

附件 7

《生态环境损害鉴定评估技术指南
总纲和关键环节 第 4 部分：土壤生态环境
基线调查与确定（征求意见稿）》
编制说明

标准编制组
二零二二年九月

目 录

| | |
|--|-----------|
| 1 项目背景 | 1 |
| 1.1 任务来源..... | 1 |
| 1.2 工作过程..... | 1 |
| 2 标准制定的必要性 | 2 |
| 2.1 生态环境损害赔偿制度的日益完善对损害鉴定评估的准确性提出了更高要求..... | 2 |
| 2.2 土壤地下水损害事件的频发对损害鉴定评估技术标准的完善提出了迫切需求..... | 2 |
| 2.3 土壤污染责任人认定制度也对土壤基线的精准确定提出了要求..... | 3 |
| 2.4 土壤污染固有的空间异质性使得土壤基线调查具有较大的不确定性..... | 3 |
| 2.5 现有损害鉴定评估标准对于土壤基线调查方法的规定有待进一步完善..... | 3 |
| 3 标准的编制原则和思路 | 5 |
| 3.1 标准的编制原则和技术路线..... | 5 |
| 3.2 标准的编制思路..... | 7 |
| 4 国内外基线调查相关标准和方法 | 8 |
| 4.1 国外土壤背景值调查技术规范和方法..... | 8 |
| 4.2 国内土壤背景值调查技术规范和方法..... | 15 |
| 4.3 数据处理方法..... | 22 |
| 4.4 土壤生态背景值调查标准和方法..... | 25 |
| 4.5 小结..... | 26 |
| 5 标准主要技术内容和依据 | 27 |
| 5.1 适用范围..... | 27 |
| 5.2 规范性引用文件..... | 27 |
| 5.3 术语和定义..... | 28 |
| 5.4 工作程序..... | 29 |
| 5.5 工作准备..... | 29 |
| 5.6 历史数据的整理与评估..... | 30 |
| 5.7 对照区要求..... | 31 |
| 5.8 点位和深度要求..... | 32 |
| 5.9 样品采集、分析检测..... | 33 |
| 5.10 质量保证与质量控制..... | 33 |
| 5.11 数据处理分析与基线确定..... | 34 |
| 5.12 补充调查..... | 35 |
| 5.13 基于其他方法确定土壤特征污染物生态环境基线..... | 35 |
| 6 对实施本标准的建议 | 37 |

| | |
|-------------|----|
| 7 参考文献..... | 38 |
|-------------|----|

1 项目背景

1.1 任务来源

生态环境部于 2021 年 7 月批准了本标准的立项，明确由生态环境部环境规划院负责《生态环境损害鉴定评估技术方法 决策单元多点增量采样技术》编制任务及相关技术性工作，项目编号为 2021-40，协作单位为中国科学院南京土壤研究所和北京农业信息技术研究中心。2021 年 9 月专家研讨会上，专家建议将原名称变更为《生态环境损害鉴定评估技术指南方法 总纲和关键环节 第 4 部分：土壤生态环境基线调查与确定》。

1.2 工作过程

2021 年 7 月 4 日，生态环境部批准了本标准的立项；

2021 年 7-9 月，与生态环境部法规与标准司、生态环境部标准研究所完成本标准制定任务书的签订；

2021 年 7-9 月，启动标准草案编制工作，多次开展内部研讨，完成标准草案和开题报告编制；

2021 年 9 月 18 日，召开标准专家研讨会，与会专家针对标准名称和内容提出了调整意见和建议。本标准原定为《生态环境损害鉴定评估技术方法 决策单元多点增量采样技术》，由于该方法的适用范围有限，因此，专家建议不专门针对该方法发布国家标准。由于目前土壤生态环境损害鉴定评估过程中，土壤生态环境基线的调查和确定是重点也是难点，目前《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第 1 部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）对于土壤生态环境基线调查方法的规定较为原则，难以科学指导实践中各类不同情形下的损害鉴定评估工作。因此，建议将标准名称变更为《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第 4 部分：土壤生态环境基线调查与确定》；

2021 年 9 月-2022 年 6 月，按照专家研讨会意见对标准进行修改，形成《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第 4 部分：土壤生态环境基线调查与确定》开题报告、标准文本及编制说明。

2 标准制定的必要性

2.1 生态环境损害赔偿制度的日益完善对损害鉴定评估的准确性提出了更高要求

中办、国办于 2017 年 12 月印发的《生态环境损害赔偿制度改革方案》提出：“经调查发现生态环境损害需要修复或赔偿的，赔偿权利人根据生态环境损害鉴定评估报告，就损害事实和程度、修复启动时间和期限、赔偿的责任承担方式和期限等具体问题与赔偿义务人进行磋商。”《最高人民法院关于审理环境民事公益诉讼案件适用法律若干问题的解释》（法释〔2015〕1 号）规定：“对于审理环境民事公益诉讼案件需要的证据，人民法院认为必要的，应当调查收集。对于应当由原告承担举证责任且为维护社会公共利益所必要的专门性问题，人民法院可以委托具备资格的鉴定人进行鉴定。”生态环境损害鉴定评估主要服务于生态环境损害赔偿案件和环境民事公益诉讼案件民事赔偿，还涉及环境刑事案件量刑。土壤生态环境基线调查是土壤生态环境损害鉴定评估工作的重要环节，土壤生态环境基线调查方法的科学性和合理性，直接影响土壤生态环境损害事实认定和损害量化结论的可靠性和准确性，进而影响生态环境损害赔偿案件赔偿和环境民事公益诉讼案件审判结果的公正性。随着生态环境损害赔偿制度和环境公益诉讼制度的逐步确立，涉及土壤生态环境损害的案件越来越多，损害情形更加多样化、复杂化，行政主管部门和公检法机关对鉴定评估的准确性提出了更高的要求。

2.2 土壤地下水损害事件的频发对损害鉴定评估技术标准的完善提出了迫切需求

根据从全国损害赔偿案例报送系统中获取的数据，截至 2022 年 4 月中旬，全国损害赔偿案例超过 10000 件，损害赔偿案件的数量持续攀升，涉及赔偿金额超百亿元。其中，涉及土壤与地下水损害的案件数量占比超过 20%，赔偿金额占比超过 45%。从 2017 年起（统计年）至今，土壤与地下水损害案件数量呈逐年递增的趋势，主要原因在于《中华人民共和国土壤污染防治法》《土壤污染防治行动计划》等法律法规的出台和各地生态环境损害赔偿制度的建立，极大推动了各地土壤与地下水损害鉴定工作的开展。从区域上看，在统计的涉及土壤与地下水损害的案例中，案件较多的省份主要分布在我国东南沿海省份，如江苏、山东、浙江、广东等，同时，华中地区的湖南、湖北等省份案例也较多，华北地区则以河北省案例居多，东北地区案例较多的为辽宁省，西南地区则以四川、重庆为主，

而西北地区案例普遍较低，其他各地区案例基本均衡。涉及土壤与地下水损害及修复案件中，主要污染物类型为重金属，占比超过 50%，其次为石油烃等有机物，部分案例存在多种污染物复合污染的情况。土壤地下水损害事件的频发对土壤地下水损害鉴定评估技术标准的完善提出了迫切的现实需求。

2.3 土壤污染责任人认定制度也对土壤基线的精准确定提出了要求

2019 年开始实施的《中华人民共和国土壤污染防治法》提出了土壤污染责任人不明确或者存在争议的，需要由相关主管部门进行认定。土壤污染责任人认定的主要目的就是责任人和污染之间的因果关系和贡献度进行调查和分析，责任的准确划分依赖于对土壤中污染物基线水平，即不同责任主体从事生产经营活动之前土壤中污染物的浓度水平的精准确定。目前国家发布了土壤污染责任人认定相关管理办法，但缺乏相应的技术标准规范作为支撑，各地落实土壤污染责任人认定制度存在困难。

2.4 土壤污染固有的空间异质性使得土壤基线调查具有较大的不确定性

土壤是受母质、地形、气候、生物和时间五大成土因素共同作用的非均质体，受污染源类型和释放方式、区域环境条件以及污染物性质等多因素影响，土壤中的污染物分布往往表现出高度空间异质性，尤其是重金属等土壤中本身含有的污染物。土壤生态环境基线调查是通过少量点位的调查获取受损前土壤污染物以及其它理化指标空间分布的信息，土壤中这些指标的空间异质性越强，土壤基线调查结果的不确定性相应越大。因此，需要通过适当增加调查点位数量、合理布设调查点位、针对污染物分布空间异质性强的情况开展补充调查等方式，降低基线调查的不确定性。

2.5 现有损害鉴定评估标准对于土壤基线调查方法的规定有待进一步完善

土壤环境背景值、土壤环境标准值、土壤生态环境基线的概念有所不同，土壤环境背景值是指一定时间条件下，仅受地球化学过程和非点源输入影响的土壤中元素或化合物的含量，强调的是未受到各类点源污染情况下的状态；土壤环境标准值是基于可接受的人体健康和生态风险倒推出来的土壤中的污染物浓度限值，强调的是不会对人和生物体构成危害的状态；土壤生态环境基线是指污染环境或破坏生态未发生时评估区土壤的化学元素或化合物含量、理化性质以及生物物种、种群、群落、生态服务功能等的状态，强调的是损害事件发生前的状态。

因此，现有的土壤环境背景值调查相关的标准规范不足以指导土壤生态环境基线调查，土壤环境标准值也不能作为土壤基线确定的主要依据。

基线调查和确定是损害鉴定评估中最为重要的环节，目前尚没有针对土壤基线调查制定专门的标准规范。《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）虽然规定了土壤基线调查样本数量最少为5个，且面积较大和污染物分布情况复杂时应适当增加点位，但实践中很多鉴定评估机构没有充分考虑不同损害情形的差异性以及土壤中重金属等污染物背景浓度和其它理化指标的空间异质性，即使复杂的损害案件中，也仅用5个数据来确定基线水平，导致样本代表性不强，无法准确表征污染物的背景浓度水平，从而导致夸大损害及相关修复、赔偿责任的可能。因此，需要根据不同的情形明确基线调查采样点的数量要求，并在异质性强的情况下开展一定的补充调查，确保基线调查结果的可信度。

此外，《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）虽然对土壤损害调查的特征指标识别与选取、点位和深度布设、样品采集、保存和流转、样品检测、质量保证与质量控制进行了规定，但对于调查数据的分布检验、异常值判别等，未给出具体方法，对基线调查和确定工作的指导性不足，难以保障基线调查结果的一致性。因此，应在此基础上制定更为细化的土壤生态环境基线调查标准规范，进一步明确数据的处理和统计分析要求。

基于此，本标准针对土壤损害特点，遵循《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分：总纲》（GB/T 39791.1-2020）和《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）的总体规定，对土壤生态环境基线调查的流程、方法和技术要求做了更为明确的规定。

3 标准的编制原则和思路

3.1 标准的编制原则和技术路线

3.1.1 编制原则

(1) 科学性原则

根据《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分：总纲》（GB/T 39791.1-2020）和《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）的总体规定，进一步明确土壤生态环境基线调查的相关技术方法，确保方法的科学性。

(2) 实用性原则

根据当前土壤生态环境损害鉴定评估工作面临的技术难点与存在的主要问题，结合当前行业发展状况和技术水平，确定切实可行的土壤生态环境基线调查方法。

(3) 准确性原则

本标准针对不同的土壤损害情形，通过差异化的点位布设、调查方法以及数据统计分析方法，确保准确获取土壤生态环境基线水平。

3.1.2 技术路线

本标准按照图 3-1 所示技术路线进行制定。

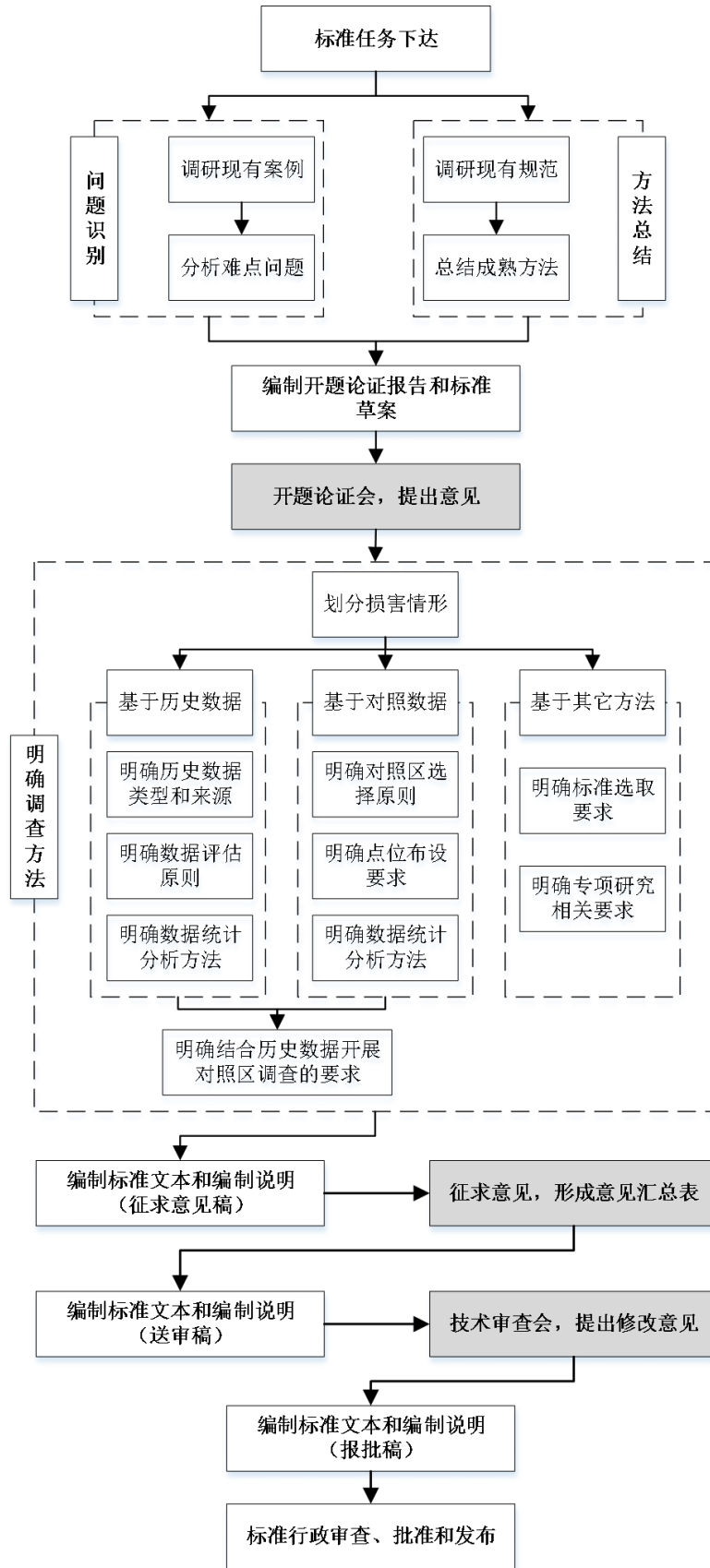


图 3-1 土壤生态环境基线调查与确定标准编制技术路线

3.2 标准的编制思路

本标准的编制遵循以下基本思路：

(1) 在现有标准的基础上重点补充了不同情形下土壤基线调查点位布设要求。现有的《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》(GB/T 39792.1-2020)虽然对确定基线的最小样本数量进行了规定，但从土壤损害评估实践来看，不同的损害情形下均采用最小样本数量确定基线水平并不合适，可能导致损害被夸大。因此，本标准重点对土壤基线调查点位布设要求进行了进一步明确，充分考虑土壤损害的规模、污染物类型等，给出了不同评估区面积、不同污染物、不同破坏量对应的土壤基线调查点位数量，同时保障标准内容的合理性和可操作性。

(2) 对之前标准中较为模糊的内容进行了进一步细化和明确。《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》(GB/T 39792.1-2020)对历史数据的评估、对照区的选择、数据的分析处理等均进行了原则规定，但可操作性有所欠缺。本标准充分参考国内外现有标准，总结了不同方法的特点和适用范围，重点对这部分内容进行了进一步细化和明确，如历史数据评估的具体要求，对照区选择和排除的具体要求、数据的正态分布检验方法、异常值识别方法等，避免评估过程中因方法选择不一致、评估者主观判断影响等导致的不同机构评估结果存在较大差异性的问题。

4 国内外基线调查相关标准和方法

4.1 国外土壤背景值调查技术规范和方法

4.1.1 国外土壤背景值调查技术规范

国际标准化委员会(ISO)于2018年制定了《土壤质量-背景值确定指南》(《Soil Quality — Guidance on the Determination of Background Values》)(ISO19258:2018),适用于区域尺度土壤环境背景值的确定。该指南明确区域背景值确定的程序包括取样、土壤分析、数据处理和背景值表达。该指南提出要对已有数据进行评估,确定合适的调查策略以收集新数据。

美国国家工程论坛于1995年发布了《危险废物场地土壤和沉积物中无机物背景浓度的确定》(《Determinations of Background Concentrations of Inorganic in Soils and Sediments at Hazardous Waste Sites》),该文件为非正式的技术指导性文件。该文件讨论了背景取样地点即参考区域的选择、采样程序选择中需考虑的因素以及判断潜在废物场地和背景区域的污染物含量之间是否存在显著差异的统计分析方法。美国环保署于2002年正式发布了《超级基金场地土壤背景和化学浓度比较指南》(《Guidance for Comparing Background and Chemical Concentrations in Soil for CERCLA Sites》),为超级基金场地土壤中化学物质背景浓度的确定提供实用指导,为评估背景数据与场地污染数据的差异性提供参考。该指南主要包括如何判断是否有必要收集背景样本、如何收集背景样本、如何选择对照区域、如何进行数据统计分析、如何比较背景数据与场地污染数据的差异性。美国威斯康星州自然资源部2013年制定了《修复场地土壤污染物背景水平确定指南》(《Guidance for Determining Soil Contaminant Background Levels at Remediation Sites》),该文件主要用于指导有害物质排放地点土壤中相关污染物背景浓度的确定,概述了如何选择土壤取样位置以确定背景和与场地相关的污染物浓度,以及如何对获得的土壤背景数据进行分析评估。美国佛罗里达州环境保护部2019年制定了《土壤背景和场地化学浓度比较指南》(《Guidance for Comparing Background and Site Chemical Concentrations in Soil》),该指南描述了进行场地和背景之间土壤中化学浓度比较的程序和方法,当怀疑超过修复标准的某些污染物可能等于或低于自然或人为背景浓度时,需要对修复场地的背景浓度进行评估。此外,美国环保署2002年还发布了《环境数据收集抽样设计指南》(《Guidance for Choosing a Sampling

Design for Environmental Data Collection》) (EPA QA/G 5S) 中, 该文件明确了如何基于统计方法创建抽样方案以获得高质量的环境监测数据, 描述了几种抽样设计方法和应用过程, 指导如何采集样本、采集多少样本、采集样本的位置等。

加拿大环境部长理事会制定的《加拿大污染地块土壤质量修复“一地一策”目标制定指导手册》(《Guidance Manual for Developing Site-Specific Soil Quality Remediation Objectives for Contaminated Sites in Canada》) 指出: 如果土壤污染物不超过背景水平, 则无需采取进一步行动。一般而言, 背景水平通过对附近未受特定污染源影响的地块进行调查确定。如果相关地块尺度的背景水平无法获取, 则当地主管部门可以确定背景水平。加拿大不列颠哥伦比亚省环境和气候变化战略部2019年制定《建立土壤局部背景浓度》(《Establishing Local Background Concentrations in Soil》), 该文件描述了当天然物质浓度超过污染场地条例(CSR)规定的土壤修复标准时, 在调查和修复污染场地或进行土壤转运过程中, 确定土壤背景浓度水平的方法和程序。

意大利于2017年发布了《土壤和地下水背景值测定指南》(《Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee》), 明确了场地土壤背景值确定的工作程序、调查方法、数据的获取、统计分析等内容。欧洲标准化委员会(CEN)于2018年8月直接将ISO《土壤质量-背景值确定指南》(ISO19258:2018)文本批准为欧洲标准EN ISO 19258:2018, 并要求CEN各成员国(包括英、法、德、意等共34个国家)将该标准作为国家标准, 并取消与该标准冲突的其他国家标准。

4.1.2 国外土壤背景值调查方法

(1) 基于历史数据确定土壤背景值的相关要求

美国《超级基金场地土壤背景和化学浓度比较指南》中提出, 可以通过查找场地记录、自然资源保护服务办公室土壤调查以及州、县和联邦环境管理官员处获取有关土壤背景值的相关历史数据资料。

密歇根州《自然资源与环境保护法》(《Natural Resources and Environmental Protection Act》)第201部分规定, 判断一个地块土壤污染物是否超过背景含量, 可以采用以下4种方式: a) 与全州默认土壤背景水平进行比较; b) 与密歇根背景土壤调查确定的土壤背景含量进行比较; c) 与管理部门认可的研究或调查发

布的背景含量范围比较；d)与场地尺度土壤背景含量进行比较。这里a)、b)和c)中的背景都指的是区域土壤背景。

2012年英国环境保护法第2a部分《受污染土地法定指导》(《Contaminated Land Statutory Guidance》)进行了修订,用“正常水平”来判断是否为污染的土地,低于该水平的,可以定义为第4类土地(无风险或风险较低),其对“正常水平”的定义相当于区域尺度背景值¹。英国有三个主要数据集可用于确定大多数无机污染物的背景浓度,包括环境地球化学基线调查(The Geochemical Baseline Survey of the Environment, G-BASE)农村、G-BASE城市和全国土壤清单(The National Soil Inventory, NSI)表土数据集。G-BASE是英国地质调查局(BGS)的系统地球化学基线计划。NSI是国家土壤地图项目(National Soil Map Project(1978 - 1983))的一部分,样品通过几种分析方法进行了分析,产生了两个地球化学图谱²。

加拿大不列颠哥伦比亚省环境和气候变化战略部《确定土壤中局部背景浓度(草案)》中提出,土壤区域背景浓度估计值是基于该区域所有数据的95百分位数得到的,可在未经主管部门事先批准的情况下使用,因为这些浓度被认为代表了位于特定区域的任何地点的土壤中的当地背景浓度,这些估计值是基于在背景地点获得的近地表土壤样本得到的,可用作距地表1 m以上深度的土壤中的背景浓度。土壤背景浓度数据库中提供的数据是按地区排序的每个点位的数据,也可用于确定特定地区土壤中的当地背景浓度,而无需事先获得主管部门的批准,由于每个地区可用的数据点(即采样结果)数量有限,因此必须使用该地区所有物质特定数据的中值来作为土壤中背景浓度的估计值。此外,背景浓度也可以依据加拿大国家地质调查局和不列颠哥伦比亚省能源和矿业部采矿调查数据或来自直接背景土壤采样调查数据确定。

(2) 基于对照数据确定土壤背景值的相关要求

1) 对照区选择方法

¹ Scottish Executive. Environmental Protection Act 1990: Part 2A Contaminated Land Statutory Guidance[Z]. London, UK: Stationery Office Books, 2006.

² Ander E L, Johnson C C, Cave M R, et al. Methodology for the determination of normal background concentrations of contaminants in English soil[J]. Science of the Total Environment, 2013, 454-455:604-618.

目前国外已有相关指南涉及场地尺度的对照区的选择,美国相对较多,在《超级基金法》框架体系下,部分指南对“参考区域”(reference area)的选择方法做了相对细致的说明。

《超级基金场地土壤背景和化学浓度比较指南》规定了选择参考区域的相关要求:参考区域应与评估区具有相同的物理、化学、地质和生物特征,但未受到评估区污染活动的影响;理想的参考区域应具有与评估区从未受到影响时预期的相同的相关化学品浓度分布;参照区通常选自评估区外的区域,但不限于未受人类活动干扰的自然区域。该指南提出,在大多数情况下,这个理想的参考区域并不存在,因此,如有必要,可选择一个以上的参照区,此外,在工业园区中可能很难找到合适的背景参考区域,在某些情况下,评估区内未受污染影响的区域可能适合作为参考区域。

美国能源部爱达荷国家工程实验室发布的《危险废物场地土壤和沉积物中无机物背景浓度的确定》中指出:“背景区”(对照区)应该是一个与受污染场地在地质上相似并具有相似的生物、物理和化学特性(例如,颗粒大小、有机碳百分比、pH值)的场地,也应该是该场地的上游、上坡或上风处;从背景区采集的样品应与评估区位于相同深度、土壤类型和层位;至少需要从相同土壤类型中采集4个样本;如果在未受评估区活动影响的区域找不到类似的土壤,确定背景的可能位置是评估区域,如储存棚或门廊、大石板和老树等固定物体下。

美国威斯康星州自然资源部《修复场地土壤污染物背景水平确定指南》列出了适宜作为背景参考地点的区域:地理特征、土壤物理和化学特性、水文特征和土壤采样深度与污染场地相似;优先考虑空置土地、天然林区、公园或大型住宅区;不紧邻或位于污染源的区域;无明显植被破坏的区域。同时该文件给出了不适宜作为参考地点的区域:有土壤和废物填充物的区域;道路、露台或林荫大道;建筑物附近的位置,尤其是可能存在油漆碎片的位置。

美国佛罗里达州环境保护部《土壤背景和场地化学浓度比较指南》中指出:背景采样区域必须明显不受来自评估场地或任何其他场地的释放的影响;在表征自然背景条件时,最好从人为影响最小的区域(例如自然区域和公园)采集样品;应避免在污染物可能聚集的区域进行采样;背景样品应与评估区样品取自相同的土壤类型和深度;背景采样位置的选择需要专业判断。该指南提出了不合作为

对照区的区域：填埋区；管理、处理、储存或处置已知或疑似危险物质、石油、固体或危险废物或废水的区域；受道路径流影响的区域；停车场和受停车场或其他硬化区域径流影响的区域；受径流影响的铁路或铁路区等区域；大气污染物集中沉降区或径流影响区；当前或历史上接收工业或城市径流的雨水渠或沟渠。

加拿大环境部长理事会制定的《支持环境和人类健康风险评估的环境场地表征指导手册》（《Guidance Manual for Environmental Site Characterization in Support of Environmental and Human Health Risk Assessment》，2016）中提出，建议选择多个参考区域评估场地背景条件，并列举了参考区域选择的标准：土壤或沉积物物理性质的相似性（如粒度、有机碳含量）；化学成分的相似性（如，来自道路径流、大气沉降、天然无机化学物质的贡献）；生物组成（如动物群落等）的相似性；地貌特征的相似性；靠近研究区域。

此外，加拿大不列颠哥伦比亚省环境和气候变化战略部的《建立土壤局部背景浓度》主要阐述了土壤修复目标确定过程中背景值的作用与评估方法，提出了参考区（对照区）必须与污染场地在以下方面具有相似性：地理特征（如位置、地形、大小/面积等）；土壤物理/化学特征；水文和水文地质；地质单元内土壤采样深度；土地使用历史、包括当前和历史的的活动。同时该文件指出，选择参考地点的重点在于正确估算土壤中代表性物质的浓度，而这些代表性物质的浓度可以证明完全归因于自然来源而非人为来源，因此，参考区域不得受到污染源影响，样品必须从天然土壤中采集而非填土层，且任何有明显植被损害或污染痕迹的区域不应作为参考区。

澳大利亚《国家环境保护办法—场地污染评估》（《National Environment Protection Measure-Assessment of Site Contamination》）细致规定了污染场地的调查评估流程，其中关于对照区域的选择主要参照美国环保署的相关文件，如前文提到的《超级基金场地土壤背景和化学浓度比较指南》等。

2) 对照区点位布设方法

美国国家工程论坛发布的《危险废物场地土壤和沉积物中无机物背景浓度的确定》中提出，可以通过网格系统布点法确定采样位置，背景场地和危险废物场地的土壤采样深度、类型、层位和样品量要相同。对于背景场地，至少需要从相同类型土壤中采集4个样本，以确定该土壤类型的“背景”浓度，用于掌握每种不

同土壤类型的自然成分和变异性。当确定污染物已进入深层土壤时，应从背景场地和危险废物场地的相同类型土壤的可比深度取样。如果场地按主要层位取样，则每个层位至少应采集4个样品。

美国环保署发布的《超级基金场地土壤背景和化学浓度比较指南》提出，为了确保背景区域和场地土壤化学浓度调查科学合理，背景区域和整个超级基金场地的水平布点网格要一致，垂向采样深度要相同。结合实际情况随机确定网格的起始点，网格的大小根据每个区域所需的样本数量来计算。

美国环保署《环境数据收集抽样设计指南》（EPA QA/G-5S）介绍了用于环境数据收集的6种基础采样布点方法和1种复合采样布点方法，并说明了每种采样布点方法的特点和使用情况。其中，判断布点、简单随机布点、分层布点、系统和网格布点应用较为常用。通过合适的采样布点方法采集代表性样本，获得的数据才能够准确和精确地反应区域特征、参数变化和环境条件。

美国威斯康星州自然资源部制定的《修复场地土壤污染物背景水平确定指南》提出，如果责任方试图确定相关污染物的背景浓度，则必须为排放污染现场直接接触的每种土壤类型/土层确定背景水平。一般来说，威斯康星州的大部分地区都没有公布的背景水平。如果发现已经有公布的背景水平，可以参考，但是样品的位置和土壤类型应与排放地点足够相似。对于直接接触的每种土壤类型/土层，至少应采集4个样本。背景土壤样品的取样方法应与用于污染场地表征的方法相同，且为离散（单个）样本，而非复合样本，除非另有说明。

加拿大不列颠哥伦比亚省政府网站（<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/site-remediation/contaminated-sites/the-remediation-process/background-concentrations/background-concentrations-in-soil>），提供了用于评估当地背景参照区域土壤中物质浓度的首选采样方法。方法中规定，在可能的情况下，当地背景参照区域的大小应约为一公顷。在任何参考区域，至少应随机选择4个土壤采样位置，具体方法：找到参照区域的大致中心点，通过中心点的分割线将区域分成两半；通过中心点的一条垂直于分割线的直线，将参照区域进一步分为四个象限；在4个50 m×50 m象限中分别随机选择一个土壤采样点。在每个土壤层的浅层、中层和深层采集3个或更多样本。

意大利国家环境保护系统（SNPA）《土壤和地下水背景值测定指南》提出，

根据研究目的选择不同采样策略和方法。如果用于与潜在污染场地进行比较，要参考相同的岩性和深度进行背景值调查，优先选择公共绿地，并尽可能避开有明显人为痕迹或干预的区域；如果用于评估污染扩散导致的人为背景，将优先进行表层或耕作层土壤调查，可根据面积大小采集复合样本。为了获得具有代表性的背景样本，可采用系统网格采样、简单或系统随机采样、分层采样进行采样点布置。对于系统网格采样法，可参考潜在污染场地调查采样布点方法：小于1公顷的区域布设5个采样点，1-5公顷之间的区域布设5-15个采样点，5-25公顷之间的区域布设15-60个采样点，25-50公顷之间的区域布设60-120个采样点，大于50公顷的区域，每公顷至少2个采样点。采样的深度取决于调查目的、现场环境条件和污染深度等因素，必要时对每个均质层分别进行背景值的计算。在用于与潜在污染场地进行比较的情况下，每个采样点至少采集3个样本：表层（0-10 cm）样本、浅层（0-1 m）代表性样本和深层（1 m以下）代表性样本，也可以按照背景区和潜在污染区的岩性确定采样深度。在调查污染扩散导致的人为背景时，对农用地取 5-40 cm浅层土壤，而对于天然土壤，采集厚度至少为10 cm的表层土壤；为了确定天然底部，要在大于80 cm的深度或接近于岩石层采集深层样品。

（3）最优采样点位数量计算方法

美国环保署发布的《场地清理达标评估方法 第1卷：土壤和固体废物》（EPA 230/02-89-042）提出采用差变系数和标准差来确定随机/系统布点方法的最优土壤采样点位数量，具体方法如下：

①基于前期已有土壤调查数据（至少20个数据），计算标准偏差 σ 。如果没有可用的数据，采用估算的方法计算 σ ，即用以下公式计算：

$$\sigma = (\text{可能的最大值} - \text{可能的最小值}) / 6$$

②根据筛选值、估计总体均值 μ_1 （当平均浓度为 μ_1 时，错误判定为超标的概率为 β ）和 σ ，计算得到差变系数（ τ ）。

$$\tau = (\text{修复目标值} - \mu_1) / \sigma$$

③根据确定的 α （实际超标，但被判定为不超标的概率）和 β （实际不超标且平均值为 μ_1 时被判定为超标的概率），查表1得到 $Z_{1-\alpha}$ 和 $Z_{1-\beta}$ ，结合 τ ，计算最优采样数量 n_d ，也可通过查表获得 n_d 。

$$n_d = (Z_{1-\beta} + Z_{1-\alpha})^2 / \tau^2$$

美国环保署《环境数据收集抽样设计指南》(EPA QA/G 5S)中规定的采样数量确定方法与《场地清理达标评估方法 第1卷:土壤和固体废物》(EPA 230/02-89-042)类似,具体步骤如下:

①计算标准偏差 σ

$$\sigma = (\text{可能的最大值} - \text{可能的最小值}) / 6$$

②根据 α 、 β 、 σ 、标准值和估计总体均值 μ_1 确定power(功效)和effect size(影响范围)

$$\text{power} = 1 - \beta$$

$$\text{effect size} = 100 (|\mu_1 - \text{标准值}|) / \sigma$$

③根据 α 、power和effect size查表4-1得到n。

表4-1 采样数量表

| α | power(功效) | effect size(影响范围) | | | | |
|----------|-----------|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% |
| 5% | 95% | 1084 | 272 | 122 | 69 | 45 |
| | 90% | 858 | 216 | 97 | 55 | 36 |
| | 80% | 620 | 156 | 71 | 40 | 27 |
| 10% | 95% | 858 | 215 | 96 | 55 | 36 |
| | 90% | 658 | 166 | 74 | 42 | 28 |
| | 80% | 452 | 114 | 51 | 29 | 19 |

4.2 国内土壤背景值调查技术规范和方法

4.2.1 国内土壤背景值和基线调查技术规范

我国发布了一些适用于区域尺度土壤环境背景调查和统计分析的技术规范文件,以及涉及土壤生态环境基线水平调查的生态环境损害鉴定评估技术文件,但尚未发布适用于地块尺度的土壤背景值调查或基线水平调查的技术导则、指南等标准规范。

2004年,原国家环境保护总局制定发布了《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004),对区域土壤背景监测做了规定,包括采样单元、样品数量、网格布点、野外选点、采样、样品流转、样品制备、样品保存、样品分析测定、背景值使用等。

2012年,原农业部印发了《农田土壤环境质量监测技术规范》(NY/T 395-2012),对农田土壤区域背景监测布点做了规定,包括布点原则、布点方法、

布点数量。

2014年，原环境保护部印发了《环境损害鉴定评估推荐方法（第II版）》（环办〔2014〕90号），提出了确定生态环境损害鉴定评估基线的基础方法，包括利用历史数据、对照区域调查以及利用模型。

2020年，生态环境部印发了《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分：总纲》（GB/T 39791.1-2020）、《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第2部分：损害调查》（GB/T 39791.2-2020）和《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020），对土壤环境基线调查方法进行了补充，提出基于历史数据、对照区域调查、参考环境质量标准或基准、开展专项研究等4种方法开展土壤基线水平调查，明确了历史数据收集整理、对照区选择和布点的原则。

2021年，生态环境部印发了《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ 1185-2021），规定了区域性土壤环境背景含量统计工作程序以及数据获取、数据处理分析、统计与表征等技术要求。

4.2.2 国内土壤背景值调查方法

国内土壤背景值和基线调查有关技术规范明确了区域性土壤环境背景含量调查的背景/对照区选择要求、样本量、采样布点方法和数据统计分析方法，详见表4-2。但是有关土壤背景值规范不能适用于小尺度调查，且土壤背景值和基线概念不同，已发布的土壤生态环境损害鉴定评估技术指南在土壤基线调查采样布点、数据统计分析等方面也尚不够完善。

现有区域土壤背景值调查规范不适用于小尺度土壤背景值调查。《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）和《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ 1185-2021）明确了全国区域性土壤环境背景含量统计工作程序以及数据获取、数据处理分析、统计与表征等技术要求。区域性土壤环境背景含量统计工作是针对区域尺度土壤背景，一般以行政区域或行政区域内一定土壤类型、成土母质（岩）类型、流域或土地利用类型为调查单元，不适用于一般生态环境损害事件的小尺度土壤环境背景含量调查。

土壤环境背景值可作为基线水平确定的参考依据之一。《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ 1185-2021）提出，土壤环境背景含量是指一

定时间条件下，仅受地球化学过程和非点源输入影响的土壤中元素或化合物的含量。《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）提出，土壤生态环境基线是指污染环境或破坏生态未发生时评估区土壤的化学元素或化合物含量、理化性质以及生物物种、种群、群落、生态服务功能等的状态。根据环境损害以及环境基线的定义和相关标准规范，土壤环境背景值、土壤环境质量标准值都能被选择用于基线水平确定，但有优先顺序。

表4-2 国内土壤背景值调查方法

| 序号 | 有关技术规范 | 适用范围 | 背景/对照区选择 | 采样布点方法 | 统计分析方法 |
|----|---|--|---|---|---|
| 1 | 《土壤环境监测技术规范》 (HJ/T 166-2004) | 适用于全国区域土壤背景的监测。 | 区域内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,土壤保持原来固有的化学组成和元素含量水平。但实际上目前已经很难找到不受人类活动和污染影响的土壤,只能去找影响尽可能少的土壤。全国土壤环境背景值监测一般以土类为主,省、自治区、直辖市的土壤环境背景值监测以土类和成土母质母岩类型为主,省级以下或条件许可或特别工作需要的土壤环境背景值监测可划分到亚类或土属。 | 采样点可采表层样或土壤剖面。一般采集表层土,采样深度0~20 cm。特殊要求的监测(土壤背景、环评、污染事故等)必要时选择部分采样点采集剖面样品,一般剖面深度为1.2 m。布点数量要满足样本容量的基本要求,即由均方差和绝对偏差、变异系数和相对偏差计算样品数的下限数值。一般要求每个监测单元最少设3个点。区域土壤环境调查按调查的精度不同可从2.5 km、5 km、10 km、20 km、40 km中选择网距网格布点,区域内的网格结点数即为土壤采样点数量。 | 有效数字的计算修约规则按 GB 8170 执行。采样、运输、储存、分析失误造成的离群数据应剔除。平行样数据用 Dixon 法、Grubbs 法检验剔除离群值后以平均值报出。低于分析方法检出限的测定结果以“未检出”报出,参加统计时按二分之一最低检出限计算。 |
| 2 | 《环境损害鉴定评估推荐方法(第 II 版)》 (环办〔2014〕90号) | 适用于因污染环境或破坏生态行为(包括突发环境事件)导致人身、财产、生态环境损害、应急处置费用 | 要求“对照区域”未受污染环境或破坏生态行为影响,且与评估区域的人群特征、生态系统功能和服务水平等特征具有可比性。 | 无 | 无 |

| 序号 | 有关技术规范 | 适用范围 | 背景/对照区选择 | 采样布点方法 | 统计分析方法 |
|----|--|---|---|--|---|
| | | 和其他事务性费用的鉴定评估,其中包括土壤生态环境基线确定。 | | | |
| 3 | 《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分:总纲》(GB/T 39791.1-2020) | 适用于因污染环境或破坏生态导致的生态环境损害的鉴定评估,其中包括土壤生态环境基线确定。 | 应选择一个或多个与评估区具有可比性且未受污染环境或破坏生态行为影响的对照区域。对照区域数据应具有较好的时间和空间代表性。 | 对照区数据收集方法应与评估区具有可比性,并遵守评估方案的质量保证规定,样本数(点位数量或采样次数)不少于5个。 | 应对“对照区域”数据的变异性进行统计描述,识别数据中的极值或异常值并分析其原因确定是否剔除极值或异常值,根据专业知识和评价指标的意义确定基线。 |
| 4 | 《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分:土壤和地下水》(GB/T 39792.1-2020) | 适用于因环境污染或生态破坏导致的涉及土壤和地下水的生态环境损害鉴定评估,其中包括土壤生态环境基线确定。 | 应选择一个或多个与评估区域可比且未受污染环境或破坏生态行为影响的对照区域。对照区域数据应具有较好的时间和空间代表性,对照区所在区域在地理位置、气候条件、地形地貌、生态环境特征、土地利用类型、水文地质条件、社会经济条件、生态服务功能等方面应与受影响区域类似,其土壤和地下水的物理、化学、生物学性质应与受影响区域类似。 | 一般情况下,土壤对照点应均匀布设于受影响区域外部,对照点数量 ≥ 5 个。如评估区域面积较大,污染物分布情况较复杂,应适当增加对照点数量。如因地形地貌、土地利用方式、污染物扩散迁移特征等因素致使土壤特征有明显差别或采样条件受到限制时,可根据实际情况进行调整,采样深度应尽可能与受影响区域内采样深度相同。 | 对照区数据收集方法应与评估区域具有可比性,并遵守评估方案的质量保证规定。若对照区污染物浓度检测结果低于检出限,以检出限作为其浓度值参与基线水平计算。应对“对照区域”数据的变异性进行统计描述,识别数据中的极值或异常值并分析其原因确定是否剔除极值或异常值,根据专业知识和评价指标的意义确定基线。 |

| 序号 | 有关技术规范 | 适用范围 | 背景/对照区选择 | 采样布点方法 | 统计分析方法 |
|----|---------------------------------------|--------------------|--|---|---|
| 5 | 《区域性土壤环境背景含量统计技术导则(试行)》(HJ 1185-2021) | 适用于区域性土壤环境背景含量的统计。 | 调查区域可以是行政区域,也可以是行政区域内一定土壤类型、成土母质(岩)类型、流域或土地利用类型等区域,或以上类型组合形成的区域。 | 由变异系数和相对偏差计算基础样本数量,各调查单元的布点数量应同时满足基础样本数量和统计单元最少样本量30个的要求。水平方向上一般采用系统布点或系统随机布点并结合专业判断进行布点,在保证样点相对均匀分布的情况下,也可以单独采用判断布点法。垂直方向上一般按照发生层次采集剖面土壤样品,或采集固定深度土壤样品;固定深度土壤样品一般按照0~20 cm、40~60 cm和80~100 cm中的一个或多个深度进行采集,也可以根据工作目标增加采集其他固定深度的土壤样品。 | 按照影响土壤环境背景含量的主导因素将土壤环境背景含量数据划分为不同统计单元。基于统计单元内每层土壤环境背景含量数据,进行数据分布类型检验、异常值判别与处理以及统计与表征,未检出值按检出限的一半参与统计。 |

已发布的损害评估指南在土壤生态环境基线调查采样布点、数据统计分析等方面的规定还不够具体。《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分：总纲》（GB/T 39791.1-2020）、《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第2部分：损害调查》（GB/T 39791.2-2020）和《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）提出了历史数据收集整理、对照区选择和采样布点的基本原则，但没有明确如何进行历史数据评估、具体如何选择对照区、如何确定对照区大小及样本数量、如何进行采样点位布设以及如何进行异常值判别与处理等。

不同指南关于采样点位数量的规定存在较大差异。采样点位数量可以基于变异系数和可接受相对偏差进行计算，也可以基于调查区面积进行确定土壤采样点位数量。

《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ 1185-2021）和《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）中规定了基于变异系数和可接受相对偏差的采样点位数量确定方法，即

$$N=t^2C_V^2/m^2$$

t 为选定置信水平（一般为 95%）一定自由度下的 t 值；

C_V 为变异系数（%），从之前的资料中估计，也可通过初步调查获得；

m 为可接受的相对偏差，一般为 20%-30%。

《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ 25.5-2018）中关于最优土壤采样点位数量确定的方法主要是考虑调查区的面积，即对于污染清理后遗留的基坑底部和侧壁，以及原位修复后的土壤，结合区域面积确定水平方向调查点位，采用系统布点法，网格大小不超过 1600 m²；垂直方向上根据土层性质和污染分布，分层布点。具体见表 4-3。

表4-3 最少采样点数量

| 面积（m ² ） | 最少采样点数量（个） |
|----------------------|------------|
| $x < 100$ | 2 |
| $100 \leq x < 1000$ | 3 |
| $1000 \leq x < 1500$ | 4 |
| $1500 \leq x < 2500$ | 5 |
| $2500 \leq x < 5000$ | 6 |
| $5000 \leq x < 7500$ | 7 |

| 面积 (m ²) | 最少采样点数量 (个) |
|----------------------|---------------------|
| 7500 ≤ x < 12500 | 8 |
| x > 12500 | 网格大小不超过 40 m × 40 m |

《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ 25.2-2019)规定,对照监测点位可选取在地块外部区域的4个垂直轴向上,每个方向上等间距布设3个采样点,分别进行采样分析。如因地形地貌、土地利用方式、污染物扩散迁移特征等因素致使土壤特征有明显差别或采样条件受到限制时,监测点位可根据实际情况进行调整。对照监测点位采样深度尽可能与地块表层土壤采样深度相同。如有必要也应采集下层土壤样品。

4.3 数据处理方法

(1) 正态分布检验方法

由于大多数数据的统计分析要求样本呈正态分布,因此通常需要对数据进行正态分布检验。常见的检验样本是否符合正态分布的方法包括图形法、Shapiro-Wilk检验法(W检验)、偏度峰度检验法、Kolmogorov-Smirnov(K-S)和卡方检验(Chi square(X²) test)等。

我国于2001年颁布了《数据的统计处理和解释 正态性检验》(GB/T 4882-2001),分别介绍了图形法以及有方向检验和无方向检验正态分布的方法。该标准建议先做正态概率图(如直方图、P-P图或Q-Q图),该图不能作为一个严格的检验,但可以提供直观的信息,可决定下一步是进行有方向检验还是无方向检验。有方向检验适用于有特定信息表明真实分布与正态分布的可能差别的情形,无方向检验适用于没有特定信息表明真实分布与正态分布的可能差别的情形。该标准中列出的有方向检验方法主要是偏度峰度检验法,无方向检验方法包括W检验和爱泼斯-普利(Epps-Pulley)检验,并明确W检验适用于8 ≤ n ≤ 50的样本数据,Epps-Pulley检验适用于n ≥ 8的样本。《区域性土壤环境背景含量统计技术导则(试行)》(HJ 1185-2021)规定,直接参考《数据的统计处理和解释 正态性检验》(GB/T 4882-2001)进行数据的正态分布检验。

美国环保署于2000年颁布了《数据质量评估指南-数据分析的实用方法》(《Guidance for Data Quality Assessment-Practical Methods for Data Analysis》)(EPA QA/G-9),其中列出了8种检验数据是否符合正态分布的方法,分别是W检验、Filliben 检验、CV检验、偏度峰度检验、Geary检验、Range Test、卡方检

验、K-S检验。美国环保署建议，在样本数量小于50的情况下，使用W检验；当样本数量大于50时，使用Filliben检验和Range Test。但是相比Filliben检验，Range Test更易受到极值的影响。卡方检验仅使用于分组数据，当数据可以进行分组时，可以考虑使用这种方法。Geary检验和K-S检验只建议在缺乏其他方法时使用。

在样本量很大的情况下，W检验和K-S检验等参数检验结果可能存在与实际不符的情况，即使检验结果 $P < 0.05$ ，数据总体也可能是服从正态分布的，因此，建议结合直方图、P-P图和Q-Q图等图形法综合判断是否服从正态分布。

(2) 异常值判别方法

对于明显来源于局部受污染场所的数据，或者因样品采集、分析检测、数据输入错误等原因导致的异常数据，必须从相应的数据集中进行判别并加以处理。常用判别样本异常值的方法包括格拉布斯（Grubbs）检验法、狄克逊（Dixon）检验法、Rosner's检测法和箱线图法。

我国于2008年颁布了《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》(GB/T 4883-2008)，该标准中介绍了四种判断识别异常值的方法，分别是Nair、Grubbs、Dixon和偏度峰度检验法。Nair适用于已知标准差的情形，且该方法可以同时检测多个异常值。当标准差未知时，可以采用Grubbs、Dixon和偏度峰度检验法。Grubbs只能检测一个异常值，而Dixon和偏度峰度检验法可以同时检测多个异常值。由于Nair、Grubbs、Dixon和偏度峰度等检验方法需要数据满足正态分布，《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ 1185-2021）在《数据的统计处理和解释-正态样本离群值的判断和处理》（GB/T 4883-2008）的基础上增加了箱线图法，可以对不满足正态分布的数据进行异常值判断。箱线图法是利用数据中的五个统计量：最小值、第一四分位数（ Q_1 ）、中位数（ m ）、第三四分位数（ Q_3 ）与最大值来绘制出箱线图，位于 $Q_3+1.5IQR$ （ $IQR=Q_3-Q_1$ ，即第三分位数与第一分位数之间的差值）和 $Q_1-1.5IQR$ 以外的点被认为是异常值。

美国环保署颁布的《数据质量评估指南-数据分析的实用方法》列出了4种判断异常值的方法。分别是Grubbs、Dixon、Rosner's（Nair）和Walsh's检验。与我国颁布的《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》（GB/T 4883-2008）相比，该指南中还对Walsh's检验法进行了介绍，该方法适用于数据不符合正态分布的情形。《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ

1185-2021) 中的箱线图法同样适用于不符合正态分布的样本数据, 但箱线图法无法对检验结果进行量化, 更多依赖于直观判断, Walsh's方法则可以对结果进行量化, 但要求样本数据大于50。该指南中建议, 当数据符合正态分布且样本量小于25时使用Dixon方法; 当数据符合正态分布且样本量大于25时使用Rosner's (Nair) 方法; 相比Rosner's和Dixon能够同时检测多个异常值, Grubbs只能检测一个异常值。当数据不符合正态分布时使用Walsh's检验法。

(3) 异常值剔除判别方法

对于所判断的异常值, 不能轻易剔除, 应考虑实际情况, 若是来源于采样、保存、检测等过程误差, 可以剔除, 若是来源于高背景, 不应剔除。《区域性土壤环境背景含量统计技术导则(试行)》(HJ 1185-2021) 中给出的富集系数法, 可用于判断异常值是否为外来污染导致, 即根据 TiO_2 和 ZrO_2 高度抗风性、难于迁移、土壤中含量较高、容易测定及较少受到外来污染影响的特点来判断土壤是否受到其他元素污染。

(4) 数据统计方法

国际标准化委员会(ISO)《土壤质量-背景值确定指南》(ISO 19258:2018) 规定, 在数据呈正态分布情况下, 采用算术平均值、样本方差及标准差进行表征; 在数据呈非正态分布或对数正态分布情况下, 使用各种百分位数来进行表征。

美国环保署颁布的《超级基金场地土壤背景和化学浓度比较指南》及能源部爱达荷国家工程实验室编写发布的《危险废物场地土壤和沉积物中无机物背景浓度的确定》中并没有明确土壤背景值确定的方法, 两项指南主要提出了背景样本的选取需考虑的因素及如何评估背景数据与场地污染数据的差异性。威斯康星州自然资源部在《修复场地土壤污染物背景水平确定指南》中建议对符合正态或对数正态分布的背景数据, 采用平均值的95%置信区间作为背景值。美国华盛顿州和新泽西农村地区土壤自然背景值则采用90%的分位数。

英国地质调查局(British Geological Survey, BGS)在确定土壤背景值时, 采用95%分位数的95%置信上限作为正常背景值上限。意大利国家环境保护和技术服务局-国家卫生研究所(APAT-ISS)《国家利益相关场地土壤重金属及类金属背景值确定的操作规程》规定, 背景值用样本的95%分位数来表示。

加拿大不列颠哥伦比亚省环境和气候变化战略部《建立土壤局部背景浓度》

中采用政府部门背景点表层数据的95%分位数或者所在区域内所有点位数据的中位数作为土壤背景值浓度。

《农业环境背景值研究》(上海科学技术出版社, 1997)用 \bar{x} (算术平均值) $\pm S$ (算术标准差)和 M (几何平均值) $\times D$ (几何标准差)(或 M (几何平均值) $\div D$ (几何标准差))来分别表示正态和对数正态分布的土壤元素背景值范围。

4.4 土壤生态背景值调查标准和方法

土壤污染评价标准较为健全,土壤相关生物学指标缺乏相应评价标准。生态环境部2020年发布了《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分:总纲》(GB/T 39791.1-2020)等技术标准,规定了生态环境损害鉴定评估过程中基线的确定方法,包括历史数据法、对照区域法、专项研究法和标准确定法,优先采用评估区的历史数据,其次采用对照区数据作为基线,适当的情况下,可开展专项研究,以确定土壤生态背景值。我国土壤环境质量标准主要是包括国家标准《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)、《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB3660-2018)、《农产品安全质量无公害蔬菜产地环境要求》(GB/T 18407.1-2001),行业标准《绿色食品产地环境质量标准》(NY/T 391-2013)、《食用农产品产地环境质量评价标准》(HJ/T 332-2006)和《无公害食品蔬菜产地环境条件》(NY 5010-2002)以及一些地方标准,而对于土壤相关的生物学指标,则缺乏相应的评价标准,土壤生态基线的确定方法主要以历史数据法、对照区域法进行确定,必要时,可开展专项研究。

土壤理化性质指标分析测定具有较为成熟的方法和完善的标准,土壤生物调查也有相应标准。《土壤有机质测定法》(GB9834-88)、《土壤有机碳的测定 重铬酸钾氧化-分光光度法》(HJ 615-2011)、《土壤 pH 值的测定 电位法》(HJ 962-2018)、《森林土壤颗粒组成(机械组成)的测定》(LY/T 1225-1999)、《土壤全氮测定法》(NY/T 53-1987)以及《土壤检测》(NY/T 1121)系列标准等均对土壤理化性质的分析检测工作流程和方法做了详细规定。另外,一些专著,如《土壤农化分析》(鲍士旦, 2000)中也对土壤理化性质、土壤养分、有机质等的采样与检测分析方法等做了详细说明。土壤生物指标的调查监测方法也有相关标准,《生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物》(HJ710.10-2014)对大型和中型

土壤无脊椎动物多样性观测的主要内容、技术要求和方法做了规定。另外，《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第2部分：损害调查》（GB/T 39791.2-2020）规定了损害评估中生物调查样方设置的要求和方法。

4.5 小结

目前国内外已发布的和土壤生态环境基线相关的标准规范主要是以土壤环境背景值调查为主，包括区域尺度的背景值和地块尺度的背景值。土壤环境背景值和土壤生态环境基线的概念有所不同，背景值强调的是未受任何点源污染情况下的状态，基线强调的是损害发生前的状态，因此，现有的土壤环境背景值调查相关的标准规范不能直接用于指导土壤生态环境基线调查。

不同国家土壤环境背景值调查指南中关于采样点位数量及其确定方法的规定有较大差异，大部分都未结合调查规模确定采样点数量。此外，虽然目前我国已经发布了土壤损害调查相关技术标准，但其中关于基线调查，尤其是历史数据评估、对照区采样布点、数据统计分析方面的规定还不够具体。因此，需要针对土壤生态环境基线调查与确定制定专门的标准规范。

5 标准主要技术内容和依据

5.1 适用范围

这部分规定了标准的适用范围。由于环境污染可能导致土壤中污染物浓度升高，微生物群落发生变化，造成土壤损害，生态破坏也可能导致土壤理化性质发生改变，因此规定本标准适用于因环境污染或生态破坏导致的土壤生态环境损害鉴定评估的土壤生态环境基线调查与确定。

此外，由于核与辐射所致环境损害的特殊性、复杂性和敏感性，标准的制定过程中，没有考虑核与辐射的相关内容。因此，本标准不适用于因核与辐射所致土壤生态环境损害鉴定评估的土壤生态环境基线调查与确定。

由于土壤生态环境包含了土壤的物理、化学及生物性质，因此当环境污染或生态破坏导致土壤中出现污染物浓度升高、理化性质发生改变、种群结构和数量发生变化，需要确定生态环境基线时，参照本标准执行。

在编制标准时，主要考虑土壤中污染物浓度基线水平，以及土壤的理化性质和土壤生物的基线水平。由于土壤生态服务功能的调查监测方法复杂、历时长，无法满足土壤环境损害鉴定评估工作时效性的要求，因此，本标准选择以土壤生物作为表征土壤生态服务功能的指标进行基线确定。

5.2 规范性引用文件

由于标准需要明确数据处理的方法，因此，需要引用数据处理相关标准，包括《数据的统计处理和解释 正态性检验》(GB/T 4882)、《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》(GB/T 4883)、《区域性土壤环境背景含量统计技术导则(试行)》(HJ 1185)。由于本标准需要明确样品布点采集及监测方法，因此，需要引用采样和调查监测相关指南，包括《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ 25.2)、《生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物》(HJ 710.10)、《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》(HJ 1019)、《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166)，此外，样品检测方法还应参考《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618)和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600)等标准。

土壤基线的相关调查方法需要参照《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第2部分：损害调查》(GB/T 39791.2)。在分析异常值形成原因

时，可以参照《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1）中的因果关系判定方法，判断异常值是否来源于污染，来源于污染才需要进行剔除，因此，本标准在异常值判别与处理部分还引用了《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1）。

5.3 术语和定义

（1）土壤生态环境损害

因污染环境、破坏生态造成土壤环境及土壤中生物要素的不利改变，及上述要素构成的生态系统的功能退化和服务减少。

该定义改编自《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分：总纲》（GB/T 39791.1-2020）中“生态环境损害”定义。

（2）土壤生态环境基线

污染环境或破坏生态未发生时评估区土壤的化学元素或化合物含量、理化性质以及生物物种、种群、群落、生态服务功能等的水平或状态。

该定义改编自《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分：总纲》（GB/T 39791.1-2020）中“基线”定义。

（3）对照区

具有与评估区相同或相似的地质地球化学特征和生态分区，但未受到评估区损害行为影响的区域。

该定义改编自《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）中基于对照区调查确定基线水平部分有关对照区的描述。

（4）历史数据

能表征损害发生前评估区土壤化学元素或化合物含量、理化性质、生物物种、种群、群落、生态服务功能水平或状态的相关数据。

该定义改编自《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）中基于对照区调查确定基线水平部分有关历史数据的描述。

5.4 工作程序

土壤生态环境基线调查的工作内容包含工作准备、基于历史数据和对照区数据确定土壤生态环境基线、基于其它方法确定土壤生态环境基线三部分。由于历史数据和对照区调查数据可以综合用于土壤生态环境基线的确定，因此，本标准将基于历史数据和对照区数据确定土壤生态环境基线作为同一个步骤。

基线确定工作启动后，应基于资料收集、现场踏勘、人员访谈等方式，收集整理土壤生态环境基线调查与确定所需的相关数据资料，制定基线调查与确定工作方案，确定基线调查与确定的指标、层位。

优先基于历史数据和对照数据确定基线水平。当收集到历史数据时，并不能直接用于确定土壤基线水平，应对历史数据的可用性进行评估。当不存在可用的历史数据或历史数据不能完全满足要求时，应开展或结合历史数据开展对照区调查，获取数据。应选择合适的对照区，开展对照区土壤生态环境调查，合理布设调查点位，采用规范的方法进行样品采集与分析监测，获取对照区土壤生态环境状况相关数据。基于可用的历史数据和对照区数据，通过数据分布类型检验、异常值判别处理、统计分析，确定土壤生态环境基线水平。

当无法找到符合要求的历史数据，也无法找到合适的对照区，无法基于历史数据或对照区调查确定土壤生态环境基线时，应选择适用的土壤环境质量标准确定土壤生态环境基线；如果缺乏适用的标准，则可通过开展相关专项研究，确定土壤生态环境基线。

5.5 工作准备

工作准备阶段重点是要通过资料收集分析、文献查阅、座谈走访、问卷调查、现场踏勘等方式，掌握评估区土壤生态环境损害的基本情况，了解评估区及周边的自然环境与社会状况，明确要开展土壤生态环境基线调查与确定的指标和层位，设计基线调查与确定工作程序，研究确定基线调查与确定的具体方法，编制基线调查与确定工作计划，指导后续基线调查与确定工作。

制定工作计划时需要确定表征生态环境基线水平的指标，标准规定可能涉及的具体指标包括特征污染指标、理化性质指标和生物指标。需要说明的是，虽然土壤生态环境基线也包括生态服务功能等的水平或状态，但由于生态服务功能的评价涉及多种基础参数，其调查监测方法复杂、历时长，无法满足土壤环境损害

鉴定评估工作时效性的要求，且参数的调查缺乏成熟且标准化的方法；此外，由于土壤微生物数量与活性极易受到气候条件、植被状况、凋落物含量、土壤通气度、土壤温度、湿度、水分状况等环境因素的影响，变化过程较为复杂，可能并不仅仅是由环境损害导致，即使在自然条件下，微生物的数量和活性也会发生波动，而土壤动物对于环境损害的指示性较强且监测方法相对成熟，且与跳蚤、螨虫等中型土壤动物相比，大型土壤动物更具有指示作用，代表了土壤生物群落的完整与健康程度。因此，在编制本标准时，基于合理可行、易操作的原则，本标准中选择以大型土壤动物作为土壤生态服务功能基线的表征指标。

5.6 历史数据的整理与评估

针对要进行土壤生态环境基线调查与确定的指标，补充收集和整理评估区及周边损害行为发生前的相关历史数据。对于土壤而言，其历史数据通常包括政府和权威机构发布的环境调查监测数据（包括全国土壤普查、重点行业企业用地土壤污染状况调查、土壤背景值调查、常规土壤环境监测等）、环评等专项调查研究报告中的数据、文献中记载的数据、环境保护规划等历史档案中记录的监测数据等。对于所查找到的历史数据，应明确数据来源，同时获取数据对应的采样时间、采样点位、采样深度、采样方法、保存流转方法、检测方法、质量控制措施及结果等信息，以便于后期开展数据可用性评估工作。

当收集到历史数据后，应对其可用性进行评估。结合总纲以及土壤地下水鉴定评估标准中对于历史数据的要求，本标准提出了更为细化的历史数据评估标准，对时空代表性等要求进行了进一步明确，具体包括：1）应具有较好的时间代表性，即数据获取时间应在损害行为发生之前，且尽可能接近损害发生时间，数据获取时间到损害行为发生期间，不存在导致土壤物理、化学和生物学状态发生明显变化的因素；2）应具有较好的空间代表性，即数据采集点位尽可能位于评估区内部或者周边，如果位于评估区周边，应确保与评估区为同一土地利用类型或没有导致其物理、化学和生物学状态与评估区存在明显差异的因素；3）历史数据对应的点位数量和对照区调查点位数量要求相同，即均需要满足标准 6.5.1 条要求；4）历史数据对应的调查点位在评估区内部或周边区域原则上应均匀分布，确保调查点位的代表性；5）历史数据对应的调查点位应与需要确定基线水平的土壤位于同一深度，以排除土壤性质等对于基线确定的影响；6）历史数据对应

的调查点位的采样、保存流转、检测等方法与评估区生态环境损害调查过程所用的方法相同或具有等效性、可比性；7) 数据获取过程的质量控制措施及结果符合相关标准规范要求；6) 和 7) 都是为了确保数据的可用性。此外，标准规定不同来源且符合上述要求的历史数据可以进行合并，但对于不同时间采集的历史数据，应进行适当分析和筛选，避免影响基线的准确性。

5.7 对照区要求

当历史数据不满足或不完全满足要求时，可在符合要求的历史数据的基础上，开展对照区调查。本标准重点对对照区选择的原则进行了规定，并对不适宜作为对照区的区域进行了列举。

首先，受评估区周边环境的限制，对照区可以选择一个或多个。其次，对照区应尽量选择受人为干扰最小的区域，且除未受评估区污染环境或破坏生态行为影响外，受到其它污染环境或生态破坏行为的影响与评估区相同，确保对照区可代表评估区受损前的状态。由于评估区有明确定义，即受到事件影响的区域，因此，对照区通常在评估区外部，且尽可能靠近评估区，确保与评估区条件的一致性。标准还要求对照区气象条件、地形地貌、生境特征、土地利用类型、水文地质条件、地表径流条件、降雨入渗条件、社会经济条件、土壤类型、性质、成土母质、土壤 pH、质地、容重、有机质含量、阳离子交换量等理化性质、指示性生物种群特征（密度、性别比例、年龄组成等）、群落特征（如多度、密度、盖度、丰度等）或生态系统特征（如生物多样性、植被覆盖度等）、生态服务功能等应与评估区类似，进一步确保对照区可代表评估区受损前的状态。对于一些特殊情况，如大气沉降导致的土壤损害，对照区应选择上风向；地表径流导致的土壤损害，对照区应选择地势较高地区；地下水污染导致的土壤损害，对照区应选择地下水上游。

同时，标准还列出了不适宜作为对照区的区域，如受人工干扰较为明显的人工开挖区、施工区、回填区或填埋区，停车场等地面硬化区域；可能存在污染输入的处置、处理、储存危险废物、化学品、固体废物或废水的区域，道路（公路、铁路等）周边临近区域，建筑物附近区域（尤其是存在油漆碎片等可能导致污染的废弃物的区域），地表径流汇水区，大气污染源周边（如铸造厂、燃煤发电厂等），发生过历史污染事故或污染排放的区域等。

5.8 点位和深度要求

《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）规定，用于确定基线水平的对照点位或对照数据不能少于5个，这一规定导致鉴定评估机构通常无论场地规模和情况如何，直接选取5个对照点位确定基线水平，尤其对于一些空间变异性较大的重金属等指标，5个点位可能难以准确表征土壤生态环境基线水平，从而导致损害被夸大。同一个对照区域，设置不同的调查点位，对土壤污染物背景浓度确定的影响显著，可能影响损害判定结果，从而对损害实物量化、价值量化及损害评估结果产生重大影响。因此，本标准针对不同评估区面积、不同调查指标，进行了对照点位的差异化设计，以提高损害鉴定评估过程的科学性以及结果的可靠性。

此外，《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》（GB/T 39792.1-2020）对用于确定基线水平的对照点位或数量进行了规定，但未对对照区面积进行限定，这可能导致鉴定评估机构在进行对照区调查时随意选择点位，无法确保评估区和对照区按照统一的网格密度开展调查。因此，本标准根据设定了对照区最少点位数量，以评估区和对照区布点密度一致且网格密度 $\leq 40\text{ m}\times 40\text{ m}$ 为原则，反推了对照区的总面积上限，以确保对照区调查的规范性。

标准规定，基于评估区面积和污染物类型，确定对照区面积和点位数量，这一规定一方面考虑了基线水平的精准定量对对照区调查点位数量的要求，也考虑了不同损害规模下鉴定评估工作的成本限制，确保了标准的合理性和可操作性。由于土壤中重金属的空间变异性较其它类型污染物更为明显，因此，本标准针对不同污染物，进行了对照区调查点位数量的差异化设计，确保了标准的合理性。如果前期已经收集到部分数据，还需要基于已收集的数据资料和前期调查获取的数据，计算变异系数，并基于变异系数计算基础点位数量，具体方法可参照《区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）》（HJ 1185）中5.4.3.1。最终对照区的点位数量应同时满足以上两种方法确定的最小样本数量。同时，当涉及多类调查指标时，按照每类指标的要求分别布设调查点位，不同指标的调查点位可以协调、合并。

土壤生物调查点位参照 GB/T 39791.2，在每一损害类别区域及其对照区域内至少各设置三个样方，如立地条件存在较大差异应适当增加样方数量；参照 HJ

710.10, 使用随机数表和指南针选取样方位置, 样方可设立在每类损害区域内的代表性区域中, 每个样方面积为 25 m^2 ($5\text{ m}\times 5\text{ m}$); 在每个样方中设 2 个 $30\text{ cm}\times 30\text{ cm}$ 均匀分布的样点。

为了保障调查点位的代表性, 对照区的土壤环境调查, 一般采用系统布点法进行布点, 如果有多个对照区, 对每个对照区分别采用系统布点法进行布点, 如果无法找到均匀的对照区, 也可适当结合判断布点法进行对照区点位布设, 确保点位代表性。与跳蚤、螨虫等中型土壤相比, 大型土壤动物更具有指示作用, 代表了土壤生物群落的完整与健康程度, 本标准主要针对大型土壤动物开展调查, 对照区土壤生物观测样点设置, 可参照《生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物》(HJ 710.10) 中的观测样地和样点的设置。同时给出了调查点位的调整原则, 即如果布设的点位落在以下位置, 如集中施用农药、肥料等投入品的位置, 土壤存在颜色、气味等异常情况的位置, 水土流失严重或表土被破坏的位置, 其它可能影响土壤特征污染指标、理化性质指标、生物指标的位置, 可根据实际情况进行点位调整。

垂直方向采样层位原则上应与评估区相同(确保土壤性质相同的前提下, 尽可能采集相同深度样品), 除非有证据表明不同层位土壤中相关指标没有明显变化。

5.9 样品采集、分析检测

历史数据获取和对照区调查原则上要求和评估区调查采用相同的样品采集、保存、流转和分析检测方法。具体方法的要求和《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第 1 部分: 土壤和地下水》(GB/T 39792.1) 保持一致, 增加了对于土壤生物样品采集、保存、处理、观测等的要求。

5.10 质量保证与质量控制

为保证土壤生态环境基线调查数据具有代表性、准确性、精密性、可比性和完整性, 质量控制与质量保证应贯穿土壤生态环境基线调查的全过程。具体要求和《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第 1 部分: 土壤和地下水》(GB/T 39792.1) 保持一致, 补充了土壤生物样品采集、保存、流转、观测过程的质量控制要求。

5.11 数据处理分析与基线确定

5.11.1 数据分布类型检验

为了更准确获取土壤基线水平，需要对历史和对照区数据进行处理，首先要判断数据是否符合正态分布。本标准在参考了美国、加拿大、英国和国内相关导则的基础上，提出了五种可用于检验数据是否符合正态分布的方法，包括图形法、偏度峰度检验法、Shapiro-Wilk 检验法（W 检验）、Kolmogorov-Smirnov 检验法（K-S 检验）和卡方检验。其中，我国颁布的《数据的统计处理和解释 正态性检验》（GB/T 4882）中有关于图形法、偏度峰度检验法和 W 检验的详细介绍；K-S 检验和卡方检验的具体方法在附录 A 做出了说明。

图形法适用于对是否服从正态分布进行定性判断，偏度峰度检验适用于有特定信息表明真实分布与正态分布的可能差别的情形，W 检验和 K-S 检验适用于没有特定信息表明真实分布与正态分布的可能差别的情形，前者适用于 $n \leq 50$ ，后者适用于 $n > 50$ ，卡方检验适用于分组数据。

5.11.2 异常值判别与处理

当数据中存在明显异常或数据的变异系数 C_v 偏大（砂质土壤为 0.5，较细土壤为 0.75），则应启动异常值判别。本章节在综合国内外相关标准和相关研究的基础上，提出了可用于识别异常值的六类方法，包括 Nair 检验法、格拉布斯（Grubbs）检验法、狄克逊（Dixon）检验法、偏度峰度检验法、Walsh 检验法、箱线图法。

我国颁布的《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》（GB/T 4883）中有对 Nair 检验法、格拉布斯（Grubbs）检验法、狄克逊（Dixon）检验法、偏度峰度检验法的详细介绍；箱线图法可以参考《区域性土壤环境背景含量统计技术导则》（试行）（HJ 1185）中的箱线图法；Walsh 检验法的具体方法在附录 B 进行了说明。方法的差异性主要体现在是否要求数据符合正态分布、样本数量大小及能否检测多个异常值等三个方面。根据样本数据的特点，选择合适的方法进行异常值的判别。

对于所判别的异常值，并非直接剔除，而是要先判断其异常的原因。对于明显来源于局部受污染场所的数据，或者因样品采集、分析检测、数据输入错误等原因导致的异常数据，应予以更正或剔除；如异常值明显高于背景值，进一步参

照《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》(GB/T 39792.1)中的同源性分析，根据目标元素或化合物含量特征、组合特征、同位素特征等与污染源的相似程度，判断是否来源于污染；或参照《区域性土壤环境背景含量统计技术导则》(试行)(HJ 1185)，采用富集系数等方法判断异常原因。若异常值来源于污染，则剔除；若来源于高背景，应予以保留；若判别出的异常值不止一个，按异常值数字从大到小的顺序逐个判断，逐个处理。

5.11.3 基线确定

本章节主要讲述了基线确定的方法，在综合国内外相关研究的基础上，本标准延用了《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水》(GB/T 39792.1)中基线确定的方法。

对于服从正态分布的数据，当污染或破坏导致评价指标升高时，采用历史或调查数据的90%参考值上限(算术平均数+1.65标准差)作为基线；当污染或破坏导致评价指标降低时，采用历史或调查数据的90%参考值下限(算术平均数-1.65标准差)作为基线。该方法采用平均数和标准差来表示基线。《土壤质量-背景值确定指南》(ISO 19258:2018)、《农业环境背景值研究》(上海科学技术出版社，1997)和浙江、徐州、济南等省市开展的土壤背景值研究中均采用了这种方法来计算土壤的背景值含量。

对于不服从正态分布的数据，当污染或破坏导致评价指标升高时，采用历史或调查数据的第90百分位数作为基线；当污染或破坏导致评价指标降低时，采用历史或调查数据的第10百分位数作为基线。该方法采用分位数来表示基线。英国地质调查局(BGS)开展的土壤中污染物背景浓度调查、新西兰开展的全国范围内的土壤背景研究中均采用了这种方法来计算土壤的背景值含量。

5.12 补充调查

当数据的空间变异性较大或变异系数与计算样本数量时预估的变异系数相差较大，需开展补充调查，一方面对空间变异性进行核实，另一方面，确保样本数量的合理性。

5.13 基于其他方法确定土壤特征污染物生态环境基线

当调查指标为土壤特征污染物，且存在一些特殊情况导致历史数据或对照区调查不可行，包括a)评估区位于工业园区或其它工业聚集区，周边存在一种或

多种可能影响土壤特征污染物含量的因素；b) 评估区存在复杂的土地利用历史，且前期土地使用者造成的土壤污染情况不明；c) 其它无法选择合适对照区的情形，可根据评估区土地利用方式，参考适用的土壤环境质量国家标准（如 GB 15618、GB 36600 等）、当地地方标准确定基线，当缺乏适用的标准时，可参考国外政府部门或国际组织发布的相关标准。当同时存在基于保护人体健康、保护地下水和保护生物受体等不同类型的质量标准时，应从严选择。

当无法获取历史数据和对照区数据，且无可用的土壤环境质量标准时，参照《生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第 1 部分：土壤和地下水》(GB/T 39792.1)，开展专项研究，以确定土壤生态环境基线。本标准中给出了基于健康风险评估、迁移模拟等方法确定土壤中特征污染物生态环境基线的方法。

6 对实施本标准的建议

本标准是专门针对土壤生态环境基线调查制定的，对规范我国土壤生态环境损害鉴定评估具有重要的现实意义。土壤生态环境基线调查方法的准确性和科学性不仅影响土壤生态环境损害鉴定评估结论的可靠性，也会影损害赔偿、刑事和民事案件审理的公正性。土壤生态环境基线调查涉及土壤、地下水和生态等多个要素，相关管理部门在工作中可能存在大量的交叉，建议相关管理部门之间进一步理顺联动工作机制，加强对于调查技术方法、关键难点问题的研讨，不断完善管理制度和技术体系。为了保证本标准的实施，建议生态环境部门、科技部门、司法部门加强对土壤生态环境基线调查方法研究的支持力度，为保障土壤生态环境的损害鉴定评估提供更有力的技术支撑。建议加大标准的宣传，扩大标准的影响力，促进标准在科研、司法实践以及其他领域的应用。本标准是第一次发布，还有诸多不完善的地方，建议在实践中不断修订完善。

7 参考文献

- [1] 农业环境背景值研究[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1997:50-60.
- [2] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [3] 国家标准局. 土壤全氮测定法:NY/T 53-1987[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [4] 国家环境保护总局. 食用农产品产地环境质量评价标准: HJ/T 332-2006 [S/OL]. 北京: 中国环境出版社, (2007)[2022-07-26]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/stzl/200611/W020111221530293367238.pdf>.
- [5] 国家林业局. 森林土壤颗粒组成(机械组成)的测定: LY/T 1225-1999[S]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [6] 国家质量技术监督局. 数据的统计处理和解释 正态性检验: GB/T 4882-2001[S/OL]. 北京: 中国标准出版社, (2001-03-05) [2022-07-25]. <http://www.cfpa.com/Public/upload/attach/561252a3e2457.pdf>.
- [7] 环境保护部办公厅. 环境损害鉴定评估推荐方法(第 II 版)(环办(2014)90号)[R/OL]. (2014-10-24)[2022-07-25]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201411/t20141105_291159.htm.
- [8] 生态环境部,司法部,财政部,自然资源部,住房和城乡建设部,水利部,农业农村部,国家卫生健康委员会,国家林业和草原局,最高人民法院,最高人民检察院. 关于推进生态环境损害赔偿制度改革若干具体问题的意见(环法规(2020)44号)[R/OL]. (2020-08-31)[2022-07-25]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202009/t20200911_797978.html.
- [9] 生态环境部,国家市场监督管理总局. 生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第 1 部分: 土壤和地下水: GB/T 39792.1-2020 [S/OL]. 北京: 中国标准出版社,(2020-12-31)[2022-07-25]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/qt/202012/t20201231_815717.shtml.
- [10]生态环境部,国家市场监督管理总局. 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲与关键环节 第 1 部分: 总纲: GB/T 39791.1-2020 [S/OL]. 北京: 中国标准出版社,(2020-12-31)[2022-07-25]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/qt/202012/t20201231_815714.shtml.
- [11]生态环境部,最高人民法院,最高人民检察院,科学技术部,公安部,司法部,

- 财政部,自然资源部,住房和城乡建设部,水利部,农业农村部,国家卫生健康委员会,国家市场监督管理总局,国家林业和草原局. 生态环境损害赔偿管理规定(环法规〔2022〕31号)[R/OL]. (2022-04-26)[2022-07-25]. https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/202205/t20220516_982267.html.
- [12]生态环境部. 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则: HJ 25.2-2019[S/OL]. 北京: 中国环境出版社, (2019-12-05)[2022-07-25]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/trhj/201912/t20191224_749891.shtml.
- [13]生态环境部. 土壤环境监测技术规范:HJ/T 166-2004[S/OL]. 北京: 中国环境出版社, (2004-12-09)[2022-07-25]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/200412/t20041209_63367.shtml.
- [14]中共中央办公厅,国务院办公厅. 生态环境损害赔偿制度改革方案[R/OL]. (2017)[2022-07-25]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-12/17/content_5247952.htm.
- [15]国家质量监督检验检疫总局. 农产品安全质量 无公害蔬菜产地环境要求: GB/T 18407.1-2001[S], 北京; 中国标准出版社, 2001.
- [16]环境保护部. 土壤 pH 值的测定 电位法: HJ 962-2018[S/OL]. 北京: 中国环境出版社, (2018)[2022-07-26]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/201808/W020180815584753007210.pdf>.
- [17]环境保护部. 土壤有机碳的测定重铬酸钾氧化-分光光度法: HJ 615-2011[S/OL], 北京: 中国环境出版社, (2011)[2022-07-25]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/201104/W020130206500699012099.pdf>.
- [18]农业部. 土壤检测: NY/T 1121[S]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [19]农业部. 土壤有机质测定法: GB 9834-88[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [20]农业部. 无公害食品 蔬菜产地环境条件: NY 5010-2002[S]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [21]农业部. 绿色食品产地环境质量: NY/T 391-2013[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [22]农业部. 无公害农产品种植业产地环境条件: NY/T 5010-2016[S]. 北京:

中国农业出版社,2016.

- [23]生态环境部. 区域性土壤环境背景含量统计技术导则(试行): HJ 1185-2021[S/OL]. 北京: 中国环境出版社,(2021)[2022-07-13]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/trhj/202107/W020210719363797274790.pdf>
- [24]生态环境部. 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第2部分: 损害调查: GB/T 39791.2-2020[S/OL]. 北京: 中国标准出版社,(2020-12-31)[2022-07-25]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/qt/202012/W020201231549751878964.pdf>.
- [25]生态环境部. 生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物: HJ710.10-2014[S/OL]. 北京: 中国环境出版社, (2014)[2022-07-25]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/stzl/201411/W020141106568383958445.pdf>.
- [26]生态环境部. 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行): GB 3660-2018[S/OL].北京: 中国标准出版社, (2018)[2022-07-26]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/trhj/201807/W020190626595212456114.pdf>.
- [27]Ander E L, Johnson C C, Cave M R, et al. Methodology for the determination of normal background concentrations of contaminants in English soil[J]. Science of the Total Environment, 2013, 454-455:604-618.
- [28]Australia National Environment Protection Council. National Environment Protection (Assessment of Site Contamination) Measure[R/OL]. (2013) [2022-07-23]. <https://www.legislation.gov.au/Details/F2013C00288>.
- [29]Canadian Council of Ministers of the Environment. Guidance Manual for Developing Site-Specific Soil Quality Remediation Objectives for Contaminated Sites in Canada [R]. Winnipeg, Canada: Canadian Council of Ministers for the Environment, 1990:10-11.
- [30]Canadian Council of Ministers of the Environment. Guidance Manual for Environmental Site Characterization in Support of Environmental and Human Health Risk Assessment, Volume 1 Guidance Manual[R/OL]. (2016)[2022-07-23]. https://ccme.ca/en/res/guidancemanual-environmentalsitecharacterization_vol_1e.pdf.
- [31]ISO. Soil Quality-Guidance on the Determination of Background Values

- (ISO 19258:2018) [R/OL]. (2018-08)[2022-07-25]. <https://www.iso.org/standard/67982.html>.
- [32] Italian Agency for the Protection of the Environment and the Territory, the National Health Institute. Operational protocol for the determination of the natural background values of metals/metalloids in soil of sites of national interest[R]. Rome: Agency for the Protection of Environment and Technical Services, 2006.
- [33] Juan C S. Natural Background Soil Metals Concentrations in Washington State, Toxics Cleanup Program Department of Ecology[R]. Washington DC, USA: Washington State Department of Ecology, 1994: 15-16.
- [34] Scottish Executive. Environmental Protection Act 1990: Part 2A, Contaminated Land Statutory Guidance [Z]. London, UK: Stationery Office Books, 2006.
- [35] Sistema Nazionale per la Protezione dell’Ambiente. LINEA GUIDA PER LA DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO PER I SUOLI E PER LE ACQUE SOTTERRANEE. 2017.
- [36] United States Environmental Protection Agency. Guidance for Data Quality Assessment Quality Practical Methods for Data Analysis: EPA QA/G9[S/OL]. (2000-07) [2022-07-25]. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/30003GXE.PDF?Dockey=30003GXE.PDF>
- [37] United States Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information Washington. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection for Use in Developing a Quality Assurance Project Plan EPA QA/G-5S [S]. EPA/240/R-02/005, 2002.
- [38] United States Environmental Protection Agency, Office of Policy, Planning and Evaluation Washington. Methods for “Evaluating the Attainment of Cleanup Standards” Volume 1: Soils and Solid Media [S]. EPA 230/02-89-042, 1989.
- [39] US British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy. Establishing Local Background Concentrations in Soil, draft[R/OL]. (2019-01)[2022-07-23]. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/site-remediation/docs/protocols/protocol_4_draft.pdf.

- [40]United States Environmental Protection Agency. Determination of Background Concentrations of Inorganics in Soils and Sediments at Hazardous Waste Sites[S/OL]. (1995-12)[2022-07-23]. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/determine_background_concentrations.pdf.
- [41]United States Environmental Protection Agency. Guidance for Comparing Background and Chemical Concentrations in Soil for CERCLA Sites [S/OL]. (2002-09)[2022-07-23]. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/background.pdf>.
- [42]US Florida Department of Environmental Protection Division of Waste Management. Guidance for Comparing Background and Site Chemical Concentrations in Soil[S/OL]. (2019-03)[2022-07-23]. https://floridadep.gov/sites/default/files/Soil-BackgroundGuidance_Mar2019.pdf.
- [43]US Wisconsin Department of Natural Resources. Guidance for Determining Soil Contaminant Background Levels at Remediation Sites[S/OL]. (2005-12)[2022-07-23]. <https://dnr.wi.gov/doclink/rr/RR721.pdf>.