

# 1 前言

本次场地调查与风险评估是针对盐城双马化学有限公司原有厂区范围内开展的，盐城双马化学有限公司位于建湖县夹荡港大桥东侧南华工业园区，主要从事的电镀加工，电镀中心（年加工各种电镀件 300 万件）项目环境影响评价于 2003 年 7 月通过江苏省环境保护厅审批，2007 年 2 月盐城市环境保护局受省环保厅委托对该项目进行了验收。2010 年 5 月由国有企业建湖建设投资有限公司出资收购其全部股权。为了适应当前的环保要求，建湖县委、县政府要求在关闭建湖县所有小型电镀企业的前提下，建湖建设投资有限公司现已在建湖县经济开发区光明路另征地 49.8 亩成立江苏盐海电镀中心有限责任公司，总投资 12008.75 万元新建年产 63495 吨电镀配件项目。原盐城双马化学有限公司生产场所已于 2017 年 3 月底停止生产。通过现场踏勘和对当地相关人员访谈得知，该企业原址场地在生产期间可能存在含重金属废液下渗进入土壤的情况，会对该场地的土壤和地下水有一定的污染。

按照国家与地方相关要求，《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）》，《关于保障工业企业场地在再开发利用环境安全的通知（环发〔2012〕140 号）》，《关于加强土壤污染防治工作的意见（环发〔2008〕48 号）》，《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）》和《江苏省固体废物污染环境防治条例（2012）》等国家、地方有关法规要求，为确保彻底消除环境风险，保障该地块后期用地安全。工业企业搬迁后场地在开发利用前需开展场地调查及风险评估，了解退役后场地土壤及地下水污染情况。

本次场地调查报告是针对原盐城双马化学有限公司场地环境质量的监测调查，其目的是进一步了解该区域的场地环境质量状况，判断其环境质量是否满足国家有关土壤环境质量和地下水环境质量标准的情况，为本场地提供土壤及地下水质量方面的基础数据，根据场地规划用地方式评估对人体健康的风险，筛选确定场地土壤及地下水中高风险污染物、分布范围、污染程度，提出相应的修复目标，编制场地污染土壤清理及修复技术方案。

## 2 场地概况

### 2.1 区域环境概况

#### 2.1.1 地理位置

建湖县位于江苏省苏中里下河腹部，隶属盐城市。地理位置北纬 33°16′~33°41′，东经 119°33′~120°05′。全县总面积 1160 平方千米，其中，陆地面积 906 平方千米，占 78.1%，水域面积 254 平方千米，占 21.9%。场地位于盐城市建湖县，地处盐海平原中西部，扬子准地台的苏北拗陷带，地势平坦低洼，以串场河为界，介于北纬 33°16′~33°41′，东经 119°33′~120°05′之间。本项目地理位置图见图 3-1。

#### 2.1.2 区域气候

建湖县县境地处北亚热带北缘，季风气候较显著，冬、夏长，春、秋短，四季分明，光照充足，雨量充沛，无霜期长，雨热同期。

境内多年平均气温 14.4℃，历年极端最高气温 38.2℃，历年极端最低气温 -16.6℃。最冷月平均气温为-5℃，最热月平均气温为 26.7℃。

多年平均降水量 987.9mm，最多的年份为 1241mm，最少的年份为 505.3mm，平均年降水量日数为 100 天。

年平均日照时数为 2228 小时，年平均日照百分率为 50%。

年平均风速 3.4 米/秒，其中以 4 月为全年最小，9 月最大，最大风速 20.7 米/秒。常年主导风向为偏东南风，夏季为偏南风，冬季为偏北风，7~10 月上半时有台风入境。主要气象要素见表 3-1。

表 3-1 项目所在地区主要气象气候特征表

编号	气象要素	特征值
1	年平均气温	14.2℃
2	极端气温	-16.6/38.2℃
3	年平均降水量	987.90mm
4	最大一日降水量	142.7mm
5	年均蒸发量	843.90mm

6	平均风速	3.4m/s
7	最大风速	20.7m/s
8	主导风向	夏季偏南风，冬季偏北风
9	年均日照时数	2228 小时

### 2.1.3 区域地形地貌

全县地处扬子淮地台一级构造单元的苏北拗陷带。以西塘河为界，分东西两部分。东部属海滨平原，西部属江淮平原，在地质构造上同属苏北断拗带组成部分，地层属性同为第四纪覆盖层，岩性为松散粘土。地耐力 12 吨-14 吨/平方米。

县城第四纪沉积层及其承载力，自地面向下大致为：亚粘土层：黄色，厚 1~3 米，承载力 12~16 吨/m<sup>2</sup>，上部有 0.5 米厚的耕植土。粘土层：褐色、黄褐色，有少量铁锰结核，厚 2~6 米，承载力 16~20 吨/m<sup>2</sup>；粉砂层：黄褐色，中密。

县境草堰口至大团口一线以西，为古泻湖堆积平原，占全境土地的大部分。古泻湖堆积平原潜水浅深亚区为全新世砂土，亚粘土类夹沙含水层：厚约 20~30 米，潜水埋藏深度小于 1，涌水量 0.04~0.8 升/秒，水温 15℃~17℃，地下水流向自西向东。下中更新世流砂承压含水组，与粘土互层分布，含水层顶板埋藏深度为 140 米左右，水质好，水量大。

西塘河以东地区为冲积平原，中下更新统属海相沉积层，含有海相瓣腮类化石；上更新层属海滨相沉积，为浅灰、灰色亚粘土及粉夹灰色粘土；全系统亦为深海相沉积，为棕黄色、褐黄色亚粘土夹淤泥。

全县地势平坦低洼，东北沿冈一线和西部走马沟两岸略高，地形剖面呈马鞍形。全县平均地面真高 1.74 米，最高处 3 米，最低处只有 0.7 米，分为五个类型区：沿冈地区、沿海地区、中部低平田区、西部高平田区和沿荡区。沿冈地区位于县境东部，地势高于西部，平均地面真高 2 米以上。沿海区又称沿海垦区，位于沿冈以东，平均地面真高 1.6 米。中部低平田区，位于沿冈以西，东西塘河两岸，地势低洼，地面真高在 1.3-1.9 米，最低的有 0.7 米。西部高平田区，走马沟两岸是县境西部的隆起地区，地面真高在 2.2 米左右，可称“西高脊”，又谓“西高田”。沿荡区位于县境西面和西南沿荡地区，原为湖滩地，地面真高 1 米左右。

### 2.1.4 区域水文地质条件

县域地处淮河下游，是里下河地区的腹部洼地，境内沟河纵横，水资源十分丰富，自然降水量大，水域广阔，地下淡水资源比较丰富。全县共有水域面积 2.67 万公顷，占全县总面积的 19.58%，其中荡滩面积 1.49 万公顷。水资源是仅次于耕地面积的第二大资源，而且水质肥沃，天然饵料比较充足，属营养性水体，适宜多种水生植物和各种淡水鱼类的生长繁衍。多年年平均降水量 987.90mm，蒸发量 843.90mm，径流量 2.97 亿  $m^3$ ，外来水量 3.81 亿  $m^3$ ，水位 0.94m(废黄河口基面)，最高水位 2.88m，最低水位 -0.59m；建湖县年径流年间变化差别较大，根据不同年型计算，丰水年年流量达 4.6 亿  $m^3$ ，枯水年仅 0.22 亿  $m^3$ ，年内分配不均，汛期（5~9 月）占全年年径流量的 80%左右，全年丰水期主要集中在汛期的 6 月中、下旬及 7、8 月份，枯水期主要集中在汛前少雨和水稻栽插的用水高峰季节，即 4~5 月份及 6 月上旬。

境内沟河港汊纵横交错，共有大小沟河 3000 余条。主要排水入海河道为黄沙港，另有部分洪水从射阳河下排入海。主要骨干河道还有：南北向的蔷薇河、夏粮河、西塘河、东塘河、渔深河、串场河、通榆河和东西向的南盐河、北塘河。主要支河有皮汊河、芦沟河、盐建河、李夏河、建港河、马泥河、太绪河、西冈河、廖家沟等。

项目附近有关的河流主要是西塘河、黄沙港、北建港沟，无闸坝等水利设施。

(1) 西塘河：南起兴化北境沙沟至黄土沟入县境，向北流经楼夏庄、唐桥、建湖镇、东陈堡、港口至朦胧汇射阳河入海，境内河段全长 46.9km，是全县水系的主要动脉。河流平直较好，河底宽 40~50m，河底高程 -1.5~-3.5m，河堤坡 1: 2，堤顶高程 4.0m，堤顶距约 10m。根据楼夏流量站统计数据，正常水深 3.0m，多年年平均流量丰水期 75 $m^3/s$ ，枯水期 40 $m^3/s$ ，年平均水文 16.9℃，水质目前状况为 III 类，由于是平原水网区，比较很小，在特枯水期最大比降为 1: 50000，因此河床糙率不予考虑，河流含沙量为 0。它上承上游高、宝、泰诸地客水，汇流入黄沙港及射阳河。现底宽 40~90 米，河底海拔高度 -1.5 米，近年最高水位 2.36 米，平均流量 40 $m^3/s$ 。

(2) 东塘河：南从新河庙起，向北流经古基寺、武港口、三官殿至吴湾与

渔深河相接。全长 25.36 公里，河宽 50 米，河底海拔高度-1.5 ~ -4 米，是建湖县排水、灌溉、航运的主要干河之一。流量 16.7 m<sup>3</sup>/s，流速 0.16 米/秒。

(3) 黄沙港：又名十丈河、野潮洋。西起黄土沟，经占上冈镇、新黄沙港闸入海，全长 88.9 公里，流域面积 865 平方公里。此水道改善了里下河地区的排水状况，直穿建湖县有名的洼地，加快了排水速度，提高了洼地的抗涝能力，兼利通航百吨级的船只。河宽 80~100 米，水深 3~4 米，平均流量 18.3 m<sup>3</sup>/s。

(4) 北建港沟：在县境内长 12.21 公里，从古基寺向西至建阳镇，作用有排水、灌溉和航运。北建港沟平均流速 0.07 米/秒，流量 6.91 m<sup>3</sup>/s。本项目附近区域地表水系情况见图 3-2。

## 2.1.5 地质、水文地质条件

### 3.1.5.1 区域地层

区内无基岩出露，均被第四系覆盖，根据钻孔揭示资料，基岩埋深大于 500m。地层概况见表 3-2。

表 3-2 区域地层简表

界	系	统	地层名称		代号	岩性描述	厚度 (m)
新生界	第四系	全新统	/		Q4	亚砂土、亚粘土夹粉砂透镜体	10~15
		上更新统	/		Q3	亚粘土、淤泥质粉砂夹中细砂	45~60
		中更系统	/		Q2	粘土、亚粘土夹薄层砂	20~45
		下更系统	/		Q1	亚粘土夹中、粗砂层	20~80
	上第三系	上、中新统	盐城群	上段	Ny2	粘土夹中细砂	189~600
				下段	Ny1		23~65
	下第三系	渐新统	戴南组		E3d	泥岩夹泥灰岩	180
			三垛组		E3s	泥质粉砂岩、粘土岩夹薄层砂砾	14.3~618
		始新统	阜宁组		E3f	泥岩、粉砂岩夹泥灰岩	307.55
		古新统	泰州组		E3t	泥岩、粉砂岩夹细砂岩	>144.45
中生界	白垩系	上统	赤山组		K2p	厚层状细砂岩	85.5~193.7
			浦口组		K2c	粉砂岩、泥岩	>1000

### 2.1.5.2 地质构造

项目所在地附近区域的大地构造处于我国东部扬子准地台、苏北断拗的北缘

的次一级构造：建湖隆起。该隆起为一个复式背斜构造，其西部构造较复杂，次一级的褶皱，断裂发育，东部（项目地）主要表现为向南倾斜的单斜构造，可能为复背斜的南翼。地层倾角较大，一般  $50\sim 60^\circ$ ，局部着走强烈。断裂在本区表现具有一定方向性和多期性，其性质为正断层，建湖隆起内为  $NE45^\circ \sim 75^\circ$  断层延伸较远，断层面以向西北倾斜为主，倾角一般在  $60^\circ \sim 65^\circ$ ，落差较大，具有压扭性特点。

### 2.1.5.3 区域水文地质条件

#### (1) 地下水类型

根据地下水的赋存条件、水理性质和水力特征，区内地下 200m 深度范围内的地下水类型为松散岩类孔隙水。根据沉积物的时代、成因、地层构造，以及水文地质特征，本区松散层可划分为三个含水层组，即：

①浅层水：属潜水及浅层承压水，含水层时代为第四纪全新世~晚更新世或第四纪。

②中层水：属中层承压水，时代为早、中更新世。

③深层水：属深层承压水，含水层顶板埋深一般大于 150m，含水层年代为中~上新统盐城群上段。

本场地主要涉及浅层水，所以通过资料搜集及野外勘查对该层地下水进行深入调查分析。该层为第四系全新统~上更新统冲湖积孔隙潜水、浅层承压水含水岩组，潜水与下部浅层承压水之间无好的隔水层，在许多地区通过“天窗”直接发生水力联系，以亚粘土及亚砂土夹粉砂透镜体构成为主，通常具有 3~4 层砂及砂的透镜体。

#### (2) 地下水补径排条件

区内浅层地下水由大气降水和河渠的直接入渗补给。根据地下水动态长期观测资料，其补给特征为：地下水位随着降雨而变化，雨季水位上升，旱季水位下降，反映敏感。水位变化幅度大，一般为 0.2~2.5m。从六月份雨季开始，水位逐渐上升，九月份雨季结束后逐渐下降。一般最高水位期滞后于最大降水期一个月，最低的水位正好出现在雨季前夕。

浅层地下水迳流排泄条件与地形地貌及地表岩性密切相关，本场地位于古泻湖平原区，地表岩性以粘土、粉质粘土为主，渗透性能差，加之地势低洼、水系发育，地下水迳流极差，其排泄主要是垂向蒸发，因而该区容易形成沼泽及盐渍化。浅层水的另一排泄途径为人工开采，由于地下水位埋深太浅，影响植物生长，因而多用开挖沟渠的方法来降低地下水位。

## **2.1.6 自然资源**

### **3.1.6.1 土地与土壤**

全县总面积 1155 平方公里，陆地面积 928.05 平方公里，占 80.42%，水域面积为 225.95 平方公里，占 19.58%。2009 年末耕地面积 59511 公顷，其中水田面积 58296 公顷，占耕地总面积的 97.96%，人均耕 0.074 公顷。

县内土壤分为水稻土、盐土、潮土和沼泽土四大类。水稻土 6.83 万公顷，宜植水稻、三麦等；盐土 0.40 万公顷，宜植棉花及特种经济作物等；潮土 0.01 万公顷，宜植棉花、水稻、三麦和杂粮；沼泽土 0.35 万公顷，宜植水生藻类、芦苇、菱藕等。

### **2.1.6.2 生物**

建湖县境生物资源丰富，品种繁多。植物资源有木本植物、草本植物、地被植物等三大类，1000 余种，仅草本植物就有 115 种，分属 25 科。动物资源有陆生动物和水生动物近 1000 种。具有国家重点保护野生动、植物种类：银杏（I 类保护植物），水杉（I 类保护植物），钻天柳（II 类保护植物），长序榆（II 类保护植物），榉树（II 类保护植物），白腹黑啄木鸟（II 类保护动物）。主要栽培作物有水稻、棉花、三麦，油菜等。

### **3.1.5.3 湿地**

建湖境内共有湿地面积 81211.3 公顷，其中主要为人工湿地，占湿地总面积的 85.56%，天然湿地占 14.44%。九龙口风景名胜区是境内重要的湿地自然生态系统，总面积为 1886 公顷，全部为限制开发区。

## 2.2 敏感目标

调查区域为建湖县原盐城双马化学有限公司地块，位于建湖县夹荡港大桥东侧南华工业园区，场地周边的环境敏感目标主要为场地陈家堡李庄组、西陈家堡，东侧张杨舍、南华村港南组以及周边的西塘河、黄沙港河。场地具体敏感目标见表 2-3，周边概况图见图 3-3。

表 2-3 场地周边敏感目标一览表

敏感点名称	相对场地位置	距离 (m)	规模
陈堡村李庄组	W	250	50户/200人
西陈家堡	W	830	100户/400人
张杨舍	E	160	250户/1000人
南华村港南组	SE	170	50户/100人
朱墩	SE	570	150户/600人
散户居民	N	25	3户/10人
西塘河	W	20	中
黄沙港河	S	280	中

## 2.3 场地的使用现状和历史

### 2.3.1 企业历史变革

通过对业主相关管理人员及其员工的人员访谈，编制以下企业历史变革情况。

原盐城双马化学有限公司成立于2003年，主要从事镀锌、镀铬加工活动。电镀中心（年加工各种电镀件300万件）项目于2003年7月3日经省环境保护厅审批，2004年12月竣工建成，2004年12月13日经江苏省环保厅核准自投入试生产，2007年2月盐城市环境保护局受省环保厅委托对该项目进行了验收。为适应当前环保形势，在县委、县政府要求下该公司现已在开发区光明路另征地49.8亩成立江苏盐海电镀中心有限责任公司。其历史发展如下：

(1) 场地中心路西前身为从事水泥制品建筑材料生产的建筑材料厂，场地中心路东侧为农田。2003年成立盐城双马化学有限公司，建设电镀中心（年加工各种电镀件300万件）项目。

(2) 2010年5月被开发区收购后，针对原有厂区环境基础设施及环保安全等进行了重点整治，2011年10月投资建设了一套日处理50吨镀铬镀锌废水处理站；

(3) 2012年将原污水处理站的沉淀曝气池平整改建为6#镀锌车间；

(4) 2013年建设阳极氧化车间，2014年2月投入使用；

(5) 2013年11月公司投资150万元新建一套日处理200吨镀锌废水处理站，其中将原污水处理系统整改为镀铬废水处理系统；

(6) 根据盐城市建湖县总体发展规划及环境保护规划，建湖县实施了关、停、转、迁重污染企业，盐城双马化学有限公司在开发区光明路另征地49.8亩成立江苏盐海电镀中心有限责任公司进行项目搬迁并异地新建，2017年3月17日，对老厂区进行关闭。

### 2.3.2 厂区平面布置情况

厂区整体分为两个区域：西侧从南到北依次为生活办公区、镀锌车间、污水处理区、镀锌车间及辅助工程；东区从南到北依次为仓库、镀锌车间、镀铬车间、抛光车间及公用工程区。盐城双马化学有限公司原场地平面布置图见图2-4。

(1) 办公区：办公区位于厂区南、主入口西侧。

(2) 生产装置区：全厂生产车间分为东部和西部生产区域，东部生产区自北向南排列镀锌车间和镀铬车间、抛光车间和镀镍车间。西部生产区域主要为2012年后建设临时车间，车间布置自南向北排列镀锌、镀铬、阳极氧化及镀锌车间。

(3) 库区、罐区：项目盐酸储罐区位于厂区西部，污水处理站南。罐区设置5m<sup>3</sup>卧式储罐1个。

(4) 公用工程装置区：建设项目公用工程装置位于厂区北部，主要分为两个区域，西侧主要布置有污水处理站、机修车间、配电房、危废仓库和原料仓库。

表3-4项目车间主体建构物一览表

序号	名称	建筑物尺寸 (m)	备注
1	镀锌车间	48×12	1#

		48×9	2#
		16×9	3#
		24×12	4#
		27×6.4	5#
		10×12	6#
		18×14.5	7#
		24×7.5	8#
		15×14	9#
		24×9	10#
2	镀铬车间	16×9	1#
		32×9	2#
		16×8	3#
		12×9	4#
3	抛光车间	40×9	
4	阳极氧化	21.5×18	
5	镀镍车间	16×9	

### 2.3.3 场地主要活动调查

调查地块现为原盐城双马化学有限公司工业生产建设搬迁遗留用地，场地内主要从事电镀加工活动。

#### (1) 原辅材料消耗

工艺生产过程中的原辅料及产品主要有电介锌、电介镍板、硝酸、铬酸、盐酸、硼酸、氢氧化钠、硫酸镍、氯化镍等，消耗见表3-5。

表3-5原辅材料消耗表

序号	名称	规格	年用量 (t/a)	来源及运输
1	电介锌	锌纯度 98%	10	国内、汽运
2	镍板	锌纯度 99.5%	8	国内、汽运
3	硝酸	35%	6	国内、汽运
4	铬酸	32%	20	国内、汽运
5	盐酸	10%	4	国内、汽运
6	硼酸	25%	3	国内、汽运
7	氢氧化钠	纯度 99%	30	国内、汽运
8	硫酸镍	纯度 98%	15	国内、汽运
9	氯化镍	纯度 99.5%	6	国内、汽运
10	镍光泽剂	-	2.5	国内、汽运

序号	名称	规格	年用量 (t/a)	来源及运输
11	锌光泽剂	-	3	国内、汽运
12	脱脂剂	碳酸钠 90%、氢氧化钠 10%	40	国内、汽运

### (3) 工艺流程

原盐城双马化学有限公司厂主要从事电镀加工,工艺所用的原料国内市场均可供应,生产工艺流程见图 3-5~图 3-8 所示。

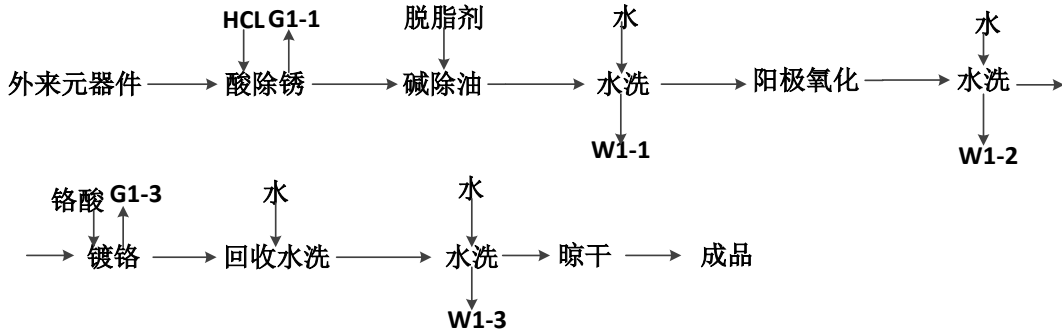


图 3-5 镀铬工艺流程图

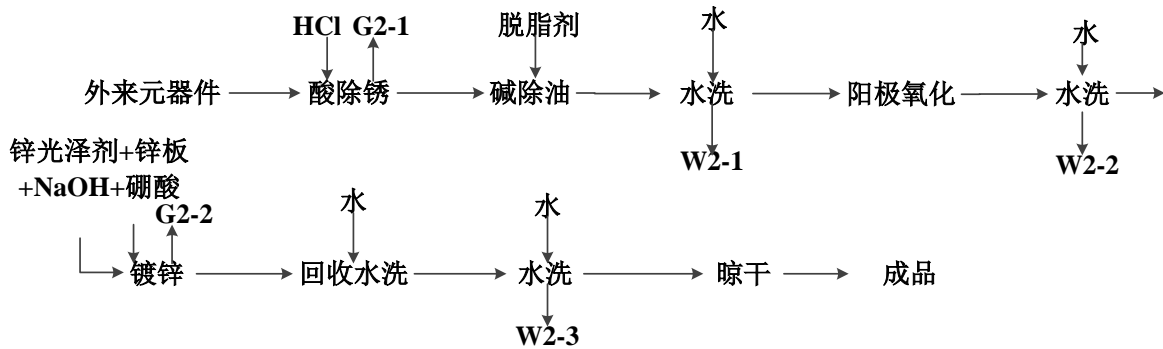


图 3-6 镀锌工艺流程图

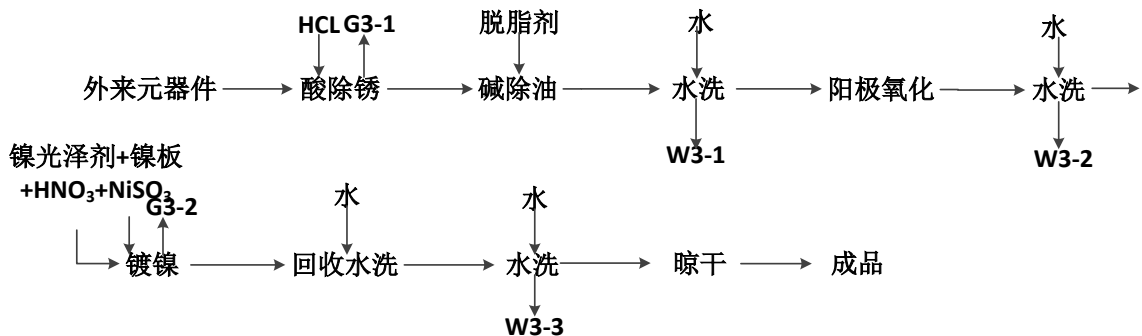


图 3-7 镀镍生产工艺流程图

### 工艺流程简述

酸除锈：用盐酸将外来元器件上的铁锈或其他金属去除，该环节有盐酸雾释放。

碱除油：用脱脂剂（碳酸钠）将元器件表面上的油污去除，以便下一步表面处理。

水洗：将碱洗除油后的镀件用水将表面清洗干净待镀，该环节产生清洗废水。

阳极氧化：将镀件作为电镀槽的阴极，使镀件金属表面被氧化以增强致密性。

回收水洗：洗掉镀件表面的浓镀液，进行回收再利用。

水洗：镀锌结束后，采用常温二级水洗对镀件进行清洗。清洗过程产生含锌废水。

晾干：经过镀锌生产线处理水洗完成的镀件进行自然干燥。

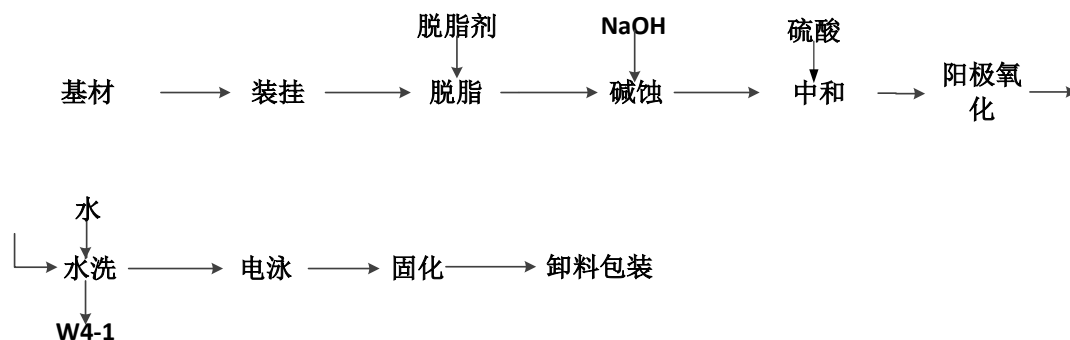


图 3-8 阳极氧化生产工艺流程

### 工艺流程简述

装挂：将待镀的型材必须保持一定的倾斜度放入挂具；

脱脂：用酸性脱脂剂对挂件进行处理以便进一步清理表面附着的油污脏物，清除制品表面的自然氧化膜及轻微的划擦伤，从而使制品露出纯净的金属基体，利于阳极膜的生成并获得较高质量的膜层；

碱蚀：用氢氧化钠对挂件表面进行处理以利于阳极膜附着；

中和：经热碱溶液蚀洗的制品都得进行旨在除去挂灰和残留碱液，以露出光亮基本金属表面的酸浸清洗；

阳极氧化：在弱碱性或弱酸性溶液中，部分基体金属发生反应，使其表面的自然氧化膜增厚或产生其他一些钝化膜的处理；

水洗：电泳前须经过一道纯水，二道热纯水，三道冷纯水的洗涤，充分洗尽型材表面、内孔和膜孔中的酸水和污物；

电泳：电泳涂料在阴阳两极，施加于电压作用下，带电荷的涂料离子移动到阴极，并与阴极表面所产生的碱性物质作用形成不溶解物，沉积于工件表面；

固化：采用电加热固化炉对电泳后挂件进行加热，增强膜的附着性。

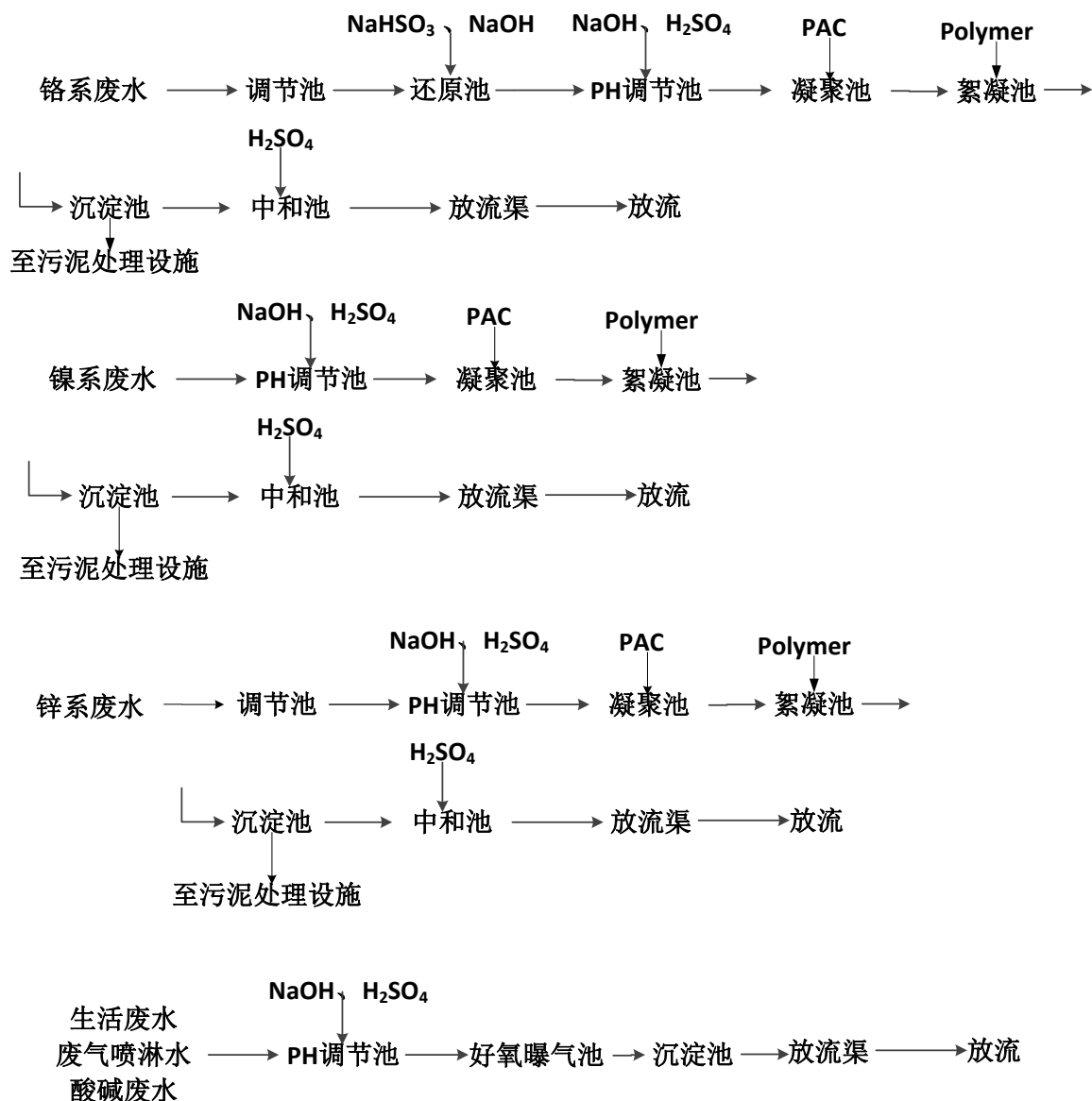


图 3-9 原环评废水处理流程

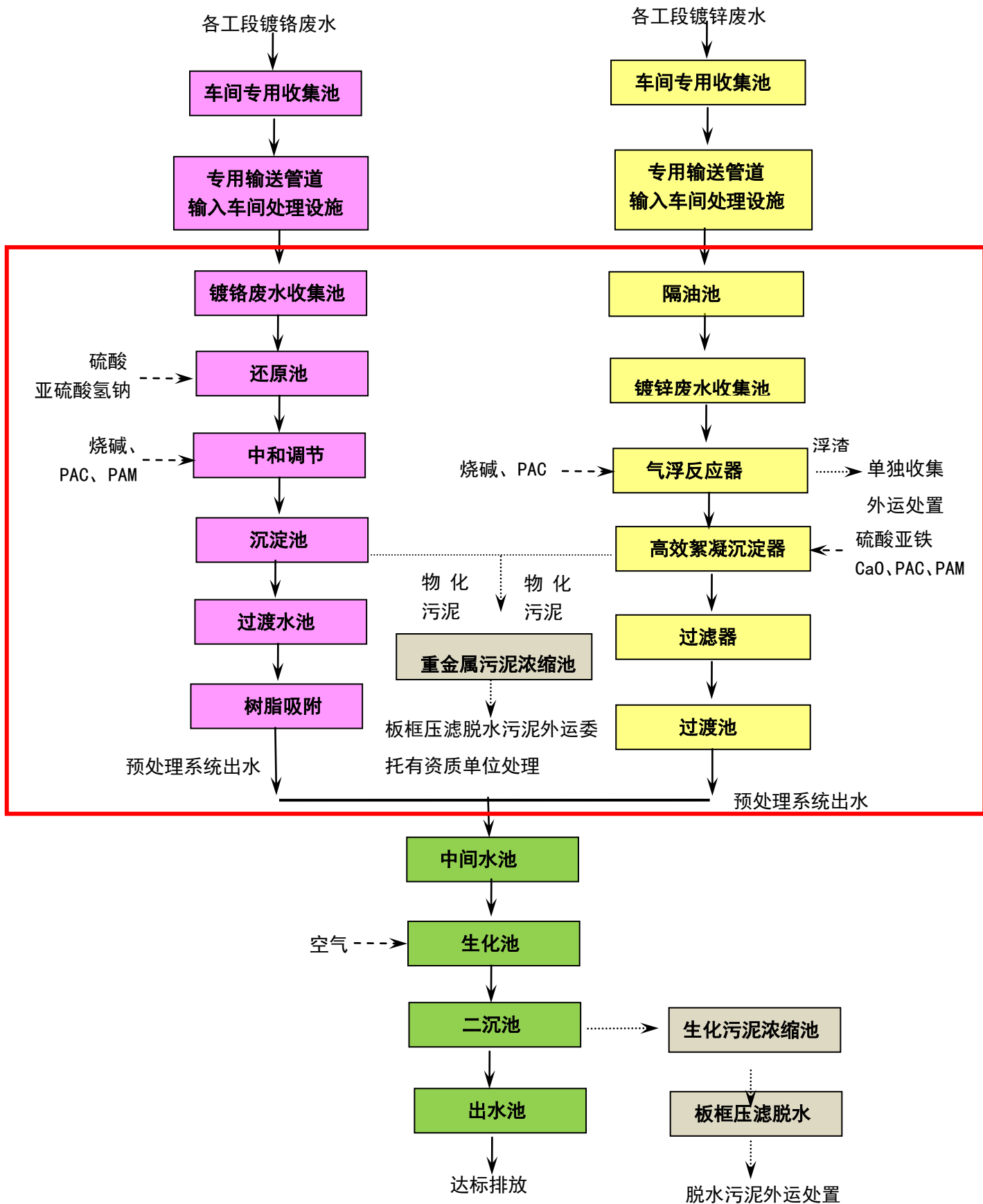


图 3-10 改造后废水处理流程

### 2.3.4 污染迁移分析

根据原盐城双马化学有限公司场地所涉及到的污染物性质、污染迁移途径如下：

- 1、在生产活动过程中重金属污染物会在操作不当或者管道破损等造成的跑冒滴漏，严重的会污染下渗进入土壤与地下水。
- 2、排放的废水经过废水沟排出，当沟渠破裂时，会造成废水污染周边的土壤和地下水。
- 3、废物堆存点或已受污染的土壤经降雨或径流淋洗，污染物进入地下水，并随着地下径流在地下水水流方向迁移。

### 2.3.5 场地环境污染识别

通过资料收集、现场探勘、人员访谈等方式，我司掌握了场地自然环境状况、企业历史信息、场地周边企业及敏感区分布、场地现状及厂区平面布置、原企业生产过程中所采用的原辅料、生产工艺及产污环节的分析等信息。该调查范围内能够的可能污染有：重金属、氯代有机物、氰化物、六价铬。

综合考虑对场地周边敏感区域及场地内规划后建设用地人体健康的影响，推测该场地可能存在的环境污染及风险表现在以下方面：

- (1)场地内土壤污染对规划建设后场地区域内人体健康所可能产生的风险；
- (2)场地内地下水污染对规划建设后场地区域内人体健康可能产生的风险。

鉴于上述检测结果，结合生产原辅材料使用情况和第一阶段调查的结果分析，确定特征污染物指标如下：pH、重金属（铜、锌、铅、总铬、镉、砷、汞、镍）、六价铬、VOCs（含氯代有机物）、氰化物。

## 2.4 相邻地块的现状和历史

场地的四周概况分别为北侧为水塘、农田和散户居民；西侧为西塘河；南侧

为建宝公路和江苏黄海水泥有限公司；东侧为水塘、农田、张杨舍和江苏飞达尔集团。

## 3 现场采样和实验室分析

### 3.1 现场探测方法和程序

#### 3.1.1 采样前准备

现场采样应准备的材料和设备包括：定位仪器、现场探测设备、调查信息记录装备、监测井的建井材料、土壤和地下水取样设备、样品的保存装置和安全防护设备等。

#### 3.1.2 定位和探测

现场定位采用手持式 GPS，现场测距采用手持式电子测距仪，地下水位测量时采用水位仪。实际采样坐标点统计表见附录 A。

### 3.2 采样方法和程序

#### 3.2.1 样品采集方法

##### 3.2.1.1 土壤样品采集

据采样点的设计位置，结合地下管线、架空管道的位置以及现场的实际可进入状况，在现场选择在合适的位置钻孔。钻机就位后由现场工程师检查设备，用带有破碎锤的挖机在混凝土硬化的地面进行破碎。

调查钻探取样工作采用美国 Geoprobe 自动采样设备（图 5-1）进行土壤样品的采集工作。其含有的 DT 22 土壤取样系统，能够连续快速的取到表层到指定深度的土壤样品，土壤样品直接保存在 PETG LINER 中，能够完整的保护好样品的品质及土壤原状，钻探过程中连续采集土壤样品直至目标取样深度。实际土壤样品记录表见附录 A。土壤样品采集工作纪实图片见附录 B。



图3-1 7822DT型Geoprobe钻机

采样时用干净的不锈钢剪刀从取土器中采集相对新鲜的土壤，部分装入密封塑料袋中用于 PID 与XRF分别检测检测土样中挥发性有机物和重金属的存在情况。同时通过目测判断该间隔段的土壤是否存在污染痕迹，现场污染观察结果和快速检测仪器分析的数据作为选择送检样品的参考条件。PID 可用于污染土壤中 VOCs 污染物的快速检测，利用紫外光灯的能量离子化有机气体，再加以探测的仪器。XRF可用于污染土壤中重金属的快速检测，不同土壤中重金属元素发出的特征X射线能量和波长各不相同，因此通过对特征X射线的能量的强弱检测，即可以得到土壤中重金属污染的浓度。



图3-2现场PID 与XRF检测

根据不同的检测指标，土壤样品截取后，按要求将土壤样品装入不同的样品瓶中。现场人员及时填写采样记录表（主要内容包括：样品名称和编号，气象条件，采样时间，采样位置，采样深度，样品的颜色、气味、质地等，现场检测结

果, 采样人员等), 并在管体上贴上标签, 注明样品编号、采样日期、采样人等信息。样品制备完成后在 4 °C 以下的低温环境中保存, 48 h 内送至实验室分析。

样品装运前核对采样记录表、样品标签等, 如有缺漏项和错误处, 应及时补齐和修正后方可装运。样品运输过程中严防损失、混淆或玷污。样品送到实验室后, 采样人员和实验室样品管理员双方同时清点核实样品, 并在样品运输跟踪单上签字确认。

土壤采样孔的岩心根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001) 进行编录, 同时记录的内容包括土壤的气味、污染痕迹、采样深度等。监测井安装参数和钻孔记录在附录 B 盐城双马化学有限公司地块环境调查钻孔剖面记录中提供, 包括地层结构、水位标高和监测井具体结构等其它相关信息。

### 3.2.1.2 地下水样品采集

地下水监测井采用美国 Geoprobe 自动采样设备中钻井设备, 如图 5-1。运用 Geoprobe 钻井设备, 采用高液压动力驱动, 将  $\Phi 110\sim 130\text{mm}$  的钻具钻至潜水层再往下 3 米。安装  $\Phi 60\text{mm}$  的 PVC 材料的井管, 井管底部 1.5 米为滤水管, 其余为盲水管。滤水管底部应安装一个 5 厘米的管帽, 水井顶端的盲水管上也需安装一个 5 厘米长的管帽。井的顶端一般超过地面 0.2-0.5 米。地下水监测井剖面示意图见图 5-3。

监测井完成后, 必须进行洗井, 以清除监测井内初次渗入的地下水中夹杂的混浊物, 同时也可以提高监测井与周边地下水之间的水力联系。洗井一般分两次, 即建井后的洗井和采样前的洗井。在洗井前后及洗井过程中需要监测 pH 值、电导率、浊度、水温并记录水的颜色、气味等, 条件许可时, 建议监测氧化还原电位、溶解氧和总溶解盐含量。建井后的洗井首先要求直观判断水质基本上达到水清砂净, 同时 pH 值、电导率、浊度、水温等监测参数值达到稳定, 即浊度等参数测试结果连续三次浮动在  $\pm 10\%$  以内, 或浊度小于 50 个浊度单位。取样前的洗井在第一次洗井 24 小时后开始, 其洗出的水量要达到井中储水体积的三倍之上, 同时要求 pH 值、电导率、氧化还原电位、溶解氧、浊度、水温等水质参数值稳定但原则上洗出的水量不高于井中储水体积的五倍。

地下水采样在采样前的洗井完成后两小时内完成。取水使用一次性贝勒管，要求一井一管，并做到一井一根提水用的尼龙绳。取水位置建议为井中储水的中部，如果在监测井中遇见重油（DNAPL）或轻油（LNAPL）时，对 DNAPL 采样设置在含水层底部和不透水层的顶部，对 LNAPL 采样设置在油层的顶板处，以保证水样能代表地下水水质。地下水采样过程中，为避免监测井中发生混浊，贝勒管放入和提出时应缓慢进行。

根据不同的检测指标，将地下水样品按要求装入不同的样品瓶中。现场人员及时填写采样记录表（主要内容包括：样品名称和编号，气象条件，采样时间，采样位置，采样深度，样品的颜色、气味、质地等，现场检测结果，采样人员等），并在样品瓶体贴上标签，注明样品编号、日期、采样人等信息。样品制备完成后在 4 °C 以下的低温环境中保存，48 h 内运至实验室分析。

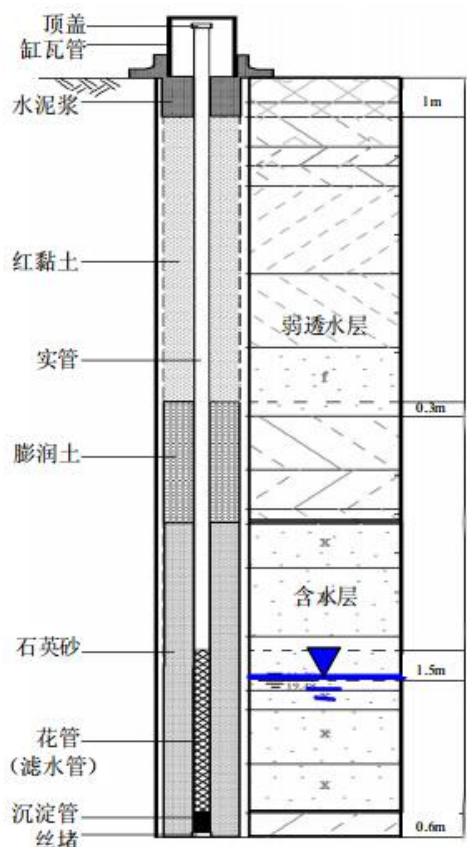


图 3-3 地下水监测井结构示意图

样品装运前核对采样记录表、样品标签等，如有缺漏项和错误处，应及时补齐和修正后方可装运。样品运输过程中严防损失、混淆或玷污。样品送到实验室

后，采样人员和实验室样品管理员双方同时清点核实样品，并在样品运输跟踪单上签字确认。

### 3.2.2 样品保存

现场填写样品采样记录。

装运前核对采样结束后现场逐项检查，如采样记录表、样品标签等，如有缺项、漏项和错误处，应及时补齐和修正后方可装运。

样品运输过程中严防损失、混淆或沾污，并在样品低温（4℃）暗处冷藏条件下尽快送至实验室分析测试。

样品交接样品送到实验室后，采样人员和实验室样品管理员双方同时清点核实样品，并在样品流转单上签字确认，样品流转单一式四份（自复写），由采样人员填写并保存一份，样品管理员保存一份，交分析人员两份，其中一份存留，另一份随数据存档。

样品管理员接样后及时与分析人员进行交接，双方核实清点样品，核对无误后分析人员在样品流转单上签字，然后进行样品制备。

## 3.3 场地地勘及特征参数调查

### 3.3.1 场地地勘调查

本次调查区域面积较大，需进行地勘调查，以掌握该场地基本水文地质状况。调查内容包括该区域范围 20 米内土层分布状况，以及地下水的流向。

勘察工作量布置如下：

本次勘察共布置 3 个机钻孔，钻孔位置详见后附建筑物与勘探点平面位置图；单孔深度设计为 20.0 m。

钻探和取样

本次钻探采用 GXY-1 型钻机 1 台。采用机械回转钻进及泥浆护壁工艺，全孔连续取芯，终孔孔径  $\phi 110\text{mm}$ 。原状土取样采用重锤少击法，现场施工及时记录，样品及时封装，扰动样在标贯器中采取，所取土样等级为 I ~ II 级，所有样

品都及时送测。

### 3.3.2 场地特征参数调查

为支持开展人体健康风险评估工作，需获取风险评估模型计算中所需的“场地特征参数”及“受体暴露参数”。通过地质勘查获取场地地质地层分布情况，开展土工试验，获取风险评估所需的场地特征参数：土壤含水率、有机质含量、容重等。

为支持开展人体健康风险评估工作，需获取风险评估模型计算中所需的“场地特征参数”及“受体暴露参数”。通过地质勘查获取场地地质地层分布情况，开展土工试验，获取风险评估所需的场地特征参数：土壤含水率、有机质含量、容重等。

#### (1) 场地特征参数

根据《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014)中对评估模型参数的规定，需通过场地调查获取的参数及获取方式见表 3-1。

表 3-1 场地特征参数

参数符号	参数名称	单位	获取途径	参数定值说明
C <sub>sur</sub>	表层土壤中污染物浓度	mg kg <sup>-1</sup>	采样实测	应根据场地环境调查实测数据定值的参数。
C <sub>sub</sub>	下层土壤中污染物浓度	mg kg <sup>-1</sup>		
d	表层污染土壤层厚度	cm		
LS	下层污染土壤层厚度	cm		
A	土壤污染区面积	cm <sup>2</sup>		
C <sub>gw</sub>	地下水中污染物浓度	mg L <sup>-1</sup>		
L <sub>gw</sub>	地下水埋深	cm		
f <sub>om</sub>	土壤有机质含量	g kg <sup>-1</sup>	采样实测	优先根据场地环境调查实测数据和资料定值的参数。
ρ <sub>b</sub>	土壤容重	kg dm <sup>-3</sup>		
P <sub>ws</sub>	田间土壤含水率	kg kg <sup>-1</sup>		
ρ <sub>s</sub>	土壤颗粒密度	kg dm <sup>-3</sup>		
PM10	空气中可吸入颗粒物含量	mg m <sup>-3</sup>	查询场地所在地区相关资料	
U <sub>air</sub>	土壤污染区近地面年平均风速	cm s <sup>-1</sup>		
δ <sub>air</sub>	土壤污染区近地面大气混合层高度	cm	现场实测	
W	土壤污染区宽度	cm	基于实测结果计算	
h <sub>cap</sub>	地下水土壤交界处毛细管层厚度	cm	现场实测	
h <sub>v</sub>	非饱和土层厚度	cm	现场实测	

参数符号	参数名称	单位	获取途径	参数定值说明
$\theta_{acap}$	毛细管层土壤中孔隙空气体积比	无量纲	基于实测结果计算	收集规划建筑设计资料, 根据建筑设计信息进行计算
$\theta_{wcap}$	毛细管层土壤中孔隙水体积比	无量纲	基于实测结果计算	
$U_{gw}$	地下水的达西 (Darcy) 速率	$\text{cm a}^{-1}$	现场抽水试验	
$\delta_{gw}$	地下水混合区厚度	cm	基于实测结果计算	
I	土壤中水的渗透速率	$\text{cm a}^{-1}$	基于实测结果计算	
$\theta_{acrack}$	地基与墙体裂隙中空气体积比	无量纲	收集规划建筑设计资料, 根据建筑设计信息进行计算	
$\theta_{wcrack}$	地基或墙体裂隙中水体积比	无量纲		
Lcrack	室内地基厚度	cm		
LB	室内空间体积与蒸气入渗面积之比	cm		
ER	室内空气交换速率	$\text{次 s}^{-1}$		
$\eta$	地基和墙体裂隙表面积所占比例	无量纲		
$\tau$	气态污染物入侵持续时间	a		
dP	室内室外气压差	$\text{g cm}^{-1} \text{s}^2$		
Kv	土壤透性系数	$\text{cm}^2$	现场抽水试验	
Zcrack	室内地面到地板底部厚度	cm	收集规划设计资料	
Xcrack	室内地板周长	cm	收集规划建筑设计资料	
Ab	室内地板面积	$\text{cm}^2$	收集规划建筑设计资料	

## (2) 受体暴露特征参数

根据《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014) 中对评估模型参数的规定, 需通过场地调查获取的参数及获取方式见表 3-2。

表 3-2 受体暴露参数

参数符号	参数名称	单位	获取途径	参数定值说明
EDa	成人暴露期	a	收集场地规划用地资料, 总结获取受体暴露特征参数	优先根据场地环境调查实测数据和资料定值的参数。
EDc	儿童暴露期	a		
EFa	成人暴露频率	$\text{d a}^{-1}$		
EFc	儿童暴露频率	$\text{d a}^{-1}$		
EF1a	成人室内暴露频率	$\text{d a}^{-1}$		
EF1c	儿童室内暴露频率	$\text{d a}^{-1}$		
EFOa	成人室外暴露频率	$\text{d a}^{-1}$		
EFOc	儿童室外暴露频率	$\text{d a}^{-1}$		
BWa	成人平均体重	kg	采用导则推荐	采用推荐值的参数

参数符号	参数名称	单位	获取途径	参数定值说明
BWc	儿童平均体重	kg	值	
Ha	成人平均身高	cm		
Hc	儿童平均身高	cm		
DAIRa	成人每日空气呼吸量	m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup>		
DAIRc	儿童每日空气呼吸量	m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup>		
GWCRa	成人每日饮用水量	L d <sup>-1</sup>		
GWCRc	儿童每日饮用水量	L d <sup>-1</sup>		
OSIRa	成人每日摄入土壤量	mg d <sup>-1</sup>		
OSIRc	儿童每日摄入土壤量	mg d <sup>-1</sup>		
Ev	每日皮肤接触事件频率	次 d <sup>-1</sup>		
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例	无量纲		
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例	无量纲		
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例	无量纲		
WAF	暴露于饮用水的参考剂量分配比例	无量纲		
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比	无量纲		
SERc	儿童暴露皮肤所占体表面积比	无量纲		
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数	mg cm <sup>-2</sup>		
SSARc	儿童皮肤表面土壤粘附系数	mg cm <sup>-2</sup>		
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	无量纲		

### 3.4 实验室分析

对所有采集样品均送至淮安华测检测技术有限公司实验室进行检测分析,所有土壤样品指标分析方法优先采用《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)。土壤样品分析:第一方法(即仲裁方法),按《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中选配的分析方法;第二方法,由权威部门规定或推荐的方法;第三方法,根据各地实情,自选等效办法,但应做标准样品验证或比对实验,其检出限、准确度、精密度不低于相应的通用方法要求水平或待测物准确定量的要求。总体来讲,监

测方法的检出限应满足风险评估的要求。

地下水样品指标分析方法优先选用国家或行业标准分析方法，尚无国家行业标准分析方法的监测项目，可选用行业统一分析方法或行业规范。采用经过验证的 ISO、美国 EPA 和日本 JIS 方法体系等其它等效分析方法，其检出限、准确度和精密度应能达到质控要求。采用经过验证的新方法，其检出限、准确度和精密度不得低于常规分析方法。

### 3.5 质量保证和质量控制

本次样品采集、保存、运输、交接与分析化验均委托有CMA计量认证的检测单位（淮安华测检测技术有限公司）进行，样品采集后监管由委托单位负责。淮安华测检测技术有限公司是一家专业从事环境质量、污染源、环境影响现状评价、委托样品等方面检测的公司，已取得江苏省质量技术监督局颁布的资质认定计量证书（证书编号：171012050472），具有本次场地土壤、地下水检测因子的检测能力（具体见附件）。

本项目质量控制管理分为现场采样和实验室分析控制管理两部分。

#### （1）现场采样质量控制

在样品的采集、保存、运输、交接等过程建立完整的管理程序。为避免采样设备及外部环境条件等因素影响样品，应注重现场采样过程中的质量保证和质量控制。现场采样时详细填写现场观察的记录单，比如土层深度，土壤质地，气味，地下水的颜色，气象条件等，以便为分析工作提供依据。

防止采样过程中的交叉污染。钻机采样过程中，对连续多次钻孔的钻探设备进行清洁，同一钻机不同深度采样时对钻探设备、取样装置进行清洗，与土壤接触的其他采样工具重复利用时也进行清洗。一般情况下可用清水清理，也可用待采土让或清洁土进行清洗。此次采样用清水进行清洗。

采集现场质量控制样是现场采样和实验室质量控制的重要手段。质量控制样一般包括平行样、空白样、运输样和设备清洗样，控制样品的分析数据可从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段分析质量效果。

在采样过程中，同种采样介质，采集一个现场重复样和一个设备清洗样。现场重复样是从相同的源收集并单独封装分别进行分析的两个单独样品；设备清洗样是采样前用于清洗采样设备与监测有关，并与分析无关的样品，以确保设备不污染样品。

对土壤特征或可疑物质描述等进行现场采样记录、现场监测记录，以及对相关现场影像记录等设计了一定格式的表格。

## （2）实验室分析质量控制

实验室质量控制包括实验室内的质量控制（内部质量控制）和实验室间的质量控制（外部质量控制）。前者是实验室内部对分析质量进行控制的过程，后者是指由第三方或技术组织通过发放考核样品等方式对各实验室报出合格分析结果的综合能力、数据的可比性和系统误差做出评价的过程。检测单位质量控制结果统计表见检测报告。

为确保样品分析质量，本项目土壤样品分析单位实验室已通过CMA认证，仪器按照规定定期校正，在进行样品分析时还对各环节进行质量控制，随时检查和发现分析测试数据是否受控（主要通过标准曲线、精密度、准确度等），在项目测定过程中做加标回收率，每个测定项目计算结果均需进行了复核，确保分析数据的可靠性和准确性。

设置一个质量保护样（双样，任选一个样品进行同样的编号，进行同样的测定），同时设置实验室间质量保证样、空白样。

## 4 场地环境调查结果与分析

本项目于2017年9月25日至29日开展第二阶段场地调查的现场采样工作，土壤与地下水样品的采集由淮安华测检测技术有限公司委托的工程钻孔设备公司在科易达专业技术人员的指导下完成；地下水流向等信息由现场测量数据处理后得到。

### 4.1 场地地质勘查结果

#### 4.1.1 场地地质调查结果

本次勘探控制深度为20.0m。对揭露的土体，据其成因时代、物理力学性质指标的差异，划分为8个主要工程地质层（编号1~6）。第1层为人类活动所形成的素填土，2~5层为第四纪全新世（Q4）沉积的土层，6层为第四纪晚更新世（Q3）沉积的土层，成因以冲积为主。各层的工程地质特征分述如下：

1层素填土：场区普遍分布，厚度0.40~0.60m，平均0.47m；层底标高2.20~2.28m，平均2.24m；层底埋深：0.40~0.60m，平均0.47m。

2层粉质黏土：场区普遍分布，厚度1.20~1.70m，平均1.43m；层底标高0.58~1.00m，平均0.81m；层底埋深1.80~2.10m，平均1.90m。

3层淤泥质粉质黏土：场区普遍分布，厚度0.80~1.30m，平均0.97m；层底标高-0.46~0.20m，平均-0.16m；层底埋深2.60~3.10m，平均2.87m。

4层粉质黏土：场区普遍分布，厚度3.70~4.40m，平均3.97m；层底标高：-4.20~-4.02m，平均-4.13m；层底埋深：6.70~7.00m，平均6.83m。

5层黏质粉土：场区普遍分布，厚度0.60~1.10m，平均0.80m；层底标高-5.12~-4.76m，平均-4.93m；层底埋深7.40~7.80m，平均7.63m。

6层砂质粉土：场区普遍分布，厚度0.50~1.00m，平均0.83m；层底标高-5.90~-5.62m，平均-5.76m；层底埋深8.30~8.70m，平均8.47m。

7层黏质粉土：场区普遍分布，厚度2.20~6.00m，平均4.47m；层底标高-11.62~-7.96m，平均-10.23m；层底埋深10.60~14.30m，平均12.93m。

8 层砂质粉土：场区普遍分布，厚度 3.00~6.80m，平均 4.33m；层底标高 -14.76~-14.30m，平均-14.56m；层底埋深 17.10~17.40m，平均 17.27m。

9 层粉质黏土：该层未穿透。

表 4-1 静力触探试验指标统计结果及其确定的承载力特征值

土层 序号	锥尖阻力 $q_c$ (MPa)	侧壁阻力 $f_s$ (kPa)	$f_{ak}$ (kPa)	$E_{s1-2}$ (MPa)
2	0.721	45	90	3.2
3	0.349	14	60	2.0
4	1.757	81	155	6.2
5	1.342	34	95	3.7
6	4.356	64	135	6.5
7	1.724	36	100	4.2
8	9.674	138	205	11.6
9	3.276	127	200	10.7

控制孔钻至自然地面下 20.0m，上述各土层的空间分布、厚度变化情况详见工程地质剖面图。

## 4.1.2 场地水文地质调查结果

### 4.1.2.1 场地地下水流向分析

在场地探测深度范围内，地下水按其类型主要为潜水。

通过现场测量地下水监测井的水位，确定场地地下水的流向主要为自东向西。监测井地下水水位等相关信息见表 6-2。地下水流向见图 6-1。

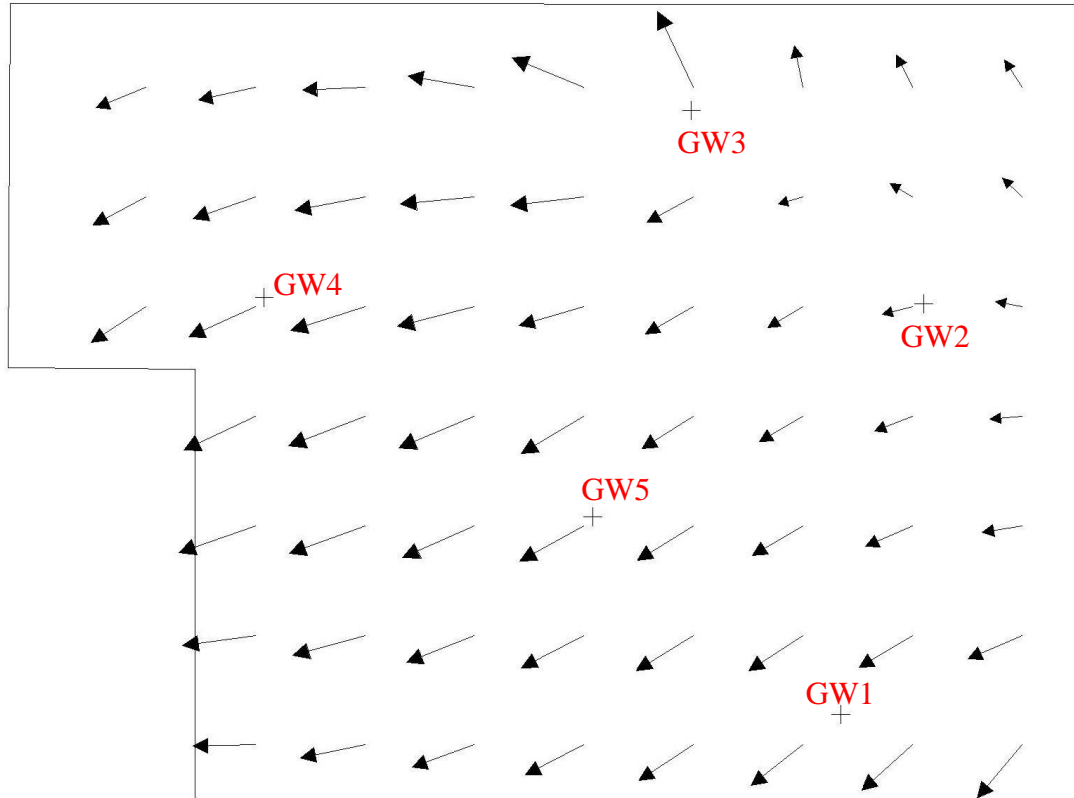


图 4-1 本场地地下水流向图

#### 4.1.2.2 场地地下水类型及赋存条件

场地勘探深度范围内地下水类型主要为孔隙潜水，其次为承压水，孔隙潜水主要赋存于第 4 层以上土层中，其补给来源主要为大气降水及地表水，水位呈季节性变化，其排泄形式主要为自然蒸发和侧向径流。承压水赋存于第 5~8 层土中，其补给来源主要是同一含水层的侧向补给，其排泄形式主要为侧向径流。地下水径流缓慢，处于相对停滞状态。详细剖面图见附录 B 附图 5。

#### 4.1.2.3 场地地下水水质类型

根据地下水水质分析结果， $\text{Ca}^{2+}$  含量占 44.91%~52.35%， $\text{Na}^+$  含量占 24.01%~31.56%， $\text{Mg}^{2+}$  含量占 19.26%~20.96%， $\text{SO}_4^{2-}$  含量占 11.01%~12.58%， $\text{HCO}_3^-$  含量占 68.25%~68.81%，场地地下水化学类型为  $\text{HCO}_3-\text{Ca}$  型。

表4-2 监测井信息表

采样点	采样深度 (m)	井深(m)	水位 (m)	色度	嗅和味	点位坐标信息		备注
GW1	水面下 0.5	6	4.251	微黄	微刺鼻	33°30'0.78"N	119°48'57.49"E	浑浊
GW 2	水面下 0.5	6	4.465	微黄	无味	33°30'2.94"N	119°48'57.64"E	微浑浊
GW 3	水面下 0.5	6	4.727	黄色	无味	33°30'3.49" N	119°48'55.79"E	浑浊
GW 4	水面下 0.5	6	4.673	微黄	无味	33°30'2.13"N	119°48'53.53"E	微浑浊
GW 5	水面下 0.5	6	4.541	无色	无味	33°30'1.34"N	119°48'54.36"E	微浑浊
GW 6	水面下 0.5	6	4.382	微黄	无味	33°30'1.90"N	119°49'2.84"E	浑浊
GW 7	水面下 0.5	6	4.518	无色	无味	33°30'2.11"N	119°48'52.68"E	微浑浊
GW 8	水面下 0.5	6	4.090	无色	无味	33°29'59.98"N	119°48'55.91"E	微浑浊

拟建场地环境属湿润区的弱透水层，根据《岩土工程地质勘察规范》(GB50021-2001) 2009 年版附录 G，判别场地环境类型为 II 类。

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001) (2009 年版) 表 12.2.1~12.2.5 进行判别，考虑孔隙潜水干湿交替作用，判定地下水对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土中钢筋具微腐蚀性。

表 4-3 场地地下水腐蚀性评价

评价类型	腐蚀介质		规范标准		测试数据	腐蚀性评价	
			等级	指标值			
按环境类型水对混凝土结构的腐蚀性评价(环境类型: II类)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)		微	<300	28.8-39.4	微	
			弱	300-1500			
	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)		微	<2000	13.4-17.0	微	
			弱	2000-3000			
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)		微	<500	1.07-1.27	微	
			弱	500-800			
	OH <sup>-</sup> (mg/L)		微	<43000	未检出	微	
			弱	43000-57000			
	总矿化度 (mg/L)		微	<20000	406-496	微	
			弱	20000-50000			
	按地层渗透性水对混凝土结构的腐蚀性评价(弱透土层)	PH 值		微	>5.0	7.34-7.36	微
				弱	5.0-4.0		
侵蚀性 CO <sub>2</sub> (mg/L)			微	<30	未检出	微	
			弱	30-60			
水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	长期浸水	微	<10000	39.0-46.1	微	
			弱	10000-20000			
		干湿交替	微	<100	39.0-46.1	微	
			弱	100-500			

注: 环境类别为 II 类干湿交替; 表中单位为 mg/L, pH 值除外。

本场地地下水位埋深较浅, 据调查, 场地周围无有毒污染源影响场地水、土环境, 根据盐城区域资料, 参照水质分析判别一般情况下土对混凝土结构具微腐蚀, 对钢筋混凝土中的钢筋具微腐蚀。

表4-4 地层渗透系数表

层号	土层名称	渗透系数(cm/s)	
		垂直 Kv	水平 Kh
2	黏土	9.80E-06	1.36E-05
3	粉土	6.05E-04	8.05E-04
4	粉质黏土	3.94E-05	5.21E-05
5	粉土	3.96E-04	5.10E-04
6	黏土	6.54E-06	7.68E-06

注：表中渗透系数均为室内试验结果

## 4.2 土壤污染物总体检出情况及污染评价

### 4.2.1 土壤采样与分析情况

本地块内第二阶段环境调查采样共设置 45 个土壤样品采集点，共送检 163 个样品，土壤采样点点位分布见附录 B 附图 3，现场采样工作情况见附录 B 照片，土壤及地下水采样点记录表见附录 A。

### 4.2.2 场地土壤基本理化性质分析结果

本场地的土壤理化性质共分析了 163 个土壤样品 pH、干重，6 个不同层水分指标，如表 6-5，详细地基土物理力学指标数理统计表见附录 B 附图 5。水分平均值为 21.9%，较湿润，土质类型多属于黏土。

表6-5 土壤基本理化性质统计表

项目	水分 (%)	pH
样品数	163	163
最小值	14.8	3.4
最大值	29.7	8.5
平均值/中位值	21.9	7.2

对于 pH 目前筛选值标准及风险评估导则规范未有规定，本报告对 pH 值位于 5.5~8.5 之外的进行统计（《环境影响评价技术导则土壤环境》征求意见稿中酸化、碱化分级标准），土壤酸化、碱化分级标准见表 6-6。土壤酸碱化程度情况见

表 4-7。

表4-6 土壤酸化、碱化分级标准

pH 值	土壤酸化、碱化强度
≤3.5	极重度酸化
3.5~4.0	重度酸化
4.0~4.5	中度酸化
4.5~5.5	轻度酸化
5.5~8.5	-
8.5~9.0	轻度碱化
9.0~9.5	中度碱化
9.5~10.0	重度碱化
≥10.0	极重度碱化

注：土壤酸化、碱化强度指受人为影响后呈现的土壤 pH 值。

表4-7土壤酸碱化程度情况

点位	深度 (m)	检测结果	判断标准	判断结果
S3	0.5	4.0	≤3.5 极重度酸化 3.5~4.0 重度酸化 4.0~4.5 中度酸化 4.5~5.5 轻度酸化	重度酸化
	1	4.2		中度酸化
	3	4.1		中度酸化
	5	3.8		重度酸化
	6	3.7		重度酸化
	7.5	3.4		极重度酸化
S4	0.5	4.6		轻度酸化
	1	4.3		中度酸化
	3	4.1		中度酸化
	6	3.6		重度酸化
	9	3.5		极重度酸化
	10.5	3.7		重度酸化
S5	0.5	4.5		中度酸化
	1	4.4		中度酸化
	3	4.6		轻度酸化
	4	4.3		中度酸化
	5	4.1		中度酸化
S8	0.5	4.2		中度酸化
	1	4.5	中度酸化	
	3	4.3	中度酸化	

	5	4.6		轻度酸化
	6	4.1		中度酸化
S15	0.5	4.8		轻度酸化
	1	4.9		轻度酸化
	3	4.5		中度酸化
S25	0.5	4.5		中度酸化
	1	4.7		轻度酸化
	3	4.9		轻度酸化
S27	0.5	5.5		轻度酸化
S30	0.5	4.8		轻度酸化
	1	4.7		轻度酸化
	3	4.4		中度酸化
	4	4.5		中度酸化
S35	3	4.9		轻度酸化
S43	0.5	4.1		中度酸化
	1	4.5		中度酸化

注：参照《环境影响评价技术导则土壤环境》（征求意见稿）中酸化、碱化分级标准对 pH 值位于 5.5~8.5 之外的进行统计）

pH 值范围在 3.4-8.5 之间，综合采样分析结果土壤部分点位呈极重度酸化、重度酸化、中度酸化和轻度酸化，场地内土壤酸化区域集中在镀锌车间和污水处理区，结合现场勘查和车间布置情况，镀锌过程中镀件表面的废酸滴落在地面后下渗对土壤酸碱度产生较大影响。

### 4.2.3 评价标准

盐城双马化学有限公司地块后期规划继续作为工业用地。本项目建议结合场地实际情况，综合考虑项目后期环境治理成本及公众安全，初步确定该场地土壤污染物风险筛选标准，优先采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）第二类用地筛选值，《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）中未涉及到的污染因子采用《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》和《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）。根据上述评价标准制定原则最终确定了本场地各污染因子

的评价标准，详见表 4-8。

表4-8 场地土壤环境质量评价标准表

序号	检出污染因子	场地土壤环境 风险评价住宅 用地筛选值 (mg/kg)	场地土壤环境 健康风险评估 筛选值(mg/kg)	建设用地土壤 污染风险管控 筛选值(mg/kg)	最终评价标准 (mg/kg)
1	砷	20	20	60	60
2	镉	150	31	65	65
3	铜	10000	6303	18000	18000
4	镍	300	244	900	900
5	铅	1200	400	800	800
6	锌	10000	10000		10000
7	氰化物	6000	92	135	135
8	六价铬	500	5.1	5.7	5.7
9	总铬	2500	-		2500
10	汞	14	11.2	38	38
11	石油烃	10620	6684	4500	4500

备注：“-”代表无标准。

#### 4.2.4 场地土壤污染物总体检出情况及分析情况

第二阶段场地调查采集土壤样品中检出的污染物有重金属（砷、镉、铜、镍、铅、锌、汞、总铬）、六价铬和总石油烃，VOCs（含氯代有机物）及氰化物均未检出。场地调查中各检出因子在本场地的检出情况汇总表见表 6-9，详细数据见副本。

表4-9场地调查中检出因子在场地各土壤采样单检出情况汇总表

序号	污染因子	检出点位	检出浓度范围 (mg/kg)	评价标准 (mg/kg)
1	铜 (Cu)	全部点位	4-314	18000
2	镍 (Ni)	全部点位	10-536	900
3	锌 (Zn)	全部点位	4.6-7890	10000
4	铅 (Pb)	全部点位	1-275	800
5	镉 (Cd)	全部点位	0.02-0.53	65
6	砷 (As)	全部点位	1.19-36.4	60

7	汞 (Hg)	全部点位	0.0033-0.89	38
8	总铬 (Cr)	全部点位	23-3640	2500
9	六价铬	S15、S18、S20、S24、S34	6-106	5.7
10	总石油烃	S41	30.5-44.8	4500

### 4.3 地下水污染物总体检出情况及污染评价

#### 4.3.1 地下水采样与分析情况

第二阶段环境调查阶段场地内共布设 5 口地下水监测井进行地下水采样。分析指标包括基本参数（水位、pH、氰化物、六价铬、悬浮物、硫化物、总硬度、挥发酚、高锰酸盐指数、氨氮、氯化物、氟化物、硫酸盐）、重金属（砷、铜、锌、铅、镉、镍、总铬、汞）。地下水监测井分布位置见附录 B 附图 1。

#### 4.3.2 评价标准

因本场地规划继续作为工业用地，不使用地下水作为饮用水，因此地下水污染物的筛选评价标准优先选取《地下水质量标准（GB/T14848-2017）》IV类对地下水质量进行评价，场地地下水评价标准见表 6-14。

表 4-14 本场地地下水评价标准（重金属单位：mg/L）

序号	污染因子	地下水质量标准（GB/T14848-2017）IV类
1	pH	5.5≤pH<6.5,8.5<pH≤9
2	砷	≤0.05
3	镍	≤0.10
4	铅	≤0.1
5	铜	≤1.5
6	锌	≤5.0
7	镉	≤0.01
8	汞	≤0.002
9	总铬	-
10	六价铬	≤0.1
11	氰化物	≤0.1
12	硫化物	≤0.10
13	总硬度	≤650

14	挥发酚类	≤0.3
15	高锰酸盐指数	≤10
16	氨氮	≤1.5
17	氯化物	≤350
18	氟化物	≤2.0
19	硫酸盐	≤350

注：“-”代表无标准。

### 4.3.3 地下水样品检出情况

#### 4.3.3.1 地下水基本参数检出情况

本场地地下水各监测井基本参数指标见表 6-15。水样采样时间为 2017 年 9 月 29 日。

表4-15场地监测井水样基本参数汇总表

项目	监测点位								GB/T14848-93IV类标准
	GW1	GW2	GW3	GW4	GW5	GW6	GW7	GW8	
pH	6.72	6.91	6.63	6.92	6.95	7.03	7.05	6.93	6.5~8.5
硫化物	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.10
总硬度	5.63×10 <sup>3</sup>	791	2.73×10 <sup>3</sup>	1.68×10 <sup>3</sup>	2.27×10 <sup>3</sup>	149	813	309	650
挥发酚类	0.039	0.004	0.007	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.3
高锰酸盐指数	25	5.2	6.6	5.5	22	3.9	2.8	4.2	10
氨氮	0.34	0.78	0.29	0.32	0.27	0.32	0.33	0.31	1.5
氯化物 (Cl <sup>-</sup> )	3.32×10 <sup>3</sup>	665	1.48×10 <sup>3</sup>	735	850	90.6	375	27.2	350
氟化物	0.4	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.8	2.0
硫酸盐 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	148	75.8	84.6	175	417	152	110	80.8	350

注：“-”表示无标准。

### 4.3.3.2 地下水污染物检出情况

本场地地下水中共检出的污染物：7种重金属（镍、铅、铜、锌、镉、总铬、汞）及六价铬。污染因子在场地内监测井的检出情况见表 6-16。

表6-16 污染因子在本场地地下水检出情况（单位：mg/L）

序号	检出污染因子	检出点位	检出范围	最终评价标准
1	铜	全部点位	0.009-0.167	1.5
2	锌	全部点位	0.0049-20	5.0
3	铅	全部点位	0.0099-0.086	0.1
4	镉	GW1、GW2、GW3	0.0007-0.0036	0.01
5	镍	全部点位	0.008-0.167	0.01
6	总铬	GW2、GW3、GW4、GW5、 GW6	0.021-16.2	-
7	汞	全部点位	0.0002-0.0006	0.002
8	六价铬	GW2、GW3	0.872-10.5	0.1

注：“-”代表无标准。

## 4.4 地表水污染物总体检出情况及污染评价

### 4.4.1 地表水采样与分析情况

在调查区域西侧西塘河、北侧和东侧紧邻水塘各布设 3 个采样断面，采集相应河段河道地表水样品，每个采样断面地表水样品各采集 1 个。地表水样品的分析检测因子亦包括 pH、重金属（砷、铜、锌、铅、镉、镍、铬、汞）、氰化物、六价铬、CODcr、氨氮、TP、SS。

### 4.4.2 评价标准

我国正式实施的《地表水环境质量标准（GB 3838-2002）》，其中地表水环境质量标准基本项目 24 项，集中式生活饮用水地表水源地补充项目 5 项，集中式生活饮用水地表水源地特定项目 80 项。依据地表水水域环境功能和保护目标，本项目采用《地表水环境质量标准（GB 3838-2002）》III类标准对地表水的环境质量进行评价。

表6-18 地表水环境质量评价标准（单位：mg/L，pH无量纲）

序号	检出污染因子	评价标准
1	pH	6~9

2	砷	0.05
3	汞	0.0001
4	铅	0.05
5	锌	1.0
6	铜	1.0
7	铬	-
8	镉	0.005
9	镍*	0.05
10	氰化物	0.2
11	六价铬	0.05
12	化学需氧量	20
13	氨氮	1.0
14	总磷	0.2
15	SS**	30

注：“-”代表无标准，镍\*参照执行《渔业水质标准》（GB11607—89），SS\*\*参照执行水利部颁发的《地表水资源质量标准》（SL63-94）。

#### 4.4.3 地表水检测因子总体检出情况

##### 4.4.3.1 地表水基本参数检出情况

本场地地采集的河水地表水基本参数指标见表 6-19。水样采样时间为 2017 年 9 月 30 日。

##### 4.4.3.2 地表水中污染物检出情况

本项目场地西侧西塘河、北侧和东侧紧邻水塘地表水中检出的污染物有 5 种：重金属 5 种（铅、铬、汞、镍、锌）。检出因子的检出情况见表 6-19。

表6-19 场地地表水样基本参数汇总表

序号	检出污染因子	检出点位	检出浓度范围	检出率 (%)	评价标准
1	pH	-	6.02-6.53	-	6~9
2	化学需氧量	全部点位	11.7-37.0	100	20
3	氨氮	全部点位	0.524-0.828	100	1.0
4	总磷	全部点位	0.04-0.17	100	0.2
5	悬浮物	全部点位	22-29	100	30

注：“-”表示无标准。

表6-20 污染因子在地表水样品中检出情况（单位：mg/L）

序	检出污染因子	检出点位	检出浓度范围	检出率	评价标
---	--------	------	--------	-----	-----

号				(%)	准
1	pH	-	6.19-6.53	-	6~9
2	铅	全部点位	0.002-0.0029	100	0.05
3	铬	除 DN1、DN4、DN4、DN9 外	0.004-0.008	55.6	-
4	汞	全部点位	0.0001-0.00023	100	0.0001
5	镍	除 DN1 外	0.025-0.32	88.9	0.02
7	锌	全部点位	0.0016-2.55	100	1.0

注：“-”代表无标准。

## 4.5 河道底泥污染物总体检出情况及污染评价

### 4.5.1 底泥样品采样与分析情况

在调查区域西侧西塘河、北侧和东侧紧邻水塘各布设 3 个采样断面，在采集相应河段河道水体处采集底泥样品，每个采样断面分层采集底泥样品各 2 个。底泥样品的分析检测因子亦包括 pH、水分、重金属（砷、铜、锌、铅、镉、镍、铬、汞）、氰化物、六价铬。

### 4.5.2 评价标准

目前，我国没有发布关于湖泊、河塘、河道等水体底泥的环境质量标准，国内正式发布的污泥标准主要针对污水处理厂产生的污泥。借鉴国内类似项目经验，对底泥土壤的处置将和对应的场地污染土壤同样工艺施工，本场地土壤有机污染物风险评价标准优先采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）第二类用地筛选值，《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）中未涉及到的污染因子采用《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》和《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）。

由于 pH 目前筛选值标准及风险评估导则规范未有规定，本报告对 pH 值位于 5.5~8.5 之外的进行统计（《环境影响评价技术导则 土壤环境》征求意见稿中酸化、碱化分级标准），土壤酸化、碱化分级标准见表 6-23。

表4-22 底泥环境质量评价标准

序号	检出污染因子	评价标准
----	--------	------

		(mg/kg)
1	pH 值	6-9
2	铜	18000
3	铅	800
4	镉	65
5	砷	60
6	总铬	2500
7	汞	38
8	镍	900
9	锌	10000
10	氰化物	135
11	六价铬	5.7

表4-23 底泥酸化、碱化分级标准

pH 值	酸化、碱化强度
≤3.5	极重度酸化
3.5~4.0	重度酸化
4.0~4.5	中度酸化
4.5~5.5	轻度酸化
5.5~8.5	-
8.5~9.0	轻度碱化
9.0~9.5	中度碱化
9.5~10.0	重度碱化
≥10.0	极重度碱化

注：土壤酸化、碱化强度指受人为影响后呈现的土壤 pH 值。

#### 4.5.3 污染物总体检出情况

本项目所有底泥样品均检出重金属（砷、镉、铜、镍、铬、汞、铅、锌）、氰化物和六价铬，具体检出情况如下表。

表 6-23 污染因子在底泥样品中的检出情况

序号	污染因子	检出点位	检出浓度范围 (mg/kg)	检出率 (%)	评价标准 (mg/kg)
1	铜	全部点位	9-531	100	18000
2	铅		27-3690	100	800
3	镉		0.1-0.18	100	65

4	砷		4.4-18.4	100	60
5	总铬		85-41000	100	2500
6	汞		0.044-0.191	100	38
7	镍		21-151	100	900
8	锌		87.7-6310	66.7	10000
9	氰化物	DN4、DN8	0.24-2.05	16.7	135
10	六价铬	DN2、DN6	97-264	11.1	5.7

## 5 污染场地风险评估

人体健康风险评估是环境风险评价的重要内容。人体健康风险评估是在收集和整理毒理学资料、流行病学资料、环境监测资料及暴露情况等资料的基础上，通过一定的方法或使用模型来估计某一暴露剂量的化学或物理因子对人体健康造成损害的可能性及损害的性质和程度大小。在盐城双马化学有限公司场地土壤环境质量调查结果的基础上，依据国家环境保护部颁布的《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）中的相关工业类用地的风险评价模型，对本场地的施工人员和未来厂区生产人员进行健康风险评估。

### 5.1 风险评估流程

风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征和土壤风险控制值计算。

#### （1）危害识别

根据场地环境调查获取的资料，结合场地土地的规划利用方式，确定污染场地的关注污染物、场地内污染物的空间分布和可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

#### （2）暴露评估

在危害识别的工作基础上，分析场地土壤中关注污染物进入并危害敏感受体的情景，确定场地土壤污染物对敏感人群的暴露途径，确定污染物在环境介质中的迁移模型和敏感人群的暴露模型，确定与场地污染状况、土壤性质、地下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值，计算敏感人群摄入来自土壤和地下水的污染物所对应的土壤和地下水的暴露量。

#### （3）毒性评估

在危害识别的工作基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的毒性参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。

#### (4) 风险表征

在暴露评估和毒性评估的工作基础上，采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险值、单一污染物经所有暴露途径的风险值、所有污染物经所有暴露途径的风险值；进行不确定性分析，包括对关注污染物经不同暴露途径产生健康风险的贡献率和关键参数取值的敏感性分析；根据需要进行风险的空间表征。

#### (5) 土壤风险控制值计算

在风险表征的工作基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如污染场地风险评估结果未超过可接受风险，则结束风险评估工作；如污染场地风险评估结果超过可接受风险水平，则计算关注污染物基于致癌风险的修复限值和基于非致癌风险的修复限值，并进行关键参数取值的敏感性分析；如暴露情景分析表明，污染场地土壤中的关注污染物可淋溶进入地下水，影响地下水环境质量，则计算保护地下水的土壤修复限值。

## 5.2 危害识别

收集场地环境调查阶段获得的相关资料和数据，掌握场地土壤和地下水中关注污染物的浓度分布，明确规划土地利用方式，分析可能的敏感受体。按照《场地环境调查技术规范》（HJ25.1-2014）对场地进行污染识别，获得以下数据：

(1) 较为详尽的场地相关资料信息，如场地土地使用权及用途变更情况、与污染相关的人为活动、场地（及邻近地区）平面分布图、地表及地下设备设施和构筑物的分布等信息；

(2) 场地土壤等环境样品中污染物的浓度数据，尤其重要的是不同深度土壤污染物浓度等；

(3) 具有代表性的场地土壤样品的理化性质分析数据，如土壤 pH 值、容重、有机碳含量、含水量、质地等；

(4) 场地（所在地）气候、水文、地质特征信息和数据，如地表年平均风速等；

(5) 场地及周边地区土地利用方式、人群及建筑物等相关信息。

### 5.2.1 场地规划与敏感受体

盐城双马化学有限公司场地将被继续用于工业用地，属于非敏感场地。工业用地情景下成人的暴露期长、暴露频率高，一般根据成人期的暴露来评估污染物。

### 5.2.2 关注污染物

依据场地概念模型及参数，建立污染物的筛选值模型，参考《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准》（征求意见稿）、《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》和《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011），得到工业用地条件下土壤和地下水中潜在关注污染物的筛选值。

## 5.3 暴露评估

### 5.3.1 暴露情景与暴露途径

暴露情景是指特定土地利用方式下，场地污染物经由不同暴露路径迁移和到达受体人群的情况。根据本场地用地规划，盐城双马化学有限公司场地将被继续用于工业用地。因此，根据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014），依据不同土地利用方式下人群的活动模式，本项目将盐城双马化学有限公司场地作为以工业用地为代表的非敏感用地（简称“非敏感用地”）。

工业用地方式下，人群可因不慎经口摄入污染土壤而暴露于污染物，可因皮肤接触污染土壤而暴露于污染物，也可因吸入室内和室外空气中的来自土壤的颗粒物暴露于污染物，如场地内污染物具有挥发性，人群还可因吸入室内和室外空气中来自土壤的气态污染物而产生健康危害。工业类用地方式下，成人可能会长时间暴露于场地污染物而产生健康危害。对于污染物的致癌效应，健康危害无阈值浓度，考虑人群的终身暴露危害，一般根据成人期的暴露来评估污染物的终身致癌风险；对于污染物的非致癌效应，健康危害有阈值浓度，儿童体重较轻、暴露量较高，一般根据成人期暴露来评估污染物的非致癌风险。

暴露途径是场地土壤中污染物经一定的方式迁移达到并进入敏感受体的过

程。盐城双马化学有限公司场地规划继续作为工业用地，需考虑土壤作为污染源时对敏感受体产生的风险和危害。当土壤作为污染源从保护人体健康角度分析，成人为敏感受体，受体主要通过经口摄入、皮肤接触和呼吸吸入等途径而暴露。

### 5.3.2 土壤暴露量计算

非敏感用地方式下各种暴露途径的土壤暴露量计算公式如下：

#### (1) 经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害。经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.21) 计算。

于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害。经口摄入土壤途径土壤暴露量采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.22) 计算。

#### (2) 皮肤接触土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害。皮肤接触土壤途径土壤暴露量采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.23) 计算。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害。皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.24) 计算。

#### (3) 吸入土壤颗粒物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害。吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014) 附录 A 公式 (A.25) 计算。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害。吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014) 附录 A 公式 (A.26) 计算。

#### (4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）附录 A 公式（A.27）计算。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）公式附录 A（A.28）计算。

#### （5）吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）附录 A 公式（A.29）计算。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害，吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）公式附录 A 公式（A.30）计算。

#### （6）吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）公式附录 A 公式（A.31）计算。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）公式附录 A 公式（A.32）计算。

#### （7）吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）附录 A 公式（A.33）计算。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害，吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）公式附录 A（A.34）计算。

### (8) 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）附录 A 公式（A.36）计算。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）附录 A 公式（A.36）计算。

### 5.3.3 参数选择

使用 HERA 模型计算土壤与地下水筛选值所需参数与我国《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）（C-RAG）所推荐的默认值相符。模型中所需主要参数有受体暴露参数，土壤、地下水、空气及建筑物特征参数，污染物理化与毒性参数及具有政策导向的致癌风险目标。

受体暴露参数见表 7-3，暴露参数来源于 C-RAG。土壤类型采用 C-RAG 的推荐值、土壤与地下水性质参数、空气与建筑物参数、吸入土壤颗粒物的参数来源于 C-RAG，见表 7-4~表 7-7。

表 7-3 受体暴露参数

参数名称	符号	单位	非敏感用地
成人体重	BW <sub>a</sub>	Kg	56.8
成人身高	H <sub>a</sub>	cm	156.3
成人暴露周期	ED <sub>a</sub>	a	25
成人暴露频率（经口摄入和皮肤接触）	EF <sub>a</sub>	d/a	250
成人室内暴露频率（呼吸摄入）	EFI <sub>a</sub>	d/a	187.5
成人室外暴露频率（呼吸摄入）	EFO <sub>a</sub>	d/a	62.5
成人暴露皮肤所占体表面积比	SER <sub>a</sub>	-	0.18
成人皮肤粘附系数	AF <sub>a</sub>	mg/cm <sup>2</sup>	0.2
皮肤接触率	E <sub>v</sub>	1/d	1
成人土壤摄入率	SIR <sub>a</sub>	g/d	0.1
成人空气摄入率	V <sub>a</sub>	m <sup>3</sup> /d	14.5
气态污染物入侵持续时间	T	a	25
室内空气中来自土壤颗粒物所占比例	Fi	-	0.8
室外空气中来自土壤颗粒物所占比例	Fo	-	0.5

参数名称	符号	单位	非敏感用地
吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	P	-	0.75
非致癌效应平均时间	AT <sub>nc</sub>	d	9125
致癌效应平均时间	AT <sub>ca</sub>	d	26280
可接受致癌风险	TCR	-	1.00E-06
可接受危险商值	THQ	-	1

注：“-”表示无量纲

表 7-4 土壤性质参数

参数名称	符号	单位	取值
表层污染土层厚度	d	m	1
下层污染土层厚度	d <sub>s</sub>	m	1
下层污染土壤顶部埋深	L <sup>s</sup>	m	1
污染土层厚度	L <sup>1</sup>	m	2
污染土层顶部至地下水面的距离	L <sup>2</sup>	m	0
平行于风向的土壤污染源宽度	W <sub>dw</sub>	m	45
平行于地下水流向的土壤污染源宽度	W <sub>gw</sub>	m	45
污染源逸散的横截面积	A	m <sup>2</sup>	225
土壤温度	T	K	301.47
土壤粘滞系数参考温度	T <sub>ref</sub>	K	298.15
包气带孔隙水体积比	θ <sub>ws</sub>	-	0.15
包气带孔隙空气体积比	θ <sub>as</sub>	-	0.28
包气带土壤总孔隙度	θ <sub>Ts</sub>	-	0.43
包气带土壤容量	ρ <sub>s</sub>	g/cm <sup>3</sup>	1.5
包气带土壤有机碳含量	f <sub>oc</sub>	-	0.0058
毛细上升带孔隙水体积比	θ <sub>wcap</sub>	-	0.342
毛细上升带孔隙空气体积比	θ <sub>acap</sub>	-	0.038
毛细上升带土壤总孔隙度	θ <sub>Tcap</sub>	-	0.38
毛细上升带厚度	h <sub>c</sub>	m	0.05
渗透系数	k <sub>v</sub>	cm <sup>2</sup>	9.60E-05*

注：“-”表示无量纲，“\*”表示实测值。

表 7-5 地下水性质参数

参数名称	符号	单位	取值
地下水位埋深	L <sub>gw</sub>	m	4.53*
地下水混合区厚度	δ <sub>gw</sub>	m	2
平行于风向的地下水污染源宽度	W	m	15
地下水污染源厚度	S <sub>d</sub>	m	2
垂直于风向的地下水污染源宽度	S <sub>w</sub>	m	10

注：“\*”为场地地下水埋深平均值。

表 7-6 空气特征参数

参数名称	符号	单位	取值
空气混合区高度	$\delta_{air}$	m	2
空气流速	$U_{air}$	m/s	2
空气扩散因子	Q/C	$gm^{-2}s^{-1}/kgm^{-3}$	79.25
空气中可吸入颗粒物含量	PM <sub>10</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0.15

表 7-7 建筑物特征参数

参数名称	符号	单位	非敏感用地
裂隙中水体积比	$\theta_{wcrack}$	-	0.12
裂隙中空气体积比	$\theta_{acrack}$	-	0.26
裂隙总空隙体积比	$\theta_{Tcrack}$	-	0.38
裂隙表面积所占比例	$\eta$	-	0.01
室内空气体积与蒸汽入渗面积比	$L_B$	m	3
空气交换律	ER	1/s	2.31E-04
室内外压强差	$\Delta P$	Pa	0
地基地部埋深	$Z_{crack}$	m	0.15
地基面积	$A_b$	m <sup>2</sup>	70
地基周长	$X_{crack}$	m	34
地基厚度	$L_{crack}$	m	0.15
土壤颗粒物载入因子	DL	g/m <sup>3</sup>	1.00E-04

注：“-”表示无量纲

土壤及水文地质条件参数等直接影响风险评价结果。土壤性质参数包括：土壤质地、含水率（%）、土壤容重（g/cm<sup>3</sup>）、孔隙度、有机质含量（%）、垂直渗透系数（cm/d）等。水文地质参数包括：水力梯度、水力传导系数（cm/s）、pH、毛细带厚度（m）等。风险估算过程中所需的场地参数如表 7-8 所示。地下水水文地质参数如表 7-8 所示。

表 7-8 相关场地参数

参数类别	参数名称
土壤参数	pH、含水率、土壤孔隙率、土壤容重、土壤蒸汽渗透性、毛细管厚度、垂直传导率、土壤质地、表层土壤深度。
气候参数	混合区风速、混合区高度。
水文参数	含水层厚度、达西速率、地下水渗流速率。
建筑物参数	地基厚度、地基周长、地下空间地面至地基地部的距离、建筑物长宽高、裂隙占地基面积比、地基裂隙中空气含量、室内外空气压差。
污染参数	受污染土壤厚度、污染土壤距地面距离、污染土壤表层到地下水位距离、

污染源宽度、场地在地下水流向上的宽度、受污染地下水厚度。

**表 7-9 地下水水文地质参数(1)**

参数	数值
地下水达西 (Darcy) 速率 ( $\text{cm a}^{-1}$ )	2500
地下水混合区厚度 (cm)	200
土壤地下水交界处毛管层厚度(cm)	5

<sup>(1)</sup>来源于《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014)附录 G。

## 5.4 毒性评估

毒性评估的工作内容包括分析地块关注污染物的健康效应(致癌和非致癌效应),确定污染物的毒性参数,用于最终风险的计算,污染物毒性参数详见表 7-10。

表 7-10 污染物毒性参数

编号	污染物 (中文)	污染物 (英文)	CAS 编号	经口摄入 致癌斜率 因子	呼吸吸入 单位致癌 风险	经口摄入 参考剂量	呼吸吸入 参考浓度	参考剂量 分配比例	消化道吸 收因子	皮肤吸收 效率因子	空气中扩 散系数	水中扩散 系数	EPA 毒 性分级
			N	SF <sub>0</sub>	IUR	RfD <sub>0</sub>	RfC	RAF	ABS <sub>gi</sub>	ABS <sub>d</sub>	D <sub>air</sub>	D <sub>wat</sub>	
			-	1/(mg/kg/ d)	1/(mg/m <sup>3</sup> )	mg/kg/d	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /s	-
1	六价铬	Chromium (VI)	18540-29-9	5.00E-01	8.40E+01	3.00E-03	1.00E-04	2.00E-01	2.50E-02	-	-	-	A
2	镍	Nickel	7440-02-0	-	2.60E-01	2.00E-02	9.00E-05	2.00E-01	4.00E-02	-	0.00E+00	0.00E+00	A
3	锌	Zinc	7440-66-6	-	-	3.00E-01	-	2.00E-01	1.00E+00	-	0.00E+00	0.00E+00	D

## 5.5 风险表征

风险表征的主要工作内容包括单一污染物的致癌和非致癌风险的计算、所有关注污染物的致癌和非致癌风险计算、不确定性分析和风险的空间表征。

### 5.5.1 风险表征技术要求

应根据场地每个采样点样品中关注污染物的检测数据,通过计算污染物的致癌风险和危害商进行风险表征。如关注污染物的检测数据呈正态分布,可根据检测数据的平均值、平均值置信区间上限值或最大值计算致癌风险(CR)及非致癌危害商(HQ),作为确定场地污染范围的重要依据。

根据《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)规定,人体可接受的致癌风险值不高于 $1 \times 10^{-6}$ ,非致癌危害商值小于1。

### 5.5.2 致癌风险和非致癌危害商的计算方法

#### C.1 土壤中单一污染物的致癌风险

(1) 经口摄入土壤途径的致癌风险采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)公式附录C(C.1)计算。

(2) 皮肤接触土壤途径的致癌风险采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)公式附录C(C.2)计算。

(3) 吸入土壤颗粒物途径的致癌风险采用公式《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014)附录C(C.3)计算。

(4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的致癌风险采用《污染场地风险评估技术导则》CHJ 25.3-2014 公式附录C(C.4)计算。

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险采用《污染场地风险评估技术导则》CHJ 25.3-2014 公式附录C(C.5)计算。

(6) 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014)公式附录C(C.6)计算。

(7) 土壤中单一污染物经所有暴露途径的致癌风险采用公式附录C(C.7)

计算。

#### C.2 土壤中单一污染物的非致癌危害商

(1) 经口摄入土壤途径的危害商采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014) 公式附录 C (C.8) 计算。

(2) 皮肤接触土壤途径的危害商, 采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014) 公式附录 C (C.9) 计算。

(3) 吸入土壤颗粒物途径的危害商, 采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014) 公式附录 C (C.10) 计算。

(4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的危害商采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014) 附录 C 公式 (C.11) 计算。

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商采用《污染场地风险评估技术导则》C HJ 25.3-2014 附录 C 公式 (C.12) 计算。

(6) 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商采用《污染场地风险评估技术导则》CHJ 25.3-2014 附录 C 公式 (C.13) 计算。

(7) 土壤中单一污染物经所有暴露途径的危害指数采用公式附录 C (C.14) 计算。

### 5.5.3 致癌风险

#### (1) 土壤致癌风险

盐城双马化学有限公司场地土壤中污染物的致癌风险见表 7-11 所示。由表 7-11 可见, 盐城双马化学有限公司场地土壤中对人体具有致癌风险的污染物为六价铬, 致癌风险为  $1.86E-04$ , 大于致癌风险标准  $1.00E-06$ 。

#### (2) 地下水致癌风险

盐城双马化学有限公司场地地下水污染物的致癌风险见表 7-13 所示。由表 7-13 可见, 盐城双马化学有限公司场地地下水无对人体具有致癌风险的污染物。

### 5.5.4 非致癌危害商

#### (1) 土壤非致癌危害商

盐城双马化学有限公司场地土壤中污染物的非致癌危害商见表 7-12 所示。  
盐城双马化学有限公司场地土壤中对人体具有非致癌风险的污染物为六价铬，非  
致癌危害商为  $4.85E-01$ ，小于非致癌危害商标准 1.00。

## (2) 地下水非致癌危害商

盐城双马化学有限公司场地地下水中污染物的非致癌危害商见表 7-14 所示。  
场地地下水中关注污染物无对人体具有非致癌危害的污染物。

表 7-11 土壤致癌风险

编号	污染物 (中文)	污染物 (英文)	原场									
			CR <sub>s</sub> <sup>ing</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>der</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>veg</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>ip</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>op</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>iv</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>sur-ov</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>sub-ov</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>sl-TOX</sup>	CR <sub>s</sub> <sup>T-on</sup>
1	六价铬	Chromium (VI)	2.11E-05	-		1.36E-04	2.84E-05	-	-	-		1.86E-04

注：“-”表示无风险。

表 7-12 土壤非致癌危害指数

序号	污染物 (中文)	污染物 (英文)	原场									
			HQ <sub>s</sub> <sup>ing</sup>	HQ <sub>s</sub> <sup>der</sup>	HQ <sub>s</sub> <sup>veg</sup>	HQ <sub>s</sub> <sup>ip</sup>	HQ <sub>s</sub> <sup>op</sup>	HQ <sub>s</sub> <sup>iv</sup>	HQ <sub>s</sub> <sup>sur-ov</sup>	HQ <sub>s</sub> <sup>sub-ov</sup>	HQ <sub>s</sub> <sup>sl-TOX</sup>	HI <sub>s</sub> <sup>on</sup>
1	六价铬	Chromium (VI)	2.03E-01	-		2.33E-01	4.86E-02	-	-	-		4.85E-01

注：“-”表示无风险。

表 7-13 地下水致癌风险

序号	污染物(中文)	污染物(英文)	原场			
			CR <sub>gw</sub> <sup>ov</sup>	CR <sub>gw</sub> <sup>iv</sup>	CR <sub>gw</sub> <sup>TOX</sup>	CR <sub>gw</sub> <sup>T-on</sup>
1	六价铬	Chromium (VI)	-	-		-
2	镍	Nickel	-	-		-
3	锌	Zinc	-	-		-

注：“-”表示无风险。

表 7-14 地下水非致癌危害

号	污染物(中文)	污染物(英文)	原场			
			HQ <sub>gw</sub> <sup>ov</sup>	HQ <sub>gw</sub> <sup>iv</sup>	HQ <sub>gw</sub> <sup>TOX</sup>	HI <sub>gw</sub> <sup>on</sup>
1	六价铬	Chromium (VI)	-	-		-
2	镍	Nickel	-	-		-
3	锌	Zinc	-	-		-

注：“-”表示无风险。

### 5.5.5 风险评估结论与建议

#### (1) 风险评估结论

##### 1) 土壤风险评估结论

作为非敏感用地,盐城双马化学有限公司场地土壤中致癌风险超过  $10^{-6}$  水平的污染物为六价铬;土壤中无非致癌危害商大于目标值 1 的污染物。本场地土壤关注污染物为六价铬。

##### 2) 地下水风险评估结论

由于场地地下水关注污染物铅、六价铬、镍缺少亨利常数等物性参数,不存在导则模型中气态污染物挥发至室内/室外暴露途径的风险;目标场地及其周边没有饮用浅层地下水的现象,且场地周围的水体功能规划的均不属于饮用水源功能水体,因此不存在饮用地下水的暴露途径。

故在不考虑饮用地下水的条件下,场地关注污染物根据导则风险评估模型,不存在暴露途径对受体产生健康风险,不会对场地的未来使用产生风险。

#### (2) 建议

1) 土壤修复目标值和地块规划用途紧密相关,项目后期开发方式发生变化需相应修正修复目标值;

2) 根据现有规划用途,场地内地下水不开采使用,如规划发生变化,需进

行必要的评估，确保安全使用；

3) 针对目前场地内地下水超过筛选值，建议修复或开展风险管控措施；

4) 对于 pH，目前筛选值标准及风险评估导则规范未有规定，本报告对 pH 值位于 5.5~8.5 之外的就行统计（《环境影响评价技术导则土壤环境》征求意见稿中酸化、碱化分级标准），综合采样分析结果土壤部分点位呈极重度酸化、重度酸化、中度酸化和轻度酸化，建议修复或开展风险管控措施。

### 5.5.6 不确定分析

污染场地风险评估过程中的不确定性假设情景、参数定值、评估模型的偏差等密切相关。不确定性可以定量地采用测定参数变化对评估结果的影响程度来表示。不确定性（缺乏关于准确值的了解，例如特定的暴露估计）分析必须与多样性（不同个体的不同暴露水平）相区别。在风险评估中强调不确定分析的原因主要包括：（1）各种来源的信息不确定；（2）必须决定是否应花费更多的人力、物力和时间，去寻找进一步的数据和信息降低不确定性；（3）不确定性分析是杜绝偏见的手段；（4）不确定性分析将有助于决策者最终提高决策质量。

由于土壤环境的复杂性，风险评价环境的复杂性，本风险评价中也存在较大的不确定性因素，这些不确定因素会对评价结果造成较大的影响。该不确定性因素包括数据本身的变异性（variability），采用模型的或参数的不确定性（uncertainty），主要包括：

（1）所收集场地调查资料的不确定性，包括历史资料、采样布点的科学性、样品检测的真实度等。

（2）所选取模型的合理和适用性。因目前我国尚没有成熟的风险评价模型，因此大多是在国外成熟的模型基础上进行改进，其适用性还需要进一步探索。

（3）污染物毒理参数的适用性。目前我国还没有完善的污染物毒理学参数，大多采用美国环保局综合风险信息数据库（IRIS, 2009）和美国环保局土壤筛选导则（US EPA, 2002），其对我国风险评价的适用性值得商榷。我国《污染场地风险评估技术导则》和广州市《污染场地调查、评估、修复工作技术指引》（报批稿）中毒理学参数大多采用美国的相关参数。

(4) 受体参数的针对性。受体参数采用《2006年中国卫生统计年鉴》和美国材料和测试标准化协会（ASTM）推荐值，主要选取的是一个均值，因此要更准确的评价某一场地的风险，还需要实地调研当地暴露人群的有关情况。

(1) 场地内部分区域土壤存在较大的人为扰动现象，这些人为扰动对场地土层结构、土壤性质参数及污染边界的确定造成了较大的影响，风险评估结果的精确度也将受到一定的影响。

(2) 场地风险评估所使用的部分建筑物参数为经验值，与特定场地的实际建筑物参数有一定的出入，这可能对评估结果的精确性造成一定的影响。

(3) 由于我国目前对于污染物基础毒性数据的不足，本次风险评估过程中使用的污染物毒理学参数如经口摄入参考剂量、经口摄入致癌斜率因子、呼吸吸入参考浓度等计算参数，均参考和借鉴美国环保局资料，这些来自国外的毒理学参数应用于我国人群，进行风险表征是可行的，但是风险评估结果的精确度受到一定的影响。

综上，我国场地健康风险评估仍处于不断完善阶段，其评估结果仍存在不确定性。

## 5.6 风险控制值计算过程

本项目修复目标值的推导将依据上述已建立的场地暴露概念模型，参照我国《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）进行计算方法和模型参数的优化后来推导保护人体健康的土壤及地下水风险控制值。

### 5.6.1 风险控制值计算过程

#### E.1 基于致癌效应的土壤风险控制值

(1) 基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）附录 E 公式（E.1）计算。

(2) 基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）附录 E 公式（E.2）计算。

(3) 基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场

地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)附录 E 公式 (E.3) 计算。

(4) 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值,采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)附录 E 公式(E.4) 计算。

(5) 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值,采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)附录 E 公式(E.5) 计算。

(6) 基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值,根据《污染场地风险评估技术导则》(H725.3-2014)附录 E 公式(E.6) 计算。

## E.2 基于非致癌风险的土壤风险控制值

(1) 基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值,采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)附录 E 公式 (E.8) 计算。

(2) 基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值,采用《污染场地风险评估技术导则》(H725.3-2014)附录 E 公式 (E9) 计算。

(3) 基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值,采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)附录 E 公式 (E.10) 计算。

(4) 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值,采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014 附录 E 公式 (E.11) 计算。

(5) 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值,采用《污染场地风险评估技术导则》CHJ25.3-2014 附录 E 公式(E.12) 计算。

(6) 基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值,采用《污染场地风险评估技术导则》C HJ25.3-2014 附录 E 公式 (E.13)计算。

## 5.6.2 风险评估推导的土壤风险控制值

根据《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)土壤风险控制值计算方法,得出了污染物可接受的非致癌风险水平即目标危害商为1,可接受的致癌风险为 $1 \times 10^{-6}$ 水平下的土壤风险控制值。具体如表7-15所示。

**表 7-15 土壤风险控制值**

编号	污染物(中文)	综合控制值(mg/kg)
1	六价铬	5.44E-01

## 5.7 修复目标值的选择

### 5.7.1 修复污染物的选择

盐城双马化学有限公司场地规划作继续用作为工业用地,工业用地对场地表面进行硬化,表层污染土壤经口摄入、吸入土壤颗粒物等暴露途径会受到一定程度阻断。同时考虑场地所在区域土壤中目标污染物的背景含量和国家有关标准中的规定限值,从可接受性、可行性、经济性等方面来适当调整土壤修复目标值,这样才能得到最优目标值。

目前国家对于污染场地没有统一的土壤污染修复目标值,只能结合风险评估推导出来的土壤风险控制值,所在区域土壤中目标污染物的背景含量和国家(或地方)有关标准中的规定限值,从而确定盐城双马化学有限公司场地土壤及地下水污染的修复目标值。

### 5.7.2 修复目标值的确认

因场地未来规划,后期修复过程中涉及到土方开挖,且考虑到后期工程实施的可操作性和可实现性,综合考虑各标准,盐城双马化学有限公司原电镀场地土壤中关注污染物的修复目标值的比选见表7-16。

具体污染物修复目标选用依据如下:

六价铬风险评估推导的土壤风险值与场地调查中的评价标准相比较,风险评估推导的土壤风险值明显低于评价标准值,为避免过度修复,两者比较,选择评价标准作为本场地的修复目标值。

**表 5-16 场地土壤修复目标值的比选**

编号	污染物（中文）	综合控制值 (mg/Kg)	评价标准 (mg/Kg)	修复目标值 (mg/Kg)
1	六价铬	5.44E-01	5.7	5.7

## 5.8 场地加密调查

### 5.8.1 调查目的

为了进一步明确地下水污染范围及污染程度，补充调查需对前期调查中出现的污染区域附近的地下水进行加密监测调查。

### 5.8.2 场地调查工作方案

在初步调查与风险评估结果的数据分析的基础上，科易达拟对受污染的区域进行了加密布点。

#### （1）地下水采样点布设

补充调查布点基于初步调查与风险评估的结果，在地下水污染超标严重的重金属污染区域采用系统布点法。

补充调查监测井设计钻探深度为 6 m，其中筛管长为 6 m。因本次加密布点主要针对重金属超标点位取样。

#### （2）监测方案

为了保证详细调查的准确与科学性，进一步明确地下水污染范围及污染程度，综合考虑场地特征污染物在本场地的迁移扩散，并充分根据初步调查结果，选取目标污染物重金属作为详细调查地下水检测的主要因子。

#### （3）现场采样

加密调查现场采样时间为 2018 年 1 月 16 日。

加密调查现场建井、采样工具、采样流程、样品采集质量控制均与初步调查采样一致。

#### （4）加密结果分析

通过对场地内污染区块目标污染物重金属的加密调查数据分析，4 个地下水样品中分析结果见表 5-19。

表 5-19 超标点位加密分析表

	GW1'监测点	GW2'监测点	GW3'监测点	GW4'监测点	标准值
pH值	7.17	6.85	6.76	7.16	5.5~9

砷	$1.8 \times 10^{-3}$	$3.0 \times 10^{-3}$	$1.03 \times 10^{-2}$	$2.3 \times 10^{-3}$	0.05
铜	$1.0 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$< 5 \times 10^{-3}$	1.5
锌	$3.5 \times 10^{-2}$	$5.3 \times 10^{-2}$	$7.8 \times 10^{-2}$	4.18	5.0
铅	$3.34 \times 10^{-2}$	$5.73 \times 10^{-2}$	$6.87 \times 10^{-2}$	0.158	0.1
镉	$< 5 \times 10^{-4}$	$< 5 \times 10^{-4}$	$< 5 \times 10^{-4}$	$< 5 \times 10^{-4}$	0.01
镍	$1.2 \times 10^{-2}$	$1.8 \times 10^{-2}$	$1.9 \times 10^{-2}$	0.112	0.10
总铬	$< 1.9 \times 10^{-2}$	$< 1.9 \times 10^{-2}$	$4.3 \times 10^{-2}$	0.228	-
汞	$< 1 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-4}$	0.002
六价铬	ND	ND	ND	ND	0.1

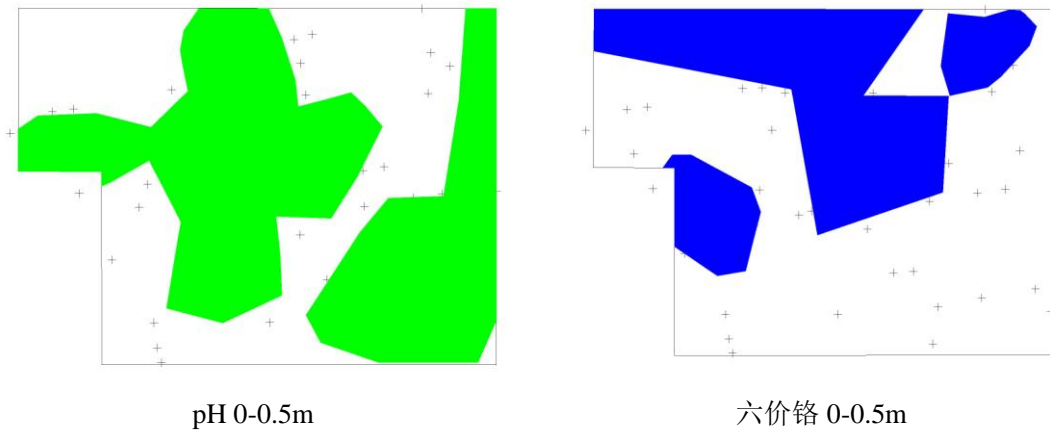
由表 7-19 可知，补充监测 GW1'~ GW3'监测结果均未超过地下水筛选值，GW4'监测结果中铅的超标倍数为 0.58，镍的超标倍数为 0.12。

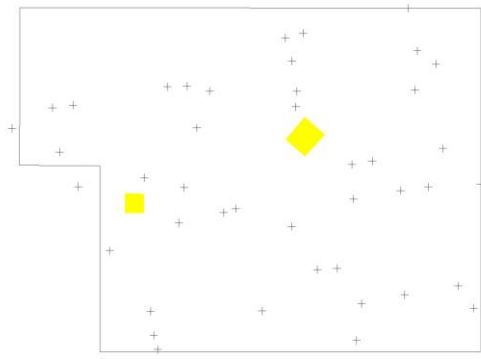
## 5.9 污染修复面积及方量最终确定

### 5.9.1 土壤污染面积及方量

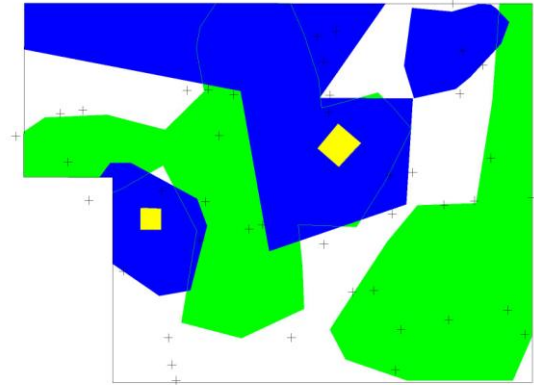
本项目场地污染面积及土方量确认的原则为：超标点位所在的区域为污染区，同时，从超标点位所在的土层作为垂直方向的污染范围，得到最大污染土方量。通过场地风险评估计算，最终确定污染。不同层次的污染分布情况见表 5-20。

(1) 0-0.5 m: 污染面积为 9784m<sup>2</sup>，污染土方量为 4893m<sup>3</sup>，污染物包括 pH、六价铬和总铬。污染范围见图 5-9。





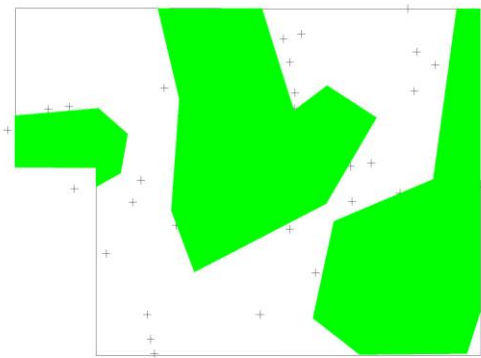
铬 0-0.5 m



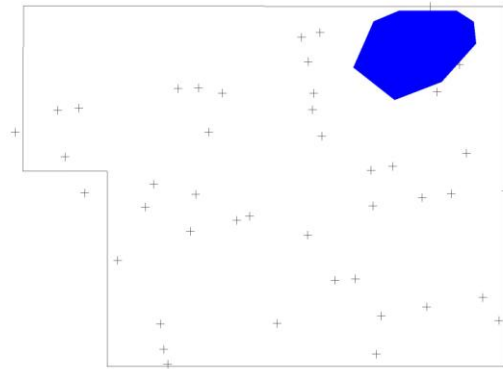
0-0.5 m 层 (超标因子叠加)

**图 5-9 第一层 (0-0.5 m) 土壤污染范围图**

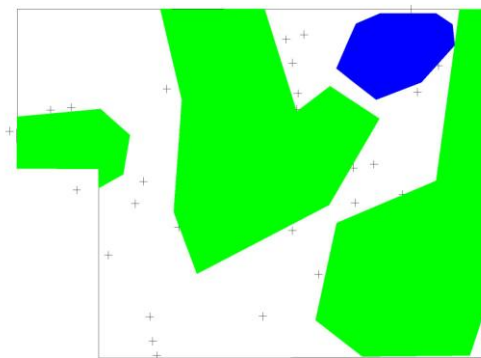
(2) 0.5-1.0 m: 污染面积为 7154m<sup>2</sup>, 污染土方量为 3577m<sup>3</sup>, 污染物包括 pH 和六价铬。污染范围见图 5-10。



pH 0.5-1.0m



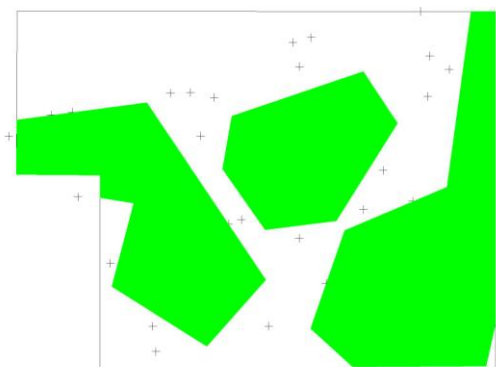
六价铬 0.5-1.0m



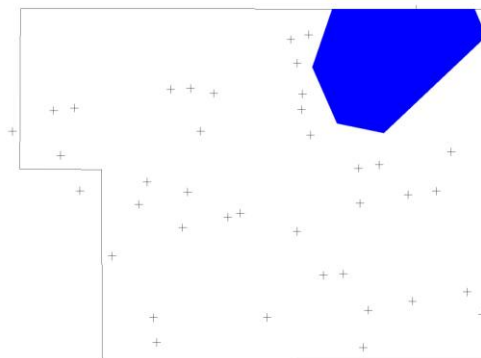
0.5-1.0m (超标因子叠加)

**图 5-10 第二层 (0.5-1.0 m) 土壤污染范围图**

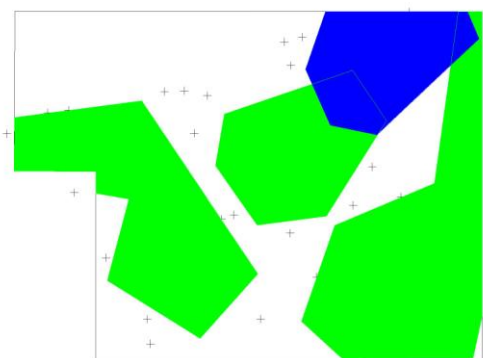
(3) 1.0-3.0 m: 污染面积为 7890m<sup>2</sup>, 污染土方量为 15880m<sup>3</sup>, 污染物包括 pH 和六价铬。污染范围见图 5-11。



pH1.0-3.0m



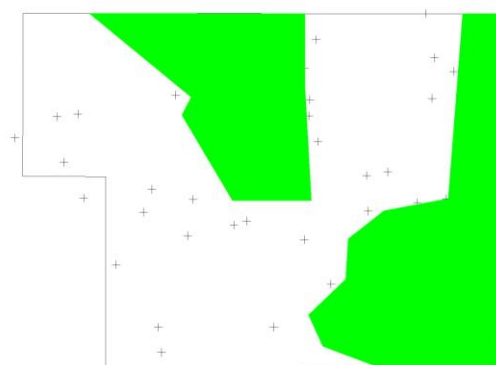
六价铬 1.0-3.0m



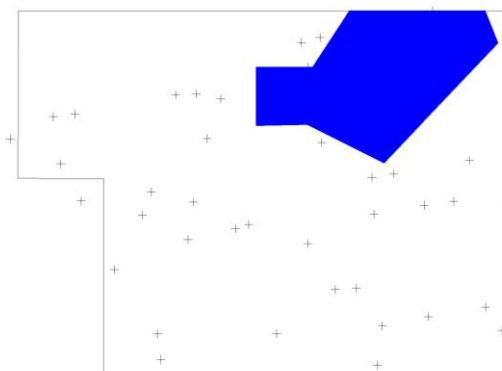
1.0-3.0m (超标因子叠加)

**图 5-11 第三层 (1.0-3.0 m) 土壤污染范围图**

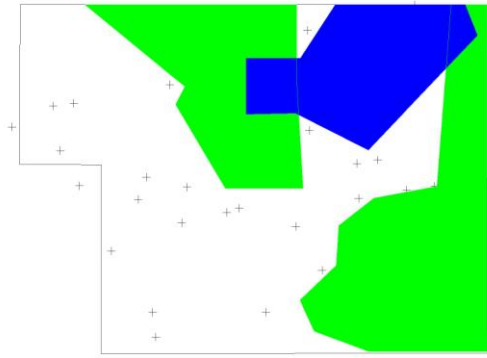
(4) 3.0-6.0 m: 污染面积为 6623m<sup>2</sup>, 污染土方量为 19869m<sup>3</sup>, 污染物包括 pH 和六价铬。污染范围见图 7-12。



pH 3.0-6.0m



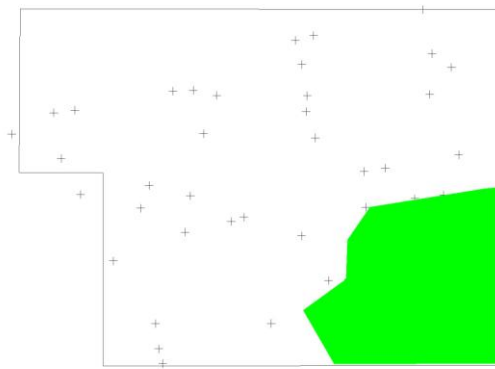
六价铬 3.0-6.0m



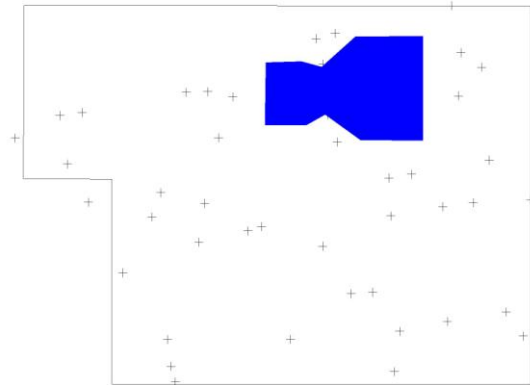
3.0-6.0m (超标因子叠加)

**图 5-12 第四层 (3.0-6.0 m) 土壤污染范围图**

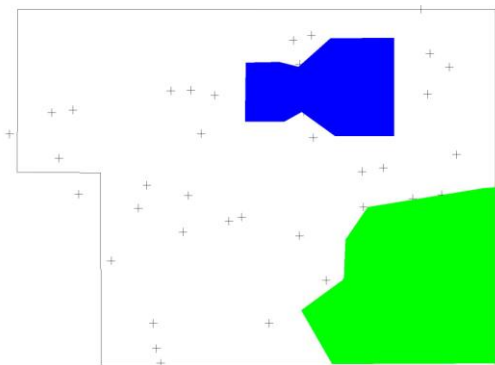
(5) 6.0-7.5 m: 污染面积为 2502.6m<sup>2</sup>, 污染土方量为 2502.6m<sup>3</sup>, 污染物包括 pH 和六价铬。污染范围见图 5-13。



pH 6.5-7.0m



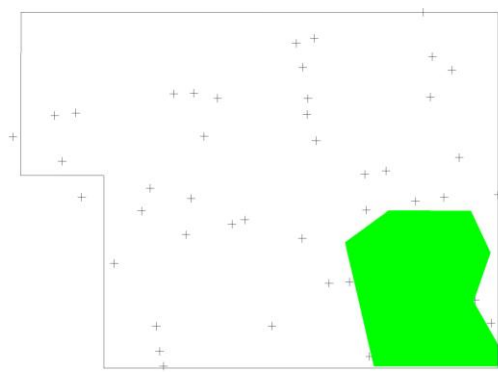
六价铬 6.0-7.5m



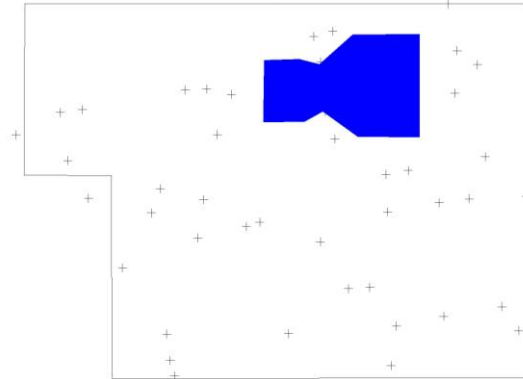
6.0-7.5m (超标因子叠加)

**图 5-13 第五层 (6.0-7.5 m) 土壤污染范围图**

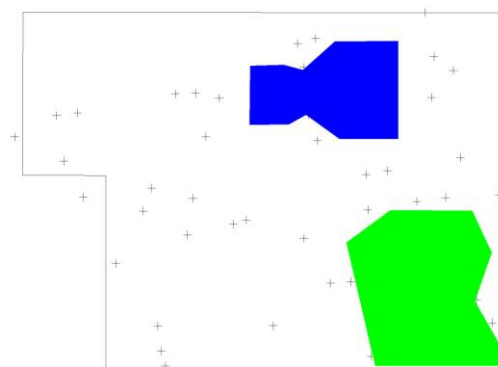
(6) 7.5-9.0 m: 污染面积为 2693m<sup>2</sup>, 污染土方量为 4039m<sup>3</sup>, 污染物包括 pH 和六价铬。污染范围见图 5-14。



pH 7.5-9.0m



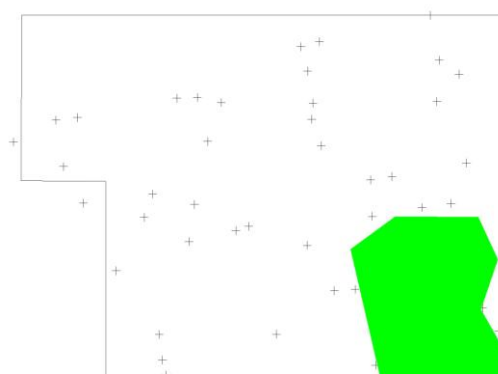
六价铬 7.5-9.0m



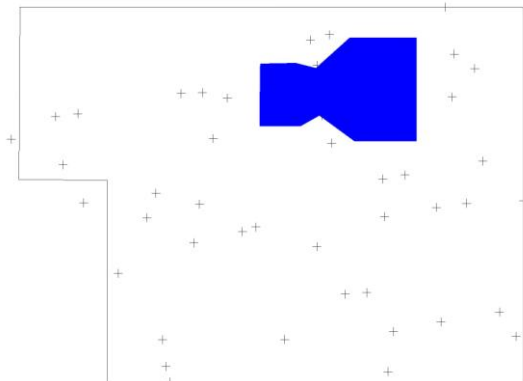
7.5-9.0m (超标因子叠加)

**图 5-14 第五层 (7.5-9.0 m) 土壤污染范围图**

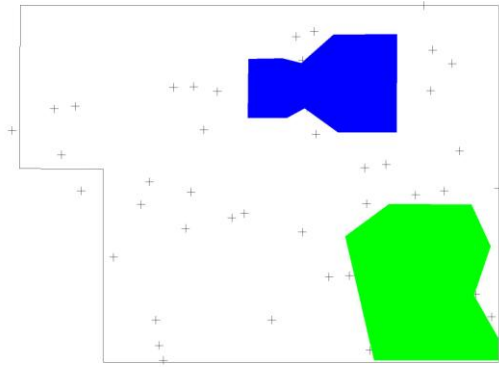
(7) 9.0-10.5 m: 污染面积为 2693m<sup>2</sup>, 污染土方量为 4039m<sup>3</sup>, 污染物包括 pH 和六价铬。污染范围见图 5-15。



pH 9.0-10.5m



六价铬 9.0-10.5m



9.0-10.5m (超标因子叠加)

图 5-15 第七层 (9.0-10.5m) 土壤污染范围图

表 5-19 土壤污染面积及土方量统计表

监测层次 (m)	监测区域	监测点位	污染物	污染面积(m <sup>2</sup> )	土方量(m <sup>3</sup> )
0-0.5	重金属污染区域	S15、S34	总铬	2497	1249
		S13、S15、S18、S20、S24、S34	六价铬		
		小计			2497
	pH 污染区域	S3、S4、S5、S8、S15、S25、S27、S30、S43	pH	5016	2508
	复合污染区域	S15	pH、六价铬、总铬	2271	1136
合计				9784	4893
0.5-1.0	重金属污染区域	S20、S34	六价铬	652	326
	pH 污染区域	S3、S4、S5、S8、S15、S25、S30、S43	pH	6502	3251
	合计			7154	3577
1.0-3.0	重金属污染区域	S15、S20、S21	六价铬	1006	2112
	pH 污染区域	S3、S4、S5、S8、S15、S25、S30、S32、S35	pH	6573	13146
	复合污染区域	S15	pH、六价铬	311	622
	合计			7890	15880
3.0-6.0	重金属污染区域	S18、S20	六价铬	1340	4020
	pH 污染区域	S3、S4、S8、S25	pH	4777	14331
	复合污染区域	S18、S25	pH、六价铬	506	1518
	合计			6623	19869
6.0-7.5	重金属污染区域	S18	六价铬	1001	1502
	pH 污染区域	S3、S4、S5	pH	2345	3517
	合计			3346	5019
7.5-9.0	重金属污染区域	S18	六价铬	1001	1502
	pH 污染区域	S4	pH	1692	2538

	合计		2693	4039	
9.0-10.5	重金属污染区域	S18	六价铬	1001	1502
	pH 污染区域	S4	pH	1692	2538
	合计		2693	4039	

## 5.9.2 地下水污染管控范围

本场地地下水污染面积利用 Surfer11.0 软件绘制，Surfer 软件是美国 Golden Software 公司编制的一款以画三维图（等高线，image map, 3d surface）的软件。该软件基于污染物的浓度，利用克里金插值法绘制等值线图确定地下水超标面积。

依据地下水污染物检出情况，本场地地下水中的超标污染物为六价铬、镍、锌，地下水污染面积为 5504.5 m<sup>2</sup>，污染深度为地下水监测井筛管深度 6m，地下水污染范围图见图 5-16。



图5-16地下水污染范围图

地下水污染区域与土壤污染区域相关性分析：

地下水污染区域为电镀车间附近，在生产活动过程中重金属污染物会在操作不当或者管道破损等造成的跑冒滴漏，污染物下渗进入土壤与地下水并随着地下径流在地下水水流方向迁移动，污染该区域地下水。

## 8 调查评估结论和建议

### 8.1 调查评估结论

(1) 本次场地环境调查对场地内可能受到污染的土壤和地下水进行了采样分析，较准确地反映了该场地的环境质量状况。

(2) 经过场地调查与风险评估显示：本场地土壤污染物为六价铬。由于场地地下水关注污染物铅、六价铬、镍缺少亨利常数等物性参数，不存在导则模型中气态污染物挥发至室内/室外暴露途径的风险；目标场地及其周边没有饮用浅层地下水的现象，且场地周围的水体功能规划的均不属于饮用水源功能水体，因此不存在饮用地下水的暴露途径。

故在不考虑饮用地下水的条件下，场地关注污染物根据导则风险评估模型，不存在暴露途径对受体产生健康风险，不会对场地的未来使用产生风险。

(3) 根据我国 2014 年颁布的《污染场地土壤修复技术导则》(HJ 25.4-2014) 及其它相关文件要求，本项目在充分考虑盐城双马化学有限公司原场地水文地质条件、场地污染特征、当地经济技术条件的基础上，结合本项目场地未来规划和施工进度等要求，建议对本场地污染区域进行土壤修复和地下水风险管控。本场地的六价铬污染土壤面积 7998 m<sup>2</sup>，污染土方量为 12853m<sup>3</sup>，pH 污染土壤面积 28597 m<sup>2</sup>，污染土方量为 41829m<sup>3</sup>，污染的地下水面积为 5135.4m<sup>2</sup>。