



中华人民共和国国家标准

GB/T 19139—2012
代替 GB/T 19139—2003

油井水泥试验方法

Testing of well cements

(ISO 10426-2:2003, Petroleum and natural gas industries—
Cements and materials for well cementing—
Part 2: Testing of well cements, MOD)

2012-12-31 发布

2013-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
4 取样	6
5 水泥浆的制备	9
6 水泥浆密度测定	12
7 水泥石抗压强度试验	14
8 水泥石非破坏性声波试验	22
9 水泥浆稠化时间试验	23
10 水泥浆静态滤失试验	31
11 水泥石渗透率试验	35
12 用旋转黏度计测定水泥浆的流变性能和胶凝强度	40
13 水泥浆在套管和环空内的压降和流态计算	51
14 北极注水泥试验方法	67
15 水泥浆稳定性试验	68
16 井下流体的相容性	72
17 火山灰质材料密度的测定与相关计算	76
附录 A (规范性附录) 制备大体积水泥浆的方法	79
附录 B (规范性附录) 用于稠化时间试验的补充仪器	81
附录 C (资料性附录) 与温度测量有关的附加信息	83
附录 D (资料性附录) 水泥浆稠化时间试验方案	89

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则编写。

本标准代替 GB/T 19139—2003《油井水泥试验方法》，与 GB/T 19139—2003 相比，主要变化如下：

- 删除了“本标准是油井水泥及外加剂系列标准之一，除本标准外，该系列标准还包括：a) GB 10238 油井水泥，b) SY/T 5374 油气井注水泥前置液使用方法，c) SY/T 5406 油井水泥减阻剂评价方法，d) SY/T 5504 油井水泥缓凝剂评价方法，e) SY/T 5960 油井水泥降失水剂评价方法，f) SY/T 6466 油井水泥石抗高温性能评价方法”(见 2003 年版的前言)；
- 修改了规范性引用文件的导语、被引用文件并不带年代号(见第 2 章，2003 年版的第 2 章)；
- 删除了相关参数英制单位量值，全部使用国家法定计量单位；
- 增加了以下 38 个术语：绝对体积(见 3.1.1)、外加剂(见 3.1.2)、环空(见 3.1.3)、堆积密度(见 3.1.8)、套管注水泥(见 3.1.9)、水泥(波特兰水泥)(见 3.1.10)、水泥级别(见 3.1.11)、水泥类型(见 3.1.12)、熟料(见 3.1.15)、抗压强度(见 3.1.17)、稠化仪(见 3.1.18)、连续泵送挤水泥作业(见 3.1.19)、当量袋(见 3.1.20)、滤液(见 3.1.21)、冻-融循环(见 3.1.24)、间歇泵送挤水泥作业(见 3.1.25)、升温速率 R_h (见 3.1.26)、尾管注水泥(见 3.1.27)、钻井液(泥浆)(见 3.1.28)、钻井液密度计(见 3.1.29)、降压速率 R_{pd} (见 3.1.31)、渗透率(见 3.1.32)、注水泥塞(见 3.1.33)、压力釜(见 3.1.36)、加压养护釜(见 3.1.37)、升压速率 R_{pu} (见 3.1.38)、相对密度(见 3.1.39)、沉降(见 3.1.40)、浆杯(见 3.1.41)、声波强度(见 3.1.42)、初始压力 p_s (见 3.1.43)、隔离液(见 3.1.44)、挤水泥(见 3.1.45)、静态滤失试验(见 3.1.46)、静态稳定性试验(见 3.1.47)、搅拌型滤失仪(见 3.1.48)、稠化时间(见 3.1.50)、水润湿能力(见 3.1.53)；
- 删除了以下 4 个术语：水泥浆地面温度(SST)(见 2003 年版的 3.9)、拟温度梯度($P_s TG$)(见 2003 年版的 3.11)、预计井底循环温度(PBHCT)(见 2003 年版的 3.12)、预计挤水泥温度($PS_q T$)(见 2003 年版的 3.13)；
- 修改了以下 12 个术语：假设地面温度 T_{As} (见 3.1.4, 2003 年版的 3.10)、伯登 B_c (见 3.1.6, 2003 年版的 3.7)、气穿(见 3.1.7, 2003 年版的 3.14)、水泥混料(见 3.1.13, 2003 年版的 3.1)、相容性(见 3.1.16, 2003 年版的 3.16)、粉煤灰(见 3.1.22, 2003 年版的 3.20)、游离液(见 3.1.23, 2003 年版的 3.15)、火山灰质材料(见 3.1.34, 2003 年版的 3.19)、前置液(见 3.1.35, 2003 年版的 3.17 和 3.18)、强度衰减(见 3.1.49, 2003 年版的 3.5)、称重混合器、计量罐(见 3.1.51, 2003 年版的 3.2)、油井模拟试验(见 3.1.52, 2003 年版的 3.6)；
- 增加了符号和含义并将预计挤水泥温度等术语放到符号和含义(见 3.2)；
- 删除了图 1 常用的取样器中分流取样器顶视图(见 2003 年版的图 1)；
- 将水泥浆密度有 0.05 g/mL 的偏差修改为水泥浆密度有 0.00 g/cm³ ~ 0.04 g/cm³ 的偏差(见 5.3.1.1, 2003 年版的 5.3.1)；
- 将“水泥和固体外加剂的密度可使用 GB/T 208—1994 所述的李氏(Le Chatelier)瓶进行测定。另外，也可使用密度瓶来测定这些材料的密度。”修改为“水泥的密度按 GB/T 208 所述的方法进行测定，固体外加剂(外掺料)的密度按 GB 4472 所述的方法进行测定。”(见 5.3.1.2, 2003 年版的 5.3.1.1)；
- 将“拌合水和液体外加剂的密度应使用 SY/T 6395—1999 所述的液体密度计进行测定。另外，也可使用密度瓶来测定这些材料的密度。”修改为“拌合水和液体外加剂的密度按 GB 4472 所述的密度计法进行测定”(见 5.3.1.3, 2003 年版的 5.3.1.2)；

- 增加了图 4 密度计(见 5.3.1.3);
- 增加了公式(4)、(5)、(6)(见 5.3.1.4);
- 将拌合水和水泥的温度应为 $22.8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($73\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{F}$) 修改为拌合水和水泥的温度应为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (见 5.3.2, 2003 年版的 5.3.3);
- 增加了取样(见 7.2);
- 删除了水泥浆的搅拌(可选项)(见 2003 年版的 7.4);
- 将“其温度能保持在试验温度 $\pm 1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 3\text{ }^{\circ}\text{F}$) 范围内”修改为“其温度能保持在试验温度 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内”(见 7.4.3, 2003 年版的 7.2.3);
- 将“常压水浴可用于在 $65.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($150\text{ }^{\circ}\text{F}$) 或更低的温度下养护抗压强度试样”修改为“常压养护水浴可用于 $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或以下温度养护试样”(见 7.4.3.1, 2003 年版的 7.2.3.1);
- 将“热电偶准确度校准至 $\pm 1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 3\text{ }^{\circ}\text{F}$)”修改为“准确度应校准至 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”(见 7.4.5, 2003 年版的 7.2.5.1、7.2.5.3);
- 将脱模剂一节变为可选项(见 7.4.8, 2003 年版的 7.2.8);
- 将“温度测量系统的准确度应校准至 $\pm 1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 3\text{ }^{\circ}\text{F}$), 校准次数每月不应少于一次, 校准可按 GB 10238—1998 中附录 E 所述的方法进行”修改为“温度测量系统的准确度应校准至 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。校准次数每月应不少于一次, 校准可按 GB 10238 所述方法进行”(见 8.2 a)、9.3.3, 2003 年版的 8.2.1、9.3.2);
- 将“加热系统要求能至少以 $2.8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ($5\text{ }^{\circ}\text{F}/\text{min}$) 的速率升高油浴的温度”修改为“能以最小升温速率 $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 加热油浴”(见 9.2.3, 2003 年版的 9.2);
- 删除校准电位计的补充方法是使用校准油(见 2003 年版的 9.3.1.2);
- 增加了“热电偶的顶端应处于垂直位置, 插入浆杯中的搅拌轴内, 距离浆杯底座 $4.45\text{ cm} \sim 8.89\text{ cm}$ 之间。由于稠化仪型号不同造成尺寸不同, 应小心使用热电偶, 确保所用的热电偶与稠化仪匹配, 热电偶顶端处于如上面所述的正确位置”的描述(见 9.4.4);
- 增加了确定套管注水泥稠化时间方案的方法[见 9.5.2 a)~g)];
- 增加了确定尾管注水泥稠化时间方案的方法[见 9.5.3 a)~g)];
- 修改式(19), 将“ $Q_{30} = 2Q_t \frac{5.477}{\sqrt{t}}$ ”改为“计算的滤失量 $= 2V_t \sqrt{\frac{30}{t}}$ ”[见式(19), 2003 年版的式(16)];
- 将常压黏度计最高试验温度 $87\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($189\text{ }^{\circ}\text{F}$) 修改为 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ (见 12.4, 2003 年版的 12.4);
- 将“为提高测量结果的可靠性, 可重复几次整个试验步骤, 每次重复都使用新制备的水泥浆样品。”修改为“为提高测量结果的可靠性, 可重复 2 次或 3 次试验步骤, 每次重复都使用新制备的水泥浆。”(见 12.4 i)、12.5 f), 2003 年版的 12.4.9、12.5.6);
- 对第 13 章进行了编辑性修改, 包括公式与实例(见 13);
- 删除了表 6“常数 K 值”、表 7“符号解释”(见 2003 年版的 13.4.4);
- 修改了“典型的沉降管”图(见图 19, 2003 年版的图 16);
- 增加了水润湿能力试验(见 16.8);
- 增加了计算松散的堆积密度公式(105)、密实的堆积密度公式(106)(见 17.2.2 e));
- 修改了图 A.1(见附录 A.2, 2003 年版的附录 A.2);
- 修改了图 B.1、图 B.2(见附录 B.2, 2003 年版的附录 B.2);
- 删除了“与本标准相关公式对应的采用英制单位的公式”(见 2003 年版的附录 D);
- 将“水泥浆稠化时间试验方案”修改为资料性附录并作为本标准的附录 D, 同时删除了对应的英制单位值(见附录 D, 2003 年版的附录 E);
- 删除了“本标准章条编码与 API RP10B-1997 章条编码对照”(见 2003 年版的附录 F);

——删除了“本标准与 API RP10B-1997 技术性差异及其原因”(见 2003 年版的附录 G)。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 10426-2:2003《石油天然气工业 固井用水泥及材料 第 2 部分:油井水泥试验》,包括其 1 号修改单 ISO 10426-2—Amendment1—2005 和技术勘误单 ISO 10426-2—Technical corrigendum 1—2006。其 1 号修改单 ISO 10426-2—Amendment1—2005 和技术勘误单 ISO 10426-2—Technical corrigendum 1—2006 的内容已直接编入正文中并通过在其外侧页边空白位置的垂直双线(=)进行标示。

本标准与 ISO 10426-2:2003 相比存在技术性差异,这些差异涉及的条款已编入正文中并通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行标示。

本标准与 ISO 10426-2:2003 的技术性差异及其原因如下:

——修改了“1 范围”,因为 ISO 10426-2:2003 的“1 范围”论述太笼统,不够具体;
——关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:

- 删除了以下 3 个引用文件:
 - ◆ API RP 13J 重盐水试验(第二版),1996 年 3 月;
 - ◆ ASTM C 109 水硬性水泥砂浆抗压强度标准试验方法(使用 2 in 或 50 mm 立方试模);
 - ◆ ASTM C 188 水硬性水泥密度标准试验方法。
- 用 GB/T 16783.1 代替 ISO 10414-1,两项标准之间的一致性程度如下:
GB/T 16783.1—2006 石油天然气工业 钻井液现场测试 第 1 部分:水基钻井液 (ISO 10414-1:2001, IDT)。
- 增加了以下 8 个引用文件:
 - ◆ 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 2847 用于水泥中的火山灰质混合材料;
 - ◆ GB 4472 化工产品密度、相对密度测定通则;
 - ◆ 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 10238 油井水泥(GB 10238—2005, ISO 10426-1:2001, MOD);
 - ◆ GB/T 12573 水泥取样方法。

——增加了“3.1.14 配浆混合水”术语,因为增加了“4.7 配浆混合水取样”的内容;

——修改了“3.1.50 稠化时间”术语及“9.4.5 稠化时间”,对稠化时间的稠度进行了明确定义,将“水泥浆达到指定稠度所需要的时间”,改为“用增压稠度仪模拟井下条件,从水泥浆升温升压时起至水泥浆稠度达到 100 Bc 时的时间。”,更符合我国目前的实际情况,可操作性更强,便于执行;

——删除了 ISO 10426-2:2003 的附录 B“热电偶、温度测量系统和控制器的校准方法”;

——由于 ISO 10426-2:2003 附录 E“水泥浆稠化时间试验方案”中表 E.1“套管注水泥稠化时间试验方案”、E.2“尾管注水泥稠化时间试验方案”过于简单,不实用,所以本标准仍采用 2003 年版附录 E 中表 E.1 和 E.2(见附录 D 中表 D.1、D.2)。

本标准还做了下列编辑性修改:

- 删除 ISO 10426-2:2003 的前言和特别声明;
- 删除了 ISO 10426-2:2003 中采用 USC 单位的公式,均采用 SI 单位制公式;
- 修改了 ISO 10426-2:2003 中公式(112)(见公式 103),其公式有误;
- 修改了图 A.1(见图 A.1、ISO 10426-2:2003 图 A.1),使图 A.1 更加清晰。

本标准由全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC 355)提出并归口。

GB/T 19139—2012

本标准起草单位：中国石油集团工程技术研究院。

本标准主要起草人：屈建省、安耀彬、刘翠微、王丽敏、周怡、宋有胜、吴达华、孙勤亮、邹建龙、王建东、吕伟、唐俊峰、黄晨。

本标准于 2003 年首次发布。

油井水泥试验方法

1 范围

本标准规定了油井水泥应用性能的试验方法和有关参数的计算,对于水泥石抗压强度试验和水泥浆稠化时间试验,还给出了具有代表性的试验方案。

本标准适用于油、气井注水泥作业用油井水泥浆的设计和性能评价,油井水泥浆可基于(但不限于)GB 10238 规定的油井水泥级别和类型。

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 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 2847 用于水泥中的火山灰质混合材料

GB 4472 化工产品密度、相对密度测定通则

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 10238 油井水泥(GB 10238—2005,ISO 10426-1:2001,MOD)

GB/T 12573 水泥取样方法

GB/T 16783.1 石油天然气工业 钻井液现场测试 第1部分:水基钻井液(GB/T 16783.1—2006,ISO 10414-1:2001,IDT)

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

绝对体积 absolute volume

绝对密度的倒数。

注:用每单位质量的体积表示。

3.1.2

外加剂 additive

加入到水泥浆中用来调节水泥浆性能的外加材料总称。

注:一般改变的性能包括:凝结时间(使用缓凝剂或促凝剂),滤失量控制和黏度等。

3.1.3

环空 annulus

在井眼中环绕套管的空间。

注:环空的外壁可以是地层或套管。