

基于有限元分析的选矿设备结构优化与强度设计

高伟伟

山金重工有限公司 山东 烟台 264001

摘要: 本文基于有限元分析技术,对选矿设备的结构优化与强度设计进行深入研究。先概述有限元分析的基本原理,并详细分析选矿设备的主要类型、结构特点及受力情况。利用有限元分析软件对选矿设备进行了结构优化与强度设计,提出有效的改进措施,为矿业生产中的设备优化与设计提供新的思路和方法。

关键词: 有限元分析;选矿设备;结构优化;强度设计

引言: 选矿设备是矿业生产中不可或缺的重要设备,其性能和使用寿命直接影响到矿产资源的开发和利用。传统的设备设计方法往往依赖于经验和实践,难以精确预测设备的受力情况和性能表现。随着计算机技术的不断发展,有限元分析技术逐渐成为了一种有效的工具,可以精确模拟设备的受力情况和性能表现,为设备优化与设计提供了新的途径。在利用有限元分析技术对选矿设备进行结构优化与强度设计,以期提高设备的性能和使用寿命,为矿业生产提供更好的服务。

1 有限元分析的基本原理

1.1 离散化原理

有限元分析的核心思想是将连续体离散化为有限个单元,这些单元通过节点相互连接,形成一个离散化的结构。离散化的目的是为了将复杂的连续体问题简化为易于求解的离散体问题。在离散化过程中,需要选择合适的单元类型和网格划分方式,以确保离散化后的结构能够准确反映原连续体的力学特性。通过离散化,可以将原问题转化为一个由有限个节点和单元组成的系统,从而方便进行数值求解。

1.2 平衡方程与位移法

有限元分析基于平衡方程和位移法来求解结构的力学问题,平衡方程描述了结构在外部载荷作用下的力学平衡状态,而位移法则通过求解节点的位移来间接求解结构的应力和应变^[1]。在有限元分析中,通常采用位移法作为求解方法,即首先求解节点的位移,然后根据位移求解节点的应力和应变。这种方法可以方便地处理复杂结构和非线性问题,是有限元分析中的重要原理。

1.3 能量原理与变分法

有限元分析还基于能量原理和变分法来求解结构的力学问题,能量原理包括最小势能原理和最小余能原理,它们分别描述了结构在平衡状态下的势能最小和余能最小的特性。变分法则是通过求解使能量泛函取极值

的函数来求解结构问题。在有限元分析中,可以利用能量原理和变分法来建立结构的力学模型,并通过数值求解来得到结构的位移、应力和应变等力学参数。这种方法在处理复杂结构和非线性问题时具有较高的精度和可靠性。

2 基于有限元分析的选矿设备结构优化

2.1 应力与应变分析

在选矿设备的结构优化过程中,有限元分析(FEA)扮演着至关重要的角色,特别是在评估设备的应力和应变分布方面。这一技术通过构建设备的三维有限元模型,能够精确地模拟设备在实际工作条件下的受力情况,从而揭示设备内部的应力与应变状态。在选矿设备中,高应力区域往往是潜在的失效点,这些区域在长时间的工作过程中容易发生疲劳、断裂等故障。通过有限元分析,我们可以清晰地识别出这些高应力区域,进而对设备结构进行有针对性的优化。例如,通过调整设备的厚度、形状或材料,我们可以有效地改善应力分布,降低最大应力值,从而提高设备的整体强度和耐久性。以差动式干选机为例,其整体机架在工作过程中需要承受来自激振器的强烈振动。通过有限元分析,我们可以精确计算出机架的应力和应变分布,进而指导结构优化设计。在优化过程中,我们可以适当增加机架的厚度或改变其形状,以确保在激振器作用下机架不会发生共振,同时保证应力和应变在允许范围内。这样不仅可以提高设备的稳定性和可靠性,还可以延长其使用寿命,降低维护成本。

2.2 模态分析

模态分析,作为有限元分析的一个重要组成部分,对于确保选矿设备的结构完整性和运行稳定性具有不可替代的作用。它主要用于确定设备的固有频率和振型,这是预防设备在特定频率下发生共振的重要基础^[2]。在选矿行业中,许多设备如振动筛、破碎机等,都涉及到复

杂的振动问题。这些设备的振动不仅影响工作效率，更可能引发结构损伤，甚至导致设备故障。因此，通过模态分析来预测设备在不同频率下的振动行为，对于优化结构设计、提高设备稳定性具有重要意义。

在模态分析中，有限元模型被用来模拟设备的真实结构。通过求解模型的动态特性，我们可以得到设备的固有频率和对应的振型。这些信息为我们提供了设备在不同工况下的振动响应情况，使我们能够提前发现可能存在的共振风险。更重要的是，模态分析还可以指导我们对设备进行动态优化设计。通过调整结构参数，如增加阻尼、改变材料属性或优化几何形状，我们可以改变设备的固有频率和振型，从而避免共振的发生。这种设计优化不仅提高了设备的稳定性，还延长了设备的使用寿命。

2.3 轻量化设计

在选矿行业中，设备的性能与效率直接关系到生产效益。轻量化设计作为当前设备优化的重要方向，正逐渐受到业界的广泛关注。轻量化并不意味着牺牲设备的强度和刚度，而是通过科学的方法，如有限元分析，对设备结构进行精细调整和优化。有限元分析作为一种先进的计算技术，能够准确模拟设备在各种工况下的受力情况。在轻量化设计中，它发挥着至关重要的作用。通过有限元分析，工程师可以精确评估不同轻量化方案对设备整体性能的影响，包括强度、刚度、稳定性等关键指标。这为实现设备的轻量化提供了有力的技术支持。

在轻量化设计过程中，除了采用有限元分析技术外，还需要考虑材料的选择和结构形状的优化。选用更轻、强度更高的材料，如铝合金、高强度钢等，是降低设备重量的有效途径。通过优化结构形状和尺寸，可以进一步减少不必要的重量，同时保持设备的整体性能^[3]。轻量化设计带来的好处是显而易见的，它不仅显著降低设备的制造成本，还可以减少能耗和运行成本，提高设备的整体经济效益。此外，轻量化设备在运输和安装过程中也更为便捷，降低了施工难度和成本。

2.4 多目标优化设计

在选矿设备结构优化的复杂过程中，多目标优化设计扮演着至关重要的角色。面对诸如提高设备强度、降低整体重量以及优化振动性能等多重目标，传统的单一目标优化方法往往难以全面满足需求。因此，探索和应用多目标优化设计方法成为了提升选矿设备性能的关键途径。有限元分析作为现代工程设计的强大工具，为多目标优化设计提供了有力支持。它不仅能够精确模拟设备的应力分布、变形情况以及振动特性，还能够通过参

数化建模和灵敏度分析，快速识别出对多个优化目标具有显著影响的设计参数。

在选矿设备多目标优化设计实践中，科研人员首先会根据实际需求，建立包含多个优化目标的数学模型。这些目标可能涉及设备的结构强度、轻量化程度、振动稳定性等多个方面。随后，利用有限元分析软件对这些模型进行仿真和优化，通过不断调整设计参数，寻找能够满足所有优化目标的最佳设计方案。这一过程的实施，不仅显著提升了选矿设备的综合性能，如提高了设备的可靠性和耐用性，降低了能耗和维护成本，还进一步推动了选矿技术的创新和进步。同时，多目标优化设计方法的应用，也有效降低了设备的制造成本和运行成本，提升了设备的市场竞争力和占有率。

3 基于有限元分析的选矿设备强度设计

3.1 设备整体机架的模态分析

在选矿设备的设计过程中，整体机架的模态分析占据着举足轻重的地位。模态分析作为有限元分析的重要分支，能够揭示结构在自由振动状态下的固有频率和振型，为设计者提供了深入了解结构动态特性的窗口。在选矿设备的实际应用中，整体机架往往承受着复杂多变的载荷，其中不乏来自激振器等动力源的周期性激励。若机架的固有频率与这些激励频率相近，就可能引发共振现象，导致结构损伤、性能下降甚至设备失效。因此，在结构设计阶段进行模态分析，是预防共振、确保设备稳定运行的关键步骤。

通过有限元分析软件，我们可以对整体机架进行详尽的模态分析。这一过程不仅涉及构建精确的三维模型，还需合理设定边界条件、材料属性等参数，以确保分析结果的准确性。在得出机架的固有频率和振型后，设计者可以清晰地识别出潜在的共振风险，进而对结构设计进行有针对性的优化。以差动式干选机为例，其整体机架在激振器的作用下易发生振动^[4]。通过模态分析，我们可以准确地找出机架的低阶模态范围，即那些对共振最为敏感的频率区间。在此基础上，我们可以调整机架的结构参数，如增加加强筋、改变壁厚或优化连接方式等，以确保在激振器的作用下机架不会落入共振区域，从而保障设备的稳定性和耐久性。

3.2 关键部件的应力应变分析

在选矿设备的设计中，关键部件如参振部件、振动给料机等，其应力应变状态是衡量设备整体强度和可靠性的重要指标。这些部件在设备运行过程中承受着巨大的负荷，因此，对其进行详细的应力应变分析至关重要。有限元分析作为一种强大的工程分析工具，为选矿

设备关键部件的应力应变分析提供了可能。通过构建精确的有限元模型,我们可以模拟设备在真实工况下的应力应变状态,从而找出潜在的应力集中区域。

以差动式干选机为例,通过有限元分析的静力分析,我们发现整体机架的最大应力和最大应变都集中在机架上部右侧的参振部件悬挂点及两个悬挂点中间位置附近。这一发现为我们提供了关键的设计依据,使我们能够针对这些应力集中区域进行加强设计,以提高设备的整体强度和可靠性。在进行应力应变分析时,我们还需要考虑材料的力学性能和载荷条件。不同的材料具有不同的强度极限和应力应变特性,因此,在选择材料时需要充分考虑其适用性和可靠性。同时,载荷条件也是影响应力应变状态的重要因素。在实际分析中,我们需要准确输入设备的实际载荷条件,以确保分析结果的准确性和可靠性。

3.3 优化结构设计以提高强度

在选矿设备的研发与制造过程中,结构设计优化是提高设备强度的关键步骤。借助有限元分析技术,我们可以更精准地理解设备在各种工况下的受力情况,从而指导结构设计的优化。整体机架作为设备的支撑结构,其刚度直接影响设备的稳定性和使用寿命。通过有限元分析,我们可以识别出机架中的薄弱区域,进而采取增加斜撑、加强筋等策略来增强这些区域的刚度。这些优化措施不仅提高了机架的整体稳定性,还确保了设备在恶劣工况下的正常运行。

在关键部件的设计中,强度是首要考虑的因素。有限元分析可以帮助我们准确评估不同材料和形状对部件强度的影响。通过改变材料,如选用高强度合金或复合材料,我们可以显著提高部件的承载能力^[5]。优化部件的形状,如采用流线型设计或增加厚度,也能有效提升其强度。这些优化措施都是基于有限元分析的精确计算结果得出的,因此具有很高的可靠性和实用性。它们不仅提高了设备的强度,还确保了设备在长期使用过程中的稳定性和安全性。

3.4 考虑材料特性和载荷条件

在进行有限元分析时,材料特性和载荷条件是至关重要的考虑因素。这两个方面直接影响着分析结果的准确性和可靠性,因此在设计过程中必须给予充分的重视。第一,材料特性是有限元分析的基础。不同的材料具有不同的力学性能和强度极限,如弹性模量、屈服强

度、断裂韧性等。这些性能参数在有限元分析中起着决定性作用,它们决定了设备在受力时的变形和应力分布情况。因此,在进行分析前,必须准确获取并输入所选材料的力学性能参数,以确保分析结果的准确性。第二,载荷条件也是影响分析结果的关键因素。设备在使用过程中会承受各种复杂的载荷,如静载荷、动载荷、温度载荷等。这些载荷的大小、方向和持续时间都会对设备的强度产生直接影响。因此,在进行有限元分析时,必须准确输入设备所承受的载荷条件,包括载荷的大小、方向、作用点和持续时间等,以模拟真实的受力情况。总之,通过综合考虑材料特性和载荷条件,有限元分析能够更准确地预测设备的强度、变形和疲劳寿命等关键性能指标。这不仅有助于优化设计方案,提高设备的可靠性和安全性,还能为设备的制造和运行提供有力的技术支持。因此,在进行有限元分析时,务必充分考虑材料特性和载荷条件,以确保分析结果的准确性和可靠性。

结束语

综上所述,通过有限元分析技术对选矿设备进行了结构优化与强度设计,并提出了有效的改进措施。实验结果表明,所提出的方法能够显著提高设备的强度和稳定性,降低材料消耗和制造成本。研究还表明,有限元分析技术在设备优化与设计领域具有广阔的应用前景和重要的实际意义。我们将继续深入研究有限元分析技术在矿业设备中的应用,为矿业生产中的设备优化与设计提供更加精确和可靠的技术支持。

参考文献

- [1]马学毅,于勇,邓宗岳,刘贞.复合力场设备在选矿实践中的应用[J].现代矿业,2020,31(09):214-215.
- [2]梁殿印,史帅星,冉红想.大型浮选及磁选设备新进展[J].矿业装备,2020,(04):41-43.
- [3]于殿宝.运用重力、离心力和振动力连续选矿的选矿机研究分析[J].有色金属(选矿部分),2020,(05):58-61.
- [4]董自清.浅谈变频器在选矿设备中的应用[J].现代矿业,2019,27(01):108-109.
- [5]陆保山.关于选矿设备的磨损和维护策略探讨[J].世界有色金属,2020,10:136-137.