

中国地球物理学会环境地球物理专业委员会

环境地球物理学概论

AN INTRODUCTION TO ENVIRONMENTAL
GEOPHYSICS

▶ 程业勋 杨进 主编

地质出版社

环境地球物理学概论

An Introduction to Environmental Geophysics

程业勋 杨 进 主 编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

环境地球物理学是地球物理学应用于环境问题而产生的新兴学科。本书分为两篇,共13章。基础篇,介绍太阳辐射和地球环境,地球环境污染概述,环境地磁方法,环境电法勘查,弹性波勘查方法。应用篇,介绍气候变化的地球物理研究方法,废弃物填埋场建设与监测,工业泄漏与废液渗漏监测,水环境污染的检测与处置,自然灾害的勘查和预报。作者从环境基本问题入手,较系统介绍地球物理学应用于环境问题;本书可供地球物理工作者、环境工作者及高等院校有关专业师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

环境地球物理学概论/程业勋,杨进主编. —北京:
地质出版社, 2005. 3
ISBN 7-116-04352-7

I. 环... II. ①程... ②杨... III. 环境物理学: 地
球物理学 IV. X14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 018545 号

责任编辑: 赵俊磊 曹美芳 陈军中

责任校对: 郭慧兰

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@ gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京中科印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm¹/₁₆

印 张: 24

字 数: 550 千字

印 数: 1—1100 册

版 次: 2005 年 3 月北京第一版 · 第一次印刷

定 价: 50.00 元

ISBN 7-116-04352-7/P · 2549

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社出版处负责调换)

序

环境地球物理学是环境地学的一个重要组成部分，也是地球物理学的一个新兴的分支学科。它运用地球物理的理论、方法去研究、解决环境问题。

把地球物理学应用于环境领域，国内外都早已进行过一定工作，并取得一些有意义成果；但这些工作往往被归之于工程地球物理、水文地球物理，或广义的环境地质工作之中，而不单列名目。直到 20 世纪 80 年代，环境污染呈现严峻的形势，吸引了许多学科的科技人员进一步参加攻关。一些国家地球物理部门投入环境问题的资金，也有大幅度增加。地球物理应用的目的不限于对自然地质灾害的防治，更主要的是研究、解决环境污染问题，这些并很快成为新的前沿领域。社会需求的强化和实际工作成果的积累，推动了地球物理学和环境科学的进一步结合，促进了环境地球物理学作为一个独立学科的诞生和发展。这种现象在教育、出版、学会活动和就业分布等方面都迅速有所体现。

同国际发展趋势基本同步，我国有关部门在这一期间也加强了包括物探工作在内的环境地质工作。地质工作从以资源为主逐渐向资源和环境并重的方向转变。不少地学工作者，其中包括地球物理工作者，把研究领域转向环境或资源和环境并重。一些高等学校开设了环境地球物理课程，有关学会加强了环境工作。环境地球物理的应用得到了国家环境保护总局和有关地方环保部门的支持。

成立于 1993 年的中国地球物理学会环境地球物理专业委员会，始终以促进我国环境地球物理学的发展为己任，坚持从普及和提高两个方面开展工作。进行了多种方式的宣传和介绍，以增强环境界和地球物理界的相互了解。组织开展了试验研究，探索如何开拓服务领域、确立符合实际的主导性任务内容、增加有效的方法技术手段。在此基础上，推动学科建设。1997 年，在庆祝中国地球物理学会成立 50 周年之际，专委会组织专家编写了《环境与地球物理》文集，向社会介绍环境地球物理学。为了与新的发展相适应，进一步系统、深入地介绍环境地球物理学，以满足有关方面的需要，近期组织教授、专家编著了《环境地球物理学概论》。

《环境地球物理学概论》编写出版的目的在于推动环境地球物理学在我国的进一步应用、研究和发展。在编写的思路中，注重了论述的全面性、基础性和突出某些重点。除了对自然灾害的探测占有一定篇幅之外，重点对人为环境污染和污染源的探测进行了论述。

在基础部分，对过去勘探地球物理涉及较少，而其又是环境地球物理基础的地球环境背景和人为环境污染问题，作了概括性论述，以阐明环境问题的发生和发展基础。在物理基础方面，考虑到环境地球物理的特点和本书篇幅所限，主要论述了电（磁）法和磁法，并对探测污染比较有效的遥感技术和激光雷达等作了简要介绍。

在应用部分，书中以七个章节较全面地论述了环境地球物理的应用领域，突出描述了污染源的探测。地下污染具有隐蔽性和滞后性，一般不易察觉，治理困难。如果在污染扩散之初就被及时发现，并得到及时治理，就可以有效地保护土壤和地下水不受污染。在环境科学中，环境地球物理学是惟一能够在地面探测地下污染物的空间分布和流向的分支学科。书中对应用于大气污染问题的方法技术，以及环境辐射的探测技术和研究方法等也都作了重点论述。自然灾害的探测方面，重点增加了预测、预报的基本原理，并在书中占有一定分量。

当前，我国人民正在按照科学的发展观，向全面建设小康社会的宏伟目标迈进。在这一进程中，环境保护工作必将持续加强。处于初创阶段的环境地球物理学，将得到进一步的应用和发展。环境地球物理学作为一个独立学科，也将不断得到充实、完善和提高。希望本书的出版，能够对这些方面的实现有所促进。

夏国治
2004年6月

前 言

以工业革命为标志的人类社会经济迅速发展，为人类带来了福音；同时，也带来一些棘手的大问题，如环境污染问题。不合理的开发利用资源、过量排放废物，破坏了大气圈、水圈、岩石（土）圈和生物圈之间物质的正常循环和能量的正常交换，导致资源浪费和环境恶化。1972年联合国在斯德哥尔摩召开了“人类环境大会”，发表了《人类环境宣言》，告诫人们环境污染已经直接威胁到人类的生存与发展。宣言吸引了众多学科研究环境问题，这对地球物理探测环境污染提出了新的要求。

环境地球物理是新近发展起来的分支学科，大多数学者认为其涉及的研究范围应当包括自然成因的环境灾害、人为成因的环境污染的物质流和能量流的探测和预报；涉及的空间应当包括大气圈、水圈、岩石（土）圈和生物圈，也就是地球物理学的范围。也有人认为，环境地球物理属应用地球物理范畴，也就是勘探地球物理的延伸与发展，主要是对人为地下污染物质的探测。我们认为，环境地球物理主要是适应日益严重的环境污染而发展起来的，应当尽其所能发挥特长，在所有环境的领域做出贡献。因此，本书编写中涉及的环境领域略宽。

本书分为基础篇和应用篇两大部分，共13章。第1、2、3章和第7章的第1、2、3、6、7节由程业勋编写；第4、6章由杨进编写；第5、12章由潘玉玲编写；第7章中的第4、5节由周蓉生编写；第8、9章由刘海生和侯胜利编写；第10章由王南萍编写；第11章由赵章元编写；第13章由郭增建编写，其中第5节由徐文耀编写。最后，书稿由程业勋和杨进统编。

本书由中国地球物理学会环境地球物理专业委员会组织编写，有关人员先后对编写提纲进行了讨论，编写工作得到了全体委员的关注。中国地质调查局基础部王平教授对本书的编写、出版给予了大力支持。在编写过程中，还得到侯国良高工、朱立博士、林宗博士以及武炜博士生等积极提供资料和查找资料。在此一并对以上人员表示感谢。

环境地球物理在我国仅处在起步阶段，累计的资料不多（有少量资料仅在文中说明，未在参考文献中列出）。为了推动发展，捡来他山之石，建我中华，必将引出更多的金玉之作。

由于编写仓促，错误之处，万望指正。

编者
2004年6月

目 录

序

前 言

第1章 概 论	(1)
1.1 环境与环境问题	(1)
1.1.1 环境概念与分类	(1)
1.1.2 地球环境的演化	(2)
1.1.3 环境问题	(2)
1.2 环境地球物理学的发展与任务	(4)
1.2.1 环境地球物理学的形成	(4)
1.2.2 环境地球物理学的确定内容	(5)
1.2.3 环境地球物理学的特点	(6)
1.2.4 与相关学科的关系	(7)

基 础 篇

第2章 太阳辐射与地球环境	(11)
2.1 地球的物质结构	(11)
2.1.1 地球在太阳系中的位置	(11)
2.1.2 地球的形状与重力场	(12)
2.1.3 地球的构造	(13)
2.1.4 地球的物质组成	(15)
2.2 太阳与地球的空间作用	(16)
2.2.1 太阳的结构	(16)
2.2.2 太阳的辐射	(16)
2.2.3 太阳与地球的空间作用	(17)
2.3 大气的成分与结构	(19)
2.3.1 大气的物质成分	(19)
2.3.2 大气的结构	(20)
2.4 太阳辐射与大气相互作用	(22)
2.4.1 太阳辐射光谱	(22)
2.4.2 大气的散射作用	(23)
2.4.3 大气的折射	(24)
2.4.4 大气的吸收	(24)
2.5 地表热平衡与地球环境	(25)
2.5.1 地面热能平衡	(25)
2.5.2 大气环流的形成	(26)

2.5.3 海洋与大气相互作用	(28)
2.6 地面物体的光反射——可见光遥感的物理基础	(29)
2.6.1 水的反射光谱特性	(29)
2.6.2 植物的反射光谱特性	(30)
2.6.3 土壤的反射光谱特性	(31)
2.6.4 岩石的光谱特性	(31)
2.7 地球内部热源与地热测量	(32)
2.7.1 地球热能的来源	(33)
2.7.2 地球内部热能分布与地热场	(33)
2.7.3 地球的热传导方式	(34)
第3章 地球环境污染概述	(37)
3.1 大气环境污染	(37)
3.1.1 大气污染物与污染源	(37)
3.1.2 大气污染的危害	(39)
3.2 岩石圈表生带与土壤的环境污染	(44)
3.2.1 板块运动与全球变化	(44)
3.2.2 生态破坏与物质循环失衡	(45)
3.2.3 城市生活与工业废弃物对土壤的污染	(47)
3.2.4 石油及其化学物质造成土壤污染	(48)
3.2.5 农药使用对土壤的污染	(48)
3.2.6 土壤的自净与容量	(48)
3.2.7 土壤环境中污染物的迁移与转化	(49)
3.3 水环境污染	(50)
3.3.1 水体污染物和污染源	(51)
3.3.2 地下水污染	(52)
3.3.3 水体的自净与转化	(52)
3.4 物理环境问题	(53)
3.4.1 环境声学	(53)
3.4.2 环境振动	(56)
3.4.3 环境电磁学	(58)
3.4.4 光环境学	(60)
第4章 环境地磁方法	(62)
4.1 地球磁场与磁异常	(62)
4.1.1 地磁要素与分布	(62)
4.1.2 地磁场结构和磁异常	(63)
4.1.3 地磁场分布	(64)
4.1.4 地磁场的变化	(64)
4.2 天然物质的磁性特征	(67)
4.2.1 天然物质的磁性	(67)
4.2.2 物质的磁化强度与磁化率	(68)
4.2.3 铁磁物质的磁滞特征	(70)
4.2.4 物质的剩余磁性	(70)

4.3	磁性矿物与环境系统	(71)
4.3.1	磁性矿物的循环	(72)
4.3.2	磁性物质流与环境关系	(73)
4.4	磁力仪与磁测方法	(73)
4.4.1	磁力测量仪器的基本原理	(73)
4.4.2	环境样品磁性测量	(75)
4.5	高精度磁测	(76)
4.5.1	高精度磁测方法	(77)
4.5.2	数据的处理与解释	(78)
4.5.3	实际应用	(79)
第5章	环境电法勘查方法	(84)
5.1	地球电场概述	(85)
5.1.1	天然电磁场的特点	(85)
5.1.2	地下局部相对稳定的电流场——自然电场	(87)
5.1.3	被动源人工高频电磁波场	(88)
5.1.4	主动源稳定电流场和交变电磁场	(89)
5.2	电阻率法	(92)
5.2.1	电阻率法的基本原理	(92)
5.2.2	电阻率法的常用电极装置类型	(94)
5.2.3	高密度电阻率法	(94)
5.3	自然电场法	(99)
5.4	激发极化法	(100)
5.4.1	激发极化的机理	(101)
5.4.2	激发极化的特性	(102)
5.4.3	激发极化法测量中的视参数	(105)
5.4.4	激发极化法的装置	(107)
5.5	电磁感应法	(107)
5.5.1	频率域电磁法	(108)
5.5.2	时间域电磁法	(110)
5.6	探地雷达	(112)
5.6.1	方法原理及其技术特点	(112)
5.6.2	仪器和野外测量方式	(114)
5.6.3	数据处理和解释	(115)
5.7	地面核磁共振方法	(116)
5.7.1	地面核磁共振找水方法的基本原理	(117)
5.7.2	NMR 方法的仪器特点及找水工作	(120)
5.7.3	数据处理、解释及其应用	(121)
5.8	激光技术与激光雷达方法	(122)
5.8.1	激光雷达的基本原理	(123)
5.8.2	激光雷达的应用	(125)
5.8.3	激光测量方法的应用	(127)

第6章 弹性波及其勘查方法	(131)
6.1 弹性波与传播介质	(131)
6.1.1 弹性波在介质中的传播特征	(131)
6.1.2 弹性波及其特征	(132)
6.2 地震勘查方法	(139)
6.2.1 野外勘查数据采集	(139)
6.2.2 资料处理与地质解释	(140)
6.3 瑞利面波方法和层析技术	(143)
6.3.1 瑞利面波方法	(143)
6.3.2 地震波层析技术	(145)
6.4 声波勘测方法	(147)
6.4.1 声辐射监测与工作方法	(148)
6.4.2 数据分析技术与解释	(149)

应 用 篇

第7章 气候变化的地球物理研究方法	(153)
7.1 气候变化的地温研究方法	(153)
7.2 地磁场与气候变化	(156)
7.3 利用天然 γ 测井曲线反演古气候变化	(157)
7.4 沙尘暴的来源与监测	(158)
7.4.1 沙尘暴现象的演化历史及地域分布	(159)
7.4.2 沙尘暴的发生条件	(159)
7.4.3 沙尘暴的发生步骤	(161)
7.4.4 沙尘暴的影响因素	(162)
7.4.5 沙尘暴的防治	(163)
7.4.6 沙尘暴的监测及预报	(165)
7.5 大气中颗粒物危害	(167)
7.5.1 大气颗粒物的研究方法	(168)
7.5.2 大气颗粒物研究内容	(170)
7.5.3 大气颗粒物的来源解析	(171)
7.5.4 大气颗粒物的干湿沉降和环境效应	(174)
7.6 磁性与大气微粒污染源判断研究	(175)
7.7 酸沉降污染卫星遥感调查	(176)
7.7.1 基本依据	(176)
7.7.2 工作方法	(177)
7.7.3 四川地区酸沉降分布	(177)
第8章 废弃物填埋场建设与监测	(179)
8.1 垃圾填埋场地基及地下浅水层勘测	(179)
8.1.1 地基勘察的电阻率方法	(180)
8.1.2 地基勘察的电磁感应法	(187)
8.1.3 地基构造调查的氦气测量法	(188)

8.1.4	地基构造调查的浅层地震法	(188)
8.1.5	探地雷达探测地下断层和结构	(190)
8.2	地下固体废弃物勘察	(192)
8.3	垃圾填埋场渗漏液的监测	(193)
8.3.1	垃圾填埋场渗漏液性质	(193)
8.3.2	地球物理探测方法	(198)
8.3.3	挥发性气体 (VOC) 探测方法	(204)
8.4	核废料渗漏监测	(205)
8.4.1	放射性废物的分类	(206)
8.4.2	放射性废物的地质处置	(207)
8.4.3	放射性废物的渗漏监测	(209)
第9章	工业泄漏及废液渗漏监测	(231)
9.1	地下输储油气管道泄漏探测	(232)
9.1.1	地下管道位置探测方法	(233)
9.1.2	管道腐蚀检测方法	(233)
9.2	油、气泄漏的探测	(237)
9.2.1	漏油区的电阻率特征	(238)
9.2.2	介质特征与探地雷达测量 (GPR) 方法	(242)
9.2.3	油气污染监测的红外吸收光谱法	(242)
9.2.4	NDIR 装置系统	(246)
9.2.5	挥发性气体探测方法	(246)
第10章	放射性辐射环境监测	(250)
10.1	放射性与环境辐射	(250)
10.1.1	放射性基础知识	(250)
10.1.2	环境辐射源	(252)
10.1.3	辐射的生物效应	(256)
10.1.4	放射性的物理量和单位	(256)
10.2	环境辐射监测方法	(258)
10.2.1	总放射性活度测定	(258)
10.2.2	低本底 γ 能谱分析	(264)
10.2.3	剂量测量的仪器及原理	(270)
10.2.4	土壤中氡浓度测量	(271)
10.2.5	室内氡测量方法	(272)
10.2.6	水中氡浓度测量	(276)
10.3	区域环境天然放射性水平测量	(277)
10.3.1	环境辐射剂量率测量	(277)
10.3.2	环境氡的测量	(278)
10.4	核辐射应急监测	(280)
10.4.1	核事故早期的场外辐射监测	(281)
10.4.2	核事故中期的场外辐射监测	(285)
10.5	建筑材料放射性测量与评价	(285)
10.5.1	建筑材料的分类	(286)

10.5.2	建筑材料中的主要放射性核素	(286)
10.5.3	天然石材现场快速评价方法	(287)
第 11 章	水环境污染的检测与处置	(289)
11.1	地表淡水污染的检测与处置	(289)
11.1.1	我国江河湖海污染的发展态势	(289)
11.1.2	水污染的探测技术	(290)
11.1.3	湖水酸化污染的磁化率研究	(291)
11.1.4	水华蓝藻的处置试验	(292)
11.2	地下水污染的监测与处置	(293)
11.2.1	地下水的污染状况	(293)
11.2.2	地下水污染的探测方法	(294)
11.2.3	地下水漏斗的监测	(296)
11.2.4	地下水污染源的屏障处置技术	(297)
11.3	海水污染的监测与处置技术	(298)
11.3.1	卫星遥感探测赤潮的分布	(299)
11.3.2	地磁异常预测赤潮的尝试	(300)
11.3.3	赤潮的处置技术	(300)
11.3.4	海洋事故溢油的监测	(301)
11.3.5	海洋事故溢油的应急处置方法	(303)
11.4	海水入侵的探测	(304)
11.4.1	海水入侵的探测方法	(305)
11.4.2	海水入侵的防治	(308)
第 12 章	自然灾害的勘查	(309)
12.1	滑坡勘查	(309)
12.1.1	滑坡勘查的物性前提	(310)
12.1.2	滑坡形成的地球物理研究方法	(310)
12.1.3	用地球物理方法确定滑坡体的边界范围及滑面深度	(312)
12.1.4	滑坡的预测和监测方法	(316)
12.1.5	滑坡的防治	(320)
12.2	塌陷勘查	(321)
12.2.1	探查塌陷形成条件	(321)
12.2.2	喀斯特断裂及其充填物的岩石物理特征	(323)
12.2.3	应用实例	(324)
12.3	地裂缝勘查	(326)
12.3.1	用高密度电法对地裂缝进行探测	(326)
12.3.2	用高分辨率地震技术研究地裂缝成因	(328)
12.4	地面沉降的勘查	(328)
12.5	采空区勘查	(329)
12.6	陷落柱勘查	(330)
12.6.1	放射性方法——测量 ²¹⁸ Po核素	(330)
12.6.2	高密度电法	(332)
12.6.3	瞬变电磁法	(332)

12.6.4	地震法	(332)
12.6.5	高精度磁测	(333)
12.7	煤层自燃勘查	(334)
12.7.1	氦气测量	(334)
12.7.2	用磁法勘查大致确定过火区范围	(334)
12.7.3	浅层测温法	(334)
12.8	土壤盐碱化调查	(335)
12.8.1	土壤盐碱化调查方法	(336)
12.9	堤坝隐患探测	(338)
第13章	自然灾害预测预报	(340)
13.1	重大自然灾害的预测原理	(340)
13.1.1	预测原理	(340)
13.1.2	预测思想和方法	(341)
13.2	地震的产生	(344)
13.2.1	早期的断层学说	(344)
13.2.2	断层学说的发展	(345)
13.2.3	组合模式	(347)
13.3	地震带及地震预测	(348)
13.3.1	全球地震带和中国地震带	(348)
13.3.2	地震预测	(350)
13.4	沙漠化研究	(354)
13.4.1	沙漠化的形成假说	(354)
13.4.2	中国的沙漠地带	(355)
13.4.3	为何中国沙漠位置偏北	(356)
13.4.4	黄土与沙漠化的关系	(356)
13.4.5	中国历史上的沙漠化	(356)
13.4.6	地形与沙漠化	(357)
13.4.7	大地震与沙漠化	(357)
13.4.8	构造稳定性与沙漠化	(358)
13.4.9	河流与沙漠的关系	(359)
13.4.10	沙漠化与沙尘暴	(359)
13.4.11	制止沙漠化的对策	(359)
13.4.12	地球熵增与沙漠化	(359)
13.5	空间天气	(359)
13.5.1	空间天气是什么?	(359)
13.5.2	空间天气产生的科学背景和应用背景	(360)
13.5.3	空间天气研究和预报的主要内容	(360)

Content

Foreword

Preface

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Environment and Environmental Problem	(1)
1.1.1 Concept and Classification	(1)
1.1.2 Evolvement of Earth Environment	(2)
1.1.3 Environmental Problem	(2)
1.2 Development and Task of Environmental Geophysics	(4)
1.2.1 Formation of Environmental Geophysics	(4)
1.2.2 Definite Content of Environmental Geophysics	(5)
1.2.3 Characteristics of Environmental Geophysics	(6)
1.2.4 Connection with Correlative Subject	(7)

Foundation

Chapter 2 Solar Radiation and Earth Environment	(11)
2.1 Physical Structure of Earth	(11)
2.1.1 Location of Earth in Solar System	(11)
2.1.2 Shape and Gravity Field of Earth	(12)
2.1.3 Structure of Earth	(13)
2.1.4 Physical Makeup of Earth	(15)
2.2 Space Action of Sun and Earth	(16)
2.2.1 Structure of Sun	(16)
2.2.2 Radiation of Sun	(16)
2.2.3 Space Action between Sun and Earth	(17)
2.3 Component and Structure of Atmosphere	(19)
2.3.1 Component of Atmosphere	(19)
2.3.2 Structure of Atmosphere	(20)
2.4 Interaction of Solar Radiation and Atmosphere	(22)
2.4.1 Solar Radiation Spectrum	(22)
2.4.2 Scattering of Atmosphere	(23)
2.4.3 Refraction of Atmosphere	(24)
2.4.4 Absorption of Atmosphere	(24)
2.5 Superterranean Thermal Equilibrium and Earth Environment	(25)
2.5.1 Geoclimatic Thermal Energy Balance	(25)

2.5.2	Formation of Atmospheric Circulation	(26)
2.5.3	Interaction of Sea and Atmosphere	(28)
2.6	Physical Basis of Visible Spectral Remote Sensing	(29)
2.6.1	Reflection Spectrum of Water	(29)
2.6.2	Reflection Spectrum of Plant	(30)
2.6.3	Reflection Spectrum of Soil	(31)
2.6.4	Spectrum Characteristic of Rock	(31)
2.7	Inner Heat Source of Earth and its Measurement	(32)
2.7.1	Source of Geoheat	(33)
2.7.2	Distribution of Internal Heat Energy in Earth and Geothermal Field	(33)
2.7.3	Styles of Heat Conduction in Earth	(34)
Chapter 3	Introduction to Earth Environmental Contamination	(37)
3.1	Atmospheric Contamination	(37)
3.1.1	Contaminants of Atmosphere and its Source	(37)
3.1.2	Endangerings of Atmospheric Contamination	(39)
3.2	Environmental Contamination of Lithospheric Hypergene Zone and Soil	(44)
3.2.1	Plate Motion and Global Change	(44)
3.2.2	Ecological Damage and Unbalance of Material Circulation	(45)
3.2.3	Contamination of Soil by Urban Domestic and Industrial Waste	(47)
3.2.4	Contamination of Soil by Petroleum and its Chemical Species	(48)
3.2.5	Contamination of Soil by Agriculture Chemical	(48)
3.2.6	Autopurification and Capability of Soil	(48)
3.2.7	Migration and Transformation of Contaminant in Soil Environment	(49)
3.3	Aquatic Environmental Contamination	(50)
3.3.1	Contaminant in Water and its Source	(51)
3.3.2	Contamination in Groundwater	(52)
3.3.3	Autopurification and Transformation of Water	(52)
3.4	Physical Environmental Problem	(53)
3.4.1	Environmental Acoustics	(53)
3.4.2	Environmental Vibration	(56)
3.4.3	Environmental Electromagnetics	(58)
3.4.4	Environmental Optics	(60)
Chapter 4	Environmental Geomagnetic Method	(62)
4.1	Geomagnetic Field and Magnetic Anomaly	(62)
4.1.1	Geomagnetic Elements and its Distribution	(62)
4.1.2	Structure of Geomagnetic Field and Magnetic Anomaly	(63)
4.1.3	Distribution of Geomagnetic Field	(64)
4.1.4	Change of Geomagnetic Field	(64)
4.2	Characteristics of Natural Magnetic Substance	(67)
4.2.1	Magnetism of Natural Substance	(67)
4.2.2	Magnetization and Magnetic Susceptibility of Substance	(68)
4.2.3	Hysteresis Characteristic of Ferromagnetic Substance	(70)

4.2.4	Remanent Magnetism of Substance	(70)
4.3	Magnetic Mineral and Environmental System	(71)
4.3.1	Circulation of Magnetic Mineral	(72)
4.3.2	Examples of Connection between Magnetic Material Flow and Environment	(73)
4.4	Magnetometer and Magnetic Survey Method	(73)
4.4.1	Fundamental Principle of Magnetometer	(73)
4.4.2	Magnetic measurement of Environmental Sample	(75)
4.5	Magnetic Measurement with High Precision	(76)
4.5.1	Magnetic Measurement Method with High Precision	(77)
4.5.2	Data Processing and Interpretation	(78)
4.5.3	Application	(79)
Chapter 5	Environmental Electrical Method	(84)
5.1	Introduction of Geoelectric Field	(85)
5.1.1	Characteristics of Natural Electromagnetic Field	(85)
5.1.2	Natural Electric Field	(87)
5.1.3	Artificial High – frequency Electromagnetic Field in Passive Source	(88)
5.1.4	Constant Electric Field of Active Source	(89)
5.2	Resistivity Method	(92)
5.2.1	Fundamental Principle	(92)
5.2.2	Typical Electrode System	(94)
5.2.3	High Density Resistivity Method	(94)
5.3	Method of Natural Electric Field	(99)
5.4	Induced Polarization Method	(100)
5.4.1	Mechanism of Induced Polarization	(101)
5.4.2	Characteristic of Induced Polarization	(102)
5.4.3	Apparent Parameters of Induced Polarization Method	(105)
5.4.4	Induced Polarization System	(107)
5.5	Electromagnetic Induction Method	(107)
5.5.1	Electromagnetic Method in Frequency Domain	(108)
5.5.2	Electromagnetic Method in Time Domain	(110)
5.6	Ground Penetrating Radar	(112)
5.6.1	Principle and Technical Characteristics	(112)
5.6.2	Apparatus and Field Measurement System	(114)
5.6.3	Data Processing and Interpretation	(115)
5.7	Ground Nuclear Magnetic Resonance Method	(116)
5.7.1	Fundamental Principle of NMR	(117)
5.7.2	Characteristics of NMR Apparatus and Water Detection	(120)
5.7.3	Data Processing, Data Interpretation and Application	(121)
5.8	Laser Technology and Laser Radar Method	(122)
5.8.1	Fundamental Principle of Laser Radar	(123)
5.8.2	Application of Laser Radar	(125)
5.8.3	Application of Laser Measurement Method	(127)

Chapter 6 Elastic Wave and Surveying method	(131)
6.1 Elastic Wave and Transmission Medium	(131)
6.1.1 Transmission Characteristics of Elastic Wave in Medium	(131)
6.1.2 Elastic Wave and its Characteristics	(132)
6.2 Seismic Prospecting Method	(139)
6.2.1 Data Gathering	(139)
6.2.2 Data Processing and Geologic Interpretation	(140)
6.3 Method of Rayleigh Surface Wave Method and Tomography Technology	(143)
6.3.1 Rayleigh Surface Wave Method	(143)
6.3.2 Seismic Tomography	(145)
6.4 Acoustic Method	(147)
6.4.1 Acoustic Radiation Monitoring and Methods	(148)
6.4.2 Data Analysis and Interpretation	(149)

Application

Chapter 7 Geophysical Method for Climate Change	(153)
7.1 Earth Temperature Method	(153)
7.2 Geomagnetic Field and Climate Change	(156)
7.3 To Research Paleoclimate Change Using Natural γ Logging	(157)
7.4 Source and Monitoring of Sandstorm	(158)
7.4.1 Evolvement and Geographic Distribution	(159)
7.4.2 Generation Condition	(159)
7.4.3 Generation Procedure	(161)
7.4.4 Influential Factor	(162)
7.4.5 Control	(163)
7.4.6 Monitoring and Prediction	(165)
7.5 Endangerings of Atmospheric Granule	(167)
7.5.1 Research Method of Atmospheric Granule	(168)
7.5.2 Research Content of Atmospheric Granule	(170)
7.5.3 Source Analysis of Atmospheric Granule	(171)
7.5.4 Dry or Wet Sedimentation and Environmental Effect of Atmospheric Granule	(174)
7.6 To Research of Magnetic and Atmospheric Particulate	(175)
7.7 Survey of Acid Deposition Contamination using Contaminant Source	(176)
7.7.1 Basic Phenomena	(176)
7.7.2 Methods	(177)
7.7.3 Acid Deposition in Sichuan Province	(177)
Chapter 8 Construction and Monitoring of Waste Landfill	(179)
8.1 Investigation of Landfill Foundation and Water Table Aquifer	(179)
8.1.1 Using Resistivity Method to Prospect Foundation	(180)
8.1.2 Using Electromagnetic Induction Method to Prospect Foundation	(187)
8.1.3 Using Radon Survey to Investigate Ground Construction	(188)