

# 杭钢单元 GS1302-03/08/11/12 地块及周边道路 土壤修复工程效果评估报告 (备案稿)

委托单位：杭州市运河综合保护开发建设集团有限责任公司

编制单位：浙江工业大学工程设计集团有限公司

编制日期：2022 年 3 月



## 杭钢单元 GS1302-03/08/11/12 地块及周边规划 道路区域土壤修复工程效果评估报告责任表

项目编号：浙工大设地块 DK106[2021]

委托单位：杭州市运河综合保护开发建设集团有限责任公司

编制单位：浙江工业大学工程设计集团有限公司

采样检测单位：杭州中一检测研究院有限公司

质控检测单位：浙江九安检测科技有限公司

工作责任人	姓名	职称	签名
项目负责人	张保会	正高工	张保会
报告编制人	邵俊捷	工程师	邵俊捷
	王林娇	工程师	王林娇
	孙永强	高工	孙永强
	王庆海	高工	王庆海
	朱旭恒	高工	朱旭恒
报告审核人	郭艳华	高工	郭艳华
报告审定人	吕伯昇	正高工	吕伯昇

# 摘要

## 1、项目由来与历程

杭钢半山基地退役场地位于浙江省杭州市拱墅区的半山西麓，位于康贤路南侧，金昌路北侧，杭钢河东西贯穿整个杭钢半山基地退役场区，占地面积为2671亩。由转炉区、焦化区、炼铁区三部分组成。由于长期工业生产，导致该区域内留存有大量污染问题。2017年，杭州钢铁集团有限公司委托浙江冶金环境保护设计研究有限公司和北京轻工业环境保护研究所开展杭钢区块退役场地调查和风险评估工作，编制完成了《杭钢半山基地炼铁区域退役场地详细调查与风险评估报告》、《杭钢半山基地转炉区域退役场地详细调查与风险评估报告》、《杭钢半山基地炼铁区域退役场地346亩地范围详细调查与风险评估报告》、《杭钢半山基地（焦化区域）退役场地环境调查及风险评估报告》。2019年12月，原生态环境部发布《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）和《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）等，为场地污染风险评估、修复与风险管控方案的编制提供了新依据。因此，2020年2月，杭州市运河综合保护开发建设集团有限责任公司（以下简称“运河集团”）委托中国科学院南京土壤研究所在污染复核性补充调查的基础上，根据上述最新标准和技术规范，针对杭钢半山基地退役场地的土壤和地下水污染物的健康风险进行了重新评估与评价，编制完成了《杭钢半山基地退役场地风险评估报告》（管理部门评审意见见附件1）。随后，运河集团委托中国科学院南京土壤研究所与浙江省环境保护科学设计研究院联合开展杭钢半山基地退役场地治理修复规划和修复技术方案编制工作，合理分割杭钢半山基地退役场地，提出污染场地修复策略，为管理部门合理开发利用以上地块提供科技支撑与保障。

杭钢单元GS1302-03/08/11/12地块及周边规划道路区域土壤修复工程项目地块为分割后的修复地块之一。历史上主要作为杭钢集团炼铁区原料堆场使用，主要负责供应球团、烧结两矿生产的原料和把球团矿、烧结矿成品及来自焦化分厂成品仓的焦炭，通过皮带输送机运往高炉料仓。该区域于1958年9月始建原料车间。1961年7月改为原料场。1973年5月成立原料工段。1980年初，新原料场部分建成投入使用。1987年，前料场改造。2005年10月，二次料场改造。GS1302-03/08地块未来规划为商住混合用地（R/B）和服务设施用地（R22），为一类用地；GS1302-11/12地块规划为商业商务混合用地（B1/B2），其余区域规划为城市道路（S1），为二类用地。根据《杭钢半山基地退役场地风险评估报告》以及《杭钢单元GS1302-03/08/11/12地块及周边规划道路区域修复技术方案》（专家评审意见见附件2），地块总修复区域面积约为24458m<sup>2</sup>（按地下0~1m层统计），污染土方量约为

77186m<sup>3</sup>。其中，以氟化物等非金属无机物污染为主的土壤约为209m<sup>3</sup>，以铊、镍、锑等重金属污染为主的土壤约为1618m<sup>3</sup>，以砷污染为主的土壤约为61697m<sup>3</sup>，以有机物污染为主的土壤约为7917m<sup>3</sup>，另有砷与有机物复合污染的土壤约为5746m<sup>3</sup>（不包含在砷或有机物单独污染土壤的修复方量中）。

2021年3月至4月，运河集团先后以公开招投标方式确定浙江卓锦环保科技股份有限公司为施工单位，浙江德睿环境科技有限公司为环境监理单位，浙江工业大学工程设计集团有限公司为效果评估单位。浙江卓锦环保科技股份有限公司根据修复方案与现场实际情况编制了《杭钢单元GS1302-03/08/11/12地块及周边规划道路区域土壤修复工程施工组织方案》于2021年4月15日通过专家咨询论证（专家咨询意见附件3）、浙江德睿环境科技有限公司、浙江工业大学工程设计集团有限公司在现场踏勘基础上，参照国家和浙江省的相关法律法规和技术规范导则，根据该项目前期调查评估成果以及修复与施工方案等资料，分别编制了《杭钢单元GS1302-03/08/11/12地块及周边规划道路区域土壤修复工程环境监理方案》和《杭钢单元GS1302-03/08/11/12地块及周边规划道路区域土壤修复工程效果评估方案》，并于2021年5月13日通过专家咨询论证（专家咨询意见分别见附件4和附件5）。

杭钢单元GS1302-03/08/11/12地块及周边规划道路区域土壤修复工程项目地块位于杭钢半山基地退役场西南部，为本次修复项目招标地块，占地面积约为93500m<sup>2</sup>，根据浙江省生态环境厅建设用地土壤污染风险管控和修复名录，其中包含了2个污染地块，分别是杭钢单元GS1302-03、GS1302-08、GS1302-11、GS1302-12地块及周边道路（占地面积为80558m<sup>2</sup>），以及杭钢单元GS1302-06地块及周边道路中的一部分（即康贤路，面积为12942m<sup>2</sup>）。具体范围差异见图1。根据浙江省生态环境厅建设用地土壤污染风险管控和修复名录方面的管理规定，对纳入浙江省土壤环境信息化管理系统的污染地块，需严格按照系统登记的污染地块信息对应开展效果评估工作。考虑到前期《杭钢单元GS1302-03/08/11/12地块及周边规划道路区域修复技术方案》中包含了规划康贤路，修复施工过程论述需多维度地与修复技术方案进行比对，核定修复施工完成情况。若将规划康贤路从实际修复工程项目中进行完全切分编制效果评估报告时，会存在实际清挖量核算不准确，修复后堆体对应的污染土以及建渣堆体和废水的来源等难以区分、核算不准确，检测实验室提供的报告难以拆分等情况，地块的修复治理过程难以对比修复技术方案描述介绍清楚。因此，本报告先按照修复技术方案整体介绍包含规划康贤路的项目施工过程、环境监理情况以及效果评估结果，在本报告第九章 针对性描述浙江省生态环境厅建设用地土壤污染风险管控和修复名录中的杭钢单元GS1302-03、GS1302-08、GS1302-11、GS1302-12地块及周边道路（面积80558m<sup>2</sup>）的施工情况与效果评估成果。本招标项目涉及

的规划康贤路区域（12942m<sup>2</sup>），根据浙江省生态环境厅建设用地土壤污染风险管控和修复名录，合并至杭钢单元GS1302-06地块及周边道路进行效果评估。

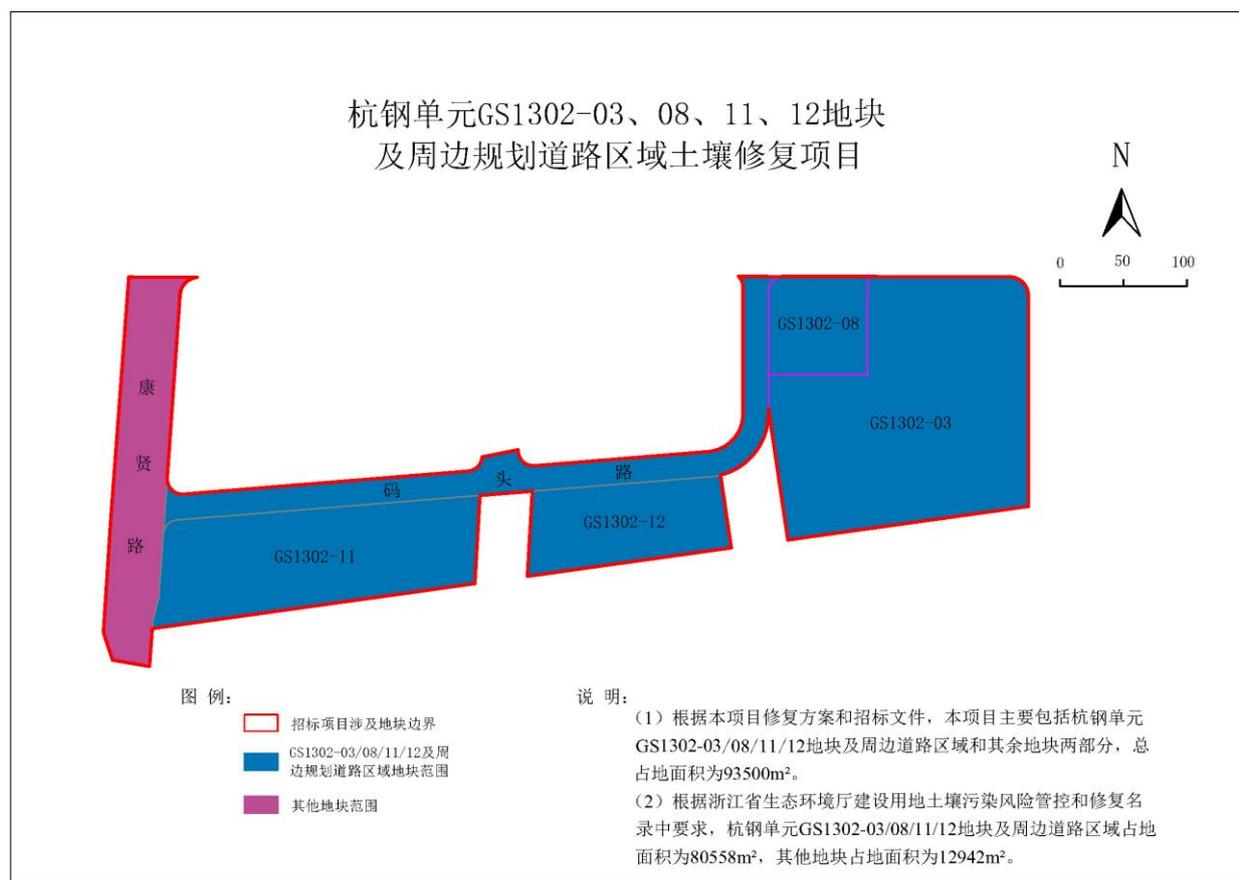


图1 招标项目边界与目录地块边界示意图

## 2、修复工程概况

杭钢单元 GS1302-03、GS1302-08、GS1302-11、GS1302-12 地块及周边道路土壤修复工程项目从 2021 年 5 月 26 日正式开工，于 2022 年 1 月 7 日完成主体工程施工。根据《修复技术方案》，本修复工程地块目标污染物为镉、砷、镍、铊、氟化物、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒹、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘、总石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>），污染深度分为 0-1m、1-2m、2-4m 以及 4-6m 四层，污染土设计修复方量 74934m<sup>3</sup>，实际完成污染土壤修复量 80793.08m<sup>3</sup>，完成率为 107.82%。其中，低浓度高渗透性砷污染土壤淋洗修复设计土方量 27282m<sup>3</sup>，本项目淋洗修复过程中发现，部分计划淋洗修复的基坑污染土壤为粉质粘土、渗透性较低，淋洗效果不佳，无法达到修复目标要求。根据《修复技术方案》：较低浓度（<120mg/kg）砷污染土壤处理方式根据土壤介质特性现场鉴别结果进行分别处理：①如土壤介质颗粒细微（未扰动土壤渗透性较低），污染土壤外运至砖窑进行协同处置；②如土壤介质颗粒较粗（未扰动土壤渗透性较高），污染土壤在现场进行异位淋洗处理。因此，针对此部分渗透性较低的低浓度砷污染土壤，采用外运砖窑方式进行协同处置，共计 8554.99m<sup>3</sup>，实际完成淋洗修复 21153.83m<sup>3</sup>；低浓度低渗透性砷污染土壤砖窑协同处

置设计土方量为 25256m<sup>3</sup>，实际完成协同处置 35264.23m<sup>3</sup>（含 8554.99m<sup>3</sup> 设计淋洗处理，采用砖窑协同处置）；铊、镍、锑、氟化物及高浓度砷污染土壤水泥窑协同处置设计土方量为 10986m<sup>3</sup>，实际完成协同处置 11964.25m<sup>3</sup>；有机物污染土壤热脱附修复设计土方量 5664m<sup>3</sup>，实际完成修复 6289.44m<sup>3</sup>；有机物和砷复合污染土壤热脱附-淋洗修复设计土方量 5746m<sup>3</sup>，实际完成热脱附-淋洗修复 6121.33m<sup>3</sup>，本项目设计与实际修复方量比对完成情况汇总见表 1。

表 1 不同修复工艺设计与实际修复方量比对汇总一览表（单位：m<sup>3</sup>）

序号	修复技术	修复方案地块 设计修复方量 (实方)	名录地块 设计修复方量 (实方)	名录地块 实际修复方量 (实方)	备注
1	水泥窑协同处置	10986	10986	11964.25	/
2	砖窑协同处置	25256	25256	35264.23	8554.99m <sup>3</sup> 原设计淋洗 采用砖窑协同处置
3	淋洗修复	27282	27282	21153.83	
4	热脱附修复	7916	5664	6289.44	S2-18 基坑设计 2252m <sup>3</sup> 不在名录地块内
5	热脱附-淋洗修复	5746	5746	6121.33	/
6	合计	77186	74934	80793.08	/

杭钢单元 GS1302-03、GS1302-08、GS1302-11、GS1302-12 地块及周边道路地块实际开挖污染土壤 80793.08m<sup>3</sup>，清洁土壤 13646.36m<sup>3</sup>，共计开挖 94439.44m<sup>3</sup>。在土壤开挖后土方松动，现场测量虚方较未经扰动情况下的实方有所增加，土壤实际处置过程按照虚方统计。清挖的污染土壤经筛分预处理后分为污染修复土壤 79870.49m<sup>3</sup>（虚方）和建筑垃圾 25585m<sup>3</sup>（虚方），污染修复土壤根据污染物类型采用不同修复技术进行了修复，本地块修复外运水泥窑（浙江红狮、桐庐红狮）协同处置 12172.57m<sup>3</sup>（虚方）（14331.04t），外运砖窑（诸暨威妮）协同处置 36182.70m<sup>3</sup>（虚方）（42518.86t），单独淋洗修复 19320.27m<sup>3</sup>（虚方），单独热脱附修复 6305.52m<sup>3</sup>（虚方），热脱附-淋洗修复 5889.42m<sup>3</sup>（虚方），淋洗和热脱附修复后土壤经效果评估符合修复目标要求后全部原地回填。清挖后暂存清洁土壤 17249.91m<sup>3</sup>（虚方），经效果评估符合修复目标要求后全部原地回填。故共计回填修复后土壤和清洁土壤 48765.12m<sup>3</sup>（虚方）。筛分后的建筑垃圾 25585m<sup>3</sup>（虚方），经冲洗并达到评价标准后全部外运资源化利用。本项目共产生废水处理污泥 20.24t，作为危险废物存放至危废仓库中，全部委托具有危废处置资质的兰溪自立环保科技有限公司统一处置。本项目实际修复方量统计见表 2。

表 2 实际修复方量统计汇总一览表（单位：m<sup>3</sup>）

效果评估对象	名录地块		所属康贤路地块		招标修复方案地块	
	实方 (m <sup>3</sup> )	虚方 (m <sup>3</sup> )	实方 (m <sup>3</sup> )	虚方 (m <sup>3</sup> )	实方 (m <sup>3</sup> )	虚方 (m <sup>3</sup> )
污染土壤热脱附修复	6289.44	6305.52	2485.55	3230.4	8774.99	9535.93
污染土壤淋洗修复	21153.83	19320.27	/	/	21153.83	19320.27
污染土壤热脱附+淋洗	6121.33	5889.42	/	/	6121.33	5889.42
污染土壤水泥窑协同处置	11964.25	12172.57	/	/	11964.25	12172.57
污染土壤砖窑协同处置	35264.23	36182.70	/	/	35264.23	36182.7
<b>污染土壤修复合计</b>	<b>80793.08</b>	<b>79870.49</b>	<b>2485.55</b>	<b>3230.4</b>	<b>83278.63</b>	<b>83100.88</b>
建筑垃圾清洗	/	25585	/	103.01	/	25688.01
清洁土壤	13646.36	17249.91	2188.5	2845.05	15834.86	20094.96

### 3、环境保护措施落实情况

根据施工单位与监理单位环境管理和环境监测类文件，该项目的环境保护措施落实和二次污染防治措施实施过程均执行了环境监理制度，按照通过评审的修复技术方案要求落实了针对土壤环境、水环境、大气环境、声环境、固体废物以及外运过程中详细的二次污染防治措施，具体落实情况见表 3。根据修复场地与协同处置场地环境监测报告，修复工程施工期间大气、废水、噪声等均达标排放，大气环境、水环境、声环境质量均能够满足相应环境质量标准要求。项目未造成明显的二次环境污染和周边居民生活不利影响。

表 3 二次污染防治措施落实情况表

类型	污染物名称	防治措施	治理效果
大气 污 染 物	扬尘	及时施工、及时清理现场，开挖施工做到及时回填，将弃土及施工垃圾加盖防尘布运往指定场所；不定期对施工场地洒水，保持挖方和运输道路潮湿。	达标
	机械设备废气及汽车尾气	对施工机械、运输车辆进行定期检修，做到施工车辆及机械尾气达标排放。	
	有机废气	对于气味较重的区域采用专用的气味抑制剂处理，防止气味溢出对周围人员造成影响	
水 污 染 物	生活污水	设置临时厕所，经临时化粪池处理后纳管	达到纳管标准 排入市政管网
	施工废水（基坑降水、建筑垃圾清洗废水、现场地表残存污水、淋洗废水以及施工过程中产生的其他污水）	淋洗废水经混凝沉淀后回用于淋洗工序，基坑降水、洗车废水及建筑垃圾清洗废水等施工废水统一收集至本项目东区废水处理系统经高级氧化+混凝沉淀处理达标后纳管排放	

类型	污染物名称	防治措施	治理效果
固体废物	建筑垃圾、生活垃圾	统一收集，委托环卫部门清运处理	做到无害化处理
	废包装袋	委托兰溪自立环保科技有限公司处理处置	
	废防护用品	混入生活垃圾，由环卫部门清运	
	建筑垃圾	委托杭州合正码头有限公司处置	
	废水处理污泥	委托兰溪自立环保科技有限公司统一处置。	
噪声	施工机械噪声 运输车辆噪声 施工作业噪声	采用较先进、噪声较低的施工设备；合理安排施工时间，将噪声大的工作尽量安排在白天，严禁夜间施工；在施工中要采用低噪声、包覆和隔声罩等办法，有效的减少施工现场的噪声和振动污染；加强对交通运输车辆造成的噪声影响管理。	尽量减轻对环境的影响
风险	场地路面硬化；开挖过程中覆盖防雨布，运输车辆采用封闭运输车；喷射抑制剂；定期喷淋抑尘；修复后土壤及时处置；做好填埋区的整体防渗，确保质量；地块紧邻河道，在修复过程采取场地止水及基坑支护措施。		

#### 4、效果评估采样与检测结果

(1) 本次效果评估工作对杭钢单元 GS1302-03/08/11/12 地块及周边道路修复工程项目 26 个效评基坑共计采集和检测分析 596 个土壤原样+67 个土壤平行样。根据效评基坑检测结果，二类用地区域清洁土壤多环芳烃类目标污染物均未检出，其它目标污染物最大检出浓度分别为：砷 55.7mg/kg、镉 0.96mg/kg、镍 39mg/kg、铊 1.3mg/kg。一类用地区域目标污染物最大检出浓度分别为：苯并[a]蒽 0.25mg/kg、苯并[b]荧蒽 0.36mg/kg、苯并[a]芘 0.33mg/kg、茚并[1,2,3-cd]芘 0.21mg/kg、二苯并[a,h]蒽 0.25mg/kg、砷 14.7mg/kg、镉 5.57mg/kg、镍 54mg/kg、铊 1.3mg/kg、石油烃 215mg/kg、氟化物 790mg/kg。均低于风险评估修复目标值，基坑清挖效果达到修复技术方案既定要求。

(2) 本次效果评估工作对杭钢单元 GS1302-03/08/11/12 地块及周边道路修复工程项目热脱附修复后土壤 6305.52m<sup>3</sup>（虚方）共计采集和检测分析 56 个土壤原样+8 个土壤平行样，因不同批次土壤修复难以区分，本地块均采用一类用地土壤污染物修复目标值进行评价，根据修复后土壤堆体检测结果，一类用地区域热脱附修复后土壤目标污染物最大检出浓度分别为：苯并[a]蒽 0.37mg/kg、苯并[b]荧蒽 0.61mg/kg、苯并[a]芘 0.31mg/kg、茚并[1,2,3-cd]芘 0.65mg/kg、二苯并[a,h]蒽 0.12mg/kg、石油烃 156mg/kg。淋洗修复后土壤 19320.27m<sup>3</sup>（虚方）共计采集和检测分析 108 个土壤原样+13 个土壤平行样，根据修复后土壤堆体检测结果，目标污染物砷最大检出浓度 11.9mg/kg。热脱附-淋洗修复后土壤 5889.42m<sup>3</sup>（虚方）共计 32 个土壤原样+4 个土壤平行样。根据修复后土壤堆体检测结果，

多环芳烃类目标污染物均未检出，砷最大检出浓度 10.6mg/kg，均低于风险评估修复目标值，土壤修复效果达到修复技术方案既定要求。

(3) 本次效果评估工作对杭钢单元 GS1302-03/08/11/12 地块及周边道路修复工程项目清挖暂存的清洁土壤 17249.91m<sup>3</sup>（虚方）共计采集 95 个土壤原样+11 个土壤平行样。根据清洁土壤堆体检测结果，本地块二类用地区域清洁土壤多环芳烃类目标污染物均未检出，砷最大检出浓度为 9.12mg/kg。一类用地区域清洁土壤多环芳烃类目标污染物均未检出，其它目标污染物最大检出浓度分别为：砷 36.3mg/kg、镉 1.1mg/kg、镍 49mg/kg、铊 1.1mg/kg、石油烃 147mg/kg、氟化物 763mg/kg。均低于风险评估修复目标值，验证清洁土壤中污染物浓度未达到健康危害程度，满足修复技术方案原地回填要求。

(4) 本次效果评估工作对杭钢单元 GS1302-03/08/11/12 地块及周边道路修复工程项目外运水泥窑协同处置本项目污染土壤时生产的水泥熟料共计采集 10 个样品进行抽检，根据水泥熟料检测结果，协同处置本项目污染土壤时生产的水泥熟料目标污染物砷和氟化物最大浸出浓度均分别为 1.5×10<sup>-3</sup>mg/L 和 1.75mg/L，铊、镍、镉、铅均未检出，所有指标均低于评价标准，满足《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB 30760-2014）要求，产品质量满足《硅酸盐水泥熟料标准》（GB/T 21372-2008）要求。对外运砖窑窑协同处置本项目污染土壤时生产的砖块共计采集 80 个样品进行抽检，根据砖块产品检测结果，协同处置本项目污染土壤时生产的砖块目标污染物砷最大浸出浓度均为 2.6×10<sup>-2</sup>mg/L，低于评价标准，污染土壤协同处置后对应产品质量合格。

(5) 本次效果评估工作对杭钢单元 GS1302-03/08/11/12 地块及周边道路修复工程项目筛分后合并冲洗建筑垃圾 25688.01m<sup>3</sup>（虚方），共计采集 63 个建筑垃圾原样+9 个建筑垃圾平行样。根据采集冲洗后建筑垃圾样品的检测数据，冲洗后的建筑垃圾目标污染物最大浸出浓度分别为：苯并[a]蒽 1.0×10<sup>-4</sup>mg/L、苯并[b]荧蒽 2.0×10<sup>-4</sup>mg/L、苯并[a]芘 1.6×10<sup>-4</sup>mg/L、茚并[1,2,3-cd]芘 2.2×10<sup>-4</sup>mg/L、砷 3.85×10<sup>-4</sup>mg/L、镉 5.25×10<sup>-3</sup>mg/L、镍 0.07mg/L、石油烃 0.37mg/L、氟化物 1.02mg/L。浸出浓度均低于评价标准，冲洗后的建筑垃圾达到外运资源化处置要求。

(6) 本次效果评估工作对杭钢单元 GS1302-03/08/11/12 地块及周边道路修复工程项目污染土壤预处理区域、污染土淋洗施工区域、污水处理区域等潜在二次污染区域共计采集 90 个土壤原样+10 个土壤平行样，根据潜在二次污染区域检测结果，多环芳烃类目标污染物均未检出，其它目标污染物最大检出浓度分别为：砷 15mg/kg、镉 1.76mg/kg、镍 52mg/kg、铊 1.1mg/kg、石油烃 34mg/kg、氟化物 757mg/kg。均低于风险评估修复目标值，修复工程未对地块内其他非污染区域造成二次环境污染影响。

## 5、总体结论

综上所述，浙江省生态环境厅建设用地土壤污染风险管控和修复名录中的杭钢单元GS1302-03、GS1302-08、GS1302-11、GS1302-12地块及周边道路范围（面积80558m<sup>2</sup>）已按照修复技术方案预期目标完成修复工作，修复过程未造成明显的二次环境污染和周边居民生活不利影响。清挖基坑和修复后土壤的检测结果均达到风险评估修复目标值。在GS1302-03/08地块未来规划为商住混合用地和服务设施用地（一类用地）；GS1302-11/12地块规划为商业商务混合用地（二类用地）以及其余区域规划为城市道路（二类用地）的前提下，杭钢单元GS1302-03、GS1302-08、GS1302-11、GS1302-12地块及周边道路范围（面积80558m<sup>2</sup>）可以进行开发安全利用。