

战时核辐射

NUCLEAR RADIATION IN WARFARE

Joseph Rotblat [英]

编 著

中国人民解放军 海军司令部防化部
防化学院 训练部

一九八六年十月

战 时 核 辐 射

[英] 杰 斯·罗勃特 著

张贵文 孙培铨 译

王 坚 贺莱青 校

中国人民解放军 海军司令部防化部
化学学院 训练部

一 九 八 六 年 十 月

内 容 简 介

本书根据伦敦大学教授 Joseph Rotblat 编写的《Nuclear Radiation in Warfare》一书译出，书中概述了各种核武器(包括中子弹)的性质、杀伤破坏效应及其防护措施。本书还用了好几章的篇幅论述了估算不同规模核战争中，核辐射伤亡的八个不确定因素，并以此来表示核战争后果的方法和民防措施的防护效果。

本书通俗易懂，内容丰富，知识新颖，图表齐全，数据充实，具有一定的现实性和实用价值。对于研究未来核战争防护具有一定指导意义，可供合成军队指挥员、防化专业人员、“人防”、“环保”工作者及大专院校师生，尤其是核战争模拟、核战争后果预测工作等参考。另外，对核战争感兴趣的同志，也是一本很好的科普读物。

战 时 核 辐 射

〔英〕Joseph Rotblat 编著

张贵文 孙培铨 译 王 坚 贺荣青校
防化指挥工程学院印刷厂印刷
开本787×1092 1/16 字数198千字
工本费：1.60元 1986年10月 第一次印刷

中 译 本 序

人们对于核战争的印象，主要来之于1945年的广岛和长崎事件。其实，关于核爆炸的更丰富、更系统的知识，却产生在核试验场上。四十年来全世界进行了成千次的核试验，其中美、苏两国进行的试验次数占90%以上；他们两国的核试验向大气层释放的放射性，也比其他国家多几十倍。通过那么多次的核试验，美、苏两国不仅发展和充实了他们的核力量，而且取得了大量的核爆炸效应数据作为他们核攻击和核防御的技术基础；然后，他们坐在一起搞了一个禁止大气层核试验的协定，既可受到宣传上的效果又想束缚别人的手脚。现在又有人提出所谓全面禁止核试验了！但是，谁又能对他们手中握有的几万颗核弹头感到放心呢？

胡耀邦同志最近在阐述我国的基本国策时指出：“新的世界大战的危险并没有消除，要防备外来的突然袭击。但是我们的能力只允许我们做两件事：一是保持适当的防御力量，二是跟踪和研究世界先进的防御手段。”研究核战争的有关技术问题正是保持防御力量、跟踪世界先进防御手段的重要组成部分。

我们很乐意看到约瑟夫·罗特勃拉特教授所著“战时核辐射”一书中译本的出版。这是我们见到的第一本由英国科学家撰写的核武器效应方面的著作。虽然它主要不是论述核爆炸的力学、光学破坏杀伤效应，但却在辐射效应方面有独到的广度和深度。英国是较早拥有核武器的国家之一。这本书将向我国读者提供一个比较英国与美、苏有关论著的机会，对增进我们的知识、改进我们的民防工作无疑是有益的。

杨裕生 · 1986年6月于西安

注：杨裕生同志系西北核技术研究所所长

前 言

关于核战争的后果问题，又引起越来越多的争论。官方核政策明显地强调核战争条件下作战（打击军争力量），以及关于有限核战争可能性的许多讨论，这就是对核战争后果重新被关心的某些原因。

核武器的某些效应可给出定量结果，而另一些效应却难以定量预报。重要的是，对这些不能定量预报的效应，我们既不能不加理睬，也不能置于脑后。我们希望本书将会对核战争后果的讨论有所裨益。没有一位科学家可以向我们保证：人类可以幸存于当前核武器中全部或大部核武器诉诸于世界的一场核战争。有希望的是，决策者们总是要考虑这一结论的。

本书由Joseph Rotblat 教授（伦敦大学）撰写，当时他是斯德哥尔摩国际和平研究所的访问学者。

校长 Frank Barnaby

1981年6月

采 用 单 位

单位换算

国际单位制 (SI) (本书采用)	其它单位	换算关系
能量: 焦耳 (J)	电子伏特 (eV)	$1 \text{ J} = 6.25 \times 10^{18} \text{ eV}$
压强: 帕斯卡 (Pa)	大气压	$1 \text{ Pa} = 9.87 \times 10^{-8} \text{ 大气压}$
温度: 绝对温度 (K)	摄氏度 (°C)	$K = 273.15 + ^\circ\text{C}^*$

* 原文误为 $1 \text{ K} = 273.15 + ^\circ\text{C}$ ——译者注

单位词头

因数	词头	符号	因数	词头	符号
10^3	千	K	10^{-15}	飞(母托)	f
10^6	兆	M	10^{-12}	皮(可)	p
10^9	吉(咖)	G	10^{-9}	纳(诺)	n
10^{12}	太(拉)	T	10^{-6}	微	μ
10^{15}	拍(它)	P	10^{-3}	毫	m
10^{18}	艾(可萨)	E			

名 词 解 释

锕系元素 (Actinides)

从原子序数90 (钍) 到原子序数103 (铹) 的一组放射性元素。

活度 (Activity)

放射源强度的量度。它等于每秒钟内原子核蜕变数。

α 粒子 (Alpha-particles)

某些放射性核素自发发射出的氦-4 原子核。

原子弹 (A-弹) (Atomic bomb)

完全由重原子核裂变产生爆炸能量的核武器。

原子序数 (Atomic number)

一个元素在元素周期表中所占据的位置, 它由原子核中的质子数决定。

β 粒子 (或 β 射线) (Beta-Particles)

由大多数放射性核素自发发射的快速运动的电子 (或正电子) 。

生物半排期 (Biological half-life)

由于生物的自然代谢过程, 体内或特定器官中的物质 (通常是放射性的) 的量减少一半所需要的时间。

助爆 (Boosting)

通过小规模热核反应产生的中子, 增强裂变武器当量的一种方法。

链式反应 (Chain reaction)

一种自激发的再现反应。在裂变链式反应中, 原子核吸收一个中子后发生裂变时放出几个中子, 可再引起新的裂变。

圆概率偏差 (CEP) (Circular Error Probable)

以瞄准点为圆心的圆的半径。导弹落在该圆内的几率为50%。

集体剂量 (Collective dose)

对人群受核辐射照射总负担的量度; 它等于受照剂量和受照人数的积。

宇宙辐射 (Cosmic radiation)

由外层空间发射到地球上的电离辐射, 它是天然本底的一种来源。

打击城市战略 (Counter-city strategy)

使用战略核武器的一种方式。这种战略将人口中心作为主要打击目标。

打击军事力量战略 (Counterforce strategy)

使用战略核武器的一种方式。这种战略的打击目标是敌方的战略核力量。

临界质量 (Critical mass)

在规定条件下能维持自持链式反应的可裂变物质的最小质量。要发生爆炸，裂变物质的质量需要超过临界质量。

贫化铀 (Depleted uranium)

这种铀中的铀-235的浓度比天然铀中的浓度低，实际上完全是铀-238。

氘 (Deuterium)

质量数为2的氢的同位素：天然氘原子与质量数为1的氢原子数的比约为1 : 6500。

剂量 (Dose)

表示人体吸收电离辐射量的总称。

氘-氚反应 (d-t reaction)

是聚变弹中最重要的热核反应，氘核与氚核结合时发生这种反应，产生一个 α 粒子和一个中子并放出大量的能量。

电磁辐射谱 (Electromagnetic spectrum)

电磁辐射的波长范围 (按波长增加排列)，从 γ 射线 (或X射线) 到紫外线、可见光、红外线、雷达波和无线电波。

电子俘获 (Electron-capture)

原子的轨道电子被原子核捕获，发射出X射线，这是一种很少发生的放射性衰变方式。

浓缩工厂 (Enrichment plant)

生产含有不同浓度的同位素物质的工厂，通常是指含有高浓度铀-235的铀的工厂。

震中 (Epicentre)

在地面上的一个点，它在核武器空中爆炸时，垂直于爆炸点正下方。通常称地面零点或爆心投影点。

等效百万吨级当量 (Equivalent megatonnage)

根据核武器产生的力学效应，度量其爆炸威力的一种量。它等于实际爆炸当量 (以百万吨为单位) 的三分之二方。

三相弹 (F-F-F bomb)

一种分三阶段释放能量的核武器：①裂变——用作扳机②聚变——在扳机产生的高温下发生③裂变——聚变发射的中子作用于铀惰层时发生。

裂变 (Fission)

重核分裂成两个近似相等的部分，伴随产生几个中子和能量释放。

裂变弹 (Fission bomb)

见原子弹。

灵活反应 (Flexible response)

一种军事原则。根据这种原则，一个国家可以采取适应形势的手段对攻击做出反应。例如：使用常规武器、战术核武器或战略核武器。它与相互确保摧毁(MAD)的原则相反。

注量 (Fluence) *

投射到单位面积上的辐射强度(粒子数、能量)。

自摧毁效应 (Fratricide effect)

第二枚核武器在目标区的爆炸受到第一枚核武器爆炸效应(X射线、热辐射或冲击波)的抑制。

聚变 (Fusion)

伴随能量释放的轻核形成重核的过程；通常是指氢核的相互作用形成氦的过程。

聚变弹 (Fusion bomb)

通过聚变(裂变扳机除外)释放爆炸能量的一种核武器。

γ射线 (Gamma-rays)

伴随许多核反应，如裂变、非弹性散射或中子俘获，以及放射性蜕变所发出的高能电磁辐射。

基因型 (Genotype)

个体的遗传构造。

GW (e)

百万千瓦(10⁶千瓦)电功率——用电功率表示一个反应堆的功率输出。

半衰期 (Half-life)

给定的放射性物质的一半原子核发生蜕变所需的时间。

氢弹 (H—弹) (Hydrogen bomb)

见聚变弹。

同位素 (Isotopes)

具有同样原子序数的核素。

* Fluence应译成注量，但注量的定义与此有些差别。注量为投射到单位截面球体内的辐射强度(粒子数、能量)在一般情况下，通过单位截面积的粒子数不等于粒子注量，而小于粒子注量，只在粒子束垂直射入的情况下才等于粒子注量。——译者注

绝对温度 (Kelvin)

温度的国际单位制 (S.I.)。

用于军事目的的激光束 (Laser beam for military purposes)

强大的相干单色光束。

半致死剂量 (LD-50)

在规定周期内, 杀死人口 50 % 所需要的核辐射剂量。

轻水反应堆 (LWR) (Light water reactor)

应用稍加浓缩的铀作为燃料、普通水既作为慢化剂又作为冷却剂的反应堆。

传能线密度 (LET) (Linear energy transfer)

一个电离粒子通过单位路径时所损失的平均能量。

质量数 (Mass number)

给定核素的原子核中所含核子 (质子和中子) 的数目。

中子 (Neutron)

质量稍大于质子的不带电的基本粒子, 它是所有比氢重的原子核的组成部分。

中子发生器 (Neutron generator)

用于裂变弹。它是在核弹要爆炸的瞬间保证产生中子的装置。

不扩散条约 (NPT) (Non-Proliferation Treaty)

产生于 1970 年。它是非核国家会议通过的不获取或不生产核武器的条约。

核素 (Nuclide)

以原子核中的质子数和中子数为特征的原子种类。一种核素通常用给定的元素符号 (定义原子序数) 和质量数说明, 例如 ^{235}U (或铀-235)。

超压 (Overpressure)

在爆炸产生的冲击波中, 超过环境压力的瞬时压力。

光子 (Photon)

电磁辐射的能量量子, 其能量与波长成反比。

正电子 (Positron)

与电子相同但带正电荷的粒子。

前驱综合症 (Prodromal Syndrome)

核辐射照射的早期急性效应, 有时称做放射病。

质子 (Proton)

携带单位正电荷的基本粒子, 它与 (质量数为 1 的) 氢原子核相同, 是构成所有原子核的成份。

反应堆 (Reactor)

可控裂变链式反应的系统；通常用于发电、生产钚或供研究用。

后处理厂 (Reprocessing plant)

该工厂对用过的反应堆燃料进行化学处理，以便将铀和钚从裂变产物中分离出来。

斜距 (Slant distance)

由给定地区地表面上一点到爆炸产生点间的距离。

慢中子 (Slow neutrons)

低能中子，与一定温度下的气体粒子的能量同一量级的中子。

躯体细胞 (Somatic cells)

身体中除生殖细胞以外的全部细胞。

平流层 (Stratosphere)

对流层顶以上的大气层，该层中的温度随高度变化很小。

超临界状态 (Supercriticality)

可裂变物质的质量大于现有条件下的临界质量时裂变系统所处的状态。

尾矿 (Tailings)

从铀矿中提取铀之后剩下矿渣。

惰层 (Tamper)

在核弹装置中用来反射中子并提供较大惰性的物质。

三裂变 (Ternary fission)

一种很少发生的裂变过程；在此过程中，原子核分成三部分。

热中子 (Thermal neutrons)

与周围介质处于热平衡时的低能中子。

热中子反应堆 (Thermal reactor)

靠热中子引起裂变的反应堆。

热核弹 (Thermonuclear bomb)

部分爆炸能量是由聚变反应产生的一种武器。

热核反应 (Thermonuclear reaction)

在很高的温度下发生的聚变过程。

梯恩梯 (TNT)

一种叫做三硝基甲苯的化学炸药，用来度量核武器爆炸所释放的能量。

氚 (Tritium)

质量数为 3 的氢的同位素。

对流层顶 (Tropopause)

对流层和平流层的边界。

对流层 (Troposphere)

地球表面以上的大气层，在该层中，大气的温度随高度的增加而下降。

风化 (Weathering)

在风雨作用下沉降物放射性浓度的自然衰减。

X-射线 (X-rays)

与 γ 射线相同的一种电磁辐射，不过它是由原子核外层的核过程产生的。

目 录

中译本序	1
前言	2
图表	3
采用单位	6
名词解释	7
第一章 绪言	13
第二章 核武器概论	16
2.1 核武器的性质	16
2.1.1 裂变弹	16
2.1.2 聚变弹	19
2.1.3 助爆弹 (Booster)	21
2.1.4 三相 (裂变—聚变—裂变) 弹	21
2.1.5 “加盐” 弹	21
2.1.6 增强辐射武器 (中子弹)	22
2.1.7 能量分配	22
2.2 电离辐射之外的核武器效应	22
2.2.1 火球和早期放射性沉降	22
2.2.2 热辐射	24
2.2.3 冲击波	25
2.2.4 电磁脉冲 (EMP)	26
2.3 核军备竞赛	27
2.3.1 核武器的储备量和投射手段	27
2.3.2 纵向扩散	31
2.3.3 横向扩散	33
2.4 核战争设想	34
第三章 核辐射对人的生物效应	35
3.1 辐射剂量	35
3.1.1 辐射剂量单位	35
3.1.2 人体器官的辐射剂量	37
3.2 天然核辐射源	37
3.3 急性核辐射效应	39

3.3.1	前驱综合症(放射病)	39
3.3.2	造血系统效应	42
3.3.3	半致死剂量(LD—50)	43
3.3.4	消化系统的效应	44
3.3.5	中枢神经系统效应	44
3.3.6	急性照射后影响幸存的因素	44
3.3.7	肺部急性效应	45
3.3.8	其它短期效应	45
3.4	远期躯体效应	46
3.4.1	诱发癌症	47
3.4.2	诱发白内障	52
3.4.3	寿命缩短	53
3.4.4	胎儿受照效应	54
3.5	遗传效应	54
3.6	影响生物对核辐射响应的因素	55
3.6.1	核辐射品质	55
3.6.2	剂量率和分次照射	57
3.6.3	人体局部照射	57
3.6.4	年龄的影响	57
3.6.5	性别的影响	58
3.7	内照射	58
3.8	复合效应	59
3.9	核辐射防护	60
第四章	核爆炸的核辐射	62
4.1	早期核辐射	62
4.1.1	中子	62
4.1.2	瞬时 γ 辐射	65
4.1.3	中子、 γ 射线的复合剂量	68
4.1.4	中子弹	70
4.2	放射性沉降	73
4.2.1	剩余核辐射的性质	73
4.2.2	早期沉降的衰减	79
4.2.3	早期沉降的分布	83
4.2.4	早期沉降的核辐射剂量	88
4.2.5	延迟沉降	91
4.2.6	大气层核试验	94

4.3	放射性沉降对动植物寿命的影响.....	96
4.3.1	对牲畜的影响.....	97
4.3.2	对植物的影响.....	97
4.4	沉降对水源和食品的沾染.....	100
第五章	核战争中的核辐射伤亡	101
5.1	核战争中伤亡的计算.....	101
5.2	总伤亡估算的不确定性.....	102
5.3	放射性沉降伤亡估算时的不确定性.....	103
5.4	表示核战争后果的方法.....	104
5.5	全面核战争中的伤亡.....	106
5.6	核辐射的最大效应.....	108
第六章	民防效果	110
6.1	军事防御.....	110
6.2	民防.....	110
6.3	核辐射的衰减.....	112
6.4	核辐射防护.....	114
6.5	掩蔽所.....	115
6.6	撤离居民.....	116
6.7	民防中的医疗问题.....	116
第七章	核辐射的其它军事应用	118
7.1	攻击民用核动力设施.....	118
7.1.1	常规武器对核反应堆的攻击.....	118
7.1.2	核武器对核反应堆的攻击.....	121
7.1.3	对核燃料后处理厂和贮存罐的攻击.....	122
7.2	放射性战争.....	123
7.2.1	使用裂变产物.....	124
7.2.2	使用钚和其它锕系元素.....	125
7.2.3	使用短寿命放射性核素.....	125
7.3	恐怖活动.....	126
第八章	结论	129
	参考书目	130

图 表 目 录

表

1、正常密度下裂变物质的临界质量·····	17
2、聚变反应·····	19
3、美国和苏联战略核力量（估计到1985年） （a）美国， （b）苏联·····	28
4、某些核导弹的性能·····	30
5、目前的核武库·····	32
6、核辐射单位·····	36
7、天然本底核辐射（微戈瑞/年）·····	38
8、产生早期放射病症状的剂量（戈瑞）·····	42
9、致死癌症的危险度·····	52
10、核爆炸的瞬时 γ 射线·····	65
11、以热核武器“有效”当量表示的 γ 射线 流体动力学增强（低空爆炸）·····	66
12、各种效应的杀伤破坏范围（千米 ² ）·····	70
13、裂变产物的衰变链·····	75
14、重要的裂变产物·····	76
15、爆后不同时间放射性沉降的剂量率·····	80
16、理想型放射性沉降的剂量率和累积剂量·····	87
17、放射性沉降下风向距离与风速的相关因子·····	88
18、由放射性引起的一定累积剂量所复盖的面积·····	89
19、由1985年以前的核试验产生的约定剂量（毫戈瑞）·····	96
20、核爆炸对环境的破坏·····	98
21、放射性沉降辐射的外照射对家畜的半致死剂量·····	99
22、农作物的半致死剂量·····	99
23、美苏相互投射78亿吨的核弹时可能造成的总伤亡人数·····	107
24、物质衰减核辐射强度到十分之一的厚度值（米）·····	113
25、建筑物的核辐射防护因子·····	114
26、反应堆严重事故的后果·····	120
27、核武器单独爆炸时和对核动力设施轰炸时放射性影响 的面积·····	122

图

1、裂变弹部件示意图.....	18
2、发生明显早期沉降的最大爆炸高度.....	23
3、核爆炸产生三度烧伤的斜距.....	25
4、35千帕斯卡超压处距爆心投影点的距离.....	26
5、急性效应死亡出现的时间.....	40
6、出现厌食症状的几率.....	41
7、急性效应死亡几率.....	43
8、几种低剂量和高剂量时的剂量——响应关系.....	48
9、幸存者中白血病的发生率与剂量的关系.....	50
10、癌症发生率的增加随剂量的变化.....	51
11、裂变中子的能谱.....	63
12、每千吨当量中子剂量（表面组织）与斜距的函数关系.....	64
13、一千吨裂变弹的 γ 辐射剂量（表面组织剂量） 与斜距的关系.....	67
14、 γ 辐射剂量（表面组织剂量）与斜距的关系： （a）特定当量的裂变弹，（b）特定当量的热核武器.....	68
15、中子加 γ 射线的致死辐射剂量的距离.....	70
16、一千吨中子弹产生的中子剂量.....	71
17、一定质量数的裂变产物的产额（裂变中子引 起铀—238裂变）.....	74
18、放射性沉降的剂量率随爆后时间的变化.....	81
19、局部沉降的累积剂量与爆后时间的函数关系.....	82
20、二百万吨核弹在爆后十八小时放射性沉降的等值线： （a）剂量率，（b）总剂量.....	83
21、在距爆心两个不同距离上（A—近距离，B—远距离）， （a）早期沉降的剂量率和（b）累积剂量（任意单位） 随时间的变化.....	84
22、“强盗”试验后的等剂量线.....	85
23、一千万吨表面爆炸、风速为每小时的等剂量率线 （a）理想图形（b）可能图形.....	86
24、蘑菇云的顶高和底高随核弹当量的变化.....	92
25、大气输运沉降的模型.....	93
26、放射性沉降中的铯—90与地理纬度的关系.....	95
27、“打击军事力量”的核攻击造成的死亡人数的计算.....	105