# 两大举措助力突破洱海水质改善瓶颈

## 水专项“洱海低污染水处理与缓冲带构建关键技术及工程示范”课题成果显著

近期,云南省环保厅副厅长、省环保厅洱海抢救性保护行动工作组组长王天喜调研洱海保护治理工作时强调,洱海保护治理的形势仍然严峻,影响水质的因素还没有根本性扭转,我们要以久久为功的定力、韧劲和决心,加紧推进三线划定、环湖截污、农田面源治理、村落污水收集、环保设施运行机制创新等既定的工作任务,坚决打赢洱海保护治理攻坚战。

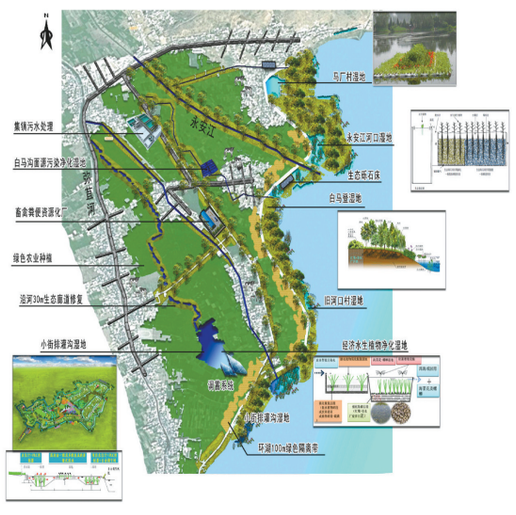
洱海是我国典型的高原湖泊,也是我国富营养化初期湖泊的代表,正处于营养状态可逆的敏感转型期,水质波动较大,亟须加大治理力度。随着流域社会经济发展和生产生活方式的快速转变,生产生活用水量以及污水排放量快速增大,导致流域低污染水排放量急剧增加,污染已成为洱海富营养化的关键驱动力之一。同时,洱海湖滨区开发强度越来越大,生态空间大量被侵占,污染净化及生态屏障功能严重受损,洱海保护治理面临着新的瓶颈。为此,中国环境科学研究院牵头承担了“十二五”水专项“洱海低污染水处理与缓冲带构建关键技术及工程示范”课题,这一课题着重开展了低污染水处理(治理)和缓冲带构建(保护)两方面研究,在深入剖析洱海保护治理新问题的基础上,丰富了湖泊缓冲带的内涵,突破了低污染水处理和缓冲带构建关键技术,形成了洱海流域低污染水处理净化体系构建方案和洱海缓冲带生态构建工程方案,为洱海保护治理提供了科学支撑。

### 剖析流域生态屏障脆弱环节 找准洱海保护治理瓶颈

洱海经历了从20世纪90年代的贫中营养化、Ⅱ类水质,到21世纪初的富营养化初期、Ⅲ类水质的逐步发展。为遏制洱海水质继续恶化,洱海近30年的治理保护工作,也由点源控制为重点逐步扩大到面源及内源控制和治理。然而,洱海水质波动明显,尚未得到根本好转,湖泊水生态系统退化仍十分严重。如何在社会经济大发展背景下,保护洱海一湖清水,成为必须考虑的重大问题。课题组从洱海保护治理系统出发,深入剖析了流域生态屏障脆弱环节。课题负责人告诉记者,通过研究,他们提出了当前洱海保护治理的两大瓶颈问题:一是流域低污染水净化体系缺失,低污染水成为洱海富营养化新的驱动力之一;二是洱海缓冲带生态空间被持续挤占,水质净化及生态功能严重受损。

随着对洱海富营养化认识和研究的深入,课题组发现,流域低污染水量快速增加、水质水量波动大,而净化体系严重缺失。课题负责人介绍,近10年,经工程治理排放的低污染水量增加3倍以上,其与农田村落径流等低污染水总量每年已达1亿立方米以上。然而,洱海流域长期不合理的开发,大量侵占了河滨带、大型库塘湿地等生态空间,低污染水自然净化体系遭到破坏,致使这类低污染水未能得到有效净化。课题负责人强调:“这已成为当前洱海流域污染控制系统中缺失的重要一环。”

湖泊缓冲带是从湖泊流域层面出发,在湖滨带外围设立的流域经济发展区域与自然湖泊间的过渡区,也是截留和净化流域入湖低污染水的最后一道屏障。课题负责人介绍说,目前洱海缓冲带人为干扰强烈、生态退化突出,水质净化和生态屏障功能受损严重。“洱海缓冲带面积96平方公里,占流域坝区面积的17%,却承担着流域坝区20%的人口、25%的大牲畜养殖、23%的农业种植和80%的旅游服务,是流域生产生活较为集中的区域,人类开发活动强度持续加大,严重挤占缓冲带的生态空间,加剧其生态结构的不稳定和生境的破碎化。”课题负责人说。因此,如何构建洱海缓冲带、恢复生态屏障功能,是洱海保护措施的重中之重,也是流域低污染水净化的关键对策。




缓冲带生态构建与低污染水处理示范工程平面布置示意图

### 突破低污染水处理和缓冲带构建技术,巧解水质改善难题

以调蓄经济植物湿地为核心的低污染水处理技术,是课题组研发的攻克洱海流域以农田径流为主夹杂村落径流、村落污水处理设施尾水等的典型低污染水处理净化难题的一大创举。这类低污染水存在水质水量波动大、碳氮比低,传统生物净化及湿地处理效率低、维护运行成本高的问题。针对这种情况,以调蓄经济植物湿地为核心的低污染水处理技术联合了多级经济湿地、水位水量智能调控、偶联灌溉等模块。课题负责人介绍说:“这项技术中选配了净化能力强、耐水淹、经济效益好的土著植物构建了多级经济植物湿地,并耦合了强化脱氮除磷单元,智能截蓄径流中氮磷含量较高的低污染水,采用截蓄期高水位、处理净化期低水位的变水位方式运行,同时与洱海抽提灌溉设施偶联,强化了排水回用。”

课题组将这一技术应用于洱海北部永安江下游145亩示范工程,课题负责人说:“近两年的运行监测表明,示范工程区总氮、总磷和化学需氧量削减率分别达55%、69%和40%。这项技术高效的调蓄和耐冲击能力解决了低污染水水质水量波动大的难题,本湿地占地面积小的优势也减缓了征地难的问题。同时湿地经济水生植物、动物等的产出可使湿地微利运行,为湿地长效运行管理提出了新思路。”课题组还研发了以塘湿地—高水力负荷生态砾石床为核心,针对村落雨水径流夹杂部分农田径流的低污染水处理净化技术,据介绍,这项技术具有处理效率高、脱氮除磷效果好的优点。

在低污染水处理技术研发的基础上,课题组还与中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司,就技术的工程化推广应用进行了系统研究,在大理市喜洲镇建设了区域层面的示范工程,并推广应用于投资约10亿元的“大理市洱海环湖截污二期工程”库塘湿地体系建设,这项技术的推广应用可大大缓解洱海的入湖负荷压力。

课题组研发的第二个改善洱海水质的关键技术,是基于空间构建—污染管控—生态修复为一体的湖泊缓冲带构建技术,以支撑环湖生态屏障的建设。

“缓冲带空间构建技术,以湖泊小流域(区域)环境承载力为基础,综合考虑拟设立缓冲带的污染排放与净化、社会生活、经济发展、生物多样性保护等功能,对不同类型用地的比例和格局进行优化。”课题负责人介绍说。课题组研究提出了缓冲带宽度、城镇+景区用地比例、城镇+景区+村落用地比例、缓冲带内圈绿色隔离带最小宽度等管控指标,对高排放强度用地进行总量控制,并限制高排放强度用地向沿湖发展。

缓冲带污染管控技术,是对缓冲带内的污染源进行强化管理和深度净化,以实现缓冲区污染削减和水质净化的目标。基于对缓冲带内生活和农业生产空间污染源的管控,课题组提出了餐饮客栈规模控制、大牲畜禁养、高施肥作物禁种等管控措施,同时提出了城镇景区及村落污水强化收集处理、污水管网内渗管理、径流净化控制以及低污染水灌溉回用等系列控制技术,并确定了3类15项污染管控指标,强化了缓冲带污染削减和净化功能。

缓冲带生态修复技术,是基于缓冲带生态净化和生物多样性保护需求,对缓冲带内的生态空间格局、结构进行优化的技术。“我们从缓冲带内径流阻控净化和生境保护需求出发,以林草地、库塘河沟湿地的生态修复为核心,提出了缓冲带3类7项生态修复技术指标,这项技术主要对环湖绿色隔离带、河滨生态带、生态沟渠、道路绿色廊道为一体的四廊道进行生态修复,并针对村落减污提出了生态庭院构建模式。”课题负责人说。

课题组在洱海北部永安江下游流域建成了4.85平方公里的低污染水处理和缓冲带构建关键技术示范区。据了解,示范区内总氮、总磷和化学需氧量负荷分别削减34%、58%和32%,植被盖度由35.3%提升到63.3%,水生和湿生植物平均生物量由2.35kg/m$^2$提高到3.68kg/m$^2$、生物多样性香农指数由0.58提升到1.11,示范效果显著。

### 建设洱海缓冲带,构建环湖生态屏障

湖泊缓冲带是从湖泊流域层面出发,以绿色流域建设和协调发展为理念,在湖滨带基础上向外围拓展,在流域经济发展区与天然湖泊间设立的过渡区。

湖泊缓冲带具有多重功能:形成绿色发展模式,协调人湖争地矛盾;提高湖滨区对污染物的截留净化能力,减缓陆域对湖滨带和湖泊的污染压力;构建水陆生态系统屏障,有效隔离人类活动和湖泊生态系统,减缓人为活动对湖泊生态系统的干扰;为鸟类、两栖、爬行类动物提供重要栖息地;为人类提供丰富的动植物资源和景观优美的休闲娱乐场所。课题组经研究确定,洱海缓冲带范围为洱海最高水位1966米以上,西部、北部至大丽路,东至沿岸山脚、公路,南至洱海公园—机场路一线,其中沙坪、上关村委会处拓宽至214国道,全线共128公里,总面积约96平方公里。

形成缓冲带建设成套技术参数,是规范缓冲带建设的重要步骤。课题组负责人介绍说:“基于缓冲带的功能定位,针对洱海北部河流冲积扇型、西部山前坝区型、南部城镇堤岸型、东部山体陡岸型等缓冲带类型,课题组从不同空间构建模式、污染管控强度、生态修复方式等方面形成了4类缓冲带构建模式,并通过3类20余项技术参数规范缓冲带工程建设。”例如,4个类型中北部河流冲积扇型缓冲带宽度和绿色隔离带平均宽度最大,分别达到1.5公里和200米,缓冲带内农田径流控制率要求达到60%;西部山前坝区型缓冲带宽度和绿色隔离带平均宽度分别为1公里和100米,缓冲带内农田和村落径流控制率要求达到50%,污水管网地下水渗漏率要求低于15%。

为了强化湖泊缓冲带建设工程设计和运行,课题组进行了大规模工程示范建设。由于我国湖泊缓冲带工程建设没有相关规范可循,工程勘察、设计、施工、运行管理等工程化研究也是课题的重要研究内容。为此,课题组形成了技术研发、工程勘察、工程设计、绩效评估等方面产学研为一体的研究团队,并研究提出了缓冲带建设相关的勘察、调查方法,技术工程化设计和施工方法,以及缓冲带运行管理规程和缓冲带生态屏障功能评估方法。“我们在永安江下游河流冲积扇型缓冲带建立了4.85平方公里的规模化示范区,完善了工程建设和运行,并获得了良好的生态环境效益。”课题负责人说。

据介绍,为了筑牢环湖生态屏障,课题组从流域高度,将缓冲带生态功能恢复作为核心,以流域湖滨区氮磷循环平衡恢复为主线,全湖系统统筹考虑,进行全湖整体设计,分区、分圈(内圈、中圈和外圈)、分类设计洱海缓冲带生态构建工程方案。据了解,这一生态构建工程方案在北部河流冲积扇型缓冲带,以村镇及农田径流调蓄净化、环湖林草地净化和河口湿地净化为主,构建外圈村镇径流截蓄净化带、中圈大豆水稻种植为主的绿色经济带及内圈调蓄经济湿地带与环湖林草绿色隔离带;在西部山前坝区型缓冲带,以村落、农田径流调蓄净化湿地和环湖绿色隔离带建设为核心,构建外圈村落农田径流截蓄净化、中圈观光农业带和内圈林草绿色隔离带;在东部山体陡岸型缓冲带,以水土流失控制和旅游小镇径流污染控制为重点,构筑外圈水土流失控制带、中圈林灌草控制带和内圈林草透水净化带;在南部城镇堤岸型缓冲带,以城郊径流和潜流净化为重点,构筑外圈城镇径流截蓄净化带、中圈绿色景观带和内圈林草净化带。

### 构建洱海流域低污染水处理体系,支撑洱海水质持续改善

为了促进洱海水质持续改善,课题组首先提出了构建洱海流域低污染水处理体系,健全流域污染治理工程。据介绍,洱海流域低污染水类型主要包括污水处理设施尾水、农田径流、村落地表径流、城镇地表径流(后期雨水)以及低污染河水等耗氧有机物含量相对较低,但氮、磷含量仍然较高的污水。针对低污染水排放与受纳水体功能不能良好衔接以及传统污水处理工程体系难以处理低污染水的问题,课题组提出了洱海流域低污染水处理体系。课题组从流域层面对低污染水处理净化进行系统考虑,形成以河流滨岸带、库塘湿地等近自然体系为骨架,以强化生态工程湿地为辅助的低污染水处理体系,上承低污染水排放,下接受纳区域环境要求或受纳水体功能,健全流域污染治理工程,解决洱海水质持续改善的难题。

据了解,基于洱海流域不同区域低污染水种类、水质水量、受纳水体功能要求,结合区域生态用地及地形地貌特点,课题组创新提出了低污染水处理体系的五大构建模式,以支撑区域污染系统治理。

据介绍,在洱海西部,课题组针对以农田径流、村镇地表径流和集镇污水处理厂尾水为主的低污染水和山前坝区地貌特征,建立了以调蓄湿地,包括上段调蓄、中段调蓄净化、下段净化为核心的低污染水处理净化体系,低污染水处理后进入农田沟渠和湖滨带,满足入湖或灌溉回用要求。

在洱海北部,针对以入湖河流为受纳水体的农田径流、村镇地表径流、洗浴废水等,课题组依据北部河谷地或河流冲积坝区的地形地貌特色,建立以河滨带、大型库塘、河口湿地、洗浴废水及污水处理厂尾水湿地为主的低污染水处理净化体系,以提升入湖河流水质。

在洱海南部,课题组针对以入湖河流为受纳水体的水土流失区的暴雨径流和工业区尾水等,建立上游小型水库调蓄农田利用、工业区污水再生回用的低污染水净化体系,以提升入湖河流水质。

在洱海东部,针对城镇污水处理厂尾水、城镇地表径流及城镇建设期产生的水土流失,结合山地新城特征,建立以城市海绵系统建设、尾水及雨水再生调蓄利用为主的低污染水处理体系,提升径流控制率,大幅减小暴雨径流及尾水入湖。

在湖滨旅游区,课题组针对各类污水处理设施尾水,考虑临湖和景观要求高的特征,建立以强化净化湿地为主的低污染水处理体系,处理水以绿地灌溉和道路浇洒方式回用,实现区内低污染水零排放。

为了更好地支撑洱海流域低污染水处理体系建设,课题组还集成了低污染水处理系列化技术。“在综合考虑洱海流域不同类型低污染水水质水量特征、低污染水处理技术效果、建设运行费用、与当地社会经济水平适应性、处理水去向与用途等因素后,课题组集成了污水处理厂尾水、城镇地表径流、村落地表径流、农田径流和退水、温泉洗浴废水和低污染河水6套共17项低污染水处理系列化技术,支撑洱海流域低污染水处理技术体系建设。”课题负责人说。

例如,针对污水处理厂尾水,根据净化水最终去向,优选强化补碳人工湿地、多级湿地—生态塘、纤维转盘过滤—消毒等4项技术;针对农田径流和退水,根据农田在流域中的位置及净化水去向,优选深水调蓄与回用库塘、调蓄净化库塘、新型调蓄经济植物湿地3项技术;针对村落地表径流,考虑低污染水产生与迁移途径,优选生态庭院源头减排、多级库塘净化与农田回用、高水力负荷生态砾石床3项技术。

洱海水质的改善,需要将低污染水处理体系落到实处。为此,课题组形成了低污染水处理体系工程方案。

据介绍,课题组在研究洱海流域低污染水的类型、分布、水质水量特征、输移途径及处理现状的基础上,从全流域出发,统筹考虑低污染水的产生分布与受纳水体功能、低污染水类型及水质水量特征与处理技术、输移途径与地形地貌等区域特点间的关系,以系统控制论为指导,重点考虑农田径流及污水设施尾水,以流域低污染水分布的重点区域和入湖途径的关键点控制为核心,提出“源头减排净化+输移途径拦截净化+关键节点人工强化净化”的构建思路。

在考虑洱海流域已有工程和区域土地利用现状,结合洱海流域生态用地空间格局特性后,课题组提出了“一带、五湖、四片、十一点、二十六线”的洱海流域低污染水处理与净化总体工程布局。

课题负责人对记者介绍说:“一带主要指环湖缓冲带,旨在削减漫流入湖污染、构建入湖污染最后的陆域生态屏障;五湖指东湖、西湖、茈碧湖、海西海、三哨水库5个重要湖库节点,利用已有和新建库塘湿地,通过调度、调蓄和净化,实现流域低污染水的全面减量化和资源化利用;四片指海北上游坝区、海西坝区、凤仪坝区、海东新区,针对坝区低污染水产排及输移特征,以数百个库塘湿地恢复为重点,通过调蓄净化对其进行综合治理;十一点指流域11处污水处理厂,针对低污染水中唯一的点源排放,按受纳水体功能要求分别进行深度处理;二十六线指流域主要入湖河流,开展主要入湖河流生态修复和治理,构建绿色清水入湖通道。”

“低污染水处理体系工程方案的实施,可完善洱海流域生态屏障,每年拦截和控制入湖低污染水近5000万立方米,削减低污染水污染负荷约50%,实现洱海流域低污染水有效处理,促进流域生态系统保护和改善。”课题负责人说。

储昭升 庞燕 卢少勇 高思佳
王鹏飞 王海燕 赵丽 鲁昕

本报地址:北京市东城区广渠门内大街16号 邮编:100062 电话:67194786(总编室) 67113790(广告部) 67113791(发行部) 广告经营许可证:京东工商广字第8048号 年价:390元 月价:32.50元 零售:每份1.50元 人民日报印刷厂印