

# 连云港市应急水源地工程（蔷薇湖水库） 生态工程关键性技术设计与实践

潘荣生<sup>1</sup>, 宋力<sup>2\*</sup>, 刘婷<sup>1</sup>, 刘浩<sup>1</sup>

(1. 连云港市通榆河北延送水工程管理处, 江苏 连云港 225000;  
2. 江苏省水利科学研究院材料结构研究所, 江苏 扬州 225002)

**摘要:** 近年来, 我国城市水体突发性污染事件时有发生, 供水安全问题已与民生息息相关, 城市应急水源的规划及建设已在各地市提入重要建设议程。以连云港市应急水源地工程(蔷薇湖)水库为例, 对当前平原地区新开挖人工湖水复合表流生态湿地关键性技术设计、功能分区、生态工艺流程及效果进行探讨。

**关键词:** 复合表流; 生态技术; 关键设计; 人工湖水源地

**中图分类号:** S181.6; X17 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2018) 03-0039-04

## Key technology design and practice of ecological engineering on emergency water source project (Qiangwei Lake Reservoir) in Lianyungang

PAN Rongsheng<sup>1</sup>, SONG Li<sup>2\*</sup>, LIU Ting<sup>1</sup>, LIU Hao<sup>1</sup>

(1. Tongyu River North-extended Water Supply Project Management Division of Lianyungang, Lianyungang 222000, Jiangsu; 2. Material and Structural Engineering Department of Jiangsu Water Resource Research Institute, Yangzhou 225002, Jiangsu)

**Abstract:** In recent years, unexpected incidents of urban water pollution have occurred frequently. Water safety issues are closely related to people's livelihood. Planning and construction of urban emergency water sources have been put into important construction agenda in various cities. Taking Lianyungang emergency water source project Qiangwei Lake reservoir as an example, discuss the key technology design, functional zoning, ecological technological process and effect of the newly excavated artificial lake composite surface ecological wetland in the plain area.

**Key words:** composite surface flow; ecological technology; key design; artificial lake water source

## 1 项目背景

连云港市历来为水资源贫乏地区, 蔷薇河是目前连云港市区主要饮用水水源地。蔷薇河全长97 km, 连云港市境内全长约59 km, 主要支流有民主河、马河、沭新河、鲁兰河和乌龙河等。连云

港市上游来水主要依托江淮水北调, 蔷薇河是其主要骨干道, 但连云港地理区域处于江淮水北调之末级渠道, 整个调水线路长, 因受沿途企事业单位生产用水及居民生活排放废水的影响, 导致蔷薇河水质会经常出现波动季节性超标, 当有水质污

收稿日期: 2017-11-27

作者简介: 潘荣生(1979-), 男, 高级工程师, 主要从事水利工程建设与管理工作。

通讯作者: 宋力(1977-), 男, 高级工程师, 主要从事工程材料结构试验及项目管理工作。

染突发性事件发生时,将会导致严重影响蔷薇河在连云港区域内的供水。在此背景下,江苏省发展改革委员会陆续对连云港市应急水源地工程(蔷薇湖水库)项目建议书、可研报告、初步设计报告进行了批复。工程于2014年6月陆续开工,2016年4月通过合同工程完工验收,2017年6月通过了连云港市发展改革委员会组织的投入使用验收。

连云港市应急水源地工程位于连云港市海州区锦屏镇、东海县张湾乡境内,蔷薇河南岸,东以通榆河为界,西以汾灌高速为界,占地约2.93 km<sup>2</sup>。该工程的主要建设内容为:在每年6~8月份蔷薇河水质超标期间,新建蔷薇湖水库以满足连云港市至少7天的应急供水量,日水量为70万 m<sup>3</sup>/d。在其它时段发生地方性水质污染事件时,利用该水库的蓄水量,以满足市区至少连续14天供水要求。湖区供水水质应满足《地表水环境质量标准》Ⅲ类水标准。

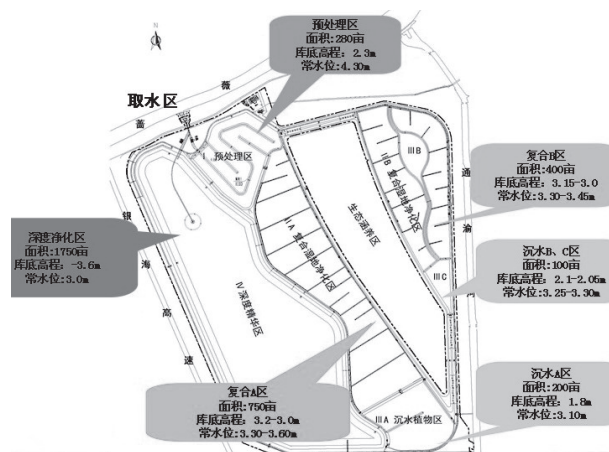


图1 工程总体布置图

按功能划分,湖区工程划分为取水工程、净化区工程及蓄水工程2大部分(详见见图1)。取水工程主要包括穿蔷薇河大堤取水涵闸1座、9 m<sup>3</sup>/s的取水泵站1座;净化及蓄水工程包括4个功能区,分别为:预处理区、复合湿地净化区、沉水植物区、深度净化区。水库有效库容约650万 m<sup>3</sup>。

## 2 水质净化工艺设计

### 2.1 工艺设计原则

遵循生态学、生态工程学、环境科学、生物科学、现代水利工程学等基本原理,采用健康生态功能的设计理念,针对蔷薇河水质特点,紧抓影响水质净化效果的制约因子,生态净水工艺的选

取原则为:相对成熟、效果可靠、技术先进。生态工程中水生动植物的配置应合理,从而构筑成健康、良性、可持续的生态净化系统,同时应根据地域特点,采取有针对性的预处理生化处理等技术,对原水进行生态净化,改善原水水质<sup>[1]</sup>。

### 2.2 工艺流程

采用组合生态湿地为主体的生态处理技术。复合表流湿地技术的核心单元为:预处理单元、组合生态湿地单元(挺水植物及沉水植物)、深度净化单元<sup>[2]</sup>(详见图2)。

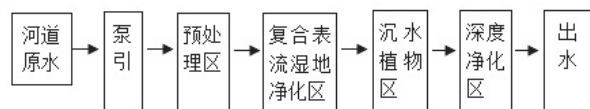


图2 净水处理工艺流程图

组合生态湿地由2段构成:前段为复合表流湿地净化区,后段为沉水植物净化区。复合表流人工湿地是在传统表流湿地的基础上的改进型,主要是通过挺水植物、沉水植物、地形塑造等构建,根据昼夜水位变化较大有利于提高湿地生态系统生长的自然特点,模拟水位的周期性变幅,充分利用挺水植物、沉水植物、地形构成的复合系统吸收、拦截污染物,达到有效控制水体污染物及氮磷营养水平的效果。后段沉水植物区主要是通过生长于不同季节的沉水植物组成,以保持全年常绿的生态作用。工程的蓄水功能区为深度净化区,在此区域深浅水过渡区种植沉水植物,同时投入底栖贝类及各级水生动物,在湖中心设置超级水动力装置,从而形成稳定的水生态系统,来维持水质品质。

## 3 工程区域布置

### 3.1 取水工程

取水工程主要包括1座取水涵闸、1座9 m<sup>3</sup>/s的单向取水泵站及引水明渠。在预处理区与蔷薇河大堤之间布置工程取水泵站,蔷薇河外设置取水涵闸,并在泵站的前池设置自库区引水渠进入深度净化区。蔷薇河水质优于地表水Ⅲ类类似时,可以关闭取水泵站,启用自库区引水渠直接向深度净化区供水;蔷薇河水质在劣于地表水Ⅲ类,但在设计水质范围内时,关闭自引涵管,由泵站提升至预处理区;蔷薇河水质劣于设计水质的最大浓度时关闭取水泵站和库区引水渠。

### 3.2 净化及蓄水工程

### 3.2.1 预处理区

(1) 预处理区是本工程设计的前置单元,通过曝气和平流沉淀及生物接触措施,主要去除 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP及 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,单组水流从预处理区的东端向西运行至最西端后折向东,水流呈倒“S”型,流程约1200 m。预处理单元设置沉淀区、增氧区、人工介质区、出水区等。

(2) 预处理区前端设置进水管,原水从进水管进入预处理区后经配水挡板1、2配水后进行沉淀;水体经沉淀后进入由16台微泡增氧机组成的增氧区;水体在富氧后经配水挡板3、4进行配水;配水后水体进入由20道组合填料和土工布等组成的人工介质区进行拦截、吸附等净化处理;人工介质处理后经配水挡板5、6经出水区进入总收集渠。

(3) 预处理区四周水面下1.2 m种植了耐寒的苦草、狐尾藻、伊乐藻及菹草等水生植物,有效吸附泥沙,增强净化功能,同时在出水区种植了菱角、睡莲,景观效果好。

### 3.2.2 复合表流湿地净化区

(1) 复合表流湿地净化区是组合生态湿地的前段部分,是工程的重要处理单元,由浅滩深沟的微地形塑造和挺水植物与沉水植物复合构建,主要通过大面积的浅滩区去除 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、植物的拦截与吸收去除TP、植物的吸收去除 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。

(2) 复合表流湿地净化区分A、B2组运行,A组内部分为9个处理单元、B组内部分为6个处理单元,每个单元的最大处理水量 $0.65\text{ m}^3/\text{s}$ 。其中根据地形条件,A组内的ⅡA-1区、ⅡA-5区~ⅡA-7区采用“S”型布置,其余5个单元采用顺水流“一”型布置;B组内各单元全部采用“S”型布置。处理单元内部设置2次、3次配水河和通风河。在1条通风河上设置1座带控制设施的放空管。在收集渠A上设置8处 $\Phi 800$ 的超越管。

(3) 复合表流湿地净化区滩面种植了黄菖蒲、再力花、香蒲、芦苇等挺水植物,配水河及通风河内种植金鱼藻、刺苦草、轮叶黑藻、穗状狐尾藻、伊乐藻、菹草等沉水植物。

### 3.2.3 沉水植物处理区

(1) 沉水植物处理区<sup>[3]</sup>是生态湿地系统的重要保障单元,本工程共设置有3组沉水植物区,分别在铁路西侧东南角的沉水植物A区、铁路东侧中部的沉水植物B区及东南端的沉水植物C区。主要通过植物的吸收去除 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。

(2) 沉水植物区分A、B、C3区运行,其中A区内部设置1条导流堤,B、C区通过渠道相连通。

### (3) 水生动植物配置

该区主要种植了金鱼藻、刺苦草、轮叶黑藻、穗状狐尾藻、伊乐藻、菹草等净化效果好的沉水植物,快速构建稳定的生态系统,发挥生态系统净化功能。种植于库底及水下斜坡,并考虑不同季节品种的套种。同时为快速构建稳定的生态系统,除种植水生植物外还需投放一定的水生动物,初步选用乌鳢、鳊鱼、鲢鱼、鳙鱼、蚌、螺等,其中鱼类投放约4500尾(规格 $> 50\text{ g/尾}$ ),蚌和螺投放300 kg的成体。

### 3.2.4 深度净化区

(1) 深度净化区是末端单元,通过前段复合湿地净化及沉水植物区 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 组成结构的改变,该区主要是通过构建稳定、健康的生态系统,利用生态系统的自净功能稳定并进一步降低原水的营养盐水平,抑制藻类的生长及爆发,保持水质在Ⅲ类水标准,保障饮用水源地供水安全<sup>[4]</sup>。

(2) 沿库周设置种植平台种植水生植物构建生态系统;在库内投放水生动物;利用复合表流湿地净化A组内的超越管、蔷薇河取水涵闸的自引涵管、库内侧北端的排空渠、库内南端的排空预制砼管、太阳能曝气机等设施进行水动力联合联动;在2.0 m高程处,沿库周一圈设置18 m宽的沉水植物种植平台,在平台末端设置0.5 m高,顶宽1 m的土坎,土坎上种植挺水植物。

### (3) 水生动植物配置

该区动植物配置品种与沉水植物区品种相同,水生植物种植金鱼藻、刺苦草、轮叶黑藻、穗状狐尾藻、伊乐藻、菹草等净化效果好的沉水植物,快速构建稳定的生态系统,发挥生态系统净化功能。同时除种植水生植物外还需投放一定的水生动物,初步选用乌鳢、鳊鱼、鲢鱼、鳙鱼、蚌、螺等,其中鱼类投放约26250尾(规格 $> 50\text{ g/尾}$ ),蚌和螺投放1750 kg的成体。

### (4) 太阳能曝气系统设计

蔷薇湖一经建成,在较长一段时间内其生态系统将处于有待健全的亚健康阶段,水体抗干扰能力较低,易产生水体温度分层、水底缺氧等情况。太阳能循环复氧技术以太阳能为动力、以高效的水循环为机理对水体进行充分深层搅动、增氧及生物化学降解,从而实现对综合水体品质的提高,对蓝绿藻类水华进行近效控制。同时,利用低强



度连续增氧有利于氨氮去除的机理,进一步降低湖区中氨氮的含量(详见图3)。

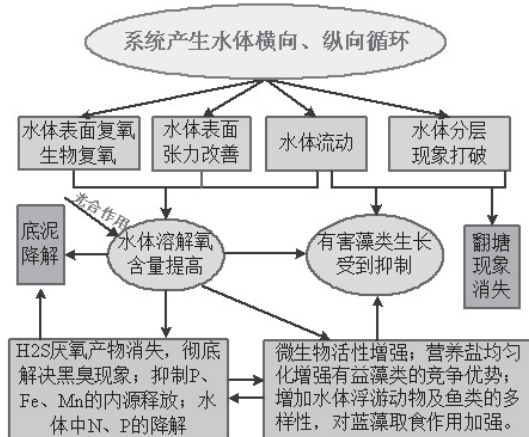


图3 太阳能水生态修复机理

太阳能循环复氧设备外40 m为水体去层化的有效影响半径,设备外50~100 m为过渡区。为增加深度净化区水体动力,增强水体的富营养化防治能力,在深度净化北部和中部各设置6台,共计12台太阳能曝气机(详见图4)。太阳能曝气机带有储能功能,单台曝气机太阳能板有效功率>240 W,有效流量>30 m<sup>3</sup>/min。

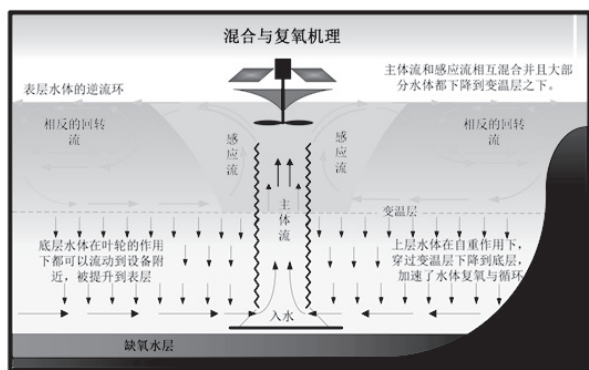


图4 复氧机理

### 3.2.5 库区建筑物工程

为保证工程系统的正常运行,满足应急水源库区引水、供水的功能要求,库区布置了防护及功能分隔堤、各类排灌水渠道体系、全场控制闸群、溢流堰等建筑物。

## 4 工程运行效果

蔷薇湖水库自2016年7月试运行以来,根据多次水质监测结果,湖区水质监测指标全部达到

地表水Ⅲ类水质标准以上, NH<sub>3</sub>-N和TP等指标更是能达到Ⅱ类甚至Ⅰ类水质标准,湖区水质基本达到集中式生活饮用水地表水源地二级保护区要求,能够满足连云港市正常原水供应。

通过湖区生态系统维护管理,保障以挺水植物、沉水植物、浮叶植物为主的湿地生态系统快速达到健康稳定状态。数10种水生植物、湿生植物及陆域植物,呈现了随地形特征改变的植物生态系统的多样性结构,营造出了一片景色秀美、空气清新的湿地生态景观<sup>[5]</sup>。同时,大面积的湿地水面吸引了数量众多的鸟类、爬行类、两栖类及鱼类等动物的栖息和繁衍,大大提高当地的物种多样性,生态效益显著。

## 5 结语

本工程利用生态湿地净化技术措施,保护原水与改善提升水质,同时利用本工程的蓄水量,满足市区最长连续14天的应急原水供应需求,保障了城市供水安全。为更好地发挥工程效益,建议做好以下几点<sup>[6]</sup>:

- (1) 开展地区水源地保护区划定和水源地保护办法或条例的制定,以法规的形式保障水源地水质安全;
- (2) 进一步研究水源地运行管理方案,以形成一套科学完善的运行管理体系;
- (3) 加强对区域污染源的治理,控源减污。

### 参考文献:

- [1] 张俊,朱雪诞,李巍,等.河网地区微污染饮用水源地生态处理工程的设计研究[J].中国农村水利水电,2012(07):51-53.
- [2] 吴晓东.浅谈水生态技术在蔷薇湖建设中的应用[J].治淮,2013(12):27-28.
- [3] 吴巍巍.蔷薇湖生态净化水源工程蓄水规模研究[J].中国农村水利水电,2014(08):55-57.
- [4] 于龙娟.生态净化原理在桐乡市应急水源地工程中的应用[J].浙江水利科技,2012(03):24-26.
- [5] 许海,朱广伟,秦伯强,等.氮磷比对水华蓝藻优势形成的影响[J].中国环境科学,2011,31(10):1676-1683.
- [6] 连云港市应急水源地工程(蔷薇湖水库)初步设计报告[R].上海勘测设计研究院,2013.