

[注意保密]

南京常丰农化有限公司原厂址场地 修复项目

技术方案

南京工大环境科技有限公司

二零一八年七月

保密声明

为了保护知识产权的需要，同时根据双方合同的法律约定，项目委托方（南京新材料产业园管理委员会）和受托方（南京工大环境科技有限公司）负有对《南京常丰农化有限公司原厂址场地修复项目技术方案》及其相关技术材料保密的义务。未经合同双方许可，不得向第三方提供本报告的相关技术资料与数据，否则将承担合同约定中的法律责任。

望合同双方，能本着友好合作、互相尊重的原则，共同承担各自的保密义务。

特此声明。

南京工大环境科技有限公司

二〇一八年七月

目录

1 总论	1
1.1 任务由来	1
1.2 修复技术方案编制依据	2
1.2.1 国家相关法律、法规、政策	2
1.2.2 相关标准	3
1.2.3 相关技术导则	4
1.2.4 相关技术规范	4
1.2.5 其他资料	4
1.3 修复技术方案编制原则	4
1.4 修复技术方案编制范围	5
1.5 修复技术方案技术路线	6
2 场地问题识别	8
2.1 所在区域概况	8
2.1.1 地理位置	8
2.1.2 区域地形、地貌	8
2.1.3 区域水文地质	8
2.1.4 区域气候气象	10
2.1.5 区域生物环境	11
2.2 场地基本信息	12
2.2.1 场地历史与现状	12
2.2.2 场地周边企业布局	15
2.2.3 场地现状	16
2.2.4 场地利用的规划	17
2.3 场地环境特征	18
2.3.1 场地地质条件	18
2.3.2 场地水文地质条件	22
2.4 场地污染状况调查分析	23
2.4.1 采样调查实施方案	23
2.4.2 场地污染分析汇总	23

2.5 场地污染风险评估结果.....	26
3 场地修复模式.....	27
3.1 修复总体思路.....	27
3.2 场地修复目标.....	28
3.3 场地修复工程量.....	29
3.3.1 污染土壤修复工程量.....	29
3.3.2 污染地下水修复工程量.....	31
3.3.3 拆除建筑垃圾处置工程量.....	33
3.3.4 地表污水处理工程量.....	35
3.4 场地修复模式选择.....	37
3.4.1 原位修复.....	37
3.4.2 原地异位修复.....	37
3.4.3 异位修复.....	37
3.4.4 修复模式的比选.....	37
4 场地修复技术筛选.....	39
4.1 土壤修复技术筛选.....	39
4.1.1 本场地土壤污染特点.....	39
4.1.2 土壤修复技术比选.....	40
4.1.3 技术综合筛选.....	46
4.1.4 技术可行性评估.....	47
4.2 地下水修复技术筛选.....	49
4.2.1 本场地地下水污染特点.....	49
4.2.2 地下水修复技术比选.....	51
4.2.3 技术综合筛选.....	56
4.2.4 技术可行性评估.....	57
4.3 修复技术筛选结果.....	60
5 污染场地修复方案.....	61
5.1 总体技术路线.....	61
5.2 建筑垃圾处理方案.....	63
5.3 阻隔墙建设方案.....	65

5.4 污染土壤热脱附方案	67
5.4.1 原位热脱附工艺原理	67
5.4.2 技术参数要求	68
5.4.3 废气处理	69
5.4.4 废水处理	70
5.5 原位化学氧化修复方案	71
5.5.1 工艺流程	71
5.5.2 工艺参数	73
5.6 地下水修复方案	74
5.6.1 抽出-处理工艺	74
5.6.2 原位化学氧化技术	74
6 环境管理计划	75
6.1 修复工程监理	75
6.1.1 环境监理工作程序	75
6.1.2 环境监理要点	77
6.2 二次污染防治措施	77
6.2.1 大气污染防治	77
6.2.2 污水污染防治	78
6.2.3 土壤污染防治	78
6.2.4 噪声污染防治	79
6.2.5 固废污染防治	79
6.3 工程验收计划	80
6.3.1 验收程序	80
6.3.2 文件审核与现场勘察	81
6.3.3 验收对象和标准	82
6.3.4 采样布点	82
6.4 监测计划	83
6.5 环境应急方案	84
6.6 现场公告和公众参与	85
7 成本效益分析	86

7.1 修复费用.....	86
7.2 环境效益、经济效益、社会效益	87
8 施工进度与安排	88
9 结论.....	89
9.1 可行性研究结论	89
9.2 问题和建议.....	90

1 总论

1.1 任务由来

南京常丰农化有限公司（以下简称“常丰农化”）化工企业原址地处南京新材料产业园区玉带片区北部，长芦片东南，瓜埠镇以东，管家凹以西，分布于县道 704 西端两旁，总占地 36.2 亩。

南京常丰农化有限公司是由南京电化厂、上海常峰工贸有限公司与英国富力安全企业有限公司合资兴办的化工企业，主要生产销售以乙烯利为主的农化系列产品及相关化工产品，主要产品为乙烯利、2, 4-D 酸及铵盐、菜虫净。企业已搬迁，因受长期的工业生产活动的影响，存在较大的环境风险。

按照《环境保护部关于加强工业企业关停、拆迁和原址场地在开发利用过程中污染防治工作的通知（环发〔2014〕66 号）》、《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31 号）、《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部〔2016〕42 号令）、《省政府关于印发江苏省土壤污染防治工作方案的通知》（苏政发〔2016〕169 号）、《市政府关于印发南京市土壤污染防治行动计划的通知》（宁政发〔2017〕67 号）等国家、地方有关法规要求，原工业企业退役场地改变用途时需对场地开展环境调查，明确是否存在污染、污染程度，判断是否需要开展人体健康风险评估及修复。为达到上述目的，受南京新材料产业园管理委员会委托，我单位（南京工大环境科技有限公司）开展了该场地环境初步调查、详细调查和风险评估工作，并于 2018 年 5 月 25 日在南京市环保局进行了备案（附件 1）。

2018 年 7 月，我单位按照国家相关标准、技术规范要求，在场地环境调查和风险评估结果基础上，基于该场地污染特征、土地利用规划、区域环境特征及成熟的污染土壤修复技术方法，编制了南京常丰农化有限公司场地土壤修复技术方案。

1.2 修复技术方案编制依据

1.2.1 国家相关法律、法规、政策

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015年）；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（主席令 第三十一号）（2016年11月7日修订施行）；
- 《土壤污染防治行动计划》（国发[2016]31号）；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（主席令 第三十一号）（2016年1月1日修订施行）；
- 《中华人民共和国水污染防治法》（主席令 第八十七号）（2008年6月1日修订施行）；
- 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（主席令 第77号）（1997年3月1日起施行）；
- 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部（2016）42号令）；
- 《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发 2016-66）；
- 《国务院办公厅关于推进城区老工业区搬迁改造的指导意见》（国办发〔2014〕9号）；
- 《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》（国办发〔2013〕7号）；
- 《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140号）；
- 《国务院关于印发国家环境保护“十二五”规划的通知》，（国发〔2011〕42号）；
- 《建设工程安全生产管理条例》（国令第393号）；
- 《江苏省固体废弃物污染环境防治条例》（公告第29号），江苏省人大常委会，2009年9月23日；
- 《关于转发国家环保总局办公厅<关于切实做好企业搬迁过程中污染防治工作的通知>的通知》（苏环控[2004]52号）；
- 《关于加强我省工业企业场地再开发利用环境安全管理工作的通知》

(苏环办[2013]157号文)；

➤ 《关于规范工业企业场地污染防治工作的通知》(苏环办[2013]246号)；

➤ 《南京市建设项目环境准入暂行规定》(宁政发[2015]251号)；

➤ 《省政府关于印发江苏省土壤污染防治工作方案的通知》(苏政发[2016]169号)；

➤ 《市政府关于印发南京市土壤污染防治行动计划的通知》(宁政发[2017]67号)。

1.2.2 相关标准

➤ 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(2018年)；

➤ 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)；

➤ 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)；

➤ 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)；

➤ 《污水排入城镇下水道水质标准》(CJ343-2010)；

➤ 《危险废物鉴别标准》(GB5085.7-2007)；

➤ 《危险废物鉴别标准反应性鉴别》(GB5085.5-2007)；

➤ 《危险废物鉴别标准易燃性鉴别》(GB5085.4-2007)；

➤ 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)；

➤ 《危险废物鉴别标准急性毒性初筛》(GB5085.2-2007)；

➤ 《危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别》(GB5085.1-2007)；

➤ 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18599-2001)；

➤ 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)；

➤ 《固体废物鉴别标准通则》(GB 34330-2017)；

➤ 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；

➤ 《大气污染综合排放标准》(GB 16297-1996)；

➤ 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)；

➤ 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；

➤ 《声环境质量标准》(GB3096-2008)；

- 《恶臭污染物排放标准》（GB14554-1993）
- 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准值（试行）》（GB36600—2018）

1.2.3 相关技术导则

- 《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014）；
- 《场地环境监测技术导则》（HJ25.2-2014）；
- 《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）；
- 《污染场地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2014）；

1.2.4 相关技术规范

- 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）；
- 《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）；
- 《地下水污染地质调查评价规范》（DD2008-01）；
- 《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ/T194-2005）；
- 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（2014年11月）；
- 《水文地质钻探规程》（DZ-T0148-1994）；
- 《危险废物鉴别技术规范》（HJ/T298-2007）；
- 《建筑施工安全技术统一规范》（GB50870-2013）。

1.2.5 其他资料

（1）《南京常丰农化有限公司原厂址场地环境调查与风险评估报告》及专家评审意见，南京工大环境科技有限公司，2017年4月；

（2）《南京常丰农化有限公司原厂址场地环境调查 土壤环境检测报告》，南京白云化工环境监测有限公司，2016年2月。

1.3 修复技术方案编制原则

方案制定遵循“科学性、安全性、规范性、可行性、经济性”的总体原则。

科学性原则：采用科学方法，综合考虑污染场地修复目标、土壤修复技术处理效果、修复时间、修复成本、修复工程环境影响等因素，制定修复方案。

安全性原则：在污染土壤处置的各个阶段，保证人员安全和环境安全，防止产生污染转移和二次污染。

规范性原则：土壤污染清理与修复中的各项工作均应遵循相关环保标准、

规范以及相关环保部门批复的清理与修复方案的要求。

可行性原则：综合考虑气候条件、场地条件、技术条件和时间因素，采取因地制宜的措施，应对工程实施过程中遇到的问题制定可操作性强、易于工程实施的实施方案。

经济性原则：在保证修复效果的前提下，选择处理费用较低的修复方案或方案组合，以有效降低处理成本。

1.4 修复技术方案编制范围

依据《南京常丰农化有限公司原厂址环境调查与风险评估报告》（2017年4月），常丰农化土壤中1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类的浓度超过风险控制目标，地下水中1,2-二氯乙烷、1,2-二溴乙烷、2,4,6-三氯苯酚、石油类、2-硝基丙烷、反-1,4-二氯-2-丁烯、氯乙烯的浓度超过风险控制目标。修复方案编制主要针对场地土壤及地下水中超过风险控制值，使各项指标均达到修复目标值。

1.5 修复技术方案技术路线

在对前期调查、风险评估等技术成果进行分析、补充、完善、确认基础上，针对污染地块场地污染特点提出修复方案。

本次修复技术方案主要工作内容为：（1）修复模式的确定、修复技术的遴选；（2）针对修复模式的确定、修复技术的遴选，综合考虑经济、技术、社会等各方面因素，综合评价各修复模式、修复技术的优劣，筛选出最适合场地修复工程的模式和技术；（3）编制最终修复技术方案。技术方案的编制主要分为三个阶段：

（1）选择修复模式

在分析前期污染场地环境调查和风险评估资料的基础上，根据污染场地特征条件、目标污染物、修复目标、修复范围和修复时间长短，选择确定污染场地修复总体思路。

（2）筛选修复技术

根据污染场地的具体情况，按照确定的修复模式，筛选实用的土壤修复技术，对土壤修复技术应用案例进行分析，从适用条件、对场地土壤修复效果、成本和环境安全性等方面进行评估。

（3）制定修复方案

根据确定的修复技术，制定土壤修复技术路线，确定土壤修复技术的工艺参数，估算污染场地土壤修复的工程量，提出初步修复方案。从主要技术指标、修复工程费用以及二次污染防治措施等方面进行方案可行性比选，确定经济、实用和可行的修复方案。

修复方案编制的工作程序如图 1.5-1 所示。

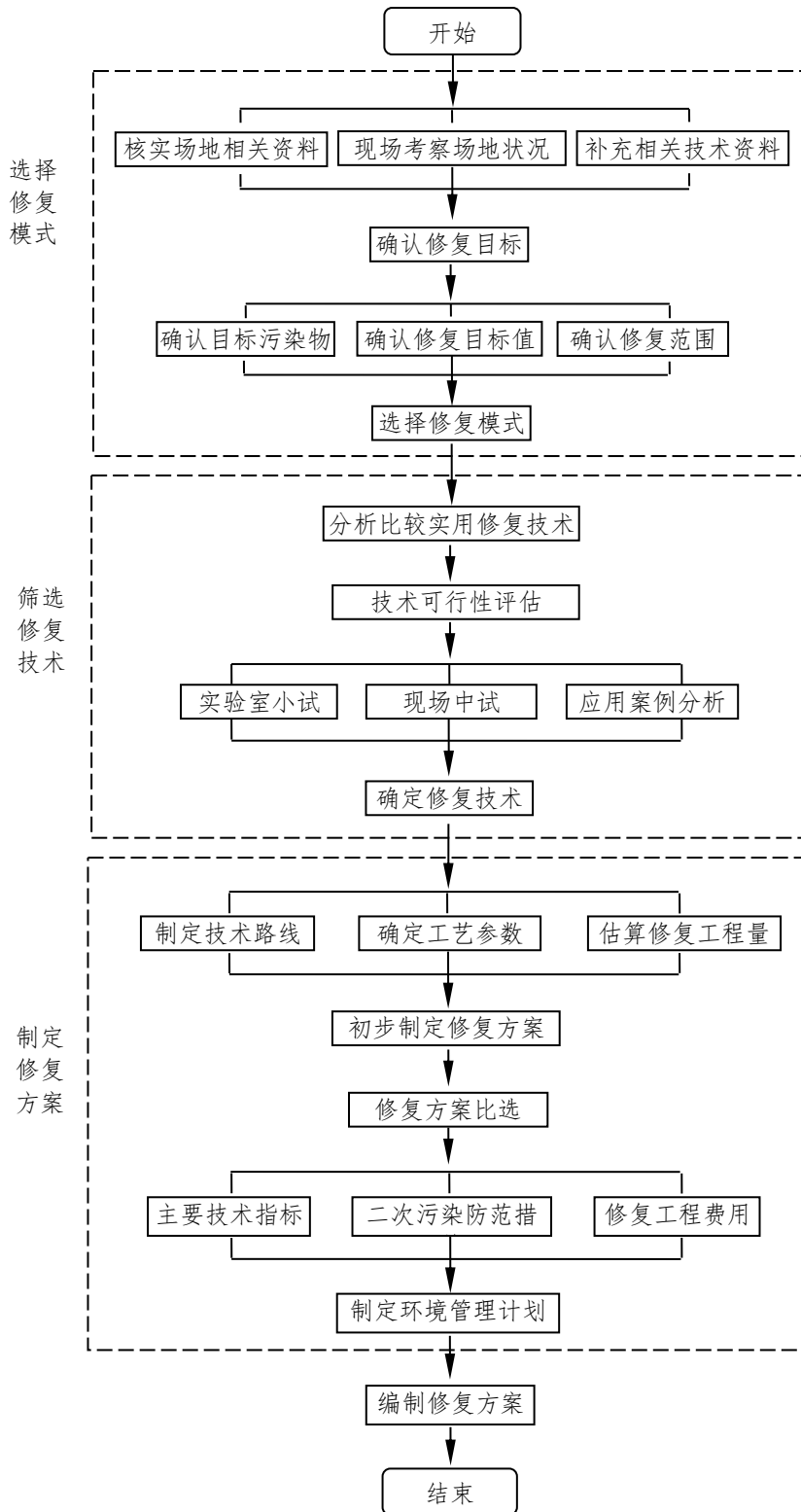


图 1.5-1 污染场地土壤修复方案编制程序

2 场地问题识别

2.1 所在区域概况

2.1.1 地理位置

常丰农化原厂址地块位于南京市六合区南京新材料产业园区内。南京化学工业园地处南京市北部、长江北岸，位于六合区境内，长芦街道附近，距南京市 35km。



2.1.2 区域地形、地貌

南京化学工业园区长芦片产业区地貌类型为长江漫滩，场地以农田为主。场区内地形较为平坦，仅在长芦镇的西北部有少量丘陵，高程在12~30m左右，起伏平缓。区内河渠及沟塘密布，地表水系非常发达，村民居住点多沿河分布。长芦镇东部地区地面高程在5.4~6.2m左右，均低于长江最高洪水位。

本地区位于扬子准地台南京凹陷中部，河谷走向基本上与长江下游挤压破碎带一致，两岸具有不对称的地貌特征，河漫滩在龙潭以西，是江南狭窄、江北宽广，石矾多分布于江南，龙潭以东。本地区地貌属于宁镇丘陵地区，系属老山山脉余脉向东北延伸的低丘地带。

2.1.3 区域水文地质

(1) 水文

本地区属长江水系，主要河流是长江及其支流马汊河、滁河。

长江是我国第一大河，流域面积 180 万 km²，长约 6300km，径流资源占全国总量的 37.8%。长江大厂江段位于南京东北部，系八卦洲北汊江段，全长约占 21.6km，其间主要支流为马汊河。长江南京大厂江段水面宽约 350~900m，进出口段及中部马汊河段附近较宽，约 700~900m。平均河宽约 624m，平均水深 8.4m，平面形态呈一个向北突出的大弯道。本河段属长江下游感潮河段，受中等强度潮汐影响，水位每天出现两次潮峰和两次潮谷。涨潮历时约 3 小时，落潮历时约 9 小时，涨潮水流有托顶，存在负流。根据南京下关潮水位资料统计（1921~1991），历年最高水位 10.2m（吴淞基面，1954.8.17），最低水位 1.54m，年内最大水位变幅 7.7m（1954），枯水期最大潮差别 1.56m（1951.12.31），多年平均潮差 0.57m。长江南京段水流虽受潮汐影响，但全年变化仍为径流控制调节，其来水特征可用南京上游的大通水文站资料代表。大通历年的最大流量为 92600m³/s，多年平均流量为 28600m³/s。年内最小月平均流量一般出现在 1 月份，4 月开始涨水，7 月份出现最大值。大厂江段的分流比随上游来流大小而变化，汛期的分流比约 18%左右，枯水期约 15%。本江段历年来最大流量为 1.8 万 m³/s，最小流量为 0.12 万 m³/s。

滁河源出安徽肥东县，全长 256km，由南京市浦口区江浦街道进入江苏境内，途径浦口区、六合区、最终经雄州至大河口入长江。滁河南京段全长约 116km，使用功能为水产养殖、饮用水源、农灌及航运。水产养殖主要在江浦段，饮用水源地分布在六合小营上游水域。

马汊河是滁河的分洪道，是人工开挖而成，全长 13.9 公里，从六合区与浦口盘城交界处的小头李向东，经新桥、东钱桥折向东南，在 207 厂（造船厂）东侧入长江。河宽 70 米左右，河底高程 0.7 米；最大洪峰流量 1260m³/s。枯水期无实测流量资料，据估计，平均流量约 20~30m³/s。涨潮时大纬路桥附近马汊河水有倒流。

岳子河俗称鸭子河，始挖于南宋绍兴年间。岳子河位于南京市六合区南部，为六合区玉带镇与长芦街道之界河。北起滁河双窑，南至长江九里埂，全长 5.25km，境内堤防总长 4.36km。岳子河是一条重要的水利设施，连通长江和滁河。

（2）区域地质

南京地区大地构造属扬子准地台的下扬子凹陷褶皱带，这个凹陷从震旦纪以来长期交替沉积了各时代的海相、陆相和海陆相地层，下三迭系青龙群沉积以后，经印支运动、燕山运动发生断裂及岩浆活动，并在相邻凹陷区及山前山间盆地堆积了白垩纪及第三纪红色岩系及侏罗~白垩纪的火山岩系。沿线地质构造主要处于宁镇弧形褶皱西段，

各类不同期次、不同性质，不同方向的褶皱，断裂十分发育，沿线重要地质构造有：

1) 龙~仓复背斜

沿长江南岸断续展布，由幕府山，栖霞山，龙潭等复背斜组成，轴向北东~近东西向。由于燕山期侵入岩的占据和侏罗系~白垩系地层的覆盖，走向上不连续，北翼被沿江断裂断失，只出露南翼。

2) 南京~湖熟断裂

位于南京市上坊至湖熟一线，向南东延伸经郭庄、天王寺到溧阳一线。属于隐伏性区域性断裂，该断裂也是宁镇弧形隆起与宁芜断陷盆地的分界带，北东侧为宁镇弧形隆起带，南西侧为宁芜火山岩盆地。走向 300°—320°，断层倾向南西，倾角较陡，是上盘下降的正断层，总长 120 余 km，该断裂控制了西南地区红层沉积的分布和厚度，在中更新世晚期有活动；

3) 沿江断裂带

该断裂带位于宁镇隆起的北缘，自幕府山—镇江焦山，区内仅为西段一部份。北东东向延伸，长达 36 公里，断层面倾向北，倾角陡，南北盘落差可达数公里。

4) 滁河断裂——位于老子山北缘，长约 250km，走向北东，倾向北西，具正断层性质，晚更新世以来已基本停止活动；

5) 龙洞山南缘断裂——长 10 余 km，位于江浦龙洞山南缘，走向 30—35°，倾向南东，倾角 60°左右，为正断层，其下盘为震旦系地层，上盘为白垩系地层；

6) 江浦~六合断裂——展布于六合，经江浦向北西延伸，走向 35°，推测倾向南东，陡倾角，为正断层，长约 90km，第四纪特别是晚更新世以来已基本停止活动；

7) 浦口~桥林断裂——属长江断裂带的范畴，断裂走向北东，倾向北西，为西江口凸起北界断裂，隐伏于白垩纪泥岩之下，表明该断裂自晚更新世以后未再活动。

根据区域地质构造、活动断裂分布、发育特点、地震活动历史、地形、地貌等综合分析，可以认为南京新构造活动的最基本特征，是升降差异活动，但自全新世以来这种降差异活动已变得相对缓慢。综合上述的分析结果，可确认本场地所在区域属相对稳定区。

2.1.4 区域气候气象

南京地区属北亚热带季风气候区，四季分明，雨水充沛，光能资源充足，年平均温度为 15.7℃，最高气温 43℃（1934 年 7 月 13 日），最低气温-16.9℃（1955 年 1 月 6 日），最热月平均温度 28.1℃，最冷月平均温度 -2.1℃。年平均降雨 117 天，降雨量

1105.8.3 毫米，最大平均湿度 81%。最大风速 19.8m/s。土壤最大冻结深度-0.09m。夏季主导风向为东南、东风，冬季主导风为向 东北、东风。地震烈度 7 度。无霜期 237 天。每年 6 月下旬到 7 月中旬为梅雨季节。多年平均蒸发量在 1000mm 左右，6~9 月蒸发量占总蒸发量的一半左右，年际变化也较大，从多年资料分析，本区蒸发量略小于降水量。

2.1.5 区域生物环境

据不完全统计，全区脊椎动物有 290 余种，主要分为家禽家畜、野兽、鸟类、爬行动物、鱼类、昆虫等。珍贵动物有中华鲟、扬子鳄、獐、獾、穿山甲、龟、鳖、刀鱼、鲥鱼、鳊鱼等，其中中华鲟、扬子鳄属国家一类保护动物。境内植物种类繁多，资源丰富，全区有木本植物和药用植物 1000 余种，较珍贵的有雪松、柏树、银杏、枫树、金桂、银桂、榉树，明党参、夏枯草、板兰根、桔梗、苍术、百部、柴胡、女贞子等。

2.2 场地基本信息

2.2.1 场地历史与现状

2.2.1.1 场地历史

常丰农化是由南京电化厂、上海常峰工贸有限公司与英国富力安全企业有限公司合资兴办的企业，公司占地面积 36.2 亩，主要生产销售以乙烯利为主的农化系列产品及相关化工产品，主要产品为乙烯利、2,4-D 酸及铵盐、菜虫净，涉及主要原辅材料有盐酸、三氯化磷、环氧乙烷、苯胺、氯乙酸、二氯乙烷、氨气、氯气等。企业现已搬迁。

常丰农化在采样前的勘查期间处于停产状态。临近马路有一小片办公区，而厂区东边为空地，地表裸露。厂区西边为生产区，厂房完好，生产设备已经拆除，车间内地面硬化较好，无明显物料泄漏痕迹。污水收集池位于厂区西侧靠边界处，池子顶部封闭，上有两个开口可以看到池里有水，水质较差；污水站废水收集池内有残留废水。整个厂除东部的大片空地与污水收集池北部一小块人工挖出的沟以外，无裸露地表。整个厂区路面水泥有类似清除地下管道的人工凿开的断面，已用碎石铺上，经过现场勘查，并未达到看见土壤的深度。整个厂区在生产区南部可闻到轻微农药味。目前，厂区现状与采样前基本一致，企业业主已委托人员清理现场遗留的废料桶，2016 年 5 月已转走 18t，对东边的空地平整。空地有少量的包装袋。

根据业主提供资料显示，地块内历史企业为南京常丰农化有限公司。

平面布置如下图所示。

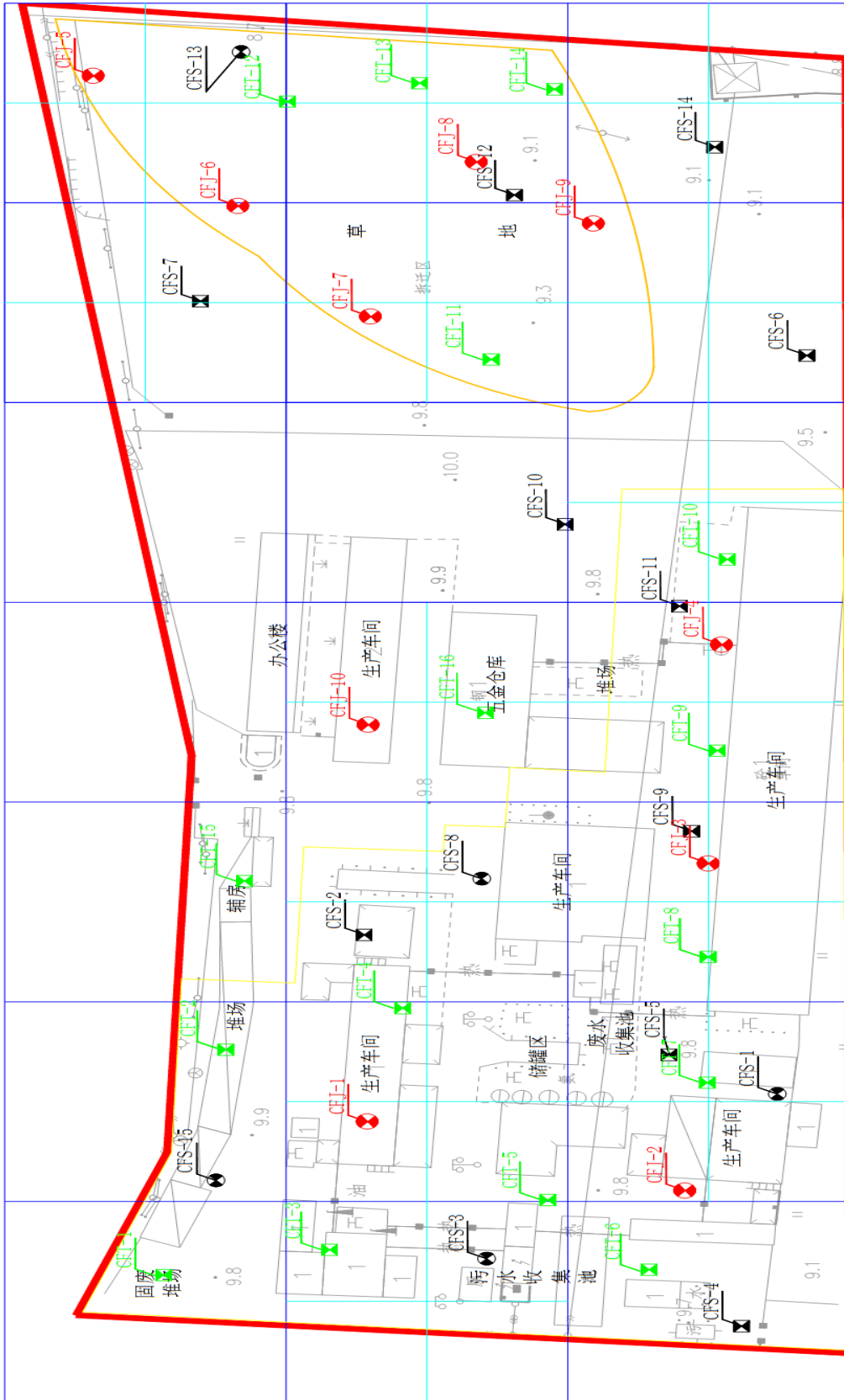


图 2-2 原厂区平面布置图

2.2.1.2 场地现状

场地目前建筑物均未拆除，场地的建筑物内异味较大。建筑生产车间室内的墙皮已基本刮掉，并装在袋子里，存放在场地内的仓库。此外，场地内也堆存有一些建筑垃圾、生活垃圾。场地西侧有一个污水收集池，池内没有存水。场地东侧空地上长满植物。场地南侧紧邻滁河。



图 2-3 场地现状图

2.2.2 场地周边企业布局

常丰农化原厂址地块位于南京市六合区的南京化学工业园区的新材料产业园内。项目地块北侧为山形路；东侧为南京统汇新型建材公司；南侧为滁河。常丰农化原厂区吴淞高程 7.9-9.8m，地势较为平坦。场地周边关系见图 2-3。



图 2-4 场地周边关系示意图

2.2.3 场地现状

常丰农化原厂址地块及其周围区域有 1 处国家地质公园，具体的敏感目标分布见图 2-3 和表 2-2。

表 2-2 场地周边主要敏感目标

环境要素	敏感目标	方位	与地块边界距离 (m)	规模	执行标准
空气环境	管家凹	E	680	500 人	环境空气质量标准 (气二级标准) B 3 0 0
	钟家凹	E	1100	800 人	
	化子街	SE	340	1000 人	
	红山窑	W	430	500 人	
	果园	W	780	500 人	
	老鹰窝	N	430	500 人	
生态	瓜埠山景区 国家地质公园	W	1500	/	/
水环境	滁河	S	50	/	地表水环境质量标准 (GB3838-2002) (地表水 IV 类标准)

2.2.4 场地利用的规划

《南京市城市总体规划》（2007—2020）中已经将六合灵岩山—八卦洲楔形绿地规划为污染防护隔离绿地。瓜埠果园片区位于南京东北的灵岩山—八卦洲—长江生态廊道上，是生态廊道的重要组成部分，体现控制建设用地连绵发展的规划意图。根据《南京市瓜埠生态廊道 果园片区控制性规划》瓜埠果园片区定位为：南京化工园配套服务的重要第三产业服务区，即一个集商务、配套生活服务等多功能为一体的配套服务区。根据南京市瓜埠生态廊道果园片区控制性规划，常丰农化化工企业原厂址地块规划为公共绿地和住宅混合用地。

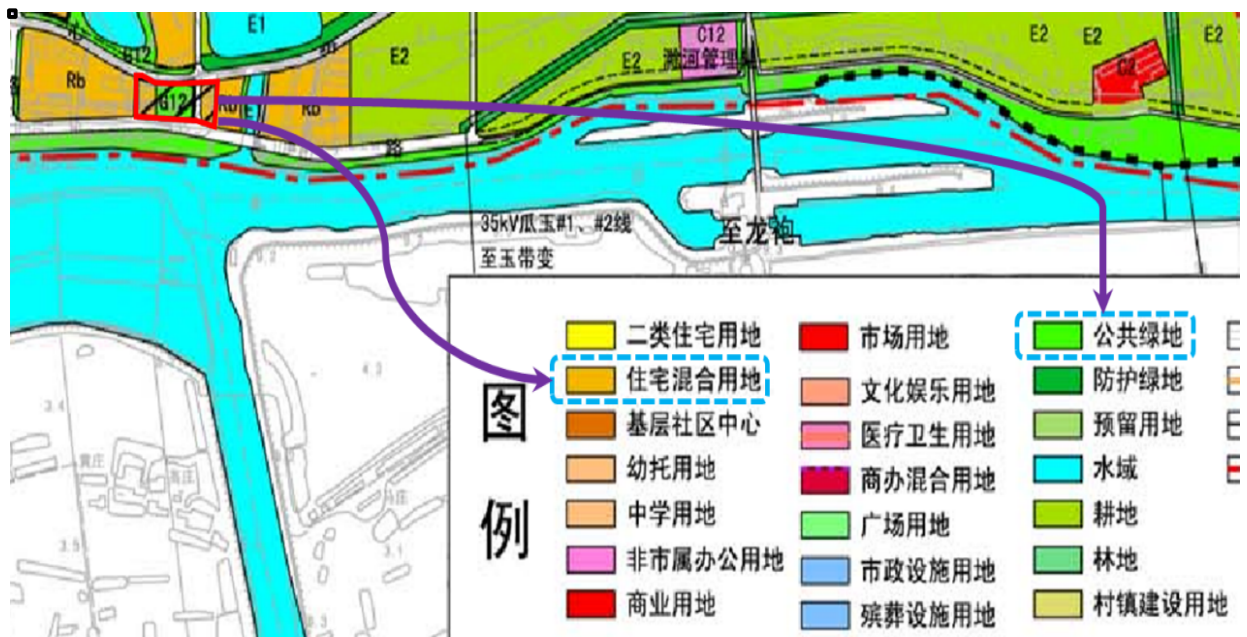


图 2-5 场地规划用途示意

2.3 场地环境特征

2.3.1 场地地质条件

常丰农化位于两场地所在的丘陵下游平地，历史上未曾进行过矿业开采，场地地质分布较为均匀。按土的成因和物理力学性质，场地勘探深度范围内土层可以分为 8 层，各土层由新至老，自上而下描述见土质特征表 2-3。场地调查期间，在地块的不同区域和深度采集了 27 个土工试验样，检测分析了 27 个样品，分析了土壤粒径分布（颗粒组成）、土壤含水率、比重、密度、干密度、孔隙比、饱和度、液限、塑限、塑性指数、液性指数、压缩系数、压缩模量、黏聚力、内摩擦角、垂直渗透系数、水平渗透系数等。土工试验结果见表 2-4。

常丰农化地块土层包含 4 层，分别为杂填土、粉质粘土、淤泥质粉质粘土、强风化泥质砂岩；该地块浅层承压含水层的平均厚度约 10.98m。场地地质分布较为均匀。工程地质剖面图见图 2-6。

表 2-3 场地土质特征简表

土层编号	土层名称	层厚范围值/平均值(m)	层底标高范围值/平均值(m)	层底埋深范围值/平均值(m)	颜色	状态或密实度	其他描述	锥尖阻力 q_c (MPa)	侧壁摩阻力 f_s (kPa)	地下水类型
①-1a	新近填土	3.00~3.00 /3.00	5.80~5.80 /5.80	3.00~3.00 /3.00	杂色	松散	主要由粘性土混杂原明河塘内淤泥质土组成，含少量砖瓦片。	0.29	14	孔隙潜水含水层
①-1	杂填土	0.50~1.80 /0.87	7.35~17.29 /13.15	0.50~1.80 /0.87	杂色	松散	主要由粉质粘土混碎砖块、碎石等堆填而成，填龄5年以上。	2.31	50	
①-2	素填土	0.50~0.80 /0.70	14.17~22.05 /18.98	0.50~1.40 /0.90	灰色~灰黄色	稍密	以粘性土为主，含少量砖瓦片、碎石及植物根茎，土质疏松多孔，不均匀。	1.36	54	
②-1	粉质粘土	2.40~4.50 /3.68	3.35~14.89 /8.38	4.20~5.00 /4.65	灰色~灰黄色	软塑	切面稍有光泽，含少量氧化物，干强度及韧性中等，无摇振反应。	0.68	30	
②-2	淤泥质粉质粘土	2.00~12.20 /6.43	1.05~2.69 /1.95	6.90~16.40 /11.08	灰色~灰黄色	流塑	含少量腐植物，切面稍有光泽，干强度及韧性中等，无摇振反应。	0.76	15	
②-3	粉质粘土夹粉土	1.70~4.40 /2.83	-1.71~4.10 /0.84	4.70~20.80 /13.97	灰色	软~可塑	含少量云母碎屑，切面稍有光泽，干强度及韧性中等，无摇振反应，局部夹有薄层粉土。	1.98	38	
③-1	粉质粘土	1.90~5.90 /3.80	12.27~17.95 /14.36	3.30~6.40 /4.65	褐黄色	可~硬塑	含少量铁锰斑纹及灰白色高岭土团块，切面稍有光泽，干强度及韧性中高，无摇振反应。	2.88	99	隔水层
④-1	强风化泥质砂岩	未钻穿	未钻穿	未钻穿	紫红色		手捏易碎，遇水易软化，岩芯呈砂土状、土状，局部呈碎块状，软硬不均。	8.72	133	

表 2-4 土工试验汇总

土工试验成果报告表

工程名称:南京新材料产业园土壤污染风险评估

报告日期:2014.10.21

第 1 页

室内 土样 编号	野外 土样 编号	取样 深度 m	颗粒分析大小(mm)			含水率 w %	比 重 G _s	密 度 ρ g/cm ³	干 密 度 ρ _d	孔 隙 比 e ₀	饱 和 度 S _r	液 限 w _L	塑 限 w _P	塑性 指数 I _P	液性 指数 I _L	各级压力下孔隙比e _i					压缩 系数 a 0.1-0.2 MPa ⁻¹	压缩 模量 E _s 0.1-0.2 MPa	快剪(q)		渗透系数		土工名依规范 GB50021-2001 分类
			砂粒 0.5 ~ 0.25 %	粉粒 0.25 ~ 0.075 %	cl. 0.075 %											50 kPa	100 kPa	200 kPa	300 kPa	400 kPa			黏聚力 c kPa	内摩 擦角 φ 度	垂直 K _v	水平 K _h	
																MPa	MPa	MPa	MPa								
	G1-1	0.80-1.00				24.2	2.75	1.97	1.59	0.734	91.0	32.8	20.1	12.7	0.32	0.708	0.681	0.651	0.631	0.612	0.30	5.78	25.4	13.4			粉质黏土
	G1-2	1.80-2.00				22.5	2.74	2.00	1.63	0.678	91.0	33.2	21.2	12.0	0.11	0.653	0.638	0.609	0.591	0.572	0.29	5.79			3.40E-07	4.50E-07	粉质黏土
	G1-3	2.80-3.00				24.5	2.76	1.97	1.58	0.744	91.0	34.1	18.7	15.4	0.38	0.717	0.698	0.671	0.651	0.634	0.26	6.71	24.2	13.2			粉质黏土
	G1-4	3.80-4.00				24.5	2.75	2.00	1.61	0.712	95.0	33.2	19.8	13.4	0.35	0.690	0.674	0.647	0.629	0.613	0.26	6.58			4.50E-07	8.20E-07	粉质黏土
	G1-5	4.80-5.00				24.7	2.74	2.00	1.60	0.708	96.0	32.3	20.3	12.0	0.37	0.682	0.661	0.633	0.613	0.597	0.28	6.10	27.5	14.6			粉质黏土
	G1-6	5.80-6.00				25.8	2.74	1.98	1.57	0.741	95.0	33.5	21.1	12.4	0.38	0.709	0.684	0.657	0.638	0.621	0.27	6.45			2.20E-07	3.30E-07	粉质黏土
	G1-7	6.80-7.00				28.5	2.75	1.97	1.53	0.794	99.0	34.1	20.2	13.9	0.60	0.753	0.721	0.688	0.662	0.642	0.33	5.44	22.2	13.7			粉质黏土
	G1-8	7.80-8.00				25.5	2.75	2.00	1.59	0.726	97.0	33.5	19.8	13.7	0.42	0.693	0.672	0.645	0.623	0.604	0.27	6.39			1.12E-06	1.22E-06	粉质黏土
	G1-9	8.80-9.00				24.7	2.75	2.06	1.65	0.665	100	33.8	19.5	14.3	0.36	0.631	0.609	0.582	0.562	0.547	0.26	6.40	30.7	14.3			粉质黏土
	G1-10	9.80-10.00				28.6	2.76	1.99	1.55	0.784	100	34.6	19.3	15.3	0.61	0.733	0.696	0.659	0.635	0.620	0.37	4.82	20.3	12.3			粉质黏土
	G1-11	10.80-11.00				21.3	2.75	2.06	1.70	0.619	95.0	33.5	19.6	13.9	0.12	0.601	0.588	0.569	0.551	0.538	0.19	8.52	37.9	15.6			粉质黏土
	G1-12	11.80-12.00				21.3	2.76	2.10	1.73	0.594	99.0	42.6	21.2	21.4	0.00	0.563	0.548	0.533	0.522	0.512	0.15	10.63	62.9	16.9			黏土
	G1-13	12.80-13.00				19.0	2.75	2.06	1.73	0.589	89.0	31.5	17.2	14.3	0.13	0.567	0.553	0.539	0.526	0.516	0.14	11.35	51.3	16.3			粉质黏土
	G1-14	14.80-15.00	31.3	57.9	10.8	19.8	2.68	2.02	1.69	0.589	90.0					0.606	0.592	0.578	0.565	0.553	0.14	11.65	21.1	26.6			细砂
	G2-1	0.80-1.00				22.6	2.76	1.93	1.57	0.753	83.0	35.2	20.3	14.9	0.15	0.696	0.670	0.638	0.614	0.597	0.32	5.48	38.3	14.9			粉质黏土
	G2-2	1.80-2.00				20.8	2.76	2.05	1.70	0.626	92.0	34.2	18.9	15.3	0.12	0.583	0.548	0.522	0.504	0.491	0.26	6.26			3.60E-07	4.50E-07	粉质黏土
	G2-3	2.80-3.00				21.9	2.75	2.03	1.67	0.651	92.0	33.7	19.3	14.4	0.18	0.641	0.627	0.603	0.584	0.571	0.24	6.88	32.2	16.5			粉质黏土
	G2-4	3.80-4.00	38.1	47.8	14.1	20.3	2.68	1.99	1.65	0.620	88.0					0.638	0.621	0.598	0.583	0.569	0.23	7.25	0.0	26.6			细砂
	G2-5	4.80-5.00	39.2	46.6	14.2	19.9	2.68	1.99	1.66	0.615	87.0					0.640	0.628	0.611	0.597	0.585	0.17	9.78	16.8	30.3			细砂
	G3-1	0.80-1.00				27.8	2.75	1.88	1.47	0.869	88.0	32.5	19.3	13.2	0.64	0.807	0.767	0.720	0.689	0.662	0.47	3.98	20.1	12.2			粉质黏土
	G3-2	1.80-2.00				28.3	2.76	2.01	1.57	0.762	100	33.5	18.9	14.6	0.64	0.731	0.700	0.670	0.648	0.631	0.30	5.87			2.21E-06	3.32E-06	粉质黏土
	G3-3	2.80-3.00				24.2	2.76	1.95	1.57	0.758	88.0	33.3	17.6	15.7	0.42	0.713	0.687	0.649	0.624	0.600	0.38	4.63	24.3	11.3			粉质黏土
	G3-4	3.80-4.00				29.3	2.75	2.02	1.56	0.760	100	33.1	19.2	13.9	0.73	0.710	0.676	0.635	0.603	0.582	0.41	4.29	19.5	11.7			粉质黏土
	G3-5	4.80-5.00				28.5	2.76	1.97	1.53	0.800	98.0	34.2	18.8	15.4	0.63	0.762	0.735	0.696	0.671	0.652	0.39	4.62	25.2	12.2			粉质黏土
	G3-6	5.80-6.00				33.5	2.76	1.86	1.39	0.981	94.0	34.2	18.3	15.9	0.96	0.904	0.866	0.822	0.790	0.763	0.44	4.50	13.1	9.6			粉质黏土
	G3-7	6.80-7.00				32.7	2.76	1.91	1.44	0.918	98.0	33.6	18.3	15.3	0.94	0.867	0.833	0.789	0.761	0.740	0.44	4.36	12.9	7.6			粉质黏土
	G3-8	7.80-8.00				28.2	2.75	1.81	1.41	0.948	82.0	32.7	19.2	13.5	0.67	0.868	0.815	0.759	0.725	0.697	0.56	3.48	12.6	9.5			粉质黏土

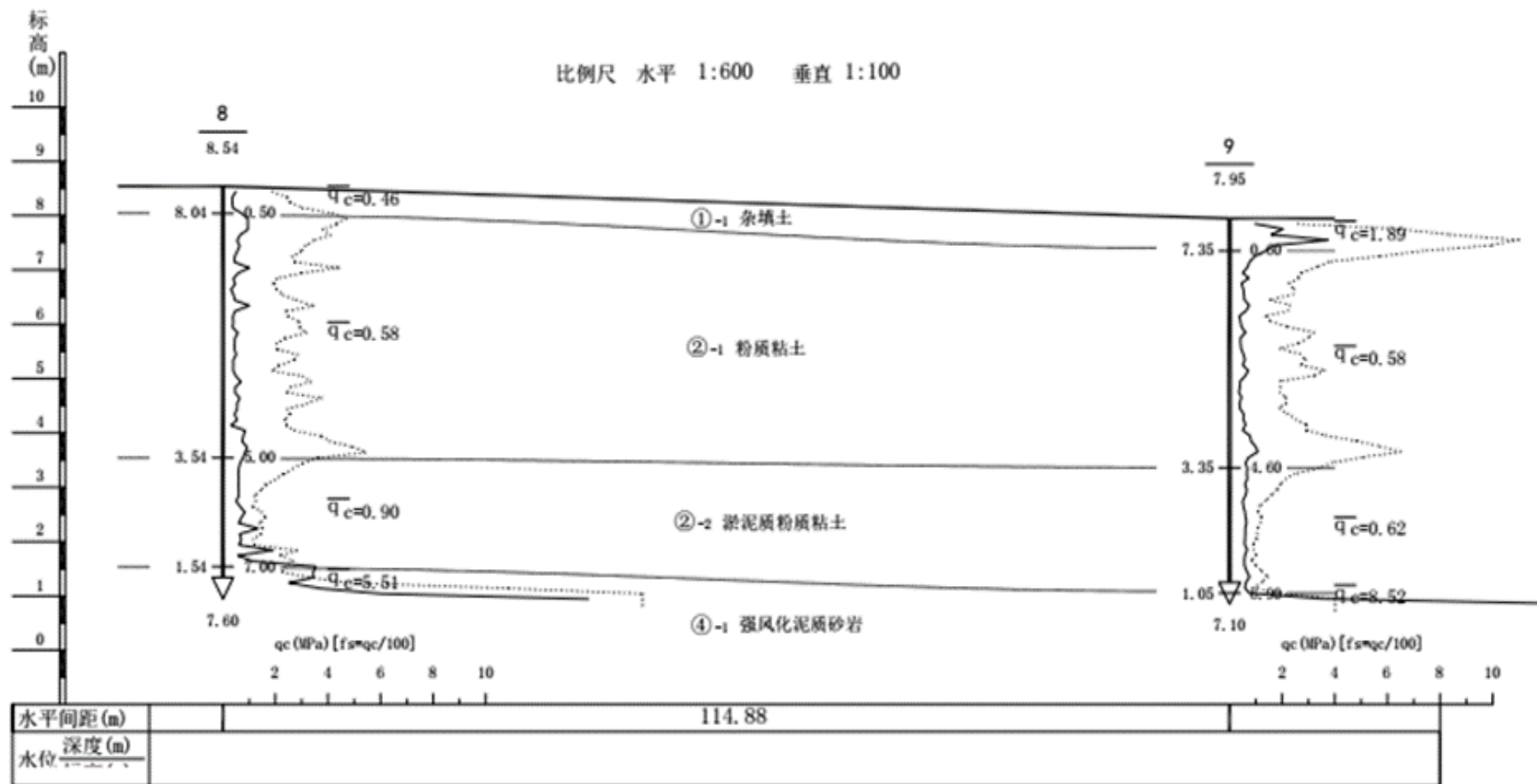


图 2-6 工程地质剖面图

2.3.2 场地水文地质条件

通过地质勘察，场地内浅层地下水主要分布在泥质砂岩上部的杂填土、粉质粘土中，局部区域包含淤泥质粉质粘土和粉质粘土夹粉土。常丰农药地块含水层分布较为均一，厚度在 7 米左右。

场地内含水层渗透性较差，根据室内土工试验，粉质粘土渗透性最大为 $3.32E-06\text{cm/s}$ ，部分区域粉质粘土夹粉土渗透性相对较好，但分布有限。

场地内地下水埋深普遍 1~2 米，地下水流动受地形和底部泥质砂岩分布控制。常丰农药地块地下水总体流动方向为自北向南流动，最终排向滁河。但受滁河水位影响，丰水季节滁河水补给地下水。

2.4 场地污染状况调查分析

2.4.1 采样调查实施方案

通过第一个阶段调查之后，于 2013 年 12 月 20 日~2014 年 1 月 12 日及 2016 年 2 月 23 日~25 日分别开展了初步采样和详细采样，具体实施方案如下。

2.4.1.1 初步采样方案

常丰化工厂区内及地块外，合计布设土壤采样点 17 个，地下水采样点 6 个。其中地块内布设土壤采样点 15 个（土孔 10 个，监测井孔 5 个），地块外布设土壤对照点 2 个（手钻土孔）；地块内布设地下水采样点 5 个（监测井孔），地块外布设地下水对照采样点 1 个（监测井孔），另外在附近设地表水采样点 2 个。

2.4.1.2 详细采样方案

合计布设土壤采样点 26 个（土孔 16 个，监测井孔 10 个），地下水采样点 10 个（监测井孔）。

2.4.2 场地污染分析汇总

依据场地环境调查报告，场地土壤采样点 16 个，共分析监测 117 个土壤样品，地下水监测井 10 口，共分析地下水样品 10 个，具体检测情况如下图所示。

土壤中 1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类的浓度超过风险控制目标，地下水中 1,2-二氯乙烷、1,2-二溴乙烷、2,4,6-三氯苯酚、石油类、2-硝基丙烷、反-1,4-二氯-2-丁烯、氯乙烯的浓度超过风险控制目标。

场地土壤重金属除 Cd 未检出以外，其他 14 种金属均有检出。重金属检出项目与对照点基本相当，场地土壤样品中重金属钴元素检出浓度超过了本次选用的敏感用地的筛选值，与对照点一致，土壤样品中重金属 Hg、As、Cd、Cr、Cu、Pb、Ni、Zn 八种元素检出浓度均低于《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）的三级标准；地下水水样中重金属元素 Hg、Zn、Cr、Fe、Ba 检出浓度均低于《地下水质量标准》GB 14848 标准中的III类标准，重金属元素钴检出浓度超出本项目选用的敏感用地筛选值。

南京常丰农化有限公司原厂址场地修复项目技术方案

附图8： 南京常丰农化有限公司原厂址地块第二次补充调查土壤污染对比图

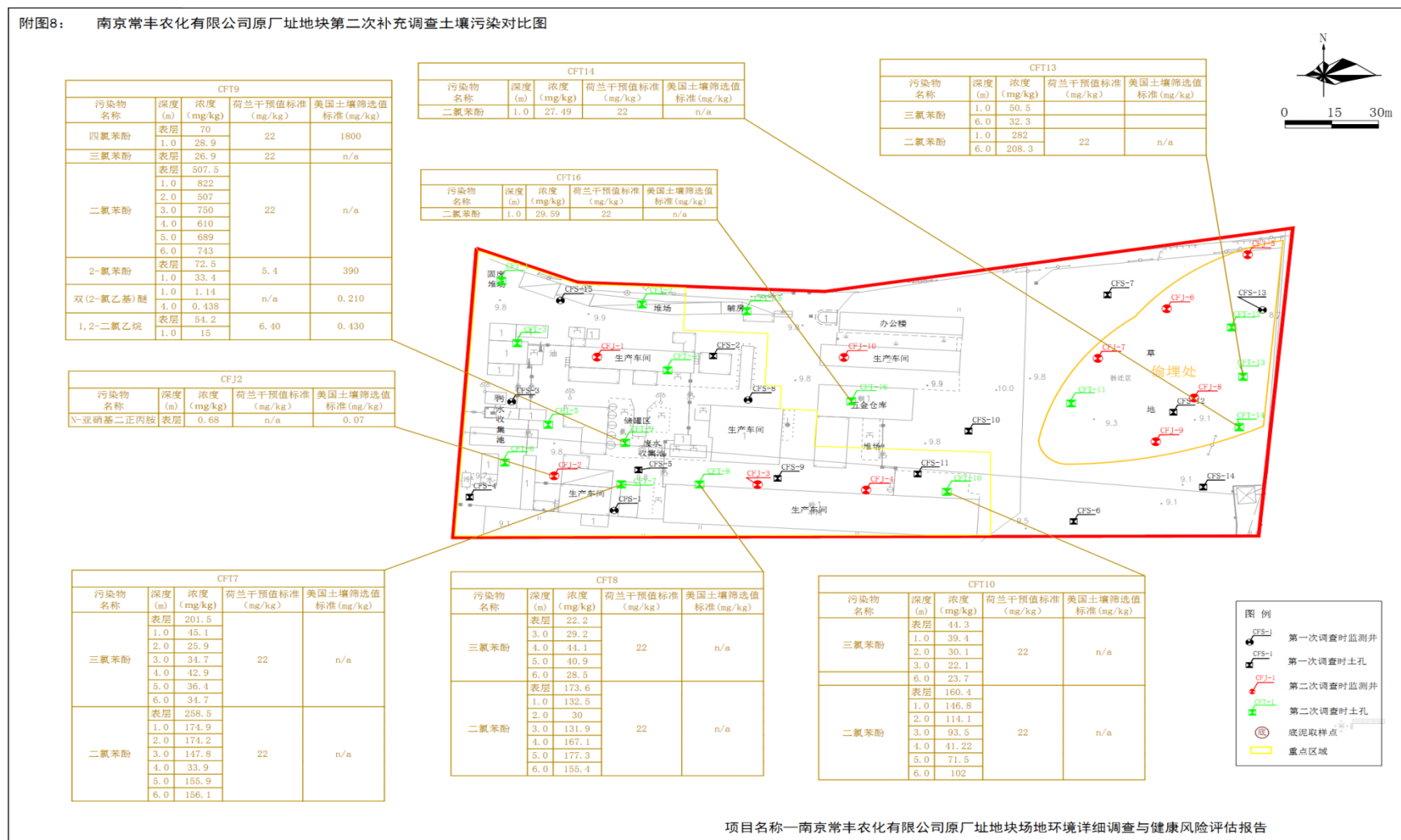


图 2-7 场地土壤污染示意图

南京常丰农化有限公司原厂址场地修复项目技术方案

附图9： 南京常丰农化有限公司原厂址地块第二次补充调查地下水污染对比图

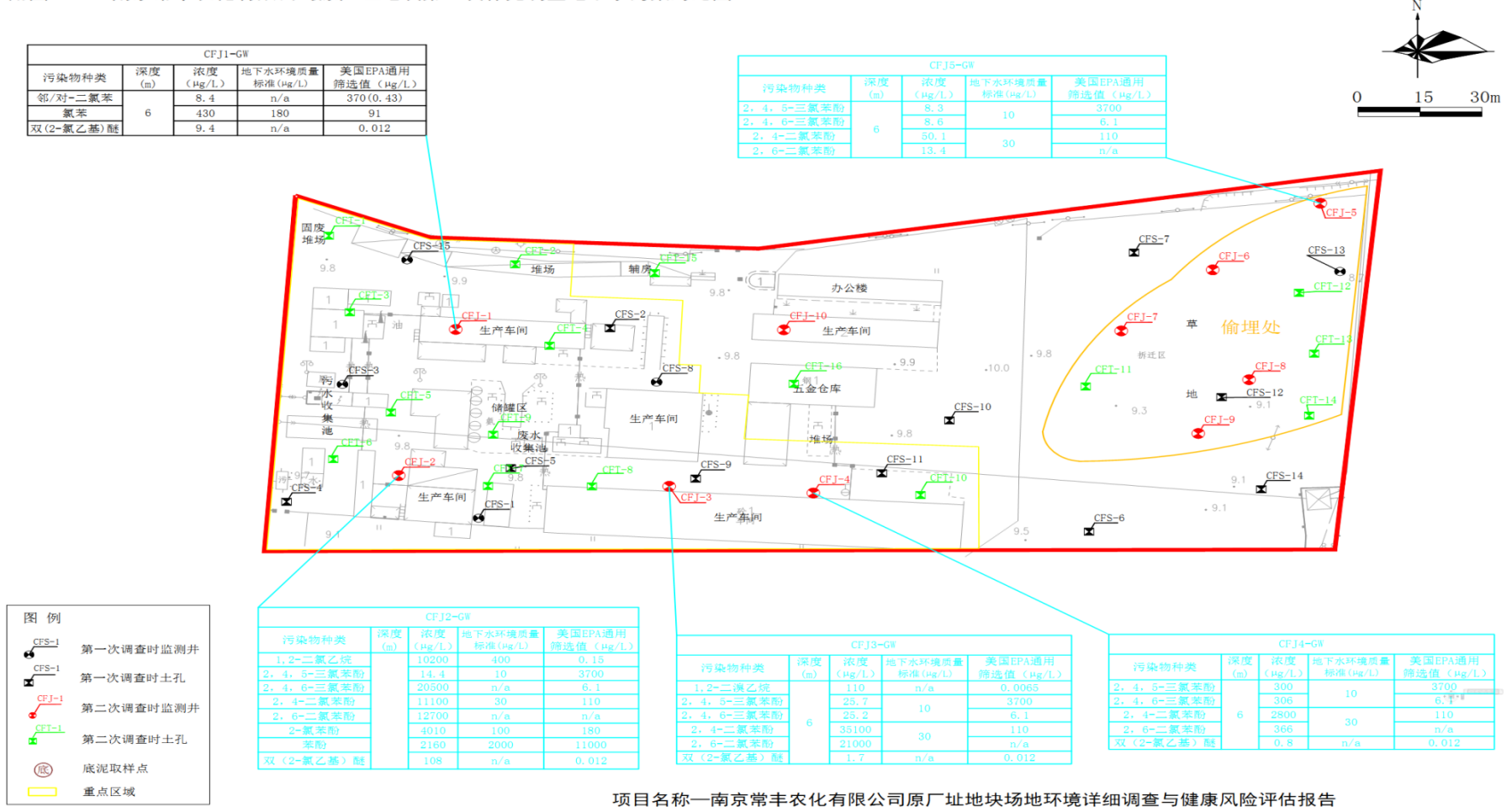


图 2-8 场地地下水污染示意图

2.5 场地污染风险评估结果

根据《南京市瓜埠生态廊道果园片区控制性规划》，常丰农化场地规划为绿化和居住建设混合用地，常丰场地南临滁河，风险评估报告评价从严考虑，本报告根据敏感用地的暴露场景针对该地块进行了风险评估。

常丰农化土壤中 1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类的浓度超过风险控制目标，地下水中 1,2-二氯乙烷、1,2-二溴乙烷、2,4,6-三氯苯酚、石油类、2-硝基丙烷、反-1,4-二氯-2-丁烯、氯乙烯的浓度超过风险控制目标。场地进行修复，经过初步估算土壤修复量为 50260m³，约 97003t。地下水需要修复的面积约为 13650m²，体积为 53665m³。

3 场地修复模式

3.1 修复总体思路

1、修复方案原则

遵循“科学性、安全性、规范性、可行性、经济性”的总体原则，对该场地的修复方案提出以下总体思路：

(1) 在场地土壤调查评估工作的基础上，结合场地污染特征及三维空间分布状况，根据需要，首先考虑“分类、分级、分区”的修复方案。

(2) 在充分调研国内外土壤及地下水修复技术的基础上，结合本场地修复目标和修复施工条件，筛选并推荐“适宜、可用、经济”的修复技术或工艺。

(3) 在仔细分析场地周边环境特征和敏感保护目标的基础上，结合修复模式和修复技术工艺，制定修复过程中“二次污染”防治和应急方案，以及公共参与等措施。

2、总体修复目标

国际上对场地修复的目标确定，是基于风险控制的理念，对单一污染物以可接受风险水平为计算基准，国际上一般发展中国家与采用较大概率的 10^{-4} 和 10^{-5} ，而美国等西方发达国家采用 10^{-6} 较小概率的风险水平。

随着人民生活水平提高，对环境质量与环境健康安全的要求也越来越高。我国在修复领域方兴未艾，修复技术、装备水平虽与国际先进水平有一定差距，近年大量场地修复经验与应用实践，国内修复领域已具有国际竞争力。

着眼于战略与长远发展需求，本场地修复将可接受风险水平取值 10^{-6} ，与美国等西方发达国家水平相当。从修复可达性，民情需求等方面考虑，该取值合情合理，能够满足环境、社会与经济相容性。

另从国内修复领域的国家与地方政策出发，国务院印发的《土壤污染防治行动计划》（简称“土十条”）对于土壤污染重点风险管控。由于我国幅员辽阔，全国土壤背景元素差异性大，因此全国各省市陆续分别制定了本省市的风险评价筛选值，以确定各地修复相关标准。具有代表性的是北京的《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）、广东的《土壤重金属风险评价筛选值 珠江三角洲》（DB44/T1415-2014）、湖南的《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T1165-2016）等。

- (1) 以土壤和地下水风险控制值为基础。
- (2) 项目区域污染物土壤和地下水背景含量水平。如果风险控制值低于背景值，修复建议目标可依据背景含量水平确定。
- (3) 我国现已颁布的相关环境质量标准数值。如果风险控制值低于相关环境标准，修复建议目标可依据相关环境标准值确定。
- (4) 其他因素。如污染物检测仪器检出水平、污染物对生态环境影响等。

3、修复对象

根据已备案风险评估报告，本次修复技术方案的修复介质为土壤和地下水。

3.2 场地修复目标

(1) 土壤修复目标值

常丰农化土壤中关注的目标污染物包括：1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类等，修复目标值如下表所示。

表 3-1 常丰农化土壤目标污染物风险控制值

污染物	风险控制值 (单位: mg/kg)
双(2-氯乙基)醚	0.21
1,2-二氯乙烷	0.041
2,6-二氯苯酚	12.87
2,4,6-三氯苯酚	10.66
2,4-二氯苯酚	37.45
苯并(a)蒽	0.64
苯并(a)芘	0.06
苯并(b)荧蒽	0.64
茚并(1,2,3-cd)芘	0.64
2-氯苯酚	45.63
石油类	5000

(2) 地下水修复目标值

地下水中关注的目标污染物包括：1,2-二氯乙烷、2,4,6-三氯苯酚、石油类、2-硝基丙烷、反-1,4-二氯-2-丁烯、氯乙烯等，修复目标值如下表所示。

表 3-2 常丰地下水目标污染物风险控制值

污染物	风险控制值 (单位: $\mu\text{g/L}$)
1,2-二氯乙烷	30.29
1,2-二溴乙烷	8.08
2-硝基丙烷	2.65
2,4,6-三氯苯酚	67491.56
反式-1,4-二氯-2-丁烯	1.44
氯乙烯	2.06
石油类	600

3.3 场地修复工程量

3.3.1 污染土壤修复工程量

经过初步估算,土壤治理深度定为 7m,需要修复的面积共 9678.3m²,修复量为 50260m³,约 97003t。污染土壤修复范围详见下图。

表 3-3 土壤污染范围

		周长 (m)	面积 (m ²)	土方量 (m ³)
土壤	I	347.93	6931.94	36767
	II	129.51	665.51	4662
	III	65.79	331.86	664
	IV	162.11	1748.99	8167
	合计	705.34	9678.3	50260

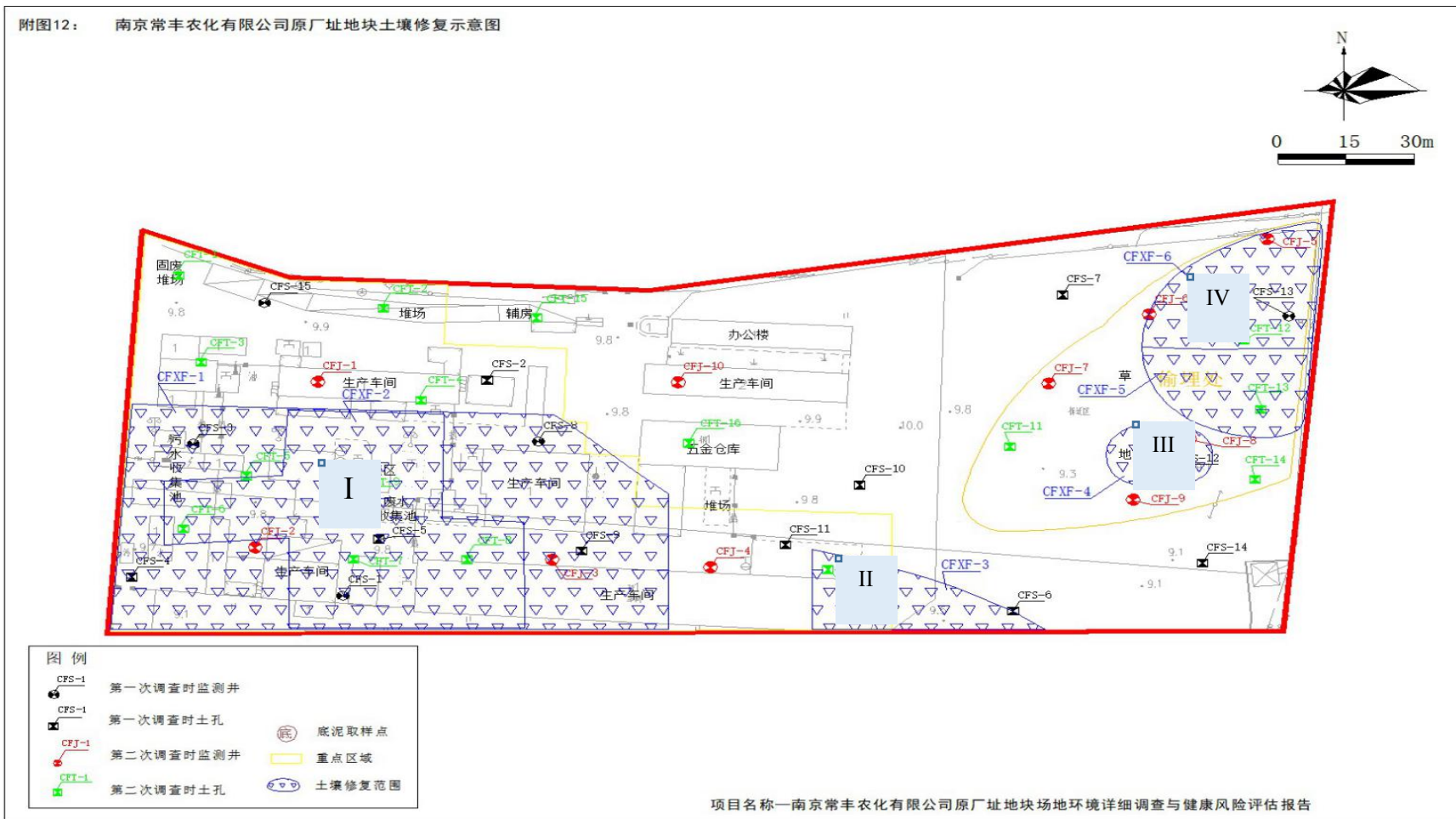


图 3-1 土壤修复示意图

3.3.2 污染地下水修复工程量

经过初步估算，地下水治理深度暂定为 7m，需要修复的面积约为 13650m²，修复深度 0-7m，体积为 53665m³。污染地下水修复范围详见下图。

附图13： 南京常丰农化有限公司原厂址地块地下水修复示意图

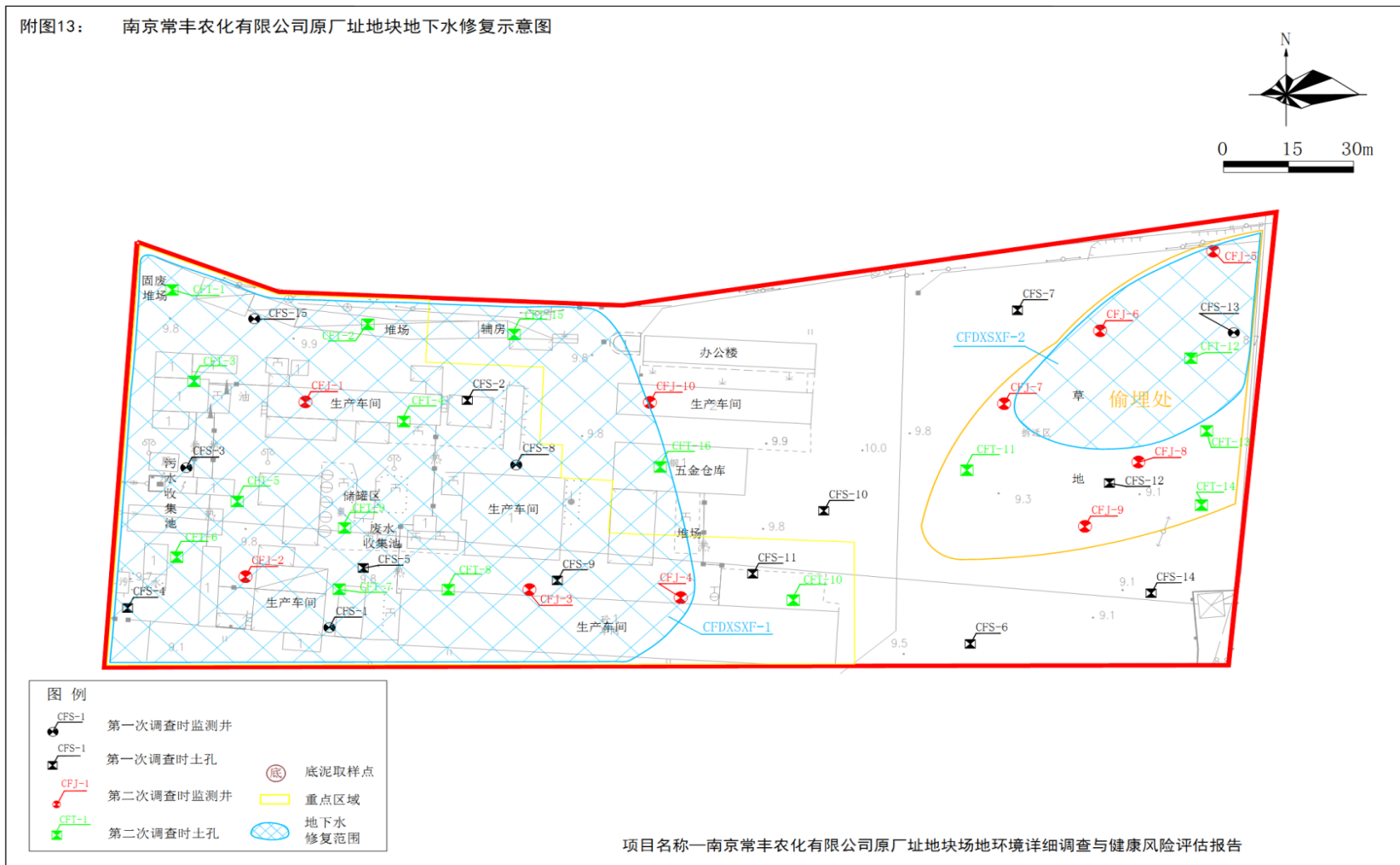


图 3-2 地下水修复示意图

3.3.3 拆除建筑垃圾处置工程量

根据现场踏勘以及业主告知，生产厂房内壁的表层已经完成冲刷，刮下或剥落，根据施工需要与进度安排，可以开展建构物拆除与处置。建筑物主要分布在场西（见图 2.5），初步估算拆除建筑垃圾工程量，见下表。

表 3-6 建筑垃圾处置工程量一览

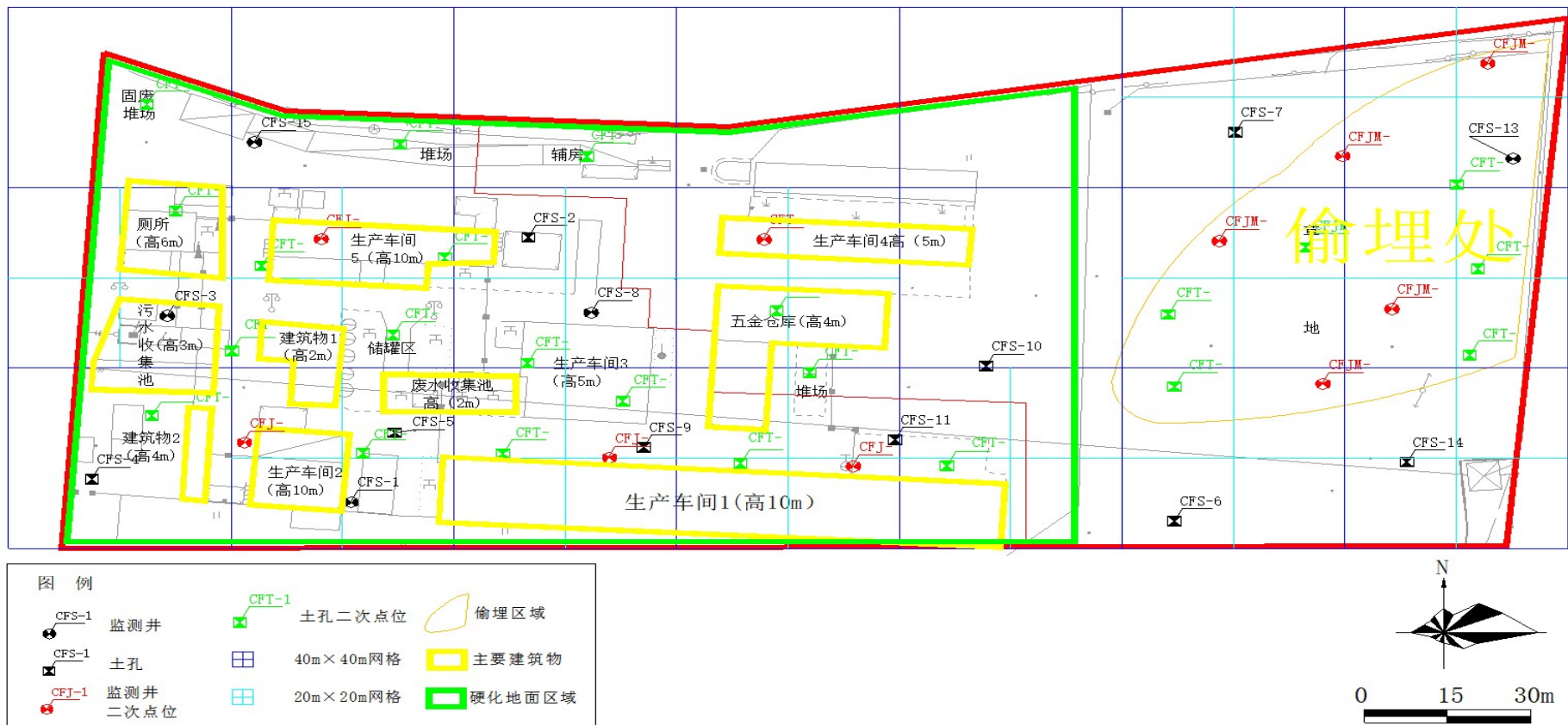
建筑物	长度 (m)	高度 (m)	面积	工程量 (m ³)
生产车间 1	230.66	10	1440.34	2952.69
生产车间 2	67	10	280.85	575.74
生产车间 3	87.78	5	480.63	696.91
生产车间 4	105.74	5	358.17	519.34
生产车间 5	105.6	10	460.81	944.66
建筑物 1	64.12	2	195.6	195.6
建筑物 2	49.22	4	84.54	101.44
废水收集池	63.83	2	193.45	193.45
厕所	75.1	6	350.47	508.18
污水收集池	80	3	407.67	194.30
五金仓库	123.79	4	566.65	679.99
整场硬化地面（去除建筑区域）	-	0.3	12078.92	3623.67
合计				11186

建筑物需配合施工要求和工期安排，组织利旧或拆除。

(1) 门卫室，项目部，临时道路等在施工阶段保留使用，修复工程完成后，依业主要求或者合同约定，确定是否保留或拆除。

(2) 与修复区域重叠的生产车间，废水处理设施，区域内的道路，硬化地面，地下构筑物等需在施工准备阶段进行拆除。

(3) 厂区内未污染的堆场，辅房，其他库房，道路，硬化地面等需依业主要求或者合同约定，确定是否保留或拆除。



3.3.4 地表污水处理工程量

现场尚余 4 处污水收集点，合计 7 个水池（如下图所示），涉及到厂区原污水收集池（场地西侧），厂区固废暂存区以东的集水池（场地西北部，原污水处理区污水反应池（场地西南部），以及场地中部储罐区以南的废水收集池，遗留污水量暂按 500m³ 计（每个池子尺寸平均暂按 5m×5m×3m）。



	<p>场地西部污水收集池 3 个，埋地式</p>
	<p>场地西北部集水池 1 个，埋地式</p>
	<p>场地西南部污水反应池，2 个，埋地式</p>



图 3-4 场地遗留水池实况

3.4 场地修复模式选择

污染场地修复工程可考虑的基本修复模式主要包括三种：原位修复、原地异位修复、异位修复。

3.4.1 原位修复

原位修复是指对场地内污染土壤不进行挖掘或清理，采用物化或生物方法直接对地下环境中的土壤有机污染物进行处理，或采用物理方法对污染区域进行隔离工程处理。修复工程基本在场地范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后都不离开场地，可有效避免污染土壤挖掘、转移处理可能造成的二次污染。

3.4.2 原地异位修复

原地异位修复是指将场地污染土壤进行挖掘清理，在场地范围内完成对土壤中污染物的处理，并尽可能在场地内资源化利用。修复工程基本在场地范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后可以不离开场地，可有效避免污染土壤转移处理可能造成的二次污染。

3.4.3 异位修复

异位修复是指将场地内污染土壤进行挖掘清理后，运至场地外的专门场所处理处置。与原位或原地处理相比，因涉及污染土壤的挖掘清理、运输、异地堆置和处理，容易造成二次污染，必须在污染土壤转运、存放、处理、处置的全过程进行严格监督，对管理上的要求较高。

3.4.4 修复模式的比选

(1) 污染土壤

污染场地修复工程可考虑的基本修复模式主要包括三种：原位处理、原地异位处理、异地处理或处置。3种修复模式的主要因素比较及利弊分析见下表。

表 3.4-1 三种修复模式的影响因素分析

因素	原位处理	原地异位	异地处理处置
场地清理时间	—	较短	较短
场地清理风险	较低	较高	较高
对客土的需求	不需要	—	可能需要

运输成本	—	低	高
运输过程风险	—	低	高
堆置成本	—	低	高
堆置过程风险	—	低	高
土壤修复成本	较低	高	高或较高
土壤修复时间	根据修复方式不同	较短	较短
工程实施风险	较大	较小	较小
工程成本	中	中	中

根据现场踏勘，当前场地在未开挖的条件下仍有明显异味，异位处理过程势必会造成污染土壤的大规模扰动，增加场地及其周围环境二次污染的风险，场地紧邻滁河，本场地需修复的区块基本都位于场地南部，边界外就是滁河，场地浅层滞水稳定水位约为地表以下 2m，污染土清挖对基坑安全围护的要求高，基坑防渗，防溃，防涌压力大。该场地修复后规划为混合居住用地，对修复效果要求高。通过对场地污染土壤的 3 种修复模式从修复时间、风险、成本等各方面进行了综合的比较与分析。

综上，本场地采用原位处理模式对污染土壤进行修复。

(2) 污染地下水

结合地下水风险超标范围、场地周边环境、地块开发建设、施工条件等因素，污染地下水采用异位与原位相结合的模式，修复完成符合纳管标准后通过污水管网排入污水处理厂处理。

(3) 建设阻隔墙

为了防止场地内外的交叉污染，影响污染土壤的原位修复、地下水的抽出、原位氧化处理过程，在污染区域建设阻隔墙。同时保护场地南侧的滁河。

(4) 拆除建筑垃圾的处理

建筑垃圾根据不同的类型，分别采取不同的处理方法。

(5) 地表污水处理

根据废水水质情况，处理达到污水处理厂接管标准即可。

4 场地修复技术筛选

4.1 土壤修复技术筛选

4.1.1 本场地土壤污染特点

根据《南京常丰农化有限公司原厂址场地环境调查风险评估报告》，本项目的土壤中污染物以有机污染物为主，土壤中 1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类的浓度超过风险控制目标。经过初步估算土壤修复量为 50260m³，约 97003t。常丰农化高浓度污染土壤主要位于地块西南部，中轻度污染土壤位于场地东部。在水文地质条件方面，常丰农化地块土层包含 4 层，分别为杂填土、粉质粘土、淤泥质粉质粘土、强风化泥质砂岩，地下水渗透性较差。

4.1.2 土壤修复技术比选

本场地采用原位处理模式对污染土壤进行修复。

4.1.2.1 原位热脱附技术

原位热脱附技术的原理是通过加热提高污染区域的温度，改变污染物的物化性质（蒸汽压及溶解度增加，粘度、表面张力、亨利系数及土水分配系数减小），增加了气相或者液相中污染物的浓度，提高液相抽出或土壤气相抽提对污染的回收率。

原位热脱附技术主要适用于土壤和地下水中挥发性、半挥发性有机污染物及挥发性的无机物如 Hg、As 以及 Se 的去除（某些非挥发性的污染物也能通过共沸蒸馏的方式去除）。污染物的去除机理主要包括促进挥发和蒸发、蒸汽蒸馏、促溶与促迁作用，少数情况下存在氧化及热解。

原位热脱附修复技术耗时相对较短、可同时处理多种污染物以及对低渗透污染区及非均质污染区域具有较强的适用性等优点；同时也存在着处理成本较高、安全隐患等一系列缺点而限制其大规模的使用。

近年来，原位热脱附技术在国外得到了快速的发展以及广泛的应用，已经被成功的应用于修复土壤及地下中的氯代溶剂类、石油烃类、苯系物类、无机汞以及持久性有机污染物（POPs）等不同污染物。

原位热脱附技术，按照加热方式可分为：蒸汽加热（Steam Enhanced Extraction, SEE）、电阻加热（Electrical Resistive Heating, ERH）、热传导加热（Thermal Conductive Heating, TCH）和电磁波加热（Radio Frequency Heating, RFH）等。

下文简要介绍蒸汽强化抽提技术和电阻加热技术以及热传导加热。

蒸汽强化抽提技术通过将水蒸气或者热空气注入污染区域，热量通过对流的方式传递，其概念模型如下如所示。通过布置在污染区域的蒸汽或空气注射井向土壤中导入气流，气流经过污染区域时，污染区域温度升高，挥发性和半挥发性的有机物挥发，随注入的空气或蒸汽进入真空抽提井得以去除，最终实现污染物的清除。

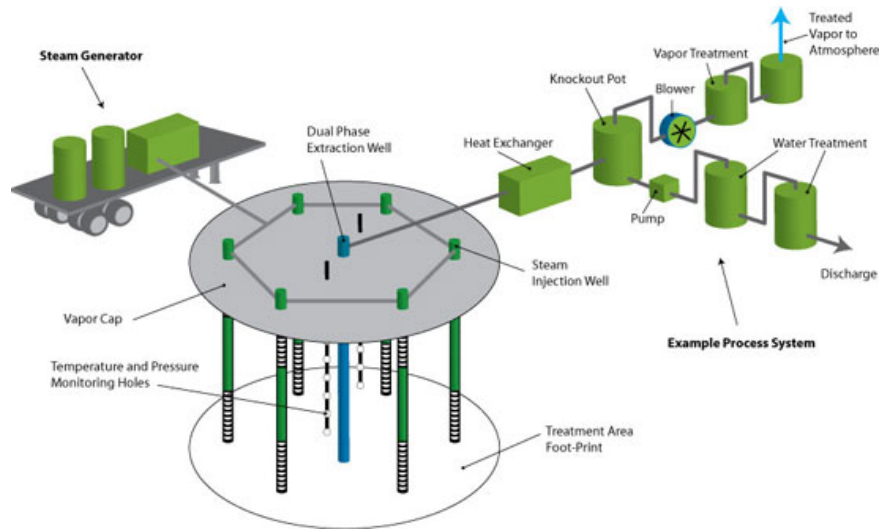


图 4-3 原位蒸汽强化抽提技术示意图

电阻加热技术是将电极直接安装在污染区域，电流经过饱和层或非饱和层介质时产生的热量，加热通路上的水分和土壤，以此提高地下温度。在这个过程中污染区域空隙中的水分起到传导电流的作用，一般可将污染区域温度提高至水的沸点。电阻加热系统整体主要包括电力控制设施、电极、蒸汽（废气）回收设施和回收处理系统等。此技术一般采用六相或者三相电极加热，使土壤和地下水中挥发性和半挥发性污染物变成气体，再利用气相抽提井对废气进行真空抽提、收集和处理。

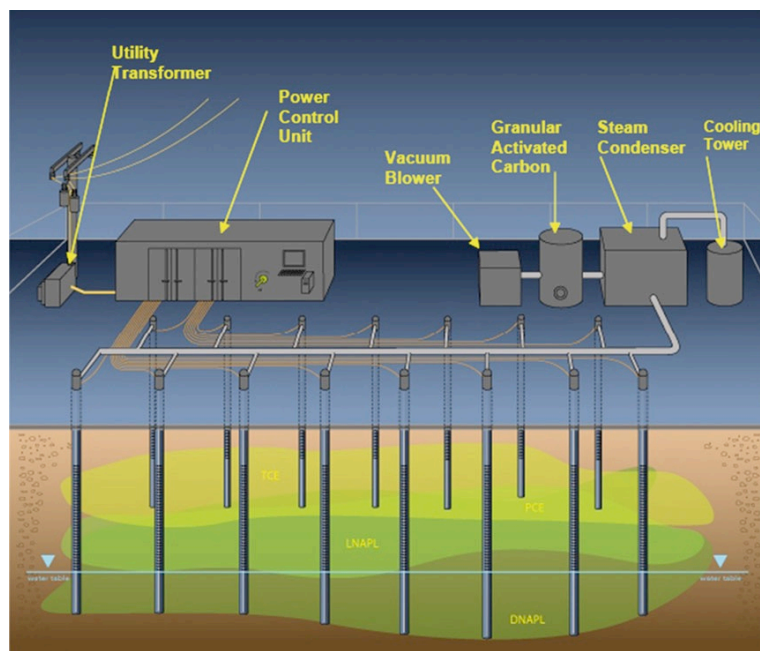


图 4-4 原位电阻加热技术示意图

热传导热脱附技术（Thermal-Conduction-Heating, TCH）是通过加热井，将热量以热传导的形式传递给土壤。加热井内部的热量来源可以是电流通过其内部的电阻元件产生的热量，也可以是丙烷或者天然气燃烧之后产生的高温热气，目前，后者发展较为成熟，如燃气热脱附技术在世界范围内已成为非常成熟的原位热脱附技术，并且在我国已有两个成功应用的工程案例。TCH 技术可以使土壤温度达到 500°C 以上。

4.1.2.3 水泥窑协同处置技术

水泥窑协同处置技术原理：利用水泥回转窑内的高温、气体长时间停留、热容量大、热稳定性好、碱性环境、无废渣排放等特点，在生产水泥熟料的同时，焚烧固化处理污染土壤。有机物污染土壤从窑尾烟气室进入水泥回转窑，窑内气相温度最高可达 1800°C，物料温度约为 1450°C，在水泥窑的高温条件下，污染土壤中的有机污染物转化为无机化合物，高温气流与高细度、高浓度、高吸附性、高均匀性分布的碱性物料（CaO、CaCO₃ 等）充分接触，有效地抑制酸性物质的排放，使得硫和氯等转化成无机盐类固定下来；重金属污染土壤从生料配料系统进入水泥窑，使重金属固定在水泥熟料中。

该技术可处理的污染物类型包括有机污染物及重金属。水泥窑协同处置技术的应用限制条件为：不宜用于汞、砷、铅等重金属污染较重的土壤；由于水泥生产对进料中氯、硫等元素的含量有限值要求，在使用该技术时需慎重确定污染土的添加量。

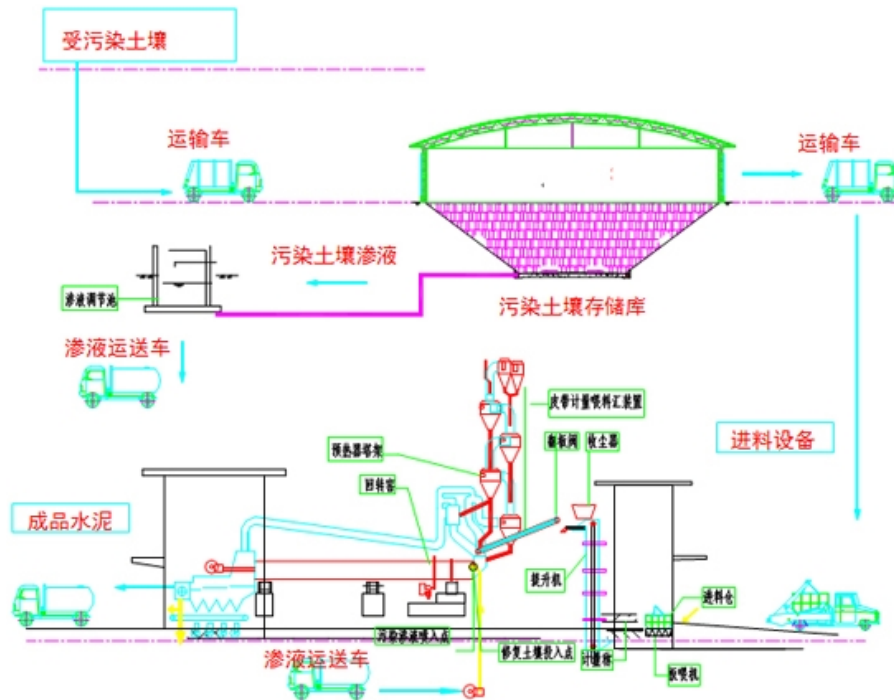


图 4-5 水泥窑协同处置技术示意图

4.1.2.4 原位化学氧化技术

化学氧化技术是指向污染土壤/地下水中添加氧化剂，通过氧化作用，使土壤/地下水中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质。常见的氧化剂包括高锰酸盐、过氧化氢、芬顿试剂、过硫酸盐和臭氧。该技术可用于原位及异位修复，原位修复即原位将氧化剂注入土壤/地下水的污染区域进行修复，异位修复则开挖污染土壤转运至异位进行修复。

化学氧化技术可处理的污染物类型包括：石油烃、BTEX（苯、甲苯、乙苯、二甲苯）、酚类、MTBE（甲基叔丁基醚）、含氯有机溶剂、多环芳烃、农药等大部分有机物。

原位化学氧化具有所需周期短、见效快、成本低和效果好等优点。

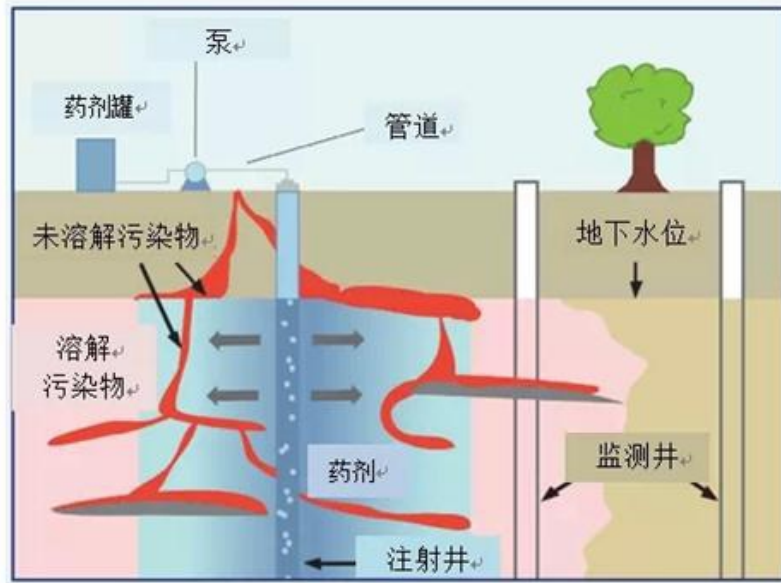


图 4-6 原位化学氧化技术示意图

根据本场地污染物修复目标要求，从技术适用性、时间条件、可操作性、技术成熟性、经济性方面对各技术进行对比分析，评估技术对本场地污染土壤处理的适用性，筛选出基本满足本项目污染土壤修复目标要求的污染修复技术。该项目的污染土壤修复技术筛选矩阵见下表。

表 4.1 修复技术筛选矩阵

No.	技术名称	技术简介	应用参考因素			应用的适应性	应用的局限性	结论
			成熟性	时间条件	资金水平			
1	水泥窑协同处置技术	和水泥生料一起进入回转窑，利用水泥回转窑内的高温、气体长时间停留、热容量大、热稳定性好的特点，在生产水泥熟料的同时，焚烧固化处理污染土壤。	技术国内较成熟/有工程案例	受水泥品质限制，土壤添加配比较低	高	(1) 污染物去除效率较高； (2) 适用于重金属、有机污染土壤； (3) 污染土壤直接转化为水泥熟料，不需要后续处置。	(1) 不适用于汞、砷、铅污染土壤； (2) 受限土壤于土壤中氯、硫等元素含量，投加比较低，处理时间长； (3) 需要考虑外运风险。	不建议使用
2	原位化学氧化技术	通过在地层中建立扩散井，将化学氧化剂注入土壤中，目标是将污染物质氧化成二氧化碳和水，或转化为低毒、稳定的化合物。常用的氧化剂有含催化剂的过氧化氢类物质、高锰酸钾、臭氧、过硫酸钠等。要对污染区域进行封闭或对人类活动有限制。要定时对场地进行监测。	技术成熟/国内可能有应用	需要时间较短，如1个星期到10个月。	中等	对于特高浓度、难生物降解的包括六六六、DDT等有机污染物比较有效和经济。	(1) 氧化剂的氧化能力强，但是使用不当会带来安全隐患； (2) 渗透率低的土壤如粉粘土，不宜采用化学氧化修复，氧化剂溶液因无法渗透与接触污染物，难完全去除土壤的污染物。	建议采用
3	原位热脱附技术	通过加热提高污染区域的温度，改变污染物的物化性质（蒸汽压及溶解度增加，粘度、表面张力、亨利系数及土水分配系数减小），增加了气相或者液相中污染物的浓度，提高液相抽出或土壤气相抽提对污染的回收率。	技术成熟/国内报道较少，有应用案例	需要时间中等，如6~12个月	较高	比较适用于受场地条件限制无法开挖区域的有机污染土壤处理	能耗较高。	建议采用

据对 4 种主要污染土壤修复技术的适用性对比分析，结论如下：

原位化学氧化技术原位化学氧化具有所需周期短、见效快、成本低和效果好等优点，可作为本项目污染土壤处理的备选技术。

水泥窑协同处置处理彻底，但需满足入窑的要求，且具有水泥窑协同处置能力，能够处理污染土壤的水泥厂不多，不作为备选技术。

原位热脱附可有效处理挥发性有机污染土壤，可有效控制二次污染，技术成熟，可作为本项目污染土壤处理的备选技术。

根据对比分析，**原位热脱附技术和原位化学氧化技术可处理本项目有机污染土壤，作为备选技术进行进一步综合评估。**

4.1.3 技术综合筛选

对污染场地修复技术进行筛选需要考虑的因素众多，要全面、准确地评价修复技术适用性，不可能仅通过单一指标实现，需要使用多个相互关系、相互作用的评价指标。在筛选确定修复技术前首先要构建修复技术筛选指标体系。根据修复技术筛选原则，结合本项目特点和要求，根据技术筛选综合对比，原位化学氧化技术和原位热脱附技术，比较适用于本项目有机污染土壤的修复。本项目有机污染土壤的目标污染物为 1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类等，挥发性大，且沸点较低，两种技术均可有效处理。

根据**现场踏勘**以及该场地对修复效果要求高，为有效达到本项目有机污染土壤修复目标要求，同时确保施工安全，环境安全，兼顾该场地后期的规划，本方案拟**推荐采用原位热脱附技术+原位化学氧化技术两种技术协同**作为该场地污染土壤的修复技术。

。

4.1.4 技术可行性评估

4.1.4.1 同类案例调查结果

(1) 苏州某化工厂项目

苏州某化工厂项目，为有机污染土壤修复项目，项目的主要污染物为甲基丙烯酸甲酯，中标单位通过原位热脱附技术，对约 2.4 万 m³ 的污染土壤进行修复。

所采用的原位热脱附技术，系统构成主要包括：配电系统、电极加热系统、水循环系统、多相抽提及处理系统、监测系统。

通过在饱和层和非饱和层布置电极，连通电流加热土壤，同时向电极注水以形成蒸汽，以传导和对流的形式传递热量，使土体整体均匀升温，污染物蒸汽压升高，粘性降低，挥发性增强，从而土壤中迅速脱附，进入土壤气体或水体，且蒸汽的发生增加了土体的渗透性，使污染物的动态脱附效率增大，再经由多相抽提系统从土体中去除。耦合了以上因素，能够修复 VOC、SVOC 以及长链碳氢化合物。

(2) 美国加利福尼亚南部某木制品化工厂场地修复项目

在美国加利福尼亚南部，一个大型的木制品化工厂由于在加工生产过程中使用大量有机化合物，对工厂周边的土壤和地下水造成严重的污染。在 1984 年，该工厂采用常规的抽提井和气体处理设备对该地区土壤和地下水进行环境修复。然而，经过 10 多年的努力，修复效果并未达到预期的效果。

在 1997 年，针对该地区有机化合物的持续性污染，该工厂采用原位热脱附中的蒸汽热脱附技术(SEE)进行修复。该修复工程根据该地区实际情况，施工设计了 14 口蒸汽注射井，注射井环绕着污染区进行分布建设。通过注射井将热蒸汽打入地下 80-100 feet 深的土壤环境中，进行原位热脱附处理。热蒸汽进入深层土壤之后，对土壤中的有机污染汽化处理，并在蒸汽推动下将气态的污染物集中在抽提井口，进行收集后统一处理。

在蒸汽热脱附修复工程运行前期阶段，经监测，每天大约 13,000 种有机污染物由抽提井收集后并处理。经过大约 3 年的修复后，抽提井每天收集的有机污染物降至 4 种以下。

监测数据表明，大部分有机污染物已经被除去和处理，整个修复工作接近结束，蒸汽注射井开始停止运行。修复后期，为了彻底治理土壤中有机污染物，保证环境修复的质量，抽提井和尾气处理设备在未来几年又继续运行，直到 2004 年整个地区的修复工程彻底完成。在整个蒸汽热脱附修复工程过程中，

大约有 1.3×10^6 lb 的有机污染物被除去和处理，修复后的地下水达到饮用水标准。对相关技术进行评估后，采用蒸汽热脱附技术相比于其他原位修复技术处理时间由 120 年降至 20 年，缩短为原来时间 1/6。

4.1.4.2 技术可行性评估

根据本场地存在大面积有机化合物、石油烃等挥发性有机污染的实际情况，在调研国内外土壤修复技术的基础上，采用土壤修复技术选择矩阵的方法，针对本项目具有较好适用性的污染土壤修复技术的优缺点和可行性进行了分析，并在此基础上筛选并推荐适合本场地的修复技术。

根据分析和评估，并结合本项目特点，原位热脱附技术和原位化学氧化技术，对本项目的目标污染物：1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类等，均可有效处理。

综上所述，本项目土壤修复采用**原位热脱附技术+原位化学氧化技术两种技术协同**作为该场地污染土壤的修复技术。对少量无法采用热脱附和化学氧化处理的污染土壤，密封包装后送至有资质单位进行焚烧等处理处置。

4.2 地下水修复技术筛选

4.2.1 本场地地下水污染特点

根据《南京常丰农化有限公司原厂址场地环境调查风险评估报告》，本项目的地下水中 1,2-二氯乙烷、2,4,6-三氯苯酚、石油类、2-硝基丙烷、反-1,4-二氯-2-丁烯、氯乙烯的浓度超过风险控制目标。据初步估算，地下水需要修复的面积约为 13650m²，体积为 53665m³。

通过地质勘察，常丰农药地块含水层分布较为均一，厚度在 7 米左右。场地内地下水埋深普遍 1~2 米，地下水流动受地形和底部泥质砂岩分布控制。场地内含水层渗透性较差，根据室内土工试验，粉质粘土渗透性最大为 3.32E-06cm/s，部分区域粉质粘土夹粉土渗透性相对较好，但分布有限。

常丰农药地块地下水总体流动方向为自北向南流动，最终排向滁河。但受滁河水位影响，丰水季节滁河水补给地下水。

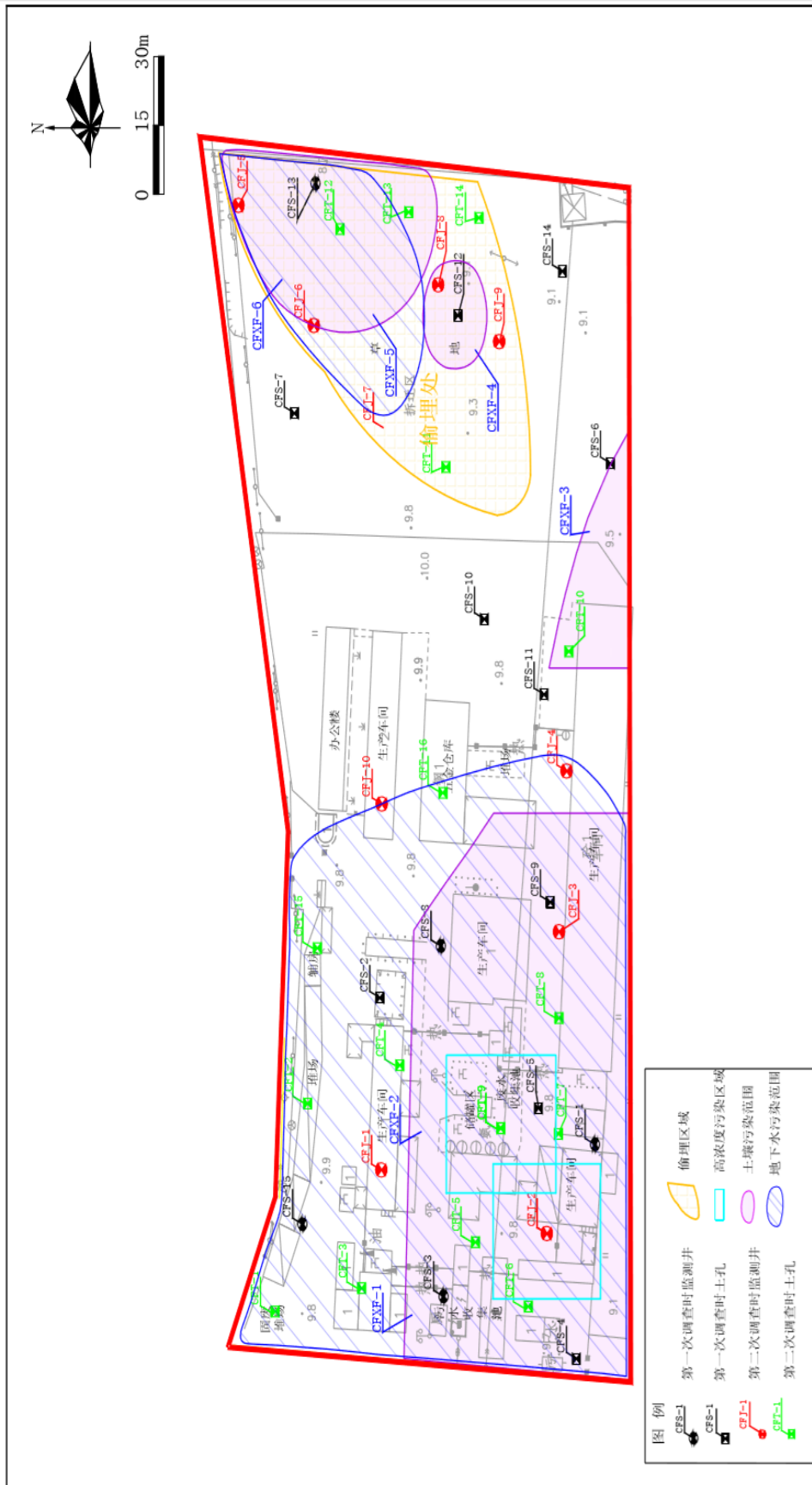


图 4-7 场地地下水污染分布图

4.2.2 地下水修复技术比选

结合污染场地污染特征、地下水特性，从技术成熟度、适合的目标污染物和地下水类型、修复的效果、时间和成本等方面分析，并根据现有地下水修复技术的应用情况，初步选择原位热脱附、PRB 可渗透反应墙、监测自然衰减、多相抽提等修复技术，应用于本场地污染地下水治理的技术比选。

4.2.2.1 原位化学氧化

通过向地下水污染区域注入氧化剂，使地下水中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质。常见的氧化剂包括高锰酸盐、过氧化氢、芬顿试剂、过硫酸盐和臭氧。

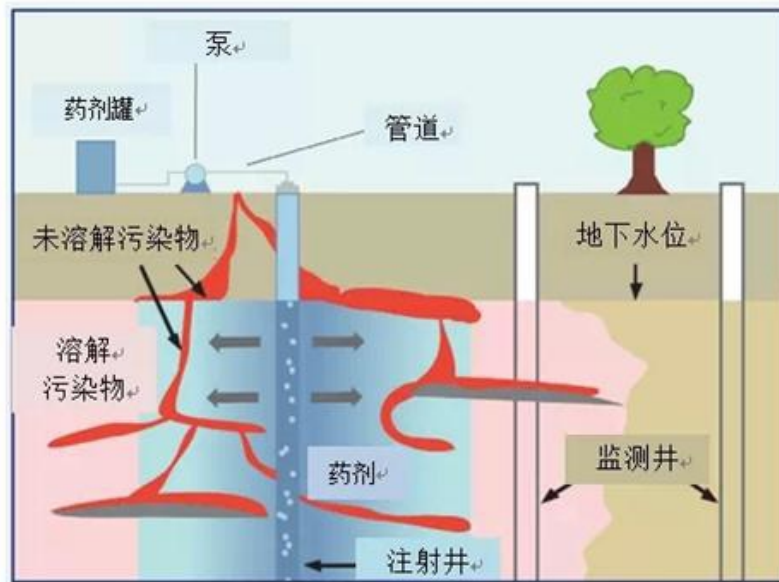


图 4-8 原位化学氧化技术示意图

4.2.2.2 PRB 可渗透反应墙技术

PRB 技术是在地下安装透水的活性材料墙体拦截污染物羽状体，当污染羽状体通过反应墙时，污染物在可渗透反应墙内发生沉淀、吸附、氧化还原、生物降解等作用得以去除或转化，从而实现净化地下水的目的。

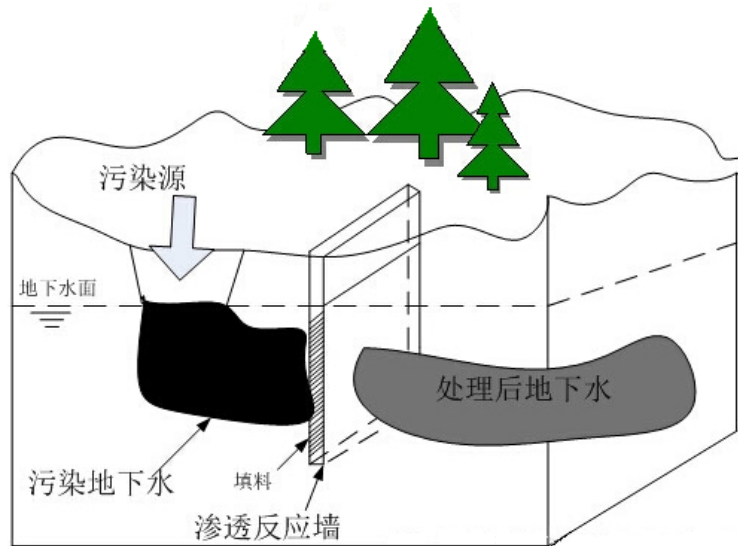


图 4-9PRB 可渗透反应墙技术示意图

4.2.2.3 监测自然衰减技术

通过实施有计划的监控策略，依据场地自然发生的物理、化学及生物作用，包含生物降解、扩散、吸附、稀释、挥发、放射性衰减以及化学性或生物性稳定等，使得地下水和土壤中污染物的数量、毒性、移动性降低到风险可接受水平。

通过对地下水进行监测，以确定在合理的时间范围内自然衰减的速度满足达到保护敏感受体和修复场地的目的。该技术常与其他修复技术联用，作为其他修复技术的辅助。

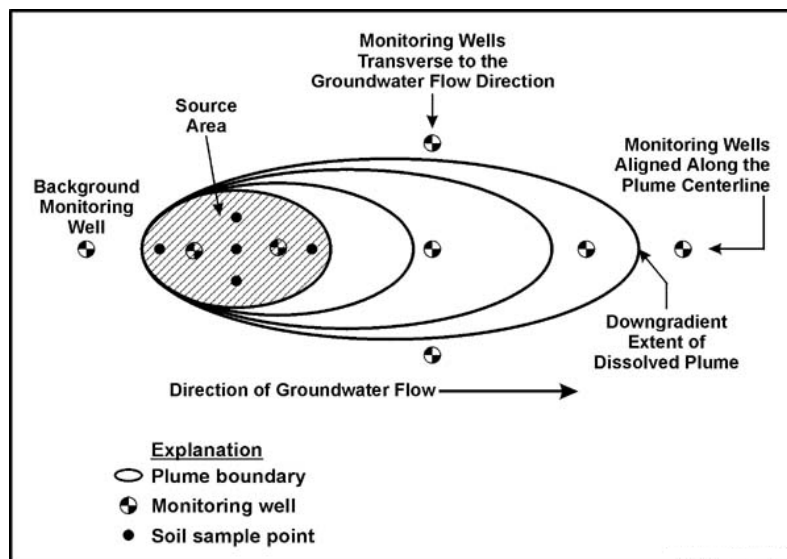


图 4-10 监测自然衰减技术示意图

4.2.2.4 抽出处理技术

根据地下水污染范围，在污染场地布设一定数量的抽水井，通过水泵和水

并将污染地下水抽取上来，然后利用地面设备处理；处理后的地下水，排入地表径流、回灌到地下或用于当地供水。

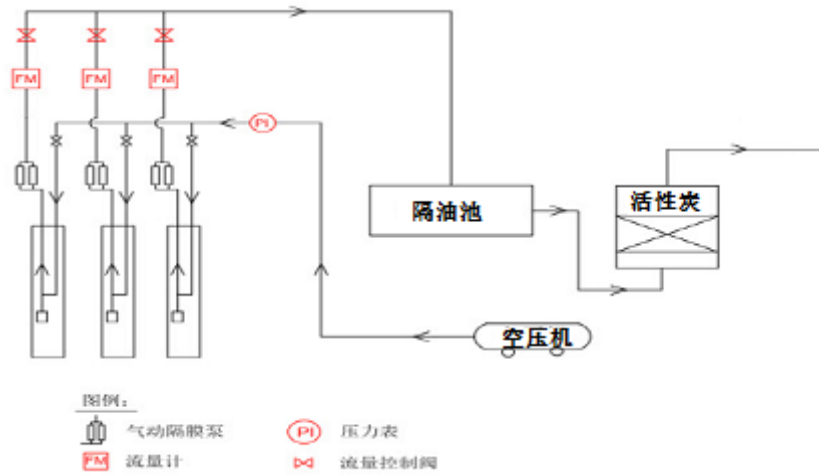


图 4-11 抽出处理技术示意图

根据本场地地下水污染修复目标要求，从技术有效性、时间条件、可操作性、技术成熟性、经济性方面对各技术进行对比分析，评估技术对本场地地下水污染处理的适用性，筛选出基本满足本项目修复目标要求的地下水污染修复技术。

表 4.1 修复技术筛选矩阵

No.	技术名称	技术简介	应用参考因素			应用的适应性	应用的局限性	结论
			成熟性	时间条件	资金水平			
1	原位化学氧化技术	通过向地下水污染区域注入氧化剂，使地下水中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质。	技术成熟/有应用案例	需要时间中等，如3~24个月	较高	化学氧化可以处理石油烃、BTEX(苯、甲苯、乙苯、二甲苯)、酚类、MTBE(甲基叔丁基醚)、含氯有机溶剂、多环芳烃、农药等大部分有机物。	在渗透性较差的区域(如粘土)，药剂传输速率可能较慢;化学氧化过程可能会发生产热、产气等不利影响。同时，化学氧化反应受pH值影响较大。	建议采用
2	可渗透反应墙技术	可渗透反应屏障（PRB）被安装在污染羽的下游，使污染物随地下水流通过墙体。反应屏障通过其内装填介质（零价铁、螯合剂、吸附剂、微生物或其他物质）阻碍污染物的迁移，使其被吸附或降解，以降解地下水中污染物的浓度。	技术国内较成熟/有工程案例	通常需持续监测2年以上，墙体可持续使用5-10年	中等	（1）工程设施较简单，可一次完成，后期运转及维护费用较低；反应介质消耗较慢，具备几年甚至几十年的处理能力（2）没有地标设备，地表面积占用少；（3）对多种污染类型都有效；（4）可控制污染晕的扩散。	工程设施投资较大，工程措施较复杂；难以保证拦截所有污染物；渗透反应墙填料需要适时更换；需要对地下水的pH等进行控制；深度限制在3-12m；可能存在二次污染。	不建议采用
3	监测自然衰减技术	通过实施有计划的监控策略，依据场地自然发生的物理、化学及生物作用，包含生物降解、扩散、吸附、稀释、挥发、放射性衰减以及化学性或生物性稳定等，使得地下水和土壤中污染物的数量、毒性、移动性降低到风险可接受水平。	技术国内较成熟/应用较为普遍	较长	低	费用低于其他技术；不产生二次污染，对生态环境干扰小；适用于污染程度较低、污染物自然衰减能力较强的区域。	（1）容易生成残留物阻渗水孔使得反应率下降，需定时更换；（2）虽然可以提高反应媒介的适应性，但是更换也带来了额外费用和二次污染的可能性（残留物处理）。	不建议采用

No.	技术名称	技术简介	应用参考因素			应用的适应性	应用的局限性	结论
			成熟性	时间条件	资金水平			
4	抽出处理技术	采用水泵将污染地下水从蓄水层抽出来，然后在地面进行处理净化，使溶于水中的污染物得以去除。	应用最广泛、成熟度最高的技术之一	数年到数十年	较高	适用范围广；对于污染范围大、污染羽埋藏深的污染场地治理具有优势；系统运行初期的污染物去除率较高；设备简单易于安装。	修复周期较长；非水相液体难以清除干净；若不去除污染源，停止抽水时，拖尾和反弹现象严重；需要持续的能量供给和系统维护。	建议采用

根据对 4 种主要的地下水污染修复技术的适用性对比分析，结论如下：

原位化学氧化技术，适用于处理石油烃、含氯有机溶剂、多环芳烃等大部分有机物污染地下水体的修复。且处理工艺成熟，操作方便，可作为本项目污染地下水处理的备选技术。

可渗透反应墙技术，工程设施投资较大，工程措施较复杂，难以保证拦截所有污染物，渗透反应墙填料需要适时更换，且需要对地下水的 pH 等进行控制，可能存在二次污染。不选为备选技术。

监测自然衰减技术容易生成残留物阻渗水孔使得反应率下降，需定时更换；虽然可以提高反应媒介的适应性，但是更换也带来了额外费用和二次污染的可能性（残留物处理），不选为备选技术。

抽出提处理技术，适用范围广，对于污染范围大、污染羽埋藏深的污染场地治理具有优势，系统运行初期的污染物去除率较高，设备简单易于安装。该项目的地下水污染范围大，污染地下水层厚度较为均一，为 7m 左右，适用于该技术的应用。抽出提处理技术选为备选方案。

根据对比分析，**原位化学氧化和抽出提处理技术**，可处理本项目污染地下水，作为备选技术进行进一步综合评估。

4.2.3 技术综合筛选

原位化学氧化和抽出处理技术均适用于本项目污染地下水的治理。本项目污染地下水的目标污染物为 1,2-二氯乙烷、2,4,6-三氯苯酚、石油类、2-硝基丙烷、反-1,4-二氯-2-丁烯、氯乙烯，沸点低，挥发性大，且浓度不大，两种技术均可有效处理。同时，两种技术的设备和操作均较简便，处理过程不易产生二次污染。

本方案中地下水的修复采用抽出-处理为主，原位化学氧化为辅的技术。化学氧化技术可加快地下水向土壤孔隙中流动，促进地下水的抽出过程；抽出-处理促进注射的氧化药剂向污染区域流动，促进氧化药剂与污染物反应。

4.2.4 技术可行性评估

4.2.4.1 同类案例调查结果

(1) 某化工企业污染场地修复项目

工程背景：我国某化工企业历史上曾发生化工原料泄漏事故，场地环境调查发现厂区大面积的土壤和地下水受到了甲苯的污染，并在发生泄漏的化学品仓库下发现了明显的轻质非水相流体(LNAPL)污染物。该修复工程的工期要求为2年，修复目标为甲苯浓度降至饱和溶解度的1%以下，以便进一步开展原位修复技术。

工程规模：中试工程，227.5m³

主要污染物及污染程度：土壤和地下水中的污染物为甲苯，污染调查阶段揭露的甲苯LNAPL层厚度为7.8~64.1cm，涉及区域面积约350m²。

水文地质特征：根据现场地面以下5m内的钻孔试验结果确定场地浅层地质基本情况：0~0.9m深度为混凝土；0.9~2.0m深度以粉质粘土为主，夹杂碎石，潮湿；2.0~3.0m深度为粉质粘土，潮湿至饱水状态；3.0~5.0m深度为砂质粉土，饱水。潜水位在地下1.8~2.2m，流向为由东向西，水力梯度约为0.5%。现场粉质粘土层横向渗透系数为0.012m/天，砂质粉土层横向渗透系数为0.15m/天。

技术选择：该污染场地污染物为甲苯，是一种挥发性有机污染物，不易溶于水，且在该场地地下水中浓度已超过自身溶解度，形成了LNAPL相。该污染物特征符合多相抽提技术适用的污染物类型，因此，可选用多相抽提技术处理该污染场地。

成本分析：去除1千克LNAPL的费用约为385元。

修复效果：在25d的运行时间内，多相抽提系统从9口井中总共抽出约720升流体(LNAPL和部分受污染的地下水)，通过不同方式总共去除甲苯污染物约125kg。单个抽提井中甲苯平均去除速率约为1.75千克/小时。甲苯大部分以LNAPL形式去除。由中试运行结果可知，多相抽提装置对场地LNAPL污染物的去除有较好的效果。多相抽提系统的抽提影响半径约6.0m，系统运行过程中场地的地下水水位与系统运行前相比略有下降。由于中试工程在25天内已取得了较好的修复效果，因此，可以预期在2年内利用该技术可将该污染场地地下水中甲苯的浓度降至饱和溶解度的1%以下，即无LNAPL存在，并达到修复目标。

(2) 某农药生产场地修复项目

工程背景：某原农药生产场地，场地调查与风险评估发现场地中部分区域存在土壤或地下水污染，主要污染物为邻甲苯胺、对氯甲苯、1,2-二氯乙烷，需要进行修复。

工程规模：土壤污染量约 25000m³，地下水污染面积约 6000 m²，深度 18 m。

主要污染物及污染程度：根据场地调查数据，土壤中的主要污染物为邻甲苯胺、对氯甲苯、1,2-二氯乙烷，最大污染浓度分别为 10.6 mg/kg、36 mg/kg、8.9 mg/kg。地下水中的主要污染物为邻甲苯胺、1,2-二氯乙烷，最大污染浓度分别为 1.27 mg/kg、2 mg/kg。土壤的修复目标值为对氯甲苯 6.5 mg/kg，邻甲苯胺 0.7 mg/kg，1,2-二氯乙烷 1.7mg/kg。

技术选择：综合场地污染物特性、污染物浓度及土壤特征以及项目开发需求，选定原位化学氧化技术进行非挖掘区地下水污染治理。

成本分析：该地下水原位化学氧化处置项目的投资、运行和管理费用约 2000~2500 元/m²(深度约 18m)，约合 110~150 元/m³，其运行过程中的主要能耗为离心泵的电耗，约为 1.5 kWh/m³。

修复效果：修复后地下水中邻甲苯胺和 1,2-二氯乙烷浓度分别低于修复目标值，满足修复要求并通过环保局的修复验收。

4.2.4.2 技术可行性评估

根据本场地地下水中含有 1,2-二氯乙烷、2,4,6-三氯苯酚、石油类、2-硝基丙烷、反-1,4-二氯-2-丁烯、氯乙烯等 VOCs 的实际情况，在调研国内外地下水治理技术的基础上，采用地下水治理技术选择矩阵的方法，针对本项目具有较好适用性的污染地下水治理技术的优缺点和可行性进行了分析，并在此基础上筛选并推荐适合本场地的地下水治理技术。

根据分析和评估，本项目采用抽出-处理为主，原位化学氧化为辅的技术修复地下水。

抽出处理技术根据地下水污染范围，在污染场地布设一定数量的抽水井，通过水泵和水井将污染地下水抽取上来，然后利用地面净化设备进行地下水污染治理。通过不断地抽取污染地下水，使污染羽的范围和污染程度逐渐减小，并使含水介质中的污染物通过向水中转化而得到清除。同时，在抽取过程中，水井水位下降，在水井周围形成地下水降落漏斗，使周围地下水不断流向水

井，减少了污染扩散。

原位化学氧化技术可通过控制氧化剂的释放形式，可以使这些地球化学变化或其他感官指标的变化对直接处理区以外地方的影响减至最小。

综合考虑上述因素，**以抽出-处理技术为主、原位化学氧化技术为辅修复本场地的污染地下水。**

4.3 修复技术筛选结果

本场地土壤治理深度定为 7m，需要修复的面积共 9678.3m²，修复量为 50260m³，约 97003t。主要污染物为**有机物**。地下水治理深度暂定为 7m，需要修复的面积约为 13650m²，体积为 53665m³，主要污染物为有机物。

结合本场地土壤特征（质地、含水量、污染含量等）、场地水文地质条件、修复工期、场地规划及后期建设相关要求，推荐如下技术方案：土壤修复采用**原位热脱附技术+原位化学氧化技术**两种技术协同作为该场地污染土壤的修复技术；地下水的修复采用**抽出-处理为主，原位化学氧化为辅**的技术。对少量无法采用热脱附和化学氧化处理的污染土壤，密封包装后送至有资质单位进行焚烧等处理处置。

5 污染场地修复方案

5.1 总体技术路线

(1) 污染土壤修复

污染土壤总修复方量为 50260m³。

污染浓度低的污染区域 II、III、IV（见图 3-1）（CFXF-3、CFXF-4、CFXF-5、CFXF-6 区域）土壤,方量共 34584m³，采用原位注射化学氧化技术修复。污染浓度高的土壤污染区域 I（见图 3-1）（CFXF-1、CFXF-2 区域），方量共 36767m³,采用原位热脱附技术进行修复。

(2) 地下水修复

地下水范围与土壤修复范围重合时，地下水经热脱附的双相抽提管抽提；地下水范围不与土壤修复范围重合时，采用抽出-处理为主、原位化学氧化为辅的技术处理。抽提处的地下水进入废水处理系统，经处理后纳管排放。地下水修复总方量为 53665m³。

(2) 污染范围区域建设阻隔墙

为了防止场地内外的交叉污染，阻止周边地下水渗入原位燃气热脱附区影响土壤加热效果，影响地下水的抽出及原位氧化过程，在污染范围区域建设阻隔墙。同时保护场地南侧的滁河。

(3) 建筑垃圾处理

本项目的建筑垃圾包括原有建筑物的拆除物、水泥地坪、刮下的墙皮水泥、构筑物的拆除物（如污水收集池）等。这些建筑物均需要经过处理后才可外运处置。需要说明的是，本场地建筑物的拆除及外运处置均不在本方案设计内。

1) 原有建筑物的拆除物

此部分污染建筑垃圾经过淋洗处理后外运处置。

2) 刮下的墙皮水

此部分建筑物呈粉灰形态，可将其放置在 CFXF-1、CFXF-2 区域与污染土壤一并经过原位热脱附进行修复。

3) 污水收集池类拆除物

污水收集池中由于长年累月的存放污水，污染较严重。在处理时，应先将拆除后的构筑物进行破碎，与污染土壤一并经过原位燃气热脱附进行修复。

4) 水泥地坪

此部分分为两类：污染较严重的部分参照上述 3) 污水收集池类拆除物的方法进行处理；污染较轻的部分参照 1) 原有建筑物的拆除物的方法进行处理。

5.2 建筑垃圾处理方案

(1) 原有建筑物的拆除物

对现场污染建筑垃圾采用淋洗方式处理，并通过加入氧化还原药剂进行强化淋洗。在设计处理工艺路线时，需考虑以下关键点：

- (1) 不同污染建筑垃圾中污染物可能分布不同且不均匀；
- (2) 污染建筑垃圾硬度大，粘性小，物块大小不均；
- (3) 在淋洗过程中可能会产生污染气体，需要进行妥善防治。

针对以上关键点，拟采取如下应对措施：

- (1) 清理污染建筑垃圾时，对污染建筑垃圾进行分类，并根据污染物浓度不同的区域，增加淋洗时间和淋洗级数等。
- (2) 对大尺寸的污染建筑垃圾进入冲洗装置先清洗，减少后续处理量和废水产生量。对易于破碎的污染建筑垃圾进行充分预处理，保证后续的淋洗效果。
- (3) 在处理现场设置污染气体收集和淋洗液收集装置，防止二次污染。

淋洗技术路线工艺流程

(1) 淋洗工艺影响因素

影响淋洗效果的关键技术参数包括有：污染物性质和浓度、液固比、淋洗时间、洗脱次数、强化淋洗的特殊工艺等。

①**污染物性质和浓度**：污染物的氧化性、水溶性和迁移性直接影响洗脱特别是强化淋洗修复的效果。污染物浓度也是影响修复效果和成本的重要因素。

②**液固比**：机械筛分物料根据机械的组成情况及筛分效率选择合适的液固比。强化淋洗单元的配比可根据可行性实验和中试的结果来设置药剂配比。

③**洗脱时间**：物理分离的物料停留时间根据分级效果及处理设备的容量来确定，应根据可行性实验、中试结果以及现场运行情况选择合适的洗脱时间。

④**洗脱次数**：当一次分级或增效洗脱不能达到既定指定修复目标时，可采用多级连续洗脱或循环洗脱。

⑤**强化淋洗**：强化淋洗不同于传统淋洗的关键工艺是在淋洗液中添加了针对污染物的特效药剂。本项目针对污染物性质采用的强化药剂为氧化还原试剂。药剂的种类和剂量根据可行性实验和中试结果确定。

(2) 淋洗工艺流程

采用淋洗工艺主要包括污染建筑垃圾固体废弃物的筛分破碎、淋洗系统淋洗淋

洗液的处理及回用等。

①污染建筑垃圾的粗筛和破碎

对污染建筑垃圾进行破碎和筛分，对于大块污染建筑垃圾人工分拣方式集中堆放。

②增效淋洗

经过预处理后的重污染污染建筑垃圾进入淋洗系统。根据污染物性质，进行淋洗。根据污染物性质，前两次淋洗采用有针对性的有机酸、络合剂和氧化剂复合淋洗液，最后一次淋洗采用清水。淋洗过程完成后，对表面进行残留物测试，达标后外运。

③淋洗液的收集及回用

淋洗工艺中不同环节产生的废水，如建筑垃圾解毒废水、淋洗系统产生废水等进入现场污水处理设施，处理合格后的水回用。工艺流程如下图所示。

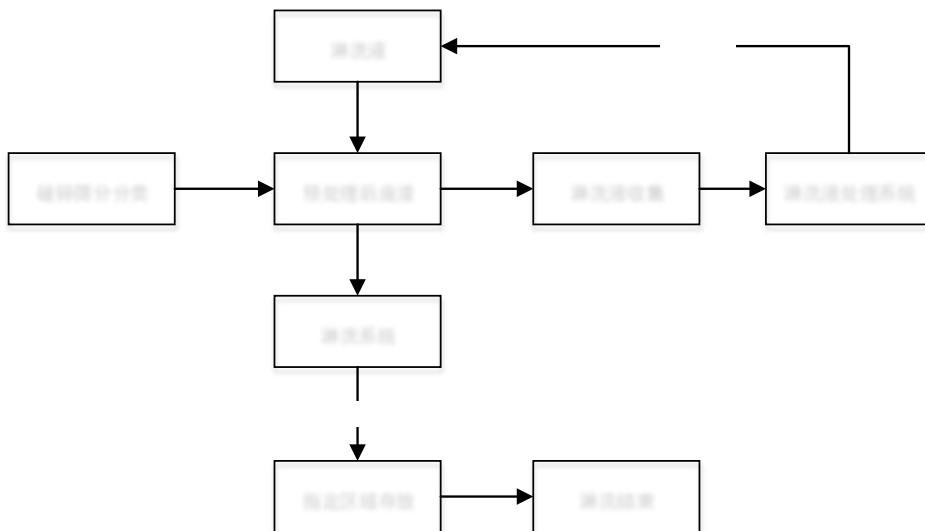


图5-1 淋洗工艺流程

(2) 刮下的墙皮水泥

此部分建筑物呈粉灰形态，可将其放置在 CFXF-1、CFXF-2 区域与污染土壤一并经过原位热脱附进行修复。原位热脱附方案详见 5.4 节内容。

(3) 污水收集池类拆除物

污水收集池中由于长年累月的存放污水，污染较严重。在处理时，应先将拆除后的构筑物进行破碎，与污染土壤一并经过原位热脱附进行修复。原位热脱附方案详见 5.4 节内容。

(4) 水泥地坪

此部分分为两类：污染较严重的部分参照上述 3) 污水收集池类拆除物的方法进行处理；污染较轻的部分参照 1) 原有建筑物的拆除物的方法进行处理。

5.3 阻隔墙建设方案

阻隔墙采用水泥石搅拌桩，水泥石搅拌桩采用标准连续方式施工，搭接方式为套接一孔法。阻隔墙的施工工艺及技术要求按标准《型钢水泥石搅拌墙技术规程》

(JGJ/T199-2010) 有关规定执行，并符合验收相关规定。本项目需建设阻隔墙长度为 348m，阻隔深度为 8m。阻隔范围详见图 5-4。在建设阻隔墙完成后，需建观测井对阻隔效果进行检测。

5.4 污染土壤热脱附方案

5.4.1 原位热脱附工艺原理

原位热脱附技术的原理是通过加热提高污染区域的温度，改变污染物的物化性质（蒸汽压及溶解度增加，粘度、表面张力、亨利系数及土水分配系数减小），增加了气相或者液相中污染物的浓度，提高液相抽出或土壤气相抽提对污染的回收率。具体加热方式根据施工单位工艺确定。

5.4.2 技术参数要求

表 5-2 原位热脱附各个区域面积

区域	面积 (m ²)	备注
CFXF-1	3919	
CFXF-2	3013	
总面积	6932	

污染土壤原位热脱附修复的工艺参数及技术要求如表 5-3 所示。

表 5-3 污染土壤原位热脱附工艺参数及技术要求

技术名称	原位热脱附修复技术
技术分类	原位热脱附技术
修复介质	有机物污染土壤
目标污染物	1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类
修复规模	污染土壤 36767m ³ 。
技术要求	设备配置要求：配套设置预处理设备及原位热脱附修复设备。
	为了加快完成土壤修复工作，对修复设备处理能力要求：设备日处理能力大于 110m ³ /d。
	药剂要求：科学选择针对性的修复药剂，起到重金属固化、pH 调节的作用。
	修复要求：有机物污染土壤需要达到一定的温度，加热要持续一定的时间。
	检测要求：需对修复后污染土壤取样检测，在单位体量的处理后土壤中采集代表性样品（不少于 6 个样品）。
	修复质量要求：按照本方案最终确定土壤修复目标执行。如表 5.4-2 所示。
	环保要求：修复过程中要做好二次污染防治措施。

5.4.3 废气处理

5.4.3.1 排放标准

本工程处理后的废气采用有组织排放，排放高度控制在 15m。排放气体执行《大气污染物综合

表 5-4 热脱附废气排放标准

排放序号	污染物	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率 (kg/h)		参考标准
			排气筒高度(m)	限值	
1	颗粒物	120	15	3.5	《大气污染物综合排放标准》 (DB11/501-2017)
2	酚类	100	15	0.10	
(臭气浓度					
D 序号	控制项目	二			参考标准
B 1	臭气浓度	2000			《恶臭污染物排放标准》 (GB14554-1993)

5.4.3.2 工艺路线说明

1 原位热脱附尾气中所含污染物浓度较高，异味大，排放要求相对严格，仅用一种工艺无法彻底去除，废气必须加强收集及处理，不可只采用单一的活性炭吸附处理。且工期紧张，治理设施要便于安装和拆卸，施工单位需要结合现场实际情况制定合理的废气处理方案。尾气处理系统在土壤运输至土壤修复过程中，均应保持运行状态，以及时处理车间内废气。

2 选择对 VOCs 具有强吸附性能的活性炭，并定期对过滤纸、过滤棉、活性炭进行更换，以确保排放浓度达标。

1

7

)

表

3

中的排放标准

5.4.4 废水处理

5.4.4.1 排放标准

根据江苏省地方标准，《化学工业主要水污染物排放标准》（DB32/939-2006）排入设置二级污水处理厂的城镇排水系统的污水，执行《污水综合排放标准》GB8978-1996的三级标准

4.4.2 处理设施设计参数说明

整个场地的地下水修复量约为 53665m³。总工期按 365 天，水处理工期按 300 天，则每天处理量为 180m³，考虑到设计余量，按照每小时 10m³/h 设计。出水水质达到污水处理厂接管标准。

，
本
项
目
废
水
排
放
评
价
标
准
按
照
《
污
水
综
合
排
放
标

5.5 原位化学氧化修复方案

5.5.1 工艺流程

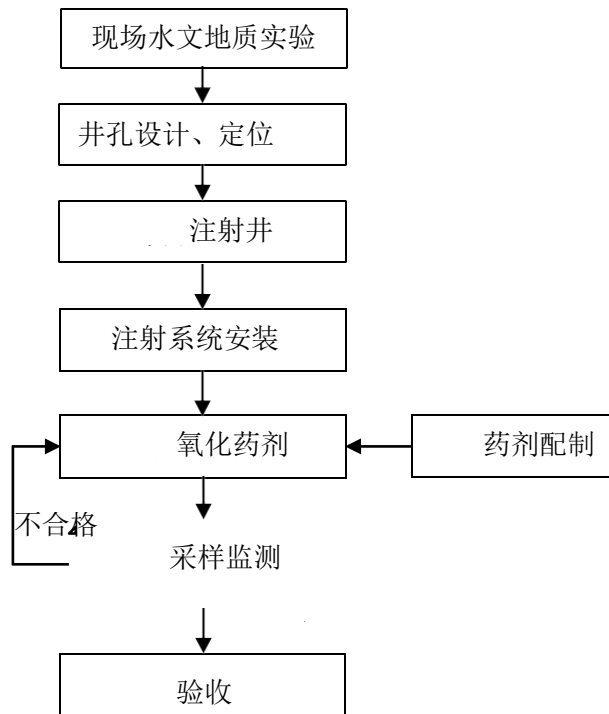


图5-3 原位化学氧化施工流程图

(1) 注设井、监测井建设

根据规划的建井位置，建设注射井、监测井，深度直至地面下污染深度。

(2) 注射系统安装

在设备进场后，现场需要进行药剂泵、加药泵、溶药罐、搅拌装置、注射头以及连接管道，仪表、电力、支架等的安装工作。

(3) 药剂配制

根据注入区污染物浓度计算药剂注入量。

(4) 注射井注射药剂

根据地层资料，结合工程经验，确定各区域药剂注射量、注射频次等工艺参数。药剂注射现场图见下图。



图 5-4 注射井注射药剂示意图

(5) 采样监测

药剂投加后一段时间，按照设计的时间间隔定期进行采样监测。根据检测结果对药剂添加量等参数进行适当的调整，对于扩散效果不好的区域采用钻机直接注入化学氧化药剂的方法进行加密注射，直至达到修复目标。

(6) 验收

修复达标后的区域，验收通过后，拆除注射井，该区域修复工程完成。

5.5.2 工艺参数

5.5.2.1 注射井参数

注射井管材由投标单位根据具体工艺要求确定。

5.5.2.2 原位注射点位布置

注射井的影响半径要根据场地地质条件并结合现场试验情况进行确定。通过对数百个原位化学氧化修复土壤和地下水的文献资料及工程应用实例统计表明，氧化剂的扩散半径为0.50~15.00m，有效作用半径为0.75~7.50 m。

注射井点位根据本投标人相关实验及工程应用经验确定。

5.5.2.3 药剂参数

市场上，承担修复工程的单位常常具备自己的药剂专利，本次修复技术方案对于药剂不做严格要求，以修复单位成熟的药剂为准，修复单位使用的药剂应该满足以下要求：

- (1) 满足表修复土自检标准要求。
- (2) 修复单位需要提供药剂中试试验成果以及应用案例做为佐证，药剂添加可以分布实施，也可以采取混合药剂一次性添加。
- (3) 药剂主要成份应该明确，且不含国家禁止的化学药品。
- (4) 如果使用有机类药剂，或者药剂中含有大量有机物成份，应该明确，同时采取相应的二次污染防治措施。
- (5) 明示药剂使用说明，并在现场施工车间内挂牌公开。

5.6 地下水修复方案

(1) 与污染土壤重合的区域，原位热脱附过程中的双相抽提系统可将此部分地下抽提出来。

(2) 未与污染土壤重合的区域，采用抽出-处理为主，原位化氧化为辅的技术。

5.6.1 抽出-处理工艺

5.6.1.1 工艺流程

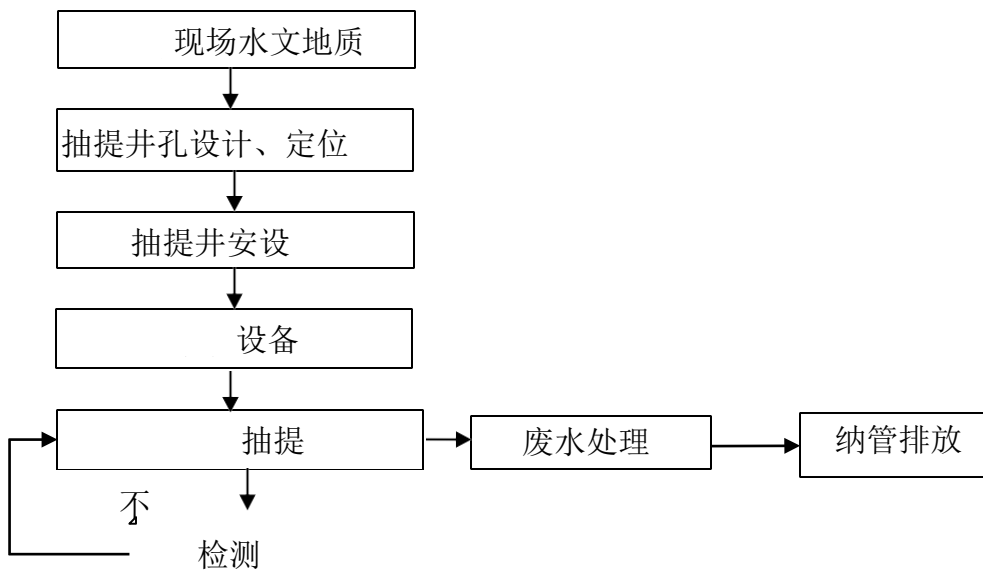


图 5-5 地下水抽提工艺

其中废水处理工艺详见 5.4.4.2 节内容。

5.6.1.2 工艺参数

未与污染土壤重合的区域，投标单位结合场地情况，根据自身工艺确定抽提井孔径、井深以及数量。

废水处理参数详见 5.4.4 节内容。

5.6.2 原位化学氧化技术

详见 5.5 节内容。

6 环境管理计划

6.1 修复工程监理

在修复工程过程中，必须委托有工程监理资质的单位进行工程监理，工程监理的依据应该以《风险评估报告》、《修复技术方案》以及修复施工单位编制的《施工方案》为主要工作依据。

6.1.1 环境监理工作程序

污染场地修复环境监理工作主要分为三个阶段：修复工程设计阶段、修复工程施工准备阶段和修复工程施工阶段。具体工作程序见下图。

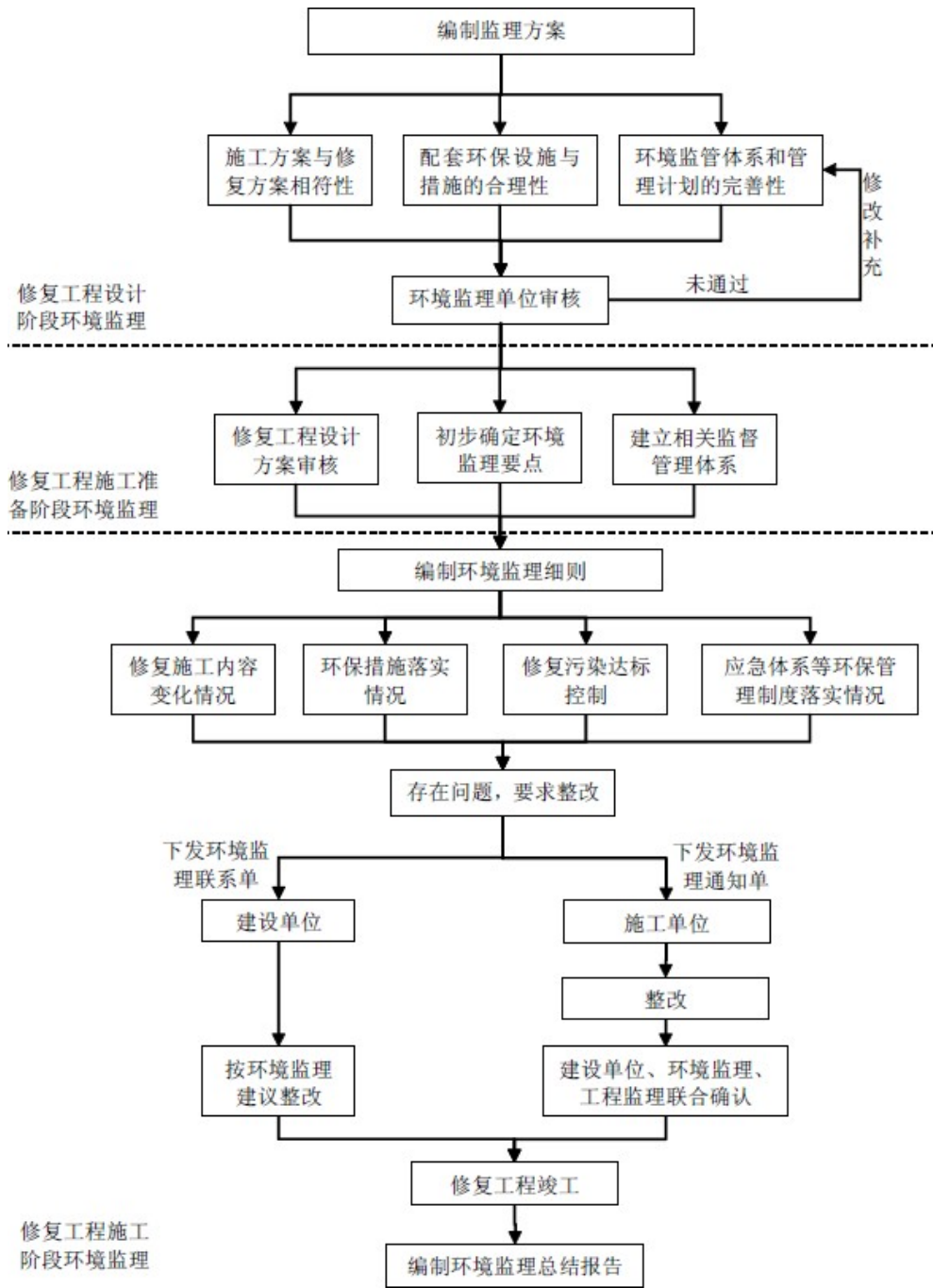


图6-1 污染场地修复环境监理工作程序

6.1.2 环境监理要点

(1) 土壤原位修复工程

须对修复区域边界进行严格监督管理，并在周边区域设置采样点，避免修复工程对周边土壤和地下水产生影响。

(2) 地下水修复工程

地下水抽出处理，需要在外排之前进行采样检测，以确保符合相关排放标准要求。

6.2 二次污染防治措施

6.2.1 大气污染防治

(1) 强雾化水汽喷射

该装置可以定向喷射大量雾化水汽，从而使大气中的颗粒性物质和扬尘快速沉降，降低局部地区严重扬尘现象对周围人体和环境所造成的风险。



图 6-2 喷雾降尘设备

(2) 定时洒水降尘

对施工现场采取定时洒水的方式降尘，如遇大风等天气导致扬尘浓度过大时，适当增加洒水频次。密切关注国家气象局天气预报，提前做好施工进度安排，遇4级以上风时停止施工，现场停止施工作业，并做好苫盖。



图 6-3 喷雾降尘设备

(3) 建立热脱附废气处理系统

采用多种工艺进行废气处理。废气采用先进的处理工艺，详见 5.4.3 节内容。废气经处理后达标排放，避免对周边环境造成异味。

(4) 及时覆盖：对暂未修复的污染土壤进行及时覆盖。

(5) 废水处理系统采用密闭式的装置，防止地下水的中挥发性污染物会发造成异味。

6.2.2 污水污染防治

(1) 建立临时厕所、化粪池以及食堂污水隔油池，减轻对地表水的污染。施工过程中产生的地下渗水、泥浆、设备冲洗水等含 SS 浓度较高的废水，应先经沉淀池沉淀后方可排放，不得就地直排。

(2) 现场交通道路和材料堆放场地统一规划排水沟，合理设计导排沟和集水池走向和容量，确保受污染雨水不外溢。

6.2.3 土壤污染防治

(1) 每天作业结束，清理作业过程直接接触土壤的器具，并统一收集到指定区域存放。

(2) 严格限制运输车辆的活动范围，防止将污染土壤带出污染区域。

(3) 所有由污染区域进入非污染区域的设备、机具均需清洗，包括挖掘机、运输车辆和个人防护设备。

6.2.4 噪声污染防治

(1) 选用机器噪声小的生产设备及部件，并在设备的安装、调试、验收和投入运行前要认真执行设备的技术标准，严格控制机械噪声。

(2) 场地清挖机械、运输车辆等高噪声设备采取在发动机上加装隔声装置及加装消声器的措施来降低施工机械噪声。施工人员及时维修、管理高噪音的器具设备，使设备处于低噪声，良好运行状态。

(3) 禁止车辆在场界内鸣笛，车辆噪声可采取保持技术状态完好和适当减低速度的方法进行控制。

(4) 场内噪声严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的排放限值。

(5) 用噪声声级计（TES-1350）进行现场噪声即时监测，严格限制噪声的产生，使噪声污染限制在最小程度，确保工地场界外噪声符合相关标准。

6.2.5 固废污染防治

现场产生的固体废物有水处理设施和清洗设备等产生的污泥土块以及施工人员的生活垃圾，这些固体废弃物需要进行妥善处置。

(1) 污泥、土块

在现场施工过程中，由于施工人员衣物和设备机具表面上易粘带现场受到污染的污泥和土块等，为避免将这些废弃物带出场外，需要进行一定的处理处置。

现场污水处理设施中会产生部分污泥，这些污泥需进行沥干水分处理，然后同车辆机具清洗、施工人员清理所产生的污泥土块一起进行统一收集，与污染土壤一并修复。

(2) 生活垃圾

施工人员所产生活垃圾经分类收集后，由当地环卫部门统一外运作进一步处置。

6.3 工程验收计划

6.3.1 验收程序

该项目的验收监测项目主要为原位热脱附及原位化学氧化修复后的土壤、经抽出-处理与原位化学氧化处理后的地下水。

污染场地修复后验收工作程序包括文件审核与现场勘察、确定验收对象和标准、采样布点方案制定、现场采样与实验室检测、修复效果评价、质量检测报告编制六步，工作程序流程见下图。

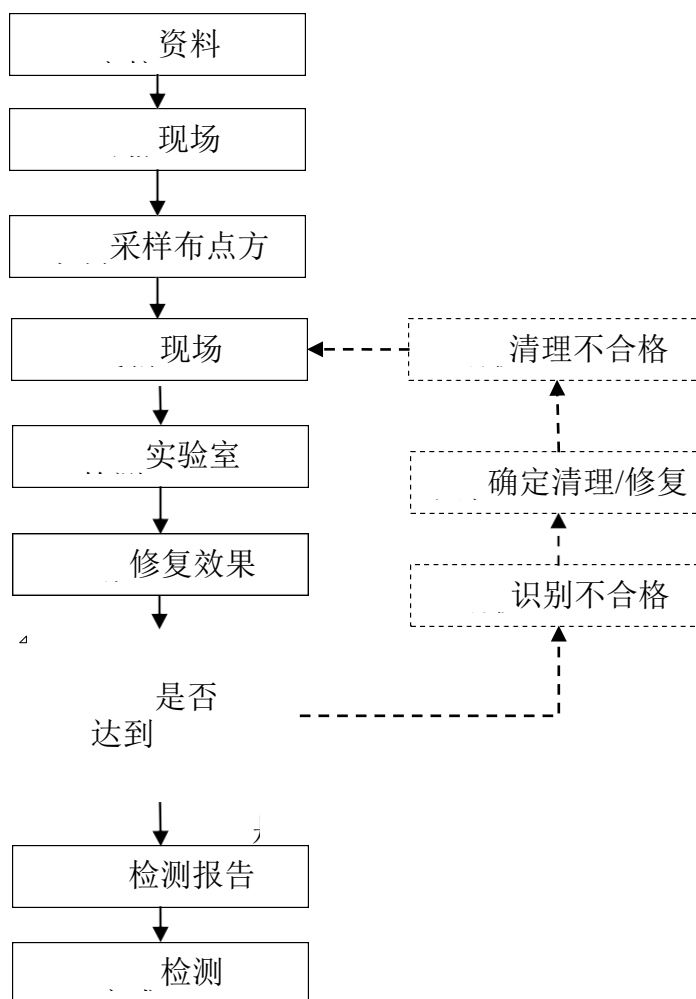


图 6-4 污染场地修复后验收工作程序

6.3.2 文件审核与现场勘察

1、文件审核

(1) 审核资料范围

在质量检测工作开展之前，应收集与场地环境污染和修复相关的资料，主要包括：

①场地环境调查评估及修复方案相关文件：场地环境调查评估报告书及其备案意见、场地修复方案及其备案意见、其他相关资料。

②场地修复工程资料：修复过程的原始记录、修复实施过程的记录文件（如污染土壤清挖和运输记录）、回填土运输记录、修复设施运行记录、二次污染物排放记录等。

③工程及环境监理文件：工程及环境监理记录和监理报告。

④其它文件：环境管理组织机构、相关合同协议等。

⑤相关图件：场地地理位置示意图、总平面布置图、修复范围图、污染修复工艺流程图、修复过程照片和影像记录等。

(2) 审核内容

对收集的资料进行整理和分析，并通过与现场负责人、修复实施人员、监理人员等相关人员进行访谈，明确以下内容：

①根据场地环境调查评估报告、修复方案及相关行政文件，确定场地的目标污染物、修复范围和修复目标，作为验收依据。

②通过审查场地修复过程监理记录和监测数据，核实修复方案和环保措施的落实情况。

③通过审查相关运输清单和接收函件，结合修复过程监理记录，核实污染土壤的数量和去向。

④通过审查相关文件和检测数据，核实异位修复完成后的回填土的数量和质量，回填土土壤质量应达到修复目标值。

2、现场踏勘

现场勘察是验收的重要工作程序之一，污染场地修复验收现场勘察主要包括核定修复范围和识别现场遗留污染痕迹。

(1) 核定修复范围

根据场地环境调查评估报告中的钉桩资料或地理坐标等，结合修复过程工程监理与环境监理出具的相关报告，确定场地修复范围和深度，核实修复范围是否符合场地修复方案的要求。

(2) 识别现场遗留污染

对场地表层土壤及侧面裸露土壤状况、遗留物品等进行观察和判断，可使用便携式测试仪器进行现场测试，辅以目视、嗅觉等方法，识别现场遗留污染痕迹。

6.3.3 验收对象和标准

原位修复后土壤验收指标为场地修复的目标污染物，检测标准为修复目标值。

(1) 地下水

验收指标为地下水目标污染物，修复标准为修复目标值。

(2) 废水

经处理后的废水，验收指标为地下水的目标污染物及常规指标，废水排放评价标准按照《污水综合排放标准》（GB8978-1996）的三级标准执行。

(3) 修复过程可能产生的二次污染区域

二次污染区域包括设施拆除过程的遗撒区域，修复过程造成可能的污染扩散区域。指标为场地调查及二次污染的特征污染物，检测标准为场地污染物修复目标值。

6.3.4 采样布点

6.3.4.1 原位修复后土壤采样

布点采样参照《污染场地环境监测技术导则》（HJ25.1-2014）及《污染场地修复验收技术规范》（DB11/T 783-2011）中相关规定进行。

6.3.4.2 地下水采样布点要求

应依据地下水流向及污染区域地理位置设置地下水监测井，修复范围上游地下水采样点不少于 1 个，修复范围内采样点不少于 3 个，修复范围下游采样点不少于 2 个。原则上监测井布设在地下水环境调查确定的污染最严重的区域，或者根据不同类型的修复工程进行合理的布设。

6.3.4.3 废水采样布点要求

详见 7.4 节内容。

6.4 监测计划

(1) 监测目的：主要包括全面及时掌握现场施工处置阶段区域环境质量变化的影响程度和范围；及时向主管部门反馈信息；项目的环境管理提供科学依据。

(2) 监测范围：二次污染区域包括设施拆除过程的遗撒区域，修复过程造成可能的污染扩散区域。

(3) 监测计划：采样内容、位置及个数、监测频次见下表：

表 6-1 监测计划

采样介质	采样点位	采样个数	监测频次	监测标准
大气	(1) 周边敏感点：管家凹、化子街、红山窑、果园、老鹰窝； (2) 施工区域	(1) 5 个； (2) 2 个	(1) 每月一次； (2) 挥发性有机物每天两次	环境空气
废气	废气处理系统中的活性炭罐排气筒	1 个	每月一次	《大 《恶臭污染物排放标准》 (GB14554-93)
废水	废水处理站的进水口、废水净化后的排水口	根据水量确定	废水处理站投入运行时监测 1 次，以后每月采样监测 1 次	《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) 的三级标准
噪声	厂界四周	4 个	每月一次	《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011) 标准
地表水	滁河	2 个	每月一次	地表水环境质量标准 (GB3838-2002) (地表水 IV 类标准)

6.5 环境应急方案

(1) 废水处理事故

发现事故后当班人员应立即向领导小组组长汇报，并随时保持联系。排查事故主要原因。

设备发生故障后，应立即使用备用设备，并根据废水处理站设备的实际运行情况，及时做好设备维修及更新配件工作。

当废水处理站因电力突然中断、设备管件更换或其他原因，造成废水处理站暂时不能正常运行时，通知生产部门停止生产。

(2) 噪声及异味事故

1) 因异味扩散引起附近居民投诉，则应立即停工寻找异味根源，并向污染源喷洒防扩散泡沫制剂。同时由现场负责人向居民做出解释和安抚工作。

2) 如废气收集处理设备运转异常或无法运转导致无法达标排放，则停止废气收集，停止产生废气的一切施工环节，并立即对废气处置设备检修。

3) 当发生运输车辆噪声扰民的投诉时，项目经理要及时查出原因，并及时采取措施。当施工现场的机械噪声扰民时，项目应急小组应马上组织人员对机械降噪处理，并对施工机械运转质量进行检修，以使其达到排放标准。

4) 如夜间施工噪声扰民，则停止施工并调整夜间施工时段、工序、设备以降低噪声源。如围挡过低，则施工集中区域周边设置新的围挡。

(3) 潜埋的储罐、管线、废水暗沟化学品或废水泄漏

1) 施工过程中发现有潜埋的储罐、管线、暗沟立即向项目经理汇报。

2) 当施工时发现储罐、管线、废水暗沟有化学品或废水泄漏，当泄漏物质为固体时，用挖机清理搬运至地表，待确定固废性质再行处置；若泄漏物质为液体，且泄漏量较小，先对污染的土壤清理，再将破坏位置隔离，待导流措施到位再对储存设施内的其它废液排出，并对此构筑物清理出场。

3) 当泄漏量较大，出动挖机在泄漏口处开挖临时水池，并铺设 HDPE 膜，先将废液导流至临时水池，再用抽水泵引入污染处理站。

6.6 现场公告和公众参与

公众参与即在场地修复作业前及场地修复作业过程中，现场施工人员和技术人员配合业主、利益相关方、周边居民及相关人员之间工作的协调、配合及参与。同时配合对当地相关部门及人员关于场地修复知识的宣传，并配合制定相应的宣传计划。

公众参与的目的在于通过公众宣传，使当地相关政府人员及周边居民对场地修复有充分的、全面的认识。即认识到污染土壤对环境的危害性，并能理性的对待其危害性。通过合理充分的公众宣传及协调沟通工作，消除当地相关政府人员及周边居民对场地修复工作的恐慌与骚乱，并得到他们的支持与配合，使本次场地修复作业能安全、顺利的进行。

在施工工地现场入口显眼处，安放施工告示牌，告示牌主要有：项目概况牌、文明安全施工牌、应急措施告示牌、施工组织牌。其中项目概况牌简要介绍该工程的来由及意义；文明施工牌规定了在施工过程中的工作纪律及安全事项；应急措施告示牌主要内容是在施工过程中出现的意外情况的解决方法及措施；施工组织牌内容为工程项目的管理组织框架，并明确各岗位的工作分工。

7 成本效益分析

7.1 修复费用

表 7-1 工程量清单

序号	项目名称	单价 (元)	数量	单位	总价(万 元)
一	分项工程费				5085.2155
1	建构筑物拆除与建筑垃圾处置	1000000	1	项	100
2	清表	150000	1	项	15
3	防渗阻隔帷幕建设	3000	348	m	104
4	污染土壤修复		50260	m ³	
4.1	原位化学氧化	450	13493	m ³	607.1850
4.2	原位热脱附修复	1100	36767	m ³	4044.37
5	地下水修复	40	53665	m ³	214.66
二	措施费				248
1	安全文明施工费	2%	1	项	102
2	临时设施建设	1.50%	1	项	76
3	质量检测及环境检测	500000	1	项	50
4	二次污染防治	200000	1	项	20
三	其他				355.2
1	工程监理	3%	1	项	152.6
2	环境监理	3%	1	项	152.6
3	预留金	--	1	项	50
四	合计				5688.415

7.2 环境效益、经济效益、社会效益

7.2.1 环境效益

结合本场地污染特征，本工程拟选用原位热脱附技术、原位化学氧化技术和抽出-提取技术，消除土壤和地下水中有有机污染物对人体健康产生的风险。

7.2.2 经济效益

本项目地块有原来的工业用地转成为公共绿地和住宅混合用地，可以大幅度提高该地块的利用效率和商业利用价值。但土地的商业价值，除了取决于该地块在城市规划中的区位和土地使用性质外，还与地块本身的物理化学属性有很大关系。本项目有效消除了地块本身存在的环境、地质、水文风险，降低了商业开发的成本和风险，使土地本身得到充分增值。因此，本项目良好的修复效果，必定能提升该地块整体商业价值。土地的商业价值提升，就意味着作为税收主体的政府、作为建设主体的开发商、作为房屋产权拥有者的最终消费者等利益相关者均能够从土地的价值增值中获益。

7.2.3 社会效益

对我国工业城市加快重污染产业的搬迁转产、产业结构调整 and 升级，以及城市空间布局的优化，具有重要示范意义，有利于加快南京乃至全国城市化发展和生态文明建设。

该项目的有效实施，可有效解决环境保护与经济矛盾的矛盾关系，既能够解除民众对环境的关注和忧虑，降低环保部门的管理风险，同时能够解决土地开发企业的后顾之忧。

通过改善该场地土壤环境质量，有利于改善南京的生态环境，有利于优化居民生活环境，促进社会和谐发展。

8 施工进度与安排

本项目拟定工期为 365 日历天。

计划开工日期为 2018 年10 月1 日，计划竣工日期为 2019 年9 月31 日。进度安排见图 9-1。

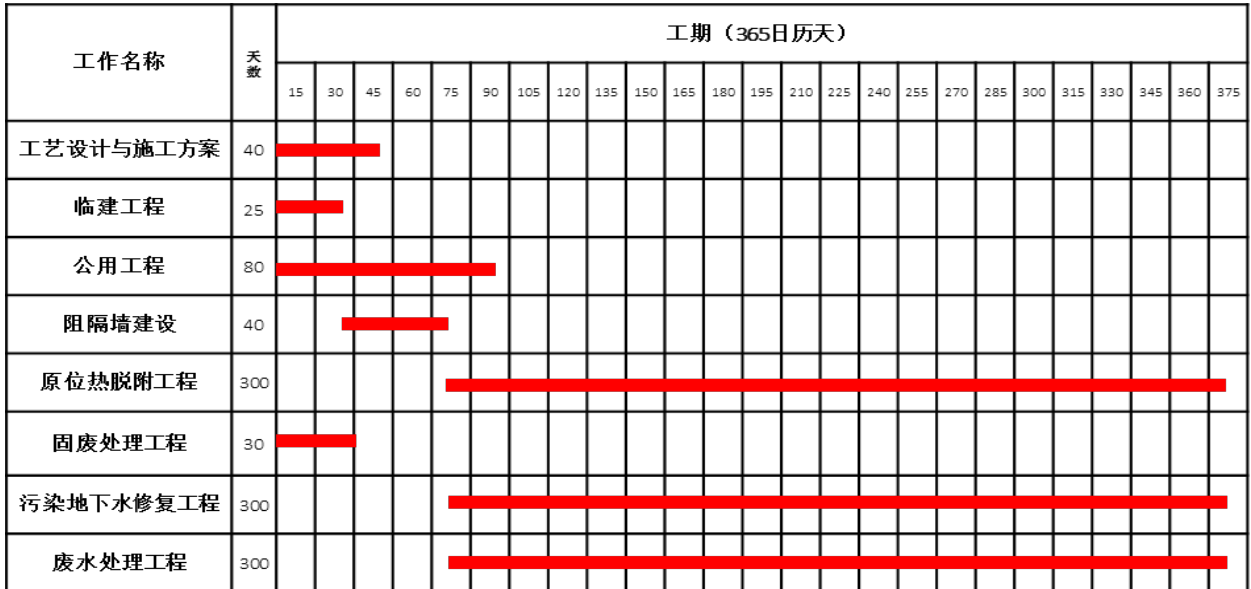


图 9-1 施工进度计划

9 结论

9.1 可行性研究结论

结合改场地的污染范围、污染物浓度、场地周边环境、地块开发建设、施工条件等因素，并充分考虑到业主要求，本方案设计场地的修复方案如下：

(1) 污染范围区域建设阻隔墙

本项目原位热脱附技术处理治理区域内的污染土壤，考虑地下水情况，为保证治理地块的止水作用以及防治治理过程中的二次污染，治理地块边界四面需修筑阻隔墙。同时保护场地南侧的滁河。

(2) 污染土壤修复

土壤修复量为 50260m³，主要污染物为 1,2-二氯乙烷、2,4-二氯苯酚、2,6-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2-氯苯酚、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、双(2-氯乙基)醚、石油类。

污染浓度低的污染区域 II、III、IV（见图 3-1）（CFXF-3、CFXF-4、CFXF-5、CFXF-6 区域）土壤，方量共 34584m³，采用原位注射化学氧化技术修复。污染浓度高的土壤污染区域 I（见图 3-1）（CFXF-1、CFXF-2 区域），方量共 36767m³，采用原位热脱附技术进行修复。

(3) 地下水修复

地下水需要修复的面积约为 13650m²，体积为 53665m³。地下水主要污染物为 1,2-二氯乙烷、1,2-二溴乙烷、2,4,6-三氯苯酚、石油类、2-硝基丙烷、反-1,4-二氯-2-丁烯、氯乙烯。

地下水范围与土壤修复范围重合时，地下水经热脱附的双相抽提管抽提；地下水范围不与土壤修复范围重合时，采用抽出-处理为主，原位化学氧化为辅的技术。抽提出来的地下水进入废水处理系统，经处理达标后纳管排放。

(4) 建筑垃圾

根据不同种类的建筑垃圾，采取淋洗等方式进行处理。

(5) 制定环境管理计划

针对本项目的具体情况，制定了二次污染防治措施、验收计划、监测

计划及环境应急方案。

(6) 工期与成本

本项目计划工期为 365 日历天，并详细安排工期进度。

计算本项目的修复费用，并从环境效益、经济效益及社会效益等方面综合进行成本效益分析。

9.2 问题和建议

由于本项目的污染范围广，污染面积大，污染物种类多，修复工期安排较紧，且修复技术复杂、使用修复技术种类较多，因此建议选用有经验的修复企业进行修复。

场地附近的居民点较多，并且南侧紧邻滁河，因此在修复过程中需要做好二次污染防治，避免给周边环境造成不良影响。