污染场地健康风险评价方法

1．引言

场地指某一地块范围内的土壤、地下水、地表水、大气和生物的总和。

污染场地是指因人类活动使土壤或包气带所含有害物质的浓度超过环境背景值或标准规定浓度，并对人体健康或自然环境可能造成危害的场地。

污染场地种类繁多，按照污染物的性质进行分类，主要分为无机物污染、有机物污染、生物污染及放射性污染。污染场地概念的界定对于污染场地的评价体系至关重要。

基于人体健康的场地风险评价是指在场地开发之前，对存在于场地中污染物可能造成的健康危害风险进行评价，以保证人体健康为目的确定污染物的修复目标。健康风险评价理念在场地管理中的引入，很好地克服了传统环境标准治理模式仅针对污染物的共性，而使得治理目标要求过高导致治理费用高昂、治理周期漫长等问题。相对于传统的基于环境标准的评价和治理模式，健康风险评价模式有其广泛的优越性。工业企业遗留的污染场地可对后续用地的土壤、地下水等造成一定影响，并可能危害到居民的健康，因此开展污染场地健康风险评价是至关重要的。

  在过去的几十年中，我国并没有在受污染场地土壤环境中实现有效管理，缺乏在现场的预防和控制污染，难以抵御预防事故和应急处理各方面的风险，以及管理和预防实现目标的不确定性评估方法。正是存在这方面的原因，我国污染场地的评价体系尚未充分建立而存在多方面的缺陷，取得的只是不尽如人意的工作效果，管理工作进展比较迟缓。另外，我国在污染场地基础情况数据收集、基础评估方法缺乏、治理方法比较落后、相关法律法规尚不健全等基础性工作经验的积累不够更是导致污染场地的评价体系研究毫无起色的更深层次的原因。

2．健康风险评价的发展

  当前，我国还没有一套成熟的污染土壤健康风险评估方法，在健康风险评估中多采用国外方法。在污染场地管理方面，发达国家已经有20～30年的历史，而中国尚处于起步阶段，构建中国污染场地分类机制必须立足于国情。

目前，我国城市工业污染场地主要处于五种状态：

（1）部分污染场地未经污染风险评估与修复已用作居住地和商业用地开发利用；

（2）随着城市化进程和空间规划调整，部分工业企业搬迁后或已经停产的污染场地正面临再开发利用，或未经过风险评估与修复正在开发利用；

（3）由于企业倒闭、破产等原因部分企业遗留或搬迁后的污染场地处于污染监管的状态；

（4）部分污染场地仍然处于原来的利用方式；

（5）只有极少量场地经过简单的风险评估和治理后，开发为居住用地。

面对如此现状，国家已经对污染场地的管理、修复及其再开发做出了相关环境管理要求。

污染场地健康风险评价指对已经或可能造成污染的工厂、加油站、地下储油罐、垃圾填埋场、废物堆放场等场地由于污染物质排放或泄漏对人体健康的危害程度进行概率估计，它是一项多学科交叉的复杂的系统工程，不仅需要调查污染场地土壤、空气、水体等介质的污染状况和污染物种类，还需分析污染物迁移途径和转化机制以及暴露人群结构和分布情况，并利用毒理学研究成果，以数学、统计学等为工具估算人体健康的危害概率和可能程度，在充分保护人体健康的原则下，选择切合实际的污染防治措施并开展污染治理。

3．健康风险评价的应用

开展污染场地健康风险评价是一项错综复杂的工作，需要一些场地参数、暴露参数和生态毒理参数等。健康风险评价指标参数主要分为3种：

（1）与暴露人群属性相关的指标，可称为生理学指标，如体重、寿命、呼吸速率、皮肤表面积和日饮水量等；

（2）与化学物质性质相关的指标，包括皮肤吸收因子、胃肠吸收因子、皮肤渗透系数以及土壤对皮肤的粘附系数等；

（3）风险评价指标，包括风险表征指标和风险评价标准两个亚类。

为了简化评价程序，国外已经开发了一些模型，由于国内环境风险评价基础非常薄弱，缺少相关数据资料累积，难以形成完整、系统的国家或地区级数据库，暂未能建立自主环境风险评价模型，所以目前国内多数实际风险评价中仍以借鉴国外较成熟的评价模型为主，如英国的CLEA模型、丹麦的CETOX模型、荷兰的CSOIL模型、美国加利福尼亚州的CalTOX 模型、德国的UMS模型、欧盟的EUSES模型以及美国 RBCATookit 模型等。

姜林等以北京市某炼焦化学厂场地污染调查为依据，采用PRA（概率风险评价）研究了15个人体暴露参数和土壤中污染物浓度不确定性对苯、苯并［a］芘健康风险评价结果的影响。结果表明：于表层和深层土壤，苯、苯并［a］芘各暴露途径及总暴露途径PRA95% 分位值均小于相应DRA( 确定性风险评价) 风险值，表明 DRA 风险值偏保守；此外，姜林等基于土壤中多环芳烃(PAHs) 生物可利用性的健康风险评价研究取得了一定的进展。 张新钰等应用美国环保局的健康风险评价方法，对华北某污染场地超标污染物进行了健康风险评价。结果表明，场地超标污染物仅为四氯化碳；主要赋存于地下水中，其污染晕的平面分布与地下水流向显著相关，垂向分布与深度相关；四氯化碳致癌危害程度总体表现为饮水途径 ＞ 洗浴呼吸吸入途径 ＞ 洗浴皮肤接触途径。陈志良等基于美国《土壤筛选导则》计算人体健康的环境风险方法，以某电镀基地为研究对象，分析场地的重金属污染特征。结果表明，该基地受到铬、铜、镍、锌、银等重金属及氰化物污染，部分污染物指标超过评价标准值60多倍，且空间差异明显，在污染场地再利用过程中需要对具有环境风险的区域进行修复处理。 房增强等开展了在典型污染场地修复过程中VOCs散逸浓度检测实验，并且建立了3条暴露途径对修复过程进行健康风险评价。结果表明，单污染物多途径累计非致癌指数最高的是四氯化碳。吴烈善等通过对广西某废弃铅锌冶炼厂区进行布点采样、监测分析，选取Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、As六种重金属元素作为评价因子，对污染场地进行健康风险评价。结果显示，指数评价法表明厂区污染状况为废渣 >> 建筑垃圾 > 土壤，即人体健康危害废渣 > 建筑垃圾 > 土壤，主要危害元素为As、Cd、Cr。 张石磊等分析了某污染场地挖掘过程中场地内及其周边空气中六六六（HCHs）和滴滴涕（DDTs）的污染物分布特征；应用健康风险评价模型研究了挖掘场地附近居民区经呼吸暴露途径的致癌和非致癌风险。结果表明，挖掘区附近居民区空气中HCHs和DDTs呈现出明显的季节分布特征，秋冬季节浓度高，春夏季节浓度较低。

以上研究者对各个类型的污染场地运用了不同的方法进行了健康风险评估，由于我国的污染场地类型众多，且大多数污染场地都是复合交叉类型的污染，而上述研究者一般采用的方法都是借鉴欧美等发达国家的评估模型及相关参数，但是由于不同国家（地区）实际情况的差异，这样往往会导致评估结果不能完全反映我国特定污染场地的真实情况。张红振等认为基于风险的土壤环境质量标准是实现污染土壤风险管理的重要手段，并指出鉴于我国当前土壤重金属污染隐患凸显、局部地区重金属污染暴发的趋势，建议重点研究污染地区重金属特定的污染来源、暴露途径，保护当地敏感受体，有针对性地制定基于风险的土壤环境质量标准和最佳污染应对与管理策略。

目前在场地环境管理对策制订过程中，风险评估仅在修复工程实施前用于定量判别场地污染造成的健康风险是否可接受，确定可接受风险水平下土壤和地下水的修复目标，为修复方案编制及工程招标提供依据。国外相关经验表明，健康风险评估应贯穿污染场地用地规划、场地建设及修复方案制定等过程，交互式、动态地为实现不同阶段的管理目标提供依据，以确保在保护人体健康的首要前提下尽量避免过度修复。

实际上，在场地风险评估中，多个因素可影响到风险评估的结果。首先是评估参数的完整性，如污染物的毒理学参数、污染物的理化性质参数、土壤污染物浓度水平、土壤介质的非均质性、人群的暴露周期频率、人的生活习惯及体重身高等，前两者对风险评估起着决定性的作用，即使通过暴露因子计算出各个污染物在各种暴露途径下的暴露量，但也会因污染物的毒理学和理化性质参数的缺乏而使风险评估无法继续开展。

另外，由于我国已有的地方和国家技术导则存在一些缺陷，众多参数需借鉴国外并且在实践运用中简单地套用国外的模型，导致得出的评价结果并不能完全真实地反映出我国的实际情况。

4问题和展望

对于污染场地健康风险的评价，除了依赖于技术上的发展，更是和国家的相关政策和管理息息相关。

目前，我国对污染场地的健康风险评价及修复管理等方面的相关规定日益完善，这为污染场地调查评估工作的顺利开展提供了依据。同时，污染场地的健康风险评价及修复管理等方面的相关规定又是不完善的，如部分污染物的毒性参数缺失或不齐全，例如技术导则中关于铅 (Pb)的毒性参数缺失，ABSd (皮肤吸收效率因子)参数不齐全等，参数的不完善直接影响到健康风险评价的质量和可靠性，对于缺失或不齐全的相关信息应该补齐；此外，风险控制值直接关系到污染场地的修复与管理，不同利用方式的土地风险控制值应该是不一样的，因此，技术导则中风险控制值的计算公式是否应作区分和细化，或者，针对不同利用方式的土地风险控制值是否应作统一规定并给出，以完善污染场地修复和管理的规范性。

闫志明等认为，人类和其它生物共同生存于相同的自然环境中，环境污染物归趋相同，受体暴露途径相似，通过建立统一的概念模型，进行人类健康和生态风险综合评价，可以得到比单独的健康及生态风险评价更高效和完整的结论。姜林等认为，污染场地风险评估涉及许多场地特征及受体暴露特征参数，针对某一特定场地如需非常精确的评估该场地污染物的健康风险，需对这些参数逐个进行详细调查，其成本将极其高昂、项目调查周期也将相应延长。因此，为平衡调查结果精确性与调查成本间的矛盾，同时又不低估污染物的健康风险，采用层次化风险评价技术显得尤为重要。

此外，我国现有的土壤质量标准和场地评估规范仍存在诸多缺陷，无法满足当前国家城市工业污染场地的管理需要。所以，完善场地评估的技术规范和相关标准将为污染场地风险评估系统的构建提供基础性保障。鉴于我国目前的经济状况和基本国情，可以对污染场地的分级分类，实现全国范围内污染场地的规范和统一管理，根据污染场地的风险级别采取有针对性的管理，也可以为国家层面污染场地数据库平台构建和污染场地专门管理机构建设提供依据。污染场地作为工业化和城市化进程中不可避免的产物，其本身特性及其国界差异较小，因此从技术的角度来说，中国污染场地分类体系的研究有可能也有必要借鉴国外先进的成果。

污染场地的健康风险评价在发展和完善过程中涉及到场地的分类体系、管理体系及相关法律体系等诸多方面，同时，在评价方法领域和修复技术层面也需要联合地质学、土壤学、生态学、水文学、环境学及软件科学等学科综合展开，以可持续发展为理念，保证我国污染场地的评价和修复得到良好的发展。

最后在此需要指出的是，我国的污染场地数量庞大，在对已经存在的污染场地进行处理的同时，更重要的是要遏制其产生，才能做到治标治本；在相关的污染场地评价方面，也不能一味地借鉴发达国家的经验，要针对我国污染场地的特点，制定出相应的政策和方案，真正地实现对污染场地的治理。