**铁路工程碳排放核算标准**

 Standard for Carbon Emission Accounting of Railway Engineering

**2023-XX-XX 发布 -2023-XX-XX 实施**

前言

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

本标准的主要技术内容为：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.铁路工程工程物化阶段碳排放核算；6.铁路工程运营维护阶段碳排放核算；7.铁路工程拆除处置阶段碳排放核算；8.铁路工程全生命周期碳排放核算。

本标准由中国工程建设标准化协会负责管理，由北京交通大学、中国铁路经济规划研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议．请寄送北京交通大学环境学院（地址：北京市海淀区上园村3号，邮编100044）。

本标准主编单位：北京交通大学

中国铁路经济规划研究院有限公司

本标准参编单位：中国国家铁路集团有限公司

中国铁路北京局集团有限公司

川藏铁路有限公司

中国建筑标准设计研究院有限公司

中铁第一勘察设计院集团有限公司

中铁二院工程集团有限责任公司

本标准主要起草人员：王锦、周岩梅、吴克非、郑文臻、金强、孟凡强、韩砚、赵志强、李本强、刘新、丁国玉、李腾、田秀君、罗园、王志强、王妍、覃伟华、丁传琛、马莉亚、窦蒙蒙、秦晓春、苗丁洁、张金英、赵一帆、燕宇飞、王一鹏、王宁、牛宛玉、曹鑫、郭逸涵、郑美娜

本标准主要审查人员：

**目录**

[1 总则 7](#_Toc132377735)

[2 术语和符号 8](#_Toc132377736)

[2.1 术语 8](#_Toc132377737)

[2.2 符号 9](#_Toc132377738)

[3 基本规定 14](#_Toc132377739)

[4 核算边界与数据采集 16](#_Toc132377740)

[4.1边界界定 16](#_Toc132377741)

[4.2 数据采集 17](#_Toc132377742)

[5 铁路工程工程物化阶段碳排放核算 18](#_Toc132377743)

[5.1 一般规定 18](#_Toc132377744)

[5.2 铁路工程建材生产碳排放量 18](#_Toc132377745)

[5.3 铁路工程施工机械设备使用碳排放量 19](#_Toc132377746)

[5.4 铁路工程人工消耗碳排放量 19](#_Toc132377747)

[5.5 铁路工程建材运输碳排放量 20](#_Toc132377748)

[5.6 铁路工程临时占地生态恢复碳排放量 20](#_Toc132377749)

[6 铁路工程运营维护阶段碳排放核算 21](#_Toc132377750)

[6.1 一般规定 21](#_Toc132377751)

[6.2 铁路工程动力牵引年碳排放量 21](#_Toc132377752)

[6.3 铁路工程设备运行年碳排放量 26](#_Toc132377753)

[6.4 铁路工程维修维护阶段碳排放量 29](#_Toc132377754)

[6.5 铁路工程绿地年碳汇量 30](#_Toc132377755)

[7 铁路工程拆除处置阶段碳排放核算 31](#_Toc132377756)

[7.1 一般规定 31](#_Toc132377757)

[7.2 铁路工程拆除处置阶段碳排放量 31](#_Toc132377758)

[8 铁路工程全生命周期碳排放核算 32](#_Toc132377759)

[附录A 主要建材碳排放因子 33](#_Toc132377760)

[附录B 常用施工机械台班能源用量 37](#_Toc132377761)

[附录C 各类运输方式的碳排放因子 43](#_Toc132377762)

[附录D 主要能源碳排放因子 44](#_Toc132377763)

[附录E 不同植栽方式绿化固碳量 46](#_Toc132377764)

[本标准用词说明 47](#_Toc132377765)

[引用标准名录 48](#_Toc132377766)

[附：条文说明 49](#_Toc132377767)

**Contents**

**目录**

1 General Provisions······················································································7

2 Terms and Symbols·····················································································8

 2.1 Terms··································································································8

 2.2 Symbols·······························································································9

3 Basic Requirements··········································································14

4 Accounting Boundary and Data Acquisition··············································16

 4.1 Boundary Definition·······················································16

 4.2 Data Acquisition··········································································17

5 Carbon Emission Accounting for Railway Materialization Period·············18

 5.1 General Requirements····································································18

 5.2 Carbon Emission of Building Material Production···································18

 5.3 Carbon Emission of Construction Equipment ········································19

 5.4 Carbon Emission of Labor·······························································19

 5.5 Carbon Emission of Building Material Transportation······························20

 5.6 Carbon Emission of Temporary Land Ecological Restoration ··················20

6 Carbon Emission Accounting for Railway Operation and Maintenance Period·····21

 6.1 General Requirements····································································21

 6.2 Annual Carbon Emission of Power Traction··········································21

 6.3 Annual Carbon Emission of Equipment Operation···································26

 6.4 Carbon Emission of Maintenance·······················································29

 6.5 Annual Carbon Sequestration of Green Land·········································30

7 Carbon Emission Accounting for Railway Demolition and Disposal Period········31

 7.1 General Requirements····································································31

 7.2 Carbon Emission of Demolition and Disposal········································31

8 Life Cycle Carbon Emission Accounting for Railway Engineering···················32

Appendix A Main Carbon Emission Factor of Material····································33

Appendix B Fuel Consumption Rating Per Machine Per Team··························37

Appendix C Carbon Emission Factor for Transport Modes······························43

Appendix D Main Energy Carbon Emission Factor········································44

Appendix E Carbon Sequestration by Different Greening Methods······················46

Explanation of Wording in This Standard···················································47

List of Quoted Standards······································································48

Addition: Explanation of Provisions························································49

#

# 1 总则

**1.0.1** 为贯彻国家有关应对气候变化和节能减排的方针政策，规范铁路工程碳排放核算方法，节约资源，保护环境，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于规划设计新建、扩建和改建铁路工程的工程物化、运营维护、拆除处置阶段，以及全生命周期的碳排放核算。也适用于既有铁路运营期的碳排放核算。

**1.0.3** 铁路工程碳排放核算应根据不同目的分专业、分阶段、按要求进行，可将分专业、分阶段核算结果按要求累计为铁路工程全生命周期碳排放量。

**1.0.4** 铁路工程主要包括路基工程、桥涵工程、隧道工程、轨道工程、通信工程、信号工程、信息工程、电力工程、电力牵引供电工程、房屋工程、给水排水工程、机务车辆机械工程、站场工程、临时工程、环保工程、消防工程等主要专业工程。

**1.0.5** 铁路工程碳排放核算除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

本章说明制定本规程的目的、适用范围和对象，编制本规程的基本要求和原则，以及规程中带有共性的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

**2.1.1** 铁路工程全生命周期 life cycle of railway engineering

铁路工程全生命周期是指从铁路建造材料生产到铁路拆除处置的全过程，一般包括建材生产、建材运输、工程物化、运营、维护、拆除和废弃物处置等环节。

**2.1.2** 铁路工程工程物化阶段 materialization period of railway engineering

铁路工程工程物化阶段是指铁路工程从无到有经历的整个过程，主要包括建材生产、建材运输、施工建造，以及临时占地生态恢复4个环节。

**2.1.3** 铁路工程运营维护阶段 operation and maintenance period of railway engineering

铁路工程运营维护阶段是从铁路工程工程物化结束，开始运营至铁路工程停止运行的整个过程，主要包括列车动力牵引、设备运行、维修维护，以及铁路碳汇4个环节。

**2.1.4** 铁路工程拆除处置阶段 demolition and disposal period of railway engineering

铁路工程拆除处置阶段是指铁路停止运行进行拆除及拆除物处置的过程。

**2.1.5** 铁路工程碳排放 carbon emission of railway engineering

铁路工程在与其相关的工程物化、运营维护及拆除处置阶段产生的温室气体排放量，以二氧化碳当量表示。

**2.1.6** 铁路工程碳汇 carbon sequestration of railway engineering

在划定的铁路工程范闱内，绿化、植被从空气中吸收并存储的二氧化碳量。

**2.1.7** 核算边界 accounting boundary

与铁路工程工程物化、运营维护、拆除处置不同阶段活动相关的温室气体排放的核算范围。

**2.1.8** 碳排放因子 carbon emission factor

将能源与材料消耗量与当量二氧化碳排放相对应的系数，用于量化铁路工程不同阶段相关活动的单位碳排放量。

**2.1.9** 全球变暖潜值 global warming potential

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

**2.1.10** 活动水平数据 activity data

反映人为活动导致温室气体排放情况的定量数据，针对铁路工程碳排放，主要包括材料、能源和人工的消耗量。

**2.1.11** 直接碳排放 direct carbon emission

因铁路工程活动直接引起的化石燃料燃烧产生的碳排放。

**2.1.12** 净购入电力、热力间接碳排放 indirect carbon emission from net purchased electricity and heating power

铁路工程净购入电力和热力（如蒸汽）所对应的电力或热力生产环节产生的碳排放。

**2.1.13** 其他间接碳排放 other indirect carbon emission

因铁路工程活动间接引起的排放源产生的二氧化碳排放，例如，铁路建造消耗材料的生产产生的碳排放等。

## 2.2 符号

**2.2.1** 与几何尺寸有关的符号

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——第类建材采用第种运输方式的运输距离（km）； |
|  | ——第i区域的照明面积（m2）； |
|  | ——照明区域总面积（m2）； |
|  | ——生活热水年使用天数（d/a）； |
|  | ——太阳集热器面积（m2）； |
|  | ——风机叶片迎风面积（m2）； |
|  | ——风机叶片直径（m）； |
|  | ——第类植栽方式绿地的面积（m2）。 |

**2.2.2** 与碳排放量有关的符号

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——铁路工程工程物化阶段碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程建材生产碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程施工机械设备使用碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程人工消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程建材运输碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程临时占地生态恢复碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程临时占地生态恢复人工消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程临时占地生态恢复材料消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程临时占地生态恢复机械设备使用碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程运营维护阶段碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程动力牵引年碳排放量（kgCO2e/a）； |
|  | ——铁路工程设备运行年碳排放量（kgCO2e/a）； |
|  | ——铁路工程绿地年碳汇量（kgCO2e/a）； |
|  | ——铁路工程设备运行年能源消耗碳排放量（kgCO2e /a）; |
|  | ——铁路工程暖通空调设备年使用制冷剂产生的碳排放量（kgCO2e /a）； |
|  | ——铁路工程维修维护碳排放量（kgCO2e）; |
|  | ——铁路工程维修维护材料消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程维修维护机械设备使用碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程维修维护材料运输碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——第类植栽方式单位绿地面积年CO2e固定量（kg/m2·a）； |
|  | ——铁路工程拆除处置阶段碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程拆除处置阶段机械设备使用碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程拆除处置阶段人工消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程拆除物运输碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程全生命周期碳排放量（kgCO2e）； |
|  | ——铁路工程客运单位旅客单位里程平均碳排放量（kgCO2e/（人·km））； |
|  | ——铁路工程货运单位重量单位里程平均碳排放量（kgCO2e/（t·km））。 |

**2.2.3** 与能源供给、消耗量有关的符号

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——第*i*类建材的消耗量（kg、m³等）； |
|  | ——施工机械设备使用的第类能源消耗量（kg、kWh等）； |
|  | ——使用第类能源的第种施工机械设备每台班能源消耗量（kg/台班、kWh/台班等）； |
|  | ——使用第类能源的第种施工机械设备的运行台班数（台班）； |
|  | ——人工总工时（工日）； |
|  | ——第类建材的运输量（t）； |
|  | ——铁路工程使用第类能源的动力牵引年能源消耗量（kg/a、kWh/a等） |
|  | ——动力牵引单次运行能源消耗量（kg/次、kWh/次等）； |
|  | ——使用第类能源的第类设备运行年能源消耗量（kg/a、kWh/a等）； |
|  | ——由可再生能源系统供给的第类能源量（kg、kWh）； |
|  | ——照明系统年耗电量（kWh/a）； |
|  | ——电梯年耗电量（kWh/a）； |
|  | ——水泵、风机年耗电量（kWh/a）； |
|  | ——生活热水年耗热量（kWh/a）； |
|  | ——生活热水系统年能源消耗量（kWh/a）； |
|  | ——太阳能系统年提供的生活热水热量（kWh/a），如果未使用太阳能热水系统，记为0； |
|  | ——光伏发电系统的年发电量（kWh/a）； |
|  | ——风力发电机组的年发电量（kWh/a）。 |

**2.2.4** 与计算系数有关的符号

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——第*i*类建材的碳排放因子（kgCO2e/kg、kgCO2e/ m³等）； |
|  | ——第*i*类能源的碳排放因子(kgCO2e/kg、kgCO2e/kWh等）； |
|  | ——人工的碳排放因子（kgCO2e/工日）； |
|  | ——第种运输方式下，单位重量单位运输距离的碳排放因子（kgCO2e/（t·km））； |
|  | ——重力加速度（m/s2）； |
|  | ——机车受周围空气温度影响的修正系数； |
|  | ——机车受海拔影响的修正系数； |
|  | ——机车受隧道影响的修正系数； |
|  | ——各型机车单位运行基本阻力公式系数； |
|  | ——换算摩擦系数； |
|  | ——常用制动系数，列车进站制动常用制动系数，取0.5； |
|  | ——t时刻的牵引力系数； |
|  | ——列车综合效率，一般取值为0.85； |
|  | ——制冷剂充注量（kg/台）； |
|  | ——暖通空调设备使用寿命（a）； |
|  | ——制冷剂*R*的全球变暖潜值； |
|  | ——第日第i区域照明功率密度值（W/m2）； |
|  | ——应急灯照明功率密度（W/m2）； |
|  | ——特定能量消耗（mWh/kg·m）； |
|  | ——电梯速度（m/s）； |
|  | ——电梯额定载重量（kg）； |
|  | ——电梯待机时能耗（W）； |
|   | ——水泵、风机电机功率（kW）； |
|  | ——水泵、风机电机的效率； |
|  | ——用水计算单位数（人数）； |
|  | ——热水用水定额（L/人·d）； |
|  | ——水的比热容，取4.187 kJ/（kg·℃）； |
|  | ——热水密度（kg/L）； |
|  | ——生活热水输配效率，应考虑水系统的输配能耗、贮水箱及管道热损失、生活热水二次循环、固有能耗的热损失（%）； |
|  | ——生活热水系统热源年平均效率（%）； |
|  | ——太阳集热器采光面上的年平均太阳辐照量（MJ/（a·m2））； |
|  | ——管路和储热装置的热损失率（%）； |
|  | ——基于总面积的集热器平均集热效率（%）； |
|  | ——光伏电池表面的年太阳辐射照度（kWh/m2）； |
|  | ——光伏电池的转换效率（%）； |
|  | ——光伏系统的损失效率（%）； |
|  | ——光伏系统光伏面板的净面积（m2）； |
|  | ——空气密度，取1.225 kg/m3； |
|  | ——依据高度计算的粗糙系数； |
|  | ——场地因子； |
|  | ——地表粗糙系数； |
|  | ——根据典型气象年数据中逐时风速计算出的因子（m）； |
|  | ——年平均能量密度（W/m2）； |
|  | ——风力发电机组转化效率； |
|  | ——铁路年平均客运量（人次）； |
|  | ——铁路客运年平均运行里程（kma）； |
|  | ——铁路年平均货运量（t）； |
|  | ——铁路货运年平均运行里程（kma）。 |

**2.2.5** 与风速、温度、密度和时间有关的符号

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——铁路工程运营年限（a）； |
|  | ——第i类能源设备的年运行时间（h/a）； |
|  | ——第日第i区域照明时间（h）； |
|  | ——电梯年平均运行小时数（ha）； |
|  | ——电梯年平均待机小时数（ha）; |
|  | ——设计热水温度（℃）； |
|  | ——设计冷水温度（℃）； |
|  | ——可利用年平均风速（m/s）； |
|  | ——逐时风速（m/s）。 |

**2.2.6** 与列车运行及线路有关的符号

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——铁路机车单位牵引力（N/kN）； |
|  | ——铁路机车牵引力（kN）； |
|  | ——机车计算重量（t）； |
|  | ——牵引计算重量（t）； |
|  | ——列车单位运行基本阻力（N/kN）； |
|  | ——机车单位运行基本阻力（N/kN）； |
|  | ——拖车单位运行基本阻力（N/kN）； |
|  | ——客车单位运行基本阻力（N/kN）； |
|  | ——货车单位运行基本阻力（N/kN）； |
|  | ——机车运行速度（km/h）； |
|  | ——单位坡道附加阻力（N/kN）； |
|  | ——坡道坡度，上坡取正值，下坡取负值； |
|  | ——单位曲线附加阻力（N/kN）； |
|  | ——曲线半径（m）； |
|  | ——单位隧道附加阻力（N/kN）； |
|  | ——隧道长度（m）； |
|  | ——单位加算附加阻力（N/kN）； |
|  | ——加算坡度千分数； |
|  | ——列车长度（m）； |
|  | ——列车所覆盖的第个坡道的坡度千分数； |
|  | ——列车所覆盖的第个坡道长度（未覆盖的部分计算长度除外）（m）； |
|  | ——列车所覆盖的第个曲线的半径（m）； |
|  | ——列车所覆盖的第个曲线长度（未覆盖的部分计算长度除外）（m）； |
|  | ——列车所覆盖的第个隧道的单位隧道附加阻力（N/kN）； |
|  | ——列车所覆盖的第个隧道的长度（未覆盖的部分计算长度除外）（m）； |
|  | ——列车紧急制动力（kN）； |
|  | ——列车单位紧急制动力（N/kN）； |
|   | ——列车中所有机车的总换算闸瓦压力（kN）； |
|   | ——列车中所有车辆的总换算闸瓦压力（kN）； |
|  | ——列车单位常用制动力（N/kN）； |
|  | ——机车单位电制动力（N/kN）； |
|  | ——机车电制动力（kN）； |
|  | ——列车单位合力（N/kN）； |
|  | ——铁路工程动力牵引年碳排放量（次/a）； |
|  | ——时刻的列车牵引力（N）； |
|  | ——时刻的列车运行速度（km/h）； |
|  | ——列车运行时间（s）； |
|  | ——速度间隔的初速（km/h）； |
|  | ——速度间隔的终速（km/h）。 |

# 3 基本规定

**3.0.1** 铁路工程碳排放核算根据不同目的，可以以某个专业工程或某段铁路为计算对象，进行数据采集与核算。

**3.0.2** 铁路工程碳排放核算方法可针对铁路工程全生命周期进行，亦可针对铁路工程在工程物化、运营维护、拆除处置阶段中的某阶段进行。

**3.0.3** 铁路工程碳排放核算应根据不同需求按阶段进行核算，亦可将分段核算结果累计为铁路工程全生命周期碳排放。

**3.0.4** 铁路工程碳排放核算应包含《IPCC国家温室气体清单指南》中列出的各类温室气体，并以当量二氧化碳排放量计量。

**3.0.5** 铁路工程在工程物化、运营维护、拆除处置阶段中因消耗电力造成的碳排放，宜采用由国家权威机构发布的相对应区域电网平均碳排放因子进行核算；对于未发布碳排放因子的区域，可以采用国家权威机构发布的国家平均电力碳排放因子，或依据该区域电网中火电与清洁能源的比例进行核算。

**3.0.6** 铁路工程碳排放核算应遵守相关性、完整性、一致性、准确性和透明性的基本原则。

**3.0.7** 铁路工程碳排放应按本标准提供的方法和数据进行计算。宜采用基于本标准计算方法和数据开发的铁路工程碳排放计算软件进行计算。

**3.0.8** 铁路工程碳排放核算应界定核算边界，并应包括以下内容：

**（1）**明确铁路工程碳排放核算所对应的阶段；

**（2）**明确核算阶段所涉及的环节。

**3.0.9** 铁路工程碳排放核算依据数据来源和核算目的分为预算和决算2种办法，并应符合下列规定：

**（1）**在铁路工程规划、设计或工程物化阶段，铁路工程尚未开始运营，碳排放核算宜采用预算办法：活动水平数据主要来源于规划、设计及施工组织等资料，碳排放主要用于铁路工程规划和设计优化，指导铁路工程建造、运营以及生命周期的节能降碳。

**（2）**在铁路工程建造完成，开始正常运营，碳排放核算宜采用决算办法：活动水平数据主要来源于材料和能源的统计、运输周转量、行驶里程等，碳排放主要用于指导现行铁路工程运营维护阶段的节能降碳。

**3.0.10** 铁路运输企业碳排放核算，亦可依据我国《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，对铁路运营阶段直接化石燃料燃烧产生的碳排放（柴油、煤炭和天然气等）和净购入电力、热力产生的间接碳排放进行核算。

**3.0.11** 铁路工程碳排放核算结果应至少包含下列一项或多项指标：

**（1）**铁路工程不同阶段不同专业工程碳排放；

**（2）**铁路工程全生命周期碳排放；

**（3）**铁路工程运营阶段年平均碳排放；

**（4）**铁路工程单位客运量单位里程碳排放和单位货运量单位里程碳排放；

**（5）**铁路工程工程物化、运营维护阶段直接碳排放；

**（6）**铁路工程工程物化、运营维护阶段电力、热力间接碳排放；

**（7）**铁路工程工程物化、运营维护阶段其他间接碳排放。

# 4 核算边界与数据采集

## 4.1 边界界定

**4.1.1** 时间边界

铁路工程全生命周期活动包括从建造材料生产到铁路工程拆除处置的全过程，其中运营时间应与设计文件一致，如设计文件未给出运营年限，时间累计通常可取100年。

**4.1.2** 温室气体边界

以IPCC定义的全球变暖潜值（GWP）为基准，将二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟碳化物和六氟化硫6种温室气体纳入计算。其中以二氧化碳的GWP值为1，其余温室气体与二氧化碳的比值作为该气体的GWP值。

**4.1.3** 工程边界

**4.1.3.1** 在铁路工程全生命周期各阶段内界定碳排放环节，界定铁路工程碳排放环节应符合下列规定：

**（1）**宜选择对铁路工程碳排放量有明显影响的环节进行计量；

**（2）**每个环节应保持独立，避免重复计量；

**（3）**对占全生命周期碳排放比重小、技术上无法量化或量化成本过高的环节可不计量，但应说明其对计量结果的影响。

**4.1.3.2** 铁路工程工程物化阶段主要碳排放环节应包含下列内容：

**（1）**铁路工程建造材料、构件、部品等的生产；

**（2）**铁路工程建造过程中施工机械设备、小型机具、临时设施等消耗的能源；

**（3）**铁路工程施工现场的砂石料开采制备、混凝土和砂浆制备、现场制作的构件和部品；

**（4）**铁路工程建造材料、构件、部品等的运输；

**（5）**铁路工程施工建设完成后，临时占地生态恢复工程。

**4.1.3.3** 铁路工程运营维护阶段主要碳排放环节应包含下列内容：

**（1）**铁路工程动力牵引能源消耗，同时考虑采取节能措施后减少的碳排放；

**（2）**铁路工程设备运行能源消耗，同时考虑可再生能源利用减少的碳排放；

**（3）**铁路工程维修维护过程中所更换材料、构件、部品等的碳排放，以及安装、维修使用机械设备的碳排放；

**（4）**铁路工程绿化、植被产生的碳汇量。

**4.1.3.4** 铁路工程拆除处置阶段主要碳排放环节应包含下列内容：

**（1）**铁路工程拆除处置阶段机械设备使用；

**（2）**铁路工程拆除处置阶段人工消耗；

**（3）**铁路工程拆除物运输。

**4.1.4** 要素边界

产生碳排放的要素包括人工、材料、机械设备。界定范围为：

**（1）**在工程物化阶段，建造施工人员产生的碳排放；建造材料生产及运输产生的碳排放；建造施工机械设备使用产生的碳排放。

**（2）**在运营维护阶段，运营维护人员产生的碳排放；运营维护过程中所更替和消耗材料的生产及运输产生的碳排放；运营维护过程中动力牵引和机械设备运行（包括暖通空调、照明、电梯、水泵、风机和生活热水等系统）能量消耗产生的碳排放。

**（3）**在拆除处置阶段，拆除处置人员产生的碳排放；拆除处置机械设备使用和废弃物运输产生的碳排放。

## 4.2 数据采集

**4.2.1** 数据采集应针对具体碳排放环节，采集内容反映人工、能源和材料消耗特征的活动水平数据以及相应的碳排放因子数据。

**4.2.2** 预算：活动水平数据采集于设计文件及施工组织资料等。

**4.2.3** 决算：活动水平数据采集于仪表监测、采购清单和备案资料等，应根据核算目的、活动水平数据的类型、重要性、采集条件等因素，按下列规定合理采集：

**（1）**当活动水平数据具备自动监测条件时，宜采用仪表监测方式进行采集，保证数据的完整性、连续性和准确性；

**（2）**当活动水平数据不具备自动连续监测条件时，应通过查询工程建设相关技术资料、备档文件、缴费清单、财务报表等资料进行采集；

**（3）**当活动水平数据无法通过仪表监测和资料查询的方式采集获取时，可按相关模型公式测算得到。

**4.2.4** 碳排放核算所需的碳排放因子数据应来自公认的可靠来源，采用经权威机构认证的最新发布的数据，在未能获得有效碳排放因子数据前，碳排放因子可按本标准附录选用。

# 5 铁路工程工程物化阶段碳排放核算

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 铁路工程工程物化阶段包括建材生产、机械设备使用、人工消耗、建材运输以及临时占地生态恢复，碳排放量（）应按下式计算：

 （5.1.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程物化阶段碳排放量（kgCO2e）; |
|  |  | ——铁路工程建材生产碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程施工机械设备使用碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程人工消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程建材运输碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程临时占地生态恢复碳排放量（kgCO2e）。 |

**5.1.2** 铁路工程工程物化阶段，主体结构、附属结构、围护结构、临时设施所消耗的材料，相关构件，以及部品等，均应纳入核算范围，主要建材的确定应符合下列规定：

**（1）** 所选主要建材的总重量不应低于铁路工程中所消耗材料总重量的95%；

**（2）**当符合本款第（1）条规定时，重量占比小于0.1%且较难获得碳排放因子数据的材料可不计入核算范围。

**5.1.3** 铁路工程工程物化阶段应考虑使用再生材料、可再生能源、施工新工法等减少的碳排放，并计入核算范围。

## 5.2 铁路工程建材生产碳排放量

**5.2.1** 铁路工程建材生产碳排放量（）应按下式计算：

 （5.2.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——第类建材的消耗量（kg、m³等）； |
|  |  | ——第类建材的碳排放因子（kgCO2e/kg、kgCO2e/m³等）。 |

**5.2.2** 建材碳排放因子应选择其全生命周期碳排放因子，包括：

**（1）**建材生产涉及原材料的碳排放；

**（2）**建材生产涉及能源的碳排放；

**（3）**建材生产涉及原材料、能源运输的碳排放；

**（4）**当其中某过程某材料碳排放缺失或被忽略时，应予以说明。

**5.2.3** 建材生产碳排放因子应来自公认的可靠来源，采用经权威机构认证的最新发布的数据，在未能获得有效碳排放因子数据前，碳排放因子可按本标准附录A选用。

**5.2.4** 建材生产时，当使用低价值废料作为原料时，可忽略其开采等上游过程的碳排放。

## 5.3 铁路工程施工机械设备使用碳排放量

**5.3.1** 铁路工程施工机械设备消耗能源包括电、油、气等，其碳排放量（）应按下式计算：

 （5.3.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——施工机械设备使用的第类能源消耗量（kg、kWh等）； |
|  |  | ——第类能源的碳排放因子（kgCO2e/kg、kgCO2e/kWh等），按本标准附录D取值； |
|  |  | ——施工机械设备能源类型，包括电力、柴油、汽油、燃气等。 |

**5.3.2** 铁路工程施工机械设备使用的第类能源的消耗量（）应按下式计算：

 （5.3.2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——使用第类能源的第种施工机械设备每台班能耗量（kg/台班、kWh/台班等）； |
|  |  | ——使用第类能源的第种施工机械设备的运行台班数（台班）。 |

**5.3.3** 预算时，施工机械设备能源类型（）和每台班能耗量（）可按本标准附录B取值，亦可根据《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004）选取，使用第类能源的第种施工机械设备台班数（）根据《铁路工程概算定额》（TZJ 2101-2113）、《铁路工程预算定额》（TZJ 2000-2013）和设计资料采集测算。

**5.3.4** 决算时，施工机械设备能源消耗量可采集自仪表监测、采购清单和付费台账等。

## 5.4 铁路工程人工消耗碳排放量

**5.4.1** 铁路工程人工消耗碳排放量（）应按下式计算：

 （5.4.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——人工总工日（工日）； |
|  |  | ——人工碳排放因子（kgCO2e /工日）。 |

**5.4.2** 人工工日消耗量可根据《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004）、《铁路工程概算定额》（TZJ 2101-2113）、《铁路工程预算定额》（TZJ 2000-2013）和设计资料采集测算，亦可采集自工作人员配置、出勤记录、打卡等资料。

**5.4.3** 人工碳排放因子（）应包括施工人员生活碳排放。

**5.4.4** 人工碳排放因子（）应来自公认的可靠来源，采用经权威机构认证的最新发布的数据。

## 5.5 铁路工程建材运输碳排放量

**5.5.1** 铁路工程建材运输碳排放量（）应按下式计算：

 （5.5.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——第类建材的运输量（t）； |
|  |  | ——第类建材采用第种运输方式的运输距离（km），运输方式包括公路、铁路、水路等； |
|  |  | ——第种运输方式下，单位重量单位运输距离的碳排放因子（kgCO2e /（t·km））。 |

**5.5.2** 铁路工程建材运输阶段的碳排放因子（）应包含建材从生产地到施工现场运输过程的直接碳排放和运输过程所耗能源的生产过程的碳排放，建材运输阶段的碳排放因子（）可按本标准附录C取值。

## 5.6 铁路工程临时占地生态恢复碳排放量

**5.6.1** 铁路工程临时占地生态恢复碳排放量（）包括施工现场、临时设施、废弃物填埋场等生态恢复过程所产生的碳排放量，其碳排放核算需考虑生态恢复过程中消耗人工、材料及机械设备使用。临时占地生态恢复碳排放量应按下式计算：

 （5.6.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程临时占地生态恢复人工消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程临时占地生态恢复材料消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程临时占地生态恢复机械设备使用碳排放量（kgCO2e）。 |

**5.6.2** 铁路工程临时占地生态恢复人工劳力、材料消耗、机械设备使用碳排放量应按公式（5.4.1）、公式（5.2.1）、公式（5.3.1）计算。

**5.6.3** 按照预防为主、综合防治的要求，根据临时占地土壤供肥性能、肥料特性、植物养护程度及生态环境特点等，因地合理选择化肥及农药；综合考虑生态恢复后土壤养分状况、环境敏感程度等，确定化肥和农药用量，防止和控制化肥及农药对环境的污染。

**6 铁路工程运营维护阶段碳排放核算**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 铁路工程运营维护阶段应包括机车动力牵引、设备运行和维修维护产生的碳排放量，铁路工程绿化、植被的碳汇量也应计入。

**6.1.2** 铁路工程运营维护阶段碳排放核算中的运营年限应与设计文件一致。当设计文件不能提供时，时间累计通常可取100年。

**6.1.3** 铁路工程运营维护阶段碳排放量（）应按下式计算：

 （6.1.3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程运营维护阶段碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程动力牵引年碳排放量（kgCO2e /a）； |
|  |  | ——铁路工程设备运行年碳排放量（kgCO2e /a）； |
|  |  | ——铁路工程绿化、植被年碳汇量（kgCO2e /a）； |
|  |  | ——铁路工程维修维护碳排放量（kgCO2e）; |
|  |  | ——铁路工程运营年限（a）。 |

**6.1.4** 铁路工程动力牵引、设备运行（包括暖通空调、照明、电梯、水泵、风机以及生活热水系统）的年碳排放量，依据相应设计规范，分别按本标准6.2-6.3条的规定计算；铁路维修维护碳排放量按本标准6.4条的规定计算；铁路工程绿化、植被年碳汇量按本标准6.5条的规定计算。

**6.1.5** 铁路工程运营维护阶段应考虑可再生能源（包括太阳能生活热水系统、地源热泵系统、光伏系统和风力发电系统等）利用，采取节能措施等减少的碳排放，并计入核算范围。

**6.2 铁路工程动力牵引年碳排放量**

**6.2.1** 铁路工程动力牵引年碳排放量（），应根据其每年能源消耗量，按下式计算：

 （6.2.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程使用第类能源的动力牵引年能源消耗量（kg/a、kWh/a等）。 |

**6.2.2** 铁路工程动力牵引年能源消耗量（）应按实际能源消耗量计算；当无法获得实际能源消耗量时，应根据设计资料，参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）对电力机车耗电量、内燃机车燃油消耗量进行计算。

**6.2.3** 使用第类能源的动力牵引年能源消耗量（）的计算应符合以下规定：

**（1）**动力牵引年能源消耗量应采用单位运行里程累积动力牵引能耗；

**（2）**列车运行过程中的受力情况包括牵引力、阻力和制动力，列车单位牵引力、单位阻力和单位制动力应按本标准6.2.3.1-6.2.3.3条分别计算；

**（3）**列车受到的单位合力（*c*）应依据不同运行工况按本标准6.2.3.4条分别计算；

**（4）**列车运行过程中的单次运行能源消耗量（）和单位合力（*c*）的关系应按本标准6.2.3.5条计算；

**（5）**列车单次运行能源消耗量（）宜采用基于《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）的方法，按本标准6.2.3.1-6.2.3.5条开发的列车牵引计算软件计算。

**6.2.3.1** 列车单位牵引力（）应按下式计算：

 （6.2.3.1-1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路机车单位牵引力（N/kN）； |
|  |  | ——铁路机车牵引力（kN）； |
|  |  | ——机车计算重量（t）； |
|  |  | ——牵引计算重量（t）； |
|  |  | ——重力加速度（m/s2）。 |

**（1）**各型电力机车的牵引力（）应参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）附录B或附录H；

**（2）**各型内燃机车的牵引力（）应参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）附录C或附录I；

**（3）**各型内燃机车，在周围空气温度不高于30℃，海拔不超过700m的地区运用时，机车牵引力不修正；受周围空气温度影响的修正系数（）和受海拔影响的修正系数（）参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）取值；

**（4）**DF4B型内燃机车，受长度1000m以上隧道影响的牵引力修正系数（），单机或双机重联牵引的第一台机车取0.88；双机重联牵引的第二台机车取0.85。

**（5）**修正后的机车牵引力（）应按下式计算：

 （6.2.3.1-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——机车受周围空气温度影响的修正系数； |
|  |  | ——机车受海拔影响的修正系数；  |
|  |  | ——机车受隧道影响的修正系数。 |

**6.2.3.2** 列车单位阻力包括列车单位运行基本阻力（）和机车车辆单位附加阻力（）。列车单位运行基本阻力（）应按式（6.2.3.2-1—6.2.3.2-2）计算：

 （6.2.3.2-1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——列车单位运行基本阻力（N/kN）； |
|  |  | ——机车单位运行基本阻力（N/kN）； |
|  |  | ——拖车单位运行基本阻力（N/kN），客运时采用客车单位运行基本阻力（），货运时采用货车单位运行基本阻力（）。 |

 （6.2.3.2-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——机车运行速度（km/h）； |
|  |  | ——单位运行基本阻力公式系数，根据机车型号参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）选取。  |

**（1）**客车单位运行基本阻力（）和货车单位运行基本阻力（）应按公式（6.2.3.2-2）计算，各种型号客车及货车的单位运行基本阻力公式系数分别参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）选取；

**（2）**机车车辆单位附加阻力（）应包括单位坡道附加阻力（）、单位曲线附加阻力（）和单位隧道附加阻力（）；

**（3）**计算机车车辆单位附加阻力时可以将列车整体看作一个质点或考虑列车长度并按列车长度所覆盖路段进行折算；

**（4）**把列车视为一个质点，不考虑列车长度，将相邻的坡度相近的线路纵断面化简，应分别按公式（6.2.3.2-3-6.2.3.2-7）计算。

**①** 机车车辆单位附加阻力（）应按下式计算，加算坡度千分数数值等于单位加算附加阻力：

 （6.2.3.2-3）

 （6.2.3.2-4）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——单位加算附加阻力（N/kN）； |
|  |  | ——加算坡度千分数。 |

**②** 单位坡道附加阻力（）应按下式计算：

 （6.2.3.2-5）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——单位坡道附加阻力（N/kN）； |
|  |  | ——坡道坡度，上坡取正值，下坡取负值。 |

**③** 单位曲线附加阻力（）应按下式计算：

 （6.2.3.2-6）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——单位曲线附加阻力（N/kN）； |
|  |  | ——曲线半径（m）。 |

**④** 单位隧道附加阻力（）应按下式计算：

 （6.2.3.2-7）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——单位隧道附加阻力（N/kN）； |
|  |  | ——隧道长度（m）。 |

**（5）**考虑列车长度时，对每一个计算步长，应按列车长度所覆盖的地段，把列车单位坡道附加阻力、单位曲线附加阻力和单位隧道附加阻力换算为加算坡度千分数，按下式计算：

 （6.2.3.2-8）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——列车长度（m）； |
|  |  | ——列车所覆盖的第个坡道的坡度千分数； |
|  |  | ——列车所覆盖的第个坡道长度（未覆盖的部分计算长度除外）（m）； |
|  |  | ——列车所覆盖的第个曲线的半径（m）； |
|  |  | ——列车所覆盖的第个曲线长度（未覆盖的部分计算长度除外）（m）； |
|  |  | ——列车所覆盖的第个隧道的单位隧道附加阻力（N/kN）； |
|  |  | ——列车所覆盖的第个隧道的长度（未覆盖的部分计算长度除外）（m）。 |

**6.2.3.3** 列车制动力按照其运行状况分为列车紧急制动力（）、列车常用制动力（）和机车电制动力（）。

 **（1）**列车单位紧急制动力（）应按下式计算：

） （6.2.3.3-1）

 （6.2.3.3-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——列车紧急制动力（kN）； |
|  |  | ——列车单位紧急制动力（N/kN）； |
|  |  | ——换算摩擦系数，参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）计算； |
|  |   | ——列车中所有机车的总换算闸瓦压力（kN）； |
|  |   | ——列车中所有车辆的总换算闸瓦压力（kN）。 |

**（2）**列车单位常用制动力（）应按下式计算：

 （6.2.3.3-3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——列车单位常用制动力（N/kN）； |
|  |  | ——常用制动系数，旅客列车和货物列车的常用制动系数按照 |
|  |  | 《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）取值，列车进站制动常用制动系数取0.5。 |

**（3）**机车单位电制动力（）应按下式计算：

 （6.2.3.3-4）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——机车单位电制动力（N/kN）； |
|  |  | ——机车电制动力（kN）。 |

**①** 机车电制动分为电力机车电阻制动、内燃机车电阻制动和电力机车再生制动；

**②** 各型电力机车电制动力（）参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）附录B或F；

**③** 各型内燃机车电制动力（）参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）附录C或G；

**④** 在列车调速制动时，应将电制动力计算在内。在验算列车运行的最高允许速度或计算列车进站停车制动以及计算固定信号机间的距离时，不应将电制动力计算在内；

**⑤** 多机牵引使用重联线或同步装置操纵时，每台机车的电制动力均取全值；分别操纵时，第二台及其以后的每台机车的电制动力，均取全值的98%；尾部补机取全值的95%。

**6.2.3.4** 列车上的单位合力（）应结合列车运行的不同工况，根据公式（6.2.3.4-1-6.2.3.4-5）计算不同工况下的合力。

**（1）**牵引运行时的合力（）应按下式计算：

 （6.2.3.4-1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——列车单位合力（N/kN）。 |

**（2）**电制动时的列车单位合力（）应按下式计算：

 （6.2.3.4-2）

**（3）**空气紧急制动时的列车单位合力（）应按下式计算：

 （6.2.3.4-3）

**（4）**空气常用制动时的列车单位合力（）应按下式计算：

 （6.2.3.4-4）

**（5）**空气常用制动加电制动时的列车单位合力（）应按下式计算：

 （6.2.3.4-5）

**6.2.3.5** 动力牵引系统能耗应根据列车运行速度、运行时间计算。

**（1）**动力牵引系统列车年运行能源消耗量（）和单次运行能源消耗量（）应按下式计算：

 （6.2.3.5-1）

 （6.2.3.5-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——动力牵引系统列车单次运行能源消耗量（kg/次、kWh/次等）； |
|  |  | ——铁路工程动力牵引系统列车年运行次数（次/a）； |
|  |  | ——t时刻的牵引力系数； |
|  |  | ——t时刻的列车牵引力（N）； |
|  |  | ——t时刻的列车运行速度（km/h）； |
|  |  | ——列车综合效率，一般取值为0.85。 |

**（2）**当单位合力时，按一定速度间隔（），取其平均速度的单位合力计算该速度间隔的运行时间，列车运行时间（）的计算应按下式计算：

 （6.2.3.5-3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——列车运行时间（s）； |
|  |  | ——速度间隔的初速（km/h）； |
|  |  | ——速度间隔的终速（km/h）。 |

**6.2.4** 再生制动（反馈制动）能量指机车运行过程中在制动时将车辆的动能转化及储存起来的能量。再生制动能量利用节约效应，应根据机车监测仪表或机务段检测仪表记录数据进行核算；若不具备自动监测条件时，应依据相关设计资料核算。

**6.3 铁路工程设备运行年碳排放量**

**6.3.1** 铁路工程设备运行年碳排放量包括设备运行年能源消耗碳排放量（)和暖通空调设备年使用制冷剂产生的碳排放量()，并按下式计算：

 （6.3.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程设备运行年能源消耗碳排放量（kgCO2e /a）； |
|  |  | ——铁路工程暖通空调设备年使用制冷剂产生的碳排放量（kgCO2e /a）。 |

**6.3.2** 设备运行年能源消耗碳排放量（），采集各运行设备使用不同类型能源的年能源消耗量及不同类型能源类型相应碳排放因子，设备运行年能源消耗碳排放量应按下式计算：

 （6.3.2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——使用第类能源的第类设备运行年能源消耗量（kg/a、kWh/a等）； |
|  |  | ——由可再生能源系统供给的第类能源量（kg、kWh），可再生能源包括太阳能（）、光伏（）和风力发电机组（），其计算公式见6.3.4.5、6.3.4.6、6.3.4.7； |
|  |  | ——铁路工程运营期设备运行使用能源类型，包括电力、燃气、燃油、燃煤等； |
|  |  | ——铁路工程运营期设备运行的类型，包括供暖空调设备、照明设备、生活热水加热设备等。 |

**6.3.3** 暖通空调设备年使用制冷剂产生的碳排放量（），应按下式计算：

 （6.3.3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——制冷剂类型； |
|  |  | ——每台设备制冷剂充注量（kg/台）； |
|  |  | ——暖通空调设备使用寿命（a）； |
|  |  | ——制冷剂的全球变暖潜值。 |

**6.3.4** 设备运行年能源消耗量（）主要包括暖通空调系统能耗、照明系统能耗、电梯系统能耗、水泵风机系统能耗、生活热水系统能耗、可再生能源系统能耗等。

**6.3.4.1** 暖通空调系统能耗计算方法应符合下列规定：

**（1）**应采用月平均方法计算年累计冷负荷和累计热负荷；

**（2）**应分别设置高峰期（例如春假等）和低峰期室内人员数量、照明功率、设备功率、室内设定温度、供暖和空调系统运行时间，24小时恒温设备机房除外；

**（3）**人居环境应根据负荷计算结果和室内环境参数计算供暖和供冷起止时间，设备环境应根据设备运行负荷和室内环境参数计算起止时间；

**（4）**应考虑暖通空调系统间歇运行对负荷计算结果的影响；

**（5）**应考虑能源系统形式、效率、部分负荷特性对能耗的影响；

**（6）**计算结果应包括负荷计算结果、按能源类型输出系统能耗计算结果。

**6.3.4.2** 暖通空调系统年能耗应考虑地源热泵系统的年节约能量。

**6.3.4.3** 输送系统的能源消耗量计算应考虑水泵与风机的效率、运行时长、实际工作状态点的负载率、变频等因素的影响。

**6.3.4.4** 铁路工程中房建碳排放计算采用的冷热源及相关用能设备的性能参数应与设计文件一致。

**6.3.4.5** 照明系统能耗计算应考虑自然采光、控制方式和使用时间等因素的影响；照明系统无光电自动控制系统时，其年能源消耗量（）应按下式计算：

 （6.3.4.5）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——照明系统年能源消耗量（kWh/a）； |
|  |  | ——第日第i区域照明功率密度值（W/m2），同设计文件一致； |
|  |  | ——第i区域照明面积（m2）； |
|  |  | ——第日第i区域照明时间（h）； |
|  |  | ——应急灯照明功率密度（W/m2）； |
|  |  | ——应急灯照明区域总面积（m2）。 |

**6.3.4.6** 电梯年能源消耗量（）应按下式计算：

 （6.3.4.6）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——电梯年能源消耗量（kWh/a）； |
|  |  | ——特定能量消耗（mWh/kg·m），与设计文件或产品铭牌一致； |
|  |  | ——电梯年平均运行小时数（h）； |
|  |  | ——电梯速度（m/s），与设计文件或产品铭牌一致； |
|  |  | ——电梯额定载重量（kg），与设计文件或产品铭牌一致； |
|  |  | ——电梯待机时能耗（W）； |
|  |  | ——电梯年平均待机小时数（h）。 |

**6.3.4.7** 水泵、风机的年能源消耗量（）应按下式计算：

 （6.3.4.7）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——水泵或风机年能源消耗量（kWh/a）； |
|  |   | ——水泵或风机电机功率（kW）； |
|  |  | ——水泵或风机电机效率； |
|  |  | ——水泵或风机的年运行时间（h/a）。 |

**6.3.4.8** 生活热水年能源消耗量（）

**（1）**铁路工程生活热水系统年能源消耗量（）应根据设计资料中的热源效率，应按下式计算：

 （6.3.4.8-1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——生活热水系统年能源消耗量（kWh/a）； |
|  |   | ——生活热水年耗热量（kWh/a）； |
|  |  | ——太阳能热水系统年提供的生活热水热量（kWh/a），如果未使用太阳能热水系统，记为0； |
|  |  | ——生活热水输配效率，应考虑水系统的输配能耗、贮水箱及管道热损失、生活热水二次循环、固有能耗的热损失（%）； |
|  |  | ——生活热水系统热源年平均效率（%）。 |

**（2）**铁路工程生活热水年耗热量（）计算根据设计文件和运行情况，应按下式计算：

 （6.3.4.8-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——生活热水年耗热量（kWh/a）； |
|  |  | ——生活热水年使用天数（d/a）； |
|  |  | ——用水计算单位数（比如人数）； |
|  |  | ——热水用水定额，按现行国家标准《民用建筑节水设计标准》（GB 50555）确定（L/人·d）；  |
|  |  | ——水的比热容，取 4.187 kJ/（kg·℃）； |
|  |  | ——热水密度（kg/L）； |
|  |  | ——设计热水温度（℃）； |
|  |  | ——设计冷水温度（℃）。 |

**6.3.4.9** 太阳能热水系统年提供的生活热水热量（）应按下式计算：

 （6.3.4.9）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——太阳能热水系统年提供的生活热水热量（kWh/a）； |
|  |  | ——太阳集热器面积（m2）； |
|  |  | ——太阳集热器采光面上的年平均太阳辐照量[MJ/（a·m2）]； |
|  |  | ——管路和储热装置的热损失率（%）；——基于总面积的集热器平均集热效率（%）。 |

**6.3.4.10** 光伏系统的年发电量（）应按下式计算：

 （6.3.4.10）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——光伏系统的年发电量（kWh/a）； |
|  |  | ——光伏电池表面的年太阳辐射照度（kWh/m2）； |
|  |  | ——光伏电池的转换效率（%）； |
|  |  | ——光伏系统的损失效率（%）； |
|  |  | ——光伏系统光伏面板的净面积（m2）。 |

**6.3.4.11** 风力发电机组年发电量（）应按下式计算：

 （6.3.4.11-1）

 （6.3.4.11-2）

 （6.3.4.11-3）

 （6.3.4.11-4）

 （6.3.4.11-5）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——风力发电机组的年发电量（kWh/a）； |
|  |  | ——空气密度，取1.225 kg/m3； |
|  |  | ——依据高度计算的粗糙系数； |
|  |  | ——场地因子； |
|  |  | ——地表粗糙系数； |
|  |  | ——年可利用平均风速（m/s）； |
|  |  | ——风机叶片迎风面积（m2）； |
|  |  | ——风机叶片直径（m）； |
|  |  | ——根据典型气象年数据中逐时风速计算出的因子（m）； |
|  |  | ——年平均能量密度（W/m2）； |
|  |  | ——逐时风速（m/s）； |
|  |  | ——风力发电机组转化效率。 |

**6.4 铁路工程维修维护阶段碳排放量**

**6.4.1** 铁路工程维修维护阶段碳排放量（）包括维修维护更替的材料消耗（）、维修维护时机械设备使用（）、更替材料运输（）产生的碳排放量，并按下式计算：

 （6.4.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程维修维护阶段材料消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程维修维护阶段机械设备使用碳排放量（kgCO2e）; |
|  |  | ——铁路工程维修维护阶段材料运输碳排放量（kgCO2e）。 |

**6.4.2** 铁路工程维修维护阶段单次材料更替产生的碳排放量应按公式（5.2.1）计算，还应考虑材料的更替次数。铁路维修维护机械设备使用产生的碳排放量应按公式（5.3.1）计算，铁路维修维护阶段材料运输产生的碳排放量应按公式（5.5.1）计算。

**6.5 铁路工程年碳汇量**

**6.5.1** 铁路工程绿地碳汇量核算边界包括：边坡、站场、桥下恢复绿化区、隧道边仰坡、绿色通道植被等归属于铁路的绿化场地。

**6.5.2** 铁路工程年碳汇量（）可按下列公式计算：

 （6.5.2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——第类植栽方式单位绿地面积年CO2e固碳量（kg/m2·a），可根据附录E查取； |
|  |  | ——第类植栽方式绿地面积（m2）。 |

# 7 铁路工程拆除处置阶段碳排放核算

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 铁路工程拆除处置阶段应包括拆除处置过程中人工劳力碳排放量，使用机械设备消耗能源产生的碳排放量，以及拆除物运输产生的碳排放量。

**7.1.2** 铁路工程拆除处置阶段碳排放的核算边界应符合下列规定：

**（1）** 拆除处置阶段碳排放核算时间边界应从拆除起至废弃物从铁路系统运出至处置场止；

**（2）** 拆除处置场地内的机械设备、临时设施等使用过程中消耗能源产生的碳排放应计入核算范围；

**（3）** 拆除处置阶段使用的办公用房、生活用房和材料库房等临时设施的施工和拆除可不计入核算范围。

## 7.2 铁路工程拆除处置阶段碳排放量

**7.2.1** 铁路工程拆除处置阶段的碳排放量（）应按下式计算：

 （7.2.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程拆除处置阶段碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程拆除处置阶段使用机械设备产生的碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程拆除处置阶段人工消耗碳排放量（kgCO2e）； |
|  |  | ——铁路工程拆除物运输碳排放量（kgCO2e）。 |

**7.2.2** 铁路工程拆除处置阶段机械设备使用的碳排放量（）应按公式（5.3.1）和（5.3.2）计算，铁路工程拆解过程中的机械设备能源消耗量应根据缴费清单确定，当无法获得或记录不全时，可依据拆除方案计算。

**7.2.3** 铁路工程拆除处置阶段人工消耗碳排放量（）应按公式（5.4.1）计算，人工消耗量应根据拆除现场实际人工消耗量确定。

**7.2.4** 拆除废弃物物运输碳排放量（）应按公式（5.5.1）计算，运输距离应为拆除地点到废弃物物处置场的实际运输距离。

# 8 铁路工程全生命周期碳排放核算

**8.0.1** 铁路工程全生命周期碳排放量（）是指从铁路建造材料生产到铁路拆除处置的全过程碳排放量，应包括铁路工程工程物化（）、运营维护（）和拆除处置（）阶段的碳排放量，各阶段碳排放量应按本标准第5、6、7章中的规定进行计算。

 （8.0.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程全生命周期碳排放量（kgCO2e）。 |

**8.0.2** 铁路工程直接碳排放量指因铁路工程活动直接引起的化石燃料燃烧产生的碳排放，主要包括化石燃料直接燃烧产生的碳排放，按照第5、6、7章中规定的耗油、耗气、耗煤机械设备运行碳排放量进行累加核算。

**8.0.3** 铁路工程净购入电力、热力间接碳排放量指净购入电力和热力（如蒸汽）所对应的电力或热力生产环节产生的碳排放量，可利用购置清单进行核算，亦可按照第5、6、7章中规定的耗电、耗热机械设备碳排放量进行累加核算。

**8.0.4** 铁路工程其他间接碳排放量指因铁路工程活动间接引起的排放源产生的二氧化碳排放量，主要包括铁路建造、维修维护消耗材料生产产生的碳排放量、材料由生产地到铁路现场的运输碳排放量等，按照第5、6、7章中规定建材生产和建材运输碳排放量进行累加核算。

**8.0.5** 铁路工程客运单位旅客单位里程平均碳排放量（）应按下式计算：

 （8.0.3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程客运单位旅客单位里程平均碳排放量（kgCO2e/（人·km））； |
|  |  | ——铁路年平均客运量（人次）； |
|  |  | ——铁路客运年平均运行里程（kma）。 |

**8.0.6** 铁路工程货运单位重量单位里程平均碳排放量（）应按下式计算：

 （8.0.4）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： |  | ——铁路工程货运单位重量单位里程平均碳排放量（kgCO2e/（t·km））； |
|  |  | ——铁路年平均货运量（t）； |
|  |  | ——铁路货运年平均运行里程（kma）。 |

# 附录A 主要建材碳排放因子

表A 主要建材碳排放因子

| 序号 | 类别 | 材料名称 | 材料消耗量单位 | 碳排放因子（kgCO2e /单位数量） | 来源 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 01 | 建材原料 | 自来水 | t | 0.168 | 中国生命周期基础数据库（CLCD） |
| 02 | 粘土 | t | 0.5 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2019》 |
| 03 | 砂子 | t | 6.6 |
| 04 | 碎石 | t | 4.4 | 《厦门市建筑碳排放核算标准DB3502/Z》 |
| 05 | 再生骨料 | t | 13.0 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2019》 |
| 06 | 石英砂 | t | 45.44 | 王强，基于生命周期评价的化工建材产品碳足迹分析[J]，中国市场，2016。 |
| 07 | 石灰石 | t | 430 | 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。 |
| 08 | 白云石 | t | 474 | 张中秋等，临时用地土地复垦碳效应分析与测算-以广西为例[J]，农业资源与环境学报，2019。 |
| 09 | 粉煤灰 | t | 8.0 | 黄旭辉，地铁土建工程物化阶段碳排放计量与减排分析[D]，华南理工大学，2019。 |
| 10 | 炉渣 | t | 109 | 马伊利，基于绿色建筑碳排放分析的绿色建筑评价体系研究[D]，河北工程大学，2021。 |
| 11 | 膨胀珍珠岩 | t | 2880 | 刘胜男，装配式混凝土建筑物化阶段碳足迹评价研究[D]，大连理工大学，2021。 |
| 12 | 大白粉 | t | 175 |
| 13 | 滑石粉 | t | 175 | 黄旭辉，地铁土建工程物化阶段碳排放计量与减排分析[D]，华南理工大学，2019。 |
| 14 | 腻子粉 | t | 440 | 白路恒，公共建筑全生命周期碳排放预测模型研究[D]，天津大学，2019。 |
| 15 | 木材 | 通用木材 | m³ | 178 | 谭荣平，公路桥梁建设阶段碳排放分析[D]，长沙理工大学，2017。 |
| 16 | 胶合板 | m³ | 487 | 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. |
| 17 | 刨花板 | m³ | 336 | 建筑碳排放核算标准(DB3502/Z 5053-201 9) |
| 18 | 石灰与石膏 | 生石灰 | t | 1190 | 《厦门市建筑碳排放核算标准DB3502/Z》 |
| 19 | 石膏 | t | 125.5 | 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。 |
| 20 | 水泥 | 水泥熟料 52.5MPa | t | 905 | 李超，基于LCA的京津冀城际铁路网和高速公路网碳排放研究[D]，石家庄铁道大学，2020。 |
| 21 | 水泥熟料 62.5MPa | t | 920 |
| 22 | 硅酸盐水泥 P∙I（通用） | t | 939~958 |
| 23 | 硅酸盐水泥 P∙I 42.5MPa | t | 939 |
| 24 | 硅酸盐水泥 P∙I 52.5MPa | t | 941 |
| 25 | 硅酸盐水泥 P∙I 62.5MPa | t | 958 |
| 26 | 硅酸盐水泥 P∙II （通用） | t | 861~918 |
| 27 | 硅酸盐水泥 P∙II 42.5MPa | t | 874 |
| 28 | 硅酸盐水泥 P∙II 52.5MPa | t | 889 |
| 29 | 硅酸盐水泥 P∙II 62.5MPa | t | 918 |
| 30 | 普通硅酸盐水泥 P ∙O （通用） | t | 722~862 |
| 31 | 普通硅酸盐水泥 P ∙O 42.5MPa | t | 795 |
| 32 | 普通硅酸盐水泥 P ∙O 52.5MPa | t | 863 |
| 33 | 矿渣硅酸盐水泥 P ∙ S ∙A （通用） | t | 503~744 |
| 34 | 矿渣硅酸盐水泥 P ∙ S ∙A 32.5MPa | t | 621 |
| 35 | 矿渣硅酸盐水泥 P ∙ S ∙A 42.5MPa | t | 742 |
| 36 | 矿渣硅酸盐水泥 P ∙ S ∙B （通用） | t | 345~503 |
| 37 | 矿渣硅酸盐水泥 P ∙ S ∙B 32.5MPa | t | 503 |
| 38 | 火山灰质硅酸盐水泥 P ∙P（通用） | t | 541~724 |
| 39 | 火山灰质硅酸盐水泥 P ∙P 32.5MPa | t | 631 |
| 40 | 火山灰质硅酸盐水泥 P ∙P 42.5MPa | t | 722 |
| 41 | 粉煤灰硅酸盐水泥 P∙F（通用） | t | 541~724 |
| 42 | 粉煤灰硅酸盐水泥 P ∙F 32.5MPa | t | 631 |
| 43 | 粉煤灰硅酸盐水泥 P ∙F 42.5MPa | t | 722 |
| 44 | 复合硅酸盐水泥 P ∙C（通用） | t | 452~744 |
| 45 | 复合硅酸盐水泥 P ∙C 32.5MPa | t | 604 |
| 46 | 复合硅酸盐水泥 P ∙C 42.5MPa | t | 742 |
| 47 | 砂浆 | 砌筑混合砂浆 M2.5 | m³ | 224.1 | 吴淑艺，基于工程量清单的建筑工程碳排放研究[D]，福建农林大学，2017。  |
| 48 | 砌筑混合砂浆 M5 | m³ | 236.0 |
| 49 | 砌筑混合砂浆 M7.5 | m³ | 239.1 |
| 50 | 砌筑混合砂浆 M10 | m³ | 233.6 |
| 51 | 砌筑水泥砂浆 M2.5 | m³ | 154.9 |
| 52 | 砌筑水泥砂浆 M5 | m³ | 164.5 |
| 53 | 砌筑水泥砂浆 M7.5 | m³ | 181.3 |
| 54 | 砌筑水泥砂浆 M10 | m³ | 199.9 |
| 55 | 砌筑水泥砂浆 M15 | m³ | 232.0 |
| 56 | 抹灰水泥砂浆 1:2 | m³ | 405.0 |
| 57 | 抹灰水泥砂浆 1:3 | m³ | 277.0 |
| 58 | 抹灰混合砂浆 1:1:6 | m³ | 285.2 |
| 59 | 抹灰石灰砂浆 1:2.5 | m³ | 341.6 |
| 60 | 抹灰石灰砂浆 1:3 | m³ | 293.1 |
| 61 | 抹灰石膏砂浆 1:3 | m³ | 509.5 |
| 62 | 混凝土 | 泵送混凝土 C10 | m³ | 172.0 | 王上，典型住宅建筑全生命周期碳排放计算模型及案例研究[D]，西南交通大学，2014。 |
| 63 | 泵送混凝土 C15 | m³ | 177.8 |
| 64 | 泵送混凝土 C20 | m³ | 264.7 |
| 65 | 泵送混凝土 C25 | m³ | 292.7 |
| 66 | 泵送混凝土 C30 | m³ | 316.4 |
| 67 | 泵送混凝土 C35 | m³ | 362.6 |
| 68 | 泵送混凝土 C40 | m³ | 410.4 |
| 69 | 泵送混凝土 C45 | m³ | 441.3 |
| 70 | 泵送混凝土 C50 | m³ | 464.3 |
| 71 | 泵送超流态混凝土 C25 | m³ | 320.3 |
| 72 | 泵送超流态混凝土 C30 | m³ | 332.5 |
| 73 | 砖与砌块 | 烧结普通砖 | m³ | 295 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2019》 |
| 74 | 烧结多孔（空心）砖 | m³ | 215 |
| 75 | 混凝土小型空心砌块 | m³ | 180 | 毛希凯等，建筑材料生命周期CO2排放研究——以天津市住宅建筑为例[J]，建筑节能，2019。 |
| 76 | 粉煤灰小型空心砌块 | m³ | 350 |
| 77 | 加气混凝土砌块 | m³ | 270 |
| 78 | 蒸压粉煤灰砖 | m³ | 410 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2019》附录D |
| 79 | 蒸压灰砂砖 | m³ | 375 |
| 80 | 铁 | 生铁 | t | 1600 | 《厦门市建筑碳排放核算标准DB3502/Z》 |
| 81 | 铁制品 | t | 1920 |
| 82 | 镀锌铁 | t | 2350 |
| 83 | 钢材 | 粗钢 | t | 1950 | 建筑碳排放核算标准(DB3502/Z 5053-201 9) |
| 84 | 大型型钢 | t | 2701 |
| 85 | 中小型型钢 | t | 2137 |
| 86 | 钢线材 | t | 2140 |
| 87 | 热轧带钢 | t | 2246 |
| 88 | 镀锌大型型钢 | t | 3050 |
| 89 | 镀锌中小型型钢 | t | 2487 |
| 90 | 镀锌钢线材 | t | 2490 |
| 91 | 钢轨 | t | 1690 | 李超，基于LCA的京津冀城际铁路网和高速公路网碳排放研究[D]，石家庄铁道大学，2020。 |
| 92 | 钢筋 | t | 2208 | 建筑碳排放核算标准(DB3502/Z 5053-201 9) |
| 93 | 热轧碳钢无缝钢管 | t | 3150 |
| 94 | 镀锌热轧带钢 | t | 2596 | 《厦门市建筑碳排放核算标准DB3502/Z》 |
| 95 | 不锈钢 | t | 6130 | 建筑碳排放核算标准(DB3502/Z 5053-201 9) |
| 96 | 再生钢 | t | 480 | 建筑碳排放标准 GB/T 51366-2019 |
| 97 | 陶瓷 | 卫生陶瓷 | t | 1740 | 张涛等，建筑中常用的能源与材料的碳排放因子[J]，中国建设信息，2010。 |
| 98 | 通用陶瓷砖 | t | 600 |
| 99 | 陶瓷砖（E≤0.5%） | t | 12.8 |
| 100 | 陶瓷砖（0.5%<E≤10%） | t | 13.3 |
| 101 | 陶瓷砖（E>10%） | t | 19.2 |
| 102 | 玻璃 | 玻璃（通用） | t | 1190 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2019》 |
| 103 | Low-E玻璃 | t | 2010 |
| 104 | 钢化玻璃 | t | 1790 |
| 105 | 铝 | 原铝 | t | 18790 | IPCC 2006 |
| 106 | 再生铝 | t | 730 |
| 107 | 铝综合 | t | 15450 |
| 108 | 铜 | 矿产铜 | t | 5520 | 绿色建筑全生命周期碳排放计算与减碳效益 |
| 109 | 再生铜 | t | 3440 |
| 110 | 铜综合 | t | 4850 |
| 111 | 其他金属 | 矿产锌 | t | 4560 | 建筑碳排放核算标准(DB3502/Z 5053-201 9) |
| 112 | 矿产锡 | t | 11590 | 张振浩，T梁桥在建设期碳排放模型的建立与分析[J]，长沙理工大学学报(自然科学版)，2018。 |
| 113 | 保温材料 | 聚苯乙烯（PS） | t | 3100 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2019》附录D |
| 114 | 泡沫聚苯乙烯（EPS） | t | 7860 |
| 115 | 挤塑聚苯乙烯（XPS） | t | 6120 |
| 116 | 聚氨酯（PU） | t | 4330 | 黄旭辉，地铁土建工程物化阶段碳排放计量与减排分析[D]，华南理工大学，2019。 |
| 117 | 岩棉 | t | 1200 | 任秋实，旧工业建筑再生利用施工期碳足迹分析与评价研究[D]，西安建筑科技大学，2021。 |
| 118 | 矿物棉 | t | 1200 |
| 119 | 玻璃棉 | t | 2360 |
| 120 | 泡沫玻璃 | t | 1950 | 白路恒，公共建筑全生命周期碳排放预测模型研究[D]，天津大学，2019。 |
| 121 | 苯酚甲醛（PF） | t | 2710 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2021》附录D |
| 122 | 真空绝热板 | t | 2160 |
| 123 | 防水材料 | 石油沥青油毡 | m2 | 0.51 | 李小娇，山区大跨悬索桥全寿命周期碳排放核算研究，西南交通大学，2016。 |
| 124 | SBS、APP改性沥青防水卷材 | m2 | 0.54 |
| 125 | 自粘聚合物改性沥青防水卷材 | m2 | 0.32 |
| 126 | 塑料 | 聚乙烯管（PEX） | t | 6850 | 马伊利，基于绿色建筑碳排放分析的绿色建筑评价体系研究[D]，河北工程大学，2021。 |
| 127 | 聚丙烯管（PPR） | t | 6020 |
| 128 | 聚氯乙烯（PVC） | t | 7300 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2019》 |
| 129 | 其他 | 铜芯导线电缆 | kg | 9.41 | 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。 |
| 130 | 石膏板 | m2 | 4.4 | 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。 |
| 131 | 瓦 | t | 610 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2020》附录D |
| 132 | 陶土管 | t | 490 | 王上，典型住宅建筑全生命周期碳排放计算模型及案例研究[D]，西南交通大学，2014。 |
| 133 | 油漆涂料（通用） | t | 3500 | IPCC 2006 |
| 134 | 乳胶漆 | t | 4120 |
| 135 | 装饰石材 | t | 220 | 张中秋等，临时用地土地复垦碳效应分析与测算——以广西为例[J]，农业资源与环境学报，2019。 |
| 136 | 壁纸 | t | 1800 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2020》附录D |
| 137 | 地毯 | t | 5090 |
| 138 | 木地板 | m2 | 2.9 | 《厦门市建筑碳排放核算标准DB3502/Z》附录B |
| 139 | 硅酸钙吊顶 | m2 | 1.8 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2020》附录D |
| 140 | 合成板吊顶 | m2 | 7.6 |
| 141 | 轻钢龙骨吊顶 | m2 | 3.8 |
| 142 | 橡胶 | t | 3360 | 《建筑碳排放计算标准GB/T51366-2019》 |
| 143 | 环氧树脂 | t | 5910 | 马伊利，基于绿色建筑碳排放分析的绿色建筑评价体系研究[D]，河北工程大学，2021。 |
| 144 | 棉布 | t | 3280 | 任秋实，旧工业建筑再生利用施工期碳足迹分析与评价研究[D]，西安建筑科技大学，2021。 |
| 145 | 电焊条 | t | 20500 | 建筑碳排放核算标准(DB3502/Z 5053-201 9) |
| 146 | 安全网 | m2 | 3.7 |
| 147 | 太阳能光伏电板 | kW | 4000 |
| 148 | 太阳能光伏电板 | m2 | 240 |
| 149 | 太阳能集热器 | m2 | 112 |

# 附录B 常用施工机械台班能源用量

表B 常用施工机械台班能源用量

| 序号 | 机械类型 | 机械名称 | 性能规格 | 汽油(kg) | 柴油(kg) | 电(kWh) | 人工(工日) | 来源 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 土石方机械 | 履带式液压单斗挖掘机 | ≤1.0 m³ |  | 62.9 |  | 1 | 《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004） |
| 2 | 履带式液压单斗挖掘机 | ≤0.6 m³ |  | 44.08 |  | 1 |
| 3 | 履带式液压破碎锤 | ≤200 kW |  | 137.09 |  | 1 |
| 4 | 气镐 | ≤10 kg |  |  |  |  |
| 5 | 履带式推土机 | ≤75 kW |  | 49.73 |  | 1 |
| 6 | 自行式振动压路机 | ≤2 t |  | 12.1 |  | 1 |
| 7 | 蛙式夯 | ≤250 Nm |  |  | 7.48 | 1 |
| 8 | 轮胎式装载机 | ≤2 m³ |  | 56.45 |  | 1 |
| 9 | 履带式装载机 | ≤2 m³ |  | 55.37 |  | 1 |
| 10 | 导向水平钻孔拉管机 |  |  | 111.28 |  | 1 |
| 11 | 气动锻针机 | d≤90 |  | 28 |  | 1 |
| 12 | 动力机械 | 电动空气压缩机 | ≤0.6 m³/min |  |  | 29.26 | 1 |
| 13 | 电动空气压缩机 | ≤1 m³/min |  |  | 39.9 | 1 |
| 14 | 电动空气压缩机 | ≤3 m³/min |  |  | 117.04 | 1 |
| 15 | 电动空气压缩机 | ≤6 m³/min |  |  | 212.8 | 1 |
| 16 | 电动空气压缩机 | ≤9 m³/min |  |  | 399 | 1 |
| 17 | 电动空气压缩机 | ≤20 m³/min |  |  | 691.6 | 1 |
| 18 | 电动空气压缩机 | ≤25 m³/min |  |  | 1117.2 | 1 |
| 19 | 电动空气压缩机 | ≤30 m³/min |  |  | 1223.6 | 1 |
| 20 | 内燃空气压缩机 | ≤3 m³/min |  | 15.42 |  | 1 |
| 21 | 内燃空气压缩机 | ≤9 m³/min |  | 50.55 |  | 1 |
| 22 | 起重机械 | 爬升式塔式起重机 | ≤50m×1.2/3 t, h=70m |  |  | 118.4 | 2 |
| 23 | 爬升式塔式起重机 | ≤50m×1.5/4 t, h=100m |  |  | 144 | 2 |
| 24 | 爬升式塔式起重机 | ≤50m×2.3/4 t, h=120m |  |  | 230.4 | 2 |
| 25 | 爬升式塔式起重机 | ≤60m×6.25/16 t, h=140m |  |  | 518.4 | 2 |
| 26 | 爬升式塔式起重机 | ≤320 tm |  |  | 518.4 | 2 |
| 27 | 汽车起重机 | ≤5 t | 21.17 |  |  | 1 |
| 28 | 汽车起重机 | ≤8 t |  | 35.28 |  | 1 |
| 29 | 汽车起重机 | ≤12 t |  | 44.1 |  | 1 |
| 30 | 汽车起重机 | ≤16 t |  | 57.15 |  | 1 |
| 31 | 汽车起重机 | ≤20 t |  | 64.92 |  | 1 |
| 32 | 汽车起重机 | ≤25 t |  | 72.68 |  | 2 |
| 33 | 汽车起重机 | ≤30 t |  | 75.15 |  | 2 |
| 34 | 汽车起重机 | ≤75 t |  | 110.07 |  | 2 |
| 35 | 轮胎式起重机 | ≤16 t |  | 41.63 |  | 1 |
| 36 | 履带式起重机 | ≤15 t |  | 38.81 |  | 1 |
| 37 | 履带式起重机 | ≤25 t |  | 44.1 |  | 1 |
| 38 | 履带式起重机 | ≤50 t |  | 64.92 |  | 2 |
| 39 | 门式起重机 | ≤10t-22 m |  |  | 61.44 | 1 |
| 40 | 门式起重机 | ≤20t-22 m |  |  | 109.44 | 1 |
| 41 | 门式起重机 | ≤40t-40 m |  |  | 144 | 1 |
| 42 | 门式起重机 | ≤50t-40 m |  |  | 176.64 | 1 |
| 43 | 斜撑桅杆式起重机 | ≤10 t |  |  | 112.64 | 1 |
| 44 | 斜撑桅杆式起重机 | ≤20 t |  |  | 121.6 | 1 |
| 45 | 斜撑桅杆式起重机 | ≤35 t |  |  | 180.48 | 1 |
| 46 | 少先式起重机 | ≤1 t  |  |  | 13.44 | 1 |
| 47 | 电动葫芦 | ≤3 t-9 m |  |  | 14.34 | 0 |
| 48 | 电动葫芦 | ≤5 t-9 m |  |  | 21.76 | 0 |
| 49 | 单筒慢速卷扬机 | ≤20 kN |  |  | 28.16 | 1 |
| 50 | 单筒慢速卷扬机 | ≤30 kN |  |  | 38.4 | 1 |
| 51 | 单筒慢速卷扬机 | ≤50 kN |  |  | 56.32 | 1 |
| 52 | 单筒快速卷扬机 | ≤10 kN |  |  | 38.4 | 1 |
| 53 | 单筒快速卷扬机 | ≤30 kN |  |  | 94.72 | 1 |
| 54 | 单筒快速卷扬机 | ≤50 kN |  |  | 153.6 | 1 |
| 55 | 双筒慢速卷扬机 | ≤50 kN |  |  | 76.8 | 1 |
| 56 | 单笼升降机12人-1t | ≤100 m |  |  | 64 | 1 |
| 57 | 双笼升降机24人-2t | ≤220 m |  |  | 358.4 | 2 |
| 58 | 液压滑升机械（含50个千斤顶） |  |  |  | 19.2 | 1 |
| 59 | 自航全回转起重船 | ≤40 t |  | 404.28 |  | 6 |
| 60 | 自航全回转起重船 | ≤50 t |  | 523.62 |  | 6 |
| 61 | 起重船 | 200 t |  | 449.97 |  | 6 |
| 62 | 抛锚船 | 34 m |  | 628.99 |  | 12 |
| 63 | 运输机械 | 载重汽车 | ≤6 t | 34.56 |  |  | 1 |
| 64 | 载重汽车 | ≤8 t |  | 47.58 |  | 1 |
| 65 | 载重汽车 | ≤10 t |  | 53.22 |  | 1 |
| 66 | 载重汽车 | ≤15 t |  | 65.32 |  | 1 |
| 67 | 自卸汽车 | ≤6 t |  | 40.32 |  | 1 |
| 68 | 自卸汽车 | ≤15 t |  | 70.56 |  | 1 |
| 69 | 洒水车 | ≤5000 L | 34.56 |  |  | 1 |
| 70 | 平板运输车 | ≤15 t |  | 65.32 |  | 2 |
| 71 | 小型运输车 | ≤1 t |  | 7.26 |  | 1 |
| 72 | 混凝土搅拌输送车 | ≤6 m³ |  | 88.7 |  | 1 |
| 73 | 混凝土搅拌输送车 | ≤8 m³ |  | 100.8 |  | 1 |
| 74 | 混凝土搅拌输送车 | ≤10 m³ |  | 115.72 |  | 1 |
| 75 | 泥浆运输车 | ≤4000 L | 34.56 |  |  | 1 |
| 76 | 内燃机车 |  |  | 391.91 |  | 2 |
| 77 | 轨道车 | ≤220 kW |  | 83.26 |  | 2 |
| 78 | 电气综合试验车 |  | 43.2 |  |  | 1 |
| 79 | 聚脲喷涂车 |  |  | 79.56 |  | 2 |
| 80 | 带式输送机 | ≤10 m |  |  | 15.36 | 1 |
| 81 | 内燃拖轮 | ≤230 kW -150t |  | 178.21 |  | 5 |
| 82 | 内燃拖轮 | ≤300 kW-200t |  | 237.08 |  | 9 |
| 83 | 内燃拖轮 | ≤370 kW -250t |  | 296.76 |  | 9 |
| 84 | 内燃拖轮 | ≤450 kW -300t |  | 355.62 |  | 9 |
| 85 | 混凝土及砂浆机械 | 混凝土搅拌机 | ≤250 L |  |  | 15.68 | 1 |
| 86 | 混凝土搅拌机 | ≤400 L |  |  | 21.56 | 1 |
| 87 | 混凝土搅拌站 | ≤60 m³/h |  |  | 636.16 | 2 |
| 88 | 混凝土搅拌站 | ≤120 m³/h |  |  | 1008 | 4 |
| 89 | 混凝土插入式振动器 |  |  |  | 5.38 |  |
| 90 | 混凝土附着式振动器 |  |  |  | 6.72 |  |
| 91 | 混凝土高频振动器 | ≤1.5 kW |  |  | 6.72 |  |
| 92 | 悬挂式提浆整平机 |  |  |  | 105.28 | 1 |
| 93 | 电动灌浆机 | ≤3 m³/h |  |  | 15.4 | 1 |
| 94 | 混凝土泵 | ≤60 m³/h |  |  | 492.8 | 1 |
| 95 | 混凝土泵 | ≤80 m³/h |  |  | 591.36 | 1 |
| 96 | 混凝土输送泵车 | ≤60 m³/h |  | 47.63 |  | 1 |
| 97 | 混凝土输送泵车 | ≤85 m³/h |  | 58.21 |  | 1 |
| 98 | 混凝土布料机 | ≤21 m |  |  | 21.84 | 1 |
| 99 | 灰浆搅拌机 | ≤200 L |  |  | 13.44 | 1 |
| 100 | 灰浆搅拌机 | ≤400 L |  |  | 20.16 | 1 |
| 101 | 混凝土振动台 | 2.4m×6.2m |  |  | 140.8 | 1 |
| 102 | 水磨石机 |  |  |  | 15.36 |  |
| 103 | 路面切割机 |  |  |  | 19.2 | 1 |
| 104 | 混凝土梁面铣刨机h≤5 |  |  |  | 35.84 |  |
| 105 | 电缆槽预制机组 |  |  |  | 417.48 | 3 |
| 106 | 水上混凝土搅拌站2×600L |  |  |  | 94.08 | 10 |
| 107 | 水上混凝土搅拌站 | ≤150 m3/h |  |  | 3309.6 | 26 |
| 108 | 基础及泵类机械 | 轨道式柴油打桩机 | ≤1.8 t |  | 40.08 |  | 2 |
| 109 | 振动沉拔桩机 | ≤400 kN |  |  | 336 | 2 |
| 110 | 振动沉拔桩机 | ≤500 kN |  |  | 495.6 | 2 |
| 111 | 振动沉拔桩机 | ≤3000 kN |  |  | 1176 | 2 |
| 112 | 转盘钻孔机 | ≤80 kNm |  |  | 315 | 2 |
| 113 | 转盘钻孔机 | ≤200 kNm |  |  | 756 | 2 |
| 114 | 汽车式钻孔机 | ≤1 m |  | 59.47 |  | 2 |
| 115 | 汽车式钻孔机 | ≤l.5 m |  | 79.63 |  | 2 |
| 116 | 冲击成孔机 | ≤1 m |  |  | 153.6 | 2 |
| 117 | 冲击成孔机 | ≤1.5 m |  |  | 177.6 | 2 |
| 118 | 冲击成孔机 | ≤2 m |  |  | 201.6 | 2 |
| 119 | 旋挖钻机 | ≤220 kNm |  | 243.94 |  | 2 |
| 120 | 旋挖钻机 | ≤280 kNm |  | 263.09 |  | 2 |
| 121 | 旋挖钻机 | ≤360 kNm |  | 300.38 |  | 2 |
| 122 | 单级离心清水泵 | ≤25 m³/h-32 m |  |  | 16.32 | 1 |
| 123 | 单级离心清水泵 | ≤25 m³/h-50 m |  |  | 30.6 | 1 |
| 124 | 单级离心清水泵 | ≤50 m³/h-38 m |  |  | 44.88 | 1 |
| 125 | 单级离心清水泵 | ≤60 m³/h-50 m |  |  | 69.36 | 1 |
| 126 | 单级离心清水泵 | ≤170m³/h-26 m |  |  | 89.76 | 1 |
| 127 | 单级离心清水泵 | ≤280m³/h-29 m |  |  | 163.2 | 1 |
| 128 | 多级离心清水泵 | ≤32 m³/h-125 m |  |  | 69.36 | 1 |
| 129 | 多级离心清水泵 | ≤155 m³/h-150 m |  |  | 448.8 | 1 |
| 130 | 离心式泥浆泵 | ≤47 m³/h-19 m |  |  | 44.88 | 1 |
| 131 | 离心式泥浆泵 | ≤108 m³/h-21 m |  |  | 89.76 | 1 |
| 132 | 离心式泥浆泵 | ≤150 m³/h-39 m |  |  | 224.4 | 1 |
| 133 | 离心式泥浆泵 | ≤280 m³/h-26 m |  |  | 306 | 1 |
| 134 | 射流泵 | ≤45 m³/h |  |  | 69.36 | 1 |
| 135 | 泥浆搅拌机 | ≤150 L |  |  | 10.2 | 1 |
| 136 | 泥浆搅拌机 | ≤2200 L |  |  | 102 | 1 |
| 137 | 泥水处理离心机 | ≤100 m³/h |  |  | 326.4 | 1 |
| 138 | 水环式真空泵 | ≤204 m³/h |  |  | 89.76 | 1 |
| 139 | 高压油泵 | ≤63 MPa |  |  | 40.8 | 1 |
| 140 | 单筒慢速卷扬机 | ≤100 kN |  |  | 153.6 | 1 |
| 141 | 挤压法顶管设备 | d≤1000 |  |  | 172.8 | 1 |
| 142 | 潜水工作船 | ≤400 t |  |  | 150 | 5 |
| 143 | 焊接机械铺架机械 | 交流弧焊机 | ≤21 kVA |  |  | 73.6 | 1 |
| 144 | 交流弧焊机 | ≤32 kVA |  |  | 108.8 | 1 |
| 145 | 交流弧焊机 | ≤42 kVA |  |  | 144 | 1 |
| 146 | 直流弧焊机 | ≤42 kW |  |  | 64 | 1 |
| 147 | 直流弧焊机 | ≤32 kW |  |  | 102.4 | 1 |
| 148 | 半自动切割机 | h≤100 |  |  | 121.6 | 1 |
| 149 | 氩弧焊机 | ≤500 A |  |  | 118.4 | 1 |
| 150 | 对焊机 | ≤75 kVA |  |  | 176 | 1 |
| 151 | 对焊机 | ≤100 kVA |  |  | 288 | 1 |
| 152 | 塑料管热熔对接焊机 | d≤200 |  |  | 15.36 | 1 |
| 153 | 铺架机械 | 架桥机 | ≤130 t |  | 202.2 |  | 5 |
| 154 | 轮胎式搬梁机 | ≤600 t |  | 274.18 |  | 4 |
| 155 | 轮胎式搬梁机 | ≤900 t |  | 214.2 |  | 4 |
| 156 | 电气化立杆作业车 |  |  | 57.15 |  | 2 |
| 157 | 电气化安装作业车（液力传动） |  |  | 127.01 |  | 2 |
| 158 | 电气化架线作业车（液力传动） |  |  | 127.01 |  | 2 |
| 159 | 电气化恒张力架线作业车 |  |  | 227.2 |  | 3.75 |
| 160 | 接触网检测设备 | 200 km/h |  |  |  | 7 |
| 161 | SF6气体回收净化充放装置 | 5-7 kW |  |  | 27.44 | 1 |
| 162 | 加工及其他机械 | 鄂式破碎机 | ≤250×400 |  |  | 81.6 | 1 |
| 163 | 偏心式振动筛 |  |  |  | 40.8 | 1 |
| 164 | 筛砂机 | ≤80 m³/h |  |  | 81.6 | 1 |
| 165 | 洗石机 | ≤100 m³/h |  |  | 163.2 | 1 |
| 166 | 洗砂机 | ≤60 m³/h |  |  | 119.68 | 1 |
| 167 | 普通车床 | 400×2000 |  |  | 30.6 | 1 |
| 168 | 普通车床 | 630×2000 |  |  | 44.88 | 1 |
| 169 | 立式钻床 | d≤25 |  |  | 8.98 | 1 |
| 170 | 立式钻床 | d≤50 |  |  | 12.24 | 1 |
| 171 | 摇臂钻床 | d≤63 |  |  | 32.64 | 1 |
| 172 | 台式钻床 | d≤16 |  |  | 3.26 | 1 |
| 173 | 管子切断机 | d≤150 |  |  | 13.6 | 1 |
| 174 | 多功能电锤钻 |  |  |  | 4.2 | 1 |
| 175 | 联合冲剪机 | h≤16 |  |  | 14.96 | 1 |
| 176 | 型钢剪切机 | ≤1000 kN |  |  | 59.84 | 1 |
| 177 | 剪板机 | 10×2500 |  |  | 35.36 | 1 |
| 178 | 剪板机 | 20×22500 |  |  | 59.84 | 1 |
| 179 | 卷板机 | 2×1600 |  |  | 29.92 | 1 |
| 180 | 卷板机 | 20×22000 |  |  | 59.84 | 1 |
| 181 | 液压弯管机 | d≤108 |  |  | 40.8 | 1 |
| 182 | 咬口机 | h≤1.5 |  |  | 7.62 |  |
| 183 | 钢筋调直机 | d≤14 |  |  | 18.7 | 1 |
| 184 | 钢筋切断机 | d≤40 |  |  | 33.32 | 1 |
| 185 | 钢筋弯曲机 | d≤40 |  |  | 14.28 | 1 |
| 186 | 钢筋车丝机 | d≤39 |  |  | 10.88 |  |
| 187 | 木工圆锯机 | ≤500 |  |  | 16.32 | 1 |
| 188 | 木工圆锯机 | ≤1000 |  |  | 30.6 | 0 |
| 189 | 木工单面压刨床 | B≤600 |  |  | 22.44 |  |
| 190 | 木工双面压刨床 | B≤600 |  |  | 30.6 |  |
| 191 | 压力式滤油机 | ≤100 L/min |  |  | 2.72 | 1 |
| 192 | 鼓风机 | ≤18 m³/min |  |  | 29.92 |  |
| 193 | 鼓风机 | ≤8 m³/min |  |  | 11.97 |  |
| 194 | 吹风机 | ≤4 m³/min |  |  | 16.32 | 1 |

# 附录C 各类运输方式的碳排放因子

表C 各类运输方式的碳排放因子

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 运输方式类别 | 碳排放因子（kgCO2e/（t·km）） | 来源 |
| 轻型汽油货车运输（载重2t） | 0.334 | 《中国交通年鉴2008》 |
| 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 |
| 干散货船运输（载重2500t） | 0.015 |
| 集装箱船运输（载重200TEU）a | 0.012 |

#

# 附录D 主要能源碳排放因子

表D.0.1 化石燃料碳排放因子

| 能源分类 | 能源名称 | 单位热值含碳量（Tc/Tj） | 碳氧化率 | 单位热值CO2e排放因子（tCO2e/TJ） | 来源 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 固体燃料 | 无烟煤 | 27.4 | 0.94 | 94.44 | 《省级温室气体清单编制指南》（试行）及《IPCC国家温室气体清单指南》（2006年） |
| 固体燃料液体燃料 | 烟煤 | 26.1 | 0.93 | 89.00 |
| 褐煤 | 28.0 | 0.96 | 98.56 |
| 练焦煤 | 25.4 | 0.98 | 91.27 |
| 型煤 | 33.6 | 0.90 | 110.88 |
| 焦炭 | 29.5 | 0.93 | 100.60 |
| 其他焦化产品 | 29.5 | 0.93 | 100.60 |
| 原油 | 20.1 | 0.98 | 72.23 |
| 液体燃料气体燃料 | 燃料油 | 21.1 | 0.98 | 75.82 |
| 汽油 | 18.9 | 0.98 | 67.91 |
| 柴油 | 20.2 | 0.98 | 72.59 |
| 喷气煤油 | 19.5 | 0.98 | 70.07 |
| 一般煤油 | 19.6 | 0.98 | 70.43 |
| NGL | 17.2 | 0.98 | 61.81 |
| LPG | 17.2 | 0.98 | 61.81 |
| 炼厂干气 | 18.2 | 0.98 | 65.40 |
| 石脑油 | 20.0 | 0.98 | 71.87 |
| 沥青 | 22.0 | 0.98 | 79.05 |
| 润滑油 | 20.0 | 0.98 | 71.87 |
| 石油焦 | 27.5 | 0.98 | 98.82 |
| 石化原料油 | 20.0 | 0.98 | 71.87 |
| 其他油品 | 20.0 | 0.98 | 71.87 |
| 天然气 | 15.3 | 0.98 | 55.54 |

表D.0.2 其他能源碳排放因子

| 能源类型 | 缺省碳含量（tC/TJ） | 缺省氧化因子 | 有效CO2e排放因子 | 来源 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 缺省值 | 95%置信区间 |
| 较低 | 较高 |
| 城市废弃物比例（非生物量比例） | 25.0 | 1 | 91.7 | 73.3 | 121 | 《省级温室气体清单编制指南（试行）》 |
| 工业废弃物 | 39.0 | 1 | 143.0 | 110.0 | 183.0 |
| 废油 | 20.0 | 1 | 73.3 | 72.2 | 74.4 |
| 泥碳 | 28.9 | 1 | 106.0 | 100.0 | 108.0 |
| 固体生物燃料 | 木材/木材废弃物 | 30.5 | 1 | 112.0 | 95.0 | 132.0 |
| 亚硫酸盐废液 | 26.0 | 1 | 95.3 | 80.7 | 110.0 |
| 木炭 | 30.5 | 1 | 112.0 | 95.0 | 132.0 |  |
| 其他主要固体生物量 | 27.3 | 1 | 100.0 | 84.7 | 117.0 |
| 液体生物燃料 | 生物汽油 | 19.3 | 1 | 70.8 | 59.8 | 84.3 |
| 生物柴油 | 19.3 | 1 | 70.8 | 59.8 | 84.3 |
| 其他液体生物燃料 | 21.7 | 1 | 79.6 | 67.1 | 95.3 |
| 气体生物燃料 | 填埋气体 | 14.9 | 1 | 54.6 | 46.2 | 66.0 |
| 泥污气体 | 14.9 | 1 | 54.6 | 46.2 | 66.0 |
| 其他生物气体 | 14.9 | 1 | 54.6 | 46.2 | 66.0 |
| 其他 | 城市废弃物（生物量比例） | 27.3 | 1 | 100.0 | 84.7 | 117.0 |

# 附录E 不同植栽方式绿化固碳量

表E 不同植栽方式绿化固碳量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 栽植方式 | CO2e固定量（kg/（m2·a）） | 来源 |
| 大小乔木、灌木、花草密集混种区（乔木平均种植间距＜3.0m，土壤深度＞1.0m） | 27.50  | 《中国绿色低碳住区技术评估手册（版本-2011）》 |
| 大小乔木密集混种区（平均种植间距＜3.0m，土壤深度＞0.9m） | 22.50  |
| 落叶大乔木（土壤深度＞1.0m） | 20.20  |
| 落叶小乔木，针叶木或疏叶性乔木（土壤深度＞1.0m） | 13.43  |
| 大棕榈类（土壤深度＞1.0m） | 10.25  |
| 密植灌木丛（高约1.3m，土壤深度＞0.5m） | 10.95  |
| 密植灌木丛（高约0.9m，土壤深度＞0.5m） | 8.15  |
| 密植灌木丛（高约0.45m，土壤深度＞0.5m） | 5.13  |
| 多年生蔓藤（以立体攀附面积计量，土壤深度＞0.5m） | 2.58  |
| 高草花花圃或高茎野草地（高约1.0m，土壤深度0.3m） | 1.15  |
| 一年生蔓藤、低草花花圃或低茎野草地（高约0.25m，土壤深度＞0.3m） | 0.35  |
| 人工修剪草坪 | 0.00  |

# 本标准用词说明

**1** 为便于在执行本标准条文时区别对待，要求严格程度同的用词说明如下：

**（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** 《2022年第一批中国工程建设标准化协会标准制订、修订计划》（建标协字〔2022〕13号）

**2**《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》（发改环资〔2022〕622号）

**3**《IPCC国家温室气体清单指南(2006年)》

**4**《环境管理-生命周期评估-原则和框架》（ISO 14040-2006）

**5**《环境管理-生命周期评估-要求和准则》（ISO 14044-2006）

**6**《温室气体-产品碳足迹-量化要求及指南》（ISO14067-2018）

**7**《省级温室气体清单编制指南》

**8**《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》

**9**《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366）

**10**《建筑碳排放核算标准》（DB3502/Z 5053）

**11**《企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施（2021年修订版）》（征求意见稿）（环办便函〔2021〕547号）

**12**《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）

**13**《关于做好2023—2025年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》（环办气候函〔2023〕43号）

**14**《铁路隧道设计规范》（TB 10003-2016）

**15**《铁路桥涵设计规范》（TB10002-2017）

**16**《高速铁路设计规范》（TB10621-2014）

**17**《铁路轨道设计规范》（TB 10082-2017）

**18**《建筑结构可靠度设计统一标准》（GB50068-2018）

**19**《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004）

**20**《铁路工程概算定额》（TZJ 2101-2113）

**21**《铁路工程预算定额》（TZJ 2000-2013）

**22**《园林绿化工程消耗量定额》（ZYA 2-31）

**23**《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）

**24**《民用建筑节水设计标准》（GB 50555）

**25**《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）》

**26**《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）

**27**《Energy performance of buildings-Calculation of energy use for space heating and cooling》（ISO 13790-2008）

**28**《建筑照明设计标准》（GB 50034）

**29**《Energy performance of lifts，escalators and moving walks》（ ISO 25745-2 2015

Lifts energy efficiency VDI 4707. 1）

**30**《铁路工程混凝土结构耐久性设计规范》

**31**《铁路桥隧建筑物修理规则》

# 附：条文说明

**铁路工程碳排放核算标准**

 Standard for Carbon Emission Accounting of Railway Engineering

条文说明

**制 订 说 明**

《铁路工程碳排放核算标准》，经~~XXX~~批准发布。

本标准在编制过程中，编制组进行了深入、广泛的调查研究，总结了我国铁路工程全生命周期碳排放研究成果，同时参考了国内外先进技术规范、计算标准。

为便于设计、咨询、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和执行条文规定，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、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目录**

[1 总则 54](#_Toc132377735)

[2 术语和符号 55](#_Toc132377736)

[3 基本规定 57](#_Toc132377739)

[4 核算边界与数据采集 59](#_Toc132377740)

[4.1边界界定 59](#_Toc132377741)

[4.2 数据采集 59](#_Toc132377742)

[5 铁路工程工程物化阶段碳排放核算 61](#_Toc132377743)

[5.1 一般规定 61](#_Toc132377744)

[5.2 铁路工程建材生产碳排放量 61](#_Toc132377745)

[5.3 铁路工程施工机械设备使用碳排放量 62](#_Toc132377746)

[5.4 铁路工程人工消耗碳排放量 62](#_Toc132377747)

[5.5 铁路工程建材运输碳排放量 63](#_Toc132377748)

[5.6 铁路工程临时占地生态恢复碳排放量 64](#_Toc132377749)

[6 铁路工程运营维护阶段碳排放核算 66](#_Toc132377750)

[6.1 一般规定 66](#_Toc132377751)

[6.2 铁路工程动力牵引年碳排放量 21](#_Toc132377752)

[6.3 铁路工程设备运行年碳排放量 73](#_Toc132377753)

[6.4 铁路工程维修维护阶段碳排放量 78](#_Toc132377754)

[6.5 铁路工程绿地年碳汇量 78](#_Toc132377755)

[7 铁路工程拆除处置阶段碳排放核算 79](#_Toc132377756)

[7.1 一般规定 79](#_Toc132377757)

[7.2 铁路工程拆除处置阶段碳排放量 79](#_Toc132377758)

[8 铁路工程全生命周期碳排放核算 82](#_Toc132377759)

[附录A 主要建材碳排放因子 83](#_Toc132377760)

[附录B 常用施工机械台班能源用量 84](#_Toc132377761)

[附录C 各类运输方式的碳排放因子 85](#_Toc132377762)

[附录D 主要能源碳排放因子 86](#_Toc132377763)

[附录E 不同植栽方式绿化固碳量 87](#_Toc132377764)

**Contents**

1 General Provisions·············································································54

2 Terms and Symbols············································································55

3 Basic Requirements···········································································57

4 Accounting Boundary and Data Acquisition··············································59

 4.1 Boundary Definition······································································59

 4.2 Data Acquisition···········································································59

5 Carbon Emission Accounting for Railway Materialization Period····················61

 5.1 General Requirements····································································61

 5.2 Carbon Emission of Building Material Production···································61

 5.3 Carbon Emission of Construction Equipment ········································62

 5.4 Carbon Emission of Labor·······························································62

 5.5 Carbon Emission of Building Material Transportation······························63

 5.6 Carbon Emission of Temporary Land Ecological Restoration ··················64

6 Carbon Emission Accounting for Railway Operation and Maintenance Period·····66

 6.1 General Requirements····································································66

 6.2 Annual Carbon Emission of Power Traction··········································66

 6.3 Annual Carbon Emission of Equipment Operation···································73

 6.4 Carbon Emission of Maintenance·······················································78

 6.5 Annual Carbon Sequestration of Green Land·········································78

7 Carbon Emission Accounting for Railway Demolition and Disposal Period········79

 7.1 General Requirements····································································79

 7.2 Carbon Emission of Demolition and Disposal········································79

8 Life Cycle Carbon Emission Accounting for Railway Engineering···················82

Appendix A Main Carbon Emission Factor of Material·········································83

Appendix B Fuel Consumption Rating Per Machine Per Team··························84

Appendix C Carbon Emission Factor for Transport Modes······························85

Appendix D Main Energy Carbon Emission Factor········································86

Appendix E Carbon Sequestration by Different Greening Methods······················87

#### 1 总则

**1.0.1** 2022年8月，国家发展改革委、国家统计局、生态环境部印发《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》（发改环资〔2022〕622号）。统一规范的碳排放核算标准是实现“碳达峰”和“碳中和”的关键基础，只有加快建立统一规范的碳排放统计核算方法，完善碳排放统计工作机制，制定各级各行业碳排放统计核算标准，才能够系统掌握我国碳排放总体情况，科学分析国内碳排放形势，为统筹有序做好“双碳”工作、促进经济社会发展全面[绿色](http://www.tanpaifang.com/zhuanti/lvsejinrong.html)低碳转型，提供全面可靠的数据支撑和坚实的基础保障。通过本标准相关核算方法和规定规范铁路工程碳排放量的计算，引导铁路工程在规划设计阶段就考虑其全生命周期节能减碳，增强对铁路工程碳排放核算、报告、监测、核查的意识。该标准的编制为铁路工程碳排放量核算提供技术参考。

**1.0.2** 对于规划设计新建铁路工程，可对不同建设方案全生命周期碳排放进行分析比较，为选择和优化铁路工程工程物化、运营维护、拆除处置方案提供依据；对于改、扩建和既有铁路工程，可用于研究其全生命周期碳排放情况，明确碳排放控制的关键环节，比较不同的铁路工程运营和改造方案碳排放情况，实现不同铁路工程修建方案全生命周期阶段碳排放的预测及管理，减少碳排放量。

**1.0.3** 本标准对铁路工程全生命周期不同阶段的碳排放分别给出了独立的核算方法。实际应用中，应根据不同需求，分专业、分阶段进行核算，核算结果可累加作为铁路工程全生命周期碳排放情况。铁路工程全生命周期阶段应按照工程物化、运营维护、拆除处置3个阶段进行核算。

**1.0.4** 本标准可按照铁路工程不同专业进行划分计算，除已列出的专业外，还可包括地质工程、灾害监测工程、迁改工程等。

**1.0.5** 铁路工程碳排放核算在符合本标准的前提下，还应符合《IPCC国家温室气体清单指南(2006年)》、《环境管理-生命周期评估-原则和框架》（ISO 14040-2006）、《环境管理-生命周期评估-要求和准则》（ISO 14044-2006）、《温室气体-产品碳足迹-量化要求及指南》（ISO14067-2018）、《省级温室气体清单编制指南》、[《建筑碳排放计算标准》](http://www.baidu.com/link?url=Xfy473tvEVjks4TKZ14RWMPjR2Dw4XNkY8o3PapbW1yC_moxCqtdkT4FI1CKF7jqLdQp4oxO85cJonXzZ6PYwq" \t "https://www.baidu.com/_blank)（GB/T 51366-2019）、《建筑碳排放核算标准》（DB3502/Z 5053-2019）、《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南》等国内外标准。

#### 2 术语和符号

**2.1 术语**

本标准所列出的术语尽可能考虑了与其他标准及技术文件的一致性和协调性。每个术语均给出了英文翻译，仅供参考。

**2.1.1** 铁路工程全生命周期贯穿铁路工程的始终，一般指的是铁路工程工程物化中的建材生产和施工建设、运营维护和拆除处置整个过程。

**2.1.2~2.1.4** 根据研究现状，不同研究者对铁路工程全生命周期的具体划分存在差异，有必要对铁路工程全生命周期各阶段的划分进行统一。在铁路工程全生命周期阶段划分中，若划分过细，碳排放核算结果必然过于繁琐，不利于数据分析与呈现；若划分过粗，一方面难以找出铁路工程碳排放的关键环节，另一方面也容易出现个别环节重复计算或者漏算而无法识别。基于以上考虑，铁路工程按照全生命周期的定义划分为工程物化阶段，主要包括建材生产、建材运输和施工建造以及临时占地生态恢复；运营维护阶段，主要包括列车动力牵引、设备运行、维修维护、铁路碳汇；以及拆除处置阶段，主要包括拆除过程中人工、机械设备、拆除物运输。

**2.1.5**碳排放是所有温室气体（Greenhouse gas, GHG）当量排放的统称，而非仅指二氧化碳的排放。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、波长在红外光谱范围内的辐射波的气态物质。

**2.1.6**碳汇是指通过植树造林、绿化环境等措施，利用植物光合作用吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在植被和土壤中，从而降低温室气体在大气中的浓度。

**2.1.7** 核算边界是指与铁路工程全生命周期阶段相关的温室气体排放的核算范围。为了保证铁路工程碳排放各环节不出现重复计算，本标准对工程物化、运营维护、拆除处置3个阶段进行了明确的核算边界划分。

**2.1.8** 建材、能源、运输等的碳排放因子是铁路工程全生命周期碳排放分析计算的数据基础，在量化评价体系中具有重要作用。国内外相关机构及研究者针对碳排放因子核算进行了大量研究。本标准在以国内外现有研究资料为基础，整理和分析适合于我国铁路工程全生命周期阶段碳排放核算的数据资料，并给出碳排放因子的推荐取值，为铁路工程碳排放核算方法构建和工程案例分析提供参考。

**2.1.9** 全球变暖潜值为某一温室气体在一定时间内相对于参考气体的累积辐射能力，标准时间长度为20年、100年、500年。IPCC定义全球变暖潜值（GWP）为在100年的时间框架内，各种温室气体的温室效应对应于相同效应的CO2的质量。CO2被作为参照气体，界定其GWP为1。表1为常见温室气体在100年时间跨度内的全球变暖潜值(GWP)。根据全球变暖潜值，可以计算在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。温室气体二氧化碳当量等于给定气体的质量乘以它的全球变暖潜值。例如排放一吨甲烷所产生的温室效应相当于排放21吨二氧化碳的温室作用效果。

表1 常见温室气体在100年时间跨度内的全球变暖潜值(GWP)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 气体名称 | 化学分子式 | 全球变暖潜值 |
| 二氧化碳 | CO2 | 1 |
| 甲烷 | CH4 | 21 |
| 氧化亚氮 | N2O | 310 |
| 氢氟碳化物 | HFCs | 14800 |
| 全氟碳化物 | PFCs | 7300-12200 |
| 六氟化硫 | SF6 | 22800 |

**2.1.10** 预算时活动水平数据主要采集于设计文件及施工组织资料等，应用《铁路工程概算定额》（TZJ 2101-2113）、《铁路工程预算定额》（TZJ 2000-2013）、《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004）、《园林绿化工程消耗量定额》（ZYA 2-31）等文件将工程量换算成材料、能源、人工的消耗，进而进行计算。决算时依据实际消耗人工工日、材料和能源，这些数据通常采集自仪表监测、采购清单、考勤打卡、备案资料等。

**2.1.11** 直接碳排放主要包括铁路工程全生命周期直接燃烧化石燃料产生的碳排放。

**2.1.12** 净购入电力、热力间接碳排放是指铁路工程全生命周期所消耗外购电力和热力产生的隐含碳排放。

**2.1.13** 其他间接碳排放主要指铁路工程全生命周期所消耗材料的生产及运输产生的碳排放。

**3 基本规定**

**3.0.1** 本条规定了以目的为导向的铁路工程碳排放核算对象及时段。标准适用于铁路工程不同专业或某段铁路、全生命周期或某阶段的碳排放核算。本标准以铁路工程的分专业工程及分步工程采用“自下而上”的方法进行碳排放核算。

**3.0.2~3.0.3** 铁路工程在工程物化、运营维护、拆除处置各阶段均产生碳排放，因此进行全生命周期碳排放计算，全面了解铁路工程对温室气体排放产生的影响。根据所需计算铁路工程全生命周期不同阶段的碳排放量，选择本标准中相应章节按界定的核算边界和核算方法进行核算。

**3.0.4** 根据《IPCC国家温室气体清单指南(2006年)》，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）。

**3.0.5** 计算铁路工程因电力消耗产生的碳排放时，应采用由国家发展和改革委员会（以下简称发改委）公布的区域电网平均碳排放因子。中国区域电网边界包括的地理范围按表2确认，不包括西藏自治区、香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省。目前仅公布了2010年、2011年和2012年的区域电网平均碳排放因子，如表3所示，尚未公布最近年度的数据。

表2 电网边界包括的地理范围

|  |  |
| --- | --- |
| 电网名称 | 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 |
| 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 |

表3 2010、2011、和2012年中国区域电网平均CO2排放因子

|  |  |
| --- | --- |
| 电网名称 | 区域电网平均CO2排放因子（kgCO2/kWh） |
| 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  |

对于全国电网平均碳排放因子，最早的数据是2015年的0.6101tCO2/MWh，一直沿用至2020年。2021年12月2日，生态环境部发布《企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施（2021年修订版）》（征求意见稿）（环办便函〔2021〕547号），提出将电网排放因子由0.6101tCO2/MWh调整为0.5839tCO2/MWh。2022年3月10日，生态环境部发布《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），提出将电网排放因子调整为0.5810tCO2/MWh。2023年2月7日，生态环境部发布《关于做好2023—2025年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知》（环办气候函〔2023〕43号）提出最新2022年度全国电网平均排放因子为0.5703tCO2/MWh。

**3.0.6** “相关性”、“完整性”、“一致性”、“准确性”和“透明性”是国际上开展碳排放量化和报告的核心要求。针对铁路工程碳全生命周期碳排放核算，“相关性”是指在量化铁路工程碳排放时，所采用的边界、资料、数据以及方法，能适应铁路工程碳排放状况，并满足相关需要；“完整性”是指针对选定的核算对象，在所界定的核算边界内，应量化和报告所有的碳排放信息，任何例外情况均应说明；“一致性”是指在量化和报告铁路工程生命周期不同阶段的碳排放时，有关计算范围、边界和方法的变化均应采用相同的方法，并记录清楚；“准确性”是指应保证铁路工程活动水平数据和排放因子数据来源以及碳排放计算过程的可靠和正确；“透明性”是指应充足、充分、透明地发布铁路工程碳排放信息的支撑材料。

**3.0.7** 为保证铁路工程全生命周期碳排放量计算的科学性和一致性，应按本标准提供的方法和要求进行计算。为保证结果的时效性，宜采用国家或地区最新颁布的数据进行计算。

**3.0.8** 铁路工程碳排放核算边界需明确铁路工程在全生命周期各阶段中的工程活动，界定产生直接碳排放、净购入电力、热力间接碳排放和其他间接碳排放的工程活动。

**3.0.9** 在铁路工程碳排放的核算中，应明确核算目的以区分预算与决算。二者的主要区别在于活动水平数据的来源。所谓铁路工程碳排放预算是指在铁路工程规划、设计或施工当中，尚未完成铁路工程建造时，通过规划和设计文件、施工组织材料、设计标准等资料和文件估算出的碳排放量。量化结果是对铁路工程建成并运行后的预测，对于方案设计优化与节能减排策略制定和实施具有重要的参考价值。而铁路工程碳排放决算是指在铁路工程建造完成，并已开始正常运营，根据实际消耗的材料、能源及人工等活动水平数据核算出的碳排放，量化结果为铁路工程建造和运行活动的实际碳排放量，可用于铁路行业碳排放量核算，同时为在建和新建铁路工程碳减排措施实施提供数据参考。

**3.0.10** 依据我国《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，铁路运输企业可对企业直接化石燃料燃烧产生的碳排放（柴油、煤炭和天然气等）和净购入电力、热力产生的间接碳排放进行碳排放核算。

**3.0.11** 在铁路工程碳排放核算完成后，不仅需明确铁路工程全生命周期、各阶段各专业的碳排放情况，还可以归一化形式确定铁路工程碳排放功能单位，如单位客运量单位里程碳排放和单位货运量单位里程碳排放等。

**4 核算边界与数据采集**

**4.1 核算边界界定**

**4.1.1** 对于铁路工程，隧道、桥涵和路基等土建基础设施的生命周期一般为铁路工程全运营维护阶段的100年，而轨道、电气化系统、车站和站房等的生命周期为30-60年不等，铁路工程子系统生命周期如表4所示。因此在生命周期维度上，可将轨道、电气化系统、车站和站房等的生命周期延伸至铁路工程的全运营维护阶段。

表4 铁路工程子系统生命周期

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 铁路工程子系统 | 生命周期/年 | 依据 |
| 1 | 隧道 | 100 | 《铁路隧道设计规范》（TB 10003-2016） |
| 2 | 桥涵 | 100 | 《铁路桥涵设计规范》（TB10002-2017） |
| 3 | 路基 | 100 | 《高速铁路设计规范》（TB10621-2014） |
| 4 | 无砟轨道 | 60 | 《铁路轨道设计规范》（TB 10082-2017） |
| 5 | 电气化系统 | 50 | - |
| 6 | 车站、站房 | 50 | 《建筑结构可靠度设计统一标准》（GB50068-2018） |

**4.1.2** 《IPCC第四次评估报告》指出，不同温室气体对全球变暖的贡献值不同，其中二氧化碳为 76%，甲烷为 14.3%，氧化亚氮为 7.9%，其他总体贡献值小于2%。在核算过程中需明确所排放温室气体对全球变暖的影响。

**4.1.3** 工程边界是指铁路工程全生命周期各阶段碳排放的边界。

**4.1.3.1** 铁路工程全生命周期内与碳排放相关的核算环节复杂多样，需要将其按照不同专业不同分步工程进行划分，以方便碳排放核算。应优先对铁路工程碳排放量贡献率大、比重高的核算环节进行计量，部分量化困难、排放量较低或量化成本过高的核算环节可以视情况不计入核算范围，但需要明确该环节对碳排放核算的影响。

**4.1.3.2** 铁路工程工程物化阶段所消耗材料、构件、部品、设备等从原材料开采、加工制造直至最终形成成品，在各个过程都会消耗能源，产生一定的碳排放，需明确核算。铁路工程建设过程中，原材料、构件、部品、设备等的运输、施工机具的使用产生的碳排放也需核算。此外施工建设完成后，施工场地的生态恢复也应予以核算。

**4.1.3.3** 铁路工程在建造完成，投入运营时，消耗能源、材料和人工，产生运营碳排放，定期和不定期的维修、维护、更换材料等产生维修维护碳排放。此外，铁路工程绿化地的固碳作用，可再生能源使用、以及采取其他措施的节能量，在核算中应予以考虑或计量。

**4.1.3.4** 铁路工程拆除处置过程中消耗人工、机具消耗能源，以及废弃物运输产生的碳排放为拆除处置碳排放。但是，拆除处置阶段办公用房、生活用房和材料库房等临时设施的施工和拆除可不计入。

**4.1.4** 在核算铁路工程碳排放量的过程中，需要对铁路工程碳排放要素进行划分，明确人工、材料、机械设备三大要素所产生的碳排放情况。

**4.2 数据采集**

**4.2.1** 针对铁路工程全生命周期具体碳排放核算环节，依据碳排放核算目的选择预算和决算中的一种方法，采集对应的能源、材料、人工消耗等活动水平数据，以及相对应的碳排放因子数据。

**4.2.2~4.2.3** 采集铁路工程碳排放核算环节的活动水平数据是铁路工程碳排放核算的重要步骤，活动水平数据的质量与详尽程度对核算结果有着重要的影响。

**4.2.4** 碳排放因子是碳排放核算的重要基础数据。应首选经权威机构认证的最新发布的数据，如IPCC或国家标准。其次，可从本标准附录中引用相关碳排放因子。另外，针对原材料、构件、部品、设备的碳排放因子的选用，应当注意排放因子边界的统一。由于数据来源的多样性，各类因子边界范围可能存在差异，例如，钢材碳排放因子数值的高低，除了与生产工艺、生产水平相关外，还与生产钢材的原材料（例如：铁矿石或废钢）密切相关。可通过分析所采集数据或碳排放量的不确定性，以提高所采集数据的质量，以及碳排放量的准确性。

####

#### 5 铁路工程物化阶段碳排放核算

##### 5.1 一般规定

**5.1.1** 铁路工程工程物化阶段碳排放应包括建材生产、施工机械设备使用、人工消耗、建材运输以及临时占地生态恢复等产生的的碳排放。

**5.1.2** 本条款规定铁路工程工程物化阶段的建材应至少包括主体结构材料、附属结构材料、围护结构材料、临时设施材料（如水泥、混凝土、钢材、墙体材料、玻璃、铝型材、瓷砖、石材等）。其他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，也应计入计算范围。

**5.1.3** 铁路工程采用的再生材料、可再生能源、施工新工法等减少的碳排放应计入核算范围。

##### 5.2 铁路工程建材生产碳排放量

**5.2.****1~5.2.3** 建材碳排放因子应是建材生命周期碳排放，时间边界从建材的上游原材料、能源生产开始，到建材出厂结束，包含建材生产所涉及原材料、建材生产所消耗能源、建材生产所涉及原材料、能源的运输。当其中某一过程碳排放缺失或被忽略时，应予以说明。

条目对碳排放因子应包含的内容进行规定，旨在帮助铁路工程碳排放核算工作人员识别有效的碳排放因子。同时，为了保证目前条件下碳排放核算工作的可操作性，本标准根据IPCC、中国生命周期基础数据库以及国内最新的研究成果，将常用铁路工程材料的碳排放因子总结于附录A。在未能获得有效碳排放因子数据前，核算工作人员可根据附录A的缺省值进行计算。

**5.2.4** 使用低值废料和再生原料生产建材以及再循环利用废料，有利于降低铁路工程全生命期的碳排放。

##### 5.3 铁路工程施工机械设备使用碳排放量

**5.3.1** 施工机械设备的能源主要有电、汽油、柴油和燃气等，电量以千瓦时（kWh）为计量单位，汽油和柴油以公斤（kg）为计量单位，燃气以立方米（m³）为计量单位。本标准附录D列出了主要能源的碳排放因子。

**5.3.2~5.3.4** 施工机械设备使用碳排放量核算的关键在于确定施工机械设备的电、汽油、柴油、燃气等能源的消耗量，本标准给出两种活动水平数据采集方法：一是施工工序能耗估算法，即根据各专业分部工程和措施项目的工程量、单位工程机械台班消耗量和单位台班机械消耗能源，逐一进行计算累加，汇总得到铁路工程工程物化阶段能源总用量；二是施工能耗清单统计法，即通过现场电表、燃气、汽油和柴油消耗台账进行统计，汇总得到工程物化阶段实际能耗。

**5.4 铁路工程人工消耗碳排放量**

**5.4.1** 铁路工程工程物化阶段，建设施工人员工驻扎营地生活过程中产生的碳排放应计入核算范围。

**5.4.2** 通过查询人员清单等铁路工程相关资料，可获得铁路工程工程物化阶段的人员清单数据。若数据无法获取时，可根据《铁路工程概算定额》（TZJ 2101-2113）、《铁路工程预算定额》（TZJ 2000-2013）和设计资料获得。

**5.4.3~5.4.4** 人工碳排放因子应包括施工人员生活的碳排放。人工碳排放因子应来自公认的可靠来源，采用经权威机构认证的最新发布的数据。

**算例1. 浆砌片石护坡工程**

某路基浆砌片石护坡工程内容包括挖基、回填夯实、角墙砌筑、浆砌片石护坡。浆砌片石护坡工程量为1000m³。计算路基浆砌片石护坡工程消耗材料产生的碳排放量。

根据国家定额《铁路工程概算定额》第一册路基工程（TZJ 2101-2018）定额子目路基浆砌片石护坡工程，单位工程量（100m³)和建材碳排放因子，建材的消耗量和建材的碳排放因子分别为：

普通水泥42.5级 =9164.375kg=0.867 kgCO2e/kg

片石 =117m³=5.4 kgCO2e/ m³

碎石80以内 =74.160m³ =6.6 kgCO2e/ m³

中粗砂 =38.657m³ =3.5893 kgCO2e/ m³

水 =48.498t =0.01 kgCO2e/t

根据公式（5.2.1）计算得到路基浆砌片石护坡工程的消耗材料产生的碳排放量为：

**算例2.** **浆砌片石护坡工程**

某路基浆砌片石护坡工程内容包括挖基、回填夯实、角墙砌筑、浆砌片石护坡。浆砌片石护坡工程量为1000m³。计算路基浆砌片石护坡工程机械设备使用产生的碳排放量。

根据国家定额《铁路工程概算定额》第一册路基工程（TZJ 2101-2018）定额子目浆砌片石护坡和《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004），单位工程量（100m³)，机械台班消耗和机械单位台班的能源用量分别为：

履带式液压单斗挖掘机≤1.0m³ =0.093台班 = 62.90kg柴油/台班

单筒快速卷扬机≤10kN =5.800台班 = 38.40 kWh电/台班

灰浆搅拌机≤400L =1.332台班 = 20.16 kWh电/台班

根据公式（5.3.2）计算得到路基浆砌片石护坡工程机械设备能源用量为：

根据公式（5.3.1）计算得到路基浆砌片石护坡机械设备碳排放量为：

##### 5.5 铁路工程建材运输碳排放量

**5.5.1** 本标准依据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》中移动源燃烧相关方法计算材料运输的碳排放。决算时，运输量、运输距离和运输方式通过查询采购清单、运输台账等资料确定能耗。当实际运输台账数据难以获取时，运输量、运输距离和运输方式可通过查询设计文件、施工组织资料等确定，根据平均运输耗能量与运输距离预算碳排放量。

**5.5.2** 本条主要考虑建材运输过程所消耗能源的开采、加工。建材运输碳排放应包含：建材从生产地运到施工现场的运输过程、建材运输过程所消耗能源的开采、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。

**算例：浆砌片石护坡工程建材运输碳排放量**

某路基浆砌片石护坡工程，建设过程中使用到的材料有普通水泥42.5级、片石、碎石80以内、中粗砂及水，浆砌片石护坡工程量为1000m3，计算浆砌片石护坡工程建材运输碳排放量。

根据《铁路工程概算定额》第一册路基工程（TZJ 2101-2018）定额子目路基浆砌片石护坡工程，得出单位工程量（100m3）建材用量；查设计文件和施工组织文件，得出建材的运输量、运输距离和运输方式；查《铁路工程材料基期价格》（TZJ 3003-2017）得出材料单位重量；查附录C得出各种运输方式的碳排放因子，建材的运输量、运输距离、运输方式及碳排放因子分别为：

普通水泥42.5级 运输量：=9164.375kg 运输距离：=450km 运输方式：铁路运输（中国市场平均）=0.01 kgCO2e/（t·km）

片石 运输量：=117 m3 运输距离：=5km 运输方式：重型汽油货车运输（载重10t）=0.104 kgCO2e/（t·km）

碎石80以内 运输量：=74.16m3 运输距离：=5km 运输方式：重型汽油货车运输（载重8t）=0.115 kgCO2e/（t·km）

中粗砂 运输量：=38.657m3 运输距离：=5km 运输方式：重型柴油货车运输（载重46t）=0.057 kgCO2e/（t·km）

水 运输量：=48.498t 运输距离：=5km 运输方式：重型柴油货车运输（载重30t）=0.078 kgCO2e/（t·km）

根据公式（5.5.1）计算浆砌片石护坡工程建材运输碳排放量（）为：

##### 5.6 铁路工程临时占地生态恢复碳排放量

**5.6.1** 临时占地生态恢复是指施工现场、临时设施和废弃物填埋场等在铁路工程建造完成后需要对其占地进行生态修复，临时工程主要包括拌合站、钢筋加工场、预制梁场、施工便道、便桥等。临时占地生态恢复碳排放量计算需要考虑土地整理、起挖植物、运输苗木、移植栽植植物以及植物管培等消耗的人工、材料及机械设备台班。

**5.6.2** 本条规定了临时占地生态恢复人工、材料消耗、机械设备台班碳排放核算方法，与公式（5.4.1）、公式（5.2.1）、公式（5.3.1）关于人、材、机计算方法一致。其中人工工日消耗量、材料消耗量、机械设备能耗量依据实际消耗人工工日、材料消耗清单和能耗清单进行采集；不能获得时可依据设计资料、《园林绿化工程消耗量定额》（ZYA 2-31）、《铁路工程预算定额》（TZJ 2000-2013）等进行预算。

**5.6.3** 本条针对土壤和生态环境的特点，提出了化肥和农药的使用要求。合理选择化肥及农药品种及用量，防止和控制化肥及农药对环境的污染。化肥和农药使用量可依据实际材料消耗清单进行取值；不能获得时，可依据设计资料、《园林绿化工程消耗量定额》（ZYA 2-31）等进行预算。

**算例：植小灌木**

某临时施工道路，道路长度9000m，宽度4.5m，临时施工道路生态恢复工程包括表土回填、表土剥离、植小灌木、喷播植草、生态防护网、团粒客土喷播。以临时施工道路生态恢复工程植小灌木为算例，根据设计资料需要植小灌木50株，采用栽植单株带土球灌木冠径≤250cm，计算栽植小灌木过程中人工、材料、机械设备碳排放量。

根据《园林绿化工程消耗量定额》（ZYA 2-31）和附录B 常用施工机械台班能源用量，单位工程量（10株）人工总工日、材料消耗量、机械台班消耗量和机械单位台班的能源用量：

人工 =4.52工日；

水 =1.375m3；

汽车式起重机 提升质量8t =0.08台班 =35.28kg柴油/台班；

查附录A 建材碳排放因子、附录D 主要能源碳排放因子，得出人工、水及柴油的碳排放因子。

根据公式（5.4.1）、公式（5.2.1）、公式（5.3.1）计算得到栽植小灌木过程中人工、材料、机械设备的碳排放量。

**6 铁路工程运营维护阶段碳排放核算**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 铁路工程运营维护阶段碳排放量应考虑列车动力牵引、设备运行、铁路维修维护碳排放量，铁路工程绿化、植被的碳汇量也应记入。动力牵引、设备运行碳排放量及铁路绿地碳汇量计算其年均量，再依据时间跨度进行累加。

**6.1.2** 本标准规定铁路工程运营年限应与设计文件一致，当设计文件不能提供时，时间累计通常可取100年。。使用者可逐年核算铁路工程运营维护碳排放量，再将结果累加，作为一定运营时间跨度范围内的碳排放量。

**6.1.3** 铁路工程设备运行碳排放主要考虑设备运行过程中能源消耗产生的碳排放，包括暖通空调、照明、电梯、水泵、风机及生活热水系统等。动力牵引年碳排放量、设备运行年碳排放量、维修维护碳排放量和绿地年碳汇量分别按本标准6.2-6.5条相关规定计算。

**6.1.4** 铁路工程动力牵引的碳排放量核算应考虑采取节能措施的减碳量，设备运行碳排放量核算应考虑使用可再生能源时的减碳量，铁路维修维护碳排放量核算应考虑使用再生材料及低碳材料的减碳量。

**6.2 铁路工程动力牵引年碳排放量**

**6.2.1** 动力牵引碳排放量（）主要涉及列车运行过程中能源消耗产生的碳排放量，按照机车消耗的能源类型分为电力机车和内燃机车，电力机车计量耗电量，内燃机车计量耗油量。根据不同类型的能源年消耗量，采用对应能源碳排放因子计算出动力牵引年碳排放量。

**6.2.2** 动力牵引系统消耗电能、燃油等形式的终端能源。进行决算时，能源消耗量数据来源于仪表计量的实际消耗数据；进行预算时，能源消耗量应依据设计资料，参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）计算得出。

**6.2.3** 动力牵引年能源消耗量（）由单次运行单位里程动力牵引能耗累计计算得出。列车运行过程中的受力情况包括发动机产生的机车牵引力，由线路条件和外部环境造成的列车运行阻力，由制动设备产生的列车制动力。结合不同运行工况分别计算单位合力，再使用基于《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）和本标准相关规定开发的列车牵引计算软件计算单次运行能源消耗量。

**6.2.3.1** 机车单位牵引力（）按照机车牵引力（）结合机车计算重量（）和牵引计算重量（）进行计算。

**（1）-（2）**《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）规定，机车牵引力以轮周牵引力为计算标准，即以轮周牵引力来衡量和表示机车牵引力的大小。轮周牵引力一般按照《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）中电力机车及内燃机车已知的牵引特性曲线，采用曲线拟合法或者线性插值法得出机车牵引力（）大小。

**（3）-（5）**一般给定的内燃机车柴油机功率、机车牵引力都是在标准大气条件下的数据，但在高海拔、高气温条件下，因空气密度小，进入柴油机气缸中的空气量少，燃烧恶化，柴油机功率降低导致机车牵引力降低，必须对牵引力进行修正。修正的办法是通过试验得出的温度修正系数（）和海拔修正系数（）进行修正，其中，温度修正系数（）和海拔修正系数（）参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）进行取值。

**6.2.3.2** 列车单位阻力

**（1）**形成列车阻力的原因复杂，按照阻力形成的原因分为运行基本阻力（）和附加阻力（）。基本阻力（）是列车在任何运行（包括起动）情况下都存在的阻力。运行基本阻力实际上是列车在平直道上运行时的阻力，列车在平直道上起动时只有起动基本阻力，在平直道上运行时只有运行基本阻力。

基本阻力（）决定于许多因素，它与机车、车辆结构和技术状态、轴重、线路情况、气候条件以及列车运行速度等都有关系。由于这些因素极为复杂，甚至于相互矛盾，实际应用中很难用理论公式进行准确计算。《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）规定，机车基本阻力公式不再区分牵引和惰行两种工况，采用统一（惰行工况）公式。各型号机车、客车及货车的单位运行基本阻力公式系数分别参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）选取。

表6-1 不同机型电力机车单位运行基本阻力公式系数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **机型** | **A** | **B** | **C** |
| SS1、SS3、SS4、SS4（改） | 2.25 | 0.0190 | 0.000320 |
| SS4B | 2.16 | 0.0012 | 0.000401 |
| SS34000、SS3B、SS6、SS6B | 1.89 | 0.0029 | 0.000396 |
| SS7 | 1.40 | 0.0038 | 0.000348 |
| SS7C | 1.44 | 0.0099 | 0.000298 |
| SS7D、SS7E | 1.23 | 0.00179 | 0.000233 |
| SS8 | 1.02 | 0.0035 | 0.000426 |
| SS9、SS9（改） | 1.75 | 0.0234 | 0.000184 |
| 8G、8K | 2.55 | 0.0089 | 0.000212 |
| HXD1（轴重23 t）、HXD1（轴重25t）、HXD1B、HXD1C（轴重23 t）、HXD2、HXD2B、HXD2C（轴重23 t）、HXD2C（轴重25 t）、HXD3（轴重23 t）、HXD5（轴重25 t）、HXD3A（轴重25 t）、HXD3B、HXD3C、HXD3CA | 1.20 | 0.0065 | 0.000279 |
| HXD1D、HXD3D | 1.48 | 0.0018 | 0.000304 |
| HXD1F（轴重27 t）、HXD2F（轴重27t）、HXD1F（轴重30 t）、HXD2F（轴重30t） | 1.61 | 0.0177 | 0.000192 |

表6-2 不同机型内燃机车单位运行基本阻力公式系数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **机型** | **A** | **B** | **C** |
| DF4（货、客）、DF4B（货、客）、DF4C（货）、DF4D（货、客）、DF4DF、DF4E、DF7D、DF10F | 2.28 | 0.0293 | 0.000178 |
| DF8、DF8B、DF8B（高原） | 2.40 | 0.0022 | 0.000391 |
| DF11、DF4D（准高速） | 0.86 | 0.0054 | 0.000218 |
| DF11G、DF11G | 1.16 | 0.0089 | 0.000160 |
| ND5 | 1.31 | 0.0167 | 0.000391 |
| NJ2 | 1.87 | 0.0052 | 0.000344 |
| HXN3 | 0.82 | 0.0026 | 0.000499 |
| HXN5 | 0.95 | 0.0023 | 0.000497 |

表6-3 不同车型客车单位运行基本阻力公式系数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **车型** | **A** | **B** | **C** |
| 120 km/h 速度等级 | 1.66 | 0.0075 | 0.000155 |
| 140 km/h 速度等级 | 1.82 | 0.0100 | 0.000145 |
| 160 km/h 速度等级（单层） | 1.61 | 0.0040 | 0.000187 |
| 160 km/h 速度等级（双层） | 1.24 | 0.0035 | 0.000157 |

**（2）**附加阻力（）是列车在个别情况下才遇到的阻力。如列车在坡道上运行时的坡道附加阻力（），在曲线上运行时的曲线附加阻力（），在隧道中运行时的隧道附加阻力（）等。

**（3）**-**（4）**具有一定长度并处于运动状态中的列车，在进出和通过坡道、曲线、隧道的过程中，列车所受的各种附加阻力都随时在变化。目前，手工计算时仍然只能把列车看成没有长度的一个质点，计算是以坡段（不一定是自然坡段）为单元，在列车的质心（即重心，假定列车是均质的，取为中心）越过变坡点时，列车所受的坡道附加阻力突然改变。在这种情况下，曲线阻力、隧道阻力折算坡度的长度，只能是该曲线、隧道所在坡段的长度，而不是列车长度。曲线阻力（隧道阻力）换算成折算坡度千分数的实质，是根据等效处理的原则，用一个与曲线（隧道）所在坡段等长的折算坡度千分数（或）来代替曲线阻力（隧道阻力）对列车的作用（就像坡道阻力一样）。

**①** 机车车辆单位加算附加阻力（）

机车车辆的单位坡道附加阻力（）、单位曲线附加阻力（）和单位隧道附加阻力（）合并在一起称为单位加算附加阻力（）。

机车车辆的单位加算附加阻力（）可以用加算坡度千分数（）表示，的数值等于单位加算附加阻力。

**②** 单位坡道附加阻力（）

机车、车辆在坡道上运行时，除了基本阻力之外，还有坡道附加阻力，简称坡道阻力。坡道阻力是机车、车辆的重力沿轨道下坡方向的分力。坡度千分数的意义是，当线路前进距离为1000 m时，其坡道终点与始点的高度差。上坡为“＋”号，下坡为“—”号。例如5‰的坡道，表示每前进1000 m的距离升高5 m的上坡道。可以从理论上证明，机车、车辆的单位坡道阻力（N/kN）在数值上正好等于坡度的千分数，见图6-1。



图6-1 坡道阻力示意图

图6-1代表列车运行于上坡道时的受力示意图。BC为AB距离中标高上升的高度，则坡度的千分数为

设列车受到的重力为，根据力学中力的合成与分解，由夹角相等的几何关系可得：

 （kN）

其中的单位为kN，单位坡道附加阻力的单位是N/kN，因此单位坡道附加阻力为：

上式表明：列车单位坡道阻力在数值上等于坡道坡度的千分数。例如:列车运行在5‰的上坡道上，单位坡道阻力；若在5‰的下坡道运行时，单位坡道阻力。

**③** 单位曲线附加阻力（）

机车车辆在曲线上运行时的阻力大于同样条件下直线上运行时的阻力，其增大部分叫曲线附加阻力，简称曲线阻力。引起曲线阻力的主要原因是机车、车辆在曲线上运行时，轮轨间的纵向和横向滑动、轮缘与钢轨内侧面的摩擦增加，同时，由于转向架转向和侧向力的作用，上下心盘等部分摩擦加剧。

曲线附加阻力的影响因素复杂，难以用理论推导出计算公式，通常用对比的方法，并考虑主要的、易于计算的因素—曲线半径R，经试验得出试验公式。

**④** 单位隧道附加阻力（）

列车进入隧道后，列车头部正压与列车尾部的负压都增大，列车头尾形成较大压力差，大大增加了列车的空气阻力。同时，空气沿列车表面及隧道表面流动的速度提高，加之机车车辆外形结构的原因，空气形成紊流，造成空气与列车表面及隧道表面的摩擦，产生摩擦阻力，以上两项阻力之和称为隧道空气附加阻力，用表示。显然总为正值，也可以用折算坡度的千分数表示，记作。

隧道越长、牵引辆数越多、运行速度越高，隧道空气附加阻力越大。单位隧道空气附加阻力（），可以采用风洞模拟试验或隧道内外对比试验，一般情况下，可以使用经验公式进行估算。

**6.2.3.3** 列车单位制动力

**（1）**列车制动力的计算分为实算法和换算法。换算法为了简化列车制动力的计算，不管列车中同一种摩擦材料有多少种实算闸瓦压力值，都采取一个固定实算闸瓦压力的实算摩擦系数作为标准，这个摩擦系数称为换算摩擦系数（）。当列车中制动摩擦材料为同一品种时，共用一个换算摩擦系数，它与全列车总换算闸瓦压力的乘积就是列车的紧急制动力（）。结合机车计算重量（）和牵引计算重量（）计算列车单位紧急制动力（）。

**（2）**当列车使用常用制动时，列车单位常用制动力（）小于列车单位紧急制动力（），二者的比值称为常用制动系数，其中，旅客列车和货物列车的常用制动系数按照《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）取值，列车进站制动常用制动系数取0.5。

表6-4 常用制动系数

|  |  |
| --- | --- |
| 列车管减压量kPa | 常用制动系数 |
| 旅客列车 | 货物列车 |
| 列车管定压600 kPa | 列车管定压500 kPa | 列车管定压600 kPa |
| 50 | 0.19 | 0.19 | 0.17 |
| 60 | 0.29 | 0.32 | 0.28 |
| 70 | 0.39 | 0.42 | 0.37 |
| 80 | 0.47 | 0.52 | 0.46 |
| 90 | 0.55 | 0.60 | 0.53 |
| 100 | 0.61 | 0.68 | 0.60 |
| 110 | 0.69 | 0.75 | 0.67 |
| 120 | 0.76 | 0.82 | 0.73 |
| 130 | 0.82 | 0.89 | 0.78 |
| 140 | 0.88 | 0.95 | 0.83 |
| 150 | 0.93 | — | 0.88 |
| 160 | 0.98 | — | 0.93 |
| 170 | 1.00 | — | 0.96 |

**（3）**各型电力机车电制动力及内燃机车电制动力（）参考《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）进行取值，结合机车计算重量（）和牵引计算重量（）计算列车单位电制动力（）。

**6.2.3.4** 列车所受牵引力、阻力、制动力的方向不同，对列车所起的作用不同，列车运动状态取决于作用在列车上的合力。把与列车运行方向相同的力规定为正，相反的力规定为负，为了计算和分析的方便，通常用单位合力来计算。机车工况不同，作用于列车上的力的组合也不同。

**6.2.3.5** 动力牵引系统年运行能耗量（）根据列车年运行次数（）和单次运行能源消耗量（）进行计算。列车运行过程中，当单位合力c≠0时，在一定速度间隔内，取其平均速度的单位合力计算在此速度间隔内的运行时间。单次运行能源消耗量（）根据时刻的列车运行速度（）、列车牵引力（）和牵引力系数（）进行积分计算。

**6.2.4** 再生制动是指在制动工况时将电动机切换成发电机运转，利用车的惯性带动电动机转子旋转而产生反转力矩，将一部分的动能或势能转化为电能并加以储存或利用，是一个能量回收的过程。再生制动能量指制动时把车辆的动能转化及储存起来能够再利用的能量。

进行决算时，应根据监测仪表数据进行计量，当无法获得监测数据时，应依据相关设计资料进行计算。

**算例：动力牵引年碳排放量**

设定某线路区段长度30 km，其区间线路概况（车站、坡度、曲线、隧道、电分相及限速）如图6-2所示，该线路采用FXD-1机车。



图6-2 区段线路概况

使用依据本标准相关内容及《列车牵引计算规程》（TB/T 1407）开发的软件，输入上述线路数据及列车相关数据，参考图6-3牵引计算软件计算流程图，计算得出上行运行总能耗为610.22 kWh，下行运行总能耗为717.36 kWh。



图6-3 牵引计算软件计算流程图

次

设列车运行次数为每日5对车，则年运行次数为3650次（其中上行1825次，下行1825次）。

根据公式（6.2.3.5-1）和（6.2.1）计算年运行能源消耗量和动力牵引年碳排放量。其中，电力碳排放因子参考生态环境部发布的《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）》，中国2020年电网平均二氧化碳排放数值为0.5810 kgCO2e/kWh。

即列车动力牵引产生的年碳排放量为。

**6.3 铁路工程设备运行年碳排放量**

**6.3.1** 设备运行年碳排放量（CR-E-E）主要由暖通空调、照明、电梯、水泵、风机以及生活热水系统等设备运行消耗能源产生的；制冷剂又称制冷工质，常用的制冷剂有无机化合物、氟利昂、共沸溶液、碳氢化合物、R-404A制冷剂等。它是在制冷系统中不断循环并通过其本身的状态变化以实现制冷的工作物质，制冷剂循环过程中转化成气体扩散到大气中，属于温室气体。

**6.3.2** 可再生能源包括太阳能生活热水系统、地源热泵系统、光伏系统和风力发电系统等；可再生能源系统的减碳量受资源和能源系统的实际用能量影响，计算铁路工程碳排放时，应考虑可再生能源供应与铁路工程能源消耗的匹配性，并在对应铁路工程能源系统的能源消耗量中扣除。

**6.3.3** 每台设备制冷剂充注量由所添加制冷剂的机型决定。规定以二氧化碳的全球变暖潜值GWP为1，泄露制冷剂的GWP值可按本标准附录E选取。

**6.3.4** 设备运行年能源消耗量

**6.3.4.1** 冷负荷为建筑物为保持热湿环境和所要求的室内温度，由空调系统从房间带走的热量，或在某一时刻需向房间供应的冷量，冷负荷包括显热量和潜热量两部分。相反，如果空调系统需要向室内供热，以补偿房间损失热量而向房间供应的热量则称为热负荷。铁路高峰期包括春假、寒暑假放假、长假（五一、十一期间）等是冷负荷和热负荷的高峰期。

**6.3.4.2** 目前常用的逐时能耗模拟工具都较为复杂、涉及的计算因素也很多，对计算工程师的专业素质要求高，计算工作量大，计算结果一致性不高。国际标准化组织发布的《Energy performance of buildings-Calculation of energy use for space heating and cooling》（ISO 13790-2008）提供了简便、准确的月平均负荷计算方法，英国官方提供的建筑能效和碳排放计算软件SBEM、德国的WUFI和PHPP、我国的爱必宜均采用该方法。在工程应用上具有一致性高和计算简便的优势，能够保证评价结果的一致性和权威性。

**6.3.4.3** 地源热泵系统的供暖效率较高，在暖通空调系统的能耗计算中已经考虑在内，不应再单独计算其碳减排量。

**6.3.4.4** 输送系统包括冷冻水系统、冷却水系统、热水系统和风系统；水泵风机包括贯流风机、离心风机和轴流风机，能源消耗主要来自水泵风机运转过程中产生的电力能耗。

**6.3.4.5** 对铁路工程房建碳排放进行计算，主要是考虑暖通系统不同而带来的碳排放不同。

其中人员短期逗留区域空调供冷工况室内设计参数宜比长期逗留区域提高1℃- 2℃，供暖工况宜降低1℃-2℃。短期逗留区域供冷工况风速不宜大于0.5m/s，供暖工况风速不宜大于0.5m/s。

通常人员长期逗留区域空调室内设计温度，供暖工况选22℃，供冷工况选26℃。人员短期逗留区空调供暖工况选20℃，供冷工况选 28℃。辐射供冷室内设计温度选27℃。

**6.3.4.6** 区域照明功率密度值指建筑内单位面积的照明安装功率，单位为瓦/平方米，区域照明面积为铁路工程内的灯具所照射的面积，区域照明时间为铁路工程内的灯具的照明时间，应急灯照明功率密度指房建内应急灯单位面积的照明安装功率。照明系统应按面积计算能量消耗，进而计算铁路工程的照明系统的碳排放。照明系统单位面积的小时照明功率的确定主要按现行国家标准《建筑照明设计标准》（GB 50034）执行。

照明系统的能量消耗的计算应考虑日光照射、控制方式和室内人员的影响。铁路工程中需要照明系统的建筑使用模式是影响照明系统能耗的主要因素，高、低峰期、经济条件、地域差异情况都会对人的行为模式产生影响，为了更为准确地考虑铁路工程内人员对照明能耗的影响，通常假定铁路工程中的人员具有一致的行为习惯，此时，照明系统固有的控制方式是影响铁路工程照明能耗的主要影响因素。

照明系统可以根据人员需求对房间内的照明系统进行开关控制，人员感应控制可以根据室内人员的有无对照明系统进行控制，光电控制可以根据自然采光下的房间照度对照明系统进行控制，因此照明系统的控制方式是影响照明系统开启时间的重要因素。

照明为满足铁路工程中各个建筑功能提供了必要条件，良好的照明条件有利于生产、工作和身体健康。与此同时，为了提供必要的照明条件，照明系统消耗一定的能源并产生碳排放。准确计算照明系统的能源消耗需要考虑灯具的效率、使用时间、人员、控制策略、自然采光等对照明能耗的影响。

**6.3.4.7** 电梯

电梯能耗受使用时间影响较大，电梯的能耗不仅与电梯自身的配置情况有关，而且还与生产、生活建筑的结构、电梯的数量和布局、建筑内客流情况以及电梯的调度情况等有关，因此，电梯能耗计算复杂。本标准参考了国际标准“Energy performance of lifts，escalators and moving walks ISO 25745-2 2015”的核算方法。电梯在使用过程中，能量消耗主要体现在运行能耗和待机能耗两部分。德国标准“Lifts energy efficiency VDI 4707. 1”是国际上比较通用的电梯能效标识系统。标准中待机的能量需求等级和运行时的能量需求等级见表6-6和表6-7。

国内外学者对电梯的待机时间和运行时进行了研究和总结，表6-8中列出了相关研究结果，可供计算时使用。

表6-6 待机时的能量需求等级

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 输出（W） | ≤50 | （50，100] | (100,200] | (200,400] | (400,800] | (800,1600] | ＞1600 |
| 等级 | A | B | C | D | E | F | G |

表6-7 运行时的能量需求等级

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 特定能量消耗（mWh·kgm） | ≤0.56 | （0.56，0.84] | （0.84，1.26] | （1.26，1.89] | （1.89，2.80] | （2.80，4.20] | ＞4.20 |
| 等级 | A | B | C | D | E | F | G |

表6-8 常见电梯平均运行时间和平均待机时间

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 使用种类 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 使用强度/频率 | 非常低非常少 | 低少 | 中等偶尔 | 高经常 | 非常高非常频繁 |
| 平均运行时间（每天的小时数）（h） | 0.2（≤0.3） | 0.5（0.3-1） | 1.5（1-2） | 2（2-4.5） | 6（＞4.5） |
| 平均待机时间（每天的小时数）（h） | 23.8 | 23.5 | 22.5 | 21 | 18 |
| 典型建筑类型和使用情况 | 1.单元住户6人以下的住宅；2.很少运行的小型办公楼或行政楼 | 1.单元住户20人以下的住宅；2.2层-5层的小型办公楼或者行政楼；3.小型旅馆；4.很少运转的货运电梯。 | 1.单元住户50人以下的住宅；2.10层以下的小型办公楼或者行政楼；3.中型酒店；5.中等运转的货运电梯。 | 1.单元住户50人以上的住宅；2.10层以上的小型办公楼或者行政楼；3.大型酒店；4.小型至中型医院；5.只有一半的生产过程用货运电梯。 | 1.超过100m高的办公楼或行政楼；2.大型医院；7.多班次生产过程用货电梯。 |

**算例：电梯系统**

某车站电梯，采用升降电梯，电梯运行时能量需求等级为B级，待机时的能量需求等级为C级，井道尺寸为2595mm×2950mm，基坑深度为1700mm，服务楼层为2楼，各计算参数如下：

电梯特定能量消耗P=0.7m·Wh/kg·m；电梯年平均运行小时数ta=2190h；

电梯速度V=1m/s；电梯额定载重量W=1600kg；

电梯待机时能耗ES=150W；电梯年平均待机小时数ts=2190h。

根据公式（6.3.3.6）计算电梯年运行能耗为：

=9158.58kWh/a

**6.3.4.8** 水泵、风机在计算年能源消耗量中，水泵效率一般能达到70%，风机能达到90%以上。

**6.3.4.9** 生活热水的需求量与室内人员的数量、使用习惯和活动类型有关。生活热水碳排放量计算应按室内人数和候车厅、生产、生活房屋的类别来计算。而不是按房间面积来确定。这里的生活热水不包括饮用水，仅包括生产、生活房屋和候车厅日常洗浴和供暖等的热水供应。

准确计算生活热水在储存、输配过程中的各项热损失，包括生活热水输配热损失、储热水箱热损失和二次循环热损失是生活热水系统能耗计算的难点，这些损失通过生活热水输配效率（ηH）综合考虑。

生活热水系统包括有电热水器、燃气热水器、热泵热水器等类型，电热水器和燃气热水器的效率较为稳定，可直接按额定功率进行计算，但热泵型热水器的效率受环境因素影响较大，应采用年系统平均效率进行计算。

**6.3.4.10** 本标准考虑太阳能系统在生活热水中的广泛应用，核算碳排放应考虑太阳能系统的碳减排。

**6.3.4.11** 光伏系统的发电量是动态变化，太阳能资源逐时变化，且系统效率也受资源因素的影响。

当前的太阳能电池种类包括了晶体硅电池、薄膜电池及其他材料电池。其中硅电池又分为单晶电池、多晶电池和无定形硅薄膜电池等。对太阳能电池而言，最重要的参数是光电转换效率，在实验室所研发的硅基太阳能电池中，单晶硅电池效率为 25.0%，多晶硅电池效率为20.4%，铜铟镓硒薄膜（CIGS）电池效率达19.6%，碲化镉（CdTe）薄膜电池效率达16.7%，非晶硅（无定形硅）薄膜电池的效率为 10.1%，而在实际应用中效率略低这一水平。表6-9提供了一些常见的光伏电池的转换效（KE）。

表6-9 光伏电池转化效率

|  |  |
| --- | --- |
| 组件类型 | 效率 |
| 单晶硅 | 15% |
| 多晶硅 | 12% |
| 无定形硅 | 6% |
| 其他非晶体硅薄膜 | 8% |

光伏发电系统在光电转换和输配过程中存在能量的损失，表6-10列出了常见环节的损失效率。计算时应注意，光伏系统光伏面板的净面积计算时不包括支撑结构。

表6-10 光电系统损失

|  |  |
| --- | --- |
| 组件类型 | 损失效率 |
| 转换器损失 | 7.5% |
| 组件遮光 | 2.5% |
| 组件温度 | 3.5% |
| 遮光 | 2.0% |
| 失配和直流损失 | 3.5% |
| 最大功率点失配误差 | 1.5% |
| 交流损失 | 3.0% |
| 其他 | 1.5% |
| 总损失 | 25.0% |

**6.3.4.12** 本条提供了风力发电系统年发电量的简化计算公式。其中地形类别和相关系数见表6-11，风力涡轮机的效率见表6-12。年可利用平均风速为风速大于0m/s时刻的风速的平均值。8760h为一年中的小时数。

表6-11 地形类别和相关系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地形类别 | 场地因子 | 地表粗糙系数 |
| 开阔平地 | 0.17 | 0.01 |
| 有护栏的农村，临时的农村建筑、房屋或数目 | 0.19 | 0.05 |
| 郊区，厂区 | 0.22 | 0.30 |
| 平均高度超过15m的建筑占15%面积以上的市区 | 0.24 | 1.00 |

表6-12 风力涡轮机效率

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 年可利用平均风速（m/s） | 小型涡轮机（＜80kW） | 中型涡轮机（≥80kW） |
| （0,3] | 0% | 0% |
| （3,4] | 20% | 36% |
| （4,5] | 20% | 35% |
| （5,6] | 19% | 33% |
| （6,7] | 16% | 29% |
| （7,8] | 15% | 26% |
| （8,9] | 14% | 23% |
| ＞9 | 14% | 23% |

**6.4 铁路工程维修维护阶段碳排放量**

**6.4.1** 铁路工程运营阶段，部分材料或构件达到寿命周期需要对其进行维护或更替，生产替换材料以及替换材料活动均产生碳排放。

**6.4.2** 与第一次的生产与建造过程不同，受材料、构件、设备自身使用寿命的限制，在运营阶段可能需进行多次更替。材料、构件、设备的更替次数与材料的寿命及铁路工程运营时间有关。本标准规定，将铁路工程运行时间与材料、构件、设备的寿命比值向下取整为材料、构件、设备的维护次数。在核算中，宜优先根据材料、构件、设备的实际更替情况或更替台账等资料确定更替次数，无法获得时，可参考维修维护相关规范（如：《铁路工程混凝土结构耐久性设计规范》、《铁路桥隧建筑物修理规则》等）进行确定。

**6.4.3** 铁路工程维护阶段碳排放计算方法与工程物化阶段一致，决算时，可根据维护过程材料清单、缴费清单等采集活动水平数据，进行碳排放量决算。记录数据不完整时，可参考工程物化阶段，根据维修维护施工机具的功率、运行台班数、运行时长、每台班耗电量等主要运行工况参数进行预算。

**6.5 铁路工程绿地年碳汇量**

**6.5.1** 当核算铁路工程碳排放时，应考虑绿化地固碳作用。铁路绿化是指在铁路工程边坡、站场、桥下恢复绿化区、隧道边仰坡等绿化场地上直接或间接附着适合本地环境生长的绿化植物，如当地乔木、灌木等，起到改善环境，增加碳汇的效果。

**6.5.2** 绿化植物的固碳量受植物种类、植栽方式、气候条件、土壤条件等因素的影响。考虑工程应用的可操作性，本标准采用绿地面积与单位绿地面积的固碳量对铁路工程绿化地固碳量进行计算。单位绿地面积的固碳量与植物种类有关，宜采用各地方机构或权威机构发布的数据。若无相关数据，可采用本标准附录F的数据进行计算。

**7 铁路工程拆除处置阶段碳排放核算**

##### 7.1 一般规定

**7.1.1** 铁路工程的拆除主要包括人工拆除和机械拆除，无论使用哪一种拆除方式，均需施工人员进行相应操作，同时拆除机械运行时消耗能源，将拆除物从施工场地运输至处置场地也消耗能源。

**7.1.2** 拆除处置阶段碳排放不包括拆除物在处置场进行回收加工时所产生的碳排放。拆除处置阶段的办公用房、生活用房等因使用周期较短，为方便于周转使用，通常采用夹心彩钢板制作的活动板房、集中箱房屋，这类简易临时房屋安装和拆除简便，其施工和拆除能耗较少，因此不计入核算范围。

##### 7.2 铁路工程拆除处置阶段碳排放量

**7.2.1~7.2.4** 进行铁路工程拆除处置阶段碳排放量决算时，可根据铁路工程拆除过程中的能耗监测数据和能源消耗统计清单确定能耗数据，计算碳排放量。当进行预算或决算清单数据不全时，可参考拆除方案定额，根据铁路工程拆除的施工机具电功率、运行台班数、运行时长等主要运行工况参数进行计算。其能源碳排放因子可根据附录B获得。拆除物运输距离分析可根据铁路工程拆除现场与拆除物处置场所的位置进行合理估算，仅考虑单向运输。拆除物的运输量应根据实际现场情况进行计算，拆除物的运输方式采用公路运输，其运输碳排放因子由附录C获得。

**算例：轨道拆除工程**

某轨道工程拆除，采用人工配合机械的方式进行拆除，主要包括无缝线路解体、锯轨、打孔，拆除线路街头，拆卸加强设备等，本次拆除总工程量为441.257km，计算拆除过程中的机械设备能源消耗的碳排放、人工消耗碳排放以及拆除物运输的碳排放。

查询《铁路工程定额预算定额》第四册轨道工程（TZJ2000-2017）定额子目拆除工程和《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004），及相关文献得到单位工程量（拆除每km）机械台班消耗量和机械单位台班的能源用量；单位公里人工工日消耗量，人工碳排放因子；查询设计文件和施工组织文件，得出拆除物的运输距离和运输方式，查询附录C得到不同的运输碳排放因子，最终得到运输量，运输距离，运输碳排放因子：

**机械设备碳排放量：**

柴油发电机组≤50kw =1.68台班 =63.84kg柴油/台班

根据公式（5.3.2）计算得到

无缝线路解体机械设备能源用量：

 (柴油)

根据公式（5.3.1）以及附录D查询柴油碳排放因子计算得到无缝线路解体机械设备碳排放量为：

**人工消耗碳排放量：**

 =233.5工日 =0.46kgCO2e/工日

根据公式（5.4.1）以及相关文献查阅人工碳排放因子计算得到无缝线路解体人工碳排放量：

**运输碳排放量：**

标准干线铁路钢轨标准是60kg/m

运输量:

运输距离:（km）

运输方式：重型汽油货车运输（载重18t）kgCO2e/（tkm）

根据公式（5.5.1）计算拆除物运输碳排放量（）为：

**无缝线路拆除处置总碳排放量（）：**

**8 铁路工程全生命周期碳排放核算**

**8.0.1** 铁路工程全生命周期碳排放量是铁路工程工程物化、运营维护和拆除处置阶段碳排放量的总和。

**8.0.2~8.0.4**铁路工程碳排放可分为化石燃料燃烧直接碳排放，净购入电力、热力间接碳排放和其他间接碳排放。直接碳排放核算主要包括人工消耗产生的碳排放（、、）和机械设备运行直接消耗的化石燃料燃烧产生的碳排放（、、、）；净购入电力、热力间接碳排放主要包括机械设备运行消耗电力、热力产生的隐含碳排放（、、、）；其他间接碳排放主要包括材料消耗产生的碳排放（），铁路工程全生命周期直接碳排放，电力、热力间接碳排放和其他间接碳排放可按下式核算：

 （8-1）

 （8-2）

 （8-3）

**8.0.5** 在碳排放量核算时，可将铁路工程运营维护阶段碳排放总量按照年平均客运量折算成单位旅客单位里程平均客运碳排放量，也可将铁路运营时间纳入计算，核算一定时间内的铁路客运碳排放量。

**8.0.6** 对于铁路货运，将铁路工程全生命周期碳排放总量按照年平均货运量折合成单位重量单位里程平均货运碳排放量，也可将铁路运营时间纳入计算，核算一定时间内的铁路货运碳排放量。

**附录A 建材碳排放因子**

附录A提供了常用铁路工程材料的碳排放因子，其数值主要来源于IPCC、中国建材行业、文献资料、《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）以及中国生命周期基础数据库（CLCD）。

建材的碳排放因子受建材规格型号影响较大，并且随时间而变化。计算时宜优先选用经权威机构认证的最新发布的数据。

**附录B 常用施工机械台班能源用量**

附录B数据摘自铁路工程造假标准《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004）。

**附录C 各类运输方式的碳排放因子**

附录C铁路运输耗能量数据取自《中国统计年鉴2015》；公路和水路运输耗能量数据取自《中国交通年鉴2008》；航空运输油耗来源于《中国交通年鉴2013》。

我国统计年鉴资料中给出了铁路、公路、水路以及航空运输的平均能耗数据。根据单位货物周转量（重量×运输距离）的能耗值，以及相应的能源碳排放系数，即可计算各种运输方式的碳排放系数。

**附录D 主要能源碳排放因子**

表D.0.1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）：CO2排放因子=碳含量×氧化因子×44/12，故，单位热值CO2排放因子=单位热值含碳量×碳氧化率×44/12。

表D.0.2数据来源于《IPCC国家温室气体清单指南》（2006年）。热力的CO2排放因子可参照国家发改委公布的自愿减排方法学（CM-038-V01）“新建天然气热电联产电厂”中关于供热设施的排放因子的计算方法，如：热力的CO2排放因子=热源的供热设施用燃料的CO2排放因子÷热源的供热设施的效率。

**附录E 不同植栽方式绿化固碳量**

附录E数据引自《中国绿色低碳住区技术评估手册（版本-2011）》