

污水处理厂泵类设备节能降耗研究

刘世勇 尹志鑫

(北京城市排水集团有限责任公司 北京 100020)

摘要: 本文首先对污水处理厂泵类设备的运行原理进行简要介绍,其次对其高耗能原因进行分析并针对性给出节能降耗措施,最后以某典型污水处理厂为例,分析该污水处理厂所有泵设备的能耗情况,对比各阶段能耗大小,结合污水处理厂实际运行情况针对高能耗占比水泵提出节能降耗优化措施。

关键词: 污水处理厂; 泵; 节能降耗

0 引言

随着众多污水处理厂的大规模建设,新兴水处理技术的推广应用,致使污水处理厂的能耗不断升高,运行成本的增加导致污水处理厂负担加重。经调查发现,污水处理厂的各种泵类设备是其总能耗的主要贡献者。因此,如何降低泵类设备的运行能耗是污水处理厂施行节能降耗所面临的主要难题。

1 污水厂泵类设备及其工作原理

泵是用于输送及升高流体压力的设备,污水处理厂的泵类设备包括取水泵、送水泵、加压泵、冲洗泵、投药泵、真空泵等,按照工作原理可分为叶片式泵、容积式泵和喷射式泵。叶片式泵最为常用,通常由叶轮、泵轴、电机、泵壳等组成,电机给予传动力量,并由泵轴传输给叶轮,叶轮转动带动其中流体转动,依靠离心力将流体以切线方向输送到泵壳内部一周,流体获得能量后从泵出口输出。泵的启/停由电机来控制。流体的连续不断输送是由于泵壳内部流道沿着流动方向直径逐渐增大,导致流体在其内部流速逐步降低,部分动能转化为静压能,升压后的流体进入泵壳外缘,此时泵壳中心部位出现部分真空现象,泵入口与出口之间出现压力差,流体就会连续不断地被吸入泵中,再连续不断被送出。

2 泵类设备高能耗、低效率原因

2.1 选型偏差

在泵的设计与选型过程中,由于选择了不适当的设计余量,导致安全量过大产生不必要的能耗浪费。另外,由于泵长期处于大流量状态下引起电机超载以至于损坏电机,为了避免电机的损坏只能依靠调节阀门的开度,大幅度关闭阀门就造成了能量损耗。

在选择两台或多台水泵串/并联时,如选型或组配不恰当也会造成能量的浪费。

2.2 安装偏差

在泵类设备的安装过程中,需要对其基础进行找平,以避免水泵在后续运行过程中产生振动,造成不必要的设备损耗与能耗。在泵连接管道的设计与安装上,如果管路出现不必要的弯折,造成流体流动不畅,则会造成局部压力过高,在流体提升时造成不必要的能耗增加。

2.3 叶轮的机械磨损

在长期不间断运行的过程中,多种原因会造成泵不同程度的磨损与腐蚀。在输送有腐蚀性、酸度过低、碱度过高、盐度过高的污水时,未经冷却的污水进入泵体时都会对泵产生损害。被腐蚀的水泵不但需要增加维修次数,在运行过程中效率降低,在完成同样任务量的前提下耗能增加,造成了人力物力上的加倍投入。

2.4 养护不到位

大多数水泵处于长期连续工作状态,而其连接管网也相对复杂。水泵及其管网如若没有定期进行检修维护与保养,极易发生跑冒滴漏现象,间接增加了能耗。

3 泵类设备节能降耗措施

3.1 设计与选型

水泵的设计与选型是泵类设备节能降耗的源头。因此,在污水处理厂设计之初就应该对水泵的流量、扬程、进出管网进行计算和合理规划,选取最优路径与设备,避免出现水泵选取偏大、偏小、低效率、高能耗等现象发生。选择购买有品质保证的泵类品牌产品,保证水泵在其工作特性曲线范围内运行,最大限度发挥其作用,在实现节能降耗的同时延长水泵的工作寿命。

3.2 规范安装

在水泵的安装方面,应准确无误按照设计图纸及其安装说明进行水泵安装及管网布置,并依据水泵的安装规范完成基础找平等步骤,避免水泵在连续工作状态下由于自身重量产生振动磨损,加大能耗。

3.3 工艺的调整

为水泵配备适合的变频控制装置.变频装置可对水泵的流量以及转速进行适当调节,保证水泵始终保持在最佳工作状态,维持其在工作曲线附近运行。变频调控装置的使用使得污水处理厂的运行管理更加智能、便捷,为节能降耗提供了有效手段。根据水泵选型及流量、扬程合理选择泵组搭配方式,保证每台泵及组合泵保持在各自最佳工况区域内。

3.4 做好程序管理

制定系统化的污水处理厂运行管理制度以及赏罚制度,并严格执行。管理者督促设备维护岗位员工按照设备养护操作规程进行定期的检修、维护、保养。水泵内部结构相对复杂,通常通过齿轮的咬合进行能量的传递,将流体输送出泵口。因此,应定期对轴承进行润滑,降低齿轮转动咬合带来的磨损。定期检查水泵密封圈的密封性,保证泵内处于密封状态,保持其在高效下运行。当水泵长期不使用时,应尽可能保持环境干燥,并在使用前进行电机的干燥处理。除了设备的定期养护外,在设备巡检过程中还应对泵类设备的电线接头、开关等细微部件进行检查。

3.5 新技术的运用

随着科技的飞速发展,一些新技术、新材料被不断开发,污水处理厂可根据自身能力与需求选用新技术、新材料在提升水泵运行效率的同时降低能耗。水泵在运送流体的过程中,电能转化为动能用来克服流体与泵内部壁面和叶轮之间的摩擦阻力和流体被提升的阻力,还包括不同流体的自身粘滞阻力,因此可在泵壳内与流体相接处的部分涂覆新型高分子耐磨涂层,增加材料表面光滑度,降低水泵与流体的摩擦,避免过度能耗。与此同时,此类涂层还可增加水泵内部的密闭性,隔绝空气的杂质,降低发生化学腐蚀的风险。光滑的涂层表面同时具有较高的强度,能够有效起到流体缓冲的作用。

4 典型污水处理厂泵设备的节能降耗

选取江西地区某典型污水处理厂作为研究对象,分析其厂内泵类设备的能耗,对该污水处理厂进行现场调研以及各项数据的收集,分析其高能耗关键制约因素,并给出降耗方案。

4.1 污水处理厂工艺及运行

该污水处理厂地势平坦、交通便利,处理污水量为1.8万m³/d左右,是一座经过改良后的氧化沟污水处理厂。污水经处理后排入附近的Ⅲ类水域河流,采用的水处理工艺如图1所示。

该污水处理厂在2020年3月~2021年2月的主要运行参数如下。

由表1可见,该污水处理厂每月处理污水量平均在23.79万m³,数据可见污水的处理量在春夏季节普

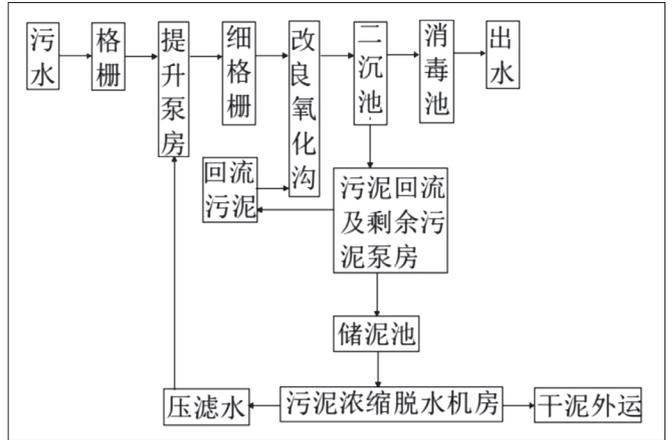


图1 某污水处理厂主要处理工艺示意图

表1 某污水处理厂年处理污水运行参数

月份	处理量(万t)	电耗(kWh)	吨污水电耗(kWh/t)
3	23.36	96987	0.4151
4	24.27	96386	0.3971
5	25.31	98998	0.3911
6	26.34	105670	0.4011
7	26.32	110340	0.4192
8	25.79	99893	0.3873
9	24.32	98431	0.4047
10	23.91	97001	0.4056
11	21.45	94834	0.4443
12	21.58	95876	0.4442
1	20.56	92102	0.4479
2	22.29	96756	0.434
平均	23.79	98606	0.4159

遍偏高,秋冬季节偏低。处理污水的电耗在92102~110340kWh,每吨污水电耗平均为0.4159kWh,电耗随处理污水量的多少呈现出相应的变化,但变化并不明显。该污水处理厂的吨水电耗明显高于国家二线城市污水处理厂能耗估算值0.276kWh/t,所以对该污水处理厂进行节能降耗改造应该有良好效果。

4.2 污水处理厂泵类设备能耗分析

对该污水处理厂的主要用电泵类设备进行功率计算,并考察其实际运行情况。污水处理工艺可分为三个阶段,即前期预处理阶段、生物处理阶段和最后的污泥处理阶段。三个处理阶段均涉及泵类设备的使用,对其电耗计算结果如表2所示。

表2分别列出三个处理阶段的泵设备的使用数量、设计功率和实际功率,并给出该水厂各处理阶段的总设备耗能数据,计算出泵设备在该处理阶段的耗能占比。数据显示,在前期预处理阶段提升泵的能耗占该阶段的能耗最高,达到21.27%;污泥处理和生化处理阶段耗能设备增多,泵设备占阶段耗能比例较小,分别为9.36%

表2 该污水处理厂泵类设备电耗表

序号	处理阶段	泵名称	功率 (kW)	设备数量	设计功率 (kW)	实际功率 (kW)	耗能占比 (%)
1	前期预处理	提升泵	50	2	100	50	21.27
		阶段总功率			116	62	
2	生化处理	污泥回流泵	22	4	88	22	9.36
		阶段总功率			234	134	
3	污泥处理	进泥泵(螺杆泵)	11	2	22	11	8.42
		加药泵(计量泵)	2.2	2	4.4	4.4	
		剩余污泥泵	2.2	2	4.4	4.4	
		阶段总功率			60	39	

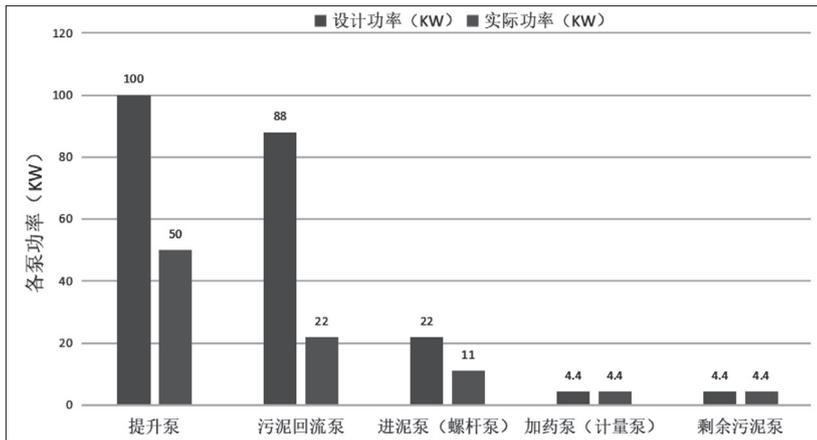


图2 该污水处理厂泵类设备电耗对比图

和 8.42%。

各处理阶段泵设备的设计功率和实际功率如图 2 所示。图中横坐标为各处理阶段的水泵 / 污泥泵名称，纵坐标为各泵的功率，前期预处理阶段的污水提升泵的实际功率最大，耗电量最高，其次是污泥输送的螺杆泵实际功率在 22kW，而污泥处理阶段的三类泵耗电量最低，因为在污水处理初期的污水量较大，而经过各阶段的处理后污泥处理量相对较少。在污水处理厂的设计过程中要求设置备用泵类设备，因此各水处理阶段泵设备的耗电量一般要比设计总用电量低。

另外，在设备的选型阶段会选取一个裕量系数，并以污水处理厂的最大设计流量选取设备，但污水厂的处理水量大多会低于设计处理量，也进一步印证了泵设备的耗电量比设计总用电量低。由表 2 和图 2 可知，前期预处理阶段的提升泵是该污水处理厂泵设备的主要耗能设备，因此应着力对提升泵进行节能降耗改造。

4.3 污水处理厂泵类设备节能降耗措施

依据前述泵类设备节能降耗措施，并结合该典型污水处理厂实际运行情况、泵类设备耗能分析结果得知，该厂的高耗能主要来源于预处理阶段的提升泵设备，在保证该厂的处理后出水水质达标的情况下，提出有效的、适用于该厂的降低设备能耗的措施。

在污水处理厂的设计阶段，由于设计人员对提升泵的性能及使用没有进行全面了解，在设计选型时只考虑水泵能够完成最大污水处理量，或能够满足今后的扩建污水处理量，而选择较大的设计裕量用于选泵上，导致提升泵的选型过大。在水泵的实际运行中，处理污水量长期大幅度低于设计流量，导致泵始终处于低效状态运行，即使使用电动阀门进行调节也难免造成能源的浪费。

结合前述多种泵类设备节能降耗优化措施，并结合实际情况，采用以下几种方式进行改造。该典型污水处理厂在提升泵房中仍然使用操作员手动启停的方式操控水泵。人工手动操作往往对操作员的要求较高，即能够在水位产生变化时快速发现，并迅速、准确地进行泵的启停。如未能及时察觉水位变化，导致水位过低潜水泵仍在在工作，达到潜水泵自动关停水位时则将对设备造成一定的损害。另外，潜水泵如长期在低水位下运行也会造成运行效率降低，能量损耗过大。

考虑在提升泵组内安装变频调节装置，其控制流程如图 3 所示，并尽快实施了改造安装。经过实际运行调试发现，潜水泵在变频器的帮助下实现了智能启停，同时还能够优化泵内叶轮的转动速度、改变泵的电机功率，达到潜水泵的运行调节目的，在实现节能方面具有一定成效。

其次，在提升泵组内还设置了一台超声波液位计，用来在线智能监测来水的水位变化，同时通过流量计传

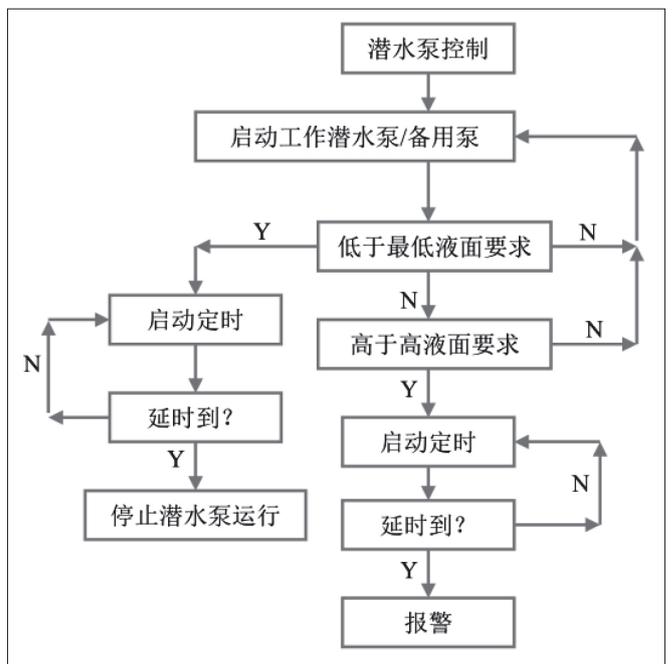


图3 潜水泵变频控制流程图

输监测数据,通过信号反馈来控制变频调节装置调节潜水泵启停,完全实现自动化控制,在降低操作员现场操作工作量的同时也提升了操作的精准度,保证频繁启停泵的准确性,降低水泵受损程度,延长水泵使用寿命。数据显示,在使用节能降耗优化措施后,污水处理厂的电耗大幅度降低,降低8%左右。

该污水处理厂的预处理格栅采用的是粗格栅,安装至今已有5年,期间曾加装PLC自动控制系统,对其启闭进行在线自动控制。现场发现,由于使用时间长,处理污水量大以及水质特性,其格栅的传动链条出现了磨损严重的现象,甚至有部分格栅条已经断裂,造成污水中大量杂质未经格栅粗过滤就进入潜水泵,损坏了潜水泵,影响了潜水泵的使用寿命,降低其工作效率。对此,应进行粗格栅的检修或更换,改善格栅的过滤能力,间接实现节能降耗。调查发现粗格栅后的细格栅也存在与粗格栅同类问题,细格栅栅板之间的缝隙由于长时间污水冲刷,缝隙变大,因此对其也进行了检修。

5 结语

以上优化改造对该典型污水处理厂的能耗降低有着较为显著的帮助,为现有和在建同类污水处理厂的节能降耗提供参考,具有一定的实际价值。

参考文献:

[1] 曹珊,曹秀芹.城市污水处理厂能耗分析及节能降耗途径研究[J].给水排水,2012(38):90-92.

[2] 高旭,龙腾锐,郭劲松.城市污水处理能耗能效研究进展[J].重庆大学学报(自然科学版),2002,25(6):143-148.

[3] 陈中颖,刘爱萍,刘永.中国城镇污水处理厂运行状况调查分析[J].环境污染与防治,2009,31(9):99-102.

[4] Zhu,Z.L.,Zhang,C.J.,Weng,H.L.,Li,,Q. Analysis on the upgrade processes of urban wastewater treatment plant and the aeration energy-saving technologies. Frontiers of Energy and Environmental Engineering - Proceedings of the 2012 International Conference on Frontiers of Energy and Environmental Engineering ICFEE 2012, p498-500, 2013.

[5] 叶泽文,黎天标.水泵节能技术探讨及实例分析[J].广东化工,2015(13).243-245,251.

[6] Au, Mau Teng, Pasupuleti, Jagadeesh, Chua, Kok Hua. Strategies to improve energy efficiency in sewage treatment plants. Earth and Environmental Science. v16, n1, 2013, 4th International Conference on Energy and Environment 2013, ICEE 2013.

[7] 刘礼祥,张金松,施汉昌,何苗.城市污水处理厂全流程节能降耗优化运行策略[J].中国给水排水,2009,16(2):11-15.

