



团 体 标 准

T/DGGC 27—2024
T/BAPE 3—2024

盾构法隧道同步注浆技术标准

Technical standard for simultaneous grouting of shield tunnel

2024-12-15 发布

2025-05-01 实施

北京盾构工程协会
北京设备管理协会
中国标准出版社

发 布
出 版

前 言

根据住房和城乡建设部《工程建设标准编写规定》的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考国内相关标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分6章,主要内容为:1 总则;2 术语和符号;3 基本规定;4 同步注浆材料及浆液性能要求;5 同步注浆施工;6 质量检验。

本标准由北京盾构工程协会归口并负责组织实施。各单位在执行过程中,如有意见和建议,请将意见和相关资料寄送至北京盾构工程协会(地址:北京市丰台区小屯路100号、邮编:100166、电话:010-80989768、邮箱:dgjcn6@163.com)、中铁十一局武汉重型装备有限公司(地址:湖北省武汉市黄陂区横店街道比亚迪路2号,邮编:430300,电话:027-85080088,邮箱:411536802@qq.com)或中铁十四局集团大盾构工程有限公司(地址:江苏省南京市浦口区园广路20号中铁十四局大盾构公司,邮编:210031,电话:025-58171940,邮箱:398820957@qq.com)。

本标准主编单位:中铁十一局武汉重型装备有限公司
中铁十四局集团大盾构工程有限公司

本标准参编单位:北京盾构工程协会
中建交通建设集团有限公司
北京建大京精大房工程管理有限公司
北京市政建设集团有限责任公司
阳铁机械(杭州)有限公司
济南重工集团有限公司
北京正远监理咨询有限公司
北京市市政四建设工程有限公司
北京城建勘测设计研究院有限责任公司
北京金隅砂浆有限公司
中铁十四局集团隧道工程有限公司
北方工业大学

本标准主要起草人:耿富林 杨 玉 党成鹏 周树清 阮应书 陈 鹏
舒计城 孙旭涛 孙长松 尹清锋 石邵卿 马雪梅
羿远霞 程 琳 丁延辉 田世文 李安清 王文正
赵晨阳 高 健 孟庆龙 田星晨 胡凡城 郑仔弟
刘启成 李福仁 冯聪聪 李树茂 王 斌 吴国庆
汪 健 姚爱敏 谷 雷 宋伟超 杜佳鹏 陈思华
张 辉 田胜利 李 伟 孙 伟 黄建军 吴跃民
朱宏军

本标准主要审查人:刘 军 雷丽英 金 淮 吴煊鹏 乐贵平 张国京
桂轶雄

目 次

1 总则..... 1

2 术语和符号..... 2

 2.1 术语 2

 2.2 符号 2

3 基本规定..... 4

4 同步注浆材料及浆液性能要求..... 5

 4.1 一般规定 5

 4.2 水泥 5

 4.3 矿物掺合料 5

 4.4 膨润土与消石灰 5

 4.5 骨料 6

 4.6 拌合水..... 6

 4.7 外加剂..... 6

 4.8 水玻璃..... 6

 4.9 同步注浆浆液性能要求..... 6

 4.10 配合比设计 7

 4.11 试验方法 8

5 同步注浆施工..... 9

 5.1 一般规定 9

 5.2 拌浆和注浆设备 9

 5.3 材料进场与储存 9

 5.4 计量 10

 5.5 搅拌 10

 5.6 注浆 11

6 质量检验 13

 6.1 原材料质量检验..... 13

 6.2 预拌注浆料质量检验 13

 6.3 注浆质量检验 13

附录A 泌水率与结石率试验..... 15

附录B 水陆强度比试验 16

附录C 抗剪屈服强度试验 17

附录D 黏稠度试验 19

附录E 表观凝结时间试验 20

附录F 盾构同步注浆记录表 21

附录G 同步注浆浆液拌浆记录表 22

附录H 同步注浆浆液检测记录表 23

本标准用词说明 24

引用标准名录 25

条文说明 26

Contents

1 General provisions 1

2 Terms and symbols 2

2.1 Terms 2

2.2 Symbols 2

3 Basic requirements 4

4 Simultaneous grouting material and properties requirements of slurry 5

4.1 General requirments 5

4.2 Cement 5

4.3 Mineral admixture 5

4.4 Bentonite and slaked lime 5

4.5 Aggregate 6

4.6 Mixing water 6

4.7 Chemical admixture 6

4.8 Sodium silicate solution 6

4.9 Properties requirements of simultaneous grouting slurry 6

4.10 Mix proportion 7

4.11 Test methods 8

5 Constructio of simultaneous grouting..... 9

5.1 General requirments 9

5.2 Mixing and grouting equipment 9

5.3 Approach and storage of raw materials 9

5.4 Measure 10

5.5 Mixing 10

5.6 Grouting..... 11

6 Quality inspection and acceptance 13

6.1 Quality inspection of raw material 13

6.2 Quality inspection of pre-mixed grouting mortar 13

6.3 Quality inspection of grouting 13

Appendix A Test method of bleeding rate and hardeinng rate 15

Appendix B Test method of underwater/in-air strength ratio 16

Appendix C Test method of anti-shearing yield strength 17

Appendix D Test method of consistency 19

Appendix E Test method of apparent setting time 20

Appendix F Record form for simultaneous grouting of shield 21

Appendix G Record form for mixing of simultaneous grouting 22

Appendix H Record form for testing of simultaneous grouting 23

Explanation of wording in this standard 24

List of quoted standards 25

Clause explanation 26

1 总 则

- 1.0.1** 为规范盾构法隧道同步注浆施工管理,做到安全适用、技术先进、质量可靠、经济合理,制定本标准。
- 1.0.2** 本标准适用于盾构法隧道同步注浆浆液的原材料选择、浆液性能要求、同步注浆施工、质量检验。
- 1.0.3** 盾构法隧道同步注浆技术的应用除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 同步注浆 simultaneous grouting

与盾构掘进施工同步进行的、通过注浆管向衬砌环与地层之间的建筑空隙注入浆液的施工工艺。

2.1.2 浆液 slurry

由注浆料加水制成的一种浆状混合物。

2.1.3 充填系数 filling coefficient

充填密实衬砌环与地层之间空隙所需的注浆浆液体积与理论空隙体积之比。

2.1.4 水泥基单液同步注浆浆液 cement based simultaneous grouting slurry

以水泥和矿物掺合料为主要胶凝材料,与细骨料、水等组分按一定比例搅拌而成的浆状拌合物。

2.1.5 消石灰基单液同步注浆浆液 lime based simultaneous grouting slurry

以消石灰和矿物掺合料为主要胶凝材料,与细骨料、水等组分按一定比例搅拌而成的浆状拌合物。

2.1.6 水泥-水玻璃双液同步注浆浆液 cement-silicate simultaneous grouting slurry

水泥、矿物掺合料和水按一定比例拌合后(称为“A液”),与水玻璃(称为“B液”)按一定比例分别泵送混合而成的浆状拌合物。

2.1.7 预拌注浆料 pre-mixed grouting mortar

一种采用胶凝材料、经分级处理的干燥细集料、填料、外加剂等,按照规定配比在工厂加工制成,用于盾构法隧道同步注浆的干态混合物。

2.1.8 流动度 fluidity

浆液在自重或外力作用下流动的难易程度。

2.1.9 表观凝结时间 apparent setting time

双液浆:从A液、B液开始混合至混合浆液失去流动性的时间。

2.1.10 水陆强度比 underwater/in-air strength ratio

浆液在水中成型与空气中成型后浆体28d龄期的抗压强度之比,用于表征注浆浆液浆体抗水分散性能。

2.1.11 结石率 hardening rate

注浆浆液硬化后的体积与浆液初始体积的比值,用于表征注浆浆液硬化后的填充性能。

2.1.12 抗剪屈服强度 anti-shearing yield strength

浆体所能承受的极限剪切应力,用十字板剪切试验中浆体屈服时的剪切应力表示。

2.2 符 号

- A —— 弹簧率定曲线斜率;
 a_0 —— 初始注浆浆液表面对应的刻度值;
 a_1 —— 放置3h后泌水表面对应的刻度值;
 a_2 —— 放置3h后浆液表面对应的刻度值;
 a_3 —— 放置3d后硬化浆体表面对应的刻度值;
B —— 弹簧率定曲线截距;
 BR_{3h} —— 3h泌水率;

D ——十字板头直径；
 D_1 ——盾构切削外径；
 D_2 ——预制管片外径；
 H ——十字板头高度；
 HR_{3d} ——3 d 结石率；
 K ——十字板头常数；
 L ——预制管片环宽；
 Q ——单个衬砌环的理论注浆量；
 S_R ——水陆强度比；
 S_w ——水中成型试块的 28 d 抗压强度；
 S_a ——空气中成型试块的 28 d 抗压强度；
 T ——屈服扭矩；
 V ——盾构施工注浆空隙体积；
 λ ——充填系数；
 Δ ——表盘指针旋转角度差值；
 τ ——抗剪屈服强度；
 t ——浆液的表观凝结时间；
 t_1 ——注浆料加水拌合的时刻；
 t_2 ——烧杯倾斜 90°、浆液不流出烧杯的时刻。

3 基本规定

- 3.0.1 盾构掘进的同时,应进行同步注浆。
- 3.0.2 施工之前,应制定同步注浆施工技术方案,并做好施工准备工作。
- 3.0.3 应根据地质条件、施工环境、变形控制要求等,选择相应的注浆料,注浆材料应符合环保要求。
- 3.0.4 注浆泵流量应满足最大推速施工时注浆量要求,注浆流量可准确调控。
- 3.0.5 施工前应进行同步注浆安全技术交底,注浆工应经培训合格后上岗。

4 同步注浆材料及浆液性能要求

4.1 一般规定

- 4.1.1 原材料进场时均应附有质量证明文件,且应按国家现行相关标准复验合格后方可使用。
- 4.1.2 同步注浆料宜采用预拌注浆料,现场拌合注浆料应在施工前确定适宜的配合比参数。
- 4.1.3 注浆料的单双液类型,应根据设计要求和沉降控制标准进行选择,沉降控制要求高的施工段宜选用水泥-水玻璃双液同步注浆浆液,一般施工段可选用单液同步注浆浆液。
- 4.1.4 穿越富水地层宜选用水泥-水玻璃双液同步注浆浆液或水泥基单液同步注浆浆液。
- 4.1.5 富水地层、小半径曲线及大坡度地段施工时,同步注浆浆液的凝结时间、结石率、抗压强度等性能应满足设计和施工要求,并应通过试验确定。
- 4.1.6 对有耐久性设计要求的同步注浆浆液,应通过试验验证。

4.2 水 泥

- 4.2.1 宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥,其性能应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。
- 4.2.2 不应采用结块的水泥;不同品牌、不同品种和不同强度等级的水泥不应混用;不宜采用出厂超过3个月的水泥。

4.3 矿物掺合料

- 4.3.1 同步注浆浆液制拌用矿物掺合料,应符合下列规定:

- 1 粉煤灰烧失量和三氧化硫含量分别不宜大于8.0%和3.5%,其他性能指标应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596的规定;采用磨细粉煤灰时,磨细粉煤灰其他性能指标尚应符合《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003的规定;
- 2 配制具有抗渗、抗腐蚀要求的同步注浆浆液掺用粒化高炉矿渣粉不宜低于S95级,粒化高炉矿渣粉其他性能指标应符合《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定;
- 3 粒化电炉磷渣粉的安定性应合格,其他性能指标应符合《用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉》GB/T 26751的规定;
- 4 硅灰应符合《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690的规定;
- 5 钢渣粉应符合《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491的规定;
- 6 石灰石粉的亚甲蓝(MB)值不宜大于1.4,其他性能指标应符合《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164的规定;
- 7 复合掺合料应符合《混凝土用复合掺合料》JG/T 486的规定。

- 4.3.2 掺合料的放射性应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定。

4.4 膨润土与消石灰

- 4.4.1 膨润土宜采用钠基膨润土,其质量应符合《膨润土》GB/T 20973的规定;膨润土的吸蓝量不宜小于26 g/100 g,膨胀指数不宜小于15 mL/2 g。
- 4.4.2 消石灰应符合《建筑消石灰》JC/T 481的规定,消石灰的(CaO+MgO)含量不应小于75%,游离水含量不宜大于2%。

4.5 骨 料

- 4.5.1 同步注浆浆液宜采用细骨料,并应符合下列规定:
- 1 细骨料应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的规定;
 - 2 再生细骨料的性能指标应符合《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的规定。
- 4.5.2 砂的最大粒径不得超过 2.36 mm,其质量应符合《建设用砂》GB/T 14684的规定。
- 4.5.3 对于有抗渗、抗腐蚀要求的同步注浆浆液,砂中的含泥量不宜大于 3.0%,泥块含量不宜大于 1.0%。

4.6 拌 合 水

- 4.6.1 拌合用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。
- 4.6.2 拌合水温不宜高于 60℃。

4.7 外 加 剂

- 4.7.1 外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。
- 4.7.2 外加剂与水泥和矿物掺合料应有良好的适应性,并应经试验验证。
- 4.7.3 液态外加剂应储存在密闭容器内,并应防晒和防冻,当有沉淀等异常现象时,应经检验合格后使用;不应采用受潮结块的粉状减水剂。

4.8 水 玻 璃

- 4.8.1 注浆用水玻璃符合《工业硅酸钠》GB/T 4209的规定。
- 4.8.2 水玻璃模数宜为 2.4~3.2,浓度不宜小于 40°Bé。

4.9 同步注浆浆液性能要求

- 4.9.1 水泥基和消石灰基单液同步注浆浆液性能宜符合表 4.9.1 的规定。

表 4.9.1 水泥基和消石灰基单液同步注浆浆液的性能要求

项目	技术要求	
	水泥基	消石灰基
稠度(mm)	100~130	90~130
稠度经时损失(mm/h)	≤10	≤10
流动度(mm)	160~280	—
流动度经时损失(mm/h)	≤20	—
泌水率(%)	≤3.5	—
分层度(mm)	≤6	—
初凝时间(h)	≤6	—
表观密度(kg/m ³)	≥1 800	—

- 4.9.2 水泥基单液同步注浆浆液硬化后的力学性能、抗水分散性能及填充性能应符合表 4.9.2 的规定。

表 4.9.2 水泥基单液同步注浆浆液硬化后的性能要求

项目	技术要求	
抗压强度(MPa)	3 d	≥0.5
	28 d	≥2.5

表 4.9.2 (续)

项目	技术要求	
水陆强度比(%)	28 d	≥65.0
结石率(%)	≥95.0	

4.9.3 消石灰基单液同步注浆浆液 24 h 抗剪屈服强度不应小于 1 200 Pa。

4.9.4 水泥-水玻璃双液同步注浆浆液的性能宜符合表 4.9.4 的规定。

表 4.9.4 水泥-水玻璃双液同步注浆浆液的性能要求

项目		技术要求
水泥浆	比重	≥1.2
	黏稠度(s)	25~50
	泌水率(浆液静置 3 h)	≤5%
水玻璃	模数	2.4~3.2
	波美度	≥40
混合液	表观凝结时间(s)	15~48

4.9.5 水泥-水玻璃双液同步注浆浆液的硬化性能应符合表 4.9.5 的规定。

表 4.9.5 水泥-水玻璃双液同步注浆浆液硬化的性能要求

项目	技术要求	
结石率(%)	≥99	
抗压强度(MPa)	1 h	≥0.1
	7 d	≥0.4
	14 d	≥1.0
	28 d	≥2.0

4.10 配合比设计

4.10.1 采用预拌注浆料时,加水量应符合产品说明书的规定。

4.10.2 现场拌制的浆液,配合比应通过试验确定,配合比试配应采用工程实际使用的原材料。进行同步注浆浆液性能、硬化后的性能和耐久性能试验,试验结果应满足设计和施工的要求。

4.10.3 单液同步注浆浆液配合比设计可采用质量法或体积法。

4.10.4 水泥基单液同步注浆浆液配合比参数可按表 4.10.4 的规定选取。

表 4.10.4 水泥基单液同步注浆浆液配合比参数

水胶比	胶砂比	膨润土掺量(%)	水泥掺量(%)
0.45~0.80	≥0.4	5~20	≥5
注:配合比中胶凝材料包括水泥、膨润土和粉煤灰等矿物掺合料,掺量均为该材料占胶凝材料总量的质量百分比。			

4.10.5 消石灰基单液同步注浆浆液配合比参数可按表 4.10.5 选取。

表 4.10.5 消石灰基单液同步注浆浆液配合比参数

水胶比	胶砂比	膨润土掺量(%)	消石灰掺量(%)
0.55~0.80	≥0.3	5~15	≥15
注:配合比中胶凝材料包括消石灰、膨润土和粉煤灰等矿物掺合料,掺量均为该材料占胶凝材料总量的质量百分比。			

4.10.6 水泥-水玻璃双液浆中的 A 液配合比可按表 4.10.6-1～表 4.10.6-3 选取。

表 4.10.6-1 含膨润土 A 液配合比参数

序号	水泥	粉煤灰	膨润土浆	水
1	1	0.16	0.28	0.64
2	1	1.06	0.26	1.44
3	1	6.94	0.97	6.73
注：1 配合比中水泥掺量为 1，粉煤灰、膨润土浆、水与水泥的掺量为各自与水泥掺量质量的比值； 2 膨润土浆的胶质价为 100 mL/15 g，搅拌后需静置 18 h 以上方可使用； 3 含膨润土的浆液初凝时间和终凝时间均延长，浆液静置 3 h 的泌水率较不含膨润土浆液小，流动性较好，适合管道和浆液车长距离运输； 4 在地层地下水比较丰富、土壤的砂性土成分多、渗透性较强、曲线施工、需要调整盾构机姿态时，可选用水泥含量高的第 1 种配合比； 5 一般工况正常掘进施工可选用第 2 种配合比； 6 在地质条件较好、土壤含水量不太高、黏性土成分较多等情况，可选用第 3 种配合比。				

表 4.10.6-2 不含膨润土 A 液配合比参数

水泥	粉煤灰	水
1	0.9～1.3	1.3～1.7
注：1 配合比中水泥掺量为 1，粉煤灰、水与水泥的掺量为各自与水泥掺量质量的比值； 2 适合管道和浆液车短距离运输，管道和浆斗有挂壁现象，需定期清理。		

表 4.10.6-3 水泥浆配合比参数

水泥	水
1	1～1.3
注：1 配合比中水泥掺量为 1，水的掺量为水与水泥掺量质量的比值； 2 一般在盾尾出现漏浆时使用。	

4.10.7 水泥-水玻璃双液浆 A 液和 B 液的配合比可按表 4.10.7 选取。

表 4.10.7 水泥-水玻璃双液浆 A 液和 B 液的配合比

A 液	B 液
1	0.08～0.13
注：配合比中水泥浆掺量为 1，水玻璃的掺量为水玻璃与水泥浆掺量体积的比值。	

4.11 试验方法

4.11.1 单液浆试样的制备、浆液的表现密度、稠度、稠度经时损失和初凝时间、分层度的试验方法应符合《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的有关规定。水泥基单液浆的流动度和流动度经时损失试验方法应符合《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 中截锥流动度试验的规定。

4.11.2 水泥基单液浆的抗压强度试件的制作应符合《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的有关规定；抗压强度试验方法应符合《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233 中无侧限抗压强度试验的规定；泌水率和结石率的试验方法应符合本标准附录 A 的规定；水陆强度比的试验方法应符合本标准附录 B 的规定。

4.11.3 消石灰基单液浆的抗剪屈服强度的试验方法应符合本标准附录 C 的规定。

4.11.4 水泥-水玻璃双液浆 A 液黏稠度的试验方法应符合本标准附录 D 的规定；表观凝结时间的试验方法应符合本标准附录 E 的规定。

5 同步注浆施工

5.1 一般规定

- 5.1.1 应根据工程地质条件、施工环境、变形控制要求等选择注浆浆液,衬砌管片与地层的建筑间隙填充应密实,并应采取措施减少注浆施工对周围环境的影响。
- 5.1.2 冬期施工应采取综合措施保证浆液质量;与搅拌机配套的水箱、水管等流体管路应做保温处理。
- 5.1.3 施工前应对浆液系统进行调试试运转,并应按方案要求进行浆液拌制和储备。
- 5.1.4 拌浆站与台车储浆罐间浆液运输可采用管道或浆液车。
- 5.1.5 台车储浆罐应具有搅拌功能,并应能够保证浆液的匀质性。
- 5.1.6 注浆系统应能自动采集并记录注浆量、注浆压力、注浆时间等注浆参数。

5.2 拌浆和注浆设备

- 5.2.1 拌浆系统应满足浆液质量和施工进度要求,机具设备运转正常并应符合安全及环保要求。
- 5.2.2 搅拌机单台套制浆率宜不小于 $8\text{ m}^3/\text{h}$ 。
- 5.2.3 浆液输送泵应符合下列规定:
- 1 输送泵的泵送能力不应小于 $20\text{ m}^3/\text{h}$;
 - 2 输送泵水平泵送距离不应小于 200 m ,扬程不应小于 10 m 。
- 5.2.4 盾构机注浆系统应符合下列规定:
- 1 台车部位储浆罐容量应不少于掘进一环注浆量,储浆罐应自带搅拌和液位测量装置;
 - 2 操控系统可准确显示并记录注浆流量及压力;
 - 3 盾构机操作室和注浆泵位置可单独对注浆系统进行控制;
 - 4 注浆系统应带管路冲洗功能;
 - 5 注浆系统管路空间位置应与其他管线不冲突,管路、接头材质满足最不利工况下压力需求。

5.3 材料进场与储存

- 5.3.1 注浆材料的场外运输宜采取散装方式,其运输车应符合《散装干混砂浆运输车》SB/T 10546的有关规定。
- 5.3.2 原材料进场时,应按批次规定要求供货方提供型式检验报告、出厂检验报告和出厂合格证等质量文件。
- 5.3.3 用于储存散装注浆料的移动筒仓应符合下列规定:
- 1 移动筒仓应符合《建筑施工机械与设备 干混砂浆移动筒仓》JB/T 12025的有关规定,且应具有防起拱措施;
 - 2 单个移动筒仓的容量与移动筒仓的数量应满足施工要求。
- 5.3.4 移动筒仓的安装应符合下列规定:
- 1 应有移动筒仓安装与使用的安全和技术交底;
 - 2 安装位置应便于移动筒仓的安装、进料与出料;
 - 3 移动筒仓厂家应提供移动筒仓的钢筋混凝土基础设计图及地基承载力要求;钢筋混凝土基础下的基层应坚实可靠;

- 4 应在移动筒仓基础处就近设置配电箱、水压稳定的水源,移动筒仓区域应有照明设施;
 - 5 移动筒仓应与基础进行锚固;
 - 6 移动筒仓区域应有安全防护设施。
- 5.3.5 移动仓筒储料应符合下列规定。
- 1 悬挂于移动筒仓外的标识应至少包括下列内容:
 - 1) 名称与型号;
 - 2) 生产厂家;
 - 3) 生产日期;
 - 4) 用水量范围;
 - 5) 执行标准。
 - 2 散装运输车向移动筒仓内气压输送材料时,应符合下列规定:
 - 1) 移动筒仓的出气管应与收尘设施相连,移动筒仓进料时排放的废气中的粉尘含量应符合《大气污染物综合排放标准》GB 16297的有关规定;
 - 2) 气压输送压力宜为0.11 MPa~0.15 MPa。
 - 3 注浆料在筒仓中的储存时间不应超过30 d。
 - 4 移动筒仓转场前应排空仓内剩余的注浆料。
- 5.3.6 细骨料应按品种、规格分别堆放,堆场应硬化,做好场地排水和防雨防尘措施。
- 5.3.7 矿物掺合料应按品种、质量等级和产地分别储存,不应与水泥等其他粉状料相混,并应有防雨和防潮措施。
- 5.3.8 外加剂应按品种和生产厂家分别储存;粉状外加剂应防止受潮结块;液态外加剂应储存在密闭容器内,并采取防晒和防冻措施。
- 5.3.9 水玻璃存放场地应有遮阳、防雨设施;水玻璃不应与酸性物质接触。
- 5.3.10 原材料储存处应进行分类标记。

5.4 计 量

- 5.4.1 原材料计量应采用电子计量设备。计量设备的精度应符合《建筑施工机械与设备 湿拌砂浆搅拌站》JB/T 11859的规定。每一工作班施工前,应对计量设备进行零点校准。
- 5.4.2 原材料的计量允许偏差应符合表5.4.2的规定,原材料计量偏差应每班施工前检查1次。

表 5.4.2 原材料的计量允许偏差

原材料品种	水泥	骨料	拌合用水	外加剂	矿物掺合料
每盘计量允许偏差(%)	±2	±3	±1	±1	±2

- 5.4.3 拌浆前应测量细骨料的含水率,每批次的测定次数不应少于1次;在原材料计量过程中,应根据细骨料的含水率及时调整细骨料和拌合用水量。

5.5 搅 拌

- 5.5.1 拌合站位置应兼顾整体布局、施工安全和便利,内部区域划分清晰、有序。
- 5.5.2 搅拌站应封闭,应满足扬尘及噪声控制要求,搅拌间内材料配合比应明确标识。
- 5.5.3 搅拌前应清除搅拌机内所有垃圾和水泥浆硬块,浆桶应定期清洗,拌浆系统长时间停用时,应对整个系统进行彻底清洗、保养。
- 5.5.4 按照配合比要求进行浆液拌合,并应填写拌浆记录表。
- 5.5.5 采用预拌注浆料时,应按产品说明书的规定加水并搅拌均匀。
- 5.5.6 粉料的输送及计量工序均应在密闭状态下进行。

5.5.7 拌合下料宜符合下列顺序：

1 单液浆

拌浆桶中先加入配比中水的 3/4 量，搅拌时依次加入矿物掺合料、砂，再均匀加入水泥及剩余的 1/4 水。

2 双液浆

拌浆桶中先加入配比中水的 3/4 量，搅拌时依次加入膨润土浆、矿物掺合料（配合比中无该材料时略过此步），再均匀加入水泥及剩余的 1/4 水。

3 外加剂宜与拌合水预混，外加剂为溶液时溶液中的水量应从拌合水中扣除；外加剂为粉状时宜与胶凝材料一起加入搅拌机内，并宜延长搅拌时间 30 s。

5.5.8 加料完毕后的拌浆时间不应少于 10 min，其间搅拌机宜正反转交替拌浆。

5.5.9 每次拌浆后，当停止时间超过 45 min 时，应对搅拌机进行清洗；清洗前，应先关闭移动筒仓的下料蝶阀；清洗产生的废水应沉淀处理。

5.5.10 搅拌机的保养与维修工作应在切断电源后进行。

5.5.11 应对溜槽、储浆罐、浆车等中的浆液进行妥善管理，不应随意加水或混入杂物。

5.5.12 应对储浆罐中的浆液进行慢速搅拌；应对储浆罐中的浆液性能进行抽检并作记录。

5.5.13 应有控制进入浆液的冲洗用水量的措施；运浆车装料前，罐内应无积水、积浆或杂物；运输过程中不应向运浆车内加水。

5.5.14 每班拌浆施工结束后，拌浆设备应冲洗干净。

5.6 注 浆

5.6.1 始发掘进时，盾尾完全通过洞门密封装置后，随盾构掘进应进行同步注浆；正常掘进时，在盾构掘进的同时，应进行盾尾同步注浆；贯通掘进时，盾尾完全脱出洞门密封装置时可停止同步注浆。

5.6.2 同步注浆压力应根据地质条件、注浆方式、错台控制、浆液性能等综合因素确定。

5.6.3 同步注浆量充填系数应根据地层条件、施工状态和环境要求确定，充填系数宜为 1.50~2.50。

5.6.4 单个衬砌环的理论注浆量应按式(5.6.4-1)、式(5.6.4-2)计算：

$$Q = \lambda V \quad \dots\dots\dots (5.6.4-1)$$

$$V = \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)L}{4} \quad \dots\dots\dots (5.6.4-2)$$

式中：

Q ——单个衬砌环的理论注浆量(m^3)；

V ——盾构施工注浆建筑空隙体积(m^3)；

λ ——注浆量充填系数；

D_1 ——刀盘最大切削直径(m)；

D_2 ——预制管片外径(m)；

L ——管片环宽(m)。

5.6.5 同步注浆工艺流程如下：

1 施工前应根据配合比制拌浆液；

2 应根据地表沉降监测数据、盾尾处隧道断面测量数据及管片错台情况，对管理基准值进行调整；

3 同步注浆过程宜采用注浆压力和注浆量双控注浆法；

4 同步注浆施工工艺见图 5.6.5。

5.6.6 首次注浆施工前管道应经润湿后方可压注；同步注浆施工后，应清洗注浆设备和管路。同步注浆施工应采用多点方式注浆。注浆速度应根据注浆量和盾构掘进速度确定。

5.6.7 同步注浆施工应连续进行；当注浆导致管片发生变形应停止注浆。

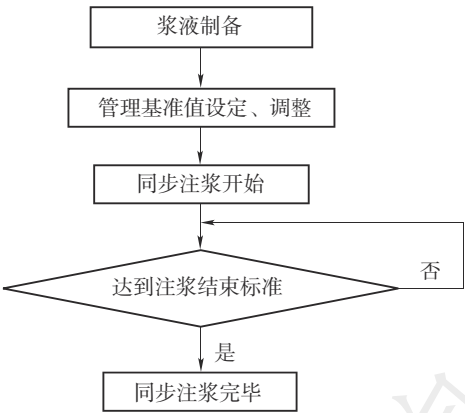


图 5.6.5 盾构注浆工艺流程图

- 5.6.8 当管片上浮量超过设计允许值时,应调整浆液配合比,缩短浆液初凝时间。
- 5.6.9 应按本标准附录 F 填写同步注浆记录,并做好每班交接班工作。

6 质量检验

6.1 原材料质量检验

6.1.1 水泥、矿物掺合料、外加剂、骨料、水等原材料的检验项目和检验批量应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定,不同批次或非连续供应的不足一个检验批量应作为一个检验批次。

6.1.2 消石灰的检验项目应符合《建筑消石灰》JC/T 481的规定,消石灰应以 60 t 为一批,不足 60 t 按一批次计。

6.1.3 膨润土的检验项目应符合《膨润土》GB/T 20973的规定,膨润土应以 60 t 为一批,不足 60 t 的按一批次计。

6.1.4 水玻璃的检验项目应符合《工业硅酸钠》GB/T 4209的规定,水玻璃应以 10 t 为一批次,不足 10 t 按一批次计。

6.1.5 当符合下列条件之一时,可将原材料检验批量扩大 1 倍:

- 1 对经产品认证机构认证符合要求的产品;
- 2 来源稳定且连续三次检验合格;
- 3 同一厂家的同批出厂材料,用于同时施工且属于同一工程项目的多个单位工程。

6.2 预拌注浆料质量检验

6.2.1 预拌注浆料进场时应提交出厂检验报告、产品合格证、型式检验报告等质量证明文件。

6.2.2 预拌注浆料进场时应在施工现场抽样复验。复验应符合下列要求。

- 1 复验宜为见证取样送检。
- 2 同一生产厂家、同一品种的每 2 000 t 预拌注浆料或每 500 m 隧道所用预拌注浆料应作为一批,不足 2 000 t 或不足 500 m 的盾构隧道所用预拌盾构注浆料应按一批次计。
3 见证取样应在散装车中随机抽取,必要时可在移动筒仓下放出过程中取样。试样应混合均匀,试样总量不应小于复验检测用量的 4 倍。将所取试样平均分为二等份,一份按规定进行检验,另一份封存留样 40 d,以便进行质量追溯。
- 4 复验应包括下列项目:
 - 1) 单液型:外观、初凝时间、结石率、抗压强度;
 - 2) 双液型:浆液的比重,混合料浆的表观凝结时间、结石率、抗压强度。
- 5 复验项目符合本标准第 4 章的要求,应判为合格,否则该批次产品判为不合格。

6.3 注浆质量检验

6.3.1 同步注浆质量检验应符合《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446、《地下铁道工程施工质量验收标准》GB/T 50299 的有关规定。

6.3.2 同步注浆浆液检验应符合下列规定。

- 1 每推进 10 环应作为一个检验批,不足 10 环应按一批次计。
- 2 应在台车储浆罐内随机抽取浆液,取样数量不得少于 500 mL,试样应混合均匀。
- 3 检验项目应包括下列内容:
 - 1) 单液型:初凝凝结时间、结石率;
 - 2) 双液型:浆液的比重,混合浆液的表观凝结时间、结石率。

4 检测结果均符合本标准第4章的规定时,应判定该批浆液为合格;当有一项指标不符合规定时,应判定该批浆液不合格。

6.3.3 注浆效果检查应根据注浆压力-注浆量-注浆时间曲线,并结合掘进速度及衬砌、地表与周围建筑物变形量测结果进行综合判断,注浆效果应达到设计要求。

6.3.4 工程检验记录应符合本标准附录H的规定,检测结果应存档。

附录A 泌水率与结石率试验

A.0.1 本方法适用于水泥基单液同步注浆浆液的泌水率和结石率的测定,试验室温度应为 20℃±2℃,相对湿度应大于 50%。

A.0.2 泌水率和结石率试验应采用容积为 250 mL 的量筒,材料、形状和尺寸应符合《实验室玻璃仪器量筒》GB/T 12804 的规定,量筒应配备密封盖。

A.0.3 同步注浆浆液试样的制备应符合《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的有关规定。

A.0.4 泌水率和结石率试验应按下列步骤进行:

1 量筒应放置在水平面上,向量筒填灌同步注浆浆液 245 mL±5 mL,静置 1 min 后,应及时测量并记录初始浆液表面对应刻度值 a_0 ,然后盖严。

2 静置 3 h 后分别测量泌水表面对应刻度值 a_1 ,和浆体表面对应刻度值 a_2 ,泌水率应按式(A.0.4-1)计算:

$$BR_{3h} = \frac{a_1 - a_2}{a_0} \times 100\% \dots\dots\dots (A.0.4-1)$$

式中:

- BR_{3h} ——3 h 泌水率,精确至 0.1;
- a_0 ——初始注浆浆液表面对应的刻度值(mL);
- a_1 ——放置 3 h 后泌水表面对应的刻度值(mL);
- a_2 ——放置 3 h 后浆液表面对应的刻度值(mL)。

3 静置 3 d 后测量硬化浆体表面对应刻度值 a_3 ,结石率应按式(A.0.4-2)计算:

$$HR_{3d} = \frac{a_3}{a_0} \times 100\% \dots\dots\dots (A.0.4-2)$$

式中:

- HR_{3d} ——3 d 结石率,精确至 0.1;
- a_3 ——放置 3 d 后硬化浆体表面对应的刻度值(mL)。

附录B 水陆强度比试验

B.0.1 本方法适用于水泥基单液同步注浆浆液抗水分散性能的测试,试验室温度应控制在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度大于50%。

B.0.2 试验用仪器设备应符合下列规定:

- 1 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《混凝土试模》JG/T 237的规定,试模应拼接牢固,振捣时不应变形;
- 2 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 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 3 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。

B.0.3 同步注浆浆液水下成型与养护应按下列步骤进行:

- 1 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;
- 2 同步注浆浆液试样的制备应符合《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的有关规定;
- 3 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填满试模,此过程应在30 s内完成;
- 4 应按本条第1款~第3款步骤依次填充剩余试模,完成水下试件的成型;
- 5 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,使浆体上附着水流出;
- 6 用木槌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;
- 7 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 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,养护至28 d龄期后,进行试验。

B.0.4 空气中同步注浆浆液的成型与养护试验应符合《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的规定。

B.0.5 水泥基同步注浆浆液抗压强度试验应按本标准第4.13.4条进行。

B.0.6 水陆强度比应按式(B.0.6)计算:

$$S_R = \frac{S_w}{S_a} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{B.0.6})$$

式中:

S_R ——水陆强度比,精确至0.1;

S_w ——水中成型试件的28 d抗压强度(MPa);

S_a ——空气中成型试件的28 d抗压强度(MPa)。

附录 C 抗剪屈服强度试验

C.0.1 本方法适用于消石灰基单液同步注浆浆液抗剪屈服强度的测定。

C.0.2 试验用仪器设备应符合下列规定：

1 宜采用电动十字板剪切仪，由伺服电机匀速施加扭矩，转速范围宜为 $1^{\circ}/\text{min} \sim 10^{\circ}/\text{min}$ 。十字板剪切仪传感器的扭矩测量误差和性能指标应符合《土工试验仪器 剪切仪 第2部分：现场十字板剪切仪》GB/T 4934.2的规定。

2 可选用高度和直径的比例为 2:1 或 1:1 的两种十字板头(图 C.0.2)，十字板头的直径宜为 25.4 mm~40 mm，面积比应小于 15%，材质、硬度和粗糙度等指标应符合《土工试验仪器 剪切仪 第2部分：现场十字板剪切仪》GB/T 4934.2的规定。

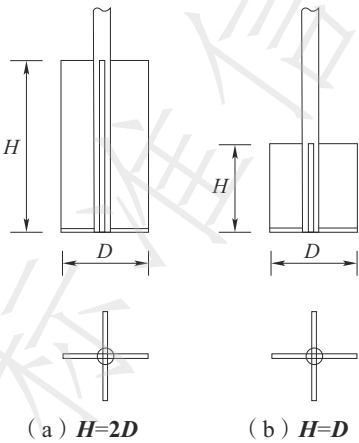


图 C.0.2 十字板头的形状

C.0.3 抗剪屈服强度试验应按下列步骤进行。

1 十字板剪切仪应置于水平工作台面，根据被测样品抗剪屈服强度高，选择合适量程范围的弹簧和十字板头，应按顺序卡入固定。

2 把浆液装入桶状样品杯，样品杯直径应大于 2 倍十字板头直径，轻微振动样品杯，确保浆液内部无孔隙和大气泡存在，抹平表面后固定于十字板剪切仪底座上。

3 旋转螺杆缓慢将十字板头插入样品杯浆液中，插入深度应为 70 mm。

4 试验前应记录初始扭矩，打开十字板剪切仪开关，开始测试。

5 使用弹簧式剪切仪时，随着十字板头对浆液逐渐施加剪切扭矩，表盘指针按固定速率旋转，当达到剪切屈服破坏后，表盘指针读数不再增加，记录此刻对应的表盘指针读数，计算出旋转角度差值，根据弹簧率定曲线，屈服扭矩应按式(C.0.3)计算：

$$T = \frac{\Delta - B}{A} \dots\dots\dots (C.0.3)$$

式中：

Δ ——表盘指针旋转角度差值($^{\circ}$)；

B ——弹簧率定曲线截距($^{\circ}$)；

A ——弹簧率定曲线斜率 [$^{\circ}/(\text{kg}\cdot\text{cm})$]。

6 使用数显式剪切仪时，随着十字板头对浆液逐渐施加剪切扭矩，数显扭矩不断增加，当达到剪切屈服破坏后，扭矩值保持不变，该值应为屈服扭矩。

- C.0.4 在测试过程中不应触碰、挪动、晃动十字板剪切仪。
- C.0.5 测试结束后应关闭电源,将十字板头清洗后擦干,置于干燥处保存。
- C.0.6 抗剪屈服强度 τ 应按式(C.0.6-1)计算,十字板头常数 K 应按式(C.0.6-2)计算:

$$\tau = \frac{T}{K} \times 9.81 \times 10^4 \quad \cdots \cdots \cdots (C.0.6-1)$$

$$K = \frac{\pi D^2 H}{2} \left(1 + \frac{D}{3H} \right) \quad \cdots \cdots \cdots (C.0.6-2)$$

- 式中:
- τ ——抗剪屈服强度(Pa);
 - K ——十字板头常数(cm^3);
 - T ——屈服扭矩($\text{N}\cdot\text{m}$);
 - D ——十字板头直径(cm);
 - H ——十字板头高度(cm)。

附录 D 黏稠度试验

D.0.1 本方法适用于同步注浆浆液流动性的测试,试验室温度应控制在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度大于 50%。

D.0.2 试验仪器应符合下列规定:

- 1 黏度计(马氏漏斗):出料管长应为 100 mm,内径应为 5 mm;夹层量杯一端 500 mL,另一端 200 mL;
- 2 搅拌机:应符合《行星式水泥胶砂搅拌机》JC/T 681 的规定;
- 3 秒表:精度为 0.1 s;
- 4 天平:量程为 5 kg,精度为 0.1 g。

D.0.3 试验步骤应符合下列规定:

1 先在搅拌容器内加入参考加水量 80% 的水,将 2 kg 试样缓慢倒入搅拌容器中,使用水泥胶砂搅拌机慢速搅拌 30 s,而后加入剩余的拌合水,再慢速搅拌 60 s,停机,将搅拌叶片、容器壁上的粉料刮入浆液中,再慢速搅拌 90 s;

2 使用马氏漏斗配备的计量容器量取 700 mL 搅拌好的浆液,倒入用手指堵住底部的马氏漏斗中,将计量容器 500 mL 的一面置于漏斗下方,移开手指并计时,记录浆液注满 500 mL 容器的时间,精确到 1 s。

D.0.4 浆液注满 500 mL 容器的时间即为浆液的流动度;以 3 次试验结果的算术平均值作为最终试验结果,精确到 1 s。

附录 E 表观凝结时间试验

E.0.1 本方法适用于水泥-水玻璃双液表观凝结时间的测试,试验室温度应控制在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度大于 50%。

E.0.2 试验仪器应包括 250 mL 烧杯、计时器。

E.0.3 试验步骤应符合下列规定:

- 1 将 250 mL 烧杯放置在水平无扰动的平台上;
- 2 按第 D.0.3 条的规定制备浆液;
- 3 按照设计配合比将水玻璃和拌和好的浆液混合并快速搅拌 10 s,并记录开始混合的时刻 t_1 ,精确到 1 s;注入 250 mL 烧杯中,使浆液上表面与 200 mL 刻度持平;
- 4 当烧杯倾斜 90° ,浆液(不含泌水)不流出烧杯时,停止试验,记录时刻 t_2 ,精确到 1 s。

E.0.4 浆液的表观凝结时间 t 按式 (E.0.4) 进行计算:

$$t = t_2 - t_1 \quad \dots\dots\dots (\text{E.0.4})$$

式中:

t —— 浆液的表观凝结时间;

t_1 —— A 液、B 液开始混合的时刻;

t_2 —— 烧杯倾斜 90° ,浆液不流出烧杯的时刻。

附录 F 盾构同步注浆记录表

盾构同步注浆应至少记录表F规定的内容。

表 F 盾构同步注浆记录表

班组	日期	掘进环号	注入位置	注浆持续时间 (min)	流量 (L/min)	注浆量 (m ³)	注浆压力 (MPa)	注浆浆液 及配合比	记录人

附录 G 同步注浆浆液拌浆记录表

G.0.1 单液浆拌制应至少记录表 G.0.1 规定的内容。

表 G.0.1 同步注浆浆液拌浆记录表(单液浆)

序号	拌浆时间	☐ 水泥 ☐ 消石灰(kg)	粉煤灰 (kg)	膨润土 (kg)	砂 (kg)	水 (kg)	外加剂 (kg)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

G.0.2 双液浆拌制应至少记录表 G.0.2 的规定的內容。

表 G.0.2 同步注浆浆液拌浆记录表(双液浆)

序号	拌浆时间	水泥 (kg)	粉煤灰 (kg)	膨润土浆 (kg)	水 (kg)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

附录 H 同步注浆浆液检测记录表

H.0.1 单液浆检测记录应符合表 H.0.1 的规定。

表 H.0.1 同步注浆浆液检测记录表(单液浆)

项目名称			
产品名称与型号		检测时间	
检测数据			
项目	技术指标		实测值
流动度(mm)	160~280		
结石率	≥ 95.0		
初凝时间(h)	≤ 6		
结果判定		试验员	

H.0.2 双液浆检测记录应符合表 H.0.2 的规定。

表 H.0.2 同步注浆浆液检测记录表(双液浆)

项目名称			
产品名称与型号		检测时间	
检测数据			
项目	技术指标		实测值
水泥浆黏稠度(s)	25~50		
水泥浆液泌水率	$\leq 5\%$		
结石率	$\geq 99\%$		
抗压强度(MPa)	1 h	≥ 0.1	
结果判定		试验员	

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:
 - 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
 - 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
 - 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
 - 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 2 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 3 《地下铁道工程施工质量验收标准》GB/T 50299
- 4 《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446
- 5 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
- 6 《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003
- 7 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 8 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 9 《工业硅酸钠》GB/T 4209
- 10 《土工试验仪器 剪切仪 第2部分:现场十字板剪切仪》GB/T 4934.2
- 11 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 12 《混凝土外加剂》GB 8076
- 13 《实验室玻璃仪器 量筒》GB/T 12804
- 14 《建设用砂》GB/T 14684
- 15 《大气污染物综合排放标准》GB 16297
- 16 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 17 《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491
- 18 《膨润土》GB/T 20973
- 19 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176
- 20 《用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉》GB/T 26751
- 21 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
- 22 《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164
- 23 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 24 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 25 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
- 26 《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233
- 27 《混凝土试模》JG/T 237
- 28 《混凝土用复合掺合料》JG/T 486
- 29 《建筑消石灰》JC/T 481
- 30 《行星式水泥胶砂搅拌机》JC/T 681
- 31 《建筑施工机械与设备 湿拌砂浆搅拌站》JB/T 11859
- 32 《建筑施工机械与设备 干混砂浆移动筒仓》JB/T 12025
- 33 《散装干混砂浆运输车》SB/T 10546

团体标准

盾构法隧道同步注浆技术标准

Technical standard for simultaneous grouting of shield tunnel

T/DGGC 27—2024

T/BAPE 3—2024

条文说明

目 次

3 基本规定 28

4 同步注浆材料及浆液性能要求 29

 4.2 水泥 29

 4.3 矿物掺合料 29

 4.4 膨润土与消石灰 29

 4.5 骨料 29

 4.9 同步注浆浆液性能要求 29

 4.10 配合比设计 30

 4.11 试验方法 30

5 施工 31

 5.1 一般规定 31

 5.3 材料进场与储存 31

 5.4 计量 31

 5.5 搅拌 31

 5.6 注浆 31

6 质量检验 33

 6.1 原材料质量检验 33

 6.2 预拌注浆料质量检验 33

 6.3 注浆质量检验 33

3 基本规定

3.0.3 正常地质水文环境下同步注浆施工可采用单液同步注浆也可采用双液同步注浆。涌沙、涌水等特殊地质水文环境下同步注浆施工多选用以水泥-水玻璃为代表的双液同步注浆浆液。与消石灰基单浆液同步注浆浆液相比,水泥基单浆液同步注浆浆液具有初凝时间短,抗压强度高,强度增长快等特点,多用于液化地层、淤泥质地层、粉砂土地层等不良地层环境下同步注浆施工,可在较短的时间内产生强度,进而起到填充空隙、防止地表沉降等作用,但水泥基单浆液同步注浆浆液也存在容易分层、泌水、施工性较差等问题,通常需要采用功能型添加剂对水泥基单浆液同步注浆浆液进行改性,以解决其自身存在的上述问题。

4 同步注浆材料及浆液性能要求

4.2 水 泥

4.2.2 作为最重要的胶凝材料,水泥对注浆浆液强度贡献最大,不同品牌和强度等级水泥力学性能不同所配制注浆浆液的强度不同,因此需采用同一品牌和强度等级的水泥。水泥是水硬性胶凝材料,自然存放时,存在受潮结块问题,储存时间越久,水泥自水化情况越严重,对于普通硅酸盐水泥而言,使用时出厂日期不宜超过3个月,其他水泥的使用也应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。

4.3 矿物掺合料

4.3.1 MB值是确定细骨料、细粉、石灰石粉中是否存在膨胀性黏土矿物并确定其含量的整体指标。膨胀性黏土矿物对同步注浆浆液用外加剂具有较强的吸附作用,MB值越高,膨胀性黏土矿物含量越高,当采用MB大于1.4的石灰石粉,存在因石灰石粉中膨胀性黏土矿物对外加剂的吸附而产生的同步注浆浆液流动度经时损失过大的问题,因此规定同步注浆浆液用石灰石粉的MB值不宜大于1.4。

4.3.2 采用放射性超标的掺合料制备的注浆浆液对工程施工和运营过程中人身健康影响很大,应采用放射性符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的掺合料。

4.4 膨润土与消石灰

4.4.1 与钙基膨润土相比,钠基膨润土水介质中分散性好,其胶体悬浮液触变性、黏度、润滑性好,采用钠基膨润土配制的注浆浆液泌水率低、分层度小,浆体注浆施工效果更优,因此钠基膨润土更宜用于配制同步注浆浆液,当需采用钙基石灰配制同步注浆浆液时,应通过试验验证,以确保同步注浆浆液性能满足标准与设计、施工要求。

4.4.2 根据《建筑消石灰》JC/T 481的规定,消石灰可分为钙质消石灰($MgO \leq 5\%$)和镁质消石灰($MgO > 5\%$),同步注浆浆液用消石灰以钙质消石灰为主,当需采用镁质消石灰配制同步注浆浆液时,应通过试验验证,以确保同步注浆浆液性能满足标准与设计、施工的要求。

4.5 骨 料

4.5.1 河砂颗粒更为圆润且含泥量、吸水率较低,采用河砂配制的盾构注浆浆液和易性更好,但考虑在一些河砂资源匮乏的地区,山砂、机制砂和再生细骨料已逐渐应用于混凝土和砂浆中,因此在这些地区也允许使用山砂、机制砂和再生细骨料配制同步注浆浆液,盾构注浆浆液的配制应通过试验确定,性能应满足标准与设计、施工的要求。

4.9 同步注浆浆液性能要求

4.9.1 本条规定了单液同步注浆浆液性能指标范围。同步注浆浆液的稠度指标是表征注浆浆液可施工性能的关键指标,合理的稠度指标可保证浆液在不发生离析或泌水的前提下,使浆液能在合理的注浆压力下均匀顺利地完成注浆施工,并能达到填充密实的目的。经系统的试验验证确定,水泥基单液同步注浆浆液和消石灰基同步注浆浆液分别在稠度为100 mm~130 mm和90 mm~130 mm时具有良好的工作性能;而且,同步注浆浆液还需具备良好的稠度保持性能,其稠度经时损失不应大于10 mm/h,以防止稠度损失过大引起堵管等施工问题。

为保证浆液良好的施工性能,消石灰基单液同步注浆浆液需具有较大的稠度和良好的稳定性,浆液

分层度、泌水率是表征浆液稳定性的关键指标,浆液分层度越大、泌水率越高,越容易出现砂粒下沉、砂与浆体分离等,容易发生堵泵问题。与消石灰基单液同步注浆浆液不同,水泥基单液同步注浆浆液自身具有良好的流动性,以使其能快速地填充空隙。水泥基单液同步注浆浆液还需具备良好的浆液稳定性,防止浆液因流动度过大出现泌水、分层等问题,避免因浆液泌水、分层产生的堵泵问题以及浆液填充不密实等问题。因此,对水泥基单液同步注浆浆液流动度、泌水率、分层度提出要求。

单液同步注浆浆液终凝时间不宜太长,其强度增长及强度目标值应满足相应的设计要求,终凝时间过长则在注浆后难以起到足够的填充、支撑作用,容易因壁后空隙中同步注浆浆体支撑力不足发生地表沉降。同步注浆浆液初凝时间不宜太短,应保证在盾构过程中注浆施工的顺利实施。

4.9.2 水泥基单液同步注浆浆液硬化浆体抗压强度是保证浆体具有足够支撑能力的关键指标,但考虑经济成本和工程性能实际需要,推荐水泥基单液同步注浆浆液硬化浆体强度符合本标准第4.9.3条的规定。另外,本标准规定对于富水环境推荐使用水泥基注浆浆液,因此在水中的不分散性和水中的强度尤为关键,水陆强度比就是模拟在水中填充的情况,使浆液在自重作用下由漏斗管口流出实现在水中对试模的密实填充,故增加了水泥基同步注浆浆液水陆强度比指标。结石率是表征同步注浆浆液填充性能的关键指标,结石率越高同步注浆浆液凝结硬化后浆体收缩越小,对空隙的填充作用越充分,硬化后产生地表沉降等问题越低,因此,需对同步注浆浆液结石率提出要求。

4.9.4~4.9.5 水泥-水玻璃双液同步注浆浆液具有表观凝结时间短、早期强度高的特点,可用于富水地层及变形控制严格区段施工,但考虑到我国水文地质环境复杂多样,盾构法隧道施工条件差异性较大,为确保同步注浆质量和同步注浆效果,水泥-水玻璃双液同步注浆浆液配合比及性能应满足具体的施工和设计的要求,并通过试验确定。

4.10 配合比设计

4.10.3 单液注浆浆液配合比可采用质量法或体积法进行设计计算。采用质量法进行注浆浆液配合比设计时,应根据浆液的实测湿表观密度,对注浆浆液设计表观密度进行校正,当浆液实测湿表观密度与设计表观密度之差的绝对值不超过设计表观密度的2%时,可不作调整直接采用设计配合比。当实测湿表观密度与设计表观密度之差的绝对值超过设计值的2%时,应将设计配合比中每项原材料用量均乘以校正系数 δ 。

注浆浆液配合比校正系数按式(1)计算:

$$\delta = \frac{\rho_t}{\rho_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

δ —— 注浆材料配合比校正系数;

ρ_t —— 实测湿表观密度;

ρ_c —— 设计表观密度。

4.11 试验方法

4.11.3 消石灰基单液同步注浆浆液28d抗压强度约为0.3MPa,消石灰基单液同步注浆浆液强度低、强度增长慢,采用本标准第4.11.2条中抗压强度试验方法存在试验误差大、早龄期抗压强度无法测试的问题,参考相关标准引入剪切屈服强度试验方法表征消石灰基单液盾构同步注浆浆液的强度。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.2 冬期施工时,地面以上或接近地面的注浆设备、管道、运输车机具等在低温下须做好保温防冻措施,避免浆液在输送过程中受低温影响凝结时间延长、强度增长迟缓,甚至受冻后硬化浆体强度降低,进而影响注浆效果。冬期施工时需对注浆用原材料、注浆浆液等做好防寒、防冻措施,避免低温对浆液性能和注浆效果产生的不利影响。

5.1.5 同步注浆浆液长时间静置时,容易出现泌水、分层问题,采用具有机械搅拌功能的储浆罐,可防止浆液静置分层,确保浆液的匀质性。

5.3 材料进场与储存

5.3.3 粉料易膨仓,配套的移动筒仓内部应有防起拱装置,必要时拌浆部位应设立半封闭围挡,以提高现场文明施工程度。

5.3.4 本条对移动筒仓的安装提出了要求。

3 钢筋混凝土基础规格不小于 3 000 mm×3 000 mm×300 mm,所用混凝土的强度等级不小于 C25,面层平整度允许误差不大于 4 mm;

4 水压的稳定性决定了搅拌机制浆的均匀性和稳定性,为保证制浆的均匀、稳定,工地宜使用容积不小于 1 m³的水桶作为稳压装置;

6 移动筒仓操作区域应有防雨、防风、防电和防雷等防护设施。

5.3.5 雨季移动筒仓中材料储存时间超过 30 d 时,在筒仓中易出现挂壁的现象,严重影响了制浆的稳定性和连续性,也因此严重影响了工地施工进度。

5.4 计 量

5.4.3 骨料的含水率影响实际水胶比,因此规定应对骨料的含水率进行检测,而且对检测频次作出规定。

5.5 搅 拌

5.5.9 清理搅拌机时,须先将下料蝶阀关闭;应确保搅拌机内干料或浆液全部清除,不得残留。冲洗搅拌机时应防止水倒灌入搅拌机后端,至干料固结,最终导致电机烧毁;搅拌机的搅拌轴为易损件,应在施工现场配置备用件。

5.6 注 浆

5.6.1 注浆应紧跟盾构掘进进行,施工中要做到不注浆、不掘进,掘进施工时及时进行同步注浆。

5.6.2 注浆压力可根据掘进施工参数进行设定。其数值应根据工程实际综合地质、注浆量等情况考虑。注浆压力是一个非常重要的参数。其值的确定也是注浆施工的关键,过大可能会使管片出现变形、错台,而反之浆液又不易注入,故应综合考虑地质条件、注浆方式、管片强度、设备性能、浆液特性和土仓压力等综合因素以确定出能完全充填且安全的最佳值。

5.6.5 本条对同步注浆流程提出了要求。

3 施工中必须按确定的注浆量来控制注浆,保证每环填充饱满。但当注浆施工中达到设定的注浆量后,也只能保证盾尾建筑空隙理论上的填充饱满,实际的填充情况则取决于注浆压力,因此同步注浆宜

采用同时控制注浆压力和注浆量的双控注浆法。

5.6.6 多点注浆能保证浆液均匀快速地填充到盾构空隙的各个位置。注浆速度应与盾构机的掘进速度相适应。过快可能会产生管片上浮、跑浆问题,过慢则会导致地层的沉降、填充不足或使管片受力不均、产生偏压等。注浆速度与地层特性、注浆泵性能、掘进速度相适应。

5.6.9 受地质环境变化的影响,注浆压力、注浆量、注浆速度均会发生变化,为确保注浆质量,应派专人对压入位置、压入量和注浆压力值进行监控,并根据地层变形监控信息及时调整。

6 质量检验

6.1 原材料质量检验

6.1.1 原材料的质量直接关系到同步注浆浆液的性能,因此原材料质量检验比较重要,本条规定了同步注浆浆液用原材料进场需提供的质量证明文件,并且应按照原材料的检验批随机取样进行原材料的进场检验。

6.2 预拌注浆料质量检验

6.2.2 不同盾构工程的每环注浆料差异很大,因此规定“每 2 000 t 预拌盾构注浆料或每 500 m 隧道所用预拌盾构注浆料应作为一批”。

6.3 注浆质量检验

6.3.2 从台车储浆罐内取样检测,利于控制注浆效果。

T/DGGC 27—2024
T/BAPE 3—2024

北京盾构工程协会
北京设备管理协会
团 体 标 准
盾构法隧道同步注浆技术标准

T/DGGC 27—2024

T/BAPE 3—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.75 字数 52 千字

2025年4月第1版 2025年4月第1次印刷

*

书号:155066·5-12753 定价 70.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107



T/DGGC 27—2024
T/BAPE 3—2024