



中国建筑节能协会
CHINA ASSOCIATION OF BUILDING ENERGY EFFICIENCY



重庆大学
CHONGQING UNIVERSITY

中国城乡建设领域 碳排放研究报告 (2025)

- 简版 -

Research Report on Carbon Emissions in China's Urban-Rural
Construction Sector (2025)

-Abridged Edition-

目 录

主要数据	1
1 建筑篇	6
1.1 测算边界	6
1.2 建筑业建造碳排放	7
1.3 民用建筑运行碳排放	11
1.4 新建民用建筑隐含碳排放	17
2 市政设施篇	18
2.1 城镇污水处理碳排放	18
2.2 城市生活垃圾处理碳排放	19
2.3 城市绿地碳汇	20
专题报告一 居住建筑制冷剂温室气体排放	21
专题报告二 核心建材碳排放因子动态更新	24



中国城乡建设领域碳排放研究报告(2025)

主要数据

《中国城乡建设领域碳排放研究报告(2025)》基于最新的国家宏观统计数据 and 预测方法，测算分析了 2023 年和 2024 年中国城乡建设领域碳排放情况。

1. 建筑业建造碳排放情况

2024 年，全国建筑业建造能耗 12.5 亿 tce，比上年下降 0.2 亿 tce；碳排放 27.8 亿 tCO₂，比上年下降 0.6 亿 tCO₂。其中，按过程分：建材能耗和碳排放分别为 11.7 亿 tce 和 26.8 亿 tCO₂，施工能耗和碳排放分别为 0.8 亿 tce 和 1.0 亿 tCO₂；按领域分：房屋建筑建造能耗和碳排放分别为 8.0 亿 tce 和 18.1 亿 tCO₂，土木工程建造能耗和碳排放分别为 4.5 亿 tce 和 9.7 亿 tCO₂。具体数据详见总表 1。

总表 1 2023 和 2024 全国建筑业建造能耗与碳排放

指标	2023		2024	
	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)
全国建筑业建造	12.7	28.6	12.5	27.8
按过程分：建材	11.9	27.6	11.7	26.8
施工	0.8	1.0	0.8	1.0
按领域分：房屋建筑建造	8.1	18.6	8.0	18.1
其中：建材	7.8	18.0	7.7	17.5
施工	0.3	0.6	0.3	0.6
土木工程建造	4.6	10.0	4.5	9.7
其中：建材	4.1	9.6	4.0	9.3
施工	0.5	0.4	0.5	0.4



2. 民用建筑运行碳排放情况

2024 年，全国民用建筑运行能耗 13.0 亿 tce，比上年增长 0.4 亿 tce，占全国能源消费的比重 21.8%，比上年减少 0.1 个百分点；碳排放为 24.7 亿 tCO₂，比上年增长 0.6 亿 tCO₂，占全国能源碳排放的 22.1%，比上年增加 0.3 个百分点。其中，按排放源分：化石能源消耗和碳排放分别为 2.1 亿 tce 和 4.1 亿 tCO₂，热力消耗和碳排放分别为 1.7 亿 tce 和 4.1 亿 tCO₂，电力消耗和碳排放分别为 9.2 亿 tce 和 16.5 亿 tCO₂；按建筑类型分：公共建筑能耗和碳排放分别为 5.7 亿 tce 和 10.6 亿 tCO₂，城镇居住建筑能耗和碳排放分别为 5.0 亿 tce 和 9.7 亿 tCO₂，农村居住建筑能耗和碳排放分别为 2.3 亿 tce 和 4.4 亿 tCO₂。具体数据详见总表 2。

总表 2 2023 和 2024 全国民用建筑运行能耗与碳排放

指标	2023		2024	
	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)
全国民用建筑运行 (占全国的比重)	12.6 (21.9%)	24.1 (21.7%)	13.0 (21.8%)	24.7 (22.1%)
按排放源分：化石能源	2.2	4.1	2.1	4.1
热 力	1.8	4.4	1.7	4.1
电 力	8.6	15.6	9.2	16.5
按类型分：公共建筑	5.7	10.7	5.7	10.6
其中：化石能源	0.7	1.5	0.6	1.3
热 力	0.5	1.1	0.4	1.0
电 力	4.5	8.1	4.7	8.3
城镇居住建筑	4.6	9.0	5.0	9.7
其中：化石能源	1.1	1.7	1.1	1.8
热 力	1.3	3.3	1.3	3.1
电 力	2.2	4.0	2.6	4.8
农村居住建筑	2.3	4.4	2.3	4.4
其中：化石能源	0.4	0.9	0.4	1.0
电 力	1.9	3.5	1.9	3.4



3. 新建民用建筑隐含碳排放情况

2023 年，全国新建建筑（当年竣工的房屋建筑）面积总量为 39.34 亿 m^2 ，扣除工业建筑后民用建筑面积为 30.27 亿 m^2 ，隐含碳排放 15.24 亿 tCO_2 ，单位面积隐含碳 $503.47 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ 。其中：公共建筑面积 6.51 亿 m^2 ，隐含碳排放 4.64 亿 tCO_2 ，单位面积隐含碳 $712.75 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ ；居住建筑面积 23.76 亿 m^2 ，隐含碳排放 10.60 亿 tCO_2 ，单位面积隐含碳 $446.13 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ 。具体数据详见总表 3。

总表 3 2023 年全国新建民用建筑隐含碳排放

指标	面积 (亿 m^2)	隐含碳排放 (亿 tCO_2)	单位面积隐含碳 (kgCO_2/m^2)
全国新建民用建筑	30.27	15.24	503.47
其中：公共建筑	6.51	4.64	712.75
居住建筑	23.76	10.60	446.13

4. 市政设施运行碳排放情况

2024 年全国城镇污水处理全过程碳排放总量为 4065.1 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ，比上年增加 94.4 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ；碳抵消量为 1349.9 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ，比上年增加 108.1 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ；净排放量为 2715.2 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ，比上年减少 13.7 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ；净碳排放强度 $2.75 \text{ tCO}_2\text{-eq}/\text{万 t}$ ，比上年下降 $0.15 \text{ tCO}_2\text{-eq}/\text{万 t}$ 。

2024 年全国城市生活垃圾处理全过程碳排放总量为 9384.0 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ，比上年增加 33.9 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ；碳抵消量为 4172.1 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ，比上年增加 177.6 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ；净排放量为 5211.9 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ 比上年减少 143.7 万 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ ；净碳排放强度 $2007.6 \text{ tCO}_2\text{-eq}/\text{万 t}$ ，比上年下降 $100.2 \text{ tCO}_2\text{-eq}/\text{万 t}$ 。



具体数据详见总表 4。

总表 4 2023 年和 2024 年全国市政设施碳排放

指标	城镇污水处理		城市生活垃圾处理	
	2023	2024	2023	2024
碳排放总量 (万 tCO ₂ -eq)	3970.7	4065.1	9350.1	9384.0
碳抵消量 (万 tCO ₂ -eq)	1241.8	1349.9	3994.5	4172.1
净排放量 (万 tCO ₂ -eq)	2728.9	2715.2	5355.6	5211.9
总排放强度 (tCO ₂ -eq/万 t)	4.23	4.11	3680.0	3614.6
净排放强度 (tCO ₂ -eq/万 t)	2.90	2.75	2107.8	2007.6

主要指标解释

1. 建筑业建造碳排放： 建筑业消耗的建材及其运输带来的能源碳排放（不含工业过程排放），以及建筑业施工活动的能源碳排放。包括房屋建筑和土木工程建造两大细分领域。
2. 房屋建筑建造碳排放： 房屋建筑建设项目当年消耗的建材在生产和运输过程中的能源碳排放（不含工业过程排放），以及在施工过程中的能源碳排放。
3. 土木工程建造碳排放： 土木工程建设项目当年消耗的建材在生产和运输过程中的能源碳排放（不含工业过程排放），以及在施工过程中的能源碳排放。
4. 民用建筑运行碳排放： 民用建筑在运行过程中消耗的化石能源、电力和热力所产生的碳排放。
5. 建材生产运输碳排放： 指建筑材料本身在生产和运输到施工现场过程中产生的碳排放。
6. 施工碳排放： 指在建筑施工现场各种施工活动直接产生的碳排放。
7. 新建建筑隐含碳排放： 指当年竣工的民用建筑在建造过程中（从开工到竣工）累计消耗建材的碳足迹。
8. 城镇污水处理全过程总碳排放： 包括污水收集、污水处理和污泥处置全过程的直接温室气体排放和能源消耗带来的碳排放，以 CO₂ 当量表示。



中国城乡建设领域碳排放研究报告 (2025)

9. 城市生活垃圾处理总碳排放：包括生活垃圾收集、处理过程中的直接温室气体排放和能源消耗带来的碳排放，以 CO_2 当量表示。
10. 碳抵消量：污泥资源化利用（或者生活垃圾发电）带来的 CO_2 抵消量。
11. 净排放量：城镇污水（或生活垃圾）处理过程中总碳排放量减去对应的碳抵消量的净值。
12. 总排放强度：城镇污水（或生活垃圾）处理总碳排放与污水（或生活垃圾）处理量的比值。
13. 净排放强度：城镇污水（或生活垃圾）处理净排放量与污水（或生活垃圾）处理量的比值。



1 建筑篇

1.1 测算边界

本报告涉及“建筑业建造碳排放”“民用建筑运行碳排放”和“新建民用建筑隐含碳”的测算，三者的测算边界和测算方法介绍见表 1.1。

表 1.1 建筑与建造碳排放测算说明

测算项目		测算边界	测算方法简介
(1) 建筑业建造碳排放	(1.1) 房屋建筑建造	对象：当年施工的房屋建筑项目，包括民用建筑和工业建筑 排放范围：民用建筑项目当年消耗的建材在生产和运输过程中的能源碳排放（不含工业过程排放），以及项目施工能源碳排放	测算公式：建造碳排放 = $\sum$ 建筑业中建材相关部门和运输部门经济投入量 * 对应部门的单位经济投入量的能源消耗 * 能源碳排放因子 + 建筑业施工碳排放 数据来源：经济投入量来源于国家统计局的投入产出表，单位经济投入量的能源消耗取自中国能源统计年鉴，建筑业施工碳排放根据能源平衡表计算（不含沥青碳排放），能源碳排放因子同上 2024 年数据基于全国能源消费总量等数据预测得到，方法见完整版附录
	(1.2) 土木工程建造	对象：当年施工的土木工程项目，包括市政、交通、水利等 排放范围：与（1.1）一致	
(2) 民用建筑运行碳排放		对象：既有民用建筑 排放范围：既有民用建筑在运行过程中消耗的化石能源、电力和热力所产生的碳排放	测算公式：建筑运行碳排放 = $\sum$ 分类能源消费量 * 能源碳排放因子 数据来源：分类能源消费量基于能源平衡表拆分法测算，化石能源排放因子来源于生态环境部，电力碳排放因子使用生态环境部和国家统计局公布的数据，热力排放因子依据当年城市集中供热的供热方式和能源结构测算 2024 年数据基于全国能源消费总量等数据预测得到，方法见完整版附录
(3) 新建民用建筑隐含碳		对象：当年竣工的民用建筑 排放范围：民用建筑在建造过程中（从开工到竣工）累计消耗建材的碳足迹	测算公式：新建建筑隐含碳排放 = $\sum$ 分类建筑竣工面积 * 单位面积的分类建材消耗量 * 分类建材碳足迹 数据来源：分类建筑竣工面积取自建筑业统计年鉴，单位面积的分类建材消耗量来源于大型建筑企业碳盘查数据



1.2 建筑业建造碳排放

2024 年，全国建筑业建造能耗 12.5 亿 tce，比 2023 年下降 0.2 亿 tce；碳排放 27.8 亿 tCO₂，比 2023 年下降 0.6 亿 tCO₂。

(1) 按类别分析

➤ 房屋建筑建造

2024 年全国房屋建筑建材生产运输能耗为 7.7 亿 tce，碳排放为 17.5 亿 tCO₂，相比 2023 年下降 0.5 亿 tCO₂。房屋建筑施工能耗与碳排放自 2022 年起呈现下降趋势，2024 年为施工能耗 3290 万 tce，施工碳排放为 6132 万 tCO₂。具体数据见表 1.2 和图 1.1。

表 1.2 2023 和 2024 年房屋建筑建造能耗与碳排放

分类	2023		2024	
	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)
建材生产运输	7.8	18.0	7.7	17.5
施工	0.3	0.6	0.3	0.6



图 1.1 房屋建筑建造能耗与碳排放变化趋势



► 土木工程建造

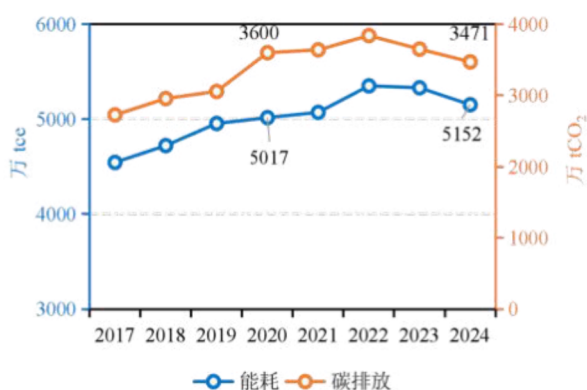
2024 年全国土木工程工程中建材生产运输能耗与碳排放均迎来 2017 年以来的首次下降，建材生产运输能耗为 4.0 亿 tce，相比 2023 年下降 0.1 亿 tce；碳排放为 9.3 亿 tCO₂。土木工程施工碳排放自 2022 年起呈现下降趋势，2024 年为 3471 万 tCO₂。具体数据见表 1.3 和图 1.2。

表 1.3 2023 和 2024 年土木工程建材生产运输能耗与碳排放

分类	2023		2024	
	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)
建材生产运输	4.1	9.6	4.0	9.3
施工	0.5	0.4	0.5	0.4



a. 土木工程建材生产运输能耗与碳排放



b. 土木工程施工能耗与碳排放

图 1.2 土木工程建造能耗与碳排放变化趋势

注：考虑到石油沥青在建筑行业的主要用途并非燃烧供能，因此测算施工碳排放时未纳入石油沥青相关的排放。

(2) 按过程分析

► 建材生产与运输

2024 年全国建筑业建材生产与运输能耗为 11.7 亿 tce，碳排放量为 26.8 亿 tCO₂；与 2023 年相比，能耗下降 0.2 亿 tce，碳排放下降 0.8 亿 tCO₂（见表 1.4）。



表 1.4 2023 和 2024 年建筑业建造能耗与碳排放

分类	2023		2024	
	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)	能耗 (亿 tce)	碳排放 (亿 tCO ₂)
建材生产运输	11.9	27.6	11.7	26.8
施工	0.8	1.0	0.8	1.0

从长期趋势看（如图 1.3 所示），2005 年至 2015 年间，该领域碳排放总体呈上升态势，年均增速为 11.1%。2015 年之后，随着工程建设集约化水平提高和绿色建材的推广应用，碳排放增速逐渐趋缓。在 2015 年至 2024 年间，碳排放从 23.8 亿 tCO₂ 增长至 26.8 亿 tCO₂，年均增速降至 1.3%。

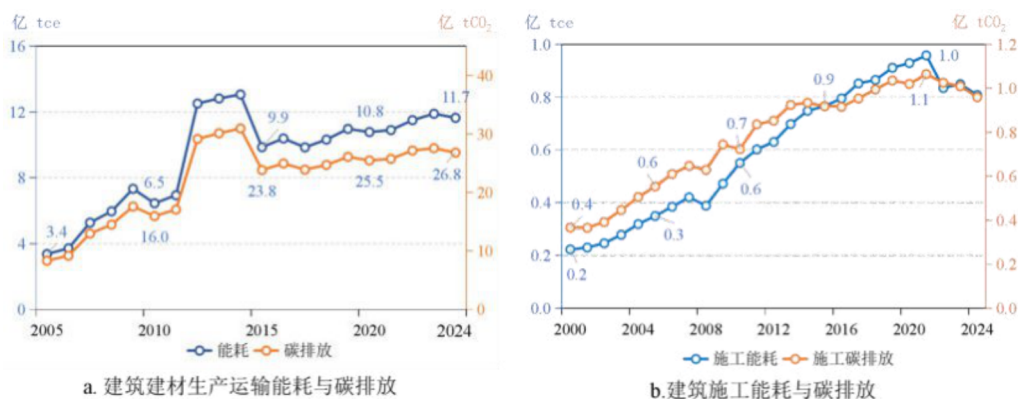


图 1.3 建筑建造能耗与碳排放变化趋势

注：考虑到石油沥青在建筑行业的主要用途并非燃烧供能，因此测算施工碳排放时未纳入石油沥青相关的排放。

➤ 建筑业施工

2024 年全国建筑业施工能耗为 0.8 亿 tce，碳排放为 1.0 亿 tCO₂（见表 1.4）。2000 年以来，施工能耗与碳排放总体上呈稳定上升趋势（如图 1.3 所示），2021 年起均开始呈现下降趋势。2000-2024 年间，施工能耗从 0.2



亿 tce 增长到 0.8 亿 tce，年均增速为 5.9%，施工碳排放增长量为 0.6 亿 tCO₂，年均增速为 3.9%；施工碳排放增速低于施工能耗增速。



1.3 民用建筑运行碳排放

2024 年全国民用建筑运行能耗为 13.0 亿 tce^①，占全国能源消费的 21.8%，碳排放为 24.7 亿 tCO₂，占全国能源碳排放的 22.1%（如图 1.4 所示）。其中：

公共建筑能耗和碳排放分别为 5.7 亿 tce 和 10.6 亿 tCO₂，占全国民用建筑运行能耗与碳排放的比重分别为 44%和 43%；

城镇居住建筑能耗和碳排放分别为 5.0 亿 tce 和 9.7 亿 tCO₂，占全国民用建筑运行能耗与碳排放的比重分别为 38%和 39%；

农村居住建筑能耗和碳排放分别为 2.3 亿 tce 和 4.4 亿 tCO₂，占全国民用建筑运行能耗与碳排放的比重分别均为 18%。

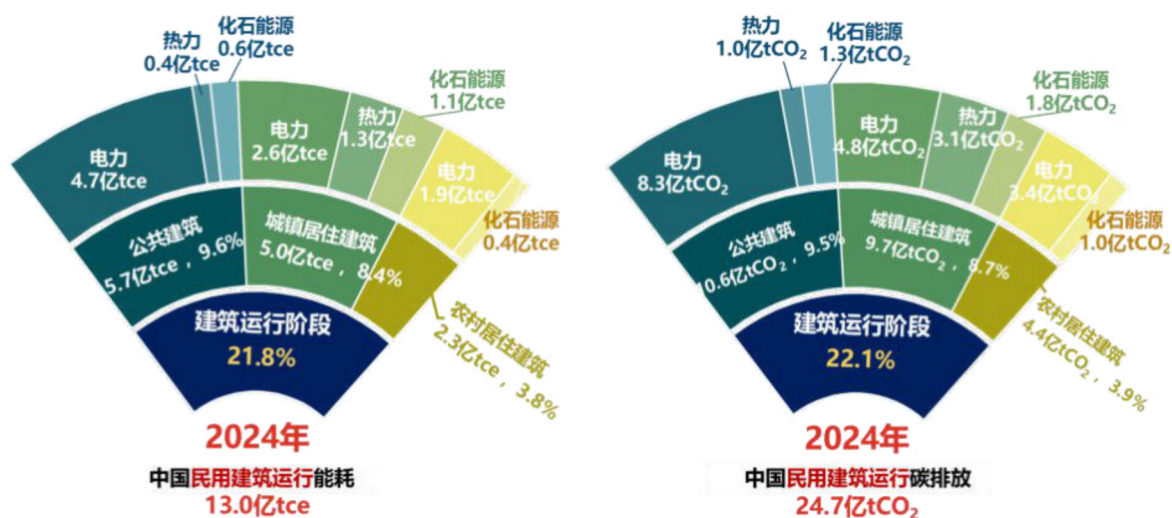


图 1.4 2024 年全国民用建筑运行能耗与碳排放

^① 2024 年数据基于全国能源消费总量等数据预测得到，方法详见完整版的《中国城乡建设领域碳排放研究报告（2025）》。



2023 年全国民用建筑运行能耗为 12.6 亿 tce，占全国能源消费的 21.9%，碳排放为 24.1 亿 tCO₂，占全国能源碳排放的 21.7%（如图 1.5 所示）。其中：

公共建筑能耗和碳排放分别为 5.7 亿 tce 和 10.7 亿 tCO₂，占全国建筑运行能耗与碳排放的比重均为 45%；

城镇居住建筑能耗和碳排放分别为 4.6 亿 tce 和 9.0 亿 tCO₂，占全国建筑运行能耗与碳排放的比重均为 37%；

农村居住建筑能耗和碳排放分别为 2.3 亿 tce 和 4.4 亿 tCO₂，占全国建筑运行能耗与碳排放的比重均为 18%。

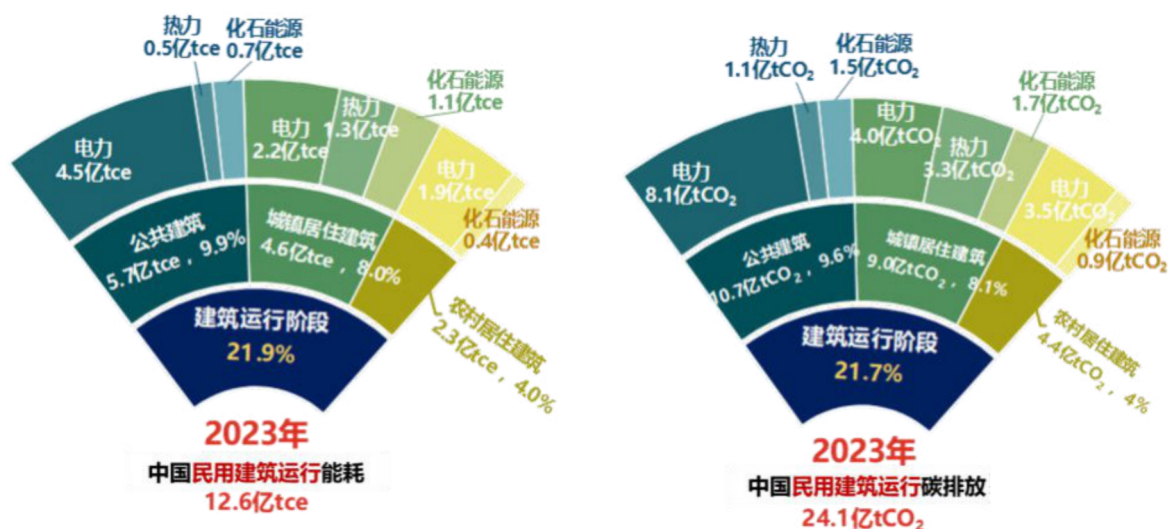


图 1.5 2023 年全国民用建筑运行能耗与碳排放

2023 年、2024 年全国民用建筑运行能耗和碳排放具体数据见表 1.5 和表 1.6。



中国城乡建设领域碳排放研究报告 (2025)

表 1.5 2023 和 2024 年全国民用建筑运行能耗

指标		2023	2024
全国民用建筑运行总量 (亿 tce)	总量	12.6	13.0
	化石能源	2.2	2.1
	热力	1.8	1.7
	电力	8.6	9.2
公共建筑 (亿 tce)	总量	5.7	5.7
	化石能源	0.7	0.6
	热力	0.5	0.4
	电力	4.5	4.7
城镇居住建筑 (亿 tce)	总量	4.6	5.0
	化石能源	1.1	1.1
	热力	1.3	1.3
	电力	2.2	2.6
农村居住建筑 (亿 tce)	总量	2.3	2.3
	化石能源	0.4	0.4
	电力	1.9	1.9

表 1.6 2023 和 2024 年全国民用建筑运行碳排放

指标		2023	2024
全国民用建筑运行总量 (亿 tCO ₂)	总量	24.1	24.7
	化石能源	4.1	4.1
	热力	4.4	4.1
	电力	15.6	16.5
公共建筑 (亿 tCO ₂)	总量	10.7	10.6
	化石能源	1.5	1.3
	热力	1.1	1.0
	电力	8.1	8.3
城镇居住建筑 (亿 tCO ₂)	总量	9.0	9.7
	化石能源	1.7	1.8
	热力	3.3	3.1
	电力	4	4.8
农村居住建筑 (亿 tCO ₂)	总量	4.4	4.4
	化石能源	0.9	1
	电力	3.5	3.4



建筑运行碳排放增长速度明显放缓

2000 - 2024 年，全国民用建筑运行能耗增长 10.2 亿 tce，年均增长率为 6.5%，2024 年增速回落到 3.2%；全国民用建筑运行碳排放增长 18.1 亿 tCO₂，年均增长率为 5.7%，随着建筑节能降碳工作的深入推进，2024 年增速为 2.5%，只有平均增速的 44%，增速放缓明显（如图 1.6 所示）。

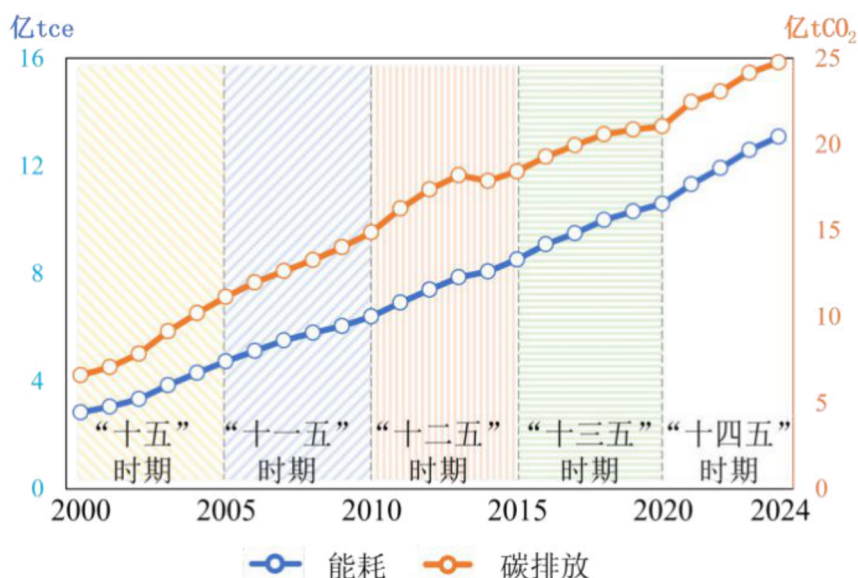


图 1.6 民用建筑运行能耗与碳排放变化趋势

“十一五”到“十四五”期间，能耗年均增速大于碳排放年均增速。全国民用建筑运行综合碳排放因子从 2010 年的 2.32 kgCO₂/kgce 下降至 2024 年的 1.89 kgCO₂/kgce。

● 三类建筑的碳排放占比较为稳定

如图 1.7 所示，三类建筑的碳排放增速变化存在差异，占比结构总体保持稳定。2000 - 2024 年间，公共建筑累计增长约 8.2 亿 tCO，年均增长



率为 6.4%；城镇居住建筑累计增长 7.0 亿 tCO₂，年均增长率 5.5%；农村居住建筑累计增长 2.9 亿 tCO₂，年均增长率 4.4%。其增速总体呈下降趋势。

不同类型建筑的碳排放总量增速虽有差异，但其排放总量的结构格局相对稳定。农村居住建筑的排放占比呈缓慢下降趋势，但总体上看，公共建筑、城镇居住建筑与农村居住建筑的排放比重长期保持为“4:4:2”。



图 1.7 建筑运行碳排放变化趋势—分建筑类型

● 建筑能源结构持续优化，电力排放占比已超六成

从不同能源性质的碳排放看，建筑直接排放比重持续下降，电力碳排放比重不断提高（如图 1.8 所示）。2024 年直接碳排放（化石能源排放）为 4.1 亿 tCO₂，占建筑碳排放总量的 16.6%；电力碳排放为 16.5 亿 tCO₂，占总量的 66.8%，已超过六成，是最主要的排放来源；热力碳排放为 4.1 亿 tCO₂，占比 16.6%。2024 年，我国城市建筑集中采暖单位集中供热面积碳排放为 29.5kgCO₂/m²，单位面积供热量为 0.36GJ/m²，单位供热量排放为 83.0kgCO₂/GJ。

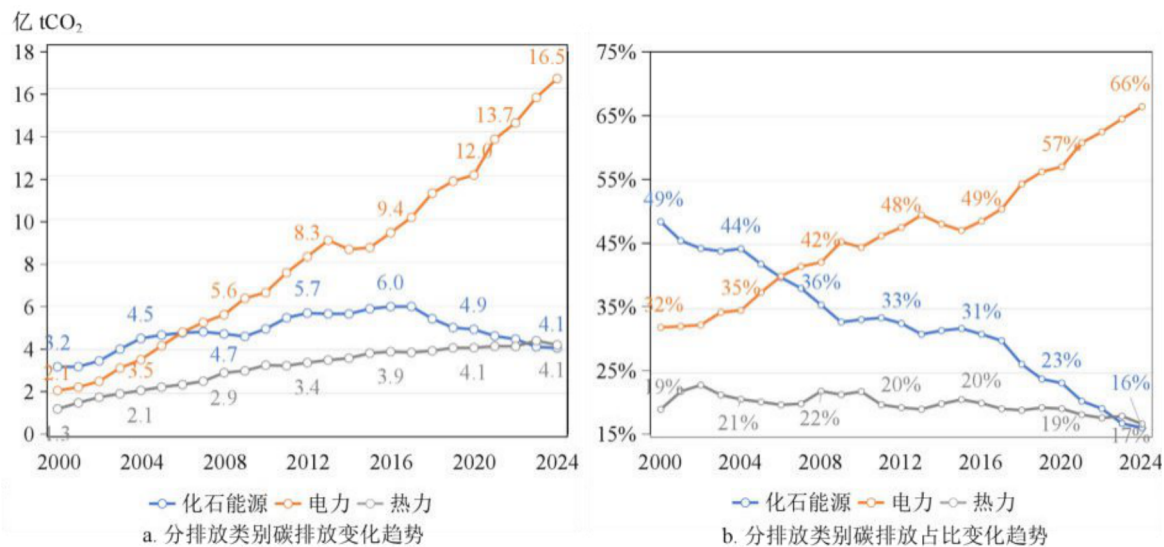


图 1.8 建筑运行碳排放变化趋势—分排放类别



1.4 新建民用建筑隐含碳排放

2023 年全国当年竣工房屋建筑面积总量为 39.34 亿 m^2 ，扣除工业建筑后民用建筑为 30.27 亿 m^2 ，其中住宅建筑 23.76 亿 m^2 ，公共建筑 6.51 亿 m^2 。本报告仅针对当年竣工的民用建筑测算隐含碳排放。

2023 年全国新建民用建筑（不含工业建筑及其他建筑，下同）隐含碳排放总量为 15.24 亿 tCO_2 ，其中新建居住建筑隐含碳排放为 10.60 亿 tCO_2 ，占全国隐含碳排放总量的 69.6%；新建公共建筑隐含碳排放为 4.64 亿 tCO_2 ，占全国隐含碳排放总量的 30.4%（如图 1.9 所示）。

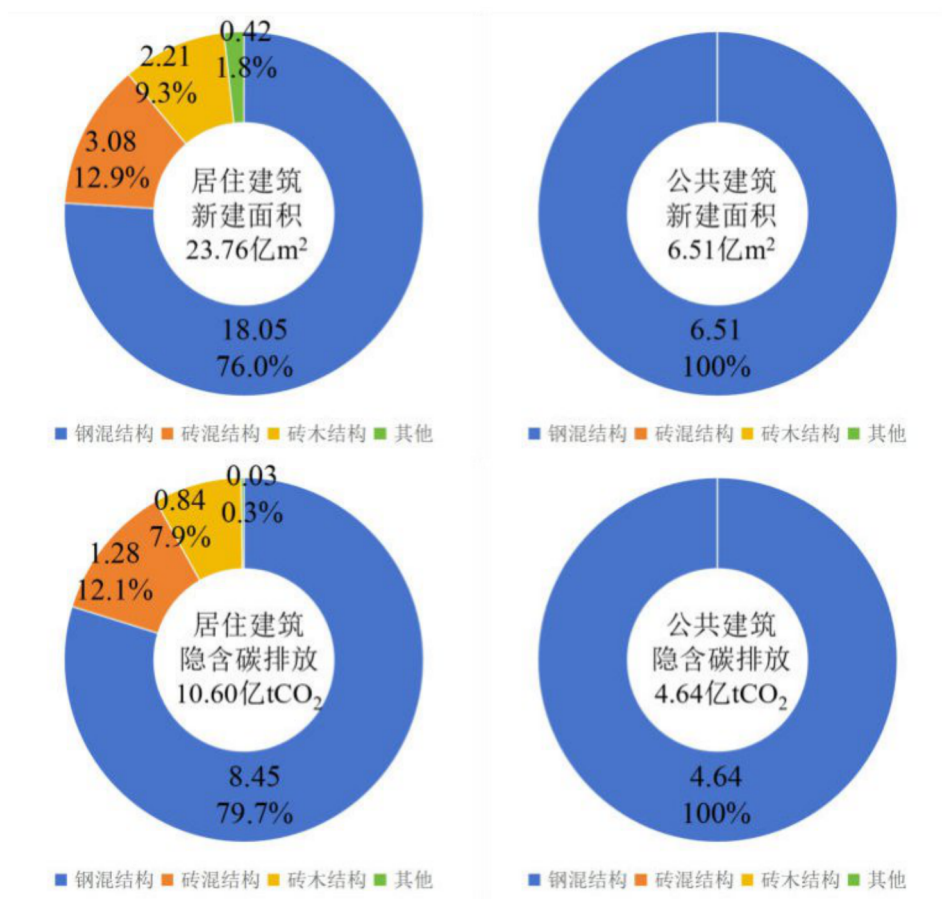


图 1.9 2023 年全国分类型建筑新增面积及隐含碳排放



2 市政设施篇

2.1 城镇污水处理碳排放

2024 年全国城镇污水处理全过程碳排放总量为 4065.1 万 tCO₂-eq，碳抵消量为 1349.9 万 tCO₂-eq，净排放量为 2715.2 万 tCO₂-eq（如图 2.1 所示）。其中：

污水处理排放为 2886.7 万 tCO₂-eq，污泥处理处置排放为 1178.4 万 tCO₂-eq，比例大约为 7：3。

直接排放为 1771.9 万 tCO₂-eq（污水处理为 980.6 万 tCO₂-eq，污泥处理处置为 791.3 万 tCO₂-eq），占比 43.6%；间接排放为 2293.2 万 tCO₂-eq（间接排放包括设备能耗和运输能耗），占比 56.4%。

污水处理直接排放中 CH₄ 排放为 247.3 万 tCO₂-eq，N₂O 排放为 733.3 万 tCO₂-eq；污泥处理处置直接排放中 CH₄ 排放为 394.8 万 tCO₂-eq，N₂O 排放为 396.5 万 tCO₂-eq。

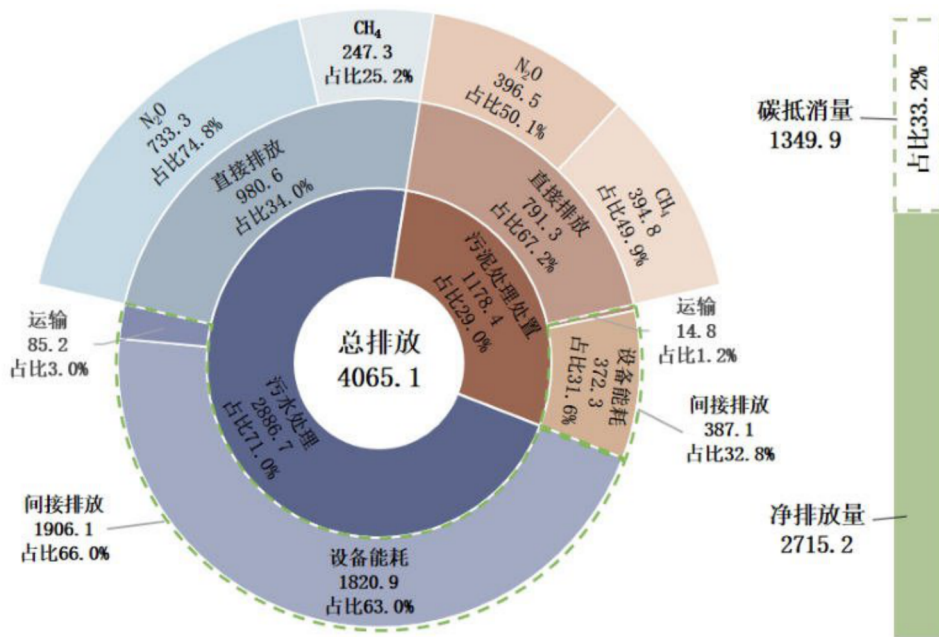


图 2.1 2024 年全国城镇污水处理全过程碳排放（单位：万 tCO₂-eq）



2.2 城市生活垃圾处理碳排放

2024 年全国城市生活垃圾处理全过程碳排放总量为 9384.0 万 tCO₂-eq，碳抵消量为 4172.1 万 tCO₂-eq，净排放量为 5211.9 万 tCO₂-eq（如图 2.2 所示）。其中：

直接排放为 8191.7 万 tCO₂-eq（CH₄ 排放为 863.3 万 tCO₂-eq，N₂O 排放为 110.0 万 tCO₂-eq，CO₂ 排放为 7218.4 万 tCO₂-eq），间接排放为 1192.3 万 tCO₂-eq。按照处理过程、设备能耗和运输过程划分，三部分各占比为 87.3%、10.8%和 1.9%；处理过程中卫生填埋、焚烧、生物处理部分碳排放各占直接排放的 8.8%、88.1%和 3.1%^①。

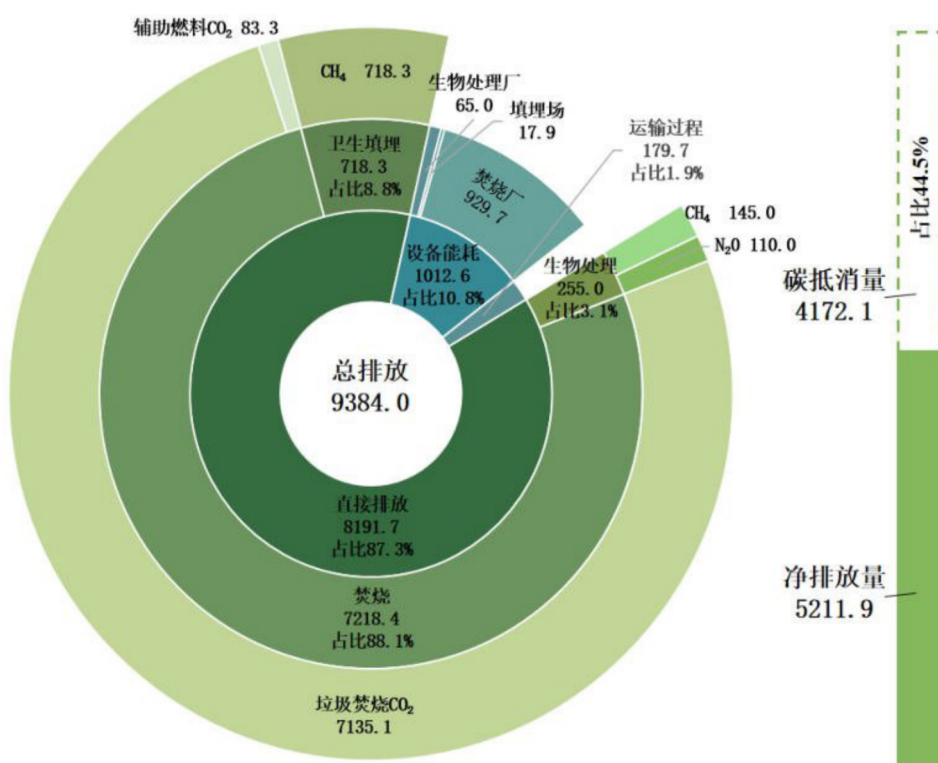


图 2.2 2024 年全国城市生活垃圾处理全过程碳排放（单位：万 tCO₂-eq）

^① 2024 年简易填埋处理量基本为 0。



2.3 城市绿地碳汇

如图 2.3 所示，2023 年全国城市绿地碳汇总量为 780.7 万吨，2005-2023 年间整体呈现上升趋势，年平均增长率为 4.9%。人均绿地面积 2005 - 2023 年间的年平均增长率为 4.8%。人均城市绿地面积从 2005 年的 12.1 $\text{m}^2/\text{人}$ 增长到 2023 年的 28.1 $\text{m}^2/\text{人}$ 。人均绿地碳汇 2005 - 2023 年间的年平均增长率为 4.4%。人均绿地碳汇从 2005 年的 2.7 $\text{kg}/\text{人}$ 增长到 2021 年的 5.5 $\text{kg}/\text{人}$ ，整体翻倍。2023 年已达到 5.9 $\text{kg}/\text{人}$ 。

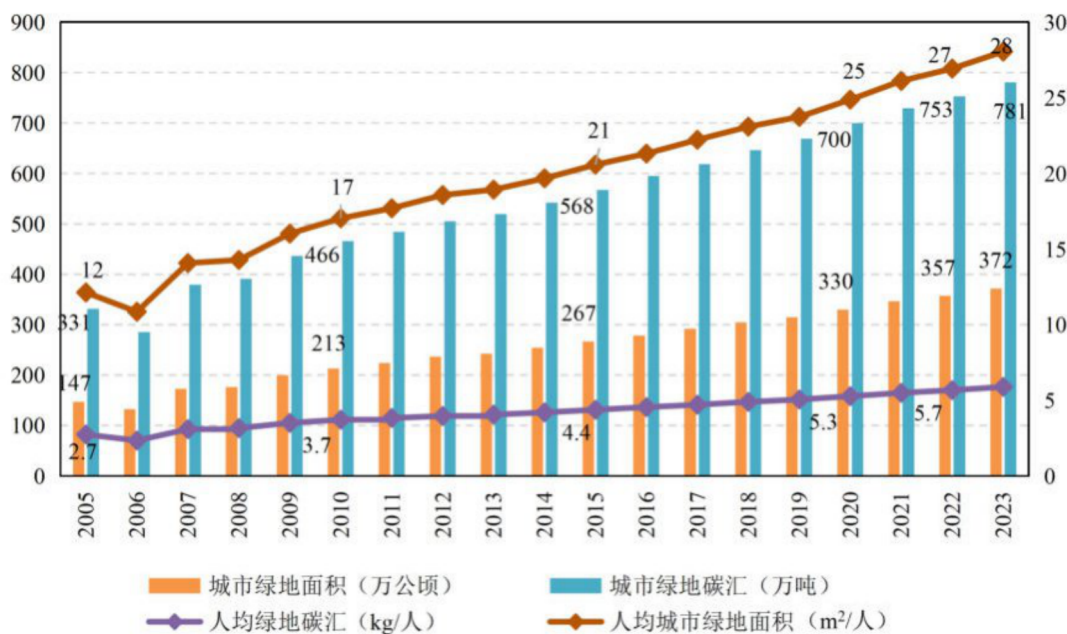


图 2.3 2023 年全国城市绿地面积及碳汇量



专题报告一 居住建筑制冷剂温室气体排放^①

2024 年全国住宅建筑的制冷剂温室气体排放量达到 10296.7 万吨 CO₂-eq，是居住建筑运行碳排放的 7.5%。2024 年城镇居住建筑的空调和冰箱制冷剂温室气体排放量分别为 7604.7 万吨 CO₂-eq 和 101.9 万吨 CO₂-eq，农村居住建筑的空调和冰箱制冷剂温室气体排放量分别为 2579.0 万吨 CO₂-eq 和 11.1 万吨 CO₂-eq。从制冷剂类型来看，R22 和 R410a 长期占据较大比例，R410a 的占比逐步增长，R22 的占比显著下降。居住建筑制冷剂温室气体排放分类详情如图 S1.1 所示。

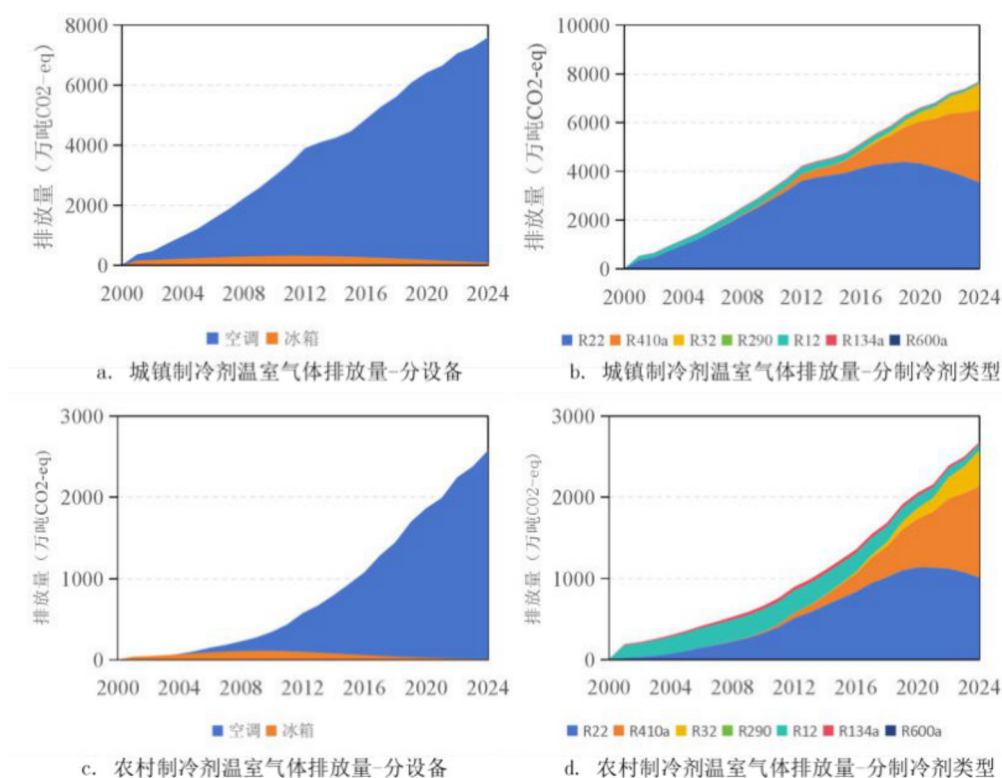


图 S1.1 城镇和农村居住建筑的家用空调和冰箱制冷剂温室气体排放量

^① 测算方法见完整版的《年中国城乡建设领域碳排放研究报告(2025)》



从全年排放总量看，居住建筑空调和冰箱产生的制冷剂温室气体排放约为其用电碳排放的 1/5，但占比呈持续上升趋势（如图 S1.2 所示）。

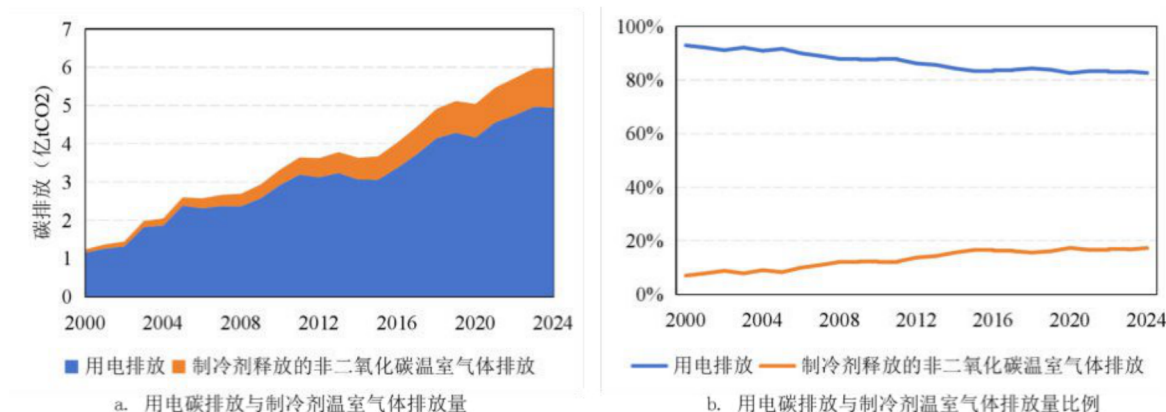


图 S1.2 用电排放与制冷剂温室气体排放变化情况

从单台设备的全生命周期分析，用电碳排放仍占主要部分，但制冷剂泄漏的影响不容忽视，且不同制冷剂差异巨大（如图 S1.3 所示）。

- **空调：**单台全生命周期用电碳排放为 6600.2 kgCO₂，制冷剂泄漏温室气体排放约占其用电排放的 20% 至 62.5%。用电碳排放分别是 R410a、R22、R32 制冷剂排放量的 1.6 倍、1.9 倍和 5.0 倍。使用 R290 制冷剂时，泄漏排放仅为 9.7 kgCO₂-eq，影响微乎其微。
- **冰箱：**单台全生命周期用电碳排放为 3231.7 kg，用电排放分别是 R12 和 R134a 制冷剂温室气体排放量的 3.1 倍 和 25.7 倍，使用 R600a 时，泄漏排放仅为 1.9 kgCO₂-eq。



中国城乡建设领域碳排放研究报告 (2025)

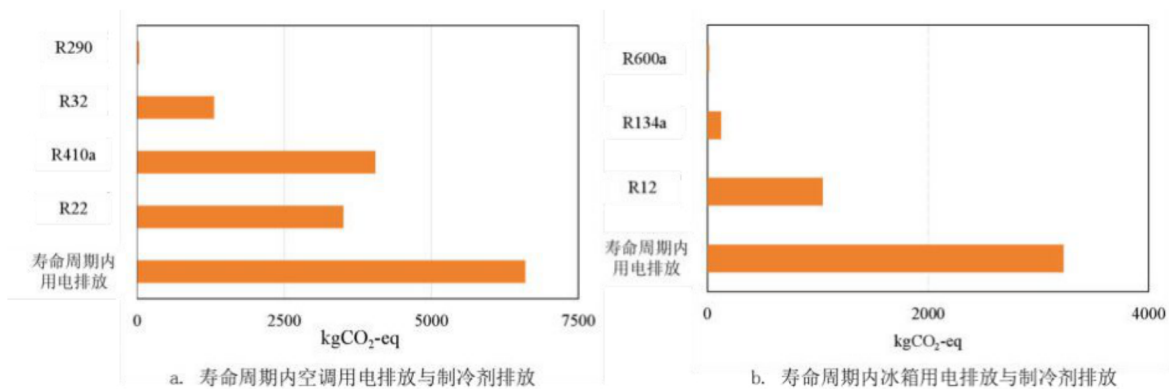


图 S1.3 寿命周期内设备制冷剂温室气体排放与用电排对比



专题报告二 核心建材碳排放因子动态更新^①

S2.1 背景

建筑领域作为能源消耗与碳排放的关键领域，其低碳转型成效直接关系到我国“3060 双碳目标”的实现。开展精准减排，首要前提是建立科学、可靠的碳排放核算体系。目前，排放因子法仍是建筑碳排放核算的主流方法，但建筑材料排放因子的应用仍面临以下三个突出痛点：

（1）**数据更新滞后**。行业目前普遍依赖研究机构或标准规范获取排放因子，更新周期长。例如，《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）发布至今已 7 年，其附录中的碳排放因子一直未更新。

（2）**数据孤立**。现有碳排放因子库缺乏数据间的内在关联与统一逻辑，尚未建立关联排放因子数据间（如水泥→混凝土）的动态关联。

（3）**缺乏行业代表性**。不同数据库排放因子来源多样、统计口径与边界不统一，数据波动显著。例如，同一数据库同一年份记录的 PO42.5 型号的水泥排放因子在 786-838 kgCO₂-eq/t 之间，水泥熟料排放因子在 895-951 kgCO₂-eq/t 之间，差异较大，无法准确代表行业整体平均水平。

因此，亟需构建一套完整、动态更新且能代表行业平均水平的建筑材料排放因子动态更新数据库。本报告基于国家统计年鉴等权威数据源，开发了建筑材料全数据链排放因子动态更新方法，构建了核心建材碳排放因子数据库。

^①本专题报告由重庆大学、中建三局集团有限公司联合编制完成



S2.2 核心建材全数据链碳排放因子动态更新方法^①

本报告以 1 吨建筑材料产品为功能单元。核心建材全数据链动态更新具体思路与方法如下（以“水泥链”为例，如图 S2.1（a）所示）：

（1）界定核算边界，识别碳排放源。根据不同建材的生产工艺，明确核心建材“从摇篮到大门”的核算范围，并系统识别原材料、运输及生产环节的碳排放源。

（2）识别并区分动静态参数。根据碳足迹报告、文献研究以及行业调查等方式识别了“水泥链”中不同建筑材料的排放因子的动态参数与静态参数。熟料作为“水泥链”的关键产物，其碳排放主要来源于碳酸盐分解排放（即工业过程排放，排放占比 61%）和燃料燃烧（即熟料综合煤耗，排放占比 35%）。由于碳酸盐分解产生的碳排放较为稳定，因此影响熟料碳排放的动态参数为熟料煅烧过程中的“熟料综合煤耗”，其他材料与材料运输排放以及其它参数为静态参数；

（3）参数设定。基于《中国能源统计年鉴》的“水泥综合能耗”数据，探索“熟料综合煤耗”的动态更新方法。对于其他静态参数，可根据碳足迹报告、参考文献、国家标准等方法设定其缺省值；

（4）动态更新方法。水泥碳排放主要来自于熟料配比及熟料排放因子（即熟料隐含碳，占比 95%），水泥制品碳排放主要来自于水泥配比及水泥排放因子（即水泥隐含碳，占比 98%）。因此，如图 S2.1（a）所示，只要通过《中国能源统计年鉴》实现“熟料综合煤耗”的动态更新，即可实现熟料排放因子的动态更新，进而实现水泥及水泥制品的排放因子动态更新。

^① 方法详见完整版的《中国城乡建设领域碳排放研究报告(2025)》





对于“钢材链”与“有色金属链”的排放因子，可分别结合《中国钢铁工业年鉴》不同工序的“综合能耗”与“综合电耗”等指标以及《中国有色金属工业年鉴》中的不同工序“综合能耗”、“能源结构”等指标，可实现全数据链的排放因子的动态更新，如图 S2.1（b）-S2.1（c）所示。



S2.3 核心建材排放因子计算结果

S2.3.1 水泥及水泥制品排放因子

本报告仅展示熟料及水泥的排放因子核算结果，因为这两种材料决定了下游水泥制品的排放因子，其它水泥制品排放因子的核算结果可在数据库中获取 (<https://www.cbeed.cn>)。

➤ 熟料综合煤耗与熟料排放因子

如图 S2.2，2000-2022 年中国熟料综合煤耗与排放因子呈现逐年下降趋势，熟料综合煤耗从 2000 年的 136.11 kgce/t 下降到 2022 年的 99.45 kgce/t，排放因子从 2000 年的 971.49 kgCO₂-eq/t 下降到 2022 年的 856.77 kgCO₂-eq/t。

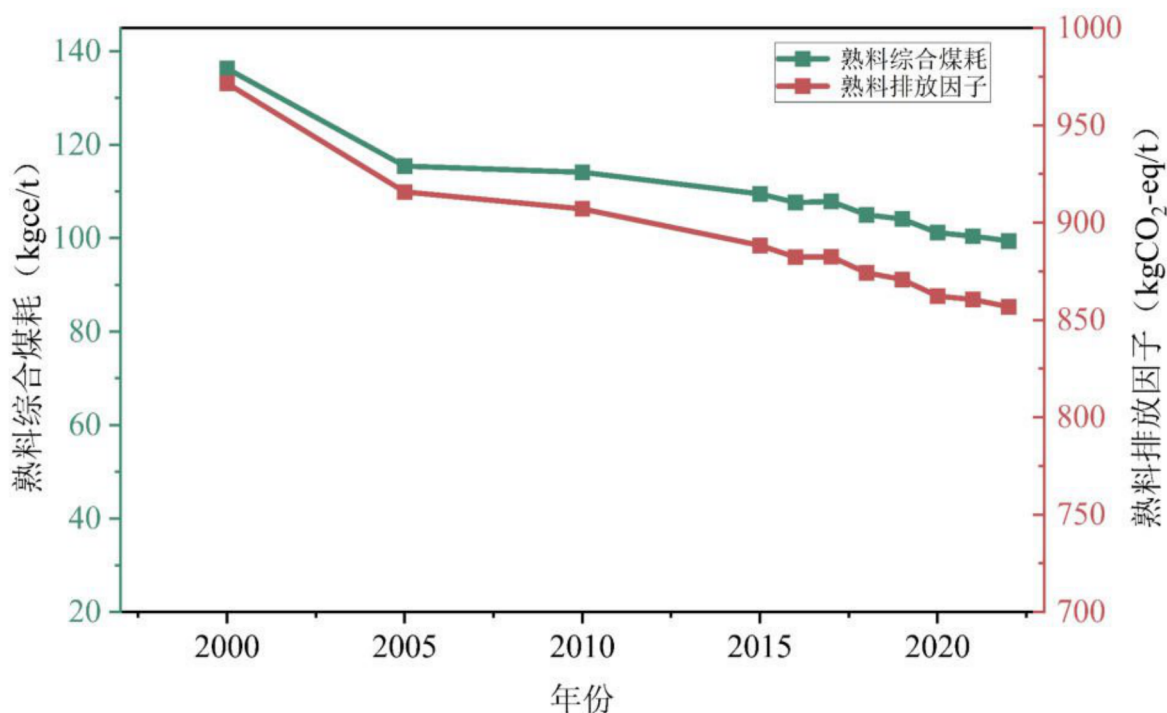


图 S2.2 2000-2022 年熟料综合煤耗及排放因子



► 水泥排放因子

如图 S2.3, 2000 年至 2022 年中国水泥排放因子呈现整体下降的趋势。

具体而言, 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥以及粉煤灰硅酸盐水泥/火山灰质等水泥平均排放因子分别从 2000 年的 961.13 kgCO₂-eq/t、861.25 kgCO₂-eq/t、527.70 kgCO₂-eq/t、689.62 kgCO₂-eq/t 下降到 2022 年的 864.03 kgCO₂-eq/t、756.93 kgCO₂-eq/t、462.77 kgCO₂-eq/t、605.56 kgCO₂-eq/t, 降幅分别为 10.10%、12.11%、12.30%、12.19%。

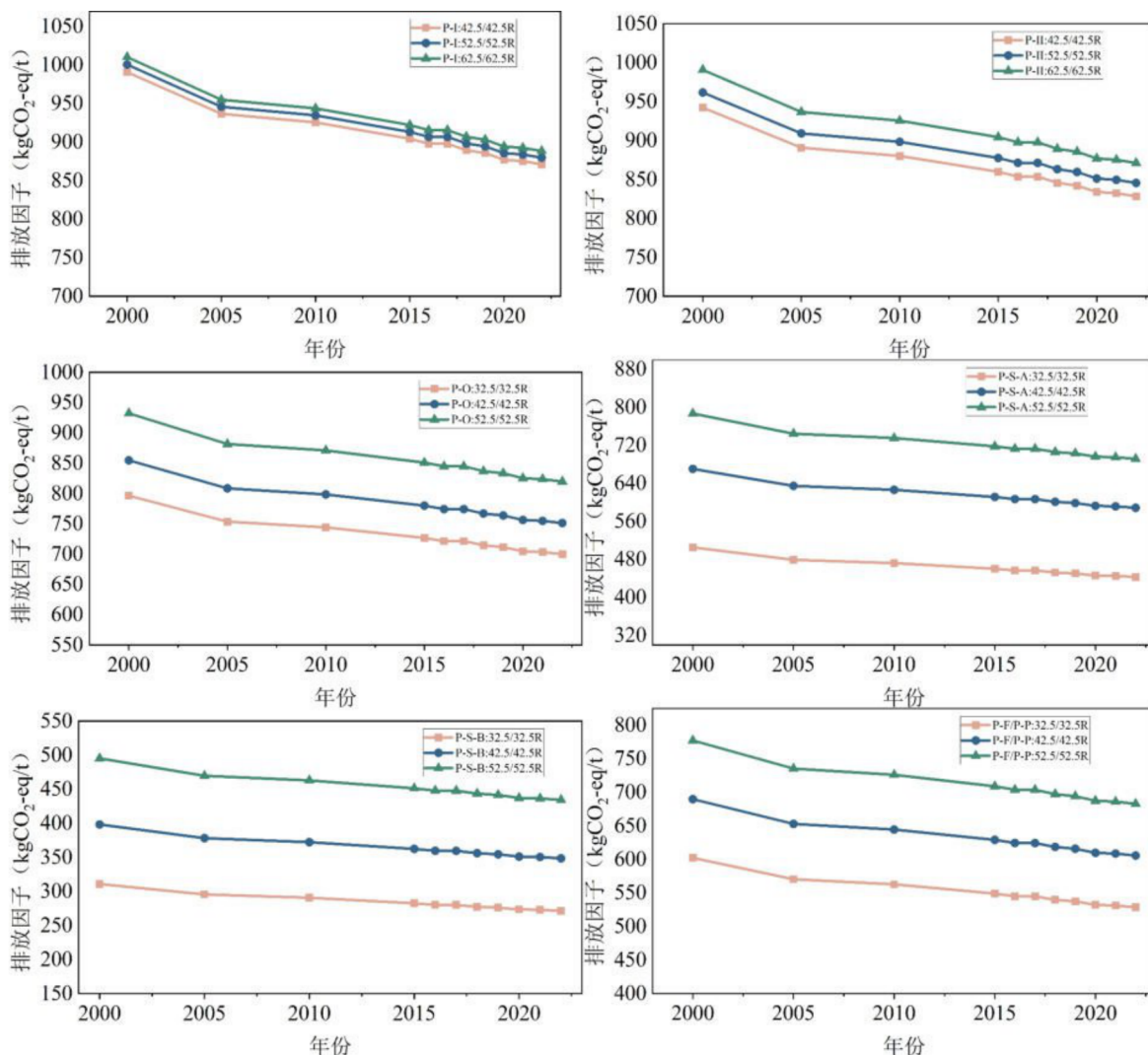


图 S2.3 2000-2022 年不同种类不同强度的水泥排放因子



S2.3.2 粗钢及钢制品排放因子

➤ 粗钢排放因子现状及趋势

图 S2.4 为全国粗钢排放因子及排放结构。2007-2023 年，中国粗钢排放因子从 2088.20 kgCO₂-eq/t 下降到 2023 年的 1944.67 kgCO₂-eq/t，整体呈下降趋势，降幅为 7.38%，但是年均下降率仅为 0.44%。其中，长流程炼钢是主要的碳排放来源，2007-2023 年平均占比为 96.88%，短流程炼钢排放 2007-2023 年平均占比为 3.12%。

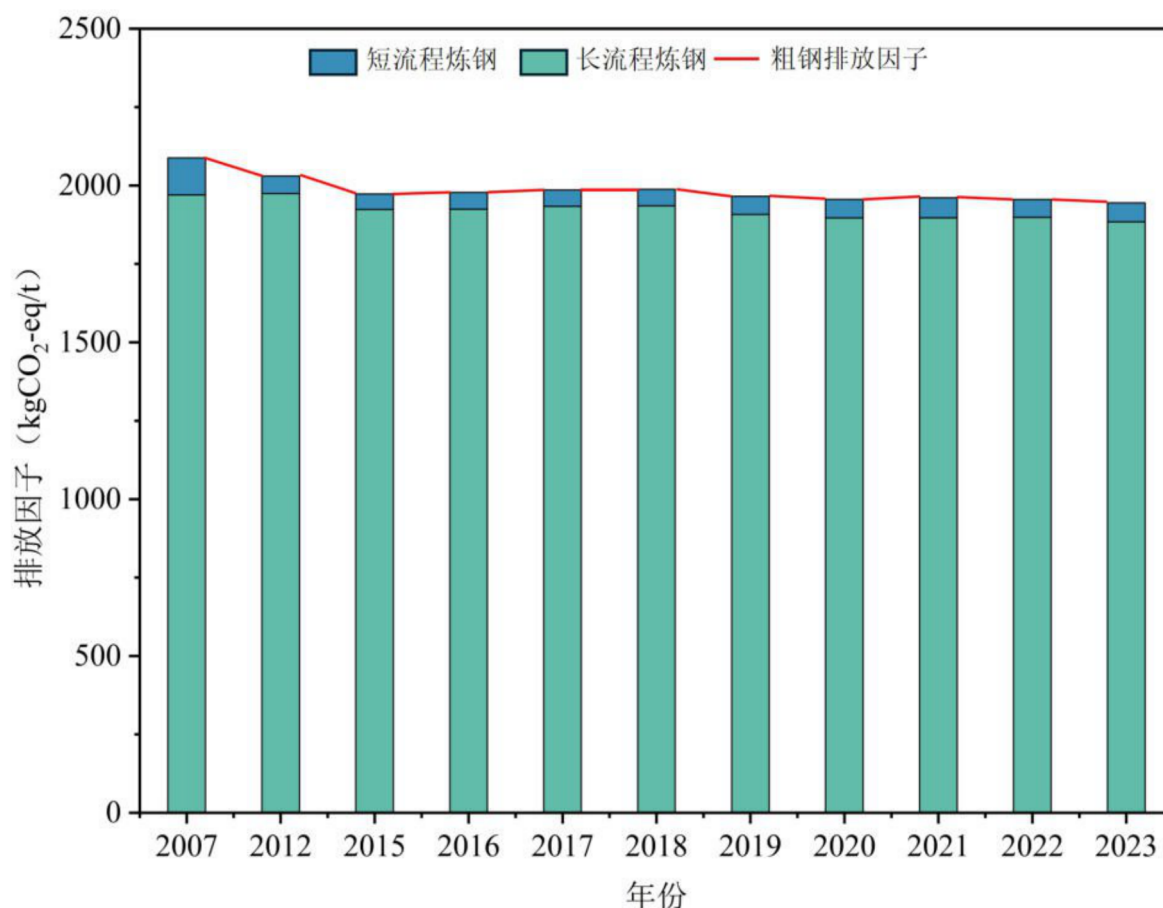


图 S2.4 2007-2023 年粗钢排放因子及排放结构



► 钢材排放因子现状及趋势

本报告核算了 21 种通用钢材的排放因子，整体呈下降趋势，如图 S3.4 所示。以热轧钢材（通用）和冷轧钢材（通用）为例，2007 年排放因子分别为 2.57 tCO₂-eq /t 与 2.95 tCO₂-eq /t，2023 年下降至 2.35 tCO₂-eq /t 与 2.63 tCO₂-eq /t，降幅分别为 9.38%与 12.26%，年均下降率为 0.56%与 0.72%。

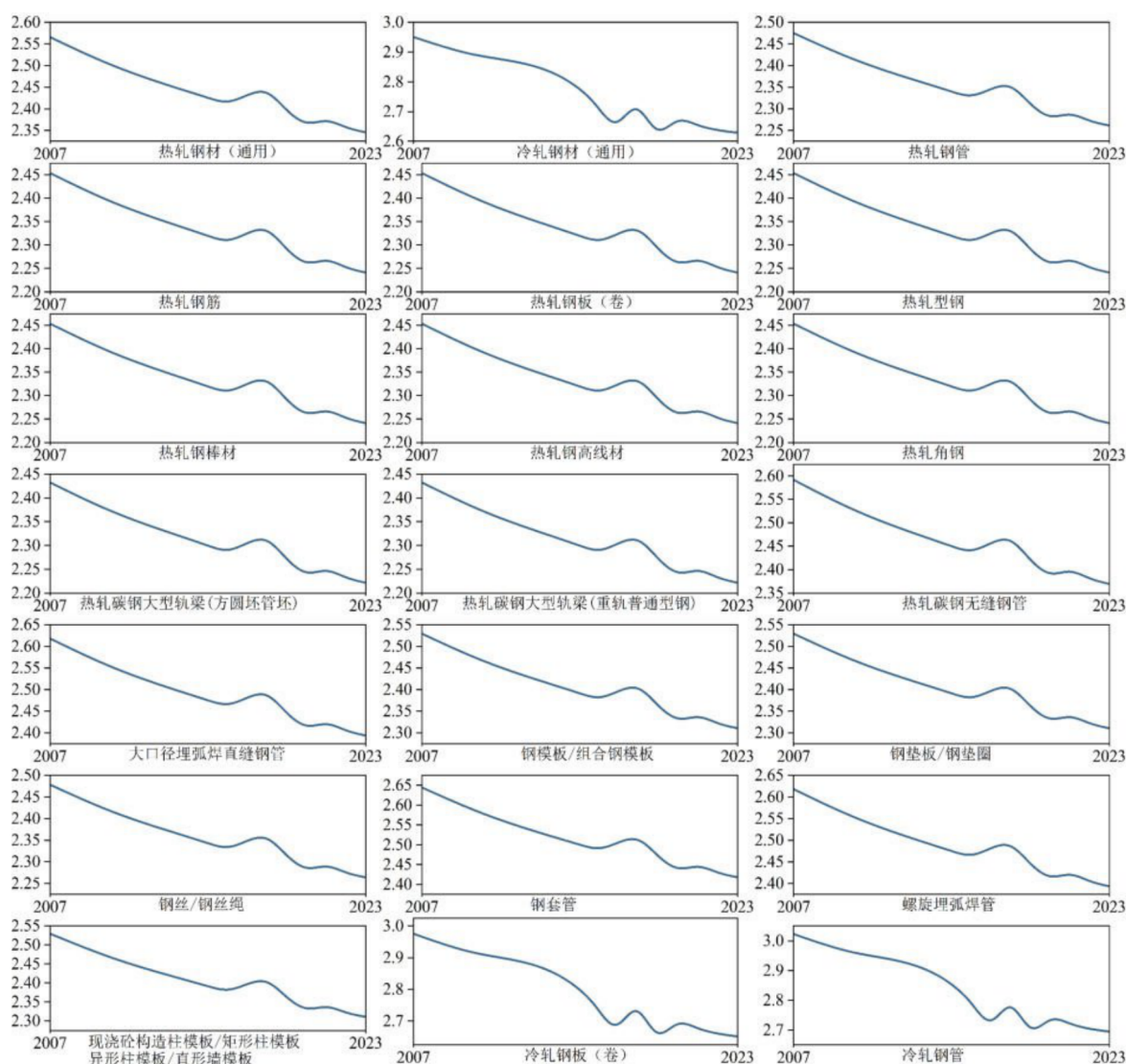


图 S2.5 2007-2023 年不同钢材排放因子 (t CO₂-eq/t)



S2.3.3 有色金属及有色金属产品排放因子

➤ 有色金属碳排放因子现状及趋势

● 电解铜排放因子现状及趋势

2010-2022 年电解铜排放因子总体呈下降趋势，如图 S2.6 所示。2010 年电解铜碳排放因子为 7.11 tCO₂/t，2022 年下降至 6.25 tCO₂/t，降幅为 12.09%，年均下降率为 1.68%。其中，采选阶段是主要的碳排放源，2010-2022 年平均占比为 83.54%，冶炼阶段 2010-2022 年平均占比仅为 16.46%，这是中国铜矿品位较低导致采选阶段能耗较高所带来的结果。

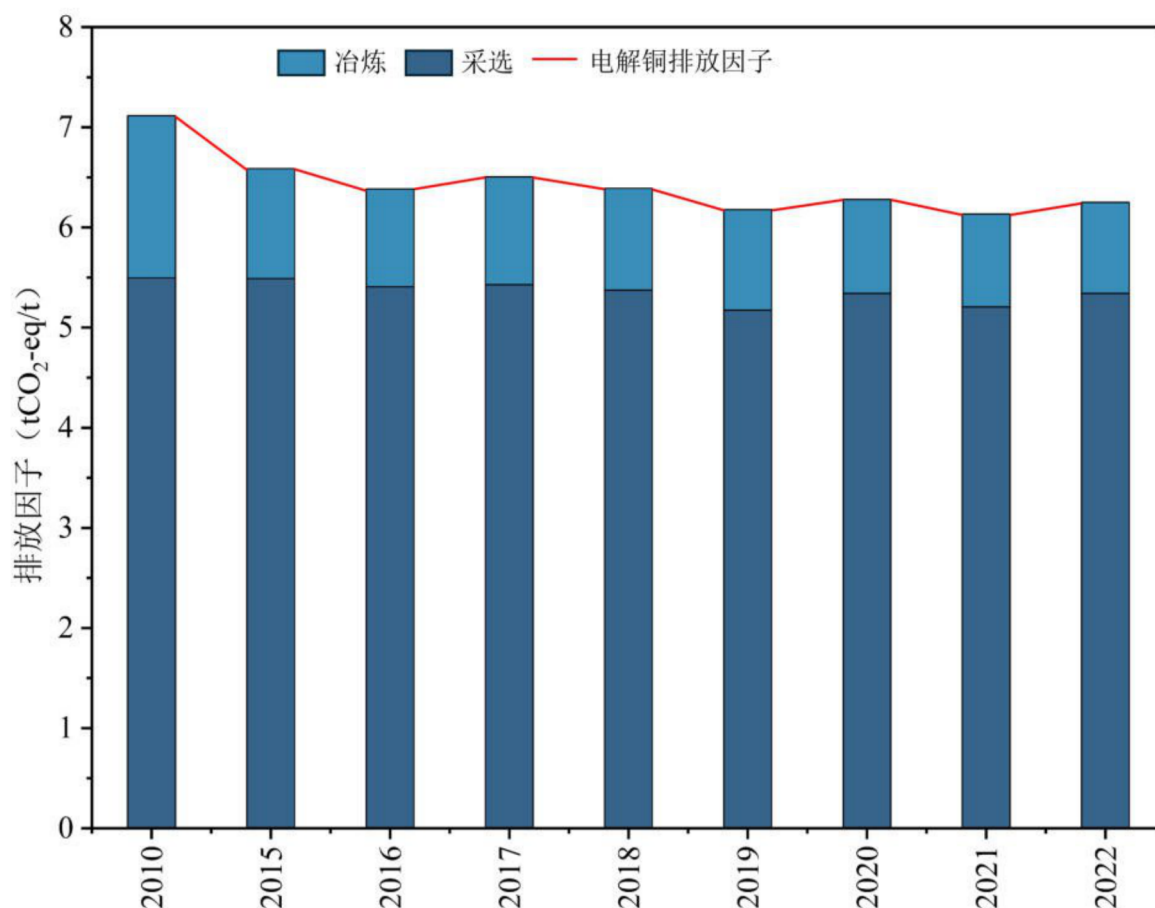


图 S2.6 2010-2022 年电解铜排放因子及排放结构



● 电解锌排放因子及趋势

如图 S2.7，2010-2022 年电解锌排放因子总体呈下降趋势，2010 年电解锌碳排放因子为 4.58 tCO₂/t，2022 年下降至 3.36 tCO₂/t，降幅为 26.64%，年均下降率为 5.47%，2010-2022 年的年均下降率为 2.55%。冶炼阶段是主要的碳排放源，2010-2022 年平均占比为 85.34%，采选阶段 2010-2022 年平均占比为 14.66%。

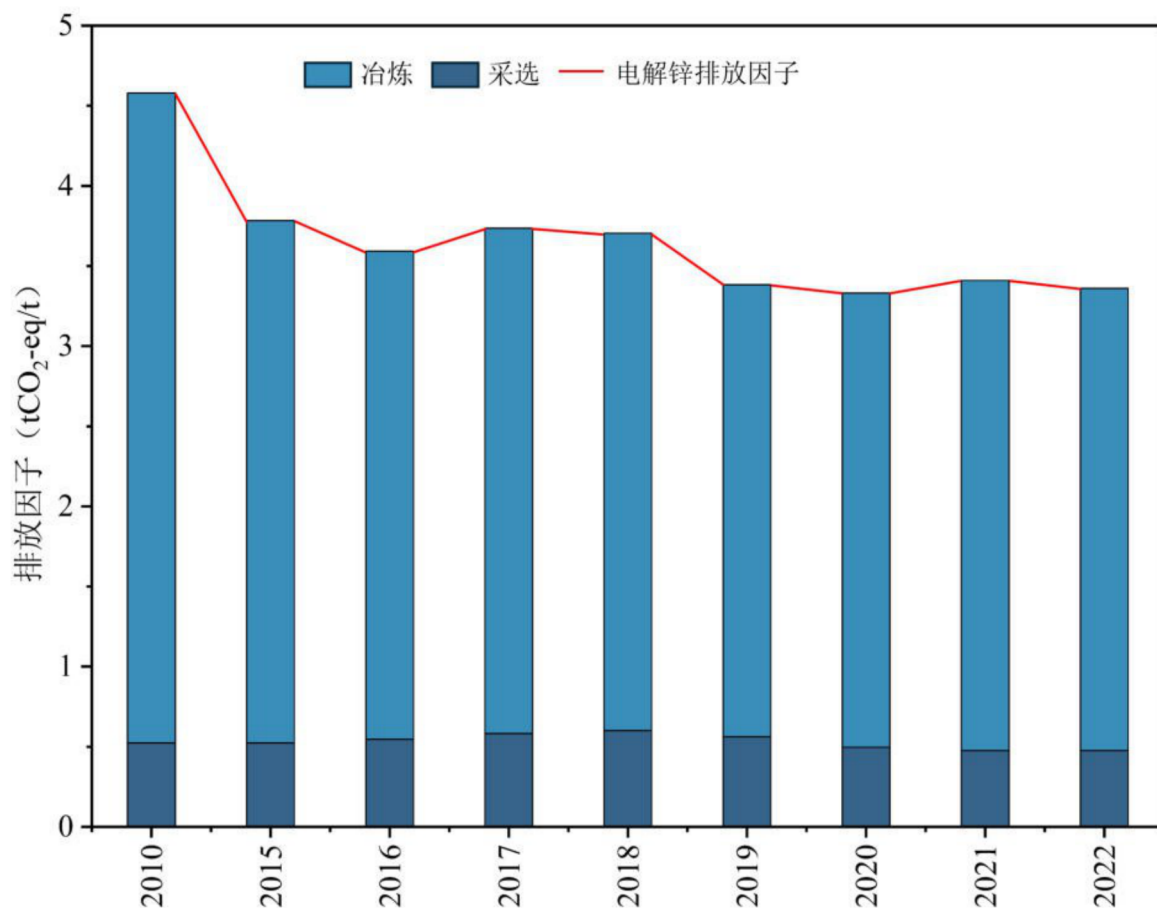


图 S2.7 2010-2022 年电解锌排放因子及排放结构



● 电解铅排放因子及趋势

如图 S2.8，2010-2022 年电解铅排放因子总体呈下降趋势，2010 年电解铅碳排放因子为 2.68 tCO₂/t，2022 年下降至 1.99 tCO₂/t，降幅为 25.75%，年均下降率为 2.45%。冶炼阶段是主要的碳排放源，2010-2022 年平均占比为 55.23%，采选阶段 2010-2022 年平均占比仅为 4.77%。

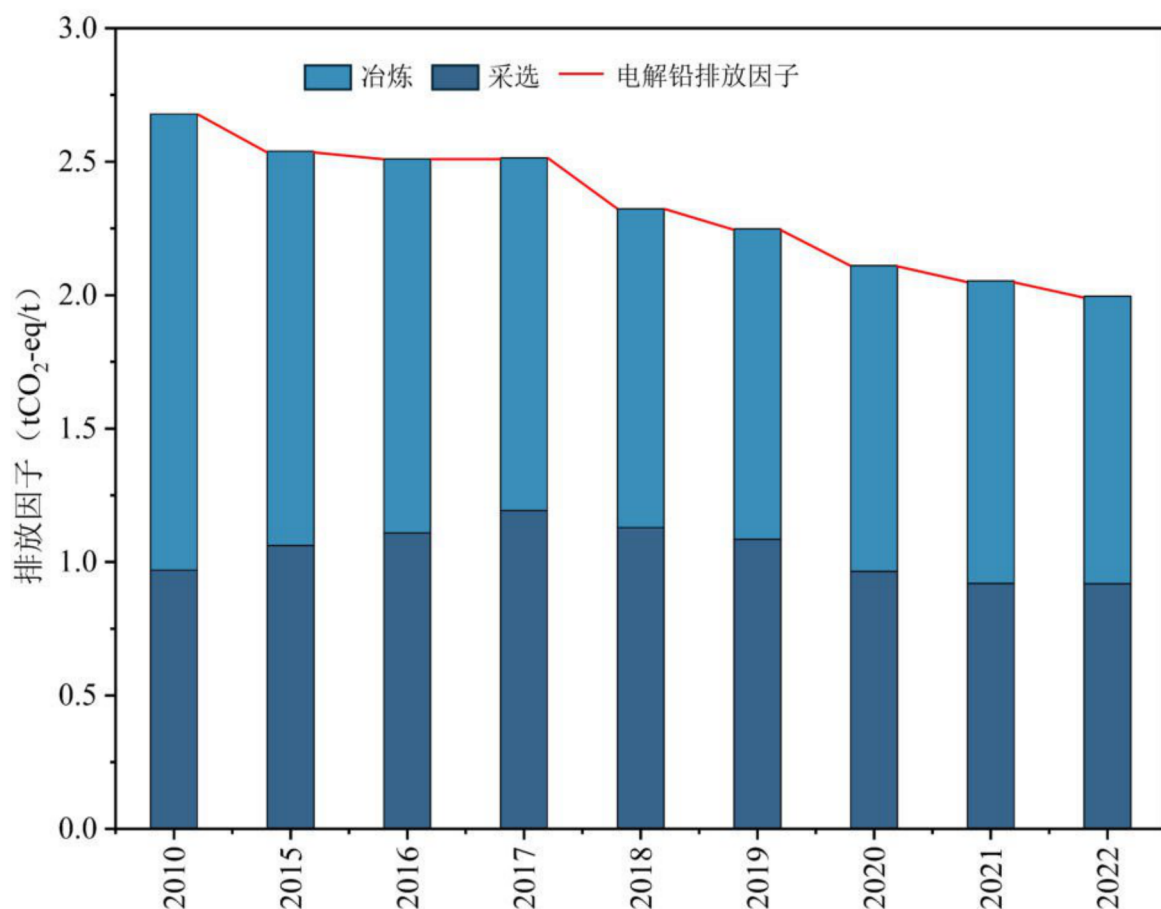


图 S2.8 2010-2022 年电解铅排放因子及排放结构



● 电解铝排放因子及趋势

如图 S2.9，总体来看，2010-2022 年电解铝排放因子呈下降趋势。

2010 年电解铝排放因子为 19.05 tCO₂/t，2022 年下降至 15.04 tCO₂/t，降幅为 21.07%，年均下降率为 1.95%。

冶炼阶段是其最大的碳排放来源，2010-2022 年平均占比为 86.94%，该部分由氧化铝冶炼阶段碳排放和电解铝电解阶段碳排放所组成。其中，78.92%来自于电解阶段，21.08%来自于氧化铝冶炼阶段。其次是碳阳极消耗占比为 9.16%，运输阶段为 3.05%，阳极效应为 0.85%。

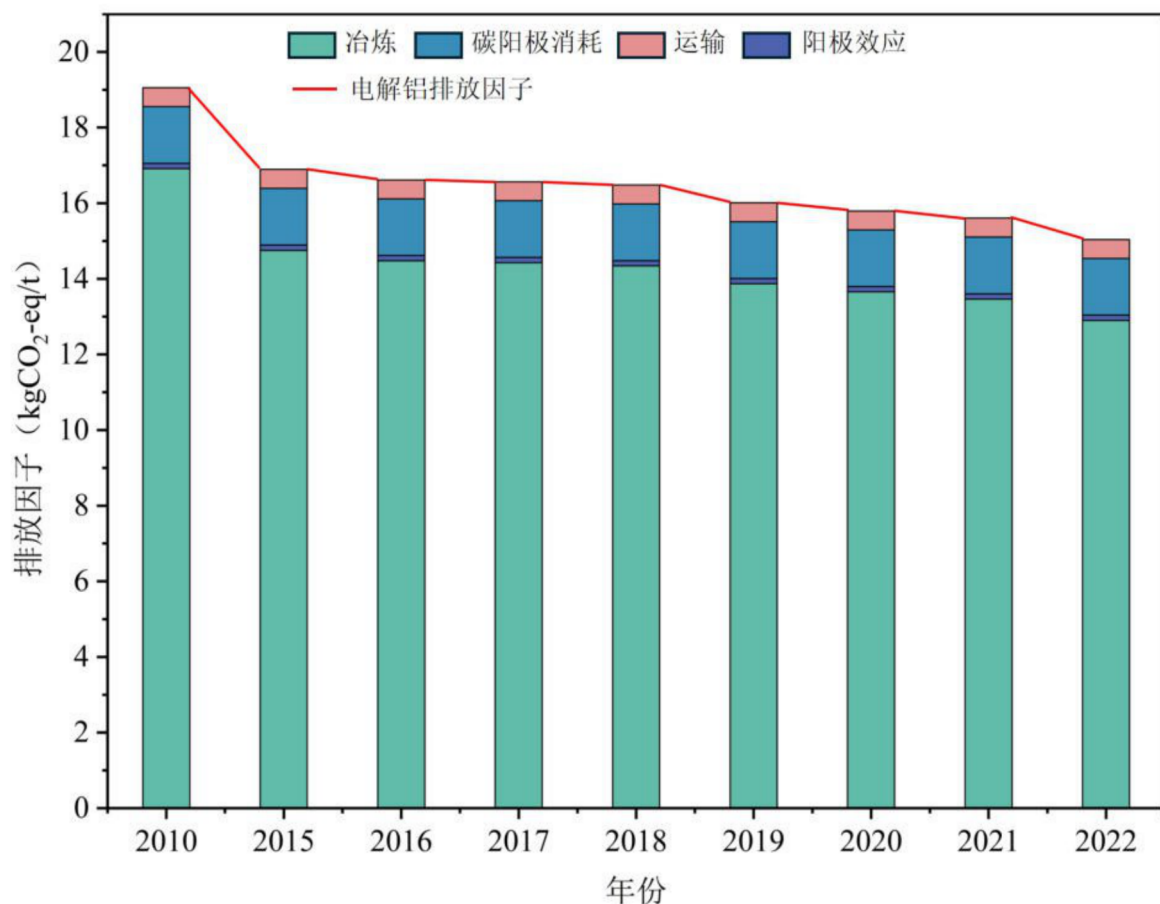


图 S2.9 2010-2022 年电解铝排放因子及排放结构



► 有色金属产品碳排放因子现状及趋势

本报告核算了 7 种有色产品 2010-2022 年的排放因子，如图 S2.10 所示。由于综合成材率较低的原因^①，2010 年铝材（通用）排放因子达到了 25.79 tCO₂/t，铜材（通用）排放因子达到了 8.88 tCO₂/t。2022 年分别降至 18.54 tCO₂/t 与 7.20 tCO₂/t，降幅分别为 28.08%与 18.98%。

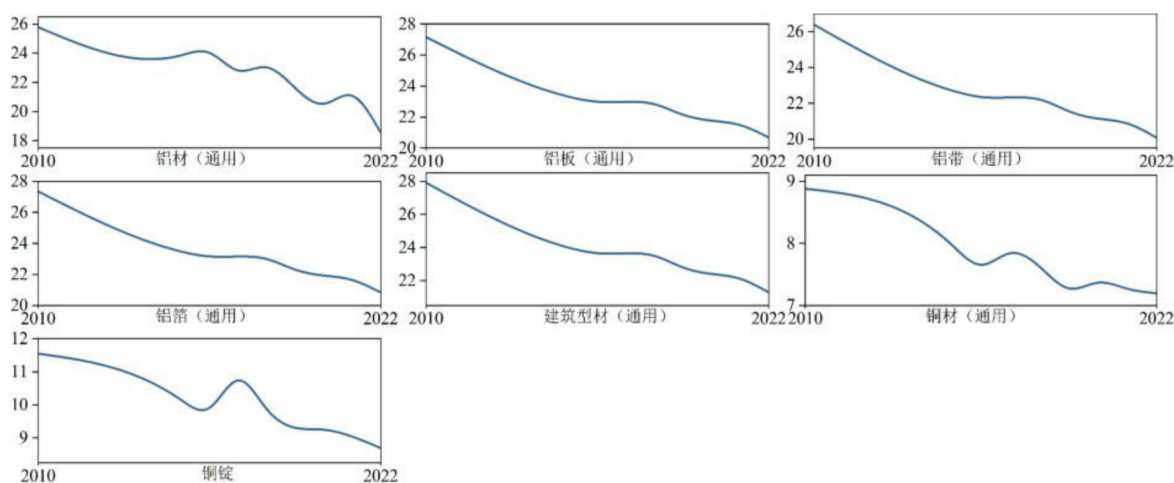


图 S2.10 2010-2022 年有色金属产品排放因子

^① 据中国有色金属工业年鉴统计，2000-2022 年铝材综合成材率仅为 74.45%；铜材综合成材率仅为 75.90%。