

# 基于LCA能耗理论的居住建筑结构优化设计

梁 铭

(兰州有色冶金设计研究院有限公司,甘肃 兰州 730000)

**摘要:**随着人们环保意识的不断觉醒,在确保居住舒适性的前提下,居住建筑空间的全生命周期的能耗优化成为当前建筑设计中需要重点解决的问题。建筑结构优化是其中的一个子项,可最大限度地降低其建设以及使用过程中产生的能耗。案例工程中,基于LCA能耗理论,利用能耗指标的高低指导居住建筑结构的优化,取得较为显著的效果。优化后,工程建设过程中对能源的消耗大幅降低,居住环境质量得到大幅上升。

**关键词:**居住建筑;结构优化;LCA;能源消耗

**中图分类号:**TU318 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-6344(2022)08-0134-03

## 0 引言

近年来,在我国城市化进程发展迅速,建筑工程数量呈现出快速增长趋势,根据相关数据表明,2020年我国建筑总面积已经达到700亿 $m^2$ 。建筑工程具有高耗能的特点,比如工程建设所需建材生产过程中会消耗大量能源;为确保室内环境的舒适性,冬季供暖、夏季降温,会消耗大量电能。由此,在确保居住舒适性的前提下,节能对于我国庞大的建筑市场,意义非凡,所以最大限度地降低能耗是建筑设计领域广泛关注的重点。LCA能耗理论的引入,使人们看到了建筑领域有效实现节能降耗的新途径。在案例工程中,基于LCA能耗理论,利用能耗指标的高低指导居住建筑结构的优化设计,取得了较为显著的效果。本文对此进行总结,以资参考<sup>[1]</sup>。

## 1 LCA能耗理论概述

LCA是对目标产品完成生命周期中输入、输出及潜在环境影响进行汇编及评价的活动。LCA能耗理论诞生于20世纪60年代末期,以英美为代表的西方发达国家对其进行了较为深入的研究,建立了较为完善的评估系统。而我国对于LCA能耗理论的研究起步相对较晚,多数成果是基于外国数据形成,与我国实际国情不符。近年来我国LCA数据不断完善,已具备很好的指导价值<sup>[2]</sup>。

LCA所涉及的产品主要涵盖制造业以及服务业所提供的产品,LCA研究的内容为产品自获取原料到被淘汰的整个流程。LCA设计最重要的特点是它的集成性,要求各部门工作人员分工协作,所以注定他们的工作地点是分散的,尤其在计算机技术已经充分利用到传统工业设计中的时候,每个工作人员都拥有自己的工作站或终端。所以,分布式环境是全生命周期设计的重要特点。

其后续发展中被应用于建筑领域中,受其实际特点影响,其在降低建筑结构设计能耗方面发挥重要作用。本文在研究中将采用我国《环境管理LCA评价原则及框架》中提出的评估标准,其内容主要分为目的及范围确认、LCA清单评价、LCA影响评价以及LCA解释四个部分,建筑LCA总能耗计算公式如下:

$$E_{\text{tol}} = E_{\text{manu}} + E_{\text{erect}} + E_{\text{occup}} + E_{\text{demo}} + E_{\text{dis}} \quad (1)$$

其中, $E_{\text{tol}}$ 表示建筑LCA总能耗,其余部分依次代表建材生产、建造施工、居住使用、建筑拆除以及废弃处置的能耗。

## 2 工程案例概述

为详细说明基于LCA能耗计算方法的居住建筑结构优化方式,本文选取实际案例进行具体说明。案例工程为我国北方某农村地区某民房改造工程。该建筑地基尺寸为12m×12m,建筑总占地面积为116 $m^2$ ,总建筑面积为213.53 $m^2$ 。案例建筑院落为矩形,在空间组合上,辅助空间围绕主要空间布置,有利于建筑的节能保温。厕所设在室外,一般安置在院落的西南角位置,但随着社会经济的发展,很多农村家庭将卫生间设置在室内,复式住宅同样在室内的北向设置了卫生间,方便冬季使用。近年来,该地区经济发展速度较快,民众生活水平也随之提升,由此,提升居住环境质量的呼声也随之提高。再加上当前国家所提出的环境友好型及资源节约型社会理念深入人心,因此,居民在关注居住空间环境舒适性的同时,对建筑能耗也提出要求。设计人员在综合该地区实际情况以及居民要求的基础上,决定采用LCA能耗计算方法开展本次优化设计工作。

**作者简介:**梁铭(1987.12- ),男,汉族,广西贵港,本科,工程师,研究方向:建筑设计。

### 3 基于LCA能耗理论的建筑结构设计优化方案

#### 3.1 建筑围护结构设计优化

##### 3.1.1 建筑结构设计

案例工程中,为满足节约能耗设计要求,设计人员决定采用冷弯薄壁轻型钢房屋形式,其内外墙体以及屋面均采用轻型钢材,此类建材的优势在于厚度较薄,可以解决施工过程中钢材需求。该结构体系承重部分主要涵盖承重墙、楼板以及屋面,设计依照400~600mm间距对龙骨进行布置。该体系中竖向荷载会通过楼面梁传导至承重墙体部分,最终传至基础部分。技术人员决定采用钢梁支撑+围护骨架方案。

依照我国相关规章制度要求,C型钢可划分为Q235以及Q345两种形式,工程实际开展过程中需要依照建筑体量等具体因素选择相应的钢材型号。考虑到案例工程为一层独栋,因此,设计人员在充分遵循LCA能耗理论基础上决定建筑主要承重结构采用强度相对较小的Q235钢作为原材料,其具体构件尺寸如表1所示。

表1 轻钢结构构件尺寸 mm

构建名称	截面高度	截面宽度	厚度	备注
屋架梁	150	50	1.0	C型钢
顶导梁、底导梁	80	40	1.5	U型钢
洞口过梁	200	70	1.5	C型钢拼合
立柱	80	40	1.5	C型钢
洞口短立柱	80	40	1.5	C型钢拼合
角柱	80	40	1.5	C型钢拼合

##### 3.1.2 建筑围护结构建构

设计人员在案例工程围护结构进行设计过程中,依据实际情况选定聚苯板、草板+聚苯板、草木灰三种方案,在利用LCA评价法对上述方案进行权衡后,决定采用聚苯板作为屋面保温材料。在墙体保温材料设计中,则参照同地区其他建筑工程经验,选择纸面草板作为建筑保温材料。

屋顶构造层次为屋面瓦、防水层、140mm保温层EPS板以及木板,经过计算可知,其传热系数为 $0.38W/(m^2 \cdot K)$ 。墙体构造设计采用58mm纸面草板、厚岩棉、58mm纸面草板以及厚水泥砂浆构成,经计算可知,其传热系数为 $0.313W/(m^2 \cdot K)$ 。

建筑门窗设计方面,需要满足严寒C区以及钢结构形式要求,该地区以往采用单框三玻塑钢窗,但是其导热系数不符合我国标准要求,设计人员在实际工作中未找到其他符合要求的窗户形式,因此,门窗部分分别采用单框三玻窗以及单层金属保温门<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 建筑模型建构

##### 3.2.1 体形系数确认

依据建筑体形系数以及传热关系,设计人员依据实际需求对建筑体形系数进行调整,具体反映在建筑空间

组合方面。考虑到村民生活实际需求以及建筑空间组合中存在的问题,技术人员对空间排布进行优化设计。

建筑辅助空间主要为厨房、储藏室以及卫生间等方面。考虑到当前农村生活水平与城市标准逐渐拉近,由此,设计人员在实际工作过程中依照城市厨房设计标准对其空间尺寸进行设计,具体设计中,设计人员采用最优设计矩形<sup>[5]</sup>。

依据建筑体形系数计算公式,技术人员对参考建筑空间尺寸以及建筑体形系数进行计算,长×宽×高为15m×8m×3.6m,体形系数计算结果为0.568,经过结构优化设计后,长×宽×高为11.4m×9.6m×3.6m,体形系数计算结果为0.560。通过对二者进行对比可知,相较于参照建筑,优化后建筑体形系数降低约1.4%,由此,其传热系数降低约3.5%~14%。设计人员依照居民日常生活实际要求,同时为降低建筑体形系数,并依据实际需求对空间尺寸进行多次优化调整,最终建筑进深设计值为9.6m。具体设计数据如表2所示。

表2 不同尺寸下建筑体形系数

类别	长×宽×高	面积	角度 $\alpha$	$\cos\alpha$	$\tan\alpha$	体形系数 $s$
参考建筑	15×8×3.6	120	28°23'	0.880	0.540	0.568
	12.6×9.6×3.6	120.96	26°27'	0.895	0.497	0.548
	12×9.6×3.6	115.2	26°27'	0.895	0.497	0.566
	12.6×9.6×3.3	120.96	29°11'	0.873	0.559	0.692
优化方案	12×9.6×3.6	115.2	28°51'	0.876	0.550	0.551
	12×9×3.6	108	28°51'	0.876	0.550	0.568
	11.4×9.6×3.6	109.4	28°51'	0.876	0.550	0.560
	11.4×9.6×3.6	109.4	30°	0.866	0.577	0.555

##### 3.2.2 模型建构

设计人员依照住户实际需求以及LCA能耗理论,在案例工程设计中决定采用三开间设计,格局形式成一明两暗,中间部分设定为明间,其功能为客厅、餐厅等。建筑北侧设计为厨房以及卫生间,卫生间部分为日本三分离设计,以提升卫生间空间利用率。厨房部分在设计中充分考虑到储藏、灶台等功能空间要求,冬季还可以起到保温效果。卧房部分依照腰炕形式设置火炕,灶炉部分设置在厨房中,该优化设计使得原有混乱的明间空间变得井然有序,住户可直接进入卧房,无需经过厨房。

建筑屋顶设计中,设计人员为应对雨雪等自然因素对建筑的影响决定采用坡屋顶形式,屋顶高度3.0m,建筑设计层高为3.6m。南向窗户设计采用明间以及暗间窗洞差异设计,前者尺寸规格为2400mm×2000mm,后者尺寸规格则为600mm×2000mm。在门洞尺寸设计方面,设计人员依照1800mm×2400mm的尺寸规格进行布置,同时将北侧窗户尺寸规格设定为600mm×1800mm。

##### 3.2.3 建筑空间面积

整个建筑划分为主要使用空间以及辅助使用空间,

并对其面积进行分别设计。主要使用空间包括卧房以及客厅两部分,其面向朝南,前者设计面积为 $19.5 \times 2 \text{m}^2$ ,后者设计面积为 $22.7 \text{m}^2$ 。辅助使用空间主要包括厨房、卫生间、餐厅等,采用朝北设计,设计面积为 $15.2 \text{m}^2$ 、 $15.2 \text{m}^2$ 以及 $17.6 \text{m}^2$ 。此外,储藏间也属于辅助使用空间,考虑到其占用面积较少,因此直接设计在厨房之中,以提升建筑空间利用率。

### 3.3 基础数据对比

将优化建筑与参考建筑进行对比,可得出如表3所示建筑施工建材消耗量情况。

表3 建筑工程建材消耗量对比

建材类型	参考建筑	优化建筑
砂/ $\text{m}^3$	52.4	8.5
石头/ $\text{m}^3$	43.6	43.6
钢材/t	1.5	2.9
水泥/t	30	5
玻璃/t	0.55	1.1
黏土砖/块	34165	/
木材/ $\text{m}^3$	9.8	/
总建筑面积/ $\text{m}^2$	120	109.4

从表3数据可知,优化后建筑建设过程中对黏土砖、水泥等高能耗建材的使用量大幅降低。由于案例工程设计采用轻钢结构,受此情况影响,钢材消耗量有一定程度

的上升。再从整体层面对参考建筑以及优化建筑建材消耗情况进行分析可知,相较于参考建筑,优化方案在建设阶段中能耗量呈现出较为显著的降低。

## 4 结束语

综上所述,在当前我国严峻的环境形势影响下,积极优化建筑结构设计,最大限度地降低其建设以及使用过程中产生的能耗已经成为当前建筑领域发展主流趋势。案例工程中,设计人员在利用LCA理论方法对居住建筑结构进行优化后取得较为显著的效果,工程建设过程中产生的能耗大幅降低,同时居住环境质量大幅上升。由此可见基于LCA理论的建筑结构设计可以取得较好的成效,案例工程可以为同类工程提供相应参考。

### 参考文献

- [1]薛飞. 建筑结构优化设计方法在房屋结构设计中的应用[J]. 建材与装饰,2020(33):2.
- [2]李志磊. 建筑结构优化设计方法技术与探讨[J]. 消费导刊,2020(15):15.
- [3]曾星程. 建筑设计优化方法在房屋结构设计中的应用分析[J]. 中国战略新兴产业,2020(2):155-156.
- [4]郭小荣. 结构设计优化在房屋建筑设计中的应用[J]. 建筑发展,2020,4(8):7-8.

### (上接第133页)

搅拌、冲洗装置,供绿化和道路洒水使用,为了保证储水池内水质不变,或者降低径流受到的污染,可以向水池内投加氯片。在必要时也可以设置雨水综合利用系统,以降低废水处理成本,简化处理工艺,分担市政雨水管排水压力,通过屋面雨水回收利用和地面雨水下渗,降低排水管道负荷。

## 3 高层建筑给排水系统设计注意事项

(1)做好给排水管道防腐工作。在给排水系统设计工作开展的过程中,为防止给排水管道遭受腐蚀影响,相关工作人员可以采用“四油三布”的形式开展防腐工作,即刷沥青油以及缠纤布,两项工作交叉进行,优先进行刷油。

(2)排水立管不能设置消能弯头。如果通过该种方式开展设计工作,将导致管道转折处易形成水跃,进而导致排水能力下降,甚至会出现管道堵塞问题。

(3)进行防脱加固处理。在对排水管道进行设计的过程中,由于管道接口抗拉拔能力相对较弱,所以设计时就应提出要求,工作人员应当及时进行防脱加固处理,进一步提升管道抗水流冲击能力。

## 4 结束语

综上所述,高层建筑给排水设计主要包含给水系统、

排水系统、消防系统和雨水收集系统等多种项目的设计。不同用途的高层建筑对供水、排水、消防系统的功能有着不同的要求。设计者必须根据高层建筑的不同用途先收集原始资料,再开展针对性设计。根据用水性质和特点,分区进行给排水和消防设计。重点把握生活给水、热水给水、消防给水、生活排水和室外排水系统的设计要点,注重系统的防腐、稳定和安全。

### 参考文献

- [1]孙勇军. 超高层建筑给排水系统设计的思考——以四川某大型综合体给排水设计为例[J]. 科学技术创新,2021(23):107-108.
- [2]林兴铨. 超高层建筑给排水及消防设计分析——以国家地球空间信息福州产业化基地为例[J]. 江西建材,2020(12):72-73.
- [3]周桂成,周明超. 绿色发展理念下建筑给排水及采暖通风空调安装问题[J]. 中国管理信息化,2021,24(16):109-110.
- [4]吴丹,李越茂,姚枫. 基于BIMSpace的换流站工程建筑给排水三维设计研究[J]. 电力勘测设计,2021(2):4-7+51.
- [5]林晓星. 建筑给排水节能节水技术及应用探究——评《给水排水技术》[J]. 灌溉排水学报,2020,39(9):155.