

T/GRM

中关村绿色产业联盟团体标准

T/GRM XXXX—XXXX

煤矿矿井水深部转移存储水质控制 管理规范

Technical Specification for Water Quality Control and Management
in Deep Transfer and Storage of Coal Mine Water

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中关村绿色产业联盟 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 总体要求 2

5 转移存储目标层评价 2

6 回注矿井水水质指标 2

7 水质配伍性评价 3

8 回注矿井水预处理工艺要求 4

9 水质监测管理要求 5

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。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院（集团）有限公司、陕西小保当矿业有限公司、中国矿业大学（北京）、华能煤炭技术研究有限公司、中国矿业大学、鄂尔多斯市伊化矿业资源有限责任公司、山东李楼煤业有限公司、陕西延长石油榆林可可盖煤业有限公司。

本文件主要起草人：王皓 王晓东 薛建坤 董东林 周振方 王小勇 王昱同 项敏 韩乐 顾雷雨 王智博 丁小平 许刚刚 陈歌 赵一超 王治宙 张慧峰 周全超 张全 王强民 尚宏波 王甜甜 柴国栋。

本文件为首次发布。

煤矿矿井水深部转移存储水质控制 管理规范

1 范围

本标准规定了煤矿矿井水深部转移存储过程中的总体水质要求、转移存储目标层的勘查要求、转移存储矿井水的水处理工艺规范等内容。

本标准适用于深部不同地层对矿井水转移存储的水质要求。

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 20426 煤炭工业污染物排放标准
GB/T 14848 地下水质量标准
GB/T 19772 城市污水再生利用地下水回灌水质
GB/T 40130 煤矿专门水文地质勘查规范
DZ/T 0330 砂岩热储地热尾水回灌技术规范
SY/T 5329 碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法
SY/T 6881 高含硫气田水处理及回注工程设计规范

3 术语和定义

[点击此处](#)，以便选择适当的引导语

3.1

矿井水深部转移存储 deep transfer and storage of mine water
将处理后的矿井水通过深井转移至深部含水层中进行存储的技术。

3.2

矿井水常规水质指标 regular water quality indices of mine water
矿井水常规水质指标指的是感官性状及一般化学指标。

3.3

矿井水特殊污染物指标 characteristic pollutants indices of mine water
包含亚硝酸盐、硝酸盐、氟化物等毒理学指标及微生物指标。

3.4

回注井 mine water reinjecting well
用于实施矿井水深部转移存储的设施。

3.5

悬浮物颗粒直径中值 diameter median of suspended solids
水中颗粒的累计体积占颗粒总体积50%时的颗粒直径。

3.6

水质配伍性 water quality compatibility
矿井水与目标回灌含水层中的原生地下水在化学性质上相互兼容的特性。

3.7

反应性混合 water quality compatibility
回注水与地层水在空间上发生混合时，因热力学不平衡而驱动发生一系列化学反应。

3.8

水-岩作用 water quality compatibility

在特定温度、压力和水动力条件下，回注水（及其与地层水混合后的混合流体）与目标含水层岩石矿物之间发生的物理化学作用。

3.9

回注堵塞 reinjection clogging

悬浮物、微生物代谢产物、金属氢氧化物、盐类结晶在井筒、含水层孔隙内堆积，造成地层渗透能力持续下降的现象。

4 总体要求

保证煤矿矿井水深部转移存储按标准执行，避免矿井水的深部转移存储对深部地层地下水环境及其他资源层开采带来安全隐患，保障矿井水深部转移存储工程长期稳定运行，达到矿井水安全、合理处置的目的，回注井的设计施工要求应遵照 SY/T 6881。

5 转移存储目标层评价

5.1 转移存储目标层勘查

5.1.1 转移存储目标层勘查设计要求应遵照 DZ/T 0330 执行，应采用水文地质调查、钻探、测井、水文地质试验及水质测试化验的方法执行，水质的检测方法遵照 SY/T 5329 执行。

5.1.2 勘查应查明转移存储目标层的埋深、与上下部资源层距离、目标层岩性、渗透系数、抗压强度、常规水质指标参数、特殊污染物指标参数等内容。

5.2 评价

通过分析转移存储目标层勘查数据，进行存储可行性评价与目标层水质评价。

5.2.1 可行性评价

采用单因子评价法，对目标层埋深、目标层有效含水层厚度、目标层顶部距上部资源距离、目标层底部距下部资源距离、目标层砂岩孔隙度五个指标分别进行评价，评价标准见表 1。

表 1 存储目标层可行性评价标准表

评价指标	评价标准	评价结果
目标层埋深/m	≥1000	可行
目标层顶部距上部资源距离/m	≥400	可行
目标层底部与下部资源层距离/m	≥300	可行
目标层有效含水层厚度/m	≥200	可行
目标层砂岩平均孔隙度/%	≥3	可行

5.2.2 目标层水质评价

采用单因子评价法对目标层水质的感官性状、一般化学指标、特征毒理学指标及微生物指标进行评价，评价标准遵照 GB/T 14848 执行。

6 回注矿井水水质指标

6.1 回注矿井水水质应满足以下要求：

- a) 水质稳定，与目标层地下水混合后不产生明显沉淀；
- b) 水中不得携带大量固体悬浮物；
- c) 回注矿井水常规水质指标及感官性状不得超过目标层地下水值；
- d) 回注矿井水特殊污染物指标满足矿井水外排水质要求，具体要求遵照 GB 20426 执行。

6.2 回注矿井水感官性状及一般化学指标值应确保不超过封存存储目标层地下水背景值。

6.3 回注矿井水酸碱度应与目标地层保持一致。

6.4 回注矿井水中固体悬浮物控制范围见表 2。

表 2 回注矿井水中固体悬浮物控制范围

参考指标	目标层孔隙度/%	3~5	>5
控制指标	固体悬浮物量/(mg/L)	<2	≤5
	悬浮物颗粒直径中值/μm	≤1.5	≤3

6.5 回注矿井水毒理学指标及微生物指标限值见表 3。

表 3 回注矿井水毒理学指标及微生物指标限值参考

指标类型	指标	范围	参考依据
毒理学指标	亚硝酸盐（以N计）/ （mg/L）	≤1	GB / T14848-2017《地下水质量标准》III类水水质标准
	硝酸盐（以N计）/ （mg/L）	≤20	
	氟化物/（mg/L）	≤1	
	碘化物/（mg/L）	≤0.08	
	铁/（mg/L）	≤0.3	
	锰/（mg/L）	≤0.1	
微生物指标	总大肠杆菌/ （CFUc/100ml）	3	
	菌落总数/（CFU/ml）	100	

7 水质配伍性评价

7.1 水质配伍性评价基本要求

- 水质配伍性评价应满足“水质占优”的基本原则，即回注矿井水水质应优于目标层地下水水质；
- 回注前应依托室内模拟试验或数值模拟开展矿井水与目标层地下水的水质配伍性评价，作为回注可行性评价必要组成部分；
- 回注矿井水与目标层地下水之间应具有良好的水化学配伍性，回注后不应因水-水混合引发显著的矿物沉淀；
- 水质配伍性评价应同时涵盖水-水反应性混合、水-岩相互作用两类地球化学过程，均需满足配伍性等级要求。

7.2 水-水混合回注堵塞风险评价

7.2.1 水-水混合作用评价，应模拟不同混合比例下回注矿井水与目标层原生地下水混合后的水化学状态，识别潜在沉淀矿物类型。

7.2.2 应计算不同混合比例条件下矿物饱和指数、单位体积沉淀生成量；分别采用均匀沉积假设、孔喉沉积假设，评估混合沉淀物对储层孔隙度、渗透率的堵塞潜力。

7.2.3 水-水混合配伍性判定应满足以下要求：

- 多比例混合条件下主要成垢矿物均处于不饱和状态，判定为水-水混合配伍性好；
- 混合后矿物饱和指数大于 0，存在矿物沉淀生成风险，应定量计算沉淀量，当孔喉沉积假设下孔隙度衰减风险可接受，判定为条件可配伍；
- 混合后沉淀生成量大，孔喉堵塞风险高，判定为水-水混合配伍性差，该条件下矿井水不得直接回注，应开展水质调整预处理；
- 水-水混合试验与数值模拟应尽量匹配目标储层实际地层温压条件。

7.3 水-岩作用回注堵塞风险评价

水-岩作用配伍性判定应满足以下要求：

- a) 长期水-岩作用以矿物溶蚀为主，无明显次生矿物结垢现象，渗透率无衰减甚至适度增大，判定为配伍性良好；
- b) 存在微弱结垢，但渗透率衰减在工程可接受范围，判定为条件可配伍，需要配套回注动态监测；
- c) 水-岩耦合作用产生大量次生沉淀，造成储层渗透率显著衰减，判定为配伍性差，禁止直接回注，需优化矿井水水质。

7.4 水质配伍性综合分级

水质配伍性分级标准见表4。

表 4 水质配伍性分级表

配伍性等级	水-水混合	水-岩作用	处置要求
I级（配伍性良好）	无沉淀或仅微量沉淀析出	无明显次生矿物结垢，渗透率无衰减甚至适度增大	满足配伍要求，可实施回注
II级（条件配伍）	少量沉淀，或混合无沉淀、长期水-岩接触存在微弱结垢	微弱结垢，渗透率衰减工程可控	允许回注，强化回注压力、流量、水质动态监测，制定预警方案
III级（配伍性差）	大量沉淀析出，孔喉堵塞风险高	结垢严重，渗透率显著衰减	严禁直接回注；预处理达标后重新开展配伍评价

8 回注矿井水预处理工艺要求

- 8.1 水处理后满足回注矿井水水质指标的矿井水，方可进行回注。
- 8.2 应采用“混凝沉淀+过滤”的方法对悬浮物及粒径未达标矿井水进行处理。
- 8.3 回注矿井水毒理学指标及微生物指标预处理工艺见表 5。

表 5 回注矿井水毒理学指标及微生物指标预处理工艺

指标类型	指标	参考值	处理工艺
毒理学指标	亚硝酸盐（以N计）/（mg/L）	≤1	离子交换法，利用强碱性阴离子交换树脂吸附水中NO ₂ ⁻ ，树脂饱和后用氯化钠（NaCl）溶液再生
	硝酸盐（以N计）/（mg/L）	≤20	离子交换法，利用硝酸盐选择性树脂吸附NO ₃ ⁻ ，树脂饱和后用氯化钠（NaCl）溶液再生
	氟化物/（mg/L）	≤1	膜分离法，利用反渗透（RO）、纳滤（NF）膜的截留特性，直接分离水中氟离子
	碘化物/（mg/L）	≤0.08	氧化吸附法，先投加氧化剂将碘化物（I ⁻ ）氧化为碘单质（I ₂ ）或碘酸盐（IO ₃ ⁻ ），再通过吸附材料（如活性炭、银基吸附剂）截留去除
	铁/（mg/L）	≤0.3	吸附法，利用吸附材料（如活性炭、沸石、羟基磷灰石、氧化铁涂层滤料）的表面吸附作用，截留水中铁离子

指标类型	指标	参考值	处理工艺
	锰/(mg/L)	≤ 0.1	吸附法, 利用吸附材料的表面吸附或离子交换作用, 截留 Mn^{2+}
微生物指标	总大肠杆菌/(CFUc/100ml)	3	化学消毒法, 投加化学消毒剂破坏大肠杆菌细胞膜、核酸, 实现杀菌灭活
	菌落总数/(CFU/ml)	100	

9 水质监测管理要求

9.1 水质监测管理应满足以下基本要求:

- 监测频次要求参照 GB/T 19772 执行;
- 回注井应建立井口监测系统, 对回注过程的关键参数实施持续监测, 保障回注工程长期安全稳定运行;
- 井口监测应采用在线监测与人工定期采样检测相结合的方式;
- 监测系统应具备数据采集、存储、传输、处理、分析及安全预警等功能;
- 监测数据应真实、准确、完整, 监测记录应妥善保存, 保存期限不应少于工程运行期。

9.2 井口在线监测项目应包括回注井口压力、回注流体瞬时流量与累计流量、回注流水温度、pH、回注流体悬浮物浓度。

9.3 人工定期采样检测项目应包括温度、流量、pH 值等基本物理化学指标、溶解性总固体、常规离子浓度、毒理学指标、微生物指标、悬浮物浓度及悬浮物颗粒直径中值。

9.4 井口监测设施应符合以下要求:

- 压力表应安装在靠近井口且能准确反映井口注入压力的位置;
- 流量计应选用适用于回注水水质特征的型号, 精度不应低于 $\pm 0.5\%$;
- 计量设备与井口之间应设置控制阀门, 用以调节回注管线压力;
- 监测设备应具备防腐蚀、防堵塞能力, 适应回注矿井水的水质特性;
- 在线监测传感器应定期校准, 校准周期不应超过 3 个月。

9.5 在线监测系统应具备以下功能:

- 实时采集井口压力、流量、温度、pH 值等关键参数;
- 监测数据的自动存储与传输;
- 数据异常时自动触发报警;
- 支持远程查看与数据调用。

9.6 在线监测数据的采集频率应满足以下要求:

- 井口压力、流量、温度等关键参数宜采用连续监测方式, 采样间隔不应大于 1 min;
- pH 值、悬浮物浓度等水质参数宜采用连续监测或高频次间歇监测方式, 采样间隔不应大于 30 min;
- 在线监测系统应设置预警阈值, 当监测参数达到或超过预警值时自动报警。预警阈值应包括井口注入压力上限、流量下限、pH 值上下限、温度异常变化范围。

9.7 人工采样检测应满足以下要求:

- 人工采样检测的频率不应少于每周 3 次;
- 当在线监测数据出现异常、回注压力持续升高或流量持续下降时, 应加密人工采样检测频次;
- 水样的采集、保存和运输应符合 GB/T 5750.13 等相关标准的要求;
- 水质检测方法应按本标准第 2 章所列规范性引用文件执行。

9.8 监测数据管理要求

9.8.1 应建立回注井口监测数据台账，记录内容包括监测时间、各监测参数的实时数据、异常数据及处理情况、人工采样检测结果、设备校准与维护记录。

9.8.2 测数据的采集、传输、记录与处理应符合以下质量控制要求：

- a) 在线监测数据应自动存储于数据采集系统，原始数据不得人为修改；
 - b) 人工采样检测数据应由具备相应资质的检测人员出具，原始记录应完整、清晰，不得涂改；
 - c) 在线监测与人工检测结果偏差大于 $\pm 20\%$ 时，应及时排查原因，以人工检测或经校准后的在线监测数据为准进行综合判定；
 - d) 监测数据应定期进行合理性校验，包括物料平衡校验、水质指标电荷平衡校验。
-