

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T XXXX—202X

公路富水隧道防排水设计规范

Specifications for Waterproofing and Drainage Design of Water-Rich Highway
Tunnels

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

陕西省市场监督管理局 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 基本规定 1

5 调查与勘察 2

6 隧道防水设计 3

7 隧道排水设计 6

8 隧道堵水设计 7

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。

本文件由陕西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：陕西省交通规划设计研究院有限公司、陕西交通控股集团有限公司安岚高速公路建设管理处、中交一公局第一工程有限公司、中交二公局第三工程有限公司。

本文件主要起草人：徐磊、徐书雷、杨克栋、夏鹏、王宏宇、周康、康辰、张东、吕超、肖松涛、赵栋、戴陆欣、王鹏、王峰、孙长海、曹支才、李刚、陈旭、陈强 刘辉。

本文件首次发布。

本文件由陕西省交通规划设计研究院有限公司负责解释。

联系信息如下：

单位：陕西省交通规划设计研究院有限公司

电话：029-68718902

地址：陕西省西安市科技六路37号

邮编：710065

公路富水隧道防排水设计规范

1 范围

本文件规定了公路富水隧道的调查与勘察、防水设计、排水设计、堵水设计的要求。

本文件适用于陕南秦巴山区以钻爆法为主要开挖手段的新建公路富水隧道防排水设计,其他公路富水隧道可参照使用。

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。

GB50108 地下工程防水技术规范

JTG D70/1 公路隧道设计规范第一册土建工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路富水隧道 Water-rich highway tunnel

穿越富水区的公路隧道。

3.2

预注浆 pre - grouting

富水隧道开挖前,向围岩或含水层注浆封堵渗水通道、加固围岩的注浆作业。

3.3

后注浆 post - grouting

富水隧道开挖或初期支护完成后,向围岩缝隙、衬砌背后等部位的注浆作业。

4 基本规定

4.1 公路富水隧道工程地质调查与勘察应专项开展水文地质勘察,查明区域地质、地下水特征,含水层富水性分级,分段预测涌水量和静水压力,评估对建设和运营的影响。施工期采用超前地质预报动态修正参数。

4.2 富水隧道防排水设计应遵循“防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则，对地下水分段分区妥善处理，形成防水可靠、排水通畅的完整防排水系统。

4.3 通过水资源保护区或环境敏感区等有水环境特殊要求地段的富水隧道采取“以堵为主，堵排结合、限量排放”的原则。

4.4 富水隧道洞内防排水系统的设计应根据地下水发育特征、涌水量、隧道长度、纵坡等因素综合确定。

4.5 富水隧道防水设计应提高混凝土的防水等级及防水层、施工缝、变形缝等部位的防水措施的技术要求。

4.6 富水隧道排水设计应充分考虑排水系统的可维护性。

4.7 富水隧道排水系统应与洞外路基、桥梁排水系统或自然支沟可靠顺接。

4.8 二级及以上等级公路隧道防排水应满足下列要求：拱部、边墙、设备箱洞不渗水，路面无显渍；衬砌背后不积水；车行横通道、人行横通道等服务通道拱部不滴水、边墙不滴水，路面无湿渍。

4.9 三级、四级公路隧道防排水应满足下列要求：拱部、边墙不滴水，设备箱洞不渗水，路面不积水、不滴水；隧道衬砌背后不积水。

5 调查与勘察

5.1 一般规定

5.1.1 应根据隧道不同勘察设计阶段的任务、目的和要求，针对公路等级、隧道特点和规模，确定收集调查资料的内容和范围，进行收集、调查、测绘、勘探和试验。调查资料应齐全、准确，满足设计要求。

5.1.2 调查应分施前调查和施度等应符合相应设计阶段的要求；施工中调查应及时进行，核实和预测施工中遇到的地质问题，为修改设计，调整施工提供依据。

5.1.3 富水公路隧道地质极复杂地段应加强施工阶段地质条件复核，必要时宜开展施工补充勘察，进一步查明地下水分布和确定分段涌水参数。

5.1.4 富水隧道在施工、运营阶段均应进行专门水环境监测和地表变形监测，其中，运营阶段监测时间不宜少于18个月。

5.1.5 富水隧道宜采取多元探测技术进行探测。

5.2 调查

5.2.1 富水隧道调查除满足一般隧道调查与资料搜集要求外，尚应加强水文地质调查和隧址区环境影响调查。

5.2.2 施工前各阶段，应对调查隧址区地层、岩性及地质构造特征，重点调查地质构造变动性质、类型、规模；断层、节理、软弱结构面特征及其与隧道的组合关系和围岩的基本物理力学性质等。调查地下水类型、分布范围及其补给、径流、排泄的关系、地下水埋藏深度；分析地下水与地表水的水力联系；划分水文地质单元。

5.2.3 施工中阶段的地质调查，宜采取地面补充调查，开挖工作面直接观察素描、摄像、量测，初步推测可能发生地质灾害的位置、性质。

5.2.4 在勘察设计和施工阶段,对于已经发现的岩溶,应调查岩溶发育形态规模、岩溶水、岩溶填充物及填充物性质等。

5.2.5 应对隧址区相关地表水系、地下水露头、涌泉、温泉、沼泽、天然和人工湖泊、植被、矿产资源以及动植物生态等自然环境状况进行调查。

5.2.6 应对隧址区土地使用情况、农田、水利设施、建筑物、地下管线情况等进行调查。若隧址区内有公园、保护林、文化遗址、纪念建筑等需要保护的重要地物时,除应调查它们的现状外,还应提出隧道建设对其环境影响评价和保护措施。

5.2.7 应对施工和营运中地下水大量流失可能造成地表沉降、塌陷、地面建筑物破坏、民众生产生活用水枯竭等环境问题的影响程度进行调查和预测。

5.3 勘察

5.3.1 富采用多手段综合工程地质勘察方法,即应在充分掌握现有资料基础上,综合运用航测地质遥感图像解译、地质调绘、地球物理勘探、钻探、坑探、槽探、原位测试、岩土试验,以及地质对象的动态观测等多手段进行勘察,其中地质调绘是基础,各种手段的合理应用是前提,在各种资料综合分析基础上作出正确的分析判断是核心。

5.3.2 富水公路长、特长隧道设计阶段应进行专门的水文地质勘察,对地下水类型、埋藏深度、分布范围及其补给、径流、排泄的关系等在初步设计阶段应基本查明、在施工图设计阶段应查明,并分段预测涌水量和静水压力;并评价地下水对隧道建设运营的影响,评价隧道建设对隧址区环境的影响。

5.3.3 施工中阶段对于工程地质、水文地质复杂的隧道,可采用超前地震波反射、声波反射、地质雷达等地球物理手段,或采用超前钻孔、孔道摄影、平行导坑、试验坑道等进行超前探测,及时预报可能发生地质灾害的位置、性质。

6 隧道防水设计

6.1 一般规定

6.1.1 隧道防水应采用复合防水体系,包括初期支护与二次衬砌之间的防水层、施工缝和沉降缝防水措施、防水二次衬砌混凝土等。

6.1.2 防水设计应按照公路等级,结合地形、水文地质、环境气候等条件,遵循环保要求,综合考虑施工、运营及维护等条件,构建防水体系。

6.1.3 防水设计应根据防水部位和目的,制定技术可靠且经济适用的措施。

6.1.4 防水设计应适当提高混凝土自防水、防水层、施工缝、变形缝等防水措施的技术要求。

6.1.5 二次衬砌施工缝、变形缝防水构造措施应根据工程的防水等级要求确定。

6.2 防水措施

6.2.1 洞口及地表防水除符合常规措施外,还应符合以下规定:

- 1) 洞顶应设置截水沟,截水沟应结合永久排水系统设置,其出水口应防止水顺坡面漫流。
- 2) 洞顶附近如有井、泉、池沼、水田、水库等,宜有防渗漏措施,防止地表水渗入隧道内。

3) 隧道浅埋地段、岩体破碎地段和地下水位较高地段，宜采用地表注浆等加固措施。

6.2.2 二次衬砌应符合以下规定：

- 1) 二次衬砌厚度不宜低于 400mm。
- 2) 二次衬砌应采用防水混凝土，抗渗等级不应低于 P8。
- 3) 二次衬砌混凝土强度等级不应低于 C35。

6.2.3 防水层应符合以下规定：

- 1) 防水层宜采用防水板与无纺布组成，宜采用分离式。
- 2) 防水板应采用宽幅且易于焊接的高分子柔性防水卷材，其厚度不应小于 1.2mm，腐蚀性较强地段或地下水压较大地段不宜小于 1.5mm，接缝搭接长度不应小于 100mm。
- 3) 无纺布单位面积质量不宜小于 350g/m²。
- 4) 腐蚀性较强或高水压地段，防水层宜加强。

6.2.4 二次衬砌施工缝、变形缝应符合以下规定：

- 1) 纵向施工缝设置位置不宜留在受力不利位置。
- 2) 纵向施工缝宜采用中埋式止水钢板。
- 3) 环向施工缝应多道设防，宜采用背贴式止水带和中埋式橡胶止水带。
- 4) 变形缝应多道设防，宜采用背贴式止水带和中埋式橡胶止水带，缝内应设沥青木丝或沥青麻絮或其他柔软不宜破损的隔水材料。
- 5) 二次衬砌施工缝、变形缝环向预留宽度宜为 30mm~50mm，深度宜为 20mm。

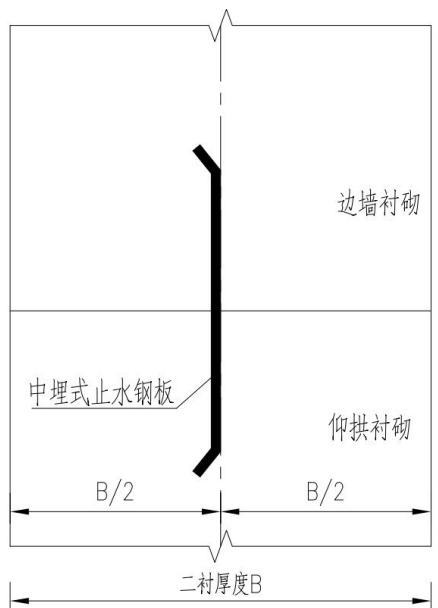


图 6.1 边墙与仰拱施工缝止水带大样

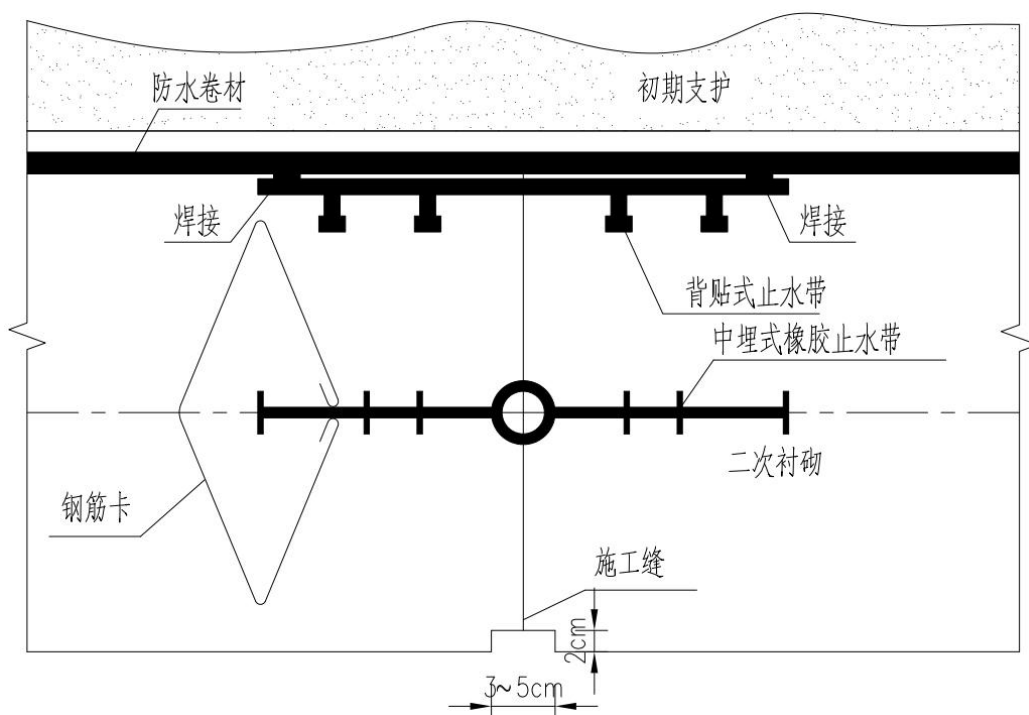


图 6.2 施工缝缝止水带大样

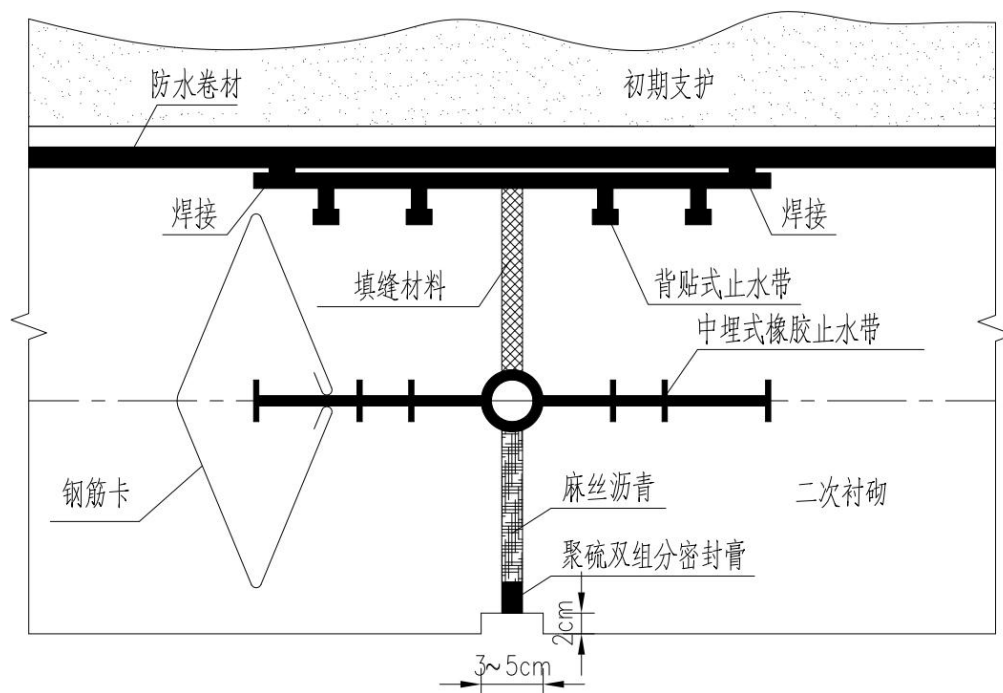


图 6.3 变形缝止水带大样(施工后)

6.3 防水材料

6.3.1 隧道内防水材料应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》(GB50108)、行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1)等规范规定。

6.3.2 防水卷材宜采用乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）、乙烯-醋酸乙烯与沥青共聚物（ECB）或其他性能相近材料。也可结合富水地段实际情况选用可排水式立体防水排水板或自粘式防水卷材等新型材料。，技术指标《高分子防水材料》（GB18173）规定。

6.3.3 土工布技术指标应符合现行国家标准《土工合成材料 长丝纺粘针刺非织造土工布（GB/T 17639）》的要求。

6.3.4 止水带物理力学性能和技术指标符合《高分子防水材料》（GB18173）的规定。

7 隧道排水设计

7.1 一般规定

7.1.1 公路富水隧道排水系统设计应结合工程特点、勘测资料、水文地质条件、施工工艺及环境保护要求，形成完整、通畅、可维护的排水体系。

7.1.2 隧道洞内宜按地下水与运营清洗污水、消防污水分离排放的原则设置纵向排水系统。

7.1.3 隧道内中心排水沟过水断面应根据水力计算确定。排水沟应设置检查井，检查井间距不宜大于100m。并铺设盖板，其位置、结构构造应便于检查、维修和疏通。

7.2 洞口排水设计

7.2.1 隧道洞口及明洞应根据现场条件及洞口防护形式设置截、排水沟，施工进洞之前应做好洞口截排水系统。

7.2.2 富水地区截水沟宜设在边、仰坡开挖线5m以外。截水沟断面不宜过小，宽度和深度可取50cm~80cm。水量较大时，可加深截水沟深度。排水沟可设在明洞回填层顶面或洞门墙背，边仰坡坡脚。水沟宜采用混凝土浇筑，混凝土厚度不宜小于30cm。

7.2.3 洞口截排水沟设计应根据水力计算结果确定截水沟尺寸，截排水沟尺寸应根据水力计算结果适当加大，防止极端天气因截排水沟尺寸过小引起暴雨冲刷边仰坡，造成洞口边仰坡垮塌，影响隧道洞口运营安全。

7.2.4 公路富水隧道洞外路基边沟水不应流入隧道内，并应采取措施防止洞外路面水流入隧道内。

7.3 洞身排水设计

7.3.1 隧道内路面基层可采用15~20cm厚水泥处置碎石，以利于减少路面冒水和排泄地下水，其配合比可按相应《水泥混凝土路面设计规范》办理；也可采用15~20cm厚素混凝土，并在基层顶部或底部设置横向排水盲管。

7.3.2 为排除隧道内运营清洗污水和消防污水在隧道路面两侧应设置路侧边沟，路侧边沟纵坡宜与隧道纵坡一致，路侧边沟宜采用矩形断面。路侧边沟为暗沟时，应按25~30m间距设置沉沙池。

7.3.3 公路富水隧道宜设置中心水沟，中心水沟可设置在隧道中央，也可设置在某一行车道中央；中心水沟断面宜采用矩形，断面尺寸应根据隧道长度、纵坡、地下水涌水量确定。中心水沟宜按50~200m间距设沉沙池，并根据需要设检查井。检查井位置构造应便于清理和检查，检查井间距不宜大于200m。

7.3.4 公路富水隧道宜设置中心水沟，中心水沟可设置在隧道中央，也可设置在某一行车道中央；中心水沟断面宜采用矩形，断面尺寸应根据隧道长度、纵坡、地下水涌水量确定。中心水沟宜按 50~200m 间距设沉沙池，并根据需要设检查井。检查井位置构造应便于清理和检查，检查井间距不宜大于 200m。

7.4 隧道衬砌排水

7.4.1 围岩裂隙水可采用盲管引排，排水盲管可采用半圆波纹塑料管、软式透水管、各种 Ω 型排水管材等材料制作。宜间隔 5~10m 设一道，渗水量较大时可予加密设置，应按照“有水则设，无水则防”的动态处置原则，通过盲管将水直接排入设于二次衬砌边墙脚外侧的纵向排水花管中。二次衬砌的环向施工缝、沉降缝、变形缝处宜加设排水盲沟。

7.4.2 二次衬砌边墙背后底部应设纵向排水盲管，其排水坡度应与隧道纵坡一致，管径不应小于 100mm，纵向排水盲管设置位置不得侵占二次衬砌空间。

7.4.3 横向导水管应在衬砌边墙脚穿过二次衬砌与纵向排水盲管连通，连接至中心水沟。横向导水管直径不宜小于 100mm，排水坡度不宜小于 1%，沿隧道纵向间距不宜大于 10m，水量较大的地段应加密。

7.4.4 为便于对纵横向排水盲管定期疏通，宜在二次衬砌墙脚纵向间隔 50~100m 对称或交错布设检查维修孔。检查孔底部宜低于纵横向盲沟底，纵向盲沟在检查孔处应断开方便检查及疏通。

7.5 泄水洞设计

7.5.1 隧道穿越高压富水断层、岩溶强烈发育区时，宜在主洞地下水主要来水一侧设置平行泄水洞，以降低主洞水压。泄水洞与主洞的净距宜为 15~30m。泄水洞底高程应低于正洞底高程。

7.5.2 隧泄水洞断面最小尺寸应考虑泄水流量、横断面形状和施工方法，圆形断面隧洞的直径不宜小于 2.0m，非圆形断面隧洞的高度不宜小于 2.0m，宽度不宜小于 1.8m。

7.5.3 泄水洞纵坡应大于 0.5%；泄水洞衬砌宜采用钢筋混凝土，内壁设排水孔（间距 1~2m，孔径 50mm）引排地下水，围岩中有细小颗粒可能流失时，应在排水管周边设置反滤层。

7.6 排水材料

7.6.1 排水盲管应具有一定的弹性，透水性好，能承受不小于 0.5 MPa 的压力且不易锈蚀。

7.6.2 排水盲管规格、性能应符合行业标准《软式透水管》(JC937)，聚乙烯双壁波纹管材》(GB/T19472.1)的有关规定。采用其他新型材料排水盲管可参考相关国家规范使用和检验。

8 隧道堵水设计

8.1 一般规定

8.1.1 公隧道施工中地下水的排放对生态环境、周边设施和居民生产生活产生不利影响，严重破坏环境或急剧增高社会风险时，宜采取注浆堵水措施以控制排放。

8.1.2 注浆堵水设计包含注浆加固范围、注浆压力、注浆速度、注浆方式、注浆材料等。

8.1.3 注浆堵水设计，应结合工程地质条件、突涌水量等动态设计，必要时通过现场实验确定相关设计参数。

8.2 注浆堵水设计

8.2.1 应根据拟注浆堵水段的工程地质条件、周边环境、设计预测涌水量、隧道内实际涌水量及涌水位置分布等，选取洞内或地表预注浆、洞内后注浆。

8.2.2 地表或洞内预注浆堵水设计应符合以下规定：

1) 应根据隧道工程地质条件、建设条件等，合理选取地表高压喷射注浆、洞内全断面超前预注浆、洞内全断面周边预注浆、洞内半段面或局部超前预注浆、洞内半段面或局部周边预注浆。

2) 地表高压喷射注浆应结合隧道埋深及工程地质合理选取注浆管类型、注浆压力、注浆孔布置、桩径尺寸、注浆材料等。

3) 地表高压喷射注浆的加固圈一般为隧道开挖轮廓线外5.0~8.0m。

4) 洞内超前预注浆、洞内周边预注浆的加固圈一般为隧道开挖轮廓线外3.0~8.0m。

5) 洞内超前预注浆、洞内周边预注浆宜设置混凝土止浆墙，厚度不小于1.5~3.0m，多循环时应预留止浆岩盘，厚度不小于3~10m。

6) 喷射或注浆压力应结合工程地质条件合理选定、必要时通过试验确定，注浆结束标注以压力控制为准。

7) 注浆工艺应结合地层特点选用前进或后退式分段注浆，步距以2.0~4.0m为宜。

8.2.3 洞内后注浆设计应符合以下规定：

1) 洞内后注浆应以洞内周边预注浆为主。

2) 洞内后注浆应根据开挖后工程地质条件、出水量、隧道纵坡等适时开展。

8.3 注浆效果评估

预注浆效果选用以下方法检查：

1) 钻孔检查法：按注浆孔数量的5%检查孔进行注浆效果检查，检查标准为检查孔不坍孔，不涌泥，检查孔出水量小于 $0.2\text{L}/\text{m}\cdot\text{min}$ 。

2) 钻孔取芯法：在处治深度范围内取样试验，测试强度、渗透性等。

3) 浆液填充率反算法：根据注浆记录，含水量较大时，浆液填充率应不低于80%，含水量较小时，浆液填充率应不低于70%。

8.4 注浆材料

8.4.1 注浆材料应满足以下要求：

1) 具有可靠的安全性，无毒、无臭，不污染环境，对人体无害。

2) 具有良好的渗透性。

3) 在地层中有流动水的情况下具有良好的固结性。

4) 浆液强度、凝结时间、渗透性能等可根据现场需要调整。

5) 浆液不流失、固结后不收缩。

6) 浆液材料来源普遍、浆液配比方便。

8.4.2 注浆材料的选用：

1) 围岩裂隙发育、水量较小的，宜采用普通水泥单液浆。

2) 围岩裂隙发育、水量较大的，宜采用水泥~水玻璃双液浆。

3) 胶结性较差的粉细砂，宜采用早强硫铝酸盐水泥单液浆主、早强硫铝酸盐水泥~水玻璃双液浆为辅。

4) 可注性差的地层，宜采用化学浆液，如丙烯酸盐、聚氨酯等。

8.4.3 合理选用注浆材料，施工前应进行相关试验。

8.4.4 积极研发新设备、新工艺，审慎采用新材料。