

基础设施资产管理建模及其战略评估

A Strategic Assessment of Infrastructure Asset-Management Modeling

威廉·西泽比, 美国空军中校 / 博士 / 项目工程师 (Lt Col William E. Sitzabee, PhD, PE, USAF)
玛丽·哈恩里, 美国空军上尉 (Capt Marie T. Harnly, USAF)

预算紧缩和资源缺乏迫使政府各机构在运行和维护陈旧基础设施的同时设法提高其效率。例如, 空军的建筑工程师界在 2007 年提出一个基础设施维护正规化的方法, 称之为资产管理, 以期优化 139,556 项基础设施 (建筑物、跑道、公用设备管线和道路) 的运行, 这些基础设施的价值估计有 2,634.3 亿美元。¹ 空军高层领导在推出资产管理计划的同时, 对建筑工程部队进行了改组, 在所有纵向层面增加了一个资产管理职能部门, 负责处理预算萎缩、基础设施陈旧、基础设施项目需求剧增, 以及基础设施面临的挑战等问题。具体而言, 这些领导人希望在各类资产之间做到资源平衡, 减少基础设施资产的数目, 并且降低维修成本预算——与此同时, 还要维持稳定的战备水平和作战能力。² 所有纵向组织层面 (各部局、主要司令部和总部) 设立资产管理职能后, 强调在日常决策过程中要制定和实施资产管理原则。空军领导班子在军队各组织推行这种管理方式和这种方式体现的文化变革, 是以有效管理基础设施资产和最大限度地利用有限的资源。³

制定和实施资产管理原则需要有一个综合框架来指导, 于是促成建筑工程部队进一步改组, 在建制改革过程中建立了空军建筑工程师中心, 其总部设在得克萨斯州圣安东尼奥市的联合基地。下一步则需要建立一个综合的资产管理框架, 为空军等拥有大量的不同基础设施但资源有限的机构提供指导。这个框架将展现各个资产管理组成部分之间

的关系, 并将它们整合成一个有用的决策支持系统。它还将优化基础设施资产的运行, 并且向决策者提供合适的信息, 以便他们制订各种可行的方法和替代方案。⁴ 有鉴于此, 本文提出一个综合的资产管理框架, 供上面所述的各个机构使用, 引导这些机构有效地管理基础设施。这样一个框架将把若干共同和普遍接受的指导思想落实为一个行之有效的解决方案, 各机构高层领导将可运用下一代技术来贯彻这个资产管理框架, 并且把战略、战役和战术层面的数据整合到一个高效的决策支持系统。为了说明这个综合框架的实施、有效性以及各个资产管理组成部分之间的关系, 本文采用有代表性的空军基础设施作为例子。⁵

基础设施管理中的挑战

有四个问题促使我们需要有一个综合资产管理框架, 这些问题是: 财务因素与技术因素的关系、短期规划与长期规划的关系、网络与个别项目的关系, 以及各个资产类别之间的资源分配。⁶ 实施一个解决方案时, 人们会衡量维护和修理项目的成本等财务因素与屋顶和地基的结构质量等技术因素之间孰轻孰重。预算紧缩, 加上必要项目的财务成本超过这些项目可用的资金, 致使始终存在的财务窘迫状况更趋严重。在这样的情况下, “资产管理必须在相互竞争而各有合理的需求之间合理分配资金。”⁷ 另外, 必须评估短期补救措施和长期目标的相互利弊, 短期补救措施也许不是最经济有效的解决方

案，而长期战略也许不是最及时可行的解决方案。⁸ 在短期因素和长期因素之间取得平衡有一定的难度，而随着目标和目的快速变化，这种难度会显著增大。这些问题妨碍着我们评估和界定短期和长期预算及优先顺序的能力，使平衡的任务更加困难。

基础设施是一个集成系统，其中各个组成部分既独立运行又和其他系统协同运行。⁹ 基础设施的内在互联性将所有资产联结成一个由互联要素构成的复杂系统。¹⁰ 基础设施的互联概念使得一个基础设施资产的状况与另一个基础设施资产相互关联，使两者之间产生了相互依存关系；但是，大多数维护管理系统（维管系统）只是评估个别的组成部分或孤立的项目，而不考虑其他项目、联网目标和互联效应。¹¹ 实际上，评估一个项目时应该考虑相关的网络，网络中的最薄弱环节也许会约束基础设施，或者更换这些网络的某些部分时也需要同时更换相邻系统里的对应部分。

最后，维修项目预算紧缩，要求决策者在各个资产类别之间分配和平衡资源时考虑资产对机构运行的价值和基础设施的目前状况。在各种基础设施类别之间分配资源有不少困难，其中包括客观地比较这些资产的使用价值和重要性。领导层快速演变，带动目标和相关问题产生变化，导致界定资产和确定哪些资产需要获得资源分配越来越困难。对于决策者而言，财务因素与技术因素的竞争关系、短期规划与长期规划的竞争关系、网络与个别项目的竞争关系，以及各个资产类别之间的资源分配，既是挑战也是机会，说明有需要建立一个包含各种基础设施类别的综合资产管理架构，以便妥善平衡这些关系，指导资产管理的分析流程。

数据建模流程

目前存在几个战略性资产管理模型（例如，运输资产管理指南），但是，要把这些外部框架变成适用于空军的资产管理决策工具，则需要有一个能够实施空军具体要求的综合数据模型。因此，研究人员使用保罗·朗雷（Paul Longley）、迈克·古德查尔德（Mike Goodchild）、戴维·马奎尔（David Maguire）和戴维·林德（David Rhind）制定的数据建模流程，建立了一个融合各种已了解的资产管理组成部分的综合框架。¹² 数据建模方法是一种系统建模，它界定和分析数据要求，借以支持机构业务实践。¹³ 具体而言，“数据模型是在数码环境中代表对象和流程的一组架构。”¹⁴ 数据模型还涉及本体，它们界定系统的组成部分，并按类别、关系或功能确定其相互关联。¹⁵ 数据建模分为四个层次（按抽象程度渐增顺序排列）：现实环境、概念模型、逻辑模型、物理模型。¹⁶

现实环境——现实环境确定对系统及其组成部分相互作用的理解。¹⁷ 而且，它包括被视为适用于真实世界架构的各个方面。

概念模型——概念模型是针对用户制作的，包含与问题领域有关的经过选取的对象和流程。¹⁸ 它识别有重要性的对象，收集信息，并且描述各组成部分之间的关联。

逻辑模型——逻辑模型以实施为目的，用图形和表单形式再现现实。¹⁹ 它描述一个系统的实体、属性和各个组成部分之间的关系。逻辑模型的制作包括使组织机构功能与支持每项功能所需的特定数据匹配，并且阐明有影响力的战略性组成部分。²⁰ 这种模型可帮助各个机构在所有的纵向和横向层面形成对资产管理、数据需求和维修要求的业务流程的共同理解。

物理模型——基于计算机的物理模型描述实际的实施，并以数码形式展现对象的应用。²¹ 它描述的是数据库和识别流程所需的信息。²² 这种模型可帮助各个机构高效访问整个企业内的数据，并保障数据和保安措施的完善。²³

在本文中，数据建模主要关注的是适用于大型机构的资产管理流程，这些机构拥有各种大型基础设施，也拥有根据这些基础设施系统的战略性组成部分做出决策所需的信息。最终，本文试图评估空军的资产管理，并指导如何利用下一代信息技术构建一个决策支持系统，帮助拥有大量不同基础设施但资源有限的机构做好决策。

结果: 逻辑模型

研究人员通过构建资产管理逻辑模型产生了一个综合框架，它涵盖拥有多种资产的可运行基础设施系统。这个逻辑模型包含资

产管理业务实践中常见的若干组成部分，这些组成部分已在现实模型和概念模型阶段界定和描述。图 1 展示逻辑模型，用图形描述有影响力的战略性组成部分以及对于资产管理流程极为重要的各种关系。它还展示各个资产管理组成部分之间的本体和关联，并识别促进基础设施运行分析所需的数据。

这个逻辑模型展示的战略组成部分构成资产管理流程。尽管相互关系可能因组织不同而异，下文提出、界定和讨论的资产管理基本要素应该有普遍意义。

研究人员根据空军基础设施运行的实际情况，选取有代表性的空军基础设施为例，改造了上述通用逻辑模型，来展现这个模型的实用性和有效性。以下图 2 在以上图 1 的基础上加以调整以适用于空军，人们可以做类似的改造，把这个通用逻辑模型应用到其它拥有大量不同基础设施但资源有限的任何机构。具体而言，图 2 代表适用于空军的逻辑

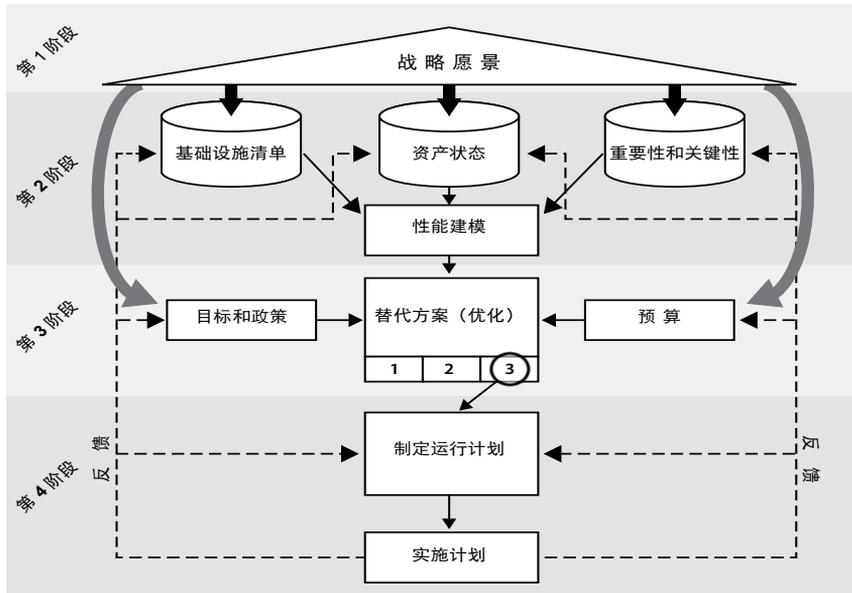


图 1：资产管理逻辑模型

辑模型案例研究，该模型根据空军的资产管理流程修改了通用逻辑模型，描述了与空军这个特定组织有关的组成部分，融合了每个组成部分中常见的空军实体，并且列明了进行基础设施系统分析所需的数据。

逻辑模型（图 2）所描述的战略资产管理组成部分包含空军资产管理流程。为了说明空军如何具体应用这个模型，下文将进一步界定和讨论每个资产管理要素。

第 1 阶段

战略愿景——战略愿景形成一个总体框架，我们可以在其中使数据收集、预算、政策和目标的运行做到协调一致，以便利用最新的资产管理技术。²⁴ 决策者对预期的终局状态了然于胸，就能审慎地把资源合理分配给基础设施资产的运行和维修。

空军的战略愿景——国家领导人和政策制定者们建立涵盖一切的战略愿景。具体而言，白宫和国会对联联邦政府属下所有机构的战略愿景施加影响，其中包括国防部和空军的战略愿景。国防部的战略层面文件提供总体指南，空军通过制定和贯彻本军种战略愿景来实施国防部的指南。空军建筑工程师界也有更具体的战略愿景，即空军建筑工程师管理局寻求“利用改革型业务方法和创新型技术，提供……高效、可持续发展的基础设施。”²⁵ 这个战略愿景凸显资产管理原则在日常运行中的使用，是空军目前在数据收集、预算、政策和目标等方面的指南。

第 2 阶段

基础设施清单——建立一份基础设施清单，有助于确定我们拥有哪些资产以及这些资产在哪里。²⁶

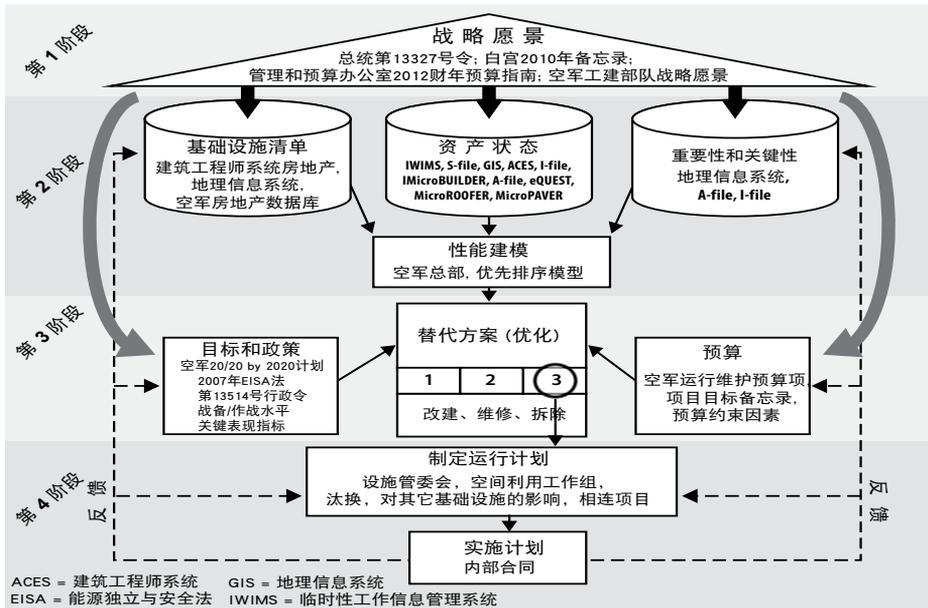


图 2：空军的资产管理逻辑模型

空军的基础设施清单——空军拥有数量巨大的各种建筑物和基础设施资产，包括营房、飞机库和仓库。²⁷ 这些基础设施分布在各大洲，支持多种多样的政府功能。空军基础设施清单所列的 139,556 项基础设施资产涉及各种建筑设计和建造技术，时间跨度从几十年到数百年。²⁸ 空军利用一套有效的数据管理系统收集和维护其基础设施清单数据，以对资产保持全面了解；但是，空军采用的信息技术存在明显的问题，因为现有的系统不能有效地相互沟通，而且数据要反复多次输入到若干不同的数据管理系统。²⁹ 例如，空军的自动化建筑工程师系统包含与基础设施运行（例如维修项目）有关的数据，但是该系统阻碍信息流通，因为它与其他维管系统（例如地理信息系统）不相容。

资产状态——基础设施系统总是不断衰老，因此资产的状态只是基础设施资产在动态变化过程中的一个瞬间快照。³⁰ 收集状态数据可使我们了解基础设施目前所需的维修，并预测资产的未来状态。³¹

空军的资产状态——空军利用一个维管系统——称为工作信息临时管理系统——收集状态数据，该系统专门用于军事用途。空军还使用其他多种维管系统，包括收集屋顶状态数据的 MicroROOFER 系统和收集路面状态数据的 MicroPAVER 系统。此外，空军每年有大约 93 亿美元的维修项目因为来不及完成而推迟到下一年，这个金额相当于空军目前重置价值的 3.5%。³² 这个维修积压工作量高于行业建议的 1-2% 的年度积压工作量标准。³³

资产的重要性和关键性——一项基础设施资产的关键性决定其对机构运行的重要性或业务价值。机构收集重要性和关键性数据

有两个目的：一是了解基础设施资产失去作用或毁损将对机构运行有何影响，二是建立资产的相对重要性顺序，以便分配有限的资源。³⁴

空军资产的重要性和关键性——空军收集资产重要性和关键性数据，借以准确评估：(1) 资产的相对重要性，以便分配和平衡有限的资源；(2) 无法起作用的资产对空军作战行动的影响。空军利用使命依赖性指数——这是一种基础设施度量数值——把基础设施资产的重要性和关键性与基础设施的使命相联结。重要性和关键性信息使得决策者能够了解基础设施资产和使命完成之间的关系。

性能建模——性能建模是了解基础设施系统的维修需求的首要工具。³⁵ 做出维修决策时，需要选择（从使用寿命周期的角度）最经济有效的方法并确定优先维修项目。³⁶ 本质上，这个工具依靠准确的数据来引导与既定战略愿景有关的决策。因此，性能建模工具和战略愿景之间存在依赖关系，以确保该工具的可测量部分给予决策者必需的信息，使可行的方法与战略愿景协调一致。最终目标是使决策者能够做出知情的、基于运作性能的决策，这些决策把目标、政策和预算与系统属性的已知部分（清单、状态、重要性和关键性）及基础设施之运作性能（度量数值和建模工具）相联结。

空军的性能建模——空军的性能建模是排列维修需求优先顺序的首要工具；为此，它利用基础设施度量数值，借助一个方程式排列各个项目。空军总部制定了目前使用的性能建模工具，并在 2013 年采纳了更新版本。

第 3 阶段

目标和政策——目标和政策来自战略愿景，并与战略愿景保持一致，以表述机构如何管理其资产；它们还把组织机构的战略愿景落实到具体的相关对象上。³⁷ 这些对象和重点项目一起代表推动机构实现期望的长期目的的基准。通常，机构在目标和政策中界定其服务水平，借以确定系统对象和约束因素。

空军的政策和目标——为与战略愿景保持一致，空军运用业务改革做法来提供愿景中所要求的可持续发展的基础设施。为此，空军提出“20/20 by 2020”（2020年实现20/20）的口号，表述其目标是到2020年减少实体基础设施面积20%及降低维修成本20%。³⁸ 政府《2007年能源独立与安全法案》的目标是到2015年减少能源消耗30%；第13514号行政令力求到2020年减少可饮用水消耗26%和非饮用水消耗20%，这些计划的目标及“20/20 by 2020”计划的目标都与空军的战略层面愿景一致。³⁹ 这些目标都试图把空军的物业面积缩减到最合适的规模，并且采纳节能节水方法，以优化支持作战任务的基础设施资产运作性能。⁴⁰ 最终，空军希望能缩减基础设施资产总数和维修预算，同时又能维持稳定一致的战备水平和作战能力。实施类似管理计划的其他机构也像空军一样担忧基础设施问题，这种担忧表明需要有一个综合框架，能协调各种类别的基础设施和有限的资源，以为资产管理决策提供必要的信息。

预算——预算决定有什么样的资源可供基础设施项目使用，它是影响几乎每一个资产管理决策的首要约束因素。

空军的预算——目前，空军每年调拨25亿美元给维修项目。⁴¹ 这笔预算金额等于空

军目前重置价值的0.95%，显著低于建议的2-4%的行业标准。⁴² 空军的规章制度对各种项目类别规定了可用的最高限额，例如小型建筑工程的最高限额为750,000美元，这些规定带来了额外的财务约束。在各个资产类别之间分配资源是空军面临的又一个预算问题。鉴于可用的资源有限，决策者只能比较各个基础设施的实用价值和重要性，以确定应该把资源分配给哪些基础设施。

替代方案——替代方案是探索与基础设施资产相关的几种可选方案，确定哪一种方法符合机构最佳利益。替代方案中包括审查和分析来自性能建模工具、目标和政策的信息，并且了解财务约束因素，以选定最有利的解决方案。在综合框架内的这个步骤中，决策者是从提供的数据中确定优选解决方案。⁴³

空军的替代方案——在“运作与维护”预算项下，空军审查基础设施的四种选择：拆除、维修、改建，或者汰换新建。⁴⁴ “运作与维护”预算项提供拆除、维修和改建项目所需的资金。汰换又称为军事施工，是指建造一个全新的基础设施资产，旨在提高作战能力和纠正基础设施存在的问题。但是，此类施工属于一个单独的预算，由国会直接监督和批准；它不和运作与维护预算争夺资金。

第4阶段

制定运行计划——制定运行计划的目的包括从二阶和三阶效应角度审查优选行动方案对机构基础设施的影响。选定最佳解决方案之后，可以在制定运行计划的过程中考虑如何利用基础设施网络的效率以及建议的行动方案对这些资产的其他方面的影响。⁴⁵

空军制定运行计划——除了考虑最佳解决方案对目前的维修项目有何影响之外，运行计划的制定还包括规划未来的工作（例如，空间利用率和未来维修项目）。优选行动方案要求尽量把若干项目合在一起，以提高时间和成本效益。我们可以同时在几个相连和相邻的基础设施系统上执行项目，同时更换其中的某些部分——例如，在机场照明项目施工的同时，实施跑道的路面项目。⁴⁶

执行计划——预防性维护、反应性维护、项目实施和拆除都发生在项目执行过程中，这个过程涉及同步执行先前讨论过的各个部分，以完成项目。⁴⁷

空军执行计划——对空军而言，计划的执行涉及如何协调人工和资金，来实施项目拆除、维修和/或改建。执行就是实施最佳解决方案，以最有效的方式使用有限的资源，从而优化基础设施资产的运作性能。

反馈——因为资产管理框架是一个迭代流程，反馈环路使得这个循环流程能够反映过去的工作并重新开始。⁴⁸ 这个综合框架的初始循环成为后续循环的基础，并且影响未来的决策。⁴⁹ 执行一个项目时，决策者分析结果，处理任何出现的问题，并且在合适的阶段重新遵循框架流程。

空军的反馈——空军资产管理的迭代流程要求有一个反馈环路。总部的人员和指挥官持续流动，使得战略愿景、目标和政策也不断变动。此外，运作与维护预算逐年发生变化。⁵⁰ 因此，空军决策者们先检视结果，处理反馈过程中的变化，然后再继续执行资产管理的迭代流程。

资产管理逻辑模型（图 1）在于建立一个综合框架，指导资产管理流程。它是一个

有用的决策工具，适用于拥有大量的不同基础设施但资源有限的机构。这个框架能帮助决策者制定可行的基础设施管理方法和替代方案，促进年度运作与维护预算的有效使用，优化基础设施资产的运作性能。

空军的资产管理逻辑模型（图 2）为空军创建一个决策框架，它指导资产管理的分析流程，并处理空军特有的基础设施问题。这个综合资产管理框架普遍适用于拥有大量不同基础设施但资源有限的机构。而且，各个机构可以根据本部门基础设施系统的具体情况对通用的逻辑模型加以改造，从而提高资产管理框架的实用性，使之更适用于具有类似基础设施特性和预算约束因素的机构。数据建模流程的最后一个步骤是制作一个物理模型，该模型使用资产管理流程组成部分及其本体的各种相互关系。物理模型按各机构具体的基础设施运行情况 and 数据要求来制作，用作为性能建模工具编译信息的手段。物理模型可以指导我们应用下一代技术开展资产管理，但本文故意不详细讨论空军的物理模型，因为这样的模型对有类似基础设施特性和预算约束因素的其他机构而言，缺乏实用性和普遍适用性。

关键研究结果

本研究所做的分析得出两个关键的结果，它们不仅与空军有关，而且与拥有类似的基础设施特性和预算约束因素的其他机构有关。首先，空军的既定战略愿景、目标和政策，与目前使用的性能建模工具（方程式 1）及新替代的性能建模工具（方程式 2）存在脱节。逻辑模型凸显了这种脱节，说明需要有一种能够与空军的战略愿景、目标和政策保持一致的经过改进的工具。目前，空军使用方程式 1 排列维修项目的优先顺序：⁵¹

方程式 1

$$\text{优先程度} = (\text{设施状况指数} \times \text{使命依赖性指数}) \\ \pm \text{指挥官调节}$$

在制定替代方案的过程中，空军遇到一个主要限制因素，其起因是空军目标（20/20 by 2020 目标、2007 年能源独立与安全法目标，以及第 13514 号行政令目标）的可测量的度量数值与目前使用的性能建模工具的基础设施度量数值之间有脱节。⁵² 如前所述，“20/20 by 2020”计划的目标是到 2020 年将空军实体基础设施面积及维修成本各降低 20%；能源独立与安全法的目标是到 2015 年减少能源消耗 30%；第 13514 号行政令力求到 2020 年将可饮用水消耗和非饮用水消耗分别降低 26% 和 20%。但是，目前的优先排序方程式——方程式 1（性能建模工具）——使用资产状态和基础设施清单信息排列项目优先顺序，这些信息的依据则是每个基础设施的经济健康状况和对运行的重要性（设施状况指数和使命依赖性指数）。这个方程式既未考虑也未纳入“20/20 by 2020”计划、能源独立与安全法、或第 13514 号行政令的目的（分别是减少设施面积、能源消耗和水消耗量）；它没有包括空军目标所寻求的能源、水或面积等基础设施度量数值。目前性能建模工具（方程式 1）和目标之间的脱节导致决策者们只能根据目标或优先排序方程式选择一个最佳解决方案，但是不能两者兼顾。它还导致目标和目前的性能建模工具（方程式 1）之间产生利益冲突，缺乏协同效应。因此，目前建模工具生成的优先顺序没有同既定的空军目标保持一致，并且与综合框架和框架所述的资产管理组成部分之间的关系脱节。此外，决策者们将继续使用目前空军性能建模工具（方程式 1），直到新替性能建模工具（方程式 2）于 2013 年付诸实用：⁵³

方程式 2

$$\text{优先程度} = 0.15 (\text{健康、安全和合规}) + 0.10 (\text{设施状况指数} \times 100) + 0.15 (\text{标准化使命依赖性指数}) + 0.20 (\text{当地使命影响}) + 0.15 (\text{成本效益}) + 0.25 (\text{服务质量})$$

新替性能建模工具（方程式 2）包含了设施状况指数、标准化使命依赖性指数和当地使命影响等基础设施度量数值，从而纳入了基础设施清单和状态、重要性及关键性等资产管理组成部分。但是，在替代方案制定过程中，空军在新替性能建模工具（方程式 2）中也遇到一个限制因素，因为该方程式把能源和空间利用率目标综合成一个基础设施度量数值——成本效益——但没有包括水消耗度量数值。尽管成本效益度量数值与既定的能源和空间使用目标一致，但是它没有平衡这两个目标以确保其实现。如前所述，新替性能建模工具（方程式 2）生成的优先顺序没有同所有的空军既定目标保持一致，并且与综合资产管理框架和框架所述的资产管理组成部分之间的关系脱节。因此，如果空军想要客观地排列维修项目优先顺序，比较不同地点的各种类别的基础设施，为其基础设施资产制定总体优先顺序清单，它将需要有一个经过改进的、能够涵盖能源、水和空间使用等基础设施度量数值的性能建模工具。

第二个关键研究结果认定，由于缺乏全军范围数据和全军层面管理信息的维管系统，战略层面资产管理所需的数据和维管系统与战术层面不一致。战略层面预测、要求和证实用于拆除、改建、基建和维修项目的长期预算，其前瞻时间跨度为 10 至 12 年。战术层面分配运作与维护预算，并且提出短期要求，但是其前瞻时间跨度只有 1 至 2 年。战术层面（空军基地设施）根据自己的前瞻时间跨度向上传输信息至战略层面——通常通

过维管系统。同样地，战略层面（空军总部）根据自己的前瞻时间跨度向下传输信息至战术层面——通常也通过维管系统。自上而下和自下而上的数据传输都没有考虑对方的前瞻时间跨度。这种不协调状况的起因是两个层面的运行不一样。战术层面并不关注长期规划，因为它的重点是短期执行，但是由于缺乏关于长期要求的信息，因而没有对未来预算的要求和正当性进行论证。于是，10年之后，当初的长期要求成为短期要求的时候，各个项目无法获得足够的运作与维护资金。反过来，战略层面也不关注短期执行，因为它的重点是长期规划，而且短期执行的资金已经分配给不同类别的基础设施资产。

另外，空军建筑工程师界使用和维护十几个维管系统，并为它们收集数据。有时，战略层面使用的维管系统不同于战术层面使用的系统。在这种情况下，由于缺乏数据格式相容性，自上而下和自下而上的信息流通都受到阻碍。空军应该努力使战略层面资产管理所需的维管系统与战术层面资产管理所需的维管系统取得一致，而这正是综合资产管理框架的作用。综合资产管理框架可保障通讯顺畅，使纵向和横向层面的数据要求保持一致，并且形成符合所有层面最佳利益的解决方案。保持所需的数据和维管系统一致，则可实现信息透明化，理顺信息收集和维护，以实行高效率和高效益的数据库管理。适合各种基础设施类别的综合资产管理框架可实现数据管理的终极目标——使维管系统和资产管理必需的信息保持一致，以便决策者们能够从空军所有纵向（战术、战役和战略）层面的最佳利益出发构思管理方法和替代方案。性能建模工具（方程式1和方程式2）与空军战略愿景、目标和政策之间的脱节——以及战略层面和战术层面所需的维管系统和

数据之间的差异——导致横向和纵向层面的数据管理不一致（图3）。

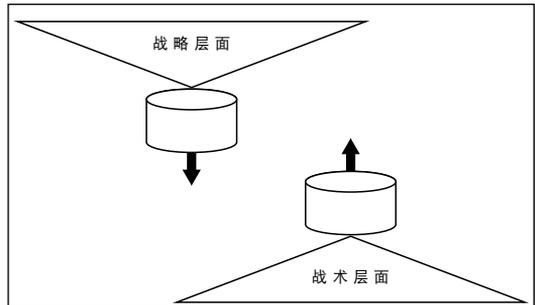


图3：战略层面和战术层面之间的数据不协调

因此，为空军创建一个统一的全军层面数据库，可推动资产管理业务原则的实施。下一代技术将有助于落实资产管理框架，并使得所有的层面（战略、战役和战术层面）都能访问全军范围数据。通过统一的全军层面数据库（例如，采用甲骨文数据库和结构化查询语言），实现自上而下和自下而上的信息顺畅流动，以及使战略和战术层面在纵及横向都保持一致的共用数据，将能高效地在不同类别的基础设施资产之间管理和分配资源——这正是下一代技术的优势。这种信息技术整合方法将使得战术层面能够向战略层面提供适合战略层面重点区域的数据，反之亦然。而目前的状况则有缺陷，战术层面和战略层面都只能向对方提供仅适合自己前瞻时间跨度的信息。

结语

本文通过制定一个综合资产管理框架来满足资产管理的两类要求，这个框架可为各类不同的基础设施提供指导，推动资产管理业务原则的实施。具体而言，它适用于拥有大量不同基础设施但资源有限的机构。这项研究的有用性在于其研究结果，它充实了资

产管理知识体系，并且优化了不同地点各类基础设施的运作性能。本文论述了两个关键研究结果：一是横向层面和纵向层面的数据不协调，二是性能建模工具未将空军的目标纳入考虑。本文使用一个有代表性的空军基础设施例子，说明综合资产管理框架的实施，

并展现提议的框架在识别两个关键研究结果方面的用处。因此，拥有大量不同基础设施但资源有限的机构可以把这个框架应用到具体的基础设施的运作之中，实现对基础设施资产的整体管理。♣

注释：

1. Michael Culver, “Transforming the CE Enterprise” [改革建筑工程师队伍], Air Force Civil Engineer Magazine 15, no. 5 (2007): 4-12, <http://www.afcec.af.mil/shared/media/document/AFD-120926-124.pdf>; 另参看 Department of Defense, Operation and Maintenance Overview: Fiscal Year 2011 [2011 财年运作与维护综述] (Washington, DC: Department of Defense, 2010); 另参看 Maj Gen Del Eulberg, “Managing Air Force Assets” [管理空军资产], Air Force Civil Engineer Magazine 16, no. 1 (2008): 5-7, <http://www.afcec.af.mil/shared/media/document/AFD-120926-125.pdf>.
2. 见注释 1 中“改革建筑工程师队伍”文，4-12 页。
3. 同上；另参看 United States Department of Transportation, Economic Analysis Primer [经济分析入门], (Washington, DC: United States Department of Transportation, August 2003), <http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/primer.pdf>.
4. Joseph L. Schofer et al., “Research Agenda for Transportation Infrastructure Preservation and Renewal: Conference Report” [运输基础设施保养和更新的研究日程：会议报告], Journal of Infrastructure Systems 30 (December 2010): 228-30, http://transportation.mst.edu/media/research/transportation/documents/J5_2010_Myers.pdf.
5. 见注释 1 中“改革建筑工程师队伍”文，4-12 页。
6. Dana J. Vanier, “Why Industry Needs Asset Management Tools” [为何产业界需要资产管理工具], Journal of Computing in Civil Engineering 15, no. 1 (2001): 35-43.
7. Dana J. Vanier, “Asset Management: 'A' to 'Z'” [资产管理面面观], Proceedings of the American Public Works Association International Public Works Congress (Philadelphia: American Public Works Association, 2001): 2.
8. Dana J. Vanier, “Advanced Asset Management: Tools and Techniques” [先进资产管理：工具和技术], Journal of Information Technology 15, no. 1 (2000): 39-56.
9. Dana J. Vanier, “Asset Management 101: A Primer” [资产管理基础教程], Journal of Information Technology 15, no. 2 (2000): 1-15.
10. C. Paul Robinson, Joan B. Woodard, and Samuel G. Varnado, “Critical Infrastructure: Interlinked and Vulnerable” [关键基础设施：互联性和易损性], Issues in Science and Technology, Fall 1998, 61-67, <http://www.issues.org/15.1/robins.htm>.
11. Steven M. Rinaldi, James P. Peerenboom, and Terrence K. Kelly, “Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies” [识别、了解和分析关键基础设施的相互依存性], IEEE Control Systems Magazine 21, no. 6 (December 2001): 18-20.
12. Paul A. Longley et al., Geographical Information Systems and Science [地理信息系统与科学], 2nd ed. (West Sussex, England: Wiley & Sons, 2005), 178-79.
13. Carlo Batini, Maurizio Lenzerini, and Shamkant B. Navathe, “A Comparative Analysis of Methodologies for Database Schema Integration” [数据库架构整合方法比较分析], ACM Computing Surveys 18, no. 4 (December 1986): 333-64.
14. 见注释 12，第 178 页。
15. Thomas R. Gruber, “Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing” [探索用于知识分享的本体设计原则], International Journal of Human-Computer Studies 43, no. 1 (November 1995): 907-28.
16. 见注释 12，第 178-79 页。

17. 见注释 12, 第 178 页, 另参看 William E. Sitzabee et al., “Data Integration of Pavement Markings: A Case in Transportation Asset Management” [路面标记的数据整合: 运输资产管理案例研究], *Journal of Computing in Civil Engineering* 23, no. 5 (September 2009): 288-93.
18. 见注释 12, 第 178 页, 另参看注释 17, 第 288-93 页。
19. Len Silverston, *The Data Model Resource Book* [数据模型资源手册], vol. 1 (New York: Wiley & Sons, 2005), 340-42.
20. 见注释 12, 第 178-79 页; 另参看注释 19, 第 340-42 页。
21. 见注释 12, 第 178-79 页; 另参看注释 17, 第 288-93 页。
22. 见注释 12, 第 178-79 页。
23. Thomas M. Connolly and Carolyn E. Begg, *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management* [数据库系统: 设计、实施和管理的实用方法], 3rd ed. (Harlow, England: Addison-Wesley, 2005), 52-57.
24. Australian National Audit Office, *Asset Management Handbook* [资产管理手册], (Canberra, Australia: Australian National Audit Office, 1996), 10-13.
25. Office of the Air Force Civil Engineer, 2011 U.S. Air Force Civil Engineering Strategic Plan [美国空军 2011 年建筑工程战略计划], (Washington, DC: Office of the Air Force Civil Engineer, 2011), 8.
26. 见注释 7, 第 1-16 页。
27. National Research Council, *Stewardship of Federal Facilities* [联邦设施的管理], (Washington, DC: National Academies Press, 1998).
28. 见注释 1 中 Department of Defense “2011 财年运作与维护综述”。
29. John Thomas, “Driving CE Transformation with NexGen IT” [用下一代信息技术推动建筑工程师队伍的改革], *Air Force Civil Engineer Magazine* 17, no. 2 (2009): 6.
30. Government Accountability Office, *Federal Real Property: Progress Made toward Addressing Problems, but Underlying Obstacles Continue to Hamper Reform* [联邦物业: 解决问题方面取得进展, 但基本障碍仍阻碍改革], (Washington, DC: Government Accountability Office, April 2007), <http://www.gao.gov/new.items/d07349.pdf>.
31. Rita Ugarelli et al., “Asset Management for Urban Wastewater Pipeline Networks” [城市废水管道网的资产管理], *Journal of Infrastructure Systems* 16, no. 2 (June 2010): 112-21.
32. Government Accountability Office, *Defense Infrastructure: Continued Management Attention Is Needed to Support Installation Facilities and Operations* [国防基础设施: 仍需继续注重管理以支持基础设施及其运行], (Washington, D.C.: Government Accountability Office, April 2008), 5, <http://www.gao.gov/assets/280/274690.pdf>.
33. 同上, 第 2-3 页。
34. Department of Homeland Security, *National Infrastructure Protection Plan* [国家基础设施防护计划], (Washington, DC: Department of Homeland Security, 2009), 102, http://www.dhs.gov/xlibrary/assets/NIPP_Plan.pdf.
35. Regina S. McElroy, “Update on National Asset Management Initiatives: Facilitating Investment Decision-Making” [国家资产管理计划最新动向: 促进投资决策], in *Proceedings of the American Public Works Association International Public Works Congress* (Denver: American Public Works Association, 1999), 1-10.
36. 见注释 7, 第 1-16 页。另参看注释 17, 第 288-93; 另参看 William E. Sitzabee, Joseph E. Hummer, and William Rasdorf, “Pavement Marking Degradation Modeling and Analysis” [路面标记毁损建模和分析], *Journal of Infrastructure Systems* 15, no. 3 (September 2009): 190-99.
37. Maunsell Project Management Team, *International Infrastructure Management Manual* [国际基础设施管理手册], (New Zealand: National Asset Management Steering Group, 2006), 1.6-1.8.
38. Headquarters Air Force, *Air Force Demolition Policy* [空军的建筑物拆除政策], (Washington, DC: Department of the Air Force, 2009); 另参看注释 1 中“改革建筑工程师队伍”文, 第 4-12 页。
39. 见注释 38 “空军的建筑物拆除政策”; 另参看 Energy Independence and Security Act of 2007 [2007 年能源独立与安全法], Public Law 110-140, 110th Cong., 1st sess., 19 December 2007, <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>; 另参看 Barack H. Obama, Executive Order 13514—Federal Leadership in Environmental, Energy, and

- Economic Performance [第 13514 号行政令：联邦政府对环境、能源和经济运行等方面的领导作用], (Washington, DC: White House, Office of the Press Secretary, 5 October 2009), http://www.whitehouse.gov/assets/documents/2009fedleader_eo_rel.pdf.
40. Maj Gen Timothy A. Byers, “20/20 by 2020 Prepares Us for Today’s, Tomorrow’s Budget Challenges” [2020 年实现 20/20 计划使我们能准备好面对今天和明天的预算挑战], Air Force Civil Engineer Magazine 18, no. 3 (2010): 3, <http://www.afcec.af.mil/shared/media/document/AFD-120929-001.pdf>.
41. Department of Defense, Operation and Maintenance Overview [运作与维护纵观], 23.
42. 见注释 6, 第 35-43 页。
43. John H. Cable and Jocelyn S. Davis, Key Performance Indicators for Federal Facilities Portfolios [联邦设施的主要运作性能指标], (Washington, DC: National Academies Press, 2005).
44. Department of Defense, Identification of the Requirements to Reduce the Backlog of Maintenance and Repair of Defense Facilities [识别减少延迟的国防设施维修项目之要求], (Washington, DC: Department of Defense, 2001), 91-96.
45. R. Coullahan and C. Siegfried, “Facilities Maintenance Using Life Cycle Asset Management” [使用寿命周期资产管理方法进行设施维护], Facilities Engineering Journal 12, no. 1 (1996): 1-16.
46. 见注释 27, 第 30-34 页。
47. 见注释 43, 第 10-14 页。
48. National Association of College and University Business Officers, Managing the Facilities Portfolio [管理设施], (Washington, DC: National Academy Press, 1995), 12-16.
49. Maunsell Project Management Team, International Infrastructure Management Manual [国际基础设施管理手册], 2.36-2.38.
50. 见注释 30, 第 4-15 页。
51. Headquarters Air Force, Activity Management Smart Book [活动管理便捷手册], (Washington, DC: United States Air Force, 2009), 5-6.
52. 见注释 1 中“改革建筑工程师队伍”文, 第 4-12 页; 另参看注释 38 中“空军的建筑物拆除政策”另参看注释 39 中“2007 [2007 年能源独立与安全法案]”和“第 13514 号行政令”; 另参看注释 40, 第 3 页。
53. Headquarters Air Force, Restoration and Modernization Integrated Priority List Model [振兴与现代化集成优先顺序清单模型], (Washington, DC: Department of the Air Force, 2011), 2.



威廉·西泽比, 美国空军中校 / 博士 / 执业工程师 (Lt Col William E. Sitzabee, PhD, PE, USAF)
Norwich 大学土木工程理学士, 空军理工学院理科硕士, 北卡罗立大学博士, 现为康奈尔大学空军预备役军官训练团 520 分队司令官, 及航空宇航学教授, 专注于从资产管理角度出发的设施与基础设施管理研究。西泽比中校是注册执业工程师, 拥有在高层设施与基础设施工程设计、建筑及合同管理等方面超过 19 年的经验。他拥有在部署和驻防环境下从事大规模建筑管理的经验, 包括建设机场停机坪、设施建筑运行及部队进驻安营。他曾任美国中央空军司令执行官及司令官行动组行动官与政治军事顾问, 负责管理司令官的幕僚、撰写演讲稿及准备针对国内外听众的高层管理发布文稿。西泽比中校自获土木工程博士以来, 在 11 种同行评议刊物发表过 23 篇学术论文。



玛丽·哈恩里, 美国空军上尉 (Capt Marie T. Harnly, USAF), 斯坦福大学文学士兼理学士, 空军理工学院理科硕士, 现任第 64 远征支援中队土建工程飞行指挥官, 驻沙特阿拉伯利雅得基地, 领导 80 多名现役和文职人员, 管理 225 个设施。在此之前, 她曾在美国南卡州查尔斯顿基地担任计划员, 参与规划和制订可持续发展、维护修理及军事建设项目, 涉及的基地财产和资金达 27 亿美元。哈恩里上尉还在德州谢尔福德空军基地第 82 训练联队司令官手下担任过任务支援组执行官和特别助理 / 项目官。