

· 专论与综述 ·

中国土壤环境监测的现状、问题与对策 (续)

李国刚

(中国环境监测总站, 北京 100029)

摘 要:通过对中国土壤环境监测现状的分析评价,提出了未来需要建立的土壤环境监测技术体系和需要重点开展的土壤环境监测科研领域。

关键词:土壤;环境监测;现状;对策;中国

中图分类号: X833

文献标识码: A

文章编号: 1006-2009(2005)02-0009-05

The Status and Development Needs of Soil Environmental Monitoring in China (Continuation)

L I Guo-gang

(China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100029, China)

2.2 土壤环境监测的技术体系

2.2.1 监测技术路线

根据土壤环境监测的国内外现状,中国环境监测总站于 2003 年提出了我国土壤环境监测的技术路线为:以农田土壤环境监测为主,以污灌农田为监测重点,开展农田土壤例行监测工作。对全国大型的有害固体废物堆放场周围土壤、污泥土地处理区域和对环境产生潜在污染的工厂遗弃地开展污染调查,并对典型区域开展跟踪监视性监测,逐步完善我国土壤环境监测技术标准和网络体系。

2.2.2 监测技术规范

目前,与土壤环境监测有关的技术规范有:《农田土壤环境质量监测技术规范》(NY/T 395-2000)(农业部行标)及《土壤环境质量调查采样方法导则》《土壤环境质量调查制样方法导则》和《土壤环境监测技术规范》,后 3 个规范均为国家环保总局行标,已进入送审或报批阶段。其中,《土壤环境监测技术规范》主要规定了布点采样、样品处理、分析方法、结果表征、环境质量评价、QA/QC 等技术要求,适用于全国区域土壤环境背景(或现状质量)、农田土壤环境质量、建设项目土壤环境评价、土壤污染事故等类型的土壤环境监测。要求监测的项目有:基本项目包括 pH 和 CEC;重点项目包括 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn、六六六和滴滴涕;选测项目包括 Al、Ca、Co、Cr()、Fe、

K、Mg、Mn、Mo、Na、V、氧化稀土总量、B、Si 氟化物、硫化物、氰化物、挥发性卤代烃、VOCs、SVOCs、苯、苯并(a)芘、PAHs、PCBs、烷基汞、挥发酚、有机磷等农药、有机质、石油类、全盐量、放射性比活度等。监测频次为 3 年 1 次。

2.2.3 监测分析方法

目前,土壤标准监测分析方法涉及的项目有:pH、CEC、水分、有机质、As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn、氧化稀土总量、钪、铈、六六六、滴滴涕、有机磷农药(10 种)。如《土壤中氧化稀土总量的测定 对马尿酸偶氮氯膦分光光度法》(GB 6266)、《森林土壤 pH 测定》(GB 7859)、《阳离子交换量的测定 乙酸铵法和氯化铵-乙酸铵法》(GB 7863-87)、《土壤中钪的测定 萃取色层法》(GB 11219.1-89)、《土壤中钪的测定 离子交换法》(GB 11219.2-89)、《土壤中铈的测定 CL-5209 萃淋树脂分离 2-(5-溴-2-吡啶偶氮)-5-二乙氨基苯酚分光光度法》(GB 11220.1-89)、《土壤中铈的测定 三烷基氧膦萃取-固体荧光法》(GB 11220.2-89)、《土壤质量 六六六和滴滴涕的测定 气相色谱法(GC-ECD)》(GB/T 14550-93)、《水和土壤质量 有机磷农药(10 种)

收稿日期:2004-12-10

作者简介:李国刚(1962—),男,安徽明光人,研究员,理学博士。

的测定 气相色谱法 (GC-NPD)》(GB/T 14552-93)、《土壤质量 总砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法》(GB/T 17134-1997)、《土壤质量 总砷的测定 硼氢化钾-硝酸银分光光度法》(GB/T 17135-1997)、《土壤质量 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法》(GB/T 17136-1997)、《土壤质量 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法》(GB/T 17137-1997)、《土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法》(GB/T 17138-1997)、《土壤质量 镍的测定 火焰原子吸收分光光度法》(GB/T 17139-1997)、《土壤质量 铅、镉的测定 KI-MBK萃取火焰原子吸收分光光度法》(GB/T 17140-1997)、《土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法》(GB/T 17141-1997)、《土壤水分测定法》(NY/T 52)、《土壤有机质的测定》(NY/T 85)。

以上与土壤环境质量有关的金属元素的样品处理方法均采用湿化学消解方法,测定的是金属元素的总量。消解体系主要有: $\text{HCl}-\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ (测定 Cd, Cu, Ni), $\text{HCl}-\text{HNO}_3-\text{HF}-\text{HClO}_4$ (测定 Cd, Cu, Ni, Pb), $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ 或 $\text{HNO}_3-\text{HCl}-\text{HClO}_4$ (测定 As), $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{HNO}_3-\text{HF}$ (测定 Cr), $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{HNO}_3-\text{V}_2\text{O}_5$ 或 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{HNO}_3-\text{KMnO}_4$ (测定 Hg)。六六六和滴滴涕的样品处理方法采用丙酮-石油醚提取、浓硫酸净化。

2.2.4 土壤标样

目前,我国仅有 4 种土壤标样: GSB Z50011-88:土壤 栗钙土 (ESS-1) (34 项保证值); GSB Z50012-88:土壤 棕壤 (ESS-2) (17 项参考值); GSB Z50013-88:土壤 红壤 (ESS-3) (6 项信息值); GSB Z50014-88:土壤 褐土 (ESS-4)。

2.3 土壤环境监测科研进展

2.3.1 土壤元素背景值研究

中国土壤背景值研究始于 1973 年。1977 年—1979 年,中科院有关研究所会同环保部门先后开展了北京、南京、重庆、广州等地的土壤背景值研究。

1978 年—1983 年,原农牧渔业部组织农业研究部门、中科院、环保部门和大专院校共 34 个单位,对北京、天津、上海、黑龙江、吉林、山东、江苏、浙江、贵州、四川、陕西、新疆等 13 个省、直辖市、自治区的 9 个农业经济自然区主要农业土壤 (0 cm ~

20 cm) 和粮食作物中 9 种污染元素 (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 等) 环境背景值进行了调查研究。

1983 年—1985 年,中国环境监测总站、中科院南京土壤所、湖南省环保监测站等 51 个单位承担了“六五 国家科技攻关项目“湘江谷地及松辽平原土壤背景值研究”。研究区域分别为 21 万 km^2 (湘江谷地) 和 24.58 万 km^2 (松辽平原),分别在 430 个和 934 个采样点上采集土样,获得了 As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 8 种元素的背景值,同时还从这些样点中选择了部分样品,加测了二三十个项目,得到了这些项目的背景值。

1984 年,由原城乡建设环境保护部牵头,会同商业部、农业部共同组织中国环境监测总站等单位对 1983 年生产的全国粮食进行了农残调查 (重点是 HCH 和 DDT),调查的粮食品种主要有小麦、早稻、中稻、晚稻和玉米。

1983 年—1990 年,国家环境保护局组织开展了全国环境天然放射性水平调查工作,以 25 km $\times$ 25 km 网格布点,测定了土壤中 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K ,部分地区加测了 ^{137}Cs 。

从 1986 年开始,中国环境监测总站、北京大学、中科院沈阳应用生态所等 67 个单位、800 多人承担了“七五 国家科技攻关项目“中国土壤环境背景值研究”。调查范围包括除台湾省外的 29 个省、直辖市、自治区和 5 个开放城市,分别是北京、天津、上海、辽宁、河北、山东、江苏、浙江、福建、广东 (包括海南省)、广西、黑龙江、吉林、内蒙古、山西、河南、湖北、湖南、安徽、江西、宁夏、陕西、四川、贵州、云南、甘肃、青海、新疆、西藏和大连、温州、厦门、深圳、宁波。此次调查,完成了 4 095 个剖面采样任务 (不包括区域分异规律、效益开发采集的样品,以及各省市增采的 2 000 多个剖面),11 500 个土壤样本全部进入样品库,并测试了 18 个项目 (As, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn, pH, 有机质、土壤粒级 $M_1 \sim M_3$);从 4 095 个剖面中选择 862 个作为主剖面,加测了 48 个元素 (Ag, Al, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Ce, Cs, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Ho, I, In, La, Li, Lu, Mg, Mo, Na, Nd, K, Pr, Rb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, W, Y, Yb, Zr);得到 61 个元素的土壤背景值,其中常量 (%含量) 元素 7 个 (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Ti),微量 (mg/kg 级) 元素 54 个;获得土壤环境信

息和测试数据 40 万个,建成了中国土壤元素背景值数据库系统,编辑成“中华人民共和国土壤环境背景值图集”;比较全面系统地查明与阐述了中国土壤元素大、中尺度的区域分布趋势,研究了土壤元素含量与成土条件、成土过程及土壤理化性质之间的联系;探讨了将土壤元素背景值成果应用于制定土壤环境质量标准、指导农业微肥使用、预测黄土高原地区地方病高发区及指示离子吸附型稀土矿的可行性;研究开发了一批土壤微量元素测试的新技术、新方法,并建立了全程序的质量保证体系。

2.3.2 土壤环境容量研究

1980 年—1985 年,由中科院地理所、林业土壤所和中科院南京土壤所承担了“六五”国家科技攻关项目“土壤环境容量研究”专题。

1986 年—1990 年,由中科院地理所、中国环科院、北师大环科所、中科院沈阳应用生态所和中科院南京土壤所承担了“七五”国家科技攻关项目“土壤环境容量研究”专题。

2.3.3 土壤肥力及宏量元素调查

1958 年—1985 年间,中国开展了两次全国性的土壤普查及专业性的土壤调查工作,但大多重视土壤肥力及宏量元素的调查。各省市在开展区域性环境质量评价工作中对当地土壤也开展了一些调查监测工作。

2.3.4 土壤污染状况监测调查

1981 年—1983 年,原农牧渔业部在全国污水灌区环境质量普查评价中调查了 20 个省、市、区 37 个污水灌区土壤的污染状况,调查面积共 3 790 km²。

1992 年,国家环境保护总局南京环科所完成了“中国的农药使用情况调查”。

1999 年起,国土资源部组织有关部门陆续开展了中国东中部重点地区土壤地球化学调查工作。结果显示,我国普遍存在着土壤地球化学污染,如城市、城镇密集区和工矿区均有 Cd、Hg、Pb、As 等重金属元素地球化学异常;长江流域从源头通天河至中下游重庆、武汉、长沙、南京连续出现了以 Cd 为主的重金属元素地球化学异常带;农耕区粮食和经济作物中的 Hg、Cd、As、Pb 超标严重。

除了国家组织的监测调查外,各地也开展了区域性的专项调查工作,如沈阳市的农业用地普查等。20 世纪 90 年代,浙江省环境监测站对台州市路桥地区土壤环境中 PCBs 污染状况进行了调查

(当地有含 PCBs 的电力电容器拆解业),PCBs 和类二恶英 PCBs 含量还相当高。近年来,一些科研部门对路桥地区 PCBs 污染问题的研究表明,当地人群特别是母乳中的 PCBs 含量偏高,一些当地的鸡蛋、水产品中的 PCBs 含量也相当高。

20 世纪 90 年代中期以来,国家加大了土壤环境科学研究力度。如从 1999 年起,国土资源部组织有关部门陆续开展了中国东中部重点地区多目标土壤地球化学调查工作。其他有关研究项目包括国家攻关课题“农产品生产环境安全保障与技术研究”、国家 973 项目“持久性有机污染物在农田生态系统中环境行为与生态效应研究”“长江、珠江三角洲地区土壤和大气环境质量变化规律与调查调控原理研究”(中科院南京土壤所)、国家 863 项目“农田化肥、农药面源污染控制技术与示范研究”和“重金属污染土壤植物修复技术”、国家计委项目“典型地区土壤环境质量状况探查研究”等。

2000 年,国家环保总局组织有关部门完成了 30 万 hm² 基本农田保护区土壤中有害重金属的抽样监测,结果发现有 3.6 万 hm² 土壤的重金属超标,超标率达 12.1%。

2001 年 9 月—10 月,中国环境监测总站组织对北京、上海、天津和深圳 4 个“菜篮子”试点城市的蔬菜生产基地进行了环境质量调查监测,调查范围包括北京市朝阳区和通州区、天津市西青区、上海市青浦区、深圳市宝安区及山东省寿光市。以《土壤环境质量标准》二级标准评价的结果表明,部分基地土壤中 Hg、Cd、Cu 有超标现象。

2003 年,中国环境监测总站组织对 38 个重点城市和山东省寿光市的 52 个“菜篮子”基地、13 个污灌区(分布在 11 个省份)和 22 个有机食品基地(分布在 8 省、11 市)的土壤环境进行了调查监测(含环境空气、灌溉用水)。结果表明:有机食品基地各环境要素均符合相关标准;部分“菜篮子”基地土壤中 Cd、Hg、Cu、Zn 有超标现象;部分污灌区土壤中 Cd 有超标现象,灌溉水中 COD_{Cr}、BOD₅、氯化物、硫化物、Cd、Hg、Cr()有超标现象。

3 中国土壤环境管理面临的问题与对策

经过近几十年的发展,中国土壤环境保护工作虽然取得了一定的进展,但由于土壤污染尚未引起

人们的足够关注,导致在法律法规、制度政策、标准、分析方法、环境监测与调查等诸多方面,整体上与先进国家相比还有较大差距,工作开展的深度也不够。当前,中国在土壤环境污染预防和控制方面面临的最突出问题是状况不清、原因不明和环境管理支撑体系不完善。

3.1 全国土壤环境污染现状不清、成因不明、风险不详

3.1.1 全国土壤环境污染现状不清

虽然土壤元素背景值调查工作已在全国普遍开展,但土壤环境污染状况调查尚未系统展开。尽管有关部门已开始对土壤环境污染问题给予重视,开展了一些相关工作,但大多针对某一特定目标或特定区域,多为零星研究或局地性调查。如国家环保总局开展的全国土壤背景值调查,农业部开展的土壤营养与肥力现状、农产品品质调查,国土资源部开展的珠江三角洲、江汉平原和成都平原的土壤地球化学状况、土地资源利用状况调查等。这些调查或是属于背景值调查,或是局地地球化学调查,或是土壤肥力调查,或是几种或几十种污染因子的调查。

3.1.2 全国土壤环境污染成因不明

土壤污染来源具有多样性,大气沉降、污水灌溉、化肥和农药的不当使用、固体废物的非法投弃、工业用地的不当利用等均可导致土壤环境的污染。只有掌握土壤污染物的来源,才能正确解释土壤污染的成因,提出有效预防和控制土壤污染的对策。由于以往的调查均未与土壤污染的来源解析相结合,导致目前尚不能全面说清中国土壤环境污染地区或土壤环境异常区的污染或异常的成因。

中国尚未对土壤环境污染现状(土壤污染物种类、形态、污染程度,以及污染范围、区域分布特征)进行系统、深入、多项目(尤其是有机污染物如 POPs 和重金属的有效态含量、生物指标、放射性指标)的监测调查、污染来源与影响途径分析、环境安全性评价,尚未建立相关数据库和信息系统。特别是对土壤污染“高危区”的监测调查,如工业“三废”排放污染区域、固体废物堆放区、垃圾焚烧厂周边、垃圾填埋场周边、交通干线两侧、工业废弃地、农田(化肥、农药施用区和污水灌区、污泥/垃圾/粉煤灰农用区等)、金属矿山区周边、油田区、石油化工企业周边、生态敏感区等重点区域,由于底数不清(地球化学异常区、污染区)、原因不明、

生态环境安全风险程度不清,难以为土壤环境保护、区域经济规划和可持续发展提供决策依据和针对性的解决方案。如对中国主要区域进行土壤环境安全区划、功能区划与规划,明确中国土壤污染优先控制区及控制对象,研究制定中国土壤污染防治法律法规、制度标准、土地资源的合理开发利用、污染综合治理的中长期战略规划,制定土壤污染综合防治国家行动计划等。

3.2 环境管理与技术支撑体系不完善

3.2.1 急需就土壤环境保护工作立法,确立和理顺土壤环境管理体系

日本早在 1970 年就颁布了《农业用地土壤污染防治法》并作了数次修订,2002 年又制定了《土壤污染对策法》和《土壤污染对策法施行规则》。德国 1998 年颁布了《联邦土壤保护法》,1999 年制定了《污染土地管理规则》。英国英格兰、苏格兰和北爱尔兰自 2000 年以来相继颁发了《污染土地规则》和《污染防治规则》,北爱尔兰 1997 年还制定了《废物与污染土地法令》。美国 1986 年颁布了《超级基金法》,1988 年又进行了修订。瑞士于 20 世纪 80 年代建立了国家土壤环境监测网(NA-BO),在全国设立了 120 个土壤监测点,用于评价土壤污染和生态毒性风险,了解土壤污染物的空间分布及时间变化的趋势。

目前,由于缺乏全面系统的土壤环境污染现状调查数据和成因分析,中国现阶段尚难以制定土壤环境污染防治法和实施细则,无法扩展修订土壤环境质量标准及相关的污染控制或排放标准,无法科学评价中国土壤环境质量,难以提出有针对性的土壤环境污染的预防和控制对策,也难以提出科学合理的土壤修复技术政策等全面系统的适合中国国情的土壤环境管理法律法规、制度、标准、技术政策、预防和控制对策等。

中国土壤环境及“菜篮子”基地、有机产品基地等的选址、认证监督管理与信息发布,涉及较多的职能部门,如国家环保总局、国土资源部、农业部、卫生部、国家林业局、环卫部门等,导致土壤环境保护工作的职责不清,环境监管和执法依据不充分,监管力度不足。土壤环境监测工作尚未纳入环境质量例行监测业务工作中,缺乏对土壤污染的有效监控,迫切需要建立国家土壤环境监测网络及监测信息平台。

3.2.2 急需修订、完善土壤环境标准体系

现行《土壤环境质量标准》难以体现全国土壤区域、土壤类型和土壤性质的差异,尚未考虑大气沉降及多元素对土壤的复合影响等(国内外尚处于起步阶段,其危害性评价、标准值的确定等尚难以进行);只涉及重金属元素的总量,未涉及有效态限值(因缺乏适合全国主要类型土壤的重金属有效态指标资料和研究);土壤固相载体对重金属的专性吸附的研究较少(只是近 30 年的事),还没有建立起公认的专性吸附量指标,故只能以 CEC 为指标对土壤分级制定标准;只有两种有机氯农药限值,未考虑有机磷等其他农药限值(如《农药安全使用标准》中的其余 44 种类农药)和有毒有害有机污染物特别是 POPs 的标准限值;只考虑全国统一尺度,未考虑不同土壤环境背景值的差异。土壤污染控制标准(农灌水、农用污泥、城镇垃圾)已过时(12 a ~ 20 a 前之产物),急待修改或宣布作废。另外,需要尽快出台食用农副产品生产、养殖基地环境质量标准(已征求意见)。

3.2.3 急需制定、颁布监测技术规范,加快新技术、新方法的应用研究

虽然《土壤环境监测技术规范》正在送审中,但仍需加快进程。同时必须清醒地看到,虽然中国已初步建立了一套土壤元素背景值的调查采样、分析测试、QA/QC、数据处理与统计量分析等技术规程,但分析测试技术仅代表了 20 世纪 80 年代的水平,元素分析技术主要采用 ICP-AES、FLAAS、GFAAS、HGAAS、AGAFS、仪器中子活化、X 射线荧光光谱、分光光度、分子荧光、催化极谱、离子色谱、气相色谱等,在科学化、标准化、规范化和程序化方面尚有许多工作待开展。另外,目前土壤的主要采样工具只是铁锹、铁铲、圆状取土钻、螺旋取土钻、竹片等,缺乏专门的采样工具;主要制样工具只是白色搪瓷盘及木盘(风干用)、木锤、木滚、木棒、有机玻璃棒、板、硬质木板、无色聚乙烯薄膜(粗粉碎用)、玛瑙研磨机(球磨机)或玛瑙研钵、白色瓷研钵(磨样用)、尼龙筛(缩分用)等,缺乏更多种类的专门的制样工具。需要开发研制各种钻头的采样工具和微波消解、微波萃取、ASE 等制样设备,以及与此相关的采样方法标准和制样方法标准(包括用于不同目的样品前处理方法,如形态分析用等)。

3.2.4 急需扩展监测项目,建立并完善监测方法标准体系

虽然目前已有 20 多种方法标准,但仍不足以评价土壤质量标准和相关污染控制标准中涉及的全部项目与满足未来需求(如 Ca、Co、Cr()、Fe、K、Mn、Mo、Na、Se、V、B、Si 氟化物、氯化物、硫化物、氰化物、凯氏氮、TN、挥发性卤代烃、VOCs、SVOCs 苯、苯并(a)芘、PAHs、PCBs、三氯乙醛、丙烯醛、有机磷农药、有机质、LAS、石油类、挥发酚、全盐量、杂质、粒度、粪大肠菌群数、大肠菌值、蛔虫卵数或死亡率、放射性比活度等);金属元素只有总量分析方法,缺乏有效态(如酸雨区的结合态 A1 等)和可交换态分析方法;大部分土壤农残尚无分析方法;分析技术多为紫外-可见分光光度法、原子吸收分光光度法和气相色谱法,FA、ICP-MS、GC-MS、HPLC、LC-MS、生物试验与监测等新技术、新方法尚未得到应用。

3.2.5 急需建立质量管理程序,建立量化指标体系和土壤标样体系

目前,除了空气和废气、水和废水有专门的环境监测质量保证手册外,尚缺乏土壤环境监测质量管理手册,对于多数监测项目,尚缺乏用于质量管理的精密度、准确度、相对偏差和方法不确定度等量化的质量管理指标。土壤标样的种类少,现有标样的信息值、参考值或保证值还不全面。

3.2.6 急需开发土壤环境质量评价技术,完善结果的表征技术

目前,土壤环境质量多采用单项或综合污染指数、内梅罗污染指数、超标率(倍数)、污染物分担率、污染累积指数、检出率、样本超标率等统计量来评价。评价基础主要是土壤质量标准和/或土壤背景值,实际上属于“两分法”,不能体现土壤的环境安全风险。另外,采用内梅罗污染指数评价,突出了高浓度污染物的影响,有可能掩盖毒性更强污染物的环境安全风险。虽然也开展了一些背景值制图的研究试验工作,取得了一些经验,在揭示土壤元素背景值、污染状况区域分布规律等方面发挥了一定的作用,但制图的整体技术水平还不高,尚未规范化、标准化,且图件的验证、应用差距较大。

(续完)