

《环境问题》课程作业专用纸

姓名：房晨 学号：1900013531

论文题目：关于污染场地环境评估的思考与建议
——以常州外国语学校事件为切入点

作业要求

在本学期小班讨论案例所涉领域中自选题目（可与讨论题目不同，也可以是对讨论题的深入和延展），撰写一篇小论文。要求学生独立思考，合理论证，清晰表达观点或论点，符合学术论文写作的基本规范。严禁抄袭，否则计 0 分。

格式要求：使用“环境问题考试专用纸”，A4 纸标准页边距，正文用宋体小四号字，1.25 倍行距，4-6 页）。

目录

1.污染场地环境评估的必要性	3
1.1 土壤污染的滞后性与长期性	3
1.2 “厂退楼进”现象的普遍出现	4
1.3 污染场地公害事件的频频爆发	4
2.国内目前污染场地环境评估现状	5
2.1 当前评估的流程及采取的技术手段	5
2.2 面临的困境	6
2.2.1 科学研究不到位	7

装订线内

不要答题

《环境问题》课程作业专用纸

姓名: 房晨 学号: 1900013531

2.2.2 标准的缺失	7
2.2.3 未能结合国情、综合考量	7
3.解决方案	8
3.1 完善针对人体健康效应的评估体系	8
3.2 将修复成本纳入评估系统中	9
3.3 提高评估过程中的灵活性	10
3.3.1 优化模型	11
3.3.2 考虑场地本身的生命周期	12
4、总结与展望	13
4.1 总结	13
4.2 展望	14

摘要：常州外国语学校的“毒地”事件曾一度引发人们对于场地污染的广泛关注，导致这一事件的重要原因之一是建校前的环境评估工作出现了漏洞和架空的现象。作为废弃场地再利用之前的首要步骤与基础环节，污染场地的环境评估工作具有重大价值，探讨如何提升评估效果也有着重要现实意义。

关键词：污染场地 环境评估 土壤污染 废弃场地再开发

由于工业化与城市化的推进，我国越来越多的场地在功能转换过程中需要进行环境评估，用以避免有害化学物质残留。如果环评失守，污染场地很有可能得不到充分的治理与修复，从而有可能出现污染物质泄漏并对场地使用者造成危害的情况，2016年发生的常州外国语学校“毒地”事件便是一例——该市外国语学校自搬新址后，493名学生检出皮炎、血液指标异常等症状，学校附近正在开挖的地块上曾是三家化工厂，专家称校区受到的污染与化工厂地块上污染物吻合。经调查，一份于2012年3月批复的极不严谨的环评报告和这一事件有较大联系。

本文将以此事件为切入点，具体分析环境评估在污染场地中的重要作用与目前在此行业中存在的问题，并就一些不足之处提出相应的解决方案。

1.污染场地环境评估的必要性

1.1 土壤污染的滞后性与长期性

土壤作为一个与周围环境成分交换密切的生态系统，涉及三态物质的相互作用（地下水渗透、大气沉降、土壤颗粒物移动等），复杂的组成能通过彼此拮抗保持相对稳定。因此从污染的发生到被发现之间往往要经过很长的一段时间（大

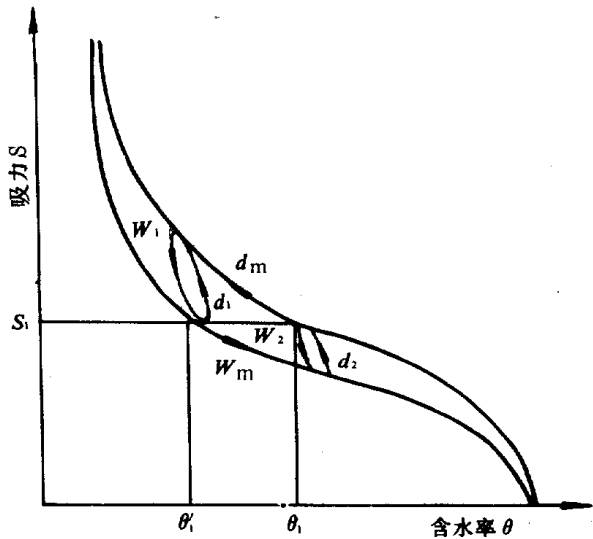


图 1：滞后性的一个方面——土壤水分特征曲线的滞后现象

约 10-20 年)，同时由于土壤自净能力较强，一旦污染超过阈值，如不及时进行修复，之后就很难在短时间内恢复，导致土壤污染同时具有滞后性（如图 1）与长期性。

常州外国语学校的场地污染事件中由于环境评估并没有充分考虑到土壤的特性，并且污染在早期没有显现，所以对于之前在该片场地上建设的化工厂在生产过程中造成的影响不够重视。环评报告中也没有透彻分析这一点，因此问题一旦爆发，长期累积的污染物就会严重影响人们正常工作和生活。

1.2 “厂退楼进”现象的普遍出现

随着城镇化的不断推进，产业进程的不断加快，“退二进三”、“退城入园”等经济结构调整政策的不断深入落实，场地性质的变更越来越频繁，国内许多城市的工业企业通过关闭、停产、异地迁建等方式搬迁至城外，在优化城市建设总体布局，改善城区环境质量上做出了一定贡献，但其中很大一部分的场地在搬迁时并未进行任何风险评估与环境治理，而是直接把原址土地作为居住用地、公共设施建设用地和绿化用地等，因此留下了大量污染场地或潜在污染场地^{[2][3]}，这种“厂退楼进”的现象在今天已经十分普遍。要想将遗留场地重新用到城市建设中就需要对其进行全方位的评估，避免残留污染物质对市民的伤害。

常州外国语学校的校址曾是三家化工厂（常隆化工、长宇化工和华达化工）共同占据的污染地块，生产的产品多是有剧毒性或致癌性的物质。当地在“厂退”与“楼进”之间由于缺失了环境评估的环节而直接导致了污染物处理不彻底从而为突发性污染事件的爆发带来了隐患。

1.3 污染场地公害事件的频频爆发

除了常州外国语学校毒地事件，近几年爆发的其他污染场地公害事件也让人们逐渐意识到场地污染的严重性。如 2014 年的苏州农药厂毒地事件、武汉赫山地块事件，2015 年的深圳校园“毒跑道”事件、江苏靖江地下埋藏五千吨疑似危废事件等等^[4]。

“癌症村”则是另一个典型的例子，近年来与之相关的报道越来越多（如图 2）。由于环境污染，村民接触了经上游企业排出的未经处理的污染物渗透的土壤，导致人体内部机制严重受损，造成某一村庄癌症大规模的病发。癌症村的出现与污染场地的关联体现在土壤中各种有害化学物质可以渗透入地下水系，从而扩散到更大面积的土地，危害周围的百姓。

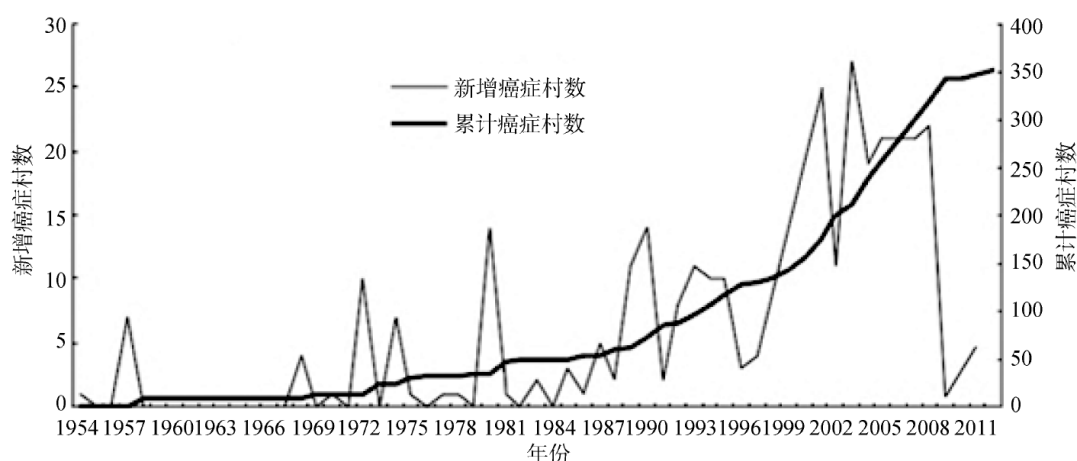


图 2：中国“癌症村”年度新增及累计变化图^[6]

各种环境公害事件引起了社会各界的热议，同时也为我们敲响了警钟：如果污染场地得不到及时治理，地下水污染、饮用水安全隐患等诸多问题都将接踵而至。因此，污染场地的修复刻不容缓。

涉及污染场地的公害事件通常情况下与环境评估工作的不到位有关，从而直接导致接触土壤或在场地活动的人群有可能受到残留有害化学物质的伤害。因此重视环境评估工作的有效性与完备性是避免类似事件再次发生的关键。

2.国内目前环境评估现状

2.1 当前评估的流程及采取的技术手段

目前针对场地污染的环境评估工作主要包括初步调查、详细调查、风险评估三个阶段^[6]。初步调查主要调查原企业的生产进程（主要通过实地调研、现场踏勘、人员访谈、收集历史数据等方式进行）与调查当地各种污染物质的含量，详细调查主要分析污染物的扩散与渗透情况（主要通过现场采样、分析检测等方式确定），为风险评估与管控、污染治理与场地修复等提供支撑。风险评估一般需要建立理论模型（主要通过补充采样、实验室模拟、收集受体暴露数据等方式实现）。^[7]并得出针对污染场地环境管理的相关建议并给出环评报告。（如图 3）

整个过程中需要收集的信息有很多，其中包括：污染物的种类、暴露路径、致癌风险值、危害商（污染物每日摄入剂量与参考剂量的比值）、危害指数、可接受风险水平、土壤及地下水污染风险控制值等^[9]，这些数据有的是可以直接通

过仪器监测得到的，而有的则需要通过带入模型计算求得。而从常州外国语学校建校前的工厂搬迁环评报告中可以看出并没有严格遵照相应流程执行，一些涉及到与人体健康相关的数据有遗漏与缺失的现象，采样也没有完全覆盖所有可能存在的有害化学物质^[10]。

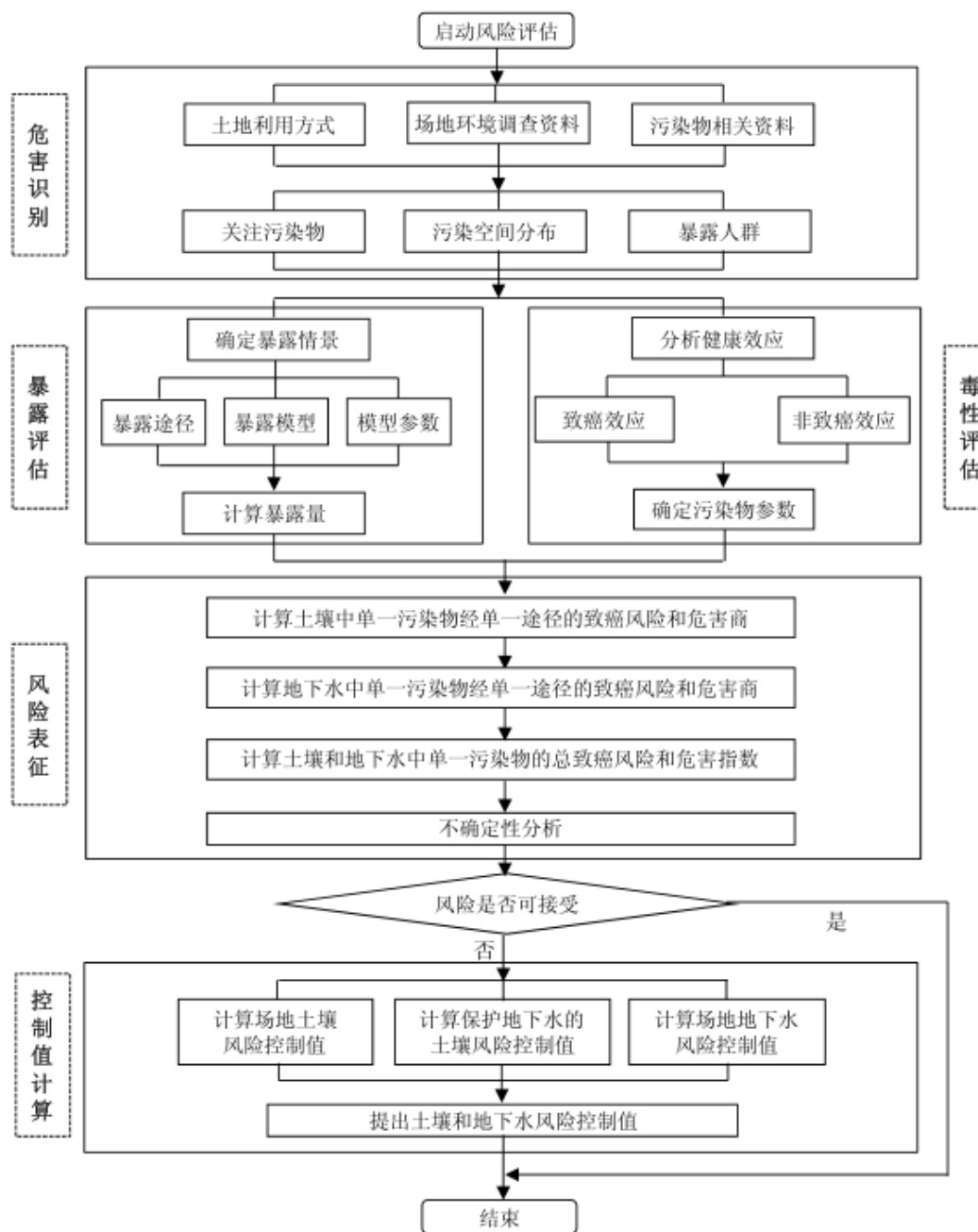


图 3：场地环境调查的工作内容与程序^[8]

2.2 面临的困境

环境评估必须建立在大量数据的收集基础之上，国内的监测仪器大多直接从

国外进口，技术上目前也已经与国际水平基本接轨，收集的数据的真实性与可靠性较高，但在数据处理上存在较大问题，背后的原因主要与以下三个方面有关。

2.2.1 科学研究不到位

数据处理需要相应的理论模型，而如何描述污染场地这一系统内部物质的流动与相互作用规律较为困难，目前大多数的评估模型仍直接借鉴并简单套用国外的相应研究，评估所需要的各种参数（如毒理学参数、理化性质参数、人群暴露周期等）都不够完整^[11]。由于国内在相关方面的基础研究还比较薄弱，科研成果能够成功转化并应用于实际问题的还不够多，造成了我国在风险评估上的局限性。因此加强关于场地内污染物的迁移、转化和降解等机制的场地科学研究，对于提高模型建构的实用性、专业性是十分必要的。

2.2.2 标准的缺失

2008 年，常隆化工搬迁时提供的环评报告中反映出当时针对场地污染标准的缺失的现象十分明显，这直接导致了最终得出的场地修复目标值并不合实际，也为常外毒地事件的发生埋下了隐患。

尽管目前国内制定了环境影响评价法，为环评提供了相应的法律保障，但相关标准与技术导则仍然不够完善，部分污染物质的目标值与筛选值还是空白，同时在已颁布的国家与地方标准中存在着难以操作的问题，无法适应修复的需要并规范修复产业的正常运行，这些对于场地风险评估都形成了一定的约束与限制。

2.2.3 未能结合国情、综合考量

由于经济发展速度较快，企业环保意识较为薄弱，化工产品生产量巨大，经济转变更深入，中国的场地污染问题相较于世界上其他国家显得更为复杂，也更加严重。然而目前的评估很多时候缺乏对场地所在区域土壤的理论分析，往往是针对化学物质简单地得出目标值，忽视了地质背景、气候类型、土壤元素含量背景值等多方面的因素^[12]（如常州外国语学校的环境影响评价报告就忽视了受众是学生、场地功能是用作修建学校这些重要因素），从而导致模型和选用的参数都可能出现“水土不服”的情况，造成结论与实际情况存在较大出入，修复效果不尽如人意的情况。

3. 解决方案

通过以上分析，场地污染的评估对于治理决策有着重大意义，国内需要完善相关制度标准与理论模型。由于欧洲、美国、日本等国的工业化水平较高，发展历史较长，污染场地的问题也更早显现出来，借鉴发达国家的场地评估经验有助于更好地解决我国目前面临的问题。

接下来将从我国现阶段评估行业的需求与发展趋势出发进行分析，结合发达国家的应用实例，为提高评估过程的专业性与有效性，从以下三个方面分别切入，提出解决方案。

3.1 完善针对人体健康效应的评估体系

在常州外国语学校建校前的环评报告（《江苏省常州高级中学新北校区新建工程项目环境影响报告》）中，在涉及到人体健康风险的评价时，部分陈述含糊不清，并没有明确标准可供衡量。如对于场地土壤与地下水的污染，只提到“已经受到了污染，存在健康风险和生态风险”，缺乏相关数据与理论的支撑，从而为场地修复与管理带来了不便。

作为环境评估的根本原则，“以人为本”是必不可少的，但我们之前在环境评估工作中更多的是关注场地的生态环境效应，而忽视了人体健康效应。因此我们需要从多角度进行考量，加强关于环境健康领域的基础研究并且根据结果制定出合适的标准来保障场地功能转换的效果，呵护场地使用者的健康。

健康风险评价(health risk assessment , HRA) 最早是由美国国家工程学院和国家科学院于1972年首先提出的，以美国为例可以总结一些关于国内健康效应体系建立的一些经验。

美国大部分州都是依据人体健康风险制定相应的土壤风险筛选值，如：加利福尼亚州的California Health Screening Levels，美国环保署6区的Human Health Medium Specific Screening Levels（HHMSSL），根据不同的暴露途径与致癌非致癌风险分别列出相应的数值。同时，美国通过研究得到了拟合程度较高，处理效果较好的评估模型用来量化污染物的含量以及对人体的影响。其中较为实用高效的主要是GSI公司的RBCA模型和加州环保局与美国国家暴露研究实验室共同开发的CalTOX模型。通过多种指标的衡量与公式计算可以得出一系列需要的数据：如致癌风险、土壤修复限值、风险概率分布等（如表1）。这对于场地修复与使用有着很好的参考价值。

但是这些数据结果与给定参数有较大关系，而目前大多直接参考国外权威数

据库中以国外人群为对象的参数资料。然而两国人群在身体素质和污染物耐受性上存在较大差异,土壤背景值也有较大差别,目前的数据往往停留在身高、体重、呼吸速率等比较容易测得的范围内^[14],因此建议相关部门展开关于全国性的人体暴露参数及背景值的相关调查,同时建立相应的有中国特色的参数数据库,收集有指导意义的评价因子,把每一个类别的数据以地域差异进行整理归档,并定期更新,从而实现参数本地化。

表1: RBCA、CLEA^[注] 和 CalTOX 模型中的暴露参数^[13]

暴露参数 ^{a)}	平均值			变异系数 ^{b)}	分布特征
	RBCA	CLEA	CalTOX		
致癌平均时间(AT)/a	72	49	72	0.1	单个值
暴露频率(EF)/(d·a ⁻¹)	365	365	365	0.6	三角分布
暴露持续时间(ED)/a	30	49	30	0.15	单个值
体质量(BW)/kg	53.1	53.1	53.1	0.2	对数正态分布
土壤摄入率(IR _s)/(mg·d ⁻¹)	100	100	100	3	对数正态分布
空气吸入率(IR _{air})/(m ³ ·d ⁻¹)	15	15	15	2	对数正态分布
皮肤暴露面积(SA)/cm ²	4 350	/	4 350	0.07	对数正态分布
皮肤表面土壤粘附系数(AF)/(mg·cm ⁻²)	0.07	室内 0.06 室外 0.3	0.52	0.4	对数正态分布
皮肤吸收率(ABS)	0.146	0.13	0.3	/	单个值
摄入土壤来源于污染区的比例(FC)	/	/	0.2	1	对数正态分布
土壤-尘转化因子(TF)	/	0.5	/	1	对数正态分布

3.2 将修复成本纳入评估系统中

限制常外建校施工之前的污染场地修复的一个重要因素就是资金的缺失,施工单位根据评估报告给出的建议采用的主要是水泥回转窑协同处置技术、原位化学氧化技术两种,它们在技术层面上是可行的。但在实际应用时发现尽管政府下了很大的决心,提供了大量的资金,仍然存在补不齐的资金短板,这与评估系统中未充分考虑修复成本有很大关系,因此将其纳入系统中是很有必要的。

目前的修复市场还并未建立起基于环境修复成本的污染场地环境损害评估定值技术和相应的管理办法^[15],无法对环境损害、赔偿进行合理估值,并且一定程度上误判了政策的资金补助的效果,忽视了政府与企业双方之间的利益关系。

[注] CLEA是由英国和苏格兰联合开发,英国当局官方推荐的污染评估模型。

同时也无法对环境修复的费用进行准确估计，往往会出现“眼高手低”、“修复烂尾”等情况，这样导致的结果常常是修复过程最初收效较好，但到后面因为资金链的断裂出现效果大打折扣的情形。

在发达国家中，污染场地修复的费用效益分析（Cost-benefit Analysis，CBA）是将修复成本纳入评估系统的一个较为成熟的工具。它借鉴了环境经济学的相关到环境领域，通过评估分析，对成本和收益进行量化，进而根据风险、政策、资理论，对修复工程技术的经济效果有较为准确的估算。荷兰相关研究者将其应用助情况提出了四种较为高效的土壤修复投资的模式并分别研究了不同折扣率下四种模式的净余额。^[16]从而能够有针对性地对需要进行场地土壤修复的企业或部门提供成本方面多层次的参考，为场地修复带来质量保证。（如表 2）

表 2：各种折扣率下的未来四种投资模式的净市场价值（单位：百万欧元）（2007–2107）^[16]

折扣率	没有政府资助	现行政策 ^[注]	政策仅限于当前土壤使用的风险	政策扩展到当前和未来土壤使用风险
1%	1800+	4400+	3500+	10000+
2%	760+	1700+	1300+	4100+
3%	210+	210+	90+	970+
4%	90+	600+	580+	750+
7%	410+	1500+	1300+	2600+

（根据原文献翻译整理得）

作为一个市场需求日益多样化，涉及到的企业类别也越来越多的产业，目前通常较难依靠企业本身提供相应的资金与技术支持来处理场地污染问题。这就要求环境评估部门充分考虑企业所能支付的治理费用，并尽可能给它们提供更多的合作机会，选用合适的技术进行处理。

3.3 提高评估过程中的灵活性

[注]“现有政策”具体是指：目前荷兰每年在土壤修复上花费 3~4 亿欧元。这些费用一半由政府支付。政府目前在特定位置有资金，例如城市，工业园区和国防区。政府投资于实际土地使用会造成污染风险的地方，以及受污染土壤阻碍经济和空间发展的地方。

在常外“毒地”事件中，从公开的两份环评报告来看，我发现在环境评估过程中仍有些环节显得比较粗糙，不够灵活。如对于一些可以进行优化和完善的环境处理手段并未进行分析与取舍，面对土壤修复还是直接选择最为廉价的覆盖黏土法，最终通过黏土的厚度衡量验收是否合格的标准也不一定合理，如果能在评估过程中综合多角度进行考虑，灵活思考与处置，也许能够把污染处理得更为彻底，而不会爆发污染物泄漏伤害学生的惨剧。

3.3.1 优化模型

由于模型所采用的计算方法最初是基于经验与理论研究的结果，对于理想条件有效不一定能应用于实际评估中，因此之后还需要不断在实践中修正并调整模型的算法，提高模型的准确程度，这样才能使理论与现实背景相结合，跟上时代的发展，提高解决问题的效率。尤其是在实际应用过程中，往往会发现针对不同的场地污染物质，模型中的不同参数可能会表现出不同的敏感程度，这时就需要着重注意这类可能造成结果较大误差的参数。

比如在对青海某铬渣污染场地的调查研究中，研究人员借鉴国外思路，将健康评价方法用于评估工作中，最后通过分析不同方程拟合的曲线，对比理论值与实际值之间的差异，得出了拟合程度最大，评估效果最佳的一条曲线，为之后进行的毒理学分析奠定了良好基础，也在一定程度上实现了模型的优化和升级。^[17]因此只有结合实际分析现实问题，完善评估因子，污染评估才能顺利进行并真正为我国场地修复提供保障。

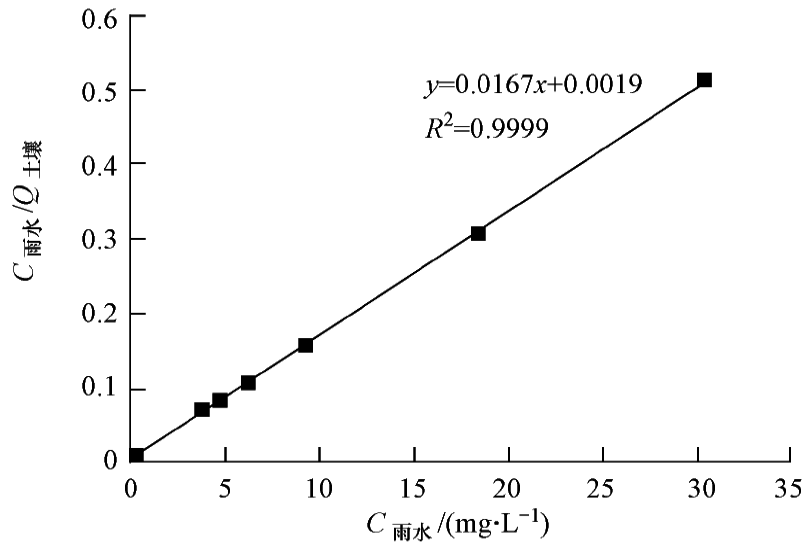


图4：最终根据Langmuir方程拟合出的表土 Cr^{6+} 解吸曲线^[17]

3.3.2 考虑场地本身的生命周期

场地评估报告中，根据污染情况提出合适的解决方案是非常重要的部分。但由于修复过程中场地环境自身也在与周围空间进行物质交换，各种物质的含量也处于动态变化中，如果不考虑其自身生命周期，修复工作可能出现偏差。这需要我们更加灵活地应对场地，而不仅仅将其看作静态的物质集合。

生命周期评估（Life Cycle Assessment, LCA）就是环境领域目前一种用来进行管理决策的较为创新的研究思路，从宏观的视角看待自然界各种物质的阶段性变化及其规律，能够对不同环境修复技术进行特征化的分析，更灵活的求出中

表 3：LCA 在污染场地应用的研究案例^[18]

场地类型（主要污染物）	评价方法
填埋场（氰化物、氟化物、铁、铝）	EDIP97
模拟场地（狄氏剂）	RNSOIL
柴油	EDIP97
——	IPPC 1995、US EPA TRACI
柴油	US EPA TRACI
PHCs, 重金属和 PAHs	IMPACT2002 +
镉、铜、铅和锌	IMPACT2002 +
苯系物	IPPC Tier Two
——	IMPACT2002 +
氯化乙烯	EDIP97 GaBi4 LCA software
二噁英和呋喃	ReCiPe impact model
石油	ReCiPe – EPD
Exxsol	REC
柴油	TRACI
油脂	REC、RECIPE
多氯联苯（PCB）	CML
柴油	REC
苯系物、矿物油	REC、RECIPE
多氯联苯（PCB）	IMPACT2002 +
农药	EI99

间环境影响和最终环境影响。近年来 **LCA** 理论得到了国内外相关专家的认可与支持，在实际应用中对于环评单位提出切实可行，对环境影响小的解决手段起到了良好的作用。从表 3 中可以看出，在国际上，**LCA** 通过设计不同的评价方法分支可以应用在不同污染类型的场地上，但国内针对污染场地修复的 **LCA** 研究还没有看到相关论文与报道。

这一方法的优点在于它能够从整体上把握环境评估的全过程，同时从经济学、管理学的角度将评估修复技术视为一种产品，并把整个修复过程视作一个系统，避免了污染场地环境质量提高的同时对区域或全球范围大环境造成破坏。通过对物质流入与流出量的对比分析，能够更好地确定对环境影响最小的治理手段和工艺，实现修复方案的筛选和优化设计。

但是由于参数较多，环境影响的尺度不一定合适，分析因子之间的关系较为复杂，不同污染物影响程度的单位之间不易统一……这些都对数据处理提出了更高的要求；另一方面，**LCA** 尽管能够对环境影响进行很好的统筹规划，从而得出最优解，但环境影响最小的技术手段并不一定最可行，资金层面、效率层面、技术层面的挑战也需要考虑在内。

4、总结与展望

4.1 总结

通过以上分析可以发现，我国的场地污染评估工作对于保障人民群众的身体健康、降低周边环境的生态风险、促进经济结构转化、提高土地利用效率等方面都有着重要的作用。并且由于场地污染的原因是多方面的，评估工作需要做得更加完善才能更详尽地分析清楚污染物的情况。目前的科学研究成果仍然较多的偏重于理论层面，对于具体污染场地的评估还没有积累充足的经验，各种关于场地环境评价工作的法律、衡量标准与筛选值、目标值的缺失也导致评估工作无法高效进行，同时在评估过程中过分依赖国外的模型与分析数据的手段也导致部分数据失真，从而影响最终环评报告的公信力与有效性。

从常州外国语学校毒地事件、场地污染评估的巨大市场需求以及目前存在的诸多问题中，可以得到一些提升的思路：相关人员应积极构建起适用于中国人的健康标准评估体系，确保污染场地的治理最终能够保证人群的正常生活；在评估过程中应当考虑修复成本的可行性，确保所提供的治理方案能够切实落地得以执行；在评估过程中需要不断优化改进评估方法，提升模型的拟合程度，并根据场地环境与周围环境的物质交换、生命周期的变化特性调整评估参数与技术手

段……

4.2 展望

当然，常州外国语学校毒地事件的发生，远远不只是环境评估的问题，与管理体制、监督机制、不健全的市场调节机制等方面都存在着关联。一个具体的现象反映在环评机构在给出评估报告后可能由于与利益相关方的冲突而被迫调整修改数据使其符合标准以至强行审批通过，甚至出现的“未批先建”情况。由此可见，如果这些管理层面的问题无法得到及时的解决，在技术衡量上环境评估做得再详尽、再清晰、再完美也有无法避免污染场地遗留的可能。

本文仅从技术层面探讨了环境评估行业可以发展的方向与所需要做出的努力。通过常州事件的切入让我们深刻反思环境评估存在的问题并探索解决方法，让我们清楚认识到我国场地污染情况的严重性以及环境评估的重要性。目前我国急需建立场地领域的环境评价标准，与此同时在污染场地评估上也需要更大的资金投入力度、研究上的重视程度，公众的积极参与度。

以上都需要更多环境领域工作者的共同努力，也需要各个分支学科的合作与交叉——如在法律、标准的制定过程中需要环境与法学结合，在建立人体健康评估体系时需要环境与医学结合，在分析修复方式并进行决策时需要环境与经济学结合……我相信这将成为今后环境评估工作的一大趋势，共同为场地污染的解决提供更全方位的支撑。

参考文献：

- [1] 土壤水分滞后作用 [EB] 知识贝壳网
<https://www.zsbeike.com/bk/290288.html>
- [2] 廖晓勇, 崇忠义, 阎秀兰, et al. 城市工业污染场地:中国环境修复领域的新课题[J]. 环境科学, 2011, 32(3).
- [3] 崔超, 污染场地健康风险评估研究 [J] 西北师范大学
- [4] 毒地事件何时休 扒一扒近几年的毒地事件 [EB] 北极星环境修复网
<http://huanbao.bjx.com.cn/news/20160418/725716-2.shtml>
- [5] 宋昕, 林娜, 殷鹏华. 中国污染场地修复现状及产业前景分析[J]. 土壤, 2015, 47(1):000001-7.
- [6] 场地调查评估的流程介绍 [EB] 中国科学院中科检测网
<http://www.gzzkjc.net/News-461835.html>
- [7] 唐文雅, 王斌. 建立污染场地环境评估体系的探析[J]. 西部皮革, 2016, v.38;No.377(08):167.
- [8] 场地环境调查的工作内容与程序 [EB] 三分地环保产业链网
<http://www.sfdhb.com/03-00003921-1.html>
- [9] 干货|一文读懂污染场地风险评估的那些事 [EB] 北极星环境修复网
<http://huanbao.bjx.com.cn/news/20170104/801430.shtml>
- [10] 常隆(华达、常宇)公司原厂址地块污染场地土壤修复调整工程验收技术方案 [R] 新北区环保局
- [11] 罗泽娇, 贾娜, 刘仕翔,等. 我国污染场地土壤风险评估的局限性[J]. 安全与环境工程(5):44-50+62.
- [12] 张建荣, 沈桢, 许伟. 场地污染土壤调查及评估探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2011(02):12-14+18.
- [13] 贾晓洋, 姜林, 夏天翔, et al. RBCA、CLEA 及 CalTOX 模型在苯并[a]芘污染场地健康风险评估中的应用比较[J]. 生态毒理学报, 2012, 7(3):277-284.
- [14] 宋静, 陈梦舫, 骆永明, et al. 制订我国污染场地土壤风险筛选值的几点建议 [J]. 环境监测管理与技术, 2011, 23(3):26-33.
- [15] 张红振. 发达国家污染场地修复技术评估实践及其对中国的启示[J]. 环境污染与防治, 2012(2):105-111.
- [16] VAN WEZEL A P ,FRANKEN R O,DRISSEN E ,et.al.
Societal Cost-benefit analysis for soil remediation in the Netherlands
[J].Environmental Assessment and Management ,2008,4(1):61-74.
- [17] 张厚坚, 王兴润, 陈春云, et al. 典型铬渣污染场地健康风险评估及修复指导限值[J]. 环境科学学报, 2010, 30(7):1445-1450.
- [18] 潘吉秀, 夏天翔. 生命周期评价在污染场地修复中的应用进展研究[C]// 2014 中国环境科学学会学术年会. 2014.