

石化企业污水提升泵的选择探讨

周 文

胜帮科技股份有限公司 上海 201210

摘 要：本文分析液下泵、潜污泵和自吸泵的特性及适用场景，提出石化污水泵选型策略。液下泵耐腐蚀但维护成本高；潜污泵效率高但密封要求严苛；自吸泵操作便捷且抗冻性强，适合寒冷地区浅液位场景。选型需综合介质特性、环境条件及成本。

关键词：液下泵；潜污泵；自吸泵；石化污水

引言：石化企业的污水池内污水介质复杂、水泵运行环境恶劣，污水提升泵的选型是否合理，关乎系统的可靠性和经济性。本文对比三种泵型，结合案例提出选型建议，旨在为类似项目的优化设计提供参考。

1 液下泵的工作原理

液下泵是一种电机安装在水池顶，其泵体和叶轮浸没在液体中，垂直安装的离心泵。用于输送腐蚀性、含颗粒或高温液体，常见于冶金、化工、环保等领域。

电机驱动长轴旋转，并带动液下叶轮高速旋转同时产生离心力，使液体被甩向叶轮外缘，在叶轮中心形成低压区，液体从泵的吸入桶入口被吸入。液体经叶轮加速后进入泵壳（或导叶），随着流道的逐渐扩大，液体流速降低，压力升高，最终从出口管道排出，液下泵结构图见图1。

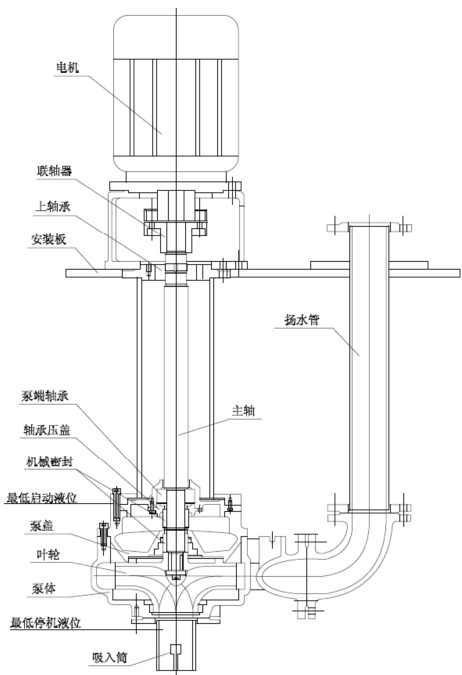


图1 液下泵结构示意图

2 潜污泵的工作原理

潜污泵广泛应用于市政工程、工业排污系统、建筑工地排水等场景，其抗堵塞设计与高运行效率使其成为深液位污水处理的常用设备^[1]。

潜污泵的工作原理基于离心力。电机、泵一并潜入液下，当泵启动后，叶轮与电机同轴旋转。随着叶轮的高速旋转，在离心力作用下，液体被甩向叶轮四周，并且在叶轮中心形成真空低压区，液体进入蜗壳流道逐渐扩大的蜗壳降低流速、增加压力，最终经出口管道排出。由于低压区的存在，水池中的液体在大气压的作用下通过吸入口进入泵内，然后从泵出口排出，实现连续不断地抽吸和排放，潜污泵结构图见图2。

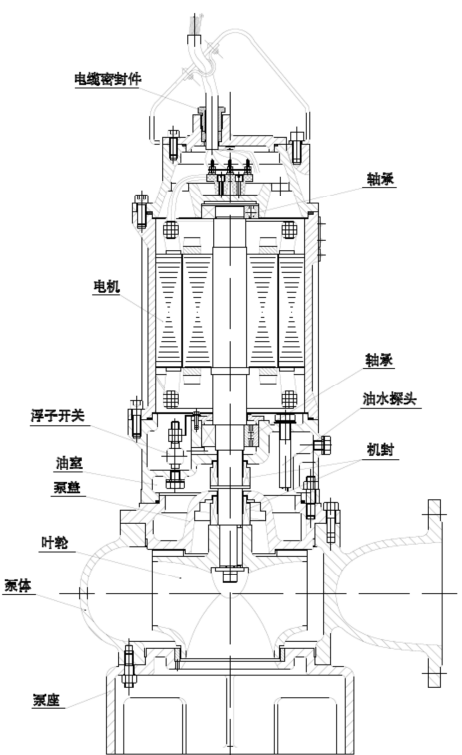


图2 潜污泵结构示意图

3 自吸泵的工作原理

自吸泵是一种具有自吸能力的离心泵，自吸泵在启动后自动排空吸入管路中的空气，启动前无需额外灌水（除第一次启动外）即可吸水的离心泵。适用于污水池液位浅、需频繁启停、含中等颗粒杂质的污水排放，还可用于农业灌溉、消防、工业循环等场景。

自吸泵首次启动前需向泵体内注入一定量的液体，使其储存在储液腔中。启动电机后，叶轮高速旋转，将储液腔中的液体与吸入管路中的空气混合，形成气液混合物。气液混合物被叶轮甩入气液分离室，由于气液密度差异，空气上升至泵体顶部，液体下沉。分离后的空

气通过泵体的排气孔排出，液体则通过回流孔重新进入叶轮入口，形成循环。随着循环持续，吸入管路中的空气逐渐被排出，在泵内形成真空，外部液体在大气压作用下被吸入泵体。当吸入管路中的空气完全排出后，泵进入正常离心泵工作状态，持续输送液体。自吸泵分为立式泵和卧式泵，用在污水上多使用卧式泵，卧式泵自吸能力和防堵塞性能要优于立式泵。卧式自吸泵的形式较多，比较常采用的为带补水罐的自吸泵。

4 液下泵、潜污泵和自吸泵的比较

针对用于污水池的污水提升场景，对相同流量、扬程的液下泵、潜污泵和自吸泵进行分析，结果见表1所示：

表1 泵型对比分析表

序号	对比项目	液下泵	潜污泵	自吸泵
1	泵效率	较低（长轴传动损耗）	较高（直接浸没，无轴损耗）	中等（自吸过程有能耗）
2	耐腐蚀性	强（泵体和叶轮需采用耐腐蚀材质）	中（整泵需采用耐腐蚀材质，密封要求高）	中（泵体和叶轮需采用耐腐蚀材质）
3	安装方式	垂直浸入液面以下，电机装在水池顶，需考虑泵的安装、震动对水池结构的影响，泵轴需做固定支架	完全浸没在液体中，自动耦合式安装，对水池结构的影响较小，池底需预留泵基础	安装于水池外，安装于水池外，对水池结构无影响
4	启动要求	无需灌泵（直接浸没）	无需灌泵（完全浸没）	首次需补水灌泵，后续可自吸
5	适用的介质	高含固、腐蚀性、高温介质（如污泥、酸碱液）	含固体颗粒、纤维（需防堵设计）	中等颗粒、低纤维杂质
6	密封性要求	无进水管泄漏风险（直接浸没）	密封要求高（电机防水设计）	进水管需严格密封（若密封不良会导致自吸失败或效率下降）
7	振动与噪音	长轴易振动，噪音较高	低振动、低噪音	中等噪音
8	维护难度	高（除电机外需将泵轴及叶轮吊装至地面检修）	高（需吊装整泵检修，电机与泵一体，维修时拆装困难）	低（无需吊装，就地检修）
9	易损件	长轴、轴承、机械密封	密封系统、叶轮、电缆接头	叶轮、密封环、泵体
10	水池液位深度	需根据水池深度定制泵轴	水池最低液位满足启泵要求即可	一般最大自吸高度为6米，水池深度不超过5米
11	占地大小	占用一部分水池顶部空间，用于安装电机	安装在池底，不需额外占地	安装在水池外的地面上，占地大
12	投资成本	高（定制轴长）	较高（防水电机和密封设计）	中等（标准化设计）
13	运行成本	高（频繁更换长轴和密封）	中（密封系统需定期维护）	低（维护简单，配件成本低）

通过以上对比我们可以看出：①液下泵耐腐蚀性强，适合高含固、高温介质，但维护复杂、长轴易损、效率较低。②潜污泵效率高、运行安静，适合液位深、含纤维介质。但密封失效风险高，检修困难。③自吸泵安装灵活、维护便捷，适用于自吸高度小于6米的场所，第一次启动需灌泵，自吸启动慢、易堵塞、占地大。

5 案例分析

甘肃某项目酚氨污水处理装置内的生产废水池需设置2台污水提升泵（一用一备），泵的流量为20m³/h，扬程40m，采用防爆电机。生产废水池主要收集地面冲洗

水、机泵、软管站、过滤器等排水，现对污水提升泵的选择进行分析。

（1）排水水质：PH6.5~8.5、水温 < 40℃、含油量 < 100mg/L，SS < 100 mg/L，COD < 3000 mg/L，无长纤维和大颗粒固体。从水质上看，三种泵均适用。

（2）水池池深的影响。液下泵需要根据池深定制轴承；潜污泵可不考虑池深的影响；自吸泵受自吸高度的影响，限制水池不宜过深。

（3）气温的影响。项目所在地为寒冷地区，年极端最低气温为-29℃，需考虑冬季防冻问题。由于液下泵和

潜污泵均在水下, 冬季水池液位在低液位时, 泵有冻损的风险。自吸泵地上布置, 对泵做保温伴热, 冬季可放心使用。

(4) 检修问题。液下泵, 整泵重730Kg, 检修时需用吊车将整泵吊出水池。潜污泵, 整泵重75Kg, 检修时虽可通过导轨将泵拎起来, 但需3名工人才能完成; 自吸泵可就地检修, 更为方便。

(5) 经济性。自吸泵全生命周期成本低于液下泵与潜污泵。

综合以上分析, 考虑到冬季防冻和检修便利性, 选择自吸泵作为提升泵。由于自吸泵对水池设计深度有限制, 因此需对泵的最大安装高度进行计算。

根据水泵安装地实际情况进行修正, 修正后水泵允许吸上真空高度公式:

$$H_s' = H_s - (10.33 - H_g) - (H_z - 0.24) = H_s + H_g - H_z - 10.09$$

经计算: $H_s' = 6 + 8.942 - 0.12 - 10.09 = 4.732\text{m}$ 。

$$\text{水泵进水口流速, } v_1 = \frac{Q}{A} = 1.106\text{m/s}, \frac{v_1^2}{2g} = 0.062\text{m}$$

$$\text{泵的最大安装高度公式: } Z_s = H_s' - \frac{v_1^2}{2g} - \sum h_s$$

H_s —— 水泵允许吸上真空高度, mH_2O , 泵厂家提供, $H_s = 6\text{mH}_2\text{O}$;

H_g —— 泵安装地的大气压, mH_2O , 查当地气象资料, $H_g = 8.942\text{mH}_2\text{O}$;

H_z —— 泵安装地的饱和蒸汽压, mH_2O , 查表1, $H_g = 0.12\text{mH}_2\text{O}$;

$\sum h_s$ —— 吸水管局部水头损失和沿程水头损失之和, m , $\sum h_s = 0.215\text{m}$;

g —— 重力加速度标准值, $g = 9.81\text{m/s}^2$ 。

表1 不同水温时的饱和蒸气压力^[2]

水温 ($^{\circ}\text{C}$)	0	5	10	15	20	30	40	50	60
H_z (mH_2O)	0.06	0.09	0.12	0.17	0.24	0.43	0.75	1.25	2.02

经计算: $Z_s = 4.732 - 0.062 - 0.215 = 4.45\text{m}$

为避免产生汽蚀, 自吸泵的安装高度必须小于4.45m。设计时自吸泵的吸入管道应短而直, 以减少管路阻力损失。由于水泵允许吸上真空高度 H_s 值还与水中含固量有关, 输送含固量大的污水时, 水泵实际所需安

装高度还要降低。为确保自吸的可靠性, 最终设计生产废水池深3.5米, 集水坑深4.5米, 预留0.95 m的安全余量 (见图3), 满足自吸泵的自吸要求。为解决防冻问题, 采用电伴热带缠绕自吸泵、补水罐和吸水管, 外层包裹50mm厚岩棉保温层, 并配温控箱实现自动控温。

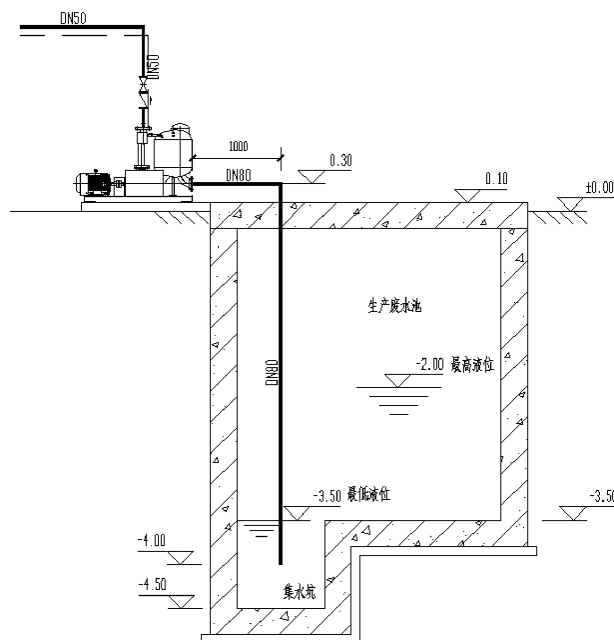


图3 生产废水池剖面图

结论

三种泵各有优势, 液下泵适用于高腐蚀性、高温介质场景, 但长轴维护成本高; 潜污泵在深液位、含纤维污水中效率显著, 然而密封系统的可靠性至关重要; 自吸泵具有操作便捷性及抗冻优势。石化企业污水提升泵的选型可遵循以下原则: ①介质匹配: 高腐蚀性场景优选液下泵, 含纤维介质适用潜污泵; ②环境适配: 寒冷地区浅液位优先自吸泵, 需配套防冻措施; ③成本优化: 结合初期投资与维护成本, 自吸泵在多数场景中更具经济性。

参考文献

- [1]王强. 潜污泵在工业污水处理中的应用研究[J]. 环境工程学报, 2018, 12(5): 134-138.
- [2]上海市市政工程设计研究院. 给水排水设计手册 (第03册) 城镇给水[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.