

浅谈城市低碳建筑性能设计评估与优化

张佳昌¹, 张翠林²

¹燕山大学电气工程学院, 河北 秦皇岛

²中国建筑技术集团, 北京

收稿日期: 2023年4月24日; 录用日期: 2023年5月14日; 发布日期: 2023年5月25日

摘要

随着全球气候变暖, 二氧化碳排放量的不断增加, 污染愈演愈烈, 低碳环保已成为当前建筑设计的首要考虑因素。建筑物成为了二氧化碳的主要释放中心, 急需在设计建造时考虑整个使用过程中的低碳性能。为了研究低碳建筑性能设计, 本文首先简述了当代低碳建筑的节能理念和现实意义, 然后系统分析在低碳模式下建筑物的主要碳排放活动, 并运用大数据分析和多因素数据分析, 形成了一个低碳建筑性能设计的评估系统, 并优化了工程设计中的技术。实验结果可为低碳建筑性能设计提出指导建议, 为低碳建筑设计与管理提出理论依据等。

关键词

低碳建筑, 低碳性设计, 评价体系, 性能优化

A Brief Analysis of the Evaluation and Optimization of Urban Low-Carbon Building Performance Design

Jiachang Zhang¹, Cuilin Zhang²

¹School of Electrical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao Hebei

²China Building Technique Group Co., Ltd., Beijing

Received: Apr. 24th, 2023; accepted: May 14th, 2023; published: May 25th, 2023

Abstract

With global warming and a large increase in carbon dioxide gas emissions, environmental pollution is becoming more and more serious, and hence low-carbon environmental protection has become the primary consideration of the current building design. As the main emitter of carbon dio-

xide, it is urgently necessary for buildings to consider the low-carbon performance during the entire use process of designing and building. For studying the performance design of low-carbon buildings, this paper first describes the energy-saving think and practical significance of contemporary low-carbon buildings, then systematically analyzes the main carbon emission activities of buildings under the low-carbon mode, and utilizes big data analysis and multi-factor analysis to establish an evaluation system for low-carbon building performance design and optimize the key technologies of building design. The experimental results can provide guidance for the performance design of low-carbon buildings, and theoretical basis for the design and management of low-carbon buildings.

Keywords

Low-Carbon Building, Low-Carbon Design, Evaluation System, Performance Optimization

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着资源的快速消耗和人类对大自然的过度使用, 环境污染越来越严重, 其中气候污染尤为严重, 二氧化碳气体的过量排放导致了气候变暖, 使得地球的温度变的越来越高[1]。因此, 保护环境已经成为当前社会经济发展的首要任务。人类排放的温室气体绝大部分来自城市生活, 城市碳排放量约占全球温室气体总量的 75%。在城市温室气体中, 交通、工业和建筑是主要排放源[2]。建造和维护现有建筑所消耗的能源占全球能源消耗的 30%到 40% [3]。从建筑材料的生产到建筑物的建造和使用, 这一过程使用了地球资源的很大一部分, 并产生相应的废气和废物。建设低碳城市, 建造低碳建筑也成为建筑业所面临的迫切要求。

多年来, 众多科研工作者一直致力于低碳建筑的研究[4]-[10]。Knefel 分析了 16 座城市多栋建筑的能源消耗数据, 数据表明节能技术减少了 20~40%的建筑耗能, 并通过节能成本预算, 加强印证了节能减排的可行性及必要性[11]。黄强等人总结低碳建筑标准评价指标体系, 包括四部分: 主体结构、运行设备、居住耗能和建筑物拆除, 细分 13 项指标, 其中结构包括低碳设计、低碳材料和低碳施工[12]。

本文通过对建筑全生命周期碳排放量的分析和统计, 建立建筑碳排放计算体系和建筑设计碳排放预算方案, 提出设计优化措施, 从而设计出低碳建筑, 该过程和结果为低碳建筑设计提供了判断标准和优化指导, 进而推动低碳建筑的发展。

2. 低碳建筑发展的内涵及影响因素

低碳建筑是基于建筑全生命周期低排放、低污染、低能耗的建筑, 其目的是在保证人们正常生活生产需要的基础上, 打造更为健康、可持续发展的建筑环境[13]。在建筑物的整个生命周期中, 即建筑材料和设备的生产制造、建筑建造、建筑使用和维护, 再到拆除和回收的整个阶段, 减少化石能源的使用, 提高能源效率, 尽可能地增加碳回收减少碳排, 甚至实现零排放、负排放, 这就是“低碳建筑”。

2.1. 低碳建筑的内涵

2019 年全国建筑全过程的碳排放的总量达到约 50 亿吨, 二氧化碳占到全国的排放的比重一半以上,

运行阶段是 42%，占到全国的碳排放的 21% [14]。从这个数据我们可以看到建筑行业的节能减排是我国“双碳目标”实现非常关键的一个领域，国家也非常重视绿色建筑的发展。按照低碳经济的理念，低碳建筑是指在建筑的整个生命周期内减少温室气体的排放，为人们提供合理的舒适的使用空间的建筑模式。比如根据人体舒适度，设置智能控制系统，避免夏季室内温度太低或者冬季室内温度过高导致能耗增加；另一方面，不能为了减排而忽略了居住人的舒适度要求，不用调温肯定能减排，但不一定是低碳建筑。

低碳建筑也应该是绿色建筑。绿色建筑技术适用于低碳建筑，当前社会发展形势下，我们应该合理地利用绿色建筑技术，以争取尽可能地减少建筑物的碳排放量，同时还应该积极鼓励科研人员进行节能减排、碳排放计算等理论的研究和实践，最终实现“低碳建筑”，甚至是“零碳建筑”。

同时，我们也应该做到与自然环境融合共生，实现人与自然、建筑与自然的和谐可持续发展；提供安全、健康、舒适的生活空间，保护自然，节约资源，打造健康舒适的生活圈是实现社会可持续发展的必要手段。

2.2. 低碳建筑发展的影响因素

随着社会经济和科技的发展，城市与建筑，这两个人类文化的产物，相互影响着。社会、科技和人类活动都是低碳建筑发展的影响因素。随着低碳经济的发展，低碳建筑应运而生。从材料生产、建筑施工到几十年甚至上百年的建筑使用，建筑已经成为地球上温室气体的主要排放者。随着碳排放交易市场的形成和逐步完善，控制建筑的碳排放不仅是一种环境行为，也是一种经济行为，国家正在制定和发展控制建筑的碳排放相关的政策和方针。

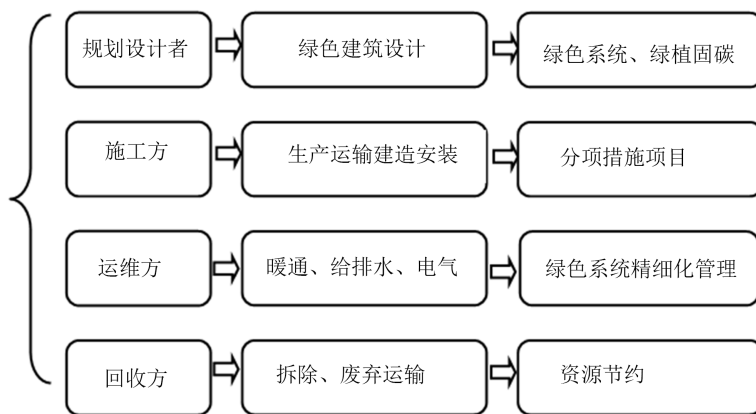


Figure 1. Diagram of the activities of the participants in the building life activity
图 1. 建筑生命活动参与方活动关系图

建筑是人类改造自然的产物，是人造封闭空间的建筑实体。从建筑全生命周期的角度来看，人们在创造和使用这一空间过程中的行为影响了建筑低碳属性的发展。对建筑生命过程活动参与者的分析可以如图 1 所示。

3. 建筑设计的低碳性能评估和优化

随着绿色建筑的发展，国内外建立了许多评价体系。在低碳经济发展模式下，低碳建筑的建设是绿色建筑的又一深化，有必要对其低碳性进行评价。在项目设计阶段，建筑全生命周期的总体碳排放预算值从整体理念上体现了建筑的低碳属性。在计算排放总量的过程中，应分解碳排放的组成来源，结合建筑设计学科的组成内容，构建建筑设计低碳性评价体系，以满足设计分析和优化的要求。

3.1. 建筑设计的低碳性能评价

3.1.1. 建筑设计低碳性评价指标设定

建筑物生命活动中的许多因素都与碳排放有关。从建筑碳排放的构成和设计阶段的可控性分析评价对象, 确定合理的评价指标, 形成评价体系的基本要素, 是构建低碳评价体系的基础。建筑设计低碳评价体系中评价指标的选取应遵循以下原则:

- 1) 科学性原则;
- 2) 全面性原则;
- 3) 重要性原则;
- 4) 系统性原则;
- 5) 一般性和特殊性原则。

3.1.2. 建筑设计低碳性评价标准研究

Table 1. Comparison of green building evaluation and low-carbon building evaluation index

表 1. 绿色建筑评价与低碳建筑评价指标对比

评价方向	绿色建筑	低碳建筑
节材	1、造型要素简约, 装饰性构件功能化, 合理采用高性能的混凝土和钢材选用预制生产的建筑结构、配件; 2、室内采用可拆卸重复使用的隔断比例, 可再利用建筑材料、可再循环建筑材料比例; 3、预制装配率, 使用耐久性好和易维护的建筑材料; 4、使用以废弃物为原料生产的建筑材料。	1、建造期间材料内含碳排量(减少体型变化、优化材料性能, 减少材料用量); 2、回收材料内含碳排量; 3、运行期维修材料碳排量(延长材料使用寿命, 减少维修材料用量); 4、低碳材料, 减少材料内含碳排量。
节能	1、围护结构热工性能指标, 采暖空调负荷降低空调采暖系统的热源机组或冷源机组能效, 暖通空调系统能耗降低幅度; 2、照明功率密度值、分区、定时、照度调节等节能控制措施、合理利用可再生能源。	1、建筑使用采暖空调能耗碳排量; 2、建筑照明能耗碳排量(减少能耗, 提高能效, 使用更多的可再生能源, 减少对城市电网提供的传统电力的消耗量)。
节地	人均用地指标, 绿地率。	场地绿化含碳量(与绿化种类及绿地面积相关)。
节水	用水量满足《民用建筑节能设计标准》要求, 采取有效措施避免管网漏损, 使用较高用水效率等级的卫生器具, 非传统水源利用率。	水资源消耗碳排量(减少用水量, 增加回收利用的水量, 使用节水器具)。

评价指标的确定只是明确了建筑设计低碳评价和审查的具体方向, 什么是低碳, 怎样低碳, 相应标准的设定也要在评价体系中研究。从节能建筑和绿色建筑的宏观经济产业发展要求和微观标准制定出发, 研究建筑碳排放之间的相关性, 定量分析低碳建筑的评价。

低碳建筑作为绿色建筑的一个方面, 其碳排放量的计算与绿色建筑评价标准中各种能源资源的消耗都有对应的关系, 对比绿色建筑和低碳建筑的异同, 与建筑设计低碳性相关的因素及评价指标可用表 1 表示。

3.1.3. 建筑设计低碳性评价体系构建

进一步的强化碳排放计算在设计阶段的应用以及和全国强制国家工程规范的协调既有建筑绿色改造的评价标准的原则有三个, 第一个是降低碳排放强度, 第二是增加碳回收, 第三是引进绿色金融, 借助其他行业的力量来推动绿色建筑发展[15]。设计过程中初步设计是对方案设计的深化, 各专业在方案设计的基础上, 对各自的组成系统进行初步计算并确定设备布置。施工图设计是达到施工交付标准的准确图

纸, 完成各组成部分的具体材料和构建选择及确定组合方式等, 施工图设计阶段所提交的各专业施工图纸及施工设计说明应满足采购方和施工方等的需要。

根据前文研究结果, 建筑施工图设计低碳性评价体系的相关指标见表 2。

Table 2. Low-carbon evaluation index and carbon emission limit of building construction drawing design
表 2. 建筑施工图设计低碳性评价指标及碳排放量限值

碳排放类别	影响因素	评价指标	评价标准	
			住宅	公共建筑
材料使用	材料特性及材料用量	材料消耗碳排放强度	13.87 kgCO ₂ /m ² *a (含材料运输)	
		建造期间材料内含碳排放量	424.9 kgCO ₂ /m ² *a (不含运输活动)	
建造施工	施工设备能耗	施工活动碳排放强度	0.85 kgCO ₂ /m ² *a	
		建造期间施工活动碳排放量	32.7 kgCO ₂ /m ² *a	
运行使用	照明及暖通能耗	建筑照明耗能碳排放强度	14.2 kgCO ₂ /m ² *a	35.4 kgCO ₂ /m ² *a
		暖通空调耗能碳排放强度	18.60 kgCO ₂ /m ² *a	31.43 kgCO ₂ /m ² *a
场地利用	绿化面积及绿化种类	场地植被碳汇放强度	2.59 kg/m ² *a	1.43 kg/m ² *a
水资源消耗	用水及水资源回收	日常用水碳排放强度	1.49 kgCO ₂ /m ² *a	0.95 kgCO ₂ /m ² *a
		合计(全寿命周期碳排放强度)	51.3 kgCO ₂ /m ² *a	83.9 kgCO ₂ /m ² *a

3.2. 低碳建筑的设计优化

随着建筑功能的复杂化和规模的扩大, 建筑设计中需要解决的问题越来越多。需要多方案比选, 优化设计, 满足用户需求, 降低成本。方案和施工图设计属于虚拟施工阶段, 其虚拟性决定了设计的可调性和选择性。通过多方案比较, 做出最佳选择, 建筑设计的优化具有必要性、经济性等特点, 同时具有更大程度的可行性。根据不同的性能要求, 设计优化的目的和方向也是不同的, 其中最传统的是降低造价和投资的各种优化, 降低施工难度和复杂程度的结构优化, 建筑空间形态和构成的设计优化。随着建筑规模的增大, 内部空间的复杂化和多功能化发展, 建筑在空间形态、使用要求、环境效益等方面面临着更多的问题。而各个方向的设计优化在内容上会相互交叉, 最终由相关设计专业来完成。以建筑采暖通风及空调低碳设计优化方向为例:

1) 提高设备能效

一方面, 建筑中使用的暖通空调设备的运行能耗和碳排放量是由建筑的热负荷决定的, 即受到建筑体形系数、窗墙比、围护结构热工性能、建筑遮阳等前述因素的影响。另一方面, 它也是由系统形式及其运行效率决定的, 而暖通空调系统的运行主要从两个方面影响能耗。比如室内环境的设计参数, 我国节能设计规定设计室内温度夏季 26 度, 冬季 18 度。设计温度相差一度, 能耗变化约 6%。采暖小时方面, 我国住宅建筑的设置时间为 12 h, 而美国住宅建筑的采暖空调设备 24 小时运行, 大大增加了能耗, 设计中应设置合理的设计参数。

2) 利用可再生能源

空调设备节能减排, 需要设置合理的运行要求, 改善设备性能, 提高能效, 提高可再生能源利用率, 采用地源热泵或预热回收系统, 从整体上降低能耗和碳排放量。

在确定优化方向的基础上, 定量分析了优化措施与碳排放的关系, 分析了相关优化途径和技术措施对碳排放的影响, 为低碳建筑设计提供了快速有效的优化途径。上一篇文章中的设计可控性包含了很多

内容。评价因子由专家意见分析比例和碳排放分类综合确定。在评价结果的指导下,对碳排放进行分析,确定优化方向。在前文分析优化方向的基础上,选取一些关键参数,通过具体技术和设计参数的调整,定量分析碳排放的变化,研究设计参数对碳排放的影响力。

4. 结论

本文通过低碳建筑碳排放的组成、度量和建筑低碳设计等方面的研究,得到以下结论。

1) 通过对低碳经济发展的研究,基于可持续发展、绿色建筑和生态建筑的理念,运用全生命周期的研究方法,分析了建筑的生命活动和碳排放特征。结合现有建筑造价控制和管理方法,明确建筑设计在建筑全生命周期低碳发展中的控制作用,肯定建筑设计低碳评价和优化的价值和紧迫性。

2) 在分析建筑设计和建筑碳排放构成的基础上,构建了建筑设计低碳评价体系,作为设计评价和审查的依据,并对我国设计管理中低碳建筑设计的管理和审查模式提出了建议。根据绿色建筑和节能建筑的相关设计要求,结合低碳建筑评价指标体系的研究,确定评价指标的标准限值,从定量研究的角度完善建筑设计的低碳评价体系,设定低碳建筑设计的等级判定方法。通过对建筑实例碳排放测量的分析和评价,可以看出,按照我国现行节能建筑和绿色建筑设计要求设计的建筑,其碳排放放在宏观和微观层面上基本能够满足低碳建筑的相关要求。各阶段的建筑管理应在现有相关标准的指导下,对照低碳建筑的评价要求进行,为建筑行业在减碳的基础上进入碳排放交易市场提供数据依据。

参考文献

- [1] 危婷. 我国企业环境会计报告问题及其对策探析[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西财经大学, 2010.
- [2] 袁晓玲, 仲云云. 中国低碳城市的实践与体系构建[J]. 城市发展研究, 2010, 17(5): 42-47, 58.
- [3] 王元丰. 建筑工程与应对气候变化?低碳发展论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009: 421-423.
- [4] 刘倩. 基于生态城市理念的低碳建筑研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(12): 4794.
- [5] Osmani, M. and O'Reilly, A. (2009) Feasibility of Zero Carbon Homes in England by 2016: A House Builder's Perspective. *Building & Environment*, **44**, 1917-1924. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.01.005>
- [6] Atkinson, J., Jackson, T. and Mullings-Smith, E. (2009) Market Influence on the Low Carbon Energy Refurbishment of Existing Multi-Residential Buildings. *Energy Policy*, **37**, 2582-2593. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.025>
- [7] Day, A.R., Ogumka, P., Jones, P.G., et al. (2009) The Use of the Planning System to Encourage Low Carbon Energy Technologies in Buildings. *Renewable Energy*, **34**, 2016-2021. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.003>
- [8] 黄亮. 低碳建筑设计中的低碳设计理念研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(3): 4.
- [9] Zapata-Lancaster, G. (2014) Low Carbon Non-Domestic Building Design Process. An Ethnographic Comparison of Design in Wales and England. *Structural Survey*, **32**, 140-157. <https://doi.org/10.1108/SS-07-2013-0029>
- [10] 李琪, 倪树清, 吉喆, 等. 中外低碳建筑技术发展趋势及热点研究[J]. 城市建筑, 2023, 20(4): 1-3, 13.
- [11] Kneifel, J. (2010) Life-Cycle Carbon and Cost Analysis of Energy Efficiency Measures in New Commercial Buildings. *Energy and Buildings*, **42**, 333-340. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.09.011>
- [12] 黄强. 透视低碳建筑及其潮流发展[J]. 中华民居, 2010, 11(27): 15-20.
- [13] 王玉红. 低碳住宅建筑理念在建筑学设计中的应用分析[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2022(7): 4.
- [14] 林波荣. 建筑行业碳中和挑战与实现路径探讨[J]. 可持续发展经济导刊, 2021(1): 23-25.
- [15] 刘亚丹, 王彪义, 马百通. 绿色建筑技术在公共建筑改造中的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(3): 4.