

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.06.003

潜水轴流泵在地下污水处理厂的改进应用

郭林松, 彭一鸣, 李雅晴

(长江生态环保集团有限公司, 湖北 武汉 430062)

摘要: 潜水轴流泵用于污水处理厂时,在实际运行中经常发生泵叶轮被垃圾等杂物缠绕,导致叶轮抱死不能运行的问题,使泵维护清理垃圾工作量大幅增加且抬高了运维成本。九江市两河地下污水处理厂进水泵房潜水轴流泵,改造前无法直接观测其运行状态,且经常被堵塞缠绕致其无法运行,因此采取了拆除耐磨环及更换带垃圾释放凹槽蜗壳两种方案进行改造。在改造后的两个月内,采用两种方案改造的水泵均未发生堵塞情况。进一步对改造前、后的流量及能耗进行了对比分析,发现两方案都出现不同程度的流量衰减现象,而更换带垃圾释放凹槽蜗壳的能耗更少。

关键词: 潜水轴流泵; 地下污水处理厂; 蜗壳

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)06-0010-04

Improvement of Submersible Axial Flow Pump and Its Application in Underground Sewage Treatment Plant

GUO Lin-song, PENG Yi-ming, LI Ya-qing

(Yangtze Ecology and Environment Co. Ltd., Wuhan 430062, China)

Abstract: When submersible axial flow pump is applied in sewage treatment plants, its impeller is often wrapped by garbage and other debris in operation, leading to the problem that the impeller is locked and unable to run. In addition, it significantly increases the pump maintenance and cleaning workload and raises the operation cost. The submersible axial flow pump in the intake pump house of Lianghe underground sewage treatment plant in Jiujiang could not be directly observed and was often blocked and wound before the transformation, leading to failure to operate. Therefore, two schemes, namely removing the wear ring and replacing a new volute with garbage release groove, were proposed to solve the problems. In two months after the transformation, the pumps transformed by the two schemes were not blocked. The flow rate and energy consumption of the two schemes before and after transformation was compared and analyzed. Both the two schemes had different degrees of flow rate attenuation phenomenon, and the energy consumption of replacing the volute with garbage release groove was less.

Key words: submersible axial flow pump; underground sewage treatment plant; volute

输送介质对潜水轴流泵的稳定运行影响非常大,轻度污水或清水适合采用潜水轴流泵输送,若潜水轴流泵用于进水水质复杂或泥沙、垃圾等杂物较多的污水处理厂,虽然前段设置了粗格栅,但其不能有效拦截软质纤维垃圾,在实际运行中经常发生泵叶轮被垃圾等杂物缠绕,导致叶轮抱死不能运行的

情况。潜水轴流泵^[1]中耐磨环具有稳定和保证出水流量的作用,蜗壳具有水室机械密封作用。长江大保护项目九江市两河地下污水处理厂设计规模为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,根据实际水量及扬程情况,污泥泵房、废水泵房、深床滤池主要采用潜污泵,进水泵房、中间泵房等扬程较低的环节采用适用于污水的潜水轴流

泵。进水泵房位于粗格栅后、细格栅前端,笔者针对进水泵房潜水轴流泵频繁堵塞,对潜水轴流泵的运行原理及结构进行了分析,采用拆除进水耐磨环及定制带垃圾释放凹槽的水泵蜗壳替换标准配置蜗壳两种整改方案,记录两方案的改进效果及相应的流量和能耗变化情况,以提出最终的整改方案。

1 设计方案

1.1 泵选型方案

水泵的选型既要结构合理、造价低,还要具有高效率及良好的性能,且抗汽蚀性能良好^[2],在不增加泵站开挖深度的情况下,泵不会产生汽蚀现象,保证安全运行,污水提升泵选型对比见表1。

表1 污水提升泵选型对比

Tab.1 Comparison of sewage lift pump selection

项目	潜污泵方案	潜水轴流泵方案
优点	适合高扬程,低流量;可在集水池内直接安装;系统简单且无需安装吸水管;设备维护及安装简便	适合低扬程,大流量;可在集水池内直接安装;系统简单且无需安装吸水管;效率较其他泵更高;稳定及可靠性更好;所需占地面积更小
缺点	效率较其他泵偏低	复杂工况下易堵塞

本项目在进水提升泵房中粗格栅之后设置污水提升泵,选用潜水轴流泵,为后掠式叶片叶轮,适用于大流量、低扬程工况,水力效率较高,共设置XFP206J-CB2 PE450型潜水轴流泵($Q=625\text{ m}^3/\text{h}$, $H=30\text{ kPa}$, $N=15\text{ kW}$)3台(2用1备,变频,编号1#~3#),XFP155J-CB2 PE400型潜水轴流泵($Q=437.5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=30\text{ kPa}$, $N=11\text{ kW}$)2台(1用1备,变频,编号4#~5#);平均水量时开启2台大泵,高峰水量时运行2台大泵及2台小泵,水量小时仅运行小泵。将液位计设置在集水池内,水泵的启停及开启数量通过集水池内液位的变化进行控制。

1.2 粗格栅及泵设计技术要求

① 粗格栅设计技术要求

粗格栅前设置进水闸门井,安装速闭闸门3台,厂区突发浸水时关闭闸门,以防止淹没。闸门井后设计人工格栅3台(2用1备),渠宽为1 000 mm。设链条式回转粗格栅3台(2用1备)。设计栅前水深为0.90 m,过栅流速约0.75 m/s,栅条间距10 mm,过栅最大水头损失约为0.20 m。

粗格栅栅条间隙为10 mm,进水渠道内的污物

通过自下而上的犁形齿耙向上提取,送至除污机上面时,经链轮和导轨的转动将污物卸载;回转式格栅除污机的清污效果要稳定,通过合理的结构设计达到自净能力稳定可靠,不能出现卡滞及缠绕垃圾等现象,应在上部卸料位置设置橡胶材料的清污刮板,避免将挂在齿耙上的污物一起带至出水渠。

② 潜水轴流泵设计技术要求

潜水轴流泵叶轮应为后掠式自清洁型一体式螺旋桨叶型。叶轮应将离心力及正向推动力揉合进行水力学设计,且渐变式泵壳及叶轮流向线条设计,确保长度小于50 cm的纤维和18 cm直径的颗粒垃圾可通过,不出现垃圾缠绕叶轮或堵塞现象^[3]。

2 潜水轴流泵出现的问题及解决方案

2.1 泵出现的问题

经查阅国内相关资料,潜水轴流泵用于污水泵站或污水处理厂时,都会在泵前段设置双重格栅除污机,多段清污,前段格栅除污机去除大块的垃圾或杂物,一般采用回转式格栅除污机^[4];第二段格栅除污机去除污水中的小杂物及软质纤维垃圾,一般采用回转式固液分离机,使输送介质尽量符合潜水轴流泵要求,保证其正常运行^[5]。

本项目在潜水轴流泵前段只设置了一段粗格栅,不能有效拦截纤维等软质垃圾,大量垃圾堵塞叶轮通道且塑料类垃圾缠绕电机,造成水泵频繁堵塞,超出水泵负荷,导致泵停止运行,严重影响了污水处理厂的正常运营。在堵塞的水泵内清出的污物,大部分为长度<500 mm的纤维垃圾,说明粗格栅未能有效拦截纤维垃圾,造成泵堵塞停运,潜水轴流泵堵塞情况见图1、2。



图1 大量垃圾堵塞叶轮通道

Fig.1 Garbage blocking impeller passage



图2 塑料类垃圾缠绕电机

Fig.2 Plastic trash winding motor

因本项目为地下式污水处理厂,各构筑物布置紧凑,特别是在粗格栅(见图3)及提升泵房位置闸门等设备较多,经现场分析,在粗格栅后无位置增加细格栅,故只能通过优化泵体结构解决堵塞问题。



图3 粗格栅

Fig.3 Coarse grid

2.2 解决方案

为有效改善水泵堵塞状况,应提高前端格栅垃圾拦截效率,减轻水泵及细格栅工作负荷,也降低对后续二级核心工艺段处理效果的影响。

对潜水轴流泵的改进方案如下:

方案一:拆除入口处的耐磨环(见图4),可增加垃圾过流能力,此方案实施简单、快捷、有效,而且耐磨环可恢复安装,对水泵其他机械结构无任何影响。耐磨环拆除后,叶轮与蜗壳间隙增大,对水泵效率有一定影响,因各项目工况条件不同,受影响程度不同,现场实施后可观测水泵工况,综合评估水泵堵塞改善和水泵性能情况。

方案二:定制带垃圾释放凹槽的水泵蜗壳,替换标准配置蜗壳,可有效改善垃圾过流能力,特别是纤维状垃圾,较方案一垃圾通径稍小,对水泵效率影响较小。更换带释放凹槽蜗壳方案见图5。

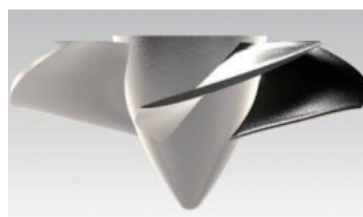


图4 方案一:拆除进水口耐磨环

Fig.4 Removing the wear ring from water intake (scheme 1)

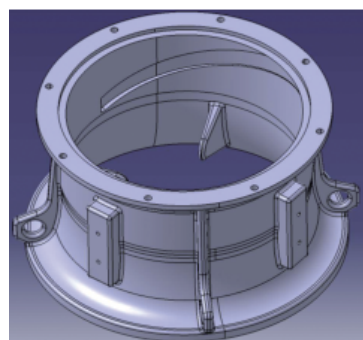


图5 方案二:更换带释放凹槽蜗壳

Fig.5 Replacing a new volute with release groove (scheme 2)

2.3 改造效果

根据改造方案,现场拆除了1#泵耐磨环,3#泵定制带垃圾释放凹槽的水泵蜗壳,替换标准配置蜗壳。

改造后根据现场测得的平均流量数据,两方案都不同程度出现流量衰减现象,但1#泵拆除耐磨环后流量衰减较大,衰减超过 $45 \text{ m}^3/\text{h}$;两方案堵塞情

况有明显改善,连续运行两月未有堵塞情况发生。

对1#泵拆除耐磨环及3#泵更换新蜗壳前、后的流量进行了对比分析,1#、3#泵改造前流量平均值为 $625\text{ m}^3/\text{h}$,1#泵拆除耐磨环后流量平均值为 $580\text{ m}^3/\text{h}$,3#泵更换新蜗壳后流量平均值为 $610\text{ m}^3/\text{h}$,改造前、后流量变化情况见图6。

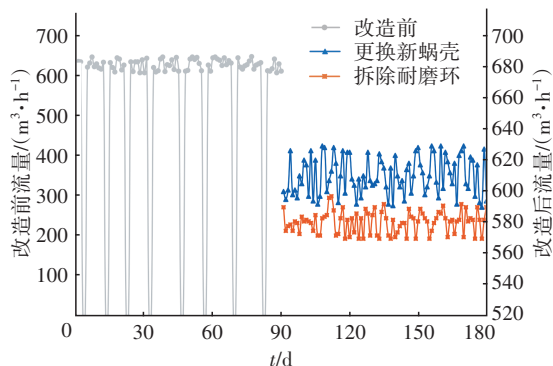


图6 改造前、后流量变化情况

Fig.6 Variation of flow rate before and after transformation

按照24 h计算,改造前日流量为 $1.5 \times 10^4\text{ m}^3$,3#泵更换新蜗壳后日流量为 $1.464 \times 10^4\text{ m}^3$,1#泵拆除耐磨环后日流量为 $1.392 \times 10^4\text{ m}^3$,按照日处理量为 $3 \times 10^4\text{ m}^3$ 计算,改造前开2台泵即可满足工艺要求,改造后部分时间需开3台泵才能满足工艺要求。进水提升泵的功率15 kW,在满负荷运行的情况下,改造前每日用电量为 $720\text{ kW} \cdot \text{h}$,1#泵拆除耐磨环后每日用电量约为 $776\text{ kW} \cdot \text{h}$,3#泵更换新蜗壳后每日用电量约为 $738\text{ kW} \cdot \text{h}$,两方案耗电量比改造前分别多出56、18 $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{d}$ 。经综合比较,采用方案二,即更换新蜗壳方案更经济,且可达到改造效果。

潜水轴流泵耐磨环的作用是稳定和保证出水流量,现在耐磨环的厚度为6 mm,根据泵要求,当耐磨环的磨损超过2 mm时必须进行更换,可见将耐磨环拆除后出水流量减少了,同时垃圾还会缠在泵座上,虽然泵的叶轮不会堵塞了,但是泵座的垃圾会越缠越多。根据两方案改造完成后的实际效果及能耗分析,最终选择更换新蜗壳方案。

3 结语

潜水轴流泵用于条件较复杂的污水泵站或污水处理厂前段时,必须在泵站前段设置粗、细格栅,以清除软质纤维状及块状垃圾,保证潜水轴流泵的

运行环境;其次建议用于污水泵站的潜水轴流泵采用带垃圾释放凹槽的水泵蜗壳,可有效改善垃圾特别是纤维状垃圾的堵塞问题。

参考文献:

- [1] 曾建文. 对防洪排涝泵站潜水轴流泵故障特点及其原因的分析[J]. 科技资讯, 2018, 67(27): 67, 71.
ZENG Jianwen. Analysis of the fault characteristics and causes of submersible axial flow pumps in flood control and drainage pumping stations [J]. Science & Technology Information, 2018, 67 (27) : 67, 71 (in Chinese).
- [2] 陈斌,李贞彬,张华,等. 基于轮毂比的潜水轴流泵优化设计研究[J]. 中国给水排水, 2019, 35(23): 91-95.
CHEN Bin, LI Zhenbin, ZHANG Hua, et al. Optimum design of submersible axial flow pump based on hub/tip ratio [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35 (23) : 91-95 (in Chinese).
- [3] 陈明,邱刚,于磊,等. 潜水轴流泵电机运行工况的特点及可靠性探讨[J]. 防爆电机, 2021, 56(5): 47-49.
CHEN Ming, QIU Gang, YU Lei, et al. Discussion on characteristics and reliability of operating conditions of submersible axial-flow pump motor [J]. Explosion-proof Electric Machine, 2021, 56(5): 47-49 (in Chinese).
- [4] 常勇. 潜水轴流泵安装与运行浅析[J]. 海河水利, 2019(1): 56-57, 62.
CHANG Yong. Analysis on installation and operation of submersible axial flow pump [J]. Haihe Water Resources, 2019(1): 56-57, 62 (in Chinese).
- [5] 刘慧. 浅谈潜水轴流泵安全运行保障措施[J]. 内江科技, 2017, 38(1): 33, 154.
LIU Hui. Talking about the safeguard measures for the safe operation of submersible axial flow pumps [J]. Neijiang Science and Technology, 2017, 38(1): 33, 154 (in Chinese).

作者简介:郭林松(1989-),男,江西九江人,硕士,工程师,主要从事污水提质增效及水处理研究工作。

E-mail: guo_linsong@ctg.com.cn

收稿日期: 2021-11-19

修回日期: 2021-11-29

(编辑:孔红春)