

团 体 标 准

T/CCTAS XXXX—XXXX

铁路桥梁全生命周期碳排放计算指南

Guide for life cycle carbon emissions calculation of railway bridges

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025 年 1 月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 1

5 规划设计阶段碳排放计算 2

 5.1 一般原则 2

 5.2 规划设计活动碳排放 2

 5.3 设计采用建材碳排放 2

6 施工建造阶段碳排放计算 3

 6.1 一般原则 3

 6.2 建材运输碳排放 3

 6.3 铁路桥梁施工碳排放 3

7 运营维护阶段碳排放计算 4

 7.1 一般原则 4

 7.2 运营维护碳排放 4

8 拆除及资源化回收阶段碳排放计算 5

 8.1 一般原则 5

 8.2 拆除阶段碳排放 5

 8.3 资源化回收碳减排 6

附 录 A （资料性） 主要能源碳排放因子 7

附 录 B （资料性） 主要建材碳排放因子 8

附 录 C （资料性） 铁路标准梁构件消耗建材碳排放参考值 10

附 录 D （资料性） 建材运输碳排放因子 11

附 录 E （资料性） 常用施工机械台班能源用量 12

附 录 F （资料性） 建材回收率参考值 20

附 录 G （资料性） 碳排放计算示例 21

参 考 文 献 XXVI

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国铁路设计集团有限公司、中国铁建大桥工程局集团有限公司、北京交通大学、中国铁路上海局集团有限公司、河北工业大学、中国铁路青藏集团有限公司

本文件主要起草人：苏伟、李艳、李晓波、苗永抗、樊立龙、王锦、张立学、宋树峰、汪本刚、周岩梅、杨炯、高峰、张上、周先虎、张亚峰、窦蒙蒙、张若晨、赵耀军、张少朋、孙昊宏、马辰龙、张钧达、陈浩然、张磊、张杰、刘思明、齐成龙、杨智慧、王胜杰、刘正根、耿翱鹏、黄凯茂、赵一帆。

铁路桥梁全生命周期碳排放计算指南

1 范围

本文件规定了铁路桥梁从规划设计、施工建造、运营维护到拆除及资源化回收全生命周期碳排放计算方法等内容。
本文件适用于铁路常用梁式桥全生命周期碳排放计算，特殊桥梁碳排放可参考本文件计算。

2 规范性引用文件

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

GB/T 32150	工业企业温室气体排放核算和报告通则
GB/T 51366	建筑碳排放计算标准
TB 10002	铁路桥涵设计规范
TG/GW 103	铁路桥隧建筑物修理规则
TZJ 2002	铁路工程预算定额（第二册 桥梁工程）
TZJ 3004	铁路工程施工机具台班费用定额
T/CCTAS 36	高速公路零碳服务区评价技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

铁路桥梁全生命周期碳排放 life cycle carbon emissions of railway bridges

铁路桥梁在规划设计、施工建造、运营维护以及拆除回收阶段产生的温室气体排放，以二氧化碳当量表示。

3.2

活动数据 activity data

导致铁路桥梁碳排放的生产或消费活动量的表征值。

3.3

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。
[来源：GB/T 51366-2019, 2.1]

4 总则

4.1 铁路桥梁碳排放计算应遵守相关性、完整性、一致性的基本原则。

4.2 铁路桥梁的碳排放宜按规划设计、施工建造、运营维护、拆除回收不同阶段计算，分段计算结果可累计为全生命周期碳排放。

4.3 铁路桥梁碳排放活动数据来源可引用设计文件及施组资料，也可采用现场仪表实测、采购清单和备案资料。

4.4 铁路桥梁全生命周期因电力消耗造成的碳排放，宜采用由国家相关机构公布的全国或区域电网平均碳排放因子进行计算。

4.5 碳排放计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 规划设计阶段碳排放计算

5.1 一般原则

5.1.1 规划设计阶段涵盖了从项目开始到完成勘察设计的整个过程。

5.1.2 规划设计阶段碳排放宜包含规划设计活动本身及设计采用建材产生的碳排放。

5.1.3 规划设计阶段宜从全生命周期碳排放角度开展桥梁方案比选、优化工作。

5.2 规划设计活动碳排放

5.2.1 规划设计活动碳排放主要包括勘察设备消耗能源产生的碳排放及设计、办公活动产生碳排放。

5.2.2 规划设计活动产生的碳排放宜按下式计算：

$$C_{sj} = \sum_{i=1}^n E_{sj,i} EF_i \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中，

C_{sj} ——规划设计活动产生的碳排放量（ kgCO_2e ）；

$E_{sj,i}$ ——规划设计活动第*i*种能源的消耗量（能源计量单位）；

EF_i ——第*i*种能源的碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{能源计量单位}$ ），可参照本文件附录 A 取值；

5.3 设计采用建材碳排放

5.3.1 铁路桥梁设计采用建材生产产生的碳排放按下式计算：

$$C_{jc} = \sum_{i=1}^n M_i F_i \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中，

C_{jc} ——铁路桥梁设计采用建材生产产生的碳排放量（ kgCO_2e ）；

M_i ——第*i*种主要建材的消耗量（材料计量单位）；

F_i ——第*i*种主要建材的碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{材料计量单位}$ ）；

5.3.2 设计采用建材应包括主体、附属、临时设施所消耗的材料，主要建材的确定应符合下列规定：

a) 所选主要建材的总重量不应低于铁路桥梁所耗材料总重量的 95%；

b) 当符合本条第 1 款的规定时，重量比小于 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。

5.3.3 桥梁设计采用建材碳排放宜采用设计文件中工程数量计算。

5.3.4 建材碳排放因子应选用经权威机构发布的数据，无法获得时可参照本文件附录 B 取值。

5.3.5 当进行桥梁设计方案碳排放比选时，对于常用标准梁构件消耗建材碳排放可采用附录 C 取值计算。

6 施工建造阶段碳排放计算

6.1 一般原则

6.1.1 施工建造阶段涵盖从项目开工起至项目竣工验收止。

6.1.2 施工建造阶段碳排放包含建材运输和完成桥梁各分部分项工程及措施项目产生的碳排放，宜按下式计算：

$$C_{jz} = C_{ys} + C_{sg} \dots\dots\dots (3)$$

式中，

C_{jz} ——施工建造阶段产生的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{ys} ——建材运输过程产生的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{sg} ——各分部分项工程及措施项目施工产生的碳排放量（ kgCO_2e ）。

6.1.3 施工建造阶段宜从碳排放角度开展施工工艺、工法优化比选工作。

6.1.4 预制梁场、拌合站、预制构件厂、施工便道、栈桥、大型材料堆放场、码头等大临工程的建造、拆除及恢复原貌产生的碳排放均宜纳入计算。

6.1.5 办公用房、生活用房、材料库房等小临工程的施工碳排放可不计入。

6.2 建材运输碳排放

6.2.1 铁路桥梁建材运输产生的碳排放可按下式计算：

$$C_{ys} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i \dots\dots\dots (4)$$

式中，

C_{ys} ——建材运输过程产生的碳排放量（ kgCO_2e ）；

$M_{ys,i}$ ——第*i*种建材的运输量（t）；

D_i ——第*i*种建材的运输距离（km）；

T_i ——在第*i*种建材运输的碳排放因子 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})]$ ，可参照本文件附录 D 取值。

6.2.2 铁路桥梁建材运输指从生产地运输至桥梁施工现场或构件加工厂。

6.2.3 铁路桥梁建材运输距离宜优先采用实际的运输距离，若实际运输距离未知，可根据相应施工组织资料确定。

6.3 铁路桥梁施工碳排放

6.3.1 铁路桥梁施工产生的碳排放可按下式计算：

$$C_{sg} = \sum_{i=1}^n E_{sg,i} EF_i \dots\dots\dots (5)$$

式中,

C_{sg} ——铁路桥梁施工产生的碳排放量 (kgCO_2e) ;

$E_{sg,i}$ ——铁路桥梁施工第*i*种能源的消耗量 (能源计量单位), 可采用施工工序能耗估算法计算, 也可根据施工单位能源采购清单直接获取;

EF_i ——第*i*种能源的碳排放因子 ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{材料计量单位}$), 可参照本标准附录 A 取值。

6.3.2 当铁路桥梁各分部分项工程及措施项目采用施工工序能耗估算法时, 可按式(6)计算:

$$E_{sg,i} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij} R_{ij} \dots\dots\dots (6)$$

式中,

$E_{sg,i}$ ——铁路桥梁各分部分项工程及措施项目施工第*i*种能源消耗量 (能源计量单位);

Q_{ij} ——使用第*i*类能源的第*j*种施工建造机具运行台班数 (台班), 对于海拔大于 3000m 的高原铁路桥梁施工应考虑机械设备功效折减;

R_{ij} ——使用第*i*类能源的第*j*种施工建造机具每台班能源消耗量 (能源计量单位/台班), 可参照本文件附录 E 取值。

6.3.3 各分部分项工程及措施项目所需各施工机具运行台班数可根据设计文件确定, 也可参考类似项目实测数据计算。

7 运营维护阶段碳排放计算

7.1 一般原则

7.1.1 运营维护阶段涵盖从正式移交给运营单位起到项目停止运营使用为止。

7.1.2 运营维护阶段碳排放应包含铁路桥梁监测、检测、保养、加固、维修等消耗材料及能源产生的碳排放。

7.1.3 运营维护阶段宜根据碳排放计算优化运维方案。

7.1.4 运营维护阶段碳排放计算宜采用实测数据或者运营单位备案文件。

7.2 运营维护碳排放

7.2.1 运营维护阶段碳排放量宜按下式计算:

$$C_{yw} = C_{yw,cl} + C_{yw,ny} \dots\dots\dots (7)$$

式中,

C_{yw} ——运营维护阶段碳排放量 (kgCO_2e) ;

$C_{yw,cl}$ ——运营维护阶段消耗材料生产产生的碳排放量 (kgCO_2e) ;

$C_{yw,ny}$ ——运营维护阶段机具设备消耗能源产生的碳排放量 (kgCO_2e) 。

7.2.2 运营维护阶段消耗材料产生碳排放宜按年度材料消耗清单数量计算, 累计得到运维期碳排放:

$$C_{yw,cl} = \sum_{j=1}^T (\sum_{i=1}^n M_i F_i) \dots\dots\dots (8)$$

式中,

$C_{yw,cl}$ ——运营维护阶段消耗材料生产产生的碳排放量 (kgCO₂e)；

T ——铁路桥梁养护维修年限 (a)；

其余符号可参考式 (2)。

7.2.3 运营维护阶段机具设备运行碳排放宜按年度能源消耗清单计算，累计得到运维期碳排放：

$$C_{yw,ny} = \sum_{j=1}^T (\sum_{i=1}^n E_{yw,i} EF_i) \dots\dots\dots (9)$$

式中，

$C_{yw,ny}$ ——运营维护阶段机具设备能源消耗产生的碳排放量 (kgCO₂e)；

$E_{yw,i}$ ——铁路桥梁年度养护维修第 i 种能源的消耗量 (能源计量单位)；

T ——铁路桥梁养护维修年限 (a)；

其余符号参考式 (5)。

7.2.4 运营维护阶段材料消耗量，机具设备运行能源消耗量等数据宜采用运营单位实测的材料和能源消耗清单进行计算，也可参照类似项目进行估算。

8 拆除及资源化回收阶段碳排放计算

8.1 一般原则

8.1.1 拆除及资源化回收阶段涵盖从工程拆除起至废弃物处置回收止。

8.1.2 拆除及资源化回收阶段应包括拆除和场地恢复消耗材料、拆解机具运行和拆除物运输能源消耗产生的碳排放量，并扣除建材资源化回收的碳核减量，可按下式计算：

$$C_{ch} = C_{ch,cl} + C_{ch,jx} + C_{ch,ys} - C_{ch,hs} \dots\dots\dots (10)$$

式中，

C_{ch} ——拆除及资源化回收阶段碳排放量 (kgCO₂e)；

$C_{ch,cl}$ ——拆除阶段消耗材料生产产生的碳排放量 (kgCO₂e)；

$C_{ch,jx}$ ——拆除机具运行能源消耗产生的碳排放量 (kgCO₂e)；

$C_{ch,ys}$ ——拆除物运输能源消耗产生的碳排放量 (kgCO₂e)；

$C_{ch,hs}$ ——建材资源化回收的碳核减量 (kgCO₂e)。

8.1.3 拆除及资源化回收阶段宜根据碳排放计算优化拆除处置方案。

8.2 拆除阶段碳排放

8.2.1 拆除阶段消耗材料碳排放可依据本文件 5.3 节有关规定计算，宜根据专项拆除方案或《铁路工程预算定额 (第二册 桥梁工程)》TZJ 2002 中拆除工程有关规定采集、计算材料消耗量。

8.2.2 拆除机具运行能源消耗碳排放可依据本文件 6.3 节有关规定计算，宜根据专项拆除方案或《铁路工程预算定额 (第二册 桥梁工程)》TZJ 2002 中拆除工程、《铁路工程施工机具台班费用定额》TZJ3004 等有关规定采集、计算拆除机具能源消耗量。

8.2.3 拆除物运输能源消耗碳排放应依据本文件 6.2 节有关规定计算，运输距离为拆除场地至废弃物回收处置场地。

8.2.4 如果铁路桥梁拆除阶段活动数据无法获取,可按施工建造阶段施工机具运行碳排放量的一定比例估算拆除阶段碳排放量。

8.3 资源化回收碳减排

8.3.1 建材资源化回收的碳核减量,可按式(11)计算:

$$C_{ch,hs} = \sum_{i=1}^n M_i w_i F_i \dots\dots\dots (11)$$

式中,

- $C_{ch,hs}$ ——建材资源化回收的碳核减量(kgCO₂e);
- M_i ——第*i*种建材设计采用数量(材料计量单位);
- w_i ——第*i*种建材的资源化回收率,可参照本文件附录 F 取值(%);
- F_i ——第*i*种建材的碳排放因子,可参照本标准附录 B 取值(kgCO₂e/材料计量单位)。

附 录 A
(资料性)
主要能源碳排放因子

A.1 主要能源碳排放因子可按表A.1选用。

表A.1 主要能源碳排放因子

分类	燃料类型	单位热值 含碳量 (tC/TJ)	碳氧 化率	单位热值 CO ₂ 排放因子 (tCO ₂ e/TJ)	低位发热量		碳排放因子	
					数值	单位	数值	单位
固体 燃料	无烟煤	27.49	0.94	94.75	24.515	GJ/t	2.32	kgCO ₂ e/kg
	烟煤	26.18	0.93	89.27	23.204	GJ/t	2.07	kgCO ₂ e/kg
	褐煤	28.00	0.96	98.56	14.449	GJ/t	1.42	kgCO ₂ e/kg
	洗精煤	25.40	0.93	86.61	26.344	GJ/t	2.28	kgCO ₂ e/kg
	其他洗煤	25.40	0.90	83.82	15.373	GJ/t	1.29	kgCO ₂ e/kg
	型煤	33.60	0.90	110.88	17.460	GJ/t	1.94	kgCO ₂ e/kg
	焦炭	29.40	0.93	100.25	28.446	GJ/t	2.85	kgCO ₂ e/kg
液体 燃料	原油	20.10	0.98	72.23	42.620	GJ/t	3.08	kgCO ₂ e/kg
	燃料油	21.10	0.98	75.82	40.190	GJ/t	3.05	kgCO ₂ e/kg
	汽油	18.90	0.98	67.91	44.800	GJ/t	3.04	kgCO ₂ e/kg
	柴油	20.20	0.98	72.59	43.330	GJ/t	3.15	kgCO ₂ e/kg
	一般煤油	19.60	0.98	70.43	44.750	GJ/t	3.15	kgCO ₂ e/kg
	石油焦	27.50	0.98	98.82	31.000	GJ/t	3.06	kgCO ₂ e/kg
	焦油	22.00	0.98	79.05	33.453	GJ/t	2.64	kgCO ₂ e/kg
	粗苯	22.70	0.98	81.57	41.816	GJ/t	3.41	kgCO ₂ e/kg
气体 燃料	炼厂干气	18.20	0.99	66.07	46.050	GJ/t	3.04	kgCO ₂ e/kg
	液化石油气	17.20	0.99	62.44	47.310	GJ/t	2.95	kgCO ₂ e/kg
	液化天然气	15.30	0.99	55.54	41.868	GJ/t	2.33	kgCO ₂ e/kg
	天然气	15.30	0.99	55.54	389.31	GJ/万 Nm ³	2.16	kgCO ₂ e/Nm ₃
	焦炉煤气	13.60	0.99	49.37	173.854	GJ/万 Nm ³	0.86	kgCO ₂ e/Nm ₃
	高炉煤气	70.80	0.99	257.00	37.690	GJ/万 Nm ³	0.97	kgCO ₂ e/Nm ₃
	转炉煤气	49.60	0.99	180.05	79.540	GJ/万 Nm ³	1.43	kgCO ₂ e/Nm ₃
	密闭电石炉 炉气	39.51	0.99	143.42	111.190	GJ/万 Nm ³	1.59	kgCO ₂ e/Nm ₃
	其它煤气	12.20	0.99	44.290	52.340	GJ/万 Nm ³	0.23	kgCO ₂ e/Nm ₃
电力	全国电网	/	/	/	/	/	0.57	kgCO ₂ e/kW h

附 录 B
(资料性)
主要建材碳排放因子

B.1 铁路桥梁主要建材碳排放因子可按表B.1选用。

表B.1 铁路桥梁主要建材碳排放因子

材料类别	数值	单位
普通硅酸盐水泥	735	kgCO ₂ e/t
砂子	6.6	kgCO ₂ e/t
碎石	4.4	kgCO ₂ e/t
粉煤灰	8.0	kgCO ₂ e/t
生石灰	1190	kgCO ₂ e/t
C30 混凝土	316.4	kgCO ₂ e/m ³
C40 混凝土	410.4	kgCO ₂ e/m ³
C50 混凝土	463.4	kgCO ₂ e/m ³
普通碳钢	2050	kgCO ₂ e/t
热轧碳钢钢筋	2340	kgCO ₂ e/t
钢线材	2375	kgCO ₂ e/t
大型型钢	2701	kgCO ₂ e/t
中小型型钢	2137	kgCO ₂ e/t
电焊条	2050	kgCO ₂ e/t
不锈钢	6130	kgCO ₂ e/t
再生钢	480	kgCO ₂ e/t
钢轨	2600	kgCO ₂ e/t
铁制品	1920	kgCO ₂ e/t
原铝	18790	kgCO ₂ e/t
矿产铜	5520	kgCO ₂ e/t
再生铜	3440	kgCO ₂ e/t
聚氨酯	4330	kgCO ₂ e/t
改性沥青防水卷材	0.54	kgCO ₂ e/m ²

聚乙烯管	6850	kgCO ₂ e/t
聚氯乙烯	7300	kgCO ₂ e/t
油漆涂料通用	3500	kgCO ₂ e/t
乳胶漆	4120	kgCO ₂ e/t
减水剂	930	kgCO ₂ e/t
橡胶	7930	kgCO ₂ e/t
环氧树脂	5910	kgCO ₂ e/t
棉布	3280	kgCO ₂ e/t
木材	178	kgCO ₂ e/m ³
水	0.168	kgCO ₂ e/t

附 录 C

(资料性)

铁路标准梁构件消耗建材碳排放参考值

C.1 表C.1给出了铁路常用标准梁构件消耗建材碳排放参考值。

表C.1 铁路标准梁构件消耗建材碳排放

标准梁通用图号	碳排放 (tCO ₂ e/孔)
通桥 (2023) 2322A-II	329.4
通桥 (2023) 2322A-V	320.9
通桥 (2023) 2322A-III	436.0
通桥 (2016) 2311-I	234.9
通桥 (2016) 2229-I	370.5
通桥 (2019) 2232-IV	333.1
通桥 (2019) 2231-IV	209.9
通桥 (2017) 2101-I	110.1/216.2

注:

- 1.表中通用图号来源自中国国家铁路集团有限公司最新发布的铁路桥梁建设通用参考图;
- 2.通桥 (2017) 2101-I消耗建材碳排放按单、双线分别计算。

附 录 D
(资料性)
建材运输碳排放因子

D.1 各类运输方式的碳排放因子可按表D.1选取。

表D.1 各类运输方式的碳排放因子[kgCO₂e/ (t·km)]

运输方式类别	碳排放因子
轻型汽油货车运输（载重 2t）	0.334
中型汽油货车运输（载重 8t）	0.115
重型汽油货车运输（载重 10t）	0.104
重型汽油货车运输（载重 18t）	0.104
轻型柴油货车运输（载重 2t）	0.286
中型柴油货车运输（载重 8t）	0.179
重型柴油货车运输（载重 10t）	0.162
重型柴油货车运输（载重 18t）	0.129
重型柴油货车运输（载重 30t）	0.078
重型柴油货车运输（载重 46t）	0.057
电力机车运输	0.010
内燃机车运输	0.011
铁路运输（中国市场平均）	0.010
液货船运输（载重 2000t）	0.019
干散货船运输（载重 2500t）	0.015
集装箱船运输（载重 200TEU）	0.012

附录 E

(资料性)

常用施工机械台班能源用量

E.1 常用施工机械单位台班的能源消耗量可按表E.1选用。

表E.1 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)
1	土石方机械	履带式液压单斗挖掘机	$\leq 1.0 \text{ m}^3$		62.9	
2		履带式液压单斗挖掘机	$\leq 0.6 \text{ m}^3$		44.08	
3		履带式液压破碎锤	$\leq 200 \text{ kW}$		137.09	
4		气镐	$\leq 10 \text{ kg}$			
5		履带式推土机	$\leq 75 \text{ kW}$		49.73	
6		蛙式夯	$\leq 250 \text{ Nm}$			7.48
7		轮胎式装载机	$\leq 2 \text{ m}^3$		56.45	
8		履带式装载机	$\leq 2 \text{ m}^3$		55.37	
12	动力机械	电动空气压缩机	$\leq 0.6 \text{ m}^3/\text{min}$			29.26
13		电动空气压缩机	$\leq 1 \text{ m}^3/\text{min}$			39.9
14		电动空气压缩机	$\leq 3 \text{ m}^3/\text{min}$			117.04
15		电动空气压缩机	$\leq 6 \text{ m}^3/\text{min}$			212.8
16		电动空气压缩机	$\leq 9 \text{ m}^3/\text{min}$			399
17		电动空气压缩机	$\leq 20 \text{ m}^3/\text{min}$			691.6
18		电动空气压缩机	$\leq 25 \text{ m}^3/\text{min}$			1117.2
19		电动空气压缩机	$\leq 30 \text{ m}^3/\text{min}$			1223.6
22	起重机械	爬升式塔式起重机	$\leq 50\text{m} \times 1.2/3 \text{ t}$, $h=70\text{m}$			118.4
23		爬升式塔式起重机	$\leq 50\text{m} \times 1.5/4 \text{ t}$, $h=100\text{m}$			144
24		爬升式塔式起重机	$\leq 50\text{m} \times 2.3/4 \text{ t}$, $h=120\text{m}$			230.4
25		爬升式塔式起重机	$\leq 60\text{m} \times 6.25/16 \text{ t}$, $h=140\text{m}$			518.4

序号	机械类型	机械名称	性能规格	汽油(kg)	柴油(kg)	电(kWh)
26		爬升式塔式起重机	≤ 320 t			518.4
27		汽车起重机	≤ 5 t	21.17		
28		汽车起重机	≤ 8 t		35.28	
29		汽车起重机	≤ 12 t		44.1	
30		汽车起重机	≤ 16 t		57.15	
31		汽车起重机	≤ 20 t		64.92	
32		汽车起重机	≤ 25 t		72.68	
33		汽车起重机	≤ 30 t		75.15	
34		汽车起重机	≤ 75 t		110.07	
35		轮胎式起重机	≤ 16 t		41.63	
36		履带式起重机	≤ 15 t		38.81	
37		履带式起重机	≤ 25 t		44.1	
38		履带式起重机	≤ 50 t		64.92	
39		门式起重机	≤ 10 t-22 m			61.44
40		门式起重机	≤ 20 t-22 m			109.44
41		门式起重机	≤ 40 t-40 m			144
42		门式起重机	≤ 50 t-40 m			176.64
43		斜撑桅杆式起重机	≤ 10 t			112.64
44		斜撑桅杆式起重机	≤ 20 t			121.6
45		斜撑桅杆式起重机	≤ 35 t			180.48
46		少先式起重机	≤ 1 t			13.44
47		电动葫芦	≤ 3 t-9 m			14.34
48		电动葫芦	≤ 5 t-9 m			21.76
49		单筒慢速卷扬机	≤ 20 kN			28.16
50		单筒慢速卷扬机	≤ 30 kN			38.4
51		单筒慢速卷扬机	≤ 50 kN			56.32

序号	机械类型	机械名称	性能规格	汽油(kg)	柴油(kg)	电(kWh)
52		单筒快速卷扬机	≤ 10 kN			38.4
53		单筒快速卷扬机	≤ 30 kN			94.72
54		单筒快速卷扬机	≤ 50 kN			153.6
55		双筒慢速卷扬机	≤ 50 kN			76.8
56		单笼升降机 12 人-1t	≤ 100 m			64
57		双笼升降机 24 人-2t	≤ 220 m			358.4
58		液压滑升机械 (含 50 个千斤顶)				19.2
61		起重船	200 t		449.97	
63	运输机械	载重汽车	≤ 6 t	34.56		
64		载重汽车	≤ 8 t		47.58	
65		载重汽车	≤ 10 t		53.22	
66		载重汽车	≤ 15 t		65.32	
67		自卸汽车	≤ 6 t		40.32	
68		自卸汽车	≤ 15 t		70.56	
69		洒水车	≤ 5000 L	34.56		
70		平板运输车	≤ 15 t		65.32	
71		小型运输车	≤ 1 t		7.26	
72		混凝土搅拌运输车	≤ 6 m ³		88.7	
73		混凝土搅拌运输车	≤ 8 m ³		100.8	
74		混凝土搅拌运输车	≤ 10 m ³		115.72	
75		泥浆运输车	≤ 4000 L	34.56		
76		内燃机车			391.91	
77		轨道车	≤ 220 kW		83.26	
78		电气综合试验车		43.2		
79		聚脲喷涂车			79.56	

序号	机械类型	机械名称	性能规格	汽油(kg)	柴油(kg)	电(kWh)
80		带式输送机	≤10 m			15.36
85	混凝土及砂浆机械	混凝土搅拌机	≤250 L			15.68
86		混凝土搅拌机	≤400 L			21.56
87		混凝土搅拌站	≤60 m³/h			636.16
88		混凝土搅拌站	≤120 m³/h			1008
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
93		电动灌浆机	≤3 m³/h			15.4
94		混凝土泵	≤60 m³/h			492.8
95		混凝土泵	≤80 m³/h			591.36
96		混凝土输送泵车	≤60 m³/h		47.63	
97		混凝土输送泵车	≤85 m³/h		58.21	
98		混凝土布料机	≤21 m			21.84
99		灰浆搅拌机	≤200 L			13.44
100		灰浆搅拌机	≤400 L			20.16
101		混凝土振动台	2.4m×6.2m			140.8
102		水磨石机				15.36
103		路面切割机				19.2
104		混凝土梁面铣刨机 h≤5				35.84
105		电缆槽预制机组				417.48
106		水上混凝土搅拌站 2×600L				94.08
107		水上混凝土搅拌站	≤150 m³/h			3309.6
108	基础	轨道式柴油打桩机	≤1.8 t		40.08	

序号	机械类型	机械名称	性能规格	汽油(kg)	柴油(kg)	电(kWh)
109	及泵类机械	振动沉拔桩机	≤ 400 kN			336
110		振动沉拔桩机	≤ 500 kN			495.6
111		振动沉拔桩机	≤ 3000 kN			1176
112		转盘钻孔机	≤ 80 kNm			315
113		转盘钻孔机	≤ 200 kNm			756
114		汽车式钻孔机	≤ 1 m		59.47	
115		汽车式钻孔机	≤ 1.5 m		79.63	
116		冲击成孔机	≤ 1 m			153.6
117		冲击成孔机	≤ 1.5 m			177.6
118		冲击成孔机	≤ 2 m			201.6
119		旋挖钻机	≤ 220 kNm		243.94	
120		旋挖钻机	≤ 280 kNm		263.09	
121		旋挖钻机	≤ 360 kNm		300.38	
122		单级离心清水泵	≤ 25 m ³ /h-32 m			16.32
123		单级离心清水泵	≤ 25 m ³ /h-50 m			30.6
124		单级离心清水泵	≤ 50 m ³ /h-38 m			44.88
125		单级离心清水泵	≤ 60 m ³ /h-50 m			69.36
126		单级离心清水泵	≤ 170 m ³ /h-26 m			89.76
127		单级离心清水泵	≤ 280 m ³ /h-29 m			163.2
128		多级离心清水泵	≤ 32 m ³ /h-125 m			69.36
129		多级离心清水泵	≤ 155 m ³ /h-150 m			448.8

序号	机械类型	机械名称	性能规格	汽油(kg)	柴油(kg)	电(kWh)
			m			
130		离心式泥浆泵	≤47 m³/h-19 m			44.88
131		离心式泥浆泵	≤108 m³/h-21 m			89.76
132		离心式泥浆泵	≤150 m³/h-39 m			224.4
133		离心式泥浆泵	≤280 m³/h-26 m			306
134		射流泵	≤45 m³/h			69.36
135		泥浆搅拌机	≤150 L			10.2
136		泥浆搅拌机	≤2200 L			102
137		泥水处理离心机	≤100 m³/h			326.4
138		水环式真空泵	≤204 m³/h			89.76
139		高压油泵	≤63 MPa			40.8
140		单筒慢速卷扬机	≤100 kN			153.6
141		挤压法顶管设备	d≤1000			172.8
142		潜水工作船	≤400 t			150
143	焊接机械 铺架机械	交流弧焊机	≤21 kVA			73.6
144		交流弧焊机	≤32 kVA			108.8
145		交流弧焊机	≤42 kVA			144
146		直流弧焊机	≤42 kW			64
147		直流弧焊机	≤32 kW			102.4
148		半自动切割机	h≤100			121.6
149		氩弧焊机	≤500 A			118.4
150		对焊机	≤75 kVA			176
151		对焊机	≤100 kVA			288

序号	机械类型	机械名称	性能规格	汽油(kg)	柴油(kg)	电(kWh)
152		塑料管热熔对接焊机	d≤200			15.36
153	铺架机械	架桥机	≤130 t		202.2	
154		轮胎式搬梁机	≤600 t		274.18	
155		轮胎式搬梁机	≤900 t		214.2	
162	加工及其他机械	鄂式破碎机	≤250×400			81.6
163		偏心式振动筛				40.8
164		筛砂机	≤80 m³/h			81.6
165		洗石机	≤100 m³/h			163.2
166		洗砂机	≤60 m³/h			119.68
167		普通车床	400×2000			30.6
168		普通车床	630×2000			44.88
169		立式钻床	d≤25			8.98
170		立式钻床	d≤50			12.24
171		摇臂钻床	d≤63			32.64
172		台式钻床	d≤16			3.26
173		管子切断机	d≤150			13.6
174		多功能电锤钻				4.2
175		联合冲剪机	h≤16			14.96
176		型钢剪切机	≤1000 kN			59.84
177		剪板机	10×2500			35.36
178		剪板机	20×22500			59.84
179		卷板机	2×1600			29.92
180		卷板机	20×22000			59.84
181		液压弯管机	d≤108			40.8
182		咬口机	h≤1.5			7.62
183		钢筋调直机	d≤14			18.7

序号	机械类型	机械名称	性能规格	汽油(kg)	柴油(kg)	电(kWh)
184		钢筋切断机	d≤40			33.32
185		钢筋弯曲机	d≤40			14.28
186		钢筋车丝机	d≤39			10.88
187		木工圆锯机	≤500			16.32
188		木工圆锯机	≤1000			30.6
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
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

注：表中数据来源于《铁路工程施工机具台班费用定额》（TZJ 3004）。

附 录 F
(资料性)
建材回收率参考值

F.1 主要建材回收率可按表F.1选用。

表F.1 主要建材回收率

建材名称	回收系数
型钢	0.9
钢筋	0.5
铝材	0.95
混凝土	0.05
废铜	0.636
PVC	0.225
木材	0.15

附录 G
(资料性)
碳排放计算示例

本附录分别以铁路混凝土桥、钢桥作为案例对象，根据项目实际工程量清单及实测数据，并结合合同类型项目特点计算其全生命周期碳排放。

G.1 混凝土桥全生命周期碳排放

其中混凝土桥为高速铁路双线桥，全长0.53km，设计时速350km/h，上部结构为16孔32m双线简支箱梁，墩台均采用圆端形实体桥墩，平均墩高10m，一字型桥台，基础均采用钻孔灌注桩基础，桩径为1.25m。

G.1.1 规划设计阶段碳排放

1) 规划设计活动碳排放

规划设计活动能源消耗量采用实测值，按公式（1）计算碳排放量，如表G. 1. 1所示。

表G. 1. 1 规划设计活动能源消耗碳排放计算

序号	能源名称	单位	消耗量	碳排放因子kgCO ₂ e/ 能源计量单位	碳排放量/kgCO ₂ e
1	柴油	kg	5250	3. 15	16537. 5
2	电	kWh	600	0. 57	342
规划设计活动碳排放：16879. 5kgCO ₂ e					

2) 设计采用建材生产碳排放

查阅该混凝土桥工程量清单，确定所需建材的种类及数量，按公式（2）计算碳排放，主要建材碳排放如表G. 1. 2所示。其中上部结构采用通桥（2023）2322A-II标准梁构件，可参照附录C中表C. 1取值。

表G. 1. 2 设计采用建材碳排放计算

序号	建材名称	单位	消耗量	碳排放因子kgCO ₂ e/ 材料计量单位	碳排放量/kgCO ₂ e
1	32m双线简支箱梁	孔	16	329400	5270400
2	C50混凝土	m ³	35. 22	464. 3	16353
3	C35混凝土	m ³	2595. 63	362. 6	941175
4	C30混凝土	m ³	5649. 95	316. 4	1787644
5	C15混凝土	m ³	127. 74	177. 8	22712
6	光圆钢筋HPB300	t	249. 43	2340	583666
7	带肋钢筋HRB400	t	212. 05	2340	496197
8	镀锌低碳钢丝Φ0. 7~6cm	kg	2625. 93	2. 49	6539
9	钢支座	kg	25952	2. 137	55459
10	型钢	kg	2871. 5	2. 137	6136
11	定型钢模板	kg	17303. 6	2. 137	36977
12	组合钢模板	kg	2489. 16	2. 137	5319
13	组合钢支撑	kg	1375. 96	2. 137	2940
14	钢板桩	t	3. 9	2137	8334
15	铁拉杆	kg	3671. 4	1. 92	7049
16	铁件	kg	1128. 64	1. 92	2167
17	水泥32. 5级	kg	428100	0. 631	270131
18	普通水泥42. 5级	kg	17512. 02	0. 795	13922
19	熟石灰	t	588. 78	1190	700655
20	碎石	t	2464. 35	4. 4	10842
21	膨润土	kg	243903. 57	0. 041	10000
22	锯材	m ³	32. 49	73. 9	2401

23	PVC硬塑泄水管	t	0.751	7930	5955
24	输水胶管 d100mm	m	138.38	16.8	2325
25	电焊条	kg	2337.29	20.5	47914
设计采用建材生产碳排放：10313212 kgCO _{2e}					

G.1.2 施工建造阶段碳排放

1) 建材运输碳排放

由工程量清单和施工组织资料，确定建材运输距离、运输方式和运输量，按公式（4）计算碳排放量，如表G.1.3所示。

表G.1.3 建材运输碳排放计算

序号	建材名称	运输距离 (km)	运输方式	运输量 (t)	碳排放因子 kgCO _{2e} / (t • km)	碳排放量 /kgCO _{2e}
1	水泥	50	重型柴油货车运输 (载重10t)	4269.74	0.162	34585
2	钢筋	100	重型柴油货车运输 (载重10t)	1416.98	0.162	22955
3	砂石料	5	重型柴油货车运输 (载重10t)	32445.93	0.162	26281
4	自来水	5	中型汽油货车运输 (载重8t)	11695.62	0.115	6725
5	其它建材	5	重型柴油货车运输 (载重10t)	1594.8	0.162	1292
建材运输碳排放：91838 kgCO _{2e}						

2) 铁路桥梁施工碳排放

由设计文件确定施工建造工作内容，根据现行行业标准《铁路工程施工机具台班费用定额》TZJ 3004确定机具名称及机具运行台班数，按公式（5）和公式（6）计算碳排放，主要施工机具运行碳排放如表G.1.4所示。

表G.1.4 建材运输碳排放计算

序号	机具名称	机具运行台班数	能源消耗种类	单位台班能源消耗量	能源计量单位	碳排放因子 kgCO _{2e} /能源计量单位	碳排放量 /kgCO _{2e}
1	门式起重机 ≤50t-40m	29.28	电	176.64	kWh	0.57	2948
2	汽车起重机 ≤12t	40.508	柴油	44.1	kg	3.15	5627
3	汽车起重机 ≤16t	137.747	柴油	57.15	kg	3.15	24798
4	履带式起重机 ≤25t	14.82	柴油	44.1	kg	3.15	2059
5	单筒慢速卷扬机 ≤50kN	110.155	电	56.32	kWh	0.57	3536
6	自卸汽车 ≤6t	476.95	柴油	40.32	kg	3.15	60576
7	载重汽车 ≤8t	30.21	柴油	47.58	kg	3.15	4528
8	混凝土搅拌站 ≤120m ³ /h	71.062	电	1008	kWh	0.57	40829
9	混凝土搅拌运输车 ≤8m ³	195.53	柴油	100.8	kg	3.15	62084

10	混凝土搅拌运输车 ≤10m3	56.528	柴油	115.72	kg	3.15	20605
11	混凝土插入式振动器	284.908	电	5.38	kWh	0.57	874
12	混凝土附着式振动器	429.648	电	6.72	kWh	0.57	1645
13	混凝土泵 ≤60m³/h	33.706	电	492.8	kWh	0.57	9468
14	钢筋切断机 d≤40	248.246	电	33.32	kWh	0.57	4715
15	钢筋弯曲机 d≤40	327.832	电	14.28	kWh	0.57	2668
16	交流弧焊机 ≤42kVA	528.101	电	144	kWh	0.57	43346
17	对焊机 ≤75kVA	147.84	电	176	kWh	0.57	14831
18	工业燃油锅炉 ≤4t/h	36.176	柴油	976	kg	3.15	111219
19	轮胎式搬梁机 ≤900t	7.12	柴油	214.2	kg	3.15	4804
20	轮胎式装载机 ≤2m3	26.192	柴油	56.45	kg	3.15	4658
21	架桥机 ≤900t	16	柴油	642.03	kg	3.15	32358
22	箱梁运输车 ≤900t	10.352	柴油	913.92	kg	3.15	29801
23	轮轨式提梁机 ≤2×450t	5.328	柴油	188.5	kg	3.15	3163
24	履带式液压单斗挖掘机 ≤1.0m3	59.92	柴油	62.9	kg	3.15	11872
25	旋挖钻机 ≤280kNm	48.333	柴油	263.09	kg	3.15	40056
26	泥浆运输车 ≤4000L	81.11	汽油	34.56	kg	3.04	8522
27	冲击成孔机 d≤1m	5931.772	电	153.6	kWh	0.57	519338
28	离心式泥浆泵 ≤150m3/h-39m	1234.83	电	224.4	kWh	0.57	157944
29	单级离心清水泵 ≤170m3/h-26m	1210.73	电	89.76	kWh	0.57	61944
30	振动沉拔桩机 ≤500kN	14.82	电	495.6	kWh	0.57	4187

将桥梁施工机具消耗能源进行汇总，计算得到桥梁施工碳排放，如表G.1.5所示。

表G.1.5 桥梁施工能源消耗碳排放计算

序号	能源名称	单位	消耗量	碳排放因子kgCO ₂ e/ 能源计量单位	碳排放量/kgCO ₂ e
1	柴油	kg	152663.26	3.15	10060
	汽油	kg	3309.12	3.04	480890

2	电	kWh	1597317.867	0.57	910472
桥梁施工碳排放：1401422kgCO _{2e}					

G.1.3 运营维护阶段碳排放

通过调研上海铁路局杭州工务段范围内年度材料、设备及能源消耗数据，计算得到铁路桥梁年度运营维护碳排放数值为1307.5/km,本桥梁工点参照使用，假定高铁维护周期内年度消耗材料及能源基本稳定，维护周期为90年，计算得到运维期内桥梁碳排放为1307.5*90*0.53=62368 kgCO_{2e}。

G.1.4 拆除及资源化回收阶段碳排放

1) 拆除阶段碳排放

铁路桥梁拆除阶段活动数据难以获取，参考相关文献，可按G.1.2 2) 中的施工建造阶段施工机具运行碳排放量的80%进行估算，即1401422*0.8=1121138 kgCO_{2e}。

2) 资源化回收碳减排

主要建材资源化回收碳减排按公式（11）计算，结果如表G. 1. 6所示。

表G. 1. 6 资源化回收碳减排计算

序号	建材名称	单位	消耗量	回收率	碳排放因子kgCO _{2e} /材料计量单位	碳排放量/kgCO _{2e}
1	钢筋	t	1416.98	0.5	2340	1657866
2	型钢	t	99.81	0.9	2137	191965
3	C50混凝土	m ³	4557.78	0.05	464.3	105808
4	C35混凝土	m ³	2595.63	0.05	362.6	47058
5	C30混凝土	m ³	5649.95	0.05	316.4	89382
6	PVC	t	2.87	0.15	7930	3414
7	木材	m ³	38.41	0.225	73.9	638
资源化回收碳减排：2096131kgCO _{2e}						

G.1.5 全生命周期碳排放汇总

该混凝土桥全生命周期碳排放汇总结果如表G. 1. 7所示。

表G. 1. 7 全生命周期碳排放汇总表

活动阶段	碳排放来源	碳排放量/kgCO _{2e}	总碳排放量/kgCO _{2e}
规划设计阶段	规划设计活动	16880	10330092
	设计采用建材	10313212	
施工建造阶段	建材运输	91838	1493260
	桥梁施工	1401422	
运营维护阶段		62368	62368
拆除及资源化回收阶段	拆除	1121138	-974993
	资源化回收	-2096131	
合计			10910727

G. 2 钢桥设计用建材碳排放计算

钢桥采用72m双线简支钢桁梁，设计时速350km/h，桥墩采用圆端形实体桥墩，墩高15m，基础均采用钻孔灌注桩基础，桩径为1.5m。

查阅该钢桥工程量清单，确定所需建材的种类及数量，按公式（2）计算碳排放，主要建材碳排放如表G. 2. 1所示。

表G. 2. 1 设计采用建材碳排放计算

序号	建材名称	单位	消耗量	碳排放因子kgCO _{2e} /材料计量单位	碳排放量/kgCO _{2e}
1	钢桁梁 Q345qD	t	909.35	2701	2456154
2	钢桁梁 Q345qD	t	64.3	2701	173674
3	钢板梁 Q345qD	t	67.116	2701	181280

4	螺纹钢	t	117.41	2340	274737
5	角钢 Q235-A	t	33.69	2137	71989
6	高强度螺栓带帽	t	19.48	10543.6	205389
7	普通螺栓带帽	t	21.42	10543.6	225875
8	圆钢 Q235-A	t	50.928	2137	108833
	钢板 Q235-A	t	7.605	2137	16252
9	钢支座	kg	3892	2.137	8318
10	万能杆件	t	29.08	2137	62143
11	冲钉及辅助铁件	t	6.709	1920	12882
12	架构钢柱、横梁及支架等 Q345	t	10.395	2137	22214
13	聚氨酯防水涂料	kg	5640.832	5.22	29445
14	氯化聚乙烯防水卷材 δ =1.2	t	3.679	2810	10338
15	C50混凝土	m ³	279.71	464.3	129869
16	C35混凝土	m ³	916.1	362.6	332177
17	C30混凝土	m ³	1995.23	316.4	631290
18	光圆钢筋HPB300	t	88.03	2340	205990
19	带肋钢筋HRB400	t	78.84	2340	184485
设计采用建材生产碳排放：5343334 kgCO _{2e}					

参 考 文 献

- [1] T/CECS 1532-2024 城市轨道交通工程碳排放核算标准
- [2] T/CECS 1730-2024 铁路工程碳排放核算标准
- [3] DB15/T 2882-2023 公路基础设施建设碳排放核算规程
- [4] DB23/T 3631-2023 建筑全过程碳排放计算标准

单击或点击此处输入文字。

本文件规定了……。 (确立了, 描述了, 提供了, 给出了)

本文件适用于……。 (本文件不适用于……。 ……可参照使用。)