

目 录

一、基本知识.....	1
二、检测依据及技术指标.....	2
1、检测依据.....	2
2、物理技术指标.....	3
三、水泥标准稠度用水量，凝结时间、安定性检验方法GB/T1346-2011.....	4
四、水泥胶砂强度检验方法（ISO法）GB/T17671-2021	7
五、水泥胶砂流动度测定方法：GB/T2419-2005.....	13
六、水泥细度检验方法(筛析法)：GB/T1345-2005.....	14
七、水泥比表面积测定方法(勃氏法)：GB/T8074-2008.....	17

水泥物理力学性能

一、基本知识

1、水泥定义：凡细磨成粉状，加入适量水后成为塑性浆体，既能在空气中硬化，又能在水中硬化，并能将砂、石等散粒或纤维材料牢固地胶结在一起的水硬性胶凝材料，统称为水泥。

硅酸盐水泥熟料定义：由主要含 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的原料，按适当比例磨成细粉烧至部分熔融，所得以硅酸钙为主要矿物成分的水硬性胶凝物质。其中硅酸钙矿物含量（质量分数）不小于 66%，氧化钙和氧化硅质量比不小于 2.0。

通用硅酸盐水泥定义：以硅酸盐水泥熟料和适量的石膏，及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料。

2、水泥组成：通常情况下水泥是由熟料、混合材料及调凝剂三部分组成。

3、几种常见水泥：

硅酸盐水泥是由硅酸盐水泥熟料、石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成。硅酸盐水泥分两种类型，不掺加混合材料的称 I 型硅酸盐水泥，代号为 P·I 型，在硅酸盐水泥熟料粉磨时掺加小于等于水泥质量 5% 石灰石或粒化高炉矿渣混合材料的称 II 型硅酸盐水泥，代号为 P·II 型。

普通硅酸盐水泥（代号为 P·O）是由硅酸盐水泥熟料、混合材料、适量石膏磨细制成，其中混合材料的掺量大于 5% 且小于等于 20%。普通硅酸盐水泥常简称普通水泥。

矿渣硅酸盐水泥（代号为 P·S·A 或 P·S·B）是由硅酸盐水泥熟料和粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成。矿渣硅酸盐水泥分两种类型，当水泥中粒化高炉矿渣掺加量大于 20% 且小于等于 50% 时为 P·S·A 型，当水泥中粒化高炉矿渣掺加量大于 50% 且小于等于 70% 时为 P·S·B 型。

火山灰质硅酸盐水泥（代号为 P·P）。是由硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合材料、适量石膏磨细制成，其中火山灰质混合材料掺加量大于 20% 且小于等于 40%。

粉煤灰硅酸盐水泥（代号 P·F）是由硅酸盐水泥熟料和粉煤灰、适量石膏磨细制成，其中粉煤灰掺加量大于 20% 且小于等于 40%。

复合硅酸盐水泥（代号为 P·C）是由硅酸盐水泥熟料、两种或两种以上规定的混合材料、适量石膏磨细制成。其中混合材料总掺加量大于 20% 且小于等于 50%。

4、水泥取样方法：

进场的水泥应按批进行复验。按同一厂家、同一品种、同一代号、同一强度等级、同一批号且连续进场的水泥，袋装不超过 200t 为一批，散装不超过 500t 为一批，每批抽样数量不少于一次。

取样应具有代表性，可连续取样，亦可从 20 个以上不同部位取等量样品。取样品宜用取样器，总量

不少于 12kg，将所取样品充分混合后通过 0.9mm 方孔筛，均分为试验样和封存样，封存样应加封条，密封保管三个月。

二、检测依据及技术指标

1、检测依据

《通用硅酸盐水泥》GB175-2007

GB175-2007 通用硅酸盐水泥第 1 号修改单 2009.09.01

GB175-2007 通用硅酸盐水泥第 2 号修改单 2015.12.01

GB175-2007 通用硅酸盐水泥第 3 号修改单 2019.10.01

《水泥细度检验方法 筛析法》GB/T1345-2005

《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T1346-2011

《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T17671-2021

《水泥密度测定方法》GB/T 208-2014

《水泥比表面积测定方法(勃氏法)》GB/T8074-2008

《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T2419-2005

《通用硅酸盐水泥》GB175-2007 简介：

《通用硅酸盐水泥》GB175-2007 在 2008 年 6 月 1 日实施，该标准是将 GB175-1999《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》、GB1344-1999《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》及 GB12958-1999《复合硅酸盐水泥》三个标准合并而成，与合并前的三个标准相比较，该标准有以下几个特点：

- ① 取消了 P·O32.5 水泥及 P·O32.5R 水泥。
- ② 水泥中的混合材明确只能使用粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰，火山灰质混合材、石灰石、砂岩及窑灰，取消了原 P·C 水泥中混合材品种过乱的现象。
- ③ 取消了废品水泥的判定，不合格品种取消了细度及混合材掺加量两个项目的规定。
- ④ 将 P·S·A、P·P、P·F 及 P·C 水泥增加了 MgO 含量的控制指标。
- ⑤ 增加了水泥中氯离子含量的控制指标。
- ⑥ 将细度项目作为选择性指标，并且增加了 45 μm 筛余的控制指标。
- ⑦ 增加了 P·F 水泥、P·C 水泥及掺火山灰质混合材的 P·O 水泥需用流动度来确定强度成型的水灰比。
- ⑧ 交货与验收中增加了安定性仲裁检验时，应在取样之日起 10 日以内完成。

⑨ 包装标志中将且应不少于标志质量的 98%，改为且应不少于标志质量的 99%；并且 P·F、P·P 及 P·C 水泥包装两侧印刷增加了蓝色的规定。

⑩2014 年 12 月 2 日国家标准化管理委员会发布该标准的第 2 号修改单，2015 年 12 月 1 日起取消了复合硅酸盐水泥 32.5 的强度等级。

⑪2019 年 10 月 1 日国家标准化管理委员会发布该标准的第 3 号修改单，2019 年 10 月 1 日起取消了复合硅酸盐水泥 32.5R 的强度等级。

2、物理技术指标

①凝结时间：GB/T1346-2011《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》

硅酸盐水泥：初凝不得早于 45min，终凝不得大于 390min；

普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥均为：初凝不得早于 45min，终凝不得大于 600min。

②安定性（由游离氧化钙造成的体积安定性）：GB/T1346-2011《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》。

用雷氏法（标准法）或试饼法（代用法）检验均合格，另外，由游离氧化镁造成的体积安定性用 GB/T750《水泥压蒸安定性试验方法》检验，由三氧化硫造成的体积安定性影响是通过产品标准中对三氧化硫含量的限制来控制的。

③强度：GB/T17671-2021《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》，水泥强度等级按规定龄期的抗压强度和抗折强度来划分，各强度等级水泥的各龄期强度不得低于下表中相应产品的数值。

品种	强度等级	抗压强度(MPa)		抗折强度(MPa)	
		3 天	28 天	3 天	28 天
硅酸盐水泥	42.5	≥17.0	≥42.5	≥3.5	≥6.5
	42.5R	≥22.0		≥4.0	
	52.5	≥23.0	≥52.5	≥4.0	≥7.0
	52.5R	≥27.0		≥5.0	
	62.5	≥28.0	≥62.5	≥5.0	≥8.0
	62.5R	≥32.0		≥5.5	
普通硅酸盐水泥 复合硅酸盐水泥	42.5	≥17.0	42.5	≥3.5	≥6.5
	42.5R	≥22.0	42.5	≥4.0	
	52.5	≥23.0	52.5	≥4.0	≥7.0
	52.5R	≥27.0	52.5	≥5.0	
矿渣硅酸盐水泥	32.5	≥10.0	≥32.5	≥2.5	≥5.5
	32.5R	≥15.0		≥3.5	

火山灰质硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥	42.5	≥ 15.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
	42.5R	≥ 19.0		≥ 4.0	
	52.5	≥ 21.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
	52.5R	≥ 23.0		≥ 4.5	
复合硅酸盐水泥	42.5	≥ 15.0	≥ 42.5	≥ 3.5	≥ 6.5
	42.5R	≥ 19.0		≥ 4.0	
	52.5	≥ 21.0	≥ 52.5	≥ 4.0	≥ 7.0
	52.5R	≥ 23.0		≥ 4.5	

④ 细度：GB/T1345-2005《水泥细度检验方法（筛析法）》。细度为选择性指标

矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥水泥 80 μm 方孔筛筛余不大于 10%或 45 μm 方孔筛筛余不大于 30%。

水泥细度反映的是水泥颗粒的粗细程度，颗粒愈细，与水起反应的表面积就愈大，水化较快且较完全，早期强度及后期强度都较高，但在空气中的硬化收缩大。

⑤ 比表面积：GB/T8074-2008《水泥比表面积测定方法（勃氏法）》。

硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥比表面积不小于 300 m^2/kg 。

⑥ 合格品与不合格品：

当化学指标、凝结时间、安定性、强度的检验结果均符合标准要求时，规定为合格品；

当化学指标、凝结时间、安定性、强度中任何一项不符合标准要求时，规定为不合格品。

三、水泥标准稠度用水量，凝结时间、安定性检验方法执行 GB/T1346-2011 标准

1、适用范围：通用水泥及指定采用本方法的其它品种水泥。

2、试验材料要求：

水泥：在试验室进行恒温处理，并注意密封保存。

水：试验用水必须是洁净的饮用水，有争议时以蒸馏水为准。

3、检验设备：

① 水泥净浆标准稠度与凝结时间用维卡仪：符合 JC/T727-2005 标准要求。

主要技术参数：标准稠度试杆有效长度 50mm $\pm$ 1mm，直径为 ϕ 10.00mm $\pm$ 0.05mm；初凝针直径 ϕ 1.13mm $\pm$ 0.05mm，长度 50 $\pm$ 1mm；终凝针 ϕ 1.13mm $\pm$ 0.05mm，针头带环形附件，环形附件带有排气孔，总长度 30 $\pm$ 1mm，环形附件与针头的距离为 0.50mm。

滑动杆与试杆、滑动杆与试锥、滑动杆与试针（包括固定螺丝、标尺指针）总重量均为 300g $\pm$ 1g。

使用时注意事项：试杆、试锥、试针的安装配合部位应能互换，滑动杆表面应光滑平整，能靠

自重自由下落，无紧涩和晃头现象。

设备检验可自校。

② 水泥净浆搅拌机：符合 JC/T729-2005 标准要求。

搅拌程序：慢速 $120\text{s} \pm 3\text{s}$ ，停拌 $15\text{s} \pm 1\text{s}$ ，快速 $120\text{s} \pm 3\text{s}$ 。搅拌叶片与锅底、锅壁的工作间隙 $2\text{mm} \pm 1\text{mm}$ ，应每月检查一次叶片与锅之间的间隙，可自校。（通过减小搅拌翅和搅拌锅之间间隙，可以制备更加均匀的净浆）。

使用注意：搅拌机运行的声音正常，搅拌锅和搅拌叶片没有明显的晃动现象，在机头醒目位置标有搅拌叶片公转方向的标志。搅拌叶自转顺时针，公转方向为逆时针。

③ 恒温恒湿养护箱：（略）。

④ 雷氏夹：符合 JC/T954-2005 标准要求。

由铜质材料制成，使用前要进行弹性性能检查，经检查合格后方可使用，使用中的雷氏夹也须定期进行弹性性能检查。当一根指针的根部先悬挂在一根金属丝或尼龙丝上，另一根指针的根部再挂上 300g 质量的砝码时，两根指针针尖的距离增加应在 $17.5\text{mm} \pm 2.5\text{mm}$ 范围内，当去掉砝码后针尖的距离能恢复至挂砝码前的状态。

⑤ 雷氏夹膨胀测定仪：符合 JC/T962-2005 标准要求。

标尺的最小刻度为 0.5mm。

⑥ 水泥安定性试验用沸煮箱：符合 JC/T955-2005 要求。

注意篦板与加热器之间的距离大于 50mm 并小于 75 mm，自动控制时能在 $30\text{min} \pm 5\text{min}$ 内将箱内的试验用水由 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 升至沸腾并保持恒沸 $180\text{min} \pm 5\text{min}$ ，整个过程中不需补充用水。

⑦ 天平：最大称量不小于 1000g，分度值不大于 1g。

⑧ 量水器：精度 $\pm 0.5\text{mL}$

4、试验条件：

试验室温度为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度不低于 50%，水泥试样，拌和水，仪器和用具的温度应与试验室一致。

湿气养护箱的温度为 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ，相对湿度不低于 90%。

5、试验过程：

① 标准稠度用水量的测定（标准法）

准备工作：维卡仪的滑动杆能自由滑动，调整试杆接触玻璃板时指针对准零点，搅拌机运行正常。

水泥净浆拌制：先湿润搅拌锅及搅拌叶，后按照经验加水，在 5s-10s 内小心将称好的 500g 水

泥加入水中，开始启动搅拌机，按低速 120s，停 15s，快搅 120s 的程序搅拌后停机。

标准稠度用水量的测定步骤：装模→直边刀拍打→刮平→测试(整个过程在拌和后 1.5min 内完成)。当试杆沉入净浆并距底板 $6\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 时，该净浆为标准稠度净浆，其加水量为该水泥的标准稠度用水量 (P)，按水泥质量的百分比计。

② 标准稠度用水量的测定(代用法)

准备工作:略。

水泥净浆拌制：略。

标准稠度的测定:可分调整加水量及固定加水量两种方法。

调整加水量按经验找水。装模→直边刀拍打→刮平→测定(整个过程在 1.5 分钟内完成)，当试锥下沉深度 $30\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 时的净浆为标准稠度净浆，其拌和水量为该水泥的标准稠度用水量 (P)，按水泥质量的百分比计。

不变加水量固定加 142.5ml 水，拌和结束后测试锥下沉的深度 S(mm)，并按 $P=33.4-0.185S$ （或仪器上对应标尺）计算出标准稠度用水量 P(%), 当试锥下沉深度小于 13mm 时，应改为调整加水量法测定。

③ 凝结时间的测定：

测定前的准备：调整维卡仪试针接触玻璃板时，指针对准零点。

试件制备：用标准稠度净浆装模→直边刀拍打→刮平→移至湿气养护箱，记录水泥全部加入水中的时间为凝结时间起始时间。

初凝测定:加水 30min 时进行第一次测定，当试针沉至距底板 $4\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 时，为水泥达到初凝状态，临近初凝每隔 5min（或更短时间）测一次。完成初凝测定后立即将试体平移出玻璃板并翻转 180° 再置于玻璃板上。

终凝测定:临近终凝每隔 15 min（或更短时间）测一次，当试针沉入试体 0.5mm 时，即环形附件开始不能在试件上留下痕迹时，为水泥达到终凝状态。

测定时注意:试针贯入的位置至少要距试模内壁 10mm。达到初凝时应立即重复测一次，当两次结论相同时才能定为达到初凝状态；到达终凝时，需要在试体另外两个不同点测试，确认结论相同时才能确定到达终凝状态。

④ 安定性的测定(标准法)

准备工作:两个雷氏夹，每个雷氏夹需配备两个边长或直径约 80 mm、厚度 4-5 mm 的玻璃板，与水泥接触的玻璃板和雷氏夹内表面稍涂一层油。

雷氏夹成型: 用标准稠度净浆一次装满雷氏夹→捣实→抹平→盖上玻璃→湿气养护 $24\text{h} \pm 2\text{h}$ 。

沸煮: 调整好水位, 整个沸煮过程水必须淹没试件, 同时不允许补充水, 保证在 $30\text{min} \pm 5\text{min}$ 内升至沸腾。脱去玻璃板取下试件, 测量针间距 (A), 精确到 0.5mm , 将试件入试件架沸煮, 在 $30 \pm 5\text{min}$ 内加热至沸腾。并恒沸 $180 \pm 5\text{min}$, 结束后, 放掉热水, 打开箱盖, 箱体冷却到室温后测试件针间距离 (C), 准确至 0.5mm , 当两个试件沸煮后增加距离 (C—A) 的平均值不大于 5.0mm 时, 认为安定性合格; 当两个 (C—A) 的平均值大于 5.0mm 时, 应用同一样品立即重做一次试验。以复检结果为准。

⑤ 安定性的测定 (代用法)

准备工作: 2 块 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 玻璃板, 与净浆接触部分要稍涂一层油。

试饼成型方法: 用标准稠度净浆在玻璃板上制成直径 $70 \sim 80\text{mm}$ 、中心厚约 10mm 边缘渐薄、表面光滑的试饼, 放入湿气养护箱养护 $24 \pm 2\text{h}$ 。

沸煮: 略。

结果判别: 沸煮结束后, 取出试件进行判别。目测试饼未发现裂缝, 用钢尺检查也没有弯曲 (使钢尺和试饼底部紧靠, 以两者不透光为不弯曲) 的试饼为安定性合格, 反之为不合格。当两个试饼判别结果有矛盾时, 该水泥安定性为不合格。

6、计算举例: 有 E、F 二个水泥样品用雷氏法测定其安定性, 结果如下, 计算其结果并作结论判定。

单位: mm

项 目 样 品		A	C	C-A	平均值	结论判定
E	E-1	10.0	13.5	3.5	3.2	合格
	E-2	10.5	13.5	3.0		
F	F-1	10.5	16.0	5.5	5.8	用同一样品立即复试
	F-2	11.0	17.0	6.0		

四、水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法) GB/T17671-2021

1、使用范围: 通用硅酸盐水泥及规定的其它水泥。

2、试验条件:

- ① 试验室: 试体成型试验室的温度应保持 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, 相对湿度应不低于 50%。
- ② 养护箱: 试体带模养护的养护箱或雾室温度保持在 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度不低于 90%。
- ③ 养护池: 水的温度应在 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 。

养护池温度及试验室温、湿度每天至少记录一次, 养护箱的温度与湿度在工作期间至少每 4h 小

时记录 1 次，在自动控制的情况下可一天记录 2 次。

3、试验材料要求：

- ① 水泥：当试验水泥从取样至试验要保持 24h 以上时，水泥样品应贮存在气密性的容器里，这个容器不应与水泥发生反应。试验前混合均匀。
- ② 水：验收试验或有争议时应使用符合 GB/T6682 规定的三级水，其他试验可用饮用水。三级水标准 pH5.0~7.5，电导率 $\leq 0.50\text{ms/m}$ 。
- ③ 中国 ISO 标准砂：以 $1350\text{g} \pm 5\text{g}$ 容量的塑料袋包装。

4、试验设备：

- ① 搅拌机：双转双速行星式胶砂搅拌机的特点是搅拌均匀，锅内每点搅拌的机会均等。

设备的结构和类型、技术要求、检验方法、检验规则应符合 JC/T681《行星式水泥胶砂搅拌机》。叶片与锅之间的间隙，指叶片与锅壁最近的距离，应每月检查一次，其间隙为 $3\text{mm} \pm 1\text{mm}$ ，用 $\phi 2\text{mm}$ 和 $\phi 4\text{mm}$ 的钢丝作定性检查。

胶砂搅拌机的工作程序分手动和自动两种。自动控制程序为：低速 $30\text{s} \pm 1\text{s}$ ，再低速 $30\text{s} \pm 1\text{s}$ ，同时自动开始加砂并在 $20\text{s} \sim 30\text{s}$ 内全部加完，高速 $30\text{s} \pm 1\text{s}$ ，停 $90\text{s} \pm 1\text{s}$ ，高速 $60\text{s} \pm 1\text{s}$ 。手动控制具有高、停、低三档速度及加砂功能控制钮，并与自动互锁。

- ② 振实台：符合 JC/T682-2005《水泥胶砂试体成型振实台》，为胶砂试体成型基准设备。

安装要求：应安装在高度约 400mm 的混凝土基座上，混凝土基座体积约为 0.25m^3 ，质量应大于 600kg，仪器用地脚螺丝固定在基座上，安装后台盘成水平状态。仪器底座与基座之间要铺一层胶砂以保证它们完全接触。

主要参数：振实台振幅 $15.0\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ ，振动 60 次的时间 $60\text{s} \pm 2\text{s}$ ，台盘（包括臂杆、模套和卡具）的总重量 $13.75\text{kg} \pm 0.25\text{kg}$ ，台盘中心到臂杆轴的距离 $800\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 。

使用时注意：臂杆轴只能转动不允许有旷动，振实台启动后，其台盘在上升过程中和撞击瞬间无摆动现象，传动部分运转声音正常。

辅助设备：大小播料器是用于两次加料的，金属刮平尺用于刮平。

- ③ 水泥胶砂试体养护箱：符合 JC/T 959-2005《水泥胶砂试体养护箱》。

注意事项：有无滴水现象，放入试模后，篦板是否呈水平放置，显示的温湿度是否与真实情况有差别，箱内温度是否均匀。

使用时注意：必须在控制好环境温度的情况下，使水泥胶砂试体养护箱尽量减少工作时间。

- ④ 水泥胶砂电动抗折试验机：符合 JC/T724《水泥胶砂电动抗折试验机》。

该抗折机为 1 级精度，即相对示值误差、相对示值变动度均不超过 $\pm 1\%$ ，由计量部门检定。

GB/T17671-2021 标准要求加荷速度为 $50\text{N/s} \pm 10\text{N/s}$ 。

⑤ 水泥胶砂强度试验机

符合 JC/T960《水泥胶砂强度自动压力试验机》的要求。精度应 $\pm 1\%$ （JC/T960 征求意见稿 0.5 级），试验机最大荷载宜为 $200 \sim 300\text{kN}$ ，并具有按 $2400\text{N/s} \pm 200\text{N/s}$ 速率加荷的能力，宜采用能自动调节加荷速度的试验机。

⑥ 抗压夹具：符合 JC/T683《40mm×40mm 水泥抗压夹具》。

使用时注意：抗压夹具随着使用时间的增长，在做压力试验时其强度值会逐步衰减，因此在做好比对试验的前提下要注意更换，日常使用时注意传压柱进行导向运动时垂直滑动而不发生摩擦和晃动，上压板的球面应能自由滑动。

⑦ 试模：符合 JC/T726-2005《水泥胶砂试模》。重量： $6.25\text{kg} \pm 0.25\text{kg}$ ，试模组装后模腔基本尺寸：长（A）为 $160\text{mm} \pm 0.8\text{mm}$ ，宽（B）为 $40\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ ，深（C）为 $40.1\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ，用前自检，日常使用注意不要混用。应用黄干油涂试模的外接缝，在试模内表面涂上一层薄机油。

⑧ 天平：分度值不大于 $\pm 1\text{g}$ 。

⑨ 计时器：分度值不大于 $\pm 1\text{s}$

⑩ 加水器：分度值不大于 $\pm 1\text{ml}$ 。

5、胶砂配比及胶砂的制备

硅酸盐水泥和不掺火山灰质混合材料的普通硅酸盐水泥的胶砂量配合比应为：一份水泥、三份标准砂和半份水，每锅材料用量为：水泥 $450\text{g} \pm 2\text{g}$ ，标准砂 $1350\text{g} \pm 5\text{g}$ ，水 $225\text{g} \pm 1\text{g}$ 。火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥和掺火山灰质混合材料的普通硅酸盐水泥的胶砂配合比应为：一份水泥和三份标准砂，每锅水泥用量为 $450\text{g} \pm 2\text{g}$ ，标准砂用量为 $1350\text{g} \pm 5\text{g}$ ，而用水量按 0.50 水灰比和胶砂流动度不小于 180mm 来确定，即当采用 0.50 水灰比配制的胶砂测得胶砂流动度小于 180mm 时。应将水灰比以 0.01 的整数倍递增，直到胶砂流动度调整至不小于 180mm。一锅胶砂成三条试体。

试验前先检查水泥胶砂搅拌机、水泥胶砂振实台是否正常运转。用湿抹布擦拭搅拌锅及叶片。把水加入锅里，再加入水泥，把锅放在固定架上，上升至固定位置。立即开动机器，低速搅拌 30s 后，在第二个 30s 开始的同时均匀地将砂子加入（当各级砂是分装时，从最粗粒级开始，依次加完）。机器转至高速再拌 30s。停拌 90s，在第一个 15s 内用一胶皮刮具将叶片和锅壁上的胶砂刮入锅中间。在高速下继续搅拌 60s 后成型。各个搅拌阶段，时间误差应在 $\pm 1\text{s}$ 以内。

6、试件的制备

胶砂制备完毕后，立即进行试件的成型。将空试模和模套固定在振实台上，用一个适当的勺子直接将胶砂分两层装入试模，装第一层时，每个槽里约放 300g 胶砂，用大播料器垂直架在模套顶部沿每个模槽来回一次将料层播平，接着振实 60 次。再装入第二层胶砂，用料勺沿试模长度方向划动胶砂以布满模槽，但不能接触已振实胶砂，再用小播料器播平，再振实 60 次。每次振实时可将一块用水湿过拧干、比试模尺寸稍大的棉纱布盖在模套上以防止振实时胶砂飞溅。

移走模套，从振实台上取下试模，用一金属直尺以近似 90° 的角度（但向刮平方向稍斜）架在试模模顶的一端，然后沿试模长度方向以横向锯割动作慢慢向另一端移动，一次（删除）将超过试模部分的胶砂刮去。锯割动作的多少和直尺角度的大小取决于胶砂的稀稠程度，较稠的胶砂需要多次锯割，锯割动作要慢以防止拉动已振实的胶砂。用拧干的湿毛巾将试模端板顶部的胶砂擦拭干净，再用同一直边尺以近乎水平的情况下将试体表面抹平。抹平的次数要尽量少，总次数不应超过 3 次。最后将周边的胶砂擦拭干净。

在试模上作标记或加字条标明试件编号、各试件相对于振实台的位置。两个龄期以上的试体，在编号时应将同一试模中的 3 条试体分在两个以上龄期内。。

7、试件的养护

去掉留在模子四周的胶砂。立即将作好标记的试模放入湿气养护箱的水平架子上养护，湿空气应能与试模的各边接触。一直养护到规定的脱模时间时取出脱模。脱模前，用防水墨汁对试体进行编号和做其他标记。两个龄期以上的试体，在编号时应将同一试模中的三条试体分在两个以上龄期内。

脱模应非常小心，可用塑料或橡皮榔头轻轻敲击，以防试体受伤。对于 24 小时以上龄期的，应在成型后 20~24h 之间脱模。如经 24h 养护，会因脱模对强度造成损害时，可以延迟至 24h 以后脱模，但在试验报告中应予说明。

将做好标记的试件立即水平或竖直放在 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 水中养护，水平放置时刮平面应朝上。彼此之间保持一定间距，以让水与试件的六个面接触。养护期间试件之间间隔或试件上表面的水深不应小于 5mm。最初用自来水装满养护池，随后随时加水保持适当水位。养护期间，可以更换不超过 50% 的水。每个养护池只养护同类型的水泥试件。

任何到龄期的试体应在破型前提前从水中取出（不做 15min 要求），揩去试体表面沉积物，并用湿布覆盖至试验为止。

试体龄期是从水泥加水搅拌开始试验时算起，不同龄期强度试验在下列时间里进行：

—24h±15min;

—48h±30min;

—72h±45min;

—7d±2h;

—>28d±8h。

8、试件的抗折及抗压

抗折强度测定：将试体一个侧面放在试验机支撑圆柱上，试体长轴垂直于支撑圆柱，通过加荷圆柱以 50N/s±10N/s 的速率均匀地将荷载垂直地加在棱柱体相对侧面上，直至折断。保持两个半截棱柱体处于潮湿状态直至抗压试验。

抗折强度 R_f 以牛顿每平方米(MPa)表示，按公式 1 进行计算：

$$R_f = \frac{1.5F_f L}{b^3} \quad (1)$$

式中： F_f ——折断时施加于棱柱体中部的荷载，N；

L ——支撑圆柱之间的距离，mm；(100mm)

b ——棱柱体正方形截面的边长，mm(40mm)

抗压强度测定：将经抗折试验折断的半截棱柱体放入抗压夹具，并保证半截棱柱体中心与试验机压板的中心差应在±0.5mm 内，棱柱体露出抗压夹具压板的部分约有 10mm。

在整个加荷过程中，以 2400N/s±200N/s 的速率均匀地加荷直至破坏。

抗压强度 R_c 以牛顿每平方米(MPa)表示，按公式 2 进行计算：

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (2)$$

式中： F_c ——破坏时的最大荷载，N；

A ——受压部分面积，mm²。(40mm×40mm)

9、计算：

- ① 抗折强度记录至 0.1MPa，计算平均值时精确至 0.1MPa，以一组三个棱柱体抗折结果的平均值作为试验结果。当三个强度值中有超出平均值±10%时，应剔除再取平均值作为抗折强度结果。当三个强度值中有两个超出平均值±10%时，应以剩余一个作为抗折强度结果。各试体的抗折强度记录至 0.1MPa，计算精确至 0.1MPa。
- ② 抗压强度单个结果计算至 0.1MPa，计算平均值时精确至 0.1MPa，以一组三个棱柱体上得到的六

个抗压强度测定值的算术平均值作为试验结果。当六个测定值中有一个超出六个平均值 $\pm 10\%$ 时, 就应剔除这个结果后再取平均值作为抗压强度结果, 如果五个测定值中再有超出它们平均数 $\pm 10\%$ 的, 则此组结果作废。当六个测定值中同时有两或两个以上个超出平均值 $\pm 10\%$ 时, 则此组结果作废。各个半个棱柱体的单个抗压强度记录至 0.1MPa, 平均值计算精确至 0.1MPa。

③ 计算举例:

一个强度等级为 42.5 的普通硅酸盐水泥样品, 进行 28 天龄期胶砂强度检验的结果如下: 抗折破坏荷重分别为: 3.53kN、3.00 kN 及 3.42 kN, 抗压荷载分别为: 77.6 kN、77.1 kN、64.0 kN、75.2 kN、74.8 kN 及 75.6 kN, 计算该水泥的抗压强度及抗折强度。

抗折强度:

$$R_{f1} = \frac{1.5F_1L}{b^3} = \frac{1.5 \times 3530 \times 100}{40^3} = 8.3 \text{ (MPa)}$$

$$R_{f2} = \frac{1.5F_2L}{b^3} = \frac{1.5 \times 3000 \times 100}{40^3} = 7.0 \text{ (MPa)}$$

$$R_{f3} = \frac{1.5F_3L}{b^3} = \frac{1.5 \times 3420 \times 100}{40^3} = 8.0 \text{ (MPa)}$$

$$R_{f\text{平均}} = \frac{R_{f1} + R_{f2} + R_{f3}}{3} = \frac{8.3 + 7.0 + 8.0}{3} = 7.8 \text{ (MPa)}$$

因 $\frac{7.8 - 7.0}{7.8} \times 100\% = 10.2\% > 10\%$, 故 R_{f2} 值应剔除, 而 R_{f1} 及 R_{f3} 值未超出平均值的 $\pm 10\%$ 。

$$\text{抗折强度} = \frac{R_{f1} + R_{f3}}{2} = \frac{8.3 + 8.0}{2} = 8.2 \text{ (MPa)}$$

抗压强度:

$$R_{c1} = \frac{F_1}{A} = \frac{77600}{1600} = 48.5 \text{ (MPa)}$$

$$R_{c2} = \frac{F_2}{A} = \frac{77100}{1600} = 48.2 \text{ (MPa)}$$

$$R_{c3} = \frac{F_3}{A} = \frac{64000}{1600} = 40.0 \text{ (MPa)}$$

$$R_{c4} = \frac{F_4}{A} = \frac{75200}{1600} = 47.0 \text{ (MPa)}$$

$$\frac{F_5}{A}$$

$$R_{c5} = \frac{F_5}{A} = \frac{74800}{1600} = 46.8 \text{ (MPa)}$$

$$R_{c6} = \frac{F_6}{A} = \frac{75600}{1600} = 47.2 \text{ (MPa)}$$

$$R_{c\text{平均}} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6}{6} = \frac{48.5 + 48.2 + 40.0 + 47.0 + 46.8 + 47.2}{6} = 46.3 \text{ (MPa)}$$

因 $\frac{46.3 - 40.0}{46.3} \times 100\% = 13.6\% > 10\%$ ，故 R_{c3} 值应剔除，而 R_{c1} 、 R_{c2} 、 R_{c4} 、 R_{c5} 、 R_{c6} 值未超出平均值的 R_c 的 $\pm 10\%$ 。

$$\text{平均值} = \frac{R_1 + R_2 + R_4 + R_5 + R_6}{5} = \frac{48.5 + 48.2 + 47.0 + 46.8 + 47.2}{5} = 47.5 \text{ (MPa)}$$

因 R_{c1} 、 R_{c2} 、 R_{c4} 、 R_{c5} 、 R_{c6} 都未超出平均值的 $\pm 10\%$ ，故抗压强度为 47.5MPa。

五、水泥胶砂流动度测定方法：执行标准 GB/T2419-2005

1、使用范围：本标准适用于水泥胶砂流动度的测定，主要目的是为火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥及掺有火山灰质混合材的普通硅酸盐水泥提供合理的强度成型水灰比，也能满足其它标准要求或试验设计方案。

2、试验条件及材料：

试验室条件：试验室保持 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度不低于 50%，与 GB/T17671 标准中成型室要求相同。

通用硅酸盐水泥试验材料：水泥、标准砂和水的要求也与 GB/T17671 标准中的规定相同。

3、通用硅酸盐水泥试验胶砂组成（指 P·P、P·F、P·C 及掺有火山灰质混合材的 P·O 水泥）：

每锅胶砂配比为：中国 ISO 标准砂 $1350\text{g} \pm 5\text{g}$ ，水泥 $450\text{g} \pm 2\text{g}$ ，水 $225\text{g} \pm 1\text{g}$ ，经搅拌试验后若测得的流动度不小于 180mm，则该胶砂组成为该水泥强度成型的配比；若流动度小于 180mm，应重新配比胶砂再测流动度，此时中国 ISO 标准砂及水泥量不变，加水量是在 0.50 水灰比的基础上，以 0.01 整倍数递增的方法将水灰比调整至胶砂流动度不小于 180mm，此时的水灰比就为该水泥强度成型的水灰比，如经调整水灰比为 0.52，则此时的加水量为 $450(\text{g}) \times 0.52 = 234(\text{g})$ 。

4、试验设备：

- ① 小刀、试模及捣棒：略。
- ② 胶砂搅拌机及天平：同 GB/T17671 标准要求。
- ③ 卡尺：量程不小于 300mm，分度值不大于 0.5mm。
- ④ 水泥胶砂流动度测定仪（简称跳桌）：符合 JC/T958-2005 标准要求。

- A、技术要求，跳动部分（含圆盘桌面和推杆） $4.35\text{kg} \pm 0.15\text{kg}$ ；桌面落距 $10.0\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ ；桌面跳动次数 25 次，跳动频率为 $25 \pm 1\text{s}$ 内完成 25 次跳动。
- B、安装和润滑：跳桌宜通过膨胀螺栓安装在已硬化的水平混凝土基座。基座由容重至少 2240kg/m^3 的重混凝土浇筑而成，基部约为 400×400 （mm）见方，高约 690mm。跳桌推杆应保持清洁，并稍涂润滑油。圆盘和机架不应该涂油。凸轮表面涂油可减少操作摩擦。
- C、检定：跳桌安装好后，采用流动度标准样（JBW01-1-1）进行检定，测得标样的流动度值如与给定的流动度值相差在规定范围内，则该跳桌的使用均能合格。

5、试验方法：略。

6、结果与计算：

跳动完毕，用卡尺测量胶砂底面互相垂直两个方向直径，计算平均值，取整数，单位为毫米，该平均值即为该水灰比的水泥胶砂流动度。

六、水泥细度检验方法(筛析法)：执行 GB/T1345—2005 标准

1、适用范围：

本标准规定了 $45\mu\text{m}$ 方孔筛和 $80\mu\text{m}$ 方孔筛的水泥细度试验方法，本标准适用通用水泥及指定采用本标准的其它品种水泥和粉状物料。

2、样品要求：水泥通过 0.9mm 方孔筛后再拌匀。

3、使用设备：

① 试验筛：水筛架及喷头，符合 JC/T728-2005 标准。

② 负压筛析仪

负压筛可调负压在 $4000\text{Pa} \sim 6000\text{Pa}$ 之间，喷气嘴的转速为 $30\text{r/min} \pm 2\text{r/min}$ ，筛析时间可在 $0 \sim 5\text{min}$ 范围内自动控制。

③ 天平：最小分度值不大于 0.01g 。

4、试验方法：有负压筛析法、水筛法及手工筛析法三种方法，有争议时以负压筛析法为准。

5、操作程序：

试验准备，试验前所用的试验筛应保持清洁，负压筛及手工干筛应保持干燥。试验时， $80\mu\text{m}$ 筛析试验称取试样 25g ， $45\mu\text{m}$ 筛析试验称取试样 10g 。

负压筛析法：试验前应把负压筛放在筛座上，盖上筛盖，接通电源，检查控制系统，调至负压至 $4000\text{Pa} \sim 6000\text{Pa}$ 范围内。称取试样精确至 0.01g ，置于洁净的负压筛中，启动负压筛析仪连续筛析 2min ，在此期间如有试样附着在筛盖上，可轻轻地敲击筛盖使试样落下。筛毕，用天平称全

部筛余物。

水筛法：试验前应检查水中无泥、砂调整好水压及水筛架的位置，使其正常运转，并控制喷头底面和筛网之间距离 35mm~75mm，称取试样精确到 0.01g，置于洁净的水筛中，立即用淡水冲洗至大部分细粉通过后，放在水筛架上，用水压为 0.05MPa±0.02 MPa 的喷头连续冲洗 3min。筛毕，用少量水把筛余物冲至蒸发皿中，等水泥颗粒全部沉淀后，小心倒出清水，烘干后用天平称量全部筛余物。

手工筛法：略

6、计算要求：

- ① 水泥试样筛余百分数按下列式计算

$$F = \frac{R_t}{W} \times 100$$

F：水泥试样的筛余百分数，单位为质量百分数（%），结果计算至 0.1%；

R_t ：水泥筛余物的质量，单位为 g；

W：水泥试样的质量，单位为 g。

- ② 由于 80 μm 及 45 μm 是指筛网方孔的平均边长，而实际情况是每个方孔大小不一，并且筛网在使用过程中会磨损，有的水泥颗粒会嵌入筛孔中，因此结果应进行修正，使用符合 GSB14-1511 要求的标准样进行校正。

如某试验筛对某水泥的筛余百分数为 5.0%，而该筛的修正数为 1.10，则该水泥细度最终结果为 5.0%×1.10=5.5%。

- ③ 合格评定时，每个样品应称取两个试样分别筛析，取筛余平均值为筛析结果。若两次筛余结果绝对误差大于 0.5%时（筛余百分数大于 5.0%时可放至 1.0%）应再做一次试验，取两次相近结果的平均值作为最终结果。

7、水泥试验筛的标定方法：

称取 2 份 GSB14-1511 标准样（80um 筛为 25g，45um 为 10g），按负压筛法、水筛法或手工干筛法分别测定其筛余百分数的平均值，当两个样品筛余结果相差大于 0.3%时应称第三个样品进行试验，并取接近的两个结果平均作最终结果。

修正系数按下列式计算：

$$C = \frac{F_s}{F_t}$$

C: 试验筛修正系数 (计算至 0.01);

F_s : 标准样品给定筛余标准值, 单位为质量百分数%;

F_t : 标准样品在试验筛上的筛余值, 单位为质量百分数%。

当 C 值在 0.80—1.20 范围内时, 试验筛可继续使用, C 为结果修正系数; 当 C 值超出 0.80—1.20 范围内时, 试验筛应予以淘汰。

8、计算举例:

① 修正系数标定

某 80um 负压筛用标准粉标定其修正系数时, 两次结果的筛余量分别为 1.20g 及 1.24g, 已知该标准粉给定的筛余标准值为 5.0%, 求该负压筛的修正系数。

两个样品的筛余百分数分别为:

$$F_1 = \frac{1.20}{25} \times 100\% = 4.8\%$$

$$F_2 = \frac{1.24}{25} \times 100\% = 5.0\%$$

F_2 及 F_1 差值为 0.2%, 未超出 0.3%, 其结果有效。

$$F_t = \frac{5.0\% + 4.8\%}{2} = 4.9\%$$

$$C = \frac{F_s}{F_t} = \frac{5.0\%}{4.9\%} = 1.02$$

② 水泥细度的计算:

某 45um 负压筛其修正系数为 1.04, 测定某水泥细度时两次试验的筛余量分别为 1.05g 及 1.11g, 求该水泥 45um 细度。

$$F_1 = \frac{1.05}{10} \times 100\% = 10.5\%$$

$$F_2 = \frac{1.11}{10} \times 100\% = 11.1\%$$

F_1 及 F_2 差值为 0.6% 未超出 1.0%, 其结果有效。

$$\text{两个样品平均筛余百分数为 } \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{10.5\% + 11.1\%}{2} = 10.8\%$$

该水泥细度为 $10.8\% \times 1.04 = 11.2\%$ 。

七、水泥比表面积测定方法(勃氏法)：执行 GB/T8074-2008 标准

1、适用范围：适用测定水泥比表面积及适合用本标准方法的其它各种粉状物料，不适合测定多孔材料及超细粉状物料。

2、试验材料要求：

- ① 压力计液体：用带有颜色的蒸馏水或直接采用无色蒸馏水。
- ② 比表面积标准样品：符合国家实物标准要求，使用前在 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 下烘干后在干燥器中冷至室温备用。

3、设备：

- ① 滤纸：中速定量滤纸
- ② 天平：分度值 1mg
- ③ 秒表：精确读到 0.5s
- ④ 烘干箱：控制温度灵敏度 $\pm 1^\circ\text{C}$
- ⑤ 勃氏透气仪：符合 JC/T956-2005 标准，使用时注意事项：

密闭检查：在密封的情况下，压力计内液面在 3min 内不下降，认为密闭样符合要求。

抽气装置：抽气吸力能超过 U 型管上最高刻度线。

筒体试料层体积测定：水银排代法，每隔一个季度或半年应校正一次，精确至 0.001cm^3 。当试料层体积发生变化，U 型管液面高度发生变化，发现密闭性有问题调整后，应重新用标准粉标定仪器。

4、试验室条件：具体到每一次试验应保证环境温度、仪器设备温度及试验材料的温度均应一致，相对湿度不大于 50%。

5、试验步骤：

- ① 样品准备：水泥及标准样均须烘干，放在干燥器内冷却至室温待用。

- ② 确定试样量

$$W = \rho V(1 - \varepsilon)$$

W：需要的试样量 g；

ρ ：试样密度 g/cm^3 ；

V：试料层体积 cm^3 ；

ε ：试料层空隙率，标准粉及 P·I、P·II 水泥取 0.500 ± 0.005 ，其它通用水泥取 0.530 ± 0.005 。

- ③ 试料层制备

④ 透气试验：记录透气时间

按以下公式计算：

$$S = \frac{S_s \sqrt{T}(1-\varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon_s^3} \rho_s \sqrt{\eta_s}}{\sqrt{T_s}(1-\varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon_s^3} \rho \sqrt{\eta}}$$

在 GB/T8074-2008 标准中该公式前的 5 个比表面积计算公式均由此公式变化而来，由于勃氏比表面积仪均有其恒定的工作常数 K，因此该公式可按两种不同的形式简化：

当测定 P·I 及 P·II 水泥的比表面积时，由于水泥的空隙率（ ε ）及标准粉的空隙率（ ε_s ）均相等为 0.500。

$$\text{设 } k = \frac{S_s \rho_s \sqrt{\eta_s}}{\sqrt{T_s}} \quad \text{而} \quad \frac{(1-\varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon_s^3}}{(1-\varepsilon) \sqrt{\varepsilon_s^3}} = 1$$

则该公式可简化成

$$S = k \frac{\sqrt{T}}{\rho \sqrt{\eta}}$$

当测定其它通用水泥的比表面积时，由于水泥的空隙率（ ε ）为 0.530，标准粉的空隙率（ ε_s ）为 0.500。

$$\text{设 } k = \frac{S_s \rho_s \sqrt{\eta_s}}{\sqrt{T_s}}, \quad \text{而} \quad \frac{(1-\varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon_s^3}}{(1-\varepsilon) \sqrt{\varepsilon_s^3}} = 1.161$$

则该公式可简化成

$$S = 1.161 k \frac{\sqrt{T}}{\rho \sqrt{\eta}}$$

比表面积由二次透气试验结果的平均值来确定，如两次试验结果相差 2% 以上时，应重新试验，计算精确至 $1\text{m}^2/\text{kg}$ 。

当同一水泥用手动勃氏透气仪测定的结果与自动勃氏透气仪测定的结果有争议时，以手动勃氏透气仪测定结果为准。