

禁止核武器条约缔约国 第二次会议

Distr.: General
27 October 2023
Chinese
Original: English

2023年11月27日至12月1日，纽约

临时议程* 项目 11 (f) (→)

审议《条约》的现况和实施情况以及对实现
《条约》的目标和宗旨具有重要意义的事项：
对实现《条约》的目标和宗旨具有重要意义的
其他事项：为有效执行《条约》提供科学和
技术咨询

科学咨询小组关于核武器的现状和发展、核武器风险、核武器 的人道后果、核裁军及相关问题的报告

一. 引言

1. 禁止核武器条约缔约国第一次会议设立了科学咨询小组。缔约国第二次会议主席任命了小组成员，任期自 2023 年 2 月 8 日起，至条约第一次审议大会最后一天届满。科学咨询小组根据 [TPNW/MSP/2022/WP.6](#) 号文件所载的任务授权设立，该文件详细说明了科学咨询小组的宗旨、背景和职权范围。小组成员以独立专家的个人身份任职(见下文第二节)。
2. 科学咨询小组在整个 2023 年期间定期召开会议。有关小组活动的更多信息可参阅小组关于其年度活动的报告([TPNW/MSP/2023/6](#))。作为其任务授权的一部分，小组兹转递本报告，说明核武器的现状和发展、核武器风险、核武器的人道后果、核裁军及相关问题。
3. 本报告借鉴了已发布的开源材料和科学咨询小组内部的专门知识。
4. 科学咨询小组感谢《禁止核武器条约》缔约国、缔约国第二次会议主席、裁军事务厅秘书处和应邀向会议通报情况的专家提供的协助。

* [TPNW/MSP/2023/1](#)。



二. 科学咨询小组成员

5. 科学咨询小组成员如下：

- 夸梅·雷米·阿朱马尼
- 巴希拉·巴哈尔丁
- 埃尔兰·巴特尔别科夫
- 安德烈·约翰·比伊斯
- 扬·弗罗莫-格拉
- 布瓦雷纳巴·考图
- 莫里茨·库特
- 帕特里夏·路易斯
- 齐亚·米安
- 伊万娜·尼科利奇·休斯
- 塞巴斯蒂安·菲利普
- 佩特拉·塞伯特
- 诺埃尔·弗朗西斯·斯托特
- 赫拉尔多·苏亚雷斯·雷诺索
- 劳尚·卡比尔·佐达尔

三. 核武器现状

6. 《禁止核武器条约》全面禁止发展、试验、生产、制造、获取、拥有或储存核武器，以及在任何情况下使用和威胁使用核武器。在仍拥有核武器的情况下有意加入该条约的核武器拥有国必须解除所有核武器的临战状态并将其销毁。2017年7月7日后拥有核武器的国家也可选择销毁核武器，然后加入该条约。

7. 本节讨论了九个核武器拥有国的核武器现状，包括武器储存和能力、现代化努力以及钚和高浓铀(维持核裂变链式反应的裂变材料)的持有情况。本节内容基于独立分析和估算以及有限的官方数据。

武器储存

8. 核武器拥有国正在为其武库增添新武器或新能力。据估计，截至2023年初，全球核武器储存中约有12 500枚核弹头(主要用于导弹，有些作为炸弹使

用), 其中包括约 3 000 枚等待拆除的退役核弹头(见表 1)。¹ 在全球范围内, 数量最多的是处于储存状态的核武器, 而不是已部署和随时可用状态的核武器。约 90% 的核弹头由美利坚合众国和俄罗斯联邦持有。据独立估算, 自《禁止核武器条约》开放供签署以来, 有两个国家(美国和法国)减少了军用核武器储存。² 而自那时起, 所有其他国家的军事储存估计量都有所增加。有些估计高度不确定。

表 1:
按国家列示的核弹头估计数量

	弹头总数	战备弹头数量	等待拆除的 弹头数量	《禁止核武器条约》开放供签署 以来军用弹头储存量变化趋势	已部署弹头和储存弹头的爆 炸当量(百万吨 TNT 当量)
俄罗斯联邦	5 900	950	1 400	增加	980
美利坚合众国	5 240	840	1 540	减少	860
中国	410	—	—	增加	130
法国	290	80	—	减少	29
大不列颠及北爱尔兰联合王国	230	50	—	增加	23
巴基斯坦	170	—	—	增加	3.4
印度	160	—	—	增加	4.1
以色列	90	—	—	增加	2.5
朝鲜民主主义人民共和国	30	—	—	增加	1.5
共计	12 520	1 920	2 940	增加	20.3 亿吨

资料来源: 美国科学家联合会

注: 四舍五入至 10 枚核弹头。总数包括已部署、储存和退役的弹头。战备弹头是指安装于随时准备从陆基发射井、移动导弹发射装置和巡逻潜艇发射的武器上的弹头。

9. 弹头总数较 1980 年代的峰值已有大幅下降。1990 年代, 美国和俄罗斯联邦每年拆除的弹头多达数千枚。随着优先事项转向弹头寿命延长和现代化, 退役核弹头的拆除率急剧下降, 同时全球储存中继续增加新武器。全球核弹头储存的年度削减量甚至大大低于五年前。

¹ Hans M. Kristensen and others, “Status of world nuclear forces”, Federation of American Scientists, blog, 31 March 2023 战备武器和当量数据得自与美国科学家联合会 Matt Korda 和 Hans Kristensen 的私人通信。当量可变的武器则使用最大当量值。

² 这些说明不包括待拆除的武器, 所依据的估计数据见 Stockholm International Research Institute, *SIPRI Yearbook 2018: Armaments, Disarmament and International Security* (Oxford University Press, 2018); and Stockholm International Research Institute, *SIPRI Yearbook 2023: Armaments, Disarmament and International Security* (Oxford University Press, 2023)。

10. 没有一个核武器拥有国定期提供关于其核弹头储存的最新信息。相对而言，美利坚合众国比其他国家更加透明，提供了包括历史数据在内的申报，但这种做法时断时续，并且自 2021 年以来，美国没有公布任何储存数据。³
11. 法国不时对其储存总量进行说明，最近一次是在 2020 年。⁴
12. 大不列颠及北爱尔兰联合王国偶尔也发布储存信息，上一次公布其核武库上限是在 2021 年。⁵ 联合王国最近将核弹头储存上限提高到 260 枚，并有可能将其储存量从 225 枚增加到这一水平。
13. 中国、朝鲜民主主义人民共和国、印度、以色列、巴基斯坦和俄罗斯联邦从未公布过各自的储存量。
14. 在俄罗斯联邦于 2023 年暂停《新裁武条约》之前，美利坚合众国和俄罗斯联邦曾定期交流和公布有关使用条约特定弹头计算规则所得出的已部署战略弹头和发射器总数的信息。类似的透明度措施未来如何尚不清楚。
15. 当量是表明核武器的破坏性能量及其对人类和环境所造成的后果的一个重要指标。当量是以核爆炸时释放的能量来计量的，通常以千吨或百万吨 TNT 当量表示。TNT 是一种化学炸药。俄罗斯联邦和美国目前核武库的总当量估计都超过 8 亿吨 TNT 当量。朝鲜民主主义人民共和国的核武库最小，估计总当量为 150 万吨 TNT 当量，约为广岛原子弹当量的 100 倍。全球储存中大多数弹头的单枚当量为几十万吨 TNT 当量。有些弹头的当量低至千吨 TNT 当量的几分之一，而另一些则达到几百万吨 TNT 当量。有些弹头的当量可以调整。

现代化

16. 所有核武器国家都在对核武器和运载系统进行现代化改造，开发周期往往长达数十年，武器系统的预期寿命有时也长达 50 年或更久。
17. 美利坚合众国正在对五种不同类型的核弹头进行现代化改造，并计划在不久的将来再增加四种类型的核弹头。⁶ 美国还在对其核轰炸机机队进行现代化改

³ United States of America, Department of State, “Transparency in the U.S. nuclear weapons stockpile”, 5 October 2021.

⁴ Emmanuel Macron, President of France, speech on the strategy of defence and deterrence at the War College, 7 February 2020.

⁵ United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, Cabinet Office, *Global Britain in a Competitive Age: The Integrated Review of Security, Defence, Development and Foreign Policy* (2021).

⁶ United States, Department of Energy, National Nuclear Security Administration, *Fiscal Year 2023: Stockpile Stewardship and Management Plan – Biennial Plan Summary*, Report to Congress (Washington, D.C., 2023).

造，并在开发一种新型洲际弹道导弹，计划使用寿命到 2075 年。⁷ 现有潜射弹道导弹的寿命将延长至 2084 年，新型空射巡航导弹将于 2030 年投入使用。⁸ 目前正在就研制一种新型核武装海射巡航导弹进行讨论。⁹

18. 俄罗斯联邦为更新苏联时代的武器而进行的现代化努力包括井基洲际弹道导弹和公路机动洲际弹道导弹、潜艇、战略轰炸机、空中和地面发射的巡航导弹。最近退役的潜艇已服役近 40 年，¹⁰ 假设新潜艇服役年限与之相近，则意味着它们将服役到 2063 年。俄罗斯联邦最近开始部署“先锋”高超音速飞行器，并正在研制新的核武器系统，包括“萨尔马特”洲际弹道导弹、“波塞冬”核动力水下鱼雷和“海燕”核动力巡航导弹。¹¹

19. 中国一直在大幅增加洲际弹道导弹发射井的数量，尽管这些发射井尚未装载导弹。中国正在研制一种新型洲际弹道导弹，并对一种部分轨道轰击系统进行了测试。中国还拥有 6 艘配备潜射弹道导弹的潜艇，自 2021 年以来一直进行近乎持续的海上运行，并正在研制新型潜艇，预计寿命为 40 年。自 2018 年以来，中国还将轰炸机进行重新分配用于执行核任务，并正在研制用于执行核武器任务的新型飞机和新型空射巡航导弹。¹²

20. 联合王国潜艇舰队计划在 2030 年代初进行替换。替换潜射弹道导弹将取决于美利坚合众国，因为后者将这种导弹租赁给联合王国。¹³ 联合王国的核弹头替换计划正在进行中，但它依赖于美国的 W93 弹头研制计划。¹⁴

⁷ Air Force Nuclear Weapons Centre, Office of Public Affairs, “Fact sheet: LGM-35A Sentinel”, April 2022.

⁸ Hans M. Kristensen and Matt Korda, “United States nuclear weapons, 2023”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 79, No. 1 (January 2023).

⁹ Bryant Harris, “GOP moves to instate sea-launched cruise missile nuclear program”, *Defense News*, 21 June 2023.

¹⁰ Pavel Podvig, “Two project 667BDR submarines withdrawn from service”, *Russian Strategic Nuclear Forces*, blog, 14 March 2018.

¹¹ Hans M. Kristensen, Matt Korda and Eliana Reynolds, “Russian nuclear weapons, 2023”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 79, No. 3 (May 2023).

¹² Hans M. Kristensen, Matt Korda and Eliana Reynolds, “Chinese nuclear weapons, 2023”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 79, No. 2 (March 2023).

¹³ Hans M. Kristensen and Matt Korda, “United Kingdom Nuclear Weapons, 2021”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 77, No. 3 (May 2021).

¹⁴ United States, Department of Energy, National Nuclear Security Administration, “W93/MK7 Acquisition Program”, January 2022.

21. 法国正在研制第三代装备核武器的潜艇，将于 2035 年投入使用。¹⁵ 其运行寿命计划将持续到 2090 年。¹⁶ 核武装空射巡航导弹的翻新计划和随后的替换计划正在进行中。¹⁷
22. 有关以色列武库的信息很少，且极为不确定。据信，以色列的主要核武器运载系统是地射弹道导弹和美国提供的具有核能力的战斗机。以色列还可能拥有核武装潜射巡航导弹。陆基导弹目前正在升级。¹⁸
23. 印度至少有三种陆基弹道导弹正在研制中，计划在未来几年内投入使用，并可能正在研制洲际弹道导弹和新型潜射弹道导弹。印度最近还从法国购买了新型“阵风”战斗机，该战斗机可能能够执行核任务。其下一代核潜艇可能在 2020 年代末投入使用。据估计，印度的核武库每年增加 5 至 10 枚核武器。¹⁹
24. 巴基斯坦正在研制几种新型运载系统，包括各种射程的弹道导弹(其中一种可能可携带多弹头)以及空射、地射和海射巡航导弹。该国正在引进执行核任务的新型飞机，并为其海射巡航导弹建造新潜艇。据估计，巴基斯坦的核武库每年增加 5 至 10 枚核武器。²⁰
25. 有关朝鲜民主主义人民共和国武库的信息很少，且极为不确定。近年来，该国宣布试验了多种弹道导弹，包括洲际弹道导弹和潜射弹道导弹，并正在研制核潜艇。²¹ 2023 年，朝鲜宣布拥有一艘可作战“战术核攻击潜艇”。²²
26. 为了更好地理解上述现代化努力所体现的 21 世纪核军备竞赛的动态，今后需要开展相关研究。此类研究应探讨具体国家的现代化努力如何相互作用并影响其他国家的努力、如何为未来的核裁军带来挑战，以及如何增加核风险。联合国裁军研究所(裁研所)等机构可开展此类研究。

¹⁵ H. I. Sutton and Xavier Vavasseur, “France’s new submarine will be even quieter than the ocean”, *Naval News*, blog, 26 February 2021.

¹⁶ Interview de Florence Parly, ministre des Armées, à Europe le 19 février 2021, sur la défense spatiale, la dissuasion nucléaire, la résurgence de Daesh et la lutte contre le terrorisme au Sahel.

¹⁷ Hans M. Kristensen, Matt Korda and Eliana Johns, “French nuclear weapons, 2023”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 79, No. 4 (July 2023).

¹⁸ Hans M. Kristensen and Matt Korda, “Israeli nuclear weapons, 2021”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 78, No. 1 (January 2022).

¹⁹ Hans M. Kristensen and Matt Korda, “Indian nuclear weapons, 2022”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 78, No. 4 (July 2022).

²⁰ Hans M. Kristensen, Matt Korda and Eliana Johns, “Pakistan Nuclear Weapons, 2023”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 79, No. 5 (September 2023).

²¹ Hans M. Kristensen and Matt Korda, “North Korean nuclear weapons, 2022”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 78, No. 5 (September 2022).

²² Josh Smith and Soo-Hyang Choi, “North Korea unveils first tactical, nuclear-armed submarine”, *Reuters*, 8 September 2023.

核武器部署国和其他国家

27. 除了九个核武器拥有国之外，还有六个核武器所在国。五个北大西洋公约组织(北约)国家，即比利时、德国、意大利、荷兰王国和土耳其，部署了属于美国的核武器。美国目前正在对部署在这些北约国家的武器进行现代化改造，除土耳其外，所有这些国家最近都对用于运载核武器的飞机进行了升级。²³ 希腊承担着应急核打击任务。²⁴ 目前正在讨论在英国重新部署美国核武器的问题。²⁵ 据信，自 2023 年 6 月起，白俄罗斯部署了俄罗斯联邦的核武器。²⁶

28. 近年来，从核武器拥有国获得某种与核武器相关的安全保障的无核武器国家数量有所增加。美国、联合王国和法国的承诺涵盖了扩大后的北约联盟成员国。美国还向日本、大韩民国和澳大利亚提供核保证。²⁷ 亚美尼亚和白俄罗斯也得到了俄罗斯联邦的此类保证。²⁸

裂变材料储存

29. 最常见的裂变材料是钚和高浓铀。这两种材料都可以维持核裂变链式反应，从而制造出裂变武器和热核武器。钚是从经过辐照的核反应堆燃料中化学分离出来的。高浓铀是利用浓缩技术生产的，该技术能够将铀 235 从丰度更高的铀 238 同位素中分离出来。国际原子能机构(原子能机构)认为，几乎所有钚都可用于武器，而铀 235 含量达到或超过 20% 的铀则为可用于武器的铀，并将其定义为高浓铀。

30. 有 2022 年初对钚和高浓铀的独立估计数据，以下讨论基于这些估计。²⁹ 十个国家总共储存了 550 公吨分离钚。在核武器拥有国，这包括武器中的钚和可用于武器的钚(140 公吨)。据信，所有这些国家的钚库存量都超过了各自武库中弹头所需钚用量。这意味着，现有的钚库存足以满足大幅扩建核武库的需要。

²³ Hans M. Kristensen and Matt Korda, “World nuclear forces”, in *SIPRI Yearbook 2023: Armaments, Disarmament and International Security* (Oxford University Press, 2023).

²⁴ Hans M. Kristensen, “NATO steadfast noon exercise and nuclear modernization in Europe”, Federation of American Scientists, blog, 17 October 2022.

²⁵ Matt Korda and Hans Kristensen, “Increasing evidence that the US air force’s nuclear mission may be returning to UK soil”, Federation of American Scientists, 28 August 2023.

²⁶ President of Russia, “Plenary session of the St. Petersburg International Economic Forum”, 27 June 2023.

²⁷ The White House, “Japan-U.S. joint leaders’ statement: strengthening the free and open international order”, 23 May 2022; and The White House, “Washington Declaration”, 26 April 2023.

²⁸ 见 <https://banmonitor.org/the-context-of-the-tpnw>。

²⁹ 以下估计数据源自 Moritz Kütt, Zia Mian and Pavel Podvig, “Global stocks and production of fissile materials, 2019”, in *SIPRI Yearbook 2023: Armaments, Disarmament and International Security* (Oxford University Press, 2023). Further information can be found in Moritz Kütt and others, *Global Fissile Material Report 2022: Fifty Years of the Nuclear Non-Proliferation Treaty – Nuclear Weapons, Fissile Materials, and Nuclear Energy* (Princeton, New Jersey, International Panel on Fissile Material, 2022)。

31. 朝鲜民主主义人民共和国、印度、以色列和巴基斯坦继续在武器计划中生产钚。法国、日本、俄罗斯联邦和中国生产了可用于武器的民用钚。日本是唯一一个拥有吨级数量钚并实施大规模钚分离计划的无核武器国家。

32. 2022 年初，全球高浓铀库存估计约为 1250 公吨。无核武器国家拥有约 4 公吨高浓铀。在核武器拥有国的库存中，约有 1 100 公吨已用于武器或可用于武器。在美国、俄罗斯联邦、中国、法国、巴基斯坦和联合王国，可用于武器的库存量大大超过其各自武库中弹头所需高浓铀用量。如同钚一样，这些过剩库存将使核武库未来在不进行新生产的情况下得以扩建。俄罗斯联邦、巴基斯坦、印度、伊朗伊斯兰共和国，可能还有朝鲜民主主义人民共和国，都生产了新的高浓铀。以色列的生产情况尚不清楚。由于将高浓铀用于舰艇推进反应堆，俄罗斯联邦、联合王国和美国已用于或可用于武器的高浓铀库存正在减少。

33. 军用裂变材料的透明度参差不齐。美国上一次公布其军用钚产量和库存总量是在 2012 年。³⁰ 该国上一次报告高浓铀总量是在 2016 年。³¹ 联合王国上一次申报其军用钚库存总量是在 2000 年，³² 上一次公布其高浓铀库存总量是在 2006 年。³³ 其他核武器拥有国均未报告其裂变材料库存总量或军用裂变材料库存。

34. 为了能够在更充分了解情况的前提下对全球核武器现状进行最新分析，迫切需要核武器拥有国提高透明度，定期报告其武库、现代化计划、武器托管安排以及裂变材料的生产和储存情况。

四. 核武器风险

35. 《禁止核武器条约》在序言中提到核武器构成的风险，包括因意外事故、错误判断或蓄意所为造成核武器爆炸构成的风险。《条约》缔约国强调，这些风险关乎全人类的安全，所有国家都有责任防止核武器的任何使用。

36. 本节讨论了核武器构成的特殊类型的风险，概述了不同国家当前姿态造成的核武器风险，讨论了最近提出的威胁使用核武器的情况，并重点指出了对风险进行思考的方法及其局限性。

对当前姿态所造成的风险的评估

37. 只要核武器存在，就存在核爆炸的风险。其中一个风险是，国家领导人有计划地蓄意使用这些武器。也可能发生意外爆炸，例如由于技术故障造成爆炸。此外，核武器也可能被意外使用；例如，在一个国家感到不得不发射核武器，

³⁰ United States, Department of Energy, National Nuclear Security Administration, “The United States plutonium balance, 1944–2009”, June 2012.

³¹ The White House, Office of the Press Secretary, “Fact sheet: transparency in the U.S. highly enriched uranium inventory”, 31 March 2016.

³² United Kingdom, Ministry of Defence, “Plutonium and Aldermaston: an historical account”, 2000.

³³ United Kingdom, Ministry of Defence, “Historical accounting for UK Defence highly enriched Uranium”, March 2006.

否则这些武器就可能被摧毁的情况下。在每个风险类别中，技术、人为和理论因素都会影响使用核武器的风险。

38. 有意和意外使用核武器的风险受到国家战略和部队结构的影响。核武器拥有国目前的战略和兵力态势各不相同，当国家处于战争状态或危机期间时，风险可能会显著增加。表2列出了九个核武器拥有国当前核武器姿态的重要方面，但需要注意的是，有关姿态的声明中往往存在不确定性和模糊性，这可能是各国故意为之，以便其能够作出可能相互矛盾的解释。

表 2：
核武器姿态

	前沿部署 武器	首先使用战略	处于高度战备 状态的武器	海上巡逻	多弹头分导再入能力	对非核攻击的核反应
美利坚合众国	有	有	有	有	有	有
俄罗斯联邦	有	有	有	有	有	有
大不列颠及北爱尔兰 联合王国	无	有(北约)	无	有	有	有
法国	无	有(北约)	无	有	有	无
中国	无	无	无	有	有	原则上可能(但不首先使用)
以色列	无	不清楚	无	可能	不详	可能
印度	无	无	无	有	研制中	原则上可能(但不首先使用)
巴基斯坦	有	有	无	计划内	研制中	可能
朝鲜民主主义人民 共和国	无	不清楚	无	计划内	研制中	可能

简称：北约，北大西洋公约组织

39. 可以说，某些战略增加了使用核武器的风险。前沿部署的核武器增加了这样的风险，即在冲突中，这些武器可能变得易受攻击，因此可能为了使其不被摧毁而使用这些武器。首先使用原则有可能使常规冲突升级为包含使用核武器的冲突。武器处于高度战备状态，就更有可能在信息不完整或意外的情况下仓促使用。必须指出，大多数处于高度战备状态的武器都是洲际弹道导弹，一旦发射就无法收回。此外，当一个国家威胁使用核武器时，故意使用核武器的风险就会变得突出。核武器拥有国过去曾公开或不经意地发出过此类威胁。

最近提出的使用核武器的威胁

40. 2017 年，时任美国总统唐纳德·特朗普与朝鲜民主主义人民共和国领导人金正恩之间的口水战，以及随之进行的导弹试验和新核武器研制，导致了这样一种情况，即关于使用核武器的笼统而非具体的口头威胁达到了使美国和太平

洋地区许多人对使用核武器的可能性深感担忧的地步。³⁴ 在危机最严重的时候，夏威夷紧急警报系统于 2018 年 1 月 13 日上午 8 点 07 分通过电视、广播和手机误发了一条讯息，通知民众导弹即将来袭，应立即寻找掩护，并强调这不是演习。过了半个多小时，人们才被告知这是一次误报。³⁵

41. 在任何时候，这种错误信息都可能在民众中引起恐慌。但由于美国和朝鲜民主主义人民共和国之间的政治紧张局势日益加剧，许多人以为这是正确讯息。除了该讯息在夏威夷民众中引起焦虑外，这一事件还说明了文献中的结论，即人们在危机时刻的风险认知会增强。³⁶

42. 2022 年，在俄罗斯联邦入侵乌克兰的第一天，俄罗斯联邦总统弗拉基米尔·普京就宣布对那些试图阻碍俄罗斯联邦活动的国家立即做出回应，称“后果将是史无前例的”，这被广泛视为核威胁。³⁷ 一周后，普京先生命令俄罗斯联邦核力量进入“特殊战备状态”。³⁸ 在整个 2022 年和 2023 年，俄罗斯联邦官员不断发出进一步威胁。³⁹ 2023 年，作为一种公开的风险评估做法，由《原子科学家公报》维护并由其科学与安全委员会每年设定的末日时钟被提前至距午夜 90 秒，“主要(尽管并非完全)是因为乌克兰战争的危險日益加剧，[以及]前所未有的地接近全球灾难。”⁴⁰

对风险进行思考

43. 有许多方法可以对已知威胁和危害的风险进行思考和评估。最常见的方法是将风险作为事件影响或后果与事件发生概率的乘积来衡量。该方程适用于许多已确定的风险，因为对于这些风险有足够的信息来估算这两个因素。而且，当收集到更多信息或风险因素随时间发生变化时，可以根据新的知识对后果和概率进行调整。由于使用核武器的所有风险都超出了可接受的限度，因此核武器的风险属于特殊类别。在冲突程度较低的时期，假定使用核武器的可能性很低。但即便如此，使用核武器也总是会产生很大的影响，这意味着影响在计算

³⁴ Peter Baker and Choe Sang-Hun, “Trump threatens ‘fire and fury’ against North Korea if it endangers U.S.”, *New York Times*, 8 August 2017; Nuclear Threat Initiative, The CNS North Korea Missile Test Database, available at www.nti.org/analysis/articles/cns-north-korea-missile-test-database; and United States, Office of the Secretary of Defense, “Nuclear posture review”, 2018.

³⁵ Jill C. Gallagher, “Emergency alerting: false alarm in Hawaii”, Congressional Research Service, 17 January 2018.

³⁶ Beyza Unal and others, *Uncertainty and Complexity in Nuclear Decision-Making* (London, Royal Institute of International Affairs, 2022).

³⁷ Andrew Osborn and Polina Nikolskaya, “Russia’s Putin authorizes ‘special military operation’ against Ukraine”, Reuters, 24 February 2022.

³⁸ Andrew Roth and others, “Putin signals escalation as he puts Russia’s nuclear force on high alert”, *The Guardian*, 28 February 2022.

³⁹ Claire Mills, “Russia’s use of nuclear threats during the Ukraine conflict”, Commons Library Research Briefing, No. 9825 (House of Commons Library, 2023).

⁴⁰ John Mecklin, ed., “A time of unprecedented danger: it is 90 seconds to midnight – 2023 doomsday clock statement”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 24 January 2023.

中起主导作用。在冲突或高度紧张时期，使用核武器的概率增加，因此风险也显著增加。

44. 将风险作为后果和概率的函数来处理有其内在问题。首先，如果对与估算相关的不确定性认识不足，就会导致错误的安全感和在减轻风险措施方面投入不足，或者导致对风险的高估，从而造成时间和金钱的浪费。其次，在某些情况下，现有数据不足以为方程中的概率因子提供足够准确的估计值。在运用后果/概率框架评估概率未知的高后果事件(如在冲突中使用核武器)的风险时，这是一个严重的问题。人类往往不仅不擅长评估概率，也不擅长将概率作为决策依据。⁴¹ 此外，就核武器而言，对概率和后果进行评估时通常侧重于首先使用核武器的情况，从而低估了有意和意外升级为进一步使用核武器的情况的风险。

45. 在四次核武器造成的人道主义影响会议(2013年在奥斯陆，2014年在墨西哥纳亚里特，2014年在维也纳，2022年在维也纳)上，国际社会作出重大努力，就核武器风险和人道主义影响的现有证据和论点形成新的、更深入的共同理解。⁴²

46. 2017年，联合国裁军研究所发表了关于了解核武器风险的研究报告，详细介绍并整理了核武器风险及相关分析。报告强调，该研究并未“将所有相关风险编目”，指出“不确定性继续困扰着对核武器风险的现有理解”，最根本的是，“风险是核武器的固有特征”。⁴³

47. 美国国会于2020年授权并由美国国家科学院、工程院和医学院于2021年启动的一项关于核战争与核恐怖主义风险分析方法的研究确定了与核武器相关风险有密切联系的四个关键问题：⁴⁴

- (a) 会发生什么？具体来说，可能会出什么问题？
- (b) 这些事件发生的可能性有多大？
- (c) 如果这些事件发生，可能会产生什么后果？
- (d) 这些事件可能发生的时间跨度是什么？

48. 美国国家科学院、工程院和医学院的研究报告指出，“风险分析可以成为一个有力工具，用来对假设作出澄清、构建对复杂、相互关联的因素的系

⁴¹ Amos Tversky and Daniel Kahneman, “Judgement under uncertainty: heuristics and biases”, *Science*, vol. 185, No. 4157 (1974).

⁴² 奥地利政府仍在网上保存着两次会议材料，可查阅：www.bmeia.gv.at/en/european-foreign-policy/disarmament/weapons-of-mass-destruction/nuclear-weapons。

⁴³ John Borrie, Tim Caughley and Wilfred Wan, eds., *Understanding Nuclear Weapon Risks* (United Nations Institute for Disarmament Research (UNIDIR), 2017).

⁴⁴ National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Risk Analysis Methods for Nuclear War and Nuclear Terrorism* (Washington, D.C., National Academies Press, 2023).

统化思考、描述不确定性并确定可能需要哪些进一步证据或信息来为决策提供依据。”⁴⁵

49. 比较风险表有助于决策者决定风险缓解和应对能力方面的优先事项和投资。风险可按照确认的可信度和拟议的缓解和应对措施编排，并在各部门之间进行比较。必须认识到，风险随时间的推移而变化，不能被视为一成不变的。例如，新的军事理论、不断变化的人口结构和新技术都会影响风险。当发现以前未知的新信息、优先事项发生变化、出现新情况和具备新能力时，对风险的认知也会发生变化。

50. 风险分析还存在其他陷阱，包括：(a) 低估一些高价值情景，错误地认为它们极不可能发生；(b) 错误的三角互证——认为信息是基于独立来源，而事实上并非如此；(c) 对不确定性、复杂性和决策路径认识不足；(d) 错误的假设导致不恰当的优先次序和过度自信；(e) 将那些没有充分、平等参与风险分析过程，但却受到风险决策后果影响的个人和社区的价值观和目标边缘化。

五. 核武器使用和试验的人道主义后果

51. 《禁止核武器条约》认识到使用核武器将造成灾难性人道主义后果，认识到受核武器试验影响的民众遭受不可接受的伤害和痛苦。《条约》强调了核武器对土著人民、妇女和女童造成的尤为严重的影响，以及核武器可能对后代造成的影响。条约还确认，必须解决试验或使用核武器造成的环境污染问题。

52. 本节讨论了目前关于核武器使用和试验的人道主义后果的科学知识。为未来的科学研究指明了一些未决问题，以支持《禁止核武器条约》的目标及其实施。

使用核武器的后果

53. 1945年8月6日和9日分别对日本广岛市和长崎市的轰炸释放的爆炸能量估计分别为16千吨和21千吨TNT当量。⁴⁶核火球产生的高温、爆炸伤害以及电离辐射造成的死亡人数仍然不确定——估计数相差约两倍。美国军方的早期估计表明，这两个城市约有11万人死亡，而后来的独立研究则估计有21万人死亡。⁴⁷直接的物理影响是城市基础设施几乎完全被毁，大火蔓延至数公里之外。现代热核武器的当量通常为数十万吨TNT当量，如果在城市目标上爆炸，会产生爆炸破坏和瞬时辐射效应，并引发蔓延距离更远的火焰风暴。对这类武器而言，火焰风暴的蔓延范围将远远超过爆炸和致命的瞬时辐射效应。

⁴⁵ 同上。

⁴⁶ John Malik, “The yields of the Hiroshima and Nagasaki nuclear explosions”, No. LA-8819 (Los Alamos, New Mexico, Los Alamos National Laboratory, 1985).

⁴⁷ Alex Wellerstein, “Counting the dead at Hiroshima and Nagasaki”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 4 August 2020.

54. 许多关于电离辐射对人体的长期影响的研究都依赖于对上述两次对日轰炸幸存者(即原爆幸存者)的研究。⁴⁸ 研究根据个人在爆炸时所处的位置, 考虑了他们所接受的辐射剂量, 提出, 辐照增加了患癌症和其他非癌症疾病(白内障、心脏病和中风等)的风险。此外, 辐射导致的癌症死亡比例随着剂量的增加而增加, 年轻人和妇女的风险更高。⁴⁹ 至于在初始辐照后, 随着时间的推移, 辐照对个人所产生的社会和心理影响, 则尚无定论。

55. 几十年来, 基于对核武器影响、现行核武器理论以及已知军事、工业、政治和人口目标的进一步了解所进行的科学研究表明, 核战争可能导致数千万人立即伤亡。⁵⁰ 数千万伤者的医疗需求将无法得到满足。⁵¹ 伤亡将不仅限于预定袭击目标附近的地区, 因为旨在摧毁坚固军事建筑的爆炸可能导致数百公里外的人口中心受到放射性沉降物的致命影响。⁵²

56. 从 1980 年代开始, 科学家们提出, 核战争可能导致半球或全球范围的大气冷却, 这种现象被称为“核冬天”。在城市、工业综合体或森林中或附近爆炸的武器会引起大面积火灾, 产生足够的热量和烟雾, 甚至将大量烟尘注入平流层, 烟尘在平流层中吸收大量的太阳辐射, 并在此停留约数年时间。⁵³ 这导致至少半球近地表温度显著下降, 使农作物大面积歉收, 粮食供应急剧减少。

57. 最近一项利用最先进的气候模型进行的研究表明, 美国与俄罗斯联邦从有限到全面核战争的冲突可能导致平流层注入 500 万至 1.5 亿公吨烟尘。在全面核

⁴⁸ Dennis Normile, “Aftermath”, *Science*, vol. 369, No. 6502 (2020).

⁴⁹ Kotaro Ozasa and others, “Studies of the mortality of atomic bomb survivors, report 14, 1950–2003: an overview of cancer and noncancer diseases”, *Radiation Research*, vol. 177, No. 3 (2012); Eric J. Grant and others, “Solid cancer incidence among the life span study of atomic bomb survivors: 1958–2009”, *Radiation Research*, vol. 187, No. 5 (2017); Yukiko Shimizu and others, “Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950–2003”, *BMJ*, vol. 340 (2010); Evan B. Douple and others, “Long-term radiation-related health effects in a unique human population: lessons learned from the atomic bomb survivors of Hiroshima and Nagasaki”, *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, vol. 5, No. S1 (2011); and Mary Olson, “Disproportionate impact of radiation and radiation regulation”, *Interdisciplinary Science Reviews*, vol. 44, No. 2 (2019).

⁵⁰ Sidney D. Drell and Frank von Hippel, “Limited nuclear war”, *Scientific American*, vol. 235, No. 5 (November 1976); Frank N. von Hippel and others, “Civilian casualties from counterforce attacks”, *Scientific American*, vol. 259, No. 3 (September 1988); and Matthew G. McKinzie and others, *The U.S. Nuclear War Plan: A Time for Change* (Washington, D.C., Natural Resources Defense Council, 2001).

⁵¹ Fred Solomon, Robert Q. Marston and Lewis Thomas, eds., *The Medical Implications of Nuclear War* (Washington, D.C., National Academies Press, 1986).

⁵² Sébastien Philippe and Ivan Stepanov, “Radioactive fallout and potential fatalities from nuclear attacks on China’s new missile silo fields”, *Science and Global Security*, vol. 31, Nos. 1–2 (2023).

⁵³ Richard P. Turco and others, “Nuclear winter: global consequences of multiple nuclear explosions”, *Science*, vol. 222, No. 4630 (1983); National Research Council, *The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange* (Washington, D.C., National Academies Press, 1985); and A. Barrie Pittock and others, *Environmental Consequences of Nuclear War, SCOPE 28*, vol. 1: Physical and Atmospheric Effects (New York, John Wiley and Sons, New York, 1986).

战争的情况下，由此造成的地表温度变化将导致几乎所有国家出现大规模粮食短缺。该研究估计，2.5 亿至 50 亿人可能会饿死。⁵⁴ 1.5 亿公吨的烟尘注入还将导致全球海洋环流和化学成分以及海洋生态系统发生巨大变化，这种变化在近海面可能持续数十年，在深海可能持续数百年。据预测，海冰可能会蔓延到一些人口稠密的沿海地区，时间可能长达数千年。⁵⁵

58. 最近的这些评估确认，需要更全面地了解核战争对地球人口、环境、生态系统和物种的更广泛影响。这包括评估社会、作物、自然生态系统和昆虫群落(包括传粉昆虫)对突如其来的持续温度下降以及地表臭氧、紫外线辐射、降水和淡水的变化及放射性污染会作出什么反应。还需要更好地评估核战争后粮食分配和贸易的中断情况，以及人类的个人和集体行为可能发生的变化。

59. 2021 年，美国国会要求美国国家科学院“审查核战争后数周到数十年内可能出现的潜在环境影响和社会经济后果，探索从小规模区域核交火到大国间大规模核交火等各种情况”。⁵⁶ 最近，欧洲和北美的一些研究小组已经开始进行类似的跨学科研究。⁵⁷ 需要进行全面的新评估，以补充这些研究，并具体调查使用核武器所造成的环境和社会影响之间复杂的相互作用。

60. 由联合国大会决议授权，对核战争后数周至数十年的气候、环境、物理和社会影响进行全球科学研究，将十分及时有益。联合国未授权进行此类研究已有 30 多年。大会关于核武器和核战争影响的决议和研究的三个先例可追溯到 1960 年代、1970 年代和 1980 年代。其中最近的一项研究根据大会第 40/152G 号决议进行，于 1989 年发布研究报告。⁵⁸ 一项 21 世纪的新研究可侧重于对当前地方、国家、区域和全球社会经济和政治体系、供应链、医疗保健、食品和能源系统以及自然生态系统的影响。研究还可以分析这些不同的物理、环境和社会影响在不同时间范围内的相互作用是否以及如何可能导致连锁的人道主义后果。这项研究有可能来得及在《禁止核武器条约》第一次审议大会之前完成。

⁵⁴ Lili Xia and others, “Global food insecurity and famine from reduced crop, marine fishery and livestock production due to climate disruption from nuclear war soot injection”, *Nature Food*, vol. 3, No. 8 (2022).

⁵⁵ Cheryl S. Harrison and others, “A new ocean state after nuclear war”, *AGU Advances*, vol. 3, No. 4 (August 2022).

⁵⁶ 见美国国家科学院、工程院和医学院关于核战争潜在环境影响的独立研究，可查阅：www.nationalacademies.org/our-work/independent-study-on-potential-environmental-effects-of-nuclear-war。

⁵⁷ 见生命未来研究所以赠款资助进行的核战争研究计划，网址为 <https://futureoflife.org/grant-program/nuclear-war-research>。

⁵⁸ 《关于核战争的气候和其他全球性影响的研究》(联合国出版物，1989 年)。

核试验的后果

61. 核武库的发展在很大程度上依赖于核武器试验，导致放射性沉降物广泛扩散，造成环境污染并使人口受到辐射。⁵⁹ 1945年至2017年期间，共进行了2056次核试验，总当量约为5.1亿吨TNT当量，其中包括1945年至1980年期间进行的528次大气试验，总当量约为4.4亿吨。⁶⁰

62. 在以下地区都曾进行过核武器试验：非洲(法国在阿尔及利亚进行)、亚洲(苏联在哈萨克斯坦、新地岛、土库曼斯坦和乌兹别克斯坦；中国在中国西部；印度、巴基斯坦和朝鲜民主主义人民共和国在本国领土进行)、欧洲(苏联在乌克兰和俄罗斯进行)、北美(美国和联合王国在美国大陆进行)、大洋洲(联合王国在澳大利亚进行；法国、联合王国和美国在整个太平洋地区，包括基里巴斯、马绍尔群岛和法属波利尼西亚进行)。

63. 关于大气层核试验对人类产生的全球集体剂量的估算始于 Linus Pauling 和 Andrei Sakharov 在 1950 年代的开创性工作。最近的一项估算表明，仅这些试验产生的核沉降物中的放射性碳-14 就可能使数百万人最终受到严重伤害。⁶¹

64. 从 1960 年代起，联合国原子辐射影响问题科学委员会对核试验给过去、现在和未来人口造成的累积有效辐射剂量当量进行了估算和重新估算。⁶² 辐射科委会最近一次此类评估于 2000 年进行，该评估指出，在地方和区域两级没有系统和全面地重构核武器试验对社区和个人的影响。⁶³

65. 对生活在试验场下风向的社区进行的研究表明，与受污染地区或附近的生活条件有关的某些癌症和精神疾病的风险有所增加。一些社区还失去了土地，不得不搬迁，或者前试验场或其附近的受污染区域被占。⁶⁴ 在迅速发展的表观遗传学领域内进行的新研究可能会极大地促进对核辐照的健康和环境影响的理

⁵⁹ 联合国原子辐射影响问题科学委员会，“人为辐射源对公众的照射”，载于《电离辐射的来源和影响》(联合国出版物，2000年)。

⁶⁰ 同上。另见 Arms Control Association, “The nuclear testing tally”, fact sheet, August 2023。

⁶¹ Frank N. von Hippel, “The long-term global health burden from nuclear weapon test explosions in the atmosphere: revisiting Andrei Sakharov’s 1958 estimates”, *Science and Global Security*, vol. 30, No. 2 (2022).

⁶² 见 A/5216, 附件 F: 环境污染。

⁶³ 联合国原子辐射影响问题科学委员会，“人为辐射源对公众的照射”，载于《电离辐射的来源和影响》(联合国出版物，2000年)。

⁶⁴ Yuliya Semenova and others, “Mental distress in the rural Kazakhstani population exposed and non-exposed to radiation from the Semipalatinsk nuclear test site”, *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 203 (July 2019).

解，不仅限于基因突变，还包括可能的跨代影响。⁶⁵ 联合国原子辐射影响问题科学委员会利用二十年来更多的科学文献进行新的评估将十分有益。

66. 《禁止核武器条约》和《全面禁止核试验条约》之间的科学研究领域存在重叠。这些领域包括：核爆炸的源项(特定爆炸发生后放射性核素的数量及其空间分布和粒径分布)；放射性核素的大气传输模型和沉积，以及根据监测数据重建来源；有关污染测量的技术知识和经验。在《全面禁止核试验条约》相关试验场现场视察活动中采用的方法可能也适用于《禁止核武器条约》的相关活动。与全面禁止核试验条约组织筹备委员会合作，可以加强《禁止核武器条约》缔约国在环境放射性领域和核武器爆炸后果方面的一般技术能力。

67. 在地方和区域两级对核试验遗留的辐射和环境影响进行研究，将有助于履行《禁止核武器条约》的积极义务。提高放射性核素大气传输建模能力将有助于此类研究。⁶⁶ 由于进行了涵盖整个大气使用和试验期间的高质量大气再分析，现在可以对过去的事件进行详细的区域范围的影响建模。⁶⁷ 此外，核武器拥有国的历史环境测量数据正在解密，调查环境放射性污染的技术也变得更加容易获得和更灵敏。⁶⁸

⁶⁵ Nele Horemans and others, “Current evidence for the role of epigenetic mechanisms in response to ionizing radiation in an ecotoxicological context”, *Environmental Pollution*, vol. 251 (August 2019); and Matt Merrifield and Olga Kovalchuk, “Epigenetics in radiation biology: a new research frontier”, *Frontiers in Genetics*, vol. 4, No. 40 (April 2013).

⁶⁶ Roland Draxler and others, “World Meteorological Organization’s model simulations of the radionuclide dispersion and deposition from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident”, *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 139 (January 2015); C. Maurer and others, “Third international challenge to model the medium- to long-range transport of radionuclides to four Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty monitoring stations”, *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 255, No. 106968 (December 2022).

⁶⁷ H. Hersbach and others, “ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present”, Copernicus Climate Change Service, 2023; Sébastien Philippe, Sonya Schoenberger and Nabil Ahmed, “Radiation exposures and compensation of victims of French atmospheric nuclear tests in Polynesia”, *Science and Global Security*, vol. 30, No. 2 (2022); and Sébastien Philippe and others, “Fallout from US atmospheric nuclear tests in New Mexico and Nevada (1945–1962)”, ArXiv Preprint, 20 July 2023.

⁶⁸ Maverick K.I.L. Abella and others, “Background gamma radiation and soil activity measurements in the northern Marshall Islands”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 31 (2019); Carlisle E.W. Topping and others, “In situ measurements of cesium-137 contamination in fruits from the northern Marshall Islands”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 31 (2019); Cyler Conrad and others, “Anthropogenic uranium signatures in turtles, tortoises, and sea turtles from nuclear sites”, *PNAS Nexus*, vol. 2, No. 8 (August 2023); K. Hain and others, “²³³U/²³⁶U signature allows to distinguish environmental emissions of civil nuclear industry from weapons fallout”, *Nature Communications*, vol. 11, No. 1275 (2020); Sarah Kamleitner and others, “¹²⁹I concentration in a high-mountain environment”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics, Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, vol. 456 (October 2019); and G. Wallner and others, “Retrospective determination of fallout radionuclides and ²³⁶U/²³⁸U, ²³³U/²³⁶U and ²⁴⁰Pu/²³⁹Pu atom ratios on air filters from Vienna and Salzburg, Austria”, *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 255 (December 2022).

68. 《禁止核武器条约》缔约国、其他国家和国际组织，如世界气象组织及其成员，拥有大气试验期间和之后的核沉降物监测计划遗留数据。对这些数据进行评估并使其易于获取将是一项有价值的工作。这些数据可在一个共同公共档案库中共享，该档案库或许可由联合国机构管理。这是《全面禁核试条约》缔约国共同关心的另一个问题。

69. 关于向核试验受害者提供医疗、康复和心理支持等援助的能力和最佳做法的新研究，可以补充关于核试验的人道主义影响的研究。进一步开展研究，以加深核试验在个人层面和社会进程方面对年龄和性别不同和不成比例影响的理解，将有助于为不加歧视地援助受害者提供支持。还需要开展研究，以了解为这些社区中受影响的个人提供公平和可持续的社会和经济包容的最佳做法和新选项。

70. 最后，对前核试验场的现状和放射性污染环境的补救进行新的研究，以及对相关最佳做法进行评估，将为履行《禁止核武器条约》相关义务和实现相关目标的努力提供重要支持。原子能机构利用现有最佳技术方法针对《条约》进行的研究可使这项研究受益。原子能机构过去曾在 Moruroa 和 Fangataufa(1998 年)、Bikini(1998 年)、哈萨克斯坦(1999 年)和阿尔及利亚(2005 年)的核试验场进行过放射性评估。⁶⁹ 这些评估是根据原子能机构大会 1995 年的一项决议进行的初步研究，旨在为评估这些前试验场的辐射风险提供专家援助，并为有关补救的决定提供依据。它们为原子能机构对相关前试验场进行更新、更全面的分析提供了一个重要的先例。

六. 核裁军及相关问题

71. 《禁止核武器条约》推进并补充了一系列复杂的、侧重于实现和维持无核武器世界这一目标的国际和区域条约、协定、做法、政策和机构。该条约为采取更多步骤和手段，以合作、不可逆转、可核查和透明的方式消除核武器和武器计划提供了一个有利的变革性框架。

72. 本报告这一节讨论与《禁止核武器条约》裁军条款(第 4 条)有关的科学评估以及第 8 条对可能的“核裁军方面的进一步措施”的确认。

裁军核查

73. 《禁止核武器条约》第 4 条(逐步实现彻底消除核武器)概述了以可核查方式消除核武器计划的各种途径。缔约国将需要努力解决有关以不可逆转和可核查

⁶⁹ 国际原子能机构(原子能机构)的系列《辐射评价报告》可查阅：www.iaea.org/publications/search/type/radiological-assessment-reports-series。

方式消除核武器计划的一系列概念和实际问题，包括消除所有核武器相关设施或以不可逆转方式改变其用途。⁷⁰

74. 核武器拥有国的核武器实验室正在与盟国合作进行裁军核查方面的重要研究。需要采取新的举措，扩大学术团体和研究机构开展这项工作的能力，特别是在《禁止核武器条约》缔约国。这些中心可以提供独立而新颖的视角，不受核武器机构的限制，也不受美苏和美俄军备竞赛以及军控条约核查措施所形成的视角的限制——这些视角假定是敌对性质，包括担心已发生欺骗，并假定双方将继续部署核武器以及核机密将得到保守。此外，这项研究的大部分侧重于核查商定的核武库规模限制和弹头认证所需的技术、程序和能力以及监测核弹头拆除的可能方法，而不是核查《禁止核武器条约》所要求的以全面、透明和不可逆转方式消除核武器的计划。

75. 一些学术研究侧重于新的核查模式。一种方法是采用零知识方法，即不测量任何目前可能被视为敏感的信息，以避免保密问题，而另一种方法则侧重于核查无核武器。⁷¹ 其他想法还包括 Joseph Rotblat 提出的社会核查概念，即非政府组织、公民和科学家共同承担责任，通过共享开源信息和举报等方式支持对本国行动的核查。⁷² 通过一项“Rotblat 条款”，规定每个公民都有权利和义务报告可能被《禁止核武器条约》禁止的活动，并保护举报者，这可以成为第 4 条

⁷⁰ Tamara Patton, “An international monitoring system for verification to support both the Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons and the Non-proliferation Treaty”, *Global Change, Peace and Security*, vol. 30, No. 2 (2018); Moritz Kütt, “Weapons production and research”, in *Toward Nuclear Disarmament: Building up Transparency and Verification*, Malte Götttsche and Alexander Glaser, eds. (Berlin, German Federal Foreign Office, 2021); and Tamara Patton, Sébastien Philippe and Zia Mian, “Fit for purpose: an evolutionary strategy for the implementation and verification of the Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons”, *Journal for Peace and Nuclear Disarmament*, vol. 2, No. 2 (2019).

⁷¹ Alexander Glaser, Boaz Barak and Robert J. Goldston, “A zero-knowledge protocol for nuclear warhead verification”, *Nature*, vol. 510 (2014); Sébastien Philippe and others, “A physical zero-knowledge object-comparison system for nuclear warhead verification”, *Nature Communications*, vol. 7, No. 12890 (2016); UNIDIR, “Evidence of absence: verifying the removal of nuclear weapons”, 2018; Pavel Podvig and others, *Menzingen Verification Experiment: Verifying the Absence of Nuclear Weapons in the Field* (Geneva, United Nations Institute for Disarmament Research, 2023); Eric Lepowsky, Jihye Jeon and Alexander Glaser, “Confirming the absence of nuclear warheads via passive gamma-ray measurements”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, vol. 990 (February 2021); Eric Lepowsky and others, “Ceci n’est pas une bombe: lessons from a field experiment using neutron and gamma measurements to confirm the absence of nuclear weapons”, *Science and Global Security* (2023); and Johannes Tobisch and others, “Remote inspection of adversary-controlled environments”, *Nature Communications*, vol. 14, No. 6566 (2023).

⁷² Joseph Rotblat, “Societal verification”, in *A Nuclear-Weapon-Free World: Desirable? Feasible?*, Joseph Rotblat and others, eds. (Boulder, Colorado, Westview Press, 1993); Marvin Miller and others, “Societal verification”, in *Global Fissile Material Report 2009: A Path to Nuclear Disarmament* (Princeton, New Jersey, International Panel on Fissile Materials, 2009); Harold A. Feiveson and others, *Unmaking the Bomb: A Fissile Material Approach to Nuclear Disarmament and Non-proliferation* (MIT Press, 2014); and Sara Al-Sayed, “Revisiting societal verification for nuclear non-proliferation and arms control: the search for transparency”, *Journal for Peace and Nuclear Disarmament*, vol. 5, No. 2 (2022).

所涵盖的《禁止核武器条约》缔约国核查计划和国家执行立法的重要部分。⁷³ 这将提供一套措施，以补充任何国际授权，使核查民主化，并有助于实现不可逆转性。

76. 为全球南方国家建设能力以及促进非洲、中亚和拉丁美洲采取区域性办法进行核裁军核查研究和创新方面的努力有限。⁷⁴ 需要做出更多此类努力。巴西提议成立一个由联合国领导的多边科学和技术专家组，以推进核裁军核查。⁷⁵ 如果要建立这样一个科学和技术专家组，就必须与计划中的科技机构和专家网络建立关系，以支持实现《禁止核武器条约》的目标。

裁军和保障监督

77. 《禁止核武器条约》第 4 条还要求缔约国与原子能机构签订保障监督协定，保证不改变已申报核材料的和平核活动用途，并保证缔约国全国境内没有未申报的核材料或核活动。应当指出，134 个无核武器国家均已签订全面保障监督协定和附加议定书，而一些核武器拥有国也就有限的原子能机构措施签订了协定。⁷⁶

78. 印度、以色列和巴基斯坦均已根据 INFCIRC/66/Rev.2 号文件签订了保障监督协定。印度还签订了 INFCIRC/754 号保障监督协定附加议定书。中国、法国、俄罗斯联邦、联合王国和美国签订了自愿提交保障监督协定和附加议定书。⁷⁷ 法国还实施了欧洲原子能共同体的保障监督措施，联合王国过去也曾实施此类措施。所有这些措施都为原子能机构提供了基础，使其能够开始制定方法和措施，扩大现有保障监督制度，使其专门适用于已在《禁止核武器条约》框架内消除其核武器和武器计划的国家。

核材料以外的核查

79. 正如政府专家组所指出的，核裁军是“一项复杂的任务，对核裁军的核查将需要解决一系列政治、法律、科学、技术和体制问题”。⁷⁸

80. 就《禁止核武器条约》而言，核查可利用核武器拥有国系统地、通过合作商定转变为以透明、不可逆转的方式履行《条约》所规定义务的国家这一

⁷³ Zia Mian, Tamara Patton and Alexander Glaser, “Addressing verification in the Nuclear Ban Treaty”, *Arms Control Today*, vol. 47 (June 2017).

⁷⁴ Noel Stott, “Regional hubs for research and capacity-building on nuclear disarmament verification”, VERTIC, 10 September 2022.

⁷⁵ [A/74/90](#), 第39段。

⁷⁶ 原子能机构, “2022 年保障监督说明”, 2023 年; 原子能机构, “现状清单: 缔结保障监督协定、附加议定书和小数量议定书”, 2023 年 5 月 3 日; 原子能机构, 《2021 年年度报告》(2022 年, 维也纳)。

⁷⁷ 见 William Walker and others, “International safeguards in the nuclear weapon States”, in *Global Fissile Material Report 2007: Developing the Technical Basis for Policy Initiatives to Secure and Irreversibly Reduce Stocks of Nuclear Weapons and Fissile Materials* (Princeton, New Jersey, International Panel on Fissile Materials, 2007)。

⁷⁸ 见 [A/78/120](#)。

机会。⁷⁹ 正是在进行全国辩论和重新确定国家安全优先事项、机构、做法和理念的决策的情况下，前核武器拥有国才会与《条约》缔约国和《条约》指定的主管当局合作，对以不可逆转方式取消核武器计划进行核查。

81. 裁军国将通过制定和执行可核查、有时限的裁军计划，在国内和国际上展示其为遵守《禁止核武器条约》原则和禁令而正在进行的深刻且颇为实际的政治、法律、军事、体制、社会和技术物质改革。这些改革必然会对不可逆性产生具体影响，可由第三方对此进行评估。

82. 不可逆性、改变用途和核武器计划的定义等基本概念需要进一步的技术研究和分析。应开展科学活动，制定一系列积极和公开的裁军措施，这些措施不应局限于侧重核弹头和核武器材料的方法，而应向各国人民和国际社会展示公开放弃核武器的范围，以及对使一国得以拥有核武器的机构、技术、投资和能力的持久转变。

过去核查举措中的经验教训

83. 从过去和当前的监督与核查举措中，包括《裁减战略武器条约》（《裁武条约》）、《新裁武条约》和《中程核力量条约》（《中导条约》）所规定的措施，以及放弃核武器的国家和核武器拥有国有限的保障监督经验中，可以汲取许多经验教训。

84. 南非是唯一一个曾拥有核武器计划并已完成核裁军的国家。对南非的“裁军计划”进行详细的案例研究，以确定以可核查和不可逆转方式实现裁军的关键成功因素，将大有裨益。哈萨克斯坦和乌克兰将苏联核弹头归还俄罗斯联邦进行销毁的过程对《禁止核武器条约》缔约国也具有指导意义。核查核裁军的一个重要方面是消除核武器试验的基础设施。更深入地了解哈萨克斯坦在关闭塞米巴拉金斯克核试验场、消除基础设施和处理核武器试验后果方面的经验，将是一项很有价值的工作。

裁军和运载系统

85. 《禁止核武器条约》没有为消除核武器而划定核武器计划的范围，《条约》也未明确提及运载系统。值得注意的是，《条约》序言部分呼吁消除核武器及其运载工具。导弹技术控制制度和《防止弹道导弹扩散海牙行为准则》反映了对运载系统的长期关切。

86. 大多数双边核军备控制条约(例如《裁武条约》和《新裁武条约》)都侧重于对运载系统的管制。1987 年美国与苏联签订的《中程核力量条约》禁止射程在 500 至 5 500 公里之间、可携带核弹头或常规弹头的陆基弹道导弹和巡航导弹，并要求销毁导弹、其发射器和支持结构以及相关设备。《中程核力量条约》最终

⁷⁹ Sébastien Philippe and Zia Mian, “The TPNW and nuclear disarmament verification: shifting the paradigm”, in *Verifying Disarmament in the Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons*, Pavel Podvig, ed. (Geneva, UNIDIR, 2022).

于 2019 年失效。作为消除核武器计划的一部分，南非结束了弹道导弹研制计划，并在监督下销毁了相关的关键硬件、装置、蓝图和技术文件。

87. 核武器拥有国开发、认证和部署专用的核武器运载系统，但也有一些运载系统具有双重用途，能够执行核任务或常规任务。可根据《禁止核武器条约》第 8 条所述的“核裁军方面的进一步措施”，考虑对经核证的核武器运载系统和具有双重用途的运载系统进行限制。可以预见，作为《禁止核武器条约》所规定的不可逆转的裁军义务的一部分，核武器拥有国可能需要拆除此类运载系统。最近关于在裁军范畴内核查运载系统的学术工作实例很少。⁸⁰ 今后可以扩大这项工作。

《全面禁核试条约》

88. 《禁止核武器条约》确认《全面禁止核试验条约》及其核查制度的重要性。几乎所有目前的《禁止核武器条约》缔约国都是《全面禁止核试验条约》的缔约国，因此也是全面禁止核试验条约组织筹备委员会的成员。它们可获得禁核试条约组织筹备委员会国际监测系统的数据和筹备委员会国际数据分析中心的数据，并可酌情使用和解释这些数据和分析。尽管《全面禁止核试验条约》尚未生效，但其核查系统(现场视察除外)已进入临时运行模式，90%的监测站已投入运行。

89. 《禁止核武器条约》缔约国应充分利用《全面禁止核试验条约》提供的培训和科学讲习班等机会，并向筹备委员会处理核查问题的 B 工作组派遣专家。可作为交流平台的科学论坛包括全面禁止核试验条约组织筹备委员会科学技术会议以及支持实现《禁止核武器条约》目标的未来科技研究机构和专家网络。

七. 结论

90. 本报告是科学咨询小组根据其任务授权编写的关于核武器的现状和发展、核武器风险、核武器的人道后果、核裁军及相关问题的第一份报告。预计该小组将编写更多报告，以更详细地更新、充实和发展所论述的专题，并视需要编写其他专题的报告。

⁸⁰ Alexander Glaser and Moritz Kütt, “Verifying deep reductions in the nuclear arsenals: development and demonstration of a motion-detection subsystem for a ‘Buddy Tag’ using non-export controlled accelerometers”, *IEEE Sensors Journal*, vol. 20, No. 13 (2020); Moritz Kütt, Ulrich Kühn and Dmitry Stefanovich, “Remote monitoring: verifying geographical arms limits”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 79, No. 1 (2023); and Pavel Podvig, ed., *Exploring Options for Missile Verification* (Geneva, UNIDIR, 2022).