Brownfield过程：一种用于产品组态的模块化产品系列开发的方法

关键字：设计方法、设计过程、工程设计、产品设计、产品发展

1. 背景与动机

本节重点介绍基于标准化和模块化的产品系列开发和产品配置的现有研究。

* 1. 标准化与模块化

标准化是设计重用的重要推动者，并且指的是其中几个组件被能够执行所有这些组件的功能的一个组件替换的情况（Perera，Nagarur，＆Tabucanon，1999）。 Pahl和Beitz（1996）强调，由于成本原因，设计者应该总是使用Brownfield Process 211可用标准，重复或购买部件而不是特殊制造的部件。不幸的是，这并不总是可能的，因为不同的客户需求。 Victor和Boynton（1998）建议模块化作为一种​​产品开发技术，以应对不断变化的客户需求，从而产生产品品种的压力。 Ulrich和Tung（1991）和Pine（1993）提出了模块化的类型，包括组件共享，组件交换，剪切，总线，分段和混合模块化。 Andreasen（2011）解释说，模块化包括定义具有模块和接口定义的模块化架构，以降低公司运营的复杂性。接口可以被不同地感知（Parslov＆Mortensen，2015），并且通过不同模块之间的标准化接口实现变量的有效创建（Cai，Nee，＆Lu，2009）。正如Fujimoto（2007）提出的，存在与接口以及组件相关的不同级别的标准化。他分离了特定于模型，公司特定的和行业标准的组件和接口。还提出了开放标准，封闭标准，非标准，以及冻结或不稳定的接口分类（Cabigiosu，Zirpoli，＆Camuffo，2013）。

* 1. 产品系列和产品平台

产品系列和产品平台的设计是一个经常讨论的主题，当目标是增加设计重用和启用产品变体。 Robertson和Ulrich（1998）和Kristjansson，Jensen和Hildre（2004）总结了一个平台是一个核心资产的集合，被重用以实现竞争优势。 Meyer和Lehnerd（1997）将产品平台定义为一系列衍生产品的通用产品结构。他们强调，基于产品平台的产品系列开发具有减少不同组件的潜力。这使得能够降低衍生产品的开发成本以及减少不同生产线的数量作为示例。开发产品平台需要研究和开发经验，以便利用某个平台创建产品发布（Ulrich＆Eppinger，2008）。 Lehtonen，Juuti，Pulkkinen和Riitahuhta（2003）定义了一个产品系列现在和在可预测的未来对应某些市场需求。

* 1. 产品配置与可配置的产品

模块化产品系列的设计不利于单独为定制产品制定产品规格。此问题已经介绍了产品配置。作为一项活动，它包括从预定义实体中选择兼容组件以满足客户需求（Brown，1998）。可配置产品的开发和维护需要对配置规则和限制进行建模（Tiihonen等，1999）。在许多出版物中，这被认为是配置知识，并包括产品元素与客户的映射。例如，为此任务提出了统一建模语言（UML）和基于矩阵的方法（Bongulielmi，Henseler，Puls，＆Meier，2001; Felfernig，Friedrich，Jannach，＆Zanker，2002）。与技术和销售观点相关的配置知识可以在公司的IT系统中使用（Forza和Salvador，2002）。 Haug，Hvam和Mortensen（2012）解释说，使用基于IT的配置器的好处包括，例如，缩短交货时间，提高产品规格的质量和保存知识。因此，如果模块化产品系列的工程成功，产品配置可以带来几个好处。

* 1. 可配置产品的工程概念

我们的目标是指定这些关键工程概念，为工程工作提供更好的重点，并且在设计从产品结构的角度支持产品配置的模块化产品系列中至关重要。关键工程概念的识别主要基于Juuti（2008）的研究。产品结构考虑了模块化产品系列中的构建块的识别，其可以是标准的，可配置的，部分可配置的或一种类型的。从这个角度来看，应强调模块化产品系列结构的推理方面。在本文中，第一个关键工程概念是分区逻辑，它描述了为什么某个设计是或应该以特定的方式进行分区。客户需求和市场考虑促成了这一要素，但是某种划分的原因可能源于供应网络或某个商业环境中的事实标准。我们提取第二，第三和第四关键工程概念作为模块，接口和架构集。模块集包括用于创建产品变体的构建块的定义。我们认为在这个概念中通过定义构件块的类型来考虑平台观点：在每个变体中是否使用块或模块。标准化接口被突出显示为有效定义产品变体的主要促成因素，如第1.1节所述。因此，我们建议接口作为第三个关键工程概念。还注意到，模块化架构的考虑有益于定义模块化产品系列的整体内容（Bruun，Mortensen，＆Harlou，2013; Eilmus，Gebhardt，Rettberg，＆Krause，2012; Harlou，2006）。架构旨在描述模块如何相互交互，并考虑接口和布局方面。前一部分显示，重点关注产品配置方面对于为客户提供产品变体的公司非常重要。考虑到作为模块化，产品平台和产品系列开发方法的集成部分的配置观点，是卓越的Brownfield过程213。我们将配置知识视为第五个关键工程概念，因为它有助于为客户指定产品变体，并且此知识可以重复用于交付网络。

* 1. 从业务角度支持现有方法

几个出版物审查这一领域的方法。 Jensen和Hildre（2004）认为，大多数模块化和平台开发方法考虑了功能和技术可行性。 Jose和Tollenaere（2005）将产品系列发展划分为聚类方法，图形和矩阵方法，数学方法，人工智能方法和遗传算法以及其他启发式方法。 Simpson（2006）提出，在基于模块和基于规模的家庭设计中可以看到优化方法。 Jiao，Simpson和Siddique（2007）解释说，产品系列开发方法通常是基于平台，基于规模或基于模块（配置），包括算法和数学模型。 Salvador（2007）基于组件通用性，组件组合性，功能绑定，接口标准化和松耦合的观点研究了模块化的定义。 Gershenson，Khadke和Lai（2007）强调了模块和接口的作用，模块化的驱动因素，考虑生命周期的角度和分析模块化和产品系列设计中可能带来的好处。 Nomaguchi，Askhøj，Madsen，Akai和Fujita（2012）提出了设计方法选择矩阵，主要考虑基于索引的方法。 Okudan Kremer和Gupta（2013）发现，应用不同的方法导致不同数量的模块。 Simpson（2004）将产品平台和产品系列设计为自下而上（反应性重新设计）和自顶向下（主动平台）方法。审查自下而上方法是有趣的，因为我们的重点是通过增加共性，同时实现客户变体来使现有产品合理化。在这方面，最着名的例子之一是Black＆Decker如何重新设计他们的产品线，并获得了好处（Lehnerd，1987）。另一个很好的例子是食品加工商的制造商如何根据消费者的视角，通过联合分析和产品线模拟重新设计其产品线（Page和Rosenbaum，1987）。 Ulrich，Randall，Fisher和Reibstein（1998）指出，成功的品种战略既是市场驱动的，也是能力驱动的。 Sand，Gu和Watson（2002）提出了一种基于生命周期，产品架构和功能结构的重新设计现有产品以增强产品模块性的方法。 Farrell和Simpson（2008）提出了一个产品平台组合优化方法，旨在最大限度地提高现有产品线的共性，聚焦市场细分网格（Meyer＆Lehnerd，1997）。 Simpson et al。 （2012）提出了产品系列的方法214设计研究Vol 45 No.PB 2016年7月设计，将几种工具与定性测量和定量数据集成。基于该评价，我们建议模块化和产品系列开发方法的主要类别作为面向功能的方法，基于索引的方法，优化方法和基于矩阵和聚类的方法。模块化中的函数或函数结构例如由Erixon（1998），Stone，Wood和Crawford（2000）和Dahmus，Gonzalez-Zugasti和Otto（2001）和Eilmus等人（2012）。这些方法的挑战是，在所有情况下，从业务角度来看，基于功能的分区逻辑不是一个可行的方法，如Lehtonen（2007）所示。索引方法见产品平台和产品系列开发出版物（Martin＆Ishii，2002; Simpson et al。，2012）。指数在查找其中标准化和模块化可以带来益处的部分中是有用的，但是指标方法还应当指出其他任务在模块化产品系列开发中创建所需要的信息。有模块化方法，其中建议优化方法。 Fellini，Papalambros和Weber（2000）开发了一种用于量化和捕获基于功能依赖性共享组件的产品的性能权衡的方法。 Gonzalez-Zugasti，Otto和Baker（2000）通过关注性能和成本目标，讨论了基于产品平台定义模块变体。在他们的方法中，产品平台在优化之前被定义。 Gonzalez-Zugasti，Otto和Baker（2001）继续分析替代产品家族的价值。 Li和Azarm（2002）提出了一种方法，包括产品变体设计中的多目标优化，突出营销潜力。 Rai和Allada（2003）提出了一种基于创建替代解决方案和消除错误模块的方法。优化方法鼓励系统设计。根据研究的方法，优化方法的工业适用性遇到挑战，如计算费用，导致假设和简化的数学挑战和评估非量化目标的困难。考虑我们的经验

1. 模块化产品系列开发方法支持产品配置
   1. Brownfield 过程概述

图1提供了一种用于将现有产品品种合理化为支持产品配置的模块化产品系列的方法，其被称为布朗菲尔德过程（BfP）。在我们制造业产品开发的背景下，棕地代表了可用资产的重用，并且由于现有结构，在设计和解决方案方面存在限制。我们建议，在投资业务中经常定制产品以满足客户需求的公司，以及在考虑重用方面和共同架构很低的情况下，将受益于应用该方法。第一版BfP由Lehtonen等人提出。 （2011）。本文定义了进一步的方法，如图1所示。选择的概念在第1.4节中提出，但在下面，讨论与BfP相关的其他关键术语。在设计模块化产品系列概念时，我们认为产品结构描述了产品系列所包含的“构建块”的类型。示例如图7所示。架构描述了产品变体的构建块如何位于2016年7月的产品系列中。与产品结构相比，架构还考虑了布局，空间和接口方面，而产品结构更像层次化呈现。我们将产品变体的构建块分为通用元素和模块。考虑到设计层次，通用元素是上层，因此是实际模块的抽象层次。在模块化产品系列中，每个通用元素包括被认为是模块的至少一个或一组替代解决方案。模块也可以是一种类型。通用元素是否可以被视为平台元素取决于什么样的解决方案可以实现它。如果一个通用元素可以实现一个标准的解决方案，适合所有的产品变体的图1棕色过程（BfP），用于合理化现有产品品种的模块化产品系列支持产品配置布朗菲尔德过程217产品系列，然后通用元素类似于平台元素。定义通用元素将在第2.4节中讨论。 BfP包括十个步骤，并在可行的情况下综合现有的方法和工具建议。图1解释了每个步骤的主要结果，关键工程概念（分区逻辑，模块集，接口，架构和配置知识）的结果是相关的，在每个步骤的结果是有益的。 BfP从定义所选择的现有产品范围应合理化的业务环境的要求开始（步骤1）。之后，定义初步模块划分（步骤2）。还研究了初级模块（称为通用元件）彼此的定位（步骤3）。了解客户需求也是必不可少的（步骤4）。随后，描述初步产品系列内容（步骤5）。定义配置知识，包括通用元素和客户需求的关系（步骤6）。此步骤支持在下一步​​骤（步骤7）中定义模块化架构以及完整的配置知识，包括实际模块和品种需求（步骤8）。在定义模块之后，记录每个通用元素的设计推理路径（步骤9）。最后一步包括业务影响分析（步骤10）。作为本文的大纲，仅提供步骤10的基本知识。应用BfP可以涉及迭代和定制。例如，步骤4可以在步骤1之后进行。步骤2和3非常依赖于彼此，并且在一些情况下，步骤3可以在步骤2之前进行.BfP的方法总结在表1中。第2.3e2.12节更详细。

* 1. 案例描述

除了方法描述之外，讨论使用BfP的情况。为了尊重案件的敏感性，不能详细解释所有的细节。案例公司生产钣金加工设备，包括装载设备，门口机器人，桌子，车厢和输送机。多年来，需求已经多样化，并且已经开发了用于材料处理的许多装置。不同的替代品的数量成为公司的挑战。该公司拥有过多的产品解决方案，但仍然适合销售交付过程。生产质量是合理的，良好的解决方案和工作方法是公司熟悉的。许多设计是针对特定客户的项目。这导致了诸如某些机器人模型的发展不可避免地在它们自己的路径上的情况。在不同的设备中以类似的方式考虑了问题，但是例如客户需求已经一次检查了一个设备。该公司之前具有模块化的经验，但整个产品系列没有在模块化和产品配置方面进行分析。在产品中已经注意到共性，但缺少了现有产品分类合理化的支持方法。该公司还有几个不成功的合理化项目，这产生了学习积分，并支持整个产品系列的开发项目的启动。图2给出了研究的产品类型。

* 1. 第一步：基于商业环境的目标设定

第一步着重于澄清与模块化产品系列的设计相关的业务目标。本步骤的主要结果描述了表1中的各个方面BfP中的建议方法BfP中的主要方法BfP中的替代方法1.基于业务环境的目标设置使用公司的手动定义战略格局使用效益原因和效应图的手动定义2.通用元素模型系统手动规划应用通用元素定义3.架构：通用元素和接口使用MS Powerpoint，Excel或Visio或类似手动定义4.基于客户环境的目标设置手动定义考虑客户需求从品种的角度5.初步产品系列描述使用修改的产品系列总体规划的手动定义6.配置知识：通用元素和客户需求使用修改的K-Matrix进行手动定义7.模块化架构：模块和接口手动定义应用部分可配置产品结构，空间预留和接口标准化的原则8.配置知识：模块变体和客户需求使用修改的K-Matrix进行手动定义9.产品系列文档使用产品结构蓝图打印的手册描述10.业务影响分析手册使用BIA方法进行估计图2案例产品：具有材料托架和输送机的Prima Power门户机器人Brownfield Process 219业务环境，其中现有产品系列的合理化可带来好处，目标是什么。因此，该步骤主要有助于划分逻辑。提出了两个框架：公司战略景观（CSL）（Lehtonen，2007年）和共同性和变异性的益处的因果关系图（Juuti，2008）。图3中的通用CSL框架提供了与产品结构有关的业务环境的主要元素。目的是在讨论和确定CSL框架领域的一个研讨会上讨论对产品品种合理化的要求。研讨会的目标设定得益于一个多学科的参与者小组，因为小组扩大了对模块化驱动程序的理解，并且可以听到不同功能的声音。具体目标可能与讲习班的所有参与者无关。尽管如此，认识到这些方面以及在关于目标设定的研讨会之后，可以增进对与产品范围相关的总体决策的理解。研究的产品范围不一定从每个角度进行优化，但是权衡通常是必要的，例如Eilmus等人（2012）发现。在该步骤中，产品结构部分被认为是黑盒子。目标是对产品开发过程，销售交付过程和其他生命周期阶段，公司希望运营的价值链以及影响产品结构的战略和组织方面等过程进行建模，并根据这些观点定义目标。目标可以来自产品的几个生命阶段和公司的不同功能。对于设计团队对所寻求的益处具有共同理解的情况，建议图4中的因果关系图。该图可以用于确认关于目标和利益的假设，通过基于文献回顾从几个观点明确呈现一般利益。该地图支持可以实现最大利益的领域的讨论。其他人也进行了类似的工作。 Ramdas（2003）提出了一个公司的品种创建和品种实施决策的框架，突出收入和成本方面。 Cameron和Crawley（2014）补充说，通用性能够降低风险，包括降低技术风险，提高质量生产和减少停机时间。在图4中，降低风险尤其体现在减少操作浪费，上市时间和保修成本的可能性。在这种情况下，在应用BfP之前，业务环境是明确定义的，并且该步骤的作用是使用图4总结为什么应该有产品开发。在此步骤之前，有足够的可用数据与活动和产品相关。目标的定义没有研究人员的参与。主要目标是通过为研究的产品类型定义一个通用模块的通用架构（产品系列），增加重复使用，从而减少运营费用。产品系列应该尽可能为客户在不同的产品型号中使用相同的模块。删除不添加custome的现有变体

* 1. 第二步：模块化系统的基本组成单位

该步骤的目的是定义基于现有产品品种的解决方案中立水平的产品系列的基本构建块，初级模块的通用元素的想法。因此，在五个关键工程概念中，这一步主要集中在模块集。通用元素包含满足一个变体需求所需的所有内容，并且应当可以在技术上将该元素实现为一个单元。目的是通用元素划分将产品分成封装了客户变化效果的部分。通用元素的定义开始于设置通用（适用于所有变体）功能和要求的列表。客户希望用产品实现的转换。下一步是将列表中的所有项目视为技术单元（在此阶段不考虑实际的技术实现）。因此，通用元素在这个意义上是抽象的。然后，通过讨论可能性（原则上）来考虑现有的产品结构，从而使得将存在与通用元件相对应的技术单元。图3公司战略景观（CSL）框架（Lehtonen，2007）Brownfield过程221图5给出了一个例子，其中旧解决方案根据通用元素提案进行排序。最初，现有解决方案的总结由项目经理做出。在这种情况下，通用元素在头脑风暴会议中被定义，其中来自图4的人们的共同性的多样性的好处（Juuti，2008）。设计研究第45卷No.PB 2016年7月销售，产品开发和机械，电气和软件工程参与。研究者还参与了这个步骤作为单日研讨会的促进者和作为合成的制造者，因此研究者的手在结果中可见。首先，参与者单独工作来定义他们对通用元素的建议。随后组织了一次共同会议，与会者形成了成对并分析了他们的建议，并试图找到共同的理解。定义了一个通用元素模型的五个不同建议。这些在同一组的公共会话中进行分析。区分被认为是有益的，因为提案包含了对同一目标的不同看法。一个包含所有不同要素的模型在白板上绘制，并包括37个通用要素，并注意到一些要素，如软件要素，需要进一步分割。最终，识别出12个不同的软件元素。然后发现，提出的通用元素模型不能完全实现业务目标，并定义了另一个新建议。这个建议包括少于20个元素，这被发现太少。最后，定义了所有参与者接受的组合模型，包括数十个元素。图6中列出了一些通用元素。技术的限制可能导致对于一些通用元素没有似是而非的实现。然后，通用元素需要以不同的方式定义。在迭代之后定义的通用元素模型是描述如何实现分区的产品系列的模块化结构的概念。因此，每个通用元素是模块或（通常）模块集合的概念。在定义通用元素时，应考虑通用元素之间的相似性。如果通用元素建议具有与它们的实现相关的许多相似性和冗余，则应当考虑仅定义一个通用元素。如果彼此具有很多共性的通用元素被批准为单独的，则存在不必要变化的风险。

* 1. 第三步：框架：基本组成成分与接口界面

架构被理解为通用元素及其接口的布局方案。架构的定义是通过思考普通元素如何在典型产品中定位来开始的。必须标识具有彼此接口的通用元素，因为这是在模块内定义标准化接口的起点。因为描述模块化产品系列的最终结构的精确设计的模块不太可能在此步骤中可用，所以可以使用诸如Microsoft PowerPoint，Visio或Excel的传统办公软件来可视化结构。图9给出了一个例子。在这种情况下，使用二维布局图来说明该体系结构，其目的是阐明对于设计组的元素及其关系的相同理解。这是由公司的项目经理完成的。当考虑五个关键工程概念时，此步骤在通用级别上考虑体系结构，模块和接口集。

* 1. 第四步：基于消费者环境的目标设定

如果公司希望将其操作模式从项目特定解决方案更改为使用预定义模块化解决方案的可配置产品交付，分析客户环境非常重要。在定义配置知识时需要形式化的客户需求，这就解释了什么样的产品将被交付给具有特定需求的客户。如果不能正式描述所有需求，则这些需求涉及的部分可以被留在基于预定义模块的配置活动之外。在基于现有产品设计产品系列时，这些产品是根据特定客户需求交付的。我们假设产品必须满足的基本要求在公司内部是已知的，因此重点应该是澄清导致变体压力的原因。图5分析现有产品范围以识别通用元素设计研究Vol 45 No. PB July 2016客户需求通过使用一种有定义卡车产品结构背景的方法进行澄清（Lehtonen，2007 ）。在卡车的销售材料中，可以看到如何向客户呈现可配置的产品。产品选项已明确定义，并说明了其建议的用例示例。这种产品哲学方法在这一步骤中是适应的，因此不是独特的方法。从客户的角度讨论对变体的需求;他/她想要什么样的产品。这个想法是通过从客户角度回答哪些配置问题来定义，可以选择产品变体的最合适的选项。在这种情况下，客户环境在一天的研讨会上进行了研究，这是由研究者促进的。参与者被挑战以定义主要问题，通过回答帮助定义客户的产品变型。销售的贡献是显着的。还确定了主要客户需求组和更详细的可选要求和工作方式。在卡车案例中，我们注意到主要配置问题与使用率，容量，使用环境和偏好主题有关。虽然这种情况不同于卡车的例子，确定的配置问题的主题类似于高度。例如，配置问题与片材尺寸，要处理的材料类型，自动化水平，工厂布局和生产过程类型的选项有关，如图6所示。图6初步产品系列描述和推理的示例Brownfield过程225此步骤主要有助于分区逻辑，因为该步骤的结果在与模块化产品系列的内容相关的决策中是必要的。目的是在BfP的后续步骤中定义满足各种需求的最少数量的模块。

* 1. 第五步：初步系列产品描述

该步骤的目的是通过应用产品系列总计划（PFMP）（Harlou，2006）的修改版本作为指导框架，对产品系列进行初步描述。 PFMP为产品系列提供面向对象的建模形式，强调客户，工程和部件视图。通用物料清单研究（Callahan，2006; Hegge＆Wortmann，1991; Jiao，Tseng，Ma，＆Zou，2014）与PFMP密切相关。这些方法旨在使得能够在IT系统中以最小数量的数据来定义变体。与PFMP相比，研究的通用物料清单方法突出了模型中的产品结构问题，但是常常缺少对变异源的推理链的呈现，因此我们在该步骤中调整PFMP。在原始PFMP中的这样的详细方法不在BfP中使用。我们利用研究客户，工程和零件视图以及它们之间的关系作为在车间环境中定义初步产品系列结构的基础。在BfP中，工程视图包括通用元素（步骤2的结果），客户视图包括需要变体（步骤4的结果）的客户需求，零件视图包括零件和装配。使用我们的案例讨论这些视图的应用。在领域理论（Andreasen，2011）中也发现了相似性，其中分析活动，器官和部分领域以便支持从想要的行为向产品的具体结构的推理。在此步骤中讨论不同类型的通用元素和标准化的可能性。这一步骤主要有助于划分五个关键工程概念的逻辑，模块集和配置知识。在这种情况下，初步产品系列描述是在公司举行的单日研讨会的白板上绘制的。研讨会由研究员推动。在白天，结果被定义为可接受的程度，并且其使得能够移动到下一阶段。图6给出了一个案例的样本。首先，通用元素列在白板的中间，客户需要在左侧。右手侧保留用于与通用元件相关的部件和组件。讨论了客户需求和通用元件之间的关系以及通用元件与部件和组件之间的关系。红色箭头（在web版本中）代表图6中不同视图之间的关系的示例。在该视图中，部件的数量可以快速倍增。因此，在研讨会期间并不是所有的都在模型中描述，而是使得描述支持对产品系列初步形式化的讨论。研讨会中所做的描述促进了对产品家族相关不确定性的认识和陈述，并为合理化找到了想法。设计团队制定了与特定通用元素相关的具体解决方案。此外，研究了通用元件和现有的具体解决方案及其3D图纸的整体图像。这有助于讨论部件和组件标准化的必要变体和潜力。与任何与变化性相关的客户需求无关的通用元素是标准化的潜力，而与客户需求相关的通用元素是模块化的挑战。考虑到不同视图之间的关系可以是一个开明者，如果当前的产品不包括很多共性，并且有几个相同的需求的解决方案。这导致对通用元素的不同类型的解决方案的讨论。例如，通用元件可以包括例如Juuti（2008）的图7所示的标准解决方案（无选项），可配置解决方案（具有预定标准选项），一种解决方案之一（唯一选项）及其组合。

* 1. 第六步：基本组成与客户需求

配置知识的主要目的是通过描述在存在某些客户需求时选择哪些模块来支持销售。步骤6和8考虑以比上一步更系统的方式定义配置知识。此步骤是定义配置知识（包括通用元素和客户需求）的起点。在步骤6和8中应用K矩阵（Bongulielmi等人，2001）。原始K矩阵是一种配置矩阵，其中使用是和否类型的关系来研究技术视图和客户视图之间的关系。因为技术视图在此步骤中尚未详细定义，所以我们建议使用以下四种类型的关系，而不是yes和no类型的关系。因此，我们的方法从原始的K矩阵稍微修改，并考虑关系不同，因为设计的早期阶段。 e客户需求需要通用元素e客户需求不包括通用元素e客户需求可能影响通用元素e客户需求不影响通用元素在我们的案例中，没有做出初步配置知识的矩阵表示，因为先前考虑客户Brownfield过程227的需要和步骤5中完成的通用元素被认为是足够的。在步骤8中稍后进行配置知识的更系统的定义。因此，图8给出了配置矩阵的一般示例。通用元素列在矩阵的行中，并将客户需求添加到列中。矩阵包括在此步骤中未考虑的区域。在步骤7中讨论通用元素的内容和类型。通过使用建议的关系类型来定义元素和客户选项之间的关系。因为通用元素的内容和类型尚未详细定义，所以足以分析通用元素和客户需求组之间的关系。

* 1. 第七步：模块化架构：模块与接口

此步骤旨在通过关注以下主题更详细地定义通用元素的内容，如图9所示：e定义产品系列的标准部分e定义产品系列的可变部分e定义部件集用于通用元素e阐明模块化产品系列的整体架构并定义接口此步骤主要使用我们的案例进行描述。通用目标是仅为了成本的原因而定义用于创建所需品种的最少数量的模块（Andreasen，2011）。在这种情况下，该步骤包括几个头脑风暴会议，来自组织功能，如产品设计，采购和生产的参与者参与定义模块化产品系列的概念。这个步骤是最耗时的，占用了这个项目的大部分日历时间。研究人员没有参加每个会议，但审查了其中一些。在会议中，图7部分可配置的产品结构（Juuti，2008）228设计研究Vol 45 No. PB July 2016关于如何实现通用元素的解决方案的想法具体化。共同会议提出了在具体会议上解决的具体问题。在这些会议中，在更详细的层面上讨论和设计了诸如成本效应和解决方案替代方案以及适当的部分结构和初步解决方案等规模经济问题。在为通用元素定义模块时，询问了与可能提供的模块数量有关的问题。与所需模块数量相关的决策是基于参与者的经验。对于这个问题，该方法没有提供详细的指导。在设计和想法的会话中，发现针对通用元素的解决方案的五个产品结构原则是相关的：e可用于所有交付（标准元素）的标准部分图8用于定义初步配置知识的矩阵的通用示例图9通用元素类型，通用元素和接口的解决方案在定义模块化架构时考虑Brownfield过程229 e具有标准化布局的可互换模块化解决方案，没有更改尺寸或设计（可配置元素）e可替换模块化解决方案（可配置元素） e参数化解决方案包括一种类型定义（类型元素之一）e需要自由布局设计的解决方案（一种类型元素）为每个通用元素建议产品结构类型和解决方案原则。早期产品交付的历史数据用于分析交付的解决方案的类型。在该步骤中，基于具有最大销售量的变体来定义要标准化的产品部分的合理尺寸。对于先前被认为是两个或更多个产品元件的某些元件，认识到对于不同变体仅使用一个解决方案的可能性。在头脑风暴会议中还考虑了替代实现技术和制造方法。 BfP不建议任何具体的创新工具，但是找到新想法的工具可以在例如Pahl和Beitz（1996）的出版物中找到。所有针对通用元素的解决方案建议不能在公司内标准化。因此，需要将这些通用元素划分为更小的元素并且为包括标准和可变部分的那些定义可配置结构。此外，对于某些解决方案，必须启用“切割适合”属性（Pine，1993）。图10提供了模块化架构在此步骤后面的一般示例。两个或多个通用元素之间的接口应始终是标准的，至少在产品系列中，尽管通用元素将包括具有不同空间保留需求的模块选项或唯一元素。在理想情况下，所有的接口和空间保留情况被识别并在模块化架构中定义。空间保留和布局方面也由Holmqvist（2004）讨论。内容通常分为空间，结构，几何，材料，能量，信号和信息（Avak，2006; Rahmani＆Thomson，2009; Sosa，Eppinger，＆Rowles， 。 DSM方法可以用于识别模块之间的界面，但是DSM分析的结果是不够的。接口必须根据实际零件几何形状和解决方案进行定义，因此它不是一个抽象设计任务，因为我们使用现有的解决方案来处理褐色产品。设计师必须学习现有的产品文档。在这种情况下，与解决方案相关的接口彼此附接。针对该问题定义了通用紧固解决方案。在集思广益会议期间，背景信息

* 1. 第八步：模块变量与消费者需求

通过将通用元素的解决方案添加到步骤6中呈现的矩阵中并使用类似的符号定义与客户需求的关系来定义完整的配置知识。图11给出了在该情况下定义的配置知识矩阵的概述。这一步需要两个研讨会日，其中研究人员也作为促进者参加。在矩阵的单元格中使用颜色编码而不是数字。配置知识的建模已经与上一步骤并行开始。上述步骤的结果也概括在配置矩阵中。 “产品变化的解决方案原理”一栏包括每个通用元素的解决方案原理选项，并解释步骤7中定义的相关产品结构原则。类似的矩阵工具可用于定义兼容的客户需求和早期阶段的兼容解决方案的配置器开发。精心设计的配置器可指导客户或销售人员仅选择技术上兼容的选项。

* 1. 第九步：系列产品文档

在定义模块和配置知识之后，使用称为产品结构蓝图（PSBP）的图来描述每个通用元素的设计推理路径（Lehtonen等人，2011）。 PSBP描述了所讨论的产品系列的名称，其包含的通用元素，每个通用元素的解决方案原则和每个类型的类型。10模块化产品系列的架构描述示例Brownfield Process 231解决方案和变体需求。 PSBP的一个通用示例如图12所示。与定义配置知识相比，此步骤可以直观地突出显示每个解决方案的层次结构和推理链。因此，该步骤主要有助于分区逻辑。图13显示了在该情况下完成的PSBP示例的概述。这一步包括一天的研讨会，研究人员的帮助。 PSBP数据由研究人员绘制。这些模型包括有关产品推理的详细知识，因此不再详细介绍。文档的目的是支持理解和讨论产品系列的结构，并支持未来更新公司中的模块化产品系列。如果解决方案必须被修改，例如因为改变了客户需求，从PSBP可以看出改变具有影响。最终，公司定义了自己的约定来展示产品系列。

* 1. 第十步：商业影响分析

分析产品开发的结果对于澄清所选分区逻辑的合理性很重要。只有基于业务影响分析（BIA）的基础知识才能得到体现。在公共宣传中，基于活动的成本计算（ABC）适用于估计产品平台的成本节省（Park＆Simpson，2006; Siddique＆Repphun，2001; Zhang＆Tseng，2007）。研究的ABC方法通常考虑生产视角在底部建模中。此外，其他方法已经提出了基于过程的建模，集中于组件共享的效果（Johnson＆Kirchain，2010）和考虑与共性决策相关的市场部分观点（Kim＆Chhajed，2000） 。 BIA的目的不是图11配置知识支持现有解决方案的重用232设计研究Vol 45 No. PB 2016年7月用ABC方法替代详细的成本分析，而是旨在工作作为一个简单和快速的方法，给一个粗糙估计关于工厂环境中的利润。通过描述关键工程概念之间的相关性，鼓励指导原则和机制的支持。图12产品系列文档的产品结构蓝图打印图13布朗菲尔德工艺233中用于合理化制造业的产品品种和通用步骤的PSBP文档示例。 BIA框架的基本结构如图14所示。指导原则与模块驱动程序（Erixon，1998）和机制（Fixson，2006）有相似之处。这个想法是BIA包括一个基于调查问卷的支持工具。答案是通过集中几十年的钱（成千上万，等等）给出，因为如果没有准确的信息，分析确定的价值是困难的。在这种情况下，BIA在一天的研讨会与管理人员制作一个原型工具。估计材料和部件的节省是适度的。公司的运营成本影响较大。在某些成本专题中，评估了成本甚至可以减少40％。还计算了产品家庭发展项目的还款时间，这被认为是积极的，因此该项目继续实现。

1. 结论

BfP包括十个步骤，支持在将公司的现有产品品种合理化为支持产品配置的模块化产品系列的过程中定义与关键工程概念相关的设计信息。我们声称关键工程概念包括模块化产品系列的分区逻辑，模块集，接口，架构和配置知识。如果与这些概念相关的设计信息不存在或者在设计工作中没有创建信息，则可能不会实现将支持产品配置的模块化产品系列。因此，对产品开发的承诺，决心和投资对于实现这一目标至关重要。文献综述表明，为模块化和产品系列开发和产品配置建议的方法和方法的数量很多，他们专注于不同的方面。在BfP中，基于对业务和客户环境以及旧解决方案的分析创建了新架构。因此，它不是一种纯粹的自下而上的方法，因为还定义了与产品系列中的设计重用和标准元素相关的战略方面。考虑到自下而上的方法，我们研究的新颖性是考虑将现有产品合理化为模块化产品系列的关键工程概念，并描述考虑这些概念的方法。设计方法中所有建议的关键工程概念被考虑是罕见的。这些概念的重要性经常被单独或较小的集合识别。本文还介绍了BfP如何在公司中应用的示例。 BfP假设设计团队了解其业务，客户环境和产品。这在与BfP中未描述的视点相关的决策中是必需的。尽管如此，我们指出，Newell（1983）提出的类似方法的特征是BfP 234。 BfP本身不能在设计情况下定义最佳解决方案，但它的目的是提供关于在每个步骤中应该定义什么的建议和指导。该方法旨在提出一种具体的进行方式，包括不同的步骤。这些步骤的目标是在支持产品配置的模块化产品系列的设计中定义与建议的关键工程概念相关的设计信息。 BfP的目的是通过遵循步骤，成功的可能性增加。 BfP包括通用子目标和子计划。该方法没有精确地定义在每种情况下如何实现这些子目标，而是旨在提供可能有助于实现这些子目标的通用建议。方法描述的目的是定义每个步骤的结果，包括这些结果看起来像什么以及特定步骤的结果涉及哪些其他步骤。方法可以是严格算法或严格调节的过程，启发式指令（相对灵活的过程）或相当自由的过程，其中只有主要原则作为指导（Hubka＆Eder，1996）。 BfP包括启发式和模糊指令的特性，它不能被认为是一个严格的过程。 Gericke和Blessing（2012）解释说，设计过程不能充分代表创作过程。这是BfP的潜在弱点之一。 BfP不会消除对传统设计过程的典型属性的反复试验的需要。在这种情况下，模块化的好处主要基于普遍性的增加，这导致操作的好处和效率。这个合作开发项目的提案来自公司。虽然起点是具有挑战性的，因为生产中的积压，公司有动机尝试用从公司外部的方法开发，因为不成功的举措与自己的方法。研究人员不需要激励任何人启动模块化项目。研究人员与公司达成了不公开协议，这使得更容易熟悉产品和公司。研究人员的主要任务是充当模块化的解释器，并引导对模块化方面的考虑。图14业务影响分析框架的主要结构Brownfield过程235模块化所需的通用持续时间很难呈现，因为情况总是不同的。在我们的例子中，大多数日历时间用于在步骤7中开发解决方案。中间管理层采用BfP的原则。我们还看到了另一家公司的中层管理层认为该方法与其流程不兼容的情况。在开始，结果的所需语言是英语，但后来是di

1. 参考文献