

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.02.010

污泥调理/板框压滤深度脱水工程设计

吴锦谢, 郭庆龄, 徐挺, 陈维航, 单依雯, 王闻婷, 周海珊
(杭州市水务集团有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要: 杭州市七格污水处理厂设计处理规模为 $150 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 污泥产量约 1 600 t/d(含水率为 80%), 为解决污泥处理能力存在较大缺口的问题, 实施了污泥处理提升工程。采用化学调理和板框压滤的方式进行污泥深度脱水, 脱水后可通过焚烧、建材利用等处置方式, 有效实现污泥的减量化、稳定化、无害化、资源化。目前, 该工程运行稳定, 出泥含水率可控制在 50% 以下, 污泥减量 50% 以上, 其设计和运行经验具有一定的借鉴意义。

关键词: 污泥; 化学调理; 板框压滤; 污泥深度脱水; 污泥减量

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)02-0064-05

Design of a Sludge Deep Dewatering Project Utilizing Conditioning and Plate Frame Pressure Filtration

WU Jin-xie, GUO Qing-ling, XU Ting, CHEN Wei-hang, SHAN Yi-wen,
WANG Wen-ting, ZHOU Hai-shan
(Hangzhou Water Group Co. Ltd., Hangzhou 310000, China)

Abstract: The designed treatment capacity of Qige wastewater treatment plant in Hangzhou is $150 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, with sludge output of approximately 1 600 t/d (sludge moisture content of 80%). To address the significant disparity in sludge processing capability, the sludge treatment upgrading project was initiated. The sludge underwent dewatering through chemical conditioning followed by plate and frame pressure filtration. After dewatering, sludge could be managed through methods such as incineration or utilization in building materials, effectively achieving the goals of reduction, stabilization, harmlessness, and resource recovery. Currently, the project's operation is stable, with the sludge water content always below 50%, and a sludge reduction exceeding 50%. The design and operational experience hold significant reference value.

Key words: sludge; chemical conditioning; plate frame pressure filtration; sludge deep dewatering; sludge reduction

1 工程概况

杭州市七格污水处理厂承担着杭州主城区 90% 以上的城市生活污水处理任务, 污水处理总规模达 $150 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 共分四期建设。一期工程于 2003 年 7 月投入运行, 设计处理规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$; 二期工程于 2005 年 9 月投入运行, 设计处理规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$; 三期工程于 2012 年 5 月投入运行, 设计

处理规模为 $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$; 四期工程于 2019 年 9 月投入运行, 设计处理规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。污水处理采用 AAO 工艺, 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准, 处理后出水排入钱塘江。

2018 年, 七格污水处理厂一、二期的污泥产量为 600 t/d(含水率为 80%), 污泥处理采用带式压滤

脱水或离心脱水至含水率80%左右,再通过污泥调理和板框压滤深度脱水至含水率50%以下,后外运焚烧处置;七格污水处理厂三期的污泥产量为600 t/d(含水率为80%),污泥处理采用离心脱水至含水率80%左右,后外运焚烧处置。

随着七格污水处理厂四期的投运,污泥产量进一步增加,达到1 600 t/d(含水率为80%),污泥处理能力存在较大缺口,其运输和处置成本也随之上升。为系统解决七格污水处理厂的污泥处理问题,实现污泥的减量化、稳定化、无害化、资源化^[1],在污水厂内新建“杭州市七格污水处理厂污泥处理提升工程”,设计污泥处理规模为1 600 t/d(含水率为80%),将污泥深度脱水至含水率50%以下,后外运焚烧处置。该工程于2018年7月开工建设,2019年12月投入运行。

2 设计泥质及工艺流程

2.1 设计泥质

设计进泥量1 600 t/d(含水率为80%),绝干污泥量320 t/d;脱水后出泥量640 t/d,污泥含水率50%以下。设计进泥量及进、出泥含水率见表1。

表1 设计进泥量及进、出泥含水率

Tab.1 Design sludge inflow and moisture content of inlet and outlet sludge

项目	平均污泥量(含水率80%)/(t·d ⁻¹)	进泥含水率/%	出泥含水率/%
七格污水处理厂	一、二期	600	80
	三期	600	80
	四期	400	99.2
			<50

2.2 污泥处理工艺及流程

采用化学调理/板框压滤的方式进行污泥深度脱水,主要包括污泥接收、污泥调理,最后对污泥进行减量化、稳定化、无害化和资源化利用。采用化学除臭与生物除臭滤池相结合的方式对臭气处理,并配合离子送新风的空间预防除臭工艺。

七格污水处理厂一、二期脱水机产生的含水率80%污泥首先贮存于一、二期的4座污泥仓内,通过螺杆泵送至A区污泥处理车间,加入转化剂、助滤剂、改性剂、稳定剂等调理药剂,混合均匀后泵送至调理污泥储仓,再泵送至板框压滤机进行深度脱水至含水率50%以下。

七格污水处理厂四期含水率99.2%的活性污泥通过管道泵送至B区污泥处理车间,浓缩至含水

率95%左右后,与三期脱水机产生的含水率80%污泥在B区污泥处理车间混合,加入转化剂、助滤剂、改性剂、稳定剂等调理药剂,混合均匀后先泵送至调理污泥储仓,再泵送至板框压滤机进行深度脱水至含水率50%以下。

A、B两区的污泥深度脱水工艺流程见图1。

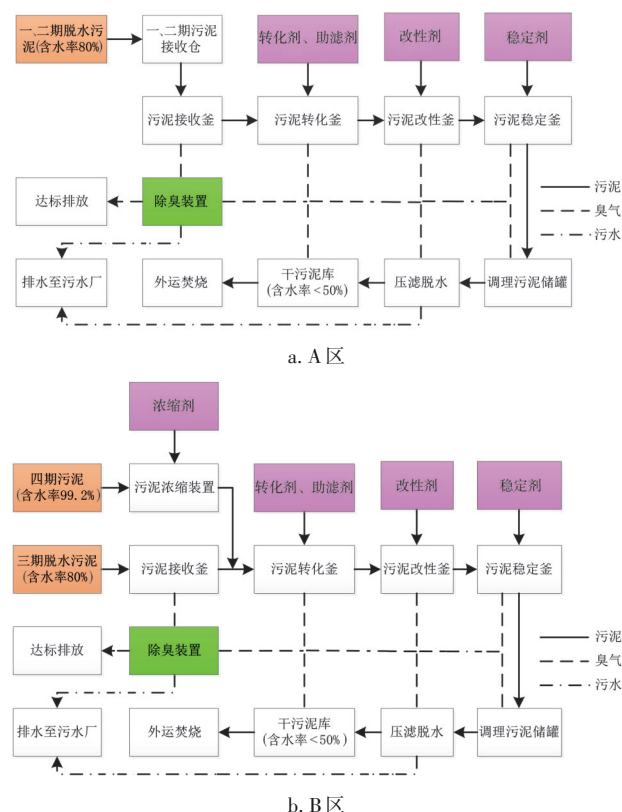


图1 污泥深度脱水工艺流程

Fig.1 Process flow chart of sludge deep dewatering

3 主要建(构)筑物及设计参数

该工程的主要工艺建(构)筑物包括A、B两区的污泥处理车间。A区污泥处理车间包括污泥接收系统、污泥调理系统、污泥脱水系统、干污泥输送系统、除臭系统,构筑物尺寸为22.0 m×120.6 m×19.0 m,接收一、二期含水率80%的污泥,对污泥进行调理、深度脱水,储存脱水后含水率50%以下的污泥,并装车以便运至最终处置场所。

B区污泥处理车间包括应急污泥接收系统、三期和四期污泥接收系统、污泥调理系统、污泥脱水系统、药剂系统、干污泥输送系统、除臭系统,构筑物尺寸为65.0 m×63.2 m×18.5 m,正常工况接收七格污水处理厂三期含水率80%的污泥、四期含水率99.2%的污泥,应急工况下也可接收由厂外汽车运

输而来的含水率80%的污泥,对污泥进行调理、深度脱水,储存脱水后含水率50%以下的污泥,并装车以便运至最终处置场所。A、B两区的污泥处理车间平面布置见图2。

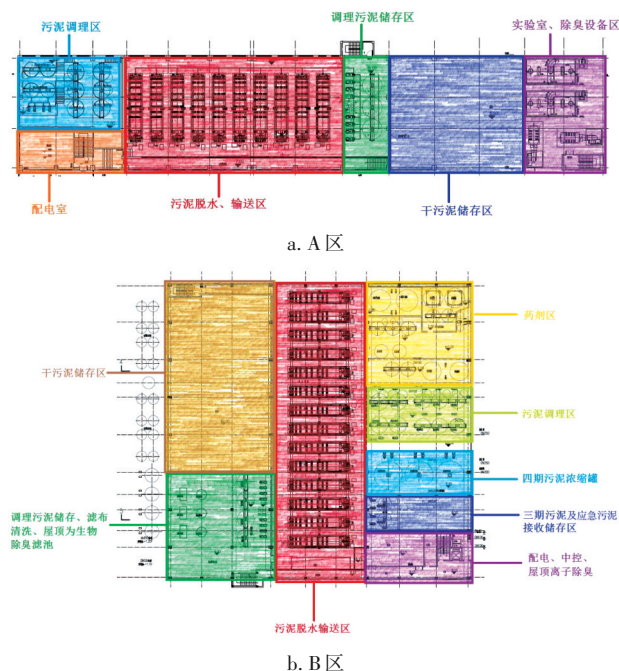


图2 污泥处理车间平面布置

Fig.2 Plan layout of sludge treatment workshop

3.1 污泥接收系统

A区污泥处理车间设污泥接收釜2台,单台尺寸为 $\varnothing 2\,800\text{ mm}\times 3\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW;污泥接收泵4台(2用2备),单台 $Q=25\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=600\text{ kPa}$ 、 $N=22\text{ kW}$ 。

B区污泥处理车间设应急污泥接收池2座,单座尺寸为 $5\,500\text{ mm}\times 4\,000\text{ mm}\times 2\,500\text{ mm}$;应急污泥泵4台(2用2备),单台 $Q=65\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=250\text{ kPa}$ 、 $N=7.5\text{ kW}$;污泥接收釜2台,单台尺寸为 $\varnothing 3\,000\text{ mm}\times 4\,000\text{ mm}$,搅拌机功率15 kW;污泥输送泵4台(2用2备),单台 $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=350\text{ kPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$ 。

B区污泥处理车间设污泥浓缩罐4台,单台尺寸为 $\varnothing 6\,000\text{ mm}\times 8\,000\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW;浓缩污泥泵6台(3用3备),单台 $Q=80\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=300\text{ kPa}$ 、 $N=18.5\text{ kW}$ 。

3.2 污泥调理系统

调理的作用主要是对污泥颗粒表面的有机物进行改性,降低污泥的水分结合容量,同时提高污泥的可压缩性能,使污泥满足高压脱水过程的要求^[2]。

要求^[2]。

A区污泥处理车间设污泥转化调理釜2台,单台尺寸为 $\varnothing 2\,800\text{ mm}\times 4\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW;转化污泥泵4台(2用2备),单台 $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=350\text{ kPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$;污泥改性调理釜3台,单台尺寸为 $\varnothing 3\,200\text{ mm}\times 4\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW;改性污泥泵3台,单台 $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=350\text{ kPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$;污泥稳定调理釜3台,单台尺寸为 $\varnothing 3\,200\text{ mm}\times 4\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW;稳定污泥泵3台,单台 $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=350\text{ kPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$;调理污泥储罐3台,单台尺寸为 $\varnothing 3\,800\text{ mm}\times 4\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW。分别加入转化剂、改性剂、稳定剂等调理药剂,对污泥进行三次调理。

B区污泥处理车间设污泥转化调理釜3台,单台尺寸为 $\varnothing 3\,200\text{ mm}\times 4\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW;转化污泥泵3台,单台 $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=350\text{ kPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$;污泥改性调理釜3台,单台尺寸为 $\varnothing 3\,200\text{ mm}\times 4\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW;改性污泥泵3台,单台 $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=350\text{ kPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$;污泥稳定调理釜4台,单台尺寸为 $\varnothing 3\,600\text{ mm}\times 4\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW;稳定污泥泵4台,单台 $Q=60\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=500\text{ kPa}$ 、 $N=22\text{ kW}$;调理污泥储罐4台,单台尺寸为 $\varnothing 3\,800\text{ mm}\times 4\,500\text{ mm}$,搅拌机功率22 kW。分别加入转化剂、改性剂、稳定剂等调理药剂,对污泥进行三次调理。

3.3 污泥脱水系统

A、B两区的污泥处理车间分别设板框压滤机10、14台,单台滤板尺寸为 $1\,500\text{ mm}\times 1\,500\text{ mm}$,过滤面积 500 m^2 ,功率15 kW;压滤机进泥泵各8台,单台 $Q=70\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=750\text{ kPa}$ 、 $N=22\text{ kW}$;高压水泵分别为4台(2用2备)、6台(3用3备),单台 $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1\,800\text{ kPa}$ 、 $N=15\text{ kW}$;压榨水箱各1个, $V=45\text{ m}^3$;滤布清洗机分别为2、3台,功率11 kW。两区均可将调理后的污泥深度脱水至含水率50%以下。

3.4 干污泥输送系统

A区污泥处理车间设干污泥输送机10台,单台尺寸为 $13\,000\text{ mm}\times 800\text{ mm}$,输送能力20 t/h,功率7.5 kW;总干污泥输送机2台,单台尺寸为 $45\,000\text{ mm}\times 800\text{ mm}$,输送能力40 t/h,功率7.5 kW。

B区污泥处理车间设干污泥输送机14台,单台尺寸为 $18\,000\text{ mm}\times 800\text{ mm}$,输送能力20 t/h,功率7.5 kW;总干污泥输送机1台,单台尺寸为 $13\,000$

mm×800 mm,输送能力40 t/h,功率7.5 kW。两区分别将每台板框压滤机处理后的干污泥送至总干污泥输送机上,后运输到干泥库中。

3.5 药剂系统

B区污泥处理车间设药剂A原料储罐2台,单台尺寸为 $\varnothing 4\ 200\text{ mm}\times 113\ 000\text{ mm}$;管式螺旋输送机2台,电机功率4 kW;药剂A配制釜I共2台,单台尺寸为 $\varnothing 2\ 800\text{ mm}\times 3\ 000\text{ mm}$,搅拌机功率15 kW;药剂A配制釜II共2台,单台尺寸为 $\varnothing 3\ 000\text{ mm}\times 4\ 200\text{ mm}$,搅拌机功率15 kW;药剂A输送泵4台,单台 $Q=40\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=200\text{ kPa}$ 、 $N=7.5\text{ kW}$ 。

设药剂B原料储罐4台,单台尺寸为 $\varnothing 4\ 000\text{ mm}\times 6\ 000\text{ mm}$;药剂B-1输送泵4台(2用2备),单台 $Q=50\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=320\text{ kPa}$ 、 $N=7.5\text{ kW}$;药剂B-2输送泵4台(2用2备),单台 $Q=40\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=200\text{ kPa}$ 、 $N=7.5\text{ kW}$ 。

设药剂C原料储罐2台,单台尺寸为 $\varnothing 4\ 600\text{ mm}\times 8\ 000\text{ mm}$;药剂C输送泵2台,单台 $Q=25\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=320\text{ kPa}$ 、 $N=7.5\text{ kW}$ 。

3.6 除臭系统

该工程采用一级化学洗涤+二级生物处理的组合式臭气处理工艺,同时增加了离子送新风的主动预防除臭工艺。污泥处理过程中产生的臭气经管道收集后进入化学除臭塔,尾气进入生物除臭滤池,处理后排出;同时在人员经常出入的车间场所送入离子新风,从源头处降低臭气浓度,提高工作环境的舒适性。

A区污泥处理车间设化学除臭系统9座,总处理风量 $56\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,配套化学吸收塔、离心风机、药剂循环泵;单台风机风量 $7\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,单台淋洗风机风量 $28\ 000\text{ m}^3/\text{h}$;单台药剂循环泵 $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=280\text{ kPa}$ 、 $N=5.5\text{ kW}$ 。设生物除臭设备2座,总处理风量 $56\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,单台风机风量 $25\ 000\text{ m}^3/\text{h}$ 、风压 $3\ 200\text{ Pa}$ 、功率60 kW。设离子除臭设备2台,单台送风风机风量 $30\ 000\text{ m}^3/\text{h}$ 、风压 $3\ 000\text{ Pa}$ 、功率37 kW,离子发生器功率2 kW。

B区污泥处理车间设化学除臭系统10座,总处理风量 $80\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,配套化学吸收塔、离心风机、药剂循环泵;单台风机风量 $9\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,单台淋洗风机风量 $40\ 000\text{ m}^3/\text{h}$;单台药剂循环泵 $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=280\text{ kPa}$ 、 $N=5.5\text{ kW}$ 。设生物除臭设备2座,总处理风量 $80\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,单台风机风量 $40\ 000\text{ m}^3/\text{h}$ 、风压

$3\ 200\text{ Pa}$ 、功率75 kW。设离子除臭设备3台,单台送风风机风量 $40\ 000\text{ m}^3/\text{h}$ 、风压 $3\ 000\text{ Pa}$ 、功率45 kW,离子发生器功率2 kW。

采取各种除臭措施后,排气筒处的废气排放达到《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—93),厂界处的废气排放达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的二级标准。

4 工程特色及亮点

① 节约用地。该工程利用七格污水处理厂内闲置用地改造建设污泥处理项目,灵活布置污泥接收、调理、脱水、干泥库房等设施,总占地面积 $8\ 500\text{ m}^2$,单位污泥建设用地约 $5.31\text{ m}^2/\text{t}$,与其他污泥处理技术相比,大幅节约建设用地。

② 节省投资。该工程设计污泥处理规模为 $1\ 600\text{ t/d}$ (含水率为80%),投资约2.69亿元,单位污泥建设投资约16.81万元/t。相较于单位投资约30~40万元/t(含水率为80%)的其他污泥干化工艺^[3],该工程可节省投资40%~60%。

③ 浓缩污泥直接脱水。七格污水处理厂四期含水率99.2%的污泥通过泵与管道直接输送至污泥接收系统,实现浓缩污泥一次脱水至含水率50%以下,省却了离心脱水机的投资与运行成本。

④ 常温低压脱水。该工程污泥深度脱水技术可以在常温低压($<0.6\text{ MPa}$)条件下^[4],将每吨含水率80%湿污泥中的水分离75%以上,脱水干泥含水率降至50%以下,即1 t含水率80%污泥可减量至500 kg以下,从而实现污泥的大幅减量化。

⑤ 降低污泥处理处置成本。工程实施前,将离心脱水后含水率80%的污泥外运焚烧处置,总成本约348元/t;工程实施后,将深度脱水后含水率50%的污泥外运焚烧处置,总成本约316.2元/t,污泥处理处置总成本降低9.14%,同时污泥的深度脱水和大减量化有效减轻了污泥运输压力,有利于污泥协同焚烧。

5 运行情况

七格污水处理厂污泥处理提升工程自建成投运以来,运行情况良好,实际污泥处理量可达 $1\ 350\text{ t/d}$ (含水率为80%),一~三期进泥含水率为80.59%~86.38%,四期进泥含水率为96.43%~99.26%;脱水后平均出泥量为 670 t/d ,出泥含水率为45.10%~49.50%;排气筒处和厂界处的废气排放

浓度均优于排放标准。污水处理厂实际进、出污泥理化性质见表2。

表2 实际进、出污泥理化性质

Tab.2 Physical and chemical properties of actual inlet and outlet sludge

项目	污泥处理量 (含水率 80%)/(t·d ⁻¹)	一~三期 进泥含水 率/%	四期进 泥含水 率/%	脱水污 泥泥量/ (t·d ⁻¹)	出泥 含水 率/%	脱水污 泥热值/ (kJ·kg ⁻¹)
平均值	1 350	83.34	98.80	670	47.17	2 746
最大值	1 772	86.38	99.26	950	49.50	3 559
最小值	950	80.59	96.43	448	45.10	2 114

深度脱水后污泥的平均含水率为47.17%，总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、总铜、总锌、总镍、矿物油、挥发酚含量分别为6.58、1.29、36.76、63.33、11.84、72.94、282.94、20.66、787、1.36 mg/kg，各项指标均满足《城镇污水处理厂污泥泥质》(GB 24188—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 单独焚烧用泥质》(GB/T 24602—2009)和《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》(GB/T 25031—2010)的要求，可采用焚烧、建材利用等处置方式，实现污泥的无害化与资源化。

经监测，排气筒处臭气浓度为63，硫化氢浓度 $<6.45 \times 10^{-3}$ mg/m³，氨浓度为0.447 mg/m³，符合《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—93)；厂界处臭气浓度 <10 ，硫化氢浓度 $<1.58 \times 10^{-3}$ mg/m³，氨浓度为0.027 mg/m³，符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的二级标准。

6 结语

① 该工程采用化学调理/板框压滤的方式将污泥深度脱水至含水率50%以下，含水率80%的污泥可减量50%以上，脱水后污泥可通过焚烧、建材利用等处置方式，有效实现减量化、稳定化、无害化、资源化。

② 该工程充分利用现有场地条件，合理规划功能布局，分块建设600和1 000 t/d(含水率为80%)的污泥深度脱水设施，与其他污泥处理技术相比，大幅节约建设用地。

③ 该工程位于七格污水处理厂内，污泥脱水过程产生的废水可直接排入污水处理厂进水管，通过污水处理厂集中处理达标后排放，无需单独设

置污水处理装置。

④ 该工程所有设备均采用全封闭设计、负压运行，对集中收集的臭气进行一级化学洗涤+二级生物处理，并增加离子送新风的空间预防除臭工艺，有效控制了臭气排放，最大限度地减少了对周边环境和居民的影响。

参考文献:

- [1] 梁远, 刘迪, 周林强, 等. 苏州高新静脉产业园污泥深度脱水工程改造与运行[J]. 中国给水排水, 2021, 37(12): 141-144.
LIANG Yuan, LIU Di, ZHOU Linqiang, *et al.* Transformation and operation of sludge deep dewatering project in Suzhou hi-tech venous industrial park [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(12): 141-144 (in Chinese).
- [2] 陈柏校, 张辰, 王国华, 等. 污泥深度脱水工艺在杭州七格污水处理厂的应用[J]. 中国给水排水, 2011, 27(8): 83-85.
CHEN Baixiao, ZHANG Chen, WANG Guohua, *et al.* Application of advanced sludge dewatering process at Qige WWTP, Hangzhou [J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(8): 83-85 (in Chinese).
- [3] 魏忠庆. 污泥深度脱水+带式干化组合工艺探讨[J]. 中国给水排水, 2017, 33(4): 11-13.
WEI Zhongqing. Discussion on combined process of sludge deep dewatering and belt drying [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(4): 11-13 (in Chinese).
- [4] 孟鑫, 陈伟, 陈柏校. 萧山4 000 t/d污泥集中焚烧处理项目实践[J]. 中国给水排水, 2022, 38(8): 127-132.
MENG Xin, CHEN Wei, CHEN Baixiao. Practice of Xiaoshan 4 000 t/d centralized sludge incineration project [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(8): 127-132 (in Chinese).

作者简介: 吴锦谢(1988—), 男, 浙江临海人, 本科, 工程师, 主要研究方向为水处理运行及技术管理。

E-mail: 125639664@qq.com

收稿日期: 2024-01-18

修回日期: 2024-02-21

(编辑: 沈靖怡)