

ICS 75.020

E 13

备案号: 29798—2010

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6544—2010

代替 SY/T 6544—2003

油井水泥浆性能要求

Performance requirements for oil well cement slurries

2010-08-27 发布

2010-12-15 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 要求	1
5 试验方法	3
附录 A (资料性附录) 生产套管注水泥浆性能设计示例	4
参考文献	8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准代替 SY/T 6544—2003《油井水泥浆性能要求》与 SY/T 6544—2003 相比，主要变化如下：

- 修订了表 1～表 3 中的内容及性能指标。
- 增加表 4，规定了“气层、大斜度 / 水平井”的水泥浆性能要求指标。
- 删除了资料性附录“油井水泥及常用材料密度”。
- 删除了规范性附录“水平井及定向井游离液测定方法”。
- 删除 A.1.3.2 关于循环温度的内容，引用 SY/T 5480 中的相关内容。
- 删除 A.3 的“流变性设计与计算”章节，引用 SY/T 5480 中的相关内容。

本标准由石油钻井工程专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：中海油田服务股份有限公司。

本标准主要起草人：王清顺、王永松、冯克满、王同友、罗宇维。

油井水泥浆性能要求

1 范围

本标准规定了油气井常规固井和特殊井固井对水泥浆性能的要求和试验方法。
本标准适用于常规固井和特殊井固井水泥浆性能设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 19139 油井水泥试验方法

SY/T 6466 油井水泥石抗高温性能评价方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

稠化过渡时间 thickening transition time

在水泥稠化时间实验中，水泥浆稠度从 40Bc 到 100Bc 的时间间隔。

3.2

注水泥施工时间 well cementing operation time

从开始注水泥浆至替浆结束的时间（含循环出多余水泥浆的时间）。

4 要求

4.1 表层套管注水泥

表层套管注水泥对水泥浆基本性能要求见表 1。

表 1 表层套管注水泥对水泥浆基本性能要求

项 目		指标要求
初始稠度, Bc		< 30
稠化时间, min		注水泥施工时间 + 安全附加时间 [*]
抗压强度, MPa	8h	> 3.5
	24h	> 7.0
[*] 安全附加时间根据各油田井型、施工条件等自行规定。		

4.2 技术套（尾）管注水泥

技术套（尾）管注水泥对水泥浆基本性能要求见表 2。

表 2 技术套（尾）管注水泥对水泥浆基本性能要求

项 目	指标要求	
	领浆	尾浆
失水量, mL (30min/6.9MPa)	< 500	< 150
抗压强度, MPa	24h	> 3.5
	48h	> 7.0
稠化时间, min	≥ 注水泥施工时间 + 安全附加时间 ^a	
初始稠度, Bc	< 30	< 30
游离液, %	< 1.4	< 1.0
注: 高温井和稠油热采井要求水泥浆应在高温条件下养护 7d 后水泥石强度不衰退。		
^a 安全附加时间根据各油田井型、施工条件等自行规定。		

4.3 生产套（尾）管注水泥

生产套（尾）管注水泥对水泥浆基本性能要求见表 3。

表 3 生产套（尾）管注水泥对水泥浆基本性能要求

项 目	指标要求	
	领浆	尾浆
失水量, mL (30min/6.9MPa)	< 250	< 100
抗压强度, MPa/24h	> 7.0	> 14.0
稠化时间, min	≥ 注水泥施工时间 + 安全附加时间 ^a	
初始稠度, Bc	< 30	< 30
游离液, %	< 1.4	< 0.4
相容性 ^b	各种比例混合后流体性能应满足稠化时间规定的指标要求	
渗透率, μm^2	—	< 0.01×10^{-3}
沉降稳定性, g/cm ³	< 0.03	< 0.02
注: 高温井和稠油热采井要求水泥浆应在高温条件下养护 7d 后水泥石强度不衰退。		
^a 安全附加时间根据各油田井型、施工条件等自行规定。		
^b 相容性试验流体混合比例参见 A.5。		

4.4 气层和大斜度 / 水平井注水泥

气层和大斜度井 / 水平井注水泥对水泥浆基本性能要求见表 4。

表 4 气层和大斜度 / 水平井注水泥对水泥浆基本性能要求

项 目	指标要求	
	气层	大斜度 / 水平井
失水量, mL (30min/6.9MPa)	< 50	< 50

表 4 (续)

项 目	指标要求	
	气层	大斜度 / 水平井
抗压强度, MPa/24h	> 14.0	> 14.0
顶部强度, MPa/24h	> 7	—
稠化时间, min	≥ 注水泥施工时间 + 安全附加时间 ^a	
初始稠度, Bc	< 30	< 30
稠化过渡时间, min	< 30	< 30
游离液, %	0	0
相容性 ^b	各种比例混合后流体性能应满足稠化时间规定的指标要求	
渗透率, μm^2	< 0.01×10^{-3}	< 0.02×10^{-3}
沉降稳定性, g/cm ³	< 0.02	< 0.02
注 1: 高温井和稠油热采井要求水泥浆应在地温条件下养护 7d 后水泥石强度不衰退。		
注 2: 要求水泥浆不收缩。		
^a 安全附加时间根据各油田井型、施工条件等自行规定。		
^b 相容性试验流体混合比例参见 A.5。		

5 试验方法

5.1 水泥浆基本性能测定

水泥浆失水量、抗压强度、稠化时间、游离液、渗透率、沉降稳定性等性能的测定按照 GB/T 19139 的相关规定执行。

5.2 高温井、稠油热采井水泥石抗高温性能测定

高温井、稠油热采井水泥石抗高温性能测定按照 SY/T 6466 的相关规定执行。

5.3 相容性试验

相容性试验参见 A.5。

附 录 A
(资料性附录)
生产套管注水泥浆性能设计示例

A.1 地质资料

A.1.1 油、气、水、盐层、位置

依据地质设计书。

A.1.2 地层破裂压力及孔隙压力

参见 SY/T 5623 的相关规定。

A.1.3 井底静止温度、井底循环温度

A.1.3.1 井底静止温度：

a) 井底静止温度的计算见公式 (A.1)。

$$BHST=27+T_g \times H/100 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- $BHST$ ——井底静止温度，单位为摄氏度 (°C)；
 27 ——地表环境温度，单位为摄氏度 (°C)；
 T_g ——地层温度梯度常数，单位为摄氏度每百米 (°C/100m)；
 H ——垂直井深，单位为米 (m)。

b) 地表环境温度的计算见公式 (A.2)。

$$BHST=BSAT+T_g \times H/100 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$BSAT$ ——地表环境温度，单位为摄氏度 (°C)。

A.1.3.2 井底循环温度：按照 SY/T 5480—2007 中 5.7.3 的相关规定执行。

A.2 水泥浆基本性能设计

A.2.1 水泥浆密度设计

A.2.1.1 环空静液柱压力 p_{ha} 的计算见公式 (A.3)。

$$p_{ha}=0.00981 \times (h_1 \rho_1 + h_2 \rho_2 + h_3 \rho_3 + h_4 \rho_4) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

- p_{ha} ——环空静液柱压力，单位为兆帕 (MPa)；
 h_i ——钻井液垂直段长，单位为米 (m)；
 ρ_i ——钻井液密度，单位为千克每立方米 (kg/m³)；

- h_2 ——前置液垂直段长，单位为米 (m)；
 ρ_2 ——前置液密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)；
 h_3 ——领浆垂直段长，单位为米 (m)；
 ρ_3 ——领浆密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)；
 h_4 ——尾浆垂直段长，单位为米 (m)；
 ρ_4 ——尾浆密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)。

A.2.1.2 环空流动阻力 p_{fn} 的计算按 A.3 的规定执行。

A.2.1.3 环空最大动液柱压力 p_{max} 的计算见公式 (A.4)。

$$p_{\text{max}} = p_{\text{hn}} + p_{\text{fn}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

式中：

- p_{max} ——环空最大动液柱压力，单位为兆帕 (MPa)；
 p_{hn} ——环空静液柱压力，单位为兆帕 (MPa)；
 p_{fn} ——环空流动阻力，单位为兆帕 (MPa)。

根据平衡压力固井原则， p_{max} 小于井底破裂压力， p_{hn} 大于地层孔隙压力。

A.2.2 水泥浆稠化时间设计

A.2.2.1 试验温度：井底循环温度按 A.1.3.2 的规定执行。

A.2.2.2 试验压力：套管下入深度的实际压力，计算见公式 (A.5)。

$$p = 0.00981 \rho \cdot h \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中：

- p ——试验压力，单位为兆帕 (MPa)；
 ρ ——钻井液密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)；
 h ——套管下入垂直深度，单位为米 (m)。

A.2.3 水泥石强度

试验温度为井底静止温度。水泥石的养护及测试按照 GB/T 19139—2003 中第 7 章“油井模拟抗压强度试验”或第 8 章“水泥石非破坏性声波试验”的规定执行。

A.3 流变性设计与计算

流变性设计与计算按照 SY/T 5480—2007 中附录 A 的规定执行。

A.4 水泥浆基本性能测定

水泥浆基本性能见表 A.1。

A.5 前置液与钻井液和水泥浆相容性实验

A.5.1 基液准备

基液准备包括：

- a) 前置液：依据现场使用的前置液外加剂产品技术说明配置，并陈化。
- b) 钻井液：现场取样，充分搅拌破坏胶凝强度和悬浮沉积物。
- c) 水泥浆：取现场水泥和配浆水配制。

表 A.1 水泥浆基本性能

水泥品种	密度 g/cm ³	水灰比	外加剂、外掺料加量			实验条件		稠化时间实验			失水量 mL	游离液 %	流变参数				抗压强度 MPa	渗透率 μm ²
			A %	B %	C %	温度 ℃	压力 MPa	初始稠度 Bc	过渡时间 min	稠化时间 min			n	k Pa·s ⁿ	η _p Pa·s	τ ₀ Pa		

注：A, B, C 表示加入水泥中的外加剂、外掺料代号或名称。

A.5.2 前置液对流变性的影响

依据混合物百分比分别配制各种混合物，搅动混合物直至均匀，测定流变性。相容性试验数据见表 A.2。

表 A.2 相容性试验数据

水泥浆密度：_____g/cm³ 前置液密度：_____g/cm³ 钻井液密度：_____g/cm³

混合物 (体积分数)	旋转黏度计读数						
	试验温度, ℃	φ ₆₀₀	φ ₃₀₀	φ ₂₀₀	φ ₁₀₀	φ ₆	φ ₃
100% 钻井液							
100% 前置液							
100% 水泥浆							
95% 钻井液 +5% 前置液							
75% 钻井液 +25% 前置液							
50% 钻井液 +50% 前置液							
25% 钻井液 +75% 前置液							
5% 钻井液 +95% 前置液							
95% 水泥浆 +5% 前置液							
75% 水泥浆 +25% 前置液							
50% 水泥浆 +50% 前置液							
25% 水泥浆 +75% 前置液							
5% 水泥浆 +95% 前置液							
25% 钻井液 +50% 前置液 +25% 水泥浆							

A.5.3 前置液对稠化时间的影响

对混有 5%、25% 和 50% 的前置液的水泥浆按规定程序和方法进行稠化时间试验，并与不混有前置液的水泥浆稠化时间数据作对比。前置液对稠化时间的影响试验数据见表 A.3。

A.5.4 前置液对抗压强度的影响

对混有 5%、25% 和 50% 的前置液的水泥浆按规定的试验方法进行抗压强度试验，并与不混有前置液的水泥石样品的抗压强度数据作对比。前置液对抗压强度的影响试验数据见表 A.3。

A.5.5 前置液对水泥浆失水量的影响

对混有 5%、25% 和 50% 的前置液的水泥浆按规定的试验方法进行失水试验，并与不混有前置液的水泥浆失水量数据作对比。前置液对水泥浆失水量的影响试验数据见表 A.3。

表 A.3 前置液对稠化时间的影响试验数据

混合物 (体积分数)	稠化时间		抗压强度, MPa	API 失水量, mL
	初始稠度, Bc	稠化时间, min		
100% 水泥浆				
95% 水泥浆 +5% 前置液				
50% 水泥浆 +50% 前置液				

参 考 文 献

- [1]GB/T 19139—2003 油井水泥试验方法
 - [2]SY/T 5374.1 固井作业规程 第1部分：常规固井
 - [3]SY/T 5374.2 固井作业规程 第2部分：特殊固井
 - [4]SY/T 5480—2007 固井设计规范
 - [5]SY/T 5623 地层压力预（监）测方法
 - [6]SY/T 6592 固井质量评价方法
-

中华人民共和国
石油天然气行业标准
油井水泥浆性能要求
SY/T 6544—2010

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

880×1230 毫米 16 开本 1 印张 23 千字 印 1—1500
2010 年 11 月北京第 1 版 2010 年 11 月北京第 1 次印刷
书号: 155021·6516 定价: 8.00 元
版权专有 不得翻印