

塌陷学丛书

塌陷学概论

□ 纪万斌 主编

TAXIAN XUE GAILUN



中国城市出版社



· 塌陷学丛书

塌陷学概论

纪万斌 主编

中国城市出版社

(京)新登字 171 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塌陷学概论 / 纪万斌主编. — 北京: 中国城市出版社, 1994. 6

(塌陷学丛书)

ISBN 7-5074-0692-X

I. 塌… II. 纪… III. ①地面沉降-地面运动分析②地面塌陷-研究 N. P642.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 02441 号

中国城市出版社出版发行

(北京朝阳区和平里西街小黄庄路 1 号 邮编: 100013)

电话: 4235833 传真: 4214573

选题编辑: 刘小曼 责任编辑: 刘小曼

封面设计: 全开建 责任印制: 张建军

北京印刷厂印刷 新华书店经销

1994 年 6 月第 1 版 1994 年 6 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/32 插页: 3 印张: 10.875

字数: 265 千字 印数: 1—3050 册

定价: 6.60 元

开展马克思主义研究
为国民经济建设服务

孙启卿

序

《塌陷学概论》是纪万斌同志主持和组织有关人员编写出版的著作。该书首次系统地搜集、整理和总结了有关塌陷灾害研究方面的资料，明确提出以“塌陷”灾害为主题进行探讨，并建议将“塌陷”灾害作为一门独立的学科进行专门性研究。

我国是世界上自然灾害多发地区之一，塌陷灾害给我国国民经济和人民生命财产造成了巨大损失，黑龙江省七台河市煤田采空区发生的严重塌陷就是一个很典型的例子。但目前这个问题还未引起有关方面的高度重视。《塌陷学概论》的出版，无疑将推动塌陷学的研究和防治工作的深入开展。

塌陷作为自然灾害之一，早就为人们所关注，但作为一门独立的学科提出来，是纪万斌同志的大胆和有识之举。其目的是探讨不同成因类型塌陷形成的规律、可能造成的危害以及监视和探测方法等，为国民经济建设提供可靠的科学依据，尽可能减少塌陷给人类带来的灾难和损失。

《塌陷学概论》的出版，体现了纪万斌同志将塌陷学推向

社会的强烈愿望和要求，我认为这是一件极大的好事，希望能引起社会各界的重视。预祝塌陷学的研究取得迅速发展和成功，为人类作出贡献。

孙殿卿
1994.26/3

注：孙殿卿为中国科学院院士。

前 言

人类赖以栖身的地球，是人类活动的大舞台，它像一个慈祥博爱的母亲，无偿地赏赐人类各种资源。人类也以其卓越的才能创造了自己生存的良好环境，同时也美化了地球。但是，人类的文明与愚昧似乎是双生子。近几十年来，由于人口的过快增长，工、农业的迅速发展，资源、能源的开发利用及消耗规模的与日俱增，加之长期以来，人们对遵循生态规律进行开发、建设这个问题重视不够，人为的破坏和自然的退化交织在一起，因而急剧地加速了人类生存环境的不断恶化。近年来，人类日益认识到这个问题的严重性，谋求改善生存环境的斗争方兴未艾。这场斗争关系到人类和地球的生死存亡。各国政府都在积极地立法，以保护资源、保护自然环境。第 42 届联大通过“国际减轻自然灾害十年活动（1990—2000 年）”和从 1970 年发起的“4·22 世界地球日”活动，充分反映了各国对地球环境恶化的关注及人类与大自然斗争的决心。

保护和改善人类赖以生存的自然环境，预防和治理影响人类生存的自然灾害，是当前世界上普遍关心的两大问题。自然灾害的发生可以使环境恶化，而环境的改变与恶化又可导致自然灾害的发生，二者是密切相关的。在过去的 20 年中，地震、滑坡、泥石流、洪水等自然灾害在世界范围内已经吞

噬了近 300 万人的生命，并造成了巨大的经济损失。

我国幅员广大，自然条件复杂，各种类型的自然灾害频繁发生，成灾比率高，且灾害强度大、影响范围广。因此，我国是世界上自然灾害最严重的国家之一。自 1900 年至 1980 年的 80 年中，全世界发生有伤亡的地震 623 次，全球死亡 120 万人，其中，我国死亡 61 万人，占死亡总人数的一半，经济损失达几百亿元。我国的“八五”计划、“十年规划”，都把地球资源和自然环境的保护列为重要的议程，从各个方面去研究探讨自然灾害对人类的危害。在各种自然灾害中，塌陷灾害给人类造成的危害是无法弥补的。塌陷灾害使路基沉陷，交通受阻；使矿山塌陷，造成矿山、农田的破坏，人员伤亡；使城市地面沉陷，城市被毁坏；使坝基陷落，河流断流等等。总之，塌陷灾害与国计民生、社会进步息息相关，塌陷灾害是阻碍我国现代化建设的绊脚石。所以，必须研究了解塌陷灾害的形成机制，才能设法防治它。这也就是我们首先从研究塌陷灾害入手的原因。

我们写本书的目的，是希望在探讨、研究各种灾害型塌陷形成规律的基础上，明确对塌陷灾害的监视、探测方法，立足于以防为主，防治结合，从而尽可能地减少这类灾害给人类造成的损失和灾难。本书的重点是比较详细地讨论各种类型塌陷的特点，所造成的危害，塌陷形成的机制以及针对各种类型塌陷的特征，进而探讨我们可以采取的监测手段和防治措施。

全书共有十章，各章的分工如下：

前言，张江滢（副研究员）；第一章，张江滢、马开义（副研究员）；第二章，张江滢；第三章，马开义；第四章，尤志仁（高级讲师）；第五章，尤志仁；第六章，王祥珍（高级

讲师)；第七章，金继读(高级讲师)；第八章，姜枚(研究员)；第九章，纪万斌、于吉太、张策；第十章，纪万斌、于吉太、纪凤东。

编写本书是为了研究和防治各种塌陷灾害而做的初次尝试，是我们集体创作的结果。本书在编写过程中，承蒙有关专家学者、科研部门及一些领导同志罗树清、王贵忠、高学仲、王宝秀、王维平等给予了大力支持，在此一并表示感谢。限于水平和时间，书中一定会有不妥之处，望读者批评、指正。

目 录

序.....	1
前言	1
第一章 塌陷与塌陷学	1
第一节 塌陷与塌陷学概念	1
第二节 塌陷分类	3
第三节 我国主要塌陷灾害分区	4
第二章 地面变形塌陷	13
第一节 地面变形塌陷概况	13
第二节 地面变形的原因及形成机制	13
第三节 地面变形的防治	39
第三章 地震塌陷	42
第一节 地震塌陷概况	42
第二节 地震塌陷的成因及其时空规律	52
第三节 地震塌陷的防治	55
第四章 水动力塌陷	57
第一节 岩溶塌陷	57
第二节 过量开采和矿山疏干地下水引起的 地面沉降和塌陷	66
第三节 流砂引起的地面塌陷	75
第五章 工程地质塌陷	80
第一节 黄土湿陷和塌陷	80

第二节	崩塌、滑坡和滑塌	87
第六章	矿山塌陷	99
第一节	矿山开采的现状与趋势	99
第二节	矿山塌陷的状况和危害	106
第三节	矿山塌陷的基本规律及塌陷区类型	120
第四节	矿山塌陷的防治	140
第七章	塌陷区测量	158
第一节	地表塌陷观测站的建立	158
第二节	地表塌陷的专门观测和观测资料的 整理及综合分析	172
第三节	我国常用的几种预计地表塌陷的方法	188
第四节	地表塌陷的时间空间规律	217
第五节	地表塌陷防治中的矿山测量工作	231
第八章	塌陷的地球物理探测	250
第一节	地球物理探测的任务与方法	250
第二节	研究喀斯特及其他现代塌陷的方法与实例	273
第三节	测定位移的方法与应用	295
第四节	矿山和其他塌陷的探测	313
第九章	塌陷灾害防治的立法	317
第一节	塌陷灾害防治立法的必要性	317
第二节	塌陷灾害防治立法的依据	320
第三节	塌陷灾害防治立法的社会效应	321
第四节	塌陷灾害防治立法的主要内容	322
第十章	塌陷灾害防治的经济评估	325
第一节	经济评估的意义	325
第二节	经济评估的优化	328
第三节	经济评估的鼓励政策	329
参考文献		330

第一章

塌陷与塌陷学

第一节 塌陷与塌陷学概念

由于世界人口的过快增长，天然资源的过度采掘，使环境遭到了破坏，生态环境日趋恶化，人类的生存环境出现了严重的问题。那么什么是环境呢？环境是人类的生活空间，制约着社会经济的发展和人民生活质量的提高，也就是说，环境就是以人类为中心，与人类的生活、生产密切相关的周围世界的一切自然的和社会的物质条件的总和。环境又可分为自然环境和人文环境两个部分，自然环境即指大气圈、水圈、生物圈和岩石圈四大圈。地质环境是自然环境的一部分，是人类所能影响到的那部分岩石圈，岩石圈是人类赖以生存的地质体。

地质环境一方面属自然环境，受到天然地质作用的影响，另一方面又受人类工程、经济活动对它的不断开发、利用和改造所造成的影响。所以，地质环境的演化、变异是随时随地地在发生。当其演化、变异的强度过大，给人类的生存、发展、经济和社会生活带来了严重的危害时，就形成了自然灾害及（或）人为地质灾害。也就是说，地质灾害是岩石圈及地壳表部，在大气圈、水圈和生物圈的相互作用下，由于自然地质作用和（或）人为地质作用，使生态环境遭受破

坏，或给人类的生命、物质财富造成损失的灾害事件或现象。这些灾害有地震、火山、滑坡、泥石流、地裂缝以及诱发地震、地面沉降、地面塌陷、水土流失、土地沙漠化等等。

地质灾害和生物灾害、气象灾害、水灾害等一样，是自然灾害的一个重要类型。地质灾害不但造成的死亡人数多，破坏性严重，而且还具有突发性、多发性和广而大的特点，在自然灾害中占有突出的地位；同时，在人类正在深刻地改变自然界的今天，导致地质灾害发生的原因，已不仅仅是自然原因了，其中也包括了因人类在社会发展中的不合理活动的影响，而诱发的人为地质灾害。人为地质灾害的特点是作用范围广、强度高、对人类的危害大。

地质灾害是大自然运动、变化的极端形态，同时也是地质科学之源，大多数地质科学都是在人类和地质灾害的斗争过程中发展、完善起来的，都是以改造自然、驾驭自然为目的的。地震学、环境地质学、水文地质学、工程地质学等，都是在与各自领域的灾害斗争中发展、完善起来的。

塌陷灾害是地质灾害的一种。塌陷灾害是自然现象对人类生存及其财产的损益关系。地震、火山、地裂缝、地面变形等都属自然现象，就其本身而言无所谓灾害，而这些自然现象对于人类来说，就会产生利害关系，所以，塌陷灾害是指由于大自然和社会的失调，使其内在矛盾急剧发展到激化的程度，所形成的破坏和打击，超过了人类的抵抗能力的一种灾害。我们认为，把美国学者 Vernes 在“滑坡灾害分区原则与实践”一文中，对自然灾害的概念引用过来较为合适，即塌陷灾害是指在一定时间内，某一塌陷现象所造成的人员伤亡、财产损失和经济活动停顿的期望值。

塌陷学是人民群众在生产斗争中创造的，是人类在与灾

害性塌陷的斗争中逐渐形成、发展起来的。塌陷学是一门正在创建中的新科学，迄今人们对它还比较陌生。它和地震学、水文地质学、环境地质学一样，有它自身的研究对象和任务，而且，随着科学技术的发展，随着人们对灾害问题认识的不断加深，塌陷学必将得到广泛、深入的研究和进一步的发展。

塌陷灾害是由自然的原因、社会的原因或二者兼有的原因给人类造成的灾祸。它是一种自然社会现象，所以它具有二重性，即塌陷灾害的自然属性和塌陷灾害的社会属性。塌陷灾害的自然属性是指受灾程度；塌陷灾害的社会属性是指塌陷灾害对人类的生存和对社会经济活动的影响程度。塌陷学即从塌陷灾害的自然属性和社会属性两个方面进行研究。

所以，塌陷学研究的对象应包括自然灾害、人为灾害以及人为与自然相互作用所产生的灾害。塌陷学研究的目的是探索、研究塌陷灾害发生的原因及产生的后果，从而控制其危害，也就是说，它是探索和研究灾害性塌陷发生的机制、发展过程、形成和发展的规律，以及塌陷灾害的监测、预报，并研究如何防治、制服它们的手段与方法。

第二节 塌 陷 分 类

地面塌陷依其形成的原因，大致可以划分为下列几个大类及若干亚类。

一、地面变形塌陷

1. 地面沉降
2. 地面塌陷
3. 地裂缝
4. 渗透变形

5. 砂土液化
6. 特殊岩土类胀缩变形
7. 火山塌陷

二、地震塌陷

1. 构造地震塌陷
2. 诱发地震塌陷

三、水动力塌陷

1. 岩溶塌陷
2. 过量开采和矿山疏干地下水引起的地面沉降和塌陷
3. 流砂引起的地面塌陷

四、工程地质塌陷

1. 黄土湿陷和塌陷
2. 崩塌、滑坡、滑塌

五、矿山塌陷

地面塌陷主要由多种自然地质作用所引起。但是，随着人类社会日益巨大的经济工程活动的影响，人为作用所造成或诱发的地面塌陷数量越来越多，规模越来越大，危害亦越来越严重。社会经济活动在飞速发展，而相应的环境保护措施却不配套，所以，这必须引起社会的高度重视，在这方面下些功夫，好好做些研究。

第三节 我国主要塌陷灾害分区

我国地域辽阔，自然地质——地理条件复杂。我国的地势西高东低，西部山高谷深，东部丘陵、平原交错，中部是高原和巨大的盆地相间，在漫长的海岸线以东，是广阔的大陆架。我国的气候多样，从北向南，由温带变为热带，由干旱渐变为湿润，而西部山区，则具有高原气候的特点。我国

地质条件复杂，地层和岩土类型齐全。我国处于环太平洋构造带和喜马拉雅构造带的聚会部位，印度板块的向北运移与亚洲板块的碰撞和太平洋板块向亚洲板块下的俯冲，使我国大陆承受着极大的地球动力作用，在碰撞边界上产生了世界上最高的喜马拉雅山脉和受压隆升的青藏高原。我国东部因太平洋板块的俯冲，造成了华北、东北地壳的向东拉张，形成了华北和松辽沉降大平原。由于这些强烈的、频繁的地壳运动，造就了我国地势西升东降的反差，从而也构成了我国从西向东，由北而南，从内陆向滨海，地质灾害程度不断升高的特点。这些复杂的地质、地理条件，就决定了我国是世界上地质灾害严重、多发、类型多样的国家之一。

我国又是一个人口众多的发展中的社会主义国家，地质灾害给国民经济的建设、发展都带来了巨大的危害和无可挽回的损失，所以，我们必须研究这些灾害，从而进行有效的防治。

我国的地质灾害很多，能造成地面变形塌陷灾害的主要有地震、地面沉降、地面塌陷、地裂缝、砂土液化、渗透变形、特殊岩土类变形等。这些塌陷地质灾害的发育、分布等都具有较明显的分带性和地区性。

基于上述特点，我们根据这些地质塌陷灾害的形成与发展、区域背景条件，把我国划分为东南区和西北区两大地质塌陷灾害区。在这两大区内，又根据大地构造位置、地层岩性、地震带的分布、灾害的组合、地形、地貌、气候及社会经济条件等，又划分为四个带和十一个小区（见图 1-1）。

一、东南区

主要由沿海平原、低山丘陵及其与西部高原、高山过渡的山地组成。该区气候比较温暖，降雨量比较丰富，雨量集

中，暴雨强烈，地形切割剧烈，断裂构造发育，活动性强，而且黄土、可溶岩发育。该区人类活动强烈，人口稠密，有大量城镇、大型企业和骨干工程，因而导致地质塌陷灾害分布广泛，类型复杂，大部分地区发育有三种以上比较严重的灾害。

1 我国东部丘陵、平原地面变形带

1.1 华北平原、长江下游平原地面沉降、地面塌陷、砂土液化为主的塌陷灾害区

该区分布于黄河、淮河、海河和长江下游三角洲平原地区，包括河北、山东、河南、安徽、江苏、天津、上海的全部或部分地区。大地构造上位于中朝地块的东部、华北断块与华南断块的接合部位。地貌形态上以平原、低山、丘陵为主，地形切割较弱，地形平坦、开阔。自新生代以来，堆积了第三系和第四系的松散物质，为滨海相、海陆交互相、河湖相的砂卵石层和粘土、淤泥质粘土层，组成了多个承压含水层，这是形成地面沉降和砂土液化的内在条件。区内北东向和北北东向的断裂发育，活动性强烈，所以，华北地区的地震比较强烈，虽然发震频率不高，但发震裂度和震级较高。如河北省的邢台地震、唐山地震都在7级以上，是破坏性地震。区内工农业甚为发达，是我国重要的工农业基地之一。该区人口稠密，城市分布比较集中，人类工程、经济活动频繁。由于城市人口的增长，工农业的发展，需水量剧增，城市和农灌区大量汲取地下水，造成了地下水水位大幅度下降，产生了地面沉降和地面塌陷。如天津、上海等城市的地面沉降和泰安、秦皇岛等城市的地面塌陷都很严重。区内矿产丰富，尤其是煤矿的蕴藏量极高，所以，工矿采掘业十分发达，因而矿山地区地面塌陷极为严重。如开滦矿务局、徐州矿务局