

绿色制造理念下电器非标自动化设备的创新设计

田涛 刘占磊 唐乾隆 殷延海

贵州省铜仁市万山区鱼塘乡旗屯村, 贵州 铜仁 554300

[摘要]在“双碳”战略目标推进以及制造业绿色化转型的时代大背景下, 电器非标自动化设备作为助力电器生产实现高效化的关键“基石”, 其重要性愈发凸显。文中研究首先对绿色制造全生命周期的理念进行了阐述, 并基于电器非标自动化设备的定制化特性制定一系列的绿色创新设计方案, 从而推动电器非标自动化设备的绿色化升级, 推动制造业达成生产效率、环保效益的同步优化提升。

[关键词]绿色制造; 非标自动化设备; 电器制造; 创新设计; 全生命周期

DOI: 10.33142/aem.v8i1.18909

中图分类号: TP23

文献标识码: A

Innovative Design of Non-standard Automation Equipment for Electrical Appliances under the Concept of Green Manufacturing

TIAN Tao, LIU Zhanlei, TANG Qianlong, YIN Yanhai

Qitun Village, Yutang Township, Wanshan District, Tongren City, Guizhou Province, Tongren, Guizhou, 554300, China

Abstract: Against the backdrop of the promotion of the "dual carbon" strategic goals and the green transformation of the manufacturing industry, the importance of non-standard automation equipment for electrical appliances as a key "cornerstone" to help achieve high efficiency in electrical production has become increasingly prominent. The study first elaborates on the concept of green manufacturing throughout its whole life cycle, and based on the customized characteristics of non-standard electrical automation equipment, develops a series of green innovative design schemes to promote the green upgrading of non-standard electrical automation equipment and achieve synchronous optimization and improvement of production efficiency and environmental protection benefits in the manufacturing industry.

Keywords: green manufacturing; non standard automation equipment; electrical manufacturing; innovative design; whole life cycle

引言

当前, 全球气候变化和环境问题对人类的生存与发展表现出了前所未有的挑战, 必须采取积极的措施来减缓气候变化、改善环境质量、提高能源效益。绿色制造理念强调在产品的设计、制造、使用和回收等全生命周期过程中, 综合考虑环境影响和资源利用效率, 实现经济效益与环境效益的协调发展。制造业作为全球经济的重要组成部分, 随着我国制造业高质量发展战略持续深入推进, 绿色制造不仅是应对资源环境挑战, 更是推动制造业转型升级的有力支撑。电气非标自动化设备在电器零部件检测、装配、加工等各个环节中得到了广泛地应用, 该类设备的设计水平对电器生产的环保性能、能耗效率有着直接性的影响。目前传统的电气非标自动化设备设计的着重关注于成本的控制以及生产效率, 虽然可以满足企业在市场竞争中对成本压缩以及快速产出的迫切需求。然而, 却未重视全生命周期内的环保诉求, 为了确保在各种复杂工况条件下, 设备依旧能稳定运行, 设计人员会过度选用材料, 导致材料浪费, 增加企业的环保成本。另外在设备的设计时并未充分考虑到能源的高效利用以及设备的可回收性和可拆卸性, 不仅造成能源的极大浪费, 而且设备在废弃后难以进行拆卸和分类回收, 甚至会对环境造成严重的污染, 严重制约了电器制造业的绿色转型进程。基于此, 本文将重点绿色创新设计的关键路径, 为推

动电器非标自动化设备的绿色设计和发展提供思路。

1 绿色制造与电器非标自动化设备的核心关联

1.1 绿色制造的核心内涵与全生命周期要求

绿色制造是一种以减少资源消耗、降低环境污染、实现资源循环利用为核心目标, 并非仅仅关注生产过程中的某一个环节, 而是覆盖产品的全生命周期。绿色制造比传统的制造模式更加注重环保效益, 强调在产品的全生命周期中采用绿色制造技术和工艺, 最小化环境负荷, 最大化资源利用效率, 促进企业的长期发展。

对于非标自动化设备而言, 环保性与适配性的原则应该贯穿于每一个设计细节中, 优先使用可降解、可回收, 且低污染的材料。在非标自动化设备的制造过程中不断优化加工工艺, 减少能耗与污染物的排放; 使用阶段实时监测设备的能耗情况, 采取有效的措施控制噪音、废弃物; 废弃阶段对设备进行科学、合理的拆解, 实现资源的最大化利用和环境的最小化影响。

1.2 电器非标自动化设备的绿色设计痛点

因电器非标自动化设备的定制化特性, 在绿色设计过程中面临着更为严峻的挑战。多数电器制造企业在制定非标自动化设备时过度追求电器生产的精准率与效率, 未充分考虑到绿色环保指标。同时, 定制化设计的独特性导致在材料选型时缺乏通用性与针对性, 部分部件的规格与结

构与其他设备或部件差异比较大,无法通用。此外,在电机选型中并未充分考虑到负载特性,缺乏智能节能控制策略,造成能源浪费,不符合绿色制造的节能要求。

1.3 二者融合的必要性价值

将绿色制造理念与电器非标自动化设备设计深度融合是推动经济社会发展全面绿色转型,响应国家“双碳”目标的必然要求。同时绿色制造理念与电器非标自动化设备设计深度融合有助于降低企业的生产成本,降低电器制造过程中的能源消耗与污染物排放,提高企业的核心竞争力。

2 绿色制造理念下电器非标自动化设备的创新设计原则

结合绿色制造“3R”原则与电器非标自动化设备的定制化特性,其创新设计需遵循如下:(1)全生命周期绿色化原则。设计要兼顾设备全流程,提前预判各环节环境影响,优化选材与结构,实现全生命周期环境负荷最小化;

(2)节能与高效兼顾原则。绿色设计要在保留非标自动化设备高效性基础上,优化系统与流程,降低能耗,提升效率,兼顾环保与生产效益;(3)定制化与环保性协同原则。绿色设计要兼顾非标自动化设备“适配性”与“环保性”,满足定制化要求同时避免资源浪费与能耗增加;(4)可回收与资源化适配原则。针对设备废弃后回收痛点,设计采用模块化、标准化结构,选用可回收材料,明确回收路径,实现资源循环利用。

3 绿色制造理念下电器非标自动化设备的创新设计关键路径

3.1 绿色材料选型:筑牢环保基础

材料作为设备的核心组成部分,其环保性能直接决定了设备对环境的影响程度。传统机电设备制造往往更注重材料的性能和成本,而忽略了其对环境的影响。因此,在非标自动化设备的设计中优先选择具有良好可回收性和低污染性的金属材料,例如不锈钢、高强度的铝合金等,不仅密度低,强度高,而且具有良好的耐腐蚀性,且在废弃后可通过熔炼、加工实现再利用。坚决规避选用含铅、汞等有毒有害物质的金属材料。对于非承重结构,如防护部件、设备外壳等,可优先选用再生塑料、高分子材料等环保材料,这些塑料在自然环境中能够逐渐分解,降低了固体废弃物的产生。在功能材料的选型方面聚焦能耗优化与环保适配。此外,材料选型需要充分结合定制化的需求,以非标自动化设备的负载要求以及运行场景为依据,合理优化材料配比,通过精准的选材,可以有效避免因过度选用高端材料而造成的成本增加,尽量减少材料的种类,便于后续的回收与再利用。

3.2 结构绿色优化:提升资源与能耗效率

在追求高效绿色与可持续发展的背景下,电气设备的结构设计除了要满足基本的功能需求之外,同时应该考虑材料的利用率、设备的能耗以及可回收性。其中,模块化设计将设备拆解为动力模块、控制模块等独立模块,并采用标准化的接口设计,充分满足电器生产的定制化需求,

企业可以根据具体的需求灵活调整模块的组合方式。在标准化接口的设计后续的单独维修、回收提供了很大的便利。此外,结合电器生产的精准度与效率要求,对设备的功能冗余与结构冗余进行梳理与优化,在保证设备强度的前提下,减少不必要的功能模块与结构部件。

3.3 能耗绿色管控:实现节能高效运行

动力系统作为设备能源消耗的关键源头,绿色优化工作需要聚焦高效节能这一核心目标。在电机的选型方面,建议采用变频电机,可以根据负载的变化自动调整电机的转速,从而可以有效规避因电机长期处于固定转速运行而导致的能源浪费现象。合理设计设备的散热系统,采用高效的散热片、散热风扇等散热设备,提高设备的散热效率与散热效果,降低设备的工作温度和系统的能耗。对于液压系统以及气动系统,为了降低动力的损耗,优化相关部件的结构尤为关键。例如通过改进液压泵内部的流道设计、优化齿轮等方式,可以有效降低液体在泵内的流动阻力,降低动力损耗。同时选用节能型液压油、压缩空气净化设备,在保证液压系统正常运行的前提下降低能力消耗。构建智能化节能控制系统实现对动力系统的精准节能控制,采用PLC、单片机等智能控制模块避免无效能耗;设立待机节能模式,若设备处于闲置状态且时长超出预设值,系统将自动切断非关键部件的电源供给,从而降低待机的能耗。

3.4 回收绿色设计:推动资源循环利用

回收设计作为绿色制造全生命周期的末端环节,聚焦于非标自动化设备废弃后所面临的回收难题,致力于扭转资源浪费的现象。在非标自动化设备回收设计过程中可拆卸与可回收设计是实现绿色制造的重要环节,将设备划分为多个功能完整且独立的模块,使得设备在废弃之后可以针对各个模块进行有针对性的处理,不需要对整个设备进行更换。另外,在设备连接方式方面,优先选用可拆卸的连接方式,例如卡扣连接、螺旋连接等,不仅在拆卸时无需使用切割工具,而且这种连接方式比传统焊接方式拆卸更加便捷,减少拆解过程中的材料损耗,降低对环境的污染。此外,在设备的各个部件上清晰明确的标注材料的类型、有毒有害物质含量等相关信息,便于回收人员可以更加快速准确地识别材料的属性,并进行针对性的回收处。以设备的生命周期以及部件特性为依据,对核心部件的回收方式进行明确,并制定再利用路径。同时,设备制造商、使用企业和回收企业之间应该加建立设备回收合作机制,提高设备的可回收性和再利用性,形成“设计-制造-使用-回收-再利用”的资源循环体系,以降低生产成本,还可以减少对原材料的需求。

4 绿色设计体系构建与效果评价

4.1 绿色设计体系构建

基于上述关键设计路径,结合绿色制造全生命周期理念与电器非标自动化设备的定制化特性,构建绿色创新设计体系可以全面了解设备的环境影响,从而做出更加环保的设计决策,具体框架如图1所示。

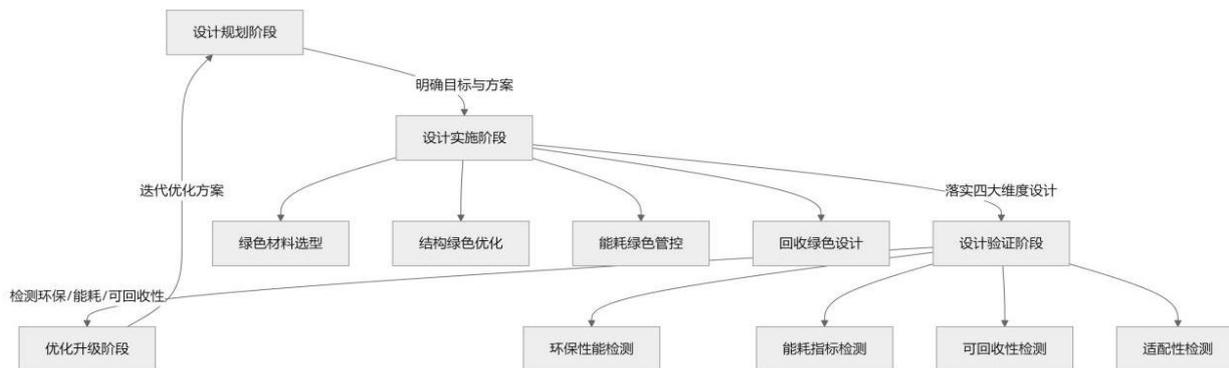


图1 绿色制造理念下电器非标自动化设备绿色设计体系框架

在设计规划阶段，需要对定制化需求进行详细的分析，制定明确的绿色设计目标，筛选符合标准的绿色材料，明确结构优化策略，提高产品的可维护性和可升级性。制定能耗管控以及回收设计的具体方案；在设计实施阶段，遵循规划方案的具体要求，有序推进绿色材料采购工作，深入开展模块化结构设计实践、搭建节能控制系统、全面优化回收结构，确保各项绿色设计措施得以切实落实；设计验证阶段针对设备的环保性能、能耗指标、可回收性以及适配性展开全面检测工作把检测结果和绿色设计目标逐一对照，及时发现所存在的问题；优化升级阶段紧密依据验证阶段所获取的结果，对存在的问题进行分析，并制定针对性的优化设计方案，达成闭环管控，持续提升设备的绿色性能。

4.2 绿色设计效果评价

为量化绿色设计的实施效果，构建多维度评价指标体系，具体评价指标体系如表1所示。

表1 电器非标自动化设备绿色设计效果评价指标体系

一级指标	二级指标	评价标准
环保指标	有毒有害物质排放量	符合国家环保标准,无有毒有害物质超标排放
	废弃物产生量	单位运行时间废弃物产生量较传统设备降低30%以上
	污染物排放达标率	油污、废气等污染物排放达标率100%
能耗指标	单位产能能耗	较传统设备降低15%以上
	空载能耗	空载运行能耗降低20%以上
	待机能耗	待机状态能耗低于国家节能标准
资源利用指标	材料回收率	核心部件材料回收率达到80%以上
	模块复用率	可复用模块复用率达到70%以上
	再生材料使用率	再生材料占比不低于10%

通过上述评价指标体系，可全面评估设备绿色设计的实施效果，针对未达标的指标，回溯设计环节，优化调整方案，持续提升设备的绿色性能。同时，评价结果可为后续同类非标自动化设备的绿色设计提供参考，推动绿色设计体系的不断完善。

5 结论与展望

5.1 结论

绿色制造理念下，电器非标自动化设备的创新设计解

决传统设备能耗居高不下、污染严重、资源利用效率低下的痛点问题，实现环保效益、经济效益与社会效益的协同提升，是电器非标自动化设备制造业实现可持续发展的必由之路。电器非标自动化设备进行绿色创新设计需秉持全生命周期绿色化理念，落实定制化与环保性协同推进原则，兼顾节能与高效要求，适配可回收与资源化需求。通过采用绿色设计方法、选用环保材料、优化制造工艺以及加强回收再利用等措施，可以有效降低机电设备的能源消耗和环境污染，提高资源利用效率，同时还能满足消费者对绿色产品的需求，拓展市场空间。此外，借助构建多维度评价指标体系的方式，评估产品从原材料获取、生产、使用到废弃处理整个生命周期内对环境的影响，从而做出更加环保的设计决策，通过闭环优化减少生产过程中的污染物排放，提高资源利用效率，持续提升设备的绿色性能，为绿色设计的落地提供保障。

5.2 展望

随着智能制造、大数据、人工智能等技术的快速发展，可融合智能化技术，构建智能绿色设计平台，实现材料选型、结构优化、能耗管控的智能化决策，提升设计效率与精准度。探索新型绿色材料与节能技术的应用，如新能源动力系统、可降解复合材料等，进一步提升设备的绿色性能。

[参考文献]

[1]陈佩佩.“双碳”背景下绿色供应链管理对企业价值创造的影响研究[D].郑州:郑州航空工业管理学院,2024.
[2]江育俊.制造企业绿色供应链管理实施策略研究[J].财经界,2023(36):15-17.
[3]黄伟.绿色制造理念下的机电设备设计与开发[C].重庆:重庆市大数据和人工智能产业协会,西南大学,重庆工商大学,重庆建筑编辑部.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集.嘉兴市意昕自动化设备股份有限公司,2025.
[4]李庆春.绿色理念在机械自动化设计中应用分析[J].南方农机,2019,50(13):149.
作者简介:田涛(1999.6—),毕业院校:河南工业大学,所学专业:过程装备与控制工程,当前就职单位:浙江正泰电器股份有限公司。