

陕西省工程建设标准

《建筑地基基础工程碳排放核算标准》

Carbon Emission Accounting Standard for Building

Foundation Works

(征求意见稿)

《建筑地基基础工程碳排放核算标准》编制组

2026年5月

前 言

根据陕西省住房和城乡建设厅、陕西省市场监督管理局《关于下达 2024 年度工程建设标准制定计划的通知》（陕建标发〔2024〕1007 号）文件的要求，编制组经过广泛深入的调查研究，认真总结我省各地区地基基础施工工作经验，并参考国内相关标准，结合陕西省实际，在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.地基基础材料碳排放核算方法；5.土石方与地基处理工程碳排放核算；6.基础工程碳排放核；7.废弃物料处理与回收碳排放核算。

本标准由陕西省住房和城乡建设厅负责归口管理，陕西省建设标准设计站负责日常管理，西安建筑科技大学负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中，如有意见和建议，请反馈至西安建筑科技大学（地址：西安市雁塔路 13 号，邮编：710055，电话：029-82202947、邮箱：zhangyuwei@xauat.edu.cn）。

本规程主编单位：西安建筑科技大学

陕西景行大道建设工程有限公司

本规程参编单位：中建铁路投资建设集团有限公司

中国有色金属工业西安勘察设计研究院有限公司

陕西建工第八建设集团有限公司

西安建大特种工程有限公司

西北综合勘察设计研究院

中铁二十局集团有限公司

中国建筑西北设计研究院有限公司

陕西建工基础建设集团有限公司

中铁一局集团有限公司

中铁四局集团有限公司

中国铁建大桥工程局集团有限公司

中铁北京工程局集团第一工程有限公司

中建丝路交通建设投资有限公司

中铁七局集团有限公司第三工程有限公司

主要起草人员：宋战平 刘 影 张玉伟 赵晓峰 王星程 加武荣
徐 锋 章 辉 徐张建 王世斌 谢江胜 毛海龙
刘慧军 贾 飞 王翔宇 陈 锟 范胜元 秦杏春
胡大为 邢宏科 韦晓霞 王 喆 原 森 石 磊
张洪军 梁 迪 阮 雷 杨腾添 郑 蕾 梁朋刚
杨振潮 马小歌 郭鸿强 闫 岐 蒋文奎 张 昊
袁平利 张 哲 梁 剑 侯龙江 周艳霞 高永吉
徐立强 岩 峰 杨 杰 张继虎 黄智光 华 波
杨战军 胡 勇 邓 锋 孙志远 梁东亚 孙吴宏
张星星 牛泽林 李 恒 张 源 孙引浩 王 彤
程 昀 华 波 张美宁 罗大明 王洲亚 刘景生
隋树波 焦相盼 杨旭峰 赵丰兴 吴正兴 刘兰兰

主要审查人员：

目次

1 总则	3
2 术语和符号	5
2.1 术语	5
2.2 符号	6
3 基本规定	8
4 地基基础碳排放核算方法	9
4.1 一般规定	9
4.2 建材生产及运输阶段的碳排放核算	10
4.3 材料生产阶段的碳排放	10
4.4 材料运输阶段碳排放核算	11
4.5 现场施工阶段碳排放核算	12
5 土石方与地基处理工程碳排放核算	14
5.1 一般规定	14
5.2 土石方工程	15
5.3 地基处理工程碳排放核算	19
6 基础工程碳排放核算	26
6.1 一般规定	26
6.2 通用钢筋材料工程量核算	27
6.3 独立基础	27
6.4 条形基础	28
6.5 筏板基础	28
6.6 箱型基础	29
7 废弃物料处理与回收碳排放核算	30
7.1 一般规定	30

7.2 碳排放因子与计算方法	32
7.3 废弃物处理途径	33
附录 A	35
附录 B	37
附录 C	40
附录 D	42
本标准用词说明	61
引用标准名录	61

1 总则

1.0.1 为贯彻国家碳达峰、碳中和战略部署，落实陕西省绿色建筑与城乡建设高质量发展要求，统一陕西省建筑地基基础工程在物化阶段的碳排放核算方法，为工程建设项目碳排放统计、低碳设计与施工优化以及行业碳减排管理提供技术依据，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于陕西省行政区域内新建、改建、扩建的民用建筑与一般工业建筑的地基基础工程，在其建材生产与运输、施工建造（含废弃物处理）等物化阶段的碳排放核算。市政、交通等其他建设工程的地基基础部分可参照本标准执行，但其特有的工艺或材料的碳排放核算应进行专项论证。

1.0.3 地基基础工程碳排放核算应遵循下列基本原则：

1 核算范围应完整覆盖地基基础工程物化阶段的主要活动，包括建材生产、运输、现场施工以及施工产生的废弃物处理，确保无重大遗漏。

2 科学性与准确性原则：核算应以工程实际情况为依据，采用国际、国内公认的计算模型、本地化的可靠数据与碳排放因子，确保方法科学、过程严谨、结果准确可信。

3 地域性原则：核算应紧密结合陕西省湿陷性黄土广泛分布、南北气候地形差异显著、能源与建材产业特点突出的实际情况，优先采用本省地域修正系数、典型消耗量数据及运输参数。

4 可操作性原则：核算方法应步骤清晰、便于实施，并鼓励采用信息化工具，适应工程设计、施工及管理的实际需要。

1.0.4 本标准依据《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）等国家标准的总体框架和原则制定，并针对陕西省建筑地基基础工程的特点进行了细化和补充。在执行过程中，地基基础工程部分的碳排放核算应首先符合本标准的规定。本标准未作规定者，应遵守国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 地基基础碳排放

地基基础工程在物化阶段所产生的温室气体排放总量，以二氧化碳当量（CO_{2e}）表示。物化阶段包括建材生产、运输、现场施工及施工废弃物处理等活动。

2.1.2 计算边界

指地基基础碳排放核算所涵盖的时间范围与活动范围。时间范围包括从建材生产开始至地基基础施工完毕；活动范围包括建材生产、运输、施工建造及废弃物处理等直接与间接排放活动。

【条文说明】运行阶段碳排放一般计入建筑运行能耗，不纳入地基基础专门核算范围。

2.1.3 碳排放因子

将能源与材料消耗量与二氧化碳排放相对应的系数。用于量化地基基础不同阶段相关活动的碳排放。

2.1.4 陕西省地域修正系数

为反映陕西省在地理气候、能源结构、运输条件、建材生产工艺等方面的地域特征，而对通用碳排放因子进行修正的系数。

2.1.5 物化阶段碳排放

建筑构件或工程在成为建筑实体之前，所涉及的建材生产、运输至施工现场以及施工安装（含施工废弃物处理）等过程所产生的碳排放总和。本标准的核算范围即界定为地基基础工程的物化阶段碳排放。

2.1.6 施工机械调整系数

为更真实反映施工机械设备在实际工作中的碳排放水平,综合考虑设备负荷、工况条件、工作模式及设备状态等因素而设置的调整系数。

2.1.7 废弃物回收碳排放

施工废弃物在回收利用过程中,因运输至回收场所以及进行分选、破碎、清洗、再生加工等活动所消耗的能源与资源所产生的温室气体排放量。

2.2 符号

C_{jc} ——建材生产及运输阶段碳排放;

C_{sc} ——建材生产阶段碳排放;

C_{ys} ——建材运输阶段碳排放;

M_i ——第 i 种主要建材的消耗量;

F_i ——第 i 种主要建材的碳排放因子;

D_i ——第 i 种建材平均运输距离;

T_i ——第 i 种建材的运输方式下,单位重量运输距离的碳排放因子;

C_{jz} ——地基基础建造阶段单位地基基础面积的碳排放量;

$E_{jz,t}$ ——地基基础建造阶段第 i 种能源总用量;

EF_i ——第 i 类能源的碳排放因子;

A ——地基基础面积;

E_{jz} ——地基基础建造阶段总能源用量;

E_{fx} ——分部分项工程总能源用量;

E_{cs} ——措施项目总能源用量;

$Q_{fx,i}$ ——分部分项工程中第 i 个项目的工程量;

$f_{fx,i}$ ——分部分项工程中第 i 个项目的能耗系数(kWh/工程量计量单位);

$T_{i,j}$ ——第 i 个项目单位工程量第 j 种施工机械台班消耗量；

R_j ——第 i 个项目第 j 种施工机械单位台班的能源用量；

$E_{j,t}$ ——第 i 个项目中，小型施工机具不列入机械台班消耗量，但其消耗的能源列入材料的部分能源用量；

i ——分部分项工程中项目序号；

j ——施工机械序号；

$Q_{CS,i}$ ——措施项目中第 i 个项目的工程量；

$f_{CS,i}$ ——措施项目中第 i 个项目的能耗系数；

F_{total} ——调整后的总碳排放量；

F_{base} ——单位工作量或单位燃料消耗的二氧化碳排放量；

F_{load} ——负荷系数；

F_{work} ——工况系数；

F_{made} ——工作模式系数；

F_{device} ——设备系数；

$C_{waste,net}$ ——废弃物处理净碳排放量；

C_{trans} ——废弃物运输碳排放；

C_{treat} ——废弃物处理过程碳排放；

C_{offset} ——回收利用抵扣碳排放；

M_k ——第 k 类废弃物的质量；

D_k ——第 k 类废弃物的平均运输距离；

EF_{truck} ——货车运输碳排放因子；

$EF_{treat,k}$ ——第 k 类废弃物处理碳排放因子；

R_k ——第 k 类废弃物的回收利用率；

$EF_{mat,k}$ ——第 k 类材料生产碳排放因子；

3 基本规定

3.0.1 地基基础碳排放核算边界应符合下列规定：

1 时间边界：应从主要建材的原材料开采或生产开始，至地基基础实体施工完成且现场施工废弃物处理完毕为止。

2 过程边界：应覆盖本标准第 3.0.2 条规定的所有物化阶段活动。

3 地域边界：核算应采用反映陕西省平均水平的碳排放因子。当工程地点具有本标准第 5 章所明确的特殊地质或气候条件时，应采用相应的地域修正系数。

3.0.2 必须纳入核算的范围：

地基基础工程碳排放核算必须涵盖以下阶段：

1 建材生产阶段：构成地基基础实体的所有主要建材（如混凝土、钢筋、水泥、砂石等）的生产过程碳排放。

2 建材运输阶段：上述建材从生产地到施工现场的运输过程所产生的碳排放。

3 现场施工阶段：地基基础开挖、处理、建造、安装等所有施工活动所消耗的能源（燃料、电力）产生的碳排放。

4 废弃物处理阶段：地基基础施工产生的废弃土石方、混凝土块、钢筋头等，在运输至处理场所及处理过程中产生的碳排放。

3.0.3 可予扣除的范围：

因回收利用废弃物而替代原生材料生产所减少的碳排放，可按本标准第 7 章规定进行扣减。

3.0.4 排除在核算之外的范围：

1 与地基基础工程无直接关联的办公、生活能耗。

2 建筑整体运行阶段的能耗与碳排放。

3 工程勘察、设计等前期技术服务工作产生的碳排放。

3.0.5 当遇到本标准未明确规定的特殊工艺或材料时，其核算范围的确定应遵循以下原则：

1 与地基基础工程功能实现直接相关的活动，应予纳入。

2 无法分割的关联活动，应按合理比例分摊。

3 核算范围的决定及理由应在碳排放核算报告中予以专门说明。

4 地基基础碳排放核算方法

4.1 一般规定

4.1.1 地基基础工程碳排放核算应遵守相关性、完整性、一致性、准确性和透明性的基本原则。

4.1.2 地基基础工程碳排放应按本标准第 3.0.2 条规定的物化阶段进行核算。核算时可根据管理或设计需求，分阶段计算并汇总，但核算总和必须完整覆盖第 3.0.2 条规定的所有物化阶段活动。

4.1.3 地基基础工程碳排放计算应界定计算边界，并应包括以下内容：

- 1 明确工程碳排放核算所对应的阶段；
- 2 明确核算阶段所涉及的环节。

4.1.4 地基基础工程产生碳排放的要素包括人工、材料、机械设备。界定范围为在工程物化阶段，建造施工人员产生的碳排放，建造材料生产及运输产生的碳排放，建造施工机械设备使用产生的碳排放；

4.1.5 地基基础工程碳排放计算应包含《IPCC 国家温室气体清单指南》中列出的各类温室气体，并以当量二氧化碳排放量计量。

4.1.6 碳排放计算所需的碳排放因子数据应来自公认的可信来源，应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时，碳排放因子可采用附录 A、附录 B 和附录 C。

4.1.7 在工程物化中因消耗电力造成的碳排放，宜采用由国家权威机构发布的相对应区域电网平均碳排放因子进行计算；对于未发布碳排放因子的区域，可以采用国家权威机构发布的国家平均电力碳排放因子，或依据该区域电网中火电与清洁能源的比例进行计算。

4.2 建材生产及运输阶段的碳排放核算

4.2.1 建材生产及运输阶段的碳排放核算应为建材生产阶段碳排放与建材运输阶段碳排放之和。

4.2.2 建材生产及运输阶段的碳排放核算应按下列式计算：

$$C_{jc} = \frac{C_{sc} + C_{ys}}{A} \quad (4.2.1)$$

式中： C_{jc} ——建材生产及运输阶段碳排放(kg CO_{2e})；

C_{sc} ——建材生产阶段碳排放(kg CO_{2e})；

C_{ys} ——建材运输阶段碳排放(kg CO_{2e})。

4.2.3 建材的运输距离宜优先采用实际的运输距离。当建材实际运输距离未知时，可按本标准附录 C 取值。

4.3 材料生产阶段的碳排放

4.3.1 材料生产阶段碳排放，应按下列式计算：

$$C_{sc} = \sum_{i=1}^n M_i F_i \quad (4.3.1)$$

式中： C_{sc} ——建材生产阶段碳排放(kg CO_{2e})；

M_i ——第 i 种主要建材的消耗量；

F_i ——第 i 种主要建材的碳排放因子(kgCO₂/单位建材数量)。

4.3.2 地基基础的主要建材消耗量(M_i)，应通过查询设计图纸，采购清单等工程建设相关技术资料确定。

4.3.3 建材生产阶段的碳排放因子(F_i)应包括下列内容：

- 1 原材料的开采、生产过程的碳排放；
- 2 地基基础材料生产涉及能源的开采、生产过程的碳排放；

3 地基基础材料生产涉及原材料、能源的运输过程的碳排放；

4 地基基础材料生产过程的直接碳排放。

4.3.4 建材生产阶段的碳排放因子宜选用经第三方审核的建材碳足迹数据。当无第三方提供时，可按本标准附录 B 选用。

4.3.5 建材生产时，当使用低价值废料作为原料、可忽略其上游过程的碳排放。当使用其他再生原料时，可按其所替代的初生原料的碳排放的 50% 计算；

4.3.6 地基基础建造和拆除阶段产生的地基基础再生料，可按其替代的初生原料的碳排放的 50% 计算。

4.4 材料运输阶段碳排放核算

4.4.1 建材运输阶段碳排放，应按下式计算：

$$C_{ys} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i \quad (4.4.1)$$

式中： C_{ys} ——建材运输过程碳排放(kgCO_{2e})；

M_i ——第 i 种主要建材的消耗量(t)；

D_i ——第 i 种建材平均运输距离(km)；

T_i ——第 i 种建材在特定运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子 [kgCO_{2e}/(t·km)]。

4.4.2 材料的运输距离宜优先采用实际的材料运输距离。当实际运输距离未知时，可按本标准附录 C 取值。

4.4.3 材料运输阶段的碳排放因子(T)应包含材料从生产地到施工现场的运输过程的耗材碳排放和运输过程所耗能源的碳排放。材料运输阶段的碳排放因子(T)可按本标准附录 A 取值。

4.5 现场施工阶段碳排放核算

4.5.1 地基基础建造阶段的碳排放量应按下式计算：

$$C_{jz} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{jz,i} EF_i}{A} \quad (4.5.1)$$

式中： C_{jz} ——地基基础建造阶段单位地基基础面积的碳排放量(kgCO_{2e}/m²)；

$E_{jz,i}$ ——地基基础建造阶段第*i*种能源总用量(kWh 或 kg)；

EF_i ——第*i*类能源的碳排放因子(kgCO₂/kWh 或 kgCO₂/kg)，可按本标准附录 A 确定；

A ——地基基础面积(m²)。

4.5.2 建造阶段的能源总用量宜采用施工工序能耗叠加法计算，按下式计算：

$$E_{jz} = E_{fx} + E_{cs} \quad (4.5.2)$$

式中： E_{jz} ——地基基础建造阶段总能源用量(kWh 或 kg)；

E_{fx} ——分部分项工程总能源用量(kWh 或 kg)；

E_{cs} ——措施项目总能源用量(kWh 或 kg)。

4.5.3 分部分项工程能源用量应按下式计算：

$$E_{fx} = \sum_{i=1}^n Q_{fx,i} f_{fx,i} \quad (4.5.3)$$

$$f_{fx,i} = \sum_{j=1}^m T_{i,j} R_j + E_{ji,i} \quad (4.5.4)$$

式中： $Q_{fx,i}$ ——分部分项工程中第*i*个项目的工程量；

$F_{fx,i}$ ——分部分项工程中第*i*个项目的能耗系数(kWh/工程量计量单位)；

$T_{i,j}$ ——第*i*个项目单位工程量第*j*种施工机械台班消耗量(台班)；

R_j ——第*i*个项目第*j*种施工机械单位台班的能源用量(kWh/台班)，可按本标准附录 D 和附录 E 确定，当有经验数据时，可按经验数据确定；

$E_{jj,i}$ ——第 i 个项目中，小型施工机具不列入机械台班消耗量，但其消耗的能源列入材料的部分能源用量(kWh)；

i ——分部分项工程中项目序号；

j ——施工机械序号。

4.5.4 措施项目的能耗计算应符合下列规定：

1 脚手架、模板及支架、垂直运输、地基基础物超高等可计算工程量的措施项目，其能耗应按下式计算：

$$E_{CS} = \sum_{i=1}^n Q_{CS,i} f_{CS,i} \quad (4.5.5)$$

式中： $Q_{CS,i}$ ——措施项目中第 i 个项目的工程量；

$f_{CS,i}$ ——措施项目中第 i 个项目的能耗系数（能耗/工程量计量单位）。

5 土石方工程与地基处理工程的碳排放核算

5.1 一般规定

5.1.1 建筑地基基础工程中土方、石方及地基处理工程的工程量计算，应符合国家现行工程量计算规范及《陕西省建设工程工程量清单计价规则》的规定，并应满足碳排放核算对基础数据的需求。

5.1.2 土石方及地基处理工程的碳排放核算，应全面考虑施工工艺、机械选型、土壤岩石类别、陕西省地域气候与地质特点、运输距离、以及施工废弃物处理方式等因素。

5.1.3 施工机械在实际运行中的碳排放受多种因素影响，应在基准碳排放因子的基础上，采用表 5.1-1 进行修正。

表 5.1-1 施工机械碳排放调整系数表

系数类别	符号	系数	适用条件与说明	陕西省地域性修正建议
负荷系数	Fload	1.0	满负荷运行	关中平原地区土质均匀，常可按满负荷计；陕北、陕南山区工况复杂，宜按实际监测取值
		1.37/0.73	负荷率 50%-70%	
		2.78/0.36	空载或转场	
工况系数	Fwork	1.0	常温（5°C~30°C）、平坦坚硬地面	陕北冬季（<0°C）取 1.15~1.20；陕南雨季地面湿滑取 1.10~1.20；关中夏季高温（>35°C）取 1.05~1.10。
		1.1	高温环境(>30°C)	
		1.2	低温环境(<0°C)	
		1.2	湿滑或松软地面	
工作模式系数	Fmade	1.0	持续稳定运行(如长距离运输)	黄土地区开挖易遇障碍，间歇性工作明显，建议根据勘察报告预估间歇频率。
		1.05	间歇性作业（如挖掘、装卸）	
设备系数	Fdevice	0.96	新设备（使用年限≤3年或运行时长≤2000小时）	施工现场应加强设备维护管理，对老旧设备重点监控。
		1.0	常规设备（使用年限	

			3~10 年或运行时长 2000~8000 小时)	
		1.1	老旧或维护不良设备 (使用年限≥10 年或 运行时长≥8000 小 时)	

【条文说明】各项系数应基于施工现场实际监测数据、设备技术档案及环境记录综合选取。提倡使用具备能耗监测功能的智能设备。

5.1.4 机械设备碳排放调整应按下式计算：

$$F_{total} = F_{base} \times F_{load} \times F_{work} \times F_{made} \times F_{device} \quad (5.1.1)$$

式中： F_{total} —调整后的总碳排放量；

F_{base} —单位工作量或单位燃料消耗的二氧化碳排放量；

F_{load} —负荷系数，根据设备运行负载情况按表 5.1-1 选取；

F_{work} —工况系数，按环境温度或工作条件，结合表 5.1-1 取值；

F_{made} —工作模式系数，依据施工任务的持续性或间歇性情况，选取相应系数；

F_{device} —设备系数，根据设备的使用年限和运行时数，选取合适的调整系数。

5.1.5 碳排放核算的人工、材料及机械台班消耗量，应依据经审批的施工组织设计及现场记录确定。当缺乏详细数据时，应按照本标准附录 D 中对应的典型消耗量参考表进行计算。附录 D 中的数据已综合考虑陕西省的常见施工工艺与工效水平。

5.2 土石方工程

5.2.1 碳排放核算应根据陕西省地域特点进行修正，陕西省地域修正系数应考虑以下因素：

1 湿陷性黄土地区施工，应根据其特殊土质特性、施工工艺要求及实际能耗情况，对土方开挖、运输、回填阶段的机械能耗碳排放进行修正，修正系数 K_{loess} 宜根据工程实际或专题研究确定，无实测数据时可暂按 5.2-1 取值。

表 5.2-1 湿陷性黄土修正系数

修正因素	建议取值范围
土方回填（灰土/素土夯实）	1.15
地基处理（如灰土挤密桩、强夯）	1.208
综合建议值 K_{loess}	1.188

2 陕北、关中、陕南气候差异显著，应结合当地平均温度、降水量等因素，对机械工况系数进行地域性修正，无实测数据时可暂按 5.2-2 取值。

表 5.2-2 气候工况修正系数

地区	建议取值范围
陕北地区	1.182
关中地区	1.081
陕南地区	1.131

3 山区、塬区等特殊地形导致运输效率降低，应适当增加运输阶段的碳排放计算值。无实测数据时可暂按 5.2-3 取值。

表 5.2-3 地形运输效率修正系数

地区	建议修正方式	建议取值范围
一般山区	增加计算运距（%）	15.625%
复杂塬区	增加计算运距（%）	21.625%
陡坡路段	上调运输机械 能耗系数	1.131

5.2.2 人工土方工程碳排放核算应遵循以下基本流程进行核算：

1 工程量计算应按设计图纸及规范计算开挖、回填、运输的净体积，并考虑放坡、工作面、压实系数等。

2 资源消耗中的人工消耗可参考“D.1-1 土方工程”中的工日消耗量。

3 资源消耗中的材料消耗包括回填料用土、灰土、砂石等。

5.2.3 人工土方（含冻土）工程的碳排放核算，应符合下列规定：

1 人工挖一般土方、沟槽、基坑，以及人工挖冻土、淤泥、流砂等不同条件下的综合工日消耗量，可按本标准附录 D.1-1 《人工土方工程工日消耗量表》确定。

2 人工挖冻土若涉及爆破工艺，其爆破材料（炸药、雷管等）的生产碳排放应单独核算，材料消耗量参见附录 D.1-2。

5.2.4 机械土方碳排放包括人工、材料及机械消耗，其核算应符合下列规定：

1 人工、材料及各类机械施工（推土、挖掘、装载、运输等）在不同土质、运距条件下的典型机械配置与燃料（电力）消耗量，可按本标准附录 D.1-3 《机械土方工程消耗量表》确定。

2 所选机械的能耗数据，应根据本标准第 5.1.3 条表 5.1-1 进行负荷、工况等折减修正。

【条文说明】陕西北部山区岩石工程多见，需特别注意运输道路修建与维护带来的额外碳排放。

5.2.5 石方工程碳排放主要集中在岩石破碎与渣土运输环节。应根据岩石硬度（极软岩、软岩、较软岩、较硬岩、坚硬岩）选择工艺（人工凿石、切割、液压破碎、爆破），并采用相应的消耗量数据进行核算。

【条文说明】陕西北部山区岩石工程多见，需特别注意运输道路修建与维护带来的额外碳排放。

5.2.6 石方工程碳排放核算，应符合以下规定：

1 应区分人工石方与机械石方计算消耗量，不同方式消耗量见附表 D.1-4。

2 石方工程采用爆破工艺时需核算炸药、雷管等材料的生产碳排放，以及爆破后机械清渣的碳排放。

3 石方工程采用静态破碎工艺时需核算膨胀剂等材料的生产碳排放及相

关机械能耗。

4 石方工程采用液压锤破碎时，其碳排放主要源于柴油消耗。核算时应直接采用本标准附录 D 表 D.1-4 中对应不同岩石硬度（极软岩、软岩、较软岩、较硬岩、坚硬岩）的液压锤破碎石方专项柴油消耗量数据进行计算。

5.2.7 回填工程碳排放核算应符合以下规定：

1 不同项目，按表附录表 D.1-5 计算综合工日、材料消耗和能源消耗等综合核算

2 回填工程采用原土回填时应核算碾压机械（压路机、夯机）的能耗。

3 回填工程采用灰土/砂石回填除应核算机械能耗外，还需要核算石灰、砂石等材料的生产与运输碳排放。

4 回填工程采用水坠砂时应核算水提取与输送能耗，以及潜水泵、推土机的能耗等。

【条文说明】“地下室室内地面回填”等陕西省特殊项目体现了陕西地区常见工程做法，其消耗量数据可直接用于核算。

5.2.9 场地平整与地基处理辅助工序的碳排放核算应区分不同项目，按表 D.1-5 计算综合工日、材料消耗和能源消耗等综合核算。

5.2.10 基底钎探/普探的碳排放核算应核算轻型机械(钎探器)或人工的能耗。

【条文说明】洛阳铲探孔是陕西地区传统工艺，其人工消耗应予以考虑。

5.3 地基处理工程碳排放核算

5.3.1 地基处理工程碳排放核算应遵循以下流程：

1 地基处理工程中的工程量应根据设计方案、施工组织设计和现场记录进行核算。

2 机械台班消耗中的燃料（柴油、汽油）和电力消耗应按附录 D.2 核算，

并结合附录 A 和附录 B 的碳排放因子计算。

3 材料消耗应结合附录 C 的碳排放因子及第 4.2 节的运输计算方法核算。

5.3.3 采用换填法处理浅层软弱地基时，其主要碳排放源包括：回填材料（石灰、砂石）的生产与运输，现场拌和、铺设、压实机械的能耗和软弱土方开挖与运输等。工程量与资源消耗可按附录表 D.2-1 计算。

【条文说明】换填法是通过挖除软弱土层，回填强度高、压缩性低的材料（如灰土、砂石等）并压实，从而提高地基承载力、减少沉降的地基处理方法。适用于浅层软弱地基处理，在陕西省湿陷性黄土地区应用广泛。采用该方法时，灰土中石灰的煅烧碳排放高，宜考虑使用工业废料（如粉煤灰）部分替代。陕北地区砂石料运距长，运输碳排放占比大。

5.3.4 采用加筋地基时，主要碳排放源包括：土工合成材料的生产，现场铺设、锚固的人工与轻型机械能耗等。工程量与资源消耗可参考附表 D.2-2 计算。

【条文说明】加筋地基是通过在土体中铺设土工合成材料（土工织物、土工格栅、排水板等），利用其抗拉性能改善土体的整体性和稳定性，提高地基承载力、减少不均匀沉降。适用于软土地基、填方路基、边坡加固等。在陕西省的工程实践中，加筋地基在陕南软土地区应用较多，但筋体材料为高分子材料，生产碳排放高。鼓励使用耐久性好、可部分回收的加筋材料。

5.3.5 采用强夯地基时，主要碳排放源包括：强夯机械、辅助机械和人工的消耗。工程量与资源消耗可参考附表 D.2-3 计量。

【条文说明】强夯地基是利用重锤从高处自由落下产生的巨大冲击能和振动能，压实深层土体，提高地基强度、降低压缩性、消除湿陷性。特别适用于处理碎石土、砂土、湿陷性黄土、素填土等地基。强夯地基的主要碳排放源包括：

- 1 强夯机械：大功率柴油机，单位时间油耗高，是碳排放绝对主体。
- 2 辅助机械：推土机平整场地。

3 人工：相对较少。

5.3.6 填料桩复合地基，主要碳排放源包括施工机械、材料生产、辅助设备的消耗等。工程量与资源消耗按附表 D.2-4 计量。

【条文说明】填料桩复合地基通过在地基中设置碎石、砂石、灰土等材料构成的桩体，与桩间土共同承担荷载。适用于软土地基、湿陷性黄土、素填土、杂填土等地基的加固与改良。常用类型包括振冲碎石桩、沉管砂石桩、灰土挤密桩、水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）等。其主要碳排放源：

- 1 施工机械：振冲器、螺旋钻机、振动沉拔桩机、履带式起重机、装载机等，以柴油消耗为主。
- 2 材料生产：水泥、石灰、碎石、砂、粉煤灰等，其中水泥和石灰的生产过程碳排放强度高。
- 3 辅助设备：灰浆搅拌机、注浆机、潜水泵等，消耗电力。

在关中、陕北湿陷性黄土地区，优先选用灰土挤密桩，充分利用本地石灰资源，大幅降低水泥用量及碳排放。

5.3.7 搅拌桩复合地基，主要碳排放源包括搅拌桩机、胶凝材料和辅助系统的消耗等。工程量与资源消耗按附表 D.2-5 计量。

【条文说明】搅拌桩通过机械搅拌将水泥浆（粉）与原位土体强制混合，形成水泥土桩体，适用于淤泥、淤泥质土、粉土、松散砂土及黄土等地基加固。按工艺分为深层搅拌桩（粉喷/浆喷）、三轴搅拌桩等，常用于提高地基承载力、构成防渗帷幕或基坑支护。其主要碳排放源：

- 1 搅拌桩机：拌桩机功率大，能耗高；粉喷桩机需配套空压机。
- 2 胶凝材料：水泥是碳排放的主体，其生产排放占全流程绝大部分。
- 3 辅助系统：灰浆搅拌机、灰浆输送泵、空气压缩机等。

在陕北风积沙地层或关中黄土层中，可通过试验适当降低水泥掺量（如从 13%

降至 10%)。

对于基坑支护等临时工程，可研究使用工业废渣（如矿渣）部分替代水泥。

4 在帷幕性能满足要求下，可试验掺入部分粉煤灰，减少水泥用量 15%-20%，可显著降低项目碳排放。

5.3.8 注浆桩复合地基，主要碳排放源包括钻孔与注浆设备、注浆材料和辅助材料的消耗等。工程量与资源消耗按附表 D.2-6 计量。

【条文说明】注浆桩通过钻孔后，将水泥浆或化学浆液以高压喷射或静压渗透方式注入地层，固化土体或岩体中的裂隙，达到加固、防渗、纠偏等目的。主要包括高压旋喷（摆喷）桩、分层劈裂注浆和压密注浆。适用于砂土、粉土、碎石土、黄土及破碎岩体的地基加固与病害处理。其主要碳排放源：

1 钻孔与注浆设备：工程地质钻机、高压旋喷机、液压注浆泵、空压机、水泵等，能源以柴油和电力为主。

2 注浆材料：水泥为主要胶凝材料，其碳排放占比高；外加剂如氯化钙、水玻璃等。

3 辅助材料：膨润土（造浆）、塑料阀管等。

在黄土隧道围岩加固或地基沉陷处理中，优先采用静压渗透注浆替代部分高压旋喷，节省设备能耗。

施工中应优化浆液配比，在强度满足要求的前提下，使用粉煤灰、矿渣微粉替代部分水泥。

5.3.9 预制钢筋混凝土方桩，主要碳排放源包括桩体预制、沉桩机械和运输的消耗等。工程量与资源消耗按附表 D.2-7 计量。

【条文说明】预制钢筋混凝土方桩在工厂标准化生产，运至现场后通过打桩或静压设备沉入地基。其主要碳排放源：

1 桩体预制：钢筋混凝土预制构件的生产，包含钢材、水泥的碳排放。

2 沉桩机械：柴油打桩机、静力压桩机、履带式起重机，消耗大量柴油。

3 运输：预制桩从工厂至工地的运输过程。

在城市建成区或对环境要求高的区域，强制使用静压桩工艺，减少噪音和振动污染，同时降低单位工程量柴油消耗。

鼓励使用高强混凝土（如 C80）预制桩，在相同承载力下减少桩截面，从而节约材料。

预制桩的碳排放主要集中于生产阶段（约占全生命周期 70% 以上）。采用静压工艺可有效降低施工阶段的碳排放与环境污染。

5.3.10 采用预应力钢筋混凝土管桩，主要碳排放源包括管桩生产、沉桩机械和运输的消耗等。工程量与资源消耗按附表 D.2-8 计量。

【条文说明】 预应力钢筋混凝土管桩（PHC 管桩）采用先张法预应力工艺和高强混凝土离心成型，具有强度高、抗裂性好、耐打性强、单桩承载力高等优点。其主要碳排放源：

1 管桩生产：高强水泥、预应力钢材的消耗是碳排放主要部分；蒸汽养护过程消耗能源。

2 沉桩机械：大吨位柴油打桩机或静力压桩机，能耗集中。

3 运输：长距离运输管桩的碳排放。

在陕北、关中地区的深厚填土或软土区域，优先选用大吨位静力压桩机施工，避免锤击振动对周边环境的影响，并降低单位能耗。鼓励管桩生产企业进行绿色生产改造，采用余热回收、光伏电力、掺合料技术降低产品碳排放。

预应力管桩生产阶段碳排放占比通常超过 75%，是碳减排的核心环节。因此应推动就近采购，缩短运输距离；在设计阶段优化布桩方案，减少总桩长，从源头降低材料需求。

5.3.11 采用钢管桩主要碳排放源包括钢材生产、沉桩机械、桩头处理和

防腐与填芯的消耗等。工程量与资源消耗按附录表 D.2-9 计量。

【条文说明】钢管桩以钢管作为桩身，具有强度高、抗弯性能好、贯入能力强、施工速度快、挤土效应小等优点。适用于港口码头、跨海跨江大桥、深水基坑支护、高层建筑及需要穿越坚硬地层的桩基础工程。可根据需要设计为开口或闭口桩，并可进行桩内取土、填芯等处理。其主要碳排放源：

- 1 钢材生产：钢管本身的轧制与加工是碳排放的主体，钢材是高碳排放材料。
- 2 沉桩机械：大功率柴油打桩机、起重机，能耗巨大。
- 3 桩头处理：桩内切割、精割盖帽等工序消耗氧气、乙炔及电力。
- 4 防腐与填芯：防腐涂料、桩内混凝土或砂石填充材料。

5.3.12 采用灌注桩主要碳排放源包括材料生产、成孔机械、泥浆系统和钢筋笼加工与安装的消耗等。

【条文说明】灌注桩是在施工现场通过钻孔、清孔后，放置钢筋笼并浇筑混凝土形成的现浇桩。根据成孔工艺可分为回旋钻（正/反循环）成孔、旋挖钻成孔、沉管成孔和螺旋钻成孔等，是应用最广泛的桩基础形式。其主要碳排放源：

- 1 材料生产：现场浇筑的混凝土（含水泥、砂石）和钢筋是两大主要碳排放源。
- 2 成孔机械：不同钻机能耗差异大：旋挖钻机（柴油）、回旋钻机（电力）、沉管桩机（柴油/电力）。
- 3 泥浆系统：造浆用黏土、膨润土，泥浆循环与处理耗电。
- 4 钢筋笼加工与安装：焊接、吊装作业。

在关中平原的砂土、粉土地层，优先选用旋挖钻成孔，效率高，泥浆排放少。在陕北的岩层地区，应综合比较回旋钻与旋挖钻（配嵌岩钻头）的能耗，选择低碳工艺。

同时，应推广使用高性能减水剂，降低混凝土单方水泥用量；优化钢筋笼设计，减少非受力区钢筋。

5.3.13 灌注桩的工程量与资源消耗按附表 D.2-10 计量。

【条文说明】灌注桩的入岩部分（占总工程量 10%）的柴油消耗可能占总施工柴油消耗的 20%以上，是施工阶段碳减排的重点管控环节。因此在勘察、设计单位充分沟通，在满足承载力和沉降要求的前提下，优化桩端持力层选择，尽量避免或减少入岩深度。同时，对于必须入岩的桩，在硬岩地层中，应对比旋挖钻（配牙轮或筒钻）与回旋钻（牙轮钻头）的单位体积能耗，选择低碳工艺。且在施工中，应采用智能化泥浆系统，实现泥浆循环利用，减少废浆产生和处理能耗；严格控制混凝土超灌量。

6 基础工程碳排放核算

6.1 一般规定

6.1.1 基础工程碳排放核算涵盖各类基础（独立基础、条形基础、筏板基础、箱型基础）及其附属构件（梁、板、墙、柱）的消耗核算。

6.1.2 基础工程碳排放核算的工程量与消耗量主要包括以下部分：

1 材料：钢筋（各类规格、等级）、混凝土、模板材料（复合模板、组合钢模板）、支撑体系材料及辅助材料（水、电、养护膜等）。

2 机械：钢筋加工机械（调直、切断、弯曲）、焊接机械、混凝土振捣与抹平机械、木工机械、起重机等。

3 人工：碳排放应根据工日消耗量核算方法进行计算。

【条文说明】基础工程碳排放核算的核心要素包括以下部分：

1 钢材：钢筋、铁件、螺栓等的生产碳排放是基础工程的主要碳源，强度等级越高，单位重量的生产碳排放通常更高。

2 混凝土：预拌混凝土的生产（尤其是水泥）碳排放极高。使用高强混凝土 C40 以上、大掺量矿物掺合料（粉煤灰、矿粉）是重要减排措施。

3 模板体系：组合钢模板周转次数高，但初始生产碳排放高；复合木模板周转次数较低，但生产碳排放相对较低。应结合项目规模和周转次数综合评价。

4 施工阶段：钢筋焊接如电弧焊、电渣压力焊、气压焊等，能耗差异显著。

6.1.3 基础工程碳排放核算的工程量与消耗量应根据具体设计图纸、施工方案及现场情况进行核算。

【条文说明】陕北地区冬季施工需考虑混凝土加热养护的额外能耗；鼓励使用省内钢厂生产的钢筋，减少运输碳排放。

6.2 通用钢筋材料工程量核算

6.2.1 现浇构件、预制构件中不同规格、等级钢筋（圆钢、带肋钢筋）加工、绑扎、安装、焊接（连接）的碳排放源包括：

- 1 钢筋生产：碳排放因子见附录 B。
- 2 钢筋加工机械：调直、切断、弯曲机械的电力消耗。
- 3 钢筋连接：焊接设备（弧焊机、电渣焊机），消耗焊条、焊剂、气体（乙炔、氧气）等辅材。
- 4 机械连接：连接件（套筒）的生产。
- 5 绑扎：消耗少量铁丝，碳排放可忽略。
- 6 辅助机械：钢筋笼吊装用起重机的柴油消耗。
- 5 绑扎：消耗少量铁丝，碳排放可忽略。
- 6 辅助机械：钢筋笼吊装用起重机的柴油消耗。

6.2.2 通用钢筋材料的工程量与资源消耗按附表 E.2-1 计量。

6.3 独立基础

6.3.1 采用独立基础时的主要碳排放源包括：混凝土、模板、支撑体系（木支撑、钢支撑）的用量和周转率以及钢筋的消耗等。独立基础的工程量与资源消耗按附录 E.2-1 和 E.2-2 计量

【条文说明】独立基础的碳排放核算涵盖混凝土垫层、素混凝土/钢筋混凝土独立基础的资源消耗。其碳排放核算要点包括：

- 1 混凝土：主要碳排放源，取决于混凝土强度等级和方量。
- 2 模板：复合模板、木质面板，周转次数少，生产碳排放低于钢模板。
- 3 组合钢模板：初始生产碳排放高，但周转次数可达百次以上。对于大型、重

复性项目，全生命周期碳排放可能更低。

4 支撑体系（木支撑、钢支撑）的用量和周转率也影响碳排放。

5 钢筋：通常少于上部结构，但生产碳排放占比仍高。

6.4 条形基础

6.4.1 条形基础的碳排放源主要包括：混凝土、模板、支撑体系（木支撑、钢支撑）的用量和周转率以及钢筋的消耗等。条形基础的工程量与资源消耗按附录表 E.3-1 和 E.3-2 计量。

【条文说明】条形基础碳排放包括混凝土垫层、无筋/毛石/钢筋混凝土条形基础的资源消耗。其碳排放核算要点同独立基础相同。

6.5 筏板基础

6.5.1 筏板基础的碳排放源主要包括：混凝土、钢筋、模板体系和施工措施等的消耗。筏板基础的工程量与资源消耗按附录 E.4-1 和 E.4-2 计量。

【条文说明】筏板基础分为有梁式和无梁式。碳排放核算主要包括底板、基础梁的混凝土和模板工程，其核算要点如下：

1 混凝土方量大：混凝土是碳排放的主体，应重点优化混凝土配合比，使用大掺量掺合料。

2 钢筋密集：尤其是底板和梁，钢筋生产碳排放占比极高。

3 模板体系：底板模板接触面积相对较小，但基础梁（尤其是高梁）的模板用量大。

4 施工措施：大体积混凝土的温控措施（冷却水管、保温养护）会产生额外能耗和材料消耗，需单独核算。

6.6 箱型基础

6.6.1 箱型基础的碳排放源主要包括：混凝土、钢筋、模板体系和施工措施等的消耗。

【条文说明】箱型基础是由底板、顶板、外墙和纵、横内墙组成的整体性好的箱式结构，适用于高层建筑或对不均匀沉降要求严的建筑。其工程量是底板（同筏板）、墙体、柱、梁、顶板的总和。其碳排放核算要点：

- 1 结构复杂，材料总量巨大：混凝土和钢筋的用量是所有基础类型中最高的，因此材料生产碳排放是核算的重中之重。
- 2 模板工程极为复杂：墙体面积巨大，是模板消耗的主体。采用大钢模板或液压爬模可大幅提高工效和周转次数，虽然初始生产碳排放高，但长期看可能更低碳。
- 3 支撑体系：高支模需求普遍，钢管、扣件用量大，其租赁周转率直接影响碳排放。
- 4 施工难度大：深基坑支护、大体积混凝土浇筑与养护、密集钢筋绑扎等，均可能增加施工措施能耗。

6.6.2 箱型基础由底板、外墙、内墙、柱、梁及顶板组成，各部分资源消耗量可按附表 E.5-1、E.5-2 和表 E.5-3 计算。

【条文说明】箱型基础碳排放高度集中于混凝土、钢筋和一次性模板材料（如对拉螺栓）。采用高周转模板体系、优化混凝土配合比、使用高强钢筋是降低其碳排放的三大关键措施。

对于西安等城市的高层建筑箱型基础，墙体模板优先推广使用大钢模板或铝合金模板体系。尽管初始投资和物化碳排放高，但其周转次数可达 300 次以上，且施工质量好、速度快，可减少修补浪费和后期运营能耗（因气密性好）。

同时，提倡使用高性能混凝土，并大量使用粉煤灰、矿粉等工业废料作为掺合料，这是降低水泥用量的最有效途径，且优先采用 HRB400、HRB500 高强钢筋，并推广钢筋专业化加工与配送，减少现场加工损耗和能耗。同时，施工中应精心策划支撑体系的周转方案，提高钢管、扣件等周转材料的利用率。

7 废弃物料处理与回收

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于建筑地基基础工程施工过程中产生的废弃物料在运输、处理与回收利用阶段的碳排放核算。

7.1.2 废弃物处理与回收阶段的碳排放核算范围应包括：

- 1 废弃物从施工现场运输至处理场所的运输碳排放；
- 2 废弃物处理过程（如填埋、焚烧、破碎等）的能源消耗碳排放；
- 3 废弃物回收利用过程中替代原生材料所带来的碳排放抵扣。

7.1.3 废弃物分类应结合《建筑垃圾处理技术标准》（CJJ/T 134）及陕西省地方管理规定，主要分为：

- 1 混凝土类废弃物；
- 2 金属类废弃物（如钢筋、钢管）；
- 3 土石方类废弃物；
- 4 其他建筑垃圾（如模板、包装材料等）。

7.1.4 陕西省不同地区废弃物处理设施分布、运输距离存在显著差异，需进行地域性修正，无实测数据时可暂按 7.1-1 取值。

表 7.1-1 废弃物处理地域修正

地区	建议修正方式	建议取值范围
陕北地区	增加废弃物运输距离	31.25%
关中地区	不修正或微调	4.375%
陕南地区	增加废弃物运输距离	20%

7.2 碳排放因子与计算方法

7.2.1 废料处理与回收阶段的净碳排放量应按下式计算：

$$C_{\text{waste, net}} = C_{\text{trans}} - C_{\text{offset}} + C_{\text{treat.}} \quad (7.2.1)$$

式中： $C_{\text{waste, net}}$ ——废料处理净碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{trans} ——废料运输碳排放（ kgCO_2e ）；

C_{offset} ——回收利用抵扣碳排放（ kgCO_2e ）；

$C_{\text{treat.}}$ ——废弃物处理过程碳排放（ kgCO_2e ）；

7.2.2 废料运输碳排放应按下式计算：

$$C_{\text{trans}} = \sum_{i=1}^n M_k \times D_k \times EF_{\text{truck}} \quad (7.2.2)$$

式中： M_k ——第 k 类废料的质量（ t ）；

D_k ——第 k 类废弃物的平均运输距离（ km ），可参照附录 C 取值；

EF_{truck} ——货车运输碳排放因子，按附表 C 选取。

7.2.3 回收利用抵扣碳排放应按下式计算：

$$C_{\text{offset}} = \sum_{i=1}^n M_k \times R_k \times EF_{\text{mat, } k} \quad (7.2.3)$$

式中： R_k ——第 k 类废料的回收利用率，在进行核算时，应优先采用基于项目记录或地方行政主管部门发布的统计数据。

$EF_{\text{mat, } k}$ ——第 k 类材料生产碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e/t}$ ），按附录 B 选取。

【条文说明】在缺乏上述实际数据时，核算方可参考行业经验数据。例如，废钢铁因其高价值和高流通性，回收率通常较高；建筑废弃混凝土、砖瓦等通过破碎、筛分可作为再生骨料利用，其回收率受当地处理设施和市场条件影响较大。可参考的典型经验值范围如下：废钢铁回收率 70%-85%，混凝土类废弃物回收率

50%-70%。鼓励工程建设与管理部门建立并完善废弃物回收统计体系，为本地
区碳排放核算提供准确依据。

7.2.4 废弃物处理过程碳排放应按下列式计算：

$$C_{trans} = \sum_{i=1}^n M_k \times EF_{treat,k} \quad (7.2.4)$$

式中： $EF_{treat,k}$ ——第 k 类废弃物处理碳排放因子 (kgCO_{2e}/t)，按 7.3 节选取。

7.2.5 废弃物料处理与回收的碳排放因子按以下公式核算

$$EF_{混合} = \sum_k (w_k \times EF_k) \quad (7.2.5)$$

式中： w_k ——废弃物中材料 k 的质量占比；

E_k ——对应废弃物料处理碳排放因子。

7.3 废弃物处理途径

7.3.1 混凝土废弃物可采取填埋处理，每吨混凝土废料填埋产生的碳排放因子
为 0.044 吨 CO_{2e}，主要来自运输过程及废料的堆放过程。

【条文说明】混凝土废料通常在填埋场地堆放，采用封闭填埋的方式处理。由于
混凝土废料不具备生物降解性，填埋过程中产生的甲烷等温室气体较少。同时，
由于混凝土废料不参与生物降解，其碳排放相对较低，减排潜力较小。

7.3.2 钢铁废弃物的填埋处理，每吨废钢铁弃物填埋产生的碳排放因子为
0.044 吨 CO₂，主要来源于运输和填埋过程中使用的机械设备。

【条文说明】对无法回收的废钢铁则需要填埋处理。在陕西省的废钢铁填埋处理
中，通常会采取高压压实填埋方式，减少占地面积。废钢铁填埋相对较少使用生
物降解工艺，因此碳排放量相对较低。

7.3.3 土壤废料的填埋处理，每吨土壤废料填埋的碳排放因子为 0.044 吨 CO₂，

主要来自填埋过程中的机械操作及运输。

【条文说明】土壤废料填埋通常用于建设填埋场或回填工程。对有污染土壤废料经过污染治理需经过处理或固化处理，才可进行填埋。土壤废料填埋的减排潜力较低，但通过适当的污染治理和固化处理，仍可减少环境影响。

7.3.5 焚烧处理适用于某些废弃物，尤其是某些含有有害物质或难以回收的废弃物。焚烧过程中不仅会产生碳排放，还可能释放其他有害气体，其碳排放因子可参考附表 A 选取。

【条文说明】废钢铁本身并不焚烧，但在某些特殊情况下，混合废料的焚烧时可能会释放部分废钢铁的有机成分。焚烧过程中，废钢铁的碳排放量较低，因此通常不涉及钢铁废料焚烧。

- 1 混凝土废料的焚烧处理，每吨废料焚烧产生 0.5 吨 CO₂。
- 2 对于混凝土废料的焚烧，减排效益较低，且难以回收有效能量。

附表 A 能源碳排放因子

A.1 主要能源碳排放因子表

表 A.1 主要能源碳及人工排放因子

分类	燃料类型	因子 (tCO ₂ /TJ)
煤炭-CO ₂ 因子	电煤	96.9
	无烟煤	98.3
	炼焦烟煤	94.6
	一般烟煤	94.6
	褐煤	101.2
	煤制品	97.5
	焦炭	107.1
	焦炉煤气	44.4
	高炉煤气	259.6
	转炉煤气	181.9
	其他煤气	44.4
石油-CO ₂ 因子	原油	73.3
	汽油	69.3
	航空汽油	70.0
	喷气煤油（航空煤油）	71.5
	煤油	71.6
	柴油	74.1
	燃料油	77.4
	石脑油	73.3
	润滑油	73.3
	石蜡	73.3
	溶剂油	73.3
	石油沥青	80.7
	石油焦	97.5
	液化石油气	63.1
	炼厂干气	57.6
	其他石油制品	73.6
天然气-CO ₂ 因子	天然气	56.1
电力-CO ₂ 因子		0.6558kg (CO ₂ /kWh)
人工-CO ₂ 因子		1.570 (kg/工日)

A.2 其他能源碳排放因子表

表 A.2 其他能源碳排放因子

能源类型		缺省碳含量 (tC/TJ)	缺省氧化因子	有效 CO ₂ 排放因子(tCO ₂ /TJ)		
				缺省值	95%置信区间	
					较低	较高
城市废弃物 (非生物量比例)		25.0	1	91.7	73.3	121
工业废弃物		39.0	1	143.0	110.0	183.0
废油		20.0	1	73.3	72.2	74.4
泥炭		28.9	1	106.0	100.0	108.0
固体生物 燃料	木材/ 木材废弃物	30.5	1	112.0	95.0	132.0
	亚硫酸盐废液 (黑液)	26.0	1	95.3	80.7	110.0
	木炭	30.5	1	112.0	95.0	132.0
	其他主要固体 生物燃料	27.3	1	100.0	84.7	117.0
液体生物 燃料	生物汽油	19.3	1	70.8	59.8	84.3
	生物柴油	19.3	1	70.8	59.8	84.3
	其他液体 生物燃料	21.7	1	79.6	67.1	95.3
气体生物 燃料	填埋气体	14.9	1	54.6	46.2	66.0
	污泥气体	14.9	1	54.6	46.2	66.0
	其他生物气体	14.9	1	54.6	46.2	66.0
其他非化石燃料	城市废弃物 (生物量比例)	27.3	1	100.0	84.7	117.0

附录 B 主要建材碳排放因子表（资料性）

表 B.1 主要建材碳排放因子

序号	类型	材料名称	材料消耗量单位	碳排放因子 (kg CO ₂ e/单位数量)
01	建材原料	自来水	t	0.168
02		粘土	t	0.5
03		砂子	t	6.6
04		碎石	t	4.4
05		再生骨料	t	13.0
06		石英砂	t	45.44
07		石灰石	t	430
08		白云石	t	474
09		粉煤灰	t	8.0
10		炉渣	t	109
11		膨胀珍珠岩	t	2880
12		大白粉	t	175
13		滑石粉	t	175
14		腻子粉	t	440
15	木材	通用木材	m ³	178
16		胶合板	m ³	487
17		刨花板	m ³	336
18	石灰与石膏	生石灰	t	1190
19		石膏	t	125.5
20	水泥	水泥熟料 52.5MPa	t	905
21		水泥熟料 62.5MPa	t	920
22		硅酸盐水泥 PI（通用）	t	939~958
23		硅酸盐水泥 PI42.5MPa	t	939
24		硅酸盐水泥 PI52.5MPa	t	941
25		硅酸盐水泥 PI62.5MPa	t	958
26		硅酸盐水泥 PII（通用）	t	861~918
27		硅酸盐水泥 PII42.5MPa	t	874
28		硅酸盐水泥 PII52.5MPa	t	889
29		硅酸盐水泥 PII62.5MPa	t	918
30		普通硅酸盐水泥 PO（通用）	t	722~962
31		普通硅酸盐水泥 PO 42.5 MPa	t	795
32	普通硅酸盐水泥 PO 52.5	t	863	

		MPa		
33		普通硅酸盐水泥 P S A(通用)	t	503~744
34		普通硅酸盐水泥 P S A32.5 MPa	t	621
35		普通硅酸盐水泥 P S A42.5 MPa	t	742
36		普通硅酸盐水泥 P S B(通用)	t	345~503
37		普通硅酸盐水泥 P S B32.5 MPa	t	503
38		普通硅酸盐水泥 P P(通用)	t	541~724
39		火山质硅酸盐水泥 P P32.5 MPa	t	631
40		火山质硅酸盐水泥 P P42.5 MPa	t	722
41		粉煤灰硅酸盐水泥 P F(通用)	t	541~724
42		粉煤灰硅酸盐水泥 P F32.5 MPa	t	631
43		粉煤灰硅酸盐水泥 P F42.5 MPa	t	722
44		复合硅酸盐水泥 P C(通用)	t	452~744
45		复合硅酸盐水泥 P C32.5 MPa	t	604
46		复合硅酸盐水泥 P C42.5 MPa	t	742
47	砂浆	砌筑混合砂浆 M2.5	m ³	224.1
48		砌筑混合砂浆 M5	m ³	236.0
49		砌筑混合砂浆 M7.5	m ³	239.1
50		砌筑混合砂浆 M210	m ³	233.6
51		砌筑水泥砂浆 M2.5	m ³	154.9
52		砌筑水泥砂浆 M5	m ³	164.5
53		砌筑水泥砂浆 M7.5	m ³	181.3
54		砌筑水泥砂浆 M210	m ³	199.9
55		砌筑水泥砂浆 M15	m ³	232.0
56		抹灰水泥砂浆 1:2	m ³	405.0
57		抹灰水泥砂浆 1:3	m ³	277.0
58		抹灰混合砂浆 1:1:6	m ³	285.2
59		抹灰石灰砂浆 1:2.5	m ³	341.6
60		抹灰石灰砂浆 1:3	m ³	293.1
61		抹灰石膏砂浆 1:3	m ³	509.5
62	混凝土	泵送混凝土 C10	m ³	172.0
63		泵送混凝土 C15	m ³	177.8
64		泵送混凝土 C20	m ³	264.7

65		泵送混凝土 C25	m ³	292.7
66		泵送混凝土 C30	m ³	316.4
67		泵送混凝土 C35	m ³	362.6
68		泵送混凝土 C40	m ³	410.4
69		泵送混凝土 C45	m ³	441.3
70		泵送混凝土 C50	m ³	464.3
71		泵送超流态混凝土 C25	m ³	320.3
72		泵送超流态混凝土 C30	m ³	332.5
73	砖与砌块	烧结普通砖	m ³	295
74		烧结多孔（空心）砖	m ³	215
75		混凝土小型空心砌块	m ³	180
76		粉煤灰小型空心砌块	m ³	350
77		加气混凝土砌块	m ³	270
78		蒸压粉煤灰砖	m ³	410
79		蒸压灰砂砖	m ³	375
80	铁	生铁	t	1600
81		铁制品	t	1920
82		镀锌铁	t	2350
83	钢材	粗钢	t	1950
84		大型型钢	t	2701
85		中小型型钢	t	2137
86		钢线材	t	2140
87		热轧带钢	t	2246
88		镀锌大型型钢	t	3050
89		镀锌中小型型钢	t	2487
90		镀锌钢线材	t	2490
91		钢轨	t	1690
92		钢筋	t	2208
93		热轧碳钢无缝钢管	t	3150
94		镀锌热轧带钢	t	2596
95		不锈钢	t	6130
96		再生钢	t	480
97	陶瓷	卫生陶瓷	t	1740
98		通用陶瓷砖	t	600
99		陶瓷砖(E≤0.5%)	t	12.8
100		陶瓷砖(0.5%<E≤10%)	t	13.3
101		陶瓷砖(E>10%)	t	19.2
102	玻璃	玻璃（通用）	t	1190
103		Low-E 玻璃	t	2010
104		钢化玻璃	t	1790
105	铝	原铝	t	18790
106		再生铝	t	70

107		铝综合	t	15450
108	铜	矿产铜	t	5520
109		再生铜	t	3440
110		铜综合	t	4850
111	其他金属	矿产锌	t	4560
112	保温材料	矿产锡	t	11590
113		聚苯乙烯 (PS)	t	3100
114		泡沫聚苯乙烯 (EPS)	t	7860
115		挤塑聚苯乙烯 (XPS)	t	6120
116		聚氨酯 (PU)	t	4330
117		岩棉	t	1200
118		矿物棉	t	1200
119		玻璃棉	t	2360
120		泡沫玻璃	t	1950
121		苯酚甲醛 (PE)	t	2710
121		真空绝热板	t	2160
123	防水材料	石油沥青油毡	m ²	0.51
124		SBS、APP 改性沥青防水卷材	m ²	0.54
125		自粘聚合物改性沥青防水卷材	m ²	0.32
126	塑料	聚乙烯管 (PEX)	t	6850
127		聚丙烯管 (PEX)	t	6020
128		聚氯乙烯 (PVC)	t	7300
129	其他	铜芯电线电缆	kg	9.41
130		石膏板	m ²	4.4
131		瓦	t	610
132		陶土管	t	490
133		油漆涂料 (通用)	t	3500
134		乳胶漆	t	4120
135		装饰石材	t	220
136		壁纸	t	1800
137		地毯	t	5090
138		木地板	m ²	2.9
139		硅酸钙吊顶	m ²	1.8
140		合成板吊顶	m ²	7.6
141		轻钢龙骨吊顶	m ²	3.8
142		橡胶	t	3360
143		环氧树脂	t	5910
144		棉布	t	3280
145		电焊条	t	20500
146		安全网	m ²	3.7

147		太阳能光伏电板	kW	4000
148		太阳能光伏电板	m ²	240
149		太阳集热器	m ²	112

附录 C 建材运输碳排放因子表（资料性）

表 C.1 各类运输方式的碳排放因子

运输方式类别	碳排放因子[kg CO ₂ e/(t·km)]
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

说明：混凝土的默认运输距离值应为 40km，其他建材的默认运输距离值应为 500km。各类运输方式的碳排放因子可按表 C 选取。

附录 D 土石方与地基处理工程典型消耗量表

表 D.1-1 人工土方工程工日消耗量 (单位: 10m³)

项目名称	分类	深度 (m)	综合工日 (工日)	备注
人工挖一般土方	一、二类土	≤2	1.754	适用于关中平原一般性土方开挖。
		≤4	3.079	/
	三类土	≤2	3.100	陕北、陕南部分地区土质较硬,工效可能降低 10%~20%。
		≤4	5.169	/
人工挖一般土方	四类土	≤2	4.498	开挖坚硬土或碎石土,需根据勘察报告调整。
		≤4	6.453	/
人工挖沟槽土方	一、二类土	≤2	1.911	管线沟槽开挖常用。
		≤4	3.324	/
	三类土	≤2	3.100	
		≤4	5.169	
	四类土	≤2	7.016	
		≤4	8.818	
人工挖基坑土方	一、二类土	≤2	2.289	
		≤4	3.502	
	三类土	≤2	5.144	
		≤4	7.006	
	四类土	≤2	7.681	
		≤4	9.440	
人工挖冻土	人工开挖	基深≤2	10.365	陕北地区冬季施工重点考虑。冻土开挖能耗激增,应优先采用机械或爆破法。
	爆破后人工开挖	基深≤2	5.239	
人工运土	运距≤20m		1.276	
	运距≤100m 每增运 20m		0.244	
双(单)轮车运土	运距≤50m	1.148	1.148	
	≤500m 每增运 50m	0.244	0.244	
人工装汽车土方	/	/	1.214	适用于场地狭窄或小规模工程。
人工挖淤泥、流砂	/	/	5.660	陕南河网地区、关中湿地附近工程需重点关注。工效极低,安全隐患大,应优先考虑机械清淤。
人工运淤泥、	运距≤20m		2.424	

	运距≤100m, 每增运 20m		0.463	
双(单)轮车 运 淤泥、流砂	运距≤50m		1.907	
	运距≤500m, 每增运 50m		0.462	

表 D.1-2 人工挖冻土工程工日消耗量 (单位: 10m³)

项目名称	分类	深度 (m)	人工部分	材料部分	
			人工消耗 (工日)	材料名称	消耗量
人工挖冻土	人工开挖	基深≤2	10.365		
	爆破后 人工开挖	基深≤2	5.239	电雷管	5.396 个
				乳化炸药	2.632kg
				六角空心钢(综合)	0.202kg
				合金钢钻头	0.101 个
				铜芯塑料绝缘电线 BV-1.5mm ²	4.935m
				铜芯塑料绝缘电线 BV-2.5mm ²	2.405m
				铜芯塑料绝缘电线 BV-2.5mm ²	2.405m

表 D.1-3 机械土方工程消耗量 (单位: 10m³)

项目名称	分类	机械配置	综合工日 (工日)	柴油 (kg)	汽油 (kg)	电力 (kWh)
推土机 推运一般土方	运距≤20m 一二类土	履带式推土机 105kW	0.0625	1.0336		
	运距≤20m 三类土		0.070	1.216		
	运距≤20m 四类土		0.080	1.4592		
	≤100m 每 增运 20m 一二类土	履带式推土机 105kW	0.0225	0.5472		
	≤100m 每 增运 20m 三类土		0.025	0.608		
	≤100m 每 增运 20m 四类土		0.03	0.7296		

装载机 装运一 般土方	运距≤20m	轮胎式装载机 1m ³	0.065	1.89828		
	≤150m 每 增运 20m		0.01125	0.47457		
挖掘机 挖一般 土方	一、二类土	履带式推土机 75kw	0.088	0.113		
		履带式单斗机 械挖掘机 1.5m		1.0905		
	三类土	履带式推土机 75kw	0.130	0.113		
		履带式单斗机 械挖掘机 1.5m		1.3086		
	四类土	履带式推土机 75kw	0.181	0.113		
		履带式单斗机 械挖掘机 1.5m		1.454		
挖掘机 挖槽坑 土方	一、二类土	履带式推土机 75kw	0.255	1.1865		
		履带式单斗液 压挖掘机 1m ³		1.701		
	三类土	履带式推土机 75kw	0.3445	1.2995		
		履带式单斗液 压挖掘机 1m ³		1.89		
	四类土	履带式推土机 75kw	0.446	1.4125		
		履带式单斗液 压挖掘机 1m ³		2.079		
小型挖 掘机挖 装槽坑 土方	一、二类土	履带式推土机 75kw	0.427	2.2035		
		履带式单斗液 压挖掘机 0.3m ³		1.15881		
	三类土	履带式推土机 75kw	0.4295	2.4295		

		履带式单斗液 压挖掘机 0.3m ³		1.36211		
	四类土	履带式推土机 75kw	0.512	2.938		
		履带式单斗液 压挖掘机 0.3m ³		1.58574		
挖掘机 挖内支 撑土方	一、二类土	履带式推土机 75kw	0.677	1.2995		
		履带式单斗液 压挖掘机 0.6m ³		5.68516		
	三类土	履带式推土机 75kw	0.8295	1.6385		
		履带式单斗液 压挖掘机 0.6m ³		6.86256		
	四类土	履带式推土机 75kw	0.9875	1.8645		
		履带式单斗液 压挖掘机 0.6m ³		8.47728		
装载机 装车		轮胎式装载机 1.5m ³	0.065	1.175		
挖掘机 装车		轮胎式装载机 1m ³	0.1125	0.791		
		履带式单斗液 压挖掘机 1m ³		0.945		
机动翻 斗车运 土方	运距≤100m	机动翻斗车 1t	0.73	3.52152		
	≤500m 每 增运 100m		0.08	0.38592		
自卸汽 车运土 方	运距≤1km	自卸汽车 15t	0.171	3.06994		
	每增运 1km		0.035	0.74102		
挖掘机 挖淤泥 流砂		履带式单斗液 压挖掘机 1m ³	0.2375	3.087		
泥浆罐 车运淤	运距≤1km	泥浆罐车 5000L	5.201		31.8857	

		泥浆泵 100mm	0.035			79.764
	每增运 1km	泥浆罐车 5000L	0.378		4.7355	

表 D.1-4 石方工程消耗量表 (单位: 10m³)

项目名称	分类	综合工日 (工日)
人工凿一般石方	极软岩	4.862
	软岩	6.087
	较软岩	7.692
	较硬岩	17.585
人工凿一般石方	坚硬岩	29.652
人工凿沟槽石方	极软岩	5.604
	软岩	8.881
	较软岩	11.935
人工凿沟槽石方	较硬岩	32.663
	坚硬岩	53.813
人工凿基坑石方	极软岩	5.758
	软岩	9.157
人工凿基坑石方	极软岩	21.766
	较硬岩	45.142
	坚硬岩	68.720
人工清理爆破基底	极软岩	0.8648
人工清理爆破基底 (一般石方)	软岩	1.0750
	较软岩	1.3374
	较硬岩	3.0296
	坚硬岩	5.2051
人工清理爆破基底 (槽坑石方)	极软岩	0.9540
	软岩	1.4271
	较软岩	2.6234
	较硬岩	5.9183
	坚硬岩	11.8343
人工修整爆破边坡	极软岩	0.7186
	软岩	0.9298
	较软岩	1.4801
	较硬岩	3.3483

		坚硬岩			6.4360		
人工挖石渣		一般石方			1.900		
		槽坑			2.794		
分类	综合工日 (工日)	材料消耗量			能源消耗		
		刀片 D1000 (片)	水 (m ³)		柴油 (kg)	汽油 (kg)	电力 (kWh)
软质岩	6.686	0.015	0.600				2.28984
较硬岩	14.570	0.019	0.700				2.86512
坚硬岩	23.341	0.023	0.850				3.384
软质岩	10.220	0.022	0.600				3.3276
较硬岩	21.230	0.028	0.700				4.16232
坚硬岩	35.232	0.036	.800				5.4144
极软岩	0.8475	0.022	0.600		3.087		
软岩	1.0845				11.718		
较软岩	1.6495				22.806		
较硬岩	2.3425				32.382		
坚硬岩	3.336				46.116		
综合工日 (工日)	合金钢钻 头一字型 (个)	材料消耗量			能源消耗		
		六角空心 钢 (kg)	高压风管 Φ25-6P-20m	膨胀剂 (kg)	柴油 (kg)	汽油 (kg)	电力 (kWh)
10.471	3.620	7.324	0.626	195.840			835.7748
分类	综合工日 (工日)	材料消耗量			能源消耗		
		刀片 D1000 (片)	水 (m ³)		柴油 (kg)	汽油 (kg)	电力 (kWh)
运距 ≤20m	0.1775				3.344		
≤100m 每增运 20m	0.095				2.3104		
	0.145				1.50532		
	0.1525				4.14774		
	0.0825				1.9975		
	0.21				4.0435		
运距 ≤100m	0.306				5.92816		
≤500m 每增运 100m	0.065				1.37618		

表 D.1-5 回填消耗量表 (单位: 10m³或 10m²)

项目名称	分类	综合工日 (工日)	材料消耗量		能源消耗	
			水 (m ³)	柴油 (kg)	汽油 (kg)	电力 (kWh)
人工平整场地		0.3161				
机械平整场地		0.0236		0.3164		
打夯机原土夯实		0.0786				13.778
打夯机填土夯实	地坪	0.652				12.118
	槽坑	0.852				15.583
机械碾压	原土一遍	0.011225		0.055835		
	每增加一遍	0.0025		0.0859		
填土		0.15	0.07	3.77688		
水坠砂		0.607	10.500	4.068		1.4

表 D.2-1 换填地基工程资源消耗表

项目名称	人工 (工日)	主要材料消耗	机械消耗与能耗	适用性与备注 (陕西省)
夯填灰土	5.218	熟石灰 3210kg 水 1m ³	电动夯实机:7.636kWh	适用于小面积、无大型机械进场条件的场地。关中地区常用。
人工填砂石 (机械振动)	2.202	天然砂石 12.240m ³ ;水 1m ³	电动夯实机:4.15 kWh	砂石资源丰富地区适用。陕南河砂、陕北机制砂均可。
人工填砂石 (机械碾压)	1.9	天然砂石 12.954m ³ ; 水 1 m ³	钢轮内燃压路机(8t); 柴油 0.33643kg	适用于较大面积回填, 效率较高。
推土机填砂石 (机械碾压)	0.047	天然砂石 12.954m ³ ; 水 1m ³	推土机 (105kW):柴 0.7296kg; 压路机(8t):柴 油 0.33643kg	适用于大面积、方量大的回填工程, 机械化程度高。
推土机填砂石 (挤淤碾压)	0.081	天然砂石 12.954 m ³ ; 水 0.55 m ³	推土机 (105kW): 0.135 台班, 柴油 3.2832 kg	适用于陕南等软土、淤泥质地地区的地基处理。
填铺砂	2.927	中砂 11.526 m ³ ; 水 1 m ³	电动夯实机: 2.7722 kWh	砂垫层, 用于改善地基排水和应力分布。
填铺石屑	2.927	石屑 11.526m ³ ; 水 1m ³	电动夯实机: 2.7722 kWh	

填铺碎石	4.22 3	碎石 11.016m ³ ;1m ³	电动夯实机 250N·m 2.7722kWh	
填筑毛石混凝土	2.37 7	预拌混凝土 C15 8.585 m ³ ;毛石 2.754m ³ ;水 1m ³ ;电 3.304 kWh	-	用于处理局部深坑或承载力要求较高的部位。碳排放主要来自混凝土生产。

表 D.2-2 加筋地基工程资源消耗表 计量单位 100m²

项目名称	人工 (工日)	主要材料消耗
铺土工织物	3.01	土工布 111.52m ²
铺土工格栅	4.133	土工格栅 双向 110.000m ²
铺塑料排水板	2.928	网状交织排水板 105.000m ²

表 D.2-3 强夯地基资源消耗参考表 (单位: 100m²)

工艺类型	夯击能 (kN·m)	夯点布置	夯击数	人工 (工日)	强夯机械柴油 (kg)	推土机(135kW)柴油(kg)
点夯	1000	7 夯点	4 击	1.16 6	6.86675	10.6212
	2000	7 夯点	4 击	1.55 7	12.95628	14.1616
	3000	7 夯点	4 击	1.84	19.78666	16.7668
	6000	4 夯点	4 击	2.39 1	37.8696	21.7768
满夯	1000	—	1 遍 2 击	1.83 2	9.64975	15.0968
	2000	—	1 遍 2 击	4.27 2	27.70848	30.5276

表 D.2-4 填料桩复合地基资源消耗表

桩型	单位	人工 (工日)	柴油 (kg)	电力 (kW·h)	水泥 (t)	碎石/砂 (m ³)	石灰 (kg)	粉煤灰 (m ³)
振冲碎石桩	10m ³	3.779	18.18	112.65	—	13.26	—	—
钻孔压浆	10m ³	11.047	96.64	10.26	4.90 8	13.26	—	—

碎石桩								
沉管碎石桩 (桩长≤10m)	10m ³	10.957	57.62	140.44	—	13.26	—	—
沉管砂石桩 (桩长≤10m)	10m ³	11.185	57.62	140.44	—	10.051 (碎石)	—	—
						7.638 (砂)		
水泥粉煤灰碎石桩 (CFG桩)	10m ³	6.706	40.26	240.12	2.586	9.037 (碎石)	—	2.256
						6.865 (砂)		
灰土挤密桩 (桩长≤6m)	10m ³	9.541	—	0.894	—	—	3210	—
工艺类型	夯击能 (kN·m)	夯点布置	夯击数	人工(工日)	强夯机械 柴油(kg)	推土机 (135kW) 柴油(kg)		

表 D.2-5 搅拌桩复合地基资源消耗表

桩型	单位	人工 (工日)	电力 (kW·h)	柴油 (kg)	水泥 42.5(t)	水 (m ³)	备注
深层粉桩 (水 13%)	10m ³	3.293	86.82	—	2.387	—	含空压机、振动筛
深层浆桩 (水 13%)	10m ³	2.363	52.28	—	2.387	3.2	含灰浆搅拌与输送
三轴搅桩 (二搅二喷)	10m ³	1.729	123.33	—	2.754	3.524	含大功率空压机
插拔型钢 (与搅拌桩)	10t	4.608	77.22	81.86	—	—	含起重机、焊机、液压泵车

配套)							
-----	--	--	--	--	--	--	--

表 D.2-6 注浆桩复合地基资源消耗

高压旋喷 (单重管) 注浆	10m ³	5.549	11.7	7.27	4.59	5.013	氯化钙 94
高压旋喷 (三重管) 注浆	10m ³	6.417	21.5	277.3	5.508	5.778	氯化钙 77.5
分层劈裂注浆 (注浆段)	10m ³	2.573	—	9.92	1.091	—	水玻璃 56.7, 促进剂 103
压密注浆 (注浆段)	10m ³	2.411	—	8.93	0.796	—	水玻璃 8

表 D.2-7 预制钢筋混凝土方桩资源消耗表

工艺与桩长	单位	人工 (工日)	柴油 (kg)	电力 (kW·h)	预制方桩(m ³)
打桩 (桩长≤12m)	10m ³	4.748	50.73	—	10.1
打桩 (桩长≤45m)	10m ³	3.374	40.96	—	10.1
静压桩 (桩长≤12m)	10m ³	3.186	11.09	46.82	10.1
静压桩 (桩长≤45m)	10m ³	1.999	35.27	—	10.1

表 D.2-8 预应力钢筋混凝土管桩资源消耗表

工艺与桩径	单位	人工 (工日)	柴油 (kg)	预应力管桩 (m)
打桩 (桩径≤400mm)	100m	4.498	50.62	101
打桩 (桩径≤600mm)	100m	5.089	67.82	101
静压桩 (桩径≤400mm)	100m	3.598	79.91	101
静压桩 (桩径≤600mm)	100m	4.071	90.8	101

表 D.2-9 钢管桩主要工序资源消耗表

工序与规格	单位	人工 (工日)	柴油 (kg)	电力 (kW·h)	氧气 (m ³)	乙炔 (kg)	钢管/焊材
打桩 (桩径≤450m, 桩长)	10t	10.858	141.39	152.87	—	—	钢管 10.100t

≤30m)							
桩内切割 (桩径 ≤450m m)	10 根	4.007	33.28	11.73	31.8	12.23 1	—
精割盖帽 (桩径 ≤450m m)	10 个	4.8	29.58	173.98	—	—	钢帽 10 个, 焊丝 17.2kg
管内填混 凝土	10 m ³	3.987	—	1.75	—	—	混凝土 10.100 m ³

表 D.2-10 灌注桩不同成孔工艺资源消耗表 (单位: 10m³)

成孔工艺与桩径	人工 (工 日)	柴油 (kg)	电力 (kW·h)	黏土 (m ³)	水 (m ³)	备注
回旋钻成孔 (桩 径≤1000mm)	5.546	—	596.68	0.543	26.56	含钻机、 泥浆泵、 焊机
回旋钻成孔入岩 增加	40.949	—	1897.6	—	—	能耗激 增, 碳排 放高
旋挖钻成孔 (桩 径≤1000mm)	3.36	72.09	95.79	0.61	5	含钻机、 挖掘机、 起重机
旋挖钻成孔入岩 增加	6.7	367.57	163.05	—	—	能耗显著 高于土层
沉管成孔 (锤击 式)	5.169	33.72	—	—	—	噪音振动 大, 碳排 放集中
螺旋钻成孔 (桩 径≤400mm)	5.298	4.48	127.2	—	—	适用于地 下水位以 上土层

附录 E 基础工程典型消耗量表

表 E.1 钢筋工程资源消耗量表

构件/工艺类别	关键参数	主要资源消耗特征 (每吨钢筋)	碳排放核算焦点与建议
现浇圆钢筋 HPB300	直径 ($\Phi \leq 10$, ≤ 18 , ≤ 25 , ≤ 32)	人工: 5-8 工日/t, 直径越小工日越高。	小直径钢筋加工人工和绑扎铁丝消耗大。 $\Phi 12$ 以上钢筋可能涉及焊接, 增加电耗和焊材。
		主材: 钢筋 1020-1025 kg/t (含损耗); 镀锌铁丝 0.87-8.91 kg/t。	
		机械: 调直、切断、弯曲机电用约 10-20 kWh/t; 对焊、弧焊机用电 (直径 ≥ 12 时出现)。	
现浇带肋钢筋 HRB400/ 500	直径、强度等级	人工: 3-7 工日/t, 总体略低于同直径圆钢。	HRB500 钢筋生产碳排放高于 HRB400。高强钢筋可减少用量, 是实现减排的关键。
		主材: 钢筋 1020-1025 kg/t; 镀锌铁丝消耗少于圆钢。	
		机械: 消耗模式与圆钢类似, 焊接相关消耗 (焊条、焊机用电) 随强度等级略有增加。	
预制构件钢筋	直径、绑扎/点焊	人工: 绑扎工艺人工消耗显著高于点焊 (如 $\Phi \leq 5$ 冷拔丝绑扎 23.46 工日, 点焊 12.93 工日)。	点焊工艺: 用电集中, 碳排放强度高, 但节省大量人工。适用于工厂化、标准化预制, 可提高质量、减少现场作业。需权衡电耗与人工减排效益。
		机械: 点焊机用电量巨大 (如 $\Phi \leq 5$ 点焊 337 kWh/t), 但可大幅节省人工和铁丝。	
		料: 点焊工艺铁丝消耗极少。	
箍筋	直径、钢筋类型	人工: 消耗极高, 尤其是小直径 ($\Phi \leq 5$ 需 27 工日/t), 因其加工复杂、数量多。	箍筋是单位重量碳排放“强度”最高的钢筋之一。推广焊接封闭箍筋或采用高强度箍筋以减少用量, 是重要减排方向。
		机械: 弯曲机电耗占比高 (如 $\Phi \leq 10$ 圆钢箍筋达 16.8 kWh/t)。	
		材料: 铁丝消耗量大。	
钢筋连接工艺	电渣压力焊、气压焊、直螺纹、冷挤压	电渣压力焊: 主要消耗电和焊剂。	碳排放比较:
		气压焊: 主要消耗乙炔气和氧气, 无电耗。	机械连接 (直螺纹/冷挤压): 套筒生产碳排放高, 现场施工碳排放极低, 质量优。

		直螺纹套筒：主要消耗套筒，现场套丝机电耗低。	焊接：现场电耗或燃气消耗高，产生烟尘，但无额外套筒。
		冷挤压：主要消耗套筒，挤压机电耗低。	陕西省建议：对重要结构、大直径钢筋（≥20mm），优先采用机械连接，特别是直螺纹连接，质量稳定，施工速度快。

表 E.2-1 独立基础混凝土工程资源消耗量 (单位：10m³)

项目	人工 (工日)	预拌混凝土 C20 (m³)	毛石 (m³)	塑料薄膜 (m²)	水 (m³)	电 (kWh)	适用性与碳排放备注
垫层 (C15)	2.814	10.100 (C15)	-	47.775	3.95	2.31	垫层碳排放主要来自混凝土生产。
毛石混凝土基础	2.77	8.585 (C20)	2.754	14.48	1.091	1.98	利用毛石，减少水泥用量，是有效的减排措施。适用于石料丰富地区。
钢筋混凝土基础	2.241	10.100 (C20)	-	15.927	1.125	2.31	常规做法。碳排放取决于混凝土和钢筋量。
杯形基础	2.291	10.100 (C20)	-	15.927	1.2	2.31	用于预制柱安装。

表 E.2-2 独立基础模板工程资源消耗量 (单位：100m²模板接触面积)

项目	模板类型	人工 (工日)	主要材料消耗	机械电耗 (kWh)	碳排放核算特点
毛石混凝土/钢筋混凝土基础	复合模板	17.5-19.6	复合模板 24.7 m²; 板枋材 ~0.25 m³; 支撑体系 (钢/木)	1.5	材料以木材为主，生产碳排放相对较低，但周转次数少。
杯形基础	组合钢模板	18.1-19.2	组合钢模板 ~68 kg; 板枋材 ~0.09 m³; 支撑体系; 零星卡具 ~17 kg	1.5	钢材生产碳排放高，但若能高周转使用，单位次摊销碳排放可能更低。
	复合模板	21.3	复合模板 24.7 m²; 支撑体系等	3.7	因形状复杂，人工和机械消耗略高。

表 E.3-1 条形基础混凝土工程资源消耗量 (单位: 10m³)

项目	人工 (工日)	预拌混凝土 C20 (m ³)	毛石 (m ³)	塑料薄膜 (m ²)	水 (m ³)	电 (kWh)	备注
垫层 (C15)	2.814	10.100 (C15)	-	47.775	3.95	2.31	同独立基础垫层。
毛石混凝土 条基	2.824	8.585	2.754	12.012	0.93	1.98	减排效果同独立基础毛石混凝土。
钢筋混凝土 条基	2.733	10.1	-	12.59	1.009	2.31	常规做法。

表 E.3-2 条形基础模板工程资源消耗 (单位: 100m²模板接触面积)

项目	模板类型	人工 (工日)	主要材料消耗特征	建议
毛石/无筋/钢筋混凝土条基	复合模板	16.6-17.5	消耗复合模板、板枋材、钢/木支撑, 对有肋式增加对拉螺栓。	适用于小规模或复杂节点。
	组合钢模板	18.0-18.3	消耗组合钢模板、支撑体系、卡具、铁丝等。	推荐用于长条形基础, 利于标准化施工和高周转。

表 E.4-1 筏板基础混凝土工程资源消耗量 (单位: 10m³)

项目	人工 (工日)	预拌混凝土 C20 (m ³)	塑料薄膜 (m ²)	水 (m ³)	电 (kWh)	备注
有梁式筏板	2.401	10.1	25.295	1.339	2.31	含底板与梁, 人工略高。
无梁式筏板	2.029	10.1	25.095	1.52	2.31	板厚较大, 人工略低。
基础连系梁	2.328	10.1	34.924	3.04	3.72	梁的养护用水、用电高于板。

表 E.4-2 筏板基础模板工程资源消耗量 (单位: 100m²模板接触面积)

项目	人工 (工日)	主要材料消耗特征 (以组合钢模板为例)	碳排放特点
无梁式筏板	16	组合钢模板 64kg; 板枋材 0.15m ³ ; 钢木支撑; 圆钉 20kg; 铁丝 37kg。	底板侧模, 材料消耗相对常规。
有梁式筏板	15.4	组合钢模板 68kg; 板枋材极少 (0.018m ³), 但增加对拉螺栓 40.5kg。	梁侧模需对拉螺栓, 增加了钢材消耗。
基础梁	15-23 (随复杂度增加)	消耗复合/钢模板、板枋材、对拉螺栓、钢管扣件支撑体系。	梁模板体系复杂, 支撑材料 (钢管、扣件) 的租赁周转次数是影响碳排放的关键。

表 E.5-1 箱型基础混凝土工程资源消耗量 (单位: 10m³)

构件类别	具体项目	人工 (工日)	预拌混凝土 C20 (m ³)	塑料薄膜 (m ²)	水 (m ³)	电 (kW·h)	碳排放核算备注
柱	矩形柱	5.621	10.1	27.04	0.774	3.71	柱体养护面积相对较小, 用水量低。
	构造柱	9.657	10.1	24.336	1.789	3.72	通常与墙体同步施工, 人工较高。
	异形柱	6.187	10.1	27.04	1.789	3.72	形状复杂, 人工略高于矩形柱。
梁	基础连系梁	2.328	10.1	34.924	3.04	3.72	梁侧表面积大, 养护薄膜和水耗高。
	矩形梁	2.414	10.1	32.475	3.09	3.74	常规梁体, 消耗量中等。
	异形梁	2.575	10.1	39.76	3.2	3.76	形状复杂, 薄膜和水耗增加。
墙	直形墙 (混凝土)	3.31	10.1	24.31	0.587	3.66	墙体是箱基主要混凝土构件, 方量大, 但单方水、电养护消耗较低。
	直形墙 (毛石混凝土)	4.48	8.585	20.35	0.454	3.06	掺毛石可减少水泥用量约 15%, 是有效减排措施, 尤其适用于地下挡土墙。

构件类别	具体项目	人工 (工日)	预拌混凝土 C20 (m ³)	塑料薄膜 (m ²)	水 (m ³)	电 (kW·h)	碳排放核算备注
	弧形混凝土墙	3.31	10.1	29.172	0.672	3.66	弧形结构施工难度略增，薄膜消耗增加。
板	有梁板 (顶板)	2.426	10.1	54.724	2.595	3.79	顶板暴露面积大，养护薄膜和水耗显著高于竖向构件。
	无梁板	2.421	10.1	57.811	3.023	3.78	板厚通常较大，养护要求高。
	平板	2.811	10.1	78.209	4.104	3.78	通常为较薄板，表面积体积比大，导致薄膜和水耗最高。
其他	电梯井壁 直形墙	3.428	10.1	-	0.759	3.99	井壁结构紧凑，养护难度略大，电耗稍高。
	挡土墙 (薄壁式)	4.26	10.1	-	2.69	3.73	常为抗渗混凝土，养护要求严格，水耗高。

表 E.5-2 箱型基础模板工程资源消耗量 (单位: 100m²模板接触面积)

构件类别	模板体系	人工 (工日)	关键材料消耗(典型值)	机械电耗 (kW·h)	碳排放核算核心要点与建议
墙体	复合模板	25.9-32.7	复合模板 24.7-31.1 m ² ; 板枋材 0.79 m ³ ; 对拉螺栓 13.5-21.6 kg; 钢管支撑 16.6 kg; 扣件 2.1 kg; 铁 件 2.5-4.8 kg。	0.2-17.7	材料以木材和钢材混合为主，单次摊销碳排放中等。 对拉螺栓为一次性消耗品，钢材消耗量大，是重要碳源。 适用于结构复杂、非标准层或小型项目。
	组合钢模板	18.5-23.6	组合钢模板 71.8-78.1 kg; 板枋材 0.03 m ³ ; 零星 卡具 41-44 kg; 钢支撑 24.6 kg。	0.2	初始钢模板生产碳排放高。 若周转次数超过 30 次，单位面积摊销碳排放可能低

					于复合模板。 适合标准层高、大面积的墙体。
	大钢模板	6.5-7.6	定型钢模板 85.1-88.4 kg; 钢支撑及配件 2.6 kg; 对拉螺栓 (部分) 6.0 kg。	0.2	初始碳排放最高, 但周转次数可达 300 次以上, 是超高层建筑的最优低碳选择。 大幅节省人工, 提升施工速度与质量。 陕西省高层项目强烈推荐。
柱	复合模板	18.8-42.4	复合模板 24.7-29.8 m ² ; 板枋材 0.34-0.39 m ³ ; 对拉螺栓 21.6-31.0 kg; 钢管支撑 8.8-12.3 kg。	1.3	柱模板对拉螺栓用量大, 与墙体类似。 圆形柱等异形柱人工和材料消耗激增。 应优化柱截面尺寸, 减少模板复杂度。
	组合钢模板	22.1-39.1	组合钢模板 77.1-78.1 kg; 钢支撑 45.5-59.5 kg; 零星卡具 27.9-66.7 kg。	1.3	适合截面统一的框架柱, 通过高周转降低摊销碳排放。
梁	复合模板	15.6-49.3	复合模板 24.7-40.4 m ² ; 板枋材 0.37-0.62 m ³ ; 对拉螺栓 4.1-15.3 kg; 钢管支撑 2.5-93.1 kg; 扣件 0-52.9 kg。	0.9-25.6	梁模板体系复杂, 支撑要求高, 钢管扣件用量大。 支撑体系的租赁周转率是影响碳排放的关键, 应专项规划。 高支模 (梁高>1m) 消耗显著增加。
	组合钢模板	16.9-37.3	组合钢模板 73.8-77.3 kg; 梁卡具 17.2-26.2 kg; 钢支撑 69.5 kg (矩形梁); 镀锌铁丝 12.0-17.2 kg。	0.9-4.2	适合标准化程度高的主、次梁。
顶板	复合模板	19.2-24.8	复合模板 24.7-30.7 m ² ; 板枋材 0.26-0.40 m ³ ; 钢管支撑 38.7-64.3 kg; 扣件 4.3-7.1 kg; 对拉螺栓 (斜板) 21.4 kg。	0.9-14.1	顶板模板面积大, 支撑体系 (满堂架) 材料用量巨大。 推广使用承插型盘扣式脚手架, 虽钢材用量多, 但安装高效、损耗低、周转次数极高, 长期看更低碳。
	组合钢模板	12.1-16.7	组合钢模板 56.7-72.1 kg; 钢支撑 34.8-58.0 kg; 木支撑 0.19-0.30 m ³ ; 零星卡具 26.1-35.2	0.9-5.5	在板厚统一、大面积顶板中仍有应用, 但逐渐被复合模板+钢管支撑取代。

			kg。		
--	--	--	-----	--	--

表 E.5-3 支撑体系每增加 1 米高度的资源消耗参考

支撑类型	人工 (工日)	关键材料增加量	说明
墙支撑	2.671	钢管 D48×3.5: 11.3 kg; 扣件: 1.4 kg	适用于墙体高度超过标准支撑范围时。材料增加主要为竖向支撑和连接件。
柱支撑	2.671	钢管 D48×3.5: 9.4 kg	柱高增加时, 主要增加竖向钢管和稳定性构件。
梁支撑	2.787	钢支撑及配件: 23.8 kg	梁下支撑高度增加时, 需增加立杆和水平连杆。
板支撑	2.845	钢管 D48×3.5: 20.1 kg; 扣件: 2.2 kg	顶板支撑高度增加时, 满堂脚手架立杆和水平杆用量线性增长。对碳排放影响显著。

本规程用词说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明以下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”；

2 条文中指明应按其他有关标准执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《业企业温室气体排放核算和报告通则》 GB/T 32150
- 2 《建筑碳排放计算标准》 GB/T 51366
- 3 《碳排放管理体系建设实施效果评价指南》 DB11/T 1558
- 4 《碳排放管理体系要求及使用指南》 DB44/T 1944
- 5 《碳排放管理体系实施指南》 DB11/T 1559
- 6 《建筑全过程碳排放计算标准》 DB23/T 3631
- 7 《小功率电动机产品碳排放基础数据采集技术规范》 DB44/T 1942