

# 土壤环境背景点位布设思路与方法

张丽丽, 郑玉婷, 于洋\*, 林军

(生态环境部固体废物与化学品管理技术中心, 北京 100029)

**【摘要】**土壤环境质量状况不仅关系到农产品的安全,也关系到人类健康和国民经济发展。监测和评价土壤污染状况,首要任务是确定具有代表性的土壤环境背景点并监测其化学组成和元素含量水平。本文通过梳理并分析国内外土壤环境背景点布设方法的特点,提出了基于3S(遥感技术,remote sensing,RS;地理信息系统,geography information systems,GIS;全球定位系统,global positioning systems,GPS)技术的土壤环境背景点位布设思路与方法:首先对土壤环境干扰源进行分类,并对不同土壤环境干扰源的缓冲区距离进行详细的论述,在此基础上获得土壤环境背景区;其次明确基本样品数量的测算方法;再者提出网格法布设土壤环境背景点。该方法适用于全国尺度或区域尺度下土壤环境背景点的布设,可为我国土壤环境背景点的布设工作提供技术支撑。

**【关键词】**土壤环境背景点;土壤环境干扰源;土壤环境干扰源缓冲区;网格布设

中图分类号:X83 文献标识码:A 文章编号:1673-288X(2021)06-0082-09 DOI:10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202106082

土壤是经济社会可持续发展的物质基础,关系人民群众身体健康,关系美丽中国建设,保护好土壤环境是推进生态文明建设和维护国家生态安全的重要内容<sup>[1-3]</sup>。科学地确定具有代表性的土壤环境背景点并获取背景值是监测与评价土壤污染情况的重中之重。土壤环境背景点是指用于获取土壤环境背景值监测数据的采样位置。调查研究土壤环境背景点的点位布设,对于完成土壤中元素和化合物的含量分析,制定土壤环境质量标准、评价区域性环境质量、研究元素和化合物在土壤中的迁移转化规律具有重要作用<sup>[4-7]</sup>。

近四十年来,我国在土壤环境背景点布设方面做了大量工作,积累了丰富的数据资料和工作经验。然而,在点位布设中,仍存在如下问题与不足:一是土壤环境背景区的划分不清晰,主要体现在未有效结合我国土地利用现状明确土壤环境干扰源;同时,未考虑环境干扰源对周围区域可能造成的潜在污染影响。二是点位布设时未有效利用地理信息技术,点位布设效率有待提高。三是随

着经济社会的发展,土地利用用途变更、环境污染范围加大以及环境污染物种类增加,一些点位已不再适宜保留,导致在一定程度上可能缺失了一些土类类型的背景点。

在此背景下,亟须利用我国前期开展的背景值调查数据,提出我国土壤环境背景点的布设思路与方法。近年来,3S技术逐渐发展为土地资源可持续利用研究中的高新技术,在土壤布点与采样中得到广泛应用。3S技术包括遥感(RS,remote sensing)、地理信息系统(GIS,geography information systems)和全球定位系统(GPS,global positioning systems),是对空间信息的采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用进行多学科高度集成的现代信息技术<sup>[8]</sup>。3S技术被广泛地应用于土壤环境监测中,如土壤污染、土壤荒漠以及土壤侵蚀等<sup>[9-12]</sup>。针对传统土壤布点费时、费力、高成本的问题,运用3S技术进行布点具有快捷、准确、宏观显示等多方面的优点,能够为开展土壤环境背景点布设等工作提供有力的技术支撑。

**基金项目:**国家重点研发计划项目(2017YFD0800701);国家重点研发计划项目(2018YFC1902801)

**作者简介:**张丽丽,工程师,硕士,主要从事背景点布设研究

**通讯作者:**于洋,高级工程师,博士,主要从事背景点布设研究和化学品风险评估

## 1 国内外土壤环境背景点布设做法和经验

### 1.1 发达国家土壤背景点布设经验

从20世纪60年代起,为了研究区域范围内土壤中的元素水平,美国地质调查局(USGS, United States Geological Survey)开展了一系列的土壤环境背景点调查工作。1961—1984年,USGS在美国大陆本土上以80km×80km网格布设了1318个土壤背景采样点<sup>[13]</sup>。1988年,USGS在阿拉斯加州以80km×80km网格布设了266个土壤背景采样点,采样深度为20cm<sup>[14]</sup>。2007—2013年,USGS开展了地球化学和矿物学调查,在美国大陆本土上以40km×40km网格布设了4857个采样点<sup>[15]</sup>。美国土壤环境背景点的布设强调可操作性和规避性,采样区域主要遵循以下原则:远离巷道、交通拥挤区域、填埋场、已知的矿床地质和明显污染的区域;地表物质与自然条件相差不大,且适宜植物生长;避免在距离高速公路200m以内采样;避免在距离乡村道路50m以内采样;避免在距离建筑物或构筑物100m以内采样;避免在距离农田边际50m的范围内或其他可能存放大量肥料的区域采样;避免在主要工业活动(如发电厂或冶炼厂)场地的下风处5km以内采样<sup>[16]</sup>。

从20世纪70年代起,英国的英格兰、威尔士土壤调查总部开展了一系列的土壤环境浓度调查工作。1978—1982年,英格兰、威尔士土壤调查总部按5km×5km网格设计,以网格中心划分出一个20m×20m网格,每个4m×4m的小网格内采集一个样品,在英格兰和威尔士共采集了近6000个样品。1978—1988年,苏格兰Macaulay土壤研究所按10km×10km网格设计,在苏格兰采集了近1000个样品。采样区域主要遵循以下原则:采样区域分布在农业、森林、林地、公园和荒野<sup>[17-18]</sup>;避开建筑物(包括道路)、岩石区、湖泊、河流、溪流、采石场和相关的扰动地面以及煤矿<sup>[19]</sup>。为了确定土壤性质变化的证据,比较取样方法,测量新的土壤属性以测试其作为土壤质量指标的适用性,开发和测试新的土壤质量评估方法等,2007—2009年,赫顿研究所对苏格兰进行了部分重复采样(每隔20km),采集了近200个样本<sup>[20]</sup>。

日本在1978—1984年间在全国25个道、县

采集表土和底土样品687个,用HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub>消解法,测定了8种元素<sup>[21]</sup>。

2007年,加拿大地质调查局开展了沿海省份土壤中的元素水平调查。加拿大地质调查局在加拿大沿海省份以40km×40km网格布设了采样点<sup>[22]</sup>。采样区域主要遵循以下原则:避免在距离高速公路200m以内采样;避免在距离乡村道路100m以内采样;避免在距离农田边际50m的范围内采样。

### 1.2 我国土壤环境背景点布设情况

我国土壤环境背景点布设起于20世纪70年代中期,布点方法主要为网格布点法,布设原则主要考虑规避性原则和继承性原则,以土类和成土母质类型为布点依据。

1978年,中国科学院和农业科研单位会同原环境保护主管部门,先后对北京等13个省区市的主要农业土壤和粮食作物中的9种元素背景值进行了研究,为我国土壤环境背景点的布设研究奠定了良好的工作基础<sup>[23]</sup>。“六五”期间,我国对湘江谷地、松辽平原进行了土壤元素背景值调查,分别布设了430个和934个采集点,获得了约30种元素的化学元素背景数据,积累了土壤环境背景点布设的经验<sup>[24]</sup>。“七五”期间,土壤元素背景值研究被列入国家重点科技攻关项目,由原国家环境保护局主持完成了除香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区以外的全国土壤元素背景值调查,提出了包括土壤重金属在内的61种元素背景值。统一组织、统一技术要求,以网格法均匀布点,使采样点位有适当的密度和均匀性,又根据我国东、中、西部地区经济发展的差异及土壤和地理自然环境复杂程度的不同,确定了3种不同的布点密度:东部省份以40km×40km、中部省份以50km×50km、西部省份以80km×80km网格布设采样点;北京、天津、上海3个直辖市及5个沿海城市的采样密度适当增加。在很少受人类活动影响和不受或未明显受现代工业污染与破坏的情况下,在所划定的网格范围内,选择土类、亚类或土属面积较大且有一定典型性、代表性的采样区域,共布设了4095个土壤典型剖面。兼顾继承性原则,“十一五”到“十三五”期间,在首次全国土壤污染状况调查的基础上,我国将土壤环境背景点筛选优化为2481个。

### 1.3 国内外土壤环境背景点布设方法对比分析

从国内外土壤环境背景点的布设做法和经验可以看出,不同国家和地区在土壤环境背景点的组织形式和指导思想上有所差别,但土壤环境背景点布设思路 and 目的基本一致,都是为了掌握和了解土壤环境背景值状况及变化趋势。同时,土壤环境背景点的布点原则主要考虑规避性和可行性,也都是采用网格法开展点位布设,只是网格的尺度是根据各国国情和实际监测条件确定的,在网格布点法的技术上考虑规避性,规避受人为活动干扰的区域,而这种布设方法在背景区域的选择上缺乏系统性。国内外土壤环境背景点布设方法对比分析见表1。

表1 国内外土壤环境背景点布设方法对比分析

对比要点	布设原则	规避区域	布设方法
美国	规避性和可行性原则,没有考虑土壤分类	填埋场;交通拥挤地区;矿床地质和明显污染的地点;建筑物;主要工业活动	网格布设
英国	遵循规避性原则,没有考虑土壤分类	建筑物,道路,岩石区;湖泊、河流、溪流;采石场和相关的扰动地面以及煤矿	网格布设
加拿大	遵循规避性原则,没有考虑土壤分类	高速公路;乡村道路;农田边际	网格布设
中国	遵循规避性原则和继承性原则,以土类为划分单元	住宅、道路、沟渠、粪坑、坟墓;铁路、公路;水土流失严重或表土被破坏区域	网格布设

## 2 土壤环境背景点的布设思路与方法

### 2.1 布设原则

从我国土壤环境监测管理需要出发,考虑到我国实际情况,兼顾发达国家经验,我国土壤环境背景点的布设应具有整体性、代表性、规避性和继承性。

(1)整体性原则:点位布设既要科学、合理,又要具有一定的可操作性。应考虑自然地理条件等综合环境因素,以及土地利用规划、人口分布等

社会经济特点,且应兼顾国内土壤环境监测的实际情况和监测环境条件的特点,充分考虑交通运输、技术应用等方面可实施采样的作业条件保障。

(2)代表性原则:点位布设要尽可能覆盖区域内不同土类的土壤,同时兼顾地形地貌等环境特征,充分满足监测目的和需求,满足国家开展土壤环境质量例行监测的要求。

(3)规避性原则:点位应布设在不受或少受人为活动影响的区域,结合土地利用现状,明确环境干扰源分类及对应缓冲区距离,保证土壤环境背景点可以反映不受或少受人为活动影响的土壤中元素或化合物的含量水平。

(4)继承性原则:土壤环境背景点需要长期监测,因此布设时需要避开计划用地区域,保证土壤环境背景点的稳定性。在考虑人为活动影响的基础上,对照土壤分类标准,一般以土类或土属作为布点单元,布设土壤环境背景点。无论原有背景点还是新增背景点,一经确定,原则上不宜变更。

### 2.2 布设流程

土壤环境背景点布设分为四个步骤:点位布设准备、确定土壤环境背景区、初步布设土壤环境背景点和现场确认土壤环境背景点。土壤环境背景点布设流程图如图1所示。

#### 2.2.1 点位布设准备

点位布设准备包括资料收集与软硬件准备。

资料收集主要包括点位布设底图(土地利用现状图、土类分布图、生态保护红线等)、自然环境资料(地形地貌特点等)及环境数据资料(已有土壤环境背景点和土壤环境背景值调查数据等)。

软硬件准备主要包括便携式定位设备、信息存储处理与分析计算设备;具有高分辨率遥感影像展示、空间信息编辑、空间信息输出等功能的专业地理信息系统等空间分析软件。

#### 2.2.2 确定土壤环境背景区

(1)明确土壤环境干扰源

结合我国发布的《土地利用现状分类》,将受到人类干扰的土地进行明确分类。将标准中的05(商服用地)、06(工矿仓储用地)、07(住宅用地)、08(公共管理与公共服务用地)、09(特殊用

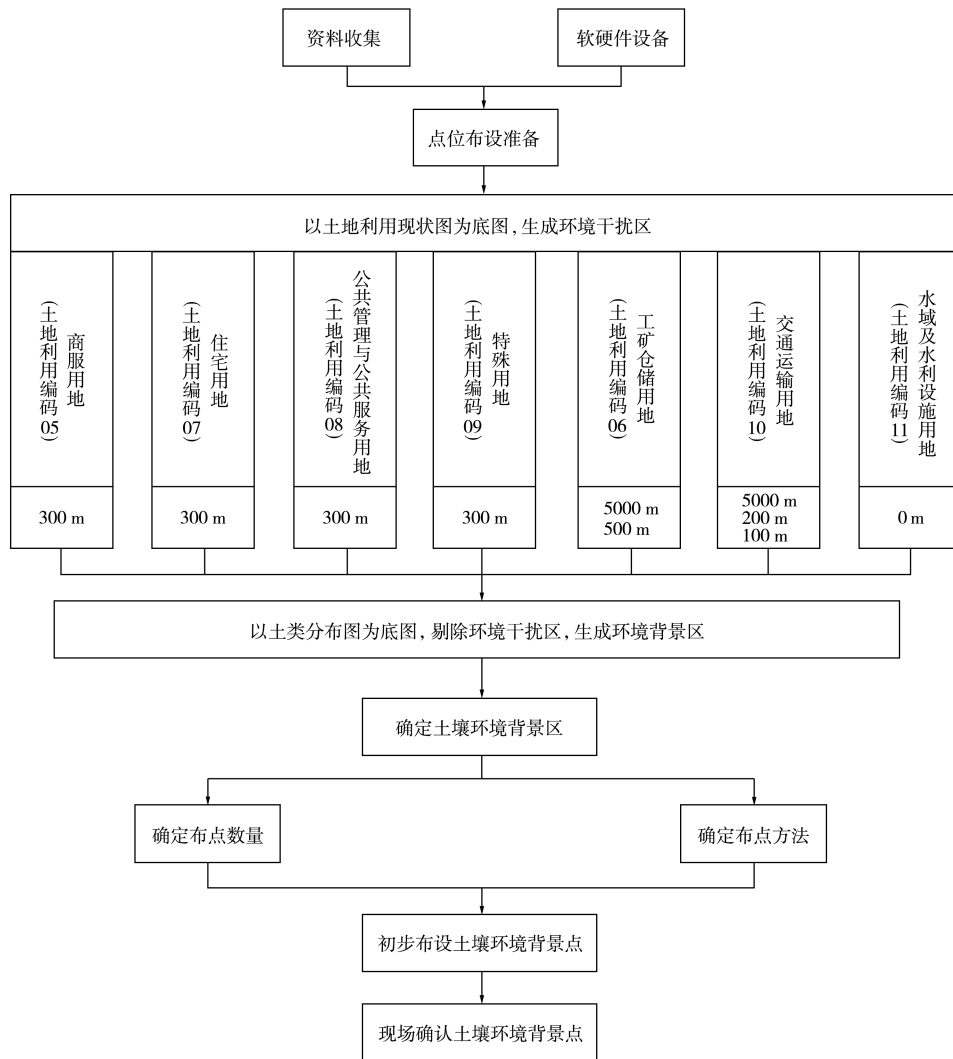


图1 土壤环境背景点布设流程图

地)、10(交通运输用地)、11(水域及水利设施用地)确定为环境干扰源。需特别说明的是,在实际布点中,特别在我国的东部地区,人口稠密,人类活动频繁,有长期使用农药、化肥的历史,要完全避开人为活动是不可能的;同时,许多农业土壤本身就是人类长期从事农业生产活动而形成的。在这种情况下,只能在不受或很少受现代工业污染与人为破坏的土地上布点。

#### (2)生成环境干扰源缓冲区

考虑到环境干扰源内人类的生活及生产活动对周围区域可能造成人为干扰或工业污染与破坏,将环境干扰源周围一定距离作为环境干扰源缓冲区。在针对国内外土壤环境背景点布设工作现状与相关文献开展调研分析基础上,结合我国的实际情况,本文提出的环境干扰源及缓冲区范

围如下:

(a)商服用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地:距离 300m

根据《城市居住区规划设计标准》,结合居民的出行规律,在步行 5min、10min、15min 内可分别满足其日常生活的基本需求;根据步行出行规律,3 个生活圈居住区可分别对应距离 300m、500m、1000m 的空间范围内,该空间范围同时也是主要配套设施的服务半径。单礼堂<sup>[5]</sup>提出的土壤环境监测基础点位布设思路与方法,也是将 300m 作为居住用地的缓冲区距离。

考虑到住宅用地边界外不再有对应的配套设施,结合文献及国内外调查结果,将 300m 作为住宅用地的缓冲区。考虑到商服用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地同样有人为活动,参考住

宅用地,将 300m 作为缓冲区距离。

(b)工矿仓储用地:采矿用地为距离 5000m,其他工业企业为距离 500m

徐理超等人研究表明,区域内矿业开采产生的重金属污染物有向外扩散的趋势,元素迁移性强弱导致不同重金属向矿区外传输的距离表现出一定差异,As 的迁移性较弱,传输距离较短,Cu、Zn、Cd、Pb 等重金属迁移性较强,对周围 4~6km 农田都有影响<sup>[25]</sup>。李晶等人研究表明,宝日希勒矿区采场外 4km 范围内土壤重金属 Pb、Cr、Zn 和 Cu 含量总体上处于无污染状态<sup>[26]</sup>。杨勇等人研究表明,锡林郭勒露天煤矿矿区周围 0.5km 范围内土壤重金属含量均超过内蒙古自治区的相应背景值。总体上 Cr、Cu、Mn、Ni 和 Zn 5 种重金属元素随着距矿区距离的增加,其含量逐渐减小,在 0~4km 范围内逐渐下降,尤其在 0~2km 范围内,下降较快。随后出现上下波动,变化幅度较小<sup>[27]</sup>。USGS 开展了地球化学和矿物学调查,规定避免在主要工业活动(如发电厂或冶炼厂)的下风处 5km 以内采样。

生产性污染源(厂矿)铅污染物的扩散范围主要与烟筒高度和风向风力有关。一般来说,烟筒高度为 30~40m 时,烟尘扩散范围为半径 500m 左右;烟筒高度为 100m 时,烟尘扩散范围为半径 2000~3000m<sup>[28]</sup>。张素娟等人研究了陕西西安蓝田冶炼厂周边农田土壤重金属含量和形态分布特征,结果表明,Pb、Zn、Cu、Cd 4 种重金属的最高地面浓度出现在烟筒下风向 100m 处的黄土台塬上,污染最严重的区域均分布在 0~400m 范围内<sup>[29]</sup>。

结合文献及国内外调查结果,将 5000m 作为采矿用地的缓冲区距离,将 500m 作为其他工矿仓储用地的缓冲区距离。

(c)交通运输用地:铁路用地为距离 500m,公路用地为距离 200m,农村道路为距离 100m

我国“全国土壤环境背景值调查研究”以及《土壤环境监测技术规范》中均规定:不在道路等受人为干扰大的地方设置采样点;采样点远离铁路、公路至少 300m 以上。本研究以铁路、公路、农村道路、重金属污染为篇名关键词,调研了我国关于交通运输用地周围重金属污染的相关科研文献,共检索文献 10 余篇<sup>[30-40]</sup>。研究表明,对于铁

路用地,距路基 10m 范围内为土壤重金属重度污染带,10~100m 范围内为中度污染带,100~500m 范围内为轻度污染带。对于公路用地,公路两侧土壤中重金属含量峰值在距路肩 10~30m 左右达到最大值,距路肩 200m 范围内土壤受到不同程度的重金属污染。对于农村道路,乡村公路两侧 100m 范围内铅污染程度随着离公路的距离增加而减弱<sup>[30-40]</sup>。USGS 开展了地球化学和矿物学调查,规定在距主要公路 200m 以内不得采集样本;在距离乡村道路 50m 以内,不得采集任何样本。

结合文献及国内外调查结果,考虑到不同级别交通道路对道路周边土壤中重金属污染的差异性,分别将 500m、200m 及 100m 作为铁路用地、公路用地以及农村道路的缓冲区距离。

(d)水域及水利设施用地:0m

水域及水利设施用地无法进行土壤采样活动。环境干扰区分类及对应的缓冲区范围见表 2。

表 2 环境干扰区分类及对应的缓冲区范围

环境干扰源分类	环境干扰源缓冲区范围/m
商服用地(土地利用编码 05)	300 <sup>[2]</sup>
住宅用地(土地利用编码 07)	300 <sup>[2]</sup>
公共管理与公共服务用地(土地利用编码 08)	300 <sup>[2]</sup>
特殊用地(土地利用编码 09)	300 <sup>[2]</sup>
工矿仓储用地(土地利用编码 06)	采矿用地周围 5000 <sup>[25-26]</sup> 其他工业企业周围 500 <sup>[25-26]</sup>
交通运输用地(土地利用编码 10)	铁路用地两侧 500 <sup>[27-37]</sup> 公路用地两侧 200 <sup>[27-37]</sup> 农村道路两侧 100 <sup>[27-37]</sup>
水域及水利设施用地(土地利用编码 11)	0

### (3)生成环境干扰区

以土地利用现状图为工作底图,在土地利用现状图中依次提取环境干扰源作为拟分析空间数据图层,利用地理信息系统等专业软件的空间分析功能,依次对环境干扰源的缓冲区范围进行邻域分析,获得不同环境干扰源对应的环境干扰区。

### (4)生成土壤环境背景区

以土类分布图为工作底图,擦除环境干扰区,获得土壤环境背景区。

### 2.2.3 初步布设土壤环境背景点

#### (1) 确定布点数量

基础样品数量是确定布点数量的主要依据,可通过以下方式计算得到:

$$N = t^2 s^2 / D^2$$

$$\text{或 } N = t^2 C_v^2 / m^2$$

式中, $N$ 为基础样品数量; $t$ 为选定置信水平(土壤环境监测一般选定为95%)一定自由度下的 $t$ 值; $s^2$ 为均方差,可从已有的其他研究或者根据极差 $R(s^2 = (R/4)^2)$ 估计; $D$ 为可接受的绝对偏差; $C_v$ 为变异系数(%),可参考已有的土壤环境背景值资料,没有历史资料的地区、土壤变异程度不太大的地区, $C_v$ 一般可用10%~30%粗略估计; $m$ 为可接受的相对偏差(%),土壤环境监测一般限定为20%~30%。

各个布点单元的布点数量应不少于基础样品数量。实际工作中土壤布点数量还要根据调查目的、调查精度和调查区域环境状况等因素确定。

#### (2) 确定布点方法

采用网格布点或随机布点方法进行布点。对于成土因素比较复杂、地广人稀、交通不便的地区,可根据当地实际地形地貌条件按照随机布点法布点。在照顾到个别地区布点数量满足统计学要求的同时,尽可能考虑布点的均匀性,严格按照网格法布点。网格间距 $L$ 按下式计算:

$$L = (A/N)^{1/2}$$

式中, $L$ 为网格间距; $A$ 为背景区面积; $N$ 为布点数量。

原则上一个网格内布设一个土壤环境背景点。当网格中土壤环境背景区面积比例小于10%时,不宜在该网格内布设土壤环境背景点。当网格内有多种土类时,选择在土类面积最大的土壤环境背景区中心位置布设土壤环境背景点。若网格中土壤环境背景区中有生态保护红线,则优先选择在生态保护红线中心位置内布设背景点。

### 2.2.4 现场确认土壤环境背景点

需要通过必要的现场踏勘对初步布设点位进行检验和优化,最终确定土壤环境背景点。现场确认可与现场采样相结合,对于现场环境条件不符合布设原则或不具备采样条件的,则需要重新

调整点位,同时记录调整原因和调整结果。现场点位调整后要同步对电子地图中的点位进行调整,最终形成实际需要的土壤环境背景点。

现场确认时,应综合考虑当地土壤类型、母质母岩、土地利用现状等是否与已有资料一致;注意观察点位周围是否有未被考虑到的干扰源;注意观察土壤环境背景点周围的植被是否发育完好;现场判断土壤类型时,应以剖面发育完整、层次清楚为准。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤环境背景区面积测算

以除香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区以外全国土地利用现状图为工作底图,在土地利用现状图中依次提取商服用地、工矿仓储用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地、交通运输用地、水域及水利设施用地等环境干扰源作为拟分析空间数据图层,利用GIS的空间分析功能,依次对环境干扰源的缓冲区范围进行邻域分析,获得不同环境干扰源对应的环境干扰区。以土类分布图为工作底图,擦除环境干扰区,获得基于土类的土壤环境背景区。除香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区以外全国土壤环境背景区约为825.35万 $\text{km}^2$ 。各省份的土壤环境背景区面积见图2。

### 3.2 基本样品数量测算

考虑到监测数据的延续性以及点位布设数量的代表性,本研究以“七五”期间“全国土壤环境背景值调查研究”的背景值数据作为基本样品数量测算的基础数据。“七五”期间“全国土壤环境背景值调查研究”重点科技攻关课题的攻关目标是获得全国主要土类的环境背景值,共布设了4095个点位,涉及41种土类,测试了61种元素,给出了61种元素的背景值。《中国土壤分类与代码》(GB/T 17296—2009)中共划分60种土类。本研究对“全国土壤环境背景值调查研究”的主要土类及国标中的土类进行了分析,“七五”期间的41种主要土类与国标中的60种土类中共有34种土类为重复土类,将这34种土类作为全国土壤环境背景点点位测算的主要土类。34种主要土类见图3。

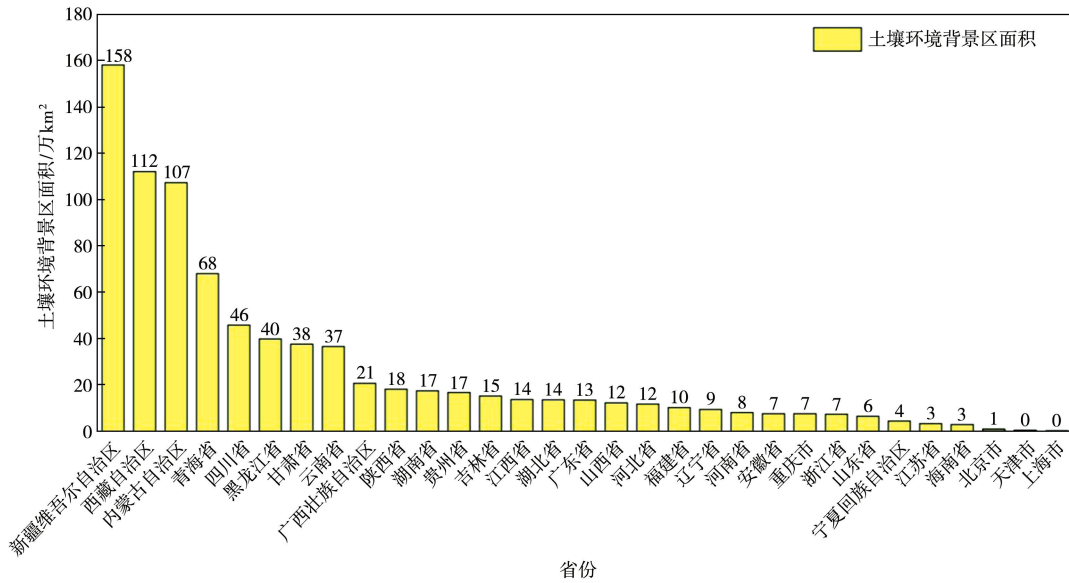


图2 全国除香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区以外各省份的土壤环境背景区面积

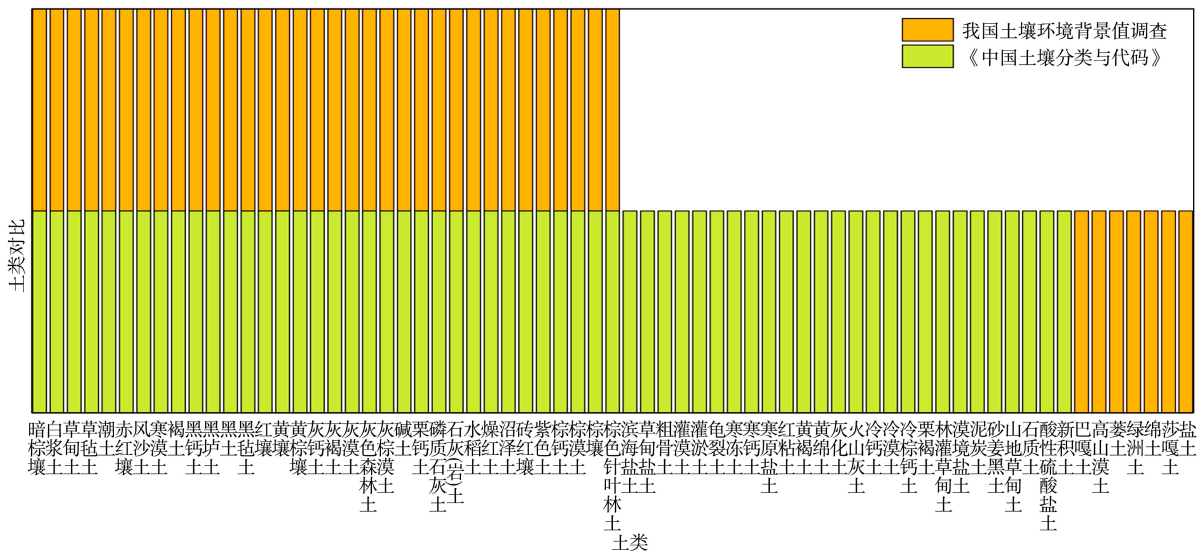


图3 34种主要土类信息对比

由变异系数和相对偏差计算基本样品数量  $(N = t^2 C_v^2 / m^2)$ 。其中,变异系数  $C_v (C_v = \sigma / \mu)$  基于“七五”期间“全国土壤环境背景值调查研究”主要土类对应监测项目的数据计算获得,  $t$  选定为置信水平为 95% 时一定自由度下的  $t$  值, 相对偏差  $m$  选定为 20%。全国 34 种主要土类, 监测项目为 61 种元素时, 基本样品数量为 5484 个; 监测项目为 37 种元素时( 优先选择土壤环境标准普遍关注的镉、汞、砷、铅等重金属), 基本样品数量为 3664 个。

### 3.3 网格布设土壤环境背景点

基于 825.35 万  $\text{km}^2$  土壤环境背景区面积以

及 3664 个基本样品数量, 测算获得全国(除港澳台地区外) 网格间距为  $50\text{km} \times 50\text{km}$  ( $L = (A/N)^{1/2}$ )。以  $50\text{km} \times 50\text{km}$  划分网格, 当网格中土壤环境背景区面积比例小于 10% 时, 不在该网格内布设土壤环境背景点, 共在全国(除港澳台地区外) 范围内划分出有效网格(即拟布设背景点) 3788 个, 与基本样品数量 3644 个基本一致。

### 3.4 案例分析: 辽宁省土壤环境背景点布设研究

以辽宁省为例, 通过点位布设准备、确定土壤环境背景区、初步布设土壤环境背景点等步骤, 获得辽宁省土壤环境背景区面积约为 9.34 万  $\text{km}^2$ , 以  $50\text{km} \times 50\text{km}$  划分网格, 共划分有效网格(即

拟布设背景点)为53个。辽宁省土壤环境背景点的布设成果图主要包括:(1)土地利用图;(2)环境干扰源;(3)环境干扰区;(4)土类分布图;(5)土壤环境背景区;(6)网格法划分土壤环境背景区。

#### 4 结论与讨论

根据《土地利用现状分类》,除环境干扰源外,《土地利用现状分类》中还包括01(耕地)、02(园地)、03(林地)、04(草地)以及12(其他用地)。本研究中土壤环境背景区的土地利用类型的分类与我国“七五”期间“全国土壤环境背景值调查研究”中背景点对应的土地利用类型基本一致。在点位布设思路下,本文利用GIS技术测算了全国(除港澳台地区外)的背景区面积,并基于基本样品数量测算了网格间距,同时分析了拟布设点位数量与基本样品数量的关系,进一步验证了布设方法的可操作性。

本研究提出的土壤环境背景点布设方法具有以下特点:结合土地利用现状对环境干扰源进行了分类,并对环境干扰源缓冲区进行了研究与论述;遵循继承性原则,以土类为基本单元,利用3S技术,剔除环境干扰源区,在“七五”全国土壤环境背景值调查基础上计算基本样品数量;同时,有效结合我国土壤污染状况详查工作,明确土地利用方式及对应的土壤环境干扰源的具体分布情况,兼顾生态保护红线调查工作成果,进一步明确土壤环境背景区的区域范围,开展土壤环境背景点的布设工作。点位布设原则考虑全面且要求清晰,布设方法可操作性强。未来还需按照《土壤污染防治行动计划》中建设土壤环境质量监测网络的要求,进一步完善背景点位布设工作,开展背景点位的优化和新增工作,确保监测点布设的准确性与科学性,以满足环境管理和决策的需求。

#### 参考文献:

[1] 胡文友,陶婷婷,田康,等.中国农田土壤环境质量管理现状与展望[J].土壤学报,2021,58(05):1094-1109.  
[2] 葛峰,徐珂珂,刘爱萍,等.国外土壤环境基准研究进展及对中国的启示[J].土壤学报,2021,58(02):331-343.  
[3] 王龚博,卢宁川,于忠华,等.土壤污染防治行动计划分析与实施建议[J].环境与发展,2019(09):68-69.

[4] 魏复盛,陈静生,吴燕玉,等.中国土壤环境背景值研究[J].环境科学,1991,12(04):12-19.  
[5] 单礼堂.土壤环境监测基础点位布设思路与方法[J].节能,2018(11):122-123.  
[6] 王霄娥,李翠萍,李忠唐.晋中市12种元素土壤环境背景值变化初探[C].中国农业生态环境保护协会.“十一五”农业环境研究回顾与展望:第四届全国农业环境科学学术研讨会论文集.呼和浩特:中国农业生态环境保护协会,2011.  
[7] 巩玉玲,冯永军,李进涛,等.中外脆弱生态系统土壤环境监测研究[J].河北农业科学,2015,19(05):74-80.  
[8] 王煜,李松兴.3S技术在土壤布点和采样中的应用[J].科技资讯,2013(16):135.  
[9] 巩玉玲,冯永军.中外土壤环境监测技术应用与发展状况[J].安徽农业科学,2014,42(19):6229-6230.  
[10] KLARA K, JIRI K, JIRI J, et al. Spatially resolved distribution models of POP concentrations in soil: a stochastic approach using regression trees[J]. Environmental Science & Technology, 2009, 43(24): 9230-9236.  
[11] SHAN Y, TYSKLIND M, HAO F, et al. Identification of sources of heavy metals in agricultural soils using multivariate analysis and GIS [J]. Journal of Soils and Sediments, 2013, 13: 720-729.  
[12] 李梅,张学雷,武继承.GIS支持下豫东地区土壤野外采样布点方法探索[J].土壤,2011,43(03):459-465.  
[13] United States Geological Survey. Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States [R]. United States Government Printing Office, Washington: 1984.  
[14] United States Geological Survey. Element concentrations in soils and other surficial materials of Alaska [R]. United States Government Printing Office, Washington: 1988.  
[15] United States Geological Survey. Geochemical and mineralogical data for soils of the conterminous United States [R]. United States Geological Survey, Reston, Virginia: 2013.  
[16] United States Geological Survey. Appendix 1. U. S. Geological survey soil sampling manual for the North American soil geochemical landscapes Project [R]. United States Geological Survey: 2010.  
[17] Environment Agency. Ambient background metal concentrations for soils in England and Wales [R]. Environment Agency, Rio House: 2006.  
[18] Macaulay Institute. National soil inventory of Scotland 1978—1988: soil location, sampling and profile description protocols (NSIS\_1) [R]. Macaulay Institute: 2010.  
[19] James Hutton Institute. National soil inventory of Scotland 2007—2009: profile description and soil sampling protocols (NSIS\_2) [R]. James Hutton Institute: 2011.



- [20] British Geological Survey. The advanced soil geochemical atlas of England and Wales [R]. British Geological Survey, 2012.
- [21] 李忠良. 中外土壤环境监测现状及对策建议 [J]. 中国国土资源经济, 2005, 18(03): 19-22.
- [22] Health Canada Environment Canada. Role of geochemical data in ecological and human health risk assessment [R]. Halifax, Nova Scotia; 2010.
- [23] 农业环境背景协作组. 我国十三省(市)主要农业土壤及粮食作物中有害元素环境背景值研究 [J]. 农业环境科学学报, 1986, 5(03): 1-11.
- [24] 甘媛. 四川彭山县土壤重金属元素地球化学特征及其质量评价 [D]. 成都: 成都理工大学, 2009: 3-4.
- [25] 徐理超. 阜新市农田土壤重金属污染的空间分析及污染评价 [D]. 重庆: 西南大学, 2007: 35-41.
- [26] 李晶, 杨超元, 殷守强, 等. 草原型露天煤矿区土壤重金属污染评价及空间分布特征 [J]. 煤炭学报, 2019, 44(12): 3676-3684.
- [27] 杨勇, 刘爱军, 朝鲁孟其其格, 等. 锡林郭勒露天煤矿矿区草原土壤重金属分布特征 [J]. 生态环境学报, 2016, 25(05): 885-892.
- [28] 冯福建, 王兰, 虞江萍, 等. 我国铅污染的时空走势 [J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2001, 20(06): 840-843.
- [29] 张素娟, 肖玲, 张耀华, 等. 蓝田冶炼厂周边农田土壤重金属含量及形态分析 [J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2009, 37(02): 91-95, 102.
- [30] 马建华, 楚纯洁, 李剑, 等. 铁路交通对铁路旁土壤重金属污染的影响; 以陇海铁路郑州—圃田段为例 [J]. 土壤通报, 2007, 38(01): 128-132.
- [31] 康玲芬, 李锋瑞, 张爱胜, 等. 交通污染对城市土壤和植物的影响 [J]. 环境科学, 2006, 27(03): 556-560.
- [32] 素有瑞, 黄雅丽. 西宁地区公路两侧土壤和植物中铅含量及其评价 [J]. 环境科学, 1996, 17(02): 74-76.
- [33] 陕永杰, 张美萍, 白中科. 临汾市道路绿化地铅污染现状调查及治理措施 [J]. 城市环境与城市生态, 2007(05): 24-26.
- [34] 叶芝祥, 闫军, 印红玲, 等. 成雅高速公路两侧环境中重金属污染特征 [J]. 2012 中国环境科学学会学术年会, 2012: 2811-2818.
- [35] 蔡雄飞, 段志斌, 王济, 等. 高速公路两侧农田土壤重金属污染特征及评价 [J]. 安徽农业大学学报, 2020, 47(01): 103-108.
- [36] 王超, 周继良, 陈向明, 等. 高速公路两侧土壤中重金属污染的测定和环境影响评价 [J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2010, 20(03): 129-130.
- [37] 高晓燕. 高速公路两侧土壤重金属污染及其防治措施 [J]. 2013年9月建筑科技与管理学术交流会议论文集, 2013: 167-183.
- [38] 邵劲松, 高芹, 余云飞, 等. 沪宁高速公路两侧水稻中重金属污染研究 [J]. 江苏农业科学, 2011, 39(03): 543-544.
- [39] 李晓艳, 吴超. 某铅锌矿区公路两侧土壤重金属污染分布研究 [J]. 环境工程, 2017, 35(01): 137-168.
- [40] 赵彩凤. 西安周边高速公路两侧表层土壤重金属污染研究 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2013.

## On the method of designing soil environmental background sites

ZHANG Lili, ZHENG Yuting, YU Yang\*, LIN Jun

(Solid Waste and Chemicals Management Center, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100029, China)

**Abstract:** The soil environmental quality is not only related to the safety of agricultural products, but also to human health and national economic development. In order to monitor and evaluate soil pollution status, the primary task is to select representative soil environmental background sites and monitor their chemical compositions and elements content levels. According to combing and analyzing the characteristics of soil environmental background sites designing methods at home and abroad, the idea and method of designing soil environmental background sites based on 3S technology were put forward. Firstly, the soil environmental interference sources were classified and the buffer distance of different soil environmental interference sources was discussed in detail, and on this basis, the soil environmental background area was obtained. Secondly, the calculation method of the number of basic samples was defined. And at last the grid method was finally proposed to lay out the soil environmental background sites in order to provide technical support for the layout of soil environmental background sites in China.

**Keywords:** soil environmental background sites; soil environmental interference sources; soil environmental interference buffer area; grid design