



普通高等教育创新型人才培养规划教材

辐射环境监测

杨毅 林炬 刘颖 编著

非外借



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育创新型人才培养规划教材

辐射环境监测

杨毅 林炬 刘颖 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是编者在我国当前“一带一路”中核电建设和核技术应用迅速发展带来的对环境辐射监测需求的背景下,通过广泛收集整理我国辐射环境监测相关国家标准和管理规范,结合编者的教学和科研实践编写的讲述我国核与辐射环境监测的图书。

书中介绍了辐射环境监测的基本情况、监测技术规范、核设施流出物监测与辐射应急监测、典型环境体系(水、空气、土壤、食品、建筑材料)放射性核素测定,以及电磁辐射环境(交流输变电工程、移动通信基站、变电站等)监测等内容。

本书适用于高等院校核与辐射及相关专业的本科生,也可作为环境工程相关专业课程的补充教材;该书还可作为核与辐射相关专业研究生和青年教师的工具书,以及从事核与辐射环境评价和核安全评价等相关工作的工程技术人员的培训用书和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

辐射环境监测 / 杨毅, 林炬, 刘颖编著. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2018.9

ISBN 978-7-5124-2750-1

I. ①辐… II. ①杨… ②林… ③刘… III. ①辐射监
测 IV. ①X837

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 143011 号

版权所有,侵权必究。

辐射环境监测

杨毅 林炬 刘颖 编著

责任编辑 刘晓明

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:17 字数:435千字

2018年9月第1版 2018年9月第1次印刷 印数:1000册

ISBN 978-7-5124-2750-1 定价:49.00元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

“一带一路”倡议为我国核电建设和发展提供了良好的契机,同时我国近年来核技术在各行业的应用,以及我国特高压输变电和 5G 通信的发展,均对核与辐射环境监测提出了新的要求。此外,随着我国国民生活水平的快速提高,人们对生活环境中的核辐射和电磁辐射的关注度越来越高,相应的指标要求也越来越严格。

多年来,国外对核辐射环境和电磁辐射环境的监测技术和指标都有较严格的要求,建立了相应的标准。我国在借鉴国外技术规范 and 指标的基础上,进一步提高指标要求并制定了相应的技术规范和国家标准,甚至出台了相应的法律法规。然而,到目前为止,还缺少比较系统和全面地整理这些技术规范和指标要求的图书,相关专业学生学习和技术人员工作时缺乏相应的教材和工具书。这也是促成我们编写该书的原因。

事实上,随着我国大力发展核电以及西方发达国家大量核电站面临退役,对核电站和退役核设施辐射环境监测的需求十分巨大;同时,我国当前还在大力发展新一代核电技术,对辐射环境监测也提出了新的要求。此外,在电磁辐射方面,传统的监测规范和指标要求是否能满足最新发展的特高压输变电和密集的 4G、5G 通信塔台建设,都是我们当前和今后研究与关注的重点。

本书第 1 章辐射环境监测概述,主要介绍了辐射环境的监测目的、监测内容、监测方法和放射源豁免等;第 2 章辐射环境监测技术规范,主要介绍了辐射环境质量监测、辐射污染源监测规范、监测样品的采集测定、数据处理和质量保证,并以医疗核设施辐射环境监测为例进行了介绍;第 3 章核设施流出物监测与辐射应急监测,主要介绍了核设施流出物监测和环境影响评价,以及核事故与辐射事故环境应急监测;第 4 章典型环境体系中放射性核素测定,主要介绍了水体、空气、土壤、食品和建筑材料等典型环境体系中放射性核素的测定方法与限值规定;第 5 章电磁辐射环境监测,主要介绍了电磁辐射基本概念和电磁辐射监测方法与限值,重点阐述了交流输变电工程电磁辐射、移动通信基站电磁辐射和变电站电磁噪声辐射的监测方法。在本书编写过程中,刘颖完成了第 4.5 节的编写和全书部分章节的完善;林炬重点对第 3.5 节和第 5 章进行了编写和完善;杨毅完成其他章节的编写和全书的审定。



本书除了基础理论方面的整理和编写外,还邀请工程一线的专家,将工程实践数据进行汇集和整理,形成了理论与实践结合的图书。本书适用于高等院校核与辐射及相关专业的本科生,也可作为环境工程相关专业课程教材的补充;同时,该书还可作为核与辐射相关专业研究生和青年教师的工具书,以及从事核与辐射环境评价和核安全评价相关工作的工程技术人员的培训用书和参考书。

在本书编写过程中,还得到了吴少华、潘天翔、葛晓阳等工程实践专家的指导和协助,韩晶晶、李成财、李富、李浩等同学对相应章节进行了数据处理和文字编写。本书还得到了南京理工大学辐射防护与核安全系老师和该专业本科14级、15级、16级学生在前期使用过程中的修改建议。在此对上述人员一并表示感谢!

由于编者的能力和水平有限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正!

作者

2018年6月

目 录

第 1 章 辐射环境监测概述	1
1.1 环境核辐射监测的目的与内容	1
1.1.1 常见名词的含义	1
1.1.2 环境放射性来源	3
1.1.3 辐射环境监测分类	5
1.1.4 辐射环境监测的目的、作用及特点	6
1.1.5 环境核辐射监测的内容	6
1.1.6 环境核辐射监测机构和职责	7
1.2 辐射环境监测方法	9
1.2.1 环境核辐射监测大纲	9
1.2.2 就地测量	10
1.2.3 实验室分析测量	10
1.2.4 放射性本底调查	13
1.2.5 数据统计学处理	15
1.2.6 环境监测结果评价与质量保证	15
1.3 工作场所电离辐射监测	16
1.3.1 工作场所监测的基本原则	16
1.3.2 监测计划的制订	16
1.3.3 工作场所的本底与外照射监测	18
1.3.4 工作场所的表面污染监测	19
1.3.5 工作场所的空气污染监测	21
1.3.6 监测记录的要求与质量保证	22
1.4 核辐射环境质量评价	23
1.4.1 专用名词与术语	23
1.4.2 评价区域与评价子区	25
1.4.3 评价的剂量基本标准、指标和方法	25
1.4.4 辐射环境基础资料	26
1.4.5 环境监测与流出物监测	27
1.4.6 剂量评价	28
1.5 放射源的豁免	30
1.5.1 豁免准则	30
1.5.2 可豁免的源与豁免水平	30
1.5.3 豁免备案与管理	31



1.5.4	含多种放射性核素物质的豁免	33
1.5.5	放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度	33
第2章	辐射环境监测技术规范	39
2.1	辐射环境质量监测	39
2.1.1	辐射环境质量监测的目的、原则与内容	39
2.1.2	辐射环境质量监测的分类	40
2.1.3	辐射环境质量监测点的布设原则	43
2.2	辐射污染源监测规范	44
2.2.1	辐射环境污染源监测的目的和原则	44
2.2.2	核设施与放射源应用环境监测	45
2.2.3	伴生和非伴生放射性矿物资源开发利用中的环境监测	50
2.2.4	放射性物质运输与失控源辐射环境监测	51
2.2.5	放射性废物暂存库和处理场的辐射环境监测	51
2.3	辐射环境监测样品的采集与测定方法	52
2.3.1	样品的采集原则与方法	52
2.3.2	各环节样品的管理	54
2.3.3	样品的预处理方法	54
2.3.4	样品的测量分析方法	55
2.4	数据处理与质量保证	57
2.4.1	数据处理	57
2.4.2	质量保证	60
2.4.3	辐射环境质量报告	64
2.5	医疗核设施辐射环境监测	71
2.5.1	加速器与伽马刀的发展历程	72
2.5.2	电子加速器机房辐射环境监测	74
2.5.3	数字减影血管造影(DSA)辐射环境监测	80
第3章	核设施流出物监测与辐射应急监测	84
3.1	核设施流出物辐射环境监测规范	84
3.1.1	放射性流出物的排放	84
3.1.2	放射性流出物监测的监管规范	85
3.1.3	流出物监测的目的和计划	90
3.1.4	流出物监测技术	92
3.1.5	监测结果的记录、报告和存档	93
3.1.6	核设施流出物环境放射性监测质量要求	98
3.2	核设施流出物环境影响评价	102
3.2.1	流出物排放限值计算方法	102
3.2.2	气载流出物环境影响评价	105



3.2.3	液态流出物环境影响评价	109
3.3	核事故与辐射事故环境应急监测	116
3.3.1	辐射事故应急监测	116
3.3.2	核应急基本概念	119
3.3.3	核事故等级划分	120
3.3.4	核事故应急监测的几个阶段	121
3.3.5	核事故应急监测技术系统	123
第4章	典型环境体系中放射性核素测定	125
4.1	水中放射性核素分析方法	125
4.1.1	水中放射性核素的 γ 能谱分析方法	125
4.1.2	水中碘-131的分析方法	132
4.1.3	水中铀的分析方法	134
4.1.4	水中钍的分析方法	136
4.2	环境空气中核素的测定	137
4.2.1	空气中碘-131的测定方法	138
4.2.2	环境空气中氡的测定方法	142
4.2.3	氡子体剂量估算与测量	151
4.3	土壤中放射性核素分析方法	152
4.3.1	土壤样品的采集	153
4.3.2	土壤样品的制备与保存	154
4.3.3	土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法	155
4.4	食品中放射性核素分析方法	163
4.4.1	放射化学测定法	163
4.4.2	γ 能谱法测定	164
4.4.3	牛奶中碘-131的分析方法	167
4.5	建筑材料放射性核素测定	169
4.5.1	建筑物的分类	169
4.5.2	建材放射性水平的测定方法	170
4.5.3	建材放射性水平的分类	171
4.5.4	建筑物表面氡析出率的测定	171
4.5.5	建材放射性水平测量影响因素	176
4.6	水中可能存在的 γ 放射性核素	177
第5章	电磁辐射环境监测	182
5.1	电磁辐射与电磁辐射污染	182
5.1.1	电磁辐射	182
5.1.2	电磁辐射污染	184
5.1.3	电磁辐射的防护	186



5.2 电磁辐射的监测方法与控制限值	187
5.2.1 术语与定义	187
5.2.2 电磁辐射测量仪器	188
5.2.3 电磁辐射污染源监测方法	192
5.2.4 一般环境电磁辐射的测量方法	192
5.2.5 环境质量预测的场强计算	195
5.2.6 公众暴露控制限值与评价方法	196
5.3 交流输变电工程电磁环境监测方法	200
5.3.1 高压设施周围的电磁环境	200
5.3.2 交流输变电工程电磁环境监测方法	202
5.3.3 工频电场计算模型	204
5.3.4 高压输电线路下的电场畸变	206
5.3.5 湿度对高压输电线路工频电场的影响	211
5.4 移动通信基站电磁辐射环境监测方法	214
5.4.1 监测条件与监测仪器	214
5.4.2 监测要求与方法	215
5.4.3 数据处理和监测报告	216
5.4.4 移动通信基站及其电磁辐射环境容量	218
5.4.5 典型区域电磁辐射环境容量分析评价	220
5.4.6 移动通信基站公众认知度调查	233
5.5 变电站电磁噪声的监测与防护	243
5.5.1 变电站噪声的产生、辐射与处理	243
5.5.2 监测仪器和监测方法	244
5.5.3 典型变电站噪声数据监测	246
5.5.4 变电站夜间噪声变化规律	249
5.5.5 变电站噪声的防治措施	251
附录 国际原子能机构核安全法规清单	253
参考文献	257

第 1 章 辐射环境监测概述

辐射环境监测最早起始于第二次世界大战期间,美国为了研制原子弹,在汉福特建造了生产钚的反应堆,并用哥伦比亚河的水来冷却反应堆部件,开始有流出物进入环境,由此引起了人们对环境影响的关注。从此,开始了辐射环境监测的历史。

后来,随着核试验的开展,原子弹爆炸、温茨开尔和三里岛事故的发生,又把辐射环境监测的深度和广度推进了一步。1986年的切尔诺贝利事故则把快速报警和自动监测网络技术的重要性提高到了新的高度。近年来,随着核技术利用和核能的快速发展,公众的环境参与意识极大地提高,给环境监测提出了新的内容和要求,而且更使环境监测的重要性突破了纯技术的范畴,改善公众关系、提高公众信任度也成为环境监测的重要任务之一。

辐射环境主要指在实施核与辐射生产活动界外的周边环境,也包括涉及核辐射或存在核辐射的自然环境。辐射环境监测是指对操作放射性物质的设施周界之外的辐射和放射性水平所进行的与该设施运行有关的测量,辐射环境监测的对象是环境介质和生物。在本书中,所有未特别指明的辐射,均是指电离辐射或核辐射。

1.1 环境核辐射监测的目的与内容

1.1.1 常见名词的含义

1. 源项单位

它是指从事伴有核辐射或放射性物质向环境中释放并且其辐射源的活度或放射性物质的操作量大于 GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全标准》规定的豁免限值的单位。

2. 核设施

从铀钍矿开采、冶炼、核燃料元件制造、核能利用到核燃料后处理和放射性废物处置等所有必须考虑核安全和(或)辐射安全的核工程设施及高能加速器(见图 1.1),都称为核设施。核设施也包括以需要考虑安全问题的规模生产、加工、利用、操作、贮存或处置放射性物质的设施(包括其场地、建(构)筑物和设备),诸如铀加工、富集设施、核燃料制造厂、核反应堆(包括临界及次临界装置)、核动力厂、乏燃料贮存设施和核燃料后处理厂等。

3. 射线装置与同位素应用

与核设施不同,所有安装有粒子加速器、X 射线机以及大型放射源并能产生高强度辐射场的构筑物或设施,统称为射线装置。

利用放射性同位素和(或)辐射源进行科研、生产、医学检查、治疗,以及辐照、示踪等的实践,称为同位素应用。

4. 电离辐射与天然辐射源

电离辐射指能够通过初级过程或次级过程引起电离事件的带电粒子或(和)不带电粒子。在电离辐射防护领域中,电离辐射也简称辐射。



图 1.1 高能加速器局部图

天然存在的电离辐射源所产生的辐射也称为天然本底辐射,其来源于三个方面:宇宙辐射、宇宙放射性核素、原生放射性核素。

5. 核设施的退役与核事故

核设施的退役是指辐射源或相关设施利用寿期终了时,或因计划改变、发生事故等原因而将设施提前关闭时,为使其退出服役,在充分考虑保护工作人员和公众健康与安全 and 保护环境的前提下所进行的各种活动。退役的最终目标是厂址的无限制释放或利用,完成这一过程一般需要数年、数十年或更长的时间。

核事故是指从防护和安全的角度看,其后果或潜在后果不容忽视的任何意外事件或事件序列,包括人为错误、设备失效或其他损坏。这类事件很有可能对外界环境造成不良后果(主要指放射性物质失去控制地向环境释放),并可能危及公众的健康。

6. 伴生放射性矿物的开采与利用

伴生放射性矿物的矿山是指放射性核素在与被开采的其他矿物共生时,其数量或品位按审管部门的规定应采取辐射防护措施的矿山。放射性物质不是开采的对象,但与所开采的矿石一起被开采与利用。

7. 环境本底调查、常规环境监测与监督性环境监测

源项单位在运行前对其周围环境中已存在的辐射水平、环境介质中放射性核素的含量,以及为评价公众剂量所需的环境参数、社会状况等所进行的调查,称为环境本底调查。

常规环境监测是指源项单位在正常运行期间,对其周围环境中的辐射水平以及环境介质中放射性核素的含量所进行的定期测量。

监督性环境监测是指针对各核设施及放射性同位素应用单位对环境造成的影响,环境保护监督管理部门基于管理目的而对所造成的影响进行的定期或不定期测量。

8. 质量保证与质量控制

质量保证是为使监测结果足够可信,在整个监测过程中所进行的全部有计划、有系统的活动。质量控制是为实现质量保证所采取的各种措施。

9. 准确度与精密度

准确度表示一组监测结果的平均值或一次监测结果与对应的正确值之间差别程度的量。



精密度是指在数据处理中,用来表达一组数据相对于它们平均值偏离程度的量。

1.1.2 环境放射性来源

人类受天然辐射源照射是一种持续性不可避免的现象。由于核技术的发展,20世纪初、中年代,又增加了人工辐射照射。在联合国原子辐射效应委员会(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR)的2000年度报告中,列出了人类所受天然和人工辐射照射的状况。

表1.1和图1.2分别示出了人类所受天然和人工辐射照射的状况,以及环境放射性照射的途径。

表 1.1 人类所受天然和人工辐射照射状况

辐射源	世界范围个人年均有效剂量/mSv	照射的范围和趋势
天然本底	2.4	典型范围为1~10 mSv,这与具体地点的环境有关,也有相当多的人口所受剂量达10~20 mSv
医学检查	0.4	范围在0.04 mSv(最低健康医疗水平)和10 mSv(最高健康医疗水平)之间
大气核试验	5×10^{-3}	已从1963年最大的0.15 mSv逐渐降低,北半球相对较高,南半球相对较低
切尔诺贝利事故	2×10^{-3}	已从1986年最大的0.04 mSv(北半球的平均值)逐渐降低,事故现场附近较高
核能生产	2×10^{-4}	随着核能计划的发展而提高,但又随着技术的完善而降低



图 1.2 环境放射性照射途径

1. 天然环境放射性

环境中放射性背景情况对环境放射性监测至关重要。环境放射性监测是在较高的放射性背景值之下去探查一个小的附加增量,环境中较高的放射性背景值主要来源于天然放射性的



贡献。从事环境放射性监测的人员需要了解对监测有重大影响的天然放射性的状况。

天然放射性射线按其来源可分为两部分：陆生射线和宇生射线（含宇宙射线）。陆生射线主要是指地球上生来就有的射线，来源于地球上的放射性物质所产生的射线；宇宙射线主要来自外层空间和太阳表面；宇生射线就是由宇宙射线与大气层相互作用产生的射线。宇宙射线和宇生射线所产生的辐射统称为宇宙辐射。

地球的形成已经有 45 亿年，经历这么长时间的衰变，目前仍然存在于地球上的放射性物质都是一些长寿命放射性核素及其衰变子体。陆生放射性主要来自于 Th-232 系、U-238 系和 U-235 系的衰变。此外，还有一些半衰期长的单个放射性核素，如 K-40、Rb-87、La-138、Sm-147 和 Lu-176 等。陆地辐射主要存在于地壳、建材、空气、水、食物和人体中的天然放射性核素，包括 Th-232 系、U-238 系和 K-40。

宇生放射性包括：来自外层空间的宇宙射线以及宇宙射线与大气层相互作用产生的次级射线；宇宙射线与大气层相互作用产生的放射性核素。宇宙射线主要来自太阳系，一部分高能宇宙射线可能来自太阳系之外更远的宇宙空间。宇宙射线经与大气层相互作用，不仅强度发生变化，而且能谱也发生变化。在人类生活的地球表面，很难见到高能宇宙射线，近地表的宇宙射线主要是其低能部分。宇宙射线强度随海拔高度的增加而增加，在海拔 10 000 m 以上的高度上，宇宙射线对飞机机组人员及乘客产生的剂量率比海平面高度宇宙射线的贡献可大 100 倍。宇生放射性核素主要包括 H-3、Be-7、C-14 和 Na-22，其年有效剂量（估算）分别为 $12 \mu\text{Sv}$ 、 $0.15 \mu\text{Sv}$ 、 $0.01 \mu\text{Sv}$ 和 $0.03 \mu\text{Sv}$ 。

天然放射性一般不属于辐射环境监测的范围，但是出于以下几种原因，它们同样受到很大的关注。

① 天然放射性无所不在，常常构成对人工放射性监测的一种干扰因素或本底读数，要区分人类活动对环境辐射水平的影响，必须以天然辐射本底为基准。因此，为了环境监测和环境评价工作的需要，也必须弄清该地区天然辐射的情况（本底调查）。

② 天然放射性产生对人类照射的最大部分，因此当需要估算人类所受到的总照射时，要把天然照射也考虑在内。

③ 在少数场合，由于人类活动所引起的工作场所或居住环境中的天然放射性水平的升高，该地区也可能被辐射安全审管部门宣布划入应该管理和监测的范围（如航空、非铀矿），或者需要采取补救措施进行干预。

总之，在讨论辐射环境监测问题以前，了解天然环境中放射性的情况以及它们对环境监测工作的可能影响是十分必要的。

2. 人工环境放射性

了解天然放射性的来源与水平，既是环境放射性监测所需的基础知识，也是评价伴生天然放射性矿物资源开发利用项目的必备知识。了解人工放射性的来源与水平同样是必要的。许多核与辐射设施在运行期间放出人工放射性核素的水平很低，对人工放射性核素的监测常常是在低水平上对与辐射强度接近的量进行区分。以往人为活动产生的人工放射性核素的残留物对环境放射性监测同样产生影响。因此，从事环境放射性监测的人员不仅需要了解天然放射性的来源与水平，同时还需要知晓人工放射性的来源与水平。

人工放射性核素的来源途径包括：核武器生产和试验、核能生产、核技术利用等。

大气层核试验产生的人工放射性核素对公众影响的高峰在 1963 年。现在由核试验落下



的灰沉降率已接近于零,仍在环境中残留的主要是 Sr 和 Cs。虽然由于大气层核试验对环境和公众的影响已经很小,但是作为环境监测,特别是针对那些会产生人工放射性核素设施的本底调查,测定出拟评价核与辐射设施附近土壤、环境介质中残余的 Sr 和 Cs 等的放射性核素仍是有必要的。

全世界公开报道的核试验总共 2 000 多次,其中各主要国家核试验次数(括号内为最近一次核试验年份):美国 1 030 次(1992 年)、苏联 715 次(1990 年)、法国 210 次(1996 年)、英国 45 次(1991 年)、中国 45 次(1996 年)、印度 6 次(1998)年、巴基斯坦 6 次(1998 年)、朝鲜 6 次(2017 年)。地下核试验的爆炸当量一般较大气层核试验要小。另外,地下核试验希望能将核裂变产物包容起来。因此,地下核试验较之大气层核试验对环境的辐射影响要小,仅有裂变气体在核试验后排出和扩散,使核试验场附近局部公众受到一些附加辐射照射。但如果地下核试验出现冒顶,则会有较多的裂变产物进入环境。通常,地下核试验后总会有 H-3 和 Kr-85 进入环境。

核武器除了在试验时产生环境污染之外,在生产制造环节,也有放射性流出物进入环境。核武器的生产厂包括铀浓集、钚生产、氚生产、武器加工制造等。在过去几十年中,由于研究生产核武器,美国和苏联产生了大量的放射性废物,并且也出现过严重的放射性污染事故。例如,在 1957 年 9 月 29 日,苏联车里亚宾斯克的一个贮存放射性废液的贮存罐由于冷却系统故障导致了化学爆炸,有接近 7.4×10^{16} Bq 的放射性物质释放到了环境中。其中主要核素是 Ce-144、Zr-95、Sr-90 和 Cs-137 等,放射性污染的区域达 23 000 km²。我国在核武器生产过程中也形成了一套研发体系,现在许多当年研发核武器的设施正在退役或准备退役;此外,也产生了一定数量的放射性废物,其中一些高、中放射性废液还没有完成处理,仍然是环境放射性污染的潜在因素。

1.1.3 辐射环境监测分类

辐射环境监测是对环境 γ 辐射水平及中子剂量当量率进行监测。

针对核与辐射设施的运行时间顺序,环境监测可分为:① 核与辐射设施运行前的本底调查;② 核与辐射设施运行期间的监测;③ 核与辐射设施退役的终态监测。

特别地,对于含 I、II 类密封源的设施,其辐射环境监测按时间顺序包括:

① 运行前监测。在装源前进行辐射环境监测,应对工作场所、邻近房间和室外环境的 γ 辐射水平和分布情况进行全面监测。运行前监测的范围是以放射源安装位置为中心,半径为 30~300 m;监测对象包括环境 γ 辐射水平监测及中子剂量当量率的监测;监测布点主要位于放射源安装位置四周室内外;监测任务是提供运行前环境辐射水平本底资料,尽可能获得关键途径和关键居民组的数据,为制订针对性监测计划服务,为运行时监测所需的监测方法和程序提供参考;监测时间为装源前。

② 运行中监测。按使用前环境辐射水平调查方案进行监测,主要监测任务是获得评价关键组平均剂量的相关资料;对于关键途径产生的照射进行常规监测;评价剂量大小,并随时监测 γ 辐射场的变化,以判断源是否处于安全贮存位置或照射位置。

③ 退役监测。对退役过程中及退役后的环境监测可参照运行期间的环境监测,再增加工作场所监测和设备的污染水平监测。

辐射环境监测按监测对象一般可分为:① 针对较大区域内的一般环境质量监测;② 针对



特定核与辐射设施的监测。

辐射环境监测按监测的属性可分为：① 按计划开展的常规监测；② 应对突发情况的应急监测。

针对核与辐射设施监测的实施主体，环境监测可分为：① 由企业组织的监测；② 由政府组织的监督性监测。

1.1.4 辐射环境监测的目的、作用及特点

1. 辐射环境监测的目的

辐射环境监测的目的在于检验核设施的运行在周围环境中造成的辐射和放射性水平是否符合国家和地方的有关规定，并对人为的核活动所引起的环境辐射的长期变化趋势进行监视，其中也包括对由人为活动所造成的天然放射性核素的重新分布所引起的环境辐射水平的变化进行监测。

环境监测具体的目的和意义主要有以下几个方面：

① 评价设施运行释放到环境中的放射性物质或辐射对人产生的实际的或潜在的照射水平，或估计这种照射的上限，并监视和评价其长期趋势，发现问题及时改进；

② 收集设施运行状态与污染物进入环境的历程、产生的环境辐射水平等因素之间的相关性资料，注意发现尚未注意到的照射途径和释放方式，或其他释放源带来的影响；

③ 异常释放或发生事故时，作出迅速响应，通过监测为评价事故后果和应急决策提供依据；

④ 证明向环境的释放符合相应规程的要求，向公众提供相关信息，改善公众关系。

2. 辐射环境监测的作用

辐射环境监测是辐射环境管理的重要手段。辐射环境监测的主要作用包括：① 验证核与辐射设施对环境的实际影响是否处在所控制的范围之内；② 发现核与辐射设施的异常排放；③ 严重事故时可以判定污染的范围和水平；④ 改善公众关系。

3. 辐射环境监测的特点

在核与辐射环境监测工作中，监测具有一定的特点：① 环境中辐射及放射性核素种类繁多，开展辐射环境监测时它们有时彼此相互干扰；② 环境介质复杂，对不同的环境介质需采用不同的监测（取样）方法；③ 辐射环境监测往往是在很高的环境背景值下去探查一个附加的小增量，辐射环境监测受环境放射性背景值及其他环境因素的影响较大，只有在良好的质量保证条件下才能取得准确的监测结果。

1.1.5 环境核辐射监测的内容

在日常工作中，辐射环境监测网络最主要的内容是开展全国辐射环境质量监测、重点核与辐射设施监督性监测、核与辐射事故预警监测和应急监测，以便掌握污染源现状，了解环境质量现状及其变化趋势，分析潜在的辐射环境危险。

辐射环境监测的方式有连续测量和定期测量，除了环境 γ 辐射水平外，其他环境样品主要测量一些与核设施运行有关的关键核素，如 H-3、C-14、Sr-90、Cs-137 等。辐射环境监测的内容或采样样品包括：

① 环境 γ 辐射：连续 γ 辐射空气吸收剂量率的测量，通过固定的监测站自动测量。



② 空气:在大气环境中采集空气样品,以及气溶胶、沉降物、降水等。

③ 水:包括地表水、地下水、饮用水和海水等。

④ 水生生物:包括鱼类、虾类、螺蛳类、牡蛎、海蜇等。

⑤ 陆生生物:主要是食物链上的食品,如大米、蔬菜、鲜奶、肉类等,采样时会参考当地的膳食结构来选取。

⑥ 土壤及岸边沉积物等。

截止到目前,我国辐射环境质量监测国控点包括:151个辐射环境自动站、328个陆地辐射点、474个水样监测点、359个土壤监测点、85个电磁辐射环境监测点,基本覆盖了中国大陆主要地级及以上城市、主要江河湖泊,以及重要的国际河流(界河)和近海海域等。

特别地,对于核与辐射设施运行期间的辐射环境监测内容,依据核与辐射设施的性质、规模及可能影响范围的不同而不同。

对于核动力厂,辐射环境监测内容包括: γ 辐射剂量率和环境介质中的放射性核素(特别是可能的关键核素)含量。①对于 γ 辐射剂量率的测量,要在核电范围布设若干个监测点实施同步、连续监测。 γ 辐射剂量率监测点一般布设在距核动力厂几千米范围内。 γ 辐射剂量率仪应足够灵敏,能够反映出天然本底的水平和涨落变化。②对于环境介质中的放射性核素的测量而言,环境介质包括大气、水、土壤、水生生物、陆生生物等,需要测量的放射性核素包括碘-131、氡、碳-14、铯-137、铈-90、钴-60、银-110等。

对于铀矿冶和核燃料加工设施,主要包含的放射性核素是铀。因此对于环境介质中的放射性核素的测量主要针对铀及其衰变产物。对于铀矿冶来说,氡的测量是不可缺少的。

对于核技术利用项目,依据使用的放射性核素是密封源还是开放源(开放式操作),辐射环境监测的内容有所不同。使用密封源时重点监测贯穿辐射;开放式操作放射性核素时,主要对环境介质中的放射性核素进行测量。

对于伴生天然放射性矿物资源开发利用项目,辐射环境监测内容依据实际可能伴生的天然放射性种类来确定。

1.1.6 环境核辐射监测机构和职责

我国的辐射环境监测工作起步于20世纪80年代,经过近30多年的发展,已基本建成了由国家、省级、部分地市级组成的三级监测机构,建立了具有相当水平和能力的应急监测队伍。全国辐射环境监测网络是以环境保护部(国家核安全局)为中心,以各省辐射环境监测机构为主体,涵盖部分地市级辐射监测机构的监测网络。

一切源项单位都必须设立或聘用环境核辐射监测机构来执行环境核辐射监测。核设施必须设立独立的环境核辐射监测机构,其他伴有核辐射的单位可以聘用有资格的单位代行环境核辐射监测。

源项单位的核辐射监测机构的规模依据其向环境排放放射性核素的性质、活度、总量、排放方式以及潜在危险而定。源项单位的环境核辐射监测机构负责本单位的环境核辐射监测,包括运行前环境本底调查、运行期间的常规监测以及事故时的应急监测;评价正常运行及事故排放时的环境污染水平;调查污染变化趋势,追踪测量异常排放时放射性核素的转移途径;按规定定期向有关环境保护监督管理部门和主管部门报告环境核辐射监测结果(发生环境污染事故时要随时报告)。



各省、自治区、直辖市的环境保护管理部门要设立环境核辐射监测机构。环境保护监督管理部门的环境核辐射监测机构的规模,依据所辖地区当前及预计发展的伴有核辐射实践的规模而定。环境保护监督管理部门的环境核辐射监测机构负责对本地区的各源项单位实施监督性环境监测;对所辖地区的环境核辐射水平和环境介质中放射性核素含量实施调查、评价和定期发布监测结果;在核污染事故发生时快速提供所辖地区的环境核辐射污染现状报告,并负责审查和核实本地区各源项单位上报的环境核辐射监测结果。

我国政府为保证核安全采取了很多措施,其中一个重要措施就是对国家核安全局的机构进行了调整。目前,国家核安全局下设核设施安全监管司、核电安全监管司以及辐射安全监管司三个业务司。

1. 国家核安全局

国家核安全局相关业务工作主要包括:① 组织拟定核与辐射安全政策、规划、法律、行政法规、部门规章、制度、标准和规范;② 负责核电厂、研究型反应堆、临界装置、核燃料循环设施、放射性废物处理和处置设施等核设施的行政许可和监督检查,以及事件与事故的调查处理;③ 负责核设施退役项目、核技术利用项目、铀(钍)矿和伴生放射性矿、放射性物质运输等核活动的行政许可、监督检查以及事件与事故的调查处理;④ 负责核安全设备设计、制造、安装和无损检验活动的行政许可和监督检查;⑤ 组织辐射环境监测;⑥ 组织核与辐射事故应急准备和响应,参与核与辐射恐怖事件的防范和处置;⑦ 负责核材料管制和核安全监管;⑧ 负责核与辐射安全从业人员的资质管理和相关培训;⑨ 负责放射性污染治理的监督管理;⑩ 负责电磁辐射装置设施的行政许可和监督检查。

在国家核安全监管体系中,除了国家核安全局机关的三个司外,还有其他一些部门和组织发挥着重要作用。

2. 环境保护部地区核与辐射安全监管站

环境保护部地区核与辐射安全监管站是参考公务员管理的事业单位,其职责是根据分工执行相应的监督工作,接受国家核安全局的业务指导。这些机构是由国务院相关监管部门直管,即由环境保护部直管,一般按照大片区(地区)划分,如华东站、华南站等。国家核安全局对其不具有行政管辖权,只对其开展业务指导。

3. 地方辐射环境保护部门

地方辐射环境保护部门由地方监管,如省环境保护厅、市县环境保护局等的下属机构,受地方政府领导,其职责是根据分工执行相应的辐射安全监管工作,接受国家核安全局和地方核安全部门(如省核安全局)的业务指导。

4. 授权提供核安全技术服务的单位

授权提供核安全技术服务的单位是为国家核安全局提供技术服务的企事业单位。国家核安全局的后援单位主要有:环境保护部核与辐射安全中心、浙江辐射环境监测技术中心、苏州核安全中心和机械科学研究院核设备与可靠性中心等。

5. 核安全与环境专家委员会

核安全与环境专家委员会是国家核安全局非常设的审议咨询机构。其职能是协助国家核安全局制定核与辐射安全政策法规、审评和监督民用核设施的核与辐射安全、开展核与辐射安全科学研究,为国家核与辐射安全事业重大决策提供科学依据。