

团 体 标 准

道路非开挖式地聚合物注浆加固处治 技术标准

Technical standard for non-excavated ground
polymer grouting reinforcement treatment of
roads

（征求意见稿）

20xx-xx-xx发布

20xx-xx-xx实施

天津市勘察设计协会 发布

前 言

根据天津市勘察设计协会《关于<道路隧道环境监测设计规程>等九项团体标准立项公告》（津设协[2024]第 27 号）的要求，中国市政工程华北设计研究总院有限公司承担《道路非开挖式地聚合物注浆加固处治技术标准》的主持和编制工作。

编制组经广泛调研、开展专题研究，借鉴国内外先进科研成果，参考国内现行标准，并在广泛征求意见的基础上，经反复修改，完成了本导则的编制。

本导则包含 6 章，分别是总则、术语、道路病害调查与检测、设计要求、施工要求、质量检验标准与检验项目。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本导则日常管理组，联系人：王威（地址：天津市南开区卫津南路 94 号；邮编：300000；电话：022-23545961；E-mail：453393656@qq.com），以便修订参考。

主 编 单 位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

参 编 单 位：天津市公路事业发展服务中心

江苏争创磊固材料科技有限公司

主 编：王威 孟维伟

编制人员：焦晓磊 刘新杰 张兴宇 何佳 卢可炎 薛丹璇 樊本双

主 审：

审查人员：

目 次

1 总则	- 1 -
2 术语	- 2 -
3 道路病害调查与检测	- 3 -
3.1 一般规定	- 3 -
3.2 表观病害调查	- 3 -
3.3 结构病害检测	- 3 -
4 设计要求	- 4 -
4.1 一般规定	- 4 -
4.2 材料要求	- 4 -
4.3 设计要求	- 4 -
5 施工要求	- 6 -
5.1 一般规定	- 6 -
5.2 运输及储存要求	- 6 -
5.3 施工设备	- 6 -
5.4 施工工艺及要求	- 7 -
5.5 其他要求	- 8 -
6 质量检验标准与检验项目	- 9 -
6.1 一般规定	- 9 -
6.2 质量检验标准	- 9 -
6.3 外观检验	- 9 -
本导则用词说明	- 10 -
引用标准名录	- 11 -

1 总则

1.0.1 为贯彻执行国家节约资源、保护环境的相关政策，充分发挥地聚合物注浆技术具有的非开挖、快速加固的优点，规范道路非开挖式地聚合物注浆加固处治在公路工程 and 城市道路中的应用，结合天津市道路养护加固工程实际情况，特制定本标准。

1.0.2 道路非开挖式地聚合物注浆加固处治应遵循技术先进、经济合理、安全适用、确保质量、低碳环保的原则。

1.0.3 本标准规定了道路非开挖式地聚合物注浆加固技术的术语和定义、道路病害调查与检测、设计要求、施工要求、质量检验标准与检验项目。

1.0.4 本标准适用于各等级沥青混凝土路面、水泥混凝土路面病害处治及各等级道路养护工程中地聚物注浆的设计、施工及验收，城市及其它道路也可参照执行。

1.0.5 道路非开挖式地聚合物注浆加固处治除应符合本规范规定外，尚应符合现行国家、行业相关标准的规定。

2 术语

2.0.1 地聚合物材料 Geopolymer

由钢渣、矿渣、高钙粉煤灰、偏高岭土及碱激发剂等以一定比例混合而成的碱激活胶凝材料。

2.0.2 注浆 Grouting

利用压力或浆液自重，通过注浆管将浆液注入到岩土体孔隙、裂隙或空洞中的方法。

2.0.3 道路非开挖处治技术 Trenchless technology

不开挖道路结构层或以最小的开挖量进行的道路病害检测、修复的施工技术。

2.0.4 地聚合物注浆加固 Geopolymer grouting reinforcement

地聚合物注浆混合料通过注浆管注入道路结构层层间病害区域，排出路面结构层内的水和空气，填充路面空洞、粘结松散的材料，并激活泥浆等松散材料内部的惰性材料，形成一个固结体，达到路面结构加固补强效果。

2.0.5 唧泥 Slurry pump

由于路面排水不良，引起基层材料产生液化，在行车的重复作用下，因板体上下运动而产生抽吸作用，使路面下稀释的泥浆或细料从接缝或裂缝处挤出现象。

2.0.6 沉陷 Depression

由于路基的竖向变形而导致路面下沉的现象。

2.0.7 脱空 Void

表征道路结构层间不连续病害形式。

2.0.8 松散 Loose

由于胶结料不足或碎石级配不良导致的半刚性基层集料间失去粘结而成片散开。

2.0.9 流动度 Fluidity

流动度是指流体在单位时间内通过单位面积的流量，通常用单位时间内通过单位面积的体积或质量来表示。流动度是描述流体流动速度的重要参数，它可以用来计算流体的压力、速度和流量等参数。

2.0.10 泌水率 Floodrate

泌水是指混凝土体积已经固定但还没有凝结之前水分产生向上的运动。泌水率是泌水量对混凝土拌合物含水量之比，主要是新拌混合物的集料颗粒不能吸收所有的拌和水引起的。

2.0.11 凝结时间 Setting time

凝结时间有初凝时间与终凝时间之分，初凝时间是指从加水开始到开始失去可塑性所需时间，而终凝时间是指从加水到完全失去塑性的时间。

3 道路病害调查与检测

3.1 一般规定

- 3.1.1** 道路性能恢复的技术指标应按设计文件提出的标准执行，确定道路地聚物注浆设计和施工方案前，应收集相关资料，进行现场调查。
- 3.1.2** 道路病害调查与检测包括表观病害调查与结构病害检测，准确判定道路结构内病害位置与深度，指导注浆处治。
- 3.1.3** 应按照《公路沥青路面养护设计规范》JTG 5421和《城镇道路养护技术规范》CJJ 36的技术要求对道路病害进行检测与评价。

3.2 表观病害调查

- 3.2.1** 水泥路面表观病害调查包括：破碎板、裂缝、错台、唧泥、脱空等病害；沥青路面表观病害调查包括：裂缝、网裂、唧泥、沉陷等病害。
- 3.2.2** 人工调查道路表观病害，统计分析损坏类型、部位、范围等。
- 3.2.3** 出现表观病害的道路应对其裂缝发展层位、发展形态、影响面积进行调查，分析病害产生原因。

3.3 结构病害检测

- 3.3.1** 出现路面结构病害的道路应结合路况特点，开展修复养护专项数据检测工作。
- 3.3.2** 路面弯沉宜采用落锤式弯沉仪（FWD）、自动弯沉仪或贝克曼梁进行测量，判断道路结构强度，并分别统计无病害路段实测弯沉代表值和有病害路段实测代表弯沉值。

条文说明

沥青混凝土路面弯沉检测时，弯沉测点沿车道左右轮迹带布置，每 20m 检测一点，分别统计分析路面病害路段代表弯沉与无病害路段路面代表弯沉，识别路面结构层承载力不足位置。

- 3.3.3** 宜采用钻芯取样、探地雷达等方式检测病害具体位置，查明病害发展层位、病害发展形态、各结构层完整性、结构层厚度、层间黏结情况等，为注浆位置的选择与控制注浆深度提供依据。

条文说明

当采用钻芯取样时，取芯位置选择具有代表性病害位置，取芯深度至基层底部。

探地雷达宜检测道路病害距路表深度不大于 5m 的路段，应根据不同的检测深度配置相应频率的天线。探地雷达测量参数包括天线中心频率、时窗、采样率、测点点距等。

当采用探地雷达检测时，检测步骤一般为：①每个车道检测三条纵向测线，测线布置在左右侧轮迹带及车道中线。②分析雷达检测图像，绘制病害分布图。③采用钻孔取芯、挖探坑等方式进行对比验证。

- 3.3.4** 在病害平面分布检测时，应重点检测病害平面位置、单处病害面积、病害总面积等，检测结束后应统计病害平面分布检测结果。

- 3.3.5** 在病害竖向分布检测时，应重点对病害进行竖向定位，包括病害所处的层位、病害的竖向坐标等，检测结束后应统计病害竖向分布检测结果。

4 设计要求

4.1 一般规定

- 4.1.1** 应根据道路病害调查与检测结果进行地聚合物注浆加固方案的适用性、可行性、经济性论证及分析评价，当确定采用地聚合物注浆加固时，进行地聚合物注浆设计。
- 4.1.2** 道路松散、唧浆、沉陷、脱空、路基强度不足等病害，可采用地聚合物注浆设计方案。
- 4.1.3** 道路地聚合物注浆加固技术可配合沥青路面就地热再生等沥青面层修复技术作为非开挖条件下面层与基层的复合式预防性养护技术使用。
- 4.1.4** 注浆设计应根据注浆目的、工程地质、气象水文等条件，并考虑注浆对邻近水源的影响等因素，结合地区类似工程经验综合确定。
- 4.1.5** 注浆设计内容应包括注浆材料和配合比、设计控制指标、注浆孔布置等。
- 4.1.6** 注浆设计时，应查明地下管网管线的分布，避免对地下管网、管线造成破坏。

4.2 材料要求

- 4.2.1** 地聚合物注浆材料应安全、环保、绿色无污染，符合设计及国家相关文件对材料的安全、环保要求。
- 4.2.2** 地聚合物材料按凝结时间和早期强度的不同，可将地聚合物材料分为普通型、早强型、快凝早强型三种类型，地聚合物注浆材料主要技术指标应满足表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 地聚合物注浆材料主要技术指标

序号	项目		单位	性能指标		
				普通型	早强型	快凝早强
1	流动度	初始	s	18±4		
		15min		/	≤30	≤30
		30min		≤30	/	/
2	凝结时间	初凝	min	≥60	/	/
		终凝		≤400	≤120	≤120
3	泌水率	自由泌水率	%	≤0.4		
		压力泌水率 (0.36MPa)		≤3.5		
4	抗压强度	3h	MPa	/	/	≥5.0
		6h		/	≥5.0	≥10.0
		1d		≥5.0	≥20.0	≥20.0
		3d		≥20.0	≥35.0	≥35.0
		28d		≥40.0	≥40.0	≥40.0
5	24h 自由膨胀率		%	0-1.0		
6	耐水性		%	≥95		

条文说明

1 对凝结时间另有约定的，按约定处理。

2 按照《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG 3420 进行检测。其中抗压强度试验采用 70.7mm×70.7mm×70.7mm 试模成型试块，在标准条件下养护后测定立方体抗压强度。

4.2.3 地聚合物混合料由地聚合物材料及水组成，其配合比为应根据注浆目的、岩土条件和施工环境等因素综合确定。

4.2.4 拌合水应符合现行《混凝土用水标准》JGJ 63 规定，不得采用 pH 值小于 6.5 的酸性水和工业废水。

4.2.5 地聚合物注浆材料中有害物质限量及注浆固结过程中释放物质限量应符合国家相关环保要求。

4.3 设计要求

4.3.1 道路地聚合物注浆设计控制指标应包括下列内容：

- 1 地聚合物注浆加固后的路表回弹弯沉值应符合加固设计要求。
 - 2 地聚合物注浆材料的试块强度应符合设计要求，并不小于本标准表 4.2.2 的规定。
- 4.3.2 道路地聚合物注浆设计时，注浆范围和注浆层位的确定应符合下列规定：**
- 1 应根据道路病害调查与检测结果及注浆加固路段的现状路况、临近建筑物、地下管线分布情况确定注浆范围和注浆层位，一般可采用整体加固并结合病害区域重点加固的原则。
 - 2 当不能明确道路病害产生的原因或出现的层位时，或需要大幅度提高承载力时，宜采用基层和路基同时注浆。
 - 3 桥梁引路段出现结构病害应采用基层和路基同时注浆加固。
- 4.3.3 道路地聚合物注浆加固的注浆孔设置应符合下列规定：**
- 1 注浆孔孔径应根据地质条件、钻孔深度和注浆工艺确定。
 - 2 沥青混凝土路面注浆孔应根据病害的实际分布情况进行相应调整，纵向裂缝主要布设在轮迹带上，沿裂缝每 1m~1.5m 布设一个注浆孔；横向裂缝处布孔形式宜采用之字形或梅花形；网裂、沉陷区布孔形式宜采用梅花形，布孔形式见图 4.3.3-1。
 - 3 水泥混凝土路面注浆孔宜采用梅花形式布孔，在四个板角处距相邻接缝 50cm 位置布设注浆孔，板块中央布设排气孔，也可根据病害的分布实际情况相应调整，布孔形式见图 4.3.3-2。
 - 4 改扩建道路注浆孔宜布置在靠近新老道路界面、管线周边等薄弱部位。
 - 5 孔深应根据道路病害种类的深度、道路结构层实际厚度和荷载作用的主要应力工作区深度综合确定，宜超过道路基层实际厚度 0.10m，或深入路基病害深度范围内。

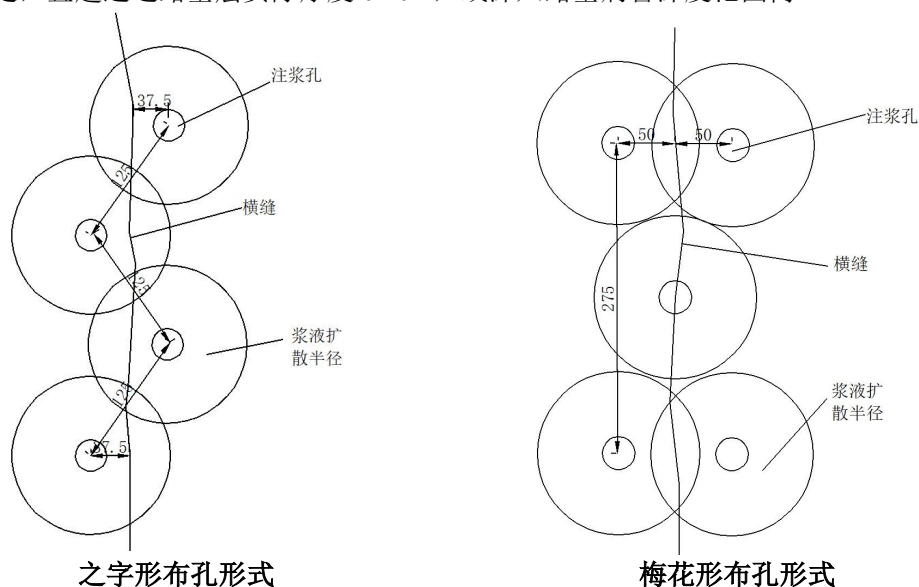


图 4.3.3-1 沥青混凝土路面注浆布孔形式

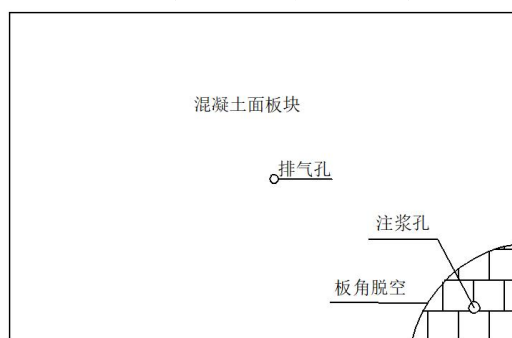


图 4.3.3-2 水泥混凝土路面注浆孔布孔形式

5 施工要求

5.1 一般规定

- 5.1.1** 道路地聚合物注浆加固施工前应熟悉设计图纸，做好地下管线测设、标记及障碍物的清理、移位等工作。
- 5.1.2** 道路地聚合物注浆加固应由专业单位承担，施工前应编制施工组织设计或施工方案，并进行充分论证，确保安全可靠。
- 5.1.3** 道路地聚合物注浆加固施工前应结合工程状况先进行试验段施工。试验段应具有代表性，当道路病害情况复杂，可划分多个试验段。注浆加固设计参数和施工工艺应根据试验段的试验结果，反馈设计后进行调整后全面施工。
- 5.1.4** 道路地聚合物注浆施工应严格执行作业安全的有关规定，并应符合现行行业标准《城镇道路养护技术规范》CJJ 36 及《公路养护技术标准》JTG 5110 的有关规定。

5.2 运输及储存要求

- 5.2.1** 运输及储存时不得受潮和混入杂物，不同类型材料应分别储运。
- 5.2.2** 仓库应注意防潮、防雨水渗漏。
- 5.2.3** 材料的储存应按照到货先后，依次堆放，尽量做到先存先用。
- 5.2.4** 储存期不宜过长，以免受潮而降低性能，储存期不宜超过 3 个月。

5.3 施工设备

- 5.3.1** 按照病害检测结果及设计文件划分施工区域，在施工区域按照设计注浆钻孔孔位布置图现场放样，确定钻孔孔位并用自喷漆标记位置，标注钻孔深度，对钻孔施工人员进行技术交底。
- 5.3.2** 地聚合物注浆设备包括注浆泵、发电机组、搅拌机、高压清洗机、水箱、钻机、除尘设备及控制系统。
- 5.3.3** 注浆设备应性能可靠，能快速移动、快速施工。
- 5.3.4** 检测仪器应配套，各检测仪器硬件、软件应配置齐全，精度应满足要求。落锤式弯沉仪的设置施加荷载应为 50kN。
- 5.3.5** 地聚合物注浆用制浆设备应根据所搅拌浆液的类型、注浆泵的排量确定，并满足连续、均匀拌制的要求。
- 5.3.6** 注浆管路应使浆液流动顺畅，并能承受至少 2 倍的设计注浆压力。注浆管的材质、规格应满足施工工艺和安全要求。连接阀门应使用可承受浆液冲蚀的耐磨阀门。
- 5.3.7** 注浆泵出口应安装压力表，且其使用压力应在量程的 1/4~3/4 之间。
- 5.3.8** 钻机数量应满足施工能够进度要求。
- 5.3.9** 发电机功率应满足用电设备要求。
- 5.3.10** 注浆泵的技术性能应与注浆浆液的类型、流动度相适应，注浆压力宜控制在 $1\text{MPa} \pm 0.2\text{MPa}$ ，注浆泵额定工作压力应大于 1.5 倍的设计最大注浆压力，排浆量应能满足最大注入率的要求，注浆设备主要性能参数应符合表 5.3.10 规定。

表 5.3.10 注浆设备主要性能参数

设备名称	参数	要求
注浆泵	注浆压力	$\geq 6\text{MPa}$
	流量	100L/min~200L/min
搅拌机	容积	100~400L
	转速	200r/min~1000r/min

高压清洗机	压力	$\geq 6\text{MPa}$
	额定转速	2500r/min~3500r/min

5.3.11 注浆的器具，如压力表等应经过校核或标定。

5.4 施工工艺及要求

5.4.1 道路地聚合物注浆施工工艺流程一般按照图 5.4.1 进行。

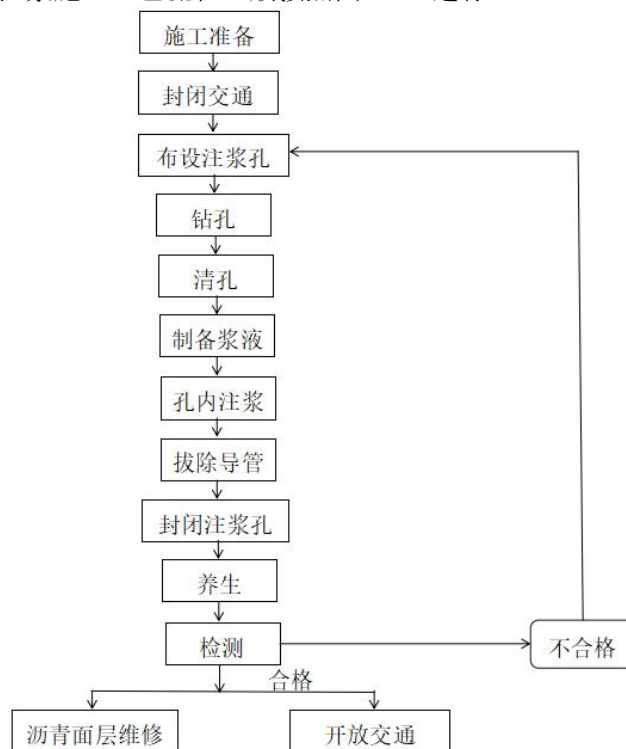


图 5.4.1 施工工艺流程

5.4.2 地聚合物注浆加固处置技术施工准备阶段，应符合下列规定：

- 1 施工前对注浆区域地下管线进行勘察、了解，并做好施工前的调查记录。
- 2 施工作业区的布置应符合《公路养护安全作业规程》JTG H30 的规定，并做好施工技术及安全方案交底。
- 3 注浆前，在距裂缝一侧 15cm 处检测弯沉值，横缝单侧测 1 点(宜在轮迹带处)，纵缝宜每 20m 测 1 点，且每条纵缝至少检测 2 点。横缝与纵缝交叉处应检测弯沉值。
- 4 注浆施工前应选择试验路段进行现场注浆试验，确定和调整注浆设计方案和参数及注浆工艺参数。

5.4.3 地聚合物注浆加固处置技术钻孔及清孔，应符合下列规定：

- 1 钻孔时要保持钻机与路面垂直，避免左右晃动；钻杆钻到设计深度后应将钻杆上下抽动几次，将钻孔内的废渣粉末排出，移至下一孔位重复钻孔施工程序。
- 2 为防止钻孔深度不足或过深，在钻杆上设置钻孔深度位置标记，钻孔完成后对孔深进行检查，深度不够的进行二次加深，达到设计孔深。
- 3 钻孔时及时用清扫工具将孔周围钻杆带出的粉末清扫干净，采用专用容器盛装钻渣粉末，施工完毕后集中处理。

5.4.4 地聚合物注浆加固处置技术注浆，应符合下列规定：

- 1 严格按照配合比配制地聚合物注浆混合料，搅拌均匀，防止结块、沉淀、离析。
- 2 注浆时应先启动注浆设备，调整压力进行注浆。出现下列情况之一时必须立即停止注浆：
 - ①注浆工作压力达到注浆设计压力的上限，停止注浆静压 3~5min；若压力下降则继续注浆，直

至邻孔冒浆为止；②注浆设备活塞停止 15s 以上；③道路表面单次抬升量超过 5mm 或累计抬升量超过 15mm 时；④当邻孔、道路表面纵横缝发生串浆或冒浆、冒积水时，继续注浆 10~20s。

3 注浆头拔出时需用容器盛接防止浆液洒落路面，快速用塞子封闭注浆孔，将洒溢在路面的浆液用布擦洗干净。单个施工区域注浆完毕，用高压水对路面进行刷洗，同时用吸水布围挡吸收废液，对废液进行收集盛装，集中处理。严格执行《公路养护技术标准》JTG 5110 中环境保护的要求。

5.4.5 地聚合物注浆施工结束后对施工区域进行封闭养护，应检查其密封性，并根据注浆场地上覆地层压力情况采取压重或封闭措施，养护时间需满足注浆材料的终凝时间，养护结束后方可开放交通。

5.4.6 养护结束后进行路面弯沉检测，对未达到设计要求的点位再次进行注浆补强。

5.5 其他要求

5.5.1 地聚合物注浆混合料通过注浆管注入道路结构层层间病害区域，排出路面结构层内的水和空气，填充路面空洞、粘结松散的材料，并激活泥浆等松散材料内部的惰性材料，形成一个固结体，达到路面结构加固补强效果。

5.5.2 地聚合物材料进场后应核对工厂名称、品种型号、包装日期和生产许可证号，每批次应附产品质量保证书及自检报告。

5.5.3 施工前应复核地聚合物注浆混合料的配合比试验报告，施工时按批次对地聚合物注浆材料进行检测。

5.5.4 施工班组应按照钻孔孔位布置图，逐孔填写钻孔施工记录表，标明注浆孔编号、位置、深度及拔管封孔情况。

5.5.5 施工班组应填写注浆施工记录表，内容包括施工日期、注浆混合料拌和情况、注浆孔编号、注浆压力、注浆次数和地聚合物注浆混合料的注入量。

5.5.6 施工区域须封闭养护，加强养护检查。

5.5.7 当施工环境连续 5 天平均气温低于 5℃时，应停止施工作业。

6 质量检验标准与检验项目

6.1 一般规定

6.1.1 道路地聚合物注浆加固工程施工过程质量控制和工程竣工验收，应按本规程和现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 与《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ1 的规定进行验收。

6.2 质量检验标准

6.2.1 病害路段地聚合物注浆后路面的弯沉值应符合设计要求；水泥混凝土路面注浆处治后板间弯沉差不大于 0.06mm。

6.2.2 非开挖式地聚合物注浆加固施工质量检验实测项目应符合表 6.2 的规定。

表 6.2 质量检验实测项目

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检验频率	检验方法
1	注浆材料强度(MPa)	符合设计要求	每工作班不少于 2 组	取样室内检验
2	注浆孔(个)	符合设计要求	抽检 30%	现场检查
3	钻孔深度(mm)	+100, 0	抽检 10%	钻孔施工时量测
4	弯沉值(0.01mm)	符合设计要求	每车道 20m 布置 1 个测点	按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1 附录 I 检查

6.3 外观检验

6.3.1 注浆孔应与路面平齐，无突起、凹陷。

6.3.2 注浆施工后路面应干净整洁、美观，无污染。

本导则用词说明

- 1 为便于在执行本导则条文时区别对待，对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：
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：
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：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《公路工程技术标准》 JTG B01
- 2 《城市道路工程设计规范》 CJJ 37
- 3 《公路路基设计规范》 JTG D30
- 4 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
- 5 《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40）
- 6 《公路路面基层施工技术细则》 JTG/T F20
- 7 《公路沥青路面施工技术规范》 JTG F40
- 8 《公路工程质量检验评定标准(第一册-土建工程)》 JTG F80
- 9 《注浆技术规程》 YS/T 5211
- 10 《公路养护工程基层注浆补强技术规范》 DB21/T 3872
- 11 《高聚物注浆技术在高速公路养护工程中的应用实施指南》 DB 34/T 3269
- 12 《矿渣基地聚物混凝土质量控制标准》 T/CECS 1556
- 13 《道路非开挖式地聚合物注浆加固处治技术规范》 DB 41/T 1165
- 14 《城镇道路改性地聚合物注浆加固技术规程》 DGJ32/TJ225
- 15 《公路路基与基层地聚合物注浆加固技术规程》 SZ-G-B04