

**T/CECS ×××-202×**

中国工程建设标准化协会标准

铁路运输线路碳排放核算标准

Carbon Emission Accounting Standards for Railway Transportation Line

（征求意见稿）

**2023 北京**

**前 言**

 本文件按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

 请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

 本文件由………提出。

 本文件由………归口。

 本文件主编单位：中国铁路经济规划研究院有限公司、北京交通大学

 本文件参编单位：中国国检测试控股集团股份有限公司、中国铁路北京局集团有限公司、中国铁路太原局集团有限公司、中国铁路上海局集团有限公司、中国铁路成都局集团有限公司

 本文件主要起草人：

目 录

Contents II

1 总则 1

2 术语和符号 3

3 基本规定 5

4 核算边界与数据采集 7

5 核算方法 9

5.1 机车牵引直接排放 10

5.2 机车牵引间接排放 10

5.3 非牵引直接排放 11

5.4 非牵引间接排放 11

5.5 线路绿地碳汇量 12

5.6 线路碳排放强度 13

附录A 能源燃烧直接二氧化碳排放因子 15

附录B 不同植裁方式绿化固碳量 16

附录C 站段能耗分劈计算方法 17

附录D 算例 18

附录E 报告要求及格式 21

#

# Contents

1 General provisions 1

2 Terms 3

[3 Basic requirements. 5](#_Toc139457813)

[4 Boundary of carbon emission accounting 7](#_Toc139457814)

[5 Carbon emission accounting methods 9](#_Toc139457820)

[5.1 Direct emissions from locomotive traction 1](#_Toc139457821)0

[5.2 Indirect emissions from locomotiv traction](#_Toc139457822) 10

[5.3 Direct non-traction emissions](#_Toc139457823) 11

[5.4 Indirect non-traction emissions](#_Toc139457823) 11

[5.5 Carbon sequestration of railway greenlands](#_Toc139457823) 12

[5.6 Carbon emissions intensity of railway lines](#_Toc139457823) 13

Appendix A [Carbon emission factors for fossil fuel combustion](#_Toc139457831) 15

[Appendix B Carbon sequestration amounts by different planting methods](#_Toc139457832) 16

[Appendix C Energy consumption split calculation methods for stations districts 1](#_Toc139457833)**[7](#_Toc139457833)**

[Appendix D Example of calculation 18](#_Toc139457833)

[Appendix E Report requirements and format 21](#_Toc139457833)

# 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，规范铁路运输线路碳排放计算方法，节约能源，保护环境，制定本标准。

【1.0.1条文说明】2020年9月22日，习近平总书记在第七十五届联合国大会上宣布，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。2021年10月，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》，提出加强碳排放统计核算能力建设，深化核算方法研究，加快建立统一规范的碳排放统计核算体系；支持行业、企业依据自身特点开展碳排放核算方法学研究，建立健全碳排放计量体。 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运输线路碳排放量的计算，引导铁路运输线路在规划设计阶段就考虑其全生命周期节能减碳，增强对铁路运输线路碳排放核算、报告、监测、核查的意识。为此，在广泛调研国内外相关研究成果、对标国际标准的基础上，制定本标准。

**1.0.2**本标准适用于客运专线铁路、货运铁路、客货混线铁路运营期碳排放的计算。

【1.0.2条文说明】本条规定了标准的适用范围。适用范围针对客运专线铁路、货运铁路、客货混线铁路三类铁路的运营期碳排放，铁路运输线路建设期间的碳排放应按照相应标准规定核算。本标准计算部分主要用以指导在运输项目的运营期，根据各活动水平数据与碳排放因子数据按照相应数学公式计算出铁路运输线路运输过程中产生的碳排放量。可用于研究其运营期碳排放情况，明确碳排放控制的关键环节，比较不同的铁路运输线路运营和改造方案碳排放情况，实现不同铁路运输方案运营期碳排放的预测及管理，减少碳排放量。

**1.0.3**铁路运输线路碳排放计算除应符合本标准外，还应符合国家和地方现行有关标准的规定，以及相关行业温室气体排放核算指南的规定。

【1.0.3条文说明】符合国家现行有关标准，是铁路运输线路运营期碳排放核算的前提条件。铁路运输线路运营期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》、《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

**2.0.1** 铁路运输线路 railway transportation line

铁路运输线路是指机车车辆走行的通路,轨道及支承轨道所必需的路基、桥梁、涵洞、隧道及其他建筑物的总称。

【2.0.1条文说明】铁路运输线路运营期的碳排放应综合考虑各建筑物的能源消耗与运输相关的直接排放与间接排放。

**2.0.2** 核算边界 accounting boundary

与铁路运输线路运营相关的二氧化碳排放的核算范围。

【2.0.2条文说明】从不同角度，边界一般可设定为：（1）时间边界，如铁路运输线路运营开始至结束；（2）物质边界，如铁路运输活动过程中的各分部运输活动、辅助项目等；（3）排放源范围边界，如，如直接碳排放（各类燃料、现场逸散等），间接碳排放（电力、热力等）；（4）温室气体的种类边界，以二氧化碳当量表示，记为CO2。

**2.0.3** 活动水平数据 activity level data

导致温室气体排放或清除的生产或消费活动量的表征值。

【2.0.3条文说明】根据本标准，活动水平数据被用于精确评估企业的能源消耗和碳排放清除量。这主要涵盖了各类燃料的燃烧消耗量、电力的净购入量、蒸汽的净购入量、碳汇项目的覆盖面积等关键测量指标。

**2.0.4**排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的碳排放的系数。

【2.0.4条文说明】碳排放因子是排放因子法计算、核算碳排放的要素之一。铁路运输活动关联的燃料碳排放因子相对固定；关联的电力、热力碳排放因子各地区存在一定差异。综上，本标准将对各类排放因子的选取做出优先级的设定。运营单位未获得可靠的碳排放因子数值前，推荐碳排放因子按本标准附录A执行。

**2.0.5**机车牵引碳排放 locomotive traction carbon emissions

在铁路运输线路上完成运输生产作业的机车等移动燃烧源牵引所产生的碳排放，机车包括内燃机车、混合动力机车、电力机车、动车组。

【2.0.5条文说明】不同类型的机车在能源转化和利用方面的效率不同。机车的速度、加速度和运行频率等因素也会影响其碳排放量。机车的维护状况和操作效率也会对其能耗和碳排放产生影响。评估这种排放的目的在于识别和实施减少排放的策略，比如通过使用更加环保的动力源、提高能源效率、采用先进的技术和操作优化等方法。

**2.0.6**非牵引碳排放 non-traction carbon emissions

铁路运输线路上直接从事铁路客、货运输服务及其主要运输设备维护管理的生产经营及相关管理工作产生的碳排放。

【2.0.6条文说明】非牵引碳排放的评估至关重要，因为它们为整体排放量提供了全面的视角。为了减少非牵引碳排放，铁路运营商可以采取多种措施，如改善能源管理、使用可再生能源、提高建筑物和设施的能效以及采用更加环保的材料和技术。

**2.0.7**直接碳排放 direct carbon emissions

因铁路运营活动引起的燃料直接燃烧产生的碳排放。

【2.0.7条文说明】直接碳排放是指直接由某个实体或活动所产生的二氧化碳排放，通常是通过燃烧化石燃料（如煤炭、石油、天然气）排放到大气中的二氧化碳。在铁路运输系统的背景下，直接碳排放主要涉及到列车运行、车站和其他铁路设施的能源消耗。

**2.0.8**间接碳排放 indirect carbon emissions

 由铁路运输线路运营期购入的电力、热力等其他企业生产的能源所产生的二氧化碳排放。

【2.0.8条文说明】间接碳排放是指不直接由实体或活动自身产生，但与其运营或活动相关的二氧化碳排放。这些排放主要来自于消耗的能源在其生产过程中所产生的排放，例如使用电力、热能或蒸汽等。在铁路运输系统的背景下，间接碳排放通常关联于从外部购买的能源，如电力，热力供应。

**2.0.9**碳汇 carbon sequestration

 绿化植被从空气中吸收并存储的二氧化碳量。

【2.0.9条文说明】碳汇可以分为自然碳汇和人工碳汇两大类。本标准中主要考虑铁路运输线路临近地区的生态系统中通过生物化学过程自然吸收并储存二氧化碳的过程。

# 3 基本规定

**3.0.1** 铁路运输线路应确定物理边界和逻辑边界，能源消耗与碳排放不应有漏算和重复计算。

【3.0.1条文说明】铁路运输线路运营期碳排放核算边界需明确铁路运输线路在运营期各阶段中的工程活动，界定产生机车牵引碳排放、非牵引碳排放和铁路线路绿地碳汇量等活动。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。“相关性”是指在量化铁路运输线路碳排放时，所采用的边界、资料、数据以及方法，能适应铁路运输线路碳排放状况，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运输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”是指应保证铁路运输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、透明地发布铁路运输线路碳排放信息的支撑材料。

**3.0.2** 铁路运输线路碳排放包括机车牵引碳排放与非牵引碳排放。

【3.0.2条文说明】机车牵引碳排放是指由于铁路机车在牵引列车时产生的碳排放。这种碳排放主要来源于机车的动力系统，尤其是燃烧燃料（如柴油）或使用电力时的能源转换过程。非牵引碳排放指的是在铁路运输系统中，除了机车牵引（即列车运行）之外的所有碳排放。这类排放通常来源于铁路系统的其他方面，如车站运营、维修设施、照明和空调系统、办公楼和其他铁路线路相关基础设施的能源消耗。上述两者共同组成铁路运输线路碳排放。

**3.0.3** 除机车牵引碳排放和非牵引碳排放之外，应核算线路绿色廊道边界范围内植被产生的碳汇量，作为线路的负碳排放。

【3.0.3条文说明】为保证铁路运输线路碳排放核算的准确性，应在考虑机车牵引碳排放与非牵引碳排放的基础上核算铁路运输线路绿色廊道边界范围内植被通过生物化学过程自然吸收并储存二氧化碳产生的负碳排放。

**3.0.4** 铁路运输线路碳排放核算工作流程可参考图3.0.4。



图 3.0.4 铁路运输线路碳排放核算工作流程图

【3.0.4条文说明】图3.0.4所示的铁路运输线路碳排放核算工作流程图用于使各运营单位清晰理解碳排放相关的核算工作。碳排放核算工作始于分析线路相关碳排放单元，碳排放初步分类为机车牵引碳排放与非牵引碳排放。对于牵引碳排放应充分考虑机车牵引直接碳排放与机车牵引间接碳排放两种情况。相应的，对于非牵引碳排放应充分考虑非牵引直接碳排放与非牵引间接碳排放两种情况。上述两类四种碳排放与铁路线路绿地碳汇量综合起来可以得到总的铁路运输线路碳排放量，进而计算出铁路运输线路碳排放强度。为保证铁路运输线路运营期碳排放量核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碳排放因子进行计算。

**3.0.5**铁路运输线路碳排放核算工作应由运营单位全面负责，可委托科研院所、专业院校开展。

【3.0.5条文说明】在铁路运输系统中，对于碳排放的核算和管理责任由运营单位承担。运营单位应该对自己的碳排放情况有完整和准确的了解，并采取相应的措施来监控、报告和减少这些排放。然而，由于碳排放核算可能涉及复杂的技术和专业知识，运营单位可以选择与科研院所或专业院校合作，以获得专业的技术支持和咨询服务。通过这种合作，运营单位可以更准确地了解和管理自己的碳足迹，同时也有助于制定和实施有效的碳减排策略。

# 4 核算边界与数据采集

**4.0.1**铁路运输线路能源消耗包括燃煤、燃气(天然气、液化石油气、煤气等)、燃油(汽油、柴油、煤油）、醇基燃料、生物质、电力和热力。

【4.0.1条文说明】本标准中，铁路运输线路能源消耗主要是针对上述燃煤，燃气，燃油，醇基燃料，生物质，电力和热力7类能源展开。这些能源用于牵引列车运行、维持站段和其他铁路设施的运作，以及支持铁路系统的其他功能。

**4.0.2**  机车牵引碳排放应由通过该线路的机车在各区段牵引耗能归集后计算。

【4.0.2条文说明】铁路运输线路各区段的地形、坡度、曲线半径、速度限制和交通密度等因素都不尽相同，这些因素都会影响机车的能源消耗与相应的碳排放。为了保证碳排放核算的准确性，应分别收集机车在各个区段上的能源消耗数据，这可能包括燃油消耗量、电力使用量等，并基于收集到的耗能数据，计算出机车牵引过程中的总碳排放。

**4.0.3**非牵引碳排放应由服务该线路的各铁路运输站段能耗分劈计算后汇总。应采用附录方法计算。

【4.0.3条文说明】运营单位需要分劈计算每个车站或站段的能源消耗所导致的碳排放，并将这些数据汇总起来，以得到整个铁路运输线路的总非牵引碳排放。指导计算的方法与公式见本标准附录C。

**4.0.4** 铁路运输线路碳排放核算工作应全面分析线路相关二氧化碳排放单元，划定核算边界，可参考表4.0.4。

表4.0.4 铁路运输线路二氧化碳排放单元

| 类别 | 排放单元 | 能耗 | 核算方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 机车牵引碳排放 | 电力机车牵引耗电 | 电力 | 该线路各区段能耗归集 |
| 内燃机车牵引耗油 | 柴油 |
| 非牵引碳排放 | 机务段、车辆段、动车段、工务段、电务段、供电段、货运中心、车站、车务段、客运段、房建生活段、特殊站段能耗 | 燃煤、燃气、燃油、醇基燃料、生物质、电力和热力 | 服务该线路站段能耗分劈 |

【4.0.4条文说明】表4.0.4中详细列举了机车牵引碳排放与非牵引碳排放的二氧化碳排放单元，能耗与核算方法。机车牵引碳排放应包含电力作为能耗的电力机车牵引耗电单元与柴油作为能耗的内燃机车牵引耗油单元。非牵引碳排放应综合考虑服务于机务段，车辆段，动车段，工务段，电务段，供电段，货运中心，车站，车务段，客运段，房建生活段，与特殊站段的燃煤，燃气，燃油，醇基燃料，生物质，电力与热力等能源带来的能耗。运营单位应全面分析铁路运输线路相关二氧化碳排放单元并划定核算边界。

**4.0.5**活动水平数据采集于仪表监测、统计报表和备案资料等，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）关于直接能源消耗：企业必须依据其能源消费账目或统计报告来准确确定直接能源消耗量。

（2）关于燃料消耗测量：燃料消耗的具体测量需采用符合《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB 17167-2006）规定标准的测量仪器。

（3）关于电力消耗的净额核算：企业净购入的电力消费量应以企业与电网公司结算的电表读数、企业的能源消费账目或统计报告为基础进行核算，该数值应等于购入电量与外销电量之间的净差值。

（4）关于热力消耗的净额核算：企业净购入的热力消费量应根据热力购售结算凭证、企业能源消费账目或统计报告来确定，该数值应为购入的蒸汽、热水的总热量与外供的蒸汽、热水的总热量之间的差额。

【4.0.5条文说明】本条规定了运营阶段各活动水平数据的采集形式。为确保数据的真是可靠性，对于同一个活动水平数据可能有不同来源，如电力的缴费凭证和抄表记录等，需要进行对比验证后确认正确数值。

**4.0.6** 碳排放核算所需的碳排放因子数据优先选用排放因子实测值或测算值(通过直接测量、能量平衡或物料平衡等方法得到的排放因子或相关参数值), 无测量条件时应保证所使用排放因子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。

【4.0.6条文说明】在选择碳排放因子时，应确保这些数据来自于公认且可信赖的来源。这可能包括国家或国际环境机构、科研机构或其他专业组织。优先使用实测数据,其次选用由权威机构验证并最近发布的数据，如IPCC或国家标准。这确保了数据的准确性和时效性，因为碳排放因子可能会随着时间和技术进步而变化。如果无法获取到有效的碳排放因子数据，可以按照本标准的附录A选择推荐使用的碳排放因子。

# 5 核算方法

**5.0.1**铁路运输线路二氧化碳排放应包括直接碳排放和间接碳排放，并考虑碳汇带来的负碳排放。

【5.0.1条文说明】本条明确了铁路运输线路碳排放核算的基本框架，概述了铁路运输线路二氧化碳排放核算的范围和考虑因素。

**5.0.2**铁路运输线路直接二氧化碳排放量应按下式计算：

 $E\_{直接}=E\_{牵引直接}+ E\_{非牵引直接}$ (5.0.2)

式中：

$E\_{直接}$——铁路运输线路直接二氧化碳排放量;

$E\_{牵引直接}$——机车牵引直接二氧化碳排放量;

$E\_{非牵引直接}$——非牵引耗能直接产生二氧化碳排放量;

【5.0.2条文说明】本条给出了计算铁路运输线路直接二氧化碳排放量的基本公式。

**5.0.3**铁路运输线路二氧化碳排放总量应按下式计算：

 $E=E\_{牵引直接}+E\_{牵引间接}+ E\_{非牵引直接}+ E\_{非牵引间接}− E\_{碳汇} $ (5.0.3)

式中：

E ——铁路运输线路二氧化碳排放总量;

$E\_{牵引直接}$——机车牵引直接二氧化碳排放量;

$E\_{牵引间接}$——机车牵引间接二氧化碳排放量;

$E\_{非牵引直接}$——非牵引耗能直接产生二氧化碳排放量;

$E\_{非牵引间接}$——非牵引耗能间接二氧化碳排放量;

$E\_{碳汇}$——铁路绿地碳汇量。

【5.0.3条文说明】本条给出了计算铁路运输线路二氧化碳排放总量的基本公式。本标准中出现的其他公式都是在该公式基础上细化衍生的。

## 5.1 机车牵引直接排放

**5.1.1** 机车牵引直接产生的二氧化碳排放按下式计算：

 $E\_{牵引直接}=E\_{牵引耗油}×EF\_{柴油} $ (5.1.1)

 $E\_{牵引直接}$——机车牵引直接二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO2）；

 $E\_{牵引耗油}$——机车在该线路上的牵引耗油，单位为吨（t）；

 $EF\_{柴油}$——内燃机车消耗柴油排放因子，可采用附表柴油碳排放因子计算碳排放。

【5.1.1条文说明】本条给出了计算机车牵引直接排放的基本公式。碳排放因子可采用附录A中数值。

## 5.2 机车牵引间接排放

**5.2.1** 机车牵引间接产生的二氧化碳排放总量按下式计算：

 $E\_{牵引间接}=E\_{牵引耗电}×EF\_{电力} $ (5.2.1)

式中：

 $E\_{牵引间接}$——机车牵引间接二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO2）；

 $E\_{牵引耗电}$——机车在该线路上的牵引耗电，单位为兆瓦时（MW·h）;

 $EF\_{电力}$——可采用生态环境部发布的全国电网平均排放因子。

【5.2.1条文说明】我国发电企业较多，发电所用一次能源各地区差别较大，上网电力的碳排放因子存在一定的不确定性。正式的碳排放因子发布渠道主要包括：生态环境部（原发布单位为国家发改委）定期发布每年度全国电网平均排放因子，区域电网排放因子（最近一次发布是2019年数据），省级电网排放因子（最近的一次数据更新为2018年）等。

## 5.3 非牵引直接排放

**5.3.1** 非牵引耗能直接产生的二氧化碳排放按公式（5.3.1）计算，也可参考铁路运输站段运营期二氧化碳排放核算标准。

 $E\_{非牵引直接}=\sum\_{}^{}R\_{i}×EF\_{j}$ (5.3.1)

式中：

 $E\_{非牵引直接}$——非牵引耗能直接产生二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO2）；

 $R\_{i}$——i个站段分劈计算后该线路燃煤、燃气、燃油的消耗量，单位为吨（t）、万标准立方米（104Nm³）、吨（t）；

 $EF\_{j}$——燃煤、燃气、燃油等能源的二氧化碳排放因子；

 $i$ ——服务该线路的i个铁路运输站段。

 j ——该线路消耗的j种能源。

【5.3.1条文说明】各站段应分劈计算该站段各分线工作量指标对应的能源消耗与总能源消耗的占比，并将不同的能源消耗按类型乘以各自的二氧化碳排放因子并汇总得到非牵引直接排放总量。站段分劈能耗方法见附录C。非牵引直接排放也可依据《铁路运输站段碳排放核算标准》中相关方法计算。

## 5.4 非牵引间接排放

**5.4.1**  非牵引外购电力、热力的间接二氧化碳排放总量按公式（5.4.1-2）、（5.4.1-3）计算，也可参考铁路运输站段运营期二氧化碳排放核算标准。

 $E\_{非牵引间接}=E\_{非牵引电力}+E\_{非牵引热力}$ （5.4.1-1）

 $E\_{非牵引电力}=\sum\_{}^{}E\_{电力i}×EF\_{电力}$ （5.4.1-2）

 $E\_{非牵引热力}=\sum\_{}^{}E\_{热力 i}×EF\_{热力}$ （5.4.1-3）

式中：

$E\_{非牵引间接}$——非牵引耗能间接二氧化碳排放量;

$E\_{非牵引电力}$——非牵引外购电力二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO2）；

 $E\_{非牵引热力}$——非牵引外购热力二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO2）；

 $E\_{电力i}$——i个站段分劈计算后该线路外购电力消耗量，单位为兆瓦时（MW·h）；

 $E\_{热力i}$——i个站段分劈计算后该线路外购热力消耗量，单位为吉焦（GJ）；

 $EF\_{电力}$——可采用生态环境部发布的全国电网平均排放因子；

 $EF\_{热力}$——全国热力平均二氧化碳排放因子；

【5.4.1条文说明】类似条文5.3，非牵引间接排放也应依据各分线工作量指标的占比分劈计算。分劈计算方法见附录C。非牵引间接排放也可依据《铁路运输站段碳排放核算标准》中相关方法计算。

## 5.5 线路绿地碳汇量

**5.5.1** 铁路线路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。

【5.5.1条文说明】铁路运输线路碳汇量核算时应考虑其具体地理范围和环境元素。计算铁路运输线路特定区域内自然资源通过光合作用等生物过程吸收和储存二氧化碳的能力。通过这种方式，铁路运营单位可以更准确地计算其整体碳足迹，包括既有的碳排放和碳汇量。

**5.5.2** 铁路线路碳汇量（$E\_{碳汇}$）可按下列公式计算

 $E\_{碳汇}=\sum\_{i=1}^{n}C\_{G,i}×A\_{G,i}$ （5.5.2）

式中：

 $C\_{G,i}$——第i类植栽方式单位绿地面积年CO2固碳量（kg/㎡·a），可根据附录查取；

 $A\_{G,i}$——第i类植栽方式绿地面积（㎡）。

【5.5.2条文说明】本条给出了计算铁路线路碳汇量的基本公式。不同植栽方式绿化固碳量可根据附录B查取。植栽绿地面积可使用遥感方式测量。

## 5.6 线路碳排放强度

**5.6.1** 铁路运输线路二氧化碳排放强度应按下式计算：

 $CT\_{运输}=CT\_{客}+CT\_{货}$ (5.6.1-1)

 $CEI\_{直接}=\frac{E\_{直接}}{CT\_{运输}}$ (5.6.1-2)

 $CEI=\frac{E}{CT\_{运输}}$ (5.6.1-3)

式中：

$CEI\_{直接}$——铁路运输线路直接二氧化碳排放强度，单位为吨二氧化碳/百万换算吨公里（tCO2/百万换算t·km）；

CEI——铁路运输线路二氧化碳排放强度，单位为吨二氧化碳/百万换算吨公里（tCO2/百万换算t·km）；

$E\_{直接}$——铁路运输线路直接二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO2）;

E——铁路运输线路二氧化碳排放总量，单位为吨二氧化碳（tCO2）;

$CT\_{客}$——铁路运输线路年完成客运周转量，单位为百万人公里（百万人·km）;

$CT\_{货}$——铁路运输线路年完成货运总周转量，单位为百万吨公里（百万t·km）；

$CT\_{运输}$——铁路运输线路年运输工作量，单位为百万换算吨公里（百万换算t·km）。

【5.6.1条文说明】本条给出了计算铁路运输线路二氧化碳排放强度的计算公式。货运周转量定义为报告期内运输车辆实际运送的每批货物重量与其相应运送里程的乘积之和；客运周转量定义为报告期内运输车辆实际运送的每位旅客与其相应运送里程的乘积之和。铁路运输对客、货运周转量的换算比率统一规定为1“人公里”换算成1“吨公里”，故本条中货运周转量与客运周转量求和并换算得到年运输工作量，单位记为百万换算吨公里（百万换算t·km）。

## 附录A 能源燃烧直接二氧化碳排放因子

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 能源类别 | A | B | C | D |
| 单位热值含碳量 | 碳氧化率 | 低位发热值 | 推荐排放因子 |
| 含碳量 | 单位 | 数值 | 单位 | 数值 | 单位 |
| 无烟煤 | 27.5 | tC/TJ | 0.94 | 24.5 | GJ/t | 2.32 | tCO2/t |
| 烟煤 | 26.2 | tC/TJ | 0.93 | 23.2 | GJ/t | 2.07 | tCO2/t |
| 褐煤 | 28.0 | tC/TJ | 0.96 | 14.4 | GJ/t | 1.42 | tCO2/t |
| 洗精煤 | 25.4 | tC/TJ | 0.93 | 26.3 | GJ/t | 2.28 | tCO2/t |
| 煤制品 | 33.6 | tC/TJ | 0.90 | 17.5 | GJ/t | 1.94 | tCO2/t |
| 液化天然气 | 15.3 | tC/TJ | 0.99 | 41.8 | GJ/t | 2.33 | tCO2/t |
| 液化石油气 | 17.2 | tC/TJ | 0.99 | 47.3 | GJ/t | 2.92 | tCO2/t |
| 油田天然气 | 15.3 | tC/TJ | 0.99 | 389.3 | GJ/104Nm3 | 21.62 | tCO2/104Nm3 |
| 气田天然气 | 15.3 | tC/TJ | 0.99 | 355.4 | GJ/104Nm3 | 19.74 | tCO2/104Nm3 |
| 城市煤气 | 12.2 | tC/TJ | 0.99 | 52.3 | GJ/104Nm3 | 2.32 | tCO2/104Nm3 |
| 焦炉煤气 | 13.6 | tC/TJ | 0.99 | 173.9 | GJ/104Nm3 | 8.58 | tCO2/104Nm3 |
| 汽油 | 18.9 | tC/TJ | 0.98 | 44.8 | GJ/t | 3.04 | tCO2/t |
| 柴油 | 20.2 | tC/TJ | 0.98 | 43.3 | GJ/t | 3.15 | tCO2/t |
| 煤油 | 19.6 | tC/TJ | 0.98 | 43.1 | GJ/t | 3.03 | tCO2/t |
| 燃料油 | 21.1 | tC/TJ | 0.98 | 40.2 | GJ/t | 3.05 | tCO2/t |
| 资料来源：表第1列来源于《综合能耗计算通则》（GB/T 2589-2008）；表2，3列来源于《省级温室气体清单编制指南》（发改办气候[2011]1041号）；二氧化碳排放因子指碳完全氧化为二氧化碳之后与之前的质量值比，标准量为3.67。注1：单位热值含碳量单位为吨碳每太焦能源（tC/TJ）。注2：热值单位：固体、液体能源为吉焦每吨能源（GJ/t），气体能源为吉焦每万标准立方米能源（GJ/104m3）。注3：推荐排放因子数值$D=A×B×C×10^{−6}×44/12。$注4：推荐排放因子单位为吨二氧化碳每吨能源（tCO2/t）。 |

## 附录B 不同植裁方式绿化固碳量

|  |  |
| --- | --- |
| 栽植方式 | 年CO2固定量(kg/(㎡·a)) |
| 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  |
| 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  |
| 大棕桐类(土壤深度>1.0m) | 10.25  |
| 密植灌木从(高约 1.3m，土壤深度>0.5m | 10.95  |
| 密植灌木从(高约0.9m，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  |

## 附录C 站段能耗及碳排放分劈计算方法

以该站段分线工作量指标的占比分劈站段的排放（采用相同的分劈权重去分劈不同排放类型），分线的排放为：

 $E\_{i}=E×\frac{x\_{i}}{x}$

E——该站段部门对应的二氧化碳排放；

$E\_{i}$——该站段部门第i条线路分得的二氧化碳排放；

$x\_{i}$——某条线路分线工作量指标的值；

$x$——该站段部门管辖范围下的全部线路分线工作量指标的值。

**各站段部门能耗分线工作量指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 站段部门 | 分线指标 | 站段部门 | 分线指标 |
| 机务段 | 机车走行公里 | 车站 | 旅客货物到发数量 |
| 车辆段 | 空调客车车辆公里/车辆公里 | 车务段 | 旅客货物到发数量 |
| 动车段 | 高铁车辆公里 | 客运段 | 客运乘务车辆公里 |
| 工务段 | 通过总重 | 房建生活段 | 换算周转量 |
| 电务段 | 通过总重 | 工务机械段 | 通过总重 |
| 供电段 | 通过总重 | 特殊站段 | 视具体情况而定 |
| 货运中心 | 货物到发数量 | —— |

注：1.机务段的能耗分为牵引排放和非牵引排放，非牵引能耗分劈指标为机车走行公里。

1. 车辆段的能耗分为发电车排放和非发电车排放，其中发电车排放的分劈指标为空调客车车辆公里，非发电车排放的分劈指标为车辆公里。
2. 对于货运中心，货物到发数量计算依照（发送量\*50%+到达量\*50%）核算；对于车站、车务段，旅客货物到发数量按照客运到发数量（发送\*90%+到达\*10%）、货物到发数量(发送量\*50%+到达量\*50%)占客货到发数量换算量总量比例核算。
3. 非牵引二氧化碳排放也可依据《铁路运输站段运营期二氧化碳排放核算标准》中相关方法计算，各站段二氧化碳排放依据本附录中工作量指标分劈至各线路。

## 附录D 算例

 某铁路运输线路代号记为A。一内燃机车在该线路各区段范围内信息如下表：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 车次 | 区段代码 | 区段名称 | 线路 | 年能源量 | 能源类型 | 数据单位 |
| 08849VS2 | V41017 | 辛\*-侯\* | A | 柴油12吨 | 内燃 | \*\*机务段 |
| 08849VS2 | V41019 | 侯\*-礼\* | A | 柴油8吨 | 内燃 | \*\*机务段 |

 内燃机车消耗柴油排放因子为3.15tCO2/t。依据公式（5.1），可计算得该线机车牵引直接二氧化碳排放量为：

 $E\_{牵引直接}=E\_{牵引耗油}×EF\_{柴油} $

 = (12t+8t)×3.15tCO2/t = 63tCO2

另一电力机车在该线路上牵引耗电信息见下表：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 车次 | 区段代码 | 区段名称 | 线路 | 年能源量 | 能源类型 | 数据单位 |
| 00463VS2 | V41018 | 榆\*-修\* | A | 30兆瓦时 | 电力 | \*\*机务段 |
| 00463VS2 | V41020 | 修\*-介\* | A | 20兆瓦时 | 电力 | \*\*机务段 |

 2023年度生态环境部发布的全国电网平均排放因子为0.5703kgCO2/kwh。依据公式（5.2），可计算得该线机车牵引间接二氧化碳排放量为：

 $E\_{牵引间接}=E\_{牵引耗电}×EF\_{电力} $

 = (30Mwh+20Mwh) × 0.5703kgCO2/kwh

 = 28.52tCO2

 非牵引耗能依赖站段统计(具体计算方法可参考铁路运输站段运营期碳排放核算标准)，故需将站段数据分劈至各线路。假设线路A与线路B共同依赖于工务段，货运中心两个站段。上述站段，站段线路相关二氧化碳排放量，站段服务线路名称及线路工作量指标具体值见下表。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 年非牵引直接二氧化碳排放量 | 年非牵引间接二氧化碳排放量 | 线路名称 | 工作量指标值 |
| 工务段 | 30吨 | 20吨 | A | 通过总重2000吨 |
| B | 通过总重3000吨 |
| 货运中心 | 50吨 | 40吨 | A | 货物发送量3000吨货物到达量7000吨 |
| B | 货物发送量4000吨货物到达量2000吨 |

 由上表可知，工务段服务于A，B两条线路，工作量指标为通过总重，其中A线通过总重为2000吨，B线通过总重为3000吨。工务段工作量指标为通过总重，故此工务段A线分劈权重为：

 $ \frac{2000t}{2000t + 3000t}$ = 0.4

 依据附录C中分劈计算方法，可计算得A线工务段部分非牵引直接二氧化碳排放量为：

 $E\_{i}=E×\frac{x\_{i}}{x}$

 = 30t×0.4 = 12tCO2

 A线工务段部分非牵引间接二氧化碳排放量为：

 $E\_{i}=E×\frac{x\_{i}}{x}$

 = 20t×0.4 = 8tCO2

 货运中心同样服务于A，B两条线路，工作量指标为货物到发数量，其中A线货物发送量3000吨，货物到达量为7000吨；B线货物发送量为4000吨，货物到达量为2000吨。货运中心工作量指标为货物到发数量(发送量×50%+到达量×50%)，故此货运中心A线分劈权重为：

 $\frac{0.5×3000t + 0.5×7000t}{0.5 × 3000t + 0.5×7000t+0.5×4000t + 0.5×2000t}=0.625$

 获得该线在货运中心上的分劈权重后，可以以其为依据计算该线货运中心部分非牵引直接二氧化碳排放为：

 $E\_{i}=E×\frac{x\_{i}}{x}$

 = 50t×0.625 = 31.25tCO2

 该线货运中心部分非牵引间接二氧化碳排放为：

 $E\_{i}=E×\frac{x\_{i}}{x}$

 = 40t×0.625 = 25tCO2

故该线总非牵引直接二氧化碳排放为12tCO2+31.25tCO2=43.25tCO2。该线总非牵引间接二氧化碳排放为8tCO2+25tCO2=33tCO2。

 除计算各排放单元二氧化碳排放外，仍需计算铁路线路绿地碳汇量。该线路碳汇单元细节见下表：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 栽植方式 | 栽植面积 | 年CO2固定量 |
| 落叶小乔木，针叶木或疏叶性乔木(土壤深度>1.0m ) | 800m2 | 13.43kg/(m2·a) |
| 密植灌木丛(高约0.45m，土壤深度>0.5m) | 500m2 | 5.13kg/(m2·a) |

 故可依据公式（5.5）计算得到该线路年绿地碳汇量为：

 $E\_{碳汇}=\sum\_{i=1}^{n}C\_{G,i}×A\_{G,i}$

 = 13.43kg/(m2·a) × 800m2  + 5.13kg/(m2·a) × 500m2

 = 13.31tCO2

 该运输线路直接二氧化碳排放总量由公式5.0.2计算:

$$E=E\_{牵引直接}+E\_{牵引间接}$$

 = 63tCO2 + 43.25tCO2

= 106.25tCO2

 该运输线路二氧化碳排放总量由公式5.0.3计算：

 $E=E\_{牵引直接}+E\_{牵引间接}+ E\_{非牵引直接}+ E\_{非牵引间接}− E\_{碳汇} $

 = 63tCO2 + 28.52tCO2 + 43.25tCO2 + 33tCO2 - 13.31tCO2

= 154.46tCO2

 该线路年完成客运总周转量为3×106人公里，货运周转量为5×106吨公里。依据公式5.6-1，该线路年运输工作量为：

 $CT\_{运输}=CT\_{客}+CT\_{货}$

 = 3×106 + 5×106 = 8×106 换算吨公里

 依据公式5.6-2, 该线路直接二氧化碳排放强度为:

 $CEI\_{直接}=\frac{E\_{直接}}{CT\_{运输}} = \frac{106.25tCO\_{2}}{8×10^{6}换算tkm} = 13.28tCO\_{2}/百万换算tkm$

 依据公式5.6-3, 该线路二氧化碳排放强度为:

 $CEI=\frac{E}{CT\_{运输}} = \frac{154.46tCO\_{2}}{8×10^{6}换算tkm} = 19.31tCO\_{2}/百万换算tkm$

##