

人类与自然灾害丛书

岩 移 与 塌 陷

牟会宠 编著

地 震 出 版 社

1 9 9 2

(京)新登字095号

内 容 提 要

岩石移动和地面塌陷是我国地质、地震灾害中较为常见的一种，它给国民经济建设和人民的生命财产造成了很大的损失。这种灾害在发生前，通过调查研究是可以预报预防和治理的。这要求我们对这种灾害的规律、成因、防治措施等有所了解，为此作者编著了这本小册子。书中从岩移与塌陷实例开始，提出了问题的严重性，然后着重介绍了岩移与塌陷的基本规律、动态观测、稳定性评价和计算方法、预测和防治，最后介绍了两个研究实例以期能够学以致用。

本书是人类与自然災害丛书之一，可供广大自然科学爱好者阅读，并可作为从事该项专业工作的同志参考。

人类与自然災害丛书

岩移与塌陷

牟会宠 编著

责任编辑：商宏宽

北京出版社 出版

北京民族学院南路9号
北京市西三旗印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
全国各地新华书店经售

787×1092 1/32 6.625 印张 2 插页 148千字

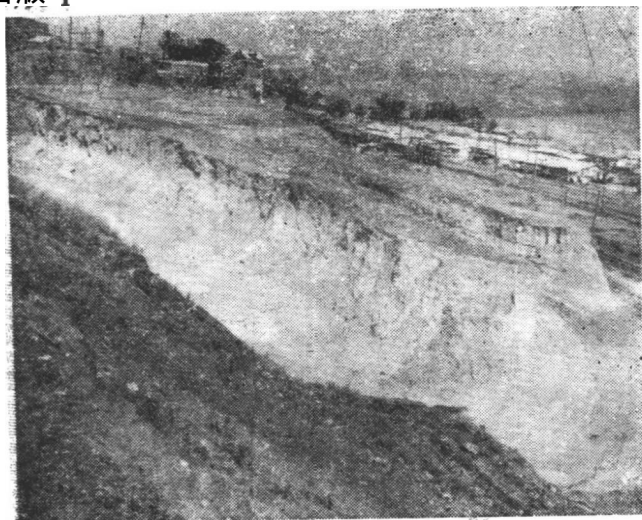
1992年10月第一版 1992年10月第一次印刷

印数：0001—1500

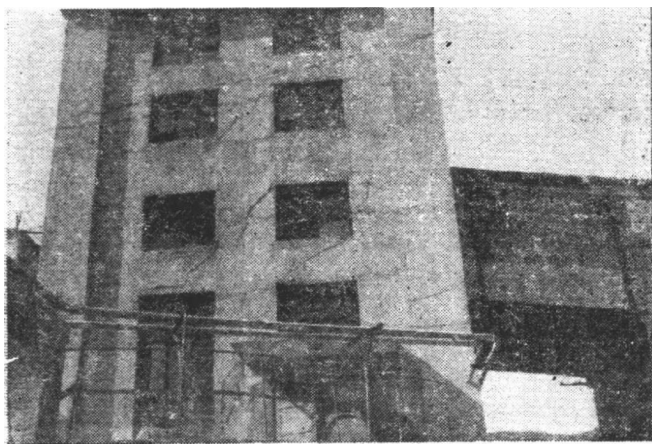
ISBN 7-5028-0673-3/P·457

(1065) 定价：4.50元

图版 I



I-1 抚顺矿岩移危及建筑物安全

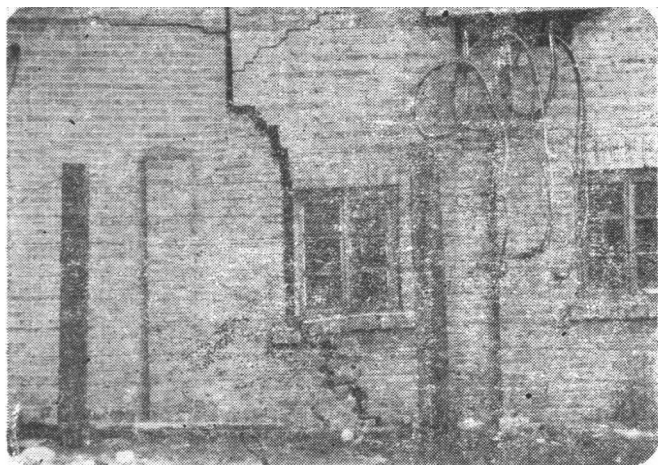


I-2 岩移引起韩城电厂厂房开裂

图版 II

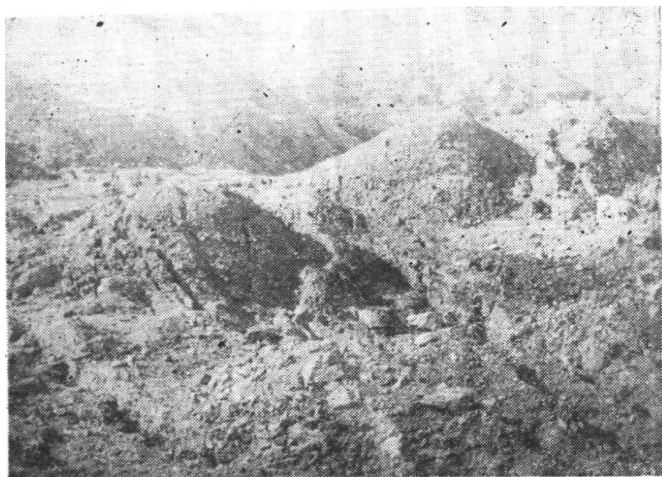


II-1 抚顺矿岩移危及铁路运输安全

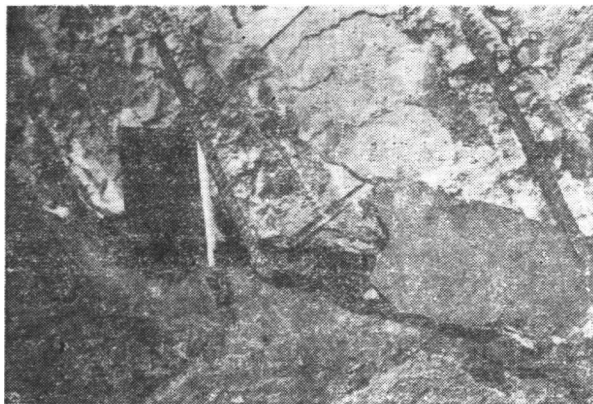


II-2 岩移使厂房开裂（抚顺矿）

图版Ⅲ



Ⅲ-1 龙首矿岩移裂缝

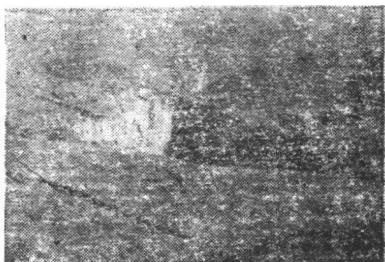


Ⅲ-2 象山煤矿岩移使巷道壁破裂

图版IV



IV-1 大吉山矿岩移裂缝



IV-2 杨家杖子矿地表陷坑



IV-3 杨家杖子矿地表裂缝



IV-4 杨家杖子矿地表塌陷坑

目 录

前 言

- 一、岩移与塌陷实例 (3)
- 二、岩移与塌陷的基本规律 (19)
- 三、岩移与塌陷的原因 (47)
- 四、岩移与塌陷的调查 (71)
- 五、岩移与塌陷的动态观测 (104)
- 六、岩移与塌陷的稳定性评价 (125)
- 七、岩移与塌陷的预测和防治 (144)
- 八、岩移与塌陷的研究实例 (177)

前 言

岩移是指岩石由于天然或人为因素的影响，使其失去原始的平衡状态，而产生的新的移动。塌陷是指地表岩石或土层，由于地下矿石被采空或溶洞的继续发展或环境条件的改变而引起地表的下陷或塌落。岩移、塌陷是自然界中常见的灾害之一，它象地震、火山、泥石流、滑坡等自然灾害一样，给人民的生命财产和国家建设事业带来极大的危害（见图版 I—IV 照片）。

随着工业、交通、水利、建筑、矿山建设中大量开挖山体和堆填土石方，以及由于工程地质条件调查不清或施工方法不当，常常会引起不同规模的岩移或塌陷（见图版 III 照片），使地表建筑物或坑下采矿场及运输巷道遭到破坏。例如江西盘古山矿于 1966 年 6 月 29 日和 1967 年 9 月 24 日两次暴发了严重的岩移塌陷灾害，仅后一次岩移波及的地表面积就达 10 万平方米，4 个生产中段的上万米巷道塌陷，井下七大工艺系统（开拓、回采、供电、排水、通风、运输、掘进）遭到了严重破坏，6 个中段的 659 个采场有 373 个倒塌（占 57.2%），地表产生的裂缝宽度为 30—50 厘米，山头下沉 1—2 米，损失钨金属量达 4150 吨。

我国幅员辽阔，矿产丰富，但是自然条件和地质条件较为复杂，例如我国是世界上碳酸盐岩分布最广，岩溶十分发育的地区，这给岩移与塌陷提供了前提条件。据不完全统计，目前已在 18 个省区发现 737 处地面塌陷点，塌陷坑约 3 万个，每年造成的损失达数亿至十余亿元。据此，可以预言，在今

后的国民经济建设中仍然会遇到大量的岩移和塌陷灾害问题。为此作者编著了这本小册子，从岩移塌陷的实例开始，逐步地介绍岩移塌陷的基本规律、岩移与塌陷的调查方法、岩移塌陷的产生原因、岩移塌陷的动态观测、岩移塌陷的稳定性评价与计算方法、岩移塌陷的预测和防治、岩移与塌陷的研究实例等，供生产第一线的科技人员及广大自然科学爱好者阅读，希望读者能从中得到启迪和帮助。

编著中承蒙雷淑贤同志提供了岩溶塌陷许多资料，在此向她表示谢意。搜集参阅的资料，凡公开出版的将列入文献中，未出版的则未列入，在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中不妥之处，欢迎读者批评指正。

一、岩移与塌陷实例

我国是世界上石灰岩分布最广的国家之一，岩溶较发育，常引起溶洞顶板塌陷及大规模地面塌陷。我国还是一个地震灾害较多的国家，由于地震使沙土液化，从而产生了许多地面塌陷。我国在大规模的经济建设活动中，例如生活、工业抽取地下水和矿床开采等，常造成大规模的岩石移动（简称岩移）和地面沉降，有时还产生地面塌陷，这些岩移和塌陷都给人民的生命财产和国家的经济建设带来极大危害，现举几个实例，从而可以看出它们的危害程度，以及研究它们的重要意义。

1. 天津市的地面沉降

天津地处渤海之滨，为华北地区经济中心和国际性港口城市，其兴衰存亡对我国北方地区经济建设有着重大作用。然而因水源贫乏，工农业发展受到严重限制。大量开采地下水后造成区域性的地区下沉，并产生一系列不良影响，对社会及经济建设均带来严重后果。

天津市在1930年首先发现水准点下沉，1959年开始出现区域性沉降，1966年形成了地面沉降漏斗，至今最大累计沉降量大于2米的沉降中心有大直沽北站，河北大街等地（图1-1）。塘沽区地面沉降近年来发展较快，沉降量大于1.9米的范围已有人民公园、上海道、永久街三处。

沉降范围也在逐年扩大，沉降量大于1米的范围1977年为42平方公里，1981年扩展到135平方公里，增长3.2倍。

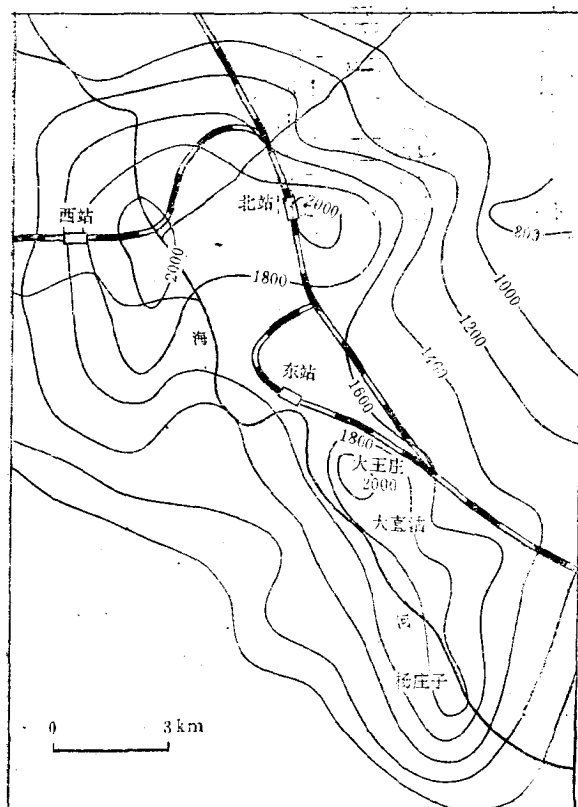


图1-1 天津市 1959—1982 年沉降量等值线图 (单位: mm)

1982年沉降范围仍向外推移, 因外围水准点少已无法闭合。沉降量大于1.5米的范围1977年的面积不足1平方公里, 近年来扩展达43平方公里, 比1977年增长71倍。

历年沉降范围扩展情况见图 1-2。

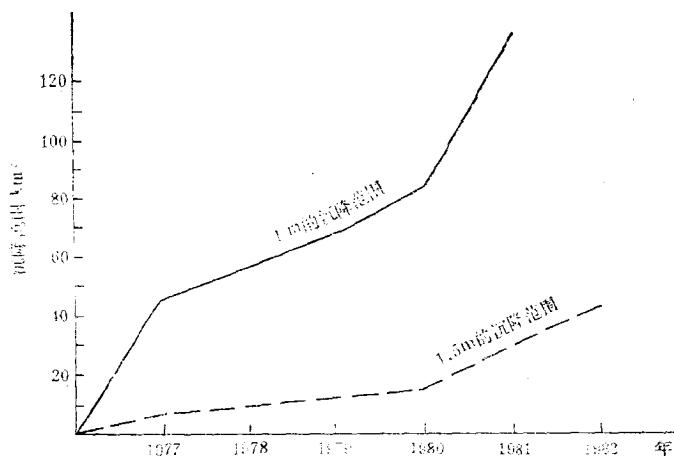


图1-2 天津市地面沉降扩展速率图

沉降中心水准点下沉情况如图1-3所示。1977年前沉降量不超过0.5米，1976年以后出现大于1.5米的沉降中心，1981年又出现大于2米的沉降中心，最大沉降量为2.158米。市区范围年最大沉降速率216毫米，塘沽年最大沉降速率为262毫米。

地面沉降对经济和社会的影响主要表现在：

(1) 海潮的威胁 近年来渤海湾曾多次出现大于4米的潮位，1965年11月最高潮位曾达4.72米，据此计算天津市除个别高地之外均在海水潮位威胁之下。随着潮水的袭击，海水上岸现象时有发生。1977年8月4日塘沽东大沽一带海水上岸，仅海洋捕捞队宿舍就有450户被淹，水深0.5米，人民受害不浅。

(2) 海河泄洪能力降低 海河干流从三岔河口至渤海

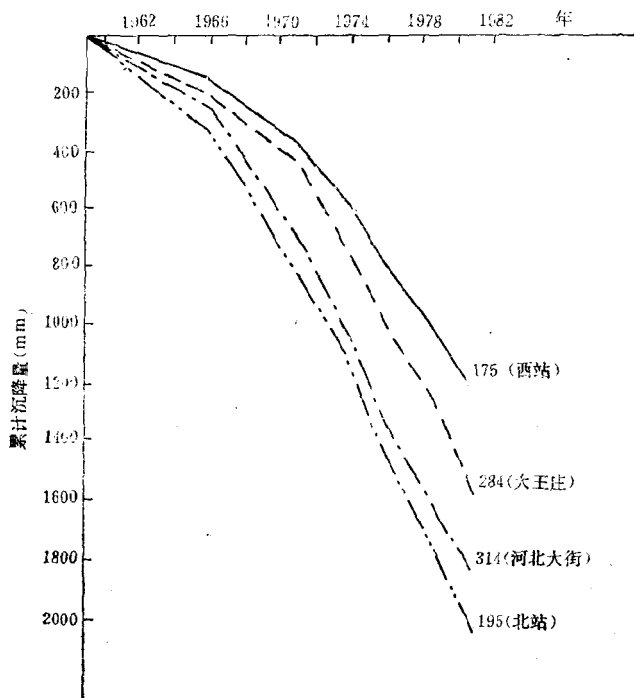


图 1-3 天津市部分水准点沉降历时曲线图

湾，在市区及塘沽区地面沉降量大，其间及渤海边沉降量小，海水面（泄洪能力基准面）不变，在沉降量大的市区及塘沽区河床泄水面积减小，经天津市水利局水科所详细水文计算，海河泄洪能力已由 $1200\text{米}^3/\text{秒}$ 降为 $700\text{米}^3/\text{秒}$ ，如遇较大洪水天津市将有被淹的危险。

(3) 河道变形航运受阻，高差减少，码头运输困难塘沽盐场因沉降差异使运盐河，河水汇集在沉降严重的北部，而运盐河南部相对北部上升，河床干涸运河无水，无法

运盐，为此挖河、修路、筑桥等耗资 60 万元。另外盐坨地码头，由于地面沉降运输困难，为维持盐坨地与河水位的高差，每年需填土 10 万米³，投资达 50 万元。

(4) 排水管线破坏 由于地面沉降造成地面形变，改变了排水管道的原始状态及特点，使排水管线破坏，排水不畅，地沟冒水，污水四溢，影响环境，唐家口地道附近污水长年四溢臭气熏人并影响交通。

(5) 地面积水影响人民生活 1977 年 7 月 27 日大雨之后塘沽人民公园一带，积水深达 0.5 米，迟迟不能排走，居民只能乘船出入。

2. 山东泰安市的地面塌陷

该市下面的第四系土层厚 10—20 米，最厚达 30 米，大致可分为四层。最上层为亚砂土、第二层为中粗砂、第三层为含泥卵砾石，底层为含粘性土的碎块石。基岩为岩溶发育的灰岩层。经水源勘探评价指出，灰岩水的开采资源为 2.5 万米³/日左右，70 年代后，最大开采量达 10.25 万米³/日 过量开采三倍多，致使地下水水位大幅度下降达 50—75 米，比第四系水位低 30 米左右，最大者低 50 米，地下水降落漏斗面积达 40—50 平方公里，岩溶浅部含水层被疏干。随之，断断续续出现了一系列地面塌陷。据统计从火车站至泮河桥间两铁路三角地带，自 1976 年以来就发生 20 多处塌陷，影响到津浦线的安全，迫使列车在该段减速行驶。譬灌庄水源地附近塌陷 20 多处。在塌陷区的观测孔中，可观测到喷气吸气现象。

3. 湖北应城汤池温泉疗养院地面塌陷

热水赋存于奥陶系灰岩中，由于各单位无计划争相打热水井并开展温水养殖，使地下热水过量开采，水位下降幅度近 20 米。1980 年在宾馆出现了一个直径约 40 米，深 4 米左右

的陷坑，使北面的宾馆老房严重开裂，南面新盖的大楼西北角房基被拉裂。现汤池地区已发现地面塌陷16处。

4. 郴州市地面岩移

郴州市位于湘南京广线上，地处湘、赣、粤交界处，是一个正处于迅速发展中的以轻纺和旅游业为主的新型城市。该市地表水缺乏，生产和生活用水全靠地下水。70年代末至80年代初，随着生产的发展和人口的增加，地下水的开采量也日益增多，地下水位大幅度下降，局部范围已发生地面变形，造成泉水枯竭、楼房、围墙、道路、地下水管等破坏，湖水倒灌，地下水遭受污染，迫使水厂停产进行处理，甚至被迫关闭，给国民经济的发展和人民生活带来了不利影响。如不立即采取措施防患于未然，则地面变形还会继续发展，造成更严重的后果。

根据调查，郴州市共发生69处地面变形，其中除13处为天然塌陷外，其余56处均为开采地下水所引起的地面变形。变形形式有地面开裂、沉降和塌陷，其特征如表1-1所示。

地面开裂的平面形态多为弧形，似直线形和椭圆形等。常分布在沉降范围内或塌陷周围。开裂的长度和宽度不一，裂口面倾角较陡，倾向多指向沉降或塌陷中心，并在沉降或塌陷中心一侧有垂直位移现象。

地面沉降的平面形态多为碟状，下沉速度不一，最深处达0.3米，沉降区内常有开裂、塌陷分布，且基本上在地下水降落漏斗范围内。

地面塌陷是本区数量最多、危害最大的一种地面变形形式，有时塌陷时还伴随巨大的响声。其平面形态多为圆形、椭圆形，断面为漏斗状、井状等。塌陷直径多为2—5米，最大为40余米，深度一般小于直径。塌陷底部除少数可见溶

表 1-1

郴州市地面变形统计表

地 点	变形类型	规 模	发生时间	备 注	
市一造纸厂	沉 降 沉 塌	20米×8米 10米×6 9米×4米,深>7米	1977 1980.3 1981.11.6		
南湖一三里田	塌 陷 塌 陷 塌 陷 塌 陷	直径>2米,深>2米 直径>3米,深>2米 直径>3米 直径>4米	1976秋 1878 1980春		
北 湖	塌 陷 塌 陷	深4.4米	1980.8 1982.3.10	使湖水倒灌	
五里堆老干所	塌 陷	直径44米, 深>10米	1981.4	底部可见开口型溶 洞口, 近2万米 ³ 土和20颗3米高树 冲入陷坑	
银行干枝	塌 陷		1982.2.28	造成围墙倒塌	
白鹿洞	塌 陷		1979	水厂试抽泵房塌陷 水厂关闭	
海泉水厂南东 35m	塌 陷	5.2米×6米,深4.2米	1982.3		
三元冲	沉 降	深降区85米×60米 中心降深0.3米	1982.12.18		
三元冲33号孔	塌 陷	直径5.3米,深3.85米	1982.12.18		
金银水厂北 50m	塌 陷	直径2米	1982春		
泉溪洞	塌 陷	长轴24米, 短轴18米 深>6.5米	1983.11.15	塌陷时发出响声, 底部可见2米宽开 口型溶洞口	
海泉水厂, 南 西400m	塌 陷	直径2.5米	1984秋		
电 业 局	郴师附小	塌 陷	三个,直径2米,深5米	1986.5	
	综合楼	沉 降		1986.10.12	整栋楼报废墙壁严 重开裂
	修理楼	沉 降		1986.10.12	整栋楼报废窗户变 形
	上述两楼 之间	塌 陷	直径5米,深7米	1986.11.4	
	办公楼	开裂、沉降		1986.12	墙壁、地板开裂
仓库	开裂、沉降		1987.1	墙壁、地板开裂	

洞口外，其余均被坍塌土体掩盖。有的塌后积水成潭。

5. 六盘水市的地面塌陷

六盘水市是贵州省西部一个新兴的钢铁和煤炭工业城市，位于水城岩溶盆地之中。土层厚10—30米，基岩为岩溶发育的碳酸岩地层。由于钢铁厂生产和城市供水需要，在盆地中开凿了大量钻孔，抽取岩溶地下水。抽水后地下水位下降，引起地面塌陷，塌陷坑已达805处，塌陷毁坏了农田、道路多处，房屋倒塌89座，电杆倾倒引起供电中断，自来水管破裂，污水倒灌，严重影响和污染了地下水源；直接经济损失约130万元。该处塌陷有如下特征：

(1) 塌陷坑的产生与抽水钻孔有关 靠近抽水孔近处塌陷坑密集，规模及强度大，最密处每平方公里405个 较远处稀疏（表1-2）。陷落坑多呈竖井状，底部见到基岩和地下水，直径最大者达16米，最深者达14.2米。

表1-2 六盘水市塌陷分布位置与抽水孔距关系统计表

塌陷点与 钻孔距离(米)	钻孔号		K ₁₉		K ₁₅		K ₁₈		K ₉		K ₂₁		小计	
	塌陷个数及比例		个	%	个	%	个	%	个	%	个	%	个	%
	0—100	58	50.0	10	76	76	37.6	35	38.9	21	77.7	203	44.5	
100—200	37	32.9	3	24	75	35.7	19	21.1	5	18.5	139	30.5		
200—300	15	12.9	0	0	45	21.4	19	21.1	1	3.7	80	17.5		
>300	6	5.2	0	0	11	5.2	17	18.9	0	0	34	7.5		
小计	116	100	13	100	210	100	90	100	27	100	456	100		

(2) 塌陷坑的产生与土层厚度有关 土层越薄，塌陷坑越多，土层越厚，塌陷坑则越少，而土层厚度大于18米处，目前还未产生塌陷（表1-3）。