

青岛麦岛污水处理厂污泥消化及热电联产运行管理经验

范秀磊, 袁博, 李学强, 刘阳
(青岛麦岛污水处理厂, 山东 青岛 266071)

摘要: 污泥厌氧消化/热电联产是一项重要节能工艺技术,对于提高资源和能源利用效率意义重大。完善的管理是保证污泥消化及热电联产系统稳定高效运行的关键环节。麦岛污水处理厂将 Multiflo[®] Trio 初沉污泥与生物滤池剩余污泥进行混合,形成沼气产率较高的混合污泥,并进行中温厌氧消化,所产沼气进入热电联产系统用于发电及沼气锅炉,回收余热作为污泥消化及厂区采暖热源。10余年来,麦岛污水处理厂的污泥消化及热电联产系统实现了安全、稳定、高效的运行,保证了污泥的资源化、减量化、无害化处理及利用。介绍了青岛麦岛污水处理厂污泥厌氧消化及热电联产的运行情况,探讨如何在污泥消化及热电联产间做好运行管理和调控,使之形成良性循环。

关键词: 污水处理厂; 污泥; 厌氧消化; 热电联产

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)02-0022-04

Experience of Sludge Digestion and Cogeneration Operation Management in Qingdao Maidao Sewage Treatment Plant

FAN Xiu-lei, YUAN Bo, LI Xue-qiang, LIU Yang
(Qingdao Maidao Sewage Treatment Plant, Qingdao 266071, China)

Abstract: Anaerobic digestion and cogeneration operation of sludge is an important energy saving technology, which is of great significance in improving the utilization efficiency of resources and energy. Perfect management is the key to ensure the stable and efficient operation of sludge digestion and cogeneration system. The Multiflo[®] Trio primary sludge was mixed with the excess sludge of the biofilter to form the mixed sludge with high biogas yield. And then, the biogas produced by mesophilic anaerobic digestion was utilized for generators and gas boiler via the cogeneration system, and the waste heat was recovered as sludge digestion and heating heat source in the plant area. For more than 10 years, the operation of this management system was safe, stable and efficient, and the sludge resource utilization, reduction, innocuous treatment and utilization were realized. This paper introduced the operation of sludge anaerobic digestion and cogeneration in Qingdao Maidao sewage treatment plant, and discussed how to achieve good operation management and regulation between sludge digestion and cogeneration, so as to form a virtuous cycle.

Key words: sewage treatment plant; sludge; anaerobic digestion; cogeneration

国内污水处理厂进行污泥消化/热电联产的较少,实现稳定高效运行的更少^[1]。青岛麦岛污水处

理厂的初沉污泥与生物滤池剩余污泥混合后经中温厌氧消化,达到了污泥减量的目的,产生的沼气用作

发电机及沼气锅炉的气源,达到了污水处理厂能量回收的目的,发电机冷却余热及高温尾气余热为污泥消化提供热源。通过精细的工艺管控,使各系统间形成良性循环,保证了系统的持续安全高效运行,实现了污泥资源化、减量化、无害化的目的。2007年—2018年,累计污泥减量6 8615.54 t,累计产生沼气 $6\,419.53 \times 10^4 \text{ Nm}^3$,累计发电98 522 034 kW·h,产生了可观的经济、社会、环境效益。

1 麦岛污水处理厂概况

麦岛污水处理厂进水为城市生活污水,进水指标:COD = 700 mg/L, BOD₅ = 320 mg/L, SS = 350 mg/L, TN = 70 mg/L, TP = 8 mg/L,一期于1999年建成,为预处理工程,设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;二期扩建于2007年完成,处理能力达到 $14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用物化+Biostyr®滤池处理工艺;三期提标改造于2017年完成,新增14组重质滤料DN滤池及14组CN滤池,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A排放标准。

1.1 污水处理及污泥消化系统工艺流程

Multiflo®初沉污泥及经过浓缩后的剩余污泥收集于消化池,经中温厌氧消化后进行离心脱水。初沉污泥含固率为4%,日产量为900 m³;生物泥含固率为1.5%,经浓缩机浓缩后每天产生含固率为5%

的污泥250 m³。两部分污泥进入消化池前先进行均质,混合污泥中有机成分>65%,适合厌氧消化。消化池共有两座,单座容积为12 700 m³,污泥停留时间约20 d。麦岛污水处理厂工艺流程见图1。

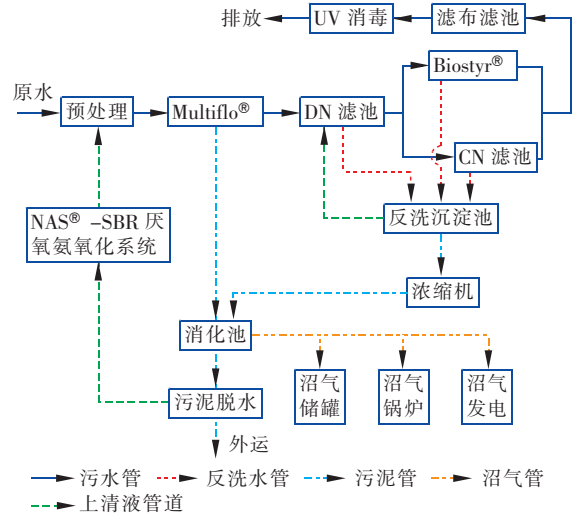


图1 麦岛污水处理厂工艺流程

Fig. 1 Flow chart of Maidao sewage treatment plant process

1.2 热电联产系统工艺

热电联产系统利用发电机冷却和尾气余热及沼气锅炉提供的热源,通过两级换热为污泥消化系统、NAS®-SBR厌氧氨氧化系统及车间供热,详见图2。

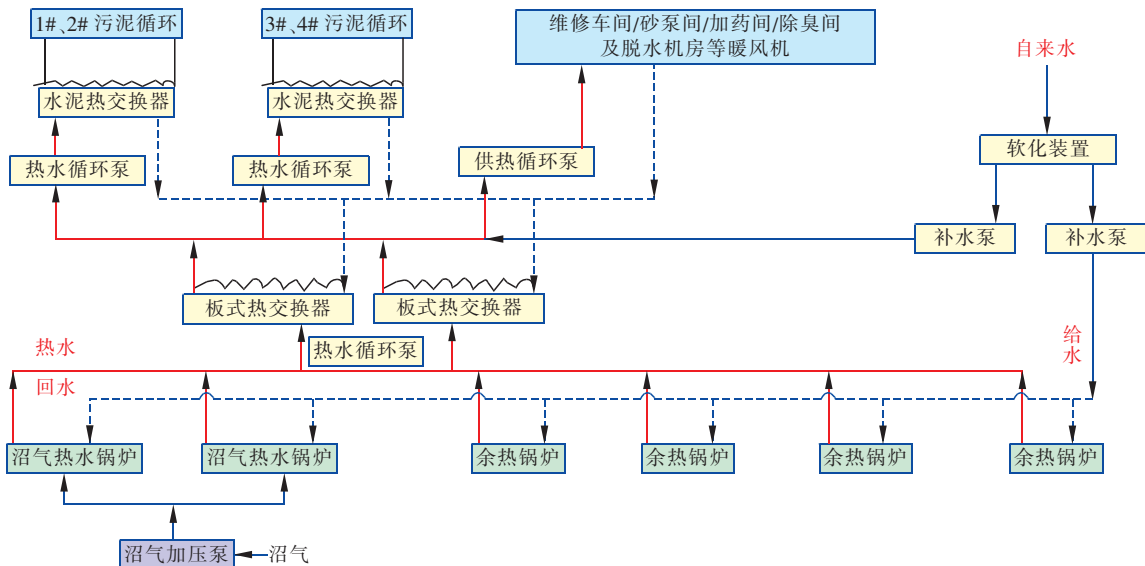


图2 热电联产系统工艺流程

Fig. 2 Flow chart of cogeneration system

① 气源:沼气产量冬季为18 095 Nm³/d,夏季为16 980 Nm³/d,沼气热为6.42 kW·h/Nm³。

② 热源:4台500 kW 沼气发电机组(沼气—

电转化率约为31.2%),每台发电机有250 kW 高温冷却余热,4台260 kW 发电机余热锅炉,2台1 000 kW 沼气锅炉。

③ 热负荷:2座12 700 m³污泥消化池,污泥需热量1 355 kW,池体散热量190 kW,污泥水厌氧氨氧化系统需热量400 kW,车间取暖需热量150 kW,合计2 095 kW。

发电余热基本能满足热负荷供热需求。

2 污泥消化及发电系统运行情况

麦岛污水处理厂2007年—2018年厌氧消化系统运行情况见表1。

表1 污泥厌氧消化系统运行情况

Tab.1 Operation of sludge anaerobic digestion system

项目	沼气产量/ (Nm ³ ·a ⁻¹)	VS去除率/%	有机物产气量/ (Nm ³ ·kg ⁻¹)	全厂耗电量/ (kW·h·a ⁻¹)	发电量/ (kW·h·a ⁻¹)	发电量:全厂 耗电量/%	污泥消解量/ (t·a ⁻¹)
2007年	1 898 194	未统计	未统计	6 268 252	0	0	未统计
2008年	4 791 003	未统计	未统计	14 113 775	5 416 560	33.38	2 761.99
2009年	5 422 589	未统计	未统计	14 333 659	10 103 477	70.49	1 899.54
2010年	5 447 594	47.66	0.81	14 582 700	9 845 608	67.52	6 759.72
2011年	5 527 972	49.26	0.96	14 997 900	9 480 429	63.21	5 761.11
2012年	5 791 042	50.17	0.64	15 152 100	8 923 440	58.89	8 966.28
2013年	5 827 775	51.46	0.88	15 469 100	8 365 920	54.08	6 588.49
2014年	5 894 290	50.27	0.71	15 337 800	7 600 680	49.56	8 195.35
2015年	6 079 836	53.39	0.92	15 201 600	8 754 240	57.59	6 585.52
2016年	6 248 824	56.95	0.82	15 331 200	9 899 280	64.57	7 612.70
2017年	5 155 666	57.86	0.84	15 337 500	9 253 920	60.34	6 122.74
2018年	6 110 547	54.26	0.83	16 671 300	10 878 480	65.25	7 362.10

① 麦岛污水处理厂污泥消化系统2007年启动调试,发电系统2008年下半年启动调试,沼气和发电量偏低。

② 2009年—2018年,污泥消化系统保持了稳定高效运行,VFA保持在200~400 mg/L之间,碱度保持在4 000~5 000 mg/L之间,VS去除率和消化产气率均较高,年均产气量为575.06×10⁴ Nm³。

③ 2009年—2018年,发电系统总体保持了稳定高效运行,年均发电931.05×10⁴ kW·h,发电量约占全厂年总用电量的61%。其中2010年—2014年发电量呈逐年下降趋势,主要是热力系统(也是发电机的冷却系统)运行效率下降所致。2014年对热力系统进行了技术改造,改进了其运行维护管理,提高了热力系统的完好运转率,发电量逐年增高。

④ 2017年全厂工艺升级改造影响了沼气和发电量。

3 污泥消化及热电联产系统的影响因素

① 污泥厌氧消化系统运行的影响因素:消化污泥泥量及泥温保持,污泥含砂含纤维情况,有毒有害气体的产生,脱水机滤液管道的结垢堵塞,沼气管线的堵塞等。

② 热电联产系统运行的影响因素:发电机运行效率,发电机排烟系统的积灰堵塞,热力系统的效率,热力系统的失水、结垢、气阻,用电负荷的调配。

4 污泥消化及热电联产系统的运行管理

4.1 污泥厌氧消化系统的运行管理

① 要保证沉淀池排泥含固率在4%~6%之间,稳定进入消化池的污泥流量,消化池污泥停留时间足够。污泥进入消化池前要进行均质,保持污泥性质稳定^[2]。

② 麦岛污水处理厂污(水)泥中砂量及纤维含量较大,采取了如下技术管理措施:一是将沉砂池故障多发的排砂泵改造为气提除砂装置,安排人员值守,及时发现并解决除砂系统可能的堵塞,保证除砂系统正常运行。二是设计制作旋流除砂除纤维装置,并安装在污泥循环加热管路上,定期进行清理,效果良好。

③ 消化池采用机械搅拌,长时间运行的搅拌轴上会缠绕棉纱等杂物,严重时会造成搅拌器故障无法运行。鉴于此种情况,每周将搅拌器反转一次,较好地解决了搅拌器缠绕问题,运行10余年来未发生严重故障。

④ 消化池进出泥均在消化池顶部,出泥使用套筒阀控制,要保证有一定的调蓄能力。为保证污泥循环加热系统的畅通,根据运行数据判断循环系统堵塞情况,及时疏通,保证消化池泥温稳定。

⑤ 根据泥温变化趋势,及时调整热力系统运行,泥温保持在(35±2)℃。冬季如遇极寒天气,可

提前将泥温调整到较高区域,避免因极寒天气及其他原因造成泥温持续下降,形成恶性循环。

⑥ 麦岛污水处理厂存在比较严重的污泥脱水滤液结垢问题,应根据经验定期清理。

⑦ 麦岛污水处理厂在污水预处理段投加 FeCl_3 ,有效抑制了污泥中 H_2S 的产生,确保消化车间通风系统运行,避免有毒有害气体积聚。

⑧ 做好沼气输送存储系统运行管理,包括沼气罐、过滤器、加压泵的运行管理,避免堵塞、泄漏、冰冻等情况发生。

4.2 热电联产系统的运行管理

① 做好发电机日常维护保养和定期大修,确保发电效率。

② 做好发电系统的调控。麦岛污水处理厂进水量昼夜间相差较大,白天水量达 $7\,000\text{ m}^3/\text{h}$,用电负荷高;夜间水量仅约 $2\,000\text{ m}^3/\text{h}$,用电负荷低。因此,要合理调度发电设备运行,白天多发多用电进而腾出气柜存储空间,夜间少发电少用电并增加气柜存气量供白天使用,最大限度地利用沼气,避免沼气放散燃烧,尽可能多地利用自发电力,减少市电使用量。

③ 首先确保污泥厌氧消化所需泥温,充分利用发电余热满足污泥消化系统所需热量,严格控制沼气锅炉开启,尽量避免沼气放散燃烧,提高沼气有效利用率。当泥温降低致沼气产量下降时,应减少或暂停发电,开启锅炉,提升泥温。

④ 做好热力系统的补水、排污、排气工作,确保热力循环畅通。做好锅炉的清灰、除垢以及热交换器的除垢,做好循环水泵的维护保养,确保热力设备高效运行。对压力表、温度计、安全阀等附件定期检定,确保热力系统安全。

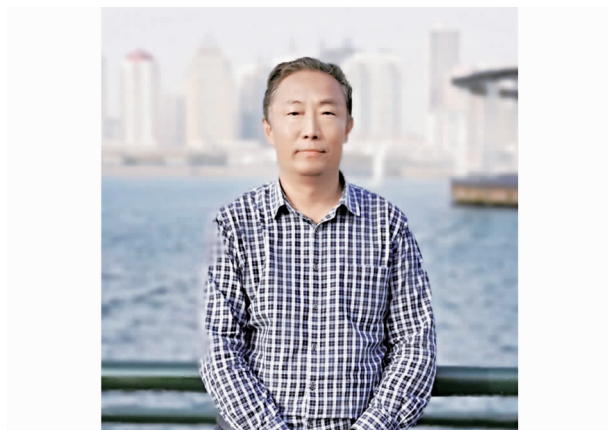
5 结语

10多年来,麦岛污水处理厂根据进水、季节变化等情况,积极做好污泥消化及热电联产系统的运行维护及精细化调度管理,实现了安全高效运行,产生了可观的经济、社会及环境效益。根据实践结果,麦岛污水处理厂的污泥消化及热电联产系统还需进

行进一步的改善:①热力系统故障对发电量的影响较大,应进一步做好管理;②针对仍有少量沼气放散燃烧的情况,应做好各系统运行调度,提高系统整体运行效率;③污泥脱水滤液管道结垢严重,定期拆卸清理费时费力,需重点研究解决。

参考文献:

- [1] 刘京,刘頔,韩丽,等. 北方地区污泥厌氧消化工艺应用现状分析[J]. 中国给水排水,2012,28(22):46-49.
Liu Jing, Liu Di, Han Li, et al. Application status analysis of anaerobic sludge digestion process in northern China [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(22): 46-49 (in Chinese).
- [2] 钱靖华,田宁宁,余杰,等. 城镇污水污泥厌氧消化技术及能源消耗[J]. 给水排水,2010,36(增刊):102-104.
Qian Jinghua, Tian Ningning, Yu Jie, et al. Anaerobic digestion technology and energy consumption of municipal sewage sludge [J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(S): 102-104 (in Chinese).



作者简介:范秀磊(1961—),男,山东微山人,大学本科,高级工程师,现任光大水务(青岛)有限公司副总经理,主要从事设备管理、安全健康管理,研究方向为污水处理工艺设备应用、暖通系统运行管理。

E-mail: fanxl@ebwater.com

收稿日期:2019-05-23