



冷战时期的放射性残留物： 放射学遗产

ABEL J. GONZALEZ

被称为冷战的这个历史时期的主要特征之一是大规模地生产和试验核武器。这些军事活动使放射性物质空前地产生。这些“冷战残留物”的一部分滞留在大气层里，并分散到全世界。有些残留物仍留在生产或试验场的地下地质环境里，处于相对封隔的状态。另一些残留物已经污染人们可时常接触到的区域。

“冷战遗产”的另一些景象使这种状况的范围扩大。由生产武器用材料产生的大量放射性废物和副产品仍然被贮存着。人们期望，这些废物和副产品有朝一日能被转用于和平目的或送去作最终处置。

此外，军用核材料的生产设施、核试验场和军用核动力舰船全都会在某个阶段退役——仅在科拉半岛一地，一百艘已不再服役的核潜艇正等着最终退役。该退役过程将增加放射性残留物的积累量。

现在看来，冷战已成为历史上刚翻过的一章。《禁止

在大气层、外层空间和水下进行核武器试验条约》标志着在露天环境中进行核武器试验的结束，而《全面核禁试条约》可以完全结束核武器试验。下一个条约将限制并可望禁止生产武器用核材料。

这些全都是好消息。然而，冷战的放射性残留物仍有待我们这代人处理，它们正需要我们做出积极的响应。

在过去的十年里，人们一直请求 IAEA 在帮助一些国家处理冷战遗产方面起更大的作用。IAEA 召集的众多专家，已在核试验场、核生产设施和废物倾倒地场对冷战造成的放射学情况进行过若干次科学评估。

本期《IAEA 通报》从国际上的事态发展和种种关切的角度着重介绍这些合作活动。

照片：在 IAEA 的一项研究活动中，通过检查椰子考察穆鲁罗瓦环礁上的放射性污染情况。

评估冷战残留物

IAEA 有一项独特的责任：应其成员国的请求制定保护健康（免受电离辐射影响）的国际标准并规定适用这些标准的办法，这是联合国系统内唯一通过其《规约》的特别授权进行这一工作的一个组织。

几年前，IAEA 同其他 5 个国际组织一起制定了新的辐射安全国际标准。（见《IAEA 通报》第 40 卷第 2 期，1998 年 6 月。）它们主要用于控制由和平活动产生的辐射照射。然而重要的是，它们的基本原则可用于追溯性地评价核武器试验之类未受到监管的军事活动所造成的放射学状况。

近几年，一些国家已请求 IAEA，对照这份辐射安全国际标准来评估由冷战时代的活动造成的放射学状况。这样做的目标是保护公众健康和最终恢复受影响的

González 先生是 IAEA 辐射与废物安全处处长。

环境,以供人类使用。此类请求所导致的研究,成了机构对冷战的放射学遗产作出的响应。(见第4和5页的方框和图。)哈萨克斯坦已请求机构对塞米巴拉金斯克核试验场、马绍尔群岛请求对比基尼核试验场和不久前法国请求对法属波利尼西亚群岛的穆鲁罗瓦和方阿陶法进行评估。冷战时期在这些场地上做过“核实验”。它们涉及到分别使用裂变和聚变装置的两种核武器试验以及核武器安全性试验,这些实验分别是在大气层和地下进行的。(见第6、8和9页方框。)研究过的一个试验场是一个巨大的大陆多边形;另外三个试验场是环礁。(见第7页方框。)研究过的另一个场地是北冰洋的喀拉海,那里倾倒了大量放射性残留物。

问题的范围

尽管IAEA的这些研究看来很全面,但它们只是冷战放射学遗产的不完整的和较小的部分。

从原子弹轰炸日本广岛和长崎直至印度和巴基斯坦最近进行的核试验,全世界共进行了2400多次核武器实验。此外,还生产了大量的军用核材料。所有这些活动均已产生大量的放射性残留物。联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)一直在研究这些放射性残留物的

数量和效应,并定期向联合国大会报告。

核武器试验

据UNSCEAR称,除IAEA研究过的场地外,还有若干个进行过核武器试验性质的实验和可能仍然有放射性残留物的场地。

它们包括阿尔及利亚的雷冈和因埃克尔,澳大利亚的蒙蒂贝洛岛、埃穆和马拉林加,中国的罗布泊,马绍尔群岛的埃尼威托克环礁,俄罗斯联邦的新地岛、托兹卡和卡普斯金亚尔以及美国的内华达州和阿拉斯加州的安奇特卡岛的试验场;太平洋和大西洋中的多处试验场(包括莫尔登岛、圣诞岛和约翰斯顿岛);还有就是印度和巴基斯坦最近进行试验的场地。

在内华达试验场,共进行过84次大气层核试验,其中81次是在1951—1958年间进行的,另外3次是在1962年进行的。在1951年至1992年间,该地区共进行过900多次地下核试验,据称其中的32次核试验由于泄漏而导致放射性残留物进入环境。美国当量最大的一次地下核试验是1971年在阿拉斯加的安奇特卡岛进行的。

在广阔而遥远的北极地区新地岛上,进行过大量的大气层核试验。那里进行过

若干次高空核试验、至少1次地面核试验、2次水面核试验、3次水下核试验和若干次地下核试验。

1957年和1958年在莫尔登岛和圣诞岛进行的太平洋核试验,是位于海洋上方的空爆和用气球悬置在陆地上空的核装置爆炸。在1952—1957年间,在澳大利亚的3个试验场(蒙蒂贝洛群岛、埃穆和马拉林加)亦进行过12次核试验,大部分是地面核试验。在马拉林加和埃穆试验场进行过许多次安全性试验,导致钚的大面积扩散。

在阿尔及利亚,1960—1961年间,在阿尔及利亚萨哈拉沙漠的雷冈和因埃克尔试验场进行过包括低当量试验在内的核试验。

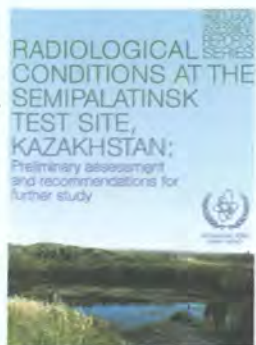
在中国西部罗布泊试验场进行的核试验,包括1964—1980年间进行的22次大气层核试验,以及一直持续到1996年的地下试验。同样在亚洲地区,印度于1974年试验过一个核装置,1998年5月印度和巴基斯坦又都进行过核试验。

总之,已报告UNSCEAR的核实验共有2408

*当量通常以千吨或兆吨表示,1千吨相当于1000吨三硝基甲苯(TNT),1兆吨相当于100万吨TNT。为避免含糊,也就是精确地说,已经商定1千吨严格地相当于释放 10^{12} 卡爆炸能量。

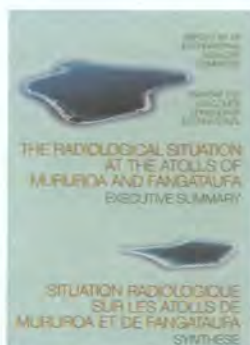
评估冷战的遗产: IAEA 的响应

过去十年中,一些国家已请求 IAEA 帮助评估过去的核试验和倾倒活动产生的放射学效应。这些评估包括:



哈萨克斯坦的塞米巴拉金斯克。1993年,哈萨克斯坦政府告知 IAEA,表达了它对塞米巴拉金斯克的放射学状况的关切。从1949年至1989年,那里进行过许多次核武器试验。该政府请求机构提供援助,随后对塞米巴拉金斯克的放射学状况进行了初步的评价。(见第12页的论文。)总共在该试验

场进行过450次以上的大气层和地下核试验。虽然IAEA的初步研究能够给该地区的永久居住的居民提供较好的安全担保,但人们在该试验场内面积较大的一些地区发现了很高水平的放射性残留物;如果在这样的地区常期居住,则所受的辐射剂量每年最高可达到140 mSv。该结论未考虑在塞米巴拉金斯克进行过的地下核试验的潜在放射学后果,IAEA的这项研究未评估这类后果。



法属波利尼西亚群岛的穆鲁罗瓦和方阿陶法。1995年8月,法国成为请求 IAEA 评价核试验场(即评价法属波利尼西亚群岛的穆鲁罗瓦和方阿陶法环礁的放射学状况)的第一个核武器国家。法国在这些环礁上共进行过193次核实验。根据法国的请求,IAEA 组织了一个研究项目,题为“穆鲁罗

瓦和方阿陶法环礁上的放射学状况研究”。它是联合国系统内曾经进行过的规模最大的放射学评估项目之一。(见第21、24、30、34和38页的文章。)该项研究的总结报告最近已经由 IAEA 定稿并且出版,总共8卷。(见第23页的方框。)

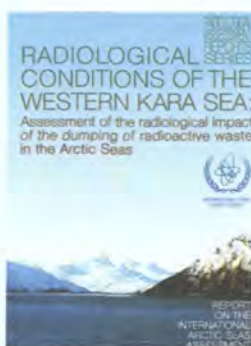
该项研究的成果是振奋人心的:过去从未有人永久居住过的这两个环礁将来有可能安全地供人们定居,因为在假想的比较极端的居住条件下,最高的辐射剂量将低于可以忽略不计的0.25 mSv/a。



马绍尔群岛的比基尼环礁。1994年,马绍尔群岛(太平洋中的一个由约30个环礁和几个礁岛组成的群岛)共和国政府请求 IAEA 提供援助。该请求要求对比基尼环礁的放射学状况进行独立的国际审查,并审议和推荐比基尼人最终在该环礁重新定居的策略。在该地区进行了广泛的测试。在开始

测试前,比基尼人已搬到远离其在比基尼环礁上的常住地(即比基尼岛)的地方,而现在他们又急于返回他们的原籍。

最近发表的 IAEA 的这项研究得出结论,在目前的放射学状况下,比基尼岛最好不作为永久性的定居地,因为个人所受的辐射剂量有可能达到15 mSv/a,而一些较简单的补救措施(诸如改良土壤)有可能比较容易地降低这种剂量。该项研究的结论是,如果采取了这些措施,就可以安全地在比基尼岛上定居。(见第15页的文章。)

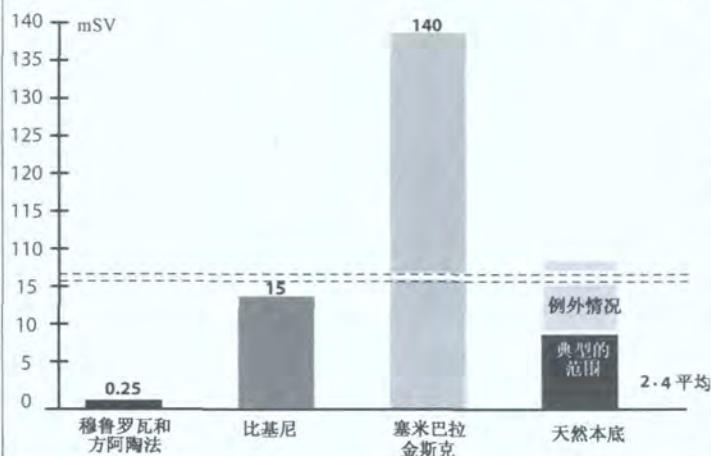


俄罗斯联邦的北极海。

1993年,俄罗斯联邦总统办公室就前苏联在喀拉海倾倒放射性废物一事提出报告。随后估计的已被倾倒的放射性物质数量巨大:约37 PBq。俄罗斯的公告不仅仅引起了 IAEA 对其负有特定技术义务的《防止倾倒废物和其他物质污染海洋公约》的缔约国的极大关注,还引

起了其他许多国家的关注。因此,实施了一个国际评价项目,并于最近完成。(见第18页的文章。)虽然已倾倒的放射性物质数量很大,但该项目的结果并不让人担心公众的健康和安全。该研究认为,主要是因为海洋的水体有极大的分散能力并且喀拉海离得很远,人类可能受到的辐射剂量是微不足道的。只有在倾倒场附近的峡湾巡逻的军事人员,估计才有可能受到高出天然本底水平的剂量。

冷战残留物所致的最大年辐射剂量



该图表示居住在 IAEA 研究过的场地上的假想个人可能会接受的最大年辐射剂量。应该指出,不顾条件地乱比较这些研究结果会使人发生误解,这是因为这些核试验和进行核试验的场地的特点不同,以及所作的假设也有差别。

作为参考,该图还示出了每年的天然本底剂量。剂量用 mSv 表示,细述如下。

辐射剂量系指每单位质量物质从辐射中吸收的能量。就辐射防护而言,它要用两个因子进行加权。一个因子考虑不同类型的辐射引起健康效应的效力不同。另一个因子考虑人体不同器官对辐射的敏感度不同。剂量的单位是焦耳每千克,希沃特(Sv)则用作加权后剂量的单位。上图中使用的是 mSv。个人受到的来自天然本底辐射的全球平均剂量为 2.4 mSv。

次。其中,541 次为大气层核试验,1867 次为地下核试验。这些核试验的总当量*为 530 兆吨。其中 440 兆吨来自大气层核试验,90 兆吨来自地下核试验。该当量系指核爆炸产生的能量。根据已知的当量和其他试验特性,科学家们能够确定核试验所产生的放射性残留物的活度*和同位素组成。

在大气层中爆炸的 440 兆吨当量,释入环境的放射性高达数千艾贝可(EBq)。(见第 6 页的表。)它在大气

中分散开,并以落下灰的形式沉降下来,一部分在当地,一部分在全球。(见第 9 页的方框。)

在地下爆炸的 90 兆吨当量所产生的放射性残留物,基本上包含在地质介质里。但是,它们或许会在若干世纪内穿过陆界,最终进入环境。(见第 8 页的方框。)

核试验产生的放射学遗产是一幅多方面的图画。主要原因是,除了大气层核试验所产生的当地落下灰带来的残留放射性物质外,核武

器安全性试验也带来残留放射性物质。此外,放射性遗产还包含放射性残留物的可能迁移和与已进行的地下核试验相关的泄漏。

武器用材料的生产

生产核武器涉及到要给裂变装置提供大量的富集铀或钚,给聚变装置提供大量的氘和氚。军用燃料循环与核发电和平计划用燃料循环是类似的:铀矿的开采和水冶,铀的富集,燃料的制造,材料生产堆的运行,以及主要是为了分离钚而进行的燃料后处理。两者的主要区别在于和平核计划通常要接受独立的监管机构的监督和仔细检查,军用计划通常则不接受监督和检查。

在生产核武器用材料的

* 放射性物质的活度(或放射性)表示发出辐射的放射性核素发生核转变的速率。它是该种物质内单位时间中发生的转变数。活度的单位是秒的倒数,称作贝可勒耳(Bq)。鉴于 1 Bq 表示的活度很小,故使用下述倍数单位:1000 Bq 或千贝可(kBq); 1×10^6 Bq 或兆贝可 MBq; 1×10^9 Bq 或吉贝可(GBq); 1×10^{12} Bq 或太贝可(TBq); 1×10^{15} Bq 或拍贝可(PBq); 1×10^{18} Bq 或艾贝可(EBq)。为了体会贝可勒耳的大小值,我们引用食品标准委员会的建议,即每千克食品中的放射性最好不超过约 1000 贝可的铯,或 1 贝可的钚。

“核 实 验”

核实验有两类：核试验和安全性试验。

■ **在核试验中**，核装置爆炸，并释放大量能量。爆炸是由核裂变、核聚变或两者的结合引起的。

—— **在裂变装置里**，使铀-235和钚-239之类的两块次临界易裂变材料合在一起，成为一个超临界体。重原子核被分裂成两部分（裂变产物，这些裂变产物随后发射中子），这一过程释放出能量相当于原始核的静止质量与裂变产物及中子的静止质量之差。

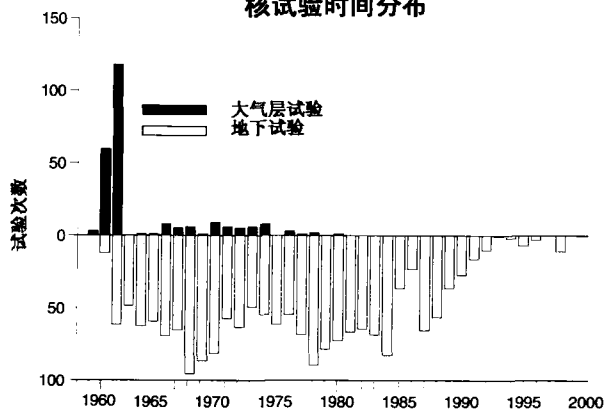
—— **在聚变装置里**，低原子序数的原子核聚合成较重的原子核，同时释放大量能量。该反应在极高温度下才能达到自持。高温是借助内部的裂变装置获得的，含氢的轻材料（诸如氘和氚化锂）围在裂变装置的周围。

■ **在安全性试验中**，即将完全研制成的核装置要经受模拟事故条件的考验。在这种试验中，核武器芯部被常规炸药破坏，不释放或在某些情况下释放很少量的裂变能。核试验的放射性残留物是裂变产物和聚变产物，安全性试验的放射性残留物却是可裂变材料本身。

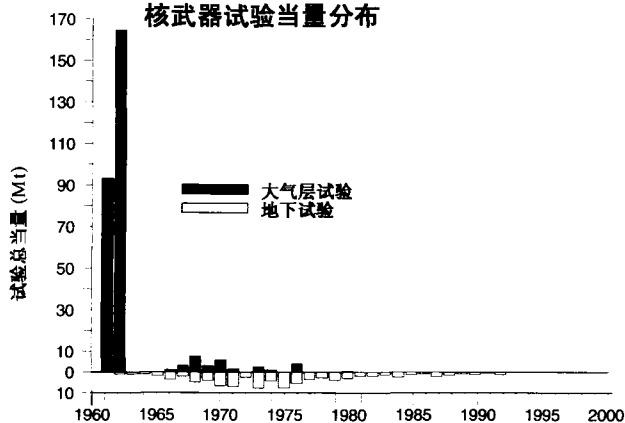
核试验和安全性试验在大气层和地下都进行过。

下表和图是与1960年以来进行过的核试验有关的数据。该表列出了大气层核试验产生、释入大气层和分散到全球的19种放射性核素的数据。这些数据指出了裂变装置和聚变装置的归一化释放量，以及全球核试验释放的总活度。

核试验时间分布



核武器试验当量分布



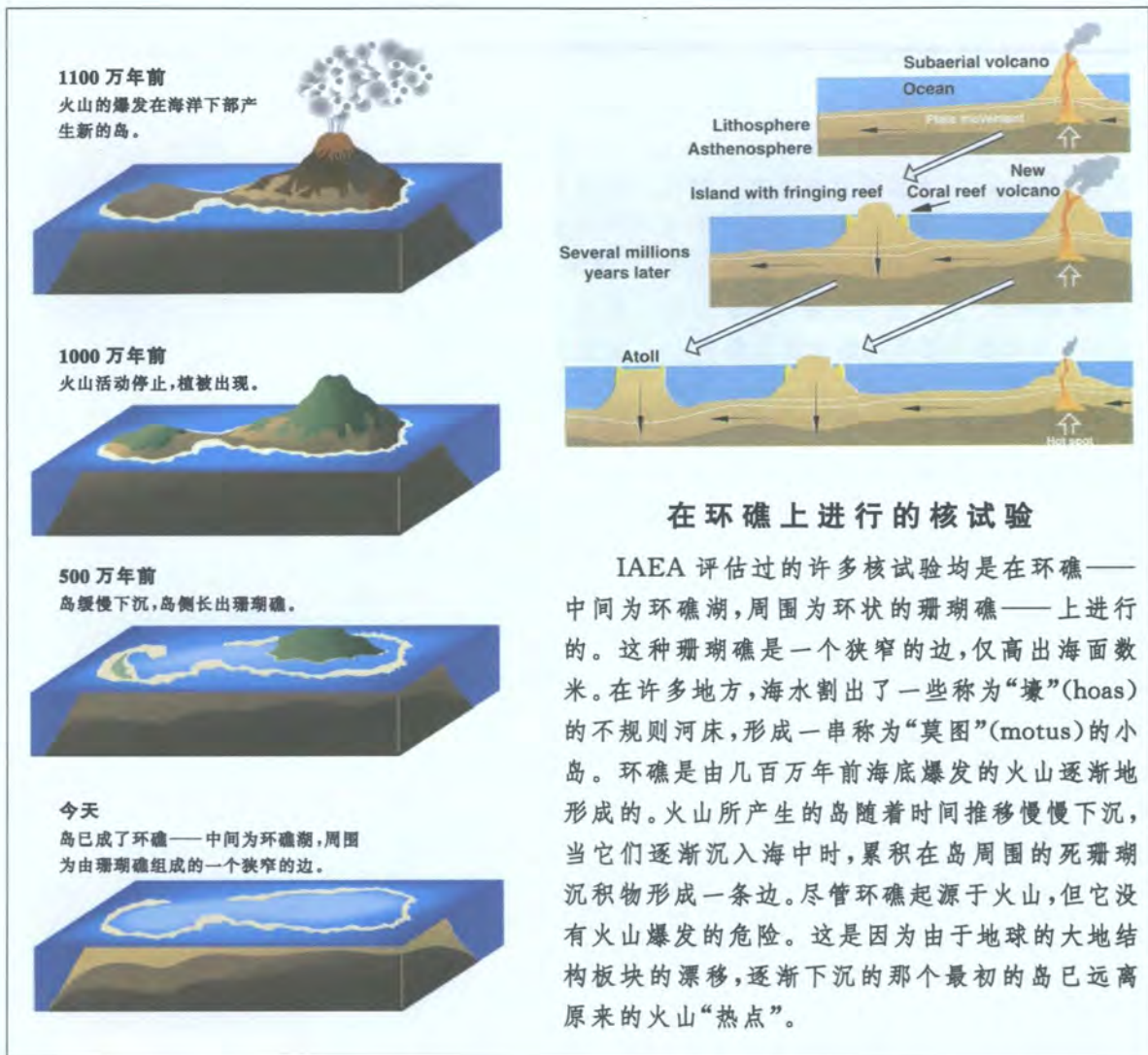
大气层核试验产生的放射性核素的活度

估计的活度
(不包括当地的落下灰)

估计的活度
(不包括当地的落下灰)

| 放射性核素/半衰期 | 归一化释放量 (PBq/Mt) | | 全球核试验释放的总活度 (EBq) | | 放射性核素/半衰期 | 归一化释放量 (PBq/Mt) | | 全球核试验释放的总活度 (EBq) | |
|--------------|-----------------|------|-------------------|----|---------------|-----------------|----|-------------------|----|
| | 裂变 | 聚变 | 裂变 | 聚变 | | 裂变 | 聚变 | 裂变 | 聚变 |
| 氟 12.32年 | 0.026 | 740 | 240 | | 铯-125 2.73年 | 3.38 | — | 0.524 | |
| 碳-14 5730年 | — | 0.67 | 0.22 | | 碘-131 8.02天 | 4200 | — | 651 | |
| 锰-54 312.5天 | — | 15.9 | 5.2 | | 铯-137 30.14年 | 5.89 | — | 0.912 | |
| 铁-55 2.74年 | — | 6.1 | 2 | | 钡-140 12.75天 | 4730 | — | 732 | |
| 铯-89 50.55天 | 590 | — | 91.4 | | 铯-141 32.50天 | 1640 | — | 254 | |
| 铯-90 28.6年 | 3.90 | — | 0.604 | | 铯-144 284.90天 | 191 | — | 29.6 | |
| 钷-91 58.51天 | 748 | — | 116 | | 钚-239 24100年 | — | — | 0.00652 | |
| 锆-95 64.03天 | 922 | — | 143 | | 钚-240 6560年 | — | — | 0.00435 | |
| 钨-103 39.25天 | 1540 | — | 238 | | 钚-241 14.40年 | — | — | 0.142 | |
| 钨-106 371.6天 | 76.4 | — | 11.8 | | | | | | |

注：为简化起见，假设所有的碳-14均来自聚变。来源：UNSCEAR。



在环礁上进行的核试验

IAEA 评估过的许多核试验均是在环礁——中间为环礁湖，周围为环状的珊瑚礁——上进行的。这种珊瑚礁是一个狭窄的边，仅高出海面数米。在许多地方，海水割出了一些称为“壕”(hoas)的不规则河床，形成一串称为“莫图”(motus)的小岛。环礁是由几百万年前海底爆发的火山逐渐地形成的。火山所产生的岛随着时间推移慢慢下沉，当它们逐渐沉入海中时，累积在岛周围的死珊瑚沉积物形成一条边。尽管环礁起源于火山，但它没有火山爆发的危险。这是因为由于地球的大地结构板块的漂移，逐渐下沉的那个最初的岛已远离原来的火山“热点”。

这种循环的不同阶段，尤其是燃料后处理和分离钚期间，都会释放放射性核素。

在美国，核武器材料生产厂包括俄亥俄州的费尔南特工厂(材料处理)、田纳西州的橡树岭工厂(富集、分离和实验室)、科罗拉多州的洛基弗拉茨工厂(核武器部件的制造)、华盛顿州的汉福德工厂(生产钚)和南卡罗来纳州的萨凡纳河工厂(生产钚)。在俄罗斯联邦，核武器

材料生产厂包括建在车里雅宾斯克、克拉斯诺雅尔斯克和托木斯克的许多工厂。在联合王国，相应设施包括斯普林菲尔德工厂(铀加工和燃料制造)、卡彭赫斯特工厂(富集)、塞拉菲尔德工厂(生产堆和后处理)、奥尔德马斯顿工厂(武器制造)和哈威尔研究中心(研究)。钚生产堆最初是塞拉菲尔德的两座石墨慢化气冷堆，通称温斯科尔堆，后来是建在塞拉菲尔

德厂区的考尔德豪尔堆和建在苏格兰的佩尔克罗斯堆。1957年，温斯科尔反应堆之一发生众所周知的火灾，导致放射性核素释放。在法国，名为 EL1 或 Zoé 的第一座实验性反应堆在 1948 年达到临界，一座中试规模的后处理厂则于 1954 年投入运行。第二座实验性反应堆 EL2 建在萨克莱中心。从 1956 年至 1959 年，三座大型生产堆开始在罗纳河旁的

地下核武器试验

地下核武器试验始于1951年。大量的地下核试验是在1963年后，即部分核禁试条约禁止大气层试验后进行的。虽然《全面核禁试条约》尚未获得所有国家的批准，但它可以有效地停止地下核武器试验。

地下核试验的总次数已大大超过大气层核试验，但它们的总爆炸当量远小于后者。大多数地下核试验的当量都比较低，特别是在试图把放射性碎片封闭起来的场合。在短期内，像偶而发生的那样的，只有在试验后发生气体泄漏或扩散时，环境才可能受到污染。

有几次试验涉及到同时引爆置于同一或分开的钻孔或平峒里的几份核装药。做这些所谓的“同步”试验旨在提高效率和经济性。这些试验还使人们不易根据远距离的地震测量结果探知核试验。

据 UNSCEAR 的统计，各国进行过的地下核试验的总数为1867次。虽然各次核试验的

当量没有全部获得，但估计总当量为90兆吨。人们希望获得发生过泄漏的那些核试验的更完整的数据，以及因此而扩散到环境中的放射性物质总量的估计数字。

地下核试验通常是在地下数百米深处地质上合适的基岩中进行的，但也有些是在不合适的场所进行的。

每次爆炸均会产生高温和高压：

在数十微秒内，核反应完成。辐射能能使岩石气化，导致压力陡增并产生强冲击波。

在数百微秒内，冲击波使周围的岩石变形，所产生的热使周围的土壤和其他物质气化

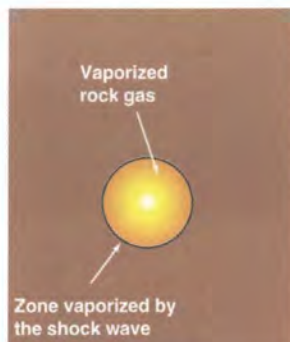
和熔化。

在数十毫秒内，空腔稳定下来，熔岩集中于空腔底部，呈透镜状（通称“弯月液面”），捕集着大部分非常难熔的放射性核素。

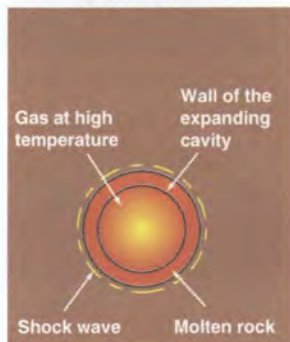
在数分钟至数小时内，熔化岩石固化，空腔顶部塌落，形成一个大体上呈圆柱形的空穴。熔化的土壤冷却后固化成玻璃状熔岩。填满碎石的空腔最终充满从周围土壤中渗出的水。

与地下核试验有关的许多残留放射性物质被捕集在这种熔岩里。但是，有些放射性核素沉积在碎石表面，因而可以与空腔中的水进行交换。

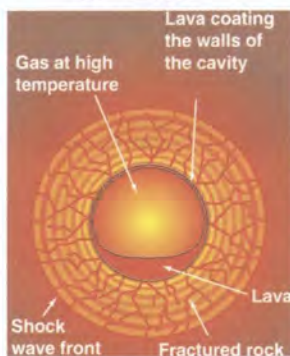
数十微秒后



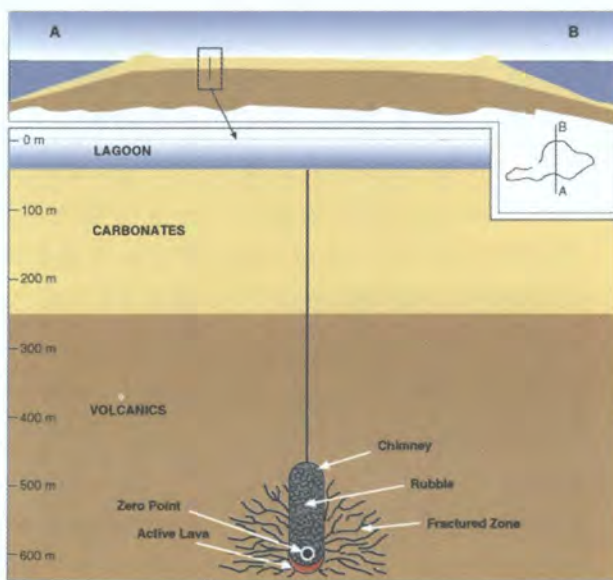
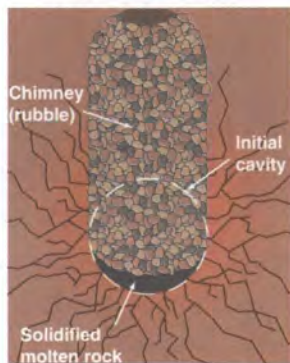
数百微秒后



数十毫秒后



数分钟至数小时后



图：在环礁上进行的地下核试验。

大气层核武器试验

大气层核试验是在地面和高于地面的不同场所进行的。采用过的方式包括装在塔上、固定在海面驳船上、气球悬挂、飞机投掷和高空火箭发射等。

1951—

1958年和1961—1962年为大气层核试验高峰期。1959年，试验暂停过。1960年，大体上保

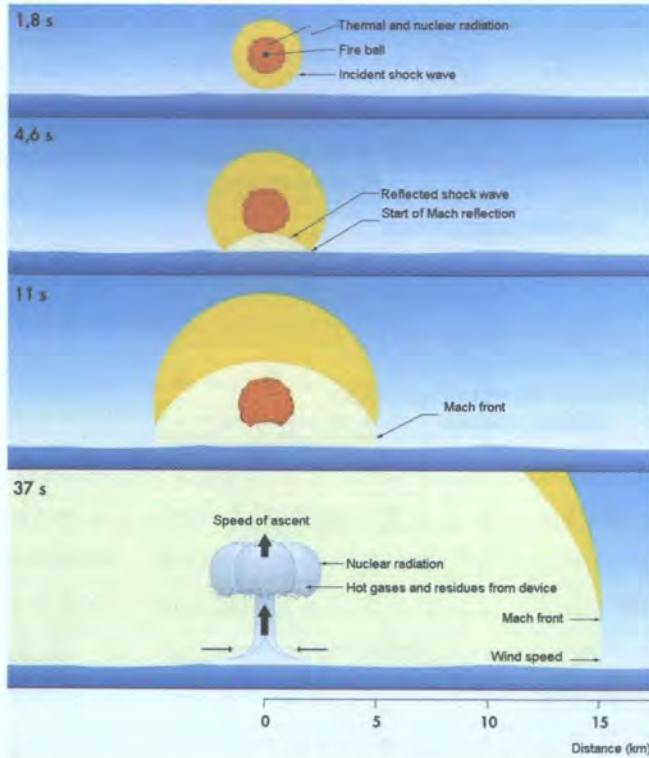
持暂停。就总爆炸当量而言，最重要的核试验年份是1962、1961、1958和1954年。

所有国家进行过的大气层核试验的总数是541次，其总当量是440兆吨。其中25次大气层核试验的爆炸当量约占全部核试验总爆炸当量的66%。

随着爆炸高度的不同，放射性残留物曾进入当地的、地区的或全球的环境。就来自人造辐射源的剂量而言，它们使人类受到了最大的集体辐射剂量。

放射性残留物。来自大气层核试验的放射性残留物，分布在当地地面或水面和大气层的对流层及同温层里。残留物的沉降取决于试验的类型、地点和当量。

沉积在试验场上的放射性残留物，称为当地落下灰。其余的残留物广泛地散布在大气层中，称为对流层落下灰和同温层落下灰。



来自地面(或水面)核试验的当地落下灰能够占到所产生放射性残留物的50%，并且包含较大的放射性悬浮颗粒。这些颗粒沉积在试验场的约100公里范围内。通常，当爆炸高度足够高时，爆炸产生的火球不会接触到地面。这会使当地落下灰大大减少。(见

图。)

对流层落下灰由较小的气溶胶组成。它们在爆炸后不会穿过对流层并且在长达一个月的平均滞留时间里沉积。在此期间，碎片遵照受风型支配的流轨在所射入的纬度带里分散开(虽然混合得并不很好)。从人受照射的观点看，对流层落下灰对于半衰期为数天至两个月的放射性核素来说是重要的。

同温层落下灰占全部落下灰的相当大一部分，它来自被带入同温层的颗粒。这些颗粒后来就成为全球落下灰，大部分位于所射入的半球。同温层落下灰占全球长寿命裂变产物残留物的大部分。

最近几年，人们又提供了一些大气层核试验的细节。尤其是对核爆炸的次数和当量进行了调整，并得到了从当地落下灰沉积下来的放射性残留物的估计值。

马库尔联合厂投入运行。这些气冷石墨慢化反应堆分别运行到 1968、1980 和 1984 年。马库尔厂区还建有一座工业规模的后处理厂,1958 年开始运行。另外两座后处理厂建在法国北部的阿格。

中国的第一座实验性反应堆建在北京,铀富集厂建在甘肃省兰州。生产堆于 1967 年投入运行,后处理厂则于 1968 年投入运行。铀的生产和后处理在甘肃省酒泉的联合企业内进行,那里还从事武器的装配。铀的生产和后处理在四川省的广元进行,那里的设施更大。

世界上的某些核武器材料生产基地,同时还从事与和平核动力计划有关的活动。在有些生产基地,正在从事核武器的拆解工作。

某些设施在头几年的运行期间,当满足生产进度的压力较高且管制措施有时较松时,曾向环境释放了较多的放射性残留物。此外,许多事故增加了放射性残留物的释放量,尤其是前苏联的一些设施。(见第 11 页的方框。)

我们并不完全知道由核武器材料生产造成的放射性残留物的总量。UNSCEAR 将继续收集和公布各国提供的信息。

展望

最近的发展使人们对冷

战放射性残留物的产生和处理持乐观态度:

■ 1995 年 9 月 22 日, IAEA 大会审议了核武器试验的放射学后果问题。在一项具有历史意义的决议中,大会呼吁所有有关国家“尽到自己的责任,即确保进行过核试验的场地得到仔细的监测并采取适当的措施避免这类核试验的后果对健康、安全和环境的有害影响”。

■ 1998 年 9 月, IAEA 大会提醒大家注意其 1995 年的决议并欢迎关于穆鲁罗瓦和方阿陶法的那项研究的令人鼓舞的结论,然后强调指出,不应把这些结论用于为核武器的研制和试验辩解。大会并请 IAEA 总干事就该领域的相应发展提出报告。

■ 1998 年, IAEA 大会再次促请所有国家都成为《全面核禁试条约》的缔约国。它还促请所有国家(特别是有能力生产易裂变材料的国家)支持为缔结禁止生产核武器或其他核爆炸装置用易裂变材料条约(FMT)而进行的谈判。裁军会议最终已同意开始谈判 FMT。

■ 出席 IAEA 1998 年大会的美国和俄罗斯的代表商定,在 10 个俄罗斯核城市中建设一些商业企业。按照该项协定,美国将向 10 个俄罗斯核城市提供其私营企业的

经验,并且让美国私营部门的企业与俄罗斯的相应部门在商品的制造和销售方面结成对子。将在美国的核城市(诸如汉福德和橡树岭)试用类似的做法。

■ 挪威和俄罗斯最近签订的一项协定,在若干领域建立了合作关系。它涉及使核动力潜艇乏燃料退役;使位于科拉半岛摩尔曼斯克安德烈瓦湾的临时贮存设施投入运行;使位于车里雅宾斯克的和位于阿尔汉格尔斯克州北德文斯克造船厂的放射性废物中间贮存设施投入运行;以及拆除位于摩尔曼斯克的浮动构筑物,那里目前贮存着 600 多根来自核动力舰船的危险的受损乏燃料元件。

IAEA 将继续在全球的这种不断发展的框架范围内工作,帮助各国处理冷战的放射学遗产。令人感到鼓舞的是,一些与环境保护有关的非政府组织支持 IAEA 所从事的这些工作。*

在 1998 年举行的“关于穆鲁罗瓦和方阿陶法环礁放射学状况研究的会议”上, IAEA 总干事穆罕默德·埃勒巴拉迪概述了机构的作用。他说,虽然安全方面的责

* 在 1998 年举行的 IAEA 关于穆鲁罗瓦研究的会议上,国际绿色和平组织的代表称,“这项研究有可能作为对前核试验场进行的类似研究的样板”。

前苏联的核材料生产

前苏联的三个地点是核武器材料的主要生产中心。

■ 马雅克核材料联合企业位于靠近顿尔齐阿斯湖东岸的克什特姆市和卡斯里市之间的车里雅宾斯克地区。几座生产钚的天然铀石墨反应堆和一座后处理厂于1948年开始运行。1949—1956年期间,较大的放射性材料被排放到附近的捷恰(Techa)河里。60年代初期对排放采取了控制措施,而早先未曾这样做过。1949—1956年间,作为流出物排放到大气中和捷恰河中的裂变产物和钚同位素的活度超过100 PBq。1951年4、5月间,严重的河水泛滥污染了用于放牧和翻晒干草的泛滥平原。1956年,该河上游地区的居民迁到新的居住地,受污染最严重的那部分泛滥平原则被封了起来。然而,对于某些居民来说,捷恰河的这种污染迄今为止仍然是一个明显的照射源。

1957年9月29日,装有液态放射性废物的贮存罐的冷却系统发生故障,引起化学爆炸和大量放射性核素的释放。在车里雅宾斯克、斯维尔德洛夫斯克和秋明地区扩散到厂外的总活度约为74 PBq。与马雅克联合企业的运行有关的放射性残留物所造成的另一次污染发生于1967年,当时一直用于处置废物的卡拉恰伊湖的水位下降,而风又使沿岸受污染的沉积物重新飘起。

■ 克拉斯诺亚尔斯克核材料生产联合企业距

克拉斯诺亚尔斯克市区约40公里。克拉斯诺亚尔斯克的第一座直流式反应堆于1958年投入运行,第二座反应堆于1961年投入运行,第三座闭路式反应堆于1964年投入运行。一座对辐照燃料进行后处理的放射化学工厂于1964年投入运行。从克拉斯诺亚尔斯克联合企业排出的放射性废物流入叶尼塞河。从克拉斯诺亚尔斯克市到河口,约2000公里长的下游河道都发现有痕量污染。1992年,克拉斯诺亚尔斯克联合企业的三座反应堆中有两座停止运行。这大大减少了排入叶尼塞河的放射性废物量。

■ 托木斯克联合企业位于托木斯克城以北15公里、托木河的右岸。它于1953年投入运行,是俄罗斯联邦生产钚、铀和超铀元素的最大联合企业。托木斯克联合企业有几座天然铀-石墨生产堆,有浓缩和燃料制造设施,还有一座后处理厂。液态废物中的放射性核素被排入托木河,然后流入鄂毕河。1990—1992年间,托木斯克联合企业有三座反应堆停止运行,大大减少了排入托木河的放射性废物量。

1993年4月6日,放射化学工厂发生一起事故,导致放射性物质大量释放。IAEA评估过这起事故的放射学后果。在东北方向形成过长35—45公里的狭窄的低放射性污染带。格鲁吉夫卡村是这一污染带中仅有的居民区。

任主要落在各国政府身上,但IAEA通过三项补充性的活动起到了十分重要的作用:“制定具有法律约束力的国际协定并为它们的实施提供服务;制定内容包罗万象的全套非约束性安全标准以及在这些标准的适用方面提供援助”。

埃勒巴拉迪博士说,IAEA在放射学评估方面的作用“当然会是客观的和科学可信的”。他强调指出,机构将一如既往地准备对该领域的进一步请求作出响应。

后记:在1998年后期,阿尔及利亚政府向IAEA提出了开辟一个技术合作项目的请求,其任务是“量化[在阿尔及利亚]进行过的核爆炸所引起的放射性污染,评价放射性对当地居民的影响和制定一个对前核试验场进行监测的计划”。该项请求已于1998年12月提交给IAEA理事会,并赢得理事会的赞同。

与此同时,国际社会正在着手更多地了解冷战的另一项潜在的放射学遗产:曾

经用于军事目的、现处于失控和废弃状态的强辐射源。格鲁吉亚共和国在发生一起放射学紧急情况之后最近请求IAEA提供援助。他们找到了两个强辐射源,一个被遗弃在河岸上,另一个无屏蔽的源遗弃在边境小镇附近的农村。

在过去的一年里,格鲁吉亚的主管部门报告说,它们已找到50多个被遗弃的很可能来自军事部门的辐射源。 □