
张家口硫酸厂原址部分区域
污染修复方案补充方案
(公示版)

此报告仅宝航环境修复有限公司公示所用

1. 项目概况

项目名称：张家口硫酸厂原址部分区域污染修复工程项目。

项目简介：(1) 对张家口硫酸厂原址部分区域 78557.5m³ 砷、氟化物污染土壤进行原位修复，该工作已完成；(2) 对原位修复后的 69725.5m³ 土壤开挖，开挖后全部在硫酸厂原址内暂时堆存，后外运进行资源化利用（用作中关村科技谷知春路辅路的路基），该工作为本补充方案实施内容。

工程地点：(1) 张家口硫酸厂原址（河北省张家口市桥东区胜利中路 16 号），(2) 中关村科技谷知春路辅路（张家口市桥东区东部，中心地理坐标为 E：114°55'9.94"、N：40°47'46.44"）。

本工程内容：(1) 清挖工程：清挖深度为 0~6m，清挖土方量为 69725.5m³，(2) 资源化利用工程：将清挖的 69725.5m³ 土壤转运至知春路辅路作为路基填充材料进行资源化利用。

质量目标：(1) 张家口硫酸厂原址修复后土壤清挖到位，清挖后基坑底部和侧壁土壤中砷、氟化物含量满足清挖修复目标，砷、氟化物清挖修复目标分别为 20mg/kg、693mg/kg；(2) 土壤清挖和资源化利用过程中的环境管理和监测符合相关技术要求。

工程工期：本项目暂定 10 月 30 日开工，具体开工日期需根据科技谷知春路辅路的建设进度来确定。

2. 修复后土壤异位资源化利用总体设计

2.1 总体设计思路

张家口硫酸厂原址后期规划为住宅用地，属于敏感用地，对环境的要求较高，已完成的原位稳定化技术仅从控制污染物迁移角度降低污染物的危害性，土壤中污染物的总量并没有削减，后续住宅楼和地下车库开发建设过程中会涉及到修复后的土壤开挖，存在二次污染的风险。因此从环境安全角度考虑，需将原位稳定化修复后的土壤进行妥善处置。

中关村科技谷位于张家口市桥东区东部，目前科技谷园区内道路陆续在修建，拟建的知春路拐弯处外侧为较深的山沟，为保证道路安全，拟在原山沟位置修建一段知春路辅路。经测绘计算，知春路辅路修建路基需填土方 91490m³。

根据 3.3.5 章节修复工程自验收结果及 3.4.3 章节修复效果检测结果表明，张家口硫酸厂原址原位稳定化修复后的土壤均达到修复目标值的要求。因此，可将修复合格后的土壤，直接运至知春路辅路填筑路基进行资源化利用。修复后土壤资源化利用实施过程中，需达到如下要求：

(1) 工程施工组织机构完整，施工管理制度完善，施工进度保障措施有效。充分结合、利用场地现有施工条件，组织安排人员、材料、机械有机结合和实施运行。工程施工现场充分考虑业主需求，进行动态管理，以现场实际情况为基础，实事求是，寻求最优化的施工方式。

(2) 充分考虑施工过程的安全、质量、环保、效率等方面需求，在各技术和实施设计环节符合管理部门和企业内部的质量控制管理要求，提出相应保障措施，保证设计的可行性和实施结果可达性。

2.2 总体设计原则

2.2.1 科学性原则

清挖方案、检测方案、运输方案、填筑阻隔方案、填筑阻隔区长期监测方案设计应采用科学的态度和方法，综合考虑清挖效果、运输方式及路线、施工时间、施工成本等因素，建立系统、全面的清挖工程、转运工程和防渗阻隔工程设计，

为项目工程实施提供有力支撑。

2.2.2 可行性原则

清挖方案、运输方案和阻隔防渗方案设计的工程路线要合理可行，具有可操作性，因地制宜选择施工方案，确保工程按计划完成施工。

2.2.3 安全性原则

在清挖、运输和资源化利用方案设计中，以修复土壤清挖到位，在清挖、运输、资源化利用过程中严防二次污染，施工过程中采取的所有技术必须与最终管控工艺结合，保证方案采用的风险管控技术在场地全过程中的环境和人员安全。

2.3 修复后土壤资源化利用可行性分析

2.3.1 修复后土壤资源化利用方式

业主单位及属地政府考虑到中关村科技谷知春路辅路建设需要土，该区域不在地下水水源地、生态红线保护区以及其他环境敏感区，拟将修复后土壤作为知春路辅路路基进行资源化利用，并将按照环保要求做好后期管理和长期监测。

2020年5月16日，张家口昌盈市政工程有限公司在石家庄市组织召开了《张家口硫酸厂原址部分区域污染修复后土壤危险特性鉴别方案》（以下简称“《鉴别方案》”）并通过评审。张家口市环境科技服务有限公司根据鉴别方案对张家口市硫酸厂原址修复后土壤进行鉴别。土壤腐蚀性、氟化物、砷进行鉴别。鉴别结果为硫酸厂原址修复后土壤不属于危险废物，修复验收合格后可用作路基进行资源化利用。

硫酸厂原址未来规划用地性质为住宅用地，且地周边紧邻住宅小区，为了确保在场地的后期开发利用过程中尽可能小的对周边环境造成影响，进一步控制修复后土壤的暴露途径，尤其是含砷污染土壤的暴露途径，结合硫酸厂原厂址的后期开发利用，本方案拟选用将修复后的土壤用作路基填筑材料的资源再利用方式进行处置，同时为保证填筑后的土壤不再具有暴露风险，拟对填筑区进行阻隔防渗建设，即通过敷设阻隔层阻断土壤中污染物迁移扩散的途径，使污染土壤与四周环境隔离，避免污染物与人体接触和随降水或地下水迁移进而对人体和周围环

境造成危害。

2.3.2 修复后土壤资源化再利用场地概况

经业主单位与属地政府沟通确认，硫酸厂原址修复后土壤将作为科技谷知春路辅路的路基填土使用。

中关村科技谷位于桥东区东外环东侧，区域内知春路作为中关村科技谷配套市政道路，中心地理坐标为 E: 114°55'9.94"、N: 40°47'46.44"，根据路网需求，桥东区政府决定在知春路东北侧规划建设辅路一条。知春路辅路拟占地面积 15.18 亩，长度约为 143m，拟建设知春路辅路位置及所在路网详见图 4-1 至图 4-3。

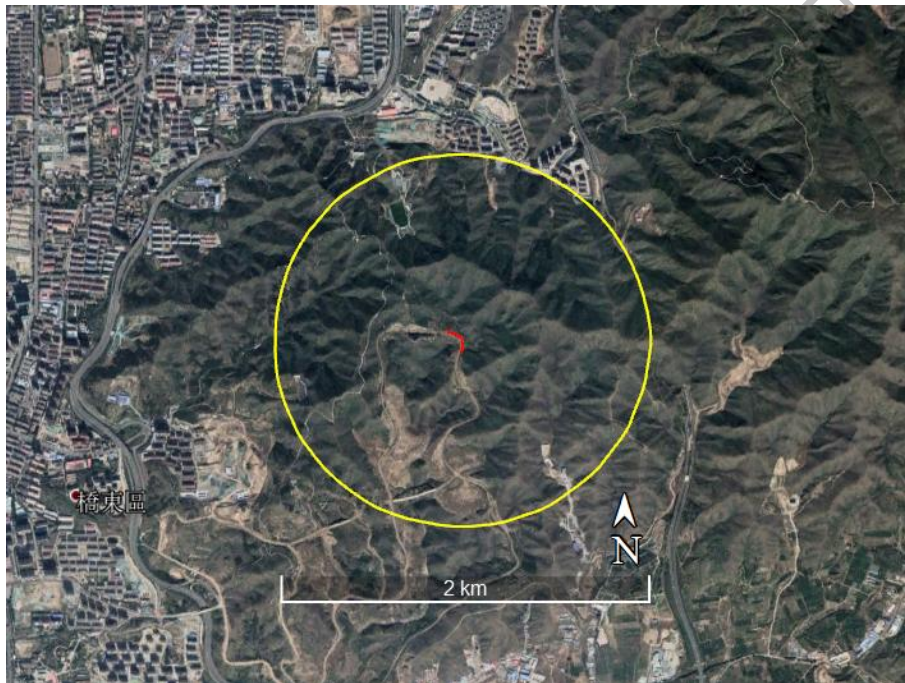


图 2-1 知春路辅路位置图

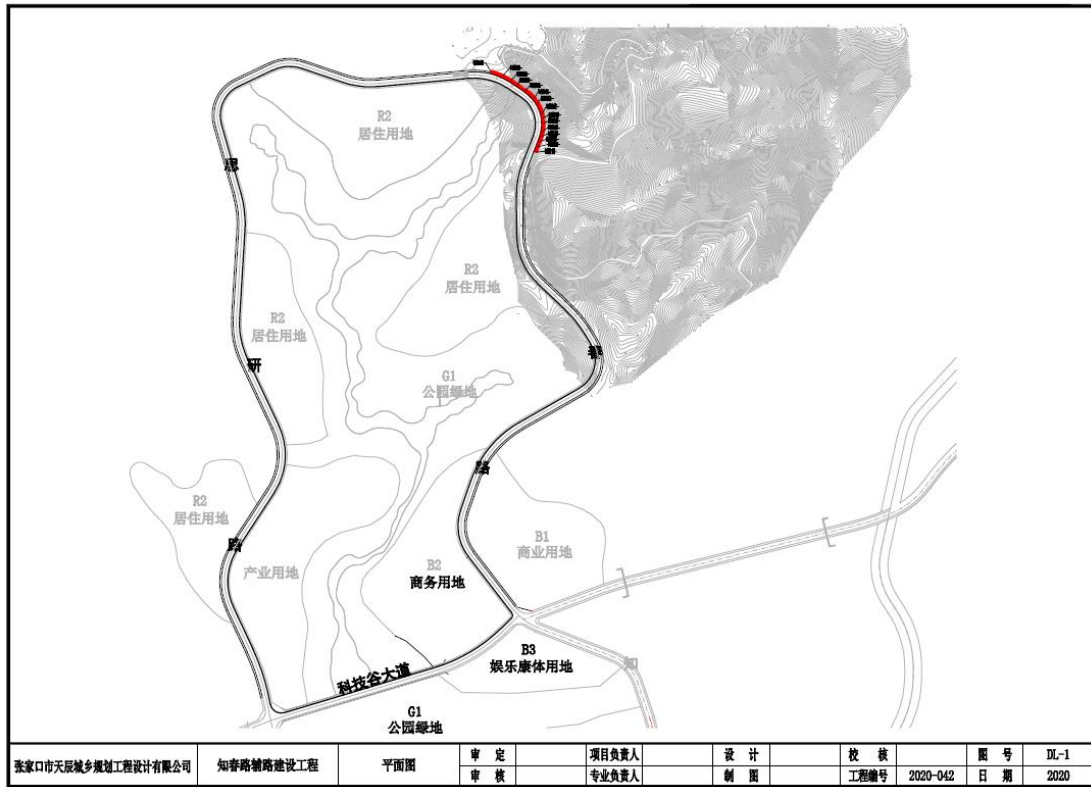


图 2-2 知春路辅路规划设计图

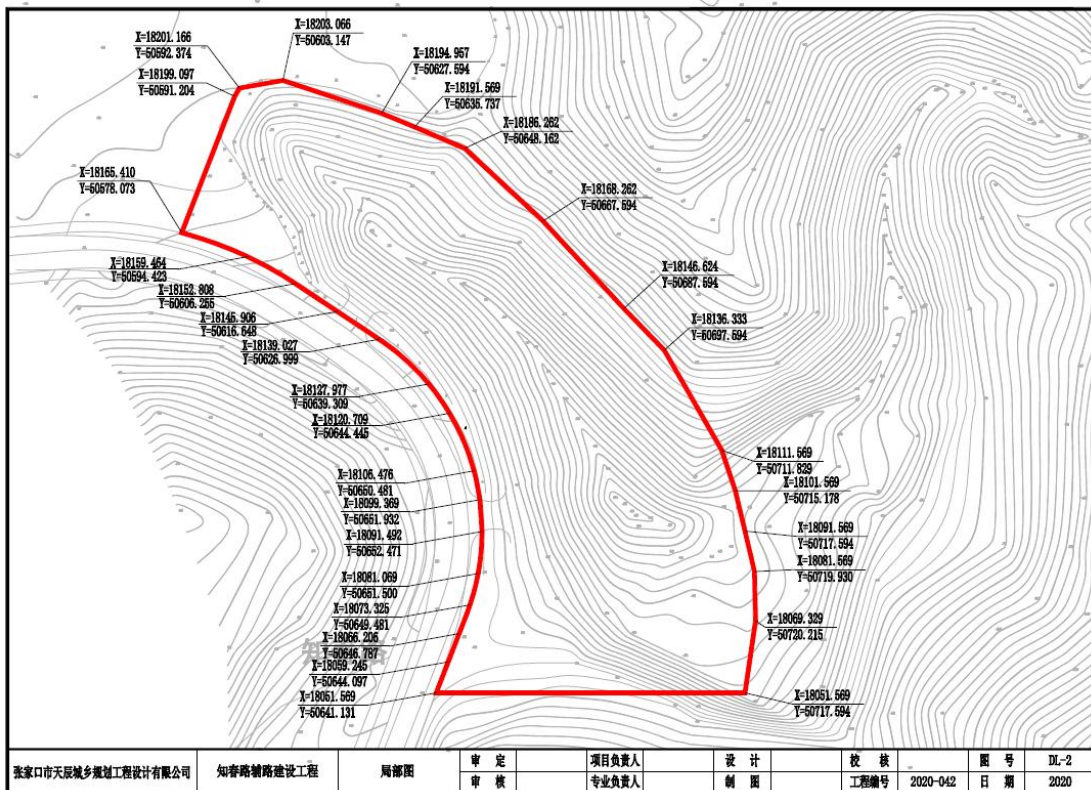


图 2-3 土壤填筑区位置及拐点平面图

2.3.3 资源化再利用场地的自然条件

根据知春路辅路规划设计资料显示,硫酸厂原址修复后的土壤资源化再利用场地-知春路辅路符合当地城乡建设总体规划要求,且远离居民集中区;其地基基础满足承载力要求,不受地基下沉的影响;资源化再利用场地地质状况不存在断层、断层破碎带、溶洞区,也不属于天然滑坡或泥石流影响区;资源化再利用场地远离江河、湖泊、水库最高水位线以下的滩地和洪泛区以及自然保护区、风景名胜区和需要特别保护的区域,也不属于地下水主要补给区且地基基础距离地下水水位较深,基本上不会对地下水造成影响。

一、水文地质

根据张家口市桥东区中关村科技谷城市防洪评价报告,对资源化再利用场地的水文地质进行描述。

(一) 含水层分布及赋水性

资源化再利用场地地处冀西北山地,根据含水层岩性、地下水赋存条件和动力特征的不同,地下水类型主要为第四系松散岩类孔隙水和基岩类裂隙水。

(二) 地下水类型及动态特征

第四系松散岩类孔隙水主要分布在沟谷地带,山前坡洪积和河流冲洪积地带,含水层岩性主要为碎石土、砂土、砂碎石等组成,地下水水位埋深均较大,一般都在 50m 以上。基岩类裂隙水主要赋存于侏罗系上统张家口组地层中,以基岩风化构造裂隙水为主,含水带岩性以安山岩为主。随着裂隙程度发育不同,含水量大小也不同,总体水量不大,富水性差,且富水性不均匀,一般都很小,风化层以下岩石裂隙不发育,含水性弱。只有局部破碎带水量较大,水位埋深变化大。

(三) 地下水开采与补给、径流、排泄条件

本区松散岩类地下水动态具有明显的季节性变化规律。地下水位的升降、水量增减与降水量密切相关。雨季水位上升,涌水量增加,旱季水位下降,涌水量减少。区内地下水补给来源主要为大气降水、河流及附近山体基岩裂隙水侧向补给,补给条件较好,排泄主要以地表蒸发、地下径流及人工抽水等方式。

二、中关村科技谷沟道概况

中关村科技谷位于山区,项目区内有一条主沟(G1),两条支沟(ZG1、ZG2)。

主沟沟谷走向近东北—西南，长度约 2800m，沟谷宽度 60~80m，纵坡比 0.0215，沟谷呈“U”字型，沟谷两侧山坡坡度 10°~50°，汇水面积约为 4.41km²，该沟谷东南一侧为第四系覆盖，厚度为 0.1~0.5m，该侧植被覆盖良好，覆盖率约 40%，基本无水土流失现象。ZG 1 号支沟位于科技谷西侧，沟总长 0.85km，沟深 15~20m，纵坡比 0.038，沟道走向北西向，上游转向北东向，沟道为天然形成，该支沟将流域内洪水排入主沟。ZG2 号支沟位于项目区主沟东侧，沟总长 0.52km，沟深 15~20m，中心流水区宽约 15m，纵坡比 0.071，沟道走向北东向，沟道总体方向较直，中间弯曲向前，为天然形成，没有经过任何治理，沟口恰为主沟拐弯处，遇洪水随地形将向下游漫溢，排入主沟。中关村科技谷区域内沟道现状见图 4-4 和图 4-5。

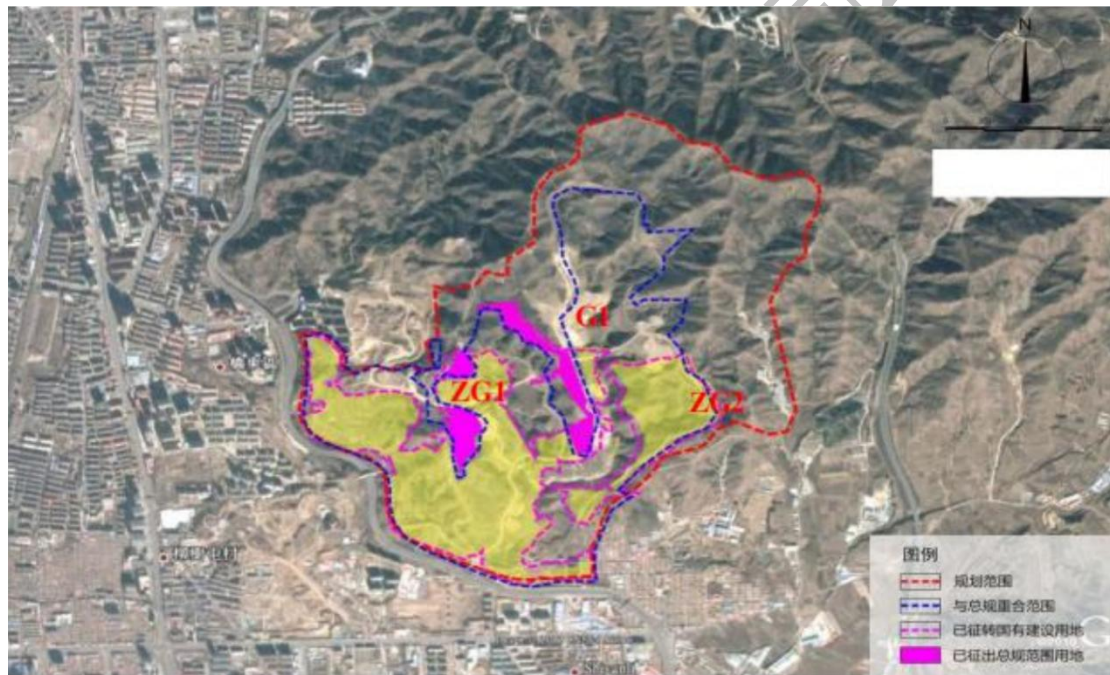


图 2-4 中关村科技谷区域内沟道情况图



图 2-5 中关村科技谷项目区域沟道现状图

三、地形地貌

中关村科技谷项目区位于张家口市东部，属冀西北山间盆地洋河盆地的边缘。按地貌分区类型，本区属侵蚀构造山地区（II），微地貌类型为以火成岩为主的低山小区（II2-2），地形总体上呈东北高西南低。场地地面标高介于 820.38~880.57m 之间，最大高差 60.19m，地形起伏大，地形坡度约 10°~50°。低山区植被较发育，第四系覆盖层厚 10~50cm，基岩多裸露。

2.3.4 资源化再利用场地环境功能区划分析

（1）环境空气质量功能区划

资源化再利用场地所处区域环境空气质量为二类功能区，大气环境质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

（2）水环境功能区划

根据河北省水利厅、河北省环保厅《关于调整公布<河北省水功能区划的通知>》（冀水资[2017]127号），清水河（东、西沟汇入口-入洋河口）属《地表水

环境质量标准》(GB3838-2002) V类功能区, 资源化再利用场地属于该区域, 因此地表水执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) V类标准。

资源化再利用场地所在区域地下水环境属于地下水质量III类功能区, 执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III类标准。

(3) 声环境功能区划

根据《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中声环境功能区分类规定, 资源化再利用场地为道路, 执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 4a 标准。

(4) 生态功能区划

根据《河北省生态功能区划报告》, 本项目资源化再利用场地位于冀西北间山盆地林农草生态亚区, 该区域水土流失较敏感、土壤沙化严重。根据《张家口生态市建设规划(2007~2030)》, 资源化再利用场地位于市中心区生态城镇建设功能亚区。

2.3.5 资源化再利用场地环境风险分析

综上, 对中关村科技谷知春路辅路作为硫酸厂修复后土壤资源化利用场地的可行性及环境风险进行以下分析:

(1) 根据《张家口市桥东区人民政府关于接收张家口市硫酸厂修复后土壤资源化利用的情况说明》中的内容“我区同意接收该部分修复后的土壤全部用作知春路辅路路基填筑材料进行资源化利用, 并将按照环保要求做好后期管理和长期监测。知春路位于桥东区东外环东侧, 属于中关村科技谷的配套市政道路, 中心地理坐标为为 E: 114° 55'9.94"、N: 40° 47'46.44"。根据中关村科技谷路网需求, 我区决定在知春路东北侧规划建设辅路一条, 拟占地面积 15.18 亩, 长度为 143m, 该区域不在生态保护红线范围和水源地保护区内, 符合接收原硫酸厂修复后土壤的环保要求”。所以将张家口硫酸厂修复后土壤作为知春路辅路路基进行资源化利用, 资源化再利用场地符合当地城乡建设总体规划要求。

(2) 根据本地区气象气候条件, 本地区常年主导风向为西北风, 科技谷知春路辅路位于居民集中区主导风向下风侧, 距离最近的居民居住区 1000m, 距离上风向居民区 1450m, 对区域内居民集中区的环境风险较小。

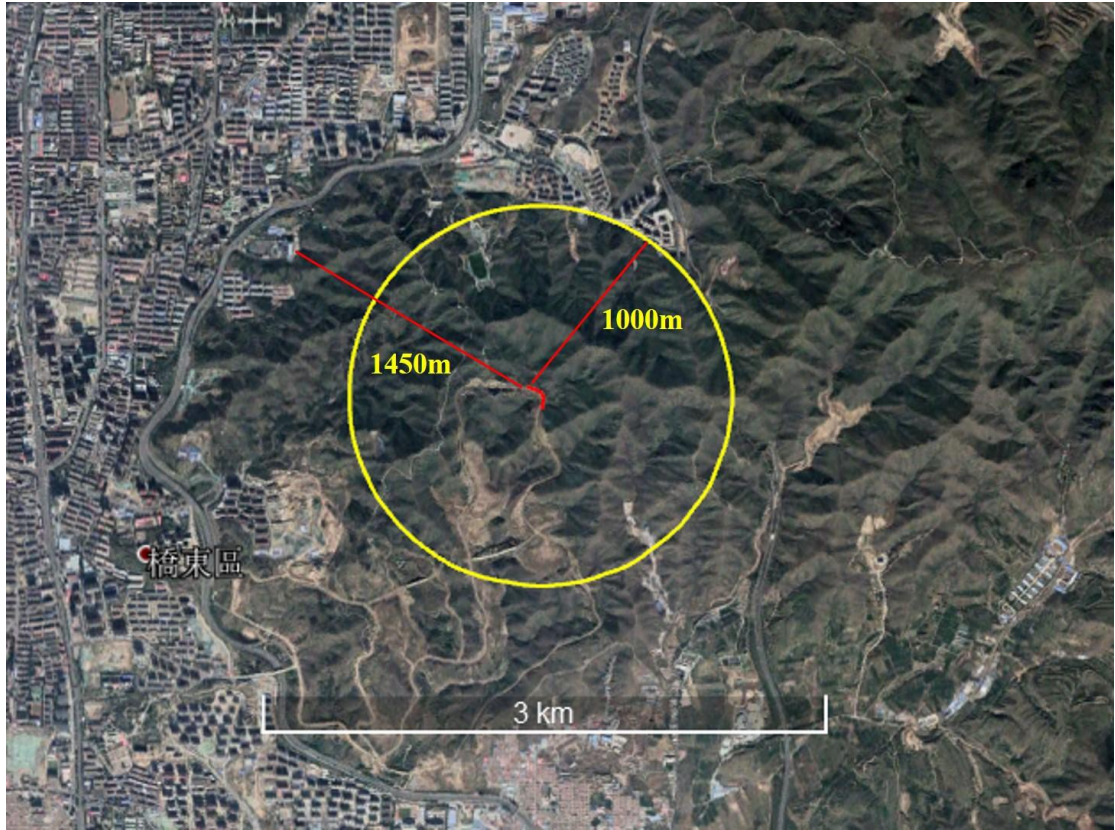


图 2-6 知春路辅路周边情况图

(3) 知春路辅路位置原为山沟，第四系覆盖层厚 10~50cm，基岩多裸露。根据勘察资料，硫酸厂原址地层分布从上到下为杂填土（层厚 1.0~6.5m）、粉土（层厚 1.4~5.6m）、卵砾石（层厚 5~10.7m）、基岩硫酸厂原址最大开挖深度为 6.0m，开挖土壤类型包括杂填土、粉土和卵砾石，力学性质较好，可以作为知春路辅路路基的基础持力层或受力层，能够满足承载力要求。

(4) 科技谷知春路辅路所在位置不属于断层、断层破碎带、溶洞区，以及天然滑坡或泥石流影响区，不属于江河、湖泊、水库最高水位线以下的滩地和洪泛区，不属于自然保护区、风景名胜区和需要特别保护的区域，不会对周边环境造成影响。

(5) 科技谷知春路辅路所在位置不在水源地保护区，不属于地下水主要补给区，资源化再利用场地地下水埋深较深，大于 50m，路基填筑范围浅于地下水埋深，修复后的土壤在知春路辅路填筑路基后不会对地下水水质造成影响。

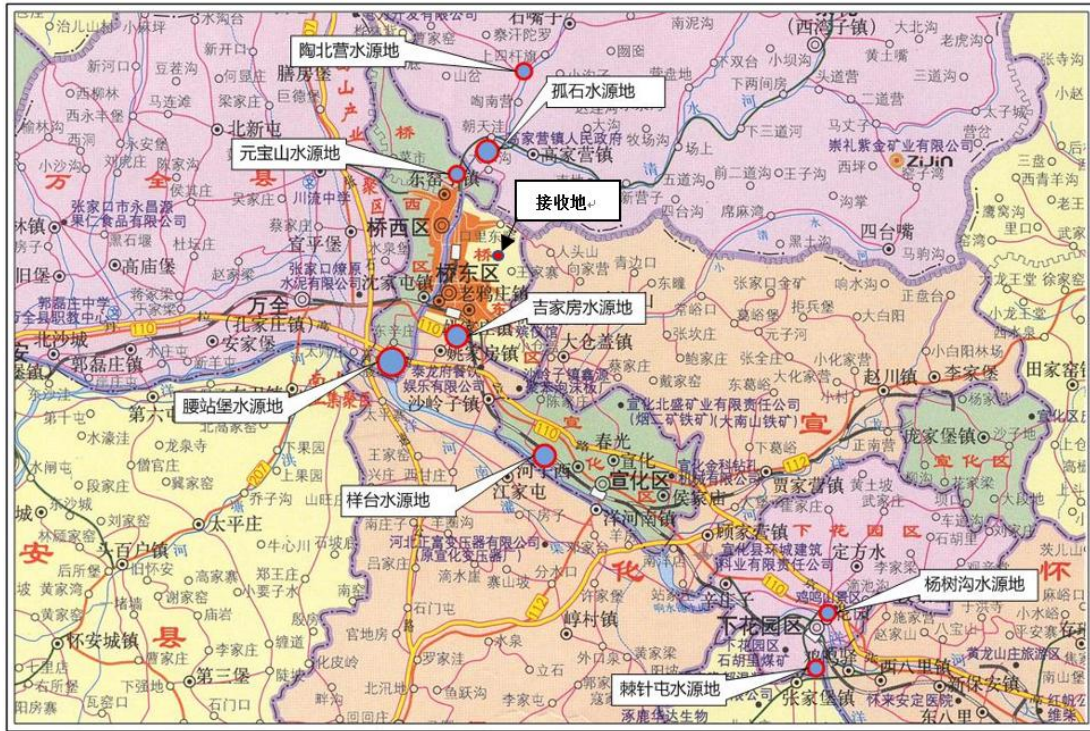


图 2-7 张家口主城区饮用水水源地分布图

(6) 为彻底切断修复后土壤的暴露途径，对填筑区进行阻隔防渗，即底部采用粘土+防渗膜的方式做防渗处理，路基填筑完成后路基顶部设置下封层防止雨水下渗进入土壤，道路边坡采用铺设防渗膜的方式进行阻隔，同时道路两侧设置导流渠将雨水排走。

(7) 根据规划可知，知春路辅路建成后未来不会再进行该区域进行开发利用，填筑后的土壤不会再被开挖扰动，即不会再具有暴露的风险。

综上所述，科技谷知春路辅路所在地能够满足作为硫酸厂修复后土壤的资源化再利用场地的条件，填筑后不会对周边居民及周边环境造成危害，因此将张家口硫酸厂修复后土壤填筑于此作为路基具有可行性。

2.3.6 用作路基安全性分析

1、硫酸厂原址修复后土壤情况

知春路辅路位置原为山沟，第四系覆盖层厚 10~50cm，基岩多裸露，不属于断层、断层破碎带、溶洞区，以及天然滑坡或泥石流影响区。根据地勘报告，路基下部为全风化安山岩及强风化安山岩的地段，可直接采用全风化安山岩及强风化安山岩作为持力层。路基下部为素填土的地段，采用振动碾压将素填土夯实后

进行下一步施工。

硫酸厂原址地层分布从上到下为杂填土（层厚 1.0~2.1m）、粉土（层厚 1.4~5.6m）、卵砾石（层厚 5~10.7m）、基岩。硫酸厂原址最大开挖深度为 6.0m，主要为粉土层，该层土壤特性如下：“褐黄色，稍密、稍湿，可见小孔发育，含小砾石，摇震反应中等，切面粗糙，干强度及韧性中等。层厚 1.4~5.6m，埋深 2.4~7.6m”。该层力学性质较好，可以作为知春路辅路路基的基础持力层或受力层，能够满足承载力要求。

硫酸厂原址污染土壤稳定化修复过程中用的稳定化药剂成分为聚合氯化铝（PAC）、凹凸棒土、氯化钙、石灰和硅酸盐水泥等，以上药剂成分对土壤承载力基本无影响，且均为无毒无害物质，对周围环境影响较小。

（1）单一砷污染土壤：砷污染土壤的固化稳定化药剂（药剂 A）主要成分为石灰、粘土矿物和硅酸盐等。砷单一污染轻度污染土壤药剂添加量为 4%，砷单一污染重度污染土壤药剂添加量为 8%。

（2）单一氟化物污染土壤：氟化物污染土壤的固化稳定化药剂（药剂 B）主要成分为聚合氯化铝（PAC）、氯化钙和硅酸盐。单一氟化物污染土壤污染程度较轻，药剂添加量设定为 4%。

（3）砷和氟化物复合污染土壤：砷和氟化物复合污染土壤需要同时添加两种固化稳定化药剂重度污染复合污染土壤的两种药剂添加量分别为 6%和 4%，轻度污染土壤的两种药剂添加量分别为 4%和 2%。





图 2-8 硫酸厂原址稳定化使用的药剂照片

2、知春路辅路路基建设要求

依据《城市道路工程设计规范》(CJJ 37-2016)和《城市道路路基设计规范》(CJJ 194-2013)等技术规范要求,《中关村科技谷知春路辅路建设工程施工图设计说明书》明确了知春路辅路路基设计要求。知春路辅路整体设计标高以西侧规划道路现状土路床标高为基础,以 1%的坡度垂直于路中线,且坡向路床边缘。路基工程设计要求如下:

(1) 设计的原则

根据沿线地形、地貌、水文等自然条件与地质条件,并根据规范要求,路基必须密实、均匀、稳定,路基顶面设计回弹模量值不小于 25MPa,不能满足要求时应采取措施提高土基强度。

(2) 路基填料要求

填方路基宜选用级配较好的粗粒土作为填料,砾类土、砂类土应优先选用,淤泥、有机质土、冻土及垃圾土不得直接用于路基填筑。分层填筑时,每一水平层厚度不超 30cm,填完之后按规范的要求充分压实,保证路基底部的强度和压实度满足规范的要求。

路基是路面下面的部分,是路面的基础。路床是路基的一部分,一般路面以

下 0~30cm 为上路床，30~80cm 为下路床。路床承受由路面传来的荷载，主要作用是排水和散布载重力。

表 2-1 路基压实度要求（重型击实标准）

填挖类型	路床顶面以下高度 (cm)	压实度 (%)
填方	0-80	94
	80-150	92
	>150	91
挖方	0-30	94
	30-80	92

表 2-2 路床填料最小强度 (%)

路床顶面以下深度 (m)	CBR (%)
0-0.3	6
0.3-0.8	4
0.8-1.5	3
>1.5	2

(3) 一般挖方路基

路堑边坡形式及坡率应根据工程地质与水文地质条件、边坡高度、排水措施、施工方法，并结合自然稳定山坡和人工边坡的调查及力学分析综合确定。

(4) 一般填方路基

路基填方路段应选用级配较好的砾类土、砂类土等粗粒土，填料最大颗粒应小于 150mm，不得使用淤泥、沼泽土、有机土、草皮、生活垃圾等不良土壤。填方路段，应清除表面淤泥、杂草、腐殖土及种植土等，并振动碾将素填土夯实后再采用级配砂石分层碾压至设计标高处，填料最大颗粒应小于 150mm，填筑时压实度不应低于规范要求的最低压实度标准，以防填土过分疏松而在雨水浸湿后引起坍塌。考虑填土预沉，填筑时应加 30cm 高度的沉落值。

清除的表土不得用于路基填筑，应结合附近地形进行集中堆放，以便用于边坡等部位绿化防护。

地面横坡缓于 1: 5 时可直接在天然地面上填筑路堤；地面横坡为 1: 5~1: 2.5 时，原地面应挖台阶，台阶宽度不应小于 2 米，并设向内 2% 的反向坡。

当基岩面上的覆盖层较薄时，宜先清除覆盖层再挖台阶；当覆盖层较厚且稳

定时，可予保留。

(5)、特殊路基设计

如遇有膨胀土、垃圾土等特殊路段，须进行挖除换填处理。施工时，应将种植土、淤泥、垃圾全部挖出；并应于道路结构层下换填透水性良好的砂砾土，因设计时甲方尚未提供地勘报告，待施工时根据实际情况由建设方、监理方、施工方、设计方共同协商处理办法。

(6)、路基边坡及防护工程

填方边坡坡率采用 1: 1.5，挖方坡率采用 1:1。当地面横坡缓于 1:5 时，在清除地表草皮、腐殖土后，可直接在天然地面上填筑路基；当地面横坡陡于 1:5 时，原地面应开挖台阶，台阶宽度不小于 2 米，高度不超 1 米，并应设置 2% 的反向坡。

硫酸厂原址地层分布从上到下为杂填土(层厚 1.0~2.1m)、粉土(层厚 1.4~5.6m)、卵砾石(层厚 5~10.7m)、基岩硫酸厂原址最大开挖深度为 6.0m，开挖土壤类型包括杂填土、粉土和卵砾石，力学性质较好，可以作为知春路辅路路基的基础持力层或受力层，能够满足承载力要求。

3、科技谷内道路管线工程及沿线工程

将张家口硫酸厂修复后土壤填筑于知春路辅路作为路基时，避开知春路地下管线工程。根据《河北张家口空港经济开发区管理委员会新建中关村科技谷道路、管网等基础设施项目可行性研究报告》，科技谷内道路地下管线工程包括排水工程、雨水工程、给水工程、电力工程、燃气工程、热力工程、通讯管网和综合管线。根据设计各地下水管线埋设如下：

① 废水管线位于道路车行道下，距道路中线 2.5-3.5m，埋深 3 m。

② 雨水管线位于道路车行道下，距离道路中线 2.5-3.5 m，埋设深度为 1.5 m。

③ 给水管线位于道路人行道下，距车行道 1.5 m，埋深 1.8 m。

④ 给电线路采用地下电缆敷设形式，中压电缆采用覆土式电缆沟，直埋式电缆，敷设在道路东侧、南侧的人行道（绿化带）下。

⑤ 电力管线全长 12200 m，沿中关村科技谷主干道路、规划区道路及变电站周边道路布置断面为 1.2 m×1.2 m（或可替换为 24 孔直埋式电缆）的主干电缆沟，其它道路布置 12-24 孔的直埋式电缆，全路段（含小路道口）路灯电缆穿

2*DN100 碳素波纹管（一用一备）沿道路纵向敷设，埋深 0.7m，其中处于小路口、横穿道路中的管线采用满包混凝土加固，埋深路面结构层以下 0.3m，控箱柜出线及横穿道路两设置手孔井，便于穿线。

⑥燃气管线全长 7800 m，管径为 150-200mm 管道，铺设于人行道下，距离车行道 1.5 m，埋深 2 m。新建调压柜 7 座。

⑦道路通信管线全长 11300 m，管道容量为 12-30 孔，铺设于道路人行道下，距离车行道 3 m，埋深 0.6 m。

城市地下通信管线必须与给排水管、燃气管、电力管等市政设施同步建设，避免道路重复开挖。

表 2-3 科技谷知春路市政管线情况

道路名称	起止点	给水管道管径 (mm)	废水管道管径 (mm)	雨水管道管径 (mm)	电力管线管径 (mm)	电信管线管径 (mm)	燃气管线管径 (mm)	热力管线管径 (mm)
知春路	安居街至安仁街	DN100、DN150	d400	d500、d600	12 回	18 孔 /26 孔	DN150	DN600

知春路辅路位于知春路右侧，根据知春路地下管线布设设计，辅路位置基本无地下管线铺设，为安全起见，硫酸厂原址修复后土壤填筑于知春路辅路作为路基时，在靠近知春路一侧预留人行道位置，该位置以下 3.5m 填干净土，避免硫酸厂原址修复后土壤收到扰动。

2.3.7 资源化再利用场地资源化利用合规性分析

本项目拟选用将修复后的土壤用作路基填筑材料的资源化利用方式进行处置，资源化再利用场地参照满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）中对填筑区的相关规定和要求。根据《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）中的规定和要求对资源化再利用场地的合规性进行以下分析：

(1) 根据《张家口市桥东区人民政府关于接收张家口市硫酸厂修复后土壤资源化利用的情况说明》中的内容“我区同意接收该部分修复后的土壤全部用作知春路辅路路基填筑材料进行资源化利用，并将按照环保要求做好后期管理和长

期监测。知春路位于桥东区东外环东侧，属于中关村科技谷的配套市政道路，中心地理坐标为E: 114° 55'9.94"、N: 40° 47'46.44"。根据中关村科技谷路网需求，我区决定在知春路东北侧规划建设辅路一条，拟占地面积 15.18 亩，长度为 143m，该区域不在生态保护红线范围和水源地保护区内，符合接收原硫酸厂修复后土壤的环保要求”。所以将张家口硫酸厂修复后土壤作为知春路辅路路基进行资源化利用，符合 GB 18599-2020 中“一般工业固体废物贮存场、填埋场的选址应符合环境保护法律法规及相关法定规划要求”的规定；

(2) 根据本地区气象气候条件，本地区常年主导风向为西北风，科技谷知春路辅路位于居民集中区主导风向下风侧，距离最近的居民居住区 1000m，距离上风向居民区 1450m，且资源化再利用场地的位置已经通过政府的审批，因此，资源化再利用场地符合 GB 18599-2020 中“贮存场、填埋场的位置与周围居民区的距离应依据环境影响评价文件及审批意见确定”的规定；

(3) 根据张家口生态红线分布，资源化再利用场地所在区域布在生态保护红线区域，资源化再利用场地周边为沟谷、山地不在永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域内。符合 GB 18599-2020 中“贮存场、填埋场不得选在生态保护红线区域、永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域内”的规定。

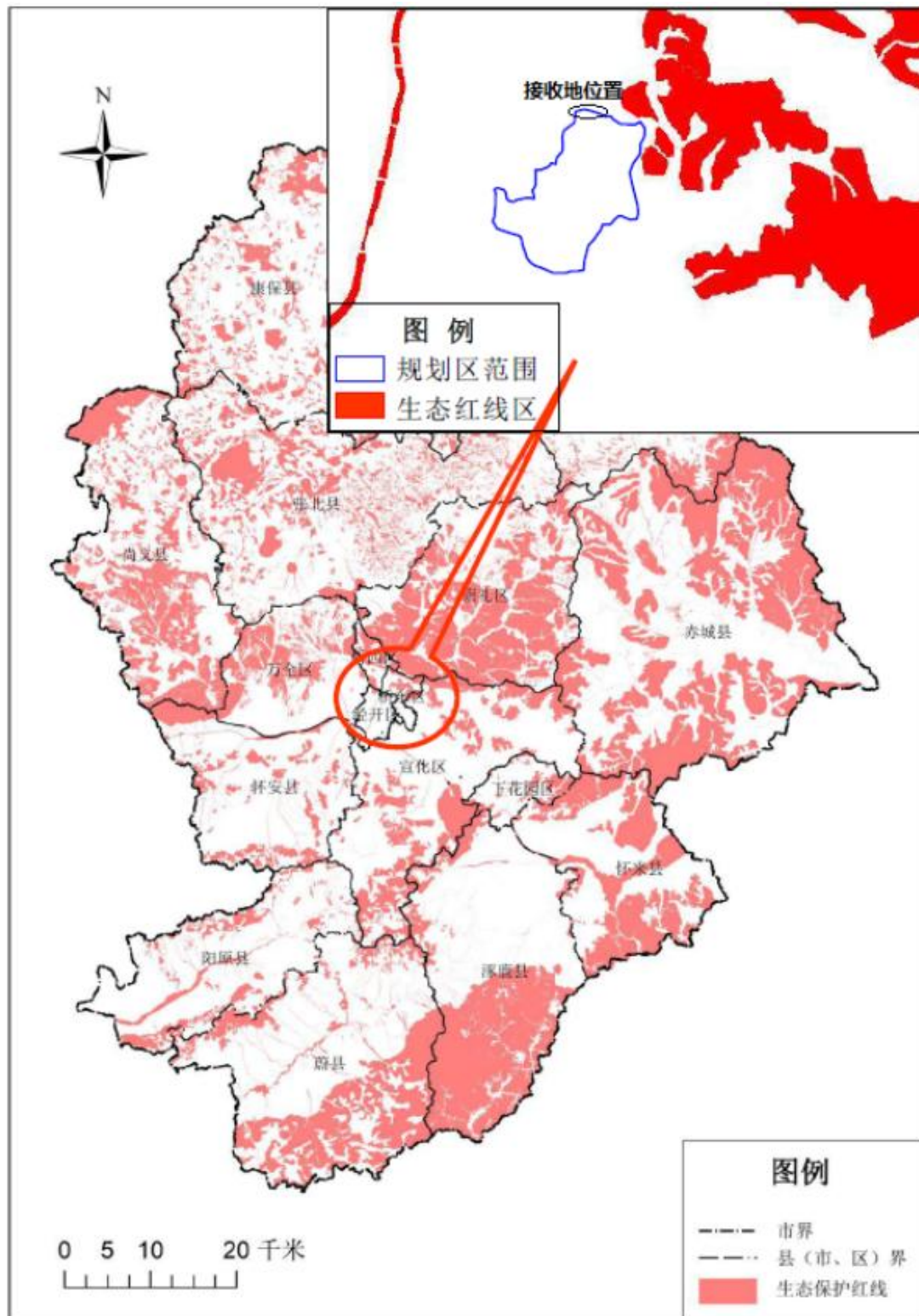


图 2-9 张家口市生态红线分布及与资源化再利用场地位置关系图

(4) 根据《中关村科技谷基础配套建设项目岩土工程勘察报告》(详细勘察)可知,资源化再利用场地远离活动断层、溶洞区、天然滑坡或泥石流影响区以及湿地等区域,符合 GB 18599-2020 中“贮存场、填埋场应避开活动断层、溶洞

区、天然滑坡或泥石流影响区以及湿地等区域”的规定。

(5) 根据《中关村科技谷基础配套建设项目岩土工程勘察报告》(详细勘察)和《张家口市桥东区中关村科技谷规划环境影响报告书》以及现场踏勘可知,资源化再利用场地不在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡,以及国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内,符合 GB 18599-2020 中“贮存场、填埋场不得选在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡,以及国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内”的规定。

2.4 修复后土壤清挖方案设计

2.4.1 清挖范围及工程量

本项目前期工作已通过原位固化稳定化技术对厂区的 78557.5m³ 污染土壤进行了修复工作,并进行了效果评估。在资源化利用阶段要求对修复后污染土进行开挖、转运及资源化利用工作。为此,设计人员进行了详细的现场踏勘工作,发现现场少数区域暂不具备清挖条件,详情如下:

(1) 清挖区域西侧附近存在较多历史久远的市政管线,经和相关部门了解,该区域自上世纪 90 年代起,经过多次改造及开发,有些地下管线地表铺设的管线标记已无迹可寻,热力管线及早期预埋的给水及高压输电管线等铺设位置及深度存在较大的不确定性,清挖风险极大。

(2) 清挖区域西侧存在一条目前仍在使用的泄洪渠道,主要承担胜利中路东侧红旗楼街道雨季时的雨水排放,对周边雨季排水发挥中重要作用,不能清挖毁掉。

(3) 清挖地块紧邻桥东区主干道胜利中路,周边存在多个住宅小区,且红线范围内西侧部分于 2018 年已建设为市民绿道等市政设施。该位置清挖时需对周边进行封闭隔离,产生的环境影响及社会影响极大。



图 2-10 现场未设计开挖部分现状



图 2-11 硫酸厂原址西侧泄洪渠及已知管线分布情况

基于以上客观情况，泄洪沟渠及西侧的原位修复区域（共计 8832m³ 修复后

土壤)无法进行开挖,需要将西侧清挖范围在泄洪沟渠边界的基础上向东退让至泄洪渠东侧。对于无法开挖的区域,从原位修复效果评估报告(3.3.2和3.3.3)可知,原位修复范围边界土壤污染物总量均不超标,范围内土壤污染物浸出浓度均低于修复目标值,因此可以认为不开挖范围内的土壤污染风险较低。建议后续资源化利用施工结束后进行效果评估时,对不开挖区域进行采样监测,进一步确定目标污染物含量情况。如存在超标情况,增减加风险管控措施。

调整后的清挖范围和坐标如下所示,现场实际共计需清挖原位修复后土壤69725.5m³。根据调查报告,开挖范围内存在非污染夹层,考虑到场地内单独长期储存夹层清洁土不利用现场施工,因此将这部分清洁土一并作为资源化利用用途进行清挖外运,共计2452m³。清挖范围见图4-12,各层清挖范围主要控制点坐标见表4-5~4-7。

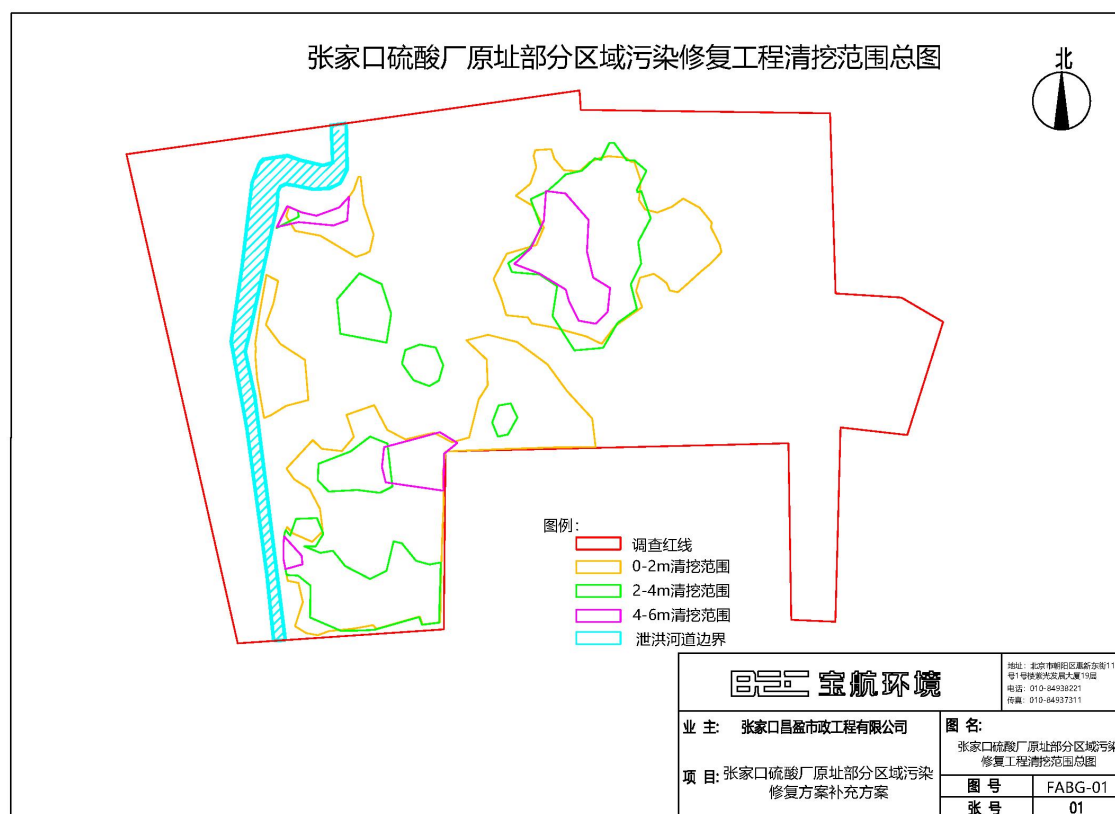


图 2-12 项目清挖范围图

表 2-5 场区 0-2m 清挖范围主要控制点坐标

拐点编号	东坐标 X	北坐标 Y	拐点编号	东坐标 X	北坐标 Y
J1	38448367.338	4516775.167	J27	38448181.1171	4516646.545
J2	38448369.521	4516756.163	J28	38448176.565	4516683.631
J3	38448391.863	4516756.805	J29	38448282.809	4516685.539
J4	38448411.124	4516729.841	J30	38448308.321	4516684.674

J5	38448389.038	4516709.681	J31	38448323.508	4516673.465
J6	38448370.034	4516717	J32	38448346.1	4516646.217
J7	38448371.19	4516702.234	J33	38448347.7478	4516631.901
J8	38448350.774	4516683.744	J34	38448272.289	4516629.661
J9	38448315.848	4516694.016	J35	38448269.6128	4516543.79
J10	38448296.459	4516716.358	J36	38448259.355	4516546.71
J11	38448317.902	4516733.436	J37	38448237.453	4516540.502
J12	38448307.63	4516758.218	J38	38448208.0833	4516537.361
J13	38448317.4094	4516781.145	J39	38448196.581	4516541.881
J14	38448339.731	4516770.416	J40	38448200.548	4516553.953
J15	38448229.5767	4516767.694	J41	38448192.9157	4516564.721
J16	38448236.1625	4516738.754	J42	38448192.6576	4516591.671
J17	38448227.278	4516727.443	J43	38448205.204	4516584.305
J18	38448209.343	4516738.135	J44	38448209.17	4516600.861
J19	38448192.097	4516747.965	J45	38448192.27	4516621.038
J20	38448207.429	4516748.211	J46	38448205.549	4516635.352
J21	38448218.835	4516752.352	J47	38448220.208	4516629.834
J22	38448182.184	4516718.458	J48	38448222.45	4516648.114
J23	38448188.131	4516715.371	J49	38448236.418	4516652.942
J24	38448181.923	4516693.469	J50	38448252.112	4516635.697
J25	38448201.582	4516675.707	J51	38448284.188	4516636.732
J26	38448203.307	4516655.529	J52	38448293.501	4516662.945

表 2-6 场区 2-4m 清挖范围主要控制点坐标

点位编号	东坐标	西坐标	点位编号	东坐标	西坐标
K1	38448373.375	4516770.814	K20	38448271.179	4516672.989
K2	38448357.0814	4516784.769	K21	38448256.193	4516665.496
K3	38448332.788	4516768.941	K22	38448305.106	4516653.84
K4	38448315.096	4516756.453	K23	38448308.436	4516646.764
K5	38448320.508	4516742.091	K24	38448295.739	4516644.266
K6	38448303.857	4516724.399	K25	38448243.08	4516633.651
K7	38448328.417	4516712.744	K26	38448208.321	4516623.452
K8	38448337.159	4516680.482	K27	38448213.525	4516609.507
K9	38448351.52	4516681.731	K28	38448239.334	4516608.883
K10	38448368.588	4516701.296	K29	38448246.202	4516584.53
K11	38448369.212	4516735.014	K30	38448234.338	4516565.59
K12	38448370.669	4516760.615	K31	38448207.697	4516596.186
K13	38448198.539	4516747.711	K32	38448197.082	4516595.77
K14	38448192.752	4516752.973	K33	38448192.3345	4516567.608
K15	38448187.1903	4516741.908	K34	38448204.158	4516546.233
K16	38448228.927	4516719.196	K35	38448236.42	4516539.989
K17	38448242.664	4516684.437	K36	38448259.107	4516546.441
K18	38448219.353	4516688.808	K37	38448269.93	4516573.915
K19	38448259.315	4516683.396			

表 2-7 场区 4-6m 清挖范围主要控制点坐标

点位编号	东坐标	西坐标	点位编号	东坐标	西坐标
L1	38448322.79	4516760.571	L9	38448192.752	4516752.973
L2	38448321.749	4516745.785	L10	38448215.953	4516743.286
L3	38448306.962	4516723.918	L11	38448269.476	4516639.365

L4	38448332.786	4516711.006	L12	38448240.319	4516621.871
L5	38448347.781	4516693.929	L13	38448271.142	4516610
L6	38448355.07	4516711.839	L14	38448191.1383	4516586.933
L7	38448344.241	4516745.993	L15	38448191.7762	4516570.56
L8	38448223.84	4516757.79			

在开始对污染土壤进行清挖前，需要依据《张家口硫酸厂原址部分区域污染修复工程实施方案》提供的坐标拐点准确定位清挖的范围，以保证污染土壤能够被彻底清理。在开挖施工前，项目部测量人员根据图示污染物的修复范围，确定其平面及高程位置，并做好标记。对于表层待挖土壤，标记好之后，请现场监理或者业主进行复验，复验合格后进行开挖，开挖完毕后请现场监理或者业主进行再次复验。对于非表层的土壤，根据土壤所在的深度，在挖掘到相应的深度并现场平面定位完毕后，请现场监理或者业主进行平面和高程的复验，复验合格后，才能开始清挖工作。

2.4.2 基坑清挖流程

张家口硫酸厂原位修复后土壤分为东、南、西共计三个区，清挖过程中主要分为三层：0~2m 修复后土壤、2~4m 修复后土壤和 4~6m 修复后土壤。地块内污染土壤自 2019 年 4 月完成原位修复接受验收后，一直未进行扰动，并用土工膜进行覆盖防治二次污染，因此修复后土壤清挖严格遵循“分区域、分层”的施工方法，同时考虑到本项目东门紧邻一条无名路，为了减少运输路线便于现场施工，设计清挖后土壤从东门运出。具体清挖流程介绍如下：

1) 清挖分区清挖按照先南区、再西区，最后东区的顺序进行，清挖深度先浅层后深层逐层清挖，即，先清挖 0-2m，再清挖 2-4m，最后清挖 4-6m。

2) 首先挖除 0-2m 的修复后土壤，清挖前对所有 0-2m 修复后土壤范围做好确认，进行定位放线，然后根据土壤清挖范围，采用挖掘机整体清挖，清挖后对侧壁和底面进行验收，在 2m 深度处做好标记，确保清挖完全。清挖后的土壤堆置于场内的暂存区。

3) 待 0-2m 的修复后土壤清挖完毕，对 2-4m 修复后土壤范围进行定位放线，确认清挖范围。对于 2-4m 土壤存在污染，而 0-2m 清洁的土壤，将 0-2m 清洁土挖出后堆存于场内的清洁土暂存区。4m 基坑采用自然放坡支护。

4) 待 2-4m 的修复后土壤清挖完毕，对 4-6m 修复后土壤范围进行定位放线，

确认清挖范围。对于 4-6m 土壤存在污染，而 0-4m 清洁的土壤，将 0-4m 清洁土挖出后堆存于清洁土暂存区。6m 基坑采用自然放坡支护。

张家口硫酸厂原址修复土壤清挖施工流程如下图所示。

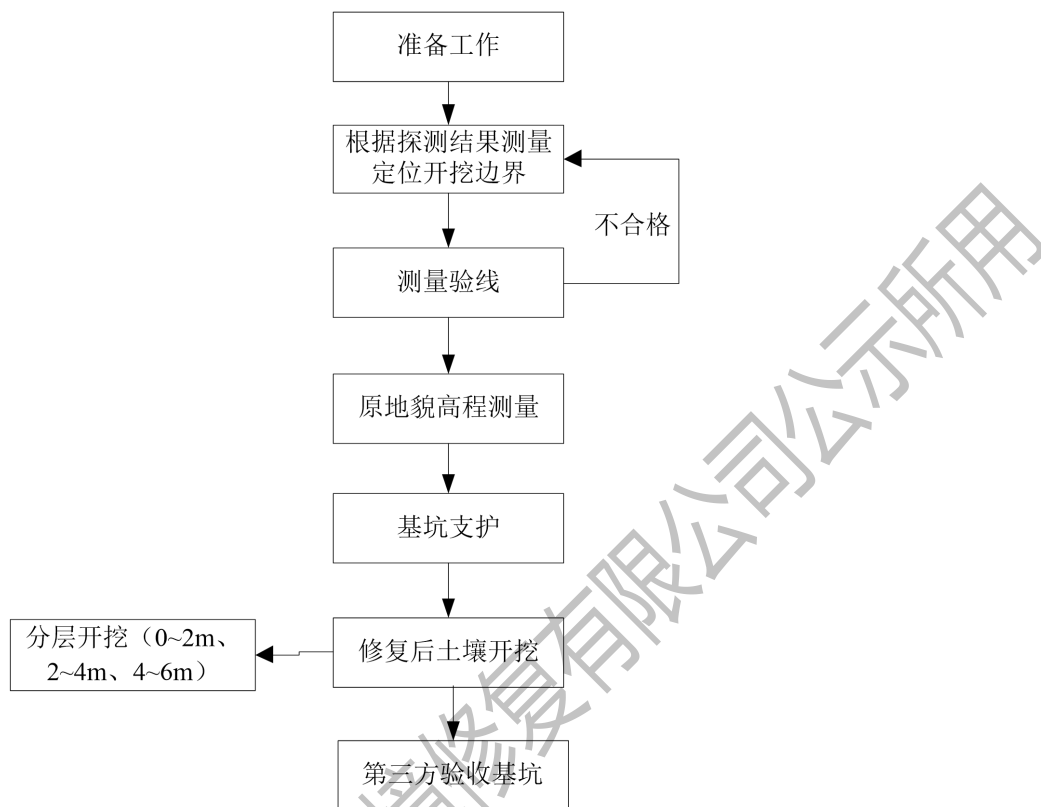


图 2-13 土方开挖施工流程图

2.4.3 基坑支护设计

修复后土壤开挖过程中，根据开挖的深度、基坑的位置、施工现场和周围情况得知，本项目可采用分层开挖方式，每个分层不大于 2m，边坡采用垂直开挖的方式。

2.4.4 基坑排水设计

根据《张家口市现代产业园区总体规划环境影响报告书》（2014 年），张家口硫酸厂原址地下水埋深在 50-70m 之间，因此本工程开挖期间不考虑地下水降水施工，但修复后土壤清挖施工过程中若遇到降雨情况，应进行基坑地表排水作业。

本项目基坑土方开挖采用分级放坡支护形式，因此基坑排水措施设计为：中

间平台及坑底坡脚设置 300×300 环形边沟,基坑转角及周边每 40 米留置一个集水坑,集水坑尺寸 1000×1000×2000mm,通过四周开挖简易排水沟,将坑内雨水引至降水坑,每个集水坑放置一台φ100 潜水泵,安排专人观察,集水坑蓄水时开始抽水进行排水作业,所有基坑积水通过潜水泵抽提收集至暂存水池作为场地洗车用水回用。

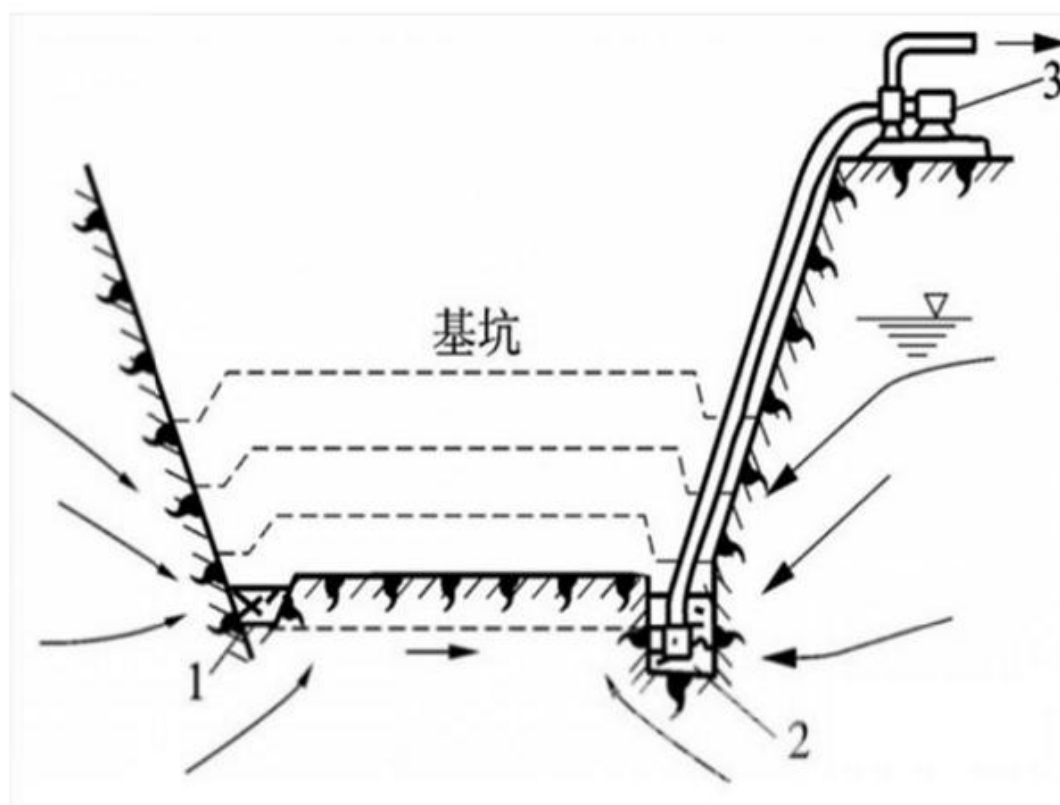


图 2-14 基坑集水明排

2.5 修复后土壤转运方案设计

2.5.1 转运路线设计

根据运输难度、管理难度、运输沿途环境影响、运输成本等多个方面综合比较,选择最优的运输方式和路线。运输的全过程应严格遵守污染土壤运输的各项规定,做好二次污染防范措施。并考虑合适的运输路线,避开环境敏感区或人口密集区,出场车辆进行清洗,尽可能减少对环境的影响。

综合上述要求及运输条件,本方案设计运输路线如图 4-15 所示。路线总运输距离 4509m,该路线沿途经过两个居民区,分别是新东亚城市花园北区和南区,

修复后土壤从东门运出，路途最短，且经过的居民区最少，道路畅通，符合修复后土壤运输路线的拟定原则。

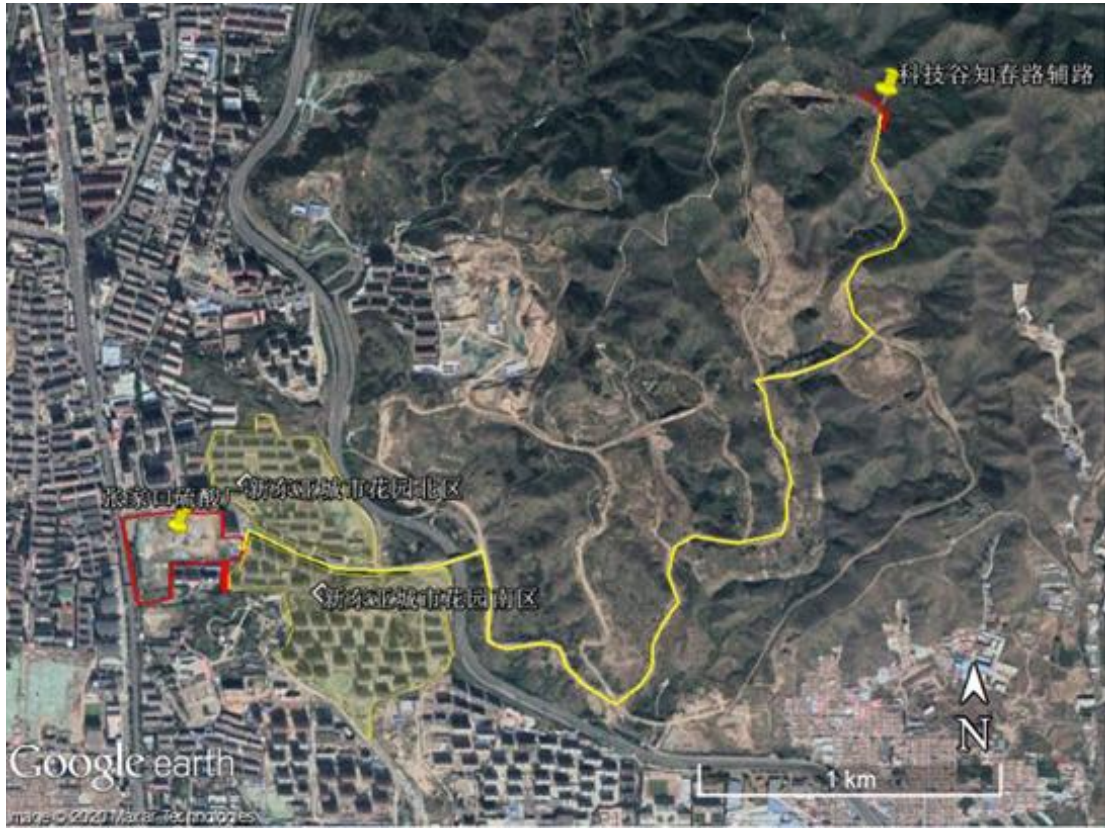


图 2-15 土壤转运路线示意图

2.5.2 转运工序设计

清挖土壤转运工序包括车辆组织、装车、运输等，具体工序流程如下图所示。

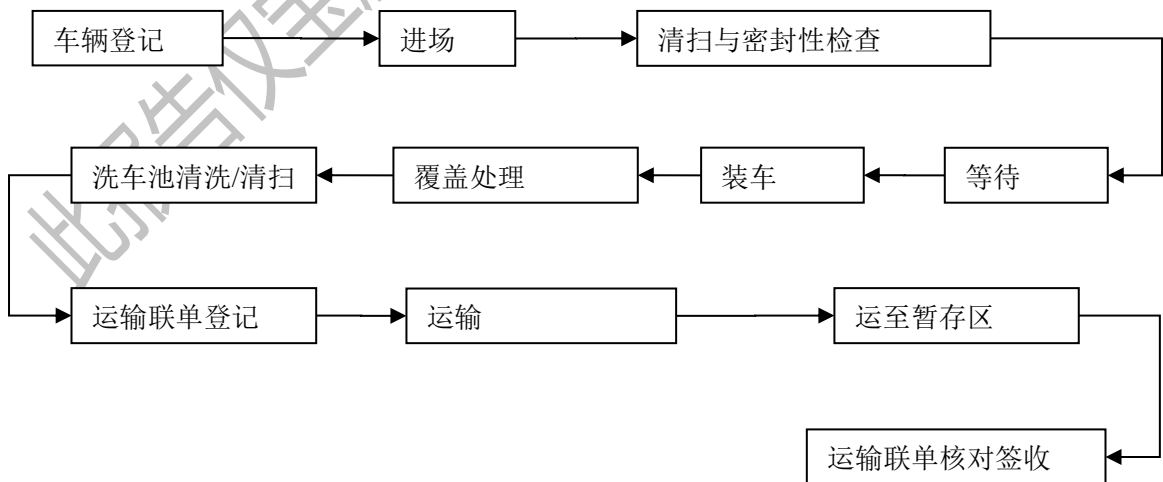


图 2-16 转运工序流程设计

本项目转运修复后的土壤土方量 69725.5m³，约 13.9 万 t，根据施工进度安排，拟安排 15 辆容量约为 20m³ 的密闭自卸汽车运输。

2.6 修复后土壤资源化利用方案设计

修复后土壤用于科技谷知春路辅路路基的填筑材料，科技谷知春路辅路中心地理坐标为 E: 114°55'9.94"、N: 40°47'46.44"，周边 1km 范围内无居民点、水源地等环境敏感目标。为了进一步控制修复后土壤的暴露途径，尤其是含砷污染土壤的暴露途径，在进行填筑时采取一定的风险管控措施，做好标记及后期管控，严格控制暴露途径。

2.6.1 资源化利用-填筑路基要求

本次修复后的土壤资源化利用的方式是将其作为路基填筑材料进行处置，因此需要满足路基填筑的要求，具体要求如下。

(1) 填筑土壤最大颗粒应小于 150mm，不得含有淤泥、沼泽土、有机土、草皮、生活垃圾等不良土壤。

(2) 填筑路段，应清除表面淤泥、杂草、腐殖土及种植土等，并振动碾将填土夯实后再采用级配砂石分层碾压至设计标高处。分层填筑时，每一水平层厚度不超 30cm，填完之后按规范的要求充分压实，保证路基底部的强度和压实度满足规范的要求，以防填土过分疏松而在雨水浸湿后引起坍塌。考虑填土预沉，填筑时应加 30 厘米高度的沉落值。

(3) 地面横坡缓于 1:5 时可直接在天然地面上填筑路堤；地面横坡为 1:5~1:2.5 时，原地面应挖台阶，台阶宽度不应小于 2 米，并设向内 2%的反向坡。

(4) 路基必须密实、均匀、稳定，路基顶面设计设计回弹模量值不小于 25MPa。

根据前期调查结果，场地内开挖范围的土壤以粉土为主，不含有淤泥、沼泽土、有机土、草皮、生活垃圾等不良土壤，符合路基标准。若开挖后发现土壤含水率较高，则采取风干、晾晒，必要时采取固化措施等方式降低其含水率，以满足路基填筑的要求。

2.6.2 填筑施工设计

作为路基进行填筑前底部及侧壁进行防渗处理，其工序为：锚固沟开挖整理—铺设防渗层—对正拾齐—压膜定型—擦拭尘土—焊接—检查—修补—复查。铺设完成后进行验收，验收合格后，进行修复后土壤的资源化利用。

修复后土壤填筑施工方法参照《公路路面基层施工技术规范》进行，土壤运

送到收纳点以后，在现场人员指挥下在填土平台按填筑顺序进行倾倒，从填筑地点底部逐层抬高，然后逐层的摊平、压实并及时覆土，同时保证路基的建设要求。在整个填筑作业过程中必须随时进行道路的清扫、洒水，使填筑作业正常有序地进行，同时收纳点的各项监控标准应达到填筑的要求。填筑完毕后铺设覆盖层，完成以上措施后可进行本项目的效果评估工作，后续可由市政单位进行正常的沥青下封层、沥青路面层施工等工作。

2.6.3 填筑区防渗层设计

为彻底切断修复后土壤的暴露途径，对填筑区进行阻隔防渗，分别对填筑场地底部、覆盖层和边坡进行防渗处理，处理方式如下：

(1) 底部防渗层结构

填筑区底部铺设 1000mm 黏土层（保护层，同时作为辅助防渗层）压实平整，再加设一层土工布，然后黏土层上铺设 2mm 厚高密度聚乙烯（HDPE）膜，再铺设 500g/m² 土工布一层，表面铺设 300mm 厚级配碎石导流层，其上铺设 200g/m² 土工布一层。HDPE 膜是人工防渗层的核心部分，主要作用在于阻碍土壤中重金属和气体进入周边环境，是一层连续而柔韧的聚合隔膜，气水渗透系数测试值约为 10⁻⁹~10⁻¹⁵cm/s 之间，具有较好的机械性能和较长的使用寿命。

(2) 导流层结构

本项目回填介质为修复后的土壤，基本上不会产生渗滤液，土壤填筑后上面设置覆盖层和道路结构阻挡雨水下渗，为防止少量雨水下渗通过填筑的土壤引起污染扩散，在土壤填筑层下方设置导流层，将渗滤液及时外排。导流层厚度为 300mm，采用粒径 40~60mm 的卵石铺设而成，导流层中埋设高密度聚乙烯穿孔花管用于收集和导流渗滤液，花管孔径为 15mm，孔距 75mm，开孔率 3%，同时设置渗滤液收集池，用于收集和临时储存渗滤液，渗滤液定期运至污水处理厂进行处理。

(3) 覆盖层防渗结构

场地防渗层铺设后，铺设修复后土壤，压实，之后铺设覆盖层。由于本项目填方土为固化稳定化修复的重金属污染土壤，重金属只是被固化，但仍然存在于土壤中，为了防止该土壤泄露，在修复后土壤上层再铺设一层 500g/m² 土工布，

再在铺设一层 2mm 厚的高密度聚乙烯 (HDPE) 膜防渗层和 500g/m² 土工布, 该层可以强化对内外的防渗功能, 完成铺设后再在上面增加一层 500mm 厚素土层, 该层可以很好的起到防止土工布破坏的作用, 用于修复后土壤最后封闭, 完成覆盖层的铺设后可进行效果评估。后续在知春路辅路建设中, 路面结构可选择为: 5cm 密级配中粒式沥青混凝土 AC-16C; 20cm 水泥稳定级配碎石 (骨架密实型); 20cm 水泥稳定级配碎石 (骨架密实型)。且路面层下设置下封层 (为防止雨水下渗), 下封层材料用单层沥青表面处治, 沥青用量 0.9L/m², 石料粒径为 5-9mm, 矿料用量为 6m³/1000m², 材料规格符合相关规范的要求。

(4) 边坡防渗层结构

如果边坡的坡度比较大, 土垫层等难以铺设, 可以在膜下垫层为 100mm 厚纤维混凝土, 其上铺设 2mm 厚高密度聚乙烯 (HDPE) 膜, 再铺设 500g/m² 土工布一层, 在修复后填筑作业过程中, 当土壤接触边坡时, 为了保护防渗层, 在边坡处放置 300mm 厚袋装碎石, 避免修复后土壤与边坡土直接接触。

铺设完成后进行验收, 防渗要求饱和渗透系数小于 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$, 验收合格后, 进行修复后土壤的填筑。填筑完毕后, 进行防水土工织物进行防渗处理, 并且为防止雨水的下渗, 在基层上面设置下封层。下封层材料可用单层沥青表面处治, 沥青用量 0.9L/m², 石料粒径为 5-9mm, 矿料用量宜为 6m³/1000m², 材料规格符合相关规范的要求。修复后土壤路基阻隔填筑剖面图如下图所示。

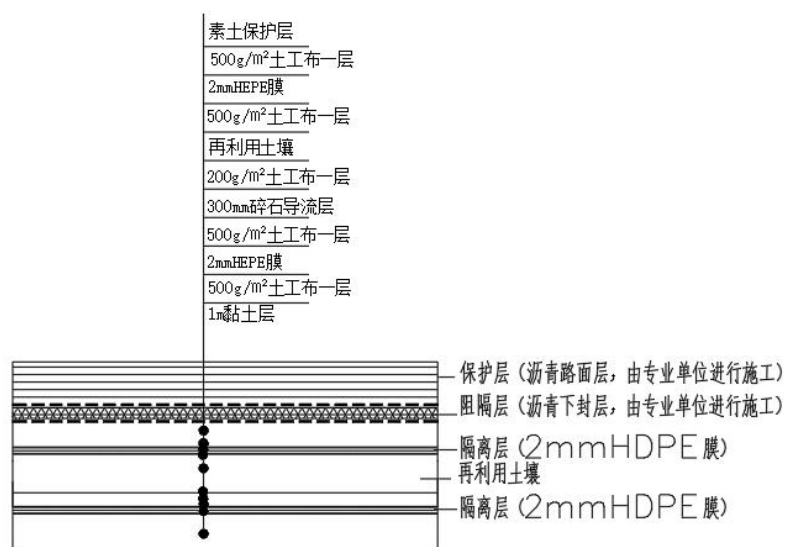


图 2-17 填筑区填土及阻隔防渗剖面图

此报告仅宝航环境修复有限公司公示所用