



# 联合国 大会



Distr.  
GENERAL  
A/43/351  
5 May 1988  
CHINESE  
ORIGINAL: ENGLISH

第四十三届会议

议程暂定项目表\* 项目 67(g)

审查大会第十届特别会议通过的建议和决定的执行情况：核战争的气候影响，包括核冬天

关于核战争的气候和其他全球性影响的研究

## 秘书长的报告

1. 大会1985年12月16日第40/152G号和1986年12月4日第41/86H号决议请秘书长在考虑到宜有广泛的地域代表性和广泛的科学资历的情况下由他选出的专家顾问小组的协助下，对核战争的气候和潜在物质影响，包括核冬天进行研究，除其他外，审查其社会经济后果，并将考虑到秘书长的报告(A/40/449和Corr.2)和编纂该报告所依据的资料文件以及任何其他可能有关的科学研究报告。

2. 秘书长按照上述要求，谨向大会呈交关于核战争的气候和其他全球性影响的研究报告。

\* A/43/50.

附件

关于核战争的气候和其他全球性影响的研究

目录

<u>章次</u>	<u>段次</u>	<u>页次</u>
秘书长的前言 .....		5
送文函 .....		6
序言 .....		9
一、总的情况：调查结果和结论 .....	1 - 28	11
A . 一个新问题的演变 .....	1 - 10	11
B . 主要科学问题上的进展 .....	11 - 20	14
C . 研究结果和结论 .....	21 - 28	16
二、对大气和气候的影响 .....	29 - 105	19
A . 导言 .....	29 - 40	19
B . 技术问题 .....	41 - 105	22
1 . 尘埃 .....	41 - 42	22
2 . 燃烧与燃料 .....	43 - 51	22
3 . 大火 .....	52 - 55	24
4 . 产生烟粒 .....	56 - 62	25
5 . 烟粒在光学方面的特质 .....	63 - 67	27
6 . 发生烟的高度 .....	68 - 71	28
7 . 清除和消除烟粒 .....	72 - 74	31
8 . 光量的减少 .....	75 - 77	32

<u>章次</u>	<u>段次</u>	<u>页次</u>
9. 数字模拟 .....	78 - 81	32
10. 数字模拟的结果 .....	82 - 85	34
11. 核爆炸引起大气扰动的局部和自然类比 .....	86 - 90	35
12. 长期作用 .....	91 - 93	37
C. 不确知因素 .....	94 - 96	38
D. 同温层臭氧的破坏 .....	97 - 102	38
E. 其他化学作用 .....	103 - 105	40
三. 对自然生态和农业的影响 .....	106 - 162	41
A. 导言 .....	106 - 109	41
B. 生物对气候扰动的一般反应 .....	110 - 113	43
C. 生物群落对气候扰动的反应 .....	114 - 135	43
1. 冻原/高山生物群落 .....	118 - 120	45
2. 北方针叶林/泰加群落 .....	121 - 122	46
3. 针叶林 .....	123	46
4. 落叶林 .....	124	46
5. 草原 .....	125	47
6. 沙漠和半沙漠 .....	126	47
7. 热带生物群落 .....	127 - 129	47
8. 湖泊和河流 .....	130 - 131	48
9. 海洋系统 .....	132 - 134	48
10. 港湾 .....	135	49
D. 重要农业系统对气候变动的反应 .....	136 - 144	49

<u>章次</u>	<u>段次</u>	<u>页次</u>
E . 重要粮农作物 .....	145 - 153	51
1 . 稻米 .....	145 - 149	51
2 . 小麦 .....	150	53
3 . 玉米 .....	151	53
4 . 大豆 .....	152	53
5 . 家畜 .....	153	53
F . 按纬度分列的, 气候变化的影响 .....	154 - 155	54
G . 对农产品的影响 .....	156 - 162	54
四 . 健康和社会经济方面的影响 .....	163 - 203	57
A . 导言 .....	163 - 164	57
B . 冲击 .....	165 - 166	57
C . 热 .....	167 - 169	57
D . 辐射 .....	170 - 176	58
1 . 初期辐射 .....	170 - 171	58
2 . 地区的放射性尘埃 .....	172 - 173	59
3 . 中程和全球的放射性尘埃 .....	174 - 176	60
E . 整体的直接影响 .....	177 - 179	60
F . 生存者的保健措施 .....	180 - 187	61
G . 对人和社会经济体系的影响 .....	188 - 197	62
H . 恢复 .....	198 - 203	65
词汇 .....		66
书目 .....		74

## 秘书长的前言

一些科学工作者1982年认识到大规模核战争可能产生严重的气候影响，招致全球性的后果，于是大会在1985年12月16日第40/152G号决议中请秘书长进行一项关于核战争的气候和潜在物质影响，包括核冬天的研究，并审查其社会经济后果。但由于1986年发生财政危机，此项工作推迟了一年。

大会1986年12月4日第41/86H号决议重申对秘书长的上述要求，并请他及时向大会提出研究报告以供1988年第四十三届会议审议。

按照大会在第41/86H号决议中的要求，秘书长所委派的专家顾问小组由不同国家属于广泛科学领域的科学工作者组成。其中一些已参加过这方面的研究，另一些则是首次处理这个问题。

专家组报告的结论是，大规模核战争导致高度危险的全球性环境破坏。危险性最大的是北半球大城市和工业中心在夏季月份遭到核攻击的情况。专家组认为，剩余的科学技术不确定性不大可能推翻以上结论。专家组指出，农业生产所受严重影响导致的粮食供应竭尽不论是目标国家或非目标国家都可能遭遇到，从而发生广泛饥荒，经济社会后果极为严重。

我们所居住的行星表面看来牢固，实而存在于脆弱的平衡状态。人类在历史上首次采取着行动，可在仅仅一代人的时期内对全球环境产生根本性的影响。酸雨和森林滥伐的影响十分明显。全球加温和臭氧层耗尽的未来影响逐渐得到普遍认识。

核战争产生的情况是人类可能对自身作出的有害行为的一个极端。专家组的报告确认了核战争中没有获胜者的决不应进行此种战争。这也是必须大量削减并最终销毁核武器的强大理由。

秘书长感谢专家组成员编写报告，报告全文载于本文件提交大会审议。应指出的是，报告内的各项意见和结论是专家组成员所提，秘书长对专家组研究结果的所有各方面均不能作任何评判。

送文函

1988年4月5日

纽约

联合国秘书长

哈维尔·佩雷斯·德奎利亚尔先生

阁下，

谨随函附上阁下按照大会1986年12月4日第41/86H号决议第3段所选  
派专家顾问组提出的关于核战争的气候和潜在物质影响，包括核冬天的研究报告。

按大会决议选派的专家顾问名单如下：

**Professor Sune K.D. Bergström**  
**Karolinska Institutet**  
**Nobelavdelningen**  
瑞典，斯德哥尔摩

**Dr. Gyula Bora**  
**Vice Rector**  
**University of Economics**  
匈牙利，布达佩斯

**Professor Messan K. L. Gnininvi**  
**Director of the Solar Energy Laboratory**  
**University of Benin**  
多哥，洛美

**Professor G. S. Golitsyn**  
**Institute for Atmospheric Physics**  
**USSR Academy of Sciences**  
苏维埃社会主义共和国联盟，莫斯科

**Professor Rafael Herrera**  
**Centro de Ecología y Ciencias Ambientales**  
**Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas**  
委内瑞拉，加拉加斯

**Professor Mohammed Kassar**  
**Faculty of Science**  
**Cairo University**  
埃及，吉萨

Professor Thomas F. Malone  
St. Joseph College  
美利坚合众国，康涅狄格，西哈特福德

Professor Henry A. Nix  
Director  
Centre for Resource and Environmental Studies  
Australian National University  
澳大利亚，堪培拉

Dr. D.V. Seshu  
International Rice Research Institute  
菲律宾，马尼拉

Professor Yasumasa Tanaka  
Faculty of Law  
Gakushin University  
日本，东京

Professor Ye Duzheng  
Academia Sinica  
中国，北京

报告的编写自1987年3月至1988年4月为止，期间专家组举行了三届会议：第一届于1987年3月23日至27日在纽约举行；第二届于1987年11月18日至27日在日内瓦举行；第三届于1988年3月28日至4月1日在纽约举行。

对这一复杂问题的研究工作如果不靠其他来源的大量协助和专门知识是无法在这样短时间内完成的。专家组的成员为增长他们在这方面的知识而与其他专家举行了两次讲习会，他们认为这样的交流大有助益。在这一点上，专家组要特别感谢以下人士：加拿大多伦多大学的Dr. Thomas C. Hutchinson；美利坚合众国科罗拉多州博尔德国家大气研究中心的Dr. Stephen Schneider；和美利坚合众国加利福尼亚州利弗莫尔劳伦斯·利弗莫尔实验室的Dr. Joyce Pennen，他们参加了1987年3月为期一天在纽约举行的讲习会。

关于第二个讲习会，特别安排了环境问题科学委员会核战争的环境影响科学小组（核战环境后果研究）科学人员于1987年11月在日内瓦与联合国专家组同

时举行会议。专家组的成员出席了核战环境后果研究讨论会的前两天会议，接着就开始进行与一些科学家之间为期一天的联合讲习会。专家组特别要感谢以下人士：核战环境后果研究指导委员会主席，大不列颠及北爱尔兰联合王国，埃塞克斯大学的 Sir Frederick Warner；德意志联邦共和国美因茨 Max Planck 化学研究所的 Dr. Paul J. Crutzen；美利坚合众国纽约州伊萨卡康乃尔大学生态系统研究中心的 Dr. Mark A. Harwell；美利坚合众国加利福尼亚州劳伦斯·利弗莫尔实验室的 Dr. Michael C. Mac Cracken；苏维埃社会主义共和国联盟莫斯科苏联科学院计算中心的 Dr. Yuri M. Svirighev；美利坚合众国加利福尼亚州 RrD Associates Marina Del Rey 的 Dr. Richard D. Turco。对于核战环境后果研究在联合国专家组工作期间提供的密切合作和支援，专家组要向国际科学协会理事会表示感谢。

专家组还要感谢许多联合国机构提供的咨询意见和协助。专家组一名成员 Sune Bergstrom 教授是世界卫生组织管理组组长，该管理组就核战争对健康和保健服务的影响问题提出过两份报告；除 Bergstrom 教授外，以下人士也提供了大量支援：联合国环境规划署顾问 Dr. Francesco Sella；世界气象组织世界气候研究方案主任 Pierre Morel 教授；和世界气象组织顾问 C. C. Wallen 教授。

最后，专家组成员对于联合国秘书处的协助表示感谢，特别是裁军事务副秘书长 Yasushi Akashi 先生，担任专家组秘书的 Derek Boothby 先生和担任专家组顾问作家的 Dartside Consulting 和多伦多大学 Andrew Forester 博士。

如本报告所述，一旦发生大规模核战争时，地球的前景不详。因此，我谨代表专家组全体成员，忧虑地通知阁下，本报告经协商一致通过。

谨致最崇高的敬意。

负责对核战争的气候和其他全球性  
影响进行研究的专家顾问小组主席

H. A. NIX (签名)

## 序 言

大规模核战争会造成引起全球气候紊乱的情况的可能性于1982年首次提出。1984年，大会以1984年12月17日第39/148F号决议请秘书长编纂有关核战争的气候影响，包括核冬天的科学研究的摘要。摘要于1985年作为大会文件印发(A/40/449和Corr.2)。

1985年12月16日，大会通过第40/152G号决议，其中认识到有必要对这个问题进行有系统的研究，请秘书长对核战争的气候和潜在物质影响，包括冬天进行研究，并提交报告，供大会1987年第四十二届会议审议。但由于1986年发生财政危机，上述工作不得不推迟一年。

大会1986年12月4日第41/86H号决议再次请秘书长在考虑到宜有广泛的地域代表性和广泛的科学资历的情况下由他选出的专家顾问小组的协助下进行此项研究。大会要求这项关于核战争的气候和潜在物质影响，包括核冬天的研究，除其他外，审查其社会经济后果，并考虑到秘书长的报告和编纂该报告所依据的资料文件以及任何其他有关的科学研究报告。

大会请秘书长及时提交研究报告以供大会1988年第四十三届会议审议。

本报告是按照上述决议编写的。专家顾问小组对于有关这一复杂问题已进行和继续进行的科学研究的成果进行了慎重的评价。为确保专家组的评价尽可能反映最新的科学资料，专家组广泛搜取了各种科学机构和科学专家的专门知识，特别是参与国际科学协会理事会(IUSU)环境问题科学委员会核战争的环境影响研究工作称为(核战环境后果研究)的科学人员。

专家组的任务性质广泛。大会第41/86H号决议要求进行有关核战争的气候和潜在物质影响，包括核冬天的研究；专家组考虑到决议整体，对上述任务作了广泛意义的解释，而把生物影响也考虑在内。在此种解释之下才可能按大会要求，对潜在的社会经济后果进行评价。

专家组尽量不使用核冬天这个用语，因为它不能正确反映所涉情况的性质、程

度和复杂性。当核战争爆发时，温度的下降不会使地球表面大多数地区出现冰冻情况，但如大规模核战争涉及大都市和工业中心，且发生在北半球的夏季，则在全球造成的影响将是严重而广泛的。

基于上述理由，专家组将本报告的标题订为“关于核战争的气候和其他全球性影响的研究”。

## 一. 总的情况：调查结果和结论

### A. 一个新问题的演变

1. 核战争与任何以往的战争形式完全不同，它的毁灭力要大得多了。广岛和长崎所用的原子弹将爆炸威力从相当于几吨的三硝基甲苯（梯恩梯）提高到了几千吨梯恩梯。大约十年后发展出来的氢弹又将爆炸威力从几千吨提到了高达几百万吨的水平。现在全世界有超过50,000个核武器，估计总威力大约为15,000百万吨（大约是第二次世界大战全部爆炸威力的5,000倍）。

2. 由Crutzen和Birks所著《核战争的大气层：中午的黄昏》一书的出版（1982年）是人们考虑大规模核战争的间接影响方面的一个转折点。他们认识到，核爆炸引起的大火将把大量吸收光线的烟粒注入大气层。使地球表面暖和并提供能量，推动大气层运作和生物界的生产的入射阳光将被烟粒和烟炱所减少，使天气因而改变，气候受到影响，对于可燃物质的数量、烟粒的发射和烟粒辐射性质的进一步计算证实了这项假说。人们确认到了对于自然生态系统、渔业和农业的巨大的可能影响。将会危害到直接影响后的幸存者的农业供应。

3. R. Turco, O. Toon, T. Ackerman, J. Pollack 和 C. Sagan 等人，按姓名第一个字母简称为TTAPS小组的论文（1983年）对大量烟粒注入的基本气候影响作了进一步的探讨。按烟粒和矿物粒产生和性质的各种情况假设，以及经修改的气候模型，TTAPS小组预测会产生不利的后果，包括北半球地块上的温度下降摄氏25到30度，高层对流层大量加热并转为稳定，并加速将烟粒运往南半球。黑暗，陆地冷却和放射作用的情况可能非常严重，因此想出了“核冬天”一词来比喻一场有几千百万吨爆炸威力（现有核武库的一大部分）的核战争后的情况。TTAPS小组并没有预测会出现永久或长期的破坏，但由于意味着发生大规模的破坏，TTAPS的作者们表示希望“这理提出的问题将受到严格的批判性的审查”。另一篇论文（Ehrlich等，1983年）与TTAPS的论文同时发表，其中若干生物学家考虑了对于自然生态系统和农业的可能广泛影响。

4. 1983年10月31日和11月1日在华盛顿特区举行的核战争长期全球生物后果会议审查了对于大气层和生物圈的影响。会议是天文学家 Carl Sagan 和生物学家 Paul Ehrlich 联同由自然科学家和生物学家组成的咨询委员会组织的。会上还提出了结果类似的苏联研究工作，通过卫星联结进行的华盛顿和莫斯科之间的电话会议使美国和苏联的科学家有机会可以交换意见。有人向与会者报告了核战争可能会造成的环境压力，包括地面温度巨幅下降，强烈的辐射沉降，以及对社会基础结构的直接摧毁。会议还听取了关于新预测内大量不确定因素以及需要对此重要问题进行进一步研究的讨论。

5. 1987年初美国国防部委托美国国家科学院国家研究理事会进行了一项重大研究。在强调了各项不确定因素造成的限制后，该报告提出了以下的结论：

“……委员会发现，除非一项或多项影响是在不确定范围中比较温和的一端，或某些缓和的因素被忽略了，北半球温带，大部分陆地地区（也许地球的大部分地区）受到严重影响是很有可能。可能的影响包括持续几个星期的温度巨幅下降（特别是夏季发生的交战），温度将持续几个月低于正常温度。这些温度下降以及联带发生的气象改变对于幸存的人口，以及对于支持这些幸存者的生物圈的影响将会是很严重的，应该对它进行仔细的，独立的研究。”

（《重大核交战对大气层的影响》，  
国家科学院，1985年，第6页）

苏联科学院也对总爆炸力达5,400百万吨的核战争的物理，化学和生物学后果作了审查，并指出，“我们研究的主要结论是，即使是核冲突后果的”最乐观“情况假设（如果在此可以说乐观的话）也将必然会导致全球的生态和人口方面的危机”（《核战争的生态和人口后果》，Svirezhev等，1985年；英文版，1987年第108页）。加拿大皇家学会（1985年）和新西兰规划理事会（1987年）在分别讨论了对于加拿大和新西兰的影响的报告中也提出了大致相同的结论。

6. 1983年国际科学协会理事会(科协理事会)的环境问题科学委员会(环境科委会)受托对核战争环境后果进行研究,其题目为环境科委会—核战环境后果研究。来自30个国家的300多名科学家参与了这个分为两期共882页的报告的编写工作,报告于1986年出版,它至今仍是最权威性的研究。分析工作包括对生物影响作了广泛研究,同时证实了有关物理作用的全面结论。简言之,报告的结论是,“……大规模核战争对人口的间接影响,特别是由烟粒对天气造成的影响要比直接影响更可能造成全球性的后果,非交战国和交战国一样都有很大的危险受到空前重大影响”(着重号为原文所加)(核战争的环境后果, Pittock等, 1986年, 前言, 第XXVI页)。

7. 后来利用更切合实际的三维模型作的研究显示,温度下降会比最初设想的为少。但是,它们仍然大得足以在几个月或几年的时间里对自然和农业生态系统造成严重的全球性后果。

8. 监督科协理事会和世界气象组(气象组织)的世界气候研究方案的联合科学委员会于1986年(Golitsyn和Phillips)和于1987年(Golitsyn和MacCracken)对假设进行了审查,曾两次作出结论认为,“不管在改进大气层计算中和许多不确定因素的重大努力取得了多大的成功也不会改变(除了细节之外)”核战争引起大火,产生1亿至2亿吨烟粒后的几个星期里温度严重变化的预测(着重号是后加的)(Golitsyn和Phillips, 1986年,并得到Golitsyn和MacCracken, 1987年的证实)。

9. 环境科委会—核战环境后果研究项目于1987年2月在曼谷,1987年11月在日内瓦,1988年3月在莫斯科召开了讲习班,审议更新的结果。它们支持了较早时环境科委会—核战环境后果研究对于核战争的气候影响的评价。这些讲习班发起了新的研究阶段,即核战争对于特定国家的农业系统的影响的个案研究,更详细的分析大气层中烟粒的来源和行为,以及根据切尔诺贝利经验更详细的研究电离辐射。

10. 世界卫生组织（卫生组织）自1982年以来就在研究核战争对于保健和保健服务的影响，并出版了两份报告（1984年，1987年）世界卫生大会曾建议卫生组织，同联合国各机构合作，继续收集、分析和定期发表各项活动的报告并进一步研究核战争对于保健和保健服务的影响，并定期通知卫生大会。

#### B. 主要科学问题上的进展

11. 较早时对于燃烧材料（燃料密度）数量的估计已经由后来对于生产和贮量的分析而变得更为精细，例如，对美国一组代表性目标的详细调查（Small等，1988年）。虽然可能进入大气层的烟粒量会高达1亿5千万吨的估计一般来说仍然是可信的，但最近的研究显示，这个数量属于较高的范围。而另一方面，烟粒部分中由大火中石油和塑料等燃烧物质所释放出来的估计量却大量增高了。此外，由于最近在实验室和小型火灾中的测量数字，城市火灾产生的烟粒的吸收阳光能力的估计数比某些较早时的计算高出了三倍以上。释放出的烟粒中乌黑的烟炱部分现在被认为是影响大气层和气候最重要的因素，因此大部分最近的研究是以烟炱粒子的性质为焦点的。

12. 大量烟粒和烟炱会吸收大部北半球的入射阳光的辐射。按情况假设的不同，对于日照减少的估计也会有很大的差别：在烟粒集中的情况下，有几天的时间地面的阳光可能只有正常的百分之1，而在几个星期或更长的时间里，则低于正常的百分之20。

13. 大火发射出的烟粒最初可以达到15公里的高度，虽然大部分将含在5至10公里的范围内。上升的烟粒最后会稳定下来，烟粒将在稳定的高度上横向扩散。烟粒在吸收了太阳辐射后可能会再度上升。最近的模型研究显示，北半球夏季中这种大规模从中等高度“因日照而上升”可能会把烟粒中的大部分带到30公里的高度上。这种核战争烟粒自我引发的上升显示它停留在平流层中的时间可能会大大地增加，大量烟粒会转移到南半球，而平流层中臭氧层的完整性将会受到威胁。

14. 云和降雨将烟粒除去率（称为“清除”和“消除”）的效率目前估计在产生烟粒的头几天中大约在百分之30到50之间，虽然十分不确定，而且实际的数值可能高过这个数值也可能低于这个数值。消除的过程包括在核交战后在大火之上直接下“黑雨”而“迅速”清除，以及在后来大火下风区降雨加以清除。烟粒清除可以降低阳光减损的可能性，而清除的不均匀性将会产生较亮和较暗的地区。最近对烟粒的实验室和实地测量显示，对于最黑最浓的烟的清除效率可能比目前假设的为低。因此需要对烟粒（烟炱）清除得到更精确的估计。

15. 新的实验室研究显示，到达平流层（由直接射入或自我提升）的烟炱不大可能同臭氧发生作用而迅速分解，这个过程可能需一年或更长的时间。这项重要的结果意味着，烟炱云在高层大气中会相当稳定，它们因此会散布全球，而可能对全球气候造成长期影响。

16. 虽然仍旧是高度简化的，但在模拟大气层对大量烟粒射入的反应的模型上已取得了重大进展，已经以教学形式写出了有关大气层各种过程的定理，并以高速计算机解出了各方程式。利用先进的一般循环模型进行的这种计算现在可以详细地表现出太阳和热红外辐射转移，水文周期和大气层循环和动力学上的变化。这些配合模拟“核冬天”情况的模型是在美国的洛斯阿拉摩国家实验室，国家大气层研究中心和劳罗斯利弗摩尔国家实验室，苏联的苏联科学院计算中心，联合王国气象局以及澳大利亚的英联邦科学工业研究组织等发展起来的。这些模型的工作大大地提高了制定气候模型的能力。这些模型证实了即使在夏天，局部地区也可能会出现冰点以下的温度。它们还显示出，即使是比较小量的烟粒也会大量减少降雨量和压抑夏天的雨季。此外，人们确认到气候可能会产生生长至一年或更久的变化，全球平均温度可能会下降好几度，这对农业会产生重大的影响。

17. 现在有大量观察证据显示，自然森林火灾产生的烟粒和矿物尘，如果其数量够大的话，将会使日间气温在几小时内或几天的时间里降低好几度。这些模型能好地计算出了降低的温度，这显示出人们对于基本的物理过程已有了充分的了解。

这也使人们对模型显示出在一场核交战后引发的大火注入大气层大量烟粒而使得温度降低好几度的结果更增了信心。

18. 对于核火球中产生的氧化氮以及将臭氧含量低的低层大气的空气注入平流层，代替了臭氧含量高的低平流层空气，以及化学反应速率随着平流层温度预计会升高而变化的情况也进行了研究，以了解它们对减少平流层臭氧含量的可能影响。臭氧减少将意味着核交战后的几年中具有损害力的太阳紫外辐射将会增强。目前的据计认为臭氧将会大量减少，大约减少百分之50左右。因为这个问题可能十分重要，因此急需进行进一步研究。

19. 高空核引爆造成的电磁脉冲会干扰和损害广泛的电气和电子零件和设备，导致几千公里内失去电力、通讯和其他服务，还是对幸存者必需依赖的基础结构的另一种重大的干扰。

20. 早期辐射，联同冲击和热将会杀死爆炸附近地区的许多人，将会摧毁住房、卫生、运输和医疗设施。在破坏区之外，爆炸本身引起的核沉降以及被毁核设施引起的核沉降将散布全球，而成为多年持续辐射的来源。最初辐射爆发的幸存者及遭受到沉降辐射的人的长期后果（例如癌症、畸型和可能的遗传影响）将是很大的，但这些后果将比初期影响和由于基本结构的破坏而产生的影响，包括核爆炸后几个月或几年内医疗和粮食分配服务的破坏的影响要小得多。

### C. 研究结果和结论

21. 专家们对于核战争全球环境后果的科学思想的演变的审查显示出它们显然趋于一致意见。本专家组和其他专家组（例如联合科学委员会，见 Golilysyn 和 MacCracken, 1987年）对不时有人提出的批评和反对——大部分是关于早期模型的不确定性和限制——进行了审查，它们并没有驳倒大规模核战争会对全球气候产生重大影响的结论。

22. 现在取得了决定性的科学证据，即大规模核战争将对全球环境造成高度危

险的破坏。如果北半球大城市和工业中心在夏季成为攻击目标的活危险性将是最高的。在头一个月里，到达北半球中纬度地面的太阳辐射将会减少百分之八十以上。这将使得在夏季中烟粒注入大气层后的两个星期里，中纬度大陆平均温度低于正常温度摄氏5度到20度。大陆中央地区个别温度下降的幅度可能还会大得多。详细表现出各种物理过程的三维大气层循环模型显示出即使在夏天，也会出现区域性低于冰点温度的情况。这些温度下降的情况比以前比较复杂的大气层模型提出的数字为低，但对于农业和生态的破坏力是同样严重的。1988年在莫斯科举行的环境科委会——核战环境后果研究讲习班中提出的最新研究结果显示，由于温带和热带地面降雨量会减少达百分之八十，这些影响可能会变得更为严重。至今评价的证据是很有说服力的，科学上余下来的不确定因素不大可能会推翻这些一般性的结论。

23. 一个月之后，农业生产和自然生态系统的保持将会受到了日光大量减少，温度低于正常温几度，降雨量和夏季雨季受到压抑而受到威胁。此外，这些影响会由于化学污染剂，由臭氧减少而紫外辐射增强以及辐射“热点”持续不散而变得更为严重。

24. 根据农业系统和生态系统对于温度、降雨量和日光变化的敏感性，人们得出的结论认为，核交战对气候的广泛影响将对世界粮食生产构成为严重威胁。目标国家和非目标国家都将面临核战争引起普遍饥荒的前景。粮食生产日益依赖能量和肥料的投入以及粮食分配和获得日益依赖通讯、运输、贸易和商业等社会系统的流畅作业将使得饥荒的情况更加严重。目标国家内的保健服务将几乎完全停顿，而具有伤害力的紫外辐射有可能增加将使得人体受到的影响更加严重。重大核交战的直接影响可能会杀死几亿的人，而间接的影响则可能杀死几十亿的人。

25. 对于一个经济、社会和环境上密切相关的世界所造成的社会经济后果将是严重的。现在社会经济系统内的生产、分配和消费的作业将完全被破坏。对于目标国家里由于爆炸威力，大火和辐射等造成的严重物质损坏将无法进行第二次世

界大战后复元所依赖的那类支助。生活支助系统、通讯、运输、世界金融和其他系统的破坏将使得非目标国内粮食短缺所引起的困难更加严重。长期复原将是没有把握的。

26. 核战争的立即直接影响和重大核战争全环性环境后果形成了一个连续谱。彼此互相加强。此外，在每一个方面里以及在彼此之间也会发生协作的作用，使得火灾、爆炸和辐射的综合作用比它们的总合还要大。同样地，温度下降，短期出现冰点以下的温度，降雨量减少，夏季雨季被压抑，紫外辐射增强将相互作用，产生比它们单独的作用更加复杂的影响。重大核战争的全球环境干扰是同它的直接和局部作用分不开的。在解决核武器问题应该对两者都加以考虑，它们都应该是所有国家所关心的问题。

27. 重大核交战可能还有其他全球环境后果没有被发现。专家组相信，确认出核战争这个新方面的合作国际科学努力应该继续改进目前的研究结果，并试探新的可能情况。例如，有需要解决由于大型核战争可能引起臭氧大量减少，因而使紫外辐射增强而对受到辐照的生物体可能造成严重后果这个新问题。

28. 应该在国际上推展科学的进步，使人们对主要核战争的全球后果取得更清楚的了解。它们应该同关于这些问题的公共政策决定的分析密切地相互作用，那些决定对于非交战国和可能处于冲突状态的国家都是可能有影响的。这些事项的讨论突出了世界科学界和公共决策人员之间的对话的重要性——这种对话阐明了1980年代期间这个一般性的问题。

## 二. 对大气和气候的影响

### IA. 导言

29. 一场核战争在其难以衡量的较强大的毁灭力方面，与以往的任何战争形式都将绝然不同。在广岛和长崎使用的那种原子弹，在爆炸力方面相当于从数吨升高到数千吨的三硝基甲苯（梯恩梯）。较后十年发展出的氢弹代表着从数千吨升高到达数百万吨。如今全世界存有5万枚以上的核武器，估计共达约150亿吨（约5千倍于在第二次世界大战中使用的全部炸药）。

30. 核爆炸产生的放射性物质可从爆炸地点传送到远处，远离爆炸点的人们也会曝露于电离辐射。后者的遗传影响和畸胎影响甚至会在后代中显示。

31. 从一场大核战争的地面与低空爆炸和火焰喷入大气中的尘埃和烟雾，不仅会在各交战国，而且会在远离纠纷的其他国家，造成严重的气候改变。本报告评述一些关于多次核爆炸可能产生的气候影响的研究结果。

32. 美国国家科学院1975年关于核战争的大气影响的报告结论说，核爆炸产生的许多化学物质，特别是氮的氧化物，会影响到大气中的臭氧层，该层掩护了地球表面，使不遭受过量的有害的紫外线辐射，并是维持大气的正南温度、结构和循环工具。该报告也考虑了爆炸产生的尘埃的影响，与火山爆发放出的尘粒的影响相比，结论说，由于减少了到达地面的阳光，会使得地球温度约降低摄氏1度。

33. 核武器发展后数年来，正在出现一场大核战争的新的间接环境影响。在1945年，注意力集中于放射线疾病，在1950年代集中于放射性降落物的远距离传送，1960年代初集中于电磁脉冲，而1970年代则集中于因氮氧化物的喷入平流层造成的臭氧层损耗。在1982—1983年，核战争的可能引起重大气候改变已很明显。可能还有其他未料到的影响有待发现。例如，有人表示臭氧损耗可能比如今估计的更为严重。可可能有近地面的温度转化，这将使许多毒性物质停留于较低的大气中而不能扩散逸出，因而大大地增加了动植物和特别是

### 人类的毒性暴露。

34. 1981—1982年，瑞典皇家科学院进行了一项关于核战争对全球社会、经济和环境的影响的全面审视，在其1982年的《Ambio》期刊上发表一系列专题研究的结果（其后集结成书，名为《劫后》出版，1983年，彼得森）。其中包括Paul Crutzen和John Birks作的关于核爆炸对大气影响的论文。他们证实：臭氧层有可能受到危害，而对气候与天气有影响。两位作者更考虑到一种可能性，即一场强大核攻击会点燃大面积的大火，并且“许多大火会在对流层产生并弥漫着大量阳光吸收性强的黑色尘粒，大火将开始在城市和工业地区、油田和煤气田、农地和林区……燃烧，……这种大火会强烈地限制阳光的穿透到地面并改变地球大气层的物理性质”（Crutzen和Birks，1982年）。他们的报告《核战后的的大气层》，有一个副题《中午无光》。

35. 关于对地球的能量平衡、自然生态系统、渔业、农业和社会的影响，他们作了暂时的提法，宣称大规模的核冲突可能改变气候。继这份讨论会论文发表之后，美苏开始了研究大量黑烟喷射入大气对气候的影响及其引起环境后果。

36. 1983年秋在哥伦比亚特区华盛顿举行的两天会议，首次公开审议了对大气层和生物圈的影响。其后不久发表在《科学》杂志的两份主要报告（Turco等著的号称TTAPS论文，1983年），Ehrlich等著的论文，1983年），在会议的首日提出。Aleksandrov、Schneider和Golitsyn作了关于温度下降的类似陈述（他们还论辩说，降水与季风会受到压抑）。这两份主要报告，连同会上提出的其它论文和会议中的讨论，其后发表在《核战后的世界：寒冷和黑暗》（Ehrlich等，1984年）的书中。会议以华盛顿与莫斯科之间的电视联接为压轴，其中由苏美的领导科学家们讨论了这个问题。

37. TTAPS 论文很稳重，结论如下：

“我们的估计……必然是无把握的，因为我们是使用一维的模式，数据库不全，而所涉问题是不易进行实验调查的。我们也无法预报在大气动力学和气象

气象学方面所起变化的详细性质……或是这种变化对于引发的尘埃云和烟雾云的维持及扩散的影响。不过，第一级次的影响强度是如此巨大，后果如此严重，我们希望能在此提出的这些科学问题，将会得到大力和严谨的考查。”

(Turco 等, 1983年)

38. 对此有根据各种科学理由的批评：举例，不曾考虑海洋的缓和影响。这是受到所使用的一维模式方法的限制，作者们也很同意这点。在这个问题上，一维模式虽不能胜任替代更精密些的模拟方法，但它却是走向更全面处理这一问题的一个有用而且必需的步骤。还只在模拟自然气候现象中使用过的在三维模式中加入粒状物质和气悬物的方法，需要在技术方面作出重大发展。

39. Crutzen和Birks及TTAPS论文作者们作出的挑战为科学界所接受。许多科学家们开始了试验这些假想及后果。如Schneider和Londer(1984年)评道，“好些物理学团体尽力寻找TTAPS分析中的漏洞……想知道有无任何被忽略的因素可使强大的地面变冷的效果消失——不是要推翻TTAPS小组的成绩，而只是想确保其结果的可信性”。

40. 这导致美国国家研究委员会(1985年)、医药研究所(1986年)和加拿大皇家学会(1985年)的关于本主题的重要报告。苏联的工作见于《一夕之后：核战争的气候与生物方面的影响》(Velikhov, 1985年)、《核战争的生态与人口方面的影响》(Svirezhev等, 1985年)、《全球性气候灾难》(Budyko等, 1986年)、和《核战争关于大气和气候的可能生态影响》(Kondratyev和Nikolsky, 1986年)诸书。ICSU通过其核战环境后果研究方案，已进行了最全面性的研究。参加这项工作的约有来自国际社会的300位学者，代表了广大范围的学科，提供了关于本主题的广泛参考来源。这项工作《核战争的环境问题》已分两卷出版：《卷一：自然和大气的影响》(Pittock等, 1986年)和《卷二：生态和农业的影响》(Harwell和Hutchinson, 1986年)，及一本附带为非专家而写的摘要书《危难的地球行星》(Dotto,

1986年)。卫生组织修订了其1984年度报告，在《核战争对于健康和保健服务的影响》(卫生组织，1987年)。加入对气候影响的评价从南半球的角度来讨论的最近有新西兰规划理事会的《核战后的新西兰》(Green等,1987)和《澳大利亚和新西兰的核冬天：黑暗之外》(Pittock, 1987年)。与这些研究同一方向的，有一些国家政府，特别是美苏，赞助了广大基础的研究工作，特别是关于烟雾在大气层中的性质以及在大气层循环模式中的大气悬浮物的数字模拟。

## B. 技术问题

### 1. 尘埃

41. 尘埃是因地面或近地面的核爆炸也上升入大气层。《核战环境后果研究》(Pittock等, 1986年)估计：高达数千万吨的次微米(即直径不到一微米)的尘粒可上升到对流层上部和平流层，持续一个月或更久。尘埃使阳光散射的效果强，将一部分进入的太阳辐射反射回空间。

42. 在大气层高处使阳光散射(反射)和被吸收的过程，减少能达到地球表面的太阳照射量。密集的云团使到达云团下地面的阳光剧减。假如尘埃是均匀地分布在北半球，仍可使地面接受到的阳光减少10%或以上。

### 2. 燃烧与燃料

43. 象煤、油和天然气等燃料，或在此所用较广义的在一场城市工业区大火中燃烧(木建筑材料、纸、塑料、沥青屋顶、柏油路面)或在旷野大火中燃烧(树木、农作物和其他植被的任何物质，大部分是主要含碳、氢的复杂化学物质组成。

44. 在理想情况下，当烃分子在无限制供应的氧中被氧化(燃烧)时，会起完全反应，产品将是二氧化碳和水气。不过，这种理想情况极少见，在通常的火烧中，氧化往往只进行到不同阶段的完全程度。视环境的条件而定，并在这些气体之外更

产生一些号称烟灰、或浓烟的粒状残存物。在火焰的高温中，燃料中有些氢和碳可被释放出来而不被氧化（热分解），产生一种象石墨或灯烟的纯碳质煤烟。在较低温度的燃烧中，氧化不完全，余下大量的未氧化完全的残存物。这些通常包括烃类，虽然比原来的燃料在化学性方面较简单。

45. 这相当纯粹的碳元素煤烟，与含烃量高的产物，其化学和物理结构有极大的差别。它们在大气层中有不同的性能，比含碳量低的烟团能吸收远为多量的阳光。这燃料还可能含有其他化学物质，它们没有被氧化，或是氧化到生成各种有不同性质的分子。

46. 使用了三种不同的办法来估计在核战争中燃烧的物质数量和性质。Turco等（1983年）和国家研究委员会（1985年）的研究，估计了各种目标每单位面积上存在的燃烧物质平均含有量，于是对于一个假定的目标分布，只要将会暴露在热流中而能着火的面積乘上平均数而得出总量。暴露与可着火的热情的面积视气象的条件（湿度、浑浊度）、爆炸高度和核弹头的产能量而定。一次1百万吨的爆炸会使50—1000平方公里面积上的许多物质着火，但由于多次爆炸可能有重迭之处，城市地区的有限面积以及其他因素，通常被认为有代表性的是1百万吨能着火的面積在250—500平方公里之间（随产能量的平方根而变）。Penner（1986年）显示出：对燃料含有量的原来估计偏高，确值尚未完全明了。由于这个目标模式（因而其造成各目标大火之间的重迭情况）永远难以确知，这种计算方法就相当不准确。

47. Crutzen等（1984年）与Pittock等（1986年）使用的另一种方法，是求得在各个可能的目标地区内可燃烧物质存量，并假设这些燃料有多少会被燃烧。

48. 第三种方法是基于详尽地分析有代表性的各种目标（Small等，1988年）。这种估计指出：对美国的一次大袭击之后会产生4千万吨的浓烟，此中三分之一将是来自石油、煤气和煤的燃烧，而浓烟所含的煤烟（高含碳量）颗粒能有效地

吸收太阳的辐射。

49. 两项独立的对燃料存量的估计，表示在北大西洋条约组织（北约）和华沙条约组织诸国所包括的地区内，存有 60—170 亿吨的纤维素物质（木、纸等）和 13—15 亿吨的石油和塑料。对纤维素物质的估计的差距是主要由于对下列各因素所作假设的差异：在欧洲和苏联的建筑中使用木质的数量，木质的使用情况和平均有效寿命，以及环境中的木质产物。在华沙条约组织和北约诸国内可供燃烧的燃料总量，估计有 1 百亿吨，误差约 50%。

50. 由于石油化学的提炼工厂和贮存地点有重要的战略意义，它们是极可能的目标，在绝大多数的战情假想中都如此考虑。Turco（1987 年）提出的数据显示：全球石油化学物质存量（约 5 亿吨）的三分之二位于约 200 个相互隔离的地区，在理想情况下，可仅由数百枚中小型、总产能量数百万吨之谱的弹头点燃。这将产生足够的黑煤烟（参看下文）来造成显著的气候影响。

51. 对核战争的可能气候影响的初步考虑是关于燃烧的林区所释放的烟雾的估计（Curtzen 和 Briks，1982 年）。诸如飞弹发射井、机场和指挥中心等可能目标，位于燃料载荷量低的草原或农区，只会产生数百万吨的烟雾（Small 和 Bush，1985 年）。核战环境后果研究（Pittock 等，1986 年）讨论了可能提高这些估计数的各因素，但似乎活着的植物不会被点燃（Bush 和 Small，1987 年）。煤烟可由有机物质受火球的热脉冲而直接气化（热分解）产生，也许释放出约 2 千万吨的元素碳（Gostinteer 等，1986 年；Golitsyn，1986 年）。如果被火球送上对流层上部或平流层下部，单是这样就能造成显著的气候影响。不过，关于在爆炸热流影响下因热分解反应而释放碳的过程，以及其后碳与周围空气所起的反应，如今所知不详。

### 3. 大火

52. 大火的广度、性质和数目有赖于核冲突的强度、弹头的选择和选定的目标。核武器的巨大燃烧潜力与目标地区的环境条件，能导致超级大火或火风暴，它们可

使广大地区的燃料烧光 and 全成废墟。

53. 广岛和长崎的事例证明, 在7—20个卡路里每平方厘米 ( $\text{Cal cm}^{-2}$ ) 范围内热流可点燃大规模的火烧。较高的数值可能估计过高, 许多的着火发生在7—10  $\text{Cal cm}^{-2}$  的范围内。使用20  $\text{Cal cm}^{-2}$  这个保守的数值, 有两个独立的研究说, 每一百万吨的产能量可引起250—375平方公里的中级着火 (如用较低的热流值计算, 则着火面积远大于此)。如考虑到各着火点的蔓延, 则燃烧面积将大为增加: 在低产能量的广岛爆炸中, 大火达到了1200平方公里每百万吨 (Pittock等, 1986年)。最近的模拟将大火联系到武器产能量、斜距、大气状况、燃料特性、地形、断火地带的存在及其他因素 (Woodie 等, 1984年)。

54. 在旷野里, 很多有机物质都能燃烧, 自然可想象爆炸波会使燃料扩散飞溅开来, 甚至更易着火。在市郊或市区就不一定如此, 因为有大量不能燃烧的物质, 如石膏和水泥。爆炸可能摧毁不能燃烧的结构, 使它们开裂让更多的燃料暴露于火中。另一种情况是, 它可能将能燃烧的物质埋入耐火的砾粒中。可能两种情况都存在, 视在任一点的具体当地环境而定。

55. 极细粒的耐火物和不能燃烧的矿物 (水泥、砖灰、石膏、土壤等) 会被火流带走。这种燃烧过程的影响, 特别是火焰中的辐射能回送情况, 今尚不明。

#### 4. 产生烟粒

56. 冒烟系数 (燃料转变成浮动在空间的物质如烟炱和烟粒的数量) 是以比例数或百分数来表示的, 如5%的烟粒产生系数就表示每公斤的燃料制造了50公克的烟粒。烟粒的系数和它的化学和物理性质对审查它对大气层的影响都很重要。

57. 冒烟系数和烟粒的含碳量并不能够准确测知, 并且, 即使在实验室的状况下来加以衡量, 估计数的差别也至少是百分之分 (Pittock等, 1986;

Penner, 1986)。最近在美国和苏联进行的研究(日内瓦核战环境后果研究讲习班的报告, 1987年11月16至20日)显示, 火越大, 冒烟系数也就越大。系数的数量也会因为空气流通不足而增加。在遭受到一场核攻击的时候, 可以想见, 环境的变化非常大, 所以冒烟系数和含烟量是很难确知的。

58. 两项主要研究作出了估计, 在城市中失火的情况下, 冒烟系数为3.3%到4, 含烟量的保守估计大约是20%, 一般可能达到33%至80%(Pittcock等, 1986)。这些估计数包括对燃烧物质种类的假设, 因为不同的物质会产生不同的冒烟系数, 例如, 木料大约是1.5-3%, 塑料大约是5%, 而柴油为6-10%(Pittcock等, 1986; Crutzen, 1987)。

59. 根据不同的全面估计(Turco等, 1983; Crutzen, 1984; 国家研究理事会, 1985), 一场主要的核战可能产生的爆炸力大约在5,000-6,500万吨左右, 在经过雨水清除以后, 可能产生5千万至1亿5千万吨的烟粒。虽然这些估计对冒烟系数和燃料混合状态的估计各不相同, 可是它们都大体上同意, 在一次城市和工业地区的大火之后, 大气层中会增加3千万吨左右的碳元素(Pittcock等, 1986)。

60. 一些研究单位进行了小规模失火研究, 衡量各种燃烧物质产生的烟量。虽然有人怀疑这种失火的情况是否能够充分地反映一个核攻击下所造成的大规模火灾的实际燃烧情况, 可是这些实验增加了大家对燃烧过程的了解。例如, 潮湿的木料会产生1.5%的烟粒, 干燥的木料会产生4%的烟粒; 塑料产生的烟粒可高到11%(Andronova等, 1986), 不过, 如果在空气非常流通的情况下, 最后一个数字可能降低3%(Mulholland, 1986; Patterson等, 1986)。

61. 在一次都市的大火中, 被烧掉的物质的种类必然是很杂的。在一次比较典型的都市的火灾中, 燃料的组成大概如下: 木材, 60%; 纸张, 20%; 布料,

15%；塑料，5%；它们总共造成的烟粒系数为5%至6（Andronova 等，1986）。石油化学燃料会产生黑烟，在一次小型火灾中可能产生3-5%的烟粒（Andronova等，1986），在一场大火中可造成10%以上的烟粒（Zak, 1987）。这些数据同Penner（1986）所审查的数据大致相同，不过比国家研究理事会1985年研究报告中的数据高出50%。

62. 核战环境后果研究小组的结论是，如果一个贮藏了27亿吨的燃料的仓库失火，而其中四分之一的燃料被烧掉的话，它们将会产生8千吨的烟粒，其中包括4500万吨的碳元素会进入大气层。这种情况相当于少于100个的大都市以及它们所贮存的燃料全部被烧毁，但是不考虑农村地区可能也因为遭受反攻而产生的烟粒。

#### 5. 烟粒在光学方面的特质

63. 火灾产生的烟粒的光学特质受到火的大小、结构和烟粒组成的影响，而这些又取决于燃烧的物质和情况。对于烟粒的特质的广泛研究还是最近的事，主要是美国、苏联和联合王国在进行。

64. 烟粒能吸收和放射光芒。在吸收力大于放射力时，就会产生比较黑的烟；放射力大于吸收力时，烟粒就呈白色。这两个过程是紧密结合的。光线减弱的程度同大气层中的含烟量存在着一个几何比的关系。光的光波长度以及烟粒的物理和化学性质也会产生影响。

65. 由于石油产品燃烧产生的烟粒具有连锁形的结构，它的吸收力会随着含烟量的增加而增加。最近的计量显示，碳粒的吸收力可能比从前的研究中所估计的数值（如国家研究理事会，1985）至少高出一倍。现在普遍认为，在一次主要核战争中所产生的烟量大概会少于当初的估计。但是，光线的减弱仍然是一个主要问题，因为烟粒中的碳含量以及它吸收阳光的能力比早先的研究所显示的要高很多。

66. 对于日光的吸收率和地球表面与大气的热发射率之间的比例的最近计算 (Andronova, 1986; Golitsyn 和 MacCracken 1987) 显示, 在多种烟中, 向太空发出长波的烟不致于受到太大的阻挠。这可以使地球表面上的冷却活动就象漫长的夜晚一样, 尽管有烟粒的存在。不过, 对于烟柱这个重要方面的情况以及它对大气层中的放射能的转移会发生什么影响, 还需要更多的研究。

67. 为了研究大气层中的各种含烟量对于气候的影响, 在曼谷举行的核战环境后果研究会议 (1987年) 认为应当对大、中、小三种含烟量的情况进行研究。这三种含烟量, 如果平均散布在北半球的话, 在同时考虑到它的吸收率和发射率的情况下, 可以分别对地球表面上的日光放射量减少 6.1%。

## 6. 发生烟的高度

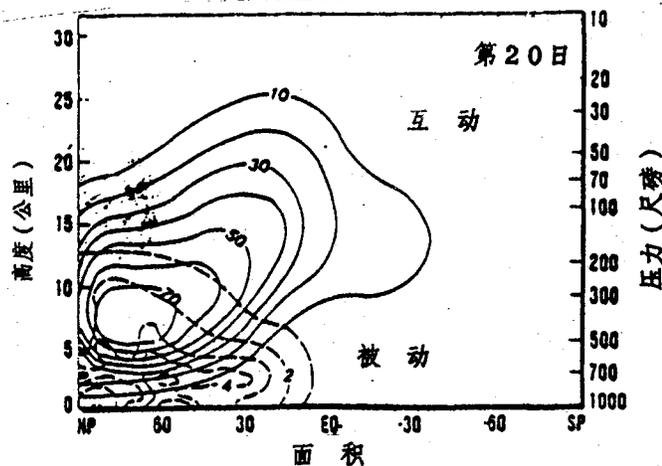
68. 观察显示, 由局部的森林火灾造成的烟通常会升到 2—3 公里的高度, 如果这个火的规模较大, 空气流通而带有湿度的话, 烟可以升高到 5—6 公里。根据第二次世界大战中的观察, 有时非常大的森林火灾和城市火灾产生的羽状烟柱可以上升到 10 公里的高度。因此, 由于核攻击所产生的烟柱可能达到对流层, 有时甚至可以达到平流层的高度 (Golitsyn 和 MacCracken 1987)。

69. 有些研究根据经过修改的对流云模型来进行数字模拟试验, 以此来估计羽状烟柱在各种火灾强度和气象条件下所可能达到的高度。这些研究肯定了一个观点, 那就是, 强烈的大火可能达到平流层的底层, 高度约为 15 公里, 可是中等强度的火灾所产生的烟只能够达到对流层的中层或顶层。羽状烟柱的高度可能受到暴风火所产生的涡流的影响, 但是这个影响是正面的 (Turco 1983) 或负面的 (Tripoli 和 Kang 1987) 则不甚明确。风的切力应当会限制羽状烟柱的高度或者会减少烟柱平息后在火的顶上的高度。计算机模拟试验显示, 烟柱的高度是受发射的总热量或火的强度的影响, 而不受火区的大小的影响 (Small 和

Heikes, 1988)。气象的情况也非常重要，特别是大气层的稳定性和它的湿度，因为大气中的水分可以从它的潜热中放出大量的能，这会加强烟柱的上升高度 (Pittock等1986; Golitsyn和MacCracken, 1987)。

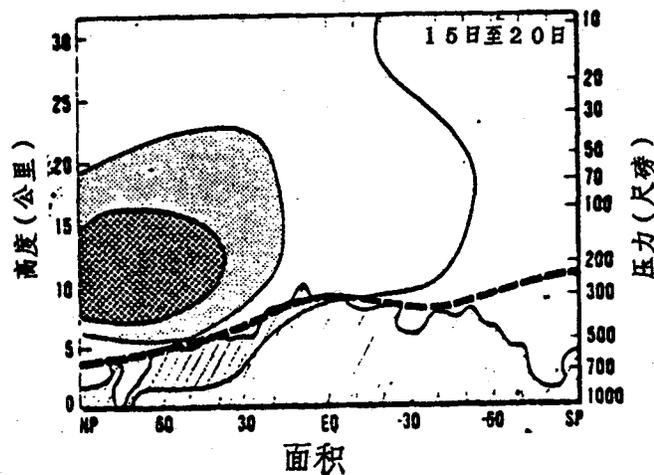
70. 一个最重要的研究结果就是，烟会因为吸收阳光而增加温度，含有这种烟的空气浮力就会加大。这个效果就叫作上扬，而这可以从三维空间的大气层模拟试验模型中加以预测，这个试验还同时考虑到大气流动对烟的移动的影响 (Malone等, 1986) (参看图1(a)和(b)上扬的作用会使得烟象和和烟力达到比根据火的性质所预测的高度还要高的地方。

图1(a)、烟粒混合比率的被动(虚线)和互动(实线)的垂直切面的比较, Malone等(1985)对第20天的烟的状况的调查(计算单位为实的 $10^{-9} \text{g/g}$ )



资料来源: A.B. Pittock等,《核战的环境后果》,第一卷 (Cnicherster, 1986), 第190页。

图 1(b) 大气层的垂直切面，显示经过调整的对流顶层的位置（粗虚线）和雨水分布（对流顶层底下交叉斜线部分），平均在 15—20 日之间，以及在第 20 日的烟粒分布状况（对流顶层上面打了密集黑点的部分）。



注：这是 7 月间互动的冒烟情况，在 0 到 9 公里的高度之间冒烟总量 1.7 亿公吨（取自 Malone 等，1985）。

资料来源：A.B. Pittcock 等，《核战争的环境后果》，第 1 卷（Chichester，1986），第 191 页

71. 在计算气候的影响时，几个假设的影响力很大。烟升的越高，雨水消除烟的可能性就越低。在大气层的比较高的气层里阳光被吸收的越多，那么从升高的烟层里发射出的长波的热能就越难以保留，所以地表面就会比较冷。在继续改善雨状烟柱的模型的情况下，对烟的上升情况的估计可望会更加准确。

### 7. 清除和消除烟粒

72. 烟粒的产生和扩散要经历好几个过程，从火灾开始到对全球的天候和气温发生影响。从大火中升起，烟粒可以集结，也可以增加它的扩散面和改变它的分布状况。上升的烟柱能够吸取四周空气中的小水粒。上升烟柱的扩大可以导致它的逐渐冷却，使小水珠能够在烟粒上面凝聚。小水珠是否能够在烟粒上凝聚要受到烟粒中的碳含量的影响：碳元素越多，烟粒的抗水性就越强。因此，含碳量低的烟粒比烟炱更容易成为水粒凝聚的核心。但是，到底核爆炸在不同的情况底下造成的火灾以及这些火灾可能在空间产生的颗粒的组织如何都还不是清楚了解的现象。在烟粒上面凝聚的水珠在继续升高之后可能变成冰珠，它们可以在继续凝聚之后变成雨水下降而消失。

73. 凝聚的情况受下列因素的影响：大气层的湿度、火的强度、当地的天候变化以及其他因素，这些因素会决定是否下雨以及这些被水粒包围的烟粒是否会成为黑雨（象在广岛降落的）落下或者会再回升到大气层中。在云的水气里存在的颗粒如果不变成雨水落下的话可以改变其它的形状。具体而言，在经过重新蒸发之后，这些从云气里再出现的颗粒会变得密度更大，因此也会改变它们在光学上的性质。最近的试验结果显示（Harrison，1987年在日内瓦举行的核战环境后果研究会议上提出），这些改变可能不如当初所想象的那么大。

74. TTAPS 小组的研究（Turco，1983）曾经假设，最初产生的烟有一半会通过上述的进程而从大气层中消失。国家研究理事会（1985）的研究报告估计，在最初的短时期内可能有10%到90%的烟会消除。最近的估计

显示(1987年在日内瓦举行的核战环境后果研究会议上的报告), 在一场不太大的油库火灾中, 面积约170平方公里, 上面所描述的清理过程的效果非常小, 烟粒因为凝聚而消失的数量非常少。因此, 目前科学界的看法是, 在消除烟粒的过程里, 清除的过程可能不那么重要。但是, 这个问题仍然没有明确的答案, 需要进一步研究。

## 8. 光量的减少

75. 烟雾、烟粒和灰尘(在此通称气溶胶, 虽然这个名词技术上还包括小水粒等液状物体)能够吸收和发射大气层中的日光。这可能会相当程度的改变放射能量的平衡、大气层的流动、气温的变化和地球表面的日光和温度的降低。这种变化的程度要看气溶胶的数量, 地点和在大气层中存在的时间长短以及它们的物理和化学性质而定。

76. 在正常的大气层中, 30%的日光能, 包括可见部分和短波部分, 会受到云和地球表面的反射, 25%会被大气层吸收, 剩下的45%是由大地吸收。地球表面吸收的能会以红外线的形式(长波)再放回到大气层里, 它们大部分会被大气层里的温室气所吸收, 或者变成可以感觉到的热, 存在于大气层同地面接触的地方, 以及作为潜能放出, 也就是蒸发的水在大气层中再度凝结。地球所吸收的所有日光能最后都会通过长波的形式散失到外太空中。

77. 气溶胶层可以在高于云和温室气的地方吸收和发射日光, 限制了放射性的平衡, 所以能够产生影响深远的后果。所谓“核冬天”的假设的中心命题就是地球表面的能量会大量减少, 造成寒冷和黑暗。此外, 被烟粒吸收的日光能会使大气层的温度升高, 造成热能结构的和流动的重大改变, 并因此造成雨量的减少。

## 9. 数字模拟

78. 气温的数字模型包括一组方程式, 这些方程式是用来反映大气层和海洋的

温度变化、水蒸气、液体和冰的转变过程，能的互换和大气层与土地和表面之间的相互作用等的物理法则，用方程式来反映这些物理变化，以及用计算机来解决这些方程式的能力都有限，所以任何气温的模型，即使是最先进的大气层流动模型，也都是对现实的模拟。哪一个模型更能反映真实现象可以从比较各个模型的预测结果来决定。

79. 在研究一次主要的核战争对气候和气温的影响时，模型必须能够一方面模拟正常的气温（已知），同时还能推测大气层在受到史无前例的大量物质的压力下所产生的气温变化。虽然存在着许多未知数，可是大气层的数字模型是到目前为止能力最强的模型。它们可以被用来估计一次主要的核战争对大气层的直接影响。它们也是探测无法预见的交互影响和反馈效果的唯一工具。下面所描述的研究结果大多数是根据各种不同的气温模型的数字模拟所得到的结果。

80. 在研究核战争对气候的影响时，具体研究到的有下列各方面：确定核爆炸以及气候产生的火灾可能在大气层中产生的烟粒、烟炱和灰尘以及它们的分布情况，计算这些物质的光学性质，以及设计数学方程式来计算这些物质在大气层中移动、转化和最后被清除的过程。

81. 在把由于核爆炸所造成的火灾中产生的烟粒、烟炱和灰尘的光学性质介绍到这种研究中的时候。同时对一般流动模型进行了修改，以便对核战争对天候的影响进行研究。由于设计天候模型的研究方法有它的优点和缺点，它的一个倾向就是有时会根据数据去推算未来的情况，而对有关天候变化的进程所拥有的知识还不足以作出这种推算，或者有时会过于简化地引用某些推算结果，不考虑到这个结果的局限性。基于这个原因，将这种模型应用在一个象“核冬天”这种新奇而充满争议性的题目上就难免会引起许多争执。模拟模型的主要价值是作为一种研究工具，在科学实验的进程上是非常重要的，我们的目的是通过它来进一步去了解天候。如Schneider（1987）所说：

“气候的数学模型并不能反映出真实现象的所有复杂面。不过，它能够表现出一些关于气候的合理假设的逻辑后果……气候模型并不能够作出对未来情况的完全正确的预报，它们只能提出一些可能发生的现象。它们因此带来一个难局：我们被迫要决定，到底要根据目前得到的不甚明确的预报去采取行动，还是要等待更明确的预报。”

因此，模型可以有如下用处：

- (a) 探测可能的选择，将许多未知数减少到几个未知数，而剩下的未知数还可能接受进一步的审查；
- (b) 在理由不充分的假设和证据充分的假设之间作出区分；
- (c) 检测气候对几个关键变数的变化的敏感性，从而建立可以作为范畴的情况；
- (d) 改善决策的品质。例如，在采取一系列的行动时能够将它们的负面影响减少到最低，或者不至于作出最坏的决定。

## 10. 数字模拟的结果

82. TTAPS小组 (Turco等, 1983) 的单维计算初步显示，气候很可能会受到严重的影响。紧接下来有人作了双维 (MacCracken, 1983) 和三维 (Aleksandrov和Stenchikov, 1983和1984; Covey等, 1984) 计算。在这些早期的研究之后，进一步又有人计算了在核战争发生后的几个星期之内所产生的烟粒对大气层可能发生的干扰。早期的计算基本上假设烟粒的数量和范围是固定的，没有考虑到烟粒的清除和移动，并且只考虑到日光被吸收而没有考虑到烟粒的发射和红外线 (长波) 的热功能。最近的一些计算就设法纠正当初过于简化的结果。

83. 在美国和苏联都有人作出新的计算 (Malone等, 1986; Ghan等, 1987; Thompson等, 1987; Stenchikov和Carl, 1988)。

所有模型的垂直面和水平面的结果都不相同，但是在核爆炸以后第一个月的结果却非常相似（Golitsyn和MacCracken，1987）。它们都显示地球表面温度的急速降低，就如同一段很长的夜晚的降温过程。如果发生在一年中的几个温暖的月份里，则在大陆表面上的温度会因为浓密的烟云而降低摄氏20—30度，有时还会产生低于冰点的情况（Golitsyn和MacCracken，1987）。在最初两周，北半球中纬度的地区的温度可以下降摄氏10—15度。

84. 当烟粒向南方移动的时候，它会逐渐消除，而温度的变化也开始趋于温和，在亚热带和热带地区造成平均摄氏5—10度的温度变化，有时使温度降低到摄氏15度以下，这是稻米生长的关键温度。雨量的变化就比较剧烈和严重，特别是在低纬度地区，这是因为大气层的热度增高而地表面温度降低。这在烟量不大的情况下都会发生。最近在LAWRENCE Livermore National Laboratory进行的一次数字模拟实验（MacCracken在1988年3月21—25日在莫斯科举行的核战环境后果研究会讲习班上的报告）显示，在北半球的中纬度和低纬度地区，陆地部分的降雨量在开始几周会降低五分之一。

85. 这些模型的其他重要的一般性结论还包括夏季季风雨的减少，即使在烟量不高的情况。在高垂直面的模型中（Malone等，1986；Covey，1987），在一年之中温度较高的几个月中，烟粒可以使高达25—30公里的地方的空气的热度增加。在这种高度，烟粒可以停留很多个月甚至几年以上。根据Malone等（1987），在相当普通的情况下，大约有三分之一至一半的烟粒可以达到平流层。

#### 11. 核爆炸引起大气扰动的局部和自然类比

86. 已经有若干项努力旨在分析各种自然现象，以便确定微粒的注入（尘和烟等）是否能够影响表面温度和到何种程度。这些分析可能提供核大火产生的烟尘作用的局部类比并且也可能用来部分地验证核战气候影响的模拟模型。这种利用

自然现象的方法没有揭露出根据大气模型进行的数字模拟所作的预测有任何矛盾。例如，火山爆发和森林大火产生的烟尘在许多方面不同于核爆炸和城市大火产生的烟尘，但它们在使人对问题获得物理洞察力方面可能是有用的（Golitsyn和MacCracken，1987年）。

87. 火星的尘暴表明在那里发生大气层的强烈加热和表面的强烈冷却（Turco等人，1983年）；（Golitsyn和Phillips，1986年）。地球上的尘暴也增加人们的理解深度。尼日利亚在经历撒哈拉尘暴后报告说温度下降了几度（Brinkman和McGregor，1983年）；中国西北的一场强烈尘暴使温度骤降了 $10^{\circ}\text{C}$ （Xu等人，1979年）；苏联Tadjikistan（塔吉克）的5个气象站在大约50次尘暴和重尘霾期间记录得白天平均温度冷却 $10^{\circ}\text{C}$ 至 $12^{\circ}\text{C}$ （Golitsyn和Shukurov，1987年）。此外，来自撒哈拉尘暴的几百万吨尘土可能被运送相当长的距离。尘霾和作物收成之间是相关的：尘霾期间越长，作物收成就越少（Golitsyn和Shukurov，1987年）。

88. 森林大火也可以作为自然类比。1915年的西伯利亚森林大火在50天内产生 $30 \pm 10$ 百万吨烟尘（Golitsyn，1987年；Veltishchev等人，1988年）导致若干西伯利亚气象站的温度下降几度。1972年在苏联东部发生的森林大火使表面阳光减少一半或一半以上（Abakoumova等人，1986年；Sokolik等人，1986年）。1987年加利福尼亚州森林大火产生的烟尘被困在山谷里，使日间最高温度持续一个星期下降到比正常温度低 $15^{\circ}\text{C}$ （Robock，1988年）。此外，森林大火的烟尘可能被吹送到遥远的地方。例如，1987年在中国发生的森林大火产生的烟尘飘过阿拉斯加（Robock，1988年）。1950年艾伯塔大火的烟尘横过加拿大、美国和大西洋而到达西欧。这些事件都使北美洲日间温度下降摄氏几度（NRC，1985年）。

89. 核子战争对气候的影响，就战后一个月持续到也许几年的长期阶段来说，可以部分地根据那些把大量尘粒注入同温层的主要火山爆发的影响来加以推断。

印度尼西亚的两座火山，Tambora在1815年和Krakatoa在1883年，分别发生的大爆发使地球表面温度下降 $1^{\circ}\text{C}$ 左右（NRC，1975年）。关于其他火山爆发对气候的影响进行了颇多的研究，但很难作出决定性结论，因为单独发生的爆发很少大到足以使全球气候产生显著的变化。尽管如此，区域性作用似乎是同这类事件相关的。在Tambora火山爆发后于1816年出现“没有夏天的一年”说明了这一点，当时在欧洲和北美有许多作物失收。最近的一个研究审查了中国过去500年中的36个寒冷记录，其中有32个似乎是在火山爆发后出现的。

90. 显然，烟尘悬浮微粒能够影响表面温度和可以用来证实全球和区域模型。它们的使用和利用计算机模拟模型所作的预测之间没有显露任何矛盾，因此可以被当作核爆炸产生的烟尘的部份类比。这些自然事件产生的烟尘同核爆导致大火所产生的有许多重要的差别，而为了更透彻地理解这个问题，审查更广泛的类比可能是有用的（Golitsyn和MacCracken，1987年）。

## 12. 长期作用

91. 核战后持续一年左右和导致温度下降到比正常低几度的气候扰动会对在最初几星期严厉但短暂作用下可能幸存的自然和管理生态系统造成额外的威胁。

92. 太阳辐射对烟云上层造成的强烈加温可能产生大气的强劲对流运动，因而把烟上物进入同温层，从而可能迅速地向南扩散（Malone等人，1986年）。这样上物的烟会同由最强烈的火卷流和规模较小的对流过程直接注入同温层的烟汇合起来（Cotton，1985年）增加同温层的烟总量（Malone等人1986年；Ghan等人，1987年a）。对于这些大量注入的烟，估计最初含烟量的一半左右会在一个月以后仍然停留在大气中，几乎全部超出了可以由降雨清除的高度。

93. 同样，到达表面的太阳辐射的下降初时可能使整个半球的海洋上混合层的平均温度每月下降 $1^{\circ}\text{C}$ 左右。这个冷却率可能随着烟尘的减少而下降，但可能使海洋上层温度在一年期间下降摄氏几度。在烟可能较浓的北半球里冷却会比较强

劲。海洋和空气温度的变化也会容许海冰较早形成，这种情况下的作用最初由 Robock(1984年)使用能源平衡气候模型来加以研究，最近又由 Covey(1987年)，Ganopolsky和 Stenchikov(1987年)和 Ghan等人(1987年b)使用一般环流模型计算来加以审查。这些研究表明，海冰的较早形成可能使北半球陆地长期温度下降几度，可能持续到至少春天或夏天核战后的第一个暖季。

### C. 不确定因素

94. 不确定因素有两类。一类源于核战的性质，基本上是针对选择战略和核战进行情况的问题。这包括敌对各方，目标的选择、战争的时间(季节)，武器的总爆炸当量和类型，使用不同弹头的大小和数目，爆炸的高度(地面、近地面和空中)和许多其他这类因素。

95. 第二类不确定因素是科学性的，即对支配悬浮微粒的产生、注入和演变的物理过程，和一切有关运动规模的大气环流动力学缺乏足够的知识，以及准确地描述大气特性，特别是在主要核战后的主要核战后的数字模型能力有限。重要的是认识到，这些不确定因素一旦获得解决以后，可能使作用减少或增加。

96. 不过，所有这些不确定因素合在一起并不损害各项科学研究的主要结论的正确性，这些研究表明，在北半球夏天发生涉及大城市和工业中心的主要核战毫无疑问会产生显著全球气候扰动的危险。

### D. 同温层臭氧的破坏

97. 吸收太阳紫外辐射的臭氧层是同温层的热来源，因而维持对流层顶。因此，臭氧层的任何主要变化会影响到大气的一般环流，因而产生气候和天气问题。

98. 同温臭氧层对地球上的生物极其重要。它保护地球表面不受对许多生物有害的UV-B紫外辐射的影响。UV-B紫外辐射的加强可能损害许多植物，特别是水生生态系统中的植物，并且可能抑制人类的免疫反应，导致皮肤癌病发生率的

增加。许多植物和动物都已经按照相对恒定的UV-B辐射水平进行演化或适应，如果臭氧层严重消耗的话，它们会因UV-B辐射水平的提高而受到损害。

99. 核爆火球产生的高温使二原子的氧和氮分解。随着白炽气体在大气中上升和冷却，氧和氮原子结合成为不同的氧化氮。100万吨的核爆炸估计会产生5000吨不同的氧化氮。

100. 其中特别重要的是二氧化氮，它能够吸收频谱从紫外到绿区间的阳光。在苏联进行的计算（IZRAEL, 1984年, KONDRATYEV 等人, 1985年）指出，这本身就会产生摄氏几度的降温，但这种作用尚未包括在任何详细而全面的模拟中。

101. 火球产生的一氧化氮同臭氧发生一连串化学反应，一氧化氮起催化作用，使两个臭氧分子分解成为三个氧分子。这种化学反应缓慢，因此同温层的臭氧含量会在几个月至一年内达到最低点，并且要经两至三年才能回复到正常水平。臭氧减少的幅度将取决于爆炸的总当量，爆炸的高度和许多其他因素。70年代时预计全球性减少达50%左右，当时核武库包含大部分当量为百万吨级的氢弹。由于目前的武库包含大部分为千吨和低百万吨的弹头，人们认为它们的使用也许会限制臭氧遭受破坏的程度。

102. 不过，上扬进入同温层的烟造成的加热会增加臭氧的破坏率，再一次导致估计约一半臭氧可能被破坏（VUPPUTURI, 1986年）。臭氧也可能在一年或更长的时间度标上同烟炱产生反应（STEPHEN, 等人, 1988）。在这个过程中烟炱和臭氧都会被消灭。此外，大气运动也许对决定臭氧层的完整性极其重要，例如，初步计算表示，垂直运动可能会把大量含臭氧少的对流层空气带入同温层，从而稀释高浓度的臭氧。因此，也许可以预期臭氧减少超过50%。由于这个过程的潜在重要性，迫切需要作进一步的研究。

#### 五. 其他化学作用

103. 二氧化氮对可见太阳频谱的增加吸收也会减少光合活性辐射的比率, 这种辐射对多数生态系统和一切农业和渔业所依靠的无机营养植物的光合活动是必不可缺的。

104. 虽然关于氧化氮对到达地面的太阳辐射的作用还需要进行更多定量研究, UV-B辐射水平的可能增加和光合活性辐射的减少合起来显然表示由于氧化氮注入上层大气而可能给生物圈带来严重的后果。

105. 大火摧毁一些化学工厂和其他工业设施后可能释放出若干其他有害的化学物剂。这些包括一氧化碳、石棉和多种焦性毒素的化学物剂最近已由BIRKS 和STEPHENS (1986年)进行了研究, 而在卫生组织在最近的一份报告(1987年)中也提到, 但对这个主题的系统性研究仅仅处于开始阶段。

### 三. 对自然生态和农业的影响

#### A. 导 言

106. Harwell 和 Hutchinson (1986年)认为, 在一场核大战里, 社会基础设施会直接遭到毁坏, 气候会大大改变, 从而导致规模空前的饥荒。人们只能最为一般的估计社会将如何来应付也许是全球范围的饥荒、流行病、经济生产力的破坏和贸易的崩溃。本世纪两次世界大战使生命损失极为惨重, 在地理政治、经济和社会方面引起了重大革命。但是, 同核战争的后果相比, 这些先例程度均很有限, 因为以前的冲突都没有使全球农业瘫痪, 生态崩溃。

107. SCOPE 核战环境后果研究报告特别注意气候反常对植物可能产生的直接影响, 因为植物光合作用是除少数几个之外有生态系统的基础。该研究报告还调查了某些重要物种、生态系统和生物群落所受的影响。许多间接和微妙的过程对于生态系统的完整性极为重要: 物种间的相互作用, 包括互惠共生; 物种间对资源的争夺; 捕食性; 寄生和疾病。

108. 该研究报告还摘要说明生物圈受到的影响, 并提出若干一般性结论, 现摘述于后:

(a) 所提出的大规模核战争后那种气候变化对全球生态和农业系统可能造成严重的、广泛的和空前的破坏;

(b) 陆地生态系统会由于温度剧烈迅速变化和降水而遭到最严重的破坏, 同样地, 水生生态系统也会因日光(日照)减少而遭到最严重破坏。降水量长期下降会对陆地生态系统和淡水生态系统产生严重影响;

(c) 气候变化的最终影响将取决于战争发生的季节。对于温带生态系统来说, 春夏两季发生的战争所产生的影响最为严重, 而冬季发生的战争所产生的影响则较轻微。而对于热带生态系统来说, 则气候稍有反常都会造成破坏;

- (d) 物种的脆弱性在其生命周期各阶段也大不相同；
- (e) 全球延迟散落的幅射尘对生态系统不会构成特别的危险。但核攻击后即时在当地散落的幅射尘则可能杀死特别敏感的动植物；
- (f) 即使幅射尘不会对水生和陆地生态系统直接造成明显的破坏，但通过食物链也会积累大量放射性核素，使吃这些食物的人体内所含的剂量达到有害的水平；
- (g) 抛入大气层的污染物会使平流层耗减，使对生物起作用的紫外线幅射量 (UV-B) 在广大区域内增加到致害的水平；
- (h) 通过空气江河广泛散播有毒物质，污染港湾和沿岸的食物链，可从而危害人类；
- (i) 大火会大面积地烧毁军事目标附近的森林。如果降水量大幅度下降从而使火势加猛，则森林可能遭受严重破坏。

109. 很明显，许多生态系统遭到的上述威胁会多过一种。一些影响也许会相互抵消或中和，但更可能的是，这些影响会相互协合增强：

- (a) 核战之后一段期间作物会遭受损失，因此不易获得用于重新播种的种子，特别是特殊的杂交种子；产量长期低下也会进一步减少种子的供应；作物欠收意味着宝贵的种子被浪费；原种子直接作为食物被吃掉，使用于重新播种的种子更加有限；适应特殊环境条件的杂交栽培品种不能马上供应；
- (b) 经验丰富的农民由于伤残或死亡，使发展有效农业和尽量减少作物欠收危险所必需的经验知识越来越少；
- (c) 土壤生产力由于下列因素而下降：火烧影响，植被毁坏和水文系统变化而引起土壤侵蚀，养分溶掉，被放射性核素和有毒物质污染，缺少耕种经验或想在短时期内尽量利用地力而使土壤保持很差。
- (d) 紫外线幅射量因臭氧层耗减而增加，使作物受到破坏。臭氧层如耗减到一定程度，就很难恢复原状。在这种情况下，UV-B量在长时期内会有所增加，

即使增加很少；

(e) 核战后农业和生态的变化会使害虫和野草增加，而同时杀虫剂和除草剂又不易获得；

(f) 得不到农业机械和技术，包括服务和备件；

(g) 在农业技术方面耕畜的作用日益重要，但由于死伤牲畜的替换要化时间，因此供应可能减少；在粮食严重短缺时许多牲畜得不到饲料或被吃掉。剩下的不能适当分布，种畜将会丧失；

(h) 一无所有的城市居民将迁往农村寻找食物，在此过程中毁坏作物。

#### B. 生物对气候扰动的一般反应

110. 高纬度温度和阳光的季节性大变化使许多动植物具有特别生理和行为机制，既能在日光少的期间生存下来，又能抗寒耐冷。

111. 如核战发生在冬天，温带和以此地带的生物区系也许能够抵抗气候扰动。若发生在春季或夏季，温带植物可能同低纬度地区物种一样脆弱，因为它们不能马上具有季节适应力和耐力。

112. 生物生产来自绿色植物的光合作用。这种活动除其他因素外，依赖日照因此如抵达地球表面的日光的数量和效力长期减少，这些活动将会受到阻碍。

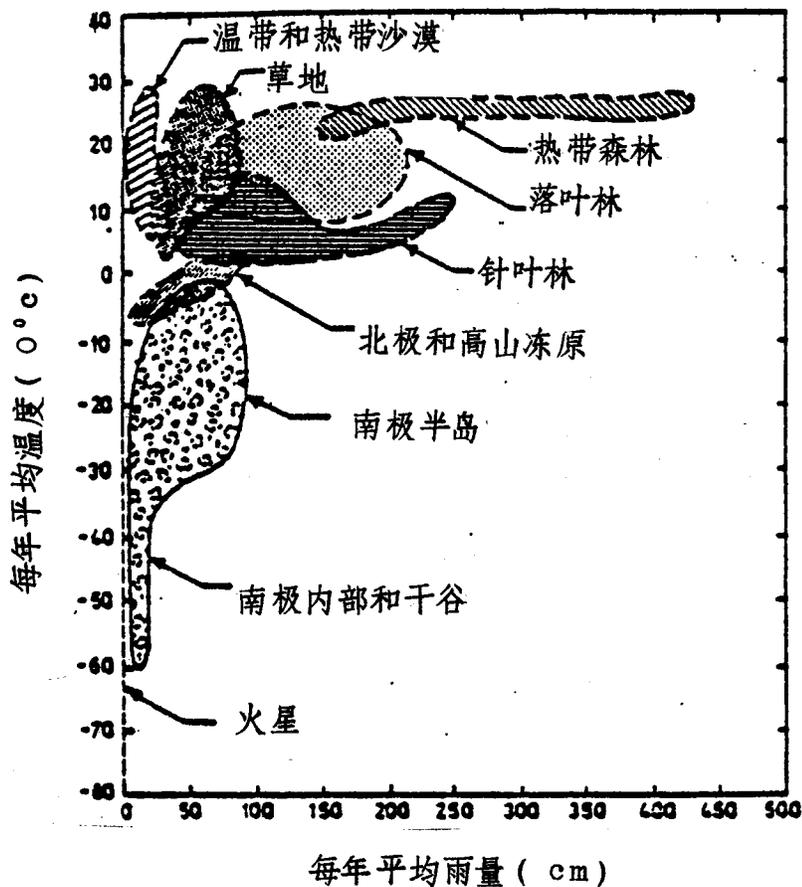
113. 动物会作出各种适应性反应，例如产生季节适应力、耐力或调整可能部分独立于外部环境之外的体内生物钟，以应付季节性温度大幅度变动。但是温度的非季节性下降和日照的非季节性减少，都会产生很大的冲击，而对某些物种来说，甚至是一场灾难。怀孕动物和年幼动物以及迁栖物种将特别容易受害。

#### C. 生物群落对气候扰动的反应

114. 动植物可在很大程度上但不能无限度地耐受其周围环境的变化。在全球

范围内对生态系统的调查研究表明，陆生植物及伴生动物的生存界线分得相当清楚（见图2），这些生物群落的分布可大体按每年平均温度和平均雨量来界定。

图2. 陆地生物群落与每年平均温度和  
平均雨量的关系



资料来源: M. A. Harwell and T. C. Hutchinson,  
Environmental Consequences of Nuclear War,  
第二卷 (Chichester, 1985) 第 62 页

115. 对生态系统的正常运行及其对扰动的反应进行模拟发现了一些问题, 其复杂程度同对气候的模拟可以相比。目前, 只有少数一些自然或可控制的生态系统有种属模型。有若干模型已用来模拟各种生态系统特别是草原和森林的生产力, 在设想的核战后可能发生的一系列气候条件下会有什么变化 (Harwell, 1984)。

116. SCOPE 核战环境后果研究小组对预期的气候扰动对生态和农业的影响进行了广泛的评价。该小组认为, 低纬度陆地生态系统耐受环境变化的能力有限, 使它们极易受害。这项结论涉及很多重大问题, 因为它强调生物方面的事实, 即灾难不仅仅是大幅度温度下降、日照减少或雨量变化的后果, 而且还取决于各不同生物群落抵抗压力的能力。

117. 广大地区森林郁闭出现的间隙、紫外线幅射量的增加、放射性同位素和其他有毒物质的污染, 酸雨以及害虫和野草等物种的突然出现等等, 都会使北欧和北美的森林进一步退化。恢复原状将非常缓慢并取决于土壤侵蚀和水涝的程度 (Svirezhev 等人, 1985)。

### 1. 冻原/高山生物群落

118. 北纬  $65^{\circ}$  以北的北极冻原生物群落可耐正常冬天低至  $-50^{\circ}\text{C}$  (有时  $-70^{\circ}\text{C}$ ) 的极低温度。只要它们经历正常的耐寒期进入休眠, 它们就不怕象预期在核战后会发生的那样, 温度进一步下降和日光进一步减少, 即使寒冷天气持续到次年夏天。高山系统的习性也很相似。

119. 核战如发生在夏天, 情况则非常不同。正在生长的植物将可能被迅速临降的零下气温冻伤或冻死。有些可能进入过早的冬天驯化期, 这种情况连同许多北极物种和北方针叶林所特有的庞大种子库, 使它们能再生。

120. 依赖嫩草嫩叶的不冬眠食草动物和鸟类将是主要受害者, 预期很多将会死亡。

## 2. 北方针叶林/泰加群落

121. 北半球发生的核战将使低于树线的生态系统例如泰加群落、北方针叶林和温带混交林等处于压力之下。象北极植物那样，许多会在冬天核战之后的气候扰动中生存下来，如果它们已有耐寒力并进入休眠。更南一点的群落例如松树、许多灌木和草本植物等可能冻死。SCOPE核战环境后果研究报告估计死亡率达25-75%。如果反常气候不会持续太久中纬度植物特有的抗寒种子库会有助于这些植物的再生。

122. 夏天核战对气候的影响会使主要植物种类大量死亡。如果以后几年生长季节缩短以致生产力下降，将会进一步妨碍复原。大量死木材和枯枝落叶的累积会增加火灾危险性和容易招致虫害，提高战后不断辐照期间次级破坏的可能性。更为严重的是，这些森林的生产力要过几十年才能完全恢复，物种组成可能发生重大变化，原生态系统将一去不复返。

## 3. 针叶林

123. 针叶树对电离辐射特别敏感，在核爆炸直接冲击和之后发生的大火中，北半球的森林有20-30%会死亡。核战如在冬季发生，大约80-90%的树木可在一年反常低温里生存下来。如在夏季发生，大多数树木会因日照和气温的下降而死亡。在这两种情况下，能发芽的种子都会在土壤里保存下来。

## 4. 落叶林

124. 夏季战争对北半球的落叶林会产生严重影响，大多数树木会死亡。冬季战争会造成部分毁伤。恢复原状主要取决于无性繁殖器官而不取决于种子，恢复速度则取决于土壤侵蚀的程度。据估计，在50年内，毁坏的落叶林将恢复原生物量的70%左右（Svirezhev等人，1985）。

## 5. 草原

125. 北半球温带的草原在特别是夏季战争中很容易受到破坏。夏季战争对植物和依赖这些植物为生的动物生命（土壤生物、食草动物、有关的食肉动物和鸟类）会造成浩劫。当气候恢复正常时草原会很快复原，因为同森林相比，它们的再生时间较快。

## 6. 沙漠和半沙漠

126. 象处于可比较纬度的其他生态系统一样，北半球的冷半沙漠耐得住冬季战争对气候的影响。热沙漠对低温没有这类预先适应性，沙漠里种类繁多的植物区系和动物区系将会受到很大破坏。引起日照少和温度低的夏季战争会使处于任何纬度的沙漠遭到严重破坏。

## 7. 热带生物群落

127. 热带雨林虽然只占地球陆地的 11%，但却支持 32% 的净初级生产量、42% 的植物生物质和 33% 的动物生物质，是造成动物和植物种类繁多的原因（Harwell 和 Hutchinson, 1986）。这些森林适应较高的温度，较多的日光和雨水。严寒（温度无需达到凝固点）即使持续很短时间也会对这些植物及依赖它们为生的生物造成灾难性破坏。在目前情况下，北极寒流偶然侵袭阿马逊盆地，也会使雨林遭到广泛破坏。遭破坏的热带雨林的再生会因肥力丧失和繁殖机制的错综复杂而受到限制。

128. 湿季是积极生长的季节，但落叶林在湿季里特别容易受到破坏。热带草原和稀树干草原比温带高草原和干草原更易受低温和雨水的破坏。夏季季风的减少也会对这些生态系统产生很大的影响。

129. 同样地，生长在亚热带和热带海岸的红树林沼泽也容易受到破坏。红

树林是很独特的生态系统，内有多种多样的、生态上和经济上都很重要的种类。一年内任何季节的温度即使稍有下降（象在核战后可能发生那样）也会造成大规模破坏。

## 8. 湖泊和河流

130. 对淡水生态系统的影响将取决于冷却的猛烈程度——达到日照将减少和雨量改变的程度。水体的大小也决定其对温度变化起缓冲作用的能力。

131. 北方湖泊在冬季已经冻结，核战即使发生在冬季，也会增加冰的厚度，浅湖将会一直冻结到底，杀死所有鱼类和其他动物。冬季条件的任何延长或战争发生在夏季，都会破坏水生生物的发育、生长成熟和繁殖的正常循环。

## 9. 海洋系统

132. 海洋覆盖71%的地球表面，支持很大一部分地球的生物生产力。海洋由于体积庞大和具有热惰性，对短期温度变化反应不大。日光减少和放射性光谱的变化会妨碍地表层浮游植物的光合作用和初级生产力。这将影响到依赖海洋为生的食物链，但预期任何主要生物都不会永远消失，重要的鱼类也不会受到伤害。1983年南美太平洋岸外发生的埃尔—宁诺海流现象引起海温变化，使渔类和海洋生态系统受到严重影响。这件事肯定使大家不能对气候对海洋食物链的影响掉以轻心。

133. 从人类消费角度来说，海洋生态系统中生产力最强的是大陆架的生态系统。浅水对温度波动较为敏感。由于河流带来的淡水、泥沙搬运和养分注入等的变化，水的质量也会改变。核大战也会增加放射性核素和有毒物质的含量。

134. 在热带和亚热带地区，浅水植物区系和动物区系，特别是珊瑚礁，容易因温度波动和日照减少而受破坏。悬浮质和水中污染物对它们也会产生不良影响。

## 10. 港湾

135. 港湾和附近的沼泽地也将由于陆地上的变化而受到很大的影响。 这些港湾和沼泽地在本质上拥有很高的生物生产力，往往对人类的生存和经济活动很重要。陆生植物的破坏将引起土壤的侵蚀，先是使河里的，最终使港湾的，浮沉物和溶解物（其中不少有毒的）负担增加。 这种影响可能因气候的变动而加强，并可能使港湾渔业崩溃。

### D. 重要农业系统对气候变动的反应

136. 地球上的人口于1987年超过了50亿。 以目前的人口增长率预测，约40年后的地球人口将会加倍，每11年增加约10亿人。 这么多人口的生存，几乎全靠农业支持。

137. 在一场重大的核战争以后，关于气候变化的，即使算保守的情况假设，都免不了是一场空前的全球农业大变动（HARWELL和HUTCHINSON，1986）。这些情况假设里的一些最严重的气候方面的影响，与每年平均温度的变化有关。平时每年平均温度的变化，与可能由于核战争而导致的温度变化相比，可谓不大。例如：

	<u>气温变化概数</u>
	( 摄氏 )
全新世变暖 ( 从上次冰期恢复的过程 )	
距今约8000至4000年前	+ 5
17和19世纪小冰期	- 1 至 - 2
过去100年的变化 ( 北半球 )	± 1
全年没有夏天 ( 纪元1816年 )	
( 北半球 )	少于 - 5

138. 核战环境后果研究曾在下列气候情况假设下,就核战争后的气候对农业的影响进行了最全面的分析(HARWELL和HUTCHINSON, 1986):

(a) 短期(气温):平均温度短期降至冰点或冰点下,加上日照减少到平常的1%至10%;

(b) 长期(气温):平均温度比平常降低许多度,加上日照减少到平常的80%至90%;

(c) 短期/长期(降雨量):降雨量减少到平常年平均数的50%或更少。

139. 以下根据这种情况假设来评价全球农业系统和具体的几种关键作物受害的可能性。使用的评价方法不仅一种,有历史上个案研究的证据、统计学上的推论、有生理学上的推论,还有分析性或数量上的模式推论。上述研究还考虑了在核战后的环境里可能出现的人力、能源、肥料及其他附属条件的损失。

140. 虽然气温变化的总影响无疑地很重要,各种作物(以及自然生态系统)主要地对短期的变化较敏感。作物的收成,部分地受生长季节的长短,以及气温和/或降雨量的影响。

141. 通过对许多研究的考察和他们自己对气候数据的分析,核战环境后果研究小组得到如下结论。在中纬度地区,平均气温降低摄氏1度,约相当于无霜生长季节缩短10或12天(HARWELL和HUTCHINSON, 1986)。许多温带作物的栽培,往往接近临界生长季节,气温连续数星期或数月降低摄氏5度到10度,一定会使收成减少。

142. 气候的变化引起的气象变化,例如突然变冷的可能性、程度和期间,是很难预料的。历史上的证据支持下列说法,即比平常冷的年头,突然变冷的机会和变化的程度特别高,而这与作物减收有关。使1816年北美和欧洲农业遭殃的凶手霜,以及1983年的严重埃尔-宁诺海流的例子,支持这种平均值和变化之间的非直线相关。这两个例子,前者只不过是全球平均气温变化最多 $-2^{\circ}\text{C}$ ,后者还不及 $-1^{\circ}\text{C}$ ,都是跟全球平均气温微小变化有关的,极端气候变化的例子(HAR-

WELL和HUTCHINSON, 1986)。

143. 关于降雨量, 也有类似的地方。降雨量最高的地方, 变化最小(与每年平均降雨量的差别约10至20%), 干旱地区变化较大(与每年平均降雨量的差别超过30%以上)。鉴于前者包括北美洲、欧洲和亚洲生产力最高的农地这个事实, 降雨量降低25%至50%加上由此引起的气象变化增加, 可能打击农业生产, 并从而打击许多人所赖以生存的基础。

144. 就短期的后果而言, 核战环境后果研究小组(HARWELL和HUTCHINSON, 1986)的结论认为, (从气候的模式预测的结果), 最极端的挫折是史无前例的, 无法从农业生产的统计模式预告其影响。深入的洞察只能从有关植物生理的知识来推论。就短期和长期的不那么极端的气候变化而言:

(a) 平均气温的降低, 会使作物的生长缓慢;

(b) 即使生长期的气温降低不大, 晚春和早秋的霜都可能损害作物并把作物的生长期缩短到短于该作物成熟所必需的临界关键日数;

(c) 平均气温的降低可以从生长期的延长得到补偿。可是在核战后气候情况假设里, 这种补偿是不可能存在的, 特别是就温带和亚热带而言;

(d) 就植物的生存、成熟和有收成而言, 是有生理学上的临界温度的。有关气温降低的影响的评价, 必须从这个角度来进行。例如, 在临界温度以上的一定程度气温降低, 对成长和收成的影响可能不很大, 可是低于此临界气温以下的, 同样程度的气温降低可能就会妨碍成长, 从而导致作物减收;

(e) 气候模式预告, 降雨量的重要变化(通常是减少)可能导致灾害性影响(旱灾)。

## E. 重要粮农作物

### 1. 稻米

145. 稻米是世界主要粮食之一, 对许多发展中国家的经济产生很重要的作用。

约有30亿人每天吃稻米饭，约有3亿农民以很多方式栽培稻米（有灌溉田、看天高地、看天低地、深水田、潮汐湿地等）。全世界50%的稻米是在看天田生产的。

146. 稻子长在各种气候条件下，从南纬40度的阿根廷中部到北纬53度的中国东北，从离平均海面不远的印度南部到海拔2000米高的喜马拉雅山麓。由季节和空间造成的气候变化影响稻米的产量。气温、太阳的辐射和降雨量，是直接影响稻米产量的重要因素，而且还拥有通过其对疾病和昆虫压力的影响所造成的间接影响（Seshu 等人，1987年）。稻米的栽培季节，在温带主要受气温变化的影响；在热带，则受降雨量的影响，由雨季的开始和结束的日期来决定。对其生长特别不利的温度，随生长阶段而异，通常为低于摄氏15度或高于摄氏35度。在任何生长阶段，过多或过少的降雨量都可能导致部分或全部作物歉收。在繁殖阶段和成熟阶段的，太阳辐射量的影响最大。

147. 跟其他谷物作物相比，稻米较不能耐寒。在日本栽培稻米的经验显示，在关键生长阶段气温有一段期间下降到摄氏15度以下，可使产量减少三分之一，在生长期的平均气温降低摄氏1至2度，可能导致没有收成（Harwell和Hutchinson, 1986）。这些著者下结论说，在核战后的短期内，“至少北半球的稻米生产会受破坏，而南半球也可能遭遇同样的命运。”

148. 长期而言，也可能有相当大的作物损失。虽然随栽培的地区和稻子的品种而有差别，在日本的临界气温为摄氏19度到25.5度。如果气温低于此，即使没有短期的低气温期或其他变动，产量也会减少。就日本北部进行的模拟模式计算的结果表示，在生长期平均气温降低摄氏2度，将使稻子的收成减少70%。

149. 更新的气候模式表示，在大规模核战后，无论短期或长期，都有雨季的降雨量大量减少的可能。灌溉作物对水的供应很敏感，降雨量的减少可能引起严重后果。全世界产米地区的50%是看天田（梯田和高地），其情况可能很惨。急性缺水，可能严重影响产量，并减少适合看天栽培的面积。这就产生严重的社会经济后果，因为发展中国家较穷的稻农是靠看天田种稻维生的。

## 2. 小麦

150. 在积雪履盖下的冬小麦，在摄氏零下50度还可以生存。然而，即使平均温度上稍微的降低，或生长期的缩短，就可能严重影响北方许多重要产地的产量。加拿大、美国、西欧、苏联和中国的小麦将无收成。北半球的仲夏或晚夏的一场核战争，或许还可以允许印度、中国、北非和美国有些收成，但可能使加拿大、西欧和苏联没有收成。在南半球（澳大利亚、南美和南部非洲）的作物所需要的生长期将必拉长。

## 3. 玉米

151. 加拿大、美国、欧洲、苏联和中国的玉米作物将很容易受短暂寒冷的影响，可能因而无收成。在供水接近极限状态的地方也有玉米的种植，因此很容易受到降雨量任何减少的害处，特别是在中非和中南美洲。如果在北半球的夏天发生核战争，南半球（澳大利亚、南美洲、非洲南部）的玉米成熟所需的时间将需拉长。

## 4. 大豆

152. 如果夏天发生核战争，北半球温带的大豆将因气温变冷和日照减少而无收成。如果有足够的降雨量，在纬度较低的温带栽培的大豆，或可经得起冬天发生的核战争。

## 5. 家畜

153. 冬天在北半球的温带发生核战时，平常养在武备齐全的畜舍里的动物，在失去加温、饲喂、通气及其他支助服务时，将难以生存。幼小的动物将被冷害淘汰，成年的反刍动物或可经得起寒冷的考验，但很容易受水和粗饲料短缺的害处。有没有食物可吃、将是热带家畜的主要考验。南半球的大部分家畜可能生存下来，但将受粗饲料短缺的考验。较少的阳光可能影响绵羊的生殖率。

#### F. 按纬度分列的，气候变化的影响

154. 核战争所引起的气候变化及其对粮食生产有关的影响，显然会因南北半球和纬度而异。Harwell 和 Hutchinson (1986年) 摘要了这些影响，并列在图表3。图表3明白指出，主要世界人口对失去粮食供应的可能受害。

155. 核战争的时间以及核战争对现有作物的影响，是在不同的粮食储存状态下设想的。在大部分纬度地带的较低粮食储存量，将限制如何渡过该季作物歉收的能力。这个区别在图表3通过比较表现出来。图表3就是比较核战争在(a)粮食储存量最少时，和在(b)粮食储存量中等时发生，可能生存的人口。

#### G. 对农产品的影响

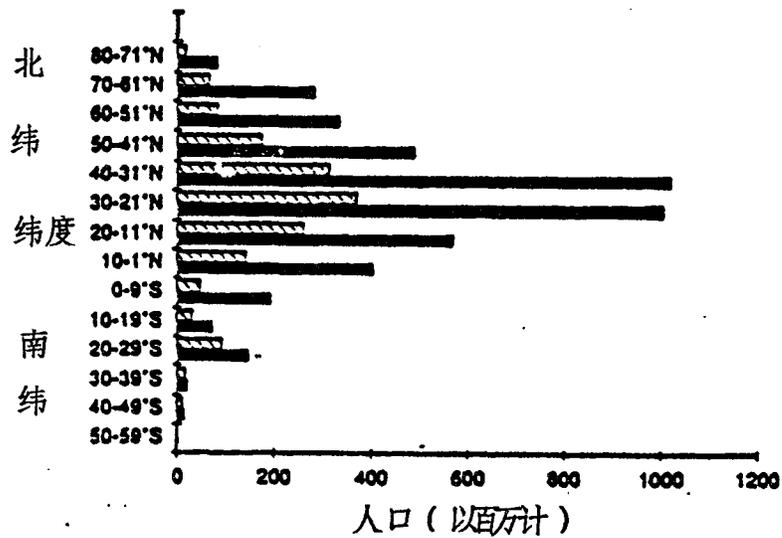
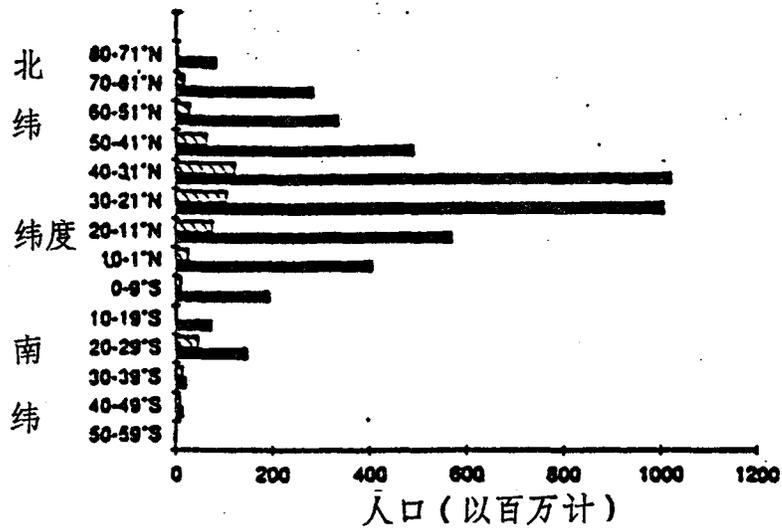
156. 核战环境后果研究小组的结论认为，在一场重大的核战争以后，可能有一年期间，北半球和南半球大部分地方的粮食会没有收成。原因是作物、粮食店、各种肥料、杀虫剂、燃料会受到破坏；以及地方、区域、国家和国际各级配销系统的崩溃；以及世界经济秩序和贸易陷入混乱。该研究小组还提到气候对北半球农业的影响，因为北半球生产力最高的各国，不是直接从事战斗，便是会受冲突所引起的气候变化的影响。

157. 除了气候的影响之外，社会基层结构的混乱也将影响农业。技术支助和能源补助、运输（就国内的粮食分配和进出口两方面而言）以及世界贸易的一般秩序等方面的混乱可能相当大，而农业占着世界贸易很大的一部分。

158. 现代农业是密集依靠能源的。过去45年来，发达国家的农产品由于使用化石燃料而增加了三至四倍。化学燃料可以当做直接辅助能源（例如作为发动机器、灌溉设备、运输工具的燃料），也可以作为间接辅助能源（肥料和杀虫剂的生产）。在同一期间发展中国家的农产品只增加了两倍。

159. 显然，油田、炼油厂、石油化学工业和港口设备的破坏，将影响能源生产，

图3. 人类人口对损失粮食的受害度



注：黑线代表现有人口，斑线代表生存下来的人口。 上图代表粮食储存量最小时损失粮食的影响，下图代表储存量中等时的影响。 这个计算很可能受到对生存人口数估计过高的影响。

资料来源：Harwell 和 Hutchinson, 1986, 480页。

这又将影响运输、灌溉、肥料和杀虫剂的制造以及冰冻业务。越是密集依靠能源的农业，越容易受能源供应受打击的影响。不依靠大量能源辅助的农业，将可以维持，但是生产力将会降低。

160. 全球肥料产量的三分之一，是由发展中国家从发达国家进口后使用的。在许多情况下，收成和肥料的投入有直线的关系，失去肥料供应时将会相应减少。例如中国和印度的农业就是密集依靠肥料的，即使不过分依靠直接化石燃料，而对中美洲农业的能源辅助，肥料占一半以上。

161. 核战环境后果研究小组强调，他们的分析从许多方面都可以说是乐观的。该研究小组的结论认为，会引起气候变化的一场重大核战争，可能导致全球规模的营养不良和饥饿。而且，即使没有气候变化的影响，依靠进口的国家将会受到严重缺乏的痛苦，因为北半球的发达国家，同时也是向发展中国家输出粮食、肥料、杀虫剂和农业技术的主要国家。

162. 非洲、南美洲和亚洲的大多数国家将不是核攻击的目标，但却很容易受到农业崩溃的害处。事实上，这些国家的人民，将与交战各国的人民一样容易受害。除了因战争冲突直接死亡之外，将有10亿到40亿人在漫长的战后时期死于饥饿。

#### 四. 健康和社会经济方面的影响

##### A. 导言

163. 对于现代核战争所可能发生的情况而言，广岛和长崎核爆炸的直接影响可说是微不足道。现代核战争的直接影响来自冲击波和热波，初期辐射（例如核爆后一分钟内所散发的电离辐射）以及长时期的放射性尘埃。详情请参看卫生组织和美国医学院近年报告（卫生组织，1984，1987；医学院，1986）所作的审查和总结。

164. 除了目标区直接造成的死伤和损害之外，核战争还会导致全球气候反常，对自然生态系统和农业造成严重后果，对人类的粮食供应产生长远影响。接着而来的营养不良和饥荒将会由于通讯、运输、财政系统和贸易的混乱而加剧。

##### B. 冲击

165. 核爆炸释放的总能量中很大部分表现为冲击波。这是核弹蒸发物质内压力增大而引起的，其中产生的冲击波前沿以超声速在空气中传播。随着冲击波的扩散，其强度逐渐减弱，直至消散为止，百万吨威力的冲击波传播距离可远达数十公里以上。

166. 冲击波通过气压的突然增高造成直接伤害，对躯体的冲击、呼吸系统的创伤和耳鼓的破裂。建筑物和结构倒塌以及抛射物也会造成伤害。

##### C. 热

167. 热波始于爆炸的一瞬间，在冲击波发生之前，持续数秒，视引爆时的高度和强度而在或长或短的距离内蒸发、烧焦和熔化一切物体，同时在各处引起燃烧，合成巨大火灾，特别是环境中含有大量燃物例如炼油厂、造纸厂、或化工厂在热波的范围之内。

168. 热波产生的热气使周围空气涌进，造成疾风而引起猛烈大火。民众将死于热、缺氧或吸入一氧化碳和其他有毒物质。

169. 一枚百万吨核弹在1.5千米高空爆炸时，约350平方公里范围内没有人能在热波之下生存。在此范围以外，许多人将受到不同程度的灼伤。受伤情况视伤者与爆炸的相对位置以及附近结构和环境提供何种保护而定。受灼伤的人数较冲击引起者高出3到4倍。热波点燃的次级火焰也将造成以下形式的死伤：灼伤、冲击、吸入有毒物质和窒息等。

#### D. 辐射

##### 1. 初期辐射

170. 核爆时产生的大量突发辐射使人体受到很大伤害。受害的性质和严重性视辐射剂量（辐射穿过人体组织时丧失的能量）和剂量率（单位时间的剂量）而定。譬如说，短时间内释放的辐射可产生以下五种类型的反应：

(a) 前驱阶段，在辐照后的数分钟内出现胃肠和神经与肌肉方面的症状。前者包括恶心、呕吐、严重腹泻和脱水；后者包括疲乏、麻木、倦怠、发热、头痛和血压过低随之引起休克。上述反应在30分钟内达到顶点，然后逐渐减轻，直到产生神经或胃肠症候群，情况视剂量而定；

(b) 神经症候群显现于100格雷剂量的辐射之后，其症状类似前驱阶段，接着是短时期的压抑或增强的运动神经活动，于两天之内导致残废和死亡；

(c) 胃肠症候群发生于10 - 50格雷剂量辐射，导因是肠壁细胞减损和体液丧失。受害人于六至九天后死亡。

(d) 十格雷以下剂量的辐射主要引起骨髓细胞的破坏，同时使淋巴细胞、粹性白细胞和血小板数量减少，视辐射剂量于7至20天内达到顶点。白血细胞的减损导致免疫能力降低从而发生感染，并降低凝血能力的可能引起内出血。

死亡非不可避免，生存机会决定于是否能迅速实行密集治疗——这是核大战后不大可能发生的情况；

(e) 除了上述一般性症候群之外，身体的全部或一部分受到辐射将对眼睛、皮肤、口腔粘膜、肺部和性腺产生严重影响。

171. 人体对电离辐射感应度的一个指标为辐射后60天内平均死亡率百分之50的剂量；这一指标称为百分之50致死剂量（半致死量）。其数难以确定，因为关于受辐照的一组人，例如广岛和长崎受害者的数据，必须同所受辐照剂量估计数对照，而此种剂量仍然很不确定。已有的半致死量估计数（联合国原子辐射影响问题科学委员会考虑了22组数字，包括核弹和意外事故受害人以及接受治疗性辐照的病人）全身剂量均在3格雷上下。其中一项对原子弹爆炸生存者的最新估计数显示，60天的致死剂量中值还要低得多。卫生组织的报告（1987年）估计为1.5格雷；最近的SCOPE核战环境后果研究（莫斯科，1988年3月）估计为2.4格雷。如果人体对电离辐射的易感性较原先设想的为大，那么死伤数字就会高出过去的分析结果。联合国原子辐射影响问题科学委员会预计将在1988年后期提出新的估计数。

## 2. 地区的放射性尘埃

172. 如果火球接触了地表，则吹入空气中的物质将与核反应所释放的放射性产物相混合而迅速沉降于爆炸地点附近。生命期短暂的沉降放射性核素在其迅速衰变过程中对人体不仅产生高剂量率的贯穿辐射，而且还通过辐射，经皮肤表层阻挡，引起严重的大片皮肤放射性灼伤。

173. 必须强调的是，关于严重影响的可靠数量估计如同核战争的其他影响一样难以确定，因为这种估计在很高程度上决定于对战争性质的假设情况（爆炸次数、威力、裂变/聚变比例，起爆高度；目标的性质及其与居住区，特别是工业中心的相对位置，气象条件，民防措施的有效性等等）。

### 3. 中程和全球的放射性尘埃

174 爆炸地点邻近区域以外的人将受到中程和全球放射性尘埃的辐照，这是由于核残片射入大气层所致。这种辐照属于长时期低剂量的辐照。射入对流层的物质在数周之内沉降，大半落于爆炸地点同一温度带内。人体将接收地面和空气中的γ射线以及放射性核素例如碘-131和铯-137，通过食物链迅速积聚而经污染食物被吸收，形成体内放射性剂量。身体外部剂量来自裸露皮肤上接触到的放射性尘埃，这时射线的辐射可引起严重灼伤。

175 许多残片将射入平流层，其沉降期间可达数年。人体随着生命期漫长的裂变产物逐渐衰变而接收极低剂量的辐照。此种裂变产物包括铯-137（半衰期30年），其衰变产物引起全身外部和内部的辐射，和锶-90（半衰期29年），在通过谷物和奶制品吸收后将进入骨骼，对骨骼和血液形成细胞产生辐射。核爆中形成的碳-14也会对爆炸范围以外的人产生相当高的辐射剂量，但剂量率更低，延续的时期更长得多，因为它的半衰期为5,730年。

176 如果核电力厂、再加工设施和废物贮存地点被击中，则将释放其他多数为生命期长的放射性物质，大大增加了人体在长时期内远距离的辐照。但是，这种物质的蔓延是无法预料的，Chernobyl 意外事件的情况就是如此。地区内将会产生大范围的“过热点”，在辐射程度增高时，许多年内都不能居住。

#### 四. 整体的直接影响

177 卫生组织（1987年）报告审查了若干核战争假设情况。其中一种为伦敦郊区遭到1至10百万吨核弹击中，则百分之11至90的居民将会死亡。另一假设情况为苏联与美国之间发生核交战，各方均使用约1,000百万吨的核弹。死亡人数美国为1,000至3,000万人，苏联为2,000至3,000万人。第三种情况是在人口稠密的欧洲地区发生有限核战争，600枚以上总威力在100

万吨左右的核弹爆炸，死亡人数可高达9,000万人。每一情况下严重受伤的生存人数大致与死亡人数相同。

178. 中程和全球放射性尘埃的剂量无法精确估计，就象初期放射性剂量的估计数一样，这在很大程度上决定于进行战争时的许多假设以及随后产生的环境条件。许多年的辐射（对主要的最后放射性来源，碳-14而言则为数千年）之后，北半球的平均积累剂量很可能低于0.5格雷，南半球更低得多。长期辐射影响视总剂量和辐照的时期长短而定。其中包括超出一般预期程度的癌症危险。关于后代遗传的异常现象目前还没有出现多少证据，但随着临床和统计诊断方法的改进，上述结论可能改变。

179. 长时期辐射的平均剂量低，造成的死亡率也低，它的影响问题所受到的关注远不及核攻击直接造成的大量死伤以及间接通过食物供应和保健服务系统破坏带来的后果。

#### F. 生存者的保健措施

180. 生存者的救援和照料是紧迫问题。关于战争和其他灾害的经验提供了一些保健服务的基本原则：治疗类选法、疏散和适当的紧急治疗。

181. 按治疗类选法，伤患分为三类：绝少或无生存机会者；接受治疗后有合理生存机会者；无需紧急治疗者。迅速作出判断是必要的，拖延将使更多的受害人从“有可能生存”一类转变为“不大可能或不可能生存”一类。

182. 在大规模核战争中，生存的保健专业人类不可能提供治疗或甚至足够的急救来维持伤者的生命。进入放射性尘埃沉降区具极大危险性。救援队伍必须接受监测，可能时去除放射性污染，且必须轮换以避免个别人员受到过度的辐照。在战争的混乱之中，上述措施极端困难，或许是不可能做到的。

183. 辐射受害人需要高度专门性的设施。1978年法国有四个人意外遭受极高剂量的辐射，他们的治疗是在无菌环境下各人接受50-100次输血和高剂量

的抗霉素和抗菌素。他们活了下来，但没有上述治疗就会死亡。Chernobyl 意外事件中动员了全国的保健服务人员和用品向 200 名伤者提供医院密集治疗并向 135,000 名疏散群众提供适当的医药服务。即使在仅涉及现有核武库百分之一的有限核战争假设情况下，严重死伤人数也将达数百万。全球保健服务不能应付此种情况。核攻击发生后，治疗类选法已变得无足轻重，救援工作不敷需要。

184. 核攻击后还会产生其他一些卫生问题。缺水问题十分严重，多数情况下用水受到放射性和有害微生物的污染。降雨可使放射性尘埃聚集，而产生地方性的高度放射性。淡水可能不宜饮用，食物也遭污染。由空气吸入和/或由食物摄取放射性同位素造成的内部辐射增高了辐射剂量。

185. 感染是灼伤和辐射受害人死亡的一个主要原因。核战争发生后，由于以下原因而使疾病流行的型式大大改变：免疫系统的破坏、营养不良、缺乏卫生条件、昆虫和微生物激增、流行病和疾病管制的瓦解。

186. 生存者的心理状态可从广岛和长崎的经验作出某一程度的估计。广岛和长崎各投掷了一枚核弹，居民对核武器毫无认识，邻近地区提供了救援。而在核大战中，几乎不会有任何救援，对核武器所生后果，特别是放射性的广泛认识将大大影响生存者的行为，使协力救援和重建工作减少。

187. 冲击波和热波、辐射一氧化碳和工厂所释放有毒化学剂的毒害、燃烧物（热毒素）和其他许多因素的影响将会引起神经和行为上的障碍。一些自然灾害的经验显示，大多数生存者都出现极度紧张情绪，处于抑郁、恐惧和高度脆弱状态，直至灾害起因消失为止。

#### G. 对人和社会经济体系的影响

188. 受攻击地区的直接影响，不论是人命损失或维生基本设施的破坏方面都是惨重的。全球金融、贸易和通讯网的瓦解更加剧了气候及其对粮食生产所生影响的全球性间接作用。不论是目标区还是远离冲突地点的非目标区都很可能出现广

泛营养不良和饥荒现象。

189. 为了本报告的目的，社会经济体系有两个主要功能：生产——将自然资源和其他资源转变为满足人类基本需要的物品和服务例如粮食、衣着、住房、保健和文化设施；物品和服务的消费——这方面需要分配和销售。两种功能都必然会在核战争中遭到破坏。

190. 各社会经济体系之间全球性的相互依赖是考虑核战争影响时的一个关键因素。多数重要经济决策以及金融和贸易中心所在的世界主要经济大国均位于核大战中可能遭受直接影响的地区。世界经济所受破坏将是严重的，金融机构和现有多边支付系统均可能瓦解。金融机构依赖电子数据处理；除了通讯硬件的损坏，丧失软件和磁带磁盘贮存的数据将带来严重后果。

191. 生产决定于将资源转变为经济货品和服务的劳动力大小及其生产力。在核战争的直接影响之下，劳动力显然会大大削减。长时期间接影响所形成的饥荒更进一步减少了劳工人数。

192. 基本建设的大量损毁也影响到生产能力。例如运输系统的混乱将使开采自然资源的途径受到限制。通讯的阻断产生于冲击和大火的直接影响以及高空核爆炸产生电磁脉冲而引起的极度电力过载。设备、机器、备件和服务的短缺也同样会在工业上造成严重的后果。

193. 能源不仅仅对工业生产的维持，而且对复杂经济社会中几乎一切能源的运转均属必要。发电场所集中于炼油厂、储油罐、火力发电厂和水力发电堤坝，这些地点易受攻击的破坏，在许多情况下，无需几个核弹头即可造成瘫痪或严重损害。

194. 任何机构，不论是制造业或服务部门一部分对能源的依赖不仅仅在于其电力消耗，而是反映了各方面的间接能源补充。例如，作为电力制造业原料的金属铜的生产涉及矿石的勘探、开采和运输，冶炼、精炼和其他程序，以及精炼产品分配过程中的能源消耗。

195. 现代农业也是一种工业，依赖直接间接的能源、技术、技工、原料和其他

许多投入，在大规模核冲突后，经济混乱也象气候的改变一样易对农业造成影响。农业开发的程度愈高，所受影响也愈大。

196. SCOPE 核战环境后果研究报告与其他一些报告均预测在大规模核战争后会发生粮食短缺和饥荒，本报告的结论也是如此。交通网破坏后，粮食供应很难从收成或贮存地点送往饥饿的民众。在工业国家内，粮食已不由地方供应，而是由一企业网供应其中不仅包括农耕、畜牧和渔业，而且涉及农业机械、农药、化肥、石油产品和商业种籽的生产。粮食处理方面使用着高级技术，例如高粮仓、屠宰场、冷藏库、面粉厂、制罐工厂和其他包装工厂。此外还通过批发和零售商店运输、贮存、销售和分配粮食。这样一个农业和分配综合体的崩溃是核大战不可避免的后果。但是，非参战国也很可能由于粮食进口的阻断和气候扰乱对其本国农业生产的影响而产生同样的粮食短缺。在这些方面，核战争中的非参战国几乎与受攻击的目标国家受到同样严重的影响。

197. 世界经济所受破坏，通讯和数据处理系统的扰乱，特别是电磁脉冲的影响，将对金融机构以及国际汇兑和贸易系统的完整性造成严重损害。国际经济关系以及全球交通和通讯网的破坏在分配和消费方面产生的影响远超出参战国家的范围。许多制造品的欠缺以及发展中国家货物和材料缺少市场将对发展中国经济造成严重影响。一般而言，非目标国家从核大战争中可能的目标国家进口物品的比例如下：

	<u>百分比</u>
化学制品	83.0
粮食	74.2
工程产品	72.2
电信设备	75.0
车辆	83.0
消费品，包括纺织品	88.0
燃料	29.0

资料来源：总协定，1986年和《联合国统计年鉴》，1985年。

因此，所生影响不仅限于核战争的有形后果，而且包括地理上远离冲突地区的许多国家经济基础遭受的严重损害。

#### H. 恢复?

198. 在上述广泛社会结构瓦解的景况下，恢复的可能性和时间无法予以可靠估计。因为影响超出了经济范围而涉及社会秩序和社会的结构本身。社会结构的根本性重组很可能使财政和金融政策、财产权、机构完整性和社会结构的其他成分的特性改变得面目全非。

199. 恢复阶段决定于存活的社会和国家实体以何种速度重建通讯、国际交通和贸易以及发展或促进他种供应来源。全世界存活的人民之中显然许多都会受到多年的有害影响，社会条件在许多情况下会缩减为自力更生和维持生活。

200. 气候的改变和影响生存基础的其他扰乱过去曾发生过。某些物种生存下来，另一些则否。人类社会相对而言较具恢复力，甚至在最惨重的灾害下，活生生的文化被消灭了，而一些生存的人往往能够移居他处重建一个社区。

201. 但是，人类社会至今为止遭遇的自然灾害没有一个产生上述核大战可能引起的增效作用和世界性影响。过去发生的一切灾害均能从灾区以外获得援助，这在核大战时是不可能的。核大战后的长时期恢复看来无法确定。

202. 尽管核大战的影响和战后恢复的前景不能确知，日前科学证据显示，核冲突产生的气候和严重长期性社会经济后果即使与历史上最为惨重的自然灾害和冲突相比也是空前的。如果能够恢复，其过程也是缓慢而困难的，新产生的社会秩序多半不可能类似或改进先前的社会。

203. 为认识核大战影响而进行的科学和社会研究工作应该继续下去，应在国际范围进行协调，研究结果应明确告知战争区和非战争区的决策人员——因为核大战的战场即使在地理上仅限于北半球的一小块地区，它的可怕后果很明显是没有人能逃得了的。

## 词 汇

Acclimation 气候驯化	生物在环境可变因数逐渐改变的情况下适应了环境的改变（如植物在驯化后可在平均温度下降的情况下生存，但如突然放在不同的环境则不能生存）。
Aerosol 气溶胶	固体或液体颗粒在一种气体中的胶状悬浮体。本词常用来形容空气中的尘、烟和烟臭，即使这些颗粒并不小到可以被称为胶状颗粒。
Biological clock 生物钟	许多植物和动物显示出周期性或律动性行为的机制（如种子发芽、移栖循环）。
Biomass 生物量	一个单位面积内的生物重量或体积。在本文中指源自生物（死或活）而可供在地球表面燃烧的物质（不包括化石燃料或用于建筑的木材）。
Biome 生物群落	在一定气候、地质因素、水文系统（如沙漠、雨林、冻原等）等条件下生存的独特和稳定的生物地理群落。
Biosphere 生物圈	地球上存在着生物并包括地圈、大气和水圈的区域。
Black rain 黑雨	在广岛和长崎观察到的被烟和颗粒污染的雨，是早期清除核火所生颗粒的一种迹象。
Blast wave 冲击波	爆炸中气体迅速膨胀压缩周围空气而产生的高压空气的运动前沿。
Boreal forest 北方针叶林	泰加群落以南、混合森林园地、草原和干草原以北的北方森林，主要为针叶树，但也有一些阔叶树。
C	摄氏温度的缩写。

Carbon monoxide 一氧化碳	碳质物质的燃烧产物，由一个碳原子和一个氧原子组成。 剧毒，在第二次世界大战，是轰炸后大火致死者最通常的死因。
Cellulose 纤维素	植物细胞壁的主要成份，占蔬菜物质的百分之三十。
Celsius (degrees) 摄氏(温度)	温度单位(缩写C)。
Combustion 燃烧	燃料同氧气之间的迅速化学反应(氧化)，同时产生热量。
Convection 对流	液体或气体内部的一种运动，这种运动导致液体或气体的输运和混合。大气中的对流常常导致纵向运动，这是由于温度改变造成密度差异。
Counterforce strike 打击对方军事力量的 攻击	对军事目标的攻击，不同于对社会财富的攻击，即对非军事目标(如经济上或工业上重要的城市的攻击)。
Dose (radiation) (辐射)剂量	生物组织所吸收的电离辐射的剂量(见格雷条)
Dust 尘	矿物粉尘，不同于含碳并且光学特性也不同的烟和烟炱。
Electromagnetic Pulse 电磁脉冲	射频波段中长波的高能电磁脉冲。一个(尤其是由高空核爆炸产生的)极强电磁场，可瘫痪广泛地区的电气和电子设备。
El Niño 埃尔-尼诺海流	厄瓜多尔和秘鲁岸外的南方暖流，偶尔会导致热带雨带暂时偏移和改变海洋的上升流，此种改变足以严重破坏海洋

	食物链和渔业。
ENUWAR	环境问题科学委员会对核战争的环境后果的研究。
核战争环境后果的研究	
Fireball	由核爆炸后几秒钟内产生的热 X 射线形成的白热化炽热气
火球	球伴随而来的冲击波前沿。
Fuel	在本文内指任何由核武器直接或间接点燃的可燃烧物质。
燃料	
Fuel loading	目标地区内燃料的密度通常以 $g g^{-2}$ 或 $kg km^{-2}$ 单位
燃料密度	计算。
General Circulation Model	一种通常用大型计算机运算的数字模拟或模式，用来全面
大气环流模式	地描述总体（地球）环流，即地球上的大气运动。
Genetic effect	遗传物质的一种（通常是有害的）改变，这种改变会传给
遗传影响	后代的遗传物质。
Gray	辐射剂量的国际单位制单位，1 格雷 = 100 拉德。
格雷	
Half-life	每一类放射性物质失去一半原有放射性所需的时间。
半衰期	
Hardening (botanical)	一些植物对低温和低光照量产生季节性的耐力。
(植物) 耐力增强	
Heat capacity (ocean)	一个系统温度每改变一度所吸收或释放的热。由于水的比
热容量 (海洋)	热值较高和海洋的体积，即使在到达地球表面的阳光出现急剧的短期变化，也只会缓慢地改变海洋的温度。

Hydrocarbon 碳氢化合物	字面上的意义是含氢的有机化合物，在本文中是石油化学燃料的同义词。
Hydrophobic 疏水	形容词，用来形容不亲水（排水）的物质，如纯碳烟颗粒。
Initial radiation 初期辐射	传统上定为在核爆炸触发后一分钟内发出的中子和伽玛射线。
Insolation 日照	射在地球表面的阳光（是 <u>incoming solar radiation</u> 的缩略词）。
Ionizing radiation 电离辐射	在穿过物体时将中性原子分离成离子对的电磁辐射（伽玛 X 射线）或粒子（ $\alpha$ ， $\beta$ ，中子）射线。
Kiloton 千吨	对爆炸当量的一种衡量，大约相当于一千吨梯恩梯的当量。
Latent heat 潜热	一个单位质体在相变时所释放或吸收的热能，例如，将水从液相转为气相所需要的热（例如将液体水变为蒸气或冰）。
Lethal dose 致死剂量	毒性物质或辐射杀死一个生物所需的剂量，通常用 LD <sub>50</sub> 来表示。
LD <sub>50</sub>	杀死 50% 所需要的剂量。
Little Ice Age 小冰期	从刚进入十六世纪至十九世纪的一段期间，在此期间，北半球冰川有所扩大（有时小冰期被认为是分成几段时期）。
Lofting 扬起	在阳光加热下，气团及其中的黑色碳质颗粒（烟炱和烟）向上的运动。扬起导致颗粒到达的高度比核爆炸及其后的大火最初导致颗粒到达的高度要高得多。
Maturation (plant) 成熟（植物）	达到生殖功能成熟及其后形成种子、果实等。

Megaton 百万吨	对炸当量的一种衡量，大约相当于100万吨梯恩梯的当量。
Metabolism 新陈代谢	同生命组织及其产物的合成和分解有关的整个生化和生理过程。
Model (simulation) 模型(模拟)	表示复杂系统的一种数字形式(例如，以计算机为基础的对几乎包括气候所有组成部分的一系列算法的解答)。
Nitrogen oxides 氧化氮	由氮和氧原子组成的化合物(通常为气体)，在核火球中可能大量产生其中一些可能有害于臭氧层的这类化合物。
Numerical simulation 数字模拟	通过数字方法和近似法来模拟一个过程。
Optical depth 光学深度	对大气层不透明度的一种衡量
Oxidation 氧化	在本文中指任何物质同氧化合的反应
Ozone 臭氧	在阳光作用下在平流层形成的由三个氧原子组成的分子。臭氧对维持大气的结构和运动以及对遮挡有害的紫外线、使其不到达地球表面起重要作用。核大火所产生的气体，尤其是氧化氮会破坏平流层的臭氧层。
Photosynthesis 光合作用	自养植物(通常是绿色植物)用二氧化碳和水在光化学作用下合成糖。除少数例外情况，这个过程是所有食物链的基础，所有生命都依赖这个过程。
Photosynthetically active radiation 光合有效辐射	电磁波谱可见光中促进光合作用效率最高的橙—红—蓝部分。

Primary production 初级产物	光合植物的生物产物，是除少数以外，所有食物链的基础。
Pyrolysis 热分解	在热（无氧化）作用下化合物分解成其组成部分
Pyrotoxins 火生毒素	火焰中释放或产生的毒素。
Radionuclide 放射性核素	放射性核素或原子。
Reflectance (optical) 反射性（光学）	一个介面表面将射向该介体的辐射朝原方向折回的能力。
Residual radiation 残余辐射	在核爆炸后很长一段期间内仍存在的辐射（主要是伽马射线和 $\beta$ 粒子），其来源为裂变产生和由于中子激活而具有放射性的碎片。
Scattering (optical) 散射（光学）	悬浮在具有不同折射的介面中的粒子将入射光线的部分或全部散射到各个方向而不涉及能的转换。散射加上吸收减弱大气中颗粒的辐射。
Sensible heat 显热、感热	焓的同义词，是以一个系统的内能、压力和体积定义的热力学态函数。
Shock front 冲击波前沿	爆炸的迅速膨胀导致介面（如空气或水）的压缩，从而向四周传出的压力波。
Shortwave radiation 短波辐射	太阳电磁波谱中可见光和近可见光部分的气象学术语。这不是一个很确切的词，不同的人有不同的定义，有的定为0.4—1.0微米，有的则定为0.29—4.0（峰值5.0）微米。

Smoke emission factor 冒烟系数	燃烧中燃料转为烟炱或烟的重量比率。5%是一个具有代表性的加权数值。
Smoke injection 烟粒注入	烟粒(或尘和烟炱)在爆炸后的实际情况下或在计算机模拟的具体条件下注入大气。
Smoke loading 烟粒密度	大气中单位面积内的烟粒数量,通常按 $g^{m-2}$ 单位计算。
Solar radiation 太阳辐射	太阳发出的整个电磁波谱。
Stratosphere 平流层	低层大气(对流层)以上中间层以上的大气层,即最低从10—20公里(视纬度而定)起至20—25公里高处。其特征为持续环流和存在着臭氧层。
Synergism 协合作用,增效作用	两种现象的相互作用,其合并作用大于其单独作用的总和。
Taiga 泰加群落	有许多苔藓的开阔沼泽丛林。
Thermal inertia(ocean) 热惯性(海洋)	海洋由于体积大以及水的热容量高而对大气和地面温度变化反应迟缓
Thermal radiation 热辐射	核火球发出的紫外线、可见光和红外线。对于低空的空中爆炸,最初发出紫外线脉冲,接着发出低能量的可见光和红外线脉冲。
Ton 吨	通常指短吨,即2000磅。
Tonne 公吨	公吨,即1000千克。

Triage 伤病员分类	在资源不足以给予所有病人最适度的治疗时将病人按优先次序分类给予治疗。
Trinitrotoluene 三硝基甲苯	一种常规的炸药(缩写TNT梯恩梯)。
Tropopause 对流层顶	不稳定的对流层下层和相对稳定的平流层之间的断层。
Troposphere 对流层	低层大气从地面到10—20公里高度(视纬度而定)的部分,其特征是温度随着高度降低。风的纵向运动和大量水蒸气,这是气象系统运作的区域。
TTAPS	一本关于核爆炸对气候影响的重要出版物(见书目中Turco等,1983)的作者名字的缩写。
Turbidity (meteorology) 浑浊度(气象学)	无云大气中存在的烟、尘和霾将可见度减低。
紫外辐射	比可见光较短比X射线较长的电磁辐射(400—10纤米),导致大气中许多重要的光化学反应,特别是平流层臭氧的形成。紫外线可细分,UV-B(315—280纤米)波段对生物最为重要。
UV, UV-B	见紫外辐射。
Winter wheat 冬小麦	北美和亚洲的一种重要作物,在秋天播种在春天发芽。
Yield (of nuclear weapon) (梯恩梯)当量(核武器)	爆炸能量,通常以一定数量(千吨,百万吨)的常规炸药梯恩梯所释放的大约能量为单位。

书目

- Abakoumova, G.M. et al. 1986. Influence of smoke haze on the transmittance of the solar radiation and natural illumination. Meteorologia i Hydrologia, No. 11, pp. 24-30. (In Russian)
- Aleksandrov, V.V. and G.M. Stenchikov. 1983. On the modelling of the climatic consequences of the nuclear war. Proceedings of Applied Mathematics, Moscow: Computing Centre of the USSR Academy of Sciences, 1983.
- Aleksandrov, V.V. and G.M. Stenchikov. 1984. Concerning a computational experiment: modelling the climatic consequences of nuclear war. Zhurnal Vycheslitel'noy Matematiki i Matematicheskoy Fiziki (Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics), vol. 24, No. 1, pp. 140-144. (In Russian, English translation pp. 87-90.)
- Andronova, A.V. and P.P. Anikin, 1986. Investigation of aerosol formation upon-combustion of various materials and their optical properties. In Combustion of Heterogeneous and Gaseous Systems, pp. 124-127. Materials of the Eighth All-Union Symposium on Combustion and Explosion. Chemical Physics Institute of the USSR Academy of Sciences.
- Birks, J.W. and S.L. Stephens. 1986. Possible toxic environments following a nuclear war. In The Medical Implications of Nuclear War, eds. Solomon, F. and R.Q. Marston, pp. 155-166, National Academy Press, Washington D C: Institute of Medicine. 619 p.
- Brinkman, A.W. and J. McGregor. 1983. Solar radiation in dense Saharan aerosol in Northern Nigeria. Quarterly Journal Royal Meteorological Society, vol. 109, pp. 831-897.
- Budyko, M.I., G.S. Golitsyn and Yu.A. Israel. 1986. Global Climatic Catastrophes, Leningrad: Hydromet Publishing House. 160 p.
- Bush, B.H. and R.D. Small. 1987. A note on the ignition of vegetation by nuclear weapons. Combustion Science and Technology, vol. 52, pp. 25-38.
- Cotton, W. R. 1985. Atmospheric convection and nuclear winter. American Scientist, vol. 73, pp. 275-280.
- Covey, C. 1987. Protracted climatic effects of massive smoke injection into the atmosphere. Nature, vol. 325, pp. 701-703.
- Covey, C., S.H. Schneider and S.L. Thompson. 1984. Global atmospheric effects of massive smoke injections from a nuclear war: results from general circulation model simulations. Nature, vol. 308, pp. 21-25.

- Crutzen, P.J. and J.W. Birks. 1982. The atmosphere after nuclear war: twilight at noon, Ambio, vol. 11, pp. 115-125. (Reprinted in The Aftermath: The Human and Ecological Consequences of Nuclear War, ed. Peterson, J., New York: Pantheon Books, 1983, pp.196.)
- Crutzen, P., I.E. Galbally and C. Brühl, 1984. Atmospheric effects from post-nuclear fires. Climatic Change, vol. 6, pp. 323-364.
- Demchenko, C.F. and A.S. Ginsburg. 1986. Influence of radiation on the vertical development of a turbid atmospheric layer. Meteorology and Hydrology, No. 6, pp. 51-57.
- Dotto, L. 1986. Planet Earth in Jeopardy. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley and Sons. 134 p.
- Ehrlich, P.R., J. Harte, M.A. Harwell, P.H. Raven, C. Sagan, G.M. Woodwell, J. Berry, E.S. Ayensu, A.H. Ehrlich, T. Eisner, S.J. Gould, H.D. Grover, R. Herrera, H.A. Mooney, N. Myers, D. Pimentel and J.M. Teal. 1983. Long-term biological consequences of nuclear war. Science, vol. 222, pp. 1293-1300.
- Ehrlich, P.R., C. Sagan, D. Kennedy and W.O. Roberts. 1984. The Gold and the Dark: The World After Nuclear War. New York: W.W. Norton and Company Inc. 229 p. (Also published in some countries as The Nuclear Winter : The World After Nuclear War, London: Sigwick and Jackson Limited, London. 227 p.)
- Ganopolsky, A.N. and G.L. Stenchikov. 1987. Numerical modelling of a nuclear winter: cooling of ocean upper mixed layer and relaxation of climate. (Presented at the SCOPE-ENUWAR Workshop, Bangkok, February 1987.)
- Ghan, S.J., M.C. MacCracken and J.J. Walton. 1987 a. The climatic response to large atmospheric smoke injections: sensitivity studies with a tropospheric smoke injections: sensitivity studies with a tropospheric general circulation model. Journal of Geophysical Research. (Submitted.)
- Ghan, S.J., M.C. MacCracken and J.J. Walton. 1987 b. Chronic effects of large atmospheric smoke injections: interactions with the ocean mixed layer, sea ice, and ground hydrology. Paper presented at the Defense Nuclear Agency, Global Effects Program Technical Meeting, Santa Barbara, California, 7-9 April 1987.
- Golitsyn, G.S. 1986 a. Climatic consequences of nuclear war. Paper presented at the ICSU Symposium on the Consequences of Nuclear War, Berne, 16 September 1986. Paris: ICSU Press.
- Golitsyn, G.S. 1986 b. Nuclear winter: new developments from the USSR. Environment, vol. 28, pp. 5-44.

- Golitsyn, G.S. and M.C. MacCracken. 1987. Atmospheric and climatic consequences of a major nuclear war: results of recent research. Geneva: World Meteorological Organization, WCP-142.
- Golitsyn, G.S. and N.A. Phillips. 1986. Possible climatic consequences of a major nuclear war. Geneva: World Meteorological Organization, WCP-113.
- Golitsyn, G.S. and A. Kh. Shukurov. 1987. Temperature effects of dust aerosols on the example of dust storms in Tadjikistan. Proceedings of the USSR Academy of Science, 1987.
- Gostintsev, Yu.A. 1986. Generation, vertical distribution and climatic effects of soot from nuclear blasts. Paper presented at the Second All-Union Conference of Scientists for Peace and Nuclear War Prevention, Moscow, 27-29 May 1986.
- Green, W., T. Cairns and J. Wright. 1987. New Zealand After Nuclear War. New Zealand Planning Council, Wellington, New Zealand. 166 p.
- Harwell, M.A. 1984. Nuclear Winter: The Human and Environmental Consequences of Nuclear War. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer Verlag. 179 p.
- Harwell, M.A. and T.C. Hutchinson. 1986. Environmental Consequences of Nuclear War. Volume II. Ecological and Agricultural Effects, SCOPE 28, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley and Sons. 517 p.
- Institute of Medicine. 1986. The Medical Implications of Nuclear War. Eds. Solomon, F. and R.Q. Marston, National Academy Press, Washington D C: 10M. 619 p.
- Izrael, Yu.A. 1984. Ecology and Control of the State of Environment. Leningrad: Hydromet Publishing House. 560 p.
- Kondratyev, K.Ya. and G.A. Nikolsky. 1986. Possible ecological consequences of nuclear war for atmosphere and climate. Review preprint, Moscow: Centre for International Projects. 48 p.
- Kondratyev, K.Ya., O.B. Vasilyev, V.S. Grishchkin. 1971. Concerning the spectral distribution of the radiative flux of heat into the atmosphere. Doklady Acad. Sci. USSR, vol. 198, pp. 322-327.
- Malone, R.C., L.H. Auer, G.A. Glatzmaier, M.C. Wood. and O.B. Toon. 1986. Nuclear winter: three-dimensional simulations including interactive transport, scavenging and solar heating of smoke. Journal of Geophysical Research, vol. 91, pp. 1039-1053.

- Malone, R.C. 1987. A comparison of Eulerian and Lagrangian methods for tracer transport in a GCM. Paper presented at the Defense Nuclear Agency Global Effects Technical Meeting, 7-9 April 1987, Santa Barbara, California.
- Mulholland, G. 1986. Smoke emission. Paper presented at the Defense Nuclear Agency/National Bureau of Standards Workshop on Smoke Emission and Properties, 13-14 November 1986, Gaithersburg, Maryland.
- National Research Council. 1975. Long-term Worldwide Effects of Multiple Nuclear Weapons Detonations. Washington D C: National Academy Press. 213 p.
- National Research Council. 1985. The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange. Washington D C: National Academy Press. 193 p.
- Patterson, E.M., C.K. McMahon and D.E. Ward. 1986. Absorption properties and graphitic carbon emission factors of forest fire. Geophysics Research Letters, vol. 13, pp. 129-132.
- Penner, J. 1986. Uncertainties in the smoke source term for nuclear winter studies. Nature, vol. 324, pp. 222-226.
- Peterson, J. Ed. 1983. The Aftermath. The Human and Ecological Consequences of Nuclear War. New York: Pantheon Books. 96 p.
- Pittock, A.B. 1987. Nuclear Winter in Australia and New Zealand: Beyond Darkness. South Melbourne: The Macmillan Company of Australia Pty. Ltd. 264 p.
- Pittock, A.B., T.P. Ackerman, P.J. Crutzen, M.C. MacCracken, C.S. Shapiro and R.P. Turco. 1986. Environmental Consequences of Nuclear War. Volume I. Physical and Atmospheric Effects. SCOPE 28, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley and Sons. 360 p.
- Robock, A. 1984. Snow and ice feedbacks for prolonged effects of nuclear winter. Nature, vol. 310, pp. 667-670.
- Robock, A. 1988. Cooling from 1987 forest fires. Paper presented at the DNA Global Effects Program Technical Meeting, 19-21 April 1988, Santa Barbara, California.
- Royal Society of Canada. 1985. Nuclear Winter and Associated Effects: A Canadian Appraisal of the Environmental Impact of Nuclear War. Ottawa: Royal Society of Canada. 382 p.
- Schneider, S.H. 1987. Climate modelling. Scientific American, May 1987. pp. 72-80.
- Schneider, S.H. and R. Londer. 1984. The Co-evolution of Climate and Life. San Francisco: Sierra Club Books. 563 p.

- Seshu, D.V., T. Woodhead, D.P. Garrity and L.R. Oldeman. 1987. Production and vulnerability of rice as affected by weather and climate. Paper distributed at the SCOPE-ENUWAR workshop, Geneva, 16-20 November 1987.
- Small, R.D. and B.H. Bush. 1985. Smoke production from nuclear explosions in non-urban areas. Science, vol. 229, pp. 46-469.
- Small, R.D., B.H. Bush and M.A. Dore. 1987. SCOPE Conference paper GE.02.87, Geneva, 1987.
- Small, R.D., B.H. Bush and M.A. Dore. 1988. Initial smoke distribution for nuclear winter calculations. Aerosol Science and Technology (in press).
- Small, R.D. and K.E. Heikes. 1988. Early cloud formation by large area fires. Journal of Applied Meteorology (in press).
- Sokolik, I.N., T.A. Tarasova and E.M. Feigelson. 1986. Optical characteristics of the smoky atmosphere and radiative heating. Meteorologia i Hydrologia, No. 11, pp. 31-26. (In Russian.)
- Stenchikov, G.L. and P. Carl. 1985. Climate consequences of nuclear war: sensitivity to large-scale inhomogeneities in the initial atmospheric pollution. Preprint, GDR Academy of Science. 90 p.
- Stenchikov, G.L. 1986. Climatic consequences of nuclear war: numerical experiments with a hydrodynamical climate model. In Climatic and Biological Consequences of Nuclear War, Moscow: Nauka, pp. 66-99.
- Stephens, S.L., J.G. Calvert and J.W. Birks. 1988. Ozone as a sink for atmospheric carbon aerosols: today and following nuclear war. Paper presented at the SCOPE-ENUWAR workshop in Moscow, 21-25 March 1988.
- Svirezhev, Yu. M., G.A. Alexandrov, P.L. Arkhipov, A.D. Armand, N.V. Belotelov, E.A. Denisenko, S.V. Fesenko, V.F. Krapivin, D.O. Logofet, L.L. Ovsyannikov, S.B. Pak, V.P. Pasekov, N.F. Pisarenko, V.N. Razzevaikin, D.A. Sarancha, M.A. Semenov, D.A. Smidt, G.L. Stenchikov, A.M. Tarko, M.A. Vedjushkin, L.P. Vilikova and A.A. Voinov. 1985. Ecological and Demographic Consequences of a Nuclear War. Moscow: Computing Centre, UESR Academy of Sciences. 282 p.
- Thompson, S.L., V. Ramaswamy and C. Covey. 1987. Atmospheric effects of nuclear war aerosols in General Circulation Model simulations: influence of smoke optical properties. Journal of Geophysical Research, vol. 92, number D9, pp. 10942-10960.
- Tripoli, G.J. and S.W. Kang. 1987. A numerical simulation of the smoke plume generated by a hypothetical urban fire near San Jose, California. SCOPE-ENUWAR Paper BA.01.87.

Turco, R.P., O.B. Toon, T.P. Ackerman, J.B. Pollack and C. Sagan. 1983. Nuclear winter: global consequences of multiple nuclear explosions. Science, vol. 222, pp. 1283-1292.

United Nations. 1981. Comprehensive Study on Nuclear Weapons, New York. United Nations, Sales No. E.81.I.11.

United Nations. 1985. Climatic effects of nuclear war, including nuclear winter, a compilation. General Assembly document A/40/449 and Corr.1 and 2. New York. United Nations.

Velikhov, Ye. P. 1985. (Ed.) The Night After: Climatological and Biological Consequences of Nuclear War. Moscow: Mir, 1985.

Veltishchev, N.N., Ginsburg, A.S. and G.S. Golitsyn. 1987. Comparative analysis of mass "nuclear" and natural forest fires. (Submitted *Izvestia Atmos. Oceanic Physics*.)

Vupputuri, R.K.R. 1986. The effect of ozone photochemistry on atmospheric and surface temperature changes due to large atmospheric injections of smoke and NO<sub>x</sub> by a large-scale nuclear war. Atmospheric Environment. vol. 20, pp. 665-680.

World Health Organization. 1984. Effects of Nuclear War on Health and Health Services. Geneva: WHO. 176 p.

World Health Organization. 1987. Effects of Nuclear War on Health and Health Services. Second edition, Geneva: WHO. 179 p.

Woodie, W.L., D. Remetch and R.D. Small. 1984. Battlefield Fires from Tactical Nuclear Weapons. Defense Nuclear Agency, Report DNA-TR-86-235, 15 November 1984.

Xu, Guo-chang, Ghenm, Min-lian and Wu, Guo-Xiant. 1979. On an extraordinarily heavy sandstorm on April 22nd in Gansu. Acta Meteorologia Sinica, vol. 37, pp. 27-35.

Zak, B. 1987. Plume characterization studies of hydrocarbon pool fires. Paper presented at the Defense Nuclear Agency Global Effects Program Meeting, 7-9 April 1987, Santa Barbara, California.

- - - - -