

ICS 91.100.10
Q 11



中华人民共和国国家标准

GB 10238—2005
代替 GB 10238—1998

油 井 水 泥

Oil well cement

2005-08-30 发布

2006-03-01 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 术语和定义 | 1 |
| 4 要求 | 2 |
| 4.1 级别和类型、化学和物理性能要求 | 2 |
| 4.2 试验时间和设备 | 6 |
| 5 编号和取样 | 6 |
| 6 细度试验 | 6 |
| 6.1 方法 | 6 |
| 6.2 要求 | 6 |
| 7 游离液、抗压强度和稠化时间试验用水泥浆的制备 | 6 |
| 7.1 仪器 | 6 |
| 7.2 步骤 | 7 |
| 8 游离液(游离水)试验方法 | 8 |
| 8.1 仪器 | 8 |
| 8.2 校准 | 12 |
| 8.3 步骤 | 12 |
| 8.4 游离液含量(%)的计算 | 13 |
| 8.5 要求 | 13 |
| 9 抗压强度试验方法 | 13 |
| 9.1 仪器 | 13 |
| 9.2 步骤 | 15 |
| 9.3 抗压强度试验 | 16 |
| 9.4 抗压强度验收要求 | 16 |
| 10 稠化时间试验方法 | 16 |
| 10.1 仪器 | 16 |
| 10.2 校准 | 17 |
| 10.3 步骤 | 22 |
| 10.4 稠化时间和稠度 | 27 |
| 10.5 稠化时间验收要求 | 27 |
| 11 标志 | 28 |
| 12 包装 | 28 |

前 言

本标准第 4.1 为强制性的,其余为推荐性的。

本标准修改采用 ANSI/API 10A/ISO 10426-1—2001《固井用油井水泥与材料规范》。

本标准与 ANSI/API 10A/ISO 10426-1—2001 相比,主要做了如下修改:

——未采用与本标准技术内容无关的 ANSI/API 10A/ISO 10426-1—2001“第十三章 膨润土”、“附录 B API 花押字程序”、“附录 C 采标的编辑性修改内容”。

——油井水泥的取样、细度试验、化学分析方法等采用我国相应的国家标准。

本标准代替 GB 10238—1998《油井水泥》。

本标准与 GB 10238—1998 相比主要变化如下:

——对标准的编写结构和顺序作了修改,与 ANSI/API 10A/ISO 10426-1—2001 一致。

——依据 ANSI/API 10A/ISO 10426-1—2001 要求,增加了新的术语和定义。

——在水泥浆制备时,取消了用玻璃量筒量取试验用水的方法,采用直接称质量法。

——游离液(游离水)试验方法由用 500 mL 锥形瓶称质量法代替用 250 mL 量筒量取体积法,相应地将 G 级和 H 级水泥游离液要求由不超过 3.5 mL 修改为游离液质量百分含量不得超过 5.90%。

——取消了油井水泥检验规则、交货与验收。

本标准由中国建材工业协会提出。

本标准由全国水泥标准化委员会(SAC/TC 184)归口。

本标准负责起草单位:中国建筑材料科学研究院。

本标准参加起草单位:山东华银特种水泥股份有限公司、四川嘉华企业(集团)股份有限公司、抚顺水泥股份有限公司、新疆青松建材化工股份有限公司、江南水泥股份有限公司、淄博中昌特种水泥有限公司、新疆天山水泥股份有限公司、四川夹江规矩水泥股份有限公司、临朐申潍特种水泥有限公司、石家庄嘉华特种水泥股份有限公司、成都嘉华特种工程材料有限公司、山东金塔王集团鲁中水泥厂、新疆伊犁南岗建材有限责任公司南岗水泥厂、陕西秦岭水泥集团特种水泥有限责任公司、新疆和静天山水泥有限责任公司、甘肃九连山水泥有限责任公司。

本标准主要起草人:文寨军、王旭方、王晶、范磊、陈绍华、鞠庆、张水建、张顺、王忠伟、税成彬、申文志、尹丽娟、蒋同笑、胡习泉。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB 10238—1988、GB 10238—1998。

油 井 水 泥

1 范围

本标准规定了八个级别油井水泥的定义、要求、试验方法、标志、包装等。
本标准适用于 A、B、C、D、E、F、G 和 H 级油井水泥的生产和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 176 水泥化学分析方法(GB/T 176—1996,eqv ISO 680:1990)

GB/T 5483 石膏和硬石膏

GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法

GB 12573 水泥取样方法

JC/T 667 水泥助磨剂

JJG 118 增压稠化仪检定规程

JJG 119 高压养护釜和常压养护箱检定规程

JJG 120 常压稠化仪检定规程

JJG 121 搅拌器检定规程

3 术语和定义

本标准采用下列术语和定义。

3.1

外加剂 additive

加入水泥浆中以改善其性能的材料。

注:性能的改善通常包括:凝结时间(使用缓凝剂或促凝剂),失水,稠度等。

3.2

稠度单位 Bearden unit of consistency-伯登(Bc)

由增压稠化仪测定的水泥浆稠度。

3.3

容重 bulk density

单位体积的干材料(含气)的质量。

3.4

硅酸盐水泥 portland cement

由硅酸盐熟料(主要由水硬性硅酸钙和铝酸盐组成)通常加入一种或几种类型的石膏磨细制成的产品。

3.5

水泥级别 cement class

按其预期用途,API 规定的表示 API 油井水泥的不同分类。

3.6

水泥类型 cement grade

API 规定的表示油井水泥的抗硫酸盐类别。

3.7

水泥混料 cement blend

水泥与其他材料的混合。

3.8

熟料 clinker

在水泥生产过程中由水泥窑制得,与石膏共同粉磨用于制造水泥。

3.9

抗压强度 compressives trength

水泥试样破坏时单位面积所施加的压力。

3.10

稠化仪 consistometer

在规定的温度和压力下,用于测定水泥浆稠化时间的仪器。

3.11

滤液 filtrate

失水试验时,在施加压力情况下水泥浆析出的液体。

3.12

游离液 free fluid

从水泥浆离析出的无色或有色液体。

3.13

水泥净浆 neat cement slurry

由水泥和水组成的水泥浆。

3.14

高压容器 pressure vessel

稠化仪内的釜,稠化时间试验时浆杯放入其中。

3.15

浆杯 slurry cup

增压稠化仪内的容器,用于装水泥浆进行模拟实验或稠化时间试验。

3.16

稠化时间 thickening time

水泥浆达到规定的稠度时所经历的时间。

注:稠化时间试验结果表示水泥浆在实验条件下具有可泵性的时间。

4 要求

4.1 级别和类型、化学和物理性能要求

4.1.1 级别和类型

油井水泥分为以下级别(A、B、C、D、E、F、G 和 H)和类型(O、MSR 和 HSR)。外加剂或调凝剂不能影响油井水泥的预期性能。

A 级:由水硬性硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,通常加入适量的符合 GB/T 5483 的石膏经磨细制成的产品。在生产 A 级水泥时,允许掺入符合 JC/T 667 的助磨剂。该产品适合于无特殊性能要求时使用,只有普通(O)型。

B级:由水硬性硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,通常加入适量的符合 GB/T 5483 的石膏经磨细制成的产品。在生产 B 级水泥时,允许掺入符合 JC/T 667 的助磨剂。该产品适合于井下条件要求中抗或高抗硫酸盐时使用,有中抗硫酸盐(MSR)和高抗硫酸盐(HSR)2 种类型。

C级:由水硬性硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,通常加入适量的符合 GB/T 5483 的石膏经磨细制成的产品。在生产 C 级水泥时,允许掺入符合 JC/T 667 的助磨剂。该产品适合于井下条件要求高的早期强度时使用,有普通(O)、中抗硫酸盐(MSR)和高抗硫酸盐(HSR)3 种类型。

D级:由水硬性硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,通常加入适量的符合 GB/T 5483 的石膏经磨细制成的产品。在生产 D 级水泥时,允许掺入符合 JC/T 667 的助磨剂。此外,在生产时还可选用合适的调凝剂进行共同粉磨或混合。该产品适合于中温中压的条件下使用,有中抗硫酸盐(MSR)和高抗硫酸盐(HSR)2 种类型。

E级:由水硬性硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,通常加入适量的符合 GB/T 5483 的石膏经磨细制成的产品。在生产 E 级水泥时,允许掺入符合 JC/T 667 的助磨剂。此外,在生产时还可选用合适的调凝剂进行共同粉磨或混合。该产品适合于高温高压条件下使用,有中抗硫酸盐(MSR)和高抗硫酸盐(HSR)2 种类型。

F级:由水硬性硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,通常加入适量的符合 GB/T 5483 的石膏经磨细制成的产品。在生产 F 级水泥时,允许掺入符合 JC/T 667 的助磨剂。此外,在生产时还可选用合适的调凝剂进行共同粉磨或混合。该产品适合于高温高压条件下使用,有中抗硫酸盐(MSR)和高抗硫酸盐(HSR)2 种类型。

G级:由水硬性硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,通常加入适量的符合 GB/T 5483 的石膏经磨细制成的产品。在生产 G 级水泥时,除了加石膏或水或两者一起与熟料相互粉磨或混合外,不得掺加其他外加剂。该产品是一种基本油井水泥,有中抗硫酸盐(MSR)和高抗硫酸盐(HSR)2 种类型。

H级:由水硬性硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,通常加入适量的符合 GB/T 5483 的石膏经磨细制成的产品。在生产 H 级水泥时,除了加石膏或水或两者一起与熟料相互粉磨或混合外,不得掺加其他外加剂。该产品是一种基本油井水泥,有中抗硫酸盐(MSR)和高抗硫酸盐(HSR)2 种类型。

4.1.2 化学要求

不同级别和类型的油井水泥应符合表 1 规定的相应化学要求。

水泥的化学分析应按 GB/T 176 规定的方法进行。

4.1.3 物理性能要求

不同级别和类型的油井水泥应符合表 2 规定的相应物理性能要求。

表 1 化学要求

%

| 化学要求 | 水泥级别 | | | | | |
|----------------------------|------|-----|------|-------|-----|-----|
| | A | B | C | D、E、F | G | H |
| 普通型(O) | | | | | | |
| 氧化镁(MgO),最大值 | 6.0 | NA | 6.0 | NA | NA | NA |
| 三氧化硫(SO ₃),最大值 | 3.5* | NA | 4.5 | NA | NA | NA |
| 烧失量,最大值 | 3.0 | NA | 3.0 | NA | NA | NA |
| 不溶物,最大值 | 0.75 | NA | 0.75 | NA | NA | NA |
| 铝酸三钙(C ₃ A),最大值 | NR | NA | 15 | NA | NA | NA |
| 中抗硫酸盐型(MSR) | | | | | | |
| 氧化镁(MgO),最大值 | NA | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| 三氧化硫(SO ₃),最大值 | NA | 3.0 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |

表 1(续)

%

| 化 学 要 求 | 水 泥 级 别 | | | | | |
|--|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | A | B | C | D、E、F | G | H |
| 烧失量,最大值 | NA | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 不溶物,最大值 | NA | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 硅酸三钙(C ₃ S), 最大值 | NA | NR | NR | NR | 58 ^b | 58 ^b |
| 最小值 | NA | NR | NR | NR | 48 ^b | 48 ^b |
| 铝酸三钙(C ₃ A),最大值 | NA | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 以氧化钠(Na ₂ O)当量表示的总碱量,最大值 | NA | NR | NR | NR | 0.75 ^c | 0.75 ^c |
| 高抗硫酸盐型(HSR) | | | | | | |
| 氧化镁(MgO),最大值 | NA | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| 三氧化硫(SO ₃),最大值 | NA | 3.0 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 烧失量,最大值 | NA | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 不溶物,最大值 | NA | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 硅酸三钙(C ₃ S), 最大值 | NA | NR | NR | NR | 65 ^b | 65 ^b |
| 最小值 | NA | NR | NR | NR | 48 ^b | 48 ^b |
| 铝酸三钙(C ₃ A),最大值 | NA | 3 ^b | 3 ^b | 3 ^b | 3 ^b | 3 ^b |
| 铝铁酸四钙(C ₄ AF)+二倍铝酸三钙(C ₃ A),最大值 | NA | 24 ^b | 24 ^b | 24 ^b | 24 ^b | 24 ^b |
| 以氧化钠(Na ₂ O)当量表示的总碱量,最大值 | NA | NR | NR | NR | 0.75 ^c | 0.75 ^c |
| 注: NR——不要求,NA——不适用。 | | | | | | |
| <p>a 当 A 级水泥的铝酸三钙含量(以 C₃A 表示)为 8% 或小于 8% 时,SO₃ 最大含量为 3%。</p> <p>b 用计算假定化合物表示化学成分范围时,不一定就指氧化物真正或完全以该化合物的形式存在。当 Al₂O₃/Fe₂O₃ ≤ 0.64 时,C₃A 含量为零。当 Al₂O₃/Fe₂O₃ > 0.64 时,化合物按下式计算: C₃A = 2.65 × Al₂O₃ % - 1.69 × Fe₂O₃ % C₄AF = 3.04 × Fe₂O₃ % C₃S = 4.07 × CaO % - 7.60 × SiO₂ % - 6.72 × Al₂O₃ % - 1.43 × Fe₂O₃ % - 2.85 × SO₃ % 当 Al₂O₃/Fe₂O₃ < 0.64 时,形成氧化铁-氧化铝-氧化钙固熔体(表达为 C₄AF + C₂F),化合物按下式计算: C₃S = 4.07 × CaO % - 7.60 × SiO₂ % - 4.48 × Al₂O₃ % - 2.86 × Fe₂O₃ % - 2.85 × SO₃ %</p> <p>c 总碱量(以 Na₂O 当量表示)应按下式计算: Na₂O 当量 = 0.658 × K₂O % + Na₂O %。</p> | | | | | | |

表 2 物理性能要求

| 油井水泥级别 | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|-----|-----|-----|----|----|----|------|------|
| 混合水,占水泥质量分数/(表 5) | 46 | 46 | 56 | 38 | 38 | 38 | 44 | 38 |
| 细度(比表面积,勃氏法),最小值/m ² /kg, (第 6 章) | 280 | 280 | 400 | NR | NR | NR | NR | NR |
| 游离液含量,最大值/%,(第 8 章) | NR | NR | NR | NR | NR | NR | 5.90 | 5.90 |

表 2(续)

| 油井水泥级别 | | | | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|------------------------|--|-------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 抗压强度 (8 h 养护) (第 9 章) | 试验方案 (表 6) | 最终养护 温度/℃ (°F) | 最终养护 压力/MPa (psi) | 抗压强度,最小值/MPa(psi) | | | | | | | |
| | NA | 38 (100) | 常压 | 1.7 (250) | 1.4 (200) | 2.1 (300) | NR | NR | NR | 2.1 (300) | 2.1 (300) |
| | NA | 60 (140) | 常压 | NR | NR | NR | NR | NR | NR | 10.3 (1500) | 10.3 (1500) |
| | 6S | 110 (230) | 20.7 (3000) | NR | NR | NR | 3.4 (500) | NR | NR | NR | NR |
| | 8S | 143 (290) | 20.7 (3000) | NR | NR | NR | NR | 3.4 (500) | NR | NR | NR |
| | 9S | 160 (320) | 20.7 (3000) | NR | NR | NR | NR | NR | 3.4 (500) | NR | NR |
| 抗压强度 (24 h 养护) (第 9 章) | 试验方案 (表 6) | 最终养护 温度/℃ (°F) | 最终养护 压力/MPa (psi) | 抗压强度,最小值/MPa(psi) | | | | | | | |
| | NA | 38 (100) | 常压 | 12.4 (1800) | 10.3 (1500) | 13.8 (2000) | NR | NR | NR | NR | NR |
| | 4S | 77 (170) | 20.7 (3000) | NR | NR | NR | 6.9 (1000) | 6.9 (1000) | NR | NR | NR |
| | 6S | 110 (230) | 20.7 (3000) | NR | NR | NR | 13.8 (2000) | NR | 6.9 (1000) | NR | NR |
| | 8S | 143 (290) | 20.7 (3000) | NR | NR | NR | NR | 13.8 (2000) | NR | NR | NR |
| | 9S | 160 (320) | 20.7 (3000) | NR | NR | NR | NR | NR | 6.9 (1000) | NR | NR |
| 稠化时间 (压力、 温度 条件下) (第 10 章) | 试验方案 (表 9~ 表 13) | 15 min~ 30 min 最大 稠度/Bc ^a | | 稠化时间(最大值/最小值)/min | | | | | | | |
| | 4 | 30 | | 90 最小值 | 90 最小值 | 90 最小值 | 90 最小值 | NR | NR | NR | NR |
| | 5 | 30 | | NR | NR | NR | NR | NR | NR | 90 最小值 | 90 最小值 |
| | 5 | 30 | | NR | NR | NR | NR | NR | NR | 120 最大值 | 120 最大值 |
| | 6 | 30 | | NR | NR | NR | 100 最小值 | 100 最小值 | 100 最小值 | NR | NR |
| | 8 | 30 | | NR | NR | NR | NR | 154 最小值 | NR | NR | NR |
| | 9 | 30 | | NR | NR | NR | NR | NR | 190 最小值 | NR | NR |
| 注: NR—不要求,NA—不适用。 | | | | | | | | | | | |
| ^a 稠度单位 B _c ,采用第 10 章的增压稠度仪测得,并按照第 10 章进行校准。 | | | | | | | | | | | |

4.2 试验时间和设备

4.2.1 从取样到试验的时间

所取样品均应检验其是否符合本标准要求,所有试验均应在取样后 7 d 内完成。

4.2.2 设备

油井水泥试验用设备应符合表 3 要求。图 4、图 5、图 9 和图 10 是制造标准试验设备的规格尺寸,不需要对其进行再次确认。

表 3 油井水泥制造商必备的标准试验设备

| 试验或制备 | 油井水泥级别 | 相关章节 | 需用设备 |
|------------|-----------|--------|---------------------------------------|
| 取样 | 全部 | 第 5 章 | GB 12573 规定的仪器 |
| 细度 | A,B,C | 第 6 章 | GB/T 8074 规定的仪器及辅助设备 |
| 水泥浆制备 | 全部 | 第 7 章 | 第 7.1 中规定的仪器 |
| 游离液 | G,H | 第 8 章 | 第 8.1 中规定的仪器 |
| 常压下养护的抗压强度 | A,B,C,G,H | 第 9 章 | 第 9.1 中规定的仪器 第 9.1.3.2 中规定的高压养护釜除外 |
| 高压养护的抗压强度 | D,E,F | 第 9 章 | 第 9.1 中规定的仪器 |
| 稠化时间 | 全部 | 第 10 章 | 第 10.1 中规定的增压稠化仪 |

4.2.3 校准

如果试验仪器按本标准规定的要求进行校准后,其校准结果在规定范围内,则认为该仪器是准确的。

5 编号和取样

5.1 编号

油井水泥出厂前应按同级别、同类型编号。袋装水泥和散装水泥应分别进行编号,每一编号应不超过 400 t,当散装水泥运输工具的容量超过该厂规定出厂编号吨数时,允许该编号的数量超过取样规定吨数。

5.2 取样

每一编号为一取样单位,取样方法按 GB 12573 进行。取样应有代表性,可连续取,亦可从 20 个以上不同部位取等量样品,总量至少 12 kg。

6 细度试验

6.1 方法

油井水泥细度试验方法应按 GB/T 8074 进行。

6.2 要求

油井水泥的细度要求(最小比表面积要求,以 m^2/kg 表示)见表 2。D、E、F、G 和 H 油井水泥无细度要求。

7 游离液、抗压强度和稠化时间试验用水泥浆的制备

7.1 仪器

7.1.1 天平

天平应准确至称量示值的 0.1%。每年应校准 1 次。

7.1.2 砝码

砝码的准确度应符合表 4 要求。对砝码在梁上的梁式天平,砝码示值应符合第 7.1.1 条所规定的要求。

表 4 砝码允许偏差

单位为克

| 砝 码 | 偏 差 |
|-------|-------|
| 1 000 | ±0.50 |
| 500 | ±0.35 |
| 300 | ±0.30 |
| 200 | ±0.20 |
| 100 | ±0.15 |
| 50 | ±0.10 |

7.1.3 筛子

制备水泥浆以前,应使用 0.85 mm 金属筛将水泥过筛。

7.1.4 混合装置

制备油井水泥浆的混合装置是 1 台容量为 1 升(或 1 夸脱)、底部驱动的叶片式搅拌器。

常用的混合装置的样图见图 1 所示。搅拌叶和搅拌容器通常由耐腐蚀材料制成。搅拌叶片总成的装配应便于搅拌叶片的拆卸、称量和更换。搅拌叶片在使用前应称量,当质量损失达到 10%时应更换叶片。当混合装置的支撑座出现渗水时,应更换整个搅拌叶片总成。

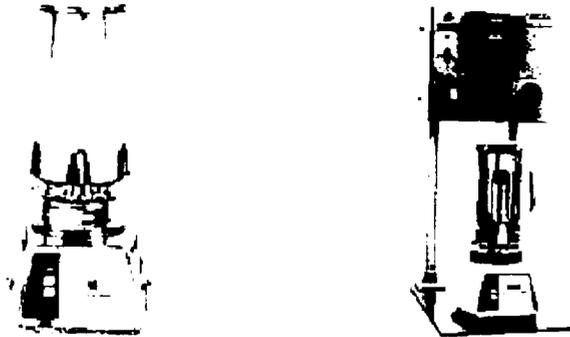


图 1 典型的水泥搅拌器实物图

7.1.5 校准

校准方法按 JJG 121 进行。

7.2 步骤

7.2.1 过筛

制备水泥浆之前,应将水泥过筛。

7.2.2 水和水泥温度

搅拌前 60 s 内,搅拌器内混合水的温度应为 $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($73^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}\text{F}$),水泥温度应为 $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($73^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}\text{F}$)。

7.2.3 混合水

试验应用蒸馏水或去离子水,混合水应放入 1 个干净、干燥的搅拌浆杯内直接称量。不应再补加水来弥补蒸发、润湿等所损失的水。

7.2.4 混合量

应按表 5 所示的水泥浆组分含量进行试验。由表 5 所示的水泥浆组成可算出与其一致的混合水质量分数(以干水泥质量为基准),见表 2。

7.2.5 水泥与水的混合

将装有表 5 规定所需质量的混合水的搅拌杯置于搅拌器的底座上,开动马达,保持 $4\,000\text{ r/min} \pm 200\text{ r/min}$ ($66.7\text{ r/s} \pm 3.3\text{ r/s}$) 转速,同时将水泥样品在 15 s 内均匀加入。所有水泥加入混合水后,盖上搅拌杯盖,继续以 $12\,000\text{ r/min} \pm 500\text{ r/min}$ ($200\text{ r/s} \pm 8.3\text{ r/s}$) 的转速搅拌 $35\text{ s} \pm 1\text{ s}$ 。

表 5 水泥浆要求

单位为克

| 组 分 | A 和 B 级 | C 级 | D、E、F 和 H 级 | G 级 |
|-----|---------|---------|-------------|---------|
| 混合水 | 355±0.5 | 383±0.5 | 327±0.5 | 349±0.5 |
| 水 泥 | 772±0.5 | 684±0.5 | 860±0.5 | 792±0.5 |

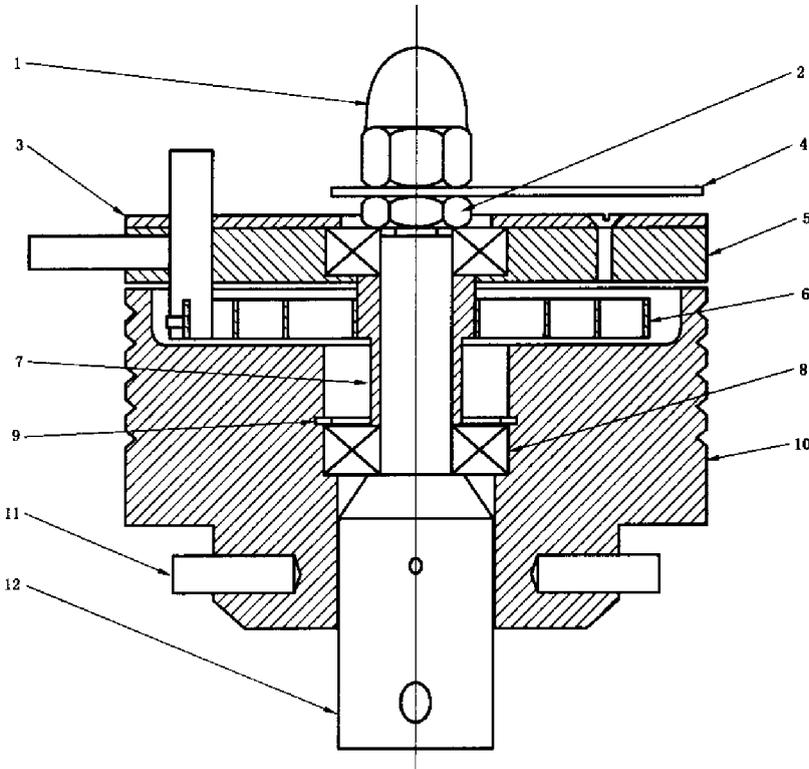
8 游离液(游离水)试验方法

8.1 仪器

8.1.1 稠化仪

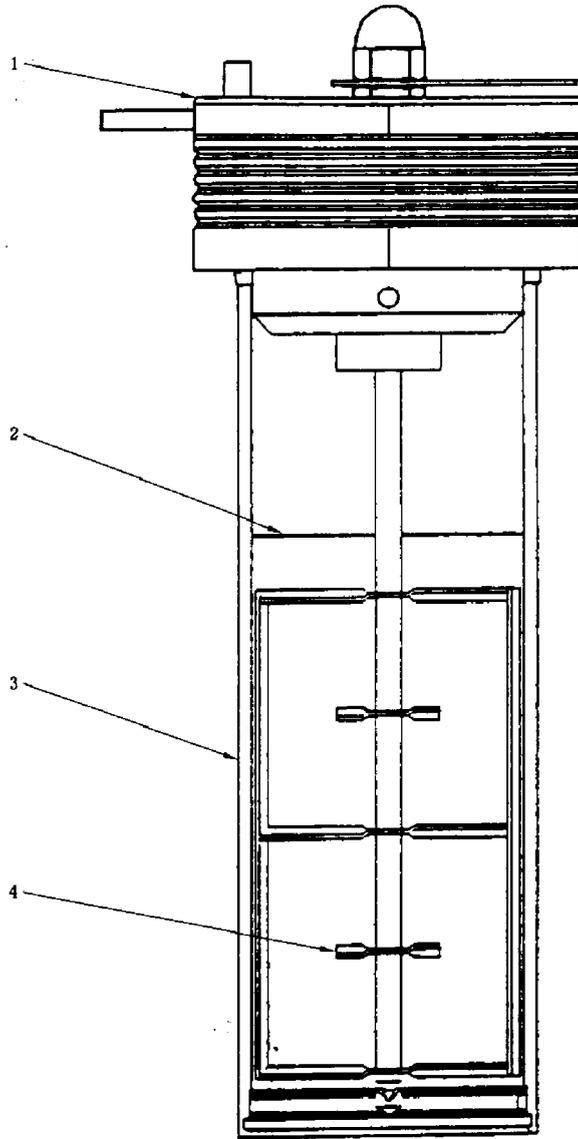
采用常压稠化仪或第 10.1 中的增压稠化仪(在常压下运转)进行搅拌和规定条件下水泥浆游离液含量的测定。常压稠化仪包括一个圆筒式的旋转浆杯,浆杯内装有一个固定的搅拌叶总成,浆杯放入一个装有温控的液浴内。在水泥浆的搅拌和规定实验条件下,应保证能控制液浴的温度在 27℃±1.7℃(80°F±3°F)、旋转浆杯的转速在 150 r/min±15 r/min(2.5 r/s±0.25 r/s)。搅拌叶和所有与水泥浆接触的浆杯部件应由耐腐蚀材料制成。见图 2,图 3,图 4 和图 5。

注:搅拌叶应带动电位计(见图 2 和图 3)旋转,以测定水泥浆的稠度。



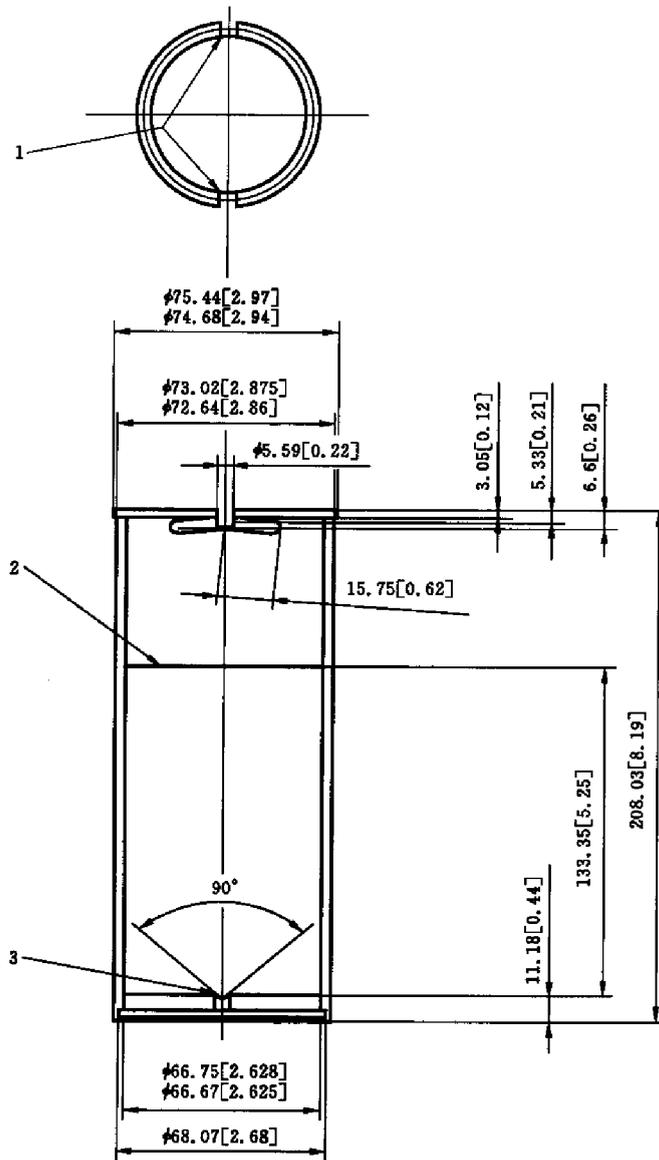
- 1—固定螺帽;
- 2—中心反向固定螺母;
- 3—刻度盘;
- 4—指针;
- 5—刻度盘及指针组件;
- 6—弹簧;
- 7—轴套;
- 8—轴承;
- 9—扣环;
- 10—盖;
- 11—转动销;
- 12—轴。

图 2 典型的常压稠化仪电位计装置



- 1—盖；
- 2—注入刻度指示槽；
- 3—浆杯(见图4)；
- 4—搅拌叶。

图3 典型常压稠化仪浆杯总成



- 1——2 个成 180°的卡口；
- 2——注入刻度指示槽；
- 3——轴尖支撑座。

| 公差 | mm | [in] |
|-----------------|-------|---------|
| . × [. × ×] | ±0.25 | [0.010] |
| . × × [. × × ×] | ±0.13 | [0.005] |
| 角度 | ±1° | |

图 4 典型常压稠化仪浆杯

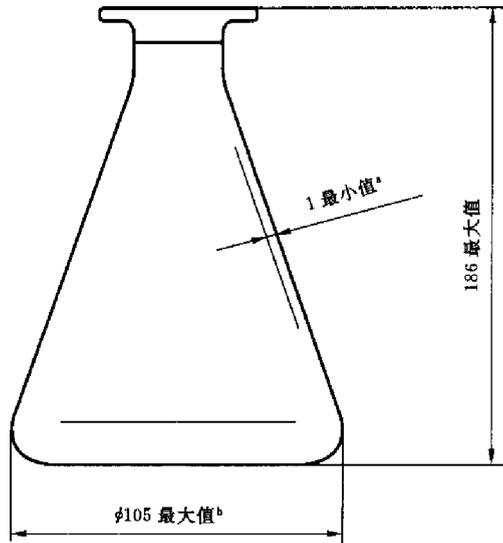
8.1.2 天平

天平应满足 7.1.1 要求。

8.1.3 实验瓶

符合图 6 规定要求的 500 mL 锥形瓶。

单位为毫米



a——壁厚；
b——外径。

图 6 游离液试验用锥形瓶

8.2 校准

校准方法按 JJG 120 进行。

8.2.1 温度测量系统

液浴的温度应采用准确度在 $\pm 1.7^\circ\text{C}$ ($\pm 3^\circ\text{F}$) 范围的温度计(玻璃或数字型)和/或带数字显示器的热电偶进行测量。热电偶应为“特殊”J 型、带数字显示器的热电偶,热电偶应参照相关温度测量的国家标准,采用已校验的热电偶(标准热电偶)测定其准确度。校准频率不小于 1 次/月。数字型热电偶和热电偶的准确度超出 $\pm 1.7^\circ\text{C}$ (3°F) 范围的热电偶应进行校准或更换。

8.2.2 旋转浆杯的转速

旋转速度应为 $150\text{ r/min} \pm 15\text{ r/min}$ ($2.5\text{ r/s} \pm 0.25\text{ r/s}$)。每季度应至少校准 1 次,当发现偏离准确度范围时应校准。

8.2.3 计时器

计时器的准确度应在 $\pm 30\text{ s/h}$,应每半年校准 1 次,当发现偏离准确度范围时应校准或更换计时器。

8.3 步骤

8.3.1 按第 7 章制备水泥浆。

8.3.2 将水泥浆注入洁净、干燥的稠化仪浆杯内至同一水平面(浆杯内刻度指示槽)。

8.3.3 根据仪器的操作说明装好浆杯和相关部件,将其放入稠化仪内。从完成制浆到开动稠化仪的时间间隔应不超过 1 min。

8.3.4 在稠化仪内搅拌水泥浆 20 min±30 s,在整个搅拌过程中,液浴的温度应恒定在 27℃±1.7℃ (80°F±3°F)。

8.3.5 在 1 min 内将 790 g±5 g 的 H 级水泥浆,或 760 g±5 g 的 G 级水泥浆直接移至洁净、干燥的 500 mL 锥形瓶内。记下实际移入的质量。用橡胶片(塞)密封锥形瓶。

8.3.6 将装有水泥浆的锥形瓶放在一水平且无震动的台面上。锥形瓶的环境温度应为 22.8℃±2.8℃ (73°F±5°F)。测定环境温度的温度测量元件应满足 8.2.1 的要求。装有水泥浆的锥形瓶应静置 2 h±5 min。

8.3.7 静置 2 h 后,将上层析出的清液用移液管或注射器移出。测量和记录析出清液的体积,准确至 ±0.1 mL,并将此读数作为游离液的毫升数。

8.3.8 将游离液的毫升数换算成占原体积(约 400 mL,取决于原水泥浆的质量)的百分数,以此值作为游离液的含量(%)。

8.4 游离液含量(%)的计算

游离液含量按式(1)计算:

$$FF = V_{FF} \cdot \rho \times 100 / m_s \quad \dots\dots\dots (1)$$

其中:

FF ——水泥浆中游离液含量,%;

V_{FF} ——游离液的体积,mL;

m_s ——初始的水泥浆质量,g;

ρ ——水泥浆的密度,g/cm³;当水灰比为 0.38 时,H 级水泥浆密度为 1.98 g/cm³;当水灰比为 0.44 时,G 级水泥浆密度为 1.90 g/cm³。

注 1 如水泥的相对密度不是 3.14,水泥浆的密度应通过计算获得。

实例:游离液含量(%)的计算

$$m_s = 791.7 \text{ g}$$

$$V_{FF} = 15.1 \text{ mL}$$

$$\rho = 1.98 \text{ g/cm}^3 \text{ (H 级)}$$

$$FF(\%) = 15.1 \times 1.98 \times 100 / 791.7$$

$$FF(\%) = 3.78$$

注 2 为了便于计算,cc 和 ml 假定相等;1 ml=1.000 027 cc。

8.5 要求

G 级和 H 级水泥的游离液含量不得超过 5.90%。

9 抗压强度试验方法

9.1 仪器

9.1.1 50.8 mm×50.8 mm×50.8 mm(2 in×2 in×2 in)立方试模和抗压强度试验机

用于抗压强度试验的试模应为 50.8 mm×50.8 mm×50.8 mm(2 in×2 in×2 in)立方体,试模能分成两部分以上,试模材料应由不受水泥浆侵蚀的硬金属制成,新模用金属的洛氏硬度应不小于 55HRB。模的各侧面应有足够刚性以防弯曲或变形,模的内面应为平面。新模允许偏差为 0.025 mm,使用中的模允许偏差为 0.05 mm。新模内壁对立面之间的间距为 50.8 mm±0.5 mm。从每个立方体隔断测量模高度应为 50.8 mm。新模允许误差 +0.25 mm~-0.13 mm,使用中模允许误差 +0.25 mm~-0.38 mm,相邻内表面之间及内表面和上下平面间的角度应为 90°±0.5°。试模应定期进行误差校准,用于抗压强度的试验机在其测量范围内的准确度应校准至负荷的 ±1% 以内,且应至少每两年校准 1 次。

9.1.2 立方试模的底板和盖板

一般地应使用最小厚度为 6 mm(1/4 in)的玻璃板、黄铜板或不锈钢板。与水泥浆接触的盖板表面上可开一凹型槽。

9.1.3 养护装置

采用能够将抗压强度试模全部浸入水中的养护水浴或水箱,其温度应能保持在规定试验温度±1.7℃(±3°F)范围内。有两种类型的养护装置:

9.1.3.1 常压养护装置

适用于 66℃(150°F)或更低温度、常压下试样的养护。常压养护装置应有 1 个搅拌装置或循环系统。

9.1.3.2 高压养护装置

适用于温度在 160℃(320°F)以内、压力可控制在 20.7 MPa±0.345 MPa(3 000 psi±50 psi)条件下试样的养护。该装置应能完成表 6 中相应的试验方案要求。

表 6 高压养护试样的抗压强度试验方案

| 方案 | 最终养护 压力/MPa ^a (psi) | 从开始升温、加压所经过的时间/h:min(±2 min) | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 0:00 | 0:30 | 0:45 | 1:00 | 1:15 | 1:30 | 2:00 | 2:30 | 3:00 | 3:30 | 4:00 |
| | | 温度/℃(°F) | | | | | | | | | | |
| 4S | 20.7 (3000) | 27 (80) | 47 (116) | 49 (120) | 51 (124) | 53 (128) | 55 (131) | 59 (139) | 64 (147) | 68 (155) | 72 (162) | 77 (170) |
| 6S | 20.7 (3000) | 27 (80) | 56 (133) | 64 (148) | 68 (154) | 72 (161) | 75 (167) | 82 (180) | 89 (192) | 96 (205) | 103 (218) | 110 (230) |
| 8S | 20.7 (3000) | 27 (80) | 67 (153) | 87 (189) | 99 (210) | 103 (216) | 106 (223) | 113 (236) | 121 (250) | 128 (263) | 136 (277) | 143 (290) |
| 9S | 20.7 (3000) | 27 (80) | 73 (164) | 97 (206) | 120 (248) | 123 (254) | 127 (260) | 133 (272) | 140 (284) | 147 (296) | 153 (308) | 160 (320) |

^a 试样置于高压釜后应立即加压,在整个养护期间,压力应保持在下面规定的范围内:从方案 4 S~9 S 压力为 20.7 MPa±3.4(3 000 psi±500 psi)。

9.1.4 冷却水浴

冷却水浴的大小应使试样全部浸入水中且温度保持在 27℃±3℃(80°F±5°F)。

9.1.5 温度测量系统

温度测量系统的准确度应校准至±2℃(±3°F),校准次数每月不应少于 1 次。温度测量系统用的 2 个通用件是:

9.1.5.1 温度计

可采用合适量程的温度计,其最小分刻度不超过 1℃(2°F)。

9.1.5.2 热电偶

一般可采用合适量程的热电偶系统。

9.1.6 捣棒

一般采用耐腐蚀捣棒,正常情况下直径为 6 mm(1/4 in)。

9.1.7 密封胶

通常,可使用密封胶来密封试模的外接触部位,在表 7 规定的养护温度和压力下,密封胶应具有防漏性和防水性。

表 7 抗压强度的标准要求

| 水泥级别 | 方 案 | 最终养护温度 ^a ℃(°F) | 最终养护压力 ^b MPa(psi) | 规定养护龄期的最小抗压强度 | |
|------|-----|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | | | 8 h±15 min MPa (psi) | 24 h±15 min MPa (psi) |
| A | — | 38(100) | 常压 | 1.7(250) | 12.4(1800) |
| B | — | 38(100) | 常压 | 1.4(200) | 10.3(1500) |
| C | — | 38(100) | 常压 | 2.1(300) | 13.8(2000) |
| D | 4S | 77(170) | 20.7(3000) | NR | 6.9(1000) |
| | 6S | 110(230) | 20.7(3000) | 3.4(500) | 13.8(2000) |
| E | 4S | 77(170) | 20.7(3000) | NR | 6.9(1000) |
| | 8S | 143(290) | 20.7(3000) | 3.4(500) | 13.8(2000) |
| F | 6S | 110(230) | 20.7(3000) | NR | 6.9(1000) |
| | 9S | 160(320) | 20.7(3000) | 3.4(500) | 6.9(1000) |
| G,H | — | 38(100) | 常压 | 2.1(300) | NR |
| | — | 60(140) | 常压 | 10.3(1500) | NR |

注：NR——不要求。

^a 养护温度应保持在±2℃(±3°F)；

^b 试样放入压力容器时即应加压，在整个养护期内，压力应保持在以下规定的范围内：从方案 4S~9S 的压力应为 20.7 MPa±3.4 MPa(3 000±500 psi)。

9.1.8 校准

校准方法按 JJG 119 进行。

9.2 步骤

9.2.1 试模准备

试模和底板的接触面应保持清洁、干燥，组装好的试模应不漏水、试模的内表面和底板的接触面也应保持清洁和干燥，通常轻涂一层脱模剂。

9.2.2 水泥浆的制备与试样的成型

9.2.2.1 水泥浆

水泥浆的制备按第 7 章进行。

9.2.2.2 水泥浆装模

将水泥浆倒入准备好的试模至试模深度约一半处，每一试模都用捣棒均匀地捣拌 27 次。

在开始捣拌之前，应将水泥浆倒入所有试模内。捣拌该层水泥浆后，用捣棒或刮板手工搅拌剩余的水泥浆，以防止水泥浆发生离析。然后，倒入试模至溢出，并如第一次那样进行捣拌，捣拌之后，用直尺将试模上部过量的水泥浆刮掉，试模漏浆的试样应剔除，将 1 个清洁、干燥的盖板盖在试模上部，对于每一次试验测定，试样应不少于 3 块。

9.2.2.3 从水泥浆混合到试样放入养护装置的时间

在完成水泥浆制备后的 5 min±15 s 内，应将试样放入养护装置内，并按照相应的养护试验方案进

行升温和/或加压。

9.2.3 养护

9.2.3.1 养护龄期

养护龄期是指试样放入养护装置内开始到试样进行强度测试所经过的时间,试样的强度测试应在表7中规定的相应的养护龄期进行。

对于常压下养护的试样,试样开始放入养护水浴中的时刻为养护时间的开始,养护水浴要预先加热到试验温度。

对于高压下养护的试样,开始加压升温的时刻为养护时间的开始。

9.2.3.2 养护温度和压力

表7中规定了各级水泥相应的养护温度和压力。对于常压试验,试样放入水浴中进行养护,水浴要预先加热到最终的养护温度。对于高压试验,试样应放入温度为 $27^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($80^{\circ}\text{F}\pm 5^{\circ}\text{F}$)的高压水浴内进行养护,按规定的试验方案进行升温。

9.2.3.3 试样冷却

在 60°C (140°F)和低于该温度下养护的试样,应在测试其强度之前 $45\text{ min}\pm 5\text{ min}$ 时从养护水浴中取出,脱模后放入温度保持在 $27^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($80^{\circ}\text{F}\pm 5^{\circ}\text{F}$)的水浴中养护 $40\text{ min}\pm 5\text{ min}$ 。对于在温度等于或高于 77°C (170°F)下养护的试样,表7中方案规定的最高温度和压力应保持到试样进行强度测试之前的 $1\text{ h }45\text{ min}\pm 5\text{ min}$,此时应停止加热。在以后的 $60\text{ min}\pm 5\text{ min}$ 内,应将温度降至 77°C (170°F)或更低,但不释放压力,由温降引起的压力下降除外。在试样进行强度测试之前 $45\text{ min}\pm 5\text{ min}$ 时,应释放剩余的压力,然后将试样脱模,放入冷却水浴中,在 $27^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($80^{\circ}\text{F}\pm 5^{\circ}\text{F}$)下养护 $35\text{ min}\pm 5\text{ min}$ 。

9.2.3.4 试样验收

在测试强度之前已损坏试样应予以废弃。对于任何规定的养护龄期,如果进行抗压强度测定的试样少于2块,则应重新试验。

9.3 抗压强度试验

9.3.1 从水浴中取出试样,将每一试样的表面擦干,并将与试验机支承块接触的试样表面上的任何松散物质清除掉。

9.3.2 在与试模平面接触的试样表面上施加负荷,将试样放在试验机中上部支承块的下面。在测试每一个试样之前,应确保具有球面底座的支承块能自由倾斜,加荷面应该清洁,不得加缓冲垫或稳固垫。在测试试样时,应采取合适的安全措施和操作方法。

9.3.3 对于预期强度高于 3.4 MPa (500 psi)的试样,加荷速率应为每分钟 $72\text{ kN}\pm 7\text{ kN}$ ($16\ 000\text{ lbf}\pm 1\ 600\text{ lbf}$);对于预期强度低于 3.4 MPa (500 psi)的试样,加荷速率应为每分钟 $18\text{ kN}\pm 2\text{ kN}$ ($4\ 000\text{ lbf}\pm 400\text{ lbf}$)。在试样受压期间至破坏前,不得调整试验机的控制器。

9.3.4 计算试样的抗压强度 MPa (psi),计算受压面积时试样的尺寸应准确至 $\pm 1.6\text{ mm}$ ($1/16\text{ in}$)。

9.4 抗压强度验收要求

应记录同一样品、同一试验周期的所有合格试样的抗压强度,然后取平均值并准确至 69 kPa (10 psi)。原有试样中至少三分之二试样的抗压强度及所有试样的平均强度应等于或大于表7中规定的最小抗压强度,对于任何规定的养护龄期,如用于计算抗压强度的数值少于2个,则应重新进行试验。

10 稠化时间试验方法

10.1 仪器

所用仪器为增压稠化仪,该仪器有一个旋转圆筒式浆杯(见图9),其内配有固定搅拌叶(如图10所示)。全部密封在一个能承受表9、表10、表11、表12和表13所述的压力和温度的高压容器内。典型的

增压稠化仪见图 7 和图 8。

浆杯和高压容器内壁间的空隙应全部注满烃类油。所选用的油还应具有下列物理性能：

粘度：38℃时，7 mm²/s~75 mm²/s(100°F时，49 SSU~350 SSU)

比热：2.1 kJ/(kg·K)~2.4 kJ/(kg·K)(0.5 Btu/lb °F~0.58 Btu/lb °F)

导热系数：0.119 W/(m·K)~0.133 W/(m·K)[0.0685 Btu/(h·ft²·°F/ft~0.0770 Btu/(h·ft²·°F/ft)]

相对密度：0.85~0.91

加热系统要求能至少以 3℃/min(5°F/min)的速率升高油浴温度，温度测量系统用于测定油浴和水泥浆的温度。浆杯以 150 r/min±15 r/min(2.5 r/s±0.25 r/s)的速度旋转，应测量水泥的稠度(见第 10.2.1)。搅拌叶和浆杯中与水泥浆接触的所有部件应按图 9 和图 10 制作。

10.2 校准

10.2.1 总则

水泥浆稠化时间的测量要求对增压稠化仪的工作系统进行维护和校准，稠化仪的工作系统包括：稠度测量、温度测量系统、温度控制器、电机转速、计时器和压力表，校准方法按 JJG 118 进行。

10.2.2 稠度

水泥浆的稠度用稠度单位伯登(B_c)来表示，稠度值由 1 个电位计装置和电压测量电路进行测量，该测量系统每月应校准 1 次，当调整或更换测量弹簧、电阻器或接触臂时，也应进行校准。校准可采用如下方法之一。

10.2.2.1 应使用负载型校准装置(见图 11 和图 12)进行校准，测定与稠度相对应的当量扭矩。加砝码给电位计弹簧施加扭矩，以电位计整体半径作为水平力臂。加砝码后，弹簧偏转，导致产生直流电压和/或 B_c 值增加，见表 8。可通过式(2)求出：

$$T = 78.2 + 20.02B_c \dots\dots\dots(2)$$

式中：

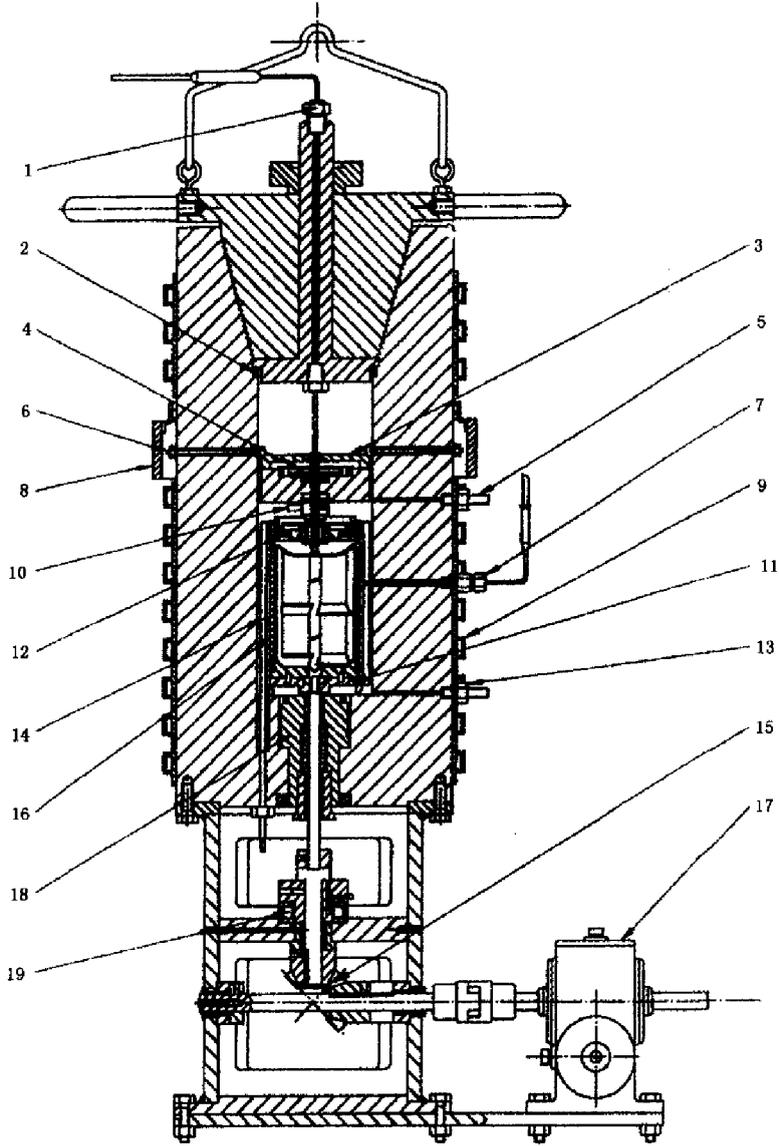
T——扭矩，g·cm；

B_c——稠度单位，伯登。

表 8 水泥浆稠度与当量扭矩的关系
(用于半径为 52 mm±1 mm 的电位计装置)

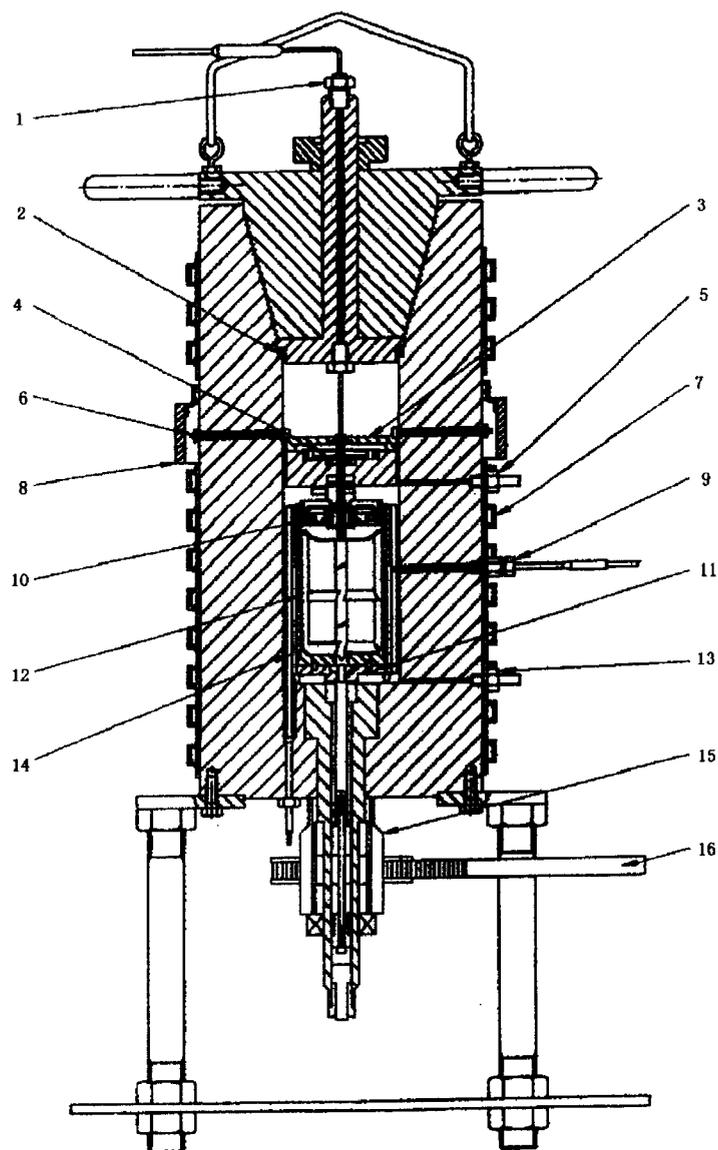
| 计算出的当量扭矩/g·cm | 砝码/g | 计算出的水泥浆稠度/B _c |
|---------------|---------|--------------------------|
| 260 | 50±0.1 | 9 |
| 520 | 100±0.1 | 22 |
| 780 | 150±0.1 | 35 |
| 1 040 | 200±0.1 | 48 |
| 1 300 | 250±0.1 | 61 |
| 1 560 | 300±0.1 | 74 |
| 1 820 | 350±0.1 | 87 |
| 2 080 | 400±0.1 | 100 |

注：对于其他半径的电位计装置，应给出与其相应的稠度与当量扭矩的关系。



- | | |
|----------|-----------|
| 1—浆杯热电偶； | 11—浆杯驱动盘； |
| 2—密封环； | 12—浆杯隔板； |
| 3—电位计总成； | 13—油压接头； |
| 4—扭矩弹簧； | 14—加热器； |
| 5—空气接头； | 15—伞齿轮； |
| 6—接触销； | 16—浆杯； |
| 7—釜体热电偶； | 17—齿轮减速器； |
| 8—防护盖； | 18—可拆卸盘根； |
| 9—冷却管； | 19—止推轴承。 |
| 10—启动档； | |

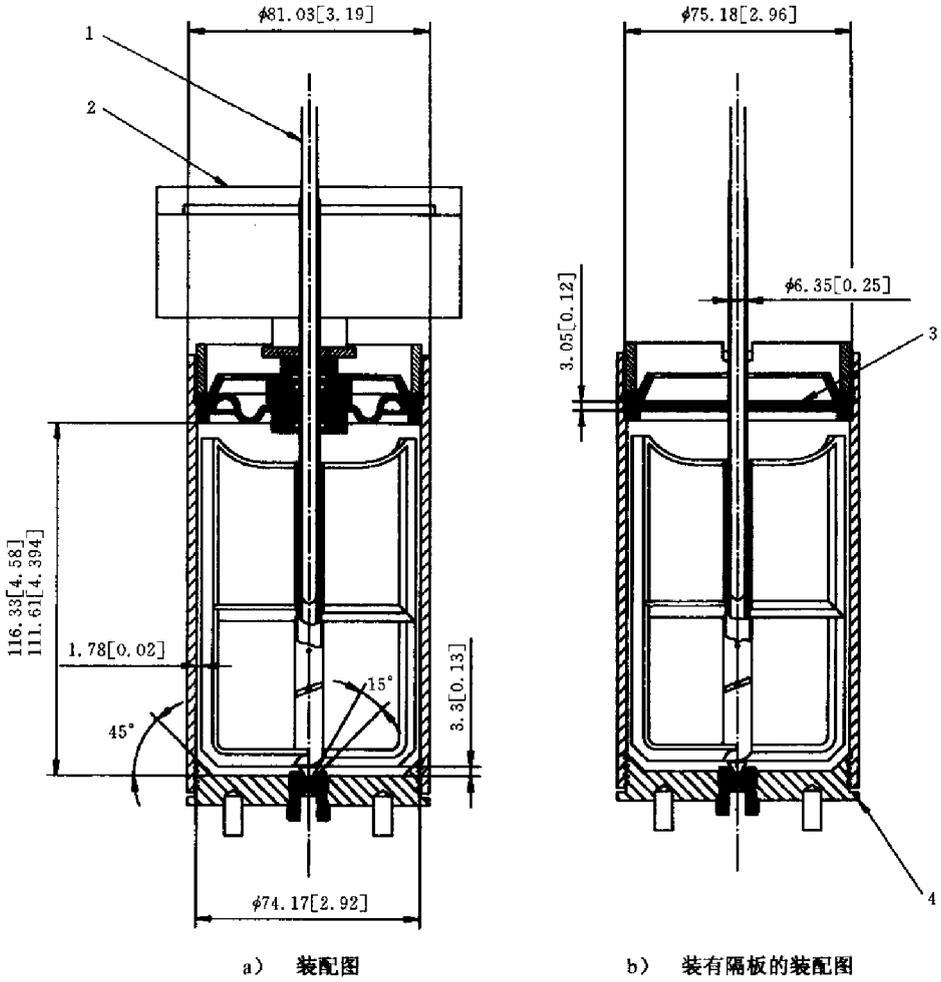
图7 典型的稠化时间实验用增压稠化仪



1——浆杯热电偶；
 2——密封环；
 3——电位计总成；
 4——扭矩弹簧；
 5——空气接头；
 6——接触销；
 7——冷却管；
 8——防护盖；

9——釜体热电偶；
 10——浆杯隔板；
 11——浆杯驱动盘；
 12——浆杯；
 13——油压接头；
 14——加热器；
 15——磁力驱动装置；
 16——传动皮带。

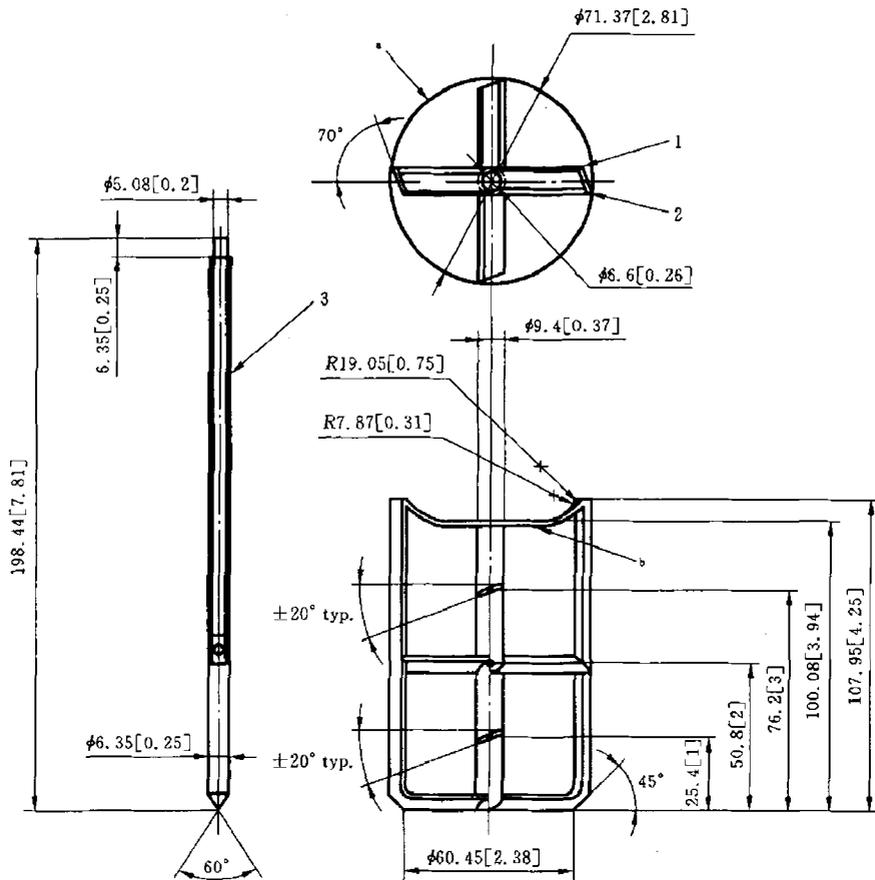
图 8 典型稠化时间实验用磁力驱动稠化仪



- 1—J型热电偶；
- 2—电位计总成；
- 3—70D硬度(顶盖)；
- 4—底部。

| 公差 | mm | [in] |
|-----------|-------|---------|
| .×[.××] | ±0.25 | [0.010] |
| .××[.×××] | ±0.13 | [0.005] |
| 角度 | ±1° | |

图 9 增压稠化仪浆杯



- 1——后缘；
- 2——前缘；
- 3——搅拌轴。

注 1 叶片材料：不锈钢，叶片平台尺寸为 1.6 mm×9.5 mm (0.062 5 in×0.375 in)。

注 2 前缘的外下部加工成锥角，后缘加工成圆形。

a 从搅拌叶的顶部观察，浆杯以逆时针方向旋转。

b 顶部支撑叶片的平面与轴所有接触点垂直。

| 公差 | mm | [in] |
|-----------|-------|---------|
| .×[.××] | ±0.25 | [0.010] |
| .××[.×××] | ±0.13 | [0.005] |
| 角度 | ±1° | |

图 10 增压稠化仪浆杯的搅拌叶

10.2.2.2 校准电位计的另一方法是使用校准油进行校准，这种油在 5B_c~100B_c 范围内粘度—温度关系是已知的。(校准油使用后应扔掉)。

10.2.3 温度测量系统

温度测量系统的准确度应校准至±2℃(±3°F)，校准次数每月不应少于 1 次。

10.2.4 电机转速

浆杯的旋转速度应为 150 r/min±15 r/min(2.5 r/s±0.25 r/s)，且每季度校准 1 次。

10.2.5 计时器

计时器的准确度必须在±30 s/h 的范围内，每半年校准 1 次。

10.2.6 压力测量系统

该系统应每年采用静重测试仪或标准压力表校准 1 次,其准确度应校准至整个量程的 0.25%,最少要在满刻度的 25%、50%和 75%处进行校准。

10.3 步骤

10.3.1 操作说明

由仪器制造商或操作者制定的操作说明如符合本标准规定的要求,则适用于本方法。

10.3.2 往浆杯中灌注水泥

10.3.2.1 水泥浆(按第 7 章制备)应注入倒置的浆杯中。

注:水泥浆在灌注过程中,可能出现离析。灌浆时用刮刀在搅拌杯内搅拌水泥浆,可减少离析。如果从水泥浆混合终止到完成灌注所持续的时间短,则离析会少。

10.3.2.2 当浆杯灌满时,敲击浆杯的外部,以除去夹带的空气。

10.3.2.3 然后将浆杯底盖拧紧到位。

10.3.2.4 再将中心塞(中心支承座)拧入浆杯底盖。

10.3.3 开始试验

把浆杯放在高压容器内的驱动盘上,浆杯开始旋转。放入电位计,使之与搅拌叶轴上的驱动棒咬合;然后开始向高压容器内注入烃类油。上紧釜盖,插入热电偶,并将其上面的螺丝拧入一部分。当高压容器注满油后,拧紧热电偶上的螺丝。稠化仪应在制浆完成后的 5 min±15 s 开始工作。

10.3.4 温度和压力控制

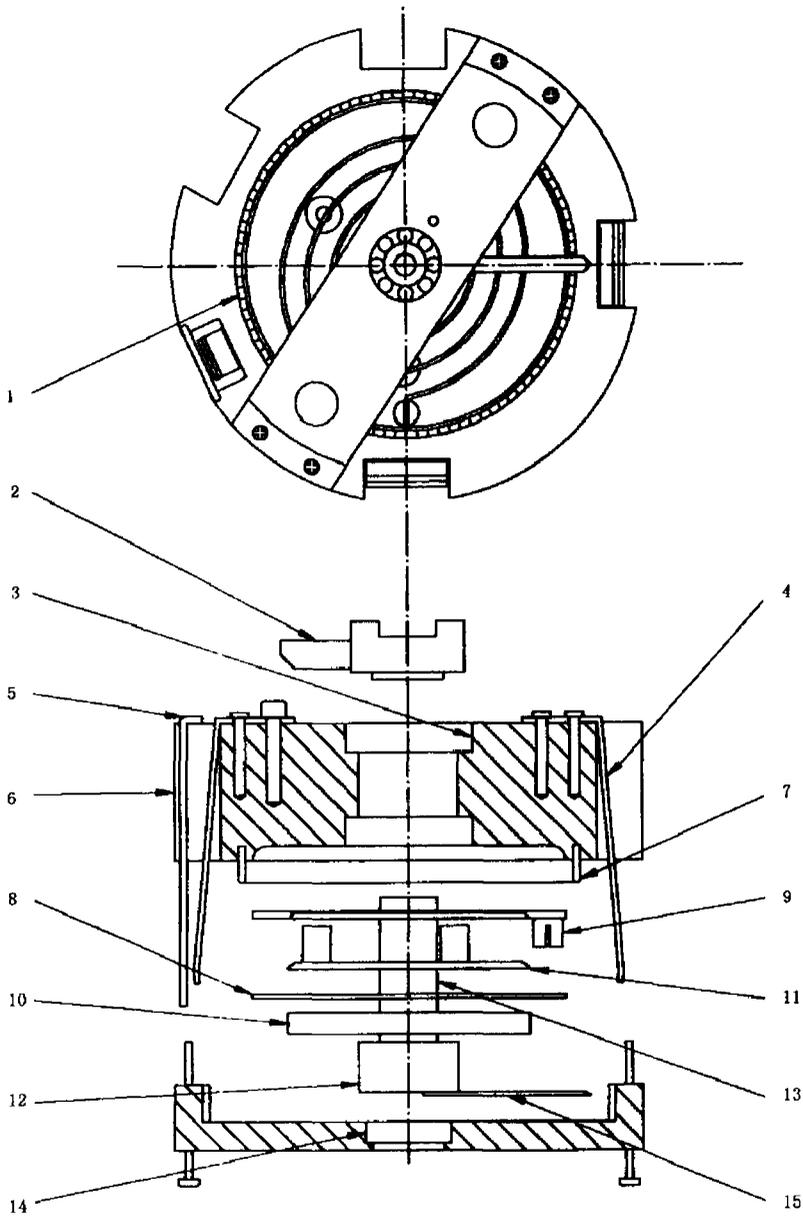
在试验期间,浆杯中的水泥浆温度和压力应按表 9~表 13 规定的试验方案进行升温和加压。水泥浆温度用“J”型热电偶来测定,该热电偶位于浆杯的中心位置。

对于试验方案 4、方案 5、方案 6、方案 8 和方案 9,在整个试验期间,温度和压力应分别保持在方案规定温度±1°C(±2°F)和规定压力±0.7 MPa(±100 psi)的范围内(见表 9、表 10、表 11、表 12 和表 13)。

热电偶应垂直放置于浆杯搅拌叶内,且其与浆杯底盖之间距离应为 45 mm(1.75 in)~89 mm(3.5 in)。由于有不同规格、不同型号的稠化仪,必须保证所用热电偶与稠化仪相匹配,且热电偶尖端的位置符合上述规定。



图 11 典型的电位计校准装置



- 1—连接片；
- 2—档杆；
- 3—轴承；
- 4—接触弹簧片；
- 5—底座框架挡；
- 6—底座框架；
- 7—电阻器；
- 8—绝缘片；

- 9—弹簧调节器；
- 10—弹簧；
- 11—弹簧调节器固定点；
- 12—弹簧轴箍；
- 13—弹簧轴套；
- 14—轴承轴；
- 15—接触壁。

图 12 典型的增压稠化仪电位计

表 9 方案 4 A、B、C 和 D 级水泥的试验方案

| 时间/min | 压力/MPa(psi) | 温度/℃(°F) |
|--------|-------------|----------|
| 0 | 5.2(750) | 27(80) |
| 2 | 7.6(1 100) | 27(83) |
| 4 | 9.7(1 400) | 31(87) |
| 6 | 11.7(1 700) | 32(90) |
| 8 | 13.8(2 000) | 34(93) |
| 10 | 15.9(2 300) | 36(97) |
| 12 | 17.9(2 600) | 38(100) |
| 14 | 20.0(2 900) | 39(103) |
| 16 | 22.1(3 200) | 41(106) |
| 18 | 24.8(3 600) | 43(110) |
| 20 | 26.7(3 870) | 45(113) |

表 10 方案 5 G 和 H 级水泥的试验方案

| 时间/min | 压力/MPa(psi) | 温度/℃(°F) |
|--------|--------------|----------|
| 0 | 6.9(1 000) | 27(80) |
| 2 | 9.0(1 300) | 28(83) |
| 4 | 11.1(1 600) | 30(86) |
| 6 | 13.1(1 900) | 32(90) |
| 8 | 15.2(2 200) | 34(93) |
| 10 | 17.3(2 500) | 36(96) |
| 12 | 19.3(2 800) | 37(99) |
| 14 | 21.4(3 100) | 39(102) |
| 16 | 23.4(3 400) | 41(106) |
| 18 | 25.5(3 700) | 43(109) |
| 20 | 27.6(4 000) | 44(112) |
| 22 | 29.6(4 300) | 46(115) |
| 24 | 31.7(4 600) | 48(119) |
| 26 | 33.8(4 900) | 50(122) |
| 28 | 35.6(51 600) | 52(125) |

表 11 方案 6 D、E 和 F 级水泥的试验方案

| 时间/min | 压力/MPa(psi) | 温度/℃(°F) |
|--------|-------------|----------|
| 0 | 8.6(1 250) | 27(80) |
| 2 | 11.0(1 600) | 29(84) |
| 4 | 13.1(1 900) | 31(87) |
| 6 | 15.9(2 300) | 33(91) |
| 8 | 17.9(2 600) | 34(94) |
| 10 | 20.7(3 000) | 37(98) |
| 12 | 22.8(3 300) | 38(101) |
| 14 | 25.5(3 700) | 41(105) |
| 16 | 27.6(4 000) | 42(108) |
| 18 | 30.3(4 400) | 44(112) |
| 20 | 32.4(4 400) | 47(116) |
| 22 | 35.2(5 100) | 48(119) |
| 24 | 37.2(5 400) | 51(123) |
| 26 | 39.3(5 700) | 52(126) |
| 28 | 42.1(6 100) | 54(130) |
| 30 | 44.1(6 400) | 56(133) |
| 32 | 46.9(6 800) | 58(137) |
| 34 | 49.0(7 100) | 60(140) |
| 36 | 51.6(7 480) | 62(144) |

表 12 方案 8 E 级水泥的试验方案

| 时间/min | 压力/MPa(psi) | 温度/℃(°F) |
|--------|-------------|----------|
| 0 | 12.1(1 750) | 27(80) |
| 2 | 15.2(2 200) | 29(85) |
| 4 | 18.0(2 600) | 32(90) |
| 6 | 21.4(3 100) | 35(95) |
| 8 | 24.1(3 500) | 37(99) |
| 10 | 27.6(4 000) | 40(104) |
| 12 | 30.3(4 400) | 43(109) |
| 14 | 33.8(4 900) | 46(114) |
| 16 | 36.5(5 300) | 48(119) |

表 12(续)

| 时间/min | 压力/MPa(psi) | 温度/℃(°F) |
|--------|--------------|----------|
| 18 | 40.0(5 800) | 51(124) |
| 20 | 42.7(6 200) | 53(128) |
| 22 | 46.2(6 700) | 56(133) |
| 24 | 49.0(7 100) | 59(138) |
| 26 | 52.4(7 600) | 62(143) |
| 28 | 55.2(8 000) | 64(148) |
| 30 | 58.6(8 500) | 67(153) |
| 32 | 61.4(8 900) | 70(158) |
| 34 | 64.8(9 400) | 72(162) |
| 36 | 67.6(9 800) | 75(167) |
| 38 | 71.0(10 300) | 78(172) |
| 40 | 73.8(10 700) | 81(177) |
| 42 | 77.2(11 200) | 83(182) |
| 44 | 80.0(11 600) | 86(187) |
| 46 | 82.7(12 000) | 88(191) |
| 48 | 86.2(12 500) | 91(196) |
| 50 | 88.9(12 900) | 94(201) |
| 52 | 92.3(13 390) | 97(206) |

表 13 方案 9 F 级水泥的试验方案

| 时间/min | 压力/MPa(psi) | 温度/℃(°F) |
|--------|-------------|----------|
| 0 | 13.8(2 000) | 27(80) |
| 2 | 17.2(2 500) | 30(86) |
| 4 | 20.0(2 900) | 33(91) |
| 6 | 23.4(3 400) | 36(97) |
| 8 | 26.9(3 900) | 39(102) |
| 10 | 30.3(4 400) | 42(108) |
| 12 | 33.1(4 800) | 46(114) |
| 14 | 36.5(5 300) | 48(119) |
| 16 | 40.0(5 800) | 52(125) |
| 18 | 42.7(6 200) | 54(130) |

表 13(续)

| 时间/min | 压力/MPa(psi) | 温度/℃(°F) |
|--------|---------------|----------|
| 20 | 46.2(6 700) | 58(136) |
| 22 | 49.6(7 200) | 61(142) |
| 24 | 53.1(7 700) | 64(147) |
| 26 | 55.8(8 100) | 67(153) |
| 28 | 59.3(8 600) | 70(158) |
| 30 | 62.7(9 100) | 73(164) |
| 32 | 65.5(9 500) | 77(170) |
| 34 | 68.9(10 000) | 79(175) |
| 36 | 72.4(10 500) | 83(181) |
| 38 | 75.8(11 000) | 86(186) |
| 40 | 78.6(11 400) | 89(192) |
| 42 | 82.0(11 900) | 92(196) |
| 44 | 85.5(12 400) | 95(203) |
| 46 | 88.3(12 800) | 98(209) |
| 48 | 91.7(13 300) | 101(214) |
| 50 | 95.1(13 800) | 104(220) |
| 52 | 98.6(14 300) | 108(226) |
| 54 | 101.4(14 700) | 111(231) |
| 56 | 104.8(15 200) | 114(237) |
| 58 | 108.2(15 700) | 117(242) |
| 60 | 111.3(16 140) | 120(248) |

10.4 稠化时间和稠度

应记录从增压稠化仪开始升温加压至稠度达到 100 Bc 所经过的时间,该时间即为稠化时间。应记录 15 min~30 min 内的最大稠度。

10.5 稠化时间验收要求

按本标准所生产的各级油井水泥,在 15 min~30 min 内的最大稠度要求为 30 Bc。各级油井水泥的稠化时间的要求在下表 14 中列出。

表 14 各级油井水泥的稠化时间要求

单位为分钟

| 水泥级别 | 试验方案 | 稠化时间,最小值 | 稠化时间,最大值 |
|------|------|----------|----------|
| A | 4 | 90 | NR |
| B | 4 | 90 | NR |
| C | 4 | 90 | NR |

表 14(续)

单位为分钟

| 水泥级别 | 试验方案 | 稠化时间,最小值 | 稠化时间,最大值 |
|------------|------|----------|----------|
| D | 4 | 90 | NR |
| | 6 | 100 | NR |
| E | 6 | 100 | NR |
| | 8 | 154 | NR |
| F | 6 | 100 | NR |
| | 9 | 190 | NR |
| G | 5 | 90 | 120 |
| H | 5 | 90 | 120 |
| 注: NR——不要求 | | | |

11 标志

出厂油井水泥都应标明下列一些内容。袋装水泥的标识应在包装袋上标明;散装水泥应在出厂水泥装货交运单标明或附上。

- a) 生产者名称;
- b) 生产许可证编号;
- c) 执行标准号;
- d) 水泥名称、级别及抗硫酸盐类型;
- e) 出厂编号及包装年、月、日;
- f) 净重。

12 包装

油井水泥可以散装或袋装,袋装水泥每袋净含量 50 kg,且不得少于标志质量的 98%;随机抽取 20 袋总质量不得少于 1 000 kg。其他包装形式由供需双方协商确定,但有关袋装质量要求,必须符合上述原则规定。

水泥纸袋在搬运过程中应防潮、防破损,倒运至散装设备时应易于破袋。水泥袋一般由 6 层纸(每层重量最小为 70 g/m²)组成,在第 1 层和第 5 层纸袋纸之间应有 2 层聚乙烯或聚丙烯薄膜夹层(每层重量在 15 g/m²~24 g/m²)。为进一步提高水泥的抗破损能力,可夹 2 层沥青层。

散装水泥容器(具有弹性)应具有足够的抗拉强度(最小安全系数 5:1)。当使用聚乙烯或聚丙烯夹层时,这种软包装袋应抗紫外线辐射,此外,还应有适当的防潮能力。