

引用格式:冉文静,李籽桥.垃圾焚烧项目渗沥液提升系统改进方案探讨[J].有色设备,2025,39(4):112-117.

RAN Wenjing, LI Ziqiao. Optimization of leachate pumping systems in waste incineration facilities[J]. Nonferrous Metallurgical Equipment, 2025, 39(4): 112-117.

垃圾焚烧项目渗沥液提升系统改进方案探讨

冉文静, 李籽桥

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 垃圾焚烧项目中的渗沥液具有成分复杂、含盐量高、污染物浓度高及腐蚀性强等特点,其提升装置的稳定运行一直是设计与运维的难点。目前,垃圾焚烧项目常用的渗沥液提升装置有潜水式渗沥液提升装置和自吸式渗沥液提升装置两种。对于潜水式渗沥液提升装置,因其运行时主体设备淹没于渗沥液中,通过改善潜污泵材质,无法避免垃圾渗沥液对提升装置的腐蚀,运行过程中的难点无法彻底解决。本文提出了一种增设自吸泵自动补水装置的渗沥液提升系统,在自吸泵储液腔上增加补水管及电磁阀,系统接收起泵信号以后,先通过液位装置监测储液腔水位,并确保储液腔自动补水至满水状态,有效解决了自吸泵启泵不稳定的问题,显著降低了运行期间的检修频率,大幅提升了系统的运行可靠性。实际项目运行中,检修维护仅在全厂大修时进行,主要是渗沥液吸水管更换,自吸泵更换周期大于2 a,整体检修维护频次降低为1次/a。

[关键词] 渗沥液提升; 自吸泵; 潜污泵; 自动补水; 垃圾焚烧

[中图分类号] X703

[文献标志码] A

[文章编号] 1003-8884(2025)04-0112-06

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2025.04.014

0 引言

垃圾渗沥液经由沟道间排水沟收集至渗沥液收集池后,再通过提升系统输送至渗沥液处理站进行处理。由于沟道间、渗沥液收集池和收集泵间均位于地下,该区域存在易燃易爆和有毒有害气体,因此,渗沥液提升系统的设计要充分考虑可靠性和安全性。

垃圾焚烧项目中渗沥液的水质和产生量取决于多个因素。生活垃圾成分复杂,与当地人民的生活习惯、人口结构和经济发展水平息息相关,随着季节变化垃圾成分也有所不同,渗沥液的水质也会发生相应变化。渗沥液的产生量与季节、垃圾贮坑停留时间等多个因素有关。随着垃圾在贮坑内储存时间的延长,渗沥液产生量在发酵作用下不断增加,渗沥液的产量变大。随着产生量的增加,渗沥液水质也随之发生变化。垃圾渗沥液的产生量还与当地气候、生活水平和垃圾收运体系有关^[1-2]。

垃圾焚烧项目渗沥液水质具有污染成分复杂多

变、有机污染物浓度高、重金属离子与盐分含量高, pH 值较低,且水量波动大的特点^[3-5]。

垃圾焚烧项目渗沥液成分的复杂性和水量的多变性,使渗沥液的提升相比其他废水的提升具有很大的特殊性。在设计渗沥液提升系统时,渗沥液的成分复杂、腐蚀性很高,要充分考虑系统的耐腐蚀性能;渗沥液的水量波动较大,渗沥液提升泵根据收集池液位启停运行,每天启停次数根据各垃圾焚烧厂进料规律而不同,对系统的可靠性提出了很高的要求。

1 渗沥液的收集系统

以河北某垃圾焚烧项目为例,垃圾焚烧主厂房内设有垃圾仓,垃圾仓内设有可靠的垃圾渗沥液收集系统(图1)。垃圾仓底部在宽度方向及两端头处有不低于1%的坡度^[6],坡向垃圾门侧。渗沥液从垃圾仓的排除采取分层排出的措施,在垃圾卸料门侧下方垃圾池侧壁设2层格栅排孔,分别将低处及高处的垃圾渗沥液疏通到沟道间的地沟中,由地沟

[收稿日期] 2025-05-20

[第一作者] 冉文静(1983—),女,山东青州人,硕士研究生,高级工程师,主要从事给排水设计工作。

汇集到渗沥液收集池。垃圾渗沥液收集池位于主厂房地下,埋深较深,本项目垃圾收集池底标高为 -9.000 m 。

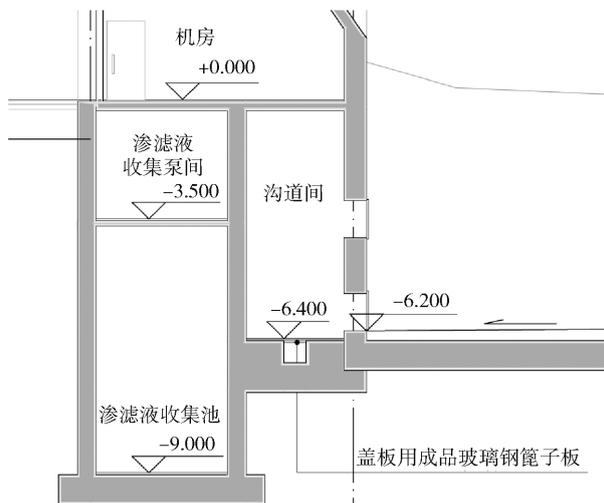


图1 渗沥液收集系统剖面

Fig. 1 Cross-sectional view of leachate collection system

2 渗沥液的提升系统

2.1 渗沥液提升泵间

垃圾收集池上层设有渗沥液提升泵间。未进行改造前,渗沥液提升系统相关设备、管道、仪表均设于渗沥液提升泵间。渗沥液提升泵间位于主厂房地下,埋深较深。本项目渗沥液提升泵间标高为 -3.500 m 。

生活垃圾及渗沥液在主厂房地下停留储存期间,不断地发酵产生恶臭物质^[7],且会产生甲烷等易燃易爆气体,因此垃圾焚烧主厂房地下垃圾仓、垃圾渗沥液收集池及渗沥液提升泵间为防爆、防有毒有害气体区域,应设计为现场尽量避免人员进入。设计要求渗沥液提升装置防腐性能好、起停控制稳定,并能可靠、稳定地自动运行。

2.2 渗沥液提升泵

目前,垃圾焚烧项目常用的渗沥液提升泵有2种:①潜水式渗沥液提升泵;②自吸式渗沥液提升泵。

2.2.1 潜水式渗沥液提升泵

潜水式渗沥液提升泵选用潜污泵,潜污泵固有的淹没运行方式决定了潜污泵必须淹没在渗沥液收集池液位以下才能稳定运行,水泵外壳、电机及其配

件均淹没于渗沥液中。于渗沥液收集池内设高低液位启停装置,根据渗沥液收集池液位控制潜污泵的启泵和停泵。渗沥液收集池上设潜污泵检修孔,检修时可通过潜污泵耦合导轨将潜污泵提升至泵间内。

潜水式渗沥液提升泵在提升泵间设有液位检测、连锁与报警系统。实时监测渗沥液提升装置运行工况及渗沥液收集池液位,确保提升装置的稳定运行。

2.2.2 自吸式渗沥液提升泵

自吸泵选用自吸式无堵塞排污泵,内设储液腔,并通过回流孔与泵工作腔连通。首次启泵前将自吸泵储液腔内注满水^[8],自吸泵启动后,自吸泵储液腔内水在叶轮的旋转作用下夹带空气至水泵出口管路,水泵出口管路设气液分离管,水通过气液分离孔回流至水泵储液腔,部分水和空气进入出水管路,在储液腔及进口管路内瞬间形成真空,泵前端渗沥液收集池内渗沥液在大气压的作用下压入到进口管路和储液腔内,进口管路和储液腔被注满,泵内液体通过出口管路排出,水泵完成自吸起泵^[9-10]。

水泵进口设单向逆止阀,停泵时单向逆止阀关闭,防止水泵储液腔内的液体随水泵进水管内液体返回渗沥液收集池中,以达到保存储液腔内液体的目的,确保停泵后再次启动无需注水,起泵即出水^[7]。

3 现有提升系统特点及存在的问题

3.1 潜水式渗沥液提升系统

潜水式渗沥液提升装置在渗沥液收集池内设潜污泵,如图2所示。垃圾焚烧项目中渗沥液成分复杂,污染物浓度很高。其中,盐分浓度远远高于一般污水,氯离子浓度达到 $1\ 000\text{ mg/L}$ 以上,氯离子是一种渗透力极强的腐蚀介质^[11],需要对水泵进行防腐处理。目前,垃圾焚烧项目中最常使用的材质为316L不锈钢,不仅价格高,防腐性能也远达不到预期,渗沥液提升潜污泵的检修和更换频率仍然很高。

对现有已运行项目潜水式渗沥液提升系统检修维护进行了统计,详见表1。

项目实际运营数据显示,潜水式渗沥液提升系统运行时,潜污泵因整机浸没在渗沥液中,容易受到腐蚀,特别是机封腐蚀,机封损坏导致渗沥液进入电机,需要整机更换。

在实际项目运行中,潜水式渗沥液提升系统通过液位计控制渗沥液提升泵的启停,可以实现渗沥液提升系统的自动控制。但因潜污泵淹没在渗沥液中,容易被腐蚀,需要经常更换零部件及检修,导致工作人员进入渗沥液提升泵间频率仍很高,运行中存在一定的风险。

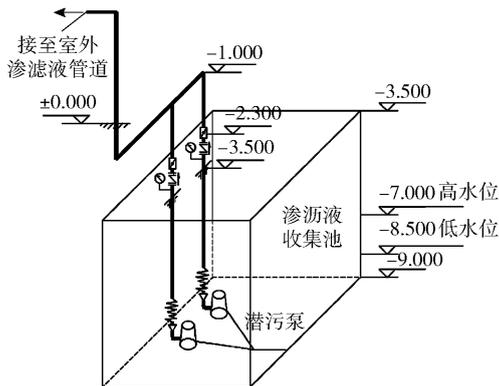


图 2 潜水式渗沥液提升系统

Fig. 2 Submersible leachate lifting system

表 1 潜水式渗沥液提升系统检修频次表

Tab. 1 Maintenance frequency table for submersible leachate lift systems

	项目一	项目二	项目三
项目地	江西	河北	山东
泵材质	球墨铸铁	球墨铸铁	球墨铸铁
泵数量/台	4(2用2备)	4(2用2备)	4(2用2备)
检修频次/ (次·a ⁻¹)	5	4	5
设备更新/ (台·a ⁻¹)	3	2	4
原因	机封腐蚀	机封腐蚀 叶轮腐蚀	整机腐蚀

3.2 自吸式渗沥液提升系统

自吸式渗沥液提升装置在渗沥液提升泵间设置自吸泵,采用自吸式水泵进行渗沥液的提升,水泵主体不会浸泡在渗沥液中运行,仅过流材质接触渗沥液,大幅减少了渗沥液对提升水泵的腐蚀作用,延长了设备使用寿命。

自吸式渗沥液提升泵解决了渗沥液提升泵的腐蚀问题,降低渗沥液提升泵的检修、更换频率,大幅降低了工作人员进入渗沥液提升泵间的次数,从而降低了运行风险。然而,在实际运行过程中,自吸泵

启动前经常需要人工补水,需要工作人员进入渗沥液提升泵间进行操作,存在极大的安全隐患,这也是限制自吸式渗沥液提升装置应用的瓶颈。

造成自吸泵储液腔内液体流失的因素有多种。
①渗沥液提升泵由渗沥液收集池水位控制启停,为间歇性运行,长时间停泵导致储液腔内液体缓慢渗漏流回渗沥液收集池。
②渗沥液成分复杂,含有多种残渣物质且存在盐析出,运行一段时间后,由于腐蚀、盐结晶等作用,自吸泵吸进口单向逆止阀密封性变差,逆止功能失效,自吸泵储液腔内的液体流失。

自吸式渗沥液提升装置稳定运行的关键是自吸泵的稳定启动,即保证储液腔内液体不流失。

4 渗沥液提升系统改进方案

由于潜水式渗沥液提升系中泵体和电机均淹没在渗沥液中,无法从根本上避免渗沥液腐蚀问题。因此,本文着眼于改进自吸式渗沥液提升系统的缺陷来优化方案。

4.1 增加储液腔自动补水系统

造成自吸泵储液腔内液体流失的因素较为复杂,在无法改变渗沥液水质的情况下,对储液腔液体进行稳定及时的补充是可行的方案。

自吸泵储液腔有补水口,首次启动自吸泵前,通过补水口人工给储液腔补水至储液腔满水状态,然后开启自吸泵电机。改进方案:增加储液腔自动补水系统,在自吸泵储液腔补水口连接补水管道,并设置储液腔水位监测装置,在开启自吸泵前,通过液位装置监测储液腔水位,当储液腔内液面低于高水位时打开储液腔补水管道电磁阀,储液腔自动补水至高液位时关闭补水管道电磁阀,当储液腔内液位处于高液位时开启自吸泵电机。自动补水系统实现了自吸泵储液腔的自动补水和自吸泵的稳定起泵。

4.2 增加非防爆区机房

垃圾焚烧项目渗沥液收集池埋深较深,管道及配件因日常操作及检修需要,宜设于上层非防爆空间,在渗沥液提升泵间上方综合主厂房内零米层设专用渗沥液提升机房,将渗沥液自吸泵出水管路阀门、自动补水系统、相关仪表等设在非防爆区的机房内。

垃圾焚烧项目在实际运行中,渗沥液提升系统的日常检修和维护仅需进入非防爆区机房,可以有效避免人员在运行中频繁进入防爆区域。

5 改进方案的实施及控制原理

5.1 自动补水系统设计

5.1.1 补水水源的选择

储液腔补水管水源应取自垃圾焚烧厂内稳定可靠的非饮用水水源。本项目储液腔进水管接自重复利用水给水管道,重复利用给水机组为变频调速供水设备,机组设有隔膜式气压罐,可以确保储液腔补水水源的稳定性;重复利用给水机组设置于综合水泵房内,水泵参数为 $Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 45 \text{ m}$,气压罐调节容积 $\geq 600 \text{ L}$;储液腔补水管管径为 $DN25$,补水管上设电磁阀及止回阀、最高点设 $DN15$ 自动排气阀。储液腔原有补水孔直接连接补水管,储液腔补水管进水时,储液腔内气体通过自动排气阀排出。

5.1.2 储液腔液位计的选择

本项目改造选取的渗沥液提升自吸泵参数为 $Q = 45 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 35 \text{ m}$;高水位(起泵水位)为 -7.0 m ,低水位(停泵水位)为 -8.5 m ,最大自吸高度约为 5 m ,设计中选取的自吸泵储液腔容积为 $10 \sim 15 \text{ L}$,因储液腔容积较小,液位计的选择受到了很大的限制。

光电液位传感器是利用光在 2 种不同介质界面发生反射折射原理,是一种新型透射式半集成光电液位测量的方法^[12]。光电液位传感器具有结构简单、定位精度高、无机械部件、不需调试、灵敏度高、耐腐蚀、耗电少及体积小等诸多优点,还具有耐高温、耐高压、耐强腐蚀,化学性质稳定及对被测介质影响小等特征。

光电液位传感器与介质的其他特性包括温度、压力、密度、电参数无关,故液面检测准确、重复精度高、响应速度快、液面控制非常精确^[13]。光电探头体积相对小巧。光电液位传感器的内部的全部元器件进行了树脂浇封处理,传感器内部没有任何机械活动部件,因此传感器可靠性高、寿命长、免维护,传感器还可以免调试、免校验,直接安装即可应用。

由于光电式液位传感器以光学反射为检测原理,所以并不像浮球式液位传感器受液体杂物、黏稠性限制^[13],可应用于净水、具有杂质的污水、具有腐蚀性的清洗液、黏稠的柴油机油等各类液体的检测。

本方案选取光电液位传感器进行储液腔水位的监测。

5.2 自吸泵启动控制

自吸泵启动控制的实施工程如图 3 所示。

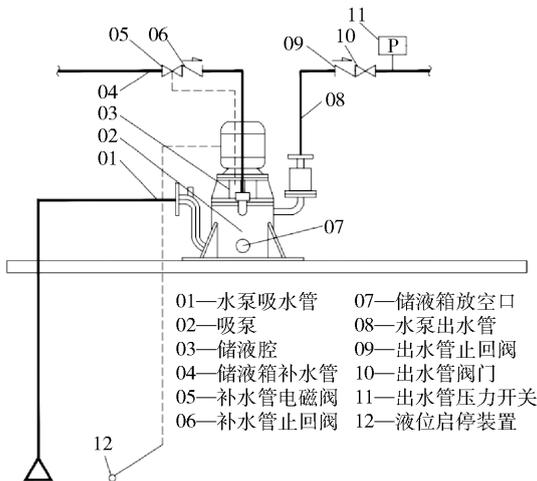


图 3 自吸泵启动控制实施

Fig. 3 Self-priming pump startup control implementation diagram

1) 自吸泵储液腔(03):设置储液腔补水管(04),补水管上设置电磁阀(05)和止回阀(06)。储液腔内部设置光电液位传感器和出口自动排气阀。

2) 自吸泵储液腔补水管电磁阀(05):自吸泵储液腔内光电液位传感器监测储液腔液位,根据光电液位传感器监测的储液腔液位开关补水管电磁阀。当储液腔高液位(储液腔满水状态时)关阀,返回储液腔高液位信号;当储液腔低液位(储液腔非满水状态时)开阀补水,补水至高液位(储液腔满水状态时)关阀,返回储液腔高液位信号。

3) 自吸泵(02)启停:渗沥液收集池设高低液位启停装置(13),渗沥液收集池高液位时监测储液腔液位,储液腔高液位时启动自吸泵(02),储液腔低液位时启动储液腔补水程序;渗沥液收集池低液位时关停自吸泵(02)。

4) 出水管压力开关(11):实时监测出水管压力,确定渗滤液提升系统稳定运行时的压力值 P 。当出水管压力异常时报警,异常情况包含以下 2 种:①出水管压力保持 P 值超过 12 h ;②启泵后出水管压力小于 P 值的 20% 。

自吸泵储液腔补水管电磁阀(05)、吸泵出水管压力开关(11)均设置在渗沥液提升泵间上的建筑内,确保日常维护、检修时人员不接触易燃、易爆或有毒有害气体。进出管线穿过墙体时设密闭套管。

5.3 实施效果

山东某垃圾焚烧发电厂的渗沥液提升系统,在改进方案实施后,检修维护仅在全厂大修时进行,主要是渗滤液吸水管更换,自吸泵更换周期大于 2 a。整体检修维护频次降低为 1 次/a。

6 改进方案的优势

1) 设备寿命长:本装置改进方案中采用自吸式提升设备,水泵主体不会浸泡在渗沥液中运行,仅水泵过流材质接触渗沥液,大幅减少了渗沥液对提升水泵的腐蚀作用。本装置改进方案中选用自吸泵时,可以选取特殊材质的过流材质或对现有过流材质做衬塑处理,以实现整套装置在运行过程中无腐蚀或少腐蚀,减少因设备腐蚀而造成的故障及检修频率,避免工作人员频繁进入渗沥液提升泵间等易燃易爆区域。

2) 装置运行稳定:本装置改进方案增加了自吸泵自动补水装置。实际运行过程中,自吸泵储液腔内的液体易流失,真空度易被破坏,自吸泵启动不稳定,自吸泵启动前经常需要人工补水,自吸泵自动补水装置解决了自吸泵的启泵不稳定问题,项目运行过程中不需要工作人员进入渗沥液提升泵间进行补水操作,大幅减小了运行过程中检修频率,同样可以避免工作人员频繁进入渗沥液提升泵间等易燃易爆区域。

3) 检修、维护频率低且方便安全:自吸泵储液腔补水管电磁阀、吸泵出水管压力开关均设置在渗沥液提升泵间上的建筑内,确保日常维护、检修时人员在系统运行故障时的正常检修工作可以在非易燃易爆区域内进行,避免工作人员接触易燃、易爆或有毒有害气体。

7 结论

随着国家对环境保护要求的提高和人们的环保意识增强,将垃圾通过焚烧工艺处理并发电,是对垃圾进行资源化、减量化、无害化处理的有效手段,同时带来很大的经济效益。垃圾焚烧发电是清洁燃烧的发展方向之一。

垃圾渗沥液的收集和处理始终是困扰垃圾处理的难题。在垃圾焚烧项目中,渗沥液的提升问题尤为突出。目前,垃圾焚烧项目常用的渗沥液提升装置有潜水式渗沥液提升装置和自吸式渗沥液提升装

置 2 种。

对于潜水式渗沥液提升装置,因其运行时主体设备淹没于渗沥液中,通过提高潜污泵材质,无法避免垃圾渗沥液对提升装置的腐蚀,运行过程中的难点无法彻底解决。

本装置改进方案在自吸泵储液腔上增加补水管及电磁阀,系统接收起泵信号以后,先通过液位装置监测储液腔水位,并确保储液腔自动补水至满水状态,实现了自吸泵储液腔的自动补水和自吸泵的稳定起泵。实际项目运行中,检修维护仅在全厂大修时进行,主要是渗沥液吸水管更换,自吸泵更换周期大于 2 a。整体检修维护频次降低为 1 次/a。

本装置改进方案可以稳定运行,并有效避免了垃圾渗沥液对提升装置的腐蚀,值得进一步推广应用。

[参考文献]

- [1] 赵茜瑞. 生活垃圾焚烧厂渗沥液的产生和处理[J]. 区域治理, 2018(37): 41-42.
- [2] 武俊, 文顺冬, 樊吟, 等. 好氧脱氮菌剂的制备及其强化餐厨废水脱氮研究[J]. 云南冶金, 2024, 53(1): 85-91.
- [3] 李亮, 徐代平, 詹爱平. 垃圾焚烧厂渗滤液处理系统的设计与调试运行[J]. 中国给水排水, 2013, 29(10): 48-50.
- [4] 王海红. 混凝-电化学氧化处理垃圾渗滤液 MBR 出水的效能研究[J]. 绿色矿冶, 2023, 39(4): 78-83.
- [5] 曹迪, 高严, 高向红, 等. 臭氧氧化-曝气生物滤池在垃圾渗滤液生化出水深度处理中的应用研究进展[J]. 绿色矿冶, 2023, 39(4): 72-77.
- [6] 吕东彦, 朱淑静, 任兆成, 等. 生活垃圾焚烧发电厂渗沥液导排区通风设计探讨[J]. 暖通空调, 2025, 55(2): 19-25.
- [7] 董大纲, 吕东彦, 罗英, 等. 生活垃圾焚烧处理厂垃圾仓负压控制系统设计方法研究[J]. 暖通空调, 2022, 52(10): 119-123.
- [8] 杨波, 潘中永, Ibra FALL. 市政排涝自吸泵启动过程气液两相流动及压力脉动分析[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2020, 41(5): 516-522.
- [9] 孔冬梅, 潘中永, 杨波. 自吸泵自吸过程气液两相流动特性[J]. 排灌机械工程学报, 2022, 40(1): 15-21.
- [10] 吕智君, 兰才有, 王福军. 自吸泵研究现状及发展趋势[J]. 排灌机械, 2005, 23(3): 1-5.
- [11] 田丽森, 赵金, 赵永志, 等. 垃圾渗滤液用厌氧反应器布水器 CFD 数值模拟[J]. 绿色矿冶, 2023, 39(3): 78-86.
- [12] 陈伟民, 胡卫军, 陈小强, 等. 一种透射式半集成光电液位测量方法[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(4):

425 - 427, 440.

箱中的应用[J]. 铁道机车车辆, 2019, 39(6): 103 - 105, 110.

[13] 董晓东. 光纤液位传感器在动车组真空集便装置污物

Optimization of leachate pumping systems in waste incineration facilities

RAN Wenjing, LI Ziqiao

(China ENFI Engineering Corporation, Beijing 100038, China)

Abstract: The leachate from waste incineration projects is characterized by complex composition, high salinity, high pollutant concentration, and strong corrosiveness, making the stable operation of its lifting system meet a persistent challenge in design and maintenance. At present, the commonly used leachate lifting devices in garbage incineration projects include submersible leachate lifting devices and self-priming leachate lifting devices. For submersible leachate lifting devices, the main equipment is submerged in the leachate during operation. By improving the material of the submersible sewage pump, it is impossible to avoid the corrosion of the lifting device by garbage leachate, and the difficulties in operation cannot be completely solved. The paper proposes an improved leachate lifting system incorporating an automatic water replenishment device for self-priming pumps, a water replenishment pipeline and solenoid valve are added to the self-priming pump storage chamber, after receiving the pump signal, the system firstly monitors the water level in the storage chamber through a liquid level device and ensures that the storage chamber is automatically replenished to full water, which effectively addresses the unstable startup issue of the pumps, significantly reduces maintenance frequency during operation, and greatly enhances system reliability. In actual project operation, maintenance and repair are only carried out during the major overhaul of the entire plant, mainly for the replacement of the leachate suction pipe, and the replacement cycle of the self-priming pump is greater than 2 years. The overall maintenance and repair frequency is reduced to once a year.

Keywords: leachate lifting; self-priming pump; submersible sewage pump; automatic water replenishment; waste incineration ▲