

DOI:10.13476/j.cnki.nsbdk.2022.0064

夏军,陈进.长江大保护实践与对策[J].南水北调与水利科技(中英文),2022,20(4):625-630. XIA J, CHEN J. Practice and countermeasures of the great protection of the Yangtze River[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2022, 20(4): 625-630. (in Chinese)

# 长江大保护实践与对策

夏军<sup>1</sup>, 陈进<sup>1,2</sup>

(1. 水资源与水电工程科学国家重点实验室(武汉大学), 武汉 430072;

2. 长江水利委员会长江科学院, 武汉 430015)

**摘要:**从分析长江生态环境问题出发,总结长江大保护实施以来取得的成绩,讨论生态环境存在的深层次问题及科学解决方法和管理对策,对未来长江保护提出对策建议。分析表明:长江河流型水质改善明显,但湖泊水质及生态系统恢复较慢。珍稀特有物种的恢复和水生态系统完整性修复、流域面源污染控制等都是长期而复杂的任务。在气候变化和人类活动双重影响下,长江生态系统演变机制及修复技术、充分考虑生态需求的水利工程群联合调控方法、流域综合监测与数字孪生技术发展、长江保护各项机制的完善是未来科学研究和流域保护的焦点。只有通过系统观测和分析,采用适应性的保护和管理措施,才能实现长江经济带高质量发展的目标。

**关键词:**长江大保护;水环境;生态系统;科学问题;适应性管理

中图分类号:TV214 文献标志码:A 开放科学(资源服务)标志码(OSID):



长江经济带是我国经济发展最快的区域之一,随着社会经济的发展,生态环境问题日益突出,如何保障长江经济带可持续发展是值得研究的问题。2017年7月,原环境保护部、国家发展和改革委员会、水利部联合发布《长江经济带生态环境保护规划》,提出了长江经济带生态环境保护的目标任务和重点工作;2019年1月生态环境部、国家发展和改革委员会联合发布《长江保护修复攻坚战行动计划》,从生态环境空间管控、排污口整治等8个方面进一步明确了生态环境保护的主要任务和牵头单位等;2020年12月全国人大常委会审议通过《中华人民共和国长江保护法》(以下简称《长江保护法》),2021年3月1日正式实施,同期围绕长江保护开展了一系列专项整治行动。在论述长江生态环境存在的主要问题基础上,总结长江大保护实施以来取得的初步成绩,分析长江生态环境存在的深层次问题及需要开展的科学研究<sup>[1-2]</sup>和管理需求,提出下一步

长江保护的对策。

## 1 长江生态环境存在的主要问题

长江从青藏高原流出,横跨我国三级阶梯、4个气候带(南温带、北亚热带、中亚热带和高原气候区),最后流入东海,全长约6300 km,流域面积约180万 km<sup>2</sup>,是我国环境梯度变化最大、生物多样性最丰富的流域。农耕时代以来,人类活动就开始对流域生态环境产生影响,影响范围和程度具有显著的时空特点<sup>[3-4]</sup>:在空间上,长江源区及许多支流源区,保留大片比较自然状态,人类活动较少,生态环境质量还处于良好状态,但长江中下游及长江口,经济社会发展快,生态环境影响十分明显;在时间上,为了生存及粮食生产,从古代开始,人们就开始森林砍伐、矿山开采、围湖造田、修堤建闸,主要改变的是土地利用方式。虽然涉及范围很大,但生态环境影响主要在流域面上,对江湖水域影响较小。进入大

收稿日期:2022-05-05 修回日期:2022-06-17 网络出版时间:2022-07-04

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1430.TV.20220701.1305.002.html

基金项目:国家自然科学基金重大项目(41890820)

作者简介:夏军(1954—),男,湖北广水人,教授,中国科学院院士,主要从事水文学及水资源研究。E-mail: xiajun666@whu.edu.cn

通信作者:陈进(1959—),男,湖北武汉人,教授,主要从事流域水资源及环境研究。E-mail: chenjin@mail.crsri.cn

规模工业化和城市化时期,大量废污水排放、过度捕捞、大型水库群修建、岸线和洲滩开发利用等行为,都对水生态系统产生直接而巨大的影响,古今影响累积与叠加,使长江生态环境问题日益突出,其主要体现在水污染、水生态系统严重退化、自然资源过度开发利用、流域管理机制不完善等方面<sup>[5-6]</sup>。

### 1.1 水污染

根据《长江流域水资源质量公报》近 20 年的统计,长江流域废污水排放量由 1998 年的 197 亿 t 增加到 2016 年的 353 亿 t。长江流域农业耗水率大约为 70%,而农业用水量多年平均在 1 000 亿 m<sup>3</sup>,推算出每年有 330 亿 t 含高营养物质的农业退水流入长江水系,将点源和面源加在一起,2016 年废污水排放总量实际是 683 亿 t<sup>[7]</sup>。从长江经济带 11 省(市)污染排放总量看,2019 年城市污水排放总量为 221.9 亿 m<sup>3</sup>,占到全国的 43%,单位面积化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物排放强度是全国平均水平的 1.5~2.0 倍<sup>[8]</sup>,水域环境容量基本没有变化,而水污染负荷成倍增加。2017 年以前的 20 年时间里,除了 1998 年和 2016 年外,长江流域河流全年期水质劣于Ⅲ类河流比例都占到评价河段的 20%以上,其中:2006—2010 年的 5 年中超过 30%以上;到 2015 年劣于Ⅲ类河段基本都在 20%以上;直到 2016 年才降到 17.4%。湖泊全年期水质好于和等于Ⅲ类湖泊数量占总评价湖泊数的百分比没有超过 50%,到 2016 年仅占 16.4%,说明大多数湖泊丧失了饮用水源地的功能,水污染问题十分突出。

### 1.2 水生态功能退化

由于梯级水电站建设、毁灭式的捕捞和水污染等综合因素,河流水文和泥沙输移过程发生巨大变化,河岸及洲滩生物栖息地功能下降,长江几乎所有珍稀和特有水生生物都面临生存困难,甚至出现灭绝,如白暨豚、白鲟等。到 2017 年,长江江豚数量仅 1 000 头左右,比大熊猫数量还少;中华鲟连续多年没有自然产卵;长江中下游的三鲜(鲟鱼、河豚和刀鱼)中鲟鱼已灭绝,刀鱼和天然河豚数量极少;中华绒螯蟹资源也接近枯竭;青、草、鲢、鳙 4 大家鱼是长江中最多的经济鱼类,资源量已大幅萎缩,种苗发生量与 20 世纪 50 年代相比下降了 90%以上,年产卵量从最高 1 200 亿尾降至最低不足 10 亿尾;野生鱼类年捕捞量不足 10 万 t,不到 20 世纪 50 年代的 20%。长江水生态系统功能严重退化。

### 1.3 水域和岸线开发利用过度

过去的河道整治、岸线利用没有将生态环境作

为制约因素,长江自然岸线和洲滩显著减少。到 2015 年,长江干流岸线利用率已经超过 20%,其中上海市岸线开发利用率为 50%<sup>[9]</sup>、江苏省岸线开发利用率接近 30%。长江两岸出现化工企业围江,非法码头遍布现象,已利用岸线多为硬质护坡,失去了生态屏障功能。河道中的大量洲滩也被开发利用,成为堆放废弃物质、砂石场地,或者开发成农田,再加上河道内无序采砂等问题,使许多水生生物栖息地破坏。

### 1.4 流域管理体制机制不完善

长江开发利用和保护管理涉及多个部门和 19 个省自治区和直辖市,国家部门之间、流域与区域之间、地区与地区之间各自为政,出现“九龙治水”的现象,缺乏统一、协调的长江开发利用与保护管理规划和政策,导致生态环境问题日益突出。长江保护机制不健全,如生态环境、自然资源、生物多样性等监测资料共享机制、流域生态补偿机制、联合监督执法机制等。

## 2 长江大保护实施以来取得的主要成绩

### 2.1 长江河流型水质明显改善

长江大保护实施以来,成效最显著的是河流型水质的改善。过去 6 年,城镇生活污水处理能力显著提升,地级及以上城市污水收集管网长度比 2015 年增加 20.7%,城市生活垃圾日处理能力比 2015 年提高 60.7%。沿江城市废污水处理厂改造升级,要求排放标准达到一级 A 水平,加上河流水循环速度快,所以水质改善明显,供水安全保障能力提高<sup>[10]</sup>。从观测数据看:长江干支流国控断面水质优良比例从 2016 年的 82.3%提高到 2019 年的 91.7%和 2020 年的 96.3%,到 2021 年,水质优良比例达到 97.1%,是有实测数据以来最高水平。长江干支流国控断面劣 V 类水质比例从 2016 年的 3.5%下降到 2019 年的 0.6%,2020 年首次实现消除劣 V 类水体。

### 2.2 鱼类资源恢复迹象出现

从 2003 年开始,长江每年在主要鱼类产卵期实施 3 至 4 个月的禁渔期。但到 7 月开捕后,当年繁殖成果很快被捕捞殆尽,短暂的休渔时间难以使鱼类种群繁衍壮大。从 2017 年开始,在长江上游赤水河实施全年禁渔,采取让渔民转产转业、停止使用“迷魂阵”和电捕等破坏性渔具等措施,保障鱼类自然繁殖,取得初步成效。2020 年 1 月,农业农村部发布《长江十年禁渔计划》,开始在长江上游珍稀特

有鱼类国家级自然保护区等 332 个自然保护区和水产种质资源保护区全面禁止生产性捕捞,保护区以外的天然水域,从 2021 年 1 月 1 日起实行,暂定期为 10 年的常年禁捕,其间禁止天然渔业资源的生产性捕捞,同时开始实施珍稀濒危物种拯救行动计划,提高中华鲟、长江鲟、江豚等珍稀物种数量。目前,一些多年不见的鱼类开始在长江主要水域出现,江豚在中下游多个干流江段不时出现,鱼类资源出现恢复迹象。

### 2.3 “四乱”现象得到遏制

水利、交通、公安等部门和地方政府开展了长江岸线整治。其中:长江沿线 1 361 座非法码头彻底整改;2 417 个违法违规项目被清理整治;沿江一大批高污染高耗能企业被关停取缔,其中化工企业关改搬转超过 8 000 家。干流和主要支流岸线利用率从 2015 年的 20% 下降到 2020 年的 15%,沿江城市多数滨水岸线回归群众生活,岸线及洲滩上的乱占、乱采、乱堆和乱建(“四乱”)现象得到遏制。

### 2.4 航道标准大幅提升

长江是世界第一大内河航运河流,是长江经济带发展的纽带。过去 10 年间,交通部门先后实施了 20 余项航道建设工程,如:长江口南槽一期、南京以下 12.5 m 深水航道、武汉至安庆段 6 m 水深航道、中游荆江昌门溪至熊家洲段、上游朝天门至九龙坡等一批国家重大交通工程相继建成投产。目前,南京以下可通航 5 万 t 级海船,武汉以下可通航 5 000 t 级船舶,重庆以下可通航 3 000 t 级船舶,宜宾以下可通航 2 000 t 级船舶。长江航道标准的提升、航运条件的改善促进了船舶大型化发展:2020 年长江干线船舶平均吨位达到 1 960 t,比 2015 年提高 42%;2020 年长江干线货物通过量突破了 30 亿 t,较 2015 年增长了 40%,江海直达、江海联运快速发展。

在坚持低影响要求下,长江开展了绿色航道和港口建设实践,如:采用生态环保港口及航道结构;协助农业部门实施增殖放流,开展生态涵养区、生态湿地等生境修复建设;等等。目前航道工程的护岸工程绿化率达到 80% 以上,配套建设生态护岸、生态护滩、人工鱼巢、人工鱼礁等共 160 余处。大型港口安装了岸电和船舶垃圾收集系统,泊船噪声和直排污水现象大幅减少。

### 2.5 水环境条件明显改善

水利部、生态环境部先后开展了沿江水域排污口核查,对于规模以上的入河排污口进行规范化建设,即:统一规范入河排污口设置、竖立明显的建

筑物标识牌、实行排污口的立标管理、标明水污染限制排放总量及浓度、明确责任主体及监督单位等内容。同时,设置明渠段,便于采集样品、计量监测和日常现场监督检查,为排污口的监测、监督及管理提供保障;生态环境部门开展了黑臭水体治理,在重点河流开展“三磷”(磷矿、磷化工企业和磷石膏库)污染治理,许多江段总磷已经不再是第一超标项目,如乌江磷污染情况明显好转;清理整顿了自然保护区的小水电,加强了小水电和跨界河段生态流量的监督管理;开展了非法采砂专项整治等系列专项行动。

### 2.6 公民保护意识发生改变

经过国务院两轮环境保护督察和各部门开展的系列保护行动,新闻媒体对生态环境问题的不断曝光,问责了一批不作为、乱作为的地方干部以及违法违规企业,加上公众积极参与,生态优先、绿色发展的理念已经深入人心并开始转化为人们的生产生活行为。

### 2.7 长江保护开始有法可依

2020 年 12 月全国人大常委会审议通过《长江保护法》,2021 年 3 月 1 日起正式施行,长江保护开始有法可依。《长江保护法》内容涉及长江保护体制机制、规划与管控、资源保护、水污染防治、生态环境修复、绿色发展、保障与监督和法律责任等诸多方面。明确提出“建立长江流域协调机制,统一指导、统筹协调长江保护工作,审议长江保护重大政策、重大规划,协调跨地区跨部门重大事项,督促检查长江保护重要工作的落实情况”。

## 3 长江大保护需重点解决的科学和管理问题

虽然长江保护取得了重大进展,但距离长江经济带高质量发展需要和美丽中国的目标仍然有较大差距,诸如湖泊水质改善、水生态系统功能和结构恢复、长江生态廊道建设等方面需要长期努力,许多科学和管理问题需要深入研究。

### 3.1 气候变化和人类活动对于长江生态环境不同时空尺度影响机制

长江流域跨越区域多,不同区域影响程度不同:从区域角度看,长江源区等人类活动较少地区受气候变化的影响更显著,而长江城市群及中下游经济发达地区受人类活动影响更加显著;从时间尺度看,人类活动的短期影响更大,而气候变化的长期影响更明显。因此,在科学层面上需要定量分析气候变化和人类活动不同时空尺度影响机制,预测未来演

变规律,为长江保护提供科学依据。

### 3.2 长江鱼类等水生生物修复

长江有大量珍稀特有鱼类和经济鱼类<sup>[11]</sup>,目前实施的 10 年禁渔只是解决毁灭性捕捞和部分鱼类食物链断裂等急迫问题,而影响水生生态系统功能退化还有许多难题需要解决。如:许多鱼类需要激流水环境和河漫滩栖息地,它们主要摄食河滩砾石上的着生藻类或是爬附于石上的水生昆虫,需要研究长江水系还有哪些支流具备这样的环境条件、通过什么途径恢复这样的环境条件;有效的珍稀特有种抢救方法有哪些;栖息地多样性的恢复能否促进生物多样性等。

### 3.3 湖泊水质恢复缓慢

湖泊水质恢复缓慢既有科学问题,也有管理问题。湖泊污染源有点源、面源和内源等 3 部分,其中点源治理比较容易,而面源和内源污染治理就困难得多。需要解决的科学问题是湖泊水循环机制与污染负荷承载力关系,如滇池、巢湖和太湖都面临水循环速度慢、面源和内源污染尚未有效控制等问题。入湖污染物负荷超过水环境容量,这种情况下引江济湖,增加换水周期,改善水动力条件的能力及阈值需要确定。面源污染控制更多的是管理问题,如推广绿色农业和养殖技术、提升农村垃圾和污水处理能力等。许多湖泊长期沉积,聚集了大量内源污染物,是采用化学方法絮凝沉淀,还是采用物理的疏浚挖除方法,不仅是技术问题,也是经济问题,需要统筹考虑。采用生物方法重建水生生态系统功能显然是最有效的方法,但不同湖泊采用何种技术、需要多长时间等问题都需要进一步探索。

### 3.4 流域综合监测与数字孪生技术

长江流域是复杂的巨型流域系统,要科学保护必须建立起生态环境、自然资源、水文气象、自然灾害、水利工程、航运综合监测系统。开发集监测、模拟、评估和决策一体的流域数字孪生系统及平台,包括长江模拟器的研发与应用,涉及大量天空地一体化监测、多源数据融合、数学物理模型开发、工况模拟和情景再现、评估和智能决策系统建设等科学技术问题,而监测数据的共享机制是管理问题,也是难点。

### 3.5 水利工程联合调控系统

长江流域已建大中小水库 5 万多座、蓄滞洪区 46 处、大型排涝泵站 2 546 个,还有大量水闸、引调水、供水、灌溉等水利工程。这些工程对于长江防洪排涝、供水抗旱、航运和生态环境保护起到关键作

用<sup>[12]</sup>,特别是《长江保护法》规定了水利水电、航运枢纽等工程应当将生态用水调度纳入日常运行调度规程,其中有大量科学技术问题需要研究:如何平衡水利工程兴利与生态环境保护关系;如何确定水生生物需要的水文水温过程;在保证水库兴利的前提下,水库群生态调度的潜力和能力有多大;等等。

### 3.6 长江经济带绿色发展

长江经济带产业结构调整及绿色发展刚刚起步,有大量钢铁、石油、化工、有色金属、建材、船舶等产业需要升级改造或者提升技术装备水平,提高生产效率。在推动造纸、制革、电镀、印染、有色金属、农药、氮肥、焦化、原料药制造等传统污染企业实施清洁化改造,升级为低排放的绿色企业还有大量工作需要开展。在保障农作物产量前提下,如何降低化肥农药使用量、加强水产和畜禽养殖投入品管理等方面也有大量问题需要解决。

### 3.7 流域生态补偿机制建立

《长江保护法》第七十六条提出了国家建立长江流域生态保护补偿制度,国家各部委近年也提出一系列推进长江流域生态补偿机制建立的政策或计划<sup>[13]</sup>。但目前已经建立的流域生态补偿实践中,补偿对象单一,主要针对水质达标,涉及其他生态功能区的少,而且水质考核断面主要集中在两行政区之间的跨界河流上,跨多省市或者左右岸之间很少。主要问题是:生态功能区服务价值评价缺乏被广泛认可方法及技术标准;补偿资金渠道单一,主要靠国家及地方财政资金;自然资源和生态服务价值实现路径单一,企业和社会资金参与较少,公众参与渠道不畅。因此,需要完善流域横向生态补偿机制,建立以政府为引导、市场化运作为主的流域生态补偿机制。

## 4 长江保护对策建议

长江生态系统结构、功能及演变规律十分复杂,解决上述问题,必须基于长期系统的科学监测和分析,从流域的整体性出发,山水林田湖草系统治理,采取适应性的保护和管理措施才实现持续改善的目标,具体对策建议如下:

按照《长江保护法》要求,发挥流域协调机制的作用,理顺长江保护的体制和机制,统一制定长江保护重大政策、重大规划。尽快建立起生态环境、自然资源、气象水文、自然灾害、航道航运、水利工程调度等监测信息共享机制,定期评估自然资源开发利用、水环境质量、生物多样性状况,实施统一协调的保护

措施。

协调不同类型生态环境敏感区保护关系,多规合一,科学制定好国土保护和利用规划,协调各类生态功能区和生态红线,确定保护对象和目标,并根据自然保护地等级和特点进行修复,改变以工程措施为主生态修复思路,持续开展“自然修改”和适应性的保护地管理。

启动新一轮的岸线和洲滩保护规划,规范开发利用行为,并提高利用效率,增加自然岸线和洲滩长度或者面积,逐步恢复其生物栖息地和生态屏障功能。

进一步开展流域和湖泊面源污染、土壤污染和地下水污染治理。3种污染的治理难度大、时间长,需要一河(湖)一策,采用技术治理、生态修复和管理的综合措施。其中:管理措施更重要,如指导农民科学施肥和养殖;深入村组、采矿现场截污治污;化工企业进园区统一治污;陆地及过渡带恢复植被、水域恢复生态系统结构和功能;等等。

在严格执行10年禁渔的同时,开展水生生物栖息地的系统修复。对于珍稀和特有物种开展抢救性保护,如迁地保护、增殖放流、修建过鱼设施、开展人工繁殖等。尽量恢复自然的水文过程和水系连通,保护鱼类产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道等水生生物栖息地。

协调水利工程防洪、发电、航运、供水、灌溉、旅游与生态环境保护关系,不仅保障水库生态流量的下泄,而且需要针对保护物种,开展以重要水生生物为调度目标的水利工程群联合生态调度。

建立政府主导、社会参与的生态补偿机制,发挥政府、企业和公众参与保护生态环境积极性,多渠道筹集长江保护和生态补偿基金,建立利益相关者、社会及公众广泛参与的保护机制。

在《长江保护法》等法律法规指导下,为长江大保护提供法律保障。强化多部门、跨行政区的联合监督检查;发挥河湖长制优势,将长江保护和自然资源保护落实到各级领导干部责任制中;发挥新闻媒体和公众参与的长江保护监督作用。

#### 参考文献(References):

- [1] 夏军,占车生,曾思栋,等.长江模拟器的理论方法与实践探索[J].水利学报,2022,53(5),1-10. (XIA J, ZHAN C S, ZENG S D, et al. Theoretical method and practical exploration of Yangtze River simulator construction[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2022, 53(5): 1-10. (in Chinese)) DOI: 10.13243/j.cnki.slxb.20220077.
- [2] XIA J, LI Z, ZENG S D, et al. Perspectives on eco-wa-

ter security and sustainable development in the Yangtze River basin[J]. Geoscience Letters, 2021, 8(1): 1-9. DOI:10.1186/s40562-021-00187-7.

- [3] 陈进.长江生态系统特征分析[J].长江科学院院报,2015,32(6):1-6. (CHEN J. Characteristics of the Yangtze River ecosystem[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2015, 32(6): 1-6. (in Chinese)) DOI:10.3969/J. ISSN. 1001-5485. 2015. 06. 001.
- [4] 潘保柱,刘心愿.长江流域水生态问题与修复述评[J].长江科学院院报,2021,38(3):1-8. (PAN B Z, LIU X Y. A Review of water ecology problems and restoration in the Yangtze River basin[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2021, 38(3): 1-8. (in Chinese)) DOI: 10.11988/ckyyb.20200787.
- [5] 李海生,杨鹤平,赵艳民.聚焦水生态环境突出问题,持续推进长江生态保护修复[J].环境工程技术学报,2022,12(2):336-347. (LI H S, YANG Q P, ZHAO Y M. Focusing on water eco-environment problems and sustainably promoting ecological conservation and restoration of the Yangtze River[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(2): 336-347. (in Chinese)) DOI: 10.12153/j.issn.1674-991X.20220091.
- [6] 李海生,王丽婧,张泽乾,等.长江生态环境协同治理的理论思考与实践[J].环境工程技术学报,2021,11(3):409-417. (LI H S, WANG L J, ZHANG Z Q, et al. Theoretical thought and practice of eco-environment synergistic management in the Yangtze River[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2021, 11(3): 409-417. (in Chinese)) DOI: 10.12153/j.issn.1674-991X.20210071.
- [7] 陈进,刘志明.近年来长江水功能区水质达标情况分析[J].长江科学院院报,2019,36(1):1-6. (CHEN J, LIU Z M. Standard reaching rate of water quality in water function regions in Changjiang River basin in recent years[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2019, 36(1): 1-6. (in Chinese)) DOI: 10.11988/Ckyyb.20181063.
- [8] 李翀,李玮,周睿萌,等.长江大保护战略下科技支撑长江生态环境治理的几点思考[J].环境工程技术学报,2022,12(2):356-360. (LI C, LI W, ZHOU R M, et al. Some thoughts on the scientific support to the eco-environmental management of the Yangtze River under great protection of the Yangtze River[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(2): 356-360. (in Chinese)) DOI: 10.12153/j.issn.1674-991X.20210696.
- [9] 胡春宏,张双虎.长江经济带水安全保障与水生态修复策略研究[J].中国工程科学,2022,24(1):166-175.

- (HU C H, ZHANG S H. Strategies for water security and aquatic ecosystem restoration in the Yangtze River Economic Belt[J]. Chinese Engineering Science, 2022, 24(1): 166-175. (in Chinese)) DOI 10. 15302/J-SS-CAE-2022. 01. 018.
- [10] 陈进, 王永强, 张晓琦. 长江经济带供水安全保障战略研究[J]. 水利学报, 2021, 52(11): 1369-1379. (CHEN J, WANG Y Q, ZHANG X Q. Study on the strategy of water supply security in the Yangtze River Economic Belt [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2021, 52(11): 1369-1379. (in Chinese)) DOI: 10. 13243/j. cnki. slxb. 20210498.
- [11] 曹文宣. 十年禁渔是长江大保护的重要举措(开栏词)[J]. 水生生物学报(长江“十年禁渔”专刊), 2022, 46(1): 1. (CAO W X. Ten year fishing ban is an important measure for the great protection of the Yangtze River[J]. Acta Hydrobiologica Sinica (Open column words), 2022, 46(1): 1. (in Chinese))
- [12] 陈进. 长江流域水资源调控与水库群调度[J]. 水利学报, 2018, 49(1): 2-7. (CHEN J. Regulation of water resources and operation of reservoir group in the Yangtze River basin [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2018, 49(1): 2-7. (in Chinese)) DOI: 10. 13243/j. cnki. slxb. 20170889.
- [13] 陈进. 流域横向生态补偿进展及发展趋势[J]. 长江科学院院报, 2022, 39(2): 1-6. (CHEN J. Progress and development trend of horizontal ecological compensation in river basin [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2022, 39(2): 1-6. (in Chinese)) DOI: 10. 11988/CKYYB. 20211257.

## Practice and countermeasures of the great protection of the Yangtze River

XIA Jun<sup>1</sup>, CHEN Jin<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. Yangtze River Academy of Sciences, Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, Wuhan 430015, China)

**Abstract:** Yangtze River is not only the largest river in China, but also the most important water source in China. Protecting the Yangtze River is the basis for the high-quality development of the Yangtze River economic belt. Starting from the analysis of the ecological and environmental problems of Yangtze River, the achievements made in the implementation of the great protection of Yangtze River in the past six years are summarized, the deep-seated problems existing in the ecological environment, scientific solutions and management countermeasures are discussed, and comprehensive countermeasures and suggestions for the protection of Yangtze River in the future are put forward. The analysis shows that the river water quality of Yangtze River has improved significantly, but the recovery of lake water quality and ecosystem is slow. The restoration of rare and endemic species, the restoration of water ecosystem integrity and the control of watershed non-point source pollution are long-term and complex tasks. Under the dual influence of climate change and human activities, the evolution mechanism and restoration technology of Yangtze River ecosystem, the joint regulation method of hydraulic engineering groups with full consideration of ecological needs, the development of comprehensive monitoring and digital twin technology of the river basin, and the improvement of various mechanisms of Yangtze River protection are the focus of future scientific research and river basin protection. Only through comprehensive observation, systematic scientific research and adaptive management measures, the goal for both high-quality development of Yangtze River economic belt and beautiful China can be achieved.

**Key words:** Great protection of the Yangtze River; water environment; ecosystem; scientific problem; adaptive management