

美国在东欧部署反导系统针对谁？*

吴日强

一、美俄围绕美国在东欧部署反导系统的争论

2007年1月，美国宣布将正式展开与波兰和捷克的谈判，在波捷两国部署导弹防御系统以拦截来自伊朗和朝鲜的导弹攻击。该系统包括部署于波兰的10枚拦截弹、部署于捷克的一部X波段雷达和位于高加索地区的前沿部署雷达。美国官方表示，传感器和拦截弹都指向中东的弹道导弹发射点，并

* 感谢清华大学国际问题研究所为作者提供了使本研究得以完成的工作条件，感谢李彬教授的指导和对本文提出的宝贵修改意见。感谢匿名评审专家的评审意见。

Missile Defense System Not Aimed At Russia Says US, "2007年1月25日, http://www.spacewar.com/reports/Missile_Defense_System_Not_Aimed_At_Russia_Says_US_999.html; 'Pentagon Officials To Visit Ukraine For Missile Defence Talks, "2007年3月6日, http://www.spacewar.com/reports/PentagonOfficials_To_Visit_Ukraine_For_Missile_Defence_Talks_999.html

不是用来对付俄罗斯的军事力量。美国还认为俄罗斯的数百枚弹道导弹大大超过了即将在东欧部署的10枚拦截弹的拦截能力，同时波兰部署的拦截弹物理上也不会对俄罗斯导弹构成威胁，因为拦截弹将从俄罗斯导弹的后面而不是前面进行拦截。

俄罗斯方面显然没有接受美国的解释。2007年2月10日，普京总统在第43届慕尼黑安全政策会议上发表演讲，对美国的安全政策提出严厉批评，其中也提到了东欧的反导系统。之后，俄罗斯领导人频频发表强硬的讲话。俄罗斯国防部长伊万诺夫（Ivanov）质疑美国的动机，认为以波兰、捷克为基地的反导系统对朝鲜导弹无效，而伊朗只有中程导弹，根本打不到美国；另外还质疑美国为什么不把导弹防御系统部署在它的其他盟国，如伊拉克、阿富汗、土耳其。俄军总参谋长巴卢耶夫斯基（Baluyevskyi）表示，不排除俄罗斯单方面退出《中程导弹条约》的可能性。他认为，俄罗斯此举能对美国在欧洲部署反导系统给予“充分且非对称的回应”。俄罗斯军方高层则表示，俄有能力摧毁美国计划部署在波兰及捷克的反导系统。2007年4月26日，俄罗斯总统普京在致联邦会议的年度国情咨文中表示，俄罗斯将暂停执行《欧洲常规武装力量条约》。5月10日俄罗斯总参谋长巴卢耶夫斯基在北约总部布鲁塞尔与北约有关领导人会晤后说，《欧洲常规武装力量

“European Missile Defense Would Protect Against Middle East Threats,” 2007年1月29日，<http://www.globalsecurity.org/space/library/news/2007/space - 070129 - usia01.htm>

Wade Boese, “U.S., Europe Anti-Missile Plans Upset Russia,” *Arms Control Today*, March 2007.

“Speech and the Following Discussion at the Munich Conference on Security Policy,” 2007年2月10日，http://www.kremlin.ru/eng/speeches/2007/02/10/0138_type82912_type82914_type82917_type_84779_118135.shtml

“Russia Protests US Missile Shield But Vows To Avoid Arms Race,” 2007年2月9日，http://www.spacewar.com/reports/Russia_Protests_US_Missile_Shield_But_Vows_To_Avoid_Arms_Race_999.html

“Russia May Unilaterally Quit NF Treaty,” 2007年2月16日，http://www.spacewar.com/reports/Russia_May_Unilaterally_Quit_NF_Treaty_999.html

Pavel Podvig, “Missile defense: The Russian reaction,” <http://www.thebulletin.org/columns/pavel-podvig/20070226.html>

“Annual Address to the Federal Assembly,” 2007年4月26日，http://www.kremlin.ru/eng/speeches/2007/04/26/1209_type70029_type82912_125494.html

条约》处于崩溃的边缘。

俄罗斯对美国在东欧部署反导系统的批评是两国长期以来关于反导问题争论的继续，这一争论可以溯源自冷战时期。冷战期间，美苏在战略武器控制方面发展出一套经典的军控理论，其核心是维护两国之间的战略稳定性。经典军控理论的一个要点是防止弹道导弹防御系统（战略性的反导系统）破坏美苏之间的战略稳定性。冷战结束后，美国再次大力发展战略性反导系统，尤其是发展战略性的全国导弹防御系统，这引起了俄罗斯的担心。为此，两国有过剧烈的争吵。辩论的焦点之一是美国计划在阿拉斯加部署导弹防御系统。美国声称，这一系统是用来对付来自朝鲜的导弹威胁。从地理上看，这一系统同样可以用于对付来自俄罗斯远东地区以及中国本土的导弹，对于俄罗斯欧洲领土上的战略导弹，阿拉斯加基地并不处于有利的拦截位置。如果美国仅维持阿拉斯加一个战略性导弹防御基地，俄罗斯凭借其西部的导弹基地就可以限制美国反导系统的作用，这有利于俄罗斯维持其战略报复能力。

现在，美国已经决定在俄罗斯的西面（捷克和波兰）部署导弹防御系统，尽管美国声称这一部署是用于对付来自伊朗的核威胁，但问题是，这一系统是否能够拦截来自俄罗斯欧洲部分的导弹？如果部署在捷克和波兰的导弹防御系统能够拦截俄罗斯西部发射的战略导弹，那么，加上正在建设中的阿拉斯加导弹防御基地，美国就可能从东、西两个方向拦截俄罗斯从本土导弹基地发射的导弹。从地理上看，这两个反导基地甚至可能构成对俄罗斯战略导弹的多层拦截。随着美国导弹防御能力的逐步增强，俄罗斯的战略报复能力将逐渐被抵消。

按照美国学者的观点，一旦美国可以抵消俄罗斯的核报复能力、取得对俄罗斯的核优势，美国决策者将会把这种核优势转变成一种对俄罗斯的强制

<http://en.rian.ru/russia/20070510/65265934.html>

A shton B. Carter and David N. Schwartz ed., *Ballistic Missile Defense* (Washington, D.C., The Brookings Institution, 1984).

A lexander T. J. Lennon, *Contemporary Nuclear Debates* (Cambridge, MA: The MIT Press, 2002).

外交手段。这势必会损害俄罗斯的安全。即使美国的动机只是要对付来自伊朗的导弹威胁，只要部署在波兰和捷克的导弹防御系统会损害俄罗斯的战略报复能力，俄罗斯就可能因为担心自己的安全受到损害而做出反应，这将导致典型的安全困境现象。

本研究旨在从技术角度做出评估：美国在波兰和捷克部署的反导系统能否拦截俄罗斯从其欧洲领土上发射的战略导弹？这一反导系统能为美国建立对俄罗斯的核优势发挥什么作用？本研究的重点不是分析美国是否具有拦截俄罗斯导弹的意图，而在于说明美国是否将拥有这样的能力。

如果美国的确可能获得这种能力，那么安全困境现象将围绕美国的部署而展开。美俄双方可能出现一些负面的安全互动，恶化双方的安全关系以及欧洲的安全气氛。实际上，俄罗斯已经做出强硬的回应，我们的研究有助于理解这种负面安全互动。美俄的安全互动也必然会影响欧洲的安全，使得欧洲国家陷入这场负面安全互动。我们还将分析这些安全互动对欧洲安全的影响。

二、研究方法及研究假定

本文将从技术角度考察美国部署在东欧的拦截弹是否能够及时拦截到俄罗斯从其欧洲领土发射并且飞向美国的战略导弹。由于美国并未公布它将部署的导弹防御系统的技术指标，因此，我们需要推测美国部署在东欧基地的拦截弹的技术指标。推测的依据是，这一导弹防御系统应该像美国声称的那样，能够拦截伊朗发射过来的攻击美国的导弹。

我们的研究实际上是一种比较研究，即比较美国的东欧反导系统拦截伊朗导弹的能力和拦截俄罗斯导弹的能力。反导系统对导弹的拦截能力可以用两个指标来描述。第一个指标是拦截弹的拦截范围，即拦截弹是否能够在对方导弹飞行的某个阶段到达导弹轨道，以便进行导弹拦截。第二个指标是拦截弹的拦截概率，即拦截弹通过末段制导，是否能实现对目标的碰撞，这是

Keir A. Lieber and Daryl G. Press, "The End of MAD? The Nuclear Dimension of U. S. Primacy," *International Security*, Vol. 30, No. 4, 2006, pp. 7—44.

碰撞杀伤的基本原理。我们在研究中将比较前一个指标，如果伊朗飞向美国的导弹在东欧反导拦截弹的拦截范围之内，那么，俄罗斯飞向美国的导弹是否也在这些拦截弹的拦截范围之内。

我们没有比较上述的第二个指标，即美国拦截弹分别对俄罗斯导弹和伊朗导弹的拦截概率。这样做的理由有以下几点：

第一，一些用于比较的导弹和拦截弹实际上还不存在。美国的导弹拦截弹仍在发展与研制过程中，在拦截的末段寻的方面，其性能还远没有确定。对美国而言，伊朗的洲际导弹本身也还仅仅只是一种关切，还不是事实。伊朗未来会发展出怎样的洲际导弹弹头，目前还不得而知。因此，无法比较美国拦截弹对伊朗和俄罗斯导弹的拦截概率。

第二，我们并不能认为美国拦截伊朗弹头比拦截俄罗斯弹头的成功率更高。设计不那么精良的导弹可能会出现飞行不稳定、推进器残片混在弹头附近等现象，这会影响弹道导弹弹头击中目标的精度。同时这些因素也会增加拦截方的困难，降低拦截成功概率。此外，美国对俄罗斯的导弹飞行试验进行过多年的监测，对俄罗斯弹头的飞行特点掌握较多。因此，美国可以专门针对俄罗斯弹头的特点进行拦截弹的设计。如果未来伊朗制造出洲际导弹，美国的拦截弹未必适应其飞行特点。因此，在美国拦截弹拦截伊朗弹头和俄罗斯弹头的拦截成功概率方面，并不一定存在明确的高下之分。

第三，只要俄罗斯飞向美国的导弹在东欧反导拦截弹的拦截范围之内，俄罗斯的战略报复能力就会受到威胁。双方没有机会验证这一拦截概率的高低。从威慑的角度而言，这会助长美国对俄罗斯威慑力的怀疑，从而从心理上削弱俄罗斯威慑的有效性。俄罗斯在东欧反导系统一出现端倪就做出强硬反应，其原因也在这里。基于上述理由，我们将不考察美国拦截弹对伊朗、俄罗斯导弹成功拦截的概率。

目前在导弹防御安全影响的讨论中，学者们首要关注的是前述第一个指标，即反导拦截弹的拦截范围。这里的深层原因还在于，一旦反导系统的地理位置确定，该系统拦截弹的拦截范围就基本确定了。除非拦截弹的性能

参见 Lisbeth Grönlund, et al, "Highly capable theater missile defenses and the ABM treaty," *Arms Control Today*, Vol. 24, No. 3, 1994, pp. 3—8.

出现巨大的跃升才会明显改变其拦截范围。因此，反导系统的拦截范围成为国际安全中的一个醒目指标。

具体来说，反导系统的拦截范围由其雷达、拦截弹的性能以及被拦截导弹的飞行时间决定。因此，我们需要对上述各个参数进行考察。有报道称，美国将把位于太平洋夸贾林环礁（Kwajalein Atoll）的 X 波段雷达移至捷克。因此，本文中，我们将根据 X 波段雷达的性能参数进行分析。目前，美国没有公布将要部署的拦截弹的具体型号和指标。相对而言，更换拦截弹比更换雷达要稍微容易一些。实际上，除在阿拉斯加部署的地基拦截弹（Ground Based Interceptor, GB I）外，美国的大多数拦截弹都是可以机动部署的。也就是说，原则上美国可以根据需要选择部署在波兰的拦截弹的品种。这样，我们就必须将考察范围扩大，涵盖美国已有的和正在开发的一些可能的拦截弹，以确定它们的拦截范围是否包括伊朗飞向美国和俄罗斯飞向美国的导弹。

美国陆地部署的、具有拦截洲际导弹潜力的拦截弹有四种。我们将对所有这四种拦截弹进行比较，考察它们的拦截范围是否包括伊朗、俄罗斯导弹。以下是这些拦截弹的名称以及我们对这些拦截弹参数选择的依据。我们所选择的拦截弹的具体参数见附录一，这些参数未必与实际的拦截弹参数精确一致，但它们能够反映这些拦截弹的基本特征：

- 1) 主动段拦截弹（Boost Phase Interceptor, 简称 BPI）：符合美国物理学会报告定义的性能，专门用于主动段拦截；
- 2) 战区高空区域防御系统（Theater High Altitude Area Defense, 简称 THAAD）：关机速度 $< 3 \text{ km/s}$ ，符合克林顿政府对 TMD 的定义，美国已经开始进行生产，将于 2009 年交付使用；
- 3) 地基拦截弹（Ground Based Interceptor, 简称 GB I）：关机速度 $>$

“U.S. missile defense chief argues for missile shield in space,” 2007 年 3 月 28 日，<http://en.rian.ru/world/20070328/62737260.html>

David K. Barton, et al., Report of the American Physical Society Study Group on Boost - Phase Intercept Systems for National Missile Defense Scientific and Technical Issues (APS, 2003).

BPI 拦截弹泛指所有可能的主动段拦截弹，不对应美国实际部署的系统。

7km / s，相当于一枚洲际导弹，布什政府在阿拉斯加和范登堡部署的地基拦截弹；

4) 动能拦截器 (Kinetic Energy Interceptor, 简称 KEI): 关机速度 > 6km / s，高加速性能，基于卫星预警发射，美国正在开发的用于主动段和上升段的拦截系统，将于 2008 年试射助推器。

在研究中，我们还需要一些附加的假定，这些假定可能与实际情况略有出入，但是，不影响我们计算结果的实际意义。附加的研究假定为如下几点：

(1) 雷达探测距离取为 4000km。实际上在现有地理框架下，决定雷达预警时间的是几何位置而不是探测距离，也就是说，当进攻导弹飞出雷达地平线时，即位于雷达的作用距离之内，并被雷达发现。(2) 波兰的拦截弹部署在华沙。实际的拦截弹可能会位于波兰境内的某个军事基地而不是华沙，但由此带来的地理差别不大，不影响大尺度的几何计算。(3) 捷克的雷达位于布拉格。实际的雷达可能会位于捷克境内的某个军事基地而不是布拉格。同样，这一地理差别不影响大尺度的几何计算。(4) 伊朗战略导弹的发射点为德黑兰。这种粗略假定带来的地理差别也不会影响大尺度的几何计算。(5) 俄罗斯导弹发射基地为普列谢茨克 (Plesetsk)。普列谢茨克是俄罗斯西部重要的战略导弹试验基地。(6) 弹道计算中，选择美国的目标为纽约市。(7) 地球为圆球，不考虑地球旋转。

我们的研究重点在于考查美国部署在东欧的导弹防御系统的能力，这样的能力可能会改变美、俄战略力量对比的结构。根据这一力量对比结构的变化，我们可以推测和解释美、俄的安全行为和它们之间的安全互动。这是一种结构现实主义的思路，也就是说，我们只考察实力结构变化对国家行为和国家间关系的影响。

本研究的重点不在于考察美国部署这一系统的动机，原因如下：第一，美国与俄罗斯对美国动机的说法明显不同，而美国政府关于这次部署的内部

Andrew M. Sessler, et al. Countermeasures: A Technical Evaluation of the Operational Effectiveness of the Planned US National Missile Defense System (Union of Concerned Scientists, MIT Security Studies Program, August 2000), p. 140. 但是，作者没有给出目标的 RCS。

辩论还没有公开。因此，已有的公开素材可能还不足以就美国的真实动机进行分析。第二，随着美、俄实力对比的变化，美国的动机可能会发生变化。美国现在的动机不一定能够代表将来双方发生军事对峙时美国的动机。

因此，我们按照结构现实主义的思路，将关注重点放在考察双方实力对比的变化上。美俄实力对比的变化将改变它们的安全行为，甚至由此影响欧洲国家的安全。因此，我们还将根据技术分析的结果来讨论欧洲国家的安全后果及反应（拦截弹和进攻导弹的模型见附录一，拦截弹发射延迟的计算见附录二）。

三、东欧反导系统的拦截范围

我们所考察的拦截弹一共有四种，分别为 BPI、THAAD、GBI 和 KEI。这包括了美国目前研制的所有具有战略能力的陆基拦截弹。本节将依次考察这四种拦截弹的拦截范围是否能够覆盖伊朗导弹和俄罗斯导弹。

我们首先讨论 BPI。根据已有的研究报告，主动段拦截系统 BPI 的射程不大于 1000km。华沙到伊朗边境距离最近为 2200km，以华沙为基地，BPI 无法拦截伊朗飞向美国的战略导弹。这表明美国在东欧部署的拦截弹不可能是 BPI。因此可以排除对 BPI 的考虑。

下面考察 THAAD 的可能性。首先看 THAAD 的拦截范围是否覆盖伊朗飞向美国的洲际弹道导弹（ICBM）。根据前面的假定，伊朗的洲际导弹从德黑兰飞向纽约。图 - 1 中，左下角实线是 THAAD 拦截弹的弹道包络，点划线是伊朗洲际导弹距拦截弹发射点（华沙）的射程和高度。拦截发生的条件是进攻导弹和拦截导弹的弹道有交叉，而且两者在同一时间到达该点。可以看出 THAAD 的最大射程是 700km，当 ICBM 到达距拦截弹发射点射程 700km 的时候，飞行时间为 570s，此时进攻导弹的高度是 876km，远远超出了 THAAD 的最大高度 400km。所以在华沙部署的 THAAD 系统不能拦截伊朗打击美国的战略导弹。

Dean A. Wilkening, "Airborne Boost - Phase Ballistic Missile Defense," *Science and Global Security*, No. 12, 2004, pp. 1—67.

美国在东欧部署反导系统针对谁？

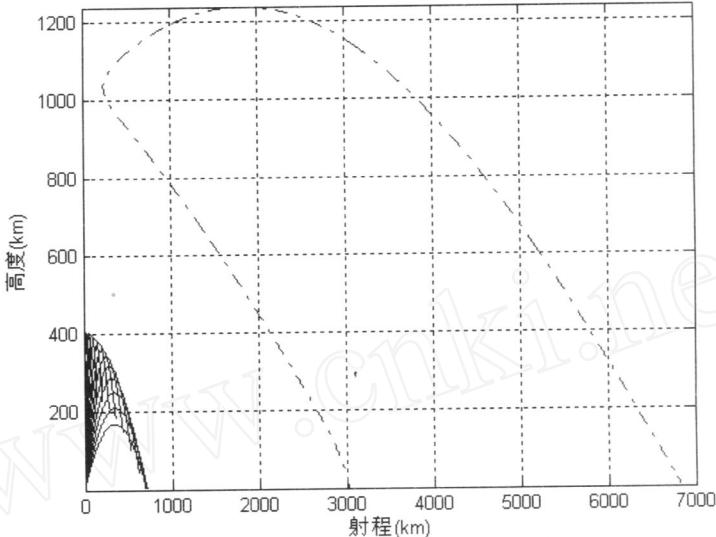


图 - 1 THAAD 和 ICBM 弹道

根据 THAAD “脚印” (footprint) 的计算结果可以得出相同的结论。麻省理工学院的研究显示，虽然 THAAD 系统是针对战区导弹设计的，但是该系统同样具有针对战略导弹的防御能力。THAAD 的保护范围是拦截弹发射点之后方圆 200km 的梨形区域，相当于一个大城市的地域范围，针对战略导弹的保护范围略小于针对战区导弹的保护范围。北京应用物理与计算数学研究所军控技术研究组进行复算得到了基本相同的结果。对于华沙基地部署的 THAAD 系统来说，显然纽约远在此保护范围之外，故部署于华沙的 THAAD 无法拦截伊朗打击美国的战略导弹。

Lisbeth Grönlund, et al., "Highly Capable Theater Missile Defenses And The ABM Treaty," pp. 3—8.

杜祥琬：《核军备控制的科学技术基础》，北京，国防工业出版社 1996 年版，第 256—260 页。

基于同样的理由，部署于华沙的 THAAD 系统也无法拦截俄罗斯打击美国的战略导弹。美国即使在东欧部署 THAAD 系统，也无法拦截伊朗飞向美国的导弹。因此，我们也排除对 THAAD 的进一步讨论。

我们下面考察部署在东欧的 GB I 拦截弹的拦截范围。我们首先考察这些 GB I 的拦截范围是否包括伊朗飞向美国的战略导弹。其计算条件为：导弹发射点为德黑兰，目标点是纽约，拦截弹发射点在华沙，预警雷达位于布拉格。

伊朗导弹在飞行过程中相对于布拉格雷达的雷达视线倾角如图 - 2 所示。横轴表示导弹发射后的时间，纵轴表示雷达对导弹视线的仰角。仰角大于零代表导弹的位置在雷达所在地平线之上，因此，可以被布拉格雷达看到。从图中可以看出，布拉格雷达发现进攻导弹的时间是导弹发射后 333 s。考虑 5 s 跟踪和滤波时间，部署在华沙的拦截弹可以在进攻导弹发射 338 s 后发射。我们的计算表明，拦截弹在进攻导弹发射后 600 s 时实现拦截，拦截点在乌克兰上空。图 - 3 所示为进攻弹道和拦截弹道的几何图示。上述计算表明，美国如果在华沙部署 GB I，其拦截范围可以覆盖伊朗飞向美国的导弹。因此，我们的推测是，GB I 是美国在东欧部署拦截弹的候选者之一。

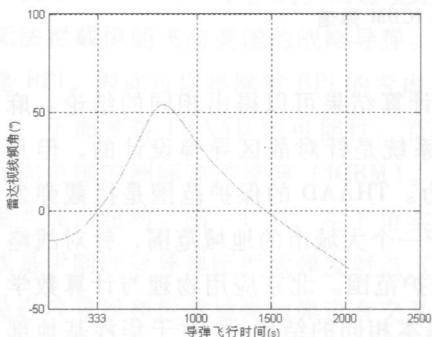


图 - 2 伊朗导弹的雷达视线倾角

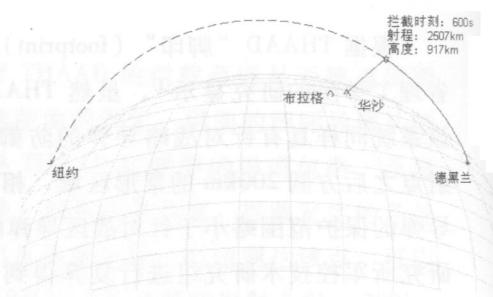


图 - 3 GB I 拦截伊朗导弹

如果美国在华沙基地部署的拦截弹选用 GB I，这些拦截弹的拦截范围是否

美国还计划在高加索地区部署一部雷达，目前没有公布准备部署在哪个国家。如果部署完成，高加索雷达将比捷克雷达更早看到伊朗打击美国的导弹。由于部署地点不确定，所以本文暂时不考虑高加索雷达，这一假定对研究结论没有实质性影响。

涵盖俄罗斯飞向美国的导弹呢？如果的确涵盖，那么俄罗斯的担心就是可以理解的。这里的计算条件设定为：俄罗斯导弹的发射点为普列谢茨克，其目标点是纽约，拦截弹发射点在华沙，部署于布拉格的预警雷达首先发现目标。

下面考察华沙基地的 GB 的拦截范围是否覆盖俄罗斯普列谢茨克基地飞向美国纽约的导弹。俄罗斯进攻导弹相对捷克雷达的视线倾角如图 - 4 所示。从图中可以看出，俄罗斯导弹在发射后 271 s 被捷克雷达发现。考虑 5 s 跟踪和滤波时间，276 s 时拦截弹发射。计算表明俄罗斯导弹发射后 1050 s 拦截弹和进攻导弹交会。拦截点在格陵兰和加拿大之间的拉布拉多海上空。图 - 5 所示为普列谢茨克基地飞向美国纽约的导弹弹道以及东欧反导拦截弹的拦截弹道。

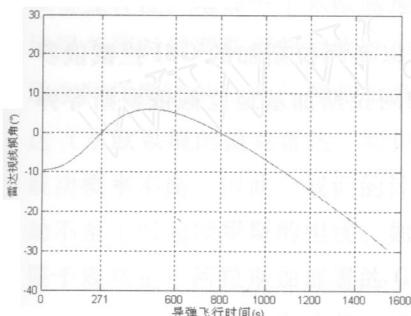


图 - 4 俄罗斯导弹雷达视线倾角

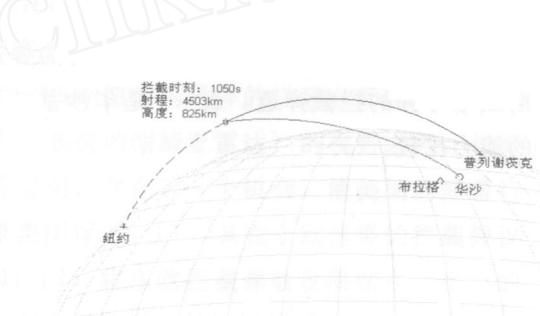


图 - 5 GB 拦截俄罗斯导弹

由于华沙基地 GB 拦截比较接近尾追拦截，所以拦截需要的时间较长，但是仍然可以实现拦截。可见美国宣称的华沙基地不会对俄罗斯战略导弹构成威胁的说法并不确切。

另外，当拦截弹在 1050 s 实行拦截时，布拉格的雷达已经看不到目标了。这时需要美国科得角（Cape Cod，位于麻省）雷达和图勒（Thule，位于格陵兰）雷达进行火力控制。这两个雷达属于预警雷达，由于预警雷达目标识别性能要逊于 X 波段雷达，所以拦截效果会大打折扣。

从上述计算可以看出，从华沙发射的 GB 拦截弹要在俄罗斯进攻导弹走完一半射程后才能实施拦截。由此引出的一个问题是：对于拦截俄罗斯导弹而言，美国拟在华沙建立的反导基地是否优于美国已在阿拉斯加格里利堡（Fort Greely）建立的反导基地。也就是说，美国在东欧建立新的反导基地以

部署 GB I拦截弹，是否会给俄罗斯造成更大的安全威胁。为了回答这一问题，我们需要考察在没有东欧反导基地的情况下，从阿拉斯加格里利堡反导基地发射 GB I拦截俄罗斯战略导弹的情形。计算中，拦截弹的部署位置在阿拉斯加格里利堡；首先发现目标的是部署在英国费令代尔斯（Fylingdales）的雷达（此时我们不考虑捷克的雷达，只考虑美国当前已有的系统）；俄罗斯导弹发射后 279 s 被雷达发现，284 s 拦截弹发射。计算结果显示，拦截弹与俄罗斯导弹的交会时间为俄罗斯导弹发射后 1076 s，交汇点在拉布拉多海上空。进攻导弹的整个飞行过程都在谢姆亚（Shemya）的 X 波段雷达的视野之外，拦截弹同样只能由升级的预警雷达进行火力控制，对付诱饵及其他突防措施的能力较低。

图 - 6 是俄罗斯战略导弹飞向纽约的弹道以及阿拉斯加的 GB I 拦截俄罗斯战略导弹的拦截弹道。表 - 1 是华沙基地和阿拉斯加基地拦截俄罗斯导弹的能力比较。

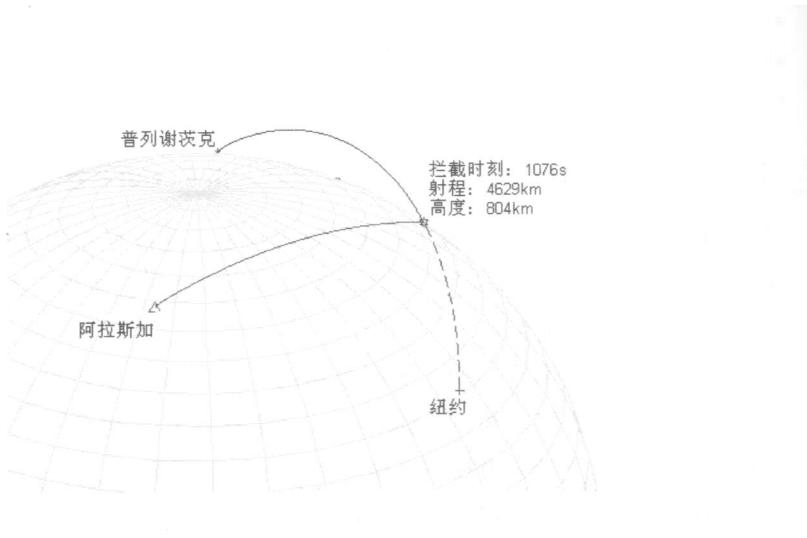


图 - 6 阿拉斯加的 GB I 拦截俄罗斯导弹

美国在东欧部署反导系统针对谁？

表 - 1 两处基地拦截俄罗斯导弹能力的比较

	华沙	阿拉斯加
拦截时刻	1050 s	1076 s
进攻导弹射程	4503 km	4629 km
进攻导弹高度	825 km	804 km
GB 航程	4356 km	4490 km
拦截区域	拉布拉多海上空	

从表 - 1 可以看出，如果使用 GB I 拦截俄罗斯西部飞向纽约的导弹，来自阿拉斯加反导基地和来自东欧反导基地的拦截弹对导弹的拦截点非常接近。阿拉斯加基地拦截仅比华沙基地拦截晚 26 s。从先后顺序上来说，二者没有互补性。增加一个东欧基地，只是增加了拦截弹的数目，没有在地理上增强美国对俄罗斯西部战略导弹的拦截优势。另外，计算还发现，部署在东欧和阿拉斯加的 GB I 拦截俄罗斯西部飞向纽约的导弹的拦截点都在 X 波段雷达（东欧系统的捷克雷达、阿拉斯加系统的谢姆亚雷达）的视野之外，拦截成功概率不高。因此，我们的计算表明，存在着一个机会，使美国的部署行动不至于引起俄罗斯的担忧。如果美国保证：（1）其在东欧部署的拦截弹仅限于现在正在阿拉斯加部署的 GB I；（2）将东欧拦截弹数量限制在一个小的数目，那么，拟建的东欧基地确实可以做到不对俄罗斯构成新的威胁。

可是我们看到的事实是，美国方面只是抽象地说，东欧反导基地不针对俄罗斯，并未提出任何实质性的自我技术能力约束。这使得美国有可能在东欧部署更高性能的拦截弹，这就是我们要考察的第四种地基拦截弹 KE I。由于 KE I 的性能要高于 GB I，而 GB I 的拦截范围已经包括伊朗战略导弹，因此，我们确信 KE I 的拦截范围必定包括伊朗导弹。这样，美国就有可能以拦截伊朗导弹为由在东欧部署 KE I 拦截弹。下面，我们讨论的问题是：如果将 KE I 部署在东欧，是否会增强美国对俄罗斯战略导弹的拦截能力。

根据 APS 的报告，进攻导弹上升到 7 km 高度时，国防支援计划（Defense Support Program, DSP）预警卫星可以看到导弹的尾焰。进攻导弹发射 44 s 后达到 7 km 高度，考虑 20 s 的跟踪延迟，拦截弹发射延迟为 64 s。计

Barton, et al., *APS Report on Boost - Phase Intercept Systems for National Missile Defense*, p. 171.

算表明，KE I拦截弹与俄罗斯导弹在导弹发射 585 s后交会，拦截点在北冰洋上空。图 - 7是俄罗斯飞向纽约的导弹的弹道以及东欧 KE I拦截弹拦截俄罗斯导弹的弹道。

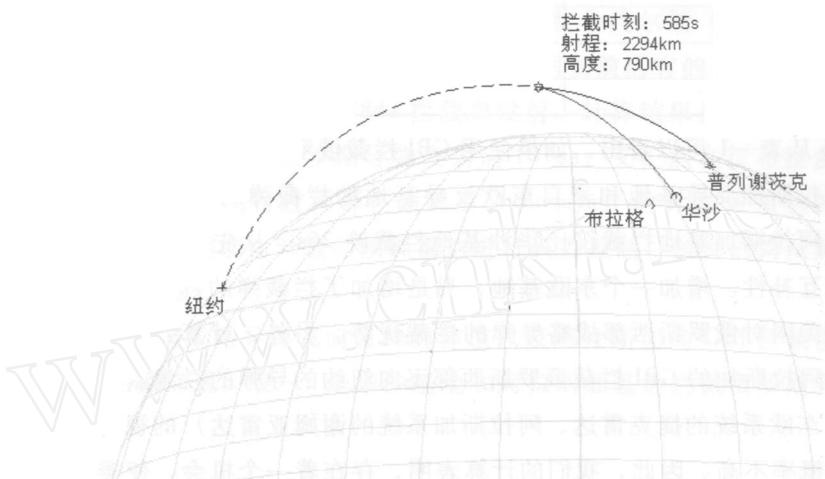


图 - 7 KE I拦截俄罗斯战略导弹

前面的计算表明，阿拉斯加部署的 GB I会在俄罗斯西部导弹发射 1076 s后实施拦截，而东欧部署的 KE I会在俄罗斯西部导弹发射 585 s后实施拦截。这样，东欧导弹防御系统就与阿拉斯加导弹防御系统形成了明显的先后拦截的多层防御。在这种情况下，俄罗斯导弹突防的概率会大大降低。

下面分析 KE I具有更高拦截能力的原因。从模型上看，KE I相对 GB I的优势体现在两个方面：助推段高加速能力和更短的发射延迟（基于卫星预警发射）。计算发现，如果 GB I可以基于卫星预警发射，那么 GB I也可以拥有和 KE I相当的拦截能力。所以，对于 GB I和 KE I而言，发射延迟是决定两者拦截能力高低的关键因素。即 KE I具有更强的拦截能力主要是因为它拥有更短的发射延迟，而不是因为它具有更大的加速能力。

基于卫星预警发射和基于地基雷达预警发射表面看来属于指挥系统的区别，只要重新设定软件或更换电子部件即可实现转换。实际上，预警方式的

选择有其物理模型上的根据。拦截弹由助推器和杀伤飞行器（Kill Vehicle, KV）组成，助推器负责把 KV在合适的时间送到指定空域，最后的拦截任务由 KV完成。助推器和 KV的交班精度决定了 KV机动能力的大小。由于卫星预警的精度远低于地基雷达，所以拦截弹选择基于卫星预警发射就要求 KV具有更大的机动能力，即更大的发动机推力和更多的推进剂。而 GB I的 KV是按照基于雷达预警发射设计的，其机动能力有限，所以 GB I不能采用基于卫星预警发射的方式，除非更换 KV。

本节的计算结果总结在表 - 2中：

表 - 2 东欧反导基地拦截范围总结

	BPI	THAAD	GB I	KEI
俄罗斯战略导弹	×	×	O	
伊朗战略导弹	×	×		

注：O——相对于原有阿拉斯加基地没有特别优点；—可以拦截；×——不能拦截。

如果在东欧部署 BP和 THAAD这两种拦截弹，它们无法拦截从伊朗飞向美国的导弹。因此，美国为了实现其宣称的目的，即拦截伊朗打击美国的战略导弹，其东欧反导基地部署的拦截弹只能是上述四种拦截弹中的后两种：GB I或 KEI。

在东欧基地运行之前，美国拦截从俄罗斯西部打击美国东部的战略导弹只能利用阿拉斯加基地的 GB I拦截弹。根据前面的分析，我们可以看到，阿拉斯加基地 GB I可以实现拦截，但是需要的飞行时间较长。东欧反导基地运行后，如果美国在东欧基地部署性能较低的 GB I拦截弹，也可以实现对俄罗斯弹道导弹的拦截，但是其拦截点和阿拉斯加基地的非常接近。更重要的是，部署在阿拉斯加和东欧的 GB I拦截俄罗斯导弹的拦截点都在地基 X波段雷达（东欧系统的捷克雷达、阿拉斯加系统的谢姆亚雷达）的视野之外，拦截成功概率不高。也就是说，如果美国在东欧部署低性能拦截弹 GB I，就可以在实现拦截伊朗导弹的同时不增加对俄罗斯导弹的威胁。

如果美国在东欧部署高性能拦截弹（KEI），可以在进攻导弹上升段进

行一次拦截，整个拦截过程都在捷克的 X 波段雷达视野之内，对付导弹突防的能力相对较强，拦截成功概率会提高，从而减小了俄罗斯战略导弹的突防概率。所以我们可以得出结论：部署 KEI 拦截弹的东欧基地大大增强了美国拦截从俄罗斯西部打击美国东部的战略导弹的能力。更为严重的是，东欧的反导基地与阿拉斯加的反导基地对俄罗斯西部飞向美国的导弹构成了多层防御，这会更进一步减小俄罗斯导弹的突防概率，减弱俄罗斯战略威慑的有效性。

四、俄罗斯对美国反导发展的回应之一：发展突防技术

上一节对东欧反导系统拦截范围的计算表明，如果美国在东欧部署性能稍低的 GB I 拦截弹，则俄罗斯的安全不会受到明显损害；如果美国部署高性能的 KEI 拦截弹，则俄罗斯的安全会受到明显的损害。从目前的表态来看，美国显然无意承诺不部署高性能的 KEI 拦截弹，这样，东欧反导系统对俄罗斯安全的损害就难以避免。这必然引起相关国家一系列的安全政策互动。在以下的讨论中，我们将以前述的技术分析为基础，首先考察俄罗斯在技术上对美国在东欧部署反导系统的回应。

目前，美国除了在本土的阿拉斯加和范登堡基地部署导弹防御系统外，也在积极向盟国推销反导系统。美国已经在英国的费令代尔斯、丹麦的格陵兰、挪威的瓦尔德（Vardo）部署了反导雷达。2006 年 6 月底，美国在日本青森（Aomori）部署的第一部 X 波段雷达开始运行。同年 11 月，美国还要求在日本部署第二部 X 波段雷达，部署地点可能设在九州。

综合考虑美国现有的和即将部署的东欧、高加索、日本的反导雷达，可以看出美国反导系统的全球布局，即从中、东、西三个方向，对朝鲜、中国、俄罗斯、中东等假想敌形成战略包围，如图 - 8 和表 - 4 所示。

¹Forward - Based X - Band Radar - Transportable, "http://www.missilethreat.com/missiledefense-systems/id.19/system_detail.asp.

美国在东欧部署反导系统针对谁？

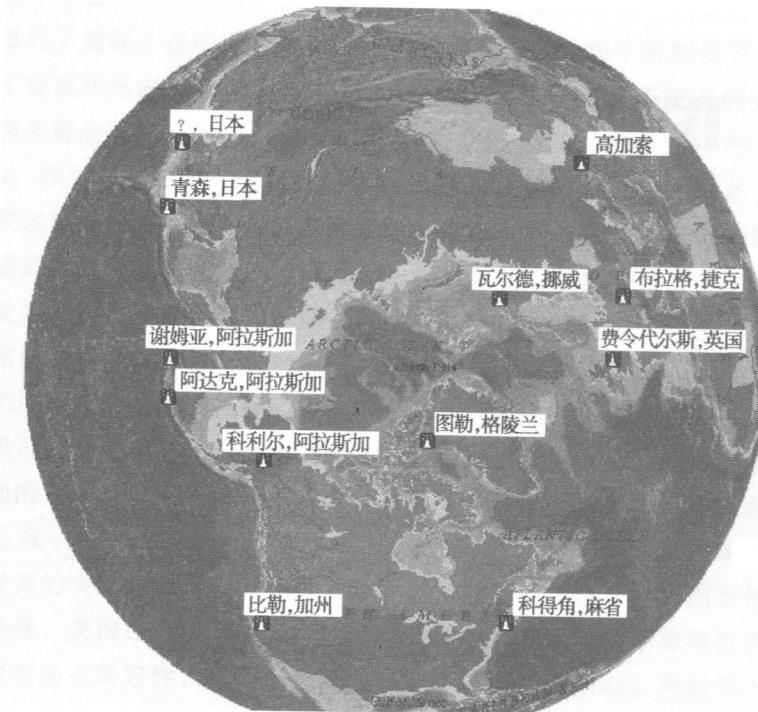
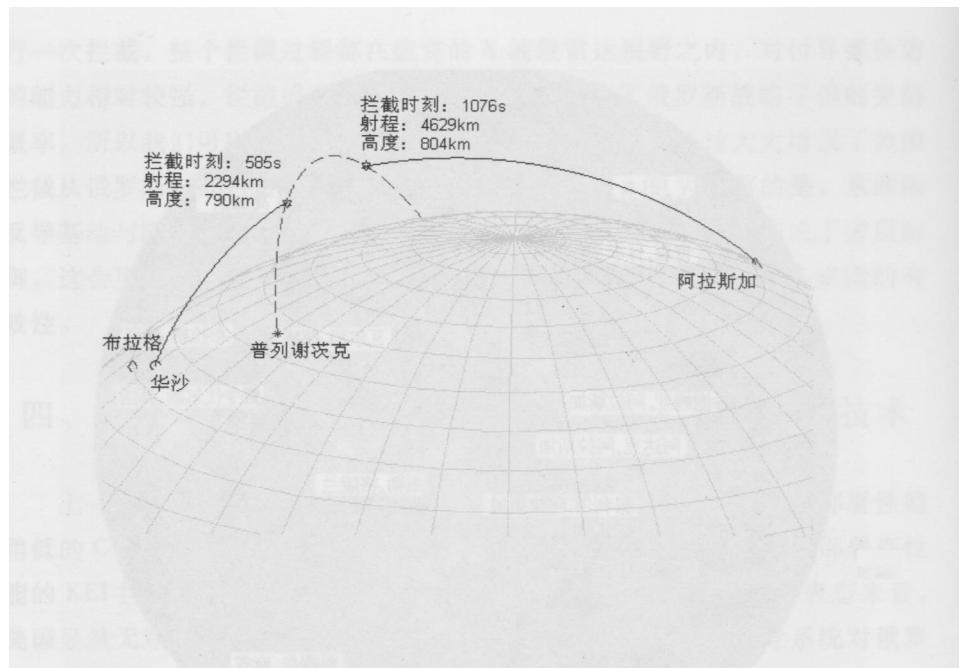


图 - 8 美国反导雷达布局图

表 - 4 美国反导雷达的布局

方向	中	东	西
雷达部署地点	格陵兰图勒 (Thule)、挪威瓦尔德 (Vardo)	麻省的科得角 (Cape Cod)、英国费令代尔斯 (Fylingdales)、捷克、高加索	谢姆亚 (Shemya)、阿达克 (Adak)、科利尔 (Clear)、阿拉斯加比勒 (Beale)、加州、日本青森和九州

美国反导系统的全球布局完成后，就可以结合本土和海外基地的反导部件构建多层次的导弹防御系统。以针对俄罗斯的战略导弹为例，图 - 9是美国分别从波兰（KE拦截弹）和阿拉斯加（GB拦截弹）拦截俄罗斯战略导弹（从普列谢茨克飞向纽约）的弹道。



图·9 美国反导系统拦截俄罗斯战略导弹

从图中可以看出，东欧和阿拉斯加两个反导基地明显地形成了两层拦截。除此之外，THAAD系统还可以提供保护单个大城市的末段拦截能力。这样美国就有可能实现对俄罗斯战略导弹的上升段、下降段和末段三层拦截。从单层拦截到多层拦截，这对美国反导系统的实力而言是根本性的变化。这意味着，即使俄罗斯的导弹对美国的一层反导系统有一定的突防概率，原则上美国仍可能通过多层防御将俄罗斯总的突防概率降低下来，由此严重削弱俄罗斯对美国的战略威慑能力。

2006年美国学者利伯（Keir Lieber）等在美国国际问题最主要的学术期刊和政策期刊上发表了两篇文章。这两篇文章认为，冷战结束以来俄罗斯核力量持续下滑，战略核潜艇和机动洲际导弹巡逻时间不足，雷达和卫星预

Keir Lieber and Daryl Press, "The End of MAD?" pp. 7—44; Keir A. Lieber and Daryl G. Press, "The Rise of U. S. Nuclear Primacy," *Foreign Affairs*, March/April 2006.

警能力存在缺口；而美国的核武库在冷战后虽然也在缩减，但是打击力量的能力得到了加强。在这种力量对比之下，如果美国在和平时期俄罗斯核力量未处于警戒状态时发动第一次打击，美国可以摧毁俄罗斯所有的远程核武器，彻底解除俄罗斯的核武装。这两篇文章的计算假定存在一些不确定性（例如，原文假定美国对俄罗斯核武器目标识别 100% 可靠），因此，其计算结果在定量上并非十分准确，美国在第一次打击中未必能够全部摧毁俄罗斯远程核武器。可是文章结论给出的定性趋势却是合理的，即冷战后，俄罗斯在承受美国第一次核打击中能够生存下来的核武器数量会非常少。

如果美国仅仅依靠其进攻性核力量对俄罗斯发动先发制人的核打击，俄罗斯仍可能有少量的远程核武器生存下来。俄罗斯依靠少量生存下来的核导弹，仍可能对美国进行核报复，由此维持核威慑能力。如果美国仅有位于阿拉斯加的单层反导系统，俄罗斯少量的报复核导弹（尤其是部署在西部的导弹）还有一些突防机会；而美国一旦形成对俄罗斯导弹的多层拦截，俄罗斯少量导弹的突防机会就会进一步下降。对于俄罗斯生存下来的用于报复的少量核导弹，美国逐渐扩展的、多层次的反导系统有助于减小美国进攻性核力量所面临的不确定性，从而增强美国对自己核优势的信心。利伯等人的文章还认为，一旦美国获得对俄罗斯先发制人核打击的核优势，美国就获得了在危机时刻施加给对手的强制性权力，甚至可能对其敌手发动一场冷血的核打击。

面对这样的前景，俄罗斯不得不对其安全环境产生担心。在东欧反导系统消息披露之后，俄罗斯的政治、军事领导人相继发表严厉的讲话，对美国的计划进行抨击；美国的官员也反唇相讥。这些在引言部分已有介绍，不再赘述。

按照防御性现实主义的思路，面对美国进攻性核力量的增强和导弹防御系统的扩展，在俄罗斯威慑能力被削弱的情况下，俄罗斯应该相应地增强自身的导弹力量。即便美国在东欧部署反导系统的动机确实只是针对伊朗，而无意威胁俄罗斯的战略导弹，由于美国并未向俄罗斯显示美国限制其反导系统的技术能力的意愿，俄罗斯有理由为自己的安全感到担心，并增强自己的导弹力量。这反过来可能刺激美国及其欧洲盟国，并随之出现军备竞赛。可

是，特垂斯（Bruno Tertrais）等对此表示怀疑。怀疑的理由是，俄罗斯没有足够的资源与美国进行一场军备竞赛。美国从上个世纪末期大规模发展导弹防御系统以来，俄罗斯的战略威慑力就一直在受到伤害，因此，俄罗斯一直有理由通过发展自身的导弹实力来弥补损失的威慑力。而实际情况是，尽管俄罗斯对美国在导弹防御方面的发展持严厉批评态度，却没有像苏联在冷战中经常做的那样，立刻对美国还以颜色，大力扩充俄罗斯的远程导弹数量。俄罗斯能够运行的远程导弹数量甚至还在不断下降。特垂斯对俄罗斯缺乏资源的判断是中肯的，俄罗斯的资源匮乏确实限制了其大力扩充远程导弹数量的能力。但是，俄罗斯仍有可能采取非对称的手段来弥补其受损的威慑能力，或者，通过非对称手段来警告和惩罚美国的战略力量扩张行为，以增加自己与美国讨价还价的筹码。这种负面的安全互动仍可能形成军备竞赛，它属于安全困境类型的军备竞赛，不同于争霸型的军备竞赛。

安全困境型的军备竞赛中，至少一个参与者是因为担心自己的安全而发展军备，其指导思想是防御性现实主义。争霸型军备竞赛中，两个参与者为了扩张自己的势力（或抵消对方的势力扩张）而发展军备，因此，双方的指导思想是进攻性现实主义。显然，在争霸型军备竞赛中，双方对对方武器发展更为敏感，做出的回应也更迅速和直接。冷战中，美国极力建立和扩展自己的核优势，而苏联则极力追赶上取得与美国对等的核地位。双方在核武器数量和品种方面紧张追逐，呈现了一种高调的军备竞赛。这种高调的军备竞赛在冷战后没有再现，其原因有两条：第一，俄罗斯由于资源限制，无力承担高调的军备竞赛。这就是特垂斯指出的现象。第二，俄罗斯实际上放弃了通过追求核对等与美国争霸的战略思想。这样，俄罗斯也就没必要对美国的战略武器发展做出对称的反应。但是，从防御性现实主义的角度出发，面对美国不断扩展的反导部署，俄罗斯显然有必要增强其导弹实力，避免俄罗斯的导弹被美国的反导系统拦截殆尽。由于资源限制，俄罗斯难以通过大幅

Bruno Tertrais, "Do Arms Races Matter?" *The Washington Quarterly*, Vol. 24, No. 4, 2001, pp. 123—133.

Pavel Podvig, "A Desperate Pursuit of Parity," *Science and Global Security*, Vol. 10, 2002, pp. 223—225.

度增加其导弹数量来实行饱和攻击，以耗尽美国的拦截弹。但是，俄罗斯可以通过一些技术性的突防措施，规避美国导弹防御系统的拦截。这样的突防措施可能成本并不高，从而是俄罗斯能够负担的。

冷战后，面对美国反导能力的扩张，俄罗斯确实在其导弹研制、演习和部署等活动中表示其新型导弹能够穿透美国的任何反导系统。俄罗斯在导弹突防技术方面的努力可能增强了俄罗斯导弹对美国反导系统的实际突防能力，这样美国的反导系统在实战中未必能够拦截到俄罗斯导弹。俄罗斯的这些努力是否足以维持其威慑有效性呢？为此我们需要考察威慑力的来源。按照基辛格对于威慑力的度量，威慑不仅取决于力量，还取决于对手对这种力量的认识。洲际弹道导弹之所以被作为美、苏威慑武器的首选，就在于其杀伤力容易被对方认识。核导弹有两个主要的指标：射程和威力。而这两个指标都容易被认识：洲际导弹的射程使它能够覆盖对方领土，其威力使它能够毁伤一个中等城市。通过核爆炸试验和导弹飞行试验，双方能够对对手导弹的这两个指标确信无疑。因此能够保证双方威慑的有效。

反导系统为威慑引进了两个新的指标：（1）反导系统的拦截范围和（2）反导系统的拦截概率。第一个指标是本文上一节计算的主要内容。通过类似这样的计算或者通过反导试验，美俄双方（包括公众）都很容易了解这个指标。而反导系统的第二个指标（拦截概率）非常复杂。拦截概率取决于反导系统和突防导弹的很多细节，这些细节往往不能公开演示。俄罗斯实际上也没有机会展示其导弹的真实突防能力。即便俄罗斯的弹头确实具有很强的突防能力，两国也没有机会对此达成共识，除非攻防一方的表现太差。这样，俄罗斯的报复力量就不容易被美国方面认识到，因此，按照基辛格对威慑力的度量，

Sessler, et al. *Countermasures*

“Russia Tests Missile Able To Penetrate Defences As Putin Wams Of European Powder Keg,” http://www.spacewar.com/reports/Russia_Tests_Missile_Able_To_Penetrate_Defences_As_Putin_Wams_Of_European_Powder_Keg_999.html, 2007年5月29日；“俄新式导弹系统能突破所有反导弹防御系统，”2007年2月21日，http://rusnews.cn/eguoxinwen/eluo_si_anquan/20070221/41704706.html；秦之瑾、张宗美：《俄罗斯的白杨-M洲际弹道导弹》，《导弹与航天运载技术》2001年第1期，第55—62页。

詹姆斯·多尔蒂、小罗伯特·普法尔茨格拉夫：《争论中的国际关系理论》（阎学通等译），北京，世界知识出版社2003年版，第379页。

俄罗斯的威慑力并不高。只要美国的反导系统的拦截范围覆盖了俄罗斯报复导弹的弹道 ,俄罗斯的威慑力就会被削弱。即便俄罗斯的导弹能够穿透美国的拦截 ,对方也无法认识到这一点 ,从而难以弥补俄罗斯被削弱的威慑力。

面对美国导弹防御系统的全面发展 ,俄罗斯已经采取了非对称手段 ,以增强其导弹突防的能力。俄罗斯对美国的回应虽然没有表现为高调的军备竞赛 ,但已经出现了安全困境的端倪。俄罗斯采取的这些措施虽然可能在事实上维持了俄罗斯的核报复能力 ,但是由于俄罗斯技术能力不容易被对方认识到 ,因此难以维护俄罗斯核威慑的有效性。俄罗斯不会满足于现有的回应措施 ,这可能使得美俄之间的负面安全互动进一步发展 ,甚至引发更为严重的安全摩擦。

五、俄罗斯对美国反导发展的回应之二 :撤回军控承诺

按照囚徒困境合作解的特点 ,维持合作的一个重要手段是 ,一旦一方背叛合作 ,另一方马上退出合作以惩罚对方。冷战期间 ,不管是美国还是苏联违反《反弹道导弹条约》去发展更多或者更大规模的反弹道导弹 ,对方都可以以发展更多的进攻性导弹来惩罚对方。由于进攻性导弹更为便宜和有效 ,违反《反弹道导弹条约》是得不偿失的。这使得该条约一直维持到冷战结束。冷战结束后 ,俄罗斯的经济情况使其不能通过发展更多进攻性导弹来惩罚美国的反导发展。美国也就不再担心俄罗斯的报复 ,开始放开手脚发展其反导系统 ,完全退出了《反弹道导弹条约》 ,甚至将反导系统部署到苏联从前的势力范围之内。俄罗斯实际上一直在寻求机会 ,通过撤回自己的军控承诺来警告和惩罚美国单方面发展导弹防御的行为。

俄罗斯曾经将《进一步削减战略武器条约》(START II)捆绑到《反弹道导弹条约》上 ,希望美国顾忌到《进一步削减战略武器条约》而不至于退出《反弹道导弹条约》。如上所述 ,即便美、俄之间没有任何限制进攻性战略武器的条约 ,俄罗斯也没有资源大力扩展其进攻性战略武器的数量。因此 ,美国并不感到担

Federation of American Scientists, "Strategic Arms Reduction Treaty II chronology," <http://www.fas.org/nuke/control/star2/docs/strt-chr.htm>

心。俄罗斯将这两个条约进行捆绑的努力并未奏效。现在，美国将其反导系统扩展到东欧，俄罗斯获得了新的通过撤回军控承诺进行反击的机会。

波兰、捷克为美国的反导系统提供基地，这使得俄罗斯非常不快。俄罗斯已经对这些国家表达了强烈的愤怒。除了波兰、捷克之外，其他一些欧洲国家，如英国、丹麦等也为美国的反导系统提供了基地。俄罗斯有可能通过撤回其对欧洲的军控承诺，惩罚一些欧洲国家对美国反导系统的支持。

欧洲一度是冷战的前线，欧洲人民曾经长期生活在核武器与常规武器直接对抗的阴影之下。为此，欧洲人民不断掀起反核运动高潮，这推动了美苏当时达成一系列双边的军控条约。除此之外，美、苏以及欧洲国家等还达成了一系列促进欧洲安全的多边条约，包括《中程导弹条约》、《欧洲常规武装力量条约》等。

《中程导弹条约》由美、苏于 1987年 12月 18日签署，1988年 6月 1日生效。条约规定双方销毁且不再生产射程为 500 ~ 5500km 的中程陆基弹道导弹和中程陆基巡航导弹。美国销毁的导弹型号包括：潘兴 1A、潘兴 2A、BGM - 109G 陆基战斧等；苏联方面销毁的导弹型号包括：SS - 20、SS - 4、SS - 5、SS - 12、SS - 23 奥卡、SSC - X - 4 巡航导弹等。

欧洲从这一条约中获得了巨大的安全利益。在欧洲领土（含俄罗斯的欧洲部分）上部署的所有中程导弹都指向欧洲国家（包括前华沙条约国家和北约国家）。这些前沿部署的核武器比洲际导弹这样的战略核武器发射控制级别更低，一旦美苏出现冲突，欧洲国家可能首先陷入核灾难。《中程导弹条约》的签署和落实消除了瞄准欧洲的大量中程核导弹，使欧洲国家部分地与美苏的核对抗脱钩。冷战结束后，一方面是苏联瓦解，俄罗斯没有继承苏联西部的一些领土；另一方面是北约东扩。其结果是俄罗斯的势力范围向东大幅度退缩，美国的势力范围大幅度向东扩展。因此，俄罗斯从《中程导弹条

^{“Russia May Redeploy Missiles In Europe Wams Putin,” 2007年 6月 3日，http://www.spacewar.com/reports/Russia_May_Redeploy_Missiles_In_Europe_Wams_Putin_999.html}

^{刘华秋主编：《军备控制与裁军手册》，北京，国防工业出版社 2000年版，第 132—133页。}

^{同上书，第 300—303页。}

^{同上书，第 132—133页。}

约》得到的安全好处相对减少；而北约中欧洲国家得到的安全好处相对增加。在这种情况下，《中程导弹条约》在俄罗斯人心目中的地位自然下降。如果俄罗斯退出《中程导弹条约》，俄罗斯受到的损失相对较小，而欧洲其他国家受到的损失相对较大。如果俄罗斯决定警告和惩罚欧洲国家支持美国部署反导系统的行为，退出《中程导弹条约》是它的一个可用的手段。前言部分已经指出，俄罗斯已经在威胁退出《中程导弹条约》了。

俄罗斯退出《中程导弹条约》也有一些值得考虑的地方。首先，一些老欧洲国家，如法国、德国等实际上与美国的对外军事政策保持了一定的距离，俄罗斯退出《中程导弹条约》会不加区别地对这些国家也带来伤害。俄罗斯与这些国家有很多实质性的经济、政治与社会联系，这成为俄罗斯退出《中程导弹条约》的一个阻碍因素。

其次，如果俄罗斯决定退出《中程导弹条约》，至少需要证明它有能力再次部署中程导弹，这样才能使俄罗斯的警告变得可信。冷战期间苏联部署的中程核导弹主要是SS - 20导弹，早已按照《中程导弹条约》的规定全部销毁。SS - 20导弹采用的是几十年前的技术，俄罗斯退出《中程导弹条约》后，不大可能重新复制SS - 20导弹，而会用现有的最新技术制造新型的中程核导弹。例如，俄罗斯可以用其最新的“白杨 - M”导弹改造，取“白杨 - M”导弹的两级发动机和弹头，可以很容易的构成一个中程的武器系统。这种方式研发成本较低，能够迅速进入可部署状态，也可以实现武器系统的统一化、标准化。

SS - 23“奥卡”导弹按照《中程导弹条约》被销毁后，其设计单位KBM设计局开发了满足NF条约限制的SS - 26“投标者”(Tender)导弹，射程为400km。出口型是伊斯坎德尔 - E (Iskander - E)，射程280km。SS - 26导弹采用全程控制，末段带有红外或雷达导引头，精度高。一辆发射车带两枚导弹，发射准备时间和两枚导弹的发射间隔都很短，生存能力强。俄罗斯计划在北高加索地区部署有一个装备100枚SS - 26导弹的导弹旅。

Federation of American Scientists，“Iskander / SS - 26，”<http://www.fas.org/nuke/guide/russia/theater/ss - 26.htm>。

伯涛：《俄罗斯部署独一无二的战术导弹与美斗法》，《中国国防报》2005年3月29日。

没有了《中程导弹条约》的约束之后，俄罗斯可以轻易地增加SS-26导弹的射程。SS-20导弹将改变欧洲的核力量对比，而SS-26将改变欧洲的常规力量对比。增程后的SS-26导弹将可以达到约500km射程，进一步增大射程则需要对一些原有技术进行改造。

俄罗斯退出《中程导弹条约》同时会解除该条约对美国的约束。美国不大可能恢复生产潘兴导弹，但是可以重新部署陆基战斧导弹，因为现有战斧导弹的海基和空基型号正在大量服役，改变其部署方式并不困难。陆基战斧的重新部署当然会增加对俄罗斯的威胁，但是相对于美国庞大的军事力量，增加的陆基战斧导弹带来的边际效用并不明显，对俄罗斯来说，美国重新部署陆基战斧导弹所带来的损失要小于俄罗斯退出《中程导弹条约》给美国的欧洲盟国带来的惩罚效益，俄罗斯可以承受这一代价。俄罗斯面临的唯一困难也许来自资源限制，它可能没有足够资源大规模部署中程导弹，但是有能力部署少量的中程导弹。

根据以上分析，俄罗斯一个可能的行动是将退出《中程导弹条约》作为一个锤子，不断敲打那些为美国部署反导系统提供基地的欧洲国家。如果这种负面安全互动进一步发展，俄罗斯也可能最终退出《中程导弹条约》，甚至部署少量中程导弹。

《欧洲常规武装力量条约》于1990年11月19日签署，1992年11月9日生效，以后又经过几次修改和补充。该条约旨在对欧洲各国的常规军力给出上限。鉴于冷战期间两大军事集团间长期维持了大规模的常规军事力量对抗，这一条约通过限制欧洲各国常规军事力量的部署降低了欧洲出现军事对抗的危险。因此，该条约给欧洲各国带来了巨大的安全利益。通过退出该条约来警告和惩罚那些为美国反导系统提供基地的欧洲国家也是俄罗斯的一种选择。《欧洲常规武装力量条约》更多地涉及常规武器，不如《中程导弹条约》与反导问题的关联那么直接。停止执行《欧洲常规武装力量条约》之后，俄罗斯可以随意向西部移动它现有的常规力量，这些常规力量对东欧国家的军事压力更为现实。因此，俄罗斯暂停甚至退出《欧洲常规武装力量条约》，对于为美国提供反导基地的东欧国家而言，威胁更为直接和可信。可以预计，俄罗斯可能会扬言暂停或退出该条约，甚至进行一些军事调动，以

发出警告和惩罚信号。

俄罗斯撤回其已有的军控承诺，警告甚至惩罚那些为美国提供反导基地的国家，这会使得那些提供反导基地的国家在安全上得不偿失。其他一些欧洲国家也会连带地受到损失。因此，这可能引起美、俄、欧之间进一步的负面安全互动，出现安全困境类型的军备竞赛，恶化相关各方的安全环境，尤其是损害俄罗斯与欧洲的安全。

美国将防御扩大到欧洲已经引起了欧洲的疑虑。因为欧洲各国接受美国的保护将增加被敌国设定为目标的风险，美国的保护能否抵消由此增加的风险值得讨论。对于英国而言，因为英、美特殊关系的存在，以及英国当前的核力量实际上来自美国，所以英国只能坚定地支持美国的反导计划。作为欧洲统一发动机的法、德两国则更在意俄罗斯的态度。美国如果不顾及俄罗斯的态度强行部署反导系统，必然招致俄罗斯的强烈反弹，俄罗斯的反应将损害欧洲的安全利益。法国前总统希拉克警告反导系统将在欧洲划出新的分界线。德国提出的在北约内就此问题进行辩论的建议被否决，该问题被认为属于美国和波兰、捷克等“新欧洲”国家之间的纯粹的双边问题。

“新欧洲”国家历史上长期受到苏联的控制，害怕俄罗斯更甚于害怕美国。作为新入盟的成员，新欧洲国家的实力较弱，在军事、政治、经济上要仰仗美国的支持，所以对美国的提议表示了积极合作的意愿。新欧洲国家采用“搭车”战略，参与美国的防御计划，可以提高自己的国际政治地位，军事上获得美国的安全保证，另外，美国的基地建设和驻军还可以促进当地的经济发展。

当然，新欧洲国家此举也会付出代价。在部署反导系统之前波、捷两国本身从其安全环境上看并未受到直接威胁，部署反导系统反而容易引起潜在敌国的注视和警告，成为第一轮打击的目标。从技术角度讲，反导系统还处

James H. Lebovic, "The law of small numbers: deterrence and national missile defense," *Journal of Conflict Resolution*, Vol. 46, No. 4, August 2002, pp. 455—483.

¹ US Missile Shield A Threat To Europe Unity Claims Chirac, "2007年3月9日, http://www.spacewar.com/reports/US_Missile_Shield_A_Threat_To_Europe_Unity_Claims_Chirac_999.htm

² Czech Villagers Vote Against US Anti-Missile Defence Shield, "2007年3月17日, http://www.spacewar.com/reports/Czech_Villagers_Vote_Against_US_Anti-Missile_Defence_Shield_999.htm

在试验阶段，拦截概率不高，部署反导系统实际上增加了新欧洲国家的风险。另外，新欧洲国家对美国的紧跟战略也会引起老欧洲国家的不满，未来欧盟内部事务的协商可能会更加困难。更重要的是，新欧洲国家同意部署的决定引起了俄罗斯的强烈敌意，俄罗斯军官已经宣称战时将打击东欧的反导基地。波兰、捷克两国距俄罗斯并不遥远，完全在俄罗斯远程轰炸机打击范围之内。因此，两国必然要承受相应的安全代价。

六、结论与讨论

美国在东欧部署导弹防御系统，如果其目的是用于拦截伊朗飞向美国的导弹，那么本文的计算表明，这样的系统也可以拦截俄罗斯西部飞向美国的导弹。本文的计算还表明，美国部署高性能的拦截弹还可以实现对俄罗斯导弹的多层拦截。由于俄罗斯的核报复导弹数量不会很多，美国的多层次防御有可能抵消俄罗斯的核反击能力。即便俄罗斯通过发展导弹突防技术能够保证其核反击导弹不会被美国的反导系统拦截掉，但这难以被美国方面认识到，因此，俄罗斯威慑力量的心理效果难以体现，其威慑有效性势必会被削弱。除了采取技术手段增强其导弹的突防性能，俄罗斯还可能撤回其对欧洲的军控承诺，以警告或者惩罚那些为美国反导系统提供基地的国家。俄罗斯最可能选择的是撤回其对《中程导弹条约》和《欧洲常规武装力量条约》的承诺。前者与反导关系密切，后者使用灵活而且可信。俄罗斯可能声称暂停执行这些条约，甚至退出这些条约，部署一些条约原本禁止的军事力量。俄罗斯的这些行动可能会使得欧洲国家的安全受损，由此导致进一步的负面安全互动，出现安全困境类型的军备竞赛。

作为上述负面安全互动的始作俑者，美国实际上可以采取行动减少消极影响。本文的计算表明，如果美国在东欧只部署技术相对成熟、性能稍低的GBI拦截弹，那么，东欧反导系统就不会给俄罗斯带来新的安全损害；如果美国在东欧部署高性能、还在发展中的KEI拦截弹，那么美国就可能建立对俄罗斯的多层次防御系统，严重损害俄罗斯的战略威慑能力。这种状况给美、俄走出安全困境提供了机会。如果美国向俄罗斯做出保证：它在东欧将只部

署 GB 拦截弹，不部署 KE 拦截弹，就既可以保证美国拦截伊朗导弹（如果有的话）的能力，又不会给俄罗斯带来新的安全损失。美俄双方还可以采取一系列建立信任的措施，促使俄罗斯相信美国的保证。例如，美国可邀请俄罗斯专家参观东欧反导基地，尤其是拦截弹基地。俄罗斯专家通过观察拦截弹的尺寸和 KV 的推进剂贮箱的大小，可以对拦截弹性能有所了解，从而减轻疑虑。如果美俄双方能够达成上述的合作解，那么由此引起的负面安全互动可以得到缓解。

目前，俄罗斯已经提出建议，要求美国将其东欧反导系统向更南的国家转移。这确实是一种替代方案。这样的反导系统可以拦截伊朗导弹；但是用来拦截俄罗斯飞向美国的导弹时，其地理位置不好。如果美国接受这样的建议，也能避免美、俄、欧之间的负面安全互动。可是这一方案比我们上述建议的方案要求美国做出更多的变动，也许美国方面更难接受。

附录一 进攻导弹和拦截弹的模型

（一） THAAD 模型

THAAD 拦截弹采用单级、固体发动机，其最大速度为 2.7 km/s 。模型的参数取值见表 - 5。

2007年6月7日，出席八国集团峰会的俄罗斯总统普京向美国总统布什提出了共同使用位于阿塞拜疆的加巴拉雷达站的建议。该雷达是前苏联地基雷达预警系统的组成部分，目前由俄罗斯向阿塞拜疆租用。普京称，如果美国方面接受提议，他就不必实施最近发出的威胁，无需将俄罗斯的导弹对准欧洲。见《Press Statement Following the Meeting with American President George W. Bush》，http://www.kremlin.ru/eng/speeches/2007/06/07/2305_type82914type82915_133196.html，2007年6月7日。第二天，普京表示，美国的反导系统可以部署在南部，如土耳其，甚至伊拉克。见《普京提议俄美合用阿塞拜疆雷达系统》，http://news.xinhuanet.com/video/2007-06/09/content_6219327.html，2007年6月9日。俄罗斯外交部长拉夫罗夫表示，在与俄方就共同使用阿塞拜疆雷达站的建议举行谈判之前，美国应冻结在欧洲建立导弹防御系统的所有工作，见《俄外长：俄罗斯呼吁美国暂时冻结反导谈判》，http://newsnews.cn/eguoxinwen/eluozi_anquan/20070611/41803661.html，2007年6月11日。

Gronlund, et al., "Highly capable theater missile defenses and the ABM treaty," pp. 3—8.

表 - 5 THAAD 模型

	助推器	有效载荷	总计
推进剂质量 (kg)	649	-	-
总质量 (kg)	810	90	900
比冲 (s)	250	-	-
燃烧时间 (s)	17	-	-
直径 (mm)	340	340	-

(二) GB I模型

GB I拦截弹模型参考了美国的“侏儒 Midgetman”导弹，有效载荷（弹头）仍然沿用了小型洲际导弹的标准，实际上 GB I的有效载荷外大气层杀伤飞行器（Exo-atmospheric Kill Vehicle, EKV）的质量要小于洲际导弹。因为本文只要求模型反映拦截弹弹道的根本特征，不追求模型的精确性，这样的假设不会影响结论。

GB I模型参数见表 - 6。

表 - 6 GB I模型参数

	一级	二级	三级	有效载荷	总计
推进剂质量 (kg)	8000	3500	1000	-	12500
总质量 (kg)	8880	3885	1110	450	14325
比冲 (s)	300	300	300	-	-
燃烧时间 (s)	60	60	40	-	180
直径 (m)	1. 2	1. 2	1. 2	1. 2	-

(三) KE I模型

KE I具有良好的高加速性能，可以在 1分钟内加速到 6km / s以上。为此，KE I的模型在 GB I的基础上缩短了主动段工作时间，适当减小了比冲。

*KEI Contract Terms To Emphasize Results Over Schedule, "http://www.space.com/spacenews/archive04/keiarch_042104.html, 2004年 4月 26日。

KE I模型参数见表 - 7。

表 - 7 KE I模型参数

	一级	二级	三级	有效载荷	总计
推进剂质量 (kg)	8000	3500	1000	-	12500
总质量 (kg)	8880	3885	1110	450	14325
比冲 (s)	280	250	250	-	-
燃烧时间 (s)	20	20	20	-	60
直径 (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	-

(四) ICBM 模型

ICBM 为两级、液体洲际导弹，模型基于 APS的报告中的 DF - 5 导弹参数，做了少许调整。ICBM 模型参数见表 - 8。

表 - 8 ICBM 模型参数

	一级	二级
直径 (m)	3	3
长度 (m)	13	20
初始质量 (t)	41.5	201
推进剂质量 (t)	35	143
比冲 (s)	285	275
燃烧时间 (s)	120	120
投掷质量 (kg)		2545

附录二 拦截弹发射延迟

(一) 发射延迟的定义

拦截弹发射延迟是指从进攻导弹发射到拦截弹发射之间的时间，该时间由进攻导弹弹道特征和防御方预警系统的几何分布决定。拦截弹发射延迟对

Barton, et al., *APS Report on Boost - Phase Intercept Systems for National Missile Defense*, p. 264.

拦截弹的保护范围有重要影响，显然，拦截弹发射延迟越短，拦截弹的保护范围也就越大。

拦截弹发射延迟由两部分组成：探测延迟和跟踪延迟。探测延迟指从进攻导弹发射到预警传感器发现目标的时间；跟踪延迟是从预警传感器发现目标到拦截弹发射的时间，这期间传感器采集足够的数据进行滤波以确定进攻导弹弹道方向，然后选择合适的拦截弹进行拦截。

（二）发射延迟的计算

预警卫星探测延迟：APS报告认为进攻导弹上升到一定高度（云层以上）后，预警卫星就可以看到导弹的尾焰，从而发现目标。根据APS报告，这一高度取为7km。维克宁（Dean A. Wilkening）的论文沿用了这一标准。

地基预警雷达探测延迟：进攻导弹上升到雷达地平线以上时雷达即发现目标，在系统的全部预警雷达中选择最早发现目标的雷达的预警时间为防御系统的探测延迟。实际上雷达的高低向波束可能向上倾斜一定角度，以避开地面遮挡，本文不考虑这一因素。

地基雷达跟踪延迟：5s

预警卫星跟踪延迟：

APS报告提到两种方法计算预警卫星建立跟踪需要的时间，两种方法的结果类似。一是进攻导弹尾焰在卫星探测器上移动十个像素；二是采用滤波方法使进攻导弹弹道方向的估计精度达到7°以内。结果，对于固体洲际导弹，进攻导弹发射后30s达到7km高度，然后需要15s来进行滤波计算，所

Barton, et al., *APS Report on Boost - Phase Intercept Systems for National Missile Defense*, p. 171.

Wilkening, "Airborne Boost - Phase Ballistic Missile Defense," pp. 1—67.

X波段雷达高低角扫描范围0~90°谢姆亚的丹麦眼镜蛇（Cobra Dane）雷达高低角扫描范围0.6°~80°升级的预警雷达（Upgraded Early Warning Radars, UEWR）高低角扫描范围3°~85°参见Lisbeth Gronlund et al., *Technical Realities: An Analysis of the 2004 Deployment of a U.S. National Missile Defense System* (Union of Concerned Scientists, May 2004), pp. 62—74.

Wilkening, "Airborne Boost - Phase Ballistic Missile Defense," pp. 1—67; 还可以参见杜祥琬：《核军备控制的科学技术基础》，第257页。

以拦截弹发射延迟是 45 s; 对于液体洲际导弹，进攻导弹发射后 45 s达到 7 km 高度，需要 20 s 来进行滤波计算，拦截弹发射延迟是 65 s。

维克宁的论文认为进攻导弹跨过两个像元就可以建立跟踪，进攻导弹弹道方位的估计精度为 $\pm 15^\circ$ ；同时设定了跟踪滤波时间下限为 5 s，比 APS 报告的假定更有利于防御方，对于液体洲际导弹跟踪延迟为 13 s，对于固体洲际导弹跟踪延迟是 5 s。

(三) 本文中发射延迟的选择

本文发射延迟的计算过程如下：(1) 确定拦截弹采用的预警方式（地基雷达/预警卫星），根据预警方式计算探测延迟。(2) 对于地基雷达预警，跟踪延迟取 5 s；对于预警卫星，跟踪延迟取 20 s。

从上节的分析可以看出，本文关于预警卫星跟踪延迟的估计是保守的，可能低估了防御系统的能力。

下面分析拦截弹采用的预警方式的选择问题。BPI 和 KEI 设计用于主动段拦截，对于发射延迟的要求比较苛刻，必须基于卫星预警发射。为了实现这一点，助推器加速能力较大，大大缩短了助推段工作时间；同时，作为战斗部的杀伤飞行器能提供的速度增量也比较大，可以适应预警卫星的较粗糙的关于进攻导弹弹道的估计。THAAD 和 GB I 设计用于末段和中段拦截，对发射延迟的要求不太高，预警卫星引导地基雷达进行跟踪之后才发射拦截弹。与此相适应，KV 能提供的速度增量也较小。

四种拦截弹分别对应的预警传感器和发射延迟如表 - 9：

表 - 9 拦截弹对应的预警传感器和发射延迟

拦截弹	预警传感器	探测延迟	跟踪延迟	发射延迟
BPI	预警卫星	-	-	-
THAAD	地基雷达	-	-	-

Barton, et al., *APS Report on Boost - Phase Intercept Systems for National Missile Defense*, p. 171.
Wilkenning, "Airborne Boost - Phase Ballistic Missile Defense," pp. 1—67.

美国在东欧部署反导系统针对谁？

拦截弹		预警传感器	探测延迟	跟踪延迟	发射延迟
GB I	针对伊朗	地基雷达 (捷克)	333 s	5 s	338 s
	针对俄罗斯		271 s		276 s
KE I		预警卫星	44 s	20 s	64 s

作者简介

唐文方 美国匹茨堡大学政治学系副教授、中国研究中心主任。1982年在北京大学获国际政治与国际法学士学位，1990年在美国芝加哥大学获政治学博士学位。1997 - 1998年在斯坦福大学胡佛研究所任特邀研究员，1999 - 2000年在北京大学国际关系学院任客座教授，2002年在清华大学国际问题研究所任客座教授。最新著作为：*Social Transformation in Contemporary China* (co - editor , 2007)。

电子信箱：tang@pitt.edu

戴 纶 清华大学国际问题研究所博士生。2004年在安徽大学获文学学士学位，2007年在清华大学获国际关系专业硕士学位。

电子邮箱：daiy04@mail.tsinghua.edu.cn

邢 悅 清华大学国际问题研究所副教授。1992年在山西大学获文学学士学位，1995年在山西大学获史学硕士学位，2002年在清华大学获法学博士学位。

电子邮箱：xinyue@mail.tsinghua.edu.cn

周方银 中国社会科学院亚洲太平洋研究所助理研究员。1992年在华中科技大学获经济学学士学位，1998年在国际关系学院获法学硕士学位，2006年在清华大学获国际关系博士学位。著有《国际问题数量化分析》(2001年)、《东亚安全合作》(合编，2004年)。

电子信箱：zhoufangyin@gmail.com

吴日强 清华大学访问学者。2000 - 2006年在航天科工集团工作。1998年和 2000年在哈尔滨工业大学分别获得工学学士和硕士学位。

电子信箱：riqiangwu@yahoo.com.cn

薛 力 中国社会科学院世界经济与政治研究所助理研究员。1987年在福建医科大学获医学学士学位，2004年在清华大学获国际关系专业硕士学位，2007年在中国社会科学院研究生院获国际政治学博士学位。

电子信箱：li_xuecn@yahoo.com.cn

刘 丰 南开大学周恩来政府管理学院博士候选人。2004年在南开大学政治学系获学士学位，2006年在南开大学周恩来政府管理学院获硕士学位。

电子信箱：liufeng00@mail.nankai.edu.cn