

医学参考报

放射医学与防护频道

Radiological Medicine and Protection

Number 06

执行主编介绍



吕慧敏 研究员

在中国疾控中心辐射安全所从事毒理及放射生物学专业，曾担任原工卫所生物医学部及辐射所毒理学研究室主任。先后在日本及德国研修过2年。承担或与同行合作过的研究项目包括与日本合作、国家、省部级及市级自然科学基金、专项、社会公益项目等。承担过多项国家新药的药理、毒理学研究与评价。在国内外核心期刊发表研究论文60多篇。作为主要研究者获得过科技进步成果奖6项，其中包括省部级、市级等。兼任过中国环境诱变剂学会常务理事、中国毒理学会理事及北京环境诱变剂学会副理事长等。曾为中华放射医学与防护杂志及日本辐射研究杂志编委。兼任或曾为中国科学技术决策咨询专家、国家科技成果奖评审专家、中华医学学会科技成果奖评审专家、教育部学位评审委员会评审专家等。

导读

- 福岛核事故撤离人员返乡后年度个人剂量估算 **3版**
- 核事故残留放射性物质远后效应 **4版**
- 核辐射实验场低剂量核辐射对生物体和生态系统到底有何影响? **5版**
- 塞拉菲尔德核设施辐射场所对工人种系小卫星的影响 **6版**
- 天然发生放射性物质照射 **7版**
- 关于NORM开放利用设施退役源项调查方法的探讨 **8版**

现存照射情况的概述

中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 尉可道

为了制订切实可行的防护和安全要求，强调辐射防护基本原则以源相关的监管控制，ICRP 2007年建议书将以往以过程方法（实践和干预）的防护体系转变成以情况方法的防护体系，而提出计划照射

情况、应急照射情况和现存照射情况。这三种类型的照射情况涵盖了目前所适用的所有的照射情况。现存照射情况系指在需要实施监管控制的必要性作出决定时且已存在的照射情况；现存照射情况包括天然

本底辐射照射情况，还包括未受监管控制的以往实践产生的照射情况或者应急照射情况发生后预留的残留放射性物质导致的照射情况。本文仅对涉及现存照射情况相关内容作一概述。

一、现存照射情况要求适用范围

在IAEA GSR Part3号（暂行版，2011）的基本安全标准（BSS）中给予很明确的描述如下：

（a）因以下情况产生的残留放射性物质所致区域污染引起的照射：

（i）过去开展的从未接受过监管控制或虽接受过监管控制但未遵守本标准要求的活动。

（ii）在宣布应急照射情况结束后的核或辐射紧急情况的照射（即从应急照射情况向现存照射情况的转变）；

（b）对（a）段所述的残留放射性物质产生的放射性核素的物质（包括食品、饲料、饮用水和建筑材料）引起的照射；

（c）天然放射源引起的照射，包括：

（i）在对铀或钍衰变链中其他放射性核素引起的照射，作为计划照射情况加

以控制的那些工作场所以外的工作场所。在住宅和对于公众成员而言具有很高占用因子的其他建筑物中（如幼儿园、学校和医院等）等氡-222，氡-220及其子体引起的照射；

（ii）一些商品如食品、饲料、饮用水、农用肥料和土壤改良剂及建筑材料和在环境中现存残余物中天然存在的放射性物质（NORM），不论其活度浓度如何所引起的照射；

（iii）其中铀或钍衰变链中放射性核素的活度浓度不超过1贝克/克或钾-40的活度浓度不超过10贝克/克的物质（但除外（c）中（ii）段中所那些商品）引起的照射；

（iv）宇宙射线对空勤人员和宇航员的照射。

二、对现存照射情况的基本要求

概括起来可包括以下几个主要方面：

1、政府对现存照射的责任必须确保对已认定的现存照射情况进行评价，以便从辐射防护的角度确定哪些职业照射和公众照射应给予关切，包括制定参考水平；管理防护安全规定纳入法规和监管框架中和制定监管机制或其他主管部门应尽的职责和任务，以及对执行后有效性作出评价。

2、对公众照射和职业照射，政府和监管机构或其他主管部门必须确保补救行动和防护行动是正当的并确保防护与安全达到最优化，包括确保对制定的防护战略与现存照射情况涉及的辐射危险相称，确保利大于弊；确保采取补救行动和防护行动达到最优化；优先考虑那些剩余剂量超过参考水平的人群组，采取合理措施降低至参考水平以下；

定期地审查参考水平变化情况，以确保参考水平在普遍情况仍然是适宜的。

3、目前无论ICRP，还是IAEA及欧盟（EU）制定的参考水平基本是一致的，代表性个人年有效剂量范围在1~20毫希沃特内。自从ICRP第103号出版物（2007）公布以后，已将现存照射情况由过去使用“行动水平”改为“参考水平”。参考水平系指在应急照射情况或现存照射情况下剂量、危险或活度浓度的水平，超过该水平则不适合计划允许该照射发生，而低于该水平则仍继续进行防护最优化。所选择的参考水平值将取决于所考虑的照射的主要情况。对于现存照射情况制定和实施参考水平在1~20毫希沃特/年至关重要，将在下面第三部分更加具体的解释。

表 对不同机构设置氡参考水平的比较

情况	ICRP 第103号（2007）	IAEA-BSS（2011）	EURATOM-2013/59（2013）	中国GB/T16146（2015）
住宅（室内）	600	300	300	300（已建住宅）100（新建住宅）
工作场所	1500	1000	300	—

三、对几种重要现存照射情况的辐射防护的特殊要求

以下几种现存照射情况在其辐射防护要求方面具有各自一些特点，因此分别加以具体简述。

1. 核或辐射应急照射情况结束后转变为现场照射的残留放射性物质区域的治理

主要包括：确定负责治理组织和人员，制定规划、实施补救行动；制定使用和进入有关区域的限制；确保落实放射性废物管理战略；对补救行动计划拟定、落实、监测和记录；对补救行动完成后，监管机构或主管部门确定在已治理区域对各类商品（粮食、饲料、饮用水）的使用和审查，适当修改或取消任何限制；对允许居住并恢复社会活动的区域，确保对存在持久性残留放射性物质照射适当地控制，如制定与日常活动相符参考水平和建立必要信息通告和监测。

2. 住宅和工作场所中氡照射

这里包括两种现存照射情况：其一为住宅中（也包括年占用率较高的建筑物，如幼儿园、学校和医院）室内氡公众照射；其二为工作场所中（如地下矿井）工作人员氡职业照射。目前ICRP、IAEA和EU三个国际组织已取得一致的意见，对这两种照射情况下氡照射所采取辐射防护要求归纳如下：

（i）无论对住宅中氡公众照射，还是对工作场所中氡工作人员照射实行统一的参考水平值：取氡照射年有效剂量为10毫希沃特/年上限，然后针对具体的情况进一步需要实施防护最优化使达到合理化水平，降低到范围在3~10毫希沃特/年。为了更加简便地应用放射防护源相关原则

下转第2版 ▶

◀ 上接第1版

控制氡照射,把上述规定年有效剂量参考水平换算成氡的活度浓度,在考虑到居民在室内和工作人员在工作场所停留的时间不同,把年有效剂量10毫希沃特转换成活度浓度分别为300贝克/米³和1000贝克/米³的参考水平(用工作人员年占用率为2000小时和居民年占用率为7000小时计算结果)。然而,目前ICRP、IAEA、EU和中国对氡-222参考水平值也略有差别,见表所示(表中数值单位为贝克/米³)。水平值也略有差别,见表所示(表中数值单位为贝克/米³)。

(ii)世界上许多国家接受国际组织(ICRP、IAEA和EU)的建议,已建立和实施国家氡行动计划,包括住宅、公众场所和工作场所,这个计划具有长远观点(几十年或更长),描述对氡治理步骤,利益相关方责任和义务,提供信息、指南,支持和条件等基础设施。对氡的现存工作防护战略中鉴别防护行动和缓解行动之间区别和不同的对策。而我国尚没有这一行动计划。

(iii)对氡工作场所中职业人员照射建议使用分级管理方法:(1)氡照射低于年有效剂量为10毫希沃特(或其活度浓度低于1,000贝克/米³),对工作人员不考虑按职业照射,不考虑运行管控责任;(2)尽所有合理的努力,氡照射仍保持在年有效剂量大于10毫希沃特(或者其活度浓度大于1,000贝克/米³),则对工作人员按职业照射加以管控是适当的。

3. 天然存在的放射性物质(NORM)照射的辐射防护

尽管早在几十年前人们已开始对NORM引起的照射加以关注,UNSCEAR 2000年报告中已对工业活动中的NORM增加照射按不同的工业部门加以汇总,而又于2008年的报告中

更加进一步加以分类汇总。但是,真正受到国际组织和一些国家的重视却在近十年间,尤其是在IAEA于2010年组织召开的第6届国际NORM讨论会(摩洛哥的马拉喀什市)和在2013年由中子能研究院与IAEA合作组织召开的第7届国际NORM讨论会(中国的北京市),较全面而系统地世界上一些国家工业部门的NORM增加照射情况加以报告。下面对涉及到NORM现存照射情况几个主要问题加以概述:

(i)哪些工业部门活动能产生NORM?

在欧盟最新修订的BSS标准中(2013)列出16种工业部门可产生和增加NORM对公众和工作人员照射包括:独居石提炼稀土;钍生产和含钍产品生产;铀/钍矿石加工;油和天然气生产;地热能源生产;二氧化钛(TiO₂)颜料生产;热磷光体生产;锆石和锆工业;磷肥生产;水泥生产和炉渣残留物;燃煤发电厂和锅炉残留物;磷酸盐生产;铁矿生产;锡/铅/铜精炼;地下水的滤过设施;非油矿的矿石开采。而UNSCEAR 2008年报告中对产生和增加NORM的工业部门汇总为8类:铀开采和冶炼;金属开采和冶炼;磷酸盐工业;煤开采和煤发电厂;油和天然气提取;稀土和钍氧化物工业;锆和陶瓷工业;天然放射性核素应用(主要镭和钍)。

(ii)原则上对NORM列入为现存照射情况得到较普遍的认可,但是也存在一种例外情况,有时把NORM照射情况可引起相当高的有效剂量照射,无论对工作人员还是公众成员在这种情况下把NORM照射列入计划照射情况而加以监管控制是适当的。在IAEA新的BSS安全标准中(2011)规定了下述要求:

第一种:如果每一种加工

物料中,铀或钍衰变链中所有放射学核素的活度浓度不超过1贝克/克或钾-40活度浓度不超过10贝克/克,这种物料不应作为放射性物质,而其工业活动不属于一种实践和采用现存照射情况的要求加以管理。

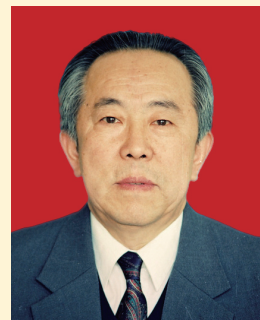
第二种:如果任何一种加工物料,铀或钍衰变链中任何放射性核素活度浓度超过1贝克/克或者钾-40活度浓度超过10贝克/克,这种物料应作为放射性物质(NORM),而其工业活动属于一种实践和采用计划照射情况要求加以监管控制。

(iii)在IAEA的BSS标准中对NORM采用分级管理方法,具体分成4个级别:①豁免:如前面一节第一种情况属于现存照射情况要求,而且不需要监管控制;②通知;③通知+注册;④通知+许可。而从第2级别到第4级别实践活动需要按计划照射情况加以监管控制,这种情况下对于工作人员和公众的监管控制采用年有效剂量限值或者剂量约束加以监管控制是适当的。

综合上述,对NORM虽然原则上列为现存照射情况,实际情况可能是很复杂的,它们可能涉及多个照射途径,而通常产生个体年剂量分布从很低到几十毫希沃特宽范围,所以不但按现存照射情况管理而且有的必须按计划照射情况加以监管控制。

最后对宇宙照射引起对空勤人员和宇航员照射,虽然列入现存照射情况,但是要求监管机构必须考虑对这些人员有时按职业照射加以监管控制,对于他们可能超过上述规定参考水平情况下,必须进行剂量评定和保存这些记录,而且要分析这些人员接受到宇宙辐射特殊情况下,通过限制他们受照射剂量还同时又不能对其从事活动范围施加不适当的限制,来实施防护最优化。

专家点评



尉可道 教授
中国疾病预防控制中心
放射防护与核安全医学所

本期和下一期“医学参考报放射医学与防护频道”由中国疾控中心辐射安全所吕慧敏研究员为执行主编,由她组织相关专业人员对现存照射情况的一些内容作为主线收集材料加以介绍。首先,介绍了在核应急照射情况后转变成现存照射情况一些重大事件造成的受影响地区涉及人群照射和放射生态动植物照射,以及可能导致健康和生物效应诸多问题,包括切尔诺贝利和福岛核事故,以及马绍尔群岛核试验落下污染地区,此外,还包括相关核设施污染所致人群健康远期效应等8篇文章。其次,介绍了住宅和工作场所中氡照射一些相关辐射防护问题,包括生活饮用水氡水平及控制;非铀矿山氡水平调查,以及有关氡照射剂量学评价和参考水平设定变化等9篇文章。最后,介绍了我国近年在杂志上发表的有关工业活动中引起的NORM增加照射的辐射防护相关问题,包括对NORM增加防护监管原则,稀土矿NORM放射性水平调查,铅矿中NORM放射性水平调查和对NORM设施退役调查方法研讨等5篇文章。从上述

这三个主要现存照射情况的类型中可以发现,一个具体实践活动防护问题可能是很复杂的,可能从应急照射情况向现存照射情况的转变在一定时期内逐渐发生,或者对于天然源造成一些照射(如氡照射和NORM照射)可能兼具现存照射和计划照射情况一些特征。因此,对具体一个实践要具体分析作出判断。基于三种照射情况对于职业人员和公众有不同的辐射防护的具体要求和监管控制措施,例如对计划照射情况下职业人员和公众必须遵守剂量限值的防护要求,而对于应急照射和现存照射情况规定参考水平防护要求,不适用剂量限值规定。因此,在现存照射情况中,对每一个源相关的实践活动中必须加以注意的一点。此外,在许多现存照射情况的实践活动中,在进行放射防护监控程度上要考虑各种不同级别管理,尤其是对照射的排除(exclusion)、豁免(exemption)和解控(clearance)的判断是非常重要的;而对于在年有效剂量或放射性活度水平高于规定参考水平时,必须进行监管控制,但也要按其水平高低加以分级管理,对于防护最优化分析是必要的。本期主要介绍在核应急照射情况后转变成现存照射情况一些重大事件造成的受影响地区涉及人群照射和放射生态动植物照射、可能导致健康和生物效应诸多问题。NORM增加照射的辐射防护相关问题。下期主要介绍氡照射及一些相关辐射防护问题。包括建材中和住宅中氡测量与控制;生活饮用水氡水平及控制;非铀矿山氡水平调查,以及有关氡照射剂量学评价和参考水平等。

医学参考报		放射医学与防护频道							
理事长兼总编辑: 巴德年 副理事长: 曹雪涛等 理事会秘书长: 周赞	社长: 魏海明 副社长: 吕春雷 副社长: 周赞	名誉主编: 吴祖泽 主编: 马力文 副主编: 姜恩海 常务编委: 陈英 郭亦超 江其生 金顺子 刘芬菊 李君利 刘强 李蓉 刘英 陆毅 吕玉民 冉新泽 尚兵 问清华 万玲 张淑兰	潘自强 罗庆良 邹跃 刘长安	杨业鹏 尹在哲 赵超英 张继勉 张玉松 张照辉	专家委员会主任委员: 尉可道 专家委员会副主任委员: 贾廷珍 委员: 白光 龚守良 龚治芬 李开宝 施仲齐 童建 王桂林 王洪复 王继先 王文学 周湘艳	编辑部主任: 张照辉 编辑部副主任: 郭亦超 陆毅 编辑: 王墨培 肖宇 曹宝山 岳瑶 学术发展部主任: 梁莉 学术发展部副主任: 刘丽宏 刘强	崔凤梅 陈红红 陈肖华 崔勇 高峰 何玲 鞠永健 刘福东 梁莉 刘丽宏 凌光华 马庆录 任福利 吴锦海 邹家龙 乌丽娅 王墨培 王善强 肖德涛 谢萍 邢志伟 姚波 余长林 杨文峰	社址: 北京宣武区红莲南路30号4层B0403 邮编: 100055 总机: 010-63265066	

终校	排版设计	年 月 日	经营监管部	年 月 日
	编辑出版	年 月 日	总编室	年 月 日

福岛核事故撤离人员返乡后年度个人剂量估算

【据《Health Physics》2015年3月报道】题：福岛核事故撤离人员返回受事故影响地区后年度个人剂量估算（作者 Kazuaki Yajima 等）

东京电力公司的福岛第一核电站（FDNPP）在2011年3月11日经历了由于日本东部大地震引起海啸而引发的核泄漏事故。事故后环境外照射剂量率主要来自福岛核电站泄露的¹³⁴Cs和¹³⁷Cs的辐射。图1显示了围绕福岛县周围区域的外部环境剂量率的航空测量图。外部环境剂量率随着区域的颜色从蓝色到红色而升高。

2011年4月，日本政府划定了福岛县东部的三个区域：（1）FDNPP 20km 半径范围内为禁区；（2）商议疏散地区，个人剂量预测的第一年达到20mSv；（3）预备紧急疏散区，距离FDNPP在20km到30公里之间的区域。2012年，日本政府依据预测的年剂量，开始重新组织划定上述区域（不包括天然辐射）。新划定的区域包括：（1）难以返回区域（>50mSv），（2）限居住区（20~50mSv），及（3）疏散管理的生活区域（<20mSv）。在核事故后返乡重建福岛县的人员，从污染区域撤回后会接受年度个人剂量的评估。然而

研究发现，利用个人剂量计测量的个人剂量往往小于那些人群居住地点的外照射剂量率的预估值。所以日本放射医学综合研究所的Yajima等人利用个人剂量计测量研究区域中居民和相关工作点的外照射剂量率和个体剂量，以期获得基础数据。测量结果显示，个体剂量与周围外照射剂量的比率大概为0.7（图2）。所以周围外照射剂量乘以0.7，可能是所在调查地区的个体较适当的剂量。考虑到周围外照射剂量与个人剂量之间的关系，在测量站点的周围外照射剂量率的基础上，以生活方式和职业为代表，对年度个人剂量进行评估。结果如下：在田村市为0.6~2.3 mSv·y⁻¹，川内村1.1~5.5 mSv·y⁻¹，饭馆村为3.8~17 mSv·y⁻¹。对于检测到的所有区域，户外工作者的预测的剂量都要高于室内工作人员。所以减少室外工作者的工作时间可能降低剂量的一个有效措施。

福岛受影响的区域的辐射水平已经降至事故初期的一半，撤离人员的返乡工作也已开始。很多组织已开展工作以减轻暴露在辐射中的人员的心理负担。目前这项研究主要限于成年居住者，之后的研究则会重点关注儿童所受到的影响。（王利文 刘强 报道）

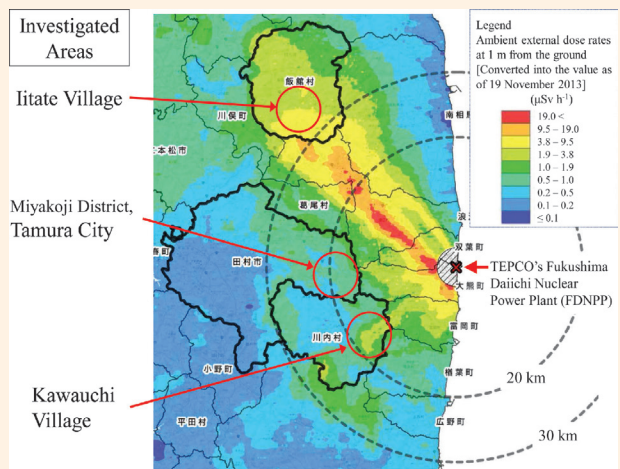


图1 福岛县东北部分的外部剂量率图

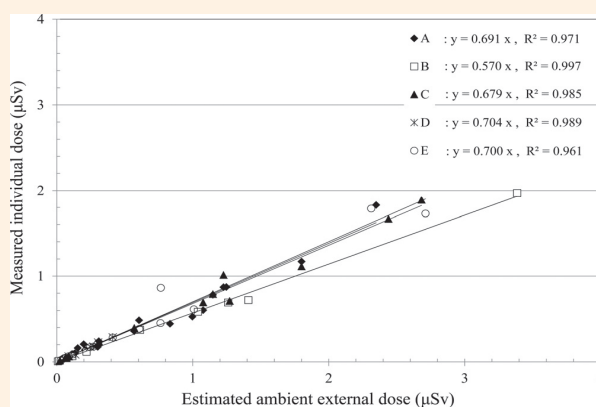


图2 检测五个人群个体剂量率与外部剂量的关系

福岛核事故后人母乳中I-131的污染

【据《Scientific Reports》2015年7月报道】题：应用碘生物动力学模型解释福岛核事故后的人母乳中I-131污染（作者 Kotaro Tani 等）

福岛事故导致的辐射剂量暴露，被证实是对受影响地区的居民健康的长期隐患之一。虽然提出了各种剂量重建方法，但在放射性核素的短暂内照射方面，因资料不足而具有高度不确定性，特别是基于人体的测量值数据很有限。

在切尔诺贝利核事故中，儿童甲状腺癌发生率的增加，已被证明是由于摄入含I-131的污染的食品为主。因此，福岛周边的婴儿、母亲及其乳汁样本情况被广泛关注。在福岛，千叶和茨城县，偶尔在哺乳期的母亲体内检测到少量I-131，因此母乳中可能存在I-131的污染。然而，通过哺乳期母亲的摄入途径目前为止没有解释。日本放射医学综合研究所的Kotaro Tani等进行一项研究，集中在基于环境数据为母乳中I-131污染的基本摄入途径给予合理的解释。

研究者开发了碘生物动力学模型来解释母乳中I-131的污染。同时考虑到每日变化的差别和不同摄取方式，以日常消费0.0~2.0千克/天的自来水和吸入13.1~18.4立方米/天的有效空气体积来计算。虽然样品每日的精确采样时间是未知的，但是测量值在每个测量开始的时候均进行校正。从整体水平来看，所测量和计算I-131的浓度足以说明乳汁中的污染现象。母乳中碘的浓度原因，主要是以气态的形式吸入或者食入从而进入血液，而以颗粒形式的吸入体内只占34%。母乳中碘浓度的计算基于摄入自来水和环境中吸入空气的模型。

基于上述结果，通过测量各地居民中接受母乳喂养婴儿的甲状腺当量剂量，假设婴儿每天饮用800mL的乳汁，在Mito和Kasama市的当量剂量为10~11mSv，在Tsukuba和Moriya市的当量剂量为1.1~1.8mSv。这一结果表明在I-131轻度污染区，乳汁可能是受母乳喂养婴儿内照射的主要原因，然而，进一步的研究考虑个体行为的变化，对估计个人剂量是必要的。

（王津吟 刘强 报道）

福岛第一核电站事故污染地区野生小鼠的染色体畸变研究

【据《Environmental Science Technology》2015年7月报道】题：福岛第一核电站事故污染地区野生小鼠的染色体畸变研究（作者 Yoshihisa Kubota 等）

随着福岛核电站事故发生之后，人们开始越来越关注污染区域中辐射对于除人类之外生物的影响。许多研究已经证明了暴露在辐射环境中与染色体畸变的相关性。而且在低剂量率下，染色体畸变会随辐射剂量增加。因此，在福岛核事故之后，预测到野生小鼠染色体畸变增加是合理的。日本放射医学综合研究所的研究人员调查了日本福岛县野生小鼠（Apodemus argenteus）和家鼠（Mus musculus）的脾脏淋巴细胞染色体畸变情况。在轻度污染区域，染色体双着丝粒的发生频率与非污染的区域相似。而在中度和重度污染区域，双着丝粒染色体的平均发生频率远远高于非污染区（见图）。中度和重度的总吸收剂量分别接近于1mGy·d⁻¹和3mGy·d⁻¹。染色体畸变与吸收剂量大致呈正相关。虽然理论上染色体畸变频率与吸收量部分相关，老年鼠（预计中位数年龄300天）与年轻小鼠（预计中位数年龄105天）相比，并未观察到染色体畸变与辐射剂量以相同频率增加。

内照射剂量率和双着丝粒染色体未见明显的相关关系。双着丝粒染色体的发生频率随外照射剂量率的

升高而升高。染色体畸变率大致随总剂量率升高。在中度污染区域，300天的小鼠较105天的小鼠染色体畸变率略有升高，而在重度污染区300天的小鼠的染色体畸变率和105天的小鼠相比明显降低。

染色体畸变一直是评价辐射暴露的很有价值的生物标志物，但该研究中采用的非稳定性染色体畸变在评价野生小鼠的辐射暴露中，并未见其实用性，因为非稳定性畸变不适用于福岛事故后长期暴露效应的观察，而应该采用稳定性畸变来进行评价。然而，制备日本野生田鼠Giemsa染色体标本非常困难，而且目前还没有对应的探针进行荧光原位杂交实验，因此，野生田鼠稳定性染色体畸变尚无法开展。研究者所在的实验室正在开发相应的染色体探针，希望在不久的将来，可以用于观察福岛事故污染区野生田鼠的染色体易位水平。

（王利文 刘强 报道）

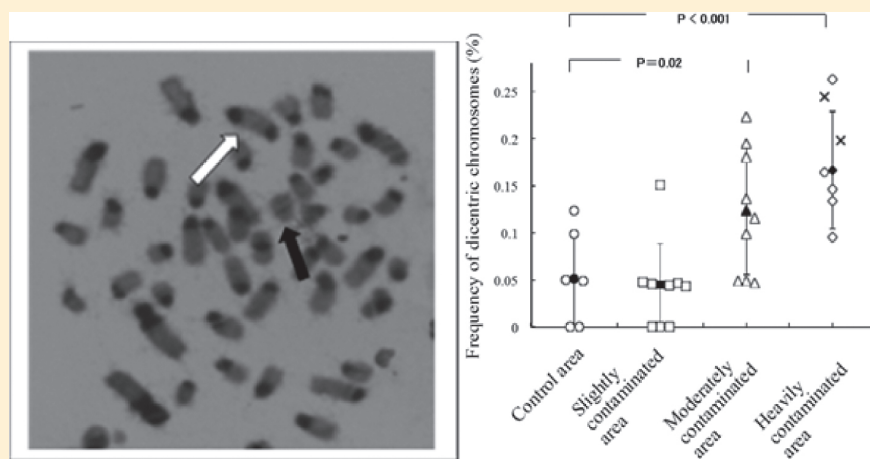


图 在取样区域日本野生小鼠和饲养小鼠的双着丝粒染色体畸变。取样区域从左到右依次为对照组、轻微污染、中度污染和重度污染区。



核事故残留放射性物质远后效应

【据《UNSCEAR 2013 Report Volume I》2014年4月报道】题：核事故残留放射性物质远后效应
核事故发生后，短期的核爆炸失控局面一般很快会得到有效的控制。但核事故残留的放射性物质对人类、海洋生物、大气环境的中长期影响依然难以估量，值得引起我们足够的重视。下文将以影响较大的马绍尔群岛核试验、福岛核事故以及切尔诺贝利事件为例做进一步的分析和说明。

一、马绍尔群岛核试验落下灰

马绍尔群岛位于太平洋中部，陆地面积181平方公里，它由1,200多个大小岛礁组成，分布在200多万平方公里的海域上。在第二次世界大战末期，美国从日本人手中夺取了马绍尔群岛，并将其作为在太平洋上重要的军事据点。1946年~1958年间，美国在马绍尔群岛进行了67次核试验，而23次在比基尼环礁进行。1952年11月1日，美国第一颗氢弹“迈克”在马绍尔群岛埃尼威托克环礁被引爆，1954年3月1日，美国在马绍尔群岛比基尼环礁试爆了一颗爆炸当量高达1,500万吨的氢弹，放置氢弹的地方成了一个宽近2公里，深达80米的深坑。由于事先没有估计到如此大的爆炸威力，美军没有及时撤离附近的居民和在海上作业的各国渔船，造成了太平洋上最大的核污染事件。

1. 对人群健康影响：1955年，美国专家进行了一次调查，结果在接受调查的241名渔民当中，试验当年有12名渔民死于肝硬化、癌症；一年后，又有61人死于白血病、癌症或肝硬化。受照居民每6~12个月检查一次，长达40年的随访结果表明死因、血液和内分泌改变以及肿瘤发生情况与对照无统计学差异。但由于氢弹落下灰中放射性碘含量高，甲状腺发病率升高，且与受照时年龄相关，年幼者吸收剂量高发病提前。随访表明该岛10岁以下的受照儿童9年后开始出现第1例甲状腺肿瘤，11年后有10例肿瘤，到1969年总计有21例肿瘤，其中3例为甲状腺癌。到1987年的随访结果表明53例甲状腺肿瘤中有15例为癌。

2. 对环境的影响：在马绍尔群岛，残留的放射物经历了近60年的风雨，已混杂在土壤中，使得当地生产的食品和饮水都成了辐射污染源，人们不得不从外地运来必需的生活用品。试验场内和附近的岛屿核污染更为严重，强烈的辐射让迁走的岛民至今仍无法重返家园。

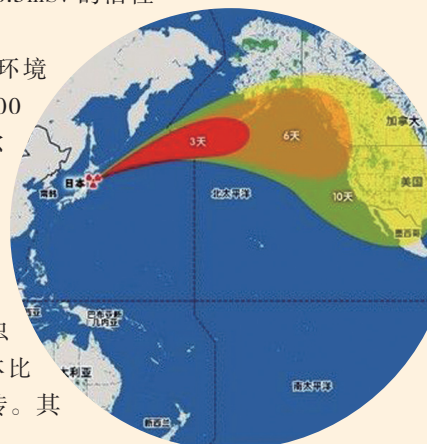


二、福岛核事故

1. 对人群健康影响：2011年3月发生的日本福岛第一核电站事故，是自1986年乌克兰切尔诺贝利核事故以来最严重的，据UNSCEAR 2013年报告书显示致使超过20000人失去生命。日本福岛县政府的县民健康调查结果显示，福岛第一核电站事故发生时不满18岁的约36万中人，迄今有18人确诊患有甲状腺癌，另有25人是因尚未手术而无法确诊的疑似病例。UNSCEAR 2013年报告书表明在事故撤离前和撤离过程中成年人受到的有效剂量平均少于10mSv，这是2011年3月12日得到的评估值的一半，评估得到的相应的甲状腺平均吸收剂量达到约35mGy。一岁大的婴儿评估的有效剂量时成年人的2倍，甲状腺吸收剂量约80mGy，这是摄入的食物中放射性物质值的一半。事件发生后的第一年，生活在福岛市的成年人受到的有效剂量评估值约为4mSv，一岁大的婴儿评估剂量大约是成年人的2倍左右。那些生活在福岛地区内核相邻地区的居民，评估值基本差不多或更低的剂量。评估得出的此次事故的终身有效剂量仅为10mSv。由于评估假设将来不采取任何补救措施来减少受照剂量，因此可能还高估了剂量值。评估剂量中最主要来自具有放射性活性物质的外照射。相邻国家和世界其他国家的人们在此次事故中的辐射剂量远远低于日本民众受到的剂量，有效剂量仅为0.01mSv，碘吸收剂量也少于0.01mSv，这些剂量水平对人体健康没有任何影响。截至2012年10月末，大约有25,000名工人参与了福岛核电站地点的搬迁和其他活动，根据记录，25000个工人在第一个19个月过去后的平均受照有效剂量约为12mSv，约35%的工人在此期间受到了多于10mSv的总剂量，但0.7%的工人受到的剂量超过了100mSv。委员会发布的内照射受照剂量最大的12名工人中，甲状腺受到的吸收剂量在2~12Gy之间。大部分来自于碘131的吸入。除了这些人群，由美国国防部组织的8,380名个体人群的体内监测在2011年3月11日到2011年8月31日间完成，约有3%监测者体内测出了最大吸收剂量为0.4mSv和甲状腺最大吸收剂量6.5mSv的活性水平。



2. 生态学影响：UNSCEAR委员会2013年报告，对人和环境产生最严重影响的放射性核素碘131和铯137的范围分别为100~500PBq和6~20PBq。进一步的评估得出的结论是低于切尔诺贝利核事故相应的评估值。风使得很大一部分核物质释放入太平洋海区，另外，液体释放也直接注入到周围的海水里，这2种直接释放大约分别占到碘131和铯137总释放的10%和50%。并且海洋里的低水平释放一直持续到2013年5月。2012年春天采集自距福岛第一核电站32公里的榆树上的蚜虫出现明显的畸形，比如腹部分叉，长瘤子瘸腿啥的，畸形个体比例为13.2%。畸形在其他生物如蝴蝶也有发现，并可能会遗传。其后续效应值得关注。

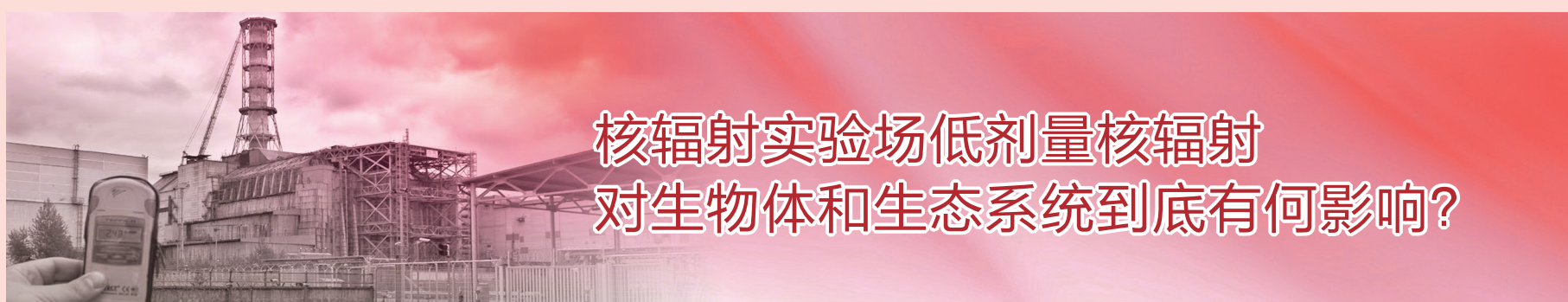


三、切尔诺贝利事故

1. 人群健康影响：对38名ARS病人进行眼科散瞳检查，14例发生白内障，其中12例为双眼，2例为单眼。对46例ARS病人走了平均9年的随访，发现1例肝硬化，2例脂肪肝，26例慢性肝炎，其中5例可能是由于使用血液制品所致。2例III度ARS病人在照后第6年和第9年发生骨髓增生异常综合症(MDS)引起死亡；1例I度ARS病人于照后第9年发生MDS引起死亡，1例II度ARS病人照后第11年发生急性单核细胞白血病。

2. 生态学影响：核电站30公里以内的地区被划为隔离区，切尔诺贝利爆炸发生后的第一年，离核反应堆比较近的树木和动物都出现了死亡，稍远一点的树木发生了叶子脱落或者变色的变化，比如隔离区内著名的红树林，就是松树林受到过量辐射后导致树叶全部变红。爆炸发生后6年，大自然慢慢复苏，树木恢复，动物也从别处赶来，但那片红松树林仍然保持了下来。隔离区内出现了蒙古野马、麋鹿、狐狸、海狸、水獭、野猪、熊，甚至还有濒临灭绝的乌鸦。隔离区内目前有超过400个物种的动物，包括280种禽类和50种濒临灭绝动物。这些生活在隔离区内的动物并没有出现肉眼可见的异常突变。

(高玲报道)



核辐射实验场低剂量核辐射对生物体和生态系统到底有何影响?

【据《Nuclear Fallout》2015年2月报道】题:核辐射实验场低剂量核辐射对生物体和生态系统到底有何影响?(作者 Steven Featherstone)

1994年,第一批美国科学家获准进入切尔诺贝利核电站1,100平方英里的禁区,他们检测了田鼠的DNA序列,没有发现突变率异常。狼、猞猁和其他一些曾经罕见的物种在自由徜徉,禁区似乎成了一个“原子野生动物保护区”。联合国于2003年在事故20周年后发布的报告称,禁区内“环境条件对生物群产生了正面影响”,使其变为“生物多样性的独特圣地”。

至此5年后, Timothy A. Mousseau 教授等发现,禁区中的家燕数量显著减少,寿命、脑量、雄燕的生育能力都有所下降;肿瘤、局部白化和白内障的发病率很高。虽然不同时期报道的结果差异很大,但绝

大多数科学家认为无论辐射剂量低到什么程度,都不存在“安全的”剂量。4年前,日本福岛事件,为研究这些影响提供了新的契机。初步结果显示,福岛的核污染已经对生物群造成伤害,而我们对这些现象的了解才刚刚开始。

2013年6月首批西方科学家进入福岛禁区,发现不同的物种,同一物种中的不同个体,对辐射的敏感性都差异极大,这就是既不能把蝴蝶的研究结果外推到家燕,也不能将田鼠中的发现外推到人类的原因。他们发现,蝴蝶对辐射特别敏感,事故2个月后,在福岛临近地区采集的蝴蝶羽翼、足和眼睛均出现畸形变化,且蝴蝶群体数量发生了锐减。还有一个新的重大发现:当他们把福岛变异的蝶与正常品种杂交时,每一代子代蝶的基因变异的频率都有增加。这意味着在福岛生物中,基因突变会在

世代间不断累积。很明显,在蝴蝶中发生的某些变化是辐射诱发的。多代动物连续受到辐射,会导致基因组的改变。核辐射会导致DNA损伤,那么某些物种是否演化出了高效修复DNA损伤的能力。建立预测模型,弄清楚生物体如何适应低水平的核辐射,以及基因损伤如何随时间而累积,对于研究福岛的生态系统变化是非常关键的一环。

在距核电站1英里处,辐射水平最高可达每小时330毫希沃特,超过了正常本底辐射的3,000倍,在这里捕获6只燕子并采集血样。放生之前,它们被拴上小型热释光剂量计,来跟踪它们受到的辐射剂量。在灾难发生后的4个月内,97%的福岛居民遭受的辐射剂量都不超过5毫希沃特。低剂量辐射到底会如何影响人体健康,最终要由那些研究“辐射诱导的染色体损伤、基因表达

或基因组不稳定”的科学家来提供答案,这正是科学家研究家燕的目标之一。

肿瘤与辐射等因素之间的关系还不清楚,如果通过检测每只拴有热释光剂量计的家燕的DNA序列,比较个体所受剂量,也许能够找到辐射诱发疾病的遗传标志物。Timothy A. Mousseau 等已经发表了3篇论文,描述了福岛鸟类数量的急剧下降。Timothy A. Mousseau 说,在他们即将发表于《鸟类学杂志》的论文中,最新的统计数据为鸟类数量的持续减少提供了“很有说服力的”证据,而且“没有证据表明辐射效应存在阈值”。由于某种原因,福岛因辐射死亡的鸟类的比例是切尔诺贝利的2倍。初步分析,福岛家燕的基因损伤并没有显著增多。还需要在污染最严重的区域收集更多家燕的血样来说明家燕的种群数量正在锐减的原因。

对联合国原子辐射影响科学委员会(UNSCEAR)2014年的报告书中称核辐射对非人类物种的影响,在高污染区域“不清楚”,在低污染区“不显著”的观点, Timothy A. Mousseau 等科学家持有不同意见,认为UNSCEAR忽略了很多可能相关的信息,根据他们多年来在切尔诺贝利和福岛的研究,观察过的几乎每一个物种、每一个生态系统都存在突变率上升的迹象。贝克最近对切尔诺贝利不同种属的田鼠进行了DNA测序,得到的新数据支持 Timothy A. Mousseau 等的结论:突变率增加与核辐射相关。如果多世代持续受到辐射,是否会影响动物的健康,削弱动物的繁殖能力,导致生育缺陷或让未来的某些子代患上癌症,这些问题的答案尚不明朗,贝克说,“需要持续开展基因组研究,因为这里才是奥秘所在。”

(吕慧敏报道)

切尔诺贝利核电站事故29周年,全世界核安全的重要意义

【据国际原子能机构2015年4月26日报道】题:切尔诺贝利核电站事故29周年:潘基文呼吁为了世界范围内更大的核安全而一道努力(作者 Dana Sacchetti)

2015年4月26日是切尔诺贝利核电站事故发生29周年纪念日。潘基文秘书长为此发表声明重申联合国向受到这一核灾难影响的人们提供支持的承诺。他呼吁采取具有前瞻性的战略,进一步帮助受影响地区加以恢复。

潘基文在声明中说,在切尔诺贝利核灾难29周年之际,人们不会忘记那些在第一时间对核灾难事故做出反应的急救人员以及33万因这一核事故而丧失家园的人。人们同样向数百万因持续健康和生计担忧而遭受心理创伤的人表达支持。

潘基文表示,尽管将近30年已经过去,但在乌克兰、白俄罗斯和俄罗斯联邦的受影响地区仍在承受事故影响所带来的痛苦。然而,令人感到鼓舞的是,受影响地区的人们现在有机会并越来越有办法过上正常的生活,他表示,为了推进社会经济的发展,促进健康生活方式,恢复社区自力更生的意识,联合国宣布将2006年至2016年定为“切尔诺贝利恢复和可持续发展10年”,并为此制定了联合国有关切尔诺贝利问题的10年行动计划。他指出,该行动计划将于2016年12月31日到期,目前联合国正在就2016年后在切尔诺贝利问题上的国际合作进行磋商。

切尔诺贝利核电站事故被称为“核电时代以来最大的事故”。1986年4月26日,坐落在乌克兰苏维埃共和国境内的普里皮亚季市的核电站的4号发电机组发生爆炸,核反应堆全部炸毁,大量放射性物质泄漏。在核事故发生后的15年当中,有6-8万人因核辐射死亡,13.4万人遭受各种程度的辐射疾病折磨,方圆30公里地区的11.5万多民众被迫疏散。

(周湘艳报道)

《医学放射生物学》第4版正式出版

吉林大学公共卫生学院卫生部放射生物学重点实验室 龚守良

由龚守良教授主编的“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材第4版《医学放射生物学》于2015年6月由中国原子能出版社正式出版, ISBN 978-7-5022-6674-5, 定价98元, 100.4万字。

1986年,由我国著名的放射生物学家刘树铮教授主编了国内第一部《医学放射生物学》,由原子能出版社正式出版。以后,刘教授相继主编了本书的第2版(1998)和第3版(2006)。本书前3版的出版,在我国放射生物学和放射医学界产生了重要的影响,并充实和发展了放射生物学理论和实践,具有本国特点,也符合中国国情,为培养我国放射医学专业本科生做出了重要的贡献,因而分别获得了核工业部(1987)和吉林省普通高等学校优秀教材奖(2007)。

本书于2011年经作者申请并于2012年获批为教育部本科国家级规划教材。为此,本书在第3版的基础上,根据本学科的特点和相关学科的发展以及当前的实际需要,进行了全面修订和重新编写。本书共二十三章,包括放射生物学和放射损伤临床学两部分内容。放射生物学部分(前十四章)阐述放射生物学的基本理论,包括电离辐射生物学作用的理化基础、电离辐射的分子生物学效应、电离辐射的亚细胞和细胞效应、电离辐射对机体各系统的作用以及放射肿瘤学基础等内容;放射损伤临床学部分(后九章)阐述放射性疾病的发病因素、临床特点、诊断和治疗手段,包括外照射急性及亚急性放射病、小剂量外照射生物效应及外照射慢性放射病、放射性核素内照射的生物效应及内照射放射病、放射性皮肤疾病,其它局部放射性疾病、放射性复合效应与放射性复合伤、电离辐射诱发肿瘤和其他远后效应及核辐射事故医学应急处理等内容。

本书为高等院校放射医学专业本科生教材,亦可作为从事放射医学与卫生防护工作人员及有关医学、卫生专业工作者和研究生的参考书。(周湘艳报道)





塞拉菲尔德核设施辐射场所 对工人种系小卫星的影响

【据《J Radiol Prot》2015年3月报道】题:暴露于塞拉菲尔德核设施辐射场所的工人种系小卫星突变(作者 E Janet Tawn1 等)

英国曼彻斯特大学的研究人员对暴露在塞拉菲尔德核设施场所的男性工人生殖细胞小卫星突变率进行了调查,分析了160个家庭255代人的血样中DNA 8个高变小卫星基因组。选择对象为妻子怀孕前父亲睾丸辐射剂量分别为9mSv和194mSv的男性。分析的结果显示,在9mSv和194mSv剂量下他们的基因突变率均与对照组之间无显著差异。另外,还对塞拉菲尔德核设施退休男性的生殖细胞小卫星突变及骨髓细胞染色体畸变进行了检测,也未观察到小卫星突变和染色体畸变率的明显增加。

对居住在塞拉菲尔德核后处理厂附近的儿童白血病和非霍奇金淋巴瘤(NHL)调查发现,儿童发病率与妻子孕前父亲整体接受的辐射剂量和父亲的生殖细胞基因突变有关。父亲生殖细胞基因发生突变,可增加

下一代易患白血病或非霍奇金淋巴瘤的危险。但对这项观察结果还持有不同观点,争议之处在于,首先一定程度的辐射风险与人类遗传疾病的风险不一致;其二,目前还没有证据证明基因突变是儿童白血病的一个重要病因。

在对父系的辐射诱导基因突变的研究中发现,父系生殖细胞小卫星发生突变后,可致延迟的辐射效应,增加第二代的基因突变率,其发生率符合泊松分布。基因突变可能会诱导基因组的不稳定,而遗传易感性是确定不稳定性的重要因素。

从动物实验结果也得到证实,雄性动物生殖细胞受到辐射损伤后可以延续到未受照的子代细胞,增大初始辐射损伤效应和未受到直接辐射损伤的DNA序列。推测这种辐射影响可能是由于射线与一个特定的未知因素相互作用的结果,这也可能是导致居住在塞拉菲尔德儿童白血病和非霍奇金淋巴瘤高发率的原因。

对切尔诺贝利事故暴露者

以及附近的核试验场工作人员的调查结果显示,他们的生殖细胞小卫星突变率有显著增加。生活在俄罗斯铀设施排放污染区人员的调查结果证实其胚系基因突变率有显著增加。然而,对其他职业接触人群的调查结果未证实这些发现。

也有人认为,后代的基因突变可能是受母系突变的影响,但对此观点存有不同意见,先前的研究不支持产妇产量影响后代,故这些研究结果的不一致性还须谨慎的解释。根据目前的研究结果还不足以确定受小剂量污染与家庭成员之间基因突变的关系。推测,遗传易感性基因组不稳定性可能与家族的基因组稳定性有关。

ICRP报告(2007年)指出,在与人类遗传疾病相关基因位点的自发突变率很低,使用分子生物学技术鉴别辐射诱导基因突变作为基因标志物,有希望使辐射相关人类遗传风险更好地量化。小卫星高突变位点突变在人类基因组中出现的频率高,且具有变异性。

(吕慧敏报道)

1946-2005年间英国核燃料公共有限公司工人的癌症死亡率和发生率的调查

【据《J Radiol Prot》2014年7月报道】题:1946-2005年间英国核燃料公共有限公司工人的癌症死亡率和发生率的调查(作者 Michael Gillies 等)

超过100mGy的电离辐射与癌症的死亡率和发病率呈线性关系。当前电离辐射的职业照射限值主要来源于广岛和长崎核爆后居民长期健康研究,以及从X射线诊断和治疗的患者处测量的数据。然而,英国核工厂工人职业照射剂量远低于广岛和长崎核爆后居民的剂量,但来源于钚、镅和铀等放射性同位素的内照射却是个长期的过程。基于寿命研究参与者和医疗病人的照射都是急性外照射,这些研究都不能为整个英国职业照射风险提供直接、确凿的证据。国际上对核工作者的研究常采用低剂量和低剂量率射线照射直接风险估算确定来自急性照射的额外风险,以确保防护标准是有效的。最近,内照射成为关注的焦点,尤其在工人的癌症死亡率和发病率方面与只接受外照射的工人相比,其差异还不十分清楚。

英国公共核燃料有限公司(BNFL)曾经对雇员进行了队列研究,得出大约50%的集体剂量源自于英国国家注册的辐射从业者(NRRW)。NRRW队列研究中的1个子项目为国际癌症研究机构(IARC)的十五国研究提供了大量数据,这项研究比IARC排除了工人潜在内照射影响的研究更为重要。目前,可得到BNFL队列研究新增4年随访与NRRW的第三次分析比较的数据,以及新增13年随访与IARC十五国研究比较的数据,并包括来自NRRW和IARC中没有涵盖的非辐射从业者。重要数据比例高(99.3%);以个人辐射照射为特征,包括早些年调控限值场所中的辐照。扩大研究了队列中个人岗位差别的癌症死亡率和发病率。来自英国Public Health England放射中心的研究者首次分析了BNFL队列研究中个人累计外照射的癌症死亡率和发病率,并检验潜在的内照射可能起到主要作用。

因此,这个调查的目的是估算在BNFL队列调查中核工人因外照射引起的癌症死亡风险和发病风险,并确定这些风险中是否需要潜在内照射的修正。调查方法为队列研究,包括BNFL雇员、英国原子能机构(UKAEA)或供应部等4个地方的辐射工人和非辐射工人,共64,956例研究对象。他们参加现岗位工作的时间在1946年至2002年间,到2005年无变化。外照射剂量用个人剂量计测量(胶片剂量计),共测得42,431名辐射工人的剂量。累计外照射采用相对风险模型分析,与之相关的癌症死亡率和发病率采用泊松回归模型分析。队列研究给出了出预期的“健康工人”效应。

经数据分析发现,职业外照射相关的各癌症风险增加,显著超过所有硬癌的风险和白血病(不包括慢性淋巴细胞白血病)。综合癌症风险估算包括的值源自国内和国际辐射防护标准。与单纯外照射相比,由外照射和潜在内照射引起的癌症死亡率和发病率的剂量效应关系曲线的斜率较平缓。对个人癌症类型的分析提示消化道癌症和食道癌症发病占主要。从种类上分析,揭示了剂量效应关系只表现在累积剂量超过200mGy的人群中。这些差异也出现在非癌症死亡率人群中。成因有待进一步研究;如这些差异是否由内部器官剂量或与社会经济相关的寿命因素引起的等。

(齐雪松报道)



2015年5月25日-29日,ICRR2015在日本京都的国立京都国际会馆召开,会议主题为“Radiation Science Shaping the Future of the Earth and Mankind”。京都大学的平冈真宽教授任大会主席。参会代表来自53个国家和地区,人数超过1,900人,创下国际辐射研究大会参加人数的最高纪录,口头和墙报交流共1,100多篇。会议设10个讨论主题:

- 1) Radiation Biology, Effects of Low Dose/Dose Rate Radiation
- 2) Biology for Radiotherapy
- 3) Life Sciences
- 4) Non-ionizing Radiation, Environmental Stressors
- 5) Health Physics, Radiation Protection Sciences
- 6) Chemistry and Physics, Radiation Chemistry and Radiation Processes
- 7) Radiation Oncology

8) Particle therapy, Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)

9) Radiology, Nuclear Medicine

10) Fukushima Nuclear Power Plant Accident
诺贝尔奖获得者京都大学iPS细胞研究所所长山中伸弥先生应邀做了特邀报告。国内周平坤、邵春林、吉艳芹、陈红红、孙野清、刘勇、冉新泽、刘强等10余位研究人员参会, Tom Hei、YUAN Zhimin、Cai Lu、Guo Luping、Wang Bing、Shang Yi、CHANG Polly Y、Wu Honglu、Zhang Qiumei、Li Jianjian等海外华人参加了本次大会。美国路易斯维尔大学的蔡露教授做了题为“Low dose radiation and diabetic complication”的大会报告。另外,本次大会专门设立了日本福岛事故的主题分会场,事故后远期效应研究方面的报告引起参会人员的广泛关注,分会场讨论非常热烈,相关研究结果请见本期相关版面刘强的报道。

(刘强 王冰报道)

终校	排版设计	年 月 日	经营监管部	年 月 日
	编辑出版	年 月 日	总编室	年 月 日

天然发生放射性物质照射

【据《中国辐射卫生》2015年8月报道】题:矿物开采和加工中天然放射性物质的辐射防护(作者王玉文等)

中国原子能科学研究所的王玉文等人对矿物开采和加工中天然放射性物质的辐射防护问题进行了综述如下。

地球上无处不存在天然发生放射性物质(NORM)。238U和232Th衰变系核素,是人们最关心的天然放射性核素,岩矿和土壤中天然放射性核素活度浓度,随产地不同,变化很大,但普遍较低。然而,某些矿物含铀、钍系放射性核素活度浓度明显偏高,而且在矿物开采和加工过程中,由于它们的选择性分配,导致某些产品和/或残留物中放射性核

素活度浓度明显升高,超过矿石/或原料,有时甚至高出数个数量级,使职业工人或公众受到显著照射剂量。

矿物开采和加工中NORM照射的辐射防护管理,关键是何种NORM活度浓度水平矿物开采和加工应该管理和用何种方法管理最适宜?若管理所选活度浓度水平过低,涉及面过大,不能利用有限管理资源实现有意义管理。另外,若不考虑辐射危害的特征和程度,盲目对开采和加工实行过于严格的控制,既不利于资源合理开发利用,也不符合辐射防护实践正当性和最优化原则。因此,首先必须考虑开采和加工何种NORM浓度水平矿物该管和如何管理。目前,国内外已出版一系列NORM矿物开采和加工辐射防护,为这种考虑奠定了基础。

2011年IAEA出版BSS(暂行版),用计划照射、应急照射和现存照射情况描述所有辐射照射。规定天然辐射源照射,通常视为现存照射情况。大

宗物料,天然放射性核素照射人体剂量 $\leq 1\text{mSv/a}$,或铀、钍衰变系中任何放射性核素活度浓度 $\leq 1\text{Bq/g}$,豁免(解控)、实践/或活动免于监管;相反,若剂量 $> 1\text{mSv/a}$,或铀、钍活度浓度 $> 1\text{Bq/g}$,实践/或活动辐射防护,适用计划照射情况中职业照射要求,并执行优化分级管理。

辐射防护优化分级管理方法“应与实践或源的性质、照射可能性和程度相一致”。具体分四级管理:①豁免(决定不监管)。考虑已有职业卫生措施后, γ 外照射剂量+粉尘内照射剂量(氦及其子体除外)低于 1mSv/a 。或大宗物料中铀、钍系放射性核素活度浓度 $\leq 1\text{Bq/g}$ 。②通知、考虑已有职业卫生措施(类似于豁免,但监管机构要知情)后, γ 外照射剂量+粉尘内照射剂量(氦及其子体除外) $<<$ 剂量限值。③通知+注册。考虑已有职业卫生措施后, γ 外照射剂量+粉尘内照射剂量(氦及其子体除外)或氦的照射剂量需进行控制。④通知+许可。操作大

宗很高放射性活度物料,必须采取具体防护措施控制工人活动。

IAEA2004年出版的《矿物开采和加工职业辐射防护指南》,对矿物开采和加工,按其放射性核素含量高低和照射危害影响程度进行分类,并据此提出如下辐射防护控制、管理建议。

采矿和加工矿物分类:《矿物开采和加工职业辐射防护指南》第2.2款规定,根据矿物开采和加工中天然放射性核素活度浓度水平及其照射工人的剂量高低,将矿物开采和加工分为四类:第1类,铀、钍含量达到其开采品味的铀、钍矿。第2类,矿物含较高天然放射性核素水平,或加工过程中天然放射性核素活度浓度升高物料(如矿石加工产生的沉积物或鳞片),要求采取辐射防护措施,防护 γ 外照射、吸入粉尘和/或氦内照射的非铀、钍矿(如重矿砂和磷酸盐矿等)。第3类,



矿物含NORM活度浓度虽不高,但工作场所可偶然产生高水平氦照射,需采取措施防护氦照射的某些地下矿山。第4类,矿物含天然放射性核素活度浓度很低,工作场所氦浓度远低于参考水平的矿山。

矿物开采和加工实践和/或活动辐射防护管理分级:《矿物开采和加工职业辐射防护指南》第2.3款规定,矿物开采和加工辐射防护管理,从第一类到最后一类,分别实施如下管理:①第1类,铀、钍矿开采和加工实践,许可管理。②第2、3类开采和加工实践,通常适用注册管理;若照射水平很高,也可适用许可管理。③第4类矿物开采和加工实践,豁免,即不监管。(尉可道报道)



云南某铅矿放射性核素水平及矿工所受 γ 外照射剂量估算

【据《中国辐射卫生》2015年8月报道】题:云南某铅矿放射性核素水平及矿工所受 γ 外照射剂量估算(作者牟胜等)

云南省蕴藏着丰富的矿产资源,有色金属铅、锌、锡、铜等资源储量较大,矿山开采从业人员众多,井下人员暴露于天然辐射作业环境,受着天然放射性核素照射。在我国职业照射中,非铀矿山是职业照射的最大贡献者,尤其是地下作业的矿工中,个人剂量超过国家剂量限制的比例很高。云南省疾病预防控制中心研究者对云南澜沧县某铅矿井下工作场所进行放射性水平调查,采集并分析矿石样品中放射性核素活度浓度,根据其活度浓度估算 γ 外照射年有效剂量,从而对矿工的放射性职业危害作出评价。

矿山基本情况:云南澜沧县某铅矿是滇西南地区较大的一家集采、选、冶一体的有色金属矿冶企业,有50多年的开采历史。矿体除富含铅矿外,还伴生有锌、银等矿物,矿物地理坐标:经度 $99^{\circ}44'$ 、纬度 $22^{\circ}44'$ 。

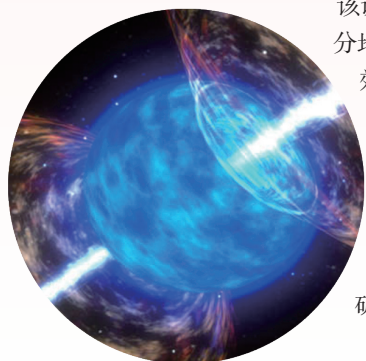
测量方法:现场调查采集铅矿井下工作场所矿石样品,利用 γ 能谱仪测量矿石样品中放射性核素比活度,从而估算矿工接受的辐射剂量。

调查结果:矿石样品中天然放射性核素226Ra的活度浓度范围为 $8.6\sim 72.5\text{Bq/kg}$,232Th为 $1.1\sim 78.4\text{Bq/kg}$,40K为 $0.8\sim 171.1\text{Bq/kg}$ 。我国土壤中226Ra的活度 $2.8\sim 532.8\text{Bq/kg}$;云南省土壤中226Ra的活度浓度范围为 $7.9\sim 421.8\text{Bq/kg}$,232Th为 $8.2\sim 206.0\text{Bq/kg}$,40K为 $66.3\sim 1442.0\text{Bq/kg}$ 。调查数据在云南省和全国土壤中天然放射性核素的活度浓度范围内。

该调查估算最大的剂量为 0.22mSv/a ,低于云南省部分地区土壤中放射性核素所致居民人均外照射年有效剂量 0.52mSv/a ;也低于我国天然本地辐射水平中陆地 γ 射线产生的年有效剂量 0.54mSv/a 。

通过测量结果估算的 γ 外照射剂量与文献报道的结果比较分析,矿井下的 γ 外照射低于地表天然本地水平,外照射对矿工的附加年有效剂量可以忽略。因此, γ 外照射不是采矿工作场所的主要放射性职业危害因素。

(尉可道报道)



江西省赣南地区稀土天然放射性核素调查

【据《辐射防护》2014年7月报道】题:江西省赣南地区稀土天然放射性核素调查(作者刘徽平等)

江西省赣南地区稀土矿具有资源丰富、分布广、品种齐、储量大等特点,并以南方离子吸附型稀土矿为主,包括龙南的高钇重稀土型、信丰的中钇富钷型,寻乌龙南的高钇重稀土型其远景储量在940万吨以上,占全球离子型稀土矿的30%。其



中

主要分布在赣南地区的17个县、市的146个乡镇。其中寻乌、龙南、信丰、安远、宁都、定南、赣县、全南8县的稀土矿储量占江西省探明与评价预测储量的90%以上。

离子吸附型稀土矿是伴生天然放射性的矿物。在开采、冶炼、加工和利用过程中,天然放射性物质将随之迁移、富集和演变。

江西理工大学工程研究院选择江西省赣南地区几个主要生产稀土产品县(市),对其原矿及稀土提取过程中的废渣和外排水中天然放射性核素天然铀、镭-226和钍-232进行了检测,以了解稀土矿开采和提取过程中的放射性现状。

调查方法按照国家环境保护行业标准《辐射环境监测技术规范》,采样与样品分析方法参照国家有关标准。本次调查主要针对部分放射性水平较高的稀土矿进行,原矿、原矿除杂渣、萃取废渣、废水等样品并不是同步进行采集的。

结果表明,安远、龙南稀土原矿除杂渣中天然放射性核素含量最高,其天然铀、镭-226和钍-232的最高活度浓度分别为 3.69×10^4 、 8.33×10^3 和 $3.40 \times 10^3\text{Bq/kg}$;提取过程中酸溶渣中天然铀、镭-226和钍-232的最高活度浓度分别为 2.58×10^4 、 2.81×10^4 和 $2.75 \times 10^4\text{Bq/kg}$;部分稀土渣头渣中天然铀和钍-232的放射性、个别企业废渣中天然铀的比活度高于国家标准规定的豁免水平($1,000\text{Bq/kg}$),部分稀土企业外排废水中钍、铀总量高于国家排放标准的限值(0.1mg/L)。

(尉可道报道)

终校	排版设计	年 月 日	经营监管部	年 月 日
	编辑出版	年 月 日	总编室	年 月 日

【据《辐射防护》2013年9月报道】题:关于NORM开放利用设施退役源项调查方法的探讨(作者王绍林等)

退役前的源项调查属于退役准备阶段的范畴,由于它与退役计划的制定及经费预算等重要决策密切相关,其重要性就显得尤为突出。在我国,由于历史原因,很多现有的NORM(Naturally Occurring Radioactive Material,天然发生放射性物质)开发利用设施都具有设施陈旧、缺乏有效管理、污染源项复杂、废物形式多样且出路不明确、历史资料相对匮乏等特点,这些特点客观上加大了后期退役治理工作的实施难度。因此,对退役前的源项调查进行认真探讨是十分必要的。中国原子能科学研究院的研究者通过对以往工作实践进行总结,依照我国现行法规及技术标准,参考国际技术标准和国外良好实践,建立了一套适用于NORM开放利用设施



关于NORM开放利用设施退役源项调查方法的探讨

退役源项调查的参考方法,并结合案例分析对调查方法的要点进行了探讨,旨在为今后同类工作的开展提供参考。该研究讨论的范围是NORM开放利用设施退役之前的源项调查。

案例简介:某稀土生产厂建于20世纪60年代初,曾经是国内早起规模较大,产品较多的稀土冶炼及产品深加工企业。该厂占地面积约16万m²,毗邻长江。早起生产活动大量使用含有天然铀和天然钍的稀土矿(独居石)。由于

落后的生产工艺以及缺乏有效的管理,造成了严重的环境污染。20世纪90年代,该厂停止使用独居石原料,对所有生产线进行了改造,使用不含天然钍和天然铀的离子型矿生产稀土。但是,厂区内仍遗留了大量含有²²⁶Ra和²³²Th的放射性废物,对厂区周围的环境安全构成了严重的威胁。为了消除潜在威胁,保护公众健康及环境安全,由环保部牵头,组织多方力量开展了放射性退役治理工作。经过放射性

废物物料及废物的整备外运、设施去污及场址清污之后,实现了场址对公众无限限制开放使用的退役目标。在放射性退役治理项目启动之前,实施了本项放射性退役源项调查工作。本案例是我国针对NORM设施开展的首次大规模退役实践活动,其源项调查方法的总结对今后此类工作的开展具有积极的参考价值。

结论与建议:

在总结实践的基础上,建立了一种放射性污染源项调查的参考方法。该方法可以概括为一系列方法与标准的结合,例如资料收集与辐射监测的组合、现场测量与实验室分析手法的组合、直接测量与采样分析的组合等。调查方法是高度系统性和相互关联的,通过对现场监测与实验室分析项目的优化组合,将大量的实验室分析工作代之以现存监测手段,减

轻了实验室的负担。因此,这一方法的建立对于今后同类工作的开展具有十分重要的参考价值,并且还将在未来的实践中继续得到完善和发展。

针对我国现阶段退役治理任务及相关监测的特点,提出以下几点建议:

制定和完善操作层面上的技术导则及标准,如放射性废物测量分拣技术导则,NORM和TENORM相关标准,并尽快将实践累积的经验充实进来;

开展源项调查新技术的相关研究,如 γ 成像技术、现场核素分析技术等。建立和完善现场筛选标准;

开展现有NORM开发利用设施的源项调查,并进行相应评价;

组织对基层安全防护人员及工作人员进行NORM基本知识和防护技能的培训。

(尉可道报道)

牦牛坪稀土矿区土壤天然放射性水平评价

【据《辐射防护》2015年3月报道】题:牦牛坪稀土矿区土壤天然放射性水平评价(作者张琮等)

牦牛坪稀土矿是我国第二个氟碳铈矿大型矿床——冕宁稀土矿中最大的矿段,稀土矿在开采利用过程中会对周围环境产生放射性影响。因此,成都理工大学核技术与自动化工程学院的张琮等人在该研究中测量牦牛坪稀土矿区土壤的天然放射性,确定该地区土壤的天然放射性水平,以为进一步监测该地区生态环境和制定环境保护措施提供依据,也可对其他稀土矿床的放射性影响评价提供参考。

1、研究区概括

牦牛坪稀土矿位于四川省西南部,凉山彝族自治州北部的冕宁县境内,地处横断山区东部边缘,川西北高原与川西山地过度地带。属亚热带季风气候区。区内水系呈近似树叉状分布,牦牛坪东坡的供水沟、瓦维埃河、竹儿沟河流向东南汇入牦牛河。

牦牛坪稀土矿地处攀西大裂谷的主体部位,康滇地轴中、北段,康滇南北向构造带的一部分。地址构造大体上沿安宁河谷以西的牦牛山、磨盘山为界,东侧南北向构造为主,西侧弧形构造为主。该区岩体主要为冕西钾长花岗岩。该花岗岩体在本区大面积出露,南北长约90km,东西宽约10km。地层除石炭系、志留系和第三系缺失外,其余地层从元古界至新生界均有出露。

牦牛坪稀土矿床是一个由几种类型的矿化脉组成的脉状系统,矿床范围已知长度大约为265km,宽度在300m至600m之间。目前,牦牛坪稀土矿的采区

主要分布于脉状系统的西南部。开采方式主要为露天开采。

2、结论

(1)利用 γ 能谱仪对牦牛坪稀土矿区放射性环境进行评价:该地区土壤中放射性核素²³⁸U、²³²Th和⁴⁰K的活度浓度分别为52.36(5.55~201.06)Bq/kg、122.33(38.04~723.70)Bq/kg、1010.09(125.20~1705.85)Bq/kg, γ 射线空气吸收剂量率均值为177.16nGy/h,高于全国和世界的平均值,表面该地区有较高放射性水平。然而,估算年有效剂量平均值为0.240mSv/a,低于全国平均值0.595mSv/a和世界平均值0.460mSv/a。

(2)牦牛坪稀土矿开采过程中对环境的影响呈放射状,造成放射性核素²³⁸U、²³²Th和⁴⁰K活度浓度值自采矿区至影响区均呈减小趋势。

(3)牦牛坪稀土矿区 γ 射线空气吸收剂量率和年有效剂量均高于白云鄂博稀土矿区和广东下庄铀矿田,这是由于冕西花岗岩体在本区大面积出露,岩石类型属钾长花岗岩,为酸性花岗岩,故本区辐射本地较高。

研究区内年有效剂量低于我国推荐背景值以及世界推荐背景值,故研究区的放射性环境整体上出于安全范围内,但是研究区内 γ 射线空气吸收剂量率较高以及个别点位放射性核素²³⁸U、²³²Th和⁴⁰K的活度浓度偏高,说明研究区的放射性环境存在一定程度上的安全隐患。因此,在矿区周围一定范围内,掌握工作场所实时辐射水平,以便提供有效的防护措施是非常有必要的。

(尉可道报道)

一种适用于工矿企业肺癌筛查的车载DR-X射线摄影机

北京航天中兴医疗系统有限公司自主研发的车载式小功率X射线MDR型摄影机填补了我国在该领域的空白,全国装机量四百多台。

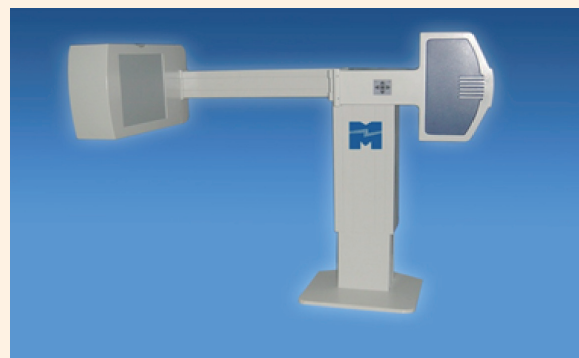
由于采用CT狭缝线扫描技术和多线阵探测器,不使用抗散射滤线栅,散射线造成的本底近似为0,所以胸部摄影时电流为10~20mA,因而体检时的电功率为1~2KW、220伏电源,仅为其他DR的1/20,体检车外出体检时供电容易解决。非常适用于在工矿企业第一线作业工人群众肺癌筛查。

MDR的最大特点是低辐射剂量,使受检者在立位检查时接受辐射剂量为最少的一种DR机型。拍胸片体表的入射剂量是普通屏/片X线检查的1/10,剂量不超过0.03mGy。

该机械结构为U型臂,经过多年在汽车上安装使用证明其重量轻,运动稳定可靠。由于X射线输出量低,屏蔽体所用铅当量小,设计结构容易满足对不同车型的要求。



图一 健康中国流动医院捐赠仪式(每辆车中装有一台DR机)



图二 扫描式MDR型车载机器外观图

该机每小时最大检查流量可以达到120人次,在特殊情况下也足以满足每小时60人次的体检筛查。

图像可以储存在移动硬盘中,检查完毕后再进行诊断,也可以实行远程诊断。

用户分布全国,主要分布在常规体检、发热体检。而对于职业体检、石油矿山体检等行业更具有大的优势,不受环境和条件的限制,不会对受检查人员工作造成大的影响。

(尉可道报道)

终校	排版设计	年 月 日	经营监管部	年 月 日
	编辑出版	年 月 日	总编室	年 月 日