

团 体 标 准

T/CSGPC XXX-2025

区域耕地资源可持续利用评价
技术指南

Technical Guidelines for the Evaluation of Sustainable Utilisation of Regional
Cultivated Land Resources

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2025 年 7 月 10 日）

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国测绘学会 发布

目 次

前 言	II
耕地资源可持续利用评价技术指南	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 总则	3
5.1 评价对象	3
5.2 评价指标选取原则	4
5.3 技术步骤	4
5.4 技术约定	4
6 评价指标	4
6.1 指标概述	4
6.2 具体指标	5
7 评价方法	5
7.1 数据收集	5
7.2 单指标评价	5
7.3 综合评价	14
8 质量控制与保证	16
8.1 质量控制	16
8.2 质量保证	16
附 录 A（规范性）耕地斑块属性评价	17
附 录 B（规范性）耕地斑块空间关系评价	17
附 录 C（规范性）耕地水土匹配评价	22
附 录 D（规范性）耕地生态系统固碳能力评价	28
附 录 E（规范性）耕地水土流失安全性评价	30
参 考 文 献	32

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。

本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件起草单位：XXXX、XXXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX。

区域耕地资源可持续利用评价技术指南

1 范围

本文件规定了耕地资源可持续利用评价总则、指标、方法以及质量控制与保证。

本文件适用于全国各级行政区以及粮食主产区、农产品主产区等区域耕地资源可持续利用评价，其他区域可参照使用。

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/T 30600 高标准农田建设通则

GB/T 32136 农业干旱等级

JTGB01 公路工程技术标准

TD/T 1076 国土调查数据缩编技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

耕地 cultivated land

用于农作物种植的土地。

[来源：GB/T 33469-2016，3.1]

3.2

耕地资源 cultivated land resources

用于农业生产的土地资源，特别是用于种植作物的土地。

3.3

可持续利用 sustainable use

对可再生资源的利用速率应保持在其再生速率的限度之内；对不可再生资源的利用速率应保持在替代资源的限度之内。

[来源：T/CI 025-2022，3.2]

3.4

耕地资源可持续利用 sustainable use of cultivated land resources

实现人地关系和谐统一的一种土地发展方式，也是代指分配合理、耕地资源配置得当，空间分布合理，确保耕地的数量、质量和生态功能长期稳定，实现经济、社会和生态综合效益最佳的耕地资源利用方式。

3.5

矩形率 rectangular ratio of cultivated land patches

耕地斑块面积和其最小外接矩形面积的比值，比值越接近 1 耕地斑块形状越接近矩形。

3.6

长宽比 aspect ratio of cultivated land patches

耕地斑块最小外接矩形的长和宽的比值，比值越大耕地斑块形状越狭长。

3.7

周长面积比 perimeter-area ratio of cultivated land patches

耕地斑块周长和面积的比值，通常比值越小耕地斑块形状越规整。

3.8

耕地斑块形态指数 shape index of cultivated land patches

对耕地斑块的面积、矩形率、长宽比和周长面积比四个分指标进行量化处理和加权求和后的综合指标，用于表征耕地斑块的形态特征。

3.9

地形适宜性指数 topographic suitability index

基于耕地斑块的高程、坡度和坡向等地形属性构建的量化指标，用于评估特定地块在自然地形条件下对农业耕作的适宜程度。

3.10

耕地集中连片指数 cultivated land concentration and contiguity index

在空间分布上相对聚集，形成具有一定规模的耕地集合体的量化指标，反映耕地连片性和规模化水平。

3.11

耕作便利性指数 tillage convenience index

用于量化农田耕作便利程度的综合指标，其核心是通过评估田间道路可达性、灌溉保证度和耕作距离等关键因素，反映农户或农业机械进行田间作业的便捷性。

3.12

水分盈亏指数 water profit and loss index of cultivated land

衡量耕地上作物需水量与实际供水能力匹配状况的指标，反映农作物某时段累积水分盈亏的程度。

3.13

耕地固碳能力指数 cultivated land carbon sequestration capacity index

用于量化耕地生态系统固碳能力的综合指标，由地上作物固碳量（净生态系统生产力）和地下土壤固碳量（土壤有机碳）两部分构成，反映耕地生态系统的固碳能力。

3.14

水土流失敏感性指数 soil and water erosion sensitivity index

评估某一区域以水动力为主造成水土流失潜在可能性和敏感程度的量化指标。

4 缩略语

本文件使用的缩略语如下。

ARA 长宽比 (Aspect ratio of Cultivated Land Patches)

CCI 耕地集中连片指数 (Cultivated Land Concentration and Contiguity Index)

CDI 累积干旱指数 (Cumulative Drought Index)

CMI 累积湿润指数 (Cumulative Moisture Index)

CSI 耕地固碳能力指数 (Cultivated Land Carbon Sequestration Capacity Index)

WLI 耕地水分盈亏指数 (Water Profit and Loss Index of Cultivated Land)

NPP 净初级生产力 (Net Primary Productivity)

NEP 净生态系统生产力 (Net Ecosystem Productivity)

NDVI 植被覆盖指数 (Normalized Difference Vegetation Index)

PARA 周长面积比 (Perimeter-Area Ratio of Cultivated Land Patches)

RRA 矩形率 (Rectangular Ratio of Cultivated Land Patches)

SI 耕地斑块形态指数 (Shape Index of Cultivated Land Patches)

SSI 水土流失敏感性指数 (Soil and Water Erosion Sensitivity Index)

TCI 耕作便利性指数 (Tillage Convenience Index)

TSI 地形适宜性指数 (Topographic Suitability Index)

5 总则

5.1 评价对象

评价对象是评价区域内现有的耕地资源。

5.2 评价指标选取原则

在选取评价指标应遵循以下原则：

- a) 相对独立性原则。评价指标之间不应存在高度相关性或重复表达同一维度的信息，以确保每个指标都能独立反映耕地可持续利用的某一特定方面，避免因指标冗余导致评价结果失真；
- b) 可获取性与可量化原则。数据应方便获取性且可量化；
- c) 普适性与特殊性原则。考虑到各区域状况的不同，在选取指标时既要注意地域差异性，也要考虑到整体的适用性，让评价指标既能适用于具体的不同区域也能适用于整体；
- d) 可操作性与准确性原则。在确定耕地可持续利用评价指标时应考虑数据的准确性与可行性，在进行评价时尽量做到准确和可操作。

5.3 技术步骤

评价应包括以下步骤：

- a) 明确评价对象；
- b) 构建指标评价体系并收集相关数据；
- c) 对各评价指标进行标准化处理并确定权重；
- d) 通过综合评价方法计算耕地资源可持续利用综合得分，并予以校核。

5.4 技术约定

设定以下技术约定：

- a) 评价工作应设定评价时点，评价时点所在年份称为基准年。评价时点对应数据可选用国家统一调查时点数据、评价时点所在年份的年末数据或全年数据。
- b) 评价工作中采用的数据应与评价对象的范围相对应。各类数据口径、来源应在成果中予以说明。无法获取相应口径的，可采用地方或近似指标替代。
- c) 评价工作中，若相关数据为栅格格式，可通过分区统计、栅格值提取至点或栅格矢量化叠加等空间分析技术，实现栅格数据到耕地斑块尺度的匹配后再进行评价。

6 评价指标

6.1 指标概述

基于测绘地理信息技术，构建耕地“斑块属性-空间关系-水土匹配-固碳能力-安全性”的可持续利用评价体系。评价指标包括耕地斑块形态指数、地形适宜性指数、集中连片指数、耕作便利性指数、水分盈亏指数、耕地固碳能力指数、水土流失敏感性指数。具体评价指标见表 6.1，该分类结构仅用于评价耕地资源可持续利用的相关领域，没有层次意义。每个指标是依据指标的数据可得性与结果可比性选择的，以便于进一步分析。解释特定领域的结果时，关注某一项指标会导致结果的失真或不全面。详细计算过程见附录。

6.2 具体指标

表 6.1 给出了耕地资源可持续利用评价指标体系，包含评价方面和具体指标。

表 6.1 耕地资源可持续利用评价指标体系

序号	评价方面	评价指标	具体指标
1	斑块属性	斑块形态指数	面积
			矩形率
			长宽比
			周长面积比
		地形适宜性指数	高程
			坡度
			坡向
2	空间关系	集中连片指数	耕地斑块间连接要素类型
			耕地斑块间连接要素宽度
		耕作便利性指数	田间道路可达性
			灌溉保证度
			耕作距离
3	水土匹配	水分盈亏指数	累积干旱指数
			累积湿润指数
4	固碳能力	耕地固碳能力指数	作物净初级生产力
			作物净生态系统生产力
			土壤有机碳储量
5	安全性	水土流失敏感性指数	降雨侵蚀力因子
			土壤可蚀性因子
			坡长坡度因子
			植被覆盖因子

7 评价方法

7.1 数据收集

主要包括以下相关数据：

- a) 土地利用/覆盖数据，包括但不限于年度国土变更调查数据。
- b) 专项调查数据，包括但不限于耕地、水资源等专项调查数据。
- c) 遥感反演与地表参数产品，包含但不限于区域范围 DEM、NDVI、物候数据等产品数据。
- d) 气象数据，包括但不限于区域内气温、降雨等气象数据。

7.2 单指标评价

单指标评价是在确定评价范围和时间、数据收集和处理的基础上，对耕地资源在斑块属性、空间关系、水土匹配、固碳能力、安全性任意一方面进行评价。

7.2.1 耕地斑块属性

从耕地斑块形态指数、地形适宜性指数评价耕地斑块属性。

a) 耕地斑块形态指数

以耕地斑块为基本单元，对耕地斑块的面积、矩形率、长宽比和周长面积比四个分指标分别通过赋值法进行量化处理，赋值范围为[0，100]，然后采用专家打分法确定各分指标的权重，最后对各分指标进行加权求和计算耕地斑块形态指数。

耕地斑块形态指数按照公式（1）计算：

$$SI_i = G_{Area} \times w_{Area} + G_{RRA} \times w_{RRA} + G_{ARA} \times w_{ARA} + G_{PARA} \times w_{PARA} \tag{1}$$

式中：

SI_i ——第*i*块耕地斑块的形态指数；

G_{Area} ——该耕地斑块面积的得分；

w_{Area} ——该耕地斑块面积的权重；

G_{RRA} ——该耕地斑块矩形率的得分；

w_{RRA} ——该耕地斑块矩形率的权重；

G_{ARA} ——该耕地斑块长宽比的得分；

w_{ARA} ——该耕地斑块长宽比的权重；

G_{PARA} ——该耕地斑块周长面积比的得分；

w_{PARA} ——该耕地斑块周长面积比的权重。

各参数具体计算方法按照附录 A 执行，权重计算方法宜参照 7.3.2 执行。

根据耕地斑块形态指数的计算结果将其划分为一等至五等，该指标为正向指标，一等的值最大，五等的值最小。

表 7.1 耕地斑块形态指数等级划分标准

指标等级	一等	二等	三等	四等	五等
耕地斑块形态指数	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

耕地斑块形态评价流程见图 7.1。

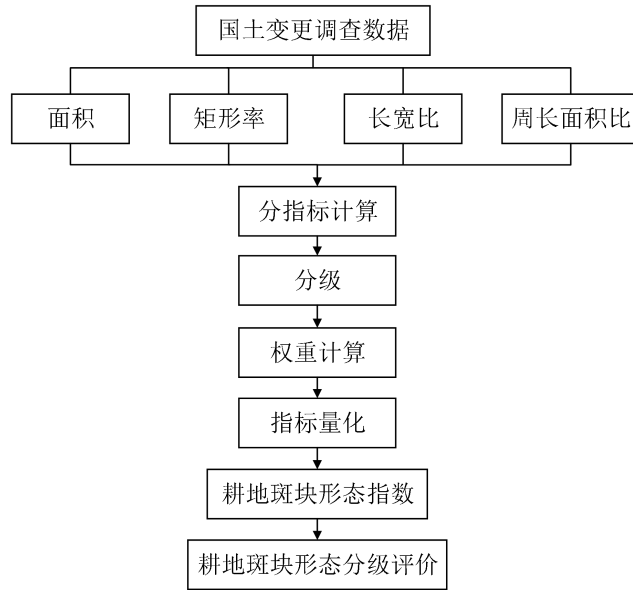


图 7.1 耕地斑块形态评价流程图

b) 耕地地形适宜性指数

将栅格格式的地形数据匹配到耕地斑块尺度，以耕地斑块为基本单元，对耕地斑块的高程、坡度、坡向三个分指标分别通过赋值法进行量化处理，赋值范围为[0, 100]，然后采用专家打分法确定各分指标的权重，最后对各分指标进行加权求和计算耕地地形适宜性指数。

耕地地形适宜性指数按照公式（2）计算：

$$TSI_i = G_{EL} \times w_{EL} + G_{SL} \times w_{SL} + G_{AL} \times w_{AL} \quad (2)$$

TSI_i ——第*i*块耕地斑块的地形适宜性指数；

G_{EL} ——该耕地斑块高程的得分；

w_{EL} ——该耕地斑块高程的权重；

G_{SL} ——该耕地斑块坡度的得分；

w_{SL} ——该耕地斑块坡度的权重；

G_{AL} ——该耕地斑块坡向的得分；

w_{AL} ——该耕地斑块坡向的权重。

各参数具体计算方法按照附录 A 执行，权重计算方法宜参照 7.3.2 执行。

根据耕地地形适宜性指数的计算结果将其划分为一等至五等，该指标为正向指标，一等的值最大，五等的值最小。

表 7.2 耕地地形适宜性指数等级划分标准

指标等级	一等	二等	三等	四等	五等
耕地地形适宜性指数	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

耕地地形适宜性评价流程见图 7.2。

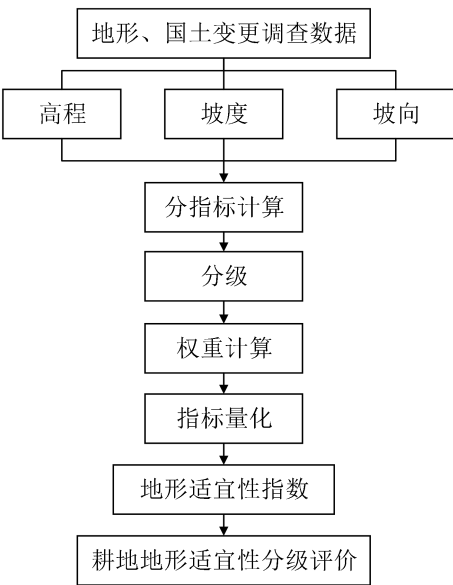


图 7.2 耕地地形适宜性评价流程图

7.2.2 耕地斑块空间关系评价

从耕地集中连片指数、耕作便利性指数评价耕地斑块空间关系。

a) 耕地集中连片指数

基于耕地斑块之间的空间关系，确定连片耕地斑块间连接要素标注规则，并对该斑块与周围斑块空间关系类型分类编码，最后通过耕地斑块间连接要素的类型与宽度确定该耕地斑块的集中连片指数，对其连片性进行评价。

耕地集中连片具体的连接要素标注规则、空间关系实现流程与其中相关参数计算方法按照附录 B 执行。

耕地集中连片指数按照公式（3）计算，其中*j*表示耕地斑块间的连接要素类型，计算如下：

$$CCI_i = \sum_{n=j}^m \left[\omega_j * b_j * \left(1 - \frac{d_j}{D_j} \right) \right] \tag{3}$$

式中：

CCI_i ——第*i*块耕地斑块集中连片指数；

ω_j ——形成集中连片的第*i*块耕地斑块的第*j*类连接要素的权重值，权重计算方法宜参照 7.3.2 执行；

b_j ——该耕地斑块空间关系编码中第 j 类连接要素的赋值；

$\bar{d}_j$ ——该耕地斑块第 j 类连接要素的平均宽度（m）；

D_j ——该耕地斑块第 j 类连接要素的宽度阈值（m）。

根据耕地集中连片指数的计算结果将其划分为一等至五等，该指标为正向指标，一等的值最大，五等的值最小。

表 7.3 耕地集中连片指数等级划分标准

指标等级	一等	二等	三等	四等	五等
耕地集中连片指数	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

耕地集中连片性评价流程见图 7.3。

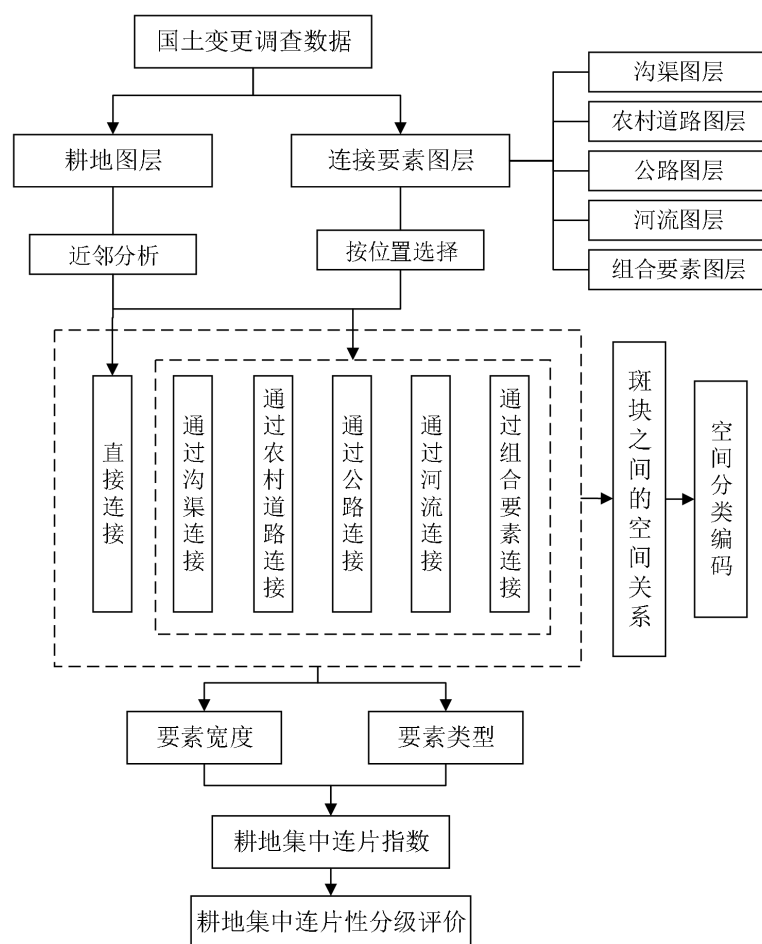


图 7.3 耕地集中连片性评价流程图

b) 耕作便利性指数

以耕地斑块为基本单元，对田间道路可达性、灌溉保证度和耕作距离三个分指标分别通过赋值

法进行量化处理，赋值范围为[0，100]，然后采用专家打分法确定各分指标的权重，最后对各分指标进行加权求和计算耕作便利性指数。

耕作便利性指数按照公式（4）计算：

$$TCI_i = G_{FRA} \times w_{FRA} + G_{IA} \times w_{IA} + G_{TD} \times w_{TD} \tag{4}$$

式中：

TCI_i ——第*i*块耕地斑块的耕作便利性指数；

G_{FRA} ——该耕地斑块田间道路可达性的得分；

w_{FRA} ——该耕地斑块田间道路可达性的权重；

G_{IA} ——该耕地斑块灌溉保证度的得分；

w_{IA} ——该耕地斑块灌溉保证度的权重；

G_{TD} ——该耕地斑块耕作距离的得分；

w_{TD} ——该耕地斑块耕作距离的权重；

各参数具体计算方法按照附录 B 执行，权重计算方法宜参照 7.3.2 执行。

根据耕作便利性指数的计算结果将其划分为一等至五等，该指标为正向指标，一等的值最大，五等的值最小。

表 7.4 耕作便利性指数等级划分标准

指标等级	一等	二等	三等	四等	五等
耕作便利性指数	[80，100]	[60，80)	[40，60)	[20，40)	[0，20)

耕作便利性评价流程见图 7.4。

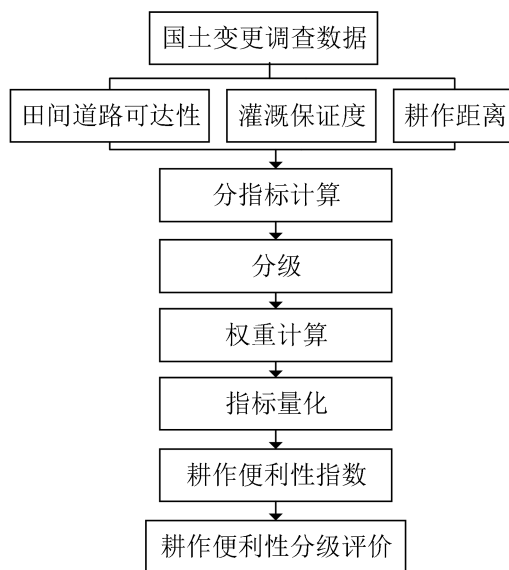


图 7.4 耕作便利性评价流程图

7.2.3 耕地水土匹配评价

以区域降水与作物需水之间的匹配关系表征自然条件下耕地水土匹配状况，即耕地水分盈亏指数。

此项指标在对耕地资源可持续利用评价时，需遵循作物类型、物候和熟制与耕地的时空对应原则。评价时段应在两个月以上，建议根据自然年（一年或多年）或作物生育期选择评价时段。当以自然年为评价时段时，耕地水土匹配状况应定义为时段内各作物相关生育期内各旬累积水分盈亏指数（累积干旱指数或累积湿润指数）的均值。对于未利用的耕地（如撂荒地、休耕地等）或多类作物轮作间隔期间，相关时段水分盈亏指数应当作空值处理。

各参数具体计算方法参照附录 C 执行。

根据计算结果，可分别将累积干旱指数与累积湿润指数划分为一等至五等共五等。其中累积干旱指数 CDI_i 为正向指标，一等的值最大，五等的值最小；湿润指数 CMI_i 为负向指标，一等的值最小，五等的值最大。

表 7.5 耕地水土匹配等级划分标准

指标等级	一等	二等	三等	四等	五等
累积湿润指数	[0, 20)	[20, 40)	[40, 60)	[60, 80)	[80, 100]
	正常	轻涝	中涝	重涝	特涝
累积干旱指数	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)
	正常	轻旱	中旱	重旱	特旱

耕地水土匹配评价流程见图 7.5。

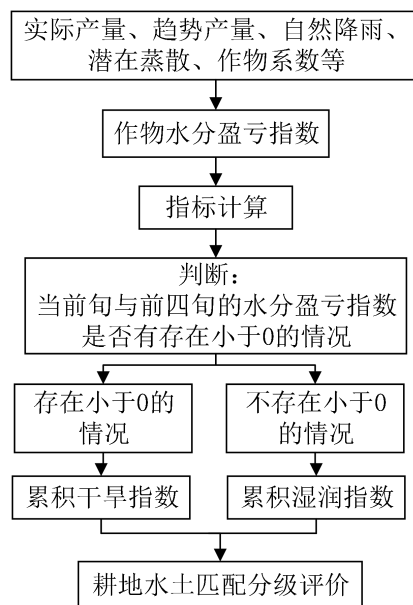


图 7.5 耕地水土匹配评价流程图

7.2.4 耕地生态系统固碳能力评价

以耕地范围内地上作物光合作用后的固碳量（净生态系统生产力）和地下土壤固碳量（土壤有机碳储量）之和表征耕地生态系统固碳能力，即耕地固碳能力指数。

计算该指标时需遵循作物类型、物候和熟制与耕地的时空对应原则。评价时段应在两个月以上，建议根据自然年（一年或多年）或作物生育期选择评价时段。当以自然年为评价时段时，耕地生态系统固碳能力应定义为时段内各作物相关生育期内固碳量的和。对于未利用的耕地（如撂荒地、休耕地等）或多类作物轮作间隔期间，相关时段固碳能力指数数应当作空值处理。

耕地固碳能力指数按照公式（5）计算：

$$CSI_i = NEP_i + \Delta SOC_i \quad (5)$$

式中：

CSI_i ——整个作物生长周期内耕地固碳能力指数；

NEP_i ——整个生长周期内地上作物光合作用后的固碳量，即净生态系统生产力（ g C m^{-2} ）；

ΔSOC_i ——整个作物生长周期内的地下土壤固碳量，即土壤有机碳储量（ g C m^{-2} ）。

各参数具体计算方法参照附录 D 执行。

根据耕地固碳能力指数的计算结果将其划分为一等至五等，该指标为正向指标，一等的值最大，五等的值最小。

表 7.6 耕地固碳能力指数等级划分标准

指标等级	一等	二等	三等	四等	五等
耕地固碳能力指数	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

耕地生态系统固碳能力评价流程见图 7.6。

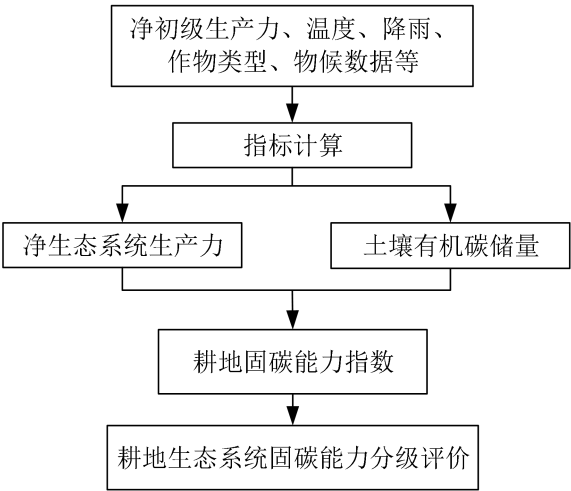


图 7.6 耕地生态系统固碳能力评价流程图

7.2.5 耕地水土流失敏感性评价

根据通用水土流失方程的基本原理，选取降水侵蚀力、土壤可蚀性、坡度坡长和地表植被覆盖等指标评估耕地水土流失敏感性指数。

耕地水土流失敏感性指数按照公式（6）计算：

$$SSI_i = \sqrt[4]{R_i \times K_i \times LS_i \times C_i} \tag{6}$$

式中：

SSI_i ——水土流失敏感性指数；

R_i ——降雨侵蚀力因子；

K_i ——土壤可蚀性因子

LS_i ——坡长坡度因子；

C_i ——地表植被覆盖因子。

各因子具体计算方法参照附录 E 执行。

根据耕地水土流失敏感性指数的计算结果将其划分为一等至五等，该指标为负向指标，一等的值最小，五等的值最大。

表 7.7 耕地水土流失敏感性指数等级划分标准

指标等级	一等	二等	三等	四等	五等
耕地水土流失敏感性指数	[0, 20)	[20, 40)	[40, 60)	[60, 80)	[80, 100]

耕地水土流失敏感性评价流程见图 7.7。

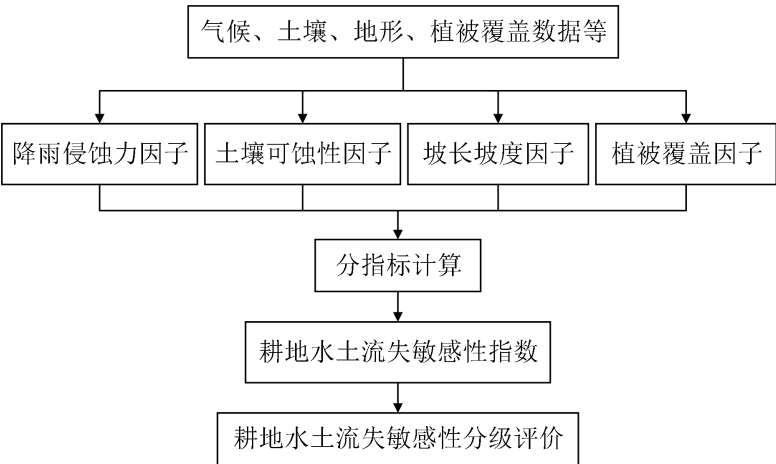


图 7.7 耕地水土流失敏感性评价流程图

7.3 综合评价

基于耕地资源在斑块属性、空间关系、水土匹配、固碳能力、安全性五个评价方面的七个评价指标分析结果，综合评价耕地资源可持续利用水平。

7.3.1 评价指标标准化处理

在进行综合评价之前，要对数据进行标准化处理，以消除评价指标之间数据属性、维度等因素差异的影响。针对不同指标的性质差异分别进行正、负向标准化处理。按照公式（7）和（8）计算：

正向标准化处理：正向标准化后，数据的值越大，代表所衡量的对象在该指标上的表现越好或越符合期望的方向。

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{i,min}}{x_{i,max} - x_{i,min}} \tag{7}$$

负向标准化处理：负向标准化后，数据的值越小，代表所衡量的对象在该指标上的表现越好或越符合期望的方向。

$$x_{ij}^* = \frac{x_{i,max} - x_{ij}}{x_{i,max} - x_{i,min}} \tag{8}$$

式中：

x_{ij}^* ——归一化数据样本值；

x_{ij} ——第 i 个指数的 j 个样本值；

$x_{i,max}$ ——第 i 个指数的最大值；

$x_{i,min}$ ——第 i 个指数的最小值。

通过线性变化将各指标标准化处理结果映射到 0-100 的得分范围。

7.3.2 评价指标权重确定

采用专家打分法确定各指标权重。

专家打分法确定耕地资源可持续利用评价指标权重的流程如下：

a) 明确七个评价指标（耕地斑块形态指数、地形适宜性指数、耕地集中连片指数、耕作便利性指数、耕地水分盈亏指数、耕地固碳能力指数、水土流失敏感性指数），并组建 10-15 名相关领域专家小组；

b) 设计 1-9 分的打分表，专家匿名完成首轮评分；

c) 统计各指标均值和标准差，将结果反馈给专家进行 1-2 轮修正，直至意见趋于一致；

d) 对评分归一化计算权重，最终得到各评价指标在综合评价中的权重。过程中需确保专家独立评分，并通过标准差或肯德尔系数检验一致性。

7.3.3 累积法进行综合评价

采用累积法计算耕地资源可持续利用综合得分，按照公式（9）计算：

$$Gcsu_i = \sum (w_i \times F_i) \quad (9)$$

式中：

$Gcsu_i$ ——耕地资源可持续利用综合得分；

w_i ——第 i 个评价指标的组合权重；

F_i ——第 i 个评价指标标准化后的值。

根据耕地资源可持续利用综合得分的计算结果将其划分为一等至五等，该指标为正向指标，一等的值最大，五等的值最小。

表 7.8 耕地资源可持续利用综合得分等级划分标准

指标等级	一等	二等	三等	四等	五等
耕地资源可持续利用综合得分	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

耕地资源可持续利用综合评价流程见图 7.8。

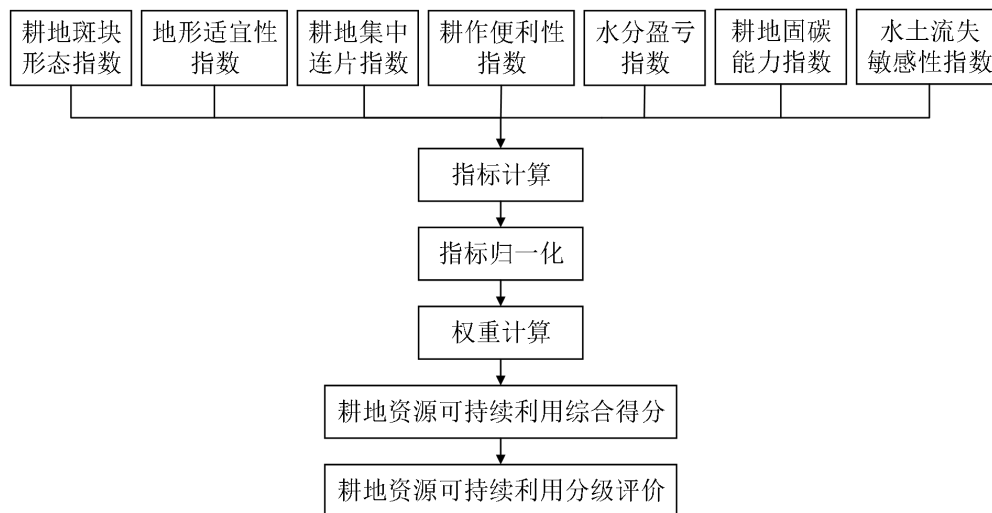


图 7.8 耕地资源可持续利用综合评价流程图

8 质量控制与保证

8.1 质量控制

在耕地资源可持续利用评价过程中进行质量控制，宜考虑以下因素：

- a) 检查数据源和技术参数的可靠性和准确性；
- b) 检查单指标评价和综合评价方法的正确性；
- c) 检查单指标评价和综合评价方法流程和结果存在的误差；
- d) 检查同一评价范围耕地资源可持续利用评价在整个时间序列中采用的数据源、评价方法和技术参数的一致性；
- e) 检查评价结果时间和空间分布趋势是否存在重大变化或偏离；如果有重点变化，重新检查是否存在数据源、评价方法或技术参数存在异常。

8.2 质量保证

质量保证是由未参与耕地资源可持续利用评价的第三方机构专家对单指标评价或综合评价结果进行评审，以评估数据源的可靠性、评价方法的合理性、评价结果的准确性，并对评价过程提出改进的意见和建议。

附录 A (规范性)

耕地斑块属性

A.1 面积

计算耕地斑块的面积。按表 A.1 将耕地斑块面积值划分等级，并结合公式 A.1 计算耕地斑块面积得分。

表 A.1 耕地斑块面积分级结果（单位：亩）

指标得分	100	[75, 100)	[50, 75)	[25, 50)	(0, 25)	0
面积	≥67	[10, 67)	[2, 10)	[0.6, 2)	[0.15, 0.6)	≤0.15

面积得分赋值按照公式（A.1）计算：

$$G_{Area} = \begin{cases} 100, Area \geq 67 \\ 75 + \frac{Area-10}{57} \times 25, 10 \leq Area < 67 \\ 50 + \frac{Area-2}{8} \times 25, 2 \leq Area < 10 \\ 25 + \frac{Area-0.6}{1.4} \times 25, 0.6 \leq Area < 2 \\ \frac{Area-0.15}{0.45} \times 25, 0.15 < Area < 0.6 \\ 0, Area \leq 0.15 \end{cases} \quad (A.1)$$

式中：

G_{Area} ——耕地斑块的面积得分；

$Area$ ——耕地斑块的面积。

A.2 矩形率

耕地斑块面积及其最小外接矩形面积的比值，比值越接近 1 形状越接近矩形。按照公式（A.2）计算：

$$RRA = \frac{A}{A_R} \quad (A.2)$$

式中：

RRA ——耕地斑块的矩形率；

A ——耕地斑块的面积（ m^2 ）；

A_R ——耕地斑块的最小外接矩形的面积（ m^2 ），通过旋转多边形计算其所有可能方向上的外接矩形，取其中面积最小的矩形即为最小外接矩形。

按表 A.2 将耕地斑块矩形率值划分等级，并结合公式 A.3 计算耕地斑块矩形率得分。

表 A.2 耕地斑块矩形率分级结果

指标得分	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)
矩形率	≥ 0.8	[0.7, 0.8)	[0.6, 0.7)	[0.5, 0.6)	< 0.5

矩形率得分赋值按照公式 (A.3) 计算：

$$G_{RRA} = \begin{cases} 80 + \frac{RRA-0.8}{0.2} \times 20, RRA \geq 0.8 \\ 60 + \frac{RRA-0.7}{0.1} \times 20, 0.7 \leq RRA < 0.8 \\ 40 + \frac{RRA-0.6}{0.1} \times 20, 0.6 \leq RRA < 0.7 \\ 20 + \frac{RRA-0.5}{0.1} \times 20, 0.5 \leq RRA < 0.6 \\ \frac{RRA}{0.5} \times 20, RRA < 0.5 \end{cases} \quad (A.3)$$

式中：

G_{RRA} ——耕地斑块的矩形率得分；

RRA ——耕地斑块的矩形率。

A.3 长宽比

耕地斑块最小外接矩形的长和宽的比值，比值越大形状越狭长。按照公式 (A.4) 计算：

$$ARA = \frac{L}{W} \quad (A.4)$$

式中：

ARA ——耕地斑块最小外接矩形的长宽比；

L ——最小外接矩形的长 (m)；

W ——最小外接矩形的宽 (m)。

按表 A.3 将耕地斑块长宽比值划分等级，并结合公式 A.5 计算耕地斑块长宽比得分。

表 A.3 耕地斑块长宽比分级结果

指标得分	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	(0, 20)	0
长宽比	≤ 1.3	(1.3, 1.7]	(1.7, 2.2]	(2.2, 3.1]	(3.1, 10)	≥ 10

长宽比得分赋值按照公式 (A.5) 计算：

$$G_{ARA} = \begin{cases} 80 + \frac{1.3-ARA}{0.3} \times 20, ARA \leq 1.3 \\ 60 + \frac{1.7-ARA}{0.4} \times 20, 1.3 < ARA \leq 1.7 \\ 40 + \frac{2.2-ARA}{0.5} \times 20, 1.7 < ARA \leq 2.2 \\ 20 + \frac{3.1-ARA}{0.9} \times 20, 2.2 < ARA \leq 3.1 \\ \frac{10-ARA}{6.9} \times 20, 3.1 < ARA < 10 \\ 0, ARA \geq 10 \end{cases} \quad (A.5)$$

式中：

G_{ARA} ——耕地斑块的长宽比得分；

ARA ——耕地斑块的长宽比。

A.4 周长面积比

耕地斑块的周长和面积的比值，一般来讲比值越小形状越规整。按照公式（A.6）计算：

$$PARA = \frac{P}{A} \quad (A.6)$$

式中：

$PARA$ ——耕地斑块的周长面积比；

P ——耕地斑块的周长（m）；

A ——耕地斑块的面积（m²）。

按表 A.4 将耕地斑块周长面积比值划分等级，并结合公式 A.7 计算耕地斑块周长面积比得分。

表 A.4 耕地斑块周长面积比分级结果

指标得分	100	[75, 100)	[50, 75)	[25, 50)	(0, 25)	0
周长面积比	≤0.03	(0.03, 0.07]	(0.07, 0.14]	(0.14, 0.26]	(0.26, 1.5)	≥1.5

周长面积比得分赋值公式按照公式（A.7）计算：

$$G_{PARA} = \begin{cases} 100, PARA \leq 0.03 \\ 75 + \frac{0.07-PARA}{0.04} \times 25, 0.03 < PARA \leq 0.07 \\ 50 + \frac{0.14-PARA}{0.07} \times 25, 0.07 < PARA \leq 0.14 \\ 25 + \frac{0.26-PARA}{0.12} \times 25, 0.14 < PARA \leq 0.26 \\ \frac{1.5-PARA}{1.24} \times 25, 0.26 < PARA < 1.5 \\ 0, PARA \geq 1.5 \end{cases} \quad (A.7)$$

式中：

G_{PARA} ——耕地斑块的周长面积比得分；

$PARA$ ——耕地斑块的周长面积比。

A. 5 高程

耕地斑块所处位置的高程。高程值越大，耕作适宜性越差，得分越低，为负向指标。按表 A.5 将耕地斑块高程值划分等级，并结合公式 A.8 计算耕地斑块高程得分。

表 A. 5 耕地斑块高程分级结果（单位：米）

指标得分	100	[40, 100)	(0, 40)	0
高程	≤250	(250, 1000]	(1000, 2500)	≥2500

高程得分赋值公式按照公式（A.8）计算：

$$G_{EL} = \begin{cases} 100, EL \leq 250 \\ 40 + \frac{1000-EL}{750} \times 60, 250 < EL \leq 1000 \\ \frac{2500-EL}{1500} \times 40, 1000 < EL < 2500 \\ 0, EL \geq 2500 \end{cases} \tag{A.8}$$

式中：

G_{EL} ——耕地斑块的高程得分；

EL ——耕地斑块的高程。

A. 6 坡度

耕地斑块的坡度，指农田坡面与水平面的夹角度数。坡度值越大，耕作适宜性越差，得分越低，为负向指标。按表 A.6 将耕地斑块坡度值划分等级，并结合公式 A.9 计算耕地斑块坡度得分。

表 A. 6 耕地斑块坡度分级结果（单位：°）

指标得分	[75, 100]	[50, 75)	[25, 50)	(0, 25)	0
坡度	[0, 3]	(3, 10]	(10, 15]	(15, 25)	≥25

坡度得分赋值公式按照公式（A.9）计算：

$$G_{SL} = \begin{cases} 75 + \frac{3-SL}{3} \times 25, 0 \leq SL \leq 3 \\ 50 + \frac{10-SL}{7} \times 25, 3 < SL \leq 10 \\ 25 + \frac{15-SL}{5} \times 25, 10 < SL \leq 15 \\ \frac{25-SL}{10} \times 25, 15 < SL < 25 \\ 0, SL \geq 25 \end{cases} \tag{A.9}$$

式中：

G_{SL} ——耕地斑块的坡度得分；

SL ——耕地斑块的坡度。

A. 7 坡向

耕地斑块的坡向，指田块坡面法线在水平面上的投影方向。一般认为阳面（南坡）比阴面（北坡）的光照时间更长，更有利于耕作和作物生长。

表 A. 7 耕地斑块坡向分级结果（单位：°）

指标得分	100	80	60	40	20
角度	157.5-202.5	112.5-157.5, 202.5-247.5	67.5-112.5, 247.5-292.5	22.5-67.5, 292.5-337.5	337.5-360, 0-22.5
坡向	南坡	东南坡, 西南坡	东坡, 西坡	东北坡, 西北坡	北坡

附录 B (规范性)

耕地斑块空间关系评价

B.1 耕地集中连片空间关系识别

耕地集中连片空间关系分为四类，包括直接连接、通过单要素连接、通过组合要素连接、完全不连接，其中单要素包括沟渠、农村道路、公路、河流；组合要素指任意两个及以上单要素的组合方式。

a) 直接连接

耕地斑块与相邻斑块之间距离为 0 时，其斑块间是直接连接的。

b) 通过单要素连接

耕地斑块与相邻斑块通过单个要素相连，且单个要素在一定宽度范围内，斑块间是单要素连接方式。

c) 通过组合要素连接

耕地斑块与相邻斑块通过组合要素相连，且组合要素的宽度不超过 20 米，斑块间是组合要素连接方式。

d) 完全不连接

耕地相邻斑块之间距离大于 20 米，或者斑块之间距离大于 0 米小于 20 米但不存在上述连接要素，这种斑块与其他斑块完全不连接。

B.2 耕地集中连片连接要素标注规则

在识别耕地集中连片空间关系基础上，对集中连片耕地斑块连接要素标注规则进行确定。

集中连片斑块连接要素标注基于以下几点原则：

a) 耕地斑块直接连接或通过沟渠、农村道路、公路、河流或其组合要素间接连接。

b) 确定连接宽度，参考《国土调查数据缩编技术规范》规定总连接宽度不超过 20 米。参考《高标准农田建设通则》和《公路工程技术标准》规定连接要素中农村道路和公路最大宽度分别为 6 米和 7 米。根据野外踏勘实际情况规定沟渠最大宽度为 5 米，河流单独连接最大宽度为 20 米，与其他要素组合时总宽度不超过 20 米。

c) 各级行政界线不作为斑块连接的阻隔要素，即斑块标注连接要素时允许跨越各类行政界线。

d) 使用六位数编码表示耕地斑块间的空间关系，从左至右依次表示是否存在直接连接，通过沟渠、农村道路、公路、河流、组合要素连接。

B.3 耕地集中连片斑块间空间关系标识实现流程

a) 数据处理：

基于国土变更调查数据，对评价区域做 1km 缓冲区，并在此范围内分别提取得到不被各类行

政界线所阻隔的耕地、沟渠、农村道路、公路、河流图层，并以最大宽度为限制筛选沟渠、农村道路、公路、河流图层，其中组合要素宽度计算公式为：

$$d = \frac{A}{P/2} \tag{B.1}$$

式中：

d ——组合要素宽度（m）；

A ——组合要素面积（m²）；

P ——组合要素周长（m）。

b) 直接连接：

在耕地图层中，通过近邻分析，以零米作距离限制对耕地斑块空间关系进行判断，得到直接连接的耕地斑块。

c) 单要素连接：

通过耕地图层近邻分析，以对应连接要素最大宽度作为距离限制，再按位置选择通过单要素连接的耕地斑块，分别得到通过沟渠、农村道路、公路、河流连接的斑块。

d) 组合要素连接：

在耕地图层中，通过近邻分析以 20 米为距离限制，再按位置选择通过组合要素连接的耕地斑块，得到通过组合要素连接的斑块。

e) 耕地斑块空间关系编码

空间关系编码由六位数字组成，每位数依次表示是否存在直接连接，通过沟渠、农村道路、公路、河流、组合连接。该编码通过二进制方式(0 或 1)表示耕地斑块间是否存在特定的连接方式，存在该种连接方式时标注为“1”，反之则为“0”。

例如：某耕地斑块空间关系编码为“110010”，其六位数编码含义见表 B.1。

表 B. 1 耕地斑块空间关系编码示例

1	1	0	0	1	0
存在直接连接	存在通过沟渠连接	不存在通过农村道路连接	不存在通过公路连接	存在通过河流连接	不存在通过组合要素连接

B. 4 田间道路可达性

耕地斑块距最近的道路的距离。通过空间分析计算耕地斑块到最近道路的直线距离。按表 B.2 将田间道路可达性划分等级，并结合公式 B.2 计算田间道路可达性得分。

表 B. 2 田间道路可达性分级结果（单位：米）

指标得分	[90, 100]	[60, 90)	[20, 60)	(0, 20)	0
田间道路可达性	≤5	(5, 20]	(20, 50]	(50, 100)	≥100

田间道路可达性得分赋值公式按照公式（B.2）计算：

$$G_{FRA} = \begin{cases} 90 + \frac{5-FRA}{5} \times 10, 0 \leq FRA \leq 5 \\ 60 + \frac{20-FRA}{15} \times 30, 5 < FRA \leq 20 \\ 20 + \frac{50-FRA}{30} \times 40, 20 < FRA \leq 50 \\ \frac{100-FRA}{50} \times 20, 50 < FRA < 100 \\ 0, FRA \geq 100 \end{cases} \tag{B.2}$$

式中：

G_{FRA} ——耕地斑块的田间道路可达性得分；

FRA ——耕地斑块的田间道路可达性。

B. 5 灌溉保证度

耕地斑块距最近的水源的距离。通过空间分析计算每个耕地斑块到最近水源的直线距离即可获取。按表 B.3 将灌溉保证度划分等级，并结合公式 B.3 计算灌溉保证度得分。

表 B. 3 灌溉保证度分级结果（单位：米）

指标得分	(0, 100]	0
灌溉保证度	[0, 100)	≥100

灌溉保证度得分赋值公式按照公式（B.3）计算：

$$G_{IA} = \begin{cases} 100 - IA, 0 \leq IA < 100 \\ 0, IA \geq 100 \end{cases} \tag{B.3}$$

式中：

G_{IA} ——耕地斑块的灌溉保证度得分；

IA ——耕地斑块的灌溉保证度。

B. 6 耕作距离

耕地斑块距最近的农村居民点的距离。通过空间分析计算每个耕地斑块到最近城乡居民点的直线距离即可获取。按表 B.4 将耕作距离划分等级，并结合公式 B.4 计算耕作距离得分。

表 B.4 耕作距离分级结果（单位：米）

指标得分	[90, 100]	[60, 90)	[0, 60)	0
耕作距离	[90, 100]	(100, 1000]	(1000, 3000]	>3000

耕作距离得分赋值公式按照公式（B.4）计算：

$$G_{TD} = \begin{cases} 90 + \frac{100-TD}{100} \times 10, 0 \leq TD \leq 100 \\ 60 + \frac{1000-TD}{900} \times 30, 100 < TD \leq 1000 \\ \frac{3000-TD}{2000} \times 60, 1000 < TD \leq 3000 \\ 0, TD > 3000 \end{cases} \quad (B.4)$$

式中：

G_{TD} ——耕地斑块的耕作距离得分；

TD ——耕地斑块的耕作距离。

附 录 C
(规范性)

耕地水土匹配评价

C.1 水分盈亏指数

以作物生长周期内某 10 天降雨量作为作物的旬供给量，结合作物该旬需水量构建以旬为单位的水分盈亏指数，按照公式 (C.1) 计算：

$$WLI_i = \frac{Pre_i - ET_i}{ET_i} \quad (C.1)$$

式中：

WLI_i ——耕地水分盈亏指数；

Pre_i ——某作物 10 天的降水量 (mm)；

ET_i ——某作物 10 天的需水量 (mm)。

作物需水量，宜按照公式 (C.2) 计算：

$$ET_i = K_c \cdot ET_0 \quad (C.2)$$

式中：

K_c ——作物系数，按照 GB/T 32136 中附录 B 执行；

ET_0 ——参考作物蒸散量。

C.2 累积干旱指数

当前旬与前四旬的水分盈亏指数有某旬或某几句小于 0 时，采用累积干旱指数。

累积干旱指数，宜按照公式 (C.3) 计算：

$$CDI_i = a \times WLI_i + b \times WLI_{i-1} + c \times WLI_{i-2} + d \times WLI_{i-3} + e \times WLI_{i-4} \quad (C.3)$$

式中：

CDI_i ——累积干旱指数；

WLI_i ——第*i*旬耕地水分盈亏指数；

a 、 b 、 c 、 d 、 e ——对应旬的累积权重系数， a 取值为 0.3； b 取值为 0.25； c 取值为 0.2； d 取值为 0.15； e 取值为 0.1。

C.3 累积湿润指数

当前旬与前四旬的水分盈亏指数均大于 0 时，采用累积湿润指数。

累积湿润指数，宜按照公式 (C.4) 计算：

$$CMI_i = WLI_i + (1 - \alpha) \left[\sum_{y=1}^n \left[\frac{n+1-y}{\sum_{y=1}^n y} \times WLI_y \right] \right] \quad (C.4)$$

式中：

CMI_i ——累积湿润指数；

WLI_y ——在第*i*旬时向前滚动 *y* 旬的湿润度指数；

n——向前滚动的旬数。因季节而异，冬季为 5 旬，春秋为 4 旬，夏季为 3 旬；

α ——权重系数，农田蒸散主要受温度影响，故 α 取值与旬平均气温相关， α 值按照表 C.1 执行。

表 C. 1 权重系数 α 取值表

旬平均气温	α
$Tem \geq 25$	0.7
$25 > Tem \geq 20$	0.6
$20 > Tem \geq 15$	0.5
$15 > Tem \geq 10$	0.4
$Tem < 10$	0.3

附 录 D
(规范性)

耕地生态系统固碳能力评价

D.1 作物净生态系统生产力

以作物生长周期内某 10 天为一旬计算耕地内作物自然状态下的净初级生产力，扣除其异养生物呼吸消耗，得到净生态系统生产力。净生态系统生产力按照公式 (D.1) 计算：

$$NEP_i = NPP_i - R_i \quad (D.1)$$

式中：

NEP_i ——某作物 10 天净生态系统生产力 (g C m^{-2})；

NPP_i ——某作物 10 天净初级生产力 (g C m^{-2})；

R_i ——某作物 10 天的异养生物呼吸消耗因子 (g C m^{-2})。

异养生物呼吸消耗主要为土壤中微生物的呼吸消耗，温度和降水量是影响土壤微生物呼吸的两大重要因素。异养生物呼吸消耗值宜按照公式 (D.2) 计算：

$$R_i = 0.22 \times [\exp(0.0912 \times Tem_i) + \ln(0.3145 \times Pre_i + 1)] \times 30 \times 46.5\% \quad (D.2)$$

式中：

Tem_i ——某作物 10 天的的平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)；

Pre_i ——某作物 10 天的平均降水量 (mm)。

D.2 土壤有机碳

根据土壤有机质含量换算土壤有机碳含量，土壤有机碳含量宜按照公式 (D.3) 计算：

$$SOC = \frac{SOM}{1.724} \quad (D.3)$$

式中：

SOC ——土壤有机碳含量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)；

SOM ——土壤有机质碳含量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)，按照 GB/T 33469 中附录 C 执行或基于已公开的数据；

1.724——土壤有机碳换成土壤有机质的平均换算系数。

D.3 土壤有机碳储量

将土壤有机碳含量转换为单位面积土壤固碳量，即土壤有机碳储量。整个作物生长周期内的土壤有机碳储量通常计算土壤有机碳储量的年变化量。按照公式 (D.4 和 D.5) 计算：

$$SOC_S = SOC \times BD \times SD \times 10 \quad (D.4)$$

$$\Delta SOC = SOC_{S_t} - SOC_{S_{t-1}} \quad (D.5)$$

式中：

SOC_S ——单位面积土壤有机碳储量（g C m⁻²）；

BD ——土壤容重（g cm⁻³），按照 GB/T 33469 中附录 E 执行或基于已公开的数据；

SD ——土层厚度（cm）；

ΔSOC ——年度土壤有机碳储量（g C m⁻²）；

t ——年份。

附 录 E
(规范性)

耕地水土流失安全性评价

E.1 降雨侵蚀力因子

降雨侵蚀力因子是指降雨引发土壤侵蚀的潜在能力,通过多年平均年降雨侵蚀力因子反映。宜按照公式(E.1)计算:

$$R_i = \sum_{k=1}^{24} \bar{R}_{\text{半月}k} \quad (\text{E.1})$$

$$\bar{R}_{\text{半月}k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m \alpha \cdot P_{i,j,k}^{1.7265} \quad (\text{E.2})$$

式中:

R_i ——多年平均年降雨侵蚀力 ($\text{MJ} \cdot \text{mm}/\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a}$);

$\bar{R}_{\text{半月}k}$ ——第 k 个半月的降雨侵蚀力 ($\text{MJ} \cdot \text{mm}/\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a}$);

k ——年的 24 个半月, $k=1,2,\dots,24$;

i ——所用降雨资料的年份, $i=1,2,\dots,n$;

j ——第 i 年第 k 个半月侵蚀性降雨日的天数, $j=1,2,\dots,m$;

$P_{i,j,k}$ ——第 i 年第 k 个半月第 j 个侵蚀性日降雨量 (mm), 可以根据全国范围内气象站点多年的逐日降雨量资料, 通过插值获得; 或者直接采用国家气象局的逐日降雨量数据产品。

α ——参数, 暖季时 $\alpha=0.3937$, 冷季时 $\alpha=0.3101$ 。

E.2 土壤可蚀性因子

土壤可蚀性因子指土壤颗粒被水力分离和搬运的难易程度, 主要与土壤质地、有机质含量、土体结构、渗透性等土壤理化性质有关。宜按照公式(E.3)计算:

$$K_i = (-0.01383 + 0.51575K_{EPIC}) \times 0.1317 \quad (\text{E.3})$$

$$K_{EPIC} = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256m_s(1 - m_{\text{silt}}/100)]\} \times [m_{\text{silt}}/(m_c + m_{\text{silt}})]^{0.3} \times \{1 - 0.25 \text{orgC} / [\text{orgC} + \exp(3.72 - 2.95 \text{orgC})] \times \{1 - 0.7(1 - m_s/100) / \{(1 - m_s/100) + \exp[-5.51 + 22.9(1 - m_s/100)]\}\}\} \quad (\text{E.4})$$

式中:

K_i ——修正后的土壤可蚀性因子;

K_{EPIC} ——修正前的土壤可蚀性因子;

m_c 、 m_{silt} 、 m_s 和 $orgC$ ——分别为粘粒（ $<0.002\text{ mm}$ ）、粉粒（ $0.002\text{ mm}\sim 0.05\text{ mm}$ ）、砂粒（ $0.05\text{ mm}\sim 2\text{ mm}$ ）和有机碳的百分比含量（%），数据来源于中国 1: 100 万土壤数据库。

E.3 坡长坡度因子

坡长坡度因子 LS_i ，其中 L_i 表示坡长因子， S_i 表示坡度因子，是反映地形对土壤侵蚀影响的两个因子。在评估中，可以应用地形起伏度，即地面一定距离范围内最大高差，作为区域土壤侵蚀评估的地形指标。

E.4 植被覆盖因子

植被覆盖度信息提取是在对光谱信号进行分析的基础上，通过建立归一化植被指数与植被覆盖度的转换信息，直接提取植被覆盖度信息。宜按照公式（E.5）计算：

$$C_i = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (E.5)$$

式中：

C_i ——植被覆盖度；

$NDVI$ ——归一化植被指数；

$NDVI_{veg}$ ——完全植被覆盖地表所贡献的信息；

$NDVI_{soil}$ ——无植被覆盖地表所贡献的信息。

由于大部分植被覆盖类型是不同植被类型的混合体，所以不能采用固定的 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 值，通常根据 $NDVI$ 的频率统计表，计算 $NDVI$ 的频率累积值，累积频率为 5% 的 $NDVI$ 值为 $NDVI_{soil}$ ，累积频率为 95% 的 $NDVI$ 值为 $NDVI_{veg}$ 。

参 考 文 献

- [1] 周尚意, 朱阿兴, 邱维理, 刘 峰, 戴俊骋. 基于GIS的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 72-77.
- [2] 张浩, 马晓群, 彭妮, 等. 淮河流域冬小麦涝渍灾害损失评估研究[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(6): 123-129.
- [3] 马晓群, 吴文玉, 张辉. 利用累积湿润指数分析江淮地区农业旱涝时空变化[J]. 资源科学, 2008(3): 371-377.
- [4] 朱文泉, 潘耀忠, 张锦水. 中国陆地植被净初级生产力遥感估算[J]. 植物生态学报, 2007,(03): 413-424.
- [5] 中华人民共和国生态环境部. 生态保护红线划定技术指南, 2017年.