

ICS 93.060

CCS P 66

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 3511—2025

公路采空区处治注浆液技术规程

Technical regulations for road monitoring in mined-out area

2025 - 07 - 10 发布

2025 - 10 - 10 实施

山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 制备及取样 2

5 技术指标 2

6 施工工艺 2

7 施工过程质量控制 3

附录 A（规范性） 注浆液密度测试方法 5

附录 B（规范性） 注浆液结石率测试方法 6

附录 C（规范性） 结石体无侧限抗压强度测试方法 7

参考文献 8

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。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对本文件的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西交控太旧高速公路改扩建项目有限公司、山西省交通建设工程质量检测中心（有限公司）、山西省交通科技研发有限公司。

本文件主要起草人：王小龙、张军、宿静、薛志锋、薛春梅、王丰年、高晋文、李荣、师永翔、苗瑞锋、樊慧平、常轶深、马艳平、刘志刚、李泽玮、袁屹凯、兰建丽、郭凯运、董海裕、任宏玉。

公路采空区处治注浆液技术规程

1 范围

本文件规定了公路采空区处治注浆液的制备及取样、技术指标、施工工艺和施工过程质量控制等要求。

本文件适用于公路采空区处治注浆液的应用。

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。

JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG/T 3331-03 采空区公路设计与施工技术规范

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采空区

狭义指矿物开采后不再维护的采出空间；广义指该采出空间及其覆岩失稳导致的地表移动和破坏变形的区域或范围。

3.2

注浆液

水泥、粉煤灰等材料与水按照一定比例搅拌均匀形成具有良好流动性的悬浊液。可根据需要加入一定量的添加剂改善注浆液性能。

3.3

注浆液水固比

指注浆液中水与固体原材料的质量比，以水的用量为基准，采空区注浆处治工程中常用的水固比有1:1.0、1:1.1、1:1.2、1:1.3等不同浓度的等级。

3.4

注浆液密度

包含实体体积、开口和密闭孔隙状态下单位体积的注浆液质量。

3.5

注浆液黏度

反映注浆液流动性的指标，用一定体积注浆液流出所需要的时间表示。

3.6

注浆液凝结时间

从加水时刻起到注浆液开始失去塑性为初凝时间，完全失去塑性产生凝固为终凝时间。

3.7

注浆液结石率

注浆液固结后结石体体积与注入注浆液体积之比。

3.8

结石体无侧限抗压强度

注浆液形成的结石体立方体试件单位面积上所能承受的最大压力。

4 制备及取样

4.1 制备注浆液的原材料规格应符合 JTG/T 3331-03 的要求。

4.2 注浆液配合比应依据设计要求确定，按配合比精确计量各原材料，采用 JTG 3420（T 0517）规定的水泥净浆高速搅拌机制备，拌和前先用湿布擦拭搅拌锅及叶片，投料顺序为先加入拌和用水，依次加入水泥、粉煤灰等材料后一次性搅拌均匀，搅拌时间控制在 5min 内，制备不少于 6L 的注浆液可满足性能测试要求。

4.3 施工现场注浆液配制按 JTG/T 3331-03 规定执行，现场性能测试时注浆液取样不少于 5L，从注浆液制备开始到完成各项性能试验不应超过 4h（不包括成型试件）。

5 技术指标

施工前应进行注浆液配合比试验，确定注浆液的密度、黏度、初凝和终凝时间、结石率、结石体的无侧限抗压强度等参数。技术指标及试验方法应符合表1的规定。

表 1 注浆液配合比技术指标及方法

序号	技术指标	技术要求	试验方法
1	密度（g/cm ³ ）	实测值	按附录A进行
2	黏度（s）	实测值	按JTG/T 3650附录K.2进行
3	初凝和终凝时间（h）	路基孔初凝时间应大于22h、终凝时间应小于40h 桥梁孔初凝时间应大于14h、终凝时间应小于32h	按JTG 3420（T 0505）进行
4	结石率（%）	不小于70	按附录B进行
5	结石体无侧限抗压强度（MPa）	满足设计要求	按附录C进行
注1：试验室环境温度应为20℃±2℃，相对湿度大于50%。			
注2：试验前应对所需的仪器设备按规定进行检定或校准。			

6 施工工艺

6.1 施工准备时应注意浆站制浆能力与注浆设备的最大排浆量应匹配，满足施工需要，最大泵压不应小于 4.0MPa。

6.2 注浆站建设时应根据采空区规模就近集中或分段设置浆站，浆站和注浆孔之间距离不宜大于 300m。

6.3 钻孔结束后应进行钻孔清洗，保证注浆通道畅通。

6.4 注浆液制备应分为两级搅拌，加料可先在一级搅拌池内放入规定量的水，再加入水泥、粉煤灰，待搅拌均匀后放入二级搅拌池，如有添加剂在二级搅拌池内加入；也可在一级搅拌池内分别搅拌水泥、粉煤灰浆后，按照比例再放入二级搅拌池混合。一级搅拌时间不应少于 3min，放入二级搅拌池继续搅拌，停留时间不得超过 4h。

6.5 注浆前应从二级搅拌池中取样进行注浆液性能试验。

6.6 根据工程特性、施工要求、配合比试验结果等因素选用其中 2~3 个浓度等级进行注浆施工，并遵循“由稀到浓”的灌注原则。

6.7 当某一浓度注浆液的注入量达到设计量的 20%以上或灌注时间达到 2h，而注浆压力和单位吸浆量均无明显改变时，应调浓一级或者两级灌注。单位吸浆量大于 250L/min 时，可越级调浓。

6.8 注浆在设计规定的压力下，当单位注浆量小于 70L/min，并稳定 15min 以上时，终止注浆。

6.9 注浆施工工艺见图 1。

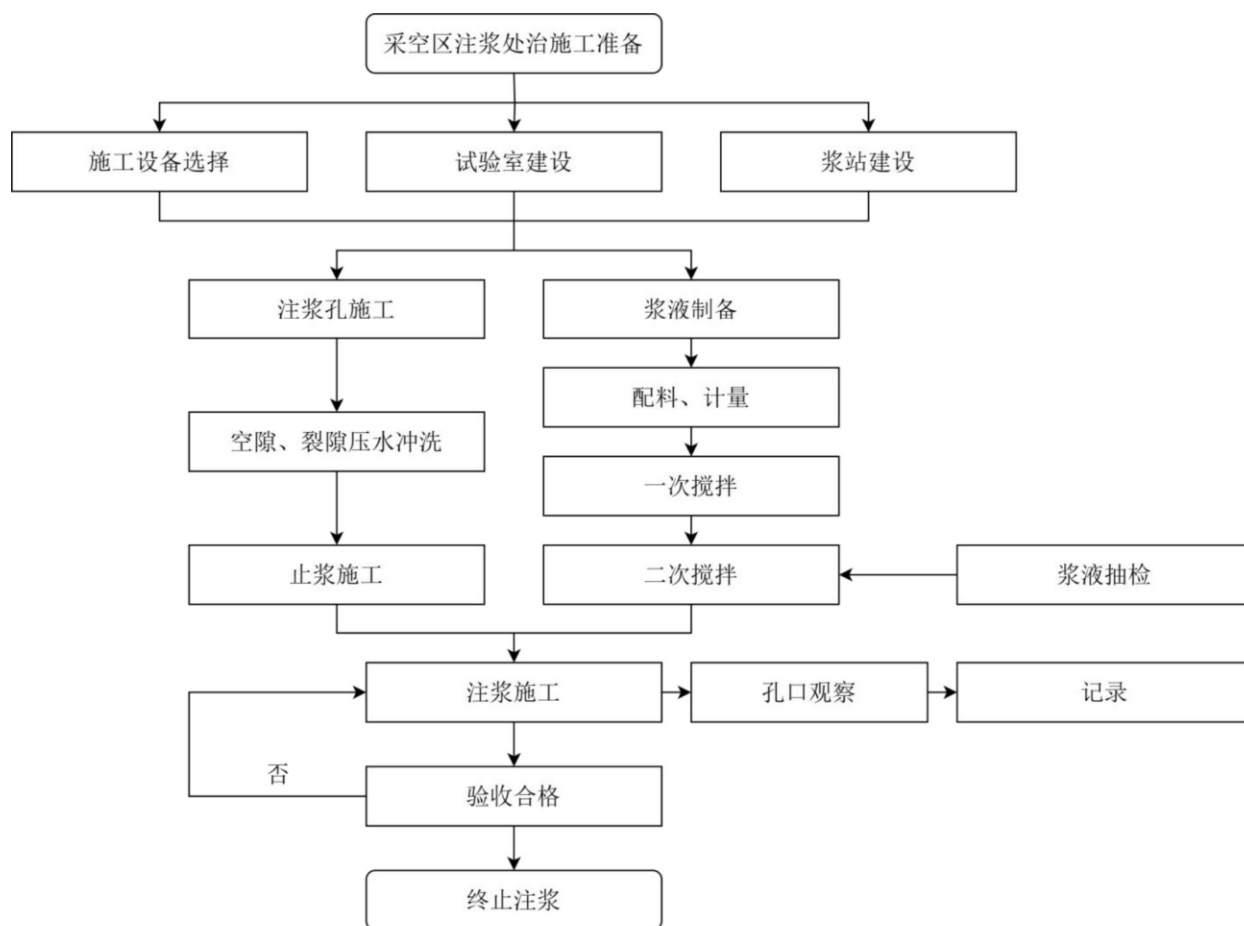


图 1 注浆施工工艺流程图

7 施工过程质量控制

7.1 水泥应按同品种、同厂家、同强度等级进行取样，每个批号应检测一次，并应符合下列规定：

- a) 袋装水泥：每一批次至少取样 12kg，同批号超过 200t 时每 200t 检测一次；
- b) 散装水泥：每一批次至少取样 12kg，同批号超过 500t 时每 500t 检测一次；

c) 存放时间超过 3 个月时，应重新取样进行检测。

7.2 添加剂应按每个批次检测一次，其他注浆材料每 1000t 应检测一次。

7.3 配制注浆液时，应严格按照配合比试验确定的掺配比例进行配制。浆液原材优先使用质量称量法，计算用水量时应扣除粉煤灰等注浆原材料的含水量。也可采用标定的容器计量。

7.4 依据注浆液配合比中的结石率，按照 JTG/T 3331-03 规定验证设计注浆量是否满足采空区注浆充填率的要求。

7.5 施工现场注浆液质量控制应检测其密度、黏度、结石率及结石体无侧限抗压强度参数，每种配合比均应取样检测，详细要求见表 2。

表 2 现场配制注浆液检测频率及技术要求

序号	技术指标	检测频率	技术要求	试验方法
1	密度（g/cm³）	每台班检测一组； 单班注浆量 > 500m³时 抽检不少于2组	不低于表1实测值	按附录A.3进行
2	黏度（s）		不低于表1实测值	按JTG/T 3650附录K.2进行
3	结石率（%）		不低于表1实测值	按附录B.2进行
4	结石体无侧限抗压强度（MPa）		满足设计要求	按附录C进行
注：施工现场试验温度宜在0℃~40℃。				

7.6 采空区注浆处治属于隐蔽工程，灌注施工参数（如密度、灌注方量等）宜采用信息化手段实时采集控制。

附 录 A (规范性) 注浆液密度测试方法

A.1 相对密度法

参照JTG/T 3650泥浆相对密度测定方法的规定进行。

A.2 体积密度法

A.2.1 仪器设备主要包括：

- a) 玻璃板：边长不小于 100mm 的方形板；
- b) 容量筒：容积为 500mL；
- c) 电子秤：感量不小于 0.1g。

A.2.2 试验步骤如下：

- a) 称量空容量筒及玻璃板的质量 m_1 ，精确至 0.1g；
- b) 将搅拌均匀的注浆液灌入容量筒中，注意在操作时应避免注浆液溅洒至电子秤及容量筒外壁；当筒中注浆液液面接近筒顶时，用玻璃板沿容量筒表面迅速滑行，紧贴上部边缘注浆液面，同时改用滴管往容量筒中加入注浆液，直到注浆液液面接触玻璃片与注浆液面之间没有空隙时，读记容量筒、玻璃片和注浆液的总质量 m_2 ，精确至 0.1g；
- c) 注浆液的体积密度按式 (A.1) 计算，计算结果保留两位小数；

$$\rho_x = \frac{m_2 - m_1}{V} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

ρ_x ——浆液体积密度，g/cm³；

m_1 ——空容量筒及玻璃板质量，g；

m_2 ——容量筒装满注浆液后的容量筒、玻璃片和注浆液总质量，g；

V ——容量筒体积，cm³；

- d) 以两次测值的平均值作为试验结果，两次试验结果差值不应超过 0.03g/cm³，否则需重新试验。

A.3 密度计法

A.3.1 仪器设备主要包括：

- a) 波美密度计：分度值为 0.01g/mL；
- b) 玻璃量筒：容积 500mL 且满刻度的高度要求大于密度计刻度总长。

A.3.2 试验步骤如下：

- a) 将待测注浆液倒入玻璃量筒满刻度处，将波美密度计插入注浆液中，读出注浆液凹液面与密度计相齐的刻度，即为注浆液的密度；
- b) 以两次测值的平均值作为试验结果，两次试验结果差值不应超过 0.03g/cm³，否则需重新试验。

附 录 B
(规范性)
注浆液结石率测试方法

B.1 量筒法

B.1.1 仪器设备：量筒，容积100mL，最小刻度为1mL。

B.1.2 试验步骤：按JTG/T 3331-03规定执行。

B.2 试模加高法

B.2.1 仪器设备主要包括：

- a) 有底三联试模、无底三联试模，其尺寸均为 70.7mm×70.7mm×70.7mm；
- b) 钢直尺：量程 20cm，最小分度为 1mm。

B.2.2 试验步骤如下：

- a) 选用加高的三联试模，即在标准的 70.7mm×70.7mm×70.7mm 的有底三联试模上叠放一个标准的 70.7mm×70.7mm×70.7mm 无底试模，将试模内壁事先涂刷薄层机油，试模重叠部位涂抹少量凡士林并用夹子进行固定，避免注浆液从接缝渗出；
- b) 将钢直尺垂直竖立，依次测量安装好的试模每一联不同方向四个内壁的高度，并计算每一联内壁高度的平均值 H_1 ；
- c) 将搅拌均匀的注浆液一次性注满加高试模，待注浆液固结后，同样沿着试模每一联不同方向四个内壁用钢直尺轻轻地接触结石体顶面，读出此时结石体顶面至试模顶端的高度，计算每一联高度的平均值 H_2 ；
- d) 注浆液结石率按式 (B.1) 计算，计算结果保留整数；

$$M = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \times 100\% \cdots \cdots (B.1)$$

式中：

M ——浆液结石率，%；

H_1 ——加高的三联试模高度，mm；

H_2 ——浆液凝固后，结石体顶面至试模顶端的高度，mm。

- e) 取三联试模形成的三个结石体的结石率平均值作为该注浆液的结石率。

附录 C

(规范性)

结石体无侧限抗压强度测试方法

C.1 仪器设备主要包括：

- a) 70.7mm×70.7mm×70.7mm 的立方体有底试模和无底试模，具有足够的刚度并拆装方便；
- b) 路强仪或压力试验机：精度为 I 级，上下压板平整并有足够刚度，可均匀地连续加载卸载，试件破坏所用的最大压力应在检定校准力值范围内。

C.2 试件制备及养护要求如下：

- a) 试模内壁事先涂刷薄层机油，将无底试模加高在有底试模上面对重叠处密封并固定牢固；
- b) 向试模内一次性注满注浆液，同时不断搅拌注浆液，使得注入试模中的注浆液黏度均匀；
- c) 试件制作后应在温度为 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 50% 的条件下放置；
- d) 试件达到终凝后拆模，先拆除加高的无底试模，用钢丝锯将高出有底试模的部分锯掉，最后用刮刀轻轻刮平试件表面并将试件从有底试模中脱出，在标准养护条件下继续养护至规定龄期，然后进行抗压强度试验；
- e) 室内结石体标准养护的条件为温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 90% 以上。

C.3 试验步骤如下：

- a) 加荷速率应采用 1mm/min，其他按 JTG 3420 (T 0570) 的规定执行；
- b) 各龄期（试件龄期从水泥加水搅拌开始算起）试件应在表 C.1 规定的时间范围内进行抗压强度试验；

表 C.1 各龄期抗压强度试验时间范围

龄期时间	试验时间
7d	7d±2h
28d	28d±8h

- c) 抗压强度结果计算应符合 JTG 3420 (T 0570) 的规定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 8077—2023 混凝土外加剂匀质性试验方法
 - [2] JTG 3441—2024 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
-