

DB42

湖 北 省 地 方 标 准

DB42/T 1971—2023

同步注浆用干混砂浆应用技术规程

Technical code of practice for application of dry-mixed synchronous
grouting mortar

2023 - 03 - 06 发布

2023 - 07 - 06 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省市场监督管理局

联合发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原材料及质量控制 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 水泥 3

 4.3 粉煤灰 3

 4.4 细骨料 3

 4.5 膨润土 3

 4.6 外加剂 3

 4.7 拌合用水 3

5 注浆材料 3

 5.1 分类标识 3

 5.2 注浆材料性能 3

6 配合比设计原则 4

7 施工 4

 7.1 一般规定 4

 7.2 原材料进场与存储 5

 7.3 计量 5

 7.4 生产 5

 7.5 浆液拌制 5

 7.6 运输 6

 7.7 注浆 6

8 质量检验 7

 8.1 注浆材料性能检验 7

 8.2 注浆质量检验 7

附录 A（规范性） 水陆强度比试验方法..... 8

附录 B（规范性） 流动度试验方法..... 9

附录 C（规范性） 压力泌水试验方法..... 10

附录 D（规范性） 干混砂浆固结率测试方法..... 12

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。

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。

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件主要起草单位：武汉地铁集团有限公司、中建三局集团有限公司、中铁十一局集团有限公司。

本文件参与起草单位：中建三局基础设施建设投资有限公司、中铁十一局集团城市轨道交通工程有限公司、中铁十一局武汉重型装备有限公司、湖北省标准化与质量研究院、湖北光谷标准创新科技有限公司、武汉质高环保科技有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、武汉理工大学。

本文件主要起草人：陈臣、蔡兴瑞、曹勇、董国科、代志勇、丁庆军、方诗涛、凡子义、向文龙、蒿昭东、候云亮、焦荣晔、刘云鹏、卢颖明、吕延豪、龙广山、龙华东、李宏勋、李飞鹏、李宏福、李江龙、马俊标、覃亚洲、孙雪兵、谭从龙、王红喜、汪先国、汪发松、王义、徐文强、姚春娇、游正军、杨剑、杨冬、朱海涛、朱明喜、张昆峰、朱知文。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：407483361@qq.com。在执行过程中如有意见和建议请邮寄武汉地铁集团有限公司（地址：武汉市洪山区欢乐大道77号，邮编 430070）。

同步注浆用干混砂浆应用技术规程

1 范围

本文件规定了同步注浆用干混砂浆的术语和定义、原材料及质量控制、注浆材料、配合比设计原则、施工、质量检验。

本文件适用于干混砂浆在隧道盾构法施工中的应用及检验。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 2419 水泥胶砂流动度测定方法
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB/T 20973 膨润土
- GB 23439 混凝土膨胀剂
- GB/T 26408 混凝土搅拌运输车
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50446 盾构法隧道施工及验收规范
- JC 475 混凝土防冻剂
- JG 237 混凝土试模
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准(附条文说明)
- JGJ 63 混凝土用水标准(附条文说明)
- JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法标准
- JGJ/T 223-2010 预拌砂浆应用技术规程
- SB/T 10461 干混砂浆散装移动筒仓
- SY/T 5377 钻井液参数测试仪器技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

同步注浆 synchronous grouting

盾构法施工过程中，与盾构掘进同步进行，通过注浆填充盾尾空隙，以稳定管片、封堵地下水、防止地层变形、减少地层沉降的一种施工工艺。

3.2

同步注浆用干混砂浆 dry-mixed synchronous grouting mortar

经干燥筛分处理的细集料、粉煤灰、干燥的细骨料，保水增稠材料、膨润土及添加剂等按一定比例组成，在专业生产厂经计量、混合后，专用于同步注浆工艺的一种颗粒状混合物。

3.3

稠度 consistence

当剪切应力作用浆液于时，浆液抵抗流动(永久变形)的性质。

3.4

流动度 fluidity

浆液在自重或外力作用下的易流动性程度。

3.5

湿表观密度 dry apparent density

同步注浆干混砂浆拌和后的单位体积质量。

3.6

压力泌水率 bleeding ratio under pressure

砂浆在一定压力下维持一段时间的泌水量与砂浆质量的百分比。本文件中是以在0.3 MPa压力下7.5 min内的砂浆泌水率值表示。

3.7

固结率 shrinkage

浆液固结前的体积减去浆液固结后的体积与浆液原体积之比。

3.8

凝结时间 setting time

同步注浆干混砂浆与水一起混合搅拌时起，至料浆开始失去流动性的时间。

3.9

保水性 water retention

新拌砂浆保持水分不易析出的能力。

3.10

水陆强度比 underwater/ in-air strength ratio

水中成型注浆材料与空气中成型注浆材料28 d龄期的抗压强度之比，用于表征注浆材料浆体抗水分散性能。

3.11

注浆压力 grouting pressure

注浆时克服浆液流动阻力并使浆液密实填充至管片与地层之间的空隙所需的压力。

3.12

注浆率 grouting ratio

实际注浆浆液体积与理论建筑空隙体积的百分比。

4 原材料及质量控制

4.1 一般规定

同步注浆用干混砂浆所使用的原材料不限于本文件中列出的材料，原材料进场时均应附有质量证明文件，并按国家现行相关标准复验合格后方可使用。

4.2 水泥

水泥宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，水泥进场应提供质量证明书及水泥3 d、28 d强度检测报告。并按GB 175的要求批量复验，合格后方可使用。

4.3 粉煤灰

应符合GB/T 1596的规定，宜选用F类、II级粉煤灰。粉煤灰应按GB/T 1596的规定进行复验。

4.4 细骨料

细骨料宜选用细砂，符合JGJ 52要求，细度模数应控制在0.7-2.2。在筛分及存储过程中，应采取使砂颗粒级配均匀，保持洁净，不应混入影响砂浆性能的有害物质。并应经过干燥处理，干燥后砂的含水率应小于0.5%。按JGJ 52的规定进行复检。

4.5 膨润土

膨润土技术指标应符合GB/T 20973的规定并进行复检。同一标记的袋装膨润土以60 t为一批，不足60 t按一批计；散装膨润土以每一罐车或储仓为一批。

4.6 外加剂

外加剂应符合GB 8076、GB 23439、GB 50119和JC 475的规定。

外加剂进场应提供出厂检验报告等质量证明文件，并应进行检验。检验项目和检验批量应符合GB 50164的规定。

4.7 拌合用水

拌合水水质要求应符JGJ 63的规定，检验方法按JGJ 63中的规定执行。

5 注浆材料

5.1 分类标识

5.1.1 干混砂浆按在不同地质条件下使用的注浆材料进行分类，分为。

- a) I 型——在自稳能力较强的中风化、微风化岩、硬塑状老粘土等硬质地层中使用的注浆材料。
- b) II 型——在自稳能力较差的强风化、全风化岩、软弱粘土等软质地层中使用的注浆材料。
- c) III 型——在高水压、强透水等高压富水地层中使用的注浆材料。

5.1.2 产品按下列顺序标记：名称-类别-标准号。

示例1：I 型盾构法施工隧道同步注浆材料标记为：ZJ-I-XXXX。

示例2：II 型盾构法施工隧道同步注浆材料标记为：ZJ-II-XXXX。

示例3：III 型盾构法施工隧道同步注浆材料标记为：ZJ-III-XXXX。

5.2 注浆材料性能

5.2.1 同步注浆用干混砂浆的注浆材料性能应符合表 1 的规定。

表1 同步注浆用干混砂浆注浆材料性能

项 目		技 术 指 标			试 验 方 法
		I 型	II 型	III 型	
外 观		均匀一致、无沉淀、无结块			JGJ/T 223
稠度 （mm）	初始	130-160	120-160	90-110	JGJ/T 70
	2h 稠度损失	≤30%			
凝结时间（h）	—	1-4	3-6	1-4	JGJ/T 70
抗压强度（Mpa）	3d	>0.5	>1	>1	JGJ/T 70
	28d	≥2.5			
水陆强度比（%）	28d	—	—	>80	附录 A
流动度（mm）	初始	180-240			附录 B
压力泌水率（%）	—	≤9	≤7.5	≤5	附录 C
固结率（%）	—	≥95			附录 D
保水率（%）	—	≥93			JGJ/T 70
湿表观密度(kg/m³)	初始	≥1900			JGJ/T 70
注：流动度、压力泌水率、固结率、保水率、湿表观密度为选检项目，具体由供需双方商定。					

5.2.2 当使用方对干混砂浆其他性能有要求时，应按国家现行有关标准规定进行试验,无相应标准时应按合同规定进行试验，其结果应符合标准及合同要求。

6 配合比设计原则

- 6.1 盾构隧道同步注浆干混砂浆材料配合比设计应根据供需双方依照原材料特点、设计要求、现场施工工艺和工程地质条件等要求对配合比进行施工适应性调整后确定。
- 6.2 进行配合比设计时，应明确拌合用水掺量范围。
- 6.3 原材料、生产条件、地层条件、主要工艺发生变化时应重新进行配合比设计和试配。

7 施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 同步注浆用干混砂浆宜采用散装方式进行储存。
- 7.1.2 同步注浆用干混砂浆在储存及使用过程中，当对砂浆质量的均匀性有疑问或争议时，应按 JGJ/T 223-2010 附录 B 的规定检验其砂浆细度均匀度。
- 7.1.3 每根注浆管路应有单独的注浆压力表、注浆流量计和流量控制器，并应在盾构操作屏幕上准确显示。
- 7.1.4 同步注浆用干混砂浆注浆施工时环境温度宜为 5℃-35℃。当温度低于 5℃或高于 35℃时，应对浆液各项指标进行复验，符合表 1 中规定方可进行施工。
- 7.1.5 地面配套系统设备需在盾构始发前完成安装、调试，需确定同步注浆浆液接收与储存位置。

- 7.1.6 地面拌浆系统应满足拌制砂浆的质量和用量要求，机具设备运转正常并符合安全要求，拌浆间内部区域划分清晰、有序。
- 7.1.7 下井后配套系统设备需在盾构始发前全部完成安装，需根据同步注浆浆液性能特点对设备进行选型与改制，满足浆液在存储及输送过程中性能质量与输送效率的要求。
- 7.1.8 单套设备包含储料罐 2 只（储存量不低于 60 t），高速搅拌机 1 台（速率不低于 800 r/min）。
- 7.1.9 两个筒仓（Φ3 m）及一台搅拌机的最小安装面积按 80 m² 考虑。

7.2 原材料进场与存储

- 7.2.1 水泥、粉煤灰、骨料、外加剂等原材料进场应根据第 4 章的规定进行复检。
- 7.2.2 原材料进场时，供货方应按批次提供产品检验报告和合格证等质量证明文件。
- 7.2.3 原材料应按品种、等级和生产厂家分别储存，防雨防潮，并进行分类标识。
- 7.2.4 储存用筒仓应符合 SB/T 10461 的规定，并应在现场安装牢固。
- 7.2.5 地面料斗不宜太小，避免放浆时浆液溅出料斗，尺寸宜为 80 cm×80 cm。料斗底部需加设滤网，滤网孔径宜小于 1 cm。下料管直径应与料斗匹配，下料管弯头不宜大于 2 个。
- 7.2.6 储浆罐应使用刮刀式搅拌棒，每个储浆桶应设置容量标识。车架上的同步注浆浆桶需配设滤网，滤网孔径宜小于 1 cm。

7.3 计量

- 7.3.1 计量设备应按有关规定由法定计量部门进行检定，使用期间应定期进行校准。
- 7.3.2 计量设备应满足计量精度要求。计量设备应能连续计量不同配合比砂浆的各种材料，并应具有实际计量结果逐盘记录和存储功能。
- 7.3.3 各种原材料均应按质量进行计量。
- 7.3.4 原材料的计量允许偏差应符合表 2 的规定。

表2 原材料的计量允许偏差

材料品种	水泥	细砂	粉煤灰	膨润土	外加剂	水
计量允许偏差（%）	±2	±2	±2	±2	±1	±1

7.4 生产

- 7.4.1 混合时间应根据砂浆品种及混合机型号试验确定，并应保证砂浆混合均匀、性能满足施工要求。
- 7.4.2 生产中应测定干燥细砂的含水率，每一工作班不应少于 1 次。
- 7.4.3 生产过程中应定期检查混合机的混合效果以及进出料口的封闭情况。
- 7.4.4 砂浆品种更换时，混合及输送设备应清理干净。
- 7.4.5 盾构注浆配套预拌砂浆在生产过程中应避免对周围环境的污染，所有材料的输送及计量工序均应在密闭状态下进行，并应有收尘装置，生产车间粉尘浓度排放应满足 GB 16297 要求。

7.5 浆液拌制

- 7.5.1 同步注浆用干混砂浆应按产品质保书的规定加水并拌合，所有技术指标应符合表 1 中的规定。
- 7.5.2 拌制后的浆液宜在浆液凝结时间内用完，I 型、III 型浆液宜在 3 小时内使用完，II 型浆液宜在 4 小时内使用完。超过该时间，应现场取样检测砂浆稠度，满足使用要求方可继续使用，不满足，不能用作同步注浆材料。

7.5.3 根据注浆工艺,应配有单液注浆泵、双液注浆泵(或两台单液注浆泵),其注浆压力应 0.2 MPa~0.4 MPa,排浆量应大于 50 L/min 并可连续注浆。

7.5.4 搅拌砂浆的设备应选用高速机械式搅拌机,其搅拌有效容积不小于 1000 L 搅拌注浆料的时间宜控制在 3 min~5 min (控制设备设定即可)。

7.5.5 注浆时,应根据需要配有混合器、抗震压力表、高压胶管、高压球阀、水箱及储浆桶等辅助设备。

7.5.6 所有计量仪器、仪表均应有产品合格证及检定单位检定合格证。

7.6 运输

7.6.1 同步注浆材料浆液的搅拌运输车应符合 GB/T 26408 的规定。

7.6.2 在运输过程中,浆液应均匀,不应有分层、离析现象。

7.6.3 运输车装料前,应保持罐内干净,无积水、积浆或杂物;运输过程中不应向浆液罐内加水。

7.6.4 3km 及以上长距离隧道施工时,需对整体浆液性能进行优化。

7.7 注浆

7.7.1 施工前应检查注浆泵,保证其能正常工作;检查注浆管路,确保管路畅通;检查压力显示系统,确保其准确无误。

7.7.2 首次注浆前所有管路均应注入膨润土浆液进行润湿。

7.7.3 同步注浆作业应采用多点均匀注浆,宜采用左右对称注浆,上下部注浆量比例分配应结合具体施工工况确定,起始时建议该比例控制在 6:4,注入流量应同掘进速度相适应。

7.7.4 注浆过程宜采用双控注浆法,即兼顾注浆压力和注浆量。

7.7.5 注浆压力的确定应综合考虑地质条件、管片强度、设备性能、浆液特性和土仓压力等因素。注浆量的确定应以管片壁后建筑空隙量为基础,并结合地层、线路及掘进方式等因素,考虑适当的富余系数,以保证达到充填密实的目的。注浆率宜为 130%~150%,在裂隙比较发育或地下水量大的岩层地段,填充系数宜为 150%~250%。可根据地层条件、施工状态和环境保护要求,通过试验实测确定其合理注浆率。

7.7.6 作业人员应随时观察注浆工况,控制注浆压力略大于周边地层压力,严格控制地面沉降和隧道沉降。

7.7.7 对于环形管片如地铁管片,按式(1)计算每环同步注浆量。

$$Q = V \times \lambda = \frac{\pi (D^2 - d^2) L}{4} \times \lambda \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q——每环管片注浆量体积,单位为立方米(m³);

V——盾构施工注浆空隙体积,单位为立方米(m³);

λ——注浆率%;

D——盾构切削外径,单位为米(m);

d——预制管片外径,单位为米(m);

L——预制管片衬砌每环幅宽,单位为米(m)。

7.7.8 注浆过程中应对储浆罐内浆液搅拌,保证浆液的和易性。

7.7.9 注浆系统一旦发生意外故障,应暂时停止盾构掘进,排除故障后方可继续施工。

7.7.10 注浆压力达到设计压力,注浆量达到理论注浆量的 90%以上,注浆才能结束。

7.7.11 施工结束后,注浆管路应用膨润土浆液或水清洗一次,部分膨润土浆液通过管路压入盾尾,其余从回路注入集水池,带走管路中浆液的残余部分。

7.7.12 长时间停顿时，应对拌浆、储浆设备进行清空、清洗，应采用膨润土浆液排空压浆管及注浆设备内部的浆液。

8 质量检验

8.1 注浆材料性能检验

8.1.1 进场的同步注浆材料应提交产品合格证、检验报告等质量证明文件。

8.1.2 同步注浆材料检验项目应符合表 1 的规定，对于选检项目根据供需双方协议商定，注浆材料性能应符合表 1 规定。

8.1.3 同一生产单位，同一批次，同一型号的进场的同步注浆材料，每 2000 t 注浆料为一批，不足 2000 t 时亦按一批计。每批至少取两组试样，一组进行检验，一组密封保存，以便进行质量复检。

8.2 注浆质量检验

8.2.1 同步注浆质量检验应符合 GB 50446 的有关规定。

8.2.2 同步注浆施工结束后，对注浆量不足和注浆效果为达到预期的情况，应进行二次注浆。

8.2.3 同步注浆施工结束 3 d 后，采用无损检测或分析注浆过程记录对注浆填充密实情况进行检测验证；存在争议时，应结合钻芯法进行综合评价。

附录 A (规范性) 水陆强度比试验方法

A.1 试验条件

本方法适用于同步注浆材料抗水分散性能的测试，实验室温度应控制在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于50%。

A.2 试验用仪器设备

试验仪器设备应符合下列规定：

- a) 应采用 $70.7\text{ mm} \times 70.7\text{ mm} \times 70.7\text{ mm}$ 的立方体试模，试模材质应符合 JG 237 的规定，试模应拼接牢固，振捣时不应变形。
- b) 水箱高度不小于 150 mm，长、宽尺寸宜满足能够容纳试模的要求，水温保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 漏斗下口端面应为平面，尺寸宜满足以下要求：漏斗下口内径 25 mm，管高 80 mm，漏斗高 260 mm。

A.3 同步注浆材料水下成型与养护

同步注浆材料水下成型与养护应按下列步骤进行：

- a) 将试模放入水箱，向水箱中注入水，超出试模上表面的水面高度不应小于 10 mm。
- b) 同步注浆材料试样的制备应符合 JGJ/T 70 的有关规定。
- c) 手持漏斗应保持漏斗下口端面高于水面 10 mm~20 mm，向漏斗持续倒入注浆浆液，同时将漏斗缓慢插入试模底面，漏斗下口端面应紧贴试模内底面，缓慢上提漏斗应使浆液充满试模，此过程应在 30 s 内完成。
- d) 应按 a)~c) 骤依次填充剩余试模，完成水下试件的成型。
- e) 成型完毕后，应及时将漏斗抽离水面，并将试模从水中取出，静置 5 min~10 min，使注浆材料浆体上附着水流出。
- f) 用木锤轻敲试模的两个侧面以促进排水，抹平试件表面后，应将试模放回水中养护。
- g) 带模养护 3 d 后拆模，拆模后应将试块继续放入水中养护，养护全过程的水温应为 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，养护至 28 d 龄期后，进行试验。

A.4 空气中同步注浆材料的成型与养护试验应符合 JGJ/T 70 的规定。

A.5 干混砂浆同步注浆材料抗压强度试验应按 JGJ/T 70 的立方体抗压强度试验进行。

A.6 水陆强度比应按式 (A.1) 计算：

$$S_R = \frac{S_w}{S_a} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- S_R ——水陆强度比(%)，精确至0.1；
 S_w ——水中成型试件的28d抗压强度(MPa)；
 S_a ——空气中成型试件的28d抗压强度(MPa)。

附 录 B
(规范性)
流动度试验方法

- B.1 采用行星式水泥胶砂搅拌机进行搅拌, 搅拌前用潮湿干净的布擦拭搅拌锅和搅拌叶, 温度保持在 $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 。
- B.2 将 2000 g 注浆材料倒入搅拌锅中, 开机搅拌, 在 10 s 内加入计量好的拌合用水, 按照水泥胶砂搅拌机的固定程序搅拌 240 s 结束。若生产厂家对产品有具体搅拌要求, 应按照其要求进行搅拌。
- B.3 预先用潮湿的布擦拭玻璃板和截锥圆模内壁, 并将截锥圆模放置在玻璃板中心, 然后将搅拌好的注浆材料迅速倒满截锥圆模, 浆体与截锥圆模上口平齐, 并用小刀进行刮平。截锥圆模应符合 GB/T 2419 的规定, 尺寸为下口内径 $100 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm}$, 上口内径 $70 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm}$, 高 $60 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm}$, 玻璃板尺寸不小于 $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$, 并放置在水平试验台上。
- B.4 缓缓垂直提起截锥圆模, 注浆材料在无扰动条件下自由流动直至停止, 用卡尺测量底面最大扩散直径及与垂直方向的直径, 计算平均值, 作为流动度值, 测试结果精确到 1 mm。
- B.5 流动度值检验, 从搅拌开始计时到测量结束, 应在 6 min 内完成。

附录 C
(规范性)
压力泌水试验方法

C.1 适用范围

本方法适用于同步注浆用于干混砂浆浆液压力泌水率的规定。

C.2 环境条件

试验条件为温度 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, 相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 。

C.3 验收仪器

C.3.1 滤矢量应符合SY/T 5377中低温型压力和主要结构参数的规定。仪器示意图如图 C.1 所示。

C.3.2 电子天平：量程应为5 kg，感量应为0.5 g。

C.3.3 计时器：秒表。



图 C.1 滤矢量仪

C.4 压力泌水率试验步骤

C.4.1 仪器应安放在稳固，水平面的台面上。

C.4.2 按要求装好滤矢量杯的橡胶垫圈，滤网、滤纸。

C.4.3 称取装好后滤矢量杯的质量 (m_1)。

C.4.4 将同步注浆用干混砂浆浆液装入滤矢量杯内，至滤矢量杯内的刻度线为止，稍作刮平。

C.4.5 称取装好后滤矢量杯的质量 (m_2)。

C.4.6 滤矢量杯按要求装上滤矢量仪，并固定密封，下部放上量筒或量杯，用打气筒对其进行加压至 0.3 MPa，同时开始计时，保持压力不变，至7.5 min结束，卸压后取下滤矢量杯，称取量筒或量杯中水的质量（ m_3 ）。

C.5 结果计算

同步注浆用于干混砂浆浆液压力泌水率R由试 (C.1) 进行计算，计算结果数值精确到0.1%。

$$R = \frac{m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- R——同步注浆用于干混砂浆浆液压力泌水率，%；
- m_1 ——滤矢量杯的质量，单位为克（g）；
- m_2 ——滤矢量杯和同步注浆用于干混砂浆浆液的质量，单位为（g）；
- m_3 ——压力泌水的质量。单位为克（g）。

附录 D (规范性) 干混砂浆固结率测试方法

D.1 试验条件

试验条件为温度(20±2)℃,相对湿度(50±5)%。

D.2 试验仪器

D.2.1 量筒:容量250 ml,精度不低于2 ml。

D.2.2 游标卡尺:量程不小于200 mm,精度不小于0.02 mm。

D.2.3 钢板尺。

D.3 试验步骤

D.3.1 将量筒置于水平且无振动干扰的平台上,用游标尺测量量筒内壁高度 h_1 ,精确到0.1 mm。

D.3.2 将拌和好的砂浆平稳地注入250 ml量筒中,使砂浆表面与250 ml刻度持平。

D.3.3 将钢板尺水平放置于量筒顶部作为标尺,用游标卡尺测量量筒中砂浆表面至标尺的高度 h_2 ,精确到0.1 mm。测量完毕后,用保鲜膜将量筒密封。

D.3.4 24h后,拆去保鲜膜,再次将钢板尺水平放置于量筒顶部作为标尺,用游标卡尺测量此时砂浆固化体的表面至标尺的高度 h_3 ,精确到0.1 mm。

D.4 试验结果

D.4.1 砂浆初始体积 V_0 计算按式(D.1):

$$V_0 = \pi R^2 (h_1 - h_2) \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

V_0 ——砂浆初始体积,单位为 mm^3 ;

R ——量筒内径半径,单位为mm;

h_1 ——量筒内壁高度,单位为mm;

h_2 ——量筒中料浆表面至标尺的高度,单位为mm。

计算结果精确至0.001 mm^3 。

D.4.2 24 h后砂浆固化体积 V_1 计算按式(D.2):

$$V_1 = \pi R^2 (h_1 - h_3) \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

V_1 ——24 h后砂浆固化体积,单位为 mm^3 ;

R ——量筒内径半径,单位为mm;

h_1 ——量筒内壁高度,单位为mm;

h_3 ——料浆固化体的表面至标尺的高度,单位为mm。

计算结果精确至0.001 mm^3 。

D.4.3 砂浆固结率 ε 计算按式(D.3):

$$\varepsilon = V_1 / V_0 \times 100\% \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：

- ε —— 砂浆固结率， %；
 - V_0 —— 砂浆初始体积， 单位为 mm^3 ；
 - V_1 —— 24 h后砂浆固化体积， 单位为 mm^3 ；
- 计算结果精确至0.1%。
-