



推荐阅读:

[广西城市污水处理厂污泥产生及处置现状分析](#)

[平顶山市煤矿区土壤重金属污染程度评价](#)

[基于灰色关联分析法的宜昌市空气质量影响因素分析](#)

[废旧锂离子电池流向及管理现状调研](#)

[生物法处理气态污染物的研究现状与应用前景](#)

[环境敏感区农村生活污水处理工艺设计案例分析](#)

[氨法脱硫+低温 SCR 脱硝工艺在焦炉烟气净化中的应用](#)

[反渗透双膜工艺处理印染废水研究进展](#)

[重金属污染土壤修复技术研究进展](#)

[基于 SARIMA 模型的二氧化氮时间序列预测研究](#)

[碳基功能材料在土壤修复中的应用](#)

[虾蟹壳对水中刚果红吸附性能的研究](#)

[农村生活垃圾生物质热解和燃烧气相数值模拟](#)

[基于灰色 GM\(1, 1\)模型的成都市大气污染物浓度预测](#)

[江苏省非道路移动源大气污染排放清单研究](#)

[欧盟 15 国污水污泥产生量与处理处置方法对比](#)

[基于 Hydrus-1D 的粉煤灰堆场 Cr\(VI\) 在包气带中迁移规律的研究](#)

[工业废水活性炭深度处理的研究](#)



移动扫码阅读

叶剑娜,金海峰.多种评估方法在土壤环境质量评价中的应用[J].能源环境保护,2019,33(5):50-55.

YE Jianna, JIN Haifeng. Application of various assessment methods in environmental quality assessment of polluted soil[J]. Energy Environmental Protection, 2019, 33(5): 50-55.

多种评估方法在土壤环境质量评价中的应用

叶剑娜¹, 金海峰²

(1.上海建科环境技术有限公司杭州分公司,浙江 杭州 310000;

2.煤科集团杭州环保研究院有限公司,浙江 杭州 311201)

摘要:以某历史有机污染土壤为例,在详细调查污染物浓度和土壤理化性质的基础上,运用地球化学法、土壤酶活性评价法、微生物群落结构指示法以及生态毒理学方法对该土壤的环境质量进行评价。分析结果表明:各评价方法都具有一定的指示意义,但部分评价结果不一致;通过运用多种方法对污染土壤进行综合评价,能够得到更加全面的评价结果。

关键词:有机污染土壤;环境质量评价;土壤酶活性;微生物群落结构指示法

中图分类号:X825

文献标志码:A

文章编号:1006-8759(2019)05-0050-06

Application of various assessment methods in environmental quality assessment of polluted soil

YE Jianna¹, JIN Haifeng²

(1. Shanghai Environmental Assessment Consulting Co., Ltd., Hangzhou 310000, China;

2. Hangzhou Environmental Protection Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group, Hangzhou 311201, China)

Abstract: Taking a historical organic contaminated soil as an example, on the basis of a detailed understanding of the concentrations of soil pollutants and the physical and chemical properties of the soil, environmental quality of the soil was evaluated by geochemical method, soil enzyme activity evaluation method, microbial community structure indicator method, and ecological toxicology method. The results showed that all the tested assessment methods had certain indicative function, but the evaluation results were inconsistent. More comprehensive evaluation results would be obtained if various assessment methods were applied together.

Key words: Organic contaminated soil; Environmental quality assessment; Soil enzyme activities; Microbial community structure indicator method

0 引言

土壤的有机污染已经成为我国生态环境安全的重大隐患,有机污染土壤的治理也已经成为亟需解决的问题,但是对于污染土壤进行治理的基础——污染土壤的环境质量和生态风险实际状况的了解目前仍不充分,同时也缺乏合理的土壤环境质量评价方法,很大程度地限制了污染土壤治理工作的进一步展开与深入。因此,调查污染土

壤环境质量,评价其生态风险,探索合理的土壤环境质量和生态风险评价方法,对污染土壤的修复治理具有重大的理论和现实意义。

1 土壤样品的设置、采集与处理

本研究区为1987年处理某石油冶炼废弃物堆放场,综合考虑研究区内污染区分布、土地利用等情况,共采集土壤样品30个,样品采集完成后,将采集的土样部分均匀混合后,放于-20℃冰箱

保存,作土壤微生物 DNA 的提取分析之用;另一部分经过去杂质混匀过筛处理后置于 4 ℃ 冰箱作一般生化分析和毒理试验之用;其它部分则摊放在清洁的牛皮纸上风干。风干后的样品用木碾碾碎、研细后过筛。

2 污染土壤的理化性质分析与调查

污染土壤的理化性质是土壤环境质量分析的

表 1 土壤样品 pH 值(土水比 1:2.5)

水塘底泥样品	23#	27#	29#				
pH 值	3.38	2.96	7.57				
沼泽地样品	18#	19#	21#	24#	25#	26#	
pH 值	4.56	3.93	4.34	4.42	6.18	6.21	
水稻地样品	4#	6#	7#	17#	对照土		
pH 值	4.19	4.1	4.3	5.11	6.09		
油菜地样品	1#	8#	9#	10#	11#	12#	13#
pH 值	6.8	4.5	4.7	4.35	4.4	4.9	4.87
大头菜地样品	14#	15#	16#	20#	22#	28#	对照土
pH 值	4.98	4.71	4.7	4.23	4.75	7.71	6.5

测定结果表明,大部分土壤样品的 pH 值和对照土相比下降明显,初步推断是污染物中的酸性成分及其物化反应所导致。

2.2 有机污染物浓度(GC-MS 测定)

分析土壤中各种污染物的含量及其存在形态,对土壤环境质量有较好的指示作用。通过分析土壤中污染物的含量和形态来评价土壤环境质量也在全世界范围内为人们所广泛采用。石油冶炼废弃物的主要成份为正构烷烃和多环芳烃(PAHs)。

通过对土壤污染物浓度分析发现,就烷烃而言,与对照相比,有近一半的样点土壤受到了污染,其中 1#、8#、11#、14#、20#和 22#污染程度较高,其 15 种烷烃的总的污染浓度分别达到了 709、215、69、105、78、144 mg/kg,最高的 1#样品比对照土壤的浓度高 40 多倍;另外,4#、13#、18#、21#和 25#的污染物浓度也明显高于对照土壤,分别达到 26、29、50、60、36 mg/kg,分别比对照土壤高 2~5 倍左右;部分土壤中也多环芳烃污染物的检出。

根据最新颁布的《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618-2018),烷烃和多环芳烃不在其标准范围内,因此,仅凭污染物浓度无法进行有效评判。

3 土壤酶活性分析

土壤酶在土壤生态系统中起着十分重要的作

基础,主要包括土壤利用类型、土壤 pH 测定、污染物浓度调查等。

2.1 pH 值

土壤中的污染物及其在土壤中的化学行为会对土壤 pH 值造成一定程度的变化,而另外一方面,土壤 pH 值的变化也会对土壤的微生物产生影响,从而影响土壤环境质量。土壤 pH 检测值见表 1。

用,土壤酶对因环境或管理因素引起的变化非常敏感,并且具有较好的时效性。许多相关研究也表明,土壤酶活性状况能够比较好的反映土壤的环境质量状况。研究区土壤酶活性^[1]指标如下图。

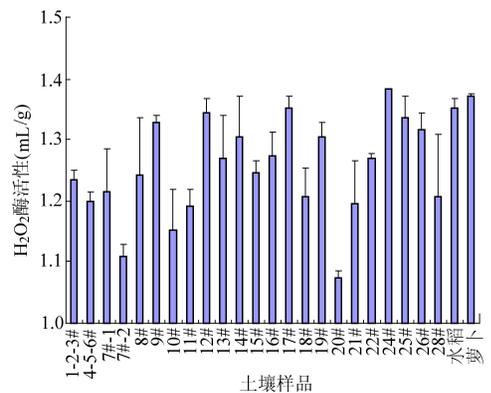


图 1 土壤样品 H₂O₂ 酶活性

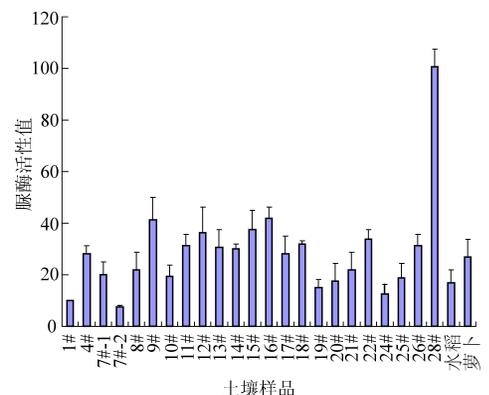


图 2 土壤样品脲酶活性

表2 土壤样品中部分有机污染物的浓度($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 干重土)

	C ₁₅	C ₁₇	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₃	C ₂₅	C ₂₇	C ₂₉	C ₃₁	C ₃₃	C ₃₅	C ₃₇	C ₃₉	萘	芘
1#	1.2	3.8	4.5	2.9	5.3	11	23	24	32	169	nd	214	213	3.8	0.7	9.7
4#	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.1	0.3	0.7	23	1.8	nd	nd	nd	9.5	nd
7#	nd	nd	nd	nd	nd	0.1	0.1	0.3	0.3	1.9	0.7	3.7	6.9	1.3	nd	nd
8#	1.8	5.9	5.6	3.0	5.7	10	17	16	13	57	11	65	2.1	0.8	nd	0
9#	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.3	nd	0.3	3.7	0.5	3.9	nd	nd	nd	nd
10#	1.2	1.9	3.0	1.7	3.1	nd	nd	nd								
11#	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.3	1.4	2.7	13	5.1	19	25	nd	nd	nd
12#	nd	nd	nd	nd	nd	0.1	0.1	0.1	nd	2.6	0.5	0.8	4.4	nd	nd	nd
13#	nd	nd	nd	nd	nd	0.1	0.1	0.3	0.4	3.6	1.4	9.4	13	nd	nd	nd
14#	nd	nd	0.1	nd	0.3	1.6	3.7	3.6	5.3	27	5.6	29	28	nd	nd	nd
15#	nd	nd	nd	nd	nd	0.1	0.2	0.3	0.2	4.2	0.4	1.9	2.8	nd	nd	nd
16#	0.1	0.1	nd	0.1	nd	nd	nd	0.3	0.1	1.7	0.1	2.5	2.5	nd	nd	10
17#	nd	2.1	9.9													
18#	0.1	0.1	nd	0.1	0.3	0.4	0.9	1.7	2.7	8.4	4.1	12	18	nd	1.6	6.5
19#	nd	nd	nd	nd	0.1	nd	nd	0.4	1.6	4.1	2.3	2.3	7.1	nd	3.8	24
20#	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.1	0.6	3.1	22	6.7	nd	45	nd	nd	13
21#	nd	0.1	nd	0.1	0.1	0.1	0.8	1.3	1.9	10	3.3	19	23	nd	2.1	13
22#	0.2	0.9	0.9	0.8	nd	3.3	6.3	6.5	6.5	31	6.7	39	39	1.0	1.8	9.4
24#	nd	0.1	nd	0.1	0.1	0.3	0.2	0.5	0.2	1.1	nd	1.7	2.2	nd	nd	0.9
25#	0.2	0.2	nd	0.2	0.3	0.2	0.3	1.1	1.2	6.7	1.9	10	13	nd	nd	1.8
26#	nd	nd	nd	nd	nd	0.1	0.1	0.2	0.1	nd	0.9	2.9	4.3	nd	nd	nd
28#	nd	0.1	nd	0.1	0.1	0.1	nd	0.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1.0	nd
水稻 rice	nd	nd	nd	nd	0.1	0.3	0.2	0.4	0.4	4.1	nd	5.8	1.1	nd	nd	nd
萝卜 radish	nd	nd	nd	nd	nd	0.2	0.2	0.4	0.5	3.4	0.9	4.6	4.9	nd	nd	nd

注: C₁₅~C₃₉-碳数为 15~39 的正构烷烃; nd: 未检出。

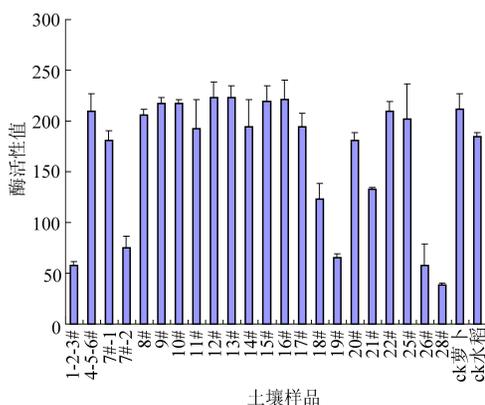


图3 土壤样品磷酸酶活性

对研究区内土壤样品的 H_2O_2 酶^[2]、磷酸酶、脲酶和土壤呼吸强度这四个指标进行综合分析后发现:

(1) 相比而言,水稻田和沼泽地土壤的各个环境指标受污染物的影响比较大,污染效应比较明显;而采自菜地的样品的各个指标的水平相对要高。初步推测原因如下:

① 菜地的土壤性质良好且变化较小,肥力水

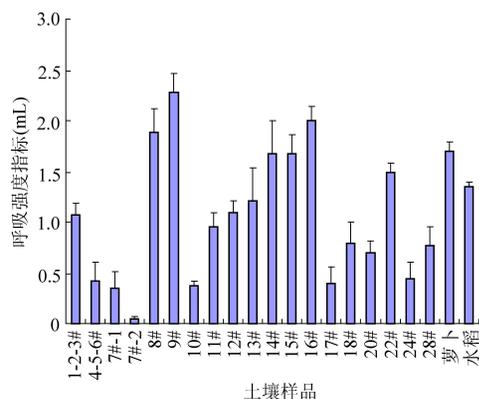


图4 土壤样品呼吸强度

平较高,促进了土壤中各种酶活性的提高和微生物的生长,很大程度上降低了污染物对土壤的污染效应;而水稻土和沼泽地的土壤由于土壤条件变化比较大,如间歇性或长期的淹水等,使得微生物的生长经常受到干扰,另外土壤性质和肥力水平都不如菜地;

② 由于污染处置场所和周围的农田之间有沟渠相隔,因此除了在土壤中的迁移之外,污染物通过水进行的迁移也是不可忽视的,而且其迁移

的速度要比在土壤中迁移速度快,而水稻田和沼泽地中的耗水量和含水量都比菜地要高很多,这也很有可能是水稻田和沼泽地的土壤的各项指标水平较低的原因之一。

(2) 土壤有机污染水平对这四个指标也有比较明显的影响。分析发现,污染水平比较高的土壤样点,其四个污染指标抑制效应较明显^[3]。

4 土壤微生物群落结构分析

基于 16 SrDNA 的 PCR-DGGE 图谱统计结果表明^[4],和对照相比,污染土壤样品在细菌微生物物种组成上差异显著,而且代表优势菌群的较亮

的条带在数量和位置上有明显的差异。环境因子的差异会对微生物群落组成产生影响,由于各个样品的基本理化性质的差异较小,土壤利用方式和废油渣的污染程度成为影响土壤环境微生物组成的重要因素。土壤样品细菌的基因片断谱图明显不同,反映了它们之间基因型的显著差异。

物种多样性是指群落中物种数目的多少,它是衡量群落规模和重要性的基础。种类越多,各个个体数量分布越均匀,物种多样性指数越大。我们进一步用软件(Quantity One)对 DGGE 带谱中的条带数量、位置和强度进行了分析,并对结果进行了 Shannon 指数分析。结果如表 3 所示。

表 3 不同土壤样品的细菌群落结构的 Shannon 指数

样品名称	样品编号							
水稻田样品	7#-1	7#-2	17#	对照土				
Shannon 指数	3.67	3.51	3.36	3.33				
沼泽地样品	18#	19#	21#	24#	25#	26#		
Shannon 指数	3.4	3.57	3.28	3.35	3.16	3.12		
菜地样品	1#	8#	9#	10#	11#	12#	13#	14#
Shannon 指数	3.65	3.83	3.9	3.65	3.5	3.81	3.8	3.91
菜地样品	15#	16#	20#	22#	28#-1	28#-2	对照土 Control soil	
Shannon 指数	3.83	3.7	3.65	3.2	3.44	2.72	3.2	

由表 3 可见,大部分的污染土壤样品的微生物多样性指数^[5]均高于对照土壤,反映了污染物对微生物的某种促进作用;但同时优势条带和非优势条带的位置、数目和亮度上,污染样品和对照之间以及各个污染样品之间均存在较大的差异,说明对照样品和污染样品之间以及各个污染样品之间细菌群落结构存在着显著差异,这也反映了污染物对土壤中细菌群落的污染效应影响了土壤细菌的结构组成及其功能,并进一步影响了土壤的质量和功能。通过进一步分析发现,虽然各个样品的多样性指数均比对照要高,但是各个样品的增幅程度相差较大,总体来说,采自菜地的样品增幅水平最高,采自水稻田的样品次之,而采自沼泽地的各个土壤样品的多样性指数较低。这也反映了土壤利用方式对土壤细菌群落的显著影响。

结合土壤样品的有机污染程度和土壤酶活性综合评价结果进行分析发现,Shannon 指数影响较大的土壤样品大部分也是土壤酶活性综合评价结果影响较大的样品,同各个土壤样品的有机污染程度也有很好的相关性。

5 土壤的生态毒理评价

5.1 发芽率试验

采用小麦和青菜种子进行发芽率试验,结果表明,各个土壤样品的发芽率均达到了较高的水平(95%以上),没有表现出明显的差异性,这也表明土壤样品的污染物毒性相对较小,对种子的发芽率影响较小,但是可以观察到一些土壤样品对种子发芽有明显的延迟效应。

5.2 根伸长试验^[6]

采用小麦和青菜种子进行根伸长试验,培养结束后测定青菜和小麦的根的生长情况,并计算其平均值。青菜和小麦的根伸长试验结果分别如图 5、图 6 所示。

由图 5 和图 6 可见,和对照土壤进行比较发现,4#、7#、8#、10#、11#、12#和 28#样品对青菜种子的根伸长表现出比较明显的抑制效应,而 4#、7#、8#、10#、11#、20#样品土壤对小麦种子根伸长表现出比较明显的抑制效应。

结合土壤的其他指标分析发现,土壤中的土壤利用方式对种子根伸长的影响比较小,但是 pH 对根伸长影响比较大。分析发现,在多数样品中,

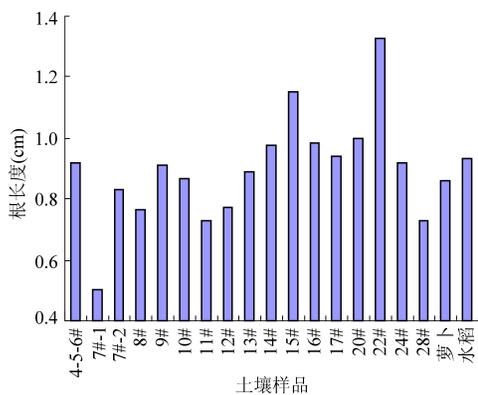


图 5 青菜种子根伸长试验

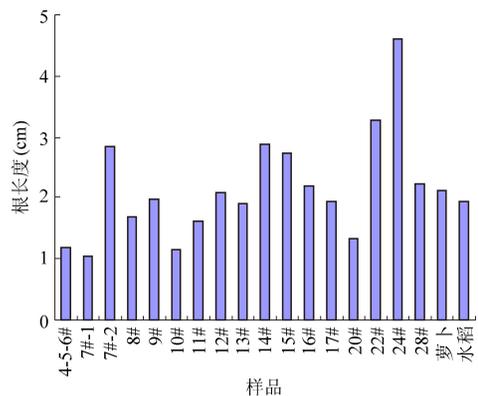


图 6 小麦种子根伸长试验

4.5±0.3 范围内的 pH 值能在一定程度上促进根的伸长,而过高的 pH 值(如 28#:7.71)和过低的 pH (如 4-5-6#, 7#-1、10#、11#、20#)对种子的根伸长都表现出比较明显的抑制效应;另外结合土壤污染物浓度、土壤酶活性评价、土壤微生物评价等评价方法的评价结果发现,在发芽实验中表现出抑制效应的土壤样品的酶活性水平和多样性指数相对较低,

6 结论与展望

(1) 大部分的土壤样品的 pH 值均不同程度的下降,多在 4~5 之间,比对照土壤约低 1.5 个单位左右,说明了污染物对土壤性质的显著影响,且有明显的滞后效应。

(2) GC-MS 测定结果表明,土壤样品中存在的污染物主要包括 C₁₅~C₃₉ 的各种烷烃、二甲苯、乙苯、萘、蒽、甲基萘、1-(N-苯胺基)萘、二环烷等,定量分析表明,烷烃污染浓度最高达到了 709 mg/kg,相比对照样品超标十分严重^[7];另外,在对照样品中没有芳烃及苯类化合物检出,但是在处置场所周围土壤的样品里,大部分样品有一种或几种苯类或者芳烃化合物的检出。说明烷烃和芳

烃作为持久性污染物在土壤环境中能够长时间的存在,对土壤有长时间的持续影响^[8]。

(3) 通过对土壤样品中的土壤呼吸强度、磷酸酶、H₂O₂酶和脲酶的测定结果进行分析发现,污染物对各个指标^[9]都产生了一定程度的影响,但是和对照相比,污染物所表现出的效应并不是单纯的负面的污染效应。通过进一步分析发现,土壤的利用方式也对这些指标具有显著性影响,具体来说,采自菜地的土壤样品的各个指标都要高于其他样品,而采自水稻田和沼泽地的样品各个生化指标的水平则相对较低。另外,对这四种指标的评价结果进行综合分析发现,就总体而言,这四种酶指标的评价结果比较一致,这也表明利用酶活性指标^[9]可以对土壤环境质量进行评价。

(4) 通过 PCR-DGGE 技术对各个土壤样品的细菌群落结构进行分析发现,大部分污染土壤样品的多样性指数(Shannon 指数)均高于对照土壤,进一步分析结果表明,采自菜地的土壤样品的多样性指数的整体水平要明显高于采自水稻田和沼泽地的土壤样品,同样反映了土壤利用方式对土壤微生物的影响。另外,通过分析各个样品 DGGE 谱图的条带数目、位置和亮度发现,大部分土壤样品和对照相比都具有比较大的差异。因此基本可以推定,处置场所周围的细菌群落结构^[10]已经发生了很大的改变。

(5) 通过发芽试验和根伸长试验对处置场所周围土壤进行了生态风险评价,结果表明,土壤对发芽率没有表现出明显的抑制效应;对根伸长有一定的影响,且和土壤 pH 值密切相关,说明污染土壤对植物仍表现出一定的抑制效应^[11]。

综合来看,各个评价方法的评价结果均有一定的指示意义,但是也都有自身的片面性,部分结果也表现出一定程度的不一致性,表明土壤环境质量^[12]该从多方面区衡量。

目前的土壤环境质量评价方法虽然应用范围较广^[13],但是或多或少存在一定的缺陷,加上土壤生态系统^[14]的复杂性和多样性,这些方法仍然无法进行大范围的推广应用。因此,需要根据不同的土壤性质^[15]和利用方式对现有标准进行进一步的细化,而且需要找到其它的合适指标进行辅助分析,以保证评价结果的准确性。

参考文献

- [1] 宫璇. 土壤的砷污染与土壤酶活性[J]. 农村生态环境, 2004, 20(3): 53-55+59.

- [2] 李时银,张晓昆,冯建昉,等. 氟戊菊酯及代谢物对土壤过氧化氢酶活性的影响[J]. 中国环境科学, 2002, 22(2): 154-157.
- [3] 梁新强. 环境生物新技术在土壤微生态研究中的应用[J]. 农机化研究, 2005(3): 212-215.
- [4] 沈韞芬,顾曼如,龚循矩. 微型生物监测新技术[M]. 中国建筑工业出版社, 1990: 38-41, 196-220.
- [5] 蒋先军,骆永明,赵其国. 重金属污染土壤的微生物学评价[J]. 土壤, 2000, 32(3): 130-134.
- [6] 宋玉芳,许华夏,任丽萍,等. 土壤重金属对白菜种子发芽与根伸长抑制的生态毒性效应[J]. 环境科学, 2002, 23(1): 103-107.
- [7] 沈国清,陆贻通,洪静波. 重金属和多环芳烃复合污染对土壤酶活性的影响及定量表征[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(4): 479-482.
- [8] 刘世亮,骆永明,曹志洪,等. 多环芳烃污染土壤的微生物与植物联合修复研究进展[J]. 土壤, 2002(5): 257-265.
- [9] 张玉兰,陈利军,张丽莉. 土壤质量的酶学指标研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(4): 598-604.
- [10] 杨永华,姚健,华晓梅. 农药污染对土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 微生物学杂志, 2000, 6(20): 23-25.
- [11] 张永春. 有害废物生态风险评价[M]. 中国环境科学出版社, 2002.
- [12] 周国华,秦绪文,董岩翔,等. 土壤环境质量的制定原则与方法. 土壤通报, 2005, 24: 721-727.
- [13] WEISSENFELS W D, KLEWER H J, LANGHOFF J. Adsorption of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by soil particles: influence of biodegradability and biotoxicity[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 1992, 36: 689-696.
- [14] WEBER W J JR, HUANG W A. A distributed reactivity model for sorption by soil and sediments. 4. Intraparticle heterogeneity and phase distribution relationships under nonequilibrium conditions[J]. Environ Sci Technol, 1996, 30: 881-888.
- [15] White P A, Claxton L D. Mutagens in contaminated soil: a review[J]. Mutation Research/reviews in Mutation Research, 2004, 567(2): 227-345.

(上接第 49 页)



图 6 数据统计功能效果图

5 讨论与结论

奥维地图技术能为输变电工程提供大范围、高精度的环境现状信息。在室内预踏勘中,奥维地图可以辅助环评人员划定现场调查范围、筛选现场调查点、制定现场调查路线。在现场调查过程中,奥维地图可以提供信息记录工具、搜索与导航、信息共享功能。在环评报告编制中,奥维地图为外环境展示、预测计算提供影像资料和基础数据。奥维地图实现了输变电工程环评现场调查的“无纸化”作业模式,大大提高了环评工作的质量和效率。

与传统的纸质地图相比,奥维地图虽然优势显著,但仍存在一些不足之处,如周期性更新影像,导致影像时效性不足;受拍摄时气象、时节等条件的影 响,出现云层遮挡、白雪覆盖的区域,不能提供准确的地表信息;对于生态评价等级高的输变电工程而言,地图精度尚不能满足制作生态图件要求等。奥维地图的上述缺点可以通过配合使用无人机和专业卫片编译等技术进行弥补,以满足输变电工程环评要求。

参考文献

- [1] 胡健波. 3S 技术在公路环评中的应用[J]. 环境影响评价, 2017, 39(3): 56-60.
- [2] 闫帆. 奥维地图在天然气长输管道工程设计中的应用[J]. 中国化工贸易, 2018, 7: 149.
- [3] 王智飞,赫雁翔. 奥维地图和 Google 地球在森林资源二类调查外业中的应用研究[J]. 林业建设, 2015(4): 30-34.
- [4] 张洪达,王保一,牛勇,等. 奥维地图在区域水土流失监测野外调查工作中的应用[J]. 中国水土保持科学, 2018, 16(5): 85-94.
- [5] 北京元生华网软件有限公司. 奥维互动地图手机用户手册[M/OL]. (2017-07-19) [2017-07-19]. <https://www.ovital.com/351/>.