

上海市建设用地典型修复技术
碳排放核算技术指南
(试行)

目 录

一、范围	1
二、规范性引用文件	1
三、术语和定义	2
四、核算通则	3
五、指标计算	9
六、报告编制	15
附件 1: 典型土壤污染风险管控和修复技术碳排放核算边界	16
附件 2: 化石燃料相关参数取值	31
附件 3: 常用施工机械推荐平均额定净功率	32
附件 4: 施工机械柴油机加权燃料消耗率限值	33
附件 5: 常用施工机械单位台班油品消耗量	34
附件 6: 不同燃料品种温室气体排放因子	37
附件 7: 常用运输工具碳排放因子	38
附件 8: 常用设施设备单位台班电力消耗量	39
附件 9: 典型功能材料碳排放因子	40
附件 10: 上海市建设用地土壤污染风险管控和修复工程碳核算报告（编制大纲）	43

前 言

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》等法律法规，推进上海市建设用地土壤污染风险管控和绿色低碳修复，指导风险管控和修复施工全过程碳排放核算工作，制定本文件。

本文件由上海市生态环境局组织制订。

本文件起草单位：上海市环境科学研究院

本文件主要起草人：杨洁、田弘、叶春梅、陈窈君、黄波涛、李昕宇、李宏博、刘芳。

本文件由上海市生态环境局负责管理和解释。

一、范围

本文件规定了上海市建设用地土壤污染风险管控和修复方案编制、工程实施、效果评估等阶段针对风险管控和修复施工全过程开展碳排放核算工作的原则、核算流程和技术要求。

本文件适用的风险管控和修复技术包括但不限于：抽出处理、原位热脱附、多相抽提、原位化学氧化/还原、异位热脱附、异位土壤淋洗、异位化学氧化、生物堆、气相抽提、化学热升温解吸、水平阻隔、垂向阻隔等。其他风险管控和修复技术可参考本文件开展碳排放核算工作。

二、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。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 32150-2015	工业企业温室气体排放核算和报告通则
GB/T 51366-2019	建筑碳排放计算标准
HJ 25.4	建设用地土壤修复技术导则
HJ 25.5	污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则
HJ 25.6	污染地块地下水修复和风险管控技术导则
HJ 682	建设用地土壤污染风险管控和修复术语

SH/MRV-001-2012	上海市温室气体排放核算与报告指南（试行）
SH/GHG-001-2022	上海市区级温室气体清单编制技术指引（试行）
SH/GHG-002-2022	上海市区级能源活动温室气体清单编制技术规范（试行）

三、术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

（一）碳排放 carbon emission

土壤污染风险管控和修复施工全过程由于能源和材料等物质消耗而直接或间接产生的碳排放。

（二）碳排放核算 carbon emission accounting

在风险管控和修复施工全过程中，针对设备运行化石能源消耗、交通运输、电力或热力消耗和材料消耗环节产生的碳排放量开展的核算活动。

本文件所述碳排放量为二氧化碳当量，指在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。温室气体指《京都议定书》及其修正案中规定的七种，分别是二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）与三氟化氮（NF₃）。

（三）碳排放核算边界 carbon emission accounting boundary

风险管控和修复施工全过程中相关的碳排放范围，不包含土壤污染状况调查、风险管控和修复后期管理以及效果评估工作产生的碳排放。

（四）活动水平数据 activity level data

风险管控和修复施工全过程中，产生碳排放的活动量，如能源、材料等消耗量的表征值。

（五）碳排放因子 carbon emission factor

与活动水平数据相对应的系数，用于量化风险管控和修复施工全过程中相关活动的碳排放。

四、核算通则

（一）基本原则

（1）完整性

土壤污染风险管控和修复施工全过程中，涵盖本文件规定修复技术的各工艺环节所有排放源产生的碳排放。

（2）科学性

根据数据可获得性和数据质量选择最佳的核算方法和数据来源，科学反映碳排放水平。

（3）可验证性

准确记录活动水平数据和碳排放因子的获取途径、渠道，保证各核算环节的清晰透明以及所使用数据的可验证性。

（二）工作流程

建设用地土壤污染风险管控和修复施工全过程碳排放核算工作流程分为五大步骤：

- （1）确定碳排放核算边界，识别排放源；
- （2）确定计算方法，收集量化数据；
- （3）收集活动水平数据，选择碳排放因子，计算碳排放；
- （4）分析碳排放核算结果并提出减排建议；
- （5）编制碳排放核算报告。

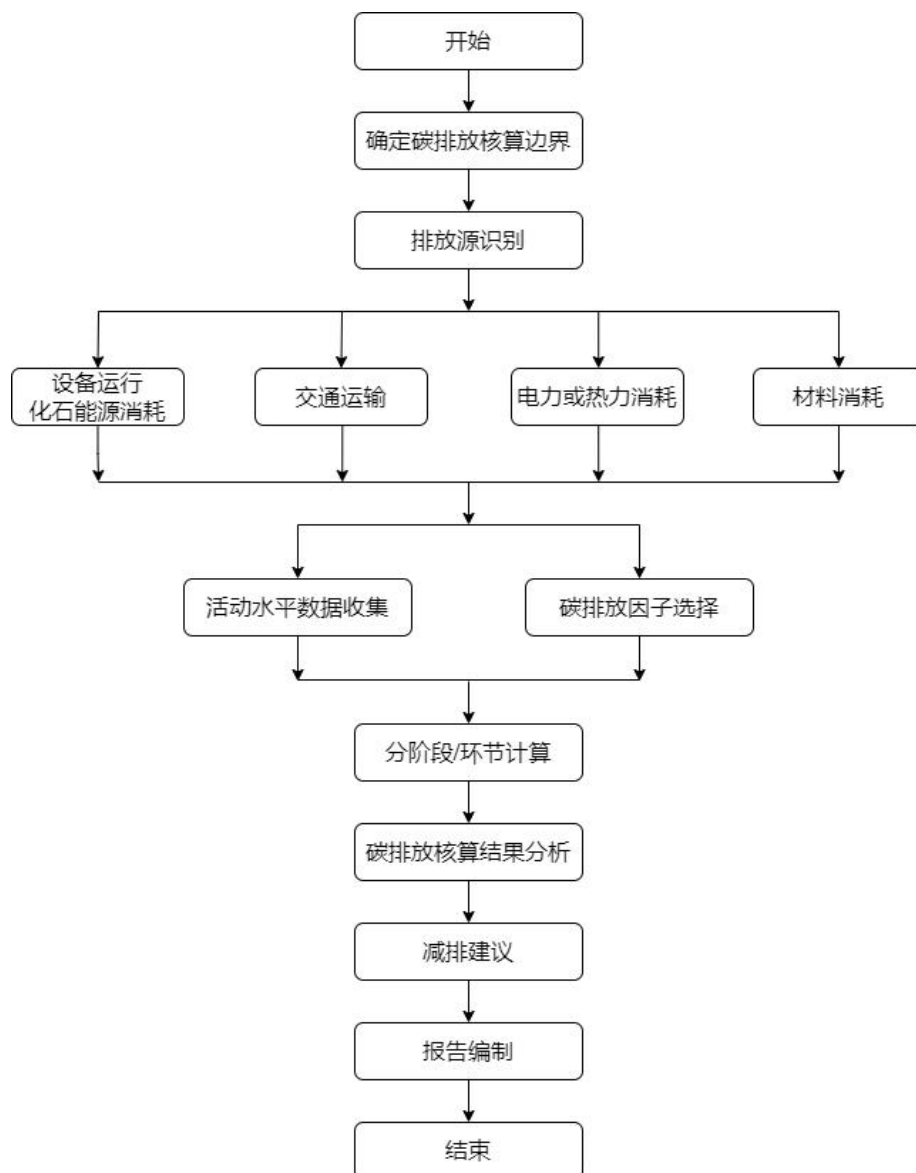


图 1 碳排放核算工作流程图

（三）碳排放核算边界

（1）碳排放核算边界范围涵盖风险管控和修复施工全过程，包括场地建设、施工运行及修复结束三个阶段的设备运行化石能源消耗、场内场外交通运输能源消耗、电力或热力消耗和材料消

耗等产生的碳排放，不含现场工作人员生活产生的碳排放（如食宿、非工程通勤等）。

（2）风险管控技术碳排放核算的边界范围不含后期环境监管阶段。

（3）采用不同技术开展的土壤污染风险管控与修复工程，碳排放核算边界可参照附件 1 确定。

（四）核算类型和对象

（1）前瞻性核算

针对处于修复方案编制阶段的项目，方案编制单位对 4 个关键环节（设备运行化石能源、交通运输、电力或热力消耗和材料消耗）的活动水平数据进行预估，开展碳排放核算，用于进行修复方案比选与减排潜力评估。

（2）过程性核算

针对正在实施风险管控和修复工程的项目，施工单位通过仪器仪表或人工记录的方式对施工过程中 4 个关键环节（设备运行化石能源、交通运输、电力或热力消耗和材料消耗）的实际活动水平数据进行收集，开展碳排放核算，用于实现施工过程碳排放的动态校核与减排管控。

（3）回顾性核算

针对已完成风险管控和修复工程处于效果评估阶段的项目，效果评估单位通过仪器仪表或人工记录汇总的活动水平数据对 4

个关键环节（设备运行化石能源、交通运输、电力或热力消耗和材料消耗）的累计碳排放进行核算。

（五）碳排放类型

（1）直接碳排放

风险管控和修复工程中化石能源消耗产生的碳排放。

（2）能源间接碳排放

风险管控和修复工程中电力、热力等二次能源消耗产生的碳排放。

（3）其他间接碳排放

风险管控和修复工程中各类材料（从摇篮到大门）消耗产生的碳排放。

（六）碳排放源识别

在所确定的碳排放核算边界内，对风险管控和修复全过程的各类碳排放源进行识别。

（七）活动水平数据收集

对已识别碳排放源使用的能源与材料等消耗量进行数据收集。按照优先级由高到低的次序收集活动水平数据，优先级排序如表1所示，其中通过仪器仪表获取的实测值应符合相应的计量标准。

表 1 活动水平数据收集优先级

数据类型	收集方式	优先级
活动水平数据	现场实测（如燃油表、电表）	高
	施工记录、结算账单、采购清单	中
	相似工程类比数据	低

（八）碳排放因子选择

在选择碳排放因子时，应考虑如下因素：

- （1）来源明确，有公信力；
- （2）适用性；
- （3）时效性。

按照优先级由高到低的次序选择碳排放因子，优先级排序如表 2 所示：

表 2 碳排放因子选择优先级

数据类型	数据来源	优先级
碳排放因子	上海市地方标准或实测值	高
	国家标准、行业标准、国内数据库	中
	国际数据库、文献	低

五、指标计算

（一）土壤污染风险管控和修复工程碳排放强度

风险管控和修复工程处理单位体积污染土壤或地下水（含水层）产生的碳排放量，按公式（1）计算：

$$EI_{CO_2} = \frac{E_{CO_2}}{V} \quad (1)$$

式中：

EI_{CO_2} ——风险管控和修复工程碳排放强度，tCO₂e/m³；

E_{CO_2} ——风险管控和修复工程碳排放总量，tCO₂e；

V ——修复土壤方量或修复地下水方量/含水层体积，m³。

（二）土壤污染风险管控和修复工程碳排放总量

风险管控和修复施工全过程产生的碳排放总量，按公式（2）计算。

$$E_{CO_2} = E_p + E_t + E_e + E_m \quad (2)$$

式中：

E_{CO_2} ——风险管控和修复工程碳排放总量，tCO₂e；

E_p ——设备运行化石能源消耗产生的碳排放量，tCO₂e；

E_t ——交通运输产生的碳排放量，tCO₂e；

E_e ——电力、热力消耗产生的碳排放量，tCO₂；

E_m ——材料消耗产生的碳排放量， tCO_2e 。

（三）设备运行过程化石能源碳排放

风险管控和修复全过程中施工机械运行过程化石能源碳排放量可通过以下公式计算。当化石能源不涉及天然气的使用时，设备运行过程化石能源碳排放量按公式（3）计算；当涉及天然气的使用时，碳排放量按公式（4）计算。

$$E_p = E_r \quad (3)$$

$$E_p = E_r + E_y \quad (4)$$

$$E_r = \sum_{i=1}^n (Q_i \times q_{neti} \times C_{qi} \times OF_i \times \frac{44}{12}) \quad (5)$$

$$E_y = Q_t \times EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} \quad (6)$$

式中：

E_r ——化石能源燃烧产生的碳排放量， tCO_2e ；

E_y ——天然气逃逸产生的碳排放量， tCO_2e ；

Q_i ——第 i 种化石能源的消耗量， t 或 m^3 ；

Q_t ——天然气的消耗量， m^3 ；

q_{neti} ——第 i 种化石能源的低位热值， TJ/t 或 TJ/m^3 ，取值

参考附件 2；

C_{qi} ——第 i 种化石燃料的单位热值含碳量， $t-C/TJ$ ，取值

参考附件 2；

OF_i——第 i 种化石燃料的氧化率，本文件取值 100%；

EF_{CH₄}——天然气的甲烷排放因子数据，本文件取值

$$1.33 \times 10^{-6} \text{ t/m}^3;$$

GWP_{CH₄}——甲烷的全球变暖潜势，本文件取值 21。

施工机械产生的化石能源消耗量可按如下三种方式获取：

方式一：根据实测获取。

方式二：通过施工机械平均额定功率估算能源消耗量，按公式（7）计算。

$$Q_i = \sum_{j=1}^m (ON_j \times H_j \times P_j \times LF_j \times PN_j) \quad (7)$$

式中：

Q_i——施工机械油品消耗量，t；

ON_j——第 j 种施工机械数量，辆；

H_j——第 j 种施工机械使用时间，h；

P_j——第 j 种施工机械平均额定功率，kW，取值参考附件 3；

LF_j——第 j 种施工机械一般负荷因子（0 到 1 之间，无实际调查数据时取值 0.65）；

PN_j——第 j 种施工机械单位功率燃料消费量，t/kWh，取值参考附件 4；

i——油品种类；

j——施工机械类型。

方式三：通过记录台班量获取数据，按公式（8）获取。

$$Q_i = \sum_{j=1}^m (TB_j \times e_j) \quad (8)$$

式中：

Q_i ——施工机械油品消耗量，t；

TB_j ——第 j 种施工机械使用台班数，个；

e_j ——第 j 种施工机械单位台班油品消耗量，t/个，取值参考附件 5；

i ——油品种类；

j ——施工机械类型。

（四）交通运输碳排放

风险管控和修复过程中场内场外运输人员、设备、材料、废物、污染介质等人机物料产生的碳排放量可按以下三种方式计算：

方式一：基于运输过程化石能源消耗的实测数据，按公式（5）计算。

方式二：根据百公里油耗估算化石燃料消耗量，参考省级温室气体排放清单按公式（9）计算。机动车燃料消耗量按公式（10）和（11）计算。

$$E_t = \sum_{i=1}^n \left(AD_i \times \left(EF_{CO_2i} + GWP_{CH_4} \times EF_{CH_4i} + GWP_{N_2O} \times EF_{N_2O_i} \right) \right) \quad (9)$$

$$AD_i = \sum_{j=1}^m (CR_j \times q_{neti}) \quad (10)$$

$$CR_{i,j} = OR_{i,j} \times KR_{i,j} \times PR_{i,j} \quad (11)$$

式中：

E_t ——交通运输产生的碳排放量，tCO₂e；

AD_i ——消耗第 i 种燃料产生的能量，TJ；

CR_j ——使用第 j 种运输车辆的燃料消耗量，t；

EF_{CO_2i} ——第 i 种燃料的二氧化碳排放因子，t/TJ，取值参考附件 6；

EF_{CH_4i} ——第 i 种燃料的甲烷排放因子，t/TJ，取值参考附件 6；

$EF_{N_2O_i}$ ——第 i 种燃料氧化亚氮排放因子，t/TJ，取值参考附件 6；

GWP_{N_2O} ——氧化亚氮的全球变暖潜势，本文件取值 310；

$OR_{i,j}$ ——使用第 i 种燃料的第 j 种运输车辆数量，辆；

$KR_{i,j}$ ——使用第 i 种燃料的第 j 种运输车辆运行公里数，km；

$PR_{i,j}$ ——使用第 i 种燃料的第 j 种运输车辆单位公里油耗，t/km；

i ——油品种类；

j ——运输车辆类型。

方式三：根据不同运输方式的碳排放因子计算运输过程产生的碳排放量，按公式（12）计算。

$$E_t = \sum_{i=1}^n (T_i \times D_i \times M_i) \quad (12)$$

式中：

M_i ——第 i 种运输对象的运输量，t；

D_i ——第 i 种运输对象的总运输距离，km；

T_i ——第 i 种运输对象单位重量运输距离的碳排放因子， $tCO_2e/t \cdot km$ ，不同运输方式的排放因子可参考附件 7。

（五）电力或热力消耗碳排放

风险管控和修复全过程中设施设备（含用电车辆）消耗电力或热力产生的碳排放量按公式（13）计算。

$$E_e = \sum_{i=1}^n (E_i \times EF_i) \quad (13)$$

式中：

E_e ——电力或热力消耗产生的碳排放量， tCO_2 ；

E_i ——第 i 种设施设备电力或热力的消耗量， $10^4 kWh$ 或 GJ；

EF_i ——第 i 种设施设备电力或热力排放因子， $t CO_2/10^4 kWh$ 或 tCO_2/GJ ，电力排放因子取值 4.2，热力排放因子取值 0.06。

电力及热力消耗量优先通过实际运行记录直接获取。若消耗量缺乏实际记录，可依据机械台班量，按公式（14）计算。

$$E_i = \sum_{j=1}^m (TB_j \times e_j) \quad (14)$$

式中：

E_i ——第 i 种设施设备电力消耗量， kWh ；

TB_j——第 j 种设施设备使用台班数，个；

e_j——第 j 种设施设备单位台班电力消耗量，kWh/个，取值参考附件 8；

i——设施设备类型；

j——设施设备性能规格。

（六）材料消耗碳排放

风险管控和修复全过程中材料消耗产生的碳排放按公式（15）计算。典型功能材料排放因子参考附件 9。

$$E_m = \sum_{i=1}^n (M_i \times MF_i) \quad (15)$$

式中：

E_m——材料消耗产生的碳排放量，tCO₂e；

M_i——第 i 种材料的消耗量，t 或 m³；

MF_i——第 i 种材料的碳排放因子（从摇篮到大门），tCO₂e/t 或 tCO₂e/m³。

六、报告编制

碳核算报告应包括但不限于以下内容：概述（碳排放核算的背景与意义、核算范围与对象、核算目标与依据、核算原则与方法）、项目概况（项目名称、地块位置、面积、污染情况、修复技术选择、工期等）、碳排放核算结果（确定排放边界；梳理针对场地建设、运行施工和修复结束 3 个阶段，各阶段 4 个环节（设

备运行化石能源、交通运输、电力或热力消耗和材料消耗)的活动水平数据和碳排放因子,并说明来源与数据质量;计算总碳排放量)、碳减排建议与实施路径(修复方案优化建议、减排潜力评估、实施路径与保障措施)等。报告编制大纲见附件 10。

附件 1:

典型土壤污染风险管控和修复技术碳排放核算边界

阶段	工艺环节			碳排放源	涉及的风险管控或修复技术
场地建设阶段	设备使用	地面平整	推土	推土机	化学热升温解吸、垂向阻隔、气相抽提、生物堆、水平阻隔、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
			挖掘	挖掘机	
			平整	压路机	
		地面防渗	泥浆搅拌	搅拌机	化学热升温解吸、气相抽提、生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附
			泥浆浇筑	混凝土浇筑机	
			压实	压路机	
			养护	洒水车	
			泥浆处理	泥浆泵/污泥泵	
		地表阻隔	泥浆搅拌	搅拌机	抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
			泥浆浇筑	混凝土浇筑机	
			压实	压路机	
			泥浆处理	泥浆泵/污泥泵	
		止水帷幕	高压喷射注浆法、地下连续墙法、钻孔灌注法	搅拌机	抽出处理、原位多相抽提、原位热脱附
			高压喷射注浆法	高压注浆机	

			深层搅拌法	深层搅拌机	
			地下连续墙法	挖槽机	
			钻孔灌注法	钻孔机	
		管道预处理	管道、井管焊接	电焊机	抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
		建井	燃气加热井、电极井、蒸汽注入井、抽提井、监测井、注射井	钻机	
	水平阻隔		沥青路面、混凝土路面、柔性膜衬垫、清洁土壤覆盖、植被覆盖、石子覆盖等	搅拌机	垂向阻隔
				高压注浆机	
				深层搅拌机	
				挖槽机	
	垂向阻隔		取代法、挖掘法、注射法等	搅拌机	水平阻隔
				高压注浆机	
				深层搅拌机	
				挖槽机	
				钻孔机	
				泵机	
	电压控制		变压器		
			发电机		
	建设期周边环境监测	地表水、场界大气、噪声监测等	采样和检测设备		
	材料消耗	钢结构大棚材料		负压大棚骨架使用钢材	化学热升温解吸、气相抽提、生物堆

				负压大棚覆膜	化学热升温解吸、垂向阻隔、气相抽提、生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附
		地面防渗材料		土工膜/土工布	
				钢材（钢筋、钢网等）	
				混凝土	
				石头	
				粘土	
		药剂/储水箱/池		砖	化学热升温解吸、垂向阻隔、气相抽提、生物堆、水平阻隔、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
				水泥	
				混凝土	
				钢筋	
				聚乙烯（PE）	
				聚氯乙烯（PVC）	
				聚丙烯（PP）	
		围挡		钢材（钢板）	
				铝合金	
				塑料	
		水资源		施工用水（指源头用水）	
		建井井管和连接管道材料		不锈钢	抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
				碳钢	
				镀锌钢	
				聚乙烯（PE）	
				聚氯乙烯（PVC）	
		建井填料	封口材料	水泥	
				混凝土	
			止水材料	膨润土	

				粘土球	
			回填材料	石英砂	
		止水帷幕材料		水泥	抽出处理、原位热脱附
				混凝土	
				钢材（钢筋、钢板等）	
		阻隔覆盖材料	其他阻隔材料	沥青	抽出处理、原位化学氧化/还原、原位热脱附
				石头	
				粘土	
				干净土	
				高密度聚乙烯膜（HDPE）	
				钢材（钢筋、钢网等）	
			加固/阻隔土壤	土工膜/土工布	水平阻隔、原位化学氧化/还原、原位热脱附
			阻隔层框架	钢材（钢筋、钢网等）	
			浇筑阻隔层	混凝土	
			隔热材料	泡沫混凝土	原位热脱附
				加气砖	
				岩棉板	
				陶瓷隔热材料	
			隔电材料（电阻加热）	绝缘橡胶	
				树脂	
				塑料	
			垂向阻隔材料	水泥	垂向阻隔
				混凝土	

				钢材（钢筋、钢板等）	
				商品预拌砂浆	
				钠基膨润土	
				砖（围墙、水池）	
				HDPE 膜	
				土工布	
				水管-PVC	
			水平阻隔覆盖材料	沥青	水平阻隔
				砂石	
				植被	
				清洁土	
				粘土	
	运输	设备、材料、废物、人员运输		轻型货车	化学热升温解吸、垂向阻隔、气相抽提、生物堆、水平阻隔、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
				重型货车	
				泥浆罐车	
				长货车	
				集装箱货车	
				轿车	
				电动车	
施工运行阶段	设备使用	开挖支护	高压喷射注浆法、地下连续墙法、钻孔灌注法	搅拌机	化学热升温解吸、气相抽提、生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附
			高压喷射注浆法	高压注浆机	

			深层搅拌法	深层搅拌机	
			地下连续墙发	挖槽机	
			钻孔灌注法	钻孔机	
		降水		真空泵/潜水泵	
		土方开挖	挖掘机		
			自卸车		
			洒水车		
		预处理	阿鲁斗		
			装载机		
			破碎机		
			筛分机		
			脱水机	化学热升温解吸、气相抽提、生物堆、异位化学氧化/还原、异位热脱附	
			负压大棚引风机		
		振动筛		化学热升温解吸	
		主处理	土壤修复机		化学热升温解吸
			双轴搅拌机		
			单轴螺旋搅拌机		
			切割锤击混合式搅拌机		
			链锤式搅拌机		
			真空泵		气相抽提
			气液分离器		
			废液分离设备		
			抽气系统	抽气风机	生物堆
				气水分离设备	
		过滤设备			
		风机变频调节设备			

					电控设备	
					故障报警设备	
			营养水分调配系统		药剂添加泵	
					流量计	
					搅拌设备	
			渗滤液收集处理系统		废水处理设备	
			计量泵		异位化学氧化/还原	
			药剂搅拌机			
			一体化混合搅拌装备			
			固定式双轴搅拌装备			
			浅层强力搅拌头			
			输送单元	皮带机	异位淋洗	
				螺旋输送机		
			物理分离单元	湿法振动筛		
				滚筒筛		
				水力旋流器		
				螺旋选矿机		
				跳汰机		
			化学淋洗单元	淋洗搅拌罐		
				滚筒清洗机		
				水平振荡器		
				加药配药设备		
			泥水分离及脱水单元	脱水筛		
				压滤机		
				离心分离机		
				泥浆泵/污泥泵		
			进料系统	链板输送机	异位热脱附	
				传送带		

			脱附系统	除铁器	
				回转干燥设备	
				螺旋推进设备	
		注气（臭氧氧化）设备	臭氧发生	臭氧发生器	原位化学氧化/还原
			注入量控制	计量泵	
		注药设备	药剂配置	搅拌机	
			注入量控制	计量泵	
			注射井注药、直推式注药、高压旋喷注药	高压泵	
			注射井注药/抽-注循环	注射泵	
				抽提泵	
			直推式注药	直推式钻机	
			高压旋喷注药	旋喷钻机	
				空压机	
			土壤置换注药	挖掘机	
		液相抽提设备	真空泵/潜水泵		原位多相抽提
		加热系统	燃气热传导加热设备	燃烧控单元	原位热脱附
				供气单元	
			电热传导加热设备	电加热单元	
				控制单元	
			电阻加热设备	电极单元	
				控制单元	
				注水单元	
			蒸汽注入加热设备	蒸汽锅炉	
				空压机	

				过热器	
				控制设备	
		降水抽提设备		真空泵/潜水泵	
		废水废气处理设备		一体化废水处理设备	化学热升温解吸、气相抽提、生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
				一体化废气处理设备	化学热升温解吸、气相抽提、生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位热脱附
		土壤回填、外运		挖掘机	化学热升温解吸、生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附
				自卸车	
				洒水车	
		管道预处理	管道、井管焊接	电焊机	垂向阻隔、水平阻隔
		建井	抽提井、监测井	钻机	
	材料消耗	土壤修复		脱水剂	化学热升温解吸
				发热剂	
				防尘网	
				防雨布	

			气味抑制剂	
	废水废气处理材料		过硫酸钠	化学热升温解吸、抽出处理、原位多相抽提、原位热脱附
			过氧化氢	
			过氧化钙	
			硫酸亚铁	
			氢氧化钠	
			氢氧化钙	
			活性炭	
			石英砂	
			臭氧	抽出处理、原位多相抽提、原位热脱附
			亚硫酸钠	
			硫化钠	抽出处理
	建井井管和连接管道材料		不锈钢	垂向阻隔、水平阻隔
			碳钢	
			镀锌钢	
			聚乙烯（PE）	
			聚氯乙烯（PVC）	
	建井填料	封口材料	水泥	
			混凝土	
		止水材料	膨润土	
			粘土球	
		回填材料	石英砂	
			砾石	
			黄沙	
	修复材料	防尘网		气相抽提、生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附
		防雨布		
		石英砂		
		活性炭		

			不透气覆盖膜（塑料薄膜、HDPE 膜、喷射沥青乳胶薄膜）	气相抽提
			布气管	
			通气帽	
			配药桶	生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗
			搅拌桶	生物堆、异位淋洗
			搅拌反应釜	
			抽气管网、营养水分添加管网、渗滤液收集管网、进气口管路	生物堆
			气味抑制剂	异位化学氧化/还原、异位热脱附
		修复 药剂	生石灰	气相抽提、异位热脱附
			硫酸亚铁	气相抽提、异位化学氧化、异位化学还原、异位淋洗、异位热脱附、原位化学还原
			过硫酸钠	气相抽提、异位化学氧化、异位热脱附、原位化学氧化
			过氧化氢	
			氢氧化钠	气相抽提、异位化学氧化、异位淋洗、异位热脱附
			氢氧化钙	气相抽提、异位化学氧化、异位淋洗
			固体营养盐	生物堆
			亚硫酸钠	异位化学氧化、异位

				淋洗、原位化学氧化
			高锰酸钾	异位化学氧化、原位化学氧化
			零价铁	异位化学还原、原位化学还原
			硫化氢	
			亚硫酸氢钠	
			多硫化钙	
			絮凝剂	异位淋洗
			表面活性剂	
			无机酸	
			EDTA	
			芬顿试剂	原位化学氧化
	运输	水资源	施工用水（指源头用水）	化学热升温解吸、垂向阻隔、气相抽提、生物堆、水平阻隔、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
		设备、材料、废物、人员运输	轻型货车	化学热升温解吸、垂向阻隔、气相抽提、生物堆、水平阻隔、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
			重型货车	
			长货车	
			集装箱货车	
			泥浆罐车	
			轿车	
			电动车	

修复结束阶段	设备使用	现场拆除恢复	构筑物拆除、深坑	挖掘机	化学热升温解吸、气相抽提、生物堆、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附	
			挖掘			
			浅坑或垃圾挖掘	铲土机		
			混凝土、钢筋拆除	钻爆机		
			吸尘器	吸尘器		
		阻隔屏障裂口、缺口等维护	联合封口机			垂向阻隔、水平阻隔
		推土	推土机			
		挖掘	挖掘机			
		平整	压路机			
		水井维护	泵机			
	高压冲洗机					
	材料消耗	阻隔材料更新/替换	HDPE 膜			垂向阻隔、水平阻隔
			土工布			
			混凝土			
			钢材（钢筋、钢板等）			
			钠基膨润土			垂向阻隔
			砖			
			水泥			
			商品预拌砂浆			
			水管-PVC			
			沥青			水平阻隔
			砂石			
			植被			

		清洁土		化学热升温解吸、垂向阻隔、气相抽提、生物堆、水平阻隔、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
		粘土		
	水资源	施工用水	施工用水（指源头用水）	
运输	设备、材料、废物、人员运输		轻型货车	化学热升温解吸、垂向阻隔、气相抽提、生物堆、水平阻隔、异位化学氧化/还原、异位淋洗、异位热脱附、抽出处理、原位多相抽提、原位化学氧化/还原、原位热脱附
			重型货车	
			泥浆罐车	
			长货车	
			集装箱货车	
			轿车	
			电动车	

附件 2:

化石燃料相关参数取值

燃料品种	单位热值含碳量	低位热值
无烟煤	27.4 t-C/TJ	$23.21 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($23.21 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
烟煤	26.1 t-C/TJ	$22.35 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($22.35 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
褐煤	28.0 t-C/TJ	$14.08 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($14.08 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
其他煤制品	33.6 t-C/TJ	$17.46 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($17.46 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
汽油	18.9 t-C/TJ	$44.8 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($44.8 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
柴油	20.2 t-C/TJ	$43.33 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($43.33 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
燃料油	21.1 t-C/TJ	$40.19 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($40.19 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
一般煤油	19.6 t-C/TJ	$44.75 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($44.75 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
其他石油制品	20.0 t-C/TJ	$40.2 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($40.2 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
天然气	15.3 t-C/TJ	$38.93 \times 10^3 \text{KJ/m}^3$ ($38.93 \times 10^{-6} \text{TJ/ m}^3$)
液化石油气	17.2 t-C/TJ	$47.31 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($47.31 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)
其他煤气	12.2 t-C/TJ	$15.7584 \times 10^3 \text{KJ/m}^3$ ($15.7584 \times 10^{-6} \text{TJ/ m}^3$)
液化天然气	17.2 t-C/TJ	$41.868 \times 10^3 \text{KJ/Kg}$ ($41.868 \times 10^{-3} \text{TJ/t}$)

附件 3:

常用施工机械推荐平均额定净功率

类型		平均额定功率P (kW)
工程机械	挖掘机	100
	推土机	120
	装载机	135
	叉车	40
	压路机	110
	摊铺机	80
	平地机	100
	其他	30
	手持式小型通用机械	0.7
	非手持式小型通用机械	4.5
柴油发电机组		88

附件 4:

施工机械柴油机加权燃料消耗率限值

标定功率P (kW)	加权燃料消耗率限值 (g/kW·h)	
	直喷机	非直喷机
$P < 4.5$	395	
$4.5 \leq P < 8$	343	377
$8 \leq P < 19$	288	316
$19 \leq P < 37$	281	309
$37 \leq P < 56$	270	297
$56 \leq P < 75$	270	297
$75 \leq P < 130$	268	
$130 \leq P < 225$	263	
$225 \leq P < 450$	245	
$450 \leq P$	240	

附件 5:

常用施工机械单位台班油品消耗量

序号	机械名称	性能规格		能源用量	
				汽油 (kg)	柴油 (kg)
1	履带式推土机	功率	75kW	-	56.50
2			105kW	-	60.80
3			135kW	-	66.80
4	履带式单斗液压挖掘机	斗容量	0.6m ³	-	33.68
5			1m ³	-	63.00
6	轮胎式装载机	斗容量	1m ³	-	52.73
7			1.5m ³	-	58.75
8	履带式柴油打桩机	冲击质量	2.5t	-	44.37
9			3.5t	-	47.94
10			5t	-	53.93
11			7t	-	57.40
12			8t	-	59.14
13	振动沉拔桩机	激振力	300kN	-	17.43
14			400kN	-	24.90
15	静力压桩机	压力	2000kN	-	77.76
16			3000kN	-	85.26
17			4000kN	-	96.25

序号	机械名称	性能规格		能源用量	
				汽油 (kg)	柴油 (kg)
18	汽车式钻机	孔径	1000mm	-	48.80
19	履带式旋挖钻机	孔径	1000mm	-	146.56
20			1500mm	-	164.32
21			2000mm	-	172.32
22	履带式起重机	提升 质量	5t	-	18.42
23			10t	-	23.56
24			15t	-	29.52
25			20t	-	30.75
26	履带式起重机	提升 质量	25t	-	36.98
27			30t	-	41.61
28			40t	-	42.46
29			50t	-	44.03
30			60t	-	47.17
31	汽车式起重机	提升 质量	8t	-	28.43
32			12t	-	30.55
33			16t	-	35.85
34			20t	-	38.41
35			30t	-	42.14
36			40t	-	48.52

序号	机械名称	性能规格		能源用量	
				汽油 (kg)	柴油 (kg)
37	载重汽车	装载 质量	4t	25.48	-
38			6t	-	33.24
39			8t	-	35.49
40			12t	-	46.27
41			15t	-	56.74
42			20t	-	62.56
43	自卸汽车	装载 质量	5t	31.34	-
44			15t	-	52.93
45	平板拖车组	装载 质量	20t	-	45.39
46	机动翻斗车	装载 质量	lt	-	6.03
47	洒水车	灌 容 量	4000L	30.21	-

附件 6:

不同燃料品种温室气体排放因子

燃料品种	二氧化碳 (t/TJ)	甲烷 (kg/TJ)	氧化亚氮 (kg/TJ)
汽油	69300	33	3.2
柴油	74066.7	3.9	3.9
天然气	56100	92	3
液化石油气	63066.7	62	0.2

附件 7:

常用运输工具碳排放因子

运输方式类别	碳排放因子kgCO 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	0.010

附件 8:

常用设施设备单位台班电力消耗量

序号	机械名称	性能规格		能源用量
				电(kWh)
1	静力压桩机	压力	900kN	91.81
2	三轴搅拌桩基	轴径	650mm	126.42
3			850mm	156.42
4	偏心振动筛	生产率	16m ³ /h	28.60
5	电动多级离心清水泵	出口直径 100mm	扬程120m以下	180.4
6		出口直径 150mm	扬程180m以下	302.60
7		出口直径 200mm	扬程280m以下	354.78
8	泥浆泵	出口直径	50mm	40.90
9		出口直径	100mm	234.60
10	潜水泵	出口直径	50mm	20.00
11			100mm	25.00
12	交流弧焊机	容量	21kV·A	60.27
13			32kV·A	96.53
14			40kV·A	132.23

附件 9:

典型功能材料碳排放因子

序号	指标	排放系数	单位
1	不锈钢管	7.64	tCO ₂ e/t
2	碳钢管	3.15	tCO ₂ e/t
3	镀锌钢管	2.89	tCO ₂ e/t
4	聚乙烯 (PE)	4.73	tCO ₂ e/t
5	聚乙烯管	3.6	tCO ₂ e/t
6	聚氯乙烯 (PVC)	4.79	tCO ₂ e/t
7	硬聚氯乙烯管	7.93	tCO ₂ e/t
8	42.5级普通硅酸盐水泥	1.02865	tCO ₂ e/t
9	C30混凝土	0.295	tCO ₂ e/m ³
10	膨润土	0.0465	tCO ₂ e/t
11	黏土	0.00269	tCO ₂ e/t
12	砂 (f=1.6~3.0)	0.00251	tCO ₂ e/t
13	煤矸石空心砖	0.016	tCO ₂ e/m ³
14	混凝土砖	336	kgCO ₂ e/m ³
15	聚丙烯管 (PP)	3.72	tCO ₂ e/t
16	铝合金	16.38	tCO ₂ e/t
17	彩钢板 (彩色涂层钢带)	3.19	tCO ₂ e/t
18	施工用水 (自来水)	0.000168	tCO ₂ e/t

序号	指标	排放系数	单位
19	氢氧化钙	0.747	tCO ₂ e/t
20	氢氧化钠	1.59	tCO ₂ e/t
21	吸附树脂（聚苯乙烯）	4.62	tCO ₂ e/t
22	过氧化氢（100%）	0.201	tCO ₂ e/t
23	生物炭	-0.2322	tCO ₂ e/t
24	活性氯化铝	0.86499	tCO ₂ e/t
25	硫酸亚铁	0.32167	tCO ₂ e/t
26	二氧化钛	0.01935	tCO ₂ e/t
27	泡沫镍	24.7（金属镍）	tCO ₂ e/t
28	陶瓷	0.95（陶瓷/玻璃）	tCO ₂ e/t
		0.941（建筑陶瓷）	tCO ₂ e/t
29	硫酸	0.19036	tCO ₂ e/t
30	盐酸	0.64194	tCO ₂ e/t
31	沸石分子筛	5.39232	tCO ₂ e/t
32	颗粒活性炭	1.03248	tCO ₂ e/t
33	次氯酸钠	2.61122	tCO ₂ e/t
34	塑料薄膜	4.73	tCO ₂ e/t
35	生石灰	1.136	tCO ₂ e/t
36	石英砂	0.00251	tCO ₂ e/t
37	商品预拌砂浆	0.295	tCO ₂ e/t

序号	指标	排放系数	单位
38	钠基膨润土	0.0465	tCO ₂ e/t
39	粘土球	0.00269	tCO ₂ e/t
40	沥青	3.26178	tCO ₂ e/m ³
41	亚硫酸钠	1.79812	tCO ₂ e/t
42	高锰酸钾	2.71893	tCO ₂ e/t
43	硫化氢	1.43778	tCO ₂ e/t
44	柠檬酸	10.19	tCO ₂ e/t
45	臭氧	5.02558	tCO ₂ e/t
46	泡沫混凝土	0.322 (0.9 t/m ³)	tCO ₂ e/t
		0.467 (0.6 t/m ³)	tCO ₂ e/t
47	加气砖	0.4639	tCO ₂ e/t
48	岩棉板	0.45454	tCO ₂ e/t
49	树脂	4.79	tCO ₂ e/t
50	过硫酸钠 (100%)	1.37	tCO ₂ e/t
51	聚合氯化铝 (PAC)	1.6879	tCO ₂ e/t
52	聚丙烯酰胺 (PAM)	3.2546	tCO ₂ e/t
53	乙二胺四乙酸 (EDTA)	4.3859	tCO ₂ e/t
54	硫化钠	2.9396	tCO ₂ e/t

附件 10:

上海市建设用地土壤污染风险管控和修复工程碳排放核算报告

(编制大纲)

前瞻性核算

(一) 概述

碳排放核算的背景与意义、核算范围与对象、核算目标与依据、核算原则与方法。

(二) 项目概况

风险管控和修复工程的项目名称、地块位置、面积、污染情况、技术选择、工期等。

(三) 碳排放核算结果

确定排放边界；梳理针对场地建设、运行施工和修复结束 3 个阶段，各阶段 4 个环节（设备运行化石能源、交通运输、电力或热力消耗和材料消耗）的活动水平数据和碳排放因子，说明来源与数据质量；计算总碳排放量。

(四) 碳减排建议与实施路径

分析碳排放核算结果（分阶段碳排放占比、分环节碳排放占比）；对比不同方案的碳排放总量和碳排放强度；提出针对高排放环节的优化措施、实施路径与保障措施。

(五) 结论

(六) 附件：证明材料

过程性核算

（一）概述

碳排放核算的背景与意义、核算范围与对象、核算目标与依据、核算原则与方法。

（二）项目概况

风险管控和修复工程的项目名称、地块位置、面积、污染情况、技术选择、工期等。

（三）碳排放核算结果

确定排放边界；梳理针对场地建设、运行施工和修复结束 3 个阶段，各阶段 4 个环节（设备运行化石能源、交通运输、电力或热力消耗和材料消耗）的活动水平数据和碳排放因子，说明来源与数据质量；计算总碳排放量。

（四）碳减排建议与实施路径

分析碳排放核算结果（分阶段碳排放占比、分环节碳排放占比）；施工过程与修复方案碳排放的校核；提出针对高排放环节的优化措施、实施路径与保障措施。

（五）结论

（六）附件：证明材料

回顾性核算

（一）概述

碳排放核算的背景与意义、核算范围与对象、核算目标与依据、核算原则与方法。

（二）项目概况

风险管控和修复工程的项目名称、地块位置、面积、污染情况、技术选择、工期等。

（三）碳排放核算结果

确定排放边界；梳理针对场地建设、运行施工和修复结束 3 个阶段，各阶段 4 个环节（设备运行化石能源、交通运输、电力或热力消耗和材料消耗）的活动水平数据和碳排放因子，说明来源与数据质量；计算总碳排放量。

（四）碳减排建议与实施路径

分析碳排放核算结果（分阶段碳排放占比、分环节碳排放占比）；与施工过程、修复方案碳排放的校核；提出针对高排放环节的优化措施、实施路径与保障措施。

（五）结论

（六）附件：证明材料