

致密砂岩气开发排采水回注技术规范

Technical specification for produced water reinjection of tight sandstone gas
development

2024 - 09 - 03 发布

2024 - 12 - 03 实施

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 基本要求..... 2

5 回注层选择..... 2

6 回注井建造..... 2

7 回注水质控制..... 3

8 运行管理与监测..... 3

参考文献..... 4

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。

本文件由山西省能源局提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省能源标准化技术委员会(SXS/TC42)归口。

本文件起草单位：中石油煤层气有限责任公司、山西科城能源环境创新研究院、太原理工大学、中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司。

本文件主要起草人：耿昊、司雷霆、刘昌升、袁进、郝鹏程、张应建、李洋、陈明、李瑞云、于文华、田浩年、胡唤雨、李晓姣、王自强、李兆明、董静、秦志坤、邢江亚。

致密砂岩气开发排采水回注技术规范

1 范围

本文件规定了致密砂岩气开发过程中排采水回注的基本要求、回注层选择、回注井建造、回注水质控制、运行管理与监测的技术要求。

本文件适用于致密砂岩气开发过程中排采水回注项目的规划、建设和运行管理。

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。

- SY/T 0600 油田水结垢趋势预测方法
- 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 5358 储层敏感性流动实验评价方法
- SY/T 6592 固井质量评价方法
- SY/T 6596 气田水注入技术要求
- SY/T 6646 废弃井及长停井处置指南
- SY/T 7640 非常规气田采出水回注环境保护规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

致密砂岩气 tight sandstone gas

覆压基质渗透率小于或等于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的砂岩类气层，单井一般无自然产能或自然产能低于工业气流下限，但在一定经济条件和技术措施下可获得工业天然气产量。

[来源：GB/T 30501—2022，3.1]

3.2

排采水 produced water

致密砂岩气开发过程中，随着致密砂岩气采出一同带出地面的地层水及压裂液返排液。

3.3

回注 reinjection

将致密砂岩气开发过程中产出的排采水，经过适当处理后重新注入致密砂岩气层，实现排采水地质封存的处置方式。

3.4

回注层 reinjection layer

用于排采水回注以实现地质封存目的、具有良好的上下隔离层和足够储集空间的致密砂岩气层。

3.5

井筒完整性 wellbore integrity

回注井井筒各部分组成、结构、质量等满足平稳持续注入要求的一种状态。

[来源：SY/T 7640—2021, 3.4]

3.6

完整性检测 mechanical integrity test

通过环空测压、泄漏测试、腐蚀测试等技术方法，对套管的连接情况、井下管柱腐蚀程度、井下封隔器状态，以及固井水泥的有效性进行测试，从而实现井筒完整性评估。

[来源：SY/T 7640—2021, 3.5]

4 基本要求

4.1 回注项目建设应进行技术经济可行性论证，可行性论证应以 SY/T 6596、SY/T 7640 等相关标准规范为依据，重点开展回注层位合理性、回注井符合性、监测监控措施有效性、回注水质控制等方面的论证。

4.2 回注项目正式投运前应编制回注方案，明确日回注量、回注压力等运行参数，制定水质检测、运行管理及监测等计划。

4.3 致密砂岩气开发过程中产出的排采水应优先回用于钻井、压裂等生产环节，无法回用的宜采用回注方式进行处置。

5 回注层选择

5.1 回注层应优先选择现役开发或经开发枯竭的致密砂岩气层。

5.2 回注项目所在区块内，勘探和开发回注所选气层的钻井数量应不低于区块内总钻井数量的 30%。

5.3 回注层应具有稳定分布的上下隔离层且无断层，隔离层及断层分布情况可根据区域地质与水文地质、物探、钻井、测井等资料综合分析得出。

5.4 回注层的埋深应大于 1200 m。

5.5 回注层的平均空气渗透率宜大于 $0.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均孔隙度宜大于 6 %。

6 回注井建造

6.1 回注井井位选择应符合 SY/T 6596、SY/T 7640 中相关要求，且应避让国家及地方规划的非天然气矿产资源开发区域。

6.2 回注井井身结构应至少由表层套管、技术套管及回注水管组成。

6.3 表层套管深度、技术套管深度、固井水泥材质、固井水泥返高和固井质量应符合 SY/T 7640 的要求。

6.4 回注层以上、区域内具有地下水开发利用价值的含水层底板以下技术套管应至少有连续厚度大于 25m 的优质固井井段。

6.5 表层套管材质宜选用 H40 及以上钢级，技术套管材质宜选用 J55 及以上钢级，回注水管材质宜选用 N80 及以上钢级，表层套管、技术套管均应采取外防腐措施，回注水管应采取内防腐措施。

6.6 井口装置应符合 SY/T 6596 的要求。

6.7 应采用套管内封隔器和环空加注保护液的环空保护措施，封隔器耐受压力应高于回注层破裂压力。

6.8 选择现役井或退役井作为回注井时，应符合本文件的要求。

7 回注水质控制

- 7.1 回注水质应满足不发生严重结垢堵塞、对储层伤害小、对回注设施设备腐蚀性小的基本要求，回注水质控制指标应至少包括悬浮固体含量、悬浮物颗粒直径中值、含油量、平均腐蚀率、pH 值等。
- 7.2 回注水质应无结垢趋势，结垢趋势预测按照 SY/T 0600 执行。
- 7.3 应进行排采水与回注层地层水之间的配伍性评价，配伍性评价方法参照 SY/T 5329。
- 7.4 悬浮固体含量、含油量、pH 值的控制指标值应按照 SY/T 5358 的实验方法，以岩芯渗透率变化率不超过 20 %为原则确定。悬浮物颗粒直径中值、平均腐蚀率的控制指标值可参照 SY/T 5329 的要求确定。
- 7.5 排采水回注前应进行必要的处理，具体处理工艺可根据排采水水质特征、结垢趋势预测结果、配伍性评价结果、水质控制指标等因素确定。
- 7.6 回注过程中应对回注水质进行监测，各水质控制指标的监测频次根据水质变化规律、水处理系统的工艺要求等因素合理确定，采样检测方法按照 SY/T 5329 执行。

8 运行管理与监测

- 8.1 应控制回注井的总注入量，总注入量范围内排采水在回注层的水平扩散半径应不超过 3000 m，水平扩散半径可通过数值模拟、数值分析等方式计算得出。
- 8.2 回注压力不得大于回注最大允许压力。回注最大允许压力可通过式（1）计算，其中回注层破裂压力可通过区块地层破裂数据、小型压裂等方面的资料确定，也可通过分步注入能力测试进行确定。采用分步注入能力测试时，应按照 SY/T 7640 执行。

$$P_{\max} = 0.9 \times P_f - \frac{\rho_w \times g \times h}{10^6} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 $P_{\max}$ ——回注最大允许压力，MPa；
 P_f ——回注层破裂压力，MPa；
 ρ_w ——排采水密度，kg/m³；
 h ——回注井口至回注层射孔段底部垂深，m。

- 8.3 回注井正式投运前应开展试注工作，试注时间不少于一周；试注期间记录回注压力、环空压力、回注流量、回注水质等参数或数据；进行升压法或降压法测试，根据测试结果绘制回注指示曲线、确定日回注量及回注压力。
- 8.4 回注过程中应持续对回注压力、环空压力、回注流量等进行日常监测，建立回注井运行监测数据台账，并定期根据回注井的日回注量、回注压力等数据，开展回注井工况分析。
- 8.5 当回注压力和回注流量发生突变时应停止回注，及时分析原因，经检修且井筒完整性检测合格后，方可恢复回注。
- 8.6 应按照 SY/T 7640 的要求进行井筒完整性检测，若发现井筒完整性失效时应停止回注，经检修且井筒完整性检测合格后，方可恢复回注。
- 8.7 应按照 SY/T 6592 的方法进行测井找窜，测井频次不少于每 3 年 1 次，若发现窜槽现象，应进行封窜作业且验窜合格后，方可恢复回注。
- 8.8 地下水环境监测点的布设、监测频次及采样分析应满足回注项目环境影响评价文件及批复的要求，监测层位宜选择回注层以上、距回注层最近的具有地下水开发利用价值的含水层，监测项目宜包括但不限于溶解性总固体、耗氧量、氯化物、硫酸盐等。
- 8.9 回注井的封存与长停应执行 SY/T 6646 中相关要求。

参 考 文 献

- [1] GB/T 30501—2022 致密砂岩气地质评价方法
-