

机械工程中的振动控制与减振技术研究

赵晓峰

盐城市联鑫钢铁有限公司 江苏 盐城 224100

摘要: 本文综述了机械工程中振动控制与减振技术的研究现状、主要方法和技术、应用领域以及未来的发展趋势。振动是机械工程中常见且无法回避的问题,对机械设备的性能和寿命有着重要影响。振动控制技术旨在通过减小、抑制或消除振动来改善机械设备的性能和可靠性。

关键词: 机械工程; 振动控制; 减振技术; 主动控制; 被动控制

引言

振动是机械工程中一个常见且无法回避的问题。在许多机械设备运行过程中,振动不仅会影响设备的性能和寿命,还会给工作环境和生产效率带来负面影响。例如,振动可能引发噪音、导致设备疲劳破坏、降低设备稳定性等。因此,振动控制与减振技术的研究对于提高机械设备的运行效率和可靠性具有重要意义。

1 机械工程中振动的成因与类型

1.1 振动成因

在机械工程中,设备振动是一个普遍存在的现象,其产生的原因多种多样,主要包括以下几个方面:首先,不平衡是引起机械设备振动的主要原因之一。当机械设备的旋转部件质量分布不均匀时,就会在运转过程中产生离心力,导致设备产生振动。此外,偏心也是导致振动的一个重要因素。偏心通常指的是旋转部件的几何中心与其质量中心不重合,这种不重合会在旋转过程中产生周期性的力,从而引起振动^[1]。其次,共振也是机械设备振动的一个重要成因。当机械设备的固有频率与外部激励的频率相近或相同时,设备就会发生共振现象,此时振动的幅度会显著增大,可能对设备造成严重的损害。另外,摩擦和碰撞也是导致机械设备振动的常见原因。机械设备在运转过程中,各部件之间难免会产生摩擦和碰撞,这些力会引起设备的振动。

1.2 振动类型

根据振动的特性和成因,我们可以将其分为三种主要类型:第一种是自由振动。这种振动发生在机械设备无外部激励的情况下,由初始位移或速度引起。例如,当机械设备突然停止运转时,由于惯性作用,设备会继续振动一段时间,这种振动就是自由振动。第二种是强制振动。这种振动是外部激励作用下的结果,如激励器对机械设备施加的周期性力。在这种力的作用下,设备会产生与激励频率相同的振动。第三种是自激振动。这

种振动是系统自身某些部分的振动作用于其他部分,导致整个系统发生振动。例如,在机床加工过程中,切削力的变化可能会引起机床的自激振动。

2 机械工程中振动控制方法与技术

2.1 主动振动控制

主动振动控制是一种先进的振动控制方法,它利用外部能量源对系统进行干预,以减小或消除振动。这种控制方法通常包括以下几个关键组成部分:传感器、控制器和执行器。传感器是主动振动控制系统的“眼睛”,它负责检测机械系统中的振动信号。这些信号可能包括位移、速度、加速度等,传感器将这些物理量转换为电信号,并传递给控制器。控制器是主动振动控制系统的“大脑”,它根据传感器传来的信号,通过复杂的算法和分析,确定需要施加的控制力的大小、方向和时机。控制器的设计需要考虑系统的动力学特性、振动模式以及外部干扰等因素。执行器则是主动振动控制系统的“手脚”,它根据控制器的指令,在适当的时间和位置上施加合适的控制力。执行器可以是电磁作动器、液压作动器或气动作动器等,它们通过改变机械系统的刚度、阻尼或质量分布,来减小或消除振动。主动振动控制技术的优点在于能够快速响应振动,并具有较高的精度和可靠性。它可以针对特定的振动模式进行精确控制,有效抑制共振和强迫振动。然而,主动振动控制也存在一些缺点,如能耗较高、设备复杂、成本昂贵等。此外,由于需要实时检测和控制,对传感器的精度和控制器的处理速度也提出了较高要求^[2]。主动力控制和主动调整质量是主动振动控制中的两种常见方法。主动力控制通过施加外部力来改变系统的振动状态,而主动调整质量则通过改变系统的质量分布来调整其固有频率,从而避免共振或减小振动幅度。

2.2 被动振动控制

被动振动控制是一种依靠系统本身的特性来减小或

抑制振动的方法。它不需要外部能量源,而是通过具有适当刚度和阻尼的元件来实现振动控制。减振器是被动振动控制中常用的元件之一。它通常安装在机械系统的支撑结构或连接部位,通过吸收和分散振动能量来减小振动传递。减振器的设计需要考虑系统的质量、刚度、阻尼以及振动频率等因素,以确保其能够有效地抑制振动。阻尼材料也是被动振动控制中常用的一种材料。它具有高阻尼特性,能够吸收和耗散振动能量,从而减小振动的幅度和持续时间。阻尼材料可以应用于机械系统的各个部位,如梁、板、壳等结构件,以及轴承、齿轮等传动部件。弹性支撑是另一种被动振动控制方法。它通过提供适当的弹性来减小机械系统对振动的敏感度。弹性支撑可以设计为弹簧、橡胶垫、空气垫等形式,根据系统的需求和工况进行选择。被动振动控制技术的优点在于简单可靠、成本较低。它不需要复杂的控制系统和执行器,也不需要外部能量源,因此易于实现和维护。然而,被动振动控制也受到系统本身的自然频率和阻尼特性的限制。对于某些特定的振动模式或频率范围,被动振动控制可能无法提供足够的抑制效果。

2.3 半主动振动控制

半主动振动控制结合了主动振动控制和被动振动控制的优点,是一种既具有主动控制的灵活性,又具有被动控制的简单可靠性的振动控制方法。半主动振动控制通常通过在机械系统中引入可调节的元件来实现。这些元件可以根据实际需要调整其刚度和阻尼特性,以适应不同工况下的振动控制要求。例如,可调阻尼器就是一种常见的半主动振动控制元件。它可以根据振动的大小和频率来调整阻尼系数,从而实现对振动的有效控制。半主动振动控制技术的特点在于具有较高的灵活性和适应性。它可以根据系统的实际工况和振动特性进行实时调整,以达到最佳的振动控制效果。同时,由于半主动振动控制不需要外部能量源和复杂的控制系统,因此其成本相对较低,易于实现和维护。然而,半主动振动控制也存在一些挑战和问题。例如,可调节元件的设计和制造需要较高的技术水平和精度;同时,对于某些复杂的振动模式或频率范围,半主动振动控制可能无法提供足够的抑制效果。因此,在实际应用中需要根据系统的需求和工况进行选择和优化。

2.4 其他减振措施

除了上述三种主要的振动控制与减振方法外,还有一些其他有效的减振措施可以应用于机械工程中。

2.4.1 结构优化

结构优化是一种通过改进机械结构的设计来减小振

动的方法。通过合理设计结构的形状、尺寸和材料分布等参数,可以减小结构的共振频率,提高机械系统的刚度和稳定性。例如,在机械设计中可以采用加强筋、肋板等结构来增强系统的刚度;同时,也可以通过优化结构的布局 and 连接方式来减小振动传递和放大。

2.4.2 动态平衡

动态平衡是一种针对旋转部件的减振方法。通过对旋转部件进行动平衡调整,可以消除不平衡质量引起的离心力,从而减小振动幅度。动态平衡通常包括静平衡和动平衡两种类型。静平衡是指使旋转部件在静止状态下达到平衡状态;而动平衡则是指使旋转部件在运转状态下达到平衡状态^[3]。在实际应用中需要根据旋转部件的转速、质量和形状等因素进行选择和调整。

2.4.3 隔振措施

隔振措施是一种通过隔离设备与基础之间的振动传递来减小振动的方法。通常使用橡胶、弹簧、空气垫或其他弹性材料制成的隔振垫来实现。隔振垫可以吸收和分散振动能量,从而减小设备对基础的振动传递。同时,隔振垫还可以起到缓冲和减震的作用,保护设备免受外部冲击和振动的损害。

2.4.4 使用高阻尼材料

在机械部件中使用具有高阻尼能力的材料是另一种有效的减振措施。高阻尼材料能够吸收和耗散振动能量,从而减小振动的幅度和持续时间。常见的阻尼材料包括橡胶、泡沫塑料、阻尼合金等。这些材料可以应用于机械系统的各个部位,如梁、板、壳等结构件以及轴承、齿轮等传动部件。通过合理选择和使用阻尼材料,可以显著提高机械系统的抗振性能和稳定性。

3 应用领域与实例

振动控制与减振技术在机械工程中扮演着至关重要的角色,其应用领域广泛且深入,为各行各业带来了显著的效益和提升。

在航空航天工程中,振动控制技术发挥着举足轻重的作用。飞机在飞行过程中,由于发动机、气流等多种因素的作用,会产生不同程度的振动。这些振动不仅影响飞机的飞行平稳性,还可能对飞机结构造成疲劳损伤,甚至危及乘客的安全。因此,通过采用先进的振动控制技术,如主动振动控制、被动隔振装置等,可以有效减小飞机的振动,提高飞行的平稳性和乘客的舒适性。这些技术的应用,使得现代飞机能够在更加恶劣的环境下保持稳定的飞行状态,为航空运输的安全和高效提供了有力保障。

在汽车工程中,振动控制技术同样发挥着重要作用

用。汽车的发动机、传动系统、悬挂系统等部件在运转过程中都会产生振动和噪音,这些振动和噪音不仅影响乘坐舒适性,还可能对汽车的零部件造成损坏,降低汽车的使用寿命。因此,汽车制造商通常采用多种振动控制技术,如发动机悬置系统、车身隔振垫、排气系统消声器等,来降低汽车的噪音和振动^[4]。这些技术的应用,使得现代汽车能够在提供更加舒适乘坐体验的同时,也保持了较高的驾驶安全性和可靠性。

此外,在工程机械领域,振动控制与减振技术也发挥着不可或缺的作用。以工程机械发动机为例,作为工程机械的主要动力来源,发动机的振动和噪声是工程机械作业时的两大难题。发动机的振动不仅影响整机的稳定性和耐用性,还会降低驾驶员的舒适度,甚至可能导致驾驶员疲劳驾驶,增加事故风险。为了解决这个问题,工程机械制造商采用了多种技术手段来减少发动机振动对整机性能的影响。

具体来说,可以通过振源控制来优化发动机的设计,减小其本身的振动;采用弹性支承来隔离发动机与整机之间的振动传递;利用钢丝绳减振器来吸收和分散发动机的振动能量;引入液压隔振系统来实现对发动机振动的主动控制;以及安装动力吸振器来针对特定频率的振动进行有效抑制。这些技术的应用,使得工程机械在作业过程中能够更加稳定、可靠地运行,同时也提高了驾驶员的工作效率和舒适度。

4 未来发展趋势

4.1 智能化

随着人工智能和机器学习技术的飞速发展,振动控制与减振技术将不可避免地迈向智能化道路。未来的振动控制系统将不再仅仅依赖于传统的控制理论和方法,而是会引入智能算法,如深度学习、神经网络等,对振动信号进行实时监测和分析。这些智能算法能够自动学习振动系统的动态特性,并根据实时数据调整控制策略,从而显著提高振动控制的精度和效果。同时,传感器技术也将在振动控制中发挥更加重要的作用。高精度、高灵敏度的传感器能够实时捕捉振动系统的微小变化,为智能算法提供准确的数据支持。未来,传感器与智能算法的深度融合,将使得振动控制系统能够更加精准地识别和控制振动,为机械工程的稳定运行提供有力

保障。

4.2 集成化

振动控制与减振技术将不再孤立存在,而是会与其他技术相结合,形成集成化的解决方案。例如,在航空航天领域,振动控制可以与声学技术相结合,实现噪声与振动的同步控制;在光学领域,振动控制可以与光学稳定技术相结合,提高光学系统的稳定性和成像质量。此外,振动控制还可以与材料科学、电子技术等多个领域进行交叉融合,形成更加全面、高效的振动控制方案。这种集成化的发展趋势,将使得振动控制技术在更多领域得到应用,为机械工程的创新发展提供新的动力。

4.3 环保化

随着环保意识的不断提高,振动控制与减振技术也将向环保化方向发展。未来的振动控制系统将更加注重能耗和排放的控制,通过采用环保材料和节能技术,降低振动控制过程中的环境负担。例如,可以开发具有低能耗、高效率的振动控制装置,减少能源消耗;同时,选用可回收、无污染的环保材料制造振动控制元件,降低废弃物的产生。此外,还可以通过优化振动控制系统的设计,提高其运行效率,进一步减少能耗和排放。这种环保化的发展趋势,将使得振动控制技术更加符合绿色生产的要求,为可持续发展做出贡献。

结语

振动控制与减振技术是机械工程中重要的研究方向之一。通过深入了解振动的成因和类型,掌握相关的控制方法和技术,可以有效地减小振动对机械设备的损害,提高机械设备的运行效率和可靠性。未来,随着科学技术的不断进步和应用领域的不断拓展,振动控制与减振技术将发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]刘畅,陈振雷,阎荣磊.某工程机械的减振降噪研究[J].机械设计与研究,2023,39(04):102-107+123.
- [2]王坚.减振降噪技术在机械设计中的应用分析[J].设备管理与维修,2021,(22):112-113.
- [3]韩经纬.机械压力机振动分析与减振技术研究[D].南京理工大学,2022.
- [4]李龙,温毅,康文凯,等.现代机械设计中减振降噪技术的运用[J].现代制造技术与装备,2023,59(06):138-140.