

文章编号:1006-7329(2001)02-0087-04

工程施工用潜水电泵的分析比较^{*}

郭建¹, 王笑冬²

(1. 重庆大学 机械工程学院, 重庆 400044; 2. 上海庆武排沙水泵研究所, 上海 200000)

摘要:全面分析了工程施工中常用的普通潜水泵和排污潜水泵的性能特点及其所存在的问题, 详细介绍了潜水泵的换代产品——排沙潜水泵的结构特点、性能特点和水力模型设计。排沙潜水泵是按二相流理论设计其水力模型; 排沙潜水泵在结构上增加了“空气室”, 使机械密封两端的压力平衡, 减少泄露量, 较为成功的解决了工程施工中抽排沙水、污水的技术难题; 潜水泵电机内腔设置有“储水池”, 当排沙潜水泵电机内腔产生“结露”现象时, 可避免排沙潜水泵电机的轴承润滑条件和绕组线圈的绝缘条件受到破坏; 润滑条件的改善, 叶轮、转轴等主要零件制造精度的提高, 减小了振动和噪声, 降低了发热量, 使排沙潜水泵在工作时无需专人看护, 允许电机长时间空转。

关键词:清水泵; 潜污泵; 排沙潜水泵; 含沙水; 泥水; 污水; 清水

中图分类号: TU731.5

文献标识码: A

1 常用潜水电泵性能分析

泵是应用非常广泛的通用机械, 在现今世界上泵产品产量仅次于电机, 所消耗的电量大约为全国总用电量的 20%, 耗油量占全国总用油量的 5%。潜水泵是驱动泵的电机与泵一起放在水中使用的泵。潜水泵以其安装容易、操作简便等诸多因素, 成为水泵行业的一大系列, 它在基础工程建设、路桥工程建设、矿山开采、防洪抢险等行业中被广泛地用于工程排水。

普通潜水泵仅适合于抽排清水, 其泥沙含量一般应小于 0.01%, 如果在实际工程施工使用时遭遇含沙水、泥浆水、污水, 普通潜水泵的电机极易烧毁, 所以一般又将普通潜水泵称之为“清水潜水泵”。目前广泛用于工程排水的普通潜水泵的功率多为 1.1~5.5 kW 的小型“清水潜水泵”。由于泥沙、杂质等原因, “清水潜水泵”的寿命一般仅有 3~7 d, 因此普通潜水泵又被称之为“星期泵”。上海内环高架路基础施工, 赶上雨季, 消耗数千台普通潜水泵。黑龙江鹤岗矿务局 23 工程处的立井移交会战, 曾有每半小时更换一台普通潜水泵 (2.2 kW), 两天用去 40 台的记录。

新近开发、生产的排污潜水泵 (单级) 已投放市场, 见图 1。排污潜水泵能够排放生活污水, 污水中的固体介质应为软质。排污潜水泵的最大优点是可排放纸浆、长纤维之类的杂质流体, 对于所抽排放水中, 含沙量则应限制在 3% 以内, 否则抽排高浓度的含沙水、泥浆水或污水也极易烧毁电机。排污潜水泵的价格一般比普通潜水泵高 30%。目前国内水泵行业, 功率较大的排污潜水泵

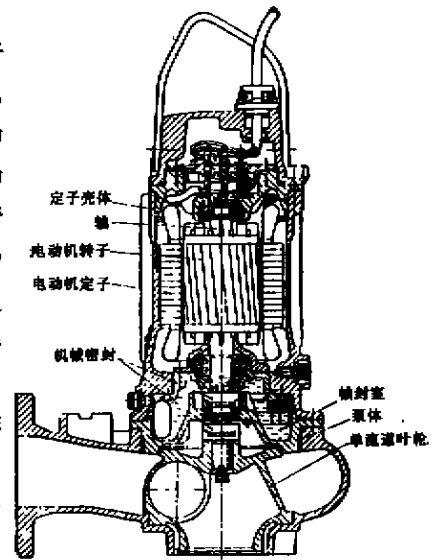


图 1 排污潜水泵

* 收稿日期: 2001-01-10

作者简介: 郭建 (1959-), 男, 重庆市人, 讲师, 主要从事机械设计与制造研究。

以南京产的 15 kW 排污潜水泵为代表。据江苏亚台泵业集团报道,排污潜水泵年产量达 5 亿元人民币左右。

“清水潜水泵”和排污潜水泵存在先天弱点,就是“清水潜水泵”和排污潜水泵是建立在传统流体力学模型基础上的经验设计,即将流体设想为理想状态的纯水,若在实际使用时遭遇含沙水、泥浆水、污水,它们的运行效率低、寿命短、气蚀破坏严重;“清水潜水泵”和排污潜水泵的水力模型条件,也决定了它们所采用的机械结构在抽排含沙水、泥浆水或污水过程中极易损坏密封,导致电机进水,电机一旦进水,轴承、绕组绝缘将损坏,造成电机烧毁;潜水泵包括其它类型的水泵,在工作时均需专人看守,否则潜水泵或水泵空转也将烧毁电机和轴承;排污潜水泵的市场价格较高,限制了它的使用范围及行业。

目前 15 kW 以上的潜水泵没有防爆型,不能在煤矿井下使用。

其它用于排沙用的水泵有渣浆泵(单级)。渣浆泵的扬程在 30~60 m 左右,流量每小时数百立方米左右,功率十几到数百千瓦,造价相当昂贵,安装困难,在基础工程建设、路桥工程建设、矿山开采、防洪抢险等行业中使用较少。

对于航道清淤、河沙开采,则采用沙泵。沙泵的造价较高,安装困难,其它行业使用不多。

2 新型排沙潜水泵技术分析

新型排沙潜水泵针对高比例含沙水、泥水、污水而专门研制开发而成,特别适合于在基础工程建设、路桥工程建设、矿山开采、防洪抢险等行业中用于工程排水。其主要的技术特点有:

- 针对高比例含沙水、泥水、污水,按二相流理论设计排沙潜水泵的水力模型。由于排沙潜水泵的水力设计充分考虑了固、液流场的运动情况,所以输送渣质时能保持良好的性能,是潜水泵的换代产品;

- 排沙潜水泵在结构上增加了“空气室”,使机械密封两端的压力趋于平衡,可减少泄露量,较为成功的解决了工程施工中抽排沙水、污水的技术难题,彻底甩掉了“清水泵”、“星期泵”的不良称谓,极大地延长了排沙潜水泵的使用寿命;

- 潜水泵电机内腔设置有“储水池”,当排沙潜水泵电机内腔产生“结露”现象时,可避免排沙潜水泵电机良好的轴承润滑条件和绕组线圈的绝缘条件受到破坏;

- 润滑条件的改善,叶轮、转轴等主要零件制造精度的提高,减小了振动和噪声,降低了发热量,使排沙潜水泵在工作时无需专人看护,断水后允许电机长时间空转;

- 排沙潜水泵的叶轮口环等关键零部件采用新技术、新工艺制造,其整机的制造成本与同规格的排污潜水泵相当;

- 排沙潜水泵有普通型和防爆型两大系列,其防爆合格证号为:2992031,进一步扩大了排沙潜水泵的使用范围;

- 排沙潜水泵包括单级和多级两大类,能满足高扬程的技术需要。

3 排沙潜水泵的结构介绍

排沙潜水泵的结构如图 2 所示。排沙潜水泵的电机安置在“空气室”中,“空气室”如同一个敞口的茶杯,将电机的定子、转子、轴承和轴封安装在该“茶杯”内,电机轴从杯口向下伸出。排沙潜水泵使用过程中,保持“茶杯”内的空气,使得电机的定子、转子、轴承和轴

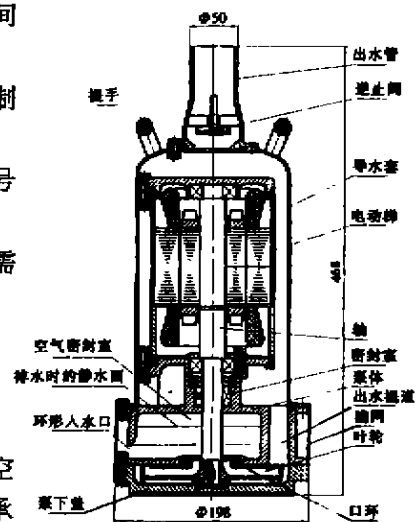


图 2 排沙潜水泵

封不会与水以及水中的泥沙、酸碱盐等有害物质直接接触,因此,即便是潜入泥沙含量很高的水中或污水中,电机也不会受到泥沙或污物地损伤;

专门设计的电机,用耐热的、高性能的环氧树脂浇注电机绕组,使其固化、密封,进一步提高了电机的可靠性;

叶轮口与泵体的内、外口环采用特殊材料制造而成,可抵御泥沙及其它杂物的磨损,延长排沙潜水泵的使用寿命;

电机外壳被罩在“导水套”内,排沙潜水泵抽排出的水全部电机与“导水套”间流出,电机实现“水外冷”;

在“导水套”的出口上,安装有专门设计的逆止阀,停泵后,管道内的泥沙或其它杂物不会回落到泵体内。

多级泵的叶轮个数为偶数,每两个叶轮背靠背地安装,无轴向力,省去了多级泵排泥沙最易磨损的部件——平衡盘装置。

4 排沙潜水泵的水力设计方程

实际应用中抽排含沙水、泥水、污水时,输送的介质为固相物和液相物混合的二相流体。排沙潜水泵的水力模型设计即是按二相流理论进行设计,其排沙潜水泵的吸水室、压水室、叶轮的二相流方程组分别为:

吸水室

二相流畸变方程:

$$V_L^2 - V_C^2 = K^2$$

二相流输送方程:

$$V_L - V_S = K$$

$$K = \sqrt{\frac{4gd_1(r_s - r_L)(\sin\theta - C_p \cos\theta)}{3C_r r_L}}$$

式中:脚标 C、L、S 分别代表纯液体、二相流液体和固体;

K 为固体特性系数。

压水室

涡室流线方程:

$$\tan\delta = V_r/V_u = \text{const}$$

式中: δ ——涡旋角。

在泵出口处,固体对液流产生“相对抽吸”,使叶轮出口量不足,其值通过叶轮出口三角形可求出切向分量差 ΔV_u , 径向速度变化值为 $\Delta V_r = V_{m_r} - V_{m_L}$ 。

所以二相流涡旋角 δ 为

$$\tan\delta = (V_r + \Delta V_r)/(V_u - \Delta V_u)$$

叶轮

二相流畸变方程:

$$V_{m_r}^2 - V_{m_L}^2 = K_r^2$$

二相流输送方程:

$$V_{m_r} - V_{m_L} = K_r$$

$$K_r = \sqrt{\frac{4\omega^2 R d_r (r_m - r_L)}{3C_r r_L}}$$

式中: V_M ——轴面速度。

液体和固体分别以不同的速度场 V_L 和 V_S 运动。以液体速度场 V_L 设计叶形和流道,能够更有效转换能量,并防止气蚀破坏。固体速度场 $V_S = f(V_L)$, 设计中必须保持两个速度场 V_L 和 V_S 变化率一致,这样固体即可沿液体流线(同叶轮型线)运动,减少固体与叶片发生撞击。

5 结论

排沙潜水泵效率高,较为成功地解决了工程施工中抽排沙水、排污水的技术难题,如2.2 kW的排沙潜水泵的使用环境中,泥沙含量可达20%,介质重度达 1300 kg/m^3 ,固体颗粒达6 mm,适合于抽排清水、污水、含沙水,扩大了潜水泵的适用范围;排沙潜水泵在工作时无需专人看护、允许电机长时间空转技术特性,适合于大型泵站,有利于实现排水自动控制;排沙潜水泵生产制造成本与同型号的排污潜水泵相当;排沙潜水泵有普通型和防爆型两大系列,防爆系列适合于矿井、油田等危险地区,其防爆合格证号为:2992031;排沙潜水泵包括单级和多级,能满足高扬程的技术需要。

参考文献:

- [1] 上海庆武排沙水泵研究所资料汇编[M].
- [2] 梁跃,姚宁海.二相流矿用潜水泵的设计与应用[J].矿山机械,1999,(12):58—59
- [3] 蔡保元.水力机械内的固液二相流设计新理论[J].工程热物理学报,1993,(3):
- [4] 李文治.泵的构造与维修[M].科学技术文献出版社重庆分社,1988
- [5] 关雁凡.泵的理论与设计[M].北京:机械工业出版社,1987
- [6] 丁成伟.离心泵与轴流泵[M].北京:机械工业出版社,1982

Analysis and Comparison of Submersible Pumps Used in Construction

GUO Jian¹, WANG Xiao-dong²

(1. Faculty of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. Shanghai Qingwu Research Institute of Sand Pumps, Shanghai 200000, China)

Abstract: In this paper the common submersible pump and the foul water submersible pump were compared with the submersible sand pump. Then, the principle and structure features of the submersible sand pump were introduced. The hydraulic pattern of submersible sand pump was designed according to two kinds of fluid theory. There is an air room at submersible sand pump added. The motor axle of submersible sand pump was extended from the air room. Inside the motor there is a small reservoir and the drop of water can be collected. The working condition of submersible sand pump was improved. The submersible sand pump can work longer time.

Keywords: submersible pump; submersible foul water pump; submersible sand pump; sand water; plaster water; foul water; clear water