

农业地质地球化学 评价方法研究

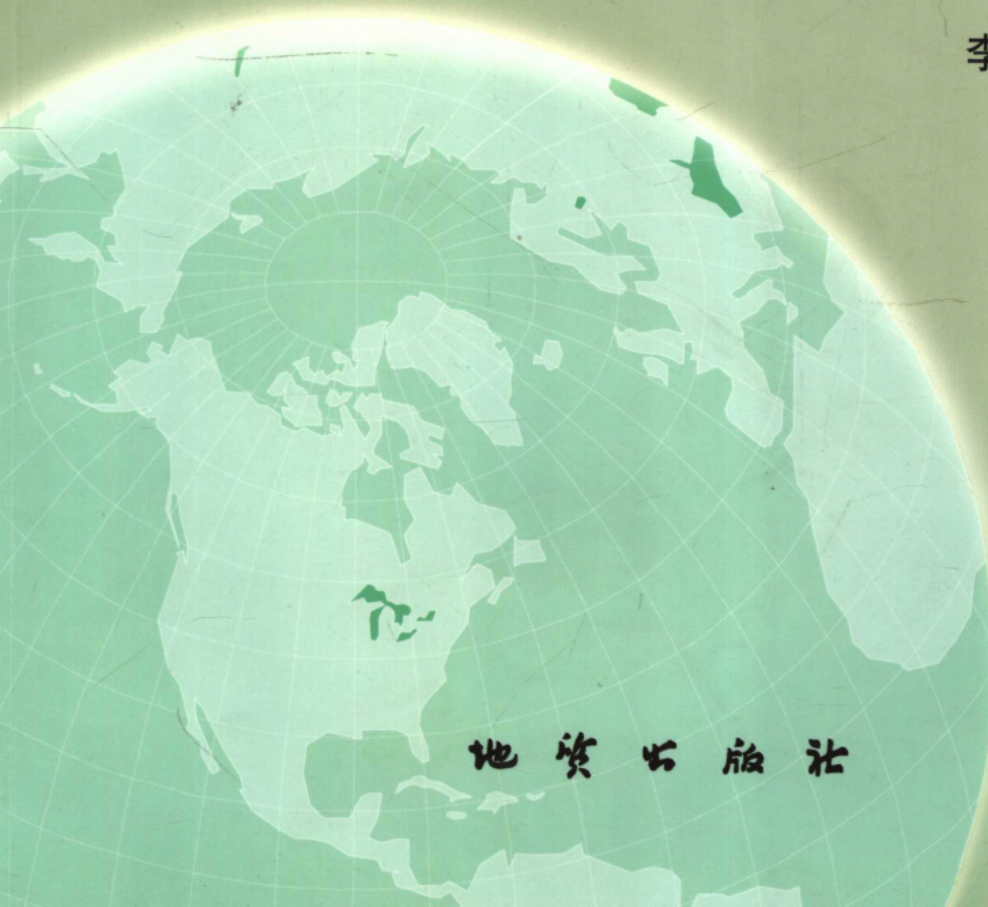
——土地生态安全之地学探索

NONGYE DIZHI DIQIU HUAXUE

PINGJIA FANGFA YANJIU

TUDI SHENGTAI ANQUAN ZHI DIXUE TANSUO

李瑞敏 等著



地质出版社

农业地质地球化学评价方法研究

——土地生态安全之地学探索

ISBN 978-7-116-05095-2



9 787116 050952 >

定价：25.00 元

农业地质地球化学评价方法研究 ——土地生态安全之地学探索

李瑞敏 刘永生 陈有鑑 著
王支农 王 轶

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是环境地质和第四纪地质工作者面向新农村建设开展的土地生态安全评价之地质探索。作者从当前土地质量评价面临的问题出发,以第四纪地质学、水文地球化学、植物营养与植物生理学、系统论的思想和方法为理论基础,建立了土地生态安全评价的理论;以土壤地球化学调查数据为基础,建立了农业地质地球化学评价方法,并以浙江省上虞市为例实践了该评价方法,具有较强的使用价值和借鉴意义。

本书是地质科学致力于土地资源和地质环境管理之技术支撑的范例,可供地质、土地、环境等科学工作者和有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

农业地质地球化学评价方法研究:土地生态安全之地质探索/李瑞敏等著. —北京:地质出版社, 2007. 1
ISBN 978-7-116-05095-2

I. 农... II. 李... III. 土壤地球化学—地球化学分析 IV. S153. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 162709 号

责任编辑:孙亚芸

责任校对:郑淑艳

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); (010) 82324569 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京北林印刷厂

开 本:787 mm × 1092 mm $\frac{1}{16}$

印 张:7.75

字 数:186 千字

印 数:1—1000 册

版 次:2007 年 1 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:25.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-05095-2

审 图 号:GS (2006) 1697 号

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

序

土地是人类生存和繁衍的物质基础和必要条件。土地质量是不可忽视的环境问题。在全国农业地质环境调查中,某些 Cd 高值区部分农作物中重金属的检出,引起了政府和科学家们的高度关注。土地质量的评判就成为环境质量评价的重要前提。那么,土地中重金属元素含量达到什么程度就会对农产品质量构成威胁?换句话说,如何利用土壤地球化学调查数据科学评价土地对农产品质量安全的保障程度,是一个十分重要的科学问题。

作者以华北平原为例,在地表土壤元素的组成分布等土壤地球化学调查资料的综合分析基础上,探讨了土壤中重金属元素进入食物链对人类健康的影响,证实了土壤地球化学调查工作对土地生态安全评价的重要意义。

作者建立了基本可覆盖我国东部平原盆地区的评价方法体系,并给出了评价工作程序。以水稻、小麦、玉米、大豆 4 种大宗农作物为评价指示作物,以普遍关注的 Cd、Hg、Pb、As、Cr、Cu、Zn、Se 8 种元素为评价指标,以我国现有的食品卫生标准作为源标准,提出了这 8 种元素的安全界限值、基本安全界限值和危险界限值的标准,并据此将土地分为安全土地、基本安全土地、警戒土地、危险土地四级。

作者以浙江省为例,以当地主要农作物——水稻为指示作物,应用农业地质地球化学方法进行评价,认为浙江省上虞市平原盆地区土地地球化学状况良好,安全区和基本安全区面积约 716.4km^2 ,占评价区面积的 96.5%;警戒区和危险区呈点状零星分布,总面积约 26.1km^2 ,占评价区面积的 3.5%。调查分析了警戒区和危险区的关键重金属元素的来源,认为主要有自然地质作用和人为工农业生产污染两种途径。

作者还对农业地质地球化学评价方法的特点和存在的问题进行了分析,认为该评价方法关注有害元素的生态效应和危害,选择我国四大粮食作物

——水稻、小麦、玉米和大豆作为评价指示作物，具有实用性和区域可对比性，可直接用于宏观土地质量管理。但该方法不是针对具体田块和某种农作物的适宜性评价，区域上的土地生态安全区可能会生产出“超标蔬菜”；区域上某重金属元素的危险区，若改变土地利用方式，如水田改作旱地，也可能变为安全区，因此评价结果也可用于农业结构调整。另外，土地生态安全性在时空上是个动态可变的，可以通过地球表层水土地质环境监测、评价，进行土地生态安全预测预警，可服务于专门性土地开发利用和土地利用长远规划。

張宗祜

2006. 12. 1

前 言

本书研究内容是中国地质调查局“中国农业生态地球化学评价体系研究与成果集成”项目中“我国农业地质地球化学评价方法研究”子项目和“浙江省农业地质环境调查”项目中“浙江省上虞市农业地质环境调查与绿色土地资源研究”子项目研究成果的一部分，还得到了“浙江省农业地质环境调查”项目的数据支持和中国地质环境监测院“典型地区农业地质调查评价示范”项目的资助。在上述工作基础上，本人在张宗祜院士和蔡鹤生教授的悉心指导下完成了博士论文“农业地质地球化学评价的理论与方法——土地生态安全之地学探索”。本书即是在这篇博士论文基础上修改完成的。

“我国农业地质地球化学评价方法研究”由王支农负责，李瑞敏、陈有镡、曹峰、郝春明等同志参加；“浙江省上虞市农业地质环境调查与绿色土地资源研究”由解怀生、李瑞敏负责，许兴苗、陈有镡、陈美君、刘永生等同志参加，李瑞敏、刘永生主要承担了绿色土地资源专题的研究工作。在研究工作之初，陈有镡搜集了大量文献资料，并根据本项研究工作的思路，整理出部分土壤类型的评价参考值。刘永生编写了评价标准值计算程序（见附录）并进行了数据处理。在研究工作后期，王支农就研究成果和存在问题与作者进行了深入讨论，并提出了一些有益建议。王轶、李鑫、李浩等参与了文献资料搜集、插图绘制和文字排版工作，段琦完成了摘要及图表名的翻译工作。

本项研究是我们多年农业地质工作的积累和延续，凝聚着张宗祜院士、邵时雄研究员、任福弘研究员、侯春堂研究员等同志的智慧和心血，曾得到中国地质科学院物化探所谢学锦院士、任天祥研究员，中国地质科学院测试所前所长李家熙研究员等的指导和关注。本研究得到了全国人大环境资源委员会委员蒋承崧先生，中国地质调查局张洪涛副局长、王平主任、奚小环处长、邱心飞副总工程师，中国地质学会农业地学专业委员会姜建军博士、吕国平博士、黄志兴研究员、石建省研究员，中国地质环境监测院前院长钟自

然博士、侯金武院长、张卫东书记、田廷山副院长、李文鹏总工、段永侯教授级高工、岑嘉法教授级高工、赵运昌教授级高工、哈承祐教授级高工、王瑞久教授级高工、钟立勋教授级高工，浙江省国土资源厅潘圣明副厅长，浙江省地质调查院张建民院长、汪庆华总工程师，中国地质大学沈照理教授、徐恒力教授、靳孟贵教授等领导、专家的关注、关心和支持。

谨以此书向以上领导、专家、同仁，以及所有关注、支持本项研究及研究集体的人们表示衷心的感谢和良好的祝愿！

李瑞敏

2006. 11

目 次

序

前 言

第一章 绪论	(1)
一、我国土地质量问题	(1)
二、农产品质量的重要性	(3)
三、如何认识和评价土地质量	(6)
第二章 研究现状及进展	(8)
一、农业地质研究进展	(8)
二、土壤化学和环境化学研究进展	(14)
三、土地资源评价及土壤质量研究进展	(18)
四、存在问题	(27)
第三章 评价理论研究	(29)
一、表生地球化学系统	(29)
二、岩土-水-农作物元素系统	(40)
三、系统论及其方法	(48)
第四章 评价方法研究	(53)
一、基本概念	(53)
二、评价方法的构成	(58)
三、响应关系模型与评价标准值	(68)
四、评价工作程序	(74)
五、评价方法特点	(77)
第五章 应用实例——以浙江省上虞市为例	(79)
一、研究区概况	(79)
二、土地生态安全性评价	(83)
第六章 结语	(98)
一、主要结论	(98)
二、存在问题与建议	(99)
附录 基于置信区间的评价标准计算程序	(100)
英文摘要	(106)
主要参考文献	(112)

CONTENTS

Preface	
Foreword	
Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Problems in China's Land Quality	(1)
1.2 Importance of the Quality of Farm Produce	(3)
1.3 How to Understand and Evaluate Land Quality	(6)
Chapter 2 Current Situation and Progress of Research	(8)
2.1 Progress of Agrogeology Study	(8)
2.2 Progress of Soil Chemistry and Environment Chemistry Studies	(14)
2.3 Evaluation of Land Resources and Progress of Soil Quality Study	(18)
2.4 Extant Problems	(27)
Chapter 3 Research into Theories of Evaluation	(29)
3.1 Supergene Geochemical System	(29)
3.2 System of the Elements of Rock and Soil – Water – Crops	(40)
3.3 System Theory and its Methods	(48)
Chapter 4 Research into Methods of Evaluation	(53)
4.1 Basic Concepts	(53)
4.2 Constitution of Methods of Evaluation	(58)
4.3 Model of Response Relationship and Normal Value for Evaluation	(68)
4.4 Procedures of Evaluation	(74)
4.5 Features of Evaluation Methods	(77)
Chapter 5 Practical Case—An Example of Shangyu City in Zhejiang Province	(79)
5.1 General Situation of Studied Area	(79)
5.2 Evaluation of the Ecological Security of the Land	(83)
Chapter 6 Conclusion	(98)
6.1 Major Conclusions	(98)
6.2 Extant Problems and Suggestions	(99)
Appendix: Program of the Calculation of Evaluation Criterion Based on Fiducial Interval	(100)
Abstract in English	(106)
References	(112)

第一章 绪 论

土地是人类进行生产活动的物质基础和必要条件。联合国粮农组织（FAO）于1998年将土地定义为：“土地是指生物圈内的一个可制图区域，其性质由地球陆地近地表的土壤、地形、地表水文、近地面气候、沉积物及其地下水储存、生物资源、人类开拓及其基础设施等全部特征所构成”。土地质量问题既是环境问题，也是资源问题。

一、我国土地质量问题

（一）土地退化问题

我国人均土地资源占有量只有世界人均占有量的 $1/3$ ，而且土壤侵蚀、土地沙化、土地盐渍化等土地退化问题十分严重。据第二次土壤侵蚀遥感调查结果统计，20 世纪末我国土壤侵蚀面积 $355.56 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占调查国土面积的 37.42%。黄土高原土壤侵蚀严重的 $43 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的土地上，每年流失的肥沃表土厚度平均达到 0.5cm；陕西北部和内蒙古南部黄土侵蚀量可达 $3 \sim 5 \text{ cm/a}$ 。新中国成立以来，我国由于土壤侵蚀而失去耕地约 4000×10^4 亩^①。一位外国专家在考察了黄河流域后感慨地说：黄河流淌的不是沙土，而是中华民族的血液。

我国天然草地面积近 $400 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占世界草地面积的 13%，占全国国土面积的 41% 左右，是环绕东北、华北、西部最大的绿色屏障。但其退化问题十分严重，约 50% ~ 60% 的天然草地存在着不同程度的退化趋势。据统计，我国沙漠化发展的速率惊人，20 世纪 60 ~ 70 年代为 $1560 \text{ km}^2/\text{a}$ ，80 年代为 $2100 \text{ km}^2/\text{a}$ ，90 年代达到 $2460 \text{ km}^2/\text{a}$ 。到 90 年代末，我国北方由于人类活动导致的现代沙漠化土地已达到 $38.57 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，每年因土地沙化造成的直接经济损失达 540 亿元。

20 世纪 90 年代中期，我国分布有盐渍土面积 $81.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ （现代盐渍土面积约 $36.93 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，残余盐渍土面积约 $44.87 \times 10^4 \text{ km}^2$ ），潜在盐渍化土面积约 $17.33 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。主要分布在滨海、华北平原、东北平原、西北半干旱地区、西北干旱地区等，可分为以含硫酸盐为主的松盐土和以含碳酸盐为主的碱盐土，其对人类生产和生活造成的危害主要表现在使农作物减产或绝收，影响植被生长并间接造成生态环境恶化，且能损坏工程设施，每年所造成的经济损失估计约 20 亿元。

日益严重的环境问题引起了国际社会的高度关注。1972 年 6 月在瑞典斯德哥尔摩召开了联合国人类环境会议，通过了《人类环境宣言》，明确提出要保护包括土地在内的自

① 1 亩 = 666.6 m^2 。

然资源。1994年6月17日，联合国在巴黎通过了《联合国关于发生严重干旱和荒漠化的国家/特别是在非洲防治沙漠化的公约》（简称《联合国防治荒漠化公约》），包括中国在内的112个国家签署了该公约。1978年我国批准兴建的三北防护林工程是一项国内外瞩目、空前巨大的生态林业工程，占国土总面积的42.4%，是我国防治土地退化的首次战略性举措。

（二）土地污染问题

20世纪30~80年代发生的包括水俣病和骨痛病在内的世界十大公害事件，使人们开始关注与化学物质有关的环境质量问题。1962年蕾切尔·卡逊（Rachel Carson）的著作《寂静的春天》（Silent Spring）出版后，立即引起了轰动。这场关于DDT及其他化学物质污染的大争论，首次揭示了土地生态安全问题。1978年荷兰学者F. A. F. De Haan在研究荷兰沙质土壤施肥状况时，首次提出了“化学定时炸弹”（Chemical Time Bomb，简称CTB）这一概念。1990年W. M. Stigliani给出了“化学定时炸弹”的一般概念：“化学定时炸弹的概念涉及一系列事件，其主要指随着环境（气候和土地利用）的缓慢变化，使存储土壤和沉积物中的化学物质活化，引致延缓的但突然爆发的有害效应。”土壤的脆弱度、化学物质的累积量和土地利用方式是对化学定时炸弹起作用的三个主要方面。“欧洲大面积森林死亡事件”是区域性较大规模爆发“化学定时炸弹”的典型实例之一。至此，以化学物质和化学作用为主体引发的土地质量问题，引起了世人的关注。

我国虽然经历的工业化时间短，工业仍然欠发达，但工农业污染相当严重。这有以下几个原因。

一是由农业生产发展所造成的。大量使用化肥、农药，土地逐渐出现板结，土壤肥力下降。农药的使用虽然消灭了害虫，但也伤害了鸟兽虫蛇，自然生态环境遭到严重破坏，人类生产环境受到严重的威胁。而且，大量使用农药后，农产品食用的有害性增大，影响人们的消费信心。

二是由乡镇企业发展所造成的。在农村改革开放之初，经济二元结构体制制约了农民向城市转移，大量农村剩余劳动力和其他生产要素不能向农村以外的地区和部门迁移，农民只有就地办乡镇企业，摸索出一套“离土不离乡，进厂不进城”的土办法，发展农村的工业化，为农村的发展、农民收入增长做出了贡献。由于这些企业技术落后，虽然环境污染严重、能耗高，极大地破坏了农业的生态环境，但对于一些不发达的乡镇来说，它们可能是财政收入的支柱。因此，一些地方政府睁一只眼、闭一只眼，大会小会上说污染企业早关闭了，而实际上还在生产。

三是由农村盲目开发所导致的。农民因找不到好的致富路，只能靠山吃山、靠水吃水，各地兴起了开发自然资源的热潮。开发现有有限资源成为农民致富的捷径。但资源是有限的，盲目开发造成了很多不利后果，主要表现为水灾、旱灾、沙漠化、环境污染、山体滑坡等灾害频繁发生。

四是由地方政府盲目引进项目所产生的。有些地方为了本地经济的发展，对于引进外资往往提供十分优惠的条件，对于一些污染环境、破坏生态的企业也不加以限制，只注重引进的项目数和资金额，而忽视了环境保护。

二、农产品质量的重要性

(一) 农产品质量制约农业产业的发展

我国是农业大国,66%的人口生活在农村,32%的劳动力以土地为生计,农产品国际贸易的变化直接影响到农民的增收、就业和农村的经济发展。实际上,农产品贸易问题不仅是农业经济问题,对一个拥有13亿人口的农业大国和人口大国来说,它更是国家安全的重要组成部分。

1980年中国农产品贸易逆差为18.9亿美元,80年代之后,特别是90年代,由于畜产品和水产品出口增长强劲,农产品贸易出现顺差。1990年以来,我国农产品国际贸易一直保持顺差,1995~2000年每年净出口值分别为28.1亿、24.3亿、25.4亿、24.4亿、53.1亿、44.2亿美元。与此同时,农产品贸易在中国国际贸易中所占的比例不断下降,1980~2000年,农产品出口占全国商品出口的比例由24.1%下降到6.27%,进口比例由31.07%下降到4.98%,进出口比例由27.8%下降到5.65%。

1. “绿色壁垒”对我国农产品出口的影响

一些发达国家利用经济和技术优势,不断增加农产品的检验项目并提高检测标准。从2002年初开始,一些发达国家相继以环保、人类健康等名义,出台针对我国农产品的进口检验标准,提高我国农产品的出口门槛。如日本,对从我国进口的蔬菜,检测指标从过去的6项增加到现在的40多项,对从我国进口的大米检测项目已达104项;韩国对从我国进口的蔬菜农药残留检测最多时有200多项指标;欧盟对茶叶农药残留限量标准比以前严格100~200倍;美国FDA对浓缩果汁的检验项目已增至26项(农药残留检验项目除外);俄罗斯对进口国的茶叶提出10多项品质标准和安全卫生标准。

长期以来,我国一直十分重视农产品的数量,但忽视了农产品的质量安全问题。直到2001年9月18日,我国才出台无公害农产品的行业标准,且此标准远远低于发达国家,而对有毒有机物的指标和标准并未考虑。在发达国家构筑的绿色壁垒面前,中国作为世界上最大的发展中国家和最大的出口国之一,出口产品正受到越来越大的影响。据统计,2002年以来由于技术壁垒特别是绿色壁垒,造成中国农产品出口的直接和间接损失在100亿美元以上。绿色壁垒对我国外贸出口的影响程度已经超过反倾销案件的影响,成为我国农产品出口面临的最大障碍。如日本和欧洲等许多国家将进口茶叶中的氰戊菊酯残留限量标准由0.1g/kg调整为0.05mg/kg,由此直接导致2001年我国出口欧盟的茶叶数量比上年增长减少37%。

2. 绿色食品供给不足

从20世纪70年代开始,一些发达国家开始关注有机食品的生产。1972年,联邦德国成立了有机农业国际联盟。经过30多年的发展,该联盟已拥有90多个国家和地区的500多个成员组织,生产无污染、无公害的有机食品。据世贸组织国际贸易中心统计,1995年世界有机食品和饮料的销售额为110亿美元,1998年美国、德国、英国、法国等11个发达国家的绿色食品销售总额达到135亿美元,2001年全球绿色食品的规模约200

亿美元，近 10 年来的平均销售增长率为 25% ~ 30%。

我国从 1983 年开始，由农业部植物保护总站组织部分省市开展了无公害农产品的生产技术研究及应用工作，取得了较好的成效。1989 年，农业部绿色食品办公室成立，广州、杭州、南京、上海、深圳等大中城市都将无公害农产品生产列上了政府的工作日程，还建立和发展了天津蓟县、山东寿光县、河北永清县等一批无公害绿色食品生产基地。1994 年，国家环境保护局有机食品发展中心（简称 OFDC）成立，开始对有机食品的生产和认证进行全面管理。近年来，绿色食品和有机食品生产发展迅速，绿色食品品目数由 1990 年的 127 个增加到 1999 年的 1353 个，产量也由 1990 年的 $35 \times 10^4 \text{t}$ 增加到 1999 年的 $1105.8 \times 10^4 \text{t}$ 。目前，我国已通过认证的有机产品主要有粮食、蔬菜、水果、奶制品、畜禽产品、蜂蜜、水产品、调料、中草药等 100 多个品种。仅 2000 年，经国家环境保护局有机食品发展中心认证的按有机方式种植和按有机方式采集的作物面积已达 $10 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，出口销售额约为 2000 万美元。最近几年的年出口增长率都在 40% 以上。

目前，我国的绿色食品产量约占全国食品的 1%，但出口就占到很大比例，显示了良好的国际竞争力，也表明了绿色食品的发展前景广阔。据统计，1997 ~ 1999 年，我国绿色食品的出口额分别为 5000 万美元、1 亿美元、2 亿美元，连续三年翻番。因此，发展绿色食品和有机食品应是我国农业结构调整的重要内容，也是越过发达国家“绿色壁垒”的战略性措施。目前，我国的绿色食品出口额仅为日本的 40%、美国的 16%。

（二）人类对农产品质量的要求越来越高

粮食问题始终是关系我国政治经济生活的大事。新中国成立以来，由于中国特定的历史和现实条件，政府一直以确保粮食数量安全为农业发展的基点，把全部的工作重心都放在确保 12 亿人口吃饱、穿暖，不受外国反动势力威胁的问题上。改革开放之前，我国长期受粮食短缺的困扰，粮食供不应求造成的切肤之痛至今令人难忘。1984 年我国粮食人均占有量第一次达到世界平均水平，标志着我国人民的温饱问题已经基本解决。1995 年之后，我国粮食生产稳步发展，先后迈上了 $4500 \times 10^8 \text{kg}$ 和 $5000 \times 10^8 \text{kg}$ 两个台阶，总体上保证了社会发展和人民生活水平提高的需要。1996 年以来，我国农业发展进入新的阶段，农产品供求关系发生了重大变化——实现了由长期短缺到总量基本平衡、丰年有余的历史性转变。

随着农产品供求关系的根本性变化，我国农业进入了一个新的发展阶段——全面提高农产品质量安全水平成为一项全局性的战略任务。抓好农产品质量安全工作，对于满足城乡居民对安全优质农产品快速增长的需求，发展优质、高产、高效、生态、安全农业，实现农业增效、农民增收、农产品竞争力增强的目标，具有十分重大的意义。20 世纪 90 年代，我国农业发展已由单一的数量型发展向数量、质量、效益并重发展的方向转变，即向高产优质高效农业发展。

1. 农产品质量问题日趋严重

中国有句古话“民以食为天”。粮食问题，始终是关系国计民生的大问题，是国家经济发展和社会稳定的基石。人们的生活离不开农产品，农产品的质量安全与人们的生命健康息息相关。进入 20 世纪 90 年代以后，我国城乡人民生活水平向小康过渡，对食物的要

求由吃饱转向吃好，消费观念由数量型转为质量型，不仅要求食物的多样性，而且注重其质量，尤其关心食品的安全性。美国、日本及欧盟各国从我国进口农产品时，并不要求检测农产品的营养成分，而是注重检验农药残留、重金属及有害有毒微生物的含量。食品的安全性已成为当今社会评价食品质量的重要内容。

Cd 稻米、Pb 超标茶叶等农产品质量问题提示我们，关注农产品质量安全，就是关注百姓的至高利益，关注经济发展。据统计，2000 年全国累计发生 150 余起报告的重大食物中毒事件，中毒 6237 人，死亡 135 人。人体高血铅等隐性中毒更是无法统计。研究证实，人类常见的癌症、畸形、抗药性及某些中毒现象都与食物中的有害残留有关。现代医学研究证明，在致癌因素中，由环境因素引起的占 80%；在环境因素中，由有毒化学物质污染引起的占 8% 以上。我国癌症发病率、死亡率均呈上升趋势，一些奇病、怪病也时有发生，这些都与农药的残留和食物污染有很大关系。事实上，不安全农产品给社会带来的危害远不止健康问题。

北京市农委对农产品的“体检”发现，北京市场上有 18% 的农产品有害物残留量超过了国家规定标准，其中的蛋品超标率为 33%，蔬菜为 20%，水果为 18.7%，肉类为 17.6%。在对蔬菜有机磷残留量的检测中，京郊自产蔬菜中超标率占 17%，外埠进京蔬菜中有机磷残留量更高，达 69%。

随着人类生产和生活的不断进步，食物受到化学污染的机会日益增多。除由于意外被大量农药、铅、砷等有害物质污染而引起的急性中毒外，目前人们更关注的是少量化学污染物长期通过食物进入人体而造成的慢性健康危害，如 DDT 等农药，铅、汞、镉等重金属等，可能在人体内长期蓄积而对健康造成各种慢性危害。1999 年 7 月《中国食物报》发表文章说：“在影响品牌公众形象的诸多因素中，安全性是第一位的，也是永恒的。”获得安全、营养和健康的食物是每一位消费者最基本的权益。谨防“病从口入”，当然是保护健康的最后防线之一。

2. 食品需求多样化

随着生活水平的提高，消费者对自身健康的关注程度越来越高。我国大部分国内企业生产的食品，标签上标注的成分都很简单，基本只有产品主要成分，几乎没有食品添加剂成分及含量，最多只注明“天然香料”、“甜蜜素”等。而国外大部分进口产品在食品成分的标注上则非常详细，基本把食品所含的所有成分都标列出来，包括添加剂。

目前，我国制订的矿泉水标准只是对矿泉水生产企业的准入限制，并没有对不同地下水水源的“体质”作出更细化的评价。但在日本，除国家标准外，矿泉水还拥有美味和健康两项指标，用来给不同口味的消费者提供选购的便利。如有的矿泉水健康指数平平，美味指数则偏高，而有的则是健康指数奇高，美味指数刚过关，这或许对于引导消费有帮助。

中国医促会健康饮用水专业委员会常务理事牛晓英认为，“不含有害物质的纯水很干净，饮用尽管安全但长期饮用对人体并无益”。评判水的“体质”健康与否更重要的，是水的硬度是否偏弱碱性，以及其中宏量元素和微量元素的含量和水分子的大小。安全并不是唯一标准，人们在选择长期的饮用水时还应该注重其是否有益于人体健康。

三、如何认识和评价土地质量

(一) 土地质量评价工作迫在眉睫

1999~2002年,中国地质调查局在广州、武汉、成都地区开展了生态地球化学调查试点工作,采用国家土壤环境质量标准(GB15618—1995),对Cd、Hg、As、Cu、Pb、Cr、Zn、Ni 8种重金属元素进行了土壤环境质量评价和尼梅罗综合污染指数评价,将国家土壤环境质量分级的一级、二级、三级和超三级分别定义为清洁、轻微污染、中度污染和重度污染。调查评价结果显示,在自然因素与人为因素的共同作用下,土壤生态地球化学污染区域之大已超乎想像,土壤环境质量向人们敲响了警钟;同时,土壤酸化程度也在增强,从而可能加大对生态环境的影响。

对上述三地区的调查还发现,部分粮食和蔬菜中存在着重金属超标的情况,已引起政府和科学家们的高度关注。2002年国土资源部又在浙江进行了省级试点,并以省部合作调查的方式正式启动了农业地质环境调查工作。根据国土资源部农业地质环境调查规划要点,调查规划总面积 $266.31 \times 10^4 \text{ km}^2$,截至2005年底,共在全国19个省(区、市)开展了农业地质环境调查工作,部署面积 $105 \times 10^4 \text{ km}^2$,分布在我国主要农产区和人口密集区。这项调查工作,采用了1:25万区域地球化学调查技术,将获得全部调查区1个样/ 4 km^2 、每件样品54个指标(包括52个元素、pH和OrgC值)的大量调查数据。已完成调查面积约 $60 \times 10^4 \text{ km}^2$,取得了一系列重要发现,其中之一就是土地中某些重金属元素和放射性元素的高值区带分布在人口密集区。

(二) 如何建立科学的土地质量评价方法

上述关于土地质量问题和农产品质量重要性的分析,同时说明了人类关注土地质量问题的原因。人类之所以关心土地质量问题,其根本的原因就在于人类关心自身的生存环境、关心自身的健康与繁衍!政府和科学家们对广州、武汉、成都三地区的调查结果也显示,是调查报告中关于土地污染程度和农产品中重金属含量比例超标的的数据令人对这项调查工作刮目相看,对自己生存的环境质量产生忧虑!在全国农业地质环境调查工作的初期,又发现了以长江流域沿江高Cd异常带为代表的区域性重金属高值区(带)。一个潜意识里的推测在困扰着人们——这些分布在农业主产区和人口密集区的重金属高值区(带)会对人类产生不利的影响?!

作者从中得到启示:①土地质量评价工作是一项具有重要科学意义和实用价值的工作;②土地质量评价工作必须关注土地的产出效应,换句话说,土地质量评价的依据应该是土地对人类生存环境是否构成威胁以及威胁的程度。那么,已经发现和即将可能被发现的重金属元素和放射性元素的高值区(带),是否对人类生存环境构成威胁,就成为土地质量评价的关键。

土地中存在的高含量放射性元素直接作用于人体,给人们的生命安全造成威胁,本书暂且不论,只论土地中重金属元素对人类的影响。土地中重金属元素危害人类生存的主要

途径，是通过其上生产的农产品进入人类食物链从而对人类的生存和健康构成威胁。实际上，从化学的角度看，土地是由各种化学元素按照不同含量比例组成的，土地中或多或少都含有一定量的重金属元素，只有当其浓度超过了作物需要或可忍受程度，表现出受毒害的症状或其上产出的农产品中重金属含量超过食品卫生标准时，才会对人类生存环境和人体健康构成危害。那么，土地中重金属元素含量达到多少就会对农产品质量构成威胁？如何利用农业地质环境调查数据科学评价调查地区土地对粮食质量安全的保障程度？

另外，Cd 等元素在农作物可食部位含量的超标问题，与滥用杀虫剂造成土地污染问题不同，农作物中重金属元素高含量可能是自然和人为因素双重作用的结果。那么，如何从理论上认识土壤中重金属元素的来源，并为制定土地质量保护对策提供依据？

这些就是作者所关注的，也是作者试图通过土地生态安全之地学探索，提出农业地质地球化学评价方法的初衷。