

屏蔽泵的结构特点 及关键技术

合肥通用机械研究院 陈世亮 董为勇

题日益突出,屏蔽泵才获得了广泛的实际应用。图1、图2为现代屏蔽泵的典型结构。

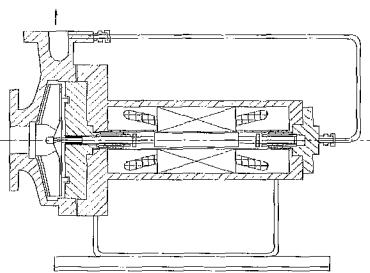


图1 典型屏蔽泵结构（外循环）

主要特点有:

(1) 绝对无泄漏 特别适用于输送对环境有害、对人体有毒的液体;易燃易爆的液体;贵重液体;强腐蚀性液体。

(2) 不会从外界吸入气体 特别适用于真空系统运行;处理一旦与外界空气接触就要变质的液体。

(3) 不需要润滑油和密封液 这样处理的液体就不会受到污染,适用于高纯度的流程。

(4) 无轴封 适用于处理系统压力较高;高熔点液体;高温液体;低温液体。

(5) 泵与电动机为同轴 因此体积小,重量轻、结构简单,操作可靠。

(6) 电动机无冷却风扇 因此运转噪声小。

由于屏蔽泵没有一般化工流程泵的轴封结构,因而又导致一系列需要解决的问题:

(1) 要解决电动机自身的冷却,轴承的润滑和冷却问题。

(2) 由于屏蔽套的存在,增加了定子与转子之间的间隙;屏蔽套中存在电涡流损失;同时转子在介质中转动,摩擦阻力也随着增加,这些都使得屏蔽电动机比普通电动机的效率要低。

(3) 屏蔽泵的叶轮口环间隙也较普通化工泵大,另外还要有一部分液体向电动机提供循环冷却,因此容积效率较低,总之,屏蔽泵的机组效率一般要比相同参数的普通化工泵低5%左右。

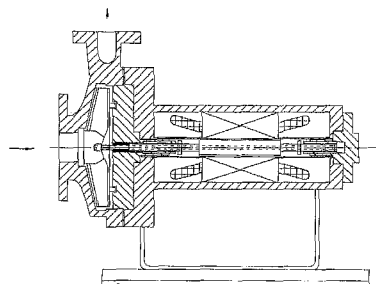


图2 典型屏蔽泵结构（内循环）

一. 概述

屏蔽泵是由屏蔽电动机和泵组成一体的无泄露泵,主要由泵体、叶轮、定子、转子、前后轴承及推力盘等零部件组成,定、转子之间用非磁性薄壁材料制成的屏蔽套隔开,转子由前后轴承支撑浸在输送介质中。由于没有动密封,因此正常情况下绝对不会向周围环境产生任何泄露,环保安全,非常适合输送易燃、易爆、易挥发、有毒、有腐蚀以及贵重液体,在化工、石化、医药等行业有广泛的用途。

二. 屏蔽泵的特点

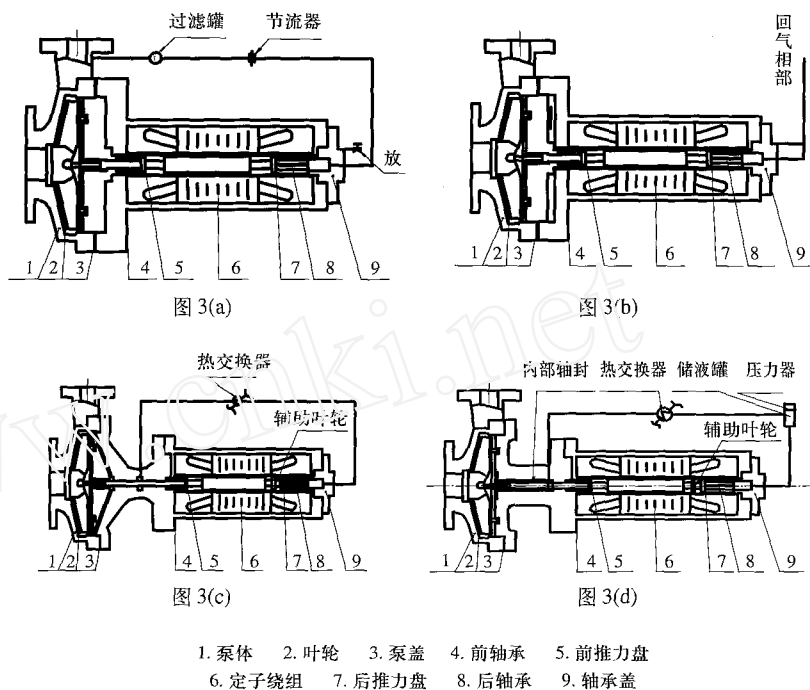
屏蔽泵的发展距今已有110多年的历史。早在1888年,前苏联就有了无泄漏泵的制造和使用的记录。然而直到20世纪50年代,当安全和环境问

三. 屏蔽泵的关键技术

近十多年来, 作者参与或主持了多项国家及省部级屏蔽泵的攻关项目, 下面结合自己的实际工作经验和国内外相关资料, 简要叙述一下屏蔽泵的关键技术。

1. 屏蔽泵冷却循环回路

屏蔽电动机工作时, 定子绕组的电流损失, 铁心能量损失以及屏蔽套的涡流损失等产生的热量必须由循环冷却液体带走, 以保证定子绕组的温度低于绝缘等级的要求。同时, 支承转子的径向轴承和限制轴向窜动、承受轴向力的推力轴承也要在必要的冷却润滑条件下才能正常工作, 因此, 屏蔽泵循环冷却回路的合理设计至关重要。图3是几种常用的循环冷却形式; 循环冷却所需的流量可参考表1。



1. 泵体 2. 叶轮 3. 泵盖 4. 前轴承 5. 前推力盘
6. 定子绕组 7. 后推力盘 8. 后轴承 9. 轴承盖

图3 几种常用的循环回路形式

(a)普通型循环方式 (b)易汽化型循环方式 (c)高温型循环方式(非高熔点介质) (d)渣浆型循环方式

表1 屏蔽泵的循环冷却流量

电动机功率/kW	0.5~3	>3~15	>15~25	>25~45	>45~110
正循环流量/(m ³ /h)	0.25~0.5	0.45~0.7	0.6~0.8	0.75~0.95	0.9~1.1
逆循环流量/(m ³ /h)	0.48~0.72	0.96~1.5	1.2~1.5	1.5~1.8	1.6~2

2. 轴向力平衡装置及推力轴承

屏蔽泵在起动或停车时会产生很大的轴向力; 另外, 屏蔽泵在运转时, 叶轮前后盖板所受压力不平衡而产生轴向力, 该力通过转子组件作用于推力轴承上。一般的平衡方法是采用平衡孔或平衡筋, 但实际使用过程中, 输送介质的比重, 黏度均对轴向力的大小和方向产生影响, 运转工况的改变也使轴向力发生变化, 从而经常造成轴承发生异常磨损。因此必须对推力轴承的设计予以足够的重视。屏蔽泵允许的轴向推力的大小不得大于表2规定的数值。

表2 屏蔽泵允许的轴向推力

电动机功率/kW	0.5~3	>3~15	>15~25	>25~45	>45~110
轴向力/N	350	400	500	650	800

由于屏蔽泵的结构特点, 决定了轴承必须在泵送介质中运行。在大部分情况下, 泵送介质的润滑性能很差, 而且可能有很强的腐蚀性。因此, 轴承材料必须与工艺流体相容。使用实践证明, 以石墨为基和以氟聚合物为基的材料, 不仅具有良好的耐磨性, 而且在强腐蚀介质中还具有很高的化学稳定性。在某些情况下, 采用无压烧结的碳化硅、碳化钨等硬质合金材料以及氧化铝等陶瓷材料的轴承可以取得更好的效果。

近年来, 利用间隙流动特性的轴向力自动平衡方式获得了广泛应用。其原理如图4所示: 当向进口方向轴向力增大时, 叶轮向进口方向移动, 轴向可变间隙变大, 泄漏量增加, 后盖板压力降低, 迫使叶轮向反方向移动; 反之, 轴向可变间隙变小, 泄漏量减少, 后盖板压力增加, 也迫使叶轮向反方向移动; 从而达

到轴向力自动平衡的目的。

对于多级屏蔽泵,可以采用叶轮背靠背布置的方式来平衡轴向力;也有采用将电动机放在中间(双头轴屏蔽电动机),也可取得良好效果。

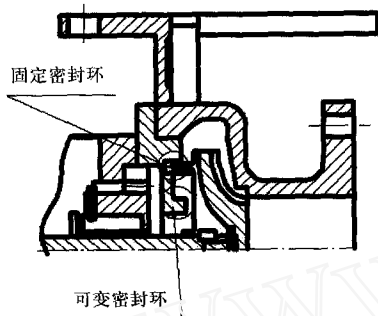


图4 轴向力自平衡装置结构图

3. 屏蔽套:材料、加工工艺及相关间隙

由磁场感应屏蔽套内产生的电涡流损失必须尽可能小,以减少温升,改善屏蔽电动机的运转条件。为此,屏蔽套必须是非磁性、高电阻的,并且在保证其强度的条件下是越薄越好。

综合看来,材料的选择很大程度上取决于输送介质的特性和工作条件。目前广泛采用的材料是哈氏C4(Hastalloy C4)合金,其特点是:强度好,涡流损失小;在普通应用的场合,也可采用18-8不锈钢、氟聚合物塑料等非金属材料。某些情况下,也可采用陶瓷。

屏蔽套的加工工艺是整个机组制造水平的标志,常用的加工方法有机械加工、拉制成型、氩弧焊和薄板滚焊等。目前最先进的加工方法是使用数控滚压设备,可保证高精度,且无焊接缺陷。

屏蔽套的厚度一般在0.35~1.0mm,屏蔽泵定子、转子之间的间隙一般为1~2mm。

4. 状态监控

屏蔽泵的主要故障是由于泵在超出最佳流量运行范围外运行而引起的,其次是造成轴承失效的干运转。因此在系统设计阶段选择合适的泵,配备合适的辅助设备和保护装置是很重要的。

常用的保护装置有:轴承监测器、温度监测器和液位控制器(干运转保护装置)。

5. 从水力学的角度改进高扬程泵径向力

由于屏蔽泵的轴承是采用泵送介质进行润滑的,因此必须对径向力的问题予以足够的重视。径向力的大小与总扬程,叶轮宽度,叶轮直径成正比,在高扬程大流量的情况下,

径向力的问题更加突出。通过对参数为流量 Q 为 $10\text{m}^3/\text{h}$,扬程为90m的试验研究(见表3),采用如图5所示的改良型蜗壳,在整个流量范围内,径向力沿叶轮圆周分布更加均匀,从而总的径向力变小。

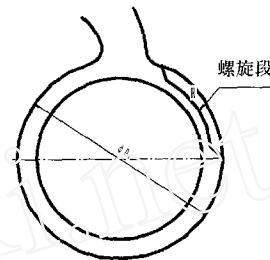


图5 改良型蜗壳示意图

表3 各种蜗壳产生的径向力比较

蜗壳型式	0 流量	100% 流量	140% 流量
螺旋型蜗壳 /N	1 670	464	2 089
环型蜗壳 /N	325	1 671	2 321
改良型蜗壳 /N	696	464	464

四. 屏蔽泵的应用前景

现在的屏蔽泵技术,已经可以应用在高温(+450℃)、低温(-145℃)、高压(120MPa)、渣浆(含固体颗粒)、液化气等各种苛刻工况下;在许多应用领域中,屏蔽泵还可以设计成自吸、并联运行和结构小型化等用途。

很显然,屏蔽泵的制造成本要高于一般化工流程泵,但其使用维护费用要比一般机械密封化工泵低得多。首先,屏蔽泵没有机封和轴承箱,泵轴完全封闭在屏蔽套内,变动密封为静密封,有效解决了泄漏和润滑问题;其次,屏蔽泵取消了联轴器,变硬连接为软连接,有效解决了振动及噪声问题;另外,屏蔽泵易损件明显减少(仅有轴承或口环),事故件也相对减少(仅有屏蔽套);最后,屏蔽泵运行寿命延长,检修频次和时间大大减少,且检修劳动强度大大下降。据相关统计结果,常规泵泄漏、故障等破坏率是屏蔽泵的6~8倍,机械密封化工泵更换易损件的费用是相似参数屏蔽泵的3~5倍。按照累积总费用计算,大约4~5年二者的数量基本相当。以上仅是从成本费用角度考虑,而机械密封化工泵外泄的物料往往也价格不菲,由环境污染、安全事故等原因带来的问题更多。

因此,屏蔽泵虽然一次性投资较大,但无泄漏、无污染、维护费用低,综合经济效益高,社会效益好。随着国家对企业技术、环保等领域要求越来越高,屏蔽泵将会获得更加广泛的应用。 GM