

ICS 65.020.01

CCS B 10

T/SSSC

中国土壤学会团体标准

T/SSSC 039—2026

松嫩平原黑土区区域尺度农田土壤健康
评价技术规范

Technical specification for regional-scale farmland soil health assessment in the
black soil region of the Songnen Plain

2026-09-23 发布

2026-09-23 实施

中国土壤学会 发布

目 次

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 评价区域与评价对象	4
5 调查与布点.....	4
6 样品采集与保存.....	5
7 指标体系构建	6
8 数据库建立.....	7
9 土壤环境质量风险前置判定.....	7
10 最小数据集建立	8
11 土壤健康指数计算与等级划分.....	8
12 障碍因子诊断与管理.....	9
13 质量控制与结果表达.....	10
附录 A（规范性） 松嫩平原黑土区区域尺度农田土壤健康现场调查表.....	11
附录 B（规范性） 松嫩平原黑土区区域尺度农田土壤健康评价指标与分析方法	11
附录 C（资料性） 最小数据集和权重计算方法.....	12
附录 D（资料性） 土壤健康指数计算示例.....	14

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国土壤学会提出并归口。

本文件起草单位：北京市农林科学院、黑龙江省黑土保护利用研究院、农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心、华美亿丰生物工程技术（北京）有限公司。

本文件主要起草人：魏丹、李艳、胡钰、马常宝、张军政、金梁、丁健莉、李硕、刘康萌。

松嫩平原黑土区区域尺度农田土壤健康评价技术规范

1 范围

本文件规定了松嫩平原黑土区区域尺度农田土壤健康评价的评价区域与对象、调查与布点、样品采集与保存、评价指标与测定、数据处理、土壤健康指数计算、等级划分、障碍因子诊断、质量控制和结果表达等要求。

本文件适用于松嫩平原黑土区县域、乡镇、灌区、高标准农田建设区、黑土地保护工程区、土壤障碍改良提升区等区域尺度农田土壤健康的调查、监测、健康评价、障碍因子诊断和结果表达。

本文件用于区域尺度农田土壤健康评价、障碍因子诊断与管理决策，不替代耕地质量等级评价、高标准农田竣工验收、单一田块施肥诊断、污染地块风险评估、建设用地土壤污染风险评估或农产品质量安全判定。

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 15618-2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 17136 土壤质量 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法

GB/T 17141 土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法

GB/T 22105.2 土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 2 部分：土壤中总砷的测定

GB/T 33469 耕地质量等级

GB/T 39228 土壤微生物生物量碳、氮、磷的测定

HJ 491 土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法

NY/T 87 土壤全钾测定法

NY/T 88 土壤全磷测定法

NY/T 295 中性土壤阳离子交换量和交换性盐基的测定

NY/T 889 土壤速效钾和缓效钾含量的测定

NY/T 1121.1 土壤检测 第 1 部分：土壤样品的采集、处理和贮存

NY/T 1121.2 土壤检测 第 2 部分：土壤 pH 的测定

NY/T 1121.3 土壤检测 第 3 部分：土壤机械组成的测定

NY/T 1121.4 土壤检测 第 4 部分：土壤容重的测定

NY/T 1121.6 土壤检测 第 6 部分：土壤有机质的测定

NY/T 1121.7 土壤检测 第 7 部分：土壤有效磷的测定

NY/T 1121.13 土壤检测 第 13 部分：土壤交换性钙和镁的测定

NY/T 1121.16 土壤检测 第 16 部分：土壤水溶性盐总量的测定

NY/T 1121.19 土壤检测 第 19 部分：土壤水稳性大团聚体组成的测定

NY/T 1121.24 土壤检测 第 24 部分：土壤全氮的测定 自动定氮仪法

NY/T 1634 耕地地力调查与质量评价技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

松嫩平原黑土区 Songnen Plain black soil region

松花江、嫩江流域平原及其周边，以黑土、黑钙土为主要土壤类型，并分布有草甸土、暗棕壤等土壤类型的黑土地农田区域。具体评价范围依据现行黑土地保护规划、土壤类型图、耕地资源数据库和行政区划等确定。

3.2

土壤健康 soil health

土壤作为生命系统维持作物生产、养分循环、水分调节、生物活性、结构稳定和环境安全等功能的持续能力。

3.3

区域尺度农田土壤健康评价 regional-scale farmland soil health assessment

以县域、乡镇、灌区、工程建设区或改良提升区等区域单元为评价范围，对农田土壤健康状况进行调查监测、指标赋分、指数计算、等级判定、障碍诊断和结果表达的过程。

3.4

共性指标 common indicator

支撑区域内各类农田基础土壤功能评价、适用于所有评价单元的通用指标。

3.5

特性指标 characteristic indicator

反映松嫩平原黑土区耕层退化、压实、风蚀、水蚀、盐碱化、低洼渍涝或除草剂残留等区域性问题的评价指标。

3.6

个性指标 site-specific indicator

根据作物类型、种植制度、保护利用措施、污染风险、专项评价目标或管理情景确定的补充指标。

3.7

最小数据集 minimum data set; MDS

在全量数据集中筛选出的能够代表主要土壤功能和区域限制因素的最小指标集合。

3.8

土壤健康指数 soil health index; SHI

依据评价指标得分和权重计算得到的土壤健康综合指标。

4 评价区域与评价对象

4.1 评价区域

评价区域应限定在松嫩平原黑土区及其内部的县域、乡镇、灌区、高标准农田建设区、黑土地保护工程区或土壤障碍改良提升区。评价范围通过土壤类型、土地利用、行政边界、农田分布、工程建设范围和障碍因子分布等数据叠加确定。

4.2 评价对象

评价对象为评价区域内的农田土壤。评价时应记录评价对象对应的土地利用类型、作物类型、土壤类型、主要障碍类型和管理分区等属性。区域评价应以评价单元为基本对象，不宜以单一田块替代区域评价单元。

4.3 区域农田特征

松嫩平原黑土区农田以玉米、大豆、水稻等作物为主，土壤类型、地形部位、利用方式和管理措施空间差异较大。区域评价应重点考虑耕层变薄、有机质下降、耕层压实、风蚀和/或水蚀、低洼渍涝、西部苏打盐碱化、长期化学除草及周边污染源影响等问题。

4.4 评价单元

评价单元宜在地理信息系统支持下，结合土地利用现状图、土壤类型图、地形部位、作物类型、灌排条件、主要障碍类型和管理分区划定。评价单元边界应具有可识别性、可重复性和可管理性。

5 调查与布点

5.1 资料准备

应收集评价区域土地利用、土壤类型、地形地貌、耕地质量等级、黑土地保护工程、高标准农田建设、保护性耕作、秸秆还田、轮作制度、作物种植、灌排条件、施肥用药、污染源和历史监测数据等资料。

5.2 布点要求

采样点布设应以评价单元为基础，采用分层布点与空间均匀布点相结合的方法。分层因素宜包括土壤类型、地形部位、土地利用方式、主要作物、种植制度、主要障碍类型和管理措施等。对于苏打盐碱化、风蚀、水蚀、低洼渍涝、长期单一种植、长期施用除草剂或受污染源影响明显的区域，应根据空间异质性适当增加采样点密度。

布点宜与评价单元划分保持一致。每个主要评价单元应设置代表性样点；面积较大或空间异质性强的评价单元，应按土壤类型、地形部位或障碍因子分层布设样点。

县域及以上区域评价宜根据评价精度、区域面积、空间异质性和障碍因子集中程度确定采样点数量。常规区域调查的采样密度宜不少于 1 个样点/66.7 hm²（约 1000 亩）。土壤类型复杂、空间异质性较强、障碍因子集中或需要开展空间制图的区域，应适当提高采样密度。

5.3 调查内容

调查内容宜包括样点位置、行政区、经纬度、地形部位、海拔、坡度、土壤类型、土地类型、作物类型、种植制度、灌排条件、耕作方式、秸秆还田、施肥用药、产量水平、黑土地保护措施、退化类型、低洼渍涝、地下水埋深和周边污染源等。现场调查表见附录 A。

6 样品采集与保存

耕层混合样的采集、处理和贮存应按 NY/T 1121.1 执行。容重样应采用环刀法采集，并按 NY/T 1121.4 测定。常规评价采集 0~20 cm 耕层土壤；需要判定耕层压实、犁底层、黑土层厚度或盐分剖面分布时，宜增加 20~40 cm 土层样品；需要开展深层盐分迁移或地下水影响分析时，可根据评价目标增加深层样品。

混合样应避开田埂、沟渠、堆肥点、施肥带和异常点。每个采样点宜由不少于 5 个分点组成，分点应在同一评价单元内均匀布设。容重样应采用环刀原状采集；团聚体样品应保持土体结构，避免强烈挤压和震荡；微生物分析样品应使用洁净或无菌工具采集，并根据测定项目规定的保存条件进行低温运输和保存。样品保存温度、保存时间和前处理方法应符合相应检测方法的要求，并在检

测记录中注明。

重金属和持久性有机污染物样品应使用洁净、惰性容器保存，避免金属器具或塑化材料造成污染。除草剂残留样品应根据目标化合物性质选择避光、低温、冷冻或其他适宜保存方式，并记录采样时间、用药历史、作物类型和前处理条件。

7 指标体系构建

7.1 指标选择原则

指标宜体现土壤健康功能导向，兼顾基础功能、区域限制因素和管理情景。评价指标应按照功能维度、指标类型和适用情景进行组织。

共性指标用于区域尺度基础评价；特性指标用于反映松嫩平原黑土区主要障碍特征；个性指标用于提高诊断精度，根据作物类型、管理措施和专项风险确定。

7.2 评价指标

土壤健康评价指标见表 1。

表 1 土壤健康评价指标

功能维度	共性指标	特性指标/个性指标	适用情景
土壤结构功能	容重、耕层厚度、质地	紧实度、田间持水量、饱和导水率、黑土层厚度、犁底层厚度	所有评价单元；薄层黑土、压实或保护性耕作评价区应加测相关指标
养分供应功能	pH、有机质、全氮、有效磷、速效钾	全磷、全钾、碱解氮、阳离子交换量、交换性钙镁、有效硫、有效铜锌硼钼等	所有评价单元；养分管理和地力提升评价区可增加选测指标
水盐调节功能	电导率、水溶性盐总量	交换性 Na ⁺ 、碱化度（ESP）、钠吸附比（SAR）、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、地下水埋深、排水条件	松嫩平原西部、低洼盐碱化农田和灌区评价
生物活性功能	—	微生物生物量碳、微生物生物量氮、微生物量 C/N、酶活性、微生物多样性	需要评价土壤生物活性或诊断生物功能退化时选测
退化风险功能	水稳性大团聚体、地表覆盖度	贯入阻力、风蚀模数、坡度、坡长、>0.25 mm 风干团聚体、侵蚀沟发育状况	黑土层变薄、耕层压实、风蚀和/或水蚀风险区
土壤环境质量风险	镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌	六六六、滴滴涕、苯并[a]芘；莠去津、乙草胺、烟嘧磺隆等除草	按 GB 15618-2018 和周边污染源、用药史开展风险筛查

剂残留			
管理与作物响应辅助信息	—	秸秆覆盖率、轮作制度、施肥强度、产量稳定性、灌排条件、农机作业强度等	保护利用成效评价、灌区评价、作物专项评价或障碍改良效果评价。原则上不直接参与 SHI 计算，主要用于障碍成因分析、管理效应解释和管理建议制定。

注：同一指标可表征多个土壤功能，但在最小数据集筛选、赋权和 SHI 计算中仅计入一次，不重复赋权。

7.3 指标测定方法

共性指标、特性指标和个性指标的分析方法见附录 B。除草剂残留等尚无统一限值的指标，应依据评价目标、用药历史和现行有效检测方法开展风险筛查。

8 数据库建立

数据库应包括样点调查信息、采样信息、质量控制信息、空间坐标、评价单元、检测结果、指标得分、指标权重、土壤健康指数、健康等级、主要限制因素和管理建议等内容。

数据库应实行样点唯一编码，编码规则应能反映行政区、评价单元、采样年份、样点序号和土层信息。空间坐标应注明坐标系统和投影参数；检测数据应标明检出限、检测方法、检测机构和质控报告。

数据库应区分原始调查表、原始检测数据、质量控制数据、指标赋分数据、权重数据、指数计算结果和空间图层。缺失值、低于检出限值、异常值和复测值应采用统一标识；年度更新数据应保留原始版本并记录更新日期。

9 土壤环境质量风险前置判定

重金属和类金属指标应按 GB 15618-2018 进行风险筛选。土壤环境质量风险前置判定应独立于土壤健康指数评价。未超过农用地土壤污染风险筛选值的评价单元，可进入常规土壤健康综合评价。超过风险筛选值的评价单元，应单独标识土壤环境质量风险状态，并开展加密调查、来源识别和风险诊断。对存在环境质量风险的评价单元，可计算土壤物理、化学和生物功能 SHI 用于功能障碍诊断，但不应以 SHI 结果替代土壤环境质量风险判定。

六六六、滴滴涕、苯并[a]芘等项目应按 GB 15618-2018 中相关要求执行。莠去津、乙草胺、烟嘧磺隆等除草剂残留应依据用药史、作物制度和现行有效检测方法开展风险筛查；在无统一风险限

值条件下，可作为个性诊断指标和管理建议依据，不作为综合健康等级判定的否决条件。

土壤环境质量风险前置判定结果应在评价报告中单独列示，并与土壤健康指数、障碍因子诊断和管理建议衔接。

10 最小数据集建立

最小数据集宜以全量数据集为基础构建。全量数据集包括基础共性指标、特性指标和个性指标。

宜采用主成分分析、相关性分析和 Norm 值筛选建立最小数据集。筛选时应保留能够反映松嫩平原黑土区区域尺度主要限制因素的特性指标，避免因统计筛选导致关键障碍指标缺失。

指标权重可采用熵权法、主成分贡献率法、层次分析法或经论证的组合赋权方法确定。同一评价区域不同年度开展连续评价时，应采用一致的指标体系、评分方法和赋权方法；不同区域之间进行比较时，应保证评分函数及权重确定方法具有一致性。权重确定方法、指标得分函数、最小数据集组成和计算结果应在评价报告中说明。计算方法见附录 C，计算示例见附录 D。

11 土壤健康指数计算与等级划分

11.1 指标赋分

指标得分应根据其生态功能属性确定。正向指标采用正向评分函数，逆向指标采用逆向评分函数；pH 以及具有明确适宜上下限的养分指标可采用适宜范围型评分函数；电导率、水溶性盐总量等以高值产生限制的指标采用逆向或单侧阈值型评分函数。指标得分值 S_j 取值范围为 0~1。

采用正向函数时， $S_j = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ；采用逆向函数时， $S_j = (X_{\max} - X_j) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。 X_j 为第 j 项指标实测值； $X_{\min}$ 和 $X_{\max}$ 分别为该指标评分所采用的下限参考值和上限参考值。

$$S_j = \begin{cases} 0, X_j \leq X_{\min} \text{ 或 } X_j \geq X_{\max} \\ \frac{X_j - X_{\min}}{L - X_{\min}}, X_{\min} < X_j < L \\ 1, L \leq X_j \leq U \\ \frac{X_{\max} - X_j}{X_{\max} - U}, U < X_j < X_{\max} \end{cases}$$

采用适宜范围型函数时，指标值处于适宜下限 L 与适宜上限 U 之间时 $S_j=1$ ；低于 L 或高于 U 时，按偏离适宜区间的程度递减赋分，最低为 0。式中，L 和 U 分别为指标适宜范围的下限和上限； $X_{\min}$ 和 $X_{\max}$ 分别为评分下限和评分上限。

11.2 指数计算

土壤健康指数按式(1)计算：

$$SHI = \sum_{j=1}^n S_j \times W_j \tag{1}$$

式中：SHI 为土壤健康指数； S_j 为第 j 个指标的得分值； W_j 为第 j 个指标权重， $\sum W_j=1$ ；n 为参与综合评价的指标数量。

11.3 等级划分

土壤健康指数评价分级标准见表 2，可依据区域试评价结果、长期监测数据和专家论证对分级进行校准。

表2 土壤健康评价分级标准

等级	健康状态	指数范围	判定说明
I	很健康	$0.80 \leq SHI \leq 1.00$	土壤功能稳定，限制因素轻
II	健康	$0.60 \leq SHI < 0.80$	土壤功能较稳定，存在轻度限制因素
III	亚健康	$0.40 \leq SHI < 0.60$	土壤功能受限，需采取针对性提升措施
IV	不健康	$0.20 \leq SHI < 0.40$	土壤障碍明显，需治理和持续监测
V	很不健康	$0 \leq SHI < 0.20$	土壤功能严重受限，宜先开展障碍治理并加强持续监测

12 障碍因子诊断与管理

土壤健康评价结果不应仅给出综合指数和等级，还应识别主要障碍因子、障碍类型、空间分布和优先治理方向。障碍因子诊断应综合指标得分、指标权重、土壤环境质量风险前置判定结果、空间分布图和现场调查信息。

主要障碍因子应根据指标得分、指标权重、风险筛选结果及其偏离区域适宜范围的程度综合确定。对于耕层变薄、压实、盐碱化、风蚀、水蚀、低洼渍涝、养分失衡、生物活性下降和土壤环境质量风险等不同障碍类型，宜分别提出保护性耕作、秸秆还田、深松深翻、增施有机物料、排水降盐、

地表覆盖、防蚀保土、污染源管控和风险监测等管理建议。

障碍因子诊断结果宜形成清单、等级图和分区管理建议，并与高标准农田建设、黑土地保护工程、障碍土壤改良提升和农田管理措施衔接。

13 质量控制与结果表达

13.1 质量控制

样品采集、运输、保存、前处理和检测应建立质量控制记录。现场平行样数量应不少于样品总数的 5%；实验室检测应设置平行样、空白样和标准物质或质控样。重金属、持久性有机污染物和除草剂残留检测应按检测方法要求设置空白、加标回收、标准物质或替代物质控制。

异常值应复核采样记录、检测过程、空间位置和现场环境。对超过风险筛选值、接近等级阈值或与周边样点差异显著的结果，应优先开展复测或复采核查。

13.2 结果表达

报告应说明数据来源、评价方法、质量控制、评价结果的适用范围和主要限制以及管理建议。

区域尺度评价宜形成图件、表格和评价报告。图件宜包括评价范围图、样点分布图、主要障碍因子分布图和土壤健康等级图；表格宜包括样点基本信息、检测结果、指标得分、权重和评价结果。

附录 A

（规范性）

松嫩平原黑土区区域尺度农田土壤健康现场调查表

表 A.1 松嫩平原黑土区区域尺度农田土壤健康现场调查内容

类别	调查内容
工作信息	调查单位、调查日期、调查人员、样点编码、采样深度、样品类型
空间信息	行政区、经纬度、地形部位、海拔、坡度、评价单元、坐标系统
农田信息	土地类型、作物类型、种植制度、田块面积、灌排条件、产量水平
土壤信息	土壤类型、耕层厚度、黑土层厚度、盐碱化程度、侵蚀类型、压实情况、犁底层情况
管理信息	耕作方式、秸秆还田、施肥量、农药和除草剂使用、保护性耕作措施、农机作业情况
风险信息	周边污染源、低洼渍涝、风蚀和/或水蚀、地下水埋深、历史污染记录、异常点说明

附录 B

（规范性）

松嫩平原黑土区区域尺度农田土壤健康评价指标与分析方法

指标	指标属性	分析方法
容重	共性指标	NY/T 1121.4
耕层厚度	共性指标	现场剖面调查，参照 GB/T 33469 和 NY/T 1634
黑土层厚度	特性指标	现场剖面调查，参照黑土地保护相关调查技术要求
质地	共性指标	NY/T 1121.3
水稳性大团聚体	共性指标	NY/T 1121.19
紧实度、贯入阻力	特性指标	贯入仪测定或按现行有效方法执行
田间持水量、饱和导水率	特性指标	按现行有效方法执行
pH	共性指标	NY/T 1121.2
电导率、水溶性盐总量	共性指标	NY/T 1121.16 或现行有效方法
交换性 Na^+	特性指标	按 NY/T 295、NY/T 1121.13 或现行有效方法执行
碱化度（ESP）	特性指标	根据交换性 Na^+ 和阳离子交换量计算
钠吸附比（SAR）	特性指标	根据土壤溶液中 Na^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 浓度计算
CO_3^{2-} 、 HCO_3^-	特性指标	NY/T 1121.16 或现行有效方法
有机质	共性指标	NY/T 1121.6
全氮	共性指标	NY/T 1121.24
有效磷	共性指标	NY/T 1121.7
速效钾	共性指标	NY/T 889
全磷	特性指标	NY/T 88
全钾	特性指标	NY/T 87
阳离子交换量	特性指标	NY/T 295
交换性钙镁	特性指标	NY/T 1121.13
微生物生物量碳	特性指标	GB/T 39228

微生物生物量氮、微生物量 C/N	特性指标	GB/T 39228
酶活性、微生物多样性	特性指标	按现行有效方法或经验证方法执行
总镉、总铅	共性指标	GB/T 17141
总汞	共性指标	GB/T 17136
总砷	共性指标	GB/T 22105.2
总铜、锌、镍、铬	共性指标	HJ 491
六六六、滴滴涕、苯并[a]芘	个性指标	判定依据按 GB 15618-2018 检测方法按照相应现行有效国家标准或行业标准执行
莠去津、乙草胺、烟嘧磺隆等除草剂残留	个性指标	根据用药史，按现行有效标准或经验证方法执行

附录 C

(资料性)

最小数据集和权重计算方法

C.1 全量数据集

全量数据集包括共性指标、特性指标以及根据评价目标确定的个性指标。建立最小数据集前，应完成数据校核、缺失值处理、异常值复核和指标同向化处理。

C.2 最小数据集筛选

- a) 对全量数据集进行标准化处理；
- b) 以特征值 ≥ 1 为提取原则，通过主成分分析得到若干主成分；
- c) 将同一主成分中载荷绝对值 ≥ 0.5 的指标划分为一组；若某项指标在所有主成分上的载荷绝对值均 < 0.5 ，可归入载荷绝对值最高的主成分；若某项指标同时在两个及以上主成分上的载荷绝对值 ≥ 0.5 ，可归入与其他候选指标相关性较低的一组；
- d) 计算各候选指标的 Norm 值。对于同一主成分中的候选指标，优先保留 Norm 值不低于该组最大 Norm 值 90% 的指标；
- e) 对候选指标进行相关性分析。若同组候选指标高度相关，保留 Norm 值较高且具有明确土壤学意义的指标；若相关性较低，则可同时进入 MDS；
- f) 对反映松嫩平原黑土区关键障碍的指标，如黑土层厚度、耕层压实、盐碱化、风蚀和/或水蚀

风险等，应结合专家判断进行必要保留。

C.3 Norm 值计算

Norm 值可按式 (C.1) 计算：

$$N_j = [\sum (\lambda_k \times u_{jk}^2)]^{1/2} \quad (C.1)$$

式中： N_j 为第 j 个指标的 Norm 值； λ_k 为第 k 个主成分的特征值； u_{jk} 为第 j 个指标在第 k 个主成分上的因子载荷； k 为特征值 ≥ 1 的主成分个数。

C.4 指标得分函数

正向指标、逆向指标和适宜范围型指标应采用不同评分函数。正向指标、逆向指标可按 11.1 中方法计算；适宜范围型指标应根据区域适宜下限和上限设置区间函数。评分函数、阈值来源和适宜范围应在评价报告中说明。

C.5 权重计算

权重可采用熵权法、主成分贡献率法、层次分析法或组合赋权法。采用熵权法时，应先对指标值进行非负化和归一化处理，计算指标信息熵和差异系数，再计算权重；采用组合赋权法时，应说明主观权重和客观权重的合成方式。

无论采用何种赋权方法，各指标权重 W_j 应满足 $W_j \geq 0$ 且 $\sum W_j = 1$ 。

C.6 最小数据集精度验证

可采用 Nash 有效系数、相对偏差系数或相关系数评价 MDS 与全量数据集评价结果的一致性。MDS 计算得到的土壤健康指数与全量数据集计算结果越接近，说明 MDS 精度越高。

附录 D

(资料性)

土壤健康指数计算示例

本附录给出一个简化示例，用于说明 S_j 、 W_j 和 SHI 的计算过程。示例数据仅用于方法说明，不作为松嫩平原黑土区指标阈值或权重推荐值。

指标	指标属性	实测值	评分函数	得分 S_j	权重 W_j	$S_j \times W_j$
有机质	正向	30.0 g/kg	正向函数	0.70	0.35	0.245
容重	逆向	1.35 g/cm ³	逆向函数	0.60	0.25	0.150
pH	适宜范围型	7.2	区间函数	1.00	0.20	0.200
电导率	逆向/区间型	0.35 dS/m	逆向或区间函数	0.80	0.20	0.160
合计	-	-	-	-	1.00	0.755

根据式 (1)，该评价单元 $SHI=0.755$ 。按表 2 推荐阈值，可判定为 II 级“健康”。评价报告仍需结合低得分指标识别主要限制因素；本示例中容重得分较低，应将耕层压实作为优先诊断对象。