

结构加深

Jan 5, 2020

前言

我对详细研究 Simon Wardley 地图框架的各个方面很有兴趣。

如果不了解背景，你可以[点击阅读第1章 迷路了](#) 以了解更多信息。阅读第 2 章和第 3 章只需要一个小时左右。

对我来说，这个地图框架的吸引力在于它将业务（模型）视为在空间中随时间演化的有向图。我认为这比我们通常称为商业模式的其他东西有更多优势——稍后会更多地介绍我的各种动机。

在第一篇文章中，我们将研究结构深化的概念——但首先让我们先看一张地图。

发明的结构

这些系列文章关于技术的演变，以及业务环境中竞争技术之间的转换。

第一篇文章大量借鉴了 W. 布莱恩·亚瑟 的著作¹。

Wardley 地图的 x 轴（下图 1）显示了技术在其生命周期内的成熟度。成熟度分为四个阶段；开创、定制、产品、公用事业²。

首先，如图 1 所示，我们可以看到逐渐成熟的组件会从左向右移动。我会在本博客中交替使用“技术”和“组件”一词，以此作为实现目的的手段³。

最初，在开创阶段的左侧组件首次被创建。在这个阶段，我们没有完整的设计，但有一个可证的概念来展示我们的东西如何创建实现预期目的。

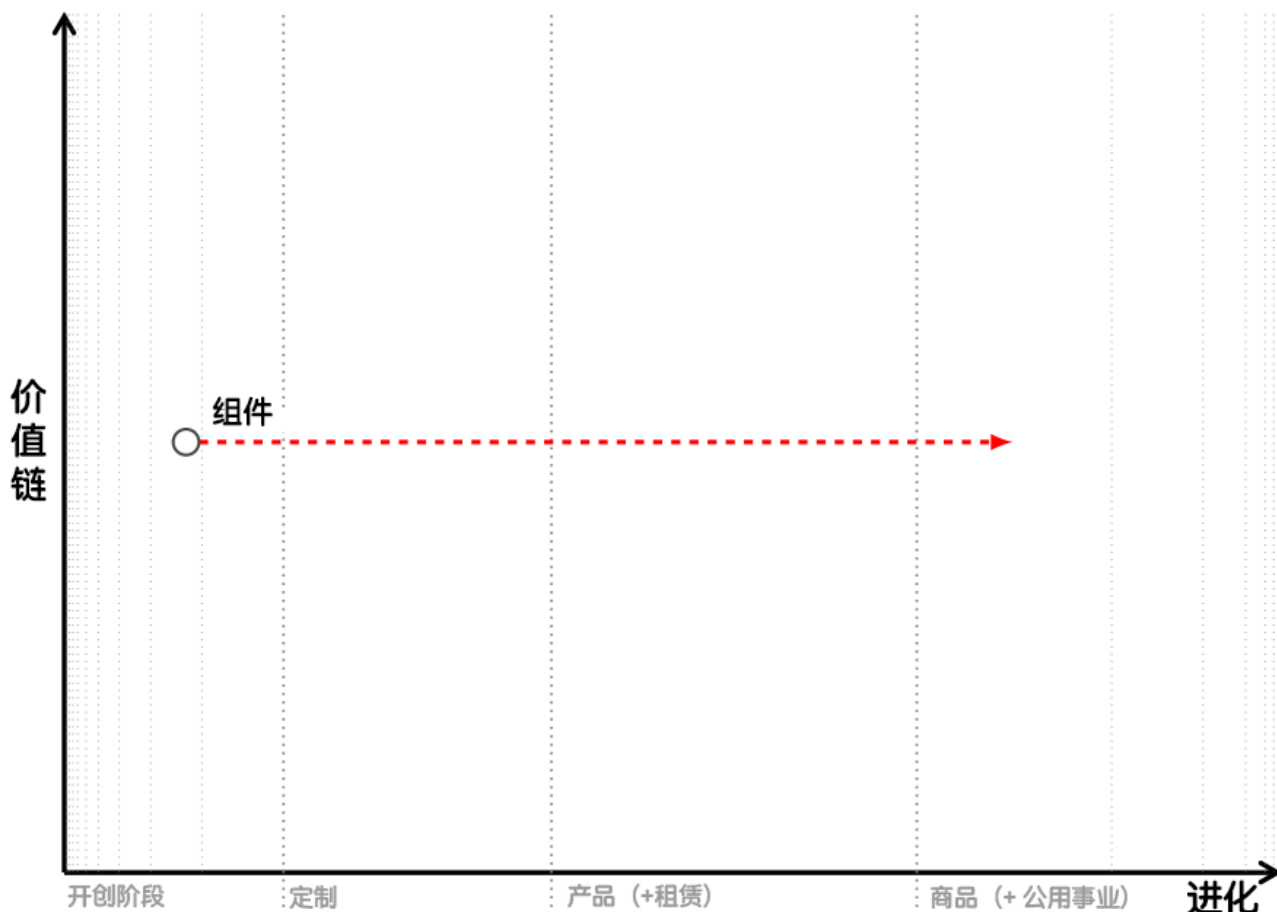


图 1. 显示组件从开创到产品的 4 个阶段如何在地图中演化。

在 **开创阶段**，一个新组件会由现有组件或现有组件的装配件拼凑在一起——如果你愿意，可以把它想成是一个最小化可行产品的原型。例如，根据亚瑟(2009.131页)⁴ 的说法，第一个回旋加速器由包括厨房椅子、晾衣架、窗户玻璃、密封蜡和黄铜配件在内的部件组装而成！

新技术在证明其价值（至少在发起者看来是这样）⁵ 或证明所利用的原理可行之后，便开始沿着进一步发展的道路前进。

在 Wardley 地图中，从左到右的箭头表示了技术的发展进程。在此过程中，组件从最初的工作技术逐渐成熟（进化）到更可靠、更高效和更健全的状态。我们详细了解其可行的运营条件，这使我们能够更好地了解交付成本及其可以创造的价值。

组件的发展（或进化）最终是由不同成熟阶段的市场供需竞争（或类似机制）驱动的。在这个过程中，组件技术时常以各种不同的方式变化和增强。

让我们暂时先忽略不同市场供需压力的细节。我们可以简单地认为一个组件在其进化过程中以几种不同的状态存在。这在图 2 中进行了说明，其中我们展示了一个组件在其生命周期中处于的三种状态。最初的工作技术在前一个时间处于状态 C[1]。C[2] 是组件的当前阶段，最后 C[3] 是预期的未来状态²。

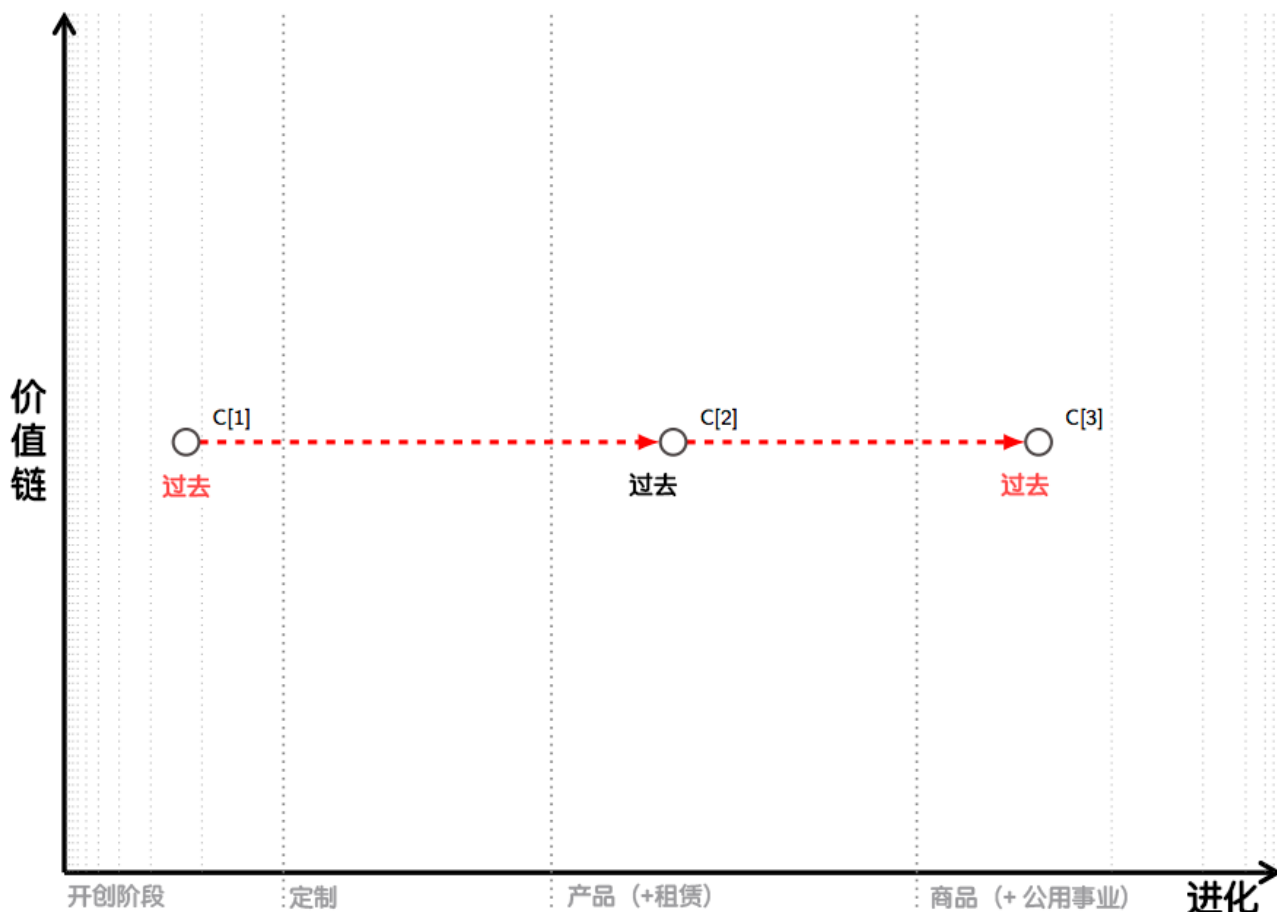


图 2. 通过技术在 C[1] 到 C[3] 不同阶段的实现，组件从过去到现在再到未来的演变。在发展的每个阶段，技术都必须可靠、不断改进、扩大规模并适应目的。当我们从状态 1 移动到 3 时，工程师可以测试更好的技术，解决遇到的问题，并根据不同的操作条件改善性能。

专用系统

在更详细地讨论组件集的表现之前，让我们先看一下 Wardley 地图的 y 轴，标记为 价值链⁶。

以喷气发动机为例，如图 3 所示。

该发动机旨在产生推力来创造飞行器以满足用户需求。发动机使我们能够利用推力，这是一种物理效应，由膨胀的燃烧气体产生，创造我们用于运动的力，目的是飞行。

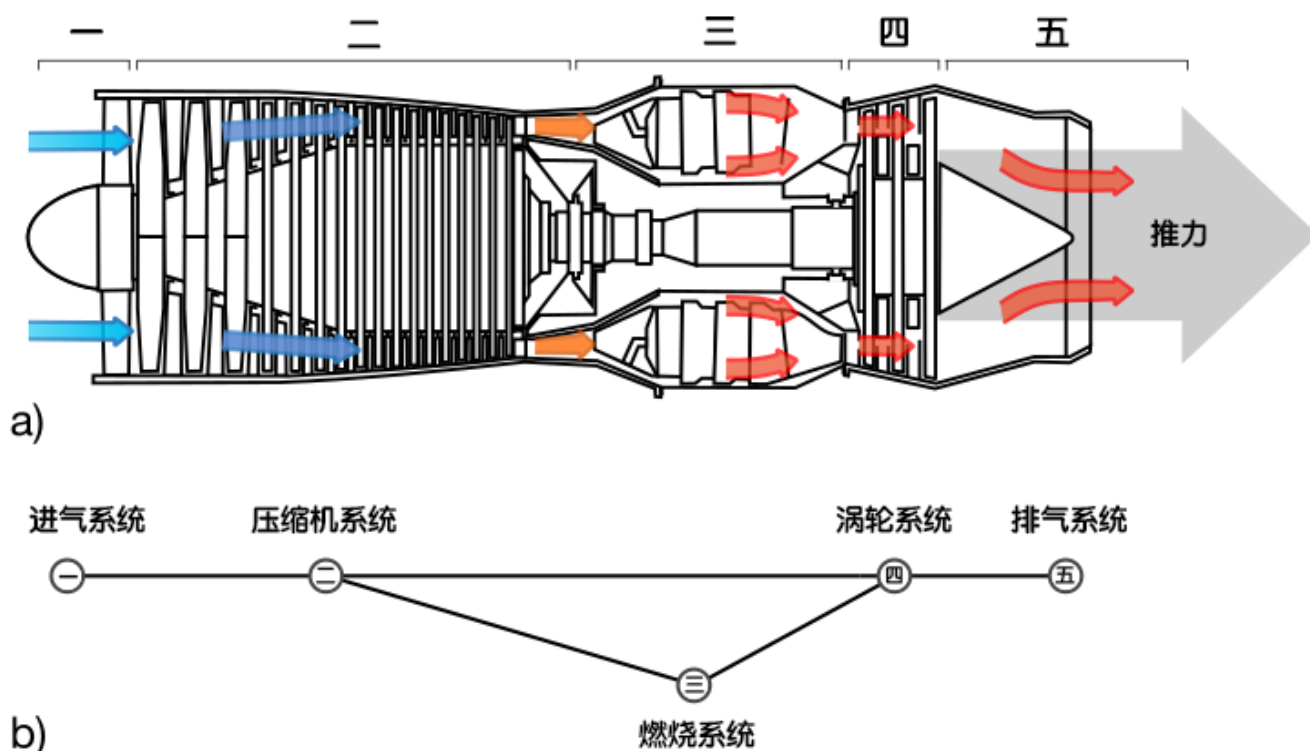


图 3. 一个简单的喷气发动机示例。a) 喷气发动机示意图，显示编号组件。发动机由进气系统、压缩机系统（压缩吸入的空气进行燃烧）、燃烧系统（为涡轮提供高能气流）、涡轮系统（驱动压气机并提供反推力）和排气系统 (Otis, 1997)⁷组成。b) 这是一个表示不同组件依赖性的图表。请注意涡轮驱动了压缩机，因此我们可以看到图中的循环。

你会观察到，如果我们创造一项技术，我们这样做是有原因，有目的的。为了达到这个目的，我们会利用这个世界的一种属性，一种现象。亚瑟对“原则”一词的使用指的是为了某种目的而利用现象的想法。（同上，2007 页）我对 Wardley 地图 y 轴的解读是通过原则将目的与现象联系起来。参见图 4a。

我们可以从（用户）需求开始，在依赖链中安排目标系统。这些需求可能是个人或社会的——但它们是我们首先创建组件的原因——它们位于 y 轴的顶部，由一组组件和子组件支持。技术的本质是，在这条链（或终止分支）的末端，总有一种物理效应或现象可以被利用来以满足需求。

继亚瑟(亚瑟 2007¹)之后，我们可以认为每个组件系统或组件配件本身都有一个目的 - 那就是它旨在执行的任务。如果没有，它就不会存在。因此，技术以递归方式由组件部件或组件配件组合在一起⁸。这可以从图 4c 中看出，其中发动机组件包括五种进一步的技术，我们已将我们的发动机图从图 3b 重新排列为图 4c 中的地图。

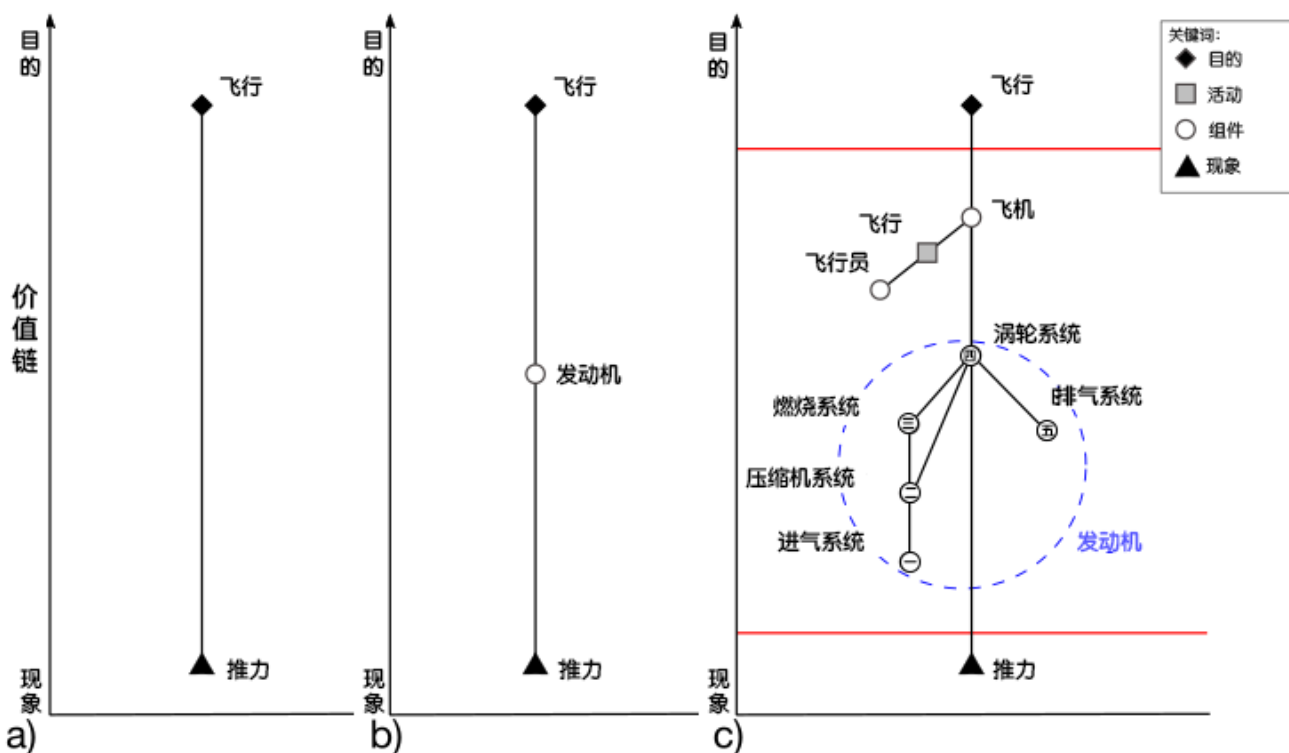


图 4. 一个简单的喷气发动机示例。a) 价值链的 y 轴将目的（飞行）与现象（推力）联系起来。b) 利用燃烧原理产生推力的技术组件（发动机）。它利用了向后排出的质量会产生相等且相反的正向反应的现象。c) 处于较低抽象级别的引擎，显示编号的组件及其相关性。这些组件的 x 位置仅用于说明目的²。

需求链、网络或组件图用来满足适当的需求集，因此技术的实际工作需要其他子原则（以及子组件）。因此，当我们沿着 Wardley 图中的 y 轴下降时，我们从目的出发，通过需求及令人满意的组件集合，再到效果和现象。

此外，要注意的是被利用的现象不仅要是物理的，而且“为了使用，可以利用来自自然、逻辑、行为或组织的任何可靠或可重复的影响”（同上，第 276 页）。

在实践中，我们经常会在不包含目的和现象（及其隐含的因果相互依赖性）的抽象级别上绘制地图，但会侧重于一小组组件。

组件系统

与任何真实世界的地图一样，Wardley 地图在抽象级别（以及随之而来的详细级别）进行描述，以便对特定任务有用。在比较图 4b 和 4c 时，我们已经简要地看到了这一点。

组件被放在一起或从其他组件部分组合起来以创建技术组合⁸。就我们的目的而言，地图意味着查看特定技术的组件集 - 在任何特定地图中，某些组件将被包括在内，而某些组件将被省略。

如果我们下降一个级别，这些组件中的每一个都依次由其他子组件支持、供应、监控和控制：“压缩机系统需要一个可变叶片驱动系统（根据气流速度适当地设置叶片角度），和防失速泄放系统，用于控制压力波动（压缩空气向后吹的趋势）；涡轮系统需要一个叶片冷却系统，以及一套复杂的护罩和密封件，以防止高压气体泄漏”（亚瑟(2007 277页)¹）。

如图 5 所示。我们的压缩机组件从 C[0] 更迭到 C[1]，添加了防失速装置和叶片式制动器组件，涡轮机从 T[0] 更迭到 T[1]，添加了叶片冷却和密封。请注意，随着技术的成熟，C[0] 与 C[1] 的相对位置随着组件向右移动。

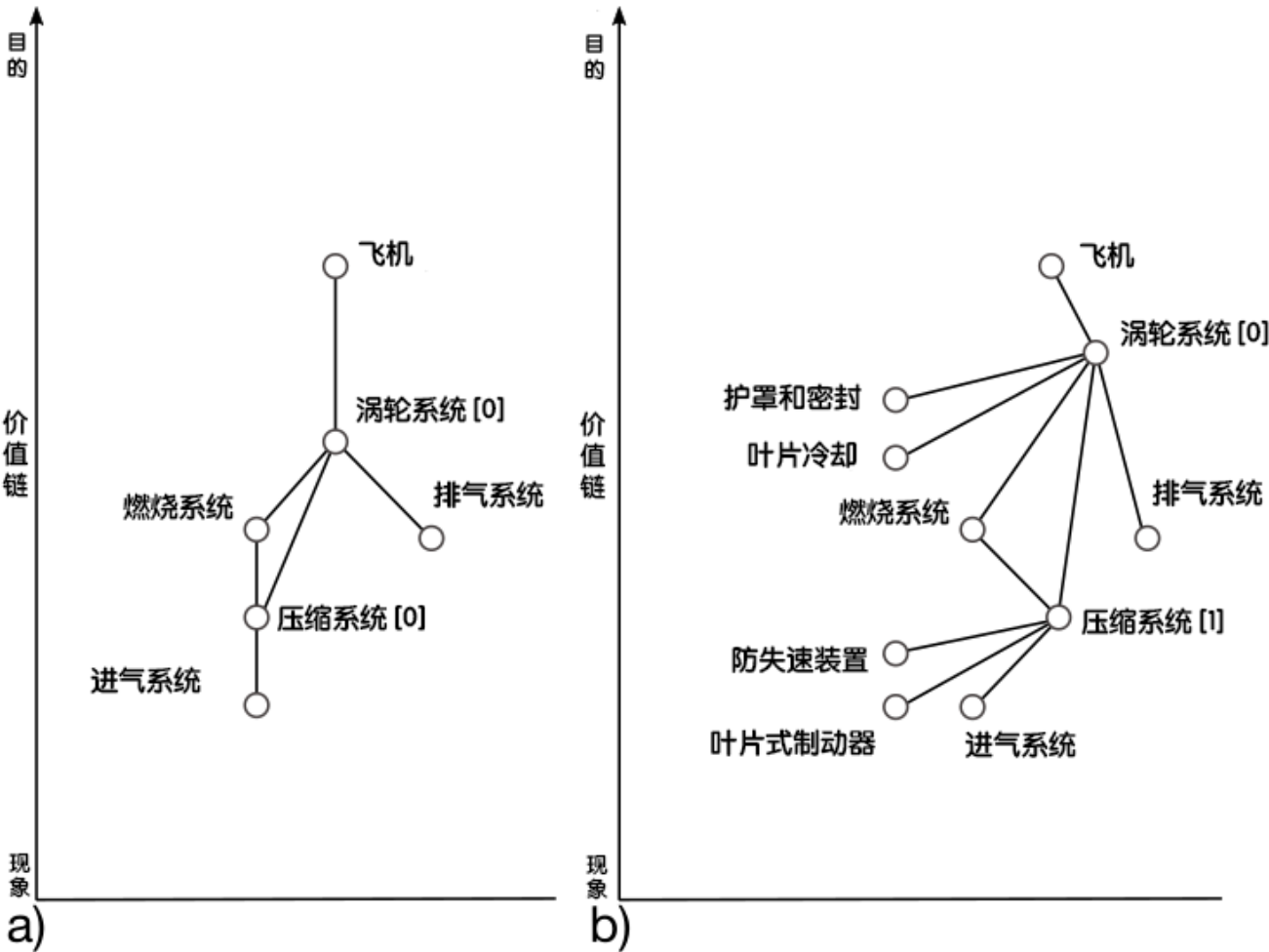


图 5. 有一点儿不太简单的喷气发动机。a) 我们对引擎的原始表示。b) 具有附加子组件并处于开发后期的发动机。c) 随着图结构的变化，组件从左到右进化。例如，压缩机从 C[0] 过渡到 C[1]，在这个阶段包括了防失速泄放系统和涡轮机设计的新版本 T[1]。组件在 x 轴和 y 轴上的相对位置仅用于说明目的。请注意，在这些地图中，我们不区分 x 轴上的发展阶段。

焦点技术及整体组合

现在让我们转而关注在地图上包含哪些组件的问题。用户需求可以表示为地图顶部的客户节点。这得到了支持，即围绕利用某种效果而设计的技术，正如通过使用原则所设想的那样。

通过一些主要的使用原理以达到目的的方式，被称为整体组合。这在图 6a 中进行了说明 - 原则上，整体组合可以包括活动（其他形式的资本）以及技术。

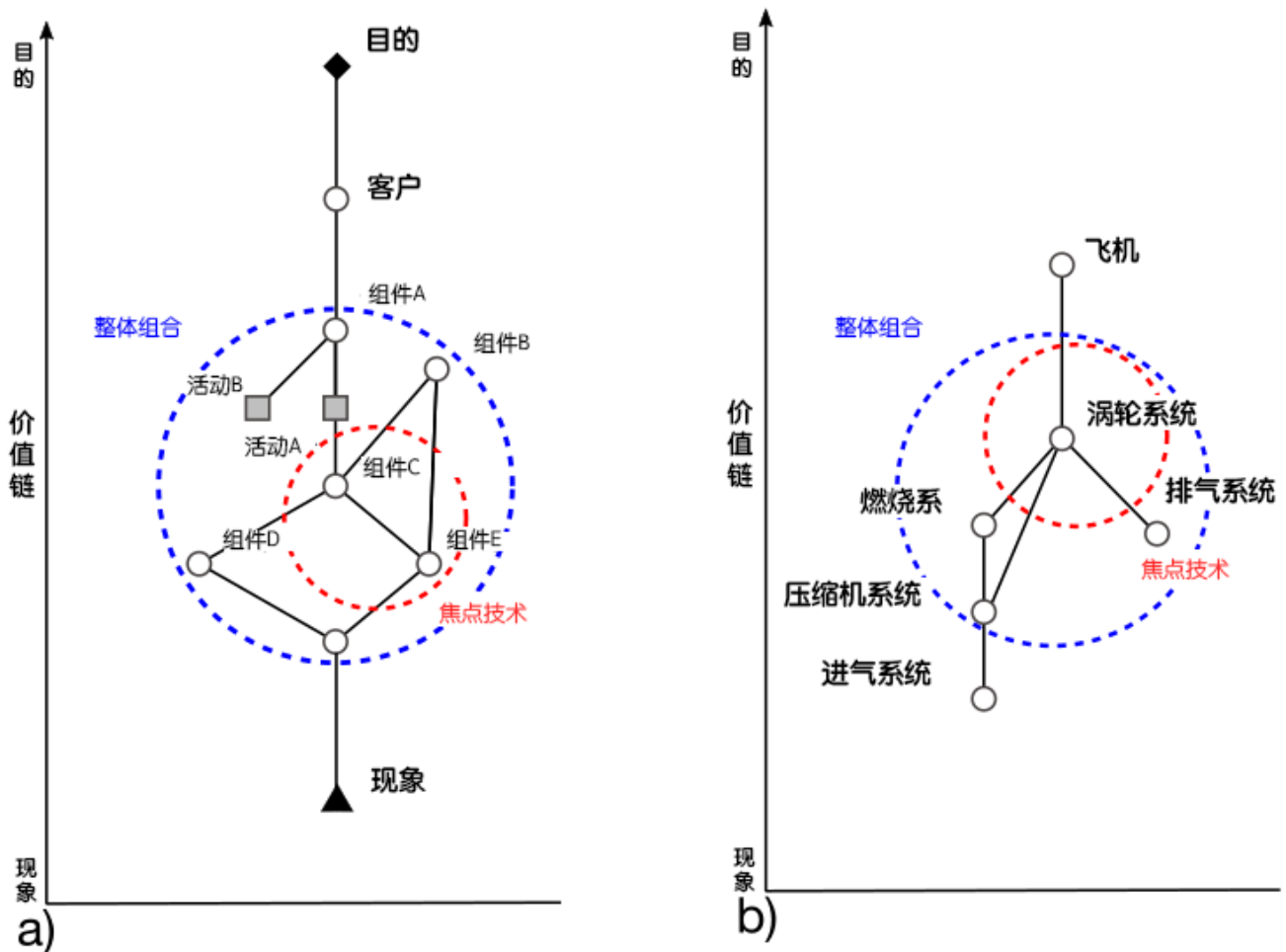


图 6. 专用系统。 a) 每个组成系统都有一个目的，这些系统连接成一个链，将目的与现象的原理连接起来。
b) 喷气式发动机，带有指示性示例的焦点技术和整体组合。

在实践中，整体组合是指成功实现目标并允许我们将地图集中在特定任务级别的一组核心组件（或方法和活动）。继阿德纳和卡珀尔 (Adner and Kapoor 2016⁹) 之后，我们将整体组合的最小功能组件确定为焦点技术。整体组合由焦点技术和其他支持其工作、调节其功能并为其提供能量的组件组成。这些支持组件需要自己的子组件和子配件：控制机构、监控设备、输入和输出接口等。

在这篇文章中，我们不会关注构成整体组合的组件的分布（沿 x 轴）细节——而是专注于整体组合本身以类似的方式从左到右演变到图 2 中所示的单个组件。

在图 7 中，我们展示了燃气轮机整体组合的演变。我们可以看到它从状态 E[0] 到 E[1] 跨越不同的成熟阶段。这在图 7b 中进行了总结。

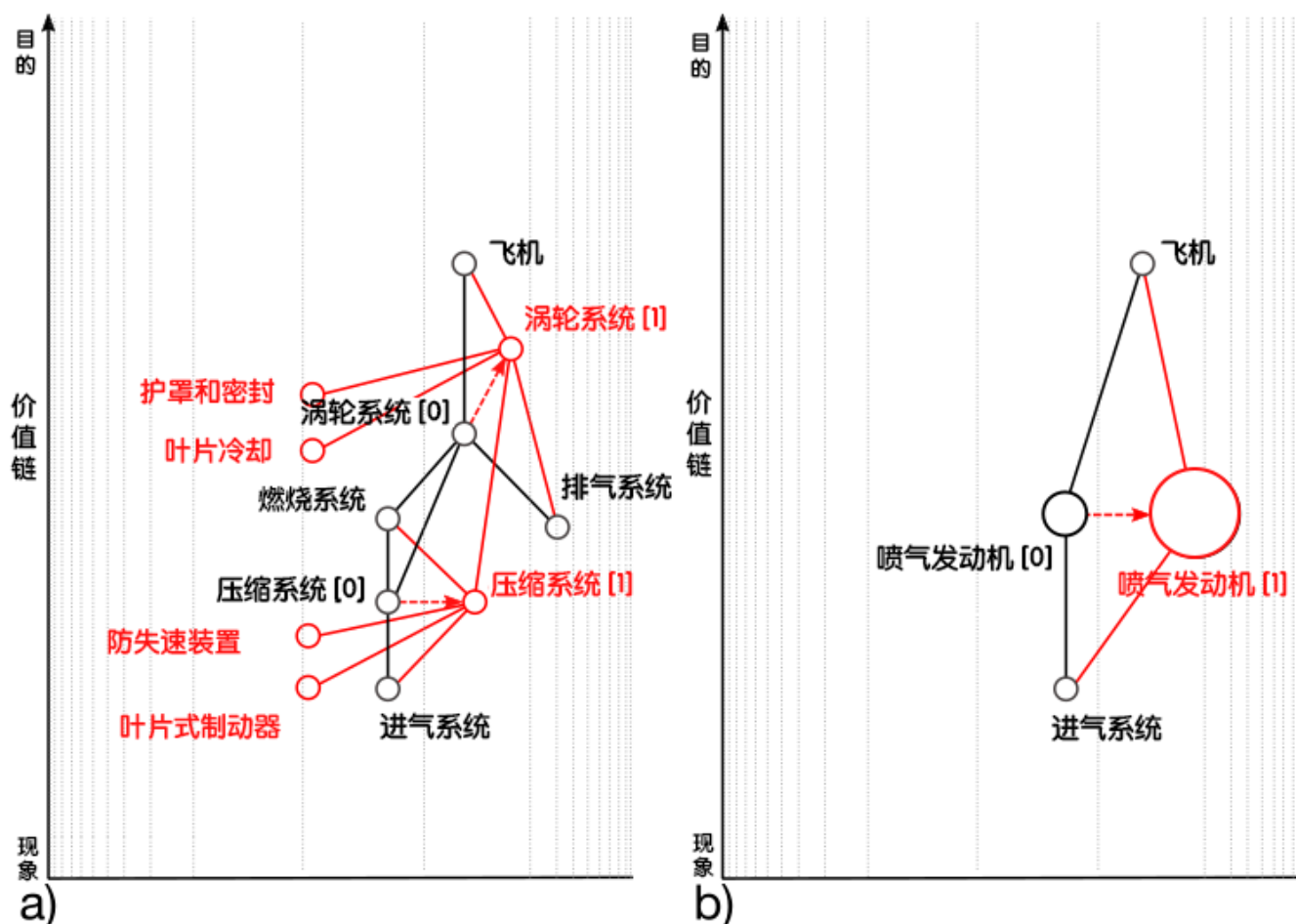


图 7. 整体组合的演变。a) 燃气轮机在同一张地图上的两个版本。红色虚线箭头表示从 i 到 $i+1$ 的演化。b) [a] 的简短摘要。请注意，代表整体组合配体的节点大小随着零部件数量的增加而增加。

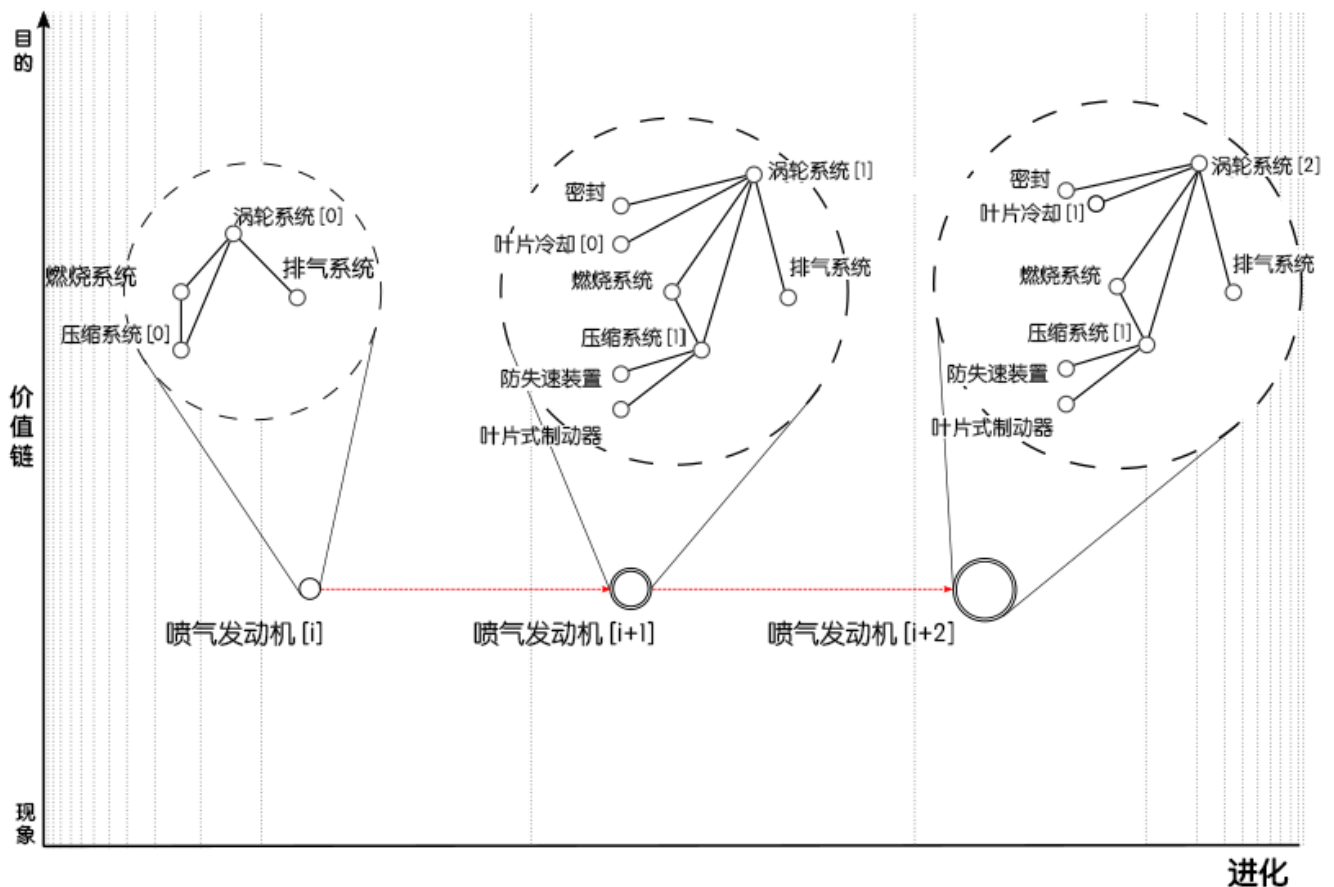
随着技术的进一步成熟，该技术开始在部署的解决方案中表现出变化，并且组成受到选择性的供需压力影响。“通过选择更好的解决方案来解决其内部设计问题，技术的许多版本都会逐步改进……随着技术的成熟，技术变得更加复杂 - 通常更加复杂。”亚瑟 (2009 132页)⁴。

结构深化

使整体组合日益复杂的一种机制是结构深化。它的实现是通过添加其他子原则（以及子组件）来克服原始原则性能限制的地方，以提高技术实际性能。

添加子系统来解决这些限制会促使技术随着它们的发展而更详尽——并且因为子系统或组成本身就是技术，它们也在不断发展，因此可以提高它们的整体性能。

当发动机被推动在更高的温度下运行时，涡轮叶片会随着温度的升高而软化，因此添加了一个组件来产生新的气流来冷却叶片，或者添加一个在叶片本身内部循环冷却材料的组件。图 8 说明了进化的下一阶段。



** 图 8. 整体组合的演变。三个发展阶段 E[0]-E[1]-E[2]。整体组合演变的三个阶段显示为带虚线圆圈的扩展细节。 **

在相互关联、相互依赖的复杂经济体中，一个持续改进的来源是许多子组件在不同的整体组合之间共享，因此随着组件在其他相邻组成中的进化，会发生大量的发展。

在一些技术示例中，整体组合的组件与设备本身是一体的。喷气发动机就是一个例子。在其他情况下，组件位于设备外部，但构成操作上下文或更广泛环境的一部分。以汽车使用内燃机的替代方案为例。只有在以下两种情况下，燃料电池或类似的电池才能成为真正的替代品——一个是由足够丰富的互补组件组成，另一个是构成发达的氢基础设施。

有了整体组合的概念，我们将在 Wardley 地图上研究技术替代的动态。

总结

- 组件进化（我们的目的和我们对现象的了解也是如此。）
- 可以合并组件以创建专用系统
- 我们可以将技术系统视为一条组件链，这条链从目的出发、通过它们所体现的原则再到现象。
- 我们可以根据对焦点技术和整体组合的识别，在 Wardley 地图中选择抽象级别。
- 结构深化描述了这样一种观察结果，即随着整体组合的发展，随着组件的增加，它会在 Wardley 地图中从左到右变得更加复杂 -。

下一个在哪儿？

我们对使用 Wardley 地图来查看组件进化很有兴趣。这使我们能够战略性地思考一组组件如何继续为指定目的提供支持——或者如何在出现更好的替代组件时替换它们。

接下来，我们将区分焦点技术的已开发性能与技术的已使用性能之间的关键区别，后者另外取决于一组组件，这些组件必须作为整体组合的一部分共同开发。

我会尝试使用一些不同的技术示例，包括光刻和自然语言处理 (NLP)。

但是，在我们开始之前，我们必须再次更详细地查看 y 轴！我会在下一篇文章中做到这一点。

References

1. Arthur, W. Brian, The Structure of Invention, Research Policy, 36, pages 274-287, 2007 ↩ ↩² ↩³
2. 根据2016年的Wardley图 76，原则上来说，可以通过评估语言来衡量组件的成熟度阶段，这些语言用于描述引用它的各种语料库中的技术。从学术出版物，到开创阶段的专利，再到早期产品阶段的技术标准文档，最后到商业发展不同阶段的营销资料、销售手册等。并非所有组件都需要经过每个开发阶段，我将忽略从语料库测量 x 位置的细节。目前的假设是给定的，包括阶段的数量，我会在以后的博客中写更多。↩ ↩² ↩³
3. 根据亚瑟(2007 276页)¹ 技术一词还有另外两个合法含义：实践、活动和组成部分的主体，以及“一个民族用来为自己提供物质文化对象的手段之总和”（亚瑟，2007 年，第 276 页）¹。↩
4. Arthur, W. Brian, The Nature of Technology, Penguin Books UK, 2009 ↩ ↩²
5. 根据亚瑟 (2007 279页)¹ 我会称他们为原创者，以避免“发明者”这个孤立的古怪内涵。科学史上有许多例子，用类似的方法共同发现或重新发现，这些例子都将现象用于特定目的——我们将在稍后的博客文章中再议。↩
6. 目前关于 Wardley 地图中 y 轴的结构和必要性（例如弃用它。）有很多讨论。虽然还有很多需要弄清楚（这篇文章跳过了许多细微差别），但我认为地图是从高维空间到低维空间的投影（映射）。最常见的是，我们遇到的这种情况是从 3D 现实世界到 2D 制图师的地图。将 2D Wardley 地图视为低维空间的投影是有用的 - 我们可能会在适当的时候就具有广泛用途的 y 轴（或潜在的多个轴）定义和测量过程达成一致 - 我不赞成弃用它！。↩
7. Otis, C., 1997. Aircraft Gas Turbine Powerplants. Jeppesen Sanderson Inc., Englewood, Colorado. ↩
8. W. 布莱恩·亚瑟 谈到了技术的递归结构，例如技术由零件组成——配件或子配件——它们本身就是技术 ↩ ↩²
9. Adner, R. and Kapoor, R., Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves, Strategic Management Journal, 37: 625-648, 2016 ↩