

Research on Chemical Equipment Manufacturing Technology Based on Green Manufacturing

Bin Huang

China National Petroleum Corporation No.6 Construction Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541000, China

Abstract

Promoting the transformation of the manufacturing industry towards a sustainable development model has become a consensus for global industrial upgrading. Nowadays, the concept of green manufacturing is gradually penetrating into traditional industrial fields, and it also plays a key guiding role in the high energy consumption and high emission chemical equipment manufacturing industry. As the material carrier of chemical production, chemical equipment has increasingly become the focus of industry technological innovation by applying principles such as green design and clean production to its entire manufacturing process. In response to resource consumption and environmental pollution issues, before delivering equipment for use, it is necessary to systematically consider raw material selection, process design, and scrap recycling to minimize environmental impact, in order to build a sustainable manufacturing future. This article focuses on the manufacturing process of chemical equipment, mainly exploring the technical path and implementation strategy of integrating green manufacturing concepts, and proposing targeted development suggestions for industry professionals to refer to.

Keywords

green manufacturing; Chemical equipment; Clean production; Sustainable development; life cycle assessment

基于绿色制造的化工设备制造技术研究

黄斌

中国石油天然气第六建设有限公司, 中国·广西 桂林 541000

摘要

推动制造业向可持续发展模式转型,已成为全球产业升级的共识。如今,绿色制造理念逐步渗透至传统工业领域,对于高能耗、高排放的化工设备制造业也展现出关键的引导作用。化工设备作为化工生产的物质载体,将绿色设计、清洁生产等原则应用于其制造全流程,已日益成为行业技术创新的焦点。针对资源消耗与环境污染问题,在将设备交付使用之前,需从原材料选择、工艺设计到报废回收进行系统考量,将环境影响最小化,这样方能构建可持续的制造业未来。本文聚焦于化工设备制造环节,主要就融入绿色制造理念的技术路径与实施策略进行探讨,并提出针对性发展建议,以供业内人士参考。

关键词

绿色制造; 化工设备; 清洁生产; 可持续发展; 生命周期评价

1 引言

随着全球可持续发展战略的深入推进,制造业的发展模式亟待革新,实现经济效益与环境效益的协同增长成为核心目标。由于化工行业本身对资源依赖性强、环境影响显著,其装备制造环节的绿色化转型是实现全产业链节能减排的关键一环。对于化工设备制造业,由于其产品服务于高强度、连续性的化工过程,搭建绿色制造技术体系能显著提升行业整体环境绩效,同时响应日益严格的环境法规,使企业能更好地应对市场与政策双重压力,这为其长远发展赢得了至关重要的社会与政策支持。现阶段,生态文明建设对工业

生产过程提出了全新的环保与节能要求。传统化工设备制造模式,致使原材料利用率偏低、能耗高、废弃物多、有毒有害物质潜在风险大等问题,引发资源短缺、生态环境破坏、生产成本攀升等连锁反应,制约了行业竞争力。与此同时,行业内的绿色制造认知尚不均衡,缺乏统一的技术标准与评价体系,存在技术应用碎片化或流于形式的风险。而绿色制造恰恰提供了从源头到末端进行系统性优化的理论框架与技术工具。

2 化工设备推行绿色制造的意义

2.1 提升资源利用与能源效率

化工设备的传统制造模式需要消耗大量钢材、特种合金及能源,对原材料的纯净度与能源品质要求高。对于结构复杂、体积庞大的设备,在成型与加工过程中需要反复进行

【作者简介】黄斌(1997-),男,中国广西桂平人,本科,助理工程师,从事化工设备制造研究。

热处理、机械加工和表面处理,同时会产生大量边角料与废屑。但在绿色制造技术体系支持下,将轻量化设计、近净成形、增材制造等先进理念与技术引入,通过优化工艺流程与参数进行精准制造,减少了材料浪费与能源过度消耗,进而从制造源头降低了资源环境负荷。

2.2 提升产品全生命周期环境效益

在设备服役周期当中,其运行能效与可靠性直接决定了化工过程的能耗与物耗水平,因此设备自身的“绿色属性”至关重要。而在绿色理念指导下的设备设计与制造,更注重选用环境友好型材料、优化结构以提升传热传质效率,同时从设计端考虑易拆解性与可回收性,这使得设备的制造阶段与使用、报废阶段的环境影响形成协同优化,进而实现了产品全生命周期环境效益的最大化。化工设备作为连接绿色制造理念与绿色化工实践的物理载体,其自身的绿色化水平就是理念落地成效的直接体现。

2.3 有助于驱动产业整体技术升级

目前,数字化、智能化已成为制造业转型升级的普遍共识,将大数据、物联网、人工智能等先进技术引入设备的制造与运维过程,能实现对制造过程能耗与排放的实时监控与优化,通过数据驱动支持工艺决策以实现精准管控,保障制造活动始终处于高效、清洁状态。绿色制造体系作为引领性的产业范式,既是连接先进材料、智能技术与传统工艺的桥梁,同时也为行业设定了明确的技术创新方向与门槛。

3 化工设备绿色制造实施中存在的问题

3.1 绿色理念认知与驱动力不足

由于传统发展模式的路径依赖,部分企业管理者并未深刻理解绿色制造的内涵与紧迫性,不同规模企业的转型意愿与能力差异显著。目前,部分企业仍片面追求短期经济利益,忽视环保合规对长期发展的战略性意义,甚至存在绿色制造属于“成本中心”、影响生产进度、在化工领域不需要“过度”环保等错误认知,这些观念阻碍了绿色技术的广泛应用^[1]。另外,部分地区的政策激励与市场引导机制尚不健全,使企业在应用绿色技术时缺少足够的动力与保障。顶层设计与战略视野的缺失,会直接制约绿色制造在行业层面推进的深度与广度。

3.2 绿色技术与传统工艺融合度低

绿色制造是系统工程学、环境科学与材料工程学等多学科交叉融合的产物,属于复合型技术范畴,其中涉及清洁能源替代、无毒无害工艺介质替代等,以及末端治理技术升级与资源化等环节,技术集成要求高。企业想要实现实质性绿色转型,必须具备跨领域的专业技术整合能力。目前,许多化工装备制造企业的技术研发基础相对薄弱,对绿色技术的消化吸收与再创新能力不够,导致技术应用“水土不服”,影响预期效果。部分技术在实验室验证成功以后,面临规模

化生产时工程化、经济性的双重考验,只进行简单套用和局部改良,这在技术复杂且定制化程度高的化工设备领域又增加了推广难度。

3.3 初期投入与成本压力较大

绿色化转型与短期财务收益之间存在一定的矛盾,在转型初期,许多技术升级与新设备引进需要大量资金投入,对企业的现金流和当期利润产生影响。对于中小企业而言,需要承担较高的转型风险,如果投入产出周期过长,被高昂的初期成本拖累则会出现资金链紧张等经营风险,环保设备折旧、新技术摊销等额外成本,会给企业带来切实的运营压力。

4 基于绿色制造的化工设备技术发展策略

4.1 更新制造理念,强化顶层设计

行业与企业需要树立全生命周期的绿色管理思想,制造活动应以设备的长期环境绩效为导向,从材料开采到最终回收处置进行通盘考量,才能实现真正的绿色制造。在战略层面,企业要认识到绿色转型是关乎未来竞争力的必然选择,明确绿色制造的长期目标,形成系统的、可执行的路线图,在组织架构与资源配置上实现战略落地,更有力地支撑技术创新。行业组织与政府部门应根据区域与行业发展阶段,协同制定引导性政策。例如,当前主要障碍在于企业对自身环境责任认识不够深入,对绿色技术的长期回报信心不足^[2]。因此,企业在制定发展规划时,要融入绿色发展战略,客观分析资源、环境等约束条件的变化,做好市场需求与环保法规的衔接,明确技术研发与改造的重点方向,结合自身产品特点,保障发展的可持续性与合规性。在具体执行过程中,要鼓励技术部门大胆探索,也要建立科学的评估机制,这样才能平衡创新与风险,充分响应市场需求。

4.2 推动技术创新与集成应用

绿色制造目标的实现需要多技术协同,各工艺环节之间紧密关联,即便单个环节技术先进,也可能在系统集成上遇到瓶颈。研发部门和生产部门需要紧密协作,做好技术可行性评估及规模化应用的预案,最大限度降低技术应用出现偏差带来的损失。如果发现技术路线存在问题,就要及时调整优化。企业还应积极参与产学研合作,定期组织技术交流与培训,引进外部智力资源,尽可能缩短技术消化周期,也要注重培养内部研发力量,避免过度依赖外部技术,建立持续改进的技术创新文化,为长期发展储备动能。例如,在材料选择上,不仅要考虑其力学与耐腐蚀性能,还应评估其可回收性、生产过程中的能耗,同时进行生命周期评价,如果发现某种材料在开采或制造阶段环境代价过高,则应寻求替代方案,各技术决策都应该经过环境与经济的综合评审^[3]。技术创新能力决定企业的绿色制造水平,保障研发投入是提升竞争力的根本。目前,多数企业处于绿色制造初级阶段,技术引进与消化需要资金与时间,管理层则要给予耐心与支

持,进而营造鼓励创新的氛围,提升整体技术水平。

4.3 在设备全生命周期进行系统优化

在可持续发展理念影响下,基于生命周期评价(LCA)的管理工具为设备的环境绩效量化提供了科学方法,有助于构建系统化的绿色制造管理体系,利用数据驱动决策。通过对设备设计、制造、使用、维护直至报废回收各阶段的环境影响进行量化分析,进一步识别出关键性的改进环节,企业可借助仿真模拟、大数据分析等手段,能对工艺参数进行动态寻优,保证制造出的设备不仅在性能上具有优势,更好地满足绿色化工生产的需求。例如,大型反应器的制造需要大量焊接作业,通过采用高效低尘的焊接工艺和机器人自动化技术。对于涂层工艺产生的挥发性有机物(VOCs),在末端处理过程中引入高效的吸附或催化燃烧技术实现了达标排放和能量回收,同时降低了安全隐患。对制造过程中的固体废弃物,分类回收是资源化利用的重要前提^[9]。对包装材料的选择,企业应优先考虑可重复使用或可降解的材料,注重包装减量化。构建覆盖产品全生命周期的信息追溯系统,让企业通过数据流形成对物料流、能量流的精准管控。让设计人员借助LCA工具、环保材料数据库、绿色工艺库进行协同设计。实现设备轻量化、长寿命、易回收的“生态设计”效果,为绿色制造奠定坚实基础。

4.4 构建绿色成本观,完善激励与约束机制

无论技术如何先进,经济可行性始终是企业决策的核心所在,政府与社会应该协同发力,为企业绿色转型提供必要的财税、金融政策支持,并对先行者给予荣誉激励,对落后产能形成倒逼机制,加强绿色消费的市场引导。针对中小企业的融资难是绿色转型的普遍瓶颈,绿色金融产品只有设计得更灵活、更普惠,才能惠及更多企业。行业协会要发挥桥梁作用,通过组织标杆企业参观学习去推广成熟的绿色制造模式,做好技术供应商与设备制造企业的沟通平台,互相分享经验与教训,通过第三方认证对绿色产品进行背书,保障优质绿色产品获得应有的市场溢价。例如,从碳排放角度来看,未来碳税或碳排放权交易制度的推行,这也将内化环境成本,从而改变企业的成本核算方式。针对绿色技术改造投资,可以探索设立专项绿色信贷或补贴,并实施加速折旧等税收优惠,进一步降低企业当期财务压力,对采购绿色设备的化工企业进行绿色采购加分。此外,环境监管执法一定要保持连贯与严格,从源头审批、过程监控、末端排放等环节,加大违法成本,利用环境信用体系确保环保责任得到落实。在标准方面,也要加快制定化工设备绿色制造评价标准,在产品能效、材料有害物质限制、可回收率等方面,进一步

明确技术指标与评价方法。

4.5 建立行业绿色标准与协同发展生态

对于化工设备这一特定产品类别,应该加快建立统一的绿色设计、绿色工厂、绿色产品评价标准体系,在标准体系完善以后,再去引导企业开展对标与达标活动,保障绿色制造不走样,开展供应链上下游的绿色协同,保障从原材料到成品的整个链条符合绿色要求,这既是对终端用户负责,也是提升产业链整体竞争力的需要。行业要保障标准的先进性与适用性,加强国际标准采标与国内标准创新,进而引领行业的绿色发展方向。例如,在“双碳”目标驱动下,一批领军企业率先实践,通过应用余热回收系统、光伏发电等清洁能源,采用水性涂料替代溶剂型涂料,基于数字孪生技术优化生产调度,达到了节能降耗的显著目的。同时,产业链上的协作创新也要得到鼓励,推动了新材料供应商、设备制造商与化工用户的深度合作,在联合研发中,攻克了特定工况下的绿色技术难题。不仅提升了最终化工设备的能效与环境友好性,设备制造企业自身也体现出强大的绿色服务能力。在未来的产业竞争格局当中,可以预见绿色制造能力和绿色产品认证将成为新的市场准入壁垒,做好自身的绿色化建设是生存与发展的前提,进而赢得客户的长期信赖,实现企业的可持续发展。

5 结语

化工设备制造业想要实现高质量发展,就必须走绿色化、智能化的融合创新之路。绿色制造直接关系到行业的未来竞争力,随着环保法规趋严与资源约束加强,企业一定要做好长期投入与持续改进的准备,逐渐将绿色基因融入企业文化和业务流程,尽可能在制造源头杜绝环境污染与资源浪费的出现,减少末端治理的压力,助力我国从“化工大国”向“化工强国”的跨越。行业应通过政策引导、标准制定、技术推广与金融支持等多种手段,为化工设备绿色制造的全面铺开提供有力支持。实现制造过程的绿色化,能夯实化工行业安全环保的基石,也是制造业践行社会责任的具体表现,保障国家生态安全,最终提升我国化工装备制造业在全球市场的综合竞争力与绿色领导力。

参考文献

- [1] 马良.储罐焊接过程低碳减排工艺路径研究[J].石油和化工设备, 2025, 28(10):19-22.
- [2] 扈泽波,车帅,刘彦超.生命周期评价在太阳能电池中的研究进展[J].有色设备, 2025, 39(2):26-33.
- [3] 齐红梅.筒体内壁喷涂设备智能化设计与应用[J].智能城市应用, 2025, 8(2):79-82.