

环境仪器分析

王春丽 主 编

赵学茂 钟 耀 副主编

HUANJING

YIQI FENXI

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

环境仪器分析

王春丽 主 编
赵学茂 钟 耀 副主编

中国铁道出版社

2014年·北 京

内 容 简 介

本书根据近年来仪器分析在环境专业方面的应用,结合环境工程、环境科学以及环境监测等专业的特点,撰写集基础性、专业性和实用性为一体的教材。

本书共 10 章,主要内容包括光学分析法、原子吸收光谱分析、原子发射光谱分析、紫外可见分光光度法、红外分光光度法、气相色谱分析法、高效液相色谱分析法、离子色谱分析法等。

本书可作为环境工程、环境科学、环境监测等专业的本科教材、研究生教材及参考书,同时也可供相关科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境仪器分析/王春丽主编. —北京:中国铁道出版社,2014. 4

ISBN 978-7-113-18117-8

I. ①环… II. ①王… III. ①环境监测—仪器分析 IV. ①X830. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 037658 号

书 名:环境仪器分析

作 者:王春丽 赵学茂 钟耀

策 划:曹艳芳

责任编辑:曹艳芳 张 瑜 编辑部电话:010-51873065

封面设计:郑春鹏

责任校对:龚长江

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

版 次:2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷

开 本:787 mm×960 mm 1/16 印张:20.25 字数:505 千

书 号:ISBN 978-7-113-18117-8

定 价:45.00 元



版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前言

随着科技的迅猛发展和环境问题的日益突出,现代仪器分析在环境科学中的应用越来越广泛,在对环境质量和生态环境进行实时、准确监测方面发挥着巨大的作用,在高等院校相关专业中对培养学生分析、解决问题能力与掌握现代科研技术和手段也有重要的作用。

现代仪器分析方法包括的内容很广,编者们在取舍内容时,主要考虑到环境工程、环境科学及环境监测等专业的特点,以及仪器分析目前在环保方面的应用,集基础性、专业性、应用性为一体。

本书主要介绍各种仪器分析方法的基本原理、特点和在环境监测中的应用,内容深入浅出,通俗易懂,使之更加广泛地适应不同的使用人群。本书既可作为本科生的教材,也可用作研究生的教材和参考书,同时可供相关科研人员参考。

本书由王春丽负责第一章、第二章、第三章,赵学茂负责第六章、第七章、第八章,钟耀负责第四章、第五章、第九章、第十章的编写;西北师范大学张松林教授初审,王建中副教授、张萍工程师复审。西北民族大学王爱军工程师、甘肃省地矿局实验中心张旺强高级工程师等通读全部书稿并提出了宝贵的修改意见和建议,谨在此对以上参与者的辛勤付出致以深切的谢意。

限于编者的水平和经验,书中错误及欠妥之处在所难免,希望广大读者批评指正。

编者

2013年11月

目录

第1章 绪 论	1
1.1 分析化学的发展	1
1.2 仪器分析方法的分类	2
1.3 仪器分析在环境监测中的应用	6
1.4 分析仪器的主要性能指标.....	13
思考题与习题	17
第2章 光学分析法	19
2.1 原子光谱与原子结构.....	19
2.2 原子能级和原子光谱项.....	24
2.3 电磁辐射与物质的相互作用.....	26
2.4 原子光谱分析基础.....	33
2.5 分子结构与分子的电子光谱.....	47
2.6 分子的振动与转动光谱——红外光谱.....	58
思考题与习题	67
第3章 原子吸收光谱分析	69
3.1 原子吸收分光光度计.....	69
3.2 原子吸收光谱分析中的干扰及其消除.....	79
3.3 最佳分析条件的选择.....	85
3.4 原子吸收光谱分析的样品采集与保存.....	87
3.5 样品的预处理.....	91
3.6 原子吸收光谱分析在环境分析中的应用示例.....	95
思考题与习题.....	102

第 4 章 原子发射光谱分析	105
4.1 原子发射光谱仪的分类和分析过程	105
4.2 ICP-AES 在环境样品分析中的应用	117
4.3 ICP-AES 与原子吸收光谱法(AAS)的比较	124
思考题与习题.....	125
第 5 章 紫外-可见分光光度法	126
5.1 紫外-可见分光光度计	126
5.2 仪器的校正和最佳仪器参数的选择	130
5.3 显色反应条件的选择	132
5.4 参比溶液的选择和干扰的消除	136
5.5 定性分析	137
5.6 定量分析	139
5.7 紫外-可见光谱分析法在有机污染物分析中的应用示例	144
思考题与习题.....	153
第 6 章 红外分光光度法	154
6.1 红外分光光度计的构成及种类	154
6.2 试样的处理和制备	161
6.3 红外光谱定性分析	170
6.4 红外光谱定量分析	173
6.5 红外光谱分析的一般步骤	176
6.6 红外光谱分析在环境监测中的应用	177
思考题与习题.....	185
第 7 章 色谱分析法	187
7.1 色谱分离的本质和基本过程	187
7.2 色谱保留值	190
7.3 气相色谱分析的基础	194

7.4 高效液相色谱分析的基础	203
7.5 离子色谱分析	206
思考题与习题	214
第 8 章 气相色谱分析	215
8.1 气相色谱仪的基本结构	215
8.2 气相色谱仪的气源(气路)系统	216
8.3 进样系统	220
8.4 气相色谱分离系统	222
8.5 气相色谱的检测系统	232
8.6 气相色谱定性分析	240
8.7 气相色谱定量分析	242
8.8 气相色谱法在环境监测分析中的应用举例	246
思考题与习题	258
第 9 章 高效液相色谱分析	259
9.1 高效液相色谱仪的结构	259
9.2 液-固吸附色谱	269
9.3 液-液分配色谱	273
9.4 键合相色谱	278
9.5 体积排阻色谱	283
9.6 高效液相色谱在环境污染分析中的应用	283
思考题与习题	286
第 10 章 离子色谱分析	287
10.1 离子色谱仪的组成	287
10.2 离子交换色谱分析	298
10.3 离子排斥色谱和离子对色谱分析	307
思考题与习题	312
参考文献	313

1.1 分析化学的发展

分析化学是化学学科的一个重要分支,是人们用来认识、解剖自然的重要手段之一。在人类逐步认识自然、改造自然的漫长历史过程中,分析化学对元素的发现、原子量的测定、化学基本定律的确立、矿产资源的勘察利用等方面,都做出了重要的贡献,它的主要任务是为人类提供有关化学物质的组成、结构、性质、用途等众多信息。因此,可以说分析化学是化学学科中的信息科学,分析化学的发展促进了分析科学的建立。分析化学的发展过程,就是人们从化学的角度认识世界、解释世界、改造世界的过程。

20 世纪 40 年代前,分析化学的内容几乎就是化学分析,因为在当时的科学技术发展水平下,人们已能用化学分析的方法对大量的无机物、有机物进行定性、定量分析,不仅可以进行常量分析,还可以进行微量、半微量分析。如对无机物的定性分析,在当时就已有非常完善的阳离子分组分析方法,其基本原理是根据组分在化学反应中生成沉淀、气体或有色物质等性质而进行的,这种方法的核心是以物质的化学性质为基础;在对无机物的定量分析中,主要有滴定分析和重量分析等方法,其基础依然是被分析物质的化学性质。这些方法历史悠久,是化学分析的基础,所以又称为经典化学分析法。

随着人类需求的不断发展,在科学研究、生产实践中,越来越多的问题用化学分析的方法已不能解决,如连续生产过程中所需要的快速、实时检测方法,样品量极小的痕量分析方法,未知化合物结构的确定等等,单纯利用物质的化学性质进行分析的经典化学分析法已远远不能满足人类的需求。

20 世纪 40 年代以后,随着物理学、电子技术以及精密仪器制造技术的发展,利用被测物质的某种物理或物理化学性质为基础的分析方法——物理和物理化学分析法得到了快速的发展,这是基于物质的物理或物理化学性质与其化学组成、含量和结构之间的内在联系而建立起来的分析方法,这类方法通过测量光、电、热、磁、声等物理量来获得分析信息。由于这两类方法都需要特殊的仪器才能进行,所

以又称为仪器分析法。仪器分析除用于成分的定性分析和定量分析外,还用于物质的结构、价态和状态分析,以及微区和薄层分析等等,其具体方法主要包括光学分析、电化学分析、色谱分析、质谱分析、核磁共振分析、放射化学分析、生化分析及生物传感器、各种联用技术等,而且新的方法还在不断地出现。

仪器分析方法在 20 世纪 40 年代以后得到了快速发展,依赖于人类在这一时期科学技术方面的一系列重大发现,为该方法的建立和发展奠定了基础。最有代表意义的有 1952 年由 Bloch F 和 Purcell E M 建立的核磁共振测定方法以及由 Martin A J P 建立的现代气相色谱分析方法和 Heyrovsky J 在 1959 年建立的极谱分析法。随着各种仪器分析方法的出现,分析速度的急速加快,大大促进了化学工业的发展。

到了 20 世纪 80 年代初,在分析化学学科中,仪器分析方法已具相当规模,化学分析与仪器分析已处于同等重要的地位,但各种仪器分析方法仍有不少缺陷,如自动化程度比较低、仪器的操作比较复杂、分析结果的误差比较大等,然而毋庸置疑,仪器分析的发展引发了分析化学的重大变革。

20 世纪 80 年代以后,随着计算机技术的广泛应用,分析化学又发生了一次革命性的变化。这主要体现在三个方面:一是由于使用了计算机控制的分析数据的采集与处理,使许多分析过程实现了自动、连续、快速、实时、智能化;二是促进了化学计量学的发展和化学数据库的建立,使得人们利用数学、统计学的方法设计最佳分析条件、获得最大程度的化学信息,使得对大量化学信息进行查询、优化和再次挖掘成为可能;三是不仅用计算机可以控制现有仪器,使得仪器的操作变得简单,数据更加可靠,更为重要的是促进了以计算机为基础的新仪器的出现,如傅立叶变换红外分光光度计、色-质联用仪等。

1.2 仪器分析方法的分类

现代仪器分析方法,大致可以分为以下几类:

(1) 电化学分析法

电化学分析法的基本原理是将待分析的试样制成溶液,构成化学电池的一个组成部分,然后通过测量试样溶液所构成化学电池(电解池或原电池)的电化学性质(电导、电位、电量、电流等),从而求得物质的组成和含量。根据所测化学电池物理量的不同,又可将电化学分析法分为电导分析法、电位分析法、电解分析法、库仑分析法和伏安分析法(极谱分析法)等。各种电化学分析法的特点和用途见表 1-1。

表 1-1 重要的电化学分析法及其特点和用途

类别	方法名称	测定的电参量	主要特点和用途	
测定某一电参量	电位分析法及离子选择性电极法	电极电位	①可对 H^+ 及数十种金属和非金属离子进行定量测定;②选择性好,可用于微量成分的测定	
	电导分析法	电阻或电导	选择性很差,但对水质监测有特殊意义	
	库仑分析法	控制电位库仑分析法	电量	①不需要标样,准确度高;②适用于具有一种以上的稳定的氧化态物质,可测定许多金属、非金属及一些有机物
		恒电流库仑滴定法	电量(在恒定电流条件下测定电解时间)	①不需要标样,准确度高;②容量分析中各种滴定均可用于此法;③特别适合于微量组分的测定
	极谱分析法	测汞电极的电流-电压曲线	①可作定性、定量分析;②用于微量和超微量分析;③用于多种金属及有机化合物的分析;④选择性较好	
测定某电参量的变化	电导滴定	电导的变化	①恒电流可用于容量分析的终点指示;②可减少主观误差,提高准确度;③易于实现自动化;④电导滴定可用于稀的弱酸、弱碱滴定	
	电位滴定	电极电位变化		
	电流滴定	电流的变化		
电重量分析	恒电流电解分析法	以恒电流电解至完全	①不需要标样,准确度高,适合于高含量成分的测定;②选择性很差;③常用于 Cu、Pb、Ag、Sn 等测定	
	控制电位电解法	控制阴极电位条件下电解至完全	选择性比恒定电流电解法好,除用作定量分析外,也是重要的分离手段	

(2) 色谱分析法

最早期的色谱分析方法是 20 世纪初(1906 年)俄国植物学家茨维特(Tsweh)创立的,他在研究植物叶色素成分时,将颗粒状的碳酸钙填充在一直玻璃管中,然后将植物叶的石油醚浸取液由柱顶端加入,再加入纯石油醚进行淋洗。由于碳酸钙对植物中各种色素的吸附能力的差异,使各种色素在柱中相互分离,形成了不同颜色的谱带,色谱之名也就由此而来。在茨维特的这个实验过程中,将玻璃管称为色谱柱,装在管内的碳酸钙称作固定相,沿固定相流动的液体石油醚叫流动相,植物叶就是被分析的混合物。经过 100 多年的发展,将这种分离技术与适当的检测手段相结合,就构成了现代各种色谱分析方法。由于色谱分析的基本原理是基于待分析样品中的各种组分与固定相、流动相之间的相互作用不同,通过分层分离进行分析的,所以这种方法也称为层析法。

目前,色谱分析法已成为应用最广泛的分析方法,占有所有分析方法的 30% 左右,能完成这种分析工作的仪器——色谱仪,也已构成了一个大家族。一般按固定

相和流动相的状态不同,将色谱分析法分为两类:流动相为气体的称为气相色谱;流动相为液体的称为液相色谱。具体分类方法如图 1-1 所示。



图 1-1 色谱分析法的分类

色谱分析法的最大特点是该法具有高超的分离能力。在色谱分析过程中,不仅可以进行常规的定性、定量分析,而且与其他辅助手段相结合还可以得到纯物质,因此,这种方法的应用范围极广,几乎可用于所有化合物的分离和测定,无论是有机物、无机物、低分子或高分子化合物,甚至有生物活性的生物大分子也可以进行分离和测定;另外,这种方法分析速度快、样品用量少、灵敏度高、分离和检测可以一步完成;此外还可以和多种波谱仪器联用,提高分析效率。

(3) 光学分析法

光学分析法是基于电磁辐射能量与待测物质相互作用后所产生的辐射信号与物质组成及结构关系所建立起来的分析方法。所谓电磁辐射,就是从射线(X 射线)到无线电波所有范围的电磁波与物质的相互作用,其作用方式有:发射、吸收、反射、折射、散射、干涉、衍射、偏振等。

光学分析法在研究物质组成、结构表征、表面分析等方面具有其他方法不可取代的地位。根据电磁辐射与物质作用效果的不同,将光学分析法分为原子光谱法、分子光谱法和非光谱法。

原子光谱法(线性光谱)最常见的有:基于原子外层电子跃迁的原子吸收光谱法(AAS)、原子发射光谱法(AES)和原子荧光光谱法(AFS);基于原子内层电子跃迁的 X 射线荧光光谱法(XFS)以及基于原子核与射线作用的穆斯堡谱法。

分子光谱法(带状光谱)最常见的有:基于分子轨道中电子能级跃迁的紫外光谱法(UV);基于分子中振动、转动能级跃迁的红外光谱法(IR);基于分子吸收紫外、可见光辐射后发射荧光的分子荧光光谱法(MFS);基于分子吸收紫外、可见光

辐射后发射磷光的分子磷光光谱法(MPS);基于有机化合物分子中的质子吸收射频的核磁共振与顺磁共振(N)等。

非光谱法不涉及能级跃迁、电磁辐射与物质作用时的能级跃迁,仅改变传播方向等物理性质,如偏振法、干涉法、旋光法等。

表 1-2 和表 1-3 分别列出了一些吸收光谱和发射光谱的方法名称、作用物质和检测讯号。

表 1-2 吸收光谱法

方法名称	辐射能	作用物质	检测讯号
莫斯鲍尔光谱法	γ 射线	原子核	吸收后的 γ 射线
X 射线吸收光谱法	X 射线 放射性同位素	$Z > 10$ 的重元素 原子的内层电子	吸收后的 X 射线
原子吸收光谱法	紫外、可见光	气态原子外层的电子	吸收后的紫外、可见光
紫外-可见分光光度法	紫外、可见光	分子外层的电子	吸收后的紫外、可见光
红外吸收光谱法	炽热硅碳棒等 $2.5 \sim 15 \mu\text{m}$ 红外光	分子振动	吸收后的红外光
核磁共振波谱法	$0.1 \sim 100 \text{ MHz}$ 射频	原子核磁量子 有机化合物分子的质子	吸收
电子自旋共振波谱法	$10\,000 \sim 800\,000 \text{ MHz}$ 微波	未成对电子	吸收
激光吸收光谱法	激光	分子(溶液)	吸收
激光光声光谱法	激光	分子(气体) 分子(固体) 分子(液体)	声压
激光热透镜光谱法	激光	分子(溶液)	吸收

表 1-3 发射光谱法

方法名称	辐射能(或能源)	作用物质	检测讯号
原子发射光谱法	电能、火焰	气态原子外层电子	紫外、可见光
X 荧光光谱法	X 射线($0.1 \sim 25 \text{ \AA}$)	原子内层电子的逐出,外层能级电子跃入空位(电子跃迁)	特徵 X 射线(荧光)
原子荧光光谱法	高强度紫外、可见光	气态原子外层电子跃迁	原子荧光
荧光光度法	紫外、可见光	分子	荧光(紫外、可见光)
磷光光度法	紫外、可见光	分子	磷光(紫外、可见光)
化学发光法	化学能	分子	可见光

(4)其他仪器分析方法

除上述三类仪器分析方法外,常用的仪器分析方法还有:基于物质分子被高能电子打碎后形成的碎片离子质荷比进行结构分析的质谱法;基于化学反应速率进行分析的动力学法;基于物质热性质进行分析的差热分析法、示差扫描量热法、热重量法、测温滴定法以及基于物质放射活性的同位素分析法等。

1.3 仪器分析在环境监测中的应用

1. 环境优先污染物

环境与物质是人类赖以生存的基础,随着生产力的发展和科学技术的进步,人类获取的物质越来越多,在各类物质生产中,化学品的发展尤为迅速,以每年大约 1 000 种的速度在增长。化学品的生产极大地丰富了人类的物质生活,给人类带来巨大利益和享受的同时,无节制的使用和排放也给环境和人体健康带来了潜在的巨大危害,人们把这些会危害环境和人体健康的化学品称之为有毒化学品。

为保护环境,提高人类生活质量,许多国家都采取了一定的污染防治措施。就有毒化学品的污染控制而言,由于其种类多、数量大,不可能对每一种污染物都制订排放标准,都限制排放,都实行控制,只能有针对性地从中选出一些重点污染物予以控制。由于每个国家在制定控制标准时的原则不同,经济发展水平和技术水平有差异,因此筛选出的优先控制有毒污染物名单就有所不同,但都把危害大的化学物质作为优先控制对象,我们把优先选择的有毒污染物称为环境优先污染物,简称为优先污染物,对优先污染物进行的监测称为优先监测。

虽然各国公布的环境有毒污染物控制名单有一定差异,但它们大多具有如下特点:一是难降解,在环境中有一定残留水平;二是具有生物积累性;三是具有致癌、致畸、致突变或毒性;四是可以检出。具有以上特点的污染物,对人体健康和生态环境将构成重大的潜在威胁,理所当然地就成了人们控制的重点污染物——优先污染物。表 1-4 列出了美国 129 种优先污染物名单,表 1-5 列出了中国 68 种优先污染物名单。

表 1-4 美国环境保护局优先污染物表

污染物质		级别
1. 金属和无机物(Metals and inorganic)		
锑	Antimony	3
砷	Arsenic	1
石棉	Asbestos	3

续上表

污染物质		级别
铍	Beryllium	1
镉	Cadmium	1
铬	Chromium	1
铜	Copper	1
氰化物类	Cyanides	5
铅	Lead	1
汞	Mercury	1
镍	Nickel	1
硒	Selenium	1
银	Silver	1
铊	Thallium	1
锌	Zinc	1
2. 农药类(Pesticides)		
丙烯醛	Acrolein	2
艾氏剂	Aldrin	2
氯丹	Chlordene	2
滴滴滴(DDD)	DDD	1
滴滴伊(DDE)	DDE	1
滴滴涕(DDT)	DDT	1
狄氏剂	Dieldrin	1
硫丹	Endosulfan	3
硫酸硫丹	Endosulfan sulfate	3
异狄氏剂	Endrin	1
异狄氏醛	Endrin aldehyde	1
七氯	Heptachlor	1
七氯环氧化物	Heptachlor epoxide	1
-六氯环己烷(-六六六)	-Hexachlorocyclohexane	3
-六氯环己烷(-六六六)	-Hexachlorocyclohexane	3
-六氯环己烷(-六六六, 林丹)	-Hexachlorocyclohexane	3
-六氯环己烷(-六六六)	-Hexachlorocyclohexane	3
异佛尔酮	Isophorone	1

污染物质		级别
四氯二苯并-对-二恶英(TCDD)	Tetrachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxin	1
毒杀芬	Toxaphene	1
3. 多氯联苯(PCBs)及化合物(Polychlorinated biphenyls and related compounds)		
PCB-1242	PCB-1242	1
PCB-1254	PCB-1254	1
PCB-1221	PCB-1221	1
PCB-1232	PCB-1232	1
PCB-1248	PCB-1248	1
PCB-1260	PCB-1260	1
PCB-1016	PCB-1016	1
2-氯萘	2-Chloronaphthalene	1
4. 卤代脂肪烃类(Halogenated aliphatics)		
氯甲烷	Chloromethane	4
二氯甲烷	Dichloromethane	4
三氯甲烷(氯仿)	Trichloromethane(Chloroform)	4
四氯甲烷(四氯化碳)	Tetrachloromethane	4
氯乙烷	Chloroethane	4
1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	4
1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	4
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	4
1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	4
1,1,2,2-四氯乙烷	1,1,2,2-Tetrachloroethane	4
六氯乙烷	Hexachloroethane	4
氯乙烯	Chloroethene	4
1,1-二氯乙烯	1,1-Dichloroethene	4
1,2-反-二氯乙烯	1,2-Trans-dichloroethene	4
三氯乙烯	Trichloroethene	4
四氯乙烯	Tetrachloroethene	4
1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	4
1,3-二氯丙烷	1,3-Dichloropropane	4
六氯丁二烯	Hexachlorobutadiene	1

续上表

污染物质		级别
六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	1
溴甲烷	Bromomethane	4
氯溴甲烷	Chlorobromomethane	3
二氯溴甲烷	Bromodichloromethane	3
氯二溴甲烷	Dibromochloromethane	3
三溴甲烷(溴仿)	Tribromomethane(Bromoform)	3
二氟二氯甲烷	Dichlorodifluomethane	3
氟三氯甲烷	Trichlorofluomethane	4
5. 醚类(Ethers)		
双-(氯甲基)醚	Bis(chloromethyl) ether	3
双-(2-氯乙基)醚	Bis(2-chloroethyl) ether	3
双-(氯异丙基)醚	Bis(2-chloroisopropyl) ether	3
2-氯乙基-乙烯基醚	2-Chloroethyl vinyl ether	4
4-氯苯基-苯基醚	4-Chlorophenyl phenyl ether	1
4-溴苯基-苯基醚	4-Bromophenyl phenyl ether	1
双-(2-氯乙氧基)甲烷	Bis(2-chloroethoxy) methan	3
6. 单环芳烃族类(Monocyclic aromatic hydrocarbons)		
苯	Benzene	4
氯苯	Chlorobenzene	2
1,2-二氯苯	1,2-Dichlorobenzene	2
1,3-二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	2
1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	2
1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	2
六氯苯	Hexachlorobenzene	1
乙苯	Ethylbenzene	4
硝基苯	Nitrobenzene	3
甲苯	Toluene	4
2,4-二硝基甲苯	2,4-Dinitrotoluene	3
2,6-二硝基甲苯	2,6-Dinitrotoluene	3
7. 苯酚和甲苯酚类(Phenol and cresols)		
苯酚	Phenol	3

续上表

污染物质		级别
2-氯苯酚	2-Chlorophenol	3
2,4-二氯苯酚	2,4-Dichlorophenol	5
2,4,6-三氯苯酚	2,4,6-Trichlorophenol	3
五氯苯酚	Pentachlorophenol	1
2-硝基苯酚	2-Nitrophenol	3
4-硝基苯酚	4-Nitrophenol	3
2,4-二硝基苯酚	2,4-Dinitrophenol	3
2,4-二甲基苯酚	2,4-Dimethylphenol	1
对-氯-间甲苯酚	<i>p</i> -Chloro- <i>m</i> -cresol	3
2,4-二硝基苯酚-对-甲苯酚	2,4-Dinitro- <i>m</i> -cresol	3
8. 酞酸脂类(Phthalate esters)		
酞酸二甲酯	Dimethyl phthalate	1
酞酸二乙酯	Diethyl phthalate	1
酞酸二正丁酯	Di- <i>n</i> -butyl phthalate	1
酞酸二正辛酯	Di- <i>n</i> -octyl phthalate	1
酞酸双(2-乙基己基)酯	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	1
酞酸丁基苯基酯	Butyl phenyl phthalate	1
9. 多环芳烃类(Polycyclic aromatic hydrocarbons)		
二氢萘	Acenaphthene	1
萘	Acenaphthylene	1
蒽	Anthracene	1
苯并(a)蒽	Benzo(<i>a</i>)anthracene	1
苯并(b)荧蒽	Benzo(<i>b</i>)fluoranthene	1
苯并(k)荧蒽	Benzo(<i>k</i>)fluoranthene	1
苯并(ghi)芘	Benzo(<i>ghi</i>)perylene	1
苯并(a)芘	Benzo(<i>a</i>)pyrene	1
屈	Chrysene	1
二苯并(a,h)蒽	Dibenzo(<i>a,h</i>)anthracene	1
荧蒽	Fluoranthene	1