



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104715319 B

(45)授权公告日 2020.04.21

(21)申请号 201410777676.1

(51)Int.CI.

(22)申请日 2014.12.15

6060 10/06(2012.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104715319 A

(56)对比文件

US 2011246256 A1, 2011.10.06, 说明书第 [0023]-[0042]段、图1-13.

(43)申请公布日 2015.06.17

US 2009240723 A1, 2009.09.24, 全文.

(30)优先权数据

US 8099480 B1, 2012.01.17, 全文.

14/108,023 2013.12.16 US

US 2011077763 A1, 2011.03.31, 全文.

(73)专利权人 达索系统美国公司

审查员 张琳琳

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 M·H·黄

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

权利要求书3页 说明书9页 附图12页

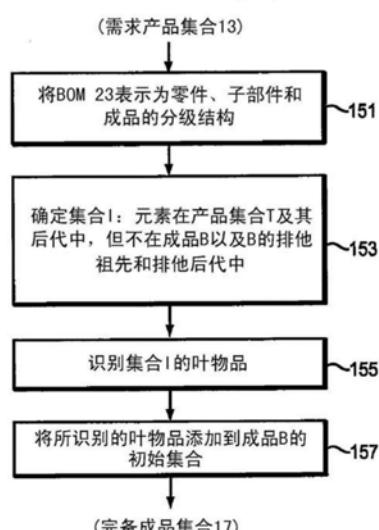
(54)发明名称

对于针对产品需求的成品完备性的验证

(57)摘要

PLM系统中的计算机方法和装置定义了针对给定产品需求集合的成品集合的完备性。以基于树的图结构来表示针对产品需求集合的BOM。确定和/或验证成品的完备性从而使得能够从成品集合来构建目标产品集合。考虑到了给定产品的共享物品、部件和零件。

100



1. 一种用于针对构建产品验证成品完备性的计算机方法,所述方法包括:

对于产品生命周期管理系统中的产品的给定集合,所述产品的给定集合具有对应的物料清单,在基于树的图中将所述物料清单表示为用于构造所述给定集合中的所述产品的产品、零件、子部件和成品的分级结构,其中,所述基于树的图(i)将所述产品表示为根节点并且(ii)将所述零件、子部件和成品表示为相应的子节点,使得至少一个子节点由分别表示不同产品的至少两个根节点共享;

接收用于构建所述产品的给定集合中的至少一个产品的初始成品,其中,所述初始成品是所述图中表示的成品的子集;

确定产品和不排他地与所述图中的所述初始成品相关的成品的第一工作集合,所述确定是基于共享的至少一个子节点来执行的,其中,所述确定通过分析所述图中的所述初始成品的排他祖先来自动验证所述初始成品未能包括用于构建所述至少一个产品的成品的完备集合;

识别由所述图中的叶子节点所表示的在所述第一工作集合中的成品;

将所识别的成品和初始成品进行组合,所述组合导致生成用于构建所述至少一个产品的成品的完备集合;并且

以能够跨所述产品的给定集合而共享所述产品生命周期管理系统中的元素的方式来输出所述完备集合的指示。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述基于树的图为有向无环图。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述图的根节点表示所述产品的给定集合中的相应产品。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述第一工作集合由以下的交集确定:

(1) 产品集合,其包含所述产品以及对应于表示所述产品的所述根节点的后代节点的元素,以及

(2) 差集,其包含与不在所述初始成品、所述初始成品的排他祖先和所述初始成品的排他后代的并集中的所述图的节点相对应的元素。

5. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括,使用所述完备集合来购买用于生产所述产品的元素。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述完备集合考虑共享的成品。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述图将产品表示为顶点或节点。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述图将成品表示为顶点或节点。

9. 一种用于针对构建产品验证成品完备性的计算机装置,所述计算机装置包括:

产品生命周期管理系统中的产品的来源,对于所述产品生命周期管理系统中的产品的给定集合,所述产品的给定集合具有对应的物料清单;

存储器区域,其被可操作地耦合到所述来源,并且被配置为在基于树的图结构中将所述物料清单表示为用于构造所述给定集合中的所述产品的产品、零件、子部件和成品的分级结构,其中,所述基于树的图(i)将所述产品表示为根节点并且(ii)将所述零件、子部件和成品表示为相应的子节点,使得至少一个子节点由分别表示不同产品的至少两个根节点共享;以及

完备集合验证引擎,其被可操作地耦合到所述存储器区域并且能由处理器执行,所述

验证引擎被配置为：

接收用于构建所述产品的给定集合中的至少一个产品的初始成品，其中，所述初始成品是所述图中表示的成品的子集；

确定产品和不排他地与所述图中的所述初始成品相关的成品的第一工作集合，所述确定是基于共享的至少一个子节点来执行的，其中，所述确定通过分析所述图中的所述初始成品的排他祖先来自动验证所述初始成品未能包括用于构建所述至少一个产品的成品的完备集合；

识别由所述图中的叶子节点所表示的在所述第一工作集合中的成品；

将所识别的成品和初始成品进行组合，所述组合导致生成用于构建所述至少一个产品的成品的完备集合；并且

以能够跨所述产品的给定集合而共享所述产品生命周期管理系统中的元素的方式来输出所述完备集合的指示。

10. 根据权利要求9所述的计算机装置，其中，所述基于树的图结构实现有向无环图。

11. 根据权利要求9所述的计算机装置，其中，所述图结构的根节点表示所述产品的给定集合中的相应产品。

12. 根据权利要求11所述的计算机装置，其中，所述第一工作集合由以下的交集确定：

(1) 产品集合，其包含所述产品以及对应于表示所述产品的所述根节点的后代节点的元素，以及

(2) 差集，其包含与不在所述初始成品、所述初始成品的排他祖先和所述初始成品的排他后代的并集中的所述图结构的节点相对应的元素。

13. 根据权利要求9所述的计算机装置，其中，所述完备集合验证引擎使得所述产品生命周期管理系统的用户能够使用所述完备集合来购买用于生产所述产品的元素。

14. 根据权利要求9所述的计算机装置，其中，所述完备集合考虑共享的成品。

15. 根据权利要求9所述的计算机装置，其中，所述图结构将产品表示为顶点或节点。

16. 根据权利要求9所述的计算机装置，其中，所述图结构将成品表示为顶点或节点。

17. 一种用于针对构建产品验证成品完备性的产品生命周期管理系统，所述产品生命周期管理系统包括：

存储产品数据的存储器区域，对于产品的给定集合，存在对应的物料清单，所述存储器区域使用对所述物料清单的基于树的图表示来作为产品、零件、子部件和成品的分级结构，其中，所述基于树的图(i)将所述产品表示为根节点并且(ii)将所述零件、子部件和成品表示为相应的子节点，使得至少一个子节点由分别表示不同产品的至少两个根节点共享；以及

处理器，其被通信地耦合到所述存储器区域，所述处理器通过以下方式验证成品的完备集合：

接收用于构建所述产品的给定集合中的至少一个产品的初始成品，其中，所述初始成品是所述图表示中表示的成品的子集；

确定产品和不排他地与所述图表示中的所述初始成品相关的成品的第一工作集合，所述确定是基于共享的至少一个子节点来执行的，其中，所述确定通过分析所述图表示中的所述初始成品的排他祖先来自动验证所述初始成品未能包括用于构建所述至少一个产品

的成品的完备集合；

识别由所述图表示中的叶子节点所表示的在所述第一工作集合中的成品；

将所识别的成品和初始成品进行组合，所述组合导致生成用于构建所述至少一个产品的成品的完备集合；并且

以能够跨所述产品的给定集合而共享所述产品生命周期管理系统中的元素的方式来输出所述完备集合的指示。

18. 根据权利要求17所述的产品生命周期管理系统，其中，所述基于树的图表示为有向无环图。

19. 根据权利要求17所述的产品生命周期管理系统，其中，所述图表示的根节点表示所述产品的给定集合中的相应产品；并且

所述第一工作集合由以下的交集确定：

(1) 产品集合，其包含所述产品以及对应于表示所述产品的所述根节点的后代节点的元素，以及

(2) 差集，其包含与不在所述初始成品、所述初始成品的排他祖先和所述初始成品的排他后代的并集中的所述图表示的节点相对应的元素。

20. 根据权利要求17所述的产品生命周期管理系统，其中，所述处理器输出所述完备集合的指示以使得所述产品生命周期管理系统的用户能够使用所述完备集合来购买用于生产所述产品的元素。

对于针对产品需求的成品完备性的验证

背景技术

[0001] 诸如互联网的全球计算机网络提供了新的计算平台和应用程序(包括软件应用程序设计)。例如,互联网规模的分布式计算提供了所谓的网络作为计算的平台。作为平台的网络允许应用程序(被配置为支持网络的应用程序)完全通过浏览器来运行。此外,作为平台的网络允许用户跨各种角色或在各种角色中进行合作。

[0002] 计算机实现的使用网络作为平台的程序和协作系统的一个工业示例为产品生命周期管理(PLM)系统。PLM解决方案是指帮助公司跨延伸性企业的概念而共享产品数据、应用通用过程、并利用用于从概念到产品生命终止的产品开发的公司知识的经营策略。根据这个概念,公司不仅是由其公司的部门所组成,而且还是由其它的参与者,例如业务合作伙伴、供应商、原始设备制造商(OEM)、以及消费者所组成。通过将这些参与者包括在内,PLM可以允许该网络作为单个实体运行以概念化、设计、构建、并支持产品和过程。

[0003] 在PLM解决方案中包括计算机辅助技术,其已知包括计算机辅助设计(CAD)。计算机辅设计涉及用于创作产品设计的软件解决方案。类似地,CAE是计算机辅助工程的缩写,例如计算机辅助工程涉及用于模拟未来产品的物理行为的软件解决方案。CAM代表计算机辅助制造并且通常包括用于定义制过程和操作的软件解决方案。一些PLM解决方案使得例如通过创建数字模型(产品的3D图形模型)来设计并开发产品成为可能。可以首先使用适合的应用程序来定义并模拟该数字产品。接着,可以定义并建模精益数字制造过程。

[0004] 例如,一般来说,公知的PLM解决方案提供用于组织产品工程知识、管理制造工程知识、以及使能企业集成和到工程和制造知识中心中的连接的模块。系统共同传递链接产品、过程、资源的开放对象以使能动态的、基于知识的产品创建和驱使优化的产品定义、制造准备、生产和服务的决策支持。

[0005] 这样的PLM解决方案包括产品的关系数据库。该数据库包括一组文本数据以及数据之间的关系。数据通常包括与该产品有关的技术数据,所述数据被安排在分级结构中并且被索引以可被检索。该数据表示被建模的对象,该建模的对象通常是被建模的产品和过程。

[0006] 包括产品配置、过程知识和资源信息的PLM信息通常是要以协作的方式来编辑。例如,以协作的方式工作的一组设计者可以通过经由支持网络的应用程序从远程站点访问与产品有关的共享信息来各自对设计产品做出贡献。每个用户或远程站点单独地在系统平台登记并且每个负责实现用于该对象的应用程序的相应的一组网络-服务器服务。尽管用户可以具有原本针对其它应用程序所实现的现有网络服务,但是不存在用于重新使用或共享针对当前对象的这些网络服务的机制。对于客户端或平台的应用程序处的用户来说,存在复制或利用现有网络服务的需要。

[0007] 当前,许多公司尝试通过向不同组的顾客提供多种产品组合,并且还可以通过降低采购和生产的总成本来保持竞争力。

[0008] 由于产品组合随着市场趋势随时间变化而变化,产品和/或制造设计者需要决定需要采购那些部件或零件(被称为成品(end-item))以将该组合产品化。

发明内容

[0009] 本发明的实施例解决了前述本领域中的问题。一种用于增加或保持组合的数量而同时降低成本的关键方法或方式是要在现实的基础上共享尽可能多的部件。考虑到这点，PLM(产品生命周期管理)产品的结构不是“树”而是“网络”(特别是“有向无环图”)，其中可以由许多父零件或父产品共享一个部件。

[0010] 实施例将产品组合集合构成由PLM结构所给定的样子，在该PLM结构中，分级关系表明零件(或产品)如何由其子部件所组成。PLM结构通过允许共享的部件具有多个父辈而提供了共享部件的概念。因此，弄清采购哪些部件允许生产给定的产品组合集合并不是显而易见的。

[0011] 本公开定义了针对给定的产品组合集合(即，产品需求)的成品集合的完备性。检查成品的完备性从而使得人们能够从成品来构建目标产品，并考虑到在该产品下的共享部件或零件。

[0012] 实施例提供用于验证成品完备性并跨PLM产品来共享物品(item)的计算机方法、装置和系统。实施本发明的方法包括：

[0013] 对于PLM系统中产品的给定集合，所述产品的给定集合具有对应的物料清单(BOM)，在基于树的图中将所述BOM表示为用于构造所述给定集合中的产品的产物(product-item)、零件、子部件和初始成品的分级结构；

[0014] 确定产物和不排他地与初始成品相关的成品的第一工作集合；

[0015] 识别由所述图中的叶子节点所表示的所述第一工作集合中的成品；

[0016] 将所述产品的给定集合的所识别的成品和初始成品进行组合，所述组合导致对于所述产品的给定集合的成品的完备集合；并且

[0017] 以使能跨所述产品的给定集合而共享所述PLM系统中的元素的方式来输出对所述完备集合的指示。

[0018] 在所述第一工作集合中，不排他地与初始成品相关的所述成品是不排他地与所述初始成品相关的物品集合之外的成品。

[0019] 完备集合验证引擎或PLM系统处理器实现以下步骤：确定第一工作集合；在所述第一工作集合中识别成品；将所识别的成品进行组合，并且输出所述完备集合的指示。

[0020] 在实施例中，基于树的图是有向无环图。图将产物表示为顶点或节点。并且图将成品表示为顶点和节点。

[0021] 此外，在实施例中，图的根节点表示产品的给定集合中的产品的相应的产物。所述第一工作集合由以下的交集确定：(1)产物集合，其包含所述产物以及对应于表示所述产物的所述根节点的后代节点的元素，以及(2)差集，其包含与不在所述初始成品、所述初始成品的排他祖先和所述初始成品的排他后代的并集中的所述图的节点相对应的元素。

[0022] 实施例使得PLM系统的用户能够使用所述完备集合来购买用于生产所述产品的元素。所述完备集合考虑到共享的成品。

附图说明

[0023] 如附图中所示出的，根据以下对本发明的示例实施例的更多特定的描述，前述内容将会显而易见，在附图中，相似的附图标记指代不同视图中的相同部件。附图并不一定是

按比例的,相反将重点放在本发明的示出实施例上。

- [0024] 图1为本发明的实施例的工作流程图。
- [0025] 图2为对示例实施例中针对滑板和购物车的物料清单(BOM)的示意性说明。
- [0026] 图3为对被称为V1-9的示例BOM的另一个示意图。
- [0027] 图4为由实施例所采用的排他和非排他祖先的图形说明。
- [0028] 图5示出了将图4中的祖先应用到图3中的V1-9。
- [0029] 图6为对由实施例所采用的排他后代(B)和非排他后代(B)之间的关系的图形说明。
- [0030] 图7为对由实施例所采用的覆盖(B,T)与未覆盖(B,T)之间的关系的图形说明。
- [0031] 图8a-8c为实施例的流程图。
- [0032] 图9和图10分别为实施本发明的计算机系统和网络的框图和示意图。

具体实施方式

[0033] 以下是对本发明的示例实施例的描述。

[0034] 如图1所示,一旦有了定义要被生产的产品13的产品计划11,人们便可以有简单而关键的问题:“我们要构建哪些物品来开发产品以及我们需要采购哪些物品?”这导致采购计划15和库存管理25。这个问题的答案被称为“成品17的完备性”。如图1所示,成品的完备集合将作为订单被分配给供应商19。本发明重点集中在用于基于被称为PLM系统21的基本结构的物料清单(BOM)23来验证成品17的完备性的装置和方法100。成品是能够无需进一步对其进行加工就可以投入使用的所制造的产品。

[0035] 1.概念基础

[0036] 1.1 PLM21的BOM结构

[0037] 在一些实施例中,BOM结构23呈现(用于成为成品17或其部件的)每个零件的子结构。在数学上来说,BOM被表示为有向无环图 $G = (V, E)$,其中 V 是顶点的集合; $E \subseteq V \times V$ 是有向边的集合,其中如果存在 $(v_1, v_2) \in E$,则 v_1 被称为 v_2 的父顶点,而 v_2 被称为 v_1 的子顶点。

[0038] 1.2分级集合

[0039] 假设 $G = (V, E)$ 为BOM 23并且 $v \in E$ 。则子(v) = $\{v' \in V : (v, v') \in E\}$ 以及父(v) = $\{v' \in V : (v', v) \in E\}$ 分别表示子顶点 v 和父顶点 v 。基于这些定义,后代顶点 v 和祖先顶点 v 分别定义为后代(v) = $\bigcup_{v' \in \text{后代}(v)} \{v'\}$ 子(v)以及祖先(v) = $\bigcup_{v' \in \text{祖先}(v)} \{v'\}$ 父(v)。如果父(v)和子(v)均为空,则我们称顶点 v 为“根”和“叶”。

[0040] 图2示出了两类产品:滑板和购物车。这两个产品为BOM图200的根节点27、29。在该图中,如果不存在边 (v_1, v_2) ,则 v_2 不需要构建 v_1 。例如,滑板27不需要基础框架28,这是因为不存在从滑板27到基础框架28的边。关于分级结构,例如子(滑板) = {板,轴} (在22、24处)、后代(购物车) = {柄和筐,基础框架,轮} (分别在26、28、20处)、父(轮) = {轴,基础框架} (在24、28处)、祖先(轮) = {轴,滑板,基础框架,购物车} (分别在24、27、28和29处)。

[0041] 图3中所示的是另一个具有分级结构的示例BOM图500,其中:

[0042] 子(v_1) = { v_3, v_4 } ;

[0043] 父(v_4) = { v_1, v_2 } ;

[0044] 兄弟(v_4) = { v_3, v_5 } ;

[0045] 顶点v1和v2为根,而v6,v7,v8,v9为叶;

[0046] 后代(v_1) = { v_3, v_4, v_6, v_7, v_8 } ;以及

[0047] 祖先(v_8) = { v_4, v_1, v_5, v_2 }。

[0048] 从现在起,可以将函数子、父、后代、和祖先扩展以将顶点集合作为子(B) = $\cup_{(v \in B)}$ 子(v)、父(B) = $\cup_{(v \in B)}$ 父(v)、后代(B) = $\cup_{(v \in B)}$ 后代(v)、以及后代(B) = $\cup_{(v \in B)}$ 后代(v)。例如,在图3中设 $B = \{v_4, v_5, v_7\}$ 。则子(B) = { v_8, v_9 } 并且父(B) = { v_1, v_2, v_3 }。

[0049] 2. 成品、产物、和完备性

[0050] 成品是能够无需进一步对其进行加工就可以投入使用的所制造的产品。本文所描述的实施例阐明了成品集合17是否能保证构建产品集合13。本文所描述的实施例将BOM结构23的顶点指代为物品。在本说明中,这些术语可以互换。

[0051] 给定 $BOMG = (V, E)$ 的顶点集合 $B \subseteq V$, 设排他祖先(B) 表示 B 的排他祖先,从而使得排他祖先(B) = { $v \in$ 祖先(B): 子(v) \subseteq 排他祖先(B) $\cup B$ }。也就是说,给定物品 B 的排他的祖先的集合被记作术语“排他祖先(B)”,并且如果 v 具有也被包括在排他祖先(B) 中的子辈,则排他祖先(B) 覆盖 B 的每个元素的每个祖先 v 。

[0052] 对于产物集合 $T \subseteq V$ 来说,如果 $T \subseteq$ 排他祖先(B),则成品集合 $B \subseteq V$ 被称为完备。

[0053] 假设BOM 200包括滑板27和购物车29,如图2所示,并且产物 $T = \{\text{滑板}\}$ 。成品的集合 $B = \{\text{板}22, \text{轴}24\}$ 是完备的,这是因为 $T \subseteq \{\text{滑板}27\}$ 。然而,两个成品集合 $B1 = \{\text{轴}24, \text{轮}20\}$ 和 $B2 = \{\text{柄}和\text{筐}26, \text{基础框架}28\}$ 不是完备的,这是因为 $T \not\subseteq$ 排他祖先($B1$) = { $\text{轴}24$ } 并且 $T \not\subseteq$ 排他祖先($B2$) = { $\text{购物车}29$ }。

[0054] 假设对于图3中的BOM 500,产物集合为 $T = \{v_1, v_2\}$ 。对于成品集合 $B = \{v_6, v_7, v_8, v_5\}$, B 对于 T 是完备的,这是因为 $\{v_1, v_2\} \subseteq$ 排他祖先(B) = { v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 }。然而,如果 $B = \{v_6, v_7, v_5, v_9\}$,则 B 对于 T 不是完备的,这是因为 $\{v_1, v_2\} \not\subseteq \{v_3, v_5\}$ 。

[0055] 3. 使得成品集合完备

[0056] 在上一节中,示出了如何检查成品集合17对于制作产物集合13是否是完备的。然而,如果人们拥有对于产物集合来说还不完备的成品集合,则人们需要通过添加缺失物品的集合来使得其完备。为了弄清缺失的物品,人们需要定义几个不同类型的物品。

[0057] 3.1 非排他祖先

[0058] 回想给定物品 B 的排他祖先的集合排他祖先(B) 覆盖 B 的每个元素的每个祖先,其中 B 的子物品也被排他祖先(B) $\cup B$ 包括。可能 B 的祖先的一些元素不在排他祖先(B) $\cup B$ 中。称其为 B 的非排他祖先,用非排他祖先(B) 表示。正式地,非排他祖先(B) = 祖先(B) \ 排他祖先(B),其中 $X \setminus Y = \{x \in X : x \notin Y\}$ 表明差集。

[0059] 注意到非排他祖先(B) 中的每一个物品都具有不在排他祖先(B) 中的子辈。由于这样的子顶点 v , v 自身以及祖先(v) 不能由 B 使得其完备。也就是说,非排他祖先(B) 的元素不能由 B 并且根据 B 来构建。

[0060] 图4示出了物品之间的关系,其中 $(B) = \{3, 4\}$ 并且祖先(B) = {1, 2, 5, 6}。由于顶点6具有不在 $B \cup$ 排他祖先(B) 中的子顶点7,因此非排他祖先(B) = {5, 6},所以排他祖先(B) = {1, 2}。

[0061] 参考图5,假设在图3的BOM V1-9中,成品集合 $B = \{v5, v6, v7, v9\}$ 。则 $v3$ 的所有子辈(即, $v6$ 和 $v7$)在排他祖先(B) $\cup B$ 中, $v3$ 还在排他祖先(B)中。然而, $v4$ 则不在,这是因为 $v4$ 的子辈 $v8$ 不在排他祖先(B) $\cup B$ 中。由于 $v4$ 在非排他祖先(B)中,所以它的父辈 $v1$ 和 $v2$ 也在非排他祖先(B)中。因此非排他祖先(B) $= \{v1, v2, v4, v8\}$ 。

[0062] 3.2排他和非排他后代

[0063] 当从与之前提到的祖先的角度相类似的角度来检查后代方面时,当人们采购一种物品时,该物品的零件和部件将会随之而来。但是当处理其中多个父辈可能要求共享的部件的PLM BOM时,由于子辈共享结构,人们可以考虑购买额外的零件或部件。以下两个定义假设具有 $BOMG = (V, E)$ 和成品集合 $B \subseteq V$ 。

[0064] 排他后代

[0065] B 的排他后代集合为排他后代(B) $= \{v \in \text{后代}(B) : \text{父}(v) \subseteq \text{排他后代}(B) \cup B\}$,表示 B 所带来的排他后代(B)的元素并且不需要采购它们以用于装配任何其它父辈。

[0066] 非排他后代

[0067] B 的非排他后代集合为非排他后代(B) $= \text{后代} \setminus \text{排他后代}(B)$,表示由各自都不在排他后代(B)中的物品所共享的非排他后代(B)的元素。这意味着即使这些元素由 B 所带来,仍然必须要额外地采购它们。

[0068] 图6示出了对于给定的成品集合 $B = \{1, 5\}$,排他后代(B)和非排他后代(B)之间的关系。在 B 的后代中,排他后代(B) $= \{2, 3, 6\}$,而非排他后代(B) $= \{4, 8\}$,这是因为物品4具有既不在排他后代(B)中也不在 B 中的父辈7。

[0069] 在图2中所示的滑板27和购物车29的示例中很容易发现这样的关系。如果成品集合 $B = \{\text{板}22, \text{轴}24\}$,则后代(B) $= \{\text{轮}20\}$ 、排他后代(B) $= \emptyset$ 、非排他后代(B) $= \{\text{轮}20\}$,这是因为轮20的父辈物品基础框架28既不在排他后代(B)中也不在 B 中。也就是说,如果还想要制作基础框架28,则可能需要额外地购买轮20,即使轮将会随轴24而来。

[0070] 类似地,对于图5中所示的BOM 500中的成品集合 $B = \{v5, v6, v7, v9\}$,后代(B) $= \{v8\}$ 、排他后代(B) $= \emptyset$ 并且非排他后代(B) $= \{v8\}$,这意味着需要购买 $v8$ (即使其随 $v5$ 而来)来制作零件 $v4$

[0071] 3.3使得成品集合完备

[0072] 图7示出了覆盖(B, T)与未覆盖(B, T)之间的关系。为了说明,假设针对 $BOMG = (V, E)$ 的成品的集合 $B \subseteq V$,并且产物的集合 $T \subseteq V$,则感兴趣的物品在 $T \cup \text{后代}(T)$ 中,并且以下两个集合:

[0073] 覆盖(B, T) $= (T \cup \text{后代}(T)) \cap (B \cup \text{排他祖先}(B) \cup \text{排他后代}(B))$ 以及

[0074] 未覆盖(B, T) $= (T \cup \text{后代}(T)) \setminus (B \cup \text{排他祖先}(B) \cup \text{排他后代}(B))$

[0075] 定理

[0076] 当且仅当未覆盖(B, T)为空时, B 为完备的。

[0077] 推论

[0078] 给定针对 $BOMG = (V, E)$ 的成品集合 $B \subseteq V$ 并且产物集合 $T \subseteq V$, $B = B \cup \text{叶}(未覆盖}(B, T))$ 使得 B 完备,其中 $\text{叶}(A) = \{v \in A : v \text{是叶}\}$,其中 $A \subseteq V$ 。

[0079] 滑板和购物车的示例

[0080] 假设BOMG = (V, E) 如图2所示并且成品集合B = {板22, 轴24} , 并且T = {滑板27, 购物车29}。未覆盖(B, T) = {购物车29, 柄和筐26, 基础框架28, 轮20} 并且叶(未覆盖(B, T)) = {轮20, 柄和筐26}。因此, 如果B=B \cup 叶(未覆盖(B, T)) = {板22, 轴24, 轮20, 柄和筐26}, 则B对于T来说变得完备。

[0081] V1-9的示例

[0082] 假设BOMG = (V, E) 如图5所示并且成品集合B = {v5, v6, v7, v9} , 且T = {v1, v2}。未覆盖(B, T) = {v1, v2, v3, v4, v8} 并且叶(未覆盖(B, T)) = {v8}。因此, 如果使得B=B \cup 叶(未覆盖(B, T)) = {v5, v6, v7, v8, v9}, 则B对于T来说变得完备。

[0083] 因此, 实施例能够验证部件(或成品)17的集合是否完备以用于构建主题产品13的集合。

[0084] 转到图8a和图8b, 实施例计算前述内容以确定(或制作)成品17的完备集合或确认成品集合17的完备性。为了实现该目的, 实施例提供了集合完备引擎100或集合完备引擎100的处理器模块, 或另外PLM系统21的操作成员/单元(每个被笼统地示出为100)(如图1中所示)。对于给定的产品订单或需求产品集合13, 在步骤151, 引擎100将对应的产品13的BOM 23表示为零件、子部件和成品的分级结构。特别地, 在步骤151, 引擎100将BOM 23表示为有向无环图。产品集合T13的成员(产物)为图的顶点。产物的零件和子部件为图的顶点。并且成品集合B17中的物品被表示为图的顶点(即, 叶子节点)。

[0085] 在步骤153, 引擎100去顶集合I, 其中存在集合T \cup 后代(T)的元素, 这些元素不是B \cup 排他祖先(B) \cup 排他后代(B)的元素。在上文对图7的讨论中将该集合I数学地定义为

[0086] I=未覆盖(B, T)=(T \cup 后代(T))\(B \cup 排他祖先(B) \cup 排他后代(B))

[0087] 再次声明, 集合I是未覆盖(B, T), 其是产物集合与产物后代集合的并集, 并且其不是(1)原始成品的集合B的元素, 并且不是(2)原始成品B的排他祖先的集合, 并且也不是(3)成品B的排他后代的集合。

[0088] 在步骤155, 引擎100识别步骤153所得到的集合I的叶物品。接着在步骤157, 引擎100将从步骤155中所识别的叶物品添加到成品17的初始集合B。从步骤157中得到的集合被输出为成品17的完备集合, 其中引擎100提供了该(成品17的)完备集合B成为对于T完备(所请求的产品13的集合)。

[0089] 在替代实施例中, 步骤155识别步骤153中得到的集合I的子集。步骤157/引擎100将从步骤155中所识别的子集添加到成品17的初始集合B。步骤157的结果被输出为成品17的完备集合。

[0090] 基于在图8a和图8b中所说明的过程, 能够将该过程概括为如图8c所示。该概括具有两个特性: (1)通过添加集合I的子集或等于集合I的J(这是如上文替代地描述的对叶(I)的松弛(relaxation))来执行步骤155中的校正集合B; 以及(2)从步骤157循环到步骤153以进行迭代改进。事实上, 图8a和图8b中的过程是图8c的示例。

[0091] 图9是示例性计算机辅助设计站300的示意框图, 该示例性计算机辅助设计站300在本文中还可以被称为计算机系统。如在本文中所使用的, 术语“计算机辅助设计站”和“计算机系统”总体上指代可以用于执行上文所描述的过程和/或与上文所描述的那些过程有关的任何额外过程的任何适合的计算设备。

[0092] 在示例性实施例中, 计算机辅助设计站300包括一个或多个处理器302(CPU), 其执

行上文所描述的过程和/或与上文所描述的那些过程有关的任何额外过程。应当理解的是，术语“处理器”总体上指代任何可编程系统，其包括系统和微控制器、精简指令集电路(RISC)、专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑电路、和/或能够执行本文中所描述的功能的任何其他电路或处理器。上述示例仅为示例性的，并且因此不是要以任何方式来限制术语“处理器”的定义和/或意义。

[0093] 上文所描述的过程和/或与上文所描述的那些过程有关的任何额外过程的步骤可以被存储为在例如存储器区域304中的计算机可执行指令，该存储器区域304通过系统总线306可操作地或通信地耦合到处理器302。如本文中所使用的，“存储器区域”总体上指代存储程序代码和指令的任何模块，该程序代码和指令可由一个或多个处理器执行以使用完备集合验证引擎或过程来辅助自动地确定或验证成品集合的完备性。存储器区域304可以包括一种或多于一种形式的存储器。例如，存储器区域304可以包括随机存取存储器(RAM)308，其可以包括非易失性RAM、磁RAM、铁电RAM、和/或其它形式的RAM。存储器区域304还可以包括只读存储器(ROM)310和/或闪速存储器和/或电可擦可编程只读存储器(EEPROM)。任何其它适合的磁、光、和/或半导体存储器(例如，硬盘驱动器(HDD)312)其自身或与其它形式的存储器相结合都可以被包括在存储器区域304中。HDD 312还可以被耦合到磁盘控制器314以用于向处理器302传输消息并从处理器302接收消息。另外，存储器区域304还可以是、或可以包括可拆卸或可移除存储器316，例如适合的盒式磁盘、CD-ROM、DVD、或USB存储器。上述示例仅为示例性的，并且因此不是要以任何方式来限制术语“存储器区域”的定义和/或意义。

[0094] 计算机辅助设计站300还包括显示器设备318，其被耦合(例如，可操作地耦合)到显示器控制器320。显示器控制器320经由系统总线306接收数据以用于通过显示器设备318进行显示。显示器设备318可以是(但不限于)监视器、电视显示器、等离子显示器、液晶显示器(LCD)、基于发光二极管(LED)的显示器、基于有机发光二极管(OLED)的显示器、基于聚合物LED的显示器、基于表面传导电子发射器的显示器、包括投影和/或反射图像的显示器、或任何其它适合的电子设备或显示机制。另外，显示器设备318可以包括具有相关联的触摸屏控制器的触摸屏。上述示例仅为示例性的，并且因此不是要以任何方式来限制术语“显示器设备”的定义和/或意义。

[0095] 另外，计算机辅助设计站300包括用于与网络(未在图9中示出)进行通信的网络接口322。另外，计算机辅助设计站300包括诸如键盘324的一个或多个输入设备和/或诸如滚球、鼠标、触摸板等的指向设备326。输入设备被耦合到输入/输出(I/O)接口328并且被输入/输出(I/O)接口328控制，输入/输出(I/O)接口328被进一步耦合到系统总线306。

[0096] 对显示器设备318、键盘324、指向设备326、以及显示器控制器320、磁盘控制器314、网络接口322、和I/O接口328的一般特征和功能的描述在本文中为了简洁而被省略，这是因为这些特征是公知的。

[0097] 图10是示例性系统400的示意性框图，示例性系统400用于在对建模的对象(例如，上文所描述的完备集合验证过程和引擎100和/或可以与上文所描述的那些有关的额外过程)的计算机辅助设计中使用。在示例性实施例中，存储器区域402包括一个或多个储存设备404以用于存储PLM数据，例如产物13数据、成品17数据、BOM 23数据和/或完备集合验证过程和/或集合完备引擎100。存储器区域402在基于树的图中将BOM 23表示为用于构建给

定集合中的产品的产物、零件、子部件和成品的分级结构。在一些实施例中，基于树的图结构是有向无环图结构。

[0098] 在一些实施例中，存储器区域402被耦合到服务器406，其经由网络412被进一步耦合到管理员系统408和/或用户系统410。储存设备404可以被实施为一个或多个数据库、可以位于单个或多个地理位置、或可以与服务器406集成。

[0099] 如可以理解的，网络412可以是诸如互联网的公用网络、或诸如LAN或WAN网络的专用网络、或其任意组合，并还可以包括PSTN或ISDN子网络。网络412还可以是有线的（例如，以太网）、或可以是无线的（例如，包括EDGE、3G、4G无线蜂窝系统的蜂窝网络）。无线网络还可以是WiFi、蓝牙、或任何公知的无线形式的通信。因此，网络412仅是示例性的并且不限制当前的进步的范围。

[0100] 如本领域普通技术人员将会意识到的，管理员系统408和/或用户系统410可以是诸如上文参考图9所描述的计算机辅助设计站或公知的任何其它计算系统。另外，应当理解的是，管理员系统408和/或用户系统410被配置为执行上文所描述的过程和/或与上文所描述的那些过程有关的任何额外过程。

[0101] 服务器406存储计算机可读指令以执行上文所述的过程100（图8）并且经由网络412向管理员系统408和/或用户系统410提供这些指令。另外，服务器406还可以是根据需要从存储器区域402提供数据到管理员系统408和用户系统410。由此，图10包括经由云计算、分布式计算等对系统400的实施。

[0102] 上文详细描述了用于在产品生命周期管理和对建模对象和产品组合的计算机辅助设计中使用的系统、方法、装置、计算机程序产品、非瞬时性计算机可读存储介质的示例性实施例。所述系统、方法、装置、计算机程序产品、非瞬时性计算机可读存储介质并不限于本文中所描述的特定实施例，相反，方法的操作、程序产品和/或存储介质、以及系统和/或装置的组件可以相对于本文中所描述的其它操作和/或组件独立地且单独地被利用。此外，所描述的操作和/或组件还可以在其它系统、方法、装置、程序产品和/或存储介质中被定义或与之结合来使用，并其并不限于仅用本文中所描述的系统、方法、装置、程序产品和存储介质来实现。

[0103] 诸如本文中所描述的那些计算机或计算机系统包括至少一个处理器或处理单元和系统存储器。计算机或计算机系统通常包括至少一些形式的非瞬时性计算机可读介质。通过示例而非限制的方式，非瞬时性计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质。计算机存储介质包括以用于存储信息（例如，计算机可读指令、数据结构、程序模块、或其它数据）的任何方法或技术来实现的易失性和非易失性、可移除和不可移除介质。通信介质通常在诸如载波或其它传输机制这样的调制数据信号中实施计算机可读指令、数据结构、程序模块、或其它数据，并且通信介质通常包括任意信息传递介质。本领域技术人员熟悉调制数据信号，其中以在该调制数据信号中对信息进行编码的方式来设置或改变该调制数据信号的特性中的一个或多个。上述的任意介质的组合也被包括在计算机可读介质的范围内。

[0104] 尽管结合示例性计算机系统环境描述了本发明，但是本发明的实施例可以结合许多其它通用或专用计算机系统环境或配置而运行。计算机系统环境不是要提出对本发明的任意方面的使用或功能的范围的任何限制。另外，计算系统环境不应当被解释为具有对与在示例性操作环境中示出的组件中的一个或组件的组合有关的任何依赖关系或要求。适用

于结合本发明的方面所使用的公知计算机系统、环境、和/或配置的示例包括但不限于：个人计算机、服务器计算机、手持或膝上型设备、多处理器系统、基于微处理器的系统、机顶盒、可编程消费电子产品、移动电话、网络PC、微型计算机、大型计算机、包括以上任何系统或设备的分布式计算环境等。

[0105] 可以在可由一个或多个计算机或其它设备执行的计算机可执行指令（例如，程序组件或模块）的一般上下文中描述本发明的实施例。可以用任意数量或组织的非瞬时性组件或模块来实现本发明的方面。例如，本发明的方面并不限于在附图中示出的以及本文中描述的特定计算机可执行指令或者特定组件或模块。本发明的替代实施例可以包括比本文中所示出和描述的具有更多或更少功能的不同计算机可执行指令或组件。

[0106] 本文中所示出和描述的本发明的实施例中的操作的执行或进行的顺序不是关键的，除非另有特别说明。即，除非另有特别说明，否则可以以任意顺序来执行这些操作，并且本发明的实施例可以包括比本文中所公开的那些操作额外或更少的操作。例如，可以设想的是，在另一个操作之前、或同时、或之后执行或进行特定操作都在本发明的方面的范围内。

[0107] 当引入本发明的方面或其实施例的元素时，词语“一”、“一个”、“该”、“所述”是要意味着存在一个或多个元素。术语“包括”、“包含”、以及具有是包括性的并且意味着除了所列举的元素之外，可以存在额外的元素。

[0108] 该书面说明使用示例来公开本发明（包括最佳模式），并且还使得任何本领域技术人员能够实现本发明，包括制作和使用设备或系统并执行任何所包括的方法。由权利要求来定义本发明的可获得专利权的范围，并且该范围可以包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这些其它示例具有与权利要求的字面语言没有区别的结构性元素，或如果这些其它示例包括与权利要求的字面语言有非实质区别的等同结构性元素，则这些其它示例是要在权利要求的范围内。

[0109] 所有专利、公开的申请和本文中所引用的参考的教导通过引用的方式被全部并入。

[0110] 虽然本发明参考其示例实施例被特别地示出并描述，但是本领域技术人员将会理解可以在其中进行各种形式和细节方面的修改而不背离由所附权利要求所涵盖的本发明的范围。

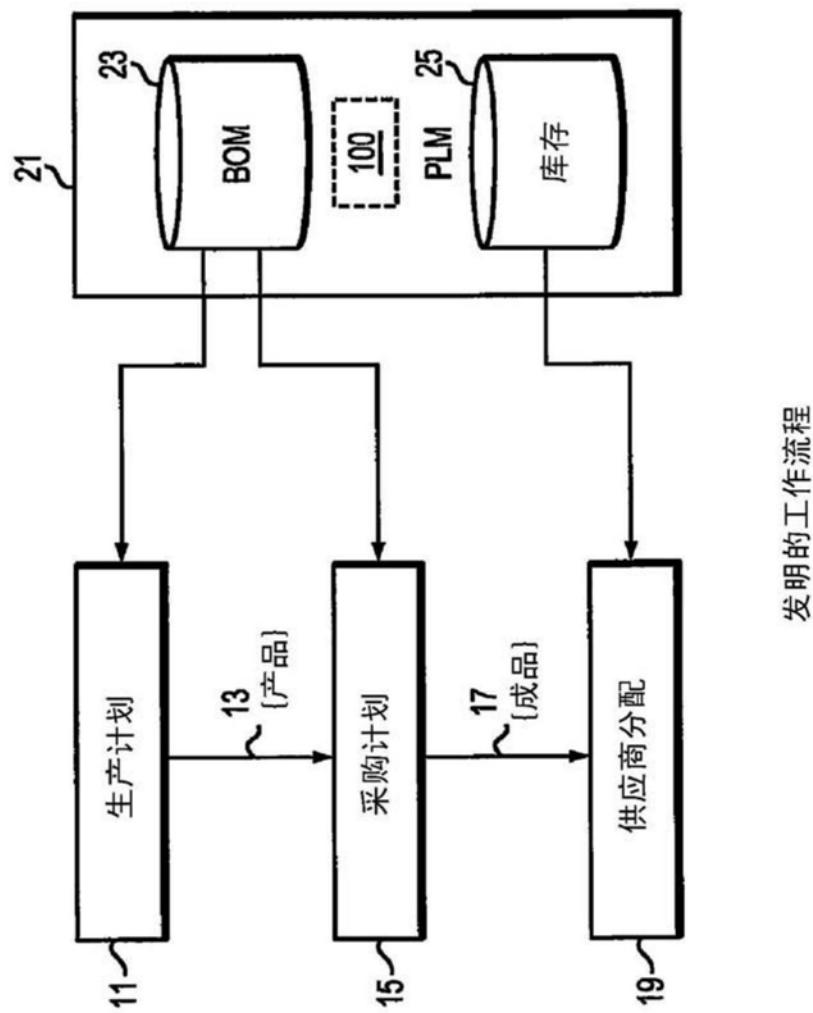
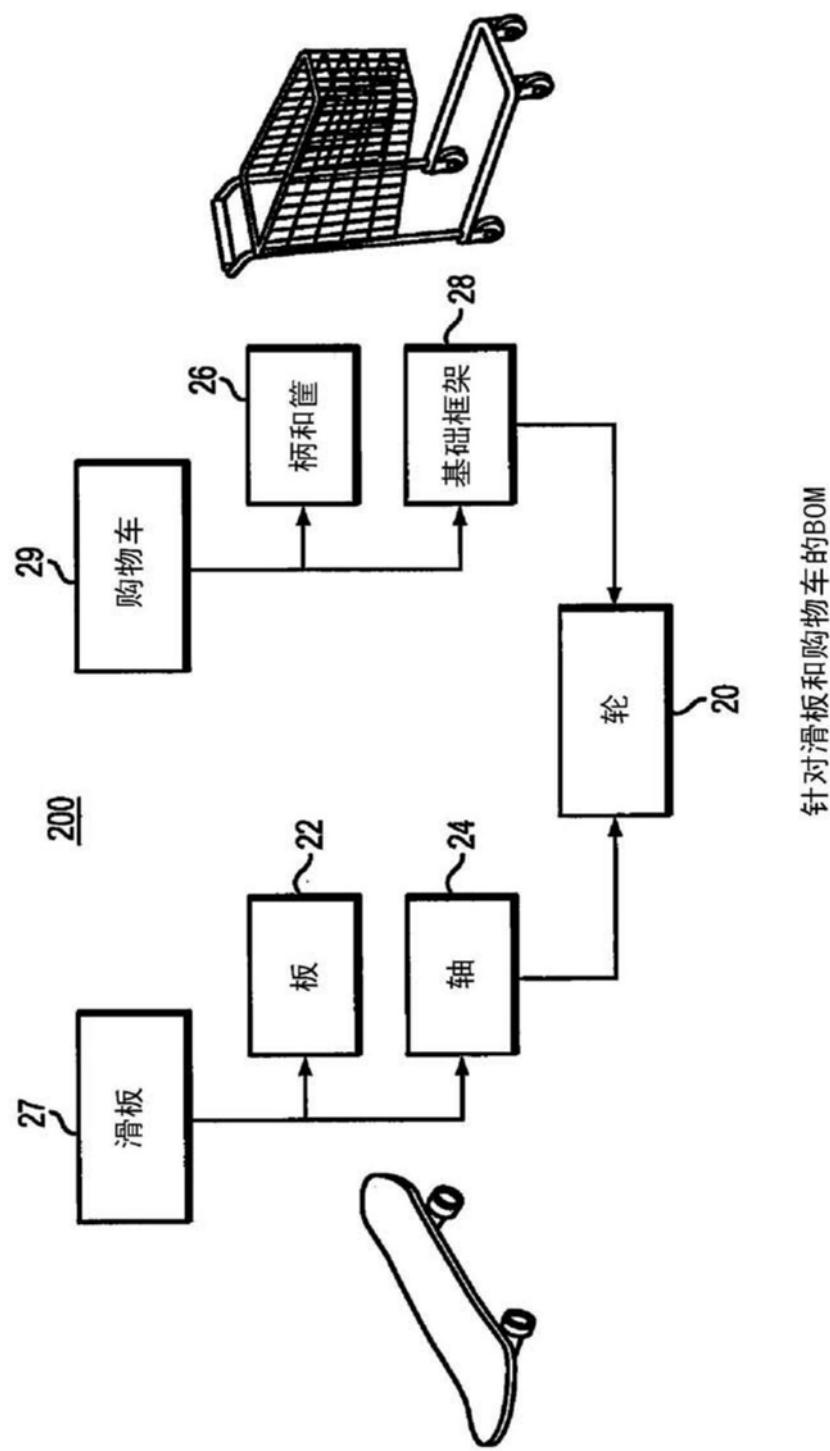


图1



针对滑板和购物车的BOM

图2

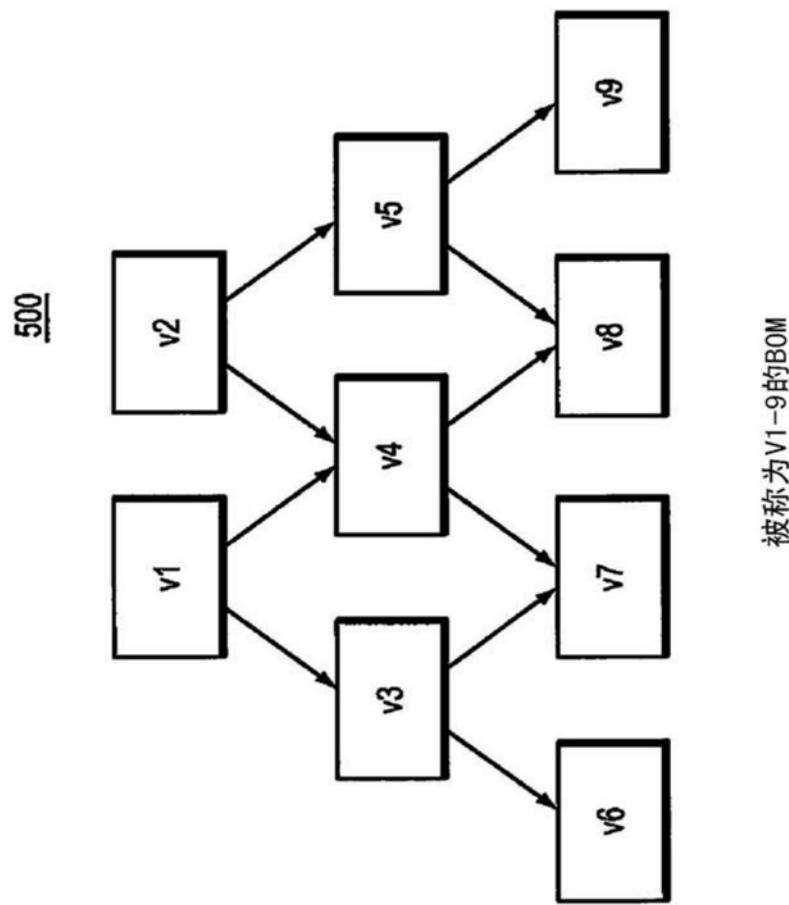
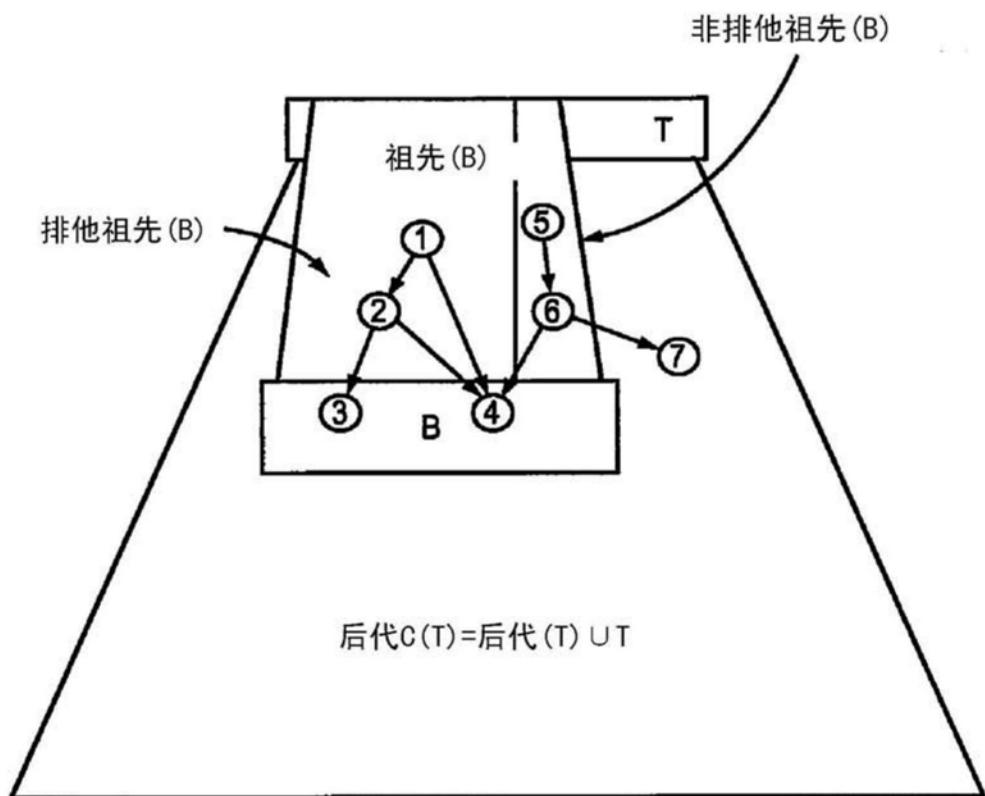
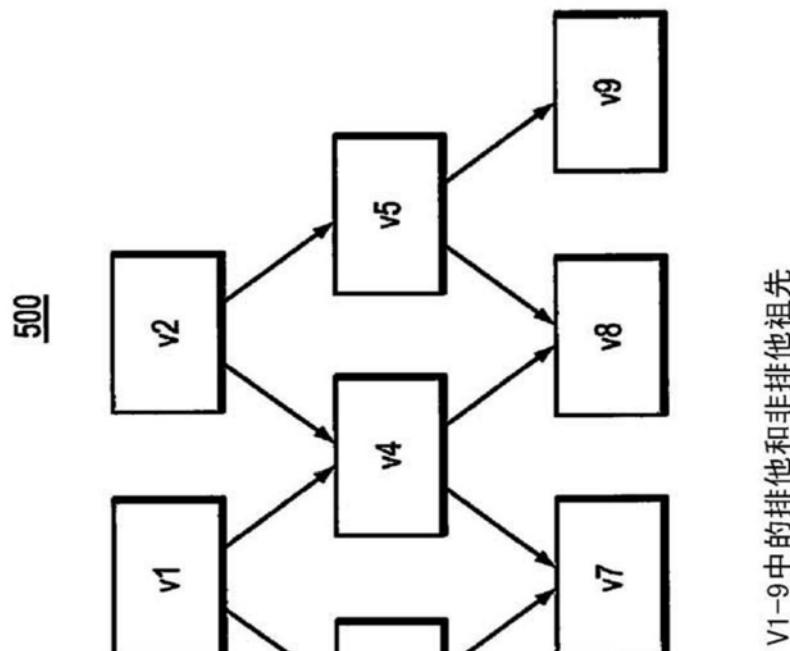


图3



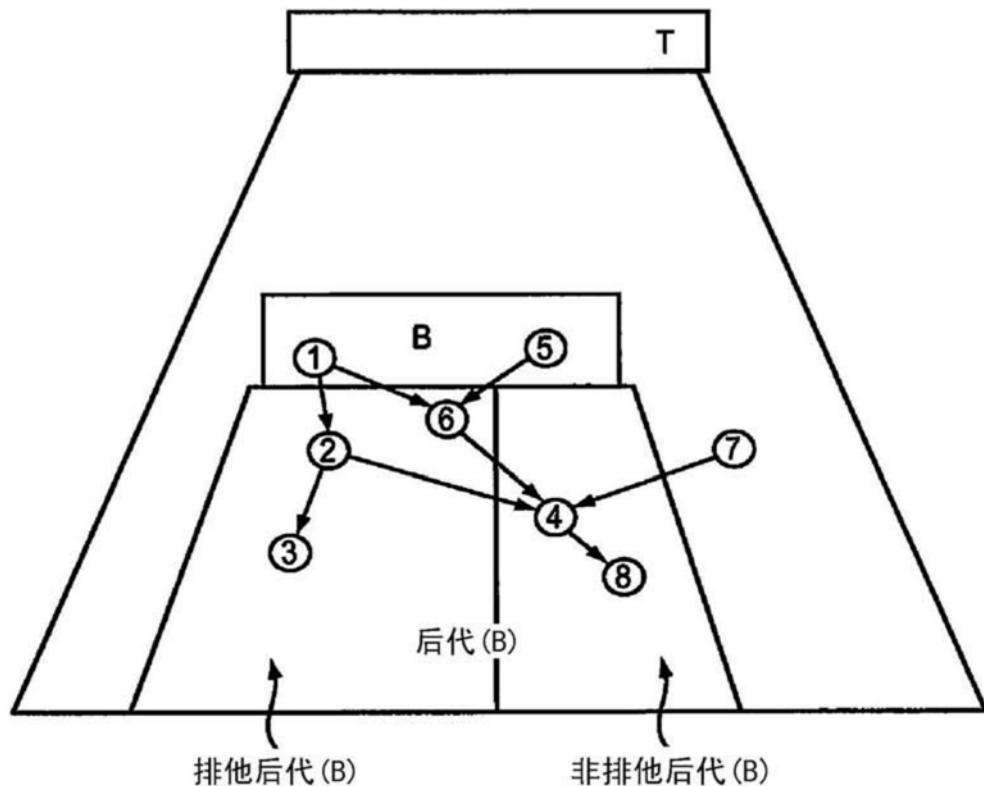
排他和非排他祖先

图4



v_{1-9} 中的排他和非排他祖先

图5



排他后代 (B) 与非排他后代 (B) 之间的关系

图6

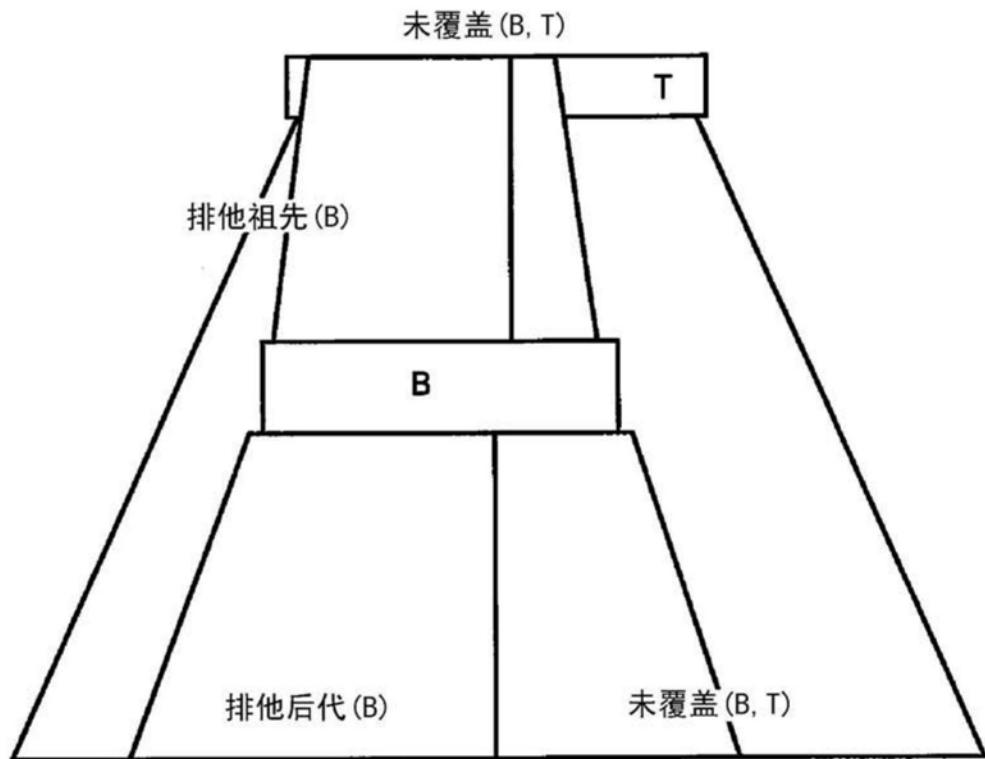


图7

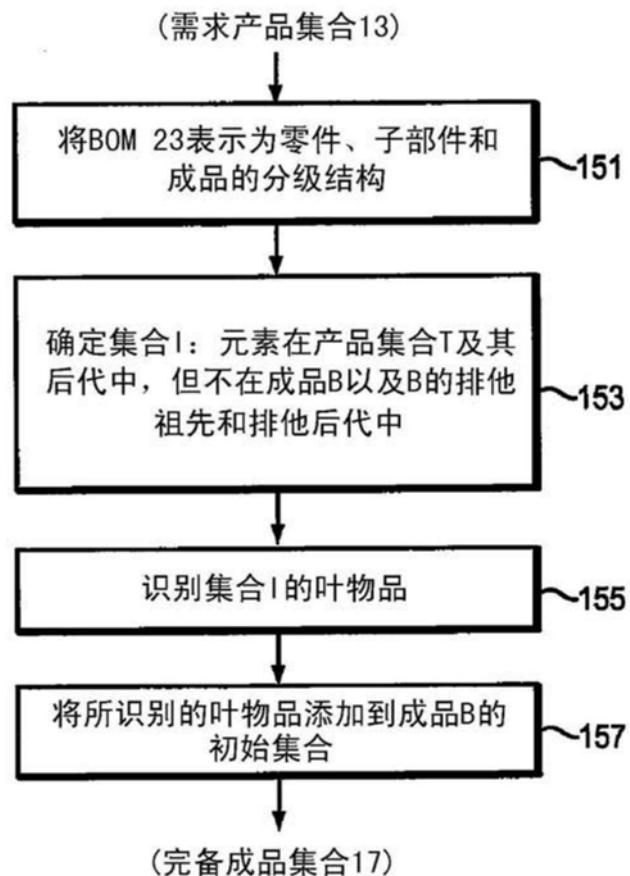
100

图8A

100

用于使得成品完备的工作流程

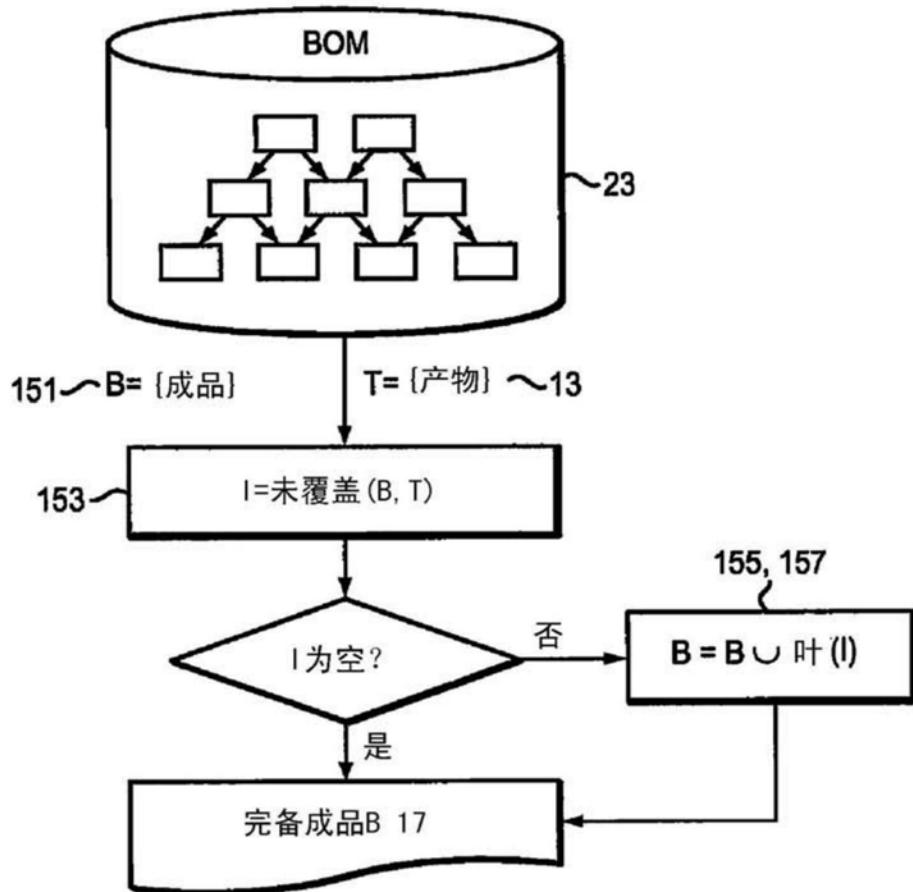


图8B

100

用于使得成品完备的工作流程

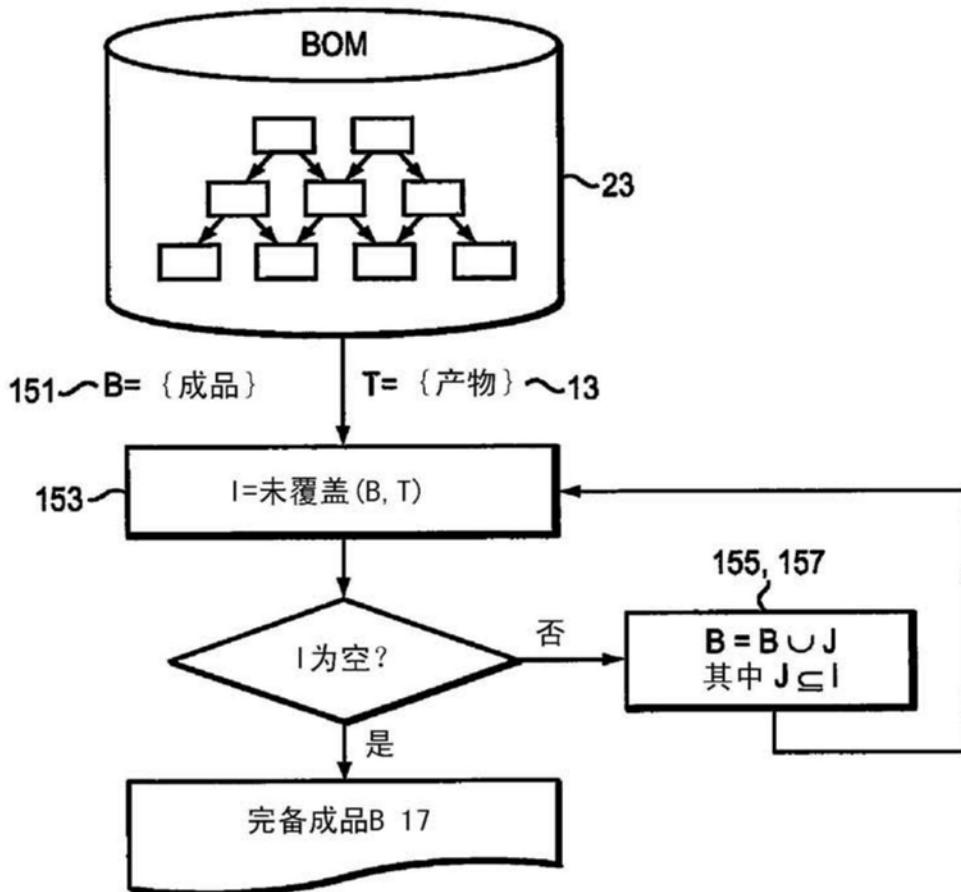


图8C

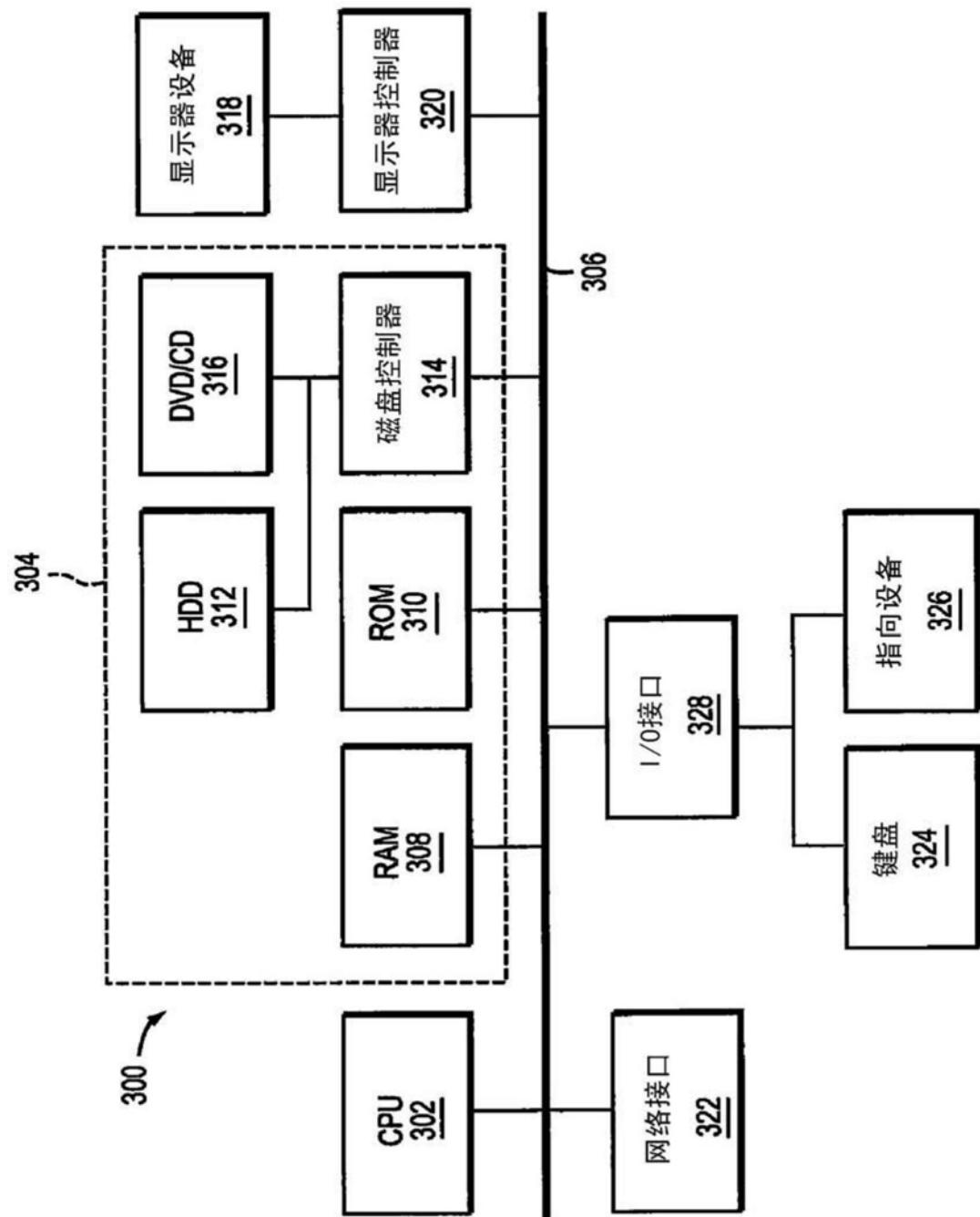


图9

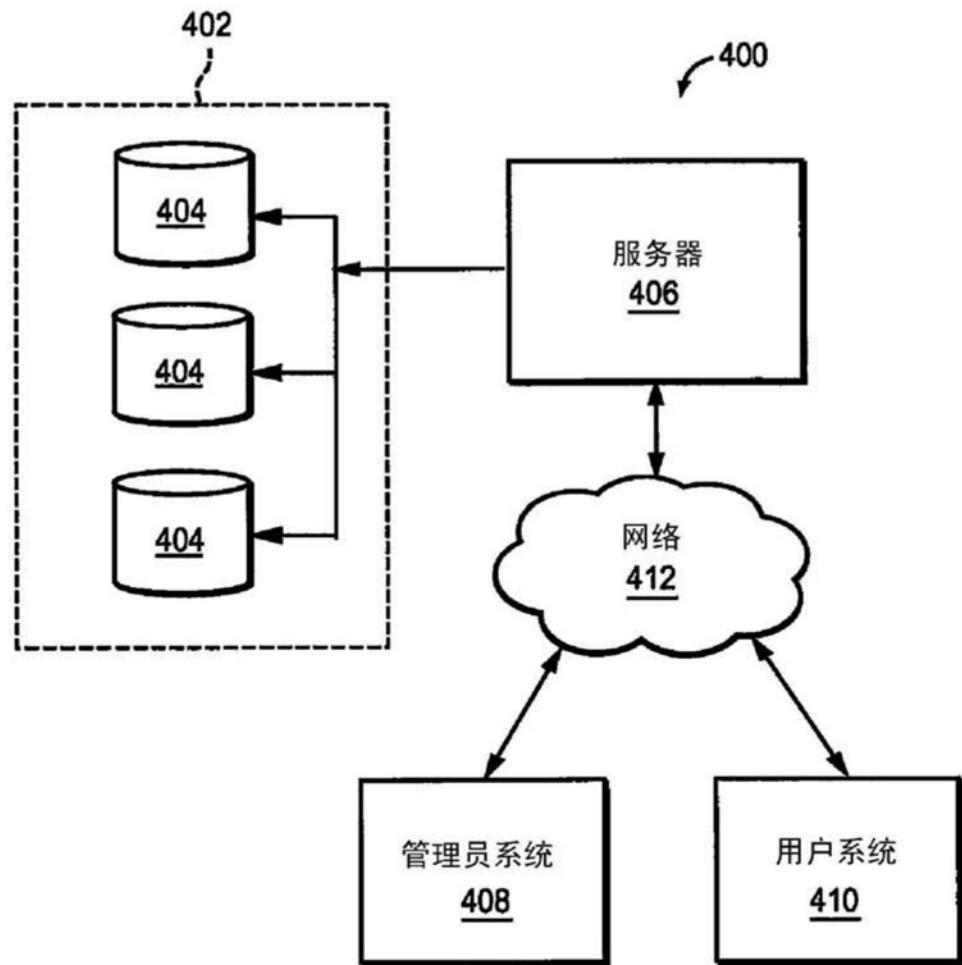


图10