

# 城市道路采空区治理工程施工组织设计研究

## Research on Construction Organization Design for Treatment Project of Municipal Road Mined-Out Area

王利春, 郝龙龙(中冀建勘集团有限公司, 河北 石家庄 050227)

**摘要:**为探究城市道路采空区治理工程施工组织设计方案,以山西某市政道路为研究背景,从施工组织架构、施工工艺流程及关键施工步骤和施工注意事项等几方面进行了研究,研究表明:采空区的治理核心是要有合理、详细的施工组织设计,才能保证采空区治理过程中的安全、质量和进度等问题,此外采空区治理工程要明确注浆间隙时间、注浆结束压力和注浆饱满情况等关键注意事项;在分析了影响施工工期因素基础上,提出了保障和控制施工进度措施和计划,并给出了整个施工过程的关键注意事项。

**关键词:**城市道路;采空区治理工程;施工进度控制;注意事项

**中图分类号:** TD989 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2022)02-0079-05

**Abstract:** For the purpose of exploring the solution of construction organization design for treatment project of municipal road mined-out area, the municipal roads in a certain city of Shanxi Province are taken as the background for the research; the research is conducted in terms of construction organization structure, construction process flow, key construction steps, construction precautions and other aspects. The research shows that the core of the mined-out area treatment is that there must be reasonable and detailed construction organization design, only in this way can the problems of safety, quality, progress, etc. arising from the mined-out treatment process be handled. In addition, in the mined-out area treatment project, the grouting time intervals, grouting ending-pressure, grouting saturation and other precautions must be clearly prescribed. Based on the analysis on the factors affecting the construction schedule, the measures and plan that ensure and control the construction progress are put forward, and the key precautions during the whole construction process are given.

**Key words:** municipal road; mined-out area treatment project; construction progress control; precautions

## 1 前言

道路工程在使用过程中会存在或多或少的病害<sup>[1]</sup>,比如采空区、塌陷等问题较为普遍,如何对形如城市道路的采空区进行有针对性的治理,将是十分考究的问题。国内学者们对高速公路<sup>[2-3]</sup>、煤矿、城市道路的采空区、塌陷等问题均有了比较深入的研究<sup>[4-5]</sup>,道路工程中采空区治理工程如何设计、如何施工、采用怎样的配合比浆液、施工期间的人员、设备安全问题,等都是影响治理工程好坏的主要因素,因此如何从工程的角度来解决城市道路采空区带来的问题,将是后面研究的主要问题。

基于上述研究和问题,以山西某市政道路为研

究背景,探究城市道路采空区治理工程中的施工专项控制技术。

## 2 工程概况

以山西某市政道路为研究背景,本工程采空区治理由帷幕孔及注浆孔组成。其中帷幕孔 171 个,注浆孔 692 个,注浆主要工程量见表 1。

表 1 注浆主要工程量

序号	名称	数量
1	处理面积	125 880.13 m <sup>3</sup>
2	注浆孔	692 个
3	帷幕注浆孔	171 个
4	注浆孔总长度	41 825 m
5	注浆量	71 378.89 m <sup>3</sup>

## 3 施工组织架构

为保证工程的顺利实施,公司组织成立“晋城市晋春街(西环路-规划道西路)道路采空区治理工

[作者简介] 王利春(1988-),山西吕梁人,本科,工程师,从事工程方向研究。

[引用格式] 王利春,郝龙龙.城市道路采空区治理工程施工组织设计研究[J].中国矿山工程,2022,51(2):79-83.

程项目经理部”,委派施工经验丰富的人员担任项目经理、项目总工,全面负责工程的质量、生产、安全、后勤等事宜,项目部的组成符合综合管理制度中有关任职资格的规定。本工程管理体系设置如图1所示。

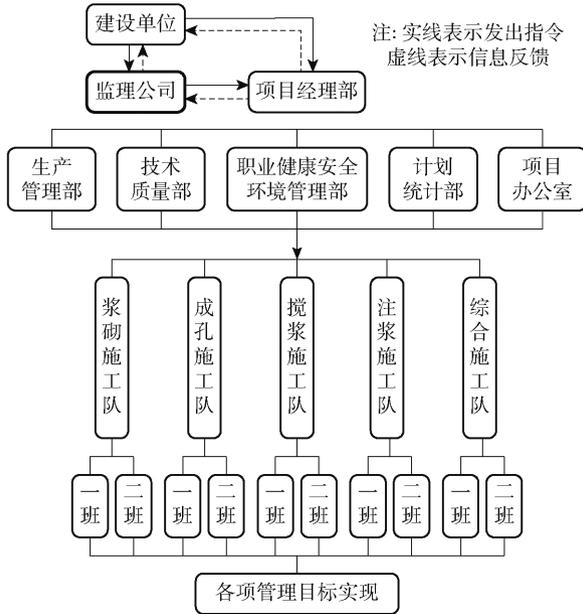


图1 施工组织架构

项目部在施工过程中将严格贯彻执行综合体系制度中的有关规定,严密组织,科学管理,精心施工,对工程质量、进度、安全层层自检、复检,全面接受建设方、监理工程师和质监部门的监理、监督,杜绝不合格产品流向下一工序,确保工程按期完成。

## 4 施工方案及主要技术措施

### 4.1 施工流程

城市道路采空区治理过程常常需要经过采空区的测量定点、钻孔、浆液配合比研究、拌制现场施工浆液、现场施工注浆、根据注浆标准判断是否注浆完成、停止注浆、封孔等几个步骤,具体流程如图2所示。

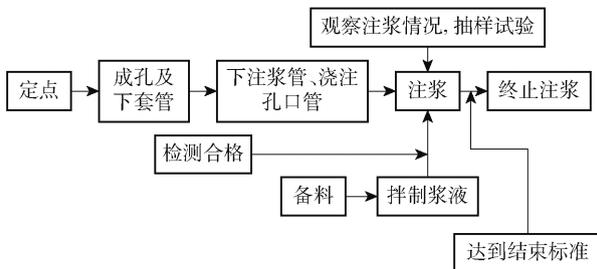


图2 采空区治理工程施工流程

### 4.2 主要技术措施

采空区治理工程施工主要技术包括钻孔、浇筑孔口、浆液制备、注浆等几个关键技术,下面对各主要关键技术进行详细论述。

#### 1) 钻孔

(1) 钻孔前应进行精确测量定位,确保钻孔位置的精准性。

(2) 在钻孔过程中,首先从施工界面比较低的位置向施工界面比较高的位置进行,这样可确保钻孔过程中的稳定性。

(3) 针对帷幕和注浆两种采空孔,应先对帷幕采空孔施工,再对注浆形成的采空孔施工。

(4) 保持钻孔施工与注浆施工的进度匹配,钻孔可超前注浆1~2孔(两孔间距为15m)。

(5) 如若在施工过程中,发现了翻浆、水涌等事故,要及时疏散人员,事后分析产生这种事故的主要原因,有针对性的提出治理办法,确保钻孔过程中的人员、设备安全问题。

#### 2) 浇筑孔口管

浇筑孔口管的结构如图3所示,由图3可知,浇筑孔口管主要有压力表、注浆管、托盘等组成,通过位于注浆管上方的注浆口灌入事先配置好的具有一定配合比的浆液,浆液顺着注浆管直达采空区,逐渐

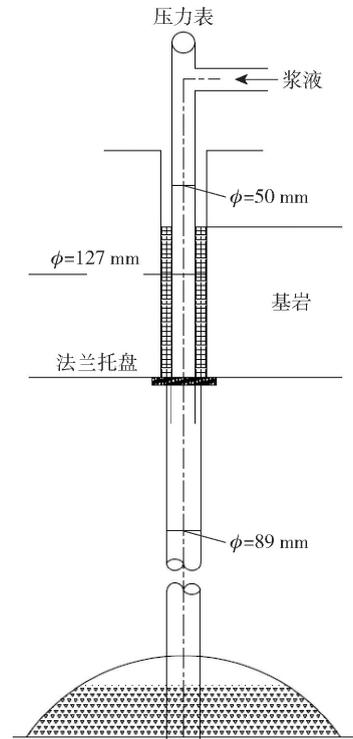


图3 注浆孔浇筑孔口管结构示意图

填满整个采空区,通过注浆管最上方的压力表实时测量采空区、注浆管中的压力,当采空区、注浆管中的压力达到一定指标和技术要求时,即认为采空区已被浆液填满,可结束终止灌浆。

3) 浆液制备

上述第二步的浇筑孔口管过程中用到的浆液要在实验室通过配合比设计来确定浆液的各项组成情况,不同的组成情况不仅会影响浆液的流动性、工作性能和压力情况,还会影响采空区的填满饱和度和浆液凝结时间,因此十分有必要对浆液进行配合比设计。

配合比设计计算公式为

$$X_1 / (X_2 + X_3) = R_1 \tag{1}$$

$$X_3 / X_2 = R_2 \tag{2}$$

$$X_1 / D_1 + X_2 / D_2 + X_3 / D_3 = V \tag{3}$$

式中,  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  分别为水、水泥、粉煤灰在组成成分中的质量;  $R_1$  为水固比,  $R_2$  为固相比 ( $X_3/X_2$ );  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  分别为水、水泥和粉煤灰的比重,分别取值为 1 kg/L、3 kg/L、2.1 kg/L;  $V$  为预配置混凝土浆液的体积。

根据上述计算公式和实际情况,不同比例下每 1 m<sup>3</sup> 的浆液各项配置详见表 2。

表 2 水泥-粉煤灰浆液理论配置表

$R_1$	$R_2$	水:水泥:粉煤灰	水泥/kg	粉煤灰/kg	水/kg	速凝剂/kg	$V/m^3$
1:1.0	3:17	1:0.15:0.85	103.1	584.3	687.4	3.09	1
	3:7	1:0.3:0.7	209.3	488.3	697.6	6.28	1
1:1.1	3:17	1:0.165:0.935	109.94	623.2	666.6	3.3	1
	3:7	1:0.33:0.77	233	525.6	676	6.7	1

基于上述实验室内的配合比设计,通过施工配合比和实验配合比之间的相对关系,可确定现场用于施工过程中的浆液组分配合比。

确定了现场施工过程中的浆液组分配合比设计后,下面要确定的就是如何按照配合比进行拌制的过程,拌制过程中的拌合时间、外加剂添加的含量、时间等都是影响拌制而成的浆液的使用性能和工作性能。

通过上述拌制问题的分析,在浆液拌制过程中,要严格按照相关浆液拌制手册、规范等执行,确保拌制的浆液符合施工标准,满足采空区灌浆的技术要求,浆液拌制过程如图 4 所示。

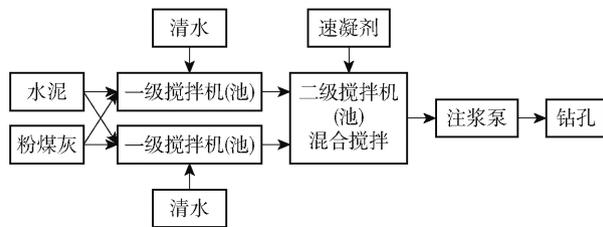


图 4 浆液拌制过程

浆液拌制完毕后,要对浆液基本性能进行测试,测试步骤如下:

(1) 施工前,应按设计的注浆浆液配合比进行试验,确定浆液的各项参数。

(2) 施工过程中,随时监控测定浆液各项参数

和结石率,确保浆液的合格和 85% 的结石率。

(3) 测试技术要求可按现行《普通砼拌和物性能试验方法标准》(GB/T 50080—2002)、《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 等中的相关规定执行。

4) 注浆浆液试块

注浆浆液按每 500 m<sup>3</sup> 制作一组试块进行检测,试块选用 70.7 mm × 70.7 mm × 70.7 mm 模具成型,按照标准条件及温度进行养护。

(1) 当采空区无水时,浆液的结石体试件应在采空区的温度和无水条件下养护。对脱模的试块,每隔 1~2 d 洒一次水,使其保持潮湿。

(2) 当采空区充水时,浆液的结石体试件应在采空区的温度和有水条件下养护。浆液倒入模具后,应迅速置入养护池中,使其在水中成型,脱模后应在原条件下养护。

5) 注浆

在现场注浆过程中,常常不是一个或者 2 个设备组成的,而是由多个、若干个子系统或者设备组成,注浆系统由料场、一级搅拌池(机)、二级搅拌池(机)、供水系统、注浆泵、注浆管道、封孔装置等组成,此外还包括压力机、管道、拌制池、电机、转动系统、浆液传输系统、浆液再次拌制系统和注浆水泵等,注浆设备的摆放以及各组成连接情况如图 5 所示。

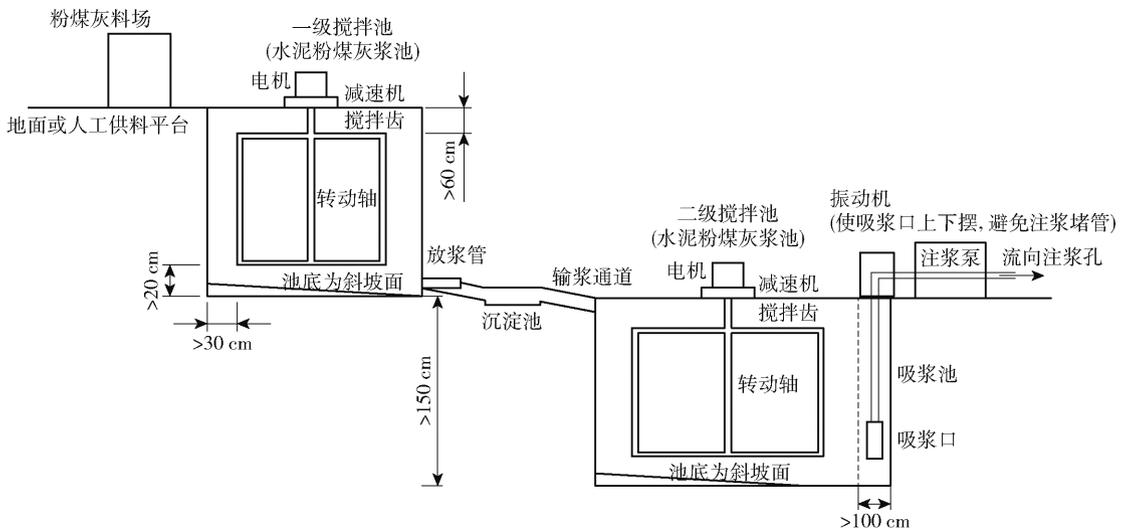


图5 注浆系统结构图

注浆过程中各个设备关键施工技术要求如下:

(1) 搅拌池: 搅拌池的形状、尺寸、容量等相关技术参数是影响浆液拌制容量、拌制浆液性能等的基础条件, 应根据现场施工情况和技术标准综合考虑确定。

(2) 蓄水池: 蓄水池的容量、数量、尺寸等要根据采空区治理工程的规模、采空区数量及大小、施工配合比等综合确定, 目的是确保在施工拌合过程中由比较充足的水提供, 避免因缺水导致延误工期。

(3) 注浆泵: 注浆泵的功率、管径、数量、位置高度等应根据现场实际摆放位置合理设计与确定。如果采用大功率注浆泵, 将产生更大的噪声、耗电量和经济成本, 如果采用小功率的注浆泵, 将会延长施工工期, 也会增加一定量的经济问题。

(4) 压力表: 压力表的目的就是实时监测注浆过程中采空区和注浆管中的压力情况, 不仅要有高灵敏度、耐腐蚀、防水等功能, 还要确保数据采集的准确性和实时性, 便于施工人员及时掌握采空区注浆情况。

(5) 封孔装置: 当压力表显示采空区压力达到填满的要求后, 要及时采用封孔装置堵住采空区孔口, 防止浆液流出。封孔装置的设置位置要根据现场采空区的土质情况等因素综合考虑确定, 不同高度设置封孔装置将对注浆的阻止情况产生不同的影响。

(6) 注浆管: 注浆管是浆液从注浆口达到采空区的唯一管道和途径, 注浆管的直径、材料、长度和连接都是十分考究的因素。

## 5 施工进度计划控制

为保证工程进度按计划进行, 施工过程中成立以生产管理部为主, 其他相关部门进行配合的工期保证体系, 建立劳动定额完成情况检查组, 定期检查生产进行情况, 及时汇总完成的工作量。实际进度与计划进度发生偏差时, 认真分析、查找原因, 制定纠偏方案, 及时调整劳动力和设备配置, 使施工进度能够按计划进行。

### 5.1 施工进度计划

根据工程内容, 本工程分施工准备阶段、注浆孔施工阶段, 具体见表3。

表3 主要项目阶段工期计划目标表

序号	施工内容	开工日期	完工日期	施工期/天
1	施工准备	2014	2014	7
2	帷幕孔施工	2014	2015	10
3	注浆孔施工	2014	2015	38

#### 1) 施工准备阶段

该阶段工作主要包括: 施工驻地建设; 施工临时道路的整修、修建; 施工场地平整; 蓄水池、搅拌池的修建以及钻机进场、安装及就位等前期准备工作, 通过对现场的踏勘, 按照整体规划, 该阶段在一周内施工完毕。

#### 2) 帷幕孔施工

首先进行帷幕孔施工, 15台钻机同时开始施工, 计划在10d内完成。

#### 3) 注浆孔施工阶段

(1) 帷幕孔施工完毕后, 进行注浆孔施工, 计划

在38 d内完成。

(2)注浆工作的配备应保证各钻机成孔后随即注浆施工。

(3)本工程总工期为60 d,在除去钻机、天气、原材等意外情况耽误的时间外,争取在规定时间内完成所有工作量。

## 5.2 工期影响因素分析

根据施工经验,本合同段工程影响工期的主要因素如下:

(1)主要施工设备的施工性能和施工效率是影响施工的主要因素。

(2)施工场地是否具备施工条件和机械的运作要求是影响施工进度的重要因素。

(3)辅助设备的正常运转是施工进度的重要保证。

(4)人员的合理安排会提高工程进度。

## 5.3 工期保证措施

为确保本合同段工程按计划工期完成,将在施工期间采取以下工期保证措施:

(1)从组织体制上有效保证工程施工的顺利进行。

(2)采用先进的施工技术和施工机械,安排一些维修水平高、责任心强的现场维修人员,全方位保障工程顺利进行,同时,根据进度计划安排,灵活考虑增加施工设备措施。

(3)原材料正常供应是保证工程正常进行的重要因素,因此项目部应做好原材料的组织与管理工作,做好原材料的计划,确保原材料供应满足施工需求。同时做好原材料的储备,减少意外事件和天气对工程的影响。

(4)项目经理部将根据施工进度计划,做出有效的物资采购实施计划,保证施工所需物资及时供应。

## 6 注意事项

(1)对单层采空区宜采用一次成孔、自下而上,一次全灌注施工。注浆采用浆液浓度先稀后稠的方

法,根据设计比例采用泥浆黏度计来控制泥浆的黏结度,注浆开始后,要定时观测泵的吸浆量和泵压,记录注浆过程中发生的各种现象,收集原始数据,并根据实际情况及时调整注浆量和浆液浓度。

(2)注浆时,应避免在短时间内注入大量的水泥粉煤灰浆,当注浆量较大时(单孔注浆量大于设计单孔注浆量尚未达到注浆结束标准时),应选择间歇注浆,并会同有关部门分析原因。间歇注浆的间歇时间不小于6 h,间歇时应对该受注孔清水冲洗10 min,并用堵帽(头)对受注孔注浆管进行封堵。

(3)注浆结束标准:①注浆结束压力原则上应现场试验确定,一般为1.0~1.5 MPa。在注浆孔的注浆末期,泵压逐渐升高,当泵吸浆量小于50 L/min时,孔口管压力在1.0~1.5 MPa,稳定10~15 min后,可结束该孔的注浆施工;②当注入一定浆量,孔口压力不小于0.3 MPa,若出现注浆孔周围有跑浆等现象时,可报监理工程师同意后结束该孔的注浆施工。

## 7 结论

主要结论如下:

(1)采空区的治理核心主线就是有良好的施工组织架构,才能保证采空区治理过程中的安全、质量等问题。

(2)采空区治理工程要明确注浆间隙时间、注浆结束压力和注浆饱满情况等关键注意事项。

### [参考文献]

- [1] 贾立. 高速公路下采空区充填治理与稳定性探究[J]. 四川水泥, 2021(10):130-131.
- [2] 刘健. 高速公路路基工程特殊路段处理——煤矿采空区治理[J]. 四川水泥, 2021(10):269-270.
- [3] 张太平, 张红军, 张瑞华, 等. 多层采空区场地勘察与注浆治理关键技术应用[J]. 中国煤炭地质, 2021, 33(7):46-50.
- [4] 连峰, 张旭光, 刘治, 等. 城市道路塌陷分析及防治对策[J]. 城乡建设, 2020(8):60-62.
- [5] 毋超. 采空区道路设计技术方案讨论[J]. 建材与装饰, 2018(38):283.