

螺杆泵转子型线优化对泵效影响的研究

沈 伟

浙江慧昇工业泵有限公司 浙江 湖州 313000

摘 要: 螺杆泵作为一种重要的容积式泵,其性能受转子型线设计的影响显著。本文旨在探讨螺杆泵转子型线的优化设计及其对泵效的影响,提出具体的优化方案和方法,并分析每种优化方案对泵效的具体影响。

关键词: 螺杆泵; 转子型线; 优化设计; 泵效; 理论流量; 泄漏量; 容积效率

引言

螺杆泵在船舶、石油、化工等领域应用广泛,但其性能受转子型线设计的制约。传统转子型线存在密封性能不佳、容积效率低等问题,因此,对转子型线进行优化设计,提高泵效,具有重要意义。

1 螺杆泵转子型线基础理论

1.1 转子型线的分类与形成原理

螺杆泵的转子型线,按照其几何特征,主要可被划分为摆线型、渐开线型以及圆弧型等几大类。这些型线的形成原理各具特色。摆线型线,通常是通过一个动点在一个定圆上滚动时,该动点所描绘出的轨迹形成的,其特点在于良好的接触性能和密封性。渐开线型线,则是由一条直线在圆上作纯滚动时,直线上任意一点的轨迹所构成,它赋予了螺杆泵较高的传动效率和平稳性。而圆弧型线,则是以圆弧为基本构成元素,通过特定的组合和排列方式形成,其优势在于易于加工和较好的耐磨性。

1.2 转子型线对泵性能的影响

转子型线的选择与设计,对螺杆泵的性能具有至关重要的影响。它不仅直接关系到泵的密封性能,即能否在运转过程中有效防止介质泄漏,还决定了泵的理论流量和实际泄漏量。一个合理设计的转子型线,能够显著提升泵的工作效率,降低能耗,同时增强泵的耐用性和可靠性。

2 螺杆泵现有转子型线分析

2.1 摆线型转子

摆线型转子,以其卓越的密封性能而著称。这种型线的转子在运转过程中,能够形成紧密的接触面,有效防止介质泄漏,从而保证了泵的高效率运行。然而,摆线型转子的加工难度相对较大。由于其几何形状复杂,需要高精度的加工设备和工艺来确保转子的精度和表面光洁度。此外,在高转速下,摆线型转子容易产生振动和噪音问题。这是因为摆线型转子的接触点在不断变

化,导致运转过程中的动态平衡难以维持,进而产生振动和噪音。因此,在选择摆线型转子时,需要综合考虑其密封性能和加工难度,以及工作转速等因素。为了克服摆线型转子在高转速下的振动和噪音问题,可以采用先进的数控加工技术来提高转子的加工精度和表面质量;通过优化转子的几何形状和尺寸参数,来降低运转过程中的振动和噪音;以及采用特殊的材料和处理工艺来提高转子的耐磨性和抗振动性能等。这些措施在一定程度上提高了摆线型转子的适用性和可靠性。

2.2 渐开线型转子

渐开线型转子以其传动平稳而受到广泛关注。这种型线的转子在运转过程中,能够保持较为稳定的接触状态,从而减少了振动和噪音的产生。然而,渐开线型转子的密封性能相对较差。由于其接触面较小,且接触点在不断变化,容易导致介质泄漏问题。此外,在加工过程中,渐开线型转子还容易出现误差积累现象。这是由于渐开线型线的几何形状较为复杂,加工过程中的微小误差都可能对转子的精度和性能产生显著影响。因此,在加工渐开线型转子时,需要严格控制加工精度和工艺参数,以确保转子的质量和性能^[1]。为了提高渐开线型转子的密封性能和加工精度,研究者们进行了大量的研究和实践。例如,通过优化转子的几何形状和尺寸参数,来提高接触面的密封性能;采用高精度的加工设备和工艺来减少误差积累;以及采用特殊的密封材料和结构来提高泵的密封性能等。这些措施在一定程度上提高了渐开线型转子的适用性和可靠性。

2.3 圆弧型转子

圆弧型转子以其加工简单而备受青睐。这种型线的转子几何形状简单,易于加工和制造,从而降低了生产成本和加工难度。然而,圆弧型转子的密封性能相对较差。由于其接触面较小且形状简单,容易导致介质泄漏问题。此外,圆弧型转子的泄漏量较大,容积效率较低。这是因为在运转过程中,圆弧型转子的接触面难以

形成紧密的密封状态,导致介质容易从接触面泄漏出去。因此,在选择圆弧型转子时,需要综合考虑其加工简单性和密封性能等因素。为了改善圆弧型转子的密封性能和容积效率,可以通过优化转子的几何形状和尺寸参数来提高接触面的密封性能;采用特殊的密封材料和结构来减少泄漏量;以及通过改进泵的结构和工艺来提高容积效率等。这些措施在一定程度上提高了圆弧型转子的适用性和性能表现。然而,由于圆弧型转子本身存在的局限性,其在某些特定应用场景下可能无法满足高性能要求。因此,在选择螺杆泵转子型线时,需要根据具体的工作场景和需求进行综合考虑和选择。

3 螺杆泵转子型线优化设计

3.1 优化设计目标

在螺杆泵的设计与应用中,转子型线的优化设计是提升泵整体性能的关键环节。优化设计的核心目标在于,通过精细调整转子型线的几何形状和尺寸参数,实现泵密封性能的显著提升。这要求设计者在保持转子运转平稳性的同时,必须有效减少介质在运转过程中的泄漏量。此外,优化设计还致力于提高泵的容积效率,确保泵在输送介质时能够保持高效、稳定的工作状态。为了实现这一目标,设计者需要综合运用先进的数值模拟技术、优化算法以及丰富的实践经验,对转子型线进行反复迭代和优化。通过不断优化转子型线,可以显著提升螺杆泵的工作效率、降低能耗,并延长泵的使用寿命,从而为用户带来更加可靠、高效的泵产品体验。

3.2 优化设计方案与方法

3.2.1 摆线型转子优化

摆线型转子以其卓越的密封性能和接触性能而著称,是螺杆泵中常用的一种型线。然而,传统的摆线型转子在高速运转时容易产生振动和噪音,且加工难度较大。为了克服这些缺点,可以采用变螺旋深度摆线设计的优化方案。该方案的核心在于,根据泵的工作条件和介质特性,在不同位置调整螺旋的深度。通过调整螺旋深度,可以更加精确地控制转子与定子之间的间隙,从而有效改善密封性能,减少泄漏量。同时,变螺旋深度设计还有助于降低转子在高速运转时的振动和噪音,提高泵的稳定性 and 可靠性^[2]。为了实现这一优化方案,可以采用包络线法和坐标变换技术来建立变螺旋深度摆线型线的数学模型。首先,利用包络线法确定摆线型线的基本轮廓,这涉及到复杂的几何关系和数学计算。然后,通过坐标变换技术,将摆线型线从原始坐标系转换到新的坐标系中,以便进行后续的数值计算和优化设计。在数值计算过程中,利用先进的数学软件和算法,对变螺旋深度摆线型线的各项参数进行精

确计算和优化。这些参数包括螺旋深度、螺旋角度、接触面形状和大小等,它们对泵的性能有着至关重要的影响。通过不断迭代计算和调整参数,可以确定最优的摆线型线参数,使得泵在运转过程中能够保持高效、稳定的工作状态。此外,为了确保优化后的摆线型转子能够在实际应用中取得良好的效果,还需要进行实验验证和性能测试。通过实验验证,可以评估优化后的转子在密封性能、振动和噪音等方面的表现,并根据实验结果进行进一步的优化和调整。

3.2.2 渐开线型转子优化

渐开线型转子以其传动平稳、效率高而受到广泛关注。然而,传统的渐开线型转子在密封性能方面存在不足,且加工过程中容易出现误差积累。为了克服这些缺点,可以采用渐开线-摆线复合型线的优化方案。该方案结合了渐开线型线和摆线型线的优点,旨在形成一种既具有传动平稳性又具有良好密封性能的复合型线。通过引入摆线元素,可以弥补渐开线型线在密封性能方面的不足,同时保持其传动平稳性的优势。在实现这一优化方案时,首先在渐开线型线的基础上,引入摆线元素。这涉及到复杂的几何建模和数学计算,需要充分考虑转子与定子之间的间隙、接触面的形状和大小等因素。通过几何建模技术,可以建立渐开线-摆线复合型线的几何模型,为后续的优化设计提供基础。接下来,利用数值计算方法,对渐开线-摆线复合型线的各项参数进行优化。这些参数包括渐开线的参数、摆线的参数以及复合型线的整体形状和尺寸等。通过不断迭代计算和调整参数,可以确定最优的复合型线参数,使得泵在运转过程中能够保持高效、稳定的工作状态,并显著提升密封性能。

3.2.3 圆弧型转子优化

圆弧型转子以其加工简单、成本低而受到青睐。然而,传统的圆弧型转子在密封性能和容积效率方面存在不足,泄漏量较大。为了改善这些缺点,可以采用多段圆弧拟合设计的优化方案。该方案的核心在于,根据不同位置的工况和介质特性,采用不同半径的圆弧进行拟合。通过多段圆弧拟合设计,可以更加精确地控制转子与定子之间的间隙和接触面的形状,从而有效减少泄漏量,提高密封性能和容积效率^[3]。在实现这一优化方案时,首先利用曲线拟合技术,对圆弧型线进行多段拟合。这涉及到复杂的数学计算和曲线拟合算法的选择。通过选择合适的拟合函数和算法,可以将原始的圆弧型线分解为多个不同半径的圆弧段,并确定每个圆弧段的参数和位置。然后,利用数值计算方法,对多段圆弧拟合后的型线进行优化。这些参数包括圆弧段的半径、位

置、接触面的形状和大小等。通过不断迭代计算和调整参数,可以确定最优的拟合参数和圆弧段组合方式,使得泵在运转过程中能够保持高效、稳定的工作状态,并显著降低泄漏量和提高容积效率。

4 转子型线优化对泵效的影响分析

4.1 摆线型转子优化对泵效的影响

摆线型转子以其独特的几何形状和优良的密封性能,在螺杆泵中得到了广泛应用。然而,传统的摆线型转子在高速运转时,由于流体在泵腔内的扰动较大,往往会导致理论流量的降低。为了改善这一状况,采用变螺旋深度设计的优化方案。通过变螺旋深度设计,可以根据泵的工作条件和介质特性,在不同位置调整螺旋的深度。这种设计不仅使转子与定子之间的间隙更加均匀,还减少了流体在泵腔内的扰动。因此,在相同的转速和压力下,优化后的摆线型转子能够更有效地输送流体,从而提高理论流量。此外,泄漏量是衡量泵效的另一个重要指标。传统的摆线型转子由于间隙控制不够精确,往往存在较大的泄漏量。而优化后的型线通过减少泵腔内的间隙,有效地降低了泄漏量。这不仅提高了泵的容积效率,还减少了能源的浪费,降低了运行成本。

4.2 渐开线型转子优化对泵效的影响

渐开线型转子以其传动平稳、效率高而著称。然而,传统的渐开线型转子在密封性能方面存在不足,这往往限制了其在实际应用中的效果。为了克服这一缺点,提出了渐开线-摆线复合型线的优化方案。渐开线-摆线复合型线结合了渐开线型线和摆线型线的优点,既保持了传动平稳性的优势,又提高了密封性能。这种复合型线通过减少能量损失和流体扰动,增加了理论流量。在相同的工况下,优化后的渐开线型转子能够更高效地输送流体,提高了泵的输送能力。同时,摆线元素的引入也显著改善了密封性能。传统的渐开线型转子由于间隙较大,容易导致泄漏量的增加。而优化后的复合型线通过精确控制间隙和接触面的形状,有效地降低了泄漏量。这不仅提高了泵的容积效率,还增强了泵的耐用性和可靠性^[4]。因此,渐开线型转子的优化通过提高传动平稳性、减少能量损失和改善密封性能,显著提升了泵的理论流量和容积效率,为泵的高效

运行提供了有力保障。

4.3 圆弧型转子优化对泵效的影响

圆弧型转子以其加工简单、成本低而备受青睐。然而,传统的圆弧型转子在流体输送过程中往往存在较大的阻力,导致理论流量的降低。为了改善这一状况,采用了多段圆弧拟合设计的优化方案。多段圆弧拟合设计通过在不同位置采用不同半径的圆弧进行拟合,减少了流体在泵腔内的阻力。这种设计使流体在输送过程中更加顺畅,提高了流体的流动速度,从而增加了理论流量。在相同的转速和压力下,优化后的圆弧型转子能够输送更多的流体,提高了泵的输送效率。此外,优化后的型线还通过减少泵腔内的间隙和泄漏路径,降低了泄漏量。传统的圆弧型转子由于间隙控制不够精确,往往存在多个泄漏路径,导致泄漏量的增加。而优化后的型线通过精确控制间隙和接触面的形状,有效地堵塞了泄漏路径,降低了泄漏量。这不仅提高了泵的容积效率,还减少了能源的浪费和环境的污染。

结语

本文通过对螺杆泵转子型线的优化设计及其对泵效影响的研究,提出了具体的优化方案和方法,并分析了每种优化方案对泵效的具体影响。优化后的转子型线能够显著提高螺杆泵的理论流量和容积效率,降低泄漏量。未来研究可以进一步探索不同工况下转子型线的优化设计方法,以及转子型线与泵其他部件的匹配关系,为螺杆泵的设计和应用提供更加全面的理论指导和技术支持。

参考文献

- [1]李宏鑫.双螺杆泵的全光滑螺杆转子截面型线设计及性能研究[D].中国石油大学(华东),2020.
- [2]冯欣,孟凡璐,杨今秋,等.井下双螺杆泵转子型线优化设计研究[J].机械工程与自动化,2018,(04):9-10+15.
- [3]王树利.某海上采油平台双螺杆泵转子型线优化设计改造实践[J].科学技术创新,2023,(07):65-68.
- [4]孟凡璐.井下双螺杆泵转子型线的优化设计及性能分析[D].沈阳工业大学,2018.