

土壤与地下水生态环境损害鉴定评估 案例集

编制时间：2018年12月

案例一 某地下水污染事件环境损害鉴定评估

1 项目背景

项目地点位于某市低山丘陵区村庄内，2015年5月，当地村民发现自用大口井地下水疑似受到污染。经当地环保局调查，调查区部分点位地下水中氯化物、氨氮超过《地下水质量标准》(GB/T 14848-93) III类水标准。村民大口井北侧分布有1家洗煤厂、2家稀土抛光材料有限公司、1家盐酸厂。2016年11月起，受当地环保局委托，生态环境部(原环境保护部)环境规划院环境风险与损害鉴定评估研究中心对该起地下水污染事件展开环境损害鉴定评估工作。

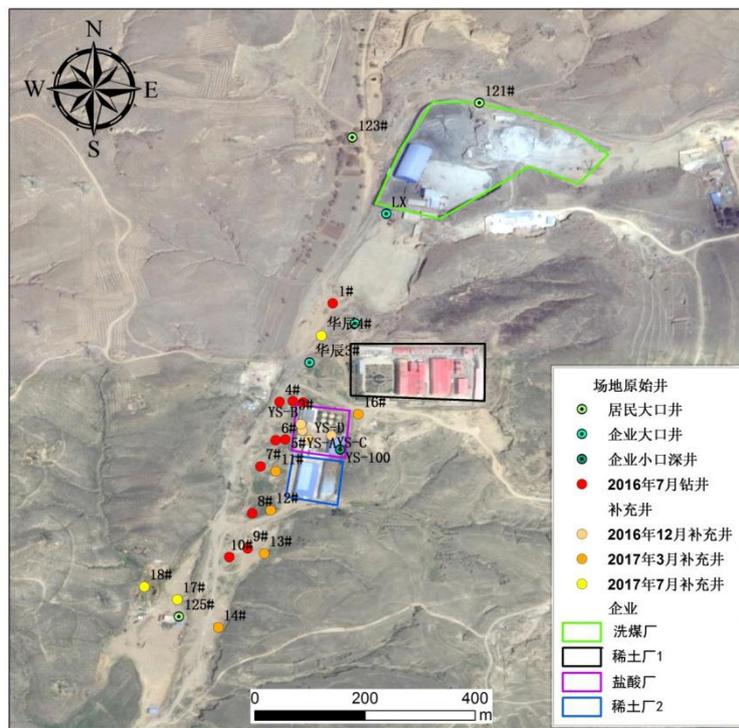


图 1 项目区示意图

2 评估目的

本次损害评估工作旨在查清地下水污染源，判定污染源与地下水污染的因果关系，明确生态环境损害的范围和程度，提出环境污染控制与修复建议，估算环境污染控制与修复费用，为后续刑事诉讼、行政处罚、环境治理等工作提供依据。

3 评估思路与程序

评估工作分三个阶段进行：

- a) 第一阶段——污染源调查和损害确认
- b) 第二阶段——生态环境损害实物量化
- c) 第三阶段——生态环境恢复方案筛选与价值量化

4 基线确定及损害确认

根据《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲》（环办政法〔2016〕67号）与《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号）中规定的基线确定原则，因无法获取历史数据，采用未受污染环境行为影响且与调查区处于同一水文地质单元的相似现场，即“对照区域”数据确定基线。以指标值超过基线 20%为判定依据，确认调查区 2015~2017 年间地下水受到损害，指标主要涉及氯化物和氨氮。

5 因果关系判定

5.1 污染源识别

a) 洗煤厂：根据当地环保局提供信息，洗煤厂并未从事生产经营活动，且洗煤厂下游临近区域地下水中氯化物、氨氮浓度相对较低，排除该企业。

b) 稀土厂 1：厂内存放有氨水储罐及其他盛放不明物质的容器，容器表面物质氯化物和氨氮百分含量较高，该厂某生产工艺曾经进行过试生产等活动，产生了含氯离子及铵根离子的高浓度废水，未发现相应废水处理设备，因此判断该废水被直接排放，现场发现已封存硬化的排放槽。

c) 盐酸厂：厂内盐酸储罐开裂，固定罐体的金属环有受酸腐蚀溃烂痕迹，储罐下墙体和地面有受酸腐蚀痕迹。此外，该厂脱色工艺所使用的材料如重复利用会产生大量含氯离子、氨氮、铁离子等物质的废水，而该厂并未建相关废水处理设施，没有相关处理记录，如存在上述工艺，可能直接将废水排放至环境中。

d) 稀土厂 2：生产工艺相对简单，未发现疑似排污生产环节，排除该厂。

5.2 场地探测

利用地下管线探测仪，对疑似污染企业周边地下金属管线进行探测排查。地表至地面以下 6 m 范围内未探测到金属材质的偷排暗管，如存在污染物排放，排放方式应为非金属管道暗排、倾倒直排或遗撒泄露等。

5.3 补充钻探与采样检测

第一期补充调查重点考虑盐酸厂包气带氯化物等污染物含量及酸碱度情况。

第二期补充调查旨在进一步查明污染物来源，开展水文地质试验，获取水文地质参数等信息，取样分析调查区背景地下水水质、现状地下水水质。

第三期补充调查重点查明调查区地下水空间分布差异和变化，全面获取调查区地下水补径排条件，构建完整的污染源-污染迁移路径-受体证据链。

5.4 地质和水文地质调查与分析

调查区位于古河道及河道旁侧阶地，基岩以上地层以中砂-粗砂-砾石为主。古河道两侧的山丘为天然分水岭，形成了相对独立的小型水文地质单元，疑似污染源企业、主要水质调查点均位于该单元内。调查区存在片麻岩透镜体。

调查区地下水主流向为自北东向南西，疑似污染源企业位于相对上游位置，村民大口井位于下游位置，区域地下水受上游径流补给、丘陵侧向补给及降水入渗补给，排泄方式主要为蒸发排泄及人工开采。居民大口井附近由于经常抽取地下水，形成一定规模降落漏斗。

5.5 污染物分布特征分析

利用 SPSS 等统计分析软件、Arc GIS 等绘图软件，基于各期地下水水质调查数据，对污染物相关性、时空分布、变化趋势等进行综合分析。

a) 污染特征

根据相关性分析结果，多种污染物共存反映既有稀土生产污染的特征，又有盐酸生产企业污染特征。稀土厂1附近粘土层对氯化物和氨氮迁移的阻滞系数不同，导致氨氮长期在稀土厂1调查点周边聚集，而氯化物则迁移至下游地区。

b) 污染来源

调查区地下水流场上游背景点及分水岭外侧调查点地下水氯化物、氨氮均未超标，判断污染来源于古河道内部。稀土厂1在2014年以前某生产工艺运行时存在直排行为，该厂旁调查点位附近始终是氯化物、氨氮两种污染物的浓度峰值区；盐酸厂内盐酸储罐可能发生泄漏，其生产工艺可产生大量含氯离子、氨氮等污染物的废水。综合分析认为稀土厂1为主要污染来源，盐酸厂为次要污染来源。

c) 排污特征及迁移路径

根据污染物浓度时空分布及变化规律，综合判断该场地地下水污染源主要为瞬时源，受到降雨及丰水期、枯水期水位变化影响，表现为间歇性释放特征。古河道是污染物迁移的优先路径。

6 损害实物量化

6.1 损害范围和程度

利用 Arc GIS 10.3 中的空间分析模块对评估区地下水中特征污染物氯化物、氨氮进行插值以获取污染物空间分布情

况。

根据计算结果，2015年损害面积为1.41 km²，2016年损害面积为1.65 km²，2017年损害面积为1.50 km²。根据调查结果，以评估区含水层平均厚度为10 m计，相应受损害的含水层体积分别约为：1410万m³、1650万m³和1500万m³。

6.2 受损地下水资源量

由于流经评估区的地下水资源受到评估区污染物的影响，使水资源原有使用功能丧失。评估区天然地下水资源量等于天然补给量与天然排泄量的差值。根据计算结果，评估区2015~2017年每年受损的地下水资源量分别为21.56万m³、21.69万m³和21.59万m³，总计64.84万m³，年均21.61万m³。

7 生态环境损害恢复方案与价值量化

7.1 恢复目标

评估区地下水环境恢复包括基本恢复和补偿性恢复。基本恢复目标为恢复地下水中氯化物、氨氮浓度至基线水平，补偿性恢复目标为补偿地下水期间损害。

7.2 期间损害

a) 地下水资源损失量

根据《环境损害鉴定评估推荐方法（第II版）》（环办〔2014〕90号），可采用替代等值法中的资源等值法量化期间损害，得到期间损害为304.9万m³。

b) 每恢复1 m³地下水效益的确定

按评估区地下水30年恢复到基线水平，产生100年的环境效益计，修复每1 m³地下水效益为20.53贴现年。

c) 补偿性恢复量

补偿性恢复量=地下水资源损失量/单位地下水恢复效益
=14.86万m³。

7.3 恢复方案

根据替代等值分析方法，建议采用建设生活污水处理厂的方案作为评估区地下水从现状恢复至标准值以及补偿期间损害的替代性恢复方案，替代性修复的地下水资源量合计为36.47万m³。污水处理厂投资费用与运行处理费用合计约为854万元。

评估区下游具有饮用功能的地下水已经自然恢复，满足《地下水质量标准》（GB/T 14848）中III类水标准，但根据《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》的要求，应计算基于风险的修复目标值到基线水平之间的这部分损害。评估区及其下游未达基线的受损地下水资源采用监测自然衰减的方式进行恢复，监测自然衰减的总费用约为263.4万元。

综合考虑基本恢复费用、补偿性恢复费用和村民净水费用6.9万元，本案例的生态环境损害共约为1125万元。

案例二 某山体破坏案例生态环境损害鉴定评估

1 项目背景

某市某区因非法开采造成部分山体及植被遭到破坏，为了全面掌握该山体破坏对生态环境造成的损失，当地环境保护局委托生态环境部（原环境保护部）环境规划院环境风险与损害鉴定评估研究中心开展生态环境损害鉴定评估。

2 评估目的与内容

本次损害评估工作旨在鉴定山体破坏对生态环境造成的损害范围和程度以及矿产资源损失，提出生态恢复建议，计算期间损失，评估生态恢复所需的费用。

3 评估思路与步骤

根据《环境损害鉴定评估推荐方法（第II版）》（环发〔2014〕90号附件）、《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲》（环办政法〔2016〕67号）、《生态环境损害鉴定评估技术指南 损害调查》（环办政法〔2016〕67号）以及《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号），结合本次损害鉴定评估工作重点，评估工作分三个步骤进行：

a) 损害时空范围确认

本次评估的时间起点为损害发生的时间（根据历史遥感影像确定）；评估的时间终点为被破坏的生态系统恢复至基

线水平的时间。损害的空间范围通过遥感影像解译与现场勘查，并结合相关资料进行确认。

b) 基础调查与生态环境损害实物量化

经研究确定，以生境面积、植物高度、盖度作为生态损害评估和恢复的指标，通过航拍、植被调查与受损山体测量，确定上述植物群落生态特征参数的基线水平，进行损害量化，同时对山体破坏体积和受损的砂石料资源进行量化。

c) 生态环境损害恢复方案筛选与价值量化

采用等值分析法计算替代生境的面积。结合受损地实际情况，提出生态恢复备选方案，并计算恢复费用，同时估算砂石料资源的价值。

4 基线调查及损害确认

根据遥感影像判读，损害时间起点为 2009 年，评估时间终点为被破坏的生态系统恢复至基线水平的年份。根据遥感影像解译与实地测量确定受损生态系统的空间面积共为 91765 m²（图 2）。



图 2 评估区历史遥感影像

根据《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲》（环办政法〔2016〕67号）与《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号）中规定的基线确定方法，结合本项目实际情况，采用样方调查法对破坏点附近未被破坏山体进行植被调查，以获取基线水平的植物群落构成、高度等群落特征信息，包括柄扁桃、黄刺玫、克列门茨针茅的高度、冠幅、株数等信息。通过跟基线水平的比对，确认评估区生态环境受到损害。

5 评估方法和结果

5.1 生态恢复目标

种植与基线水平面积相同的植物群落，同时要求群落的物种组成及生长指标（包括高度和盖度）与破坏前相等。

5.2 生态恢复方案

方案一：快速恢复。修复山体、平整土地后种植与基线水平面积相同的成熟林，即 9.18 hm^2 ，同时要求成熟林的植物组成和生长指标与破坏前相等，恢复工程需要 1 年的时间。该方案的期间损失为零。

方案二：匀速恢复。修复山体、平整土地后种植幼龄林、每年管护和抚育，直至幼林自然恢复到与受损前同等水平的生物量。以种植幼林为 50 cm 高的幼苗为例，每年生长 10%，需要 10 年时间完全恢复至成熟林，应计算损害发生至达到基本恢复目标期间的损失。

根据《环境损害鉴定评估推荐方法（第 II 版）》（环办〔2014〕90 号），期间损失的计算公式如下：

$$H = \sum_{t=-3}^n (R_t \times d_t) \times \left(\frac{1}{1+r}\right)^{(t-T)}$$

确定单位恢复面积（通常以 hm^2 计）的服务所产生的效益，计算公式如下：

$$M = \sum_{t=0}^n (1-d_t) \times \left(\frac{1}{1+r}\right)^{(t-T)}$$

公式的参数经过实地调查、遥感影像分析及文献调研设定如下：评估基准年 T 为 2017 年，损害开始时间为 2009 年；根据调查区历史卫星影像数据确定每一年植被的损害比例（ d_t ）；快速恢复当年可以完成恢复工程，损害终止时间为 2018 年；匀速恢复需要 10 年时间，损害终止时间为 2027 年，每年的恢复率为 10%；折现率 R_t 为 3%。

针对匀速恢复，2009~2017年破坏的生态系统面积共计47.39 hm² 贴现年，补偿性恢复方案的单位效益为27.13 贴现年，即需要额外补偿性修复生境1.75 hm²，共计10.93 hm²。

5.3 生态恢复费用估算

生态恢复工程参照《造林技术规程》进行设计，工程成本按照《防护造林工程投资估算指标》进行计算。方案1恢复成本为322.69万元，方案2恢复成本为178.97万元。

5.4 砂石料矿产资源损失

山体开采获得的砂石料属于一种重要的自然资源，且无法恢复，按照砂石料的直接市场价值计算砂石料损失。

a) 山体破坏体积估算

将受破坏的山体概化为圆锥体模型，由圆锥体模型估算山体体积。现场利用测距仪和罗盘测量得到概化后圆锥体的高度及半径，计算得到评估区受破坏的山体体积约为58.6万m³。

b) 砂石料损失估算

通过市场询价获得2015~2017年砂石料价格。以2017年为基准，对2009~2014年的砂石料价格进行折算，2009~2017年间山体破坏造成的砂石料损失约为1151.24万元。

6 结论与建议

6.1 主要结论

(1) 根据委托方提供资料、现场调查及历史遥感影像分析，确认此山体破坏是典型的非法开采导致的生态环境损害事件，损害对象为某山区宜林地，主要受损害的物种为栎扁桃和黄刺玫，生态环境破坏开始于 2009 年。提出两种方案恢复受损区域生态环境，其中，方案 1 为快速恢复，需要恢复 9.18 hm² 林地，恢复到基线水平需要 1 年的时间，恢复成本为 322.69 万元；方案 2 为匀速恢复，需要恢复 10.93 hm² 的林地，完全恢复需要 10 年的时间，恢复成本为 178.97 万元。

(2) 山体破坏面积共约 9.18 hm²，受破坏山体体积约为 58.6 万 m³，山体破坏涉及的砂石料总损失约为 1151.24 万元。

6.2 生态恢复建议

(1) 按照参照系统的植物群落组成和生物量进行受损地的恢复。不仅要在恢复面积上达到要求，同时也要严格达到恢复质量上的要求，即栽种的植物的组成和高度、盖度要达到基线水平。

(2) 快速恢复需要在一年之内完成；匀速恢复在恢复初期达到了恢复面积的基础上，应以每年恢复 10% 的生长高度和盖度为标准进行恢复效果的评估。

(3) 制定恢复效果跟踪监测方案。对于方案二，如果 10 年后验收时，受损地的植被状况没有达到基线水平，还需要进行补充性恢复。

案例三 某废油桶材料回收厂环境污染调查与损害鉴定评估

1 项目背景

某作坊自 2013 年开始经营收购化工厂废旧铁桶，并对部分铁桶进行剪切出售铁皮，加工过程中有遗撒废矿物油等污染物的情况。当地环境保护局初步认定沾染废矿物油等危险废物的包装容器为危险废物。2018 年 9 月，生态环境部（原环境保护部）环境规划院环境风险与损害鉴定评估研究中心接受当地检察院委托，开展生态环境损害鉴定评估工作。

2 鉴定评估目标

通过资料收集分析与现场调查，确定土壤与地下水环境损害范围与程度，提出生态环境恢复方案，评估生态环境损害。

3 鉴定评估范围

时间范围：2018 年 4 月至今。

空间范围：废油桶加工区域（约 3730 m²）和受影响农田区域（约 1950 m²）。

损害类型：某废油桶材料回收加工生产和废油桶堆放过程中污染土壤与地下水环境造成评估区生态环境损害。由于损害发现时间为 2018 年 4 月，在此之前的土壤污染状况无法得知，本次鉴定不计算期间损害。

4 鉴定评估工作内容

- a) 资料收集与分析：收集涉案相关资料。
- b) 现场踏勘：开展现场踏勘，掌握调查区基本概况。
- c) 人员访谈：访谈调查区涉案责任人、环境保护局行政人员、某检察院工作人员，以及其它知情人员。
- d) 地质与水文地质调查：分析调查区水文地质状况，了解地下水流场。
- e) 土壤与地下水环境监测：布设土壤采样点 11 个（含对照点），地下水调查点 5 个，见图 3。按地面以下 0.3 m、1 m、2 m、4 m、6 m、8 m 深度分别取样，进行检测。
- f) 生态环境损害评估：确定生态环境基线水平，分析调查区生态环境损害类型和损害范围，提出初步的生态环境恢复方案，计算生态环境损害数额。



图 3 采样布点图

5 生态环境损害调查确认

5.1 基线确定

依据《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号）中的基线确定方法，由于缺乏评估区域近三年内的历史数据，选取与调查区地形地貌、生态环境相似且未受本次废油桶污染影响的点位污染物浓度值作为基线水平。对于建设用地土壤，选择 S4 点位各项指标值作为基线，对于农用地土壤，选择 S11 点位各项指标值作为基线；对于地下水，选取上游 G11 点位各项指标值作为基线。

5.2 损害确定

5.2.1 土壤损害确认

依据《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号），评估区域土壤环境介质中特征污染物浓度超过基线 20%以上，确定土壤环境受到损害。基于评估区土壤环境检测结果，对比调查区土壤生态环境基线水平，所有点位不同层位均有超基线水平 20%的指标，确认调查区土壤生态环境受到重金属、有机物污染损害，超基线水平检测指标包括镉、汞、砷、铅、铬、铜、锌、镍等重金属，总石油烃，萘、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并蒽、茚并芘等多环芳烃，邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二丁酯等酯类物质。

5.2.2 地下水损害确认

依据《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲》（环办政法〔2016〕67号），地下水环境介质中特征污染物浓度超过基线20%以上，即可确定地下水环境损害。对比评估区地下水生态环境基线，铬、萘、总石油烃（C₆-C₁₆）等污染物浓度超过基线的20%，其中G2监测井地下水中铬浓度超过基线的20%，G4、G5、G9监测井地下水中萘和总石油烃（C₆-C₁₆）浓度超过基线的20%。

6 因果关系分析

根据《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲》（环办政法〔2016〕67号）、《生态环境损害鉴定评估技术指南 损害调查》（环办政法〔2016〕67号）的因果关系分析要求，结合鉴定评估准备以及损害调查确认阶段获取的信息，进行污染源解析，提出从污染源到受体的迁移路径假设，并对其进行验证。基于污染源解析和迁移路径验证结果，分析确定污染源与土壤、地下水损害之间存在因果关系，原因如下：

根据调查询问笔录、现场照片等证据材料，调查区曾堆放大量废弃油桶，废油桶侧壁粘附的残余油料直接溢流到调查区表层土壤，为主要污染源；

废油中主要污染物与土壤和地下水中检测出的污染物一致，表明具有同源性；

厂区内包气带结构单一，以粉细砂为主，垂向渗透系数较大，污染物在重力下渗、降雨淋滤等作用下，可由土壤迁移至含水层，

污染地下水，存在合理的迁移途径。

7 生态环境损害实物量化

7.1 土壤损害量化

根据现场测绘及模拟，受重金属、有机物污染损害的土壤体积分别约为 48737.5 m³ 和 48425 m³，受损土壤方量共约 51550 m³。

7.2 地下水损害量化

调查区受损地下水污染物主要为重金属和有机物。受工作经费限制，地下水调查点位不足，本项目未对受损地下水水量进行估算。

8 生态环境损害恢复

8.1 恢复方案

根据《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号），首先判断是否需要开展修复。对比《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）和《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018），农用地土壤各指标检测值均低于风险筛选值，不需要开展修复；厂区土壤苯并[α]芘、苯并[a]蒽、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、茚并[1,2,3-cd]芘、总石油烃(C16-C40)五种指标检测值高于风险筛选值且低于风险管制值，开展风险评估，评估结果表明需要修复。结合本案例实际情况，将风险筛选

值作为基于风险的土壤修复目标值。根据《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号），将上述基于风险的修复目标值（即风险筛选值）与基线水平比对，风险筛选值高于基线水平，故应当将上述五种污染物修复到风险筛选值。需要修复的污染土壤方量约为 2250 m³。

根据《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号），不需要开展修复或修复后污染物浓度高于基线水平，需要对现状污染水平和基于风险的修复目标值与基线水平之间的损害进行评估计算。现状污染水平和基于风险的修复目标值与基线水平对应的土地利用类型相同，基于土壤置换成本评估现状污染水平和基于风险的修复目标值与基线水平之间的损害。根据受损土壤损害量化结果，不需要开展修复或修复后污染物浓度高于基线水平的受损土壤方量约为 49300 m³。

8.2 恢复费用

8.2.1 实际修复费用

参考生态环境部《关于发布 2014 年污染场地修复技术目录（第一批）的公告》中的《污染场地修复技术目录（第一批）》和《生态环境损害鉴定评估技术指南 土壤与地下水》（环办法规〔2018〕46号），选择异位化学氧化的方法恢复调查区受污染的土壤。国内异位化学氧化修复技术应用成本一般为 500~1500 元/m³。根据需恢复的土壤方量，计算恢复方案的实施成本约为

112.5~337.5 万元。

8.2.2 未修复到基线水平损害的量化

采用土壤置换的方法计算未修复到基线水平的损害。通过市场询价，事发地周边地区购买一方土的费用约为 10~20 元。根据需恢复的土壤方量，计算土壤置换的费用约为 49.3~98.6 万元。

9 鉴定评估结论

调查区域土壤和地下水环境受到重金属和有机物污染损害，受损害的土壤体积共约 51550 m³。

根据受损土壤生态环境恢复方案，结合土壤置换法，评估得到土壤生态环境损害约为 161.8~436.1 万元。由于经费限制，对于地下水损害的调查不充分，未制定相应的恢复方案。