

基于灰色关联分析法的土壤中有机氯农药污染评价研究

崔嵩¹, 田崇国², 郭亮³, 贾宏亮⁴, 李一凡^{1,4,5}

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 城市水资源与水环境国家重点实验室, 国际持久性有毒物质联合研究中心, 哈尔滨 150090; 2. 中国科学院 烟台海岸带研究所, 烟台 264003; 3. 哈尔滨工业大学 管理学院, 哈尔滨 150001; 4. 大连海事大学 国际持久性有毒物质联合研究中心, 大连 116023; 5. 加拿大环境部 科学技术局, 多伦多 M3H5T4)

摘要: 以海河干流及河口地区作为研究区域, 以土壤中有机氯农药六六六异构体 α -HCH、 β -HCH、 γ -HCH、 δ -HCH 和滴滴涕及其代谢产物 p, p' -DDT、 o, p' -DDT、 p, p' -DDE、 p, p' -DDD 为评价指标, 运用灰色关联分析法对海河干流及河口地区的受污染程度进行综合评价, 结果表明, 受有机氯农药 HCHs 异构体和 DDTs 及其代谢产物污染程度的严重性为: 东丽区 > 塘沽区 > 河口以南地区 > 天津城区 > 海河入海口区 > 河口以北地区。评价结果可为海河干流及河口地区进行污染场地管理及对受污染场地进行治理和修复提供依据, 也可为环保部门进行决策提供依据。

关键词: 海河; 海河河口; 土壤; 有机氯农药; 灰色关联分析法

中图分类号: X323 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001 - 7011(2011)01 - 0096 - 05

0 引言

有机氯农药 (OCPs) 具有长期残留性、生物蓄积性、半挥发性和高毒性, 以及能够在大气环境中长距离迁移等特性, 在极地的大气、土壤、冰雪和各级食物链中都检测到了滴滴涕 (DDTs) 和六六六 (HCHs) 的存在^[1-4]。六六六和滴滴涕是有机氯农药的重要代表, 土壤作为生态系统的重要组成部分, 其有机氯农药的存在, 可以通过食物链的传递与富集等特性对生态系统及人类健康造成极大的威胁, 如六六六和滴滴涕能够通过食物链进入人体会造成中枢神经及肝脏、肾脏的损害并能产生致癌作用, 因而被美国环保署 (EPA) 列为优先控制污染物。为保障人民群众的生命安全和维护正常的生产建设活动, 防止环境污染事故的发生, 对土壤中的有机污染物残留情况的评价已变得越来越重要和紧迫。污染场地是潜在的污染源, 一旦发生污染事故, 不仅后果严重, 往往会造成恶劣的社会影响, 如著名的美国 Love 运河污染事故, 是一起典型的污染场地引起的公害事件, 致使大量人群的生命健康受到损害, 并引起巨大经济损失^[5]。随着我国经济的快速发展与经济结构的调整, 污染场地的问题备受关注。同时, 国内学者对污染场地的评价、治理及相关的管理对策也越来越关注^[6]。

天津地区土壤的污染主要来自工业、农业和污水灌溉。由于污染物来源点多面广, 天津地区土壤中的污染情况十分复杂, 持久性有机污染物, 尤其是有机氯农药的污染缺乏系统全面的研究^[7-8]。海河干流流经天津市区和塘沽区, 最终流入渤海湾。海河流域严重缺水, 同时大量未经处理的工业和生活污水直接排入河流以及农业的面源污染, 造成海河流域水体严重污染。海河水被用来农田灌溉已达 40 年之久^[9]。除此之外, 海河的淤泥还被用作农田肥料。因此, 研究海河干流及河口地区土壤中有机氯农药的残留情况, 并对其不同地区的受污染状况进行评价非常必要。目前, 常用的评价方法有很多种, 各种方法的总体思路基本上是一致

收稿日期: 2010 - 09 - 27

基金项目: 城市水资源与水环境国家重点实验室自主课题项目 (2008DX01)

作者简介: 崔嵩 (1981 -), 男, 博士研究生, 主要研究方向: 持久性有毒物质大气传输模式及风险评价, E-mail: cuisong - bq@163.com

通讯作者: 李一凡 (1949 -), 男, 教授, 博士生导师

的。在具体的评价过程中,经常使用的评价方法有层次分析法(AHP)、模糊综合评判法、数据包络分析法(DEA)、灰色综合评价方法等。这些评价方法均有各自的优点,但是也存在着一定的不足。例如,层次分析法是一种实用的多准则决策方法,它把一个复杂问题表示为有序的递阶层次结构,通过人们的判断对决策方案的优劣进行排序,不足之处是当遇到众多因素,规模较大的问题时,该方法容易出现困难,它要求评价者对问题的本质、包含的要素及其相互之间的逻辑关系能掌握得十分透彻。模糊综合评判法是应用模糊关系合成的原理,从多个因素对被评判事物隶属等级状况进行综合评判的一种方法,但是它并不能解决指标之间相关造成的评价信息重复的问题,隶属函数的确定也没有系统的方法^[10]。灰色综合评价方法是一种定性分析和定量分析相结合的综合评价方法,这种方法可以较好地解决评价指标难以准确量化和统计的问题,可以排除人为因素带来的影响,能够使评价结果更加客观准确。

因此,本文应用灰色系统的有关理论,研究了灰色关联分析方法在土壤中有有机氯农药污染中的评价应用,以此为海河干流及河口地区进行污染场地管理及对受污染场地进行治理和修复提供依据,也可为环境保护部门决策提供依据。

1 研究方法

1.1 数据来源

本文以赵龙等^[11]从海河天津段到海河入海口河口地区采集的非农田土壤,包括企业周边、历史使用地、公园、荒地、杂草地等点位的土壤所获得的数据为基础,这些土壤样品采集自天津城区、东丽区、塘沽区、海河入海口区、河口以北地区、河口以南地区等六个区域的 31 个采样点。将六个区域的不同采样点的 HCHs 及其异构体和 DDTs 及其代谢产物的含量的实测数据,取其平均值,从而得到该区域的一个样本值,表 1 列举了 α -HCH、 β -HCH、 γ -HCH、 δ -HCH、 p,p' -DDT、 o,p' -DDT、 p,p' -DDE、 p,p' -DDD 等 8 种有机氯农药在不同区域的分布值,原始数据详见参考文献 [11]。

表 1 海河干流及河口地区不同区域的有机氯农药残留情况表

Table 1 Organochlorine pesticide residues in the Haihe River and Haihe estuary area

采样点编号	采样地区	土壤中 HCHs 及其异构体和 DDTs 及其代谢产物的含量($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)							
		α -HCH	β -HCH	γ -HCH	δ -HCH	p,p' -DDT	o,p' -DDT	p,p' -DDE	p,p' -DDD
1	天津城区	6.984 0	7.480 0	1.896 0	1.817 5	3.517 5	3.650 0	33.400 0	24.792 0
2	东丽区	14.574 0	10.636 0	4.686 0	9.426 0	2.206 7	0.565 0	4.160 0	2.058 0
3	塘沽区	151.526 0	240.442 0	30.952 5	53.436 0	2.185 0	3.600 0	54.336 7	3.776 0
4	海河入海口区	7.450 0	6.115 0	1.870 0	2.140 0	9.436 7	3.460 0	16.713 3	12.637 5
5	河口以北地区	3.342 5	4.992 5	1.315 0	0.935 0	3.990 0	2.183 3	66.650 0	3.587 5
6	河口以南地区	3.726 7	3.627 1	1.750 0	4.118 3	2.940 0	2.750 0	0.000 0	2.208 3

1.2 灰色关联分析法

1.2.1 灰色关联分析法的基本原理

灰色综合评价方法是一种定性分析和定量分析相结合的综合评价方法,这种方法可以较好地解决评价指标难以准确量化和统计的问题,可以排除人为因素带来的影响,能够使评价结果更加客观准确^[12]。因此,本文应用灰色系统的有关理论,研究了灰色关联分析法对海河干流及河口地区土壤中有有机氯农药的污染状况进行评价。

1.2.2 灰色关联分析法的基本步骤

灰色关联分析提供了一种定量分析两因素之间相互关联程度的方法。采用灰色关联分析来对不同地区土壤中有有机氯农药污染进行评价,是以所研究区域内受污染程度最高的地区的各项指标值作为参考数列 X_0 的各实体 x_{0k} ,被评价地区的各指标作为比较数列 X_i 的各实体 x_{ik} ,求关联度 r_i 。关联度越大,说明被评价受污染地区与区域内受污染程度最高的地区越相似。因此,关联度的大小顺序,就是受污染程度强弱的次序^[13]。其基本评价步骤如下:

(1) 选择参考数列

设 i 为第 i 个评价单元(受污染地区)的序号, $i = 1, 2, \dots, m$; k 为第 k 个评价指标的序号, $k = 1, 2, \dots, n$; v_{ik}

为第 i 个评价单元的第 k 个指标的评价值。

取每个指标的最佳值的 v_{0k} 参考数列 V_0 的实体, 于是有:

$$V_0 = (v_{01}, v_{02}, \dots, v_{0n}) \tag{1}$$

式中 $v_{0k} = \text{Optimum}(v_{ik}), i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$

对一个由 m 个评价单元(受污染地区), n 个评价指标的系统, 有下列矩阵:

$$V = (V_{ik})_{m \times n} = \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{pmatrix} \tag{2}$$

选取的参考数列为:

$$V_0 = (v_{01}, v_{02}, \dots, v_{0n}) \tag{3}$$

为了使各指标之间可以比较, 需要对各指标值进行规范化处理, 规范化的公式如下:

$$X_{ik} = \frac{V_{ik} - \min_i V_{ik}}{\max_i V_{ik} - \min_i V_{ik}} \tag{4}$$

进行规范化处理之后, 得:

$$X = (X_{ik})_{m \times n} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{pmatrix} \tag{5}$$

(2) 计算关联系数

把规范化后的数列 $X_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n})$ 作为参考数列, $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}) (i = 1, 2, \dots, m)$ 作为比较数列, 关联系数的计算公式为:

$$\xi_{ik} = \frac{\min_k |X_{0k} - X_{ik}| + \rho \max_k |X_{0k} - X_{ik}|}{|X_{0k} - X_{ik}| + \rho \max_k |X_{0k} - X_{ik}|} \tag{6}$$

$i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$

式中 ρ 是分辨系数, $\rho \in [0, 1]$, 一般取 $\rho = 0.5$ 。

利用公式计算关联系数 $\xi_{ik} (i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n)$, 得下列关联系数矩阵:

$$E = (\xi_{ik})_{m \times n} = \begin{pmatrix} \xi_{11} & \xi_{12} & \dots & \xi_{1n} \\ \xi_{21} & \xi_{22} & \dots & \xi_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \xi_{m1} & \xi_{m2} & \dots & \xi_{mn} \end{pmatrix} \tag{7}$$

式中, ξ_{ik} 如为第 i 个评价单元(受污染地区)第 k 个指标与第 k 个最佳指标的关联系数。

(3) 计算关联度

考虑到各指标的重要程度不一样, 所以关联度计算方法采取权重乘以关联系数。根据专家法得到某一层的各指标相对于上层目标的优先权重为:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \tag{8}$$

式中, $\sum_{k=1}^t W_k = 1, t$ 表示该层中的指标个数。则关联度的计算公式为:

$$R = (r_i)_{1 \times m} = (r_1, r_2, \dots, r_m) = WE^T \tag{9}$$

2 应用实例

本文以海河干流及河口地区土壤中的有机氯农药残留分布为研究对象, 以土壤中检测出的有机氯农药 HCHs 及其异构体和 DDTs 及其代谢产物 α -HCH、 β -HCH、 γ -HCH、 δ -HCH、 p, p' -DDT、 o, p' -DDT、 p, p' -DDE、 p, p' -DDD 为评价指标, 运用灰色关联分析法对天津城区 (V_1)、东丽区 (V_2)、塘沽区 (V_3)、海河入海口区

(V_4)、河口以北地区(V_5)和河口以南地区(V_6)受有机氯农药的污染程度进行评价,从而为有机氯农药的污染场地管理及污染修复治理提供依据。因本文需对不同地区的受污染程度进行评价,故选取每一评价指标下的最大值作为参考数列相应指标的数值,受污染地区各污染指标值及参考数列值见表 2。

表 2 受污染地区各污染指标值及参考数列值

Table 2 Pollution index value and reference series values of contaminated territory

污染指标 受污染地区	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	δ -HCH	p, p' -DDT	o, p' -DDT	p, p' -DDE	p, p' -DDD
V_1	6.984 0	7.480 0	1.896 0	1.817 5	3.517 5	3.650 0	33.400 0	24.792 0
V_2	14.574 0	10.636 0	4.686 0	9.426 0	2.206 7	0.565 0	4.160 0	2.058 0
V_3	151.526 0	240.442 0	30.952 5	53.436 0	2.185 0	3.600 0	54.336 7	3.776 0
V_4	7.450 0	6.115 0	1.870 0	2.140 0	9.436 7	3.460 0	16.713 3	12.637 5
V_5	3.342 5	4.992 5	1.315 0	0.935 0	3.990 0	2.183 3	66.650 0	3.587 5
V_6	3.726 7	3.627 1	1.750 0	4.118 3	2.940 0	2.750 0	0.000 0	2.208 3
V_{ik}	151.526 0	240.442 0	30.952 5	53.436 0	9.436 7	3.650 0	54.336 7	24.792 0

注:参考数列取值为各受污染地区在每一指标的最大值

从表 3 中可以得出参考数列标准值为

$$V_0 = (1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0)$$

表 3 受污染地区规范化指标值及参考数列值

Table 3 Normalized index value of the contaminated areas and reference series values

污染指标 受污染地区	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	δ -HCH	p, p' -DDT	o, p' -DDT	p, p' -DDE	p, p' -DDD
V_1	0.046 1	0.031 1	0.061 3	0.034 0	0.372 7	1.000 0	0.501 1	1.000 0
V_2	0.096 2	0.044 2	0.151 4	0.176 4	0.233 8	0.154 8	0.062 4	0.083 0
V_3	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.231 5	0.986 3	0.815 3	0.152 3
V_4	0.049 2	0.025 4	0.060 4	0.040 0	1.000 0	0.947 9	0.250 8	0.509 7
V_5	0.022 1	0.020 8	0.042 5	0.017 5	0.422 8	0.598 2	1.000 0	0.144 7
V_6	0.024 6	0.015 1	0.056 5	0.077 1	0.311 5	0.753 4	0	0.089 1
V_{ik}	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0

对表 3 中的各指标与参考数列中各最佳值的关联系数 ξ_{ik} ($i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$) 值列于表 4。根据有机氯农药对生态环境均有较严重的影响,所以本文确定各指标的权重均等。

$$W = (0.125, 0.125, 0.125, 0.125, 0.125, 0.125, 0.125, 0.125)$$

利用公式(9)可以得到各指标的关联度:

$$R = WE^T = (0.534\ 3, 0.821\ 1, 0.794\ 1, 0.518\ 3, 0.464\ 5, 0.588\ 2)$$

按 R 中关联度的大小排序得到海河干流及河口地区受污染程度的次序为:

$$V_2 > V_3 > V_6 > V_1 > V_4 > V_5$$

表 4 关联系数值表

Table 4 Correlative coefficient values

污染指标 受污染地区	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	δ -HCH	p, p' -DDT	o, p' -DDT	p, p' -DDE	p, p' -DDD
ξ_{11}	0.338 6	0.333 3	0.340 4	0.334 0	0.435 8	1.000 0	0.492 7	1.000 0
ξ_{21}	0.900 4	0.867 8	0.151 4	0.937 9	1.000 0	0.940 3	0.878 9	0.891 9
ξ_{31}	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.355 5	0.968 7	0.695 5	0.333 3
ξ_{41}	0.338 8	0.333 3	0.341 5	0.336 7	1.000 0	0.903 4	0.394 1	0.498 5
ξ_{51}	0.334 4	0.334 1	0.339 1	0.333 3	0.459 8	0.550 1	1.000 0	0.364 8
ξ_{61}	0.506 0	0.502 8	0.517 2	0.524 7	0.628 2	1.000 0	0.497 7	0.529 2

由此可以得出,海河干流及河口地区土壤受有机氯农药 HCHs 及其异构体和 DDTs 及其代谢产物污染的严重性依次为:东丽区、塘沽区、河口以南地区、天津城区、海河入海口区和河口以北地区,从评价结果可以看出,东丽区和塘沽区受污染比较严重,其它地区受污染程度比较相近。

龚钟明等^[8-9]研究表明,天津地区土壤中 1970~1980 年 HCH 施用量较高的地区如今土壤中的残留量仍然较高,城区样品中 HCH 的残留浓度高于非城区,然而,污灌区与非污灌区内的样品中 DDT 及其代谢产物的差异不显著,但禁用 20 年以来,DDT 的总体残留量水平仍较高。李国刚等^[14]研究表明,DDT 在我国已有 50 多年生产历史,累计产量达 4×10^4 多万公斤,占有 POPs 化学品产量的 90%,是我国 POPs 污染场地的主要类型。赵娜娜等^[15]研究表明,企业多年的 DDT 生产实践是造成周围土壤中 DDT 高含量残留的原因。塘沽区的大沽化工厂及东丽经济开发区分布的化工、电力、钢铁及焦化等企业的工业排放,可能是导致土壤中 HCHs 残留增加的原因,而高含量的 DDTs 可能与附近农药厂的分布及农药的使用有关,这也是导致这两个地区污染严重的原因。而海河入海口区和河口以北地区污染相对较弱,则可能与该地区远离污染源有关。

3 结 论

运用灰色关联分析法,对海河干流及河口地区土壤中 HCHs 和 DDTs 的各种成分的残留水平进行评估。分析结果与文献 [11] 中的结论基本一致,对有机氯农药残留水平相近的区域,这种方法仍可定量分析。这可对受有机氯农药污染区域进行污染场地管理及进行污染场地的治理与修复工作提供参考依据,也可为环境保护部门进行相关决策提供依据。

参考文献

- [1] HALSALL C J, BAILEY R, STERN G A, et al. Multi-year observation of organohalogen pesticides in the arctic atmosphere [J]. *Environmental Pollution*, 1998, 102: 51 - 62.
- [2] SINKKONEN S, PAASIVIRTA J. Polychlorinated organic compounds in the Arctic Cod Liver: trends and profiles [J]. *Chemosphere*, 2000, 40: 619 - 626.
- [3] CLEEMANN M, RIGET F, PAULSEN G B, et al. Organochlorines in greenland lake sediments and landlocked arctic char [J]. *The Science of the Total Environment*, 2000, 245: 173 - 185.
- [4] LI Y F, MACDONALD R W, JANTUNEN L M M, et al. The transport of β -hexachlorocyclohexane to the Western Arctic Ocean: a contrast to α -HCH [J]. *The Science of the Total Environment*, 2002, 291: 229 - 246.
- [5] LOVE Canal—An Introduction. <http://onlineethics.org/environment/lcanal/index> [EB/OL]. html. 2004 - 07 - 14.
- [6] 张 瑜, 吴以中, 宗良纲, 等. POPs 污染场地土壤健康风险评估 [J]. *环境科学与技术*, 2008, 31(7): 135 - 140.
- [7] 胡晓槐. 走向绿色的明天 [M]. 北京: 中国言实出版社, 1999: 284 - 300.
- [8] 龚钟明, 王学军, 李本纲, 等. 天津地区土壤中 DDT 的残留分布研究 [J]. *环境科学学报*, 2003, 23(4): 447 - 451.
- [9] 龚钟明, 曹 军, 李本纲, 等. 天津地区土壤中六六六 (HCH) 的残留及分布特征 [J]. *中国环境科学*, 2003, 23(3): 311 - 314.
- [10] 刘满凤. 企业管理中的定量化评价方法评析 [J]. *当代财经*, 2003(5): 80 - 82.
- [11] 赵 龙, 侯 红, 郭平毅, 等. 海河干流及河口地区土壤中有机氯农药的分布特征 [J]. *环境科学*, 2009, 30(2): 543 - 550.
- [12] 胡大立. 应用灰色系统理论评价企业竞争力 [J]. *科技进步与对策*, 2003, 10(1): 159 - 161.
- [13] 邓聚龙. 灰色系统基本方法 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987: 34 - 56.
- [14] 李国刚, 李红莉. 持久性有机污染物在中国的环境监测现状 [J]. *中国环境监测*, 2004, 20(4): 53 - 60.
- [15] 赵娜娜, 黄启飞, 王 琪, 等. 滴滴涕在我国典型 POPs 污染场地中的空间分布研究 [J]. *环境科学学报*, 2007, 27(10): 1669 - 1674.

(下转第 105 页)

- attached with various electron-withdrawing groups [J]. *Polymer*, 1998, 39(26): 7061-7066.
- [3] SO Y H, ZALESKI J M, MURLICK C, et al. Synthesis and photophysical properties of some benzoxazole and benzothiazole copounds [J]. *Macromolecules*, 1996, 29(8): 2783-2795.
- [4] PRESTON J, DEWINTER W, HOFFERBERT W L, et al. Heterocyclic intermediates for the preparation of thermally stable polymers III: Unsymmetrical benzoxazole, benzothiazole and benzimidazole diamines [J]. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 1969, 6(1): 119-121.
- [5] REGHUNADHAN N C P, SEBASTIAN T V, NEMA S K, et al. Thermally stable polymers based on addition-type imidobenzoxazoles; synthesis and characterization of polybismaleimidobenzoxazoles and polybiscitraxonimido benzoxazoles [J]. *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 1986, 24(6): 1109-1132.
- [6] SO Y H. The effect of limited monomer solubility in heterogeneous step-growth polymerization [J]. *Accounts of Chemical Research*, 2001, 34(9): 753-758.
- [7] SO Y H, HEESCHEN J P. Mechanism of Polyphosphonic acid and phosphorous pentoxide-methanesulfonic acid as synthetic reagents for benzoxazole formation [J]. *Journal of Organic Chemistry*, 1997, 62: 3552-3561.
- [8] 陈向群, 黄玉东, 李大伟. 2,6-二(对氨基苯)苯并[1,2-d;5,4-d']二噁唑的合成和纯化[J]. *有机化学*, 2003, 23(11): 1306-1308.
- [9] 梁栎桦, 杨光, 刘超. 5-氨基-2-(对氨基苯)苯并噁唑的合成[J]. *化学试剂*, 2008, 30(1): 33-34.

The optimized synthesis method of 5-amino-2-(P-aminophenyl) benzoxazole by orthodoxy design

MENG Xiang-li¹, WANG Peng², SONG Mei-xia¹

(1. Department of Chemistry, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 2. Municipal and Environmental Engineering Institute, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: 5-amino-2-(P-aminophenyl) benzoxazole was synthesized by the reacting from 2,4-diaminophenol dihydrochloride and P-aminobenzoic acid in polyphosphoric acid. The synthesis method was investigated by orthodoxy experiment, and got the optimized conditions: the reacting temperature is 200 °C, the reacting time is 5 h, and the content of P₂O₅ is 84%. The yield of the product is over 90%. The product was purified by methanol with the high purity over 98%, and the product can be used as a monomer in polymerization.

Key words: orthodoxy experiment; 5-amino-2-(P-aminophenyl) benzoxazole; synthesis

(上接第 100 页)

Analysis of contaminated pollution of organo-chlorine pesticides in soils based on gray correlative analysis

CUI Song¹, TIAN Chong-guo¹, GUO Liang³, JIA Hong-liang⁴, LI Yi-fan^{1,4,5}

(1. International Joint Research Center for Persistent Toxic Substances, State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, School Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 3. College of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 4. International Joint Research Center for Persistent Toxic Substances, Dalian Maritime University, Dalian 116023, China; 5. Science and Technology Branch, Environment Canada, Ontario M3H5T4, Canada)

Abstract: The gray correlative analysis assessment method is used to evaluate pollution levels of HCH isomer α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH and DDTs and their metabolites p , p' -DDT, o , p' -DDT, p , p' -DDE, p , p' -DDD in soil of the Haihe River Basin and Haihe estuary area as a research area. The results show that the pollution levels of HCHs and DDTs are in the order from high to low: Dongli District > Tanggu District > Estuary South District > Tianjing City > Exorheic of Haihe River > Estuary North District. The results of the assessment are important for contaminated site management and pollution control and remedy of HCH and DDT in Haihe River basin and Haihe Estuary Barea, and useful to the decision makers in the Environmental Protection Departments.

Key words: Haihe River; Haihe Estuary; soil; organochlorine pesticides; gray correlative analysis