

浅谈起重机轻量化和减量化的区别、研究与应用

姚宇铨

湖南中铁五新重工有限公司, 湖南 长沙 410300

[摘要] 起重机作为工程机械的一大类, 用户对起重机械的安全性、可靠性、准确性、平稳性等要求越来越高。同时科技也在不断进步, 无线通讯技术、检测及传感器技术、人工智能、PLC 及变频器等基础自动化技术以及信息技术的发展, 传统的人工手动操作已经不适应现代企业高效运转需要。大多数生产现场存在环境较差、高温、粉尘、工人劳动强度高、效率低、安全可靠差、人身伤害事故多发等问题, 因此企业人工成本很高。随着国家对绿色化、智慧化和低碳化的加强要求, 物流装卸行业正经历升级、转型与变革。建立的绿色化、智慧化、网络化的现代物流园, 使得装卸作业变得更轻松, 成为衡量物流园标准的重要指标。提高起重设备的使用价值、降低成本和能耗, 以及提升智能水平, 是设计和制造单位面临的关键研发任务。

[关键词] 起重机; 轻量化; 减量化; 降本增效; 节能环保、科技创新

DOI: 10.33142/ect.v2i6.12390

中图分类号: U29

文献标识码: A

Brief Discussion on the Difference, Research, and Application of Lightweight and Reduced Cranes

YAO Yucheng

Hunan China Railway Wuxin Heavy Industry Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410300, China

Abstract: As a major category of construction machinery, cranes have increasingly high requirements from users for the safety, reliability, accuracy, and stability of lifting machinery. At the same time, technology is constantly advancing, and with the development of basic automation technologies such as wireless communication technology, detection and sensor technology, artificial intelligence, PLC and frequency converters, as well as information technology, traditional manual operations are no longer suitable for the efficient operation needs of modern enterprises. Most production sites have problems such as poor environment, high temperature, dust, high labor intensity of workers, low efficiency, poor safety and reliability, and frequent personal injury accidents. Therefore, the labor cost of enterprises is very high. With the strengthening requirements of the country for greening, intelligence, and low-carbon, the logistics loading and unloading industry is undergoing upgrading, transformation, and transformation. The establishment of modern logistics parks that are green, intelligent, and networked has made loading and unloading operations easier, becoming an important indicator for measuring logistics park standards. Improving the value of lifting equipment, reducing costs and energy consumption, and enhancing intelligence are key research and development tasks faced by design and manufacturing units.

Keywords: crane; lightweight; reduction; reduce costs and increase efficiency; energy conservation, environmental protection, technological innovation

引言

近年来, 我国起重机轻量化设计得到了快速发展和应用, 但是对于减量化的认识和理解还不够、还不足, 如何将两者的区域、研究和应用说清楚成了起重机行业探讨的课题。作者经过和行业多位专家的交流、和多个使用单位的探讨, 对轻量化和减量化形成了自己的认识和理解。

1 轻量化和减量化的定义

轻量化: 是指在确保起重机(或产品)使用性能指标(参数)不变的情况下, 减轻或改变产品的原有结构尺寸, 以达到自重变轻的目的。

减量化: 在确保起重机(或产品)使用性能指标(参数)不变的情况下, 减少或不限于改变产品原有结构尺寸、机构能耗、布局、冗余等任何一项状态, 以满足轻量化、实用化、美观化、节能化、智能化等其中一项或多项的要求。

2 轻量化与减量化的关系

轻量化相当于给起重设备进行“减肥”, 去掉多余的“脂肪”。例如通过三维建模和运动仿真, 通过力学计算、演示把起重机受力较小的部位结构变轻, 最终达到自重减轻的目的。

减量化: 相当于给设备“瘦身”, 去掉多余的“脂肪”外, 还去掉不该有的“赘肉”。例如除了给起重机减量外, 通过对起重机的使用效能分析, 改变起重机的机构布置方式或通过自身的能耗收集减少冗余无效做功, 达到设备的减量配置。所以减量化的工作包含了轻量化, 反过来讲, 轻量化是减量化工作中的一部分。起重设备的减量化的研究往往是以轻量化作为基础, 然后不断地拓展, 让设备的性价比达到最优状态。

3 轻量化与减量化的特征

轻量化工作的特征是设计人员通过对起重机结构的

受力分析特点不断尝试优化,最终达到设备使用性能不变的基础上产生新的可代替性结构类型或者材料类型而设计的新设备。它是从一个维度上探索优化后得到唯一性的成果,对应关系如下图1所示。



图1 轻量化特征图

减量化工作的特征是设计人员通过对起重机结构的受力、使用效率、节能环保、绿色智慧、智能高效等各个角度分析,不断尝试优化每一项,最终达到设备各角度的全面升级而产生的新产品,它是从多个维度上探索优化后得到多种对应的成果,对应关系如下图2所示。

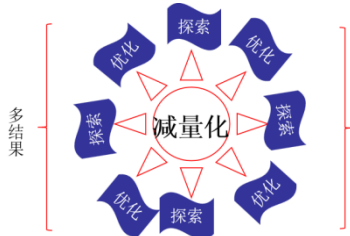


图2 减量化特征图

由于减量化涉及的维度比较多,在研发过程中需要投入的各方面专业人才较多,且需要不断尝试积累各种经验和试验数据,协同化创作的时间比较长,所以它比轻量化更复杂,周期更长,是一个不断持续发展的研发方向,很值得研发型企业投入和推广。

在人工智能发展的当下,很多港口码头、工矿企业、铁路货场都在打造智能化、绿色化,常规的起重机已经无法满足市场需求。但大多数使用单位或者制造单位对于起重机的轻量化和减量化的概念、特征还比较模糊,继而影响了研发方向,所以正确地将轻量化和减量化的特征讲述出来有利于起重机的发展方向。

4 轻量化与减量化能够产生的价值

轻量化是通过不断研发来减少设备的采购成本,提高设备的性价比来提升客户的使用价值,从而达到降本增效的目的。例如,在轻量化之前客户的预算可能只购买1台设备,但通过轻量化后原来的预算可能会买2台设备,这样客户投入同样的费用,可以提高作业效率,为客户创造更多的价值,如图3所示。

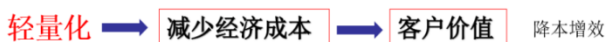


图3 轻量化的价值转化图

减量化是通过研发优化设备的经济价值,不仅可以降本增效而且可以节能环保,在为客户创造价值的基础上还承担了社会责任。例如,在减量化之前客户的预算可能只购买1台设备,但是通过减量化后虽然还只能买一台设备,

但是这台设备可以在使用过程中减少能源浪费、减轻环境污染、减弱设备淘汰后的分解难度、提高设备使用效能等,不仅给客户产生价值,而且间接地为营造良好的社会环境承担了一部分责任,如图4所示。

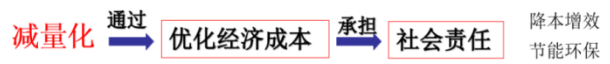


图4 减量化的价值转化图

5 研究轻量化与减量化的意义

研究轻量化和减量化的意义是从本质上认识到两者的区别,为设备智能化发展研究指明方向,将传统的对设备单一的改进式研究变为多维度创造式研究,为客户提供设备的高价值性。

开展轻量化与减量化研究的方式有:

①产学研结合式:开展院校与企业的合作,让理论指导实践的同时,又让实践验证理论。

②多学科深度融合式:将不同的学科、技术进行融合、探讨,找到共同点,寻求兼容性,深度理解和解放生产力,将创新从一个领域并移到多个领域,让智能从识别型向认知型转化。

③业内联合式:把不同的竞争对手转化为友商,不断深度交流、探讨技术,以老带新、以智带愚、以大带小,发展新质生产力。

6 轻量化和减量化研究的趋势

6.1 国内研究现状

在中国,随着制造业的快速发展和升级,轻量化和减量化技术在起重机设计中得到了积极探索。中国的研究主要集中在新材料的应用、结构优化设计及其在特定行业中的应用实践上。例如,针对港口物流和建筑行业的需求,多个研究机构和企业联合开发了高强度钢结构、铝合金结构等轻量化材料的应用研究,旨在通过降低起重机的自重,提高其运载效率和能源使用效率。某大型港口物流企业通过采用新型高强度钢材对传统起重机进行轻量化改造,结果起重机的整体重量减轻了15%,能耗降低了20%,操作成本降低了18%。这表明轻量化改造不仅提高了起重机的载重能力和工作效率,还显著提升了经济效益和环境效益。

6.2 国际研究现状

在国际上,欧美国家在起重机轻量化和减量化的研究上更侧重于整体的系统优化和智能化技术的应用。例如,德国的研究团队通过引入先进的计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助工程(CAE)技术,对起重机结构进行全面的优化设计,实现了材料使用的最大化效率和设备性能的提升。同时,通过集成传感器和智能控制系统,实现了起重机操作的智能化,进一步提高了其工作效率和安全性。德国某起重机制造商通过集成先进的计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助工程(CAE)技术,实现了起重机结

构的全面优化。新型起重机在轻量化设计上取得突破,节能30%,工作效率提升25%,展示了技术创新在轻量化和减量化方面的成功应用。

6.3 未来研究趋势

当前和未来的研究趋势显示,轻量化和减量化技术将继续向更高的性能、更广的应用领域和更深的技术融合方向发展。一方面,随着新材料技术、智能制造技术的不断进步,起重机的轻量化和减量化将在材料使用、结构设计、制造工艺等方面实现新的突破。另一方面,随着物联网、大数据、人工智能等技术的融合应用,起重机的智能化水平将进一步提升,实现更高的操作效率和更优的资源配置。

多功能一体化设计:未来的起重机设计将更加注重多功能性和灵活性,能够适应更广泛的作业环境和要求,保持轻量化的同时向更深层次的减量化发展。例如一台起重机既可以实现散货工况作业,又可以实现件杂货工况作业,还可以实现集装箱工作作业,亦可以实现棒材的电磁吸盘作业,多种功能的叠加对设备的重复利用率很高。既要考虑每个不同功能的独立性又要考虑多个功能的兼容性,那么轻量化和减量化技术在设备的应用不可缺少,否则设备将存在多机构、多输出端的功能,设备的容量将随着功能的增加不断加大,一个庞然大物将出现在使用者面前,不仅耗费资金更耗费资源。如果轻量化和减量化的技术在设计过程中得到完美的使用,那么保持设备自重不变、结构尺寸不变化的情况下依然可以满足设备的多功能需求。

材料技术的创新:继续探索和应用新型轻质高强度材料,如碳纤维复合材料、高强度铝合金等,以及其在起重机上的应用技术。通过提高材料的性能减少起重机的自重和能源消耗,直接实现起重机的轻量化。

智能化技术的深度融合:将人工智能、物联网和大数据技术更深入地融合到起重机的设计、制造和运维中,实现更高级别的自动化和智能化,用智能化代替起重机需要人工的多次参与,间接实现起重机的减量化。

绿色制造和循环经济:推动起重机在设计、制造、使用和报废阶段的环境友好性,探索循环经济模式,如起重机的再利用、再制造和回收等,促使起重机的减产、排耗,从根本上实现起重机械行业的轻量化和减量化。

7 轻量化和减量化的应用

7.1 通过减量化提高设备的本质安全

以往对起重机危险源的识别主要是根据起重机的操作和使用环境来进行的。而对起重机的“本质安全”:如多台设备之间的防碰撞、单台设备本身的疲劳破坏、本身的火灾预警、机构配件的辐射源、动力污染或隐藏性的危险没有全部有效的识别,将危险源识别的重点放在了使用单位,而不是贯穿设备的全生命周期,包括生产制造商。现在通过减量化研究(减少安全风险)来提高设备的本质安全,减少人为因素对安全的识别、管控和处置,能够更

有效的杜绝事故发生。

例如将常规的灭火方式通过减量化优化设计变更为智能火灾预警系统后,火灾的处理往往发生在萌芽状态,造成的损失也大大减少提高了设备的本质安全。其工作原理如下:

对所有电缆在每个转弯固定处增加防火泥,当电缆着火后蔓延到防火泥处火势不再蔓延甚至熄灭。

在电缆每根接线端增加一个电流感应器并显示在仪表上。当仪表上显示的电流不稳定,及时反馈追踪每根电缆可能存在的问题,并反馈到PLC控制系统,系统通过判断,将是否存在漏电的结果反馈到司机室显示屏上,并提醒司机停机检查。

在机器房增加一套感烟装置和自动喷淋系统,万一起火后产生的烟被感烟器捕捉后开始报警,烟雾浓度到达一定值时开始自动喷淋灭火。感烟器还可以防止司机或维修人员在禁止吸烟的场所进行吸烟,起到警告作用。

当喷淋系统的灭火原料不足或呆滞周期超过规定的周期时,系统会发出指令显示到操作室提醒司机进行补料或更换。

7.2 通过减量化为设备减轻负担,优化设计

某设备供应商在进行产品设计时没有和客户进行深入有效沟通,客户希望一台起重机可以完成件杂货和集装箱作业,也就是保留吊钩工况的同时还可以兼顾集装箱业务。而设计人员为了便于尽快出图,减少生产加工周期将原来类似的产品进行了局部改进就投入了生产,最后得以顺利交付,也满足了客户对吊钩和集装箱的使用要求。但是与其他同行相比,客户每年产品的电费却比别人多,而且维护成品也比别人高。企业为了节能增效,派出技术人员、设备操作人员和设备管理人员到同行学习取经,后来通过了解,别人的设备起升系统只有一套,而自己的起升系统却有二套,但实现的功能却都一样,百思不得其解。

后来,该公司领导找到行业内专家进行咨询,通过专家的实际勘察、了解,将起升机构的原理向该公司领导进行了解释。在领导的认可和大力支持下,通过改变钢丝绳缠绕方式和固定方式,将其中一套起升系统合理下线,作为备品备件不再参与起升作业,当年能耗和维修费就恢复到和同行差不多,原来实现吊钩工况和集装箱工况作业,一套起升机构和两套起升机构都可以实现,只是钢丝绳缠绕方式不同,设计时应该要合理布局,减少不必要的浪费。

通过减量化不仅减轻了设备自身的负担,也减轻了企业的负担。

8 结论

科技是一把双刃剑,在促进工业发展的同时,也直接或间接的破坏着社会环境的平衡。当我们在不断追求创新、高效、智慧的时候,有没有想过这些产品或者成果在退役

后造成的废弃污染或残值浪费将会成为下一个难题,而这些难题成了我们留给下一代人孜孜不倦攻克方向。

校企联动、产学研结合、多学科融合、业内联合是新时代下对科技创新的要求,是实现中华民族伟大复兴的中国梦,是百年未有之大变局的世界格局,而对于起重设备的轻量化和减量化的区分是科技发展中的沧海一粟,但它同样重要,值得研究和值得探讨。

起重机的绿色化、智能化的研发和投入,要以全生命周期为导向,从降本增效(轻量化)的一个维度要向降本增效加节能减排(减量化)多个维度去过努力,这样我们才能在科学发展观的指导下可持续发展,为营造一个良好

的社会环境而努力。

[参考文献]

- [1]安存胜,聂福全.桥式起重机轻量化技术与智能化技术的应用[J].工程机械与维修,2015(5):62-64.
- [2]李佐斌.基于拓扑优化的桥式起重机新型主梁设计[J].机械设计与制造,2017(10):175-178.
- [3]曹旭阳,李震,汤秀丽,等.轻型桥式起重机主梁焊缝疲劳寿命影响因素分析[J].起重运输机械,2015(2):1001-0785.

作者简介:姚宇铖(1996—),男,毕业于湖南工学院,湖南中铁五新重工有限公司,设计工程师。