

# 生命周期方法与材料生命周期工程实践

面对日益严峻的资源匮乏与环境污染问题,追求材料产业与资源环境协调,实现可持续发展已经成为全球共识。《Science》于2018年6月底刊登了一篇题为《Toward a sustainable materials system》的论文,阐述了材料生命周期工程理论在材料设计、研发与应用中的核心指导作用,指出了面对全球未来人口膨胀、资源短缺、环境恶化等挑战,应对材料产业基于全生命周期思想进行重新审视,深入研究与大力推广材料全生命周期可持续发展评价及应用。材料生命周期工程被认为是有效缓解资源匮乏和环境污染的有效途径,进入21世纪以来,引起各国重视并得到了广泛发展,2019年被中国工程院选为全球工程研究前沿。

改革开放以来,我国大规模工业化发展,经济高速增长,但与此同时伴随着资源、能源消耗与环境污染的急速增加,材料工业的能耗和产业发展带来的污染物排放等问题愈加凸显,如我国材料工业能耗已超过全国总能耗的45%、工业总能耗的65%,材料工业发展带来的SO<sub>2</sub>、废水、固体废弃物、烟尘排放分别占工业总量的32%、48%、60%、94%,加剧了资源能源紧缺、生态环境恶化。党的十八大以来,我国已将生态文明建设作为基本国策,推动工业绿色转型。材料产品是人类生存、国民经济发展不可或缺的物质基础与战略先导,在倡导生态文明建设的大背景下,材料产业发展模式应从重产量、重成本、重性能,逐渐向注重性能-资源/能源-环境多维协调的发展模式转变。

20世纪90年代初出现的生态环境材料(ecomaterials)概念,曾赋予材料及其产业以环境协调功能。随着各类材料基础研究和应用技术日趋完善、学科交叉日渐丰富、大数据技术应用日常便捷等,材料学界已从早期的



聂祚仁,中国工程院院士,难熔金属粉末冶金和铝合金领域专家,现任北京工业大学教授、副校长,中国材料研究会副理事长、教育部科技委材料科学学部副主任。研究方向为有色金属冶金材料及加工。

替代毒害和稀缺元素、少合金化设计、节能减排与循环利用技术等单项研发努力,认识趋向必须基于全生命周期方法的材料生命周期工程,要求从材料产品设计、资源获取开始,面向其生命周期全过程,在对材料的使用性能、资源/能源消耗和环境影响进行关联量化分析的基础上,追求全产业链条的最优化,并通过在材料制造、使用、回收等环节中持续进行技术创新与工艺优化,有效降低材料产品全生命周期的综合环境负荷。

生命周期工程是绿色制造战略在全产业链的延伸与扩展,追求满足使用性能、保护环境、促进经济发展为协同目标,将其理论与技术应用到产品的设计与生产中,综合优化产品在生命周期中的成本、性能与环境表现,是一个涵盖产品生态设计、绿色工艺规划、绿色制造、清洁生产、绿色包装、维修、再制造、再利用等诸多研究内容,由制造科学、管理科学和环境科学深层次交叉而形成的国际重要科学与技术研究的前沿领域。在全球为实现可持续发展目标的奋斗进程中,生命周期工程研究与实践迎来了前所

未有的发展良机,绿色制造与智能制造相结合是材料工业践行生态文明与可持续发展的重要方向,生命周期工程的研发与应用机遇与挑战并存。需要基于生命周期视角的基础理论方法指导,面临生命周期工程基础理论研究亟待突破的难题,诸如生命周期评价方法在国际上依然存在争议、本土化评价方法尚未达成一致、生态设计理论与实践仍需进一步完善等;在实施的操作层面,基础材料生产流程工业大数据获取、甄别和聚类汇集等技术,仍然是制约生命周期工程发展的瓶颈。

北京工业大学材料学院生态环境材料研究所自20世纪90年代开始,致力于材料生命周期评价理论与方法、材料环境负荷评价数据库及分析软件和材料生态设计、资源材料循环等研究应用开发与专业人才培养,近30年坚持探索开拓材料生命周期工程。2016年经北京市推荐国家发改委“工业大数据应用技术国家工程实验室”建设,获批准针对工业生产系统全生命周期质量管控和评价不足等问题,开展流程工业及产品的全生命周期多维评价大数据技术研发和工程化,以提升钢铁和有色冶金、建材和化工等大宗基础材料生产流程以及关键零部件制造流程的绿色制造技术水平,满足经济社会发展和国家重大工程需求。

生命周期工程是多专业多领域相融合的工程研究,是一项庞杂的系统工程,更是实现全球可持续发展目标的关键途径。生命周期工程实践迫切需要各相关领域的科技工作者共同携手、肩负使命、勤于探索、勇于实践,为实现人类社会的绿色发展贡献力量。

聂祚仁

(北京工业大学,100124)