

开采沉陷

# 采空区地基评价与处理技术

张俊英 (煤炭科学研究总院唐山分院) TD3 B

**摘要** 文中分析了采空区的各种情况,提出了采空区地基稳定性评价原则,在采空区地表修建任何建(构)筑物,要结合具体情况,采取相应的处理技术措施,防患于未然。结合实践,介绍了采空区注浆处理技术,可供类似工程参考。

**关键词** 采空区 建筑 地基 处理

## 1 引言

矿区开采造成地表塌陷面积越来越大,为少占或不占耕地,许多矿区正在或准备在采空区地表新建建(构)筑物,由于采空区的特殊性,在采空区地表新建建(构)筑物应进行地基稳定性评价,并结合具体情况,采取相应的处理措施,防患于未然。

采空区可划分为:采用走向(倾斜)长壁采煤法开采后形成的采空区;采用煤房、房式采煤法、房柱式采煤法等开采后形成的残留煤柱较多的采空区。对于第一种类型的老采空区(本文简称:正规开采后形成的采空区),当地下煤层开采结束以后,经过一段时间间隔,地表沉陷逐渐减小。按开采沉陷理论,当连续六个月内下沉值不超过30 mm时,可认为地表移动稳定。实际上这种稳定地表仍会发生少量的残余沉降量,这个残余沉降量就会对地表新建建(构)筑物产生影响,如果再考虑建筑荷载对地基的影响,新建建筑还可能引起采空区的活化,加剧残余沉降的发生,建筑物不采取抗变形措施就会产生破坏。对于第二种类型的采空区(本文中简称:部分开采后形成的采空区),不能用地表移动稳定的概念来衡量。由于开采不正规,残留煤柱较多,随着时间的推移,这些煤柱将逐步被压垮,或者由于外在因素的影响可能发生垮落。也即这种情况下地表随时将可能发生残余沉降,对地表建(构)筑物的影响更不容忽视。

## 2 评价原则和处理方法

### 2.1 正规开采后形成的采空区

长壁连续正规工作面开采后,上覆岩层形成垮落带、断裂带、弯曲带,垮落带、断裂带的岩层将产生断裂、裂缝等。岩体内部结构遭到破坏,虽然

经过多年的压实,仍不可避免地存在一定的裂隙,其抗压、抗剪强度明显低于原始岩体的强度,如果建筑物荷载影响到这两带,势必加大地表的残余沉降。采空区不再因建筑荷载扰动而活化时,最小采深( $H_{\text{临}}$ ),应该大于或等于垮落断裂带高度( $H_{\text{裂}}$ )与建筑荷载影响深度( $H_{\text{影}}$ )两者之和<sup>[1, 2, 3]</sup>,即:

$$H_{\text{临}} \geq H_{\text{裂}} + H_{\text{影}}$$

当实际采深大于 $H_{\text{临}}$ 时,建筑荷载不会使老采空区重新活化;当实际采深小于 $H_{\text{临}}$ 时,地表会再次产生一定量的沉降活动。正常情况下,当采深大于150m后,地表新建建(构)筑物不会对采空区产生影响。特别应指出的是,当采深超过150m后,采空区虽不受新建建筑荷载的影响,但仍会受到其它因素如附近开采波及、采空区积水增减等的影响,致使地表出现残余沉降,影响建筑物。

正规开采后形成的采空区的残余沉降,一般较为均匀,变化平缓,残余变形值大约为已发生的地表沉陷变形量的5%~15%左右,采用概率积分法可以近似预计。新建建(构)筑物采取抵抗残余变形值的抗变形措施,即能确保建(构)筑物的安全。

开滦、阳泉、焦作等矿区,在采空区上方新建有住宅楼、办公楼、大型工业厂房,还有高速公路等,充分地利用了采煤塌陷地,只要事先对采空区建房正确评价和采取合理的结构措施,均能确保建筑物安全正常使用。平顶山矿务局于1992~1998年在1960~1984年开采的采空区(采深65~230 m)上方新建了五十余栋住宅楼,由于采取的结构措施不完善,造成十余栋住宅楼产生不同程度的损坏。徐州矿务局在1960年左右开采的采空区(采深180 m左右)上迁建新村,由于新近在其下掘进巷道,造成地面没采取抗变形措施的新村庄房

屋大多数开裂损坏。因此在采空区上方建筑务必采取抗变形措施。

## 2.2 部分开采后形成的采空区

解放前开采后形成的采空区、地方小煤窑开采后形成的采空区、大多数急倾斜煤层开采后形成的采空区,均属这种类型,还有包括正规长壁采煤工作面的开切眼、停采线附近区域,不规则的条带开采、房柱式开采后形成的采空区等。这种类型采空区,在开采结束的最初若干年,甚至一、二十年内地表沉降均较小或没有,但随着时间的推移,或由于外在因素(如新加建筑荷载、地震、采空区积水的变化等)的影响,会使地表产生突然或逐渐的沉降,对建筑物的影响很大。新加建筑荷载使采空区失稳垮落的临界深度取决于采空的空洞大小、上覆岩层重量、岩体强度和建筑荷载等,正常情况下,该临界深度不会超过120 m。

因此,在部分开采后形成的采空区地表新建建(构)筑物时,当采深小于120 m,一般应采取地下采空区注浆充填加固技术措施,确保采空区不再发生较大的沉降量,建筑物采取简易抗变形措施抵抗注浆加固后的残余变形。当采深大于120 m时,采用注浆充填加固,势必增大建筑成本,而应采取建筑物的完全抗变形措施,抵抗今后可能的地表残余沉降变形,或不在该类场地上建筑。

## 3 采空区注浆处理技术

2000年6月至9月,在晋城矿务局东小区拟建5栋6层住宅楼场地实施了采空区注浆处理。该区域经物探认为存在3块老采空区,这些采空区为附近小煤窑巷道开采所致,开采的煤层为9<sup>#</sup>煤,厚1.5~2.0 m,采深70 m左右。经地基评价,需对中间一块采空区进行注浆充填处理,使拟建住宅楼区域地表倾斜变形不超过3 mm/m,住宅楼再采取抗变形结构措施。

注浆钻探用 $\phi 168$ 开孔,进入完整基岩5m后下入 $\phi 146$ 套管,用1:1水泥砂浆固结套管,待水泥砂浆凝固后,进行试压。然后用 $\phi 110$ 向下钻进,随钻进随分段注浆,每次注浆的段高在断裂带及以上部位为8~12 m,在垮落带或采空位置为4m或更小,以整个钻孔作为注浆管,从孔口直接灌注,孔口安装有压力表,各注浆段的终压均大于0.6MPa,并稳定30 min以上结束,每段注浆结束后需停16~24 h,观察水位变化不大后,才可钻进下一段。钻

进至9<sup>#</sup>煤层后即各孔最下一个注浆段,终压均大于1.0 MPa,稳定30 min以上。

本次注浆工程,浆液配比为水:水泥=1.3:1~0.8:1,每段开始注稀浆,若压力长时间不升,逐渐加大浆液浓度,或采取间隙注浆和加入速凝剂措施,尽量减少上覆岩层中的注浆量。

对大的空洞或裂缝应通过钻孔下骨料,可在孔口安装漏斗状注砂器,用水泥浆(水灰比1:0.8)冲砂(或石子),直接混合冲入钻孔,当加砾石时其最大粒径不大于30 mm,并采取措施尽量扩大投入量和灌注范围。水泥浆有效扩散半径为5~10 m,因此注浆钻孔间距以8~15 m为宜。

本次注浆施工,通过打钻了解了地下采空区的真实情况,对地层的构造或裂隙进行了必要的灌注加固。抗变形住宅楼于2000年8月份开始施工,至2000年11月底5栋6层楼主体已全部建成,未发现地表发生残余沉降,采空区注浆处理为确保住宅楼的今后安全奠定了基础。

## 4 结论

在采用走向(倾斜)长壁采煤法开采后形成的采空区地表,新建建(构)筑物必须采取抗变形结构措施;在采用房式、房柱式采煤法等开采后形成的采空区地表新建建(构)筑物,应对120 m深度以内的老采空区、上覆岩层实施注浆充填加固技术,还应配合抗变形建筑结构措施,确保建筑物的长期安全使用。

## 参 考 文 献

- [1] 顾荣贵.地基开采沉降及其地基建筑.北京:冶金工业出版社,1995
- [2] 煤炭工业部.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程.北京:煤炭工业出版社,1985
- [3] 华南工学院等.地基及基础.北京:中国建筑工业出版社,1981

作者简介 张俊英,男,高级工程师。一直从事建筑物下采煤技术研究。获得多项省部级科技进步奖,发表论文40余篇;为煤炭系统专业技术拔尖人才,荣获河北省青年科技奖。

(收稿日期:2001年1月2日;责任编辑:杨 凌)

# 采空区地基评价与处理技术

作者: [张俊英](#)  
 作者单位: [煤炭科学研究总院唐山分院](#)  
 刊名: [矿山测量](#)  
 英文刊名: [MINE SURVEYING](#)  
 年, 卷(期): 2001, (2)  
 引用次数: 6次

## 参考文献(3条)

1. 颜荣贵 [地基开采沉降及其地基建筑](#) 1995
2. 煤炭工业部 [建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程](#) 1985
3. 华南工学院 [地基及基础](#) 1981

## 相似文献(10条)

1. 期刊论文 [马金荣, 刘辉, 季翔, 徐卓, MA Jin-rong, LIU Hui, JI Xiang, XU Zhuo](#) [煤矿废弃采空区建筑场地稳定性研究 - 建筑科学](#)2006, 22(4)  
 煤矿废弃采空区场地稳定性研究是决定能否进行建筑的关键步骤。本文分析研究了可能引起废弃采空区“活化”的地下水、煤柱失稳、地震作用、断裂构造、地表建筑等因素及其对场地稳定性的影响, 文中还计算了地面新建建筑物对地基的扰动深度, 研究表明, 废弃采空区不会“活化”, 场地是稳定的, 建厂可行。
2. 期刊论文 [崔广珍, CUI Guang-zhen](#) [采空区建筑地基的稳定性分析和施工处理方法 - 山西建筑](#)2007, 33(21)  
 结合工作实践, 探讨了采空区建筑地基的稳定性分析方法及工程实践中对采空区的常用处理方法, 对采空区建筑物的布置及其抗变形结构设计等都具有重要理论和实际运用价值。
3. 会议论文 [朱传礼, 王立波](#) [采空区抗变形结构设计](#) 2005  
 为适应我国煤炭事业发展的需要, 除了开发新煤田以外, 对老矿区亦不断进行改建和扩建。从满足采矿工艺要求和受地皮紧张条件所限出发, 一些工业和民用建筑已向采空区发展, 这就给设计人员提出了一个抗变形建筑设计的新课题。工程实践证明, 采空区的地基基础条件、地表变形规律、建筑结构布置和结构形式的选定, 对工程建筑物的抗变形性能有着重要的影响。本文就以上问题作一些探讨。
4. 期刊论文 [张俊英, 王金庄](#) [采空区地表新建建筑地基稳定性评价技术研究 - 矿山测量](#)2003(3)  
 在采空区地表新建建筑, 关系到建筑物的长期安全性, 应慎重对待。文中针对不同类型采空区, 分别研究了采空区及其上覆岩体破坏特征; 阐明了采空区地表残余沉降变形的产生原因; 提出了采空区地表新建建筑的地基稳定性评价方法; 指出了不同采空区地表新建建筑应采取的技术保护措施。
5. 学位论文 [张永波](#) [老采空区建筑地基稳定性及其变形破坏规律的研究](#) 2005  
 山西省是我国以煤炭为中心的能源重化工基地。煤炭工业的发展给山西带来了繁荣, 成为山西的支柱产业。随着煤炭的大规模开采, 许多地区形成了大面积、大规模的采空区, 已成为我省高速公路、现代化铁路、机场、引黄水利工程、西气东输工程等重大基础设施建设和小城镇建设规划的制约因素。因此, 开展老采空区建筑地基稳定性的研究, 对我省矿区环境的治理、矿区土地の利用及重大基础设施的建设和小城镇建设规划都具有十分重要的现实意义。老采空区建筑地基的变形和破坏规律及其稳定性评价在国内外都属于一个较新的课题, 尚没有形成完善的基础理论体系, 许多理论实践方面的关键问题, 例如老采空区在建筑物荷载作用下地基发生沉降变形的机理及其受力状态、采空区上覆岩体的不连续性和可变性、岩体破碎后力学强度的损伤、老采空区建筑地基的稳定特性及其变形破坏规律等问题, 至今未能很好地解决。这些理论问题如不解决, 必将限制采空区地基处理技术的广泛应用。本文开展的研究工作, 对老采空区建筑地基处理工程的设计以及该技术的推广应用具有一定的指导作用。  
 本课题以山西省霍州矿务局辛置煤矿老采空区为试验研究基地, 运用现场试验、相似材料模拟实验及数值模拟计算方法, 系统地探讨建筑物荷载大小、相对位置及老采空区采深、采深采厚比、上覆松散层厚度等对建筑物地基稳定性的影响, 探讨老采空区建筑地基的稳定性及其变形破坏规律。取得的主要研究成果如下:  
 (1) 根据相似材料模拟实验和数值计算结果, 探讨了不同地质采矿条件下的覆岩移动和地表变形规律, 分析了采空区埋深、上覆松散层厚度等对采空区“三带”下沉量及地表移动和变形量的影响。  
 (2) 运用分形几何理论, 研究了采动岩体分形裂隙网络的演化规律, 分析了充分下沉区、非充分下沉区以及采空区“三带”岩体裂隙发育的差异, 建立了岩体碎胀系数、覆岩下沉系数与采动岩体分形维数的相关关系。  
 (3) 运用损伤力学理论, 研究了采动覆岩岩体的损伤破坏规律, 分析了充分下沉区、非充分下沉区以及采空区“三带”岩体损伤的差异, 建立了损伤变量与工作面推进距离的相关关系。  
 (4) 根据相似材料模拟实验结果, 提出了采动破坏后采空区及其上覆地层的四种岩体结构类型, 分析了老采空区覆岩“活化”的机理。应用R-S理论, 建立了老采空区单岩块绞接力学模型, 分析了块裂结构岩体的失稳形式, 并确立了其力平衡条件。  
 (5) 根据相似材料模拟实验和数值计算结果, 系统地研究了建筑物荷载的大小、作用位置及采空区采深、采深采厚比、松散层厚度等对老采空区建筑地基稳定性的影响, 确立了各影响因素的主次关系, 探讨了老采空区建筑地基稳定及其变形破坏的一般规律。  
 (6) 提出了不同建筑物荷载和不同地质采矿条件下老采空区建筑地基稳定与否的判别指标, 即临界采深采厚比, 可作为初步判别类似地区老采空区建筑地基稳定性的依据。
6. 期刊论文 [吕凡参, 刘俊平](#) [采空区建筑地基稳定性评价 - 岩土工程界](#)2007, 10(6)  
 采用理论分析和定量计算相结合的技术路线, 根据“三带”理论对采空区对地表的影响程度和地表移动区的范围定性定量评价, 应用应力分析法对矿区地点进行稳定性分析。
7. 期刊论文 [曾晟, 孙冰, 刘解兰, 杨仕教, 陶干强, ZENG Sheng, SUN Bing, LIU Jie-lan, YANG Shi-jiao, TAO Gan-qiang](#) [锡矿山五窿道老采空区建筑地基稳定性数值模拟分析 - 矿冶工程](#)2009, 29(1)  
 为了分析锡矿山铀矿床五窿道区老采空区上方建筑地基稳定性, 对该区的采空区进行了现场调查, 分析和探讨了采空区建筑物移动变形机理和采空区围岩失稳机理。采用ABAQUS对采空区建筑地基稳定性进行三维有限元模拟分析, 研究表明, 该区采空区都存在破坏的可能, 对老采空区必须进行处。
8. 期刊论文 [宋丽霞, 陶干强, 孙冰, Song Lixia, Tao Ganqiang, Sun Bing](#) [某矿山采空区围岩和地表建筑地基稳定性](#)

## 分析 -矿业研究与开发2008(6)

根据某矿山的采空区围岩的条件,建立三维有限元模型,运用三维有限元软件ABAQUS,对采空区围岩和地表建筑地基稳定性进行了数值分析,得到了采空区影响范围的位移场和应变分布规律。模拟结果表明,采空区存在破坏的可能。因此,对矿区内老采空区必须进行处理。同时结合采空区现状,建议中部采用粗骨料胶结充填,两翼采用尾砂胶结充填。

### 9. 会议论文 曾晟,杨仕教,陶干强 老采空区建筑地基稳定性三维有限元数值模拟分析 2007

通过对该矿区老采空区的数值模拟得到结论和建议:(1)该矿区老采空区建筑地基绝大部分是不稳定的,这与曾经多次发生过地面塌陷事故相吻合。(2)数值模拟结果表明,采空区都存在破坏的可能。采空区破坏将导致严重的地质灾害,易引发大规模的地压活动并引起地表塌陷。因此,对五窿道矿区内老采空区必须进行处理。(3)对老采空区建筑地基变形与破坏的有限元数值模拟,尚不能完全反映老采空区负责的岩体结构特征,依然存在对工程岩体物理力学特征认识、物理模型把握的准确问题,这将是今后有待完善的地方。

### 10. 学位论文 孙占法 老采空区埋深对其上方建筑地基稳定性影响的数值模拟研究 2005

山西是我国以煤炭为中心的能源基地。煤炭的发展繁荣了山西的经济,已成为山西的支柱产业之一。随着煤炭资源的超常规、无序、粗放式开采,在许多老能源基地形成了大面积、大规模的采空区。这些已成为我国高速公路、现代化铁路、机场、引黄水利工程、西气东输等重大基础设施建设以及小城镇建设规划的制约因素。因此,开展对老采空区建筑地基稳定性及其变形破坏规律的研究,对我国中西部地区矿区环境的治理、矿区土地的利用、以及重大基础设施建设和小城镇发展规划都具有十分重要的现实意义。

本课题以山西省霍州矿务局辛置煤矿地质采矿条件为原始物理模型,采用东北大学岩石破裂研究中心研制的岩石破裂过程分析软件(RFPA2D)进行了数值模拟试验。在四种不同开采深度(201m、150m、100m、63m)和上覆松散层厚度(22m)一定的条件下,试验分为两个阶段:第一阶段模拟开采沉降过程,分四组进行。各模型的采长和采厚分别为300m、4m,模型长度分别为740m、640m、540m、460m,模型的高度分别为215m、164m、114m、77m,此阶段主要分析了不同开采深度对采空区“三带”下沉量及地表移动变形量的影响,探讨了不同开采深度下采动上覆岩层移动与变形规律;第二阶段模拟开采结束基本稳定后在采空区上方地表三个不同位置施加大小不同的建筑物荷载时,覆岩和地表的变化的过程,分四组进行。每组不同的荷载大小(0.036MPa、0.072MPa、0.108MPa、0.180MPa)和荷载作用位置(内边缘区、中间区、外边缘区)分别单独进行模拟,从而消除相互之间的影响,减小模拟结果的误差,共12次。此阶段系统地分析了建筑物荷载大小、荷载作用位置及不同开采深度对老采空区建筑地基稳定性的影响,探讨了老采空区建筑地基稳定性及其变形破坏的一般规律。最后结合建筑地基规范和“三下”采煤规范提出采空区建筑地基稳定性规律。

采空区建筑地基在建筑物荷载作用下上覆岩层移动与变形规律的研究及其稳定性评价在国内外都属于一个较新的课题,尚没有形成完善的理论体系。本文进行的研究工作,对老采空区建筑地基处理工程的设计以及该技术的进一步推广应用具有十分重要的现实意义。

## 引证文献(6条)

1. 贾新果,孙景来 老采空区地基稳定性模拟分析[期刊论文]-矿业快报 2008(10)
2. 魏放,魏义亮 西部某水电站坝区采空区的工程效应研究[期刊论文]-地质与勘探 2007(03)
3. 王凤池,胡海明 东北振兴中的若干环境岩土工程问题[期刊论文]-地质灾害与环境保护 2005(02)
4. 陈则连 煤矿采空区地基变形及对铁路工程影响评价研究[学位论文]硕士 2005
5. 王彦军 潍柴动力铸造中心老采空区稳定性评价[学位论文]硕士 2005
6. 张俊英,王金庄 采空区地表新建建筑地基稳定性评价技术研究[期刊论文]-矿山测量 2003(03)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ksc1200102020.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ksc1200102020.aspx)

下载时间: 2010年5月9日