

# 流域尺度的水系纵向连通性评价方法

王强<sup>1</sup> 薛为超<sup>2</sup> 张瑶<sup>3</sup>

1 南京市江宁区东山街道水务管理服务站, 江苏南京, 211100;

2 雨发建设集团有限公司, 江苏南京, 211800;

3 南京泽淳水务工程有限公司, 江苏南京, 211300;

**摘要:** 一种流域尺度的水系纵向连通性评价方法及装置。本实施例提供的方法, 通过获取目标水系的流域特征参数, 然后, 根据目标水系的流域特征参数以及预设整体纵向连通性指数算法确定目标水系的整体纵向连通性指数, 再根据整体纵向连通性指数以及预设水系纵向连通性等级的评价阈值标准确定目标水系的评价等级, 从而综合考虑水系的流域特征参数, 从机理性层面反映水系内部干支流、上下游之间以及水系整体与外部河流之间的连通程度, 使得通过本方法计算所得水系整体纵向连通性指数更科学合理。

**关键词:** 流域尺度; 水系纵向; 连通性; 评价方法; 装置

**DOI:** 10.69979/3060-8767.26.04.023

## 1 背景技术

河流水系连通性具有水文调蓄、保障生物迁徙通畅、改善水土环境等功能, 其连通性机制主要表现为纵向、横向、垂向和时间维度的连续性。对于河流连通性评价方法的研究, 近20年来, 国内外的众多学者在各自的学科领域内提出了多种定量计算与评价的方法。

总体来说, 目前几种典型的评价方法包括: 图论法、水文-水力学法、景观法、综合指标法和水文模型法。其中, 图论法是根据图论的相关理论, 结合河湖水系的特点对其进行数字概化, 从而对河网连通性进行定量评价; 水文-水力学法是基于水体的过流量与阻力特征, 通过构建河流连通度函数来评价河流的连通情况; 景观法是根据区域的自然地理条件, 结合景观格局原理, 通过判断区域内各景观斑块的位置关系计算河流连通性; 综合指标法是指根据水系的自然、社会属性, 选取如河段长度、土壤特征等与水流连通相关的参数特征, 建立综合连通性指数体系, 系统评价水系统的连续性; 水文模型法是针对水文过程的复杂性, 运用模型模拟的方法, 将实际复杂的过程进行科学简化, 模拟特定目标下的水文系统。

但是, 现有的评价方法往往仅针对单一河流的纵向连通性进行评价, 没有从机理性层面考虑到河湖水系内部干支流、上下游以及水系整体与外部河流之间的相互影响过程, 对于流域视角的河湖水系整体纵向连通性评价仍有所欠缺。

## 2 技术方案

提供一种流域尺度的水系纵向连通性评价方法及装置, 以能够全面反映水系内部干支流、上下游之间以及水系整体与外部河流之间的连通程度。

第一方面, 一种流域尺度的水系纵向连通性评价方法, 包括:

获取目标水系的流域特征参数, 所述目标水系是指以目标河流为干流和与所述目标河流相连通的一级支流所组成的干流水系;

根据所述目标水系的流域特征参数以及预设整体纵向连通性指数算法确定所述目标水系的整体纵向连通性指数;

根据所述整体纵向连通性指数以及预设水系纵向连通性等级的评价阈值标准确定所述目标水系的评价等级。

在一种可能的设计中, 在根据所述目标水系的流域特征参数以及预设整体纵向连通性指数算法确定所述目标水系的整体纵向连通性指数之前, 还包括:

根据内部纵向连通性计算公式、外部纵向连通性计算公式、内部纵向连通性权重系数以及外部纵向连通性权重系数确定所述预设整体纵向连通性指数算法。

在一种可能的设计中, 所述内部纵向连通性计算公式为:

$$C_{A内} = \frac{\max_{1 \leq i \leq m+1} D_i}{L + l}$$

其中, CA<sub>内</sub> 为内部纵向连通性指数, m 为所述目标河流 A 上的拦河建筑物总数; i 为所述目标河流被拦河建筑物划分成的河段编号, 1 ≤ i ≤ m+1, i 为正整数;

L 为所述目标河流的总长度;

$$D_i = d_i + \sum_{i_{down}=1}^{i-1} d_{i_{down}} \prod_{i_{down}}^{i-1} R_{i_{down}} + \sum_{i_{up}=i+1}^{m+1} d_{i_{up}} \prod_i^{i_{up}-1} R_{i_{up}}$$

其中, i<sub>down</sub> 为河段 i 下游方向各河段编号, 1 ≤ i<sub>down</sub> ≤ i-1, i<sub>down</sub> 从为正整数;

i<sub>up</sub> 为河段 i 上游方向各河段编号, i+1 ≤ i<sub>up</sub> ≤ m+1, i<sub>up</sub> 为正整数;

为河段 i 下游方向第 i<sub>down</sub> 个拦河建筑物的通过率; 为河段 i 上游方向第 i<sub>up</sub> 个拦河建筑物的通过率;

为河段 i 下游方向第 i<sub>down</sub> 个河段的有效连通河长; 为河段 i 上游方向第 i<sub>up</sub> 个河段的有效连通河长;

d<sub>i</sub> 为河段 i 的有效连通河长, 表征与河段 i 相连接的一级支流对河段 i 的累积影响过程。

在一种可能的设计中, 所述 d<sub>i</sub> 的计算公式为:

$$d_i = L_i + \sum_{j=1}^n d_j$$

其中, n 为与河段 i 相连接的一级支流总数; j 为与河段 i 相连接各一级支流编号, 1 ≤ j ≤ n, j 为正整数; L<sub>i</sub> 为河段 i 的河段长度; d<sub>j</sub> 为与河段 i 相连接的第 j 条一级支流的有效连通河长。

在一种可能的设计中, 所述 d<sub>j</sub> 的计算公式为:

$$\begin{cases} \text{当 } p = 0 \text{ 时, } d_j = l_j \\ \text{当 } p > 0 \text{ 时, } d_j = l_{j,1} + \sum_{k=2}^{p+1} l_{j,k} \prod_{t=1}^{k-1} r_{j,t} \end{cases}$$

其中, p 为第 j 条一级支流上的拦河建筑物总数; k(t) 为第 j 条一级支流被拦河建筑物所划分成的河段编号, 1 ≤ k(t) ≤ p+1, k(t) 为正整数; l<sub>j</sub> 为第 j 条一级支流的河流长度; l<sub>j,k</sub> 为第 j 条一级支流上第 k 个河段的河段长度; r<sub>j,t</sub> 为第 j 条一级支流上第 t 个拦河建筑物的通过率。

在一种可能的设计中, 所述外部纵向连通性计算公式为:

$$\begin{cases} \text{当 } m = 0 \text{ 时, } C_{A外} = \frac{B_1}{Q} \\ \text{当 } m > 0 \text{ 时, } C_{A外} = \frac{B_1 + \sum_{i=2}^{m+1} B_i \prod_{t=1}^{i-1} R_t}{Q} \end{cases}$$

l 为与所述目标河流相连接的一级支流总长度;

D<sub>i</sub> 为河段 i 的累积有效连通河长, 用于表征河段 i 的上游各河段与下游各河段对河段 i 的累积影响过程。

在一种可能的设计中, 所述 D<sub>i</sub> 的计算公式为:

其中, CA<sub>外</sub> 为外部纵向连通性指数, Q 为所述目标河流河口处的多年平均天然径流量; B<sub>i</sub> 为河段 i 的有效产流量, 用于表征与河段 i 相连接的一级支流对河段 i 的累积影响过程。

在一种可能的设计中, 所述 B<sub>i</sub> 的计算公式为:

$$B_i = Q_i + \sum_{j=1}^n B_j$$

其中, Q<sub>i</sub> 为河段 i 的区间产流量; B<sub>j</sub> 为与河段 i 相连接的第 j 条一级支流的有效产流量。

在一种可能的设计中, B<sub>j</sub> 的计算公式为:

$$\begin{cases} \text{当 } p = 0 \text{ 时, } B_j = q_j \\ \text{当 } p > 0 \text{ 时, } B_j = q_{j,1} + \sum_{k=2}^{p+1} q_{j,k} \prod_{t=1}^{k-1} r_{j,t} \end{cases}$$

其中, q<sub>j</sub> 为第 j 条一级支流的产流量; q<sub>j,k</sub> 为第 j 条一级支流上第 k 个河段的区间产流量。

第二方面, 一种流域尺度的水系纵向连通性评价装置, 包括:

获取模块, 用于获取目标水系的流域特征参数, 所述目标水系是指以目标河流为干流和与目标河流相连接的一级支流所组成的干流水系;

处理模块, 用于根据所述目标水系的流域特征参数以及预设整体纵向连通性指数算法确定所述目标水系的整体纵向连通性指数;

评价模块, 用于根据所述整体纵向连通性指数以及预设水系纵向连通性等级的评价阈值标准确定所述目标水系的评价等级。

第三方面, 本申请实施例还提供一种电子设备, 包括:

处理器; 以及存储器, 用于存储所述处理器的计算机程序;

其中, 所述处理器被配置为通过执行所述计算机程序来实现第一方面中任意一种流域尺度水系纵向连通

性评价方法的文件生成方法。

第四方面，还提供一种存储介质，其上存储有计算机程序，该程序被处理器执行时实现第一方面中任何一种流域尺度的水系纵向连通性评价方法。

第五方面，还提供一种计算机程序产品，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现第一方面中任何一种流域尺度的水系纵向连通性评价方法。

### 3 附图说明

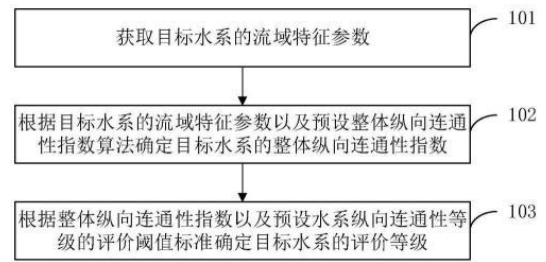


图 1 是实施例示出的流域尺度的水系纵向连通性评价方法的流程示意图；

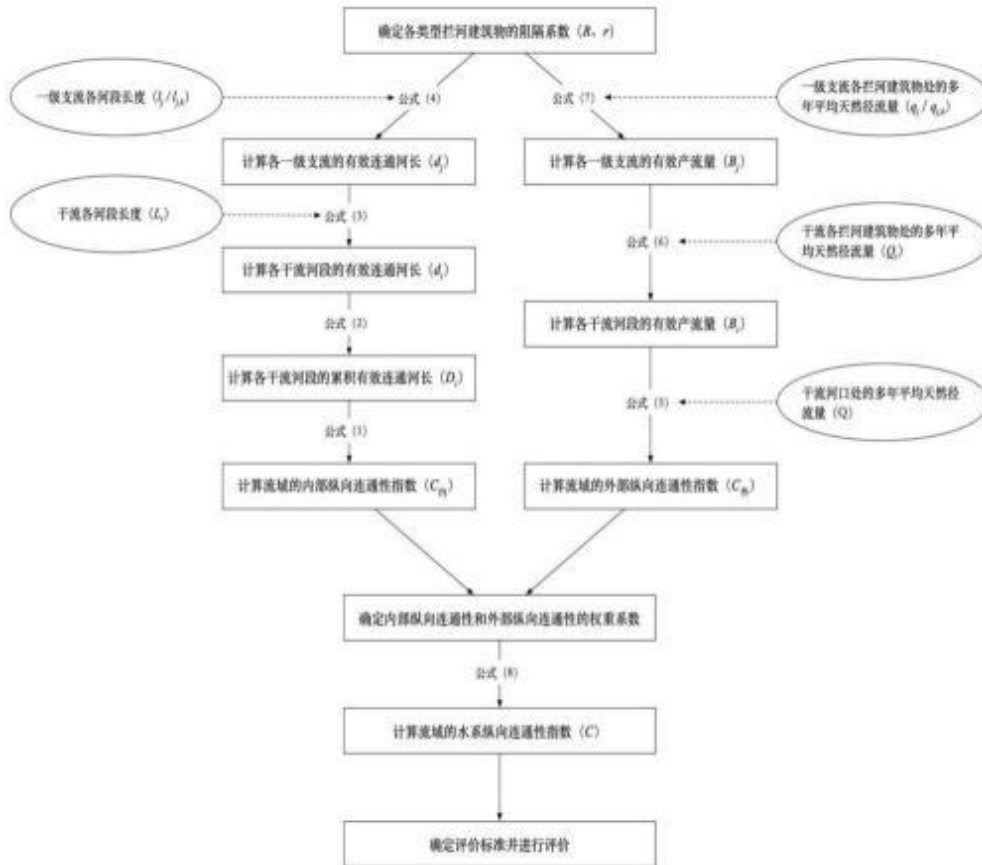


图 2 是实施例示出的流域尺度的水系纵向连通性评价方法的流程示意图；

### 4 有益效果

实施例提供的一种流域尺度的水系纵向连通性评价方法及装置，通过获取目标水系的流域特征参数，然后，根据目标水系的流域特征参数以及预设整体纵向连通性指数算法确定目标水系的整体纵向连通性指数，再根据整体纵向连通性指数以及预设水系纵向连通性等级的评价阈值标准确定目标水系的评价等级，从而综合考虑水系的流域特征参数，从机理性层面反映水系内部干支流、上下游之间以及水系整体与外部河流之间的连通程度，使得通过本方法计算所得水系整体纵向连通性指数更科学合理。

### 参考文献

[1] 梁静静. 水生态区划与评价理论方法及应用研究 [D]. 郑州大学, 2011. DOI: 10. 7666/d. y1929954.

[2] 王艳, 卢远, 华瑾. 左江流域农业生态经济系统健康评价方法研究 [J]. 广西师范学院学报: 自然科学版, 2010, 27(1): 7. DOI: CNKI: SUN: GXSZ. 0. 2010-01-015.

[3] 侯佳明, 曾庆慧, 胡鹏, 等. 基于改进阻隔系数法的河流纵向连通性评价——以黄河流域为例 [C] // 中国水利学会 2020 学术年会论文集第三分册. 2020.

[4] 张琳, 左佑, 刘滨谊. 江南运河流域人居环境地方性景观演生机制及韧性发展策略 [J]. 中国园林, 2025, 41(2): 31-38. DOI: 10. 19775/j. cla. 2025. 02. 0031.