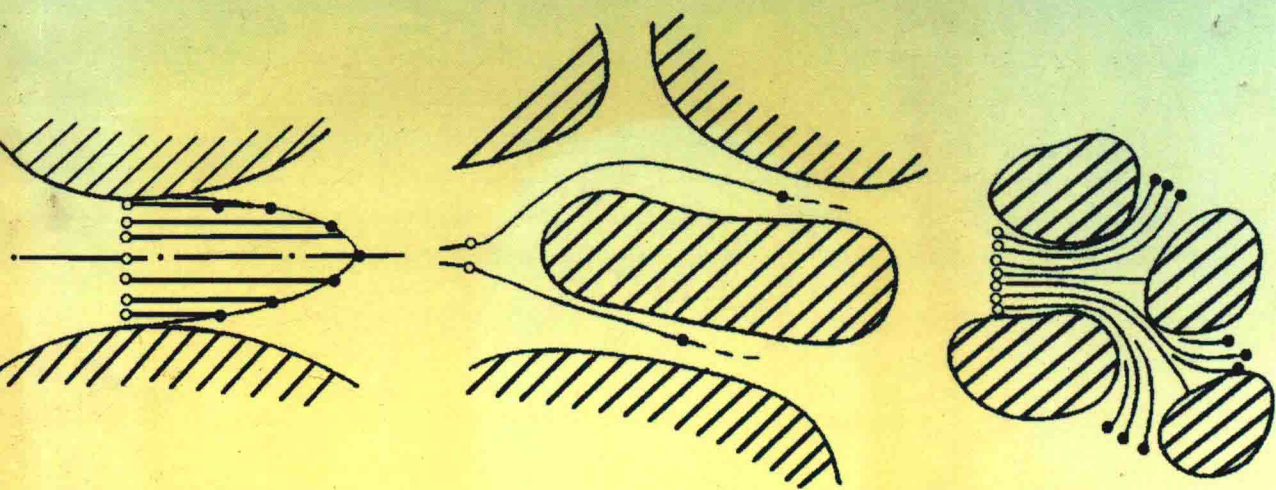


“中国大陆岩石圈
组成、结构、演化与
环境”系列丛书
《3》

人类生存的地质环境问题

主编 曲焕林 程莉蓉



地 质 出 版 社

“中国大陆岩石圈
组成、结构、演化
与环境”系列丛书

《3》

人类生存的地质环境问题

主编 曲焕林 程莉蓉

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书由 28 篇文章组成, 分别对地下水与环境及其可持续利用, 氮、碳、硫元素循环与人类生存的环境, 有害固体废料与环境, 生态地质环境, 人类活动与地质灾害, 大河流域及环境敏感区的地质环境以及陆地水圈循环与地球变化等方面的问题进行了论述, 对开展人类生存的地质环境问题的研究具有指导意义。

本书可供从事科研、生产的环境地质工作者及大专院校有关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

人类生存的地质环境问题/曲焕林, 程莉蓉主编. -北京: 地质出版社, 1998. 10

(中国大陆岩石圈组成、结构、演化与环境系列丛书; 3/张炳熹主编)

ISBN 7-116-02658-4

I. 人… II. ①曲… ②程… III. 环境地质学-文集 IV. X141-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 23120 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑: 屠涌泉 戴鸿麟

责任校对: 田建茹

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 10.125 字数: 234000

1998 年 10 月北京第一版 · 1998 年 10 月北京第一次印刷

印数: 1—450 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-116-02658-4

X · 09

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行处负责调换)

“中国大陆岩石圈组成、结构、演化与环境” 系列丛书

编辑缘起

1995~1996年间,在地矿部科技司组织和主持下,召开了多次“八五”重点基础地质研究项目专题交流和讨论会。本丛书就是会上提交主要论文的汇编,它将陆续把“八五”基础地质研究成果介绍给广大地质工作者。

在前两个五年计划执行过程中,都是在项目结束后举行一次成果交流会。这种会有利于在项目之间进行交流,促进了相互了解,初步改善了项目及学科间的互相隔离状态;但因时间不足,对问题的讨论难以深入。另外,有关重要项目研究报告的公开出版往往耗时较长,严重影响了学术思想的交流和信息的沟通。鉴于上述情况,在“八五”项目开始时,科技司一方面特意在各基础地质研究项目的基础上,专门设立了一个综合题目,希望在各个基础项目完成之后,能在反映各个项目研究成果之余,环顾一下在对我国基本地质情况的认识上,有哪些新进展,存在什么矛盾,发现什么新矛盾,以及怎样对待这些矛盾。另一方面,又计划在各个研究项目工作进展到一定阶段后,及时组织有关的专题交流讨论会,目的是能在项目完成前,对项目及专题之间涉及的共同问题有一次交流讨论的机会,以及时发现问题,及时作适当地考虑。在组织交流会时,特别加长了讨论的时间比例。

几次试行,与会者较普遍地反映,这种方式确能适当开阔眼界,并有助于获得有关问题的整体概念,而且能够直接听到不同的意见或批评。丛书的各分册即是各次会议上的主要成果。

自从“六五”以来,地矿部科技司即注意到了开展多学科协作、交流对促进地质研究工作的重要性。在此之前,地质学术交流讨论会多数是按学科或某一方面的专题组织进行的。这当然有利于学科水平的提高和某一方面专题研究的深入。但是,涉及对某一地区、地段整体地质情况的认识并非某一单独学科的研究所能胜任。虽然我们有的项目也是针对某一地区或地质构造单元设立的,或者对某一涉及学科范围较多的项目,分出许多子课题分头进行研究,但在工作过程中缺少彼此之间的交流、讨论,以致最终成果没有形成一个首尾一贯、前后呼应的有机整体。

由于我们长期以来习惯于以学科为主的交流研讨,所以在“六五”研究项目完成后,组织了一次“成果交流会”,内容包罗地质部门内部的主要专业及学科,因之与会者初到会时多反映这会太“杂”。但是,在总结时却认为好就好在“杂”上。可是因为是初次尝试,在时间上不免太紧,特别是没有足够时间讨论;同时,出席人数虽然较多,但终究有限,会上材料也未能广泛印发,影响依然有限。“七五”项目完成后,虽然也同样组织了一次研讨会,除讨论时间略有增加外,其他方面改进不大。

到了“八五”，就是前面所说的情况了，这也就是本丛书的缘起。总的目的，一是推动地质科学研究中多学科的合作、交流；二是促进项目结束之前专题间的交流讨论，以提高研究总成果的水平；三是及时出版有关论文，使得这些研究成果在地质界中能为多数人所了解，并引起批评、建议和支持。

最后，还应指出，我们以前尚不习惯于在会上展开学术讨论，不仅多学科之间，而且在本学科之内，往往在会上各抒己见有余，而针锋相对互相诤辩不足。这几次会，在时间安排上特别加长了讨论时间，有的讨论时间还长于报告的时间。这也算是一点新的开端。创造地质科学研究中的公开讨论、答辩的气氛，也似是“当务之急”。

结束这个缘起的说明之前，谨向支持全部会议活动及丛书出版的地矿部科技司张良弼司长，彭维震处长，具体筹划并安排全部活动的中国地质科学院岩石圈研究中心的洪大卫研究员，以及为各次会议提供方便条件的中国地质大学（北京）致谢。

张炳熹

1997年8月

前 言

按照张炳熹院士的提议和委托，在地质矿产部科技司的支持下，应水文地质工程地质研究所名誉所长张宗祜院士的邀请，国内一些著名学者，于1996年10月29和30日，在北京召开了“人类生存的地质环境问题学术讨论会”。这次会议，是在地质矿产部“八五”期间在环境地质研究方面取得了丰硕成果，以及我国人口不断增加，经济迅速发展，地质环境问题越来越严重的形势下召开的。会议的目的是总结以往研究工作的经验教训，探讨如何能更好地开展人类生存的地质环境问题的研究，为建设有中国特色的社会主义服务。

会议由张宗祜院士主持。会议以地下水与环境及其可持续利用问题，氮、碳、硫元素循环与人类生存的环境问题，有害固体废料的环境问题，生态地质环境，人类活动与地质灾害，大河流域及环境敏感区的环境地质问题及陆地水圈循环与全球变化等问题为中心议题，进行了学术交流与讨论。

出席会议的专家共49人。其中，6位是中国科学院院士或中国工程院院士，25位是研究员或教授，5位是高级工程师，7位是副研究员或副教授（这其中有5位为博士后）。张炳熹院士自始至终参加了会议。

这次会议，对当今人类生存的地质环境问题进行了科学分析。在检阅已有研究成果的基础上，从研究方向、工作方法、解决问题的关键科学技术等方面交换了看法，提出了意见和建议。

在两天的会议中，学术讨论极为热烈。有26人次做了中心发言，讨论中的发言人次很多。陈梦熊院士、袁道先院士、胡海涛院士都做了中心发言。在讨论中，张炳熹院士和李廷栋院士做了多次发言。

这次会议，开得很圆满，很成功，也很精彩，取得了预期的效果。通过交换意见，对环境地质工作的重要性和迫切性取得了共识。这对今后开展人类生存的地质环境问题的研究具有很大的推动作用。

将这次会议上的中心发言和讨论发言形成的文稿收集起来，并撰写了《人类生存的地质环境问题》，辑成文集出版，目的是广为交流、宣传，对今后研究工作起到导向作用。应予说明的是，有几位中心发言人，由于工作繁忙，没能将形成的文稿寄来。因此，没能将其编入文集中，请谅解。

目 录

前言

人类生存的地质环境问题	曲焕林	程莉蓉	(1)
天津市地下水资源与环境	李明朗	刘 燕	(9)
超采地下水引起的环境问题与地下水的可持续利用	薛禹群		(13)
对地下水可持续利用的几个问题的分析研究	宿青山		(18)
地下水与可持续发展战略	籍传茂		(23)
试论地质环境功能及其在水资源可持续利用中的作用	沈照理	钟佐泰	(29)
基岩裂隙水渗流模型研究	王恩志	王洪涛	(32)
环境地学工程与可持续发展	王红旗		(38)
水文地质学与人类生存环境	殷正宙		(47)
地下水微生物生态与人类生存环境中的碳、氮、硫循环	阎葆瑞		(51)
一个值得重视的地学研究新领域			
——固体废物对生态地质环境的影响及对策	张锡根		(58)
中国 300 万 a 来地质-生态环境及其今后演化趋势研究			
.....	卢耀如	童国榜	郭永海
.....	张凤娥	杨丽娟	(63)
人类工程活动与地质灾害	谭周地		(75)
人类活动与地质灾害	刘广润		(81)
阿拉善地区水与急剧恶化的生态环境	李树范		(84)
上海市淤泥质软土侧向流动产生地面沉降	刘 毅		(87)
中国地质灾害与生态地质环境	段永侯		(90)
质量兴业——加强工程建设中工程勘察和环境影响评价工作	胡海涛		(99)
黄河中下游区域地质环境问题与整治对策的研讨	刘玉海		(101)
秦皇岛海岸带变迁及防护对策研究	杨先锋		(109)
河西走廊水资源开发与生态环境	陈梦熊		(117)
内蒙古河套地方性砷中毒区地质环境特征与成因探讨	李树范		(121)
黄土地区地下水与环境	田春声		(126)
中国北方新生代盆地地下水循环系统演化模式探讨	施德鸿	殷夏	孙继朝
.....			(132)
西安地裂缝活动的超常性及其地下工程灾害问题	刘玉海		(137)
地下水氮污染及其生物治理的试验研究	丁爱中		(139)
正确认识地质环境的属性			
——发挥地学在环境保护中的作用	哈承祐		(143)
珍惜节约自然资源, 宣传保护人类生存的地质环境	浦庆余		(152)

人类生存的地质环境问题

曲焕林^① 程莉蓉

(地矿部水文地质工程地质研究所)

人类生活在地球上,地球是人类的家园。有资料证实,在宇宙太阳系中,只有地球上才有生命。地球表层有水,周围有大气层。在茫茫的宇宙中,地球围绕太阳运动,因有水、空气,又有了阳光的照射,因而具备了人类生存条件,成为人类的家园。

一、人类生存的地质环境问题

地球是由地核、地幔、地壳和大气层构成的。地壳为其表层部分,是经过漫长地质历史时期的内外动力地质作用营造的结果。地壳的岩石圈、水圈、大气圈和生物圈,具有错综复杂的关系。人类生存的环境,是由岩石圈、水圈、大气圈和生物圈组成的系统。地壳岩石圈,称为地质环境,是由最新造山运动,在第四纪最末一次冰期后形成的。它与水圈、大气圈和生物圈相互联系,相互影响,相互制约。

人类生存的地质环境,具体是指陆地岩石圈的上部,是由具有特殊性质的岩石、土壤、水和大气等多种物质构成的,呈现出不同的地貌形态,受自然因素和人类活动的作用和影响,不断在发生变化的系统。

人类在地球上生存繁衍,从而也就成为其中的一部分,并与其余部分相互关联,相互协调。地球为人类的文明和社会经济发展提供了环境和资源。但是,由于人口的急剧增加,工程经济活动的规模迅速扩大,出现了资源短缺、地质环境恶化等问题,威胁人类的生存和发展。

我国古人称大地为母,有“乾,天也,故称为父;坤,地也,故称为母”“天地感而万物生”之说。人类自出现以来,便与大地母亲结下了不解之缘,人的衣食住行,无一不是取自于大地。无论过去、现在,还是将来,大地永远是人类赖以生存的空间环境。多少世纪以来,人类向地球索取资源,同时也向地球排放废弃物质,使地球遭受严重的浩劫。由于近代人口急剧增加,人类活动能量空前增强,致使人类的生存发展面临地质环境恶化的严重威胁。

环境地质学,是地质学的一个新分支学科。它是以地质环境为研究对象,研究地质环境在自然因素和人类活动的作用影响下发生的变化,预测、防治地质灾害的发生。所谓地质灾害,是指由自然因素和人类活动作用影响而发生的,使人类赖以生存的地质环境遭到

^① 曲焕林,男,59岁,研究员。通讯地址:河北省正定水文所;邮编:050803。

破坏，直接或间接地威胁人类的衣食住行，造成人类生命财产严重损失的地质事件。地质灾害是自然灾害的一种。然而，在某种意义上讲，自然灾害就是地质灾害，因为任何自然灾害的发生，都直接或间接地破坏地质环境，祸及人类的衣食住行，造成生命财产损失。

环境和环境保护，已是当今国际社会关注的重要课题。继1972年6月在瑞典斯德哥尔摩发表《联合国人类环境会议宣言》之后，1992年6月在巴西通过了《里约环境与发展宣言》，提出环境保护工作应是发展过程的整体组成部分，作为指导今后相当长时期内社会持续发展的基本原则。我国历来强调要对环境进行保护，把环境保护作为一项基本国策，成为国民经济与社会发展规划的重要组成部分，围绕社会主义现代化建设的总目标，为促进经济发展，提高综合国力和改善人民生活服务。

地质环境问题，是环境问题中的重大问题，是重中之重。然而，地质环境问题还没有被全社会上所有人们清醒地了解和重视。因此，要大力宣传，高声呼吁，唤起人们的重视，特别是决策者们的重视，以减轻地质灾害造成的损失。

二、我国环境地质问题研究概述

环境地质问题，不是今日才有，而是在人类社会出现后就已存在了。与现在不同的只是不像如今这么严重而已。所谓严重，不仅是地质灾害造成的损失严重，而且灾种越来越多，发展趋势也越来越严重。古时候，人口不太多，经济也不发达，依靠辛勤劳作，与自然抗争，创造财富，人类社会便得以发展；而现在，人口剧增，经济高速发展，仅靠劳作与自然抗争创造财富已经不够了，还必须意识到，只有珍惜资源，保护地质环境，规范人类自身活动，才能保障人类生存和持续发展。

我国地处亚洲东部，濒临太平洋，是幅员辽阔，地形复杂，季风气候显著的国家。由于印度板块和太平洋板块对亚洲大陆板块的碰撞俯冲作用，不仅形成了中国大地构造轮廓和西高东低的地形，而且造就了西山东川、南石北土的自然格局。因此，使我国成为地质灾害多发的国家。据史书的记载，地震、干旱和洪水等灾害对我国造成的损失最为严重。

有五千多年文明历史的我国，记载和论述地质环境和灾害的文献颇多。被世人称之为上古三大奇书的《山海经》、《黄帝内经》和《周易》，就是最好的例证。《山海经》不仅记载了中华大地古代山川风物、奇兽怪鸟、金玉珍宝，还记载了用动物的出没预知地震、风暴、洪水和旱汛。其绝妙之处，仍为今世众多研究人员所折服。《黄帝内经》的内容，涉及天文、地理、气象、社会及历法等，可预测天象变化及人类在自然环境中将遇到的灾难祸福等。《周易》被誉为最古老、最重要、最权威的文化典籍。它论述了宇宙演化和人类生存，提出无极生太极，太极生阴阳，先有天地，然后有万物及人类的系统理论。这对认识世界，预测未来是极有价值的。它对自然科学、人文科学产生了广泛影响，起了深刻的启迪作用，日益为国内外学者所重视，被认为是中国文化乃至整个世界文化的本源。

地震灾害所造成的现实是残酷的，对人类文明的摧毁令人寒栗。我国是多地震的国家。据历史文献记载，全国约有1600多个县发生过地震。进入本世纪以来，我国发生破坏性地震2600多起。有记载的最早地震是1177年发生在陕西岐山县的地震。我国最大的地震震级为8.5级。1556年陕西华县地震，据记载死亡人数达83万。1976年河北唐山地震，造成极为严重的损失，至今人们仍记忆犹新。地震为不可抗拒的地质灾害，防震抗震是人们

十分重视的问题。古人总结出根据动物的异常出没来预报地震的方法；在1900多年前，张衡制造出浑天仪来测知地震。

水是生命的源泉，人类生存的必要条件，也是地质环境的构成要素和物质能量运移载体。然而，由于地域水热条件不平衡，以及一些气象要素的突然性变化，使人类自古以来一直在与洪水、干旱进行斗争；时而因降水量过少发生干旱，造成人们饮水困难，更为严重的是危害农作物生长，使农业减产，甚至颗粒不收，出现荒年。干旱发生的范围广，持续的时间长，使人们闻旱而栗，望旱生畏。时而高强度短时间降暴雨，造成突发性洪水灾害，令人防不及防，突然间造成房毁人亡。干旱和洪水，都与气象变化密切相关，但它们都极大地改变了地质环境，造成灾害性后果。伴随洪水，往往爆发崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害。远在上古时期的尧舜时代，黄河流域洪水之患连年不断。大禹治水，三过家门而不入，成为历史佳话；在筑堤防洪的基础上，总结出疏导九川的治水成功经验，传颂至今。大江大河的洪水灾害，直到新中国成立之前，屡屡给人民造成沉重苦难。

对地质环境评价研究，仅是近代之事。然而，我国古人早就知道选择背坡面水的河流、湖泊边缘聚落，半坡遗址就是一个佐证。我国在数千年的历史中形成了一门独特的中国人的环境观——风水。这门学问，追求理想的生存与发展的地质环境。

新中国成立后，在50~60年代，为防治长期为患的洪涝干旱灾害，为根治淮河、海河、黄河，开展了大规模水利工程建设，修水库，疏河道，筑堤坝，打水井，获得了明显的社会效益和经济效益，使农业生产有了根本性的保证，减轻了洪涝干旱灾害。但是，大规模的人类活动，也改变了地表水体的分布状况，产生了负效应。黄河已连续几年出现断流现象，一些地区出现了地面沉降等人为地质灾害，地质环境恶化日益严重。为此，国家不得不采取断然措施，付出了很高的代价。例如，淮河水污染，给沿岸居民饮水造成困难局面，关闭一些污染河水的造纸厂等企业，才有所缓解。对于环境地质问题，国家极为重视，自80年代以来，连续不断地安排项目，开展研究。在“七五”期间，开展了沿海开放城市环境地质研究；在“八五”期间开展了京、津、唐地区地质灾害减灾防治试验研究；此外，还开展了上海浦东和厦门地质环境研究，以及全国地质灾害现状调查等工作，取得了一批研究成果，积累了实践经验，产生了明显效益。

1992年6月，在联合国环境与发展大会后，我国政府即提出了促进中国环境与发展“十大对策”。1994年，国务院第16次常务会议讨论通过了《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》。这是进一步开展地质环境问题研究的指导性文件。它指出：“随着科技进步和社会生产力的极大提高，人类创造了前所未有的财富，加速推进了文明发展的进程。与此同时，人口剧增、资源过度消耗、环境污染、生态破坏……等日益突出，成为全球的重大问题，严重地阻碍着经济的发展和人民生活质量的提高，继而威胁全人类的未来生存和发展。在这种严峻形势下，人类不得不重新审视自己社会经济行为和走过的历程，认识到通过高消耗追求经济增长和‘先污染后治理’的传统发展模式已不再适应当今和未来发展的要求，而必须努力寻求一条人口、经济、社会、环境和资源相互协调的，既能满足当代人的需求而又不对满足后代人需求的能力构成危害的可持续发展的道路。”走可持续发展之路，是中国的自身需要和必然的选择。

三、我国主要环境地质问题

我国是世界上地质灾害最为严重的国家之一，每年地质灾害造成的经济损失上百亿元人民币，特别是我国有 12 亿多人口，使地质环境面临更大的压力。

经全国地质灾害现状调查，我国地质灾害可划分十大类 31 种，主要有地震、崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷、地裂缝、水土流失、沙漠化、盐碱地、海水入侵、海岸侵蚀、港口淤积、坑道突水、岩爆、黄土湿陷、淤泥质软土流变、膨胀土膨胀、冻土冻胀、河湖水库塌岸和淤积、地下水位升降和地下水污染及地方病等。初步统计，地质灾害点达 1 万多个，覆盖全国各个省份。我国地质灾害具多发性和严重性，这是由所处的地理条件和地质环境决定的；同时，也与人口分布和社会经济发展状况密切相关。以前，地质灾害以自然因素引发的为多。因此，把地质灾害归入自然灾害，属其中的一种。然而，现在由人为因素诱发的地质灾害越来越多，灾种不断增加，环境地质问题越来越严重。我国主要环境地质问题有：

1. 地震灾害

地震灾害，列为地质灾害之首，在历史上是如此，当今仍是如此。这是因为地震突发性强，破坏性大，危害十分严重。据统计，全世界每年发生地震约 500 万次，有感地震约 5 万次，具破坏性者上千次。其中，强烈破坏性的有十几次。我国是世界上多地震的国家，在中国地震资料年表中，有记载的地震达 8137 次，破坏性地震 1004 次。本世纪发生 7 级以上地震 80 次，其中 8 级以上的有 9 次；1949~1990 年发生 7 级以上地震 52 次。

地震系由地壳表层因弹性波传播引起振动所造成的地质事件。构造活动、火山活动、地壳表层陷落、水库蓄水、深井注水和核爆炸等都可以产生地震。但致灾的地震，主要是地质构造带上发生的构造地震。我国地震具有分布广、频率高、强度大、震源浅的特点，因而酿成的灾害尤为严重。1949~1990 年，我国地震造成的死亡人数为 27.4 万，伤残 76.5 万人，直接经济损失达数百亿元。

我国地处环太平洋和欧亚地震带交汇地带，构造地震频繁发生。全国除浙江和贵州两省外，其余各省、市、自治区均发生过 6 级以上的地震。在 52 次 7 级以上地震中，有 20 次发生于台湾东部海域，3 次发生于东北，3 次发生于河北，1 次发生于渤海，余下 25 次发生在新疆、西藏、内蒙古、青海、云南、四川等省、自治区。海城、邢台和唐山 7.2 级以上地震，死亡 25.2 万人，伤 24.2 万人，当年直接经济损失 108 亿元。云南在 1949~1990 年间，发生 6 级以上地震 38 次，死亡 1.9 万人，伤 4.3 万人，直接经济损失 130 亿元。依据烈度统计，全国Ⅶ级以上高烈度区的面积达 312 万 km^2 。在全国百万以上人口的大城市，有 70% 位于其中，主要有北京、天津、西安、太原和昆明等。

鉴于地震灾害的不可抗拒性、突然性和危害性，必须进行地震监测、地基稳定及防灾减灾等问题的研究工作。

2. 崩塌、滑坡、泥石流灾害

由斜坡破坏形成的崩塌、滑坡和泥石流所造成的巨大经济损失和人员伤亡，仅次于地震。据初步统计，我国发生变形量大于 100 万 m^3 ，死亡人数大于 10 人和直接经济损失大于 100 亿元的特大型崩塌 51 处、滑坡 140 处、泥石流 149 处；次之的较大型崩塌 2984 处、滑

坡 2212 处、泥石流 2277 处；中小型的则更多，有迹可辨的达 41 万多处。崩塌、滑坡和泥石流的危害，主要是摧毁城乡建筑，铁路、公路交通，工厂、矿山，水利工程，农田土地和造成人员伤亡。据初步统计，全国有 400 多个市、县、区遭受崩塌、滑坡和泥石流的严重侵害，给人民生命财产造成极大损失，阻碍了社会经济发展。重庆市有滑坡 129 处，崩塌 58 处；兰州有泥石流沟 55 条。新中国成立以来，全国有 335 个县和数千个乡村受到崩塌、滑坡和泥石流的危害，不仅造成了生命财产损失，而且破坏了大量耕地。至 1990 年，全国有近 9 万 hm^2 耕地被破坏。截至 1990 年，全国已有 100 多座大型工厂和 50 多座大型矿山受到严重危害。第二汽车制造厂厂址附近的滑坡、崩塌总方量达 750 万 m^3 以上，严重威胁工厂的安全。天水锻压机床厂附近的滑坡，摧毁了 6 个车间，使工厂丧失生产能力。宝成线、成昆线和宝兰线等铁路沿线的滑坡，危害严重，多次摧毁铁路、列车，致使运输中断。仅 1981 年，用于宝成线修复中断铁路的资金就达 3 亿元。全国铁路沿线约有泥石流沟 1386 条。1949 年以来，发生泥石流 1200 多次。用于铁路修复改建费用每年达 0.7 亿元。近十年来，全国由崩塌、滑坡和泥石流造成的人员死亡达 1 万余人。辽宁复县、盖县和新金县的老帽山地区，1981 年发生的泥石流，使 16.36 万人受灾，死 664 人，伤 5058 人，一次经济损失 5 亿元。

我国地形复杂，既有山地、高原、丘陵和盆地，也有平原。有斜坡的山地、高原、丘陵和盆地的面积占全国面积的 88%。斜坡是指地壳表面一切具有侧向临空面的地质体，有天然斜坡和人工斜坡之分。在内外动力地质作用下，斜坡岩土地质体处于不稳定状态，发生斜坡变形破坏。斜坡岩土地质体变形破坏后，分离的岩土块体突然垂直翻滚跳跃而下，称崩塌。分离的岩土块体，沿斜坡发生以水平运动为主的整体下滑移动，称滑坡。斜坡岩土体，伴随暂时性急性水流洪水运动，称泥石流。崩塌、滑坡和泥石流灾害分布广，突然性爆发，破坏性强，并且还有连续成灾的特点。发生崩塌、滑坡和泥石流的内在的因素是岩土地质体的岩性和结构构造，外在因素是地表水、地下水、大气降水、岩石风化、地震和人类活动。突然发生的触发因素是地震、大气降水和人类活动。人类经济活动对崩塌、滑坡和泥石流的影响越来越大，致使灾害日趋严重。如森林砍伐、植被的破坏、开挖人工边坡等等都会促进灾害的发生。按调查资料分析，我国尚有潜在崩塌、滑坡和泥石流灾害点上百处。长江三峡链子崖危岩体，就是其中的一处。

对崩塌、滑坡和泥石流灾害的研究，应增加投入，加强地质调查研究，建立专业队伍进行监测。对重大工程及城市规划建设项目，要求在前期论证中必须对崩塌、滑坡和泥石流灾害进行评估。

3. 地面沉降、地面塌陷、地裂缝、海水入侵、地下水污染、水土流失及土地沙化灾害

水是地质环境中最活跃的构成要素。水循环使岩石圈、水圈、大气圈和生物圈紧密相连，往往成为地质灾害的触发因素。地面沉降、地面塌陷、地裂缝、海水入侵、地下水污染、水土流失及土地沙化等灾害，都与水这个因素密切相关。

洪水和干旱，自古以来就是威胁人类生存的大问题。为防洪抗旱兴修水利工程、凿井等大规模经济活动，在取得效益的同时，也引发出地面沉降、地面塌陷、地裂缝、海水入侵、地下水污染、水土流失及土地沙化等地质灾害。

在上海、天津、北京和西安等著名城市，都有地面沉降灾害。据调查统计，全国有 16 个省、市、自治区的 46 个城市出现了地面沉降问题。地面沉降是发生在由冲积、湖积、浅

海相沉积物构成的未固结或半固结厚层堆积物分布的地质环境,因抽汲地下水,水位下降,地层有效应力增加,致使含水层中的细颗粒夹层、含水层间的弱透土层释水固结压密变形,形成区域性地面标高连续缓慢下降。下降幅度为每年几十毫米,甚至上百毫米,累积沉降量达数米,从而破坏了地质环境,造成灾害。地面沉降发生在上海、天津、北京和西安等这样的重要大城市,危害是相当严重的。以天津市为例,由于地面沉降,使夏季雨后积水严重,河道淤积,泄洪防洪能力下降,抗风暴潮能力降低。1992年的风暴潮侵袭,使港口码头全部被海水淹没,附近村庄、虾场和农田受淹,直接经济损失达3亿元。市区内造成地下排污管道倒坡,供水管道被破坏,道路、场地、堤岸和建筑物出现裂缝,致使城市建设和维修费用提高,经济损失严重。

地面塌陷是因地面岩土体开裂,地面发生不均匀下沉或突然陷落造成的灾害。地面塌陷,有由隐伏岩溶引起的岩溶地面塌陷,唐山市地面塌陷就属此类;有由矿山采空引起地面塌陷,多发生在煤矿矿区;在黄土地区,黄土的湿陷性也可以引起地面塌陷。地面塌陷,往往是突然发生,造成人员伤亡和财产损失。唐山市岩溶地面塌陷造成的危害严重。据调查统计,全国岩溶地面塌陷共2841处,面积为 332.28 km^2 ;采空塌陷180多处,面积为 1150 km^2 ;黄土湿陷性引起的塌陷,仅河南省就有 4.53 km^2 。唐山市岩溶地面塌陷,是由于大量开采地下水而引起的。

地裂缝是地面开裂,往往与地面沉降和地面塌陷相伴生。主要危害是造成房屋裂缝,地下管道设施被破坏。西安是我国发生地裂缝最早的城市,地裂缝的长度合计45 km,穿过91座工厂、40所学校及60处公共设施;破坏道路60处、围墙427处,有132幢楼房受影响破坏。

在沿海地区的平原,因从含水层中抽取地下水,破坏了地下水与海水的平衡关系,使海水在地下向陆地浸进,破坏淡水资源,称之海水入侵。这种灾害,在沿海省份普遍存在,尤以辽东半岛、山东半岛和河北平原最为严重。全国海水入侵面积近 1000 km^2 ,经济损失每年约8亿元。

地下水水质好,人们愿意开采地下水作为供水水源。长期过量开采地下水,使其水位下降,水质也不断恶化。可溶性化学物质进入地下水,称地下水污染。地下水污染已非常普遍,且越来越严重。地下水的污染,破坏了淡水资源,危害人身健康,也使农牧产品的质量下降。严重者,可导致地方病发生,致人死亡。

水土流失,也就是土壤被侵蚀而破坏掉。水土流失是渐变性地质灾害,使耕地面积减少,严重破坏农业生态平衡。黄土高原是水土流失最为严重的地区,流失面积达 43 万 km^2 ,经济损失十分惊人,估计全国每年损失约96亿。水土流失是土地资源遭到水力侵蚀,并被水流带走的灾害。黄土地区,也是崩塌、滑坡和泥石流多发地区。

土地沙化在我国西北地区十分严重,特别是不合理的水利工程启用后,使原为绿洲地区变为沙漠。据有关部门统计资料,50~70年代,土地沙化每年增大 1560 km^2 ;80年代后,增为 2100 km^2 。土地沙化和水土流失是荒漠化防治的研究内容。荒漠化防治,是当前十分突出的问题。

4. 固体废物对地质环境的污染危害

固体废物是指生产、消费、生活和人类其他活动产生的各种固态、半固态和高浓度液态废物。我国每年工业固体废物约有6亿t,城市生活垃圾约为1亿t。这些废物的堆放占

据了大量土地,造成严重的环境污染灾害。如东北地区一个产生含铬废物的工厂,废物堆放场地浸出液污染了地下水,造成 1800 眼水井报废。全国有 200 多个城市陷入垃圾的包围之中。我国核电站建设已经起步,中低水平放射性废物处置场的建设,还处于选址和可行性研究阶段。按粗略统计,每年固体废物造成的经济损失,加上可利用但还未充分利用的废物资源价值可达 300 亿元。

由于人口的增加,经济的高速发展,固体废物急速增加,污染环境是必然的,且危害越来越严重,威胁人类的生存和发展。对这一突出问题,应给予充分的重视。

除上述地质灾害之外,还有水体边线变化、坍塌、淤积和特殊土变形等地质灾害。

四、继续加强环境地质研究,努力减少人为诱发的地质灾害

我国是世界地质灾害多发的国家之一,每年的经济损失严重。我国有 12 亿多人口,使脆弱的地质环境面临更大的压力。因此,应该加强环境地质研究,努力减少因人类活动而诱发的地质灾害。

在《中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》中谈到:可持续发展的前提是发展,在经济快速发展的同时,必须做到自然资源的合理开发利用和环境保护相协调;我国是有 12 亿人口的发展中国家,难以采用像一些人口密度低的国家那样采取严厉限制向灾害风险区发展的策略;同时,也无力在短期内大幅度增加投资来降低灾害的风险度。因此,要求加强灾害科学的研究,减少人为因素诱发、加重的灾害。

新中国成立以来,在与自然灾害的长期抗争中,积累了丰富的经验,制定了“预防为主,防治结合,防救结合”等方针政策,加大了研究力度。80 年代以来,我国加强了环境地质研究工作,建立健全了有关防灾减灾的法律、规划及对自然灾害的管理工作;建立了防灾工作体系,形成了具有实践经验的科技队伍;监测灾害的站网已具规模,取得了大批有科学价值的观测资料;对灾害的形成、发展规律有所认识,积累了实施预测预报的经验,取得了一批有价值的科技成果。这些均为加强环境地质研究,减少人为因素诱发、加重地质灾害创造了条件。

继续加强环境地质研究的目标,是提高对各种地质灾害的孕育、发生、发展、演化及时空分布规律的认识,促进现代化技术在防灾体系建设中的应用,加强预测预报,因地制宜地实施减灾对策,协调灾害对发展的约束。

在人口、资源、环境与经济发展的关系中,应坚持计划生育政策,有效减缓人口增长;同时,还应提高人们的环境意识、灾害意识,养成遵纪守法习惯,规范人类活动,探索、制定发展规划、发展方式,以及防灾抗灾的保证措施。

地质环境恶化威胁人类的生存、发展。地质灾害摧毁人类文明。继续加强环境地质研究,努力减少人为诱发、加重的地质灾害,让人们的生存、发展前景更加美好。

参 考 文 献

- [1] 张宗祜,地质环境与环境地质,环境地质研究,地震出版社,1991。
- [2] 曲焕林、徐乃安主编,走向 21 世纪环境地质学问题研究论文集,石油工业出版社,1996。
- [3] 段永侯等编著,中国地质灾害,中国建筑工业出版社,1993。

- [4] 倪泰一编译, 山海经, 云南科技出版社, 1994。
- [5] 周显忠、陆同华编译, 黄帝内经, 西南师范大学出版社, 1993。
- [6] 宋·朱熹, 易经问卜今译, 天津社会科学院出版社, 1993。
- [7] 李智毅等编, 工程地质学基础, 中国地质大学出版社, 1990。
- [8] 刘沛林著, 风水·中国人的环境观, 上海三联书店, 1995。
- [9] 高发谦著, 中国风水, 中国华侨出版公司, 1992。
- [10] 张锡根等著, 城市垃圾堆埋的地质环境效应及地质处置——以上海浦东为例, 地质出版社, 1996。
- [11] 曲格平、李金昌著, 中国人口与环境, 中国环境科学出版社, 1993。
- [12] 中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书 (1994 年 3 月 25 日国务院第 16 次常务会议讨论通过), 中国环境科学出版社, 1994。
- [13] 许明主编, 中国问题报告, 关键时刻, 当代中国亟待解决的 27 个问题, 今日中国出版社, 1997。

天津市地下水资源与环境

李明朗^① 刘 燕

(天津市地质矿产局)

多年来,天津市地矿、城建、水利、石油等部门对天津市的水文地质条件和水资源进行了大量勘查工作。现根据这些资料,对天津市的地下水资源和环境条件提出一些看法,同大家交流。

一、天津地下水的现状

(一) 天津市地下水的类型和分布

天津市北部山区面积 727 km²,主要分布中、晚元古界碳酸盐岩裂隙岩溶水,在盘山地区为花岗岩裂隙孔隙水;中南部 10578 km² 的平原区,以宝坻断裂为界可分为两个区,即北部山前平原为全淡水分布区,中南部冲湖积海积平原为有咸水分布区。

全淡水区的面积为 1598 km²。上部是厚 150~320 m 的松散岩类孔隙水,下伏古生界和中、晚元古界碳酸盐岩裂隙岩溶水,补给条件好,是天津市的主要的集中供水水源地分布区。

有咸水分布区,面积约 8980 km²。上部是浅层淡水和淡化的微咸水(底板埋深 10~40 m),下部过渡为咸水层,咸水层的底界埋深为 40~230 m,其下为深层淡水。

(二) 现状条件下的地下水资源

在 70 年代以前,地下水尚未大量开采时,平原区深部的承压水主要由北部、西部山区和山前向平原径流补给;在压力和温度梯度的作用下,再向浅层顶托排泄,多为自流承压水。60 年代以前,承压含水层的水力坡度小,实际流速只有 0.05~0.25 m/d;到达天津南部和滨海平原,径流期长达 1~2 万 a。这证明天然条件下,深层承压淡水是得不到现代降水的就地补给的。随着深层淡水的大量人工开采,水位迅速下降,现在形成了大面积的下降漏斗,含水层和弱透水层固结压缩,形成地面沉降;同时,含水层之间的流场发生了反向变化,即浅层水的水头高于深层水的水头,开始由上向下渗透越流。在沧州市进行孔组试验,分层取水测定氡的含量,氡化带已深达 60~100 m,证明现代降水已通过咸水层向下渗漏;在河北正定进行人工氡示迹试验,氡高峰值一年向下移动 0.8~1.0 m,当然氡的下移是随水分子下渗的,并不等于盐分下移。美国的大量研究证明,近代海相软泥具有半渗透膜的性质,陆相粘土压实到孔隙度小于 0.3% 以后,也可具有半渗透膜的性质,在压力梯

^① 李明朗,男,60岁,教授,天津市地质矿产局总工。通讯地址:天津市昆明路74号;邮编:300051。

度或其它物理场梯度的作用下,中性分子 HO 、 H_2CO_3 ,可以通过,而阴离子被滞留。因此,现在条件下,浅层水不断向深层补给淡水,而在隔水层渗透系数小于 10^{-7} cm/s 的地带,咸水可能不下移。

按照地下水现状条件下的均衡计算,其综合补给量如下:

山区: $0.778\text{ 亿 m}^3/\text{a}$

山前平原: $2.86\text{ 亿 m}^3/\text{a}$

有咸水分布区: $9.473\text{ 亿 m}^3/\text{a}$

其中: 向下越层补给深层淡水: $2.605\text{ 亿 m}^3/\text{a}$

蒸发排泄: $6.867\text{ 亿 m}^3/\text{a}$

按照这个数分析,开采层得到的有效补给量,只有 $6.0\text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 左右(因为山前平原和山区还有 $0.24\text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 的蒸发排泄)。按地下水可采资源 $7.0\text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 计算,约有 $1.0\text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 来自地层固结压缩;按照1977~1991年的历年平均开采量 $7.66\text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 计算,每年有 1.6 亿 m^3 来自地层压缩。

二、主要环境地质问题及治理

由上面的水量分析可以看出,天津降水补给地下水以后有 7 亿 m^3 以上的水量被蒸发排泄;在西龙峪一带,则造成水库壅水;而广大平原区则被海相层所隔。地下水不能有效下渗,滞留上部形成沼泽化、盐碱化等自然地质灾害;而深层淡水的超量开采则形成了大面积的地面沉降,这是人为地质灾害。

(一) 降水补给和沼泽盐碱化的治理

自70年代以来,对华北平原地区的降水入渗问题,用中子水分仪和负压计进行了大量实测研究,认识到区分降水入渗量和入渗补给量是十分必要的。降水入渗量是指大气降水进入非饱和带的水量,其中一部分在非饱和带被蒸发,又重新回到大气中;而另一部分则补给地下水。补给地下水这部分即为降水入渗补给量,也是对地下水资源有实际意义的量。在早期的研究中,由于只用地中渗透计孤立地分析所观测到的入渗量和蒸发量,混淆了入渗量和入渗补给量的概念。因此,得出了随着地下水位埋深加大,降水入渗补给量逐渐减少,直至零的论点。近些年的研究得出了新的结果。

对于海河冲积平原,当地下水位埋深 $2\sim 3\text{ m}$ 时,砂类土补给量最大; $3\sim 4\text{ m}$ 时,亚砂土、粉土补给量最大; $4\sim 5\text{ m}$ 或 $5\sim 6\text{ m}$ 以下时,粘性土补给量最大;而蒸发则相反,亚砂土的蒸发极限为 2.0 m 左右,粘土的蒸发极限为 $4\sim 6\text{ m}$ 。随着地下水位埋深的增加,有效补给量是基本稳定的。这已由黄土地区的大量研究所证实。

对粘性土,当地下水位埋深小于 3.0 m 时,有效补给量等于零或很小。随地下水位埋深的增大,地下水补量才逐步增大;而地下水位埋深小于 3.0 m 时,入渗量小于蒸发量,降水入渗全部为蒸发消耗。天津平原地区就是这种情况,降水入渗量未能有效地补给地下水,而大部分被半途蒸发,把盐分带到地表形成盐碱化。我们在静海陈官屯万金套洼建立了用中子水分仪和负压计观测的地下水均衡观测站,研究降水入渗、潜水蒸发和土壤水盐运移问题,所得资料证实了上述分析的正确性。

治理沼泽化、盐碱化的出路,只有开采浅层水,降低地下潜水位,腾出地下库容,接