



T/CECS XXX: 202X

中国工程建设标准化协会标准

城市轨道交通工程碳排放核算标准
Carbon Emission Accounting Standards for
Urban Rail Transit Engineering

(征求意见稿)

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕13 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究、认真总结实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要内容包括：1 总则； 2 术语和符号； 3 基本规定； 4. 核算边界与数据采集； 5. 建材生产和运输阶段碳排放核算； 6. 建造阶段碳排放核算； 7. 运营阶段碳排放核算； 8. 拆除回收阶段碳排放核算； 9. 发布和核证。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。本标准由中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会归口管理，由中建工程产业技术研究院有限公司负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈给中建工程产业技术研究院有限公司（地址：北京市顺义区林河大街 15 号，邮政编码：100130，邮箱：wuwenling@cscec.com）。

目次

1 总则.....	7
2 术语和符号.....	8
2.1 术语.....	8
2.2 符号.....	8
3 基本规定.....	14
4 核算边界与数据采集.....	15
4.1 一般规定.....	15
4.2 核算边界.....	15
4.3 数据采集.....	16
5 建材生产和运输阶段碳排放核算.....	21
5.1 一般规定.....	21
5.2 建材生产阶段碳排放.....	22
5.3 建材运输阶段碳排放.....	23
6 建造阶段碳排放核算.....	25
6.1 一般规定.....	25
6.2 工程设计阶段碳排放.....	26
6.3 工程施工阶段碳排放.....	27
7 运营阶段碳排放核算.....	29
7.1 一般规定.....	29
7.2 建筑运营碳排放.....	30
7.3 列车运行碳排放.....	32
7.4 设备生产和运输碳排放.....	33
8 拆除回收阶段碳排放核算.....	35
8.1 一般规定.....	35
8.2 拆除回收阶段碳排放核算.....	35
9 发布和核证.....	38
9.1 发布.....	38

9.2 核证.....	39
附录 A 主要化石燃料燃烧碳排放因子.....	40
附录 B 电网碳排放因子.....	43
附录 C 热能碳排放因子.....	45
附录 D 主要材料的生产碳排放因子.....	46
附录 E 运输碳排放因子.....	50
附录 F 常见施工机械单位台班能耗量.....	52
本标准用词说明.....	60
引用标准名录.....	61
条文说明.....	62

Contents

1 General provisions	7
2 Terms and symbols.....	8
2.1 Terms.....	8
2.2 Symbols.....	8
3 Basic requirements.....	14
4 Accounting boundaries and data collection	15
4.1 General requirements	15
4.2 Accounting boundaries.....	15
4.3 Data collection	16
5 Carbon emission accounting during the production and transportation period of building materials.....	21
5.1 General requirements	21
5.2 Accounting for carbon emissions from building materials production.....	22
5.3 Accounting for carbon emissions from transportation of building materials	23
6 Carbon emission accounting during the construction period.....	25
6.1 General requirements	25
6.2 Carbon emission accounting during the design period.....	26
6.3 Carbon emission accounting during the construction period.....	27
7 Carbon emission accounting during the operation period	29
7.1 General requirements	29
7.2 Carbon emissions accounting for construction operations	30
7.3 Carbon emissions accounting for train operation	32
7.4 Carbon emissions from equipment production and transportation	33
8 Carbon emission accounting during the demolition and recycling period	35

8.1 General requirements	35
8.2 Carbon emission accounting during the demolition and recycling period	35
9 Release and Certification	38
9.1 Release	38
9.2 Certification	39
Appendix A Main fossil fuel carbon emission factor.....	40
Appendix B Carbon emission factor of power grid	43
Appendix C Carbon emission factor of thermal energy	45
Appendix D Carbon emission factor for main materials	46
Appendix E Carbon emission factor for transport	50
Appendix F Energy consumption rating per machine per team.....	52
Explanation of wording in this standard	60
List of quoted standards	61
Addition: Explannation of Provisions.....	62

1 总则

1.0.1 为了在城市轨道交通工程碳排放核算中贯彻执行国家的碳达峰碳中和政策，满足碳排放核算的相关性、完整性、一致性、准确性及透明性，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市轨道交通工程全生命周期的碳排放核算，包括建材的生产和运输阶段、工程建造阶段、工程运营阶段，以及工程拆除回收阶段。

1.0.3 城市轨道交通工程碳排放核算除应符合本标准外，尚应符合国家、地方现行有关标准及现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 城市轨道交通工程全生命周期 urban rail transit life cycle

城市轨道交通从材料生产至最终拆解、回收的一系列前后衔接的阶段，包括材料生产和运输阶段、施工建造阶段、运行维护阶段、拆解和回收阶段。

2.1.2 城市轨道交通工程碳排放 Carbon emissions from urban rail transit projects

城市轨道交通工程在建材生产运输、工程建造、工程运营，以及工程拆除回收阶段产生的温室气体排放，以二氧化碳当量表示。

2.1.3 全球增温潜势 global warming potential; GWP

在特定时间(100 年)内,某种温室气体(GHG)相对于二氧化碳辐射强迫(气候变化)的影响程度的因子。

2.1.4 二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

CO_{2e} 用以比较某种温室气体辐射强度与二氧化碳辐射强度的单位。

2.1.5 碳排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

2.2 符号

2.2.1 碳排放量

C_z ——城市轨道交通工程全生命周期碳排放总量 (kgCO_{2e}) ;

C_{jc} ——城市轨道交通工程建材生产运输阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{jz} ——城市轨道交通工程建造阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{yy} ——城市轨道交通工程运行阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{ch} ——城市轨道交通工程拆除阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{jsc} ——建材生产阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{jys} ——建材运输阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{jSJ} ——工程设计阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{jSG} ——工程施工阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{jzp} ——工程建造阶段建造单位长度轨道产生的平均碳排放量 (kgCO_{2e}/km) ;
 C_{jSJE} ——工程设计阶段电能消耗产生的间接碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{jRS} ——工程施工阶段直接碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{jSGE} ——工程施工阶段电能消耗产生的间接碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{yJZ} ——城市轨道交通工程运营阶段的建筑运营碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{yLC} ——城市轨道交通工程运营阶段的列车运行碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{ySS} ——城市轨道交通工程运营阶段的列车等设备的生产碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{yyp} ——城市轨道交通工程运营阶段单位里程平均碳排放量 (kgCO_{2e} / km) ;
 C_{yJZD} ——城市轨道交通工程建筑运营消耗制冷剂产生的直接碳排放量(kgCO_{2e}) ;
 C_{yJZE} ——城市轨道交通工程建筑运营消耗能源产生的碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{yJZM} ——城市轨道交通工程建筑运营消耗材料产生的碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{yJZp} ——城市轨道交通工程建筑运营单位面积每年平均碳排放量 [kgCO_{2e} / (m² a)];
 C_{yLCD} ——城市轨道交通工程列车运行消耗制冷剂产生的直接碳排放量(kgCO_{2e}) ;
 C_{yLCE} ——城市轨道交通工程列车运行消耗能源产生的间接碳排放量(kgCO_{2e}) ;
 C_{yLCM} ——城市轨道交通工程列车运行消耗材料产生的间接碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{yLCP} ——城市轨道交通工程列车运行单位里程的平均碳排放量 [kgCO_{2e} / (km)];
 C_{ch} ——工程拆除回收阶段碳排放量 (kgCO_{2e}) ;
 C_{CRS} ——工程拆除回收阶段施工机械燃烧汽油、柴油等燃料的直接碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{CE} ——工程拆除回收阶段消耗电能产生的间接碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{CM} ——工程拆除回收阶段消耗材料产生的间接碳排放量 (kgCO_{2e}) ;

C_{CHS} ——工程回收的材料和设备的碳核减量 (kgCO_{2e}) 。

2.2.2 计算参数

$f_{CO_2,i}$ ——第 i 种能源的二氧化碳排放因子 (kgCO₂/kg 或 kgCO₂/m³) ;

CC_i ——第 i 种能源的单位热值含碳量 (tC/TJ) ;

COR_i ——第 i 种能源的碳氧化率;

CV_i ——第 i 种能源的热值, (kJ/kg 或 kJ/m³) ;

$\frac{44}{12}$ ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比;

i ——第 i 种能源。

$f_{CH_4,i}$ ——第 i 种能源的甲烷排放因子 (kgCH₄/kg 或 kgCH₄/m³) ;

$EF_{CH_4,i}$ ——第 i 种能源的甲烷排放系数 (kgCH₄/TJ) ;

$f_{N_2O,i}$ ——第 i 种能源的氧化亚氮排放因子, (kgN₂O/kg 或 kgN₂O/m³) ;

$EF_{N_2O,i}$ ——第 i 种能源的氧化亚氮排放系数 (kgN₂O/TJ) ;

$f_{CO_2e,i}$ ——第 i 种能源的二氧化碳当量排放因子 (kgCO_{2e}/kg 或 kgCO_{2e}/m³) ;

GWP_{CH_4} ——甲烷的全球增温潜势;

GWP_{N_2O} ——氧化亚氮的全球增温潜势;

$f_{j,i}$ ——第 i 种能源的第 j 种温室气体排放因子;

GWP_j ——第 j 种温室气体的全球增温潜势;

j ——第 j 种温室气体。

M_i ——第 i 种主要建材的消耗量 (材料计量单位) ;

F_i ——第 i 种主要建材的生产碳排放因子 (kgCO_{2e}/材料计量单位) ;

F_{jscr} ——再生材料生产阶段碳排放因子 (kgCO_{2e}/t) ;

F_{jSCR0} ——再生材料所使用原生材料的碳排放因子 (kgCO₂e/t) ;
 F_{jSCR1} ——再生材料使用的回收材料的碳排放因子 (kgCO₂e/t) ;
 R ——再生材料使用回收材料的比率;
 F_{jSCZ} ——周转材料摊销碳排放因子 (kgCO₂e/t) ;
 F_{jSCZ0} ——周转材料生产碳排放因子 (kgCO₂e/t) ;
 m ——可摊销使用次数;
 L_i ——第 i 种建材平均运输距离 (km) ;
 TF_i ——在第 i 种建材的运输碳排放因子[kgCO₂e/(t km)];
 S ——工程的铺设轨道总长度 (km) ;
 E_{jSh} ——工程设计阶段耗电量 (kWh) ;
 JF_i ——第 i 种以汽油、柴油等燃料为动力的施工机械单位台班能源消耗量 (kg 燃料/台班) ;
 RF_i ——第 i 种燃料燃烧的碳排放因子 (kgCO₂e/kg 燃料) ;
 E_{jSh} ——工程施工阶段耗电量 (kWh) ;
 EF ——电网碳排放因子 (kgCO₂e / kWh) ;
 J_i ——第 i 种施工机械的消耗台班数 (台班) ;
 JE_i ——第 i 种以电能为动力的施工机械单位台班耗电量 (kWh/台班) ;
 L ——城市轨道交通工程运营阶段运行总里程 (km) ;
 A ——城市轨道交通工程建筑面积 (m²) ;
 t ——城市轨道交通工程的实际运营寿命或设计使用年限 (a) ;
 m_0 ——空调设备原机制冷剂充注量 (kg/台) ;
 m_1 ——空调设备在使用期间补充制冷剂量 (kg/台) ;
 m_2 ——城市轨道交通工程运营期结束后空调设备中剩余制冷剂量 (kg/台) ;
 N ——空调设备数量 (台) ;
 GWP_r ——制冷剂的全球变暖潜值;
 E_{yJZ} ——城市轨道交通工程运营阶段的建筑运营总用电量 (kWh) ;

Q_{yJZ} ——城市轨道交通工程运营阶段的建筑运营总外购热量 (kWh) ;
 QF ——热能碳排放因子 (kgCO_{2e} / kWh) ;
 M_{yJZi} ——建筑运营期间第 i 种材料的消耗量 (材料计量单位) ;
 F_{yJZi} ——建筑运营期间消耗的第 i 种材料的碳排放因子 (kgCO_{2e}/材料计量单位);
 L_{yJZi} ——建筑运营期间第 i 种材料的运输距离 (km) ;
 TF_{yJZi} ——建筑运营期间第 i 种材料的运输碳排放因子 [kgCO_{2e}/(t km)];
 S_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的数量 (台) ;
 SF_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的生产碳排放因子 (kgCO_{2e} / 台) ;
 Sm_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的重量 (t) ;
 SL_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的运输距离 (km) ;
 SyF_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的运输碳排放因子 [kgCO_{2e}/(台 km)];
 E_{ch} ——工程拆除阶段总耗电量 (kWh) ;
 M_{ci} ——拆除阶段第 i 种材料的消耗量 (材料计量单位) ;
 F_{ci} ——拆除阶段第 i 种材料的碳排放因子 (kgCO_{2e}/材料计量单位) ;
 L_{ci} ——拆除阶段消耗的第 i 种材料的运输距离 (km) ;
 TF_{ci} ——拆除阶段消耗的第 i 种材料的运输碳排放因子 [kgCO_{2e}/(t km)];
 M_{hi} ——第 i 种材料的回收量 (材料计量单位) ;
 F_i ——第 i 种材料的生产碳排放因子 (kgCO_{2e} / 材料计量单位) ;
 η_i ——第 i 种材料的可再利用比例 (%) ;
 S_i ——第 i 种整体回收设备的回收数量 (台) ;
 SF_i ——第 i 种整体回收设备的生产碳排放因子 (kgCO_{2e} / 台) ;
 t_{1i} ——第 i 种整体回收设备的平均已使用时长 (h) ;
 t_{0i} ——第 i 种整体回收设备的使用寿命 (h) ;
 S_{mi} ——第 i 种拆解回收设备的回收零部件数量 (件) ;

F_{mi} ——第 i 种回收设备零部件的生产碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e} / \text{件}$) ;

η_{mi} ——第 i 种回收设备零部件的可再利用比例 (%) 。

3 基本规定

3.0.1 城市轨道交通建设与运营应遵循“提高能源使用效率优先,推动绿色建造、运营组织节能”的基本原则,推广绿色低碳技术。

3.0.2 城市轨道交通工程碳排放核算可涵盖建材生产及运输阶段、建造施工阶段、运营维护阶段、拆除回收阶段 4 个阶段的全生命周期,也可核算某一阶段的碳排放。

3.0.3 城市轨道交通工程碳排放核算单元可分为线网、单条线路、车站、车辆和车辆基地等,其中应以单条线路为基本核算单元。核算单元应确定组织边界和运营边界,能源资源消耗对应的碳排放不应漏算或重复计算。

3.0.4 城市轨道交通的水资源消耗所对应的碳排放应计算在内。

3.0.5 城市轨道交通工程的全生命周期碳排放计算应根据需要按建材生产运输、工程建造、工程运营、工程拆除回收不同阶段进行计算,并将分段计算结果累计作为工程碳排放总量。

$$C_z = C_{jc} + C_{jz} + C_{yy} + C_{ch} \quad (3.0.5)$$

式中:

C_z ——城市轨道交通工程全生命周期碳排放总量 (kgCO_{2e});

C_{jc} ——城市轨道交通工程建材生产和运输阶段碳排放量 (kgCO_{2e});

C_{jz} ——城市轨道交通工程建造阶段碳排放量 (kgCO_{2e});

C_{yy} ——城市轨道交通工程运行阶段碳排放量 (kgCO_{2e});

C_{ch} ——城市轨道交通工程拆除阶段碳排放量 (kgCO_{2e})。

4 核算边界与数据采集

4.1 一般规定

4.1.1 城市轨道交通工程可划分为生产单位、运输单位、建造单位、运营单位、拆除单位以及回收单位等若干个核算主体，各核算主体应确定组织边界和运营边界，能源消耗与排放不应有漏算和重复计算。

4.1.2 核算主体应以企业法人或视同法人的独立核算单位为边界，在规定周期内应对其移动设施和固定设施的化石燃料燃烧排放、消耗外购电力及热力产生的排放进行核算，宜对其他间接碳排放进行核算。

4.1.3 核算主体应根据实际排放情况确定温室气体种类，并根据其对应的温室气体全球增温潜势换算为相应的二氧化碳当量排放因子进行温室气体排放核算。

4.1.4 工程量清单法应按照确定核算边界的碳排放单元过程进行碳排放数据的汇编与量化，得到城市轨道交通工程全生命周期碳排放量。

4.1.5 城市轨道交通工程活动水平数据应进行分类、分项计量和统计，统计周期宜采用月或年。

4.1.6 核算主体若从事除城市轨道交通服务以外的其他行业生产和经营活动，并存在其他温室气体排放的活动，则应按照其他相关行业温室气体排放的数据采集及核算边界要求进行碳排放核算，不应纳入城市轨道交通工程碳排放计算范围。

4.2 核算边界

4.2.1 组织边界宜为单条线路及其所属运营组织机构。

4.2.2 运营边界的确定宜参考城市轨道交通工程生产、运输、建造、运营、拆除及回收具体流程，应包括以下三个范围：

4.2.2.1 范围一——化石燃料燃烧产生的直接碳排放

核算主体所涉及的化石燃料燃烧排放，包括燃气（天然气、液化石油气、煤气等）、燃油（汽油、柴油、煤油等）、燃煤等化石燃料在城市轨道交通工程生

产、运输、建造、运营、拆除及回收阶段内各种类型的固定和移动设施中发生氧化燃烧过程产生的温室气体排放。

4.2.2.2 范围二——消耗外购电力及热力产生的间接碳排放

核算主体消耗外购电力及热力所对应的温室气体排放。

用于非生产、运输、建造、运营、拆除及回收阶段的电力、热力等的间接温室气体排放，应作为范围三的核算报告内容，在碳排放强度计算中这部分应予以剔除；核算主体向居民转供电所对应的温室气体排放，不纳入核算范围。

4.2.2.3 范围三——其他间接碳排放

城市轨道交通工程生产、运输、建造、运营、拆除及回收阶段各核算主体，在具体过程中所涉及到的除范围一、范围二之外的其他间接温室气体排放，如列车、空调等设备的生产碳排放、运营过程中因水资源消耗产生的间接温室气体排放等，核算主体可自行决定是否对其予以量化，若量化方法得以验证且其主要输入资料容易获得，则可选择性对上述温室气体排放进行核算。如果核算主体对其各阶段所产生的温室气体进行回收利用，则在核算结果中予以扣除。

4.2.3 碳排放计算应包含《IPCC 国家温室气体清单指南》中列出的各类温室气体。

4.2.4 生物源二氧化碳（CO₂），包括因人工消耗产生的 CO₂，不应纳入碳排放计算。

4.2.5 活动水平数据应包括但不限于不同品种化石燃料的消耗量、购入的电力量和热力量、其他间接碳排放的相关数据等，并记录数据来源。

4.2.6 温室气体排放因子数据应包括但不限于消耗各种化石燃料的单位热值含碳量、碳氧化率、各温室气体排放系数，购入电力、热力的生产等间接排放的排放因子，及其他间接排放的相关排放因子，并记录数据来源。

4.3 数据采集

4.3.1 数据采集宜采用核算主体实报与现场抽检相结合的方式。

4.3.2 数据汇总可采用集中法，也可采用分散法。当核算主体各处设施的活动仅限于同一地区时，宜采用集中法处理；当核算主体各处设施的活动在不同地区发生

且活动的温室气体排放因子有差异时，宜采用分散法处理。

4.3.3 活动水平数据采集

核算主体应按照优先级由高到低的次序选择和收集数据，见表 1。

表 1 活动水平数据采集优先级

数据类型	描述	优先级
原始数据	直接计量、监测获得的数据。	高
二次数据	通过原始数据折算获得的数据，如根据年度购买量及库存量的变化确定的数据；根据财务数据折算的数据等。	中
替代数据	来自相似过程或活动的数据。	低

核算主体主要排放源活动水平数据及其来源，可参照表 2。

表 2 核算主体活动数据及来源

温室气体排放源	数据来源
固定燃烧源	企业能源平衡表。
移动燃烧源	企业能源平衡表，燃油机械使用报表。
过程排放源	原料消耗表； 水平衡表(废水量)； 废水监测报表(BOD、COD 浓度)； 财务报表(原料购买量/购买额)； 发票或凭证。
逸散排放源	监测报表。
购入电力、热力	企业能源平衡表； 财务报表(相关销售额)； 采购发票或凭证。

4.3.4 温室气体排放因子获取

核算主体应对温室气体排放因子的来源做出说明。在获取温室气体排放因子时，应考虑如下因素：

- a) 满足相关性、一致性、准确性准则；
- b) 来源明确，有公信力；

c) 适用性;

d) 时效性。

温室气体排放因子获取优先级，可参照表 3。

表 3 温室气体排放因子获取优先级

数据类型	描述	优先级
排放因子实测值或测算值	通过城市轨道交通领域内的直接测量、能量平衡或物料平衡等方法得到的排放因子或相关参考值。	高
排放因子参考值	来源于国家、省级、地级及其他权威机构等测算出的排放因子，或相关的数据库获取排放因子。	中
	采用 IPCC 国家温室气体清单指南、省级温室气体清单指南、碳排放交易试点城市温室气体排放核算指南、具有行业公信力的学术期刊上发表的温室气体默认排放因子。	低

4.3.5 若化石燃料燃烧过程的温室气体排放因子无法通过实测获取时，可通过以下方法计算得到：

4.3.5.1 二氧化碳排放因子应按下列式计算：

$$f_{CO_2,i} = CC_i \times COR_i \times CV_i \times 10^{-6} \times \frac{44}{12} \quad (4.3.5-1)$$

式中：

$f_{CO_2,i}$ ——第 i 种能源的二氧化碳排放因子，固体、液体能源单位为千克二氧化碳每千克能源（ $kgCO_2/kg$ ），气体能源单位为千克二氧化碳每立方米能源（ $kgCO_2/m^3$ ）；

CC_i ——第 i 种能源的单位热值含碳量（ tC/TJ ）；

COR_i ——第 i 种能源的碳氧化率；

CV_i ——第 i 种能源的低位热值，固体、液体能源单位为千焦每千克能源（ kJ/kg ），

气 体能源单位为千焦每立方米能源（kJ/m³）；

$\frac{44}{12}$ ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比；

i ——第 i 种能源。

4.3.5.2 甲烷排放因子应按下列式计算：

$$f_{CH_4,i} = EF_{CH_4,i} \times CV_i \times 10^{-9} \quad (4.3.5-2)$$

式中：

$f_{CH_4,i}$ ——第 i 种能源的甲烷排放因子，固体、液体能源单位为千克甲烷每千克能源（kgCH₄/kg），气体能源单位为千克甲烷每立方米能源（kgCH₄/m³）；

$EF_{CH_4,i}$ ——第 i 种能源的甲烷排放系数（kgCH₄/TJ）；

CV_i ——第 i 种能源的热值，固体、液体能源单位为千焦每千克能源（kJ/kg），

气 体能源为千焦每立方米能源（kJ/m³）；

i ——第 i 种能源。

4.3.5.3 氧化亚氮排放因子应按下列式计算：

$$f_{N_2O,i} = EF_{N_2O,i} \times CV_i \times 10^{-9} \quad (4.3.5-3)$$

式中：

$f_{N_2O,i}$ ——第 i 种能源的氧化亚氮排放因子，固体、液体能源单位为千克氧化亚氮每 千克能源（kgN₂O/kg），气体能源单位为千克氧化亚氮每立方米能源（kgN₂O/m³）；

$EF_{N_2O,i}$ ——第 i 种能源的氧化亚氮排放系数（kgN₂O/TJ）；

CV_i ——第 i 种能源的热值，固体、液体能源单位为千焦每千克能源（kJ/kg），

气 体能源为千焦每立方米能源（kJ/m³）；

i ——第 i 种能源。

4.3.5.4 城市轨道交通工程的建材生产运输、工程建设、运营和拆除阶段的碳排放，应以二氧化碳当量计，二氧化碳当量排放因子（碳排放因子）应按下列式计算，常见能源的碳排放因子见附录 A 表 A.5：

$$f_{CO_2e,i} = f_{CO_2,i} \times 1 + f_{CH_4,i} \times GWP_{CH_4} + f_{N_2O,i} \times GWP_{N_2O} + f_{j,i} \times GWP_j \quad (4.3.5-4)$$

式中：

$f_{CO_2e,i}$ ——第 i 种能源的二氧化碳当量排放因子，固体、液体能源单位为千克二氧化碳当量每千克能源（kgCO₂e/kg），气体能源单位为千克二氧化碳当量每立方米能源（kgCO₂e/m³）；

GWP_{CH_4} ——甲烷的全球增温潜势；

GWP_{N_2O} ——氧化亚氮的全球增温潜势；

$f_{j,i}$ ——第 i 种能源的第 j 种温室气体排放因子；

GWP_j ——第 j 种温室气体的全球增温潜势，参照附录 A 表 A.4；

j ——第 j 种温室气体。

4.3.6 外购电力排放因子宜采用全国各区域电网平均二氧化碳排放因子或全国加权平均二氧化碳排放因子，见附录 B。

4.3.7 外购热力的二氧化碳排放因子可按附录 C 取值，待政府主管部门发布官方数据后宜采用官方发布数据并保持更新。

5 建材生产和运输阶段碳排放核算

5.1 一般规定

5.1.1 城市轨道交通工程建材碳排放应包含建材生产阶段及运输阶段的碳排放，并按现行国家标准《环境管理 生命周期评价 原则与框架》GB/T 24040 和《环境管理 生命周期评价 要求与指南》GB/T 24044 中 LCA（生命周期评价）内容进行计算。

5.1.2 城市轨道交通工程建材生产及运输阶段的碳排放应为建材生产阶段碳排放与建材运输阶段碳排放之和，并按下式计算：

$$C_{jc} = C_{jsc} + C_{jys} \quad (5.1.2)$$

式中：

C_{jc} ——建材生产及运输阶段的碳排放量（kgCO_{2e}）；

C_{jsc} ——建材生产阶段碳排放量（kgCO_{2e}）；

C_{jys} ——建材运输阶段碳排放量（kgCO_{2e}）。

5.1.3 城市轨道交通工程建材生产及运输阶段碳排放计算，应包括路基与围护结构工程、高架桥工程、地下区间工程、地下结构工程、轨道工程、通信工程、信号工程、供电工程、智能与控制系统安装工程、机电设备安装工程、拆除工程、措施项目、车辆基地工艺设备所涉及材料的生产及运输导致的碳排放，纳入计算的主要建材的确定应符合以下规定：

① 所选主要建材的总重量不应低于城市轨道交通工程中所耗建材总重量的 95%；

② 当符合本条第一款的规定时，重量比小于 0.1%的建材可不计算。

5.1.4 城市轨道交通工程施工期间消耗的建材的生产和运输碳排放应基于材料采购清单进行核算。

5.1.5 城市轨道交通工程施工过程中使用周转材料、再生材料造成的碳排放核减量应纳入核算。

5.2 建材生产阶段碳排放

5.2.1 建材生产阶段碳排放应按式(5.2.1)计算：

$$C_{jSC} = \sum_{i=1}^n M_i F_i \quad (5.2.1)$$

式中：

C_{jSC} —建材生产阶段碳排放（kgCO₂e）；

M_i —第 i 种主要建材的消耗量（材料计量单位）；

F_i —第 i 种主要建材的碳排放因子（kgCO₂e/材料计量单位），可咨询材料生产厂家，当厂家不能提供时，可参照附录 D 取值。

5.2.2 城市轨道交通工程的主要建材类型，可通过实地调研、查询工程量清单、城市轨道交通工程预算定额相关规范标准进行确定；主要建材消耗量，应通过查询施工设计图纸、采购清单、决算清单等工程建设相关资料以及产品环境说明书（EPD）确定。

5.2.3 城市轨道交通工程建材生产阶段的碳排放因子应包括下列内容：

- 1 建材生产涉及原材料的开采、生产过程的碳排放；
- 2 建材生产涉及能源的开采、生产过程的碳排放；
- 3 建材生产涉及原材料、能源的运输过程的碳排放；
- 4 建材生产过程的直接碳排放。

5.2.4 当城市轨道交通工程使用低价值废料时，可忽略其上游过程的碳过程，不纳入碳排放的计算。

5.2.5 当城市轨道交通工程使用再生材料时，再生材料生产碳排放因子应咨询生产厂家，当厂家不能提供时，可按照下式估算：

$$F_{jScr} = F_{jScr0} \cdot (1 - R) + F_{jScr1} \cdot R \quad (5.2.5)$$

式中：

F_{jscr} ——再生材料生产阶段碳排放因子 (kgCO₂e/t) ;

F_{jscr0} ——再生材料所使用原生材料的碳排放因子 (kgCO₂e/t) , 按本规范附录 D 取值;

F_{jscr1} ——再生材料使用的回收材料的碳排放因子 (kgCO₂e/t) ;

R——再生材料使用回收材料的比率, 按照现场实际取值。

5.2.6 当城市轨道交通工程使用周转材料时, 周转材料摊销使用的碳排放因子应按照下式计算:

$$F_{jSCZ} = F_{jSCZ0}/m \quad (5.2.6)$$

式中:

F_{jSCZ} ——周转材料摊销碳排放因子 (kgCO₂e/t) ;

F_{jSCZ0} ——周转材料生产碳排放因子 (kgCO₂e/t) , 按本规范附录 D 取值;

m ——可摊销使用次数。

5.3 建材运输阶段碳排放

5.3.1 建材运输阶段碳排放应按下式计算:

$$C_{YS} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot L_i \cdot TF_i \quad (5.3.1)$$

式中:

C_{YS} ——建材运输过程碳排放 (kgCO₂e) ;

M_i ——第 i 种主要建材的消耗量 (t) ;

L_i ——第 i 种建材平均运输距离 (km) ;

TF_i ——在第 i 种建材的运输碳排放因子[kgCO₂e/(t km)], 可按本标准附录 E 取值。

5.3.2 主要建材的运输距离宜优先采用实际的建材运输距离; 若建材实际运输距离未知, 则可按本标准附录 E 中的默认值进行取值。

5.3.3 建材运输阶段的碳排放因子(TF_i)应包含:

1. 建材从生产地到施工现场的运输过程的直接碳排放;
2. 运输过程所耗能源的生产过程的碳排放。

6 建造阶段碳排放核算

6.1 一般规定

6.1.1 建造阶段碳排放核算应依据：

- 1 国家或省级、行业建设主管部门颁发的碳排放核算依据和办法。
- 2 建设工程设计文件。
- 3 与建设工程项目相关的标准、规范、技术资料。
- 4 施工现场情况、工程特点及常规施工方案。
- 5 其他相关资料

6.1.2 城市轨道交通工程建造阶段碳排放，包括设计阶段碳排放和施工阶段碳排放，应按下式计算：

$$C_{jz} = C_{jsj} + C_{jsg} \quad (6.1.2)$$

式中：

C_{jz} ——工程建造阶段碳排放总量（ kgCO_2e ）；

C_{jsj} ——工程设计阶段碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{jsg} ——工程施工阶段碳排放量（ kgCO_2e ）。

6.1.3 工程建造阶段建造单位长度轨道的平均碳排放应按下式计算：

$$C_{jzp} = \frac{C_{jz}}{S} \quad (6.1.3)$$

式中：

C_{jzp} ——工程建造阶段建造单位长度轨道产生的平均碳排放量（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{km}$ ）；

C_{jz} ——工程建造阶段碳排放总量（ kgCO_2e ）；

S ——工程的铺设轨道总长度（ km ）；

6.1.4 城市轨道交通工程施工阶段碳排放核算应包括完成各分部分项工程施工产生的碳排放和各项措施项目实施产生的碳排放。

6.1.5 城市轨道交通工程施工阶段的碳排放计算边界应符合下列规定：

- 1 施工阶段碳排放计算时间边界应从项目开工起至项目竣工验收止；

2 建筑施工场地区域内的机械设备、小型机具、临时设施等使用过程中燃烧汽油、柴油等燃料产生的直接碳排放应计入；

3 施工阶段电能消耗产生的间接碳排放应纳入计算。

6.1.6 城市轨道交通工程施工阶段各分部分项工程施工和措施项目实施过程使用的施工机械产生的碳排放应基于工程量清单和机械租赁使用清单进行核算。

6.1.7 城市轨道交通系统施工过程中办公区及生活区碳排放应纳入核算，主要包括化石能源燃烧产生的直接碳排放以及电能消耗产生的间接碳排放。

6.1.8 本标准以在城市轨道交通工程生产力发展平均水平条件下，结合施工单位的正常施工条件、合理的劳动组织、合理使用材料和机械，完成合格城市轨道交通土建工程产品过程中的碳排放量，作为城市轨道交通工程的建造阶段碳排放量。

6.2 工程设计阶段碳排放

6.2.1 城市轨道交通工程设计阶段碳排放计算应符合下列规定：

1 当进行简化计算时，设计阶段碳排放可不纳入计算，即：

$$C_{jSJ} = 0 \quad (6.2.1-1)$$

式中：

C_{jSJ} ——工程设计阶段碳排放量（kgCO₂e）；

2 当进行精确计算时，设计阶段碳排放可按下式计算：

$$C_{jSJ} = C_{jSJE} \quad (6.2.1-2)$$

式中：

C_{jSJ} ——工程设计阶段碳排放量（kgCO₂e）；

C_{jSJE} ——工程设计阶段电能消耗产生的间接碳排放量（kgCO₂e）。

6.2.2 工程设计阶段电能消耗产生的间接碳排放，应按下式计算：

$$C_{jSJE} = E_{jSJh} \cdot EF \quad (6.2.2)$$

式中：

E_{jSJh} ——工程设计阶段耗电量（kWh）；

EF ——电网碳排放因子（kgCO₂e / kWh），按本标准附录 B 取值。

6.3 工程施工阶段碳排放

6.3.1 工程施工阶段碳排放应按下式计算：

$$C_{jSG} = C_{jRS} + C_{jSGE} \quad (6.3.1)$$

式中：

C_{jSG} ——工程施工阶段碳排放量（kgCO_{2e}）；

C_{jRS} ——工程施工阶段直接碳排放量（kgCO_{2e}），主要为施工机械燃烧汽油、柴油的直接碳排放；

C_{jSGE} ——工程施工阶段电能消耗产生的间接碳排放量（kgCO_{2e}）。

6.3.2 工程建造阶段直接碳排放量应按下式计算：

$$C_{jRS} = \sum_{i=1}^n J_i \cdot JF_i \cdot RF_i \quad (6.3.2)$$

式中：

C_{jRS} ——工程施工阶段直接碳排放量（kgCO_{2e}），主要为施工机械燃烧汽油、柴油的直接碳排放；

J_i ——第 i 种以汽油、柴油等燃料为动力的施工机械的消耗台班数（台班）；

JF_i ——第 i 种以汽油、柴油等燃料为动力的施工机械单位台班能源消耗量（kg 燃料/台班），按本标准附录 F 取值；

RF_i ——第 i 种燃料燃烧的碳排放因子（kgCO_{2e}/kg 燃料），按本标准附录 A 取值。

6.3.3 工程施工阶段电能消耗产生的间接碳排放量计算，应符合下列规定：

1 当工程施工阶段有总耗电量数据时，应按总耗电量计算：

$$C_{jSGE} = E_{jSGh} \cdot EF \quad (6.3.3-1)$$

式中：

E_{jSGh} ——工程施工阶段总耗电量（kWh）；

EF ——电网碳排放因子（kgCO_{2e} / kWh），按本标准附录 B 取值。

2 当工程没有总耗电量数据时，宜按以电能为动力的施工机械消耗台班数计算：

$$C_{jSGE} = EF \cdot \sum_{i=1}^n J_i J E_i \quad (6.3.3-2)$$

式中：

EF ——电网碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e} / \text{kWh}$)，按本标准附录 B 取值；

J_i ——第 i 种以电能为动力的施工机械的消耗台班数 (台班)；

JE_i ——第 i 种以电能为动力的施工机械单位台班耗电量 ($\text{kWh}/\text{台班}$)，按施工机械的参数取值，无相关参数时按本标准附录 F 取值。

7 运营阶段碳排放核算

7.1 一般规定

7.1.1 城市轨道交通工程运营阶段碳排放，应包括建筑运营碳排放和列车运行碳排放，以及列车以及其他在运营期间使用的设备的生产碳排放。

7.1.2 城市轨道交通运营阶段碳排放应进行分类、分项核算，核算周期宜采用整个运营周期，也可采用月或年。

7.1.3 城市轨道交通工程运营阶段应建立碳排放核算体系，应满足分类、分项核算的要求，并应符合下列规定：

a) 分类核算, 可分为：电力、燃气、燃油和热力以及水资源的用量；

b) 分项核算, 可分为：

——电力按照车辆牵引、照明、空调、电梯等分项核算；

——热能、化石能源用量可根据需要核算；

——非运营性质如广告、商业等能源用量宜单独核算；

——水用量按生产和非生产分别核算。

7.1.4 城市轨道交通工程运营阶段碳排放应按下式进行计算：

$$C_{yy} = C_{yJZ} + C_{yLC} + C_{ySS} \quad (7.1.4)$$

式中：

C_{yy} ——城市轨道交通工程在整个运营阶段的碳排放总量（ kgCO_2e ）；

C_{yJZ} ——城市轨道交通工程运营阶段的建筑运营碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{yLC} ——城市轨道交通工程运营阶段的列车运行碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{ySS} ——城市轨道交通工程运营阶段的列车等设备的生产碳排放量（ kgCO_2e ）。

7.1.5 城市轨道交通工程运营阶段单位里程的平均碳排放应按下式计算：

$$C_{yyP} = \frac{C_{yy}}{L} \quad (7.1.5)$$

式中：

C_{yyP} ——城市轨道交通工程运营阶段单位里程平均碳排放量（ $\text{kgCO}_2\text{e} / \text{km}$ ）；

C_{yy} ——城市轨道交通工程在整个运营阶段的碳排放总量（ kgCO_2e ）；

L ——城市轨道交通工程运营阶段运行总里程（ km ）。

7.1.6 碳排放核算中采用的建筑设计寿命应按 100 年计算。

7.1.7 城市轨道交通的水资源等材料消耗所产生的碳排放应单独进行计量和核算。

7.2 建筑运营碳排放

7.2.1 建筑运营阶段碳排放，应包括电能和热能的能源消耗产生的碳排放，以及水、制冷剂等材料消耗产生的碳排放。

7.2.2 耗电设备碳排放应包括车站自动扶梯、空调系统、照明系统、监控系统等主要耗电设备碳排放，以及车站通信系统、信号系统、给排水系统、消防环境系统等次要耗电设备碳排放。车站内的广告牌用电碳排放不应计算在内。

7.2.3 城市轨道交通工程运营阶段建筑运营的碳排放总量，以及单位建筑面积每年的碳排放量，应按下列公式计算：

$$C_{yJZ} = C_{yJZD} + C_{yJZE} + C_{yJZM} \quad (7.2.3-1)$$

$$C_{yJZp} = \frac{C_{yJZ}}{A \cdot t} \quad (7.2.3-2)$$

式中：

C_{yJZ} ——城市轨道交通工程运营阶段的建筑运营碳排放总量（ kgCO_2e ）；

C_{yJZD} ——城市轨道交通工程建筑运营产生的直接碳排放，主要是制冷剂消耗产生的碳排放（ kgCO_2e ）；

C_{yJZE} ——城市轨道交通工程建筑运营消耗能源产生的碳排放（ kgCO_2e ）；

C_{yJZM} ——城市轨道交通工程建筑运营消耗材料产生的碳排放（ kgCO_2e ）；

C_{yJZp} ——城市轨道交通工程建筑运营单位面积每年平均碳排放 [$\text{kgCO}_2\text{e} / (\text{m}^2 \text{ a})$];

A ——城市轨道交通工程建筑面积（ m^2 ）；

t ——城市轨道交通工程的实际运营寿命或设计使用年限（ a ）。

7.2.4 建筑运营制冷剂消耗产生的直接碳排放，应按下式计算：

$$C_{yJZD} = (m_0 + m_1 - m_2) \cdot N \cdot GWP_r \quad (7.2.4)$$

式中：

C_{yJZD} ——城市轨道交通工程建筑运营因制冷剂消耗产生的直接碳排放(kgCO_{2e})；

m_0 ——空调设备原机制冷剂充注量 (kg/台)；

m_1 ——空调设备在使用期间补充制冷剂量 (kg/台)；

m_2 ——城市轨道交通工程运营期结束后空调设备中剩余制冷剂量 (kg/台)；

N ——空调设备数量 (台)；

GWP_r ——制冷剂的全球变暖潜值，可按本标准附录 A 表 A.4 取值。

7.2.5 建筑运营消耗能源产生的碳排放应按下式计算：

$$C_{yJZE} = E_{yJZ} \cdot EF + Q_{yJZ} \cdot QF \quad (7.2.5)$$

式中：

C_{yJZE} ——城市轨道交通工程建筑运营消耗能源产生的碳排放 (kgCO_{2e})；

E_{yJZ} ——城市轨道交通工程运营阶段的建筑运营总用电量 (kWh)；

EF ——电网碳排放因子 (kgCO_{2e} / kWh)，可按本标准附录 B 取值；

Q_{yJZ} ——城市轨道交通工程运营阶段的建筑运营总外购热量 (kWh)；

QF ——热能碳排放因子 (kgCO_{2e} / kWh)，按本标准附录 C 取值。

7.2.6 建筑运营消耗材料产生的间接碳排放应按下式计算：

$$C_{yJZM} = \sum_{i=1}^n (M_{yJZi} \cdot F_{yJZi} + M_{yJZi} \cdot L_{yJZi} \cdot TF_{yJZi}) \quad (7.2.6)$$

式中：

C_{yJZM} ——建筑运营消耗的材料产生的间接碳排放量 (kgCO_{2e})；

M_{yJZi} ——建筑运营期间第 i 种材料的消耗量，主要是水、以及建筑维修消耗的材料 (材料计量单位)；

F_{yJZi} ——建筑运营期间消耗的第 i 种材料的碳排放因子 (kgCO_{2e}/材料计量单位)，

可咨询材料生产厂家，厂家不能提供时，可参照本标准附录 D 取值。

L_{yJzi} ——建筑运营期间第 i 种材料的运输距离 (km)；

TF_{yJzi} ——建筑运营期间第 i 种材料的运输碳排放因子 [$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t km})$]，可按本标准附录 E 取值。

7.3 列车运行碳排放

7.3.1 轨道交通工程运营阶段列车运行的碳排放总量，以及单位里程碳排放量应按下列公式计算：

$$C_{yLC} = C_{yLCD} + C_{yLCE} + C_{yLCM} \quad (7.3.1-1)$$

$$C_{yLCp} = \frac{C_{yLC}}{L} \quad (7.3.1-2)$$

式中：

C_{yLC} ——城市轨道交通工程运营阶段的列车运行碳排放总量 (kgCO_2e)；

C_{yLCD} ——城市轨道交通工程列车运行消耗制冷剂产生的直接碳排放(kgCO_2e)；

C_{yLCE} ——城市轨道交通工程列车运行消耗能源产生的间接碳排放 (kgCO_2e)；

C_{yLCM} ——城市轨道交通工程列车运行消耗材料产生的间接碳排放 (kgCO_2e)；

C_{yLCp} ——城市轨道交通工程列车运行单位里程的平均碳排放 [$\text{kgCO}_2\text{e} / (\text{km})$]；

L ——城市轨道交通工程运营期间列车运行总里程 (km)。

7.3.2 列车运行消耗制冷剂产生的直接碳排放应按下式计算：

$$C_{yLCD} = (m_0 + m_1 - m_2) \cdot N \cdot GWP_r \quad (7.3.2)$$

式中：

C_{yLCD} ——城市轨道交通工程列车运行消耗制冷剂产生的直接碳排放(kgCO_2e)；

m_0 ——空调设备原机制冷剂充注量 (kg/台)；

m_1 ——空调设备在使用期间补充制冷剂量 (kg/台)；

m_2 ——城市轨道交通工程运营期结束后空调设备中剩余制冷剂量 (kg/台)；

N ——空调设备数量 (台)；

GWP_r ——制冷剂的全球变暖潜值，按本标准附录 A 取值。

7.3.3 列车运行消耗能源产生的碳排放应按下列式计算：

$$C_{yLCE} = E_{yLCE} \cdot EF \quad (7.3.3)$$

式中：

C_{yLCE} ——列车运行能源消耗产生的碳排放（kgCO_{2e}）；

E_{yLCE} ——列车运行消耗总外购电量（kWh）；

EF ——电网碳排放因子（kgCO_{2e} / kWh），可按本标准附录 B 取值。

7.3.4 城市轨道交通列车运行能耗应包括实时牵引能耗(为列车运行提供动力)、辅助能耗(用于空调照明灯等车载辅助设备)。

7.3.5 城市轨道交通牵引变电所采用飞轮储能装置时，其提供的电能所对应的碳排放不应计算在内。

7.3.6 列车运行消耗材料产生的间接碳排放应按下列式计算：

$$C_{yLCM} = \sum_{i=1}^n (M_{yLCi} \cdot F_{yLCi} + M_{yLCi} \cdot L_{yLCi} \cdot TF_{yLCi}) \quad (7.3.6)$$

式中：

C_{yLCM} ——城市轨道交通工程列车运行消耗材料产生的间接碳排放（kgCO_{2e}）；

M_{yLCi} ——列车运行消耗的第 i 种材料的消耗量，主要是水、以及列车维修消耗的材料和零件（材料计量单位）；

F_{yLCi} ——列车运行消耗的第 i 种材料的碳排放因子（kgCO_{2e}/材料计量单位），可咨询材料生产厂家，厂家不能提供时，可参照本标准附录 D 取值。

L_{yLCi} ——列车运行消耗的第 i 种材料的运输距离（km）；

TF_{yLCi} ——列车运行消耗的第 i 种材料的运输碳排放因子 [kgCO_{2e}/(t km)]，可按本标准附录 E 取值。

7.4 设备生产和运输碳排放

7.4.1 列车、空调、电梯、照明等设备的生产、运输的碳排放，应纳入运营阶段碳排放计算，可按下列式计算：

$$C_{ySS} = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot SF_i + S_i \cdot Sm_i \cdot SL_i \cdot SyF_i) \quad (7.4.1)$$

式中：

S_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的数量（台）；

SF_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的生产碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e} / \text{台}$ ），可咨询材料生产厂家；

Sm_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的重量（t）；

SL_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的运输距离（km）；

SyF_i ——第 i 种城市轨道交通工程运营期使用设备的运输碳排放因子 [$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{台 km})$]，可按本标准附录 E 取值。

7.4.2 设备的生产碳排放应包括：设备生产涉及原材料的开采和生产碳排放；设备生产涉及能源的开采及生产过程的碳排放；设备生产涉及原材料和能源的运输过程碳排放；设备生产加工过程的直接碳排放。

8 拆除回收阶段碳排放核算

8.1 一般规定

8.1.1 工程拆除回收阶段碳排放计算应包括拆除机械燃料燃烧产生的碳排放、电能消耗产生的碳排放、材料消耗产生的碳排放，并扣除回收的建材、构件、部品及设备的碳核减量。

8.1.2 本标准拆除工程碳排放计算方法适用于普通机械拆除，当城市轨道交通工程采用控制爆破拆除、静力破损拆除及机械整体性拆除时，应根据拆除专项方案计算拆除工程碳排放量。

8.2 拆除回收阶段碳排放核算

8.2.1 工程拆除回收阶段的碳排放量应按式(8.2.1)计算：

$$C_{ch} = C_{CRS} + C_{CE} + C_{CM} - C_{CHS} \quad (8.2.1)$$

式中：

C_{ch} ——工程拆除回收阶段碳排放量（kgCO₂e）；

C_{CRS} ——工程拆除回收阶段施工机械燃烧汽油、柴油等燃料的直接碳排放；

C_{CE} ——工程拆除回收阶段电能消耗产生的间接碳排放量（kgCO₂e）；

C_{CM} ——工程拆除回收阶段消耗切割锯片、钻头、水等材料产生的间接碳排放量（kgCO₂e）；

C_{CHS} ——工程回收的材料和设备的碳核减量（kgCO₂e）。

8.2.2 工程拆除回收阶段施工机械燃烧汽油、柴油等燃料的直接碳排放，应按式(8.2.2)计算：

$$C_{CRS} = \sum_{i=1}^n J_i \cdot JF_i \cdot RF_i \quad (8.2.2)$$

式中：

C_{CRS} ——工程拆除阶段直接碳排放量（kgCO₂e），主要为施工机械燃烧汽油、柴油的碳排放；

J_i ——第 i 种以汽油、柴油等燃料为动力的施工机械的消耗台班数（台班）；

JF_i ——第 i 种以汽油、柴油等燃料为动力的施工机械单位台班能源消耗量，按

本标准附录 F 取值；

RF_i ——第 i 种燃料燃烧的碳排放因子，按本标准附录 A 取值。

8.2.3 工程拆除回收阶段电能消耗产生的间接碳排放量计算，应符合下列规定：

1 当拆除回收阶段有总耗电量数据时，应按总耗电量计算：

$$C_{cE} = E_{ch} \cdot EF \quad (8.2.3-1)$$

式中：

E_{ch} ——工程拆除阶段总外购电量（kWh）；

EF ——电网碳排放因子（kgCO_{2e}/kWh），按本标准附录 B 取值。

2 当拆除回收阶段没有总耗电量数据时，宜按以电能为动力的施工机械消耗台班数计算：

$$C_{cE} = EF \cdot \sum_{i=1}^n J_i J E_i \quad (8.2.3-2)$$

式中：

EF ——电网碳排放因子（kgCO_{2e}/kWh），按本标准附录 B 取值；

J_i ——第 i 种以电能为动力的施工机械的消耗台班数（台班）；

$J E_i$ ——第 i 种以电能为动力的施工机械单位台班耗电量（kWh/台班），按施工机械的参数取值，无相关参数时按本标准附录 F 取值。

8.2.4 城市轨道交通工程拆除回收阶段消耗的电量数据（ E_{ch} ），可通过查询企业能源平衡表、财务报表、购买发票或凭证得到。

8.2.5 拆除回收阶段消耗材料产生的间接碳排放应按下列公式计算：

$$C_{cM} = \sum_{i=1}^n (M_{ci} \cdot F_{ci} + M_{ci} \cdot L_{ci} \cdot T F_{ci}) \quad (8.2.5)$$

式中：

C_{cM} ——工程拆除阶段消耗切割锯片、钻头、水等材料产生的间接碳排放量（kgCO_{2e}）；

M_{ci} ——拆除阶段第 i 种材料的消耗量，如切割锯片、钻头、水等（材料计量单位）；

F_{ci} ——拆除阶段第 i 种材料的碳排放因子（kgCO_{2e}/材料计量单位），可咨询材料生产厂家，厂家不能提供时，可参照本标准附录 D 取值。

L_{ci} ——拆除阶段消耗的第 i 种材料的运输距离 (km)；

TF_{ci} ——拆除阶段消耗的第 i 种材料的运输碳排放因子 [$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t km})$]，可按本标准附录 E 取值。

8.2.6 城市轨道交通工程拆除垃圾外运产生的碳排放，应纳入拆除回收阶段碳排放计算，计算方法见本标准 5.3.1 条，拆除垃圾后续处理的碳排放不宜纳入拆除回收阶段碳排放计算。

8.2.7 工程拆除回收阶段的碳核减量，应按下式计算：

$$C_{CHS} = \sum_{i=1}^n (M_{hi} \cdot F_i \cdot \eta_i) + \sum_{i=1}^n [S_i \cdot SF_i \cdot (1 - \frac{t_{1i}}{t_{0i}})] + \sum_i (S_{mi} \cdot F_{mi} \cdot \eta_{mi}) \quad (8.2.7)$$

式中：

C_{CHS} ——工程回收的材料和设备的碳核减量 (kgCO_2e)；

M_{hi} ——第 i 种材料的回收量 (材料计量单位)；

F_i ——第 i 种材料的生产碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/$ 材料计量单位)，可咨询材料生产厂家，厂家不能提供时，可参照本标准附录 D 取值；

η_i ——第 i 种材料的可再利用比例 (%)；

S_i ——第 i 种整体回收设备的回收数量 (台)；

SF_i ——第 i 种整体回收设备的生产碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e} /$ 台)，可咨询设备生产厂家；

t_{1i} ——第 i 种整体回收设备的平均已使用时长 (h)；

t_{0i} ——第 i 种整体回收设备的使用寿命 (h)；

S_{mi} ——第 i 种拆解回收设备的回收零部件数量 (件)；

F_{mi} ——第 i 种回收设备零部件的生产碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e} /$ 件)，可咨询设备生产厂家；

η_{mi} ——第 i 种回收设备零部件的可再利用比例 (%)。

9 发布和核证

9.1 发布

9.1.1 城市轨道交通工程碳排放核算报告可作为企业或项目内部沟通的文件，也可按照以下形式发布：

- 1 企业年报或工程项目示范文件；
- 2 ESG 报告或其他类型的可持续发展报告；
- 3 自愿减排指标、碳配额指标、碳交易等金融产品的数据证明。

9.1.2 城市轨道交通工程全生命周期碳排放核算结果应以碳排放核算数据，以及核算报告的形式对外发布，也可以分别发布不同阶段的核算报告。

9.1.3 城市轨道交通工程全生命周期碳排放核算报告应包括单不限于下列内容及相应的前提条件和数据来源：

- 1 建设单位和第三方核证单位（如有）信息；
- 2 建筑功能；
- 3 核算参照的标准；
- 4 单元过程碳排放量的核算过程；
- 5 数据采集方法以及来源渠道。

9.1.4 核算报告机构信息应包括下列内容：

- 1 报告编制机构信息（如建设单位、第三方核证单位等）；
- 2 核算报告工作的目的及任务来源；
- 3 报告机构联系人及核算参与人员。

9.1.5 城市轨道交通工程全生命周期的碳排放核算清单应包括下列内容：

- 1 城市轨道交通工程施工过程中所用建材生产和运输碳排放总量；
- 2 城市轨道交通工程施工建造阶段碳排放总量；
- 3 城市轨道交通工程运营阶段碳排放总量；
- 4 城市轨道交通工程拆除回收阶段碳排放总量；
- 5 其他碳排放总量。

9.2 核证

9.2.1 作为碳配额管制目的和碳金融产品交易目的参照数据进行发布时，必须经过第三方认证机构核证，并应出具核证报告。

9.2.2 核证报告应包括下列内容：

- 1 基本情况：项目名称、地址，报告时间与空间边界；
- 2 直接碳排放：核算边界内化石燃料消耗量；
- 3 间接碳排放：核算边界内外供电力、热力、冷量消耗量；
- 4 核算结果：简要说明；
- 5 附录：化石燃料及电力、热力、冷量等能源消费信息。

9.2.3 核证机构在准备、核查和编写报告等工作时，应遵循下列原则：

- 1 应保持独立于项目的核证活动；
- 2 核证活动的资料、结论及报告应真实、准确；
- 3 应确保核证工作的完整性和保密性；
- 4 具备核证必需的专业技能。

9.2.4 核证机构应按下列程序进行核证：

- 1 核证准备；
- 2 监测报告公示；
- 3 文件评审；
- 4 现场访问；
- 5 核证报告编写及内部评审；
- 6 核证报告交付。

9.2.5 核证要求应包括下列内容：

- 1 自愿减排项目减排量的唯一性；
- 2 项目实施与项目设计文件的符合性；
- 3 监测计划与方法学的符合性；
- 4 监测与监测计划的符合性；
- 5 校准频次的符合性；
- 6 碳排放核算结果的合理性。

附录 A 主要化石燃料燃烧碳排放因子

A.0.1 附表 A.1~A.5 中各数据均基于规范发布时期的最新数值，不排除随着时间推移数据会发生变化的可能，若政府主管部门发布更新官方数据宜采用最新官方发布数据。

附表 A.1 CO₂ 排放因子推荐值

能源类别	单位热值含碳量	碳氧化率 %	热值	推荐排放因子
	tC/TJ			
无烟煤	27.4	94	20908 kJ/kg	1.9745 kgCO ₂ /kg
烟煤	26.1	93	20908 kJ/kg	1.8608 kgCO ₂ /kg
褐煤	28.0	96	20908 kJ/kg	2.0607 kgCO ₂ /kg
液化天然气 (LNG)	17.2	99	51434 kJ/kg	3.2113 kgCO ₂ /kg
液化石油气 (LPG)	17.2	99	50179 kJ/kg	3.1330 kgCO ₂ /kg
天然气	15.3	99	38931 kJ/m ³	2.1622 kgCO ₂ /m ³
汽油	18.9	98	43070 kJ/kg	2.9251 kgCO ₂ /kg
柴油	20.2	98	42652 kJ/kg	3.0959 kgCO ₂ /kg
煤油	19.6	98	43070 kJ/kg	3.0334 kgCO ₂ /kg

附表 A.2 CH₄ 排放因子推荐值

能源类别	IPCC2006 年 CH ₄ 排放系数	热值	推荐排放因子
	kgCH ₄ /TJ		
无烟煤	1.0	20908 kJ/kg	2.09 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /kg
烟煤	1.0	20908 kJ/kg	2.09 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /kg
褐煤	1.0	20908 kJ/kg	2.09 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /kg
液化天然气 (LNG)	3.0	51434 kJ/kg	1.54 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /kg
液化石油气 (LPG)	1.0	50179 kJ/kg	5.02 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /kg
天然气	1.0	38931 kJ/m ³	3.89 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /m ³
汽油	3.0	43070 kJ/kg	1.29 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /kg

能源类别	IPCC2006 年 CH ₄ 排放系数	热值	推荐排放因子
	kgCH ₄ /TJ		
柴油	3.0	42652 kJ/kg	1.28 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /kg
煤油	3.0	43070 kJ/kg	1.29 × 10 ⁻⁵ kgCH ₄ /kg

附表 A.3 N₂O 排放因子推荐值

能源类别	IPCC2006 年 N ₂ O 排放系数	热值	推荐排放因子
	kg N ₂ O/TJ		
无烟煤	1.5	20908 kJ/kg	3.14 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg
烟煤	1.5	20908 kJ/kg	3.14 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg
褐煤	1.5	20908 kJ/kg	3.14 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg
液化天然气 (LNG)	0.6	51434 kJ/kg	3.09 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg
液化石油气 (LPG)	0.1	50179 kJ/kg	5.02 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg
天然气	0.1	38931 kJ/ m ³	3.89 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/ m ³
汽油	0.6	43070 kJ/kg	2.58 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg
柴油	0.6	42652 kJ/kg	2.56 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg
煤油	0.6	43070 kJ/kg	2.58 × 10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg

附表 A.4 温室气体的全球增温潜势 (GWP)

气体名称	分子式	GWP (100 年)
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273

注：GWP 采用 2021 年 IPCC 第六次评估报告 (AR6) 数据。

表 A.5 主要化石燃料的燃烧碳排放因子

能源类别	推荐排放因子
无烟煤	1.9837 kgCO ₂ e/kg
烟煤	1.8700 kgCO ₂ e/kg
褐煤	2.0700 kgCO ₂ e/kg
液化天然气 (LNG)	3.2240 kgCO ₂ e/kg
液化石油气 (LPG)	3.1358 kgCO ₂ e/kg
天然气	2.1643 kgCO ₂ e/ m ³
汽油	2.9357 kgCO ₂ e/kg
柴油	3.1065 kgCO ₂ e/kg
煤油	3.0440 kgCO ₂ e/kg

附录 B 电网碳排放因子

表 B.1 全国各区域电网平均二氧化碳排放因子及全国加权平均二氧化碳排放因子

区域电网	二氧化碳排放因子[kgCO ₂ e/(kW h)]		
	2010 年	2011 年	2012 年
华北区域电网	0.8845	0.8967	0.8843
东北区域电网	0.8045	0.8189	0.7769
华东区域电网	0.7182	0.7129	0.7035
华中区域电网	0.5676	0.5955	0.5257
西北区域电网	0.6958	0.6860	0.6671
南方区域电网	0.5960	0.5748	0.5271
加权平均	0.6798	0.6794	0.6618

注：2022 年 3 月，生态环境部应对气候变化司印发《关于做好 2022 年企业温室气体排放报告管理相关重点工作的通知》（环办气候函〔2022〕111 号），并以附件形式更新了《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施(2022 年修订版)》，全国电网平均排放因子调整为 0.5810kgCO₂/(kW h)。

表 B.2 全国各区域电网覆盖省市

区域电网	覆盖省市
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
东北区域电网	辽宁省、吉林省、黑龙江省
华东区域电网	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省
华中区域电网	河南省、湖北省、湖南省、江西省、四川省、重庆市

区域电网	覆盖省市
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
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

附录 C 热能碳排放因子

表 C 热能碳排放因子

单位 kgCO₂e / kWh

热能供应方式	碳排放因子
热电联供核电厂供热	2.9×10^{-2}
空气源热泵	0.30
地源热泵	0.20
再生水源热泵	0.17
水源热泵	2.24
壁挂式燃气锅炉	0.12
燃煤热电联产	0.15
电加热	0.57
燃煤锅炉	8.64×10^{-3}
大型燃煤锅炉	0.30
区域燃煤锅炉	0.35

附录 D 主要材料的生产碳排放因子

D.0.1 附表 D 中各数据均基于规范发布时期的最新数值，不排除随着时间推移数据会发生变化的可能，待政府主管部门发布更新官方数据后宜采用最新官方发布数据。

附表 D 材料生产碳排放因子

类别	建材类别	建材碳排放因子
建材	普通硅酸盐水泥（市场平均）	735 kgCO ₂ e/t
	C30 混凝土	295 kgCO ₂ e/m ³
	C50 混凝土	385 kgCO ₂ e/m ³
	石灰生产（市场平均）	1190 kgCO ₂ e/t
	消石灰（熟石灰、氢氧化钙）	747 kgCO ₂ e/t
	天然石膏	32.8 kgCO ₂ e/t
	砂（ $f=1.6\sim 3.0$ ）	2.51 kgCO ₂ e/t
	碎石（ $d=10\text{mm}\sim 30\text{mm}$ ）	2.18 kgCO ₂ e/t
	页岩石	5.08 kgCO ₂ e/t
	黏土	2.69 kgCO ₂ e/t
	混凝土砖（240mm×115mm×90mm）	336 kgCO ₂ e/m ³
	蒸压粉煤灰砖（240mm×115mm×53mm）	341 kgCO ₂ e/m ³
	烧结粉煤灰实心砖（240mm×115mm×53mm，掺入量为 50%）	134 kgCO ₂ e/m ³
	页岩实心砖（240mm×115mm×53mm）	292 kgCO ₂ e/m ³

类别	建材类别	建材碳排放因子
建材	页岩空心砖（240mm×115mm×53mm）	204 kgCO ₂ e/m ³
	粘土空心砖（240mm×115mm×53mm）	250 kgCO ₂ e/m ³
	煤矸石实心砖（240mm×115mm×53mm，90%掺入量）	22.8 kgCO ₂ e/m ³
	煤矸石空心砖（240mm×115mm×53mm，90%掺入量）	16.0 kgCO ₂ e/m ³
	炼钢生铁	1700 kgCO ₂ e/t
	铸造生铁	2280 kgCO ₂ e/t
	炼钢用铁合金（市场平均）	9530 kgCO ₂ e/t
	转炉碳钢	1990 kgCO ₂ e/t
	电炉碳钢	3030 kgCO ₂ e/t
	普通碳钢（市场平均）	2050 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢小型型钢	2310 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢中型型钢	2365 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢大型轨梁（方圆坯、管坯）	2340 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢大型轨梁（重轨、普通型钢）	2380 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢中厚板	2400 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢 H 钢	2350 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢宽带钢	2310 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢钢筋	2340 kgCO ₂ e/t
	热轧碳钢高线材	2375 kgCO ₂ e/t

类别	建材类别		建材碳排放因子	
建材	热轧碳钢棒材		2340 kgCO ₂ e/t	
	螺旋埋弧焊管		2520 kgCO ₂ e/t	
	大口径埋弧直缝钢管		2430 kgCO ₂ e/t	
	焊接直缝钢管		2530 kgCO ₂ e/t	
	热轧碳钢无缝钢管		3150 kgCO ₂ e/t	
	冷轧冷拔碳钢无缝钢管		3680 kgCO ₂ e/t	
	碳钢热镀锌板卷		3110 kgCO ₂ e/t	
	碳钢电镀锌板卷		3020 kgCO ₂ e/t	
	碳钢电镀锡板卷		2870 kgCO ₂ e/t	
	酸洗板卷		1730 kgCO ₂ e/t	
	冷轧碳钢板卷		2530 kgCO ₂ e/t	
	冷硬碳钢板卷		2410 kgCO ₂ e/t	
	平板玻璃		1130 kgCO ₂ e/t	
	电解铝（全国电网电力）		20300 kgCO ₂ e/t	
	铝板带		28500 kgCO ₂ e/t	
	断桥铝合金窗		100% 原生铝型材	254 kgCO ₂ e/m ³
			70% 原生铝	194 kgCO ₂ e/m ³
	铝木复合窗		100% 原生铝型材	147 kgCO ₂ e/m ³
			70% 原生铝	122.5 kgCO ₂ e/m ³
	铝塑共挤窗		129.5 kgCO ₂ e/m ³	

类别	建材类别	建材碳排放因子
建材	塑钢窗	121 kgCO ₂ e/m ³
	无规共聚聚丙烯管	3.72 kgCO ₂ e/kg
	聚乙烯管	3.60 kgCO ₂ e/kg
	硬聚氯乙烯管	7.93 kgCO ₂ e/kg
	聚苯乙烯泡沫板	5020 kgCO ₂ e/t
	岩棉板	1980 kgCO ₂ e/t
	硬泡聚氨酯板	5220 kgCO ₂ e/t
	铝塑复合板	8.06 kgCO ₂ e/m ³
	铜塑复合板	37.1 kgCO ₂ e/m ³
	铜单板	218 kgCO ₂ e/m ³
	普通聚苯乙烯	4620 kgCO ₂ e/t
	线性低密度聚乙烯	1990 kgCO ₂ e/t
	高密度聚乙烯	2620 kgCO ₂ e/t
	低密度聚乙烯	2810 kgCO ₂ e/t
	聚氯乙烯（市场平均）	7300 kgCO ₂ e/t
燃料	汽油	0.93 kgCO ₂ e / kg
	柴油	0.79 kgCO ₂ e / kg
	煤	0.16 kgCO ₂ e / kg
	LPG 液化石油气	0.54 kgCO ₂ e / kg
其他材料	自来水	0.168 kgCO ₂ e/t

附录 E 运输碳排放因子

E.0.1 混凝土的默认运输距离值应为 40km，其他建材的默认运输距离值应为 500km。各类运输方式的碳排放因子应按附表 E 选取。

E.0.2 附表 E 中各数据均基于规范发布时期的最新数值，不排除随着时间推移数据会发生变化的可能，待政府主管部门发布更新官方数据后宜采用最新官方发布数据。

附表 E 建材运输碳排放因子[kgCO_{2e}/(t km)]

运输方式类别	碳排放因子
轻型汽油货车运输（载重 2t）	0.334
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
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
液货船运输（载重 2000t）	0.019

运输方式类别	碳排放因子
干散货船运输（载重 2500t）	0.015
集装箱船运输（载重 200TEU）	0.012

附录 F 常见施工机械单位台班能耗量

F.0.1 常用机械单位台班能源消耗量可在附表 F 内选用。

F.0.2 附表 F 中各数据均基于规范发布时期的最新数值，不排除随着时间推移数据会发生变化的可能，待政府主管部门发布更新官方数据后宜采用最新官方发布数据。

附表 F 常用施工机械台班能源用量

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
1	履带式推土机	功率	75kW	-	56.50	-
2			105kW	-	60.80	-
3			135kW	-	66.80	-
4	履带式单斗液压挖掘机	斗容量	0.6m ³	-	33.68	-
5			1m ³	-	63.00	-
6	轮胎式装载机	斗容量	1m ³	-	53.73	-
7			1.5m ³	-	58.75	-
8	钢轮内燃压路机	工作质量	8t	-	19.79	-
9			15t	-	42.95	-
10	强夯机械	夯击能量	1200kN m	-	32.75	-
11			2000kN m	-	42.76	-
12			3000kN m	-	55.27	-
13			4000kN m	-	58.22	-
14			5000kN m	-	81.44	-
15	履带式柴油打桩机	冲击质量	2.5t	-	44.37	-
16			3.5t	-	47.94	-
17			5t	-	53.93	-
18			7t	-	57.40	-

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
19	履带式柴油打桩机	冲击质量	8t	-	59.14	-
20	电动夯实机	夯击能量	250N·m	-	-	16.60
21	锚杆钻孔机	锚杆直径	32mm	-	69.72	-
22	轨道式柴油打桩机	冲击质量	3.5t	-	56.90	-
23			4t	-	61.70	-
24	步履式柴油打桩机	功率	60kW	-	-	336.87
25	振动沉拔桩机	激振力	300kN	-	17.43	-
26			400kN	-	24.90	-
27	静力压桩机	压力	900kN	-	-	91.81
28			2000kN	-	77.76	-
29			3000kN	-	85.26	-
30			4000kN	-	96.25	-
31	汽车式钻机	孔径	1000mm	-	48.80	-
32	回旋钻机	孔径	800mm	-	-	142.5
33			1000mm	-	-	163.72
34			1500mm	-	-	190.72
35	履带式起重机	提升质量	5t	-	18.42	-
36			10t	-	23.56	-
37			15t	-	29.52	-
38			20t	-	30.75	-
39			25t	-	36.98	-
40			30t	-	41.61	-
41			40t	-	42.46	-
42			50t	-	44.03	-
43			60t	-	47.17	-

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
44	履带式旋挖钻机	孔径	1000mm	-	146.56	-
45			1500mm	-	164.32	-
46			2000mm	-	172.00	-
47	螺旋钻机	孔径	600mm	-	-	181.27
48	冲孔钻机	孔径	1000mm	-	-	40.00
49	三轴搅拌桩基	轴径	650mm	-	-	126.42
50			850mm	-	-	156.42
51	汽车式起重机	提升质量	8t	-	28.43	-
52			12t	-	30.55	-
53			16t	-	35.85	-
54			20t	-	38.41	-
55			30t	-	42.14	-
56			40t	-	48.52	-
57	自生式塔式起重机	提升质量	400t	-	-	164.31
58			60t	-	-	166.29
59			800t	-	-	169.16
60			1000t	-	-	170.02
61			2500t	-	-	266.04
62			3000t	-	-	296.60
63	载重汽车	装载质量	4t	25.48	-	-
64			6t	-	33.24	-
65			8t	-	35.49	-
66			12t	-	46.27	-
67			15t	-	56.74	-
68			20t	-	62.56	-

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
69	自卸汽车	装载质量	5t	31.34	-	-
70			15t	-	52.93	-
71	电动灌装机	-	-	-	-	16.20
72	叉式起重机	提升质量	3t	26.46	-	-
73	门式起重机	提升质量	10t	-	-	88.29
74	轮胎式起重机	提升质量	25t	-	46.26	-
75			40t	-	62.76	-
76			50t	-	64.76	-
77	平板拖车组	装载质量	20t	-	45.39	-
78	机动翻斗车	装载质量	1t	-	6.03	-
79	洒水车	灌容量	4000L	30.21	-	-
80	泥浆罐车	罐容量	5000L	31.57	-	-
81	电动单筒快速卷扬机	牵引力	10kN	-	-	32.90
82	电动单通慢速卷扬机	牵引力	10kN	-	-	126.00
83			30kN	-	-	28.76
84	单笼施工电梯	提升质量 1t	75m	-	-	42.32
85			100m	-	-	15.66
86	双笼施工电梯	提升质量 2t	100m	-	-	81.86
87			200m	-	-	159.94
88	平台作业升降车	提升高度	20m	-	48.25	-
89	涡浆式混凝土搅拌机	出料容量	250L	-	-	34.10
90			500L	-	-	107.71
91	双锥反转出料混凝土搅拌机	出料容量	500L	-	-	55.04

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
92	干混砂浆搅拌机	公称储量	20000L	-	-	28.51
93	混凝土输送泵	输送量	45m ³ /h	-	-	243.46
94			75m ³ /h	-	-	367.96
95	混凝土湿喷机	生产率	5m ³ /h	-	-	15.40
96	灰浆搅拌机	拌桶容量	200L	-	-	8.61
97	挤压式灰浆输送泵	输送量	3m ³ /h	-	-	23.70
98	偏心振动筛	生产率	16m ³ /h	-	-	28.60
99	混凝土抹平机	功率	5.5kW	-	-	23.14
100	钢筋切断机	直径	40mm	-	-	32.10
101	钢筋弯曲机	直径	40mm	-	-	12.80
102	预应力钢筋拉伸机	拉伸力	650kN	-	-	17.25
103			900kN	-	-	29.16
104	木工圆锯机	直径	500mm	-	-	24.00
105	木工平刨床	刨削宽度	500mm	-	-	12.90
106	木工三面压刨床	刨削宽度	400mm	-	-	52.40
107	木工榫机	榫头长度	160mm	-	-	27.00
108	木工打眼机	榫槽宽度	-	-	-	4.70
109	普通车床	工件直径×工件 长度	400mm× 2000mm	-	-	22.77
110	摇臂钻床	钻孔直径	50mm	-	-	9.87
111			63mm	-	-	17.07
112	锥形螺纹车丝机	直径	45mm	-	-	9.24
113	螺栓套丝机	直径	-	-	-	25.00
114	板料校平机	厚度×宽度	16mm× 2000mm	-	-	120.60

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
115	型钢剪断机	剪断宽度	500mm	-	-	53.20
116	刨边机	加工长度	12000mm	-	-	75.90
117	半自动切割机	厚度	100mm	-	-	98.00
118	自动仿形切割机	厚度	60mm	-	-	59.35
119	管子切断机	管径	150mm	-	-	12.90
120			250mm	-	-	22.50
121	型钢矫正机	厚度×宽度	60mm×800mm	-	-	64.20
122	电动弯管机	管径	108mm	-	-	32.10
123	液压弯管机	管径	60mm	-	-	27.00
124	空气锤	锤体质量	75kg	-	-	24.20
125	摩擦压力机	压力	3000kN	-	-	96.50
126	开式可倾压力机	压力	1250kN	-	-	35.00
127	钢筋挤压连接机	直径	-	-	-	15.94
128	电动修钎机	-	-	-	-	100.80
129	岩石切割机	功率	3kW	-	-	11.28
130	平面水磨机	功率	3kW	-	-	14.00
131	喷砂除锈机	能力	3m ³ /min	-	-	28.41
132	抛丸除锈机	直径	219mm	-	-	34.26
133	内燃单级离心清水 泵	出口直径	50mm	3.36	-	-
134	电动多级离心清水 泵	出口直径 100mm	扬程 120m 以下	-	-	180.40
135		出口直径 150mm	扬程 180m 以下	-	-	302.60
136		出口直径 200mm	扬程 280m 以下	-	-	354.78
137	泥浆泵	出口直径	50mm	-	-	40.90
138			100mm	-	-	234.60

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
139	交流弧焊机	容量	21kV A	-	-	60.27
140			32kV A	-	-	96.53
141			40kV A	-	-	132.23
142	潜水泵	出口直径	50mm	-	-	20.00
143			100mm	-	-	25.00
144	高压油泵	压力	80MPa	-	-	209.67
145	电焊机	容量	75kV A	-	-	154.63
146	对焊机	容量	75kV A	-	-	122.00
147	氩弧焊机	电流	500A	-	-	70.70
148	二氧化碳气体保护 焊机	电流	250A	-	-	24.50
149	电渣焊机	电流	1000A	-	-	147.00
150	电焊条烘干箱	容量	45×35×45(cm ³)	-	-	6.70
151	电动空气压缩机	排气量	0.3m ³ /min	-	-	16.10
152			0.6m ³ /min	-	-	24.20
153			1m ³ /min	-	-	40.30
154			3m ³ /min	-	-	107.50
155			6m ³ /min	-	-	215.00
156			9m ³ /min	-	-	350.00
157			10m ³ /min	-	-	403.20
158	导杆式液压抓斗成 槽机	-	-	-	-	-
159	超声波侧壁机	-	-	-	-	36.85
160	泥浆制作循环设备	-	-	-	-	503.90
161	锁扣管顶升机	-	-	-	-	64.00

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
162	工程地质液压钻机	-	-	-	30.80	-
163	轴流通风机	功率	7.5kW	-	-	40.30
164	吹风机	能力	4m ³ /min	-	-	6.98
165	井点降水钻机	-	-	-	-	5.70

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《环境管理 生命周期评价 原则与框架》 GB/T 24040
- 2 《环境管理 生命周期评价 要求与指南》 GB/T 24044

中国工程建设标准化协会标准

城市轨道交通工程碳排放核算标准
Carbon Emission Accounting Standards for
Urban Rail Transit Engineering

T/CECS*** 202*

条文说明

编制说明

本标准制定过程中，编制组针对城市轨道交通工程建造、运营和拆除过程，进行了广泛深入的调查研究，总结了我国工程建设城市轨道交通工程领域的实践经验，参考了我国住建部近年来的发布的重要文件和指南（如 2020 年发布的《城市轨道交通工程土建施工质量标准化技术指南》和《城市轨道交通工程建设安全生产标准化技术指南》等），同时借鉴了国外先进技术法规、技术标准，例如国际隧道协会 2004 年编制的《隧道风险管理指南》等。此外，本标准还广泛征求了设计、科研、管理等单位的意见，在充分吸收和采纳各方意见的基础上，通过反复讨论、修改和完善，最终修订编制完成。

为了便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解条文规定，标准编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明，供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

1 总则.....	66
2 术语和符号.....	67
3 基本规定.....	68
4 核算边界与数据采集.....	69
4.1 一般规定.....	69
4.2 核算边界.....	71
4.3 数据采集.....	72
5 建材生产和运输阶段碳排放核算.....	74
5.1 一般规定.....	74
5.2 建材生产阶段碳排放.....	75
5.3 建材运输阶段碳排放.....	75
6 建造阶段碳排放核算.....	77
6.1 一般规定.....	77
6.2 工程设计阶段碳排放.....	78
6.3 工程施工阶段碳排放.....	78
7 运营阶段碳排放核算.....	80
7.1 一般规定.....	80
7.2 建筑运营碳排放.....	80
7.3 列车运行碳排放.....	81
7.4 设备生产和运输碳排放.....	82
8 拆除回收阶段碳排放核算.....	84
8.1 一般规定.....	84
8.2 拆除回收阶段碳排放核算.....	84
9 发布和核证.....	86
9.1 发布.....	86
9.2 核证.....	86
附录 A 主要化石燃料燃烧碳排放因子.....	87

附录 B 电网碳排放因子	88
附录 C 热能碳排放因子	89
附录 D 主要材料的生产碳排放因子	90
附录 E 运输碳排放因子	91
附录 F 常见施工机械单位台班能耗量	92

1 总则

1.0.1 碳排放，导致全球变暖、极端天气频发，是人类正在面临的最重大挑战之一。2020年9月22日，第七十五届联合国大会上，中国政府提出：中国力争2030年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和目标。

轨道交通工程在建造和运行过程中，均有大量温室气体排放。碳排放作为衡量轨道交通可持续发展的一个重要指标，近年来已成为各大轨道交通运营商的社会环境年度报告中的重要内容，如东京地铁、伦敦地铁、纽约地铁、香港地铁和深圳地铁等。国外各地铁运营商主要从用电、用水、金属材料，燃油、燃气、废弃物等方面计算地铁产生的碳排放。报告显示，地铁的碳排放主要来自于电力(列车牵引用电和站场的机电设备系统用电)。其中，2008年东京地铁用电的碳排放占总排放的97.24%、伦敦地铁为97%；香港地铁为96.68%。广州地铁2020年全线网能源消费结构分析，电能(间接碳排放)与化石能源(直接碳排放)对比为99.16%:0.84%，即用能方式几乎全部为电能，这决定了轨道交通行业的“双碳”的实施路径必然与工业(钢铁、水泥、化工等燃煤燃油为主)、交通行业的大部(车、船、飞机等燃油为主)截然不同。在运营阶段，以北京为例，2020年初运营线网规模727km，年总耗电21.9亿kWh，其中列车牵引能耗11亿kWh，占总能耗的53%，动力照明能耗10亿kWh，占总能耗的47%。

本标准的编制目的在于指导城市轨道交通工程包括建造阶段、运营阶段、拆除回收阶段在内的全生命周期的碳排放核算，践行绿色低碳发展观，助力实现城市轨道交通领域碳达峰碳中和的目标。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。本标准适用于城市轨道交通工程在建材生产运输、工程建造、运行及拆除阶段的碳排放核算方法，可用于比较不同设计方案下城市轨道交通工程的碳排放情况，从而为优选低碳设计方案提供依据。

2 术语和符号

2.1.2 温室气体是指大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射波的气态成分。温室气体包括但不限于二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）和六氟化硫（SF₆）。

城市轨道交通工程的建造和拆除阶段产生的温室气体主要为 CO₂，运营阶段产生的温室气体主要有 CO₂，以及因制冷剂使用产生的温室气体氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs），材料和设备生产和运输的碳排放包括各类温室气体。CO₂ 为人类活动最常产生的温室气体，为了统一度量整体温室效应的结果，规定以二氧化碳当量（kgCO₂e）为度量温室效应的基本单位。

2.1.3 引自 ISO14064-1:2018.

2.1.4 二氧化碳当量是给定温室气体总量与其全球增温潜势相乘的结果。[ISO14064-1:2006,定义 2.19]。碳排放单位 kgCO₂e，其角标 e 表示的是 CO₂ 排放当量，也就是温室气体 CO₂、CH₄ 和 N₂O 总的排放用全球变暖潜能值统一折算成 CO₂ 后的量。

2.1.5 引自国家标准《工业企业温室气体排放核算和报告通则》（GB/T 32150-2015）中的定义 3.13J。

3 基本规定

3.0.1 城市轨道交通建设应使用绿色建材以及绿色施工工艺，运营应使用绿色节能设备和产品。

3.0.2 基于生命周期理论，轨道交通碳排放计算应包括建筑设计规划、建筑材料生产和运输、工程建造施工、运营使用、拆除及回收等阶段。但一方面，轨道交通设计规划阶段的能耗及资源消耗数据在生命周期中占比很小。由于轨道交通的规划设计阶段的碳排放相关数据难以获取且对全生命周期碳排放影响很小，所以本标准的计算只考虑对轨道交通工程碳排放量影响较大的主要阶段，根据生命周期理论将轨道交通碳排放计算范围界定为建材生产运输阶段、建造施工阶段、运营使用阶段、拆除回收阶段。

轨道交通工程的碳排放，可以计算其全生命周期的碳排放，也可核算建材生产及运输阶段、建造施工阶段、运营维护阶段、拆除回收阶段中某一阶段的碳排放。

城市轨道交通工程，通常情况下较少考虑碳汇。

3.0.4 无论是建造阶段的水资源消耗，还是运营阶段、拆除阶段的水资源消耗都应纳入碳排放计算。

3.0.5 本条给出了城市轨道交通工程全生命周期碳排放总量的计算公式，为建材生产运输、工程建造、工程运营、工程拆除回收 4 个阶段的碳排放量之和。

4 核算边界与数据采集

4.1 一般规定

4.1.1 城市轨道交通工程从建材原料开采到寿命完结，时间周期长，产业链长。为保证在碳排放核算过程中，不出现生产运营各环节碳排放核算的重叠，本标准对城市轨道交通工程所涉及到的建材生产和运输、建造、运营、拆除回收四个阶段进行了明确的边界划分，并将各阶段所涉及到的具有温室气体排放行为的法人企业或视同法人的独立核算单位划分为相应的核算主体，包括生产单位、运输单位、建造单位、运营单位、拆除单位、回收单位等。

核算主体应核算其生产系统产生的温室气体排放。生产系统包括主要生产系统、辅助生产系统及直接为生产服务的附属生产系统，其中辅助生产系统包括动力、供电、供水、化验、机修、库房、运输等，附属生产系统包括生产指挥系统（厂部）和厂区内为生产服务的部门和单位（如职工食堂、车间浴室、保健站等）。

如果核算主体拥有多个分公司、生产厂地或产业活动单位，则核算主体一级应按一定的逻辑（例如公司组织管理结构、厂房建筑分布、产品或产业活动分类等）把整个公司的资产设施划分为几个空间上相对独立、物料往来易于识别和计量的核算单元。核算单元划分的方式可由核算主体自行确定，核算主体如果在一个场所从事一种或主要从事一种产品生产活动，也可以只设一个核算单元，即整个企业作为一个核算单元。

4.1.2 城市轨道交通工程所涉及的移动设施主要包括为乘客或货物等提供运输服务的轨道交通车辆、营运性运输车辆及核算主体非营运车辆等；固定设施主要为核算主体中为移动设施服务的辅助、附属设施，辅助设施包括车站、车间、动力、供电、供水、化验、机修、库房等，附属设施包括办公楼、锅炉、职工食堂、车间浴室、保健站等。

《温室气体核算体系：企业核算和报告标准》（通称为“GHG 协议”），是由世界资源研究所（WRI）和世界可持续发展工商理事会（WBCSD）共同制定，GHG 协议针对温室气体核算与报告设定了 3 个范围。

范围 1 - 直接温室气体排放：直接温室气体排放产生自一家公司拥有或控制的排放源，例如公司拥有或控制的锅炉、熔炉、车辆等产生的燃烧排放，拥有或控制的工艺设备进行化工生产所产生的碳排放；

范围 2 - 电能/热能产生的间接温室气体排放：来自企业消耗的外购电能、热能产生的温室气体排放，范围 2 的排放实际产生于电能或热能生产设施；

范围 3 - 其他间接温室气体排放：范围 3 的排放是一家公司获得的结果，但并不产生于该公司拥有或控制的排放源，例如开采和生产采购的原料、运输采购的燃料，以及售出产品和服务的使用。

企业至少核算并报告范围 1 和范围 2 的排放信息，范围 3 是一项选择性报告，考虑了所有其他间接排放。

4.1.3 温室气体是指大气中能够吸收地面反射的长波辐射并重新发射辐射的气体。温室气体包括但不限于二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）和六氟化硫（SF₆）。

城市轨道交通工程建造、运营、拆除等阶段产生的温室气体主要为 CO₂，其计算结果通常使用 kgCO₂；为了统一度量温室效应的结果，规定以二氧化碳当量（kgCO₂e）为度量温室效应的基本单位。二氧化碳当量（kgCO₂e）指与一定质量的某种温室气体具有相同温室效应的 CO₂ 的质量，可用于比较不同温室气体对温室效应的贡献程度。换算方法为将各温室气体排放量与其相应的全球增温潜势（GWP）相乘，即可得到各温室气体排放的二氧化碳当量（kgCO₂e），全球增温潜势（GWP）采用附表 A.4 的数据。

城市轨道交通工程涉及的建筑结构、构件类型多样，建材数量众多，建造方式种类多，能源系统多样，有着“非标准化、难以复制重现”的特点，因此本标准选择相对普遍和通用的建材、建造方法，给出其排放因子，便于统一计算基准并进行结果比较。

4.1.4 各碳排放单元过程的碳排放来源主要为实际工程拟投入的材料、具体施工工艺采用的机械设备燃料或者电力、热力消耗所产生的碳排放，在确定了核算边界并分类汇编了碳排放的来源后，即可依据碳排放工程量清单列表，将每一种碳排放源的活动数据与其相应的排放因子的乘积作为该碳排放源的碳排放量计算值。

城市轨道交通工程在建材生产、运输、建造、运营、拆除及回收各阶段均产生碳排放，对环境造成影响，因此应进行全生命周期碳排放的计算。全生命周期有多种不同的划分方法，本标准将其划分为建材生产和运输、建造、运营、拆除回收四个阶段，根据所需计算的全生命周期的不同阶段的碳排放量，选择标准中各章节规定的核算边界和方法进行计算，并可将分段计算的结果累计为城市轨道交通工程全生命周期的碳排放。

4.1.5 城市轨道交通工程活动水平数据应建立能源计量体系，且应满足分类、分项计量的要求：

a) 分类计量，可分为：电力、燃气、燃油、燃煤和热力以及水资源的用量；

b) 分项计量，对城市轨道交通工程而言，以工程量清单与预算定额为参考依据，可将工程划分为路基与围护结构工程、高架桥工程、地下区间工程、地下结构工程、轨道工程、通信工程、信号工程、供电工程、智能与控制系统安装工程、机电设备安装工程、拆除工程、措施项目、车辆基地等分部工程，分部工程可进一步细分为各分项工程。

各子类、子项活动水平数据统计合并后计入核算主体的总活动水平数据。

4.2 核算边界

4.2.1 城市轨道交通宜以具有法人资格的运营企业为单位进行排放核算，对下属单位提出控制指标时，应明确下属单位的组织边界。对单条线路，可通过对各所属运营组织机构碳排放进行合计。城市轨道交通工程核算主体一级应使用运营控制权进行碳排放组织边界确定，并说明包括的地理区域和位置，运营控制权是指核算主体享有提出和执行一项业务的运营政策的完全权利。

4.2.2 城市轨道交通工程确定运营边界包括识别与城市轨道交通工程运营有关的排放，并按范围进行分类，将排放源分成化石燃料燃烧排放（范围一，由核算主体所拥有或控制的排放源排放）、消耗外购电力及热力产生的排放（范围二，核算主体能源使用的间接排放）、其他间接碳排放（范围三，由核算主体其他相关活动产生的碳排放，非属能源间接温室气体排放）这三种类别，并分开计算范围一、范围二、范围三的碳排放。

4.2.3 根据《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006），与碳排放相关的活动过程需要评估的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）和六氟化硫（SF₆）等主要温室气体。在城市轨道交通工程全生命周期中，最主要的二氧化碳（CO₂）排放，燃料燃烧过程有少量的甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）排放，运营阶段建筑和列车制冷消耗的制冷剂，会导致氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）和六氟化硫（SF₆）等温室气体的排放。

4.2.4 《IPCC 温室气体清单指南》和《中国温室气体清单研究 2005》规定生物成因产生的 CO₂ 不纳入碳排放量计算。因此，本标准中微生物活动产生的 CO₂ 不纳入碳排放计算。

4.2.5 活动水平数据是指导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

4.2.6 各种燃料品种的单位热值含碳量，各种燃料主要燃烧设备的碳氧化率，以及移动设施主要燃烧设备的甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）的排放因子宜通过实际测试获得，以便正确反映当地燃烧设备的技术水平和排放特点。当地数据无法获取时，宜采用附录 A 中表 A1~A5 的排放因子数据。附录 B、附录 C、附录 D 分别给出了电力、热力的碳排放因子，以及主要材料的生产碳排放因子。当温室气体排放因子数据无法获取时，核算主体应报告消耗量，以备条件成熟后的重新计算与核查。

4.3 数据采集

4.3.2 集中法是各处设施向核算主体报告活动水平数据，在核算主体一级计算温室气体排放量；分散法是收集各处设施活动水平数据并直接计算它们的温室气体排放量，然后将这些数据汇总到核算主体一级。

4.3.6 计算城市轨道交通工程各阶段因电力消耗造成的碳排放时，应采用由国家发展和改革委员会公布的区域电网平均碳排放因子或全国加权平均碳排放因子。中国区域电网平均 CO₂ 排放因子见附录 B。

附录 B 的数据由国家发展和改革委员会应对气候变化司组织国家应对气候变化战略研究和国际合作中心确定，可供政府、企业、高校及科研单位等核算电力调入、调出及电力消费 CO₂ 排放量时使用，与发改委制定的重点行业企业温室

气体排放核算方法与报告指南中的企业核算要求一致。未来当数据有更新时，应选用“中国气候变化信息网”最近年份公布的数据。

4.3.7 附录 C 给出了不同产能方式的热能碳排放因子，数据引自《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》。

5 建材生产和运输阶段碳排放核算

5.1 一般规定

5.1.1 城市轨道交通工程的建材、构件、部品在原材料开采、材料加工以及产品出厂运输的各个环节中都会产生温室气体排放,即建材的内含(embodied)碳排放,现行国家标准《环境管理生命周期评价原则与框架》GB/T 24040、《环境管理生命周期评价要求与指南》GB/T 24044 中提供了建材碳排放计算的标准方法。根据上述标准内容的规定,建材生产及运输阶段碳排放计算的生命周期边界可界定为:建材上游原材料、能源开采、建材生产全过程、建材出厂并运输至施工现场。

5.1.2 本条给出的建材生产及运输阶段碳排放量的计算公式,为生产阶段碳排放量和运输阶段碳排放量之和。

5.1.3 本条款规定建材生产及运输阶段的碳排放应包括路基与围护结构工程、高架桥工程、地下区间工程、地下结构工程、轨道工程、通信工程、信号工程、供电工程、智能与控制系统安装工程、机电设备安装工程、拆除工程、措施项目以及车辆基地工艺设备所涉及的材料,如水泥、混凝土、钢材、墙体材料、保温材料、瓷砖、铝型材、玻璃、石材等。其他建材以及未来可能出现的新型建材,如果其重量比大于 0.1%且采用冶金、煅烧等高能耗工艺生产的建材,也应包含在计算范围内。各种建材只要是在城市轨道交通工程施工场地之外生产、未纳入城市轨道交通工程施工的能耗统计,均属于本章所指的建材范围。

5.1.4 此条规定了所消耗材料造成的碳排放应根据材料采购清单进行核算。如果采购材料未用完,在有明确退回记录或凭证等材料证明情况下,可将回退材料进行碳排放核减。

5.1.5 此条规定了施工阶段碳排放核减量的计算范围。周转材料包括脚手架、模板、活动板房等可多次使用的建筑材料及设备,可回收材料包括各类钢构件、再生混凝土等可回收再次加工利用的建筑材料。应当根据材料的循环使用次数以及回收率,计算对应的碳排放核减量。

5.2 建材生产阶段碳排放

5.2.1 本条给出了建材生产碳排放量的计算公式，为各种材料的碳排放因子与其用量的乘积再累加求和。

5.2.2 通过实地调研、查询工程量清单、城市轨道交通工程预算定额相关规范标准可获得城市轨道交通工程的主要建材类型，通过查询施工设计图纸、采购清单、决算清单等工程建设相关技术资料以及产品环境声明书（EPD）可获得城市轨道交通工程建设所需各种主要建材的消耗量(M_i)。

5.2.3 城市轨道交通工程建材生产阶段碳排放计算的生命周期边界采取现行国家标准《环境管理生命周期评价原则与框架》GB/T 24040、《环境管理生命周期评价要求与指南》GB/T 24044 中“从摇篮到大门”的模型，即从建材上游原材料、能源生产到建材出厂，包含建材生产所涉及原材料的开采及生产过程、建材生产所涉及能源开采及生产过程、建材生产所涉及原材料、能源的运输过程和建材生产过程。当其中某一过程碳排放缺失或被忽略时，应予以说明。

5.2.4 使用低价值废料和再生原料生产建材以及再生循环利用建筑废料，都有利于降低城市轨道交通工程全生命周期的碳排放，因此规定了本条计算规则。

5.2.5 本条给出了再生材料的生产碳排放因子计算公式，再生材料的碳排放因子可咨询生产厂家，当厂家不能提供时，可采用本条提供的公式进行估算。

5.2.6 本条给出了周转材料的碳排放因子的计算公式，即按照周转次数进行摊销。

5.3 建材运输阶段碳排放

5.3.1 本条给出了建材运输阶段的碳排放计算公式，即根据建材的用量、运输距离和运输碳排放因子进行计算。在城市轨道交通工程建材的运输阶段中，可通过查询能源缴费账单或工程建设财务报表得到运输机具设备的耗能量；若存在无法获得或记录不全的情况，则应根据运输机具设备的种类、数量和使用情况，对机具的耗能量进行计算。

本条运输阶段碳排放量计算公式，除适用于建材外，也适用于工程运营阶段使用材料的运输，以及工程拆除阶段材料的运输，如建筑垃圾的外运等。

5.3.2 建材运输距离宜优先采用实际运输距离，当运输距离无法获得时，可以采用本标准给出的默认距离，该距离为建材运输的社会平均距离。

5.3.3 本条主要考虑建材运输过程和运输过程所耗能源的开采、加工。建材运输阶段碳排放计算理论上应包含：建材从生产地运到施工现场的运输过程、建材运输过程所耗能源的开采、加工，及运输工具的生产、运输道路等基础设施的建设等阶段。考虑到目前运输工具的生产、运输道路等基础设施建设等过程的基础数据尚不完善，且此类过程分摊到建材运输上的环境影响较小，可忽略不计。碳排放因子 (TF_i) 实际包括建材从生产地到施工现场的运输过程的直接碳排放、运输过程所耗能源的生产过程的碳排放。

6 建造阶段碳排放核算

6.1 一般规定

6.1.1 此条规定了本规范所编制的城市轨道交通系统施工阶段碳排放核算依据来源。

6.1.2 此条规定了城市轨道交通工程建造阶段碳排放的计算方法，为设计阶段碳排放与施工阶段碳排放之和。

6.1.3 此条给出了工程建造阶段单位长度轨道的平均碳排放的计算公式。尽管不同的城市轨道交通工程设置地铁站点多少不同，但用单位长度轨道的平均碳排放仍能粗略评价比较不同轨道交通工程的碳排放强度高低，具有一定意义。工程建造阶段碳排放核算是用建造阶段碳排放总量 C_{jz} 算的，而不是用单位长度轨道的平均碳排放 C_{jzp} 来算的。

站台、车站和停车场建设所用建材，以及轨道的生产和运输碳排放，纳入第五章建材生产和运输阶段碳排放核算；轨道铺设过程所用施工机械因燃烧汽油、柴油等燃料产生的直接碳排放，以及铺设轨道过程中因电能消耗产生的间接碳排放，纳入本章建造阶段碳排放核算；列车等设备的生产和运输碳排放纳入第七章运营阶段碳排放核算。

6.1.4 此条规定了施工阶段碳排放核算的范围。施工阶段是城市轨道交通系统全生命周期中非常重要且极其复杂的一环，此阶段产生大量的资源和能源消耗。依托生命周期评价理论框架、摇篮到门（cradle to gate）评价思想，对城市轨道交通工程建造过程中的温室气体排放进行定量评价，对建造阶段的划分应当完整全面。

分部分项工程主要指不能独立发挥能力或效益，又不具备独立施工条件，但具有结算工程价款条件的工程，如地基处理工程、结构工程、隧道工程等。

措施项目主要指为了完成工程施工，发生于该工程施工前和施工过程中的非工程实体项目，包括脚手架工程、混凝土模板及支架（撑）、垂直运输、超高施工增加、大型机械设备进出场及安拆、施工排水和降水、安全文明施工及其他措

施项目。

6.1.5 此条规定了城市轨道交通工程施工阶段的碳排放计算边界。施工阶段碳排放包括两部分，一是施工机械燃烧汽油柴油等燃料的直接碳排放，二是用电带来的间接碳排放。其中，用电既包括以电能为动力的施工机械的电能消耗，又包括施工期间场地内办公的用电。施工机械的生产碳排放不纳入本标准碳排放计算，施工使用的建材的碳排放纳入本标准建材生产和运输阶段碳排放计算，不在建造阶段重复计算。

6.1.6 此条规定了计算施工阶段施工机械使用产生的碳排放的基础数据来源。根据现场工程量清单和机械租赁使用清单，得到施工机械使用台班数，从而进一步计算得到施工机械使用造成的碳排放。

6.1.7 此条规定了工程施工场界内项目人员的办公和生活区，应燃料燃烧和电能消耗产生的碳排放，应纳入施工阶段碳排放核算范围。

6.1.8 此条规定了本核算标准的适用范围。对于符合本条规定的工程，参照此计算方法进行城市轨道交通工程施工阶段碳排放核算，若不适用，应制定专项方案计算。

6.2 工程设计阶段碳排放

6.2.1 根据 4.2.4 条规定，工程设计阶段的设计人员呼吸产生的 CO₂，属于生物成因的碳排放，不纳入计算。因此，设计阶段的碳排放基本是由于电脑等办公设备的电能消耗产生的。又由于设计阶段在工程全生命周期中时间占比较低，且办公设备的电能消耗与施工机械能耗相比较低，所以在粗略的简化计算时，设计阶段的碳排放可忽略不计。

6.2.2 此条给出了设计阶段电能消耗产生的碳排放的计算方法。

6.3 工程施工阶段碳排放

6.3.1 此条给出了工程施工阶段碳排放计算公式，为燃料燃烧产生的直接碳排放与电能消耗产生的间接碳排放之和。

6.3.2 此条给出了燃油施工机械燃烧汽油、柴油产生的直接碳排放的计算公式。

6.3.3 此条规定了城市轨道交通工程施工阶段因电力消耗产生的间接碳排放的计算方法。

当工程施工现场有用电量统计时,以总用电量求得此条碳排放量(公式 6.2.4-1);当工程施工现场没有用电量数据时,以各种以电能为动力的施工机械台班统计数据来计算此条的碳排放量(公式 6.2.4-2)。

7 运营阶段碳排放核算

7.1 一般规定

7.1.1 因为列车、电梯、空调等设备是在运营期间使用的，所以其生产碳排放纳入运营期间碳排放计算。

7.1.3 照明用电主要包括车站照明、车站空调和车站电梯等用电。照明用电量主要与地下站、高架站、车辆段、停车场和控制中心的数量以及气候环境等相关。据统计，国内主要城市轨道交通每年的照明用电量为 150~250 万 kW h/站年，地下站为 150~250 万 kW h/站年，高架站为 80~150 万 kW h/站年，车辆段、停车场主要与功能相关。

7.1.4 本条给出了城市轨道交通工程运营阶段碳排放计算公式，为建筑运营碳排放、列车运行碳排放、列车等设备的生产碳排放三者之和。其中，建筑运营碳排放中的建筑，包括城市轨道交通工程中的车站、停车场及控制中心等。

7.1.5 本条给出了运营阶段单位里程的平均碳排放计算公式，以便于不同线路轨道交通工程的运营碳排放的对比。

7.2 建筑运营碳排放

7.2.1 此条规定了地铁车站等城市轨道交通建筑在运营期间的碳排放。地铁站等建筑运营期间的直接温室排放量很少，一般没有汽油、柴油、天然气等燃料燃烧的直接碳排放，只有因制冷剂消耗产生的直接温室气体排放。地铁站等建筑运营期间最主要的碳排放是电能消耗产生的间接碳排放，此外部分北方车站冬季有制热需求，有可能有热能输入产生的间接碳排放。城市轨道交通车站一般不考虑通过风能、光伏设施自行发电，所有能源均从外界输入。城市轨道交通工程，通常情况下，也不考虑碳汇。

电能消耗是地铁车站等运营使用阶段的碳排放最主要来源。通风空调系统和照明系统是碳排放量最多的两个用能系统，所占比重分别为 52.61%与 26.40%，二者总占比将近 80%，是运营使用阶段碳排放的主要部分。基于对我国 500 多座

地铁车站的广泛实测调研，结果表明我国地铁地下站年总能耗范围为 100~300 万 kWh，单位面积能耗指标范围为 162.5~188.5kWh/m²。以北京为例，2020 年地下线车站电能耗平均约 299.8 万 kWh/站/年，地上线车站电能耗平均约 128.5 万 kWh/站/年。车站通风空调系统、照明设备及自动扶梯等设备的能耗占车站总能耗的 80% 以上。

7.2.3 此条给出了城市轨道交通工程运营阶段建筑运营的碳排放总量，以及单位建筑面积每年的碳排放量的计算公式。其中，城市轨道交通工程运营阶段建筑运营的碳排放总量 C_{yJZ} 用于工程碳排放量核算，而单位建筑面积每年的碳排放量 C_{yJZp} 可用于比较不同地铁站建筑的碳排放水平高低。城市轨道交通工程运营阶段建筑运营的碳排放总量 C_{yJZ} ，由 3 部分构成，分别为制冷剂消耗产生的直接碳排放、电能消耗和热能消耗产生的间接碳排放、水资源的使用以及建筑维修消耗的材料产生的间接碳排放。

7.2.4 此条给出了制冷剂消耗产生的直接碳排放的计算公式，为工程运营期间制冷剂消耗量与制冷剂的全球变暖潜值的乘积。

7.2.5 此条给出了工程运营期间建筑运营的能源消耗产生的间接碳排放的计算公式，为电能消耗产生的碳排放与热能消耗产生的碳排放之和。

7.2.6 此条给出了城市轨道交通工程建筑运营材料消耗产生的间接碳排放的计算公式，为材料生产碳排放与材料运输碳排放之和，与第五章中建材的碳排放计算方法相同。

7.3 列车运行碳排放

7.3.1 与建筑运营类似，列车运行碳排放 C_{yLC} 也包括 3 部分，一是空调制冷剂消耗带来的直接碳排放，二是电能消耗产生的间接碳排放，三是材料消耗产生的间接碳排放。列车运行过程中，最主要的碳排放是电能消耗产生的，消耗制冷剂和水资源、列车维修材料产生的碳排放相对较少。

此外，本条还给出了单位里程碳排放量 C_{yLCp} 的计算公式，用于比较不同线路列车运行碳排放高低。

7.3.2 此条给出了列车空调制冷剂消耗产生的直接碳排放的计算方法。

7.3.3 此条给出了列车运行电能消耗产生的间接碳排放的计算公式。

7.3.4 车辆运行消耗的电能一部分用于机车牵引，一部分用于车内照明及车内空调等设施。

国内主要城市轨道交通平均车公里牵引能耗为 1.8~1.9kW h/车公里，其中，B 型车 1.3~2.3kW h/车公里，A 型车 1.9~2.9kW h/车公里。

由公共电网传输而来的电能（净能耗）经牵引变电所降压整流后传输至牵引供电网。在传输过程中，因电网耗散电阻存在，会产生基础设施损耗。剩余电能经由受电弓或第三轨传递给列车使用。同时，列车制动产生的再生能也会部分回馈至本车辅助设备或牵引电网供其他列车使用（再生能利用量）。列车运行所需的能耗（总运行能耗）为净能耗与利用的再生能之和减去基础设施损耗。在碳排放计算时，用电网传输电能（净能耗），即外购电量计算。

7.3.5 飞轮储能属于物理储能，采用磁悬浮技术，飞轮转子在真空室内，无风阻环境下运行。飞轮储能装置安装于轨道交通牵引变电所内，当列车进站制动时，飞轮吸收能量，将电能转换为动能；当列车出站加速时，飞轮释放能量，将动能转化为电能，释放能量供列车使用，具有极佳的节能和稳压效果。据估算，青岛地铁全面推动飞轮储能装置的推广应用后，可实现牵引能耗节约 15%，线网每年可节电 5000 万度，年减少二氧化碳排放约 5 万吨。

列车运行因电能消耗产生的碳排放的计算，用的是总外购电量，采用飞轮储能装置后，总外购电量将降低，从而减少碳排放。

7.3.6 此条给出了列车运行材料消耗产生的间接碳排放的计算公式。列车运行消耗材料主要包括水资源，以及列车维修消耗的材料和零部件。与建材消耗产生的间接碳排放类似，包括材料生产碳排放和材料运输碳排放两部分之和。

7.4 设备生产和运输碳排放

7.4.1 此条给出了城市轨道交通工程运营阶段所使用的设备的生产碳排放，包括列车、空调、电梯、照明灯具、水泵等设备，以及变电所、接触网（轨）、弱电系统等设备。因为这些设备是在运营阶段使用的，而且列车在工程建造阶段不一定采购，所以这些设备的生产碳排放纳入了工程运营阶段碳排放的计算中，而没

有纳入建材生产运输阶段碳排放，或是工程建造阶段碳排放中。

与广泛使用的建材不同，设备的碳排放因子目前还没有社会平均值，只能咨询生产厂家。若生产厂家不能提供，则设备的生产碳排放没办法计算。然而，我们还是保留着这部分碳排放计算内容，因为随着碳达峰碳中和的推进，相信不久的将来，各种的设备的碳排放均会有比较清晰的呈现。

7.4.2 此条给出了设备生产碳排放所包含的范围，与建材的碳排放范围基本类似。

8 拆除回收阶段碳排放核算

8.1 一般规定

8.1.1 此条给出了城市轨道交通工程拆除回收阶段碳排放计算范围。应包括直接碳排放、电能消耗产生的间接碳排放、材料消耗产生的间接碳排放，并需要对回收的建材和设备的碳排放进行核减。

8.1.2 此条规定了拆除工程的碳排放适用范围，适用于混凝土及钢筋混凝土构件拆除、砌体拆除、金属构件拆除、管道拆除、轨道拆除等城市轨道交通工程的普通机械拆除。若工程采用控制爆破拆除、静力破碎拆除或机械整体性拆除，则其拆除碳排放应根据拆除专项方案计算。

8.2 拆除回收阶段碳排放核算

8.2.1 此条给出了城市轨道交通工程拆除回收阶段碳排放计算公式，为拆除机械燃料燃烧碳排放、电能消耗产生的碳排放、材料消耗产生的碳排放三者之和，再减去回收材料和设备的碳核减量。

8.2.2 此条给出了拆除机械燃烧汽油、柴油等燃料产生的直接碳排放的计算公式。

8.2.3 此条给出了拆除回收阶段电能消耗产生的间接碳排放的计算公式。若有总的外购电量数据，则优先采用公式 8.2.3-1 计算，此处总的外购电量，包括施工机械用电量，也包括场地照明等的总用电量。若没有总用电量数据，则根据以电能为动力的施工机械消耗台班数来估算用电量，采用 8.2.3-2 公式计算。以第一种计算方法，即公式 8.2.3-1 优先采用。

8.2.4 此条给出了拆除回收阶段用电量数据的获得途径，通过查询企业能源平衡表、财务报表、购电发票或凭证可得到城市轨道交通工程拆除阶段消耗的电量数据。

8.2.5 此条给出了拆除回收阶段消耗材料产生的间接碳排放的计算公式，与建材的生产运输碳排放类似，为材料生产碳排放和运输碳排放之和。因为第五章建材生产运输阶段碳排放，只包含了城市轨道交通工程建造施工期间用到的建材的生

产运输碳排放，不包含拆除时所用的钻头、切割锯片、拆除用水这些材料，所以需要在本章的拆除回收阶段计算拆除回收期间材料消耗产生的碳排放。

8.2.6 拆除垃圾外运的碳排放与拆除工程相关，所以纳入拆除工程碳排放计算。拆除垃圾的后续处理属于垃圾处理工程范畴，不宜纳入城市轨道交通工程拆除阶段碳排放计算。

8.2.7 拆除回收阶段回收的建材和设备，其间接碳排放量应进行核减，本条规定了碳核减量的计算方法。其中，回收的设备按设备整体回收，以及拆解后回收零部件，两种不同的回收方式分别考虑。

9 发布和核证

9.1 发布

9.1.1 此条规定了城市轨道交通工程碳排放核算结果的适用范围。

9.1.2 此条规定了碳排放核算结果中应包括的内容，共分为两部分，其一为碳排放核算清单数据，另一个为核算报告。核算结果可跟随项目实施过程，拆分为多个阶段发布。

9.1.3 此条规定了碳排放核算报告中应当包括的内容，应确保每部分内容完整准确，保证核算报告的可靠性。

9.1.4 此条规定了碳排放核算报告机构信息中应包括的内容。

9.1.5 此条规定了碳排放核算清单数据中应包括的内容，各个阶段碳排放清单数据可根据实施阶段分别发布，也可汇总发布，但内容应当完整无遗漏。

9.2 核证

9.2.1 此条规定了碳排放核算参照数据发布的前提，必须经过核证环节，才可完成碳配额管制以及进行碳金融产品交易。

9.2.2 此条规定了由核证机构出具的核证报告中需包括的内容。

9.2.3 此条规定了核证机构在进行碳排放核证时应遵循的工作原则，核证应当真实准确完整，核证负责人员应当具备专业知识及技能。

9.2.4 此条规定了碳排放核证程序步骤，核证机构应当按照此顺序进行数据核证。

9.2.5 此条规定了核证过程中需要进行核证的内容：减排项目的减排量应当是确定数值，不宜存在多个结果；项目实施建设应当严格按照设计文件；对于可能存在的项目监测实测过程，监测计划应合理可行；后期监测实施过程与监测计划安排应一致；在监测过程应当定期进行校准；验证最终核算结果的合理性。

附录 A 主要化石燃料燃烧碳排放因子

A.0.1 表 A.1~A.3 为主要化石燃料燃烧时的不同温室气体的排放因子，表 A.5 为主要化石燃料燃烧时的二氧化碳排放当量，即碳排放因子。附录 A 的碳排放因子指燃料燃烧过程碳排放因子，不包括燃料的开采、生产、加工过程的碳排放。燃料生产碳排放属于该材料的间接碳排放，其值需咨询生产厂家，或参照附录 D。

表 A.1 中的单位热值含碳量、碳氧化率的数值引自《省级温室气体清单编制指南（试行）2011》，低位热值的数值引自《中国能源统计年鉴 2022》、《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》以及《中国温室气体清单研究 2007》。表 A.1 中 CO₂ 排放因子按照本标准公式 4.3.5-1 计算得到。

表 A.2 中的 CH₄ 排放系数、热值数据，引自《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》，CH₄ 排放因子根据本标准公式 4.3.5-2 计算得到。

表 A.3 中的 N₂O 排放系数、热值数据，引自《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》，N₂O 排放因子根据本标准公式 4.3.5-3 计算得到。

表 A.5 给出的是 CO₂ 当量排放因子，由公式 4.3.5-4 计算得到的。计算过程用到的温室气体全球增温潜势(GWP)引自 2021 年 IPCC 第六次评估报告(AR6)数据，列在表 A.4 中。

附录 B 电网碳排放因子

B.0.1 表 B.1 中的 2010~2012 年电网碳排放因子数据引自国家发展和改革委员会应对气候变化司发布的“中国区域电网平均 CO₂ 排放因子”；2022 年全国电网平均排放因子为 0.5810kgCO₂/(kW·h)，引自《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施（2022 年修订版）》。随着光伏、风能、水力发电等清洁发电设施的建设和应用，电网碳排放因子会越来越低，若官方发布更新的电网碳排放因子数据，应以最新的数据为准。

附录 C 热能碳排放因子

C.0.1 表 C 给出了不同产能方式的热能碳排放因子，数据引自《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》。

附录 D 主要材料的生产碳排放因子

D.0.1 表 D 给出了城市轨道交通工程建造过程使用的建材、运行过程用的燃料、水等材料的生产碳排放因子，数据主要来源如下：

1. 《建筑碳排放计算标准（GB/T 51366）》；
2. 中国全生命周期基础数据库（CLCD）。

材料的碳排放因子受材料规格型号影响较大，并且随时间也有变化。计算时宜优先选用由材料生产商提供的且经第三方审核的建材碳足迹数据，或查询更新的碳排放因子数据。

附录 E 运输碳排放因子

E.0.1 表 E 给出了各种运输方式的碳排放因子，数据引自《建筑碳排放计算标准（GB/T 51366）》。

附录 F 常见施工机械单位台班能耗量

F.0.1 表 F 给出常用施工机械台班能耗量，数据摘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》。