

安徽省海绵城市建设碳排放量核算技术导则

Technical guidance for calculating carbon emissions in Sponge

City construction in Anhui Province

(征求意见稿)

组织单位：安徽省海绵城市建设协会

主编单位：安徽建筑大学、合肥市市政设计研究
总院有限公司、安徽宝翔建设集团有
限责任公司

前 言

为推进安徽省海绵城市碳排放核算工作，根据安徽省住房和城乡建设厅有关要求，在总结分析现有碳排放研究成果的基础上，安徽省海绵城市建设协会组织编制本导则。

本导则的主要内容：1 总则；2 规范性引用文件；3 术语；4 基本规定；5 海绵城市建设碳排放内涵与指标；6 分类设施运行碳排放核算；附录。

本导则由安徽省住房和城乡建设厅负责管理，导则主编单位安徽建筑大学、合肥市市政设计研究总院有限公司和安徽宝翔建设集团有限责任公司负责具体内容的解释。各单位在执行过程中如有意见或建议，请寄送至安徽建筑大学环境与能源工程学院（地址：安徽省合肥市紫云路 292 号，邮编：230601）。

目 录

前 言	2
1 总则	4
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	6
4 基本规定	8
5 海绵城市建设碳排放内涵与指标	10
5.1 海绵城市建设碳排放内涵	10
5.2 海绵城市建设碳排放指标	10
6 分类设施运行碳排放核算	12
6.1 绿色雨水设施碳排放核算	12
6.2 市政排水设施碳排放核算	17
6.3 海绵城市总体碳排放计算	18
附录 A 单位符号	19
附录 B 中国地区电力排放因子	20
附录 C 植被固碳因子	21
附录 D 污水处理工艺、污水降解与湿地除污碳排放因子	22
附录 E 不同下垫面径流系数	24
附录 F 参考文献	25

1 总则

1.0.1 为贯彻落实以人为本的发展理念，改善人居环境，满足人民日益增长的美好生活需要，提升城市发展质量，助力安徽省海绵城市建设和“碳达峰、碳中和”工作，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于安徽省行政区域内海绵城市建设、运行和维护碳排放核算。

1.0.3 各市、县（区）海绵城市建设、运行和维护碳排放核算除应符合本导则要求外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.4 各地海绵城市建设应与地方城市建设规划相衔接，其碳排放核算应结合本地城市碳排放愿景，与所处环境的自然条件、空间特点、交通组织、人居的活动特点相适应。

2 规范性引用文件

《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366);
《中国建筑能耗研究报告》(GB/T 2589);
《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB/T 55015);
《工业企业温室气体排放核算和报告通则》(GB/T 32150);
《城市排水工程规划规范》(GB50318);
《建筑与小区雨水利用技术规范》(GB 50400);
《雨水集蓄利用工程技术规范》(GB/T 50596);
《城市防洪工程设计规范》(GB/T 50805);
《海绵城市建设技术规范》(DB 42/T 1887);
《安徽省居住建筑节能设计标准》(DB 34-1466);
《海绵城市建设技术标准图集》(DB 3502Z 5009);
《安徽省海绵城市规划设计导则》(DB 34/T 5031)。

3 术语和定义

3.0.1 海绵城市 sponge city

海绵城市是新一代城市雨洪管理概念，一般对应的国际通用术语为“低影响开发雨水系统构建”，指城市能够像海绵一样，在适应环境变化和应对雨水带来的自然灾害等方面具有良好的弹性，也可称之为“水弹性城市”，在降雨时吸水、蓄水、渗水、净水，并将蓄存的雨水释放并加以利用，实现雨水在城市中的自由迁移。

3.0.2 碳排放 carbon emission

海绵城市设施在运行阶段产生的温室气体排放量。

3.0.3 碳排放因子 carbon emission factor

将能源与材料消耗量与CO₂排放相对应的系数。

3.0.4 碳汇 carbon sink

指通过植树造林、植被恢复等措施，吸收大气中的CO₂，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动或机制。

3.0.5 雨水渗透 rainwater infiltration

利用人工或自然设施，使雨水下渗到土壤表层以下，以补充地下水。

3.0.6 雨水调蓄 rainwater detention

在降雨期间调节和储存部分雨水，以削减径流峰值和径流污染的措施。

3.0.7 初期雨水径流 initial rainwater runoff

降雨初期产生的含污染物浓度较高的雨水径流。

3.0.8 下垫面 underlying surface

降雨受水面的总称，包括屋面、地面、水面等。

3.0.9 硬化地面 hardened ground

通过人工行为使自然地面硬化形成的铺装地面。

3.0.10 透水铺装 pervious pavement

可渗透、滞留和渗排雨水并满足一定要求的地面铺装结构。

3.0.11 植草沟 grass swale

为转输雨水，在地表浅沟中种植地被植物，利用沟内的植物和土壤入渗、截留、净化雨水径流的设施，可用于衔接其它单项设施、城市雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统。主要型式有转输型植草沟、渗透型的干式植草沟和湿式植草沟。

3.0.12 雨水花园 rain garden

自然形成或人工挖掘的下沉式绿地，一般种植有灌木花草，用于收集来自屋顶或地面的雨水，并利用土壤和植物的过滤作用净化雨水，并使之逐渐渗入土壤。

3.0.13 调蓄池 reservoir

指具有雨水储存功能的集蓄利用设施，同时也具有削减峰值流量的作用，主要包括钢筋混凝土蓄水池，砖石砌筑蓄水池及塑料蓄水模块拼装式蓄水池，用地紧张的城市大多采用地下封闭式蓄水池。

3.0.14 湿塘 wet pond

具有雨水调蓄和净化功能的景观水体，雨水同时作为其主要的补水水源。湿塘有时可结合绿地、开放空间等场地条件设计为多功能调蓄水体，即平时发挥正常的景观及休闲、娱乐功能，暴雨发生时发挥调蓄功能，实现土地资源的多功能利用。

3.0.15 湿地 rain wetland

利用物理、水生植物及微生物等作用净化雨水的径流污染控制设施。雨水湿地分为雨水表流湿地和雨水潜流湿地，一般设计成防渗型以便维持雨水湿地植物所需要的水量。

4 基本规定

4.0.1 海绵城市建设全生命周期包括海绵设施的建造阶段、运行阶段与拆除阶段。建造阶段产生的碳排放类型主要包括：施工过程中器械工作燃烧化石燃料产生的碳排放；施工过程消耗电能产生的碳排放；建造时消耗建筑材料产生的碳排放；运输各类材料产生的碳排放。运行阶段（即设施正式投产至结束运行之间的全部过程）的碳排放类型包括：海绵设施由于自身的除污等作用产生的碳排放；维持海绵设施运行的电能等能源消耗碳排放；海绵设施由于自身的蓄存雨水等作用对城市排水设施产生的间接碳减排；绿色海绵设施自身产生的碳汇。拆除阶段的碳排放类型包括：施工过程器械工作燃烧化石燃料产生的碳排放；施工时消耗电能产生的碳排放；施工时清运建筑垃圾产生的碳排放。

4.0.2 海绵城市建设全生命周期中建设与拆除阶段一般缺乏碳减排过程，而碳减排作用主要发生在运行阶段。而且，海绵城市建设的相关设施在运行阶段上的时间最久，碳减排潜势最大。因此，运行阶段更能体现海绵城市的工业活动水平与建设效果，也更适合作为海绵城市建设效果的评估对象。综上，本导则以海绵城市运行阶段作为核算周期。需要说明的是，运行阶段植物的养护、设备的检修次数较少，且产生的碳排放量较少，故不予考虑。温室气体核算结果以转换成的CO₂当量为单位。

4.0.3 核算对象主要包含典型的海绵设施，包括：雨水花园、透水铺装、调蓄池、泵站、植草沟、湿塘、植被过滤带、绿色屋顶。

4.0.4 海绵城市碳排放核算要厘清海绵城市碳排放边界、活动和类型。识别主要碳排放源，做到海绵城市碳排放核算过程的准确性，为温室气体排放目标的分解与考核，以及城市的低碳规划与评估服务。

4.0.5 核算方法一方面要指导城市级海绵城市运行阶段碳排放总量核算、摸底量化，另一方面要与国家级的碳排放相关编制指南相对接。

4.0.6 参数使用要精确，如碳排放因子等数据要尽量取自政府部门公开数据和科学文献，并尽可能将其更新为安徽省区域特征数据，体现核算过程的透明性和核算结果的精确性；

4.0.7 海绵城市设施在运行过程中通过植物固碳、能源回收等方式形成碳抵

消量，从而直接或间接地减少海绵城市运行过程中产生的碳排放总量，对这一碳抵消量要实施核算。

4.0.8 实施海绵城市碳排放核算时考虑的温室气体为CO₂、CH₄、N₂O。国际ISO14064-1：2018 标准规定，温室气体排放核算宜采用 100 年时间跨度的全球变暖潜能值（Global Warming Potentail, GWP）作为对照标准。（表 1）

表 1 第 5 版 IPCC 评价报告全球变暖潜能值（GWP）

温室气体	GWP
CH₄	28
N₂O	265

4.0.9 确保不同时期核算方案、边界和核算公式的统一，任何可能影响结果准确性的修改和调整方案均应予以记录和标注。确保实事求是、方法一贯地获取核算信息和相关数据，核算过程中做出的任何假设和数据来源均可核查追踪。

5 海绵城市建设碳排放内涵与指标

5.1 海绵城市建设碳排放内涵

海绵城市建设碳排放的内涵可分为以下两种：

① 单个海绵设施运行碳排放

指某一海绵设施在整个运行周期内的净排放总量，对应表 2 中的 CE_y-CS 。 CE_y 为海绵设施在运行过程中自身产生的碳排放量，一般多为除污过程的化学反应产生的碳排放或者维持海绵设施运行的能源消耗产生的间接碳排放。而 CS 指海绵设施的碳减排，例如直接或间接减少的传统市政设施能源消耗、水处理等过程的碳排放量。海绵设施运行阶段的总碳排放量为这两者之差。

② 海绵城市总体碳排放

指海绵城市所有海绵设施的碳排放总量，包括所有海绵设施运行阶段碳排放量、碳减排量之和。对应表 2 中的 $\sum_i (CE_{y,i}-CS_{c,i})$ 。

5.2 海绵城市建设碳排放指标

指标的建立，考虑了以下几个方面的因素。

(1) 阶段划分。本导则规定的碳排放核算阶段定义为运行阶段，碳排放指标应考虑此阶段的碳排放过程，并确立相应的核算内容。

(2) 核算边界。系统和自然的交互边界是本导则构建海绵城市建设碳排放核算方法的基本边界范围。海绵城市碳排放核算不仅包括海绵城市物理边界内的碳排放活动，也包括与之关联的物质流活动，例如，能源输入、出水排放等活动。进一步概括为：

a. 直接燃烧消耗的化石燃料以及由化石燃料生产的电力、热力等能源产生的温室气体；

b. 海绵设施由于自身的蓄水、除污等作用，间接影响到污水、雨水系统中污水收集、处理，或出水排放进入受纳水体等由于生化反应生成的化石源碳排放；

需要说明的是，根据《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》的建议，生源性温室气体需明确排除在核算内容外。从碳循环角度看，若可追溯至近期内植物光合作用所生成的有机物，则称其为生源性 CO_2 。因为其来自于大气碳库，并最

终重新回到大气中，所以生源性CO₂不会造成大气中CO₂总量的净增长。因此，生源性CO₂不计入海绵城市建设碳排放核算。

（3）实施管理。低碳指标确定的最终目的是促进城市碳排放的整体降低，因此必须考虑指标的可执行性，尽量能纳入相关规划、管理法规政策中。

海绵城市建设碳排放评价指标见表 2。表中，i 代表海绵设施的种类。

表 2 海绵城市建设碳排放核算指标表

类型	分类	释义
指标	单个海绵设施运行碳排放	CE _y -CS
	海绵城市总体碳排放	$\sum_i (CE_{y,i}-CS_i)$

6 分类设施运行碳排放核算

6.1 绿色雨水设施碳排放核算

“绿色雨水设施”主要指的是植被、湿地、雨水花园等。

6.1.1 透水铺装

①透水铺装运行阶段具备蓄存雨水径流的功能，本身并无碳排放与碳减排的产生。故 $CE_y=0$ 。

②若区域内的管网为合流制管网（雨水、污水、工业废水混合排入管网末端的污水厂），同时透水铺装所处的管网位置处于污水处理厂之前，则透水铺装的径流削减作用会给予管网下游的污水处理厂污水处理的负荷削减，进而减少污水泵能源消耗与污水厂除污工艺的碳排放。此时，透水铺装的碳减排量分为以下几步计算：

a) 使用式（1）计算透水铺装年径流削减量：

$$Q_t = P \times (a_p - a_t) \times F \quad (1)$$

Q_t ——透水铺装雨水年径流削减量， m^3 ；

a_p ——普通路面径流系数；

a_t ——透水铺装径流系数；

P ——当地年降雨量， m ；

F ——透水铺装面积， m^2 。

b) 用式（2）核算透水铺装减少的污水泵的能源消耗碳排放量

$$CS_e = \frac{\rho g H Q_t}{3.6 \times 10^6 \theta} \times EF \quad (2)$$

式中： CS_e ——能源消耗碳减排量， $kgCO_2$ ；

ρ ——水密度， $1000kg/m^3$ ；

H ——泵的扬程， m ；

Q_t ——透水铺装的年径流削减量， m^3

EF ——电力消耗碳排放因子， $kgCO_2/kWh$ ；

θ ——水泵效率。

c) 用式（3）、（4）、（5）、（6）计算透水铺装减少的污水厂运行工艺碳排放：

$$CE_{WT, CO_2} = C_{COD} \times Q_t \times EF_{WT, CO_2} \quad (3)$$

$$CE_{WT, CH_4} = C_{COD} \times Q_t \times EF_{WT, CH_4} \times 28 \quad (4)$$

$$CE_{WT, N_2O} = C_{COD} \times Q_t \times EF_{WT, N_2O} \times \frac{22}{14} \times 265 \quad (5)$$

$$CS_t = CE_{WT, CH_4} + CE_{WT, N_2O} + CE_{WT, CO_2} \quad (6)$$

式中： CS_t ——透水铺装减少的运行工艺碳排放 $kg CO_2$ ；

CE_{WT, CO_2} ——污水厂的运行工艺中 CO_2 的碳排放量 $kgCO_2$ ；

CE_{WT, CH_4} ——污水厂的运行工艺中 CH_4 的碳排放量， $kgCO_2$ ；

CE_{WT, N_2O} ——污水厂的运行工艺中 N_2O 的碳排放量， $kgCO_2$ ；

EF_{WT, CO_2} ——污水厂运行工艺的 CO_2 排放因子， $kgCO_2/kgCOD$ ，见附录 D；

EF_{WT, CH_4} ——污水处理工艺的 CH_4 碳排放因子， $kgCH_4/kgCOD$ ，见附录 D；

CE_{WT, N_2O} ——污水处理工艺的 N_2O 碳排放因子， $kgCH_4/kgCOD$ ，见附录 D；

C_{COD} ——透水铺装一年的削减雨水中的 COD 浓度， kg/m^3 ；

28—— CH_4 的增温潜势；

265—— N_2O 的增温潜势；

$\frac{22}{14} \times \frac{1}{2}$ N_2O 与 N 分子质量比。

d) 使用式 (7) 计算透水铺装总碳减排量：

$$CS_j = CS_t + CS_e \quad (7)$$

式中： CS_j ——透水铺装总碳减排量， $kgCO_2$ ；

CS_t ——透水铺装减少的运行工艺碳排放量， $kgCO_2$ ；

CS_e ——透水铺装减少的能源消耗碳排放量， $kgCO_2$ 。

③若透水铺装处于合流制管网中，但管网位置处于污水厂之后，或者处于分流制管网中，则此时透水铺装将不再对污水处理厂发挥径流削减作用，而是减少了直接排入水体的雨水量。雨水中污染物直接排入水体，在水体中产生降解，会产生一定的碳排放量。因此，透水铺装减少了这部分碳排放。此时，透水铺装的径流削减碳减排用式 (8) (9) (10) 计算：

$$CE_{W, CH_4} = C_{COD} \times Q_t \times EF_{W,CH_4} \times 28 \quad (8)$$

$$CE_{W, N_2O} = C_{COD} \times Q_t \times EF_{W,N_2O} \times \frac{22}{14} \times 265 \quad (9)$$

$$CS_w = CE_{CH_4} + CE_{N_2O} \quad (10)$$

式中, CS_w ——透水铺装减少的受纳水体碳排放, $kgCO_2$;

CE_{W, CH_4} ——受纳水体的 CH_4 碳排放量, $kgCO_2$;

CE_{W, N_2O} ——受纳水体的 N_2O 碳排放量, $kgCO_2$;

EF_{W,CH_4} ——受纳水体的 CH_4 排放因子, $kgCH_4/kgCOD$, 见附录 D;

EF_{W,N_2O} ——受纳水体的 N_2O 排放因子, $kgN_2O/kgCOD$, 见附录 D;

再使用公式 (11) 计算透水铺装总碳减排量:

$$CS_j = CS_w \quad (11)$$

④透水铺装年运行总碳排放量由式 (12) 计算:

$$CE_{y,t} = CE_y - CS_j \quad (12)$$

式中: $CE_{y,t}$ ——透水铺装运行阶段总碳排放量, $kgCO_2$;

CE_y ——透水铺装运行阶段碳排放量, $kgCO_2$;

CS_j ——透水铺装运行阶段碳减排量, $kgCO_2$ 。

6.1.2 植被过滤带

①植被过滤带自身并无碳排放的产生。故 $CE_y=0$ 。

②植被过滤带在运行阶段具备植被碳汇的功能, 植被碳汇量按式 (13) 计算:

$$CS_{zb} = EF_{zb} \times S_{zb} \quad (13)$$

式中: CS_{zb} ——植被年固碳量, $kgCO_2$;

EF_{zb} ——植被固碳因子, $kg CO_2/(m^2 \times a)$, 见附录 C;

S_{zb} ——植被占地面积, m^2 。

③运行阶段碳排放总量计算用式 (12) 计算。

6.1.3 绿色屋顶

①运行阶段并无碳排放的产生。故 $CE_y=0$ 。

②绿色屋顶在运行阶段具备植被碳汇的功能, 计算过程同植被过滤带, 用式 (13) 计算。

③绿色屋顶可以降低建筑物空调能耗，具备建筑节能碳减排作用，其产生的建筑节能碳减排量使用式（14）计算：

$$E_{GR}=(E_C \times N_C + E_H \times N_H) \times A_{GR} \times EF \quad (14)$$

式中： E_{GR} ——绿色屋顶建筑节能碳减排量， kgCO_2 ；

E_C ——夏季单位面积绿色屋顶的日空调制冷节电量， $0.117\text{kWh}/(\text{d} \times \text{m}^2)$ [2]；

E_H ——冬季单位面积绿色屋顶的日空调制暖节电量， $-0.04\text{kWh}/(\text{d} \times \text{m}^2)$ [2]；

N_C ——夏季空调使用天数， d ；

N_H ——冬季空调使用天数， d ；

A_{GR} ——绿色屋顶面积， m^2 ；

EF ——当地电网碳排放因子， kgCO_2/kWh ，见附录 B。

④运行阶段碳排放总量计算同透水铺装，用式（12）计算。

6.1.4 植草沟

①自身并无碳排放的产生。故 $CE_y=0$ 。

②在运行阶段具备植被碳汇的功能，计算过程同植被过滤带，用式（13）计算。

③运行阶段碳排放总量计算同透水铺装，用式（12）计算。

6.1.5 雨水花园

①在运行阶段自身并无碳排放的产生。故 $CE_y=0$ 。

②雨水花园具备植被碳汇的功能，计算过程同植被过滤带。用式（13）算。

③雨水花园具备蓄存雨水的功能，产生径流削减碳减排。若处于合流制管网中污水厂之前，减排量分为以下几步计算：

a) 使用式（15）计算雨水花园年径流削减量：

$$Q_{bf} = P \times F_h \quad (15)$$

式中： Q_{bf} ——雨水花园径流削减量， m^3 ；

P ——年降雨量， m ；

F_h ——雨水花园汇水面积， m^2 。

其中，当缺乏汇水面积的施工数据时，汇水面积按式（16）计算。

$$F_h = \frac{H_x}{P_s} \times S_j \quad (16)$$

H_x ——雨水花园下凹深度，m；

P_s ——当地的设计降雨量，m；

S_j ——雨水花园建设面积， m^2 。

b) 雨水花园能源消耗碳减排量计算过程同透水铺装。采用式（2）计算。

c) 用式（3）、（4）、（5）、（6）计算雨水花园减少的污水厂运行工艺碳排放。

d) 使用式（7）计算总碳减排量。

③若雨水花园处于合流制管网，但管网位置处于污水厂之后，或者处于分流制管网，则碳减排计算过程同透水铺装。此时，雨水花园的径流削减碳减排用式（8）（9）（10）计算。

④雨水花园年总运行碳排放量计算同透水铺装，采用式（12）计算。

6.1.6 湿塘（湿地）

①湿塘（湿地）在运行阶段具备净化处污的功能，在净化污水、雨水的过程中产生碳排放。按式（17）（18）计算：

$$CHS_{CH_4} = B_{in} \times EF_{CH_4,ST} \times 28 \times 10^{-3} \times Q_{wp} \quad (17)$$

$$CHS_{N_2O} = TN \times EF_{N_2O,ST} \times 22/14 \times 265 \times 10^{-3} \times Q_{wp} \quad (18)$$

式中： CHS_{CH_4} ——湿塘处理污水过程的 CH_4 碳排放量， $kgCO_2/m^3$ ；

B_{in} ——湿塘污水进水 BOD_5 浓度， $mgBOD_5/L$ ；

$EF_{CH_4,ST}$ ——湿塘的 CH_4 排放因子， $kgCH_4/kgBOD_5$ ；

Q_{wp} ——湿塘一年的处理污水量，即年径流削减量，以当地统计数据为准， m^3 ；

CHS_{N_2O} ——湿塘年 N_2O 碳排放量， $kgCO_2$ ；

TN ——湿塘进水总氮浓度， $mg\ N/L$ ；

$EF_{N_2O,ST}$ ——湿塘 N_2O 排放因子， $kgN_2O-N/kg\ N$ ；

则湿塘运行阶段除污碳排放量为运行阶段 CH_4 碳排放量与 N_2O 碳排放量之和。按公式（19）计算：

$$CE_y = CHS_{CH_4} + CHS_{N_2O} \quad (19)$$

②若湿塘处于合流制管网污水厂之前，碳减排量核算同透水铺装分为以下几步：

a) 湿塘能源消耗碳减排量计算过程同透水铺装。采用式（2）计算。

b) 用式 (20)、(21) 计算湿塘减少的污水厂运行工艺碳排放。

$$CHS_{CH_4} = B_{in} \times EF_{CH_4, WT} \times 28 \times 10^{-3} \times Q_{wp} \quad (20)$$

$$CHS_{N_2O} = TN \times EF_{N_2O, WT} \times 22/14 \times 265 \times 10^{-3} \times Q_{wp} \quad (21)$$

式中: $EF_{CH_4, WT}$ ——污水厂运行工艺的 CH_4 排放因子, $kgCH_4/kgBOD_5$;

$EF_{N_2O, WT}$ ——污水厂运行工艺的 N_2O 排放因子, $kgN_2O/kgBOD_5$ 。

c) 使用式 (7) 计算湿塘总碳减排量。

③若湿塘处于合流制管网, 但管网位置处于污水厂之后, 或者处于分流制管网, 则计算过程同透水铺装。此时, 湿塘的碳减排用式 (8) (9) (10) 计算。

④湿塘年总运行碳排放量同透水铺装, 采用式 (12) 计算。

6.2 市政排水设施碳排放核算

“市政排水设施”指的是传统的市政设施, 如管道、水泵、调蓄池等。

6.2.1 调蓄池

调蓄池在运行阶段, 其本身并无碳排放的过程。故 $CE_y = 0$ 。

①若调蓄池有年收集水量的统计数据, 则调蓄池的年蓄存水量按统计数据计算。若无相关统计数据, 则使用式 (22) 估算调蓄池年收集水量:

$$Q = AP \quad (22)$$

Q ——调蓄池蓄存水量, m^3 ;

A ——调蓄池底面积, m^2 ;

P ——年降雨量, m 。

②调蓄池若收集的是雨水, 收集的雨水没有进入城市排水系统, 减轻水泵负荷与污水厂负荷, 采用式 (2) 估算调蓄池减少的能源消耗碳排放, 使用式 (3) (4) (5) (6) 估算其减少的污水厂运行工艺碳排放。且调蓄池收集后的雨水被直接用来进行灌溉、浇洒等活动, 减少了自来水量的使用, 同时减少了这部分自来水生产的碳排放。使用式 (23) 估算调蓄池雨水利用的碳减排:

$$CS_R = 0.3 \times Q \times EF \quad (23)$$

式中, CS_R ——调蓄池雨水利用碳减排, $kgCO_2$;

Q ——调蓄池蓄存的雨水量, m^3 ;

EF——当地电网排放因子，kgCO₂/kWh。

0.3——我国制水行业平均制水单位能耗^[1]，kWh/m³。

则调蓄池碳减排总量以式（24）计算：

$$CE_T = CE_t + CS_e + CS_R \quad (24)$$

式中，CE_T——调蓄池总碳减排量，kgCO₂。

③若调蓄池被用来收集污水，防止管道溢流，污水进入城市水体造成污染，则调蓄池减少了污水进入水体的碳排放。其碳减排量使用式（8）、（9）、（10）计算。

④调蓄池年运行总碳排放量由式（12）计算。

6.2.2 泵站

泵站在运行阶段产生能源消耗碳排放。采用式（25）计算：

$$CS_b = \frac{\rho g H Q_b}{3.6 \times 10^6 \theta} \times EF \quad (25)$$

式中，CS_b——泵站能源碳排放，kgCO₂；

Q_b——泵站所转输的水量，m³。

6.3 海绵城市总体碳排放计算

海绵城市总体碳排放即海绵城市运行期间的碳排放综合，即所有海绵设施碳排放量之和再扣除其产生的碳减排量之和，用于衡量海绵城市的碳排放水平。故使用公式（26）计算海绵城市总体碳排放量：

$$CE_r = \sum_i (CE_{y,i} - CS_i) \quad (26)$$

式中：CE_r——海绵城市总体碳排放量，kgCO₂；

CE_{y,i}——海绵设施运行阶段碳排放量，kgCO₂；

CS_i——海绵设施运行阶段碳减排量，kgCO₂；

i——海绵设施类型。

附录 A 单位符号

表 A.1 本导则中的单位符号

a-年	L-升
d-天	m-米
mg-毫克	kg-千克
km ² -平方千米	s-秒
kwh-千瓦时	t-吨

附录 B 中国地区电力排放因子

表 B.1 中国地区电力排放因子^[3]

区域	排放因子 (kgCO ₂ /kwh)
华北区域电网	0.9419
东北区域电网	1.0826
华东区域电网	0.7921
华中区域电网	0.8587
西北区域电网	0.8922
南方区域电网	0.8042

附录 C 植被固碳因子

表 C.1 不同植被种类的固碳因子^[5]

植被	CO ₂ 固定量 (kgCO ₂ / (m ² ×a))
林地	3.77
草地	0.04
农田	0.07
湿地	1.18

附录 D 污水处理工艺、污水降解与湿地除污碳排放因子

表 D.1 污水处理工艺碳排放因子^[3]

处理工艺	CH ₄ 排放因子 (kgCH ₄ /kgBOD ₅)	N ₂ O 排放因子 (kgN ₂ O/kgN)
AAO	0.0142	0.00466
AO	0.0083	0.00680
氧化沟	0.0096	0.00641
SBR	0.0100	0.02020
曝气池	0.0152	0.00166

表 D.2 污水降解碳排放因子^[3]

排放水体	CH ₄ 排放因子 (kgCH ₄ /kgBOD ₅)	CH ₄ 排放因子 (kgCH ₄ /kgCOD)	N ₂ O 排放因子 (kgN ₂ O/kgN)
处理出水排放至自然水体	0.068	0.028	0.005
处理出水排放至入海口	0.114	0.048	0.005
处理出水排放至水库	0.021	0.009	0.005

表 D.3 湿地碳排放因子^[3]

湿地类型	CH ₄ 排放因子 (kgCH ₄ /kgBOD ₅)	N ₂ O 排放因子 (kgN ₂ O/kgN)
表面流湿地	0.24	0.0013
水平潜流湿地	0.06	0.0079
垂直潜流湿地	0.006	0.00023

表 D.4 污水厂温室气体排放因子^[6]

气体类型	排放因子 (kg/kg COD)
CO ₂	0.508
CH ₄	0.04
N ₂ O	0.002

附录 E 不同下垫面径流系数

表 E.1 径流系数取值^[4]

下垫面类型	径流系数
普通路面	0.90
透水路面	0.33
绿地	0.15

附录 F 参考文献

- [1] 聂梅生, 秦佑国, 江亿. 中国绿色低碳住区技术评估手册[M]. 中国建筑工业出版社. 2011.
- [2] 苏斌. 绿化屋顶与冷屋顶的节能减碳实效对比研究[D]. 重庆大学. 2016.
- [3] 中国城镇供水排水协会. 城镇水务系统碳排放核算与减排路径技术指南[M]. 中国建筑工业出版社. 2022.
- [4] 中国建研院.《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》(GB50400-2016). 中国建筑工业出版社. 2016.
- [5] 叶辰, 贺斌, 瞿志. 北京翠湖国家城市湿地公园碳汇绩效评估研究[J]. 城市建筑, 2023, 20(9), 189-193.
- [6] Yan X, Qiu D, Guo D, et al. Emission Inventory of Greenhouse Gas from Urban Wastewater Treatment Plants and Its Temporal and Spatial Distribution in China[J]. Environmental Science. 2018, 39, 1256-63.