

工程系统观下的绿色设计教学研究与实践

许彧青*,王欢,商振,张文博,周春晖

(哈尔滨工程大学机电工程学院,哈尔滨 150001)

摘要:对工程系统价值的反思,增进了人类的生态和环境意识,促进了绿色设计的发展。本文旨在研究工程系统观下的绿色设计课程的项目式教学,首先,指出了工程系统价值与绿色设计发展的关系;然后,明确了工程系统观下的绿色设计课程的教学内容;最后,依据明确项目任务、制定项目计划、项目具体实施、项目成果呈现的项目式教学流程,对绿色设计的“产品和服务生命周期的循环经济方法”进行项目式教学研究与实践,以期有效提升学生的设计分析及设计实践能力。

关键词:工程系统观;绿色设计;全生命周期;项目式教学

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2025)03-0066-6

0 引言

工程系统就是人造事物的系统。工程既是人类在不断进化过程中的思维活动,也是人类创造的生存环境,是人类创立出的自然界不存在的事物和概念。工程系统的价值随时代的发展而发生变化,自20世纪50年代起,在现代系统观念下,工程系统开始反思其负面价值,例如,反思工业发展对环境和生态造成的破坏,探索新的工程系统并体现其正面价值,尝试构建新的绿色文明和开展绿色设计。工程系统观就是对工程系统形成基本的观点,也是对工程系统的反思或再认识。工程系统反思的负面价值是促使绿色设计发生和发展的重要诱因之一。绿色设计发展至今,已成为人类社会可持续发展的必由之路。因此对工程系统观下的绿色设计进行教学研究与实践,有其重要的现实意义。

1 工程系统的价值与绿色设计

工程既包含人类创造的人造物和生存环境,也包含人类有思维的活动自身。工程是以价值取向,整合科学、技术与相关要素,有组织地实现

特定目标的实践。基于工程与生产、产业的紧密关系,将工程区分为农业时代工程、工业时代工程和知业时代工程^[1]。工程的最大价值在于满足人类生存的需要。工程的多种要素,组成了工程系统。工程系统种类繁多,且形成了自身价值。在农业时代,工程系统的价值是利用自然资源来满足衣、食、住、行等需求。在工业时代,工程系统的价值判断变得十分复杂。工程系统既有为人类带来快速发展和福利的正价值增长,也会产生对自然界过度索取的负价值。迈向知业时代,人们开始反思工程系统的负价值,特别是一些巨大工程系统潜伏着当下难以预料危害。从20世纪下半叶开始,可持续发展理论被确立。沃德和杜波斯所著的《只有一个地球:对一个小行星的关怀和维护》、卡逊所著的《寂静的春天》等著作,为唤醒人类对工程系统的反思、增进生态和环境意识、进行绿色设计起到了重要作用。可见,绿色设计着眼于人与自然的生态和谐,并充分考虑环境效益,尽量减少对环境的破坏。

2 工程系统观下的绿色设计教学

工程系统观是对工程系统的观点汇总,工程

基金项目:2024年度黑龙江省高等教育教学改革研究一般项目(SJGYB2024113)。

系统观下的绿色设计,是工程观与系统观的融合,既强调绿色设计的系统观。绿色设计又称可持续设计,是将设计的视野扩大到环境与生态,并使产品的整个生命周期成为闭环的设计系统(图1)。在产品的整个生命周期内,优先考虑产品的环境属性(可拆卸性、可回收性、可维修性、可重复利用性等),并将其作为设计目标,在满足环境目标的同时,保证产品的功能、质量、寿命等^[2]。绿色设计课程的教学内容包括:工程系统观与绿色设计、绿色设计的含义、绿色设计的方法和技术、全生命周期环境影响评价、面向再循环的设计、绿色产品和绿色包装设计等。下面就工程系统观下的绿色设计的“产品和服务生命周期的循环经济方法”,依据明确项目任务、制定项目计划、项目具体实施、项目成果呈现的项目式教学步骤,进行教学研究与实践。

3 绿色设计的项目式教学

3.1 明确项目任务

教师需引导学生明确“CIRC4Life”的项目任务。“CIRC4Life”(产品和服务生命周期的循环经济方法)是欧盟2020年发起的项目,共有17个高校、科研机构及企业组成的团队参与研究,总协调机构是英国诺丁汉特伦特大学。我校与英国诺丁汉特伦特大学通过互派访问学者、项目交流、双方学生共同参与设计项目等多种方式进行了多年的设计交流。我校绿色设计课程也引入该项目进行项目式教学研究与教学实践。该

项目创立了生态账户方法,该方法由协作回收/再利用模式、共创产品/服务模式、可持续消费模式组成。该方法将生产者、研究者、终端用户和消费者、回收者、公民社会、公共机构、零售商等组成一个产品生产、销售、使用、废弃及回收再利用的闭环(图2)。因此,本次项目式教学需指导学生完成:①生态账户法的研究及应用;②针对LED照明产品、肉类供应链、平板电脑回收/再利用、蔬菜种植和食物四类产品/服务进行设计实践。

3.2 制定项目计划

依据“CIRC4Life”的项目式教学内容,制定项目计划。首先,通过教师课堂讲授及学生自主学习,掌握绿色设计和绿色产品的含义,掌握全生命周期环境影响评价的方法,掌握生态账户法的含义,掌握生态成本值、生态奖励值和生态账户的含义及计算方法。其次,选取LED照明产品、肉类供应链、平板电脑、蔬菜种植和食物等四类产品/服务,进行生态成本值、生态奖励值和生态账户的计算。最后,将生态账户法的具体应用,体现于这四类产品/服务的设计中。

3.3 项目具体实施

(1) 生态账户法的含义

在生态账户法中,产品供应链信息包括生态成本值、生态奖励值和生态账户三部分。生态成本值表示产品对环境的影响,通过可持续生产制造进行评估。生态奖励值是奖励回收报废产品

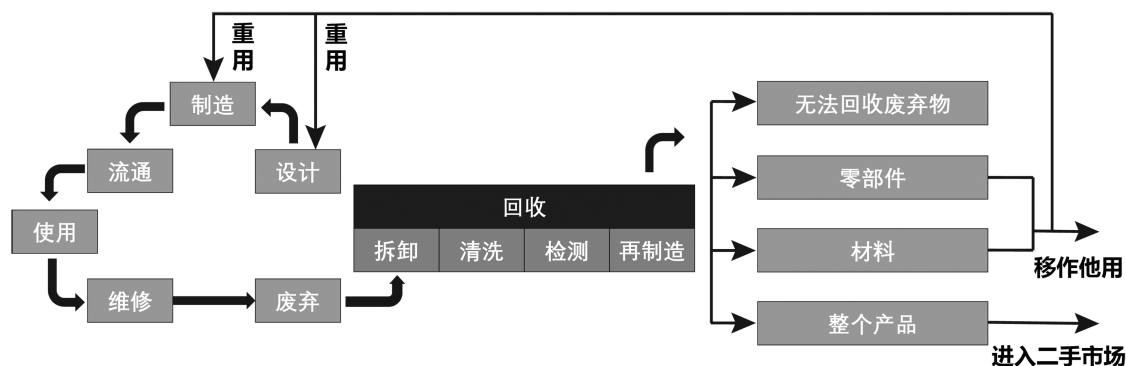


图1 闭环式的产品生命周期

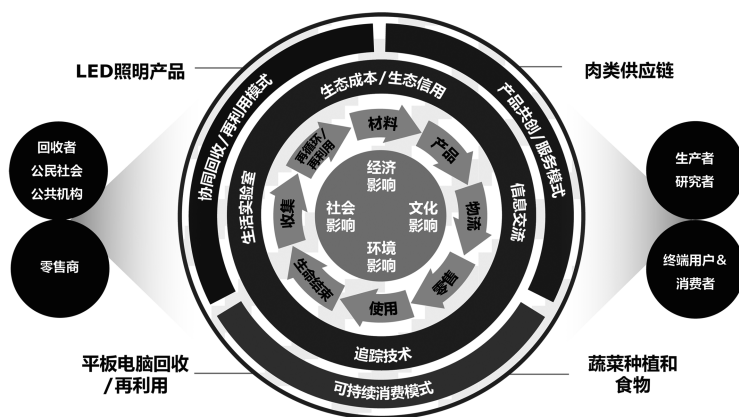


图2 产品和服务生命周期的循环经济方法

生物废料的用户,通过回收/再利用、顾客生态账户来实现。生态账户是通过生态奖励值、生态消费值和生态总计值记录消费者的足迹,通过生态友好购物和顾客生态账户来实现^[3]。

(2) 生态成本值的含义及计算

产品的生态成本值是通过计算产品在整个生命周期(设计、制造、流通、使用、维修、废弃和回收)中的生态影响得出的。在已有的全生命周期评估法中,目前采用 ReCiPe 方法来计算产品的生态成本值,该方法是将欧盟主导的产品环境影响足迹法的 17 个影响类别参数,转化为生态成本值的方法^[4]。

要求学生掌握采用 ReCiPe 法进行生态成本值计算的流程:① ReCiPe 法就是从材料使用、生产流程、包装、运输、生态成本、组装及拆卸、产品再利用及再循环、弃置、废弃物等角度进行分析,得出生命周期清单(LCI)输入数据,并划分出 17 个影响类别参数:微粒物质、降低辐射、平流层臭氧层耗损、人体毒性(癌症)、人体毒性(非癌症)、全球变暖、水的利用、淡水生态毒性及富营养化、对流层臭氧形成(人)、对流层臭氧形成(生态)、陆地生态毒性、陆地酸化、土地利用及改造、海洋生态毒性、海洋富营养化、矿产资源、化石资源。②对影响类别参数进行分析,归纳出对人类、生态系统及资源的损害:呼吸系统疾病的增加、各类癌症的增加、其他疾病的增加、营养不良人数的增加、对陆地物种的损害、对淡水物

种的损害、对海洋物种的损害、开采成本的增加、石油/天然气/煤炭成本的增加。这些损害都是生态成本。

食品生态标签中包含生态成本的信息。顾客在商店使用智能手机,通过扫描放置在商店货架上的产品中嵌入的条形码或 RFID 芯片形式的生态标签,可以查看产品的生态成本值和产品的可持续制造信息,以方便消费者选择更多绿色产品。例如:贴在香肠包装上的生态标签,数字 0.64 是基准生态成本(该产品类别的平均生态成本值)。中间的数字 0.47 是该产品(香肠)的生态成本,比基准生态成本好,即高出 30%。

(3) 生态奖励值的含义及计算

生态奖励值用于奖励消费者在产品生命周期结束时,长期使用、回收和再利用的积极行为。由于使用时间较长,生态奖励值价值可能高于生态成本价值。要求学生掌握生态奖励值的统计方法:①使用智能垃圾箱回收报废电子产品或生物废物,过程包括:识别用户 ID,打印带有条形码的贴纸,将回收的产品或生物废物放入垃圾桶,在回收中心处理回收物品。②消费者通过手机收到存储在其生态账户中的生态奖励值,并可以通过手机进行追踪。最后,引导学生进行废弃电子产品回收箱的设计。

(4) 生态账户的含义及应用

生态账户使消费者能够记录和跟踪他们对环境的日常“足迹”。生态账户包括生态奖励值、



图3 西式火腿的包装设计

生态消费值和生态总计值。生态奖励值是消费者通过回收和再利用产品获得的。生态消费值是通过购买产品产生的,生态消费值为生态成本值的负值。生态总计值是生态奖励值和生态消费值的总和,反映了消费者的整体影响足迹。

引导学生在项目产品的设计中引入生态账户并实现:①顾客购物时用手机扫描商品外包装上的生态信息,了解预购买的每件商品的生态消费值,然后进行购买。②顾客购买后会得到所购买商品的生态消费值及生态账户中的生态总计值。

(5)生态账户法的应用

本项目主要研究生态账户法在 LED 照明产品、肉类供应链、平板电脑、蔬菜种植和食物等四类产品/服务中的应用,主要考虑:①识别并实施对环境影响较小的生产流程,减少制造过程对生态环境的负面影响。②进行生态采购,即在原材料/产品采购时考虑对生态环境的影响。③可持续产品开发方法的研究及应用,例如电子产品的回收和再利用设计等。④开发新服务以增强可持续生产,例如,向 LED 终端用户出租产品,以及食品的新包装及新零售方法^[5]。生态账户法的应用也是项目式教学实践的主要内容。

3.4 项目成果呈现

通过学生的项目式教学实践进行项目成果呈现,主要包括:①围绕项目理论教学内容进行分析,例如,进行产品生态成本值与生态奖励值的计算及分析等。②应用可持续设计制造方法进行设计实践,例如,完成项目中提及的 LED 灯具设计、废弃电子产品回收装置设计、西式火腿包装设计等项目设计实践。图3为带有生态标签码的西式火腿包装的设计实例。

4 结语

通过研究工程的含义和工程系统的价值,明确了工程系统观下的绿色设计是工程观与系统观的融合,绿色设计需全面系统地进行全生命周期设计。通过明确工程系统观下绿色设计的教学内容,解析“产品和服务生命周期的循环经济方法”项目,进行绿色设计的项目式教学研究与实践,使绿色设计课程更加契合专业培养目标并达到人才培养要求。通过项目式教学,提高了学生的自我学习能力,并取得了良好的教学效果。

参考文献(References):

[1] 李喜先. 工程系统论[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 8.

-
- [2] 朱世范, 商振, 王姝懿等. 产品可持续设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- [3] Su D, Peng W. Eco - accounting infrastructure[J]. Sustainable Product Development: Tools, Methods and Examples, 2020: 73 - 84.
- [4] Huijbregts M A J, Steinmann Z J N, Elshout P M F, et al. Correction to: ReCiPe 2016: a harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment 2020: 1 - 1.
- [5] Su D, Wu Y, Chai Z. Advanced integrated manufacture by application of sustainable technology through product lifecycle: a circular economy approach[C]// Proceedings of the 2019 International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing. 2019: 1 - 4.
-
- 作者简介:**
第一作者/通讯作者: 许彧青, 1969 年生, 女, 沈阳人, 博士, 哈尔滨工程大学, 教授, 主要研究方向为工业设计。
Email: xuyuqing@hrbeu.edu.cn
-

Research and Practices on the Green Design Teaching from Engineering System

XU Yuqing* , WANG Huan, SHANG Zhen, ZHANG Wenbo, ZHOU Chunhui

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: Critical reflections on the value of engineering systems have significantly enhanced global ecological and environmental consciousness, thereby accelerating the advancement of green design. This study focuses on developing project – based teaching methodologies for green design curricula through an engineering systems perspective. The research unfolds in three phases: Firstly, it clarifies the interdependent relationship between engineering systems values and green design evolution. Secondly, it systematically defines the pedagogical framework for green design education grounded in engineering systems thinking. Finally, following the project – based learning cycle, comprising task clarification, planning development, practical implementation, and outcome demonstration, this paper conducts teaching experiments on the "circular economy approach for product – service life cycles" in green design. This pedagogical innovation demonstrates measurable improvements in students' competencies in systematic design analysis and sustainable design practice.

Key words: engineering systems perspective; green design; life cycle; project – based teaching