1. 项目名称

平原水库富营养化防治技术

二、申报奖种

山东省科技进步奖二等奖。

三、项目简介

随着经济社会快速发展，水资源短缺和水源水质恶化问题日益突出。保障饮用水源的水质安全，直接关系到受水区居民的身心健康和生活质量。近年来，平原水库在解决当地水资源短缺，保障城乡供水安全方面发挥着重要作用，与此同时也存在着水体的营养度指数上升等问题，部分平原水库曾发生了蓝藻暴发事件，影响了供水的可靠性。

本项目依托水利部公益性行业科研专项和国家自然科学基金项目资助，以平原水库为研究对象，对平原水库营养盐分布规律、浮游生物种类及多样性、底栖生物、鱼类等进行了较为全面的调查分析，系统地评价了平原水库富营养化状况；从生态法、物理法和化学法等方面进行系统研究，确定了适合平原水库水质特征的富营养化防治技术；建立了平原水库的富营养化预警系统模式和水质预测模型；对引黄济青工程渠首水质变化情况以及调水沿程水质变化进行研究，确定引黄济青调水对水库污染物的贡献，为多季节调水提供依据。

本项目取得的成果包括：

（1）全面系统地分析了不同类型平原水库的水质特征，确定了平原水库存在的主要问题；通过多种评价方法对各水库水体富营养化现状进行评价，为平原水库富营养化防治奠定了坚实基础。

（2）优化了固相萃取-高效液相色谱法定量分析环境中MC-RR 和MC-LR 方法。建立了液相微萃取-气相色谱-质谱法测定水中致嗅有机物土臭素（GSM）和2-甲基异冰片（MIB）含量方法，并应用于棘洪滩水库微囊藻毒素和致嗅物质含量的检测。

（3）针对平原水库水质特点，利用生态、物理和化学等多种技术方法，建立了预氧化混凝除藻、滤食性鱼类控制、水生植物净化、前置库混凝除磷等平原水库富营养化防治技术，并取得良好的应用效果。

（4）以平原水库为研究对象，进行平原水库水文情势与调度运行的水动力学分析，研究平原水库调水期流场与非调水期风生流场的模拟，建立了平原水库富营养化模型（总磷预算模型），为平原水库水质保护和可持续利用提供依据。

（5）针对平原水库的主要环境问题及成因，开展了平原水库水质监测系统分析与监测点优化布置、水质预测分析及平原水库富营养化预警模式等方面的研究。

（6）对引黄济青渠首水质月变化以及调水沿程水质变化进行研究，确定引黄济青调水对水库污染物的贡献，为多季节调水提供了依据。

（7）建立一种黄河泥沙资源化方法，利用细沙作为微生物载体，制备微生物菌剂，实现引黄济青沉砂池泥沙的资源化利用。

本项目获得国家授权发明专利5项，发表学术论文33篇，培养博士研究生1名，硕士研究生16名。研究成果已应用于青岛棘洪滩水库、东营南郊水库、淄博新城水库等单位，在保障平原水库水质、提高供水安全性等方面取得了较为明显的效果。

四、客观评价

（一）项目验收意见：

2013 年9 月10 日，水利部国际合作与科技司在北京主持召开了水利部公益性行业科研专项项目“平原水库富营养化防治关键技术研究（编号：200901063）”验收会，验收专家组形成验收意见认为：

1、项目组提交的成果报告和技术文件资料齐全，内容详实，符合验收要求。

2、项目完成任务情况：确定了平原水库富营养化的原因：建立了预氧化混凝除藻、滤食性鱼类控制、水生植物净化、前置库混凝除磷等水库富营养化防治技术；建立了水质富营养化状态及趋势预警模型，构建了平原水库的富营养化预警模式，已全部实现预期目标。

3、本项目取得的成果有：（1）确定了平原水库富营养化的成因，建立了预氧化混凝除藻，滤食性鱼类控制、水生植物净化，前置库混凝除磷等水库富营养化防治技术；（2）建立了平原水库水体富营养化风险评价体系；（3）对引黄济青渠首水质月变化情况以及调水沿程水质变化进行了全面研究，确定了引黄济青多季节调水对水库污染物的贡献。

4、项目的应用推广情况：山东省胶东调水局2012年度调水已应用了该成果，在平原水库富营养化防治与水质改善方面取得明显效果，在平原水库具有推广应用的价值。

综上所述，该项目全面完成任务书规定的工作内容，研究成果丰富，达到了预期目标，同意通过验收（附件【17】、【18】、【21-24】）。

（二）中国工程院院士、水处理专家、哈尔滨工业大学李圭白教授认为“该项目通过对多座平原水库营养盐分布、浮游生物种类及多样性、底栖生物、鱼类等进行了较为全面的调查分析，系统地评价了平原水库富营养化状况；提出了预氧化混凝除藻、滤食性鱼类控制、水生植物净化、前置库混凝除磷等水库富营养化放置的关键技术；建立了适用于平原水库特点的富营养化预警系统模式和水质预测模型。项目成果已在青岛棘洪滩水库等单位应用，在平原水库富营养化防治与水质改善方面取得显著效果，在平原水库具有广泛的推广应用价值。同时，该成果的推广应用有利于促进水库及管理部门采用先进的水质控制工艺、技术、材料和设备，有利于促进完善平原水库的水质管理机制和提高管理水平，有利于推动水利与供水行业的技术进步，提高城乡供水的安全可靠性。”（附件【19】）

（三）中国科学院院士、环境领域专家、厦门大学焦念志教授认为“该项目是迄今为止有关平原水库富营养化问题较为全面的研究，其成果在平原水库具有推广应用的价值。”（附件【20】）

（四）查新结论：

本项目组委托“教育部科技查新工作站（L16）”针对（1）平原水库水质预测预警、（2）平原水库前置库除磷 (富营养化防治技术）和（3）引黄济青工程渠首和调水沿程水质变化3 个查新点进行文献检索，共检索到相关文献20篇，经比较分析认为在检索出的除本课题委托人外的其他国内文献中，未见其他与本课题查新点完全相同的研究报道（附件【31-33】）。

五、推广应用情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 推广应用情况 | | | | |
| 应用单位名称 | 应用技术 | 应用起止时间 | 应用单位联系人/电话 | 经济效益 |
| 山东省胶东调水工程棘洪滩水库管理处 | 鲢、鳙鱼控制藻类数量实施方案 | 2010-09～2012-09 | 胡刚强/15621070600 | 0.00 |
| 东营市自来水公司水厂 | 鲢、鳙鱼控制藻类数量实施方案 | 2011-11～2015-03 | 徐玲/13853301765 | 0.00 |
| 淄博市引黄供水管理局水质检测中心 | 生物法治理平原水库富营养化 | 2011-10～2015-03 | 田希彬/18005469151 | 0.00 |
| 山东省胶东调水局 | 引黄济青调水沿程水质变化及对策 | 2012-01～2015-03 | 郭晓雅/13964043629 | 0.00 |
| 应用情况概述：  （1）平原水库富营养化预警模式研究成果已应用于青岛棘洪滩水库、东营南郊水库，经运行表明该研究成果可为平原水库富营养化防范提供重要技术支持，在保障平原水库水质、提高供水安全性等方面取得了较为明显的效果（附件【21】、【22】）。  （2）利用滤食性鱼类控藻技术研究成果已应用于青岛棘洪滩水库、淄博新城水库和东营南郊水库，运行结果表明，投放一定量的鲢、鳙鱼，可明显改善水库水质，降低水中藻类及氮磷含量，减轻下游水厂原水预处理成本，降低水厂药剂使用量（附件【21-23】）。  （3）通过对引黄济青渠首水质月变化情况以及调水沿程水质变化进行研究，确定了引黄济青工程多季节调水的可行性，该成果已应用于山东省胶东调水局2012 年度及之后调水，结果表明，采用多季节调水，能有效提高青岛棘洪滩水库源水的保障供给，并有利于引水过程中合理调度，节约成本（附件【24】）。 | | | | |

六、主要知识产权证明目录

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权名称 | 知识产权类别 | 发明人（作者） | 知识产权人 | 知识产权号 | 取得日期 |
| 1 | 一种活沙制备方法 | 发明专利权 | 宋志文；徐爱玲；郑远；吴等等 | 青岛理工大学 | ZL201310060857.8 | 2013-12-11 |
| 2 | 一种活沙制备装置 | 发明专利 | 宋志文；徐爱玲；任杰；郑远；吴等等 | 青岛理工大学 | ZL201310060816.9 | 2014-03-19 |
| 3 | 一种趸船式河流漂浮垃圾自动收集装置 | 发明专利 | 武周虎 | 青岛理工大学 | ZL201310175441.0 | 2015-03-20 |
| 4 | 一种二段式潜流湿地污水处理方法 | 发明专利 | 宋志文；孙贤风；王玮；阎逊；徐敏 | 青岛理工大学 | ZL200510043788.5 | 2008-11-26 |
| 5 | 一种浮游动物培养装置 | 发明专利 | 李捷；李洛娜；张乐；梁彦娟 | 青岛理工大学 | ZL200810014749.6 | 2011-08-31 |
| 6 | 一种活沙制备装置 | 实用新型专利 | 宋志文；徐爱玲；郑远；吴等等 | 青岛理工大学 | ZL201320090699.6 | 2013-08-07 |

七、主要完成人情况

1.姓名：吴裕德，排序：1/9，职称：高级工程师，工作单位：山东省胶东调水局青岛分局，对本项目技术创造性贡献： （1）项目总体策划、组织实施、技术路线和研究方案制定，成果推广应用。（2）对创新点1、3、6 做出贡献（附件【10】、【17】、【18】）。（3）通过鲢鱼、鳙鱼控制藻类繁殖围隔试验，确定水库鲢鱼、鳙鱼最合理的放养密度和比例，并成功应用于青岛棘洪滩水库等单位（附件【21-24】）。（4）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的50%。

2. 姓名：宋志文，排序：2/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：（1）项目立项、技术路线和研究方案制定，指导实际应用，对创新点1、6 做出贡献。（2）研究了引黄济青渠首水质变化以及调水沿程水质变化，确定引黄济青调水对水库污染物的贡献，为多季节调水提供了依据（附件【10】、【11】、【17-20】、【26】、【31-33】）。3）研究了利用引黄济青沉砂池中砂作为微生物载体制备活沙，研究成果获2 项授权国家专利（附件【1】、【2】、【6】）。（4）提出一种两段式潜流人工湿地处理新工艺，研究成果获授权国家专利（附件【4】）。（5）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的60%。

3. 姓名：武周虎，排序：3/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：（1）完成人对本项目创新栏中的1、5 项做出了重要贡献。（2）以平原水库为研究对象，进行平原水库水文情势与调度运行的水动力学分析，研究平原水库调水期流场与非调水期风生流场的模拟，建立平原水库富营养化模型（总磷预算模型）（附件【12-14】、【17-18】、【31-33】）。（3）“一种趸船式河流漂浮垃圾自动收集装置”获得发明专利授权，可应用于河流、水库漂浮垃圾收集（附件【3】、【27】）。（4）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的50%。

4. 姓名：马继平，排序：4/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：（1）完成人对本栏目创新栏中的1、2 项做出了重要贡献。（2）优化了固相萃取-高效液相色谱法定量分析环境水样中MC-RR 和MC-LR 两种微囊藻毒素的方法（附件

【7】）。（3）建立了液相微萃取-气相色谱-质谱法测定水中致嗅有机物土臭素（GSM）和2-甲基异冰片（MIB）含量的方法，并应用于棘洪滩水库水体中微囊藻毒素和致嗅物质含量的检测（附件【8】）。（4）分析了不同类型平原水库的水质特征，确定了平原水库存在的主要问题（附件【9】、【17-20】）。（5）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的40%。

5. 姓名：孙辉，排序：5/9，职称：高级工程师，工作单位：山东省胶东调水局青岛分局，对本项目技术创造性贡献：（1）完成人对本项目创新栏中的1、2 项做出了重要贡献。（2）参与了平原水库富营养化现状调查和评价，参与了项目成果应用推广工作（附件【15】、【17-18】、【22-24】）。（3）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的40%。

6. 姓名：李捷，排序：6/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：（1）完成人对本项目创新栏中的1 项做出了重要贡献。（2）研究了平原水库不同采样点的物理因子特性，营养盐平面分布和季节分布规律；水库水质、底泥状况；浮游植物与浮游动物的种类组成、丰度、关键种及多样性；对平原水库水环境问题进行诊断，进行平原水

库富营养化评价（附件【5】、【9】、【16-20】）。（3）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的40%。

7. 姓名：周利，排序：7/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：（1）完成人对本项目创新栏中的第3 项做出了重要贡献。（2）针对平原水库水质特点，利用生态、物理和化学等多种技术方法，建立了预氧化混凝除藻、水生植物净化、前置库混凝除磷等平原水库富营养化防治技术（附件【10】、【15】、【17-23】、【31-33】）。（3）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的40%。

8. 姓名：徐爱玲，排序：8/9，职称：副教授，工作单位：青岛理工大学，对本项目技术创造性贡献：（1）完成人对本项目创新栏中的第7 项做出了贡献。（2）参与完成了利用细沙作载体，制备微生物菌剂，实现引黄济青沉砂池泥沙的资源化利用，研究成果获2项授权国家专利（附件【1】、【2】、【6】）。（3）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的30%。

9. 姓名：葛建华，排序：9/9，职称：高级工程师，工作单位：山东省胶东调水局青岛分局，对本项目技术创造性贡献：（1）完成人对本项目创新栏中的第1、3、6 项做出了贡献。

（2）参与完成了引黄济青渠首水质变化情况以及调水沿程水质变化研究工作（附件【9-11】、【17-20】）。（3）参与了项目成果推广应用工作（【21-24】）。（4）课题研究期间投入该项技术研究工作量占本人工作量的30%。

八、主要完成单位及创新推广贡献

1. 青岛理工大学

承担项目的立项、理论分析、数值模拟、试验研究和工程应用工作，主要贡献有：

（1）平原水库水质特征分析，确定平原水库存在的主要问题；对水库水体富营养化现状进行评价。

（2）优化了固相萃取-高效液相色谱法定量分析环境水样中MC-RR 和MC-LR 两种微囊藻毒素的方法。建立了液相微萃取-气相色谱-质谱法测定水中致嗅有机物土臭素（GSM）和2-甲基异冰片（MIB）含量的方法。并将上述方法应用于棘洪滩水库水体中微囊藻毒素和致嗅物质含量的检测。

（3）针对平原水库水质特点，利用生态、物理和化学等多种技术方法，建立了预氧化混凝除藻、水生植物净化、前置库混凝除磷等平原水库富营养化防治技术。

（4）以平原水库为研究对象，进行平原水库水文情势与调度运行的水动力学分析，研究平原水库调水期流场与非调水期风生流场的模拟，建立平原水库富营养化模型（总磷预算模型），为平原水库水质保护和可持续利用提供依据。

（5）开展平原水库水质监测系统分析与监测点优化布置、平原水库富营养化预警模式等方面的研究。

（6）对引黄济青渠首水质变化以及调水沿程水质变化进行研究，确定引黄济青调水对水库污染物的贡献，为多季节调水提供了依据。

（7）建立一种黄河泥沙资源化方法，利用沙作为微生物载体，制备微生物菌剂，实现引黄济青沉砂池泥沙的资源化利用。

2. 山东省胶东调水局青岛分局

承担项目总体策划、组织实施、技术路线和研究方案制定，成果推广应用工作，主要贡献有：

（1）平原水库不同采样点的物理因子特性，营养盐分布规律；水库水质、底泥状况；浮游植物与浮游动物的种类组成、丰度、关键种及多样性。

（2）滤食性鱼类控制平原水库富营养化防治技术的试验及应用。

（3）对引黄济青渠首水质变化以及调水沿程水质变化进行研究，确定引黄济青调水对水库污染物的贡献，为多季节调水提供了依据。

（4）结合本项目研究与青岛棘洪滩水库、东营南郊水库、淄博新城水库等单位合作，进行现场试验，解决了许多关键问题，实现了技术成果的转化应用。

九、完成人合作关系说明。

2009年由山东省胶东调水局作为项目承担单位，青岛理工大学和山东省引黄济青工程棘洪滩水库管理处作为项目协作单位共同申报的水利部公益性行业专项“平原水库富营养化防治关键技术研究（项目编号：200901063，起止时间：2009.09-2012.09）”获批立项（附件【28-30】），经过两年多的合作研究，2013 年9 月10 日，水利部国际合作与科技司在北京主持召开项目验收会，验收专家组形成验收意见认为：该项目全面完成任务书规定的工作内容，研究成果丰富，达到了预期目标，同意通过验收（附件【17】、【18】）。

在该项目前期调研、申请立项、试验研究、推广应用、项目验收等过程中，项目完成人山东省胶东调水局青岛分局吴裕德、孙辉、葛建华和青岛理工大学宋志文、武周虎、马继平、吕谋、李捷、周利为项目主要完成人在项目完成过程中密切合作、分工明确，合作完成多篇学术论文。

（1）马继平、葛建华、宋志文、李捷合作发表论文（附件【9】）

（2）宋志文、葛建华、吴裕德、周利合作发表论文（附件【10】）

（3）宋志文、葛建华合作发表论文（附件【11】）

（4）武周虎 、孙辉合作发表论文（附件【14】）