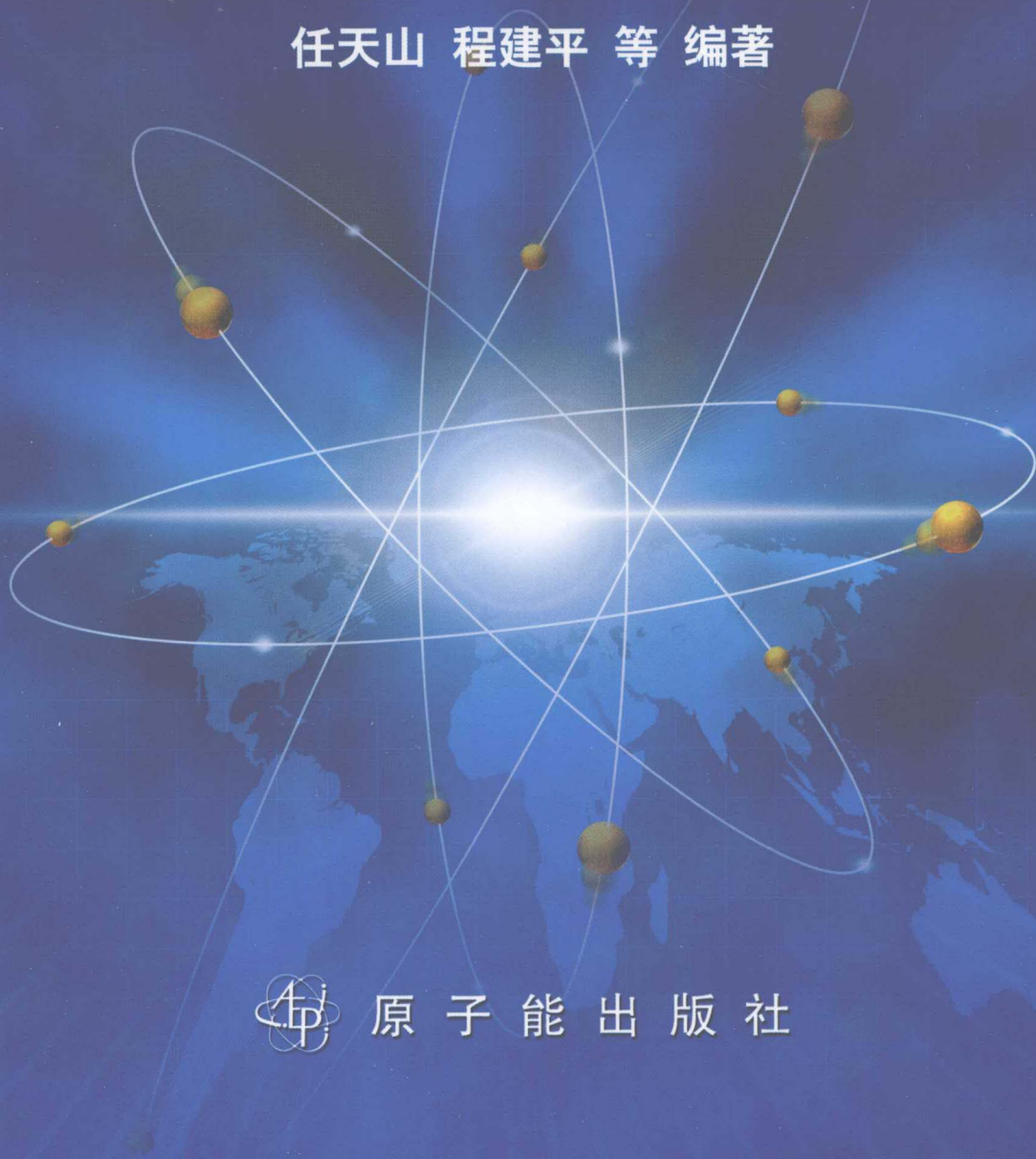


HUANJIING YU FUSHE

环境与辐射

清华大学工程物理系《环境与辐射》课程组

任天山 程建平 等 编著



原子能出版社

环 境 与 辐 射

清华大学工程物理系《环境与辐射》课程组

任天山 程建平 朱 立 徐翠华 编著

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境与辐射/任天山、程建平编著. —北京:原子能出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-5022-3921-3

I. 环… II. ①任… ②程… III. 辐射防护—高等学校—教材 IV. TL7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 093563 号

环境与辐射

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100037)

责任编辑 周欣

责任校对 冯莲凤

责任印制 丁怀兰

印刷 保定市中画美凯印刷有限公司

经销 全国新华书店

开本 787 mm×1092 mm 1/16

印张 20.25

字数 505 千字

版次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5022-3921-3

定价 58.00 元

版权所有 侵权必究

网址: <http://www.aep.com.cn>

前言

人类是地球的产物,人类的生存和发展反过来又对地球的环境产生重要的影响。人类曾一度为自己可“改天换地”而自豪,遭到环境的残酷报复后,开始觉醒。逐渐认识到必须十分注意保护我们赖以生存的环境。其实,人类只有爱护环境,保护环境,走环保图治的道路,人类社会才可以健康、和谐和持续发展。本教材全面系统地介绍了环境中天然和人工辐射照射的来源、分布及其监测方法,放射性核素在环境中的迁移、转化和蓄积的行为,公众受照途径、剂量估算及环境辐射评价。因此,本教材的目的是使“辐射防护与环境保护”专业或从事核事业的学生深入了解环境中天然和人工辐射的来源、传输、水平和对策,了解各国环境辐射监测与研究的现状和发展趋势,提高学生在环境辐射监测、评价和控制方面的素养,以及从事相关研究和工作的能力。熟练掌握环境放射性评价技术,尤其是辐射防护最优化的应用研究技术。

环境保护是我国的一项基本国策。辐射防护及环境保护学科涉及放射性和有毒有害物质的防护与污染控制。本学科对保护人体健康和人类生存环境有重要意义,对促进核科学与技术的发展起着重要作用。为了辐射防护及环境保护学科发展,迫切的需要培养一批知识面丰富的辐射防护专业人才。清华大学工程物理系辐射防护与环境保护研究室在程建平同志的建议和组织协调下,由长期从事环境辐射监测和评价方面研究的专家任天山研究员牵头,组织朱立博士、徐翠华研究员等有关人员着手编写了《环境与辐射》教材。

本教材共分为8章,共计50余万字。

第一章 环境与辐射:介绍了广义上的环境和辐射(包括电离辐射和非电离辐射)概念。本章重点讨论了环境中宇宙射线、宇生核素、原生核素等天然辐射源的来源、水平与分布和大气层核试验、核武器制造、核燃料循环等人为活动向环境释放的人工放射性核素的归一化释放量及总量。

第二章 放射性核素在大气中的传输;第三章 放射性核素在地面水中的转移;第四章 放射性核素陆地和水生食物链转移;这三章应用了IAEA在其安全丛书 No. 19(Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2001)中提出的用简单的筛选迭代方法评价放射性物质环境排放所致关键组成员剂量和集体剂量;讨论了核素向大气、地面水体排放时不同条件下的传输模式和参数以及筛选计算过程,放射性核素在陆地和水生食物链中转移的模式和过程。

第五章 环境辐射测量:环境辐射测量包括活度测量和能量测量。分别讨论活度测量的影响因素、总放射性测量、 α 能谱和 γ 谱仪能谱测量、空气中氡的测量以及环境贯穿电离辐射测量等内容。

第六章 环境辐射监测:环境辐射监测包括辐射环境质量监测和对重点污染源的监测。阐述了核设施放射性监测的监测计划制定、样品采集与处理、环境样品放射性测量与质量保证、核电站环境监测以及核与辐射突发事件情况下应急监测项目和采样的决策程序等。

第七章 公众剂量评价:辐射防护领域常用的剂量学量有描述辐射场的,有描述电离辐射与物质相互作用时辐射能量传递、转移和吸收的和用来表征辐射效应及其可能导致的辐射危险的。本章在简要阐明公众剂量评价的基本剂量学量、辅助剂量学量和放射性核素大气释放的隔室转移模式的基础上,分节介绍一些实用的剂量计算方法,包括:外照射剂量计算,吸入剂量计算,食入剂量计算,全球散布核素剂量计算,氡子体致剂量计算和应急情况下的剂量计算。

第八章 人类所受的辐射照射:本章讨论公众成员所受的来自环境辐射的照射,包括天然本底所致照射,大气层核试验所致照射,核燃料循环所致照射,核事故所致照射,医疗实践所致公众照射以及因技术发展使公众受到的辐射照射。本章的讨论是以第一章环境放射性的来源和第七章公众受照剂量估算方法为基础。

本教材从2003年3月开始筹划到2007年9月出版,历时4年。本教材已经在清华大学辐射防护与环境保护学科研究生和工程物理系本科生以及工程硕士研究生试用过,并在此基础上先后修改过三次。

任天山、程建平、朱立同志全程组织和参与了教材的编写、统稿和校稿及试讲等工作,保证了本教材顺利的出版。中国地质大学(北京)原校长程业勋教授对本教材进行了认真的审阅,提出了许多宝贵意见,为本教材完善做了许多具体的工作。在本书编写过程中,中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所的张庆、周强、赵力、李文红、付杰等为本教材的作图、计算、排障、录入等提供了技术协助,时为中国对外经贸大学硕士生的王艳君为本书第二、三、四章以及附录B提供了英译中文本初稿,在此表示衷心的感谢。最后,对所有参与编写本教材的专家和提出修改意见的老师、研究生同事们表示衷心的感谢。

清华大学工程物理系
辐射防护与环境保护研究室

2007.08.01

目 录

第一章 环境与辐射	1
第一节 人类环境	1
第二节 环境辐射	7
第三节 宇宙辐射	16
第四节 宇生放射性核素	23
第五节 陆地天然放射性	26
第六节 大气层核试验	40
第七节 核武器制造	44
第八节 核燃料循环	45
思考题	52
参考文献	52
第二章 大气弥散	54
第一节 高斯烟羽模式描述	54
第二节 筛选计算	55
第三节 扩散模式的特点	56
第四节 建筑物影响	57
第五节 孤立点源排放下风区的弥散	58
第六节 建筑物背风侧尾流区的弥散	61
第七节 建筑物背风侧空腔区的弥散	63
第八节 输入数据的预置值	64

第九节 烟羽清除、地面沉降和再悬浮	64
第十节 放射性核素环境排放评价的筛选过程	66
思考题	67
参考文献	67

第三章 放射性核素在地面水中的转移 71

第一节 筛选计算	72
第二节 地面水稀释模式的特点	72
第三节 河流	74
第四节 港湾	78
第五节 沿海水体	81
第六节 湖泊和水库	83
第七节 沉积作用	86
第八节 不确定度	89
第九节 排放到下水道中的放射性核素	90
思考题	91
参考文献	91

第四章 放射性核素陆地和水生食物链转移 93

第一节 陆地食物链模式	93
第二节 水生食物链转移	100
第三节 模式的不确定度	103
思考题	103
参考文献	104

第五章 环境辐射测量 105

第一节 活度测量的影响因素	105
第二节 总放射性测量	107
第三节 低本底 α 能谱测量	113
第四节 γ 能谱测量系统	118
第五节 γ 能谱能量特征峰的描述	120

第六节 γ 能谱分析	126
第七节 就地 γ 能谱测量	134
第八节 空气中氡的测量	137
第九节 空气中氡子体的测量	144
第十节 环境贯穿电离辐射测量	154
思考题	158
参考文献	158

第六章 环境辐射监测 160

第一节 环境放射性监测方案	160
第二节 辐射环境监测技术规范	164
第三节 样品采集与处理	172
第四节 环境样品放射性测量	174
第五节 质量保证	176
第六节 核与辐射突发事件的应急监测	178
第七节 辐射环境自动监测系统的现状和趋势	196
第八节 环境辐射监测与评价的相关标准	197
思考题	199
参考文献	199

第七章 公众剂量评价 201

第一节 公众剂量评价的基本剂量学量	201
第二节 公众剂量评价的辅助剂量学量	204
第三节 放射性核素大气释放的隔室转移模式	206
第四节 外照射剂量计算	209
第五节 内剂量计算模式	218
第六节 吸入途径剂量计算	222
第七节 食入途径剂量计算	223
第八节 全球散布放射性核素	227
第九节 氡子体所致剂量	232
第十节 应急情况下基于环境监测数据的剂量计算	234

思考题.....	240
参考文献.....	240
第八章 人类所受的辐射照射水平	242
第一节 人类所受的天然辐射照射水平.....	242
第二节 大气层核试验对人类的照射.....	249
第三节 核动力生产所致公众剂量.....	253
第四节 辐射水平综合比较.....	259
第五节 天然辐射源的控制.....	260
第六节 环境辐射与健康.....	265
思考题.....	277
参考文献.....	277
附录 A 筛选剂量计算模式和剂量系数	280
一、筛选剂量计算	280
二、通用剂量计算系数	287
附录 B 放射性核素在地面水中的转移	295
一、河流	295
二、港湾	302
三、沿海水体	305
四、湖泊和水库	306
参考文献.....	307
附录 C 氡子体测量的基本公式	309
一、取样中的氡子体积累	309
二、取样后的衰变	312
三、基本公式	313
四、 ^{220}Rn 子体测量公式.....	315

第一章 环境与辐射

环境与辐射是与人类生存、生活密切相关的两个概念。广义上的环境被理解为人类赖以生存的周围的一切甚至扩大到整个宇宙。广义上的辐射包括电离辐射和非电离辐射,辐射防护领域关心的 X 和 γ 射线仅仅是频段覆盖范围非常广的电磁辐射的一个频段。在简要介绍环境电磁辐射的来源以后,本章重点讨论环境中宇宙射线、宇生核素、原生核素等天然辐射源的来源、水平与分布和大气层核试验、核武器制造、核燃料循环等人为活动向环境释放的人工放射性核素的归一化释放量及总量。

第一节 人类环境

一、环境的定义

中国《元史·余阙传》中最早出现“环境”一词:“环境筑堡垒,选精甲外捍,而耕稼于中。”环者,环绕、回绕,疆者,疆土。所以那时“环境”泛指某一主体周围的地域、空间、介质^[1]。在 Wordnet 词典中,“environment”的意思有二:(1) [n] the area in which something exists or lives(事物或生命存在或生活的空间);(2) [n] the totality of surrounding conditions(生物体周围状态的总体)。科技文献中环境有如下意义:① 环境是生物体外的一切无生命物质;② 环境是人类生存活动的地球圈层:大气圈、水圈、生物圈及岩石圈上部的土壤;③ 环境是环绕人类周围的所有社会因素、生物因素、化学因素和物理因素的总和。

当今,环境通常被理解为以人类为主体赖以生存的周围的一切,甚至扩大到整个宇宙。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,对环境理解逐渐统一。比较一致的看法是:环境是指围绕人群的空间及其中可以直接或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。

自然因素的总体(甚至扩大到整个宇宙)称为自然环境,社会因素的总体称为社会环境。自然环境中把大气、水、土壤、地形、地质等作为一次构成要素,把植物、动物、微生物等生物作为二次构成因素。社会环境是人类活动创造的人工环境和人类在生产和生活过程中形成的社会关系的总体,它包括各种人工构筑物和经济、政治、文化等要素。

二、环境的分类^[1]

环境是一个非常复杂的体系,目前还没有形成统一的分类方法,一般是按照环境的主体、环境的范围、环境的要素和人类对环境的利用或环境的功能进行分类。

按环境的主体来分,可分成以人为主体和以生物体为主体两类。前者将人类之外的其

他生物体和非生命物质视为环境要素,后者仅将非生命物质看成环境要素。按环境的范围来分,从小到大可把环境分成特定密闭空间环境(如机舱、空间舱等)、车间环境、生活区环境(居室环境、院落环境)、城市环境、区域环境(流域环境、行政区域环境等)、地球环境、宇宙环境等。按环境的要素来分,可根据环境要素的属性分成自然环境和社会环境两大类,每个大类又按其主要的环境组成再分类。如自然环境可再分为大气环境、水环境、天然环境、生态环境(如森林环境、草原环境等)、地质环境等。

根据环境与人的关系和人类对自然环境的影响程度,按由近及远、由小到大可将环境类型分为四类:

① 聚落环境 是人类聚集和活动的中心,与人类生产和生活关系最密切。按其性质、规模和功能,又可分为院落环境、村落环境和城市环境等。

② 地理环境 指地球表层的环境,包括气圈、水圈、生物圈和土壤圈。各圈相互制约、相互渗透、相互转化。它上至气圈下部的对流层顶,下至地表(含岩石圈表面)。地理环境的范围大致与水圈和生物圈相当,是人类活动的主要舞台和基地。

③ 地质环境 主要指地表以下的坚硬的地壳,即岩石圈。地理环境是在地质环境的基础上,在宇宙因素的影响下发生和发展起来的。

④ 星际环境 星际环境即宇宙中的一切,虽然好像距我们很遥远,其重要性是不可忽视的。星际环境为我们的地球提供了迄今为止已知的、宇宙空间中惟一的适合人类居住的一切环境条件:太阳辐射为人类的生存、繁衍提供了源源不绝的、最清洁的能源;宇宙电磁辐射使光合作用成为可能。

聚落环境、地理环境、地质环境和星际环境之间不断地进行着物质和能量交换,共同构成了人类的生活环境。聚落环境是人类有目的、有计划地创造出来的生存环境。地理环境是在地质环境的基础上,在宇宙因素的影响下发生、发展起来的人类活动的舞台和基地。如果地理环境为人类提供了生活资料,那么,地质环境则为人类提供了难以再生的矿物资源。而人类赖以生存的能源主要来自星际环境中的太阳辐射。然而,人类活动正在从地球向星际扩展,星际环境的某些部分正在成为人类活动场所。总之,我们今天的环境是在自然环境背景的基础上,经过人类创造、加工形成的,体现着人类利用自然、改造自然和保护自然的能力和水平。

三、地球环境及其变化

1. 地球环境

人类赖以生存的地球环境由地壳(岩石圈)及其外部圈层——气圈、水圈和生物圈组成。

(1) 岩石圈 岩石圈由各种岩石及其风化物——土壤构成。其范围包括大陆表面及洋底以下 16 km 的深处(大陆地壳厚度平均约 40 km,太平洋地区地壳厚度仅 5~6 km)。岩石圈中储存着人类所需的绝大多数矿产资源。构成生命物质的化学元素,除氢、氧、氮、碳可以从空气和水中获得外,其余都来源于岩石圈。岩石圈的物质组成极不均匀,元素丰度差别很大。

(2) 水圈 水是一切生命体的重要组成部分,是生物生存的必要条件,没有水就没有生命。水圈包括海洋、湖泊、沼泽、河流、地下水及冰雪。水域面积约占地球总面积的 70.8%,

平均厚度 3.8 km,总质量约 1.41×10^{18} t,其中海洋水占世界水资源的 97.27%,地球两极和高山冰川约占 2.1%,地表河、湖约占 0.017%,地下水约占 0.61%,其余为大气和生物水。地表水通过降水和蒸发过程参加水循环。

(3) 大气圈 大气圈指地球表面的气体圈层,分布在从地表至 2 000 km 的空间,2 000 km 以上大气极为稀薄,无明显上线。大气圈由地表向上依次又分为对流层、平流层、中间层和热层。对流层大气对流运动显著,为靠近地表的底层大气,其厚度随纬度和季节变化。对流层与地表的关系极为密切,对人和其他生物的生存有重大影响。

地球大气的总质量为 5×10^{15} t,约占地球总质量的百万分之一。干洁空气的化学组成恒定,大气圈的平均化学成分(干洁空气)见表 1-1。大气圈在地球生命活动过程中起着极为重要的作用,对人类生存和健康的关系极为密切。

表 1-1 大气圈平均化学成分(干洁空气)^[2]

成分	分子式	体积/%	重量/%	总量/($n \times 10^{20}$ g)
氮	N ₂	78.090 0	75.510 0	38.648
氧	O ₂	20.950 0	23.150 0	11.841
氩	Ar	0.930 0	1.280 0	0.655
二氧化碳	CO ₂	0.030 0	0.046 00	0.023 3
氖	Ne	0.001 8	0.001 25	0.000 636
氦	He	0.000 52	0.000 072	0.000 037
甲烷	CH ₄	0.000 22	0.000 12	0.000 062
氪	Kr	0.000 1	0.000 29	0.000 164
氧化亚氮	N ₂ O	0.000 1	0.000 15	0.000 077
氢	H ₂	0.000 05	0.000 003	0.000 002
氙	Xe	0.000 008	0.000 036	0.000 018
臭氧	O ₃	0.000 001	0.000 036	0.000 031

(4) 生物圈 生物圈是生命物质分布的地球外圈,包括水圈全部、岩石圈的上部、大气圈的几乎全部(至少是对流层)范围。其下界对海洋为海底表面,对陆地为地表以下 3~4 km,其上界大约在海拔 30~50 km 的高空。生物圈地球化学作用的基本功能在于通过光合作用、呼吸作用以及生命代谢作用等过程,参与能量交换、物质循环和生物量的生产。在对 6 000 种以上动物和植物的化学分析基础上获得的生命物质中化学元素的丰度是宝贵的资料,它们以及其他圈层的元素丰度可从有关参考文献获得。

2. 地球环境的变化^[1-2]

(1) 环境质量

环境质量是指环境素质的好坏,对以人为本的环境观来说,衡量环境质量好坏的标准是否适宜于人类健康地生存和美好地生活。自然界固有的不平衡性、不同地区自然条件的差异以及人为活动都会引起环境变化,导致环境质量变化。物理环境质量是指周围物理环境条件的好坏,自然界气候、水文、地质、地貌、火山爆发等条件的变化,自然灾害、地震及人为

的活动如热污染、噪声污染、电磁辐射污染、采矿等都会影响物理环境质量。与此类似,化学环境质量是指化学环境条件的好坏,不同地区环境要素的化学组成不同,其化学质量也不同,人为活动的废物排放也会导致化学污染,改变化学环境质量。

自然过程产生的环境质量变化称为第一类环境问题,人类活动过程产生的环境质量变化称为第二类环境问题。人们现在主要关注的是第二类环境问题。

(2) 全球环境质量变化问题

引起全球环境质量恶化的问题主要是:

① 自然资源的过度开采和利用 工业生产的发展对矿产资源的需求量与日俱增,各种污染物大量排放,导致生态环境破坏、环境质量恶化。而且因为矿产资源是不可再生资源,未来人类会面临各种矿产资源短缺的问题。此外,如上述,地球上淡水资源储量相对较少,随着人类对淡水资源利用的增长和水体污染扩大,将会导致全球性的水荒。

② 沙漠化 由于人类在干旱草原的过度放牧、草原资源的过度采掘利用和不合理的农作,导致沙漠化日益严重,沙漠化土地每年全球平均扩大数万平方公里。

③ 臭氧层受到破坏 大气的臭氧是由于太阳紫外辐射的光化学作用产生的,由于长期的逐步聚集作用,在离地表 10~50 km 的平流层中形成臭氧层,20~30 km 处臭氧浓度最大。臭氧层能吸收太阳紫外线,对地球生命有保护作用。但是,由于超音速飞机的排气、工业废气排放、氮肥和氟氯甲烷的大量使用、高空军事活动等,导致平流层臭氧浓度的减少,引起地球紫外辐射和大气热力平衡的变化,进而影响人类健康和生态。

④ 全球气候变化 地球气候变化主要受太阳热辐射的影响,也受人类活动影响。矿产资源的大量使用,使大气中二氧化碳浓度逐渐升高,在 20 世纪 70 年代达到 320×10^{-6} ,平均每年增加 $0.6 \sim 0.7 \times 10^{-6}$ 。大气二氧化碳浓度的增高会产生“温室效应”,可能引起全球气温变化,以及环境化学污染物的迁移能力变化。大气漂尘的存在也会影响地球水热平衡,漂尘浓度增加可能产生“阳伞效应”,使大气反射和吸收太阳光辐射的能力增大,而降低气温。全球热效应的综合作用,可能导致地球环境新的不平衡,产生全球性气候变化。

人类活动对环境质量变化的影响有直接的,有间接的,有线性的,有非线性的,一般有时滞效应,即经过有害物质排放、转移和产生污染危害三个过程。全球环境质量变化是一个缓慢的自然过程,影响环境质量变化的因素是综合的、多元的。因此,环境保护措施应该是综合的、持续的、有远见的和有力度的。

四、环境中的非放射性污染物

环境中的污染物是指人类生存环境要素(水、土壤和空气等)中所含的、对人类健康或生态环境会造成不良影响的有毒有害物质。通常将环境污染物分成化学污染物、物理污染物和生物污染物三大类。化学污染物又分有机污染物和无机污染物;物理污染物主要有噪声、热辐射、电磁辐射等;生物污染物主要有细菌、病毒、病原微生物等。环境中的非放射性(非放射性)污染物是指环境污染物中的非放射性成分。

美国、日本等国从 20 世纪 70 年代开始对环境化学物质污染进行调查,在水、水底沉积物、水生生物中发现了几百种无机和有机污染物,并发现化学污染物对环境的影响程度主要取决于污染物的毒性、排放量及其在环境中的迁移、积累等因素。无机污染物主要包括 Ag,

As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se 和 Zn 等金属或其化合物, 以及 Cl^- , CN^- , F^- , SO_4^{2-} 等非金属化合物。

有机污染物的种类很多, 性质各异, 主要有以下几类:

① 有强、急性毒性的化合物, 如杀虫剂、有机磷农药等;

② 使用量较大且易在环境中残留的化合物, 如合成洗涤剂等;

③ 在环境中难于降解, 有生物蓄积效应, 能通过食物链进入人体产生毒害作用的化合物, 如 DDT, 666 等有机氯农药, 以及 PCB, 有机锡、有机铅等;

④ 有致癌作用的化合物, 如三氯乙烯、四氯乙烯等, 它们即使以微量存在于环境中, 长期摄入也会对人类造成危害。

环境中的化学污染物不仅种类繁多, 而且各污染物之间还可能有复合影响(拮抗或协同), 产生复杂的生物学作用。例如, Se 和 Hg 有拮抗作用, CO 和 H_2S 有相加作用, 漂尘和 SO_2 有相乘作用。凡此种种, 足见微量化学污染物之间的作用是非常复杂的。

环境污染物是否对人体产生危害及其危害程度大小, 除了与作用时间、多种因素的复合作用和个体敏感性等因素相关外, 主要取决于进入人体的污染物的量。对非必需元素、有毒因素, 由于体内的进入量达到一定程度, 即可产生异常反应, 甚至发展成疾病, 所以, 对这类污染物关注的重点是其在环境中的最高允许浓度和在体内的最高允许负荷量。对人体内必需的因素, 因其在环境中过多或过少, 都可能使人体功能变化, 因此, 对这类因素主要研究其在环境中的最高允许浓度和人体的最低摄入量。

五、环境非放射性污染物的监测

1. 非放射性污染物的监测方案

根据监测的性质, 环境中非放射性污染物的监测可分为三类:

① 常规监测 又称例行监测或监视性监测, 其中包括环境质量监测(能反映环境质量状况的定点定期监测)和污染源监测(为控制污染物浓度、总量及其变化等实施的技术监督和技术支持监测)。

② 应急监测 又称特定目的监测, 这类监测的形式和内容较多, 往往是突发性的。例如, 污染事故监测、仲裁监测、考核监测或计量认证监测等。

③ 研究性监测 指为进行某项环境、生物、生态等研究而进行的计划周密、多学科协作的较复杂的高水平监测。环境背景是指未受或很少受人类活动影响情况下, 环境要素的本征组成和特征结构。环境背景值调查可为制定环境质量标准、环境规划、环境管理、综合防治、环境资源的优化开发和利用、环境生态系统建模、经济与社会的协调发展提供科学依据和基础信息。背景值调查也应属于研究性监测。

不论哪种监测, 从环境监测的过程、对象和手段来说, 都应包括下面主要内容:

从监测过程看, 环境监测包括现场调查、优化布点、样品采集、样品传输和保存、样品处理、分析测试、数据处理和综合评价等一系列过程。

从监测对象来看, 凡是对环境造成污染和危害的各种因素都是监测对象。但是由于污染物种类繁多, 所以不论哪种监测都应首先确定优先监测的污染物。其确定的原则是:

(1) 对环境影响大的; (2) 已有可靠监测方法的; (3) 已有环境质量标准或其他规定的;

(4) 在环境中的含量已接近或超过规定限值浓度,污染趋势还在上升的;(5) 样品有广泛代表性的。作为例子,表 1-2 列出了地表水常规监测的必测和选测项目。

表 1-2 地表水常规监测项目^[2]

水体	必测项目	选测项目
河流	水温、pH 值、悬浮物、总硬度、电导率、溶解氧、化学耗氧量、五日生化需氧量、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、挥发性酚、氰化物、砷、汞、六价铬、铅、镉、石油类等	硫化物、氟化物、氯化物、有机氯农药、有机磷农药、总铬、铜、锌、大肠菌群、总 α、总 β、铀、镭、钍等
饮用水源地	水温、pH 值、悬浮物、总硬度、电导率、溶解氧、化学耗氧量、五日生化需氧量、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、挥发性酚、氰化物、砷、汞、六价铬、铅、镉、氟化物、细菌总数、大肠菌群等	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、碳酸根等
湖泊、水库	水温、pH 值、悬浮物、总硬度、溶解氧、总氮、总磷、化学耗氧量、五日生化需氧量、挥发性酚、氰化物、砷、汞、六价铬、铅、镉等	钾、钠、藻类、浮游藻、可溶性固体总量、铜、大肠菌群等
排污河	根据排污情况定	

2. 非放射性污染监测的技术方法和质量保证

从监测手段看,对环境监测中污染物的分析测试方法主要有化学方法、物理方法和生物方法。生物监测方法是利用生物对环境污染所产生的各种信息,如群落、种族变化、畸形变种、受害症状等作为判断污染状况的手段;物理监测是采用物理方法对声、光、电磁辐射及振动对污染因素进行监测;化学监测是采用现代分析测试技术对污染物进行分析测定。化学方法是目前对非放射性污染物进行监测的最重要技术和手段。

无论哪种监测都要制定详尽的监测方案,以保证采集样品的代表性、分析的精密性和准确性、数据的可比性和完整性,代表性和完整性取决于现场调查、优化布点和样品采集、储运等过程;分析的精密性和准确性主要取决于全程的质量保证和分析过程的控制,而数据的可比性则是监测全过程的综合反映。为了达到对监测质量的要求,监测方案中要制定完善的全程质量保证措施,将监测结果的误差控制在一定的允许范围内。

3. 环境质量和非放射性污染物监测的相关标准

部分环境质量和非放射性污染物监测的相关标准汇列于下:

- 中华人民共和国国家标准 GB 3095—1996,环境空气质量标准
- 中华人民共和国国家标准 GB 3097—82,海水水质标准
- 中华人民共和国国家标准 GB 11607—89,渔业水质标准
- 中华人民共和国国家标准 GB 3838—88,地面水环境质量标准
- 中华人民共和国国家标准 GB 12941—91,景观娱乐用水水质标准
- 中华人民共和国国家标准 GB 5084—92,农业灌溉水质标准
- 中华人民共和国国家标准 GB/T14848—93,地下水质量标准

- 中华人民共和国国家标准 GB 8978—96,污水综合排除标准
- 中华人民共和国国家标准 GB 3096—82,城市各类区域环境噪音标准
- 中华人民共和国国家标准 GB 12997—91,采样方案设计技术规范
- 中华人民共和国国家标准 GB 12998—91,采样技术指导
- 中华人民共和国国家标准 GB 12999—91,采样样品保存与管理技术规定
- 中华人民共和国国家标准 GB 7485—87,水质 总砷测定
- 中华人民共和国国家标准 GB 7475—87,水质 铜、铅、铬、锌的测定,原子吸收分光光度法
- 中华人民共和国国家标准 GB 7484—87,水质 氟化物测定
- 中华人民共和国国家标准 GB 7489—87,水质 溶解氧的测定
- 中华人民共和国国家标准 GB 7488—87,水质 五日生化需氧量的测定
- 中华人民共和国国家标准 GB 7480—87,水质 硝酸盐氮的测定
- 中华人民共和国国家标准 GB 7493—87,水质 亚硝酸盐氮的测定
- 中华人民共和国国家标准 GB 7490—87,水质 挥发酚的测定
- 中华人民共和国国家标准 GB 7486—87,水质 氰化物的测定
- 国家环保局. 环境监测技术规范. 北京环境科学出版社,1986
- 国家环保局. 重点工业污染企业监测暂行技术要求(废气部分),1991
- 国家环保局. 重点工业污染企业监测暂行技术要求(废水部分),1991
- 国家环保局. 水和废水监测分析方法. 北京. 中国环境科学出版社,1989

第二节 环境辐射

广义上讲,辐射包括电离辐射和非电离辐射,后者如微波、激光及紫外线等;狭义上在辐射防护领域,有时“辐射”一词仅包括电离辐射。电离辐射定义为能通过初级过程或次级过程引起电离事件的带电粒子或/和非带电粒子。电离辐射又分直接电离辐射和间接电离辐射,前者定义为由具有足够动能的、碰撞时能引起电离的直接电离粒子(如电子、质子、 α 粒子、重粒子等)组成的辐射;而间接电离辐射是由与物质相互作用时产生直接电离粒子的间接电离粒子(中性粒子,如光子、中子等)组成的辐射。

从更广义上讲,电离辐射中的 X 和 γ 射线仅仅是频段覆盖范围非常广的电磁辐射的一个频段。

一、电磁辐射

1. 电磁辐射频段和分类

电磁辐射是一种能量以电磁波的形式通过空间传播的现象。地球上所有生命都是在非常复杂的、称作电磁辐射的电磁场环境中进化的。电磁辐射的频率覆盖范围非常广,从极低频段 0~30 Hz(静电场和静磁场等极低频场合),到无线电广播频段(300 Hz~300 GHz)、红外频段(0.3~385 THz)、可见光频段(385~750 THz)、紫外频段(750~3 000 THz),一直到频

率非常高($>3\,000\text{ THz}$)的电离辐射频段。红外频段、可见光频段、紫外频段以及激光频段($15\sim 1\,500\text{ THz}$)又统称光频段。不同频段电磁辐射照射到生物体的效应不同, $>3\,000\text{ THz}$ 频段的电磁辐射作用于机体能使构成机体的原子电离,产生电离效应,故称为电离辐射。为了与电离辐射区别,将其他频段的电磁辐射通称为非电离辐射(non-ionizing radiations, NIR)。人类环境中的天然电离辐射(宇宙射线中的 X 和 γ 射线和原生核素衰变产生的 X 和 γ 射线)实际上仅仅是电磁辐射频谱中频率(或能量)非常高的一段。因此,概括起来,可将电磁辐射辐射分为电离辐射和非电离辐射两大类,而非电离辐射又分为光频段、射频频段等。

非电离辐射(也常称作电磁辐射)的来源也分天然电磁辐射和人工电磁辐射两类。不论是哪类来源的电磁辐射,其频率决定于电磁辐射光子的能量,频率(能量)不同的电磁辐射的传输特性、弥散特性、对物质的贯穿特性和被物质吸收的特性不同。某些类型电磁辐射的频率范围、波长和光子能量列于表 1-3。

表 1-3 电磁辐射频谱分布^[3]

辐射类型	频率范围 ^a	波长范围	能量范围
电离辐射	$>3\,000\text{ THz}$	$<100\text{ nm}$	$>12.40\text{ eV}$
非电离辐射			
紫外线(UV)	$3\,000\sim 750\text{ THz}$	$100\sim 400\text{ nm}$	$12.40\sim 3.10\text{ eV}$
远紫外	$1\,580\sim 1\,000\text{ THz}$	$190\sim 300\text{ nm}$	$6.53\sim 4.13\text{ eV}$
近紫外	$1\,000\sim 750\text{ THz}$	$300\sim 400\text{ nm}$	$4.13\sim 3.10\text{ eV}$
UV-C ^b	$3\,000\sim 1\,070\text{ THz}$	$100\sim 280\text{ nm}$	$12.4\sim 4.43\text{ eV}$
UV-B ^b	$1\,070\sim 950\text{ THz}$	$280\sim 315\text{ nm}$	$4.43\sim 3.94\text{ eV}$
UV-A ^b (黑光)	$950\sim 750\text{ THz}$	$315\sim 400\text{ nm}$	$3.94\sim 3.10\text{ eV}$
可见光 ^c	$750\sim 385\text{ THz}$	$400\sim 1\,000\text{ m}$	$3.10\sim 1.59\text{ eV}$
红外线(IR)	$385\sim 0.3\text{ THz}$	$0.78\sim 1\,000\text{ m}$	$1\,590\sim 1.24\text{ meV}$
IR-A ^b	$385\sim 214\text{ THz}$	$0.78\sim 1.4\text{ m}$	$1\,590\sim 886\text{ meV}$
IR-B ^b	$214\sim 100\text{ THz}$	$1.4\sim 3\text{ m}$	$886\sim 413\text{ meV}$
IR-C ^b	$100\sim 0.3\text{ THz}$	$3\sim 1\,000\text{ m}$	$413\sim 1.24\text{ meV}$
近红外	$385\sim 100\text{ THz}$	$0.78\sim 3\text{ m}$	$1\,590\sim 413\text{ meV}$
中红外	$100\sim 10\text{ THz}$	$3\sim 30\text{ m}$	$413\sim 41.33\text{ meV}$
远红外	$10\sim 0.3\text{ THz}$	$30\sim 1\,000\text{ m}$	$41\sim 1.24\text{ meV}$
激光	$1\,500\sim 15\text{ THz}$	$0.2\sim 20\text{ m}$	$6\,200\sim 62\text{ meV}$
射频(RF)	$300\text{ GHz}\sim 300\text{ Hz}$	$1\text{ mm}\sim 1\,000\text{ m}$	$1\,240\text{ eV}\sim 124\text{ feV}$
微波(MW)	$300\sim 0.3\text{ GHz}$	$1\sim 1\,000\text{ mm}$	$1\,240\sim 1.24\text{ eV}$
极高频(EHF)	$300\sim 30\text{ GHz}$	$1\sim 10\text{ mm}$	$1\,240\sim 124\text{ eV}$
超高频(SHF)	$30\sim 3\text{ GHz}$	$10\sim 100\text{ mm}$	$124\sim 12.4\text{ eV}$
特高频(UHF)	$3\sim 0.3\text{ GHz}$	$100\sim 1\,000\text{ mm}$	$124\sim 1.24\text{ eV}$