美国空军未来的装备与技术
——2010“技术地平线”报告分析

The Analysis on "Technology Horizons" of US Air Force

王传胜／中国航空工业发展研究中心

摘　要：介绍了美国空军2010年发布的“技术地平线”的出台背景、主要内容，并根据该研究报告浅析了美国空军未来的装备与技术趋向。

关键词：技术趋向；自主控制；弹性网络；机载激光
Keywords：technology trends；autonomous control；resilient cyber system；airborne laser

0 引 言

2010年5月，美国空军公开发布了空军第七版科技构想（或称科技路线图）——“技术地平线”研究报告。这份长达171页的研究报告是由美国空军首席科学家办公室主导，多家军事、科研、工业和政府机构共同参与，历时9个月完成的。前六版科技构想的时间间隔均为10年左右，“技术地平线”是继1995年第六版空军科技构想——“新世界展望”后发布的一份迟来的构想研究。之前科技构想形成的研究成果在指导空军科技发展上已发挥了非常重要的作用，如今影响美国空军科技战略的环境发生了重大变化，因而这次科技构想受到了世界范围的高度关注，从中也可以看出美国空军关注的科技方向和发展重点。

1 “技术地平线”背景简介

1945~1995年，美国空军先后完成了6次科技构想研究，分别为：1945年的“新地平线”，1958年的“伍兹•霍尔夏季研究”，1964年的“项目预测”，1975年的“新地平线Ⅱ”，1986年的“项目预测Ⅱ”，1995年的“新世界展望”。这些报告均由空军科学顾问委员会（或类似部门）主导完成，具有相当的权威性和可行性，虽不是美国空军正式的科技战略规划，但在空军确定科技发展方向与重点工作中发挥了重要的指导作用。

时至今日，美国空军的战略环境、任务范围、核心技术领域等都发生了显著变化，为了在多种限制下实现技术投资效益最大化、继续保持美国空军未来的技术优势，由空军首席科学家办公室主导完成了这份迟到的第七版空军科技构想——“技术地平线”。

本文谈及的是已公布的“技术地平线”报告，为整个构想研究成果的第1卷（最主要的构成部分），其余两卷因涉及保密而没有公开。

2 “技术地平线”主要研究内容

“技术地平线”全面分析了影响空军科技发展的战略环境、空军能力需求和技术跨越趋势，并在此基础上确定了美国空军未来需重点关注的多达110项的“关键技术领域”，由此形成美国空军未来能力的主要科技保障。

2.1 科技战略环境发生显著变化

美国空军最根本的使命任务是维护美国国家安全和利益。为确保该使命，空军要求坚定地发展和运用空天力量，利用快速、远程、灵活、精确和致命等优势能力，实现“全球警戒”、“全球到达”和“全球力量”。然而，战略环境的变化会影响美国空军未来的具体能力需求，“技术地平线”对未来20年空军科技发展面临的战略环境进行了较详细的分析。

1） 总体战略环境变化

美国空军认为，美国未来潜在对手与冲突诱因将更加复杂多变。其潜在对手可能是大国和区域组织，还可能是激进极端主义分子和非国家行为体。而宗教极端主义、种族争端、能源与资源竞争、遏制大规模杀伤性武器扩散的需求，都可能成为冲突诱因。由于未来的对手多数无法与美国的联合力量直接对抗，这些对手正在通过各种手段谋求不对称优势。为应对复杂的威胁，空军所需的能力体系已发生变化，且不确定

性显著增强。

值得注意的是，在国家级威胁中，该报告重点强调了中国，认为中国正在重点发展电子战、网络战等“高端不对称能力”，并指出“中国被认为同时具备开展先进技术研发项目所需的经济实力和获得先进系统所带来的区域和全球影响力的国家意愿。中国持续增长的经济完全有实力负担大量的军事现代化项目。”

2) 高技术引发的挑战

该报告强调，未来影响空军科技战略环境的最本质要素是全球范围内高新技术的发展、组合、扩散和转化形成装备（表1），而这极可能动摇美国空军数十年的绝对优势制空能力。

此外，美国空军认为，科技全球化技术快速进步，以及国防预算压力的增大也将对美国空军的科技发展形成重大影响，其中后者使其不得不慎重审视空军科技的重点发展，因为未来的预算难以支撑全面的科技研发。

2.2 明确重申美国空军核心职责

“技术地平线”报告再次明确了美国空军2009年提出的12项“空军核心职责”（表2），包括空军应承担的完成各种任务（在空中、太空和网络空间进行飞行、战斗和获胜”）所需的核心作战职责和保障职责，这些核心职责会随着四年一度防务评审（QDR），核态势评审（NPR），空间态势评审（SPR）等整体国防计划结构的评审进行调整和强化。

2.3 分析了美国空军技术跨越趋向

为了确定对美国空军能力有最重要影响的科研工作方向，该研究报告分析了12个“技术跨越趋向”（表3），这些趋向反映的是系统和技术集群特点和重点的变化，以及重点领域的根本性改变，需要众多技术协同发展才能得以实现，从而指导空军科技发展，保证空军获得与未来环境匹配的空军能力所需的技术。除了对科技工作的影响，重点的转变还需要产品中心的系统工程人员熟悉这些支撑技术，并研发能将这些技术集成到空军系统的方法和工具。

2.4 识别了30项美国空军潜在能力领域

美国空军所面临的战略环境、长期存在的现实以及技术跨越趋向都会产生新的能力需求。“技术地平线”共明确了美国空军30个“潜在能力领域”（PCA，表4），从空、天和网域识别出与该域有关的关键功能，基于这些关键功能推测出能够提供这些领域功能的潜在能力领域（图1）。由于充分考虑了技术可达、敌方对抗和能力缺陷等问题，报告提出的潜在能力领域都是在未来20年战略环境中有重要价值、与未来需求相一致，且如果所需的研发资金到位、肯定可以实现的能力领域。

研究报告还分析了这些潜在能力领域的优先级别，其中优先级排序的前12位“潜在能力领域”是：固有抗入侵网络系统；网络易损性自动评估和反应；人体效能增强；可信、自适应、灵活的自主系统；优势频谱战；GPS拒止环境中的精确导航与定时；具有处理能力的智能ISR传感器；分层式、高生存力遥控系统；下一代高效涡轮发动机；用于战术打击/防御的定向能；可快速组装的小卫星；持续空间态势感知。

2.5 确定了美国空军关键技术领域

“技术地平线”最重要的内容是评估和筛选出了空军未来最有价值的技术领域——“关键技术领域”（KTA）。而

表1 正在或将要研发的高技术武器系统和技术

- 先进电子系统
- 先进导弹导引头
- 高速吸气式导弹推进系统
- 先进一体化防空系统
- 被动传感器和电子战
- 肩扛式面空导弹
- 弹道和巡航导弹
- 先进战斗机
- 无人机
- 定向能系统
- 太空控制
- GPS拒止
- 太空发射能力
- 卫星技术
- 直接入轨式反卫星能力
- 定向能反卫星技术
- 同轨道反卫星系统
- 高空核爆对空间系统的影响
- 轨道碎片
- 航空、太空和网络系统的跨领域易损性
- 网络域挑战
- 网络、电子战和ISR易损性的耦合
- 非信任环境中的网际行动

表2 12项“空军核心职责”

- 核威慑行动
- 空中优势
- 太空优势
- 网际空间优势
- 全球精确打击
- 快速全球机动
- 特种行动
- 全球综合情报、监视与侦察（ISR）
- 命令与控制
- 人员救援
- 伙伴合作
- 灵活作战保障

表3 12项“技术跨越趋向”

- 从平台到能力
- 从有人到遥控驾驶
- 从固定到灵活
- 从控制到自主
- 从综合到分级
- 从预先计划到可组
- 从单一领域到交叉领域
- 从许可到竞争
- 从传感器到信息
- 从打击到告诫/威慑
- 从网络防御到网络弹性
- 从长系统寿命到快速恢复

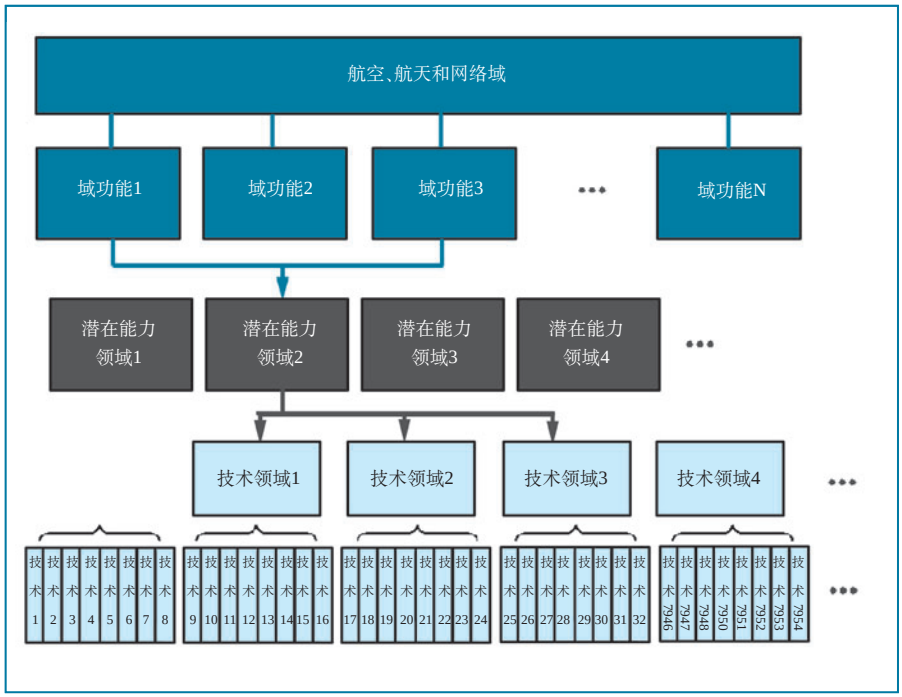

图1 “技术地平线”采用的识别“潜在能力领域”和“关键技术领域”的方法

“潜在能力领域”是一种研究手段，通过建立KTA与PCA的对应关系（图1），来认识各个关键技术领域的相对影响，从而找出符合2010～2030年间战略环境和能力需求具有最大综合价值的KTA。

报告还分析了“空军核心职责”与“潜在能力领域”的关系：每个“潜在能力领域”至少能在一个方面能显著提升“空军核心职责”，从而表明与“潜在能力领域”紧密关联的“关键技术领域”能对提升空军未来能力有良好的支撑和保障。

“技术地平线”分别给出了“潜在能力领域”、“技术跨越趋向”对应的“关键技术领域”，共涉及110项“关键技术领域”。部分领域在多个能力领域和技术趋向中反复提及，且对于优先级前12的“潜在能力领域”尤为重要。这些领域是使空军能力能满足未来环境需求、需在下一个十年重点开展研究的、核心的“关键技术领域”（表5）。

3 “技术地平线”分析

3.1 强调实际可行

与空军大学主导、旨在提供“对未来的新看法”的学术性质研究——“蓝色地平线”不同，“技术地平线”进行的是具备相当可行性和可信性的技术路线图性质的研究。这是因为：首先，十年一度的科技构想研究已成为空军必不可少的研究工作，之前的研究在空军科技发展中已发挥了重要指导作用；再者，主导部门是空军首席科学家办公室、参研人员，涉及众多相关部门，具有较高权威性和客观性；第三，研究报告中的战略环境分析、能力目标分析、技术领域分析以及研究方法，都充分考虑了科技现状、发展速度、资金限制等众多因素，尤其强调能力的可实现性，这表明“技术地平线”是合理的技术评估，而非预言或预测。

3.2 三类技术最受瞩目

表4 美空军的30项“潜在能力领域”

• 固有抗入侵网络系统	• 直接前方空投和再补给
• 网络易损性自动评估和反应	• 能量效率高的、有部分浮力的货运飞行器
• 行为的决策质量预测	• 燃油效率高的翼身融合体飞机
• 人体效能增强	• 下一代高效涡轮发动机
• 先进的发现与训练构造环境	• 嵌入式诊断/预测子系统
• 可信、自适应、灵活的自主系统	• 远程突防打击
• 频率捷变的频谱利用	• 高速突防巡航导弹
• 优势频谱战	• 高精度、低附带损伤武器
• GPS拒止环境下的精确导航与定时	• 用于战术打击/防御的定向能
• 下一代高宽带保密通信	• 采用常规武器的增强的地下打击能力
• 持久的临近空间通信中继	• 可重复使用的吸气式太空发射
• 具有处理能力的智能ISR传感器	• 可快速组装的小卫星
• 高空长航时ISR飞艇	• 分层的/分布式空间系统
• 敏捷的战区距离的ISR/打击系统	• 持续空间态势感知
• 分层式、高生存力遥控系统	• 改进的轨道会合预测

表5 未来十年开展研究的“关键技术领域”

• 自主系统	• 频谱易变性
• 自主推理与学习	• 动态频谱访问
• 弹性自主	• 量子密钥分配
• 复杂自适应系统	• 多尺度仿真技术
• 复杂自适应系统的验证与确认	• 耦合多物理仿真
• 协同/合作控制	• 嵌入式诊断
• 自主任务规划	• 决策支持工具
• 冷原子INS	• 自动软件生成
• 芯片原子钟	• 基于传感器的处理
• Ad hoc网络	• 行为预测与预报
• 多形网络	• 认知建模
• 灵巧网络	• 认知能力增强
• 频率捷变射频系统	• 人机接口

1) 控制技术成为最受关注的技术领域

“技术跨越趋向”之一是更加灵活和自主。这也是控制技术被列为最受关注的技术领域的原因。而无人机控制技术则是其中的重点。自1945年冯•卡门主导的“新地平线”(第一版技术构想)就提到无人机后,每版科技构想都会谈及无人机技术的发展,但迄今为止,美国空军“仅仅才接触到自主能力的表面”,现有无人机实质上只是“遥控驾驶飞机”。现役无人机在10级自主控制级别(ACL)中,“捕食者”只达到2级(实时故障诊断),“全球鹰”、“火力侦察兵”达到3级(对故障或飞行条件的适应)。报告特别指出:要发展自主技术和促进自主系统的使用,必须要重点关注推动自主性技术发展的验证与确认(V&V),从而使该技术能够快速达到可信、可用。

2) 提升人员效能技术深受重视

报告指出,随着技术发展,自然人在面对海量数据、高速处理和决策速度时,将无法适应新的作战需求,因而必须提升人员效能。具体的技术手段可能包括:增强人机界面协同能力(或自主系统),将更多决策制定能力转为软件驱动;或直接通过各种方式增强人体自身能力,如:通过药物或植入物提升记忆、机敏、认知或视觉/听觉敏锐性,或通过基于脑电波类型或基因相关器来筛选出个人的特定代码,甚至进行基因改进等。

如果控制技术与人员效能增强技术能够获得适当的发展,都将会显著提升空军作战能力,降低人力需求,从而实现成本降低、能力上升的目标。

3) 优先保障在拒止环境中增加军事行动自由度的技术发展

报告认为,未来空军的作战环境将变得更加复杂,敌方将通过多种手段对抗或阻止空军信息的获取、链接和使用,从而抵消美国空军的能力优势。因此,必须要集中较多投资用以发展在对抗或拒止环境中增加军事行动自由度的技术,其中三个重要研究领域是:网络弹性;全球定位系统(GPS)拒止环境中的精确导航和定时;电磁谱作战。

3.3 凸显美空军未来装备发展方向

通过“技术地平线”也可看出美国空军未来装备发展的一些端倪。

1) 美国空军作战系统将向灵活、高效、高生存力方向发展

从文中可以预见,未来作战系统的一个显著趋势是将向灵活、高效、高生存力方向发展。以“潜在能力领域”为例:固有抗入侵网络系统,可信、自适应、灵活的自主系统,人体效能增强,GPS拒止环境中的精确导航与定时,用于战术打击/防御的定向能,下一代高效涡轮发动机等,都可从平台或系统层级提升作战系统的效能、灵活性和生存力。而“关键技术领域”的技术组合是实现上述能力的保障。需要注意的是,未来的作战系统能力的提升不仅要依赖平台的发展,还要依赖于形成整个作战系统的各组成单元的技术进步。

2) 美国空军弹性网络、无人机、定向能武器将发挥显著作用

综观整个报告,可以看出:弹性网络、无人机和定向能武器处于极其重要的地位。弹性网络可以保障空军网络中心战的有效实施;高度自主的无人机将成为未来众多任务的执行平台和网络节点;定向能武器以其精确打击和威慑能力将能确保多种任务使命的完成。这些装备一旦形成作战能力,将改变原有的作战模式,从而使美国空军拥有极大的能力优势。

此外,报告预测空军实验室(AFRL)将在传统涡扇发动机效能提升上取得重大进展,还将研制新型的高超声速飞行器和导弹。

4 结束语

“技术地平线”在客观分析美国空军未来科技发展的战略环境、空军能力需求的基础上,对空军未来十年及以后的科技发展提出构想,旨在在各种环境要素的限制下切实地指导空军未来科技投资和技术发展方向,以保持空军的技术优势和能力优势。

“技术地平线”是一份路线图性质的研究成果,能在很大程度上凸显美国空军科技的发展方向和趋势,同时,空军科技作为国防科技的突出代表,从中也可以洞悉美国国防科技战略的发展趋向。 AST

参考文献

[1] Technology horizons– a vision for air force science & technology during 2010–2030. United States Air Force Chief Scientist (AF/ST), 2010.

[2] Jacobs, J. et al,.Technologies and tactics for improved air–ground effectiveness. RAND project air force, MG–573–AF, 2008.

[3] Structural challenges for the structural challenges for the next century of flight. Air force research laboratory, 2005.

[4] Air force research laboratory’s focused long term challenges. Air force research laboratory, 2007.

[5] 美国空军转型飞行计划. 美国空军战略规划局, 2002.

作者简介:王传胜,博士,从事航空结构强度与航空科技战略等研究。