

社会水文学发展与应用研究

杨一鸣

云南师范大学地理学部, 云南 昆明

收稿日期: 2025年1月24日; 录用日期: 2025年2月28日; 发布日期: 2025年3月20日

摘 要

人水关系始终是水文学研究中一个不容忽视的问题。在Sivapalan等人于2012年提出“社会水文学”这一学科概念后, 人-水耦合系统研究愈加在学科层面上受到推动。本文综述了社会水文学的学科定义、研究内容、研究方法及其与相关领域的异同。通过深入比较社会水文学与传统水文学、生态水文学、水社会学等学科的差异与内在联系, 揭示了其独特的交叉学科特征。在此基础上, 本文进一步探讨了社会水文学在方法论上的整合路径及其对水资源可持续管理的实践意义。

关键词

社会水文学, 人水关系, 交叉学科, 可持续管理

Advances and Applications in Socio-Hydrology

Yiming Yang

Faculty of Geography, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Received: Jan. 24th, 2025; accepted: Feb. 28th, 2025; published: Mar. 20th, 2025

Abstract

The relationship between humans and water has always been an issue that cannot be overlooked in hydrological research. Following the introduction of the concept of “socio-hydrology” by Sivapalan *et al.* in 2012, research on human-water coupled systems has increasingly gained momentum at the disciplinary level. This paper reviews the disciplinary definition, research content, research methods of socio-hydrology, and its similarities and differences with related fields. By critically comparing socio-hydrology with traditional hydrology, eco-hydrology, and hydro-sociology, this study highlights its unique interdisciplinary characteristics. Furthermore, it explores the methodological integration pathways of socio-hydrology and its practical implications for sustainable

water resource management.

Keywords

Socio-Hydrology, Human-Water Relations, Interdisciplinary Integration, Sustainable Management

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 社会水文学的相关发展及学科定义

人类与水系统的关系一直以来是水文学研究中的核心问题之一。传统水文学侧重于水文过程的物理特性和环境驱动因素，忽视了人类行为对水资源的影响。然而，随着人类活动的日益加剧和全球水资源危机的加深，人类社会因素逐渐被视为水文学研究中不可忽视的重要部分。水资源的使用、管理与保护越来越复杂，传统的单纯物理模型难以全面反映人类与水之间的复杂互动。1997年，Stephen 提出了“社会水循环” (hydrosocial cycle) 的概念，正式将人类活动与自然水循环相结合，探索了人类与水之间的互动关系[1]。他强调，水资源的获取、使用和排放过程不仅是自然的水循环过程，也是社会经济活动的体现，水的流动与分布受到社会需求、政治决策和经济行为的影响。这种观点为社会水文学的兴起奠定了基础。

同年，Falkenmark 也探讨了人类活动与自然水循环之间的相互作用，提出了关于水资源管理和供需平衡的理论，进一步支持了人类活动对水循环的影响[2]。在这一背景下，社会水文学应运而生，成为水文学与社会科学交汇的产物，旨在全面理解水文系统中的社会因素，并为水资源的可持续管理提供理论支持。

2011年，龙爱华等人将社会水循环进一步细化，提出将人类社会活动和水文系统之间的联系视为一个生命与新陈代谢过程的系统，强调了水资源在社会经济系统中的作用和价值[3]。随着“人类世”概念的提出，学术界对水文系统的理解逐渐发生了根本性变化。人类不再被视为水文系统的外部驱动因素或边界条件，而是成为水文系统的一部分，形成了人-水耦合的动态系统[4]。人类活动对水资源的利用、管理和保护，以及由此产生的社会经济影响，已经成为研究的核心内容。

2012年，Sivapalan 等人提出了社会水文学(Socio-hydrology)这一学科概念，旨在探讨人类与水系统之间的相互作用，并运用跨学科的研究方法，包括历史分析、比较研究、定量分析等，深入理解人类与水系统的动态耦合及其相互演化机制[5]。这一概念的提出迅速引起了学术界的广泛讨论。Koutsoyiannis 等人批评了 Sivapalan 等人低估了传统水文学中对人类因素的关注，并认为社会水文学忽视了水资源综合管理(IWRM)的重要性，削弱了其实际应用价值[6]。然而，Sivakumar 认为，社会水文学实际上只是对 Falkenmark 早期理论的重新表述，并没有带来新的创新[7][8]。针对这些争议，张志强则强调，社会水文学并非简单的重复，而是通过融合多学科的理论，构建了一个系统性分析框架，能够更好地解释人类与水文系统之间的互动关系[9]。

综合来看，社会水文学是一门新兴的交叉学科。广义上，它起源于水文学与社会科学的初步结合，尤其是在水资源管理、社会需求和环境保护等方面。狭义上，它特指以人水耦合系统的动力学为核心的研究领域，探讨水文系统中的人类因素如何内生，突破传统水文学仅将人类视为外部变量的局限[10]。这种跨学科的研究不仅为理解人水关系提供了新的视角，也为制定科学的水资源管理策略提供了理论依据。

2. 社会水文学的研究内容与方法

2.1. 研究内容与核心问题

Sivapalan 等人(2014)指出,社会水文学的研究内容广泛,主要包括以下几方面:一是分析不同时间和空间尺度下水文过程与人类系统的相互关系,探索不同区域和时期下的社会水文系统特征;二是解释社会水文系统的响应机制,预测其动态演化过程;三是在文化、社会、经济和政治背景下,深入理解人类对水资源的利用和管理方式,特别是如何应对极端水文事件(如洪水、干旱等)以及水资源的可持续利用[11]。

近年来,社会水文学的研究热点进一步扩展,尤其在极端水文事件和社会脆弱性之间的联系方面得到了深入探讨。极端水文事件的频发加剧了对社会脆弱性的研究,许多学者将其视为社会水文学的重要研究方向之一。例如,Di Baldassarre 等人(2019)通过分析非洲萨赫勒地区的案例,揭示了牧民迁徙行为与降水模式的变化之间的协同演化关系,提出人类与自然水文系统是相互耦合、共同演化的[12]。此外,气候变化背景下的水资源适应性管理问题也成为了社会水文学的研究前沿,学者们关注如何通过调整社会行为、改变水资源利用模式,来应对气候变化带来的挑战[12]。

社会水文学的核心问题主要包括以下几个方面:第一,探讨人类活动对水文过程的影响机制,包括土地利用变化、城市化进程、农业灌溉等对水循环的改变;第二,分析行为主体的利益驱动与水资源分配中的冲突,尤其是在城乡用水矛盾、上游与下游用水争端等问题上的冲突;第三,研究水资源的公平分配与可持续利用,尤其是在资源稀缺的地区,如何通过合理的政策保障各方利益[13]。这些问题的解决不仅对理解人水关系的本质具有重要意义,也为实现水资源的可持续管理提供了理论指导。

2.2. 研究方法的系统整合

社会水文学的研究方法强调定性与定量方法的深度融合,旨在全面揭示人类行为对水文系统的复杂影响。两者的有机结合为分析和预测人水耦合系统的演化过程提供了强有力的工具。

定性方法主要包括案例研究、深度访谈和参与式观察等。这些方法帮助研究者深入探讨社会、文化和政治背景对水资源管理决策的影响。例如,Mostert (2018)在荷兰洪水风险管理的研究中,使用社会网络分析(Social Network Analysis, SNA)技术,发现政策制定者的决策偏好受地方社区信任度的显著影响[13]。这一发现表明,政策的成功实施不仅依赖于科学数据和技术支持,还与地方社区的社会信任和互动模式紧密相关。定性方法能够揭示水资源管理背后的社会机制、文化特征和行为动因,为政策制定者提供更具操作性的建议。

此外,定性研究通过深入访谈和参与式观察,能够捕捉到决策者和利益相关者的深层动机和行为模式,尤其是那些难以通过量化手段直接获取的信息。比如在农村地区,通过与农民的互动和观察,可以理解其在水资源管理中的决策过程,揭示其背后的社会、经济和文化因素[12]。在城市地区,定性研究可以通过深度访谈、焦点小组讨论和参与式观察等方法,深入了解城市居民、政策制定者和商业团体等各方利益相关者的需求与决策过程。通过与城市水资源管理相关的各方互动,可以揭示政策执行中的障碍、社会认知差异以及不同群体对水资源分配的需求,进而为城市水资源管理提供更具针对性和包容性的解决方案。这种方法的优势在于能充分考虑本地的社会背景和特定群体的需求,从而为水资源管理提供更具针对性和实用性的解决方案。

定量方法则更注重通过水文模型、大数据分析和系统动力学模拟等技术,量化人类活动对水文过程的影响。这些方法能够为复杂的水文系统提供可操作的数值模拟,并对未来水资源的供需状况进行预测。例如,Blair 和 Buytaert (2016)开发的“社会水文模型”(Socio-Hydrological Model, SHM)整合了土地利用

变化、人口增长和水资源供需的动态关系,从而为区域水资源规划提供了科学依据[11]。该模型能够模拟不同情景下水资源流动与分配的变化,揭示人类活动与自然水文过程之间的反馈关系。通过这种方法,研究者能够为决策者提供不同政策情境下的水资源供需预测,为水资源的合理分配和管理提供支持。

此外,系统动力学模拟(System Dynamics Modeling, SDM)是社会水文学中的重要定量研究方法,用于揭示人类社会与自然水文系统的复杂交互作用[14]。通过反馈环路、时间延迟和非线性关系等概念,系统动力学模拟描述了社会活动(如土地利用、农业灌溉)对水文过程(如降水、径流、蒸发)的影响,并捕捉水文系统中的反馈机制[15] [16]。例如,随着农业灌溉需求的增加,水资源的消耗可能超出自然供给能力,导致地下水过度开采。系统动力学模型可以模拟不同政策干预(如节水政策、绿色基础设施)对水资源供需平衡的影响,帮助决策者评估管理策略的效果。这种方法有助于预测极端水文事件(如干旱、洪水)对社会经济的影响,并为水资源的可持续管理提供科学依据,帮助识别关键瓶颈,制定切实可行的政策建议。

尽管定性与定量方法的结合为社会水文学提供了多维度的分析工具,但在实际应用中仍面临一些方法论挑战,主要体现在以下三个方面:

第一是多尺度耦合问题,即微观行为与宏观系统之间的动态耦合难题。例如,如何模拟个体行为(如农民的水资源使用决策)与宏观水文系统(如区域水资源供需)的关系,依然是一个亟待解决的问题。传统水文模型通常无法充分考虑个体行为对水文过程的反馈,因此需要开发新的跨尺度模型。将代理模型(Agent-based Modeling, ABM)与水文模型结合,是一种有效的解决方案。通过这种方法,可以在模拟个体行为的同时,捕捉到其对水文过程的影响,并反映其与其他行为主体之间的交互作用[17]。

第二是数据融合问题。社会水文学的研究涉及多学科领域的的数据,包括社会调查数据、遥感水文数据、气候数据等。如何整合这些异构数据,提升模型的时空分辨率,是当前面临的重要挑战。现有的模型在数据融合上存在较大难度,尤其是如何将社会数据与水文数据有效结合,以便准确地模拟人类活动对水文系统的影响。未来的研究需要在数据融合技术方面进行更多探索,推动跨学科数据的整合与应用[18]。

第三是参与式建模问题。水资源管理涉及众多利益相关者,如何通过参与式建模增强决策过程的透明性和可接受性,已成为社会水文学研究的重要方向。参与式建模不仅能够让利益相关者在水资源管理中扮演更积极的角色,还能为决策者提供更多来自各方的观点和反馈。例如,通过与当地社区的协作,研究者可以更好地理解地方性问题和需求,从而调整政策方案,使其更具现实性和可操作性[12]。

3. 社会水文学与相关领域的异同及内在联系

3.1. 与传统水文学

传统水文学主要侧重于物理过程和自然因素,通常将人类活动视为外部扰动,忽视其与水文系统的双向反馈关系。例如,传统水文学模型往往难以反映农业灌溉等人类行为对地下水长期变化的影响,而社会水文学通过将人类行为内生化的方式,将农户的决策模式与地下水系统相结合,从而揭示了过度开采等社会经济因素对水资源的深远影响[19]。社会水文学的优势在于通过跨学科的研究方法,突破了传统水文学仅注重自然水文过程的局限,能够更全面地考察人类活动如何在水文系统中产生反馈,推动水资源管理策略的优化和发展。

3.2. 与生态水文学

生态水文学主要关注自然因素对生态环境的影响,尤其是植被与水资源之间的相互作用,侧重于水文过程如何影响生态系统的变化。而社会水文学则更加关注人类行为与水文系统的共同演化,尤其是在水资源需求、利用和管理方面,探讨人类如何改变生态环境的水文特征。尽管两者都借鉴了“最优性原

理”，社会水文学通过引入博弈论等工具，分析利益冲突(如上下游用水竞争)，并揭示这些冲突如何影响水资源的公平分配[14]。社会水文学的独特之处在于，它不仅关注自然与生态过程，还将社会行为纳入水文系统的核心，从而能够更全面地理解人类活动与生态环境之间的复杂关系。

3.3. 与水社会学

水社会学将水资源视为社会政治权力的载体，强调社会结构、权力关系和制度如何影响水资源的分配和使用。而社会水文学则通过量化社会变量(如政策强度、人口密度、经济发展水平等)，构建可以验证的因果链条，探索社会行为如何反过来影响水文系统的变化[19]。例如，水社会学批判性地分析制度和权力结构，而社会水文学则提供了量化的分析工具，能够更具体地揭示这些制度如何影响水资源的实际分配。社会水文学的优势在于它结合了社会学的制度分析视角和水文系统的实证分析，使得社会因素与水文过程的耦合更加清晰和可操作。

3.4. 与人水关系学

人水关系学注重人与水之间的和谐共生，提出了如“人水和谐度”等理论指标，侧重于社会生态的平衡和水资源的和谐管理。而社会水文学则通过建立动态模型，模拟不同水资源管理情景下的系统演化，注重在动态背景下的水资源分配与管理。两者可以结合应用，像左其亨(2021)将“和谐度”指标融入社会水文模型，评估政策对水资源的长期影响[20]-[22]。社会水文学的优势在于它不仅关注理论的和谐度，还能通过动态建模展示不同管理策略在未来演化中的效果，从而为解决复杂的水资源冲突和实现可持续管理提供更为具体和系统的指导。

3.5. 社会水文学的学科整合意义

社会水文学的学科整合具有重要意义，它通过融合水文学、社会学、生态学、经济学等多个学科，突破了传统水文学的局限，为水资源管理提供了更加全面和深入的理论框架。首先，社会水文学通过将人类行为内生化的，能够揭示人类活动如何与水文系统形成双向反馈关系，从而更全面地分析水资源管理中的社会经济因素。其次，社会水文学整合了不同学科的研究方法，为水资源分配和管理提供了综合性的解决方案，尤其是在水资源冲突调解、政策制定和管理策略优化方面具有独特优势。通过引入博弈论、系统动力学等工具，社会水文学能够模拟不同利益主体的行为模式，评估政策实施的效果。再次，社会水文学通过多尺度的分析框架，能够应对不同时间和空间尺度下的水资源问题，为跨区域水资源调配提供科学依据。最后，社会水文学的整合有助于促进理论与实践的结合，为政策制定者提供可操作的决策支持工具，推动水资源的可持续管理[12]。总之，社会水文学通过学科整合，不仅提升了水资源管理的科学性和有效性，还为全球水资源可持续利用提供了新的路径和解决方案。

4. 结论与展望

社会水文学作为水文学的一个新兴领域，其创新性源于对“人水共生”范式的重新定义。它突破了传统水文学将人类行为视为外部扰动的局限，提出将社会因素内生化的框架，将人类行为融入水文系统的核心，形成了动态的人-水耦合系统。社会水文学的最大贡献在于它结合了自然科学与社会科学的视角，为水资源管理提供了新的理论和方法，推动了水资源管理的深刻变革。

然而，社会水文学的快速发展面临若干挑战。首先是理论边界尚不明确，亟需通过聚焦核心问题来强化学科认同，明确研究方向。其次，方法论上需开发混合建模工具，以克服数据、模型与决策之间的壁垒，进一步结合基于主体的建模与机器学习等新技术。最后，学术研究如何有效转化为政策建议仍是一个挑战，需要促进跨学科的协同创新，推动学术成果在实际管理中的应用。

总体而言,社会水文学不仅是水文学的一个新兴分支,也是理解人类与水资源复杂关系的重要框架。随着学科的进一步发展,社会水文学将深刻影响水资源管理的科学和实践,成为全球水资源可持续利用的关键工具。通过多学科的融合、方法的创新和实践的推动,社会水文学将在解决全球水资源问题中发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] Stephen, M. (1997) Introduction to the Economics of Water Resources. University College London Press.
- [2] Falkenmark, M. (1997) Water and Mankind: A Complex System of Mutual Interaction. *Ambio*, **6**, 3-9.
- [3] 龙爱华, 王浩, 于福亮, 等. 社会水循环理论基础探析 II: 科学问题与学科前沿[J]. 水利学报, 2011, 42(5): 505-513.
- [4] Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A.D., Poirier, C., Gałuszka, A., *et al.* (2016) The Anthropocene Is Functionally and Stratigraphically Distinct from the Holocene. *Science*, **351**, aad2622. <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>
- [5] Sivapalan, M., Savenije, H.H.G. and Blöschl, G. (2012) Socio-hydrology: A New Science of People and Water. *Hydrological Processes*, **26**, 1270-1276. <https://doi.org/10.1002/hyp.8426>
- [6] Koutsoyiannis, D. (2011) Review Report of “Socio-Hydrology: A New Science of People and Water”. National Technical University of Athens.
- [7] Sivakumar, B. (2012) Socio-Hydrology: Not a New Science, but a Recycled and Re-Worded Hydrosociology. *Hydrological Processes*, **26**, 3788-3790. <https://doi.org/10.1002/hyp.9511>
- [8] Falkenmark, M. (1979) Main Problems of Water Use and Transfer of Technology. *GeoJournal*, **3**, 435-443. <https://doi.org/10.1007/bf00455982>
- [9] 张志强. 社会水文学理论方法与应用研究[M]. 兰州: 中国科学院兰州文献情报中心, 2015.
- [10] Wada, Y., Wada, Y., *et al.* (2017) Human-Water Interface in Hydrological Modelling: Current Status and Future Directions. *Hydrology and Earth System Sciences*, **21**, 4169-4193.
- [11] Blair, P. and Buytaert, W. (2016) Socio-Hydrological Modelling: A Review Asking “Why, What and How?”. *Hydrology and Earth System Sciences*, **20**, 443-478. <https://doi.org/10.5194/hess-20-443-2016>
- [12] Di Baldassarre, G., Sivapalan, M., Rusca, M., Cudennec, C., Garcia, M., Kreibich, H., *et al.* (2019) Sociohydrology: Scientific Challenges in Addressing the Sustainable Development Goals. *Water Resources Research*, **55**, 6327-6355. <https://doi.org/10.1029/2018wr023901>
- [13] Mostert, E. (2018) An Alternative Approach for Socio-Hydrology: Case Study Research. *Hydrology and Earth System Sciences*, **22**, 317-329. <https://doi.org/10.5194/hess-22-317-2018>
- [14] Choucri, N., Madnick, S.E. and Siegel, M. (2005) Research Initiative to Understand & Model State Stability: Exploiting System Dynamics. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.722603>
- [15] Javan, K., Altaee, A., Darestani, M., Mirabi, M., Azadmanesh, F., Zhou, J.L., *et al.* (2023) Assessing the Water-Energy-Food Nexus and Resource Sustainability in the Ardabil Plain: A System Dynamics and HWA Approach. *Water*, **15**, Article 3673. <https://doi.org/10.3390/w15203673>
- [16] Pluchinotta, I., Pagano, A., Giordano, R. and Tsoukiàs, A. (2018) A System Dynamics Model for Supporting Decision-Makers in Irrigation Water Management. *Journal of Environmental Management*, **223**, 815-824. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.083>
- [17] Li, X., Zhang, L., Zheng, Y., Yang, D., Wu, F., Tian, Y., *et al.* (2021) Novel Hybrid Coupling of Ecohydrology and Socio-economy at River Basin Scale: A Watershed System Model for the Heihe River Basin. *Environmental Modelling & Software*, **141**, Article ID: 105058. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105058>
- [18] Nikolic, V.V. and Simonovic, S.P. (2015) Multi-Method Modeling Framework for Support of Integrated Water Resources Management. *Environmental Processes*, **2**, 461-483. <https://doi.org/10.1007/s40710-015-0082-6>
- [19] Schulz, P. and Gros, A. (2024) Toward a Sociology of Water: Reconstructing the Missing “Big Picture” of Social Water Research. *Water*, **16**, Article 1792. <https://doi.org/10.3390/w16131792>
- [20] 左其亭. 人水关系学的基本原理及理论体系架构[J]. 水资源保护, 2022, 38(1): 1-6, 25.
- [21] 左其亭, 毛翠翠. 人水关系的和谐论研究[J]. 中国科学院院刊, 2012, 27(4): 469-477.
- [22] 左其亭. 人水和谐论及其应用研究总结与展望[J]. 水利学报, 2019, 50(1): 135-144.