

徐顺清 主编 王先良 副主编

环境健康科学



Chemical Industry Press



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

环境健康科学

徐顺清 主 编

王先良 副主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环境健康科学/徐顺清主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 12

ISBN 7-5025-6372-5

I. 环… II. 徐… III. 环境影响-健康-研究

IV. X503. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123566 号

环境健康科学

徐顺清 主 编

王先良 副主编

责任编辑: 董 琳

责任校对: 李 丽 靳 荣

封面设计: 于剑凝

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 22¼ 字数 425 千字

2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6372-5/X · 563

定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

保护环境的最终目的在于保护人类自身的健康，环境与健康问题已成为环境保护和环境科学工作不可忽视的问题。人们已经意识到环境与健康的关系，环境污染会导致某些疾病的发病率和死亡率将明显上升。环境健康科学正是将环境保护与公共健康有机联系起来的一门学科。其目的主要在于研究环境改变所导致公共卫生问题。

环境健康科学是在环境科学、医学、生物学高速发展的基础上形成的交叉学科，它是研究自然环境和生活居住环境与人群健康的关系，研究环境因素对健康的影响，阐明环境因素相关疾病的发生和发展规律，并研究利用有利环境因素和控制不利环境因素的对策，预防疾病，保障人群健康的科学。

目前，专门介绍环境科学方面的书籍较多，有关健康的医学书籍更是浩如烟海，但是将环境与健康联系起来，全面介绍环境健康科学这一交叉领域的专著还比较少，这正是本书的价值所在。本书主要是向广大环境工作者介绍环境与健康问题的基本理论、知识、方法和相关技术，使读者能对环境与健康问题有全面系统的了解。同时本书也可以作为环境科学专业和预防医学专业本科生或研究生的教材使用。

本书的完成是分工协作的结果，参加本书编写的人员大多来自环境与健康教育部重点实验室（华中科技大学同济医学院）一线的教学和科研人员。第一章和第二章主要由李柏生和徐顺清同志编写，第三章和第四章主要由李晓波和陈建伟同志编写，第五章和第六章主要由李芳和沈杰同志编写，第七章主要由张迟同志编写，第八章主要由张莉君和杨旭同志编写，第九章和第十章主要由徐淑雷和王友洁同志编写，第十一章和第十二章主要由李媛媛和张均岳同志编写，第十三章主要由王先良同志编写，第十四章主要由张莉君同志编写，第十五章和第十六章主要由

王先良和黄正同志编写。同时本书也包含了华中科技大学同济医学院环境医学研究所老一辈教授们的心血和成果，特别是包克光教授所留下的许多成果和宝贵资料为本书提供了丰富的素材。周宜开教授和鲁生业教授为本书编写提出了许多宝贵意见和无私帮助，同时鲁生业教授还对全书进行了认真细致的校对，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上环境健康科学是一门新兴学科，某些领域的研究起步较晚，无论在理论上还是在技术方面都需要继续深入研究和完善，书中肯定有不少缺点和疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。

谨以此书献给包克光教授！

编 者

2004 年 12 月

内 容 提 要

本书主要是向广大环境工作者介绍环境与健康问题的基本理论、知识、方法和相关技术,使读者能对环境与健康问题有全面系统的了解。本书共分十六章,分别介绍了环境健康科学概论、环境因素的健康效应、环境毒理学等内容。本书具有较强的综合性和系统性。

本书可供环境科学专业和预防医学专业本科生或研究生学习使用,也可供环境专业和医学专业研究人员参考。

目 录

第一章 环境健康科学概论	1
第一节 环境健康科学的基本任务.....	1
第二节 环境健康科学的研究内容.....	2
第三节 环境健康科学的基本原理.....	4
第四节 环境健康科学的基本方法.....	8
第五节 环境健康科学的发展简史	12
参考文献	14
第二章 环境因素的健康效应	15
第一节 环境问题	15
第二节 健康效应	19
第三节 环境与健康关系的特点和规律	25
参考文献	35
第三章 环境毒理学	36
第一节 环境化学物的吸收、分布、代谢和排泄	36
第二节 环境化学物的毒作用及影响因素	43
第三节 环境化学物的毒性评价方法	52
第四节 环境毒理学的应用	60
参考文献	61
第四章 环境化学物的致突变、致癌和致畸作用	62
第一节 环境化学物的致突变作用	62
第二节 环境化学物的致畸作用	71
第三节 环境化学物的致癌作用	76
第四节 环境化学物的致癌危险度评价	81
参考文献	89
第五章 环境流行病学	90
第一节 环境流行病学的特点和基本任务	90
第二节 暴露效应关系	91
第三节 环境流行病学基本方法	97
第四节 分子流行病学在环境健康科学中的应用.....	107

参考文献	111
第六章 环境医学监测	112
第一节 生物监测	112
第二节 生物标志物	114
第三节 新技术在环境监测中的应用	118
参考文献	121
第七章 大气污染与健康	122
第一节 大气污染的来源	122
第二节 大气中主要污染物对健康的危害	123
第三节 颗粒物的健康危害	137
第四节 光化学烟雾的健康危害	141
第五节 汽车尾气对健康的危害	145
第六节 大气污染与肺癌	147
参考文献	151
第八章 居住环境对人体健康的影响	153
第一节 居住区的生态环境	153
第二节 健康住宅	157
第三节 室内空气污染的来源和主要污染物	159
第四节 室内装饰污染的健康危害	165
第五节 室内燃料燃烧污染的健康危害	170
第六节 不良建筑综合征	174
参考文献	179
第九章 水污染的健康效应	180
第一节 水体污染及其健康危害	180
第二节 饮水卫生	196
参考文献	204
第十章 土壤环境与健康	205
第一节 土壤环境	205
第二节 土壤卫生	207
第三节 土壤污染及其对人体健康的危害	209
参考文献	220
第十一章 化学性污染物对健康的影响	221
第一节 金属及类金属类污染物	221
第二节 非金属类污染物	228
第三节 有害气体	231
第四节 农药类	236

第五节	石油化工类污染物·····	239
第六节	环境激素与持久性有机污染物·····	241
参考文献	·····	247
第十二章	环境物理因素与健康 ·····	249
第一节	非电离辐射·····	249
第二节	电离辐射·····	256
第三节	磁场与极低频电磁波·····	264
第四节	微小气候·····	268
第五节	天气与气候·····	269
参考文献	·····	270
第十三章	环境生物性污染与健康 ·····	271
第一节	空气生物性污染与危害·····	271
第二节	饮水或食物微生物污染对健康的危害·····	280
第三节	其他·····	290
参考文献	·····	293
第十四章	微量元素与人体健康 ·····	294
第一节	微量元素的生物学效应·····	294
第二节	微量元素与健康 and 疾病·····	297
第三节	地方性氟病·····	302
第四节	地方性甲状腺肿·····	308
第五节	硒和克山病·····	312
参考文献	·····	316
第十五章	环境健康相关标准 ·····	317
第一节	概述·····	317
第二节	制订环境卫生标准的依据、分级原则及方法·····	319
第三节	环境卫生标准·····	327
第十六章	环境影响医学评价 ·····	341
第一节	环境影响评价的内容和程序·····	342
第二节	环境影响医学评价指标和方法·····	343
第三节	环境对健康影响问题的预测·····	345

第一章 环境健康科学概论

环境健康科学是在环境科学、医学、生物学高度发展的基础上形成的交叉学科，它是研究自然环境和生活居住环境与人群健康的关系，阐明环境因素的健康效应及其与疾病发生的关系，并研究如何利用有利环境因素和控制不利环境因素的对策，从而预防疾病，保障人群健康的科学。

第一节 环境健康科学的基本任务

环境健康科学的基本任务在于揭示人类赖以生存的环境与机体二者之间的辩证关系，阐明环境对人体健康的影响及人体对环境的作用所产生的反应，调控两者之间的物质、能量和信息交换过程，寻求解决矛盾的途径和方法，以求人体健康与环境的协调和持续发展。

对于人类而言，环境包括自然环境和社会环境。自然环境是指围绕着人群的空间及其中能直接或间接的影响人类生存和发展的各种因素的总和，是一个非常复杂的庞大的系统。它由环境介质和环境因素组成，环境介质是指以气态、液态和固态三种物质形态存在的，能容纳和运载各种环境因素的人类赖以生存的物质环境条件，比如：大气、水、土壤、岩石和所有的生物体；环境因素则是指被介质容纳和转运的成分或介质中各种无机和有机的组成成分。随着社会工业的不断发展，人类过度的开发利用自然资源，给环境带来了极大的破坏和生态平衡的失调。环境的污染、生态平衡的失调引起畸形新生儿出生率上升，恶性肿瘤的发病率和病死率增加，各种已被控制的恶性传染病的死灰复燃等，严重威胁着人类的健康，使人类的生存和生活质量下降。

为了使社会的进步、人类的健康和环境能协调一致的发展，我们认为环境健康科学面临着以下一些任务。

(1) 揭示各种环境因素对人体健康的关系。

(2) 研究与环境有关的各种自然疫源性疾病、地方病、公害病的发生、发展和分布规律，探索这些疾病的环境学病因，为控制这些疾病提供对策依据。

(3) 进行环境医学监测，通过对环境致病因子、生物材料、人体健康状况、疾病谱的监测和个体负荷监测，阐明环境污染物、地球化学元素等对人群健康的影响，建立环境负荷和人体负荷的数据库，进行环境性疾病的亚临床效应研究。

(4) 研究环境卫生基准，为国家制定环境法规、标准提供依据。

(5) 通过环境流行病学和环境毒理学的研究，揭示环境污染物的健康效应、作用机理，为制定环境性疾病的诊断标准提供依据。

第二节 环境健康科学的研究内容

环境健康科学的研究对象是环境污染及破坏与人群健康之间的关系，主要研究环境污染对人群健康的有害影响及其预防措施，包括探索污染物在人体内的动态和作用机理，查明环境致病因素和致病条件，阐明污染物对健康损害的早期反应和潜在的远期效应，以便为制定环境卫生标准和预防措施提供科学依据。在宏观上研究人类同环境之间的相互作用、相互促进、相互制约的对立统一关系，揭示社会经济发展和环境保护协调发展的基本规律；在微观上研究环境中的物质，尤其是人类活动排放的污染物在机体内迁移、转化和积累的过程及其运动规律，探索其对健康的影响及其作用机理等。环境健康科学的主要研究内容包括：环境因素的健康效应、环境毒理学、环境流行病学、环境医学监测、环境健康相关标准、环境影响医学评价、环境与健康法规等。

无论是自然环境还是生活环境，它们都是由各种环境因素组成的综合体。各种环境因素既可对人体产生有益的作用，在一定的条件下，也会产生不良的作用。引起机体不良反应的环境因素称为环境中的有害因素。环境中的有害因素（物理、化学、生物性的）可引起机体生化生理功能的改变，进而导致疾病的发生。有些环境有害因子引起机体特异性损害，而多数环境中的有害因素引起的机体效应是非特异性生理病理和生化功能的改变。环境中的有害因素及其对人体健康的作用可按其属性分成物理性、化学性和生物性三类。

（1）物理因素 主要包括小气候、噪声、电磁辐射、电离辐射。①小气候指生活中环境中空气温度、湿度、风速和热辐射等因素，它们对人体热平衡产生明显的影响。②环境噪声指环境中使人感到厌烦或不需要的声音，它能影响人体的听觉等许多功能，并能妨碍人们正常的工作和睡眠。③非电离辐射按波长分为太阳辐射中的紫外线、可视线、红外线 and 由无线电广播、电视和微波通讯等设备产生的射频电磁辐射。紫外线具有杀菌、抗佝偻病和增强机体免疫力等作用，但波长在 320nm 以下的紫外线却具有较强的致癌效应，能导致皮肤癌、肺癌以及呼吸道和眼部黏膜的炎症损伤。红外线主要的生物学效应是热效应，强烈照射可致灼伤。微波辐射可影响神经、心血管系统功能。④电离辐射主要是由于人类生产活动排出放射性废物而造成，但某些地区的自然环境和建筑材料中也可能有较高的放射性。有报告认为，人的肺癌发生率增高与室内氡及其子体污染具有明显的关系。⑤此外，其他物理因子包括气象条件、季节更替、太阳活动等也能引起相关的疾病。例如青藏高原高海拔引起的高原病、气象条件相关的气管炎、关节炎等多发于寒冷的北方，心脑血管病总体上呈现北方高于南方的趋势等。

（2）化学因素 由于人类生产生活中将各种污染物排入环境，环境中分布广泛且对人体健康危害严重的化学性污染物成分复杂、种类繁多、危害面大。主要有：硫氧化物、氮氧化物、一氧化碳、烟尘、挥发性烃、重金属化合物、多环芳烃、石

油、酚、农药、卤代烃、多氯联苯及一些放射性物质。根据污染物进入环境后其理化性质是否改变，可将污染物分为一次污染物和二次污染物，一次污染物，亦称原生污染物，是由污染源直接排入环境、其理化性质未发生改变的污染物，如 SO_2 、 CO 等；二次污染物，亦称次生污染物，是由污染源排入环境中的一次污染物，由于物理、化学或生物的作用，或与其他物质发生反应而形成的、与原来污染物的理化性状和毒性完全不同的新的污染物。如光化学烟雾，就是由于汽车尾气中的二氧化氮等强吸光物质，在紫外线作用下，发生剧烈光化学反应，生成的一系列有刺激性的化合物如甲醛、丙烯醛、过氧乙酰硝酸酯和过氧化氢等二次污染物。与环境化学因子有关的疾病，主要包括与原生环境生命元素缺乏或过剩所致的地方性疾病和因环境污染所致的环境健康问题。我国是地方病危害最严重的国家，因饮用水高氟和生活燃煤高氟污染所致地氟病分布在全国 28 个省（市、区）1063 个县，病区人口 7000 万以上，现症病人近 3000 万；因饮用水高砷和生活燃煤高砷污染所致地方性砷中毒病区已扩展到内蒙、山西、宁夏、贵州等省，病区人口 200 多万，随调查的深入，病区仍有扩大的趋势；因碘缺乏所致碘缺乏病分布在 29 个省 2300 县；因硒缺乏所致克山病和大骨节病分布区人口约 5000 万，在西部的西藏、青海、陕西等省区，病情依然活跃。与环境污染有关的疾病包括重金属慢性中毒及其长期危害，如铅中毒对儿童智力发育影响；空气中二氧化硫、氮氧化物污染对呼吸道疾病的影响；农药和有机污染物污染的长期危害，特别是对生殖能力的危害和致癌作用等。

(3) 生物因素 主要指环境中能引起传染病和寄生虫病的生物性病源因子，如细菌、病毒和寄生虫卵等。当环境中生物种群发生异常变化或环境中存在生物性污染时，可对人体健康产生直接、间接或潜在的危害。如鼠疫分布在我国 16 省（区）260 县（旗），进入 20 世纪 90 年代以来仍呈上升趋势，其分布和流行与自然地理环境密切相关，其自然疫源地主要分布在北方森林、草原、荒漠、高山草甸等富钙地理景观和南方山地森林富铁地理景观。不同的地理景观内，鼠疫的宿主和传播媒介不一，鼠疫菌的致病能力也明显不同；布鲁氏菌病区涉及全国 1400 多个县，为典型的人畜共患性疾病，其中羊型布病主要分布在北方牧区，而四川以牛型布病为主，广东和广西则以猪型布病为主；疟疾的高疟区分布在北纬 25 度以南，低疟区分布在北纬 33 度以北，北方干旱区和青藏高原则为无疟区；因生产、生活水源钉螺所致血吸虫病分布在我国南方 12 省（市）404 县，病区人口 6600 多万，病人约 80 万，随着平原还湖和洪水灾害，自 20 世纪 80 年代以来，血吸虫病在整个病区呈死灰复燃趋势；其他一些传染病，如黑热病、丝虫病，流行性乙脑、流行性出血热，霍乱等，都有一定的地理流行特征。特别是随全球气候变暖和人类活动对生态系统的破坏，一些曾被控制的传染病又呈死灰复燃，如我国仍是世界上结核病的高流行地区，2000 年全国有活动性肺结核病人为 500 万，在部分地区呈上升趋势。同时，一些新型传染病，如莱姆病、艾滋病等也在我国呈快速增加的趋势。人口流动和城市化日益明显，使一些急性传染病呈局部爆发态势，如 2003 年 SARS 的流

行就具有明显的区域高发特征。

第三节 环境健康科学的基本原理

一、生态系统与生态平衡

生态系统是生物群体与其周围的非生物环境相互作用形成的有机综合体。生物群体指地球有机界的整体,包括所有的动物、植物和微生物。非生物环境包括了空气、水、无机盐类、氨基酸等。生物群体又可分为生产者、消费者、分解者。

生态系统是一个开放的综合体,在其内部各组分之间,依次进行着能量流动、物质循环和信息传递。当这三种活动处于流通顺畅、自动调控运转自如的状态,则该生态系统处于动态平衡,称为生态平衡。生态平衡的破坏将会给包括人类在内的生物带来一系列危害。过度砍伐森林、破坏植被、对有限能源的过度开发以及对野生生物的滥捕和滥杀都会导致生物种群减少和失调、自然生物结构改变等。人类的工农业生产、生活活动带来的环境污染不仅对人类健康带来严重危害,而且对生物种群的繁衍也带来影响。

为了维系生物种群间物质和能量的正常流动,生态系统中的一种生物被另一种生物作为食物,后者又被第三种生物作为食物,彼此形成一个以食物关系连接起来的连锁关系,称为食物链。各种食物链在生态系统中相互交错,形成食物网。能量的流动、物质的迁移和转化,都通过食物链或食物网进行。食物链对环境中物质的转移和蓄积有重要影响。一些在环境中不易降解的化学性污染物经食物链逐级放大,使其在高位营养级生物体内的浓度逐级高于低位营养级生物体内的浓度,这个过程称为生物放大。例如,DDT通过食物链在各种生物体内的浓度可逐级放大,在食肉鱼脂肪中的浓度可比湖水高出数万倍。

二、剂量效应关系和剂量反应关系

环境因素的剂量不同,会产生不同的效应,可以从轻微的生理或生化改变到严重的疾病甚至死亡。剂量越大,效应越严重,环境因素的剂量与机体所呈现出的生物效应强度间的关系,称为剂量效应关系。

在某一群体中,相同剂量的环境因素对不同的个体有不同的效应,从无健康损害—代偿性损伤—亚临床状态—疾病—死亡。各种效应在人群中占的比例不同。环境因素的剂量不同时,各种效应的比例也就相应地改变。这种随剂量的不同在人群中某种效应发生率不同的关系称为剂量反应关系。

剂量效应关系和剂量反应关系是制订卫生标准的理论基础。剂量效应关系用于决定哪种效应应该被预防以及此效应可接受的发生水平。剂量反应关系则用于决定某种效应可接受的发生水平时的最大暴露量。

三、敏感人群

根据作用剂量或强度的不同,环境有害因素对机体的效应可表现为感觉不适、生化改变、组织器官的生理或病理改变、临床症状,甚至死亡等。当某一强度的环

境因素作用于人群时，大多数人可能呈现出轻度的生理负荷增加或代偿功能状态。然而，由于易感性（年龄、性别、生理状况、健康状况、遗传因素等）的差异，有少数人可能出现病理改变甚至死亡，这类易受环境损伤的人群称为敏感人群。因此，在环境医学实践以及提出预防措施时，应注意保护敏感人群。近年来的研究表明，环境因素作用下人群出现的某些个体差异是由遗传因素的多态性决定的，称为基因多态性。因此，研究人群中的基因多态性与环境暴露相关性疾病的发生关系，寻找易感基因，对于发现和保护敏感人群是十分重要的。

四、微量元素的健康效应

环境中存在的化学元素，根据它们在人体内的含量可分为宏量元素和微量元素。宏量元素占人体总重量的 99.95%，其中对人体必需的有氧、碳、氢、氮、钙、磷、钾、硫、钠、氯和镁 11 种。含量小于人体体重 0.01% 的化学元素统称为微量元素，而含量小于 0.0001% 的又可称为超微量元素。

微量元素在体内的含量虽然很少，但它们通过各种机理在机体中发挥着重要的作用。①微量元素参与构成酶和酶的激活剂。体内近千种酶的 50%~70% 都需要微量元素参与或需要由微量元素组成酶的激活剂。如锌参与构成醇脱氢酶、超氧化物歧化酶、血管紧张素转化酶等；铁参与构成细胞色素氧化酶、过氧化氢酶等；硒参与构成谷胱甘肽过氧化物酶等。②构成体内重要的载体和电子传递系统。如铁参与构成血红蛋白，在机体的氧运输和贮存上起重要作用。铁还参与形成体内的细胞色素系统，在细胞内呼吸、能量生成等许多重要的生化反应中发挥作用。③参与激素等的合成和生理功能。如碘是甲状腺素的重要成分之一；铬可促进胰岛素的生理活性；锌可影响胰岛素的合成、贮藏、分泌及其活性。④调节机体的其他生理功能。如碘、硅、锌和钼对机体的生长发育非常重要；锌、铜、锰和硒有助于维持人体正常的生殖功能；锌、硒、铜、锰、铁等元素与机体的免疫功能有密切的关系。目前认为，铁、锌、铜、碘、锰、硒、钴、钼、铬、锡、钒、氟、硅和镍共 14 种元素对于生物体维持正常的生理和生化功能、生长发育以及生殖繁衍是必不可少的，称为必需微量元素。其他尚未发现有益生物学作用的微量元素被称为非必需微量元素。

人体必需的微量元素要从所在的外界环境获取。某些地方由于地质的原因，环境中某些必需微量元素过低，影响到该地生活人群对元素的摄入量，造成体内微量元素缺乏，严重时出现临床症状，导致疾病的发生。例如，缺碘地区可出现以地方性甲状腺肿和克汀病为典型表现的碘缺乏病；缺硒地区可发生克山病和大骨节病。相反，由于环境中浓度过高，导致人群中必需微量元素或非必需微量元素摄入过多时，也会对健康带来危害。例如，含氟量过多的地区常出现以氟斑牙和氟骨症为主要表现的氟中毒；饮水中砷过高可导致慢性砷中毒。环境健康科学上将这类由于某些地区的水土中某些微量元素过多或过少而引起的疾病称为生物地球化学性疾病。由于生物地球化学性疾病往往明显局限于一定地区，因此也称为地方病。

五、环境因素联合作用

人们在生产或生活中所遇到的环境因素常不是单一的，多种有害因素常同时作用于人体而产生联合毒性作用，如化学物与化学物的共同作用，化学因素与物理因素（气温、气湿、气流、热辐射、噪声、振动等）或生物因素间的共同作用。此外，各种有害因素还可通过不同的接触途径作用于机体发生联合作用。其中比较普遍存在和危害较大的是化学物质之间的联合作用。

化学污染物对人体的联合作用，按其量效关系的变化大致有以下几种类型。

(1) 相加作用 是指混合化学物质产生联合作用时的毒性为各单项化学物质毒性的总和。能够产生相加作用的化学物质，其理化性质往往比较相似或属同系化合物，同时它们在体内作用受体、作用时间以及吸收、排除时间基本一致。如一氧化碳和氟里昂都能导致缺氧，丙烯和乙腈都能导致组织窒息，因此它们的联合作用特征就表现为相加作用。

(2) 独立作用 由于不同的作用方式、途径，同时存在的每个有害因素各产生不同的影响。独立作用主要由于两种毒物的作用部位和机理不同所致，动物由于某单一毒物的作用引起中毒（或死亡），而不是由于两种毒物累加的影响，但是混合物的毒性仍比单种毒物的毒性大，因为一种毒物常可降低机体对另一毒物的抵抗力。

(3) 协同作用 当两种化学物同时进入机体产生联合作用时，其中某一化学物质可使另一化学物的毒性增强，且其毒性作用超过两者之和。产生协同作用的机理一般认为是一个化合物对另一个化合物的解毒酶产生了抑制所致，如有机磷化合物通过对胆碱酯酶的抑制而增加了其他毒物的毒性，氨基化合物通过对联氨氧化酶的抑制而产生增毒作用。同样，烃类化合物都是由于对微粒体酶的抑制而发生增毒作用。

(4) 拮抗作用 一种化学物能使另一种化学物的毒性作用减弱，即混合物的毒性作用低于两种化学物的任何一种的单独毒性作用。拮抗作用的机制被认为是在体内对共同受体产生竞争作用所致。

对化学物质联合作用性质的判别，目前普遍采用三种方法：以回归法为基础的 Finney 的统计分类模型、Q 值指数法和等效线图法，其中等效线图法的最大优点在于直观、简便，它省去了计算过程，根据单项和混合物 LD_{50} 实验结果就可判别联合作用性质，因而应用十分广泛。

六、健康影响的类型

直接暴露引起的疾病即环境中的毒物（污染物）经呼吸道、消化道或皮肤进入机体可能引起多种疾病。

(1) 急性中毒 大剂量、一次或短时间内暴露于毒物，引起全身性病理改变。如急性铅中毒、急性一氧化碳中毒等。

(2) 慢性中毒 小剂量、多次或长期暴露于毒物，引起全身性病理改变，如慢

性铅中毒、慢性砷中毒、水俣病（甲基汞中毒）、痛痛病（镉中毒）等。

（3）致敏性 如 SO_2 可引起哮喘，石棉可引起胸膜炎，某些农药引起接触性皮炎和哮喘，某些化妆品引起光敏性皮炎等。

（4）致癌、致畸 如砷引起皮肤癌和内脏癌，大气污染和香烟烟雾中主要的致癌物 BaP 引起肺癌、膀胱癌等。常见的致畸物有反应停、乙烯雌酚等。

七、发病规律

（1）潜伏期 急性化学毒物中毒的潜伏期很短，几分钟至几小时就可表现出明显的症状，生物性因子引起的疾病，例如食物中毒、军团菌病等，潜伏期可能要长些。慢性化学毒物中毒潜伏期可能更长。致癌因子进入人体至临床出现癌症，可能要经过几年至十几年、甚至几十年。

（2）时间、剂量与效应、反应的关系 健康受损的程度、潜伏期的长短以及在人群中的发生率与暴露的剂量、暴露的时间有密切关系，即剂量（或时间）-效应关系和剂量（或时间）-反应关系。应注意的是，有阈的毒物一般符合这些规律，但是无阈的毒物（例如有些致癌物）可能就没有这些规律。

（3）易感性 同一人群中有人得某病，有人不得或表现轻，原因很复杂，跟个体的易感性有关，包括年龄、性别、营养状况、情绪、基因易感性等。

（4）细胞对暴露的反应

① 细胞应激反应 我们早已知道当温度突然升高时，会使各种细胞（从最简单的细菌到最复杂的神经细胞）生产的某种物质的产量增加，以缓解有害作用。多年前第一次发现这种现象时，给它命名为热休克反应。但后来发现在各种不同的环境刺激后各种细胞都发生此类反应。因为这么多不同的刺激引起细胞相同的防御反应，现在人们一般称其为应激反应，称表达的分子为应激蛋白。诱导应激蛋白表达的因素有热休克、重金属、有毒代谢物、病毒感染、氧化剂损伤、缺血、炎症等。应激蛋白参与很多基本的细胞功能，包括细胞蛋白合成、安装途径以及细胞生长、分化的调节。细胞内的蛋白折叠和扩增的一些通路也由应激蛋白管理。有证据表明，在细胞从代谢损伤恢复的过程中，应激蛋白起了重要作用。在受有毒化学物损伤的细胞中，应激蛋白含量增加可能起了分子伴随作用，促进新的修复蛋白的合成和安装。产生大量的应激蛋白的细胞可能更易修复缺血损伤，应激蛋白对某些免疫反应可能也有影响。

有报道说应激蛋白与二噁英引起的损伤有关，环烃类化合物（Ah）的受体（在很多组织和器官能测到）能与很多环境污染物结合，例如多环芳烃、杂环胺、芳香多氯化合物（包括二噁英、二苯呋喃类、联苯类），应激蛋白在这些因子的致癌作用中起了中介作用。Ah 受体的成分是一种可溶性蛋白复合物，它包括一个配体结合的 90kD 单位和 95kD 单位亚群，是应激诱导蛋白。

② 细胞应激蛋白和毒性 细胞应激蛋白反应在确定化学品毒性中有一定的用处。例如，用重组 DNA 技术已经发明出了培养细胞的生产线，可用来生产应激受

体细胞，而应激受体细胞可能作为一种筛选工具用于筛选生物学危险物。在这些细胞中，控制应激蛋白基因的 DNA 序列与为某种酶（例如 β -半乳糖苷酶）编码的受体基因相连，当这些细胞经环境应激而产生更多应激蛋白的同时，它们也产生了受体酶。这些酶在一般实验室都能分析。研究人员用受体细胞能很容易地确定由特定的化学因子引起的应激反应的程度，也可能用这个方法作生物监测。例如，遗传育种已经提供了基因杂交的蠕虫，其 β -半乳糖苷酶受体基因是在基因蛋白启动因子的控制下的，当这些蠕虫暴露在各种污染物中，它们表达出受体酶，并变成蓝色，这些现象也说明，人们可以利用基因受体改变了的蠕虫，监测各种环境污染物。

第四节 环境健康科学的基本方法

环境健康科学研究的主要任务是研究自然环境和生活居住环境与人群健康的关系，为阐明环境因素对人群健康的影响，不但要运用现代科学技术了解环境因素的物理、化学和生物学性质和特征，还需要认识环境因素作用于机体时引发的各种生理、生化和病理学反应。在环境健康科学领域，环境流行病学和环境毒理学是两类最基本的研究方法。

一、流行病学方法

环境流行病学是应用流行病学的理论和方法，阐明环境中污染因素和自然因素危害人群健康的流行规律，尤其是研究环境因素和人群健康之间的相关关系或因果关系。环境因素对人群健康的影响不仅反映为疾病，而是一个健康效应谱。因此，环境流行病学不仅研究疾病的分布规律，而且更经常地研究疾病前的状态，包括生理和生化功能的改变、疾病的前期表现等各种健康状况。环境流行病学特别注意暴露效应关系和暴露反应关系的研究，这是制订环境卫生标准的根据，也是制订卫生政策、法规和条例的重要依据。环境流行病学的最终目的是消除污染，改善环境，保护人群健康，通过对环境和健康的监测，及时发现有害的环境因素及其对健康的损伤，采取措施，控制疾病的流行。

在环境流行病学研究领域中，暴露与健康效应是两个重要的研究内容，对暴露和健康效应进行有效而准确的测量与评估是整个环境流行病学研究成败的关键。暴露常用于指一个人群成员已暴露于某种被假定与某病或与健康有关的因素，或具有某种对健康有决定意义的特征。机体功能或健康状态在暴露环境有害物质后所表现出的任何变化均被称为效应，此定义既适用于个体也可应用于群体。暴露-效应关系也称之为剂量-效应关系，是指剂量越大，暴露水平越高，效应越严重。就个体而言，暴露-效应关系是指个体暴露剂量与效应严重程度的关系；就群体而言，是指发生某种效应的平均暴露剂量与效应严重程度的关系。剂量效应关系能为制订流行病学研究计划提供有价值的信息，也可以帮助研究者选择合适的研究指标。

环境流行病学应用的基本方法主要有描述性流行病学（主要为现况研究）、分析性流行病学（包括生态学研究、病例对照研究和队列研究）、实验流行病学。由