

技术方法

## 章丘市复杂采空区场地的灾害治理方案研究

张勇<sup>1,2</sup>, 曲华锋<sup>1</sup>, 佟照辉<sup>3</sup>, 孙志全<sup>1</sup>

(1. 山东省地矿工程集团有限公司, 山东 济南 250014; 2. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250014; 3. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250014)

**摘要:** 拟建场区下存在大范围的采空区, 通过注浆法对其进行加固处理。针对采空区内往往充填大量的水, 且存在多层采空区的情况, 采取先稀后稠的注浆方式、变直径的注浆孔设置以及先外后内、外密内疏的注浆工序方法保证注浆的效果。

**关键词:** 采空区; 注浆; 浆液; 加固; 章丘市

**中图分类号:** TU476 **文献标识码:** B

为实现生活垃圾减量化、无害化、资源化处理, 保护环境, 章丘市决定在城区东北部建设生活垃圾焚烧发电厂。拟建的发电厂项目位于章丘市城区东北部, 厂区分为主要生产区、辅助生产区及行政管理区。由于场区下存在煤矿采空区和耐火粘土矿采空区, 工程建成后增加较大的地面荷载, 有可能引发或加剧采空塌陷及伴生地裂缝地质灾害, 因此需要对采空区进行治理。

## 1 工程地质和水文地质条件

### 1.1 工程地质条件

场地为山前倾斜平原, 地势东南高西北低。根据岩土工程勘察报告, 场地内土体主要由耕土、黄土、碎石土、残积土等组成, 岩层隐伏第四系之下, 主要为二叠纪石盒子群万山组的砂岩泥岩建造, 风化程度较高, 大部分均达到强风化标准, 局部地段出现中等风化层段, 主要由泥岩、砂岩、页岩夹薄层灰岩组成, 并夹有耐火粘土矿层和煤层, 岩石强风化—中风化。

### 1.2 水文地质条件

场地位于明水泉域径流区, 上部土层仅在雨季时存在上层潜水, 中部碎屑岩裂隙水基本被周边生产矿山疏干, 下部灰岩岩溶裂隙水的形态和该场区周边岩溶水一致<sup>[1,2]</sup>。该区岩溶水最低水位 29.97 m, 最高水位 63.05 m, 相差 33.08 m。

### 1.3 采空区的分布

根据已有的调查资料和现场物探及钻孔资料, 场区附近主要有 2 个煤矿和一个耐火粘土矿采空区, 其中: 1 号煤矿煤层底板标高 -100 ~ -215 m, 埋深约 180 ~ 295 m, 距离本工程场区用地西南部最近约 52 m, 距离本工程场区西北角最近约 40 m; 2 号煤矿井底标高 -120 m, 但煤层未开, 开拓巷道距离项目用地约 240 m; 耐火粘土矿采空区分布于场区附近, 分两层水平开采, 目前已停止开采, 但估计除部分保护矿柱外其余已经全部开拓采空。

## 2 采空区场地治理方案

### 2.1 采空区分布特点

通过分析勘查资料以及实地调查, 可以发现, 采空区的分布有以下特点:

(1) 采空区密集。由于矿脉的特点造成采空区成片分布, 间隔距离小, 造成了潜在空区在项目用地范围内密集存在, 通过巷道相互贯通。

(2) 采空区在空间上有良好的贯通性。据调查、勘查资料, 裂隙带埋深在 33 ~ 62 m, 紧接下部为采空区和冒落带埋深在 56.5 ~ 80.8 m, 各采空区相互连通。如果采用常规注浆填充采空区, 浆液在无约束条件下无序流动, 难以保证浆液在限定范围内有效扩散, 因此, 在对采空区进行充填前需要对周围的采空

收稿日期: 2013-08-09; 修订日期: 2013-09-14; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 张勇(1973—), 男, 山东巨野人, 高级工程师, 主要从事地质勘查研究工作和工程实践; E-mail: zy92113@163.com。

区和巷道进行帷幕填充隔离。

### 2.2 采空区治理施工方案

为使采空区处置有效,做到隐蔽空区明确化,处置范围清晰化,处置工程定量化,具体的施工方案采用全充填花管压力注浆(图 1)<sup>[3]</sup>。

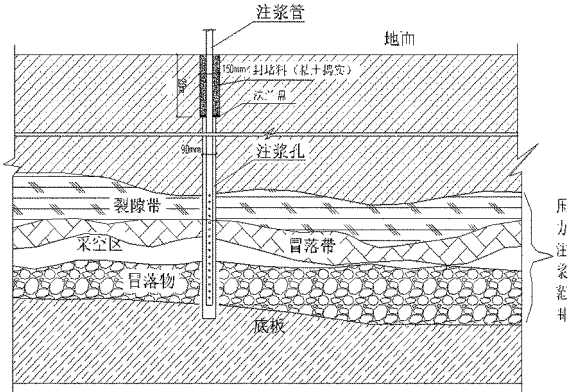


图 1 地下采空区处置方案图

### 2.3 注浆设计参数及顺序

(1)采空区施工治理范围:项目用地边界为本工程治理边界;厂区西南侧和东侧治理估算线范围已在用地边界之外,考虑到用地权限等原因,用地线外围部分不做治理,建议该部分距用地红线 50 m 之内不要建设重要建筑物,具体治理范围边界见施工平面部署图(图 2)。

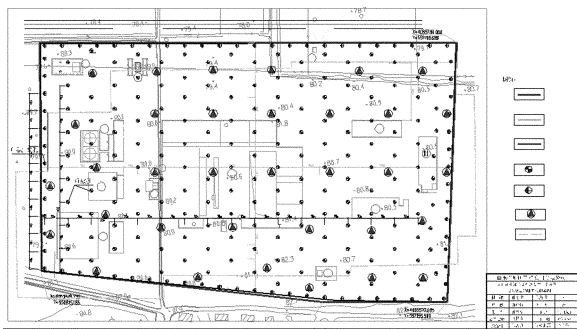


图 2 治理工程部署图

(2)治理深度确定:粘土矿采空区加固治理的对象是裂隙带、冒落带和采空区三部分。根据勘查资料,治理区内裂隙带顶板埋深为 33~62 m,冒落带底板埋深在 56.5~80.8 m。由于矿层呈层状产出,走向 111°~125°,倾向 NE,倾角 9°~15°,矿层厚度不均,实际冒落带底板埋深由西南至东北逐渐增加,因此注浆孔深度应根据实际情况确定。为保证成孔质量和注浆效果,设计注浆孔深度取进入冒落带底板完整基岩 2 m。钻孔施工时做好钻进记录,确保达到设计深度。

(3)注浆顺序:本采空区地质治理工程的主要目的是为了拟建设项目的实施,消除地质灾害隐患,因此为了避免浆液无序扩散到治理范围以外,在治理区周边施工帷幕注浆孔进行注浆封闭,在帷幕注浆孔封闭内部区域布置填充注浆孔注浆,注浆顺序按照先帷幕注浆孔后填充注浆孔,由周边向中间顺序推进。

(4)注浆压力及浆液扩散半径:注浆压力是提供浆液在裂隙、采空区和巷道中流动、渗透等作用的动力,注浆压力越大,浆液的扩散半径越大,结石体强度也越大。但压力太大浆液扩散太远,造成浆液的大量浪费,因此全充填浆液压力计算为<sup>[4]</sup>:

$$P = aH \quad (1)$$

式中: $H$  为钻孔深度(m); $P$  为注浆压力(MPa); $a$  为压力系数(MPa/m),一般取值为 0.15~0.25。

工程取最大注浆深度为 92 m,填充注浆孔孔口注浆压力为 1~1.5MPa。帷幕注浆孔孔口注浆压力为 2.5~3 MPa。

浆液一般沿着阻力最小的方向扩散,它与浆液配比、注浆压力、巷道的沟通情况、裂隙的发育及冒落带的孔隙率等条件有关,在采空区治理中扩散半径一般取平均值  $r=5\sim 15$  m。

(5)注浆孔与帷幕注浆孔的布置:在工程设计治理区范围内布设帷幕注浆孔、填充注浆孔。注浆半径取值  $r=10$  m,注浆孔间距  $L$  取值范围在  $r \leq L \leq 2r$ ,本工程注浆孔平面布置成梅花形布设,钻孔孔距 20 m,排距 20 m。帷幕注浆孔间距  $L1$  取值范围在  $0.5L \leq L1 \leq L$ ,本工程沿治理区边界直线布设,钻孔间距 10 m(图 3)。

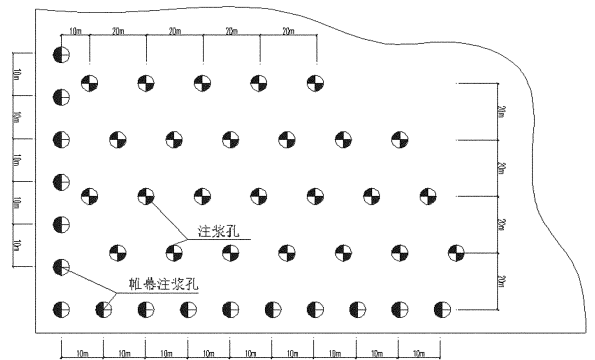


图 3 注浆钻孔布置示意图

(6)试验孔的布置:为了提高注浆加固质量,在注浆工作展开前,首先进行钻孔注浆试验。试验孔布设两对,在上山部位和下山部位各一对,其中一个布置

在巷道上,另一个布置在采空区位置,具体位置按照勘查结果由项目参与各方现场确定,试验孔布置如下图 4 所示。

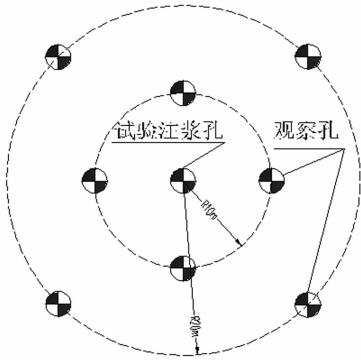


图 4 注浆试验孔布置示意图

### 3 注浆加固施工工艺

#### 3.1 注浆材料

采空区注浆材料的浆液配比如下:注浆材料实验配比(重量):水泥:粉煤灰=3:7,其中,水泥选用普通硅酸盐水泥,水泥标号 32.5。水固比(重量)的使用应由稀到浓,逐级采用 1.2:1,1:1,0.8:1,空区充水时,应采用较高的浓度比级。对于浆液材料配比及水灰比,现场可根据注浆结石体强度、浆液流动性的施工效果等因素进行适当调整<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 钻孔结构及技术要求

钻孔开孔孔径为 130~150 mm 之间,经一次变径后,终孔孔径不小于 89 mm(图 5)。注浆孔变径处应进入完整基岩 8~10 m。本工程根据勘查钻探情况定为地面以下 20 m。

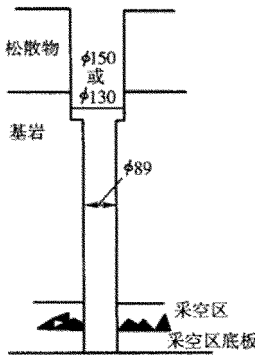


图 5 注浆孔结构示意图

#### 3.3 止浆工艺

注浆钻孔止浆可一次完成,采用似法兰盘简易止浆法止浆,其具体方法是:采用直径不小于 32 mm 无缝钢管作为注浆管,将一端焊接一个大小与开孔孔径相接近的圆盘,下入注浆孔变径处,先向孔内投入少量砾石或碎石土(以堵塞大的缝隙),然后放入 20~30 cm 厚度的粘土球捣实(防止浆液大量渗漏),之后再灌入水灰比 1:1.5~1:2.0 的水泥浆,浇筑长度不小于 7 m。水泥浆液中加入水泥重量 2% 的速凝剂,快速将注浆管与孔壁固结(图 6)。

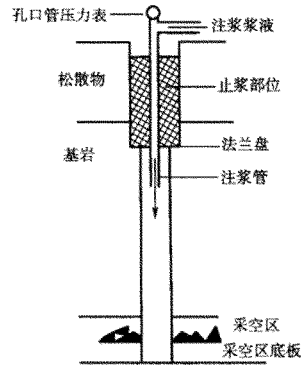


图 6 全孔一次注浆孔口止浆示意图

### 4 结语

(1)注浆法是目前城市建设过程中处理采空区的一种非常有效的方法,由于采空区内往往充填大量的水,且可能存在多层采空区的情况,注浆加固处理过程中的成孔和浆液的选择是加固成功的关键因素之一。

(2)由于采空区的复杂性,合理选择注浆加固范围和顺序是保证注浆安全经济的关键,这里采用先外后内、外密内疏的注浆方法保证了注浆的效果。

#### 参考文献:

- [1] 康凤新,张中祥.山东省水文地质图说明书[M].济南:山东地图出版社,2008.
- [2] 康凤新,徐军祥,张中祥.山东省地下水资源及其潜力评价[J].山东国土资源,2010,26(8):4-12.
- [3] 孙文华.三下采煤新技术应用与煤柱留设及压煤开采规程实用手册[M].北京:中国煤炭出版社,2005.
- [4] 彭振斌.注浆工程设计计算与施工[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [5] 工程地质手册编委会.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.

## Study on Disaster Management Plan in Complex Mined—our Areas in Zhangqiu City

ZHANG Yong<sup>1,2</sup>, QU Huafeng<sup>1</sup>, DONG Zhaohui<sup>3</sup>, SUN Zhiquan<sup>1</sup>

(1. Shandong Geo—engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 3. Shandong Geological Surveying and Mapping Institute, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** There are a large range of mined—our areas in under planning construction field. They have been reinforcement by using grouting method. Although a lot of water has been filled in mined areas, multi—layers mined—out areas still occurred. By using grouting method as first thin and thick after, changing diameter settings of the grouting holes, first grouting outside and then grouting insdie, and dense outside and sparse inside, grouting effect can be improved.

**Key words:** Mined—our area; grouting; grout; reinforcement; Zhangqiu city