

环境样品中多氯联苯的生物检测方法研究进展*

陈寒玉^{1,2} 庄惠生^{1**} 杨光昕¹

(1. 上海交通大学环境科学与工程学院, 上海, 200240; 2. 河南城建学院环境与市政工程系, 平顶山, 467044)

摘要 多氯联苯(PCBs)是一种环境中广泛存在的典型的持久性有毒有机污染物. 对人类和环境产生了许多有害影响. 随着对多氯联苯的研究越来越广泛, 其监测方法研究发展得也很快. 本文综述了近几年来国内外采用的多种多氯联苯的分析方法. 特别介绍了酶联免疫法、生物传感器法、荧光免疫 PCR 等近年来发展迅速的检测技术的研究情况. 比较了各种免疫方法的检测范围和检测灵敏度, 指出了目前利用免疫方法检测多氯联苯存在的问题, 并对免疫分析技术在多氯联苯检测中的发展前景进行了展望.

关键词 多氯联苯, GC/MS, 免疫分析, 分析方法.

多氯联苯是上世纪工业发展时期在联苯环上进行氯化取代反应后的一类人工合成有机物. 由于其良好的化学惰性、抗热性、不可燃性、低蒸气压和高介电常数等优点, 作为优质工业添加剂, 大量使用在石油产品、塑料、农药加工等行业^[1]. 但毒理学研究表明, 此类物质具有环境激素的特征, 有一定的致癌性, 容易在动植物体内富集并影响到动植物的生殖和发育系统. 当今环境中存在的多氯联苯污染物, 一部分是上世纪遗留下来的, 另一部分是由新的污染源产生. 由于多氯联苯分子结构的稳定性, 使它不易被自然降解和消除, 因此, 如今在世界的各个地方几乎都能找到它的踪迹, 成为一类普遍的环境污染物^[2]. 多个国家都把它列为优先检测污染物并作为环境监测必检项目, 并以严格的排放标准加以限制.

在环境中的多氯联苯属于痕量有机污染物, 其同系物多达 209 种, 同系物之间的毒性差异很大. 因此, 想要对多氯联苯的环境行为以及毒理特性有清楚的认识, 需要采用精确的检测技术进行分析.

1 多氯联苯的环境标准

自 1968 年日本北九州福岗县发生了“米糠油事件”后, 多氯联苯对环境的影响和污染问题引起了人们广泛的重视与研究. 目前, 各国均制定了严格的法律, 严禁 PCBs 的继续生产和使用. 美国国家环保局(USEPA)在 1979 年将 PCBs 等 7 种工业混合物(Aroclor)列入优先监测物黑名单^[3]. 2001 年 5 月 22 日联合国在瑞典召开的环境大会上, 150 多个国家联合签署了《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》, 公约规定禁止使用 12 种高毒化学品, 其中 PCBs 等 7 种化合物在 2025 年前将在全世界范围内完全禁止生产和使用.

日本在 1982 年 12 月登记的法规规定废水中 PCBs 排放标准为 $0.003 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (PCBs 总量). 欧共体在 1983 年 1 月登记的法规对饮用水中 PCBs 规定了最高允许浓度和指标水平: 最高允许浓度 $0.1 \text{ pg} \cdot \text{L}^{-1}$ (每种物质分开)、 $0.5 \text{ pg} \cdot \text{L}^{-1}$ (PCBs 总量). 我国是《斯德哥尔摩公约》的签约国, 我国在 1989 年将 PCBs 列入“水中优先控制污染物黑名单”并于 1992 年实施了“含多氯联苯废物污染控制标准”(GB13015—91). 新颁布的《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)^[4]中规定, 集中式生活饮用水、地表水源地水中多氯联苯的含量不能超过 $2 \times 10^{-5} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

2 多氯联苯的色谱检测法

PCBs 本身包括 209 种组分, 且各组分之间存在着物理和化学性质的相似性, 加之样品中也有其它成分的干扰, 一般的方法难以满足分离分析要求, 气相色谱法所具有的特点而使其在分析方面得以广泛的应用, 成为最早的多氯联苯分析方法. 随着分析技术的进展, 毛细管色谱柱为定性、定量测定多氯联苯

2010 年 5 月 30 日收稿.

* 上海市重点科技攻关项目(09JC1407600); 国家自然科学基金项目(20677008)资助.

** 通讯联系人, 电话: 021-54748994; E-mail: hszhuang@sjtu.edu.cn

总量及其同系物提供了快速、有效的改进方式^[5-6]。由于使用的气相色谱检测器的灵敏度不同,不同气相色谱法的灵敏度也有很大差别。火焰离子检测器(FID)是使用较早的一种检测技术,采用该检测技术,可以检测到环境中 ng 级的多氯联苯^[7]。电子捕获检测器(ECD)是一种比 FID 更灵敏的检测技术^[8]。由于其能够对氯离子进行定量测定,所以成为常规的检测器延用至今。Na Y C 等^[9]用 GC/ECD 技术对多氯联苯的检出限可达 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。如今,GC/ECD 法以其快速高效、操作简便等特点广泛用于环境样品中 PCBs 的分析。Magdalena S Z^[10]等采用气相色谱法分析食品中的氯苯及多氯联苯,各化合物回收率均大于 90%,最低检测限为 $0.12 \text{ pg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

由于电子捕获检测器对多氯联苯同系物的响应并不一致,到 1983 年,人们已经开始使用 GC/MS 法来对多氯联苯进行监测^[11]。借助于质谱对分子中的氯原子数的精确测定,色谱-质谱联用技术发展很快。对于质谱检测器的应用,目前也有较大的进展,当前用于分析 PCBs 的质谱离子源主要有以下几种:(1) 电子轰击源质谱(EIMS);(2) 化学电离质谱(CIMS);(3) 高分辨电子轰击质谱(HREIMS);(4) 串联质谱(MS-MS)。Vincy M 等^[12]用气相色谱-负化学源(NCI)质谱法对动物源性食品中的多氯联苯进行定性、定量研究,NCI 检测 PCB101、PCB138、PCB153、PCB180 的灵敏度分别是电子轰击源(EI)的 7、3、44.3、446、228 倍,是电子捕获检测器(ECD)的 10、143、200、250 倍。李敬光等^[13]建立了使用离子阱串联质谱技术和同位素稀释技术准确测定鱼肉中的 7 种指示性多氯联苯(PCB)单体的方法,方法的检测限为 $0.025\text{—}0.068 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。当前,许多国家的多氯联苯标准测定方法就是用气相色谱和高分辨质谱联用技术,各种色谱分离技术和新的样品前处理方法相结合,在很大程度上提高了色谱检测的灵敏度,现已被广泛应用于环境样品中 PCBs 的分析。

色谱分析方法不仅灵敏度高、精确度好,而且能分别测定结构相似的多种化合物及其异构体。但是由于色谱分析方法需要昂贵的仪器设备和熟练的专业操作人员,同时对样品也需要复杂的前处理,因此操作费时,分析成本高,需要熟练的技术人员及较长的分析周期,在对此类污染物做大范围的调查研究时,不能满足需要。而且由于多氯联苯分子上氯原子氯代程度和位置的不同,PCBs 同族体的物理化学、生物和毒物学的性质不同,因此有关前沿研究要求 PCBs 的分析必须由测定总量的水平提高到测定同类物和异构体的水平上来,因此单个 PCBs 同族体的定性和定量分析是十分必要的。这就要求有一种快速、灵敏、准确的新的检测方法问世。

3 多氯联苯的免疫分析法

免疫分析方法是以前抗原与抗体的特异性反应为基础的一种分析技术,具有方便快捷、检测成本低、灵敏度高等优点,可以满足简单、快速、灵敏检测环境中多氯联苯的要求。在对多氯联苯的免疫检测研究方面,国外在上世纪 90 年代就已经开始用免疫的方法来检测环境中毒性较大的共平面多氯联苯^[14-15]。近两年,国内在此类多氯联苯的酶联免疫测定方面也已经开展研究^[16-17]。

3.1 酶联免疫法

酶联免疫法测定多氯联苯是当今研究最为广泛的一种多氯联苯免疫检测法,而且在广泛使用方面,现在已经有工业化的商业试剂盒出售,文献上报道的环境中多氯联苯的酶联检测,部分是采用的商业试剂盒^[18],部分是自己根据特定的半抗原制备的抗体,然后建立的酶联检测方法^[19]。这几种方法采用的抗体不同,检测限和灵敏度也有一定差别,采用的单抗和多抗的检测结果,可以通过表 1 进行对比。

3.2 其它免疫检测法

酶联免疫法的检测原理是在抗体抗原结合物上用过氧化物酶进行标记,然后加入酶反应的底物后,底物被酶催化变为有色产物,根据颜色反应的深浅对测定物进行定量分析。基于酶联免疫的原理,现在已经有了荧光免疫、放射免疫、流动注射电位法免疫等^[28-30]多种测定多氯联苯的试验方法,这些方法的检测限可以达到 $\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。这些免疫检测方法与酶联免疫法具有类似的简洁性,但其检测的灵敏度稍有差异,放射性免疫检测的灵敏度相对较低一些(表 1),而采用能产生荧光的物质进行酶促反应的荧光免疫检测的灵敏度就高于酶联免疫法(表 1)。在免疫测定方法的研究中,人们又逐渐把一些新的技术和传统的免疫技术结合,发展了更为灵敏的检测方法,如当前的免疫 PCR 法,1992 年 Sano^[31]等人将免疫测定技术与 PCR 结合,创建了一种全新的非常灵敏的抗原分子检测技术,即免疫 PCR(IPCR)。基于抗体

和 DNA 片段的结合性, 免疫 PCR 把免疫实验技术(ELISA)和 PCR 的强大扩增功能结合起来, 它运用 PCR 的高度敏感性来放大抗原抗体反应的特异性, 使实验中只需数百个抗原分子即可检测, 甚至在理论上可检测到 1 至数个抗原分子. 这种灵敏度使免疫检测技术达到了一个新的高度. 如今, IPCR 技术已经作为一种常规的研究方法和检测手段应用于临床诊断和免疫研究领域.

表 1 免疫检测方法在环境样品中 PCBs 检测中的应用比较

Table 1 Comparison of immunoassays for the determination of PCBs in environment samples

免疫方法	检测对象	环境样品	抗体类型	检测范围	检测限	特异性(CR/%)
ELISA	PCB77, 126	河水	多抗	0.1—20 ppb	0.1 ppb	<15.4 ^[19]
ELISA	PCB118	鱼	多抗	10—250 ng·mL ⁻¹	50 pg·g ⁻¹ ^[20]	
ELISA	Aroclors 1242, 1248	土壤, 尘	多抗	50—1333 ng·g ⁻¹	10.5 ng·g ⁻¹ , 9 ng·g ⁻¹	<3 ^[21]
ELISA	Aroclor 1260			0.1—50 ng·mL ⁻¹	2.6 × 10 ⁻¹² mol·L ⁻¹ ^[22]	
ELISA	Aroclors 1254, 1260	变压器	单抗	30—1000 ng·mL ⁻¹		<0.6 ^[23]
ELISA	PCB77, 126	河水	单抗	0.01—1000 ng·mL ⁻¹	0.2—1.0 ng·mL ⁻¹ ^[24]	
RIA	Aroclor 1260	牛奶	多抗	0.1—5.58 μg·g ⁻¹ ^[25]		
FIA	PCB77	水, 土壤	多抗	0.1 pg·mL ⁻¹ —1.0 μg·mL ⁻¹	0.1 pg·mL ⁻¹ ^[26]	
RT-IPCR	PCB37	土壤	多抗	1 ng·mL ⁻¹ —10 fg·mL ⁻¹	1.5 fg·mL ⁻¹	<15 ^[27]

本课题组用当前比较先进的实时荧光 PCR(rt-PCR) 作为抗原抗体结合物的检测手段, 通过制备特异性的多氯联苯多克隆抗体^[32] 建立了 rt-IPCR 法测定环境中的多氯联苯, 方法检测限可以达到 1.5 fg·mL⁻¹.

4 多氯联苯的生物学分析技术

生物检测技术简便、快速、特异性好, 不仅可测定环境样品中 PCBs 的总含量, 还可对 PCBs 同系物的毒性及生物活性进行测定, 特别适合于大批量样品的筛查及常规的环境检测. 当前文献报道的生物检测技术主要有以下几类:

(1) 基因重组

基因重组将能发生易观察的生物学信号的报告基因与多氯联苯反应原件基因片段共同整合到细胞中, 构成稳定表达的重组细胞系. 由于报告基因受性状基因控制, 因此该方法可以直接测定完整细胞的荧光强度, 以确定环境样品中多氯联苯的浓度. 徐挺^[33] 等利用重组有绿色荧光蛋白 GFP 和荧光素酶 Luc 报告基因的 2 个细胞系, 检测从野外环境中所采集的水、底泥和生物样品中的多氯联苯的含量, 采用转基因的重组细胞可以检测出环境样品中低至 10⁻⁸ 的多氯联苯.

(2) 生物传感器测定法

生物传感器测定法是利用生物体与待测物质具有良好的选择反应的生物分子进行测定, 随着反应的进行, 生物分子及其反应生成物的浓度发生变化, 通过转换器转变为可测定的电信号, 从而达到选择性测定污染物的目的. 具有简单、经济和快速等优点. Bruno D^[34] 采用了以酶联免疫方法为基础的生物传感器芯片, 建立了测定共平面多氯联苯的新技术. 这种免疫芯片具有较宽的线性范围, 可测定 0.1 pg·mL⁻¹ 到 1.0 ng·mL⁻¹ 的共平面多氯联苯.

(3) 表面胞质团共振检测(SPR) 是将生物分子固定在传感器的尖部, 再将含有能与该生物分子发生反应的 PCBs 试样加在传感器的尖部, 用 SPR 检测出传感器尖部两个分子间的结合及解离情况, 从而达到定量检测 PCBs 分子的目的. 国外一些学者采用表面等离子共振(Surface Plasmon Resonance SPR) 技术^[35-36] 测定 PCBs, 整个试验过程只需要几十分钟, 而且还实现了实时检测, 检测限达到 2.5 ng·mL⁻¹.

(4) 以芳香烃受体为基础的生物分析法

PCBs 是脂溶性物质, 其毒性机理是作为芳香烃受体(Ah 受体) 的持续兴奋剂^[37], 直接通过细胞后, 可与胞浆中的 Ah 受体结合, 产生活化的受体-配体复合物, 转移至细胞核中与核内 DNA 的特殊序列—二噁英反应序列结合, 引起基因转录的改变, 从而迅速诱导 7-乙氧基-异吩恶唑酮-邻-脱乙酰酶(EROD) 的生成. 通过检测生物细胞产生 EROD 的多少, 可对样品中 PCBs 的总含量进行间接测定^[38]. 该方法相对而言具有快速简单、灵敏度高等优点, 可以应用到 Ah 受体效应物质的筛选中. 但此方法存在着响应值

偏低、背景值较高、色氨酸类物质显示微弱的 Ah 受体效应等缺点。

5 结论与展望

综合比较多氯联苯的检测方法可以看出,由于多氯联苯的同系物种类繁多,其同族体的物理、化学、生物和毒物学的性质有很大不同。当今文献报道的多氯联苯单体免疫检测研究也大多关注在几种毒性较大的同系物上,因此有关前沿研究要求 PCBs 的分析必须由测定总量的水平提高到测定同系物和异构体的水平上来,因此单个 PCBs 同族体的定性和定量分析是十分必要的。GC/MS 方法由于其良好的分离特性,现在已经能同时测出几十种同系物的含量,而且精确度也很高,因此对于色谱分析法,前处理技术是其今后发展的一个主要方向。但此方法对于大批量样品来说,在简捷快速使用上受到限制。而免疫方法和生物学方法,则给这个难题提供了一个最好的解决途径。但是由于多氯联苯的同系物繁多,因此,对于多氯联苯单体及相应的半抗原和抗原的合成研究也成为一类研究的热点。另外在抗体的制备方面,单克隆抗体特性稳定、交叉反应少,并可以大批量生产,在生产上有很大的应用价值,因此,多氯联苯抗体的制备研究也存在着很大的研究空间。这些都将会是 PCBs 检测分析研究中所面临的新课题。随着当代细胞化学、免疫化学和电化学的发展与学科交叉,多氯联苯的检测方法将会有更迅速的发展。

参 考 文 献

- [1] 孟庆昱, 储少岗, 徐晓白. 多氯联苯的环境吸附行为研究进展[J]. 科学通报, 2000, 45(15): 1572-1584
- [2] 聂湘平. 多氯联苯的环境毒理研究动态[J]. 生态科学, 2003, 22(2): 171-176
- [3] Turyk Mary E, Anderson Henry A, Freels Sally. Associations of organochlorines with endogenous hormones in male Great Lakes consumers and nonconsumers [J]. Environmental Research, 2006, 102(2): 299-307
- [4] 国家环保总局/国家质量监督检验检疫总局《地表水环境质量标准》GB3838—2002 [EB/OL]. [2010-6]. <http://www.nxep.gov.cn/readnews.asp?newsid=543>
- [5] Kaneko M, Morimoto K, Nambu S. The response of activated sludge to a polychlorinated biphenyl (KC-500) [J]. Water Research, 1976, 10(2): 157-163
- [6] Per E Mattsson, Sören Nygren. Gas chromatographic determination of polychlorinated biphenyls and some chlorinated pesticides in sewage sludge using a glass capillary column [J]. Journal of Chromatography A, 1979, 124(2): 265-275
- [7] 陈正夫, 周永. GC/FID 技术应用于多氯联苯的监测[J]. 环境监测管理与技术, 1991, 3(3): 38-41
- [8] Anderson Jerry W. Determination of congeners of polychlorinated biphenyls in reference materials [J]. Journal of High Resolution Chromatography, 1991, 16(2): 369-372
- [9] Na Yun-Cheol, Kim Kang-Jin, Hong Jongki. Determination of polychlorinated biphenyls in transformer oil using various adsorbents for solid phase extraction [J]. Chemosphere, 2008, 73(1): S7-S12
- [10] Magdalena Surma-Zadora, Adam Grochowalski. Using a membrane technique (SPM) for high fat food sample preparation in the determination of chlorinated persistent organic pollutants by a GC/ECD method [J]. Food Chemistry, 2008, 111(1): 230-235
- [11] Randle S Collard, Morris M Irwin. GC/MS determination of incidental PCBs in complex chlorinated-hydrocarbon process and waste streams [J]. Talanta, 1983, 30(11): 811-818
- [12] Vincy M Abraham, Bert C Lynn. Determination of hydroxylated polychlorinated biphenyls by ion trap gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Chromatography A, 1997, 790(1/2): 131-141
- [13] 李敬光, 赵云峰, 吴永宁. 离子阱串联质谱法检测鱼肉中指示性多氯联苯[J]. 分析化学, 2005, 33(9): 1223-1226
- [14] Lawruk T S, Lachman C E, Jourdan S C, et al. Quantitative determination of PCBs in soil and water by a magnetic particle-based immunoassay [J]. Environ Sci Technol, 1996, 30(2): 695-700
- [15] Tatsuro Endoa, Akira Okuyamab, Yasutaka Matsubara, et al. Fluorescence-based assay with enzyme amplification on a micro-flow immunosensor chip for monitoring coplanar polychlorinated biphenyls [J]. Analytica Chimica Acta, 2005, 531(3): 7-13
- [16] 许艇, 高宏斌, 井宏宇, 等. 共面多氯联苯 ELISA 方法的建立 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(增刊): 255-259
- [17] 邓安平. 酶联免疫吸附分析法测定苯并(a)芘和多氯联苯 [J]. 环境化学, 2006, 25(3): 340-343
- [18] Nadine Lambert, Titan S Fanb, Jean-FranCo. Analysis of PCBs in waste oil by enzyme immunoassay [J]. The Science of the Total Environment, 1997, 196(6): 57-61
- [19] Fráneek Milan, Deng Anping, KoláVladimír, et al. Analytica Direct competitive immunoassays for the coplanar polychlorinated biphenyls [J]. Analytical Chimica Acta, 2001, 444(2): 131-142
- [20] Johnson J C, Van Emon J M. Quantitative enzyme-linked immunosorbent assay for determination of polychlorinated biphenyls in environmental soil and sediment samples [J]. Anal Chem, 1996, 68(2): 162-169
- [21] Tomoaki Tsutsumi, Yoshiaki Amakura, Akira Okuyama. Application of an ELISA for PCB118 to the screening of dioxin-like PCBs in retail fish [J]. Chemosphere, 2006, 65(10): 467-473

- [22] Chiu Y W , Li Q X , Karu A E. Selective binding of polychlorinated biphenyl congeners by a monoclonal antibody: analysis by kinetic exclusion fluorescence immunoassay [J]. *Anal Chem* ,2001 , 73(22) :5477-5484
- [23] Kim In Soo ,Setford Steven J ,Saini Selwayan. Determination of polychlorinated biphenyl compounds in electrical insulating oils by enzyme immunoassay [J]. *Analytica Chimica Acta* ,2000 ,422(2) : 167-177
- [24] Chiu Ya-wen , Carlson Robert E , Marcus Karen L. A monoclonal immunoassay for the coplanar polychlorinated biphenyls [J]. *Anal Chem* , 1995 ,67: 3829-3839
- [25] Sisak M , Franek M , Hruška K. Application of radioimmunoassay in the screening of polychlorinated biphenyls in cow's milk [J]. *Analytica Chimica Acta* ,1995 ,311(3) :415-422
- [26] Endo Tatsuuro , Okuyama Akira , Matsubara Yasutaka. Fluorescence-based assay with enzyme amplification on a micro-flow immunosensor chip for monitoring coplanar polychlorinated biphenyls [J]. *Analytica Chimica Acta* ,2005 531: 7-13
- [27] Chen Hanyu , Zhuang Huisheng. A real-time IPCR assay for detection PCBs in soil samples [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* , 2009 ,394(4) : 1205-1211
- [28] Lawruk T S , Lachman C E , Jourdan S C. Quantitative determination of PCBs in soil and water by a magnetic particle-based immunoassay [J]. *Environ Sci Technol* ,1996 ,30(2) : 695-700
- [29] Michele Del Carlo , Marco Mascini. Enzyme immunoassay with amperometric flow-injection analysis using horseradish peroxidase as a label. Application to the determination of polychlorinated biphenyls [J]. *Analytica Chimica Acta* ,1996 336 (1/3) :167-174
- [30] Lin Y Y , Liu G D , Wai C M. Bioelectrochemical immunoassay of polychlorinated biphenyl [J]. *Analytica Chimica Acta* ,2008 612:23-28
- [31] Sano T ,Cantor C R. A Streptavidin protein a chimera that allows one-step production of a variety of specific antibody conjugates [J]. *Bio Technology* ,1991 9:1378-1381
- [32] Chen Hanyu , Zhuang Huisheng. Development and characterization of new polyclonal antibodies specific for three polychlorinated biphenyls [J]. *Chinese Chemical Letters* ,2009 ,20(4) : 496-500
- [33] 徐挺 孔繁翔 孙成 等. 基因重组细胞在环境样品多氯联苯检测中的应用 [J]. *环境科学* 2004 25(1) :45-49
- [34] Bruno Danisa , Stanislas Goriely , Philippe Dubois. Contrasting effects of coplanar *versus* non-coplanar PCB congeners on immunomodulation and CYP1A levels (determined using an adapted ELISA method) in the common sea star *Asterias rubens* L [J]. *Aquatic Toxicology* ,2004 , 69(4) : 371-383
- [35] Rogers K R. Recent advances in biosensor techniques for environmental monitoring [J]. *Analytica Chimica Acta* ,2006 ,568(1/2) : 222-231
- [36] Shimomura Mifumi , Nomura Yoko , Zhang Wei. Simple and rapid detection method using surface plasmon resonance for dioxins , polychlorinated biphenyl and atrazi [J]. *Analytica Chimica Acta* ,2001 434 (2) : 223-230
- [37] Tomoaki Tsutsumi , Noriko Miyoshi , Kumiko Sasaki , Biosensor immunoassay for the screening of dioxin-like polychlorinated biphenyls in retail fish [J]. *Analytica Chimica Acta* ,2008 ,617: 177-183
- [38] Behnisch P ,Hosoe K ,Shiozaki K et al. Comparison between chemical(HRGC/HRMS) and biochemical analysis(MicroEROD) from thermal processing samples(emission residues) of municipal waste [J]. *Organohalogen Compound* 2000 45(3) :216-219

PROGRESS IN RESEARCH OF DETERMINATION OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN ENVIRONMENTAL SAMPLES

CHEN Hanyu^{1,2} ZHUANG Huisheng¹ YANG Guangxin¹

(1. School of Environmental Science and Engineering , Shanghai Jiaotong University , Shanghai , 200240 China;

2. Department of Environment and Municipal Engineering , Henan University of Urban Construction , Pingdingshan , 467044 , China)

ABSTRACT

Polychlorinated biphenyls (PCBs) are widespread persistent toxic organic pollutants (POPs) in the environment and have a lot of harmful effects on human beings and the environment. In recently years , the detection methods were developed quickly because the researchers paid more attention on this POPs. The paper reviewed the determination methods and principles of Polychlorinated biphenyls(PCBs) on environment sample in recent years. Many reliable immune methods in detecting PCBs , such as ELISAs , biosensor and SPR were introduced. In addition ,the detection limit and linear range of the immunoassays were compared , the problems still remained to be solved are discussed , and the foreground of the immunoassay used for the PCBs detection were prospected.

Keywords: polychlorinated biphenyls , GC/MS , immunoassay , analytical method.