



地球物理科普文选 第三集

环境与地球物理

庆祝中国地球物理学会成立50周年

中国地球物理学会 编著
环境地球物理专业委员会



地震出版社

PDFG

《环境与地球物理》
编辑委员会

主任委员	夏国治			
副主任委员	蒋宏耀	曲克信		
委员	(以姓氏笔划为序)			
	丁鸿佳	王立群	朱文泉	曲克信
	陆邦干	陈昌礼	周秀云	钟世航
	赵亚民	赵章元	欧润生	夏国治
	徐宝慈	崔霖沛	程业勋	蒋宏耀
主 编	蒋宏耀	程业勋		

搞好科普讀物的創作出版和
發行，普及科技知識，為經濟建
設和社會發展服務。

溫家寶一九九六年四月書

序

环境问题是举世瞩目的大问题。

我国政府历来重视环境保护工作,把环境保护定为基本国策。在联合国 1992 年环境和发展大会之后,我国制定了《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展》白皮书,其中明确提出,只有遵循可持续发展的思路,才能实现国家长期稳定的发展。《国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》确定了我国社会主义现代化建设要实施可持续发展战略。江泽民同志指出,“要切实保护资源和环境,不仅要安排好当前的发展,还要为子孙后代着想,决不能吃祖宗饭,断子孙路,走浪费资源和先污染后治理的路子。”

随着人口的增加和经济发展,环境保护的难度也在加大。尽管我国环保工作取得了很大成绩,但当前环境形势,尤其是大气环境质量和水环境质量问题,以及某些地区的生态破坏问题仍很严峻。

解决环境问题需要多方面的通力合作,需要依靠科技进步,实行多学科、多专业联合攻关。中国地球物理学会意识到自己的责任,近年来加强了有关环境问题的学术活动,成立了环境地球物理专业委员会,进一步推动环境地球物理的研究和应用。

环境问题从发生原因可分为两大类。一类是由自然因素引起的,一类是由人类活动引起的。从广义来说,天然地震的预测、灾害天气的预报,都是地球物理工作者对环境的研究结果,是地球物理在环境问题上的应用,这些工作的重要性是人们所熟悉的。此外,还有大量的由于自然因素引起的环境问题,其中包括多种类

型的地质灾害问题，如滑坡、泥石流、岩爆、山崩、地裂缝等的监测和治理，使用地球物理方法技术，也可取得较好的效果。地球物理应用于解决人类活动引起的环境问题，如地下水和地表水的污染监测、大气污染监测、地下固体废物探测、人为放射性污染监测等，近年来在国外开始呈现迅速增加的趋势。用于环境目的的地球物理费用有明显的增长，越来越多的地球物理学家致力于开拓环境领域。这是因为，一方面某些地球物理场会给环境带来重大的影响；另一方面，地球物理勘查方法又可用于监测环境污染，进行灾情预报，并且可以用来为环境保护和治理设施的设计提供重要资料。在不少情况下，地球物理方法能够发挥独特的作用。由于客观需求的推动，许多地球物理队伍正在转向环境项目。传统的方法技术得到有效的应用，一些新的技术正在涌现，尤其是在解决浅层问题领域，发展十分迅速。

我国环境地球物理工作早已有所开展，一些专家学者或著论文，或出译文集，向社会介绍这一新的领域，并且较早就曾指出其发展前景。有关学会还曾组织召开“水文、工程、环境物探国际学术讨论会”。但是总的来说，环境地球物理还处在初创阶段。这是因为长期以来，我国应用地球物理的主要领域是能源和矿产勘查。或者由于观念上的原因，或者由于技术上的原因，在资源以外的领域，地球物理的应用不够充分。近年来，这种情况正在改变，除了水文，工程地球物理有了长足的进展外，环境在地球物理中的地位和地球物理在环境中的地位也都在提高。尽管环境地球物理工作的发展还存在着困难，但前景是光明的。

目前，环境地球物理的学科发展正在受到较多的关注。一些专家在研究、改善方法技术，以适应多种环境问题的需要，并致力于学科的系统化；有的学者在探讨环境地球物理学的定义、特点、范围，以及它和其他邻近学科的关系。看法上存在一些分歧，不仅无害，而且有利于深入研究。当前最重要的是扩大实践，努

力开拓应用范围，提高效果。为此，要在普及和提高两个方面加强工作。这需要环境界和地球物理界的共同努力，紧密合作，在克服困难中前进。在这方面学会可以发挥多种作用。

本书是中国地球物理学会计划编辑出版的地球物理科普文选的第三集。它的主要目的是，向广大环保工作者和地球物理工作者以及关心环保工作、地球物理工作的人们和爱好地球物理的青少年，介绍环境地球物理的发展现状和地球物理方法技术解决环境问题的应用前景。同第一集一样，它不是系统的专著，而是有关文章的选编。全书大体可分三个部分：第一部分是概论性的四篇文章，第二部分是方法技术性的七篇文章，第三部分是环境污染及灾害的监测与防治，共六篇文章；此外还有一篇是介绍全球变化研究的文章。各篇文章主题明确，独立成章。由于行文的需要，有的问题和事例的叙述在几篇文章中重复出现。为了适应非地球物理专业的读者的需要，各篇方法技术文章均作了较为系统的介绍。

本书从提出到编就，历时三年。我们对各位作者辛勤劳动撰写稿件，深表感谢！还要特别感谢温家宝同志为本书题词。

1997年是中国地球物理学会成立50周年，我们谨以此书作为向学会五十年大庆的献礼。

夏国治

1997. 5. 9

目 录

第一部分 概论

- 环境与地球物理——环境地球物理学…………… 蒋宏耀 (2)
- 国外环境地球物理工作现状…………… 崔霖沛 (12)
- 国外环境地球物理发展动向…………… 徐宝慈 (25)
- 我国目前的环境状况与地球物理方法……… 赵章元 赵亚民 (29)

第二部分 环境地球物理方法

- 电法勘查在环境污染调查中的应用…………… 陈昌礼 王光钙 (44)
- 地震勘探方法…………… 蒋宏耀 (71)
- 环境磁法…………… 丁鸿佳 (81)
- 重力勘探方法…………… 曾华霖 (97)
- 核地球物理学方法基本原理 …………… 程业勋 (111)
- 宇航遥感技术与地球环境 …………… 陈昌礼 (127)
- 航空电磁法 …………… 满廷龙 (142)

第三部分 环境地球物理学在环境问题中的应用

- 水资源污染的监测与防治 …………… 王立群 (156)
- 地球物理技术在固体废料和城市垃圾堆放场
环境保护方面的应用 …………… 钟世航 (169)
- 辐射 …………… 余水泉 (173)
- 关于环境氡地质填图 …………… 陈昌礼 刘庆成 (179)
- 地震灾害与突发性地质灾害 …………… 张少泉 (189)
- 日-地空间环境及其经济和社会效益…………… 刘振兴 (205)

第四部分 全球变化

- 地球物理学与全球变化研究 …………… 蒋宏耀 (222)

CONTENTS

PART1 INTRODUCTION

- Environment and Geophysics-Environmental
Geophysics *Jiang Hongyao* (2)
- The State-of-art of Environmental Geophysics
Abroad *Cui Linpei* (12)
- The Trends of the Development of Environmental
Geophysics Abroad *Xu Baoci* (25)
- The Environmental Aspect in Recent Years in
China and Geophysical Methods
..... *Zhao Zhangyuan, Zhao Yamin* (29)

PART2 METHODS OF ENVIRONMENTAL GEOPHYSICS

- Application of Electrical Prospecting to the
Investigations of Environmental Pollution
..... *Chen Changli, Wang Guange* (44)
- Methods of Seismic Prospecting *Jiang Hongyao* (71)
- Environmental Magnetism *Ding Hongjia* (81)
- Methods of Gravity Prospecting *Zeng Hualin* (97)
- The Basic Principle of Nuclear Geophysics
Methods *Cheng Yexun* (111)
- Space Remote Sensing Technology and Earth
Environment *Chen Changli* (127)
- AEM Methods *Man Yanlong* (142)

PART3 APPLICATION OF ENVIRONMENTAL GEOPHYSICS TO THE ENVIRONMENTAL PROBLEMS

- The Monitoring Prevention and Cure of Water-
Resource Contamination *Wang Liqun* (156)
- Application of Geophysical Technology to Environ-
mental Protection in Stack Fields of Solid
Wastes and Urban Garbages *Zhong Shihang* (169)
- Radiation *Yu Shuiquan* (173)
- Geological Mapping on Environmental Radon
..... *Chen Changli, Liu Qingcheng* (179)
- Earthquake Hazards and Surprising Geological-
Hazards *Zhang Shaoquan* (189)
- Solar-Perrestrial Space Environment and Its
Economic and Social Benefits *Liu Zhenxing* (205)

PART4 GLOBAL CHANGE

- Geophysics and the Researches of Global Change
..... *Jiang Hongyao* (222)

第一部分

概 论

环境与地球物理——环境地球物理学

蒋宏耀

(中国科学院自然与社会协调发展局, 北京 100864)

(中国地球物理学会)

环境问题是近 20 年来人们严重关切的重大问题之一。在解决环境问题的过程中, 逐步形成地球物理学的一个新的分支学科——环境地球物理学。

为了说明什么是环境地球物理学, 就不得不谈一谈什么是环境, 环境地球物理学是如何产生的, 以及它的定义和内容。

一、什么是环境

什么是环境? 有一些不同的说法:

《中国大百科全书·环境科学》下的定义是: “环境是指围绕着人群的空间, 及其中可以直接、间接影响人类生活和发展的各种自然因素的总体, 但也有些人认为环境除自然因素外, 还应包括有关的社会因素”。也就是说, 环境是以人类的总体、群体或个体为主体的所有外部因素的总和。

1982 年《McGraw-Hill 科学技术百科全书》第 5 版下的定义是: “环境是在生态上对生物体的生存及发展起作用的所有外部条件和影响的总和”; 而 1987 年第 6 版的定义则修改为: 环境是“一个生物体所经受的所有外部影响, 包括非生物影响(物理因素)及生物影响(其他生物体的作用)”。这二种定义的差别, 实质上是前者以生物(人类只是其中一个组成部分)的总体或群体

为主体，而后者则以生物的个体为主体。该书又进一步指出：所谓非生物因素是指光辐射、电离辐射（宇宙射线和放射性物质的电离辐射）、温度、水、大气气体（氧、二氧化碳）、风、水流、土壤、灾害（火灾、飓风、火山活动、滑坡、洪水）等，而生物因素是指生物天然的相互作用（掠夺和寄生、竞争与互助）和人类作用（化学污染、热污染、噪声污染及生存环境的变化与破坏）等。

以上这些定义的表达方式虽然有所不同，但基本的涵义还是大同小异的，即环境是指以人类或生物的总体、群体或个体作为主体的所有外部条件或影响的总和。目前，人们谈论环境，主要是指人类的生存环境，而且是以人类的总体作为主体来谈的，所以，本书涉及的环境，就是人类以外的所有因素，包括从地核、地幔、地壳、水圈、气圈，一直到宇宙空间（特别是太阳）的非生物因素和生物圈中除人类以外的所有生物体，当然也就包含了我们通常所说的资源在内。不过，人们最关心的环境还是人类活动的范围，即生物圈。《中华人民共和国环境保护法》就规定：“本法所称环境是指：大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等”，所以，环境保护的主要对象就是这个范围，概括一点说，即生物圈。

二、环境问题与环境地球物理学的形成

人类生存环境问题，是与人类的产生、发展而同时存在的。

在原始社会时期，水灾、旱灾、飓风、海啸、地震、山崩、火灾、毒蛇猛兽等等，时刻都在威胁人类的生存。所以在我国古代的传说中，有各种各样的人类与自然灾害斗争的故事，如有巢氏构木为巢，让人们能在树上安居，躲避猛兽的侵害；伏羲氏将一些野兽驯为家畜，变害为利；特别是大禹治水，将当时危害人民

最大的洪水问题解决了，人民安居乐业，生产力得到很大的发展。

人类在与自然灾害斗争的同时，还不断改善和保护自己生存的环境。如神农氏尝百草，教大家耕种，不但解决了吃饭问题，而且还找出许多治病的药物，来保护人民的健康和生命。另据考古资料，我国早在距今六七千年前烧制陶器时，就已采用烟囱排烟；距今4000多年前，就开始使用陶制的排水管道。公元前4世纪时，孟轲明确提出了保护环境的思想：“不违农时，谷不可胜食也；数罟不入洿池，鱼鳖不可胜食也；斧斤以时入山林，材木不可胜用也”（《孟子·梁惠王》），就是说，只要按照农时耕作，粮食是够吃的；打鱼不用网眼太密的网，鱼鳖也就会吃不完的；不要滥伐树木，材木也就会够用的了。比他稍晚的荀况说得更清楚：“草木荣华滋硕之时，则斧斤不入山林，不夭其生，不绝其长也；菑、蠃、鱼、鳖、鳍、鱉孕别之时，网罟毒药不入泽，不夭其生，不绝其长也；春耕、夏耘、秋收、冬藏四者不失时，故五谷不绝而百姓有余食也；污池渊沼川泽谨其时禁，故鱼鳖优多而百姓有余用也；斩伐养长不失其时，故山林不童而百姓有余材也”（《荀子·王制》）。这种封山育林、禁渔养鱼，保护资源的思想，至今仍有现实意义。

但是，由于人类对自然规律的认识不足，仍然干了许多蠢事，导致环境的破坏。

我国黄河流域的许多地方，古时候森林茂密，土地肥沃。秦代大兴土木建宫殿，毁坏了一些森林。到了汉代中叶，由于人口不断增长，因而大规模开荒种粮，虽然使农业生产得到了大发展，但却进一步破坏了大片森林，造成水土流失及土地荒漠化。

以蒸汽机为契机的产业革命，促进了资本主义社会的发展和繁荣，但大城市及工矿区大量废物的排放，又严重污染了环境。特别是第二次世界大战之后，生产力突飞猛进，环境的破坏更加严重，如：伦敦就多次发生毒烟雾事件，1952年12月的一次，短短

4天死亡的人数，就比常年同期多4000人；美国洛杉矶从40年代后，由于汽车的增多，夏季也经常出现光化学烟雾，对人体健康造成危害^[1]。

在这种情况下，本世纪50年代有些国家中出现了反污染运动，最后导致1972年联合国斯德哥尔摩人类环境会议的召开。会议通过的宣言指出，环境问题不仅是一个区域性问題，而且是一个全球性问题；呼吁各国政府和人民共同努力，保护和改善人类环境，为子孙后代造福。于是，“环境保护”一词开始得到广泛应用，连早就注重保护自然的苏联，也放弃其“自然保护”这一传统用语，转而采用“环境保护”了。从此，环境问题逐渐受到世界各国政府和人民的重视。

我国从50年代起就颁布了一些保护环境的法规；1956年提出了“综合利用”工业废物；60年代末提出了“三废”（废水、废气、废渣）处理和回收利用；1973年，国务院召开了第一次全国环境保护会议，制定了《关于保护和改善环境的若干规定（试行草案）》，明确提出“全面规划，合理布局，综合利用，化害为利，依靠群众，大家动手，保护环境，造福人民”的方针，并就全面规划、工业合理布局、改善老城市环境、综合利用、土壤和植物的保护、水系和海域的管理、植树造林、环境监测、环境科学研究和宣传教育、环境保护投资和设备十个方面，作了较全面的规定。其后，又制定了环境保护的其他法规、环境质量标准及污染物排放标准等。1974年，成立了国务院环境保护领导小组负责领导实施。

假如单纯从上述环境的定义来讨论，地球物理学从它产生的那一天起，就是一门研究人类生存环境的科学。因为地球物理学的几个分支学科——固体地球物理学、海洋物理学、大气物理学和空间物理学研究的就是发生在岩石圈、水圈、气圈、空间这些地球组成部分中，对人类生存有重要影响的环境状况及变化，如

地震、火山活动、潮汐、海流、海啸、飓风、气象、磁暴等等的科学；而勘探地球物理学也一直在为人类生存所必需的石油、天然气、煤、金属及其他非金属、地下水等资源的勘探作出重要的贡献。

但是，研究和了解环境，过去主要的目的在于利用。现在则进一步，把研究人类活动所引起的环境变化，保护和改善环境，使之更好地为人类生存服务，作为环境研究的主要内容，有人称之为狭义的环境科学。而这方面的工作，主要是 70 年代环境保护问题被明确地提出来之后，才开始蓬勃发展起来的。地球物理学也只是在这之后，才大规模地投入到这方面来，从而使地球物理学在环境问题中的应用研究达到了新的高度。而首先跨出这一步的，恐怕还是遥感。

从本世纪 50 年代开始，计算机及卫星以极其快速发展的态势，进入科学研究领域。1960 年 4 月 1 日，美国发射了世界第一颗气象卫星“泰罗斯 1 号”（即电视和红外观测卫星，Television and infrared observing satellite，简称 Tiros-1），使气象，特别是飓风等风害的预报有了长足的进展。这一事件，恐怕可以说是标志现代环境地球物理研究的真正开端。1972 年 7 月 23 日，美国又发射了世界第一颗地球资源技术卫星（Earth resources technology satellite，简称 ERTS-1，后改称陆地卫星 1 号，Landsat-1），用于调查地下矿藏、海洋资源及地下水，监测农、林、牧和水资源的合理利用，预报农作物的收成，研究植物的生长和地貌，考察和预报各种严重自然灾害和环境污染等。以后于 1975、1978 年又分别发射了陆地卫星 2 号及 3 号，1978 年还发射了“海洋卫星 1 号”。有的专家据美国宇航局资料估计，在这些卫星使用的初期，即 1975~1980 年间，一个地球资源卫星每年节省的费用约 10 亿美元，而每年的潜在收益近 200 亿美元。与此同时，航空及地面地球物理也扩大了在环境问题中的应用。

在上述形势下，1985年，《Geophysics the Leading Edge of Exploration》发表的地球物理经费分配情况报告里，首次列出一项新的内容——环境。1988年，《Geophysics》第一期及《Geophysics the Leading Edge of Exploration》第二期登载了一则准备出版一本名为《Environmental Geophysics》论文集的征文广告，这可能是书刊上第一次出现《环境地球物理学》这个名词。1989年，在中国地球物理学会第5届学术年会上，张立敏等作了《地球物理学的一个新的应用领域——环境地球物理探测》的报告^[2]，报告建议：应将“研究环境问题的地球物理学称之为环境地球物理学，而探测环境状况的地球物理方法称之为环境地球物理探测方法”。1990年，在欧洲勘探地球物理工作者联合会的学术年会上，加拿大的格林豪斯(John P. Greenhouse)作了题为《环境地球物理：是时候了》(Environmental geophysics: It's about time)的报告^[3]，报告指出：从70年代末以来，环境地质就确立为一分支学科，而地球物理学虽然在环境问题中已大量应用，可是仍然没有打出环境地球物理学的旗号。环境事业中有地球物理的地位，地球物理工作者应把握住这个阵地，继续确立和定义环境地球物理的领域。同年，莫斯科大学的奥基尔维(А. А. Огильви)在《探矿与护矿》(《Разведка и Охрана Недр》)第8期上发表了一篇名为《工程水文地球物理的现实问题》的文章，说到地球物理一个新的方向的形成，并称之为“生态地球物理学”(Экологическая геофизика)。他说：这一新方向的主要涵义是研究在自然-人类活动地球系统范围内形成的物理场，研究结果是对地质环境的负面变化作出评价及预测。生态地球物理研究的对象是复杂的多元自然-人类活动系统：作用源—物理场—地质环境—人类活动引起的异常。由该系统各组分的时空关联决定的系统的结构，可用不同比例尺的地球物理系统观测来研究。这些观测是在宇宙、空中、地面、井下不同水准面上进行的。生态地球物理学的任务是：对自然地质、工

程地质、水文地质状况作出总的评估；阐明保护地质环境免受各种类型人类活动作用的程度；弄清人类活动作用源及其与物理场的关系；预测由人类活动引起的地质环境随时空而变化的强度。从他对“生态地球物理学”的这些表述来看，他所定义的生态地球物理学应该称为环境地球物理学，因为它研究的是环境，而不是生态。

也就是在1990年，美国的勘探地球物理工作者协会(SEG)出版了一套三卷的《土工及环境地球物理学》(Geotechnical and Environmental Geophysics)论文集^[4]，这是第一套以环境地球物理学命名的论文集。1995年德国出版了沃格尔桑(Dieter Vogelsang)编著的《环境地球物理学》(Environmental Geophysics)一书^[5]，这是第一本以环境地球物理学命名的专著。这些文集和专著的出版，标志了环境地球物理学这一新的地球物理分支学科的基本形成。

三、环境地球物理学的定义及作用

根据以上所述，现在可以给环境地球物理学下一个定义，即：应用地球物理学的理论和方法，通过环境物理性质的差异和变化或其形成的物理场来研究解决环境问题（包括环境监测、保护和改善）的学科，称为环境地球物理学。

定义虽然如此，但一牵涉到它的具体研究内容，还是有一些不同的看法。

一种看法是：环境地球物理学研究的内容，即环境所定义的领域，他包括人类以外的，上至宇宙空间，下及地核的整个大系统（生物及非生物都在其内），不过它研究的重点，不是环境各个组成部分的本身，而是它对人类生存所起的作用。如对生物，环境地球物理学研究的至要不是生物本身（那是生物学的内