



中国医学百科全书

核武器损伤与放射医学
化学武器防护医学
生物武器的医学防护

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

中国医学百科全书编辑委员会

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

⑫ 核武器损伤与放射医学

朱壬葆 主编

⑬ 化学武器防护医学

周金黄 主编

⑭ 生物武器的医学防护

蒋豫图 主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 699,000

1992年9月第1版 1992年12月第1次印刷

印数 1—2,400

ISBN 7-5323-2940-2/R·894

定价: 11.30元

(沪)新登字 108号

《中国医学百科全书》编辑委员会

主任委员 钱信忠

副主任委员 黄家驷 季钟朴 郭子恒 吴阶平 涂通今 石美鑫 赵锡武

秘书长 陈海峰

副秘书长 施奠邦 冯光 朱克文 戴自英

委员 (以姓氏笔划为序)

丁季峰	土登次仁	马飞海	王懿(女)	王玉川	王世真	王用楫
王永贵	王光清	王叔咸	王季午	王冠良	王雪苔	王淑贞(女)
王鹏程	王德鉴	王翰章	毛文书(女)	毛守白	邓家栋	石茂年
石美鑫	卢惠霖	卢静轩	叶恭绍(女)	由崑	史玉泉	白清云
邝贺龄	冯光(女)	兰锡纯	司徒亮	毕涉	吕炳奎	曲绵域
朱潮	朱壬葆	朱克文	朱育惠	朱洪荫	朱既明	朱霖青
任应秋	刘世杰	刘育京	刘毓谷	米伯让	孙忠亮	孙瑞宗
苏德隆	杜念祖	杨医亚	杨国亮	杨树勤	杨铭鼎	杨藻宸
李昆	李永春	李宝实	李经纬	李振志	李肇特	李聪甫
吴之理	吴执中	吴阶平	吴英恺	吴征鉴	吴绍青	吴咸中
吴貽谷	吴桓兴	吴蔚然	余瀛	宋今丹	迟复元	张祥
张世显	张立藩	张孝骞	张昌颖	张泽生	张学庸	张涤生
张源昌	陆如山	陈信	陈中伟	陈明进	陈国桢	陈海峰
陈灏珠	林巧稚(女)	林克椿	林雅谷	郁知非	尚天裕	罗元恺
罗致诚	季钟朴	依沙克江	周金黄	周敏君(女)	郑麟蕃	孟继懋
赵炳南	赵锡武	荣独山	胡传揆	胡熙明	钟学礼	钟惠澜
侯宗濂	俞克忠	施奠邦	姜春华	洪子云	夏镇夷	顾学箕
顾绥岳	钱惠	钱信忠	徐丰彦	凌惠扬	郭迪	郭乃春
郭子恒	郭秉宽	郭泉清	郭振球	郭景元	唐由之	涂通今
诸福棠	陶桓乐	黄量(女)	黄文东	黄耀燊	黄家驷	黄桢祥
黄绳武	曹钟梁	盖宝璜	梁植权	董郡	董承琅	蒋豫图
韩光	程之范	傅丰永	童尔昌	曾宪九	谢荣	谢少文
裘法祖	蔡荣	蔡翹	蔡宏道	戴自英		

序

《中国医学百科全书》的出版是我国医学发展史上的一件大事，也是对全人类医学事业的重大贡献。六十年代初，毛泽东同志曾讲过：可在《医学卫生普及全书》的基础上编写一部中国医学百科全书。我们深感这是一项重大而艰巨的任务，因此积极进行筹备工作，收集研究各种有关医学百科全书的资料。但由于十年动乱，工作被迫中断。粉碎“四人帮”后，在党和政府的重视和支持下，医学百科全书的编写出版工作又重新开始。一九七八年四月，在北京正式召开筹备会议，拟订了编写出版方案和组织领导原则。同年十一月，在武汉举行了第一次编委会，落实了三十多个主编单位，全国医学界的著名专家、教授和中青骨干都参加了编写工作。

祖国医学发展史中，历代王朝就有学者编纂各类“集成”和“全书”的科学传统，但系统、全面地编写符合我国国情和医学科学发展史实的大型的医学百科全书还是第一次。这是时代的需要，人民的需要，是提高全民族科学文化水平，加速实现社会主义现代化建设的需要。从长远来看，这是发展我国医药卫生事业和医学科学的一项基本建设，也是建设社会主义精神文明建设的重要组成部分。因此，编写出版《中国医学百科全书》是我国医学界的一项重大历史使命。

我国既有源远流长的祖国医学，又有丰富多彩的现代医学。解放以来，在党的卫生方针指导下，还积累了群众性卫生工作

和保健强身的宝贵经验，涌现了许多中西医结合防治疾病的科研成果。在我们广大的医药卫生队伍中，有一大批具有真才实学，又善于写作的专家，他们都愿意为我国科学文化事业竭尽全力，把自己的经验总结出来，编写出具有我国特点的医学百科全书。

《中国医学百科全书》是一部专科性的医学参考工具书，主要读者对象是医药院校毕业及具有同等水平的医药卫生人员，但实际需要查阅这部全书的读者将远远超过这一范围。全书内容包括祖国医学、基础医学、临床医学、预防医学和特种医学等各个学科和专业，用条目形式撰写，以疾病防治为主体，全面而精确地概述中西医药科学的重要内容和最新成就。在编写上要求具有高度的思想性和科学性，文字叙述力求言简意明，浅出深入，主要介绍基本概念、重要事实、科学论据、技术要点和肯定结论，使读者便于检索，易于理解，少化时间，开卷得益。一般说来，条目内容比词典详尽，比教材深入，比专著精炼。

为适应各方面的需要，《中国医学百科全书》的编写出版工作准备分两步走：先按学科或专业撰写分卷单行本，然后在此基础上加以综合，按字顺编排出版合订本。这两种版本将长期并存。随着学科发展的日新月异，我们并将定期出版补新活页。由于涉及面广，工作量大，经验不足，缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

钱信忠

1982年11月

中国医学百科全书

核武器损伤与放射医学

主 编：朱壬葆（中国人民解放军军事医学科学院）

副 主 编：王道建（中国人民解放军军事医学科学院）

陆如山（中国医学科学院）

编 委：（以姓氏笔画为序）

史元明（中国人民解放军军事医学科学院）

刘雪桐（中国人民解放军军事医学科学院）

杜德林（中国人民解放军军事医学科学院）

吴德昌（中国人民解放军军事医学科学院）

张景源（中国医学科学院）

魏履新（中华人民共和国卫生部工业卫生研究所）

学术秘书：杜德林（中国人民解放军军事医学科学院）

编写说明

核武器损伤与放射医学是两个有密切关系而又单独存在的研究领域，目前尚未综合成一门学科。近半个世纪以来，核能利用日益发展，它有建设性的一面，也有危害性的一面，两者形成辩证的关系。从建设性的角度去看，核能是一个巨大的能源，今后必须加以发展，但从世界的局势和政治气候来衡量，局部的战争数十年来从未间断；一些科学技术发达国家，特别是军事发达国家，不断地研制和发展核武器，核大国之间则进行了大规模的核竞赛。因此核武器损伤的医学防治研究是刻不容缓的。放射医学是核辐射的产物，我们试图把核武器损伤与放射医学结合起来，作为一门新兴学科提出，但又暂无适当的命名，因此保存现在这个烦而不当的名词作为本分卷的卷名。

在讨论本分卷的内容撰写时，也曾考虑到学科的系统性，因为包含的内容既相当丰富，自然就可形成一个体系；但作为医学百科全书的一个分卷，和便于读者查阅起见将本学科内容作了大致分类，根据每类的内容列出撰写条目，以此达到反映本学科内容的完整性。

本分卷共设有 51 条条目。按核武器致伤概述，核爆炸光辐射致伤，核爆炸冲击伤，辐射生物效应，急性放射病的诊断、治疗与预防，放射性落下灰危害及其防护，核爆炸复合伤，电离辐射远期效应，环境放射性，放射毒理学及辐射防护等部分进行编写。

本分卷卷末附有附录、索引和汉英、英汉名词对照。附录包括主要缩略字检索、化学元素名称与符号表、正文中使用的计量单位符号与中文名称对照表。索引按笔画多少为序，英汉名词对照以字母顺序排列。个别条目文末附有参考书目系供读者进一步了解有关内容查阅之用。

我们希望以此分卷为基础，作为这门新兴学科的雏形。至于它的命名，则有待今后的发展，一旦形成较完整的体系之后，名词是不难产生的。

核武器损伤与放射医学分卷编辑委员会

一九八二年九月

中国医学百科全书

核武器损伤与放射医学

目 录

核武器损伤与放射医学	1	裂变核素的体内代谢和致伤特点	34
核武器	1	放射性落下灰内照射损伤的诊断与防治	35
核武器的爆炸方式和景象	2	放射性落下灰的防护	37
核武器试验史	3	放射性沾染的监测	38
核武器的杀伤因素	4	核爆炸复合伤	39
核武器的杀伤范围	6	电离辐射的远期效应	41
核武器致伤分类	7	慢性放射病	43
广岛和长崎核爆炸致伤概况	7	天然本底辐射	44
核爆炸光辐射皮肤烧伤	9	核爆炸对环境的放射性污染	46
核爆炸呼吸道烧伤	11	核工业对环境的放射性污染	48
核爆炸眼烧伤	11	医疗照射	49
核爆炸闪光盲	12	工业产品造成的照射	50
核爆炸冲击伤	13	海洋放射性污染	51
核武器损伤的一般防护	13	环境放射性核素向人体的转移	52
电离辐射原初作用过程	14	放射性核素代谢	53
电离辐射对生物大分子的作用	15	放射性核素内照射效应	55
电离辐射对哺乳动物细胞的作用	17	放射性核素内照射剂量	56
电离辐射对哺乳动物整体的影响	19	辐射量和单位	57
各国急性放射事故病例	21	辐射防护标准	58
骨髓型急性放射病	22	辐射防护监测	60
肠型急性放射病	24	紧急照射和事故照射的初期医学处理	62
脑型急性放射病	25	附录	
中子损伤的特点	25	1. 天然放射系的衰变情况	64
核爆炸电离辐射个人剂量的判断	27	2. 化学元素名称与符号	65
急性放射病的诊断	28	3. 本分卷内使用的计量单位名称和符号	66
血细胞输注与骨髓移植	29	4. SI 词头	66
辐射损伤的化学防护	30	汉英核武器损伤与放射医学词汇	67
放射性落下灰的性质及作用特点	31	英汉核武器损伤与放射医学词汇	74
放射性落下灰的外照射	33	略词检索	81
放射性落下灰 β 射线皮肤损伤	33	索引	82

核武器损伤与放射医学

核武器是第二次世界大战末期出现的,利用原子核裂变和聚变造成的一种新武器。1945年美国在日本广岛和长崎先后投下了两颗原子弹,当时这两个城市受到极严重的破坏和造成人员大量的伤亡,使人们感到这种武器的威力之大为前所未有。

核武器之所以有这样大的威力是因为原子核裂变或聚变时释放出大量的能量,形成高温的光辐射,强烈的冲击波和瞬时的核辐射三种主要的破坏和杀伤因素。其爆炸威力以 TNT 当量表达,如千吨级、万吨级、十万吨级、百万吨级等。核武器除爆炸威力远远大于一般武器之外,还有其独有的杀伤因素——贯穿辐射。此外,由于爆炸时产生大量放射性核素,形成带有放射性的烟云,随着风向飘流,顷刻或在一较长时间内慢慢地沉降于下风向的广泛地区和全球的放射性落下灰,也是核武器另一种重要的致伤因素,有时数量虽然不多,但可使环境放射性污染增加,这也不容忽视。

从 1895 年 Roentgen 发现 X 射线以后,镭、钷、铀等放射性物质相继问世,而且很快与医学结合起来,逐步形成了一门边缘学科即放射医学,但其发展过程比较缓慢,直至核武器诞生之后才为人们所重视,并得到迅速的发展。对于放射医学的含义,各国学者的看法尚未一致,有的强调辐射防护,而把放射病的防治放在从属地位;有人以放射病防治和辐射卫生防护为中心内容,并将同位素应用也包括在内。我国多数学者倾向于由外照射和内照射引起的急性和慢性放射病的诊断、预防和治疗为主要研究对象。但由于原子能事业不断地发展,辐射防护研究的领域随之而逐步扩大,其中包括辐射防护标准、规程及条例的研究;辐射剂量学,辐射的监测与测量方法;辐射危害的评价及其方法;三废处理与环境污染;放射毒理学等内容。时至今日,辐射防护的研究范围并不亚于急、慢性放射病的防、诊、治及其相应理论研究所涉及的领域,因此放射医学也涉及上述这些研究的内容。

核武器给人体造成三种损伤,即烧伤、冲击伤与辐射损伤,前两者在一般医学中已有治疗的办法,但辐射损伤,特别是急性放射病,是一种前所罕见的损伤,而且由这三种瞬时杀伤因素造成的复合伤,又有其特点,必须加以研究才能提出防治对策。鉴于电离辐射作用于机体内外的复杂性,数十年来,科学家们从整体、细胞和分子水平进行了深入研究,特别是最近十多年对生物大分子损伤修复的研究,累积了大量很有价值的科学资料,但对于辐射损伤的基本原理,迄今还没有彻底研究清楚。急性放射损伤中,对中等以下程度的急性骨髓型放射病,借助于一般医学的治疗是可以治愈的。但对大剂量照射所致的损伤,特别是对“肠型”和“脑型”放射病,就不是一般治疗措施所能奏效。目前“肠型”放射病的治疗正处于研究阶段,已有希望获得成功。但对“脑型”放射病的发病机理尚未明确,治疗更缺乏有效的办法。不过针对“脑型”放射病的症状给以某些药物积极抢救,延缓死亡时间还是

可能的。关于小剂量照射所造成的远期效应亦已为人们所重视。

急性放射病的药物预防,或称化学防护,在五十年代和六十年代各国都做了大量研究工作,也找到了一系列不同类型的药物;但它们只能减轻放射病的严重程度,而不能防止放射病的发生。

随着原子能事业在军事及国民经济各部门中的应用及发展,辐射防护的研究也有较大的进展,在辐射防护标准以及据此而制订的不同工作场所的执行准则、规程及条例等方面都有了很大的进展。对工作场所及环境辐射的监测与测量等具体问题已逐步形成体系,并已初步掌握了国内的环境辐射的某些基本数据,开展了辐射危害评价及其方法学的研究,同时也进行了辐射流行病学调查及高本底辐射对人类危害的研究;在放射性核素毒理学(包括加速排出)方面也取得了一些有价值的研究成果;对于辐射事故的剂量研究及处理上也累积了相当丰富的资料。所有这些对于保障职业性辐射工作人员及广大居民的健康,以及促进核工业的发展都起了积极的作用。

我国放射医学的研究是从五十年代开始的,在过去三十年内,无论对急性放射病的化学防护,实验治疗,或辐射事故人员的救治,都做了大量工作,获得了肯定的成绩;对核武器的各种杀伤效应,以及核工业和放射工作场所的放射卫生和辐射防护,以及电离辐射剂量学等方面,都做了很多和卓有成效的研究。但核武器还在继续发展,核武器损伤还会产生新的问题。有关核武器致伤的基本原理,极严重放射病的防治措施等属于放射医学中的核心内容方面的问题,是有待进一步研究的课题。

(朱士傑)

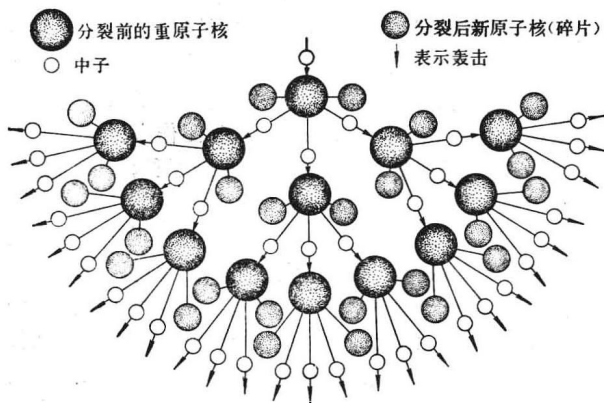
核武器

核武器是利用原子核的裂变或聚变反应,瞬时释放出大量能量造成广泛杀伤和破坏的武器。它的威力以 TNT (黄色炸药)当量表示。例如一枚两万吨的核武器,就是指当它爆炸时所产生的能量相当于两万吨 TNT 爆炸时所放出的能量。

核武器爆炸时,与普通炸药爆炸一样,也是由于能量的突然释放,引起温度、压力急剧上升,使武器内所有物质都化为炽热的高压气体,体积迅速膨胀导致在其周围的介质中激起一股称做“冲击波”的压力波,以超过声速若干倍的速度向四周传播。在核武器爆炸时,还有相当部分的能量以光和热的形式放出,称为“光辐射”或“热辐射”。核武器爆炸所独有的效应则是在爆炸当时和爆炸后,向四周发射出中子、 γ 射线、 β 射线,称之为“早期核辐射”;爆炸后残留的物质是带有放射性的,它们可在相当长的时间内发射出 β 、 γ 和 α 射线,称做“剩余核辐射”。概括地说,核武器爆炸的特点:一是威力远远大于一般炸药爆炸,二是有它所特有的早期核辐射和剩余核辐射;三是光辐射的能量大大高于一般炸药。

原子核裂变或聚变反应,是两种可以释放大量能量的原子核反应。某些重元素的原子核受到中子轰击时,可

以发生裂变反应,即分裂成两种不同元素的原子核,放出2~3个中子和大约200 MeV的能量。如1 kg 铀的核全部裂变,它所释放的能量相当于2500 t 煤全部燃烧所发生的热量,或者约等于20,000 t TNT 炸药爆炸时所释放的能量。裂变时产生的中子可能被铀核所俘获,发生新的核裂变。这种过程如果不断地继续下去,就称为裂变的“链式反应”,并不是可以发生裂变反应的重元素就能够自发地产生链式反应,这些可裂变的材料必须在一定的密度、反射层和适当的几何条件下,并且超过临界质量时,才能够发生链式反应。原子核裂变后产生许多裂变碎片,叫做裂变产物。它们是不稳定的,还要放出射线最后变成稳定的核素。



铀核裂变的链式反应示意图

在一亿度以上的高温下,质量轻的核素如氢、氘、氚等的原子核,有可能互相结合为较重的原子核,同时放出巨大的能量,称为核聚变或热核反应,氘核聚合时可以产生相当于三倍的铀或钚裂变时的能量。热核反应所需的高温是由重核裂变产生的。

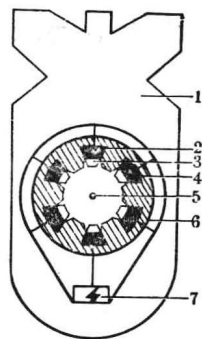
原子弹就是利用重核裂变产生链式反应,从而释放出巨大能量的一种武器。它由核装料(裂变物质为 ^{235}U 或 ^{239}Pu)、中子源、普通炸药、引爆装置和弹体等组成。当引爆装置启动后,引起核装料周围的炸药爆炸,由此所产生的压力,把装料迅速压缩到超临界质量。此时,在弹体内中子源放出的中子作用下, ^{235}U 或 ^{239}Pu 的原子核发生裂变链式反应,引起核爆炸。

氢弹也称做热核武器,是利用轻元素核聚变反应的武器。它主要由热核装料(如氘氟化锂等)、引爆原子弹、弹体等组成。首先是原子弹爆炸,在它所产生的高温下引起热核材料的聚变反应,于瞬间放

出巨大能量。氢弹内还可装 ^{238}U 材料,利用热核反应产生的快中子,再使 ^{238}U 裂变,提高爆炸威力。

中子弹是由小型原子弹引爆,引起氘、氚的聚变反应的一种核武器,实际是一个小型氢弹,并且因其具有特殊结构,使之能泄漏出更多的中子。由于引爆用的裂变材料不多,因此裂变产物也较少。中子弹又称做增强辐射武器,它提高了分配给瞬时核辐射的能量比例,因而提高了核辐射对人员的杀伤能力。由于分配到冲击波和光辐射的能量相对减少,因而对物体的破坏范围也相应地减小了。中子弹多为千吨级的,是一种战术核武器。由于体积小、重量轻,可制成用火炮发射的弹头。

(杨世魁)



氢弹结构示意图

1. 弹体
2. 普通炸药
3. ^{235}U 或 ^{239}Pu
4. 氘氟化锂
5. 中子源
6. ^{238}U 弹壳
7. 引爆装置

核武器的爆炸方式和景象

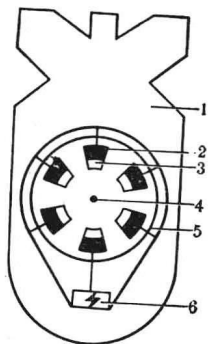
核武器的爆炸方式一般分为空中爆炸(简称空爆)、地面爆炸(简称地爆)、地下爆炸、水面爆炸和水下爆炸几种方式。空中爆炸又可分为低空、中空、高空和超高空爆炸。爆炸方式的选择是从军事上考虑的,不同的爆炸方式可以产生不同的杀伤和破坏效果。爆炸方式是按比例爆高(简称比高)来划分的。比高(h)就是实际爆炸高度(H)与爆炸当量(Q)立方根的比值。即: $h = \frac{H}{\sqrt[3]{Q}}$

H的单位为米(m);Q的单位为千吨(kt)。

核武器爆炸时产生特异的外观景象。根据核武器爆炸外观景象的特征,可以粗略地判断爆炸方式和爆炸当量。

空中爆炸 为比高大于60的爆炸,火球不接触地面。爆炸时首先出现强烈的闪光。闪光过后,紧接着出现一个极其明亮、不与地面接触的圆形火球。火球迅速向外膨胀并不断上升,同时掀起大量的尘土,形成尘柱。火球在地面反射冲击波的作用下,使接近地面的一侧被压扁。火球上升冷却后逐渐变成灰白色或棕褐色的烟云。烟云和尘柱最初不连接,经很短时间尘柱上升和烟云连接,形成蘑菇状烟云。爆炸点过高,烟云和尘柱则始终不连接,或根本无尘柱。爆炸后几分钟,烟云可上升到几公里至几十公里的高空,达到稳定高度以后,开始扩散,直至被风吹散或与天然云混合逐渐消失。

低空爆炸: 为比高60~120的爆炸。主要用于破坏较坚固的地面目标和浅地下目标,如野战工事、集群坦克、交通枢纽、简易人防工事等。比高60的核武器爆炸,会造成较严重的地面放射性沾染,随着比高的增大,地面放射性沾染逐渐减轻。



原子弹结构示意图

1. 弹体
2. 普通炸药
3. ^{235}U 或 ^{239}Pu
4. 中子源
5. 外壳
6. 引爆装置

中空爆炸: 为比高 120~200 的爆炸。用于杀伤地面上的暴露人员和破坏不太坚固的地面目标, 如工业厂房、城市建筑、火炮、汽车等。中空爆炸时, 在爆炸区和云迹区(下风向含有放射性核素烟云通过的地区)放射性污染较轻, 对部队的战斗行动基本上无影响。

高空爆炸: 为比高 200~250 的爆炸。这种爆炸对于杀伤地面上的暴露人员和破坏脆弱目标(如飞机等)的范围较大, 放射性污染较轻。

超高空爆炸: 超高空爆炸的爆炸高度在几十公里以上, 一般用于摧毁敌人来袭的核导弹、火箭、飞机等。超高空爆炸对无线电通讯的影响比其它爆炸方式严重。

地面爆炸 地面爆炸的比高为 0~60, 火球接触地面。适用于摧毁坚固目标和杀伤坚固工事内的敌军, 如地下指挥所、导弹发射井、地面上较坚固的永备工事等。地面爆炸时, 在爆炸区和云迹区可造成严重的地面放射性污染。触地爆炸还会形成巨大的弹坑。地面爆炸时火球接触地面, 因而呈半球形。火球卷起大量尘土, 粗大的放射性尘柱一直和烟云相接触, 烟云的颜色较暗。

地下爆炸 是在地面以下一定深度的核爆炸。适用于破坏地下较深的重要工程设施, 弹坑很深, 在爆炸区产生严重的放射性污染。地下爆炸时由于大量尘土飞扬, 形成粗大的暗黑色烟云, 光辐射几乎完全被尘土吸收, 因此几乎看不到闪光和火球。

水面爆炸 水面爆炸的比高也为 0~60, 火球接触水面。主要用于破坏水面舰艇、港口目标等。这种爆炸方式, 在爆炸区和下风向一定范围内的水域或地面会造成严重的放射性污染。爆炸时大量的水化为水汽, 并被卷入到含有放射性物质的烟云中。当烟云抵达高空时, 水汽冷凝成水滴, 形成“冷凝云”。在水面还出现明显的圆盘状水波, 它是冲击波通过时形成的。

水下爆炸 为核武器在水面以下的爆炸。用于破坏水下、水面舰艇和水中设施等。这种爆炸在一定范围内会造成严重的放射性污染。水下爆炸时火球比空中爆炸小些, 爆心附近的水域被火球照得通亮, 形成一个明亮的发光区。爆心上面的水被掀起, 形成一个烟囱状的空心水柱, 水柱顶端出现一个菜花状云团。水柱回降时, 在水面激起巨大的环形波浪, 水柱底部形成环形的具有强烈放射性的云雾。

从核武器爆炸的火球发光持续时间, 例如 1 秒、2 秒和 10 秒, 可以粗略地估计相应的爆炸当量约为千吨、万吨和 100 万吨级的核武器。

(赵青玉)

核武器试验史

美国在 1945 年 7 月 16 日于新墨西哥州的 Alamogordo 第一次试爆了原子弹, 代号为“Trinity”, 在 30 m 高的铁塔上爆炸, 爆炸当量为 1.9 万吨。根据联合国原子辐射效应科学委员会(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR) 1982 年向联合国大会的报告书刊登的资料, 从 1945 年

至 1980 年期间, 美、苏、英、法和中共进行了约 423 次核爆炸(不包括地下核试验), 累计当量约为 545.26 Mt, 其中两次是用于战争的, 即美国在 1945 年投掷在日本广岛和长崎的两颗原子弹。

各国第一次进行核试验的年份是: 美国 1945 年 7 月 16 日, 苏联 1949 年 8 月 29 日, 英国 1952 年 10 月 3 日, 法国 1960 年 2 月 13 日, 中国 1964 年 10 月 16 日, 印度 1974 年 5 月 18 日。

各国第一次进行氢弹试验的年份是: 美国 1952 年, 苏联 1952 年, 英国 1957 年, 中国 1967 年, 法国 1968 年。

根据上述 UNSCEAR 资料整理了世界上历年及各国核爆炸的次数和当量见下表。

各年度核试验次数和爆炸当量

年份	次数	累积次数	当量(Mt)	累积当量(Mt)
1945	3	3	0.05	0.05
1946	2	5	0.04	0.09
1948	3	8	0.10	0.19
1949	1	9	0.02	0.21
1951	17	26	0.54	0.75
1952	11	37	12.62	13.37
1953	13	50	0.29	13.66
1954	7	57	47.60	61.26
1955	17	74	3.17	64.43
1956	27	101	27.60	92.03
1957	45	146	20.89	112.92
1958	83	229	60.04	172.96
1960	3	232	0.11	173.07
1961	51	283	122.32	295.39
1962	77	360	217.40	512.79
1964	1	361	0.02	512.81
1965	1	362	0.04	512.85
1966	8	370	1.30	514.15
1967	5	375	3.22	517.37
1968	6	381	7.90	525.27
1969	1	382	3.00	528.27
1970	9	391	5.75	534.02
1971	6	397	1.97	535.99
1972	5	402	0.24	536.23
1973	6	408	2.55	538.78
1974	8	416	1.70	540.48
1976	3	419	4.12	544.60
1977	1	420	0.02	544.62
1978	2	422	0.04	544.66
1980	1	423	0.60	545.26

各国核爆炸次数和爆炸当量

国名	次数	当量(Mt)
美国	193	138.55
苏联	142	357.46
英国	21	16.65
法国	45	11.90
中国	22	20.70
合计	423	545.26

苏联在 1961 年 10 月 30 日进行的核试验当量最大,为 58 Mt; 美国则为 1954 年 2 月 28 日进行的核试验爆炸当量最大,为 15 Mt。

美国、苏联和英国从 1963 年转入地下核试验,其中从 1962 年以来,英、美还联合进行了 37 次地下核试验。

各国核试验场地,一般都选在地广人稀之处,除放射性落下灰可使全世界本底照射增加外,直接造成人员急性伤害者主要是 1954 年美国在比基尼岛所进行的核试验。这次试验当量大,并且是触及珊瑚礁的爆炸,爆后 96 小时内使人员受到 100 rad 以上剂量的放射性沾染区长约 470 km,最大宽度约 100 km,总面积达 37,000 km² 左右。距爆心 145 km 海面上“福龙丸五号”渔船上的 23 名日本渔民受到外照射剂量为 270~440 rad。附近(160~500 km)岛屿的居民和部分美军共 267 人受到 14~175R 的外照射,其中还有近百人受到放射性落下灰进入体内的内照射和数十人发生皮肤 β 射线损伤。

目前美、苏都拥有数万枚核武器,总当量都在百亿吨以上。核武器的新发展有可靠报道的主要为中子弹,但有关中子弹的试验尚未公开发表。

(赵青玉 史元明)

核武器的杀伤因素

核爆炸时主要有四种杀伤因素,即光辐射、冲击波、早期核辐射和放射性沾染,亦称放射性落下灰。前三种在爆炸后瞬间起作用,称为瞬时杀伤因素。放射性落下灰的作用时间较晚且较长,称为剩余核辐射。

光辐射 又称热辐射,是核爆炸时高温火球发射出来的强光,包括紫外线、可见光和红外线,可引起烧伤。光辐射直接作用于人体所造成的各种烧伤称为直接烧伤;在光辐射作用下,建筑物、工事或服装等着火而引起人体的烧伤称为间接烧伤。另外,光辐射还可引起闪光盲。

核爆炸时光辐射的第一脉冲为闪光阶段,持续的时间很短,所释放的能量仅占光辐射总能量的 1%,主要是紫外线,通过空气时可被大量吸收,因此,一般不会引起皮肤烧伤,但有可能造成暂时性或永久性视力障碍。第二脉冲即火球阶段,持续时间较长,所释放的能量占光辐射总能量的 99%,主要是红外线和可见光,人员烧伤和物体燃烧主要发生在这个阶段。光辐射的释放时间随当量的增大而延长。核爆炸时,发现闪光后若能迅速采取防护措施,仍可减轻烧伤。

在整个火球发光时间内,投射到与光辐射传播方向相垂直的单位面积上的能量,称为光冲量。光冲量的单位是 cal/cm²。光冲量的大小主要取决于核爆炸当量、爆炸方式和距爆心的距离,同时受大气能见度、地形地物和天气的影响。

光辐射的致伤程度主要取决于光冲量的大小。以万吨级核爆炸为例,当光冲量为 3 cal/cm² 时可引起皮肤一度烧伤; 5 cal/cm² 可致浅二度烧伤; 8 cal/cm² 可发生深二度烧伤; 11 cal/cm² 则可造成三度烧伤。当光冲量更大

时,还可引起其他部位的烧伤,例如 20 cal/cm², 可以引起人员的角膜烧伤。由于眼球有聚焦作用,因此, 0.1 cal/cm² 的光冲量就可发生视网膜烧伤。光冲量为 25 cal/cm² 时可使人员发生轻型呼吸道烧伤,即鼻前庭等上呼吸道烧伤; 40 cal/cm² 则可引起重型呼吸道烧伤,即会厌软骨以下部分烧伤。

人员烧伤的伤情,不仅决定于烧伤深度,而且要看烧伤面积的大小和被烧伤的部位。烧伤程度和人员在核爆炸时所处的位置和着装等关系很大。核武器当量越大,光辐射作用时间越长,光冲量也越大。

冲击波 冲击波是核爆炸时产生的由爆心急剧向周围扩展的高压高速空气流,它可直接或间接地造成人员损伤,并破坏建筑物。

核爆炸瞬间释放出巨大的能量,形成高温高压的火球。火球猛烈地膨胀,急剧地压缩周围空气,形成压缩空气层(压缩区),以极快的速度向四周传播,即形成核爆炸冲击波。当冲击波已脱离火球依其惯性向前推进一些距离后,在压缩区之后形成稀疏空气层(稀疏区)。压缩区和稀疏区紧密相连迅速传播。

压缩区的压力很高,并迅速向前冲击。区内部超过正常大气压的那部分压力称为超压,高速气流产生的冲击压力称为动压。压缩区前界为冲击波的波阵面,波阵面的超压和动压最大,超压和动压都用每平方米上所受压力的公斤数(kg/cm²)表示。压缩区的持续时间称为正压作用时间。冲击波的杀伤破坏作用主要是在正压作用时间内超压和动压所造成。

稀疏区的压力低于正常大气压,称为负压。稀疏区持续时间即负压持续时间。负压造成的杀伤破坏作用较小,一般在分析冲击波的杀伤破坏作用时,负压不计在内。

冲击波从爆心以超音速向四周传播。随着距离的增加,传播速度逐渐降低,当传播速度相当于音速时,冲击波即消失。

核武器空爆时,从爆心直接向四周传播的冲击波称为入射波,在传播过程中碰到爆心下方的地面则形成反射波。在距爆心投影点(由爆心垂直向地面画一直线,该直线与地面的交点)大约一倍爆高以内的地面,只有入射波和反射波,称该地域为规则反射区;而在距爆心投影点约一倍爆高以外的地面,不仅有入射波、反射波,还有二者在地面重合(反射波追上入射波)的合成波,称之为非规则反射区。地爆时,主要发生半球反射,入射波和反射波很快合成为一个半球形冲击波沿地面向外传播。

确定核武器爆炸高度,一般以冲击波对目标发挥最大的破坏效能为依据。空中爆炸时,只要比高相同,不论当量大小,爆心投影点的超压均相等,距爆心投影点约一倍爆高处的最高动压也相等,对局部目标所造成的破坏程度相近似。

地爆时,近距离的超压和动压都很大,随距离的增加,衰减得很快。空爆时,在近距离,超压随距离的增加,衰减较慢;在远距离,随距离衰减比地爆还要快些。空爆时,爆心投影点的动压为 0;在规则反射区内,随距

离的增加动压逐渐增大；在距爆心投影点大约一倍爆高的距离上动压达到最大值；在非规则反射区，动压随距离的增加而逐渐减小。

冲击波正压作用时间随当量的增大而延长。在比高相同时，位于相同超压、动压距离上的正压作用时间和当量的立方根基本成正比，作用时间长者破坏力增大。

比高小于 300 的核爆炸，在光辐射作用下，爆心投影点附近区域内可以形成温度高于常温的空气层，简称“热层”。如果“热层”在冲击波到达之前形成，当冲击波进入“热层”，可使超压降低，动压增加，正压作用时间也略有延长，这种现象称为热效应。触地爆炸光辐射对冲击波没有影响。

凸地正斜面可使冲击波压力增大，反斜面则减小，陡度越大影响越大。谷地与冲击波方向垂直时，超压、动压均降低。

冲击波主要由动压和超压致伤。动压的直接冲击，或将人体抛出一定距离之外，撞击地面或建筑物，造成颅脑伤、骨折和肝、脾破裂等严重损伤。超压可引起心、肺和听觉器官损伤。冲击波直接作用于人体所引起的损伤，称为直接冲击伤。在冲击波作用下，倒塌的建筑物、工事和飞扬的砂石、玻璃碎片等对人造成的机械损伤，称为间接冲击伤。

冲击波所致损伤的严重程度，主要取决于超压和动压的大小，以及正压作用时间的长短。一般地说，超压 $0.2\sim 0.3\text{ kg/cm}^2$ 引起轻度冲击伤； $0.3\sim 0.6\text{ kg/cm}^2$ 可致中度冲击伤； $0.6\sim 1.0\text{ kg/cm}^2$ 发生重度冲击伤；大于 1.0 kg/cm^2 可造成极重度冲击伤。动压 $0.1\sim 0.2\text{ kg/cm}^2$ 引起中度冲击伤； $0.2\sim 0.4\text{ kg/cm}^2$ 发生重度冲击伤；大于 0.4 kg/cm^2 可造成极重度冲击伤。核武器当量不同，造成同等程度冲击伤的压力值也有差别。当量越大，造成同等程度冲击伤所需的压力值越小，这是因为当量越大，正压作用时间越长之故。

早期核辐射 早期核辐射（早期又称瞬时；核辐射又称电离辐射）是指核爆炸后最初十几秒内释放出的 γ 射线和中子，是核武器所特有的杀伤破坏因素。它能贯穿人体组织和一定厚度的物质层，也可称为贯穿辐射。 γ 射线的主要来源有二，一是分布在火球和烟云中的裂变产物放出的 γ 射线；二是中子被弹体和空气中的物质俘获所产生的 γ 射线。氮是空气的主要成分，最容易吸收能量低的中子，因此，氮俘获 γ 射线是俘获 γ 射线中的主要成份。氮俘获 γ 射线比裂变碎片 γ 射线能量高（平均约 4 MeV ），穿透力强，传播距离远。核装料在裂变反应瞬间也产生较强的 γ 射线，但大部分被弹体吸收，因此，在 γ 射线剂量中所占比例很小。

核爆炸的中子主要是核装料在发生裂变反应和聚变反应瞬间产生的。原子弹起爆后，在不到百万分之一秒内完成核装料 ^{235}U 或 ^{239}Pu 的原子核裂变的链式反应，放出大量的中子。氢弹起爆后，在高温高压条件下，聚变装料氘、氚等发生聚变反应后极短时间以内，也产生大量的中子，这些中子统称为瞬发中子。早期核辐射中的中子，大

多数是在弹壳还未破时就产生并泄漏到外面来的，因此，其数量的多少与弹体结构有密切关系。泄漏出来的中子能谱也受弹体结构的影响。此外，某些裂变产物在衰变过程中也放出中子，称为缓发中子。这种中子比上述瞬发中子持续时间长，但数量少。

早期核辐射传播的速度快 γ 射线以光速传播；中子的最大速度也可达 $20,000\text{ km/s}$ 。

早期核辐射作用时间短，对人员辐射剂量有意义的部分和氮俘获 γ 射线的作用时间均在毫秒以内。早期裂变产物多数衰变很快，而且又随火球、烟云迅速上升，由它们产生的 γ 射线对地面目标的作用时间也就在十几秒钟之内。

早期核辐射的穿透能力强，能穿透较厚的物质层。当它穿透各种物质过程中，对它本身也有不同程度的削弱。

早期核辐射在通过空气或其它物质时，与其它原子相碰撞而改变运动方向，即发生散射，因而人体可受到来自各方面的射线，但来自爆心方向还是主要的。

中子可使稳定核素活化而产生感生放射性，特别是早期核辐射中的热中子（能量小于 0.4 eV ）对 Na、K、Al、Mn、Fe、 ^{238}U 等元素活化能力较大。热中子的作用范围较小，只有在低空以下爆炸或武器内含 ^{238}U ，爆心投影点附近和落下灰场中才会有较强的感生放射性核素。感生放射性核素是放射性沾染的来源之一。

早期核辐射的剂量随当量的增加而增大，但不成正比的关系。随着距爆心距离的增加，早期核辐射剂量迅速减少，这是由于射线通过空气层时被削弱和散布面积扩大之故。此外，早期核辐射的剂量也受空气密度和地形地物的影响。

早期核辐射是核武器所特有的杀伤因素，作用于人体超过一定剂量时，可以引起急性放射病。不论核武器当量大小，对人员造成不同程度放射病的核辐射剂量是相同的。即 $100\sim 200\text{ rad}$ 可引起轻度骨髓型放射病； $200\sim 350\text{ rad}$ 发生中度骨髓型放射病； $350\sim 550\text{ rad}$ 可致重度骨髓型放射病；大于 550 rad 造成极重度骨髓型放射病。若照射剂量更大，则可引起肠型放射病、脑型放射病或射线休克死亡。

放射性沾染 亦称放射性落下灰，简称落下灰。核爆炸后产生的大量放射性灰尘，随风飘移及其本身的重力作用，逐渐沉降于地面，造成爆炸地域（爆区）和烟云径迹地带（云迹区）的放射性沾染。地面放射性沾染的程度用“照射量率”表示。分四个等级，即轻微（ $2\sim 10\text{ R/h}$ ）、中等（ $10\sim 50\text{ R/h}$ ）、严重（ $50\sim 100\text{ R/h}$ ）和极严重（大于 100 R/h ）。

地面爆炸时，落下灰地面沾染重、范围大。爆区的地面沾染一般在爆后几分钟内基本形成，沾染半径约为 $1\sim 2\text{ km}$ 。不同当量核武器触地爆炸时，爆区照射量率的分布也异。

云迹区地面照射量率分布总的趋势是，近爆心投影点处高，随距离增加而逐渐降低；在中心轴线（热线）处高，距热线两侧逐渐降低。由于气象、地形等因素的影响，在

云迹区内局部地区可能沉降或滞留较多的落下灰, 此处照射量率会明显高于四周地区, 称之为热区。

热线上照射量率与武器装料、爆炸当量、比高、爆区土质、合成风速(从地面至稳定烟云底高之间合成风平均风速)、风向切变角(从尘柱三分之二高到稳定烟云顶高之间合成风向的最大摆动角)、地形和距离等因素有关。当风向切变角为 20° 或 60° 时(热线照射量率降低, 而云迹区变宽。降雪或下雨会加速落下灰沉降, 使地面沾染加重, 但沾染区范围会相应缩小。随时间后移, 照射量率不断降低, 沾染区也逐渐缩小。通常, 时间每增加六倍(如由爆后1小时至爆后6小时, 或由爆后6小时至爆后36小时)或七倍(同上例), 照射量率降至原先的十分之一, 通称“六倍规律”或“七倍规律”。

空中爆炸时, 地面沾染较轻、范围也较小。比高大于120的空爆, 只形成半径不超过1 km的爆区沾染, 爆后1小时爆心投影点照射量率一般不超过80 R/h, 2天后降至其百分之一左右。通常不形成云迹区。随着比高降低, 沾染区范围会逐渐增大, 沾染也加重。

(赵青玉 叶常青)

核武器的杀伤范围

核武器的杀伤范围是以杀伤区的面积与杀伤半径来表示的。核武器的杀伤区是指由于三种瞬时杀伤因素的作用而使人员发生不同程度伤亡的区域。核武器的杀伤半径是指从爆心或爆心投影点至某一等级杀伤区远边界的距离。在这个区域内的人员都遭受同一等级的不同程度的损伤。在这个边界上的人员, 遭受该等级以上核武器损伤的机率为50%。由杀伤半径可以计算杀伤区的面积。这样就可划出光辐射、冲击波和早期核辐射的单一杀伤范围和它们的综合杀伤范围。

核武器的杀伤半径是依据损伤的伤情划定的。按照核爆炸造成的损伤, 对人员战斗力或作业能力的影响和伤员治愈的可能性, 将伤情分为四度: 轻度损伤, 指少数人员对作战行动有影响, 但全部可治愈; 中度损伤, 指暂时基本失去战斗力, 绝大多数可治愈; 重度损伤, 指暂时失去战斗力, 经相应治疗大部分可治愈; 极重度损伤, 指丧失战斗力, 经治疗少数可治愈。由于伤类和损伤部位不同, 对作战影响也有差别。如遭受放射损伤的人员, 在战斗紧急时, 有些人还可以在一定时期内坚持战斗, 而严重的烧伤和冲击伤, 则很快失去战斗力。有的虽然伤情并不重, 但发生在特殊部位, 如眼部或手部烧伤, 对作战行动就有很大影响。

在开阔地面从爆心或爆心投影点向外, 由近到远, 人员所受损伤的程度由重到轻, 一般可将人员遭受杀伤的地域划分为四个杀伤区。

极重度杀伤区是指发生立即死亡和极重度损伤的区域。在这个区域内, 只有少数伤员可能属重度损伤。

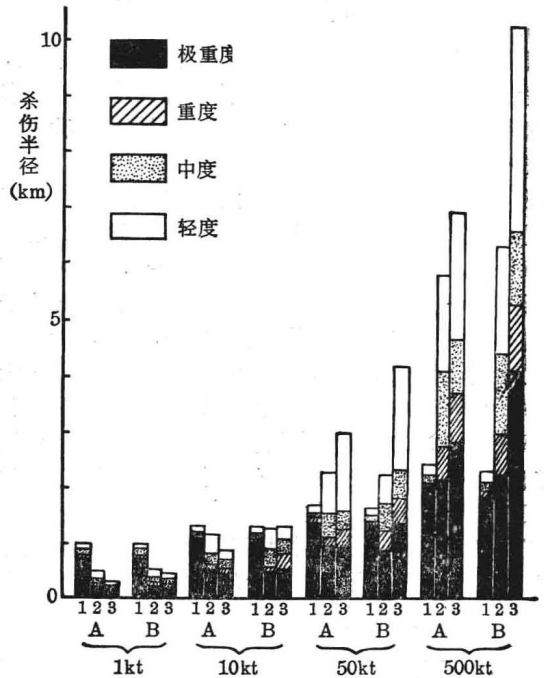
重度杀伤区是指绝大多数伤员发生重度损伤的区域。在这个区域内, 也可能有少数伤员是极重度损伤, 这些人一般多在该区近带; 还有少数伤员属中度损伤, 多分布

在该区远带。

中度杀伤区是指绝大多数伤员发生中度损伤的区域。在这个区域的近带, 有少数人员可能是重度损伤, 还有少数人属轻度损伤, 这多在该区远带。

轻度杀伤区域内的伤员多属轻度伤情, 该区近带可有少数人员是中度损伤; 该区远带还有少数人员可不受伤。万吨以上核爆炸时, 开阔地面暴露人员以轻度烧伤为其最远边界; 千吨级核爆炸时, 以发生轻度放射病为其最远边界。轻度杀伤区的边界, 也就是整个杀伤区的边界。

核爆炸的三种瞬时杀伤因素对开阔地面暴露人员造成的杀伤半径都不同程度地受核武器当量和爆炸方式的影响(见图)。随着核武器当量的增加, 光辐射的杀伤半径增加得最大, 冲击波次之, 早期核辐射增加得最少; 随着当量的减小, 早期核辐射与光辐射和冲击波比较, 其杀伤半径的缩小并不明显。因此, 在小当量核爆炸时, 早期核辐射的杀伤半径相对地变为最大了。



三种瞬时杀伤因素对开阔地面暴露人员杀伤半径的比较

1. 放射损伤 2. 冲击伤 3. 烧伤 A. 空爆 B. 地爆

空中爆炸时, 光辐射的杀伤半径明显大于地爆; 冲击波的杀伤半径也增加; 随着比高的增大, 早期核辐射的杀伤半径逐渐缩小, 当量越大受到的影响越明显。

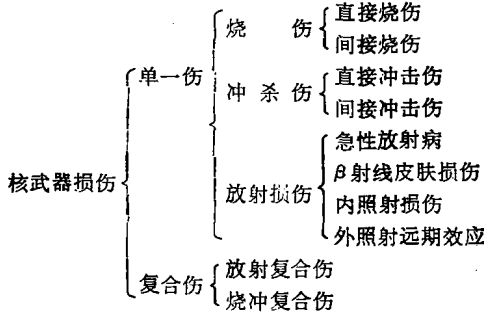
核爆炸时在开阔地面三种瞬时杀伤因素几乎同时作用于人体, 距爆心投影点一定范围内, 伤员多为两种或三种杀伤因素造成的复合伤。因此, 综合杀伤半径, 要按三种瞬时杀伤因素所致的伤情确定。

关于中子弹的杀伤范围尚缺少参考资料, 一般认为1kt当量的中子弹在800 m距离上的剂量约为8000 rad。

(赵青玉)

核武器致伤分类

核武器爆炸产生的四种杀伤因素，单一或综合地作用于人体，可使人员发生各种伤害。因此，核武器损伤的分类比较复杂，既有单一伤，又有复合伤，概括如下：



在核战争条件下人员的伤情，受很多因素的影响，不仅取决于核武器的当量和爆炸方式，而且还与环境、人员位置和防护情况有关。

三种瞬时杀伤因素对开阔地面暴露人员的致伤半径，随着核爆炸当量和比高的不同而有所区别。千吨级核爆炸，主要发生单纯放射病及少数放射复合伤，当量越小单纯放射病的比例越大；万吨级核爆炸，主要为放射复合伤、烧冲复合伤和单纯烧伤；十万吨级核爆炸，主要为烧冲复合伤和单纯烧伤；百万吨级核爆炸，开阔地面暴露人员几乎全部为烧冲复合伤和单纯烧伤。伤类也受比高的影响。由于光辐射和冲击波的杀伤半径随比高增大而增大，而早期核辐射的杀伤半径随比高增大而缩小，因此在核武器当量相同时，比高越大，放射损伤越少。

光辐射比较容易屏蔽，工事内人员主要发生放射复合伤、单纯放射病或单纯冲击伤。隐蔽在露天工事内的人员可发生放射复合伤，大当量核爆炸时，堑壕内人员还可发生烧冲复合伤。

坦克、舰艇内人员的主要伤类有两种，即放射复合伤和单纯放射病。大当量核爆炸时，还可发生单纯冲击伤，如易燃物品起火或舱窗未关，也可伴有烧伤。

丘陵地带对三种瞬时杀伤因素的作用，均有不同影响。位于山前坡(正斜面)者其冲击伤比同距离开阔地面明显加重；山后对早期核辐射有不同程度的削弱；人员只要处于完全荫蔽区，就可免受光辐射烧伤。

由于人员所处的位置不同，伤类也有差别。不同当量不同比高核爆炸时，位于向爆心侧的山坡暴露人员的伤类与开阔地相似，只是冲击伤的致伤半径增大；位于山后的人员主要发生放射复合伤和单纯放射病，大当量核爆炸时，还可发生单纯冲击伤。

城市遭受核袭击时人员的伤类主要取决于城市的建筑物和防护情况。在无防护条件下，城市内人员所受的伤害通常要比开阔地面条件下严重。虽然室内或位于物体背荫面的人员，可免受光辐射的直接作用和屏蔽一部分早期核辐射，但由于冲击波和光辐射造成建筑物的倒塌和着火，可使部分人员发生间接烧伤，特别是间接机械损

伤的数量会大大增加。因此，城市内人员不仅可发生与开阔地暴露人员相同的伤类，而且以冲击伤为主的复合伤和单纯间接冲击伤的数量会显著增加。如城市遭受小当量核袭击时，主要发生放射复合伤、单纯放射病和单纯间接冲击伤。若遭到大当量核袭击时，烧冲复合伤或烧复合伤的数量很多；放射复合伤也会发生，但所占比例较小；单纯间接冲击伤和单纯烧伤很多。

(赵青玉)

广岛和长崎核爆炸致伤概况

美国在第二次世界大战临近结束时，在日本广岛和长崎两城市投掷了原子弹，造成大量居民伤亡和城市遭受严重破坏，是世界战争史上第一次使用核武器。广岛、长崎两地的伤亡情况见表1。表中人数是不够准确的，不少军事人员和侨民、战俘等未包括在内。死亡率与高爆心投影点距离关系见表2。

表1 广岛与长崎原子弹爆炸后的伤亡情况

距爆心投影点距离 (km)	杀伤面积 (km ²)	总人口数 (km ⁻²)	人口密度 (km ⁻²)	死亡人数	受伤人数	死亡率 (%)	死 伤 总计
广 岛							
0~0.96	2.90	31200	10759	26700	3000	85.6	9.6 95.2
0.96~2.57	17.85	144800	8112	39600	53000	27.3	36.6 63.9
2.57~4.99	57.48	80300	1397	1700	20000	2.1	24.9 27.0
总 计	78.23	256300	3276	68000	76000	26.5	29.7 56.2
长 崎							
0~0.96	2.90	30900	10655	27200	1900	88.0	6.1 94.1
0.96~2.57	17.85	27700	1552	9500	8100	34.3	29.2 63.5
2.57~4.99	57.48	115200	2004	1300	11000	1.1	9.5 10.6
总 计	78.23	173800	2222	38000	21000	21.9	12.1 34.0

(引 S Glasstone, 1962)

表2 死亡率与爆心投影点距离关系

至爆心投影点 距离(km)	死亡率 (%)	
	广 岛	长 崎
<0.5	96.5	} 88.4
0.5~1.0	83.0	
1.0~1.5	51.6	51.5
1.5~2.0	21.9	28.4
2.0~2.5	4.9	6.4
2.5~3.0	2.7	2.1
3.0~4.0	2.5	1.2
4.0~5.0	1.1	0.7

(摘引 AW Oughterson and S Warron, 1956)

从上列二表的数据可见，在距爆心投影点1 km 以内的伤亡人数约占总伤亡人数 95%，而且死者又占其中绝大部分。在这个区域内，冲击波、光辐射和瞬时核辐射的量，都足以单独造成伤亡。

广岛市在1945年8月6日8时15分(当地时间)遭受由飞机投掷的原子弹的轰炸。美军派出三架 B-29 轰炸机,一架投弹,两架伴随观察。当地曾发出过空袭警报,但因未见到更多的机群,所以解除了警报;当时天气晴朗无云。广岛市的西部和北部为山区,南面临海,市区平坦,爆心投影点在市中心稍偏北,市区建筑多数是单层木结构,只有少数钢筋混凝土结构房屋。原子弹的爆炸当量为 12.5 kt——最近美国 Lawrence Livermore 研究所(LLNL)认为是 15 kt,爆高 580 m,装料为 ^{235}U 。长崎市在 8 月 9 日 11 时 2 分(当地时间)遭受轰炸,也是由 B-29 飞机投掷。长崎市为丘陵地,市区在沿河流的狭长低地,爆心位于市区北部。原子弹的爆炸当量为 22 kt,爆高 500 m,装料为 ^{239}Pu 。

广岛、长崎两市建筑物破坏情况见表 3。广岛的调查材料表明,在爆心投影点 2 km 以内的建筑物,破坏率达 99%。广岛在爆炸后 20 分钟,发生了一场“火灾暴风雨”。当时,四面的风吹向燃烧地区(因为燃烧地区高温气流上升,因而吸入四周的低温空气)持续了 6 个小时。这个“火灾暴风雨”限制了燃烧范围,但加重了燃烧区内的火情。长崎没有形成“火灾暴风雨”,这是因为建筑物分散在狭长山谷之内,没有促使发生“火灾暴风雨”的条件。两城市地理和破坏概况见示意图 1,图 2。

表 3 广岛、长崎建筑物破坏情况

城市	爆炸前建筑物数目	烧毁 (%)	全部破坏 (%)	严重破坏 (%)	总计 (%)
广岛	76327	62.9	5.0	24.0	91.9
长崎	51000	22.7	2.6	10.8	36.1

(引“1977NGO 被爆问题 シンポジウム 报告书”)

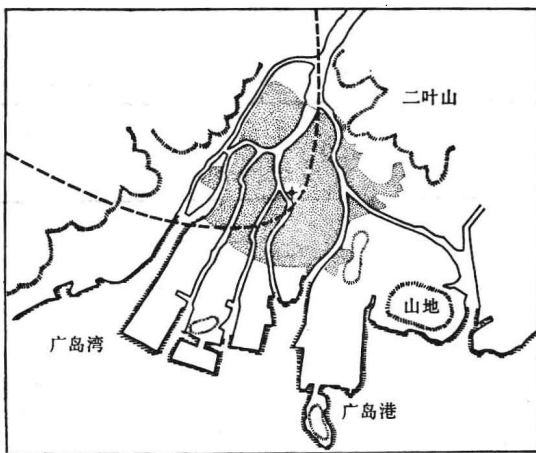


图 1 广岛市破坏概况示意

两个城市被炸时,原子弹产生的光辐射都大约持续 3 秒钟,按能见度为 30 km 算出的光冲量数值列于表 4。暴露皮肤烧伤边界在广岛约为 3.5 km,长崎约为 4 km。两地在 1.2 km 内没受任何屏蔽物保护的人员,都在致死程度的光辐射烧伤范围,甚至距爆心 3~4 km 处,还有许多相当严重的烧伤。活存人员中直接眼烧伤为数很少,

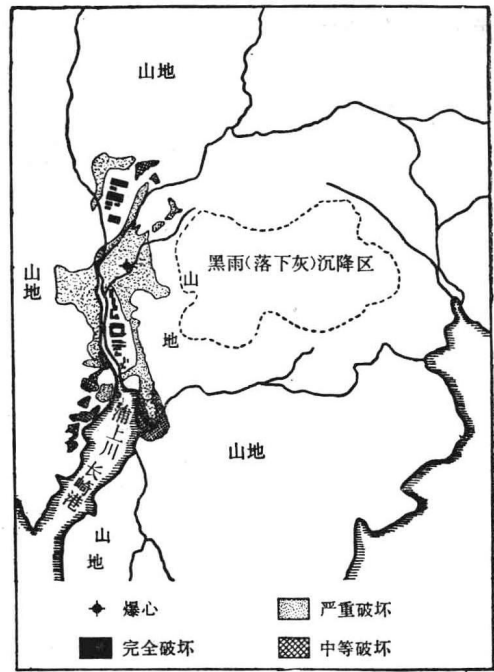


图 2 长崎市破坏概况示意

表 4 广岛、长崎光冲量与距离关系

至爆心投影点 距离(km)	光冲量(cal/cm ²)	
	广岛	长崎
0	99.6	229.4
0.5	55.8	111.5
1.0	23.2	42.2
1.5	11.3	19.9
2.0	6.3	11.0
2.5	3.9	6.7
3.0	2.6	4.4
3.5	1.8	3.1
4.0	1.3	2.2

(引“1977NGO 被爆问题 シンポジウム 报告书”)

但许多人暂时失明数分钟到数小时,火焰烧伤在活存人员中约占 5%(很多火焰烧伤人员未能获救而死亡)。

原子弹爆炸后约 10 秒钟,高压气流到达离爆心投影点距离 3.7 km 处,30 秒钟时约到达 11 km。两城市受原子弹冲击波效应使建筑物破坏的概况见表 5。两城市死伤人员中 70% 有冲击伤,但绝大多数为间接致伤。活存人员冲击伤数量大,但伤势不重,多数为玻璃碎块等的挫伤和撕裂伤,骨折只有 4%。

关于广岛和长崎所投原子弹的瞬时核辐射的剂量,在 1965 年曾进行过修订,见图 3 中的 T65。近来美国 LLNL 又报道了新的修订剂量,广岛的中子剂量大大降低,而 γ 射线剂量有所增加;长崎的中子、 γ 射线剂量都略有下降,见图 3 中的 LLNL。在广岛,电离辐射使 50% 人员致死的距离约为 1.2 km,长崎为 1.35 km,但在这个