水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

环境监测学

张建辉 佟彦超 夏 欣
宋 菲 马维琦 李金惠 编著

中国环境科学出版社

中国城镇水网 www.Chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

环境科学基本知识丛书

环境监测学

张建辉 佟彦超 夏 欣
朱 琳 马维琦 李金惠 编著

中国城镇水网 www.chinacitywater.org

中国环境科学出版社
·北 京·

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

图书在版编目（CIP）数据

环境监测学/张建辉等编著 .—北京：中国环境科学出版社，2001.5
（环境科学基本知识丛书）
ISBN 7-80135-954-2

Ⅰ.环… Ⅱ.张… Ⅲ.环境监测 Ⅳ.X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 25365 号

中国环境科学出版社出版发行
（100036 北京海淀区普惠南里 14 号）
北京市联华印刷厂印刷
各地新华书店经售
*
2001 年 5 月 第一版 开本 787×1092 1/32
2001 年 5 月 第一次印刷 印张 4 5/8
印数 1—6 000 字数 100 千字
定价：6.00 元

中国城镇水网 www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

序　言

回首二十世纪，既是人类社会获得物质财富最多的世纪，也是人为破坏环境最严重的世纪。在品尝了自己酿成的恶果后，国际社会于1972年在瑞典斯德哥尔摩召开了人类环境会议，开始了防治污染，保护环境的征程，实现了人类环境认识史上的第一次飞跃。20年后的1992年，100多位国家首脑出席了在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会，共同探讨环境与发展问题，明确提出摒弃传统增长模式，实施可持续发展战略，实现了环境认识史上的第二次飞跃。正是伴随人类对环境问题认识水平的不断提高，环境保护事业才得以不断深入和发展。

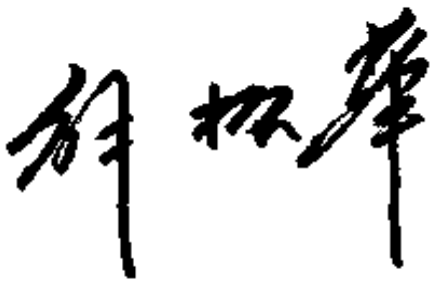
二十多年来，在党和国家的重视和领导下，我国环境保护工作从小到大，从弱到强，取得了很大的进展，与此同时，全民环境意识也有了很大的提高。刚刚过去的五年，是我国公众环境意识提高幅度最大的时期，是环境保护与经济发展结合最紧密的时期，也是环境保护发展最快的时期。正是由于各级党委、政府把环境保护作为一项基本国策落实到各项发展进程之中，加快产业结构调整，增加环保投入，加大环境执法力度，才使环境污染恶化的趋势得以基本控制，一些地区和城市的环境质量开始得到改善；正是由于工业企业界不断改革创新，采用清洁生产技术，淘汰落后设备工艺，加强污染治理，才使全国污染物排放总量得以控制并有所减少；新闻界环境宣传和舆论监督的日益广泛和深入，既揭露了破坏环境的行为，促进了环境问题的解决，又提高了

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

公众的环境意识；在自觉运用法律武器，维护自身环境权益的同时，广大群众也越来越多地参与到保护和改善环境的活动中，这为环境保护事业的深入发展奠定了极其重要的社会基础。

但是，必须承认，目前我国公众环境意识还不是很高。不顾环境承载能力，追求暂时片面发展的现象依然存在；为了企业短期利益，污染一条河，破坏一方土的行为在一些地方还比较普遍。江泽民总书记曾明确指出，环境意识和环境质量如何，是衡量一个国家和民族文明程度的一个重要标志。今后十年，我国将实现第三步战略目标，国民经济仍将保持较快的增长速度，人口也将持续地增长，生态环境面临着巨大的压力。只有尽快提高全民环境意识，形成一个全社会都来关心环境保护，全民都来参与环境保护的局面，我国的生态环境才能得到更加有效的保护，环境质量才能不断得到改善，天更蓝、地更绿、水更清，山川更加秀美的景象才能永驻中华大地。

相信这套丛书的出版将对增进公众环境科学知识，提高全民环境意识起到积极的促进作用。



二〇〇一年一月

中国城镇水网 www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

目　　录

第一章　绪　论 …… (1)
第一节　环境与环境质量 …… (1)
第二节　环境保护与环境管理 …… (2)
第三节　环境监测 …… (4)
第二章　空气环境监测 …… (11)
第一节　我国环境空气质量状况 …… (11)
第二节　环境空气质量监测与分析方法 …… (12)
第三节　国家环境空气质量监测网站仪器装备 …… (16)
第四节　环境空气质量标准 …… (17)
第五节　城市空气质量周报、日报与污染预报 …… (20)
第三章　水质环境监测 …… (28)
第一节　日益紧缺的水资源 …… (28)
第二节　不可忽视的水污染 …… (29)
第三节　水质环境监测 …… (31)
第四节　水质标准 …… (40)
第四章　海洋环境监测 …… (43)
第一节　认识海洋 …… (43)
第二节　海水物理、化学因子监测 …… (58)
第三节　海洋生物监测 …… (61)
第四节　赤潮监测与预报 …… (65)
第五节　海洋遥感监测 …… (70)
第五章　环境噪声监测 …… (74)
第一节　噪声的定义及分类 …… (74)

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第二节　噪声的污染特征 …… (76)
第三节　噪声的主要危害 …… (77)
第四节　环境噪声标准 …… (78)
第五节　环境噪声监测与评价 …… (80)
第六章　环境生物监测 …… (87)
第一节　环境生物监测的基础知识 …… (87)
第二节　水污染的生物监测 …… (89)
第三节　大气污染的生物监测 …… (102)
第四节　土壤污染的生物监测 …… (110)
第七章　固体废物的监测 …… (117)
第一节　固体废物的采样方法 …… (117)
第二节　固体废物样品采集、制备及保存 …… (120)
第三节　固体废物的监测与分析 …… (126)

中国城镇水网 www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第一章 绪 论

第一节 环境与环境质量

环境是一个相对的概念，是相对主体而言的客体。由于不同学科的研究对象和研究内容不同，所以在不同的学科研究中，环境的内涵和外延是有差别的。例如，在社会学研究中，把环境定义为以人为主体的外部世界；在生态学研究中环境被认为是以生物为主体的外部世界。对于环境科学研究而言，环境是决定其性质和特点、研究对象和研究内容的基本概念。环境科学家对环境科学研究中的“环境”概念进行了长时间的研究和探讨。

自 1972 年斯德哥尔摩人类环境会议和 1974 年联合国环境规划理事会之后，“环境”的概念趋于统一和完善，即环境是围绕人群的空间及其中可直接、间接影响人类生活和发展的各种自然因素和社会因素的总体。其中自然因素的总体称为自然环境，它在人类社会未出现前就已客观存在，是以大气、水、土壤、地形、地质等一次构成要素为基础，并将植物、动物、微生物等作为二次构成要素的系统总体。社会环境是人类社会发展的结果，是人类在利用和改造自然环境、不断提高物质和

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

文化水平过程中创造出的人工环境和在生产、生活过程中形成的人与人之间关系的总体。社会环境主要包括各种人工构筑物和经济、政治、文化等要素。

环境是由诸多要素构成的，各环境要素之间不是孤立存在的，而是相互联系、相互影响、相互制约的。在环境科学研究中，不仅需要深入研究各个环境要素的历史、现状和发展变化趋势，而且要研究各环境要素之间的相互关系，这是环境科学研究的重要基本方法。

环境质量是指环境素质的好坏，它是环境科学研究的核心内容之一。环境质量好坏的衡量标准就是在某一具体环境中，环境的总体或某些环境要素对人类生产生活的适宜程度，即人类与环境相互协调的程度。

环境质量包括自然环境质量和社会环境质量。自然环境质量按其性质可分为物理环境质量、化学环境质量和生物环境质量；按自然环境构成要素又可分为大气环境质量、水环境质量、土壤环境质量和生物环境质量等。社会环境质量包括经济、文化和美学等方面的环境质量。

第二节　环境保护与环境管理

环境是人类生存与发展的物质基础和支持系统，人类的生存与发展离不开环境。人类在谋求生存与发展的同时，又在不断地利用和改造环境，给人类赖以生存的环境带来某些改变和破坏，造成许多严重的环境问题，从而直接或间接地影响了人类的生存与发展。因此，如何合理、有序地利用和保护环境，积极、有效地解决业已产生的和潜在的环境问题，实现人类与

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

环境的可持续发展，是当今急待解决的全球性重大问题。

环境保护，就是人类为解决现实的和/或潜在的各种环境问题，协调人类与环境的关系，保障经济社会的可持续发展而采取的各种行动。环境保护的根本目的就是要保护和改善生活环境与生态环境，防治环境污染和其他危害，使之更适合于人类的生存与发展。随着环境问题的日益突出，环境保护已不是某一国家或地区的行动，而是全球性重大行动。

环境保护的对象主要包括：保护野外休养和娱乐场所；保持乡土景观；保护自然界中的研究对象；减少或消除有害物质进入环境；维护环境的净化和调节能力；确保生物物种多样性和基因库的发展；保护生态系统的良性循环；保护繁殖可更新资源使其恢复和不断更新扩大，为人类永久利用；保护和合理利用不可更新资源使其避免破坏和浪费并为人类所充分利用；防治环境污染及其他危害，保障人体健康，以保护和改善生活环境和生态环境，促进经济与环境协调发展等等。

环境保护的实质和重要手段就是环境管理。环境管理就是运用经济、法律、技术、行政和教育等手段，限制人类损害环境质量的活动，并不断改善环境质量，通过科学、合理、全面的规划和管理，达到既要发展经济，满足人类的基本需要，又不超出环境的容许限度，使经济发展与环境相协调的目的。

环境管理涉及的内容十分广泛，按环境管理的范围可划分为资源环境管理、区域环境管理和部门环境管理等。按环境管理的性质可划分为环境计划管理、环境质量管理和环境技术管理等。环境管理的基本特点是：

（1）综合性：环境管理是环境科学与管理科学、管理工程学的交叉学科，具有高度的科学性。

（2）区域性：环境问题由于自然背景、人类活动方式、经济发展水平和环境质量标准的差异，存在着明显的区域差异

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

性，因而使环境管理也具有明显的地域性特点。

（3）广泛性：环境问题如果没有公众的参与是难以解决的，搞好环境管理必须依靠广大公众，协调行动，共同改善环境并与各种破坏环境的行为作斗争。

第三节　环境监测

一、环境监测的目的与作用

环境监测是环境监测机构按照有关的法律、法规和技术规定、程序的要求，运用科学的、先进的技术方法，对代表环境质量及其发展变化趋势的各种环境要素进行间断地或连续地监视、测试和解释的科学活动。环境监测的目的就是及时、准确、全面地反映环境质量的现状、发展趋势和变化原因，为环境管理和决策提供科学依据。

环境监测作为一种技术性和综合性很强的科学活动，具有公开、公正、公平的特点，其作用主要表现在以下几个方面：

（1）监测、解释反映环境质量现状和变化的各种环境要素的信息；

（2）测试和评价对人与环境有影响的各种环境因素；

（3）监督对环境造成污染或危害的各种行为；

（4）监督与评估污染防治和生态保护法规、措施的实施效果；

（5）为制定及执行环境法规、标准及环境规划、环境质量影响评价和就污染防治对策等提供可靠、公正、科学的依据；

（6）为环境管理提供技术支持、技术监督和技术服务；

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

（7）为公众的环境质量知情权提供技术服务。

环境监测是环境管理的重要基础，环境管理必须依靠环境监测，具体表现在以下三个方面：

（1）及时、准确的环境质量信息是确定环境管理目标，进行环境决策的重要依据。这些信息的获取要靠环境监测，否则很难实现科学的目标管理。

（2）环境管理制度的贯彻执行要依靠环境监测；

（3）评估环境保护政策、法规和环境管理制度的执行效果要依靠环境监测，否则难以提高环境管理的科学水平。

二、环境监测的类型

根据不同的划分依据，可将环境监测划分为多种类型。按照环境监测的目的和性质，可分为监视性监测、特定目的性监测和研究性监测三种主要类型。

1. 监视性监测

监视性监测，又称为常规监测或例行监测。它是环境监测工作的主体，是对各环境要素的状况及变化趋势进行监测，评价控制措施的效果，判断环境标准的实施情况和改善环境质量取得的进展，积累监测数据，评价监测区域内环境污染和生态破坏的现状和发展趋势。常规监测主要包括环境质量监测和污染源监督监测两个方面。

环境质量监测从监测对象可分为环境空气质量监测、水环境质量监测、噪声、振动、辐射等物理要素环境质量监测、环境生物监测、土壤环境质量监测和生态环境质量监测等几大类型。

（1）环境空气质量监测：对所辖区域环境空气中的主要污染物进行定点、连续或定期的常年监测，以掌握环境空气质量现状及变化规律的基础数据，并定期编报环境空气质量报告，

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

为研究环境空气质量变化规律和发展趋势，为空气污染预测、预报提供科学依据。

（2）水环境质量监测：对所辖区的地表水体（江河、湖泊、水库等）和海域水体（包括底质和水生生物）、地下水进行定位的定期或连续监测，并对水体环境质量状况和变化趋势作出准确地评价，为水域环境管理提供可靠的数据和资料。

（3）环境噪声监测：对所辖区域的功能区噪声、道路交通噪声和区域环境噪声进行经常性的定期监测，及时掌握环境噪声状况，为噪声管理和治理提供系统的监测数据。

（4）生态环境监测：运用各种可比的技术方法，在时间或空间上对特定区域的生态系统或生态系统的组合体的类型、结构和功能及其组成要素进行系统地测定和观测的过程，监测的结果用于评价和预测自然和人类活动对生态系统及其景观格局的影响，为合理利用资源、改善生态环境提供科学依据。

污染源监督性监测是针对污染源及其所产生的污染物在时间和空间上的变化所进行的定期定点的常规性监督监测。主要对各类生产、生活设施排放的废水、废气和固体废弃物、机动车辆尾气、各种锅炉和窑炉排放的烟气和粉尘、噪声、振动、电磁波和放射性等污染进行监督监测。污染源监督性监测的目的是为了掌握污染源向环境排放的污染物的种类、浓度和排放总量，分析和判断污染物在时空上的分布、迁移、稀释、转化和自净规律，掌握污染物对环境的影响程度，为确定污染控制和防治对策提供技术支持。

2. 特定目的性监测

特定目的性监测，又叫服务性监测或特例监测，是按照某种特殊目的要求而进行的环境监测工作。它主要包括污染事故监测、纠纷仲裁监测、考核验证监测和咨询服务监测。

（1）污染事故监测：对各种污染事故进行现场追踪监测，

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

摸清事故的污染程度、范围和造成的危害等，为采取处理措施提供基础数据。

（2）纠纷仲裁监测：针对环境执法过程中所产生的矛盾纠纷和由于污染引起的矛盾纠纷而实施的监测，为有关部门处理纠纷提供公正的监测数据。

（3）考核验证监测：主要是指为环境管理制度和措施实施考核验证的各种监测工作。如建设项目“三同时”竣工验收监测、治理项目竣工验收监测等等。

（4）咨询服务监测：主要是指为社会和生产部门提供有关监测数据而进行的服务性监测。

3. 研究性监测

研究性监测又叫科研监测，一般需要多学科的协作，属于较复杂的、带有前瞻性研究的高水平监测。主要包括环境综合调查监测、环境背景调查监测，污染规律研究监测，以及为制定环境标准和方法而进行的科研监测等等。

三、环境监测的基本特点

环境监测不仅是一种综合技术，而且是环境管理的重要基础手段之一，它不仅属于技术的范畴，还是一种政府行为。环境监测具有以下主要特点：

（1）综合性：环境监测的综合性主要表现在两个方面。首先，环境监测的对象涉及环境各组成要素的质量状况及发展趋势和变化原因等诸多客体，这就决定了环境监测手段必然是跨学科、跨领域的综合性技术，任何先进的单一技术手段都不能全面、准确地反映监测对象的实际情况，必须运用物理的、化学的、生物的以及它们相互结合的多种技术手段才能准确地获取监测对象的客观信息。其次，环境是由各要素组成的统一体，环境各要素不是孤立存在的，它们之间是相互联系、相互

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

影响和相互制约的，因此必须对各种监测信息进行全面地综合分析，才能准确地揭示其内涵，客观地反映环境质量的状况、发展趋势和变化原因。

（2）规范性：环境监测技术本身是完整的技术体系，具有系统性和规范性，环境监测的各个环节和技术手段受到一系列监测技术规范、规定和标准的制约，从而保证了环境监测数据的代表性、准确性和可比性，使监测信息能客观、公正地反映监测对象的实际情况。

（3）及时性：在保障环境监测的全面性和准确性的同时，还应注重环境监测的及时性，只有及时地将环境监测的综合分析结果和对策建议提供给环境管理部门，才能有效地为环境管理和决策提供针对性较强的技术支持。

（4）连续性：只有对一系列具有代表性的监测点位进行长期的持续监测，积累大量的监测数据，才有可能客观、准确地揭示环境质量的发展变化趋势。

（5）公正性与严肃性：环境监测是一种政府行为，环境监测结果是环境管理和决策的重要依据。因此，环境监测必须具有公正性，必须按照有关的技术规范、规定和标准进行操作。同时环境监测数据具有法律严肃性，任何个人或单位不得编造监测数据，否则要承担法律责任。

四、环境监测的一般过程

环境监测系统一般由五个主要环节或子系统组成，既布点子系统、采样子系统、分析测试子系统、数据处理子系统和综合评价子系统组成。

（1）布点子系统：通过确定监测目标、监测点位数量和空间位置优化，使监测结果具有空间代表性和可比性。环境监测点位布设方法主要有功能区划法、数理统计法、计算机模拟法

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

和集合法等等。

（2）采样子系统：通过确定采样对象、优化采样频率、控制样品传输过程和选择采样工具，使监测结果具有时间代表性和可比性。

（3）分析测试子系统：利用分析仪器设备，按照规定的程序和规定的分析方法，对监测样品进行分析，并对分析结果作如实记录，使获取的时间数据具有准确性、精密性、可靠性和可比性。

（4）数据处理子系统：对分析测试获取的数据进行处理和统计检验，并分类纳入数据库。通过数据处理和逻辑检验，保证监测数据的准确性、可靠性和科学性。

（5）综合评价子系统：按照有关标准对监测数据进行评价分析，并结合现场调查资料对环境监测结果进行综合评价，作出合理的解释，编写监测报告，提出对策和建议，并按照规定程序报出。

五、我国环境监测的现状与发展趋势

自20世纪70年代以来，我国环境监测事业从无到有，不断向深度和广度发展，取得了巨大的成就。从监测对象的变化来看，大致经历了四个发展阶段：以工业废水、废气、废渣的“三废”为主要监测对象的“三废”监测阶段，以城市为中心的环境污染监测阶段，以区域、流域为中心的环境质量监测阶段和污染与生态监测并重的监测阶段。

环境监测的发展是与环境管理目标、科学技术发展水平、公众环境意识水平和环境质量变化特点等因素紧密联系的。环境质量变化的复杂性是内因，环境管理目标是动力，科技发展是前提和保证，社会需求和公众环境意识水平的提高是外因，四者相互作用相互影响，共同促进环境监测的发展。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

经过近30年的发展，我国已建立起较为完整的环境监测体系，主要包括环境监测网络体系、环境监测管理体系、环境监测技术体系和环境监测技术保证体系等等。

（张建辉、夏　新）

中国城镇水网
www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第二章　空气环境监测

第一节　我国环境空气质量状况

空气对于人类生存是必不可缺少的，空气质量的好坏对生态环境和人类健康有重要的影响。空气受到污染，不仅影响植物生长，对农业和林业的发展造成损害，而且直接危害人类健康。空气中污染物通过人体呼吸，可直接作用于人的呼吸系统，侵入人体造成损害，引起呼吸系统疾病、神经系统疾病等多种症状，部分有毒物质还有致畸致癌致突变作用。当空气污染物浓度处于中度污染时，接触一定时间后，健康人群中会普遍出现不适症状，运动耐受力降低，而心脏病和肺病患者的症状会显著加剧；当空气污染物浓度处于重度污染时，健康人体表现出明显的不适症状，运动耐受力降低，提前出现某些疾病。

目前，虽然我国政府采取了一系列强有力的有效污染控制措施，取得了很大成效，但环境空气污染形势仍很严峻，污染范围继续扩大，以颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等为主要污染物的大气环境污染问题仍很严重。因此，加强空气环境质量监测，密切监视大气环境污染变化动态，及时、准确、全面地掌

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

握大气质量现状及其变化趋势，加强空气污染防治，减少空气污染对人体健康造成危害，实现环境管理和决策科学化是十分必要的。

总体上看，我国城市空气污染仍以煤烟型为主，部分大、中城市出现煤烟与机动车尾气混合型污染。根据《环境空气质量标准》规定，除特殊保护区和特定工业区以外，我国城市空气环境质量应达到二级标准。通过对 322 个城市总悬浮颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的综合分析，70%以上的城市空气环境质量处于 3 级和超 3 级标准。据联合国环境规划署测算，全球十大污染最严重的城市中，我国就占了 7 个（十大污染城市依次为：太原、米兰、北京、乌鲁木齐、墨西哥城、兰州、重庆、济南、石家庄、德黑兰）。

80 年代以后，全国汽车保有量年增长率保持在 13%，特别是一些大型和特大型城市如北京、广州、上海等市机动车数量增长远远高于全国平均水平。到 1996 年，全国汽车保有量已超过 1100 万辆，比 1990 年增加 470 万辆。汽车排放的氮氧化物、一氧化碳和碳氢化合物总量逐年上升。由于城市人口密集，交通运输量大，机动车排气污染在城市中所占比例也不断上升。

第二节　环境空气质量监测与分析方法

我国的环境空气污染监测是以城市为主体，全国环保系统目前已经有 1800 多个市、县级监测站开展城市空气质量监测工作。1995 年，在我国 640 个城市中有 333 个城市能够提供空气质量监测数据，有 278 个监测站能提供酸雨监测数据。20

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

世纪90年代以来通过二次优化，组建了由103个城市环境监测站组成的国控大气监测网和113个测站的国控酸雨网。（见图2-1、图2-2）。

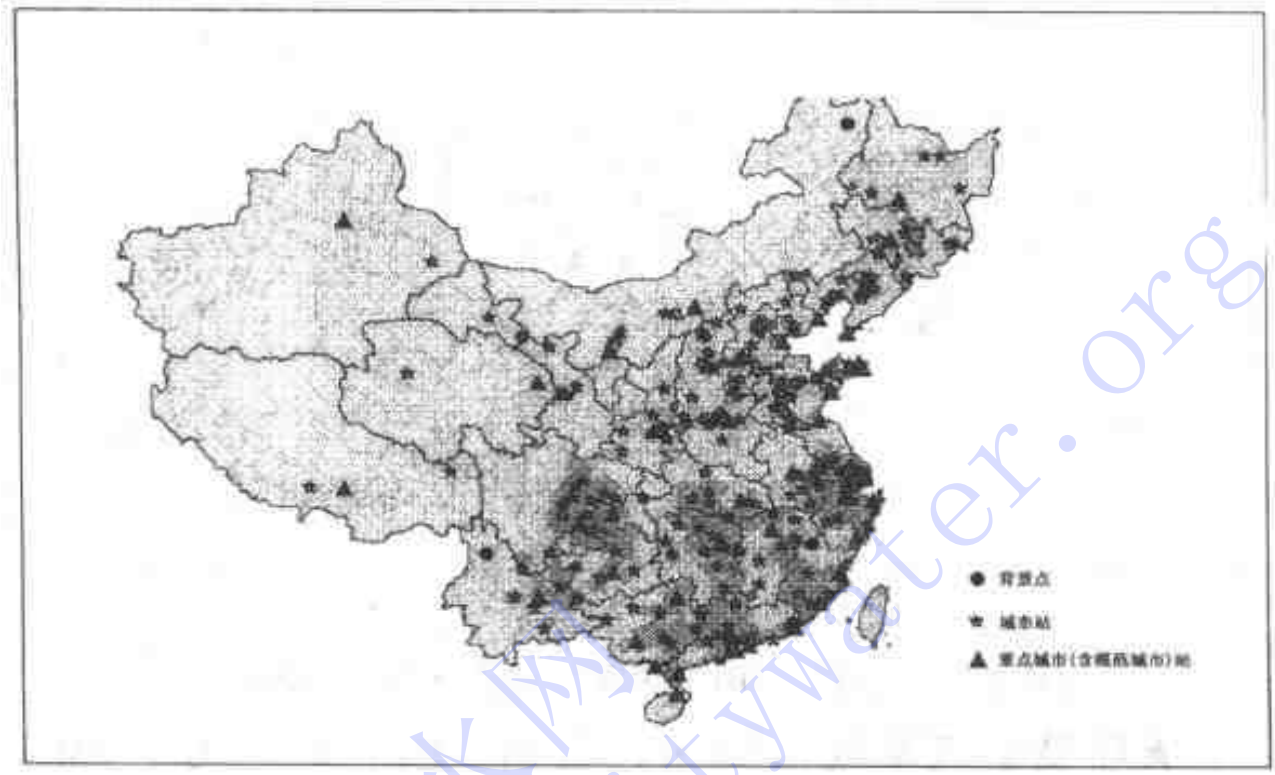


图 2-1 国家环境空气质量监测网测站分布图（1998）

一、环境空气质量监测的主要任务

（1）为环境管理部门提供及时、有代表性、可靠、准确的环境空气质量和酸雨监测数据；并利用监测数据分析评价全国环境空气质量和酸雨现状及发展趋势。

从监测项目上看有如下发展变化：

★环境空气常规监测项目为：SO_2、NO_x、TSP

★酸雨监测常规项目为：pH、降水量、电导率、SO_4^{2-}、NO_3^-、Cl^-、NH_4^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、K^+、Na^+

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

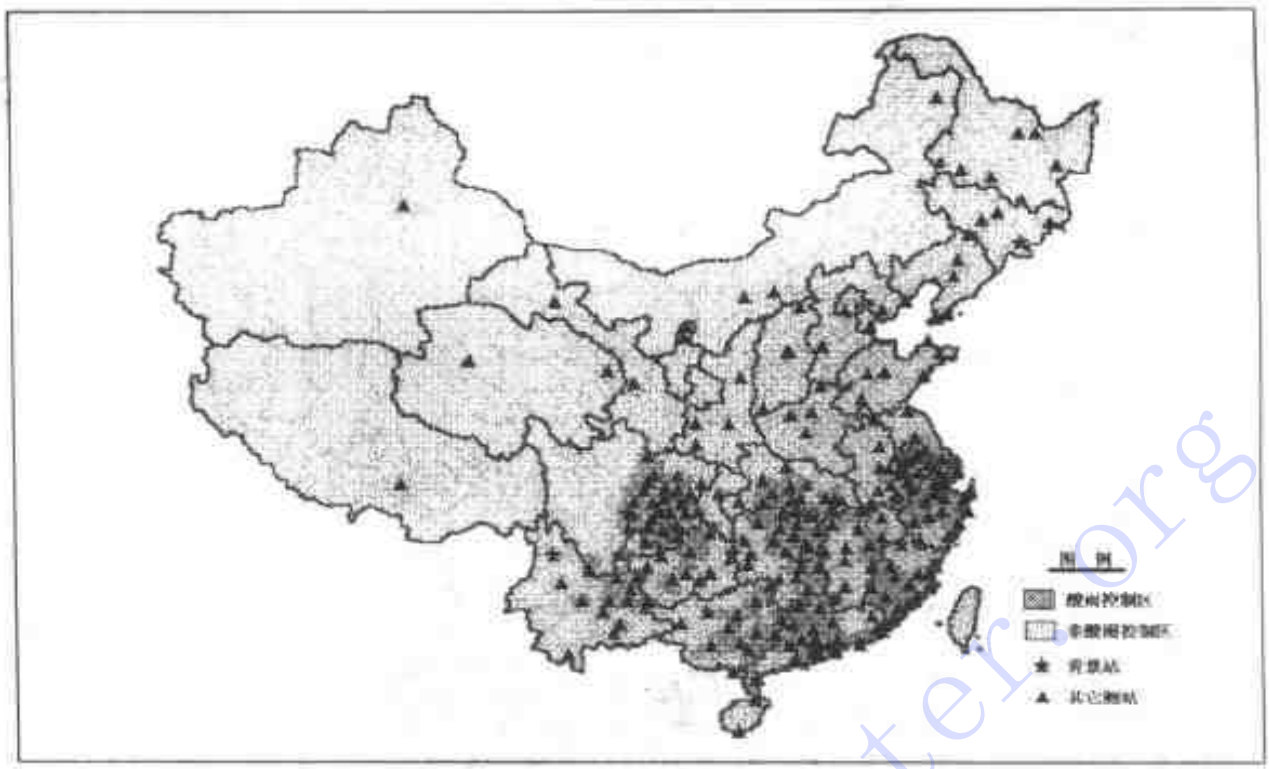


图 2-2 《国家酸雨监测网》测站分布图（1998）

★环境空气常规监测项目增加：O_3、CO、NO_2、PM_{10}、Pb、B[a]P

★环境空气常规监测项目减少：NO_x、TSP

★酸雨监测项目增加：有机酸成分

★环境空气监测增加项目：有机成分、温室效应气体成分

从监测区域上看有以下发展变化：

★监测结果应反映出全国重点城市的环境空气质量状况

★监测结果应反映出全国所有城市的环境空气质量状况

★监测结果应反映出全国所有区域的环境空气质量状况

从监测时间频次上看有如下变化：

★监测结果应反映出每季度平均的环境空气质量状况

★监测结果应反映出每周平均的环境空气质量状况

★监测结果应反映出每日平均的环境空气质量状况

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

★监测结果应反映出每日内的环境空气质量状况变化

（2）为环境管理部门提供及时、可靠、准确的大气污染源排放与治理情况数据，其发展阶段为：

★监测结果应反映出重点大气点源每年平均的排污状况

★监测结果应反映出重点大气点源实时的排污状况

★监测结果应反映出大气污染源（含点、面、线源）在所需要时刻的排污状况。

（3）分析大气污染源排放与环境空气质量及酸雨状况间的关系，对未来的环境空气质量及酸雨状况进行预警、预报。

（4）为环境管理部门提供改善环境空气质量及酸雨状况所需要采取的污染源控制措施。确定大气污染事故中污染物的种类和来源、影响区域和浓度范围。

（5）对大气污染事故进行调查监测：确定大气污染事故中污染物的种类和来源、影响区域和浓度范围。

（6）特殊区域的调查性监测：确定大气中污染物的种类和来源、浓度范围。

国家环境空气质量监测网络共设置城市测站 202 个，其中骨干站（47 个重点城市及 1998 年度 6 个模范城市）53 个，基本站 149 个。

二、环境空气监测分析方法（参见表 2-1）

表 2-1 环境空气质量监测分析方法表

监测项目	分析方法	方法来源
二氧化硫	(1) 甲醛吸收副玫瑰苯胺分光光度法	GB/T15262-94
	(2) 四氯盐副玫瑰苯胺分光光度法	GB8970-88
	(3) 紫外荧光法	ISO/CD10498
总悬浮颗粒物	重量法	GB/T15432-95

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

续表

监测项目	分析方法	方法来源
可吸入颗粒物	重量法	GB6921-86
氮氧化物（以 NO_2 计）	(1) Saltzman 法	GB/T15436-95
	(2) 化学发光法	ISO7996
二氧化氮	(1) Saltzman 法	GB/T15435-95
	(2) 化学发光法	ISO7996
臭氧	(1) 靛蓝二磺酸纳分光光度法	GB/T15437-95
	(2) 紫外光度法	GB/T15438-95
	(3) 化学发光法	ISO10313
一氧化碳	非分散红外法	GB9801-88
苯并［a］芘	(1) 乙酰化滤纸层析-荧光分光光度法	GB9871-88
	(2) 高效液相色谱法	GB/T15439-95
铅	火焰原子吸收分光光度法	GB/T15264-94
氟化物（以 F 计）	(1) 滤膜氟离子选择电极法	GB/T15434-95
	(2) 石灰滤纸氟离子选择电极法	GB/T15433-95

第三节　国家环境空气质量监测网站仪器装备

一、采样设备

(1) 地面自动采样系统；

(2) 24 小时连续采样系统；

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

·大气采样器
·大流量（中流量）采样器
·大流量（中流量）孔口流量计
·U 型管压差计

二、实验室分析设备

·分光光度计
·红外分析仪（CO）
·原子吸收分光光度计（pb）
·紫外臭氧分析仪
·荧光分光光度计（BaP）
·紫外分析仪（BaP）
·氟离子选择电极

第四节　环境空气质量标准

环境空气质量标准是对环境空气中的各种污染物最高允许浓度的法定限制。制定环境空气质量标准的目的是为保护公众健康、自然生态、及公众福利（如能见度、建筑物和动植物等）不受空气中污染物的影响。许多国家根据其空气污染的实际状况和环境管理水平，规定了几种主要污染物的浓度限值。通常，环境空气质量标准的内容包括污染物名称、浓度限值和相应的取值时间。

制定环境空气质量标准的主要依据是环境空气质量基准，所谓环境质量基准是根据空气中的污染物对人体健康、生态平衡、保护动植物、材料和建筑物等方面的影响，以观测和实验

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

资料科学地推导出来的，不以治理水平、经济能力为转移。此外，环境空气质量标准的制定也要考虑各种污染物在环境空气中的天然本底浓度、国家的经济和技术能力等因素。环境空气质量标准同时又是控制环境污染、评价环境质量、制定国家和地方大气污染物排放标准的依据。

目前，许多国家和地区已经制定了环境空气质量标准，其中一些国家甚至已将其环境空气质量标准修订多次。

我国环境空气质量标准最早可上朔到1979年由卫生部等5部委联合颁发的《工业企业设计卫生标准 TJ 36-79》。在该标准第十二条中，规定了居住区大气中一氧化碳等34种有害物质的最高允许浓度。该标准中的最高允许浓度分别按一次、日平均的时间周期规定。虽然该标准是针对于工业企业设计而规定，不是严格的环境空气质量标准，但该标准是我国国家标准中第一次规定了大气中有害物质的最高允许浓度。

1982年，根据《中华人民共和国环境保护法（试行）》的规定，国务院环境保护领导小组办公室颁布了《大气环境质量标准 GB3095-82》。该标准是我国第一次正式颁布的环境空气质量标准。该标准将大气环境质量分标准为3级，并针对总悬浮微粒等6种污染物分别按不同的取值时间规定了3级标准的浓度限值。同时，该标准中还规定了大气环境质量区划分及其执行标准的级别、监测方法等内容。

根据《中华人民共和国大气污染防治法》及国家标准化工作程序的规定，国家环保局委托中国环境监测总站对原《大气环境质量标准 GB3095-82》进行了修订，并于1996年1月18日颁布了修订后的《环境空气质量标准（GB3095-1996）》。1996年10月1日起已在全国实施，代替GB3095-82。环境空气质量标准（GB3095-1996）》中规定了二氧化硫（SO_2）、总悬浮颗粒物（TSP）、可吸入颗粒物（PM_{10}）、氮氧化物（NO_x）、二

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

氧化氮（NO_2）、臭氧（O_3）、一氧化碳（CO）、铅（Pb）、苯并（a）芘（BaP）、及氟化物等10项污染物在三个标准级别中对应于不同取值时间的浓度限值。我国现行的环境空气质量标准（见表2-2）分为三级：

表 2-2 环境空气质量标准（GB3095—1996）

污染物名称	取值时间	浓度限值			浓度单位
		一级标准	二级标准	三级标准	
二氧化硫 SO_2	年平均	0.02	0.06	0.10	
	日平均	0.05	0.15	0.25	
	1小时平均	0.15	0.50	0.70	
总悬浮颗粒物 TSP	年平均	0.08	0.20	0.30	
	日平均	0.12	0.30	0.50	
可吸入颗粒物 PM_{10}	年平均	0.04	0.10	0.15	
	日平均	0.05	0.15	0.25	
二氧化氮 NO_2	年平均	0.04	0.08	0.08	
	日平均	0.08	0.12	0.12	
	1小时平均	0.12	0.24	0.24	毫克/米^3（标准状态）
一氧化碳 CO	日平均	4.00	6.00	6.00	
	1小时平均	10.00	10.00	20.00	微克/米^3（标准状态）
臭氧 O_3	1小时平均	0.16	0.20	0.20	
铅 pb	年平均	1.00			
	季平均	1.50			
苯并［a］芘 B［a］P	日平均	0.01			
氟化物 F	日平均	7①			
	1小时平均	20①			
	生长季平均	1.2②	2.0③		微克/（平方分米·日）
	月平均	1.8②	3.0③		

注：①适用于城市地区；②适用于牧业区和以牧业区为主的半农半牧区，蚕桑区；③适用于农业和林业区。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

一级标准：在长期接触情况下，不发生任何危害影响的空气质量要求。

二级标准：在长期和短期情况下，不发生伤害的空气质量要求。

三级标准：不发生急、慢性中毒和城市一般动、植物（敏感者除外）正常生长的空气质量要求。

通常执行国家一级标准的为国家规定的自然保护区、风景游览区、名胜古迹和疗养地等。

执行国家二级标准的为城市规划中规定的居民区、商业交通居民混合区、文化区、名胜古迹和广大农村等。

执行国家三级标准的为大气污染程度比较重的城镇和工业区以及城市交通枢纽、干线等。

第五节　城市空气质量周报、日报与污染预报

大气酸化（或酸雨），对流层臭氧增加和平流层臭氧减少所引起的全球化学系统的改变，大面积森林毁坏和荒漠化引起的生态环境不平衡，温室气体积累造成的气候变化是21世纪人类面临的四大环境问题。它们不但关系到人类基本生活条件比如食品，水及能源的维持，而且也涉及到土地资源最终能承受多少人口的重大战略决策问题。虽然这四类问题相当复杂，对生态环境影响程度及应采取的措施也不完全相同，但它们都与污染物质的来源、形成、演变及生态效应有关。

目前，我国经济正处在高速发展期，如能源、交通（特别是城市汽车尾气）规模的扩大、城市人口的膨胀、大型工业开

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

发区的发展等造成的大气污染已不再是一个工厂范围的局部污染问题，环境污染物排放总量不断增加，污染范围继续扩大，以颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等为主要污染物的大气环境污染问题日趋严重，对资源、环境的巨大冲击日益威胁着可持续发展的基础。在这种情况下，为更好地反映环境污染变化趋势，为环境管理决策提供及时、准确、全面的环境质量信息，为使我国大气环境预测、预报工作与国际接轨，加大环境污染控制力度，预防严重污染事件发生，同时为使环境保护工作更好地接受广大人民群众的监督，开展城市空气质量报告及空气污染预报工作是十分必要的。进行空气污染预报方法的研究，建立适合于我国城市空气污染特点的预报模式系统及其高时空分辨率的监测站网，是开展空气污染预报的理论基础和技术准备。

从20世纪60年代起，随着大气污染防治和研究的开展，人们迫切需要了解空气污染的影响及变化趋势，空气污染的预报应运而生。较早开展空气污染预报研究的美国，于1976年公布了全国统一的污染物标准指数（PSI），供各级空气污染防治机构采用，通过报纸、电视等公共媒体向公众发布空气污染状况和预报结果，并提醒人们在PSI达到一定值后应采取的相应措施，以保护身体健康。

近十多年来，许多国家和地区按照各自环境保护法规的要求和规定，相继开展了空气污染警报和污染预报工作，它已成为空气监测网络的主要任务之一。通过建立实时动态监测系统，可发布空气污染警报并进行污染预报、及时为污染物排放控制提供技术支持。例如德国国家和地方空气监测网络，通过计算机系统迅速地与其他监测站及网络中心交换数据，取得各监测站的监测结果以及相邻网络提供的空气污染跨越边境的信息，结合气象预报系统，提供污染的早期预警和预报，并可协

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

同联邦环保机构采取污染源调控措施，减少污染事件（冬季 SO_2 污染，夏季 O_3 污染）的发生。目前为监控更大尺度光化学烟雾的形成，西欧各国正在加强联合监测网络，并将其扩大到整个欧洲。

一、空气污染指标及标准

API 是间接表征空气污染程度的一种方法，其特点是综合、简便、直观，适用于描述城市短时间内空气质量状况及污染程度，因此，在国内外环境质量综合评价中被普遍采用。

大气质量标准是制定 API 的出发点，我国采用现行的空气质量标准 GB：3095—1996，它是污染区的划分、污染控制措施的实施、污染对生态环境（含人）影响的经济损益分析、各类区域环境污染现状的评价和对策等的法律依据。

由于各国经济发展阶段和水平的不同，在制定国家空气质量标准时，对污染物浓度的限值也不同。根据主要污染物的浓度及（可能）持续时间，划分污染警报的级别，以用于污染现状警报及短时效预报，是非常有效的方法，日本几个大城市的污染警报即属于此类形式（表 2-3）。

将污染物的浓度与相应的环境空气质量标准值比较，用线性方法分段计算各种污染物的污染分指数，取所有污染物分指数中最高者代表当地的 API 值。各国和地区计入 API 的项目不同，美国有 SO_2、NO_x、CO、O_3、PM_{10} 等，香港对同一项目采取不同时段分别计算，如 CO 有 8 小时和 24 小时均值，这样计入 API 的指标共有八项（表 2-4）。各国和地区 API 取值范围和分级也不尽相同，美国采用 PSI500 系列，分七级；台湾省采用 API300 系列，分五级（表 2-5）。

在确定 API 分级时，各级污染指数所对应的浓度限值必须与各国的空气质量标准相对应，才能使 API 与本国空气质量标

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

表 2-3 日本空气污染警报限值（ppm）

污染物		S_2	CO	TSP	NO_2	氧化剂
环境标准		日均值 0.04 小时值 0.1	日均值 10 8 小时值 20	日均值 0.10mg/m³ 小时值 0.20mg/m³ 小时值	日均值 0.04 ~ 0.06	小时值 0.06
警报限值	一般警报	小时值 > 0.2（持续 3 时）；小时值 > 0.3（持续 2 小时）；48 小时均值 > 0.15	小时值 > 30	小时值 > 2.0mg/m³（持续 2 小时）	小时值 > 0.5	小时 > 0.12
	紧急警报	小时值 > 0.5（持续 3 小时）；小时值 > 0.7（持续 2 小时）	小时值 > 30	小时值 > 3.0 mg/m³（持续 3 小时）	小时值 > 1	小时 > 0.4

表 2-4 香港 API 浓度限值（mg/m³）

物质	TSP	SO_2		NO_2		CO		O
时间(小时)	24	24	1	24	1	8	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0.080	0.08	0.40	0.080	0.15	5	15	0.12
100	0.260	0.35	0.80	0.150	0.30	10	30	0.24
200	0.375	0.80	1.60	0.280	1.13	17	60	0.40
300	0.625	1.60	2.40	0.565	2.26	34	90	0.80
400	0.875	2.10	3.20	0.750	3.00	46	120	1.00
500	1.000	2.62	4.00	0.940	3.75	57	150	1.20

中国城镇水网 www.Chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

表 2-5 台湾省 API 分级

API	0～50	51～100	101～199	200～299	>299
污染水平	良好	普通	不良	非常不良	有害

表 2-6 空气质量日报 API 分级浓度限值

污染指数	污染物浓度（mg/m^3）				
API	SO_2（日均值）	NO_2（日均值）	PM_{10}（日均值）	CO（小时均值）	O_3（小时均值）
50	0.050	0.080	0.050	5	0.120
100	0.150	0.120	0.150	10	0.200
200	0.800	0.280	0.350	60	0.400
300	1.600	0.565	0.420	90	0.800
400	2.100	0.750	0.500	120	1.000
500	2.620	0.940	0.600	150	1.200

准相衔接，否则，在评价城市空气质量时就没有执行本国的空气质量标准。

根据国家空气质量标准的有关规定及我国目前城市开展空气质量例行监测项目的实际情况，在选取表征城市空气质量状况的项目时，只采用了 SO_2、PM_{10}和 NO_2 三项污染指标。为此，我国城市空气质量预报的 API 分级标准如表 2-6 所示。

从表 2-6 可看出，API 的范围从 0 到 500，其中 50、100、200 分别对应于我国空气质量标准中日均值一、二、三级标准的污染物浓度限值，而 API300、400、500 所对应的各污染物浓度限值是借鉴香港同级 API 对应的污染物浓度值（见表 2-2）。

我国 API 分为五级，每一级对应的污染物浓度值及其对人

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

体健康影响是不同的（见表 2-7）。

从表 2-7 可看出，当 API 超过 200 点时，就属中度污染，长期接触可对健康人群构成威胁，500 点则是对人体健康产生明显危害的污染水平。

设 C 为污染物的浓度，则 API 可使用以下关系导出：

$$API = (API_M - API_L)(C - C_L)/(C_M - C_L) + API_L$$

式中 C_M 与 C_L 是在）API 分级限值表 2-4 中最接近 C 的两个值，C_M 为大于 C 的浓度限值 C_L 为小于 C 的浓度限值。API_M 与

表 2-7　API、质量级别及人体健康影响

API	空气质量级别	空气质量状况	对健康的影响	对应空气质量的适用范围
0～50	Ⅰ	优	可正常活动	自然保护区、风景名胜区和其他需要特殊保护的地区
51～100	Ⅱ	良好	可正常活动	为城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农村地区
101～200	Ⅲ	轻度污染	长期接触，易感的人症状有轻度加剧，健康人群出现刺激症状	特定工业区
201～300	Ⅳ	中度污染	接触一定时间后，心脏病和肺病患者症状显著加剧，运动耐受力降低，健康人群中普遍出现症状	

中国城镇水网 www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

续表

API	空气质量级别	空气质量状况	对健康的影响	对应空气质量的适用范围
300～500	Ⅴ	重度污染	健康人除出现较强烈症状，运动耐受力降低外，长期接触会提前出现某些疾病	
>500			病人和老年人可能提前死亡，健康人群出现不良症状，影响正常活动	

API_L 是有 API 分级限值表 2-6 中最接近 API 的两个值，API_M 为大于 API 的值，API_L 为小于 API 的值。

二、空气污染预报

按预报模式性能的不同，可分为潜势预报、统计模式和数值模式预报三类。按照污染预报的要素不同，可分为污染潜势预报和空气污染浓度预报，统计方法和数值模式方法都属于浓度预报。如果采用数值预报模式和统计预报模式两种方法相结合，则有利于预报结果的对比和验证。此外，尚有一种模拟和预测方法，即流体力学物理模拟，原则上讲，它也可以用来预报污染物浓度的时空分布。

潜势预报是大气污染气象条件的预报。它研究的是造成不同程度大气污染时，气象条件和天气的状况及其变化。采用的基本方法一般是从各次污染事件着手，归纳总结出现污染事件时，所特有气象条件和天气状况。目前的潜势预报所采用的方法与早期的天气形势预报有相似之处，都是以天气因子的某一临界值为预报依据。最通用的潜势预报指标一般有风速、温度

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

梯度、混合层高度、气压场配置和能见度指标。它们可组成一些综合指标，象通风系数，滞留区域、污染综合临界系数等。

数值模式是用数值计算方法直接求解物质守恒方程，或者求解在各种近似条件下简化形式的物质守恒方程，以求得污染物浓度在环境介质中与界面上交换特征及其分布规律。通常取不同的湍流闭合方案建立各种类型的数值模式，并以网格形式实施，适用于非定常和非均匀流场、大范围、大量排放源、大量线性和非线性的化学反应、干湿沉积和其他迁移与清除过程、生物效应等的处理。这种方法难度大、工作量大、花费的计算时间长，对技术人员要求高。但考虑的因素全面，模拟动态的实际过程，科学性强，能作出准确率较高的污染物浓度时空预报，并能填补资料窗，因此是空气污染预报的发展方向。

大气污染统计预报是在一特定的区域或城市，首先需要多年同时间的气象与污染物浓度分布资料，分析多年的天气变化规律，找出若干种天气类型，然后分析各种天气类型的典型参数，将这些参数与相对应的环境质量实测数据建立起各种定量或半定量关系，最后根据这些关系作定量或半定量的空气污染浓度预报。经验统计模式的不足之处在于它假定预报区域内的污染源排放是平稳的，浓度与污染源不发生直接联系，空气污染的轻重主要受气象条件制约。而这假定只符合短时期均匀流场的实际。其优点在于方法简便、难度小、对技术人员要求不高，易普及，因此在平原地区的城市有广泛的应用前景。

（佟彦超）

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第三章　水质环境监测

水是人类赖以生存的主要物质基础，水的质量对人类的生存活动至关重要。人类以其生产、生活活动中所需要的各种用水（如饮用水、食品工业用水、农田灌溉用水等）、产生的各类污废水（如生活污水、工业废水等）以及天然水体（如江、湖、海、水库、地下水等）为主要水质监测对象，获得水质信息，为水资源评价、规划及水环境科学研究提供基本资料，为控制水污染、保护人体健康、保护水资源和改善水环境质量提供决策依据。

第一节　日益紧缺的水资源

水是地球上分布最广的物质，它几乎占据着地球表面的3/4，地球上水的总量约有14亿立方公里，应该说是十分丰富的，但是生活在这个“水球”上的人类越来越感到水资源的紧缺。为什么呢？主要原因可以概括为三点，其一是地球上的水有97%以上分布在海洋中，这些含有大量矿物盐类的“咸水”是人类不宜直接使用的，而仅占总水量2.8%的淡水又大部分以两极地的冰盖、冰川和深度在750米以上的地下水形式存在，使人类很难使用。可供人类经常可用的水量，也就是我们通常所说的“水资源”，仅是河流、湖泊等地表水和地下水的一部分，只占总水量的0.3%左右，并不丰富。其二是随着人

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

口的增长、人们生活水平的提高和工农业以及城市建设的迅速发展，对淡水的需求量急剧增长。近年来世界总需水量平均每年递增5%～6%，每过15年淡水消耗量就要增长一倍，有些国家每过10年就要增长一倍。其三是人类生产生活产生的大量污废水中，含有大量的污染物质，而且相当多的没经过合理处理而直接排入附近水体，造成对有限水资源的严重污染，降低了水体的水质和使用价值，影响了人类对水的再利用。

当前，水资源紧缺已影响到人类的生活和经济发展，防止水污染、保护水资源已成为各国政府和人民共同关心的世界性重大环境问题和急待解决的社会问题。为提醒全世界对水资源的重视，第47届联合国大会将每年的3月22日确定为“世界水日”。

第二节　不可忽视的水污染

一、水体污染

水体系河流、湖泊、沼泽、水库、地下水、冰川和海洋等“贮水体”的总称。在环境科学领域中，水体不仅包括水，而且也包括水中的悬浮物、底泥及水中生物等，因为它们的存在和性质也直接影响水的质量，它们会随着水流而迁移，成为水体中一个长期的次生污染源，扩大污染面，对整个水体构成污染。

自然环境包括水环境对污染物质都具有一定的承受能力，这就是所谓的环境容量。水体能够在其环境容量范围以内，经过水体的物理、化学和生物的作用，使排入的污染物质的浓度和毒性随着时间的推移在向下游流动的过程中自然降低，这就是所谓的水体自净作用。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

水体污染是指排入水体的污染物在数量上超过了该物质在水体中的本底含量和水体的环境容量，从而导致水体化学、物理、生物或放射性等方面特征的改变，从而影响水的有效利用、危害人体健康和破坏生态环境，造成水质恶化的现象。

二、水体中污染物的来源及种类

造成水体污染的原因是多方面的，其中以未经过妥善处理的工业废水和城市生活污水排入水体为主；其次还有农业污水及地面污染物、固体废弃物等被雨水冲刷而流进水体的污水，此外还有各种油类污染物，以及大气中通过重力沉降或降水过程而进入水体的污染物等。

根据污染物质的种类和性质，可将对水体的污染分成三大类，即通过物理作用、引起水体水温、浑浊度、色度、放射性等物理性质发生变化的物理性污染，引起水体中所含酸、碱、无机盐类、有机物质等化学特征变化的化学性污染，以及由于引入细菌、病毒、寄生虫等引起的生物性污染。

水体污染物按化学组成和性质可分为无机无毒污染物、无机有毒污染物、有机无毒污染物和有机有毒污染物四大类。严格地说，污水中的污染物质没有绝对无毒害作用的，一般将那些对人体健康直接造成毒害作用的称为有毒物质，如氰化物、一些重金属、多氯联苯等。

无机无毒污染物主要包括：悬浮物、酸、碱、无机盐类以及氮、磷等植物营养物质。

无机有毒污染物主要包括进入人体后毒性急性发作和毒性作用慢、在人体内长期富集和沉积、达到一定浓度后才显示症状两类。包括氰化物、汞镉铬铅等重金属以及砷化物等。

有机无毒污染物多属于碳水化合物、蛋白质、脂肪等自然生成的有机物，它们易于生物降解，即在微生物的作用下向稳

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

定的无机物转化。一般情况下，进行的都是好氧微生物起作用的好氧转化，由于好氧微生物的呼吸要消耗水中的溶解氧，因此这类物质的污染特征是耗氧，故亦称需氧污染物或耗氧污染物。当水体中有机物浓度过高时，微生物消耗大量的氧，往往会使水体中溶解氧浓度急剧下降，甚至耗尽，危害鱼类及其它水生生物。

有机有毒污染物多属于人工合成的有机物质，它们大都比较稳定，不易被微生物降解，其半衰期可达十几年甚至几十年，故又有难降解有机污染物之称。研究表明，有机有毒物对人类健康都有危害，其中危害最大的是有机氯化合物和多环有机化合物两类，如多氯联苯有较强的致癌作用。

水体污染是造成水资源紧缺的重要原因，防止水污染已成为环境保护工作中的重要组成部分。

第三节 水质环境监测

一、水质监测的目的

水是宝贵的自然资源，是地球上一切生命赖以生存的基础，也是人类生活和生产中不可缺少的基本物质之一。水质的优劣对人类的生存活动致关重要，因此有必要对水质进行连续检验。水质监测就是人类了解水质的重要检验手段。水质监测在水环境保护中具有重要作用，水质监测是运用科学技术方法定量地测定水环境污染因子及其它有害于人体健康的水环境变化，分析其环境影响过程与程度的科学活动。随着人们对环境质量要求的提高及环境科学的深入和发展、环境监测手段的进步和改善、指标的完善和提高、科学性的增强、信息网的发展，水质监测在环境保护中的作用将日益加强，实现其及时、

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

准确、全面反映水环境质量和污染源现状及发展趋势和为环境管理、规划、污染防治提供依据的宗旨。

通过水质监测，可以达到如下目的：

（1）对进入江、河、湖泊、水库、海洋等地表水的污染物质及渗透到地下水中的污染物质进行经常性的监测，以掌握水质现状及其发展趋势。

（2）对生产过程、生活设施及其它排放源排放的各类废水进行监视性监测，为污染源管理提供依据。

（3）对水环境污染事故进行应急监测，为分析判断事故原因、危害及采取对策提供依据。

（4）为国家政府部门制定环境保护法规、标准和规划，全面开展环境保护管理工作提供有关数据和资料。为开展水环境质量评价、预测预报及进行环境科学研究提供基础数据和手段。

二、水质监测对象

水质监测按监测对象可分为环境水体监测和水污染源监测。环境水体包括地表水（江、河、湖泊、水库、海水）和地下水；水污染源包括生活污水、医院污水及各种废水。按其目的和性质又可分为监视性监测、特定目的监测和研究性监测三类。监视性监测又叫常规监测或例行监测，包括污染源监督监测和环境质量监测；特定目的监测又叫特例监测或应急监测，包括污染事故检测、仲裁监测、考核验证监测和咨询服务监测；研究性监测包括的内容很多，如污染物迁移和转化规律、对人体的危害和影响程度等。

水质监测是复杂的科学技术活动，不是测几个数据就了事的“简单劳动”，它是一个从样品收集到数据利用的完整系统。监测项目和监测作业是构成这个系统的两个主要方面。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

监测项目依据水体功能和污染源的类型不同而异，它的确定，很大程度上取决于监测目的和监测对象的污染现状和用途，一般选择环境标准中要求控制的危害大、影响范围广、并已建立可靠分析测定方法的项目，而且以有关法律为最终目标。根据这个原则，发达国家相继提出优先监测污染物，例如，美国环境保护局（EPA）在“清洁水法”中规定了129种优先监测污染物；前苏联卫生部公布了561种有机污染物在水中的极限允许浓度；我国提出了68种水环境优先监测污染物黑名单。有时也需要根据污染源的具体情况，增加某些特殊的监测项目。

我国《环境监测技术规范》中对地表水和废水等的监测项目进行了规定。例如生活污水监测项目为：COD、BOD、悬浮物、氨氮、总氮、总磷、阴离子洗涤剂、细菌总数、大肠菌群等。医院污水监测项目为：pH、色度、浑浊度、悬浮物、余氯、COD、BOD、致病菌、细菌总数、大肠菌群等。饮用水水源地的必测项目为：水温、pH、浑浊度、总硬度、OC、COD、BOD、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、挥发酚、氰化物、砷、汞、六价铬、铅、镉、氟化物、细菌总数、大肠菌群等；选测项目为：锰、铜、锌、阴离子洗涤剂、硒、石油类、有机氯农药、有机磷农药、硫酸盐、碳酸盐等。塑料工业废水监测项目为：COD、BOD、硫化物、氰化物、铅、砷、汞、石油类、有机氯、苯类、多环芳烃等。

三、水质监测的一般过程

监测作业包括站网设计、样品采集、实验室分析、数据处理、数据分析和信息利用等几个部分。它们分别涉及如下内容：

（1）站网设计：站址，采样断面，项目选择，取样频率；

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

（2）样品采集：采样点，采样技术，野外测量，样品保存，样品输送；

（3）实验室分析：分析技术，操作程序，质量控制，数据记录；

（4）数据处理：数据接收，复查和校核，存贮和检存，报告，传递；

（5）数据分析：基本的归纳统计，回归分析，水质指标．“质量控制”说明，变化过程分析；

（6）信息利用：信息要求，报告格式，操作程序，利用评价。

四、水质监测方法

在实际水质监测中，需要根据不同的监测项目和要求，确定相应的监测分析方法。监测分析方法的正确选择，也是获得准确结果的关键因素之一。选择分析方法应遵循的原则是：灵敏度能满足定量要求；方法成熟、准确；操作简便，易于普及；抗干扰能力好。根据上述原则，为了使监测数据具有可比性，各国在大量实践的基础上，对各类水体中的不同污染物质都编制了相应的分析方法。这些方法有国家标准分析方法、统一分析方法和等效方法三个层次，它们相互补充，过程完整的监测分析方法体系。

按照监测方法所依据的原理，监测方法又可分为三种：

（1）物理法：测量各种物理量，包括时间、颜色、气体、浑浊度、热、光、电、磁、放射性等，用以对环境的污染物或污染物的某些物理特性值进行监测。

（2）化学法：应用分析化学手段，采用光学、电化学、色谱等分析方法，随水体中污染物种类、含量及分布状态进行鉴别测定。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

（3）生物法：利用不同生物对水污染产生的各种反应（群落变化、种群变化、畸形、变种等），来判断水质状况。生物监测与物理法和化学法有所不同，其可反映多种污染因子的综合效应，以及水体长期污染的结果。

五、水质监测指标

水质是指水和其中所含的杂质共同表现出来的综合性质。自然界中没有绝对的纯水，污水和受纳水体的物理、化学、生物等方面的特征是通过水质指标来表示的，各种水质指标用于表示水中杂质的种类、性质和数量，是判断水质的总体衡量标准，是对水体进行监测、评价、利用以及污染治理的重要依据。

按水中杂质所表现的特征性质，水体指标可概括为物理指标、化学指标和生物指标三大类。下面是对水污染防治工作中最常用的一些水质指标的简要介绍：

1. 物理监测指标

（1）水温

水的物理化学性质与水温密切关系，水中气体（如 O_2、CO_2 等）的溶解度、水生生物和微生物活动、化学和生物化学反应速度及盐度、pH 值等都受水温变化的影响，所以水温是水质的重要指标。

水的温度因水源不同而有很大差异，一般来说，地下水温度比较稳定，通常为 8～12℃；地表水随季节和气候变化较大，大致变化范围为 0～30℃；工业废水的温度因工业类型、生产工艺不同有很大差别。

水温测量应在现场进行，测量方法较简单，关键在于测量位置和采样应具有代表性。在我国水温一般用“℃”表示。

（2）嗅味

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

清洁水应该无色无味，水产生嗅味是被污染的表征。不同的污染物会产生不同的嗅味，因而检验嗅味是评价水处理效果和追踪污染源的一种手段，是评价水质的一项重要感官指标。

嗅味的检测主要靠人的嗅觉，有定性文字描述法——用适当的词语如“无、微弱、弱、明显、强和极强”来描述，有臭强度近似定量法（即臭阈法或稀释法）——用无嗅水稀释水样直到接近无嗅味程度，用此时的稀释倍数来表示嗅的强度即臭的阈限。

（3）浑浊度（或浊度）

浑浊度是指水浑浊的程度，是水样对光线散射和吸收所产生一种光学性质，其与悬浮物质的含量、成分、粒度、形状和表面反射性能有关，其能间接反映水被污染的状况，是天然水和饮用水的重要指标。浑浊的水不只是外观差，更主要的是产生浑浊度的那些杂质中容易隐藏病源微生物，因而饮用水水质标准对浑浊度有严格的规定。

我国对浑浊度进行检测时，采用 1 升蒸馏水中含 1 毫升 SiO_2 所构成的浊度为一个标准浊度单位，简称 1 度。

（4）色泽和色度

色泽是指水的颜色种类，通常用文字描述，如深蓝色、棕黄色、浅绿色等。

色度是指水所呈现的颜色深浅程度，有颜色的水可减弱水体的透光性，影响水生生物生长。由于悬浮物对水的颜色有影响，所以水的色度分为真色和表色，真色是由于水中溶解性物质引起的颜色，也就是除去水中悬浮物后的颜色。表色是没有除去悬浮物的水样所产生的颜色。水的色度一般是指真色而言。

色度的表述依测定方法而不同，用铂钴标准比色法测定的结果以“度（°）”表述；稀释倍数法测定的结果以稀释倍数表

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

述；分光光度法可以定量测出水样的色调（以主波长表示）、亮度（以明度表示）和饱和度（以纯度表示）。

（5）电导率

纯水电导率很小，水中存在离子就会产生导电现象，电导率间接反映了水中离子的性质和浓度。

电导是电阻的倒数，电导率是指长 1 米、截面积 1 米^2 溶液的电导，单位为西［门子］/米（$S \cdot m^{-1}$或 $mS \cdot m^{-1}$）。电导率可以通过电导率仪测量。

新鲜蒸馏水的电导率为 0.5～2 微西［门子］/厘米，超纯水的电导率小于 0.10 微西［门子］/厘米，天然水的电导率为 50～500 微西［门子］/厘米，矿化水的电导率可达 500～1000 微西［门子］/厘米，含酸碱盐的工业废水的电导率往往超过 10000 微西［门子］/厘米，海水的电导率约为 30000 微西［门子］/厘米。

（6）透明度

透明度是指水样的澄清程度，其与浑浊度相反，水中悬浮物、胶体颗粒物越多，透明度越低。

（7）放射性

放射性指标用于反映水体所受放射性物质污染的程度。污染水体最危险的放射性物质有锶和铯等。用每升水样的贝可［勒尔］（Bq）数表示。具体有总 α 放射性，总 β 放射性等指标。

2. 化学监测指标

（1）pH 值

pH 值是最常用的水质指标之一，定义为：$pH = -\log[C(H^+)]$，表示水中的酸碱程度。天然水的 pH 值多在 6～9之间，饮用水要求 6.5～8.5。

pH 值的测量，粗略的用 pH 试纸，要求精确时用 pH 计。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

（2）硬度

水的硬度是指水中所含金属离子（主要是钙、镁离子）总量。硬度有暂时硬度和永久硬度之分，前者主要指碳酸氢盐，可以通过加热分解析出沉淀而消除。

我国表示硬度的单位用“度”或每升水中金属离子总量的毫克数即“mg/L”，1 度相当于每升水中含 10 毫克的 CaO 或 17.9 毫克的 $CaCO_3$。

很软水的硬度为 0～4°，软水为 4～8°，中等硬水为 8～16°，硬水为 16～30°，很硬水为 30°以上。我国生活饮用水的总硬度（以碳酸钙计）要求为 450 毫克/升，约 25°。

（3）溶解氧（DO）

溶解氧即溶解于水中的分子态氧。其来源于空气和水中生物的光合作用，水中的有机物质、无机还原物质容易被氧化而消耗溶解氧，使水中溶解氧降低，所以常用水中氧化过程消耗氧的数量来代表水中有机物质的相对数量，也就是说，水中溶解氧含量越少，受污染程度越大。

溶解氧一般以每升水中氧气的毫克数表示，一般规定水体中的溶解氧不低于 4 毫克/升，否则鱼类会死亡。

（4）化学需氧量（COD）

又称化学耗氧量，表示一定条件下用氧化剂处理水样时，所消耗的氧化剂的量，计算时折合为氧的质量浓度，以毫克/升（mg/L）表示。常用 COD 值来表示水中有机物的含量。

以重铬酸盐做氧化剂测得的化学需氧量用 COD_{Cr} 表示。

（5）生物化学需氧量（BOD）

简称为生化需氧量或生化耗氧量。表示水中的好氧微生物在分解、氧化水中有机物的生物化学过程所消耗的溶解氧量，常用单位为毫克/升（mg/L）。

微生物在分解有机物过程中，分解作用的速度和程度与温

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

度和时间有直接关系。在20℃条件下，有机物在好氧微生物的作用下降解并转化为 CO_2、H_2O、NH_3 的过程，一般需要10～20天才能完成，为了使测定的BOD值有可比性，在水质分析中，普遍采用将水样在20℃条件下培养五天后水中溶解氧消耗量作为标准方法，测定结果称为五日生化需氧量，以 BOD_5 表示。

BOD反映了水中可被微生物分解的有机物总量，是一种间接表示水被有机污染物污染程度的指标。BOD小于1毫克/升表示水体清洁，大于3～4毫克/升则表示水受到有机物污染。

我国《地表水环境质量标准》规定地表水的 BOD_5 不得高于3～10毫克/升，其中Ⅰ类水域（即源头水和国家自然保护区）要在3毫克/升以下。

（6）总需氧量（TOD）

当有机物完全被氧化时，有机物的组成元素C、H、N、S分别被氧化为 CO_2、H_2O、NO、SO_2，此时的需氧量称为总需氧量（TOD）。TOD能反映出几乎全部有机物氧化燃烧所需要的氧量，它比OC、BOD、COD更接近理论需氧量。

（7）总有机碳（TOC）

是用燃烧法测定水样中总有机碳元素量，并以此来反映水中有机物质总量是一种综合指标。其测定结果以C含量表示，单位为毫克/升（mg/L）。

（8）有毒物质

有毒物质是指对人体健康、水生生物的生长造成危害的物质。有毒物质种类繁多，其中氰化物、砷化物和重金属中的Hg、Cr、Cd、Pb等，是国际上公认的六大毒物，是重要的水质指标。一般以每升水样中的毫克数来表示其含量。

水体中重金属不能被微生物所降解，而且可能在微生物的

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

作用下转化成金属有机化合物，产生更大的毒性，并能通过生物的食物链富集，达到相当高的浓度，如淡水鱼可富集汞1000倍、镉3000倍、砷330倍、铬200倍等，因此在1～10毫克/升、对Hg及Cd来说甚至0.01～0.001毫克/升以下的微量范围即可产生毒性效应。

氰化物一次口服0.3～0.5毫克即可致死，我国饮用水标准规定其含量不得超过0.05毫克/升，农业灌溉水质标准为不大于0.5毫克/升，渔业用水不大于0.005毫克/升。

我国生活饮用水、农业灌溉水质、渔业用水标准规定，砷含量都不得大于0.05毫克/升。

3. 生物监测指标

生物指标是反映水体受生物污染程度的指标，主要包括：细菌总数、大肠杆菌数、病原菌数、病毒数等。

（1）细菌总数

细菌总数是水体被细菌污染程度的判定标志，也是对生活饮用水进行卫生学评价的重要依据。细菌总数是指1毫升水样在营养琼脂培养基中、于37℃经24小时培养后，所生长的细菌菌落总数。

（2）大肠菌群数

大肠菌群数是指每升水样中所含有的大肠菌群的数目。

第四节　水质标准

为了保护和开发、利用水资源，就必须制订用于评价水质优劣的指标体系，并根据水资源的不同使用功能，进一步组合相关的水质指标，制订各种用于评价具体水体是否达到标准要求的水质标准。

就我国环境标准体系而言，环境标准分为环境质量标准、

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

污染物排放标准、环境方法标准、环境基础标准、环境标准物质标准以及环境其他标准等。不同用途的水，均应满足一定的水质要求，这就是水环境质量标准；为了防止水污染、保证水体质量，政府制定了污水排放标准，限定了污水中污染物的最高容许排放浓度；水环境方法标准规定了水质检验时应遵循的标准方法。

水质不是一个绝对的概念，如某水质不符合饮用水的标准，但可能符合农业或工业用水的标准，因此水体标准应与其用途联系在一起。

目前我国已颁布的国家环境标准中，有将近一半是关于水的标准。其中水环境质量标准和污水排放标准主要包括：

（1）《地表水环境质量标准》（GHZB1-1999）；

（2）《海水水质标准》（GB3097-1997）；

（3）《生活饮用水卫生标准》（GB5749-1986）；

（4）《景观娱乐用水水质标准》（GB12941-1991）；

（5）《渔业水质标准》（GB11607-1989）；

（6）《农田灌溉水质标准》（GB5084-1992）；

（7）《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）；

（8）《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；

（9）《造纸工业水污染物排放标准》（GWPB2-1999）；

（10）《纺织染整工业水污染物排放标准》（GB4287-1992）；

（11）《钢铁工业水污染物排放标准》（GB13456-1992）；

（11）《黑色冶金工业水污染物排放标准》（GB4275-1984）；

（12）《肉类加工工业水污染物排放标准》（GB13457-1992）；

（13）《兵器工业水污染物排放标准》（GB14470-1993）；

（14）《船舶污染物排放标准》（GB3552-1983）；

（15）《船舶工业污染物排放标准》（GB4286-1984）。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

各类标准是环境监测、环保设施设计及检验、评价水质的依据。如生活饮用水卫生标准是为了保证水质适合生活饮用，它与人体健康有直接关系。饮用水包括自来水、井水和深井水等。《生活饮用水卫生标准》规定，生活饮用水质，不应超过规定的限量。

（夏　欣）

中国城镇水网
www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第四章　海洋环境监测

蔚蓝色的海洋是地球最重要的组成部分，它是地球生命的摇篮和所有生物生存的基础，是人类未来的希望和生存的第二空间，可持续发展的重要物质基础。保护海洋环境，实现可持续发展是人类共同的呼唤。

第一节　认识海洋

一、海与洋

人类生活的地球表面总面积约 5.1×10^8 平方公里，可简单地划分为陆地和海洋。其中海洋所占面积为 3.61×10^8 平方公里，占地球表面总面积的 70.8%。海陆面积之比为 2.5:1。

地球上的海洋是相互连通的，构成同一的世界海洋。根据海洋要素特点及形态特征，可将其分为主要部分和附属部分（图 4-1）。

我们把主要部分称为“洋”或称“大洋”。它一般远离大陆，约占海洋总面积的 90.3%，大洋深度一般大于 2 000 米，海水的盐度、温度等水文要素不受大陆影响，且年变化小。世界的大洋在地理上通常被分为大平洋、大西洋、印度洋和北冰

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

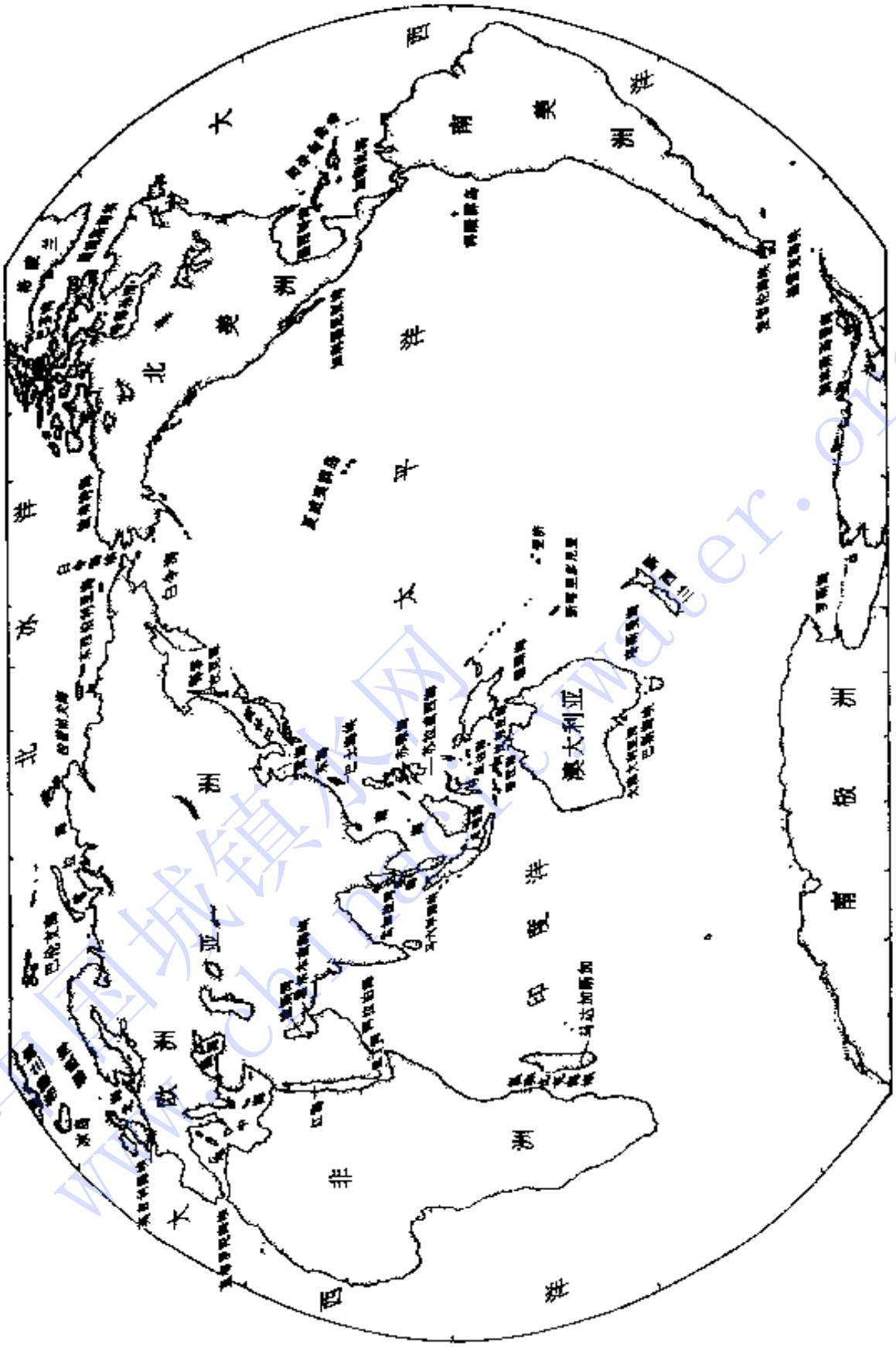


图 4-1 全球海陆分布及海洋的划分

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

洋四大部分，各大洋的面积、容积和深度如表 4-1 所示。

表 4-1 世界各大洋的面积、容积和深度

名称	包括附属海					
	面积		容积		深度/m	
	10^6km^2	%	10^6km^3	%	平均	最大
大平洋	179.679	49.8	723.699	52.8	4 028	11 034
大西洋	93.363	25.9	337.699	24.6	3 627	9 218
印度洋	74.917	20.7	291.945	21.3	3 897	7 450
北冰洋	13.100	3.6	16.980	1.3	1 296	5 449
世界海洋	361.059	100	1 370.323	100	3 795	11 034
名称	不含附属海					
	面积		容积		深度/m	
	10^6km^2	%	10^6km^3	%	平均	最大
太平洋	165.246	45.8	707.555	51.6	4 282	11 034
大西洋	82.422	22.8	323.613	23.6	3 925	9 218
印度洋	73.443	20.3	291.030	21.3	3 963	7 450
北冰洋	5.030	1.4	10.970	0.8	2 179	5 449
世界海洋	3 260.141	90.3	1 333.168	97.3		11 034

注：（资料来源：1. 中国地图出版社，世界地图集，1995；2. Reader's Digest Atlas of the World，1991。）

太平洋、大西洋和印度洋靠近南极洲的那一片连在一起的水域，在海洋学上具有特殊的意义。因此，从海洋学（而不是从地理学）的角度，一般把这片水域称为“南大洋”或南极海域。联合国教科文组织（UNESCO）下属的政府间海洋学委员会（IOC）在1970 年将南大洋定义为“从南极大陆到南纬 40℃ 为止的海域，或从南极大陆起，到亚热带辐合线明显时的连续海域。”

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

海洋的附属部分可分为海、海湾和海峡。海是海洋的边缘部分，据国际水道测量局的资料，全世界共有 54 个海。海的深度较浅，海洋要素受大陆影响较大，并有明显的季节变化。按照海所处的位置可将其分为陆间海、内海和边缘海。陆间海是指位于大陆之间的海，面积和深度都较大，如地中海和加勒比海；内海是深入大陆内部的海，面积较小，其水文要素受周围大陆的强烈影响，如渤海和波罗的海；边缘海位于大陆边缘，以半岛、岛屿或群岛与大洋分隔，但水流交换通畅，如东海和日本海。真正的海都直接或通过水道与洋或其他海相通。有些在名称习惯上叫海的水域，如里海、死海、咸海等，并不符合上述概念，因此严格上它们属于“咸水湖”。

海湾是洋或海延伸进大陆且深度逐渐减小的水域，一般以入口处的海角之间的连线或入口处的等深线作为与洋或海的分界。值得一提的是，由于历史上形成的习惯叫法，有些海和海湾的名称被混淆了，有的海叫成了湾，如波斯湾、墨西哥湾等；有的湾则被称作海，如阿拉伯海。表 4-2 列出了世界上主要的海和海湾。

表 4-2　世界主要的海和海湾

洋	海或海湾	面积/$10^4 km^2$	容积/$10^4 km^3$	深度/m	
				平均	最大
太平洋	白令海	230.4	368.3	1 598	4 115
	鄂霍次克海	159.0	136.5	777	3 372
	日本海	101.0	171.3	1 752	4 036
	黄海	40.0	1.7	44	140
	东海	77.0	285.0	370	2 717
	南海	360.0	424.2	1 212	5 517

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

续表

洋	海或海湾	面积/10^4km^2	容积/10^4km^3	深度/m	
				平均	最大
太平洋	爪哇海	48.0	22.0	45	100
	苏禄海	34.8	55.3	1 591	5 119
	苏拉威西海	43.5	158.6	3 645	8 547
	班达海	69.5	212.9	3 064	7 260
	珊瑚海	479.1	1 147.0	2 394	9 140
	塔斯曼海	230.0			5 943
	阿拉斯加湾	132.7	322.6	2 431	5 659
	加利福尼亚湾	17.7	14.5	818	3 127
印度洋	红海	45.0	25.1	558	2 514
	阿拉伯海	386.0	1 007.0	2 734	5 203
	安达曼海	60.2	66.0	1 096	4 189
	帝汶海	61.5	25.0	406	3 310
	阿拉弗拉海	103.7	20.4	197	3 680
	波斯湾	24.1		40	102
	大澳大利亚湾	48.4	45.9	950	5 080
	孟加拉湾	217.2	561.6	258	5 258
大西洋	波罗的海	42.0	3.3	86	459
	北海	57.0	5.2	96	433
	地中海	250.0	375.4	1 498	5 092
	黑海	42.3	53.7	1 271	2 245
	加勒比海	275.4	686.0	2 491	7 680

中国城镇水网 www.Chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

续表

洋	海或海湾	面积/10^4km^2	容积/10^4km^3	深度/m	
				平均	最大
大西洋	墨西哥湾	154.3	233.2	1 512	4 023
	比斯开湾	19.4	33.2	1 715	5 311
	几内亚湾	153.3	459.2	2 996	6 363
北冰洋	格陵兰海	120.5	174.0	1 444	4 846
	楚科奇海	58.2	5.1	88	160
	东西伯利亚海	90.1	5.3	58	155
	拉普帖夫海	65.0	33.8	519	3 385
	喀拉海	88.3	10.4	127	620
	巴伦支海	140.5	32.2	229	600
	挪威海	138.3	240.8	1 742	3 970

二、海水的化学特性

1. 化学组成

海水的化学成分非常复杂，含有多种无机成分和有机成分的物质，而且其存在形式千变万化，至今我们还无法得知海水准确的全部化学组成。除了因为有些组分的含量极低不易测定之外，更主要的是其存在形式的变化十分复杂。基本上可以把海水的成分划分为五类：

（1）主要成分（大量、常量元素）：指在海水中浓度大于1毫克/千克的成分。包括 Na^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Sr^{2+} 五种阳离子和 Cl^-、SO_4^{2-}、Br^-、HCO_3^-（CO_3^{2-}）、F^- 五种阴离子，以及以分子形式存在的 H_3BO_3，这 11 种成分的总和占海水盐分的 99.9%。另外，这些成分的浓度比例近似恒定，因

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

此也被称为“保守元素”。

（2）溶于海水的气体：如氧气、氮气及各种惰性气体等。

（3）营养元素：与海洋植物生长有关的组分，通常指 N、P 及 Si 等。

（4）微量元素：含量很低，几乎包括了地球上的所有元素（也包括稳定和放射性同位素）

（5）有机物：如氨基酸、腐殖质、叶绿素等。

2～5 类成分受其他因素的影响，经常处在变化中，是海洋环境监测工作的重点。

2. pH 值与 CO_2 系统

海水中的 CO_2 系统是维持海水有恒定 pH 值（约为 8.1）的重要原因，这一系统包括下列平衡：

$$CO_2\text{（气体）} + H_2O = H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^- = 2H^+ + CO_3^{2-}$$

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3\text{（固体）}$$

这个平衡过程还使海水具有缓冲溶液的性质。弱碱性的海水有利于海洋生物利用 $CaCO_3$ 形成介壳；海水中溶解的 CO_2 含量可以满足海洋植物光合作用的需要。

海水的 pH 一般在 7.5～8.2 的范围变化，主要取决于海水中 H_2CO_3 各种解离形式的比值。另外，藻类光合作用强度、上升流、温度、压力等因素都能改变海水中 CO_2 浓度，使海水的 pH 发生小的变化。反过来，通过监测海水中 pH 的变化，也可以推算出其它因素的变化情况。

3. 营养盐

海水中的营养盐是指海洋植物（主要是藻类）生长、繁殖所需要的各种物质。包括量较大的 N、P、Si 的化合物，以及 Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Co、B 等微（痕）量元素，另外还应包括如维生素、腐殖质等微量有机物。

无机氮、磷化合物（NO_3^-、NO_2^-、NH_4^+、PO_4^{3-}）和

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

$H_3SiO_4^-$ 被海藻直接利用，是最重要的营养盐类，它们在海洋表层含量较低，并被浮游植物大量消耗，可成为海洋初级生产力的限制因素，所以又称它们为“生物制约元素”，是海洋环境监测的必测项目。

氮、磷的有机化合物也能被植物少量直接利用，但更重要的是经海水中细菌的转化为无机态，在局部人为排放量大的水域（如海湾），可成为造成富营养化的主要因素。

三、潮汐与潮间带

海洋的另一特征是具有明显的“潮汐”现象，即海水在天体（主要是月球和太阳）引力的作用下，产生的周期性运动。习惯上把海面垂直方向的海水涨落称为“潮汐”，而把海水因引潮力的作用下在水平方向的流动称为“潮流”。潮汐是最频繁、最快速，而且是最有规律的海水运动，与人类的关系非常密切，人类的各种海事活动，包括近海的环境研究与污染治理，都必需首先考虑潮汐的作用。由于地形和地理位置的关系，世界各地的潮汐现象不尽相同，基本上可分为四种类型：

（1）正规半日潮：每个太阳日（约 24 小时 50 分）内，有两次高潮和两次低潮，而且潮差相等。

（2）不正规半日潮：一个朔望月中的大多数日子里，呈半日潮类型；但有少数日子中第二次高潮很小，趋于日潮类型。

（3）正规日潮：一个太阳日中只有一次高潮和低潮，也称“正规全日潮”。

（4）不正规日潮：一个朔望月中的大多数日子呈日潮型，少数日子呈半日潮型。

需要说明的是，由于天体运动有各自的周期性，潮汐也随之呈现各种周期性（天、月、年、多年）。

潮汐涨落所涉及的海岸带部分称为“潮间带”，也叫“海

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

滩”，其宽度从数米到数千米。这部分区域在高潮时被水淹没，低潮时露出水面，构成“水陆两栖”的海洋特有的环境。这里蕴藏着许多特有的生物类群，因此对潮间带的环境监测与对海洋的监测具有同等重要的意义。

四、海洋生物

海洋是生命的摇篮，海洋中（包括潮间带）的所有生物与它们栖居的环境共同构成了海洋生态系统。海洋生态系统比陆地生态系统更复杂，具有更大的物种多样性。海洋生物的栖居环境分水层和底层两部分。

1. 水层部分

在海水的全部深度（0 米到七万米）都有生物的分布，其容量比陆地大得多。尽管整个地球的海洋都是相通的，但是由于温度、盐度、深度及食物等因素，会形成“阻隔”，使得各种生物各自生活在一定的空间内。水层中的生物可分为：

（1）漂浮生物：特指生活在海—气界面和水表面膜上的生物，又称“水表生物”。包括水飘生物和漂浮生物，如水母、海蝇、海神鳃、马尾藻等（图 4-2）。

（2）浮游生物：没有或仅有微弱游动能力，悬浮在水层中随水流移动，绝大多数个体很小。可分为浮游植物和浮游动物，如细菌、硅藻、甲藻、桡足类、箭虫、仔鱼等（图 4-3、图 4-4）。

（3）游泳生物：能克服水流阻力，自由游动，一般个体较大，都是动物。如虾、鱼、乌贼、鲸、海龟等（图 4-5）。

如按照生物的栖居或地理环境，水层生物可分为：大洋生物、热泉生物、河口生物、近海生物等；还可分成：热带生物、温带生物、寒带生物等。不同生物适应不同的理、化及地理变化。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

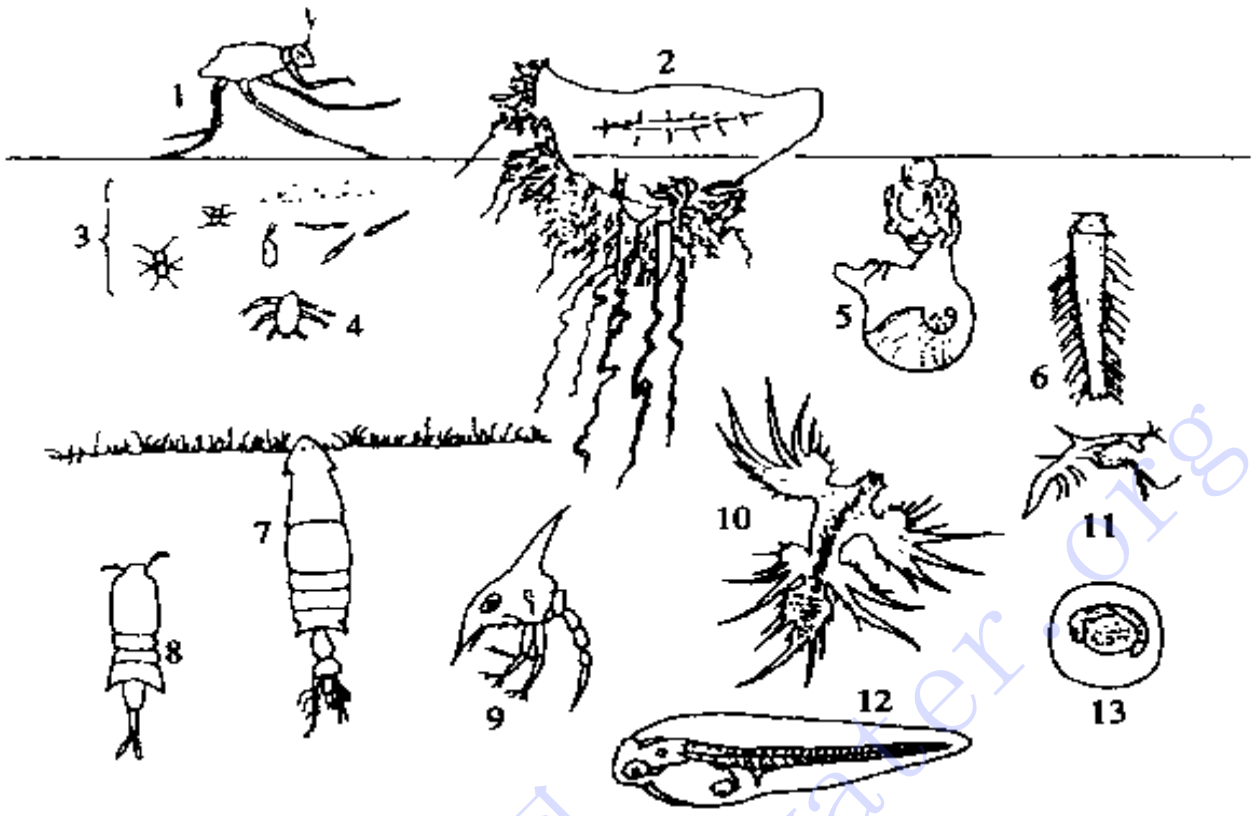


图 4-2 水飘生物（1，2）和漂浮生物（3～13）主要代表示意图

2. 底层部分

底层部分包括海洋的整个海底，以及潮间带可部分时间露出水面的区域。生活在底层的所有生物统称“底栖生物”（图 4-6、图 4-7）。底栖植物需要进行光合作用，因此分布深度有一定限制，只能生活在透光层深度以内。而在上万米深度的海沟底部，也发现有底栖动物的分布。底栖生物按其栖居特点可分为：

（1）底上生物：指固着或栖居在底层表面的生物，包括了绝大部分的海洋植物，如海带、石莼、紫菜等大型藻类，及生长在潮间带的米草、红树等高等植物。底上生活的动物有螺类、海星、海蟑螂等，及固着在岩礁等坚硬物表面的海葵、贻贝等，也包括附着生长在水下设施表面的牡蛎、藤壶等。

（2）底内生物：指埋栖于底质内的各种生物，基本全是动物。如蛤、蟹和穴居于底内管道中的美人虾、多毛类等。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

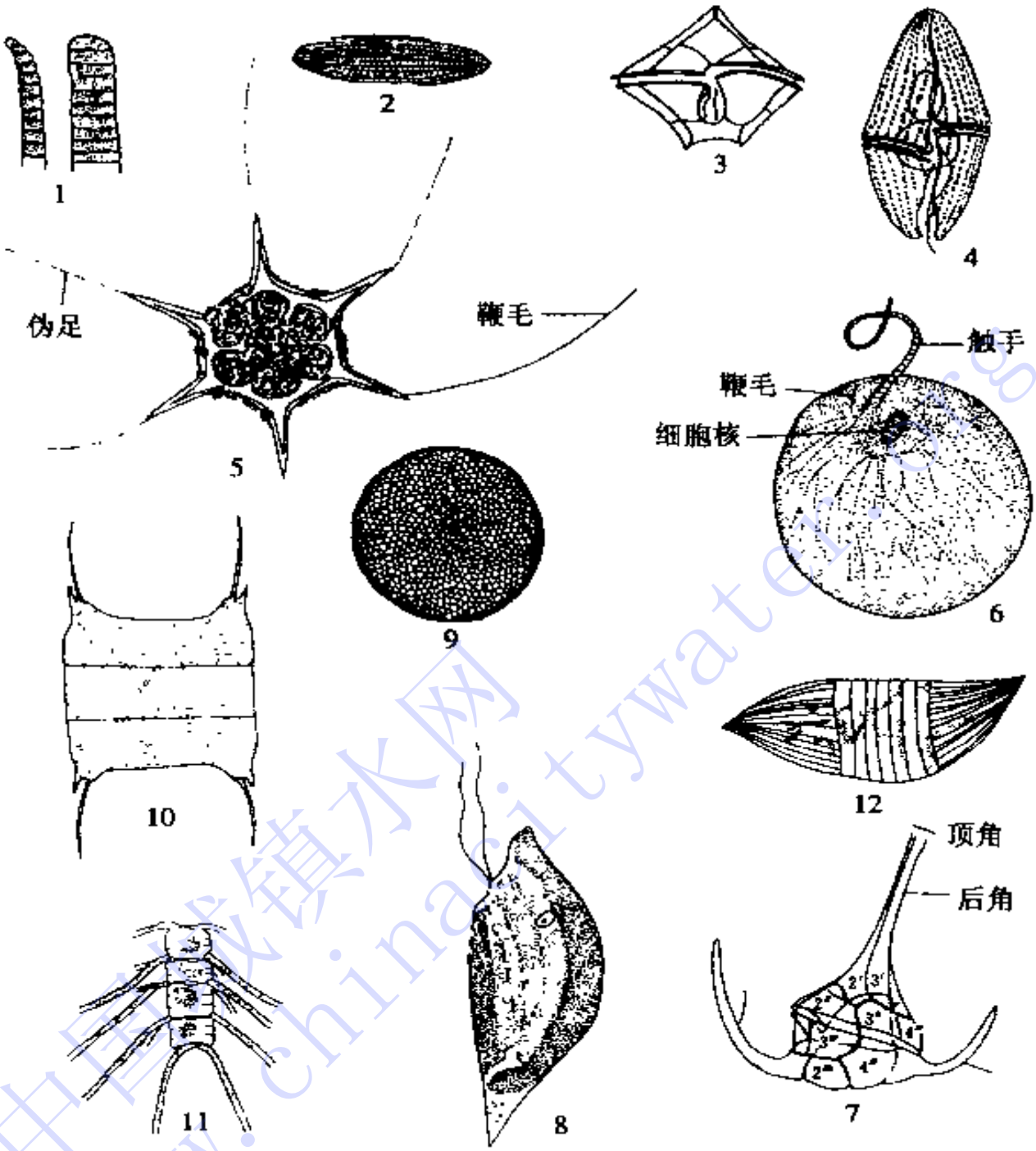


图 4-3 海洋浮游植物主要代表种

各种海洋生物的生物量、生产力、群落结构的变化是与海洋环境的变化密切相关的，而且能反映环境变化所造成的实际影响，是最直观的效应指标，因此在环境监测中的作用尤为重要。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

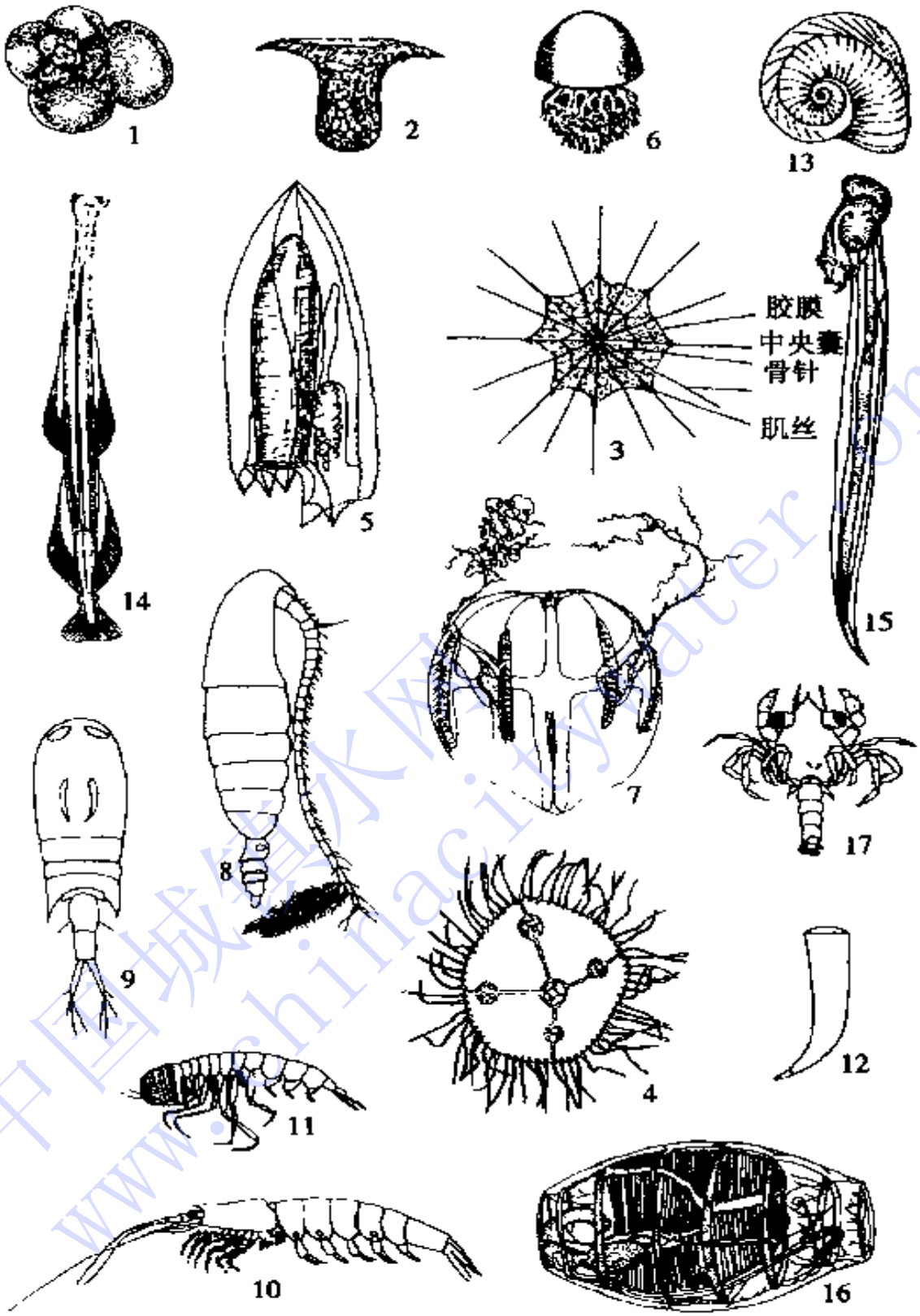


图 4-4 海洋浮游动物主要代表种

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

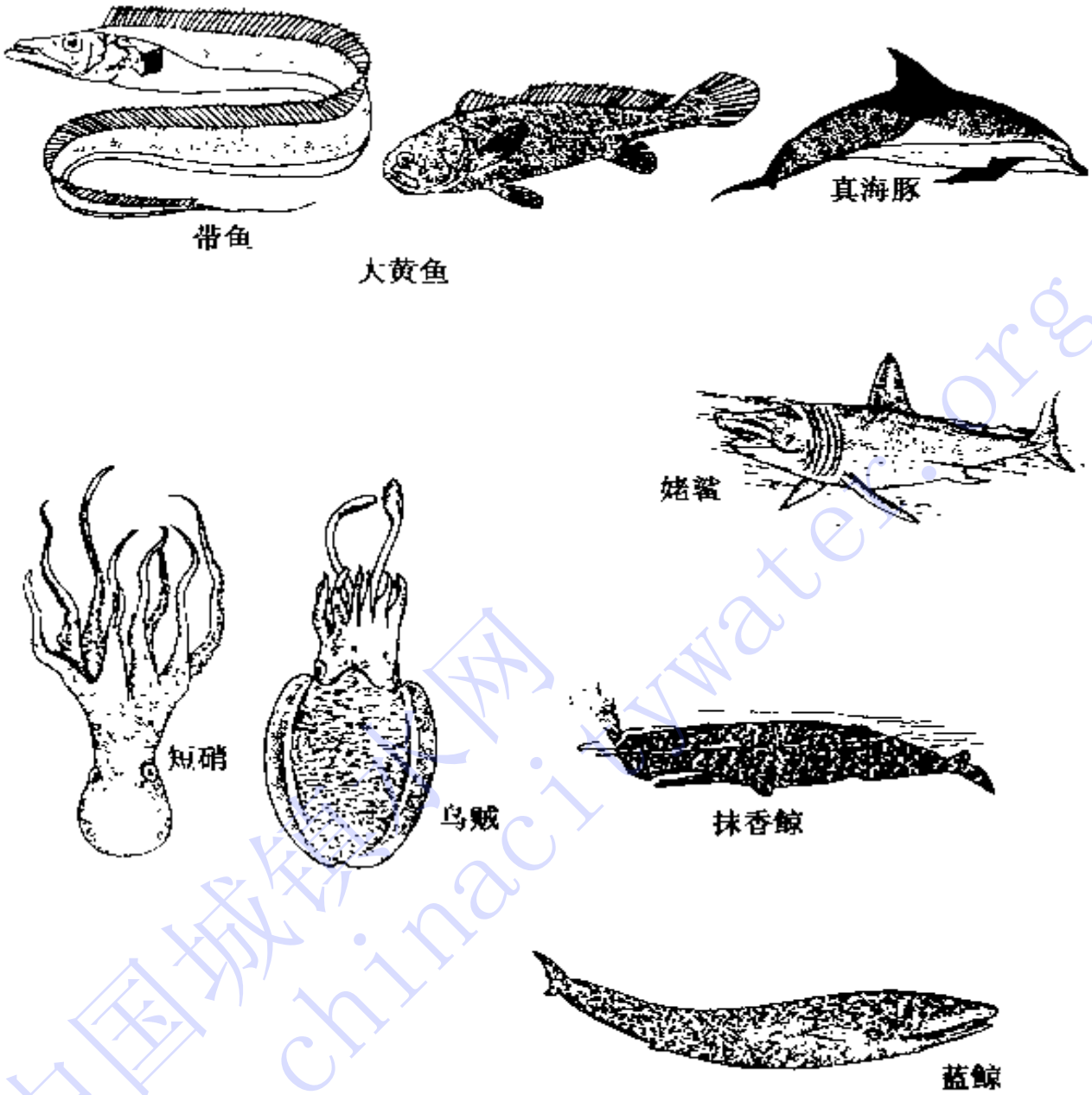


图 4-5 海洋游泳生物主要代表种

中国城镇水网 www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

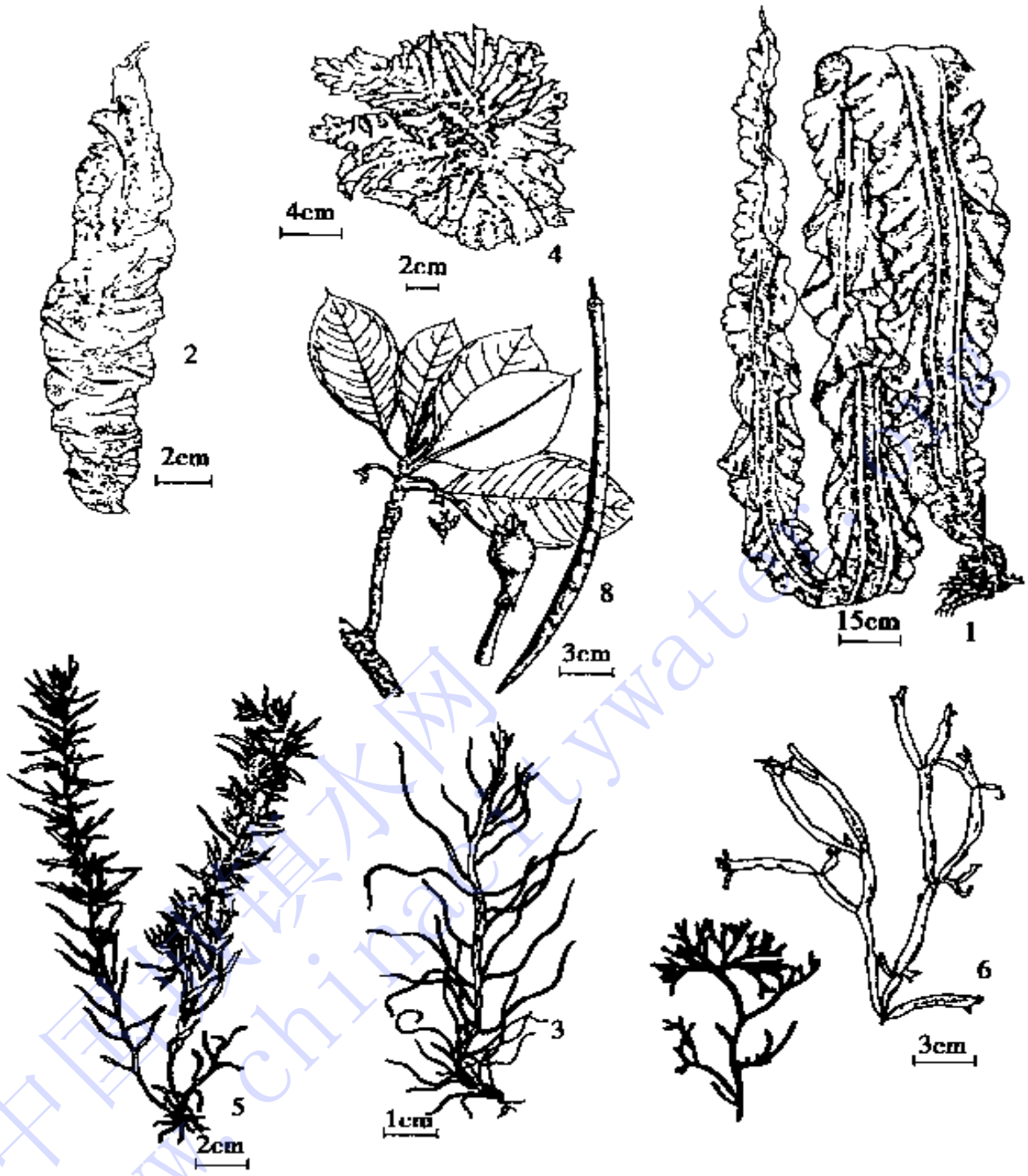


图 4-6 海洋底栖植物主要代表种

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

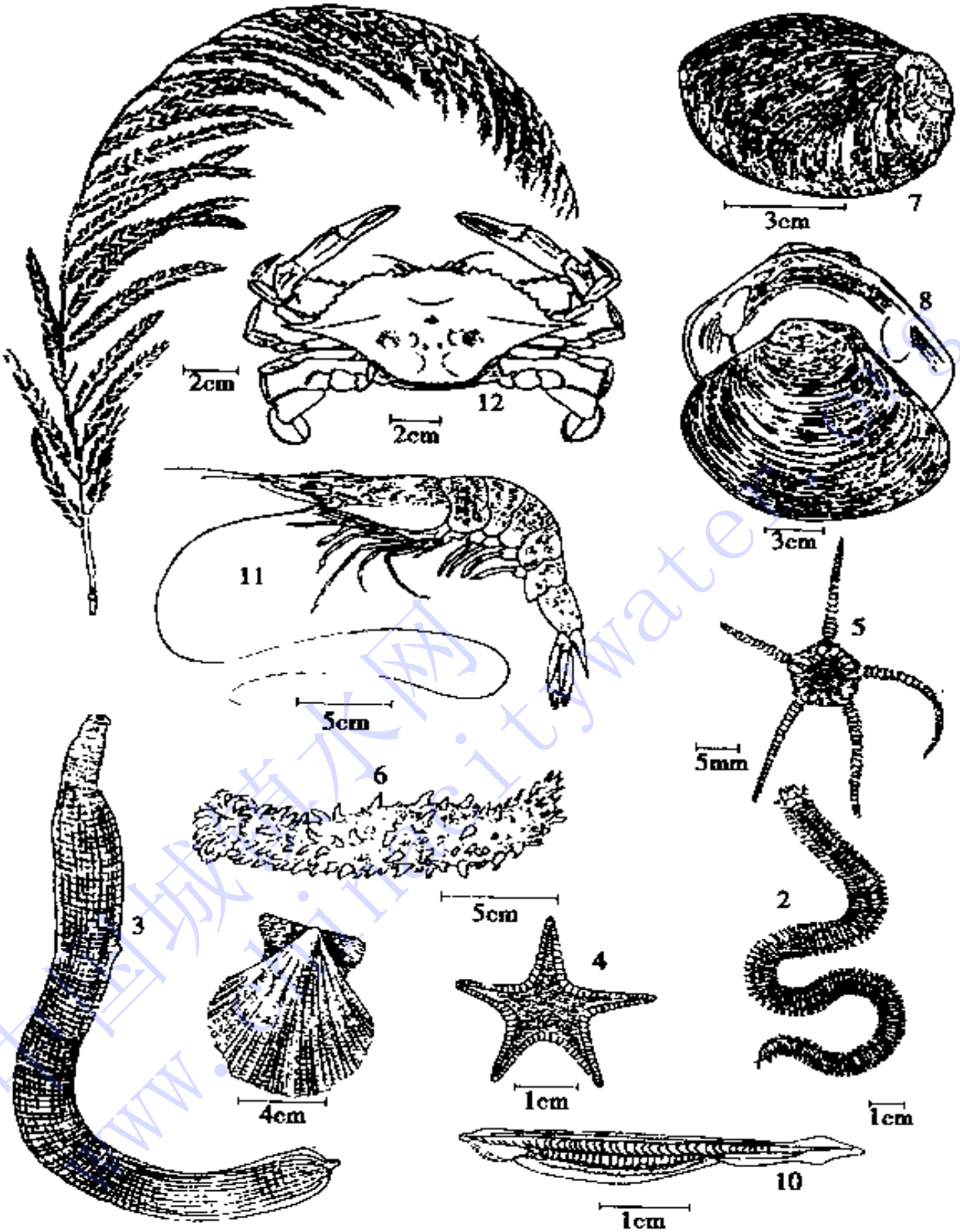


图 4-7 海洋底栖动物主要代表种

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第二节　海水物理、化学因子监测

我们研究海洋的目的一方面是要了解海洋系统自然变化的规律。尽管人类对海洋的研究进行了几个世纪，但仍然有许多未解之谜；另一方面，越来越强烈的人类活动势必对海洋环境产生不可忽视的影响。从可持续发展的观点，我们需要全面了解人为活动对海洋环境影响的程度及海洋本身的自我调节能力，使海洋更好地为人类服务。为达到这一目标，有必要长期、定时、有目的地对整个海洋环境进行监测，特别是与人类活动更为密切的近岸和近海区域。下面介绍一些在海洋物理、化学因子监测工作中常用的方法和手段。

海洋物理、化学因子监测是海洋环境监测的必测项目，反映现场环境的最基本条件。根据各因子的具体要求，采用现场仪器快速测定和采取水样进行实验室分析两种方式。

一、温度、盐度、深度

对温度、盐度、深度都采用现场测定的方法进行测定。传统的方法是在钢丝绳上固定“颠倒式温度计”，底下悬挂重物，在测水深的同时，将温度计放到需要的深度感温。这种温度计的特点是可以记录当时现场温度，使其颠倒后温度指示不再变化。传统测盐度是采取不同深度的水样，在室内测定“氯度”，再折算成盐度值。现在一般采用电导盐度计现场测定电导率，由仪器自动计算出盐度。在较大规模的监测时，常使用一种CTD（电导-温度-盐度）仪进行快速而准确的测定，不仅可以同时得到温、盐、深三个因子的现场数据，而且记录是连续

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

的，能得到这些因子随深度的变化曲线。该仪器还可以同时计算出海水的密度值。

值得一提的是 CTD 可以准确了解现场海域的“跃层”情况，这是一种由于上层水温升高（主要是受气温影响）造成的海水分层现象，即上层水体升温形成较轻（密度小）的水层浮在上面，不能与下层水体进行很好的对流交换，结果会在某一深度出现温度、密度变化特别大的水层，称之为“跃层”。跃层在海洋生态系统中起着很重要的作用。

二、pH 值与溶解氧

pH 值与溶解氧反映了水中光合作用强度和水质的好坏。传统的测定方法是采水样，进行实验室测定。目前多采用电极式探头进行现场测定、记录，可以与 CTD 一起做，并得到连续数据。但传统方法更为准确可靠，因此有时还需要用传统方法对现场测定的结果进行验证。

三、水色与透明度

水色与透明度反映海水的浑浊程度或悬浮颗粒物的多少。必须现场观测，而且只能是在白天进行。传统的方法用一个 30 厘米的白色圆盘（透明度盘）垂直沉入海水中，避开阳光直射造成反光的影响，记录该盘下放到刚刚看不见时的深度，这一深度叫“海水的透明度”。将透明度盘提升到“透明度”一半深度处，俯视盘之上水柱的颜色，与标准样品比较，得到一个相当于标准样的“号数”，称为“海水水色”。这一方法从 19 世纪初沿用至今，尽管人们已经造出各种海洋光学仪器，如辐射照度计、辐射亮度计等，但最终还是要计算成传统的数值。仪器的使用只是降低了人眼观测的误差。目前利用航空和卫星遥感技术监测水色和透明度的工作也在进行之中，但由于

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

条件所限，尚不能普及。

四、海流

海流反映海水运动的方向和流速。大尺度洋流流速慢，尚不能用仪器直接测定，一般是根据一些水文物理参数计算得知。用“海流计”能直接测定“潮流”的情况，一般是将海流计固定在海洋中某一位置的某一深度 25 小时以上，仪器自动记录这段时间内的流速和流向，将多个站位的数据归纳起来，就可以得到某一海域潮流的大致情况。由此可以得知水交换速率、潮流强度等参数。

五、海平面变化

海平面变化是反映全球气候变化的重要指标。一般由设在岸边的各验潮站进行监测，站内有一“验潮井”，与外面海水相通，并保持与外面海水相同的海平面高度，这种设计可以避免由风等其他因素造成的干扰。现在都是由仪器自动监测并记录，甚至可以进行各地联网监测。将记录下来的数据与往年进行周期性比较，可以精确观察到 0.1 毫米/年的变化。对海平面变化的监测还可对“风暴潮”灾害的预测预报有极大的帮助。近些年我国各海区的海平面一直呈上升的趋势，平均每年上升 2~3 毫米。

六、营养盐浓度

反映海域初级生产的潜力，一定程度上也可反映海水受污染的状况。一般是采集 0.5 米深度的水样，进行实验室化学分析；也可采不同深度水样，测定不同水层的营养盐浓度。主要测定 NO_3^-、NO_2^-、NH_4^+、PO_4^{3-} 和 SiO_4^{4-} 几个参数，因为它们直接关系到海洋植物（主要是浮游藻）的初级生产。如果

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

NO_3^- 和 NH_4^+ 的浓度过高，则说明可能受到人为的污染，并可能影响到整个生态系统的稳定。目前人们已经研制出能自动监测营养盐浓度的水质自动测定装置，用于赤潮的监测，但其精度受到一定限制。

七、海洋污染物

反映受人为干扰的状况。主要监测排向海洋（近海为主）的工业污染物，如各种重金属（Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As）、石油烃、各种农药（DDT、林丹）、工业原料（酚、多氯联苯）、金属有机物等，都需要采集水样进行实验室化学分析。但由于上述污染物在大多数海域的水中含量很低，不易准确测定，因此常用生物体或底层沉积物中的含量来代表海水受污染的程度。

在某些特殊海域，有时还需要监测放射性污染（核电厂附近）或热污染（工厂冷却水排放口）的情况。

第三节　海洋生物监测

理、化监测可以反映出海洋环境变化的状况，但在某种程度上只能表示出变化的原因和初步结果，尚无法得知这些变化会对海洋生态系统乃至人类造成何种最终结果。这就需要生物监测的配合，它能更直观地反映环境变化造成的效果。

一、群落组成

自然情况下，海域中所有种类生物的数量比例是相对稳定的，但随季节表现出一定的变化规律。我们首先需要了解其自

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

然变化规律，与之相比才能得知受干扰状况。目前所采用的方法还是传统的人工分类技术，至今尚无更好的方法能取而代之。这需要一定的生物分类学的工作经验，是消耗人力较大的监测工作.

1. 浮游生物

包括浮游植物和浮游动物，是海洋的初级和次级生产者，对环境的变化最敏感（几天即可见到变化），而且容易采集和观察。一般用采水器（1～10 升）或浮游生物网采集样品，用甲醛或鲁哥氏碘液固定（杀死生物并防止腐烂），在实验室用显微镜进行人工分类、计数，统计出各种类的生物量（细胞数、个体数或计算成有机碳含量）。

2. 底栖生物

对潮间带的动物和植物，常用一个固定面积的正方形框（0.1～1 米^2），随机放在地面上，采集框内的全部生物样品（包括藏在底质内的生物），然后进行分类鉴定、计数、称重，最后计算出该地段所有样方内生物的平均值（每种个体数、湿重），作为该地段生物群落组成的代表值。

对水下底质中的大型底栖生物用一定开口面积的采泥器（0.05～0.2 米^2）挖取底泥，置于网筛中用水冲掉泥沙，将少量未冲掉的杂质和全部生物收集到样品瓶中，用酒精或甲醛溶液固定，实验室内人工分类、计数、称重，最后计算每平方米底质中每种生物的生物量（个体数、湿重）；对小型和微型底栖生物，用采样管采集泥样，在实验室内处理，显微镜下挑出全部生物分类、计数，计算出单位面积中每种的生物量（个体数）。

底栖生物群落结构的变化可以反映较长时间尺度海洋环境的状况，因为水层中的物质绝大部分会沉降到底部，而且底栖生物移动能力较差，有的甚至终生不移动，因此变动过程相对

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

缓慢，一般以季或年为时间单位。

二、生产力

一般只进行初级生产力和次级生产力的测定，是用现场采集的活体浮游植物和浮游动物来做。因为个体小的生物容易操作，并可在 24 小时内得到结果。这项工作也需要一定的生物学工作经验。

1. 初级生产力测定

根据植物光合作用的原理，植物在将 CO_2 转化为有机碳时，产生当量分子的 O_2。可用测定 O_2 的增加量推算出产生有机碳的量，单位：毫克 C/小时/升水样。

具体做法是在现场取一定量的自然水体，滤掉杂质和浮游动物，定量分装几个样品瓶，在模拟现场水温和光照的水箱内培养一定时间，一般是 6～12 小时（白天），最后测定水中溶解氧的变化来计算出生产量（毫克 C/升），除以培养时间得到生产力。由于植物在光合作用的同时，也进行呼吸作用，消耗一定的氧气。因此用透光瓶（光合＋呼吸）和不透光瓶（只有呼吸）来测定和计算总生产力和净生产力（光合－呼吸）。

另一种测定初级生产力的常用方法是“放射性同位素 ^{14}C 法”。其原理是在上述培养的水样中，加入一定量的经放射性标记的 $NaH^{14}CO_3$，一般时间后过滤一定体积的水样，将留在滤膜上的浮游植物用“液体闪烁计数仪”测定同化到细胞内的放射性强度（^{14}C 量），计算出生产力。该方法的特点是灵敏，较为准确，培养时间短（0.5～2 小时），工作量小，但需要较为昂贵的测定放射性的设备。

2. 次级生产力

其原理是根据浮游动物在一定时间内吃掉的浮游植物量，计算出浮游动物转化植物有机碳的量，单位：毫克 C/（小时·

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

个动物）。

具体做法是现场采集浮游动物，在显微镜下挑选一定数量的健康个体（最好是同一个种或个体大小一致），放入过滤掉其它动物的定量水样中，参照样不加入动物，培养 8 小时以上，让其自然摄食。也可以取适量活体动物，摄食结束后计数个体数。用显微镜或“颗粒计数仪”计数水样中藻类细胞数量的减少（与参照样相比），计算出每个动物在单位时间内吃掉多少植物。也可以将动物放入人工培养、已知浓度的单细胞藻液中，一段时间后用“颗粒计数仪”测定藻细胞数量的变化。用仪器计数虽比人工显微镜计数快、工作量小，但准确性偏低。这是因为仪器本身性能的限制，如不能区分死、活细胞。

另一种常用方法也是“^{14}C 法”。原理是在水样中加入一定量的、经人工标记（同化有 ^{14}C）的浮游植物，让动物自然摄食一段时间后，测定进入到动物体内的 ^{14}C 量，来计算出次级生产力。

3. 污染物残留量

大多数情况下，生物对各种污染物都有一定量的积累，其体内污染物浓度值称为“残留量”（图 4-8）。

该项指标能很好地反映海洋环境受污染的状况，而且通过对不同营养阶层生物以及人使用品种生物的残留量分析，能了解污染物沿食物链转移，以及对人产生直接危害的可能性。常被用于残留量分析的生物包括：浮游生物（植物和动物）、大型藻类、贝类、甲壳类（虾、蟹）、鱼类、哺乳类，甚至包括海鸟。监测项目主要是难降解污染物，包括：各种重金属、石油烃、农药、有机氯化合物、有机磷化合物、金属有机物、放射性污染物等。根据各因子的特点，将采集的样品经预处理后，用原子吸收光谱法、气相色谱法、液相色谱法等化学分析手段进行测定。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

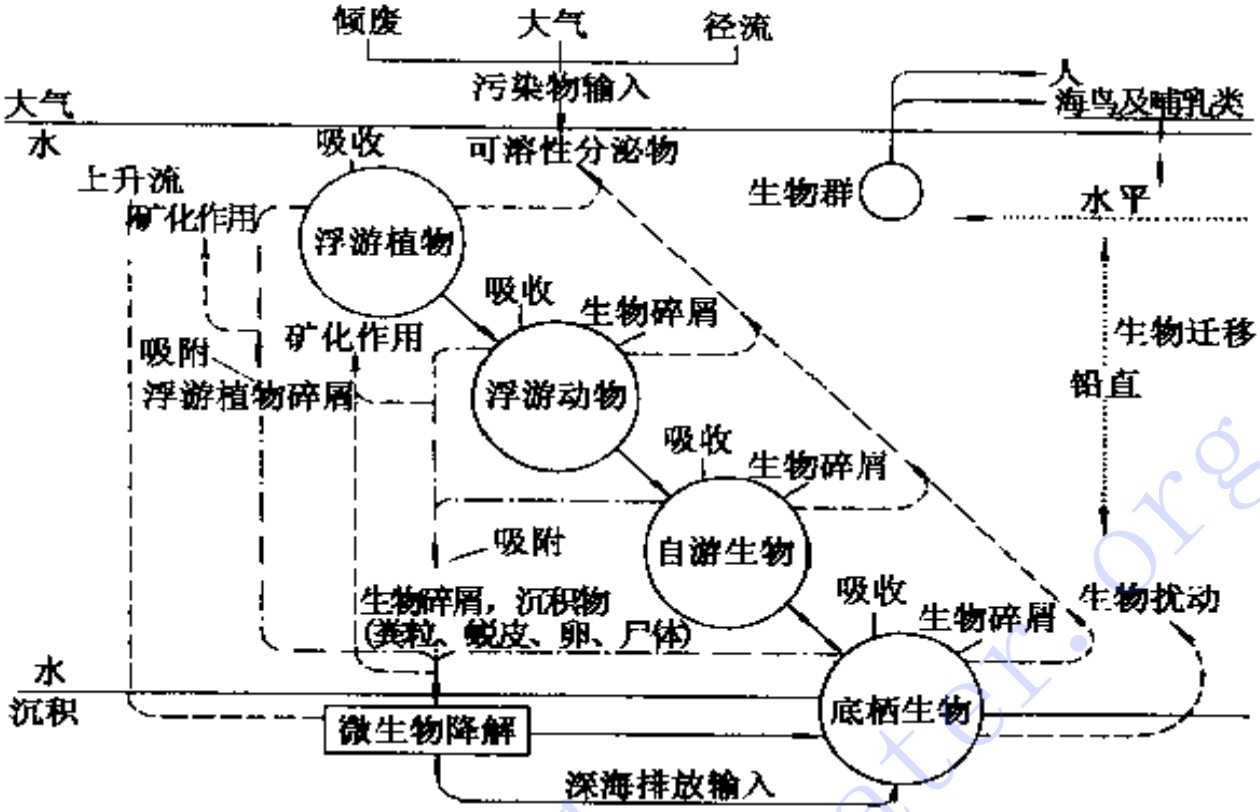


图 4-8 污染物入海后的生物转化和转运过程

第四节 赤潮监测与预报

目前在我国及整个世界范围内，越来越多的海域赤潮频发，并造成可观的经济损失和严重的环境问题，已经引起人们的广泛关注。虽然人们对赤潮问题的研究已经做了许多年，但仍然不能完全掌握其发生规律。

1. 赤潮定义

赤潮是海洋中某些微小的浮游藻类、原生动物或细菌，在一定环境条件下爆发性繁殖（增殖）或聚集，而引起水体变色的一种有害的生态异常现象。大多数情况下形成赤潮的生物是

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

浮游甲藻和硅藻，其他生物种类形成的不多见。由于人们最早发现的赤潮为红色，因此被称为“赤潮”。实际上由于形成赤潮的生物种类不同，而呈现不同的颜色。

2. 赤潮类型

根据发生赤潮的地点，可分为外海性和近岸、内湾性两类。外海性赤潮多发生在营养盐较为丰富的上升流区域；近岸、内湾性赤潮的发生与人为的富营养化污染有很强的相关性。

根据赤潮的来源，可分为外来型和原发型。外来型赤潮是在其它水域形成后，被风或海流的外力作用带到该海区，常出现在较为开放性的海区；原发型赤潮是在当地具备了形成的条件而发生，通常持续时间较长，甚至可能在短时间内反复出现，近岸、内湾发生的赤潮基本属于原发型。

根据发生赤潮的生物学特性，可分为单相型、双相型和复合型三种。多数赤潮属于单相型，即只有一个生物种占绝对优势（80%以上）；少数情况下，有两种优势种共存时为双相型；如果有三种或三种以上优势种的赤潮为复合型，这种情况比较少见。

3. 赤潮的成因和发生过程

赤潮的成因非常复杂，至今人们仍在探讨之中。已经发现的重要因素有：较缓的海水运动（水交换差）、合适的温度与盐度、大量的营养盐物质（主要是 N、P）、某些微量元素（如 Fe）和维生素的存在、赤潮生物的存在等（图 4-9）。

赤潮的发生过程大致可分为起始、发展、维持和消亡四个阶段（图 4-10）。

4. 赤潮的危害性

赤潮发生时，大量的浮游植物在光合作用过程中过量消耗水体中的 CO_2，破坏了海水中 CO_2 体系的平衡，使海水的 pH

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

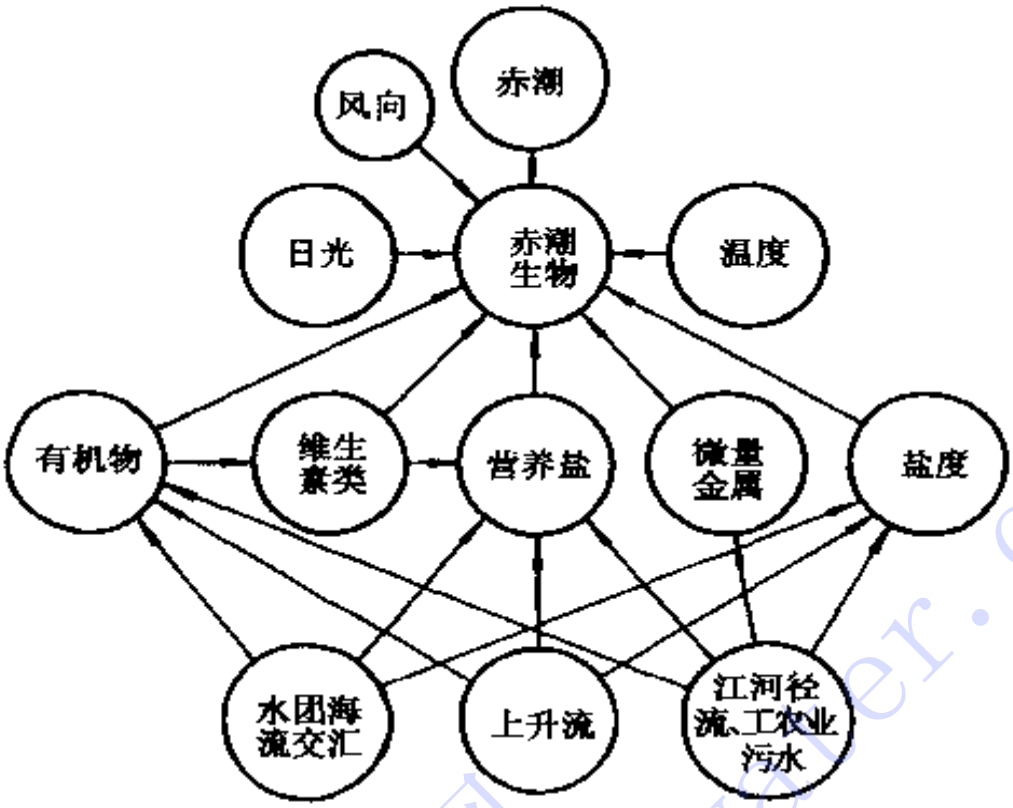


图 4-9 赤潮发生的主要环境条件

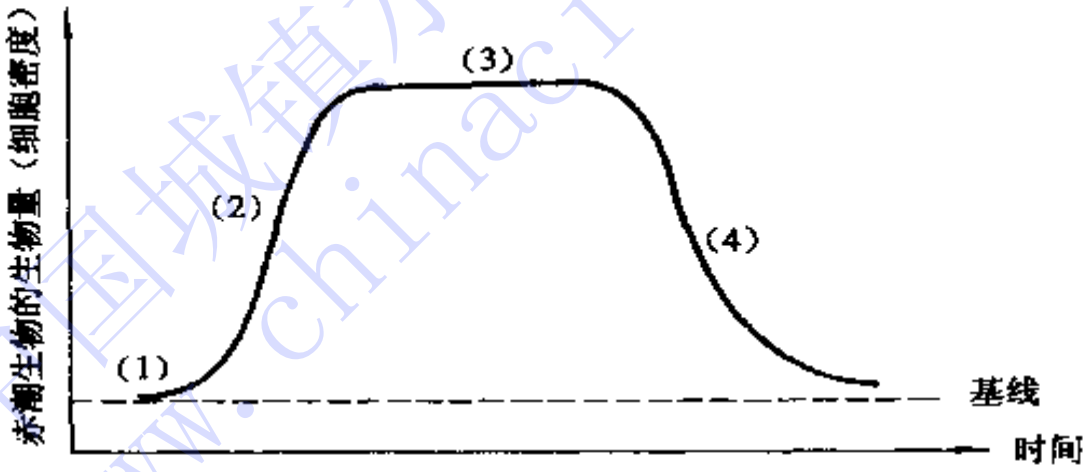


图 4-10 赤潮发生过程示意图

发生较大的变化；由于生产过量，营养物质被耗尽，赤潮生物最终将大量死亡；死的生物在分解过程中又产生 H_2S、NH_3、CH_4 等，对其他生物有毒害作用；大量滋长的微生物，以及微

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

生物的分解活动使水体中的溶解氧耗竭；更重要的是许多由甲藻和蓝藻形成的赤潮其优势种能分泌生物毒素，严重危害着其他种类的生存，导致原有海洋生态系统中的结构与功能几近彻底崩溃。如果人误食受赤潮生物毒素污染的水产品，则很可能造成中毒，甚至危及生命。

5. 赤潮的监测/监视

有赤潮发生的世界各国都对赤潮进行了大量的监测（发生前）和监视（发生后）工作。主要是在赤潮多发水域进行定期和临时调查，监测项目主要包括：水温、透明度、盐度、溶解氧、营养盐、叶绿素、浮游生物群落的组成和密度等。有些国家还对一些外界因素进行监测，如光照、海流、潮汐、风等，而且对容易形成赤潮的生物种类实行特别监测，注意这些生物的变化动态。

目前在发达国家，除了对浮游生物群落的组成还必需由人工完成，其它指标都可用装在浮标上的自动水质仪进行连续监测，并可将数据传送到岸上。近些年，利用飞机和卫星对赤潮进行遥感监测和监视，可从更大尺度了解与赤潮发生和发展有关的资料，但仍需与实地监测相配合。遥感手段对已发生赤潮的监视方面有非常大的帮助。

6. 赤潮的预测预报

到目前为止，对赤潮的预测预报仍处于探索阶段，尽管学者、专家根据自己的研究成果，提出许多预报赤潮的方法，但成功的例子并不多见。这些方法有：赤潮生物细胞密度预报法、累积水温预报表、水质预测法等等。对赤潮的预报分为长期（提前几个月）、中期（提前数星期）和短期（提前几天）三种形式，目前看来短期预报的准确率较高。由此也可看出赤潮发生的复杂性。

7. 赤潮的预防与控制

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

尽管我们对赤潮的起因和发生过程尚有不清楚的地方，而且有些气象、水文因素人类尚无法控制，但至少可以就目前了解的资料，尽可能地做好预防措施，以减少赤潮发生的概率。

首先需要做的是防止水体的富营养化。具体可采取的措施有：控制工业废水及其携带污染物向海洋的排放量，以达到污染物的“零排放”为目标；防止生活污水造成有机物污染，如禁用含磷洗涤剂；发展生态防止工程，如养殖海藻吸收水体中的营养盐；减少来自农业的面源污染，如防止大量的水土流失使农药、化肥进入海洋。

其次要注意防止海水养殖带来赤潮危害。由于在海水养殖过程中存在养殖废水的排放；剩余饵料及颗粒排泄物污染底质；养殖分解产物刺激赤潮生物增殖；新品种移植增加外来赤潮生物的传播机会等问题。因此认真研究海域的环境容量，合理开发海水养殖业（或有效控制）致关重要。

另外，还需要注意防止压舱水造成赤潮危害。压舱水是海洋运输中船舶空载时为了增加稳定性而注入空舱内的海水，到达装货地后需将其排出再装货。压舱水中可能携带大量的异地浮游生物，其中的某些赤潮种类有可能在被排放地生存下来，又因为此地没有天然的捕食者或外界条件特别合适，则有可能会导致赤潮的发生。应采取的措施是制定有关法规，杜绝压舱水的随意排放，并对压舱水进行适当的处理。还应建立赤潮信息网络，收集世界各地的赤潮发生信息，并及时通知各船舶尽量避免在赤潮发生区域灌注压舱水。

赤潮一旦发生，由于一般面积较大，治理或控制都有一定难度。主要是成本问题，另外也因为目前的方法主要是用化学药物快速杀死赤潮生物，这些药物用量大，很容易造成二次污染。目前一些较为“环保”的方法还处于研究阶段，如研制可快速分解的药物；提取生物活性物质杀死赤潮生物（生物防

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

治）；采用对环境无害的矿物悬浮颗粒吸附并加快沉降等方法。

按照赤潮防治的原则，防止赤潮生物毒素对人体直接造成危害的工作也应包括在其中。这就需要加强对海产品的管理，主要是加强对重点（赤潮多发）海区出产的海产品的赤潮生物毒素的监测工作，并制定相关卫生标准。

第五节　海洋遥感监测

遥感监测是应用各种先进的高科技手段，从远距离或大范围的对海洋环境进行监测，主要是用安装在船舶、飞机、人造卫星上的雷达及声学和光学仪器进行遥测和记录海洋因素的变动情况。

1．声学遥测

最早被用于声学遥测的设备是“回声定位仪”，简称“声纳（sonar）”，自从第一次世界大战时就被应用舰船。目前在海洋的开发和研究方面，声学方法已是不可缺少和行之有效的手段。大量以声波为主的海洋探测设备相继问世，例如，利用回波强度和回波时间遥测海洋参数的声波测深仪和回声鱼探仪；用水下爆破回波勘探海底分层结构及石油蕴藏的地震剖面仪；用旁视声纳测绘海底地貌图的地貌仪；潜艇冰下导航的探冰仪；遥测海面变化和波浪的波高仪以及利用声在不均匀介质上散射来监测海洋内部的波动；利用声在运动介质中传播速度变化的多谱勒海流计和放置在水下接收极远处传来次声的风暴和海啸次声预报系统。此类声学遥测设备的广泛应用，已在海洋资源开发和海洋环境研究方面取得重大成果。

2．水下电视

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

水下电视是用于探测水中物体，并在水上进行电视显像的光学观测工具，它可为实时观察水中目标提供高分辨率的视频图象。有“水下眼睛”之称。水下电视已普遍用于包括军事目的在内的各种水下作业中。在海洋研究中，用于考察海底地貌形态和海底表层地质结构，观察海洋中生物的生活习性和活动规律。

水下电视一般采用激光作为光源，它亮度高、方向性好、单色行强，可以克服光在有悬浮粒子的海水中传播时被吸收和散射的问题，大大提高水下能见度。

3. 航空遥测

航空遥测包括航空摄影和激光雷达测量两个方面，这里只对机载海洋激光雷达系统的应用做一简单介绍。

激光雷达一般是发射单色激光，根据不同探测机制接收的不同的反光，来获取海洋信息。这些机制包括：海水的粒子反射、水中荧光性物质、海水对光的吸收等。激光雷达系统的典型工作方式和基本组成参见图 4-11 和图 4-12。

在海洋激光雷达的各种应用中，浅海水深和叶绿素浓度测定一直是各国研究的热点。因为浅海水深测量又与水下目标探测密切相关，有很强的军事应用价值；而叶绿素浓度测定与估计海洋初级生产力及赤潮研究密切相关，它可对大面积，甚至全球范围内水域进行叶绿素 a 浓度的实时或动态监测。另外，激光雷达还可作为海色遥感卫星观测结果的重要印证设备。

4. 卫星遥感

专门的卫星海洋遥感始于 20 世纪 70 年代，到目前为止，世界上许多国家包括中国在内，发射了多颗专门用于海洋观测的卫星，这方面美国和欧洲一直处于领先地位。

卫星海洋遥感系统包括：空间平台及轨道、卫星传感器、数据传输、卫星地面接收、图象处理与数据处理、海洋卫星资

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

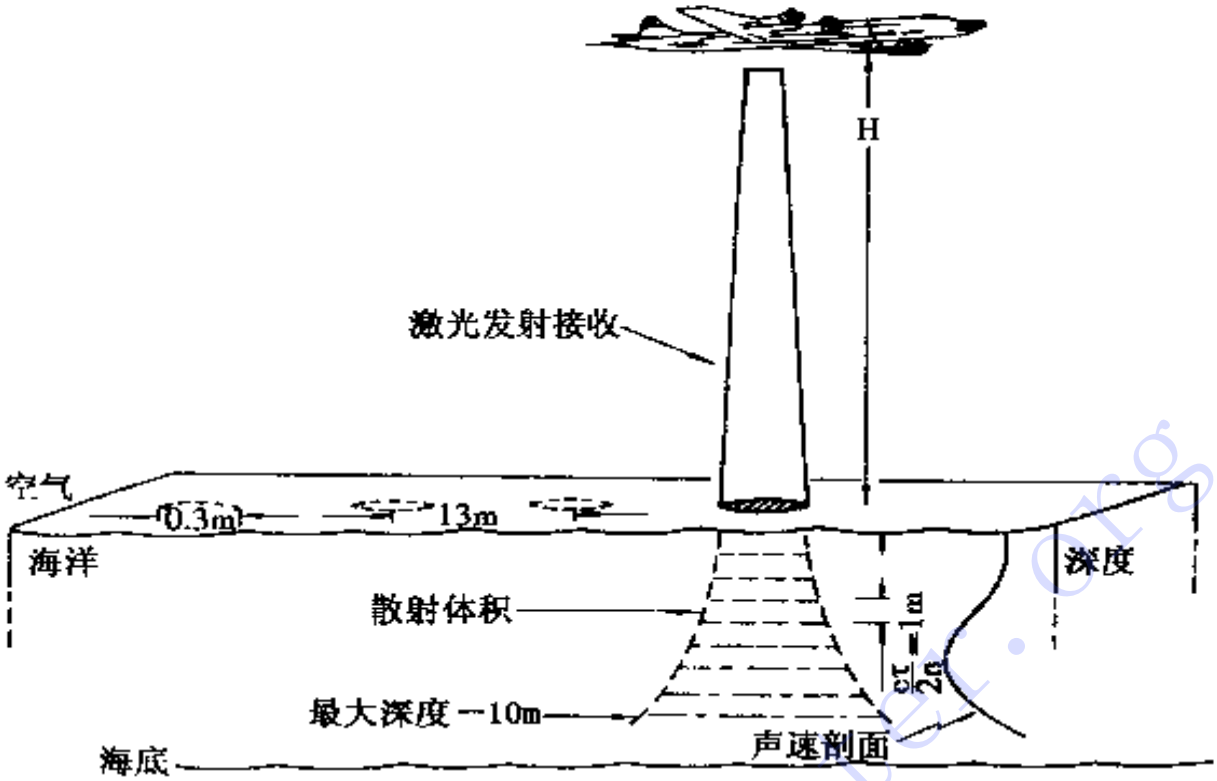


图 4-11 机载海洋激光雷达系统的典型工作方式

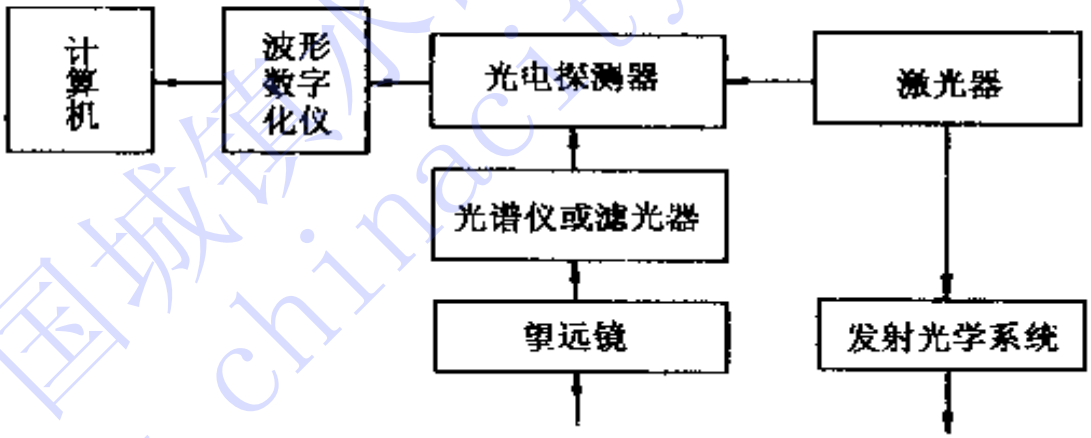


图 4-12 海洋激光雷达系统的基本组成

料的反演、地理信息系统（GIS）等七个组成部分。其中的各种传感器是为海洋研究特别设计的，主要有：

海色传感器：探测海洋表层叶绿素浓度、悬浮可移动物质

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

浓度、海洋初级生产力、漫射衰减系数及其他海洋光学参数。

红外传感器：测量海表温度。

微波高度计：测量平均海平面高度、大地水准面、有效波高、海面风速、表层流、重力异常、降雨指数等。

微波散射计：测量海面 10 米处风场。

微波辐射计：测量海面温度、海面风速、海冰水汽含量、降雨、CO_2 的海-气交换等。

合成孔径雷达：探测波浪方向、海洋内波、浅海地形、海面污染、海表特征信息等。

卫星海洋遥感与传统的监测方法相比，具有以下的优点：

（1）大面积同步测量，且具有很高或较高的空间分辨率。可满足区域海洋学研究乃至全球变化研究的需要。

（2）可满足动态观测和长期监测的需要。

（3）实时或准实时性。可满足海洋动力学研究观测和海洋环境预报的需求。目前，卫星对于同一海域的观测时间间隔为 0.5 小时至一个月。

（4）可以涉及船舶、浮标不易抵达的海区。

总之，卫星海洋遥感具有非常广泛的应用前景，也是未来海洋研究的重要发展趋势。但到目前为止，卫星遥感仍需要地面现场观测作为验证。

（朱　琳）

中国城镇水网 www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第五章　环境噪声监测

第一节　噪声的定义及分类

人类依赖声音进行思想交流、传递感情、认识和研究周围环境，可以说没有声音就没有人类的行动文明。但在人类所生活的充满各种声音的环境中，有许多声音是人们所不需要的，甚至会妨碍人们的正常生活，乃至危害人体健康。通常把这些人们所不需要的声音称为噪声。在人们的日常生活中，噪声具有相对性，因为需要与不需要本身就具有相对性。比如，对正在欣赏音乐的人来说，音乐是需要的声音，而对于正在思考或睡眠的人来说，就是不需要的声音，是噪声。因此，判断一种声音是否是噪声，应该看是否有人受到该声音的影响，而不是从这种声音是否悦耳来判断。另外，从声音的物理学特征来判断，把所有声强和频率无规则变化的声音称为噪声。在现实生活环境中，人们遇到的噪声大都属于这种声音。

从对人类的危害角度来讲，噪声可分为四类：

（1）甚响声：如喷气机发动、冲压机运转和蒸汽机放汽时产生的甚响的噪声，能够对人体产生严重的影响，长期接触强噪声会造成听力减退，心血管损伤以及损害人的中枢神经系

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

统。世界各国对强噪声的接触都有严格的限制，我国的工业企业卫生标准规定连续工作 8 小时所接触的噪声不得超过 85 分贝（A），噪声越大连续工作时间应越短。

（2）妨碍声：有些噪声虽然强度不大，但妨碍了人们正常生活，妨碍了人们正常的交谈、学习、思考和睡眠等。

（3）不愉快声：一些难听得声音，如刹车声、摩擦声、突发声等。这些声音一般作用时间较短，强度也不大，但对人体心理的影响很大，使人精神紧张。

（4）无影响噪声：在日常生活中除了人为的噪声以外，还有许多自然噪声，如风声、雨声、波浪声、鸟鸣等。这些声音强度不大，而且较柔和，无突发性，人们也比较熟悉，不影响人的正常生活。

从环境噪声产生的角度来看，噪声可分为以下四类：

（1）交通噪声：包括飞机噪声、铁路噪声、交通道路噪声和船舶噪声等交通工具发出的噪声，其中道路交通噪声的影响范围最大。目前，在我国城市环境噪声中道路交通噪声占 40%左右。

（2）工业噪声：工业噪声是指工厂的各种生产机器设备在生产过程中产生的噪声。工业噪声除了直接危害生产工人外，还对附近居民造成不良影响。工业噪声在我国环境噪声中所占比重约 20%左右。虽然工业噪声的影响范围比交通噪声小，但在我国城市中居民住宅混杂的情况非常多，工业噪声对居民的直接影响较大，居民对此反映特别强烈。

（3）施工噪声：通常指在道路或建筑物等城市设施的建设过程中产生的噪声。这种噪声虽然具有暂时性，但许多施工昼夜不停，噪声强度也较大，因而对周围居民的干扰也是很大的。

（4）生活噪声：通常是指人类的社会活动和日常生活产生

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

的噪声。如集市的喧闹声、家庭中的电视机、收录机等电器发出的声音。随着人们生活水平的不断提高，以及人们社交活动的增加，生活噪声将逐渐成为环境中不容忽视的主要噪声之一。

第二节　噪声的污染特征

在环境污染因素中，噪声作为一种物理污染，具有以下基本特征：

（1）可感受性：噪声是环境污染的一种，与许多无感觉污染，如放射性污染和某些有毒有害化学品污染相比，噪声属于感觉污染，是通过人们的感觉对人产生危害的。一般的污染可以通过污染物的排放量或污染物浓度来评价污染程度，而噪声污染则取决于受污染者的心理和生理因素。一般来说，不同的人对相同的噪声可能有不同的反映。因而在评价噪声影响时应考虑不同人群的差异性。

（2）即时性：噪声是由于空气的物理变化而产生的，是一种能量污染，其能量是由噪声源提供的。一但声源停止辐射能量，噪声污染立即消失，不存在任何残留物质。无论噪声的强度有多高，持续时间有多强，只要噪声源停止辐射，污染现象将立即消失。噪声污染的这种特性与许多以物质形式造成的环境污染有很大不同。许多污染物在污染源停止排放后，其残留物质还将继续对环境造成污染，有些有毒污染物在停止排放后数十年内仍起作用。

（3）局部性：噪声污染是局部的和多发的。除飞机噪声等特殊情况外，一般情况下噪声源离受害者的距离很近。噪声源

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

辐射出的噪声随着传播距离的增加或受到障碍物的吸收，其能量会很快被衰减掉，因而噪声污染主要局限在声源附近的区域内。此外，噪声污染又是多发的，噪声源的分布既多又散。

第三节　噪声的主要危害

噪声对人类生活的影响是多方面的。除了干扰人们思考、妨碍交谈、影响睡眠等等以外，还会危害人体的健康。主要表现在以下几个方面：

（1）造成听力损伤，这是噪声危害最明显的指标。人在较强的噪声环境中暴露一定时间后，就会出现暂时的听力下降现象，当回到安静环境一段时间后，听觉就会恢复，这种现象称为暂时性听阈偏移，也叫听觉疲劳。如果长期暴露在强噪声之下，不断地受强噪声的刺激，人的内耳器官会发生器质性病变，使受损伤的听觉不能复原，导则永久性听阈偏移，也称为听力损伤或噪声性耳聋。一般情况下，80 分贝（A）以下的长期职业性暴露不会引起听力损伤；80～85 分贝（A）之间可能造成轻微的噪声耳聋；90 分贝（A）以上可使相当数量的听力损伤。即使没有发生噪声聋，也很有可能造成了不同程度的听力损失。往往人在 400Hz 频率上听力损失了几十分贝并不影响日常的语言听觉，但对欣赏音乐等却很不利。

（2）神经系统损伤：长期接触噪声的人，通常会产生头痛、目眩、失眠、多梦、记忆力衰退或全身疲乏无力等症状。这些症状医学上称作为神经衰弱症候群。大量的研究结果表明，噪声能使神经系统发生病理学病变。如 80 分贝（A）以上的长期职业性暴露的人的临床脑电图阳性率就有显著增高。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

噪声对青少年的智力发育影响尤为严重。

（3）心血管系统损伤：有证据表明，噪声与心脏病、高血压等心血管疾病有关联。噪声可使人的交感神经紧张，从而出现心跳加快、心律不齐、血管痉挛、血压变化等症状。有关研究结果表明，强度超过 80～90 分贝（A）的噪声职业性暴露可产生明显的心血管系统伤害。

此外，噪声还能危害人的消化系统、视觉系统、内分泌系统以及胎儿的发育等。噪声还会引起社会矛盾，降低工作效率，增加工伤事故等等。

第四节　环境噪声标准

噪声标准是噪声控制和噪声管理的依据。我国的噪声标准主要有工业企业噪声卫生标准和环境噪声标准等。

（1）工业企业噪声卫生标准的保护对象是工业企业的职工，是以保护工人听力为依据，通常称为听力保护标准。我国限定的工业企业生产场所的工作地点的噪声标准值为 85 分贝（A）（每个工作日接触噪声时间为 8 小时）。对于超过 85 分贝（A）的工作环境，每超过 3 分贝（A）工作时间应当减半。同样对每天接触噪声不到 8 小时的工种，可相应放宽标准（见表 5-1）。

工业企业内部有许多特殊的生产和工作场所，应相应采用更严格的标准限值。如精密装配线、精密加工车间的工作地点噪声不宜超过 65 分贝（A），最高不得超过 75 分贝（A）；企业的主控制室、通讯室、计算机房等工作地点，室内背景噪声不宜超过 55 分贝（A），最高不得超过 70 分贝（A）；办公室、

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

设计室、会议室、卫生室、教室等脑力劳动场所得室内噪声最高不得超过65分贝（A）。

表 5-1 新建、扩建、改建企业噪声卫生标准

每个工作日接触噪声时间（小时）	允许噪声分贝（A）
8	85
4	88
2	91
1	94
最高不得超过115	

（2）环境噪声标准：我国城市环境噪声标准的制定原则是：白天以不妨碍人们的正常生活，不对居民的心理和生理造成不良影响以及不发生居民抱怨为准则，夜间则以不干扰居民休息，保证睡眠为准则。主要根据城市的各种功能布局以及现有的经济力量和噪声治理手段来划分适用区域。显然，环境噪声标准比工业企业噪声卫生标准要复杂一些，不同的区域和昼夜要有不同的噪声标准。我国的城市环境噪声标准值见表5-2。

表 5-2 城市各类区域环境噪声标准

适用区域	等效声级 dB（A）	
	白天	夜间
特殊需要安静地区	45	35
一般居民区、文教区	50	40
居民、商业混合区	55	45
街道工厂附近、市中心商业区	60	50
工业区	65	55
交通干线两侧	70	55

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第五节　环境噪声监测与评价

环境噪声监测包括基础资料的收集、整理，声级测量分析和声环境质量评价等三个部分。基础资料的收集、整理，如车辆拥有量、车流量、路网密度、工业布局、城市规划、人口密度、交通状况等资料，是分析声环境质量优劣的基础依据。声级测量与分析，包括瞬时声级的测量、声功率测量、辐射特性测量、污染范围测量、现状分析、原因分析、趋势分析等。声环境质量评价包括标准比对评价、主观影响评价和指标评价等。

从环境噪声监测的工作性质来看，可分为常规性监测、监视性监测、服务性监测、特定目的监测和技术研究监测等五大类。常规性监测包括各功能区噪声定期监测、道路交通噪声监测和区域环境噪声普查，是环境监测系统的主要任务。监视性监测是指对各类噪声源的调查、测量与评价。服务性监测是为政府部门执行噪声控制法规标准，全面开展环境噪声管理而作的监测。特定目的监测是针对大型开发建设项目、重大环境污染事故的监测。技术研究监测包括研究、开发新的布点、取样、测试、分析、评价技术、研制噪声监测仪器设备等。

一、功能区噪声定期监测与评价

由于城市布局、城市结构、城市功能、地形地貌等因素的影响，城市各功能区的噪声级往往有很大的差别，不能用一个点或一个区域的测量结果去推测其它点或其它区域的噪声水平。另外，由于噪声是一个随时间变化的物理量，用某一时段

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

的测量结果不能推测另一时段的噪声级水平。因此，要及时地、全面地、宏观地掌握各功能区的噪声水平，就必须在各环境噪声功能区内的有代表性的测点上作定期的 24 小时连续监测。

（1）测点位置的选择：首先应对多年的城市噪声普查结果作深入细致的分析，并结合城市环境噪声功能区划结果，分析各功能区域的平均声级水平和变化情况，利用理论的或经验的方法，初步确定噪声监测的点位和点数。通过与地面监测结果的反复对比和统计分析，不断调整点位和点数，最终确定优化的噪声监测点位和点数。对于某个城市而言，在确定功能区噪声监测点位时，应保证各类功能区域都应有测点，这样才能较全面地掌握全市各类功能区的声级水平和变化情况，有利于全市的环境噪声评价。另外，应提高测点的高度、扩大传声器的受声面，这样才能以少数代表性的测点掌握全市的噪声级水平。

（2）测量方法：24 小时连续测量，用每小时连续测量 10 分钟的瞬时声级（当声级涨落大于 10 分贝时，应连续测量 20 分钟）代表该小时的噪声分布，测量时段可任意选择，但应保证 2 次的时间间隔为 1 小时。

测量时，读取的数据应记入环境噪声测量数据表。读数时还应判别影响该测点的主要噪声源（如道路交通噪声、工业噪声、建筑工地噪声、生活噪声等），并记录周围的环境调整，如地形地貌、建筑布局、绿化状况等。如果测点在交通干线旁，还应同时记录车流量。如采用噪声级分析仪进行测量，取样时间间隔为 1 秒，测量时间不得小于 10 分钟。

（3）功能区声环境质量评价可采用累计百分声级 L_{10}、L_{50}、L_{90}和等效声级 Leq，昼夜平均声级 L_{dn}等为评价量。以 Leq 和 L_{dn}评价区域噪声的总体能量水平，以累计百分声级评

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

价区噪声的平均峰值、平均本底值以及测量时段内声级随时间的大致分布。

二、道路交通噪声监测与评价

由于城市市政建设的发展和机动车拥有量的不断增加，道路交通噪声的变化比较频繁。因此，为了了解道路交通噪声的强度，掌握其传播规律和影响范围，观察车流量的变化和声级变化规律，就必须对机动车辆在城市交通干线上运行时所产生的噪声进行监测。由于道路交通噪声强度高，影响范围广，它已成为城市中最主要的噪声源，城市中约有 40% ~ 60% 的区域受道路交通噪声影响。

（1）选择测量点位：每个路段内布设一个测点。由于路口处汇集了往各个方向行驶的车辆，再加上车辆刹车和启动的影响，声级明显高于其它地方，此时路口的测量值不能代表该路段的道路交通噪声的实际水平。如果测量点离开路口一定距离，可以避免路口高声级对测量结果的影响。同时，路段中间的车流量和车速比较均匀，其声级可代表该路段的平均声级水平。因此，道路交通噪声的测点应选在两路口之间，距路口的距离应大于 50 米。如果路段的长度小于 100 米，测点应选在路段中间。

（2）测量方法：因为在车速、路面状况、路宽、临界建筑高度等条件不变的情况下，道路交通噪声的声级变化主要取决于车流量的变化，而车流量的变化又与人们的活动规律密切相关。在正常工作时间内，车流量比较平稳，此时测得的结果与整个白天的平均声级比较接近。所以，白天的道路交通噪声监测应在白天正常工作时间内测量。而夜间的道路交通噪声监测应在午夜前后 3 小时（22:00 ~ 1:00）内进行。因为夜间声级涨落较大，此时段内的噪声监测结果与整个夜间的平均声级较

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

接近。

道路交通噪声的测量方法与功能区噪声定期监测方法相同，但仅作一次测量。若采用积分声级计或噪声声级分析仪，则需测量 20 分钟，同时记录车流量。

（3）道路交通噪声可采用累积百分声级 L_{10}、L_{50}、L_{90}、等效声级 Leq、交通噪声指数 TNI 以及超过某一声级的路段长度等指标进行评价。L_{10}反映道路交通噪声的平均峰值，L_{90}反映平均本底值，等效声级 Leq 反映道路交通噪声的能量水平，TNI 描述道路交通噪声的涨落程度，以超过某一声级的路段长度来评价道路交通噪声的污染程度和范围。

三、区域环境噪声普查

区域环境噪声普查是一项基础性的调查工作，其目的是了解和掌握环境噪声的空间分布状况和各类噪声源的影响范围和程度，以及检查环境噪声管理和控制效果，分析城市市政建设对城市声环境质量的影响。

（1）测量点位布设：将现有城区或待测区域划分为等距离的网格（如 500 米 × 500 米，250 米 × 250 米）。测量点数目应多于 100 个，才能保证测量误差不大于 2 分贝。测点应位于网络中心，若网络中心无法设点（如有房屋、河流、道路等）可将测点移至便于测量的地点，但要求该点离网络中心点的距离应尽可能近。

（2）测量方法：测量应在白天正常工作时间内进行。夜间普查应在午夜前后 3 小时内测量。测量方法同功能区噪声定期监测。测量时应注意判别影响该的主要噪声源。一般噪声源分为五类：

工业噪声：工矿企业在生产活动中产生的噪声。

交通噪声：机动车辆、火车、船舶、飞机等交通运输工具

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

有运行过程中发出的噪声。道路交通噪声为机动车辆在城市内交通干线上运行时发出的噪声。

施工噪声：建筑施工机械运转时以及各种施工活动中发出的噪声。

生活噪声：商业、娱乐、体育、宣传等活动以及家用电器等的噪声。

其它噪声：凡不能列入工业噪声、交通噪声、施工噪声、生活噪声的噪声都算作其它噪声。

（3）采用累积百分声级 L_{10}、L_{50}、L_{90}、等效声级 Leq，昼夜平均声级 L_{dn}、噪声污染级 NPL、噪声冲击指数 NII 等指标评价区域环境噪声。以 L_{10}反映区域环境噪声的平均峰值，L_{90}反映其平均本底值，以 Leq 和 L_{dn}评价区域环境噪声的能量水平，以 NPL 评价区域环境噪声的起伏程度，以 NII 评价区域环境噪声影响的程度与范围。

四、扰民噪声监测

扰民噪声监测是指工业企业外环境噪声扰民时的仲裁监测。

（1）测量点位的选择：测点应选在受影响的居民户外面向噪声源一侧的一米处，同时还应注意观察声级的垂直分布，防止围墙、树木、山丘等对低层建筑形成的声屏蔽。测点的高度应与居民的实际感受相一致。传声器要指向声源。如果居民住宅与工厂连在一起，那么测点应选在受影响的居室中央。

（2）测量方法：在声源正常辐射情况下测量。测量方法与功能区环境噪声定期监测方法相同，但仅作一次测量。当存在脉冲声时，应使用具有脉冲保持功能的测量仪器进行测量。如果存在典型的纯音成分，应对测量结果进行修正。

当存在多个声源共同作用时，应判别每一声源对监测点声

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

级的贡献大小。考虑某一声源的影响时，应使其它声源停止辐射，如果无法使其它声源停止辐射，可在各声源边界处先行测量各自的声级和频谱，然后在根据声传播理论，推算出监测点的情况。

当本底噪声较高时，会对测量结果产生影响，所以在进行扰民噪声监测时，特别要注意本底噪声的修正。

（3）扰民噪声评价指标为等效声级 L_{eq}、昼夜平均声级 L_{dn}和峰值声级，主要是评价受干扰人群所感受到的能量水平。当存在脉冲声时，用脉冲峰值评价。若存在纯音成分时应作频谱分析，再作纯音修正。

五、厂界噪声监测

厂界噪声是指工矿企业及一切有可能产生噪声的事业单位边界处的噪声水平。

（1）测量点位的选择：测量点应设在待测工矿企业或产生噪声的事业单位的法定边界外一米处，传声器应高于围墙，水平设置，指向主要声源。测量点的数量一般不统一规定，应根据测量目的和要求而确定测点数。一般情况是，了解固定噪声源对外环境的最大影响，建立噪声源档案，选择最大声级处布点测量；了解固定噪声源对外环境的污染程度，在有噪声敏感性建筑物的边界处等间隔布点测量；若要全面了解某单位的边界噪声水平，则围绕厂界均匀布点测量，也可采用等声级法进行测量，然后采用长度加权法求得厂界平均声级。

（2）测量方法：当声源辐射稳定时，可视为稳态声，仅作一次测量；当声源发生周期性变化时，应测量一个周期的等效连续声级；当声源辐射完全无规时，应测量一个班次的等效连续声级；测量时应注意本底噪声的修正。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

六、施工场界噪声监测

施工场界噪声监测与环境噪声监测的不同点在于布点方法不同，其它如气象条件、测量仪器、测量参量等均与环境噪声监测相同。施工场界噪声测点应选在有敏感性建筑物的一侧，测点选在场界上，传声器水平设置，指向施工场地内部。应该注意的是，施工场界噪声监测方法仅适用于了解施工场界处的噪声水平，如果要了解施工噪声对外环境的影响程度及范围，仍需采用环境噪声监测方法。

（张建辉）

中国城镇水网
www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第六章　环境生物监测

第一节　环境生物监测的基础知识

一、生物监测的概念

生物监测是利用生物个体、种群或群落对环境污染或变化所产生的反应，阐明环境污染状况，从生物学角度为环境质量的监测和评价提供依据。从理论上说，环境的物理、化学过程决定着生物学过程；反过来，生物学过程的变化也可以在一定程度上反映出环境的物理、化学过程的变化。因此，我们可以通过对生物的观察来评价环境质量的变化。

二、生物监测的理论基础和特点

生态系统理论是生物监测的理论基础。所谓生态系统是自然界一定空间的生物与环境之间相互作用，相互制约，不断演变，达到动态平衡，相对稳定的统一整体，是具有一定结构和功能的单位。生态系统是由四个部分组成的，即“生产者”——主要指绿色植物和凡能进行光和作用制造有机物的植物种类；“消费者”——主要是动物；“分解者”——是指各种

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

具有分解能力的微生物和一些微型动物；“无生命物质”——指生态系统中的各种无生命的无机物，有机物和各种自然因素。生态系统具有维持系统结构和功能相对稳定的特性。环境条件的变化，特别是环境污染导致生态系统固有结构和功能发生变化。生物监测就是通过测定特定区域的某些生物的变化来反映环境污染的生态效应，为环境控制与管理提供生物能动的反应信息。

生物监测具有物理、化学监测所不能代替的作用和所不具备的一些特点：能直接反映出环境质量对生态系统的影响；能综合反映环境质量状况；具有连续监测的功能；监测灵敏度高；价格低廉，不需要购置昂贵的精密仪器；不需要繁琐的仪器保养及维修等工作；可以在大面积或较长距离内密集布点，甚至在边远地区也能布点进行监测。

但生态系统的复杂性也为生物监测参数的选择带来了困难。这是因为：(1) 污染的发生总是综合性的，各种污染物对生态系统各组分并非产生同样的影响。同样，生态系统各组分也并非对同一污染物产生同等的反应；(2) 生物在不同生活史阶段的反应不同；(3) 系统受污染后的效应往往在初期不易测出；(4) 对生态系统尚无法确定一个最基本的标准。由于生物过程比较复杂，影响因素多，使生物监测的应用受到许多限制。由于影响生物学过程的不仅仅是环境污染，还有许多非污染因素。因此，在不同的自然条件下没有可比性，且在季节上和地理上都受到较大的限制。但随着生物监测技术的迅速发展，其应用将越来越广泛。

当然，也存在一些缺点，如不能像物理、化学监测那样迅速作出反应；不能像仪器那样能精确地监测出环境中某些污染物的含量，生物监测通常只是反映各监测点的相对污染或变化水平。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

三、环境生物监测的对象

生物监测包括水、大气和土壤污染监测三大部分。就是定期而系统地利用生物对环境的反应信息来确定包括水、气和土壤环境在内的环境质量，从而探明环境的污染状况。生物监测至少应具备两个重要条件：①对比性，有已建立的标准可供对照；②重复性，在一定观测点上每隔一定时间采样分析。

第二节　水污染的生物监测

在天然水域中生存着大量的水生生物群落，各类水生生物之间以及水生生物与它们赖以生存的水环境之间都有着非常密切的关系。既相互依存又相互制约。随着地球长期以来的演变，这些水生生物之间保持一个相对稳定的平衡状态，物质和能量按一定的途径和速率在水生生物和水环境之间传递、转换。当水体受到污染而使水环境条件改变时，各种不同的水生生物由于对水环境的要求和适应能力不同而产生不同的反应，人们就可以根据水生生物的反应，对水体污染程度作出判断。这种利用水生敏感生物判断水体污染的方法就是水污染的生物监测。

一、水污染的细菌学监测

在人体少量存在就能引起发病的微生物称为病原体。水体中病原微生物的主要来源有：生活污水、医院废水和生物制品、屠宰、制革等工厂的废水，农牧业废弃物和生活垃圾等。生活污水含有大量粪便，而借水传染病的病原体多数来自粪

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

便。致病性大肠杆菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、空肠弯曲杆菌、霍乱弧菌、甲型肝炎病毒、胃肠炎病毒等和某些鞭毛虫病原虫都来自人和其它温血动物的粪便。因此，水质的卫生细菌学检验对于保护人群健康具有重要的意义。通常用肠道正常细菌在水中的存在及数量情况作为粪便污染指标。若检出有指示菌存在，说明水体被粪便污染。

由于大肠菌群在水中存在的数目与致病菌呈一定正相关，有抵抗力略强，易于检查等特点，作为水体受粪便污染的指标，以大肠菌群最为理想。同时，也可以通过检测水中的细菌总数来反应水体被细菌污染的状况。水的细菌学监测适用于饮用水、水源水、地面水、工业废水和生活污水中的细菌监测。

1. 水污染的细菌学指标

我国现行饮用水卫生标准规定，细菌总数为 1 毫升自来水中不得超过 100 个，大肠菌群数每升水不得超过 3 个。

水体受到粪便污染时，细菌总数和大肠菌群数会相应增加，见表 6-1

表 6-1 各种水细菌总数

10～100 个/ml	极清洁水
100～1000 个/ml	清洁水
1000～10000 个/ml	下太清洁水
10000～100000 个/ml	不清洁水
> 100000 个/ml	极不清洁水

2. 水样的采集与保存

采集江、河、湖、塘、水库等处的水样，应用事先灭菌的采水器、采水瓶。一般在距水面 10～15 厘米深处取样，采样后，封上瓶口，采样瓶内的水面与瓶塞底部应留有一些空隙，以便检验时充分摇动混合水样。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

采集自来水水样时，应先用酒精灯将水龙头灼烧灭菌，然后将水龙头完全打开，放水数分钟，以排除管道内积存的死水，再采集水样。如水样内含有余氯，则采样瓶未灭菌前按每500毫升水样加1毫升的量，预先在采样瓶内加入3%硫代硫酸钠溶液，以消除水样中的余氯，防止细菌数目减少。

水样采取后应立即送检，一般从取样到检验不应超过2小时，如不能立即检验，可在1～5℃下冷藏保存，但不得超过6小时，以保证原水中细菌不起变化。

同时记录采集情况，采集时间，保存条件等等。

3. 细菌总数的测定——平皿法

（1）营养琼脂培养基的成分和制法

a. 成分：

蛋白10克	牛肉膏3克	氯化钠5克
琼脂20克	蒸馏水1 000毫升	

b. 制法：

将上列成分混合后加热溶解，调pH值7.2～7.4，纱布过滤，于三角瓶中加盖棉塞，用牛皮纸包好放入高压蒸汽灭菌器，经121℃（15磅/时）灭菌20分钟，取出备用。

（2）试验步骤

在无菌操作条件下，用灭菌移液管吸取1毫升充分混匀的水样（水样视污染情况作适当稀释），注入灭菌培养皿中，接着再注入约15毫升已融化并冷却至45℃左右的培养基，立即旋摇培养皿，使水样与培养基充分混合，每一水样作两个平行。另一只灭菌的培养皿倾注培养基15毫升，作空白对照。待培养基凝固后，放入37℃培养箱中倒置培养24小时后进行菌落计数。两个培养皿中的平均数乘以稀释倍数，即得1毫升水样中的细菌总数。

（3）菌落计算方法与报告方式

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

作培养皿计数时，可用肉眼观察，必要时用放大镜检查以免遗漏。计下各培养皿的菌落数后，求出同一稀释度的平均菌落数。在计数菌落数时，有较大片状菌落生长的培养皿不能采用，而应以无片状菌落的培养皿进行菌落计数。若片状菌落不到培养皿的一半，而其余一半菌落分布又很均匀则可以半皿计。再乘以2代表全培养皿的菌落数，各种不同情况下的计算方法如下：

a. 首先选择平均菌落数在30～300之间者进行计算。当只有一个稀释度的平均菌落数符合此范围时，则即以此平均菌落数乘以稀释倍数。

b. 若有两个稀释度的平均菌落数均在30～300之间，则应按两者菌落总数之比值来决定。若其比值小于2，应报告两者的平均数。若大于2，则报告其中较少的菌落总数。

c. 若所有稀释度的平均菌落数大于300，则应按稀释度最高的平均菌落数乘以稀释倍数。

d. 若所有稀释度的平均菌落数小于30，则应按稀释度最低的平均菌落数乘以稀释倍数。

e. 若所有稀释度的平均菌落数不在30～300之间，则以最接近300或30的平均菌落数乘以稀释倍数。

f. 菌落计数的报告方式：菌落总数在100内时报告实有数字，大于100时，采用二位有效数字，在二位有效数字后面的数值以四舍五入方法计算。为了缩短数字后面的零数，也可用10的指数表示。若菌落数为“无法计算”时，应注明水样的稀释倍数。

4. 大肠菌群的测定

大肠菌群是较好的水质粪便污染的指示菌，其检验方法有发酵法及滤膜法两种。发酵法可适用于多种水样，实验时间较长；滤膜法则适用于杂质较少的水样，特别适用于自来水厂作

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

为常规监测之用。

（1）发酵法

初发酵（推测试验）：将不同稀释度的水样分别接种入含有乳糖等糖类的培养液中，经37℃培养24小时，观察产酸产气情况以初步判别是否有大肠菌群存在。

平皿分离（证实试验）：由于水中除大肠菌群外，尚有其他细菌亦可引起糖类发酵，故需作进一步证实。主要是将初发酵管中的菌液接种入伊红美蓝培养基或远腾氏培养基上，这类培养基可以抑制某些其他细菌而利于大肠菌群生长。根据菌落特征，挑出可能为大肠菌群的菌落制片，如经镜检为革兰氏阴性无芽孢杆菌，即进一步证明为大肠菌群。

复发酵（完成试验）：将上述可能为大肠菌群的菌落再次移接入乳糖培养液中，经24小时产酸产气者即最后确证为有大肠菌群存在。

根据肯定有大肠菌群存在的初发酵管数目及试验所用水样，利用数理统计原理或查阅专用统计表，最后算出每升水中大肠菌群的最可能数目。

（2）滤膜法可比发酵法缩短时间，有可能在24小时内完成。

选用微孔滤膜，通过抽滤使一定量的水样通过，将水中的细菌截留于滤膜上。将滤膜不截菌的一面贴附在特定固体培养基上（如伊红美蓝培养基）进行培养，通过菌落特征及镜检菌体形态初步确定为大肠菌群细菌，凡革兰氏阴性无芽孢杆菌再接种入含乳糖培养基中以确证为大肠菌群，最后根据通过水量及滤膜上长出的肯定为大肠菌群的菌落数换算出每升水样中大肠菌群数。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

二、水污染的浮游生物监测方法

浮游生物是指具有很少或没有克服水流的能力、随波逐流地生活于广阔水域或大洋的微型水生生物，包括浮游植物和浮游动物。浮游植物以单细胞、群体或丝状体的形式出现。淡水浮游动物主要包括原生动物、轮虫、枝角类和桡足类，海水中的种类要比淡水种类多得多。

浮游生物尤其是浮游植物长期以来就被用作水质的指示生物，有些种类对有机污染或化学污染非常敏感。报道的浮游植物清水指示种类有冰岛直链藻、小球藻和锥囊藻属的一些种类。报道的污染指示种类有谷皮菱形藻、铜锈微囊藻和水花束丝藻。与浮游植物一样，一定水域内的浮游动物种群对评价水质是有用的。但由于浮游生物的不稳定性且常常集群分布，因而浮游生物作为水质指示生物的可靠性和准确性受到限制。

1. 样品采集

包括采样点的布设，采样的步骤，采样器的选择等。

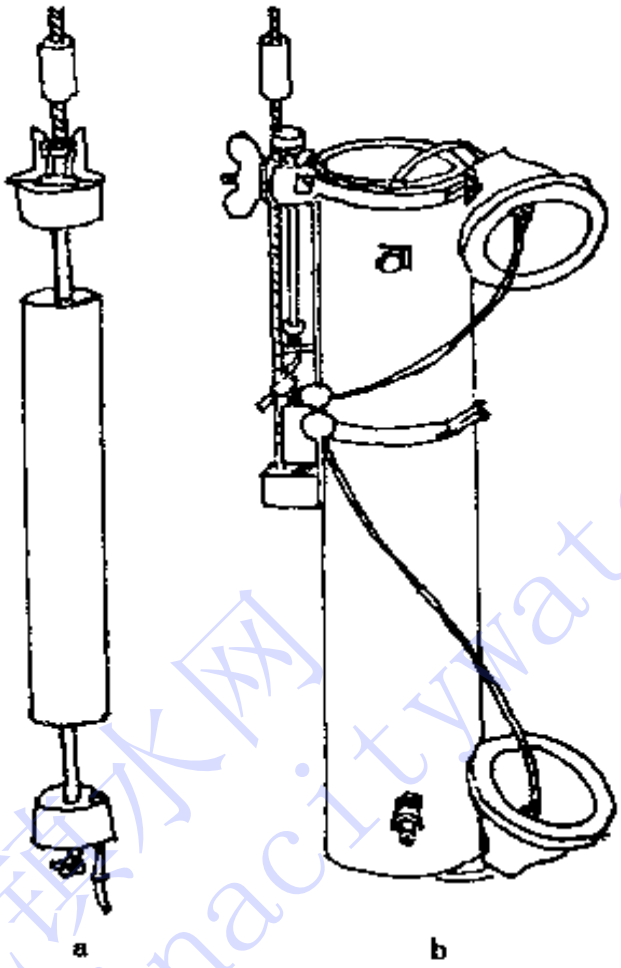
在江河研究中，采样点应设在怀疑污染源和主要支流的上游和下游，并在整个流域内按照适当间距设置。如有可能，河流两边应设点。在湖泊或水库和河口中，浮游生物种群可随水深变化，须将各主要深度和水团的样品收集全。

（1）采样步骤：确定采样地点、深度和频率，就可准备野外采样。样品瓶上应贴有标签，在标签上标明日期、采用点、研究水域、样品类型以及水深。如果采集后的水样要立即固定，在采样之前把固定剂加入样品瓶。水样的量决定于测定的形式和数量。平行样品数决定于研究的统计设计及数据分析选用的统计分析方法。

在野外记录本上要写明采样地点、深度、类型、时间、气候条件、浊度、水温以及其他有意义的观察结果。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

（2）浮游生物一般用采水器采集全水样（图 6-1）或用浮游生物采集网采集（图 6-2），如果样品不能很快检验，可用70%乙醇、5%福尔马林或鲁哥溶液来固定保存。



a—凯默勒式　b—范科恩式

图 6-1　采水器采集水平

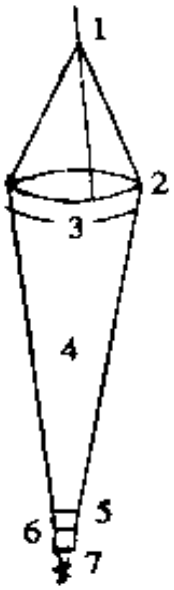
摘自《环境生物监测》张志杰．冶金工业出版社．1990

2．测定方法

（1）浮游动物和浮游植物的计数均在显微镜下进行，其计算通常以毫升生物个数表示。

（2）生物量的测定：浮游生物生物量可用单位体积的生物个体数表示。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区



1—曳钢；2—金属环；3—帆布；4—筛绢
5—帆布；6—筒；7—活栓

图 6-2 浮游生物采集网采集

摘自《环境污染生物监测与评价》张志杰，张维平，中国环境科学出版社，1991

① 叶绿素 a：叶绿素 a 是藻类生物量的指标。假定叶绿素 a 占（平均）藻类有机物（无灰分）干重的 15%，估算藻类生物量时可用叶绿素 a 含量乘以系数 67。

② 生物体积（细胞体积）：以“体积/体积”为基础的浮游生物数据常常比以“个数/毫升”表示的更为有用。测量细胞体积时，应使用最接近待测细胞形状的最简单的几何形状（例如球体、圆锥、圆柱）。一种生物细胞的大小在不同的水体里以及在同一水体里但在一年的不同时间都有显著不同。因此，对于每一个采样时间，每一种都要测量 20 个个体，再取平均值，计算每一种的总生物体积是用平均细胞体积乘以每毫升的细胞个数。

③ 重量法：虽然受淤泥和有机碎屑的干扰，但是从重量测定能计算出浮游生物群落的生物量。测定干重时，将 100 毫克湿的浓缩样品放入灼烧并称重过的清洁瓷坩埚内，在 105℃

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

下干燥 24 小时，也可通过 0.45 微米孔径的滤膜或预先洗净、干燥并称重的玻璃纤维过滤器过滤已知体积的水样。在干燥器中冷却样品并称重。

（3）三磷酸腺甘（ATP）测定：测定浮游生物中三磷酸腺甘（ATP）的方法是测定总的活浮游生物生物量的唯一手段。ATP 存在于一切植物和动物的活细胞中。生物种类不同，但其 ATP 比率相当恒定，完全可以从 ATP 的测定结果可靠地估算生物量。

三、底栖大型无脊椎动物监测法

底栖大型无脊椎动物是指栖息在水底或附着在水中植物和石块上肉眼可见的水生无脊椎动物，包括水生昆虫、大型甲壳类、软体动物、环节动物、圆形动物、扁形动物以及其他水生无脊椎动物。

在未受干扰的环境里，河流和湖泊中大型无脊椎动物群落的组成和密度（每单位面积的个数）各年之间比较稳定，大型无脊椎动物对环境变化的反应可用来评价环境污染对水体的影响。已经证明，严重的有机污染通常会限制大型无脊椎动物的种类，导致水中只有最能耐受这种污染的种类，能够耐受这种污染条件的种类，其密度有了相应的增加，通常溶解氧（DO）是很低的；另一方面，有毒化学物质的污染有可能使受影响区域内的大型无脊椎动物荡然无存。

利用底栖大型无脊椎动物监测和评价污染的影响时，一般是从污染影响的地点和邻近的未受影响的地点采集大型无脊椎动物群落进行对比。监测程序包括采集并分析这两处的群落，然后确定有污染影响的群落是否有别于无污染影响的群落。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

四、水污染的生物毒性测试

利用水生生物的反应测定某种污染物的毒性或危害，称为水污染的生物测试。生物测试有短期的急性试验（如 24、48、96 小时）和长期的慢性试验（如数月、数年）。方法有静水式生物测试和流水式生物测试两种。测试的生物可以是一种，也可以是多种。室内外均可进行测试。测试常用指标为一定时间内半数致死浓度（LC_{50}）表示，半数致死浓度指造成 50% 的受试生物在一定观察时期内死亡的浓度。在毒性试验中常常用鱼类或蚤类作为受试生物。

五、废水生物处理工程中的生物监测

废水生物处理法是利用微生物的作用处理废水中胶体和溶解性有机物质。根据在水处理过程中起作用的微生物对氧气要求的不同，废水的生物处理可分为好气生物处理和厌气生物处理两类。活性污泥法、生物过滤法、生物氧化塘和污水灌溉均属废水的好气生物处理。污泥消化池则属于厌气生物处理。对于某些高浓度有机废水（如酒精工业废水、屠宰场废水等）来说，也需要先进行厌气法处理，然后根据需要再用好气法进行处理。

在活性污泥法的废水处理系统中，由微生物群体所构成的活性污泥凝絮体内也包含着多种多样的生物，有微型动物（原生动物为主体）、细菌、真菌和藻类等等。它们的种类组成，数量和优势度极其代谢活力等状况，构成了我们通常所说的生物相。

随着废水处理过程的进行，活性污泥生物相也随之发生相应的改变。生物群体演替与水处理效果之间具有明显的相关性。于是人们通过显微镜对生物群体结构的观察，在很短的时

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

间内，即可作出初步评价。因此，利用生物相的变化来评价处理系统运行状况，已是指导废水生物处理工程运转的重要环节之一。

六、水环境质量的生物学评价

1. 指示生物评价法

指示生物是指环境中对某些物质（包括进入环境中的污染物）能产生各种反应或信息而被用来监测和评价环境质量的现状和变化的生物。根据对水环境中有机污染或某些特定污染物敏感的或有较高耐受性的生物种类的存在或缺失，来指示所在水体或河段内有机物或某种特定污染物的多寡或分解程度，称为指示生物法。它是最经典的生物学评价水质的方法，选作指示种的生物最好是生命期较长，比较固定生活于某处的生物，因它们能在较长时期内反映所在环境的综合影响。一般静水中主要用底栖动物或浮游动物，在流水中主要用底栖生物回着生生物，鱼类也可作为指示生物。大型无脊椎动物通常是应用较多的指示生物，因它们中的大多数种运动能力不强，常固定生活于某处，种类数量多、分布广。它们不仅反应水体中水质的状况，也能反应沉积物的质量状况。它们符合指示生物的要求，一般体型较大，肉眼可见，较易采集和鉴定。其与水质的关系如下：

① 水体严重污染的指示生物，有颤蚓类、毛蠓、细长摇蚊幼虫、绿色褐藻、小颤藻等。这些指示生物能在溶解氧低的条件下生活，其中颤蚓类是有机物污染十分严重水体中的优势种。

② 水体中等污染的指示生物，主要有瓶螺、被甲栅藻、四角盘星藻、环绿藻、脆弱刚毛藻等，对低溶解氧有较好的耐受能力。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

③ 清洁水体指示生物，在蚊石蚕、扁蜉、蜻蜓、田螺等，只能在溶解氧很高、未受污染水体中大量繁殖。

用指示生物法更精确地评价水质，最好将所用指示生物鉴定到种，因每一大类中各种不同生物对污染的敏感或耐受程度并不完全相同。

2. 污水生物系统评价法

污水生物系统在进行水污染的生物监测和评价中起了重要的作用，在调查后发现，由于受污染河流的自净过程而导致自上游往下游形成一系列在污染程度上逐渐减轻的连续带，每一带都生存有大体上能够表示这一带特性的动物和植物。从而可以根据一条河流中一定区域内所发现的动物区系和植物区系来鉴别该区域的有机物污染程度。按其污染程度把河流划分为以下几带。

多污带：这是水体受到有机物污染严重的区域。此带的特征是高分子有机物质（例如蛋白质）极其丰富，溶解氧含量少或缺，产生了 H_2S，细菌和无色鞭毛虫极多，有少量靠腐烂有机物或细菌为主要食物的动物，无好氧生物，鱼类不存在。

中污带：此带较长，又分为 α—中污带和 β—中污带。α——中污带：有机物污染仍较严重，存在较多的较小分子量的有机物，溶解氧较前一带略多，氧化作用使底泥中的硫化氢减少。生物为比较耐受污染的种类，有许多细菌和真菌，藻类少见，以细菌为食物的耐污动物占优势。β——中污带：此带为中等程度的有机物污染区。溶解氧相当高，氧化作用显著，有机物能较好地矿化。有多种蓝藻、绿藻及硅藻，有多种原生动物，有鱼类出现。

寡污带：经河流的自净作用后有机物全部被分解，水质透明度大，溶解氧恢复正常或达到饱和。细菌数量少，藻类种类多，数量也增加。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

3. 多样性指数评价法

利用种的多样性指数来反映水体污染状况，为水质评价提供一种新的途径。多样性指数是生物群落中种类与个体数的比值。在正常水体中群落的结构相对稳定，水体受到污染后，群落中敏感种类减少，而耐污种类的个体数则大大增加，污染程度不同，生物群落变化也不同。常用的多样性指数有：辛普森指数、香农—韦弗指数等。

4. 初级生产力评价：生产力是反映一个生态系统内物质循环和能量流动的一个指标。分析生态系统中生物种群或群落的物质代谢及能量流动的动态，以有机物的生产过程和分解过程的强度为依据评价水体被污染的程度，是生物学评价水质的另一类方法。

5. 水体富营养化的评价：富营养化是指富含磷酸盐和某些形式的氮素营养的水。水中所含的这些营养可使藻类过量生长，藻类和随之而来的异养微生物的代谢活动，耗尽了水体中的氧，使水体变质，这就是水体富营养化现象。

水体富营养化的产生，与水中氮和磷的含量有着密切的关系，一般认为总磷和无机氮分别为 20 毫克/米^3 和 300 毫克/米^3 以上，就可以出现富营养化。已经知道，在未受污染的生态系统中，生物群体的特点之一是种类多而每个种的个体少。当生态系统受到污染以后，群体中的种数逐渐减少，而能活下来的每个种的个体数却在增加。当污染极其严重时往往只能看到少数几种生物，它们的个体数目急剧增加。在富营养化的水体中看到的现象正是这种生物群体种类减少、个体剧增的现象，因此，水体富营养化的实质是水生生态系统遭受污染的结果。

随着湖泊中营养条件不同，生物群落也随之发生变化。在富营养化过程中，促使藻类丛生，首先是窗格平板硅藻占优

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

势，继而出现红色颤藻。它们的出现是发生富营养化的征兆，最后以浮游生物占优势。

第三节　大气污染的生物监测

一、大气中主要污染物及其来源

污染大气的物质有很多种，按照它们的物理化学性质可分为两大类：一类是有害气体，它们以气体状态存在于大气中，如二氧化硫、一氧化碳、氟化氢、氮氧化物等；另一类是灰尘、烟雾，它们都以固体或液体微粒散浮在空气中，如煤烟、煤尘、光化学烟雾等。目前在城市大气污染中数量最多，危险最大的主要是烟尘、二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物以及由后两种污染物经光化学反应而产生的光化学氧化剂等。这些污染物主要来自火力发电厂、民用炉灶、工业锅炉和工业炉窑的燃料燃烧以及工业生产过程中和交通运输三大方面。

二、大气污染指示生物的作用与条件

大气污染生物监测指利用生物对大气污染物的反应，监测有害气体的成分和含量以了解大气的环境质量状况。大气污染的生物监测包括动物监测和植物监测。动物监测由于动物对环境的特性和管理困难，目前尚未形成一套完整的监测方法。由于植物位置固定、管理方便且对大气污染敏感等特点，大气污染的植物监测被广泛应用。

植物受到污染后，常会在叶片上出现肉眼可见的伤斑，即

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

可见症状。不同的污染物质和浓度所产生的症状及程度各不相同。污染物对植物内部生理代谢活动产生影响，如使蒸腾率降低、呼吸作用加强、叶绿素含量减少、光合作用强度下降；进一步影响植物的生长发育，使生长量减少、植株矮化、叶面积变小、叶片早落及落花落果等。且植物吸收污染物后，内部某些成分的含量也会发生变化。因此，根据植物对大气污染的生物反应可以监测大气环境的污染状况。

大气污染生物监测的常用方法是指示生物监测法。指示生物是指对大气污染反应灵敏，能用来监测和评价大气污染状况的某些生物。主要包括指示植物和指示动物两大类，其中指示植物研究较多。大气污染指示生物的主要作用是：

a. 能综合反映大气污染对生态系统的影响强度

b. 能较早地发现大气污染

c. 能监测出不同的大气污染物

d. 能反映一个地区的污染历史

作为大气污染指示植物，必须具备以下条件：

a. 对污染物反应敏感

b. 受污染后的反应症状明显

c. 干扰症状少

d. 生长期长，能不断萌发新叶

e. 栽培管理和繁殖容易

f. 尽可能具有一定的观赏或经济价值，起到美化环境与监测环境质量的双重作用。

三、常见有害气体对植物伤害的典型症状

（1）二氧化硫：其伤害植物的典型症状是在植物叶片的叶脉间，出现不规则的坏死区，斑点以灰白色和黄褐色居多。一般伸展的嫩叶易受害，中龄叶次之，老叶和未展开的嫩叶抗性

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

较强。

（2）氟化氢：大气氟污染主要是氟化氢（HF），它的排放量、影响范围都比二氧化硫小些，但毒性很强。空气中含 ppb 级浓度氟化氢时，几星期可使敏感植物受害。植物受氟伤害的典型症状是叶尖和叶缘坏死，伤害区和非伤害区之间有一条红色或深红色界线。氟污染容易危害正在伸展的幼嫩叶子或枝梢顶端，呈现枯死现象。

（3）氯气：大多为脉间点块状伤斑，与正常组织之间界线模糊，或有过渡带，严重时全叶失绿漂白甚至脱落。

（4）氨气：大多为脉间点块状伤斑，伤斑褐色或褐黑色，与正常组织之间界线明显，症状一般出现较早，稳定得快。

（5）二氧化氮：大多为叶脉间不规则形伤斑，呈白色、黄褐色或棕色，有时出现全叶点状斑。

（6）臭氧：大多为叶面散布细密点状斑，呈棕色或黄褐色，少数为脉间块斑。

（7）过氧乙酰硝酸脂：叶片背面变为银白色、棕色、古铜色或玻璃状，不呈点、块状伤斑，有时在叶片的先端、中部或基部出现坏死带。

（8）乙烯：叶片发生不正常的偏上生长（叶片下垂），或失绿黄化，并常常发生落叶、落花、落果以及结实不正常的现象。

（9）酸雾（硫酸、盐酸、硝酸等）：叶上出现细密、近圆形坏死斑。

四、大气污染指示生物的筛选方法

（1）污染区植物生态调查：对污染区内各种植物的种类、生长情况和受害反应等进行调查，然后根据生长情况和受害症状判断它们对有害气体的抗性和敏感性，以便找出抗污染和敏

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

感的指示植物。

（2）污染区栽培比较试验：将各种预备筛选的植物惊醒栽培，然后把这些植物放置在监测区内观察并记录其生长发育状况及受害反应。经一段时间后，评定多种植物反应，选出敏感植物。这种方法可避免现场评比法中因条件差异造成的影响。植物栽培试验包括盆栽和地栽。

（3）人工熏气法：将需要筛选的植物放置在人工控制条件的熏气室内，把所确定的单一或混合气体与空气掺混均匀后通入熏气室内，根据不同的要求控制熏气时间。该方法能较准确地把握植物反应症状或观察其他指标，受害的临床值（引起生物受害的最低浓度和最早时间）以及评比各类生物的敏感性。

五、常见的大气污染指示生物

（1）二氧化硫（SO_2）污染指示生物：常用的有法国梧桐、雪松、马尾松、云杉、落叶松、白桦、腊梅、百日菊、玫瑰、月季、菠菜、南瓜、莴笋、胡萝卜、蚕豆、大麦、棉花、地衣、苔藓等。

（2）氟化氢（HF）污染指示生物：常用的有郁金香、紫荆、杜仲、华山松、番茄、葫芦、芝麻、玉米、梅、杏、柿、芒草等。

（3）臭氧（O_3）污染指示生物：常用的有花生、燕麦、马铃薯、洋葱、萝卜、皂角、丁香、葡萄、牡丹、梨等。

（4）氯化氢（HCl）污染指示生物：常用的有韭菜、番茄、落叶松、李树、五角松等。

（5）氮氧化物（NO_x）污染指示生物：常用的有向日葵、莴笋、玉米、洋葱、烟草、秋海棠、法国梧桐等。

（6）过氧乙酰硝酸脂（PAN）污染指示生物：常用的有莴笋、芥菜、早熟禾、矮牵牛、菜豆等。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

（7）氯气（Cl_2）污染指示生物：常用的有大麦、向日葵、白菜、葱、金银花、月季、夜来香、水杉、枫柏、油松、椴树、相树、樱桃、核桃、柿树等。

（8）乙烯（C_2H_2）污染指示生物：常用的有菜豆、棉花、豌豆、万寿菊、倒挂金钟、番茄等。

（9）硫化氢（H_2S）污染指示生物：常用的有大叶紫、三叶草、黄瓜、番茄、烟草等。

（10）氨气（NH_3）污染指示生物：常用的有芥菜、向日葵、菜花等。

六、利用植物监测大气污染的常用方法

1. 植物症状监测法

植物受到污染后，常常会在叶片上出现肉眼可见的伤害症状即可见症状。不同的污染物质和浓度所产生的症状及程度各不相同。根据敏感植物在不同环境下叶片的受害症状、程度、颜色变化和受害面积等指标，来指示空气的污染程度，判断主要污染物的种类。大气污染物质对内部生理代谢活动发生的影响，例如使蒸腾率降低，呼吸作用加强，叶绿素含量减少，光合作用强度下降，进一步生长发育受到影响，生长量减少，植株矮化，叶面积变小，叶片早落和落花落果等。这些都是判断大气污染的重要依据。

2. 现场调查监测法

选择观察点，根据调查目的和实际情况进行布点；了解调查区内主要大气污染物的种类、浓度和分布扩散规律；观测主要树木、农作物、蔬菜或野生草木植物等；确定观察时间；观测项目主要是各类植物的叶、芽、枝条等器官受害的症状表观及叶子受害后颜色、叶形、受害面积、受害年龄、落叶度等，农作物还要观察根系发育，统计生长高度、干鲜重及产量等；

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

通过调查植物群落结构变化，群落中各种植物的反应，也可以反映出该地区大气污染程度。

3. 植物群落监测法

植物群落和周围环境有着密切的关系，环境条件的变化可以直接或间接影响植物群落的生长。各种植物对污染物敏感性不同，其反应有明显的不同。因此，监测各种植物的受害症状和受害程度，分析植物群落中各种植物的反应，可以为该地区的大气污染程度作出评价。

4. 现场盆栽定点监测法

现场盆栽定点监测法是将监测用的指示植物栽培在污染区选定的监测点上，定期观察，记录其受害症状和程度，来估测污染物的成分、浓度和范围，以此来估测该地区空气污染情况。

5. 地衣、苔藓监测法

地衣和苔藓这两类低等植物对二氧化硫和氟化氢等反应敏感。二氧化硫年平均浓度在 0.015～0.105 毫克/米^3 范围内就可以使地衣绝迹。二氧化硫超过 0.017 毫克/米^3 时大多数苔藓植物便不能生存。因此 1968 年在荷兰举行的大气污染对动植物影响讨论会上推荐地衣和苔藓作为大气污染指示生物。根据这两类植物的多度、盖度、频度和种类、数量的变化，绘出污染分级图，以显示大气污染的程度、范围和污染历史。

6. 细胞微核监测法

20 世纪 70 年代，美国西伊诺斯大学马德修（Te-Hsiu Ma）教授根据环境污染物会引起染色体畸变而形成微核的原理，首先利用紫露草花粉母细胞的微核数量指示环境污染状况，现已被美国 EPA 列为污染物监测的常规指标。我国也已经应用紫露草微核方法来监测水、大气污染状况。

7. 树木年轮监测法

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

乔木植物的年轮就象自身的履历表，忠实地记录着生长时期的气候环境状况变化及污染情况。人们通过观测年轮的宽窄及色泽的变化可以定性了解各个生长时期的污染情况，如果利用仪器测量年轮中累计的微量元素量就可了解相应年代大气的污染水平。进行年轮分析不必砍伐大树，只需要用一种叫“生长锥”的工具，插入树干，取出一条棒状的样品，用专门的仪器测量年轮宽度。更先进的方法是根据 X 射线穿透的难易，依各年轮木材不同比重以不同感光程度记录在照片上，分析照片能对污染作出定性评价。

七、大气污染的细菌总数的测定方法

室外空气中微生物的数量与人和动物的密度、植物的数量、土壤和地面的铺装情况，气温和湿度、日照与气流等因素有关。室外空气中的微生物大部分为非致病性微生物，一般室外空气中病原微生物的存在是比较少的。室内空气中，特别在通风不良，人员拥挤的环境中，可有较多的微生物存在。不同地点空气中微生物的数量调查表明，一般室内空气中的微生物远比室外空气中多、而且不同类型场所、绿地和林地空气细菌数量相差很大（见表 6-2 和表 6-3）。在拥挤的房间内，当温度、相对湿度和二氧化碳含量超过卫生标准时，空气中的细菌也大大增加，因此，细菌总数和链球菌数是测定空气卫生状况的敏感指标，它们可以评价空气的微生物污染程度与卫生状况（见表 6-4）

表 6-2　不同地点空气中微生物含量

地　　点	空气中微生物
北极（北纬 80°）	0
北极（北纬 37°）	1
海洋上	1～2

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

续表

地　　点	空气中微生物
市区公园	200
城市街道	5 000
宿舍	200 000
兽舍	1 000 000～2 000 000

表 6-3　南京市各类空气含菌量的比较

类型	地点	人流、车辆及绿化状况	每立方米可含菌数
公共场所	某火车站	人多、车多	49 700
	某百货公司	人多	21 100
	某电影院	人多（不流动）	8 460
街道	南伞街	人多，车多、基本无绿化	44 050
	新街口	人多，车多，绿化好	24 480
	太平路	人较少、车多、绿化好	7 850
	西康路	人少、车少、绿化好	5 530
公园	玄武湖	水面公园、游人多	6 980
	和平公园	街道公园、游人少	4 940
	灵谷寺	森林公园、游人少	1 372
机关	市防疫站	人少、绿化好	3 460
植物园	植物所	人少、树木茂密	1 046

表 6-4　住房空气卫生评价标准

单位（个/米^3 空气）

空气评价	夏季标准		冬季标准	
	细菌总数	绿色和溶血性链球菌总数	细菌总数	绿色和溶血性链球菌总数
清洁空气	＜1 500	＜16	＜4 500	＜24
污染空气	＞2 500	＞36	＞7 000	＞36

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第四节　土壤污染的生物监测

土壤是环境中特有的组成要素之一，它介于生物界和非生物界之间，是一个复杂的物质体质。

土壤污染及其所造成的影响有它的一些特点。土壤污染所产生的影响大都是间接的，土壤污染通过土壤—农作物—人体，及土壤—地下水（地表水）—人体，这两个最基本的环节对人体产生影响。

土壤生物监测，就是通过生物学方法监测查明土壤污染情况，达到监测预报的目的，为防治土壤环境污染提供依据。

一、土壤在环境中的作用

（1）对污染物进行分解和转化，变有害物质为无害物质，或成为营养物质，起了净化作用。

（2）由于土壤是一个复杂的胶体系统，对某些物质具有蓄积和积累停留作用，特别是重金属这类污染物可在土壤中积累，引起土壤污染。

（3）土壤—植物系统之间进行污染物的迁移和转化，可以引起食物污染，通过食物链危害人体健康。

二、土壤污染对生物的影响

1. 农药污染对生物的影响：

（1）对植物的影响：有些农作物，如：花生、土豆、白薯等，由于其食用部分在土壤中形成，因而如果土壤中含有污染农药，就有污染的可能。据研究有机氯农药被植物吸收后，在

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

体内大量地积聚，其残留量因器官不同而异，其很容易通过土壤—农作物—人的食物链，在一些食肉动物体内逐渐积累起来，再通过人食用，在人体内富集，影响身体健康。而一些含有铅、砷、汞、镉等重金属制剂，毒性较大，它们在土壤中残留时间较长，其半衰期可达 10～30 年。而某些特异性农药，如某些除草剂，已经证明有引起高等动物畸胎、癌症的危险。

（2）对土壤微生物和无脊椎动物的影响：土壤是微生物和无脊椎动物栖居的场所，当土壤受污染后便会导致这些生物的种类和数量的变化。

（3）对飞禽、野生动物的影响：农药对飞禽和野生动物的影响主要是由于食取含农药污染过的食物，如种子、谷物、鱼类、鸟类等。通过食物链产生一般农药对野生动物的污染不象对水产、飞禽那样严重。

2. 微量元素污染对植物的影响

一般情况下，土壤中的微量元素锰、铜、铁、镁、锌等含量极少，但又是植物生活所必需。当这些元素在土壤中大量积聚时，会造成土壤污染，对植物的正常生活产生危害。例如铜，当土壤中含铜量达到 20 毫克/千克时，小麦就要死亡；达到 250 毫克/千克时，水稻也要死亡。

三、土壤环境的植物监测

1. 土壤污染物与植物的反应

（1）金属元素的影响：有人研究灌溉水每升含 2.5 毫克就对水稻、油菜的生长有抑制作用，表现为株型矮、叶黄，籽粒少，最后导致水稻减产 77.1%；铅对大豆、玉米的影响表明，铅浓度增加，光合作用和呼吸作用降低；铜的含量达到 20 毫克/千克时，小麦植株枯死，达到 250 毫克/千克时，水稻也死亡；而且铜的危害症状，主要是抑制根系生长，长势不良；镉

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

的毒害可使大豆小麦发生黄萎病，干物质重量显著下降，大豆对镉比小麦更为敏感，蔬菜也会因大量吸镉而受害，生长迟缓，产量下降。一些金属元素对水稻的危害阈值为：铜 0.01 毫克/升；锌 1 毫克/升；镍 0.07 毫克/升；锰 5 毫克/升；铝 5 毫克/升；砷 0.05 毫克/升；铬 1 毫克/升。

（2）有机污染物的影响：试验表明，酚在 25 毫克/升浓度浇灌水稻时，种子发芽势弱，生长受抑制，产量下降 9.9%～27.6%；从 200 毫克/升开始，为水稻生长的危害浓度，千粒重和产量显著下降（减产 38.6%）；含酚量在 800 毫克/升以上时，则为水稻的致死浓度。而小麦和玉米对酚类化合物不敏感，忍耐能力较高，一般在含酚量 200 毫克/升以下对它们生长发育及产量影响不大。黄瓜在含酚量 100 毫克/升时为生长的抑制浓度，产量有所下降，从 200 毫克/升开始，为黄瓜生长的危害浓度，而 800 毫克/升时植株显著矮化。COD 对水稻的危害阈值为 8 毫克/升，轻油为 1～2 升/亩，重油为 5 升/亩左右。

2. 土壤监测的指示植物

人们可以利用敏感的指示植物来监测和评价土壤环境质量。常用的土壤环境质量指示植物如下：

（1）肥沃土壤质量指示植物：沟蕨、黄金蕨、长白萱麻、奥羽、野凤仙花、蔓赤草、珊瑚木、绣球花等。

（2）瘠薄土壤质量指示植物：里白、小里白、米槠、杨梅树、山柳、杜鹃花、马醉木、南烛和夏黄栌等。

（3）铜污染指示植物：小大蕨等。

（4）锌污染指示植物：细小糠穗、狐茅、紫狐茅、黄花草、酸模、长叶车前、以及多种紫云英、紫堇、遏蓝菜等。

（5）砷污染指示植物：地衣等。

（6）酸性土壤质量指示植物：芒萁骨、映日红、铺地蜈蚣

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

等。

(7) 石灰性土壤质量指示植物：蜈蚣草、柏木等。

(8) 碱性土壤质量指示植物：碱蓬、剪刀股等。

3. 土壤植物监测方法

(1) 野外调查法：调查点的选择有方格法、样条法、随机法。

方格法：即将一个地区划分成许多等面积的方格（在地图上进行），在每一方格中布点调查。

样本法：即按需要确定几条该地区的样条，在样条上选点调查。样条可以定距互相平行，也可以从一点出发向四点发射。

随机法：即任意布点调查。

(2) 植物计法：按方格布点挖取土壤样品，分别盛入盆钵中，栽上同一种指示植物，经一定时期后测定各盆植物的干物重，求出相对生长率（RGR），以此来评价

各点的土壤质量。计算公式如下：

$$RGR = [\ln(w_2 - w_1)/(t_2 - t_1)] \times 100$$

式中，t_1、t_2——发芽后的日数；

W_1、W_2——t_1、t_2 植物的干物重。

一般来说，高等植物的相对生长率的最高值大多在 20%～30%/日。

(3) 污染成分分析法：分析植物某些组织、器官中的污染物质含量，以含污量的多少反映环境的质量。例如，植物叶片污染成分的含量和根中污染物含量可估测上壤污染。

A. 分析项目：根据需要和条件测定污染物，如氟化物、硫、重金属、农药等。

B. 植物样品的采集：在采取植物样品时应注意以下几点：植物种类或品种要一致；植物的年龄和生育期要一致；采集根

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

系的深度、方位要一致；采集叶和枝条的着生位置和方位要一致；叶位、展叶期或成熟程度要一致。所采样品不应距污染源太近，以免失去代表性，在城市中可以采集公园中的植物样品。

四、土壤污染的动物监测方法

利用动物也可以监测土壤污染，Van Hook 曾发现蚯蚓对镉具很强的富集能力，其镉的累积浓度高出土壤的 22.5 倍。Gish 和 Christenen 也发现蚯蚓体中镉的浓度与土壤中镉浓度显著相关。

有的研究发现软体动物体重与镉含量有十分明显的相关性，认为它将是一种有实用价值的土壤镉含量有十分明显的相关性，认为它是一种有实用价值的土壤镉监测的指示生物。

农药使用可以造成 90% 以上的蚯蚓死亡，而影响了土壤团粒结构的形成。土壤中铅对昆虫、蚯蚓和微生物的活动也有影响。

常用的土壤动物监测方法如下：

器材：钢卷尺、铁锹、温度计、pH 试剂等。

操作方法：

A. 以抽样方法来估计不同类型土壤中蚯蚓或其它几种节肢动物种群数量。一般估量种群总数量是较困难的，只得采用抽样方法来统计样方内全部个体数，然后，将其均值去估量种群的整体，因此，样方必须有代表性。

B. 选择不同类型土壤环境，例如，对照区、污染区、每种类型，需挖三个样方。每个样方的面积为 0.25 米^2，深 30 厘米。分别统计土表层。1 ~ 10 厘米层、11 ~ 20 厘米层、21 ~ 30 厘米层的动物种类及其数量。对土壤

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

的不同层次，需测定土壤温度及 pH。

C. 结果登记。

五、土壤环境的微生物监测

人粪尿是我国土壤生物污染的主要污染源，其次是污水灌溉也可以引起土壤生物污染。因此，通过监测土壤微生物的群系变化，也可以反映土壤污染状况。主要是分离和计数土壤中的细菌、放线菌和霉菌。

六、土壤污染的生物学评价

常以土壤中大肠杆菌多少，作为划分土壤污染指标。大肠菌值大于 1 000 毫克，为较清洁土壤，大于 50 毫克为中等污染土壤，少于 1～2 毫克为严重污染土壤。（见表 6-5、表 6-6）

表 6-5　土壤污染分级标准

项　目	土　壤（100g）		
	较清洁土壤	中等污染土壤	严重污染土壤
总氮量	< 100mg	> 100mg	> 200mg
有机氮	< 25mg	> 25mg	> 50mg
有机碳	< 300mg	> 300mg	> 500mg
磷酸盐（P_2O_5）	< 50mg	> 50mg	> 60mg
1g 土壤中细菌总数	10 000	数十万	数百万
大肠菌值	> 1 000mg	> 50mg	> 1～2mg

判定土壤生物污染，采用“土壤蛋白”氮与有机氮的比值作为指标，称为卫生指数。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

表 6-6 判定土壤生物污染的卫生指数

污染程度	卫生指数
严重污染	<0.70
中等污染	0.70~0.85
轻度污染	0.85~0.98
清洁土壤	>0.98

（马维琦、张建辉）

中国城镇水网 www.chinacitywater.org

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

第七章　固体废物的监测

固体废物产生过程的多样性决定了其具有很大的不均匀性，对于特定城市或工厂产生的固体废物，只有通过采样分析才能确定其具体的组成和特性。固体废物分析的目的通常用于污染源监测、污染事故调查与监测、法律调查与仲裁；用于废物的综合利用与贮存、处置作业；用于产生固体废物的过程的工艺分析；用于环境影响评价等。固体废物处理处置设施的污染控制项目和场内外环境监测也是固体废物监测的重要内容。

第一节　固体废物的采样方法

在固体废物监测中，采取固体废物样品是一个十分重要的环节。所采取样本的质量直接关系到分析结果的可靠性。在对固体废物采样前，必须根据采样目的制定出详细、周密、严格、可操作的采样计划。采样计划应包括调查手段、采样方法、样品保存和运输方法、样品分析手段以及质量保证与质量控制方法。固体废物的采样方法有简单随机采样法、分层随机采样法、系统随机采样法、多段式采样法和权威采样法等。应该根据采样目的、废物性质、采样现场条件等选用适宜的采样方法，最常选用的是简单随机采样法和分层随机采样法。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

一、简单随机采样法

这是一种最常用、最基本的采样方法。基本假设是总体中的所有个体成为样品的概率（机会）都是均等的和独立的。有抽签法和随机数表法两种方法。抽签法即先将采样总体的各个独立单元顺序编号，同时将号码写在纸片上（纸片上的号码代表各采样单元），掺和混匀后从中随机抽取所需最少样品数的纸片，抽中的号码即为采样单元的号码。此法只在采样单元较少时使用。随机数表法即先将采样总体的各个独立单元顺序编号，然后从随机数表的任意一栏、任意一行的数字数起，小于或等于编号序列内的数码即作为采样单元（不重复），直至取到所需的最少样品数。

在对固体废物中污染物含量分布状况一无所知或废物的特性不存在明显非随机不均匀性时，简单随机采样法是最为有效的方法。如从沉淀地、贮存池和大量件装容器的固体废物中抽取有限单元采取废物样品时等。

二、分层随机采样法

这种方法是将总体划分为若干个组成单元或将采样过程分为若干个阶段（均称之为“层”），然后从每一层中随机采取样品。与简单随机采样法相比，该法的优点是当已知各层间物理化学特性存在差异，且层内的均匀性比总体要好时，通过分层采样，降低了层内的变异，使得在样品数和样品量相同的条件下，误差小于简单随机采样法。这种方法常用于批量产生的废物和当废物具有非随机不均匀性并且可明显加以区分时。分层随机采样法也常用于生活垃圾的分类采样，如不同炊事燃料结构生活垃圾的组成、灰份、热值、渗滤液性质分析等。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

三、系统随机采样法

这种方法是利用随机数表或其它目标技术从总体中随机抽取某一个体作为第一个采样单元，然后从第一个采样单元起按一定的顺序和间隔确定其他采样单元采取样品。对连续产生或排放的废物、较大数量件装容器存放的废物等常采用此法，有时也用于散状堆积的废物或渣山采样。这种方法与简单随机采样法比较，具有简便、迅速、经济的优点，但当废物中某种待测组分有未被认识的趋势或周期性变化时，将影响采样的准确度和精密度。

在工业固体废物的产生与排放中，散状堆积的现象是很普遍的，即有单独成堆的，也有数堆连成一片的。日本对这种工业固体废物的标准采样方法是，首先将渣堆转变为矩形平堆，然后划分出等面积网络，利用简单随机采样法采样。前一种方法，简单易行，但没有考虑到废渣堆倒后通常不是标准的圆锥体，并且有颗粒偏析现象，简单从四个方向和腰部采样误差较大；后一种方法，随机性强，样品质量高，但要求采样时间长，作业场地宽阔，这在一般污染源监测中将受到很大限制，特别是渣堆体积较大，并且连成一片的情况下更难实施。

四、多段式采样法

所谓多段式采样法，就是将采样的过程分为两个或多个阶段来进行，先抽取大的采样单位，再从大的采样单位中抽取采样单元，而不是象前三种采样方法那样直接从总体中抽取采样单元的方法。需要注意的是，多段式采样法与分层采样法是不一样的。分层采样法中的“层”的概念，一般是按照一定属性和特征将总体划分为若干性质较为接近的类型、组、群等，再从其中抽取采样单元，因此，分层的意义在于缩小各采样单元

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

之间的差异程度。而多段式采样则是由于总体范围太大，难以直接抽取采样单元，从而借助中间阶段作为过渡，即除了最后一个阶段是抽取采样单元外，其余阶段都是为了得到采样单元而抽取的中间单位。多段式采样法常用于对区域生活垃圾产生量、垃圾分类和垃圾组分分析时的采样。

五、权威采样法

这是一种依赖采样者对检测对象的认识（如特性结构、抽样结构）和判断，以及积累的工作经验来确定采样位置的方法，该方法所采取的样品为非随机样品。例如，根据某一容器的形状、大小，按照对角线形、梅花形、棋盘形、蛇形等确定采样位置采取样品。

综上所述，如果对废物的化学污染物性质和分布一无所知，则简单随机采样法是最适用的采样方法。随着对废物性质资料的积累，则可更多地考虑选用分层随机采样法、系统随机采样法，有时还会用到权威采样法。各种采样方法即可以单独使用，在一定情况下也可以结合起来使用，如多段式采样法与权威采样法的结合使用等。

第二节　固体废物样品采集、制备及保存

一、采样工具与容器

采样工具的选择，应当根据所需采取废物的种类、形态、特性和废物产生、贮存、排放方式以及工作场地条件等因素来

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

确定。采取生活垃圾样品的工具主要有，锹、耙、锯、锤子、剪刀等。采取固态工业废物样品的采样工具主要有锹、锤子、采样探子、采样钻、气动和真空探针、取样铲等；采取液态工业废物样品的采样工具主要有，采样勺、采样管、采样瓶（罐）、泵、搅拌器等。容器的外表面显著位置处必须有不易破损的标签或标志，标签或标志上应能清楚写出样品名称、样品编号、采样时间、采样地点和采样人。

二、样品采集

固体废物采样包括生活垃圾采样、工业固体废物采样和固体废物处理处置设施及其场址环境监测采样。有关固体废物处理处置设施的采样可遵循有关污染控制标准或监测技术标准中规定的采样方法，没有相关规定的采用地表水、土壤、大气和生物常规采样技术。

1. 生活垃圾采样

如果在城市内设立垃圾采样点，应首先考虑垃圾的产生范围。如果在垃圾堆放场采样，则应注意所采样品的真实性和代表性。进行垃圾采样作业时，对于大于 3 米^3 的垃圾池（坑、箱），采用立体对角线布点法，在等距离（不少于 3 个）点处采取垃圾样品；对于小于 3 米^3 的垃圾箱（桶），采用垂直分层的采样方法，层的数量和高度依照盛装垃圾量的多少确定，然后将各层样品等体积混合为一个混合样；对于垃圾车，应采集当天收运到垃圾堆放场（焚烧厂、填埋场）的垃圾车内的垃圾，在间隔的每辆车内或在其卸下的垃圾堆中采用立体对角线法在 3 个等距离点采取份样，然后等量混合制备成混合样，每次采样不少于 5 车；对于垃圾流，在垃圾焚烧厂、堆肥厂的垃圾输送过程中，利用系统随机采样法等时间间隔采取垃圾样品。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

2. 工业固体废物采样

工业固体废物采样包括在不同产生、贮存和排放过程中对固态、半固态、液态废物的采样。

（1）固态废物件装容器采样　对于袋装块、粒状废物，将盛装废物的袋子倾斜45°角并打开袋口，用长铲式采样器从袋中心处插入至袋底后抽出，所采取的废物样品作为1个样品。对于袋装污泥状废物打开袋口，将探针从袋的中心处垂直插入至袋底，旋转90°度后抽出，用木片将探针槽内的泥状物刮入预先准备好的样品容器内，然后再在第一个采样位置半径10～15厘米处按照相同的方法采取样品，直至采取到所需样品量。对于袋装干粉状废物，将盛装废物的袋子倾斜30°角，打开袋口，将套筒式采样器开口向下从袋中心处插入至袋底，旋转180°并轻轻晃动几下后抽出，将套筒式采样器内的样品倒入预先铺好的塑料布上，然后转移到样品容器中。对于桶装废物，打开桶盖子，根据废物颗粒直径大小选择采样器，分层采取废物样品。

（2）输送带上固态废物采样　输送带采样分为停机采样和不停机采样。停机采样即在所选取的采样时间段内按照简单随机采样法抽取采样时间，或按照系统随机采样法等时间间隔停止输送带传送废物，在输送带的某一指定位置处采取样品。采样时，用挡板挡住输送带的一边以防止采样时废物从带上滚落，在输送带的另一边用采样铲或锹紧贴皮带并横穿皮带宽度至挡板，采取输送带横截面上的所有废物颗粒作为样品。不停机采样即在所选取的采样时间段内按照简单随机采样法抽取采样时间或按照系统随机采样法等时间间隔从出料口采样。采样时，用勺式采样器从料口的一端匀速拉向另一端接取完整废物流，每接取一次作为一个样品。

（3）固态废物贮罐采样　对贮罐废物的采样，应尽可能在

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

装卸废物过程中按输送带采样或桶装废物采样方法进行操作。当只能在卸料口采样时，应预先将卸料口灰尘等杂物清除干净，并根据卸料口的直径和长度放空适量废物后再采取样品。采样时，用布袋或桶接住料口，按设定的样品数逐次放出废物，每次放料时间相等，然后将袋或桶中废物混匀，按件装容器采样方法采取样品。每接取一次废物，作为一个采样单元，采取 1 个样品。

（4）固态废物池采样　将池划分为设定样品数的 5 倍数若干面积大小的相等网络，顺序编号后用随机数表抽取与样品数相等的网格作为采样单元采取样品。采样时，在网络的中心位置处用土壤采样器或长铲式采样器垂直插入到废物的指定深度并旋转 90°度后抽出，作为 1 个样品。当池内废物较厚时，应分上、中、下层采取份样品，等量（体积或重量）混合后再作为 1 个样品。当废物从池的一端进入时，也可采用分层随机采样法采取样品。采样时，将池按长度或面积单位分为上、中、下三个区，根据各区大小分配设定的样品数采样。

（5）车内固态废物采样　可按照桶装废物采样方法进行采样。一车废物即可以作为一个采样单元采取样品，也可以在车内采取多个样品。

（6）板框压滤机固态废物采样　将压滤机各板框顺序编号，用抽签的方法抽取不少于 30% 的板框数作为采样单元，在完成压滤脱水后取下，用小铲将废物刮下，每个板框采取的废物等量（体积或重量）混合后作为 1 个样品。

（7）散状堆积废物采样　对于堆积高度小于 0.5 米独立散状堆积废物，可将废物堆摊平成 10 厘米左右厚度的矩形后，等面积划分出设定样品数 5 倍数的网格，顺序编号。用随机数表抽取设定样品数的网格作为采样单元，在网格中心位置处用采样铲或锹垂直采取全层厚度的废物，一个网格采取的废物作

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

为1个样品。对于数个连在一起的散状堆积废物，首先选择最新堆积的废物堆，用系统随机采样法采样。当无法判断堆积时间时，用抽签方法抽取若干废物堆，然后对各堆用系统随机采用法采样，每堆各点采取的份样品等量（体积或重量）混合后组成1个样品。

（8）渣山采样　当废物用输送带连续输送时，按输送带采样方法进行采样；当废物用运输车辆装卸时，用车内采样方法进行采样，无法在车内采样时，可用散状堆积废物采样的方法采取样品。在填埋作业面边缘采样时，在随机确定的采样位置处用土壤采样器或铁锹垂直插入到废物中采取样品。

（9）容器装液态废物采样　将容器内液态废物混匀（含易挥发组分的液态废物除外）后打开盖子，将玻璃采样管垂直缓缓插入液面至底部，待采样管内液面与容器内液面一致时，用拇指按紧管的顶部慢慢提出，在管外壁附着的液体流下后，将样品注入预先准备好的采样瓶中，重复上述操作至满足样品量要求。

（10）贮罐（槽）装液态废物采样　在顶部入口处，将闭盖的重瓶采样器缓缓放入指定的液位深度后启盖，待瓶中装满液体后（液面不再冒气泡），闭盖提出，在瓶外壁附着的液体流下后，将样品注入预先准备好的盛样容器中，重复上述操作至满足样品量要求。

三、样品制备

1. 生活垃圾样品制备

将采取的生活垃圾样品摊铺在水泥地面上，按表7-1的分类方法手工分捡垃圾样品，并记录下各类成分的比例或重量。分别对各类废物进行粉碎。对灰土、砖瓦陶瓷类废物，先用手锤将大块敲碎，然后用粉碎机或其它粉碎工具进行粉碎；对动

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

植物、纸类、纺织物、塑料等废物，用剪刀剪碎。根据分检得到的各类垃圾成分比例或重量，将粉碎后的样品混合缩分。混合缩分采用圆锥四分法。

表 7-1 生活垃圾成分分类

类别	成分
有机物	动物
	植物
无机物	灰土
	砖瓦、陶瓷
可回收物	纸类
	塑料橡胶
	纺织物
	玻璃
	金属
	木竹
	其他

2. 工业固体废物样品制备

将采取的样品均匀平铺在洁净、干燥的搪瓷盘中，置于清洁、阴凉、干燥、通风的房间内自然干燥。当样品中的待测组分不具备挥发或半挥发性质时，也可以采用控温箱低温干燥的方法，干燥温度保持在 105 ± 2℃。将干燥后的样品根据其硬度和粒径的大小适宜的破碎机、粉碎机、研磨机和乳钵等分段粉碎至所要求的粒度。根据样品的最大颗粒直径选择相应的筛号，分阶段筛出全部粉碎后样品。可以利用转堆的方法对样品

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

进行手工混合；当样品数量较大时，应采用双锥混合器或V型混合器进行机械混合，以保证样品均匀。对粒径大于25毫米的废物样品，未经粉碎不能混合。可采用圆锥四分法、份样缩分法或二分器缩分法，将样品缩至所需数量。份样缩分法即是适合于样品数量较大的一种缩分方法。样品混合后，将其平摊成厚度均匀的矩形平堆，并划分出若干面积相等的网格，然后用分样铲在每个网格中等量取出一份，收集并混合后既为经过一次缩分的样品。如需进一步缩分，应再次粉碎、混合后，按上述方法重复操作。二分器缩分法即是将样品通过二分器三次混合后置入给料斗中，轻轻晃动料斗，使样品沿二分器全部格槽均匀散落，然后随机选取一个或数个格槽作为保留样品。

3. 样品保存

样品在运送过程中，应避免样品容器的倒置和倒放，并且要有空白样品。样品应保存在不受外界环境污染的洁净房间内，并避免样品相互间的交叉污染。应根据待测组分的性质确定样品的具体保存条件和保存时间，必要时可加入保护剂。

第三节　固体废物的监测与分析

固体废物的分析包括与固体废物处理处置场所及其环境有关的的监测和分析以及固体废物特性有关的项目的分析。

一、处理处置场所污染控制项目

固体废物处理处置污染控制标准及其他有关标准中，详细

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

规定了需要控制的项目，这些项目列于表 7-2 中。

表 7-2　固体废物处理处置设施污染控制监测项目

固体废物	设施	控制项目
生活垃圾	填埋	(1) 周围地面水监测：pH、悬浮物、总硬度、电导率、溶解氧、五日生化需氧量（BOD_5）、化学需氧量（CODcr）、氨氮（NH_3-N）、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、挥发酚、氯化物、砷、汞、六价铬、铅、石油类、总硫、氟化物、细菌总数、大肠菌群、透明度、总氮、总磷、总钾； (2) 地下水监测：pH、总硬度、电导率、高锰酸盐指数、氨氮（NH_3-N）、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、挥发酚、氰化物、砷、汞、总铬、油、硫酸盐、氯化物、六价铬、铜、铅、锌、镉、总氮、总磷、总钾、细菌总数、大肠菌群； (3) 大气监测：二氧化硫、氮氧化物、总悬浮颗粒物、一氧化碳、甲烷气、硫化氢、臭级、氨气； (4) 场区外土壤监测：pH、水分、有机质、总氮、总磷、总钾、总硫、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、蛋白氮、有机氮、重金属、大肠菌值； (5) 填体内产气：甲烷气、二氧化碳、一氧化碳、氧、氮、其它可燃气、硫化氢、甲硫醇、硫化甲基、二硫化甲基、三甲胺、乙醛、苯乙烯、氨气、臭级 生活垃圾深滤水：BOD_5、TOC、CODcr、TSS（总悬浮固体）、NH_3-N、NO_3-N（硝酸盐氮）、TS（总硫）、TN（总氮）、TP（总磷）、TK（总钾）、有机氮、有机质、总硬度、重金属、pH、大肠菌值； (6) 恶臭物质：氨、甲硫醇、硫化氢、硫化甲基、二硫化甲基、三甲胺、乙醛、苯乙烯
	焚烧	烟气黑度、烟尘、一氧化碳（CO）、二氧化硫（SO_2）、氯化氢（HCl）、氮氧化物（NOx）、汞、镉、铅、二恶英类

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

续表

固体废物	设施	控制项目
生活垃圾	堆肥	(1) 粪便无害化卫生标准：(Ⅰ) 高温堆肥：堆肥温度、蛔虫卵死亡率、粪大肠菌值、苍蝇；(Ⅱ) 密封贮存期、高温沼气发酵温度、寄生虫卵沉降率、血吸虫卵和钩虫卵、粪大肠菌值、蚊子和苍蝇、沼气池粪渣； (2) 好氧静态堆肥场：堆肥区——噪声、粉尘、H_2S、SO_2、NH_3、空气中细菌总数；场内外环境——大气中指标(CO_2、NOx、CO、飘尘、总悬浮微粒)，以及地面水水质、噪声、蝇类密度和臭级
	农用	杂物、粒度、蛔虫卵死亡率、大肠菌值、总镉、总汞、总铅、总铬、总砷、有机质（以碳计）、总氮、总磷（以 P_2O_5 计）、总钾（以 K_2O 计）、pH、水分
危险废物	填埋	(1) 渗滤液控制项目：pH、悬浮物、BOD_5、CODcr、氨氮、磷酸盐（以 P）计； (2) 常规地下水监测因子：浊度、pH、可溶性固体、氯化物、硝酸盐（以 N 计）、亚硝酸盐（以 N 计）、氨氮、大肠杆菌总数
	焚烧	烟气黑度、烟尘、CO、SO_2、氟化氢（HF）、HCl、氮氧化物、汞、镉、铅、砷、铬、锡、锑、铜、锰、镍、二恶英类
医疗垃圾	焚烧	(1) 大气监测项目：SO_2、NOx、CO、HCl、总悬浮颗粒物； (2) 焚烧残渣监测：pH、酚、汞、细菌总数、大肠菌值
一般工业固体废物	贮存	(1) 渗滤液：工业固体废物的特征项目； (2) 地下水：贮存处置场使用前以 GB/T14848 规定的项目为控制项目；使用过程中和关闭或封场后的控制项目可选择贮存、处置的固体废物的特征组分

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

二、固体废物分析方法

固体废物的分析包括物理特性、化学特性和生物特性的分析。本文对其中主要的分析方法进行了详细描述。物理化学特性分析的主要方法列于表 7-3 中。

表 7-3 固体废物物理化学特性监测分析方法

污染物	分析方法
pH	玻璃电极法
一氧化碳（CO）	非分散红外吸收法、气相色谱法
二恶英类	色谱—质谱联用法
二氧化硫（SO_2）	甲醛吸收副玫瑰苯胺分光光度法、甲醛吸收副玫瑰苯胺比色法
大肠菌值	发酵法
六价铬	二苯碳酰二肼分光光度法、硫酸亚铁铵滴定法
汞	冷原子吸收法、双硫腙双色法
细菌总数	培养法
总汞	冷原子吸收分光光度法
总悬浮颗粒物	重量法
总铬	二苯碳酰二肼分光光度法、直接吸入火焰原子吸收分光光度法、硫酸亚铁铵滴定法
氟化物	离子选择性电极法
氟化氢（HF）	滤膜·氟离子选择电极法
烟气黑度	林格曼烟度法
烟尘	重量法
砷	二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

续表

污染物	分析方法
酚	4-氨基安替比林比色法
铜、锌、铅、镉	直接吸入火焰原子吸收法或 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收法
氮氧化物	盐酸萘乙二胺分光光度法
氯化氢（HCl）	硫氰酸汞分光光度法、硝酸银容量法
焚烧残渣热灼减率	重量法
锑	5-Br-PADAP 分光光度法
锡	原子吸收分光光度法
锰	原子吸收分光光度法
腐蚀性	玻璃电极法
镍	直接吸入火焰原子吸收分光光度法、丁二酮肟分光光度法

（1）垃圾的物理成分

垃圾的物理成分的分析步骤为：先取垃圾试样 25～50 千克，按照表 7-1 的分类进行粗分捡，然后将按粗分检后的剩余物过 10 毫米筛，筛上物细分捡各成分，筛下物按其主要成分分类，无法分类的为混合类；最后分类称量计算各成分组成。

（2）含水率

固体废物含水率的分析步骤为将各固体废物成分试样破碎至粒径小于 15 毫米后，置入干燥箱中，在 105±5℃条件下烘 4～8 小时，取下冷却后称重，然后重复烘 1～2 小时，再称重，直至恒重。

（3）容重

固体废物容重的分析步骤为：将采取的固体废物试样不加

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

处理装满有效高度1米，容积100升的硬质塑料圆桶内，稍加振动但不压实，称取并记录重量，重复2~4次后。

（4）灰分和可燃物含量

固体废物灰分是指固体废物试样在815℃下灼烧而产生的灰渣量。在815℃温度下，固体废物试样中的有机物质均被氧化，金属也成为氧化物，这样损失的重量也就是固体废物试样中的可燃物含量。

（5）粒度

固体废物粒度分析步骤为：①将一系列不同筛目的筛子分别称取重量并记录后，按筛目规格序列由小到大排放；②称取并记录需筛分的试样重量；③在最上面的筛子上放入需筛分的试样后，连续摇动15分钟；④将每个带有试样的筛子称重后，计算各个筛子上微粒的百分比。

（6）热值

固体废物的热值，分为高位热值和低位热值。所谓高位热值，是指包括产生水蒸汽的能量在内的燃烧热量；所谓低位热值则是比高位热值低的可用热量。其分析步骤为：先将固体废物试样粉碎至粒径小于0.5毫米的微粒；再在105±5℃下烘干至恒重；最后用氧弹式热量计测定高位热值；

（7）色度

垃圾渗滤液色度的分析步骤为：①将试样置于50毫升刻度比色管中，与装有同样高度蒸馏水的比色管相比较；②颜色有差异时，将试液稀释1倍，摇匀，重复比较至刚好看不出颜色时为止，记下稀释的次数。

（8）总固体

垃圾渗滤液总固体的分析步骤为：①取100毫升蒸发皿置于干燥箱内，在103~105℃下烘干约1小时，取出冷却后称重，并重复至恒重；②取50毫升试样置于蒸发皿中，在水浴

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

锅上蒸发至干后移入干燥箱内；③在 103～105℃下烘干约 1 小时，取出冷却后称重，并重复至恒重；④计算结果。

（9）总溶解性固体和总悬浮性固体

总溶解性固体是指通过指定规格滤器的滤液于 103～105℃蒸发烘干后留下的全部残渣。总悬浮性固体则是指被滤器截留并于 103～105℃烘干后的全部固体。或者总固体减去总溶解性固体之差可作为总悬浮性固体的计算值。

（10）硫酸盐

硫酸盐在盐酸酸化的热溶液中，与氯化钡反应生成硫酸钡沉淀，通过称取硫酸钡质量可换算得出硫酸盐含量。方法的适用范围在 10～5 000 毫克/升（以 SO_4^{2-}）计。

（11）氨态氮

用 pH 为 7.4 磷酸盐缓冲液使试样处于微碱性状态，经加热蒸馏，将随水汽逸出的氨被硼酸溶液吸收，以甲基红—亚甲蓝混合液为指示剂，用标准酸滴定馏出液中铵。

（12）凯氏氮

垃圾渗滤液中的有机氮、游离铵和氨离子，在催化剂硫酸汞的存在下，转化为硫酸铵和汞铵络合物。通过加碱和硫代硫酸钠蒸馏，使硫酸铵和汞铵络合物分解，铵离子转化为氨，并随水蒸汽蒸馏出来。经硼酸吸收，以甲基红—亚甲蓝混合液为指示剂，用标准酸滴定馏出液中铵。

（13）氯化物

在中性或弱碱性（pH6.5～10.5）溶液中，以铬酸钾做指示剂，用硝酸银标准溶液滴定。因氯化银沉淀的溶解度比铬酸银小，所以溶液中首先析出氯化银沉淀，待白色氯化银沉淀完全以后，稍过量的硝酸根与铬酸钾生成砖红色的铬酸银沉淀，从而指示到达终点。本方法的适宜范围在 10～500 毫克/升。

（14）总磷

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

垃圾渗滤液中的有机磷和聚合磷酸盐，在硝酸—硫酸的联合氧化作用下，被转化为正磷酸盐。在酸性条件下，正磷酸盐与钼酸铵反应生成钼磷酸铵的杂多酸盐。当有钒酸盐时，便形成一种稳定的黄色钒钼磷酸盐，黄色的深度与正磷酸盐的浓度成正比。本方法的适宜范围在 2～10 毫克/升。

（15）钾、钠

在硝酸—硫酸的联合氧化作用下，垃圾渗滤液中与有机物结合的以及与悬浮颗粒相结合的钾和钠被转化为盐溶液。将消解液以雾滴状引入火焰中，使钾、钠靠火焰的热能进行激发，并辐射出它们的特征谱线（钾 766.5 纳米、钠 589.0 纳米），其强度与钾、钠原子的浓度有定量关系。

（16）生化需氧量（BOD_5）

将试液装满密封（水封）的培养瓶中，在 20℃下培养 5 天。分别测定培养前、后的溶解氧，其差值即 20℃、5 天的生化需氧量（BOD_5）。由于垃圾渗滤液中含有较多的需氧物质，其需氧量往往超过空气饱和水中可能有的溶解氧量，因此在培养前必须稀释试液，使其需氧和供氧达到平衡，稀释时细菌生成所需的营养物和合适的 pH 范围都满足需要。本方法的适宜范围 2～6 000 毫克/升（以 O_2 计）。

（17）化学需氧量（COD）

在试样中加入已知量的重铬酸钾溶液，并在强酸介质下以银盐为催化剂，经沸腾回流后，以试亚铁灵为指示剂，用硫酸亚铁铵滴定试液中未被还原的重铬酸钾，由消耗的硫酸亚铁铵的量换算成消耗氧的质量浓度。本方法的适用范围是 30～700 毫克/升。

（18）细菌总数

用营养琼脂为培养基，在 37℃24 小时培养条件下，测定在营养琼脂上发育的嗜中温性需氧和兼性厌氧的细菌菌落总

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

数。

（19）大肠菌群

根据总大肠菌群具有的生物特性，如革兰氏阴性无芽孢杆菌，在37℃于乳糖内培养能发酵，并在24小时内产酸、产气的特点，将不同稀释度的试样接种到具有选择性的乳糖培养基中，经培养后根据阳性反应结果，测出原试样中总大肠菌群的MPN值。

（20）总汞

汞原子蒸气对波长为253.7纳米处的紫外光具有强烈的吸收作用，汞蒸气浓度与吸光度成正比。通过硫酸—硝酸—高锰酸钾消解法或硝酸—硫酸—五氧化二钒消解法氧化分解试样中以各种形式存在的汞，使之转化为可溶态汞离子进入溶液，用盐酸羟胺还原过剩的氧化剂，用氯化亚锡将汞离子还原为汞原子，用净化空气做载体将汞原子载入冷原子吸收测汞仪的吸收池进行测定。该方法的最低检出限为0.005毫克/千克。

（21）总砷

① 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法　通过化学氧化分解试样中各种形式存在的砷，使之转化为可溶态砷离子进入溶液。在碘化钾和氯化亚锡存在下，使五价砷还原为三价砷，三价砷又被锌与酸作用而产生的新生态氢还原成气态砷化氢。用二乙基二硫化氨基甲酸银—三乙醇胺的三氯甲烷溶液吸收砷化氢，成为红色胶体银，在波长510纳米处，测定吸收液的吸光度。该方法的检出限为0.5毫克/千克。

② 硼氢化钾—硝酸银分光光度法　通过化学氧化分解试样中各种形式存在的砷，使之转化为可溶态砷离子进入溶液。在一定酸度下，使五价砷还原为三价砷，进而又被硼氢化钾在酸性溶液中产生的新生态氢还原成气态砷化氢（胂）。用硝酸—硝酸银—聚乙烯醇—乙醇溶液为吸收液，银离子被砷化氢还

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

原成单质银，使溶液呈黄色，在波长 400 纳米处测量吸光度。该方法的检出限为 0.2 毫克/千克。

（22）总铬

① 二苯碳酰二肼比色法　在硫酸、磷酸消解作用下，试样中各种形式存在的铬，使之转化为可溶态铬离子进入溶液。经过离心或过滤分离后，用高锰酸钾将三价铬转化为六价铬。用叠氮化钠还原过量的高锰酸钾。在酸性条件下，铬与二苯碳酰二肼反应生成紫红色化合物，于波长 540 纳米处测定吸光度。该方法的最低检出限为 0.25 微克铬。

② 火焰原子吸收分光光度法　采用盐酸—硝酸—氢氟酸全分解的方法，破坏试样的矿物晶格，使之试样中各种形式存在的铬，转化为可溶态 $Cr_2O_7^{2-}$ 进入溶液。$Cr_2O_7^{2-}$ 在富燃性空气—乙炔火焰中形成铬基态原子，并对 357.9 纳米特征谱线产生选择性吸收。在选择最佳测定条件下，测定铬的吸光度。本方法的检出限为 5 毫克/千克。

（23）铜、锌、镍

采用盐酸—硝酸—氢氟酸—高氯酸全分解的方法，破坏试样的矿物晶格，使之试样中各种形式存在的待测元素，转化为离子态进入溶液。在空气—乙炔火焰中形成基态原子，并分别对 324.8 纳米、213.8 纳米和 232.9 纳米的特征谱线产生选择性吸收。在选择最佳测定条件下，测定吸光度。本方法的检出限分别为 1 毫克/千克、0.5 毫克/千克和 5 毫克/千克。

（24）铅、镉

① KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法

采用盐酸—硝酸—氢氟酸—高氯酸全分解的方法，破坏试样的矿物晶格，使之试样中各种形式存在的待测元素，转化为离子态进入溶液。在约 1% 的盐酸介质中，加入适量的 KI，溶液中的 Pb^{2+}、Cd^{2+} 与 I^- 形成稳定的离子络合物，可被甲基异

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

丁酮（MIBK）萃取。将有机相喷入火焰，在火焰高温下，铅、镉化合物离解为基态原子，并分别对 217.0 纳米和 228.8 纳米的特征谱线产生选择性吸收。在选择最佳测定条件丁，测定吸光度。本方法的检出限分别为铅 0.2 毫克/千克和镉 0.05 毫克/千克。

② 石墨炉原子吸收分光光度法

采用盐酸—硝酸—氢氟酸—高氯酸全分解的方法，破坏试样的矿物晶格，使之试样中各种形式存在的待测元素，转化为离子态进入溶液。然后，将试液注入石墨炉中。经过预先设定的干燥、灰化、原子化等升温程序使共存基体成分蒸发除去，同时在原子化阶段的高温丁铅、镉化合物离解为基态原子，并分别对 217.0 纳米和 228.8 纳米的特征谱线产生选择性吸收。在选择最佳测定条件丁，通过背景扣除测定吸光度。本方法的检出限分别为铅 0.1 毫克/千克和镉 0.01 毫克/千克。

（25）氰化物

在 pH6.8～7.5 的水溶液中，氰化物被氯胺 T 氧化生成氯化氰（CNCl），然后与异烟酸作用并经水解生成戊烯二醛，此化合物再和吡唑啉酮进行缩合反应，生成稳定蓝色化合物。在一定浓度范围内，该化合物的颜色强度与氰含量呈线性关系。本方法的最低检出限为 0.05 微克。

（26）有机污染物分析的试样予处理

① 索氏提取法　先将粉碎通过 1 毫米筛目的试样用滤纸包好，置于索氏提取器中；再在含有 1～2 粒干净沸石的 500 毫升圆底烧瓶中加入 300 毫升提取剂，将烧瓶连接在提取器上，提取 8～24 小时（根据待测项目的分析方法确定）后，冷却；将提取液通过装有约 10 厘米高的无水硫酸钠干燥柱干燥后，收集到 K-D 浓缩器中；最后通过 80～90℃热水浴提取液浓缩至 1～2 毫升时，取下冷却，盖紧浓缩管，冷冻贮存。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

② 超声波提取法　将粉碎通过 1 毫米筛目的试样置于离心管中，加入适量提取剂；将离心管置于超声波发生器内，锁定超声功率和时间，超声提取；将提取液离心分离，上清液转移定容；重复上述操作三次，合并提取液，用 K-D 浓缩器浓缩后分析测定。

（27）急性毒性

急性毒性是指一次投给试验动物的毒性物质，半致死量（LD50）小于规定值的毒性。对急性毒性的鉴别先将 100 克样品置于三角瓶中，加入 100 毫升蒸馏水（即固液 1∶1），在常温下静止浸泡 24 小时后用滤纸过滤，滤液留待灌胃实验用；再选择 10 只体重 18～24 克的小白鼠（或体重 200～300 克的大白鼠）作为实验对象，进行经口一次灌胃，灌胃量为小鼠不超过 0.4 毫升/20 克（体重），大鼠不超过 1.0 毫升/100 克（体重）；最后对灌胃后的小鼠（或大鼠）进行中毒症状的观察，记录 48 小时内实验动物的死亡数。根据实验结果，如出现半数以上的小鼠（或大鼠）死亡，则可判定该废物是具有急性毒性的危险废物。

（28）易燃性

易燃性是指废物的闪点低于定值（60℃），或经过摩擦、吸湿、自发的化学变化有着火的趋势，或在加工、制造过程中发热，在点燃时燃烧剧烈而持续，以致会引起危险的特性。对易燃性的鉴别方法有 Pensky-Martens 闭杯法和 Setaflash 闭杯法。Pensky-Martens 闭杯法即是以缓慢而稳定的加热速度加热样品，同时不停的搅拌，每隔一定时间将一小团火焰引入杯中，与此同时暂停搅拌，引入试验火焰点燃样品上方蒸气时的最低温度即为该废物的认点。Setaflash 闭杯法即是将密封的 Setaflash 试验器预热至比预期闪点低不到 3℃的温度，用注射器将 2 毫升样品经防漏入口引入，然后再逐渐缓慢升温至闪点温度并保持

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

1 分钟，将试验火焰引入杯中，观察受试样品是否闪燃。

（29）反应性

反应性是指在通常情况下废物不稳定，极易发生剧烈的化学反应，与水反应猛烈，或形成可爆性的混合物，或产生有毒气体，如含有氰化氢或硫化物的气体。

（30）氰化氢和硫化氢

氰化氢和硫化氢的测定方法为：（1）加 500 毫升 0.25 摩尔/升氢氧化钠溶液于洗气瓶中，用蒸馏水稀释至合适浓度；（2）通入氮气，流量调节为 60 毫升/分；（3）向圆底烧瓶中加入 10 克待测废物；（4）加入 0.005 摩尔/升至烧瓶半满，并开始搅拌；（5）保持氮气流量和搅拌 30 分钟后停止；（6）测定洗气瓶中的氰化物量或硫化氢。

（31）浸出毒性

浸出毒性是指固体废物在规定的浸出方法的浸出液中，有害物质的浓度超过规定值，从而可能会造成污染环境的特性。鉴别固体废物浸出毒性的浸出方法有水平振荡法和翻转法。

① 水平振荡法：取干基试样 100 克，置于 2 升的容器中，加入 1 升去离子水后垂直固定在往复式振荡器上，在 110 ± 10 次/ 分的频率和室温下振荡浸取 8 小时，静置 16 小时后取下，经过滤得到浸出液，测定污染物浓度。

② 翻转法：取干基试样 70 克，置于 1 升的容器中，加入 700 毫升去离子水后固定在翻转式搅拌机上，调节转速为 30 ± 2 转/分，在室温下翻转搅拌浸取 18 小时，静置 30 分后过滤得到浸出液，测定污染物浓度。

（32）腐蚀性

腐蚀性是指对接触部位作用时，使细胞组织、皮肤有可见性破坏或不可治愈的变化；使接触物质发生质变，使容器泄漏等。鉴别废物的腐蚀性需首先以玻璃电极作为指示电极，饱和

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

甘汞电极作为参比电极，测定固体废物浸出液的 pH 值，然后根据 pH 值是否大于或等于 12.5 或者小于或等于 2.0，判定该废物是否具有腐蚀性的危险废物。

（李金惠）

参考文献

1.《水污染的生物监测》，［美］J. 凯恩斯等编著，中国环境出版社，1989

2.《大气污染监测方法》（第二版）崔九思、王饮源、王汉平主编，化学出版社，1997

3.《土壤—植物系统污染生态研究》，高拯民主编，中国科学技术出版社，1986

4.《环境污染与生物》，李汉卿等著，黑龙江科学技术出版社，1985

5.《环境生物监测》，张志杰著，冶金出版社，1990

6.《环境污染生物监测与评价》，张志杰、张维平编，中国环境科学出版社，1991

7.《环境生物学》，孔繁翔主编，高等教育出版社，2000

8.《生态学基础教程》，陈天乙编著，南开大学出版社，1995

中国城镇水网 www.chinacitywater.org