大型水库热分层的水质响应机理与调控技术研究

【获奖等级】 应用成果奖三等奖

【任务来源】 国家科技计划项目

【起止时间】 2016 年 7 月～2021 年 12 月

【完成单位】 中国水利水电科学研究院、天津大学

【主要完成人】 刘晓波、刘之平、刘 畅、孙博闻、余 晓、张士杰、王世岩、董 飞、诸葛亦斯、杜彦良

一、研究背景

高污染负荷背景下，水库水体的垂向热分层伴随的水体缺氧及水质恶化，逐渐成为影响水利工程环境安全的一类重要问题，但垂向监测手段缺位、模拟方法和调控技术的不足等，限制了对水库水生态环境的精准管理和调控，对水库水生态环境安全和供水功能的保障造成了严重威胁。本项目针对该问题，从监测技术、机制机理、模拟方法和调控技术等方面开展研究，形成了较为系统的成果。

二、主要内容

1、水库垂向高频多参数智能水质监测成套技术研发。

2、水库水体分层~水质响应的机制及演化机理研究。

3、水库热分层、缺氧区与水质响应的模拟预测技术研究。

4、库区水体分层~水质响应关键区水质调控技术装置及示范。

5、改善库区水质的水库调度技术研究及示范。

三、创新点

1、自主研发了水库垂向高频多参数智能水质监测成套技术（固定式及自主运动式），克服了水库垂向水质高密度监测的难点，实现了水库水体热分层及水质响应的多指标、高精度、智能化监测，并创新性地提出了基于高频水温观测数据的温跃层梯度阈值确定方法。

2、提出水库缺氧区的概念，表征了水质热分层的水质响应特征，并系统识别了水库热分层期间缺氧区和垂向水质的演化机制，阐明了热分层水库沉积物~水界面氧通量对环境因子的响应关系与受控机制。

3、首次将数据同化技术用于水库热分层的数值模拟，研发了基于机理的热分层预测模型，实现了对水库垂向温度变化的动态预报；建立了耦合复杂生化反应过程的水库垂向水质模拟模型，准确反演了水库热分层期间缺氧区和水质的响应过程。

4、研发了库区水体分层~水质响应关键区水质调控装置，在多个水库开展了示范性试验，水质改善效果显著；率先提出了抑制水库缺氧区的大流量和低水位运行调度建议，开展了实际调度实验，取得了良好的运行效果。

四、推广应用

1、研发的湖库垂向高频多参数智能水质监测技术获中国质量检验协会团体标准立项。

2、完成的库区水体分层~水质响应关键区水质调控技术和装置被列入 2021 年度水利先进实用技术重点推广指导目录。

3、完成的改善库区水质的水库调度技术和方案，在引滦入津工程的大黑汀水库开展了示范应用，取得了良好效果。

4、完成的库区水体分层~水质响应关键区水质调控技术和装置在四川省资阳市四合水库、山东省萌山水库开展了示范应用，取得了良好效果。

5、研究成果支撑了陕西东庄水利枢纽、内蒙古东台子水库、黑龙江关门嘴子水库等大型水利水电工程前期立项、设计工作。

图 1 水库垂向水质高频多参数智能监测平台

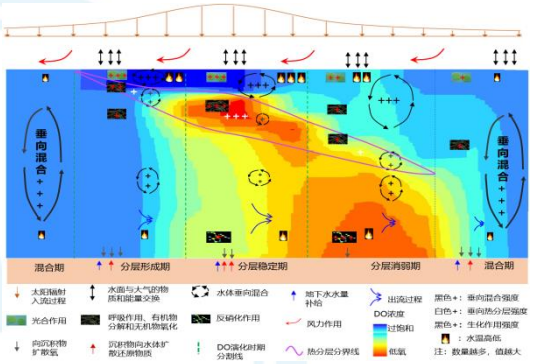

图 2 水库分层~水质响应机理

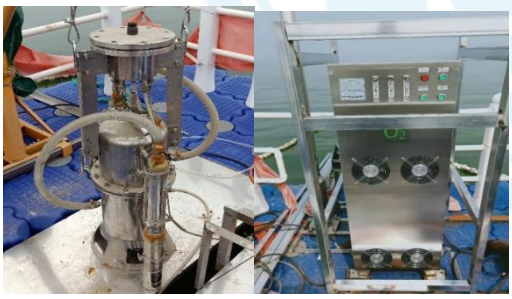

图 3 水体分层~水质响应关键区水质调控装置

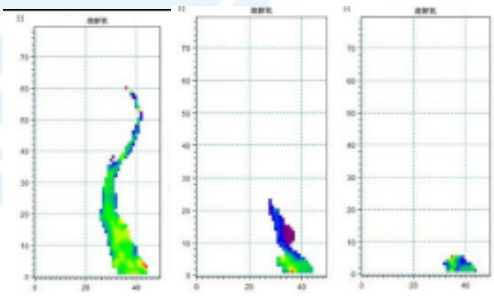

图 4 抑制水库缺氧区的分级调度效果