

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

(征求意见稿)

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 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 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。

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归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

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高矿化度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生的排采水，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一种处置方式。

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、回注井位符合性、监测监控措施有效性等方面进行论证。

4.2 排采水回注井只能回注致密气开发生产过程中产生的排采水，不得回注与致密气开发生产无关的其它废水。

4.3 应采取有效管控措施，防止排采水回注过程中的泄漏。

4.4 致密砂岩气开发过程中产生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。

4.5 在回注项目正式投运前应开展试注工作，试注时间不少于一周。

5 回注层选择

5.1 回注层应优先选择现役主力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，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 1.2km。

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 选择回注井的井位时，应调查周边区域的除天然气以外的矿产资源分布情况，避让国家及地方规划的矿产资源开发区域。

6.2 回注井的井位应符合 SY/T 6596、SY/T 7640 的井位选择要求。

6.3 回注井应至少为表层套管、技术套管及回注水管组成的三层回注结构。

6.4 表层套管深度应至少在区域内具有饮用水开发利用价值的含水层底板以下 25m，技术套管深度应至少在回注层底板以下 25m。表层套管、技术套管固井水泥应返至地面，固井水泥的选择应能承受最大井底压力，同时应考虑排采水对水泥的腐蚀，根据排采水水质特征选择相应抗腐蚀水泥。

6.5 固井质量合格率应达到 100%，固井质量评价方法应按 SY/T 6592 的规定执行。回注层以上、区域内具有饮用水开发利用价值的含水层底板以下应至少有连续厚度大于 25m 的优质固井井段。

6.6 表层套管宜选用 H40 及以上钢级、技术套管宜选用 J55 及以上钢级、回注水管宜选用 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。

- 6.7 井口装置应结构完整、密封良好，压力级别应高于回注压力。
- 6.8 应采用套管内封隔器和环空加注保护液的保护措施，封隔器耐受压力应高于回注层破裂压力。
- 6.9 选择现役井或退役井作为回注井的，应符合本文件的要求。

7 回注水质控制

- 7.1 排采水回注前应当进行必要的处理，保证水质满足回注要求。具体处理工艺应根据排采水水质特性、回注水质控制指标、试验研究结果等因素，通过技术经济论证确定。
- 7.2 回注水质应满足腐蚀性小、不发生结垢堵塞、对储层伤害小的基本要求，回注水质控制指标应包括悬浮固体含量、悬浮物颗粒直径中值、含油量、平均腐蚀率等。
- 7.3 回注水质控制指标参照 SY/T 5358 的实验方法确定，岩芯渗透率的变化率不应超过 20%。也可参照 SY/T 5329、SY/T 6596 的要求确定。
- 7.4 回注水质应无结垢趋势，结垢趋势预测参照 SY/T 0600 执行。
- 7.5 应进行排采水与回注层地层水之间的配伍性评价试验，配伍性试验应参照 SY/T 5329 执行。
- 7.6 回注过程中应对排采水水质进行监测，其中悬浮固体含量、悬浮物颗粒直径中值、含油量等指标的检测频次应不少于每月 1 次，平均腐蚀率的检测频次应不少于每季度 1 次；若平均腐蚀率、结垢趋势、配伍性等指标达不到回注要求时，宜进一步检测辅助指标，包括硫酸盐还原菌含量、铁细菌含量、腐生菌含量、溶解氧含量、硫化物含量、总铁含量、亚铁含量、侵蚀性二氧化碳含量、pH 值等。排采水的采样检测按 SY/T 5329 执行。

8 运行管理与监测

- 8.1 单口回注井的总注入量宜控制在 $20 \times 10^4 \text{m}^3$ 之内；回注井总注入量的水平扩散半径应控制在 3km 范围之内，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 回注井试注期间记录泵压、井口压力、环空压力、回注量、回注水质等相关资料，确定回注启动压力；并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；根据试注结果和区域排采水产生情况，综合确定该回注井的日回注量及回注压力。
- 8.3 回注井井底压力应小于回注层破裂压力的 90%。回注层的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。分步注入能力测试应按 SY/T 7640 的要求进行。回注井口最大允许压力可通过式（1）计算：

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

式中：

P_{\max} ——回注井口最大允许压力，MPa；

P_f ——回注层破裂压力，MPa；

ρ_w ——排采水密度， kg/m^3 。

h ——回注井口至回注层射孔段底部垂深，m。

- 8.4 回注过程中应持续对井口压力、井底压力、环空压力、回注温度、回注量等进行日常监测记录，建立回注井运行监测数据台账，并依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 SY/T 7640 的规定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 SY/T 6592 的规定进行测井找窜，测井频次不少于每 3 年 1 次。若发现窜槽现象，应进行封窜作业后，方可恢复回注。
- 8.8 地下水监测井的布设、地下水的采样分析应符合回注项目环境影响评价文件的要求，监测层位宜选择回注层以上第一个具有饮用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 服役期满闭井或长期停用的回注井应按 SY/T 6646 的要求执行。

参 考 文 献

- [1] GB/T 30501—2022 致密砂岩气地质评价方法
 - [2] SY/T 5329—2022 碎屑岩油藏注水水质指标技术要求及分析方法
 - [3] SY/T 6596—2016 气田水注入技术要求
 - [4] SY/T 7482—2020 非常规油气开采污染控制技术规范
 - [5] SY/T 7640—2021 非常规气田采出水回注环境保护规范
-