

ICS 17.020
CCS A75

TMAC 团体标准

T/TMAC XXX-XXXX

TBM 法隧道壁后同步注浆工艺技术规程

Technical Specification for Simultaneous Backfill Grouting Technology
behind Shield by TBM Method

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

2025-××-××发布

2025-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人均可提出制修订TMAC标准的建议并参与有关工作。TMAC标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本标准著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本标准。第三方机构依据本标准开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B

邮政编码：100036

电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn

电子信箱：136162004@qq.com

目 录

前 言	2
1 总则	3
2 术语、定义和符号	3
2.1 术语和定义	3
3 基本规定	5
4 新型同步注浆材料	5
4.1 原材料	5
4.2 性能指标	7
4.3 试验方法	9
5 配合比	7
6 施工	9
6.1 施工设备要求	9
6.2 材料进场与储存	11
6.3 计量	11
6.4 制浆	12
6.5 注浆量	12
6.6 盾构注浆施工	13
6.7 TBM注浆施工	14
7 质量检验	15
7.1 材料质量检验	15
8.2 注浆质量检验	16
附 录 A	17
附 录 B	19
附 录 C	20
附 录 D	21
附 录 E	22
附 录 F	23

前 言

本文件按照《公路工程标准编写导则》（JTG 1003—2023）的规定起草。

本文件的编制可进一步推动TBM法隧道壁后同步注浆工艺技术规范的应用，确保该工艺能够高效、准确地完成同步注浆任务，提高施工效率和质量，特制定本标准。

《TBM法隧道壁后同步注浆工艺技术规范》分为7章：1总则，2术语和定义，3基本规定，4注浆材料，5设备，6施工，7质量控制。

请注意本文件中的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术市场协会交通运输专业委员会提出，由中国技术市场协会归口。受中国技术市场协会委托，由中铁一局集团第五工程有限公司具体解释工作，请有关单位将实施中发现的问题与建议反馈至中铁一局集团第五工程有限公司（地址：陕西省宝鸡市渭滨区中滩路5号；联系电话：0917-3291326；电子邮箱：1797616737@qq.com），供修订时参考。

主编单位：青岛地铁集团有限公司、中铁一局集团第五工程有限公司

参编单位：中铁一局集团有限公司

中国矿业大学（北京）

中铁发展投资有限公司

编写人员：武涛、刘泉维、黄成、徐方林、辛庆飞、荆学林、刘成龙、王虹程、吕彦明、刘远建、张真煌、史爱军、常勇、刘海涛、孟勇、李策、乔永刚、李健健、

审查专家：

TBM法隧道壁后同步注浆工艺技术规范

1 总则

1.0.1 为规范TBM法隧道壁后同步注浆工艺，确保该工艺能够高效、准确地完成同步注浆任务，提高施工效率和质量，特制定本标准。

1.0.2 本文件适用于青岛地铁隧道建设需要所规定的标准，在不同地区的应用会有所不同，根据现场实际工程环境参考执行。

1.0.3 TBM法隧道壁后同步注浆工艺技术除应符合本文件的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和定义

2.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1.1 盾构壁后新型注浆工艺 new grouting technology behind shield tunnel wall

盾构设备安装新型止浆板，在岩石地层采用拌注一体机或原同步注浆系统，其他地层采用原同步注浆系统，将新型注浆料同步填充管片与岩体之间空隙，形成一道密实隔水屏障。

2.1.2 TBM壁后新型注浆工艺 new grouting technology behind shield TBM wall

TBM设备安装新型止浆板，采用拌注一体机将新型注浆料同步填充管片与岩体之间空隙，形成一道密实隔水屏障。

2.1.3 新型同步注浆料 new synchronous grouting material

由水泥、矿物掺合料、干燥的细骨料、膨润土及添加剂等按一定比例在工厂生产加工制成的干混料，在使用地点按规定比例加水或配套组分拌和后使用的，用于填充盾构/TBM隧道施工中管片壁后建筑空隙的注浆材料。

2.1.4 吊装孔同步回填注浆 hole for hoist synchronously backfill grouting

在TBM掘进过程中，与TBM掘进施工同步进行的、通过管片吊装孔向衬砌环与地层之间空隙注入浆液的施工工艺。

2.1.5 截锥流动度 fluidity by truncated cone

采用截锥圆模测得的浆液流动度。

2.1.6 表观凝结时间 apparent setting time

自新型同步注浆料加水搅拌起，至浆液失去流动性时刻的时间。

2.1.7 细骨料 fine aggregat

在同步注浆料中起骨架或填充作用的粒状松散材料，一般为粒径在5mm以下的天然砂、机制砂和混合砂。。

2.1.8 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空隙体积之比。

2.1.9 结石率 hardening rat

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

2.1.10 抗分散性 anti dispersibility

受检盾构/TBM同步注浆材料在静水中成型时抗浆体流失的能力。

2.1.11 动水抗分散性 dynamic water dispersibility resistanc

受检盾构/TBM同步注浆材料在动水中成型时抗浆体流失的能力。

2.1.12 水标强度比 underwater/standard curing strength ratio

注浆材料水中成型与标准养护成型3d或28d龄期的无侧限单轴抗压强度之比，用于表征浆体水下成型时强度性能。

2.1.13 水固比 water to solid ratio

新型同步注浆浆液中水的用量与新型同步注浆料的总质量之比。

2.1.14 稠度 consistency

表征拌合物流动性的指标，可用维勃稠度表示。

2.1.15 拌注一体机 mixing-injection integrated machine

拌注一体机是集成在TBM后配套台车上具有预拌料搅拌和注浆功能的专用设备。

2.1.16 I型 Type I

I型侧重于体积稳定性,用于壁后空隙略大、对结石率要求较高的工程。

2.1.17 II型 Type 2

II型侧重于流动性能,用于壁后空隙较小、对浆液流动性要求较高的工程。

3 基本规定

3.0.1 新型同步注浆材料进场应进行验收，质量合格后方可使用。

3.0.2 新型同步注浆材料配合比设计应由供需双方依照不同工程地质条件要求试验后确定。

3.0.3 新型同步注浆材料的制备应包括原材料贮存、计量、搅拌和运输。

3.0.4 新型同步注浆材料的制备应符合环保规定，粉料输送机称量应在密封状态下进行；搅拌机宜为密封系统。

4 新型同步注浆材料

4.1 原材料

4.1.1 水泥

水泥宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，其性能应符合国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定；采用其它水泥时应符合相应标准要求。

配制同步注浆材料不应采用结块的水泥,且不同厂商、不同品种及不同等级的水泥不得混用。

4.1.2 矿物掺和料

矿物掺合料的应用应符合《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003。

粉煤灰的质量不应低于《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596规定的Ⅱ级要求;粉煤灰的应用应符合《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146的规定。

矿渣粉的质量不应低于《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046规定的S95级技术要求。

其他矿物掺合料应符合《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003,不应影响混凝土管片性能和耐久性。

4.1.3 细骨料

细骨料宜选用细砂,符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准(附条文说明)》JGJ 52的规定;再生细骨料应符合《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的规定。

细骨料最大粒径不宜超过5mm,骨料中的含泥量不应大于3.0%,泥块含量不应大于1.0%,含水率不应超过0.5%。细度模数应控制在0.7~2.2。

4.1.4 膨润土

应采用符合《膨润土》GB/T 20973要求的钙基或钠基膨润土。膨润土的吸蓝量不宜小于26g/100g,膨胀指数不宜小于15ml/2g。

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

4.1.5 拌合水

拌制用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63中规定。

4.1.6 混凝土外加剂

外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119和《混凝土防冻剂》JC/T 475等规范的规定。

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。

4.2 配合比

4.2.1 盾构/TBM同步注浆材料配合比设计可采用质量法或体积法。

4.2.2 采用质量法设计时，盾构/TBM同步注浆材料配合比参数可按下表的规定选取。

表 1 新型同步注浆材料配合比参数（盾构）

水固比	胶砂比	膨润土掺量（%）	水泥掺量（%）	矿物掺合料掺量（%）	外加剂
0.40~0.90	≥ 0.40	0~5.0	≥12.0	≥18.0	/
	或≥30.0				
注1： 特殊地质条件时，可根据推荐水固比按照0.02调节减少用水量。					
注2： 矿物掺合料以硅、铝、钙等一种或多种氧化物为主要成分，具有规定细度的粉体材料。主要包括粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、钢渣粉、磷渣粉、沸石粉和复合矿物掺合料等。					

表 2 新型同步注浆材料配合比参数（TBM）

水固比	胶砂比	膨润土掺量（%）	水泥掺量（%）	矿物掺合料掺量（%）	外加剂
0.20~0.40	≥ 0.38	0~5.0	≥14.0	≥14.0	/
	或≥28.0				
注1： 特殊地质条件时，可根据推荐水固比按照0.02调节减少用水量。					
注2： 矿物掺合料以硅、铝、钙等一种或多种氧化物为主要成分，具有规定细度的粉体材料。主要包括粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、钢渣粉、磷渣粉、沸石粉和复合矿物掺合料等。					

4.2.3 新型同步注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。

4.2.4 进行配合比设计时，应明确拌合用水掺量范围。

4.2.5 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。调整水泥掺量、用水量、细骨料级配和用量、矿物掺合料和膨润土的用量以及外加剂的种类和掺量等，使拌合物性能和结石体性能符合表1、表2、表3、表4中的规定。

4.2.6 新拌浆液试样应采用强制式搅拌机拌制，每盘试配的最小搅拌量不宜小于搅拌机额定搅拌量的1/4。

4.3 性能指标

4.3.1 外观

粉状物，且均匀、无杂质、无结块。

4.3.2 性能指标

4.3.2.1 新型盾构同步注浆材料性能应符合表1、表2的规定。

表 3 新型盾构同步注浆材料浆液性能要求

项目	技术要求	
	I 型（特殊地质）	II 型（一般地质）
泌水率（%）	≤ 4.0	
抗分散性（%）	≥ 85.0	
截锥流动度（mm）	200 ± 20	260 ± 20
稠度（mm）	100-130	
表观凝结时间（h）	≤ 4	≤ 6
初凝时间（h）	≤ 12	≤ 16
表观密度（kg/m ³ ）	1500-1900	1400-1800
注：特殊地质为高水压富水软弱地层，透水砂层，适用于过江、过海、过河及涉既有城市轨道交通及铁路范围等地层。		

表 4 新型盾构同步注浆材料硬化后要求

项目		技术要求	
		I 型（特殊地质）	II 型（一般地质）
抗压强度 (MPa)	3d	≥0.7	≥0.5
	28d	≥3.0	≥2.5
水标强度比（%）	3d	≥80.0	
	28d	≥85.0	
结石率 (%)		≥96.0	
注1：标准养护满足技术要求。			
注2：特殊地质为高水压富水软弱地层，透水砂层，适用于过江、过海、过河及涉既有城市轨道交通及铁路范围等地层。			

4.3.2.2 新型预拌TBM同步注浆材料性能应符合表3、表4的规定。

表 5 新型 TBM 同步注浆材料浆液性能要求

项目	技术要求	
	I 型（特殊地质）	II 型（一般地质）
泌水率（%）	≤ 1.0	
动水抗分散性（%）	≥ 95.0	≥ 90.0
截锥流动度（mm）	100 ± 10	120 ± 10
稠度（mm）	80-100	
表观凝结时间（min）	15-25	25-40

初凝时间 (h)	≤ 6	
表观密度 (kg/m ³)	1600-2000	1600-1900
注：特殊地质为围岩不完整、存在裂隙发育、水量较大。		

表 6 新型 TBM 同步注浆材料硬化后性能要求

项目		技术要求	
		I 型（特殊地质）	II 型（一般地质）
抗压强度 (MPa)	3d	≥1.7	≥1.5
	28d	≥5.5	≥4.5
水标强度比（% ）	3d	≥80.0	
	28d	≥85.0	
结石率 (%)		≥99.0	
注3：标准养护满足技术要求。			
注4：特殊地质为围岩不完整、存在裂隙发育、水量较大。			

4.3.2.3 富水地层以及小半径曲线或大坡度地段施工时，通过实验或试配确定同步注浆材料的凝结时间、结石率、抗压强度等性能要求。

4.4 试验方法

4.4.1 新型同步注浆材料试样、试件的制备应符合行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的有关规定。

4.4.2 新型同步注浆材料浆液的性能指标试验方法应符合附录A、C、D、E、F的有关规定。

4.4.3 新型同步注浆材料的抗压强度试验方法应符合附录A.9的规定。

5 设备

5.1 施工设备要求

5.1.1 盾构/TBM始发前应焊接安装止浆板，止浆板应满足高强度、高弹性、多层、耐磨、可更换的要求，具体指标满足《盾构/TBM壁后新型同步注浆工艺验收标准》的规定。

5.1.2 盾构/TBM应完成注浆系统改造并通过验收。注浆泵出浆口与注浆孔口处均应安设压力表，使用压力宜为压力表最大值的1/3~2/3，压力表与管路之间应设有隔浆装置。

5.1.3 TBM注浆系统改造要求:

a) 将传统豆砾石回填系统拆除并安装新型同步注浆设备——拌注一体机。

b) 拌注一体机由密封存储罐、螺旋上料系统、搅拌罐、储浆罐、搅拌电机、输送泵、称重传感器、输送管路及控制系统组成。

5.1.4 拌注一体机配置

5.1.4.1 浆液输送泵应符合下列规定:

a) 输送泵浆液输送量不应小于 $10\text{m}^3/\text{h}$ 且满足最大掘进施工注浆量要求, 流量可控。

b) 输送泵输送浆液距离不应小于70m, 扬程不应小于20m。

5.1.4.2 原材料密封存储罐选择

根据隧道施工开挖断面与预制混凝土管片衬砌断面, 计算单环管片壁后回填量, 根据回填量选择合适的密封存储罐容积, 理论上密封存储罐容积宜为单环管片壁后回填量的1.2-1.5倍。

5.1.4.3 注浆管路选择

注浆管路由硬质管路和软管组成, 实现了从泵送设备到注浆点的高效浆液输送。

a) 硬质管路可选用内径为50~60mm, 壁厚为8mm的铁管, 两端轧制接头。

b) 软管可采用内径为50~60mm, 壁厚为8mm的钢丝软管。

5.1.4.4 注浆枪头加工

注浆枪头材料为铸铁, 和管片吊装孔可靠连接, 枪头上安装阀门精确控制注浆过程。

5.1.5 注浆控制系统具有记录存储、导出自动模式和手动模式下的工作数据的功能。

5.1.6 盾构同步注浆系统应准确显示并记录注浆量及压力, TBM同步注浆系统应具备注浆压力监测功能。

5.1.7 盾构搅拌仓需具备称重计量功能，单台制浆量不应小于 $8\text{m}^3/\text{h}$ 。

5.2 材料进场与储存

5.2.1 新型同步注浆材料场外运输宜采取散装方式，其运输车应符合行业标准《散装干混砂浆运输车》SB/T 10546。

5.2.2 新型同步注浆材料进场时，供货方应按批次规定向需方提供原材检验报告、产品合格证、型式检验报告等质量证明文件。

5.2.3 地面用于储存散装新型同步注浆材料的储存罐安装应符合下列规定：

- a) 安装位置应便于安装、进料、出料。
- b) 储存罐的基础应坚实可靠，满足安全要求，储存罐应与基础进行锚固。

5.2.4 地面用于储存散装新型同步注浆材料的储存罐储料应符合下列规定：

- a) 悬挂于储存罐外的标识应至少包括名称与型号、生产厂家、生产日期、进场数量、检验日期、执行标准。
- b) 散装运输车向储存罐内气力输送新型同步注浆材料时储存罐出气管与收尘设施相连，储存罐进料时排放废气中粉尘含量应符合地方标准《区域性大气污染物综合排放标准》DB37/2376的有关规定，气力输送压力宜为 $0.11\sim 0.15\text{Mpa}$ 。
- c) 储存罐转场前应排空仓内新型同步注浆材料。
- d) 更换新型同步注浆料品种时，储存罐应清空并清理干净，不应受潮和混入杂物，不同品种和规格型号的新型同步注浆料应分别运输、储存，不应混杂。

6. 施工

6.1 计量

6.1.1 制浆系统计量设备出厂时应完成校准，现场定期进行检查校准，更换称重传感器时应重新进行校核。

6.1.2 计量设备精度应符合行业标准《建筑施工机械与设备湿拌砂浆搅拌站》JB/T 11859的规定。

6.1.3 计量设备应能连续计量不同配合比新型同步注浆料，并应具有实际计量结果逐盘记录和存储功能。

6.2 制浆

6.2.1 搅拌机型式应为强制式，搅拌应保证注浆材料拌合物均匀。

6.2.2 新型同步注浆材料在搅拌过程中所有粉料的输送及计量工序均应在密闭状态下进行。

6.2.3 新型同步注浆材料应按照材料生产企业的说明书制备浆液，搅拌时间不应少于2min，应保证浆液搅拌均匀且易于压注。在注浆作业过程中不应产生离析或分层，中途禁止随意加水。

6.2.4 注浆前应对储浆罐中的浆液性能每班进行抽检并做记录。

6.2.5 盾构新型同步注浆浆液停止搅拌时间超过45min，TBM新型同步注浆浆液停止搅拌时间超过15min，应及时对搅拌设备进行清洗。

6.2.6 应对搅拌设备浆液进行妥善管理，清洗产生的废水不得随意外排。

6.3 注浆量

6.3.1 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，注浆量应根据盾构机型计算每环理论填充量，根据地质条件和地面沉降数据，充填系数取值1.2~2.5，同步注浆压力由现场试验确定，一般取0.1~0.4MPa，结合地面沉降监测情况优化。

6.3.2 单个衬砌环的理论注浆量应按下列公式计算：

$$Q = \lambda V \dots\dots\dots (6.1)$$

$$V = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) L \dots\dots\dots (6.2)$$

式中：Q——单个衬砌环的理论注浆量（m³）；

V——盾构施工注浆孔隙体积（m³）；

λ ——注浆量充填系数；

D——盾构切削外径（m）；

d——管片的外径（m）；

L——管片的环宽（m）。

6.4 注浆

6.4.1 盾构注浆施工

6.4.1.1 在施工前，应根据工程地质条件、地表沉降状态、环境要求及设备性能等选择新型同步注浆料类型、配比，确保管片与地层间隙填充密实。

6.4.1.2 始发掘进时，盾尾完全进入隧道后，随盾构机推进应进行同步注浆。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，盾尾完全脱出隧道时可停止同步注浆。

6.4.1.3 盾构新型同步注浆工艺如下：

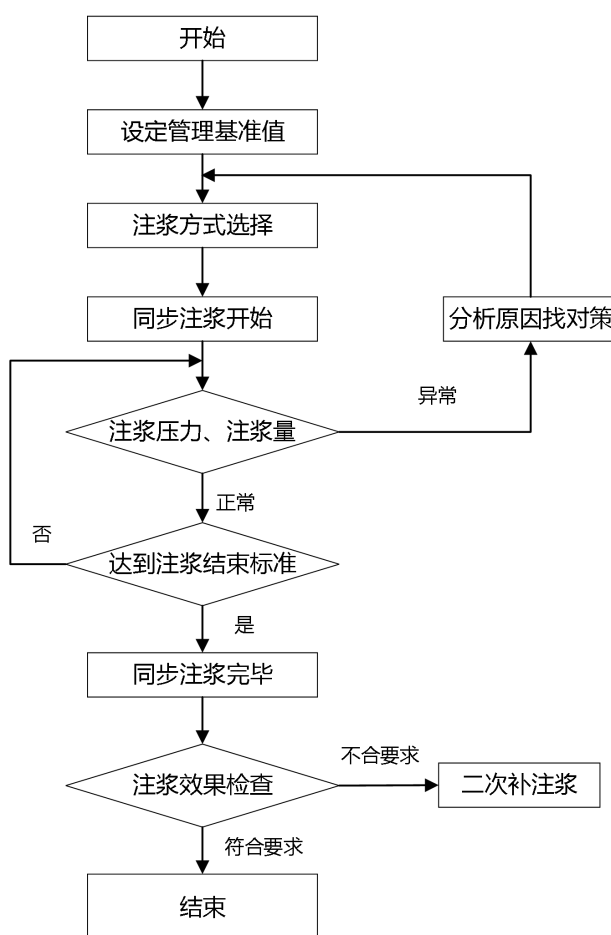


图1 盾构新型同步注浆工艺流程图

6.4.1.4 同步注浆压力应根据地质条件、注浆方式、管片强度、设备性能、浆液性能和土仓压力等综合因素确定。

6.4.1.5 应采用多点方式注浆；施工过程中同步注浆量应与掘进速度匹配；应根据洞内管片衬砌变形及周围建筑物变形监测结果，及时修正注浆参数，指导下次注浆。

6.4.1.6 同步注浆过程宜采用同时控制注浆压力和注浆量的双控注浆法，即注浆压力达到设计压力或注浆压力未达到设计压力但注浆量达到设计最大注浆量，即可停止注入。

6.4.1.7 注浆作业应连续进行，宜在注浆过程中配备自动记录注浆量、注浆压力、注浆时间等参数仪器设备；当注浆导致管片发生变形或上浮量超过允许设计值时，应停止注浆。

6.4.1.8 同步注浆施工结束后，对于注浆量不足和注浆效果未达到预期效果，应进行二次注浆，二次注浆宜采用双液浆。

6.4.1.9 采用管片吊装孔注浆后，应封堵注浆口。

6.4.1.10 盾构穿越特殊地段，管片壁后填充应选用 I 型新型同步注浆材料。

6.4.1.11 岩石地层盾构工程注浆施工参照TBM注浆施工执行。

6.4.2 TBM注浆施工

6.4.2.1 TBM同步注浆通过管片吊装孔多点对称进行，相邻管片注浆点位应错开布置，填充区域应开孔观察浆液填充情况，现场应通过试注确定后续最佳注浆点位。

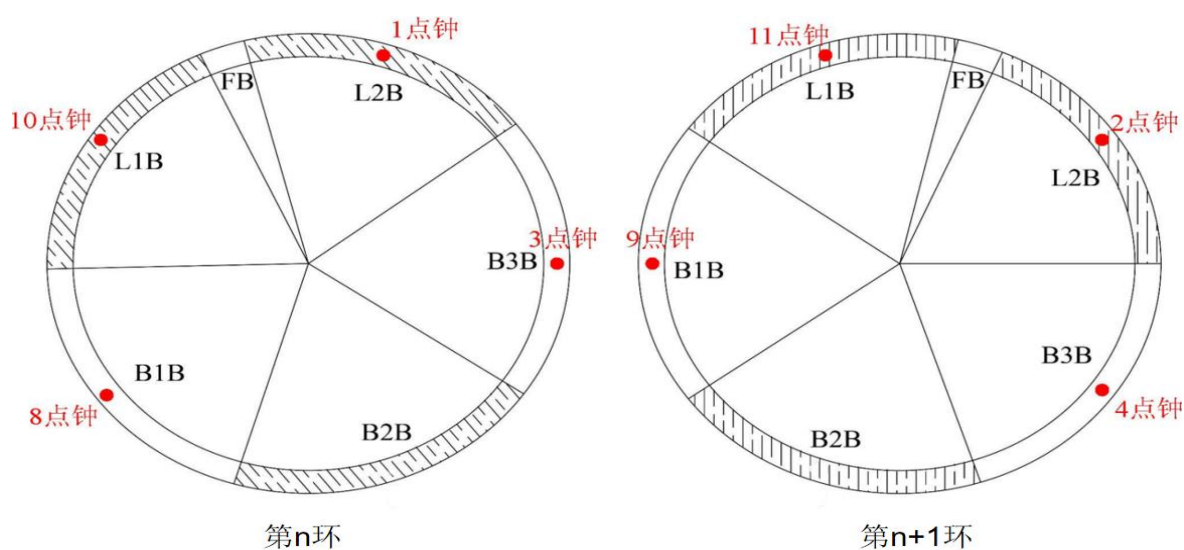


图2 注浆点位示意图

6.4.2.2 根据注浆位置设置配合比，底部采用截锥流动度较小的浆液，拱顶与拱腰采用截锥流动度较大的浆液。

6.4.2.3 管片脱出盾尾后进行同步注浆，确保隧道不低于180°范围内填充密实。

6.4.2.4 注浆点位应根据施工线路地质条件、竖向曲线要素确定。为确保隧道拱腰180°范围以上注浆饱满，注浆宜选择脱离尾盾10环左右位置进行拱顶注浆，结合区间坡度、浆液流动性、止浆板设置情况综合确定，最远位置不超过尾盾20环。

6.4.2.5 注浆过程中监控串浆，遇漏浆立即停机检查并进行处理，完成后重启注浆。

6.4.2.6 注浆过程必须具有连续性，因故中断应及时恢复注浆，中断时间可能大于注浆料表观凝结时间时，操作人员做好注浆泵清洗和弃浆工作。

6.4.2.7 同步注浆施工结束后，对于注浆量不足和注浆效果未达到预期效果，应进行二次注浆，二次注浆宜采用水泥浆。

6.4.2.8 采用管片吊装孔注浆后，应封堵注浆口。

6.4.2.9 TBM穿越特殊地段，管片壁后填充应选用 I 型新型同步注浆材料。

7 质量检验

7.1 材料质量

新型同步注浆材料进场时应进行施工现场抽样验收，验收应符合下列规定：

a) 验收为见证取样送检。

b) 新型同步注浆材料检验项目包括：外观、截锥流动度、稠度、表观凝结时间、初凝时间、抗分散性、结石率和抗压强度等参数；

c) 同一生产厂家、同一品种、同一类型、同批次每1000t为一个检验批次执行，不足1000t或不足300米的隧道所用新型同步注浆料应按一批计。

d) 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，试样总量应不小于检测用量的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40d，以便进行质量追溯。

e) 检验项目符合本规程第5章要求，即判为合格，否则该批产品判为不合格。

7.2 注浆质量

I 主控项目

7.2.1 管片渗漏水

通过检查管片渗漏水验证注浆效果，按照区间隧道二级防水要求验收，已完成新型同步注浆的管片不允许漏水。结构表面可以有少量湿渍，但总湿渍面积不应大于总防水面积的6/1000，且任意100m²防水面积上的湿渍不应超过4处，单个湿渍的最大面积不得超过0.2m²。

7.2.2 取芯验证

TBM区间工程及岩石地层盾构工程，通过非注浆管片吊装孔取芯，每100环取2个断面，每个断面取代表性孔不少于3个，宜上、中、下位置各取一处。根据取芯长度和完整程度判断回填效果。

取芯完成后采用新型同步注浆料或其他材料进行注浆封孔，确保取芯孔位注浆密实。

盾构其他地层注浆验证应根据规范标准执行。

II 一般项目

7.2.3 管片壁后充填密实

检验数量:每10环检查一处。

检验方法:检查配合比报告、施工记录。

7.2.4 管片姿态

施作新型同步注浆过程中做好成型管片姿态的监测，由于注浆导致的管片姿态偏差不应超过10mm。

7.2.5 地球物理方法辅助检测

管片成型后应采用地质雷达、超声波或弹性波等地球物理的方法，对管片壁后回填密实度进行检测。

附 录 A
(规范性)
一般指标试验方法

A.1 试验的一般条件

A.1.1 试验条件

试验室制备砂浆时，试验时环境温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 。

A.1.2 试样的制备

试验室制备砂浆时，原辅材料称量精度应不低于 $\pm 0.1\%$ ，并按使用说明书规定的比例加水或配套组分。在实验室搅拌同步注浆料时应采用机械搅拌，搅拌机应符合《行星式水泥胶砂搅拌机》JC/T 681 的要求，搅拌的用量应为搅拌机容量的 20%~80%，搅拌时间不应少于 180s。

A.2 外观

在自然光线或日光灯下进行目测。

A.3 含水率

按附录 B 规定进行。

A.4 截锥流动度

按 JC/T 986-2018 中 7.3 规定进行。

A.5 结石率

按附录 C 规定进行。

A.6 表观凝结时间

按附录 D 规定进行。

A.7 动水抗分散性

按附录 E 规定进行。

A.8 抗分散性

按附录 F 规定进行。

A.9 抗压强度

按《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进行。

A.10 泌水率

按《预拌砂浆》GB/T 25181-2019 中附录 B 规定进行。

A.11 稠度

按《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70-2009中第4章规定进行。

A.12 初凝时间

按《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性试验方法》GB/T 1346-2011中规定进行。

附录 B (规范性) 含水率试验方法

B.1 试验条件

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

B.2 试验仪器

烘箱——温度控制范围为 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$;

天平——称量 1000g, 感量 1g;

容器——如浅盘等。

B.3 试验步骤

从密封的样品中取各重 500g 的试样两份, 分别放入已知质量的干燥容器 (m_1) 中称重, 记下每盘试样与容器的总重 (m_2)。将容器连同试样放入温度为 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重, 称量烘干后的试样与容器的总质量 (m_3)。

含水率按下列公式计算, 精确值 0.1%。

$$W_{WC} = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

w_{wc} ——含水率 (%);

m_1 ——容器质量 (g);

m_2 ——未烘干的试样与容器的总质量 (g);

m_3 ——烘干后的试样与容器的总质量 (g)。

以两次试验结果的算术平均值作为测定值。

附 录 C
(规范性)
结石率试验方法

C.1 试验条件

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

C.2 试验仪器

量筒——容量 250ml, 精度不低于 2mL;

游标卡尺——量程不小于 200mm, 精度不小于 0.02mm;

钢板尺。

C.3 试验步骤

C.3.1 将量筒置于水平且无振动干扰的平台上, 用游标卡尺测量量筒内壁高度, 精确到 1mm。将拌和好 的同步注浆料平稳地注入 250mL 量筒中, 使同步注浆料表面与 250mL 刻度持平。

C.3.2 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同步注浆料表面至标尺的高度, 精确到 1mm。测量完毕后, 用保鲜膜将量筒密封。

C.3.3 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同步注 浆料固化体的表面至标尺的高度, 精确到 1mm。

C.3.4 砂浆制备方法: 参考厂家提供的加水量, 先在搅拌容器内加入参考加水量 80%的水, 将2kg试样 缓慢倒入搅拌容器中, 使用水泥胶砂搅拌机慢速搅拌30s, 然后加入剩余的拌合水, 再慢速搅拌60s, 停机, 将搅拌叶片、容器壁上的粉料刮入浆液中, 再慢速搅拌90s。

附 录 D
(规范性)
表观凝结时间试验方法

D.1 标准试验条件应为：空气温度 $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $(50 \pm 5) \%$ 。

D.2 试验仪器应包括250ml烧杯、计时器。

D.3 试验步骤应符合下列规定：

- a) 将 250ml 烧杯放置在水平无扰动的平台上；
- b) 制备浆液，并记录材料加水拌和时刻，精确到 min；
- c) 将拌和好的具有标准流动度的浆液注入 250ml 烧杯中，使浆液上表面与 200ml 刻度持平；
- d) 每隔 30min（临近表观凝结时每隔 5min）缓慢倾斜烧杯至浆液（不含泌水）流至杯口时止；随即将烧杯归置原态；
- e) 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，精确到 min。

D.4 浆液的表观凝结时间 t 按下式进行计算：

$$t = t_2 - t_u \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

t ——浆液的表观凝结时间，精确到 0.1h；

t_1 ——同步注浆料加水拌合的时刻，精确到 min；

t_2 ——烧杯倾斜 90° 、浆液（不含泌水）不流出烧杯的时刻，精确到 min。

附录 E (规范性) 动水抗分散性试验方法

E.1 适用范围

本文件适用同步注浆材料浆液动水抗分散性测试。

E.2 试验设备

- a) 槽形容器，铁皮或不锈钢，表面光滑——高为长 600mm，宽为 400mm，槽高 30-100mm，厚为 1~2mm；
- b) 广口容器——外径为 200mm，高为 300mm，容积不小于 1500mL；
- c) 天平——量程不小于 2kg，感量不大于 0.1g；量程不小于 100g，感量为 0.0001g。

E.3 试验方法

- a) 在槽形容器中放置拌合物，拌合物直径不小于 100mm， m_c 为浸水前拌合物的质量， m_0 为槽形容器的质量，槽形容器倾角 30-45°。
- b) 广口容器称取适量水，从槽形容器上端 100mm 内位置，以 20-100mm 高度倾倒水流，使水流速维持在 0.5m/s，持续 5s 后静置 2min。
- c) 将槽形容器从提起，排掉拌合物表面积水，称取其质量 m_1 。
- d) 重复进行上述操作三次，取各次平均值，精确到 0.1%。

E.4 试验结果

拌合物流失量 η 按下列公式：

$$\eta = \frac{m_c + m_0 - m_1}{m_c} \times 100\% \quad \text{..... (E.1)}$$

式中：

- η ——拌合物流失量 (%)；
- m_0 ——槽形容器质量 (g)；
- m_c ——浸水前拌合物的质量 (g)；
- m_1 ——浸水后拌合物和槽形容器的总质量 (g)。

计算结果精确至 0.1%。

附录 F (规范性) 抗分散性试验方法

F.1 适用范围

本文件适用同步注浆材料浆液抗分散性测试。

F.2 试验设备

- a) 铁皮桶——高为 550mm，直径为 400mm，壁厚为 1~2mm；
- b) 广口容器——外径为 110mm，高为 150mm，容积为 1500mL；
- c) 天平——量程不小于 2kg，感量不大于 0.1g；量程不小于 100g，感量为 0.0001g。

F.3 试验方法

- a) 在铁皮桶底部放 1 个容积为 1500ml、质量为 m_0 的广口容器，桶内水深 500 mm。
- b) 称取水泥混凝土拌合物质量 m_c ，约 2kg（不超过广口容器容量为宜），从水面自由落下倒入水中的容器内，使之全部进入水下容器，静置 5min。
- c) 将容器从水中提起，排掉混凝土表面积水，称取其质量 m_1 。
- d) 重复进行上述操作三次，取各次平均值，精确到 0.1%。

F.4 试验结果

拌合物流失量 η 按下列公式：

$$\eta = \frac{m_c + m_0 - m_1}{m_c} \times 100\% \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

- η ——拌合物流失量（%）；
 - m_0 ——容器质量（g）；
 - m_c ——浸水前拌合物的质量（g）；
 - m_1 ——浸水后拌合物和容器的总质量（g）。
- 计算结果精确至 0.1%。