

ICS 93.080

CCS P 66

DB41

河南省地方标准

DB41/T 2877—2025

道路深层病害高聚物注浆处治技术规范

2025 - 06 - 23 发布

2025 - 09 - 22 实施

河南省市场监督管理局 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 检测与评价 2

5 材料 3

6 设计 5

7 施工 16

8 施工质量验收 19

附录 A（规范性） 高聚物材料膨胀比测试方法 21

附录 B（规范性） 高聚物材料水中发泡测试方法 22

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。

本文件由河南省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：河南交通投资集团有限公司、郑州大学、郑州安源工程技术有限公司、中山大学、坝道工程医院（平舆）、南方工程检测修复技术研究院、河南省中工设计研究院集团股份有限公司。

本文件主要起草人：陶向华、钟燕辉、杨朝旭、张蓓、岳鹏、赵鹏、郭成超、任延凯、胡松涛、陈威达、路畅、解路、王海、王一光、李晓龙、李松涛、张瑞丰、臧全胜、郝梅美、苗保民、吴翔一、刘辉、乔国斌、王超杰、孙劲晖、许胜捷、白耀磊、刘剑阳、周书锦、童明、洪浩、陈虢。

道路深层病害高聚物注浆处治技术规范

1 范围

本文件规定了道路深层病害采用高聚物注浆技术进行处治的检测与评价、材料、设计、施工、施工质量验收的要求。

本文件适用于高聚物注浆技术处理道路脱空、松散、沉陷、唧浆、裂缝等病害的维修。

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 1040.1 塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则
- GB/T 4472 化工产品密度、相对密度的测定
- GB/T 6343 泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定
- GB/T 8811 硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法
- GB/T 8812.2 硬质泡沫塑料 弯曲性能的测定 第2部分：弯曲强度和表观弯曲弹性模量的测定
- GB/T 8813 硬质泡沫塑料 压缩性能的测定
- GB/T 10007 硬质泡沫塑料 剪切强度试验方法
- GB/T 11547 塑料 耐液体化学试剂性能的测定
- GB/T 12009.2 塑料 聚氨酯生产用芳香族异氰酸酯 第2部分：水解氯的测定
- GB/T 12009.3 塑料 多亚甲基多苯基异氰酸酯 第3部分：黏度的测定
- GB/T 12009.4 塑料 聚氨酯生产用芳香族异氰酸酯 第4部分：异氰酸根含量的测定
- GB/T 12009.5 塑料 聚氨酯生产用芳香族异氰酸酯 第5部分：酸度的测定
- GB/T 15223 塑料 液体树脂 用比重瓶法测定密度
- GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
- GB/T 22314 塑料 环氧树脂 黏度测定方法
- CJJ/T 260 道路深层病害非开挖处治技术规程
- JC/T 2041 聚氨酯灌浆材料
- JGJ 79 建筑地基处理技术规范
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG 5110 公路养护技术标准
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG D50 公路沥青路面设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

深层病害

发生在道路表面层以下的裂缝、松散、唧浆、脱空、沉陷、路基强度不足等病害。

[来源：CJJ/T 260—2016，2.1.1，有修改]

3.2

注浆处治

在不开挖破坏原路面结构前提下，采用以钻孔注浆为主的微创处治工艺。

3.3

膨胀型高聚物材料

一种混合后体积快速膨胀固化的双组分高分子聚合物材料。反应后的凝固体不降解、无污染，具有良好的稳定性和耐久性。

3.4

渗透型高聚物材料

一种能渗透入路基、基层或面层孔隙并胶结颗粒的低黏度双组分高分子聚合物材料。反应后的固结体不降解、无污染、强度高、抗渗性好，具有良好的稳定性和耐久性。

3.5

注浆孔

道路病害注浆处治时的材料输送孔。

4 检测与评价

4.1 一般规定

4.1.1 道路深层病害检测与定位应遵循分层递进的流程：首先通过裂缝、车辙等表观病害特征初步判定基层缺陷范围，后采用探地雷达检测与落锤式弯沉仪动态检测相结合的无损技术确定内部病害的类型及分布，并可在轮迹带、车辙区及弯沉盆不连续部位实施钻芯验证。

4.1.2 依据道路病害类型及病害范围选择注浆方式，制定注浆方案。

4.2 病害检测

4.2.1 探地雷达检测应符合以下规定：

- a) 探地雷达检测前先进行现场标定；
- b) 优先采用 3D 探地雷达。采用 3D 探地雷达时，天线频率宜选用 200 MHz～3.0 GHz；采用 2D 探地雷达时，天线频率宜选用 200 MHz～800 MHz；
- c) 采用 3D 探地雷达时，探测宽度应覆盖左右轮迹带，2D 探地雷达的检测线为左右轮迹带和车道的中线位置。采样间距不宜大于 0.05 m；
- d) 分析雷达图像，描绘缺陷类型，可钻芯对比验证；
- e) 验证钻芯时，应穿过基层到达级配碎石层或路基顶面，观察道路芯样完整性，可采用内窥镜辅助观测，判断是否存在基层开裂、松散、脱空等缺陷，对比验证裂缝、松散、脱空等缺陷对应的雷达图像；
- f) 形成探地雷达检测报告，内容包括缺陷类型、位置桩号、范围、几何尺寸等；
- g) 现场探测时应及时校正仪器记录桩号，使其与实际道路路桩号保持一致。

4.2.2 路面弯沉检测应满足以下要求：

- a) 采用落锤式弯沉仪按 JTG 3450 的规定执行,检测轮迹带和路面裂缝位置弯沉,测点间距不应大于 10 m;
- b) 测试荷载设置应包含 50 kN,分段统计荷载板中心弯沉代表值;
- c) 分析弯沉盆特性,确定缺陷存在的层位。

4.3 评价

- 4.3.1 根据场地工程地质条件、路面结构材料、车流量及交通流量构成等情况,结合探地雷达、落锤式弯沉仪和钻芯等检测结果,分析病害产生原因。
- 4.3.2 分析面层、基层开裂、脱空和松散等缺陷病害体的位置、范围,确定裂缝位置、脱空尺寸、松散空隙率和面积等。
- 4.3.3 形成检测和评价报告,明确缺陷类型、范围、面积和注浆路段。

5 材料

5.1 一般规定

- 5.1.1 路面裂缝、唧浆、脱空沉陷等病害的非开挖处治选用膨胀型高聚物材料。
- 5.1.2 基层松散病害非开挖处治选用渗透型高聚物材料。
- 5.1.3 道路病害的非开挖处治材料标签信息应清晰,应有检验合格标志。

5.2 膨胀型高聚物材料

膨胀型高聚物材料A、B组分的技术要求应分别符合表1、表2的规定,A、B组分合成后形成的聚合物技术要求应符合表3的规定。

表1 膨胀型高聚物材料 A 组分技术要求

项目	技术要求	试验方法
外观	油状液体	目视
黏度(25℃)/(Pa·s)	≤0.6	GB/T 12009.3
密度(25℃)/(kg/m ³)	122~125	GB/T 4472
—NCO 含量/%	30.2~32.0	GB/T 12009.4
酸度(以 HCl 计)/%	≤0.05	GB/T 12009.5
水解氯含量/%	≤0.2	GB/T 12009.2

表2 膨胀型高聚物材料 B 组分技术要求

项目	技术要求	试验方法
外观	油状液体	目视
黏度(25℃)/(Pa·s)	≤1	GB/T 22314
密度(25℃)/(kg/m ³)	100~120	GB/T 15223

表3 膨胀型高聚物材料技术要求

项目	技术要求	试验方法
自由发泡密度/(kg/m ³)	50±5	GB/T 6343
重金属	符合标准卫生要求	GB/T 17219
环保性	不对水质造成污染	GB/T 17219
自由膨胀比	1~25	附录 A
尺寸稳定性 (-30℃)/%	≤0.5	GB/T 8811
尺寸稳定性 (80℃)/%	≤1.5	GB/T 8811
抗拉强度 (25℃) ^a /MPa	≥0.35	GB/T 1040.1
抗压强度 ^a /MPa	≥0.60	GB/T 8813
抗剪强度 ^a /MPa	≥0.50	GB/T 10007
弯曲强度 ^a /MPa	≥0.20	GB/T 8812.2
耐化学腐蚀	良好	GB/T 11547
水中发泡收缩率/%	≤3.00	附录 B
泡沫外表皮	表皮无粉化现象	目视
^a 代表材料密度为 100 kg/m ³ 时的指标，其他为自由发泡密度时的指标。		

5.3 渗透型高聚物材料

双组分渗透型高聚物材料 A、B 组分的技术要求，应分别符合表 4、表 5 的规定，A、B 组分合成后形成的聚合物技术要求应符合表 6 的规定。

表4 渗透型高聚物材料 A 组分技术要求

项目	技术要求	试验方法
外观	液体	目视
黏度 (25℃)/(Pa·s)	≤0.100	JC/T 2041
密度 (25℃)/(kg/m ³)	100~120	JC/T 2041

表5 渗透型高聚物材料 B 组分技术要求

项目	技术要求	试验方法
外观	油状液体	目视
黏度 (25℃)/(Pa·s)	≤0.100	JC/T 2041
密度 (25℃)/(kg/m ³)	100~120	JC/T 2041
—NCO/%	14.00±1.00	GB/T 12009.4

表6 渗透型高聚物材料技术要求

项目	技术要求	试验方法
与土体固结后无侧限抗压强度（25℃）/（MPa）	≥1	GB/T 8813
与土体固结后渗透系数（25℃）/（cm/s）	≥10 ⁻⁵	—
环保性	不对水质及周边土体造成污染	GB/T 17219

6 设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 路面病害高聚物注浆处治设计应细化到每处病害。
- 6.1.2 路面裂缝、唧浆、脱空沉陷等病害的处治选用膨胀型高聚物注浆方案，处治材料根据病害的位置、深度、面积等选择不同指标的膨胀型高聚物材料。
- 6.1.3 基层松散病害的处治选用渗透型高聚物注浆方案，处治材料根据病害的位置、深度、面积、松散程度等选择不同指标要求的渗透型高聚物材料。
- 6.1.4 设计文件应包括：基础资料，包括项目概况、地质气候条件、路面结构类型、通车年限、车流量、交通组成、历史检测资料、养护历史等；路况检测资料；病害检测资料，包括病害的类型、分布、层位及严重程度等；拟处治病害汇总，包括拟处治病害的类型、分布、层位、严重程度及工程量等；处治方案；钻孔的直径、位置、深度、斜度、间距等；注浆管直径、长度；注浆材料、封闭孔材料；维修设备及施工参数；施工工艺及施工要点；质量控制及竣工验收。

6.2 裂缝处治

- 6.2.1 设计时应先确定裂缝的位置、深度、宽度、走向等，并判断裂缝附近的唧浆、脱空、沉陷等次生病害的严重程度。
- 6.2.2 裂缝处治材料、施工设备及施工工艺应根据裂缝病害检测结果选择。
- 6.2.3 注浆孔设计应符合下列规定：
 - a) 注浆孔的直径为 10 mm~25 mm 之间；
 - b) 计算每个注浆孔的材料注入量。注入量根据裂缝宽度、深度和注浆孔的间距，通过计算裂缝空隙的容积得到；
 - c) 注浆孔的位置、深度、斜度应由裂缝上、下方向的走向决定，孔底应达到裂缝底部，或穿过次生病害部位；
 - d) 注浆作业采用从中间往两侧、从中间往四周或隔孔注浆的作业顺序；
 - e) 对于路面出现轻度裂缝，根据探地雷达等检测未见明显脱空区域，弯沉值小于 200 μm 的路段，采用缝中注浆方案进行高聚物注浆处治，即在纵缝中沿发育走势均匀布设间隔为 0.5m 的注浆孔。缝中注浆孔布置平面图应与图 1 相符合；

单位为米

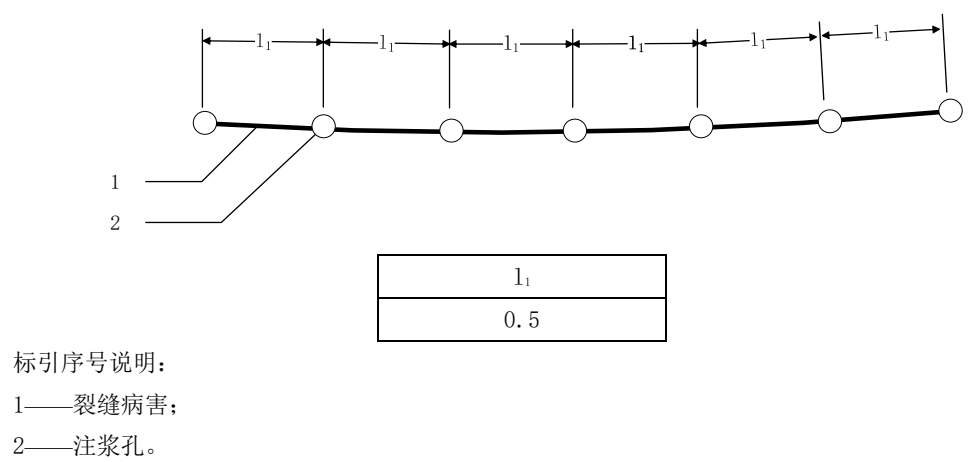


图1 缝中注浆孔布置平面图

f) 对于路面基层出现中度裂缝、唧浆、脱空，根据探地雷达等检测结果，若脱空区域边界距纵缝小于 0.5 m，弯沉值 200 μm ~400 μm 的路段，采用缝侧注浆进行高聚物注浆处治，即在纵缝两侧距离 0.25 m 处均匀交叉布设间隔为 1 m 的注浆孔。缝侧注浆孔布置平面图应与图 2 相符合；

单位为米

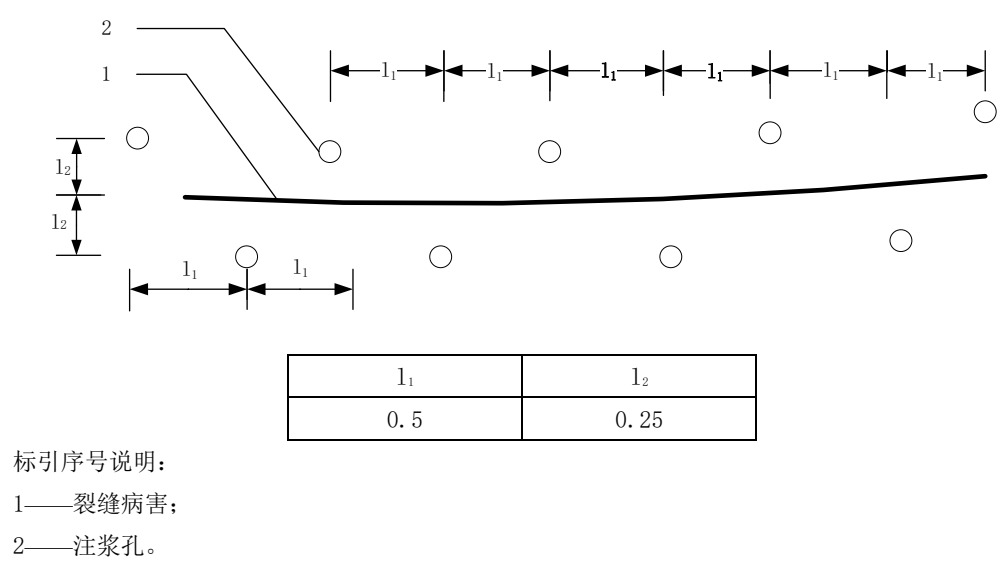


图2 缝侧注浆孔布置平面图

g) 对于路面基层出现重度裂缝和沉陷，根据探地雷达等检测结果，若脱空区域边界距纵缝大于 0.5 m，弯沉值大于 400 μm 的路段，采用缝中、缝侧注浆进行高聚物注浆处治，即在缝中、纵缝两侧距离 0.5 m 处均匀交叉布设间隔为 1 m 的注浆孔。缝中、缝侧注浆孔布置平面图应与图 3 相符合。

单位为米

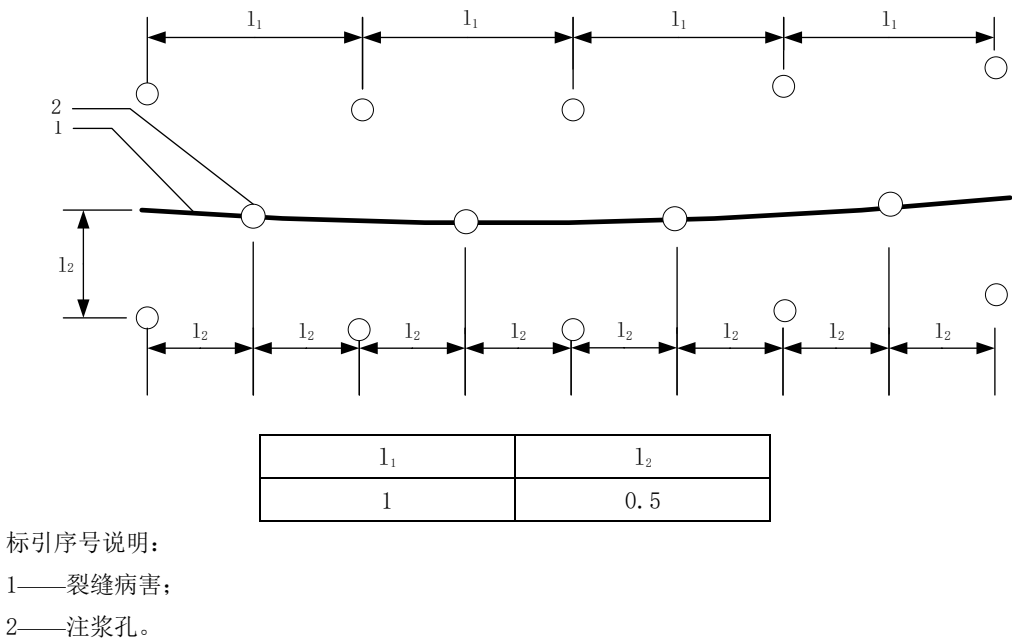


图3 缝中缝侧注浆孔布置平面图

6.3 脱空处治

6.3.1 注浆孔设计

采用高聚物注浆方案处治脱空病害时，注浆孔设计应符合下列规定：

- a) 至少同时布设两个孔，其中一个作为排气孔，其他可作为注浆孔；
- b) 注浆孔的直径为 10 mm~25 mm 之间；
- c) 注射孔的深度应由脱空病害的位置决定，注射孔的最下部应达到脱空病害的底部；
- d) 排气孔的底部应达到脱空病害的中部。

6.3.2 注浆方案设计

采用高聚物注浆方案处治脱空病害时，注浆材料宜选择自由膨胀比大于 20 的膨胀型高聚物材料，注浆量根据病害的空腔体积和高聚物材料的膨胀比确定。

6.3.3 沥青路面脱空处治

6.3.3.1 脱空病害采用膨胀型高聚物注浆处治方法。

6.3.3.2 采用膨胀型高聚物材料注浆处治脱空病害时，双组分材料的注浆量根据病害的空腔体积和高聚物材料的膨胀比决定，参数依据 JGJ 79 以及 JTG D30 确定，注浆量可按公式（1）计算。

$$T_t = V_t / \alpha \cdots \cdots (1)$$

式中：

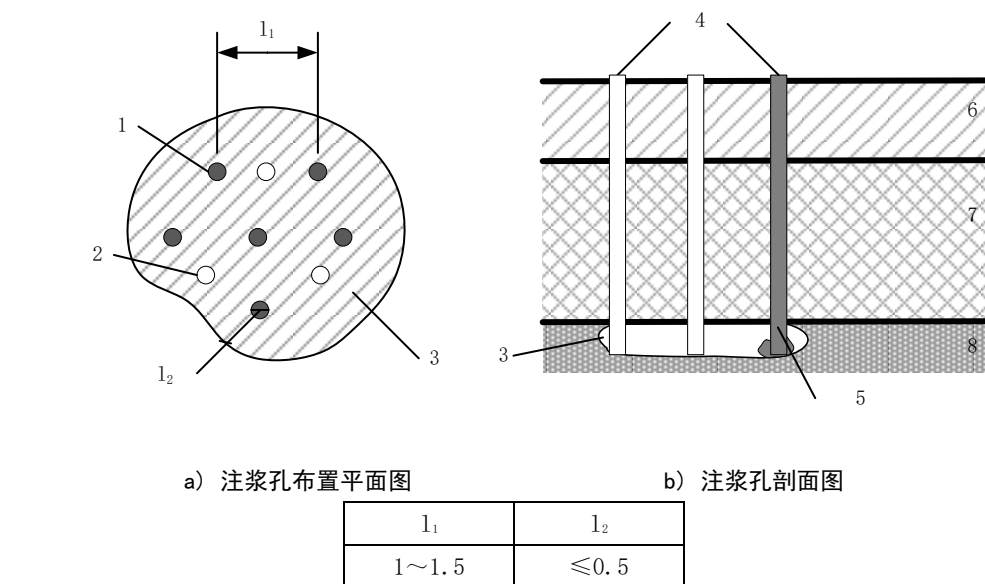
- T_t ——脱空注浆量，单位为立方米(m^3)；
- V_t ——脱空病害的空腔体积，单位为立方米(m^3)；
- α ——高聚物材料的膨胀比。

6.3.3.3 注浆孔布设参数应符合下列规定：

- a) 脱空区内的孔间距为 1 m~1.5 m，且距离脱空区域水平边界处不超过 0.5 m，应与图4相符合；

- b) 至少同时布设两个孔，其中一个作为观察孔或排气孔，其他可作为注浆孔；
- c) 孔的深度由脱空病害的位置决定，孔的最下部应到达脱空病害的底部；
- d) 采用与路面色彩相近的道路密封胶封堵排气孔和观察孔。

单位为米



标引序号说明：

- 1——注浆孔；
- 2——排气孔或观察孔；
- 3——脱空区；
- 4——注浆管；
- 5——高聚物；
- 6——面层；
- 7——基层；
- 8——路基。

图4 沥青路面脱空处治注浆孔布置示意图

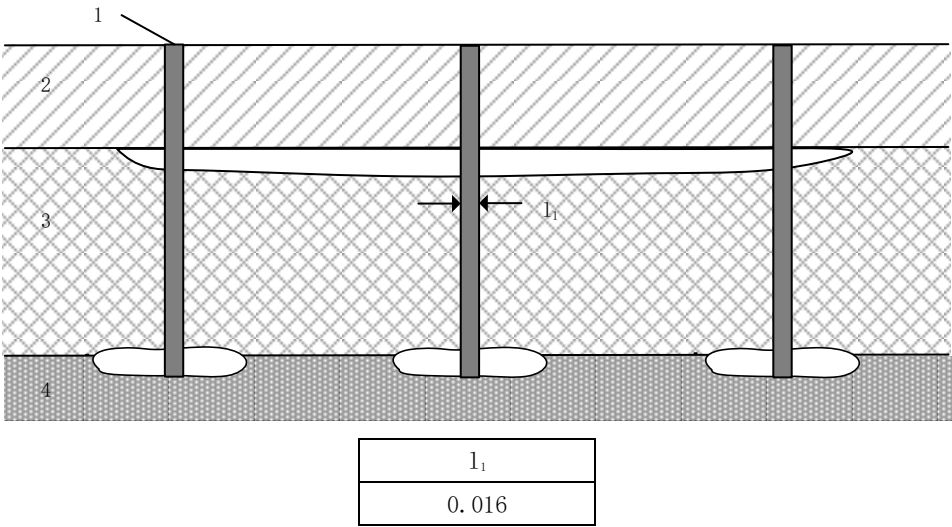
6.3.4 水泥混凝土路面脱空处治

6.3.4.1 采用膨胀型高聚物材料注浆处治脱空病害时，双组分材料的注浆量应根据病害的空腔体积和高聚物材料的膨胀比决定，注浆量可按公式（1）计算。

6.3.4.2 板底注浆方案应符合下列规定：

- a) 孔的深度由脱空病害的位置决定，孔的最下部应到达脱空病害的底部，应与图5相符合；

单位为米



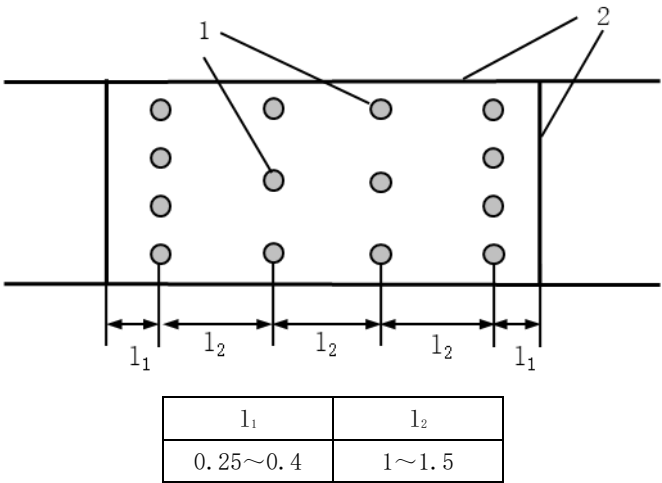
标引序号说明：

- 1——注浆孔；
- 2——水泥混凝土板；
- 3——基层；
- 4——土基。

图5 水泥混凝土路面脱空处治注浆孔直径和深度示意图

- b) 注浆孔沿行驶方向分布，间距1 m~1.5 m，横向及纵向平均分配；注浆孔距板缝0.25 m~0.4 m；板中均匀加密两点，应与图6相符合；

单位为米



标引序号说明：

- 1——注浆孔；
- 2——板缝。

图6 水泥混凝土路面脱空处治注浆孔布置平面图

- c) 如遇到板断裂，在裂缝处增加注浆孔，布置应与图7相符合；

单位为米

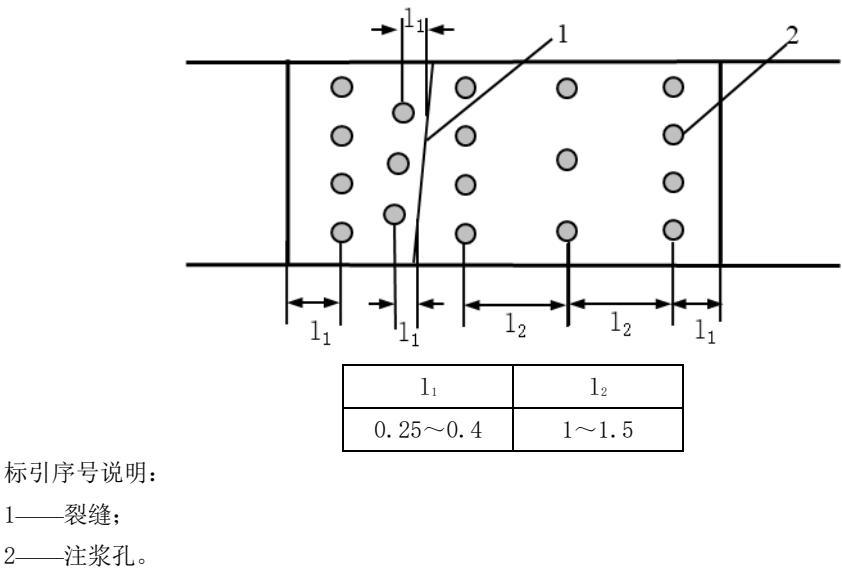


图7 断裂水泥板注浆孔布置平面图

- d) 如遇到板沉陷错台，对于需要抬升的水泥混凝土板，首先在其相邻的水泥混凝土板边沿注射高聚物材料，填充裂缝，并实现对周围软弱土层的有效加固。注浆时采用精度在0.5 mm 以上的光学或激光水准仪进行监测，一旦出现微小抬升应立即停止注浆。注浆孔沿板接缝方向均匀分布，孔间距1 m~1.5 m，注浆孔距离板缝0.25 m~0.4 m，布置应与图8相符合。在抬升过程中，监控注浆过程，直至水泥混凝土板抬升到设计位置；

单位为米

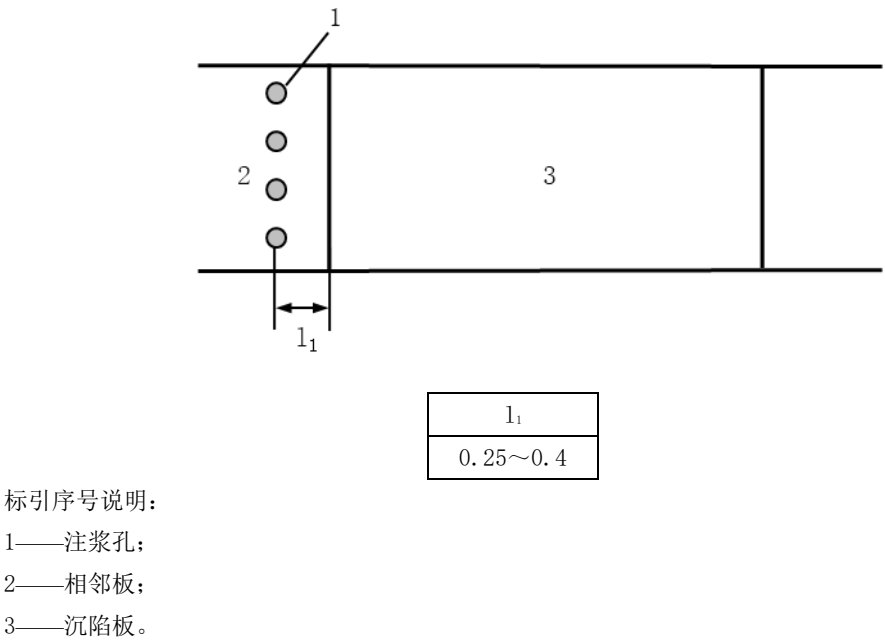


图8 沉陷板相邻板封闭注浆孔布置平面图

- e) 为防止道面开裂，沉陷量较大水泥板采用多次提升的方法。每次抬升量控制在10 mm之内，要求最终道面高差不大于5 mm。注浆孔沿板接缝方向平均分布，注浆孔距离板缝0.25 m~0.4 m，孔间距1 m~1.5 m，横向及纵向平均分配；板中均匀加密两点，布置应与图9相符合。

单位为米

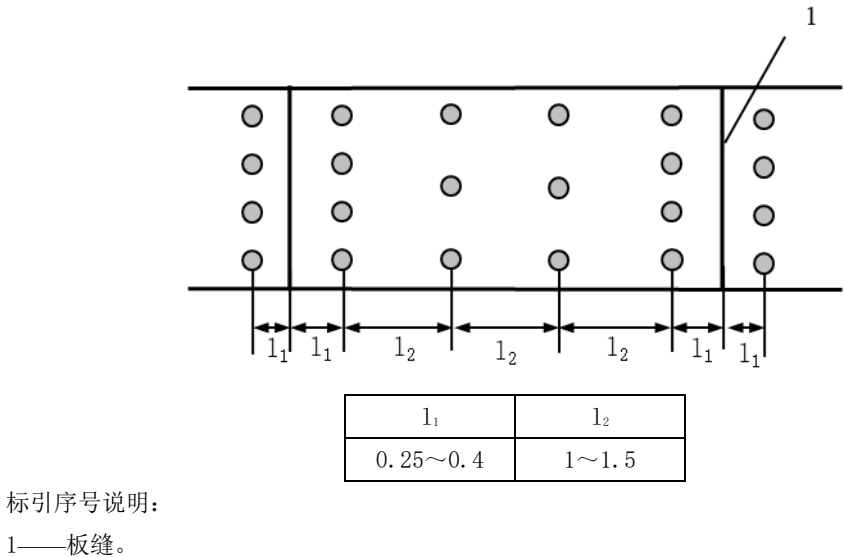


图9 沉陷水泥混凝土板注浆抬升布置平面图

6.3.5 路基空洞处治

6.3.5.1 路基空洞病害处治应采用以下方法：

- a) 当空洞病害的脱空体积不大于 0.05 m³ 时，采用膨胀型高聚物注浆处治；
- b) 当空洞病害的脱空体积大于 0.05 m³ 时，采用大孔输送石料填充空洞，然后注射高聚物材料胶结的处治方法。

6.3.5.2 空洞处治原材料配制应符合下列规定：

- a) 高聚物材料膨胀比根据空洞体积、空洞形状及级配碎石空隙率经试验确定；
- b) 级配碎石空隙率为 15%~20%，碎石粒径以 10 mm~30 mm 为宜；
- c) 采用膨胀型高聚物材料注浆方案处治空洞病害时，处治材料应选择自由膨胀比大于 4 的膨胀型高聚物材料；
- d) 采用大孔输送石料填充空洞，然后注射高聚物材料胶结的方法处治空洞病害时，处治材料应选择自由膨胀比为 4~7 的膨胀型高聚物材料，石料的空隙率为 15%~20%；
- e) 注浆量根据病害的空隙或空腔体积和膨胀比决定，参数依据 JGJ 79 以及 JTG D30 确定，注浆量可分别按公式（2）和公式（3）计算。

$$T_{\Sigma i} = \frac{V_t l}{\alpha} \dots\dots\dots (2)$$

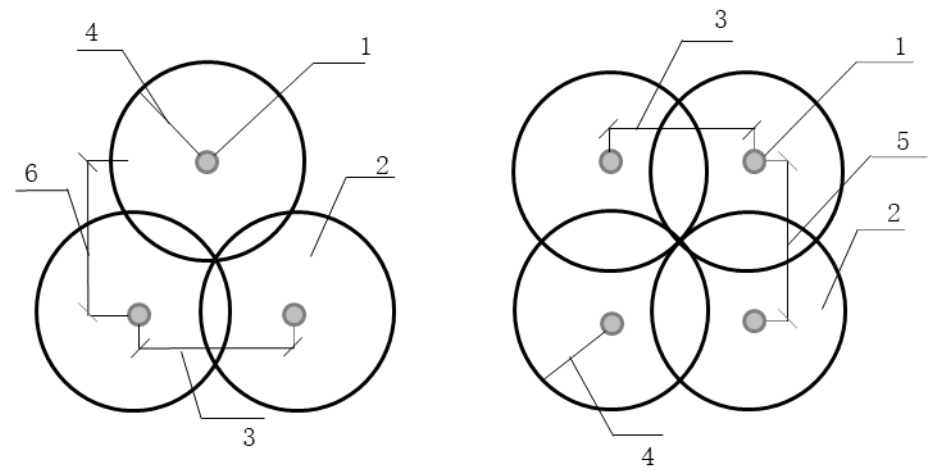
$$T_i = \frac{T}{i} \dots\dots\dots (3)$$

式中：
 $T_{\Sigma i}$ ——总注浆量，单位为立方米(m³)；
 T_i ——单个注浆孔的注浆量，单位为立方米(m³)；

l ——级配碎石空隙率；
 i ——注浆孔数量。

6.3.5.3 注浆孔布设应符合下列规定：

- a) 根据工程现场的病害情况确定单孔浆液的有效半径；
- b) 布孔方式应采用三角形或矩形，三角形布孔一般用于形态不规整的病害区，矩形布孔一般用于形态规整的病害区，具体布置应与图 10 相符合；



标引序号说明：
1——注浆孔；
2——注浆有效区域；
3——横向距离；
4——有效半径；
5——矩形布孔形式纵向距离；
6——三角形布孔形式纵向距离。

图10 三角形和矩形注浆孔布置平面图

- c) 三角形布孔形式下注浆孔间距参数：相邻注浆孔的横向距离按公式（4）计算，纵向距离按公式（5）计算；

$$l_1 = \sqrt{3}l_3 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

l_1 ——横向距离，单位为米(m)；
 l_3 ——有效半径，单位为米(m)。

$$l_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} l_1 = 1.5l_3 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

l_2 ——纵向距离，单位为米(m)。

- d) 矩形布孔形式下注浆孔间距参数：相邻注浆孔的横向距离按公式（6）计算，纵向距离按公式（7）计算。

$$l_1 = \sqrt{2}l_3 \dots\dots\dots (6)$$

$$l_2 = \sqrt{2}l_3 \dots\dots\dots (7)$$

- 6.3.5.4 采用大孔输送石料填充空洞，然后注射高聚物材料胶结的处治方法时，应符合下列规定：
- a) 注浆孔的位置由空洞病害体的平面形态决定，其深度应到达空洞病害体的底部；
 - b) 注浆孔的数量由脱空腔体的形状决定，当脱空腔体的形状相对规则级配碎石易于流动时，设计为一个注浆孔；当脱空腔体的形状不规则级配碎石不易流动时，应增加注浆孔的数量；
 - c) 注浆孔作为投料孔时应满足：空洞周边间距不大于 0.5 m，空洞区域孔间距为 1 m，平面间距为 1 m~1.2 m。采用冲击钻进行钻孔，钻孔深度至空洞位置；
 - d) 根据浆液上下胶结的高度，设置深浅相间的高度的注浆管，最深的注浆管出浆口距空洞底面为 0.3 m~0.5 m，最短的注浆管出浆口距空洞顶面为 0.2 m，各层段注浆管出浆口垂直距离不大于 0.8 m，具体布置示意图见图 11。

单位为米

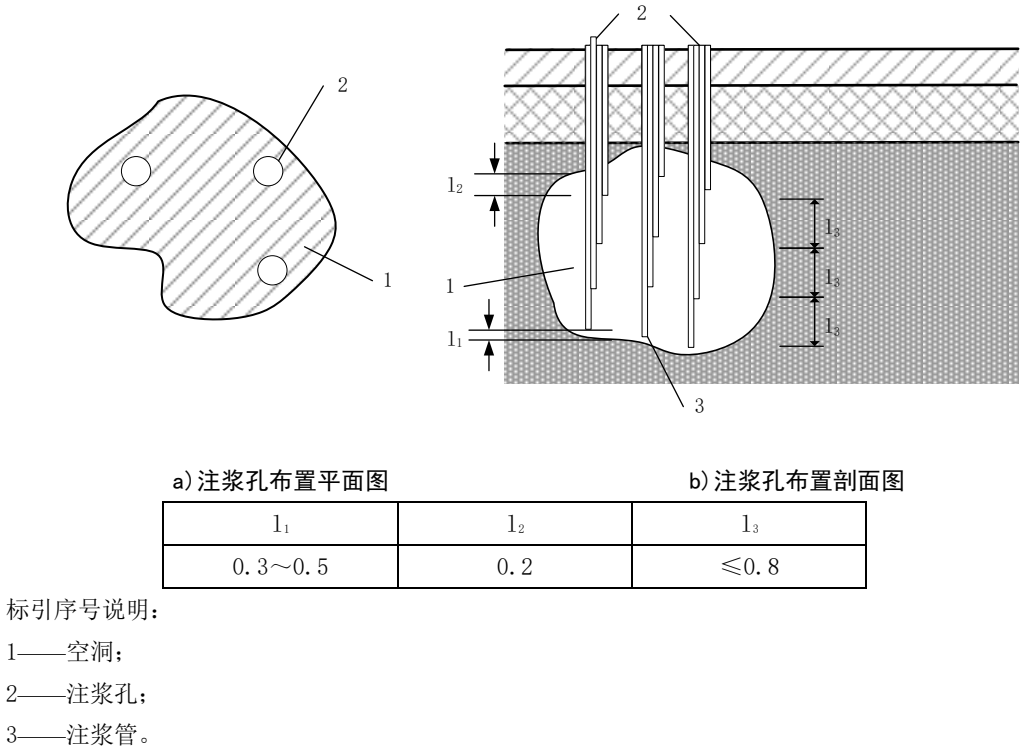


图11 空洞病害注浆孔布置示意图

6.4 唧浆处治

- 6.4.1 注浆孔设计应符合下列规定：
- a) 注浆孔的直径为 10 mm~25 mm 之间；
 - b) 注浆孔的深度由病害的层位确定，注浆孔的最下部应达到病害的底部。
- 6.4.2 唧浆处治材料选择膨胀型高聚物材料。
- 6.4.3 使用膨胀型高聚物处治材料时，注浆量根据病害的空隙或空腔体积和膨胀比确定。
- 6.4.4 单处唧浆点注浆孔布设应符合下列规定：
- a) 高聚物注浆施工前，采用探地雷达及落锤式弯沉仪进行检测，确定唧浆点的影响范围，在唧浆点左右、上下距 0.3 m~0.5 m 的四角设置注浆孔，孔径 10 mm~25 mm，孔深度至基层底以下 0.05 m，施工过程中结合注浆效果适当调整注浆孔布置方式；
 - b) 注浆完成后，采用探地雷达检测、落锤式弯沉仪检测或钻芯取样抽检相结合的方式验证处治效果，确保唧浆位置处裂缝和脱空充盈高聚物。布置平面图见图 12。

单位为米

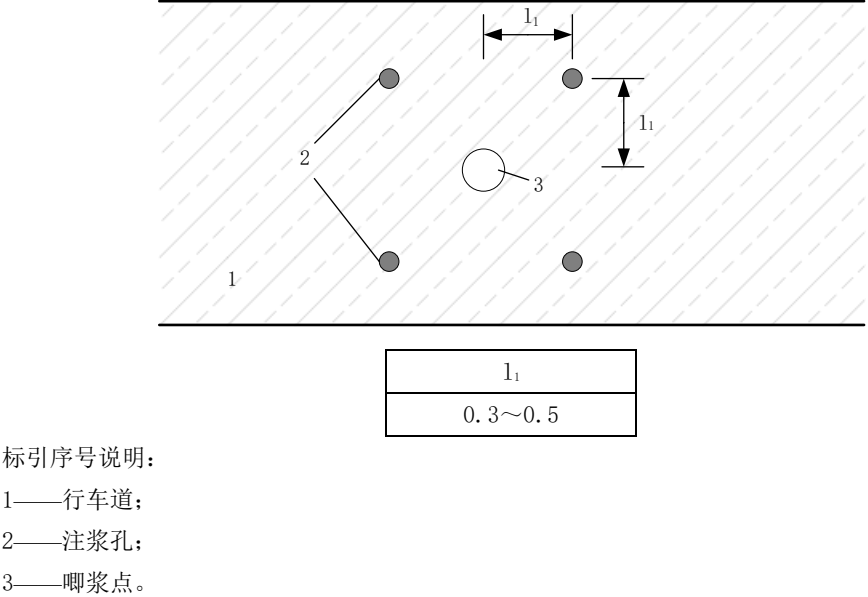


图12 唧浆点注浆孔布置平面图

6.4.5 连续唧浆病害路段采用整车道注浆处治，注浆孔布设应符合下列规定：

- a) 高聚物注浆施工前，采用探地雷达及落锤弯沉仪进行检测，确定连续唧浆等隐蔽病害的区域和范围。在注浆范围内布设注浆孔，注浆孔相邻孔间距为 1 m，孔径 10 mm~25 mm，钻孔深度至基层底以下 0.05 m。施工过程中结合注浆效果适当调整注浆孔布置方式；
- b) 注浆完成后，采用探地雷达检测、落锤弯沉仪检测或钻芯取样抽检相结合的方式验证处治效果，确保唧浆位置处裂缝和脱空充盈高聚物。注浆孔布置示意图见图 13、图 14。

单位为米

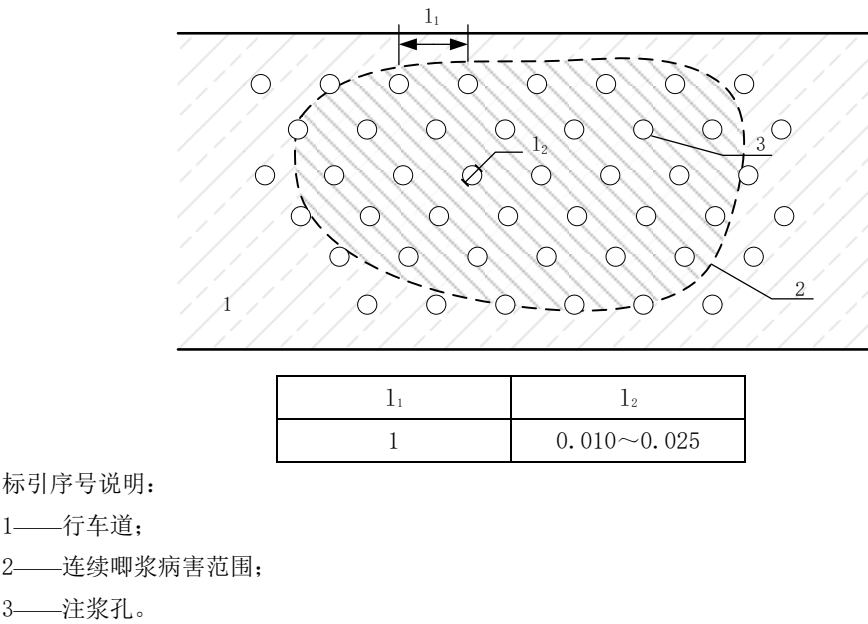


图13 连续唧浆病害路段整车道处治注浆孔布置平面图

单位为米

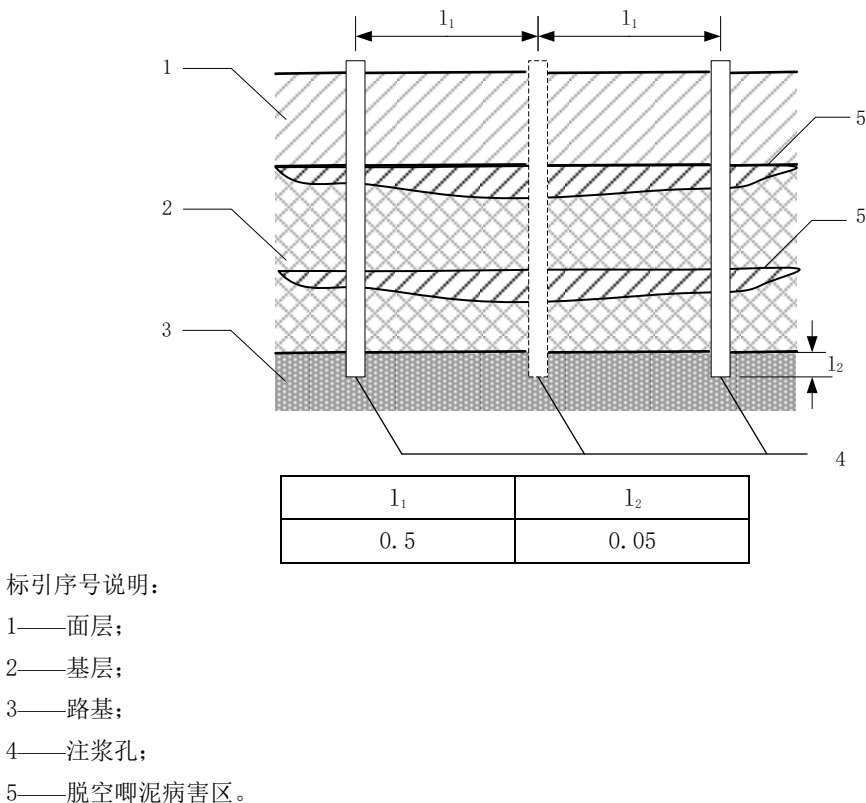


图14 连续唧浆病害路段高聚物注浆处治剖面图

6.5 松散处治

6.5.1 松散处治材料宜选用渗透型高聚物材料。

6.5.2 注浆孔设计应符合下列规定：

- a) 注浆孔的直径为 10 mm~25 mm 之间；
- b) 注浆孔的深度由病害的层位确定，注浆孔的最下部应达到病害的中部。

6.5.3 使用的渗透型高聚物处治材料配置应符合下列规定：

- a) 渗透型高聚物材料的配比根据松散病害的位置、深度、面积、松散空隙率等经试验确定；
- b) 材料现场储备量根据施工进度确定，储备相应配比的渗透型高聚物材料。

6.5.4 渗透型高聚物材料的配比根据病害地层、松散程度等经试验确定，注浆量由病害的孔隙决定，注浆量可按公式（8）计算。

$$T_{\Sigma i} = Vn \dots\dots\dots (8)$$

式中：

V ——病害的空隙或空腔体积，单位为立方米(m^3)；
 n ——系数，根据松散程度，取值在 0.5~1.5 之间。

6.5.5 注浆孔的布设参数应符合下列规定：

- a) 孔的深度由松散的层位决定，孔深度应达到病害底部；
- b) 注浆孔在松散位置呈梅花形布置，孔间距为0.5 m~1.25 m。使用花管注浆，花管的开孔间距不超过0.3 m，布置示意图见图15。

单位为米

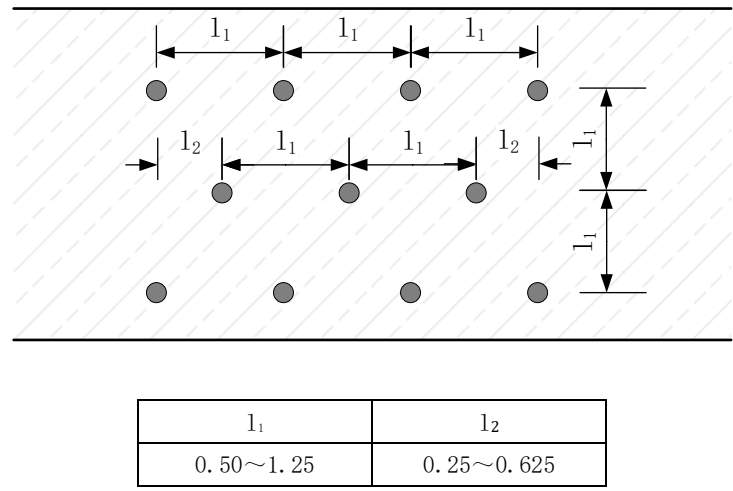


图15 注浆孔布置平面图

7 施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 道路病害处治前按设计图对病害检测结果、施工方案等进行核查，重点核查设计深度、方案的科学性、检测的准确性等。
- 7.1.2 坚持施工中的全过程检测工作，做到“工前指导、工中验证、工后验收”。
- 7.1.3 原材料应及时使用，应密闭避光保存，在保质期内使用。
- 7.1.4 施工现场的安全保护应符合现行行业标准有关规定。
- 7.1.5 施工过程中随时对施工质量进行检查，监测路面水平高程变化，并按规定的频率对检查项目进行抽检。
- 7.1.6 施工过程中进行施工记录，并应符合规定。施工记录作为计量和竣工验收的资料。
- 7.1.7 施工时应保护环境、文明施工。作业面应清扫干净，裂缝周围不应有杂物。
- 7.1.8 现场作业人员做好劳动防护，确保人身安全。

7.2 施工设备

施工采用成套装备，主要设备包括落锤式弯沉仪、探地雷达、牵引车、集成式注浆车、发电机、空压机、冲击钻、锤击式成孔设备、供料桶等。成套装备配置应符合下列规定：

- a) 成套装备应性能可靠，能快速移动、快速装卸；
- b) 检测仪器应配套，各检测仪器硬件、软件应配制齐全、精度满足要求；
- c) 配比仪计量精确，精度满足施工要求；
- d) 注射枪开关反应灵敏，操作方便；
- e) 空压机与注浆机应配套，并满足注浆压力要求；
- f) 钻机数量应满足施工进度要求；
- g) 发电机功率满足用电设备要求。

7.3 施工准备

- 7.3.1 根据注浆处治目的，按照道路病害检测结果，确定各分段病害类型、注浆材料及技术指标、验收弯沉值、注浆量、注浆设备、注浆工艺、质量检测内容和验收方法。
- 7.3.2 施工前对原材料质量进行全面检测，不合格原材料不用于施工。
- 7.3.3 施工前对施工设备全面检查，确保施工设备满足施工要求，并调试到最佳工作状态。
- 7.3.4 施工前应编制施工组织设计方案。
- 7.3.5 施工前应做试验段，确定最佳机械施工参数、施工工艺、施工速度、材料用量等。
- 7.3.6 注浆施工前应对照施工图对病害进行复测，根据落锤式弯沉仪、探地雷达检测结果，核查病害在设计检测后到施工前这段时间的发展发育情况，判断病害现状与设计文件提供的结果是否一致，决定是否变化处治方案。

7.4 裂缝处治

- 7.4.1 对于裂缝及其导致周边产生的脱空病害，采用膨胀型高聚物注浆处治方法。
- 7.4.2 注浆设备选用集成式高聚物注浆设备。
- 7.4.3 施工过程中的质量检测应符合下列规定：
- a) 按批检测原材料的质量；
 - b) 施工过程中对施工质量进行评定，质量检查、检验的内容、频率、允许偏差应符合表7的规定；

表7 工程质量控制要求

项目	检验要求	检验频率	检验方法
孔位误差/cm	≤2	数量占比 20%	钢尺测量
孔竖直度/cm	≤2	20%	钢尺测量
钻孔深度/m	≥设计深度	20%	钢尺测量
弯沉/μm	满足设计要求	注浆前每条裂缝应进行检测， 弯沉>200 μm的裂缝注浆后应进行复测	落锤式弯沉仪检测

- c) 施工中质量控制要点应符合规定：注浆帽与注浆导管紧密结合，不能松动；注浆过程中严格控制注浆时间和材料用量，防止路面隆起变形；
- d) 注浆终止条件：注浆量达到设计要求；相邻注浆孔溢浆或裂缝出现溢浆；裂缝宽度增大；注浆设备压力增大。

7.5 脱空处治

- 7.5.1 脱空处治成套注浆装备配置应符合本规程高聚物注浆集成系统的规定。
- 7.5.2 脱空处治施工过程中对施工质量进行评定，质量检查、检测的内容、频率、允许偏差应符合表8的规定。

表8 工程质量控制要求

项目	检验要求	检验频率	检验方法
孔位误差/cm	≤2	20%	钢尺测量
孔竖直度/cm	≤2	20%	钢尺测量
钻孔深度/m	≥设计深度	20%	钢尺测量
弯沉/μm	满足设计要求	总数量的 10%，每处病害一个点	落锤式弯沉仪检测

7.5.3 施工中质量控制要点应符合下列规定：

- a) 注浆终止条件：注浆量达到设计要求；相邻注浆孔溢浆；注浆设备压力增大；
- b) 当注浆前弯沉值处于 200~300 μm 区间时，注浆后弯沉平均值应较注浆前降低 20%以上；当注浆前弯沉值处于 300~500 μm 区间时，注浆后弯沉平均值应较注浆前降低 30%以上；当注浆前弯沉值 $\geq 500 \mu\text{m}$ 时，注浆后应控制弯沉值 $\leq 400 \mu\text{m}$ ；
- c) 注浆完成后利用落锤式弯沉仪或探地雷达进行注浆效果评价，如满足要求，则完成注浆；如不满足要求，应进行补注，直到达到要求为止。

7.6 唧浆处治

7.6.1 应按批检测原材料的质量。

7.6.2 施工中质量控制要点应符合下列规定：

- a) 注浆终止条件：注浆量达到设计要求；相邻注浆孔溢浆；注浆设备压力增大；
- b) 注浆帽与注浆管紧密结合，不能松动；
- c) 注浆过程中严格控制注浆时间和材料用量，防止路面隆起变形；
- d) 及时利用落锤式弯沉仪和探地雷达检测处治效果，注浆后弯沉平均值降低30%以上，最大弯沉不大于400 μm ；当不满足要求时，应返工处理。

7.7 松散处治

7.7.1 松散病害处治采用渗透型高聚物注浆处治方法。

7.7.2 注浆装备采用渗透注浆设备。

7.7.3 施工过程中的质量检测应符合下列规定：

- a) 按批检测原材料的质量；
- b) 施工过程中对施工质量进行评定，工程质量控制应满足表9的要求。

表9 工程质量控制要求

项目	检验要求	检验频率	检验方法
孔位误差/cm	≤ 2	20%	钢尺测量
孔径/mm	± 2 设计孔径	20%	钢尺测量
钻孔竖直度/cm	≤ 2	20%	钢尺测量
钻孔深度/m	\geq 设计深度	20%	钢尺测量
弯沉/ μm	满足设计要求	总数量的 10%，每处病害一个点	落锤式弯沉仪检测

7.7.4 施工中质量控制要点应符合下列规定：

- a) 注浆终止条件：相邻注浆孔溢浆；达到设计压力保压5分钟以上可注浆结束，或注浆量超过设计量10%注浆结束；
- b) 注浆枪应与注浆管紧密结合，不能松动；
- c) 按照设计或现场调整配比仪确定渗透型高聚物材料的输送比例；
- d) 注浆过程中应时刻监测注浆压力，要求注浆压力不超过0.5 MPa；
- e) 浆液注满判断标准，隔壁注浆孔有浆液溢出或设计注浆压力下，浆液无法注入；
- f) 注浆完成2 h后，使用专用工具拔除花管，等待4 h，利用落锤式弯沉仪或探地雷达或钻孔取芯进行注浆后检测，检测注浆维修效果。一般要求注浆后弯沉平均值降低30%以上，最大弯沉不大于400 μm 。如满足要求，则完成注浆；如不满足要求，应进行补注，直到达到要求为止。

8 施工质量验收

8.1 裂缝处治

评定单元划分依据CJJ/T 260，当总施工段不小于1 km时，应以1 km为一个评定单元；当总施工段小于1 km时，应以每个施工段落为一个评定单元，选取测点，进行质量评定。

裂缝处治养护工程施工质量应达到JTG 5110要求，并应满足表10的质量检验要求。

表10 裂缝维修质量检验要求

项目	检验要求	检验频率	检验方法	合格率
弯沉/ μm	满足设计要求	总裂缝数量的 10%	JTG 3450	90%
取芯	处治材料分布均匀、密实和无缝隙	总数量的 1%	目测	90%

8.2 脱空处治

评定单元划分依据CJJ/T 260，当总施工段不小于1 km时，应以1 km为一个评定单元；当总施工段小于1 km时，应以每个施工段落为一个评定单元，选取测点，进行质量评定。

脱空处治养护工程施工质量应达到JTG 5110要求合格等级，并应满足表11的质量检验要求。

表11 脱空处治质量检验要求

项目	检验要求	检验频率	检验方法	合格率
空洞中级配碎石填充率/%	80~85	全检	探地雷达检测	90%
空隙中高聚物填充率/%	≥ 97	全检	探地雷达检测	90%
弯沉/ μm	满足设计要求	总脱空数量的 10%	JTG 3450	90%
取芯	处治材料分布均匀、密实和无缝隙	总数量的 1%	目测	90%

8.3 唧浆处治

评定单元划分依据CJJ/T 260，当总施工段不小于1 km时，应以1 km为一个评定单元；当总施工段小于1 km时，应以每个施工段落为一个评定单元，选取测点，进行质量评定。

唧浆处治养护工程施工质量应达到JTG 5110要求合格等级，并应满足表12的质量检验要求。

表12 唧浆处治质量检验要求

项目	检验要求	检验频率	检验方法	合格率
高聚物材料填充率/%	≥ 97	全检	探地雷达检测	90%
弯沉/ μm	满足设计要求	总数量的 10%，每处病害连续检测	落锤式弯沉仪检测	90%
取芯	处治材料分布均匀、密实无空隙	总数量的 1%	目测	90%

8.4 松散处治

评定单元划分依据CJJ/T 260，当总施工段不小于1 km时，应以1 km为一个评定单元；当总施工段小于1 km时，应以每个施工段落为一个评定单元，选取测点，进行质量评定。

松散处治养护工程施工质量应达到JTG 5110要求合格等级，并应满足表13的质量检验要求。

表13 松散处治质量检验要求

项目		检验要求	检验频率	检验方法	合格率
高聚物充填率/%		≥97	全检	探地雷达检测	90%
弯沉/μm		满足设计要求	总数量的 10%	落锤式弯沉仪检测	90%
取芯	观察	处治材料分布均匀、密实和无缝隙	总数量的 1%	目测	90%
	无侧限抗压强度/MPa	≥5		JTG D50	90%

附 录 A
(规范性)
高聚物材料膨胀比测试方法

A.1 试件规格与数量规定

试件规格与数量应采用以下规定：

- a) 试件采用边长（100±1）mm 的正方体或直径（50±1）mm、高度（100±1）mm 的圆柱体。
- b) 每一样品测试 5 个试件。

A.2 高聚物材料的膨胀比测试规定

高聚物材料的膨胀比测试应采用以下规定：

- a) 按 GB/T 6343 的规定测定高聚物材料的表观芯密度。
- b) 按公式（A.1）计算高聚物材料的膨胀比。

$$\alpha = \frac{\rho_0}{\rho} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

ρ_0 ——材料各液体组分平均密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；
 ρ ——聚合物表观芯密度，单位为千克每立方米(kg/m³)。

- c) 每组试件中剔除最大、最小两个值，取剩余三个试件的算术平均值为膨胀比的试验结果。
- d) 三个试件的计算结果极差不应大于平均值的 10%。否则，重新进行试验。

附 录 B

(规范性)

高聚物材料水中发泡测试方法

B.1 高聚物材料水中发泡试验规定

高聚物材料水中发泡试验仪器应采用以下规定：

- a) 试验应采用容积为 2 000 mL 的塑料烧杯。
- b) 烧杯上直径应为 133 mm，高度应为 205 mm，最小刻度 100 mL，允许尺寸误差不应大于 10%。

B.2 试验步骤

高聚物材料水中发泡试验步骤如下：

- a) 应在烧杯里装入 1 000 mL 水，控制水温为 25℃，静置使水面平稳；
- b) 应准备双组分聚氨酯材料 A、B 组分各 100 g，控制料温为 20±5℃，A、B 组分重量比为 1:1；
- c) 应将两种原料倒入 500 mL 量杯中，电动搅拌（搅拌频率为 2 500 r/min）2 s，然后在 2 000 mL 烧杯杯口正中心位置匀速把搅拌好的原料倒入烧杯水中。待泡沫完全固化，烧杯中水为清液，同时泡沫在烧杯中放置 2 小时后没有明显收缩痕迹（材料和杯体之间无缝隙）；
- d) 应按步骤 1、2、3 制备不少于 5 个试样；
- e) 应将以上泡沫试件和烧杯一起保留，在 23±2℃ 的条件下放置 16 h；
- f) 应把烧杯和泡沫一起切片，切片厚度为 25 mm，取出泡沫切片测试最大直径 d_1 ，最小直径 d_2 ；测试对应的烧杯最大直径 d_3 ，最小直径 d_4 。

B.3 非水反应聚氨酯材料聚合物水中反应收缩率计算公式

非水反应聚氨酯材料聚合物水中反应收缩率计算公式如下：

$$S = [(d_3 + d_4) - (d_1 + d_2)] / (d_3 + d_4) \cdots \cdots (B.1)$$

式中：

- S ——高聚物注浆材料聚合物水中反应收缩率；
- d_3 ——测试对应的烧杯最大直径，单位为毫米 (mm)；
- d_4 ——测试对应的烧杯最小直径，单位为毫米 (mm)；
- d_1 ——泡沫切片测试最大直径，单位为毫米 (mm)；
- d_2 ——泡沫切片测试最小直径，单位为毫米 (mm)。