

# 切尔诺贝利事故——十年后

## 全球专家澄清有关 1986 年事故及其影响的事实

Abel J.  
González

1986 年 4 月 26 日,乌克兰共和国境内,靠近那个标志着与白俄罗斯和俄罗斯两共和国接界的三国边界点的切尔诺贝利核电厂 4 号机组发生了灾难性爆炸,将相当大量的放射性物质送入大气。这个事件当时可能成为现代技术时代最持久的和最有争议的论题之一。切尔诺贝利事故引起人们对其放射学后果的广泛关注,还使人们普遍把注意力集中到核安全上。切尔诺贝利事故的余波和前苏联公开性和改革活动的开展纷扰在一起,不久使人们对这次放射性释放及其真实的或感觉到的效应增添了许多误解和担忧。

Leonid Ilyin 教授所著《切尔诺贝利:神秘和现实》一书中曾坦率报道说,这起事故起初是保密的,人们曾对其感到迷惑。生活在那些受影响地区的居民,主要是从传闻而不是从权威性报道中知道这起事故的。苏联境外有关这起事故的第一个证据,来自北欧国家的表明环境放射性有意外增加的测量结果。这种开头缺乏透明度的情况对公众信任有影响,随后散发的使人混乱的和有时是互相矛盾的资料也有这种影响。人们对此次灾难的感受不一,有的人认为切尔诺贝利事故是世界以往发生的最严重事故之一,有的人则把它看作一个比较有限的健康问题,尽管发生过一些悲惨情况。

10 年后的 1996 年 4 月,来自 71 个国家和 20 个组织的 800 多名专家——在 200 多

名新闻记者的关注下——举行会议,评议切尔诺贝利事故的实际后果和可能的未来后果,并设法使人们正确地看待这些后果。他们一起参加的是在维也纳奥地利中心举行的题为“切尔诺贝利事故后 10 年:总结事故后果”的国际大会。这次切尔诺贝利大会是国际合作的典范:涉及其组织工作的有包括 IAEA 在内的联合国系统的 6 个组织和 2 个重要的地区性机构。(见第 8 页和第 17 页方框)。

在 1986 年事故和这次切尔诺贝利会议之间,IAEA 参加了一系列旨在量化其实际后果的科学努力。(见第 5、6、7、8 页方框)。

这次切尔诺贝利大会的目的是,统一“在这次事故后果问题上的国际共识、就被证实的科学事实取得一致意见,以及澄清资料和预测以消除混乱”。此次会议的成果是显而易见的。(见下面一篇关于“切尔诺贝利会议要点:结果总结”的文章)。对一些重要问题,本文作了概述,本期《国际原子能机构通报》的特写报告也分别对其进行了具体分析。

**放射性沉降物。**虽然在切尔诺贝利事故释放放射性物质的量的方面至今仍没有取得完全的共识,但是一些最适当的估计值( $10^{19}$ 数量级国际活度单位或贝可勒尔)足以说明这起事故的灾难性质。由释放物质形成的放射性羽烟中有两种化学元素碘和铯,是造成放射学后果的主要因素。有一个主要由碘的短寿命放射性同位素组成的碘族;其中重要的是碘-131,它的放射性每 8 天衰减一半。在事故后的短时间内,生活在附近区域

González 先生是 IAEA 核安全司辐射与废物安全处处长。

## 放射性物质释入环境

被 毁反应堆把极大量( $10^{19}$ 国际活度单位或贝可勒尔)放射性物质释放入环境。虽然这些释放物涉及许多种放射性化学元素,但从放射学观点看只有2种——碘(在

短期内)和铯(在长期内)——是特别重要的。这起事故约释放  $10^{18}$  贝可勒尔的碘-131。在吸入或食用牛奶制品等污染食物以后,碘主要被人的甲状腺吸收;它的短程 $\beta$ 粒子从内部照射甲状腺体。通过明令禁止在几个星期内消费受污染食物直到碘-131充分地衰变为止,或服用少量非放射性碘预防性地保护甲状腺等方法,很容易防止甲状腺摄入碘。

约  $10^{17}$  贝可勒尔的放射性铯被释放,并沉降在广阔的区域(见第5页地图)。铯照射是难以预防的。铯一旦沉积在土壤里,它的长射程 $\gamma$ 射线就能照射这个地区的任何人。清理受污染地面是困难的,如果铯浓度高,通常采用的唯一可行对策就是疏散居民。土壤中的铯也会转移到农产品和吃草的动物体内。

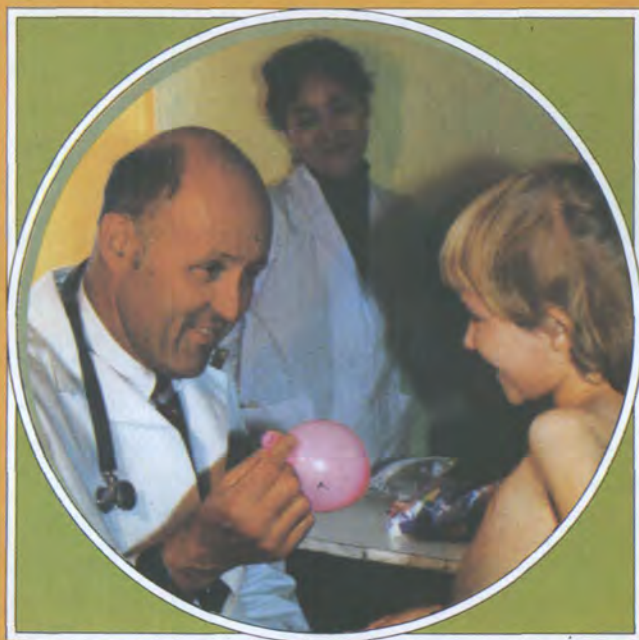
对碘-131来说,没有关于这种释放物的去向、谁会受到它的照射和碘摄入在多大程度上或是否能有效地防止等方面的明确资料。间接的估计已明确表明,某些人群已遭受很高的甲状腺剂量。特别敏感的是儿童,由于他们通常食入大量牛奶制品而且甲状腺小,接受的剂量较大。

1990年国际切尔诺贝利项目(见第7页方框)预测,在大剂量影响下,几年后受影响的儿童中不大常见的甲状腺癌的发病率将明显增加。

介绍 1990—1991年由若干国际各界科学家小组执行的国际切尔诺贝利项目的小册子俄文版封面。

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПРОЕКТ

ЭКСПЕРТИЗА РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ  
И ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ  
ИТОГОВАЯ БРОШЮРА



的居民其甲状腺主要受放射性碘照射。在放射性铯同位素中,最重要的是铯-137,它是长寿命核素,其放射性每30年衰减一半。铯-137通过大气长距离迁移,随机沉降在主要属欧洲的大片地面上和——在较小但可

测量的程度上——沉降在整个北半球的其他地方。沉积的铯是使居民受到长期全身辐射照射的主要原因。(见上面方框和第5页地图)。

**辐射剂量。**放射性物质的释放预计会对

## 辐射对自然环境的直接影响

**切**尔诺贝利事故后的头几个星期里,当地生物群尤其是被毁反应堆四周数千米内的针叶林和田鼠(小鼠)群受到致死剂量。到1986年秋季,剂量率下降到原来的1/100。到1989年,这些当地生态系统开始恢复。没有观察到对动物群体或生态系统的持续严重影响。可能的长期遗传学影响及其意义有待研究。



切尔诺贝利核电厂厂址及其附近的居民和生态系统产生严重的直接后果。辐射损伤与居民和生物群所受辐射剂量有关。剂量是与生物物质质量吸收的辐射能量有关的量;居民所受剂量用希沃特表示,并且经常用毫希沃特表示——1毫希沃特为一希沃特的千分之一(可供比较的是,人受到的来自自然本底辐射的年剂量平均为2.4毫希沃特)。核电厂的许多工作人员和帮助处理事故后果的许多人——他们被称作“清理人员”——接受了高剂量,有些高达数千毫希沃特,患临床辐射并发症。28人已死于辐射损伤。从污染区域疏散的十多万居民,和仍然生活在受影响较轻地区的人,受到或将受到较低的全身剂量:在他们的一生中,将受到的与他们一生中从自然辐射源接受的剂量相差不多或较低的剂量。(见第11页方框)。

居民(尤其是儿童)的甲状腺所受剂量是个值得注意的例外,并且据推测是很高的。另一个例外是当地一些生态系统所受的剂量。

**环境损害。**事故反应堆周围几千米范围内的一些对放射性敏感的当地生态系统尤其是针叶林和田鼠群,受到了致死辐射剂量。几个月内,剂量迅速下降,这些生态系统最终得到恢复。至今没有观察到对环境的持续严重影响。(见左边方框)。M. Dreicer和R. Alexakhin的报告更详细地讨论了这起事故的环境后果。(第24页)。

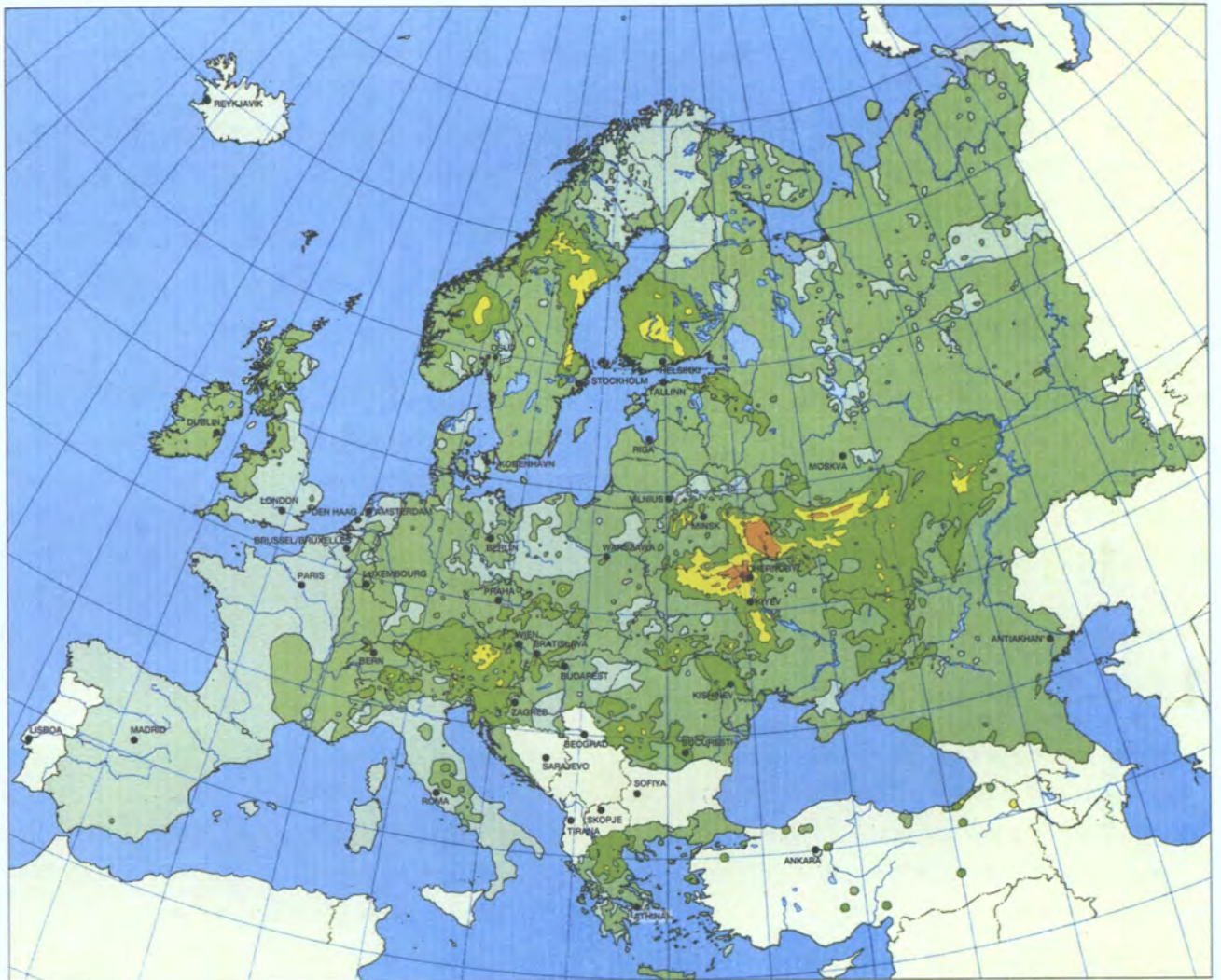
环境污染的副产物是受影响区域生产的食品受到的污染。虽然在这起事故发生后不长时间里,一些主要食品的放射性活度水平曾超过食品规范委员会\*允许的最高水平,但目前集体农庄生产的食品没有超过这些水平。例外的是,从受影响较大地区的森林中采摘和捕获的野生食物——如蘑菇、浆果和猎物——以及从欧洲一些湖泊中捕获的鱼,仍超过食品规范委员会允许的水平。控制人类居住处污染的一个重要方面,是在受影响地区实施的农业对策;J. Richards和R. Hance在相关报告中详细探讨了这些对策。(第38页)。

**健康效应。**可归因于这起事故的健康效应,已引起公众、决策者和政治当局方面的极大关注。切尔诺贝利大会用了很长时间讨论这一课题。临床观察到的(和个别可归因的)效应是与长期效应分开讨论的。长期效应只有在对若干大型人群体的统计流行病学性质进行长期研究后,才能归因于辐射。”(见第10页方框)。在长期效应中,甲状腺效应作为一种特殊效应,是与其他更长期健康效应分开讨论的。

(下转第9页)

\* 由FAO和WHO设立的食品规范委员会负责制定国际贸易流通食品最高放射性允许水平。

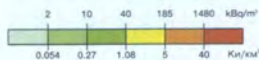
\*\*《IAEA通报》第36卷第4期(1994年12月)本文作者的文章“低剂量电离辐射的生物学效应:更充实的描述”。



Projection: Lambert Azimuthal

© EC/GCE, Roshydromet/Minchernobyl (LIA)/Belhydromet, 1996

Total caesium-137 deposition normalised to 10 May 1986.



□ Data not available

Preliminary version of the total Caesium-137 deposition map taken from the "Atlas of Caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident," EUR report 16733, EC Office of Publication, Luxembourg, 1996.

## 铯在欧洲各地的累积沉积

切尔诺贝利事故释放的放射性物质沉降到广大地区，并且沉积活度曾很容易测量出来。沉积情况示于若干所谓的“污染”地图中，如同上面这幅地图。上面这幅“污染”地图标出欧洲各地铯累积沉积情况，并已在这次会议上作了介绍。对科学界来说，这些地图清晰地提供了可测量活度的图示。但是，在众多公众头脑里，他们视地图上标示出区域为“受污染的”区域因而是“不安全的”。利用灵敏的辐射测量装置，科学家们能把很低的活度水平标示在“污染”地图上，并使这种地图有很大的覆盖范围。在前苏联制作的一些地图上可忽略不计的活度水平也被标示出来，并被称为“污染”。当事故后若干年人们获得这些地图时，曾感到担惊受怕，尽管在如此被“污染”的数千平方千米区域内的多数地方由这些沉降物引起的辐射剂量低于世界许多地方的自然本底辐射水平。

## 切尔诺贝利事故后果评估

在过去的10年中,开展的很多国际活动都有助于评估切尔诺贝利事故后果。这些活动可以分为两个阶段:即在1990年国际切尔诺贝利项目(该项目对这起事故作了更全面的评估)之前开展的活动,和在此项目之后至1996年4月国际切尔诺贝利大会召开这段时间开展的活动。

### 1986—1989年:初始情况——综合事实

**1986年8月:事故后审议会议。**IAEA在切尔诺贝利事故后几个月组织过一次有各界人士广泛参加的国际集会:“事故后审议会议”。会议结果由当时成立不久的国际核安全咨询组(INSAG)<sup>1</sup>作了报道。

IASAG报告分析了这起事故的起因,并介绍了苏联对被毁反应堆中释放的放射性物质的量所作的初步评估结果。报告还包括对放射学后果所作的虽然有限但有意义的早期估计:

- 现场工作人员中,约300人因辐射损伤和烧伤必须住院治疗。
- 135 000人被疏散:他们受到的外照射集体剂量估计为 $1.6 \times 10^4$ 人·希沃特(人·Sv)。
- 大多数人甲状腺受照剂量估计低于300毫希沃特(mSv),尽管有些儿童甲状腺受照剂量可能高达2500 mSv。
- 居民长期集体剂量悲观估计值为 $2 \times 10^6$ 人·Sv,现实估计值为 $2 \times 10^5$ 人·Sv。

还对潜在的长期健康效应进行过一些计算,并且判断这些效应的流行病学探知机会是有限的:只有在受照剂量很高的人群中才可能发现某些效应,如良性和恶性甲状腺瘤。

**1988年5月:基辅大会。**两年后,国际科学界在1988年5月由苏联主管部门和IAEA于基辅联合举办的切尔诺贝利核电站事故医学问题的国际科学大会期间,再次审议了放射学后果。(大会论文集未编辑版本由IAEA作为未定价文件出版,一份概括这些信息的报告也同时出版。)<sup>2</sup>

大会上介绍的资料涉及多方面的问题:

- 准确报道了临床诊断的辐射损伤的实际数字:238名职业受照人员声称有辐射综合征疾病症候(最后确诊人数较少);其中28人已经死亡。另有2人死于反应堆爆炸(还有一人死于冠状动脉血栓形成)。

- 放射性物质的释放造成大面积地表污染,有些污染点达到 $30 \times 10^5$  Bq/m<sup>2</sup> (80Ci/km<sup>2</sup>),牛奶污染比活度达到20 000 Bq/L。

- 前苏联境内的待积集体剂量估计为226 000人·Sv,其中第一年待积的占30%。第一年全身剂量高达50 mSv。

- 甲状腺受照剂量被证实高达2500 mSv。

**1988年12月:联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)进行的全球评估。**UNSCEAR全面评估了这起事故在苏联境外的影响。在其提交联合国大会的1988年报告中,UNSCEAR估计:

- 第一年国家平均剂量最高值为0.7 mSv(即全球平均天然本底照射量的三分之一)。
- 地区平均总待积剂量最高值为1.2 mSv(即天然源造成的平均终身剂量的1/30)。
- 切尔诺贝利事故总的全球影响为600 000人·Sv,平均相当于世界多受天然本底辐射照射21天。

**1989年5月:后果程度具体化——IAEA“特别会议”。**切尔诺贝利事故后三年,科学家们在1989年5月UNSCEAR第38次会议期间由IAEA秘书处组织的一次非正式特别会议上获得了对该事故后果程度的更全面的认识。20多个国家的100多名科学家参加了这次会议。会议结果在后来举行的事故后恢复工作学术会议<sup>3</sup>上报告过。参加会议的苏联专家提供的资料对长期形势作了较详细的说明:

- 有待国际社会仔细研究的受影响地区的污染地图表明,有10 000 km<sup>2</sup>的地区放射性污染超过 $5.5 \times 10^5$  Bq/m<sup>2</sup> (15 Ci/km<sup>2</sup>)。

- 有居民272 800人的786处居住地处在“严格控制区”。截至1990年1月,估计那里将受到高达13 900人·Sv的集体剂量,几个公众成员受照剂量估计将超过170 mSv。

- 国际社会曾获知苏联主管部门制订的作为采取对策与防护行动依据的干预标准。这个350 mSv的终身剂量标准最后变得很有争议。

(下转以后两页)

## 1990—1991年:更全面的评估——国际切尔诺贝利项目

**1990年3月—1991年5月:专家现场评估—澄清更多事实。**1989年10月苏联正式请求IAEA协调:针对苏联发展的旨在使人们能在切尔诺贝利事故后受放射性污染影响地区安全生活的概念进行的“国际专家评估活动”,以及对为保障人们健康而在这些地区采取的措施的有效性进行的评估活动。

于是,国际切尔诺贝利项目(ICP)于1990年初开始实施<sup>4</sup>。它的重点是公众和决策者关心的4个主要问题:居住区内现有污染的程度;人群的预计受照情况;现实的和潜在的健康效应;及该项目实施之时为保护公众而正在采取的措施的适宜性。该项目得出的结论和提出的建议于1991年3月22日被ICP国际咨询委员会通过,并被提交给1991年5月21—24日在维也纳召开的国际大会审议。它们都已由IAEA出版,内容可归纳如下:

- 当时绘制的“污染”地图中所报道的地表面污染水平普遍得到证实:25 000 km<sup>2</sup>划为受影响地区,铯-137的地面浓度水平超过 $1.85 \times 10^5$  Bq/m<sup>2</sup>(5 Ci/km<sup>2</sup>);其中约14 600 km<sup>2</sup>在白俄罗斯,8100 km<sup>2</sup>在俄罗斯,2100 km<sup>2</sup>在乌克兰。

- 终身将受到的全身辐射剂量估计低于160 mSv,或比原先认为的低1/2到2/3;但是,不可能确知甲状腺实际所受的剂量水平。

- 在人群中发现了一些显著的但与放射性无关的健康失调和心理障碍,如压抑和焦虑,但是——在严重受照工作

人群之外——没有发现可能直接归因于辐射照射的健康失调。正如所预计的那样,在该项目期间未能证实白血病或癌症的发病率有所增加。估计除甲状腺癌以外的恶性肿瘤发病率的未来潜在增长难以判断。

- 除这些有关健康状况的普遍性结论外,还得出一些详细结论。其中一些与肿瘤特别是与当时报道的癌症的增加和未来潜在的癌症增加有关:

- 苏联的数据表明,过去10年中报道的癌症发病率一直在增加,而且自事故以来一直以相同速率增长。但是,该项目认为过去的报道有不全面之处,因而不能确定造成这一增长的是发病率增加、方法学差异、更好的检测和诊断,还是其它原因。

- 根据该项目估计的剂量和目前所接受的辐射风险估计,即使进行大规模和精心设计的长期流行病学的研究,未来超过自然发病率的癌增加和遗传效应仍将难以确定;不过所报道的儿童中甲状腺吸收剂量估计值表明,估计将来在甲状腺癌的发病率上可能存在用统计学方法可探知的增长。

- 发现该项目实施之时正在采取的防护措施或正在制订的长远计划如某些人群的重新安置和食品限制等,超出了辐射防护的需要。

ICP还建议采取一些后续行动,包括继续进行流行病学评估和加强以“某些高风险人群”为重点的卫生保健活动。

第6页和第7页注释:

<sup>1</sup> 国际核安全咨询小组,《关于切尔诺贝利事故的事故后审评会议总结报告》,《安全丛书》,第75—INSAG—1;IAEA;维也纳(1986)。

<sup>2</sup> 见《切尔诺贝利事故医疗问题的全联盟会议论文集》,IAEA-TECDOC516,及Konstantinov,L. V. 和González,A. J.;“切尔诺贝利事故的放射学后果”;《核安全》,第30卷,第1期(1989年1—3月)。

<sup>3</sup> González,A. J.;“切尔诺贝利事故后的恢复工作:苏联国家辐射防护委员会的干预准则”;IAEA-SM-316/57;《关于核事故和放射性应急情况下的恢复工作国际学术会议论文集》,IAEA-SM-316/57;第313页。

<sup>4</sup> ICP由欧洲委员会、联合国粮农组织、国际劳工组织、世界卫生组织、世界气象组织、IAEA及UNSCEAR发起。独立的“国际咨询委员会”由19名成员组成,主席是广岛辐射效应研究基金会主任Itsuzo Shigematsu博士。1950年以来,该基金会一直在监测和分析日本原子弹轰炸幸存者(世界迄今接受到高辐射剂量照射的最大人群)的健康。委员会中的其他科学家来自10个国家和5个国际组织。该项目涉及医学、放射病理学、辐射防护、放射流行病学和心理学等学科。该项目最活跃的阶段是1990年5月至这一年年底。来自23个国家和7个国际组织的约200名专家参加了工作,有50个科学代表团访问过苏联。有几个国家(包括奥地利、法国和美国)的实验室帮助分析和评估过收集的材料。

## 1991—1996年：后续合作研究——取得更清晰的认识

国际切尔诺贝利项目之后,许多国际行动积极开展起来,包括下面介绍的行动。

**IAEA的后续行动。**FAO和IAEA发起了一项农业对策项目<sup>5</sup>。IAEA组织了一项新的环境评估活动<sup>6</sup>,并得到核防护和安全研究所(IPSN,法国)的支持。

**WHO国际切尔诺贝利事故健康影响计划(IPHECA)。**IPHECA项目的研究成果最近已发表,并于1995年11月20—23日在日内瓦举行的WHO国际切尔诺贝利和其它放射学事故健康后果大会上进行了讨论。IPHECA大体证实了ICP的结论,并为ICP预见的儿童中甲状腺癌发病率升高提供了补充信息。

IPHECA的结论可以归纳如下:

- 据信与辐照无关的社会心理影响,是由事故后未能及时提供信息、在污染较少地区强制性重新安置带来的压力和精神创伤、社会联系中断及对辐照可能在将来危害健康的恐惧造成的。

- 甲状腺癌发病率的显著增加,特别是在受影响地区生活的儿童中这种疾病的增加曾报道过。到1994年年底,有

565名0—14岁儿童被诊断患甲状腺癌(333名在白俄罗斯,24名在俄罗斯联邦,208名在乌克兰)。

- 白血病和其它血液疾病发病率无明显增加。

- 虽然有证据表明,少量宫内受照儿童智力发育受阻,行为和情绪反应有偏差;但是,因为缺乏个体剂量测量数据,还无法确定辐射对这种智力改变有多大程度的影响。

- 在“受污染”地区居民中发现的口腔疾病的类型和分布,与“未污染”区居民的情况相同。

**欧洲委员会(EC)资助的项目。**EC资助了许多有关切尔诺贝利事故后果的科学研究项目。1996年3月18—22日在明斯克举行的“欧洲联盟、白俄罗斯、俄罗斯联邦和乌克兰关于切尔诺贝利事故后果的第一次国际会议”上总结了这些项目的研究成果。这些项目产生的宝贵资料可用于未来应急计划、剂量评估和环境补救,以及高剂量受照个体治疗和儿童中甲状腺癌普查。

**其它行动。**包括:几项由UNESCO资助的主要是关于心理学后果的研究;UNSCEAR和经济合作与发展组织(OECD)核能机构提出的专门报告;及在受影响的国家和其它国家内进行的独立研究,如德国进行的对受影响人群的综合监测,日本Sasakawa基金会资助的多方面研究,美国的一个大型项目和古巴进行的涉及15000名儿童的铯-137摄取大型评估活动。

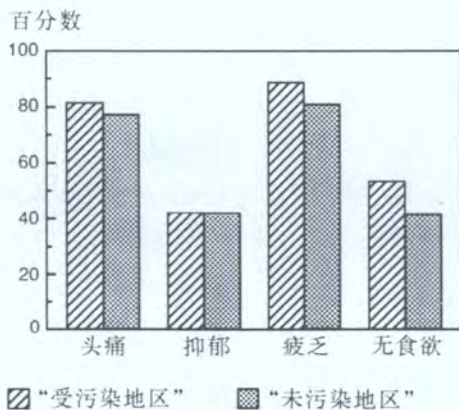
**1996年4月:国际切尔诺贝利后10年大会—总结事故后果。**切尔诺贝利事故后果评估活动主要参与组织IAEA、WHO和EC,共同主办了最近召开的切尔诺贝利大会。它们与UN本身(通过其人道主义事务部)、UNESCO、UNSCEAR、FAO和OECD核能机构合作组织了这个大会。切尔诺贝利大会来自71个国家和20个国际组织的845名科学家参加,接受280名记者采访。这次大会由德国环境、自然保护和核安全联邦部长主持,参加者有高级官员和政府成员,包括白俄罗斯总统、乌克兰总理和俄罗斯联邦民防、应急和消除自然灾害后果部长,还有法国环境部长。3份国家报告、4篇政府间组织讲话、11篇主旨报告、8篇背景文章、181篇内容详尽的大字报和12件技术展品,为这次总结切尔诺贝利事故后果提供了基础。

<sup>5</sup>“普鲁士蓝(PB)项目”目的是借助于一项涉及在反刍动物饲料中使用PB化合物的技术,来减少牛奶和肉的污染。该项目主要由IAEA和挪威(其专家开发了这项技术)资助。随着时间的推移,该项目将证明是所有ICP后续项目中效益最高的。白俄罗斯每年投资5万美元,可避免3000万美元的牛奶/肉年生产损失。

<sup>6</sup>应白俄罗斯在1994年IAEA大会期间提出的特殊要求,IAEA参与了一项关于“污染地区前景”的以环境考虑为主的项目。该项目主要由IPSN资助。IPSN积极与受影响区域的科学家共同从事其技术实施工作。得出的一些结论涵盖总体环境,其范围超出ICP的一般结论。就森林生物群落——据报道受切尔诺贝利事故影响最大的环境系统,该项目得出的结论是,放射性污染范围并不大,主要影响了松林:尽管电厂就近的人工松林死亡严重,但其面积不到禁区森林面积的0.5%。

### 与辐射无关的症状

在受事故直接影响的地区(所谓“受污染区”)和“未污染”地区的对照区,就非辐射相关症状进行过一次人口调查。在国际切尔诺贝利大会上对调查结果作了介绍,结果表明,一方面这些症状的发病率出人意料地高,另一方面发病率并不与人们是生活在“受污染区”或“未污染区”明显相关。这些影响也许可归因于这起事故本身,或归因于地区经济困难和社会分裂。



临床观察到的效应。如果考虑到这起事故的规模,那么个别可归因于由于切尔诺贝利事故造成的辐射照射而患临床观察到的效应的人数,是比较少的。参加处理这起事故的工作人员总共 237 人,估计他们都患有辐射照射引起的临床综合症,并已住院治疗,其中 134 人被诊断患有急性放射综合症。这些人中有 28 人死于辐射损伤后果(另有 3 人死于事故发生之时;2 人死于非辐射爆炸损伤,1 人死于冠状动脉血栓形成)。(见第 10 页图)。事故过后几年,这群人中又有 14 人死亡;但是,他们的死因据调查不一定归因于辐射照射。本期下面一篇由 G. Wagemaker 博士等提出的报告更详细地描述了临床观察到的效应。(见第 29 页)。

甲状腺效应。与甲状腺效应有关的情况是严重的。到 1995 年年底,据报道儿童中已有 800 多例甲状腺癌患者,主要在白俄罗斯。(见第 10 页图)。甲状腺癌虽有可能由辐

### 社会、经济、体制和政治的影响

白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰高级官员拟定的一份关于切尔诺贝利事故的社会经济、体制和政治影响的背景文件\*,在国际切尔诺贝利大会上进行了讨论。当局采取过各种对策,其中一些是针对辐射危害的。这些对策引起了许多社会问题 and 经济问题。该文件指出的一些问题是:

- 事故后不得不立即疏散 116 000 人。后来,从 1990 年到 1995 年年底,另有约 210 000 人被重新安置。为切尔诺贝利电厂工作人员建造了一座新的城镇斯拉乌基卡,以代替人口已被疏散的普里皮亚季。

- 有若干个村庄必须全面去污。在煤气和水供应网络及下水道系统等基础设施方面,进行了大量工作。缺少切尔诺贝利 4 号机组及新反应堆的停建,妨碍了电力供应。

- 受影响地区的正常生活和经济活动受到严重影响。特别是农业和林业生产受到严重干扰并大幅度减产。向农业企业、合作社和广大居民提供过庄稼、动物和财产损失的补偿。此外,向受影响居民的不同部分支付过货币,以便用于购买进口食品替代当地产品等目的。

- 控制措施限制了工商业活动。一度难以销售或出口产品,导致当地收入下降。而且,在受影响地区生活“不安全”且得不到“清洁”产品的感觉,也一直妨碍着工商业投资。

- 对习惯活动施加的限制曾使日常生活变得困难和不安定。焦虑、忧愁、宿命论和“受害者”心态在居民中滋生,并且仍然在受影响地区普遍存在。

- 该地区由于人口移居产生的特别是年轻人中明显的人口统计变化和后来出生率的改变,导致年轻熟练工人和专业人员短缺。

- 事故后,受影响国家开始从中央计划经济向市场经济转变。这一艰难的转变由于处理事故后果的需要而变得复杂。

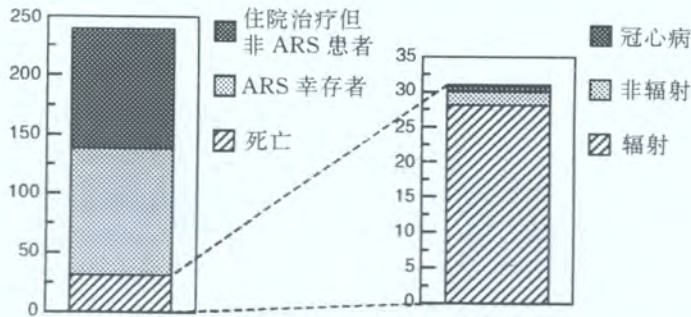
\* Rolevich, I. V. ; Kenik, I. A. ; Babosov, E. M; and Lych, G. M. ; Voznyak, U. V; Kholosha, V. I. ; Koval'skij, N. G. ; and Babich, A. A. Background paper 6 on the Social, Economic, and Institutional Impact, in the Proceedings of the Chernobyl Conference being published by the IAEA.

射以外的原因引起,但所有这些病例看来都与事故造成的辐射照射有关。这些病例表明这类少见癌症的自然发病率有惊人的增长,但这种增长在 1986 年后出生的儿童中似乎不会持久。如果进行早期诊断、治疗和护理,甲状腺癌一般不致命。在切尔诺贝利大会期间,受照儿童中有 3 名已经死亡。甲状腺效应的前景还难以准确预测:估计其高发率



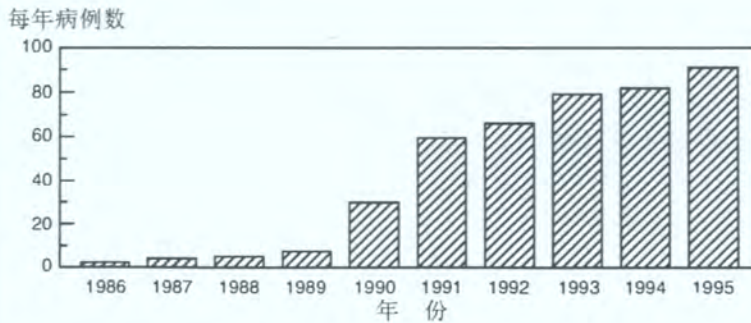
### 清理人员中临床观察到的效应

本图表示事故后住院治疗人员总数,已被临床诊断为急性放射综合征(ARS)患者人数,辐射有关原因或其它原因致死人数。



### 白俄罗斯儿童中甲状腺癌病例数

儿童中甲状腺癌发病率的增长一直是明显的。本图表示白俄罗斯年龄在15岁以下的儿童中治疗期间的病例数。到目前为止已报道的病例总数为800人。预计这一高发病率仍将持续一段时间,所报道的过量病例总数可能将数以千计。



还将持续一段时间,已报道的病例数以千计;死亡率很大程度上将取决于对受照儿童治疗的质量和强度。E. D. Williams 教授等在一篇单独报告中评述了甲状腺效应。(见第31页)。

更长期健康效应。到目前为止,尚没有证据说明除甲状腺癌外的其它恶性肿瘤发病率有任何增加或证明存在可归因于切尔诺贝利事故所致辐射照射引起的遗传效应。这一结论尽管使一些观察者感到吃惊,但与

### 可归因于辐照的健康效应

有两种健康效应可归因于切尔诺贝利事故所引起的辐射照射。

第一种是在受照个体中能临床观察到早期综合症,也就是说这些效应能被专业人员诊断出来。专业人员能够明确地将这些效应的种类和严重性,归因于个体辐射受照量。这些效应只在超过阈值的相对较高辐射剂量下才发生,并产生对特定器官和组织有影响的明确病理。在大剂量下,效应影响全身,并被诊断为急性放射综合征(ARS)。在切尔诺贝利,这些效应只发生在一些消防人员和其它应急工作人员身上。

第二种是潜在的长期辐射引发的恶性肿瘤和——似乎可能的——遗传效应。要把这类效应与人群中这些效应通常高的自然发病率区分开来,是困难的或有时是不可能的。不可能根据个体临床检查结果就把这些长期效应直接归因于辐射,而只能间接地通过对若干大的人体进行长期流行病学研究才能得出结论。由于人群中这些效应的统计发病率增加,情况就变得显而易见。但是,如果辐射剂量非常低或受照人非常少,这些效应就难以与自然发病率区分开来。在切尔诺贝利,只是因为儿童中甲状腺恶性肿瘤发病率增加,这些效应才变得明显。

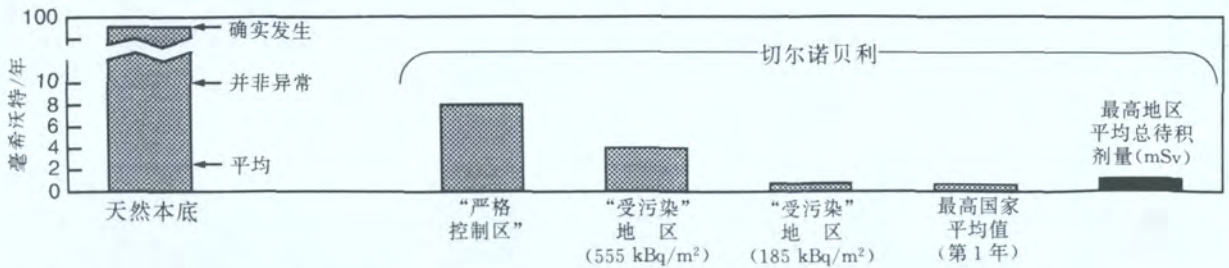
受到释放放射性物质照射的人群所受的较低全身剂量相一致。预计这些人将接受的终身剂量也很小。实际上,在低剂量下辐射引发恶性肿瘤和遗传效应的风险是非常小的,而且由于这些效应在人群中的自然发病率相对较高,所以检测不出这些效应就不足为奇了。(见第11页方框)。

缺乏长期效应证据的一个例外本来可能发生在清理人群中:考虑到所报道的这群人所受的相对较高剂量,本来可能检测出白

### 估计长期效应

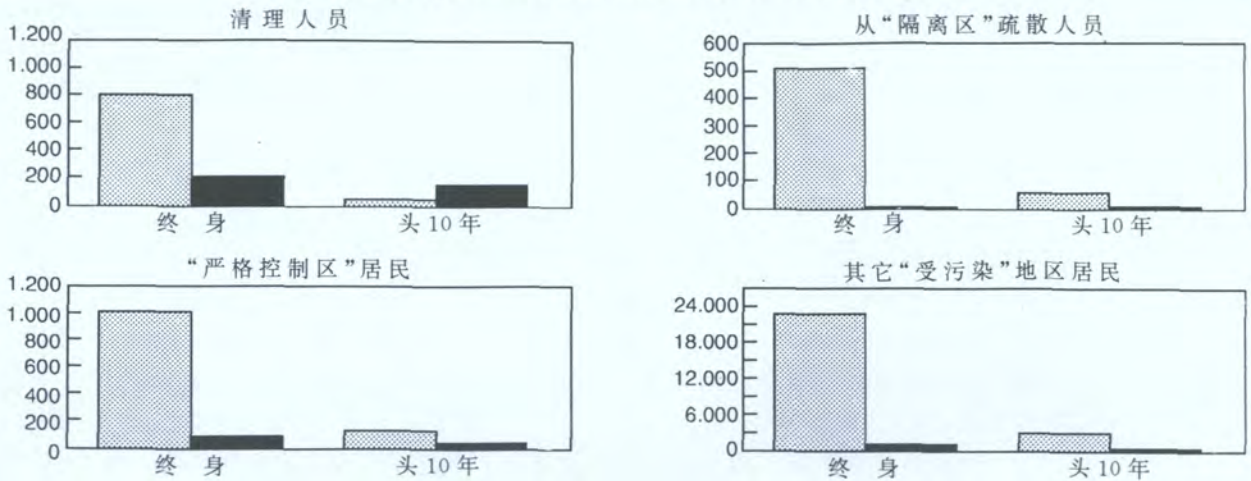
为了预测辐射受照人群中的长期效应,对他们终身所受的辐射剂量进行估计是重要的。除清理人员外,其他人群的全身剂量水平都较低。由于辐射防护原因而疏散的 116 000 人中,受照剂量超过 50 mSv 的不到 10%,在天然本底辐射水平高的地区生活几年也会受到这么高的辐射剂量。即使对那些继续生活在最高污染水平地区的人们来说,其终身所受的剂量仍将与此值处在同一数量级上;ICP 于 1990 年预测的最大累积剂量当时约为 160 mSv,现在估计约为 120 mSv。受影响最大地区以外,这些剂量甚至更小:UNSCEAR 估计 70 年内欧洲地区平均最高待积剂量为 1.2 mSv,或为受平均本底辐射照射仅 1 年所致平均剂量值的一半,如下图所示。

一些剂量率的比较

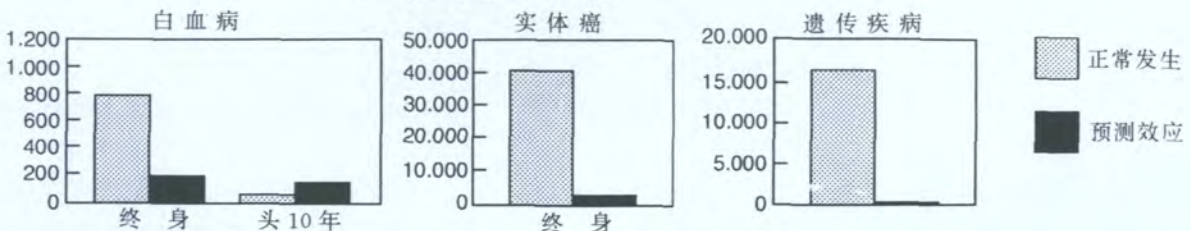


下面这些图所示为,辐射引起的长期效应的预测与同样人群中估计自然发生的这些效应的病例数的比较情况。第一套图显示出 4 个人群组的白血病病例:“清理人员”;从“隔离区”疏散人员;“严格控制区”居民;及所谓“受污染”地区居民。第二套图显示出清理人员中辐射引起的和自然发生的白血病、实体癌和遗传疾病之间的病例数比较情况。除清理人员中的白血病(和儿童中的甲状腺癌)外,理论上预测的由辐射引起的效应数量与自然发生的相比在统计学上并不明显。但是,清理人员中白血病增加的探知结果令人难以捉摸,而且除甲状腺癌外一直未发现可归因于切尔诺贝利事故的长期效应。

辐射诱发白血病预测与正常发生情况的比较



清理人员中辐射诱发效应预测与正常发生情况的比较





来自 70 多个国家和若干组织的 800 多位专家出席了国际切尔诺贝利大会。

(来源: Pavlicek/IAEA)

血病发病率的增长。对于所有其它恶性肿瘤和遗传效应,理论上所预计的由于事故所致辐射照射引起的病例数与本底发病率相比非常小,以致不可能进行统计确定。

清理人员中白血病发病率的增加不如理论上预计的那样大,其原因有待进一步调查研究。这可能是由于,实际剂量比报道的低,或对此人群的流行病学研究由于某种原因而不够充分。似乎更可能的是,辐射诱发白血病的危险系数比现在估计的参加 1986—1987 年清理工作的 20 万登记在册的清理人员中出现的白血病病例数要低。该病例数在整个寿命期大约为 200 例,而自发病例数约为 800 例。(见第 11 页图)。E. Cardis 博士等在他们的报告中,对长期健康效应进行了较深入细致的研究。(第 36 页)。

Fred Mettler 博士就 1990 年国际切尔诺贝利项目有关健康效应的调查结果作了回顾性介绍。(第 33 页)。

**社会和其他影响。**切尔诺贝利大会发现,社会、经济、制度和政治影响也是切尔诺贝利事故的重要后果。白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰官员联合拟定的一份背景文件,介绍了这起事故引起的经济和社会混乱。(见第 9 页方框)。这份官方文件以及在这次切尔诺贝利大会上提交的各国声明,均报道了可归因于这起事故的巨大经济损失。据称,在 1986—1991 年间,前苏联的直接损失和费用

支出总额超过 230 亿卢布。这些损失其中包括:固定资产和生产的损失;人口安置,包括住宅和其他设施的建造;森林保护、水体保护和土壤去污与处理;以及对居民的种种补偿和津贴。白俄罗斯总统说:“根据我们所作的最保守的估计,切尔诺贝利事故后导致的经济损失相当于白俄罗斯共和国 32 个年度预算,即 2350 亿美元。为此,我们每年要拨出国家预算的 20%—25%。”俄罗斯联邦民防、应急和消除自然灾害后果部部长说:“在过去的几年里,为重建受这起事故影响的俄罗斯部分地区已动用数万亿卢布。”乌克兰总理说:“仅在 1992—1996 年期间,为消除该事故后果由乌克兰国家预算支付的总费用超过 30 亿美元。”

当然,大的社会问题在于已察觉出居民中表现的一些重要的心理症状,例如可归因于精神压力的忧虑、抑郁和各种心理紊乱。人们已发现,要辨明这些心理效应是仅仅归因于切尔诺贝利事故还是归因于前苏联的经济艰难和该地区的其他社会问题是极其困难的,因为无论居民是否直接受该事故的影响,所涉地区这类疾病发病率均令人吃惊地高。(见第 9 页图)。在一篇单独报告中, Britt-Marie Drottz-Sjoeborg 博士等更详细地考察了社会和心理影响。(第 27 页)。

**核安全问题。**切尔诺贝利事故向公众以及主管部门提出了这样的问题:切尔诺贝利

## 核 安 全

1996年4月1—3日,由IAEA和联合国人道主义事务部发起的关于切尔诺贝利核安全问题的国际论坛在维也纳举行。这次论坛的结果已在切尔诺贝利大会上作了汇报。

主要结果如下:

**事故的原因:**现有的详细资料足以使人找到切尔诺贝利事故的原因,并采取有效措施防止这种事件再次发生。已经证实:

- 在反应堆——尤其是它的停堆系统——设计方面有些严重缺陷并在事故发生时严重违反操作程序;

- 负责运行和控制的组织缺少安全文化:虽然重要的安全弱点在事故发生以前早已被认识到,但没有得到补救。

**RBMK 型堆的安全性。**在1987和1991年间,对所有切尔诺贝利型 RBMK 机组进行了第一阶段的安全改进工作,处理了已找出的如下最严重问题:

- 减少了反应性空泡效应;
- 提高了紧急停堆系统的效率;
- 加强了运行组织管理。

第一阶段改进范围以外的问题仍需更密切地注意,要针对各代 RBMK 型反应堆提出不同的要求。

**石棺。**人们普遍认为石棺在其约30年的设计寿期内存在部分或整体坍塌的危险。尽管即使在石棺整体坍塌的最坏情况下,预计也不会产生广泛的影响,但是,稳定石棺仍是高度优先的安全问题。

从临界的角度看,石棺目前是安全的。但是,其中存在当与水接触时可能达到临界状态的燃料主体构型。虽然这种潜在临界不可能导致大量厂外放射性释放,但进入石棺的水是又一个重要安全问题。

石棺附近的安全性对切尔诺贝利核电厂仍在运行机组的潜在影响,有待进一步调查研究。

型反应堆现在安全吗?专家们认为这类事故再次发生的可能性实际上已被排除,因为已对这种类型机组做了种种安全改进。对其余的切尔诺贝利机组和同类的 RBMK 型反应堆的其他安全改进问题,也需要引起注意。此外,在切尔诺贝利还有一个有关剩余残骸(其大部分被包容在称为石棺的建筑物内)安全的问题。所有这些问题都在切尔诺贝利大会之前举办的国际论坛“切尔诺贝利事故后10年:核安全问题”上充分讨论过,而且在这次大会上也报告过。(见上面的方框)。L. Lederman 先生在下面的报告(第44页)中,详细介绍了这次论坛的情况及其结论。

**展望。**切尔诺贝利事故10年后的今天,一次广泛的和有代表性的国际专家会议,对

切尔诺贝利事故后果的科学评价进行了讨论和确证。会议讨论的结果向众多公众、决策者和政界领导人提供了关于这些后果的权威性资料。这应该能结束因这起事故后果而引发的许多错误宣传。

在大多数受影响地区仍可探知的辐射水平已低到足以使人们能够恢复正常的经济和社会活动的程度。结果表明,健康效应不是一些人所担忧的和另一些人所报道的那种灾难性的。但是,若干辐射效应确实发生过,预料还会发生,应该认真对待。此外,社会、经济影响是非常严重的。

现在应该集中全力,利用我们对这些后果的更好的理解,去帮助那些确实受到过影响并仍需要帮助的人们。 □