宜采用厢式压滤机、板框式压滤机、叠螺式污泥脱水机或离心式污泥脱水机。

6.11.3 污泥脱水产生的废水应返回压裂返排液处理系统处理。污泥脱水后产生的泥渣，应依据《国家危险废物名录》（2025 年版）的规定进行鉴别。如果是危险废物，应按危险废物进行管理、贮存和处置。

7 设备材料要求

7.1 压裂返排液处理相关设备、管道、构筑物的内表面衬涂合适的防腐层或使用防腐材料；设备组件、管道阀门、仪器仪表也应满足防腐要求；罐体、反应器、管道、阀门、膜元件等应根据高矿化度、高氯离子浓度和酸性水质特征，采用对应耐腐蚀材质。

7.2 不同金属材质间应采取绝缘措施，以避免发生电化学腐蚀。

7.3 设备型式的选择应考虑节能、环保、安全及使用寿命等因素，应满足防火、防爆、防潮、防尘及防腐等安全需要。

7.4 处理系统应具备自动化控制功能，实现在线监测 pH、COD、流量、液位、压力；自动加药、自动清洗等。

7.5 处理过程所用药剂（如混凝剂、絮凝剂、pH 调节剂、阻垢剂、杀菌剂等）应符合国家及行业相关标准要求，具备与返排液水质特性适配的稳定性与有效性；药剂的储存、投加设施应满足防腐、防泄漏及安全防护要求，与处理介质、工艺条件兼容。

7.6 应制定设备全生命周期的运行维护规程，明确关键设备的日常巡检、定期检修、易损件更换及防腐层检测维护要求；建立设备台账与运行维护记录，定期开展设备腐蚀状况评估与性能校核，保障设备长期稳定运行。

8 安全环保管理要求

- 8.1 压裂返排液处理过程中所产生的恶臭污染物执行 GB 14554；一般工艺废气执行 GB 16297，有组织排放需满足排放浓度与速率限值，无组织排放需满足厂界浓度控制要求。
 - 8.2 压裂返排液处理过程中产生的噪声排放应符合 GB 12348-2008 及项目环评文件批复要求，优先选用低噪声设备，并采取减振、隔声、消声等降噪措施，确保厂界噪声达标。
 - 8.3 压裂返排液处理过程产生的危险废物（含污泥、废膜、浓盐渣等，属于 HW08 类），其收集、贮存、转移及处置应严格执行 GB 18597 及危险废物管理相关规定，交由具备相应资质的单位进行规范处置。
 - 8.4 处理设施应采取双重防渗措施，防止返排液及渗滤液泄漏造成地下水污染；防渗设计与施工应满足相关规范要求。
 - 8.5 应建立处理过程环境监测体系，监测要求可参考 HJ 91.1-2019）和 HJ 819 执行，并满足项目环评文件及批复的相关要求。
 - 8.6 压裂返排液处理过程中使用的各类化学药剂应严格管理。其中，危险化学品的贮存、运输、使用应符合《危险化学品安全管理条例》的规定。
 - 8.7 处理构筑物或设备设施应按照 GB 2894、GB 4053.3 等规范要求设置护栏、护具，并在相应位置张贴醒目的安全警示标识。
 - 8.8 现场人员应携带安全防护装置，并经过相关安全应急培训，其他劳动安全管理应符合 GB 12801 的相关规定。
 - 8.9 应制定环境应急预案，并定期组织演练，演练应包括泄漏、超标排放、设备故障等典型场景，演练后应进行效果评估并形成记录，必要时修订完善预案，年度预案频次不少于 1 次。
-