ICS 45.060
CCS S30/39

TB

中 华 人 民 共 和 国 铁 路 行 业 标 准

TB/T XXXXX—XXXX

铁路产品碳足迹核算方法

Carbon footprint accounting method for railway product

征求意见稿

（本稿完成日期：2026.9）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

国家铁路局　发布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 核算目的和范围 3
4.1 核算目的 3
4.2 核算范围 3
4.3 取舍准则 7
4.4 预设情景 7
5 清单分析 7
5.1 数据收集 7
5.2 数据质量要求 8
5.3 数据选择要求 8
5.4 数据审定 9
5.5 数据分配 9
6 影响评价 9
6.1 产品碳足迹核算 13
6.2 产品部分碳足迹核算 13
7 结果说明 14
7.1 步骤 14
7.2 内容 14
8 碳足迹报告 14
附录 A（资料性） 数据收集清单 15
附录 B（资料性） 数据质量评价方法 18
附录 C（资料性） 铁路产品碳足迹报告示例 20
参考文献 27

前　言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由铁路行业环保与卫生标准化技术归口单位提出并归口。

本文件起草单位：中车株洲电力机车研究所有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司节能环保劳卫研究所、中车大同电力机车有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中国科学院青岛生物能源与过程研究所、国家铁路局规划与标准研究院。

本文件主要起草人：何慧雅、荣向东、梁兰、林酿志、曹宇静、甄凯、齐红瑞、李益、魏玲玲、郭建强、田亚峻、师睿鑫。

铁路产品碳足迹核算方法

1 范围

本文件规定了铁路产品碳足迹核算目的和范围、清单分析、影响评价、结果说明和碳足迹报告等。

本文件适用于机车车辆及其零部件全生命周期和部分生命周期碳足迹核算，自轮运转车辆可参照执行。

2 规范性引用文件

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

GB/T 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序

GB/T 24040 环境管理 生命周期评价原则与框架

GB/T 24044 环境管理 生命周期评价要求与指南

GB/T 24067—2024 温室气体 产品碳足迹量化要求和指南

3 术语和定义

GB/T 24025、GB/T 24040、GB/T 24044和GB/T 24067界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

产品碳足迹 carbon footprint of a product;CFP

产品系统中的温室气体（GHG）排放量和GHG清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一环境影响类型进行生命周期评价。

注 1：产品碳足迹可用不同图例区分和标示具体 GHG 排放量和清除量，产品碳足迹也可被分解到其生命周期的各个阶段。

注 2：产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果，以每个功能单位的二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 24067—2024,3.1.1]

3.2

产品部分碳足迹 partial carbon footprint of a product;partial CFP

在产品系统生命周期内的一个或多个选定阶段或过程中的GHG排放量和GHG清除量之和，并以二氧化碳当量表示。

注 1：产品部分碳足迹是基于或由于特定过程或足迹信息模型有关的数据汇集而成，这些数据是产品系统的一部分，可作为产品碳足迹量化的基础。

注 2：产品碳足迹研究报告中记录了产品部分碳足迹的量化结果，以每个声明单位的二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 24067—2024,3.1.2，有修改]

3.3

数据质量 data quality

数据在满足所声明的要求方面的能力特性。

[来源：GB/T 24040—2008,3.19]

3.4

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值。

注1：初级数据并非必须来自所研究的产品系统，因为初级数据可能涉及其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

注2：初级数据可以包括温室气体排放因子或温室气体活动数据。

[来源：GB/T 24067—2024,3.6.1]

3.5

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注1：次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据，可来源于数据库、公开文献、国家排放因子、计算估算数据或其他具有代表性的数据，推荐使用本土化数据库。

注2：次级数据可包括从代替过程或估计获得的数据。

[来源：GB/T 24067—2024,3.6.3]

3.6

原生材料 virgin material

未经回收再利用的全新材料，即从自然界中直接提取，尚未投入过生产循环或消费过程中的材料。

[来源：QC/T 1247—2025,3.15]

3.7

再生材料 recycled material

对失去原使用价值的材料经过加工处理使其重新获得使用价值的材料。

[来源：GB/T 26989—2011,2.4.10]

3.8

功能单位 functional unit

用来量化产品系统功能的基准单位。

[来源：GB/T 24067—2024,3.3.7]

3.9

声明单位 declared unit

用来量化产品部分碳足迹的基准单位。

[来源：GB/T 24067—2024,3.3.8]

3.10

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单位过程属于产品系统的一部分。

[来源：GB/T 24067—2024,3.3.4]

3.11

单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：GB/T 24040—2008,3.34]

3.12

数据质量等级 data quality rating ; DQR

基于时间代表性、技术代表性、地理代表性对数据质量进行的半定量评估。

[来源：GB/T 46011.1—2025,3.3.51,有修改]

4 核算目的和范围

4.1 核算目的

开展铁路产品碳足迹研究的总体目标是结合取舍准则，通过量化铁路产品生命周期或选定过程的所有显著的温室气体排放量和清除量，计算产品对全球变暖的潜在影响（以二氧化碳当量表示）。核算应服务于以下目标：

a) 识别铁路产品生命周期各阶段的碳排放关键环节与减排潜力，为产品绿色设计、工艺优化和供应链低碳管理提供量化数据支撑；
b) 为铁路产品碳足迹信息交流提供支撑。

4.2 核算范围

4.2.1 一般范围

铁路产品碳足迹的核算范围应包括以下内容。

a）产品范围：明确产品名称、功能单位或声明单位以及系统边界。
b）时间范围：选择一个具有代表性的完整核算时间段，通常为一个日历年。

4.2.2 功能单位

4.2.2.1 一般规定

当分析对象在其参考使用寿命内具有明确、独立且可量化的功能及使用场景（如能耗和排放可被获取或预估）时，应采用功能单位。功能单位宜包含三个核心要素：

a) 提供的功能；
b) 性能水平；
c) 参考使用寿命。

铁路产品之间的比较应基于相同的功能单位。进行功能单位比对时，应基于统一的功能单位开展。若某一产品相较于对比产品具备附加功能，可按以下两种方式之一处理：

——剔除该产品的附加功能，并应对该功能的剔除情况作出说明并予以记录；

——将实现该附加功能的系统纳入对比产品的系统边界，保证不同产品系统之间具备可比性，并应对所选取的过程作出说明并予以记录。

4.2.2.2 客运机车车辆

在客运机车车辆的全生命周期内，将1位乘客运输1 km距离所产生的平均温室气体排放，其载客量参数应按实际运营场景下的平均载客量进行取值。若实际载客量未知，则采用列车额定载客量的固定比例（如80%或明确说明的假定值）进行计算。

示例：1 列 CR400 动车组，设计寿命为 30 年，负载率按定员 80%计算，全生命周期范围内搭载 1 位乘客行驶 1 km。

4.2.2.3 货运机车车辆

在货运机车车辆的全生命周期内，将1 t货物运输1 km距离所产生的平均温室气体排放，其计算所考虑的总质量包括机车质量、货运车辆质量和承载货物质量。采用空载和重载循环作业方式的货运机车车辆，其承载货物质量为单次循环作业的平均总质量。

示例：1 列复兴型八轴牵引货运列车，设计寿命为 30 年，全生命周期范围内搭载 1t 货物运输 1 km。

4.2.2.4 具备独立功能的子系统或零部件

在以下任一情况下，铁路子系统或零部件的全生命周期环境影响评估应使用功能单位。

a) 当分析对象为子系统或电子电气设备，具备完整的、独立的功能，且在使用期间具有相对恒定的功率消耗和使用寿命，应基于其提供服务的时长或次数定义功能单位。

示例：1 块复兴型八轴电力机车司机室显示屏，设计寿命为 30 年，按日均工作 12 h 计算，全生命周期范围内提供 1 h 视觉显示与触控交互服务。

b) 当分析对象为子系统或电子电气设备，具备完整的、独立的功能，且明确其交付搭载的车型、机车车辆运行工况（年度运行线路、具体负载信息等，如：年运行里程 50 万 km，停站规律已知，变流器平均效率 98%），可用于准确评估使用阶段，应根据其提供服务定义功能单位。

示例：1 台 tpower-TA22 型牵引变流器，设计寿命为 30 年，全生命周期范围内在典型工况下，转换 1 MWh 的电能。

4.2.3 声明单位

声明单位用于无法明确定义产品全生命周期（特别是使用阶段）的具体功能表现，或其使用场景高度依赖于上一级系统的情况。声明单位的生命周期评价仅涵盖部分生命周期阶段，铁路产品的部分生命周期阶段应包括图1示意范围。

在以下任一情况下，铁路产品的生命周期环境影响评估应使用声明单位。

a) 非独立运输单元：运行中不具备牵引动力，如客运车辆车厢、货运车辆车厢等。其使用阶段的能耗与排放取决于所编组机车（或动力车）、运行线路及装载工况，无法在车厢产品层面定义功能表现。

示例：1 节 C70 型无动力货车车厢。

b) 结构件或无源器件：所分析的对象为构成铁路产品的基础材料或纯机械结构部件，其本身不消耗能源（如转向架构架，或地板构件）。

示例：1 个转向架构架，1 ㎡阻燃地板构件。

c) 子系统或零部件：具备特定功能（如功率转换、信号控制），但功能无法脱离上一级系统独立存在。

示例：1 个额定电压 1700 V 的 TG1400HF17H1-S300 型 IGBT 模块。

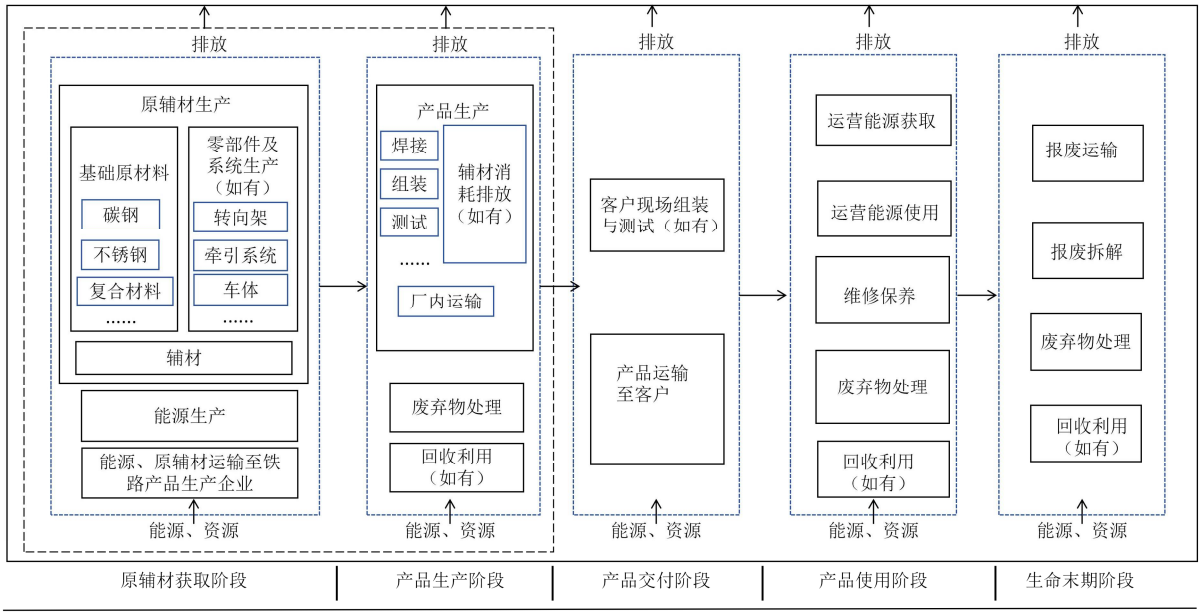
d) 子系统或电子零部件：具备特定功能（如功率转换、信号控制），虽然功能可独立使用，但在作为产品交付时，无法确知其最终搭载的车型、运行线路或具体负载信息，导致后续使用阶段数据无法被准确评估。

示例：1 台额定功率为 2000 kW 的 tpower-TA22 型牵引变流器。

4.2.4 系统边界

4.2.4.1 系统边界构成

铁路产品系统边界包括原辅材获取阶段、产品生产阶段、产品交付阶段、产品使用阶段和生命末期阶段。实际核算时，应根据具体产品类型及评价目的，将上述全部或部分阶段界定为该产品的系统边界。系统边界构成见图1。



标引符号说明：

——部分生命周期阶段；

——全生命周期阶段。

图 1 系统边界构成示意图

4.2.4.2 原辅材获取阶段

原辅材获取阶段包括原材料获取，能源、辅材的生产，以及能源、原材料、辅材运输至铁路产品生产企业的过程。包括以下过程：

a) 原材料的获取：构成产品的基础原材料（如碳钢、不锈钢、复合材料等）、辅材（含包装）的获取；对于机车车辆产品，需计入零部件及系统的生产过程；

b) 能源、辅材的生产；

c) 能源、原材料、辅材运输至铁路产品生产企业：能源、原材料、辅材从直接供应商到铁路产品装配/制造工厂的运输。

该阶段不包括：

a) 材料和能源生产工厂的建造、维护、拆除和处置；

b) 供应商制造设施的建造、维护、拆除和处置；
c) 原辅材料到供应商的包装与运输；
d) 多次使用的非一次性包装（如气瓶）。

原辅材获取阶段的数据收集清单见附录A中的表A.1与表A.2。

4.2.4.3 产品生产阶段

产品生产阶段从原辅材进入铁路产品生产企业开始，到最终离开铁路产品生产企业为止，涵盖铁路产品生产的全部工序，包括以下过程：

a) 产品生产过程，包括全部工序（如焊接、组装、测试等）和制造现场的内部运输等，生产过程的辅料消耗（如有排放）也应计入本过程；
b) 生产制造过程中产生的废弃物的处理；
c) 回收利用：包括回收材料从运营地到回收处理地的运输和回收加工过程，按照 5.5.3 的要求判断是否计算。

该阶段不包括：

a) 铁路产品制造设施的建造、维护、拆卸和处置；
b) 铁路产品的包装；
c) 人员出差；
d) 人员上下班交通；
e) 研发活动；
f) 铁路产品制造现场供应商包装产生的废物和废物处理；
g) 辅助性材料从供应商到制造现场的运输；
h) 铁路产品型式试验；
i) 非直接生产场地（如研发办公大楼），为保障工作环境品质活动（如采暖、供冷）所消耗的能源。

如果供应商包装产生的废物不能与制造现场产生的其他废物分开，且不会显著增加碳足迹研究报告的核算结果，则供应商包装产生的废物可以包括在生命周期分析中。

产品生产阶段的数据收集清单见表A.3。

4.2.4.4 产品交付阶段

产品交付阶段为铁路产品从离开生产企业开始，到完成交付给客户的过程，包括以下过程：

a）铁路产品从生产企业到客户的运输；
b）铁路产品在客户现场或指定地点进行组装与测试等过程。

该阶段不包括：

a) 运输产品本身的临时辅助工具（非专用的）；
b) 铁路产品型式试验。

交付阶段的数据收集清单见表A.4。

4.2.4.5 产品使用阶段

使用阶段从交付铁路产品开始，直到铁路产品报废为止，包括以下过程：

a) 能源获取：铁路产品运营所消耗能源的开采、生产、加工和运输过程；
b) 能源使用：铁路产品运营所消耗能源产生的温室气体排放过程；
c) 耗材和维修保养：铁路产品生命周期内原部件更换、耗材消耗，维修保养所需原辅材的物料的生产、加工和运输过程以及维修保养阶段的废弃物处置；

d) 回收利用：经废弃处置后具有回收价值的材料从废弃处理地到回收处理地的运输和回收加工过程排放，按照5.5.3的要求判断是否计算。

该阶段不包括：

a) 建造、维修、拆除和处置铁路产品拆卸和废物处理设施；
b) 建造、维修、拆除和处置铁路基础设施和服务设施；
c) 铁路产品运营中进行的清洁活动和清洁剂的生产和使用；
d) 铁路产品运营中乘客产生的废物的处理和处置；
e) 翻新二次认证。

使用阶段的数据收集清单见表A.5和表A.6。

4.2.4.6 生命末期阶段

生命末期阶段包括以下过程：

a) 报废运输：铁路产品到达拆解地的运输；
b) 报废拆解：包括铁路产品的拆卸、部件和组件拆解、分类、破碎；
c) 废弃物处理：包括报废阶段产生的废弃物的填埋、焚烧等过程；
d) 回收利用：包括回收材料从拆解地到回收处理地的运输和回收加工过程，按照5.5.3的要求判断是否计算。

生命末期阶段的数据收集清单见表A.7～表A.9。

4.3 取舍准则

取舍准则如下：

a) 应采用1% 取舍规则，即报告所包含的清单数据对产品碳足迹贡献至少 99%；
b) 在符合1% 取舍标准的前提下，报告应包含申报产品总重量的至少 95%。

对于以上排除项，应在产品碳足迹报告中予以说明。

4.4 预设情景

当必需的过程数据无法获取时，应按如下规定采用预设数据替代：

a) 缺失的材料生产数据，以“原生铝等类似材料”从原辅材获取到产品生产阶段的生产数据作为代表值；
b) 缺失的运输数据，以“载重卡车公路运输500 km”为代表值；
c) 在满足5.5.3要求、启动回收分配程序开展核算时，若回收处置阶段缺少金属材料回收过程排放数据，可选取钢铁、铝、铜等大类金属的废料再熔炼排放数据为代表值；
d) 在满足5.5.3要求、启动回收分配程序开展核算时，若回收处置阶段缺少的非金属材料回收过程排放数据，可采用“铝废料再熔炼”排放数据为代表值。

预设情景下的所有数据，其核算结果应进行敏感性定量分析。若预设过程对铁路机车车辆敏感性结果的贡献超过1%，或对铁路零部件敏感性结果的贡献超过5%，应进一步调研获取更具体的过程信息，以获得更准确的数据。如无法获得更准确的数据，应按GB/T 24067—2024的6.3.6的要求进行定量和定性描述。

5 清单分析

5.1 数据收集

5.1.1 初级数据收集

铁路产品碳足迹核算的活动水平数据应收集初级数据，包括：

a) 原辅材获取阶段的活动水平数据应为铁路产品物料清单（BOM）数据；
b) 产品生产阶段应收集一年稳定生产的数据；
c) 产品交付阶段应收集企业交付过程的数据；
d) 产品使用阶段应选择实际运营获得的数据；
e) 生命末期阶段应收集产品实际报废数据，如缺乏相应初级数据，可参照ISO 21106的处理流程进行产品生命末期处理情景设定。

在碳足迹报告中应对各阶段数据的获得方式和数据来源做详细说明。

5.1.2 次级数据收集

次级数据包括原辅材获取、产品生产、产品交付、产品使用阶段和生命末期阶段的碳足迹因子等数据。应在碳足迹核算报告中列出次级数据的时间代表性、地理代表性和技术代表性。若无法获得相关信息，则应在碳足迹核算报告中作出说明。

5.2 数据质量要求

5.2.1 初级数据质量要求

铁路产品碳足迹核算中使用的初级数据满足以下要求:

a) 代表性。应收集系统边界内单元过程产品的每年平均统计数据，宜为最近的日历年；
b) 完整性。应根据数据取舍准则要求，收集铁路产品各生命周期阶段所使用的原材料、能耗以及废弃物处理等过程的数据；
c) 准确性。初级数据中的能源、原材料消耗数据应来自企业实际生产统计记录；碳排放数据宜优先选择核查报告。所有初级数据均应详细记录相关的数据来源、计算过程以及分配方法等；
d) 一致性。应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

5.2.2 次级数据质量要求

铁路产品碳足迹核算中使用的次级数据满足以下要求:

a) 代表性。宜优先选择与评估产品系统的时间代表性、地理代表性、技术代表性相近的次级数据，其次选择近年代表国内及行业平均生产水平公开的生命周期评价数据，最后选择国外同类技术数据；
b) 完整性。应提供完整的次级数据信息，次级数据的系统边界应从资源开采到这些原材料产品出厂为止；
c) 一致性。对同类产品碳足迹的次级数据选择应保持一致。

5.2.3 数据质量评价

在开展铁路产品碳足迹核算时，宜使用高质量的初级数据和次级数据，尽可能地减少偏差和不确定性。数据质量评价应从时间代表性、技术代表性和地理代表性三个维度进行评价。数据质量等级（DQR）评价方法见附录B。

开展铁路产品碳足迹核算的组织宜建立数据管理系统，保留相关文件和记录，进行数据质量评价，并持续提高数据质量。

5.3 数据选择要求

5.3.1 初级数据获取原则

初级数据宜采用直接计量、检测获得的数据；也可采用通过初级数据计算获得的数据，如根据年度购买量及库存量的变化确定的数据，根据财务数据折算的数据等。

5.3.2 次级数据获取原则

对铁路产品不同生命周期阶段所需的次级数据，应按照下列优先级顺序依次获取，当前一级数据无法获取时，方可使用下一级数据：

a) 供应商提供的符合相关碳足迹标准的碳足迹结果或经第三方专业机构验证获得的数据；
b) 供应商调研数据；
c) 其他文献、生命周期数据库中代表中国地区的数据；
d) 以上数据均不可获得时可采用国外数据库的替代数据，同时论证数据的可行性。

5.4 数据审定

数据采集过程中，应验证数据的有效性，采用物料平衡、能量平衡、与历史数据和相近工艺数据对比等方式，确认数据合理性。

5.5 数据分配

5.5.1 概述

分配可分为共生产品分配和废弃物分配。共生产品分配为多种产品单元过程的分配，废弃物分配为产生材料单元过程的分配。

一个单元过程分配的输入和输出总和应与其分配前的输入和输出相等。

当同时有几种备选分配程序时，应通过敏感性分析阐明不同方法产生影响的差别。

5.5.2 分配原则

数据分配的总体原则应符合GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067的规定。

如果一个单元过程产出两种及以上铁路产品时，需要对单元过程的输入和输出进行分配，分配遵循以下原则：

a) 应避免数据的分配；
b) 若无法避免分配，可将分配过程划分为子过程，并收集每个子过程的清单数据。收集数据时可首先收集某条生产线、某车间或运输的数据，并将数据划分到所核算的铁路产品上，此时宜优先根据物理关系（如质量或工时）进行分配；
c) 当物理关系不能作为分配依据时，可根据铁路产品的经济价值按比例进行输入输出数据的分配；
d) 若使用其他分配方法时，应提供所使用参数的基础及计算说明。

5.5.3 再利用和回收分配

铁路产品生命末期阶段的回收运输、拆解、分类、破碎、填埋、焚烧等过程产生的环境影响应全部给所核算的铁路产品。

在无相关约定时，再利用和回收过程的排放和环境效益应全部归为下一个生命周期过程，不纳入铁路产品生命周期的计算。

当合同中约定铁路产品企业需与利益相关方就回收排放和减排效益分配进行约定时，方可启动回收处理程序的核算。相关核算程序应符合GB/T 24067的规定。

6 影响评价

6.1 产品碳足迹核算

6.1.1 核算公式

铁路产品碳足迹核算应按公式（1)进行计算，计算结果保留两位小数。

$$CFP = E_{原辅材获取} + E_{产品生产} + E_{交付} + E_{使用} + E_{末期} \quad (1)$$

式中：

CFP——铁路产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$E_{原辅材获取}$——铁路产品原辅材获取阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$E_{产品生产}$——铁路产品生产阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$E_{交付}$——铁路产品交付阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$)；

$E_{使用}$——铁路产品使用阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$)；

$E_{末期}$——铁路产品末期阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$)。

6.1.2 原辅材获取阶段碳排放核算

原辅材获取阶段包括原辅材生产，能源生产，以及能源、原辅材运输至铁路产品生产企业的过程，计算结果保留两位小数。

$$E_{原辅材获取} = E_m + E_e + E_{t1} \quad (2)$$

式中：

E_m——铁路产品原辅材生产的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

E_e——铁路产品能源生产的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

E_{t1}——能源、原辅材运输至铁路产品生产企业的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

E_m 按公式（3）进行计算，计算结果保留两位小数。

$$E_m = \sum [R_{r,i} \times E_{r,i} + (1 - R_{r,i}) \times E_{v,i}] + E_{CO_2} \quad (3)$$

式中：

$E_{v,i}$——第 i 种原生材料的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$E_{r,i}$——第 i 种再生材料的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$R_{r,i}$——第 i 种再生材料的投入比例，单位为百分比（%）；

E_{CO_2}——原辅材生产过程中的直接碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

E_e 按公式（4）进行计算，计算结果保留两位小数。

$$E_e = \sum \left(Me_j \times CFF_j \right) \quad (4)$$

式中：

Me_j——第 j 种能源的消耗量，单位为千瓦时（kWh）、千克（kg）或标准立方米（Nm^3）等；

CFF_j——第 j 种能源的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（$kgCO_2e/kWh$）、千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）或千克二氧化碳当量每标准立方米（$kgCO_2e/Nm^3$）。

E_{t1} 按公式（5）进行计算，计算结果保留两位小数。

$$E_{t1} = \sum \frac{(M_{j,t1} \times D_{j,t1} \times TFF_j)}{1000} \quad (5)$$

式中：

$M_{j,t1}$——采用运输方式 j 的能源、原辅材料的重量，单位为千克（kg）；

$D_{j,t1}$——采用运输方式 j 的能源、原辅材料的运输距离，单位为千米（km）；

TFF_j——运输方式 j 的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每吨公里[$kgCO_2e/(t \cdot km)$]。

6.1.3 产品生产阶段碳排放核算

铁路产品生产阶段的核算范围包括生产制造环节（如焊接、组装、测试等环节）和动力站房所消耗的能源（包括厂内运输消耗的能源）、辅料消耗及逸散的碳排放，该阶段碳排放按公式（6）计算，计算结果保留两位小数。

$$E_{生产} = \sum_i \sum_j [M_{i,j} \times CFF_{i,j} + D_{i,\mathrm{k}} \times CFF_{i,k} + E_{i,CO_2} + Er_{i,\mathrm{k}}] \quad \text{.....(6)}$$

式中：

$M_{i,j}$——第 i 个环节第 j 种辅料或能源的消耗量，单位为千瓦时（kWh）、千克（kg）或标准立方米（Nm^3）等；

$CFF_{i,j}$——第 i 个环节第 j 种辅料或能源的碳足迹因子，千克二氧化碳当量每千瓦时（$kgCO_2e/kWh$）、千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）或千克二氧化碳当量每标准立方米（$kgCO_2e/Nm^3$）；

$D_{i,k}$——第 i 个环节第 k 种废弃物处理量（不含回收），单位为千克（kg）；

$CFF_{i,k}$——第 i 个环节第 k 种废弃物处理的碳足迹因子（不含回收），单位为千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）；

E_{i,CO_2}——第 i 个环节的直接碳排放（如二氧化碳保护焊造成的 CO_2 逸散等），单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$Er_{i,k}$——第 i 个环节第 k 种废弃物回收排放，需符合 5.5.3 节描述条件，才需进行核算，单位为千克二氧化碳当量($kgCO_2e$)。

6.1.4 产品交付阶段碳排放核算

交付阶段的核算范围为从铁路产品生产企业运输到各客户的过程。如铁路产品需要在客户现场或指定地点进行组装与测试等活动，这部分活动（包括废弃物处置）排放也应计入交付阶段。该阶段碳排放按公式（7）计算，计算结果保留两位小数。

$$E_{交付} = E_{t2} + E_s \quad \text{.....(7)}$$

式中：

$E_{交付}$——铁路产品交付阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

E_{t2}——铁路产品从生产企业到客户的运输碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

E_s——铁路产品在交付阶段组装与测试等活动的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

E_{t2} 按公式（8)进行计算，包括能源的生产和使用过程，计算结果保留两位小数。

$$E_{t2} = \sum_{\mathrm{j}} Me_j \times CFF_j \quad \text{.....(8)}$$

式中：

Me_j——第 j 种能源的消耗量，单位为千瓦时（kWh）、千克（kg）或标准立方米（Nm^3）等；

$\mathrm{CFF_j}$——第 j 种能源的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（$kgCO_2e/kWh$）、千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）或千克二氧化碳当量每标准立方米（$kgCO_2e/Nm3$）。

如果该阶段的部分或全部过程无法直接获取运输的能源消耗量，可按照公式（9）计算，计算结果保留两位小数。

$$E_{t2}=\sum\sum\frac{(M_{j,t2}\times D_{j,t2}\times TFF_j)}{1000} \quad (9)$$

式中：

$M_{j,t2}$——采用运输方式 j 的铁路产品的重量，单位为千克（kg）；

$D_{j,t2}$——采用运输方式 j 的铁路产品的运输距离，单位为千米（km）；

TFF_j——运输方式 j 的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每吨公里[$kgCO_2e/(t\cdot km)$]。

E_s 核算应按公式（10)进行计算，计算结果保留两位小数。

$$E_s=\sum_i\sum_j[M_{i,j}\times CFF_{i,j}+D_{i,k}\times CFF_{i,k}+E_{i,CO_2}+Er_{i,k}] \quad (10)$$

式中：

$M_{i,j}$——第 i 个环节第 j 种辅料或能源的消耗量，单位为千瓦时（kWh）、千克（kg）或标准立方米（Nm³）等；

$CFF_{i,j}$——第 i 个环节第 j 种辅料或能源的碳足迹因子，千克二氧化碳当量每千瓦时（$kgCO_2e/kWh$）、千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）或千克二氧化碳当量每标准立方米（$kgCO_2e/Nm^3$）；

$D_{i,k}$——第 i 个环节第 k 种废弃物处理量（不含回收），单位为千克（kg）；

$CFF_{i,k}$——第 i 个环节第 k 种废弃物处理的碳足迹因子（不含回收），单位为千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）；

E_{i,CO_2}——第 i 个环节的直接碳排放（如二氧化碳保护焊造成的 CO_2 逸散等），单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$Er_{i,k}$——第 i 个环节的第 k 种废弃物回收排放，符合 5.5.3 的规定，才进行核算，单位为千克二氧化碳当量($kgCO_2e$)。

6.1.5 产品使用阶段碳排放核算

铁路产品使用阶段的核算范围包括能源消耗和产品生命周期内耗材（包括维护材料和备品备件）更换、耗材的废弃物处置等的碳排放，按公式（11)计算，计算结果保留两位小数。

$$E_{使用}=E_{能源}+E_{耗材} \quad (11)$$

式中：

$E_{能源}$——使用阶段能源消耗的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$E_{耗材}$——使用阶段耗材更换的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

使用过程中能源消耗（包含产品使用和维护过程）产生的碳排放按公式（12)计算，计算结果保留两位小数。

$$E_{能源}=\sum_n\left(EC_n\times EFF_n\right)+\sum_{n,i}\left[FC_{n,i}\times\left(CFF_{n,i,\text{能源获取}}+CFF_{n,i,\text{能源使用}}\right)\right] \quad (12)$$

式中：

EC_n——第 n 个区域的电力消耗量，单位为千瓦时（kwh）；

EFF_n——第 n 个区域的电力碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（$kgCO_2e/kWh$）；

$FC_{n,i}$——第 n 个区域第 i 种非电力能源的消耗量，单位为千克（kg）或标准立方米（Nm³）等；

$CFF_{n,i,\text{能源获取}}$——在第 n 个区域的第 i 种非电力能源获取阶段碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）或千克二氧化碳当量每标准立方米（$kgCO_2e/Nm^3$）；

$CFF_{n,i,\text{能源使用}}$——在第 n 个区域的第 i 种非电力能源使用阶段碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当

量每千克（$kgCO_2e/kg$）或千克二氧化碳当量每标准立方米（$kgCO_2e/Nm^3$）。

$E_{耗材}$ 按公式（13)计算，计算结果保留两位小数。

$$E_{耗材}=\sum_i[N_i\times(E_{i,原辅材获取}+E_{i,生产}+E_{i,交付}+E_{i,末期})] \quad \text{.....(13)}$$

式中：

N_i——生命周期内第 i 种耗材的数量或重量，单位为个（个）、件（件）或千克（kg）等；

$E_{i,原辅材获取}$——第 i 种耗材涉及的原辅材获取阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量每个（$kgCO_2e/个$）、千克二氧化碳当量每件（$kgCO_2e/件$）或千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）等，按公式（2)至公式（5)进行计算；

$E_{i,生产}$——第 i 种耗材生产阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量每个（$kgCO_2e/个$）、千克二氧化碳当量每件（$kgCO_2e/件$）或千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）等，按公式（6)进行计算；

$E_{i,交付}$——第 i 种耗材交付阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量每个（$kgCO_2e/个$）、千克二氧化碳当量每件（$kgCO_2e/件$）或千克二氧化碳当量每千克（kgCO2e/kg）等，按公式（7)至公式（10)进行计算；

$E_{i,末期}$——第 i 种耗材末期处置阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量每个（$kgCO_2e/个$）、千克二氧化碳当量每件（$kgCO_2e/件$）或千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）等，按公式(14)进行计算。

6.1.6 生命末期阶段碳排放核算

铁路产品末期阶段核算范围包括产品报废运输、产品拆解、废弃物处置和回收处理（如有），产生的碳排放按公式(14)计算，计算结果保留两位小数。

$$E_{末期}=\sum_i(M_i\times CFF_i)+\sum_j\sum_k\frac{M_j\times D_{j,k}\times TFF_k}{1000}+\sum_l(M_l\times CFF_l)+\sum_i\sum_k Er_{i,k} \quad \text{.....(14)}$$

式中：

M_i——第 i 种材料或能源的消耗量，单位为千瓦时（kWh）、千克（kg）或标准立方米（Nm^3）等；

M_j——第 j 种材料或能源或铁路产品的重量，单位为千克（kg）；

M_l——末期阶段第 l 种材料或废弃零部件的处置重量，单位为千克（kg）；

CFF_i——第 i 种材料或能源的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）或千克二氧化碳当量每标准立方米（$kgCO_2e/Nm^3$）；

CFF_l——第 l 种材料或废弃零部件处置过程的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）；

$D_{j,k}$——第 j 种材料或能源，铁路产品的第 k 种运输方式的加权运输距离，单位为千米（km）；

TFF_k——第 k 种运输方式的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每吨公里[$kgCO_2e/(t\cdot km)$]。

6.2 产品部分碳足迹核算

6.2.1 核算公式

铁路产品部分生命周期碳足迹核算应按公式（15)进行计算，计算结果保留两位小数。

$$CFP_{部分}=E_{原辅材获取}+E_{产品生产} \quad \text{.....(15)}$$

式中：

$CFP_{部分}$——铁路产品部分生命周期碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

6.2.2 原辅材获取阶段碳排放核算

按6.1.2的公式计算。

6.2.3 产品生产阶段碳排放核算

按6.1.3的公式计算。

7 结果说明

7.1 步骤

铁路产品碳足迹结果说明应包括以下步骤。

a) 根据铁路产品碳足迹的量化结果，识别显著的生命周期阶段、单元过程或基本流。

b) 数据质量的评估，数据质量的特征应包含定性和定量两部分，其中定量分析评价方法见附录B。

c) 相关特性中敏感性应做定量分析，具体要求如下：

1) 预设情景数据应逐一做变化绝对值不小于10%的敏感性分析，如对铁路机车车辆全生命周期碳足迹最终结果的贡献超过1%或对铁路零部件部分生命周期碳足迹最终结果的贡献超过5%，应投入额外的精力尝试寻找更具体的信息以获得更准确的数据（不能舍弃这部分数据），如无法获得更准确的数据，则需在数据质量评估中进行定量和定性描述；

2) 对碳足迹贡献前列的数据，宜根据产品特点做不同使用场景对比敏感性分析（如产品的使用寿命变化±5年，混动机车的不同能源占比等）；

3) 在产品生产或使用阶段如有使用绿电，宜做不同绿电占比的情景对比敏感性分析。

d) 结论、局限性和建议的编制。

7.2 内容

根据铁路产品碳足迹研究的目的和范围进行结果说明，应包括以下内容：

a) 说明铁路产品生命周期阶段的碳足迹；

b) 分析数据及碳足迹结果的不确定性，包括取舍准则的应用或范围；

c) 详细记录选定的分配程序；

d) 说明铁路产品碳足迹研究的局限性；

e) 说明铁路产品碳足迹核算过程中对电力的处理。

8 碳足迹报告

应根据碳足迹影响评价结果，编制铁路产品碳足迹评价报告。

机车车辆产品碳足迹报告应符合GB/T 24067的规定。

机车车辆产品碳足迹报告应包括概况、量化目的、量化范围、清单分析、影响评价和结果解释等内容，格式见附录C。

附 录 A
（资料性）
数据收集清单

铁路产品数据收集清单见表A.1～表A.8。

表A.1 原辅材料数据收集表

零部件名称	原材料		
	类型	重量（kg）	数据来源
车体	钢铁（如冷轧钢）		
	铸铁		
	铝合金		
	…		
转向架	钢铁（如冷轧钢）		
	铸铁		
	铝合金		
	……		
……			
注：数据来源于产品BOM，如车体BOM、转向架BOM等。材料类型需体现加工工艺。			

表A.2 能源、原辅材料入厂运输数据收集表

序号	主要零部件	每辆列车零部件采购重量（年度采购数量/产品产量）kg	平均运输距离（主要供应商与公司货运距离）km	运输方式（公路、铁路、航空、海运）	入厂运输（重量×距离）
1	原材料/零部件1				入厂物流运输量 t·km
2	原材料/零部件2				
3	…				

表A.3 铁路产品生产阶段数据收集表

类别	耗能设备	XX年年度数据		数据来源
		消耗量	单位	
燃料消耗			kg	
外购电力			kWh	
制冷剂泄漏			kg	
…				
注：数据来源如发票、计量表测量等。				

表A.4　交付阶段数据收集表

运输类型	重量（铁路产品重量） t	平均运输距离（铁路产品生产企业与客户的距离） km		交付运输（重量×距离） t·km
公路				
…				
额外活动类别	耗能设备	XX年年度数据		数据来源
		消耗量	单位	
燃料消耗			kg	
外购电力			kWh	
制冷剂泄漏			kg	
…				
注：数据来源如发票、计量表测量等。				

表A.5　使用阶段数据（能源）收集表

参数	数值	单位	数据来源
电力消耗量			
柴油消耗量			
其他能源消耗量			
…			

表A.6　使用阶段数据（耗材）收集表

耗材名称	原材料			运输			
	类型	重量 Kg	数据来源	耗材重量 kg	起点	终点	运输方式
刹车片	钢铁（如冷轧钢）						
	铸铁						
	…						
润滑油							
……							

表A.7　生命末期阶段数据收集表—报废运输

运输方式	平均能耗 kwh/km或kg/km	数据来源	平均运输距离 km	数据来源
公路				
…				

表A.8　生命末期阶段数据收集表—报废拆解

报废拆解使用能源类型	用量	单位	数据来源
电力			
柴油			
…			

表A.9　生命末期阶段数据收集表—废弃物处理

废弃物处理方式	重量	单位	数据来源
填埋			
焚烧			
…			

附 录 B
（资料性）
数据质量评价方法

B.1 在开展铁路产品碳足迹核算时，使用高质量的初级数据和次级数据，以尽可能地减少偏差和不确定性。开展铁路产品碳足迹核算的组织通过建立数据管理系统，保留相关文件和记录，进行数据质量评价，并持续提高数据质量。

B.2 铁路产品碳足迹的数据质量从时间代表性、技术代表性、地理代表性三个维度进行评价，数据质量评分内容见表 B.1。各维度的数据质量标准都按照五个等级进行评分，分数越小则质量水平越好，见表 B.2。

B.3 各个数据集的数据质量等级（DQR_i）具体计算见公式（B.1）。

$$DQR_i = \frac{TiR_i + TeR_i + GeR_i}{3} \quad \text{（B.1）}$$

式中：

DQR_i ——数据集i的数据质量结果；

TiR_i ——数据集i的时间代表性得分；

TeR_i ——数据集i的技术代表性得分；

GeR_i ——数据集i的地理代表性得分。

表 B.1 数据质量评分内容

评分	TiR（时间代表性）	TeR（技术代表性）	GeR（地理代表性）
1	产品碳足迹的基准年在数据集有效期内；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差≤3 年	核算过程技术与数据集代表的技术一致	核算过程在数据集代表的国家省市或区域内，如中国华东、中国华南等
2	产品碳足迹的基准年与数据集有效期相差≤2 年；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差≤4 年	核算过程技术包含在数据集组合技术中，但在生产工艺上存在一定差异	核算过程在数据集代表的国家
3	产品碳足迹的基准年与数据集有效期相差≤3 年；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差≤5 年	核算过程技术包含在数据集组合技术中，但在生产工艺上差异显著	核算过程在数据集代表的地理区域之一，如代表全球平均的数据集
4	产品碳足迹的基准年与数据集有效期相差≤4 年；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差≤6 年	核算过程技术与数据集代表的技术相似	核算过程与数据集所代表的地理区域在能源结构上相似
5	产品碳足迹的基准年与数据集有效期相差＞4 年；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差＞6 年	核算过程技术与数据集代表的技术不同	核算过程不满足上述情况

B.4 按公式（B.2）计算所有需要评价的次级数据总的数据质量等级DQR，DQR宜≤3.0。

$$DQR=\frac{\sum(DQR_i\times CFP_i)}{\sum CFP_i} \quad \text{（B.2）}$$

式中：

DQR ——数据最终质量评价结果；

CFP_i ——对应数据项i的碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

表 B.2 数据质量评级和水平对照

数据质量标准(TeR, GeR, TiR)的质量评级	数据质量水平
1	卓越
2	非常好
3	良好
4	一般
5	差

附 录 C
（资料性）
铁路产品碳足迹报告示例

铁路产品碳足迹报告格式示例如下：

铁路产品碳足迹报告（示例）

产 品 名 称 ：_____

产品规格型号：_____

生 产 者 名 称：_____

报 告 编 号 ：_____

出具报告机构：（若有） 盖章

日期： 年 月 日

一、概况

1. 生产者信息

生产者名称：_____

地　　址　：_____

法定代表人：_____

联 系 人 ：_____

联系电话：_____

企业概况：_____

2. 产品信息

产品名称：_____

产品功能：_____

产品介绍：_____

产品图片：_____

3. 量化方法

依据标准：_____

二、量化目的

_____

三、量化范围

1. 功能单位

以_____为功能单位

2. 系统边界

□部分生命周期

□全生命周期

部分生命周期包含原辅材获取阶段和产品生产阶段两个阶段；全生命周期包含原辅材获取阶段、产品生产阶段、产品交付运输阶段、产品使用阶段和生命末期阶段五个阶段。

不包括道路与厂房等基础设施建设、各工序的设备制造、厂区内人员及生活设施的碳排放。

系统边界图：

（图略）

图1　XXX碳足迹量化系统边界图

3. 取舍准则

采用的取舍准则以_____为依据，具体规则如下：

4. 时间范围

_____年度。

四、清单分析

1. 数据来源说明

初级数据：_____；

次级数据：_____。

2. 分配原则

分配依据：_____；

分配程序：_____。

具体分配情况如下：

3. 清单结果及计算

3.1 原辅材获取阶段

原辅材获取阶段核算主要包含原材料获取，能源、辅材的生产，以及能源、原材料、辅材运输至铁路产品生产企业的过程，该阶段始于从大自然提取资源和废料加工，截止于各系统进入产品生产设施。

列出系统边界内的原辅材数据，格式见表1。

表1 原辅材获取阶段碳排放清单说明

类别	类型	重量 kg	数据来源	因子来源	碳足迹 $kgCO_2e$
车体	钢铁（如冷轧钢）				
	铸铁				
	铝合金				
	……				
转向架	钢铁				
	铸铁				
	铝合金				
	……				
……					
总计	/	/	/	/	

生产阶段的能源、原辅材入厂运输的数据应选具有代表性的现场数据，格式见表2。

表2 入厂运输碳排放清单说明

主要零部件		每辆列车零部件采购重量 kg	平均运输距离 km	运输类型	因子来源	碳足迹 $kgCO_2e$
1	原材料/零部件1					
2	原材料/零部件2					
3	…					
总计		/	/	/	/	

3.2 产品生产阶段

该阶段始于原辅材料、零部件（如有）、半成品（如有）进入生产场址，结束于产品成品离开生产工厂。

铁路产品生产阶段的数据应选具有代表性的现场数据，包括生产阶段主要工艺流程，生产阶段能源资源的输入数据，以及向空气排放的温室气体数据等，且无遗漏，格式见表3。

表3　　铁路产品生产阶段碳排放清单说明

类别	活动数据	单位	数据来源	因子来源	碳足迹 $kgCO_2e$
燃料燃烧		kg			
外购电力		kWh			
…					
总计	/	/	/	/	

3.3　产品交付阶段

铁路产品交付产生的碳足迹，统计格式见表4。

表4　　交付运输阶段碳排放清单说明

运输类型	铁路产品重量 t	平均运输距离 km	交付运输 t·km	因子来源	碳足迹 $kgCO_2e$
公路					
…					
总计	/	/	/	/	
额外活动类别	活动数据	单位	数据来源	因子来源	碳足迹 $kgCO_2e$
燃料燃烧		kg			
外购电力		kWh			
制冷剂泄漏		kg			
…					
总计	/	/	/	/	

3.4　产品使用阶段

使用阶段主要包括铁路产品使用过程中消耗的能源排放，格式见表5。此外，还包括使用阶段消耗的耗材，如刹车片、润滑剂等的温室气体排放，格式见表6。

表5　　使用阶段碳排放清单说明

参数	活动数据	单位	数据来源	因子来源	碳足迹 $kgCO_2e$
电力消耗量		kWh/km			
柴油消耗量		kg/km			
其他能源消耗量		km		/	/
…		kg			
总计	/	/	/	/	

表6　　使用阶段数据（耗材）收集表

耗材名称	原材料			运输			
	类型	重量 Kg	数据来源	耗材消耗量 kg	起点	终点	运输方式
刹车片	钢铁（如冷轧钢）						
	铸铁						
	…						
润滑油							
……							

3.5　生命末期阶段

说明铁路产品生命末期的废物运输、能源消耗量以及废弃物处理，格式见表6、表7和表8。

表7　　生命末期阶段数据收集表—报废运输

运输方式	平均能耗 kWh/km或kg/km	能源名称	平均运输距离 km	数据来源
公路				
…				

表8　　生命末期阶段数据收集表—报废拆解

报废拆解使用能源类型	用量	单位	数据来源
电力			
柴油			
…			

表9　生命末期阶段数据收集表—废弃物处理

废弃物处理方式	重量	单位	数据来源
填埋			
焚烧			
…			

4. 数据质量评价

4.1 数据质量评估

本报告主要对钢铁及其合金、铝及其合金材料以及铁路产品生产过程的数据进行数据质量评价，数据质量评价从时间代表性、技术代表性、地理代表性三个维度进行评价，数据质量评价结果为DQR=_____。

4.2 数据敏感性分析

报告铁路产品数据敏感性分析的核算结果。

五、影响评价

1.影响类型和特征化因子选择

一般选择政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的100年全球变暖潜势（GWP）。

2.产品碳足迹结果计算

说明铁路产品应用本文件计算公式进行碳足迹计算的核算结果。

六、结果解释

1.结果说明

_____公司生产的_____（填写功能单位或声明单位），采用□部分生命周期/□全生命周期进行核算，生命周期碳足迹为_____□$kgCO_2e$/(人·km)/□$kgCO_2e$/(t·km)/□$kgCO_2e$。铁路产品生命周期各阶段的碳足迹及占比如表9和图2所示。铁路产品各关键零部件碳足迹及占比见表10和图3。

表10　　生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹	百分比（%）
原辅材获取阶段		
产品生产阶段		
交付运输阶段		
产品使用阶段		
生命末期阶段		
总计		

（图略）

图2　　生命周期各阶段碳排放分布图

统计各关键零部件温室气体排放占比情况，见表11和图3。

表11　主要零部件碳足迹分布

主要零部件	碳足迹	百分比（%）
车体		
转向架		
车钩及缓冲装置		
…		
其他		
总计		

（图略）

图3　　主要零部件碳足迹分布示意图

2. 假设和局限性说明

结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3. 改进建议

针对碳足迹核算结果，提出产品减碳改善建议。

参 考 文 献

[1] GB/T 2900.36—2021 电工术语 电力牵引

[2] GB/T 4549.1—2004 铁道车辆词汇 第1部分：基本词汇

[3] GB/T 21562—2008 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例

[4] GB/T 26989—2011 汽车回收利用 术语

[5] GB/T 46011.1—2025 道路车辆 温室气体管理通用要求 第1部分：术语和定义

[6] ISO 21106:2019, Railway applications — Recyclability and recoverability calculation method for rolling stock

[7] PCR 2009:05 UN CPC 495 Rolling stock and parts thereof product category classification: UN CPC 495

[8] PCR 2024:06 UN CPC Divisions 43-48 and 84 Electronic and electric equipment, and electronic components (non-construction) product category classification: UN CPC 43-48, 84

[9] QC/T 1247—2025 温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 汽车动力蓄电池

铁路行业标准《铁路产品碳足迹核算方法》

（征求意见稿）

编 制 说 明

1 工作简况

1.1 编制依据

根据《国家铁路局关于印发2026年铁路技术标准编制计划的通知》（国铁科法函〔2026〕54号）26T034项目和《国家铁路局2026年铁路装备技术和运输服务标准、计量规程规范项目计划(承担单位)》（科法函〔2026〕139号）(26T034)的要求，由铁路行业环保与卫生标准化技术归口单位归口，并由中车株洲电力机车研究所有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司节能环保劳卫研究所、中车大同电力机车有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中国科学院青岛生物能源与过程研究所、国家铁路局规划与标准研究院共同起草《铁路产品碳足迹核算方法》。

本标准为首次制定。

1.2 制修订本标准的必要性

机车车辆是铁路运输系统的核心装备，其全生命周期涵盖从原材料获取、零部件生产、产品制造、运用维护到报废处置的完整过程，具有“多部件集成、长生命周期、多层级供应链”的显著特点。截至2025年末，全国铁路机车拥有量为2.27万台，铁路客车拥有量为8.3万辆，铁路货车拥有量为102.4万辆（数据来源：《2025年铁道统计公报》）。产品全生命周期能源消耗高、碳排放源复杂，是铁路行业碳排放的核心来源。随着国家“双碳”战略纵深推进，产品碳足迹已成为衡量产业绿色低碳发展水平的核心工具，科学量化铁路产品碳足迹，对识别高碳排放环节、指导绿色设计优化、推动产业链协同降碳具有重要支撑作用。

制定本标准一是落实“双碳”战略的政策要求，国家铁路局、生态环境部等部门相继出台文件明确要求建立碳足迹核算标准体系，由于当前行业缺乏统一标准，各企业在核算边界、功能单位、分配规则等关键参数上自行约定，导致产品碳足迹核算结果因方法论差异无法直接比较，本标准将填补这一空白；二是提升我国铁路产品国内外市场竞争力的迫切需要，面对国际绿色贸易壁垒和国内绿色采购政策导向，统一的核算标准能增强我国轨道交通装备绿色属性的公信力；三是降低企业核算成本、驱动技术创新的内在需求，当前企业各自探索面临边界不清、数据质量参差等问题，本标准将提供清晰可行的规则，帮助企业精准识别高碳排放环节并支撑降碳技术研发；四是促进供应链协同减排的重要纽带，机车车辆碳足迹信息搜集难点主要源自上游原材料和零部件环节，统一标准可规范产业链数据收集，推动从单一企业减排向全产业链协同降碳转变。

1.3 编制过程

在本标准的编制过程中，完成了大量的基础研究和编写工作。本标准编制过程概要如下：

（1）标准计划下达后，在归口单位组织下，中车株洲电力机车研究所有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司节能环保劳卫研究所、中车大同电力机车有限公司等单位成立了标准起草组，对机车车

辆产品碳足迹核算现状、相关标准规范要求、行业运营现状等情况进行了调研，收集了相关技术资料，形成了本标准的草案。

（2）标准起草组对前期工作和标准草案深入讨论研究后，2026 年 9 月形成了本标准的征求意见稿（铁环卫标函〔2026〕11 号），在国家铁路局政府网站向社会公开征集意见。同时归口单位将征求意见稿发往国铁集团、国能集团、中车长客股份等 49 个单位定向征集意见。

（3）本标准起草单位和起草人承担的起草工作见表 1。

表 1《铁路产品碳足迹核算方法》起草工作分工表

序号	起草单位	起草人姓名	承担的工作
1	中车株洲电力机车研究所有限公司	何慧雅、荣向东、梁兰、林酿志	何慧雅负责第 1 章、第 2 章、第 3 章、4.1、4.4、第 8 章和参考文献的编制； 荣向东负责 4.2.4、4.3、5.5、6.1.1、6.2.1 的编制； 梁兰负责 6.1.4、6.2.4、6.1.6、6.2.6 附录 B 的编制； 林酿志负责 5.4 的编制、附录 A 数据收集清单的统稿和审核。
2	中国铁道科学研究院集团有限公司节能环保劳卫研究所	曹宇静、甄凯	曹宇静负责 6.1.5、6.2.5 的编制； 甄凯负责 6.1.2、6.2.2、附录 A 使用阶段对应核算阶段数据收集清单表的编制。
3	中车大同电力机车有限公司	齐红瑞、李益	齐红瑞负责 5.1、6.1.3、6.2.3 的编制； 李益负责 5.3 的编制、附录 A 生产阶段对应核算阶段数据收集清单的编制。
4	中车青岛四方机车车辆股份有限公司	魏玲玲、郭建强	魏玲玲负责 4.2.2、4.2.3 的编制； 郭建强负责 5.2 的编制。
5	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	田亚峻	田亚峻负责第 7 章的编制。
6	国家铁路局规划与标准研究院	师睿鑫	师睿鑫负责 4.2.1、附录 C 的编制。

2 编制原则

2.1 标准格式统一、规范，符合 GB/T 1.1-2020 要求。

2.2 标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。

2.3 标准技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进、节能环保。

2.4 标准实施后有利于促进铁路行业绿色低碳发展，符合铁路行业发展需求。

3 主要内容

本标准规定了铁路产品碳足迹核算目的和范围、清单分析、影响评价、结果说明和碳足迹报告等；适用于机车车辆及其零部件全生命周期和部分生命周期碳足迹核算，自轮运转特种设备可参照执行。

3.1 本标准的主要技术要求包括：

a）核算目的和范围：规定了核算的目的，界定了产品范围、时间范围、功能单位（如客运的“人•公里”、货运的“吨•公里”）与声明单位，并明确了系统边界构成（包含原辅材获取、产品生产、产品交付、产品使用、生命末期五个阶段）及取舍准则。

b）数据分析：规定了初级数据和次级数据的收集与质量要求，引入了基于时间、技术、地理代表性的数据质量等级（DQR）半定量评价方法，并明确了数据选择优先级、数据审定与分配原则。

c）影响评价：分部分生命周期和全生命周期，提供了各阶段碳排放核算的详细计算公式。

d）结果说明与碳足迹报告：规范了结果解释的步骤和内容，并以资料性附录形式提供了数据收集清单和碳足迹报告示例。

3.2 本标准符合法律、行政法规的规定。

3.3 本标准依据《环境管理 生命周期评价 原则与框架》（GB/T 24040）、《环境管理 生命周期评价 要求与指南》（GB/T 24044）、《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》（GB/T 24067），参考《Rolling stock and parts thereof product category classification 铁路车辆及其零件产品类别规则》（PCR 2009:05）、《Electronic and electric equipment, and electronic components (non-construction) product category classification 电子和电气设备及电子元器件（非建筑类）产品类别规则》（PCR 2024:06）、《Railway applications — Recyclability and recoverability calculation method for rolling stock 铁路应用 机车车辆可回收性和可回收性计算方法》（ISO 21106:2019），结合机车车辆的应用实际编制。

3.4 经起草组研究分析，没有与本标准相关联的国铁集团企业标准和标准性技术文件。

3.5 经起草组研究分析，没有与本标准主要技术内容相关联的现行国家标准、行业标准。

4 关键指标和预期效益

4.1 功能单位与声明单位的确定

关键指标：客运机车车辆功能单位为“将 1 位乘客运输 1km 距离”，负载率采用实际运营平均负载率或设定的保守固定比例；货运为“将 1t 有效货物运输 1km 距离”。针对不具备独立功能或无法明确使用场景的零部件，设定了“声明单位”。

确定依据：采用运输服务量定义功能单位，可客观比较不同运载能力产品的环境绩效。参考国内外相关标准（如 PCR 2009:05），并结合我国铁路实际运营统计，对铁路客运机车的负载率和货运机车的载重提出了明确要求。同时引入声明单位，完善了列车非动力单元及零部件的评价基准，保证了核算结果的代表性、可比性和可操作性。

4.2 系统边界与取舍准则的界定

关键指标：将全生命周期明确划分为五个阶段（原辅材获取、产品生产、产品交付、产品使用、生命末期），并区分了部分生命周期与全生命周期的系统边界。取舍准则设定为所有清单数据的碳排放量之和应占产品生命周期理论总排放的 99%以上，可舍去贡献小于 1%的单元过程。

确定依据：清晰的阶段划分有助于统一核算口径，避免遗漏或重复计算。明确各阶段包含与排除的过程，统一了行业认知。参考 GB/T 24067 的通用准则，将取舍阈值定为 1%，在保证核算结果完整性的前提下，降低了数据收集的工作量和难度。

4.3 核算公式与数据质量要求

关键指标：提供了覆盖各生命周期阶段的详细碳排放核算公式，明确了移动源使用阶段按里程分摊匹配区域碳因子的算法。引入了基于时间、技术、地理代表性的数据质量等级（DQR）半定量评价方法，并明确了次级数据获取的优先级原则。

确定依据：细化的核算公式将通则框架落地为具体算法，是标准可操作性的核心。统一的数据质量要求和优先级原则，能有效规范企业数据采集行为，提升核算结果的可靠性、一致性与可比性，解决了

当前不同企业核算质量参差不齐的问题。

4.4 预期效益

社会效益：本标准可满足铁路产品碳足迹核算及绿色评价等领域发展的需要，能提高产品碳排放信息的透明度和公信力，对促进产业链协同减排、提升行业绿色发展水平具有重要作用，能产生良好的社会效益。

经济效益：本标准统一了核算规则，有助于降低企业重复核算的技术门槛和时间成本。依据标准优化的高碳排放环节往往也是高成本环节，可指导企业降本增效。同时，具备权威碳足迹信息的产品在绿色采购及应对国际贸易绿色壁垒中更具合规优势，提升国际竞争力。

生态效益：本标准的实施，有助于推动铁路产品向轻量化、节能化、低碳化方向发展，促进新能源机车等绿色技术的应用，能够减少全产业链的能源消耗及温室气体排放，具有良好的生态环境效益。

5 有无重大分歧意见

无。

6 强制或推荐、废止、公开建议

6.1 建议本标准作为推荐性行业标准发布。

6.2 由于未识别出版权等相关知识产权问题，建议本标准公开。

6.3 本标准参考了《Rolling stock and parts thereof product category classification 铁路车辆及其零件产品类别规则》（PCR 2009:05）、《Electronic and electric equipment, and electronic components (non-construction) product category classification 电子和电气设备及电子元器件（非建筑类)产品类别规则》(PCR 2024:06)、《Railway applications — Recyclability and recoverability calculation method for rolling stock 铁路应用 机车车辆可回收性和可回收性计算方法》（ISO 21106:2019）。

6.4 本标准未识别出相关专利。

7 其他应予说明的事项

无。

标准起草组

2026年9月