

# 基于绿色建筑设计方法的轻工产品设计研究

吕静雅<sup>1</sup>, 张峻霞<sup>1,2</sup>

(1.天津科技大学 机械工程学院工业设计系, 天津 300222

2.天津市轻工与食品工程机械装备集成设计与在线监控重点实验室, 天津 300222)

**摘要:** **目的** 分析绿色建筑案例, 汲取绿色建筑的设计方法, 通过学科交叉构建具有可控性的啤酒发酵罐设计方法, 改变发酵罐耗能高的现状。**方法** 近年来, 中国建筑的运行能耗占全国总能耗的比例较大, 一直维持在 20%~25%。与此同时, 一些西方国家对绿色建筑设计方法的研究已取得突破性成果。建筑设计与产品设计的本质上都是为人服务, 是功能、技术与艺术的统一体, 具有相互借鉴的可行性。通过分析绿色建筑的相关理论及著名零能耗建筑案例, 对轻工产品设计进行可控性指导, 这是十分必要的。以啤酒发酵罐为例, 从产品全生命周期角度出发, 充分考虑设备结构参数、零部件种类及特性, 优化设计流程, 提出设计方法。**结论** 提出了啤酒酿造设备的绿色设计方法, 为企业真正实现节能、减排、降耗提供参考。

**关键词:** 绿色建筑设计; 零能耗建筑; 啤酒发酵罐设计

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)12-0020-05

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.12.005

## Design of Light Industrial Products Based on Green Building Design Method

LYU Jing-ya<sup>1</sup>, ZHANG Jun-xia<sup>1,2</sup>

(1.Department of Industrial Design, School of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China; 2.Tianjin Key Laboratory of Integrated Design and On-line Monitoring for Light Industry & Food Machinery and Equipment, Tianjin 300222, China)

**ABSTRACT:** It aims to analyze the case of a green architecture, learn green architecture design methods, establish a controllable beer fermentation tank design method through cross-disciplinary research methods, and change the current high energy consumption of fermenters from the source. In recent years, the energy consumption of Chinese architecture operations has accounted for a large proportion of the country's total energy consumption and has remained at 20%-25%. Many countries have obtained the theoretical and practical results of the research on the design methods of green architecture. Architectural design and product design are essentially services for people. They are the unity of function, technology and art. They have the feasibility of learning from each other. It is necessary to analyze the relevant research theories of green architecture design and the case of zero energy green architectures, and to extract the controllability guidance for the design of light industrial products. Taking beer fermentor as an example, the design process is optimized from the perspective of the entire product life cycle with considering the equipments' structure parameters, component types and characteristics, and then a design method is proposed. The green design method of beer brewing equipment is proposed to provide reference for beer brewing equipment companies to truly realize energy saving, emission reduction and consumption reduction.

**KEY WORDS:** green architecture design; zero-energy consumption building; beer fermentor

收稿日期: 2018-02-14

基金项目: 教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目 (16JZD014)

作者简介: 吕静雅 (1990—), 女, 河北人, 天津科技大学机械工程学院硕士生, 主攻产品可持续性设计。

通信作者: 张峻霞 (1968—), 女, 山西人, 博士, 天津科技大学机械工程学院教授, 主要研究方向为人机工程学、人体仿生机构学和产品可持续性设计。

自 20 世纪 70 年代以来, 全球经济迅速发展, 高度的工业化、城市化虽然给世界带来了丰富的物质财富, 但同时也带来了严重的生态危机。人类已经意识到绿色生态环境的重要性, 绿色设计理念应运而生。由于啤酒酿造行业具有能耗大、耗水量大且排污量大及污染物种类多等特点, 所以啤酒酿造企业开始越来越关注工厂建设和生产成本, 节能、降耗、减排、增效和低碳已成为当前中国啤酒酿造设备发展的新主题<sup>[1]</sup>。从本质上来看, 绿色设计涵盖众多领域, 其中对绿色建筑设计的研究已取得突破性进展, 设计师们试图达到人、自然环境与建筑的和谐统一并据此提出相关准则。从微建筑设计的视角来看, 建筑设计与产品设计的界限是模糊的, 因此, 运用学科交叉的研究方法, 从绿色建筑的设计案例及方法中取其精华, 并应用到轻工产品设计中就显得十分必要。

## 1 绿色建筑设计与绿色产品设计

“绿色建筑”从全生命周期的角度出发, 将人、环境、建筑有机结合, 在建筑的设计和施工的过程中最大限度降低建筑对环境所造成的各种负担, 同时考虑绿色运营和绿色拆除, 在维持周边生态环境平衡的基础上建设环保的生态建筑。与传统建筑设计相比, 绿色建筑更加注重建设和投入使用之后的能源消耗, 高效利用不可再生资源, 充分利用光能、风能及通过改变自身结构达到目的, 约束人对自然环境的破坏行为, 营造与自然和谐共生的建筑, 实现节能、生态、功能的协调统一<sup>[2]</sup>。

产品设计与建筑设计都是为改善人们的生活水平而生, 本质都是为人服务, 产品设计是解决人造物与人的关系, 建筑设计则是解决人造空间与人的关系, 空间是连接建筑设计和产品设计的重要纽带。人通过使用产品将建筑空间消化, 产品赋予了建筑空间存在的价值, 同时建筑空间也为产品提供了使用环境, 两者相互依托。建筑设计和产品设计都是功能性、技术性和艺术性的统一体, 是使用价值与精神价值的统一<sup>[3]</sup>。

在过去的几十年里, 各国建筑界越来越意识到能源效率和二氧化碳排放对全球变暖起着至关重要的影响。据统计, 全球日气温每十年上升约  $0.1^{\circ}\text{C}$ <sup>[4]</sup>, 环境污染使人们开始反思并倡导绿色设计, 提倡将环境问题融入到设计当中。设计师们也开始寻求新的绿色设计方法, 将绿色建筑设计与绿色产品设计联系起来, 探索新的设计方向。

## 2 零能耗建筑

零能耗建筑主要是指以太阳能、地热能等绿色可

再生能源为建筑提供能量的绿色建筑类型, 也被称为零的净能量建筑<sup>[5]</sup>, 即可再生能源系统产生的能量与建筑运行所消耗的能量相抵为零<sup>[6]</sup>。零能耗建筑通过充分利用节能技术, 以此减少建筑能耗而非完全不消耗能源, 主要方法有提高能源利用率使建筑能耗与建筑产能达到平衡。可再生能源对于零能耗建筑来说十分重要, 一般使用的种类有太阳能、风能、地热、生物质能等。

世界绿色建筑的案例数不胜数, 其中较为著名的有美国哈佛大学的哈佛 HouseZero 大楼、挪威 Plus House Larvik 倾斜小屋、日本首幢环境生态高层住宅、英国的 BRE 环境楼等。国内也有相关尝试, 例如华中科技大学的教学楼改造工程、清华大学的游泳馆等。本文以美国哈佛 HouseZero 大楼为例, 详细分析其设计思路, 并提取绿色建筑的设计方法。

### 2.1 美国哈佛 HouseZero 大楼翻新案例分析

HouseZero 大楼是一幢建于 1940 年的 3 层建筑, 建筑占地  $427\text{ m}^2$ , 由哈佛大学 CGBC, Snøhetta 及 Skanska Technology 联手设计, 设计团队将其命名为“HouseZero”, 目的是要使之成为世界上最环保的可持续建筑之一。HouseZero 外观见图 1。



图 1 HouseZero 外观  
Fig.1 HouseZero appearance

该建筑为实现全生命周期零排放, 将各独立空间融合统一, 采用 100% 自然通风与采光设计, 在大楼屋顶安置太阳能光伏板, 并将剩余的电能输入城市电网供其他用户使用; 在室内设置传感器检测空气质量, 并在玻璃上加置可调节遮阳板, 以达到自然降温的效果; 设计师在房屋东侧设置有烟囱, 使热气流逆向推移, 实现室内自然的空气循环; 大楼本身具有 3 层的木质结构, 采用天然粘土、石膏、桦木、超高性能混凝土以及纳米陶瓷等低碳排放材料, 在低碳的同时保证使用者的舒适度; 除此之外, 为应对气候变迁, 大楼还增加了保温隔热层, 地源热泵可以通过辐射楼板加热或制冷, 其内部结构见图 2。



图2 内部结构  
Fig.2 Internal structure

## 2.2 绿色建筑设计方法

绿色建筑设计通常会从建筑体形、朝向、平面布置、门窗位置、墙体和屋顶这几个方面考虑,具有系统协同性、地域性、高效性、自然性、健康性、经济

性、进化性 7 个原则<sup>[7]</sup>。HouseZero 绿色建筑设计方法见表 1。

## 3 啤酒酿造设备

### 3.1 我国啤酒行业的现状

中国啤酒产业发展迅速,2001 年的啤酒产量为 2274 万吨,2003 年的啤酒产量已经达到 2386 万吨,首次超过美国成为世界第一啤酒生产大国<sup>[8]</sup>。中国啤酒年产量趋势见图 3。

我国虽已成为啤酒生产大国,但啤酒企业的生产设备水平参差不齐,生产技术相对落后,导致其只能占据国内的中低端市场,使很多啤酒企业高投入低产出,经济效益差。在发酵过程中存在能耗较高、污染物种类多、污水处理不彻底等问题,现有污水处理技术的种类较多,例如活性炭过滤、纳滤、反渗透技术等,但由于设备及成本问题,国内并未完全普及。

表 1 HouseZero 绿色建筑设计方法  
Tab.1 Architectural design method on HouseZero

序号	框架	具体方法
1	合理规划建筑总体布局	提高土地利用率;充分利用自然采光;减少外墙面积、节材;合理控制层高达到节能效果;灵活使用空间、减少建筑体量;立体绿化、屋面绿化和垂直绿化
2	绿色建筑材料的使用	就近原则减少运输能耗;避免使用高蕴能量、放射性、污染大材料;最大范围采用可重复利用地方性建筑材料;旧建筑构建及材料重复利用
3	使用高新技术节能	保温、隔热、遮阳,以应对各种气候;降低维护结构能耗;太阳能、地热做热源;太阳能生电;降低维护结构能耗;使用新型隔热保温窗及玻璃幕墙结构;传感器控制策略
4	高效用水	增加路面及屋顶需水量、减小屋面雨水的径流量;加强水处理系统(雨水、住宅用水);通过修筑雨水、污水管道实现自流、节约成本
5	绿色节能的通风采光	充分利用自然光源、节约电照明(镜面反光玻璃板和金属反光板原理);空气对流改善室内气流条件和冷热环境;日照间距和风影间距综合分析;自平衡通风系统

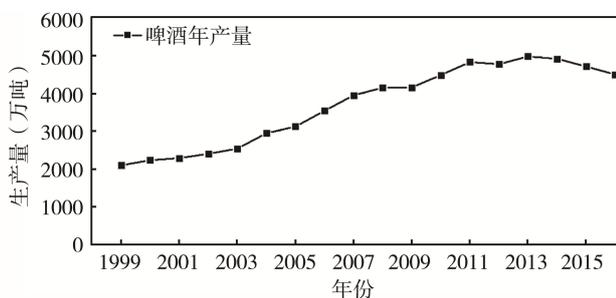


图 3 中国啤酒年产量趋势  
Fig.3 The trend of annual output of beer in China

从产品的全生命周期角度来看,在生产、制作与使用这些设备的过程中,会产生新的能耗污染,当这些用来处理污染问题的设备退出自己的生命舞台时,还需对其采取新的回收处理机制,这又会产生新的问

题,因此,设计一个让啤酒酿造设备自身降低能耗和污染的绿色方法十分必要,实现设备真正意义上的全生命周期零碳排放。

啤酒设备的设计方法离不开啤酒制作工艺,保证啤酒口感是首要前提。啤酒酿造过程主要分为制麦、糖化、发酵、包装 4 大环节,主要污染物的产生和能量消耗发生在发酵环节,发酵罐是啤酒生产的主要设备之一。本文以发酵罐为例,将绿色建筑设计方法与传统发酵罐设计方法相结合,进行符合发酵罐特点的绿色设计方法研究。

### 3.2 啤酒发酵罐设备的主要结构

发酵罐是啤酒酿造过程中的反应设备,其作用主要是使物料均匀混合,利用酵母菌使麦汁低温发酵,啤酒发酵罐基本组成部分见表 2。

表 2 啤酒发酵罐基本组成部分  
Tab.2 Basic components of beer fermentor

发酵罐系统	零部件
发酵罐主体	封头、筒体、锥体
阀门及通口	进料口、取样口、接种口、排气口、 冷凝水入口、视镜、灯镜、安全阀、 人孔、等
发酵参数 感应装置	PH电极,溶氧电极,温度计等传感器、 压力表接管
冷却装置	各种形式夹套
搅拌及混合装置	搅拌器
消泡装置	机械消泡
变速装置	三角皮带变速装置、齿轮减速装 置为主
清洗装置	CIP系统装置、不同尺寸洗濯器

### 3.3 发酵罐设计方法

发酵罐属于密闭容器的范畴，需有足够的强度、密封性、耐腐蚀性及稳定性以及具有清洁系统，在反应过程中可以有效控温以便酵母菌发酵，同时应有降温装置，能及时将发酵过程中产生的热量带走。从微建筑的视角来看，它可以被看作一个微型封闭的圆形建筑，为解决啤酒在发酵过程中能耗高、排污大的局面，需要在保证啤酒口感的前提下借鉴绿色建筑设计方法进行学科交叉探讨，提炼出更节能的发酵罐设计方法。发酵罐设计方法见图 4。

首先通过物料衡算,按照用户需求与工艺要求确定结构参数,通过能量衡算找出设备中的热负荷和耗能情况，寻找可替代能源。其次，选择结构形式时尤其要注意传热形式的选择,由于啤酒在发酵过程中会不断产生热能，所以如何回收再利用热能变得十分必要。

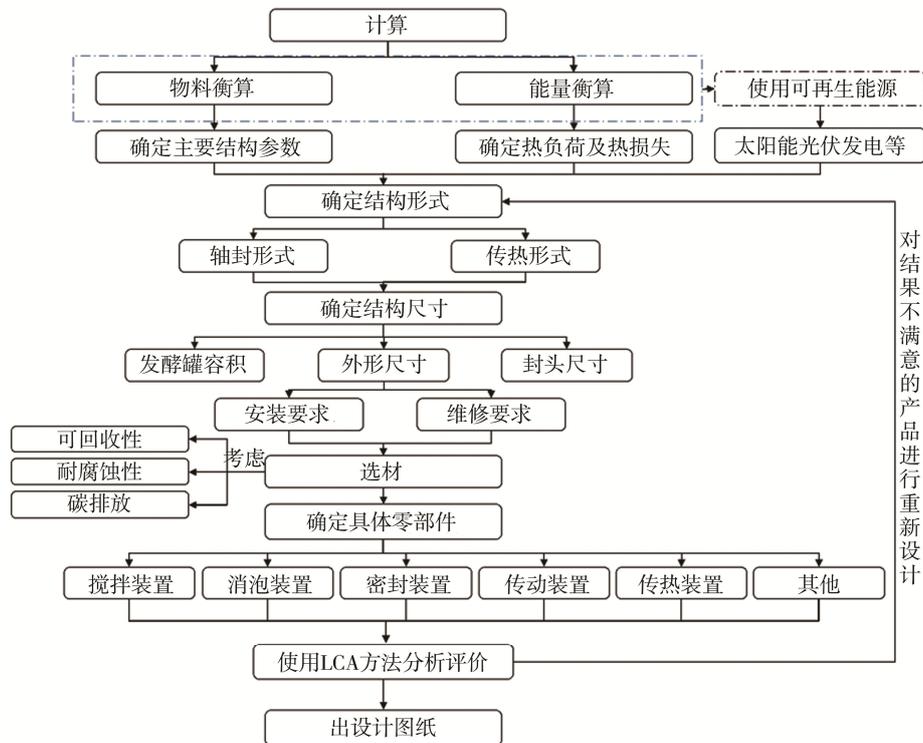


图 4 经过优化的啤酒发酵罐设计方法

Fig.4 Optimized beer fermentation tank design method

可以通过选择合适的地理位置，利用空气对流原理对发酵罐进行自然降温，减少冷却装置的能耗，再通过传感器让酵母菌更好地工作以及把控啤酒口感。高新技术节能方法同样适用于发酵罐，让产品更具智能化。最后，根据工艺要求，确定啤酒发酵罐的结构形式及尺寸，例如容积、外形尺寸、封头尺寸，再确定罐体的占地面积、酵母的凝聚、沉降程度。罐体直径越大，散热速度越快，但容易引起酵母菌的凝聚、沉降，影响发酵质量。罐体在保证容积的情况下可根据改变形状及构造达到节省材料的目的，因此，设计时

应尽量让罐体接近球形以节省用料。

现阶段大多数啤酒的发酵罐都采用不锈钢制作，其耐腐蚀性高，对环境污染小，可以回收再利用，比以往碳钢加涂层的方式更加经济适用，选择需根据《钢制压力容器》选择材质<sup>[9]</sup>。根据零部件的结构形式、受力条件及材料的机械性能腐蚀情况进行强度计算，确定结构尺寸，例如封头壁厚、轴径等<sup>[10]</sup>。在总体设计完成后采用 LCA 评价方法对能耗及污染物进行量化评价，对结果不满意的产品重新进行设计，直至结果满意为止，最后出设计图纸。

## 4 结语

当今社会倡导绿色低碳,将保护环境放在首位。想要实现绿色建筑设计,就需要将建筑功能的各个子系统和各种节能技术相结合,这涉及到建筑行业的方方面面,其中建筑新能源技术的影响尤为明显<sup>[11]</sup>。随着探索的不断深入,建筑设计的方法和理念将不断应用到更多的实践中,给轻工产品设计提供借鉴,轻工产品的设计方法也需要变革,以适应新的挑战 and 机遇。只有从产品的全生命周期角度出发,轻工产品的绿色设计体系才会更加完善。

### 参考文献:

- [1] 潘建中. “绿色建筑设计”在现代啤酒工厂设计的应用和实践[J]. 啤酒科技, 2010(10): 15—18.  
PAN Jian-zhong. Application and Practice of "Green Building Design" in Modern Brewery Design[J]. Beer Technology, 2010(10): 15—18.
- [2] 刘国敏, 陶瑞峰. 吉林地区屋顶花园式绿色建筑发展构想研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(34): 16711—16712.  
LIU Guo-min, TAO Rui-feng. Study on the Development Concept of the Roof Garden Type Green Building in Jilin Area[J]. Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(34): 16711—16712.
- [3] 孔梅. 浅析现代建筑设计与产品设计的交融碰撞[J]. 科技信息, 2012(34): 646—647.  
KONG Mei. Brief Analysis of the Collision between Modern Architectural Design and Product Design[J]. Technology Information, 2012(34): 646—647.
- [4] BRAMBILLA A, SALVALAI G, IMPERADORI M, et al. Nearly Zero Energy Building Renovation: from Energy Efficiency to Environmental Efficiency, a Pilot Case Study[J]. Energy & Buildings, 2018: 166.
- [5] 刘洋, 谢志东. 从瑞士“eltaZERO”零能耗大楼谈现代建筑节能技术[J]. 建筑节能, 2015(9): 63—66.  
LIU Yang, XIE Zhi-dong. Modern Building Energy Efficiency Technology [J]. Building Energy Efficiency from Switzerland's "DeltaZERO" Zero Energy Consumption Building, 2015(9): 63—66.
- [6] 莫争春. 可再生能源与零能耗建筑[J]. 世界环境, 2009(4): 33—35.  
MO Zheng-Chun. Renewable Energy and Zero Energy Consumption Building[J]. World Environment, 2009(4): 33—35.
- [7] 刘抚英, 厉天数, 赵军. 绿色建筑设计的原则与目标[J]. 建筑技术, 2013, 44(3): 212—215. LIU Fu-ying, LI Tian-shu, ZHAO Jun. Principles and Objectives of Green Building Design[J]. Building Technology, 2013, 44(3): 212—215.
- [8] 王宇. 中国啤酒生产企业现状及发展对策研究[D]. 长春理工大学, 2006.  
WANG Yu. Current Situation and Development Strategy of China's Beer Brewing Enterprises[D]. Changchun University of Science and Technology, 2006.
- [9] 中国标准出版社. 钢制压力容器[M]. 北京: 中国标准出版社, 1998.  
China Standard Press. Steel Pressure Vessel[M]. Beijing: China Standard Press, 1998.
- [10] QAZIZADA M E. Design of a Batch Stirred Fermenter for Ethanol Production[J]. Procedia Engineering, 2016, 149: 389—403.
- [11] 柴陆修, 张旬. 建筑节能对建筑设计发展的影响分析[J]. 低温建筑技术, 2008, 30(3): 33—35.  
CHAI Lu-xun, ZHANG Xun. Analysis of the Impact of Building Energy Efficiency on the Development of Architectural Design[J]. Cryogenic Building Technology, 2008, 30(3): 33—35.