

中印地表水环境管理体系及水质标准对比分析

王洁^{1,2}, 牛家微^{1,2}, 朱桂丽^{1,2,3}, 路子健^{1,2}, 李明月^{1,2}, 张强弓^{1,2}

1. 中国科学院青藏高原研究所, 青藏高原地球系统与资源环境全国重点实验室, 北京 100101

2. 中国科学院大学, 北京 100049

3. 西藏自治区生态环境监测中心, 西藏 拉萨 850000

摘要:随着全球环境污染和水资源短缺问题的加剧, 水环境治理与水质标准体系的协调和统一问题在跨国合作中变得愈发重要并受到广泛关注。中印两国作为用水大国, 在水环境管理体系和地表水水质标准(包括指标设置和功能区划)上均存在显著差异。本文通过对比中印两国在水环境管理体系、水质标准指标及其限值设置上的异同发现, 在水环境管理体系方面, 中国实行中央统一管理 with 全国一体化监测, 生态环境部主导标准制定, 并依托“9+X”模式构建了覆盖全国的地表水监测网络; 印度则以联邦分权为特征, 各邦在水质管理中拥有较强主导权, 中央污染控制委员会提供国家框架与协调支持, 形成了中央指导与地方主导并行的水质监测机制。在水质指标及其限值设置方面, 中国在温度、溶解氧、重金属等方面设定了较为严格的标准, 尤其是在汞、铬等有毒重金属的控制上表现突出, 并且注重水源地保护; 印度则在放射性物质指标设定上更加细致, 另外还强调对特定用途水域(如户外沐浴用水)的保护。中国需加强对相邻国家水质标准的研究分析, 加强对国际河流水质的监测, 提高水质问题预警能力, 并与邻国共建水质监测平台。这些措施有助于提高跨国水资源开发利用合作水平, 促进可持续发展, 减少潜在的水资源争端。

关键词:水环境管理; 水质标准; 对比分析; 中国; 印度

中图分类号: X321; X832 文献标志码: A 文章编号: 1002-6002(2026)01-0096-10

DOI: 10.19316/j.issn.1002-6002.2026.01.08

A Comparative Analysis of Surface Water Environmental Management Systems and Water Quality Standards Between China and India

WANG Jie^{1,2}, NIU Jiawei^{1,2}, ZHU Guilili^{1,2,3}, LU Zijian^{1,2}, LI Mingyue^{1,2}, ZHANG Qiangong^{1,2}

1. State Key Laboratory of Tibetan Plateau Earth System, Environment and Resources (TPESER), Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3. Environmental Monitoring Center Station of Xizang Autonomous Region, Lhasa 850000, China

Abstract: As global environmental pollution escalates and water resource shortages become more acute, the coordination and harmonization of water environmental governance and water quality standards systems have become increasingly important and garnered widespread attention in international cooperation. As major water users, China and India display notable differences in their water environmental management systems and surface water quality standards, including indicator settings and functional zoning. This paper compares the similarities and differences between China and India in terms of their water environmental management systems, water quality standards indicator factors, and limit settings. The analysis reveals that regarding the water environmental management system, China implements centralized, unified national management and integrated monitoring. The Ministry of Ecology and Environment leads standard formulation and has established a nationwide surface water monitoring network based on a “9+X” model. In contrast, India’s system is characterized by federal decentralization, where states hold significant authority in water quality management. The Central Pollution Control Board provides a national framework and coordination support, forming a water quality monitoring mechanism with parallel central guidance and local leadership. Regarding water quality indicator factors and limit settings, China has implemented stricter standards for parameters such as temperature, dissolved oxygen, and heavy metals, particularly excelling in controlling toxic heavy metals like mercury and chromium, while also emphasizing source water protection. India offers more detailed standards about radioactive substances and specific-use water

收稿日期: 2024-12-15; 修订日期: 2025-07-23

基金项目: 国家自然科学基金(42471161)

第一作者简介: 王洁(1998—), 女, 在读博士研究生, wangjie@itpcas.ac.cn。

通讯作者: 张强弓, qiangong.zhang@itpcas.ac.cn。

bodies, such as those designated for outdoor bathing. China needs to strengthen research and analysis of neighboring countries' water quality standards, enhance monitoring of international river water quality, improve early warning systems for water quality issues, and establish a collaborative water quality monitoring platform with neighboring nations. These initiatives can help improve the level of cooperation in transboundary water resource development and utilization, promote sustainable development, and mitigate potential water resource disputes.

Keywords: water environment management; water quality standards; comparative analysis; China; India

国际河流流域的跨境资源与环境问题日益受到全球关注,其影响深入到国家安全、国际经济贸易等领域,进而关系到一个国家的长远发展^[1]。研究显示,自1978年到2019年,纳入国际统计体系的国际河流数量从214条增长到310条;截至2019年,国际河流流域覆盖着约47.1%的地表面积,涉及150个国家和地区,影响着52%的全球人口^[2]。我国是世界上重要的上游水道国^[3],拥有110多条国际河流,其中15条较为重要,主要分布在东北、西北和西南地区^[1,4]。另外,还存在一些重要的国际湖泊,如长白山天池、兴凯湖、贝尔湖等。这些河流与湖泊不仅支撑着我国的经济社会发展,同时也关系到区域性的水资源短缺、水环境污染,以及跨境水资源合理利用、公平分配与协调管理等复杂议题^[5-6]。随着我国加大对国际河流的开发利用力度,一些水利工程的规划建设已经引发了部分邻国的关切,相关国家迫切希望我国开展跨境水环境评价^[4]。然而,由于各国经济发展水平、环境保护意识和法律法规方面的差异,国际河流的水资源开发利用和跨境环评面临着诸多挑战。特别是各国水质标准体系之间的差异,可能导致跨境水环境评价结果不同,进而影响到我国对国际河流水资源的合理开发与利用。

近年来,部分学者已对比了我国与俄罗斯、哈萨克斯坦、泰国、柬埔寨等相邻或邻近国家,以及美国、欧盟等发达国家和地区的水环境质量标准的异同^[7-13]。相关研究不仅从测试方法、指标与限值等方面揭示了中外标准的差异,还针对中国水质标准完善、跨境水环境评价、国际河流水资源开发利用等问题提出了相应的建议。然而,目前对我国与邻国水环境质量标准的对比研究仍不够充分。青藏高原作为“亚洲水塔”,是亚洲众多大江大河的发源地。发源于此的澜沧江-湄公河、怒江-萨尔温江、雅鲁藏布江-布拉马普特拉河、狮泉河-印度河^[14]等是亚洲重要的国际河流。有研究指出,上游地区污染物排放量的增加可能会加剧

下游地区的水质恶化,因而亟需沿岸各国联合建设水质数据网并开展集成建模,以协同应对跨境河流水质问题^[15]。值得注意的是,我国在发源于西南地区尤其是青藏高原的国际河流(如澜沧江、怒江、雅鲁藏布江)上开展的部分水利建设项目,已经引发了下游国家对我国的国际河流利用规划和活动的高度关切^[4]。中印之间的主要国际河流包括雅鲁藏布江-布拉马普特拉河和狮泉河-印度河,两国在水环境政策、法律与规划管理方面的差异受到学者们的持续关注^[16-18]。因此,迫切需要对两国的水环境质量标准开展系统对比,为跨国水资源保护、水环境评价提供基础和参考,科学支撑和指导国际河流水资源开发利用及流域生态环境保护。

本文主要针对跨境河流水质评价中的标准差异开展研究,通过对比分析中国与印度的地表水环境质量标准,探讨两国在水质管理体系、指标设置及标准限值设定等方面的异同,阐明加强国际河流水质监测与提升监管水平的重要性和紧迫性。通过研究两国水质标准的差异及其成因,并针对当前存在的问题提出相应的对策建议,本文旨在为我国国际河流水资源开发与管理提供参考和启示,促进跨国水资源合作。

1 水环境管理体系对比分析

1.1 中国水环境管理体系

中国的水环境管理由生态环境部(Ministry of Ecology and Environment, MEE)及各级地方生态环境部门共同负责。生态环境部负责制定国家水环境保护政策、法规和标准,并监督管理全国水污染防治工作的落实;地方生态环境部门承担具体的实施和执行职能。中国在水环境保护方面已建立较为完备的法律法规与标准体系,如《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》等,明确了水环境保护的法律责任和义务。水环境质量标准依据水体类型与使用功能分

别制定^[19]。按水体类型,制定有《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)^[20]、《海水水质标准》(GB 3097—1997)^[21]和《地下水质量标准》(GB/T 14848—2017)^[22];按使用功能,制定有《渔业水质标准》(GB 11607—1989)^[23]、《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2021)^[24]等。这些标准适用范围相互衔接、功能互补,为中国水环境管理提供了技术和法规依据^[25]。

目前,中国已建立全国性水环境监测网络,并在“十四五”期间对国家地表水环境质量监测网与全国重要江河湖泊水功能区监测体系进行了优化整合。现有国家地表水环境质量监测网共设国控断面(点位)3 646个,基本覆盖全国重要流域干流与主要支流、重要水体省市界、地级及以上城市和全国重要江河湖泊水功能区。国家地表水环境质量监测网采用“9+X”监测模式。其中:“9”为基本指标,包括水温、pH、溶解氧、电导率、浊度、高锰酸盐指数、氨氮、总磷和总氮;“X”为针对性特征指标。针对基本指标,已装设水质自动监测设备的断面实施实时自动监测,未装设自动监测设备的断面则采取采测分离的人工监测方式。特征指标以人工采样和分析为主。

中国地表水水质管理主要依据2002年4月由原国家环境保护总局与原国家质量监督检验检疫总局共同发布的《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。该标准适用于中国境内具有使用功能的江河、湖泊、运河、渠道、水库等地表水水域。按照环境功能和保护目标,该标准将地表水划分为I~V五类,并据此制定了相应的水环境质量限值与分区管理要求,为地表水的分类管理和环境保护提供了技术依据。

1.2 印度水环境管理体系

印度水环境保护主管部门为环境、森林和气候变化部(Ministry of Environment, Forest and Climate Change, MoEFCC),负责制定和实施水污染防治政策、法规和标准,并监督污染控制工作。其中,中央污染控制委员会(Central Pollution Control Board, CPCB)隶属于该部,是管理水污染的核心机构,负责与地区办事处、部落和地方政府协商,并维护各项环境法所规定的国家标准。同时,中央污染控制委员会在全国范围内设立监测站点,对地表水(河流、湖泊)和地下水进行监测,定期发布水质状况公报,并针对特定污染问题和地区编制专项研究报告,向公众公布水质状况基

本信息。各邦污染控制委员会负责国家水质监测计划(National Water Quality Monitoring Programme, NWMP)的具体实施。根据《印度宪法》,各邦在环境保护和水资源管理方面拥有一定的立法权,可以根据当地实际情况和需求调整相关标准和政策,但地方性法规不能与中央政府制定的法律、法规和标准相矛盾,中央政府仍然对全国范围内的环境政策和标准拥有指导和监管权。

印度的水环境管理法规体系主要包括《水(预防和控制污染)法案(1974年)》[*The Water (Prevention and Control of Pollution) Act, 1974*]^[26]、《国家水政策(2012年)》(*National Water Policy 2012*)^[27]等法律与政策性文件。其中,《水(预防和控制污染)法案(1974年)》建立了水污染控制的法律框架;《国家水政策(2012年)》则为水资源管理提供了战略指导,强调可持续发展和公平分配。此外,印度还建立了相关的标准体系,包括《受污染内陆地表水水质容许限值》(*Tolerance Limits for Inland Surface Waters Subject to Pollution, IS 2296:1982*)^[28](现已撤销,不再具有强制性效力)、《饮用水——规范》(*Drinking Water—Specification, IS 10500:2012*)^[29]、《指定最佳用途水质判据》(*Designated Best Use Water Quality Criteria*)^[30]、《沐浴水体初级水质判据》(*Primary Water Quality Criteria for Bathing Waters*)^[31]等。这些文件共同为印度的水污染防治和水资源管理提供了法律框架和技术指导,涵盖地表水、饮用水和户外集体沐浴用水等多种类型水体,旨在确保水资源可持续利用、公共健康及生态环境安全。

需要进一步指出的是,尽管IS 2296:1982在印度现行法规体系中已不再作为强制性水质标准,但该标准在实际工程与环境评价实践中仍被广泛用作地表水环境质量综合评价的技术依据。以阿萨姆邦政府实施、世界银行提供资金支持的《阿萨姆邦抗灾性山区道路发展项目环境与社会影响评价报告》(2025)^[32]为例,其水环境基线调查明确规定地表水质量评价采用IS 2296:1982。该报告作为政府主导、国际金融机构监管下的正式环境评估文件,其标准选取具有较高的权威性和现实代表性。这表明在当前印度水环境管理实践中,IS 2296:1982仍在综合水质评价与工程决策层面发挥着重要的技术参考作用。从技术演进角度看,现行《指定最佳用途水质判据》在水体功

能分类和关键指标选择方面,明显继承了 IS 2296:1982 的基本技术思路,但在指标数量和适用目标上进行了简化,以服务于水体用途判定和监管决策需要。相比之下,IS 2296:1982 所构建的多指标水质评价体系更适用于地表水环境质量综合分析及跨区域对比研究。因此,本文选取 IS 2296:1982 作为印度地表水水质指标体系的比较基础,以保证中印水质对比分析在指标完整性与科学可比性方面的合理性。

印度 IS 2296:1982 标准采用基于水体用途的分类管理模式,将地表水划分为 A~E 五类,分别对应不同程度的饮用、沐浴、渔业、灌溉及工业等使用功能,并据此规定相应的水质容许限值,共涉及 43 项监测要素。主要关注的参数包括溶解氧、

生化需氧量、电导率、pH、硝酸盐、总大肠菌群等,其中生化需氧量和总大肠杆菌是印度河流突出的污染指标。

对比可知,中国在全国范围内严格执行中央制定的水质标准并实施分区管理;而印度虽已设定国家层面的分类标准,但各邦享有较大的自治权,这可能是由于各邦不具备完全实施和执行本邦环境法规所需的资源、专业知识或基础设施。另外,两国地表水水域功能区的划定,反映了双方对不同水域的环境功能设定和保护要求差异。在中国,I~V 类功能区的划分更强调水源地与生态保护层级,保护要求逐级放宽;而印度划定的水环境功能区则更侧重于水体用途,尤其值得注意的是其中强调了沐浴用水(表 1)。

表 1 中国和印度地表水水域功能划分体系

Table 1 Functional zoning systems of surface water bodies in China and India

国家	地表水水域功能划分
中国	I:源头水、国家自然保护区; II:集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等; III:集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区; IV:一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区; V:农业用水区及一般景观要求水域
印度	A:无需常规处理即可饮用的水; B:户外浴场(水接触运动); C:经过常规处理和消毒后的饮用水水源; D:渔业和野生动物繁殖用水; E:灌溉、工业冷却和受控废物排放用水

2 水环境标准指标设置对比分析

中国 GB 3838—2002 共设 109 项指标,整体分为 3 个类别,包括 24 项基本项目指标,80 项集中式生活饮用水地表水源地特定项目指标和 5 项集中式生活饮用水地表水源地补充项目指标^[33]。印度 IS 2296:1982 针对地表水设置了 43 项基本指标,《沐浴水体初级水质判据》针对沐浴用水设置了 5 项指标(考虑到印度地表水水域功能划分中包含了户外浴场,以及印度的国家人文特色,本节将

印度户外沐浴用水标准纳入讨论范畴)。

表 2 详细对比了中印两国在水质指标设置上的差异,反映出两国在水质管理上存在不同的侧重点。针对地表水基本要素,中国 24 项地表水基本指标覆盖了物理化学性质与主要污染物,并对若干有毒有机和金属污染物作出专门监测要求,例如石油类、挥发酚、氟化物,以及铜、锌、铅、镉等,体现出对工业污染防控的关注。同时,中国还将硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰等作为集中式生活饮用水地表水源地的补充指标,以加强饮用水源保护。

表 2 中印地表水水质指标设置对比

Table 2 Comparative analysis of surface water quality indicators in China and India

水体类型	中国	印度
地表水 (基本项目)	共 24 项,包括水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铬(六价)、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群	共 43 项,包括味道、气味、颜色、pH、电导率、溶解氧、生化需氧量、总大肠菌群、总溶解性固体、油脂、矿物油、总硬度、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、游离二氧化碳、游离氨、氟化物、钙、镁、铜、铁、锰、锌、硼、钡、银、总磷、汞、铅、镉、铬、硒、氰化物、酚类、阴离子表面活性剂、多环芳烃、农药、杀虫剂、 α 放射性物质、 β 放射性物质、钠比例、钠吸收比
户外沐浴用水	无	共 5 项,包括粪大肠菌群、粪便链球菌、pH、溶解氧、三日生化需氧量

印度的43项基本指标中,除与中国相似的常规项目外,还增加了总硬度、矿物油、硫酸盐和放射性物质等。此外,印度标准还特别强调了某些特征污染物,如多环芳烃、农药、放射性元素(α 、 β 放射性物质)及钠吸收比等,这可能与印度部分地区存在特定的水质问题和工农业活动有关。

对比中印地表水水质基本指标的设置情况可发现,中国指标无法完全覆盖印度指标。以基本水质指标为例,中国指标的种类比印度少,两国仅有14项共同指标,包括pH、生化需氧量、溶解氧、氧化物、氟化物、铜、锌、镉、硒、砷、铅、汞、铬和阴离子表面活性剂。相比之下,中国标准对高锰酸盐指数、氨氮、总磷与总氮等指标设有明确要求,而印度标准对这些指标并未统一规定具体限值。硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁和锰是中国对集中式生活饮用水地表水源地设置的5项补充指标,同时也被纳入印度地表水限制因子范围,不同的是这5项指标在印度被纳入的是针对部分地表水类型的一般限制因子范围。另外,印度未对水源地

作出特殊强调。可见,中国对于水源地、生态保护区更为重视,而印度根据其国家人文活动,对沐浴用水更为重视。

综上,两国的地表水水质标准虽有共通之处,但具体的指标和适用范围可能会因地区环境政策和实际需求的不同而有所不同。这些差异既源于中印两国对水质安全与环境保护重点的不同考量,也受到经济结构、产业分布与人文活动模式差异的影响,应在跨境水环境评价与合作治理中予以充分关注和说明。

3 水环境标准基础指标限值对比分析

3.1 基本理化指标对比

各项基本理化水质参数易于现场获取,是现场快速判别水环境质量的重要依据。表3对中印水环境标准中的水温、pH、总溶解性固体、溶解氧、生化需氧量指标进行了系统的对比与说明。

表3 中印地表水水质基本理化指标标准限值对比
Table 3 Comparative analysis of basic physicochemical standard limits for surface water quality in China and India

指标	国家	标准限值	对比结果
水温/ $^{\circ}\text{C}$	中国	人为造成的环境水温变化应限制在:周平均最大温升 ≤ 1 ;周平均最大温降 ≤ 2	无法比较
	印度	无	
pH	中国	6~9	印度严
	印度	A/B/C/D类:6.5~8.5	
总溶解性固体/(mg/L)	中国	无	无法比较
	印度	A类 ≤ 500 ;C类 $\leq 1\ 500$;E类 $\leq 2\ 100$	
溶解氧/(mg/L)	中国	I类: ≥ 7.5 (或饱和度 $\geq 90\%$);II类 ≥ 6 ;III类 ≥ 5 ;IV类 ≥ 3 ;V类 ≥ 2	中国严
	印度	A类 ≥ 6 ;B类 ≥ 5 ;C类 ≥ 4 ;D类 ≥ 4	
生化需氧量/(mg/L)	中国 (五日)	I类 ≤ 3 ;II类 ≤ 3 ;III类 ≤ 4 ;IV类 ≤ 6 ;V类 ≤ 10	中国严
	印度 (三日)	A类 ≤ 2 ;B类 ≤ 3 ;C类 ≤ 3	

注:标准限值缺项表示相关标准未对该类型水体设定限值。下同。

对比发现,中国在地表水温度控制方面的规定较为细致,要求周平均水温升高幅度不得超过 1°C ,降低幅度不超过 2°C ,以避免人为热排放或水温突变对水生态系统造成影响;印度现行水质标准中未设定具体的水温限值。两国对水体pH均作出了规定,但限值范围略有差异。中国标准要求控制在6~9之间,而印度标准的允许范围为6.5~8.5,后者相对更为严格。总溶解性固体方面,中国尚未在地表水环境质量标准中设置统一的控制限值,主要通过集中式生活饮用水地表水源地补充项目加以约束。相比之下,印度则根据

水体功能类型实施分级管理,要求A类水体的总溶解性固体含量应不超过 500 mg/L ,C类水体不超过 $1\ 500\text{ mg/L}$,E类水体的上限为 $2\ 100\text{ mg/L}$,B、D类水体无明确限值,体现出分用途管理的特点。溶解氧指标方面,中国标准规定的限值普遍高于印度标准。例如,中国标准要求I类水体的溶解氧含量 $\geq 7.5\text{ mg/L}$,V类水体 $\geq 2\text{ mg/L}$;印度标准要求A类水体溶解氧含量 $\geq 6\text{ mg/L}$,D类水体 $\geq 4\text{ mg/L}$,E类水体无明确限值。较高的溶解氧含量要求反映出中国标准更注重水体自净能力及水生态系统健康。生化需氧量控制方面,两国

采用的测定周期不同。中国以五日生化需氧量(BOD_5)为主要指标,限值范围为 I 类 ≤ 3 mg/L, V 类 ≤ 10 mg/L;印度则以三日生化需氧量(BOD_3)为评价指标, A 类水体限值为 ≤ 2 mg/L, B、C 类水体为 ≤ 3 mg/L,其他类型水体未设定限值。周期和限值的差异与两国在水体污染特征、微生物降解速率及水温条件方面的差异密切相关。

综上,中国的水质标准在温度控制方面更为详细,在溶解氧和生化需氧量上的限制更加严格,体现出对生态系统稳定性与污染防治的重视;印度标准在 pH 和总溶解性固体指标上设定了更细化的分级标准。这些差异反映出两国在环境条件、污染类型、用水结构及环境管理策略方面的不同。

3.2 重金属参数

毒理参数主要涉及重金属和有机污染物等。本节主要对比两国标准中几项重要的对生物健康影响较大的重金属指标的限值(表 4)。

总体上,中国地表水环境质量标准对铅、汞、镉、铬和砷等重金属采取了更为严格的分级限值管理。就铅而言,中国标准规定 I 类水体 ≤ 0.01 mg/L, V 类水体 ≤ 0.1 mg/L;印度标准规定 A 类和 C 类水体 ≤ 0.1 mg/L,对其他类型水体未设定限值。由此可见,中国对高保护级别水体的铅污染的限制更为严格。汞的限值差异尤为明显:中国标准为 I 类 $\leq 0.000 05$ mg/L, V 类 ≤ 0.001 mg/L,明显严于印度标准(≤ 0.001 mg/L)。铬含量方面,中国标准规定的 I 类与 V 类水体限值分别为 ≤ 0.01 mg/L 与 ≤ 0.1 mg/L,总体严于印度标准所列的 A、B、C 类水体 ≤ 0.05 mg/L(其他水体未作限定)。对于镉,中国标准规定的 I 类限值为 ≤ 0.001 mg/L, V 类限值为 ≤ 0.01 mg/L,而印度仅对 A 类和 C 类水体作出限定(≤ 0.01 mg/L)。砷的限值亦有差别:中国 I 类 ≤ 0.05 mg/L, V 类 ≤ 0.1 mg/L;印度 A 类 ≤ 0.05 mg/L, B、C 类放宽至 ≤ 0.2 mg/L(其他水体未作限定)。

表 4 中印地表水水质无机毒理指标标准限值对比

Table 4 Comparative analysis of inorganic toxicological indicator standard limits for surface water quality in China and India

指标	国家	标准限值	对比结果
铅	中国	I 类 ≤ 0.01 ; II 类 ≤ 0.01 ; III 类 ≤ 0.05 ; IV 类 ≤ 0.05 ; V 类 ≤ 0.1	中国严
	印度	A 类 ≤ 0.1 ; C 类 ≤ 0.1	
汞	中国	I 类 $\leq 0.000 05$; II 类 $\leq 0.000 05$; III 类 $\leq 0.000 1$; IV 类 ≤ 0.001 ; V 类 ≤ 0.001	中国严
	印度	≤ 0.001	
铬	中国	I 类 ≤ 0.01 ; II 类 ≤ 0.05 ; III 类 ≤ 0.05 ; IV 类 ≤ 0.05 ; V 类 ≤ 0.1	中国严
	印度	A 类 ≤ 0.05 ; B 类 ≤ 0.05 ; C 类 ≤ 0.05	
镉	中国	I 类 ≤ 0.001 ; II 类 ≤ 0.005 ; III 类 ≤ 0.005 ; IV 类 ≤ 0.005 ; V 类 ≤ 0.01	中国严
	印度	A 类 ≤ 0.01 ; C 类 ≤ 0.01	
砷	中国	I 类 ≤ 0.05 ; II 类 ≤ 0.05 ; III 类 ≤ 0.05 ; IV 类 ≤ 0.1 ; V 类 ≤ 0.1	中国严
	印度	A 类 ≤ 0.05 ; B 类 ≤ 0.2 ; C 类 ≤ 0.2	

综合比较可见,中国在重金属监管上既覆盖面更广,又在多种关键金属上设定了更低的限值,特别是对汞的控制明显更为严格。这种差异反映出两国在工业污染治理优先级、人体健康风险容忍度及水环境保护策略上的不同侧重。

3.3 微生物参数

中国标准在地表水微生物指标中对粪大肠菌群容许浓度的划分较为细致,对不同水质类别设定了不同限值(表 5)。相较而言,印度标准侧重于监测地表水中的总大肠菌群浓度,并且只对 A、B、C 类水作出限定。在卫生细菌领域,粪大肠菌群从属于总大肠菌群,因此两国标准关于地表水体微生物指标的严格程度无法直接比较。此外,

两国在检测方法与计量单位上也存在差异:中国标准采用多管发酵法和滤膜法,而印度标准则使用稀释培养计数法。总体来看,这些差异反映了两国在环境监测技术规范、卫生防护标准及管理目标上的不同。

3.4 放射性物质参数

与中国不同,印度在地表水标准中明确限定了放射性物质的含量,规定 α 放射性物质不得超过 0.001 Bq/L, β 放射性物质不得超过 0.01 Bq/L(表 6),而中国目前尚未对这两项参数作出具体数值限制。这表明印度在地表水放射性监控方面的标准体系相对更为细化和严格。

表5 中印地表水微生物指标标准限值对比
Table 5 Comparative analysis of microbial indicator standard limits for surface water quality in China and India

指标	国家	标准限值	对比结果
大肠菌群	中国/(个/L)	I类 ≤ 200 ; II类 $\leq 2\ 000$; III类 $\leq 10\ 000$; IV类 $\leq 20\ 000$; V类 $\leq 40\ 000$	无法比较
	印度/(MPN/100 mL)	A类 ≤ 50 ; B类 ≤ 500 ; C类 $\leq 5\ 000$	

表6 中印地表水放射性物质指标标准限值对比
Table 6 Comparative analysis of radioactive substance indicators standard limits for surface water quality in China and India

指标	国家	标准限值	Bq/L
α 放射性物质	中国	—	≤ 0.001
	印度	≤ 0.001	
β 放射性物质	中国	—	≤ 0.01
	印度	≤ 0.01	

注：“—”表示不涉及。

从整体标准设置来看,两国在地表水环境质量指标体系上存在明显差异。中国现行标准共包括24项基本指标,而印度则设有43项,印度标准的指标数量更多、覆盖面更广。然而,就部分共有指标而言,中国标准在多数项目(除pH外)上的限值要求严于印度标准,这显示出中国在水质安全和污染防控方面的高要求与严监管特征。两国标准体系的差异反映了各自环境管理策略、生态条件及监测体系的不同。

4 两国水环境标准关键差异总结

1) 水环境管理体系和功能区分存在差异。中国的水环境管理由生态环境部以及各级地方生态环境部门负责,严格按照全国统一的《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)实施分区管理;印度的水环境保护主管部门为环境、森林和气候变化部(其下属的中央污染控制委员会是管理水污染的核心机构),地方各邦在水质标准的调整与实施上享有较大自主权。相比之下,尽管印度存在中央规范,但在部分邦,受资源、技术或基础设施限制,法律法规的有效实施可能存在困难。在地表水水质标准体系建设方面,印度尚未形成类似中国GB 3838—2002的统一、综合性地表水环境质量标准。IS 2296:1982标准的撤销,可能主要反映了印度水环境管理模式由以水体端质量控制为主,向用途导向与污染源控制相结合的转型。现行的《指定最佳用途水质判据》主要用于水体用途分类与监管执法,仅保留少量关键指标作为最低水质要求,难以支撑国家间及区域间地表水

环境质量的系统性对比研究。

2) 水环境指标设置存在差异。中国地表水环境标准共包含了24项基本参数,而印度则设置了43项基本参数,体现出更广的覆盖面与更细化的用途区分。在对比两国地表水环境标准时,需注意印度标准中的额外规定。相较之下,印度标准在基本项目中增加了总硬度、硫酸盐及放射性物质等指标,且特别设定了沐浴用水专用指标。中国在生活饮用水源地保护方面设置了较为严格的补充指标,并对与生态相关的因子设定了较为严格的限值,而印度则侧重于因地制宜的污染物监测。这体现出两国在环境政策、经济结构及用水需求上的差异。

3) 水环境指标限值存在差异。通过对中印地表水环境标准的对比分析发现,中国在理化指标及重金属参数方面设定了更为严格的限值,尤其是在汞、铬等有毒重金属的控制上;而印度则在总溶解性固体、放射性物质等特殊参数上设有更为细致的限值,尤其是对放射性物质的控制更加严格。此外,中国在各项指标上通常采用面向所有I~V类水体的分级限值管理(即对各类水体均有明确的逐级限值),从而实现全国范围的分区保护与分级控制;印度在若干关键指标(如pH、总溶解固体、生化需氧量、总大肠菌群和重金属等)上往往仅对部分功能区或水体类型设定具体限值,相关限值未必在所有水体类别中适用。这种差别一方面体现了印度在标准制定上更加强调“按用途和地区适用”的管理策略,另一方面也反映了两国在环境目标、风险承受度与监测实施能力上的不同。

5 启示与建议

1) 强化对相邻国家水环境标准的研究与关键指标识别。应系统分析周边国家水环境质量标准,识别跨境河流监测中的核心指标。以印度为例,其标准除包含与我国相同的限制因子外,还关注了总溶解性固体、放射性物质、农药、杀虫剂等污染物。因此,我国在对中印国际河流如狮泉河、雅鲁藏布江等进行水质监测时,应重点关注这些我国标准未涵盖但下游国家纳入管控的项目。另外,两国在水质监测中的侧重点亦存在差异,印度主要侧重水体 pH、电导率、溶解氧、生化需氧量、硝酸盐、总大肠菌群和粪大肠菌群等指标。针对这些差异,我国需在跨境河流水质监测中适当拓宽监测范围,以促进信息互通与科学比对。深入了解并分析我国和邻国的水环境质量标准关键指标,有助于增进与流域国家之间的沟通及合作,确保上下游国家在水资源利用、污染控制等方面达成共识,减少误解和冲突,避免潜在的水资源争端,促进区域稳定。另外,本研究选取 IS 2296:1982 作为印度地表水水质指标体系的比较基础,虽然其在官方层面已被撤回,但仍被用于地表水环境质量综合评估,而现行用途判据则主要服务于监管和执法需求。上述事实说明,在跨国水环境标准和状况比较研究中,有必要区分官方发布的“法规适用标准”与实际运用的“技术评价标准”,以确保分析结果的科学性和可比性。值得注意的是,我国作为上游国家,水质普遍优于下游国家,因而相关对比结果可为未来我国与南亚邻国开展跨境水资源开发与合作谈判提供重要前提和有利条件。

2) 完善国际河流水质监测与评估体系,提升风险预测与预警能力^[8,34]。国际河流涉及多国利益,水质变化往往易引发外交与安全层面的关注。建立完善的跨境水质监测与评价体系,应充分考虑我国与印度等南亚国家在水环境背景值、地理特征和污染源结构上的差异,推动监测的精准化、精细化与科学化。通过连续监测与数据共享,可以及时识别水质异常并实现早期预警,为政府决策与快速响应提供科学依据。我国和印度在跨境河流水资源开发利用上的关系一向较为紧张,印度对我国上游水利开发利用工程极其戒备,这不利于我国跨境河流水利工程的推进,甚至会给我

国带来严峻的外交风险^[35]。高质量、有针对性的水质监测数据可为环境评价和水资源管理提供科学依据,使政府在制定政策时更加精准和合理。快速预警能力可为我国掌握流域水环境变化、迅速采取应对措施、维护流域水环境安全赢得主动。另外,这也有助于缓解印度对我国上游水利工程的疑虑,从而降低潜在的外交摩擦与风险。

3) 推动跨国联合监测与数据共享,构建统一的水环境评价框架。跨国水质监测与信息互通是保障国际河流合理利用的基础。统一的水环境标准是确保跨国水资源安全开发、实现合理利用的关键,有助于增强国际河流沿岸国家间的互信与合作。我国与印度等南亚各国在经济及科技发展方面存在差异,各国采用的测试方法和评价体系不同,这不利于河流水质状况信息的互通。此外,经济发展水平的差异也导致各国关注的水环境因子和采取的保护策略不同。例如,印度关注地表水农药、杀虫剂和放射性因子,而中国并未关注。另外,印度对多项指标仅在部分水体类别中设限,而我国则对所有 I~V 类水体均设定逐级限值。这一差异体现了印度“用途导向、分类监管”的策略,而我国更注重全国统一的生态与公共卫生安全保障。我国是南亚多国的上游国家,在开展水资源开发利用的过程中,常面临下游国家要求开展跨境环评的压力^[36]。建立统一的水环境评价体系和多方合作的水质监测数据发布平台^[37],能够提供一个透明的框架,将各国水环境情况纳入考虑,使各国在水资源管理方面能够开展更加深入且有效的合作。同时,共享水质监测信息有助于建立上下游国家之间的信任,减少水资源利用引发的摩擦。信息透明流通可为解决跨境水资源争议提供客观依据,能够有效预防和化解水质问题引发的国际争端。这种协作不仅可以促进国家间的对话与协商,还能增进彼此间的理解与合作。

参考文献(References):

- [1] HE D M, ZHAO W J, FENG Y. Research Progress of International Rivers in China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2004, 14(1): 21-28.
- [2] MCCracken M, Wolf A T. Updating the Register of International River Basins of the World [J]. International Journal of Water Resources Development, 2019, 35(5): 732-782.
- [3] 何大明, 刘昌明, 冯彦, 等. 中国国际河流研究进展及展望[J]. 地理学报, 2014, 69(9): 1 284-1 294.

- HE Daming, LIU Changming, FENG Yan, et al. Progress and Perspective of International River Researches in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(9): 1 284-1 294.
- [4] 边永民, 陈刚. 跨界环境影响评价: 中国在国际河流利用中的义务 [J]. *外交评论 (外交学院学报)*, 2014, 31(3): 17-29.
- BIAN Yongmin, CHEN Gang. Trans-boundary Environmental Impact Assessment; China's Obligation in Utilizing International Rivers [J]. *Foreign Affairs Review*, 2014, 31(3): 17-29.
- [5] BEST J. Anthropogenic Stresses on the World's Big Rivers [J]. *Nature Geoscience*, 2019, 12(1): 7-21.
- [6] FENG Y, HE D M. Research Progress on International Rivers in Asia [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2006, 16(3): 271-276.
- [7] 张扬, 国冬梅, 涂莹燕, 等. 我国与俄罗斯水质标准对比分析研究 [J]. *环境与可持续发展*, 2017, 42(3): 42-46.
- ZHANG Yang, GUO Dongmei, TU Yingyan, et al. Comparative Analysis on Chinese and Russian Water Quality Standards [J]. *Environment and Sustainable Development*, 2017, 42(3): 42-46.
- [8] 张扬, 安娜·贾尔恒, 王语懿. 泰国水环境管理及水质标准分析研究 [J]. *中国给水排水*, 2023, 39(4): 31-35.
- ZHANG Yang, JIAERHENG · Anna, WANG Yuyi. Analysis and Study of Water Environment Management and Water Quality Standards in Thailand [J]. *China Water & Wastewater*, 2023, 39(4): 31-35.
- [9] 胡孟春. 中哈跨境河水质标准及评价方法对比研究 [J]. *环境科学与管理*, 2013, 38(7): 179-185.
- HU Mengchun. Comparative Study on Water Quality Standards and Evaluation Methods of Sino-Kazak Cross-Border Rivers [J]. *Environmental Science and Management*, 2013, 38(7): 179-185.
- [10] 张季, 刘扬扬. 中国与柬埔寨地表水水质评价方法差异分析 [J]. *人民长江*, 2017, 48(增刊 1): 65-67, 72.
- ZHANG Ji, LIU Yangyang. Difference Analysis of Surface Water Quality Assessment Between China and Cambodia [J]. *Yangtze River*, 2017, 48(S1): 65-67, 72.
- [11] 苏海磊, 李信茹, 陶艳茹, 等. 美国水质标准制定研究及其对中国的借鉴意义 [J]. *生态环境学报*, 2021, 30(11): 2 267-2 274.
- SU Hailei, LI Xinru, TAO Yanru, et al. Study on Water Quality Standard Formulation of USA and Its Revelation to China [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2021, 30(11): 2 267-2 274.
- [12] 李会仙, 吴丰昌, 陈艳卿, 等. 我国水质标准与国外水质标准/基准的对比分析 [J]. *中国给水排水*, 2012, 28(8): 15-18.
- LI Huixian, WU Fengchang, CHEN Yanqing, et al. Comparative Analysis on Chinese Water Quality Standards and Foreign Water Quality Standards/Criteria [J]. *China Water & Wastewater*, 2012, 28(8): 15-18.
- [13] 仇茂龙, 刘玲花, 邹晓雯, 等. 国内外水源地水质评价标准与评价方法的比较 [J]. *中国水利水电科学研究院学报*, 2013, 11(3): 176-182.
- QIU Maolong, LIU Linghua, ZOU Xiaowen, et al. Comparison of Source Water Quality Standards and Evaluation Methods Between China and some Developed Countries [J]. *Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research*, 2013, 11(3): 176-182.
- [14] 罗贤, 李运刚, 季漩, 等. 中国国际河流水文地理研究进展 [J]. *地理学报*, 2023, 78(7): 1 703-1 717.
- LUO Xian, LI Yungang, JI Xuan, et al. Progresses in Hydrographic Research on International Rivers in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(7): 1 703-1 717.
- [15] ZHANG F, ZENG C, ZHANG Q G, et al. Securing Water Quality of the Asian Water Tower [J]. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2022, 3(10): 611-612.
- [16] ARARAL E, WU X. Comparing Water Resources Management in China and India: Policy Design, Institutional Structure and Governance [J]. *Water Policy*, 2016, 18(S1): 1-13.
- [17] WANG Y H, MUKHERJEE M, WU D, et al. Combating River Pollution in China and India: Policy Measures and Governance Challenges [J]. *Water Policy*, 2016, 18(S1): 122-137.
- [18] JIA S F, SUN Y Y, SVENSSON J, et al. Comparative Analysis of Water Rights Entitlements in India and China [J]. *Water Policy*, 2016, 18(S1): 50-67.
- [19] 李贵宝, 杜霞, 邹晓雯. 中国水环境质量标准的现状 [J]. *中国标准化*, 2002(8): 57-58.
- LI Guibao, DU Xia, ZOU Xiaowen. Current Status of China's Water Environmental Quality Standards [J]. *China Standardization*, 2002(8): 57-58.
- [20] 国家环境保护总局科技标准司. 地表水环境质量标准: GB 3838—2002 [S]. 北京: 中国环境科学出

- 版社,2002.
- [21] 国家环境保护局.海水水质标准:GB 3097—1997 [S].北京:中国环境科学出版社,1998.
- [22] 国土资源部,水利部.地下水质量标准:GB/T 14848—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [23] 国家环境保护局标准处.渔业水质标准:GB 11607—1989[S].北京:中国标准出版社,1990.
- [24] 生态环境部,国家市场监督管理总局.农田灌溉水质标准:GB 5084—2021[S/OL].(2021-01-20) [2024-12-01].<https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/shjbh/shjzlbz/202102/W020230908393378970360.pdf>.
- [25] 王以尧,王雅璐,唐洪,等.地表水环境质量标准综述(一)——中国修订历程[J].四川环境,2022,41(2):267-272.
WANG Yiyao, WANG Yalu, TANG Hong, et al. Review of Surface Water Environmental Quality Standards (1):The Process of China's Revision[J]. Sichuan Environment, 2022, 41(2): 267-272.
- [26] Parliament of India. The Water (Prevention and Control of Pollution) Act, 1974 [Z/OL].<https://www.indiacode.nic.in/handle/123456789/15429>.
- [27] Ministry of Water Resources (now Ministry of Jal Shakti), Government of India. National Water Policy 2012 [Z/OL].<https://ebooks.inflibnet.ac.in/esp13/chapter/national-water-policy-2012/>.
- [28] Bureau of Indian Standards (BIS). Tolerance Limits for Inland Surface Waters Subject to Pollution; IS 2296; 1982 [S/OL].https://standardsbis.bsbedge.com/search_redirect.aspx?id=18804.
- [29] Bureau of Indian Standards (BIS). Drinking Water—Specification; IS 10500; 2012 [S/OL].<https://cpcb.nic.in/wqstandards/>.
- [30] Central Pollution Control Board (CPCB). Designated Best Use Water Quality Criteria [S/OL].<https://cpcb.nic.in/wqstandards/>.
- [31] Central Pollution Control Board (CPCB). Primary Water Quality Criteria for Bathing Waters [S/OL].<https://cpcb.nic.in/wqstandards/>.
- [32] Public Works Roads Department (PWRD), Government of Assam. Environmental and Social Impact Assessment Report for Assam Disaster Resilient Hill Area Roads Development Project (ADRHARDP) [R/OL]. Guwahati, India: Government of Assam, 2025.
- [33] 张凤英,周密,李一龙,等.“十三五”期间中国生态环境质量变化特征[J].中国环境监测,2021,37(3):1-8.
ZHANG Fengying, ZHOU Mi, LI Yilong, et al. Characteristics of Eco-Environmental Quality Changes in China During the 13th Five-Year Plan Period[J]. Environmental Monitoring in China, 2021, 37(3): 1-8.
- [34] 倪鹏程,李名升,李宗超,等.国家地下水环境质量考核监测体系构建与应用[J].中国环境监测,2023,39(4):1-14.
NI Pengcheng, LI Mingsheng, LI Zongchao, et al. Construction and Application of National Groundwater Environmental Quality Assessment and Monitoring Technology System [J]. Environmental Monitoring in China, 2023, 39(4): 1-14.
- [35] 卞锦宇,耿雷华,田英.基于国际河流开发的国家水质标准差异对比分析[J].中国环境监测,2013,29(4):176-180.
BIAN Jinyu, GENG Leihua, TIAN Ying. Comparative Analysis of Water Quality Standards Between Different Countries Considering the Development of International Rivers [J]. Environmental Monitoring in China, 2013, 29(4): 176-180.
- [36] 何艳梅.国际河流环境影响评价中的国家利益平衡[J].太平洋学报,2020,28(8):27-42.
HE Yanmei. The Balance of National Interests in Transboundary Environmental Impact Assessment Involving International Rivers [J]. Pacific Journal, 2020, 28(8): 27-42.
- [37] 刘柏音,王维,刘孝富,等.长江流域水环境监测与智慧化管理策略[J].中国环境监测,2022,38(1):222-229.
LIU Baiyin, WANG Wei, LIU Xiaofu, et al. Monitoring and Intelligent Management Strategies of Water Environment in the Yangtze River Basin [J]. Environmental Monitoring in China, 2022, 38(1): 222-229.