

自平衡多级离心泵与普通多级离心泵区别

张 辉

南元泵业有限公司 浙江 湖州 313000

摘 要：多级离心泵凭借其能够产生较高扬程的特性，在石油化工、电力、冶金、矿山以及城市供水等众多领域发挥着不可或缺的作用。普通多级离心泵应用历史悠久，技术成熟，在很长一段时间内满足了各类工程的基本需求。然而，随着工业生产规模的不断扩大以及对设备性能要求的日益提高，自平衡多级离心泵应运而生。自平衡多级离心泵在继承多级离心泵基本优势的基础上，利用创新设计在诸多方面实现了性能的优化和提升。深入了解二者的区别，对于合理选择泵型，保障系统高效、稳定运行具有重要的现实意义。

关键词：自平衡多级离心泵；普通多级离心泵；区别

引言：在工业生产及各类工程项目的复杂运作中，离心泵作为关键的流体输送设备，凭借高效的流体输送能力，被广泛应用于石油化工、电力、冶金等多个领域。自平衡多级离心泵与普通多级离心泵是其中极为常见的两种类型，它们在多个方面存在显著差异。当前，部分工程因泵型选择不当，导致系统运行效率低下，故障频发。基于此，本文从结构设计、工作原理、性能特点多个维度，深入剖析二者的区别，旨在为相关领域在泵的选型、使用和维护等方面，提供全面且准确的参考依据，助力提升工程系统的运行效率和稳定性。

1 自平衡多级离心泵与普通多级离心泵概述

在工业流体输送领域，离心泵始终占据着举足轻重的地位。普通多级离心泵作为该领域的传统主力设备，拥有悠久的应用历史，经过长期的技术沉淀与实践检验，如今其技术已相当成熟。普通多级离心泵由两个或更多离心泵单元构成，各泵单元虽独立工作，却共享同一根泵轴。在运行过程中，液体依次流经多个串联的叶轮，每经过一级叶轮，液体压力便得到一次提升，利用这种逐级加压的方式，实现高效、稳定的液体输送。从结构上看，普通多级离心泵由一系列精心设计的转子和定子组成，转子与定子之间的间隙极小，该设计旨在最大程度减少液体泄漏，提高泵送效率。鉴于其出色的高压输送能力，普通多级离心泵广泛应用于各类高压场景，如城市供水系统中，将水源提升至所需高度，满足高层建筑的用水需求；在加压系统和高压清洗系统中，提供强大的水压，确保作业顺利进行。此外，普通多级离心泵具有占地面积小的特点，能够节省宝贵的空间资源，其安装过程也相对简便，大幅降低了施工难度和成本。更重要的是，该泵还具备扬程可调的灵活性，密封可靠，运行高效节能，运转过程安全平稳、噪音低，并

且拥有较长的使用寿命，极大地降低了设备的更换频率和维护成本。

自平衡多级离心泵是在普通多级离心泵基础上发展起来的创新型产品。在研发过程中，设计团队运用先进的水力模型，并借助计算机辅助设计，对泵的内部流场进行精确模拟与优化。在此基础上，结合现代工艺对泵的整体结构进行全面优化。自平衡多级离心泵的最大技术突破在于取消了传统多级离心泵的轴向力平衡机构，如平衡盘或平衡鼓等部件，转而采用对称布局设计，使正叶轮与反叶轮在工作时产生的轴向力相互抵消，从而实现泵腔内轴向推力的自动平衡^[1]。这种创新设计带来了显著的性能提升。它消除了平衡装置的摩擦损耗以及轴向脉动，杜绝了平衡水泄漏，有效减少了容积损失，进而降低了轴功率。除此之外，该设计成功避免了因平衡装置失效而引发的各类故障，大幅延长了泵的使用寿命。在运行过程中，自平衡多级离心泵更加平稳、可靠，安全系数更高，整机寿命也进一步延长。在维护方面，自平衡多级离心泵的运维成本较低，易损件数量少，大大延长了运维周期，降低了运维成本。在密封性能上，该泵采用机械密封，并通过独特的结构设计避免了轴向窜动，确保机械密封面始终保持良好接触。并且，自平衡多级离心泵具备耐高温高压的特性，拥有出色的抗热冲击性能，能够在恶劣的工况环境下稳定运行。

2 结构设计差异

2.1 叶轮布置方式

普通多级离心泵的叶轮通常按照同一方向依次串装在泵轴上。这种布置方式使得每个叶轮在工作时产生的轴向力方向一致，最终会在泵轴上形成较大的累积轴向力。为平衡该轴向力，普通多级离心泵不得不额外设置复杂的轴向力平衡机构。与之不同的是，自平衡多级离

心泵采用了独特的叶轮布置方式,即一组正叶轮与一组反叶轮相向对称布置。在这种布置下,正叶轮和反叶轮在工作时产生的轴向力方向相反,能够相互抵消,从而从根本上大幅降低了泵轴所承受的轴向力。如,在某大型化工企业的物料输送系统中,普通多级离心泵在运行一段时间后,由于叶轮轴向力的作用,导致泵轴出现明显的磨损和变形,而采用自平衡多级离心泵后,成功解决了这一问题,设备运行稳定性显著提高。

2.2 轴向力平衡机构

普通多级离心泵依靠专门的平衡机构来应对轴向力,常见的有平衡盘、平衡鼓以及平衡盘与平衡鼓组合等结构。以平衡盘为例,它安装在泵轴的末端,通过平衡盘与平衡环之间形成的微小间隙,利用流体的压力差来产生平衡力,以抵消叶轮产生的轴向力。但该结构存在明显的弊端,平衡盘与平衡环之间的间隙极小,一般仅为0.05-0.1mm,在实际运行过程中,极易因杂质颗粒的进入、流体的冲刷以及泵的振动等因素导致磨损,一旦磨损,平衡效果就会大打折扣,进而引发一系列问题。相比之下,自平衡多级离心泵取消了传统的平衡盘等轴向力平衡机构。由于其叶轮的对称布置实现了轴向力的自动平衡,仅需设置少量的辅助机构来应对残余轴向力即可。这种设计简化了泵的结构的同时,还从根源上避免了因平衡机构磨损而引发的故障,大大提高了设备的可靠性。

2.3 整体结构复杂度

普通多级离心泵由于需要配备轴向力平衡机构,以及与之相关的平衡管、密封装置等部件,使得其整体结构较为复杂。众多的零部件增加了制造、安装和调试的难度,同时也提高了设备的制造成本。而自平衡多级离心泵在取消平衡机构后,整体结构得到了极大的简化^[2]。其零部件数量相对较少,结构更加紧凑,不只是降低了制造和安装的难度,还有效减少了因零部件繁多而可能导致的故障点,提高了设备的整体稳定性。在某城市供水项目的泵房建设中,采用自平衡多级离心泵后,泵房的占地面积明显减小,安装调试周期也大幅缩短,进一步为项目的快速投入使用提供了有力支持。

3 工作原理差异

3.1 轴向力产生与平衡机制

在普通多级离心泵的工作过程中,轴向力的产生是一个不可忽视的关键因素。其产生根源主要在于叶轮前后盖板所承受的压力差异。具体而言,当液体被吸入叶轮后,在叶轮的旋转作用下,液体从叶轮进口流向出口。在这个过程中,由于叶轮对液体做功,使得液体在

叶轮出口处的压力显著升高,而进口处压力相对较低。而且,叶轮后盖板的受压面积通常大于前盖板,这种压力差和面积差的共同作用,导致了一个指向泵入口方向的轴向力。

为了平衡这一轴向力,普通多级离心泵采用了平衡盘这一重要部件。平衡盘与平衡环之间存在一定的间隙,当泵运行时,部分高压液体通过这个间隙回流至低压区。该过程在平衡盘两侧形成了压力差,进而产生一个与轴向力方向相反的平衡力。然而,这种平衡机制并非完美无缺。它是一种动态平衡过程,对泵的工况变化极为敏感。当泵的流量、扬程等工况参数发生波动时,平衡盘的工作状态也会随之改变。一旦工况变化幅度过大,平衡盘可能无法及时、有效地平衡轴向力,从而导致泵轴发生窜动,影响泵的正常运行和性能。

相对来说,自平衡多级离心泵的轴向力产生机制与普通多级离心泵有相似之处,但在平衡方面具有显著优势。由于自平衡多级离心泵采用了叶轮的对称布置方式,正、反叶轮在运行过程中产生的轴向力能够相互抵消,使得残余轴向力极小。在大多数正常工况下,轴向力基本处于平衡状态。不过,在一些特殊工况下,如泵的启动瞬间或流量出现大幅波动时,仍可能会产生一定的残余轴向力^[3]。此时,专门设计的辅助平衡装置(如推力轴承等)就会发挥作用,承担并平衡这些残余轴向力。可以肯定的是,轴向力平衡机制使得自平衡多级离心泵在运行过程中,泵轴始终能够保持相对稳定的状态,大大减少了因轴向力波动对设备造成的损害,最终提高了泵的可靠性和使用寿命。

3.2 液体流动路径

在普通多级离心泵中,液体的流动路径相对较为直接。液体从泵的吸入口进入后,会依次流经各个叶轮。在叶轮的高速旋转作用下,液体获得能量,压力逐渐升高。随后,液体通过导叶被平稳地引入下一级叶轮,继续进行能量交换和压力提升。然而,这种看似简单的流动路径却存在一些潜在问题。由于叶轮通常采用同向布置方式,并且为了平衡轴向力设置了专门的平衡机构,这些结构会对液体的流动产生一定的干扰。在液体流动过程中,会产生涡流、湍流等现象,导致部分能量损失,降低了泵的效率。

自平衡多级离心泵的液体流动路径则更为复杂。液体首先进入正叶轮,在正叶轮的作用下获得能量后,通过正导叶流入过渡管。然后,液体进入反叶轮,在反叶轮中继续进行能量转换。最后,经过反导叶后,液体从泵的出口排出。虽然液体在泵内需要经过多次转向,但

自平衡多级离心泵的叶轮和导叶设计经过了精心优化。通过合理的结构设计和流体力学分析,能够使液体在转向过程中保持较好的流动性,减少能量损失^[4]。同时,由于轴向力得到了自动平衡,液体在泵内的流动更加稳定、顺畅。这种稳定的流动状态有利于减少液体的内部摩擦和能量耗散,提高泵的整体性能,使自平衡多级离心泵在效率、稳定性等方面表现出更优越的性能。

4 性能特点差异

4.1 运行效率

普通多级离心泵在运行过程中,由于存在平衡盘的圆盘摩擦损失以及平衡水的回流损失,导致其容积效率较低。尤其是当平衡部件发生磨损后,叶轮出口中心与导叶入口中心的中性被破坏,泵内液体的流动阻力增大,进一步降低了泵的效率。而自平衡多级离心泵由于取消了平衡机构,不存在平衡盘的摩擦损失和平衡水的回流损失,且叶轮与导叶始终处于良好的对中状态,使得泵内液体流动更加顺畅,容积效率得到显著提高。同时,自平衡多级离心泵在水力性能及结构设计方面进行了全面优化,采用了先进的水力模型,进一步提高了泵的整体运行效率。

4.2 稳定性与可靠性

普通多级离心泵的平衡盘等平衡机构在运行过程中容易受到磨损、腐蚀以及工况变化的影响,一旦平衡机构失效,就可能导致泵轴窜动、叶轮与泵壳摩擦等严重问题,严重影响泵的正常运行,甚至造成设备损坏。自平衡多级离心泵由于叶轮的对称布置实现了轴向力的自动平衡,不需要依赖易损的平衡机构,大大降低了因轴向力问题导致的故障发生率^[5]。并且,值得肯定的是,自平衡多级离心泵在设计时对转子的刚性和临界转速进行了优化,使得泵在运行过程中更加平稳,显著减少了振动和噪声,提高了设备的稳定性和可靠性。

4.3 汽蚀性能

普通多级离心泵的汽蚀性能主要取决于叶轮的设计、泵的吸入条件以及输送液体的性质等因素。在一些

吸入条件较差的工况下,普通多级离心泵容易发生汽蚀现象,导致叶轮损坏、泵的性能下降。自平衡多级离心泵在设计时充分考虑了汽蚀问题,通过优化水力设计,如采用合理的叶轮进口直径、叶片形状和角度等,以及在部分型号中采用首级叶轮双吸结构,有效提高了泵的抗汽蚀性能。另一方面,自平衡多级离心泵运行时的稳定性也有助于减少汽蚀的发生,其稳定的运行状态可以避免液体在泵内产生较大的压力波动。

结语:自平衡多级离心泵与普通多级离心泵在结构设计、工作原理、性能特点等方面存在显著区别。自平衡多级离心泵通过创新的叶轮布置和取消传统平衡机构,在运行效率、稳定性、可靠性以及维护成本等方面展现出明显优势,尤其适用于工况复杂、对设备性能要求较高的应用场景。普通多级离心泵则在一些工况较为简单、对成本控制较为严格的场合仍有一定的应用价值。在实际工程应用中,应根据具体的工艺要求、介质性质、工况条件以及经济成本等因素,综合权衡二者的优缺点,合理选择泵型,以确保整个系统的高效、稳定运行。随着技术的不断进步,自平衡多级离心泵有望在更多领域得到广泛应用,同时普通多级离心泵也可能通过技术改进在特定领域继续发挥作用。

参考文献

- [1]刘卫杰.自平衡多级离心泵与普通多级离心泵区别[J].科技风,2019(11):152-152.
- [2]马旭丹,吴大转,王乐勤.多级离心泵轴向力平衡装置的设计与分析[J].农业工程学报,2010,26(8):108-112.
- [3]柳强,张洪恩,张伟.不同条件下石化多级离心泵结构的振动研究[J].设备管理与维修,2024(19):56-58.
- [4]刘志民,左久浩,赵任栋,潘越,吕祥彬,李雅婧.入水平衡装置对自平衡多级离心泵吸水室性能影响研究[J].煤炭工程,2024,56(4):210-217.
- [5]石绿瑞,姚松保,赵见高,牟介刚,沈斌杰,张辉,吴天鑫,吴登昊.大型立式多级离心泵轴向力平衡装置研究[J].流体机械,2024,52(7):56-62.