

ICS 75.020  
CCS E 12

# SY

## 中华人民共和国石油天然气行业标准

**SY/T 5329—2022**

代替 SY/T 5329—2012

---

### 碎屑岩油藏注水水质指标 技术要求及分析方法

**Water quality specification and practice  
for analysis of oilfield injecting water in clastic reservoirs**

2022—11—04 发布

2023—05—04 实施

---

国家能源局 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 注水水源评价和水质基本要求	2
4.1 注水水源评价	2
4.2 注水水质基本要求	2
5 注水水质分析方法	3
5.1 样品采集要求	3
5.2 悬浮固体含量	3
5.3 颗粒直径中值	4
5.4 含油量	5
5.5 平均腐蚀率	6
5.6 硫酸盐还原菌、铁细菌和腐生菌含量	8
5.7 溶解氧含量	8
5.8 硫化物含量	10
5.9 侵蚀性二氧化碳含量	11
5.10 总铁含量	11
5.11 亚铁含量	13
5.12 pH 值	13
附录 A (规范性) 注水水源评价方法	14
附录 B (规范性) 现场挂片及测试方法	16

## 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。

本文件代替 SY/T 5329—2012《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》，与 SY/T 5329—2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了“范围”（见第1章，2012年版的第1章）；
- b) 增加了“规范性引用文件”（见第2章）；
- c) 更改了“悬浮固体”的术语和定义（见3.1，2012年版的3.1）；
- d) 增加了“配注率”的术语和定义（见3.7）；
- e) 增加了“注水水源评价”（见4.1）；
- f) 增加了“注水水质基本要求”（见4.2）；
- g) 更改了“水质主要控制指标”（见4.2，2012年版的4.2）；
- h) 增加了含聚合物注入水应对悬浮固体含量测量值进行修正（见5.2.6.3）；
- i) 增加了颗粒计数器测定原理（见5.3.1.1）；
- j) 增加了激光粒度仪测定原理（见5.3.2.1）；
- k) 更改了“溶解氧含量”测定方法中的碘量法（见5.7.1，2012年版的5.7.1）；
- l) 更改了“硫化物含量”测定方法中的亚甲基蓝分光光度法（见5.8.1，2012年版的5.8.1）；
- m) 更改了“侵蚀性二氧化碳含量”的测定方法（见5.9，2012年版的5.9）；
- n) 增加了“亚铁含量”的测定方法（见5.11）。

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。

本文件由石油工业标准化技术委员会油气田开发专业标准化委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院、中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司实验检测研究院、中国海洋石油集团有限公司中海油能源发展股份有限公司工程技术公司、大庆油田有限责任公司勘探开发研究院（黑龙江省油层物理与渗流力学重点实验室）。

本文件主要起草人：马宝东、周敏、张书栋、邢晓璇、林莉莉、张铜耀、袁敏、宫兆波、王子强、陈科、王瑞晗、张继超、汤战宏、丁玉娟、张文、王兴华、陈贤。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1988年首次发布为 SY/T 5329—1988，1994年第一次修订，2012年第二次修订；
- 本次为第三次修订。

# 碎屑岩油藏注水水质指标技术要求及分析方法

## 1 范围

本文件规定了碎屑岩油藏注水水源评价、水质指标、水质要求和分析方法。  
本文件适用于碎屑岩油藏注水水源评价、水质指标制定及注水水质分析。

## 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 6920 水质 pH值的测定 玻璃电极法

GB/T 7489 水质 溶解氧的测定 碘量法

GB/T 16489 水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法

HJ/T 345 水质 铁的测定 邻菲罗啉分光光度法（试行）

SL 81 侵蚀性二氧化碳的测定（酸滴定法）

SY/T 5358 储层敏感性流动实验评价方法

SY/T 6285—2011 油气储层评价方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**悬浮固体 suspended solids**

悬浮在水中不能通过 0.45 $\mu\text{m}$  微孔滤膜的固体物质。

### 3.2

**颗粒直径中值 diameter median of suspended solids**

水中颗粒的累积体积占颗粒总体积 50%时的颗粒直径。

### 3.3

**含油量 oil content**

在酸性条件下，单位体积水中含有可以被石油醚萃取出的石油类物质的量。

### 3.4

**硫酸盐还原菌 sulfate reducing bacteria**

在一定条件下能够将硫酸根离子还原成二价硫离子，进而形成副产物硫化氢，对金属有很大腐蚀作用的一类细菌。

### 3.5

**铁细菌 iron bacteria**

能从氧化二价铁中得到能量，并代谢产生氢氧化铁的一群细菌。

## 3.6

**腐生菌 saprophytic bacteria**

在一定条件下能够从有机物中得到能量，产生活性物质，累积沉淀易造成堵塞的一类异养型细菌。

## 3.7

**配注率 rate of injection allocation**

一定时期内（月或季度），在正常注水开发工艺流程下，注水井的实注量占配注量的百分数。

## 4 注水水源评价和水质基本要求

## 4.1 注水水源评价

注水水源评价方法按照附录 A 执行。

## 4.2 注水水质基本要求

**4.2.1** 注水水质应保持稳定，不应携带大量悬浮固体，对注水设施腐蚀性小，与油层水相混不产生明显沉淀。

**4.2.2** 注水水质主要控制项目包括悬浮固体含量、悬浮物颗粒直径中值、含油量、平均腐蚀率，依据不同空气渗透率储层对水质的要求，将注水水质主要控制指标分为五个等级，碎屑岩储层渗透率类型划分按照 SY/T 6285—2011 中 3.1.4 的规定执行。

**4.2.3** 注水水质辅助控制项目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。水质主要控制指标已达到注水要求，可以不考虑辅助控制项目；如果达不到要求，为查其原因应进一步检测辅助控制项目。

**4.2.4** 当注水井配注率大于或等于 100% 时，水质满足注入要求，保持现有水处理工艺流程不变，确保注入水水质稳定。

**4.2.5** 当注水井配注率介于 80% ~ < 100% 时，宜参考表 1 中水质主要控制指标，调整水处理工艺流程，改善注入水水质，提高注水井配注率。

表 1 水质主要控制指标

储层空气渗透率 $\mu\text{m}^2$	< 0.01	[0.01, 0.05)	[0.05, 0.5)	[0.5, 2.0)	$\geq 2.0$
水质标准分级	I	II	III	IV	V
悬浮固体含量 mg/L	$\leq 8.0$	$\leq 15.0$	$\leq 20.0$	$\leq 25.0$	$\leq 35.0$
悬浮物颗粒直径中值 $\mu\text{m}$	$\leq 3.0$	$\leq 5.0$	$\leq 5.0$	$\leq 5.0$	$\leq 5.5$
含油量 mg/L	$\leq 5.0$	$\leq 10.0$	$\leq 15.0$	$\leq 30.0$	$\leq 100.0$
平均腐蚀率 mm/a	$\leq 0.076$				

**4.2.6** 当注水井配注率小于或等于 80% 时，宜参考表 2 中水质对储层适应性的评价指标，按照 SY/T 5358 的有关规定开展注入水水质对油藏的适应性评价。

表 2 水质对储层适应性的评价指标

储层空气渗透率 $\mu\text{m}^2$	渗透率变化率 %
< 0.5	$\leq 20$
[0.5, 2.0)	$\leq 25$
$\geq 2.0$	$\leq 30$

## 5 注水水质分析方法

### 5.1 样品采集要求

- 5.1.1 采集的水样应具有代表性。
- 5.1.2 应以 5L/min ~ 6L/min 的流速畅流 3min 后取样。
- 5.1.3 悬浮固体含量分析时，漂浮或沉淀的不均匀固体不属于悬浮物质，应从采集的水样中除去。
- 5.1.4 含油量分析时，应直接取样，不应用待取水样冲洗取样瓶。
- 5.1.5 溶解氧含量、硫化物含量、亚铁含量和总铁含量建议在现场及时测定。
- 5.1.6 硫酸盐还原菌含量、铁细菌含量、腐生菌含量分析应在现场接种，同时测定水温，室内培养。
- 5.1.7 侵蚀性二氧化碳含量分析时，取样前应在瓶中加入固体碳酸钙 3g ~ 5g。
- 5.1.8 采样后随即贴上标签，标签上应注明取样日期、时间、地点及取样人。

### 5.2 悬浮固体含量

#### 5.2.1 原理

水样通过已恒重的滤膜，根据过滤水的体积和滤膜的增重计算水中悬浮固体的含量。

#### 5.2.2 试剂和材料

- 5.2.2.1 滤膜：孔径 0.45 $\mu\text{m}$ （惰性滤膜）。
- 5.2.2.2 石油醚：60℃ ~ 90℃。

#### 5.2.3 仪器设备

- 5.2.3.1 微孔薄膜过滤实验仪或其他同类仪器。
- 5.2.3.2 烘箱。
- 5.2.3.3 天平：感量 0.1mg。
- 5.2.3.4 量筒：100mL，250mL，500mL。

#### 5.2.4 分析步骤

- 5.2.4.1 将滤膜放入蒸馏水中浸泡 30min，并用蒸馏水洗 3 ~ 4 次。
- 5.2.4.2 取出滤膜放至烘箱中，90℃ 下烘干，在室温下恒重（两次称量差小于 0.2mg），记为  $m_0$ 。
- 5.2.4.3 将水样移入微孔薄膜过滤实验仪中。
- 5.2.4.4 将已恒重的滤膜装到微孔过滤器上。
- 5.2.4.5 通过加压或真空抽滤过滤水样，记录流出体积  $V_w$ 。

5.2.4.6 用石油醚冲洗滤膜直到滤液无色为止（至少洗4次）。

5.2.4.7 用蒸馏水冲洗滤膜至水中无氯离子。

5.2.4.8 再按 5.2.4.2 步骤操作烘干，记为  $m_h$ 。

### 5.2.5 计算结果

悬浮固体含量按公式（1）计算。

$$\rho_x = \frac{m_h - m_q}{V_w} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\rho_x$ ——悬浮固体含量，单位为毫克每升（mg/L）；

$m_q$ ——试验前滤膜质量，单位为毫克（mg）；

$m_h$ ——试验后滤膜质量，单位为毫克（mg）；

$V_w$ ——通过滤膜的水样体积，单位为升（L）。

### 5.2.6 注意事项

5.2.6.1 若水样不含油，则可省去洗油操作。

5.2.6.2 应根据悬浮固体含量的多少来决定取样量的多少，水样体积不应小于 50mL。

5.2.6.3 若注入水中含有聚合物，则应对悬浮固体含量测量值进行修正。

## 5.3 颗粒直径中值

### 5.3.1 颗粒计数器测定

#### 5.3.1.1 原理

在电解质溶液中放置小孔管，悬浮颗粒随电解质溶液通过小孔管时，小孔管内外两电极间电阻发生瞬时变化，产生电位脉冲。脉冲信号的大小和次数与颗粒的大小和数目成正比。

#### 5.3.1.2 试剂和材料

5.3.1.2.1 滤膜：孔径 0.2 $\mu$ m ~ 0.45 $\mu$ m。

5.3.1.2.2 氯化钠：分析纯。

5.3.1.2.3 标准颗粒。

#### 5.3.1.3 仪器设备

5.3.1.3.1 颗粒计数器。

5.3.1.3.2 过滤器。

#### 5.3.1.4 准备工作

5.3.1.4.1 配制电解质溶液：配制 20g/L 的氯化钠溶液 1L。用孔径 0.2 $\mu$ m ~ 0.45 $\mu$ m 的滤膜或超级过滤器过滤。

5.3.1.4.2 选用合适的小孔管和适宜的标准颗粒对仪器进行校正，校正方法详见仪器说明书。

5.3.1.4.3 悬浮颗粒含量较高的水样，应采用电解质溶液进行稀释。

### 5.3.1.5 分析步骤

取水样 150mL ~ 200mL 放到样品架上，将取样方式开关指向压力计，同时选择进样体积开关使之指向需要的体积，按照仪器操作规程进行操作。

## 5.3.2 激光粒度仪测定

### 5.3.2.1 原理

利用光的散射原理测量颗粒大小，当光束前进过程中遇到颗粒，发生散射现象，散射光与光束初始传播方向形成一个夹角，测量不同角度上散射光的强度，能够得到样品的粒度分布。

### 5.3.2.2 试剂和材料

滤膜：孔径 0.45 $\mu$ m。

### 5.3.2.3 仪器设备

#### 5.3.2.3.1 激光粒度仪。

#### 5.3.2.3.2 过滤器。

### 5.3.2.4 分析步骤

用蒸馏水标定仪器背景值，吸光值应在 120 以内；取 200mL ~ 2000mL 水样于烧杯里，放入仪器的进样器，按照仪器操作规程进行操作。

### 5.3.2.5 注意事项

**5.3.2.5.1** 颗粒计数器适合于测试颗粒分布范围较窄的水样，如污水站外输水、精细过滤水、清水等。激光粒度仪适合于测试颗粒分布范围较宽或颗粒含量较多的水样，如采出液、污水站原水、含聚污水等。

**5.3.2.5.2** 在使用激光粒度仪时，为了减小测量误差，搅拌速度宜选择 1500r/min ~ 2500r/min。

## 5.4 含油量

### 5.4.1 原理

水中的油质可以被石油醚等有机溶剂提取，提取液的颜色深浅与含油量呈线性关系。

### 5.4.2 试剂和材料

**5.4.2.1** 无水氯化钙或无水硫酸钠：分析纯，500 $^{\circ}$ C 煅烧 1h。

**5.4.2.2** 石油醚：60 $^{\circ}$ C ~ 90 $^{\circ}$ C。

**5.4.2.3** 盐酸溶液：1+1。

### 5.4.3 仪器设备

**5.4.3.1** 分液漏斗：250mL，500mL。

**5.4.3.2** 细口瓶：100mL，500mL。

**5.4.3.3** 刻度移液管：1mL，5mL。



5.4.3.4 比色管（或容量瓶）：50mL，100mL。

5.4.3.5 量筒：100mL，250mL，1000mL。

5.4.3.6 分光光度计。

5.4.3.7 天平：感量 0.1mg。

#### 5.4.4 标准曲线

##### 5.4.4.1 标准油的提取

取适量含油水样置于分液漏斗中，加入一定量的石油醚，在酸性条件下提取水中油，提取液经无水氯化钙或无水硫酸钠脱水后过滤，滤液于 80℃ 水浴上蒸去石油醚，即得标准油样。

##### 5.4.4.2 标准油溶液的配制

称取 0.5000g 标准油，用石油醚溶解于 100mL 容量瓶内并稀释至刻度，此溶液含油浓度为 5.0mg/mL。

##### 5.4.4.3 标准曲线的绘制

用移液管分别吸取 0.00mL，0.50mL，…，3.00mL 标准油溶液置于 50mL 比色管中，用石油醚稀释至刻度并摇匀，以石油醚为空白，在分光光度计上比色（波长 430nm，比色皿 3cm），根据测得的光密度值和对应的含油质量绘制标准曲线。

#### 5.4.5 分析步骤

5.4.5.1 将水样移入分液漏斗中，加盐酸溶液 2.5mL ~ 5.0mL。用 50mL 石油醚分 2 次萃取水样，每次应在分液漏斗中振摇 1min ~ 2min。

5.4.5.2 将 2 次萃取液都收集于 50mL 比色管中，用石油醚稀释到刻度，盖紧瓶塞并摇匀，同时测量被萃取后水样体积（应减去加盐酸体积），若萃取液混浊，应加入无水硫酸钠或无水氯化钙，脱水后再进行比色测定。

5.4.5.3 在分光光度计上测其光密度值，在标准曲线上查出含油质量。

#### 5.4.6 计算结果

含油量按公式（2）计算。

$$\rho_o = \frac{m_o}{V_w} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\rho_o$ ——含油量，单位为毫克每升（mg/L）；

$m_o$ ——在标准曲线上查出的含油质量，单位为毫克（mg）；

$V_w$ ——萃取水样体积，单位为毫升（mL）。

#### 5.5 平均腐蚀率

##### 5.5.1 原理

将试片悬挂在水中，根据试验前后试片的质量差计算平均腐蚀率。

## 5.5.2 试剂和材料

5.5.2.1 试片：A3 钢，外形尺寸 76.0mm × 13.0mm × 1.5mm，孔径为 8mm。

5.5.2.2 滤纸。

5.5.2.3 石油醚：分析纯。

5.5.2.4 丙酮：分析纯。

5.5.2.5 无水乙醇：分析纯。

5.5.2.6 柠檬酸三铵：分析纯。

## 5.5.3 仪器设备

5.5.3.1 游标卡尺：精度 0.02mm。

5.5.3.2 天平：感量为 0.1mg。

5.5.3.3 干燥器。

## 5.5.4 准备工作

5.5.4.1 用游标卡尺测量试片尺寸并计算表面积。

5.5.4.2 用石油醚脱脂，再用无水乙醇清洗，取出试片用滤纸擦干，放于干燥器中恒重 4h，称准至 0.1mg。

5.5.4.3 称取柠檬酸三铵 10g，加入 90mL 蒸馏水使其溶解（使用时应在水浴上将溶液加热到 60℃）。

## 5.5.5 现场挂片

现场挂片及测试方法按照附录 B 执行。

## 5.5.6 挂片后试片的处理

将试片取出，用滤纸轻轻擦去油污。用丙酮洗油后，放于 5.5.4.3 清洗液中清洗 1min ~ 5min，清洗时宜用毛刷轻轻刷洗。试片清洗后用蒸馏水冲洗，再用乙醇脱水并用滤纸擦干表面，将其存放于干燥器中恒重，4h 后称量。

## 5.5.7 计算结果

平均腐蚀率按公式 (3) 计算。

$$F = \frac{(m_{gf} - m_{hf}) \times 3650}{S \times t_f \times \rho} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$F$ ——平均腐蚀率，单位为毫米每年 (mm/a)；

$m_{gf}$ ——试验前试片质量，单位为克 (g)；

$m_{hf}$ ——试验后试片质量，单位为克 (g)；

$S$ ——试片表面积，单位为平方厘米 (cm<sup>2</sup>)；

$t_f$ ——挂片时间，单位为天 (d)；

$\rho$ ——试片材质密度，单位为克每立方厘米 (g/cm<sup>3</sup>)。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/315034232002011034>