

# 土壤污染地球化学标准及等级划分问题讨论

奚 小 环

(中国地质调查局 北京 100011)

**摘 要:** 全国多目标区域地球化学调查发现有害元素广泛分布引起极大关注。土壤污染将长期危及生态系统和人类生存安全。制定土壤污染等级标准十分重要。国家土壤环境保护标准体系中,土壤污染等级标准是针对调查发现的污染进行量度划分,土壤环境质量标准是依据污染对环境的影响程度确定临界值,土壤污染评价标准是针对存在问题进行科学研究的指标。土壤污染等级采用统一的分级标准,划分为国家级、流域级、省级和地市级。标准制定是一个由局部到全局的认识,又由全局到局部的决策过程。在多目标区域地球化学调查基础上首先制定土壤污染标准及划分污染等级是笔者的主导思想。

**关键词:** 多目标区域地球化学调查;土壤污染等级标准;土壤污染等级划分;基准值、背景值与异常值;全国性富集元素;地方性富集元素;国家标准;地方标准

中图分类号:P632 文献标识码:A 文章编号:1000-8918(2006)06-0471-04

全国多目标区域地球化学调查在分析的各类元素指标中,有害元素的广泛分布引起各方面的极大关注。多目标区域地球化学调查在很大程度上查明了我国土壤中有害元素指标的组成、类型、含量、强度及其分布地区、范围和面积等,填补了国家长期以来包括土壤污染在内各项元素指标的空白,是一项具有深远意义的成果。对土壤污染含量和强度进行分级,系统制定土壤污染等级标准,进而建立国家土壤环境保护标准体系,全面评估土壤污染及其对生态环境可能产生的影响,采取有效措施进行监控和防治是当务之急。笔者主要探讨在多目标区域地球化学调查基础上制定土壤污染标准及划分污染等级问题。

## 1 关于土壤污染等级标准

土壤污染标准及其等级划分问题,属于国家土壤环境保护标准范畴。制定土壤环境保护标准是世界各国普遍存在的难题。这是因为各项环境要素中,土壤是较为复杂的系统。我国土壤分布纵横经纬,地域广阔,更具有其必须考虑的特点。多目标区域地球化学调查全面、系统和精确地展示出我国土壤中各项元素指标的分布、分配状态,提供了丰富的地球化学数据信息,促进了关于土壤环境保护标准问题的讨论,为制定标准提供了有利契机和科学依据。

土壤污染等级标准是国家土壤环境保护标准系列的组成部分。国家土壤环境保护标准系列应包括土壤污染等级标准、土壤环境质量和土壤污染

评价标准等。土壤污染等级标准是针对客体的,即以土壤基准值为起点的标准,划分有害元素指标浓度和含量等级,可以分为清洁级、一级污染、二级污染、三级污染、四级污染和五级污染。土壤环境质量标准是针对主体的,即以人类和生态安全为中心的标准,包括各类绿色食品、无公害食品土壤质量标准等。土壤污染评价标准是针对存在问题的,即以研究目标为对象的标准,包括单元素、多元素和综合指标评价标准等。

土壤环境保护各项标准相互联系,互为体系。主体标准以客体标准为载体,客体标准以主体标准为中心,评价标准以主体和客体标准为基础。土壤各项标准形成的顺序,按照科学研究程序,应首先制定土壤污染等级标准,即是对实际调查发现的污染进行量度划分。其次是土壤环境质量标准,即依据污染对主体的影响程度确定的临界值。最后是土壤污染评价标准,即运用各项标准进行科学研究的指标。这是由土壤的特殊性质决定的。土壤是固、液、气态组成的自然结合体,形成条件各异,种属繁多。土壤类型和性质决定元素指标地球化学行为,主要以累积、缓慢和间接方式影响不同的生物种群,产生不同的生态效应。土壤污染作用难以如水、大气标准那样直接依据生态效应制定环境质量标准,而是先制定土壤污染等级标准,以污染程度和强度为基础建立其他标准。

依据多目标区域地球化学调查丰富的数据资

料,土壤环境指标除土壤污染标准包括重金属、放射性等有害元素指标外,还应包括有益元素(肥力、营养元素等)、微量元素、常量元素、有机地球化学及环境条件指标(土壤结构、胶体、有机质、容量及各种物理化学指标)等,建立完整的土壤指标体系,制定相应的土壤环境、土壤肥力等标准。

## 2 关于基准值、背景值与异常值问题

任何一项标准的制定都必须以实际调查研究取得大量数据资料为依据。受气候景观、成土母质和利用方式等因素影响,我国土壤呈现东西分块、南北分带的区域性和地带性分布特点。多目标区域地球化学调查遍及全国各个地区各种土壤类型,统一采用网格化方式<sup>[1]</sup>采集第一环境(1.5 m 以下)土壤样品,客观地反映了区域土壤自然本底含量,取得基准值。采集第二环境(0~20 cm)土壤样品,反映了区域土壤人为污染含量,取得异常值。这就为土壤污染等级标准制定提供了可能,即以基准值确定清洁级,以异常值划分污染级。为标准定值提供了可供统计的数据基础,即以全国数据建立国家标准,以地区数据建立地方标准。

基准值代表自然背景。土壤第一环境基准值是未经过人类明显作用的、更接近自然丰度的第四系原生含量,反映第四系沉积物质的自然变化。第二环境背景值是经过人类明显作用的、更接近现代工业污染的次生含量,反映人为污染变化,代表污染背景。事实上,一些地区重金属元素背景值含量已经达到或超过土壤环境质量标准值<sup>[2]</sup>。就自然背景而言,基准值是测出来的,背景值是算出来的,两者具有本质差别。大规模和系统地进行土壤第一环境地球化学调查并建立基准值系列,改变了以往采用第二环境背景值所代表的自然背景,客观地标定了清洁土壤的含量水平。基准值与背景值作为研究环境问题的参数是密切相关的。一般当基准值低于背景值时,基准值是衡量污染的基线,提高了清洁土壤标准,主要如人为影响显著、重金属污染强烈地区,属于高背景地区;当基准值高于背景值时,基准值是污染阈值,标定了当前条件下污染土壤异常界线,如自然地体引起的高 F、放射性污染等,属于高基准地区;当基准值与背景值相近时,两者具有同等意义,如人为影响较少地区。

为进一步说明基准值与背景值问题,对分布全国 11 省<sup>①</sup>多目标区域地球化学调查统计的全区“背景值/基准值”比值进行综合研究,以比值 $\geq 1.2$ 划分为具有富集趋势的元素指标。在 54 项元素指标

中,将元素富集特征分为全国性和地区性两大类:①全国性富集元素,即各省“背景值/基准值”比值均 $\geq 1.2$ ,以下元素括号内为各省平均比值,由高至低顺序排列:OrgC(3.83)、TC(2.69)、N(2.60)、S(2.50)、Hg(2.20)、Se(1.87)、Cd(1.69)、P(1.59)、Bi(1.49)等,可视为对改变全国土壤性质的贡献水平。其中 S、Hg、Cd 等为全国性富集的污染元素,C、N、P 等为全国性富集的肥力或营养元素。②地区性富集元素,即少数省比值 $\geq 1.2$ ,括号内为各省中的最高比值,顺序排列为 Sn(1.80)、Cl(1.79)、Au(1.62)、Si(1.60)、Bi(1.46)、W(1.46)、Pb(1.37)、Ag(1.36)等,可视为对改变地区土壤性质的贡献水平,为地方性污染元素或有益元素。可以认为,各个地区无论有害或有益元素,人类活动已经在很大程度上改变了土壤原生状态,也即基准状态,特别是那些对于国家土壤环境具有全局性影响的元素指标。当一些省份在富集全国性污染元素同时出现多项地方性有害元素富集,应视为人类活动严重影响地区。基准值与背景值存在的巨大差异是标准制定必须面对的重要因素。

土壤中一些元素属于全国性稳定元素,平均比值在 1 上下,如 Ce、Ge、La、Nb、Sr、Th、Ti、Zr、SiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>O 等。另一些属于在一定地区景观条件下易于流失的元素,比值 $\leq 0.80$ ,如 I、Mn、MgO、K<sub>2</sub>O 等。各省多目标区域地球化学调查在对本地区基准值和背景值研究同时,进一步分析不同成土母质及土壤类型的比值关系,一般全区高的元素,各土类也高,有些元素则差别显著。这方面的研究十分重要,为土壤不同级次污染等级划分提供了基础资料。

异常代表自然作用和人为污染的总和。多目标区域地球化学调查表明,自然地质条件决定大的地球化学分布态势,人类活动则大大强化了这一趋势。第四系丰富的物源使土壤中分布各类有益元素,形成有利于我国农耕经济全面发展的条件。在分布重金属、放射性元素或其他有害元素异常地体或地带,形成 Cd、Hg、Pb、As 等重金属及天然放射性异常,反映在第一环境出现的高基准区和异常区,在一定程度上不利于人类生存。如果超越人类的视角,这种自然形成的从人们眼前利益出发划分的适宜或不适宜区,正是自然界相互作用、平衡和协调的整体,是生态系统的有机组成部分,是满足人类长期生存的必要条件,应从土壤地球化学多样性方面加以认识

① 四川、江苏、湖北、湖南、广东、安徽、福建、山东、山西、辽宁、浙江多目标区域地球化学调查报告,2006。

和利用。人类作用叠加的各种物质成分是污染的主要来源,反映在第二环境出现的高背景区和异常区。各省数据资料表明,一个地区土壤污染元素组成一般与这个地区地质矿产资源类型或景观环境是一致的,如 Sb 最高值出现在湖南,Cl 最高值在广东等。土壤污染主要是人类通过开发自然资源,加速有害元素迁移转化和循环富集形成的,对生态环境的危害日益显现。污染标准针对异常的单指标强度划分为不同的含量等级,按照综合指标划分为不同的组合类型。

3 关于土壤污染等级划分

土壤污染标准的核心问题是污染等级划分。土壤自然背景的变化起伏,反映不同地区、地体和地带土壤元素本底分布特征,土壤污染等级划分应依据各地区元素指标的实际分布水平。以多目标区域地球化学调查为基础建立土壤污染等级标准,分为 4 个级次:国家级、流域级、省级和地市级。国家级覆盖全国一切地区,适用于全国范围。流域级包括长江、黄河、辽河、淮河、珠江、雅鲁藏布江等大流域,黄淮海平原、长江中下游平原、松辽平原、黄土高原等大地域,适用于依据气候景观划分的各大土类。省区级包括全省区范围,适用于依据地质成因划分的各主要土属。地市级包括多个市县范围,适用于依据土壤类型划分的各主要土种。一般国家级、流域级为控制性标准,代表全国总体水平,省区级、地市级为实行标准,代表地方实际水平。

清洁土壤以基准值为定值依据。基准值要求符合大统计量原则。按照多目标区域地球化学调查规定的第一环境组合样分析密度,以目前全国规划调查面积 260 万 km<sup>2</sup> 计算,国家级标准统计样品量将数以十几万计,流域级数以万计,省级数以千计,地市级数以百计。为避免和降低局部样品可能存在的不确定性,有必要对最低统计量作出规定,如统计面积以不少于6000 ~ 8000km<sup>2</sup>,统计样量不少于400 ~ 500 件为宜。依此原则,我国大多数市、县不具备统计条件,可采用地市级或省级基准值。

污染土壤以异常值为划分依据。异常值应采用基准值替代背景值进行统计处理,按异常强度划分污染等级。土壤污染等级划分,按基准值加減标准离差进行分级,可以选择 1—2—3 倍、1—3—5 倍或 2—4—6 倍标准离差进行分等定级。也可依据数据分布模式采取累积频率方法分级。划分污染等级关系土壤污染强度、分布面积和影响范围,应对数据参数特征(包括基准值、异常强度、离差幅度等)进行

充分研究,结合国家和各地区经济社会发展水平加以确定。不同地区由于地质背景决定的基准值与污染浓度方面的差异,各含量等级和强度可能不一样,但应采用统一的分级标准,以便全国在变化幅度方面进行对比。土壤单指标污染等级衡量污染浓度水平,多指标体现污染组合特征。综合各类有害元素,以最高污染元素等级决定土壤污染等级。

制定全国统一的分级标准,应全面分析不同级次元素地球化学分布水平。我国多目标区域地球化学调查按照省区部署和实施,应首先对各省区数据分布特征进行研究,在此基础上研究各大流域、地域所代表南、北方不同景观条件下的数据特征,进而研究全国层面数据特征。这是由局部到全局的认识过程。依据全国地球化学总体分布水平和国家发展程度,综合各省区、流域可能出现的污染状况,制定污染分级标准和进行污染等级划分,是由全局到局部的决策过程。近年内我国东中部各省及西部重要经济区将基本完成多目标区域地球化学调查,覆盖全国主要第四系厚层分布区,取得巨量的数据信息,已经具备制定土壤污染地球化学标准的基本条件。

依据污染分级形成的土壤地球化学污染等级图,是通过研究第一与第二环境关系,从划分污染含量角度制作的,不应视为通常意义上的地球化学图。为对 2 种图件进行区别,建议土壤地球化学污染等级图色分为绿色(基准值),黄色(一级污染),橙色(二级污染),红色(三级污染),紫色(四级污染)和深紫色(五级污染)等,并形成符合标准化要求的土壤地球化学污染等级图。

依据多目标区域地球化学调查提供的数据信息,基于土壤污染地球化学标准及其等级划分原则和方法,同样可以对其他类型指标制定等级标准。如以清洁土为基准,对有益元素含量进行标准定级,建立优质土壤标准等级或土壤肥力标准等级,划分贫瘠、适宜、富集及过度富集土壤。综合各种有益元素,以必要指标中最缺乏元素等级决定优质土壤等级。综合各有益和有害元素及大气、水地球化学特征,进行土地质量地球化学评估,对土地质量进行分等定级。

土壤污染等级标准是一项基础性工作。全国多目标区域地球化学调查在采样、测试等各环节采用规范和严格的质量监控措施,使取得的数据精度水平可以在全国进行对比,为标准制定提供了科学基础。建立土壤污染标准,进行污染等级划分,将确定我国土壤污染分布具体时间、地点、范围、面积、类型和强度,宏观把握土壤污染区域、程度和可能造成的

危害。将依据土壤污染等级特征进行生态地球化学评价,研究土壤环境容量和承受能力,依据特定环境条件下各污染等级对不同农作物的危害程度,完善各类土壤环境质量标准,服务农业经济区划和种植结构调整。将按照土壤污染状况进行土地质量地球化学评估,研究土地污染对于农业、人居环境及建设用地等不同土地利用类型的影响,制定土地质量地球化学评估技术要求,为土地整理、利用和分等定级提供科学依据。将对土壤污染发展趋势进行监控和预警,制定应对措施防止土壤有害元素指标继续扩散和产生地球化学灾害,制定土地质量地球化学监测与污染防治技术要求,保持土地科学和可持续利用。将研究有益元素指标分布区域和类型等级,大力保护沃土良田,保护土壤地球化学的多样性特点,指导合理有效施肥。在条件具备情况下,进一步研究碳、氮、硫等全国性富集元素指标地球化学行为,为生态循环对全球环境影响研究提供依据,进行全球生态地球化学评价。

4 结语

土壤污染是世界各国工业化以来继大气、水污

染之后面临的更加严重的环境灾害,其影响的不可逆性将长期危及生态系统和人类生存安全。目前国内没有关于土壤污染现成的和普遍适用的标准。有必要尽快制定适合我国实际的、科学的土壤污染等级标准。在土壤污染等级标准基础上,综合大气、水污染状况,将进一步划分土地污染等级,形成土地污染等级标准。

土壤污染地球化学标准及其等级划分关系国土、农业、环保、卫生等各方面,是一项十分严谨和具有政策性的工作,应由国家科学部门研究提出,综合部门审查认定,政府部门制定发布。

本文承蒙陈德友、杜海燕、廖启林、张德存、林才浩、杨军华、陈兴仁、龙服忠、张建新、申志军、王文清、李得胜、周继华、董岩翔、王世进、庞绪贵等协助提供资料和宝贵意见,成文后征求叶家瑜、杨忠芳、陈国光、马生明、周国华等意见,特别与夏家淇先生探讨有关问题,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献：

[ 1 ] DD2005-01 多目标区域地球化学调查规范 S ] .  
[ 2 ] GB15618-1995 土壤环境质量标准 S ] .

A DISCUSSION ON THE GEOCHEMICAL STANDARD AND GRADE DIVISION OF SOIL POLLUTION

XI Xiao-huan

( China Geological Survey ,Beijing 100011 ,China )

**Abstract** :The multipurpose regional geochemical investigation in China revealed the extensive distribution of harmful elements , which has aroused attention among experts. Soil pollution will be harmful to ecological system and human health ,and hence the formulation of the soil pollution grade standard is very important. In the National Soil Environment Protection Standard System , the soil pollution grade standard is a quantitative division for the pollution discovered in the investigation ,the soil environment quality standard decides the critical value based on the affecting degree of pollution on the environment ,and the soil pollution evaluation standard serves as the indexes for scientific researches on the existing problems. A unified grade division standard is adopted for the soil pollution ,which divides the grade into national grade , river valley grade , provincial grade and prefecture or city grade. The formulation of the standard has experienced the from-part-to-overall understanding process and the from-overall-to-part policy-making process. It is the authors' leading thought that the soil pollution standard and the division of pollution grade should be first formulated on the basis of multipurpose regional geochemical survey.

**Key words** :multipurpose regional geochemical survey ;soil pollution grade standard ;datum value ;background value and anomaly value ; nationwide enriched elements ; localized enriched elements ; state standard ; local standard

作者简介 :奚小环 ( 1949 - ) ,男 ,教授级高级工程师 ,现任中国地质调查局遥感处处长。1978 年毕业于北京大学地质地理系地球化学专业。从事勘查技术管理工作。

万方数据