

ICS 13.020.01

CCS Z00

T/SSSC

中国土壤学会团体标准

T/SSSC 010-2024

## 区域土壤环境容量核算技术导则

Technical guidelines for calculation of regional soil environmental capacity

2024-12-24 发布

2024-12-25实施

中国土壤学会 发布



# 目 次

|   |                   |    |
|---|-------------------|----|
| 前 | 言.....            | IV |
| 1 | 范围.....           | 1  |
| 2 | 规范性引用文件.....      | 1  |
| 3 | 术语和定义.....        | 1  |
| 4 | 区域土壤环境容量核算程序..... | 2  |
| 5 | 资料收集与现场调研.....    | 3  |
| 6 | 明确保护目标.....       | 3  |
| 7 | 确定土壤环境阈值.....     | 5  |
| 8 | 核算区域土壤环境容量.....   | 6  |

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准规定了区域土壤环境容量核算的术语和定义、核算区现状资料收集与现场调研、明确保护目标、确定土壤环境阈值和核算区域土壤环境容量等技术要求。

本文件由中国土壤学会提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所、南京大学、生态环境部南京环境科学研究所、中国科学院生态环境研究中心、中国环境科学研究院、南京农业大学。

本文件主要起草人：王玉军，陈怀满，吴同亮，仓龙，王霞，刘存，周东美，范婷婷，王美娥，王红梅，汪鹏。

# 区域土壤环境容量核算技术导则

## 1 范围

本标准规定了区域土壤环境容量核算的术语和定义、核算区现状资料收集与现场调研、明确保护目标、确定土壤环境阈值和核算区域土壤环境容量等技术要求。

本标准适用于农用地、自然保护地、公园用地、居住用地、商业服务用地和工矿用地6类用地方式下的土壤环境容量核算。

本标准不适用于放射性污染和致病性微生物污染区域的土壤环境容量核算。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 2762 食品安全国家标准食品中污染物限量

GB/T 14848 地下水质量标准

GB/T 21010 土地利用现状分类

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则

HJ 682 污染场地术语

HJ 1231 土壤环境词汇

HJ 1311 自然保护地生态环境调查与观测技术规范

NY/T 395 农田土壤环境质量监测技术规范

T/ACEF 087 建设用地土壤生态安全环境基准制定技术指南

T/CSER 013 基于农产品安全的农用地镉污染土壤修复标准制定技术指南

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 土壤环境容量 soil environmental capacity (SEC)

一定环境单元和时限内，遵循环境质量标准，保证土壤质量安全且不发生次生污染时，土壤能容纳的最大污染负载量。

### 3.2 受体 receptor

污染土壤及其周边环境可能受到污染物影响的人群、生物类群、地下水和自然及人文景观等。

[来源：HJ 1231-2022，5.6，有修改]

### 3.3 农产品质量安全 agricultural product quality and safety

农产品在生产过程中，对土壤中污染物累积含量不超过其可食用部分允许的最大含量水平。

### 3.4 生态安全 ecological safety

土壤中污染物对动物、植物、微生物和其它生态系统过程与功能不产生直接或潜在危害。

### 3.5 地下水安全 groundwater safety

土壤中污染物的释放与迁移过程导致地下水中污染物的浓度不超过《地下水质量标准》（GB/T 14848）中Ⅲ类及以上水质等级的限值。

### 3.6 土壤环境阈值 soil environmental threshold

在特定土地利用方式和保护水平下，推导土壤中某一种或一类化学污染物不会对农产品质量安全、生态安全、地下水安全或人体健康产生不良影响的理论阈值的理论、技术和方法的统称，其表现形式为土壤环境阈值。

[来源：T/ACEF 087-2023，3.1，有修改]

### 3.7 土壤环境容纳深度 soil environmental capacity depth

土壤中污染物对不同受体（如农作物、生态受体、地下水和人体健康）施加影响的最大深度。

### 3.8 包气带 vadose zone

地面与地下水面之间与大气相通的，含有气体的地带。

[来源：HJ 682—2019，2.2.30]

## 4 区域土壤环境容量核算程序

区域土壤环境容量核算工作程序如图1所示，工作内容包括核算区现状资料收集与现场调研、明确保护目标、确定土壤环境阈值和核算区域土壤环境容量。

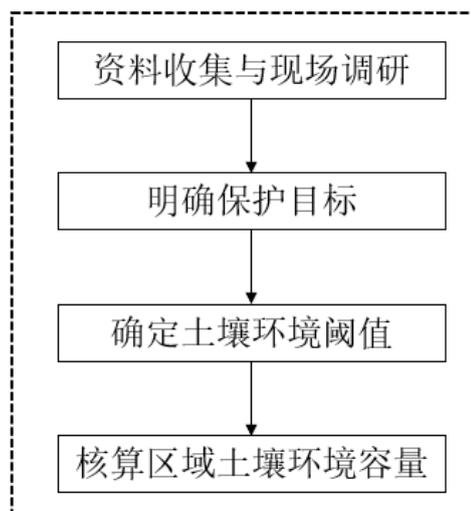


图1 区域土壤环境容量核算工作程序

## 5 资料收集与现场调研

### 5.1 资料收集与分析

收集核算区土壤利用变迁资料、土壤环境资料、有关政府文件以及核算区域的自然和社会信息；同时，可依靠现代测量手段，以地理信息系统和全球定位系统为基础，根据核算区和容量核算需求，加载不同的卫星遥感信息等，获得以下信息：

- 1) 核算区历史土地利用方式等相关信息；
- 2) 核算区土壤污染记录、土壤样品中污染物浓度等数据资料；
- 3) 由政府机关和权威机构所保存和发布的环境资料；
- 4) 核算区环境监测数据、环境影响报告书或表、环境审计报告和地勘报告等记录；
- 5) 核算区地理位置图、地形、地貌、土壤、水文、地质和气象资料等自然信息；
- 6) 核算区及周边人口密度和分布，经济现状和发展规划，相关的国家和地方的政策、法规与标准，以及当地地方性疾病统计信息等社会信息。

### 5.2 核算区现场踏勘

按照HJ 25.1开展核算区现场踏勘工作，获得以下信息：

- 1) 核算区污染源现状与历史情况：核算区现在及历史上可能造成土壤和地下水污染的物质的使用、生产、贮存，三废处理与排放以及泄漏状况。
- 2) 核算区土地利用方式现状与历史情况：对于核算区目前或过去土地利用的类型，如农用地、自然保护地、公园用地、居住用地、商业服务用地和工矿用地等，应尽可能观察和记录。
- 3) 地质、水文地质和地形的描述：核算区及其周边的地质、水文地质与地形应观察、记录，并加以分析，以协助判断周围污染物是否会迁移到核算区，以及核算区内污染物是否会迁移到地下水。

### 5.3 核算区土壤污染现状和特征参数调查

充分调研核算区土壤特征参数和污染调查数据资料，掌握特征参数和受体暴露参数以及土壤污染现状，如土壤污染数据不充分，则需按照HJ 25.1、HJ 25.2或NY/T 395开展相关污染情况调查，获得以下信息：

- 1) 确定污染物种类、浓度（程度）和空间分布。
- 2) 不同代表位置和土层或选定土层的土壤样品的理化性质分析数据，如土壤pH值、容重、有机碳含量、含水率和质地等；核算区气候、水文、地质特征信息和数据，如包气带厚度，地表年平均风速和水力传导系数等。

## 6 明确保护目标

本标准综合 GB/T 21010 和 HJ 1311，按照土地利用方式划分出 6 大类别，分别为：农用地、自然保护地、公园用地、居住用地、商业服务用地和工矿用地。依据不同土地利用方式下土壤污染特征和受体暴露方式，对不同土地利用方式类别设置相应保护目标情况见表 1。

表 1 土地利用方式分类及保护目标情况

| 本标准分类  | GB/T 21010<br>类型编码 | 类型名称   | 保护目标  |
|--------|--------------------|--------|-------|
| 农用地    | 0101               | 水田     | AB    |
|        | 0102               | 水浇地    | AB    |
|        | 0103               | 旱地     | AB    |
|        | 0201               | 果园     | AB    |
|        | 0202               | 茶园     | AB    |
|        | 0203               | 橡胶园    | B     |
|        | 0204               | 其他园地   | B     |
|        | 0301               | 乔木林地   | B     |
|        | 0302               | 竹林地    | B     |
|        | 0303               | 红树林地   | B     |
|        | 0304               | 森林沼泽   | B     |
|        | 0305               | 灌木林地   | B     |
|        | 0306               | 灌丛沼泽   | B     |
|        | 0307               | 其他林地   | B     |
|        | 0401               | 天然牧草地  | AB    |
|        | 0402               | 沼泽草地   | B     |
|        | 0403               | 人工牧草地  | AB    |
|        | 自然保护地              | /      | 自然保护区 |
| /      |                    | 风景名胜区  | BD    |
| /      |                    | 森林公园   | BD    |
| 公园用地   | 0810               | 公园与绿地  | BD    |
| 居住用地   | 0701               | 城镇住宅用地 | BD    |
|        | 0702               | 农村宅基地  | BD    |
|        | 0803               | 教育用地   | BD    |
|        | 0805               | 医疗卫生用地 | BD    |
|        | 0806               | 社会福利用地 | BD    |
| 商业服务用地 | 0801               | 机关团体用地 | BD    |
|        | 0802               | 新闻出版用地 | BD    |
|        | 0804               | 科研用地   | BD    |
|        | 0807               | 文化设施用地 | BD    |
|        | 0808               | 体育用地   | BD    |
|        | 0809               | 公用设施用地 | BD    |
|        | 0501               | 零售商业用地 | BD    |
|        | 0502               | 批发市场用地 | BD    |
|        | 0503               | 餐饮用地   | BD    |
|        | 0504               | 旅馆用地   | BD    |
|        | 0505               | 商务金融用地 | BD    |
|        | 0506               | 娱乐用地   | BD    |
|        | 0507               | 其他商服用地 | BD    |
| 工矿用地   | 0601               | 工业用地   | BCD   |
|        | 0602               | 采矿用地   | BCD   |
|        | 0603               | 盐田     | BCD   |
|        | 0604               | 仓储用地   | BCD   |

注：A：农产品质量安全，B：生态安全，C：地下水安全，D：人体健康。

## 7 确定土壤环境阈值

在掌握土地利用方式分类和保护目标基础上，根据土壤污染物类型和理化性质，明确核算区不同土地利用方式下基于农产品质量安全、生态安全、地下水安全和人体健康的土壤环境阈值。

### 7.1 基于农产品质量安全的土壤环境阈值

参照 T/CSER 013 规定的技术方法，收集数据建立农产品-土壤污染物累积数据库，农产品物种为《食品安全国家标准食品中污染物限量》（GB 2762）涵盖的农产品；如数据量较少，则需补充开展核算区常见农产品的土壤污染物累积测试，测定剂量-效应关系；建立土壤污染物含量与农产品污染物积累量之间的关系模型，利用物种敏感性分布曲线拟合农产品吸收数据，利用 GB 2762 规定的农产品中污染物的限值计算出土壤中污染物的阈值浓度。

### 7.2 基于生态安全的土壤环境阈值

参照 T/ACEF 087 规定的技术方法，收集数据建立土壤污染物生态毒性数据库；如数据量较少，则需补充开展核算区本土生态受体和生态过程的生态毒性测试，测定剂量-效应关系；利用物种敏感性分布曲线拟合不同生态受体或生态过程的毒性效应参数，基于不同土地利用方式下的生态物种及生态过程的保护水平，确定物种危害浓度并以此建立基于生态安全的土壤环境阈值。

### 7.3 基于地下水安全的土壤环境阈值

参照 HJ 25.3-2019（附录 E.3 和 E.4）规定的技术方法，依据土壤中污染物进入地下水的淋溶因子和 GB/T 14848 规定的地下水 III 类及以上水质等级中污染物的最大浓度限值，倒推计算出基于地下水安全的土壤环境阈值。

### 7.4 基于人体健康的土壤环境阈值

参照 HJ 25.3-2019 规定的技术方法，分别计算基于人体致癌效应和非致癌效应的土壤环境阈值，选择较小值作为基于人体健康的土壤环境阈值。

#### 1) 致癌效应土壤环境阈值

对于单一污染物，计算基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径致癌效应的土壤环境阈值的推荐模型，分别见 HJ 25.3-2019 附录 E 公式（E.1）、（E.2）、（E.3）、（E.4）、（E.5）和（E.6）。计算单一污染物基于上述 6 种土壤暴露途径致癌效应的土壤环境阈值的推荐模型，见 HJ 25.3-2019 附录 E 公式（E.7）。

#### 2) 非致癌效应土壤环境阈值

对于单一污染物，计算基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径非致癌效应的土壤环境阈值的推荐模型，分别见 HJ 25.3-2019，附录 E 公式（E.8）、（E.9）、（E.10）、（E.11）、（E.12）和（E.13）。计算单一污染物基于上述 6 种土壤暴露途径非致癌效应的土壤环境阈值的推荐模

型，见 HJ 25.3-2019 附录 E 公式 (E.14)。

## 8 核算区域土壤环境容量

### 8.1 土壤环境容纳深度

不同保护目标对应的土壤环境容纳深度见表 2。

表 2 不同保护目标的土壤环境容纳深度

单位为 cm

| 保护目标     | 农产品质量安全 | 生态安全 | 地下水安全   | 人体健康 |
|----------|---------|------|---------|------|
| 土壤环境容纳深度 | 20      | 30   | 实际包气带厚度 | 50   |

### 8.2 计算土壤某点位环境容量

$$SEC(\mathbf{u}) = 0.1 \times d \times \rho(\mathbf{u}) \times [c(\mathbf{u}) - z(\mathbf{u})] \quad (1)$$

式中：

$SEC(\mathbf{u})$ 为 $\mathbf{u}$ 处目标污染物的土壤环境容量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )；

0.1为转化系数，无量纲；

$d$ 为土壤环境容纳深度 ( $\text{cm}$ )；

$\rho(\mathbf{u})$ 为位置 $\mathbf{u}$ 处的土壤容重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$z(\mathbf{u})$ 为位置 $\mathbf{u}$ 处土壤中目标污染物的浓度 ( $\text{mg}/\text{kg}$ )；

$c(\mathbf{u})$ 为位置 $\mathbf{u}$ 处土壤中目标污染物的土壤环境阈值 ( $\text{mg}/\text{kg}$ )。

### 8.3 计算区域土壤环境容量

1) 结合资料、遥感信息和现场踏勘等，获取核算区土地利用类型图。

2) 结合资料收集，核算区土壤污染现状调查和特征参数调查，利用普通克里格模型预测目标土壤污染物浓度、土壤特征参数的空间分布。

3) 依据土壤特征参数空间分布图和土地利用类型图，在所设置规则栅格网下分别计算各保护目标所对应土壤环境阈值的空间分布。

4) 在所设置规则栅格网下，分别计算各保护目标所对应的土壤环境容量，并在每个栅格上选取其最小值作为多保护目标所对应的土壤环境容量。

5) 针对核算区 $S$ 的区域土壤环境容量 $I$  ( $\text{kg}$ )：

$$I = \iint_S SEC(\mathbf{u}) dS = \iint_S \{0.1 \times d \times \rho(\mathbf{u}) \times [c(\mathbf{u}) - z(\mathbf{u})]\} dS \quad (2)$$

式中： $SEC(\mathbf{u})$ 、 $d$ 、 $\rho(\mathbf{u})$ 、 $z(\mathbf{u})$ 和 $c(\mathbf{u})$ 的参数含义见公式 (1)。