

# 基于生命周期 (LCA) 的园林碳排放评价初探

刘瀚洋 陈步金 赵兵

南京林业大学风景园林学院 南京 210037

**摘要:** 国内对低碳园林的研究多数还处于定性评价研究阶段,对园林碳排放量的定量分析研究还较少。文中运用生命周期法(LCA),对园林建造、使用及拆除处置等不同阶段的碳排放量进行初步的量化分析,明确低碳园林的内涵,提出了低碳园林生命周期碳排放评价的框架与方法。

**关键词:** 低碳园林,碳排放,生命周期

## A Study of Landscape Carbon Emission Based on Life Cycle Assessment Theory

Liu Hanyang, Chen Bujin, Zhao Bing

(College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** The domestic studies on low carbon landscape architecture are most in the stage of qualitative evaluation. Quantitative analysis of landscape carbon emissions is less. Life cycle assessment (LCA) was used to quantify the carbon emission from landscape architectures at the stages of construction, maintenance and demolishment, defining the connotation of the low carbon landscape architecture. Furthermore, the paper developed the framework and approach of calculating the carbon emission from landscape architectures.

**Key words:** low carbon landscape architecture, carbon emission, life cycle assessment

随着城市建设步伐的不断加快,园林在美化城市环境、吸碳固碳方面起着越来越重要的作用,例如研究发现1994-2003年上海由于城市绿化和种植经济林增加了192.1万t碳汇<sup>[1]</sup>。在国家号召节能减排的背景下,特别是随着十八大“生态文明”“美丽中国”概念的提出,人们对园林在环境保护、节能减排上的重要意义有了更进一步的认识,特别是降低园林自身的碳排放量、发展低碳园林更加受到各界关注。本文根据生命周期理论(LCA)建立园林生命周期碳排放评价框架和方法,以期为园林的碳排放评价提供一种量化方法。

## 1 园林生命周期碳排放

### 1.1 园林生命周期分析法

生命周期分析法(Life Cycle Analysis, LCA)是对一个产品系统整个生命周期中输入、输出及潜在环境影响的汇编和评价<sup>[2]</sup>。生命周期法(LCA)自诞生以来在多个专业领域里得到了广泛的运用<sup>[3-4]</sup>。

谢园方认为,运用生命周期评价来测定碳排放,涉及到测度对象每个环节的活动过程,且通常以活动环节为分类单位;要求详细研究测度对象生命周期内的能源需求和原材料利用和活动造成的废气物排放,包括原材料资源化、开采、运输、制造/加工、分配、利用/再利用、维护以及过后的废物处理<sup>[5]</sup>。

园林生命周期是指园林产品的生命周期,包括建造园林所需材料的生产、园林的设计建造、园林建成后的运行维护、园林的废弃处置4个阶段。园林生命周期的碳排放量即为上述4个阶段的碳排量的总和。需要指出的是园林使用阶段所产生的碳排放仅包括直接用于园林造景需求所产生的碳排放,如在营造水景时喷泉设备由于消耗电能所产生的碳排放。而间接用于造景需求所产生的碳排放,如为满足园林建筑内部功能的运行,空调、灯具等所产生的碳排放则排除在外。

### 1.2 低碳园林

低碳思潮在全球范围内发展迅速,不同学者对

收稿日期: 2013-07-30

作者简介: 刘瀚洋,南京林业大学在读硕士研究生,研究方向为园林景观设计, E-mail: liuhanyang218@163.com

通信作者: 赵兵,博士,教授,研究方向为风景园林规划设计、园林工程与技术, E-mail: 447028254@qq.com

低碳园林的认识也产生了不同的观点<sup>[6-8]</sup>。尽管各专家学者对低碳园林理念进行了不同的阐述，但其核心特征其实是低能耗、低排放、高碳汇，使园林在其生命周期内的碳排放总量限制在最小范围。需要指出的是，人们在对低碳园林的概念与内涵的理解上还存在一些误区。节约型园林是要求资源和能源的投入最小化，产生的生态、环境和社会效益最大化，有利于促进人与自然和谐相处的园林绿化建设模式<sup>[9]</sup>。两者概念比较可知，低碳园林不同于节约型园林，低碳园林的衡量标准是碳排放量的多少，其本质特征是在建造、维护、再生过程中对化石燃料的低消耗以及 CO<sub>2</sub> 等温室气体的低排放。低碳园林通过排放较当前水平更少的 CO<sub>2</sub> 来获得当前或更多的经济效益。在这个过程中，为了达到减少碳排放量的目标，在生态补偿机制的影响下，有时甚至需要付出更多的人力、财力以及物力。

## 2 园林生命周期碳排放评价

低碳园林的研究评价方法目前主要分为定性评价和定量评价 2 种，但目前国内使用最多的仍为定性评价。碳排放量定性评价虽然操作简单、涉及面广泛，但缺点是评价主体具有主观性，难以保证评价结果的客观准确性。另外，由于其只能针对某段或整体工程完成后才能进行评价，因此缺乏对过程细节的评述。为了将低碳园林真正付诸实践就必须对其在设计、建造、运行以及更新等过程中的碳排放进行系统的量化统计。目前，对碳排放进行定量研究的常用方法为基于生命周期理论 (LCA)

的定量评价方法。其优点为具有较强的客观性，可以在项目实施前做出一定的预测；其难点是需要进行大量的数据收集计算，因此工作量较大。

### 2.1 生命周期评价原理及方法

1990 年国际环境毒理学和化学学会 (SETAC) 首先系统提出了生命周期评价概念<sup>[10]</sup>。其主要目的是用于对一个产品、工序或生产活动的环境后果或潜在的环境影响进行科学和系统的定量研究<sup>[11]</sup>。生命周期评价的基本结构包括定义目标与确定范围、清单分析、影响评价和改善评价 4 个环节。本文即是基于生命周期评价理论初步建立低碳园林生命周期碳排放评价体系和方法。

### 2.2 园林生命周期碳排放评价功能单位

不同尺度的园林在其生命周期内产生的碳排放量不同。不同园林的生命周期长短不同，其整个生命周期内产生的碳排放量也不同。建立一个统一的且具有可比性的碳排放量评价标准是园林生命周期碳排放量测评的关键。用每年每平方米园林面积的碳排放量 [kg / (m<sup>2</sup> · a)] 作为评价标准可以消除园林面积大小及生命周期长短不同所产生的影响，使测评对象拥有一个统一的具有可比性的评价标准。因此，选用每年每平方米园林面积所产生的碳排放量 [kg / (m<sup>2</sup> · a)] 作为低碳园林生命周期碳排放评价的比较单位是具有现实意义的。

### 2.3 园林生命周期碳排放评价范围和对象

园林生命周期碳排放评价范围应包括建造园林所需材料的生产、园林的设计建造、园林建成后的运行维护、园林的废弃处置 4 个阶段<sup>[12]</sup>。由于园林

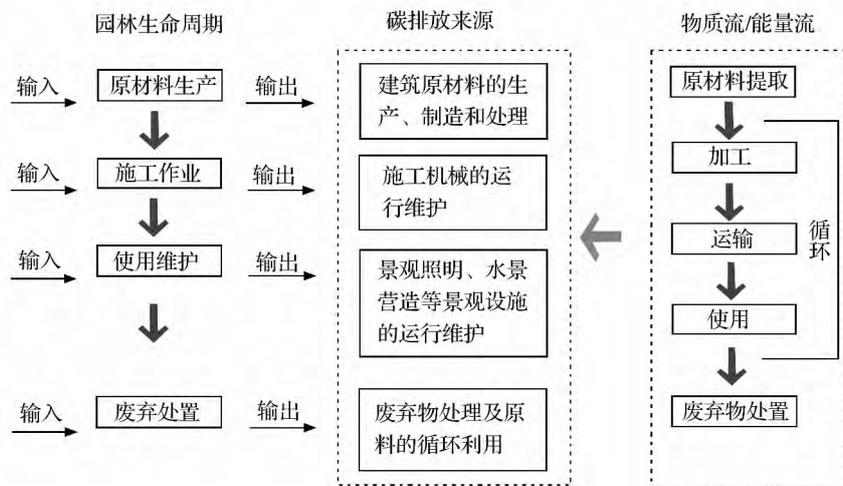


图1 园林生命周期各阶段碳排放构成

的规划设计阶段主要是设计师的脑力活动, 不涉及到对化石能源的消耗, 此过程的碳排放量可以忽略不计。

### 2.4 园林生命周期碳排放清单分析

清单分析的重点是以产品的功能单位表示的产品系统的输入和输出, 其主要任务是对系统内所有单元过程的输入和输出进行数据的收集和计算<sup>[13]</sup>。清单分析方法主要分为三种: 基于过程的清单分析, 基于经济投入和产出分析的清单分析和混合清单分析。基于过程的清单分析以产品的生产过程为基础, 将产品系统在其边界范围内分为一系列的单元过程或活动, 通过对单元过程或活动的输入及输出分析, 建立相应的数据清单。按照产品系统与各单元过程或活动的内在关系, 建立以功能单位表示的产品系统的环境交换清单<sup>[14]</sup>。

在分析园林生命周期的碳排放清单时, 由于园林植物具有碳汇能力, 能抵消掉相应数量的二氧化碳碳排放量; 另在产品的更新再生阶段, 在清单分析中的输入部分应折减由于原材料的回收利用所减少的碳排放量。

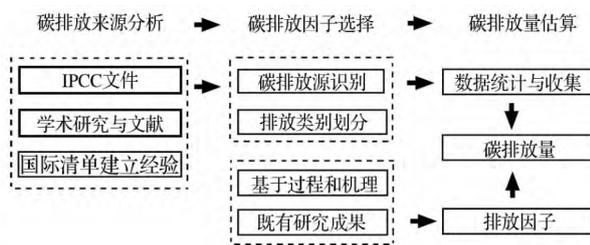


图2 各阶段清单建立步骤

### 2.5 园林生命周期碳排放测度方法

对于碳排放的计算, 首先应将生命周期中所有的能源和碳排放量建立关系。这种关系的建立需要以能源碳排放因子作为媒介。能源碳排放因子是表征某种能源温室气体排放特征的重要参数<sup>[15]</sup>。其概念是指单位质量的能源产生碳排放的数量, 具体可以用单位碳的量来表示, 也可以用二氧化碳的量来表示, 从量上来说包含了能源从开采到使用各个环节碳排放量的总和<sup>[16]</sup>。园林生命周期碳排放量即是建造园林所需材料的生产、园林的建造、园林建成后的使用维护、园林的废弃处置4个阶段碳排放量的总和, 计算公式为:

$$C = \sum_i^n w_i \quad (1)$$

其中,  $C$  表示园林生命周期的碳排放总量,  $W_i$

表示  $i$  阶段的碳排放量,  $n$  表示所处生命周期阶段。

$$W_i = \sum M_j Q_j \quad (2)$$

其中,  $W_i$  表示  $i$  阶段碳排放量,  $M_j$  表示  $i$  阶段  $j$  能源的消耗量,  $Q_j$  表示  $j$  能源的排放因子。

结合《2006年IPCC国家温室气体清单指南》及中国工程院相关研究资料, 表1根据不同类型的能源分别提供了碳排放因子以及CO<sub>2</sub>排放因子。计算时可以根据不同的能源类型分别选取不同的系数进行计算。

表1 常用能源排放因子

序号	能源	来源	碳排放因子	CO <sub>2</sub> 排放因子
1	煤炭 kg/kg	中国工程院	0.68	2.493
2	电力 kg/kwh	中国工程院	0.26	0.953
3	汽油 kg/L	IPCC 国家温室气体排放清单指南	0.553 8	2.030
4	柴油 kg/L	IPCC 国家温室气体排放清单指南	0.592 1	2.171
5	煤油 kg/L	IPCC 国家温室气体排放清单指南	0.571 4	2.095
6	液化石油气 kg/L	IPCC 国家温室气体排放清单指南	0.504 2	1.848
7	煤气 kg/m <sup>3</sup>	IPCC 国家温室气体排放清单指南	0.354 8	1.300
8	天然气 kg/m <sup>3</sup>	中国工程院	0.41	1.503
9	燃料油 kg/L	IPCC 国家温室气体排放清单指南	0.618 5	2.267
10	石油 kg/L	中国工程院	0.54	1.98

### 3 结语

园林建设涉及多个专业领域, 并且由于国内关于园林建设工程中的基础数据的收集和管理还不完善, 都给低碳园林碳排放量化工作带来困难。本文基于生命周期法(LCA)界定了低碳园林生命周期碳排放评价对象和评价范围, 选择了低碳园林碳排放功能单位并对低碳园林生命周期的不同阶段进行了清单分析, 提出了低碳园林生命周期碳排放评价的框架与方法。低碳园林的发展将是未来园林发展的重要方向, 研究和建立低碳园林的量化评价体系具有重要意义。随着我国相关行业基础数据统计收集、检测处理工作的进一步完善和透明, 本方法希望能为低碳园林的碳排放量化评价工作的发展完善提供一些参考。

### 参考文献

[1] 钱杰. 大都市碳汇研究: 以上海市为例[D]. 上海: 华东师范大学 2004.

[2] Life cycle assessment: principles and framework[S]. Geneva: Interna-

- tional Organization For Standardization ,1997.
- [3]于秀娟.工业与生态[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [4]龚志起,张智慧.生命周期评价和管理与建筑业可持续发展[J].青海大学学报,2004,(2):26.
- [5]谢园方.旅游业碳排放测度与碳减排机制研究:以长三角为例[D].南京:南京师范大学,2012.
- [6]卜国华,廖秋林.低碳园林营造的原则和手法探讨[J].广东农业科学,2012(9):49-51.
- [7]夏堃堡.发展低碳经济实现城市可持续发展[J].环境保护,2008(3):33-35.
- [8]王贞,万敏.低碳风景园林营造的功能特点及要则探讨[J].中国园林,2010(6):35-38.
- [9]朱建宁.促进人与自然和谐发展的节约型园林[J].中国园林,2009(2):87-91.
- [10]黄先玉,刘沛然.生命周期评价[J].广州环境科学,1999,14(3):1-3.
- [11]马忠海.中国几种主要能源温室气体排放系数的比较评价研究[D].北京:中国原子能科学研究院,2002.
- [12]IEA. World energy outlook[M]. Paris: OECD/IEA, 2006.
- [13]刘江龙.材料的环境影响评价[M].北京:科学出版社,2002.
- [14]张智慧,尚春静,钱坤.建筑生命周期碳排放评价[J].建筑经济,2010(2):44-46.
- [15]郭运功,林逢春.上海市能源利用碳排放的分解研究[J].环境污染与防治,2009(9):68-81.
- [16]李兵.低碳建筑技术体系与碳排放测算方法研究[D].武汉:华中科技大学,2012.