

切尔诺贝利事故后十年： 决策的基础

大型国际大会总结对切尔诺贝利事故主要后果的科学认识

结果要点

尽管在过去的十年里已对1986年4月26日发生的切尔诺贝利悲剧性事故知道很多,但仍有些重要问题有待解决。为给国际社会正在进行的援助建立事实框架,国际原子能机构(IAEA)、欧洲委员会(EC)和世界卫生组织(WHO)于1996年4月联合举办了一次大型国际大会,总结对这起事故后果的科学认识(见附框)。大会结束时,发表了一份在下列材料的基础上形成的“结果总结”:大会报告和主旨报告;专家委员会准备的背景文件和大会对文件的讨论;以及每一技术专题会议的结论。大会联合秘书处建议,将“总结”用做旨在减轻切尔诺贝利事故后果的未来工作和合作的决策基础。以下主要介绍《大会结果总结》*要点。

从反应堆中抛出的物质,并且随后建造一个被称为“石棺”的封隔构筑物(于1986年11月建成)以包容反应堆堆芯的残留物。

对这一事故的初始响应是由众多的临时工作人员(包括该核电厂操作人员、诸如消防员和军人等应急志愿人员,以及许多非职业人员)进行的。在俄语中,所有这些工作人员被称为ЛИКВИДАТОР(清理人员)。在1986—1987年间,约有200 000清理人员在切尔诺贝利地区工作,那时是辐射照射最高的时期。他们是登记在册的涉入与减轻事故后果有关的活动的约600 000至800 000人中的一部分。他们包括参与事故后清理(包括反应堆周围的清

对事故的初始响应

当时不得不采取一些应急措施,以便将放射性物质的释放置于控制之下,对付

* 总结全文包含在正由IAEA出版的“大会文集”中。





切尔诺贝利事故的深远影响远远超过了其放射学影响,尽管后者常常受到最大关注。受这起事故影响最重村镇的居民仍然面临的问题中有许多与其他因素有关,因而需要进一步研究和更多资源来解决。

左页:围绕30千米隔离区的铁丝网。本页从左上顺时针,在乌克兰,医生正在为儿童检查身体;30千米隔离区内一农场,那里曾被疏散的一些居民自愿返回家园;白俄罗斯的村民学习如何测量家中的辐射水平;切尔诺贝利核电厂鸟瞰图,右侧为石棺;农民收到有关辐射评价结果的资料。

(来源:Mouchkin/IAEA; Pavlicek/IAEA; 白俄罗斯政府; Eric Voice)

理,石棺的建造,去污,修路,以及受污染建筑物、森林和设备的拆毁与掩埋)的人员,以及许多曾在被定为“受污染”区域工作和普遍接受了低剂量的其他普通人员。

1986年4月27日至8月中旬,约有116 000居民从他们在切尔诺贝利核电厂周围区域的家中被疏散。其目的在于保护他们免受辐射照射。划定了一个所谓的“隔离区”(其中包括剂量率最高的区域),禁止公众进入。苏联解体后,在白俄罗斯和乌克兰这两个分化出来的独立国家这种隔离作法被保持下来。隔离区的总面积为4300平方千米。

放射性物质的释放和沉积

这起事故中释放的所有放射性物质的总活度,目前估计约为 12×10^{18} Bq,其中 6×10^{18} — 7×10^{18} Bq来自惰性气体。事故发生时,反应堆中约3%—4%用过的燃料以及高达100%的惰性气体和20%—60%的挥发性放射性核素被释放出来。放射性的这个目前估计值高于1986年估计值。1986年估计值是前苏联主管部门在总计沉积于前苏联各共和国内的放射性物质活度的基础上得出的。但是,对该源项的这一再评价不会改变个人剂量估计值。

这起事故中释放的放射性物质的放射性核素组成是复杂的。碘和铯的放射性同位素具有最重要的放射学意义:碘同位素放射性半衰期短,在短期内有较大的放射

学影响;铯同位素半衰期约为几十年,在长期内有较大的放射学影响。所释放的主要放射性核素量的活度估计值如下:碘-131:约 $(1.3-1.8) \times 10^{18}$ Bq;铯-134:约 0.05×10^{18} Bq;铯-137:约 0.09×10^{18} Bq。这些数值相当于事故发生时反应堆堆芯所含碘-131总量的约50%—60%,和两种放射性铯同位素的20%—40%。

放射性物质的沉积。释入空气的放射性物质广泛分散,并最终沉积于地球表面。实际上在整个北半球都可测到这种物质。

大部分放射性物质沉积在核电厂周围的区域,各处的沉积密度有很大差别。核电厂周围白俄罗斯、俄罗斯联邦和乌克兰铯-137活度水平超过 185 kBq/m^2 的土地面积,估计分别为16 500平方千米、4600平方千米和8100平方千米。

辐射剂量

在1986—1987年间参与事故后果“清理”工作的200 000人接受的平均剂量约为100 mSv。其中约10%的人接受的剂量约为250 mSv;百分之几的人接受的剂量大于500 mSv;然而,也许最初响应事故的几十人,接受了数千毫希沃特的潜在致死剂量。

1986年从隔离区疏散的116 000人

** 辐射剂量是单位组织质量内被组织吸收的,并被辐射类型的有效性和体内各种组织的辐射灵敏度加权的能量的量度。其单位是希沃特(Sv),小单位为毫希沃特(mSv),或1希沃特的千分之一。顺便提到,天然本底辐射造成的全球年平均辐射剂量为2.4 mSv,但有相当大的地理上的差异。因此,在标准寿命70年内,每个人将接受由天然本底辐射造成的平均剂量 $2.4 \text{ mSv} \times 70 = 170 \text{ mSv}$ 。

* 给定的某种放射性核素的量用“活度”量表示,这个量相当于单位时间发生的释放辐射的自发核转变的数目。其单位为秒的倒数(S^{-1}),称为贝可勒尔。

关于“切尔诺贝利事故后十年:总结事故后果”国际大会

Malcolm Crick

1996年4月
8—12

日,在维也纳国际中心,国际原子能机构(IAEA)、欧洲委员会(EC)和世界卫生组织(WHO)联合举办了一次国际大会,以总结对切尔诺贝利事故的主要社会、健康和环境后果的科学认识。参与这次大会组织工作的还有联合国(通过其人道主义事务部(UNDHA))、联合国教科文组织(UNESCO)、联合国环境计划署(UNEP)、联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)、联合国粮农组织(FAO),以及经济合作与发展组织(通过其核能机构(OECD/NEA))。



大会主席德国环境部长 Merkel 博士,在这次于维也纳召开的与会者众多的国际切尔诺贝利大会上与同事交谈。(来源: Pavlicek/IAEA)

约 800 名核能、辐射安全和保健领域的科学家及政府官员,以及 200 多名传媒代表参加了这次大会。与会者包括来自三个受事故影响最重国家——白俄罗斯、俄罗斯联邦和乌克兰——的高层政府代表,以及来自近 90 个成员国和政府间组织的代表。

大会主席是得到由资深科学家组成的主席团协助的,德国环境、自然资源保护和核安全部部长 Angela Merkel 博士。由白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰高级专家组成的顾问委员会,监督了这次大会的组织和进行。

大会主要活动是组织了一系列专题会议。在这些会议上,专家们审议了迄今所做的工作的成果,其中包括两次大型国际大会(一次于 1995 年 11 月由 WHO 主办,另一次由 EC 主办于 1996 年 3 月在明斯克召开)的结果。大会还审议了大会一周前在维也纳举行的 IAEA/UNDHA 核安全问题国际论坛的结果。IAEA 总干事汉斯·布利克斯,WHO 总干事 Hiroshi Nakajima, EC 科学、研究与发展部总干事 H. Tent 和 UNDHA 部长 M. Griffiths 在开幕式上讲了话。大会另一个主要内容是,白俄罗斯总统 A. 卢卡申科、俄罗斯应急部部长 A. Shoigu,以及乌克兰总理 Y. 马尔丘克作国家发言。

在简要情况研讨会上,UNESCO、UNSCEAR、FAO、OECD/NEA,以及德国、日本和美国的组织的代表,就切尔诺贝利事故后重大的双边援助项目的结果,发表了 7 篇主旨报告。

技术专题讨论会主要包括 8 次单独的有一系列社会、健康和环境问题的专题会议。所讨论的课题包括临床观察到的健康效应;甲状腺效应;较长期的健康效应;包括心理压力和忧虑之类的心理效应在内的其他与健康有关的效应;环境后果;社会、经济、体制和政治影响;核安全补救措施;客观地评价后果及对未来的预测等。顾问委员会任命的包括白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰专家在内的高级专家委员会,事先为每个专题会议准备了背景文件。在每个专题会议上,都由报告人介绍相关的背景文件和大字报会上展示的任何相关科学论文。接着进行的公开讨论会是极其令人鼓舞和活跃的。每个专题会议的结论都向主席团汇报,并在技术专题讨论会最后会议上总结。除全体讨论会外,还展示了约 181 份个人科学大字报及 12 个重要项目的技术展品。最后一天,与会者与传媒、科学界和政府的代表举行了非常热烈的小组讨论。人们进一步探讨了公众对切尔诺贝利事故后果的认识,并试图找出公众与专家在认识上存在差异的原因。

包括会议结果总结在内的大会文集正由 IAEA 出版中。有关资料也可通过《IAEA 的世界原子》国际互联网服务器(<http://www.iaea.or.at/worldatom/thisweek/preview/chernobyl>)获得。

Crick 先生是 IAEA 核安全司职员,曾任这次大会的科学秘书。

已受到辐射照射,其中不到 10%的人接受了高于 50 mSv 的剂量,不到 5%的人接受了高于 100 mSv 的剂量。

释出的放射性碘使甲状腺体接受辐射剂量。^{***}碘通常通过食入食物(主要是被污染的牛奶)和吸入最初的放射性烟羽而进入血液中,并积累在甲状腺体上。预计对甲状腺造成的剂量要比对其他身体器官造成的剂量高得多,尤其是对儿童。

联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)已对因这起事故给北半球各国人民造成的长期剂量,包括各国人民的平均剂量进行了评价。UNSCEAR 估计,因这起事故造成的前苏联以外各国人民的个人剂量如下:各国第一年最高平均剂量为 0.8 mSv;到 2056 年的 70 年内欧洲地区最高平均待积剂量估计为 1.2 mSv。在国际切尔诺贝利项目中,人们估计从 1986 年到 2056 年的 70 年内,生活在受污染最严重区域的人们的最高待积剂量约为 160 mSv。最近进行的一些更加详细的研究已得出相似的结果。

健康效应

临床观察到的效应。共有 237 名受到职业照射的人员被认为患有可归因于辐射照射的临床综合症,并被送进医院治疗。被诊断为急性辐射综合症(ARS)的有 134 例。在这 134 例病人中,有 28 人因辐射损伤在头 3 个月内死亡。另有 2 人在 4 号机组死于与辐射无关的伤害(还有 1 人被认为死于冠状动脉血栓形成)。

胃肠道损伤是一个受到严重关注的问

题,它在 11 名已接受大于 10 Gy 剂量的患者中造成早期的和致命的肠功能变化。在 28 名死亡的患者中,26 人的死亡与超过 50%全身表面积的皮肤损伤有关。在度过急性期后,又有 14 名患者在过去的 10 年内死亡;然而,他们的死与 ARS 的最初严重程度无关,并且因此不一定——在某些病例中肯定不是——可直接归因于辐射照射。

毫无疑问,这些患者是在当时所能利用的最有经验的医疗中心,得到了在当时知识条件下可能做到的最好的治疗的。然而,当时建议的骨髓移植治疗没有任何益处。以目前的知识,这一点是很容易从这种手术过程固有的免疫学风险、非均匀照射特性,以及辐射造成的其他使问题变得复杂的损伤(如不易处理的肠胃损伤或皮肤损伤)的角度加以理解的。骨髓损伤将来可通过迅速服用造血生长因子得到最好的治疗。然而,这些因子的最佳结合及服用剂量安排尚有待确定。对其他辐射损伤,也有了一些新的诊断工具。它们可能有助于医生更准确地预断病状和更有针对性地进行治疗。

目前,受较严重影响的病人患有包括精神压力效应在内的多种疾病,需要最新的治疗措施和针对二次效应的防范措施。应确保这些患者的保健,并且在今后的 20 到 30 年内应当监测他们的健康状况。在所遇到的疾病类型中,区分可归因于辐射照射的那些疾病与由于受事故影响人群固有的惶惑因素引起的疾病将是重要的。

甲状腺效应。在受影响区域内那些 1986 年时还是儿童的人群中甲状腺癌发病率的明显增高,是迄今为止由切尔诺贝利事故引起的辐射照射对公众健康造成影响的唯一明确证据。(在 1991 年,有关国际切尔诺贝利项目的报告中提到:“预计今后几十年内,甲状腺癌病例会有因放射所致的过量增加。这一风险与事故后头几个月内接受的甲状腺剂量有关……”。)发病率的这种增加已在白俄罗斯观察到,而在乌克兰及俄罗斯联邦这种增加的程度

*** 特定器官接受的剂量通常用戈瑞(Gy)表示。就此处所论辐射类型而言,甲状腺接受的 1 Gy 剂量相当于 1 Sv(加权)的当量甲状腺剂量。

较低。截至1995年末,在诊断时年龄为15岁以下的儿童中已报道的病例数约为800。这些病例中,有400多出现在白俄罗斯。多数诊断的病例已得到国际专家认可。

切尔诺贝利事故之前或其后6个月内出生的儿童中,已观察到甲状腺癌发病率增高。事故后过6个多月出生的儿童,其甲状腺癌发病率戏剧性地降低到在未受照人群中预期的低水平。而且,甲状腺癌的多数病例集中在被认为是因该事故而被放射性碘污染的地区。因此,时间上的和地区性上的分布都明确地说明甲状腺癌的增加与辐射照射有关。此外,由于甲状腺体浓集碘,一种或多种放射性碘同位素被认为是儿童甲状腺癌发病率增加的原因。

按年龄段对照射进行的分析证实了这样的假设,即年龄很小的儿童受到的风险最大。人们现在认为,在童年时期受过照射的人群中甲状腺癌发病率的增加也许会持续下去。这一点将来会增大这个受影响人群中甲状腺癌的普遍性,因而需要适当的资源来对付它。

在目前情况下,照射与甲状腺癌诊断之间最小的潜伏期似乎为4年左右。这一潜伏期比在与急性外照射有关的先前经验的基础上预计的稍短。

迄今,确诊的同类病例中仅有3名儿童死于甲状腺癌。儿童中出现的这些切尔诺贝利事故后乳头状甲状腺癌尽管有侵袭性,但如果应用得当也能用标准医疗程序得到很好的治疗;然而,迄今仍仅获得了短期随访数据。因此为制订最佳疗法,需要对受影响的儿童进行全面的和连续的随访。甲状腺切除术后,给儿童长期服用L-甲状腺素是必须要做的。

可归因于切尔诺贝利事故的甲状腺癌将来的发病率程度很难预测。在剂量估计方面仍有不确定性,并且,尽管不能肯定目前的发病率增加在将来会持续下去,但是很有可能会持续几十年。如果目前的相对高风险持续下去,未来几十年内,儿时接受高辐射剂量的成人中的甲状腺癌发病

率将会大大增加。

将来万一发生事故,应在严格确定的条件下采取得到认可的措施,诸如防止消费受污染食物以及通过分发稳定碘药剂进行碘预防等,来保护处于危险中人群的甲状腺免受放射性碘照射。切尔诺贝利核电厂周围居民历史上一直缺碘,因此在任何情况下都建议通过食用食物中的加碘盐来补碘。

更长期健康效应。除经确认的年轻人中甲状腺癌发病率的增加外,还有一些有关受污染区域居民和清理人员中特别恶性肿瘤发病率增加的报告。然而这些报道不一致,并且,报道的这些发病率增加可能反映了受照人群随访方面的差异,和切尔诺贝利事故后人们作出的偏高推断。总之,这些情况需要进一步的调查研究。

作为罕见疾病的白血病是受辐射照射后产生的一大问题。根据一些(基于日本原子弹轰炸和其他事故幸存者数据建立的)预测模型理论上预测,辐射诱发白血病导致的死亡应该是很少的。在“受污染”地区和“严格控制区”内的710万居民中,因白血病而增加的死亡预计总数约为470人,要把这470人从自发死亡的约25000人中区分开是不可能的。在1986—1987年间从事清理工作的200000清理人员中预计死亡总人数约为200人,而由于白血病自发死亡的人数却是800人。根据目前的模型,预计清理人员中这些因白血病而增加的200例死亡中有150例将在照射后头10年发生,这期间自发发生的为40例。总之,到目前为止,在白血病发病率方面,和除甲状腺癌以外的任何恶性肿瘤发病率方面,均未找到一致的可归因的增加。

* 见 *The International Chernobyl Project: Technical Report, Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures, Part F: Health Impact, Section 3.11.3, p. 389, published by the IAEA (1991).*

用预测模型计算“受污染区域”和“严格控制区”710万居民中因这起事故而造成的致死癌症患者数。结果是,今后85年内这种患者数约为6600人,而由癌造成的自发死亡数为870000例。正如国际切尔诺贝利项目报告已提到的那样,即使进行大规模的和精心规划的长期流行病学研究,也难以辨明公众中将来超出所有癌(甲状腺癌除外)自然发生率或遗传效应的增加量。

据报道,受照人群尤其是清理人员中,除癌以外的若干非特定有害健康效应的频度有所增加。这些调查结果难以解释,因为受照人群的健康状况经历了比一般公众更加细致和有效的随访。任何此类增加如果是真有,或许也反映了紧张和忧虑的影响。

现有的以人口为基础的癌和死亡登记制度应加以改进,并应在适用的地方建立这样的登记制度。此外,应当进行一些专门研究,目的是对报道的还有预测的增加情况(尤其是清理人员中白血病发病率增加情况)进行调查。进行此类研究要采用一些仔细设计过的、统一用于分析各种混淆因素及其影响,和也许用于区别各种混淆因素及其影响的方法。

心理学后果。在过去的10年里,已经实施若干项重要的研究和计划,以确定切尔诺贝利事故的社会和心理影响。这些研究和计划证实了早些时候(包括国际切尔诺贝利项目)得出的结论,即受切尔诺贝利事故影响的人群中,存在明显的心理健康失调和心理症状,如忧虑、抑郁以及可归因于心理压力的各种身心失调。区分切尔诺贝利事故的心理影响与经济艰难和前苏联解体的影响,是非常困难的。

切尔诺贝利事故的心理影响产生于:公众宣传(尤其是事故后立即进行的宣传)不够、搬迁的压力和精神创伤、社会联系中断,以及人们的忧虑,即任何辐射照射正在损害和将来可能损害他们的健康及其子女的健康。事故后几年内未被告知实情的人们,继续怀疑官方的声明,并认为

目前似乎流行甚广的各种疾病必定起因于辐射,这是可以理解的。对辐射风险的这种误解引起的心理压力对人极其有害。

对这起事故的后果缺乏共识以及处理这些后果所用的政治化方法,在公众中造成了广泛的、严重的和持久的心理影响。严重的影响包括感到无助和绝望,导致逃避社会和失去对未来的希望。有关辐射风险、防范措施和一般社会政策的旷日持久的辩论,以及归因于早期照射的甲状腺癌的发生,正在延长这些影响。

急需培养人们对自己改善生活的能力的信心;鼓励能够改善当地条件的小型项目和社区项目,并支持促进有关居民恢复正常生活的组织;提高公众对辐射的健康效应和辐射防护的认识;和扩大、完善和维持社会 and 心理学领域内的地方主管部门、专家和研究者的现有网络。

环境后果

关于对动物和植物造成的直接后果,情况是:在事故后的头几个星期内,一些对辐射敏感的当地生态系统,尤其是被毁反应堆厂址周围10千米内的针叶树和某些小哺乳动物,曾接受致死辐射剂量。到1986年秋天,剂量率已下降99%。到1989年,这些地方的自然环境开始恢复。没有观察到对人群或生态系统有持续的严重影响。长期遗传效应存在的可能性及其意义尚有待研究。

对人类来说,环境污染影响的大小取决于其接受照射的方式。主要方式是来自沉积于地面的放射性物质的外照射,和因消费污染食品而受到的内照射。在事故后的头几个星期内,放射性碘是放射学上最重要的放射性核素。1987年以来,人们接受的辐射剂量大部分来自铯-134和铯-137,小部分来自锶-90,而钷-239对剂量仅有极小的贡献。

正常饮食的几种食品受到放射性物质污染。在事故后初期,牛奶和绿色蔬菜等主要食品曾有超过 WHO/FAO 食品规范委员会现在认为可接受的污染水平(该委员会为国际贸易流通食品规定的最高许可污染水平)。(目前,《电离辐射防护和辐射源安全的国际基本安全标准》全面规定了这些水平。)事故后早期阶段所采取的控制措施的有效性,存在一些问题。

虽然所采取的措施在减少外照射方面效率较低,但对减少放射性物质的摄取量却非常有效。从长远看,恰当地实施农业对策能够减少食物对铯的吸收量。对策的有效性取决于当地的条件,诸如土壤类型等。例如在某些地方,沉积于地面的铯的量较少,然而进入牛奶的铯的量可能较多。一般说来,目前集体农场生产的食物中铯含量没有超出 WHO/FAO 食品规范委员会规定的水平,尽管私人农场主生产的一些食物确实超出了这些水平。

半自然环境,即具有介于有管理的农业土地与自然环境之间特性的环境,可能对人类群体未来的剂量水平有主要影响。放射性核素从土壤向在牧场牧养的奶牛所产牛奶转移的因子可以相差几百倍,这取决于土壤的类型。从半自然牧区、林区和山区牧养的动物得到的某些食品以及野生食品(如猎物、浆果和蘑菇)中的铯-137 水平,在今后几十年内将继续超过、并在某些情况下大大超过食品规范委员会规定的水平,并且很有可能是将来内照射剂量的一个大的来源。

掩埋在切尔诺贝利厂址的放射性物质造成的当地剂量率可能很高。而且,为了有条理地管理这起事故所致放射性残留物的临时处置库,应当考虑当地地下水的长期潜在污染问题。

进一步重新安置居民,其中乌克兰约 53 000 人、白俄罗斯约 107 000 人、俄罗斯联邦约 50 000 人。疏散和重新安置带来了一些严重的、与适应新生活条件的困难与艰辛相关联的社会问题。

“受污染”区的人口指标变得更糟:出生率下降,并且劳动力正从“受污染”地区向“未受污染”区域迁移,造成劳力和专业人员短缺。

当局实施的限制“受污染”区域辐射照射的控制措施,已经制约了工业和农业活动。而且,公众对来自“受污染”地区产品的态度使得产品难于出售或出口,从而使当地收入减少。

对人们的习惯活动施加的限制,使日常生活变得艰难与痛苦。在过去的几年里,已采取一些大的恢复正常生活的行动。然而,有必要向公众提供更多更好的有关为限制事故后果所采取的措施、目前的辐射水平,以及食品中测得的放射性核素浓度的信息。

生活和工作在“受污染”区域的人们的社会和经济状况,主要取决于公众补助金。如要重新审议已生效的补偿制度,一些资金可能要改投到新的工业和农业项目上。

切尔诺贝利事故及采取的那些响应措施所产生的后果因过去几年政治、经济和社会变化而加重,已导致生活质量和公众健康状况下降,并对社会活动产生了不利影响。在事故后的岁月里,对有关事故后果及减轻这些后果所采取措施的不完全和不准确的新闻报道曾使这种形势进一步复杂化。

核安全与石棺

切尔诺贝利事故的主要起因,是反应堆和停堆系统设计方面同时存在着严重缺陷,以及违反操作规程。前苏联主管部门缺乏“安全文化”,结果是此类设计缺陷即

社会、经济、体制和政治影响

从 1990 年到 1995 年末,当局决定进

使事故前已为人所知也得不到补救。

除这些与事故起因直接有关的问题外,RBMK型反应堆(苏联轻水冷却石墨慢化反应堆)核电厂的原始设计还有其他的缺陷。尤其是,第一代 RBMK 型反应堆的原始设计不符合目前的安全目标。局部安全壳等其他缺陷,也需要进一步注意。

根据解决安全问题的动态方案,所有达不到国际可接受的安全水平的核电厂都需要进行适当的改进,或应予以关闭。1991年9月,“IAEA核动力安全:未来战略大会”表达过一种共识,即运行中的老龄核电厂的安全标准应当合理地符合目前的安全目标。积极承诺这一目标,对确保核设施达到可接受的安全水平和增加公众对核能的信心仍是最重要的。

在过去的10年里,对现有的 RBMK 型反应堆核电厂已采取许多旨在增强核安全性的补救措施:切尔诺贝利事故后曾立即采取过多种技术和组织措施,并在1987年到1991年间实施过多种安全性改进措施,这些措施基本上补救了造成这起事故的设计缺陷。在电厂管理、人员培训、无损试验及安全分析等方面,也已取得进展。因此,相同事故情景的重演实际上似乎不再是可能的。然而,不能排除发生其他的可能导致放射性大量释放的事故的可能性。

对所有的 RBMK 型堆核电厂,都有进一步改进安全的计划,以便补救那些与切尔诺贝利事故不直接相关的 RBMK 型反应堆的设计缺陷。这些计划的实施滞后于需要,因为有关国家缺乏必要的资源。

迅速实施已协商一致认为是必要的和已经规划的事项,是各国核计划以及国际合作最优先考虑的事:必须抛开 RBMK 型堆核电厂及早退役的考虑进行必要的安全性改进;必须为提高目前运行中的 RBMK 型堆核电厂的安全性准备更多资源;必须加强各国监管部门及其支助机构的地位。

在切尔诺贝利核电厂进行过与其他 RBMK 型堆机组类似的改进工作。然而,RBMK 型堆机组的安全问题不仅与总的设计缺陷有关,而且也与设备的质量有关。

乌克兰当局关闭切尔诺贝利核电厂其余机组的决定,不是在其剩余运行时间内忽视实施必要安全措施和进行必要改进的理由。

石棺。沿被毁反应堆四周建造的石棺,目前包容约200吨与多种形式的其他物质(主要是尘埃)相混合的已辐照和未辐照核燃料。这些物质中长寿命放射性核素总活度估计为 700×10^{15} Bq。在过去的10年里,石棺已达到为防护目的而规定的目标。然而,从长远看,其稳定性及其封隔屏障质量值得怀疑。结构的坍塌能导致放射性尘埃的释放,使场地受雇人员受到照射。然而预计即使是最坏的情形,也不会产生超出30千米的广泛影响。

人们发现,从发生临界的观点来看,石棺目前是安全的。不能完全排除的是,石棺内存在与水接触时可能达到临界状态的燃料块构型。然而,即使这样一种条件导致石棺内辐射水平增高,预计也不会发生大的场外释放。这种情况对场地工作人员的可能影响有待澄清。

在石棺坍塌引起切尔诺贝利3号机组发生事故的风险大小上,人们的见解相差很大,需就这个问题进行更详细的研究。

其余机组的安全性和石棺的稳定性,并非切尔诺贝利厂址上有待解决的仅有的主要问题。另一些有待解决的问题与发生污染的可能性,尤其是与掩埋在厂址的放射性物质有关。这些问题相互有联系,需要用一体化方案一并解决。所建议在石棺上建造第二个掩蔽体的作法,应当是此方案的一部分。由欧洲委员会资助的在这方面开展的一些活动,已为达成一个一体化方案做出了贡献。目前,这一方案需要加以归纳,应更有效地吸收前苏联一些主管机构的专门知识。为了确保石棺在生态

上是安全的,需要研究和开发一种适当的设计。

费用-效益高的工作方法要求,根据研究进展情况和资金状况采取合适的措施。第一项措施应当是稳定现有石棺。这将大大减小其坍塌风险,并为精心规划进一步的措施(如第二个掩蔽体)提供所需的时间。

展望和预测

这个隔离区的全面恢复,目前是不可能的。其原因有:在居民区附近存在污染“热点”;当地地下水放射性污染的可能性;与石棺可能坍塌相关的危害;以及对饮食和生活方式施加的严格限制。

鉴于与某些假设相关的不确定性,对任何可归因于这起事故的致死和非致死癌总数的估计,都应慎重解释。这是因为这些估计必须依据的那些假定,都有相应的不确定性。然而,此类估计确实提供了长期影响的量的方面的展望,并有助于确定现在和将来需要特别关注的方面(如清理人员中白血病发病率以及生活在“受污染”区儿童中甲状腺癌发病率)。

发生事故时还是儿童的那些人群中出现的甲状腺癌数与在标准甲状腺剂量学和目前的风险预测模型基础上预测的此类癌数之间,存在大的差异。造成这一差异的可能是这起事故独有的、一般未纳入标准模型的几个因素。澄清这些问题以及继续执行探查甲状腺肿瘤的计划都是很重要的。

甲状腺癌发病率的增加,很可能将持续几十年。虽然我们不可能在现有数据基础上肯定地做出预测,但估计1986年时还是儿童的人群中预期的甲状腺癌数约有几千例。如果癌被早期诊断出来并经恰当治疗,那么死亡人数应远低于这一数字。

应当在这些人的整个生命期内,对他们继续进行认真细致的监测。

尽管有了广泛的有关辐射效应的科学知识和医学知识,但在辐射造成的人类健康影响方面仍有一些有待解决的重要问题。继续支持辐射的生物学效应研究是必要的。

经济艰难等多种因素对公众总体(包括因这起事故而受到照射的各种群体)的健康有明显的影响。鉴于前苏联各国疾病和死亡人数普遍明显地增加,正对有关受照射人群的统计资料进行检查,以便排除这些趋势起因于这起事故的误解。

苏联当时困难的社会经济形势、当局为把事故的影响减小到最低限度而采取的对策,和公众对来自持续的放射性污染水平的风险的印象,这三者可能加重了公众对这起事故目前和未来影响的想法。

过去与辐射无关的事故的的经历表明,心理影响可能持续很长时间。事实上,切尔诺贝利事故10年之后,心理症状的发展尚未结束。可以预计,这种影响将随时间推移而变小。然而,有关辐射风险及对策的持续争论,以及早期照射的影响现正变为可见的事实(即儿童甲状腺癌发病率明显增加),都可能延长这些症状。在评估心理影响时,应当考虑到苏联解体产生的心理学效应。任何预测都应考虑这三个国家的经济、政治和社会情况。与心理压力相关的忧虑等症状,可能是这起事故的主要后遗症。

鉴于与大多数“受污染”地区目前辐射水平相关的风险是低的,今后为进一步减少给公众造成的剂量所做的努力而带来的好处,将抵不上经济的、社会的和心理的消极影响。为给人类带来最大的净好处,重要的是要制定一种既考虑实际辐射风险又考虑经济的、社会的和心理的不利因素的战略。另外,还应考虑采取一些可以减轻心理影响的措施。□