



山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4846—2025

城市轨道交通隧道超前预注浆技术规程

Code of practice of preliminary grouting technical in urban rail transit tunnel

2025 – 05 – 24 发布

2025 – 06 – 24 实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 城市轨道交通隧道超前预注浆程序 1

5 注浆材料选择 2

 5.1 概述 2

 5.2 浆液配制操作 3

6 注浆设备选型 4

7 超前小导管注浆 4

 7.1 概述 4

 7.2 超前小导管注浆设计 5

 7.3 超前小导管注浆施工步骤 5

8 超前大管棚注浆 6

 8.1 概述 6

 8.2 超前大管棚注浆设计 7

 8.3 超前大管棚注浆施工步骤 7

9 超前帷幕注浆 8

 9.1 概述 8

 9.2 超前帷幕注浆设计 8

 9.3 超前帷幕注浆施工步骤 9

10 监控量测 9

 10.1 概述 9

 10.2 安全监测 9

11 效果检查 10

 11.1 概述 10

 11.2 效果检查 10

12 工程验收 11

附录 A（资料性） 注浆施工记录表 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。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

城市轨道交通隧道超前预注浆技术规程

1 范围

本文件确立了城市轨道交通隧道超前预注浆的设计与施工的程序，规定了注浆材料选择、注浆设备选型、超前小导管注浆、超前大管棚注浆、超前帷幕注浆、监控量测、效果检查、工程验收等阶段的操作指示，以及上述阶段之间的转换条件，描述了注浆过程记录、注浆效果检验等追溯/证实方法。

本文件适用于城市轨道交通隧道超前预注浆相关的设计、施工、监控量测与验收。

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/T 50299 地下铁道工程施工质量验收标准
- GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范
- GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范
- JGJ 63 混凝土用水标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

前进式分段注浆 progressive sectioned grouting

浅部成孔后安装止浆塞进行注浆，待浆液凝固后继续向前分段钻进、注浆的方法。

3.2

动水抗分散注浆材料 dynamic water anti-dispersion grouting material

一种以水泥、高分子材料、多元矿物质材料为主要组分，能够在水流冲刷作用下留存并固化结石的水泥基注浆材料。

4 城市轨道交通隧道超前预注浆程序

4.1 城市轨道交通隧道超前预注浆程序包括工程概况调研、注浆材料选择、注浆设备选型、注浆工艺设计、监控量测、注浆效果检查、工程验收等 7 个阶段。其中，注浆工艺设计包括超前小导管注浆、超前大管棚注浆、超前帷幕注浆等 3 种工法。程序流程图如图 1 所示。

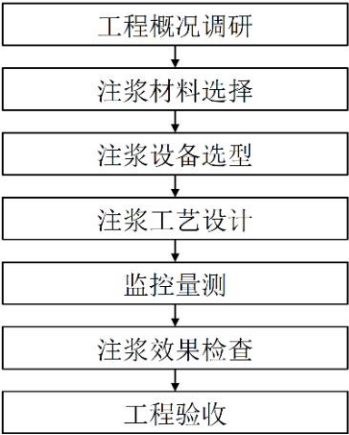


图1 城市轨道交通隧道超前预注浆程序

- 4.2 城市轨道交通隧道超前预注浆坚持因地制宜、安全可靠、经济合理、保护环境的原则。
- 4.3 注浆处治前对工程对象的工程地质、水文地质及周边环境等工程概况进行详细调研。

5 注浆材料选择

5.1 概述

- 5.1.1 选择性能稳定、施工安全、经济环保的材料用于城市轨道交通隧道超前预注浆。
- 5.1.2 根据工程地质、水文地质条件按照表 1 选择注浆材料。

表1 注浆材料

工程地质与水文地质	注浆材料
无水粗砂及砂砾（卵）石地层	单液水泥浆、酸性水玻璃浆
无水的中砂及粉细砂地层	酸性水玻璃浆
有水的粗砂及砾石地层	水泥-水玻璃双液浆
细砂或微节理裂隙地层	超细水泥浆液
大流量动水	硫铝酸盐水泥、动水抗分散注浆材料

- 5.1.3 根据工程情况和注浆目的，按照表 2 选择外加剂。

表2 外加剂

外加剂	种类
速凝剂	水玻璃、氯化钙等
减水剂	木质素磺酸盐类减水剂、萘系高效减水剂、聚羧酸类高效减水剂
稳定剂	膨润土及其他高塑性黏土

- 5.1.4 注浆施工前对浆液配比参数进行室内试验和现场试验，普通水泥浆液可不进行室内试验。其他类型浆液根据设计要求和工程需要，有选择地进行下列试验操作：
- a) 掺合料（或细水泥）的细度和颗粒级配曲线；
 - b) 浆液的流动性或流变参数；

- c) 浆液的析水率;
- d) 浆液的凝结时间或丧失流动性时间;
- e) 浆液结石体的密度、抗压强度、抗拉强度、弹性模量、渗透系数、渗透破坏比降;
- f) 其他试验。

5.1.5 按照公式 (1) 计算浆液用量:

$$Q = V \times n \times \alpha \times \beta \cdots \cdots (1)$$

式中:
 Q ——注浆量, 单位为立方米 (m³);
 V ——被加固的土体体积, 单位为立方米 (m³);
 n ——地层孔隙率, 按地质勘察报告中给出的地层孔隙率取值, 或按照表3取值;
 α ——地层填充系数, 深孔注浆取0.9~1.0, 小导管注浆取0.6~0.7;
 β ——浆液损失系数, 取1.2~1.4。

表3 地层孔隙率表

名称	孔隙率 %
中砂、粗砂	28.6~41.2
粉砂、细砂	28.6~44.4
粉质粘土	28.6~50.0
粘土	41.2~52.4

5.1.6 改性水玻璃单液浆和水泥-水玻璃双液浆不准许在永久性的止水或加固工程中作为主要材料使用。

5.1.7 按照 GB/T 50448 的要求检测施工现场浆液的物理性能指标, 浆液性能偏离规定指标较大时查明原因并及时处理。

5.2 浆液配制操作

5.2.1 按照规定的浆液配合比计量, 水泥等固相材料采用质量称量法计量, 水和液体添加剂按体积进行计量, 计量误差小于 1%。

5.2.2 水泥浆水灰比取 1.0:0.5~1.0:2.0, 使用高速制浆机的拌制时间不准许小于 30 s, 使用普通搅拌机的搅拌时间不准许小于 3 min。浆液自制备至用完的时间不准许超过 4 h。

5.2.3 超细水泥单液浆采用比表面积大于 1 000 m²/kg 的超细水泥, 按水灰比 1.0:0.8~1.0:1.0 (重量比) 进行配制, 搅拌时间不准许少于 5 min。超细水泥浆液自制备至用完的时间不准许超过 2 h。

5.2.4 使用大扭矩的搅拌机拌制膏状浆液, 搅拌时间通过试验确定。

5.2.5 使用水泥-水玻璃双液注浆时, 水泥浆液和水玻璃液体的体积比为 1.0:0.5~1.0:1.0, 水泥浆液按照设计配比进行调配, 水玻璃在使用前加水稀释到 20 °Bé~35 °Bé备用, 并确保搅拌均匀。

5.2.6 水玻璃的稀释采用波美比重计测量的方法, 边加水边搅拌操作; 或按公式 (2) 和公式 (3) 计算, 先算出加水量, 然后加入水搅拌均匀。

$$V_Y = \frac{d_P - 1}{d_Y - 1} \cdot V_P \cdots \cdots (2)$$

$$V_W = V_P - V_Y \cdots \cdots (3)$$

式中:

V_Y ——原水玻璃的体积；

d_P ——预配水玻璃的比重，水玻璃比重与波美度的关系为 $d_P = \frac{145}{145 - ^\circ Be}$ ；

d_Y ——原水玻璃的比重，水玻璃比重与波美度的关系为 $d_Y = \frac{145}{145 - ^\circ Be}$ ；

V_P ——预配水玻璃的体积；

V_W ——加水的体积。

5.2.7 根据凝胶时间要求，按水灰比 1.0:0.8~1.0:1.2 配制硫铝酸盐水泥基注浆材料，搅拌时间不允许少于 5 min。

5.2.8 按照 JGJ 63 拌制用水的要求选择注浆用水。

6 注浆设备选型

6.1 根据注浆对象的工程特点与地质条件，注浆工艺所要求的孔深、孔径等条件选择成孔设备。

6.2 集中制浆站的制浆能力满足注浆高峰期所有机组的用浆需求，并配备防尘、除尘设施。当浆液中需加入掺合料或外加剂时，增设相应的设备。

6.3 制浆机的设备性能与所搅拌浆液的类型、密度相适应，高速制浆机的搅拌转速大于 1 200 r/min。配浆设备生产能力和注浆泵泵送能力需与设计要求的注浆速率相匹配，并能保证持续供浆。

6.4 注浆泵的设备性能与所注浆液的类型、密度相适应，具有调节流量、压力的功能，额定工作压力大于最大注浆压力的 1.5 倍，压力波动范围小于注浆压力的 20%，排浆量满足注浆最大注入率的要求。

6.5 注浆管路保证浆液流动畅通，并能承受 1.5 倍的最大注浆压力。注浆泵到注浆孔口的输浆距离小于 30 m。双液注浆泵混合器具有单向逆止功能，不允许使用三通管件代替。注浆管路阀门只准许采用能承受高压冲蚀的耐磨注浆阀门。

6.6 止浆塞与所采用的注浆方法、注浆压力、注浆孔孔径及地质条件相适应，选用挤压膨胀式橡胶止浆塞或液（气）压式胶囊止浆塞。止浆塞有良好的膨胀和耐压性能，在最大注浆压力下能可靠地封闭注浆孔段，并易于安装和卸除。

6.7 注浆孔口需设置压力表，压力表采用抗震型压力表，压力表量程与高压胶管承压匹配。压力表量程的最大标值为最大注浆压力的 2.0 倍~2.5 倍。

6.8 注浆记录仪能自动测量并记录注浆压力和注入速率，有专门要求时可加测浆液密度。

6.9 定期进行校准或检定钻孔注浆的计量器具，如流量计、自动记录仪等，保持量值准确。

7 超前小导管注浆

7.1 概述

7.1.1 超前小导管可用于矿山法中地下水量较小的砂石土、砂卵（砾）石层、断层破碎带、软弱围岩及浅埋等地段。

7.1.2 采用超前小导管注浆，隧道开挖坚持“新奥法”基本原则。超前小导管注浆工艺流程见图 2。

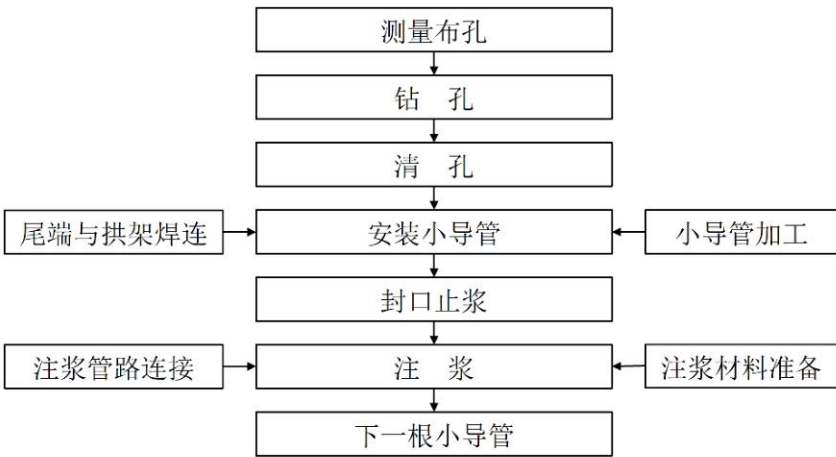


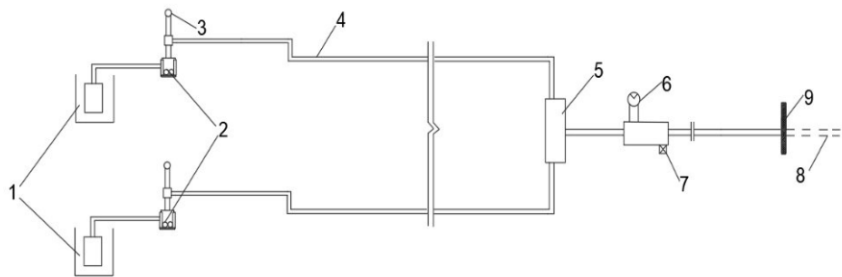
图2 超前小导管注浆工艺流程图

7.2 超前小导管注浆设计

- 7.2.1 根据地质条件、环境状况、隧道断面尺寸及支护结构形式确定超前小导管注浆设计参数。
- 7.2.2 超前小导管采用Φ42 mm~60 mm 无缝钢管制作，长度为2 000 mm~5 000 mm。
- 7.2.3 超前小导管沿隧道周边布置，环向间距为300 mm~500 mm，外插角控制在20° 内。采用超前双排小导管设计时，第一层外插角控制在15° 内，第二层外插角控制在20° ~30° 。超前小导管水平投影搭接长度大于1 000 mm。
- 7.2.4 区间隧道断面、初期支护拱架间距为750 mm~1 000 mm 时，每循环注浆一次，管长大于3 000 mm；拱架间距为500 mm~750 mm 时，每开挖两个循环注浆一次，管长大于2 000 mm，确保前序次小导管注浆而未开挖部分长度大于1 000 mm。
- 7.2.5 卵石土地层及卵砾漂石地层中拱架间距为500 mm 时，小导管采用长1 700 mm~2 000 mm、Φ32 mm 无缝钢管制作的短导管逐榀打设。
- 7.2.6 超前小导管注浆采用水灰比为1.0:1.0~1.0:2.0 水泥砂浆。当围岩破碎，采用水泥-水玻璃双液注浆。
- 7.2.7 超前小导管注浆终止压力为0.5 MPa~1.0 MPa。
- 7.2.8 当采用小导管超前注浆时配合施工临时支护。小导管尾端预留大于1 000 mm 的无孔止浆段，必要时在孔口设置止浆塞，以防浆液外漏。

7.3 超前小导管注浆施工步骤

- 7.3.1 超前小导管制作时，先按设计长度截成所需钢管，在钢管的前端做成300 mm 长的圆锥状，在尾端距端头100 mm 处焊接Φ6 mm 的钢筋箍。尾端1 000 mm 范围内钢管不准许开孔，剩余部分钢管每隔200 mm 梅花型布设Φ6 mm~Φ8 mm 的溢浆孔。
- 7.3.2 根据地质情况及小导管长度施工超前小导管，采用直接顶入、气动凿岩机成孔后放入等工艺。砂质地层采用吹管法施工小导管，卵砾石地层采用气动凿岩机成孔或短导管直接顶入，粘土和亚粘土地层采用煤电钻成孔后顶入。小导管顶入后外露一定长度，以便连接注浆管，并用塑胶泥（由40 °Bé水玻璃和P.O 42.5 水泥拌制而成）将导管周围孔隙封堵密实。
- 7.3.3 注浆开始前，根据浆液类型（单液浆、双液浆）正确连接管路，双液注浆可按图3 进行操作连接。



- 标引序号说明：
- 1——储浆池；
 - 2——注浆泵；
 - 3——注浆泵压力表；
 - 4——输浆管；
 - 5——混合器
 - 6——孔口压力表；
 - 7——泄浆阀；
 - 8——超前小导管；
 - 9——工作面。

图3 双液注浆管路连接示意图

- 7.3.4 管路连接完成后进行压浆试验，检验管路的密封性，压浆试验的压力大于设计终压，时间大于 5 min。
- 7.3.5 采用两序次跳孔间隔进行超前小导管注浆。
- 7.3.6 当满足下列条件时可结束单孔注浆：
- a) 注浆压力达到设计终压，且注浆量达到设计注浆量 80%以上，可结束单孔注浆；
 - b) 注浆压力未能达到设计终压，但注浆量已达到设计注浆量 1.5 倍，且注浆压力较为平稳、无漏浆现象，可结束单孔注浆。
- 7.3.7 当注浆孔未能达到 7.3.6 的要求，根据相邻小导管注浆量大小，合理判断是否可以终止单孔注浆，当相邻各孔注浆量较大时，可以终止单孔注浆，当相邻各孔注浆量较小时，进行补孔注浆的操作。
- 7.3.8 当某一循环 80%以上的注浆孔达到 7.3.6 的要求，且注浆压力较为平稳、无漏浆现象，结束该循环超前小导管注浆。

8 超前大管棚注浆

8.1 概述

- 8.1.1 超前大管棚注浆可用于隧道地质条件较差的洞口段及坍塌后可能产生严重后果的洞身地段。
- 8.1.2 当注浆加固细颗粒松散地层或有水地层时，超前大管棚注浆与超前小导管注浆或超前深孔注浆组合使用。超前大管棚注浆工艺流程见图 4。

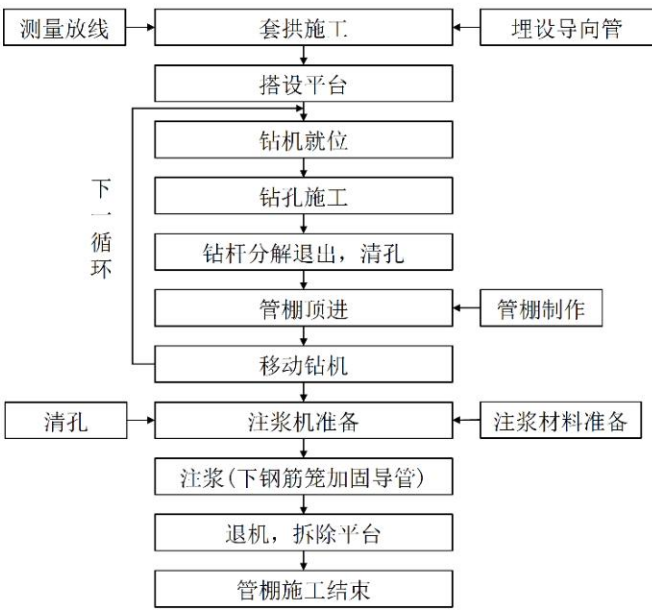


图4 超前大管棚注浆工艺流程图

8.2 超前大管棚注浆设计

- 8.2.1 考虑地质条件、隧道断面形式以及风险源等因素进行超前大管棚注浆设计。
- 8.2.2 根据加固和支承范围确定超前大管棚的长度，超前大管棚长度大于 10.0 m。管棚钢管采用 $\Phi 76\text{ mm} \sim \Phi 180\text{ mm}$ 无缝钢管或焊接钢管制作，管材壁厚大于 5 mm，溢浆孔直径为 $\Phi 6\text{ mm} \sim \Phi 12\text{ mm}$ ，管尾部 2 000 mm 范围内不准许设溢浆孔。
- 8.2.3 超前大管棚沿隧道拱顶 $120^\circ \sim 150^\circ$ 布设，如遇隧道偏压、侧穿风险源等特殊情况可延伸到隧道边墙或不对称单边布设，相邻管棚的环向间距为 350 mm $\sim$ 500 mm，外插角控制在 $1^\circ \sim 5^\circ$ 。采用类同小导管注浆的搭接方法，搭接长度的水平投影为 3 000 mm $\sim$ 5 000 mm。
- 8.2.4 城市轨道交通隧道在近接风险源施工时，超前大管棚选用止浆塞分段后退式注浆工艺；在隧道变换断面施工时，超前大管棚采用全孔一次性注浆工艺。
- 8.2.5 超前大管棚注浆终止压力小于 2.0 MPa。
- 8.2.6 超前大管棚注浆仅作为加固隧道拱顶前方地层使用，注浆加固厚度小于 500 mm。
- 8.2.7 超前大管棚注浆材料选用单液浆、双液浆或砂浆。
- 8.2.8 完成单个超前大管棚注浆后，在钢管内增设钢筋笼和灌满水泥砂浆，以提高其支撑刚度。

8.3 超前大管棚注浆施工步骤

- 8.3.1 采用两序次跳孔间隔进行超前大管棚注浆施工。
- 8.3.2 大管棚钻孔的孔距只准许偏差 $\pm 30\text{ mm}$ ，孔深只准许偏差 $\pm 50\text{ mm}$ 。
- 8.3.3 发生漏浆、串浆等异常情况时，采用间歇注浆、封堵等操作措施，确保浆液有效注入。
- 8.3.4 当满足下列条件时可结束单孔注浆：
- a) 注浆压力达到设计终压且注浆量达到设计注浆量的 80%以上时；
 - b) 注浆压力未能达到设计终压，但注浆量已达到设计注浆量 1.5 倍，且注浆压力较为平稳、无漏浆现象时。注浆压力达到设计终压，注浆量未达到设计量的 80%时，根据相邻大管棚注浆量情况，判断是否可以终止单孔注浆，必要时采用补孔注浆的操作。
- 8.3.5 当本循环 90%以上的管棚注浆孔达到 8.3.4 的要求，且注浆压力较为平稳、无漏浆现象，认为完成本循环超前管棚注浆。

9 超前帷幕注浆

9.1 概述

- 9.1.1 超前帷幕注浆可用于涌水涌泥或塌方严重地段、地下水十分丰富的断层破碎带、因地下水位变化造成地层变形或可能影响周边重要构筑物安全的地段。
- 9.1.2 根据地下水的参数变化进行超前帷幕注浆动态设计，及时调整参数。超前帷幕注浆工艺流程见图 5。

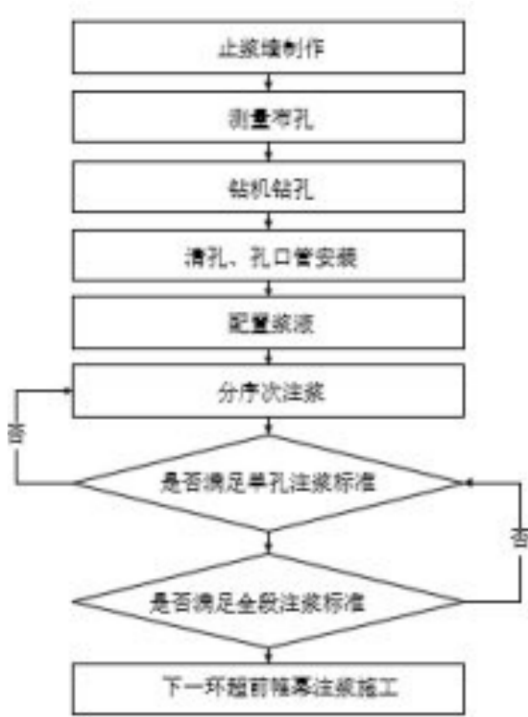


图5 超前帷幕注浆工艺流程

9.2 超前帷幕注浆设计

- 9.2.1 超前帷幕注浆设计考虑（但不限于）以下因素：
- a) 隧道周边的自然地理、水文和气象；
 - b) 地层中含水层的渗透性、给水度，软弱夹层允许的渗透比降以及地下水物理、化学特征；
 - c) 地层中主要破碎带的产状、规模、分布、充填以及胶结程度；
 - d) 地层的岩性，主要岩石分布、风化程度以及受到扰动是否易失稳。
- 9.2.2 根据注浆加固后隧道围岩的承载能力和堵水率要求确定超前帷幕范围，除特殊情况外，超前帷幕范围取城市轨道交通隧道开挖轮廓线外 1 500 mm～4 000 mm。
- 9.2.3 全断面注浆采用梅花型布孔方式，注浆孔终孔间距按单孔注浆的浆液有效扩散半径 R 来确定，注浆孔终孔间距 D 为 $1.4 R \sim 1.7 R$ 。
- 9.2.4 按照由外向内、从下往上、循序渐进的顺序进行帷幕注浆。隧道开挖时，每个注浆加固循环预留 3 000 mm～5 000 mm 止浆岩盘。
- 9.2.5 采用隔排隔孔、分序次的操作进行局部孔段的注浆。后序注浆钻孔可兼作前序注浆效果的检查孔使用。前期注浆加固良好的区域，后期适当减少钻孔；前期注浆加固薄弱的区域，适当增加注浆钻孔。
- 9.2.6 超前帷幕注浆工程包含注浆孔、检查孔、加密孔和监测孔。检查孔数量为注浆孔数量的 10%，

加密孔数量为注浆孔数量的 10%~15%，监测孔数量为注浆孔数量的 8%~12%。

9.2.7 超前帷幕注浆的终止压力为静水压力 1.6 倍~3.0 倍，三序孔注浆压力不准许低于一序孔和二序孔；松散地层或裂隙较发育岩体的帷幕注浆压力取小值，其他岩体帷幕注浆压力取大值。

9.2.8 超前帷幕注浆时，设置一定厚度的网喷混凝土或模筑混凝土止浆墙，孔口管固定在止浆墙上。

9.2.9 按照平板理论公式（4）对止浆墙的厚度进行计算：

$$B = \eta \sqrt{\frac{P_1 \cdot A \cdot W}{2H \cdot [\sigma]}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- B ——混凝土止浆墙厚度，单位为米（m）；
- η ——安全系数，取1.5~2.5，大断面隧道的止浆墙厚度计算时安全系数取大值；
- P_1 ——注浆终压，单位为兆帕（MPa）；
- A ——混凝土止浆墙的面积，单位为平方米（m²）；
- W ——隧道宽度，单位为米（m）；
- H ——隧道高度，单位为米（m）；
- $[\sigma]$ ——混凝土允许抗压强度，单位为兆帕（MPa）。

9.3 超前帷幕注浆施工步骤

9.3.1 止浆墙的施作位置处于隧道掌子面前，采用单级平面型混凝土止浆墙。止浆墙确保安全稳定，注浆时无漏浆、漏水现象。

9.3.2 在止浆墙拱部预埋注浆管，使用速凝注浆材料充填空隙，保证充填严密、无缝隙。

9.3.3 钻孔孔位测放误差小于 10 mm。根据地层情况确定钻孔开孔孔径，终孔孔径大于设计口径。钻进过程采取控斜措施，当出现偏差时及时纠正。

9.3.4 超前帷幕注浆采用前进式分段注浆方法进行作业，注浆段采用清水钻进，每注浆段钻探完成后，洗孔 10 min~20 min。

9.3.5 注浆封闭采用孔口封闭方式，注浆前检查封闭器密封性并有防爆出措施。

9.3.6 超前帷幕注浆结束标准符合下列规定：

- a) 采用自上而下分段注浆法时，注浆段在最大设计压力下，流量不准许大于 1 L/min，继续注浆 10 min，可结束注浆；
- b) 采用自下而上分段注浆法时，在该注浆段最大设计压力下，流量不准许大于 1 L/min，继续注浆 10 min，可结束注浆。

10 监控量测

10.1 概述

10.1.1 按照 GB 50911 的要求，城市轨道交通隧道预注浆时对支护结构、周围岩土体及周边环境进行监测。

10.1.2 当城市轨道交通隧道预注浆遇到下列情况时，编制专项监测方案：

- a) 穿越或邻近既有轨道交通设施；
- b) 穿越重要的建（构）筑物、高速公路、桥梁、机场跑道等。

10.2 安全监测

10.2.1 注浆影响区域内的监测项目包括（但不限于）以下内容：

- a) 地表及地下管线的变形；

- b) 隧道内稳定性监测。
- 10.2.2 在注浆影响区域的地表布置测点，测点间距小于 2 m。做到孔孔监测，单孔注浆过程中，每间隔 10 min 量测地表变形值，目测巡视地表情况并做好监测记录。
- 10.2.3 对位于注浆影响区域范围内的地下管线，探明位置，监测地下管线变形情况，并做好监测记录。
- 10.2.4 注浆过程中，结合隧道实时监测系统，监测隧洞内掌子面周围变形情况，并做好监测记录。
- 10.2.5 城市轨道交通隧道超前预注浆过程中，地表隆起、地下管线变形、拱顶下沉变形及洞内收敛只准许控制在可控范围，若变形值超过控制值，立即停止注浆。

11 效果检查

11.1 概述

- 11.1.1 注浆完成后，对注浆效果进行检查，确认已达到注浆目的，否则采取补孔注浆等操作。
- 11.1.2 注浆工程质量验收提交下列技术资料：
 - a) 注浆施工单位资质证书及施工人员上岗证等；
 - b) 注浆设计文件、会审记录、专家会议纪要、设计变更洽商；
 - c) 注浆施工组织设计；
 - d) 注浆施工技术、安全交底书；
 - e) 注浆材料质量证明文件：出厂合格证、材料质量检验报告、现场抽样复验报告；
 - f) 施工检查记录、注浆效果检查报告。

11.2 效果检查

- 11.2.1 按照表 4 选用超前预注浆效果检查方法与要求。

表4 注浆效果检查方法与要求

检查方法		要求
宏观类	P-q-t曲线法	根据所记录的注浆压力（P）、注浆流量（q）、注浆时间（t）三者之间的关系，绘制的P-q-t曲线图进行分析。满足合格标准的注浆孔数量大于80%
	涌水量对比法	加固注浆工程堵水率大于80%，止水注浆工程堵水率大于90%
	填充率反算法	加固注浆工程浆液填充率大于80%，止水注浆工程填充率大于90%
	注浆量空间分布统计分析法	当注浆量分布相对均匀，注浆量大的孔和注浆量小的孔呈间隔状态时，浆液在隧道周边形成均匀稳固的注浆加固体，有效减少注浆盲区
检查孔类	取芯孔法	按注浆孔数的3%~6%抽查取芯孔。止水注浆工程芯样无侧限抗压强度大于0.3 MPa、加固注浆工程大于0.5 MPa，且满足专项设计的要求
	检查孔法	按注浆孔数的3%~6%抽查检查孔。检查孔成孔完整，无涌砂、涌泥现象，出水量小于注浆专项设计要求，且能保持1 h以上
	渗透系数测试法	按注浆孔数的1%~3%布设测试孔，注浆后地层的渗透系数降低一个数量级
过程类	直接观察法	开挖掌子面的浆液填充饱满、能自稳、无水或少水，且满足安全要求；或径向注浆、填充注浆后隧道周围渗漏水明显减少、变形得到明显控制
	监测数据判定法	通过监测反馈的结果，判断注浆加固效果是否达到工程要求
物探类	雷达物探法	对比注浆作业前、后成果图像差异，宏观判断注浆效果
	钻孔电视	对比注浆作业前、后成果图像差异，宏观判断注浆效果
	瞬变电磁	对比注浆作业前、后成果图像差异，宏观判断注浆效果

- 11.2.2 以加固为主的超前预注浆效果检查，以取芯孔法为主，并可辅以其他 1 种～2 种方法。
- 11.2.3 以止水为主的超前预注浆效果检查，以渗透系数测试法为主，辅以其他 1 种～2 种方法。对于不适合注入清水的地层，用稀水泥浆代替清水，但浆液水灰比不小于 1.0:0.8。
- 11.2.4 对质量检查不合格的注浆区域，进行补充注浆，根据补充注浆效果另行评定最终的质量等级。
- 11.2.5 检查孔施作结束后对其进行注浆封堵。

12 工程验收

12.1 按 GB/T 50299 规定的程序进行城市轨道交通隧道超前预注浆工程的质量验收。

12.2 工程验收的内容包括：

- a) 设计图纸和设计变更记录；
- b) 施工方案；
- c) 原材料半成品质量合格证书和试验检验合格报告；
- d) 施工记录；
- e) 见证取样试验记录；
- f) 注浆效果检测试验报告；
- g) 工程竣工报告；
- h) 施工照片或录像资料。

12.3 工程验收提供以下资料：

- a) 原始资料；
- b) 成果资料；
- c) 工程质量检验报告；
- d) 工程验收报告；
- e) 工程技术总结；
- f) 其他相关资料。

12.4 工程原始资料和成果资料包括：

- a) 岩土工程详细勘察报告；
- b) 注浆方案设计；
- c) 注浆施工组织设计；
- d) 施工单位和试验（检测）单位资质证书；
- e) 注浆施工记录表（参照附录 A 记录）；
- f) 注浆材料送检报告和合格证书；
- g) 检查孔岩心柱状图与检查孔压水试验成果；
- h) 其他相关资料。

附 录 A
(资料性)
注浆施工记录表

A.1 注浆施工记录表见表 A.1。

表A.1 注浆施工记录表

工程名称：_____ 工作面位置（里程）：_____
孔号：_____ 孔深：_____
注浆泵型号：_____ 时间：_____年_____月_____日

起止时间	浆液种类	配合比	凝胶时间 s	压力 MPa	流量 L/min	备注
填表说明： 1. 地层有变化，一个孔可分段记录，并有小计； 2. 情况描述：地层情况，有无地下水						

A.2 单孔注浆记录表见表 A.2。

表 A.2 单孔注浆记录表

工程名称：_____ 工作面位置（里程）：
孔号：_____ 孔深：
注浆泵型号：_____ 时间：_____年_____月_____日

起止时间	浆液种类	配合比	凝胶时间 s	压力 MPa	流量 L/min	备注

总注浆量：_____ 材料消耗：_____
填表说明：
备注栏填漏浆、串浆情况。
记录：_____ 技术负责人：_____

