

净水器增压泵噪音分析及优化方案

杨军明

宁波强生电机有限公司, 浙江 宁波 315400

[摘要]随着家庭生活水平的提升和对水质要求的增加,家用净水器市场迅速发展。增压泵作为净水器的关键组件,其性能直接影响水流量和压力的稳定性,但增压泵在运行中产生的噪音和振动问题逐渐影响用户体验,其中噪音源自机械部件和液体流动,而共振现象则加剧了这些问题。为应对这些挑战,设计和制造领域已开始关注噪音和振动控制技术。研究表明通过优化泵体设计、选择合适材料、改进生产工艺和应用直流电机技术,可有效降低噪音和振动,提升设备性能与用户舒适度。这些改进措施不仅增强了净水器的市场竞争力,也推动了其技术发展。

[关键词]增压泵电机;噪音分析;优化方案

DOI: 10.33142/ect.v2i10.13698

中图分类号: TM925.5

文献标识码: A

Noise Analysis and Optimization Plan of Water Purifier Booster Pump

YANG Junming

Ningbo Qiangsheng Motor Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315400, China

Abstract: With the improvement of family living standards and the increasing demand for water quality, the market for household water purifiers is rapidly developing. As a key component of water purifiers, the performance of booster pumps directly affects the stability of water flow and pressure. However, the noise and vibration issues generated by booster pumps during operation gradually affect the user experience, with noise originating from mechanical components and liquid flow, and resonance phenomena exacerbating these problems. To address these challenges, the design and manufacturing fields have begun to focus on noise and vibration control technologies. Research has shown that optimizing pump body design, selecting suitable materials, improving production processes, and applying DC motor technology can effectively reduce noise and vibration, improve equipment performance, and enhance user comfort. These improvement measures not only enhance the market competitiveness of water purifiers, but also promote their technological development.

Keywords: booster pump motor; noise analysis; optimization plan

引言

增压泵在家用净水器中的应用广泛,主要作用是提高水流压力确保水质净化过程的高效性。随着设备运行的深入,增压泵的噪音和振动问题逐渐显现,成为影响用户体验和设备性能的关键因素。噪音不仅影响使用的舒适性,还可能反映出设备潜在的结构问题;而共振现象则可能导致设备的早期故障,降低使用寿命。因此,如何有效控制和优化增压泵的噪音与振动,成为了提高净水器整体性能和用户满意度的核心课题。

1 家用净水器的组成及增压泵的作用

家用净水器作为家庭饮水系统的重要组成部分,主要由进水口、过滤模块、增压泵、贮水桶和出水口等关键组件构成。进水口负责接入原水,过滤模块则包括预处理滤芯、活性炭滤芯和反渗透膜等,逐步去除水中的杂质、异味和有害物质。贮水桶储存经过净化的水,而出水口则将清洁的水供应到家庭使用点。增压泵在家用净水器中扮演着至关重要的角色,主要功能是提高水流压力,确保水流能够穿过反渗透膜。由于反渗透膜的过滤过程需要一定的水压才能有效进行,因此增压泵的工作对于维持水处理系

统的正常运转和净水效果至关重要。特别是在自来水压力不足的情况下,增压泵通过提升水压确保净水器能够在各种水源条件下稳定运行,并提供持续、稳定的净水供应。此外,增压泵还帮助提升水流速率,提高净水器的工作效率,确保家庭用水的安全和健康。

2 净水器增压泵噪音分析

2.1 增压泵噪音的来源

增压泵在运行过程中产生的噪音主要源于几个方面:机械噪音、流体通过进水口和出水口产生的噪音以及液体动力噪音^[1]。机械噪音来源于增压泵内部运动部件的摩擦和振动,这包括泵轴、叶轮和轴承等部件在高速运转时的相互作用,机械部件的不平衡、磨损或润滑不足都会导致额外的振动进而产生噪音。流体噪音则与增压泵的进水口和出水口设计密切相关。在泵的工作过程中,流体的快速流动会在通道内产生涡流和液体动力噪音。特别是在进水口和出水口设计不合理或流速过快时,噪音会显著增加,表现为较高的液体撞击声和湍流噪音。液体动力噪音来自于水流通过增压泵内部的压力变化和湍流效应。当水流通过泵体和叶轮时,流体的急剧变化会导致压力波动和气泡

形成,产生特有的液体噪音。此外,泵的设计如果未能有效减小水流的冲击,也会加剧这种噪音。了解这些噪音的来源有助于采取针对性的措施来优化泵的设计和运行条件,从而有效降低噪音水平提高使用舒适度。

2.2 噪音测量方法与设备

噪音测量是评估和分析设备噪音水平的关键环节,涉及多种方法和设备。常用的噪音测量方法包括声级计测量、频谱分析以及声强测量。声级计测量是最直接的方法,通过声级计(即噪音计)测量噪音的声压级。声级计可以快速、准确地记录噪音的绝对水平,通常以分贝(dB)为单位。现代声级计具备多种测量模式,如A计权和C计权,以适应不同的噪音测量需求。A计权模式适用于模拟人耳对不同频率声音的感知,而C计权模式则用于测量更宽频带的噪音。频谱分析方法通过分析噪音的频率组成来提供更详细的信息。频谱分析仪可以将噪音信号分解为不同频率的分量,从而揭示噪音的频谱特征。这种分析能够帮助识别噪音中的特定频率成分,例如低频噪音或高频噪音,并为噪音源的定位提供依据。声强测量则侧重于测量声场中的声能分布。使用声强探头和声强仪,能够评估噪音源周围的声强分布情况。这种方法适合于分析噪音源的具体位置和强度,并对声源进行精确的定位和优化。结合这些测量方法和设备,可以全面评估增压泵的噪音特性,识别主要噪音源,从而制定有效的降噪措施。

3 共振现象分析

3.1 增压泵的共振现象

增压泵的共振现象是指在特定频率下,泵体或其组件的固有频率与外部激励频率相匹配,导致系统的振动幅度显著增加的现象。共振现象通常发生在泵的运行过程中,当泵的运转频率或激励频率接近泵体结构的固有频率时,振动会被放大从而引发强烈的共振。增压泵中的共振现象主要表现为泵体的剧烈振动和噪音,泵的叶轮、轴承和泵壳等部件的固有频率可能与泵的运行频率相互作用,产生显著的振动。这种振动不仅会增加噪音,还可能导致机械部件的磨损加剧,甚至引发泵的失效。此外,共振现象可能在泵的安装、支撑结构或管道系统中发生。例如,如果泵的安装基础或支撑架的刚度不足,可能会形成共振条件,从而导致结构的振动问题。在管道系统中,流体的脉动也可能与泵的共振频率匹配引发共振现象。识别和分析增压泵的共振现象对于确保设备的稳定运行和延长使用寿命至关重要。通过调节泵的运行频率、改进结构设计或增加阻尼措施,可以有效控制和减少共振带来的负面影响。

3.2 共振对噪音的影响

共振现象对增压泵的噪音产生显著影响。共振是由于泵的固有频率与运行频率相匹配,导致振动幅度大幅增加的现象。当共振发生时,泵体及其组件的振动会被显著放大,这种放大效应直接导致噪音水平的显著提升。由于振

动的频率与泵的固有频率相一致,噪音不仅更加突出还可能具有特定的频率成分,使得噪音变得更具周期性和显著性。这种周期性的噪音通常会产生令人不悦的声音,影响使用环境的舒适度。此外,共振引发的强烈振动还会导致结构件的疲劳和损坏,从而加剧噪音问题。泵的长期共振不仅会增加噪音,还可能导致部件的磨损加剧,进一步恶化噪音环境^[2]。尤其是在高负荷或长时间运行的情况下,共振引发的噪音问题会更加明显,影响设备的整体性能和使用寿命。因此,识别和控制共振现象对于有效降低噪音至关重要。通过调整设备的运行频率、优化结构设计以及增加隔振和减振措施,可以减少共振的发生从而有效降低噪音水平,提升设备的运行舒适度。

4 净水器增压泵噪音与共振优化方案

4.1 噪音与振动控制技术

噪音与振动控制技术在于降低增压泵运行时产生的噪音和振动,以提高设备的使用舒适度和延长其使用寿命。有效的控制技术包括结构优化、材料选择、隔振和减振措施等。结构优化是减少噪音和振动的关键步骤,通过改进泵体的结构设计,如优化叶轮形状、调整叶轮与泵壳的间隙,可以降低流体流动引起的湍流和振动。此外,合理设计泵体的支撑结构和安装基础,确保其刚性和稳定性也有助于减少由于共振导致的振动和噪音。材料选择对噪音和振动的控制同样重要,采用低噪音、良好吸振性能的材料,如弹性体和隔音材料,可以有效降低设备运行时的噪音水平。材料的选择不仅影响设备的振动特性,还直接关系到噪音的传播路径和强度。隔振和减振措施也是控制噪音和振动的重要手段,通过在泵体与支撑结构之间设置隔振垫或弹簧支架,可以有效隔离泵产生的振动,防止振动传递到周围结构。此外,应用减振装置,如动平衡装置和阻尼器,可以减小振动幅度,从而降低噪音。

4.2 设计改进措施

设计改进措施对于减少增压泵噪音和振动具有重要作用,通过优化设计可以有效提高设备的性能和舒适性。主要的设计改进措施包括优化泵体结构、改进叶轮设计、增强隔振措施以及优化流体通道。优化泵体结构是减少噪音和振动的基础,通过加强泵体的结构刚性,减少共振现象的发生,可以降低设备运行时的振动幅度。此外,合理设计泵体与支撑结构的连接方式,减少不必要的振动传递,也是有效的改进措施。改进叶轮设计对减少噪音具有直接影响,采用先进的叶轮设计,如优化叶轮的形状和布局,可以减少流体在叶轮内部的湍流降低噪音。此外,改进叶轮的平衡性,减少因叶轮不平衡引起的振动也是关键措施之一。增强隔振措施是提升设计效果的重要手段,在泵体和安装基础之间添加隔振装置,如弹性垫或橡胶垫可以有效隔离振动,防止其传播到周围结构。此外,安装有效的减振装置,如弹簧支架和阻尼器,也有助于减少振动影响。

优化流体通道设计可以进一步降低噪音,通过改善进水口和出水口的设计,减少流体在通道中的阻力和湍流,有助于降低液体动力噪音。平滑的流体通道设计能够减少噪音源,并提高泵的工作效率。

4.3 材料与结构优化

材料与结构优化是控制增压泵噪音和振动的关键环节,通过选择合适的材料和优化结构设计,可以显著提升设备的性能和静音效果。材料选择对噪音控制至关重要,采用高弹性、优良减震性能的材料,如橡胶、聚氨酯或复合材料,可以有效吸收和隔离振动,降低噪音。例如,在泵体和支撑结构的接触面上应用高弹性的隔振垫,可以减少振动的传递,降低设备的整体噪音。此外,选择具有良好声学性能的材料,如声学泡沫或隔音板,可以进一步减少噪音的反射和传播。结构优化包括对泵体的设计进行改进,以增强其稳定性和减振能力。优化泵体的几何形状避免锐角和不规则结构,可以减少流体流动产生的湍流和振动。同时,合理设计泵体的厚度和加强筋,增强泵体的刚性和稳定性,有助于减轻因共振引起的振动问题。此外,优化泵体与支撑架之间的连接方式,采用柔性连接或减振支撑,能有效隔离泵体的振动,减少噪音传递。隔振和吸音结构也是结构优化的重要方面,在设计中集成隔振和吸音结构,如在泵体周围设置吸音材料,或者使用弹性支撑系统,能够显著提升设备的静音效果。这些措施有助于降低振动对泵体结构的影响,减少噪音的产生和传播。

4.4 工艺与生产优化

工艺与生产优化是降低增压泵噪音和振动的重要环节,通过改进生产工艺和控制制造过程中的质量,能够显著提升设备的静音效果和稳定性。生产工艺改进是提高增压泵性能的关键。采用精密加工技术,如数控加工和激光切割可以确保泵体及其组件的尺寸和形状精确,从而减少部件间的配合误差,降低因装配不良导致的振动和噪音^[3]。此外,应用先进的铸造和锻造工艺,改善材料的致密性和均匀性,有助于提高泵体的结构强度和稳定性减少噪音源。质量控制在生产过程中至关重要,通过实施严格的质量检验标准,确保每一批次的组件符合设计要求,可以有效避免由于制造缺陷引起的噪音和振动问题。例如,对关键部件如叶轮、轴承进行动态平衡测试,可以减少因不平衡引起的振动。同时,对泵体和管道的焊接和装配过程进行严格监控,防止由于工艺缺陷导致的共振现象。后处理工艺也是生产优化的重要方面,应用振动消除处理,如对泵体进行应力消除热处理,能够有效减小由生产过程中引入的内应力,减少因应力释放而产生的振动。此外,表面处理技术,如涂层和抛光能够改善部件的光滑度和耐磨性,从

而减少摩擦噪音。

5 直流电机在增压泵中的应用

直流电机在增压泵中的应用因其优越的控制性能和高效能而受到广泛青睐。与交流电机相比,直流电机具有更好的速度调节能力和启动性能,这使得它们在增压泵的精准控制和高效运转中发挥了重要作用。直流电机的工作原理基于电磁感应定律,通过电刷与换向器的配合实现电流方向的周期性反转,从而产生稳定的转动力矩。直流电机能够实现宽广的速度调节范围和精确的速度控制,这对于增压泵在不同工况下的适应性要求至关重要。特别是在家庭净水器中,直流电机能够根据水流量和压力需求精确调整泵的转速,确保系统稳定运行。噪音与振动控制是直流电机的一大优势,直流电机的设计允许更高的运行平稳性和更低的噪音水平。此外,通过采用高质量的电机材料和先进的设计技术,可以进一步降低噪音和振动,提升设备的舒适度。直流电机的设计优化也是提高增压泵性能的关键,优化电机的电磁设计,如改进磁路和绕组设计,可以提升电机的能效和转矩输出。通过高效的电控技术,能够实现精确的转速调节和更高的能源利用效率,这对于减少增压泵的能耗和提升整体系统的经济性具有重要作用。

6 结语

本文深入探讨了增压泵噪音与共振现象的分析及优化方案,通过系统化的噪音源识别、共振现象分析以及设计、材料和工艺优化措施,提出了一系列有效的改进策略。直流电机在增压泵中的应用,凭借其优越的控制性能和噪音控制能力,为提高设备的整体性能和用户体验提供了重要支持。通过优化设计、选择适当的材料和改进生产工艺,可以显著降低增压泵的噪音和振动,提高设备的稳定性和使用寿命。这些改进不仅提升了设备的运行效率,还改善了用户的使用环境。未来的研究可以进一步探讨新材料、新技术在噪音与振动控制中的应用,以推动增压泵技术的持续进步和创新。

[参考文献]

- [1]余伟良. 净水器增压泵噪音分析及优化方案[J]. 装备维修技术, 2020, 11(1): 168-170.
 - [2]王云川. 净水器增压泵结构设计分析[J]. 大众标准化, 2023, 12(24): 46-48.
 - [3]张洪烈, 任重义, 曹冠忠, 等. 净水机振动噪音传递路径分析与改善[J]. 家电科技, 2022, 12(11): 122-126.
- 作者简介: 杨军明(1976.1—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 机械设计制造及其自动化, 当前就职单位: 宁波强生电机有限公司, 职务: 技术副总, 职称级别: 中级工程师。