



联合国

联合国原子辐射影响问题 科学委员会的报告

第五十六届会议

(2008 年 7 月 10 日至 18 日)

大会

正式记录

第六十三届会议

补编第 46 号

大会
正式记录
第六十三届会议
补编第 46 号

联合国原子辐射影响问题 科学委员会的报告

第五十六届会议
(2008 年 7 月 10 日至 18 日)



联合国 • 2008 年，纽约

说明

联合国文件都用英文大写字母附加数字编号。凡是提到这种编号，就是指联合国的某一个文件。

ISSN 0255-1411

目录

	页次
一. 引言	1
二. 联合国原子辐射影响问题科学委员会第五十六届会议审议情况	2
三. 委员会的战略计划和工作方案	3
四. 科学报告	4
A. 辐射照射源	7
B. 切尔诺贝利事故	19
C. 对非人类生物群的影响	22

附录

一. 出席联合国原子辐射影响问题科学委员会第五十届至第五十六届会议拟定 2008 年科学报告的各国代表团成员	24
二. 与联合国原子辐射影响问题科学委员会合作编写委员会 2008 年科学报告的科学工作人员和顾问	26

一. 引言

1. 辐射照射有多种来源，例如：医疗诊断和治疗程序；核武器生产和试验；天然本底辐射；核发电；1986 年切尔诺贝利事故之类的事件；以及不得不更多地暴露于各种人造或天然辐射源的职业。
2. 自根据大会 1955 年 12 月 3 日第 913 (X) 号决议成立以来，联合国原子辐射影响问题科学委员会的任务一直是对电离辐射源及其对人类健康和环境的影响进行广泛的审查。委员会根据其任务授权全面审查和评价全球和各区域的辐照情况。委员会在包括日本原子弹爆炸幸存者在内的遭辐射群体当中对辐射引起的健康影响方面的证据进行评价，还对认识辐射造成健康或环境影响的发生机制所取得的进展进行审查。这些评估为联合国系统各有关机构制定公众和职工电离辐射防护国际标准¹提供了科学依据，所制订的标准又与重要的法律法规文书形成关联。

¹ 国际劳工组织、联合国粮食及农业组织、世界卫生组织、国际原子能机构（原子能机构）、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织及目前正在共同发起制定关于电离辐射防护和辐射源安全的国际基本安全标准。

二. 联合国原子辐射影响问题科学委员会第五十六届会议审议情况

3. 委员会于 2008 年 7 月 10 日至 18 日在维也纳举行第五十六届会议²。Norman Gentner（加拿大）、Wolfgang Weiss（德国）和 Mohamed Gomaa（埃及）分别担任主席、副主席和报告员。委员会审查并核准出版经其第五十五届会议（2007 年 5 月 21 日至 25 日）最新审议的五份科学附件，并在委员会该届会议的报告中向大会做了报告³。如先前所报告的⁴，委员会原计划在 2005 年之前出版这些文件。
4. 关于委员会 2006 年核准的载有科学附件的报告⁵，委员会对第一卷到 2008 年 7 月才出版，以及第二卷在 2008 年 12 月前可能仍无法出版表示失望，这是因为会员国和其他组织⁶都在依靠该报告中的信息，委员会的成员为该报告提供了极为宝贵的专业知识。委员会注意到，延误部分是因为工作人员数量不足和缺乏充足、有保证和可预测的供资。
5. 委员会注意到，大会曾在其 2007 年 12 月 17 日第 62/100 号决议中呼吁秘书长采取适当的行政措施，使秘书处能够以可预测和可持续的方式为委员会提供充足的服务，并请秘书长向大会第六十三届会议提供一份酌情与委员会协商拟定的全面、综合报告，说明增加委员会成员的财政和行政后果、专业秘书处的人员配备以及确保充足、有保证和可预测供资的方法。根据请求，秘书处应协助将委员会关于这些问题的看法列入秘书长的报告中。
6. 委员会决定于 2009 年 5 月 25 日至 29 日在维也纳举行第五十七届会议。

² 参加委员会第五十六届会议的有委员会成员以及白俄罗斯、俄罗斯联邦和乌克兰负责切尔诺贝利事故相关问题的官方联系人；白俄罗斯、芬兰、巴基斯坦、大韩民国、西班牙和乌克兰的观察员以及来自联合国环境规划署（环境规划署）、卫生组织、原子能机构、国际癌症研究机构、欧盟委员会、国际辐射防护委员会、国际辐射单位和测量委员会、国际标准化组织和国际放射生态联盟的观察员。

³ 《大会正式记录，第六十二届会议，补编第 46 号》（A/62/46）。

⁴ 同上，《第五十六届会议，补编第 46 号》（A/56/46），第 10 段。

⁵ 同上，《第六十一届会议，补编第 46 号》（A/61/46），第 2 段。

⁶ 在其第五十一届常会上，原子能机构大会在标题为“加强核安全、辐射安全和运输安全以及废物管理国际合作的措施”的 GC(51)/RES/11 号决议中注意到原子能机构秘书处已在共同发起者参与下并在安全标准委员会和各安全标准分委员会的框架内开始修订《电离辐射防护和辐射源安全国际基本安全标准》，注意到联合国原子辐射影响问题科学委员会第五十四届会议的报告（《大会正式记录，第五十四届会议，补编第 46 号》（A/61/46）），并促请原子能机构秘书处认真审议对《基本安全标准》的任何可能修改并说明其合理性，特别确保委员会报告保持一致。

三. 委员会的战略计划和工作方案

7. 委员会制订了一项战略计划⁷，为委员会 2009–2013 年期间的所有活动提供构想和指导，促进秘书处注重结果的方案编制、协助促进充足、有保证和可预测的资源管理，并改善有关各方之间的规划和协调。
8. 委员会认为，委员会在这一期间的战略目标是增加主管当局、科学界和民间团体对电离辐射程度及其相关的健康和环境影响的了解并深化这方面的认识，以此作为就辐射相关问题做出知情决定的坚实基础。
9. 委员会认为，这一期间的专题优先顺序可以是患者的医疗照射、能源生产的辐射水平和影响、天然辐射源照射以及增加对低剂量率辐射照射影响的认识。
10. 为了更好地满足会员国的需求，设想了一些战略转变，其中包括：(a)精简委员会的科学评估工作，每隔 4 至 5 年就辐射照射水平和影响提出简短但涉面广泛的摘要报告，并根据需要针对新出现的问题编写专门报告；设立常设专家小组，以持续监测新出现的问题并保持高级研究中心网络，协助执行战略计划；(b)加强数据收集、分析和传播机制；(c)改善注重结果的规划，包括改善与其他利益方的协调，扩大协作领域并避免出现不一致；(d)加强宣传并改善外联，包括改进委员会网站并以通俗易懂的形式向决策者和公众传播新的发现。
11. 据估计，为执行战略计划，委员会的闭会期间工作将会增加，因此必须采取行动，一方面解决委员会的关切，即完全依赖于秘书处中一名专业职等员额已使委员会处于严重不利的境地，妨碍了对已核准工作方案的高效执行，另一方面则要根据大会第 62/100 号决议的要求实施可确保充足、有保证和可预测供资的方法。
12. 在未来工作方案中，委员会决定立即启动以下方面的工作：评估能源生产产生的辐射水平及其对人类健康和环境的影响；辐射风险估测的不确定性；由辐射照射所导致的健康影响（针对大会第 62/100 号决议第 6 段）；更新核设施排放物照射量估测方法；一份辐射影响摘要；以及改善数据收集、分析和传播。当资源到位后，可开始关于体内主要放射源生物影响、患者医疗照射、人类活动造成的天然辐射源增强照射以及关于辐射水平和影响的宣传和知识库开发工作。委员会已授权秘书处采取适当行动执行战略计划和未来工作方案。

⁷ 可向委员会秘书索取。

四. 科学报告

13. 科学报告及其附件是在委员会第五十届至第五十六届会议期间根据秘书处提交的文件编写的。下列人员分别担任了这几届会议的主席、副主席和报告员：

会议	主席	副主席	报告员
第五十届	J. Lipsztein (巴西)	Y. Sasaki (日本)	R. Chatterjee (加拿大)
第五十一届	J. Lipsztein (巴西)	Y. Sasaki (日本)	R. Chatterjee (加拿大)
第五十二届	Y. Sasaki (日本)	R. Chatterjee (加拿大)	P. Burns (澳大利亚)
第五十三届	Y. Sasaki (日本)	P. Burns (澳大利亚)	N. Gentner (加拿大)
第五十四届	P. Burns (澳大利亚)	N. Gentner (加拿大)	C. Streffer (德国)
第五十五届	P. Burns (澳大利亚)	N. Gentner (加拿大)	W. Weiss (德国)
第五十六届	N. Gentner (加拿大)	W. Weiss (德国)	M. Gomaa (埃及)

14. 出席这几届会议的各国代表团成员名单见附录一。委员会感谢联合国系统各专门机构和其他组织的代表对讨论作出贡献。委员会还向协助编写材料的顾问小组（见附录二）表示感谢，他们负责初步评价委员会进行最后审议所依据的有关技术资料。

15. 在执行工作过程中，委员会对其审查的材料做出了科学判断，并在得出结论的过程中注意坚持独立、中立的立场。根据既定做法，在本报告中提出这些结论。辅助性科学附件面向科学界，将作为联合国出售的出版物单独发行。

概览

16. 只要人类生活在地球上，就会受到天然来源电离辐射的照射，但人类活动可以改变受照量。此外，一百多年来又发展出一些新的人造辐射源。委员会上次在 2000 年报告中对辐照水平和趋势做了估计。⁸本报告更新和扩充了这些估计，表 1 概括了所有来源年均剂量和照射范围的更新值。⁹

⁸ 《大会正式记录，第五十五届会议，补编第 46 号》（A/55/46）。

⁹ 关于辐射剂量概念的讨论见下文第 26 段。

表 1
各种来源电离辐射年均剂量和个人剂量范围
单位：毫西弗特^a (mSv)

来源或方式	年均剂量 (世界范围)	个人剂量典型范围	评注
天然照射源			
吸入（氡气）	1.26	0.2-10	剂量远高于一些定居点
地球以外	0.48	0.3-1	剂量高于某些地点
食入	0.29	0.2-1	
宇宙辐射	0.39	0.3-1	剂量随高度增加
天然来源辐射剂量共计	2.4	1-13	相当大人群的剂量范围为 10-20 mSv
人造照射源			
医疗诊断（非治疗）	0.6	零到几十	各级保健的平均剂量介于 0.03 至 2.0 mSv 之间；由于天然来源，一些国家的平均水平较高；个人剂量视具体检查而定
大气层核试验	0.005	在试验场周围仍出现某些较高剂量	平均值已开始从 1963 年的峰值 0.11 mSv 逐步下降
职业照射	0.005	约为 0-20	所有工人的平均剂量为 0.7 mSv。平均剂量的大部分和最高照射量都是由天然辐射造成的（特别是矿井中的氡）
切尔诺贝利事故	0.002 ^b	1986 年，30 余万清除人员的平均剂量接近 150 mSv；另有 35 万多人的剂量超过 10 mSv。	北半球的平均值已从 1986 年的最大值 0.04 mSv 逐步下降。甲状腺剂量高出很多。
核燃料循环（公众照射）	0.0002 ^b	一些核反应堆地点 1 公里处关键人群的剂量高达 0.02 mSv。	
人造来源辐射剂量共计	0.6	基本上在零到几十之间	个人剂量主要取决于医治方式、职业照射和邻近试验或事故地点。

^a 有效计量单位。

^b 全球弥散核素。假设这种做法持续 100 年，核燃料循环值表示公众未来的最大人均年剂量，是主要根据核燃料再处理和核电厂运转期间释放出来的全球弥散长寿命核素计算出来的。

17. 主要天然照射源是宇宙辐射和土壤岩石中的天然放射性核素。当喷气式飞机在巡航高度飞行时，所受宇宙辐射比在地球表面高得多。天然放射性核素所

造成的外部照射率因地点不同有相当大的差异，最高可达平均水平的 100 倍。氡是一种重要的放射性核素，这种气体在土壤中的天然铀衰变过程中产生，并会渗入居室内。在室内起居工作的人因吸入氡气而遭受辐射的程度会因当地的地质、房屋建筑方法和家居生活方式而大相径庭；受照方式在人类天然来源平均照射量中约占一半。

18. 委员会评价了军事及和平活动导致的额外辐射照射。多个地点都曾进行过大气层核试验爆炸，多数是在北半球，最活跃的试验期为 1952 年至 1958 年和 1961 年至 1962 年。时至今日这些试验所产生的放射性尘埃仍然是一种持续的照射源，只不过水平已非常低。居民返回核试区问题引发了关切，因为某些地点放射性残留物水平相当高。在核材料和武器生产地附近居住的人也受到辐射照射。贫化铀的军事用途，特别是在穿甲弹中的使用，引发了对残留污染的关切，不过辐射照射一般微不足道。

19. 关于辐射的和平用途，医疗照射是最主要的形式。医疗照射基本上都是自愿的，可为受照人带来直接益处。无论一国的保健水平如何，随着技术的发展和更为广泛的传播，辐射的医疗用途不断增加，目前全世界每年进行的放射检查约为 36 亿次。现在，保健水平较高国家的医疗用途照射平均相当于天然来源照射的约 80%。

20. 自 1956 年以来，核电厂的发电量一直在稳步上升。核燃料循环包括：铀矿开采和造矿；燃料制造；核反应堆产生能量；存储或再处理辐照过的燃料；以及存储和处置放射性废料。对公众的照射剂量因设施类型而有很大差异，但剂量通常较小，随设施距离的增加而明显下降。核反应堆对地方和区域人口的照射剂量随排放量减少而降低。

21. 关于职业照射，关注点一向侧重于人造辐射源；然而目前已经认识到，大量的工人受到天然来源的照射。过去三十年中商业核电厂中的职业照射稳步下降，但反应堆的类型不同，会有相当大的差异。与辐射的其他用途相比，核燃料循环的辐照量估计值通常更可靠，更全面。相比之下，医疗和工业部门对职业照射的监测和报告则不甚全面。尽管各类职业平均剂量已经在过去二十年中大幅下降，天然辐射源导致的职业照射几乎没有什么变化。

22. 发生了少量与核燃料循环有关事故并引起广泛的公众关注。然而，在工业和医疗来源方面发生的事故超过 100 起，特别是在所谓“无主”（即在监管之外）环境下发生的事故，这些事故造成了对工人和公众的伤害。辐射医疗的使用也发生过事故，通常在放射治疗过程中由人为或机械错误造成。虽然据了解无主来源引发的事故以及与辐射医疗应用有关的事故越来越频繁，但由于报告不充分，目前的数字可能低估了此类事故的数量，而且低估的幅度可能相当大。

23. 1986 年切尔诺贝利事故是民用核电史上最严重的事故。事故发生后，两名工人当即死亡；134 名电厂工作人员和应急人员患上了急性辐射综合症，其中 28 人不治身亡。此后有数十万工人参加清除作业。1986 年至 1987 年，在辐射剂量最高的人员中，有报告称其白血病和白内障的发病率较高；到目前为止尚无一致证据表明辐射对健康造成其他影响。放射性烟云把大量放射性物质沉降到前苏联的大片地区以及欧洲其他地区，造成土地、水体和生物群污染，并在

如今称作白俄罗斯、俄罗斯联邦和乌克兰的这些国家的大量人群中造成特别严重的社会和经济混乱。1986 年曾在受影响地区生活的儿童或青少年这一人群中，已报告发现 6,000 余例甲状腺癌（到目前为止只有少量人员死亡），在这些病例中，很大一部分可归咎于饮用了短寿命核素-碘 131 污染乳品。在较长时期内，广大民众也受到辐射照射（低水平慢性辐射），但尚无一致证据表明辐射对广大民众健康造成任何其他影响。

24. 在其 1996 年科学报告中，委员会对不会影响非人类物种群的照射剂量进行了评价。自此以来，委员会结合动植物所受辐射生物学影响方面的最新科学资料（特别是通过持续跟踪切尔诺贝利事故环境后果取得的资料），审查了非人类物种辐射剂量的评价方法。审查显示，并无证据支持修改 1996 年报告得出的结论，即：在受照人群中，当慢性照射剂量率低于每小时 0.1 毫戈瑞（milligray）或者急性照射剂量率低于 1 戈瑞时，估计不会对受照量最高的人产生影响。

A. 辐射照射源

25. 所有物质皆由原子构成。一些原子是天然稳定的，其他一些则不稳定。放射性是含有不稳定核的原子自发转变，以电离辐射的形式释放能量的一种自然现象。这些不稳定的成分被称为放射性核素，具有放射性。辐射释放形式可以是粒子（包括电子、中子和 α 粒子）或电磁伽马辐射或 X 射线，均具有不同的能量。辐射还可以通过机器人造生成。

26. 电离辐射通过包括活体组织在内的物质时会沉积能量，最终在该物质中产生电离和激发。单位组织质量中的沉积能量就是所谓的吸收剂量，通常以毫戈瑞作为测量单位。辐射造成的生物损伤与沉积能量有关。然而，要想估计潜在的生物影响，需要注意的是，不同种类的辐射在沉积相同能量时会产生不同的生物影响，而且组织的反应也不相同。在辐射防护中，使用了一种称为有效剂量的加权数量，加权数量是表示人类受电离辐射时产生潜在生物影响的最常用指标。有效剂量（以下简称“剂量”）通常以毫西弗特（mSv）表示。一组人群受到的辐射总照射量称为集体剂量，以人-西弗特（man Sv）表示。作为随后对比的参照数，天然本底辐射造成的全球年均人均剂量为 2.4 mSv，而相应由天然本底辐射造成的全球人口年集体剂量约为 1,600 万 man Sv。

1. 天然来源

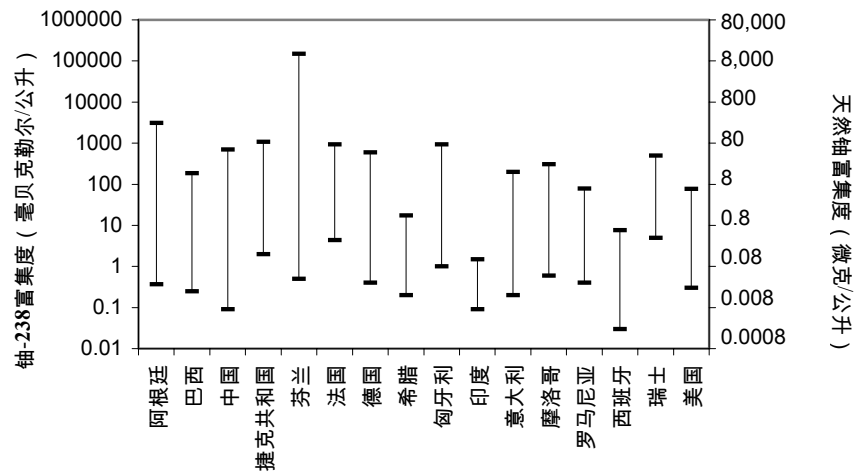
27. 对于大多数人来说，受到的天然本底辐射照射是其受到的辐射总照射中最大的组成部分。尽管这些辐射源是天然的，但其照射会受到人类行动的影响，其中最简单的例子便是在房屋内居住。建筑材料提供了与地面辐射隔绝的保护，但其本身也可能含有增加照射的放射性核素。此外，建筑物可能聚集氡气，从而造成高于开放大气中发生的照射。

28. 宇宙辐射（即来源于外层空间的辐射）会被地球大气层大幅减弱。在海平面高度时，宇宙辐射只占天然辐射源总剂量的约 15%。然而，在较高高度上，

特别是在外层空间中，宇宙辐射是最主要的辐射源。在商用飞行器的巡航高度上，平均剂量率为 0.003-0.008 mSv/小时，约比海平面的数值高出两个数量级。

29. 地球表面和内部的一切都含有放射性核素。地表下所谓的原生放射性核素（钾-40、铀-238 和钍-232），以及它们衰变产生的放射性核素，都会造成辐射。外部照射¹⁰的估计值因地点不同而差异较大。一些特定地点中这些放射性核素的富集度较高，其剂量率可能是全球平均值的 100 倍。这些放射性核素，以及宇宙射线与地球大气层相互作用所产生的放射性核素也出现于粮食和饮料中，因此可能进入身体。天然放射性核素的环境富集度变化幅度很大（见图一）。这种内部照射¹⁰的大部分剂量是由钾-40 造成的。

图一
饮用水中观察到的天然铀富集度的变化



注：竖线表示在该国观察到的值范围。注意竖轴标度量级为 10 倍。

30. 铀-238 衰变产生的放射性核素之一是氡-222（也可简称为“氡”）。这种气体是土壤气体的正常组分之一，可渗入建筑物内。当氡被吸入后，其中一些短寿命衰变产物会留在肺中并会辐照呼吸道细胞。氡水平因下层局部地质以及土壤渗透性、建筑构造、气候和家居生活方式等其他因素而有极大差异。已开展了非常广泛的测量方案，这些方案已成为采取措施减少室内氡富集度的依据。氡约占天然辐射源平均照射的一半。

31. 因受到所有天然辐射源照射而产生的电离辐射年均剂量和个人剂量估计值另见表 1。

¹⁰ 外部照射指的是受到源于体外辐射的照射，而内部照射指的是因体内放射性材料造成的辐射照射。

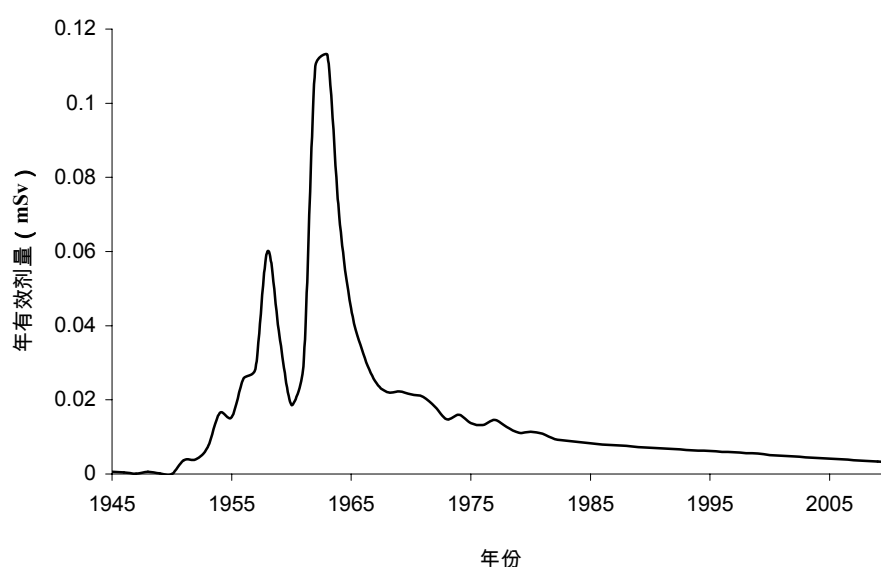
2. 人造来源

(a) 军事活动造成的照射

32. 1945 年至 1980 年期间在多个地点进行了大气层核试验爆炸，主要是在北半球。此类试验最活跃的时期是 1952-1958 年和 1961-1962 年期间。这些试验共进行了 502 次，总当量为 4.34 兆亿吨三硝基甲苯（TNT）。由于大气层核武器试验产生的全球降尘，估计的电离辐射年人均有效剂量在 1963 年时高达 0.11 mSv，此后下降，至今降至约 0.005 mSv（见图二）。未来这些照射源只会非常缓慢地减弱，因为这类照射主要是由长寿命放射性核素碳-14 造成的。

图二

1945-2005 年期间原子弹试验产生的电离辐射全球年人均有效剂量估计值



33. 生活在试验场附近的人们也受到本地放射性落尘的辐射。由于试验场和试验的特性差异巨大，只能在对每个试验场进行非常详细的研究后才可单独估计其剂量。这些研究中，许多是在 1990 年代后期和本十年最初几年进行的，并且仍在继续。很明显，一些生活在试验场附近的人们在试验期间接受的剂量非常巨大。目前，人们关切核试验地区的重新使用问题，因为某些环境中的放射性残留物可能仍然很高。

34. 从 1962 年至 1990 年，在签署了 1963 年的《禁止在大气层、外层空间和水下进行核武器试验条约》¹¹后，每年往往最多进行 50 次或更多的地下爆炸；此后也进行了一些试验。多数地下试验的当量低于大气层试验，而且除非有气体排出或逸漏到大气层中，任何放射性碎片通常都被限制在地下。这些试验产生了数量非常大的放射性残留物；但这种残留物不会导致公众暴露于辐射之中，因为这种残留物均深埋地下，而且基本上已熔入宿主岩石。

¹¹ 联合国，《条约汇编》，第 480 卷，第 6964 号。

35. 除武器试验本身外，生产核材料和制造核武器的设施也是导致本地人口受到辐射照射的一个放射性核素释放源。

36. 铀浓缩的副产品之一是贫铀，其放射性比天然铀弱。贫铀的化学毒性是其最危险的属性。除一些特定情况之外（例如长期处理），贫铀的辐射照射可以忽略不计。

(b) 和平活动造成的照射

(一) 患者受到的辐射照射

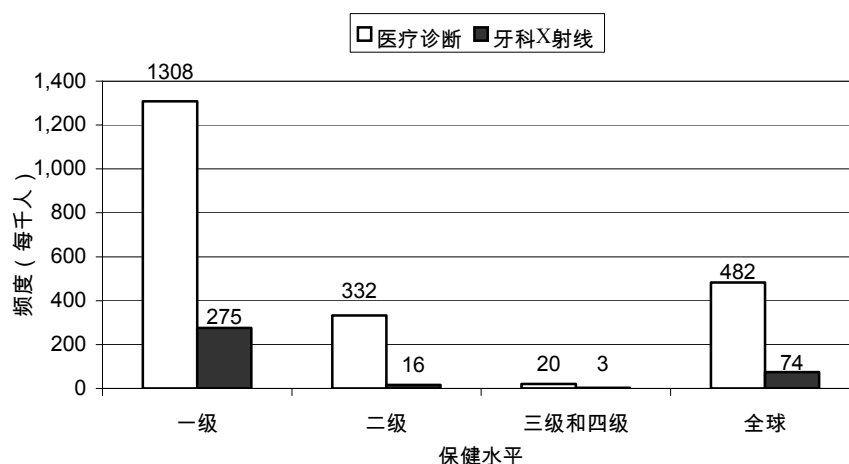
37. 患者受到电离辐射照射与诊断放射学、核医学和放射治疗有关。委员会对 1997-2007 年期间的医疗照射进行了调查。调查的数据受到某些限制，其中主要的答复来自较发达的国家。将医疗照射造成的剂量与其他来源的剂量进行简单的对比是不适当的，因为患者会从这些照射中直接受益，此外他们可能患病，并比普通人群年龄大。事实上，不断增加的医疗照射很可能与人口获得更多的健康惠益联系在一起。

医疗诊断照射

38. 自上次调查（涉及 1991-1996 年期间）以来，医疗诊断检查（包括内科和牙科）的总数估计已从 24 亿例增至 36 亿例，增幅约为 50%。如此前的委员会报告所述，数据是根据一国的保健水平分组的（一、二、三或四级——一级最高，四级最低——根据每一人口的内科医生的数量）。图三显示 1997-2007 年期间根据保健水平划分的 X 射线医疗检查年频度。从该图可看出，在一级国家（占全球人口的 24%）中，此类检查的频度超过三级和四级国家（占全球人口的 27%）65 倍多。保健服务的提供中的广泛不平衡也反映在 X 射线设备和内科医生的供应情况中。

图三

1997-2007 年期间按保健水平分列的医疗诊断检查和牙科 X 射线检查年均频度



39. 表 2 显示诊断放射学的使用和相关照射的趋势。

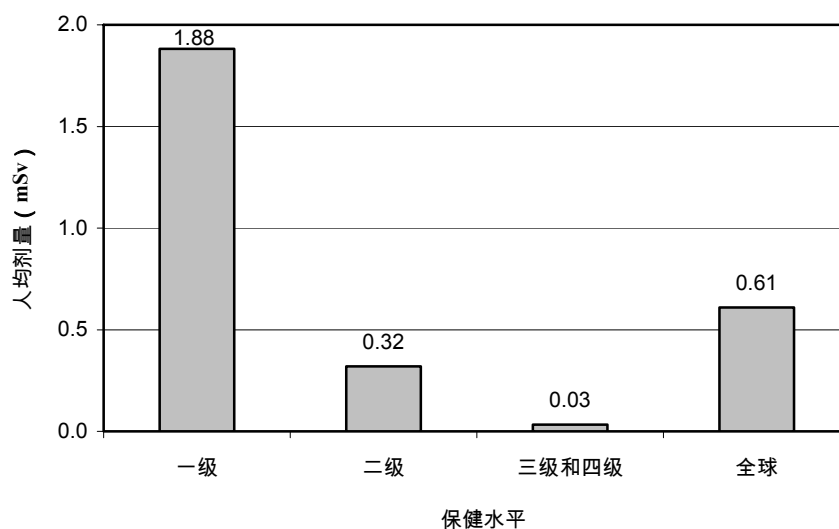
表 2
诊断放射学使用辐射照射的趋势

对调查数据作了分析的 委员会报告的年份	检查数量 (百万)	集体有效剂量 (man Sv)	年人均剂量 (mSv)
1988	1 380	1 800 000	0.35
1993	1 600	1 600 000	0.3
2000	1 910	2 300 000	0.4
2008	3 100	4 000 000	0.6

40. 在该趋势中，新型高剂量 X 射线技术（特别是计算机 X 射线断层摄影扫描技术）正导致许多国家每年所实施的此类程序的数量极快速增长，而且通过推广，集体剂量明显增高。在一些国家中，这种情况在历史上首次导致诊断放射学造成的年集体和人均电离辐射剂量超过此前最大来源（天然本底辐射）的剂量。

41. 自委员会分析了上次调查以来，医疗诊断检查造成的集体有效剂量总量估计增加了 170 万 man Sv，从原来的约 230 万 man Sv 增至约 400 万 man Sv，增幅约为 70%。图四按保健水平分列显示 1997-2007 年期间医疗诊断检查和牙科 X 射线检查造成的辐射全球人口年均人均有效剂量。

图四
1997-2007 年期间按保健水平分列的医疗诊断检查和牙科 X 射线检查造成的
电离辐射年均人均有效剂量

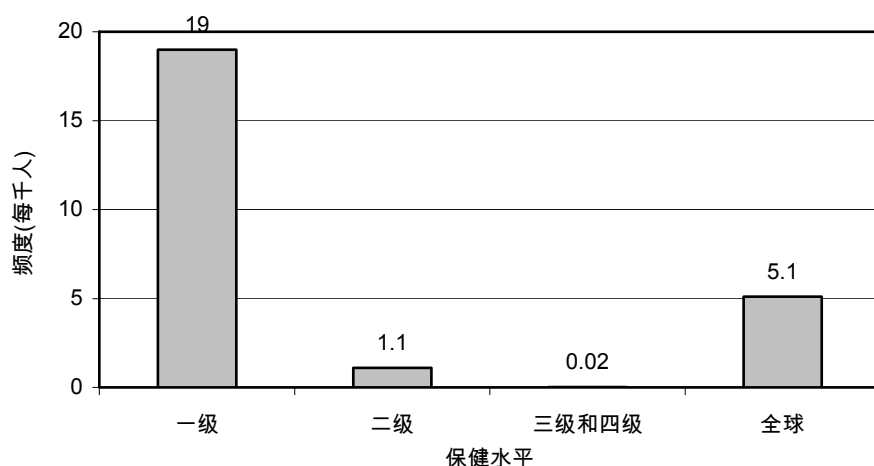


核医学

42. 据估计，目前每年全世界进行的核医学诊断检查数量为 3,270 万例，相当于自 1991-1996 年调查期间以来每年增加 20 万例检查，增幅不到 1%。同一期间，由于核医学检查造成的集体有效剂量从 150,000 man Sv 增至 202,000 man Sv，提高 52,000 man Sv，增幅约为 35%。一级保健国家人口接受的核医学检查约占所有此类检查的 90%。图五按保健水平概要列示 1997-2007 年期间每年核医学诊断检查的频度。

图五

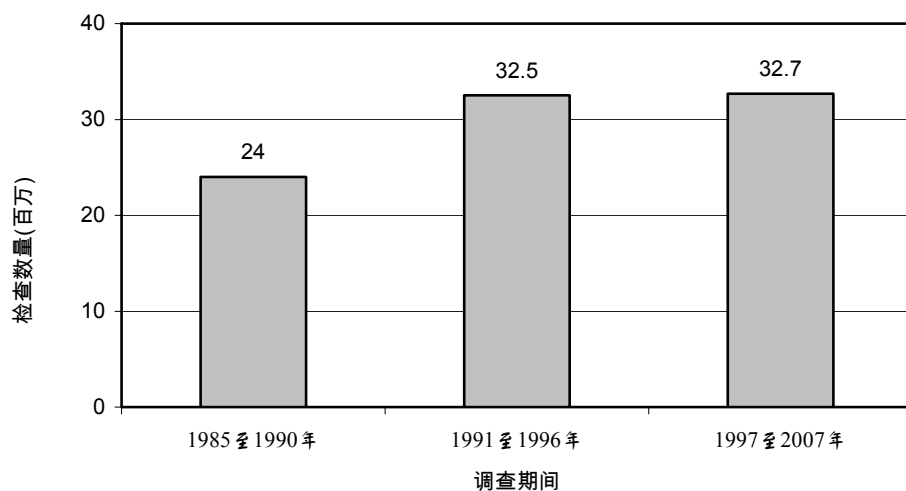
1997-2007 年期间每年核医学诊断检查频度（按保健水平分列）



43. 如图六所示，过去三个调查期间（1985-1996 年、1991-1996 年和 1997-2007 年），每年进行的核医学诊断检查估计数量都有所增加。

图六

1985-1990 年、1991-1996 年和 1997-2007 年各期间每年进行的核医学诊断检查的估计数量



放射治疗

44. 表 3 列示 1997-2007 年期间每个保健级别每年最常见放射治疗的估计数据。一级国家约占所有放射治疗的 70%。1997-2007 年期间, 每年估计施行 510 万例放射治疗疗程, 而 1998 年估计施行了 430 万例。其中 470 万例涉及远程治疗, 40 万例涉及近程治疗。

表 3

1997-2007 年期间每年全世界放射治疗^a 估计数量

保健水平	人口 (百万)	远程治疗		近程治疗 ^b		所有放射治疗	
		每年治疗数量 (百万)	每千人治疗 数量	每年治疗数量 (百万)	每千人治疗 数量	每年治疗数量 (百万)	每千人治疗 数量
一级	1 540	3.5	2.2	0.18	0.12	3.6	2.4
二级	3 153	1.2	0.4	0.20	0.06	1.4	0.4
三级	1 009	0.06	0.06	(<0.05) ^c	(<0.01) ^c	0.1	0.06
四级	744	(0.03) ^c	(<0.01) ^c	(<0.01) ^c	(<0.005) ^c	(0.03) ^c	(0.01) ^c
全世界 ^d	6 446	4.7	0.73	0.4	0.07	5.1	0.8

资料来源: 1997-2007 年委员会关于医疗辐射用途和照射的调查。

^a 整个疗程。

^b 不包括放射性药物治疗。

^c 缺乏数据情况下的假设值。

^d 全球数据包括几个未列入一至四级保健水平的国家。

概要

45. 表 4 摘要列示 1997-2007 年期间由于医疗照射而造成的电离辐射年度集体有效剂量估计值。全世界由于医疗照射造成的集体有效剂量中有近 75% 出现在一级保健国家(相对发达国家)。

表 4

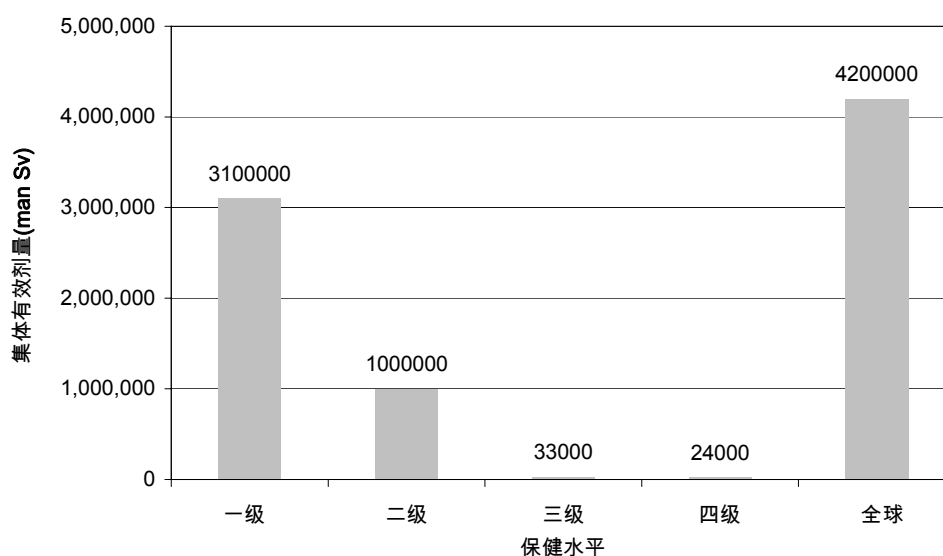
1997-2007 年期间医疗照射造成的电离辐射年度集体有效剂量估计值
(由于四舍五入, 各项相加未必正好是共计数)

保健水平	人口 (百万)	照射源			共计 (man Sv)
		医疗诊断 检查 (man Sv)	牙科 X 射线 检查 (man Sv)	核医学检查 (man Sv)	
一级	1 540	2 900 000	9 900	186 000	3 100 000
二级	3 153	1 000 000	1 300	16 000	1 000 000
三级	1 009	33 000	51	82	33 000
四级	744	24 000	38	..	24 000
全世界	6 446	4 000 000	11 000	202 000	4 200 000

46. 医疗照射仍是最大的人造电离辐射照射源，并且继续高速增长。医疗照射占所有人造来源的 98%，并且是全世界人口所受剂量的第二大来源，约占总量的 20%。调查期间，每年进行的医疗辐射程序约为 36 亿次，而上一次调查期间为 25 亿次，就是说在过去的十年中增加了 11 亿次，增幅超过 40%。由于医疗照射（不包括放射治疗）造成的年度集体有效剂量总量约为 420 万 man Sv，增加了 170 万 man Sv（增幅超过 65%）。在上一个期间，医疗程序和剂量的分布在国家间呈现出较大的不均衡（见图七）。

图七

医疗照射（不包括放射治疗）造成的年度集体有效剂量总量

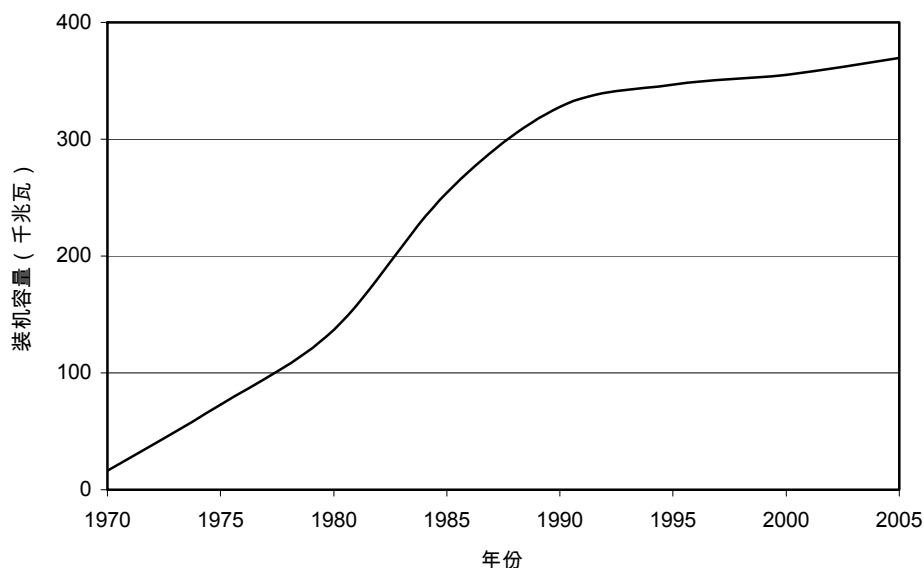


(二) 公众受到的辐射照射

47. 自 1956 年出现核电厂以来，核电厂发电量呈稳定增长趋势。尽管有越来越多的旧反应堆退役，但核发电量在继续增长（见图八）。核燃料循环包括下列阶段：铀矿开采和选矿及转化为核燃料；燃料元件制造；核电厂产生能量；存储或后处理辐照燃料；不同阶段间的运输；以及存储和处置放射性废料。受照人所受的电离辐射剂量因设施类型、地点和时间的不同而有较大差异。

图八

1970-2005 年全球核发电装机容量



48. 铀矿开采和选矿会产生大量的残留，即尾矿。至 2003 年，全世界铀产量约为 200 万吨，但产生的尾矿总计超过 20 亿吨。目前，尾矿堆受到很好的维护，但仍存在许多废弃的旧矿点，只对很少的矿点作了补救处理。委员会估计，矿区、选矿厂和尾矿堆附近当地和区域人口所受年度电离辐射集体剂量约为 50-60 man Sv，与以前的估计数类似。

49. 多数动力反应堆属于轻水慢化和冷却型，但在某些国家也使用其他一些设计。目前，由反应堆环境释放造成的当地和区域人口（总体）电离辐射年均集体剂量估计为 75 man Sv。该数值低于以前的估计数。

50. 在核燃料循环中，对乏燃料进行后处理，以回收铀和钚，再用于反应堆。多数乏燃料都存放在临时储存设施中，但目前只有约三分之一经过后处理。后处理产生的电离辐射年度集体剂量估计值仍在 20 至 30 man Sv 之间。

51. 燃料循环作业中的低级或部分中间级废料目前被丢弃在近地表设施中，但过去有时也将废料倒入大海中。再处理产生的高级废料和（未处理的）乏燃料被储存起来，但最终也需要丢弃。预计只有在遥远的未来（如果有那么一天的话），公众才会遭受丢弃废料造成的辐射照射，因此，对此类放射性影响的评估必须依靠数学建模来实现。总体而言，所有与电力生产有关作业产生的年度集体剂量估计约为 200 man Sv。这些作业中最主要的部分是采矿。核电厂周围具有代表性的当地和区域人口人均所受年度剂量不足 0.0001 mSv（相当于数分钟空中旅行所受宇宙辐射的剂量）。

52. 在全世界范围内，有几类设施虽与利用核能无关，但也可能导致公众遭受照射，原因是这些设施加强了天然产生的放射性核素在其工业产品、副产品和废料中的富集度。其中最重要的设施与采矿和矿物处理有关。除此之外，由于

正常的人类行为，例如在农业中使用水处理过程中产生的淤泥，或使用残留物作为填埋或建筑材料，天然产生的放射性材料也可能使人们遭到照射。尽管公众所受剂量很低，数量级不足毫西弗的数千分之几，但一些特别易受害群体可能受到接近 1 mSv 的剂量。目前，在国家和国际级别，正在努力评估天然产生的放射性材料造成的照射，并制定解决导致辐射照射提高的种种情况的战略。

(三) 工人受到的辐射照射

53. 直到 1990 年代，除与核燃料循环有关的活动外，对职业照射的关注侧重于人造辐射源。然而，目前人们已经意识到，大量工人在从事自己的职业时也会受到天然辐射源的照射，目前估计，由此造成的集体剂量约为委员会 2000 年报告所述剂量的 3 倍。目前受到电离辐射照射的工人总数估计大约为 2,280 万人，其中约有 1,300 万人受到天然辐射源的照射，另有 980 万人受到人造来源的照射。在受到人造辐射源照射的工人当中，医疗人员所占比例最大（75%）。

54. 从事军事活动的工人遭受辐射照射发生在武器生产和试验、反应堆推进海军舰只以及类似于民用部门的其他应用等过程中。委员会估计，全世界这类来源产生的电离辐射年均集体剂量约为 50 至 150 man Sv，平均每个工人年度剂量约为 0.1 至 0.2 mSv。不过，这些估计数据中存在较大的不确定性。

55. 提取和处理可能含有大量天然放射性核素的放射性矿物的做法较为普遍。采矿部门占受到职业照射工人中的绝大多数，而氡是各类地下矿井中主要的辐射照射源。表 5 概要说明工作场所的氡照射情况。

表 5
工作场所的氡照射

工作场所	工人数量 (百万)	集体剂量 (man Sv)	平均有效剂量 (mSv)
煤矿	6.9	16 560	2.4
其他矿井 ^a	4.6	13 800	3.0
其他工作场所	1.25	6 000	4.8
加权平均值			2.9

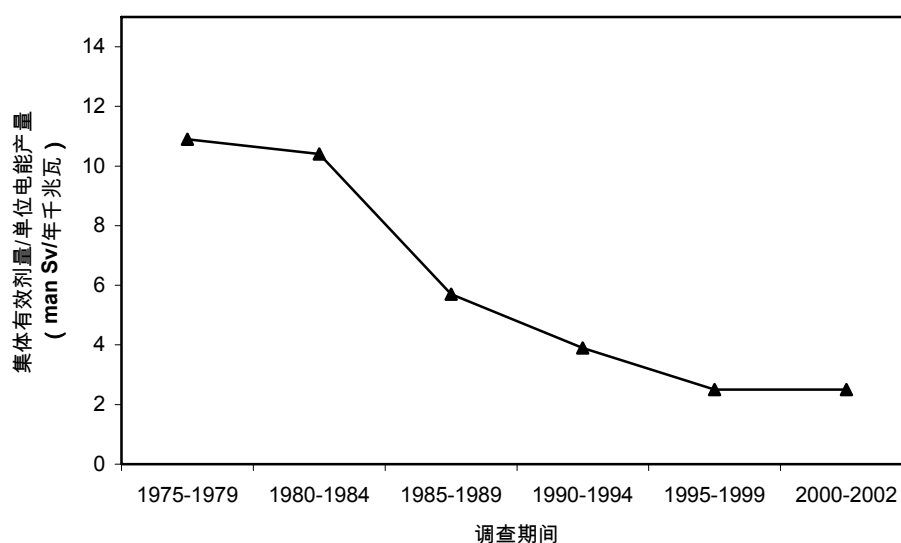
^a 不包括铀矿。

56. 航班机组成员的年度集体剂量约为 900 man Sv。估计年均有效剂量为 2 至 3 mSv。一些空间飞行任务也提供剂量测量。短期空间飞行任务的报告剂量介于 1.9-27 mSv 之间。

57. 从事核燃料循环工作的人的电离辐射年度集体剂量估计约为 800 man Sv。在整个燃料循环中，年均有效剂量约为 1.0 mSv。1975 年以来，核燃料循环过程中受监测工人所受年均剂量已从 4.4 mSv 逐步下降至目前的 1.0 mSv。其中很大原因是铀开采的大幅减少，以及采用了更先进的采矿技术；与此同时，商业核电厂单位电能的职业照射总量在过去三十年中也稳步下降（见图九）。

图九

1975-2002 年期间按单位电能产量计算的反应堆电离辐射年度职业集体剂量



58. 虽然 1975-1989 年期间以核方式生产的电力增加了三至四倍，但这段期间以五年期为单位计算的核燃料循环各项作业的年均集体有效剂量变化不大，平均值为 2,500 man Sv。发电量在继续增加，但年均集体有效剂量却下降了近一半，从 1990-1994 年期间的 1,400 man Sv 降至 2000-2002 年期间的 800 man Sv。

59. 辐射医疗所涉工人受到的年度集体剂量估计约为 3,540 man Sv；年均有效剂量约为 0.5 mSv。从 1994 年至 2002 年，辐射医疗中受监测工人所受平均年度剂量增加了 1.7 倍。然而，参加干预程序的工人受到了较高的有效剂量；极端剂量可高达规定限值。随着干预程序的数量大幅增长，从 1975 年至 2002 年，辐射医疗所涉工人数量增加了 7 倍，2002 年的估计数约为 740 万人。

60. 辐射工业应用所涉工人受到的年集体剂量估计约为 289 man Sv，年均有效剂量约为 0.3 mSv。这一数值比 1975 年的 1.6 mSv 有所下降。从 1975 年至 2002 年，工业使用辐射所涉工人数量增加了 1.6 倍；2002 年的估计数约为 90 万人。

61. 1980-1984 年、1990-1994 年和 2000-2002 年各期间职业电离辐射年均有效剂量的趋势显示于表 6 中。从该表中可以看出，所有类别人造照射来源的平均有效剂量均有减少；核燃料循环剂量的大幅减少主要是由于铀矿开采过程中的变化。然而，由于天然辐射来源照射增加，总加权平均有效剂量有所上升。

表 6

1980-1984 年、1990-1994 年和 2000-2002 年各期间职业电离辐射年均有效剂量趋势

单位：毫西弗特（mSv）

照射来源	1980-1984 年	1990-1994 年	2000-2002 年
天然来源	..	1.8	2.9
军事活动	0.7	0.2	0.1
核燃料循环	3.7	1.8	1.0
医疗用途	0.6	0.3	0.5
工业用途	1.4	0.5	0.3
杂类	0.3	0.1	0.1
加权平均值	1.3	0.8	1.8

(c) 事故造成的照射

62. 只有在发生事故（或恶意行为）时才会造成辐射照射的早期急性影响。由于放射性材料扩散到环境中，一些严重事故造成大量人口受到照射。委员会过去的几份报告中都载有事故造成的辐射照射的情况，包括对切尔诺贝利事故的具体评价。委员会对过去 60 年来已报告导致早期急性健康影响、死亡或重大环境污染的辐射事故进行了归类和总结。

63. 与核燃料循环有关的事故包括少量已广泛公布的重大事故，其后果也得到了详细的报道。在 1945 年至 2007 年期间，核设施发生了 38 起严重辐射事故，其中 26 起发生在与核武器方案有关的设施中。在这 38 起事故中，有 34 起事故导致雇员伤亡，有 7 起导致放射性材料泄漏到设施以外，并导致大量人口受到照射。除 1986 年的切尔诺贝利事故（将在下文 B 节讨论）外，已知与核燃料循环有关的事故共造成 29 人死亡（包括 4 起外伤致死），68 人遭受需要医治的辐射伤害。

64. 大型辐射来源在工业中的使用非常广泛（工业辐照设施或加速器），并且引出多起事故，通常都是由于操作错误引起的。列入本报告的所有 85 起事故均造成了足以导致工人受辐射伤害的照射。与这些事故有关的报告死亡人数为 25 人，受伤人数为 164 人。

65. 无主放射源属于原来受到监管控制但后来被遗弃、丢失或盗窃的放射源。据报告有 29 起严重无主放射源事故导致公众成员受到辐射伤害；共有 33 人，包括数名儿童，在这些事故中死亡。此外，在 1987 年巴西戈亚尼亚发生的事故中，有数百人受到了污染。

66. 在辐射医疗中，事故往往涉及放射性治疗中犯的错误，这种错误是在多位患者受到过度照射后才发现的。委员会只对 1967 年以来 29 起已报告事故进行了审查，这些事故造成 45 人死亡和 613 人受伤。辐射医疗过程中的一些死亡和伤害事件很可能尚未报告。然而，光是已报告事故所造成的受伤人数似乎已超过了任何其他类别事故。

67. 在使普通公众受到电离辐射照射的事故中，1986 年的切尔诺贝利事故是迄今最严重的一起。该事故造成的集体剂量是使普通公众受到照射的所有其他事故所造成集体剂量的许多倍。

68. 这些事故的趋势差异较大。在核武器方案的早期，临界事故较为常见。与核燃料循环有关的运行事件则零星出现。工业和学术或研究机构中的事故似乎在 1970 年代末达到高峰，现已减少到 2000 年以来在工业中仅发生过几起孤立的故事。过去许多年来，全世界范围内放射性材料非军事用途的广泛运输并未造成任何辐射伤害事故。无主放射源和辐射医疗相关事故最近有所增加，但有关数据可能存在漏报。

(d) 各种照射的比较

69. 尽管从现有的数据可以明显看出，剂量会随地点、群体、保健水平等因素而有较大差异，但在全球范围内对调查结论进行总结仍然是有益的，而且符合习惯做法上（见上表 1）。天然辐射照射不会随时间的推移而大幅变化，但个人照射特别是氡照射则可能出现巨大的变化。在过去十年左右的时间中，最惊人的变化是医疗照射的急剧增加，原因包括使用计算机 X 射线断层摄影扫描的快速增加等。在一些国家中，这意味着医疗照射已经取代天然放射源，成为总量最大的部分。大气层试验和切尔诺贝利事故的残留剂量仍在缓慢下降。尽管按所有人口平均计算职业照射的数值较低，但由于认识到了采矿过程中天然放射性核素的照射问题，该估计值已大幅上升。虽然核燃料循环行业在逐步发展，但其造成的剂量仍然很小。

B. 切尔诺贝利事故

70. 1986 年在前苏联切尔诺贝利核电厂发生的事故是民用核电史上最严重的一起事故。事故发生后，两名工人当即死亡；134 名电厂工作人员和应急人员患上了急性辐射综合症，其中 28 人不治身亡。此后有数十万工人参加清除作业。

71. 这起事故导致最大的不可控放射性环境释放，超过民用活动中任何已有的记录；大量放射性物质在约 10 天的时间内释放到了大气中。事故造成的放射性烟云散布到了整个北半球，并将大量放射性材料投送到前苏联和欧洲其他地区的大片区域，导致土地、水体和生物群受到污染，并在如今称作的白俄罗斯、俄罗斯联邦和乌克兰的大量人口中造成特别严重的社会和经济混乱。在该事故对公众造成的辐射剂量中，有两种特别重要的放射性核素——短寿命的碘-131（半衰期为 8 天）和长寿命的铯-137（半衰期为 30 年）。然而，两种放射性核素的剂量区别较大：碘-131 在事故发生数周时间内会造成数戈瑞的甲状腺剂量，而铯-137 会在今后几年内使全身受到高达数百毫西弗的剂量。

72. 在前苏联，由于鲜奶受碘-131 污染，以及没有迅速采取对策，导致较高的甲状腺剂量，特别是在儿童中。长期而言，主要由于放射性铯，普通公众仍会遭受辐射照射，外部来自放射性沉积物，内部来自受污染食物。然而，由此导致的长期辐射剂量相对较低（1986 至 2005 年期间，白俄罗斯、俄罗斯联邦和乌

克兰境内“受污染地区”¹²的平均增加剂量为 9 mSv，大约相当于一次医疗计算机断层摄影扫描的剂量），应不会导致普通公众由于辐射而受到严重健康影响。然而，该事故造成了严重的干扰，导致重大社会和经济影响，并给受影响人口带来了巨大压力。

73. 自此次事故之后，国际社会为评估辐射对健康影响的程度和特点而做出了前所未有的努力。包括联合国教育、科学及文化组织（教科文组织）、世界卫生组织、国际原子能机构（原子能机构）和欧盟委员会在内的各方提出了许多倡议，以促进人们更好地理解事故的后果并协助减轻这类后果；1996 年 4 月 8 日至 12 日在维也纳举行了主题为“切尔诺贝利事故之后的十年总结事故的后果”的国际会议，对这些倡议的结果进行了总结，这次会议由卫生组织、原子能机构和欧盟委员会联合举办，联合国、联合国原子辐射影响问题科学委员会、教科文组织、辐射科委、粮农组织和联合国粮食及农业组织、经济合作与发展组织提供了合作。各项国际科学评估就事故后果的范围和特点得出的结论在很大程度上是类似的。

74. 委员会在其 1988 年报告¹³中第一次审议了该事故的初期放射学后果。委员会在其 2000 年报告中，详细叙述了当时已知的情况。该报告发表之后，联合国系统的 8 个组织机构（包括委员会在内）¹⁴和三个受影响国家发起了切尔诺贝利论坛，以对辐射照射造成的环境和健康后果做出权威的一致声明，并就环境补救、特殊保健方案和研究活动等问题提出建议。2005 年 9 月 6 日和 7 日在维也纳举行的以“切尔诺贝利事故：过去，走向未来；实现联合国在事故影响及未来问题上的协商一致”为主题的国际会议对切尔诺贝利论坛的工作做出了评价，并基本上重申了先前对事故的辐射健康后果的范围和特点做出的所有评估。

75. 委员会目前评价的目标是，对迄今观察到的由该事故辐射照射造成的健康影响进行权威的和确定的评价，并考虑到受照射人口所受辐射剂量的水平、趋势和模式，对潜在影响作出明确的预测。委员会评价了自 2000 年报告以来得到的新的相关信息，并确认观察到的情况与此前用于评估放射性结果时所用假设并无不一致。委员会还承认，一些未解决的细节需要进一步审查，应继续开展工作，为更好地理解该事故与辐射有关的健康和环境影响提供科学依据。

76. 尽管新的研究数据不少，但有关切尔诺贝利事故健康后果的程度和性质的主要结论与委员会 1988 年和 2000 年报告基本一致：

(a) 共有 134 名核电厂工作人员和应急人员受到高剂量辐射，导致患上急性辐射综合症，其中许多人还因 β 射线照射而遭受皮肤损伤；

¹² 前苏联对“受污染地区”的定义比较随意，即土壤中铯-137 含量高于每平方米 37 千贝克的地地区。

¹³ 《大会正式记录，第四十三届会议，补编第 45 号》（A/43/45）。

¹⁴ 环境规划署、秘书处人道主义事务协调办事处、开发计划署、联合国原子辐射影响问题科学委员会、粮农组织、卫生组织、世界银行和原子能机构。

(b) 在事故发生后的最初几个月中，高辐射剂量导致其中 28 人有致命危险；

(c) 虽然到 2006 年已有 19 名急性辐射综合症幸存者死亡，但其死亡原因多样，且通常与辐射照射无关；

(d) 皮肤损伤和辐射白内障是急性辐射综合症幸存者受到的主要影响；

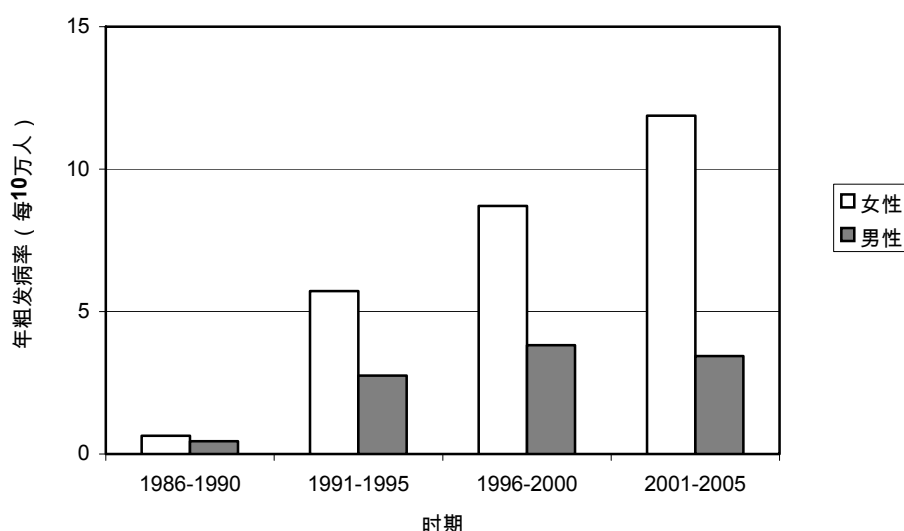
(e) 除应急人员外，数十万人参加了清除工作，但到目前为止，除接受较高剂量者出现多起白血病和白内障外，没有一致的证据表明健康所受影响是由辐射照射造成的；

(f) 在白俄罗斯、乌克兰和俄罗斯联邦四个受影响较大的地区，1986 年受事故辐射照射的儿童或青少年这一人群中甲状腺癌发病率大幅提高。从 1991 年至 2005 年，已报告了超过 6,000 个病例，其中很大一部分可归因于 1986 年饮用了受碘-131 污染的牛奶。虽然该组人员的甲状腺癌发病率仍在继续提高（见图十），不过到 2005 年，只有 15 个病例具有致命性；

(g) 在普通公众中，迄今没有一致证据表明有任何其他健康影响可归因于辐射照射。

图十

切尔诺贝利事故发生时白俄罗斯儿童或青少年这一人群中甲状腺癌发病率，按 1986-1990 年、1991-1995 年、1996-2000 年和 2001-2005 年各期间分列



77. 尽管已针对普通公众当中实体肿瘤发病率可能提高的问题公布了根据模型做出的预测，但对于所考虑的所有人口群体来说，剂量相对较小，与天然本底辐射造成的剂量相似。委员会决定，不使用模型来预测受到低剂量照射人口所受影响的数量，因为此类预测中存在不可接受的不确定性。然而，委员会认为应当继续进行监测。

78. 根据 20 年的研究，是可以重新确认委员会 2000 年报告中的结论的。基本上，当时作为儿童受到切尔诺贝利事故释放的放射碘照射的人，以及接受高剂量辐射的应急及清除人员，面临着较高的辐射所致影响。当地多数居民受到的辐射照射量较低，此类辐射相当于或数倍于年度天然本底辐射量，不需要担心遭受严重的健康后果。

79. 委员会认为，其最近的评价是联合国切尔诺贝利事故国际合作协调员响应大会请求的一项重要参照内容。根据大会 2007 年 11 月 20 日第 62/9 号决议第 16 段，该协调员应继续开展工作，根据切尔诺贝利论坛的建议，协同白俄罗斯共和国、俄罗斯联邦和乌克兰政府，进一步研究切尔诺贝利灾难的健康、环境和社会经济后果，更好地为当地居民提供信息。

C. 对非人类生物群的影响

80. 地球上所有物种都在受到天然本底电离辐射照射的环境中生存和进化。但是最近，生物体也受到人造辐射源的照射，例如大气层核武器试验产生的全球尘降，以及在某些地点发生的放射性核素受控排放或放射性材料意外释放。

81. 委员会在其 1996 年报告¹⁵中，对不会影响非人类生物群的电离辐射剂量和剂量率进行了评价。委员会认为，在群体范围内，个体可能在死亡率、受精率、生育率和引发突变方面对辐射照射作出重大反应。此外，委员会认为，对于辐射影响的指标方面，繁殖变化比死亡率变化更为敏感，哺乳动物是最为敏感的动物生物体。据此，委员会制定了不会对多数群体造成重大影响的受照量最大个体剂量率。

82. 此后，经过对切尔诺贝利核电厂附近地区的非人类生物群进行后续观察，取得了关于电离辐射影响的一些新数据。各个组织对科学文献开展了全面审查，有些还开发出了评估非人类生物群可能受到的影响的新办法。这些文献提出了范围很广的端点和相应影响水平，也体现了在不同研究人员如何评价这些数据的方面存在的巨大差异。表 7 提供一份关于生物体总类相关数据的简明摘要。

表 7
电离辐射对部分非人类生物群类别的某些影响

慢性剂量率 (单位: 毫 戈瑞/小时)	类别	影响	端点
0.1-1	植物	松针死亡: 草本植物减少	死亡率、发病率
	鱼类	精子减少、产卵推迟	生殖损害
约 0.1	哺乳动物	未描述伤害端点	发病率、死亡率、 生殖损害

¹⁵ 《大会正式记录，第五十一届会议，补编第 46 号》(A/51/46)。

83. 委员会的结论是，总体而言，没有证据表明应当修改其 1996 年报告的结论。根据该报告，受照量最大个体受到低于 0.1 毫戈瑞/小时的慢性剂量率不太可能对多数陆生物种产生重大影响，水生生物种群的任何个体受到低于 0.4 毫戈瑞/小时的慢性剂量率不太可能在群体范围内造成有害影响。在急性照射方面，对切尔诺贝利事故经验的研究已肯定，低于 1 戈瑞的剂量不太可能对非人类生物群造成重大影响。

84. 自委员会提交 1996 年报告以来开展了大量工作，调查和改善对生物群在其环境中遭受辐射照射的路径的评价数据和方法；另外，生物群所受剂量评估也取得了许多进展。必须注意的是，仍有很多机会去改进该领域的认识和方法。通过增进这些方面的认识，有助于理解环境中辐射水平和放射性对生物群可能受到的影响之间的关系。

附录一

出席联合国原子辐射影响问题科学委员会第五十届至第五十六届会议
拟定 2008 年科学报告的各国代表团成员

阿根廷	A. J. González（代表）、D. Beninson（代表）、P. Gisone（代表）、 M. del Rosario Pérez
澳大利亚	P. A. Burns（代表）、S. Solomon、P. Thomas
比利时	H. Vanmarcke（代表）、H. Bosmans、A. Debauche、H. Engels、 J. Lembrechts、J. R. Maisin（代表）、P. Smeesters、J. M. Van Dam、 A. Wambersie、H. Bijwaard、R. O. Blaauboer、M. J. Brugmans
巴西	O. Dias Gonçalves（代表）、J. L. Lipsztein（代表）、M. C. Lourenço、M. Nogueira Martins、D. R. Melo（代表）、 E. R. Rochedo
加拿大	N. E. Gentner（代表）、R. P. Bradley、K. Bundy、D. B. Chambers、 R. M. Chatterjee（代表）、R. J. Cornett、R. Lane、C. Lavoie、S. Vlahovich（代表）、D. Whillans
中国	Pan Z.（代表）、He Q.、Hou P.、Jia J.、Li K.、Li J.、Liu S.、 Liu Q.、Lu J.、Pan S.、Shang B.、Shi J.、Su X.、Sun J.、Sun Q.、 Wang F.、Xiu B.、Xuan Y.、Yang G.、Yang H.、Yang X.、Yu J.、 Zhang J.、Zhu M.
埃及	M.A.M. Gomaa（代表）、A. M. El-Naggar（代表）
法国	A. Flury-Hérard（代表）、E. Ansoborlo、A. Aurengo、D. Averbeck、 M. Benderitter、M. Bourguignon、C. Forestier、J. F. Lacronique（代 表）、J. Lallemand、J. J. Leguay、C. Luccioni、R. Maximilien、A. Rannou、M. Tirmarche
德国	W. Weiss（代表）、A. Friedl、P. Jacob、A. Kellerer、J. Kiefer、 G. Kirchner、W. Köhnlein、R. Michel、W. U. Müller、C. Streffer （代表）
印度	K. B. Sainis（代表）
印度尼西亚	Z. Alatas（代表）、K. Wiharto（代表）
日本	O. Niwa（代表）、Y. Yonekura（代表）、T. Asano、M. Doi、Y. Ishikuro、A. Iwama、K. Kodama、H. Kuniyoshi、T. Maeyama、M. Nakano、Y. Nakayama、S. Saigusa、K. Sakai、M. Sasaki、Y. Sasaki （代表）、K. Sato、G. Suzuki、H. Tatsuzaki、S. Yoshinaga、 M. Yoshizawa
墨西哥	H. Maldonado（代表）
秘鲁	L. V. Pinillos Ashton（代表）
波兰	M. Waligórski（代表）、L. Dobrzyński、M. Janiak、Z. Jaworowski （代表）

俄罗斯联邦	M. Kiselev（代表）、A. Akleev、R. M. Alexakhin、T. Azizova、N. P. Garnyk、A. K. Guskova（代表）、L. A. Ilyin（代表）、V. K. Ivanov、K. Kotenko、I. I. Kryshev、B. K. Lobach、Y. Mokrov、O. A. Pavlovsky、T. S. Poveznikova、S. Romanov、M. N. Savkin、V. A. Shevchenko、S. Shinkarev
斯洛伐克	E. Bédi（代表）、P. Gaál、V. Klener、P. Ragan、L. Tomášek、D. Viktory（代表）、I. Zachariášová
苏丹	A. Elgaylani（代表）、K. E. H. Mohamed（代表）
瑞典	C. M. Larsson（代表）、A. Almén、L. E. Holm（代表）、L. Moberg
大不列颠及北爱尔兰联合王国	R. Cox（代表）、S. Bouffler、R. H. Clarke（代表）、J. Cooper、S. Ebdon-Jackson、G. M. Kendall、T. McMillan、C. Muirhead、R. Paynter、P. Shrimpton、J. W. Stather
美利坚合众国	F. A. Mettler Jr.（代表）、L. R. Anspaugh、B. G. Bennett、J. D. Boice Jr.、N. H. Harley、E. V. Holahan Jr.、C. B. Meinhold、R. J. Preston、H. Royal、P. B. Selby、A. G. Sowder、A. Upton

联合国原子辐射影响问题科学委员会秘书

N. E. Gentner（第五十届至第五十二届会议）

M. J. Crick（第五十三届至第五十六届会议）

附录二

与联合国原子辐射影响问题科学委员会合作编写委员会 2008 年科学 报告的科学工作人员和顾问

M. Balonov

D. B. Chambers

K. Faulkner

G. Howe

G. Ibbott

G. Kirchner

D. Melo

R. Ricks

E. Rochedo

M. Stabin

G.A.M. Webb

D. Woodhead
