

Evaluation of Undermining Areas in Construction Sites and Application of Grouting Treatment Technology

Qingtao Lu

Xuzhou China Mining Geotechnical Technology Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221008, China

Abstract

The construction site of a large residential area is located within the mining range of multiple coal mines and small coal mines in towns, the underground coal mining data of the site is incomplete, and the boundary of the goaf is unclear; On the basis of data collection, a special survey was conducted on the goaf using drilling methods to identify the distribution range, coal seam depth, and thickness of the underground goaf in the construction site; Based on the special survey, evaluate the stability and suitability of the site, and propose a grouting treatment plan to govern the site; A specialized grouting design was carried out for the goaf based on its characteristics, and key parameters for grouting were designed to guide construction; Six months after the completion of grouting treatment, comprehensive testing was carried out using drilling methods combined with drilling imaging, wave velocity testing, grouting solid strength testing, and water pressure testing, the test results showed that the grouting effect was good, and the grouting treatment eliminated the impact of ground collapse disasters caused by goaf.

Keywords

goaf; special survey; grouting treatment; grouting effect detection

采空区评价及注浆治理技术应用

路庆涛

徐州中矿岩土技术股份有限公司, 中国·江苏 徐州 221008

摘要

某大型小区建设场地位于多个煤矿及乡镇小煤窑开采范围之内, 场地下煤矿开采资料不全、采空区边界不清晰; 在资料收集的基础上, 采用钻探方法对采空区进行专项勘察, 查明了建设场地下采空区分布范围、煤层采深、采厚等信息; 根据专项勘察进行场地稳定性及适宜性评价, 提出采用注浆治理的方案对场地进行治理; 根据场地采空区特征进行了专门的采空区注浆设计, 对注浆关键参数进行设计并指导施工; 注浆治理结束六个月后, 采用钻探法配合钻孔成像、波速测试方法、注浆结实体强度检测、压水试验等方法进行综合检测, 检测结果表明注浆效果良好, 注浆治理消除了采空区地面塌陷灾害的影响。

关键词

采空区; 专项勘察; 注浆治理; 注浆效果检测

1 引言

当前, 随着城镇化建设的快速推进, 中国城市建设用地资源日益紧张, 在经济较发达的资源型城市尤为突出, 已有许多该类型城市的工程建设不得不在采空区场地上进行。由于其具有复杂性、隐蔽性、突发性等特点, 在工程建设前需要进行采空区专项勘察, 并根据建筑物类型, 针对采空区的特点提出不同的处置方案^[1]。

王正帅等^[2]采用概率积分计算采空区残余变形的方法对采空区场地的稳定性进行分析评价, 根据大量工程项目的总结, 表明采空区场地残余变形及地基稳定性与采动程度正

相关、与采厚比负相关。刘小平等^[3]通过大量工程实践, 总结认为注浆治理效果检测应根据建筑本身特点及注浆设计要求, 将采空区、地基及上部建筑物作为整体进行系统性考虑, 并充分考虑采空区埋深、煤层采厚、注浆充填检测及建筑物地基要求等工程特点综合进行注浆质量检测评价。郭文兵等^[4]针对采空区场地覆岩结构特征及地层与建筑荷载的相互影响性建立了“载荷作用下采动覆岩结构力学模型”, 并将力学模型应用于工程实践, 对采空区建设场地的稳定性和工程建设安全性进行了评价, 验证了新建力学模型的合理性。陈绍杰^[5]等通过野外调查、多种物探及钻探相结合的方法对某大型建设工程采空区场地进行了综合勘察, 查明了场地下各煤层采空区形态、充水情况等特征, 根据采空区特征, 采取分层注浆、一次性注浆等针对性的注浆治理措施, 通过检测及长期地面沉降监测, 表明满足建设工程要求。

【作者简介】路庆涛(1989-), 男, 硕士, 工程师, 从事岩土工程勘察、设计及地质灾害评价研究。

论文以徐州市贾汪区某高层建筑群项目下伏采空区场地为工程背景,前期专项勘察探测采空区特征、并进行稳定性及工程建设适宜性评价,在专项勘察及综合评价的基础上,提出针对采空区场地特征的注浆治理技术,经过治理后工程检测,表明注浆治理取得了可靠的效果,工程经验可提供一定的参考意义^[6,7]。

2 工程概况

建设项目规划总用地面积 69195m²,总建筑面积达 204143m²,主要建设 5 栋 34F 住宅、1 栋 27F 住宅、4 栋 25F 住宅、1 栋 23F 住宅、1 栋 11F 住宅、6 栋 8F 住宅及其他配套项目。

根据资料收集,建设项目场地及附近曾进行过采煤活动,分布韩桥煤矿、南庄煤矿及多个乡镇(社队)煤矿,多年的煤矿开采形成了多层采空区。韩桥煤矿在场地外的西侧和西北侧开采了 1、3、17、20、21 煤,其中,17、20、21 煤采深分别为 271~292m、282~310m、328~336m,采厚均为 0.80m,开采时间分为 1996 年、1994—1995 年、1997 年。南庄煤矿在场地地下开采了 21、22 煤,未开采 17、20 煤,收集的南庄煤矿 21、22 煤的开采资料截止到 1991,缺失 1991—2001 年期间的开采资料。乡镇(社队)煤矿开采 1、3 煤,但开采资料缺失严重,开采范围不详。

建设项目属大型小区,建设场地历史上进行过多煤层开采,留下大片已知及未知采空区,因此查明采空区情况并针对性进行治理对建设场地的稳定性及建成后的安全性至关重要。

3 采空区专项勘察

结合已收集的场地开采资料,为查明拟建场地下 1、3 煤的开采情况,进一步查明 21、22 煤的开采范围及深度,核实场地下 17、20 煤的开采情况,同时验证场地下已有开采资料的准确性,专项勘察采用钻探的办法进行探测。

布置 60 个钻孔用来查明 1、3 煤的开采情况;6 个钻孔来查明 21、22 煤的开采范围及深度并核实场地下 17、20 煤的开采情况。经过对各钻孔揭露情况的整理,场地下采空区分布情况如下:

①用来查明 1、3 煤的开采情况的钻孔均未揭露到 1、3 煤采空区,由于 1 煤缺失,仅少部分揭露 1 煤煤层,大部分钻孔揭露 3 煤煤层、3 煤厚度 0~1.10m,平均厚度 0.44,因此,判断场地下未开采 1、3 煤。

②用来查明 21、22 煤的开采范围的 6 个钻孔均揭露 21、22 煤采空区,结合已有开采范围,判断场地下 21、22 煤已大面积开采,采深分别为 73~142m、78~152m;21、22 煤采空区不掉钻、进尺稍快、岩芯破碎、基本密实;未揭露 17、20 煤采空区,其中,1 个孔揭露 17 煤,5 个钻孔 17 煤缺失,2 个钻孔揭露 20 煤,3 个钻孔 20 煤缺失,因此判断,拟建场地 17、20 煤分布不稳定、变薄或缺失,验证了场地

下未开采 17、20 煤。

根据采空区钻探,场地下 21、22 煤采空区大部分区域垮落基本密实,场地 21、22 煤采空区分布区域稳定性为基本稳定区。但考虑到建筑物为高层住宅建筑物,需采取注浆治理,且应按抗震不利地段进行设防,采取加强基础和上部结构的抗变形措施。

4 采空区注浆治理

4.1 注浆设计

注浆孔间距排距设计。在对建设场地周边环境条件、采空区分布特征、采空区埋深等因素进行综合考虑后,按照高层建筑轮廓线外扩 25~35m 作为治理范围,治理深度为 22 煤采空区底板。根据场地的采空区分布情况,建筑物轮廓内注浆孔孔距 15~16m,排距 11~12m;建筑物轮廓外注浆孔孔距 17~20m,排距 18.5~20.5m;通过控制注浆压力,控制浆液扩散范围。

注浆孔施工次序。采空区注浆孔施工次序由下山往上山方向推进,即自西向东推进。不在单独布另设帷幕孔(可适当增加添加剂、加速固化),先施工拟建场地边缘注浆孔作为帷幕孔、后施工场地内注浆孔;为保证浆液对采空区裂隙、空洞的充填率,对注浆孔严格采用分序次隔孔成孔注浆,严禁注浆孔连片注浆^[8]。

4.2 注浆施工工艺

本次注浆拟采用水泥、粉煤灰、添加剂作为主要注浆材料。注浆孔开孔直径采用 $\Phi 130\text{mm}$,基岩段变径为 91mm,终孔不小于 91mm,终孔为 22 煤层底板以下 1.0m。注浆孔成孔后接入注浆管注浆。21、22 煤采空区间距较近(5~12m),不做分层治理,采用直接成孔至 22 煤底板,将 21、22 煤采空区作为一个采空区治理区段进行治理。

4.3 注浆参数

①注浆压力。进场后先进行现场注浆试验确定注浆压力,根据工程经验,注浆孔孔口压力一般控制在 0.5~1.0MPa。

②注浆终止条件。当注浆压力起压后达到设计压力作为该孔终止注浆标准。

③注浆量控制。边缘注浆孔单孔注浆量较大时,采取增稠浆液、间歇一个台班以上灌注等措施控制单个注浆孔注浆量,治理区域内注浆孔不限制注浆量。

5 注浆效果检测

注浆治理结束 6 个月后,具有相关资质的单位对注浆治理效果进行了检测,主要采用钻芯法、钻孔成像法、注浆结实体强度检测法、波速测试法、压水试验法等多种方法进行注浆治理效果检测。

5.1 钻探取芯

共布置 10 个检测孔,根据检测孔取芯观测结果,各检测孔未发生掉钻现象,无大的空洞裂隙,水泥粉煤灰浆液对采空区充填效果较好,充填率 $\geq 90\%$,其中 7 个检测孔岩

芯取上明显硬塑 - 坚硬状的浆液结实体。

5.2 孔内成像

检测工作在5个检测孔内进行全基岩段钻孔成像,分析注浆充填率。通过钻孔成像对揭露采空区的钻孔岩壁进行成像观测,检测孔垮落带裂隙充填均较高,无明显裂隙。

5.3 波速测试

受孔内水位影响,共进行了5个孔的波速测试试验,根据测试结果,注浆治理后场地采空区垮落断裂带剪切波速为731~1082m/s、平均844m/s,采空区垮落断裂带注浆治理后的横波波速远大于要求的300m/s,满足要求。

5.4 结实体强度

检测在7个检测孔中取到浆液结实体,但由于所取结石体尺寸不能满足标准单轴抗压强度测试,因此对结石体进行点荷载试验,所得数值根据规范公式进行单轴抗压强度换算。根据测试结果,结石体的单轴抗压强度的范围为2.06~3.43MPa,平均值为2.80MPa,大于2.0MPa,满足要求。

5.5 压水试验

检测工作在JCZ1、JCZ3、JCZ4号检测孔内进行压水试验,根据压水试验结果,JCZ1孔最大注浆压力达到了1.72MPa,总压水量为4.93m³;JCZ3孔最大注浆压力达到了2.03MPa,总压水量为12.65m³;JCZ4孔最大注浆压力达到了1.53MPa,总压水量为8.62m³。根据施工资料,JCZ1、JCZ3、JCZ4孔周边注浆孔平均单孔注浆量分别为725m³、859m³、484m³,压水试验比分别为0.007、0.015、0.018,平均为0.014,压水试验比小于0.1。

6 结论

①在前期资料收集的基础上,采用钻探的方式对拟建

华地紫御府项目建设场地进行了专项勘察,基本查明了场地范围内不同煤层采空区分布范围、埋深、采厚等关键信息。

②在采空区专项勘察即稳定性适宜性评价的基础上,进行了采空区注浆治理设计,综合确定了注浆孔间距、注浆孔孔深、注浆次序、注浆压力、材料配比等参数,指导注浆治理施工。

③注浆治理后检测单位对注浆治理的效果进行了检验,采用的检测方法主要有钻芯法、钻孔成像法、注浆结实体强度检测法、波速测试法、压水试验法等,综合分析各类方法检测结果,表明采空区注浆治理效果较为理想。

参考文献

- [1] 李志永.高层建筑下伏采空区注浆治理关键技术研究[D].徐州:中国矿业大学,2020.
- [2] 王正帅,邓喀中.老采空区地表残余变形分析与建筑地基稳定性评价[J].煤炭科学技术,2015,43(10):133-137+102.
- [3] 刘小平,李姝,刘新星,等.煤矿采空区注浆治理后质量检测技术与实践[J].煤田地质与勘探,2020,48(5):113-122.
- [4] 郭文兵,杨伟强,马志宝,等.建筑荷载作用下采空区覆岩结构稳定性判据及应用[J].煤炭学报,2022,47(6):2207-2217.
- [5] 陈绍杰,张立波,江宁,等.山东某煤矿老采空区上方大型工程建设案例[J].煤炭学报,2022,47(3):1017-1030.
- [6] 陈书平.高层建筑群下多层采空区场地工程适宜性评价及治理[D].徐州:中国矿业大学,2019.
- [7] 贾照远,尚剑飞,王明立,等.新建高层建筑群跨越老煤矿采空区工程实践[J].建井技术,2019,40(2):1-21.
- [8] 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.