

泵口环间隙调整对浆液循环泵流体动力学性能的改善研究

张海旭, 邹继尧

江苏阚山发电有限公司, 江苏 徐州 221134

摘 要 : 在当前电力工业的快速发展浪潮中, 燃煤电厂对环保排放标准的要求日益提高。因此, 脱硫系统作为火力发电厂实现大气污染物减排的关键环节, 其在电厂整体布局中的地位愈发显著。而浆液循环泵这种高效的输送设备, 担负着将脱硫浆液从吸收塔转移至喷淋管道的重任, 是脱硫系统中不可或缺的重要部件。它的运行效率高低直接关系到整个脱硫系统能否稳定、有效地进行操作和维护, 因此其性能的优劣对整个系统的稳定性和脱硫效果有着决定性的影响。随着火电机组容量不断增大, 其对浆液循环泵的性能要求也越来越高, 因此本文将通过数值模拟方法来研究泵口环间隙对浆液循环泵流体动力学性能的影响规律。

关 键 词 : 泵口环间隙; 浆液循环; 泵流体动力学; 性能改善

Study On The Improvement Of Fluid Dynamics Performance Of Grout Circulating Pump By Adjusting The Gap Between Pump Mouth And Ring

Zhang Haixu, Zou Jiyao

Jiangsu Kanshan Power Generation Co., LTD., Jiangsu, Xuzhou 221134

Abstract : In the current wave of rapid development of the power industry, the requirements of coal-fired power plants for environmental protection emission standards are increasing. Therefore, desulphurization system, as a key link to achieve air pollutant emission reduction in thermal power plants, plays an increasingly significant role in the overall layout of power plants. The slurry circulation pump is an efficient transportation equipment, which is responsible for transferring the desulfurization slurry from the absorption tower to the spray pipe, and is an indispensable part of the desulfurization system. Its operating efficiency is directly related to the stability and effective operation and maintenance of the whole desulfurization system, so its performance has a decisive impact on the stability and desulfurization effect of the whole system. With the increasing capacity of thermal power units, the performance requirements of grout circulating pumps are getting higher and higher. Therefore, this paper will study the influence of pump mouth ring clearance on the hydrodynamic performance of grout circulating pumps by numerical simulation method.

Keywords : pump mouth ring clearance; serous circulation; pump fluid dynamics; performance improvement

引言

在火力发电厂中, 浆液循环泵的主要作用是输送吸收塔内的浆液, 使之在吸收塔内得到充分的反应, 从而吸附煤粉燃烧产生的含硫烟气, 达到脱硫的目的。由于泵本身的设计和制造等原因, 泵在运行中出现了效率低、磨损严重、振动噪声大等问题。泵在实际运行中受到介质本身和泵口两方面因素的影响, 由于浆液的不可压缩性, 流体力学特性也将发生变化, 而泵口环间隙又是影响流体动力学性能的重要因素之一, 所以调整泵口环间隙来改善浆液循环泵流体动力学性能是非常必要的。

一、泵口环间隙的定义与作用

泵口环间隙是指在泵入口端与管道之间的间隙, 用来使液体或气体从泵内流入管道。泵工作时, 流体在叶轮旋转产生离心力

作用下, 从吸入口高速射出, 以很高的速度和压力喷入泵腔。由于叶轮外缘直径比吸入口小得多, 故叶轮出口直径又比吸入口直径大得多, 而这两者之差就是泵口环的间隙。由于叶轮出口直径大于吸入口直径, 因此叶轮进口处有一定的扩压器。当叶轮停止

作者简介: 张海旭, 1996年6月, 男, 汉族, 河南省固始县人, 大学本科, 职称: 助理工程师, 研究方向: 电力设备维修。

转动后，气体还将继续被压缩一段时间，直到大部分气体都排出为止。气体经过扩压以后，压力下降，温度也降低，其压力曲线呈现椭圆形。这种变化称为气体的自然对流过程^[1]。

二、浆液循环泵在工业流程中的关键作用

浆液循环泵是一种在生产过程中，用于输送和循环液体的设备。在工业流程中，它可以用来提升、搅拌或混合各种不同类型的流体。提升作用：浆液循环泵在提升作用中发挥着重要作用。它能够将液体从一个地方提升到另一个地方，提高工作效率。搅拌作用：除了提升液体外，浆液循环泵还能起到搅拌作用。它可以将液体均匀地分散开，使其更容易进行后续处理。混合作用：浆液循环泵还可用于混合不同类型的流体。它可以将两种或多种不同的流体混合在一起，生成新的混合物。过滤作用：浆液循环泵还可用于过滤作用。它可以通过泵送机制将液体中的固体颗粒去除，以确保液体的纯净度。冷却作用：对于一些高温、高压或腐蚀性的液体，浆液循环泵还可起到冷却作用。它能够将热量传递给周围环境，降低液体的温度。

三、通过调整泵口环间隙以改善浆液循环泵性能的重要性

1. 浆液循环泵的液力设计

在设计浆液循环泵时，其泵口环的间隙是根据泵的转速、扬程、功率、体积和重量等因素来确定的。通过调节泵口环间隙可以改变浆液循环泵的流量和扬程。通常情况下，当泵口环间隙较小时，会导致泵内的流体流速过快，从而降低了泵的效率；而当泵口环间隙较大时，则会使泵内的流体流速变慢，影响泵的运行稳定性。因此，需要通过一定的水力计算来确定最佳的泵口环间隙。在实际应用中，由于各种不可控因素的影响，如：转子质量、叶轮直径、叶片数、叶片角度、轴承型号、密封形式、电机功率等，这些都可能对浆液循环泵的性能产生影响。因此，在进行水力设计时，需要综合考虑各个因素的影响，并根据实际情况来调整各个参数，以达到最佳的泵性能。

2. 浆液循环泵液力损失的主要原因

浆液循环泵在运行中由于水力因素引起的水力损失，主要有泵内部泄漏、吸入和排出口之间的泄漏、叶片与泵壳或叶轮与轴的间隙泄漏等。当叶片与叶轮之间的间隙泄漏到一定程度时，会使叶轮效率下降，甚至出现卡死现象。如果长时间卡死会使叶片被卡坏，造成设备事故。另外，如果发生叶轮与轴之间的间隙泄漏，流体通过轴套泄漏进入轴承腔，不仅使轴承的润滑脂消耗量增加，而且还会造成轴承发热，导致轴承损坏。因此，保证浆液循环泵的运行至关重要^[2]。

四、浆液循环的原理及特性

1. 浆液循环系统的组成与工作原理

浆液循环系统是一个闭路循环，它通过将浆液在两个以上的反应釜之间循环来实现。由于这个系统的运行成本高、周期长，

所以通常只在生产过程中使用。在火力发电厂中，浆液循环系统一般由吸收塔、浆液循环泵和浆液管道组成。通过浆液循环泵将吸收塔浆液池内的浆液泵至喷淋层，在喷淋层喷嘴的雾化效果下，浆液分散成气雾，与逆流向上的烟气在吸收区接触反应。

2. 浆液特性对循环泵性能的影响

由于浆液具有较高的粘度和流变特性，因此其循环量也很大，与普通泵相比，循环泵的功率要高得多。此外，浆液在泵内流动时，还会产生一定程度的脉动。在这些情况下，传统的柱塞泵无法满足要求，必须采用容积式离心泵来解决问题。然而，当浆液经过多次循环后，它的性能可能会下降，这主要是因为浆液中的颗粒浓度发生了变化。因此，应定期检查浆液的成分，以确定是否需要调整泵的转速或更换新的浆液^[3]。

五、泵口环间隙调整对浆液循环泵流体动力学性能的改善内容

1. 流量变化

通过调节泵口环间隙，发现调节后的流量随转速增大而增加。这是因为在相同转速下，高的泵口环间隙使得泵内部流体流动更充分，流动速度更快，从而使单位体积流量也提高了。但是在实际运行中，由于设备检修或工艺条件变化，不可能始终保持恒定的泵口环间隙，所以在调整时要考虑到各工况下的流量与泵扬程的关系，即尽量减小流量下降幅度，避免因流量突降导致压力脉动的加大。

2. 扬程提升

根据泵的扬程曲线，对泵进行改进设计。将泵体上、下两端的密封环都改为锥形结构，使其与泵口环形成间隙，以此增加了浆液的通道面积。在运行中，由于锥形密封圈会有部分面积被浆液充满，这样就会形成一个液腔。液腔的容积随着流量的增加而增大，因此当阀门开启到最大位置时，可以产生较大的扬程。同时也避免了因阀座与填料函间隙过小造成的流阻问题，从而达到提高扬程的目的。

3. 效率优化

在泵运行过程中，由于泵口环间隙较大，造成浆液流速分布不均，使水平循环、垂直循环、径向循环流的损失加大。为避免这种情况，设计人员在满足实际工况条件下，调整泵口环间隙，减少了流体能量的损耗。同时，由于叶轮进口和出口直径增大，使叶轮叶片受到的离心力和拉力均增大，提高了液力效率。

4. 噪声和振动降低

通过分析比较发现，在相同转速下，叶轮端部间隙的降低，将使叶轮端部区域的流体速度降低，从而使叶片及叶轮上的涡流数减少。此外，由于紊流区的增大，导致压力脉动也明显减小。这些都有利于提高浆液循环泵的流体动力学性能。

六、泵口环间隙调整对浆液循环泵流体动力学性能的改善策略

1. 精确测量与计算方法

在CFD计算中，一般采用直接数值模拟方法（DNS），这是

一种基于非定常流体动力学方程组的高效计算方案。对于泵的整体模型而言,其流动特性是由很多微小流体单元组成的,因此需要采用离散化的方式进行求解。但是由于泵内部结构比较复杂,边界条件难以确定,而网格划分又会造成计算成本和时间的浪费,所以将CFD的求解分为两个阶段:首先利用边界元方法建立精确的几何模型,然后再对这个几何模型进行二次开发,应用到高维的CFD算法中^[4]。

2. 材料选择与优化

在进行泵口环材料的选择时,通常会根据其承载能力、强度等要求,选取合适的合金材质。当设计工作中需要对泵的流体动力学性能进行改善时,应尽可能地选用抗腐蚀性更好的材料,避免出现腐蚀现象,从而影响到整个设备的运行情况。例如,在进行材料的选取时,可以考虑添加一些含铜元素的合金,这样能够有效提高材料的抗腐性能。此外还可以通过添加一些镍或铬元素,以增加材料的耐热性和硬度。这些措施都有助于提高浆液循环泵的使用寿命。

3. 安装与调试技巧

在对浆液循环泵的安装与调试过程中,要保证其处于水平位置,然后再利用适当的工具,如千分表和水平尺来对其进行调整。在安装时要保证其与叶轮的垂直度,同时还要保证叶轮和泵壳之间的间隙均匀,保证叶轮和泵壳的同心度。在调试时,要将两个轴承座相连接,并利用千分表来调整轴承间隙,保证密封面之间的距离为1/2~3/4 mm。在对泵口环间隙进行调整时,要确保其与叶轮的间隙一致,从而确保其能够发挥出更好的性能。在对泵口环间隙进行调整时,要注意叶轮和泵壳之间的同心度,并且要保证两个轴承座之间的距离为1/4~3/4 mm。

4. 运行维护中的注意事项

为保证浆液循环泵运行的可靠性和稳定性,在实际操作中应注意以下几点:(1)浆液循环泵在启动前应检查叶轮是否有变形、磨损或其他损伤,叶轮与泵体、泵壳的配合间隙是否符合设计要求;(2)浆液循环泵在运行过程中应注意观察各部件有无异常声音或振动,发现问题应及时检修或更换;(3)浆液循环泵在运行过程中若发现泵有不正常振动时,应立即停机检查;(4)若浆液循环泵的安装位置是在低扬程范围,应定期检查水泵的轴向间隙,防止泵磨损过快;(5)对于浆液循环泵运行过程中出

现的异常情况,应及时分析原因并采取相应措施,以免发生安全事故。

5. 与其他优化措施的协同作用

通过调整泵口环间隙可以有效改善浆液循环泵的流体动力学性能,但对于泵系统而言仅仅依靠该优化方案是不够的。在实际生产过程中,还需要结合其他一些措施来进行优化。例如:(1)更换离心泵壳体;(2)优化叶轮出口导叶结构;(3)提高水泵自身性能,如采用更大直径、更高扬程或更大流量的水泵等。另外,由于各行业间的工艺流程、工艺条件及工作环境存在较大差异,导致不同行业内浆液循环泵的流体动力学特性也不尽相同,因此在具体设计时需考虑到各行业的特点和要求。总之,针对浆液循环泵的流体动力学特性的研究有利于其性能的进一步提升,并为实际应用提供理论依据^[5]。

6. 基于工况的个性化调整

在面对高转速的应用场合时,设计者必须全面考量泵的性能指标,如水力效率、扬程以及流量,这三者是设计时不可或缺的要害。它们共同决定了水泵能否高效、可靠地工作。因此,针对不同转速下的工况需求,采取相应的匹配设计策略是至关重要的。而对于低转速的应用环境,则需要重点关注叶轮出口截面的流速提升问题,通过优化叶轮结构和流道设计来实现更高的水力效率。这样既能确保泵能够在较低的转速下保持稳定运行,又能提高整体系统的经济性和可靠性。针对不同类型、不同用途的浆液循环泵,应在保证整体性能满足工艺要求前提下,对叶轮侧边间隙和轮毂侧边间隙进行个性化调整,从而获得较好的流体动力学性能。

结语

本研究聚焦于浆液循环泵中泵口环间隙的调整对其流体动力学性能的影响。通过详细的理论分析和大量的实验测试,深入探讨了不同口环间隙尺寸下的流场特性、压力分布和能量损失等关键因素。研究结果表明,合理调整泵口环间隙能够显著改善浆液循环泵的流量、扬程和效率等性能指标。例如,在特定工况下,适当缩小口环间隙可使流量增加,扬程提高。为浆液循环泵的优化设计和高效运行提供了重要的理论依据和实践指导。

参考文献

- [1] 齐鲁石油化工炼油厂. 拆卸机泵口环的专用工具 [J]. 齐鲁石油化工, 1984, (02): 46.
- [2] 孔达, 李志刚, 焦映厚, 等. 水轮机转子-密封系统模型及其非线性动力学特性分析 [J]. 水利学报, 2013, (4). DOI: 10.3969/j.issn.0559-9350.2013.04.012.
- [3] 庞敏超. 核主泵口环密封激励力及其动力学特性数值研究 [D]. 兰州理工大学, 2021.
- [4] 陈汇龙, 吴远征, 孙冬冬, 等. 泵口环圆柱面螺旋槽造型的流体动力特性 [J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2019, 40(02): 145-151.
- [5] 吴远征. 螺旋槽动压型口环密封动力特性及泵转子稳定性研究 [D]. 江苏大学, 2018.