



普通高等教育“十五”国家级规划教材

开采损害

K A I C A I S U N H A I Y U H U A N J I N G B A O H U

与环境保护

李白英 主编



煤炭工业出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

开采损害与环境保护

编著高校 (排名不分先后)

山东科技大学 黑龙江科技学院 西安科技大学 中国矿业大学
河南理工大学 太原理工大学 安徽理工大学

主 编 李白英

副 主 编 郭惟嘉

编著作者 (排名不分先后)

刘彦飞 邓喀中 李德海 余学义 胡海峰 梁为民
涂 敏 张红日 庞清江 程久龙 李增学 高洪阁



煤炭工业出版社

· 北 京 ·

序

1962年美国女科学家卡逊发表了引起轰动的环境科普著作《寂静的春天》。本书描绘了农药污染造成的可怕景象，惊呼人类将会失去阳光明媚的春天，从而引发了对传统发展观念的反思。

可持续发展，就是既要考虑当前发展的需要，又要考虑未来发展的需要，不能以牺牲后代人的利益为代价来满足当代人的需要。可持续发展的前提是资源的可持续利用和良好的生态环境；可持续发展的核心是以经济建设为中心的发展；可持续发展的实质是要改变传统的发展模式；可持续发展的关键是转变人们的思想观念和行为规范。总之，人类社会经济的发展不能以牺牲资源、环境为代价。可持续发展是20世纪以来人类发展观念的创新和革命，也是中国社会经济发展的现实需要和必然选择。

矿产资源是不可再生的财富，是国民经济与社会发展的重要物质基础。人类对矿产资源的巨大需求和大规模的开发已导致严重的开采损害和生态环境破坏。当前，以消耗矿产资源和追求经济数量增长的传统发展模式，还在威胁矿产资源的可持续开发和利用。因此，研究和探索最大限度地降低开采损害和强化环境保护，对实施矿产资源可持续发展战略，走新型工业化道路具有极其重要的现实意义。

《开采损害与环境保护》一书，作为教育部普通高等教育“十·五”国家级教材的出版发行是非常必要和及时的。本书共分三篇。第一篇开采损害类型与特征，阐明了资源开发可能导致的开采损害，告诫人们：传统的资源开发模式对可持续发展造成多种影响。因此，要转变观念，实施资源安全、高效、文明、清洁的开发和利用。第二篇的主要内容是预防开采损害的特殊开采技术。我国老一辈学者和采矿工作者，经过40多年的不懈努力，在此学科领域悉心试验、观测、研究、探索，积累了大量的资料和丰富的经验，在理论和技术上取得了众多突破。该篇吸收了其中的精华，把开采沉陷的机理、规律等一系列理论、计算方法、探测手段、沉陷控制和保护技术等传授给后人，以便在继承的基础上更好地发展创新。第三篇是矿山环境保护，从资源的洁净使用、土地复垦、污染处理、生态修复、环境整治和评价到能源洁净转化的新思路、新模式等均作了较详细的阐述，以满足国民经济可持续发展的需要。

本书由7所高校十多位作者联合编著。编写大纲已经过多次征求学校和矿

方意见，参编作者都是各校推荐的专业优秀教师，编写工作按作者专业所长选择承担，还有多位博士（研究生）收集、提供了国内外相关资料的素材。可以说这是一本大家共同努力的集体著作。

本书主题鲜明，结构合理，不仅介绍了开采损害及预防开采灾害和控制沉降的特采知识，而且把治理损害、处理污染、整治环境的各种措施结合为一体，能给予采矿类相关专业的学生较完整的知识；内容翔实，有较强的针对性、实用性、先进性和新颖性。略感不足的是涉及面广，在内容精选及衔接上还不够精练紧凑，关于煤炭资源开发、利用的资料较多，其他矿产资源开发、利用的问题兼顾不够，有待今后进一步改善和充实。

我借应邀作序之机，有幸在本书出版之前，得以预先阅读，深感获益良多。这本书不仅对广大高校的师生是一本良好的教材，而且也必将对广大的科技人员和读者有所裨益。

范维唐

2003年9月

前 言

矿产资源是大自然赋予人类的宝贵财富,但在开采利用矿产资源的同时,若不采取有效的环境保护措施,也将给地球及人类带来巨大的灾难。现在世界各国都已受到了大自然给予的惩罚,我们不能走工业发达国家曾经走过的以牺牲环境换取资源和经济发展的老路,因此必须在大开发的同时强调环境生态的保护,这是人类子孙后代在地球上幸福生存、繁衍的需要。本书就是在这样的大背景之下应运而生的。

作为教育部“十五”规划国家级高校教材,《开采损害与环境保护》是由多所原能源部直属的高校结合各自多年来的教学经验和科研成果,联合编著而成。本书编写大纲是在用过多年的教材的基础上,反复征求有关院校的意见后而确定的,并根据各校的优势和优秀参编作者最擅长的专业编写而成的。所以可以说,本书是集各校的精华,具有各校的特色。

本书由山东科技大学为主编单位,联合黑龙江科技学院、西安科技大学、中国矿业大学、河南理工大学、太原理工大学、安徽理工大学(排名不分先后)共同编著完成。其中刘彦飞编写了第三篇矿山环境保护中的大部分章节(第十四、十五、十六、十七、十八章初稿),邓喀中编写了第二篇中建筑物及线性构筑物下采煤等章节(第十、十一和十九章大部分内容及相关思考题初稿),李德海编写了第二篇中开采沉陷的机理、规律、监测、煤柱留设等内容(第六、七、八、九章初稿),余学义编写了第一篇的主要内容(第一、三、四、五章初稿),胡海峰、梁为民编写了特殊开采及环境保护技术的重要内容(胡海峰编写了第七、八、十九章初稿,梁为民编写了第九、十五、十六章初稿),涂敏编写了第十二章水体下采煤及第六章第三节和第十九章第五节有关探测技术初稿,张红日提供了第十九章第四节中“数字矿山”的素材并参加了书稿的统编工作,鹿清江提供了第十六章土地复垦和生态环境修复的素材,高洪阁提供了洁净煤技术和煤的地下气化素材,程久龙提供了第十九章第五节探测新技术初稿,李增学编写了第二十章第五节的初稿,郭惟嘉编写了第五章并负责协助统稿工作;李白英编写了第二章、第十三章水动力损害、承压水上采煤及综合编写第二十章并统编全书,最后定稿。

需要说明的是:教材与学术专著还是有所区别的,各参编作者编写得都很认真和非常专业化,但由于教学课时的限制,同时考虑到减轻学生购书上的经

济负担和学生阶段掌握知识的层次要求，不宜篇幅过大，故只有忍痛割爱，突出主题和重点了。

本书统编的思路是：第一篇开采损害，虽然很重要，但较通俗易懂，不需过多解释；第二篇理论性较强、较深和专业化，但已有某些相关学术专著，故予以简化，学生若需要更详细内容，可在实践中查阅有关书籍；第三篇是当前保证我国经济可持续发展的重点工作，且本书是矿业系统，特别是煤矿系统有关开采损害和环境保护的第一本高校教材，而矿区的环境保护和生态修复又是重中之重，故考虑得较为全面、细致，以增强本书的实用性。特别在第十九章新技术运用中，内容也较丰富，以增加其学术上的高科技性。

本书由中国煤炭工业协会会长、中国工程院院士范维唐教授撰写序言。

由于编写学校和作者较多，编者水平有限，本书中不当之处在所难免，故敬请广大读者不吝赐教，多提宝贵意见，以便修订本书时进一步充实完善。

最后，向为本书作序的范维唐院士、关心本书的原煤炭工业部技术咨询委员会童有德教授、支持和帮助本书编写和出版的所有单位和个人致以衷心的感谢！

编 者

二〇〇三年九月

目 录

序
前言

第一篇 开采损害类型及特征

第一章 开采沉陷损害类型及特征	1
第一节 开采沉陷土地损害.....	1
第二节 开采沉陷房屋损害.....	3
第三节 开采沉陷地面及地下构筑物损害.....	8
第四节 开采井筒煤柱不均匀沉陷导致的工业广场设施及 井筒本身损害	11
第五节 开采沉陷导致的工程地质损害	15
第六节 近地表开采（挖）损害	19
第二章 开采水动力损害	22
第一节 水下开采损害	22
第二节 水上开采损害	22
第三节 矿井水污染及水资源损害	24
第三章 开采大气损害	27
第一节 大气烟尘污染	27
第二节 有害气体污染	28
第四章 开采固体废弃物（尾矿）损害	32
第一节 固体废弃物损害	32
第二节 大气损害	33
第三节 地下水资源损害	33
第五章 开采对生态环境的影响	35
第一节 资源开发与生态环境	35
第二节 矿山开采沉陷的生态损害	36

第二篇 开采损害防治

第六章 岩层移动变形机理	39
第一节 开采围岩移动破坏形式	39
第二节 岩层移动破坏分带特征	40
第三节 岩层移动变形研究方法	43
第四节 开采岩层移动变形影响因素	51
第七章 开采沉陷的一般规律	55
第一节 地表移动变形的概念	55
第二节 地表移动盆地及其特征	59
第三节 地表移动盆地的空间分布和时间过程	74
第四节 地表移动变形的预计方法	81
第五节 山区开采沉陷的一般规律	87
第八章 开采损害的监测与评价	91
第一节 开采损害的监测	91
第二节 开采损害的立法	106
第三节 开采损害的评价	107
第九章 保护煤(岩)柱或矿(岩)柱的留设	113
第一节 保护煤(岩)柱或矿(岩)柱的概念与类型	113
第二节 开采沉陷煤(岩)柱留设参数的确定	114
第三节 开采沉陷各类保护矿(岩)柱的留设方法	119
第十章 建筑物下压煤开采	130
第一节 概述	130
第二节 协调开采	134
第三节 局部开采	139
第四节 充填法开采	147
第十一章 线性构筑物下开采	158
第一节 铁路下开采	158
第二节 地下开采对公路的影响及防护措施	162
第十二章 水体下开采	167
第一节 概述	167
第二节 水体下开采的关键技术—防水矿(岩)柱的留设	171

第三节	导水裂缝带高度的计算	179
第十三章	水体(承压水)上开采	183
第一节	水体上开采概述	183
第二节	“下三带”理论的概念	185
第三节	确定“下三带”数据的观测与计算方法	188
第四节	“下三带”理论的应用和发展	198

第三篇 矿山环境保护

第十四章	村庄、城镇建筑物的地上保护措施	201
第一节	概述	201
第二节	加固措施	202
第三节	抗变形房屋建筑措施(就地重建措施)	207
第四节	压煤开采的其他措施	214
第十五章	开采沉陷盆地土地治理	216
第一节	概述	216
第二节	开采沉陷盆地的土地复垦	218
第三节	矿区生态环境的综合治理	234
第十六章	矿山固体废弃物处理	244
第一节	矿山固体废弃物处理概述	244
第二节	坑口电厂粉煤灰的综合利用	246
第三节	煤矸石的综合利用	256
第四节	含有毒、有害成分尾矿处理技术	265
第五节	含有放射性废弃物的处理	268
第十七章	矿区水环境与水资源化	275
第一节	矿区废水污染控制与处理技术	275
第二节	矿区水资源化	283
第十八章	矿山环境质量评价	286
第一节	概述	286
第二节	矿山环境质量现状评价	287
第三节	矿山环境影响评价	292
第四节	矿山环境规划与管理	300
第五节	矿区生态环境综合治理的投资机制	305

第十九章 开采损害防治新理论、新技术及其应用	310
第一节 概述.....	310
第二节 开采沉陷预测新技术及其应用.....	319
第三节 地理信息系统GIS在开采损害及矿区环境保护中的 应用.....	330
第四节 水下、水上开采水害防治物理探测新技术及其应用.....	338
第二十章 矿区环境与可持续发展	355
第一节 概述.....	355
第二节 矿区生态环境与可持续发展.....	357
第三节 洁净煤燃烧及转化技术与可持续发展.....	361
第四节 煤层地下气化与可持续发展.....	368
第五节 煤层气开发实验.....	376
 英文名词索引.....	 383
主要参考文献.....	391

第一篇 开采损害类型及特征

第一章 开采沉陷损害类型及特征

矿山开采包括露天开采和地下开采两大类。露天开采必须剥离矿层上覆的岩土层，这些剥离的废弃物要占用大量的土地，同时废弃物中有害物质的释放会造成环境污染。地下开采必将造成地表沉陷，其危害主要表现为：对地表及地下建（构）筑物、铁路、公路、堤坝、桥涵等产生危害或破坏；开采沉陷盆地会形成地表常年积水，导致土地的盐碱化、荒漠化等。此外，不合理的采矿活动会造成地质环境恶化，引发工程地质灾害，破坏自然生态环境及自然景观等。开采活动已经对自然环境、经济环境、社会环境造成了严重的破坏，影响了国民经济可持续发展，因此日益引起人们的重视。下面以地下开采损害为主，阐述各类开采沉陷损害及其特征。

第一节 开采沉陷土地损害

地下矿物开采留下的空穴在其上覆岩层的重力作用下依次发生冒落、断裂、弯曲等变形破坏，这种变形破坏自煤层顶板向上（外）发展，范围逐渐扩大，经一定的时间后即可传递到地表，形成地表沉陷盆地，造成开采沉陷土地损害。这是开采损害的主要形式之一。

一、开采沉陷土地损害现状

目前，我国采矿业每年占用和破坏的土地约达3.4万 hm^2 ，其中仅煤炭开采每年形成的地面塌陷就约达3.0万 hm^2 ，累计已达约50万 hm^2 。我国人均耕地面积仅是世界人均耕地面积的1/4，而目前土地损害如此严重，其形势非常严峻，因此采取土地保护政策和复垦治理措施已是迫在眉睫。

二、下沉土地损害形式

开采沉陷引起的土地损害可归纳为以下几种形式：

(1) 开采沉陷引起的地表裂缝、台阶下沉、塌陷坑及滑坡破坏。开采引起地表裂缝、台阶下沉、塌陷坑及滑坡破坏,也被称为开采地表非连续移动变形破坏。这种沉陷破坏了原有的地形地貌,对地表生态、植被破坏严重,导致水土流失和土地的荒漠化,是开采土地损害的最严重形式之一。

地表非连续移动变形破坏对土地的损害最为严重。如:陕西开采时间最长的铜川矿区,由于开采形成的地裂缝比比皆是(图1-1),市区内因采动引起的新老滑坡154处,崩塌和坠落体351处;甘肃华亭矿区、陕西韩城矿区,由于近年来放顶煤开采使地表塌陷破坏程度加剧,由开采引起的滑坡到处可见;澄合矿区巨厚湿陷性黄土覆盖层开采地表裂缝经雨水冲刷、侵蚀后形成塌陷破坏坑(图1-2)和泥石流等地质灾害。

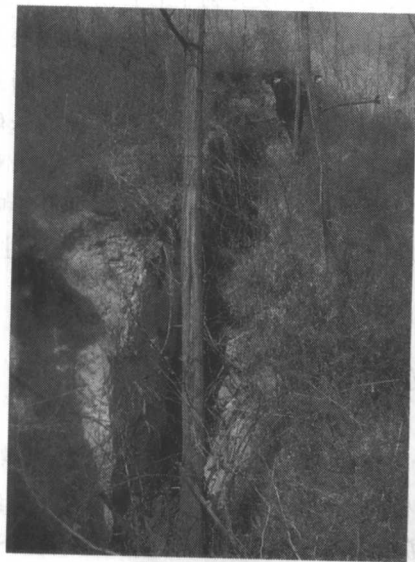


图1-1 采动地表裂缝破坏

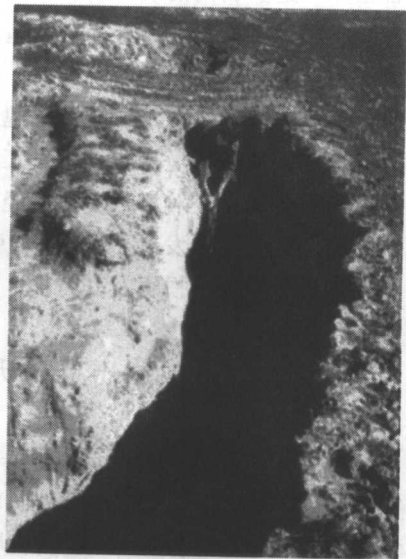


图1-2 采动地表塌陷坑破坏

(2) 降低了地表标高,形成低洼积水坑或沼泽地。在潜水位较高地区,由于开采沉陷使地下水位上升到地表标高以上或接近地表,就会形成积水坑、沼泽地或使地表盐碱化,破坏土地的经济使用价值。盐渍化严重时,一般植物都很难成活,这样的土地就成了不毛之地。

我国黄淮海中部地区地势平坦,潜水位高,是我国人口较密集的粮棉重要产区。这里分布着许多大型煤矿,如徐州、淮北、淮南、枣庄、兖州等矿区,还有一些金属、化工矿山,其地表塌陷区比比皆是,对农业生态损害严重,并有大量的常年积水区,最大深度达10m左右。如徐州矿区的塌陷区常年积水占其

面积的1/4；淮南矿区开采塌陷老区的最大下沉深度已达19m之多，沉陷积水约占总面积的12.6%；淮北矿区的塌陷区中常年积水面积已占其1/3。

(3) 开采引起湿陷性黄土裂缝损害。晋、陕、蒙西区的汾渭谷地区，铜川、蒲白、澄合、韩城、晋城、潞安等地区采动损害属生态破坏型，湿陷性黄土层的特性导致采动地表裂缝破坏，表土层的割裂破碎，在雨水冲刷侵蚀作用下土地大面积毁坏，复垦难度大、费用高。

湿陷性黄土的抗拉伸变形能力很小，采动极易形成垂直裂缝地表破坏。黄土结构疏松，多空隙，垂直节理发育，富含 CaCO_3 ，极易渗水。黄土渗水后，部分 CaCO_3 被水溶解，部分黄土颗粒被水带走，使黄土空隙扩大形成空洞，导致地表再次塌陷。在地表水冲刷和地下水流动的作用下，采动地表裂缝扩大，裂缝间联通形成地表塌陷坑或冲刷沟破坏。其次，当这种采动裂缝出现在坡体位置时，会导致大面积的滑坡、坍塌灾害发生。

三、土地沉陷损害分级

开采沉陷土地损害程度与开采深度关系相当密切。一般条件下，当深厚比 $H/m < 40$ 时，地表将产生极为严重的裂缝，塌陷坑破坏，土地损害严重；当深厚比 $H/m = 40 \sim 200$ 时，地表产生不同程度的变形破坏，土地受到一定程度的损害；深厚比 $H/m > 200$ 时，土地损害较轻。

我国目前还没有关于土地沉陷损害的分级标准，根据土地沉陷的特点一般可将土地沉陷损害分为4个等级，见表1-1。

表1-1 土地沉陷损害分级

等 级	下 沉 深 度	对土地的影响
A 级	下沉大于100mm，小于500mm	对土地影响轻微
B 级	下沉大于500mm，小于1500mm	对土地产生明显的影响
C 级	下沉大于1500mm，小于3000mm	对土地产生严重的影响
D 级	下沉大于3000mm	一般积水而无法耕作

对于地表沉陷裂缝带、塌陷坑等无法耕种的沉陷损害，均可归于D级损害。

第二节 开采沉陷房屋损害

地下开采对地表房屋的损害主要是由采动地表在垂直方向的移动变形（下沉、倾斜、曲率、扭曲）和水平方向的移动变形（水平移动、拉伸与压缩变

形)以及地表平面内的剪应变引起。不同性质的地表移动变形,对房屋的影响是不同的。

采动地表产生的移动变形,破坏了建筑物与基础之间的初始平衡状态。伴随着力系的重新建立,使房屋结构中产生附加应力,从而导致房屋发生变形,这些变形超过了房屋的抗变形能力时,房屋就被损坏。

由于房屋损坏的因素很多,情况很复杂,也并非所有房屋损害都是采矿引起,所以对于具体问题,应从开采状况、覆岩岩性、水文工程地质条件、地表建筑物的抗变形能力等方面具体地、综合地分析判断。

一、开采沉陷房屋损害类型

1. 下沉对房屋的损害

一般情况下,当房屋所处的地表出现均匀下沉时,房屋的结构不会产生附加应力,因而对其本身也就不会带来损害。但当地表下沉量大,地下水位又很高时,造成房屋周围长期积水或受潮,改变了房屋所处的环境,会降低地基的强度。不均匀下沉造成房屋损害的最普遍形式就是产生不同程度的房屋斑裂,一般不均匀下沉的上方墙体就产生倾斜裂缝,严重时就会影响房屋的使用甚至会使房屋遭到破坏而废弃。

2. 倾斜对房屋的损害

地表倾斜后将引起房屋的倾斜,从而会导致房屋重心偏离,产生附加倾覆力矩,承载结构内部将产生附加应力,基础承载压力重新分布。地表倾斜尤其对高层建筑物的损害明显,甚至会引起楼房底层发生下水道倒流等现象,影响正常生活和房屋的使用。

3. 地表曲率对房屋的损害

地表曲率变形将原来房屋的平面基础变为曲面形状。这样,建筑物的荷载

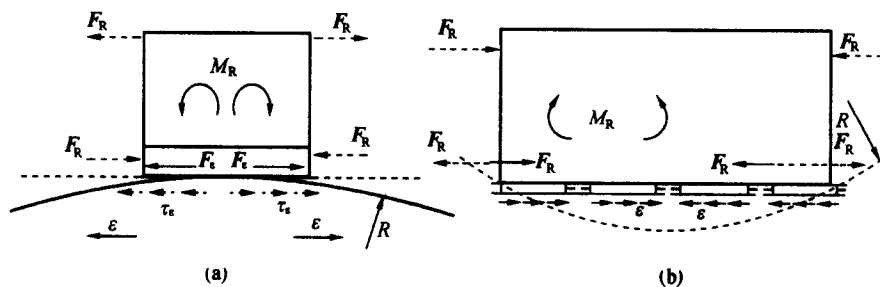


图1-3 正负曲率作用下房屋的受力状态

F_R —地表曲率附加力; M_R —地表曲率附加力矩

a—正曲率作用下房屋的受力状态; b—负曲率作用下房屋的受力状态

与基础土壤反力间的初始平衡状态就遭到了破坏。在正负曲率作用下，房屋都会受到损害。

房屋在受到正、负曲率影响下，将使地基反力重新分布，而使房屋墙壁在竖直面内受到附加的弯矩和剪力的作用（图1-3），其值超过房屋基础和上部结构的极限强度时，房屋就会出现裂缝。在正曲率变形作用下，房屋产生倒八字形裂缝，裂缝最大宽度在其上端；在负曲率变形作用下，房屋产生正八字形裂缝，裂缝的最大宽度在其下端。在采深较小、建筑物整体尺寸较大的条件下，地表曲率变形对建筑物的损害较严重。一般当采深采厚比 $H/m < 30$ 时，地表将产生较为严重的裂缝、塌陷坑等非连续移动变形破坏，对房屋损害也极为严重；当深厚比 $H/m > 300$ 时，地表曲率变形对房屋影响就较小。

4. 地表水平变形对房屋的损害

地表水平变形对房屋的破坏作用很大，尤其是拉伸变形。由于房屋的抵抗拉伸能力远小于抵抗压缩的能力，所以较小的地表拉伸变形就能使房屋产生开裂性裂缝，砖砌体的结合缝，房屋的结构点（如房梁）易被拉开。我国众多矿区的开采实践表明，当地表水平拉伸变形大于 1.5mm/m 时，在一般砖石承重的建筑物墙身上就会出现较细小的竖向裂缝。当压缩变形较大时，可使房屋墙壁、地基压碎，地板鼓起产生剪切和挤压裂缝，可使门窗洞口挤成菱形，纵墙或围墙产生褶曲或屋顶鼓起。

5. 剪切变形房屋损害

当房屋处于下沉盆地主断面上，但其方位与回采区段斜交，或者房屋处于下沉盆地非主断面位置时，在地表剪切变形作用下，房屋的纵横基础间将产生相对转动，从而使房屋改变了原有的平面形状。

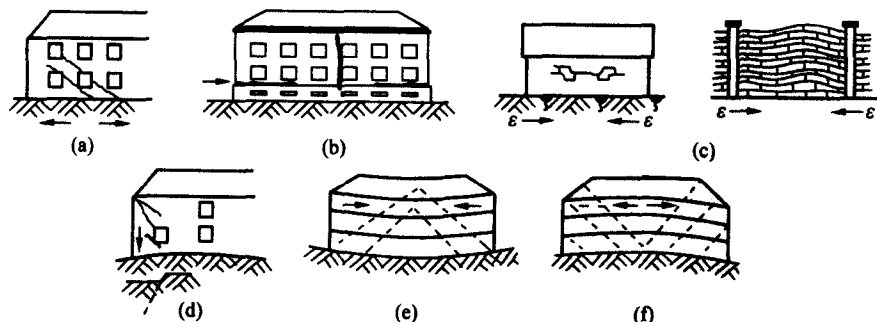


图1-4 开采引起房屋损害类型

a—不均匀下沉损害；b—水平拉伸损害；c—水平压缩损害；
d—地基滑移损害；e—负曲率损害；f—正曲率损害

6. 扭曲变形对房屋的损害

由于两个横墙处的地表倾斜值不同,导致了地表沿房屋的纵轴中心线产生了扭曲变形,导致房屋扭转变形的产生。

开采引起的房屋损害类型如图1-4所示。

二、开采房屋损害程度分级

开采沉陷对房屋损害程度的影响因素,一是地表移动变形量,二是房屋在沉陷盆地的位置,三是房屋本身的结构条件,四是房屋基础及其所处的承载地层的性质。我国矿区涉及采动损害的房屋主要是矿区工业和民用建筑及农村村庄房屋,多为砖混结构楼房和砖混、砖木结构、土筑平房等。由于建筑物结构和抵抗变形能力不同,因此在划分破坏等级标准时应区别对待。

我国在《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》(以下简称“三下采煤规程”)中将长度或变形缝区段内长度小于20m的砖混结构房屋破坏分为四个等级(表1-2),其他结构类的建(构)筑物可参照表1-2执行,表1-3给出了土筑平房破坏等级与地表变形的对应关系。

表1-2 砖石结构建筑物的破坏(保护)等级

损坏等级	建筑物损坏程度	地表变形值			损坏分类	结构处理
		水平变形 $\epsilon/(\text{mm}\cdot\text{m}^{-1})$	曲率 $K/(10^{-3}\cdot\text{m}^{-1})$	倾斜 $i/(\text{mm}\cdot\text{m}^{-1})$		
I	自然间砖墙上出现宽度1~2mm的裂缝	≤ 2.0	≤ 0.2	≤ 3.0	极轻微损坏	不修
	自然间砖墙上出现宽度小于4mm的裂缝;多条裂缝总宽度小于10mm				轻微损坏	简单维修
II	自然间砖墙上出现宽度小于15mm的裂缝,多条裂缝总宽度小于30mm;钢筋混凝土梁、柱上裂缝长度小于1/3截面高度;梁端抽出小于20mm;砖柱上出现水平裂缝,缝长大于1/2截面边长;门窗略有歪斜	≤ 4.0	≤ 0.4	≤ 6.0	轻度损坏	小修

续表

损坏等级	建筑物损坏程度	地表变形值			损坏分类	结构处理
		水平变形 $\epsilon/(\text{mm} \cdot \text{m}^{-1})$	曲率 $K/(10^{-3} \cdot \text{m}^{-1})$	倾斜 $i/(\text{mm} \cdot \text{m}^{-1})$		
III	自然间砖墙上出现宽度小于30mm的裂缝,多条裂缝总宽度小于50mm;钢筋混凝土梁、柱上裂缝长度小于1/2截面高度;梁端抽出小于50mm;砖柱上出现小于5mm的水平错动;门窗严重变形	≤ 6.0	≤ 0.6	≤ 10.0	中度损坏	中修
IV	自然间砖墙上出现宽度大于30mm的裂缝,多条裂缝总宽度大于50mm;梁端抽出小于60mm;砖柱出现小于25mm的水平错动	> 6.0	> 0.6	> 10.0	严重损坏	大修
	自然间砖墙上出现严重交叉裂缝、上下贯通裂缝,以及墙体严重外鼓、歪斜;钢筋混凝土梁、柱裂缝沿截面贯通;梁端抽出大于60mm;砖柱出现大于25mm的水平错动;有倒塌危险				极度严重损坏	拆建

注:建筑物的损坏等级按自然间为评判对象,根据各自然间的损坏情况按表1-2分别进行。

表1-3 建筑物(土筑平房)破坏(保护)等级与地表变形的关系

损坏等级	建筑物损坏程度	地表变形值			结构处理
		水平变形 $\epsilon/(\text{mm} \cdot \text{m}^{-1})$	曲率 $K/(10^{-3} \cdot \text{m}^{-1})$	倾斜 $i/(\text{mm} \cdot \text{m}^{-1})$	
一	基础及勒脚出现1mm左右的细微裂缝	< 1.0	< 0.05	< 1.0	不修
二	勒脚处裂缝增大,并扩展到窗台下,梁下支撑处两侧墙壁开始出现裂缝	$1.0 \sim 2.0$	$0.05 \sim 0.1$	$1.0 \sim 1.5$	小修