

# 团 体 标 准

T/CCTAS XXXX—XXXX

## 城市轨道交通全生命周期碳排放计算指南

Guidelines for life cycle carbon emission calculation of  
urban rail transit

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025.12）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发布



## 目 次

前 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总体原则 .....	2
4.1 基本原则 .....	2
4.2 计算边界 .....	3
4.3 计算模式 .....	3
4.4 计算数据取值原则 .....	3
5 建材碳排放计算 .....	3
5.1 一般原则 .....	3
5.2 建材生产阶段碳排放量 .....	4
5.3 建材运输阶段碳排放量 .....	5
6 建造阶段碳排放计算 .....	5
6.1 一般原则 .....	5
6.2 施工机械设备碳排放量 .....	6
6.4 机电设备安装与调试碳排放量 .....	7
6.5 临时设施能耗碳排放量 .....	7
7 运营阶段碳排放计算 .....	7
7.1 一般原则 .....	7
7.2 列车运行碳排放量 .....	8
7.3 建筑设施运行碳排放量 .....	8
7.4 维护维修碳排放量 .....	9
7.5 可再生能源碳减排量 .....	9
7.6 城市轨道交通项目绿地碳汇 .....	9
8 拆除阶段碳排放计算 .....	10
8.1 一般原则 .....	10
8.2 拆除阶段碳排放量 .....	10
9 碳排放计算分析 .....	11
9.1 一般原则 .....	11
9.2 碳排放指标计算方法 .....	12
附 录 A     (资料性) 主要建材碳排放因子 .....	14
附 录 B     (资料性) 常用施工机械台班能源用量 .....	18
附 录 C     (资料性) 不同运输方式的碳排放因子 .....	23
附 录 D     (资料性) 主要能源碳排放因子(化石燃料、电网、热能) .....	24

附录 E	(资料性) 不同类型绿地固碳量 .....	25
附录 F	(资料性) 可再生能源供能类计算参考公式 .....	26
附录 G	(资料性) 列车运行及建筑机电设备系统能耗计算参考方法 .....	27
参考文献	.....	29

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国铁路设计集团有限公司、天津大学、深圳地铁集团有限公司、天津轨道交通集团有限公司、中铁上海工程局集团有限公司、中铁南方投资集团有限公司、中铁十八局集团市政工程有限公司。

本文件主要起草人：张舵、李爱东、郭现钊、崔奇杰、赵林、邹晋华、尹宝泉、文斯翔、赖淳、刘晋鹏、瓮培博、刘聪、莫晓玲、李广君、罗曼、马宁、解廷伟、王会发、王清永、钱广民、吴礼程、张仓海、谢涛、陈登伟、杨志刚、董瑞桥



# 城市轨道交通全生命周期碳排放计算指南

## 1 范围

本文件提供了城市轨道交通全生命周期碳排放计算的总体原则、建材碳排放计算、建造阶段碳排放计算、运营阶段碳排放计算、拆除阶段碳排放计算及碳排放计算分析等方面的建议。

本文件适用于城市轨道交通全生命周期建设、运营及拆除的碳排放计算。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 24040 环境管理生命周期评价原则与框架  
GB/T 24044 环境管理生命周期评价要求与指南  
GB/T 32150—2025 工业企业温室气体排放核算和报告通则  
GB/T 37420—2019 城市轨道交通能源消耗与排放指标评价方法  
GB 50157 地铁设计规范  
GB 50555 民用建筑节能设计标准  
GB/T 50833—2012 城市轨道交通工程基本术语标准  
GB/T 50861—2024 城市轨道交通工程工程量计算标准  
GB/T 51357 城市轨道交通通风空气调节与供暖设计标准  
GB/T 51366 建筑碳排放计算标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

### 3.1

**城市轨道交通全生命周期碳排放** carbon emissions from urban rail transit projects

城市轨道交通与其有关的建设、运营及拆除产生的温室气体排放的总和，以二氧化碳当量表示。

### 3.2

**活动数据** activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

注：如各种化石燃料的消耗量、原材料的使用量、购入的电量、购入的热量等。

[来源：GB/T 32150—2025，3.12]

### 3.3

**排放因子** carbon emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150—2025，3.13]

### 3.4

**碳排放预算** carbon emission budget

在工程设计阶段,根据工程设计文件及方案,对城市轨道交通工程项目全生命周期内产生的碳排放量进行预测计算的活动。

### 3.5

#### **碳排放核算 carbon emission accounting**

在工程建成后,根据工程实际建造及运行中发生的碳排放活动数据,对城市轨道交通工程项目在特定周期内的碳排放量进行计算的活动。

### 3.6

#### **城市轨道交通项目碳汇量 carbon sink of urban rail transit project**

在城市轨道交通工程项目范围内,在运营阶段,工程红线内的人工绿地植被(包括车辆基地、地面站、高架站等区域的绿化)通过光合作用从大气中吸收并固定的二氧化碳量。

### 3.7

#### **全球增温潜势 GWP global warming potential**

在特定时间(100年)内某种温室气体(GHG)相对于二氧化碳(CO<sub>2</sub>)辐射强迫(气候变化)的影响程度的因子。

[来源:GB/T 37420—2019, 3.1.6]

### 3.8

#### **可再生能源 renewable energy**

风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。

[中华人民共和国可再生能源法,第一章第二条]

### 3.9

#### **客运量 passenger volume**

在统计期内,城市轨道交通系统运送的乘客数量。

[GB/T 50833-2012, 10.0.1]

### 3.10

#### **客运周转量 passenger person kilometers**

在统计期内,城市轨道交通系统运送乘客所乘里程的综合

[GB/T 50833-2012, 10.0.3]

### 3.11

#### **城市轨道交通替代交通碳减排量 carbon reduction from urban rail transit substitution**

在统计期内,客运量从其他出行方式转移至城市轨道交通系统引起的碳排放减少量。

## 4 总体原则

### 4.1 基本原则

4.1.1 城市轨道交通全生命周期碳排放计算(以下简称碳排放计算)宜采用碳排放因子法,其基本模型为活动水平数据与相应碳排放因子的乘积,以二氧化碳当量(CO<sub>2</sub>e)为计量单位。

4.1.2 碳排放计算宜参照GB/T 24040、GB/T 24044中的生命周期评价(LCA)进行阶段划分,划分为建材生产及运输、建造、运营及拆除阶段。

## 4.2 计算边界

4.2.1 碳排放计算宜明确空间边界，通常以整条线路为对象，当以单座车站、单个区间或车辆基地为对象时，宜在计算报告中明确其系统边界及能源、物料消耗的分配原则。

4.2.2 碳排放计算可根据需求进行特定阶段碳排放计算。

4.2.3 工程设计活动本身产生的碳排放可不纳入计算范围。

## 4.3 计算模式

4.3.1 碳排放计算宜分为碳排放预算和碳排放核算两种模式。

4.3.2 碳排放预算宜在工程设计阶段进行，主要依据设计文件、技术方案及模拟数据等进行预测计算。预算结果用于评估项目碳排放水平、对比不同设计方案以及评估节能减碳措施的潜力。

4.3.3 碳排放核算宜在工程建成后，主要依据竣工图纸、实际消耗记录及运行监测数据等进行计算。核算结果应用于工程碳排放水平确认、指导运营节能降碳，并为碳资产管理提供依据。

## 4.4 计算数据取值原则

4.4.1 碳排放计算所选用的数据宜保证准确性、一致性和可追溯性，记录所有数据来源、版本及处理过程。

4.4.2 活动水平数据选取宜遵循以下优先级顺序：

- a) 优先采用符合国家计量标准的连续监测仪器获得的**连续监测数据**；
- b) 其次采用定期测量的数据，或能源、物料消耗的**结算凭证**（如电费发票、燃油购买单据）的**间歇监测与结算凭证数据**；
- c) 在无法获取上述数据时（主要用于碳排放预算），可采用经审定的设计文件数据、数学模型推估值或历史类比数据。

4.4.3 碳排放因子选取宜遵循以下优先级顺序。

- a) 优先采用基于实际测量或供应商提供的、经第三方核查的特定项目数据，专业数据选取宜参照下列原则：
  - 1) 主要建材（如钢材、水泥、铝材等）的碳排放因子，优先采用产品供应商提供的、符合ISO 14067等国际标准或相关国家标准的生命周期评价（LCA）报告或环境产品声明（EPD）中的数据；
  - 2) 电力碳排放因子优先考虑与项目所在地供电部门核实并提供特定来源的数据。
- b) 在无法获取项目特定数据时，优先采用国家或项目所在地相关主管部门（如生态环境部、统计局等）最新发布的官方数据，专业数据选取宜参照下列原则：
  - 1) 电力碳排放因子采用中华人民共和国生态环境部最新发布的区域电网排放因子；
  - 2) 化石燃料碳排放因子采用国家主管部门发布的推荐值。
- c) 当上述数据缺失时，可采用国际或国内公认的、透明的生命周期评价数据库中的数据。
- d) 当无法通过上述途径获取必要的碳排放因子时，可采用附录A中提供的参考因子进行计算。

4.4.4 在计算可再生能源利用、余热回收等碳减排量时，其所替代能源的碳排放因子，可参照4.4.3中对该种能源的优先级规定取值。

## 5 建材碳排放计算

### 5.1 一般原则

5.1.1 建材碳排放计算宜包含建材生产阶段与建材运输阶段的碳排放量。具备条件时，可纳入机电设备（如车辆、通风空调机组、电梯、屏蔽门等）的生产碳排放（隐含碳）。

5.1.2 建材碳排放量可按公式（1）计算：

$$C_{JC} = C_{SC} + C_{YS} \quad (1)$$

式中：

$C_{JC}$ ——城市轨道交通工程建材碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{SC}$ ——城市轨道交通工程建材生产阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{YS}$ ——城市轨道交通工程建材运输阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）。

5.1.3 建材生产及运输阶段的碳排放计算边界宜涵盖构成工程永久结构的主要建材。纳入计算范围的主要建材参照 GB/T 51366，其总重量不应低于工程消耗建材总重量的 95%。满足此条件时，重量占比低于 0.1%的建材可不纳入计算。

5.1.4 城市轨道交通工程主要专业纳入碳排放计算的建材类型见表 1。

表 1 城市轨道交通工程主要专业纳入计算建材类型

专业名称	碳排放计算涵盖主要建材种类
车站及车辆基地建设、结构	混凝土、水泥、水泥砂浆、砂浆、粉煤灰、钢筋、型钢
区间隧道	盾构管片、混凝土、水泥、钢筋、管片联接螺栓、型钢
轨道	混凝土、钢轨、道床、轨道板
接触网	接触线、接触轨、悬吊槽钢
通风空调	通风管道、水管
给排水及消防	给水管、排水管、消防水管
动力照明	电力电缆、密集型铜母线槽、电缆桥架、镀锌钢管
供电	电力电缆
通信、信号、综合监控、火灾自动报警、环境与设备监控系统	电缆、电缆保护套管

5.1.5 建材碳排放计算涉及活动水平数据（建材消耗量、运输距离）的数据来源宜遵循以下原则：

a) 碳排放预算采用主要建材消耗量可根据设计图纸工程量与物料消耗定额计算确定；平均运输距离可基于建材产地信息或地区平均运输距离进行估算。

b) 碳排放核算采用主要建材消耗量可依据竣工图、材料清单及采购结算凭证统计确定；平均运输距离可依据实际采购合同、货运单据等记录确定。

注：碳排放预算城轨工程主要建材消耗量可根据设计文件，以分部分项工程及措施项目为基本单元，根据工程采用概预算定额确定。城轨工程涉及专业众多，各分部分项工程可能套用“轨道交通定额”、“市政定额”、“建筑定额”、“安装定额”、“装饰定额”、“绿化定额”、“电力定额”及“通信定额”等不同行业定额。设计阶段碳排放预算过程中各分部分项工程的建材活动数据建议根据各分部分项采用定额标准确定。

## 5.2 建材生产阶段碳排放量

5.2.1 建材生产阶段碳排放量可按公式（2）计算：

$$C_{SC} = \sum_{i=1}^n Q_{jc,i} \times f_{jc,i} \quad (2)$$

式中：

$C_{SC}$ ——建材生产阶段碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$Q_{jc,i}$ ——第*i*类主要建材的消耗量，其单位与所选碳排放因子单位相匹配，如千克（ $\text{kg}$ ）、立方米（ $\text{m}^3$ ）等；

$f_{jc,i}$ ——第*i*类主要建材的碳排放因子，单位：如千克二氧化碳当量每千克 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ]、千克二氧化碳当量每立方米 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ] 等。

5.2.2 建材生产阶段的建材消耗量  $Q_{jc,i}$  的确定宜遵循以下原则：

a) 碳排放预算：以设计图纸、工程量清单及相关定额标准为依据进行计算。

b) 碳排放核算：以竣工文件、材料采购清单及结算数据等实际消耗记录为依据进行统计。

5.2.3 建材生产阶段的碳排放因子  $f_{jc,i}$ ，其系统边界应涵盖原材料开采、原材料与能源的运输、以及产品生产过程的碳排放。

5.2.4 碳排放因子的选取宜遵循本标准第4.4节（计算数据取值原则）的规定，优先采用基于实际数据的项目特定因子或省级、国家级官方数据。当无上述数据时，可采用本标准附录A给出的参考因子。

5.2.5 机电设备生产阶段的碳排放量可按公式（3）计算：

$$C_{SB} = \sum_k^n (M_{sb,k} \times f_{sb,k}) \quad (3)$$

式中：

$C_{SB}$  ——机电设备生产阶段碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$M_{sb,k}$  ——第  $k$  种机电设备的质量，单位为吨（ $\text{t}$ ）；

$f_{sb,k}$  ——第  $k$  种机电设备的单位质量碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每吨 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t}$ ]，优先采用设备供应商提供的经第三方核查的碳足迹数据。

注1：若设备碳足迹数据缺失，可暂不纳入计算，但宜在报告中说明。

注2：机电系统设备（如车辆、通风空调机组、电梯、屏蔽门等）的隐含碳是城轨工程碳排放的重要组成部分。现阶段因国内产品碳足迹体系尚不完善，允许在无法获取数据时暂不计算。但鼓励相关单位收集设备制造商提供的经第三方核查的碳足迹数据。待国家或行业建立统一的设备碳足迹数据库后，可将其纳入计算范围。

### 5.3 建材运输阶段碳排放量

5.3.1 建材运输阶段碳排放量可按公式（4）计算：

$$C_{YS} = \sum_{i=1}^n Q_{jc,i} \times d_i \times f_{ys,i} \quad (4)$$

式中：

$C_{YS}$  ——建材运输阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$Q_{jc,i}$  ——第  $i$  类主要建材的消耗量，单位为吨（ $\text{t}$ ）；

$d_i$  ——第  $i$  类主要建材的平均运输距离，单位为千米（ $\text{km}$ ）；

$f_{ys,i}$  ——第  $i$  类主要建材在特定运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每吨千米 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t} \cdot \text{km})$ ]。

5.3.2 活动水平数据获取：

a) 平均运输距离  $d_i$  的确定宜遵循以下原则：

- 1) 碳排放预算：可基于建材生产厂商所在地至工地的距离进行估算，或采用地区经验数据；
- 2) 碳排放核算：可基于采购合同、货运单等文件记录的实际运输距离进行统计。当存在多个供应地时，可按采购量加权计算平均运输距离。

b) 运输方式的确定宜遵循以下原则：

- 1) 首先明确各类建材的主要运输方式（如重型卡车、铁路、船舶）；
- 2) 当一种建材采用多种运输方式联运时，可分别计算各段的排放量后加和。

5.3.3 建材运输阶段的碳排放因子  $f_{ys,i}$  宜包含运输工具燃料消耗的直接碳排放和所消耗能源的上游生产碳排放。其取值宜遵循本标准第4.4节的规定，优先采用官方或权威数据库数据。当无上述数据时，可采用本标准附录B给出的参考因子。

## 6 建造阶段碳排放计算

### 6.1 一般原则

6.1.1 建造阶段碳排放的计算范围，宜涵盖从工程开工至竣工验收止，发生在施工现场边界内的所有施工活动所产生的碳排放，包括土建工程、轨道工程、机电设备及系统安装工程等。

6.1.2 建造阶段碳排放包含施工过程中各类能源、资源消耗所引致的碳排放量，可按公式（5）计算：

$$C_{JZ} = C_{JX} + C_{HC} + C_{TS} + C_{LS} \quad (5)$$

式中：

$C_{JZ}$  ——建造阶段碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{JX}$  ——施工机械设备能耗碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），按第6.2节计算；

$C_{HC}$  ——施工耗材消耗碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），按第6.3节计算；

$C_{TS}$  ——机电设备安装与调试能耗碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），按第6.4节计算；

$C_{LS}$  ——临时设施能耗碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），按第6.5节计算。

### 6.1.3 建造阶段碳排放计算涉及活动水平数据的数据来源宜遵循以下原则：

- a) 碳排放预算：活动水平数据可基于设计文件、工程概预算定额及类似项目经验数据确定；
- b) 碳排放核算：活动水平数据可基于施工现场的实际能源、耗材消耗记录（如电表读数、油品及耗材采购单据）确定。

## 6.2 施工机械设备碳排放量

6.2.1 施工机械设备碳排放量，指各类施工机械、车辆在运行中消耗燃油、电力、天然气等能源所产生的碳排放。

6.2.2 在碳排放预算模式下，城市轨道交通工程施工机械碳排放量宜按分部分项工程法如公式（6）计算：

$$C_{JX,YS} = \sum_{k=1}^n Q_{JX,k} f_{JX,k} + \sum_{j=1}^m Q_{E,j} f_{E,j} \quad (6)$$

$$f_{JX,k} = \sum_{i=1}^p Q_{k,i} f_{k,i} \quad (7)$$

式中：

$C_{JX,YS}$  ——碳排放预算模式施工机械碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$Q_{JX,k}$  ——分部分项工程的第k种施工机械设备台班数，单位为台班；

$f_{JX,k}$  ——第k种施工机械设备台班的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每台班 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台班}$ ]；

$Q_{E,j}$  ——分部分项工程不列入机械台班消耗量的第j种能源消耗量，单位如千克（ $\text{kg}$ ）、千瓦时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）等；

$f_{E,j}$  ——第j种能源的碳排放因子，单位与能源消耗量相匹配，如千克二氧化碳当量每千克 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ]、千克二氧化碳当量每千瓦时 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kW} \cdot \text{h}$ ]等，可按附录D取值；

$Q_{k,i}$  ——第k种施工机械设备台班的第i种能源消耗量，单位为千克（ $\text{kg}$ ）、千瓦时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）；

$f_{k,i}$  ——第k种施工机械设备台班消耗的第i种能源的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ]、千克二氧化碳当量每千瓦时 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kW} \cdot \text{h}$ ]等。

6.2.3 在碳排放核算模式下，城市轨道交通工程施工机械碳排放量可按公式（8）计算：

$$C_{JX,HS} = \sum_{k=1}^n Q_{E,k} f_{E,k} \quad (8)$$

式中：

$C_{JX,HS}$  ——碳排放核算模式施工机械碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$Q_{E,k}$  ——第k种能源的直接消耗量，单位为千克（ $\text{kg}$ ）、千瓦时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）；

$f_{E,k}$  ——第k种能源的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ]、千克二氧化碳当量每千瓦时 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kW} \cdot \text{h}$ ]等。

## 6.3 施工耗材消耗碳排放量

6.3.1 施工耗材消耗碳排放量，指在施工过程中被消耗或周转使用但不构成工程永久实体的材料所蕴含的碳排放。计算时宜遵循重要性原则，重点关注对碳排放贡献占比较大的主要耗材。

6.3.2 纳入碳排放计算的主要施工耗材类型宜包括但不限于表2所列：

表2 主要施工耗材类型参考清单

耗材类别	示例	计算说明
临时支护与周转材料	钢支撑、钢围檩、脚手架用钢管、钢模板等	碳排放量应按其预计平均周转次数进行分摊
工艺性材料	盾构同步注浆料、渣土改良剂、防水卷材、水玻璃、焊接材料（焊条、焊丝）等	通常为一次性投入，按实际消耗量计算（即周转次数 $N=1$ ）
其他消耗性材料	施工用水（主要用于混凝土养护、泥水盾构等）、养护材料等	施工用水碳排放因子仅包含水处理机输送能耗

6.3.3 施工耗材消耗碳排放量可按公式（9）计算：

$$C_{HC} = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{hc,k}}{N_k} f_{hc,k} \quad (9)$$

式中：

$C_{HC}$  ——施工耗材消耗碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2e</sub>）；

$Q_{hc,k}$  ——第 k 种施工耗材的总投入量，单位为千克（kg）、立方米（m<sup>3</sup>）等；

$N_k$  ——第 k 种施工耗材的预计平均周转次数；对于一次性消耗品（如注浆料、水），其  $N_k=1$ ；

$f_{hc,k}$  ——第 k 种施工耗材的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每单位 [kgCO<sub>2e</sub>/单位产品]。

## 6.4 机电设备安装与调试碳排放量

6.4.1 机电设备安装与调试能耗碳排放量，指通风空调系统、电梯与自动扶梯、供电系统、弱电系统、给排水系统等机电设备安装就位后的单机调试、系统联动调试过程中消耗能源所产生的碳排放。

6.4.2 设备系统调试碳排放的计算宜遵循重要性原则。对于额定功率大、调试周期长的主要用能系统（如暖通空调冷热源系统、主变电系统、电梯扶梯集群等），其调试能耗宜纳入计算。

6.4.3 机电设备安装与调试碳排放量可按公式（10）计算：

$$C_{TS} = \sum_{k=1}^n E_{d,k} f_d \quad (10)$$

式中：

$E_{d,k}$  ——第 k 类机电设备调试期的耗电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$f_d$  ——电力碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 [kgCO<sub>2e</sub>/kW·h]。

注：在碳排放预算模式下，调试能耗可根据设备额定功率、计划调试时间及负载系数进行估算。在碳排放预算模式下，宜采用调试过程中的实际耗能记录。

6.4.4 当有证据表明某些系统的调试能耗对阶段总碳排放的贡献微乎其微（例如小于1%），或确实无法获取相关数据时，可在专项报告中说明理由后予以排除。

## 6.5 临时设施能耗碳排放量

6.5.1 临时设施能耗碳排放量，指为施工服务的临时设施（如临时办公与生活用房、临时供电系统、临时照明）在建造阶段的能源消耗所产生的碳排放。

6.5.2 临时设施能耗碳排放量可按公式（11）计算：

$$C_{LS} = \sum_{i=1}^n (E_{LS,i} \times f_{E,i}) \quad (11)$$

式中：

$C_{LS}$  ——临时设施能耗碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2e</sub>）；

$E_{LS,i}$  ——临时设施消耗的第 i 种能源消耗量，单位为千瓦时（kW·h）、千克（kg）等；

$f_{E,i}$  ——第 i 种能源的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 [kgCO<sub>2e</sub>/kW·h]、千克二氧化碳当量每千克 [kgCO<sub>2e</sub>/kg] 等。

## 7 运营阶段碳排放计算

### 7.1 一般原则

7.1.1 运营阶段碳排放的计算范围，宜涵盖工程投入运营后，为维持其正常运输服务功能所消耗各类能源和资源产生的碳排放。主要包括列车牵引、车站及车辆基地等建筑设施运行、以及周期性维修维护活动所产生的碳排放。

7.1.2 城市轨道交通工程运营维护阶段碳排放量可按公式（12）计算：

$$C_{YY} = C_{LC} + C_{SS} + C_{WX} - C_{ZS} - C_{LD} \quad (12)$$

式中：

$C_{YY}$  ——运营阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2e</sub>）

$C_{LC}$  ——列车运行碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2e</sub>）；

$C_{SS}$  ——建筑设施运行碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2e</sub>）；

$C_{WX}$  ——维修维护碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2e</sub>）；

$C_{zs}$ ——城市轨道交通工程可再生能源碳减排量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{ld}$ ——城市轨道交通工程绿地碳汇量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）。

7.1.3 城市轨道交通工程运营阶段碳排放的计算年限宜与设计文件一致。当设计文件未明确规定时，可按100年计算。

7.1.4 运营阶段碳排放计算涉及活动水平数据的数据来源宜遵循以下原则：

a) **碳排放预算**：活动水平数据（如客流量、设备运行时间、维修频率）可依据设计文件、行业定额或类似项目经验数据确定。

b) **碳排放核算**：活动水平数据可基于运营期的实际统计监测数据（如电表读数、能源结算单、维修记录）确定。碳排放因子的选取宜参考本标准第4.4节选取。

## 7.2 列车运行碳排放量

7.2.1 列车运行碳排放量主要指列车牵引系统消耗电能所产生的间接碳排放，是运营阶段的主要排放源。

7.2.2 城轨工程列车运行碳排放量，可根据其运行能耗，按公式（13）计算：

$$C_{LC} = \sum_{i=1}^n Q_{QY,i} \times f_{QY,i} \quad (13)$$

式中：

$C_{LC}$ ——城市轨道交通工程列车牵引碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$Q_{QY,i}$ ——城市轨道交通工程列车牵引所消耗的第*i*种能源消耗量，单位为千瓦时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）、千克（ $\text{kg}$ ）等；

$f_{QY,i}$ ——列车牵引所消耗的第*i*种能源的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kW} \cdot \text{h}$ ]、千克二氧化碳当量每千克 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ]等，可按附录D取值。

注：本条主要是为了响应城轨交通动力技术的多元化发展趋势。特别是近年来，全球首列氢能市域列车的下线，标志着以氢燃料电池为代表的新能源列车已进入工程应用阶段。这类列车在运行中不产生直接碳排放，其碳排放主要来源于上游的氢气制取、运输和加氢过程。

7.2.3 碳排放预算模式下，各类能源的消耗量宜基于预测客流与运行图通过列车牵引计算仿真进行预测，且计算中必须考虑再生制动能量回收带来的能耗节约效应。在碳排放核算模式，宜采用实际计量能源数据。

## 7.3 建筑设施运行碳排放量

7.3.1 建筑设施运行碳排放量，指为维持车站、车辆基地、控制中心等建筑正常环境与功能，其内部设备系统消耗能源产生的碳排放。主要系统包括但不限于：通风空调系统、照明系统、电扶梯系统、给排水与水泵系统、屏蔽门/安全门系统、通信、信号及监控系统。

7.3.2 城市轨道交通工程设备运行碳排放量可按公式（14）计算：

$$C_{SS} = \sum_{i=1}^n (E_{SS,i} \times f_d) + \sum_{j=1}^m (Q_{SS,j} \times f_{ss,j}) \quad (14)$$

式中：

$C_{SS}$ ——设备运行的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$E_{SS,i}$ ——第*i*个以电力驱动的设备系统的年能耗量，单位为千瓦时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）；

$Q_{SS,j}$ ——第*j*个直接消耗化石燃料的设备系统的年能耗量，单位为千克（ $\text{kg}$ ）；

$f_{ss,j}$ ——第*j*种化石燃料的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ]。

7.3.3 在碳排放预算模式下，建筑设施运行能耗可根据设计文件中设计负荷、设备容量、设备效率及设备使用时间进行预测，设备使用时间应充分考虑城轨工程的客流特征。各系统能耗量的具体计算方法可参见附录G；在碳排放核算模式下，建筑设施运营能耗应根据工程实际发生的电力能耗、化石燃料能耗进行计算。

7.3.4 在碳排放预算模式下，城市轨道交通工程暖通空调系统碳排放量计算宜符合以下规定：

- a) 应采用月平均方法计算年累计冷负荷和热负荷；
- b) 建筑物应根据《地铁设计规范》GB 50157、《城市轨道交通通风空气调节与供暖设计标准》GB/T 51357等标准中的设计空气参数进行负荷计算；
- c) 暖通空调负荷应考虑全日内客流时段分布、系统间歇运行对负荷计算结果的影响；
- d) 负荷计算应考虑冷源能耗、输配系统及末端空气处理设备能耗，且应考虑系统形式、效率、部分负荷特性对能耗的影响。

#### 7.4 维护维修碳排放量

7.4.1 城市轨道交通工程维修维护碳排放量，指为保持城轨工程设施设备技术状态所进行的检查、保养、修理及部件更换等活动产生的碳排放。主要包括：

- a) 维护活动消耗的能源（如检修机械能耗）；
- b) 维护活动中更换的零部件、材料（如钢轨、轨枕、接触网线、信号设备等）的生产碳排放；
- c) 维护活动中更换的零部件、材料运输的碳排放。

7.4.2 城市轨道交通工程维修维护碳排放量可按公式（15）计算：

$$C_{WX} = C_{WX-NH} + C_{WX-CL} + C_{WX-YS} \quad (15)$$

式中：

$C_{WX}$  ——维修维护碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{WX-NH}$  ——维修维护能源消耗的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；其计算方法参照本标准第7.3节；

$C_{WX-CL}$  ——维修维护活动更换材料运输的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；其计算方法参照本标准第5节；

$C_{WX-YS}$  ——维修维护活动材料运输的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），其计算方法参照本标准第5.3节。

7.4.3 在碳排放预算模式下，维修维护碳排放可根据设计文件中的维修大纲、预测的部件更换周期和材料用量进行估算。在碳排放核算模式下，活动数据宜根据维修维护中实际能源消耗、材料消耗进行计算。

#### 7.5 可再生能源碳减排量

7.5.1 城市轨道交通工程可再生能源系统主要包含太阳能生活热水系统、光伏系统、空气源热泵系统、风力发电系统。

7.5.2 可再生能源系统的碳减排量可按公式（16）计算：

$$C_{ZS} = \sum_{r=1}^n Q_{ZS,r} f_{ZS,r} Y \quad (16)$$

式中：

$Q_{ZS,r}$  ——第r种可再生能源系统的供能量，单位为千瓦时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）、吉焦（GJ）等；

$f_{ZS,r}$  ——第r种可再生能源系统所替代能源的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kW} \cdot \text{h}$ ]、千克二氧化碳当量每吉焦 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$ ]等；

$Y$  ——年限，单位为年（a）；与运营阶段碳排放计算年限取值保持一致。

7.5.3 在碳排放预算模式下，城轨工程采用太阳能生活热水系统、光伏系统、空气源热泵系统、风力发电系统可再生能源供能量可按附录F计算；

7.5.4 在碳排放核算模式下，根据工程可再生能源系统实际运行测量数据进行计算。

#### 7.6 城市轨道交通项目绿地碳汇

7.6.1 城市轨道交通工程项目绿地碳汇的计算范围限于工程永久用地范围内的集中绿地和附属绿地。

7.6.2 城市轨道交通工程项目绿地碳汇量可按公式(17)计算:

$$C_{TH} = \sum_i^n c_{TH,i} A_{TH,i} \gamma \quad (17)$$

式中:

$C_{TH}$ ——城市轨道交通工程的碳汇量,单位为千克二氧化碳当量每年[ $\text{kgCO}_2\text{e/a}$ ];

$c_{TH,i}$ ——城市轨道交通工程第*i*种类型绿地面积年固碳量,单位为千克二氧化碳当量每年平方米[ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ];可根据附录E参考值确定;

$A_{TH,i}$ ——第*i*类种类型绿地的面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )。

7.6.3 在碳排放预算模式下,可采用基于绿地设计图纸面积的估算值。在碳排放核算模式下,宜基于绿地养护现状及实际测量数据进行计算。

注:城市规划标准中要求非居住地块绿化覆盖率宜大于30%,设计前期阶段若无准确绿化面积,可按此比例进行估算。

## 8 拆除阶段碳排放计算

### 8.1 一般原则

8.1.1 拆除阶段碳排放计算,仅适用于工程改、扩建及改造活动,其计算范围主要包括现场拆除、建筑废弃物场外运输、建筑废弃物回收等过程。

8.1.2 拆除阶段碳排放量的计算边界宜遵循下列原则:

- 碳排放计算的时间边界范围应从拆除准备开始至建筑废弃物运至场外处理设施为止;
- 建构物、设备及管线的解体、破碎等拆除施工主要工序消耗的能源产生的碳排放、拆除废弃物在项目场地内的收集、分类、搬运、装卸等内部运输过程消耗的能源产生的碳排放、拆除废弃物从项目场地运至场外处理、处置或综合利用设施的运输过程消耗的能源产生的碳排放应计入;
- 为简化计算并保持审慎性原则,碳排放预算模式下宜暂不计入废弃物回收利用所带来的碳减排效益。但宜在结果中予以说明,此部分效益将在核算阶段予以考虑。

8.1.3 拆除阶段碳排放预算的空间边界宜符合下列规定:

- 单体建筑包含建筑物主体和拆除作业占用的空间;
- 建筑群包含各单体建筑、室外和拆除作业占用的空间;
- 考虑垃圾处理和回收利用时,应包含建筑垃圾分拣处理厂和再生材料生产厂。

注:城市轨道交通工程是建设成本较高的大型公共交通工程,国内已建成运营的城市轨道交通工程实际发生的拆除很少,已发生的拆除主要是工程改、扩建及改造过程中对设备系统的拆除改造。根据《地铁设计规范(GB 50157-2013)》1.0.12等相关规定,城市轨道交通工程的主体结构工程设计年限不应低于100年。其中设计使用年限是指在一般维护条件下,能保证结构工程安全正常使用的最低时段。城轨工程中设备系统由于技术迭代快,损耗大,设计使用寿命通常在15-25年不等。根据国外发达国家的经验,城轨工程结构在达到设计使用寿命后经过维护可以继续正常使用。考虑到城轨工程的实际情况,将拆除阶段的碳排放只考虑过程中损耗的能源,如拆除过程中使用的拆除机械、垃圾清运机械等消耗燃油、电能所产生的碳排放。

### 8.2 拆除阶段碳排放量

8.2.1 拆除阶段碳排放预算是指在工程设计阶段,基于预设的拆除方案、现行技术水平和相关数据,对工程达到使用寿命后或因改造需要而进行的拆除活动所产生碳排放量的预估。

8.2.2 拆除阶段碳排放核算是指在工程拆除过程中及完成后,基于实际消耗的能源、资源量,对拆除活动产生的碳排放量进行的计量。

8.2.3 拆除阶段碳排放量可按公式(18)计算:

$$C_{CC} = \sum_{i=1}^n (Q_{E,i} \times f_{E,i}) + \sum_{j=1}^m (Q_{M,i} \times f_{M,i}) + \sum_{k=1}^p (Q_{R,k} \times (f_{m,k} - f_{r,k})) \quad (18)$$

式中:

$C_{CC}$ ——拆除阶段碳排放量,单位为千克二氧化碳当量( $\text{kgCO}_2\text{e}$ );

$Q_{E,i}$ ——第*i*种能源的预估消耗量,单位为千瓦时( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )、千克( $\text{kg}$ )、升( $\text{L}$ )等;

$f_{E,i}$ ——第*i*种能源的碳排放因子,单位与能源消耗量单位相匹配;

$Q_{M,i}$ ——第*j*种物资(如爆破材料)的预估消耗量,单位为千克( $\text{kg}$ )等;

- $f_{M,i}$ ——第*j*种物资的碳排放因子，包含生产及运营碳排放因子，可参考5.2与5.3节计算；  
 $Q_{R,i}$ ——第*i*种回收处理物资的回收量，单位为千克（kg）等；  
 $f_{m,k}$ ——第*k*种废弃物的碳排放因子，单位与废弃物消耗量单位相匹配；  
 $f_{r,k}$ ——第*k*种废弃物进行回收处理的碳排放因子，单位与废弃物消耗量单位相匹配。

注：本条明确了废弃物回收利用所产生的碳减排量，应采用基于替代法的原理进行计算，其碳减排量应等于回收利用的废弃物所替代的原生材料生产过程中产生的碳排放量，并扣除废弃物回收处理过程的碳排放量。

#### 8.2.4 拆除阶段碳排放预算模式采用的能源与物资消耗量的确定宜按以下优先级顺序采用数据：

- 首选数据：采用现行国家《城市轨道交通工程工程量计算标准》GB/T 50861及相关工程量消耗及定额标准中相关拆除子目的材料和机械台班消耗量，结合施工组织方案进行估算。
- 替代数据：当无直接定额子目时，可参照国内同类拆除活动的单位工程量能耗数据进行估算。
- 参考数据：当上述数据均缺失时，可基于工程判断或专家经验，参照安装阶段相应工程量的机械台班消耗量乘以一个合理的拆除系数进行估算。所采用的系数及其来源应予以明确说明。

8.2.5 碳排放预算结果应附有不确定性说明，明确指出其结果是基于编制年份的技术经济水平进行的预估，未来实际值可能因技术进步、政策调整等因素发生变化。

8.2.6 拆除阶段碳排放核算模式采用的能源与物资的实际消耗量宜基于施工现场的计量、结算凭证等原始记录确定。

## 9 碳排放计算分析

### 9.1 一般原则

9.1.1 碳排放指标统计周期宜以自然年为周期。

9.1.2 碳排放指标宜考虑工程全生命周期。

9.1.3 碳排放指标评价单元分为线网、单条线路、车站和车辆基地三个层次。

9.1.4 碳排放指标包含碳排放与碳贡献两个维度；其中碳排放指标可分别按运营阶段或全生命周期碳排放量分别计算。

9.1.5 线网层次的碳排放指标体系见表3。

表3 线网碳排放指标

序号	类别	指标	单位
1	碳排放总量	城市轨道交通碳排放占比	%
2		全市城市轨道交通碳排放总量	kgCO <sub>2</sub> e
3	碳排放强度	单位客运周转量碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/（万人·km）
4		单位线公里碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/km
5	碳减排贡献	城市轨道交通线网替代交通碳减排量	kgCO <sub>2</sub> e
6		城市轨道交通出行占比	%

9.1.6 线路层次的碳排放指标体系见表4。

表4 线路碳排放指标

序号	类别	指标	单位
1	碳排放总量	单条线路轨道交通碳排放总量	kgCO <sub>2</sub> e
2	碳排放强度	单位客运周转量牵引碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/（万人·km）
3		单位线公里线路碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/km
4		单位客运周转量碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/（万人·km）
5	碳减排贡献	单条线路替代交通碳减排量	kgCO <sub>2</sub> e
6		单条线路碳回收期	年

9.1.7 车站与车辆基地层次的碳排放指标体系表见表 5。

表 5 车站与车辆基地碳排放指标

序号	范围	类别	指标	单位
1	车站	碳排放总量	单个车站碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e
2		碳排放强度	单位建筑面积碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
3			单位客运量碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/(万人)
4	车辆基地	碳排放总量	单个车辆基地碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e
5		碳排放强度	单位建筑面积碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
6			单位列位碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/列位
7			单位占地面积碳排放量	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>

## 9.2 碳排放指标计算方法

### 9.2.1 碳排放总量指标

9.2.1.1 碳排放总量指统计期内城市轨道交通工程全生命周期的碳排放量总和，包含建材生产及运输阶段、建造阶段、运营阶段及拆除阶段的二氧化碳当量排放量，可按公式（19）计算：

$$C_E = C_{JC} + C_{JZ} + C_{YY} + C_{CC} \quad (19)$$

式中：

$C_E$  ——统计期内碳排放总量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2</sub>e）；

$C_{JC}$  ——建材碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2</sub>e）；

$C_{JZ}$  ——建造阶段碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2</sub>e）；

$C_{YY}$  ——运营阶段碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2</sub>e）；

$C_{CC}$  ——拆除阶段碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2</sub>e）。

注：碳排放总量根据统计范围不同可具体分为单个车站或车辆基地碳排放量、单条城市轨道交通线路碳排放量、全市城市轨道交通碳排放量。

9.2.1.2 线网指标中轨道交通出行占比可按公式（20）计算：

$$P_{metro} = \frac{P}{P_S} \times 100\% \quad (20)$$

式中：

$P_{metro}$  ——城市轨道交通线网轨道交通出行占比，单位为百分比（%）；

$P$  ——城市轨道交通网络日均出行量，单位为万人次/日；

$P_S$  ——全市范围内公共交通（包括轨道交通、常规公交、公共汽电车等）日均出行总量，单位为万人次/日。

### 9.2.2 碳排放强度指标

9.2.2.1 单位客运周转量碳排放量可按公式（21）计算：

$$C_{EIQ} = \frac{C_E}{Q_k} \quad (21)$$

式中：

$C_{EIQ}$  ——城市轨道交通工程单位客运周转量碳排放量，单位为千克二氧化碳当量每万人千米 [kgCO<sub>2</sub>e/(万人·km)]；

$C_E$  ——统计期内城市轨道交通工程二氧化碳当量排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO<sub>2</sub>e）；

$Q_k$  ——统计期内客运周转量，单位为万人千米（万人·km），由设计客流数据、运营数据获得，城市线网及某条线路分别采用对应层次数据。

9.2.2.2 单位运营里程碳排放量可按公式（22）计算

$$C_{EIL} = \frac{C_E}{L} \quad (22)$$

式中：

$C_{EIL}$ ——城市轨道交通工程单位运营里程碳排放量，单位为千克二氧化碳当量每千米[ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{km}$ ];  
 $C_E$ ——统计期内城市轨道交通工程二氧化碳当量排放量，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ) ;  
 $L$ ——城市轨道交通线网运营里程，单位为千米 (km)，由设计数据、运营数据获得，城市线网及某条线路分别采用对应层次数据。

9.2.2.3 单位建筑面积碳排放量可按公式 (23) 计算

$$C_{EIA, J} = \frac{C_E}{A_J} \quad (23)$$

式中:

$C_{EIA, A}$ ——城市轨道交通工程单位建筑面积碳排放量，单位为千克二氧化碳当量每平方米 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ ];

$C_E$ ——统计期内城市轨道交通工程二氧化碳当量排放量，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ) ;

$A_J$ ——城市轨道交通工程建筑面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ ) 。

9.2.2.4 单位占地面积碳排放量可按公式 (24) 计算

$$C_{EIA, Z} = \frac{C_E}{A_Z} \quad (24)$$

式中:

$C_{EIA, Z}$ ——城市轨道交通工程单位占地面积碳排放量，单位为千克二氧化碳当量每平方米 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ ];

$C_E$ ——统计期内城市轨道交通工程二氧化碳当量排放量，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ) ;

$A_Z$ ——城市轨道交通工程占地面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ ) 。

9.2.2.5 车辆基地单位列位碳排放量可按公式 (25) 计算

$$C_{EIN} = \frac{C_E}{N_L} \quad (25)$$

式中:

$C_{EIN}$ ——城市轨道交通车辆基地工程单位列位碳排放量，单位为千克二氧化碳当量每列位 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{列位}$ ];

$C_E$ ——统计期内城市轨道交通工程二氧化碳当量排放量，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ) ;

$N_L$ ——城市轨道交通车辆基地工程设置检修列位数量，单位为列位。

9.2.3 碳减排贡献指标

9.2.3.1 碳减排贡献指由统计期内客运量从其他出行方式转移至城市轨道交通工程引起碳排放减少量。其替代交通碳减排量可按公式 (26) 计算:

$$CeO_{y-RE} = \sum_i^n P_{yi} \times (E_{avei} - E_{met}) \quad (26)$$

式中:

$CeO_{y-RE}$ ——为第  $y$  年地铁出行碳减排量，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ) ;

$P_{yi}$ ——第  $y$  年  $i$  种被替代交通方式的转移至地铁的周转量，单位: 人·km;

$E_{avei}$ ——第  $i$  种被替代交通方式单位客运周转量碳排因子，单位为千克二氧化碳当量每人公里 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{pkm}$ ]。一般转移至地铁的周转量主要包含常规公交、小汽车、摩托车、电动自行车等;

$E_{met}$ ——城市轨道交通单位客运周转量碳排因子，单位为千克二氧化碳当量每人公里 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{pkm}$ ]。

9.2.3.2 碳回收期可按公式 (27) 计算:

$$T_{c-R} = \frac{C_E}{Ce - C_{Y-T}} \quad (27)$$

式中:

$T_{c-R}$ ——城市轨道交通线路/线网碳回收期，单位为年;

$C_E$ ——城市轨道交通建材碳排放及建造阶段碳排放之和，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ) ;

$C_{Y-T}$ ——城市轨道交通线路  $T$  年运营期累计碳排放量，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ) ;

$\overline{Ce}$ ——城市轨道交通线路年均替代碳减排量，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ) 。

附 录 A  
(资料性)  
主要建材碳排放因子

A.1 建材生产阶段的碳排放计算可按表A.1选取。

表 A.1 常用建材生产碳排放因子参考值

类别	材料名称	建材碳排放因子	数据来源/参考文献
混凝土	混凝土 C10	172 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	《建筑碳排放计算标准》 (GB/T51366-2019)
	混凝土 C15	178 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	混凝土 C20	265 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	混凝土 C25	293 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	混凝土 C30	295 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	混凝土 C35	363 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	混凝土 C40	410 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	混凝土 C45	441 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	混凝土 C50	385 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	超流态混凝土 C25	320 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
超流态混凝土 C30	333 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>		
砂浆	1:1 抹灰水泥砂浆	730 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	根据材料配合比以及相关定额的生产能耗数据，计算各类混凝土与砂浆的碳排放系数，材料配合比取自《黑龙江省建筑工程计价定额》，混凝土和砂浆生产电耗分别取 2.65 和 1.55kW·h。计算及数据参考文献[1]： [1] 张孝存. 建筑碳排放量化分析计算与低碳建筑结构评价方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
	1:2 抹灰水泥砂浆	405 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	1:3 抹灰水泥砂浆	277 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	1:2.5 抹灰石灰砂浆	342 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	1:3 抹灰石灰砂浆	239 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	1:3 抹灰石膏砂浆	510 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	1:1:6 抹灰混合砂浆	285 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	M2.5 砌筑混合砂浆	224 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	M5 砌筑混合砂浆	236 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	M7.5 砌筑混合砂浆	239 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	M10 砌筑混合砂浆	234 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	M15 砌筑混合砂浆	355 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	M2.5 砌筑水泥砂浆	155 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
	M5 砌筑水泥砂浆	165 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	
M7.5 砌筑水泥砂浆	181 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>		
M10 砌筑水泥砂浆	200 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>		
M15 砌筑水泥砂浆	232 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>		
水泥及凝胶材料	水泥熟料 52.5MPa	905 kgCO <sub>2</sub> e/t	主要建筑材料碳排放因子依照《建筑碳排放计算标准》(GB/T51366-2019)

类别	材料名称	建材碳排放因子	数据来源/参考文献
水泥	水泥熟料 62.5MPa	920 kgCO <sub>2</sub> e/t	附录 D 取值,对于规范没有提供的碳排放因子,借鉴其它碳排放相关标准或权威研究进行取值或计算。参考自: [1] 张孝存. 建筑碳排放量化分析计算与低碳建筑结构评价方法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2018.
	硅酸盐水泥 P·I (通用)	939~958 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	硅酸盐水泥 P·I 42.5MPa	939 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	硅酸盐水泥 P·I 52.5MPa	941 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	硅酸盐水泥 P·I 62.5MPa	958 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	硅酸盐水泥 P·II(通用)	861~918 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	硅酸盐水泥 P·II 42.5MPa	874 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	硅酸盐水泥 P·II 52.5MPa	889 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	硅酸盐水泥 P·II 62.5MPa	918 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	硅酸盐水泥 P·0(通用)	722~862 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	普通硅酸盐水泥 P·0 42.5MPa	795 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	普通硅酸盐水泥 P·0 52.5MPa	863 kgCO <sub>2</sub> e/t	
石灰及石膏	石灰生产(市场平均)	1190 kgCO <sub>2</sub> e/t	《建筑碳排放计算标准》(GB/T51366-2019)
	生石灰	1190 kgCO <sub>2</sub> e/t	《厦门市建筑碳排放核算标准 DB3502/Z》
	消石灰(熟石灰、氢氧化钙)	747 kgCO <sub>2</sub> e/t	《建筑碳排放计算标准》(GB/T51366-2019)
	天然石膏	32.8 kgCO <sub>2</sub> e/t	《建筑碳排放计算标准》(GB/T51366-2019) [1] 薛静, 京津冀城际铁路全寿命周期能耗、碳排放及节能减排研究[D], 石家庄铁道大学, 2018.
骨料	碎石 (d=10mm~30mm)	2.18 kgCO <sub>2</sub> e/t	《厦门市建筑碳排放核算标准 DB3502/Z》 《建筑碳排放计算标准》(GB/T51366-2019)
	砂 (f=1.6~3.0)	2.51 kgCO <sub>2</sub> e/t	《建筑碳排放计算标准》(GB/T51366-2019)
	再生骨料	13 kgCO <sub>2</sub> e/t	
钢材	镀锌钢管	2690 kgCO <sub>2</sub> e/t	CBCED(西安建筑科技大学“中国建筑碳排放数据库”)
	冷轧冷拔碳钢无缝钢管	3680 kgCO <sub>2</sub> e/t	碳排放数据来源参考中国产品全生命周期温室气体排放系数库(CPCD)
	镀锌铁丝	2020 kgCO <sub>2</sub> e/t	CBCED(西安建筑科技大学“中国建筑碳排放数据库”)
	钢管及扣件	2020 kgCO <sub>2</sub> e/t	[1] 仓玉洁. 建筑物化阶段碳排放核算方法研究[D]. 西安建筑科技大学, 2018.
	钢轨	2020 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	钢骨架	2000 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	钢拉杆	2020 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	钢拉模	2000 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	钢钻	2000 kgCO <sub>2</sub> e/t	
螺纹钢筋	2110 kgCO <sub>2</sub> e/t		

类别	材料名称	建材碳排放因子	数据来源/参考文献
	圆钢筋综合	2820.26 kgCO <sub>2</sub> e/t	CBCED（西安建筑科技大学“中国建筑碳排放数据库”）
	铁钉	2020 kgCO <sub>2</sub> e/t	[1] 仓玉洁. 建筑物化阶段碳排放核算方法研究[D]. 西安建筑科技大学, 2018.
	安装铁钉	2000 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	扒钉	2020 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	玻璃钉	2020 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	铁件	1280 kgCO <sub>2</sub> e/t	CBCED（西安建筑科技大学“中国建筑碳排放数据库”）
	镀锌钢管 DN20 δ=2.75mm	2690 kgCO <sub>2</sub> e/t	CBCED（西安建筑科技大学“中国建筑碳排放数据库”）
	镀锌钢管 DN25 δ=3.25mm		
	镀锌钢管 DN32 δ=3.5mm		
	镀锌钢管 DN40 δ=3.5mm		
	镀锌钢管 DN50 δ=3.8mm		
	镀锌钢管 DN65 δ=4mm		
	镀锌钢管 DN80 δ=4mm		
	镀锌钢管 DN100 δ=4.0mm		
	镀锌钢管 DN125 δ=4.5mm		
	镀锌钢管 DN150 δ=4.5mm		
	镀锌钢管复合管(内衬UPVC塑料)DN65		
	钢铁	2308.9 kgCO <sub>2</sub> e/t	铬铁合金（短流程）、锰铁合金（长流程）、其他铁合金（长流程）、其他铁合金（短流程）、生铁和镜铁（锭状、块状或其他形状）（长流程）、铁或非合金钢的锭、其他原型及半成品（长流程）、铁或非合金钢的锭、其他原型及半成品（短流程），碳排放数据来源参考中国产品全生命周期温室气体排放系数库（CPCD）
	生铁	2050 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	铁产品-回转窑直接还原法-印度	1590 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	炼钢生铁	1700 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	铸造生铁	2280 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	车轮	3330 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	粗钢	2310 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	低碳钢	2630 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	粗钢（混合工艺）	1910 kgCO <sub>2</sub> e/t	全球钢铁厂的碳排放数据收集遵循了ISO 14404:2013-calculation method of carbon dioxide emission intensity from iron and steel production
	粗钢（高炉转炉法）	2320 kgCO <sub>2</sub> e/t	数据来源于世界钢铁协会，产品定义为crude steel cast。本数据为高炉转炉法BF-BOF的2021年碳排放数据。
	粗钢-CSE工艺	2660 kgCO <sub>2</sub> e/t	碳排放数据来源参考中国产品全生命周期温室气体排放系数库（CPCD）
	热轧碳钢小型型钢	2310 kgCO <sub>2</sub> e/t	碳排放数据来源参考中国产品全生命周期温室气体排放系数库（CPCD）
	热轧碳钢中型型钢	2365 kgCO <sub>2</sub> e/t	

类别	材料名称	建材碳排放因子	数据来源/参考文献
	热轧碳钢大型轨梁（方圆坯、管坯）	2340 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	热轧碳钢大型轨梁（重轨、普通型钢）	2380 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	热轧带肋钢筋	2100 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	热轧碳钢中厚板	2400 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	热轧碳钢H钢	2350 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	热轧碳钢宽带钢	2310 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	热轧碳钢钢筋	2340 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	热轧碳钢高线材	2375 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	热轧碳钢棒材	2340 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	线材产品	2970 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	连铸钢坯	2040 kgCO <sub>2</sub> e/t	
有色金属	不锈钢	6130 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	电解铝	17230 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	铝合金	16380 kgCO <sub>2</sub> e/t	
	矿产铜	5520 kgCO <sub>2</sub> e/t	
电力电缆	耐火铜芯电力电缆敷设 WDZB1N-YJY-1kV 3×120+2×70	27.7232 kgCO <sub>2</sub> e/m	参考文献[1]中公式计算，存在一定偏差。 [1]林国峰,王舜,孙娟,等.建筑用电力电缆碳排放因子研究[J].建筑节能(中英文),2024,52(11):86-90.
	耐火铜芯电力电缆敷设 WDZB1N-YJY-1kV 3×95+2×50	21.2326 kgCO <sub>2</sub> e/m	
	耐火铜芯电力电缆敷设 WDZB1N-YJY-1kV 5×10	2.9416 kgCO <sub>2</sub> e/m	
	耐火铜芯电力电缆敷设 WDZB1N-YJY-1kV 5×16	4.5796 kgCO <sub>2</sub> e/m	
	铜芯电力电缆敷设 WDZB1-YJY-1kV 1×120	6.7636 kgCO <sub>2</sub> e/m	
	铜芯电力电缆敷设 WDZB1-YJY-1kV 1×240	13.3156 kgCO <sub>2</sub> e/m	
	铜芯电力电缆敷设 WDZB1-YJY-1kV 1×25	1.5766 kgCO <sub>2</sub> e/m	
	铜芯电力电缆敷设 WDZB1-YJY-1kV 5×10	2.9416 kgCO <sub>2</sub> e/m	
铜芯电力电缆敷设 WDZB1-YJY-1kV 5×16	4.5796 kgCO <sub>2</sub> e/m		

**附录 B**  
**(资料性)**  
**常用施工机械台班能源用量**

B.1 常用施工机械的单位台班的能源消耗量、碳排放因子可按表B.1选用。表B.1中能源消耗量数据来自住房和城乡建设部《建设工程施工机械台班费用编制规则》2015版。

**表 B.1 常用施工机械台班能源用量**

机械类别	机械名称	性能规格		能源消耗量 (单位/台班)		
				汽油	柴油	电
				(kg)	(kg)	(kW·h)
挖掘机械	履带式单斗液压挖掘机	斗容量 m <sup>3</sup>	0.6	—	33.68	—
			1	—	63.00	—
	拖式挖掘机	斗容量 m <sup>3</sup>	7	—	59.04	—
桩工和 钻孔机械	汽车式钻孔机	直径 mm	1000	—	38.80	81.60
	螺旋钻孔机	直径 mm	600	—	—	181.27
	履带式旋挖钻孔机	孔径 mm	1000	—	146.56	—
	吊锤打桩机	锤重 t	0.75	—	—	75.00
	冲击式打桩机	—	—	—	—	192.00
	钻孔式打桩机	—	—	—	—	384.00
	轨道式柴油打桩机	冲击质量 t	1.8	—	33.40	98.00
			2.5	—	46.50	122.00
			3.5	—	56.90	171.00
			4	—	61.70	193.42
			5	—	63.03	203.83
			7	—	77.69	269.29
	履带式柴油打桩机	冲击质量 t	2.5	—	44.37	—
	静力压桩机 (液压)	压力 kN	1600	—	—	133.36
			2000	—	77.76	—
			3000	—	85.26	—
			4000	—	96.25	—
振动沉拔桩机	激振力 kN	300	—	17.43	131.25	
		400	—	24.90	187.50	
		600	—	37.35	281.25	
袋装沙井机	不带门架		—	—	93.94	
	带门架		—	—	152.27	
混凝土和 灰浆机械	滚筒式混凝土搅拌机	出料容量 L	400	—	—	24.38
	双锥反转出料混凝土	出料容量 L	250	—	—	51.75
			500	—	—	
	涡浆式混凝土搅拌机	出料容量 L	250	—	—	61.60
			500	—	—	91.33
	混凝土振捣机	插入式/平板式		—	—	4.00
混凝土输送泵	输送量 m <sup>3</sup> /h	45	—	—	243.46	
混凝土输送泵	输送量 m <sup>3</sup> /h	60	—	—	347.80	

机械类别	机械名称	性能规格		能源消耗量（单位/台班）		
				汽油	柴油	电
				(kg)	(kg)	(kW·h)
	混凝土抹平机	功率 kW	5.5	—	—	23.14
	混凝土抹平机	生产率 m <sup>3</sup> /h	5	—	—	15.40
	灰浆搅拌机	拌桶容量 L	200	—	—	8.61
			400	—	—	15.17
	铲土和水平运输机械	履带式推土机	功率 kW	60	—	41.00
75				—	53.99	—
105				—	59.11	—
履带式拖拉机		功率 kW	60	—	43.90	—
			105	—	59.11	—
轮胎式装载机		斗容量 m <sup>3</sup>	1	—	52.73	—
			1.5	—	58.75	—
载重汽车		装载质量 t	4	25.48	—	—
			6	—	33.24	—
			8	—	35.49	—
			10	—	46.27	—
			15	—	56.74	—
			20	—	62.56	—
自卸汽车		装载质量 t	8	—	40.93	—
			15	—	52.93	—
泥浆运输车	装载容量 L	4000	—	25.40	—	
机动翻斗车	装载质量 t	1	—	6.03	—	
平板拖车组	装载质量 t	20	—	45.39	—	
压实和路面机械	光轮内燃压路机	工作质量 t	8	—	19.79	—
			12	—	32.09	—
			15	—	42.95	—
	电动夯实机	夯击能量 kN·m	20~62	—	—	16.60
	平地机	功率 kW	90	—	35.44	—
	强夯机械	夯击能量 kN·m	1200	—	54.97	—
			2000	—	42.76	—
			3000	—	55.27	—
4000			—	58.22	—	
环卫机械	洒水车	罐容量 L	4000	29.96	—	—
起重和垂直机械	履带式起重机	提升质量 t	10	—	23.56	—
	门式起重机	提升质量 t	10	—	—	88.29
			20	—	—	207.10
	塔式起重机	起重力矩 kN·m	60	—	—	54.95
	自升式塔式起重机	起重力矩 kN·m	1500	—	—	198.25

机械类别	机械名称	性能规格		能源消耗量（单位/台班）		
				汽油	柴油	电
				(kg)	(kg)	(kW·h)
	汽车式起重机	提升质量 t	5	23.30	—	—
			10	—	29.77	—
			12	—	30.55	—
			16	—	35.85	—
			25	—	40.30	—
			40	—	48.52	—
			50	—	51.92	—
	电动单筒快速卷扬机	牵引力 kN	10	—	—	32.90
	电动单筒慢速卷扬机	牵引力 kN	10	—	—	32.90
			30	—	—	28.76
	单笼施工电梯	提升高度 m	75	—	—	42.32
			100	—	—	45.66
	双笼施工电梯		100	—	—	81.86
200			—	—	159.94	
平台升降车	提升高度 m	20	—	48.00	—	
钢筋和预应力机械	冷挤压机	直径 mm	45	—	—	26.60
	钢筋墩头机	直径 mm	5	—	—	42.47
	钢筋弯曲机	直径 mm	40	—	—	12.80
	钢筋切断机	直径 mm	40	—	—	32.10
	钢筋调直机	直径 mm	14	—	—	14.91
			40	—	—	11.90
	预应力钢筋拉伸机	拉伸力 kN	650	—	—	8.86
900			—	—	14.51	
切割和打磨机械	平面磨石机	功率 kW	3	—	—	14.00
加工机械	板料校平机	厚度×宽度 mm×mm	16×2000	—	—	120.60
	电动弯管/煨弯机	管径 mm	108	—	—	32.10
			500~1800	—	—	59.44
	剪板机	厚度×宽度 mm×mm	6.3~1800	—	—	28.64
			13~3000		—	51.30
			20~2500		—	57.37
			40~3100		—	104.80
	磨砖机	功率 kW	4	—	—	10.00
	型钢剪断机	剪断宽度 mm	500	—	—	53.20
型钢矫正机	矫正宽度 mm	500	—	—	79.48	

机械类别	机械名称	性能规格		能源消耗量（单位/台班）		
				汽油	柴油	电
				(kg)	(kg)	(kW·h)
	摇臂钻床	钻孔直径 mm	50	—	—	9.87
			63	—	—	17.07
	锥型螺纹车丝机	直径 mm	45	—	—	37.50
	电动修钎机	—	—	—	—	100.80
	管子切断机	管径 mm	150	—	—	12.90
			250	—	—	22.50
螺栓套丝机	直径 mm	39	—	—	25.00	
焊接机械	交流电焊机	容量 kV·A	21	—	—	64.06
			30	—	—	87.20
			40	—	—	136.30
			50	—	—	156.45
	交流弧焊机	容量 kV·A	21	—	—	60.27
	直流电焊机	功率 kW	30	—	—	90.80
	氩弧焊机	电流 A	500	—	—	70.70
	点焊机	容量 kV·A	75	—	—	154.63
对焊机	容量 kV·A	75	—	—	122.90	
木工机械	木工裁口机	多面宽度 mm	400	—	—	36.00
	木工开榫机	榫头长度 mm	160	—	—	27.00
	木工平刨床	刨削宽度 mm	500	—	—	12.90
	木工压刨床	刨削宽度 mm	400	—	—	52.40
	木工圆锯机	直径 mm	500	—	—	24.00
动力和 泵类机械	电动空气压缩机	排气量 m <sup>3</sup> /min	≤0.6	—	—	29.26
			≤1	—	—	39.90
			≤3	—	—	117.04
			≤6	—	—	212.80
			≤9	—	—	399.00
			≤20	—	—	691.60
			≤25	—	—	1117.20
			≤30	—	—	1223.60
	内燃空气压缩机	≤3	—	15.4	—	
		≤9	—	50.6	—	
	电动多级离心清水泵	出口直径 100mm, 扬程 120m 以内		—	—	180.40
出口直径 150mm, 扬程 180m 以内		—	—	609.30		
出口直径 200mm, 扬程 280m 以内		—	—	1690.00		
内燃单级离心清水泵	出口直径 mm	50	3.36	—	—	
潜水泵	出口直径 mm	50	—	—	10.01	

机械类别	机械名称	性能规格		能源消耗量（单位/台班）		
				汽油	柴油	电
				（kg）	（kg）	（kW·h）
	离压油泵	压力 Mpa	100	—	—	25.00
		压力 Mpa	80	—	—	213.95
	泥浆泵	出口直径 mm	50	—	—	40.90
		出口直径 mm	100	—	—	234.60
其他机械	轴流风机	功率 kW	7.5	—	—	40.30
			30	—	—	161.30

附 录 C  
(资料性)  
不同运输方式的碳排放因子

C.1 各类运输方式的碳排放因子可按表C.1选取。

表 C.1 各类运输方式的碳排放因子

运输方式类别	具体运输工具	碳排放因子 kgCO <sub>2</sub> e/(t·km)	数据来源
公路运输	轻型电动货车运输 (功率 80kW 载重 1.8t)	0.102	《建筑装饰装修碳排放计算标准》 TCBFA 69-2023
	轻型电动货车运输 (功率 85kW 载重 5t)	0.068	
	轻型汽油货车运输 (载重 2t)	0.334	《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366-2019》
	中型汽油货车运输 (载重 8t)	0.115	
	重型汽油货车运输 (载重 10t)	0.104	
	重型汽油货车运输 (载重 18t)	0.104	
	轻型柴油货车运输 (载重 2t)	0.286	
	中型柴油货车运输 (载重 8t)	0.179	
	重型柴油货车运输 (载重 10t)	0.162	
	重型柴油货车运输 (载重 18t)	0.129	
	重型柴油货车运输 (载重 30t)	0.078	
	重型柴油货车运输 (载重 46t)	0.057	
铁路运输	电力机车运输	0.010	
	内燃机车运输	0.011	
	铁路运输 (中国市场平均)	0.010	
水路运输	液货船运输 (载重 2000t)	0.019	
	干散货船运输 (载重 2500t)	0.015	
	集装箱船运输 (载重 200TEU)	0.012	

## 附录 D

(资料性)

## 主要能源碳排放因子（化石燃料、电网、热能）

D.1 化石燃料碳排放因子可按表D.1.1选取

表D.1.1 化石燃料CO<sub>2</sub>排放因子

类别	单位	单位热值CO <sub>2</sub> 碳排放因子 (tCO <sub>2</sub> /TJ)	热值 (kJ/单位)	单位碳排放因子 (tCO <sub>2</sub> /单位)
无烟煤	kg	98.3	25090	2.466
烟煤	kg	94.6	20908	1.978
褐煤	kg	101.2	12545	1.270
焦炭	kg	107.10	28435	3.045
汽油	kg	69.3	43070	2.985
柴油	kg	74.10	42652	3.161
液化天然气	kg	62.06	50434	3.130
液化石油气	kg	61.86	50179	3.104
天然气	m <sup>3</sup>	56.1	38931	2.184

## 注：

单位热值CO<sub>2</sub>碳排放因子来源于《国家温室气体排放因子数据库》（液化天然气与液化石油气从额外来源获得），该数据库数据来源于《2006年IPCC清单指南》

单位热值含碳量、碳氧化率数据来源于《省级温室气体清单编制指南（试行）》

根据《IPCC国家温室气体清单指南（2006年）》：CO<sub>2</sub>排放因子=碳含量×氧化因子×44/12

D.2 电力碳排放因子宜按表D.2.1选取

表D.2.1 全国电力平均二氧化碳排放因子

因子名称	碳排放因子 kgCO <sub>2</sub> e/ (kW·h)
全国电力平均二氧化碳排放因子	0.5366

表D.2.2 全国区域电力平均二氧化碳排放因子

电网名称	覆盖地区省市	碳排放因子 kgCO <sub>2</sub> e/ (kW·h)
南方区域电网	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省、海南省	0.3869
华东区域电网	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省	0.5617
华中区域电网	河南省、湖北省、湖南省、江西省、四川省、重庆市	0.5395
华北区域电网	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区西部	0.6776
西北区域电网	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区	0.5857
东北区域电网	辽宁省、吉林省、黑龙江省、内蒙古自治区东部	0.6012

注：电力CO<sub>2</sub>碳排放因子数据来源于生态环境部2024年12月发布2022年电力二氧化碳排放因子数据。

**附录 E**  
(资料性)  
**不同类型绿地固碳量**

E.1 不同种植方式单位种植面积年固碳量可按表E.1选取。

**表 E.1 不同种植方式单位种植面积年固碳量**

种植方式	年固碳量[ $\text{kgCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ ]
乔木、灌木、花草密植混种区(乔木平均种植间距 $<3.0\text{m}$ ,土壤深度 $>1.0\text{m}$ )	27.50
乔木密植混种区(平均种植间距 $<3.0\text{m}$ ,土壤深度 $>0.9\text{m}$ )	22.50
落叶大乔木(土壤深度 $>1.0\text{m}$ )	20.20
落叶小乔木、针叶树或疏叶性大乔木(土壤深度 $>1.0\text{m}$ )	13.43
大棕榈类(土壤深度 $>1.0\text{m}$ )	10.25
密植灌木丛(高约 $1.3\text{m}$ ,土壤深度 $>0.5\text{m}$ ) 10.95	10.95
密植灌木丛(高约 $0.9\text{m}$ ,土壤深度 $>0.5\text{m}$ ) 8.15	8.15
密植灌木丛(高约 $0.45\text{m}$ ,土壤深度 $>0.5\text{m}$ ) 5.13	5.13
多年生藤本(以立体攀附面积计量,土壤深度 $>0.5\text{m}$ ) 2.58	2.58
高草花花圃或高茎野草地(高约 $1.0\text{m}$ ,土壤深度 $>0.3\text{m}$ ) 1.15 一年生藤本、低草花花圃或低茎野草地(高约 $0.25\text{m}$ ,土壤深度 $>0.3\text{m}$ ) 0.35	1.15
多年生藤本(以立体攀附面积计量,土壤深度 $>0.5\text{m}$ ) 2.58	0.35

**注：**本表数据来自广东省住房及建设厅发布《建筑碳排放计算导则》(2021)。

## 附录 F

(资料性)

## 可再生能源供能类计算参考公式

F.1 太阳能热水系统的供能量可按下式计算：

$$Q_{ZS-SR} = \frac{A_{SR} J_T (1 - \eta_L) \eta_T}{3.6}$$

式中： $Q_{ZS-SR}$ ——太阳能热水系统的供能量 (kW·h)。  
 $A_{SR}$ ——太阳能集热器面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；  
 $J_T$ ——太阳能集热器采光面上的年平均太阳辐射量，单位为兆焦每平方米年 ([MJ/(a·m<sup>2</sup>)] )  
 $\eta_L$ ——管路和储热装置的热损失率，单位为百分比 (%)；  
 $\eta_T$ ——基于总面积的集热器平均集热效率，单位为百分比 (%)。

F.2 空气源热泵热水系统的节能量宜计算在暖通空调系统能耗内。

F.3 光伏系统的年发电量可按下式计算：

$$Q_{ZS-GF} = A_{GF} J_{GT} (1 - \eta_{GL}) \eta_{GT}$$

式中： $Q_{ZS-GF}$ ——光伏系统的年发电量，单位为千瓦时每年 (kW·h/a)。  
 $A_{GF}$ ——光伏系统光伏面板的净面积，单位为平方米 (m<sup>2</sup>)；  
 $J_{GT}$ ——光伏电池表面的年太阳辐射强度，单位为千瓦时每平方米 (kW·h/m<sup>2</sup>)  
 $\eta_{GL}$ ——光伏电池的转换效率热损失率，单位为百分比 (%)；  
 $\eta_{GT}$ ——光伏电池的转换效率，单位为“—”。

F.4 风力发电系统的年发电量可按下式计算：

$$E_{ZS-FL} = 0.5 \rho C_R(z) V_0^3 A_w \rho \frac{K_{WT}}{1000}$$

$$C_R(z) = K_R \ln z/z_0$$

$$A_w = 5D^2/4$$

$$EPF = \frac{APD}{0.5 \rho V_0^3}$$

$$APD = \frac{\sum_{i=1}^{8760} 0.50 \rho V_i^3}{8760}$$

式中：

 $E_{ZS-FL}$ ——风力发电机组的年发电量，单位为千瓦时每年 (kW·h/a) $\rho$ ——空气密度，取 1.225kg/m<sup>3</sup>； $C_R(z)$ ——依据高度计算的粗糙系数 $K_R$ ——场地因子； $z_0$ ——地表粗糙系数； $V_0$ ——年可利用平均风速，单位为米每秒 (m/s)； $A_w$ ——风机叶片迎风面积，单位为米 (m)； $D$ ——风机叶片直径，单位为米 (m)； $EPF$ ——根据典型气象年数据中逐时风速计算出的因子； $APD$ ——年平均能量密度，单位为瓦每平方米 (W/m<sup>2</sup>)； $V_i$ ——逐时风速，单位为米每秒 (m/s)； $K_{WT}$ ——风力发电机组的转换效率。

## 附录 G

(资料性)

## 列车运行及建筑机电设备系统能耗计算参考方法

G.1 本附录提供了列车运行及车站、车辆基地等建筑设施内各主要用能系统能耗的计算方法，可用于碳排放预算模式下列车运行及建筑机电设备系统能耗计算。

G.2 城轨工程电力列车牵引能耗可按下式计算：

$$E_{LC} = (q_{QY-S} + q_{QY-X}) NT$$

$$q_{QY} = q_{QY-S} + q_{QY-X}$$

式中：

$E_{LC}$ ——列车运行能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$N$ ——全日行车对数，单位为对数；

$T$ ——碳排放计算时间，单位为天；

$q_{QY-S}$ ——城市轨道交通工程上行单列车牵引能耗，单位为千瓦时（kW·h），通过牵引计算仿真得到；

$q_{QY-X}$ ——城市轨道交通工程下行单列车牵引能耗，单位为千瓦时（kW·h），通过牵引计算仿真得到。

G.3 城市轨道交通工程照明系统能耗可按下式计算：

$$E_{ZM} = \sum_i \frac{W_i A_i t_i}{1000} + \frac{W_p A_p t_p}{1000}$$

式中：

$E_{ZM}$ ——城市轨道交通工程照明系统运行能耗量，单位为千瓦时（kW·h）；

$W_i$ ——第*i*个区域的照明功率密度，单位为瓦每平方米（W/m<sup>2</sup>）；

$A_i$ ——第*i*个区域的照明面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）；

$t_i$ ——第*i*个区域的照明时间，单位为小时（h）；

$W_p$ ——值班照明功率密度，单位为瓦每平方米（W/m<sup>2</sup>）；

$A_p$ ——值班照明面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）；

$t_p$ ——值班年照明时间，单位为小时（h）。

G.4 城市轨道交通工程电扶梯碳排放量应按下式计算：

$$E_{DT} = \frac{3.6Pt_a VW + E_s t_s}{1000}$$

式中：

$E_{DT}$ ——城市轨道交通工程电扶梯设备运行能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$P$ ——特定能量消耗（mWh/kgm）；

$t_a$ ——电梯年平均运行小时数，单位为小时（h）；

$V$ ——电梯速度，单位为米每秒（m/s）；

$W$ ——电梯额定载重量，单位为千克（kg）；

$E_s$ ——电梯待机能耗，单位为瓦（W）；

$t_s$ ——电梯年平均待机小时数，单位为小时（h）。

G.5 城市轨道交通工程生活热水系统主要应用在车辆基地，其年耗热量应按下式计算：

$$Q_{RS} = \frac{q_r c n (t_r - t_l) \rho}{3600} T_{RS}$$

式中：

- $Q_{RS}$ ——城市轨道交通工程生活热水年耗热量，单位为千瓦时（kW·h）；
- $q_r$ ——热水用水定额，单位为升每人（L/人），按现行国家标准《民用建筑节能设计标准》GB 50555确定。
- $c$ ——热水比热容，取4.187kJ/（kg·℃）；
- $n$ ——用水单位数；
- $t_r$ ——生活热水设计热水温度，单位为摄氏度（℃）；
- $t_l$ ——生活热水设计冷水温度，单位为摄氏度（℃）；
- $\rho$ ——热水密度，单位为千克每升（kg/L）；
- $T_{RS}$ ——一年生活热水使用小时数，单位为小时（h）。
- $f_{E,e}$ ——热水系统消耗能源的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量[kgCO<sub>2</sub>e/kW·h]或千克二氧化碳当量每千克[kgCO<sub>2</sub>e/kg]。

### 参 考 文 献

- [1] DB23/T 3631-2023 建筑全过程碳排放计算标准
- [2] DB3502-Z 5053-2019 厦门市建筑碳排放核算标准
- [3] 建筑碳排放计算导则（2021），广东省住房及建设厅
- [4] 张孝存. 建筑碳排放量化分析计算与低碳建筑结构评价方法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2018
- [5] 薛静, 京津冀城际铁路全寿命周期能耗、碳排放及节能减排研究[D], 石家庄铁道大学, 2018
- [6] IPCC国家2006年温室气体清单指南
- [7] 《建设工程施工机械台班费用编制规则》（2015），住房和城乡建设部

T/GCTAS XXXX—XXXX