免责声明:凡在本杂志发表的文章只代表作者观点，而非美国国防部、空军部、空军教育和训练司令部、空军大学或美国其他任何政府机构的官方立场。

核威慑与网空互动概念初探

Nuclear Deterrence and Cyber: The Quest for Concept

斯蒂芬·森巴拉博士（Dr. Stephen J. Cimbala）

核威慑自是今非昔比。理伦家、政策制定者和军事策划专家已经踏入著名物理学家弗里曼·戴森（Freeman Dyson）称之为“概念探索”的地界。[1] 之所以需要探索，一个原因是：核武器无论用于威慑或是其它使命，从今往后必须在后互联网时代或者说网空就绪环境中进行。现今的国际体系，是由政治哲学专家和科技专家共同界定。政府及其武装部队必须调整其官僚结构，方能适应更快及更灵活制定国家决策和兵力应用的形势要求。在此过程中，政府和军队也将越来越深地进入网空、依赖网空，并受制于网空弱点。[2]

美军已经意识到这样的趋势，国防部组建了美国网空司令部，作为战略司令部以下的二级统辖司令部，负责协调美军所有相关军事单位（陆军网空司令部、美国舰队网空司令部 / 美国第十舰队、第 24 空军、海军陆战队网空司令部、海岸警卫队网空司令部）。网空司令部与国家安全局在同一地点工作，由同一总监领导。[3] 然而在大部分情况下，核威慑和网空战还是被视为互相独立的问题分开处理。这种核 / 网分离意识和做法从专家分工角度可以理解，但是它对核威慑现实或当今浓厚网空环境下的危机管理投下了阴影。

在下文的讨论中，让我们首先为主修国家安全政策与战争的学生解说核 / 网交织的一些泛性理论影响。接着，我们评论网空和信息战的显著重要性，列出一些可能未受关注的警示。然后，我们探讨导弹防御建设——其本身就面临着网空挑战——如何有可能使美俄两国的政治关系和削核努力陷入更复杂的局面，这并非想暗示美俄互相威慑关系也是其他军备控制和扩散问题的缩影，其实如本文所示，情况发展正好相反。尽管如此，当我们逐步远离网空前的核时代而进入网空核时代的时候，核力量交战的一些长久现实值得我们回味。第四，我们分析核进攻能力建设与更先进导弹防御能力建设相结合，如何可能影响未来的威慑稳定，尤其是在美俄继续争斗的背景下。最后，我们联系未来军备控制、防扩散和威慑的前景，对核 / 网互动做出相关结论。

核与网: 相合还是分开?

网空战概念或实践与核威慑之间的潜在叠接具有什么意义 ?[4] 看起来，网空战和核武器好像风马牛不相及。但网空武器对那些崇尚非核或甚至认为军事技术进入后核时代的人具有特别的吸引力，因为数字领域的战争（至少在理论上）有可能在不需要动能打击、在可将物理破坏降至最低的情况下，严重破坏或瘫痪敌人的资产。[5] 相比之下，核武器简直就是“大规模”毁灭的缩影，故而人们宁愿通过对风险的操纵，用核武器来威慑或避免战争，而不愿动真格发射核武器。不幸的是，无论是核威慑还是网空战，在近期或遥远的未来都不可能存在于互不相干的政策世界里。

核武器，用于威慑摆设也好，一怒射出也罢，都必须被纳入指挥、控制、通信、计算机、情报、监测、侦察（C4ISR）系统。对核武器及其 C4ISR 系统必须严加保护，防止

遭受动能打击和数字化打击。再者，那些必须在危机期间管理核力量的决策者，需要保持最高程度的态势感知，既了解己方核军和网军以及指挥系统的状况，也了解潜在攻击者的部队及其 C4ISR，以及潜在对手的大概意图和风险接受程度等。简而言之，管理核危机要求清晰的思维和良好的知情。但是如果双方在危机的初级阶段就使用网空武器，可能对网空和依赖网空的决策行动渠道造成混乱而妨碍清晰的评估。[6] 这表明网空先发制人打击确有其诱惑力，并可能“成功”，致使核危机管理更脆弱而非更强大。

讽刺的是，自冷战结束以来，美国和俄罗斯战略核武库规模逐渐缩小，虽然从核武器控制和防扩散方面看是积极的发展，但网空攻击能力和核攻击能力的同时并存更令人警觉不安。冷战时期，美苏两国超大规模部署导弹和轰炸机互相抗衡，至少有一点好处，这就是，各自准备了足量的冗余，足以承受第一次打击，于是，遭受袭击之时或之后用于核袭击预警、指挥控制，及报复发射的系统虽然相对单薄，却已足够。并且，在冷战时代，用于军事网空破坏的工具还很原始，远不及现在的水平。而且那个时候，国家及其武装部队在保障国家安全方面对信息系统提供真实信息的依赖也远不如现在那么紧密。如此，美国、俄罗斯、可能还有其它国家武装力量如果缩减到“最低威慑”规模，在以网空攻击先行、动能打击随后、或两者并举的战争形势下，国家的核能力可能失去灵活性及生存韧弹性。[7]

攻防信息战以及其它网空相关的活动，显然是美军领导人和美国及盟国国家安全机构中其它人非常关心的问题。[8] 俄罗斯也明确表示了对相关网空问题的担忧。普京总统在 2013 年 7 月初敦促俄罗斯安全会议加强国家安全防御网空攻击。[9] 俄罗斯安全专家弗拉基米尔·巴丘科（Vladimir Batyuk）在高度评价 2013 年 6 月美俄两国关于保护、控制、审计核材料的协定（继承最近过期的纳恩 - 卢格减少核风险协议）的同时，也警告说，普京和奥巴马总统对网空安全合作的承诺甚至更为重要：“核武器是二十世纪的遗产。二十一世纪的挑战是网空安全。”[10] 另一方面，网空军备控制不易推行，即使双方在这类敏感问题上达成了政治互信，仍有可能碰到严峻的安全和技术问题，尤其是，网空军控谈判代表们如何才能证明本国能充分控制黑客活动和保持透明。

网空领域还贯穿和影响着陆海空天这四个地缘战略领域的作战。但与这四个领域相比，网空无历史可作借鉴，因而更难探究。有作者指出：网空领域“建设时间短，故而对其的研究远不及对其他作战领域那样透彻。”[11] 这种状态对网 / 核交汇意味着什么，目前尚不清楚。以下表 1 根据专家们的看法，归纳了核威慑和网空战的一些主要区分属性；但是，这里列出的核 / 网之间的差别与上述的认知——即网空与核领域在实际运作中的互动不可避免——并不矛盾。正如美国空军研究所两位研究员雅纳科乔戈斯博士和洛瑟博士（Panayotis A. Yannakogeorgos and Adam B. Lowther）所言：“当空军飞向未来时，兵力结构——因而还有兵力发展计划——必须改变，将更加重视有人机和无人机、太空及网空力量投送能力的一体化。”[12]

网空攻击和信息战: 重要性有多大?

国防部和政府其它机构，还有军事和信息技术专家们都预期：未来的国家间冲突将包括网空攻击和信息战。[13] 但是“网空战”这个术语也许会产生误导，因为对计算机和

表 1：网空战和核威慑的属性对比	
网空战	核威慑
攻击源不明——有可能是伪装成其它参与者的第三方侵扰。	攻击源——如果攻击者是一个国家——几乎可以肯定能被找到，甚至恐怖分子匿藏的核材料也可能被追查到。
主要破坏信息系统、网络及其通信内容，但其溢出效应可能影响军事作战系统、经济和社会基础设施。	威慑一旦失效，可能导致史无前例的社会大灾难，即使按冷战标准为“有限”核战争，情况亦如此。
可以阻止攻击者实现目的——如果防御足够坚固，并且 / 或者及时修补漏洞的话。	想以威胁作为手段来阻止攻击者实现目的，这种威慑的可信度较低，莫如以确保报复作为惩罚性威慑更加可信（尽管各方企图通过强化导弹防御来改变）。
网空攻击的目的通常是中断运作或引发混乱，而不是摧毁。	核威慑在很大程度上依赖于以大规模瞬间摧毁物理资产和人口作为可信的威胁。
网空战和信息攻击能持续很长时间而不被察觉，有时也不造成明显或重大破坏，有些甚至在被发现之后也不报告。	自 1945 年以来，核武器首次由一个国家或非国家行为体出于敌对目的（而非试验）而使用，这是世界政治上一个改变游戏规则的事件，无论爆炸规模和直接后果如何。
进入游戏场打网空战的入门费相对较低，从个体黑客到国家实体都可参与。	建设和运作二次打击核威慑能力需要有国家支持的基础设施、大量科技知识和长期财政投入来支撑。

此表由笔者自制。另参看 Timothy L. Thomas, Three Faces of the Cyber Dragon: Cyber Peace Activist, Spook, Attacker [网龙三面：网空和平主义者、幽灵、攻击者], (Ft. Leavenworth, KS: Foreign Military Studies Institute, 2012), 60–66; 另参看 Martin C. Libicki, Cyberdeterrence and Cyberwar [网空威慑和网空战], (Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2009), 27–28. 该书各处都有相关论述。

网络的攻击只是达到瘫痪敌人关键基础设施目的的一种手段。[14] 乔尔·布伦纳（Joel Brenner）如此说：

> 美国海军耗费了 50 亿多美元开发了一种静音电气传动系统，使潜艇和舰船能悄然航行而难被发现，中国间谍偷了去。海军又花了几十亿美元为其顶级“神盾”巡洋舰开发了新雷达，中国间谍又偷了去。中国和俄罗斯的电子情报部门对我们无孔不入——利用我们漏洞百出的网络和对安全的漠不关心偷窃了我们价值几十亿的军事和商业机密。我们的某些同盟国，如法国和以色列，也试图这样做过。[15]

国防部称之为信息和基础设施作战的活动目的，不是大规模杀伤（尽管有可能发生破坏性次级效应），而是大规模和 / 或精确“破坏”。[16] 按照罗伯特·米勒、丹尼尔·库尔和欧文·莱褚（Robert A. Miller, Daniel T. Kuehl and Irving Lachow）三人的说法，信息和基础设施作战的目的是“破坏、扰乱、削弱士气、分散精力、最终削弱另一方的能力”。[17] 这个概念可启发我们对基于常规或核报复可信威胁的威慑使命进行思考。但我们务必记住：核武器具有其独特和迅速致命的性质，因而产生了一套打核战争的独特规则，即使这种战争迄今继续留在战略逻辑推理的界限之内。[18] 正如科林·格雷（Colin Gray）警告说：

> 首先，网空力量的破坏效果限制在网空之内，极少有例外。这并不是要低估网空攻击可能造成的问题，而是要坚决断言：网空可能造成的那种破坏和扰乱无法与核武器肯定会造成的直接而更持久的伤害相提并论。[19]

值得强调的是：网空战或主要在网空实施的威慑所针对的重心主要是在认知方面。要使网空战（或网空威慑）引起战略家的重大关注，就必须也找到其有价值的应用，即能否有助于解决分析家和作战将士面临的战略性及战术性问题。在这点上，网空战或网空威慑理论引发了与核威慑理论曾经引起的同样担忧。在这两种情况下，理论家都可能走调，高谈阔论地提出优雅的理论概念结构，却不在乎这些理论究竟有无任何可见的实用性。我们必须要警惕施里芬计划（译注：Schlieffen Plan——一战前德国一项对东西两条战线开战的战略计划，意图利用速度差，在西线快速击溃法国，然后东移，在俄国未完成集结的情况下再打败俄国，但最终失算）在核领域或网空领域的翻版将我们的注意力引向歧途。

导弹防御：是预示还是问题？

技术不确定性

核威慑与网空相交互动的部分主要涉及到导弹防御。导弹防御，如果可以成功的话，是向攻击方展示两种威慑，一是有能力实施令攻击方难以承受的报复，二是有能力阻止攻击方实现其攻击目的，且后一种威慑加固前一种威慑。[20] 如今，导弹防御在技术上和政治上仍有争议。俄罗斯对美国和北约实施的欧洲分阶段调适反导计划的反对，至今坚定不移，甚至传闻的国防部秘密研究报告也质疑建议的欧洲弹道导弹防御系统组成部分的技术熟练程度。[21] 美国国家科学院在一份关于导弹防御技术的研究中，对奥巴马政府和美国导弹防御局一些关于某些任务的优先排序和弹道导弹防御技术提出疑问。[22] 也有一些权威科学专家批驳上述研究，认为其中包含了“众多的错误假设、分析性疏忽和自相矛盾，”从而导致“报告中许多最重要研究结果和建议完全错误，”由此严重削弱了其科学可信度。[23] 与冷战高峰时期把重心放在两极对抗和物理竞赛的背景相比，未来导弹防御的发展和部署面临的技术挑战，会更多地涉及到软件工程设计中针对多重突发事件和众多参与者的“无常复杂性”。[24] 总之，学术和政策界将就导弹防御建设的可行性和可取性继续争论，伴随争论的，则是自里根政府“战略防御倡议”启动以来研究与发展资金继续朝这个方向流动的惯性引力。[25]

政治陷阱

如果说美国和北约的欧洲导弹防御计划与美俄两国削减战略核武器谈判进展之间的关联还算不上是一种绑架关系的话，至少也是一种问题重重的关联。[26] 新削减战略武器条约并不妨碍美国部署未来的导弹防御，尽管俄罗斯在谈判过程中努力限制美国在这方面的自由。[27] 不过，当时的俄罗斯总统梅德韦杰夫及其前任和继任者普京都明确表示：俄罗斯的地缘战略观是把美国和北约的导弹防御与在其它武器控制问题上的合作挂钩。同时，美国和北约自 2011 年开始了欧洲分阶段调适反导计划四阶段部署的第一阶段。[28] 2013 年 3 月，美国防部长哈格尔宣布修改此计划的原始方案，放弃原定 2022 年之前在波兰部署 SM-3IIB 拦截导弹的计划。然而，这一步没能说服俄罗斯怀疑者相信美国和北约声称其区域及全球导弹防御并不针对俄罗斯的说辞。俄罗斯官员屡次要求美国和北约作

出有法律约束力的保证，保证俄罗斯的战略核力量不会成为该系统的打击目标或受其影响。[29] 以下表 2 总结了截至 2013 年秋欧洲分阶段调适反导计划建设的状况。

在写本文之际，美俄之间或北约与俄罗斯之间在欧洲导弹防御方面能否谈妥仍充满变数，但美国与欧洲盟国及欧洲以外的伙伴在区域导弹防御方面的合作前景态势良好。导弹防御的潜在“牛市”可能出现在亚洲，刺激原因包括来自中日之间的对抗，北朝鲜的威胁及导弹试验，印巴之间的威慑挑战等。从军事现代化（包括常规与核武器）以及未来战争的角度看，与动荡的亚洲相比，欧洲

表 2：欧洲分阶段调适反导计划

	阶段 I	阶段 II	阶段 III	阶段 IV (2013 年 3 月被取消)
期限	2011	2015	2018	2020
能力	部署当前能力	加强中程导弹防御	加强中远程导弹防御	对 MRBM/ IRBM/ ICBM 的早期拦截
威胁 / 使命	应对区域弹道导弹对欧洲及美国派驻人员的威胁	扩大设防区，防御对南欧的短 / 中程导弹威胁	应对短 / 中 / 中远程导弹对整个欧洲的威胁	应对美国面临的 MRBM/IRBM/ 和未来 ICBM 的潜在威胁
组成部分	土耳其 Kurecik AN/TPY-2 (FBM)、德国拉姆斯泰因 C2BMC、西班牙海岸附近宙斯盾 BMD 舰（SM-3 IA）	土耳其 Kurecik AN/TPY-2 (FBM)、德国拉姆斯泰因 C2BMC、西班牙海岸附近宙斯盾 BMD 舰 (SM-3 IB)、罗马尼亚 Aegis Ashore (SM-3 1B)	土耳其 Kurecik AN/TPY-2 (FBM)、德国拉姆斯泰因 C2BMC、 西班牙海岸附近宙斯盾 BMD 舰（SM-3 IA)、罗马尼亚和波兰 Aegis Ashore (SM-31B /IIA)	土耳其 Kurecik AN/TPY-2 (FBM)、德国拉姆斯泰因 C2BMC、西班牙海岸附近宙斯盾 BMD 舰（SM-3 IIA 、罗马尼亚和波兰 Aegis Ashore（SM-3 IIB）
技术	现有	测试中	正在开发	在概念阶段取消
地点	土耳其、德国、西班牙海岸附近的舰船	土耳其、德国、西班牙海岸附近的舰船、罗马尼亚的岸上	土耳其、德国、西班牙海岸附近的舰船、罗马尼亚和波兰的岸上	土耳其、德国、西班牙海岸附近的舰船、罗马尼亚和波兰的岸上

来源：Karen Kaya,“NATO Missile Defense and the View from the Front Line”[北约导弹防御和来自前线的观点], Joint Force Quarterly, issue 71 (4th Quarter 2013): 86. 涉及目标捕捉、识别、拦截和数据网络的相关技术挑战 ，参看 Steven J. Whitmore and John R. Deni, NATO Missile Defense and the European Phased Adaptive Approach: The Implications of Burden Sharing and the Underappreciated Role of the U.S. Army [北约导弹防御和欧洲分阶段调适反导计划：分承负担的影响和美国陆军被忽视的作用], (Carlisle, PA: US Army War College, October 2013), 11-17.

注：荷兰和法国宣布对欧洲弹道导弹防御另拨国家捐助

Aegis Ashore -- “宙斯盾”弹道导弹防御系统的陆基组成部分

AN/TPY-2 (FBM) -- 陆海军 / 移动式雷达监视 2 型（前进基地模式）

BMD -- 弹道导弹防御

C2BMC -- 指挥、控制、作战管理、通信

ICBM -- 洲际弹道导弹

IRBM -- 中远程弹道导弹

MRBM -- 中程弹道导弹

是一个相对和平的安全社区。如果威慑失败，导弹防御也许会吸引亚洲国家，因为它可以阻止敌人实现攻击目的而加固自身的威慑，也可以限制对方攻击的毁伤程度。美国一些盟国和伙伴的导弹防御也有可能加强基于美国核保护伞的美国安全保证，并因此减少这些国家发展本国核武库的积极性。[30]

军备裁减: 分析

兵力交战模型

2010 年的新削减战略武器条约规定适量减少部署的战略武器和发射装置，该协议建立在早前小布什执政期间美国和俄罗斯之间达成的削减进攻性战略武器条约的基础之上。奥巴马总统在其 2013 年 6 月 19 日的柏林讲话中表明了美国有意在新削减战略武器条约的基础上，进一步将俄罗斯和美国部署的洲际武器数量再削减约三分之一。[31]

美国和俄罗斯能够安全地迈开这一步吗？即能否从新削减战略武器条约规定的 1550 枚最大限额裁减到大约 1000 枚作战部署在洲际导弹和战略轰炸机上的核弹头，而同时继续保持威慑和军备控制的稳定性？下面的分析使用归纳数字来质疑这个问题。[32] 模型中对新削减战略武器条约和更低限额兵力结构的预测是根据各方专家的评估，模型进一步测试了双方核交战的结果。[33]

图 1 和 2 总结了美 / 俄战略核交战的结果，其假设按照新削减战略武器条约的限额，即每个国家在洲际发射装置上作战部署 1550 枚或 1000 枚核弹头。图 1 显示每个国家在 1550 枚武器部署限额之下，可以生存并用于

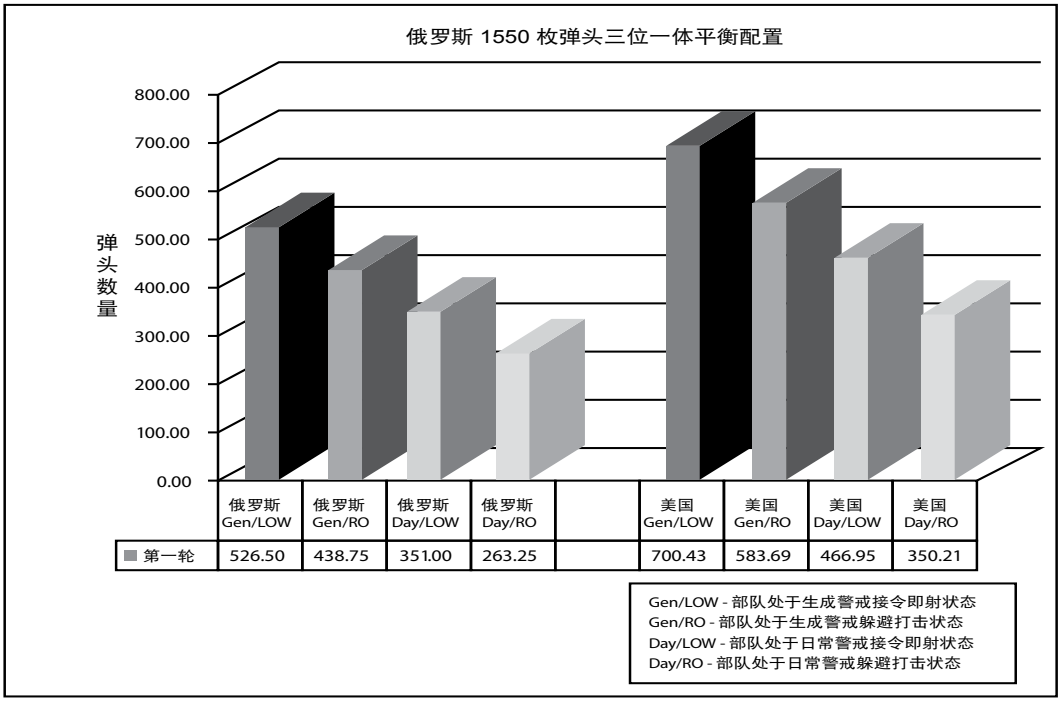

图 1：美 / 俄各自生存报复弹头数量 (1,550 枚部署限额)

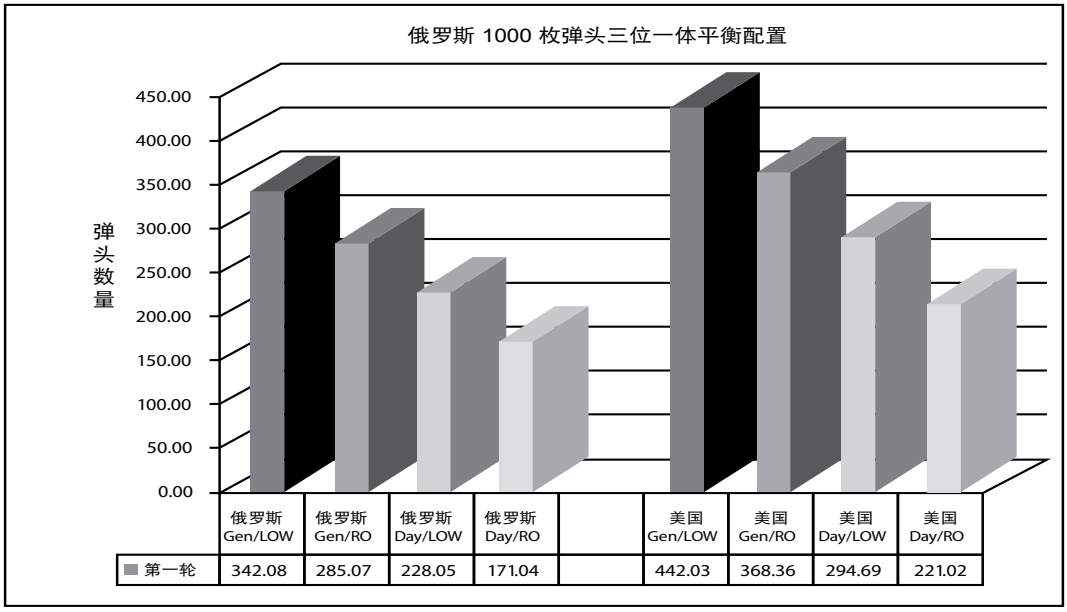

图 2：美 / 俄各自生存报复弹头数量 (1,000 枚部署限额)

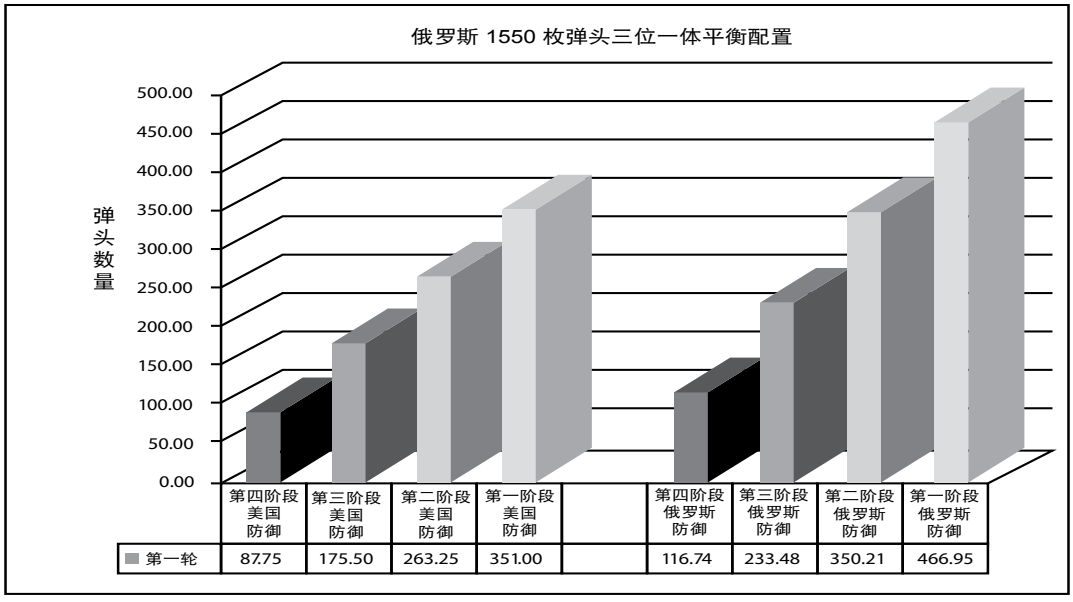

图 3：美 / 俄防御状态下各自生存报复弹头与防御对照 (1550 枚部署限额)

二次打击和报复的弹头数量。图 2 表现 1000 件部署武器限额下的类似数据。在图 3 和图 4 中 ，我们分别把反导和防空（结合起来）能力引入每个国家的等式中，从而得出四个防御阶段拦截二次打击报复武器的表现范围及其变化：对于二次打击报复弹头，第一阶

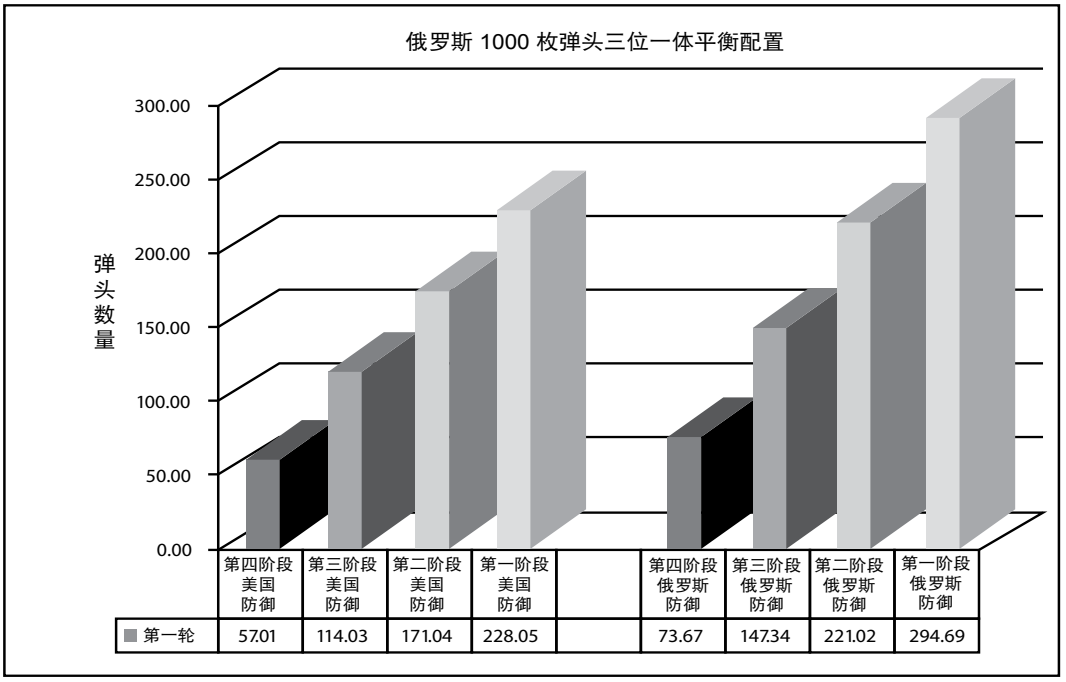

图 4：美 / 俄防御状态下各自生存报复弹头与防御对照 (1000 枚部署限额)

段成功拦截至少 20%；第二阶段至少 40%；第三阶段至少 60%；第四阶段至少 80%。

结果和影响

以上各图似乎表明：每个国家拥有的生存报复武器的数量，足可达到二次打击造成“无法承受的损失”这个按传统的美国政治和军事标准界定的标杆。[34] 然而，传统威慑模型赖以为基础的逻辑性或合理性原本属于假设，而这种假设可能误导 。基斯•佩恩（Keith B. Payne）在为一种更经验主义的威慑法辩护时指出：

> 我们企图熟悉外国领导人的决策思维方式和变化，并企图在知情基础上建立威慑结构来胁迫他们就范，这项努力绝非易事。并且，我们必须认识到，即使我们付出了大量努力来获取有关对手决策所依据的种种因素的情报，也不能排除对手基于各种我们并不熟悉或全然费解的动机、目的或价值观而不按常理出牌，做出种种无法预测的行为 。[35]

例如有些专家已经提出：提高投送核武器和常规武器的精确度，也许会导致美国和俄罗斯之外的其他一些国家，包括拥核国家，重视建设反击军事力量的战略。[36] 另一些研究人员则警告说：即使发生了规模上完全达不到美俄核大战的小型核战争，例如未来以色列和伊朗之间的核冲突，也能对双方造成史无前例的、社会上无法收拾的后果（此外还有对该区域其它各方的不确定的附带后果。）[37]

如此，包括网空武器在内的非核武器对潜在攻击者的吸引力，部分源自对这些武器的推定能力，即“精算欺骗”和“精确杀伤”

相结合的能力。对于这一点，俄罗斯副总理罗戈津警告说：信息武器正成为打击敌人政治、军事和工业中心的第一波攻击武器。他并声称：五角大楼的计算机推演表明，由大约 3000-4000 枚精确制导武器发起的攻击能摧毁俄罗斯多达 80-90% 的核潜力。[38] 当然，美国对俄罗斯的这种规模的攻击和俄罗斯可能做出的反应，将破坏欧洲和欧亚中部大部分地区的政治稳定和经济生存能力，更不必说对这两国领土分别造成的破坏。威慑失败仍然是一条要全力避开的死胡同；所谓相对优势只是一个残忍的骗局。

对奥巴马政府的另一个挑战，是其追求的目标之间可能发生冲突：即一方面想实现全球无核化并减少核武器在美国军事战略中的作用；另一方面又鼓吹提升自身先进常规武器，包括导弹防御和用于全球精确打击的进攻性武器。比如，中国据称奉行最低威慑，其部署的战略武器在数量上是假定能相对于美国确保最小程度的二次打击能力，但如果美国加强了导弹防御和 / 或全球精确打击武器，中国的假定最低二次打击态势就会感到威胁。[39] 再者，如前所述，俄罗斯也警告说，名义上针对伊朗的美国导弹防御最终可能对俄罗斯的战略核威慑构成威胁。[40]

结语

核武器如今成为后冷战时代的怪物，因为它们已经游离在美苏全球对抗竞争的初衷之外。这些武器，以其瞬间大规模杀伤并引发长期致命效果的独特能力，仍然令人敬畏。然而，制定国家战略和开展核威慑、武控和裁军政策分析的环境，已经发生了深刻变化——并且将继续出现更大变化。最明显的变化是在技术领域，但是其影响超出技术本身。进攻性打击平台的多样化、反导和防空能力的改进，以及网空重要性的不断提升，包括进攻性和防御性信息战的重要性等，交织汇聚，可能促成思维模式的转变，引发对先进国家之间大型战争的重新思考。以上讨论最多也只是涉及了这种建构性变化的表面。

核 / 网时代的一个悖论是：核大国拥有互相威慑对方的强大能力，于是无来由地沾沾自喜，而忽视下一层级的地区性核威慑，尤其是中东、南亚、东亚地区的拥核国或有志拥核国之间。[41] 欧洲以外的多极拥核国体系正产生潜在不稳定性，它将挑战当前威慑观所依据的推理逻辑以及防扩散体系的持久性。美国和盟军制定核危机应对计划时，将不得不考虑以往战争推演中没有描述过的但可能出现的设想情景，包括无法确定某些国家究竟是否已经动“核”。[42] 由于这些原因，本文提供的二维分析，即对美俄两国的核互动分析，不可避免且必然地搭接到也是这种互动之一部分的新兴的多极拥核国体系。不过，现在美国和俄罗斯已经不同于冷战中的美国和苏联，现在的这两个国家有激励因素也有机会来追求多层次的系统危机管理和共同的防扩散目标，而不必自缚于臆想的敌对意识形态。该系统“预设”为鼓励各相关地区更积极参与禁核努力，以及（希望如此）多边武器削减，其成就将超越新削减战略武器条约和所有后续协议所取得的成果。

进攻性核力量裁减和导弹防御（无论有或无网空参与）之间的关系是复杂的。导弹防御技术和上世纪相比已然更加先进。然而专家的研究表明：反弹道导弹防御系统只对地区性敌对国家的小型攻击更加有效，作为战略对抗手段来应对大规模远程导弹攻击则远谈不上有效。[43] 北约和俄罗斯在导弹防御方面有安全合作的空间，以共同对付可能由中东或其它核国家构成的威胁。但是，核武

器在中东的传播或在亚洲的进一步扩散，其影响不可能仅仅靠导弹防御或者甚至只靠军事反应来排除。灵巧外交和有限区域导弹防御并用，也许能争取一些时间，以利推动防扩散和反扩散努力的更宏大目标，并收到成效。[44] ♣

注释:

1. Freeman Dyson, Weapons and Hope [武器与希望], (New York: Harper and Row, 1984), 223-38.
2. 据信息安全及情报专家 Joel Brenner 说，美国军工体系是世界上“最肥的间谍靶子”，而且外部对我们国家防务机构的攻击是“持续不断、不屈不饶、来自四面八方、且新老手段并用。”参看 Brenner, Glass Houses: Privacy, Secrecy, and Cyber Insecurity in a Transparent World [玻璃房：透明世界里的隐私、保密和网空不安全感], (New York: Penguin Books, 2013), 73.
3. Thomas M. Chen, An Assessment of the Department of Defense Strategy for Operating in Cyberspace [国防部网空作战战略评估], (Carlisle Barracks, PA: Strategic Studies Institute, US Army War College, September 2013), 第 9-10 页及通篇各处。
4. 有关这一主题富有洞察力的分析包括 Colin S. Gray, Making Strategic Sense of Cyber Power: Why the Sky Is Not Falling [明白网空力量的战略意义：天为什么没有塌 ?], (Carlisle Barracks, PA: Strategic Studies Institute, US Army War College, April 2013); 另参看 Kamaal T. Jabbour and E. Paul Ratazzi,“Does the United States Need a New Model for Cyber Deterrence?”[美国需要新的网空威慑模型吗 ?], 收录于 Deterrence: Rising Powers, Rogue Regimes, Terrorism in the Twenty-First Century [威慑：二十一世纪的新兴大国、流氓政权和恐怖主义], ed. Adam B. Lowther (New York: Palgrave-Macmillan, 2012), 33-45; 另参看 Martin C. Libicki, Cyberdeterrence and Cyberwar [网空威慑与网空战], (Santa Monica, CA: RAND, 2009). 关于这个主题的其他引用资料在后面的注释中继续列明。有关网空和美国国家安全战略的重要政府文件的年表，以上注释 3 中 Chen 文的附录即第 45-46 页里有很好的总结。
5. 关于主要大国的信息作战概念，见 Timothy L. Thomas, Cyber Silhouettes: Shadows over Information Operations [网空剪影:笼罩信息作战的阴影], (Ft. Leavenworth, KS: Foreign Military Studies Office, 2005), 第 5-6、10、14 章以及全文各处；另参看 Pavel Koshkin,“Are Cyberwars between Major Powers Possible? A Group of Russian Cybersecurity Experts Debate the Likelihood of a Cyberwar Involving the U.S., Russia or China”[主要大国间有无网空战可能？一组俄罗斯网空安全专家辩论有美、俄、中卷入的网空战的可能性], Russia Direct, 1 August 2013, http://russia-direct.org, 收录于俄罗斯信息集锦 -2013 , 143 (6 August 2013), davidjohnson@starpower.net.
6. 网空武器并不一定能有效地用作产生战役战术或战略效果的使能工具。参看 Martin C. Libicki, Conquest in Cyberspace: National Security and Information Warfare [网空中的征服：国家安全和信息战] (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007), Chaps 4-5.
7. 批评美国最低核威慑建议的专家文章见 Dr. Keith B. Payne, study director, and Hon. James Schlesinger, chairman, Senior Review Group, Minimum Deterrence: Examining the Evidence [最低威慑：审查证据], (Fairfax, VA: National Institute for Public Policy, National Institute Press, 2013). 赞成最低威慑前景的专家评论评见 James Wood Forsyth Jr., Col B. Chance Saltzman, and Gary Schaub Jr.,“Remembrance of Things Past: The Enduring Value of Nuclear Weapons”[回忆往事：核武器的持久价值], Strategic Studies Quarterly 4, no. 1 (Spring 2010): 74-90.
8. 美国网空司令部为抵抗对计算机网络和其它目标的攻击而计划建造的相当于“星球大战”的网空防御，可能会被在国家安全局监视做法上的政治争议所耽误或转向。参看 David E. Sanger,“N.S.A. Leaks Make Plan for Cyberdefense Unlikely”[国家安全局的泄露可能使网空防御计划泡汤], New York Times, 12 August 2013, http://www.nytimes.com/2013/08/13/us/nsa-leaks-make-plan-for-cyberdefense-unlikely.html.
9. “Putin Calls to Strengthen Protection against Cyber Attacks”[普京呼吁加强对网空攻击的防御], Itar-Tass, 5 July 2013, 收录于 Johnson's Russia List 2013 [俄罗斯信息集锦 -2013], no. 122, 5 July 2013, davidjohnson@starpower.net.
10. Jonathan Earle,“U.S. and Russia Sign New Anti-Proliferation Deal”[美俄签署新反扩散协议], Moscow Times, 19 June 2013, 收录于 Johnson's Russia List 2013 [俄罗斯信息集锦 -2013], no. 111 (19 June 2013), davidjohnson@starpower.net.
11. Clifford S. Magee,“Awaiting Cyber 9/11”[等待网空 9/11], Joint Force Quarterly, issue 70 (3rd Quarter 2013): 76.
12. Dr. Panayotis A. Yannakogeorgos and Dr. Adam B. Lowther,“Saving NATO with Airpower”[以空中力量拯救北约], Royal Canadian Air Force Journal 2, no. 1 (Winter 2013): 70.

13. 例如，参看注释 3 中 Chen 文，10-11; 注释 2 中 Brenner 文，尤其是第 6-7 章；另参看 Timothy L. Thomas, Three Faces of the Dragon: Cyber Peace Activist, Spook, Attacker [网龙三面：网空和平主义者、幽灵、攻击者], (Ft. Leavenworth, KS: Foreign Military Studies Office, 2012); 另参看 Timothy L. Thomas, Recasting the Red Star: Russia Forges Tradition and Technology through Toughness [重塑红星：以坚韧锻造的俄罗斯传统和技术], (Ft. Leavenworth, KS: Foreign Military Studies Office, 2011); 另参看 Department of Defense, Department of Defense Strategy for Operating in Cyberspace [国防部网空作战战略], (Washington, DC: Department of Defense, July 2011), http://www.defense.gov/news/d20110714cyber.pdf; 另参看 White House, International Strategy for Cyberspace: Prosperity, Security, and Openness in a Networked World [国际网空战略：联网世界的繁荣、安全和开放], (Washington, DC: White House, May 2011), http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/rss_viewer/international_strategy_for_cyberspace.pdf; 另参看注释 4 中 Colin S. Gray 文第 8 页；另参看 Robert A. Miller, Daniel T. Kuehl, and Irving Lachow,“Cyber War: Issues in Attack and Defense”[网空战：攻击和防御方面的问题], Joint Force Quarterly, issue 61 (2nd Quarter 2011), 18-23; 另参看注释 4 中 Libicki 文；另参看 P. W. Singer, Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the Twenty-First Century [联网作战：第 21 世纪的机器人革命与冲突], (New York: Penguin Books, 2009); 另参看 John Arquilla, Worst Enemy: The Reluctant Transformation of the American Military [顽敌：阻力重重的美军转型], (Chicago: Ivan R. Dee, 2008), 主要在第 6-7 章；另参看注释 6 中 Libicki 文，主要在第 15-31 页。

14. 见注释 13 中 Miller, Kuehl, and Lachow 文。

15. 见注释 2 中 Brenner 文，第 3 页。

16. 以 Stuxnet“震网”病毒攻击伊朗核计划之一部分的离心机，这就是此类攻击的一个例子。据报道，伊朗 5000 台离心机之中大约有 1000 台受到美国和以色列网空攻击而短时瘫痪，这是被称作“奥运会”的美国计划的一部分，该计划在小布什执政时开始并继续到奥巴马政府。参看 David E. Sanger,“Obama Order Sped Up Wave of Cyberattacks against Iran”[奥巴马命令加速针对伊朗的网空攻击浪潮], New York Times, 1 June 2012, http://www.nytimes.com/2012/06/01/world/middleeast/obama-ordered-wave-of-cyberattacks-against-iran.html?_r=0.

17. 见注释 13 中 Miller, Kuehl, and Lachow 文，第 19 页。这些目标中有些也许还可能通过网空中的“友好征服”而非“敌对征服”来实现。参看注释 6 中 Libicki 文关于对立的定义，第 125-26 页；相关的讨论还可见第 6 章的其它部分。

18. Patrick M. Morgan,“The State of Deterrence in International Politics Today”[当今国际政治领域的威慑状况], Contemporary Security Policy 33, no. 1 (April 2012): 85-107, 作者尤其在 101-103 页中讨论了重审威慑理论实践与网空安全之间的关系。

19. 见注释 4 种 Gray 文，第 36 页。

20. Adam B. Lowther 认为，威慑可以被概念化为由三部分组成的连续频谱：以劝阻威慑、以拒止威慑、以威胁威慑。行使威慑的国家从频谱的一端移向另一端，从劝阻到拒止又到威胁，逐步提高威慑行动的级别。见 Lowther,“How Can the United States Deter Nonstate Actors?”[美国能如何威慑非国家行为体 ?], 具体讨论参看注释 4 中 Lowther 主编的论文集 163-182 页，尤其是 166-167 页。

21. Desmond Butler,“Flaws Found in U.S. Missile Shield for Europe”[在美国的欧洲导弹防御系统中发现缺陷], Army Times, 9 February 2013, http://www.armytimes.com/article/20130209/NEWS/302090305/Flaws-found-in-U-S-missile-shield-for-Europe; 另参看“US Missile Defense Shield Flawed—Classified Studies”[美国导弹防御系统存在漏洞—机密研究], Russia Today, 11 February 2013, http://rt.com/usa/us-missile-defense-flaws-811/.

22. National Research Council, Making Sense of Ballistic Missile Defense: An Assessment of Concepts and Systems for U.S. Boost-Phase Missile Defense in Comparison to Other Alternatives [确立弹道导弹防御的意义：评估美国助推段导弹防御概念和系统并与其他选择相比较], (Washington, DC: National Research Council, National Academy of Sciences, National Academies Press, 2012), http://www.nap.edu.

23. George N. Lewis and Theodore A. Postol,“The Astonishing National Academy of Sciences Missile Defense Report”[令人惊讶的国家科学院导弹防御报告], Bulletin of the Atomic Scientists, 20 September 2012, http://thebulletin.org/astonishing-national-academy-sciences-missile-defense-report-0.

24. Rebecca Slayton, Arguments That Count: Physics, Computing, and Missile Defense, 1949-2012 [有意义的争论：物理、计算和导弹防御，1949-2012], (Cambridge, MA: MIT Press, 2013).

25. Steven J. Whitmore and John R. Deni, NATO Missile Defense and the European Phased Adaptive Approach: The Implications of Burden Sharing and the Underappreciated Role of the U.S. Army [北约导弹防御和欧洲分阶段调适反导计划：责任分担和美国陆军被低估的作用之影响], (Carlisle Barracks, PA: Strategic Studies Institute and US Army War College Press, October 2013), 作者在这篇文章中较好地论述了美国和北约欧洲导弹防御计划面临的技术、政治和经济挑战。

26. 关于美国和北约导弹防御计划，参看 LTG Patrick J. O'Reilly, USA, director, Missile Defense Agency,“Ballistic Missile Defense Overview”[弹道导弹防御概观], 12-MDA-6631 (briefing presented to the 10th Annual Missile Defense Conference, Department of Defense, Washington, DC, 26 March 2012), http://mostlymissiledefense.files.wordpress.com/2013/06/bmd-update-oreilly-march-2012.pdf.

27. Treaty between the United States of America and the Russian Federation on Measures for the Further Reduction and Limitation of Strategic Offensive Arms [美国和俄罗斯就进一步削减和限制战略进攻性武器措施的条约], (Washington, DC: Department of State, 8 April 2010), http://www.state.gov/documents/organization/140035.pdf.

28. 奥巴马政府主导的导弹防御分阶段调适方案将保留并提高小布什执政期间部署的某些技术，但会把重点转向其它由改进的作战管理指挥、控制、通信（BMC3）系统和发射检测与跟踪所支持的拦截器。参看 Karen Kaya,“NATO Missile Defense and the View from the Front Line”[北约导弹防御和来自前线的看法], Joint Force Quarterly, issue 71 (4th Quarter 2013), 84-89; 另参看 John F. Morton and George Galdorisi,“Any Sensor, Any Shooter: Toward an Aegis BMD Global Enterprise”[任何传感器、任何发射器：向宙斯盾弹道导弹防御全球体系发展], Joint Force Quarterly, issue 67 (4th Quarter 2012), 85-90; 另参看 Frank A. Rose, deputy assistant secretary, Bureau of Arms Control, Verification and Compliance,“Growing Global Cooperation on Ballistic Missile Defense”[弹道导弹防御领域的全球合作不断发展], (remarks as prepared, Berlin, Germany, 10 September 2012), http://www.state.gov/t/avc/rls/197547.htm.

29. 例如，可参阅“Moscow Needs More 'Predictability' in NATO Missile Defense Plans”[莫斯科需要北约导弹防御计划中更大的“可预测性”], RIA Novosti, 23 October 2013, 收录于 Johnson's Russia List 2013 [俄罗斯信息集锦 -2013], no. 191 (24 October 2013), davidjohnson@starpower.net.

30. 相关的讨论，参看 Dr. Adam Lowther 主编的 The Asia-Pacific Century: Challenges and Opportunities [亚太世纪：挑战和机遇], (Maxwell AFB, AL: Air University Press, Air Force Research Institute, April 2013).

31. Peter Baker and David E. Sanger,“Obama Has Plans to Cut U.S. Nuclear Arsenal, If Russia Reciprocates”[奥巴马计划削减美国核武库，如果俄罗斯也同样做的话], New York Times, 18 June 2013, http://www.nytimes.com/2013/06/19/world/obama-has-plans-to-cut-us-nuclear-arsenal-if-russia-reciprocates.html?_r=0; 另参看 Roberts Rampton and Stephen Brown,“Obama Challenges Russia to Agree to Deeper Nuclear Weapon Cuts”[奥巴马挑战俄罗斯同意进一步削减核武器], Reuters, 20 June 2013, 收录于 Johnson's Russia List 2013 [俄罗斯信息集锦 -2013], no. 212 (20 June 2013), davidjohnson@starpower.net.

32. 图 1-4 是以 Dr. James J. Tritten 最初研发的一个模型为基础改动而成，笔者特致感谢。对本文插图或文字的任何争论或意见，Dr. James J. Tritten 不承担任何责任。

33. 该分析中的兵力结构是概念性的，并非一定能预测实际部署。关于专家鉴定，参看 Hans M. Kristensen, Trimming Nuclear Excess: Options for Further Reductions of U.S. and Russian Nuclear Forces [修剪过剩核力量：进一步缩减美俄核力量的备选方案], Special Report no. 5 (Washington, DC: Federation of American Scientists, December 2012), http://www.fas.org/programs/ssp/nukes/publications1/TrimmingNuclearExcess.pdf; 另参看 Gen James Cartwright, retired, chair, Global Zero U.S. Nuclear Policy Commission Report: Modernizing U.S. Nuclear Strategy, Force Structure and Posture [美国核政策委员会全球零核报告：使美国核战略、兵力结构和态势现代化], (Washington, DC: Global Zero, May 2012), http://www.globalzero.org/files/gz_us_nuclear_policy_commission_report.pdf; 另参看 Pavel Podvig,“New START Treaty in Numbers”[新削减战略武器条约中的数字], Russian Strategic Nuclear Forces (blog), 9 April 2010, http://russianforces.org/blog/2010/03/new_start_treaty_in_numbers.shtml; 另参看 Joseph Cirincione,“Strategic Turn: New U.S. and Russian Views on Nuclear Weapons”[战略转变：美国和俄罗斯关于核武器的新观点], New America Foundation, 29 June 2011, http://newamerica.net/publications/policy/strategic_turn; 另参看“U.S. Strategic Nuclear Forces under New START”[新削减战略武器条约约束下的美国战略核力量], Arms Control Association, July 2013, http://www.armscontrol.org/factsheets/USStratNukeForceNewSTART.

34. 某些专家认为，美国只需要在洲际发射架上部署不足 400 枚弹头就能满足战略核威慑需要。参看 James Wood Forsyth Jr., B. Chance Saltzman, and Gary Schaub Jr.,“Minimum Deterrence and Its Critics”[最低威慑及其批评言论], Strategic Studies Quarterly 4, no. 4 (Winter 2010), 3-12. 反驳意见参看注释 7 中 Payne and Schlesinger 文，尤其是第 65-70 页。

35. Keith B. Payne, The Fallacies of Cold War Deterrence and a New Direction [冷战威慑的悖论和新方向] (Lexington: University Press of Kentucky, 2001), 101.

36. 例如，可参看 Keir A. Lieber and Daryl G. Press,“The New Era of Nuclear Weapons, Deterrence, and Conflict”[核武器、威慑和冲突的新时代], Strategic Studies Quarterly 7, no. 1 (Spring 2013): 3-14.

37. Cham E. Dallas et al.,“Nuclear War between Israel and Iran: Lethality beyond the Pale”[以色列和伊朗之间的核战争：难以承受的致命打击], Conflict and Health, 10 May 2013, http://www.conflictandhealth.com/content/7/1/10; 另参看 Anthony H. Cordesman, Iran, Israel, and Nuclear War: An Illustrative Scenario Analysis [伊朗、以色列、核战争：一种说明性情景分析], (Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, 19 November 2007), http://csis.org/files/media/csis/pubs/071119_iran.is&nuclearwar.pdf; 另参看 US Congress, Office of Technology Assessment, The Effects of Nuclear War [核战争的后果], (Washington, DC: Government Printing Office, May 1979), 其中 27-44 页包含单一城市遭受核打击的案例研究。此报告部门警告说，即使一场小型或有限的核攻击也会造成“巨大的”后果 (p.4)。

38. Ilya Maksimov and Sergey Kuksin,“Russia Will Not Be a Bystander in the Arms Race”[俄罗斯不会是军备竞赛的旁观者], Rossiyskaya Gazeta, 28 June 2013, 收录于 Johnson's Russia List 2013 [俄罗斯信息集锦 -2013], no. 122 (5 July 2013), davidjohnson@starpower.net.

39. Lora Saalman,“How Chinese Analysts View Arms Control, Disarmament, and Nuclear Deterrence after the Cold War”[中国分析家如何看待冷战之后的军备控制、裁军和核威慑], 收录于 Engaging China and Russia on Nuclear Disarmament [推动中国和俄罗斯参加核裁军], Occasional Paper, no. 15, ed. Cristina Hansell and William C. Potter (Monterey, CA: James Martin Center for Nonproliferation Studies, April 2009), 47-71.

40. 关于奥巴马核裁军目标与先进常规武器现代化目标之间可能出现的冲突，进一步讨论参看 Andrew Futter and Benjamin Zala,“Advanced US Conventional Weapons and Nuclear Disarmament: Why the Obama Plan Won't Work”[美国先进常规武器与核裁军：奥巴马计划为何行不通 ?], Nonproliferation Review, 20, no. 1 (2013): 107-22, http://dx.doi.org/10.1080/10736700.2012.761790.

41. Paul Bracken, The Second Nuclear Age: Strategy, Danger, and the New Power Politics [第二个核时代：战略、危险和新强权政治], (New York: Henry Holt, 2012), 主要在 215-220 和 267-270 页。关于第二个核时代的更多辩论，参看注释 4 中 Adam Lowther 主编的 Deterrence: Rising Powers [威慑：崛起的大国]; 另参看 Paul K. Davis, Structuring Analysis to Support Future Decisions about Nuclear Forces and Postures [以结构性分析支持核力量与核态势的未来决定], Working Paper WR-878-OSD (Santa Monica, CA: RAND National Defense Research Institute, September 2011); 另参看 Michael Krepon, Better Safe Than Sorry: The Ironies of Living with the Bomb [小心为妙：与炸弹共存的讽刺], (Stanford, CA: Stanford University Press, 2009), 94-132; 另参看 Colin S. Gray, The Second Nuclear Age [第二个核时代], (Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers, 1999).

42. 关于这方面一些有意思的可能性，参看 George H. Quester, Nuclear First Strike: Consequences of a Broken Taboo [第一次核打击：打破禁忌的后果], (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), 24-52, 尤其是第 25-30 页。此文作者正在撰写另一篇文章“Anticipatory Attack”[预防性攻击]，其中展现对一些多极拥核强权模型的路试发现。

43. 见注释 22 中 National Research Council 文。

44. 第二个核时代中的不稳定性来源将包括主要强国、次级强国和一些团体，它们在多极核系统之内大国竞争的覆盖下，有时创造性地在战争边缘政治性玩弄核武器。参看注释 41 中 Bracken 文，主要在第 93-126 页；另参看 James E. Goodby,“The End of a Nuclear Era”[一个核时代的终结], New York Times 14 August 2013, http://www.nytimes.com/2013/08/15/opinion/global/the-end-of-a-nuclear-era.html?_r=0; 另参看 C. Dale Walton and Colin S. Gray,“The Geopolitics of Strategic Stability: Looking Beyond Cold Warriors and Nuclear Weapons”战略稳定的地缘政治：超越冷战勇士和核武器看问题], 收录于 Strategic Stability: Contending Interpretations, [战略稳定性：多元观点汇总], ed. Elbridge A. Colby and Michael S. Gerson (Carlisle Barracks, PA: Strategic Studies Institute and US Army War College Press, 2013), 85-115.

斯蒂芬·森巴拉博士（Dr. Stephen J. Cimbala），宾夕法尼亚州立大学文学士，威斯康星大学麦迪逊校区文科硕士、哲学博士，现为宾夕法尼亚州立大学 Brandywine 校区政治学杰出教授，在美国国家安全、核武器控制及其它领域著述颇丰。他是宾夕法尼亚州立大学获奖教师，最新出版著作有《应对不确定性的武器：美国与俄国安全政策中的核武器》（Ashgate，2013 年）及与 Sam C. Sarkesian 和 John Allen Williams 合著的《美国国家安全：政策制定者，过程与政治》（Lynne Rienner，2013 年）。