

离心泵机械结构改进设计策略

常文强¹ 汪波² 蒋李³

1. 上海凯泉泵业(集团)有限公司 上海 嘉定 201800

2. 杭州南泵流体机械有限公司 浙江 杭州 311100

3. 上海水泵制造有限公司 上海 奉贤 201414

摘要: 随着科技的进展,材料的特性愈来愈好,生产制造的技术含量也愈来愈高。本章试图研究离心泵机械构件的优化设计策略,以提高其工作效能、延长使用寿命和减少维修成本。通过对离心泵的基本构造、工作机理和主要性能参数的深入分析,得出了包括以脂润滑取代油润滑、优良轴承选用、精细化泵轴结构和轴承架改进设计等的一系列改良对策。上述措施的采取不仅提高了离心泵的总体效能,还提高了其在复杂工况下的适应性和可靠性。

关键词: 离心泵;机械结构;改进设计策略

引言:随着工业生产科学技术的飞速发展,离心泵已成为了流体传输的关键设备,其稳定性和效率的提高也成为了业界所关心的问题。传统离心泵机械结构虽然已经比较完善,但在应对越来越复杂多变的工况下,其不足之处越来越明显。为此,对离心泵机械结构的优化设计,旨在采用优化结构形式、改善材质特性、改良轴承形式等措施,提高其工作安全性、提升效率、延长使用寿命,并降低维护成本,以满足现代工业对高效、可靠流体输送设备的需求。将深入探讨离心泵机械结构改进设计的有效策略。

1 离心泵概述

离心泵作为一个机械回转设备,其叶轮机构也是离心泵工作的主要组成部分,泵轴、齿轮以及轴承套、键和连接机构等,构成了整个离心泵的叶轮体系。转子系统在实际工作中,因为承受轴向力、径向力和在系统内部所产生的不平衡量,等因素使得转子系统在高速旋转时会发生离心力,从而导致转子系统内部产生震荡、产生噪声、影响效率甚至造成离心泵的一些部分出现变形破裂等各种不良情况,所以,如果要确保离心泵正常运行,其叶轮装置应当保持良好的运行特性。水泵作为一个通用机械,水泵在日常工作中具有非常关键的功能,只要有物质流通的场所,基本都有水泵的出现,所以需要进一步的加大对水泵的研发。要想对泵实现的进一步改进,其配套技术也必须加以完善,也只有这种离心泵的轻量化设计才能得到实现。目前,我国的压铸行业规模正不断壮大,压铸装备也趋向了相应的发展,正逐渐地向着精密型、流程式的、高强度、强韧型和轻量型的趋势发展。在压铸行业不断发展壮大的今天,相同材料的功能也将进一步的扩大,同种材料与过去一样具有更

好的耐磨性、抗氧化、耐热的功能。随着压铸工艺的逐渐发展以及金属力学性能的提高,再加上压铸工艺技术的不断进步,使铸造的质量精度、几何准确度以及表面精度大大提高^[1]。这对减小密封系统壁厚,并且实现泵体的轻量化都提供了很大的便利。如今,人们对我国离心泵轴承的润滑方式大多采用的是油润滑的方式,因为这种润滑方式使用较为简单,其冷却的效果也较好。但在采用这种润滑方式时,一旦巡检不正确,就容易出现水渗漏或较重的状况,对工作环境造成极大的影响;使用汽油轴承时维修并不简单,但必须耗费较多的人力物力,在维修或拆装机器的过程中,非常容易使零部件产生磨损,也因此大大降低了机器的使用寿命;而使用重质原油轴承时其轴承架容积也往往较大,使得泵的总结构较为庞大且笨重,但材料又较多,从而增加的生产成本,因此从而改变了传统离心泵轴承类型的润滑方法、完善了新的轴承类型架,已成为将离心式泵轻量化研究的关键研究方向。在轻量化设计的同时,还需要解决高度、刚性、振动、噪声等方面的技术难题,使泵的综合性能与寿命都有所提高。

2 离心泵机械结构分析

2.1 基本组成

离心泵的基本组成是一个复杂而精密的系统,主要由以下几个核心部分协同工作:叶轮作为动力源泉,其独特的叶片设计赋予流体旋转动能,是提升液体压力与流量的关键;泵壳则如同一个精心设计的容器,不仅支撑并固定着叶轮,还通过其独特的蜗壳形状引导流体从叶轮的出口顺畅地流向泵的出口,有效实现了动能向压力能的转换;泵轴作为连接动力源(如电机)与叶轮的桥梁,承载着传递扭矩的重任,其材质需具备高强度与

耐腐蚀性,以确保长期稳定运行;而轴承则宛如泵轴的守护者,为泵轴提供稳定的旋转支撑,减少摩擦与磨损,延长泵的使用寿命;此外,密封与填料函的巧妙设计,有效防止了泵内液体的外泄,确保了泵的工作效率与环境的清洁。这些基本组成部分相互依存、精密配合,共同构成了离心泵这一高效、可靠的流体输送设备。

2.2 工作原理

离心泵的运行机理是依靠离心力的相互作用,借助转动齿轮来完成物质的传递。因此,在离心泵启动后,电机推动泵轴的齿轮高速旋转。叶轮上的叶片随着转动,产生了一种高速旋转的旋涡。这种旋涡使流入泵体的大量液体在叶轮的带动下得到了动力,并随着叶轮的转动方向而被加速引向泵体的外周。同时由于大量液体被抛向了泵体的外周,其转速也不断提高,同时压力也逐渐升高。这个过程中,液体从低压区域被输送到高压区域,实现了液体的输送。当液体到达泵体的出口时,其已经具备了较高的压力和速度,随后通过出口管道被输送到需要的地方。离心泵的工作原理简单而高效,广泛应用于各种工业、农业和民用领域。它的主要优点包括结构简单、运行平稳、易于维护等。同时,离心泵的性能还受到泵体设计、叶轮形状、转速以及进出口管道条件等多种因素的影响,因此在实际应用中需要根据具体需求进行选择和调整。

2.3 性能参数

离心泵的性能参数是全面评估其工作效能与适用场景的关键因素,它们共同构成了一个综合性的指标体系。具体而言,流量作为衡量泵送液能力的直接指标,其大小决定了泵在单位时间内能处理多少液体;而扬程则反映了泵提升液体能量的能力,是评价泵能否满足特定输送高度或压力需求的重要依据。此外,功率与效率则直接关系到泵的能量消耗与转换效率,前者体现了泵在运行过程中的能耗水平,后者则揭示了泵将输入能量有效转化为液体输送所需能量的能力。同时,转速作为影响泵性能的关键参数之一,其调整可直接影响流量、扬程及功率等性能指标。最后,允许吸入真空度及允许汽蚀余量则是评估泵抗汽蚀性能的重要标准,它们确保了泵在复杂工况下仍能稳定运行,避免因汽蚀现象导致的性能下降或设备损坏。综上所述,离心泵的性能参数是一个相互关联、相互影响的综合体系,它们共同构成了评价泵性能优劣的重要标准^[2]。

3 离心泵机械结构改进设计策略

3.1 脂润滑代替油润滑的可行性研究

在当前的工业领域中,离心泵作为流体传输的关键

设备,其运行效率与稳定性直接关系到整个生产线的顺畅与高效。然而,在传统工艺条件下,受限于轴承加工精度、润滑油品质及稳定性等因素,离心泵多采用油润滑方式,这一方式虽在一定程度上满足了基本的润滑需求,但随着技术进步与环保要求的提升,其局限性日益凸显。随着材料科学的进步和制造工艺的精细化,现代轴承的材质与加工精度实现了质的飞跃,尤其是进口轴承,其高精度、高稳定性为离心泵的高效运行提供了坚实基础。同时,润滑油行业也在不断创新,油品的品质与安全性得到了显著提升。然而,面对日益严苛的环保标准和更高的设备维护要求,企业开始积极探索更加先进、环保的润滑方式,脂润滑便是在此背景下逐渐进入人们的视野。脂润滑,作为一种固态或半固态的润滑剂,相较于传统的油润滑方式,具有诸多显著优势。首先,脂润滑的密封性能极佳,能有效防止润滑剂泄漏,从而保护工作环境,减少因泄漏造成的安全隐患和环境污染。这对于追求绿色生产、注重员工健康的企业而言,无疑是一个重要的考量因素。其次,脂润滑在减少摩擦与磨损方面表现出色。优质的润滑脂能够形成稳定的润滑膜,有效隔离金属表面,减少摩擦系数,降低磨损率,从而延长轴承及离心泵的使用寿命。这对于降低设备故障率、减少维护成本具有重要意义。再者,脂润滑还具备出色的冷却、防锈、防尘及减振降噪等功能。在恶劣的工作环境下,如高温、潮湿或多尘场所,润滑脂能够有效防止轴承生锈、防止灰尘侵入,同时其减振效果也能显著降低设备运行时的噪音和振动,提升整体运行品质。从经济性的角度来看,虽然脂润滑在初期可能涉及一定的设备改造和润滑脂采购成本,但长期来看,其低挥发性、高承载能力、长换油周期以及减少的维护成本,将为企业带来显著的经济效益。此外,脂润滑还能优化设备结构,减少材料使用,降低生产成本,符合当前轻量化、节能化的发展趋势。当然,脂润滑并非完美无缺。其散热性能相对较差,摩擦阻力也可能略高于油润滑,但在实际应用中,通过合理设计润滑系统、选用高性能润滑脂以及加强设备维护等措施,这些问题可以得到有效解决。

3.2 轴承的选择

轴承在机械设备中是必不可少的,主要具有防止磨损和承受压力的功能,而且也能改变传动性能,所以轴承选用的是不是正确关乎着离心泵性能的优劣。在选用轴承时,主要考虑以下各种因素:轴承所受的压力、轴承类型的速度、调心尺寸、所允许的空间、装配和拆卸、精度等级、价格等。我们在选用轴承时会按照轴承

的实际运行情况和应用特点及产品的特点来选用轴承,这有助于轴承的合理选型与使用。

3.3 泵轴的设计

泵轴作为离心泵的“心脏”部件,其设计直接关系到泵的整体性能与运行稳定性。在设计泵轴时,我们首先从已知的最小直径20mm出发,这一尺寸基于轴径的初步计算,并考虑了轴的基本强度要求。为了实现轴与叶轮之间的可靠连接与转矩传递,我们选用了平键连接,键的尺寸经过精心计算,确保既能满足连接需求,又不会对轴造成过大负担。随着设计的深入,我们根据泵轴上各部件的位置、尺寸及装配要求,逐步确定了轴的各段直径与长度。第二段轴直径适度增大,并设计为可安装轴套的形式,以提高轴的支撑刚度和耐磨性。随后的轴段设计则更加注重整体平衡与空间优化,确保每个部件都能准确安装并有效工作。特别值得注意的是第六段轴的设计,它直接关联到轴承的选型与安装。我们详细分析了作用在轴上的各种力,并结合所选轴承的规格与性能参数,精确计算并确定了该段轴的直径与长度,以确保轴承能够稳固安装并承受运行中的各种载荷。此外,泵轴的设计还需考虑加工工艺性、热处理要求、材料选择以及运行中的维护便捷性等多方面因素。通过综合考虑这些因素,我们力求设计出既满足性能要求又经济合理的泵轴,为离心泵的高效、稳定运行提供坚实保障。

3.4 轴承架的改造设计

3.4.1 新轴承架的材料选择

在为化工泵选择轴承架材料时,我们进行了全面的考量。鉴于化工泵虽然可能处理具有腐蚀性的介质,但轴承架的主要功能为支撑而非直接接触化工液体,因此材料的耐腐蚀性虽是一个因素,但并非首要考量。铸铁因其经济性和易加工性常被考虑,但其较低的耐用性和抗腐蚀性在此应用中显得不足。铸钢虽经久耐用,但其高昂的成本和可能导致的“过设计”(即在非必要场合使用过于坚固的材料,反而增加系统复杂性和故障风险)问题,使得其在此场景下并非最佳选择。综合考虑成本效益、耐用性及适用场景,我们倾向于选择一种既能满足支撑强度要求,又相对经济且易于维护的材料。不锈钢虽常用于腐蚀性环境,但在此处其耐腐蚀性优势

并不显著,且成本较其他候选材料高。因此,我们可能会探索使用一种特制合金钢或高强度铸铁复合材料,这些材料在保证足够强度的同时,具有较好的性价比和适应性,能够完美契合本化工泵轴承架的设计需求。

3.4.2 新轴承架的有限元研究

在确定了新轴承架的三维模型后,我们已经进入了基础的有限元分析阶段,使用业内领先的ANSYS Workbench软件作为数据分析工具。经过了细致的网格分析,保证了分析模型既能抓住设计细节,又能保证了合理的运算效果。静力学方法旨在判断轴承架在各种情况下的应力分布、变化等状况,从而检验其设计强度与刚性性能否达到设计要求。该方法不仅有助于确定潜在的应力集中范围,还为后续设计优化提供了数据支持。紧接着,模态分析揭示了轴承架的自然频率和振动模态,这对于预测其在动态负载下的响应特性至关重要。通过模态分析,我们能够了解轴承架在何种频率下可能发生共振,从而在设计阶段就避免这些潜在问题,确保设备运行的稳定性和可靠性。综合静力学与模态分析的结果,我们全面评估了新轴承架设计的合理性,为其进一步应用提供了坚实的理论依据^[3]。

结束语

综上所述,离心泵机械结构的改进设计是提升泵性能、延长使用寿命的关键。通过脂润滑代替油润滑、优化轴承选择、精细化泵轴设计以及轴承架的改造设计等一系列策略的实施,离心泵在效率、稳定性和可靠性方面均得到了显著提升。未来,随着材料科学、润滑技术及制造工艺的不断进步,离心泵机械结构的改进设计将持续深化,为工业流体输送领域带来更加高效、环保的解决方案。

参考文献

- [1]张明星,张文斌,王璐,刘瑞青,刘琦.离心泵级间间隙数值模拟及结构优化[J].船海工程,2020(06):91-94,98.
- [2]张元华,贾炼,刘莉莉,王禹森,李小学.单级双吸清水离心泵双吸密封环间隙的节能改进试验[J].液压气动与密封,2020(12):81-82,88.
- [3]唐春仁,吴尉,陈金平.系统测试台架影响离心泵低频隔振效果的研究[J].水泵技术,2020(05):39-42,48.