

优化建筑垃圾管理，助力双碳战略

北京建筑大学

李惠民

电话：13693176006

2024年8月24日

目录

CONTENTS

1

“双碳”政策中的建筑垃圾

2

建筑垃圾资源化的减碳潜力

3

建筑垃圾碳排放管理



“双碳” 政策中的建筑垃圾

“双碳”政策中的建筑垃圾

《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》

- 实施工程建设全过程绿色建造，健全建筑拆除管理制度，杜绝大拆大建。
- 全面推广绿色低碳建材，推动建筑材料循环利用。

“双碳”政策中的建筑垃圾

《2030年前碳达峰行动方案》国发〔2021〕23号

- **城乡建设碳达峰行动：**推动建材循环利用，强化绿色设计和绿色施工管理。制定建筑拆除管理办法，杜绝大拆大建。
- **循环经济助力降碳行动：**以煤矸石、粉煤灰、尾矿、共伴生矿、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、农作物秸秆等大宗固废为重点，支持大掺量、规模化、高值化利用，鼓励应用于替代原生非金属矿、砂石等资源。推动建筑垃圾资源化利用，推广废弃路面材料原地再生利用。

“双碳”政策中的建筑垃圾

城乡建设领域碳达峰实施方案

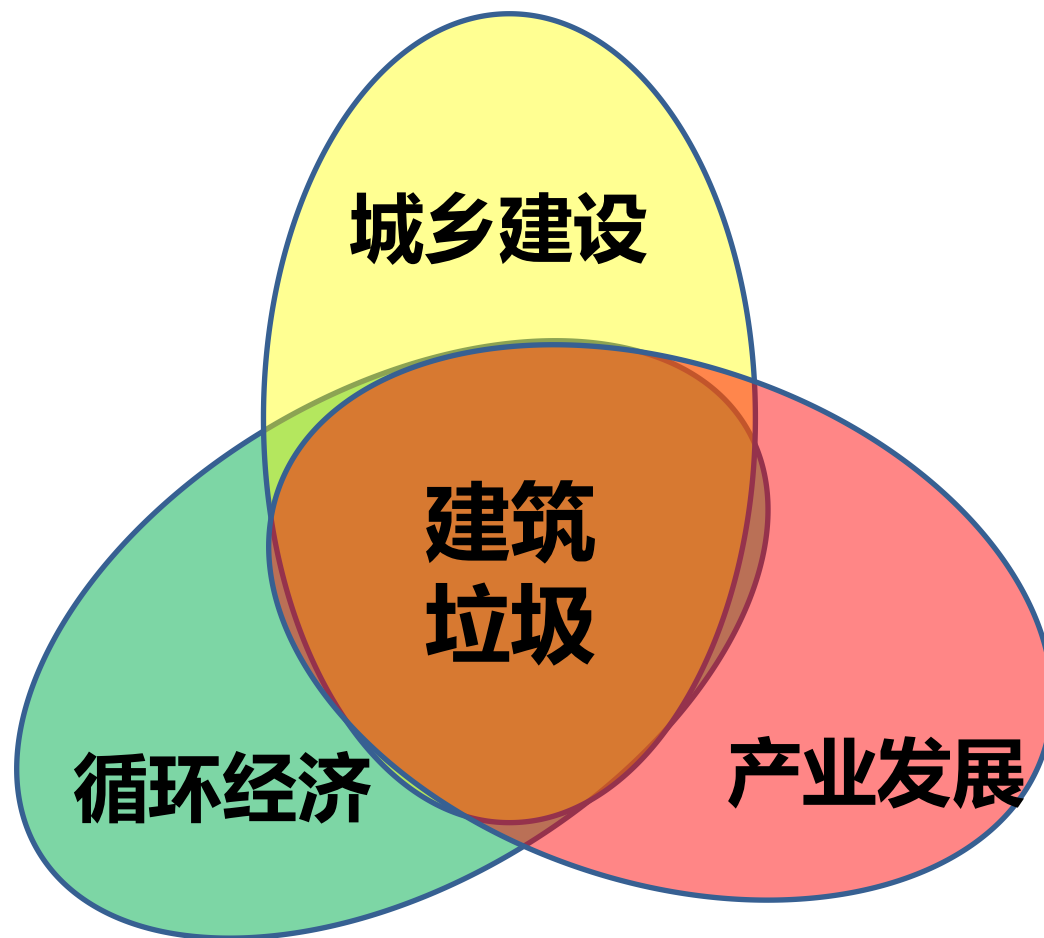
- **严格既有建筑拆除管理**，坚持从“拆改留”到“留改拆”推动城市更新，除违法建筑和经专业机构鉴定为危房且无修缮保留价值的建筑外，不大规模、成片集中拆除现状建筑，城市更新单元（片区）或项目内拆除建筑面积原则上不应大于现状总建筑面积的 20%。盘活存量房屋，减少各类空置房。
- **加强施工现场建筑垃圾管控**，到 2030 年新建建筑施工现场建筑垃圾排放量不高于 300 吨/万平方米。
- **推进建筑垃圾集中处理、分级利用**，到 2030 年建筑垃圾资源化利用率达到 55%。

“双碳”政策中的建筑垃圾

中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见

- 积极鼓励绿色低碳导向的新产业、新业态、新商业模式加快发展。**到2030年，节能环保产业规模达到15万亿元左右。**
- 深入推进循环经济助力降碳行动，推广资源循环型生产模式，**大力发展资源循环利用产业**，推动再制造产业高质量发展，提高再生材料和产品质量，扩大对原生资源的替代规模。
- 到2030年，**大宗固体废弃物年利用量达到45亿吨左右**，主要资源产出率比2020年提高45%左右。

建筑垃圾是“双碳”政策体系的重要一环



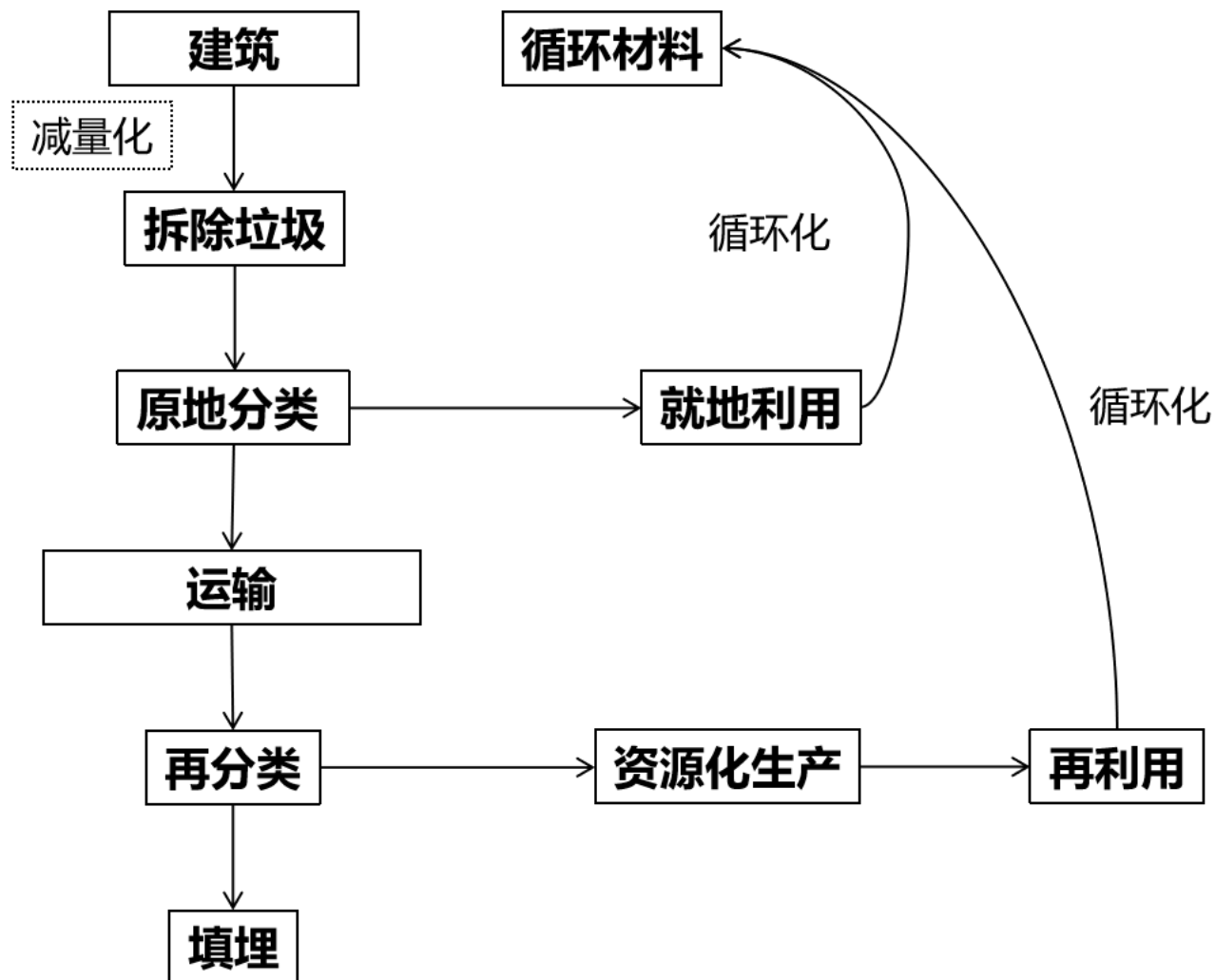
建筑垃圾资源化的减碳潜力

系统边界

摇篮

工厂

坟墓



碳排放的主要环节

排放类型	排放源	活动水平	排放因子
直接排放	拆除活动的排放(DD)	拆除垃圾产生量 (t)	4.23kgCO ₂ /t ^a
	运输环节的排放(DT)	拆除垃圾产生量 (t)	直接到填埋厂: 3.87 kgCO ₂ /t 到资源化工厂: 2.58 kgCO ₂ /t 资源化工厂到填埋厂: 1.29 kgCO ₂ /t ^b
	拆除垃圾资源化过程的排放 (DR)	拆除垃圾资源化量 (t)	2.73 kgCO ₂ /t ^c
	填埋设备的排放(DE)	填埋的拆除垃圾量 (t)	0.48 kgCO ₂ /t ^d
	填埋产生的气体排放 (DL)	填埋的拆除垃圾量(t)	4.70 kgCO ₂ /t ^d
间接排放	土地利用变化产生的排放 (IL)	填埋的拆除垃圾量(t)	1.76 kgCO ₂ /t ^e
	循环材料避免的排放 (AE)	循环材料产生量 (t)	再生骨料: 2.18 kgCO ₂ /t ^b 钢材: 1700 kgCO ₂ /t ^b

不同工艺碳排放数据分析

（一）填埋处置

建筑垃圾填埋处置碳排放主要产生在三个环节，分别是运输、填埋作业及土地占用。经测算，吨建筑垃圾CO₂排放量为10.81kgCO₂，合每亿吨产生CO₂为108.1万吨。

表 建筑垃圾直接处理过程CO₂排放

阶段	运输	填埋作业		土地占用	合计
		作业能耗	填埋气		
CO ₂ 排放 (kgCO _{2e} /t)	3.87	0.48	4.7	1.76	10.81

（二）资源化利用

由于建筑垃圾资源化利用存在运输和机械能耗的因素，其利用过程实际也是碳排放的过程。经测算，吨建筑垃圾CO₂排放量为5.31kg，合每亿吨产生CO₂为53.1万吨。

表 建筑垃圾资源化利用过程CO₂排放

阶段	运输	机械耗能	合计
CO ₂ 排放 (kgCO _{2e} /t)	2.58	2.73	5.31

建筑垃圾资源化减排量（静态分析）

（三）再生产品替代原生产品的碳减排效应

建筑垃圾经过资源化利用处理，其产生再生水泥、钢铁、石灰等可以替代原生产品，起到减少碳排放的效应。经测算，吨建筑垃圾CO₂减排量为6.4kg，合每亿吨建筑垃圾CO₂减排量为64万吨。

综合来看，每亿吨建筑垃圾资源化的减排潜力为：

$$108.1 - 53.1 + 64 = \mathbf{119\text{万吨}}$$

建筑垃圾资源化替代的CO₂排放

替代产品	水泥	钢铁	石灰	合计
CO ₂ 减排量 (kgCO ₂ e/t)	5.38	0.675	0.341	6.4

建筑垃圾资源化减排潜力（动态分析）

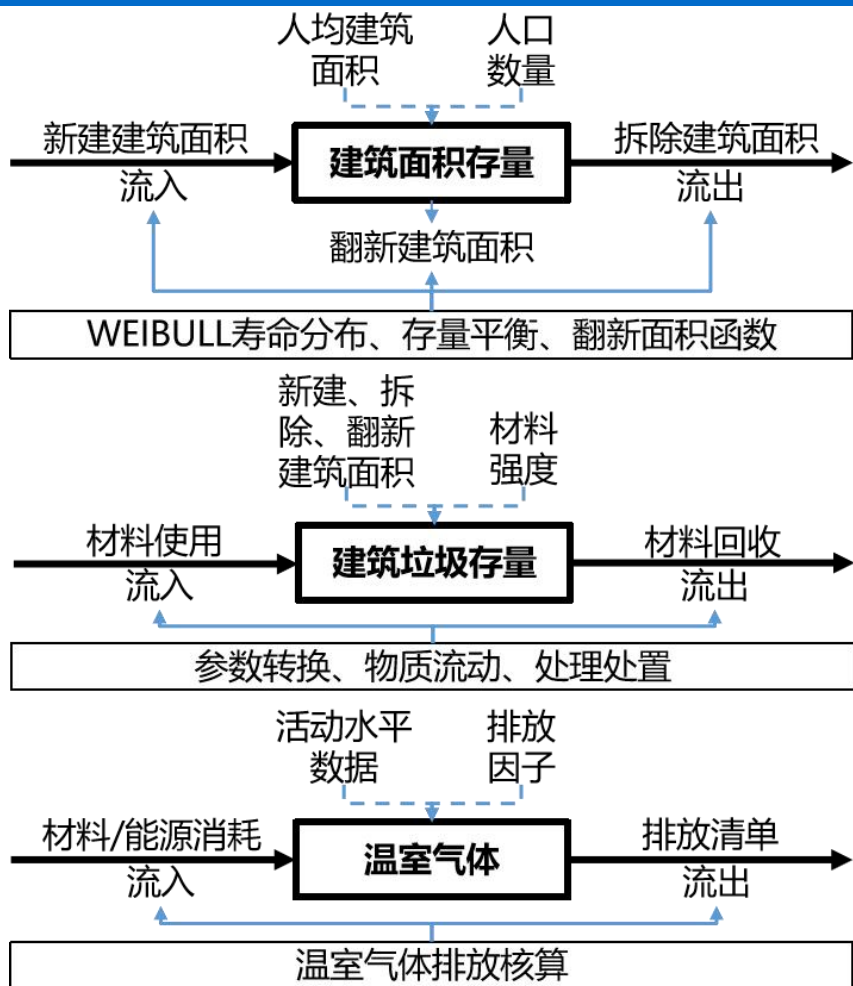


图2 三层建筑垃圾碳排放系统动力学模型

实线箭头表示存量与流量之间的关系

虚线箭头表示变量之间的计算关系

1 建筑面积存量——人均与人口乘积

$$S_{stock}(t) = A(t) \times P(t)$$

2 拆除建筑面积——建筑寿命函数

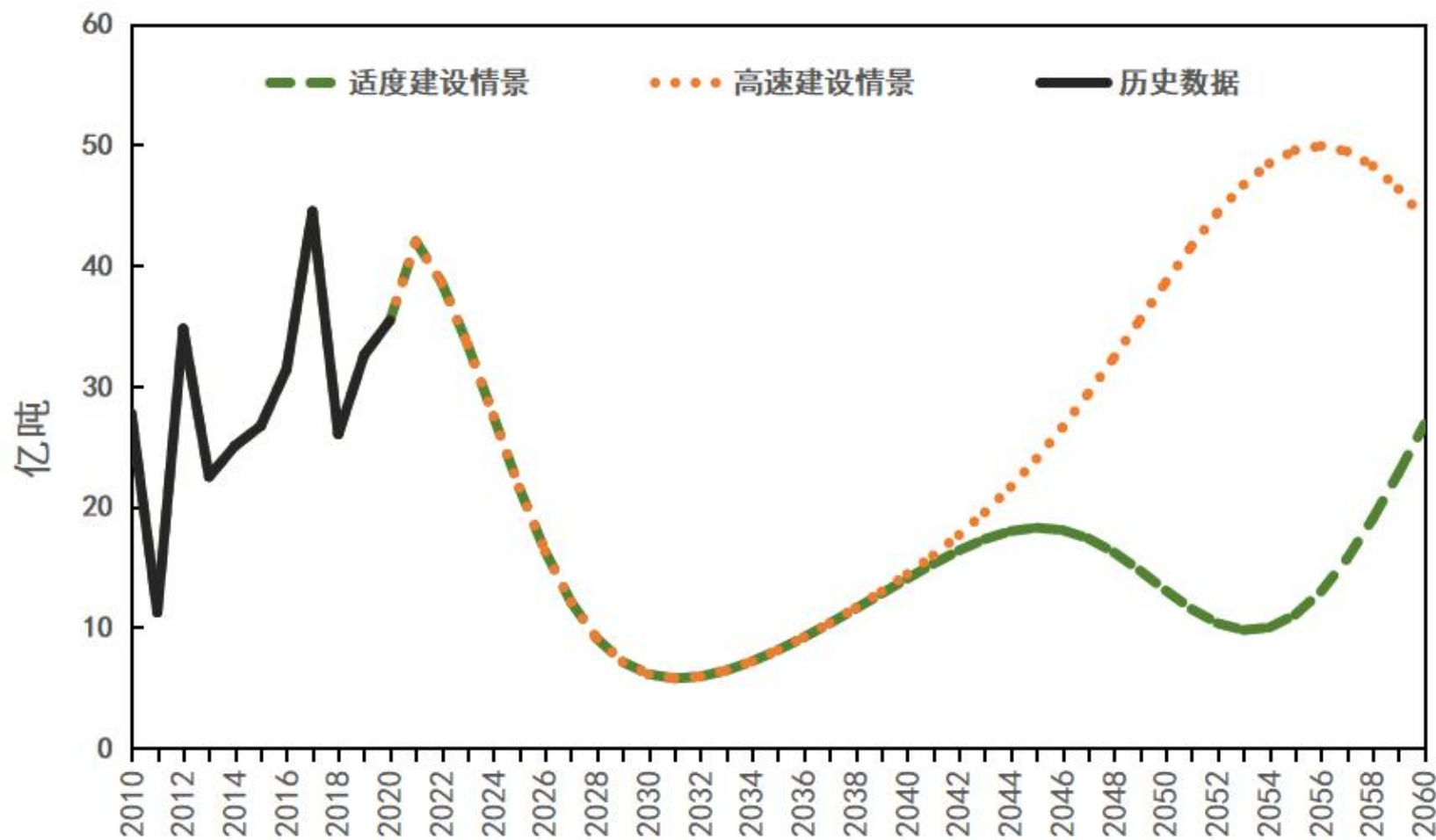
$$S_{demo}(t) = \int_{t_0}^t S_{new}(t') L(t, t') dt'$$
$$L(t, t') = \begin{cases} k\lambda^{-k}(t - t')^{k-1} e^{-\frac{(t-t')^k}{\lambda^k}}, & t' < t \\ 0, & t' \geq t \end{cases}$$
$$\lambda = E_{LF} / \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$
$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt$$

3 新建建筑面积——存量平衡

$$S_{new}(t) = S_{stock}(t) - S_{stock}(t-1) + S_{demo}(t)$$

当年建筑面积存量变化量与当年拆除建筑面积的求和。

建筑垃圾资源化减排潜力（动态分析）



高速建设情景中，预计到2060年，建筑面积将从2020年的620亿平方米增加到890亿平方米，平均建筑寿命假设为40年。

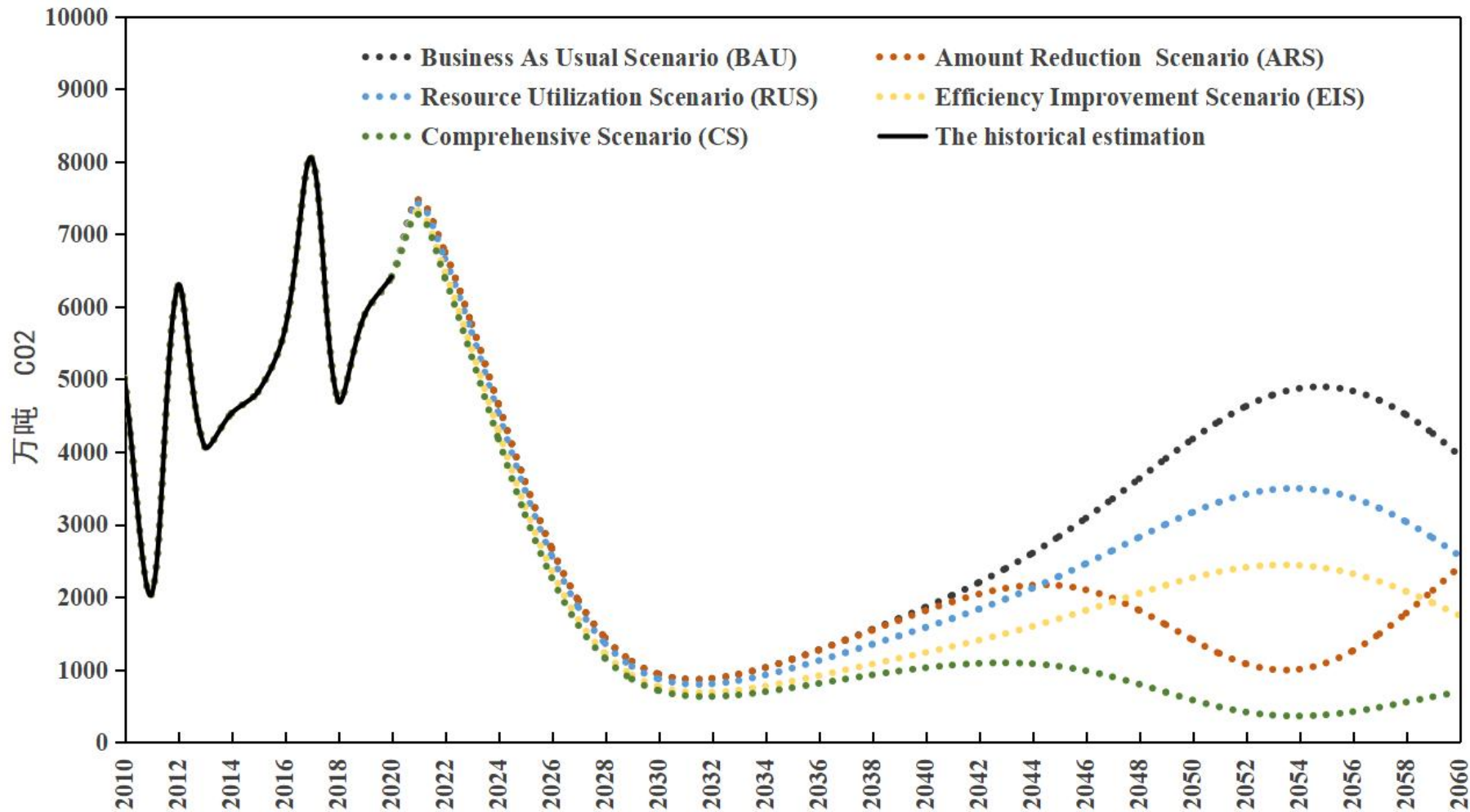
适度建设情景中，预计到2060年，建筑面积被控制在760亿平方米。2020年后的建筑寿命设为50年，而2020年前的建筑寿命仍为40年。

不同情景下，**建筑垃圾总量在2040年之后呈现出不同趋势。**

建筑垃圾资源化减排潜力（动态分析）

情景	基本描述
Business As Usual Scenario (BAU) 基准情景	高速建设，资源化率由10%提高到2060年的50%，各类技术的碳排放强度每年提高1%。
Amount Reduction Scenario (ARS) 减量化情景	适度建设，资源化率由10%提高到2060年的50%，各类技术的碳排放强度每年提高1%。
Resource Utilization Scenario (RUS) 资源化情景	高速建设，资源化率由10%提高到2060年的90%，各类技术的碳排放强度每年提高1%。
Efficiency Improvement Scenario (EIS) 效率提升情景	高速建设，资源化率由10%提高到2060年的50%，各类技术的碳排放强度每年提高3%。
Comprehensive Scenario (CS) 综合情景	适度建设，资源化率由10%提高到2060年的90%，各类技术的碳排放强度每年提高3%。

建筑垃圾资源化减排潜力（动态分析）

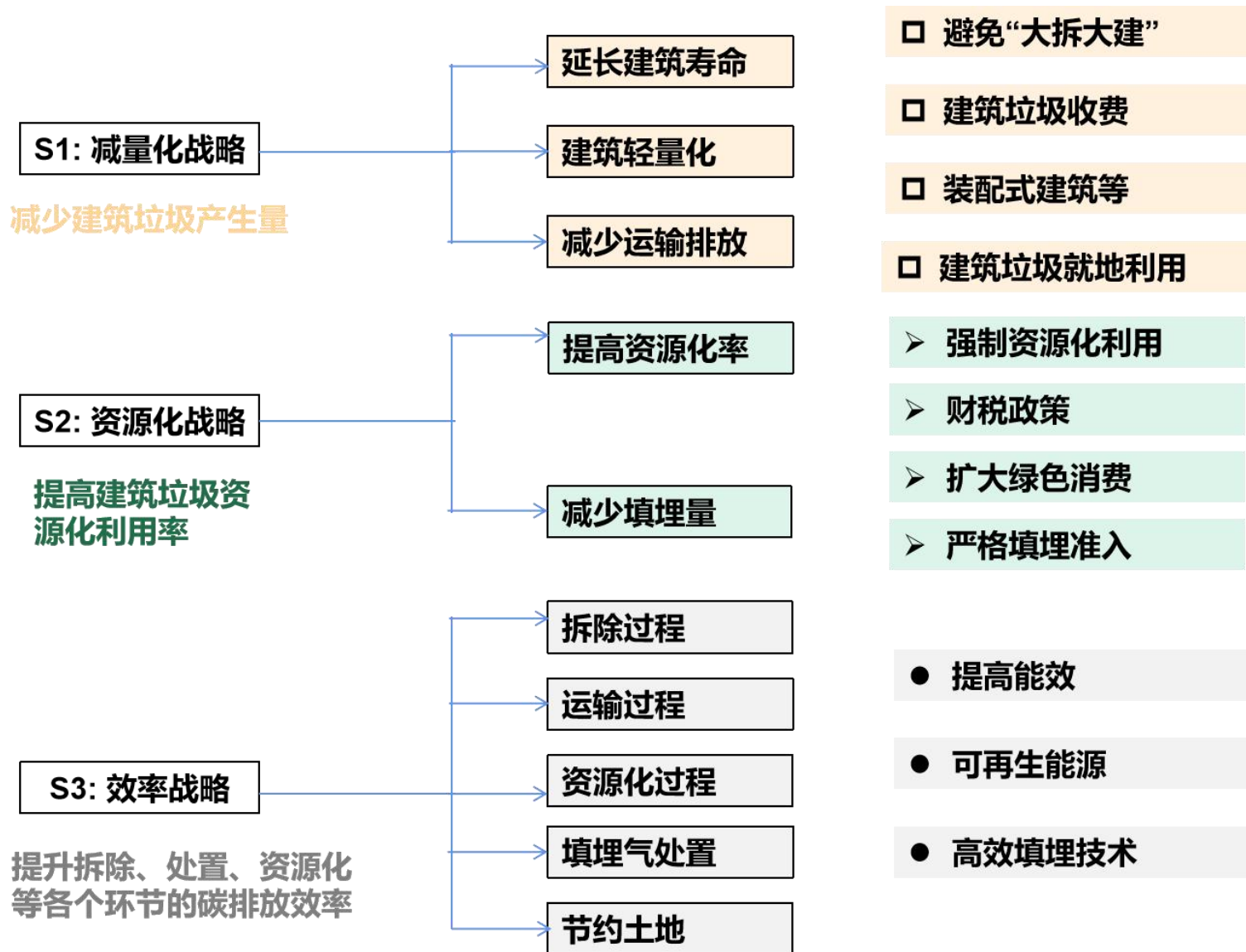


近期内（2030之前）：由于资源化程度不高，减排量较小。

远期（2040以后）来看，不同情景下差别巨大。2054年，综合情景较基准情景减排4186万吨，减排率86%。

建筑垃圾碳排放管理

建筑垃圾减碳策略



“双碳” 政策动向

中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定

- **建立能耗双控向碳排放双控全面转型新机制。**
- **构建碳排放统计核算体系、产品碳标识认证制度、产品碳足迹管理体系。**
- **健全碳市场交易制度、温室气体自愿减排交易制度。**

相关工作思考

- **碳排放统计核算：**

建筑垃圾资源化过程碳排放核算标准

- **产品碳足迹、产品碳标识：**

碳足迹核算标准

- **自愿减排交易：**

建筑垃圾减排方法学

谢谢大家！