

ICS 75.020
CCS E 13



中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5504.6—2022

代替 SY/T 5504.6—2009

油井水泥外加剂评价方法 第6部分：减轻剂

Evaluation method for well cement additives—
Part 6 : Light-weight additive

2022—11—04 发布

2023—05—04 实施

国家能源局 发布

目 次

前言.....	II
引言.....	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	2
4.1 油井水泥减轻剂的分类	2
4.2 理化性能	2
4.3 应用性能	4
5 试验方法	4
5.1 仪器	4
5.2 试剂	5
5.3 理化性能	5
5.4 应用性能	8
6 检验规则	9
6.1 组批与采样	9
6.2 检验	9
6.3 判定	9
7 包装、标志和储运	9
8 安全环境保护要求	10
9 评价报告	10
附录 A (资料性) 油井水泥减轻剂评价报告	11
参考文献.....	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。

本文件是 SY/T 5504《油井水泥外加剂评价方法》的第6部分。SY/T 5504 已经发布了以下部分：

- 第1部分：缓凝剂；
- 第2部分：降失水剂；
- 第3部分：减阻剂；
- 第4部分：促凝剂；
- 第5部分：防气窜剂；
- 第6部分：减轻剂；
- 第7部分：加重剂；
- 第8部分：膨胀剂。

本文件代替 SY/T 5504.6—2009《油井水泥外加剂评价方法 第6部分：减轻剂》，与 SY/T 5504.6—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 改变了“范围”（见第1章，2009年版的第1章）；
- b) 删除了规范性引用文件的年代号（见第2章，2009年版的第2章）；
- c) 改变了“术语和定义”（见第3章，2009年版的第3章）；
- d) 改变了“油井水泥减轻剂的分类”（见4.1，2009年版的第4章）；
- e) 对各分类依据性能制定了减轻剂理化性能指标（见表1、表2、表3，2009年版的表1）；
- f) 改变了微珠类减轻剂理化性能指标，将耐压性能并入理化性能指标（见表4、表5，2009年版的表2）；
- g) 改变了减轻剂应用性能指标（见表6、表7、表8，2009年版的表3）；
- h) 增加了仪器和材料要求（见5.1、5.2，2009年版的6.1）；
- i) 改变了减轻剂水分测定的样品量（见5.3.2，2009年版的6.3.2）；
- j) 改变了减轻剂细度测定方法，分湿筛法和干筛法（见5.3.3，2009年版的6.3.5）；
- k) 增加了悬浮液黏度计600r/min读值、灼烧减量、二氧化硅(SiO_2)含量、烧失量(Loss)、三氧化硫(SO_3)质量分数、游离氧化钙(f-CaO)质量分数的测定（见5.3.4、5.3.5、5.3.6）；
- l) 改变了杂质含量测定为漂浮率测定（见5.3.7，2009年版的6.3.3）；
- m) 改变了堆积密度测定公式（见5.3.8，2009年版的6.3.4）；
- n) 改变了密度测定方法和测定公式（见5.3.8，2009年版的6.3.6）；
- o) 改变了耐压密度试验为耐压性能测定（见5.3.9，2009年版的6.4.3.4）；
- p) 删除了水泥浆基准配方的主要来源（见2009年版的6.4.1）；
- q) 改变了水泥浆制备方法（见5.4.1，2009年版的6.4.2.1）；
- r) 改变了水泥浆性能试验温度和试验压力（见5.4.2.1、5.4.2.2，2009年版的6.4.3.1、6.4.3.2）；
- s) 增加了水泥浆密度测定（见5.4.3.1）；
- t) 删除了密度下限试验检测项目（见2009年版的6.4.3.3）；
- u) 增加了“检验”与“判定”（见6.2、6.3）；
- v) 增加了“安全环境保护要求”（见第8章）；

- w) 改变了“评价报告”（见第 9 章，2009 年版的第 7 章）；
- x) 删除了“常用油井水泥减轻剂”（见 2009 年版的附录 A）；
- y) 改变了“油井水泥减轻剂应用性能评价报告格式”、“油井水泥减轻剂质量检验报告格式”（见附录 A，2009 年版的附录 B、附录 C）。

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田化学剂专业标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国石油集团西部钻探工程有限公司工程技术研究院、中国石油集团工程技术研究有限公司、中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院。

本文件主要起草人：苏洪生、王云、王新东、马疆、郑永生、杨红歧、齐静、李良兵、邓林、宋鹤、朱伟伦、狄新叶、李燕。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1991 年首次发布为 SY/T 5403—1991，2009 年第一次修订；

——本次为第二次修订。

引　　言

我国油井水泥外加剂的研究与应用始于 20 世纪 70 年代，目前我国油井水泥外加剂品种较为齐全。近几年各类高性能外加剂的研制与应用改善了固井用水泥浆的应用与施工性能，解决了许多复杂地质条件的固井技术难题，提高了油、气、水层封固质量，确保了油、气井产能的提高。目前油井水泥外加剂已经成为油气田固井作业中必不可少的油田化学剂材料。

为了规范油井水泥外加剂产品质量，促进油井水泥外加剂技术发展，自 20 世纪 90 年代开始，先后针对使用量较大的八类油井水泥外加剂制定了一系列的评价方法行业标准，并经过多次的不断完善和修订，油井水泥外加剂评价方法标准内容更加全面、更加科学、更加接近工作实际，SY/T 5504《油井水泥外加剂评价方法》评价内容较为全面，为油井水泥外加剂用户和生产企业规范检验检测行为提供了技术依据，现由八个部分构成。

——第 1 部分：缓凝剂。目的在于确立油井水泥缓凝剂的评价项目和评价方法，提出油井水泥缓凝剂评价指标。

——第 2 部分：降失水剂。目的在于确立油井水泥降失水剂的评价项目和评价方法，提出油井水泥降失水剂评价指标。

——第 3 部分：减阻剂。目的在于确立油井水泥减阻剂的评价项目和评价方法，提出油井水泥减阻剂评价指标。

——第 4 部分：促凝剂。目的在于确立油井水泥促凝剂的评价项目和评价方法，提出油井水泥促凝剂评价指标。

——第 5 部分：防气窜剂。目的在于确立油井水泥防气窜剂的评价项目和评价方法，提出油井水泥防气窜剂评价指标。

——第 6 部分：减轻剂。目的在于建立油井水泥减轻剂的分类，确立油井水泥减轻剂的评价项目和评价方法，提出各类油井水泥减轻剂评价指标。

——第 7 部分：加重剂。目的在于建立油井水泥加重剂的分类，确立油井水泥加重剂的评价项目和评价方法，提出各类油井水泥加重剂评价指标。

——第 8 部分：膨胀剂。目的在于确立油井水泥膨胀剂的评价项目和评价方法，提出油井水泥膨胀剂评价指标。

本次对 SY/T 5504.6 的修订主要考虑到，随着技术的进步和材料的研发，油井水泥减轻剂已由最初的单一采用比表面积大、需水量高的材料发展到自身密度低的人造空心微球时代，且随着材料不同的承压能力适用于不同井深的固井施工。减轻剂材料由于种类多、范围广、特性差异大，不能归纳成统一指标来检验其产品质量，因此，本文件根据分类对减轻剂依据材料特性和降低水泥浆密度原理按类别制定了检验参数和质量指标，对有理解偏差的检验方法进行了详细描述，旨在将各种类型减轻剂尽可能地纳入标准中检验，制定合理的检测参数和质量指标，从而能够适应市场和技术进步的要求，以推动油井水泥减轻剂质量的提升和评价技术的进步。

油井水泥外加剂评价方法

第6部分：减轻剂

1 范围

本文件规定了油气井注水泥作业用油井水泥减轻剂的性能要求、试验方法及评价报告。本文件适用于油气井注水泥作业用油井水泥减轻剂的评价。

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 190 危险货物包装标志
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 208 水泥密度测定方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 5005 钻井液材料规范
- GB/T 6003.1 试验筛 技术要求和检验 第1部分：金属丝编织网试验筛
- GB/T 6679 固体化工产品采样通则
- GB/T 6680 液体化工产品采样通则
- GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 6901 硅质耐火材料化学分析方法
- GB/T 10238 油井水泥
- GB/T 19139 油井水泥试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

沉降稳定性 settling stability

水泥浆中分散相在静置状态下保持悬浮稳定的能力。

3.2

低密度水泥浆 low density slurry

由油井水泥和减轻材料等配制的密度低于 $1.75\text{g}/\text{cm}^3$ 的水泥浆。

3.3

油井水泥减轻剂 light-weight additive for slurry

降低水泥浆密度的外加剂。

3.4

微珠漂浮率 floatation ratio

常温下水中漂浮的微珠占总微珠的质量百分比。

4 技术要求

4.1 油井水泥减轻剂的分类

油井水泥减轻剂可分为二类：第一类是密度大于或等于 1.0g/cm^3 的减轻剂，包括土类（膨润土、硅藻土、凹凸棒土、海泡石）、微硅类和粉煤灰类等；第二类是密度小于 1.0g/cm^3 的减轻剂，包括漂珠类、人造玻璃微珠类等。

4.2 理化性能

4.2.1 密度大于或等于 1.0g/cm^3 的油井水泥减轻剂理化性能

4.2.1.1 土类油井水泥减轻剂理化性能

土类油井水泥减轻剂理化性能指标应符合表 1 的要求。

表 1 土类油井水泥减轻剂理化性能指标

检验项目	技术指标
外观	无受潮板结
水分， %	≤ 13.0
筛余 ($75\mu\text{m}$)， %	≤ 5.0
悬浮液黏度计 600r/min 读值	≥ 30

4.2.1.2 微硅类油井水泥减轻剂理化性能

微硅类油井水泥减轻剂理化性能指标应符合表 2 的要求。

表 2 微硅类油井水泥减轻剂理化性能指标

检验项目	技术指标
外观	无受潮板结
水分， %	≤ 2.5
筛余 ($45\mu\text{m}$)， %	≤ 3.0
灼烧减量， %	≤ 3.0
二氧化硅 (SiO_2) 含量， %	≥ 90.0

4.2.1.3 粉煤灰类油井水泥减轻剂理化性能

粉煤灰类油井水泥减轻剂理化性能指标应符合表 3 的要求。

表 3 粉煤灰类油井水泥减轻剂理化性能指标

检验项目	技术指标
外观	无受潮板结
水分, %	≤ 1.0
筛余 (45μm), %	≤ 12.0
密度, g/cm ³	≤ 2.6
烧失量 (Loss), %	≤ 5.0
三氧化硫 (SO ₃) 质量分数, %	≤ 3.0
游离氧化钙 (f-CaO) 质量分数, %	F 类粉煤灰 ≤ 1.0 C 类粉煤灰 ≤ 4.0

4.2.2 密度小于 1.0g/cm³ 的油井水泥减轻剂理化性能

4.2.2.1 漂珠类油井水泥减轻剂理化性能

漂珠类油井水泥减轻剂理化性能指标应符合表 4 的要求。

表 4 漂珠类油井水泥减轻剂理化性能指标

检验项目	技术指标
外观	具有流态的颗粒
水分, %	≤ 0.5
漂浮率, %	≥ 80.0
筛余 (315μm), %	≤ 8.0
密度, g/cm ³	≤ 0.80
耐压性能, g/cm ³	≤ 0.05

4.2.2.2 人造玻璃微珠类油井水泥减轻剂的理化性能

人造玻璃微珠类油井水泥减轻剂理化性能指标应符合表 5 的要求。

表 5 人造玻璃微珠类油井水泥减轻剂理化性能指标

检验项目	技术指标
外观	具有流态的颗粒
水分, %	≤ 0.3
漂浮率, %	≥ 93.0
筛余 (315μm), %	≤ 1.0
密度, g/cm ³	≤ 0.70
耐压性能, g/cm ³	≤ 0.03

4.3 应用性能

根据减轻剂自身的性能和密度配制适宜密度下的低密度水泥浆，选择其中一种密度段的水泥浆性能进行检测，加有减轻剂的水泥浆性能应符合表 6 至表 8 的要求。

表 6 密度为 $1.60\text{g/cm}^3 \sim 1.75\text{g/cm}^3$ 的水泥浆性能指标

检测项目	技术指标
水泥浆密度 ρ , g/cm^3	$1.60 \leq \rho < 1.75$
游离液, %	≤ 1.4
沉降稳定性, %	≤ 1.5
48h 抗压强度, MPa	≥ 14.0

表 7 密度为 $1.30\text{g/cm}^3 \sim 1.60\text{g/cm}^3$ 的水泥浆性能指标

检测项目	技术指标
水泥浆密度 ρ , g/cm^3	$1.30 \leq \rho < 1.60$
游离液, %	≤ 1.4
沉降稳定性, %	≤ 2.0
48h 抗压强度, MPa	≥ 7.0

表 8 密度低于 1.30g/cm^3 的水泥浆性能指标

检测项目	技术指标
水泥浆密度 ρ , g/cm^3	$\rho < 1.30$
游离液, %	≤ 1.4
沉降稳定性, %	≤ 2.5
48h 抗压强度, MPa	≥ 3.5

5 试验方法

5.1 仪器

- 5.1.1 电子天平：精度 0.01g。
- 5.1.2 恒温干燥箱：温度范围 $0^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ ，精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。
- 5.1.3 干燥器：内盛变色硅胶或等效产品。
- 5.1.4 带盖称量瓶：60mm × 30mm。
- 5.1.5 蒸发皿：或等效物。
- 5.1.6 分析天平：称量范围 0g ~ 200g，精度 0.0001g。
- 5.1.7 李氏密度瓶：250mL，符合 GB/T 208 的要求。
- 5.1.8 烧杯：200mL、250mL。
- 5.1.9 湿筛仪：符合 GB/T 5005 的要求。
- 5.1.10 试验筛：符合 GB/T 6003.1 要求的 850μm、315μm、75μm、45μm 试验筛。

5.1.11 恒速搅拌器、常压稠化仪、增压稠化仪、强度养护装置、立方体试模、抗压强度试验机及强度养护设备：符合 GB/T 10238 的要求。

5.1.12 密度计：符合 GB/T 19139 的要求。

5.1.13 直读式黏度计：符合 GB/T 5005 的相关要求。

5.1.14 搅拌器（负载转速 $11000\text{r}/\text{min} \pm 300\text{r}/\text{min}$ ）：配有搅拌杯，符合 GB/T 5005 的要求。

5.1.15 温湿度计：WS-1 型温湿度计或同类型仪器。

5.1.16 电子秒表：精度 0.01s。

5.1.17 洗瓶：500mL。

5.1.18 刮刀。

5.2 试剂

5.2.1 试验用水：GB/T 6682，三级。

5.2.2 油井水泥：GB/T 10238，G 级，存放期不超过三个月。

5.2.3 与减轻剂配伍的其他外加剂材料：包括油井水泥降滤失剂、减阻剂、缓凝剂、强度稳定剂、膨胀剂等。

5.3 理化性能

5.3.1 外观测定

自然光下目测。

5.3.2 水分测定

用一恒重的称量瓶在分析天平上称量 $2\text{g} \sim 5\text{g}$ （精确至 0.0001g ）的样品，放入已恒温至 $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温干燥箱中烘 3h ，取出称量瓶放入干燥器中冷却至室温后称量直至恒重。水分的质量分数应按照公式（1）计算：

$$Q_w = \frac{m_1 + m_2 - m_3}{m_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Q_w ——水分的质量分数；

m_1 ——称量瓶质量，单位为克（g）；

m_2 ——样品质量，单位为克（g）；

m_3 ——烘干后样品与称量瓶质量之和，单位为克（g）。

5.3.3 细度测定

5.3.3.1 湿筛法

5.3.3.1.1 土类、微硅类和粉煤灰类细度采用湿筛法。

5.3.3.1.2 用电子天平称取已烘干的样品 10g （精确至 0.01g ），边在转速为 $11000\text{r}/\text{min} \pm 300\text{r}/\text{min}$ 的搅拌器下搅拌，边向 350mL 试验用水中加入称取的样品，注意不要结块。

5.3.3.1.3 高速搅拌 $30\text{min} \pm 1\text{min}$ 后从搅拌器上取下搅拌杯，刮下粘在杯壁上的所有样品。将搅拌杯中的物料倒入湿筛仪筛子中，用洗瓶冲洗搅拌杯，直至所有物料全部转移到筛子中。

5.3.3.1.4 打开自来水开关，调节减压阀得到压力表中显示压力为 $69\text{kPa} \pm 7\text{kPa}$ ，利用喷嘴喷出的水

冲洗筛网上的物料 2min±15s。冲洗时，使喷嘴大致位于筛子顶部的平面上，并且在物料样品上方反复移动水流。

5.3.3.1.5 将残留物从筛子冲洗到已称量的蒸发皿中，并轻轻倒出多余的清水，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温干燥箱中烘干至恒重，称量筛余物。

5.3.3.1.6 细度应按照公式 (2) 计算：

$$\omega_1 = \frac{m_6 - m_5}{m_4} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

式中 i

ω_1 ——细度的质量分数；

m_4 ——样品质量, 单位为克 (g);

m_5 ——蒸发皿质量，单位为克 (g)；

m_6 ——烘干后样品与蒸发皿质量之和，单位为克(g)。

5.3.3.2 干筛法

5.3.3.2.1 漂珠类和人造玻璃微珠类细度采用干筛法。

5.3.3.2.2 用电子天平称取已烘干的样品 10g（精确至 0.01g）倒入试验筛内，用人工筛样，将近筛完时一手执筛往复运动，一手拍打，摇动速度每分钟约 120 次。

5.3.3.2.3 其间筛子应向一定方向旋转数次，使样品分散在筛布上，直至每分钟通过质量不超过0.05g时为止。称量筛余物。

5.3.3.2.4 细度的质量分数应按照公式(3)计算：

$$\omega_2 = \frac{m_8}{m_7} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

式中：

ω_2 ——细度的质量分数：

m_7 ——样品质量, 单位为克 (g);

m_8 —筛余物质质量, 单位为克(g)。

5.3.4 悬浮液黏度计 600r/min 读值

5.3.4.1 制备土类悬浮液。边在转速为 $11000\text{r}/\text{min} \pm 300\text{r}/\text{min}$ 的搅拌器下搅拌，边向 $350\text{mL} \pm 5\text{mL}$ 试验用水中加入 $22.5\text{g} \pm 0.01\text{g}$ 样品，注意不要结块。

5.3.4.2 高速搅拌 $5\text{min} \pm 0.5\text{min}$ 后从搅拌器上取下搅拌杯，用刮刀刮下粘在杯壁上的所有样品，将粘在刮刀上的所有样品混到悬浮液中。

5.3.4.3 将搅拌杯重新放到搅拌器上继续搅拌，必要时，再过 5min 和 10min 后从搅拌器上取下搅拌杯，刮下粘在杯壁上的所有样品，总搅拌时间应为 $20\text{min} \pm 1\text{min}$ 。

5.3.4.4 室温下或在恒温设备（ $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ）中将样品悬浊液在密闭或带盖容器中养护 16h。

5.3.4.5 养护结束后倒入搅拌杯中，在搅拌器上搅拌 $5\text{min} \pm 0.5\text{min}$ 。

5.3.4.6 将悬浮液倒入直读式黏度计样品杯中，测定黏度计在 600r/min 时的读值，读值应在转速下达到稳定值后读取。测定应在悬浮液温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 的条件下进行。

5.3.5 灼烧减量、二氧化硅(SiO_2)含量测定

分别按照 GB/T 6901 规定的方法进行测定。

5.3.6 烧失量 (Loss)、三氧化硫 (SO_3) 质量分数、游离氧化钙 (f-CaO) 质量分数的测定

分别按照 GB/T 1596 规定的方法进行测定。

5.3.7 漂浮率测定

5.3.7.1 在一恒重的烧杯中用电子天平称量约 20g (精确至 0.01g) 的样品。

5.3.7.2 加入试验用水约 200mL，用玻璃棒搅拌 1min，然后静置 10min，用牛角勺和小毛刷除去浮于水面和粘在烧杯壁上的减轻剂。

5.3.7.3 再用玻璃棒搅拌 1min，然后再静置 10min，用同样的办法除去漂浮的减轻剂。按此方法反复进行，直至清除干净浮于水面的减轻剂为止。

5.3.7.4 缓慢倒出漂浮用水，放入已恒温至 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温干燥箱中烘至恒重，在干燥器中冷却后用电子天平称量烧杯和沉淀物的质量。

5.3.7.5 对于人造玻璃微珠类减轻剂在漂浮用水中始终存在悬浮颗粒物的特殊性，在清除浮于水面的减轻剂时，水中悬浮颗粒混浊物视同漂浮物，可以倾倒一半的漂浮用水，反复进行直至清除干净浮于水面的减轻剂。

5.3.7.6 漂浮率应按照公式 (4) 计算：

$$Q = \frac{m_9 + m_{10} - m_{11}}{m_{10}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

式中：

ϱ —漂浮率；

m_9 —烧杯质量，单位为克 (g)；

m_{10} ——样品质量, 单位为克 (g);

m_{11} ——沉淀物质量与烧杯质量之和，单位为克(g)。

5.3.8 密度测定

5.3.8.1 密度大于或等于 1.0g/cm^3 的油井水泥减轻剂

按照 GB/T 208 规定的方法进行密度测定。

5.3.8.2 密度小于 1.0g/cm^3 的油井水泥减轻剂

用孔径 $140\mu\text{m}$ 筛网做一个过滤塞，将过滤塞装在李氏密度瓶满刻度以下的脖颈上，向李氏密度瓶中加入试验用水，水面至满刻度线，称其质量。将过滤塞取下，倒出试验用水，用电子天平称取 20g （精确至 0.01g ）样品，加入密度瓶中，然后加上过滤塞。加入试验用水至满刻度线，最后称其质量。样品密度应按照公式（5）计算：

$$\rho_2 = \frac{m_{15} \rho_w}{m_{14} - m_{16} + m_{15}} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

式中：

ρ_2 ——样品密度，单位为克每立方厘米 (g/cm^3)；

m_{14} ——李氏密度瓶与试验用水质量之和，单位为克(g)；

m_{15} ——样品质量, 单位为克 (g);

m_{16} —李氏密度瓶、试验用水与样品质量之和，单位为克(g)；

ρ_w ——试验用水密度，单位为克每立方厘米 (g/cm^3)。

5.3.9 耐压性能

5.3.9.1 测定水泥浆配方加压前后的密度变化。漂珠类油井水泥减轻剂测定 1.60g/cm^3 、 35MPa 下的密度差，人造玻璃微珠类油井水泥减轻剂测定 1.60g/cm^3 下的密度差，试验压力按照厂家减轻剂产品规格要求中规定的产品耐压等级进行加压。

5.3.9.2 配制好水泥浆后测其密度，然后在增压稠化仪中 28min 升至 52℃ 和试验压力。

5.3.9.3 恒温恒压 30min 后停止试验，释放稠化仪的压力，打开增压稠化仪，用吸油纸将水泥浆体表面的浮油完全吸收，移去增压稠化仪浆杯中搅拌叶，为减少水泥浆体沉降带来的影响，用刮刀搅拌水泥浆 10s 使其均匀。

5.3.9.4 最后将水泥浆倒入密度计中测其密度。

5.3.9.5 水泥浆制备按 5.4.1 进行，制备的水泥浆为目测稳定的体系。水泥浆密度测定、增压稠化仪操作方法按 GB/T 19139 进行。

5.3.9.6 水泥浆耐压密度差值应按照公式(6)计算:

$$\Delta \rho = \rho_+ - \rho_- \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

式由

$\Delta\rho$ ——水泥浆耐压密度差值，单位为克每立方厘米 (g/cm^3)；

ρ —加压前水泥浆密度，单位为克每立方厘米 (g/cm^3)；

ρ —加压后水泥浆密度, 单位为克每立方厘米 (g/cm^3)。

5.4 应用性能

5.4.1 水泥浆配方组成及制备

5.4.1.1 评价减轻剂应用性能的配方为生产厂家、应用方、检测单位提供或认可的配方，且按配方制备的水泥浆为目测稳定的体系，配方组成包含但不限于油井水泥减轻剂、降滤失剂、减阻剂、缓凝剂、强固稳定剂、膨胀剂等外加剂材料。

5.4.1.2 制备水泥浆前，应使用 $850\mu\text{m}$ 试验筛将油井水泥过筛。

5.4.1.3 按照 GB/T 19139 规定的方法制备出加有减轻剂的密度小于 1.75g/cm^3 的低密度水泥浆。对于加有密度小于 1.0g/cm^3 减轻剂的低密度水泥浆，应在固体混料全部加入试验用水中之后，继续在 $4000\text{r/min} \pm 200\text{r/min}$ 的转速下搅拌 $35\text{s} \pm 1\text{s}$ 。

5.4.2 应用性能试验条件

5.4.2.1 试验温度

低密度水泥浆游离液、沉降稳定性的试验温度为 52℃，抗压强度试验温度为 60℃。

5.4.2.2 试验压力

低密度水泥浆游离液、沉降稳定性和抗压强度的试验压力为 0.1MPa。

5.4.3 应用性能试验方法

5.4.3.1 水泥浆密度

按照 GB/T 19139 规定的方法进行水泥浆密度测定。

5.4.3.2 游离液

按照 GB/T 19139 规定的方法进行游离液试验测定。

5.4.3.3 沉降稳定性

按照 GB/T 19139 规定的方法进行沉降稳定性测定。

5.4.3.4 48h 抗压强度

按照 GB/T 19139 规定的方法进行抗压强度测定。

6 检验规则

6.1 组批与采样

6.1.1 组批

6.1.1.1 生产商以一个生产批次进行组批，以 40t 为一批，不足 40t 应按一批计算，用户以进货量进行组批，以 40t 为一批，不足 40t 应按一批计算。

6.1.1.2 油田用户以生产批次或一次进货的产品量进行组批。

6.1.2 采样

6.1.2.1 以批为单位进行采样，固体减轻剂按照 GB/T 6679 的规定采样，采样总量缩分后不应少于 2000g；液体减轻剂按照 GB/T 6680 的规定采样，采样总量缩分后不应少于 1500mL。将按批采到的样品进行充分混匀后，等量分装于两个清洁、干燥的容器中，密封并贴上标签。

6.1.2.2 样品标签上应注明生产厂名称、产品名称、产品规格、生产日期、批号、采样地点、采样日期和采样用途。

6.1.2.3 两份样品一份用于评价，另一份留作仲裁。留为仲裁的样品保存期应为一年。

6.2 检验

按本文件给出的试验方法对所采样品进行检验。

6.3 判定

检验结果全部满足本文件要求，判该批产品合格。检验结果有一项不满足要求，应进行复检。复检结果仍有指标不满足要求，即判定该批产品不合格。

7 包装、标志和储运

7.1 采用塑料桶或内衬涂层的包装桶，净含量允许偏差为 1%。

7.2 采用内衬塑料袋的三合一纸塑复合包装袋（即将牛皮纸、聚丙烯编织袋、聚乙烯薄膜三种材料复合成一整体）或吨包的形式包装，净含量允许偏差为 1%。

7.3 产品包装上应印有醒目的生产厂名、产品名称、规格型号、代号、净含量、批号、生产日期、执行标准、保质期等。

7.4 本身易损坏或者可能危及人身、财产安全的产品，应有警示标志或者中文警示说明。用作标志的符号应符合 GB 190 和 GB/T 191 的规定。

7.5 产品应储存于阴凉干燥处，运输过程中应防潮、防晒、防止包装物破损。

8 安全环境保护要求

8.1 油井水泥用减轻剂产品的供应商应就其危险性提出安全建议或提出对应的安全技术说明书。

8.2 油井水泥用减轻剂产品的生产、运输和使用过程中应严格遵守国家和地方相关的安全和环境保护法律、法规。

9 评价报告

油井水泥减轻剂的质量检验报告主要内容及格式参见附录 A。

附录 A
(资料性)
油井水泥减轻剂评价报告

各类油井水泥减轻剂评价报告参见表 A.1 至表 A.5。

表 A.1 土类油井水泥减轻剂评价报告

样品名称 : _____ 生产批号 : _____ 生产单位 : _____
 规格型号 : _____ 送(采)样日期 : _____ 生产日期 : _____
 送(采)样人 : _____ 采样地点 : _____ 执行标准 : SY/T 5504.6—2022
 样品编号 : _____ 委托单位 : _____ 评价单位 : _____

检验项目		技术指标	试验结果
理化性能	外观	无受潮板结	
	水分, %	≤ 13.0	
	筛余 (75μm), %	≤ 5.0	
	悬浮液黏度计 600r/min 读值	≥ 30	
应用性能 试验条件 ____ °C × ____ MPa 配方 : _____	水泥浆密度, g/cm ³	分段密度	
	游离液, %	≤ 1.4	
	沉降稳定性, %	分段指标	
	48h 抗压强度, MPa	分段指标	

主检人 :

审核 :

批准 :

评价日期 :

(检验检测专用章)

年 月 日

表 A.2 微硅类油井水泥减轻剂评价报告

样品名称 : _____ 生产批号 : _____ 生产单位 : _____
 规格型号 : _____ 送(采)样日期 : _____ 生产日期 : _____
 送(采)样人 : _____ 采样地点 : _____ 执行标准 : SY/T 5504.6—2022
 样品编号 : _____ 委托单位 : _____ 评价单位 : _____

检验项目		技术指标	试验结果
理化性能	外观	无受潮板结	
	水分, %	≤ 2.5	
	筛余 (45μm), %	≤ 3.0	
	灼烧减量, %	≤ 3.0	
	二氧化硅 (SiO ₂) 含量, %	≥ 90.0	
应用性能 试验条件 ____ °C × ____ MPa 配方 : _____	水泥浆密度, g/cm ³	分段密度	
	游离液, %	≤ 1.4	
	沉降稳定性, %	分段指标	
	48h 抗压强度, MPa	分段指标	

主检人 :

审核 :

批准 :

评价日期 :

(检验检测专用章)

年 月 日

表 A.3 粉煤灰类油井水泥减轻剂评价报告

样品名称 : _____ 生产批号 : _____ 生产单位 : _____
 规格型号 : _____ 送(采)样日期 : _____ 生产日期 : _____
 送(采)样人 : _____ 采样地点 : _____ 执行标准 : SY/T 5504.6—2022
 样品编号 : _____ 委托单位 : _____ 评价单位 : _____

检验项目		技术指标	试验结果
理化性能	外观	无受潮板结	
	水分, %	≤ 1.0	
	筛余 (45μm), %	≤ 12.0	
	密度, g/cm ³	≤ 2.6	
	烧失量 (Loss), %	≤ 5.0	
	三氧化硫 (SO ₃) 质量分数, %	≤ 3.0	
	游离氧化钙 (f-CaO) 质量分数 %	F 类粉煤灰	≤ 1.0
		C 类粉煤灰	≤ 4.0
应用性能 试验条件 ____ °C × ____ MPa 配方 :	水泥浆密度, g/cm ³	分段密度	
	游离液, %	≤ 1.4	
	沉降稳定性, %	分段指标	
	48h 抗压强度, MPa	分段指标	

主检人 :

审核 :

批准 :

评价日期 :

(检验检测专用章)

年 月 日

表 A.4 漂珠类油井水泥减轻剂评价报告

样品名称 : _____ 生产批号 : _____ 生产单位 : _____
 规格型号 : _____ 送(采)样日期 : _____ 生产日期 : _____
 送(采)样人 : _____ 采样地点 : _____ 执行标准 : SY/T 5504.6—2022
 样品编号 : _____ 委托单位 : _____ 评价单位 : _____

检验项目		技术指标	试验结果
理化性能	外观	具有流态的颗粒	
	水分, %	≤ 0.5	
	漂浮率, %	≥ 80.0	
	筛余 (315μm), %	≤ 8.0	
	密度, g/cm ³	≤ 0.80	
	耐压性能, g/cm ³	≤ 0.05	
应用性能 试验条件 ____ °C × ____ MPa 配方 : _____ _____	水泥浆密度, g/cm ³	分段密度	
	游离液, %	≤ 1.4	
	沉降稳定性, %	分段指标	
	48h 抗压强度, MPa	分段指标	

主检人 :

审核 :

批准 :

评价日期 :

(检验检测专用章)

年 月 日

表 A.5 人造玻璃微珠类油井水泥减轻剂评价报告

样品名称 : _____ 生产批号 : _____ 生产单位 : _____
 规格型号 : _____ 送(采)样日期 : _____ 生产日期 : _____
 送(采)样人 : _____ 采样地点 : _____ 执行标准 : SY/T 5504.6—2022
 样品编号 : _____ 委托单位 : _____ 评价单位 : _____

检验项目		技术指标	试验结果
理化性能	外观	具有流态的颗粒	
	水分, %	≤ 0.3	
	漂浮率, %	≥ 93.0	
	筛余 (315μm), %	≤ 1.0	
	密度, g/cm ³	≤ 0.70	
	耐压性能, g/cm ³	≤ 0.03	
应用性能 试验条件 ____ °C × ____ MPa 配方 :	水泥浆密度, g/cm ³	分段密度	
	游离液, %	≤ 1.4	
	沉降稳定性, %	分段指标	
	48h 抗压强度, MPa	分段指标	

主检人 :

审核 :

批准 :

评价日期 :

(检验检测专用章)

年 月 日

参 考 文 献

- [1] GB/T 6678—2003 化工产品采样总则
 - [2] GB/T 8077—2012 混凝土外加剂匀质性试验方法
 - [3] GB/T 8170—2008 数值修约规则与极限数值的表示和判定
 - [4] GB/T 12573—2008 水泥取样方法
 - [5] GB/T 21236—2007 电炉回收二氧化硅微粉
 - [6] SY/T 5313—2006 钻井工程术语
 - [7] SY/T 5504.1—2013 油井水泥外加剂评价方法 第1部分：缓凝剂
 - [8] SY/T 5504.2—2013 油井水泥外加剂评价方法 第2部分：降失水剂
 - [9] SY/T 5504.4—2019 油井水泥外加剂评价方法 第4部分：促凝剂
 - [10] SY/T 6544—2017 油井水泥浆性能要求
-

中华人民共和国
石油天然气行业标准
油井水泥外加剂评价方法

第6部分：减轻剂

SY/T 5504.6—2022

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

880×1230 毫米 16 开本 1.5 印张 42 千字 印 1—300
2022 年 12 月北京第 1 版 2022 年 12 月北京第 1 次印刷

书号：155021·8421 定价：30.00 元

版权专有 不得翻印