



科技创新提升滇池治污效能

【项目背景】

“五百里滇池，奔来眼底，披襟岸帔，喜茫茫空阔无边。”这是孙髯翁撰写大观楼长联中对滇池的描述。

有着“高原明珠”美誉的滇池，是中国第六大淡水湖泊，一直是云南省昆明市百姓赖以生存的“母亲湖”，但从20世纪80年代开始，随着滇池地区人口增加和社会经济的不断发展，生产和生活污水排放量增加与滇池自净力减弱的矛盾日益突出，致使滇池水体饱受污染之苦，滇池被列入国家“三河三湖”重点治理流域。

在国家和地方政府的有力支持下，经过多年的保护和治理实践，滇池水环境持续改善并取得了阶段性成效。特别是“十一五”和“十二五”期间，以“六大工程”为重点的流域水污染系统治理工程全面实施，使滇池蓝藻水华明显减轻，由重度向中度和轻度水华过度，分布范围不断减小，水华发生频次和强度明显下降。2016年，滇池湖体由重度富营养转为中度富营养，总体水质由劣V类转为V类，是近20年来首次出现的情况。

滇池水环境改善，离不开科学治

理和科学管理水环境模式的建立。“十二五”期间，国家水体污染控制与治理科技重大专项(以下简称水专项)“城市水污染控制与水环境综合整治”主题加大对滇池流域的科研支持力度和资金投入，设立滇池流域城市水环境改善关键技术研究项目，并含“昆明主城区污染物综合减排与水质保障关键技术研究项目”和“昆明市老运粮河水环境改善关键技术研究项目”两个课题。

经课题责任单位昆明滇池投资有限责任公司的统筹协调和任务分解，昆明滇池水务股份有限公司与清华大学、同济大学、中科院城市环境研究所、北京清华城市规划设计研究院、昆明市规划设计研究院、昆明市园林规划设计院、昆明市园林科学研究所等10余家院校及研究机构共同开展科技攻关，推进优秀科技成果转化应用于实际工程，为科学化系统治理和保护滇池水环境提供了有力科技支撑，同时也强化了企业创新驱动，拓宽了企业发展空间。



滇池外海(观音山)

出水水质提高，运行能耗下降 项目研究成果在水质净化厂得到应用

如上文所言，按照滇池流域入湖污染负荷总量及治理目标，水质净化厂一级A标准不能有效保持和满足滇池及城市河道景观水体水质改善的需求。

为此，水专项昆明示范项目将提高氮磷出水标准、降低能耗药耗等运行成本作为主要研究示范内容之一。在城镇氧化沟、A₂O、SBR、MBR四类典型工艺水质净化厂设定出水 TN≤10mg/L、TP≤0.3mg/L，能耗降低10%的考核目标。

课题全面综合测试分析水质净化厂进水组分、混合液中微生物种群、形态及结构。利用数学模型、监测数据及历年运行参数，系统分析各工艺单元间制约因素，解析处理系统中污染物的变化趋势。并以8座水质净化厂为对象开展小试、中试和生产性试验，评价各工艺段设置的科学性与合理性，形成水质净化厂系统升级改造技术方案，为工程建设提供技术路线和基础数据。

课题研究形成了一套有效的工艺运行问题诊断方法，构建典型工艺的问题分析模式，通过运行手册，提供运行事故解决策略，为日常运行管理提供支撑。针对不同工艺分别提出不外加碳源的污水二级处理强化脱氮与节能技术，提出：基于反应动力学的氧化沟优化分区供氧控制技术；开孔变速氧化节能降耗技术；基于ASM模型模拟的曝气精确控制技术；导流墙模式强化DO分布技术；基于多点进水低溶氧曝气硝化反硝化技术；间歇搅拌节能技术。

再生水补水与生态修复技术体系建立 “老大难”河道水质得到改善



老运粮河入滇口水质得到改善

再生水作为滇池及部分入滇河道的主要补给水源，其水质对水体环境影响很大。老运粮河贯穿昆明城郊连接部和城市中心区域，缺少源头洁净水补给，流域内人口密集，暗河明河交替，外源污染严重，自净能力弱，是昆明市治理难度最大的河道之一。

“昆明市老运粮河水环境改善关键技术研究项目”以“昆明老运粮河水环境改善关键技术研究项目”为题，以提高出水水质标准，充分利用河道、入湖口湿地的作用，进一步提高水质，降低总氮、总磷等水体富营养化污染物浓度为治理目标，形成“再生水补水深度净化—景观湖泊生态净化—河道再生水循环净化—河道生态修复与自净能力强化”的河道水质保障技术体系，以及再生水生态安全评价方法、再生水生态安全评价指标体系和优先控制典型有毒有害化学污染物的识别。

课题针对水质净化厂混凝过滤深度处理工艺设备老化、便于协调配套研究资源，减少日常业务对科技人员的干扰，有效保障了研究任务的顺利实施。



项目组正在进行现场调研

可喜的是，课题研究成果在昆明市第一、第二和第四水质净化厂实现了工程应用。出水水质总氮浓度较课题基准年下降为：一厂(氧化沟工艺)37%，二厂(A₂O工艺)25%，四厂(MBR工艺)30%，达到国内先进水平。能耗较基准年降低为：一厂19.5%，二厂23.8%，四厂20.3%，处于全国平均能耗水平下限。

此外，课题研究成果在昆明主城其余水质净化厂进行技术推广应用，整体出水水质有显著提高。2016年平均出水总氮小于10mg/L，出水总磷小于0.2mg/L，其他主要指标达到地表Ⅲ类水水平，有效提升了水质净化厂对污染负荷的削减能力。2016年单位能耗较2011年下降19%，平均吨水电量为0.24度，节约运行电费1407万元。

此外，课题研究成果在昆明主城其余水质净化厂进行技术推广应用，整体出水水质有显著提高。2016年平均出水总氮小于10mg/L，出水总磷小于0.2mg/L，其他主要指标达到地表Ⅲ类水水平，有效提升了水质净化厂对污染负荷的削减能力。2016年单位能耗较2011年下降19%，平均吨水电量为0.24度，节约运行电费1407万元。

通过参与“十二五”水专项城市主题课题研究内容，滇池水务公司充分体现企业自身技术创新需求，借助自主研发、合作研发和委托研发等多种研究方式，培育企业科技创新带头人和创新团队，注重创新成果向现实生产力的转化，持续提升污水处理运营管理能力。

几年来，滇池水务公司申报国家和省市科研课题20项，申请获得知识产权20余项。公司与清华大学、西安建筑科技大学、云南大学、昆明理工大学等高等院校建立了长期合作关系，并与美国、德国、瑞士等国家的研发团队开展项目合作和技术交流。公司形成了主要领导总牵头，技术专业骨干任项目负责人，技术人员广泛参与的百余人的科技创新团队。获得了“全国五一劳动奖状”、“高新技术企业”、“创新型试点企业”认定，下属运营的多座昆明主城区水质净化厂获得“全国十佳”和“全国优秀”称号，参编及主编了国家、云南省污水处理、再生水运营管理规程。

在苦练内功的同时，滇池水务公司也积极探索外地市场，力争在“走出去”方面下功夫，初步形成了云贵高原连片发展、华东华南地区快速扩张、东南亚地区重点突破的区域化市场格局，将水专项的研究成果应用到更多领域和地区。

滇池水务公司在主营业务的技术、管理及服务水平3个方面始终保持稳步提升的势头，运用科技创新打造科技资源“引进来”和“走出去”的工作步伐，为滇池水环境改善以及科技创新成果有效辐射国内其他省份及东南亚、南亚区域做出应有的努力和贡献。

“大数据”和“信息化”支撑精准治污 源解析成果为综合施策提供指导

多年来，滇池流域城市水环境系统的建设不仅支撑了滇池水环境质量的改善，也提供了大量宝贵的水环境治理信息与数据。“昆明主城区污染物综合减排与水质保障关键技术研究项目”课题在整理分析多年积累的大量城市水环境系统建设与运行相关数据的基础上，利用现场监测与数值模拟相结合的技术手段，建立了一套分层次的城市水污染源动态解析方法。

此方法覆盖了有组织排放的生活源、工业源、集中处理设施源、合流管网溢流源、雨水管网排放源、无组织排放的内涝源、雨污直排源，以及外来入流入渗源等各种类型污染源。应用此方法，课题从单个污染源、排污地块、设施节点、接纳水体等多个层级出发，定量描述了昆明市水污染物产汇排过程及其对水环境影响的时间动态性和

空间差异性。此外，课题组还开发了昆明市城市水污染源解析系统，不仅固化了课题技术研究成果，也为后续昆明市水环境治理工作提供了长期有效的工具。

昆明市水污染源解析工作的开展实现了水污染源高时间精度与空间分辨率的产排过程跟踪，实现了水环境质量变化的源头回溯。这项工作的成功开展，为昆明市主城区水污染物减排方案的科学制定提供了工具，使得昆明市的水污染源管理工作进入了精细化新阶段；也为我国城市水污染控制系统的科学规划与高效运行提供了技术支撑，促进我国水环境治理进入信息化与智能化决策的新篇章。此项工作的成果已得到应用，并支撑了《“十三五”滇池水污染防治规划》《昆明市海绵城市建设专项规划》等编制工作的开展。

科技创新提升企业核心竞争力 示范项目拓展市场发展空间

作为“滇池流域城市水污染控制及水环境综合治理研究与综合示范项目”主要承担单位的昆明滇池水务股份有限公司通过项目实施，提升了企业核心竞争力，拓展了发展空间。

滇池水务公司从成立之初即围绕“科技兴司”战略目标，以关键技术和创新突破为突破，加快推进以科研工作体制机制建设和创新资源整合为重点的一系列重要举措。通过坚持自主创新、吸收创新和集成创新，公司从原来零星、碎片和点式创新逐步发展为系统改造、叠加和优化升级生产工艺的一系列的科技自主创新体系。

通过参与“十二五”水专项城市主题课题研究内容，滇池水务公司充分体现企业自身技术创新需求，借助自主研发、合作研发和委托研发等多种研究方式，培育企业科技创新带头人和创新团队，注重创新成果向现实生产力的转化，持续提升污水处理运营管理能力。

几年来，滇池水务公司申报国家和省市科研课题20项，申请获得知识产权20余项。公司与清华大学、西安建筑科技大学、云南大学、昆明理工大学等高等院校建立了长期合作关系，并与美国、德国、瑞士等国家的研发团队开展项目合作和技术交流。公司形成了主要领导总牵头，技术专业骨干任项目负责人，技术人员广泛参与的百余人的科技创新团队。获得了“全国五一劳动奖状”、“高新技术企业”、“创新型试点企业”认定，下属运营的多座昆明主城区水质净化厂获得“全国十佳”和“全国优秀”称号，参编及主编了国家、云南省污水处理、再生水运营管理规程。

在苦练内功的同时，滇池水务公司也积极探索外地市场，力争在“走出去”方面下功夫，初步形成了云贵高原连片发展、华东华南地区快速扩张、东南亚地区重点突破的区域化市场格局，将水专项的研究成果应用到更多领域和地区。

滇池水务公司在主营业务的技术、管理及服务水平3个方面始终保持稳步提升的势头，运用科技创新打造科技资源“引进来”和“走出去”的工作步伐，为滇池水环境改善以及科技创新成果有效辐射国内其他省份及东南亚、南亚区域做出应有的努力和贡献。

紧密结合治理需求 构建城市水污染治理技术体系

“十二五”是全力推进滇池治理的攻坚阶段，也是亟需水专项继续给予科技支撑的关键时期。如何以地方需求为导向，紧密与地方治理工程建设相结合，提供技术方法、技术依据、运行管理策略和系统的技术体系支撑，是项目设立之初首先考虑的问题。

没有有效的洁净水补给，是滇池水环境得不到有效改善的主要原因之一。总面积达330km²的滇池水域，平均水深仅5米，湖体呈南北狭长状，容量仅约15亿立方米，水体每四年才置换一次。而另一方面，由于昆明市主城区位于滇池上游，城市产生的污染物极易进入滇池，使得滇池水污染治理成为世界性的难题。

自“九五”以来，滇池流域多座水质净化厂和配套污水收集管网设施逐步完善，目前，昆明市主城已建成投运11座水质净化厂，基本实现旱季城市生活污水、工业废水的纳管收集、处理排放，且水质净化厂执行一级A标准



昆明市第一水质净化厂

“一把手”工程体现改善决心 创新管理模式充分发挥各方优势

如果说对于滇池水环境改善科技需求的科学研判，明确了项目的研发和示范目标，那么地方政府加大研究资金投入，创新项目管理机制，则是示范项目能够成功的重要基础。

2016年以来，云南省委常委、昆明市委书记程连元多次率队调研滇池保护治理工作，对进一步提高出水水质和污水处理效率作出重要指示，强调要继续把滇池治理作为头等大事和“一把手”工程，转变工作理念，创新工作方法，提高工作标准，加大工作力度，下更大的决心把滇池治理好，强化科技创新和科技支撑，借鉴国内外先进技术、生物技术，把滇池治理作为一项系统工程，强化源头治理，切实提高滇池治理的科学化水平，广泛动员各方面力量支持参与滇池治理工作，还滇池一湖清水。几年的时间里，昆明市委领导亲力亲为的工作方式始终贯穿于滇池水环境治理项目的实施过程中。

为保障水专项的顺利开展，昆明市政府组成以分管副市长为组长，相关委办局和责任单位主要领导为成员

的实施管理领导小组，负责项目统筹协调和指导，成立领导小组办公室具体负责项目的组织、协调、管理工作，落实项目配套资金，确保项目具有前瞻性和创新性，同时符合地方需求和产业化要求，成立国家级专家与地方专家共同参与的技术专家组，对项目进行技术指导。

由此，“十二五”水专项城市主题昆明示范项目形成了政府主导、高位协调、专家管理监督指导、科研院所择优选择、地方企业具体负责、属地政府配套工程的“产、学、研、用”紧密结合的管理模式和示范机制，项目、课题及子课题实施技术单位与行政单位双负责人制，负责人实行目标责任制，进行年度目标考核、激励。

这样的模式和机制一方面充分发挥了地方政府积极性，确保水专项与地方规划需求充分结合，同时确保研究内容的科学性和先进性；另一方面发挥了科学技术人员与地方管理人员各自优势，便于协调配套研究资源，减少日常业务对科技人员的干扰，有效保障了研究任务的顺利实施。