

对河流健康纵向连通性评价的几点思考

张荣恒¹ 顾维²

1. 重庆市河道事务中心; 2. 重庆市创盛工程咨询有限公司

DOI: 10.12238/cms.v6i4.7285

[摘要] 河流的健康状况与人类社会的生存和发展有着紧密的联系。当前的河流健康评估工作中, 对于河流的纵向连通性的评价方式偏于简单和弱化, 且有所低估。现行的评价方法主要关注单位河长内影响河流连通性的建筑物或设施的数量, 而未能全面反映河流的纵向连通性。我们提出了一种新的评价方法, 即从泄洪、漂凌、排沙、生态基流、生物通道、航运等多个角度来考察河流的纵向连通性, 并采用断面阻隔系数与纵向分布影响系数相结合来衡量河流的连通性。

[关键词] 河流; 健康; 连通性评价

Several thoughts on the evaluation of vertical connectivity of river health

Zhang Rongheng 1 Gu Wei2

1. Chongqing River Affairs Center, 2. Chongqing Chuangsheng Engineering Consulting Co., Ltd

[Abstract] The health status of rivers is closely related to the survival and development of human society. In the current river health assessment work, the evaluation methods for the vertical connectivity of rivers tend to be simplistic and weakened, and are somewhat underestimated. The current evaluation methods mainly focus on the number of buildings or facilities within a unit river length that affect river connectivity, but fail to fully reflect the vertical connectivity of the river. We propose a new evaluation method that examines the longitudinal connectivity of rivers from multiple perspectives such as flood discharge, drifting, sediment discharge, ecological flow, biological channels, and navigation. We use a combination of cross-sectional barrier coefficient and longitudinal distribution influence coefficient to measure the connectivity of rivers.

[Key words] River; Health; Connectivity evaluation

前言:

河流是水流及其载体的总称, 源源不断的径流和可容纳一定径流的物理通道是河流的基本构件。河流水系是陆地水循环的主要路径, 是陆地和海洋进行物质和能量交换的主要通道。水沙输送和能量传递是河流最基本的自然功能, 然而河床塑造、河势动荡、水旱灾害也由河流自然功能所致。随着人类社会的发展, 兴水利、除水害, 河流功能逐步扩展至防洪(泄洪、蓄滞洪)、供水、发电、航运、养殖、纳污(自净)、生态、景观和文化遗产等社会服务功能。但在开发利用河流的过程中, 由于保护不够或滥加利用, 许多河流出现污染、断流、生态系统退化、自然和社会功能不能正常发挥, 人类生存环境被破坏的现象, 河流健康问题逐步受到重视。健康河流一定是自然功能抑害兴利, 社会服务功能全面、正常发挥, 保护与利用协调、可持续的。因此, 河流健康评价应该对河流现状做一个全面体检, 诊断出真正影响河流健康的症结, 为保护修复、利用控制提供决策依据。在众多的河流健康评价指标中, 河流纵向连通性直接关系对河流自然功能和社会服务功能评价是否合理, 进而影响对河流健康等级评定的准确性。

一、河流纵向连通性的内涵

河流纵向连通性, 作为评估河流在纵剖面方向上的物质传输、生物交流以及功能发挥的畅通性指标, 可以被划分为物理连通和功能连通两个层面。物理连通性主要指的是河流的物理通道不存在任何阻隔, 从而使得水沙输送、航运以及生物洄游交流等过程得以顺利进行。这种连通性的实现, 保证了河流在物质传输和生物交流方面的功能得到充分发挥。相对应的, 功能连通性则是指尽管河流的物理通道受到一定程度的阻隔, 但通过采取相应的补救措施, 仍能够恢复河流在水沙输送、航运、生物洄游交流等方面的功能。这种连通性体现了人类对于自然环境的干预和改善能力。

河流纵向连通性的具体内容, 主要包括以下几个方面:

- 1、泄洪畅通性: 这是指河流在泄洪过程中, 能够保证洪水的顺畅流动, 防止出现阻滞或者溢出的情况。
- 2、漂凌畅通性: 这是指河流在漂凌过程中, 能够保证冰凌的顺畅流动, 防止出现阻滞或者堆积的情况。
- 3、排沙畅通性: 这是指河流在排沙过程中, 能够保证河床的稳定, 防止出现侵蚀或者淤积的情况。
- 4、生态基流畅通性: 这是指河流在生态基流过程中, 能

够保证生态流量的充足,防止出现生态失衡的情况。

5、生物通道畅通性:这是指河流在生物通道过程中,能够保证生物洄游的顺畅,防止出现生物灭绝或者种群减少的情况。

6、航运畅通性:这是指河流在航运过程中,能够保证航运的顺畅,防止出现航运中断或者延误的情况。

河流纵向连通性的评价,涉及到多个方面的内容,包括泄洪、漂凌、排沙、生态基流、生物通道以及航运等,这对于我们理解和保护河流,以及发挥河流的功能具有重要意义。

二、影响河流纵向连通性的因素

河流纵向连通性是指河流上下游之间水体和物质通道的连续性,它对于维持河流生态系统的健康和功能发挥至关重要。影响河流纵向连通性的因素众多,可以从自然因素和人为因素两个方面进行概述。

(一)自然因素

1.地形地貌:河流的流向和连通性首先受到地形地貌的影响。山脉、高原等自然屏障可以决定河流的流向,而河流的纵向连通性也受到河谷的宽度、坡度、陡坎等地形特征的影响。

2.水文条件:河流的水文条件,包括流量、流速和水位变化,对纵向连通性有直接影响。在洪水季节,河流的流量增加,可以提高纵向连通性;而在干旱季节,流量减少可能导致河流断流,影响连通性。

3.气候特征:气候条件,如降水量、温度和季节变化,也会影响河流的水量和连通性。例如,季风气候区的河流在雨季期间水量充沛,而在旱季则可能水量减少。

4.地质构造:河流流经地区的地质构造,如断层、岩性等,也会影响河流的连通性。地质断层可能导致河流改道,而不同岩性的河床对水流的阻力也不同。

5.生物因素:河流中的生物,尤其是鱼类和其他水生生物的迁徙习性,也是影响河流纵向连通性的一个重要因素。一些鱼类需要在不同的河流段落之间迁徙以完成生命周期。

(二)人为因素

1.水利工程:大坝、水库、运河等水利工程的建设,会改变河流的自然流动模式,影响其纵向连通性。大坝可能阻断鱼类的迁徙路线,而水库的蓄水和放水则会影响下游的水量和流速。

2.土地利用变化:农业、城市化和森林砍伐等土地利用变化,会导致河流流域的地表径流模式改变,进而影响河流的水量和连通性。

3.污染:工业和生活污水的排放,以及农药和化肥的使用,会污染河流,影响水质和水生生物的生存,从而间接影响河流的纵向连通性。

4.河道改造:为了航运、防洪等目的,人类可能会对河道进行改造,如疏浚、筑堤等,这些活动会改变河流的自然形态,影响其连通性。

5.气候变化:全球气候变化导致的降水模式和温度变化,会影响河流的水量和季节性特征,进而影响纵向连通性。

6.法律法规:政府的水资源管理和环境保护政策,也会对河流的纵向连通性产生影响。例如,实施生态流量的保障措施,可以维持河流的基本生态功能。

7.公众意识:公众对河流保护的意识和参与度,也会影响河流的纵向连通性。公众的环保行动和对河流保护的支持,

可以促进河流生态系统的恢复和保护。

三、河流纵向连通性在河流健康评价中的定位

河流纵向连通性是河流健康评价中一个重要的指标,它直接关系到河流生态系统的完整性和生物多样性。河流健康评价是一个多维度、多指标的评估过程,旨在综合评估河流的生态状况、水文特征、水质状况、生物多样性以及人类活动的影响等。在这一过程中,纵向连通性扮演着以下几个关键角色:

1、生态系统的完整性

河流纵向连通性保证了水生生物能够在河流的不同段落之间自由迁徙和移动,这对于许多依赖于河流连续性来完成生命周期的物种至关重要。例如,许多鱼类需要从上游迁移到下游进行产卵,或者从下游迁移到上游寻找适宜的生长环境。纵向连通性的缺失会破坏这些物种的生命周期,导致生物多样性的下降。

2、水文特征的反映

河流纵向连通性也是河流水文特征的一个重要反映。一个健康的河流系统应该具有自然的洪水脉冲和低水位周期,这些水文过程对于维持河流生态系统的结构和功能至关重要。纵向连通性良好的河流能够更好地维持这些自然水文过程,从而支持河流生态系统的健康。

3、水质状况的指标

河流纵向连通性还与水质状况密切相关。一个连通性良好的河流系统能够更有效地分散和稀释污染物,减少污染物在河流中的积累。此外,连通性良好的河流还能够促进营养物质的循环和分布,这对于维持河流生态系统的生产力和生物多样性至关重要。

4、人类活动的影响

河流纵向连通性的评价还可以反映人类活动对河流健康的影响。例如,大坝、水库、运河等水利工程的建设会改变河流的自然流动模式,影响其纵向连通性。通过评估河流的纵向连通性,可以了解这些人类活动对河流生态系统的影响程度,为河流管理和保护提供依据。

5、河流生态系统服务的体现

河流纵向连通性还是河流生态系统服务的一个重要体现。一个连通性良好的河流系统能够提供更多的生态系统服务,如洪水调蓄、水质净化、生物多样性保护、休闲娱乐等。这些服务对于人类社会的可持续发展至关重要。

6、河流管理的依据

河流纵向连通性的评价还可以为河流管理和保护提供科学依据。通过评估河流的纵向连通性,可以识别出影响河流健康的瓶颈区域和关键因素,为河流的生态修复和综合管理提供指导。

7、河流健康评价的综合指标

最后,河流纵向连通性是一个综合性的指标,它综合反映了河流的生态状况、水文特征、水质状况以及人类活动的影响等多个方面。在河流健康评价中,纵向连通性可以作为一个重要的参考指标,与其他指标一起,为河流健康提供一个全面的评估。

四、河流纵向连通性评价方法探讨

(一)《河湖健康评价指南(试行)》的评价方法

根据单位河长内对河流连通性产生影响的建筑物或设施

数量进行评估，那些具备生态流量或生态水量保障，以及拥有过鱼设施并能正常运行的并不包含在统计范围之内。赋分标准见表4.1。

表 4.1 河流纵向连通指数赋分标准表

河流纵向连通指数 (单位: 个/100km)	0	0.25	0.5	1.0	≥1.2
赋分	100	60	40	20	0

(二) 断面阻隔系数+纵向分布影响系数的评价方法

表 4.2 断面阻隔系数计算因子表

指标	因子	评价事项		因子赋值
		闸坝堰	跌坎(瀑布)	
断面阻隔系数	泄洪畅通性	泄洪通道达标	泄洪畅通	符合1, 不符合0
	漂凌畅通性	漂凌通道达标	漂凌畅通	符合1, 不符合0
	排沙畅通性	排沙通道达标	排沙畅通	符合1, 不符合0
	生态基流畅通性	生态基流达标	不断流	符合1, 不符合0
	生物通道畅通性	建有鱼道, 高度≤3m的滚水坝	高度≤3m, 不陡于60°	符合1, 不符合0
	航运畅通性	建有船闸		符合1, 不符合0

(2) 断面阻隔系数计算公式

$$\text{断面阻隔系数} = \frac{1 \times \text{符合因子项数}}{\text{评价因子总数}}$$

2、纵向分布影响系数

河流的纵向连通性不仅取决于断面阻隔系数，还与阻隔断面的分布特性（例如数量和位置）以及对水生生物（如鱼类）适宜生境的影响范围有关。我们使用最长连续河段占比法来表示纵向分布影响系数。换句话说，纵向分布影响系数越高，意味着河流内水生生物连续生境越有可能得到保障，河流的完整性越佳，纵向连通性也就越好。

计算公式：

$$\text{纵向分布影响系数} = \frac{\text{最长连续河段长度}}{\text{评价河段总长}}$$

1、纵向连通指数

河流纵向连通性受断面阻隔和纵向分布影响的综合评价指标。

计算公式为：

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i + \beta}{n}$$

式中：θ为评价河段纵向连通指数，α_i为第i个断面阻隔系数，n为评价河段内阻隔断面个数，β为纵向分布影响系数。

2、纵向连通性赋分

若河流纵向连通性评价总分为100分，则评价河段纵向连通性得分 ω = 100 × θ（评价河段纵向连通指数）。

(三) 河流连通性评价

依据评价河流（或河段）的赋分值，参照《近60年长江流域河流纵向连通性演变特征》中河流纵向连通性评价标准，按表4.3评估河流纵向连通性等级。

表 4.3 河流纵向连通性评价等级表

赋分(分)	ω ≥ 90	90 > ω ≥ 70	70 > ω ≥ 50	50 > ω ≥ 30	ω < 30
纵向连通性等级	优	良	中	差	劣

把河流纵向连通性指标分为断面阻隔和纵向分布影响两部分，赋分权重各占50%。

1、断面阻隔系数

(1) 断面阻隔系数计算因子

断面阻隔系数计算因子主要考虑河流物理通道受阻隔的断面影响河流自然功能和社会服务功能的子项。表4.2列纳了一般性常见的计算因子，根据评价河流（或河段）的功能和定位具体选用计算因子。

五、结语

河流生态系统的活力源于其能量流动和物质输送过程，这一过程在山脉与海洋之间不断进行。其动态特性在云雨时刻得到展现，时而如同猛兽般激荡，时而如同羊羔般温柔。为了减轻自然灾害的影响，人类与自然进行了不懈的斗争，建立了众多水利工程，为我们提供了生活保障和安全感。由于对自然了解的不足和过度利用，一些河流出现了断流、水环境破坏和水生态退化等问题，这些问题已经引起了社会的广泛关注。对河流健康进行评估显得尤为重要。

河流连通性是评估河流健康的重要指标之一，因为它反映了河流生命力的畅通程度。在评估河流连通性时，不能仅从生物通道受阻的角度考虑，而应综合考虑泄洪、漂凌、排沙、生态基流、生物通道、航运等多方面因素。采用断面阻隔系数+纵向分布影响系数的评价方法，可以更科学、合理地评估一条河流（或河段）的纵向连通性，同时也能找出该河流（或河段）上水利工程如闸坝堰等存在的问题，具有较高的操作性和实用性。

这种评价方法能够科学、合理地评估河流的连通性，帮助我们更好地理解河流的健康状况，进而采取有效的措施保护河流。通过对河流连通性的评估，我们可以了解到哪些河流或河段存在问题，如闸坝堰等水利工程对河流的影响等，从而可以有针对性地进行保护和修复。

河流连通性的评估是评估河流健康的重要手段之一，应引起社会各界高度重视。我们也应该采取有效的措施，以保护和恢复河流的健康，使其能够持续为我们提供生活保障和安全感。

【参考文献】

[1] 南京水利科学研究院，中国水利水电科学研究院. 河湖健康评价指南（试行）[S]. 北京：中华人民共和国水利部河湖管理司，2020.8；

[2] 唐家璇，曾庆慧，胡鹏，侯佳明，李亨特，侯虹波. 近60年长江流域河流纵向连通性演变特征[J]. 南水北调与水利科技，2022（1）；

[3] 林木隆，李向阳，杨明海. 珠江流域河流健康评价指标体系初探[J]. 人民珠江，2006（4）.