

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

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) 更改了“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) 更改了“术语和定义”（见第3章，2009年版的第3章）；
- d) 更改了“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) 更改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) 更改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) 更改了减轻剂水分测定的样品量（见5.3.2，2009年版的6.3.2）；
- j) 更改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（SiO₂）含量、烧失量（Loss）、三氧化硫（SO₃）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) 更改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) 更改了堆积密度测定公式（见5.3.8，2009年版的6.3.4）；
- n) 更改了密度测定方法和测定公式（见5.3.8，2009年版的6.3.6）；
- o) 更改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) 更改了水泥浆制备方法（见5.4.1，2009年版的6.4.2.1）；
- r) 更改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) 更改了“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) 更改了“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院有限公司、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 1.75g/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 1.60g/cm³ ~ 1.75g/cm³ 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 1.30g/cm³ ~ 1.60g/cm³ 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/cm³ 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℃ ~ 200℃，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 850 μm 、315 μm 、75 μm 、45 μm 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 $105\text{℃} \pm 2\text{℃}$ 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

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/745040221002011034>