

设计经验

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.04.008

# 青岛某市政用途全流程海水淡化厂工艺设计

卢彪<sup>1</sup>, 杨志峰<sup>1</sup>, 马廷强<sup>1</sup>, 王昊<sup>1</sup>, 杨兴涛<sup>2</sup>

(1. 上海市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092; 2. 青岛百发海水淡化有限公司, 山东 青岛 266000)

**摘要:** 青岛某市政海水淡化工程设计产水规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 产水拟并入城市供水管网, 采用“一级预处理(气浮)+二级预处理(超滤)+脱盐(两级反渗透)+后处理(矿化滤池)”的全流程工艺方案。其中高速气浮池表面负荷为 $24.92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ; 超滤系统设计膜通量为 $41.4 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 回收率不低于92%; 一级反渗透设计通量为 $13.11 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 回收率45%; 二级反渗透设计通量为 $36.86 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 回收率90%; 反渗透产水再经过矿化滤池增加水中硬度, 产水水质稳定达到生活饮用水卫生标准。工程投资概算为7.44亿元, 单位制水成本为4.86元/ $\text{m}^3$ , 其中可变成本为2.92元/ $\text{m}^3$ 。

**关键词:** 海水淡化; 全流程; 高速气浮; 超滤; 反渗透; 矿化滤池

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)04-0047-06

## Process Design of a Whole-process Seawater Desalination Plant for Municipal Water Supply in Qingdao

LU Biao<sup>1</sup>, YANG Zhi-feng<sup>1</sup>, MA Yan-qiang<sup>1</sup>, WANG Hao<sup>1</sup>, YANG Xing-tao<sup>2</sup>

(1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China; 2. Qingdao Baifa Desalination Co. Ltd., Qingdao 266000, China)

**Abstract:** The designed scale of a municipal seawater desalination project in Qingdao is  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ . The product water is planned to be connected to the municipal water supply network. The whole process consists of primary pretreatment (air flotation), secondary pretreatment (ultrafiltration), desalination (two-stage reverse osmosis) and post-treatment (mineralized filter). The surface load of the high-speed air flotation tank is  $24.92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ . The membrane flux of the ultrafiltration system is  $41.4 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , and the recovery rate is not less than 92%. The design flux of the first stage reverse osmosis is  $13.11 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , and the recovery rate is 45%. The design flux of the secondary stage reverse osmosis is  $36.86 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , and the recovery rate is 90%. The water produced by reverse osmosis is then passed through the mineralized filter to increase its hardness, and the quality of the produced water stably meets the sanitary standard of drinking water. The investment of the project is estimated to be 744 million yuan, and the unit water cost is 4.86 yuan/ $\text{m}^3$ , among which the variable cost is 2.92 yuan/ $\text{m}^3$ .

**Key words:** seawater desalination; whole-process; high-speed air flotation; ultrafiltration; reverse osmosis; mineralized filter

青岛市是北方沿海资源型缺水城市,淡水资源总量不足,水资源短缺已成为制约青岛市经济社会发展的短板。海水淡化作为一种淡水资源增量技术,是解决水资源短缺的有效途径<sup>[1]</sup>。海水淡化的生产工艺决定了其产品水含盐量少,品质优于一般自来水,其产品水可作为优质的饮用水和生产用水<sup>[2-3]</sup>。

青岛作为国家海水淡化试点城市,《青岛市海水淡化产业发展规划(2017—2030年)》确立了海水淡化稳定水源及战略保障地位,将海水淡化纳入全市水资源平衡供需管理。

青岛某海水淡化厂位于胶州湾东岸,目前饮用淡水规模  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,本次工程扩建规模  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,产水将全部用于市政供水。投入运行后该厂总产能达到日产淡水  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,投运后将成为国内首座集预处理、膜处理及后处理工艺于一体的全流程规模化市政用途海水淡化厂。

## 1 设计水质

本工程原水取自用户的海水蓄水池。

根据近三年的水质监测数据确定设计进水水质。工程产品水用于补充市政供水,产水水质需符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的要求。依据建设单位的运行经验,出厂水硬度不低于  $40 \text{ mg/L}$ 。设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

项 目	进水	出水
溶解性总固体/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	32 000	1 000
浊度/NTU	45.6	1
运行温度区间/ $^{\circ}\text{C}$	1~31	
设计水温/ $^{\circ}\text{C}$	3	
pH	8.2	6.5~8.5
硬度/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	5 872.5	450,且 $\geq 40$
总悬浮物/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	21	
$\text{COD}_{\text{Mn}}$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	5.2	3.0
硼/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	4.5	0.5

## 2 系统设计

目前海水淡化工程的主流工艺分为低温多效(LT-MED)和反渗透(RO)两类,反渗透海水淡化技术具有投资省、能耗低<sup>[4]</sup>、建设周期短、占地面积小、操作维护简便的特点,应用最为广泛。根据《2020年全国海水利用报告》,截至2020年底,全国应用反渗透技术的工程有118个,工程规模  $1\,078\,453 \text{ m}^3/\text{d}$ ,占总工程规模的65.32%。现有一期工程也是采用超滤+反渗透膜法,目前运行情况良好。经综合比较,本工程确定采用两级反渗透脱盐工艺(见图1),以气浮、超滤为预处理工艺,反渗透产水经矿化滤池提升稳定性后送至市政管网,同时配套建设气浮浮渣脱水减量设施。

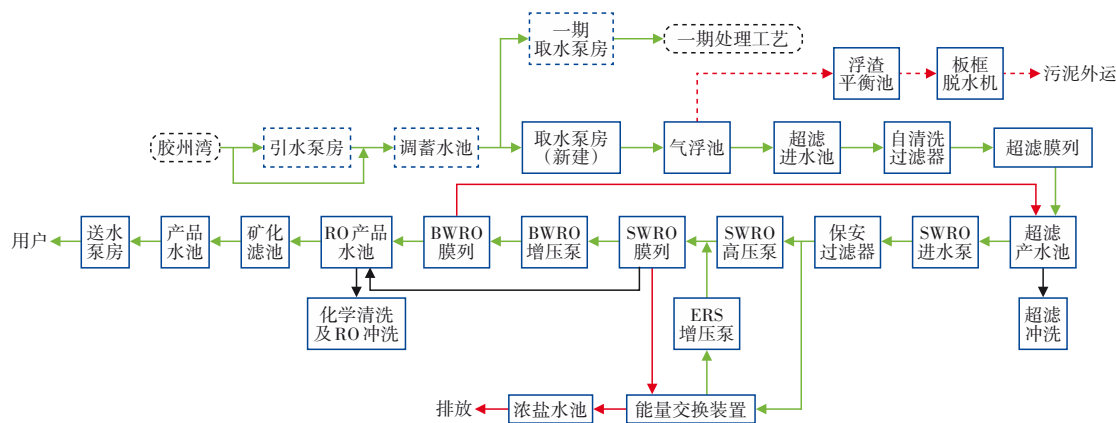


图1 海水淡化工艺流程

Fig.1 Flow chart of seawater desalination process

### 2.1 一级预处理工艺设计

本工程原水蓄水池水深较浅,有机物含量较高,极易滋生藻类。研究表明<sup>[5]</sup>藻类及其分泌物会诱发严重的膜污染,导致膜产水能力大幅下降和运行成本增加。经方案比选,结合现场用地条件,本

工程采用高速气浮工艺作为一级预处理工艺。高速气浮池集混凝、絮凝和气浮功能于一体,具有独特的气泡床,处理高效且稳定,水力负荷高,占地小,可比传统气浮节约70%左右的占地。

高速气浮池共分6格,单格气浮池设计流量约

1 869 m<sup>3</sup>/h,单座气浮区面积 75 m<sup>2</sup>,设计表面负荷 24.92 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h),一格气浮池检修时,其余气浮池强制表面负荷 29.91 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)。气浮池混合区设计停留时间 4.75 min;絮凝区设计停留时间 7.57 min。

2.2 二级预处理工艺设计

反渗透给水预处理的效果直接关系到反渗透系统的正常、高效运行。采用SDI判断进水中胶体和颗粒物质的污染程度。国内外主要反渗透膜生产厂商对海水反渗透膜进水的SDI均提出了明确要求(见表2),通常认为进水SDI宜小于3,最大应小于5。

表2 反渗透膜进水SDI水质要求

Tab.2 SDI value requirement for RO influent

膜品牌	东丽	陶氏	海德能	LG化学	时代沃顿
建议SDI值	<3	<3	<3	<3	<3
最大SDI值	<5	<5	<4	<5	<5

目前海水反渗透膜前通常设置多介质过滤或超滤工艺以确保进水满足海水反渗透膜的水质要求。其中超滤工艺通过压力驱动实现净化,超滤膜的孔径通常为0.001~0.1 μm。经超滤膜处理的出水SDI小于1~3,出水稳定性明显优于多介质过滤,同时占地面积小、规模灵活、自动化程度高,因此本工程采用超滤工艺作为二级预处理工艺。

超滤处理工段共设置2个系列,每个系列含10组膜堆,其中1组备用,两系列单独运行。每组膜堆设有2个膜架,每个膜架设置93支膜元件,共设置3 720支膜元件。超滤膜组件的具体参数见表3。

表3 超滤膜组件设计参数

Tab.3 Design parameters of ultrafiltration membrane module

项 目	指标
膜元件形式	外压式中空纤维膜
膜丝材质	PVDF
壳体材质	UPVC
公称膜面积/m <sup>2</sup>	80
外径×总长/(mm×mm)	Ø225×2 360
进出水连接口	DN50 拷贝林
过滤精度/μm	0.03
设计膜通量/(L·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	41.4
过流方式	全流过滤
耐受pH范围	2~12
运行压力/MPa	<0.15
系统回收率/%	>92

为保证超滤膜系统的安全稳定运行,超滤膜前设置自清洗过滤器10台,每台处理量1 450 m<sup>3</sup>/h,过滤精度100 μm,旨在去除大颗粒悬浮固体,提高超滤性能和运行效率,当滤网内外压差超过预设值(50 kPa)时自动开启冲洗,冲洗过程无需停机。

本工程超滤设计运行流程包括过滤产水、反洗、排污、化学清洗过程等。

① 过滤:通过变频控制超滤给水泵及调节超滤进水气动调节阀的开度来实现超滤装置恒流量运行,运行周期20~60 min。

② 反洗:当过滤的运行周期达到设定的时间或跨膜压差时,自动启动气水联合反洗,气冲强度每支膜10~18 m<sup>3</sup>/h,水冲强度每支膜1.8~3.2 m<sup>3</sup>/h,分别通过罗茨风机和冲洗水泵提供气源和水源。

③ 化学清洗:化学清洗分为维护性清洗(EFM)和恢复性清洗(CIP),当超滤系统运行达到设定的“反洗次数”或“跨膜压差”时,自动进入化学清洗程序。维护性清洗的周期为1次/(1~7) d,加药种类为较低浓度的次氯酸钠、盐酸。恢复性清洗的周期设计为2~6个月,步骤与维护性清洗完全相同,采用更高的药剂浓度和更长的化学清洗时间。

2.3 反渗透脱盐系统设计

本工程脱盐系统由两级反渗透(SWRO+BWRO)组成。一般认为反渗透膜的脱盐率随温度的升高而降低,本工程水温高于10℃时,SWRO产水离子指标不满足产水水质要求。部分(最高80%)SWRO产水输送至BWRO反渗透膜组进一步脱盐,BWRO产水与其余的SWRO产水混合后,最终产水的总含盐量、硼含量等符合使用要求。

① 一级反渗透系统

一级反渗透系统由中间水池、反渗透进水泵、保安过滤器、高压泵、能量回收装置、反渗透膜组、冲洗/清洗装置组成。

a. 中间水池。设置中间水池用于调节超滤系统产水与反渗透系统进水,分为可独立运行的2格,单格有效容积约900 m<sup>3</sup>。

b. 反渗透进水泵。设置一级反渗透进水泵5台,设计流量2 120 m<sup>3</sup>/h,扬程320 kPa,变频,过流材质为超级双相不锈钢,与一级反渗透(SWRO)膜组一一对应。

c. 保安过滤器。保安过滤器是反渗透膜进水保护的最后一道屏障,旨在避免直径>5 μm的颗粒



进入反渗透系统,防止划伤高压泵叶轮,降低反渗透污染概率,延长使用寿命。本工程设置DN1 000保安过滤器10台,单体过滤流量1 100 m<sup>3</sup>/h,2台并联与一套SWRO膜组对应,选用PP管状滤芯,钢衬胶材质壳体,工作压力≤0.6 MPa。

d. 高压系统。“高压泵—正位移式能量回收装置—增压泵—膜组”是反渗透海水淡化工程中最典型、成熟的工艺<sup>[6]</sup>。反渗透膜采用8英寸(1英寸=2.54 cm)卷式芳香族聚酰胺膜,一级反渗透参照LG SW440GR海水淡化膜元件设计,共设置5台一级反渗透膜组,设计平均通量13.11 L/(m<sup>2</sup>·h),系统回收率45%,单套1 750支膜元件(单支膜面积41 m<sup>2</sup>),采用七芯装压力容器,一段式设计,压力等级1 200 psi(1 psi=6 895 Pa),单台250支玻璃钢压力容器。共1 250支压力容器,8 750支膜元件。

设置SWRO高压泵5台,单台流量945 m<sup>3</sup>/h,设计扬程5.57 MPa,变频设计,与SWRO膜组一一对应;本工程采用水平中开式多级离心泵,效率80%~85%,过流材质采用超级双相不锈钢SAF2507,其特点是轴向推力小,维护保养方便。

正位移式能量回收装置的典型产品是ERI公司生产的PX系列,因其回收效率高,最高可达98%,故市场占有率90%以上。本工程设计能量回收装置5套,与SWRO膜组一一对应,单套设置PX-300元件19支(含1支备用),单支最大设计流量68 m<sup>3</sup>/h;配置能量回收增压泵5台,流量1 141 m<sup>3</sup>/h,设计扬程400 kPa,克服膜组、管路和PX设备差压的压力损失总和。

低压原料海水经过保安过滤器之后分成两部分(见图2),一部分经过高压泵加压为高压海水;另一部分通过能量回收装置,经过反渗透膜组的高压浓盐水传递压力,然后通过循环泵进一步增压后与高压泵出水混合为高压海水,进入反渗透膜组。

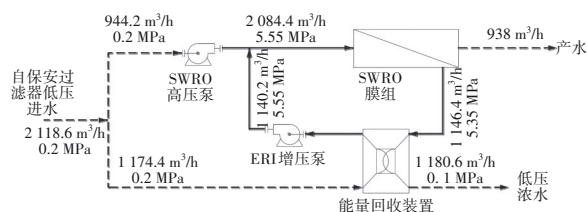


图2 高压系统模拟流量平衡

Fig.2 PFD of high-pressure system

## ② 二级反渗透系统

为进一步确保水质达标,设计5组二级反渗透装置,最大平均通量36.86 L/(m<sup>2</sup>·h),系统回收率90%,单套448支膜元件,单支膜面积41 m<sup>2</sup>,采用七芯装压力容器,48:16两段式设计,压力等级300 psi,单台设置64支压力容器。共计320支压力容器,2 240支膜元件。最高80%的一级产水进入二级进一步处理,确保出水硼含量低于0.5 mg/L。

配备5台二级高压泵,进水取自一级反渗透后端产水母管,单台设计流量750 m<sup>3</sup>/h,设计扬程1.30 MPa。

反渗透系统包括过滤、停机冲洗、化学清洗、待机步骤。冲洗是采用低压大流量的进水冲洗膜元件,冲洗掉附着在膜表面的污染物或堆积物。单支压力容器内的冲洗流速为7.2~12 m/h,冲洗压力控制在0.3 MPa以下。冲洗频率1次/d,每次冲洗持续10~15 min。

当物理冲洗已经不能使反渗透膜的性能恢复时,需要进行化学清洗。正常的清洗周期是3~12个月。单支压力容器内的清洗循环流速为5.5~9.1 m/h,设计采用的清洗药剂为柠檬酸、硫酸、氢氧化钠等。反渗透的冲洗和清洗水源采用反渗透滤后水。

为节约用地,超滤及反渗透采用双层设计(见图3)。配套反渗透系统的冲洗及清洗系统。

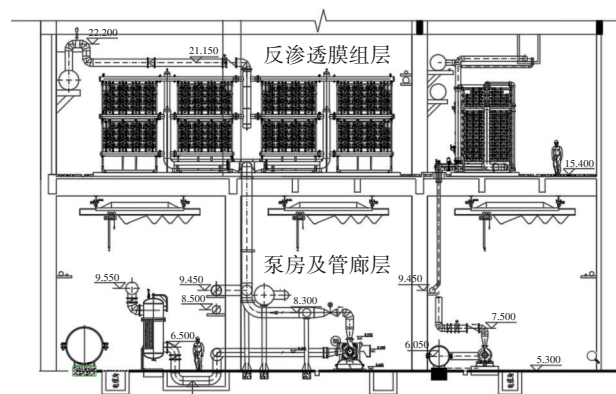


图3 反渗透系统双层布置

Fig.3 Section layout of double layer RO system

## 2.4 矿化滤池后处理

海水淡化水与二氧化碳混合后进入矿化滤池进水区域,然后进入反应区(贝壳滤料区域),自下向上进水,保证了进水与贝壳进行充分接触,反应完全。

通过调节CO<sub>2</sub>的投加量控制出水硬度。当矿化

滤池运行一段时间后,投加二氧化碳的海淡水不断侵蚀贝壳滤料,贝壳滤料会逐渐减少,因而需要补充新的贝壳滤料。可通过监测进水量、投加二氧化碳量、出水硬度这三项指标的变化关系来判断何时需补充新的贝壳滤料。

本工程后处理采用矿化滤池工艺,共6格,单排布置。每格滤池面积 $56.50\text{ m}^2$ ,采用升流式运行方式。空床停留时间 $12.7\text{ min}$ ,相应滤速 $12.29\text{ m/h}$ 。矿化滤料采用贝壳填料(或石灰石滤料),厚度为 $2.6\text{ m}$ ,有效粒径 $4.00\sim 6.00\text{ mm}$ ,空隙率 $0.50$ 。承托层采用粗砂,厚度为 $0.15\text{ m}$ ,有效粒径 $2.00\sim 4.00\text{ mm}$ ,矿化滤料及粗砂填料均应有卫生涉水许可证明。

反冲洗方式:气水同冲,冲洗周期视滤料消耗、补充及纳污情况而定。配套设计冲洗系统。

## 2.5 产品水池及送水泵房

在设计最高水位条件下产品水池总有效容积 $13\,388\text{ m}^3$ ,其中接触消毒池 $2\,080\text{ m}^3$ 。本工程产品水通过送水泵房直接进入城市供水管网,考虑到时变化系数 $1.2$ ,设置流量 $1\,670\text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 $620\text{ kPa}$ 的卧式离心泵4台(3用1备)。

## 2.6 高压系统安全设计

高压水泵进口设置低压开关,当供水量低于设定值(根据高压泵性能设定,本工程为 $0.2\text{ MPa}$ )时,会自动发出信号停止高压泵运行。在高压泵出口设置高压开关,当高压泵出口压力超过设定值(本工程为 $6.2\text{ MPa}$ )时,高压泵出口压力保护会自动切断高压泵,保护反渗透膜组不受损害。在高压泵出口设置快速启闭止回阀,防止停机时回流对高压泵及膜组造成损伤。

## 2.7 运行分析

温度显著影响反渗透膜的产水能力,通常认为温度每变化 $1\text{ }^\circ\text{C}$ ,产水量变化 $3\%$ 左右<sup>[7]</sup>,设计温度的选择将影响膜组件的配置数量,进而影响设备投资及运行成本。结合青岛市城市供水规律,冬季供水量明显低于夏季。综合考虑上述因素,本工程满负荷生产设计水温采用 $10\text{ }^\circ\text{C}$ ,当水温高于 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 时,采用恒流变压方式运行,当水温低于 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 时,采用恒压变流方式运行,产水量适当降低。水温低于 $1\text{ }^\circ\text{C}$ 时,停机。

## 3 运行效果

目前该工程已进入试运行阶段,建设单位委托第三方水质检验机构对出厂产品水进行了取样分析,结果见表4,可见,该工程产品水水质优于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

表4 产品水水质

Tab.4 Produced water quality

项 目	实测值	标准值
pH	7.73	6.5~8.5
溶解性总固体/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	717	1 000
氯化物/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	25.6	250
硫酸盐/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.75	250
总硬度/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	87	450
耗氧量/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.57	3.0
浊度/NTU	0.12	1
硼/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.29	0.5

## 4 投资及成本分析

海水淡化工程的总投资由工程建设费用(含建筑工程费、设备购置费和安装工程费等)、工程建设其他费用(含土地使用费和其他补偿费、建设管理费、前期咨询费、勘察设计费、建设监理费、造价咨询费、联合试运转费、环境影响评价费等)、预备费(含基本预备费和价差预备费)、资金筹措费(贷款或债券利息等)、铺底流动资金等构成,本工程的投资估算为 $7.44$ 亿元。运行成本由动力费、药剂费、二氧化碳设备租赁费、污泥处置费、换膜费、职工薪酬、固定资产综合折旧费、大修理费、无形资产和其他资产摊销费、管理费用、销售费用和其他费用、营运期平均利息等指标组成。预估单位制水成本 $4.86\text{ 元}/\text{m}^3$ ,其中单位制水可变成本为 $2.92\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

## 5 结语

① 海水淡化预处理工艺选择“高速气浮+超滤”工艺,不仅能够有效去除海水中的细菌、病毒、有机物、悬浮物,满足反渗透进水 $\text{SDI}<3$ 的要求,而且还延长了RO的清洗周期及使用寿命。

② RO作为脱盐的核心单元,一级反渗透系统回收率不低于 $45\%$ ,二级反渗透系统回收率不低于 $90\%$ ,最高 $80\%$ 的一级产水进入二级进一步处理,确保出水水质满足生活饮用水卫生标准,其中硼含量低于 $0.5\text{ mg/L}$ 。

③ 采用矿化滤池工艺,出水硬度不低于 $40\text{ mg/L}$ ,并入市政管网与常规水源充分混合。

④ 本工程投资概算为7.44亿元,预估单位制水成本4.86元/m<sup>3</sup>,其中单位制水可变成本为2.92元/m<sup>3</sup>。

⑤ 海水淡化厂采用全流程工艺设计,以二级反渗透作为核心脱盐工艺,采用高速气浮作为一级预处理,超滤作为二级预处理,选用矿化滤池作为后处理工艺,可以有效保障产品水水质稳定达标,提高城市供水水质,保障供水安全。

#### 参考文献:

- [1] 王琪,郑根江,谭永文. 我国海水淡化产业进展[J]. 水处理技术,2014,40(1):12-15.  
WANG Qi, ZHENG Genjiang, TAN Yongwen. Progress of desalination industry in China [J]. Technology of Water Treatment, 2014, 40(1): 12-15 (in Chinese).
- [2] 葛云红,李炎,安子韩,等. 海水淡化水可饮用性分析[J]. 盐科学与化工, 2021, 50(2): 49-52.  
GE Yunhong, LI Yan, AN Zihan, et al. Analysis on the drinkability of seawater desalination water [J]. Journal of Salt Science and Chemical Industry, 2021, 50(2): 49-52 (in Chinese).
- [3] 陈景光,陆彬,卢彪,等. 海水淡化水经矿化调质后引入市政供水系统工程实例[J]. 中国给水排水, 2020, 36(6): 78-82.  
CHEN Jingguang, LU Bin, LU Biao, et al. A project of introducing desalinated water (after mineralization) into municipal water supply [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(6): 78-82 (in Chinese).
- [4] 吴云奇,贾麟,闫玉莲,等. 大型海水淡化工程投资和成本分析[J]. 盐科学与化工, 2021, 50(3): 6-9.  
WU Yunqi, JIA Lin, YAN Yulian, et al. Investment and cost analysis of large scale seawater desalination project [J]. Journal of Salt Science and Chemical Industry, 2021, 50(3): 6-9 (in Chinese).
- [5] LIANG H, GONG W J, LI G B. Performance evaluation of water treatment ultrafiltration pilot plants treating algae-rich reservoir water [J]. Desalination, 2008, 221(1/3): 345-350.
- [6] 邵天宝,李露,卜建伟,等. 反渗透海水淡化高压系统设计及设备选型要点[J]. 净水技术, 2019, 38(9): 131-134.  
SHAO Tianbao, LI Lu, BU Jianwei, et al. Design and equipment selection of reverse osmosis desalination high pressure system [J]. Water Purification Technology, 2019, 38(9): 131-134 (in Chinese).
- [7] 邓麦村,金万勤. 膜技术手册[M]. 2版. 北京:化学工业出版社, 2020: 590-598.  
DENG Maicun, JIN Wanqin. Handbook of Membrane Technology Supply Engineering [M]. 2nd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2020: 590-598 (in Chinese).

作者简介:卢彪(1989-),男,山东枣庄人,工学硕士,工程师,主要从事城镇供水排水、海水淡化工程的设计及技术应用工作。

E-mail: 707841498@qq.com

收稿日期: 2021-11-30

修回日期: 2022-12-15

(编辑:孔红春)

加强河湖保护与管理,推进水生态文明建设