

ICS

备案号:

DB

北京市地方标准

编 号: DB11/ 1444—2017

备案号: 56080-2017

城市轨道交通隧道工程注浆技术规程

Technical specification for grouting of urban rail transit tunnel
engineering

www.docin.com

2016-06-29 发布

2017-10-01 实施

北京市住房和城乡建设委员会
北京市质量技术监督局

联合发布

北京市地方标准

城市轨道交通隧道工程注浆技术规程

**Technical specification for grouting of urban rail transit
tunnel engineering**

编号：DB11/ 1444-2017

备案号：56080-2017

主编单位：北京城建科技促进会

北京瑞威世纪铁道工程有限公司

北京建工土木工程有限公司

批准部门：北京市质量技术监督局

实施日期：2017年10月1日

2017年 北京

前 言

本规程为强制性标准，其中第 4.1.1 为强制性条文，必须严格执行。

本规程是根据北京市质量技术监督局《关于印发 2012 年北京市地方标准制修订项目计划的通知》（质监标发[2012] 20 号）的要求，由北京城建科技促进会、北京瑞威世纪铁道工程有限公司、北京建工集团土木工程公司等组织编写。

本规程共分为 10 章和 2 个附录。主要技术内容包括：1 总则、2 术语和符号、3 基本规定、4 浆液配制、5 超前小导管注浆、6 超前大管棚注浆、7 背后填充注浆和径向注浆、8 盾构法隧道壁后注浆、9 深孔注浆、10 注浆效果检查与验收、附录 A 注浆施工记录表、附表 B 深孔注浆分项工程验收记录表。其中附录 A 和附录 B 均为资料性附录。

本规程修订的主要内容包括：

——增加了超前大管棚注浆、径向注浆、盾构法隧道壁后注浆、深孔注浆的内容

——修改了超前小导管注浆和回填注浆的内容

——完善了注浆效果检查的内容

本规程由北京市住房和城乡建设委员会和北京市质量技术监督局共同负责管理，由北京市住房和城乡建设委员会归口并负责组织实施，北京城建科技促进会负责具体技术内容的解释工作。

为了提高标准质量，请各单位在执行本规程过程中，结合工程实践，认真总结经验，并将意见和建议寄至北京城建科技促进会（北京市西城区广莲路 1 号建工大厦 A 座 9 层，100055，电话 010-63989081-829，电子邮箱：bzcjch@sohu.com）。

本规程主编单位：北京城建科技促进会

北京瑞威世纪铁道工程有限公司

北京建工土木工程有限公司

本规程参编单位：北京市政建设集团有限责任公司

北京航天勘察设计研究院有限公司

中航勘察设计研究院有限公司

北京建筑大学

北京市建设工程质量第三检测所有限责任公司

泛华建设集团有限公司

中建二局第三建筑工程有限公司

中国建筑第二工程局有限公司
北京建工路桥工程建设有限责任公司
北京城建勘测设计研究院有限责任公司
北京城建五建设集团有限公司
中煤地质工程总公司
北京市市政四建设工程有限公司
中国新兴建筑工程总公司
北京健安诚岩土工程有限公司
北京地圣科创建设工程有限公司
北京万兴建筑集团有限公司

主要起草人员：彭 峰 刘 军 王建明 王利民 孔 恒 谢达文 贺美德 王文正
闫德刚 薛洪松 王笃礼 国 涛 李 军 姜会浩 彭其兵 王庆学
冯科明 王智跃 马 健 张丽丽 曾丽娟 郭密文 马永琪 单红雨
张民庆 许厚材 石 健 郑玉洁 彭 宏 陈树军 郑志红 张巧芬
张 谦 郭彩霞 何少春 兰 亮 张德萍 郭跃龙 原海军 聂畅通
安声镛 李文杰 宋晓可 潘 威
主要审查人员：崔玖江 贺长俊 徐祯祥 张 雁 杨 斌 叶 锋 韩少光

www.docin.com

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	4
4	浆液配制	6
4.1	一般规定	6
4.2	浆液配制	6
5	超前小导管注浆	9
5.1	一般规定	9
5.2	设 计	9
5.3	施 工	9
6	超前大管棚注浆	12
6.1	一般规定	12
6.2	设 计	12
6.3	施 工	12
7	背后填充注浆、径向注浆	14
7.1	一般规定	14
7.2	设 计	14
7.3	施 工	15
8	盾构法隧道壁后注浆	17
8.1	一般规定	17
8.2	设 计	17
8.3	施 工	17
9	深孔注浆	19
9.1	一般规定	19
9.2	设 计	19
9.3	施 工	20
10	注浆效果检查	21
10.1	一般规定	21
10.2	效果检查	21
	附录 A 注浆施工记录表	23
	附表 B 深孔注浆分项工程验收记录表	26
	本规程用词说明	27
	条文说明	28

Contents

1 General provisions	1
2 Terms and simples	2
2.1 Terms.....	2
2.2 Simples.....	3
3 Basic requirements	4
4 Grout preparation	6
4.1 General.....	6
4.2 Grout preparation.....	6
5 Advanced small pipe grouting	10
5.1 General.....	10
5.2 Design.....	10
5.3 Construction.....	10
6 Pipe roof grouting	13
6.1 General	13
6.2 Design.....	13
6.3 Construction.....	13
7 Backfill grouting and radial grouting	15
7.1 General.....	15
7.2 Design.....	15
7.3 Construction.....	16
8 Shield tunnel backfill grouting	18
8.1 General.....	18
8.2 Design.....	18
8.3 Construction.....	18
9 Deep boring grouting	20
8.1 General.....	20
8.2 Design.....	20
8.3 Construction.....	21
10 Assessment and acceptance of deep-boring grouting	23
9.1 General.....	23
9.2 Assessment.....	23
Appendix A Grouting construction record form	25
Appendix B Deep-boring grouting acceptance record form	28
Explanation of wording in this standard	29
Clause explanation	30

1 总 则

1.0.1 为规范北京城市轨道交通隧道工程注浆的设计、施工与质量验收,做到安全可靠、经济适用、技术先进、保护环境,保证注浆效果,制订本规程。

1.0.2 本规程适用于北京城市轨道交通隧道工程的超前小导管注浆、超前大管棚注浆、深孔注浆、隧道开挖后填充和径向注浆、盾构法隧道壁后注浆的设计、施工、效果检查。

1.0.3 北京城市轨道交通隧道工程注浆的设计、施工、效果检查与质量验收除应符合本规程外,尚应符合国家和北京市现行有关标准的规定。



2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 注浆 grouting

利用气压、液压或电化学原理，把某些能固化的浆液注入岩土体的裂隙或孔隙，以改善地层的物理力学性质，达到加固、止水等目的的工程作业活动。

2.1.2 超前预注浆 advanced pre-grouting

为提高隧道开挖施工安全性，开挖前对掌子面前方岩土体进行的注浆作业。

2.1.3 径向注浆 radial grouting

为控制隧道围岩变形或止水，沿隧道初期支护或二次衬砌垂直布设注浆孔，对隧道周围岩土体进行的注浆作业。

2.1.4 补偿注浆 compensation grouting

为控制隧道开挖造成的岩土体移位，补偿地层损失进行的注浆作业。

2.1.5 填充注浆 backfill grouting

为密贴隧道结构，填充隧道初期支护背后、初期支护和二次衬砌之间空隙的注浆作业。

2.1.6 深孔注浆 deep boring grouting

从地面或隧道内对岩土体进行的注浆孔深度通常达到10m以上的注浆作业。

2.1.7 扩散半径 diffusion radius

以注浆孔为圆心，单孔注浆作业中浆液有效扩散的距离。

2.1.8 注浆段长 grouting length of each circle

沿隧道方向一个超前预注浆循环的纵向长度。

2.1.9 止浆墙 wall for grouting

防止注浆施工中漏浆、跑浆并为深孔注浆作业提供工作面的临时构筑物。

2.1.10 注浆量 grouting volume

注入岩土体工程对象中浆液的体积。

2.1.11 浆液注入率 grout-fill ratio

注入岩土体中浆液的体积与被加固地层中空隙的体积之比。

2.1.12 结石率 solidification ratio

注浆后岩土体取心检查，浆液有效固结的岩心与所取岩心长度之比。

2.2 符 号

P-注浆压力

Q-注浆总量

q-单位时间注浆量

t-注浆持续时间

R-浆液扩散半径

L-注浆段长

n-地层孔隙率

α -地层填充系数

β -浆液损失系数

Be' -水玻璃的波美度



3 基本规定

3.0.1 注浆设计前应对工程对象的工程地质与水文地质、周边环境进行详细调查，明确注浆目的。

3.0.2 注浆设计文件应包括工程概况、工程地质与水文地质、注浆目的、注浆范围、注浆参数、注浆材料、注浆方式、对地质及周边环境影响、注浆效果指标等内容。

3.0.3 注浆施工方案应包括工程概况、注浆目的、注浆范围、注浆前准备工作(劳动力、机械设备、材料)、注浆孔布置图、注浆孔布设参数表、注浆材料及配比、注浆施工方式及工艺、注浆参数、注浆效果检查方法及要求、进度安排、安全质量环境保证措施等内容。

3.0.4 施工时应进行现场注浆试验，注浆效果不能满足工程需要时，应及时调整注浆设计方案。

3.0.5 注浆施工设备应满足下列要求：

1 成孔设备选型应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、孔径等条件确定。

2 浆液泵送设备选型应满足注浆工艺要求，具有调节流量、压力的功能，泵送浆液应能保持均匀稳定，泵压能力应大于设计最大注浆压力的1.5倍。

3 浆液配制设备生产能力和注浆泵泵送能力应与设计要求的注浆速度相匹配，应能保证不间断供浆。

4 双液注浆泵混合器应有单向逆止功能，禁止使用三通代替。

5 输浆管应采用高压胶管，高压胶管和阀门能承受的压力应不低于注浆泵额定压力的1.2倍。

6 注浆孔口应设置压力表，压力表宜采用抗振型压力表，压力表量程应与高压胶管承压匹配。

7 注浆量计量仪表应有效、准确。

3.0.6 注浆过程应做好钻孔注浆记录（附录A），记录每孔的钻孔情况、浆液材料及配比、凝胶时间、注浆时间、注浆压力、浆液流量等，并记录注浆过程中发生的异常情况。

3.0.7 注浆施工归档技术资料包括注浆设计文件、注浆施工方案、注浆施工记录表、注浆效果检查表、会议纪要，以及相关的洽商纪录和影像资料等。

3.0.8 注浆技术应从勘察、设计、施工、监测及反馈进行综合考虑，并将注浆与开

挖观测结合起来实现动态化注浆。

3.0.9 注浆施工时应确保周边环境安全。



4 浆液配制

4.1 一般规定

4.1.1 注浆严禁使用高分子有机化学材料。

4.1.2 注浆材料应根据工程所处地质条件和注浆目的合理选择，宜选取普通硅酸盐水泥、超细水泥、硫铝酸盐水泥、水玻璃等常用注浆材料。

4.1.3 注浆施工前应对设计浆液配比参数进行室内试验和现场试验。

4.1.4 制浆时应严格按照注浆施工方案的浆液配合比进行，主料误差不大于 **5%**，外掺剂不大于 **1%**。

4.1.5 配制水泥基的浆液时，应防止水泥包装纸及其它杂物混入，制浆时应对浆液设网过滤，未过滤的浆液不得进入泵体。

4.1.6 配制的水泥基浆液停放超过 **1h** 应重新对浆液凝胶时间等指标进行测定。

4.1.7 改性水玻璃单液浆和水泥~水玻璃双液浆不宜在永久性的止水或加固工程中使用。

4.1.8 在要求早强快凝、抗地下水冲散、微膨胀等特殊条件下的注浆工程中，可采用硫铝酸盐水泥基注浆材料。

4.2 浆液配制

4.2.1 浆液设计用量可按公式 **4.2.1** 计算：

$$Q=V \cdot n \cdot \alpha \cdot \beta \quad (\text{公式 } 4.2.1)$$

式中：**Q**-注浆量 (m^3)；

V-被加固的土体体积 (m^3)；

n-地层孔隙率，可按地质勘察报告中给出的地层孔隙率取值，或参考表

4.2.1 取值；

α -地层填充系数，深孔注浆宜取 **0.6~1.0**，小导管注浆及径向注浆宜取

0.2~0.5；

β -浆液损失系数，宜取 **1.2~1.4**。

表 4.2.1 地层孔隙率表

名称	孔隙率 (%)
中砂、粗砂、砾砂	33~46
粉砂、细砂	33~49
粉质粘土	35~50
粘土	41~52.4
风化岩	5~45

4.2.2 水泥砂浆应由强度等级不低于 42.5 的普通硅酸盐水泥、最大粒径不大于 2mm 的细砂和水混合搅拌而成。水灰比 (W/C) 宜为 0.8:1~1:1 (重量比), 灰砂比宜为 1:2 (重量比)。

4.2.3 单液水泥浆应由强度等级不低于 42.5 的普通硅酸盐水泥、促凝剂和水搅拌而成, 促凝剂宜按表 4.2.3 选用。单液水泥浆配制时水、灰用量按配合比计算。

表 4.2.3 单液水泥浆促凝剂选用表

序号	名称	要求	掺量 (占水泥比重)
1	食盐	工业品	0.5%~1%
2	水玻璃	40 Be' 以上	3%~5%

4.2.4 酸性水玻璃浆液宜在水玻璃中加入稀硫酸配制成。水玻璃宜选用模数 2.8~3.3, 浓度 35Be' 以上的水玻璃稀释而成, 稀硫酸可用浓度 98% 以上的工业浓硫酸稀释而成。酸性水玻璃浆液配制应符合下列规定:

1 酸性水玻璃浆液配制时, 第一组份水玻璃浆液浓度宜为 10Be' ~20Be', 第二组份稀硫酸浓度宜为 10%~20%。

2 水玻璃的稀释宜采用边加水边搅拌边用波美计测量的方法进行, 也可按公式 4.2.4 或按表 4.2.4-1 计算出水、水玻璃用量后, 将水玻璃加入水中搅拌均匀。

$$V_{原} = \frac{d_{配} - 1}{d_{原} - 1} \cdot V_{配} \quad V_{水} = V_{配} - V_{原} \quad (\text{公式 4.2.4})$$

式中: $d_{原}$ 、 $d_{配}$ —分别为原水玻璃和预配水玻璃的比重, 水玻璃比重与波美度的关系为 $d = 145 / (145 - Be')$

$V_{水}$ 、 $V_{原}$ 、 $V_{配}$ —分别为加水、原水玻璃和预配水玻璃的体积

表 4.2.4-1 水玻璃稀释表

原水玻璃 Be'		40		42		44		45		48		50	
原水玻璃 d		1.381		1.408		1.436		1.450		1.495		1.526	
预配水玻璃		W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S
Be'	d	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
15	1.115	698	302	718	282	736	264	744	256	768	232	782	218
20	1.160	580	420	608	392	633	367	644	356	677	323	696	304
25	1.208	454	546	490	510	523	477	538	462	580	420	605	395
30	1.261	315	685	360	640	401	599	420	580	473	527	504	496
35	1.318	165	835	221	779	271	729	293	707	358	642	395	605
40	1.381	0	1000	66	934	126	874	153	847	230	770	276	724

注：本表为稀释 1m³ 水玻璃需要加入的原水玻璃及清水量。W 代表清水，S 代表水玻璃，L 代表体积单位“升”，d 代表液体比重，Be' 代表水玻璃的波美度。

3 硫酸的稀释时应先算出所需浓硫酸量和加水量，然后将浓硫酸缓慢倒入水中，搅拌均匀，严禁将水倒入浓硫酸中。

4 在快速搅拌情况下，将水玻璃缓慢倒入稀硫酸中，并用 pH 计或试纸测试 pH 值，按表 4.2.4-2 控制胶凝时间。

表 4.2.4-2 改性水玻璃凝胶时间表

PH 值	3	4	5	6	6~7
凝胶时间(mi n)	300	150	100	50	25

注：1、浆液采用 15Be' 水玻璃和 15%硫酸配制而成。

2、浆液凝胶时间为在空气中的凝胶时间，在潮湿细砂中为 2mi n~30mi n。

4.2.5 水泥~水玻璃双液浆液应分别配制水泥浆和水玻璃浆，按水泥浆与水玻璃浆 1:1~1:0.6（体积比）用双液注浆泵泵送，在混合器中混合，然后注入工程对象。

4.2.6 硫铝酸盐水泥基注浆材料宜根据凝胶时间要求按水灰比 0.8:1~1.2:1 配制，配置时应先将水加入拌浆桶内，边搅拌边加入水泥，搅拌时间不少于 5mi n。

4.2.7 超细单液水泥浆宜采用比表面积不小于 1000m²/kg 的超细水泥，宜按水灰比 1:1~1.2:1（重量比）进行配制。配置时应先将水加入拌浆桶内，边搅拌边加入水泥，搅拌时间不少于 5mi n。

5 超前小导管注浆

5.1 一般规定

5.1.1 超前小导管注浆适用于隧道拱部处于自稳能力差的粉土、砂土及卵石土地层。对于降水后自稳能力较强的粘性土地层可不进行小导管注浆。

5.1.2 超前小导管注浆宜仅作为施工防塌限沉的辅助手段,正常断面开挖仍应坚持“短进尺,强支护,紧封闭,勤测量”和环状开挖,预留核心土的施工原则。

5.2 设计

5.2.1 超前小导管注浆设计应根据地质条件、环境状况、隧道断面大小及支护结构形式选用不同的设计参数。

5.2.2 超前小导管宜采用 $\Phi 32\text{mm}$ 钢管制作,长度宜为**2m~4m**。

5.2.3 超前小导管沿隧道周边布设,环向间距不宜大于**400mm**,外插角宜控制在**20°**内。采用超前双排小导管设计时,第一层外插角宜控制在**15°**内,第二层外插角宜控制在**20°~30°**。超前小导管水平投影搭接长度不宜小于**1m**。

5.2.4 卵石土地层及卵砾漂石地层中拱架间距为**500mm**时,小导管可采用长**1.7m~2m**、直径 $\Phi 32\text{mm}$ 无缝钢管制作的短导管逐榀打设。

5.2.5 超前小导管注浆设计参数宜根据地层条件和隧道埋深等确定,但不宜大于表**5.2.5**规定的值。

表 5.2.5 超前小导管注浆设计参数表

项目	注浆终压	扩散半径	注浆速度
上限值	0.5MPa	250mm	30L/min

5.3 施工

5.3.1 超前小导管制作时,应先把钢管截成设计长度,在钢管的一端做成**300mm**长的圆锥状,在距另一端**100mm**处焊接 $\Phi 6\text{mm}$ 的钢筋箍。钢筋箍一端**0.6m~1m**范围内钢管不开孔,剩余部分钢管每隔**200mm**梅花型布设 $\Phi 6\text{mm}~\Phi 8\text{mm}$ 的溢浆孔,见

图 5.3.1

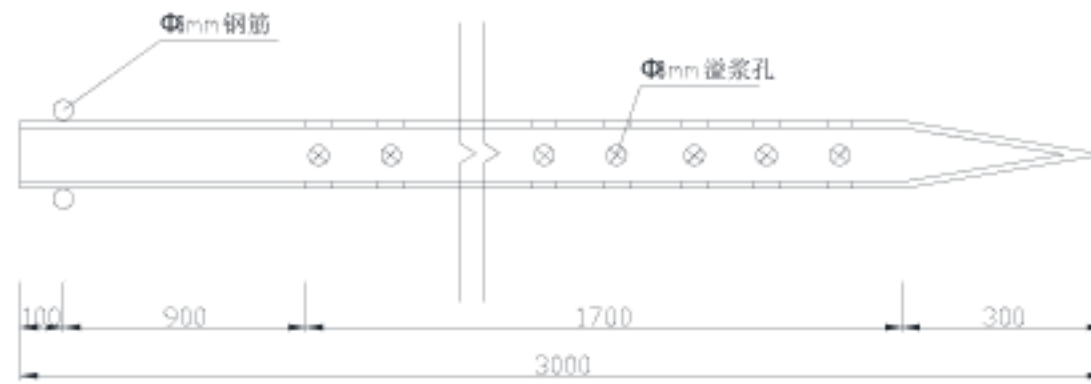
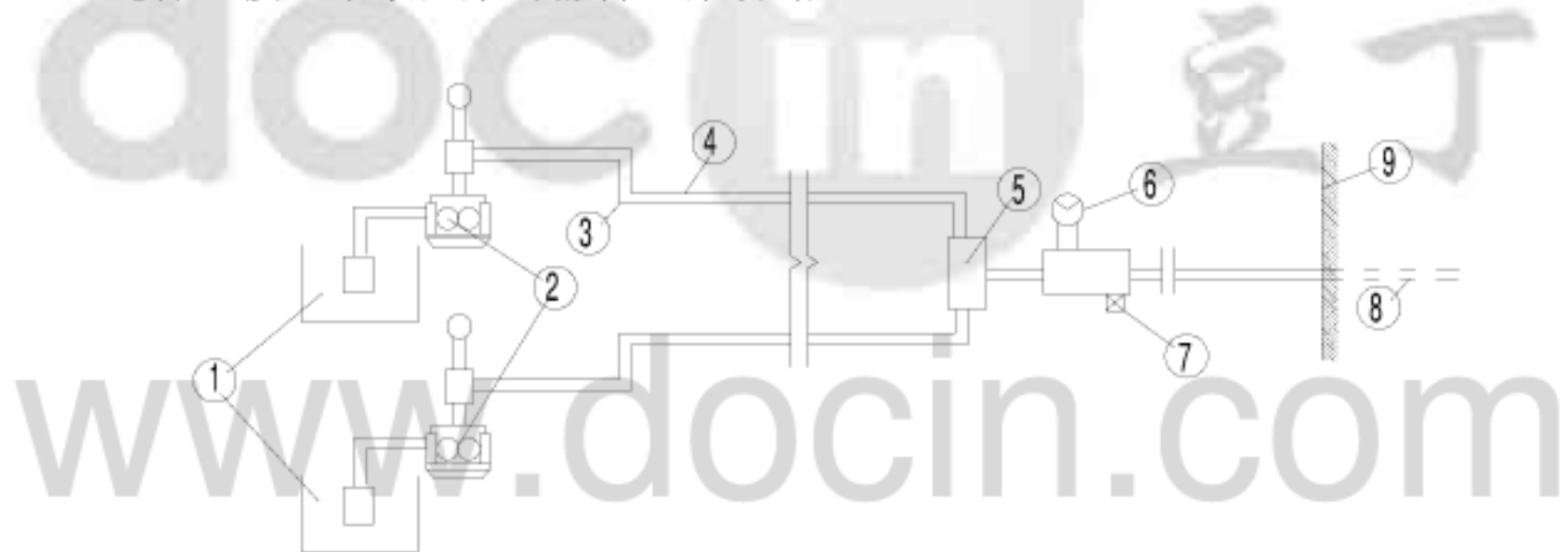


图 5.3.1 小导管加工示意图 (单位: mm, 以管长 3000mm 为例)

5.3.2 超前小导管施作可根据地质情况及小导管长度, 采用直接顶入、吹管后顶入、风钻或煤电钻引孔后放入等工艺。

5.3.3 小导管安设后应对工作面进行喷混凝土封闭, 喷射厚度应地质情况确定, 但不宜小于 50mm。

5.3.4 注浆开始前, 应根据浆液类型 (单、双液浆) 正确连接管路, 双液注浆可按图 5.3.4 进行连接。单液注浆时撤掉一条管路。



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—导管 9—工作面

图 5.3.4 双液注浆管路连接示意图

5.3.5 管路连接完成后应进行压浆试验, 检验管路的密封性, 压浆试验的压力不应小于设计终压, 时间不少于 5min。

5.3.6 超前小导管注浆施作宜采用二序跳孔间隔进行。

5.3.7 注浆时应经常观测注浆压力和流量的变化, 发生漏浆、串浆等异常情况时, 应采用间歇注浆、封堵等措施处理。

5.3.8 当满足下列条件时可结束单孔注浆:

1 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, 可结束单孔注

浆；

2 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，且无漏浆现象，可结束单孔注浆。

5.3.9 注浆压力达到设计终压，注浆量未达到设计量的 **80%**时，应根据相邻小导管注浆量大小，判断是否可以终止单孔注浆，必要时应补孔注浆。

5.3.10 **80%**小导管注浆孔达到注浆结束标准，且无漏注现象，单循环超前小导管注浆完成。



6 超前大管棚注浆

6.1 一般规定

6.1.1 隧道在开马头门、变换断面及近接风险源施工时可采用超前大管棚注浆。

6.1.2 超前大管棚注浆可作为超前支护措施单独使用，也可与超前小导管注浆和超前深孔注浆等措施组合使用。

6.2 设计

6.2.1 超前大管棚注浆设计应考虑根据地质条件、隧道断面形式、与风险源位置关系等因素。

6.2.2 大管棚宜采用 $\phi 76\text{mm} \sim \phi 180\text{mm}$ 无缝钢管或焊接钢管制作，管材壁厚不宜小于 5mm ，溢浆孔直径宜为 $\phi 6\text{mm} \sim \phi 12\text{mm}$ ，管棚管尾部 2m 范围内不应设溢浆孔。

6.2.3 超前大管棚宜沿隧道拱顶 150° 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，相邻管棚管间的间隙不宜大于 250mm ，外插角宜控制在 $0^\circ \sim 8^\circ$ 。

6.2.4 隧道近接风险源施工，超前大管棚宜选用止浆塞分段后退式注浆工艺；开马头门或变换隧道断面施工，超前大管棚可采用全孔一次性注浆工艺。

6.2.5 超前大管棚注浆参数不宜大于表 6.2.5 的规定：

表 6.2.5 超前大管棚注浆设计参数表

项目	注浆终压	扩散半径	注浆速度
上限值	0.3MPa	250mm	50L/min

6.2.6 超前大管棚注浆宜仅作为加固隧道拱顶前方地层使用，注浆加固厚度不宜大于 500mm ，不宜用于止水。

6.2.7 超前大管棚注浆材料可选用双液浆、单液浆或砂浆。止浆塞分段后退式注浆工艺应选用单液浆。

6.3 施工

6.3.1 大管棚连接形式可采用丝扣组合或内、外衬管焊接，严禁将管材直接对齐拼焊。

6.3.2 超前大管棚注浆施作宜采用二序跳孔间隔进行。

6.3.3 大管棚的施作可由钻机引孔后顶入、偏心潜孔锤带入、套管成孔放入等方法，应根据工程条件选取合理、经济的施工方法。

6.3.4 注浆时发生漏浆、串浆等异常情况时，应采用间歇注浆、封堵等措施处理，确保浆液有效注入。

6.3.5 当满足下列条件时可结束单孔注浆：

1 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，可结束单孔注浆；

2 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，且无漏浆现象，可结束单孔注浆。

6.3.6 注浆压力达到设计终压，注浆量未达到设计量的 **80%**时，应根据相邻大管棚注浆量大小，判断是否可以终止单孔注浆，必要时应采用补孔注浆。

6.3.7 **90%**大管棚孔达到注浆结束标准，且无漏注现象，单环大管棚注浆完成。

docin 豆丁
www.docin.com

7 背后填充注浆、径向注浆

7.1 一般规定

- 7.1.1 背后填充注浆应采用结石率高、不分解的浆液。
- 7.1.2 初期支护背后填充注浆应跟随开挖工作面及时进行。
- 7.1.3 初期支护与二次衬砌之间填充注浆应在二次衬砌混凝土强度达到设计强度的75%以后进行。
- 7.1.4 隧道修建中需要控制地层位移、初期支护变形、堵水等情况时可采用径向注浆。

7.2 设计

- 7.2.1 初期支护背后填充注浆孔应沿隧道拱部及边墙梅花型布设。环向间距宜为1.5m~2.5m，纵向间距宜为2.5m~3.5m，注浆深度宜为初期支护背后0.5m，如图7.2.1。

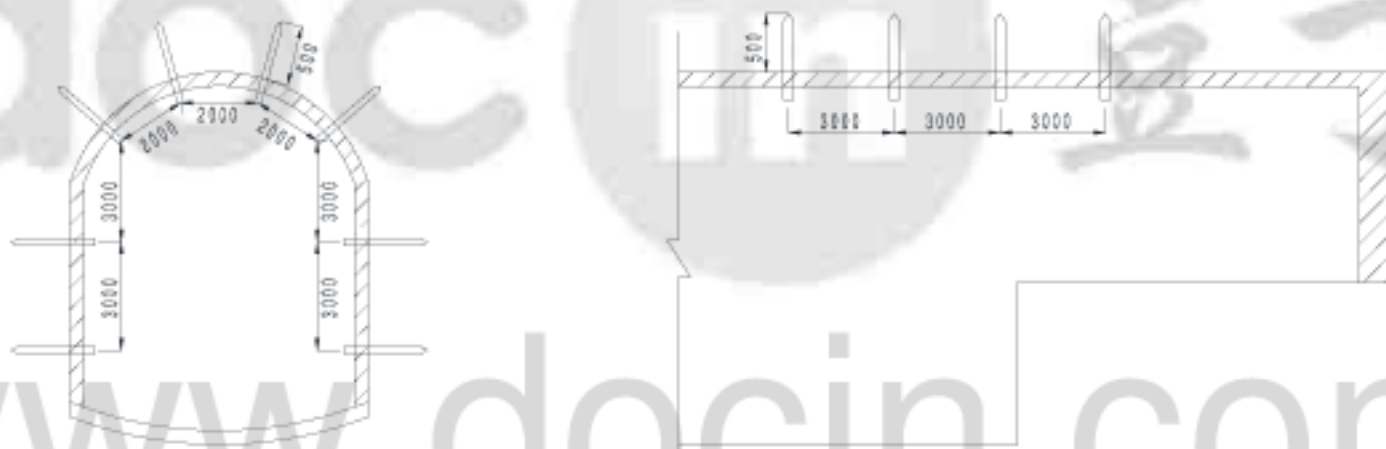


图 7.2.1 初期支护背后填充注浆孔位示意图（单位：mm）

- 7.2.2 初期支护背后填充注浆设计参数宜按表 7.2.2 选取。

表 7.2.2 初期支护背后填充注浆设计参数表

参数	注浆终压	影响半径	注浆速度
取值	$\leq 0.5\text{MPa}$	1.4m~1.8m	$\leq 30\text{L/min}$

- 7.2.3 初期支护和二次衬砌之间的填充注浆孔应在隧道拱顶布设，纵向间距应不大于5m。
- 7.2.4 初期支护和二次衬砌之间填充注浆设计参数宜按表 7.2.4 选取。

表 7.2.4 初期支护和二次衬砌之间填充注浆设计参数表

参数	注浆终压	影响半径	注浆速度
取值	$\leq 0.2\text{MPa}$	2m~3m	$\leq 30\text{L/min}$

7.2.5 径向注浆孔采用展开的梅花型布设，孔间距宜为 0.5m~3m，孔深宜为 1.5m~5 m。

7.2.6 径向注浆设计参数宜按表 7.2.6 选取。

表 7.2.6 径向注浆设计参数表

参数	注浆终压	扩散半径	注浆速度
取值	$\leq 1\text{MPa}$	0.6m~4m	$\leq 50\text{L/min}$

7.3 施 工

7.3.1 填充注浆宜采用全孔一次性注浆工艺，按单液注浆方式连接注浆管路，开始前应进行压浆试验。

7.3.2 初期支护施作时，初期支护背后填充注浆的注浆管宜外露 100mm，封堵管口后再喷射混凝土。

7.3.3 初期支护背后填充注浆材料可选用普通水泥单液浆或硫铝酸盐水泥单液浆。地层孔隙较小，普通水泥单液浆可注性差、但初期支护有大面积渗水时，宜采用硫铝酸盐水泥单液浆。

7.3.4 初期支护与二次衬砌之间填充注浆材料应采用水泥砂浆，有特殊要求的地段可采用微膨胀、强度高、流动性好的自流平水泥砂浆。

7.3.5 初期支护与二次衬砌之间填充注浆管可在二次衬砌时预埋或后期钻孔埋设。钻孔埋设时，钻杆应有限深装置，不得钻破防水层。

7.3.6 径向注浆应从两边墙底部向拱顶进行，宜按从无水孔向有水孔、从少水孔向大水孔、从散水区域向集中涌水区域的次序进行注浆。

7.3.7 初期支护背后填充注浆当注浆压力逐渐上升，流量逐渐减少，注浆压力达到设计终压后，稳定不少于 3min 或相邻孔出现串浆，可结束单孔注浆。

7.3.8 未满足本规程第 7.3.7 条的注浆孔，应统计分析注浆资料，在压力、流量异常孔旁边重新开孔检查补注，保证填充注浆效果后，可结束异常孔注浆。

7.3.9 满足本规程第 7.3.7 条、第 7.3.8 条后，检查无漏孔，一段隧道填充注浆完成。

7.3.10 径向注浆满足下列条件时可结束单孔注浆：

1 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，可结束单孔注浆；

2 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，且无漏浆现象，可结束单孔注浆。

7.3.11 径向注浆孔注浆压力达到设计终压，注浆量未达到设计量的 **80%**时，应根据相邻孔注浆量大小，判断是否可以终止单孔注浆，必要时应补孔注浆；

7.3.12 **90%**径向注浆孔达到注浆结束标准，且无漏注现象、堵水率达或控制围岩变形达到设计要求，一段径向注浆完成。



8 盾构法隧道壁后注浆

8.1 一般规定

- 8.1.1** 壁后注浆应根据工程地质条件、地表沉降状态、环境要求及设备情况等选择注浆方式和注浆参数。
- 8.1.2** 同步注浆和即时注浆应与盾构掘进同步进行。
- 8.1.3** 壁后注浆过程中，应采取措施减少注浆施工对周围环境的影响。

8.2 设计

- 8.2.1** 注浆压力应根据地质条件、注浆方式、管片强度、设备性能、浆液特性和隧道埋深等综合因素确定。
- 8.2.2** 同步注浆和即时注浆的注浆量填充系数应根据地层条件、施工状态和环境要求确定，填充系数宜为 1.3~2.5。
- 8.2.3** 同步注浆的注浆速度应根据注浆量和掘进速度确定。
- 8.2.4** 根据隧道问题状态和环境保护要求，可进行二次补强注浆。二次补强注浆的注浆量和注浆速度应根据环境条件和沉降监测结果等确定。

8.3 施工

- 8.3.1** 应根据注浆要求进行注浆材料的试验和选择。可按地质条件、隧道条件和工程环境合理选用单液或双液注浆材料。
- 8.3.2** 壁后注浆材料应满足强度、流动性、可填充性、凝结时间、收缩率、环保等要求。
- 8.3.3** 注浆实施前应按施工要求准备拌浆、储浆、注浆设备，并应进行试运转。
- 8.3.4** 宜配备对注浆量、注浆压力、注浆时间等参数进行自动记录的仪器。
- 8.3.5** 注浆作业时，应观察注浆压力及流量变化，严格控制注浆参数。
- 8.3.6** 注浆作业应连续进行，完成后应及时清洗注浆设备和管路。
- 8.3.7** 当壁后注浆的注浆量、注浆压力、时间等重要参数均达到设计要求，无参数异常现象时，可结束单孔注浆。

8.3.8 未满足本规程第 **8.3.7** 条的注浆孔，应统计分析注浆资料，在注浆量、注浆压力或盾构机掘进速度异常的区域进行重点分析检查，必要时采取二次补强注浆，保证壁后注浆效果后，可结束异常区域的壁后注浆。

8.3.9 满足本规程第 **8.3.7** 条、第 **8.3.8** 条后，检查无漏孔，管片与地层间隙填充密实，沉降监测结果满足设计要求，管片衬砌环稳定、无漏水现象，区段盾构法施工隧道壁后注浆完成。



9 深孔注浆

9.1 一般规定

9.1.1 隧道内超前止水加固预注浆、地表垂直（含斜向）止水加固注浆、竖井施工中的止水加固注浆等，宜采用深孔注浆工艺。

9.1.2 深孔注浆可采用全孔一次性、分段前进式、钻杆后退式和袖阀管后退式等工艺。

9.1.3 深孔注浆施工前应通过试验验证注浆工艺及参数，现场试验应选择在具有代表性的地段进行。深孔注浆工程应编制专项方案，并做好技术、人员、机具、材料等方面的准备工作。

9.1.4 钻孔过程中应做好钻探详细记录，包括钻进进尺、起止深度、土层性质、地下水情况等。

9.2 设计

9.2.1 设计浆液扩散半径可依据地层性质、地下水压、浆液材料、注浆压力等因素按表 9.2.1 内取值。

表 9.2.1 浆液扩散半径取值范围（mm）

地层	粘性土、粉土	细、中砂	粗、砾砂	卵石	岩层破碎带
扩散半径	200~400	250~500	300~600	600~1000	800~1500

注：浆液扩散半径取值应遵循的原则为：（1）地层空隙大，浆液扩散半径宜取高值；（2）地层水压低，浆液扩散半径宜取高值；（3）注浆压力高，浆液扩散半径宜取高值；（4）浆液颗粒细，浆液扩散半径宜取高值；（5）在不同地层界面处，浆液扩散半径宜取低值。

9.2.2 深孔注浆孔位布置应根据注浆范围和隧道开挖形式，单排孔和双排孔布置时，任意断面各注浆孔间距不应大于 2 倍的扩散半径；多排布置时，应采用梅花型布置。

9.2.3 注浆盲区可通过调整注浆孔角度、短孔与长孔相结合等方式消除。

9.2.4 止浆墙宜采用加筋喷射混凝土或模筑混凝土的方法施作，混凝土强度等级不应低于 C20，厚度不宜小于 500mm。

9.2.5 隧道内超前预注浆每循环段长宜取 10m~20m，相邻注浆循环搭接长度宜为 2m~5m。

9.2.6 隧道开挖轮廓线外的注浆加固圈厚度宜取 1.5m~4m。

9.2.7 注浆压力应根据理论计算、经验类比和现场、室内试验综合确定，应大于隧道注浆位置地层水压力的 2 倍，但也不应压力过大对邻近既有建（构）筑物及地表产生

不良影响。

9.3 施 工

9.3.1 深孔注浆应在注浆部位标识出孔位，钻孔孔位偏差不宜大于 **200mm**，成孔偏斜率不宜大于 **1%**。

9.3.2 注浆前应检查注浆管路及连接件、孔口管、止浆塞等，并进行试压。注浆开始前应检查高压管路连接是否牢固，过程中应控制好注浆压力，防止因注浆压力过大而产生事故。

9.3.3 注浆前应检查止浆墙密封情况，发现止浆墙漏浆应及时封堵。

9.3.4 注浆施工应满足下列规定：

- 1 应设立防护措施，保持场地清洁，注浆效果检查孔应封填密实；
- 2 应经常观察泵压和流量的变化，防止出现工作面漏浆、跑浆及串浆等情况；
- 3 注浆前应分析地下水流动轨迹，并测试水压；
- 4 地层内有地下水流动时，注浆顺序应从上游到下游注浆；
- 5 注浆应从外圈向内圈的顺序作业；
- 6 双液浆注浆结束时应先停水玻璃泵，后停水泥浆泵，及时清洗管路；
- 7 隧道开挖前，应进行注浆效果检查；

8 隧道开挖后，应对注浆效果进行观测与分析，对于薄弱带应进行动态补充注浆。

9.3.5 注浆过程中出现管路堵塞、跑（窜）浆等问题时，应分析原因并及时处理。

9.3.6 当深孔注浆满足下列条件时可结束单孔注浆：

1 注浆孔达到设计孔深，注浆过程中压力逐渐上升，流量逐渐减少，当压力达到注浆终压，可结束单孔注浆；

2 注浆孔达到设计孔深，注浆压力未能达到设计终压，注浆量已达到设计注浆量 **2.0** 倍，可结束单孔注浆。

9.3.7 注浆孔未能达到设计孔深，应分析原因，可采用加强相邻周边孔注浆或补孔注浆的方法解决。

9.3.8 **90%**注浆孔达到单孔注浆结束标准，无漏注现象，依据本规程第 **10** 章进行检查，注浆效果满足设计和本规程要求的要求后，可完成单循环注浆。

10 注浆效果检查

10.1 一般规定

10.1.1 注浆完成后，应对注浆效果进行检查，确认已达到注浆目的，否则应采取补孔注浆等措施，保证注浆效果。

10.1.2 深孔注浆工程质量验收应提交下列技术资料：

- 1 注浆施工单位资质证书及施工人员上岗证的复印件等；
- 2 注浆设计文件及会审记录、专家会议纪要、设计变更洽商；
- 3 注浆施工组织设计；
- 4 注浆施工技术、安全交底书；
- 5 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；
- 6 施工检查记录、注浆效果检查报告。

10.2 效果检查

10.2.1 整段区间隧道二次衬砌完成后，初期支护与二次衬砌之间的隧道拱顶填充注浆检查宜采用雷达物探法与人工敲击辨识相结合，确保无空隙、填充注浆密实。

10.2.2 深孔注浆效果检查方法与标准可按表 10.2.2 执行。

表 10.2.2 注浆效果检查方法与标准

评定方法		标准
宏观类	P-qt 曲线法	应根据所记录的注浆压力 (P)、注浆速度 (q)、注浆时间 (t) 三者之间的关系，绘制的 P-qt 曲线图进行分析。满足合格标准的注浆孔数量宜大于 80%。
	涌水量对比法	加固目的注浆工程堵水率宜大于 80%，或止水目的注浆工程宜大于 90%。
	填充率反算法	加固目的注浆工程浆液填充率宜大于 80%，或止水目的注浆工程宜大于 90%。
检查孔类	取芯孔法	取芯孔数量宜按注浆孔数的 3%~6% 抽查。止水目的的注浆工程芯样无侧限抗压强度宜大于 0.3 MPa 以上，或加固目的的注浆工程宜大于 0.5 MPa，且应满足专项设计的要求。
	检查孔法	检查孔数量按注浆孔数的 3%~6% 抽查。检查孔应成孔完整，无涌砂、涌泥现象，出水量小于注浆专项设计要求，且能保持 1h 以上。
	渗透系数测试法	测试孔数量按注浆孔数的 1%~3% 布置。注浆后地层的渗透系数应降低一个数量级，且止水目的深孔注浆宜小于 10^2m/d 。

过程类	直接观察法	开挖面掌子面应浆液填充饱满，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。

10.2.3 加固目的深孔注浆效果检查，宜以取芯孔法为主，并可辅以其他 1~2 种方法。

10.2.4 止水目的深孔注浆效果检查，宜以渗透系数测试法为主，辅以其他 1~2 种方法。对于不适合注入清水的地层，可用稀水泥浆代替清水，但浆液水灰比应不小于 1.2:1。

10.2.5 检查孔施作结束后应对其进行注浆封堵。



附录 A 注浆施工记录表

表 A.0.1 钻孔记录表

工程名称: _____ 工作面位置 (里程): _____

钻机型号: _____ 时间: _____ 年 _____ 月 _____ 日

孔号	孔深	起止时间	下管深度	地层情况描述	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;
- 3、备注: 钻孔, 下管时异常情况记录。

记录: _____ 技术负责人: _____

表 A.0.2 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 (秒)	压力 (MPa)	流量 (L/min)	备注

总注浆量: _____ 材料消耗: _____

填表说明:

- 1、备注栏填漏浆、串浆情况。
- 2、改性水玻璃时配合比填 **PH** 值;
- 3、双液浆时填凝胶时间, 其它不填。

记录: _____ 技术负责人: _____

表 A.0.3 全部注浆记录统计表

工程名称：_____ 工作面范围（里程）：_____

注浆时间：_____年_____月_____日_____时~ _____年_____月_____日_____时

孔号	孔深 (m)	浆液种类	终压 (MPa)	注浆量 (m ³)	备注
合计					

填表说明：

- 1、一个孔注两种以上浆液，可占 2 格以上，并有注浆量小计；
- 2、备注栏填注浆情况，有无漏浆、串浆等；
- 3、统计表后应附注浆记录。

记录：_____ 技术负责人：_____ 年 月 日

www.docin.com

表 A.0.4 注浆效果检查评定表

编号:

工程名称		施工单位	
工程地点		注浆位置(里程)	
1. 工程地质与水文地质情况:			
2. 涌(渗)水量和水压力情况:			
3. 注浆方式或工艺:			
4. 注浆材料及采用的水灰比和体积比:			
5. 注浆结束情况:			
6. 注浆效果检查及结论:			

记录: 复核: 技术负责人: 驻地监理: 年 月 日

附表 B 深孔注浆分项工程验收记录表

表 B 深孔注浆分项工程验收记录表

单位（子单位）工程名称				
分部（子分部）工程名称		验收部位		
施工单位	项目经理			
分包单位	分包队长			
施工执行标准名称及编号				
施工质量验收规范的规定		施工单位检查评定记录		监理（建设）单位验收记录
主控项目	1	原材料及配合比	设计要求 本规程第 4 章	
	2	注浆效果	设计要求 本规程第 10 章	
一般项目	1	注浆孔数量、间距、孔深、角度	设计要求 施工方案	
	2	控制压力和进浆量控制	设计要求 施工方案	
施工单位检查评定结果		专业工长 (施工员)	施工班组长	
		项目专业质量检查员： 年 月 日		
监理（建设）单位验收结论		专业监理工程师： (建设单位项目专业技术负责人) 年 月 日		

本规程用词说明

1 为方便在执行本规程时区别对待，对技术要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词采用“可”。

2 本规则中指定应按其他有关标准、规程执行时，写法为：“应符合□□□□的规定”或“应按□□□□执行”□□

docin 豆丁
www.docin.com

北京市地方标准

城市轨道交通隧道工程注浆技术规程

**Technical specification for grouting of urban rail transit tunnel
engineering**

DB11/ 1444-2017

doc  豆丁
条文说明
www.docin.com

2017 北 京

目 次

1	总 则.....	32
3	基本规定.....	33
4	浆液配制.....	34
4.1	一般规定.....	34
4.2	浆液配制.....	35
5	超前小导管注浆.....	36
5.1	一般规定.....	36
5.2	设 计.....	36
5.3	施 工.....	36
6	超前大管棚注浆.....	38
6.1	一般规定.....	38
6.2	设 计.....	38
6.3	施 工.....	38
7	背后填充注浆、径向注浆	40
7.1	一般规定.....	40
7.2	设 计.....	40
7.3	施 工.....	40
8	盾构法隧道壁后注浆.....	42
8.1	一般规定.....	42
8.2	设 计.....	42
8.3	施 工.....	42
9	深孔注浆.....	43
9.1	一般规定.....	43
9.2	设 计.....	45
9.3	施 工.....	46
10	注浆效果检查.....	49
10.2	效果检查.....	49

1 总 则

1.0.1 本市电力、热力隧道及其他地下工程的注浆设计施工可参考本规程。北京地下工程的所处的地层多为第四纪冲洪积层的粉质粘土层、粉细砂层、中粗砂层和砂砾（卵）石层，地层软弱，自稳能力差，为保证施工安全、控制地表沉降，应进行注浆设计施工。

隧道工程中注浆作业主要达到的目的是：软土（岩）加固、止水、回填放沉、近接施工、隧道变形治理等。



3 基本规定

3.0.1 在注浆前，注浆设计人员应了解所注入地层的类别，如砂层、粘土层、淤泥层、砂卵石层等。如果是砂层，应进行筛分试验，确认砂层属性；如果所处地层含水，应明确含水等级、水量、水压、地层渗透系数。对于地层空隙率、裂隙度应通过试验，或者采取工程类比法进行确定。

3.0.3 为确保注浆质量，参与注浆的所有人员，包含工程技术人员、技术工人、监督管理人员都应岗前培训，了解注浆的目的和技术要求，未经培训的人员不得上岗。在注浆止水、近接施工等重大风险源注浆工程中，应编制专项注浆方案，宜召开专项方案评审会和具备特种专业资质的专业注浆单位施作。

3.0.5 注浆设备是保证注浆施工质量的关键，钻机为注浆的主要设备之一，工程地质与水文地质条件对钻机的工作有很大的影响，因此选择的钻机必须具有良好的钻进稳定性，或者易于固定牢固，使钻孔不会出现较大的偏差而影响精度，钻具与钻机应匹配地层，保证成孔质量和深度。

浆液泵送设备选型要求具有调节流量、压力的功能，泵送浆液应能保持均匀稳定，“牛角泵”、“羊角泵”等简易的注浆设备无法满足此要求，不应在工程中使用。

混合器是注双液浆施工时的专用设备，混合器的混合腔设计要合理，保证两种液体的均匀混合，并应有单向逆止功能，防止浆液回流，造成堵管。

注浆孔口设置压力表可以真实地反应浆液注入时的压力，有效地控制注浆质量，因此本规程中的注浆压力均应以孔口压力表为判别依据。

3.0.7 注浆记录是分析注浆效果的主要依据，必须及时、如实填写，不得事后回忆补记。

3.0.8 当前注浆设计中，往往采用“一次设计法”。对工程地质条件的考虑，仅仅表现在对复杂地层的简单、定性的概化上，给出唯一的注浆参数。这种“一次设计法”，随着工程地质条件的变化，某些地段可能出现“欠注浆”而存在安全隐患，有些地段也可能“过注浆”导致浆液材料浪费和施工进度延缓等情况。动态化注浆技术避免了“一次注浆设计”带来的弊病，将注浆与隧道开挖观测相结合，通过观测结果分析判断掌子面前方地层、地下水变化状况，对注浆施工方案进行动态调整，指导下一循环注浆合理实施，从而实现了注浆的动态化，避免了注浆的盲目性，使注浆技术更加符合实际情况。

4 浆液配制

4.1 一般规定

4.1.1 本条为强制性条文，应严格执行。地下工程注浆使用浆液材料数以吨计，用量巨大，如材料使用不当，极易对地下水造成严重污染，环境安全风险巨大。

1974年日本福冈县用丙烯酰胺注浆引起环境污染造成大量居民中毒事件后，西方国家及日本均在工程行业标准中明确禁止了使用有机化学注浆材料。随后，又经过了几十年的研究和发展，现在岩土注浆工程所用材料主要是水泥基系列和水玻璃基系列，这两个系列的材料经过改性和改良，可满足不同的工程需要，如：超细水泥、硫铝酸盐水泥、酸性水玻璃、碱性水玻璃等。

浆液材料成分应有充分的稳定性，浆液注入地层后不能因时间、酸碱环境等变化，而使浆液分解出有毒物质二次污染地下水。对于氨基类的、含苯环的、酰胺类的、含重金属的有机化学材料严禁使用，即使作为少量的外加剂也应禁止使用（本规程明文提及的外加剂不在禁止范围内）。也严禁使用不能提供浆材产品合格证和无生产厂家的成分不明的浆液。但针对混凝土结构裂缝修补注浆、突发大规模涌水抢险的注浆工程不在此禁止范围之内。

新研制发明的注浆材料如含有有机高分子成分时，需提供证明文件，证明其对地下水无污染后方可使用。

4.1.2 普通硅酸盐水泥浆宜在大部分的注浆工程中使用；水玻璃浆既可改性后单独使用，也可与其他浆液混用；超细水泥浆宜在粉细砂等极细颗粒地层注浆中使用。浆液使用前应在实验室进行浆材性能试验或检测。

4.1.3 注浆浆液配比参数、方法应通过实验室试验和现场试验具体综合确定。部分注浆参数（如：压力、浆液配比等）可是一个范围，具体准确的参数可在注浆作业起始实验阶段中调整确定。

4.1.8 过去地下水丰富地层的止水注浆施工中主要采用水泥~水玻璃双液浆，其主要优点是凝结时间快和抗地下水冲散。但水泥~水玻璃双液浆的固结体强度较低（**1MPa**以下），且不耐久，浆液凝固时间随地层酸碱性的变化仅能维持数周，限制了注浆设计的目的。

鉴于以上原因，注浆技术人员多年来一直努力研究既速凝有耐久的浆液，通过大量的工程实践和改良，在国内重要工程的注浆施工中，逐渐研究使用硫铝酸盐水泥和普通硅酸盐水泥混拌后形成的 **TGRM**、**HPC** 等特种灌浆材料，其注浆材料特点是凝

结时间可调（5min~50min）、抗分散、永久加固、颗粒小、不收缩、无毒无污染等。宜在地下水流较大、永久加固、固结早期强度要求高、近接风险源施工等特殊深孔注浆工程中使用。

4.2 浆液配制

4.2.1 使用公式 4.2.1 计算注浆量时，如以劈裂机理为主要扩散形式的注浆工程，其地层填充系数（ α ）宜取公式所示较低值；如以填充或渗透为主要扩散形式的注浆工程，其地层填充系数（ α ）宜取公式所示较高值。

4.2.2 水泥砂浆具有料源广，价格低，强度高的特点，宜在二次衬砌和初期支护之间空隙填充注浆中使用。

4.2.3 单液水泥浆配制时按设计配合比计算水、灰用量，计量应准确，实际配置时，可参考表 1 选用。

表 1 单液水泥浆配制表（ 1m^3 浆液）

水灰比	0.6:1	0.8:1	1:1	1.5:1	2.0:1
水泥 (kg)	1072	883	750	546	429
水 (kg)	643	706	750	819	857

4.2.4 酸性水玻璃具有料源广，价格低，可注性好，凝胶时间可调，强度适宜等特点，宜在无水的中、细砂层中应用。

4.2.5 水泥~水玻璃双液浆具有料源广，价格适宜，胶凝时间易调等特点。宜在有水条件下粗砂、砂砾等地层中临时堵水使用。

4.2.7 超细单液水泥浆具有强度高，可注性好等特点，可代替部分化学浆材，宜用于细砂及细小裂缝堵水及加固工程中。

5 超前小导管注浆

5.1 一般规定

5.1.1 超前小导管注浆的作用是：

- 1 改良工作面前上方的地层，在开挖工作面以外形成厚度为 200mm~600mm 的加固圈。
- 2 超前小导管注浆与地层共同作用形成超前支护结构，从而保证开挖工作面前上方的稳定，防止工作面坍塌，控制地表沉降。

5.2 设计

5.2.2 区间隧道断面、初期支护拱架间距为 750mm~1000mm 时，宜每开挖两个循环注浆一次，管长不宜小于 3m；拱架间距为 500mm 时，每开挖一个循环注浆一次，管长不宜小于 2m，确保前次小导管注浆未开挖部分长度为 1m 以上，如图 1 所示。3m 长小导管注浆，砂砾层注浆量可取 200L/根，砂层 150L/根。



图 1 小导管布设示意图（单位：mm）

5.2.3 小导管注浆在砂卵石地层、下穿管线、断面变化等复杂情况时宜逐榀施作，宜布置在拱顶 180° 范围。

5.2.4 如砂卵石地层颗粒过大，直径 $\Phi 32\text{mm}$ 无缝钢施作困难，为增加小导管柔性，可采用直径 $\Phi 25\text{mm}$ 无缝钢管制作短导管。

5.2.5 注浆速度的控制与地层条件和隧道埋深有关系。粉质粘土层或细砂层注浆时，浆液扩散不及时，易造成地面开裂，注浆速度不宜超过 20L/min。

5.3 施工

5.3.2 砂质地层宜采用吹管法施作小导管，卵石地层可采用风钻引孔或短导管直接

顶入，粘土和亚粘土地层宜采用煤电钻引孔后顶入。

5.3.3 小导管安设后应对小导管尾部的工作面进行喷射混凝土封闭，喷射厚度应地质情况确定，宜为 **50mm~80mm**。需要喷射混凝土封闭的是小导管尾部与地层接触的环形部分，通常是隧道的初期支护喷射混凝土的一部分，并非将整个开挖掌子面喷射混凝土封闭。

5.3.7 注浆过程中，如压力逐渐上升，流量逐渐减少属于正常合理状态；如压力长时间不上升（20min 以上），流量也不减少，可能是跑浆或者漏浆；如压力急剧上升，流量急剧减少，在排除地层因素外，可能是管路阻塞，应及时进行处理。

5.3.9 由于地下地质条件复杂，有时不可能每个注浆孔都能达到本规程第 5.3.8 条的终孔条件，应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，施工时通常当相邻各孔注浆量较大时，可以终止单孔注浆，当相邻各孔注浆量也较小时，应进行补孔注浆。

5.3.10 当本循环 80%以上的注浆孔都达到本规程第 5.3.8 条的终孔条件，其余按本规程第 5.3.9 条的要求进行处理后，可认为本循环超前小导管注浆完成。

docin.com 豆丁
www.docin.com

6 超前大管棚注浆

6.1 一般规定

6.1.1 超前大管棚注浆的作用是：

1 改良工作面前上方的地层，在开挖工作面以外形成厚度约为 **500mm** 加固拱圈。

2 超前大管棚注浆与地层共同作用形成超前支护结构，从而保证开挖工作面前上方的稳定，防止工作面坍塌，控制地表沉降。

6.1.2 超前大管棚注浆仅是在一定范围内加固隧道前上方的地层，不宜加固隧道掌子面正前方的土体，也不能形成全断面帷幕止水的效果。当注浆加固细颗粒松散地层或有水地层时，超前大管棚注浆应与超前小导管注浆或超前深孔注浆组合使用。

6.2 设计

6.2.2 超前大管棚的设计长度一般为 **10m~30m**。因成孔难度的原因，卵砾石地层大管棚的设计长度一般不超过 **20m**，粘土、粉粘土地层成孔容易，管棚设计长度可超过 **30m**。

6.2.3 大管棚注浆有一定的不均匀性，相邻大管棚间的间隙不应大于 **250mm**。隧道区间内采用多循环大管棚注浆方案时，可适当放大管棚仰角 (**6°~8°**)，不设管棚工作间，采用类同小导管注浆的搭接方法，搭接长度的水平投影不宜小于 **3m**。

6.2.4 大管棚注浆穿越风险源时宜选用止浆塞后退式注浆工艺，因为这种工艺注浆效果均匀，注浆扩散半径可控，能使地层形成较好效果的胶结，粗颗粒地层扩散半径甚至可以达到 **1** 米，加固范围大，且在后期开挖时可根据量测结果进行及时补偿注浆，适合穿越风险源注浆施工。但这种工艺需要加工专用的配套止浆塞和管材中安装特殊的专用单向阀片，注浆施工人员或单位应具有较强的专业能力。

6.2.5 超前大管棚注浆主要是充填，因此注浆压力可不必过大。

6.2.6 采用孔口一次性工艺的超前大管棚注浆的加固效果具有一定的不均匀性，其超前预支护的机理是钢管的棚架作用和注浆固结作用相结合，因管棚通常采用单层布设的原因，设计注浆固结圈的加固厚度不宜大于 **500mm**，也不宜用于止水。

6.3 施工

6.3.1 直接对齐拼焊的大管棚连接方式，易造成管棚管不同心和脱焊，不得采用。

6.3.3 自稳能力较差的地层（如：含水砂层、卵砾石层）宜采用偏心潜孔锤直接将管

棚管以套管的形式带入。

6.3.5 工程经验表明，一序管棚孔的注浆宜以定量结束标准为主。由于两侧孔已进行过注浆，二序管棚孔注浆宜以定压结束标准为主。

6.3.6 未达到本规程第 6.3.5 条的终孔条件，应根据相邻管棚注浆量大小，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，当相邻各孔注浆量也较小时，应进行补孔注浆。

6.3.7 当本循环 90%以上的注浆孔都达到本规程第 6.3.5 条的终孔条件，其余按本规程第 6.3.6 条的要求进行处理后，可认为本循环超前管棚注浆完成。



7 背后填充注浆、径向注浆

7.1 一般规定

7.1.1 初期支护背后填充注浆的目的是充填初期支护背后的空隙和加固因施工而被扰动的土体，减少地层移位和地表沉降，控制初期支护变形，并作为封堵地下水的一道防线。初期支护和二次衬砌之间的填充注浆主要是充填二次衬砌混凝土收缩造成的空隙，使结构受力均匀，同时阻塞地下水通道，防止地下水沿隧道纵向流动。

7.1.2 要求初期支护背后填充注浆应在初期支护完成后及时进行是为了控制地表沉降不过大，工程实践表明，在地表沉降要求严格的地段，初期背后填充注浆的注浆面与开挖面距离不宜大于 **5m**，并采用小于 **0.2MPa** 的低压力注浆，地表沉降不敏感或初期支护变形小的地段，填充注浆可在初期支护成环后进行，可有效地控制地表沉降。

7.1.4 当初期支护出现大面积渗漏水或支护结构变形较大时，应采用径向注浆进行堵水或加固。

7.2 设计

7.2.2 细颗粒地层（如：粉土、细砂）注浆时，浆液扩散影响半径宜取较小值；粗颗粒地层（如：卵砾石）时，浆液扩散影响半径宜取较大值。

7.2.5 以加固为目的的径向注浆，孔间距宜取较大值（**1.5m~3m**）；以止水为目的的径向注浆，孔间距宜取较小值（**0.5m~1.5m**）。径向注浆的孔深取值设计主要的考虑因素是：隧道断面大小、变形程度及允许值、渗水面积、渗水量大小等。

7.3 施工

7.3.3 封堵微小孔隙渗漏水的径向注浆堵水工程，宜使用超细水泥单液浆，但其比表面积不应小于 **1200m²/kg**，才能保证有效的可注性。

7.3.7 由于初期支护背后填充注浆量难以确定，因此填充注浆未以注浆量作为终止注浆的条件，而是以注浆压力是否达到设计注浆终压作为终止注浆的条件，当注浆压力逐渐上升，流量逐渐减少，注浆压力达到设计终压后，稳定不少于 **3min** 或相邻孔出现串浆，可结束单孔注浆。

7.3.11 未达到本规程第 7.3.10 条的终孔条件，应根据相邻注浆孔注浆量大小，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，当相邻各孔注浆量也较小时，应进行补孔注浆。

7.3.12 当本循环 90%以上的注浆孔都达到本规程第 7.3.10 条的终孔条件,其余按本规程第 7.3.11 条的要求进行处理后,可认为本循环径向注浆完成。



8 盾构法隧道壁后注浆

8.1 一般规定

8.1.1 同步注浆是在盾构掘进的同时,通过安装在盾构壳体外侧的注浆管和管片的注浆孔进行壁后注浆的方法;即时注浆是在掘进后迅速进行壁后注浆的方法;二次补偿注浆是对壁后注浆的补充,其目的是填充之前注浆未能有效填充和浆液收缩后的空隙,及处理隧道渗漏水。注浆方法、工艺、材料等应根据地层性质、地面荷载、允许变形速率和变形值等合理选定。

8.2 设计

8.2.1 注浆压力应根据计算确定。注浆出口压力应稍大于注浆出口处的静止土压力,注浆压力通常大于出口处压力 **0.1 MPa ~0.2MPa**。通过计算的注浆压力也不应过大,导致浆液溢出地面或造成地表隆起,也不应过小而减弱注浆作用。

8.2.2 施工中注浆量应根据注浆效果调整,注浆量与盾构掘进时扰动土层的范围有关系,因扰动范围是变量,通常情况下壁后注浆填充系数取 **1.3~1.8**;在极松软或地下水量大的地段,充填系数取 **1.5~2.5**。

8.3 施工

8.3.2 注浆材料的选用应按地质条件及环保要求并经试验合理选定,工程中一般会考虑下列因素:

- 1 注浆作业全过程浆液不易产生离析;
- 2 具有较好的流动性,易于注浆施工;
- 3 压注后浆液固化收缩率小;
- 4 有较好的不透水性能;
- 5 压注后强度能很快超过土层;
- 6 注浆前必须进行材料试验,符合要求后方可使用。

8.3.5 当同步注浆作业发生故障时,应立即停止盾构掘进,及时排除故障。

8.3.6 注浆结束后应在一定压力下关闭浆液分配系统,同时打开回路管,停止注浆。注浆管路内压力降至零后拆下管路进行清洗。

9 深孔注浆

9.1 一般规定

9.1.1 为达到防塌限沉、减弱对周边构筑物影响、止水、提高开挖安全性等目的，隧道工程施工时宜采用超前深孔预注浆。

9.1.2 隧道地下工程中深孔注浆施工主要采用四种注浆方式进行，分别是全孔一次性、钻杆后退式、分段前进式、袖阀管后退式。这四种方法的工艺特点如下：

1 全孔一次性

全孔一次性注浆方式是指按设计将注浆钻孔一次完成，在钻孔内安设注浆管或孔口管，然后直接将注浆管路和注浆管（或孔口管）连接进行注浆施工。全孔一次性注浆方式模式图如图 2 所示。

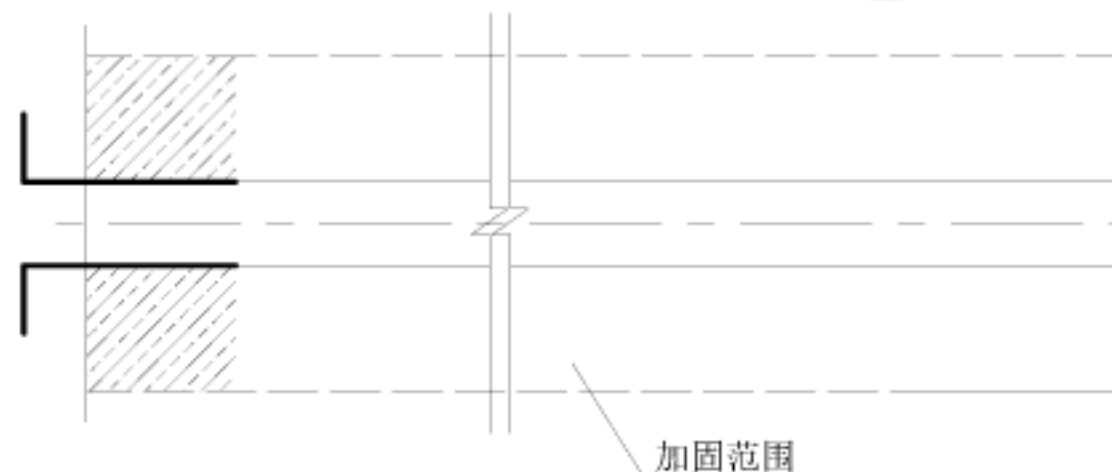


图 2 全孔一次性注浆方式模式图

2 钻杆后退式

钻杆后退式的注浆方式包含单管工艺和双管工艺，就是先钻孔至设计孔深，然后边提钻杆边注浆的施工工艺，因止浆工艺的需要，在隧道水平方向钻杆后退式注浆止水一般都采用双管工艺。

双管的注浆材料采用水泥-水玻璃双液浆或改性水玻璃浆。该工法的优点是实现了长距离的深孔注浆，相对于传统的小导管注浆工艺扩大了注浆加固范围。缺点是该工艺仅能使用速凝材料的水泥-水玻璃或改性水玻璃浆，液浆固结体的有效强度只能维持在数月左右的时间，过后浆液将分散流失，在隧道壁上出现白色挂浆痕迹，所以双管后退式注浆宜在注浆加固效果要求时间不长的临时性注浆止水中使用，不宜在对沉降要求较高的近接风险源（构筑物）施工时使用。

钻杆后退式注浆在一定程度上实现了分段进行，较全孔一次性注浆方式在工艺上有先进性，但钻杆和地层之间的空隙密封问题是该注浆方式能否实现有效分段的关键，注浆加固效果有较大的随机性，不宜在高要求的注浆工程中采用。钻杆后退式注

浆模式如图 3 所示。

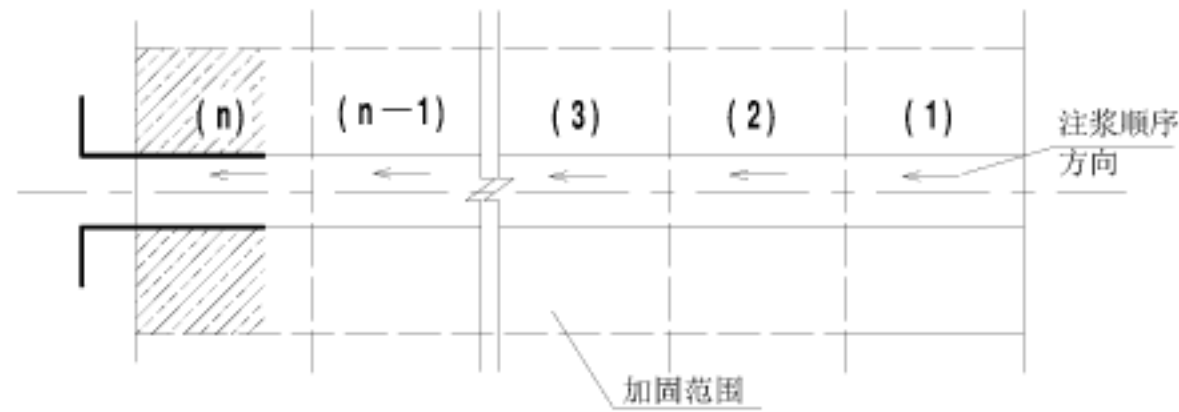


图 3 钻杆后退式注浆方式模式图

3 分段前进式

前进式分段注浆是采取钻、注交替作业的一种注浆方式，即在施工中，实施钻一段、注一段，再钻一段、再注一段的钻、注交替方式进行钻孔注浆施工。每次钻孔注浆分段长度 **2m~5m**，前进式分段注浆可采用水囊式止浆塞或孔口管法兰盘进行止浆。工艺特点要求应采用早强速凝的浆液，水泥~水玻璃双液浆和硫铝酸盐基特种专用注浆材料（**TGRM**）是通常使用的两种快凝型的浆液，硫铝酸盐基特种加固注浆材料既有双液浆早强快凝的特点，也有水泥基材料永久加固的性能，是近年内国内普遍采用代替水泥水玻璃双液浆的理想材料。前进式分段注浆钻孔注浆施工模式图如图 4 所示。

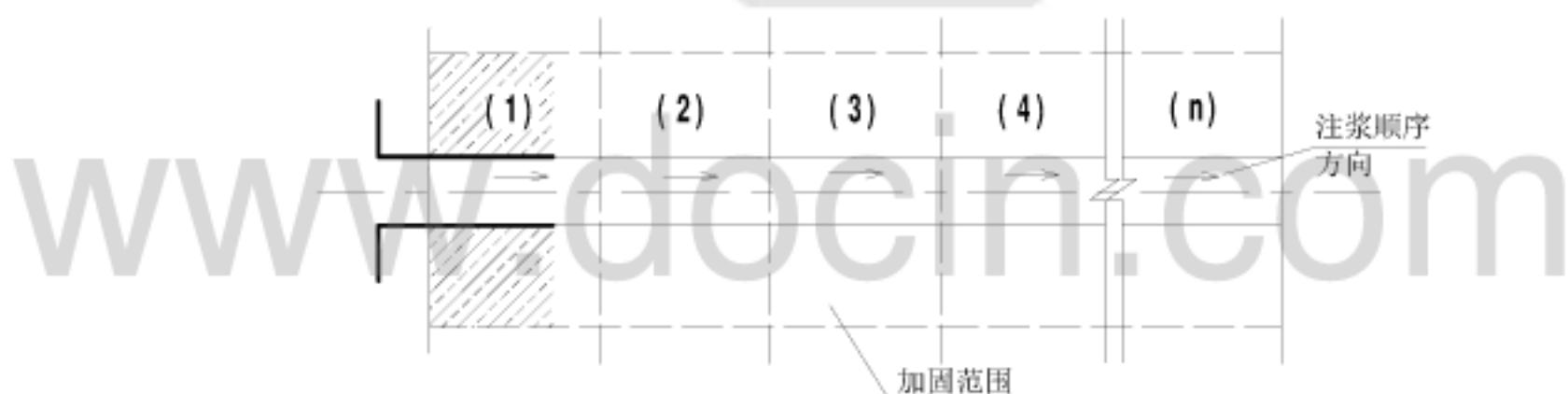


图 4 前进式分段钻孔注浆施工模式图

4 袖阀管后退式

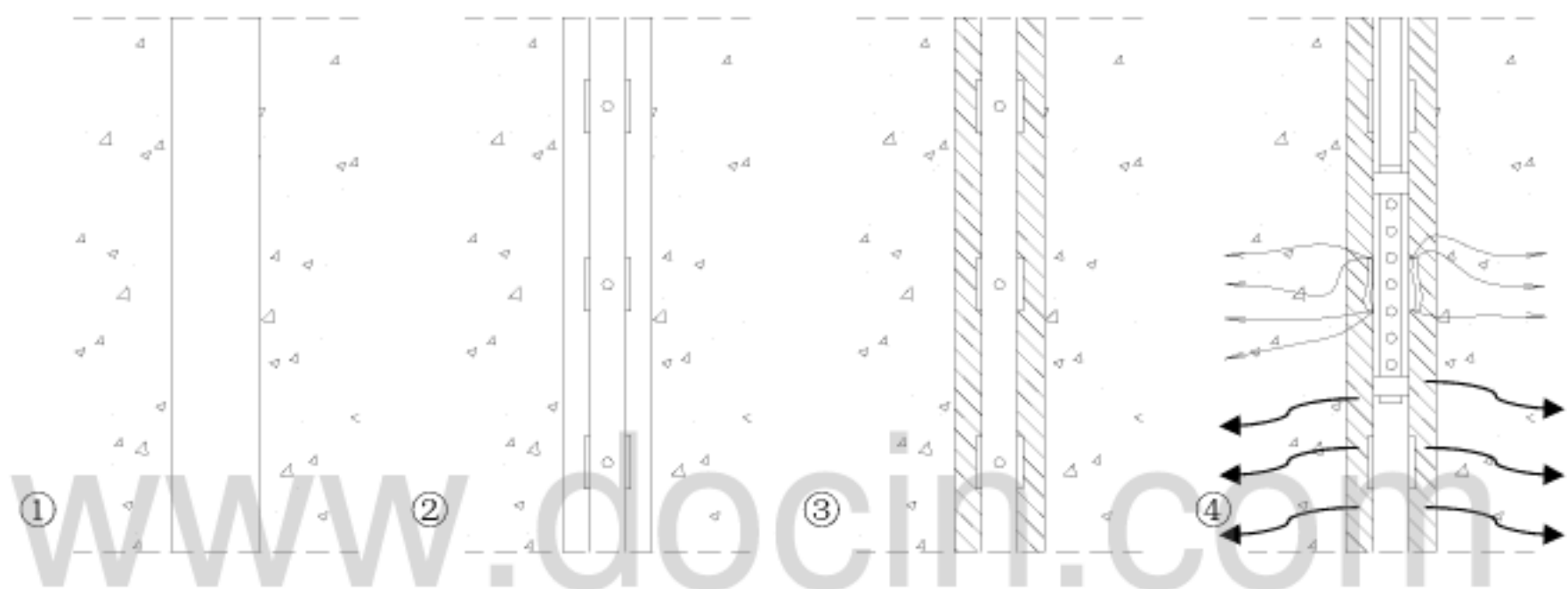
袖阀管后退式分段注浆是目前被国内外公认的最可靠的注浆工法，著名的英吉利海峡隧道，英、法、日、意，以及台湾、香港地铁工程均大量采用该注浆工法。

该工法原理步骤是：首先，用钻机进行套管钻孔，一直钻到规定的深度为止，插入具有特殊构造的带环箍的管子。然后，一边拔出套管一边注入水泥膨润土液，在管子周围形成和土层接触的硬度。在带环箍管子内，将前端装置着双层密封器的注浆管固定在规定的注浆孔位置上，用水或药液打开注浆孔，突破硬壁后进行注浆，如图 5 所示。

袖阀管注浆工法的机理是通过封管和注浆两种材料进行分次封孔和注浆，实现分

次注浆的可能。通常，每一个工程的地质条件、颗粒粒径、透水性和不同地层之间交互层叠。由于不均匀地层的各层透水性不同，通过注浆的所达到的效果也不尽相同，有针对性地对注浆地层进行分析，在可注性好的地层进行针对性注浆，不同的地层采用不同的注浆材料。有效地填补地层的空隙，使地层得到有效的加固处理，达到设计要求。使地层特性达到同性化。并可以通过二次注浆弥补注浆缺陷。二次注浆时应注意注浆材料的浸透性，注浆速度也应有所重视。工法特点如下：

- (1) 能有效地按注浆工程的设计应求，确定注浆的位置和范围。
- (2) 不易产生注浆盲区和薄弱区，适合高风险注浆施工，如隔水帷幕墙。
- (3) 注浆的位置可根据实际情况上下调整，随意变动。
- (4) 同一注入点可以采用不同的注浆材料进行注浆。
- (5) 注入后，可根据地层的实际情况非常方便的再次注入，保证注浆质量。



1-钻孔并下套管； 2-放入套阀管； 3-封填套阀管； 4-利用双塞灌浆器灌浆

图 5 袖阀管注浆施工模式图

9.2 设计

9.2.1 注浆设计程序可如下图 6 所示进行。

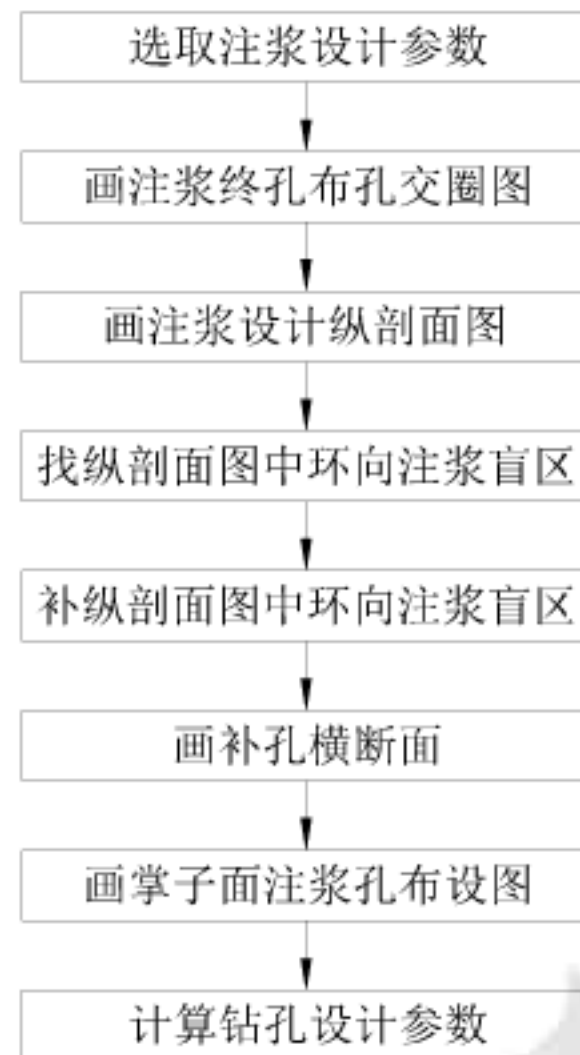


图 6 注浆设计程序

9.2.2 注浆范围厚度是指隧道环向注浆加固范围，在注浆加固和堵水设计时，对于注浆加固范围的选取，应综合考虑地质条件和水压力数值、注浆效果、成本和注浆工期要求。

9.2.4 止浆墙可采用喷射混凝土或模筑混凝土的方法施作，止浆墙施作类型和厚度设计受以下因素的制约：注浆工艺、注浆最大压力、止浆墙面积、止浆墙结构等。但所有止浆墙最小厚度应不小于 **500mm**。

9.3 施 工

9.3.3 止浆墙施作完成后要检查密封情况，重点检查部位是止浆墙顶部与隧道拱顶的密贴是否紧密，如果有较大缝隙（**10mm** 以上），应采用棉纱和快硬水泥提前封堵，对于较小的缝隙，可在注浆过程中采用注双液浆或快硬水泥的方式封堵。

9.3.4 在注浆施工中，由于注浆扩散半径是一个选取值，它不代表浆液在地层中最大的扩散距离。在注浆施工中，当采取跳孔分序注浆时，对先序孔往往采取定量注浆，对后序孔采取定压注浆。注浆施工工序宜遵循以下要求：

1 分区注浆

对每个区域进行注浆试验，确定每区的注浆材料和注浆参数，可使注浆效果更加可靠。

2 跳孔注浆

跳孔注浆可以有效地逐步实现约束注浆，使浆液逐渐达到挤压密实，促进注浆帷幕的连续性，并且通过逐序提高注浆压力，利于浆液的扩散和提高浆液结石体的密实性。

3 由上游到下游

在注浆施工中，当存在着较大的水流时，应考虑水流对注浆效果的影响。防止上游注浆时浆液顺流而下造成浆液不断流失。

4 由下层到上层

在注浆施工中，由于浆液存在重力作用，钻孔中泥砂也会对下部造成堆积，宜采用由下至上的逐步提升的注浆顺序。

5 由外侧到内侧

由外到内进行注浆，宜将注浆区域围住形成注浆区域的挤密、压实，有效地实现约束注浆，提高注浆效果。

6 定量-定压相结合

9.3.5 注浆过程中常出现管路堵塞、跑（串）浆等问题时，主要原因及时处理措施宜参照以下表处理：

表 2 注浆管路堵塞原因分析及处理措施

序号	原因分类	原因分析	处理对策
1	材料问题	注浆原材料过期变质	对原材料进行试验，杜绝使用过期变质的原材料。
		水泥浓度过浓	采用高水灰比的浆液
		浆液凝胶时间过短	调整注浆配比，采用凝胶时间较长的浆液配比参数。
2	操作问题	浆液中进入了包装袋或其它杂物	①在配浆桶口采用滤网过滤杂物。 ②每个工班清洗一次配浆桶，将配浆桶中已固结的浆液清除。
		混合浆液管路过长	缩短混合浆液管路，原则上混合浆液管路不宜超过 5m 。
		水泥浆和水玻璃吸浆管放错	在水泥浆和水玻璃吸浆管上设置标记（通常在水泥浆吸浆管上绑上红布条）
		注浆泵缸体中有堵塞	及时清洗注浆泵缸体，要求每周清洗一次注浆泵缸体。
		水泥浆管路中有沉积	在注浆过程中经常采用铁锤敲击水泥浆管路以及混合浆液管路
3	工艺问题	注双液时未采用混合器	在注双液浆时，必须使用混合器，不允许使用三通。
4	地质问题	地层吸不进浆	①选择合适的注浆终压。 ②采用高压力注浆泵。

			③调整注浆材料，特别是地层吸浆量小时，应采取注水泥浆，不应继续注双液浆。
--	--	--	--------------------------------------

表 3 注浆过程跑（串）浆原因分析及处理措施

序号	原因分类	原因分析	处理对策
1	工艺问题	未施作止浆墙	注浆前应施作止浆墙，防止掌子面出现跑浆现象。
		未对后部进行径向注浆加固处理，使浆液后返。	注浆前应对后部进行径向注浆，防止浆液后返。
		单孔注浆量过大	按定量注浆进行控制，必要时对多个注浆孔同时进行注浆
		注浆压力过大、注浆速度过快	调整注浆参数，降低压力和泵速
		钻孔间距离过小	跳孔施作或改为袖阀管注浆工艺
2	操作问题	止浆墙施工质量有问题	加强止浆墙施作质量。出现跑浆时，可采用双液浆，调整浆液凝胶时间，并采取间歇注浆措施，迅速对接触缝进行堵塞。
		后部径向注浆效果差	加强注浆设计，密封止浆层，加长孔深和布孔密度。

doc in 豆丁
www.docin.com

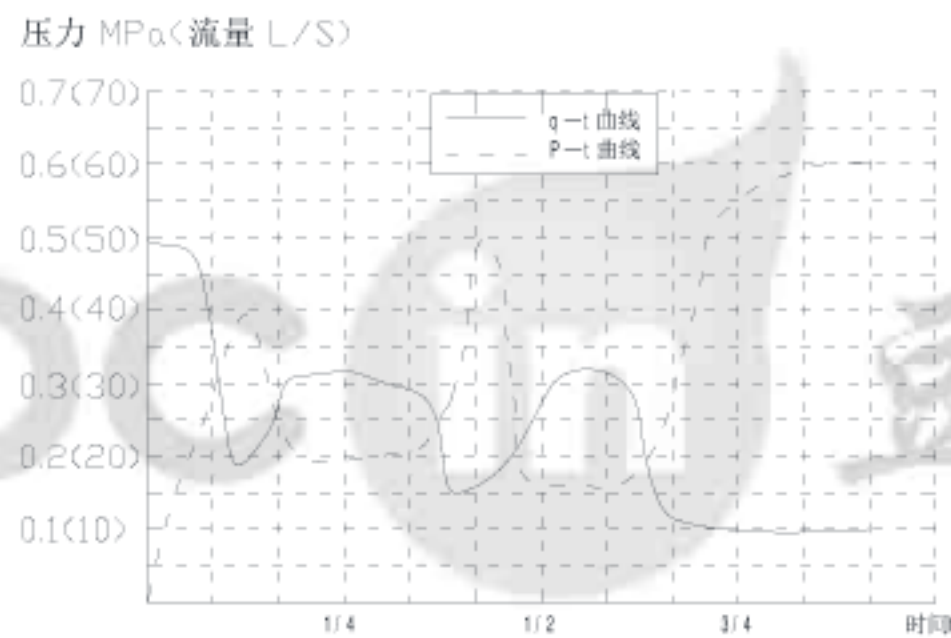
10 注浆效果检查与验收

10.2 效果检查

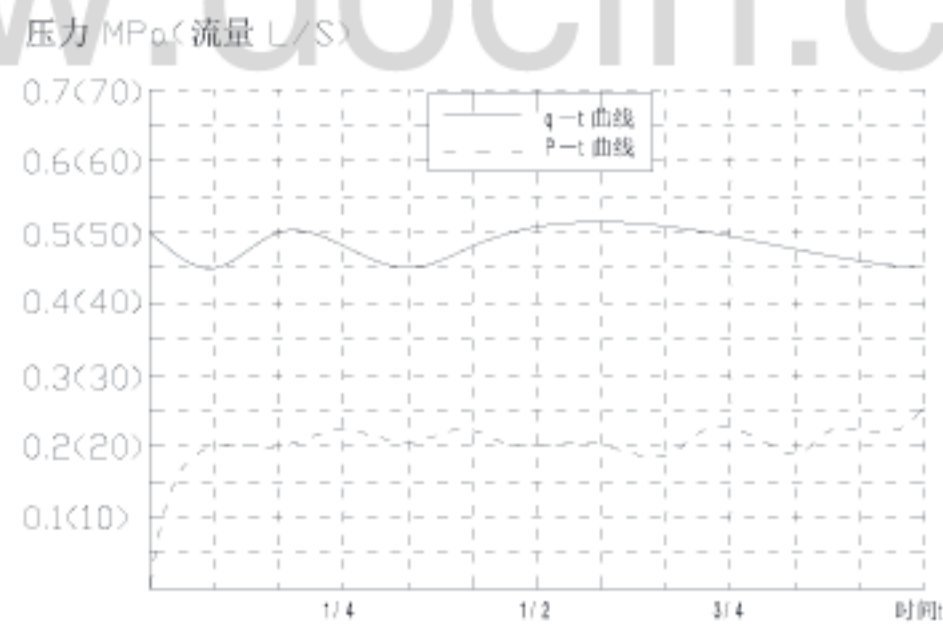
10.2.2 深孔注浆效果检查方法如下：

1 P-q-t 曲线法：采用 **P-q-t** 曲线法评价注浆效果时，应根据所记录的注浆压力（**P**）、注浆速度（**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。单孔注浆施工中 **P-t** 曲线应呈上升趋势，**q-t** 曲线应呈下降趋势。

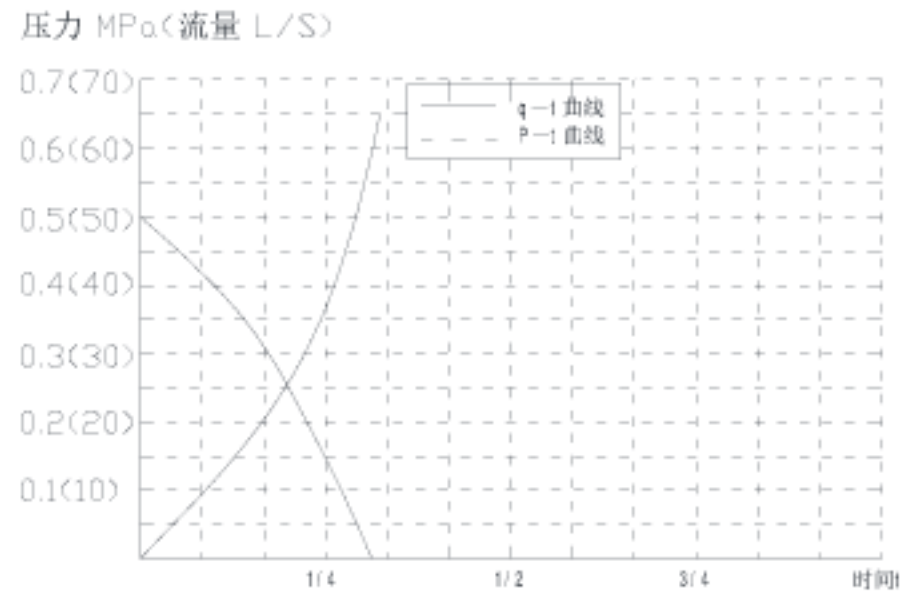
注浆结束时，**P-t** 曲线显示注浆压力达到设计终压，或 **q-t** 曲线显示单孔注浆量达到设计量的 **2** 倍，可认为单孔注浆满足合格标准。满足合格标准的注浆孔数量宜大于 **80%**，图 7 是注浆施工中常见的几种情况的典型 **P-q-t** 曲线图。



1- 合格孔 P-q-t 曲线图例



2- 异常孔（串浆、漏浆）P-q-t 曲线图例



3- 异常孔（堵管、浆液异常）P·q·t 曲线图例

图 7 注浆孔典型 P·q·t 曲线图

2 涌水量对比法：采用涌水量对比法分析注浆效果时，应对比注浆前后钻孔涌水量变化数值，随着注浆进行，钻孔涌水量不断减少，通过注浆堵水率公式（公式 1）计算出结果。

加固目的注浆工程堵水率宜大于 **80%**，止水目的注浆工程堵水率宜大于 **90%**。

$$g = \left(1 - \frac{m_{\text{检}}}{m_{\text{探}}} \right) \times 100\% \quad (\text{公式 1})$$

式中：g—注浆施工前后堵水率

$m_{\text{检}}$ —注浆结束后检查孔单位长度单位时间内的涌水量（L/min/m）

$m_{\text{探}}$ —注浆开始前探孔单位长度单位时间内的涌水量（L/min/m）

3 填充率反算法：采用浆液填充率反算法注浆效果时，应采用注浆总量计算公式（公式 2）反算浆液填充率，根据计算结果评价注浆效果。

加固目的注浆工程浆液填充率宜大于 **80%**，止水目的注浆工程浆液填充率宜大于 **90%**。

$$a = \frac{Q}{V \times n \times b} \quad (\text{公式 2})$$

式中：V 指注浆加固体体积（ m^3 ）；其他符号见本规程第 2.2 节。

4 取芯孔法：采用检查孔取芯法分析注浆效果时，取芯孔应布设在相邻孔交界的注浆效果薄弱部位，通过取芯率、芯样的完整性、芯样的浆液含量、芯样强度试验等进行综合分析判断。

止水目的的注浆工程芯样无侧限抗压强度宜大于 **0.3 MPa** 以上，加固目的的注浆工程宜大于 **0.5 MPa**，且满足专项设计的要求。采用普通硅酸盐水泥、超细水泥等为

浆液主材的注浆工程，取芯作业应在注浆结束后**7**天进行；采用硫铝酸盐水泥等为浆液主材的注浆工程，取芯作业应在注浆结束后**1**天进行；采用水泥~水玻璃双液浆为浆液主材的注浆工程，因浆液固结体为脆性，且强度较低，芯样易碎，不宜采用取芯试验强度的方法检查，但可采用取芯观察的方法检查。

5 检查孔法：采用检查孔法观察注浆效果时，检查孔应布设在相邻孔交界的注浆效果薄弱部位，观察检查孔成孔是否完整、涌水、涌砂、涌泥及坍孔等定性评定注浆效果。

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**1h**以上。

6 渗透系数测试法：采用检查孔渗透系数测试法分析注浆效果时，应采用压水试验测试注浆前后地层渗透系数变化，判定注浆效果。如果地层对注水敏感，工程不适合做压水试验，可采用浆液代替清水，但浆液的水灰比应大于**1.2:1**。

注浆后地层的渗透系数应降低一个数量级，且止水目的深孔注浆施工时地层的渗透系数宜小于 10^{-2}m/d 。

$$k_g = \frac{0.366 Q}{ls} \lg \frac{2l}{r} \quad (\text{公式 3})$$

式中： k_g —注浆后地层渗透系数（**m/d**）；

Q —稳定流量（**m³/d**）；

l —试验段长（**m**）；

s —水位差（**m**），也可用注浆压力替代（指水头压力高度，**m**）；

r —钻孔半径（**m**）。

7 直接观察法：采用直接观察法了解注浆效果时，应通过对隧道开挖面进行观察，宏观评定注浆加固效果。

开挖面掌子面应浆液填充饱满，能自稳，无水或少水，且满足安全要求；径向注浆、填充注浆后隧道周围渗漏水明显减少。

8 监测数据判定法：采用监测数据评价注浆效果时，应对注浆前后的帷幕止水圈内外水位高程、隧道初期支护的变形速率、地表沉降速率等数据进行分析，判断注浆加固效果是否达到工程要求。

9 雷达物探法：采用雷达物探的方法评价注浆效果时，应根据注浆施工前后雷达成果图像的差异和雷达物探手段的专业知识，宏观评定注浆效果是否达到工程要求。

doc in 豆丁

www.docin.com