



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116097186 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 09

(21) 申请号 202180051972.1

平方胜

(22) 申请日 2021.09.17

(74) 专利代理机构 上海立群专利代理事务所

(30) 优先权数据

(普通合伙) 31291

2020-157944 2020.09.18 JP

专利代理师 杨楷 毛立群

2020-177515 2020.10.22 JP

(51) Int.Cl.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G05B 19/418 (2006.01)

2023.02.22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/034408 2021.09.17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/059786 JA 2022.03.24

(71) 申请人 国立研究开发法人海上·港湾·航

空技术研究所

地址 日本国东京都

(72) 发明人 谷口智之 竹泽正仁 松尾宏平

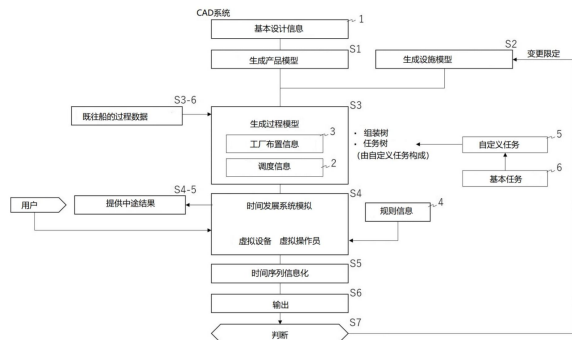
权利要求书2页 说明书30页 附图35页

(54) 发明名称

船舶的建造模拟方法、建造模拟程序及建造模拟系统

(57) 摘要

本发明通过执行如下步骤而以细致的作业级别对船舶的建造进行模拟：产品模型生成步骤(S1)，获取将船舶的完成部件与构成部件的结合关系明确化而得的基本设计信息(1)而生成产品模型；设施模型生成步骤(S2)，获取工厂的设备信息(21)与操作员信息(22)而生成设施模型；过程模型生成步骤(S3)，基于产品模型与设施模型，将用于建造完成部件的组装流程与任务明确化而生成过程模型；模拟步骤(S4)，基于过程模型进行时间发展系统模拟；时间序列信息化步骤(S5)，对时间发展系统模拟的结果进行时间序列数据化而制成建造时间序列信息(42)。



1. 一种船舶的建造模拟方法,是对设计好的船舶的建造进行模拟的方法,其特征在于,执行如下步骤:

产品模型生成步骤,获取将所述船舶的完成部件与构成所述完成部件的构成部件的结合关系明确化而得的基本设计信息而生成产品模型;

设施模型生成步骤,获取建造所述完成部件的工厂的设备信息与操作员信息而生成关于与所述完成部件的建造相关的设备和操作员的设施模型;

过程模型生成步骤,基于所述产品模型与所述设施模型,将用于组装所述构成部件而建造所述完成部件的组装流程与任务明确化,生成过程模型;

模拟步骤,基于所述过程模型进行依次计算各时间的建造的进展状况的时间发展系统模拟;

时间序列信息化步骤,对所述时间发展系统模拟的结果进行时间序列数据化而制成建造时间序列信息。

2. 如权利要求1所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,所述过程模型包括:组装树,表示组装所述构成部件而制成所述完成部件的依存关系;任务树,表示进行组装时所需的所述任务与所述任务间的依存关系。

3. 如权利要求1或2所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,所述任务包括将作为能够在所述时间发展系统模拟中执行的函数的基本任务进行组合而构建的自定义任务。

4. 如权利要求1~3的任一项所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,在所述过程模型生成步骤中,基于所述组装流程与所述任务来生成所述操作员的调度信息及关于所述设备和所述操作员的配置的工厂布置信息中的至少一方。

5. 如引用权利要求2的权利要求4所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,在所述过程模型生成步骤中,将包含所述构成部件的中间部件的所述组装流程定义为所述组装树,定义所述组装流程的各阶段中的适当的所述任务,将作为所述任务的所述依存关系的前后关系定义为所述任务树,基于所述设施模型判断所述任务是否为能力值范围,在所述任务为能力值范围的情况下,生成所述调度信息。

6. 如权利要求5所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,在所述任务超出能力值范围的情况下,重新定义所述中间部件的定义、所述组装树的定义、所述任务的定义及所述任务树的定义。

7. 如权利要求1~6的任一项所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,在生成所述过程模型时,参照过去建造的既往船的过程数据并沿用。

8. 如权利要求1~7的任一项所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,所述模拟步骤中的所述时间发展系统模拟依次计算各时间的所述完成部件或所述构成部件的位置、所述设备及所述操作员的位置与占有状况、所述组装流程与所述任务的进展状况。

9. 如权利要求1~8的任一项所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,在所述模拟步骤中,利用预先获取的规则信息与所述任务,在所述操作员自主地推进虚拟作业时,利用对所述操作员赋予的判断规则即脑作为所述规则信息。

10. 如权利要求1~9的任一项所述的船舶的建造模拟方法,其特征在于,还具有判断所述建造时间序列信息的结果是否超出规定的时间的范围的判断步骤,在可应对的范围内变更所述设施模型,重复执行所述过程模型生成步骤、所述模拟步骤与所述时间序列信息化

步骤。

11. 一种船舶的建造模拟程序, 是对设计好的船舶的建造进行模拟的程序, 其特征在于, 使计算机执行权利要求1~9的任一项所述的船舶的建造模拟方法中的如下步骤:

产品模型获取步骤, 获取所生成的所述产品模型;

设施模型获取步骤, 获取所生成的所述设施模型;

所述过程模型生成步骤;

所述模拟步骤;

所述时间序列信息化步骤,

并进一步执行输出所述建造时间序列信息的输出步骤。

12. 如权利要求11所述的船舶的建造模拟程序, 其特征在于, 使所述计算机进一步执行权利要求10所述的船舶的建造模拟方法中的所述判断步骤。

13. 如权利要求11或12所述的船舶的建造模拟程序, 其特征在于, 使所述计算机图像显示所述过程模型生成步骤、所述模拟步骤、所述输出步骤中的计算结果及中途经过中的至少一方。

14. 一种船舶的建造模拟系统, 是执行权利要求1~10的任一项所述的船舶的建造模拟方法的系统, 其特征在于, 具备:

产品模型获取单元, 获取所述产品模型; 设施模型获取单元, 获取关于与所述船舶的建造相关的所述设备和所述操作员的所述设施模型; 过程模型生成单元, 生成将用于建造所述船舶的所述组装流程与所述任务明确化而得的所述过程模型; 建造模拟单元, 基于所述过程模型进行时间发展系统模拟; 信息提供单元, 将所述时间发展系统模拟的结果作为所述建造时间序列信息而提供。

15. 如权利要求1~14的任一项所述的船舶的建造模拟系统, 其特征在于, 进一步具备模型变更指示单元, 对所述建造时间序列信息的结果是否超出期望目标的范围进行判断, 在超出的情况下, 进行在可应对的范围内变更所述设施模型及过程模型中的至少一方的指示。

16. 如权利要求14或15所述的船舶的建造模拟系统, 其特征在于, 所述设施模型获取单元获取多个所述工厂的所述设备信息与所述操作员信息, 所述过程模型生成单元生成每个所述工厂的所述过程模型, 所述建造模拟单元对所述产品模型进行每个所述工厂的所述时间发展系统模拟, 以能够进行比较的状态从所述信息提供单元提供每个所述工厂的所述时间发展系统模拟的结果。

17. 如权利要求14~16的任一项所述的船舶的建造模拟系统, 其特征在于, 所述设施模型获取单元获取作为所述工厂的改善信息的所述设备信息与所述操作员信息中的至少一方, 所述建造模拟单元进行基于所述工厂的所述改善信息的所述时间发展系统模拟, 所述信息提供单元提供基于所述改善信息的所述建造时间序列信息。

18. 如权利要求1~19的任一项所述的船舶的建造模拟系统, 其特征在于, 还具备以下单元中的至少任一单元: 成本计算单元, 基于所述建造时间序列信息, 计算与所述船舶的建造相关的成本; 部件供应计划单元, 生成所述船舶的建造所需的采购部件的采购计划; 及生产计划系统协作单元, 和制定与所述船舶的建造相关的生产计划的生产计划系统相联合。

## 船舶的建造模拟方法、建造模拟程序及建造模拟系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种模拟所设计的船舶的建造的方法、程序及系统。

### 背景技术

[0002] 作为造船的生产(建造)计划、日程计划的设定依据的各作业的作业量即工时通常基于“工时=每单位管理物量的标准时间×管理物量”的思路求出。

[0003] 但是,在本质上,与管理物量成正比的仅为主作业(制品因此而向完成推进的作业),尽管附属作业(如果不进行该作业则无法推进主作业,但该作业本身并非使制品向完成推进的作业)、无附加价值行为(对于制品的完成没有任何价值的行为)由与管理物量不同的维度决定,但现状是将它们全部作为与管理物量成正比的作业而进行简便处理。有报告称,造船中的主作业率取决于工种但通常为30~40%,根据管理物量成正比地推定工时在精度上存在技术问题。

[0004] 另一方面,存在实施制造工序的模拟的流水线模拟器,但需要一项项手动输入所有细致的作业。此外,流水线模拟器虽然适于如大量生产件的流水线生产那样决定物品的流动与操作者的动作并重复同样的作业的模拟,但不适于如作为订货生产的造船那样根据状况来变更各种作业这样的模拟。

[0005] 在此,在专利文献1中公开了与各造船厂各自不同的环境无关地共通应用的船舶及海洋设备生产模拟框架与船舶及海洋设备生产模拟综合解决方案系统,所述系统基于该船舶及海洋设备生产模拟框架,以可分离的方式对与各造船厂的不同的环境相匹配而差别应用的造船海洋工序的相互验证模拟系统、分块的起重机吊装及搭载模拟系统、GIS信息基础设备模拟系统及分块与物流管制模拟系统进行结合,由此具备与各造船厂的状况相匹配地有效应用的扩展性与循环性。

[0006] 此外,在专利文献2中公开有一种方法,其为生成项目计划的方法,包括:通过处理器单元接收包含记述任务间的位次关系的信息、示出任务的所需时间的信息、以及示出任务的所需时间的变动性的信息的项目明细信息,使用项目明细信息由处理器单元生成项目的模拟模型,执行多次模拟模型,识别形成有关键路径的任务的子集,生成模拟结果数据,根据模拟结果数据生成包含识别出形成有关键路径的任务的子集的项目网络演示,项目明细信息由处理器单元以从文本文件、电子表单文件以及可扩展标记语言文件所构成的信息形式的组中选择的信息形式接收。

[0007] 此外,在专利文献3中公开有一种调度装置,其为进行由多个工序构成的生产对象物的生产调度的调度装置,具有:储存单元,储存有用于设定工序的连接顺序关系的工序连接信息、设定工序中包含的各分块的移动路径的分块流信息、设定各分块的各工序中的工期的作业工期信息、各工序的限制条件;解释单元,根据储存在储存单元中的信息将工序按照从下游向上游回溯的顺序进行排序;模型生成单元,基于由解释单元得到的排序后的工序数据来生成调度模型;日程计划生成单元,对于由模型生成单元得到的每个调度模型将调度最佳化;输出单元,输出由日程计划生成单元得到的调度结果。



[0008] 此外,在专利文献4中公开有一种生产系统计划方法,使用工序计划、基于工序计划的设备配置计划、基于工序计划及设备配置计划的人员分配计划、基于工序计划与设备配置计划及人员分配计划的生产计划,通过在各计划中生成的生产流水线模型,模拟生产活动而生成各计划的评价规范值,利用规范值判定各计划的好坏,基于此进行计划的修正。

[0009] 此外,在非专利文献1中,作为与用于构建造船CIM的工序管理对应的具体的工作而例举了Process Planning(过程计划)与Scheduling(调度),在Process Planning中,记载有针对制品信息基于关于制造现场的概念性知识来决定用于制造的方法与流程,在Scheduling中,记载有基于关于实际的制造现场中的具体的状况的知识从时间与现场器材的有效利用的观点出发而展开Process Planning的结果,从而生成满足交付期及其他条件的日程计划,并且公开有用于基于面向对象的工序管理的造船工厂模型。

[0010] 此外,在非专利文献2中公开有如下方法:为了评价船舶建造过程中的生产设备的导入效果,利用考虑了基于在生产过程中作为对象的制品的制造误差的调试作业的生产过程模拟,评价新生产设备导入对过程整体的期间与费用带来的影响,且记载了在该生产过程模拟中,考虑造船厂的作业场所的限制与操作员的技能。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] 专利文献1:日本实用新型登录第3211204号公报

[0014] 专利文献2:日本特开2013-117959号公报

[0015] 专利文献3:日本特开2007-183817号公报

[0016] 专利文献4:日本特开2003-162313号公报

[0017] 非专利文献

[0018] 非专利文献1:小山健夫等2人,“关于用于构建造船CIM的工序管理系统的基础研究”,日本造船学会论文集,日本造船学会,1989年11月,第166号,第415-423页

[0019] 非专利文献2:满行泰河等4人,“关于使用了船舶建造过程模拟的生产设备的导入的研究”,日本船舶海洋工学会论文集,日本船舶海洋工学会,2016年12月,第24号,第291-298页

## 发明内容

[0020] 发明要解决的技术问题

[0021] 在专利文献1-4及非专利文献1-2中,并未试图在建造的模拟中包括主作业和附属作业在内而精密地再现操作员的生产行为。

[0022] 因此,本发明的目的在于提供一种能够以细致的作业级别对船舶的建造进行模拟的船舶的建造模拟方法、建造模拟程序及建造模拟系统。

[0023] 用于解决上述技术问题的方案

[0024] 在与方案1记载对应的船舶的建造模拟方法中,其为一种对设计好的船舶的建造进行模拟的方法,其特征在于,执行如下步骤:产品模型生成步骤,获取将船舶的完成部件与构成完成部件的构成部件的结合关系明确化而得的基本设计信息而生成产品模型;设施模型生成步骤,获取建造完成部件的工厂的设备信息与操作员信息而生成关于与完成部件的建造相关的设备和操作员的设施模型;过程模型生成步骤,基于产品模型与设施模型,将

用于组装构成部件而建造完成部件的组装流程与任务明确化,生成过程模型;模拟步骤,基于过程模型进行依次计算各时间的建造的进展状况的时间发展系统模拟;时间序列信息化步骤,对时间发展系统模拟的结果进行时间序列数据化而制成建造时间序列信息。

[0025] 根据方案1记载的本发明,用户能够以细致的作业级别来模拟船舶的建造,能够基于作为其高精度的模拟结果的建造时间序列信息来研究工厂的改善、生产设计的改善、接单时的成本预测及设备投资等,因此实现建造成本的降低和工期的缩短。

[0026] 方案2记载的本发明的特征在于,过程模型包括:组装树,表示组装构成部件而制成完成部件的依存关系;任务树,表示进行组装时所需的任务与任务间的依存关系。

[0027] 根据方案2记载的本发明,能够明确组装流程和与其相关的任务,并精度良好地生成过程模型。

[0028] 方案3记载的本发明的特征在于,任务包括将作为能够在时间发展系统模拟中执行的函数的基本任务进行组合而构建的自定义任务。

[0029] 根据方案3记载的本发明,能够利用按作业的种类而将微小作业组合而得的自定义任务,提高模拟的精度。

[0030] 方案4记载的本发明的特征在于,在过程模型生成步骤中,基于组装流程与任务来生成操作员的调度信息及关于设备和操作员的配置的工厂布置信息中的至少一方。

[0031] 根据方案4记载的本发明,能够基于调度信息,精密地再现包括主作业和附属作业在内的操作员的所有的生产行为而进行模拟。此外,能够基于反映了设备和操作员的配置的工厂布置信息进行模拟。

[0032] 方案5记载的本发明的特征在于,在过程模型生成步骤中,将包含构成部件的中间部件的组装流程定义为组装树,定义组装流程的各阶段中的适当的任务,将作为任务的依存关系的前后关系定义为任务树,基于设施模型判断任务是否为能力值范围,在任务为能力值范围的情况下,生成调度信息。

[0033] 根据方案5记载的本发明,能够防止进行超出设施或任务的能力值的模拟而生成调度信息。

[0034] 方案6记载的本发明的特征在于,在任务超出能力值范围的情况下,重新定义中间部件的定义、组装树的定义、任务的定义及任务树的定义。

[0035] 根据方案6记载的本发明,通过重新定义各定义,能够生成精度更高的过程模型。

[0036] 方案7记载的本发明的特征在于,在生成过程模型时,参照过去建造的既往船的过程数据并沿用。

[0037] 根据方案7记载的本发明,在基于基本设计信息变更了产品模型或设施模型的情况下,能够以比从头生成过程模型更少的劳力快速而精度良好地生成过程模型。

[0038] 方案8记载的本发明的特征在于,模拟步骤中的时间发展系统模拟依次计算各时间的完成部件或构成部件的位置、设备及操作员的位置与占有状况、组装流程与任务的进展状况。

[0039] 根据方案8记载的本发明,能够精度良好地进行时间发展系统模拟。

[0040] 方案9记载的本发明的特征在于,在模拟步骤中,利用预先获取的规则信息与任务,在操作员自主地推进虚拟作业时,利用对操作员赋予的判断规则即脑作为规则信息。

[0041] 根据方案9记载的本发明,通过利用规则信息与任务,模拟中的操作员容易准确地

推进虚拟作业。此外,操作员能够利用脑对并非是重复作业而是需要非常频繁地在现场进行判断的作业进行判断,顺利地推进虚拟作业。

[0042] 方案10记载的本发明的特征在于,还具有判断建造时间序列信息的结果是否超出规定的的时间的范围的判断步骤,在可应对的范围内变更设施模型,重复执行过程模型生成步骤、模拟步骤与时间序列信息化步骤。

[0043] 根据方案10记载的本发明,能够得到船舶的建造落在规定的的时间内的模拟结果。

[0044] 在与方案11记载对应的船舶的建造模拟程序中,其为一种对设计好的船舶的建造进行模拟的程序,其特征不在于,使计算机执行船舶的建造模拟方法中的如下步骤:产品模型获取步骤,获取所生成的产品模型;设施模型获取步骤,获取所生成的设施模型;过程模型生成步骤;模拟步骤;时间序列信息化步骤,并进一步执行输出建造时间序列信息的输出步骤。

[0045] 根据方案11记载的本发明,能够以细致的作业级别来模拟船舶的建造,用户能够基于所输出的作为高精度的模拟结果的建造时间序列信息来研究工厂的改善、生产设计的改善、接单时的成本预测及设备投资等,因此实现建造成本的降低和工期的缩短。

[0046] 方案12记载的本发明的特征在于,使计算机进一步执行船舶的建造模拟方法中的判断步骤。

[0047] 根据方案12记载的本发明,能够得到船舶的建造落在规定的的时间内的模拟结果。

[0048] 方案13记载的本发明的特征在于,使计算机图像显示过程模型生成步骤、模拟步骤、输出步骤中的计算结果及中途经过中的至少一方。

[0049] 根据方案13记载的本发明,用户容易在视觉上确认而理解模拟的结果是经过怎样的过程而进行的,或者容易在视觉上确认而理解模拟的中途经过。

[0050] 在与方案14记载对应的船舶的建造模拟系统中,其为一种执行船舶的建造模拟方法的系统,其特征不在于,具备:产品模型获取单元,获取产品模型;设施模型获取单元,获取关于与船舶的建造相关的设备和操作员的设施模型;过程模型生成单元,将用于建造船舶的组装流程与任务明确化,生成过程模型;建造模拟单元,基于过程模型进行时间发展系统模拟;信息提供单元,将时间发展系统模拟的结果作为建造时间序列信息而提供。

[0051] 根据方案14记载的本发明,用户能够以细致的作业级别来模拟船舶的建造,能够基于作为其高精度的模拟结果的建造时间序列信息来研究工厂的改善、生产设计的改善、接单时的成本预测及设备投资等,因此实现建造成本的降低和工期的缩短。

[0052] 方案15记载的本发明的特征在于,进一步具备模型变更指示单元,对建造时间序列信息的结果是否超出期望目标的范围进行判断,在超出的情况下,进行在可应对的范围内变更设施模型及过程模型中的至少一方的指示。

[0053] 根据方案15记载的本发明,能够得到船舶的建造落在期望目标的范围内的模拟结果。

[0054] 方案16记载的本发明的特征在于,设施模型获取单元获取多个工厂的设备信息与操作员信息,过程模型生成单元生成每个工厂的过程模型,建造模拟单元对产品模型进行每个工厂的时间发展系统模拟,以能够进行比较的状态从信息提供单元提供每个工厂的时间发展系统模拟的结果。

[0055] 根据方案16记载的本发明,由于根据一个产品模型来生成每个工厂的过程模型,

进行使用了每个工厂的设施模型的模拟,因此例如能够研究多个工厂共同建造船舶时的接单时的成本预测、设备投资等,带来建造成本的进一步降低和工期的进一步缩短。此外,用户能够迅速且准确地对各工厂中的制造成本和工期等进行比较。

[0056] 方案17记载的本发明的特征在于,设施模型获取单元获取作为工厂的改善信息的设备信息与操作员信息中的至少一方,建造模拟单元进行基于工厂的改善信息的时间发展系统模拟,信息提供单元提供基于改善信息的建造时间序列信息。

[0057] 根据方案17记载的本发明,通过获取并使用工厂的改善信息,能够进行在变更并改善工厂的设备、操作员的情况下的模拟。

[0058] 方案18记载的本发明的特征在于,还具备以下单元中的至少任一单元:成本计算单元,基于建造时间序列信息,计算与船舶的建造相关的成本;部件供应计划单元,生成船舶的建造所需的采购部件的采购计划;及生产计划系统协作单元,和制定与船舶的建造相关的生产计划的生产计划系统相联合。

[0059] 根据方案18记载的本发明,能够简便地得到基于建造时间序列信息计算出的与船舶的建造相关的成本。此外,能够简便地得到基于建造时间序列信息而生成的采购部件的采购计划。此外,能够将建造时间序列信息顺畅地与船舶的建造整体的生产计划的制定相联系。

[0060] 发明效果

[0061] 根据本发明的船舶的建造模拟方法,用户能够以细致的作业级别来模拟船舶的建造,能够基于作为其高精度的模拟结果的建造时间序列信息来研究工厂的改善、生产设计的改善、接单时的成本预测及设备投资等,因此实现建造成本的降低和工期的缩短。

[0062] 此外,过程模型包括:组装树,表示组装构成部件而制成完成部件的依存关系;任务树,表示进行组装时所需的任务与任务间的依存关系,在该情况下,能够明确组装流程和与其相关的任务,并精度良好地生成过程模型。

[0063] 此外,在任务包括将作为能够在时间发展系统模拟中执行的函数的基本任务进行组合而构建的自定义任务的情况下,能够利用按作业的种类而将微小作业组合而得的自定义任务,提高模拟的精度。

[0064] 此外,在过程模型生成步骤中,基于组装流程与任务来生成操作员的调度信息及关于设备和操作员的配置的工厂布置信息中的至少一方,在该情况下,能够基于调度信息,精密地再现包括主作业和附属作业在内的操作员的全部的生产行为而进行模拟。此外,能够基于反映了设备和操作员的配置的工厂布置信息进行模拟。

[0065] 此外,在过程模型生成步骤中,将包含构成部件的中间部件的组装流程定义为组装树,定义组装流程的各阶段中的适当的任务,将作为任务的依存关系的前后关系定义为任务树,基于设施模型判断任务是否为能力值范围,在任务为能力值范围的情况下,生成调度信息,在该情况下,能够防止进行超出设施或任务的能力值的模拟而生成调度信息。

[0066] 此外,在任务超出能力值范围的情况下,重新定义中间部件的定义、组装树的定义、任务的定义及任务树的定义,在该情况下,通过重新定义各定义,能够生成精度更高的过程模型。

[0067] 此外,在生成过程模型时,参照过去建造的既往船的过程数据并沿用,在该情况下,在基于基本设计信息变更了产品模型或设施模型时,能够以比从头生成过程模型更少

的劳力快速而精度良好地生成过程模型。

[0068] 此外,模拟步骤中的时间发展系统模拟依次计算各时间的完成部件或构成部件的位置、设备及操作员的位置与占有状况、组装流程与任务的进展状况,在该情况下,能够精度良好地进行时间发展系统模拟。

[0069] 此外,在模拟步骤中,利用预先获取的规则信息与任务,在操作员自主地推进虚拟作业时,利用对操作员赋予的判断规则即脑作为规则信息,在该情况下,通过利用规则信息与任务,模拟中的操作员容易准确地推进虚拟作业。此外,操作员能够利用脑对并非是重复作业而是需要非常频繁地在现场进行判断的作业进行判断,顺利地推进虚拟作业。

[0070] 此外,还具有判断建造时间序列信息的结果是否超出规定的的时间的范围的判断步骤,在可应对的范围内变更设施模型,重复执行过程模型生成步骤、模拟步骤与时间序列信息化步骤,在该情况下,能够得到船舶的建造落在规定的的时间内的模拟结果。

[0071] 根据本发明的船舶的建造模拟程序,能够以细致的作业级别来模拟船舶的建造,用户能够基于所输出的作为高精度的模拟结果的建造时间序列信息来研究工厂的改善、生产设计的改善、接单时的成本预测及设备投资等,因此实现建造成本的降低和工期的缩短。

[0072] 此外,在使计算机进一步执行船舶的建造模拟方法中的判断步骤的情况下,能够得到船舶的建造落在规定的的时间内的模拟结果。

[0073] 此外,在使计算机图像显示过程模型生成步骤、模拟步骤、输出步骤中的计算结果及中途经过中的至少一方的情况下,用户容易在视觉上确认而理解模拟的结果是经过怎样的过程而进行的,或者容易在视觉上确认而理解模拟的中途经过。

[0074] 此外,根据本发明的船舶的建造模拟系统,用户能够以细致的作业级别来模拟船舶的建造,能够基于作为其高精度的模拟结果的建造时间序列信息来研究工厂的改善、生产设计的改善、接单时的成本预测及设备投资等,因此实现建造成本的降低和工期的缩短。

[0075] 此外,进一步具备模型变更指示单元,对建造时间序列信息的结果是否超出期望目标的范围进行判断,在超出的情况下,进行在可应对的范围内变更设施模型及过程模型中的至少一方的指示,在该情况下,能够得到船舶的建造落在期望目标的范围内的模拟结果。

[0076] 此外,设施模型获取单元获取多个工厂的设备信息与操作员信息,过程模型生成单元生成每个工厂的过程模型,建造模拟单元对产品模型进行每个工厂的时间发展系统模拟,以能够进行比较的状态从信息提供单元提供每个工厂的时间发展系统模拟的结果,在该情况下,由于根据一个产品模型来生成每个工厂的过程模型,进行使用了每个工厂的设施模型的模拟,因此例如能够研究多个工厂共同建造船舶时的接单时的成本预测、设备投资等,带来建造成本的进一步降低和工期的进一步缩短。此外,用户能够迅速且准确地对各工厂中的制造成本和工期等进行比较。

[0077] 此外,设施模型获取单元获取作为工厂的改善信息的设备信息与操作员信息中的至少一方,建造模拟单元进行基于工厂的改善信息的时间发展系统模拟,信息提供单元提供基于改善信息的建造时间序列信息,在该情况下,通过获取并使用工厂的改善信息,能够进行在变更并改善工厂的设备、操作员的情况下的模拟。

[0078] 此外,还具备以下单元中的至少任一单元:成本计算单元,基于建造时间序列信息,计算与船舶的建造相关的成本;部件供应计划单元,生成船舶的建造所需的采购部件的

采购计划;及生产计划系统协作单元,和制定与船舶的建造相关的生产计划的生产计划系统相联合,在该情况下,能够简便地得到基于建造时间序列信息计算出的与船舶的建造相关的成本。此外,能够简便地得到基于建造时间序列信息而生成的采购部件的采购计划。此外,能够将建造时间序列信息顺畅地与船舶的建造整体的生产计划的制定相联系。

#### 附图说明

- [0079] 图1是本发明的实施方式的船舶的建造模拟方法的流程。
- [0080] 图2是其整体概要图。
- [0081] 图3是示出其产品模型的例子的图。
- [0082] 图4是示出其5片板模型的结合关系的图。
- [0083] 图5是示出其第一板P1的3维模型的图。
- [0084] 图6是示出其3片板模型的产品模型的例子的图。
- [0085] 图7是示出其设施的3维模型的例子的图。
- [0086] 图8是示出其设施模型的例子的图。
- [0087] 图9是其过程模型的概念图。
- [0088] 图10是其过程模型生成步骤的详细流程。
- [0089] 图11是通过功能实现单元表示其船舶的建造模拟系统的方框图。
- [0090] 图12是示出其5片板模型的组装树的例子的图。
- [0091] 图13是示出其3片板模型的组装树的例子的图。
- [0092] 图14是示出将其全部任务的关系作为树表现出的例子的图。
- [0093] 图15是示出其3片板模型的任务树的例子的图。
- [0094] 图16是示出其3片板模型的任务树的数据的例子的图。
- [0095] 图17是示出其3片板模型中的向操作员分配任务与任务的顺序的例子的图。
- [0096] 图18是示出其实际配置于模拟空间的例子的图。
- [0097] 图19是示出其3片板模型中的工厂布置(layout)信息的例子的图。
- [0098] 图20是其模拟步骤的详细流程。
- [0099] 图21是示出其利用了脑(BRAIN)的模拟的状况的图。
- [0100] 图22是示出其模拟步骤的伪代码的图。
- [0101] 图23是示出其作为基本任务的例子的移动任务(move)的图。
- [0102] 图24是示出其作为基本任务的例子的焊接任务(weld)的图。
- [0103] 图25是示出其作为基本任务的例子的起重机移动任务(Crane Move)的图。
- [0104] 图26是示出其配材任务“去拿取”的例子的图。
- [0105] 图27是示出其配材任务“进行配置”的例子的图。
- [0106] 图28是示出其以基本任务的组合来表现主焊接任务的例子的图。
- [0107] 图29是示出其构成由具有2个入口的壁包围的区域中能够进行移动的网格的例子的图。
- [0108] 图30是示出其形状数据的例子的图。
- [0109] 图31是示出其焊接线数据的例子的图。
- [0110] 图32是示出其背烤线数据的例子的图。

- [0111] 图33是示出其产品模型数据的例子的图。
- [0112] 图34是示出其多段线数据(Polyline Data)的例子的图。
- [0113] 图35是示出其组装树数据的例子的图。
- [0114] 图36是示出其任务树数据的例子的图。
- [0115] 图37是其输出处理的详细流程。
- [0116] 图38是通过功能实现单元表示另一实施方式的船舶的建造模拟系统的方框图。
- [0117] 图39是通过功能实现单元表示又一实施方式的船舶的建造模拟系统的方框图。
- [0118] 图40是通过功能实现单元表示再一实施方式的船舶的建造模拟系统的方框图。
- [0119] 图41是本发明的实施例的案例1的组装情景中的模拟的计算结果的甘特图表。
- [0120] 图42是其案例2的组装情景中的模拟的计算结果的甘特图表。
- [0121] 图43是其案例2中的模拟的3维外观图。

### 具体实施方式

- [0122] 对本发明的实施方式的船舶的建造模拟方法、建造模拟程序及建造模拟系统进行说明。
- [0123] 图1是本实施方式的船舶的建造模拟方法的流程,图2是整体概要图。
- [0124] 在船舶的建造模拟方法中,以在建造模拟内表现出操作员的详细动作、即要素作业的动作作为目的,整理用于构建虚拟的造船工厂所需的信息。造船工厂由产品(制品)模型、设施(包括器具在内的设备与操作员)模型及过程(作业)模型这3个模型构建。这3个模型是为了将造船工厂模型化而需要的核心数据。此外,在实施模拟时,将调度信息2与工厂布置信息3一并定义为对这些信息进行补充的2个附属信息。
- [0125] 另外,产品模型是将实际的制品抽象化、设施模型是将实际的设备和操作员抽象化而通过模拟进行处理而得的体系化的数据组,也可以说是虚拟的制品、设备和操作员。此外,过程模型也可以说是根据产品模型与设施模型推导出的虚拟的作业的体系。
- [0126] 在图1所示的产品模型生成步骤S1中,获取将船舶的完成部件与构成完成部件的构成部件的结合关系明确化而得的基本设计信息1而生成产品模型。
- [0127] 基本设计信息1中包含船舶的完成部件与构成完成部件的构成部件的结合关系。例如,在产品(制品)是船壳的情况下,完成部件是构成船壳的分块(分区),构成部件是构成分块的板材。结合关系由节点(Node,部件的实体信息)与连线(Edge,部件的结合信息)表现。
- [0128] 在本实施方式中,从CAD系统获取船舶的基本设计信息1。由此,能够将在CAD系统中生成的基本设计信息1有效地用于产品模型的生成等。另外,从CAD系统获取船舶的基本设计信息1除了能够经由通信线路获取以外,还能够利用使用近距离无线通信或存储单元进行获取等各种方式进行。基本设计信息1中还能够包括例如包含变换船壳的设计CAD数据后的以节点与连线表现的结合关系的信息。对于包含该结合关系的信息,可以得到通过CAD系统预先变换后的信息,也可以在获取基本设计信息1后进行变换而得到包含该结合关系的信息。另外,在从CAD系统获取的基本设计信息1由各CAD系统中的特有的数据结构保持的情况下,在产品模型生成步骤S1中,将CAD数据变换为能够在模拟中利用的数据结构。
- [0129] 在产品模型中,定义构成产品的部件自身的属性信息以及部件间的结合信息作为

与组装对象的产品相关的信息。产品模型中不包含与产品的组装相关的作业(组装流程、过程)的信息。

[0130] 可认为产品由作为构成部件的、具有实体的部件彼此分别结合而得。因此,使用基于图论以节点与连线表现的图表结构来定义产品模型。将节点彼此的结合即连线设为无方向性,从而制成无向图。

[0131] 图3是示出产品模型的例子的图,图4是示出5片板模型的结合关系的图。另外,为了便于说明,图4的5片板模型示出了简化后的产品模型,但作为产品模型的对象,能够包含复杂的船壳的分块、船体结构甚至船舶整体。

[0132] 在此,将图3的(a)所示那样的双层底分块设为如图3的(b)所示那样以简化的5片板模型为对象。严格来说是不同的,但将第一板P1当作内底(inner bottom)、第三板P3当作船底壳(bottom shell)、第二板P2与第四板P4当作桁材(girder)、第五板P5当作纵骨(longitudinal)而进行简化。虽然没有补板(collar plate)、肋板(floor),纵骨根数也较少等而与实际的完成部件不同,但提取了充分且本质的要素。

[0133] 该完成部件以图4所示的结合关系来定义。各板P1~P5相当于构成部件实体的节点,作为它们的结合关系的line1~line5相当于连线。在此,为了简化而使用了5片板模型,但在由大量的构成部件构成的实际的完成部件中,也能够通过构成部件实体与它们的结合关系来定义完成部件整体,因此能够使用同样的图表表现来定义产品模型。

[0134] 图5是示出第一板P1的3维模型的图。

[0135] 产品的构成部件的形状能够通过输入3DCAD模型来定义。如图5所示,对于3维模型的坐标系,定义包围其部件整体的四边形(Bounding-box:边界框),在该四边形的8个顶点中,以使x、y、z坐标值为最小的顶点成为原点位置的方式配置3维模型。此外,在执行模拟的过程中,能够随时参照在3维模型中定义的基准点的位置(局部坐标系或者全局坐标系中的坐标)、姿势信息(以初始姿势为基准的欧拉角与四元数)。

[0136] 对于示出构成部件彼此的接合信息的连线,需要示出该构成部件彼此的接合信息。在本实施方式中,为了简化而提供完成部件的完成状态的坐标系中的各个构成部件的位置与姿势的信息。具体而言,对各构成部件任意地提供作为基准点的3点,以该3点在完成状态的坐标系中位于何处这样的坐标数据来保持信息。通过使用该信息,能够计算任意的构成部件间的位置关系。

[0137] 通过3维信息保持焊接线信息。例如,1根焊接线由焊接线路径(多段线)与焊接炬的方向向量(法向量)构成。这些信息是在完成部件的完成状态的坐标系中定义的数据,在实际通过模拟来实施焊接任务(自定义任务5)时,基于该时机的构成部件的位置与姿势,对焊接线数据进行坐标变换。除了焊接线路径之外,还定义焊炬的方向,由此能够定义焊接中的操作员的位置。进而,由于能够识别焊接中的焊炬的朝向,因此能够判定焊接姿势。

[0138] 如此一来,在产品模型中包含构成部件彼此的连结关系、连结部中的接合数据及完成部件中的构成部件的位置与角度等信息。另外,根据CAD系统的性能的不同,有时在从CAD系统获取的基本设计信息1中不包含一部分生成产品模型所需的数据。例如,只有少数能够处理背烤线数据的CAD系统。在这种情况下,在产品模型生成步骤S1中,进行未包含在基本设计信息1中的产品模型的生成所需的数据的生成。

[0139] 对以上说明的数据进行总结而将产品模型整理为下表1及下表2所示的节点与连



线的信息。

[0140] [表1]

属性名	说明
节点名	自身的节点的名称（构成部件名）
完成部件名	完成部件的名称
坐标变换信息	定义完成状态中的自身的位置与姿势的3点信息
构成部件的属性信息	重量等构成部件的属性信息
连线	与自身连接的连线
3维对象	配置在模拟空间的3维对象

[0142] [表2]

属性名	说明
连线名	自身的连线的名称
节点1	与自身连接的节点1
节点2	与自身连接的节点2
连线属性信息	焊接线数据等属性信息

[0144] 此外,图6是示出3片板模型的产品模型的例子图。

[0145] 在图6中,示出有作为记录了构成部件(第一板P1、第二板P2、第三板P3)间的接合关系的数据库的产品模型。“name”是名称,“parent”是父产品,“type”是类别。另外,省略各板P1~P3的3点基准坐标( $v_0(0,0,0)$ ,  $v_x(1,0,0)$ ,  $v_z(0,0,1)$ )。此外,在数据中原本记载对象ID,但为了说明而记载为“name”。

[0146] 如上所述,产品模型中不包含与组装相关的作业(过程)的信息。

[0147] 返回图1,在设施模型生成步骤S2中,获取建造完成部件的工厂的设备信息与操作员信息,生成关于与完成部件的建造相关的设备(虚拟设备)和操作员(虚拟操作员)的设施模型。另外,在设备信息中还包含器具的信息。

[0148] 在设施模型中,作为与工厂的设施相关的信息,除了定义设施的单独的名称(例如,焊接机No.1)、类别(例如,焊接机)以外,还定义各个设施所具有的能力值。对于能力值,定义该设施所具有的功能的最大值(范围)。例如,作为起重机所具有的能力值之一,可例举吊起载荷值或速度等,其能力值范围为最大吊起载荷值或最大速度。

[0149] 此外,不仅产品可能会成为操作员的移动路径上的障碍物,设施也可能成为操作员的移动路径上的障碍物,因此使用3维模型来定义形状。由此,在模拟器内,还能够判断对象彼此的3维干扰。在此,图7是示出设施的3维模型的例子图,图7的(a)是操作员,图7的(b)是焊接机,图7的(c)是起重机,图7的(d)是地板,图7的(e)是平台。

[0150] 在下表3中示出设施模型所保持的具体的属性信息。

[0151] [表3]

属性名	说明

名称	设施的名称
类别	设施的类别
固有的能力值	设施固有的能力值范围
3维对象	配置在模拟空间的3维对象

[0153] 此外,图8是示出设施模型的例子的图。

[0154] 在图8中示出了作为记录了工厂的设施的数据库的设施模型。“name”是名称,“type”是类别,“model\_fwile\_path”是形状(3维模型数据),“ability”是能力(定义设施的能力值范围)。

[0155] 像这样通过3维模型来表现产品模型中的完成部件与构成部件及设施模型中的工厂的设备。通过利用3维模型,能够提高模拟的精度。

[0156] 返回图1,在过程模型生成步骤S3中,基于产品模型与设施模型,将用于组装构成部件而建造完成部件的组装流程与任务明确化,生成过程模型。在此,首先生成产品模型与设施模型,之后生成过程模型这一点至关重要。通过按照该顺序推进,能够准确地、无返回地生成过程模型,且使得其后的处理无停滞。

[0157] 图9是过程模型的概念图。

[0158] 过程模型是定义了与一系列的组装工序相关的作业信息的数据。过程模型构成为包括:组装树,表示组装构成部件而制成完成部件的依存关系;任务树,表示进行组装时所需的任务与任务间的依存关系。由此,能够明确组装流程和与其相关的任务,并精度良好地生成过程模型。在此,任务是指包括自定义任务5在内的一单位的作业。

[0159] 图10是过程模型生成步骤的详细流程,图11是通过功能实现单元表示船舶的建造模拟系统的方框图。在此,对使用了船舶的建造模拟系统的过程模型的生成进行说明。

[0160] 船舶的建造模拟系统执行船舶的建造模拟方法,具备产品模型获取单元10、设施模型获取单元20、过程模型生成单元30、建造模拟单元40、信息提供单元50、模型变更指示单元60以及既往船数据库70。在既往船数据库70中储存有过去建造的既往船的过程数据。

[0161] 在过程模型生成步骤S3中,过程模型生成单元30首先利用产品模型获取单元10获取在产品模型生成步骤S1中生成的产品模型,利用设施模型获取单元20获取在设施模型生成步骤S2中生成的设施模型,并进行读取(过程模型生成信息读取步骤S3-1)。

[0162] 接着,在生成过程模型时,从既往船数据库70参照过去建造的既往船的过程数据,选择是否沿用(沿用判断步骤S3-2)。

[0163] 在沿用判断步骤S3-2中选择了不沿用的情况下,不参照既往船的过程数据而将包含构成部件的中间部件的组装流程定义为组装树(组装树定义步骤S3-3),定义组装流程的各阶段中的适当的任务(任务定义步骤S3-4),将作为任务的依存关系的前后关系定义为任务树(任务树定义步骤S3-5)。

[0164] 另一方面,在沿用判断步骤S3-2中选择了沿用的情况下,从既往船数据库70中提取类似的过程数据(既往船过程数据提取步骤S3-6),在组装树定义步骤S3-3、任务定义步骤S3-4及任务树定义步骤S3-5中,参照提取出的既往船的过程数据而沿用。通过沿用既往船的过程数据,在基于基本设计信息1变更了产品模型或设施模型的情况下,能够以比从头生成过程模型更少的劳力快速而精度良好地生成过程模型。

[0165] 在此,图12是示出5片板模型的组装树的例子的图。

[0166] 在组装树定义步骤S3-3中,在组装树中定义中间部件的信息(名称、部件的姿势)及组装的前后关系的信息。由于部件的组装顺序存在前后关系,所以通过有向图表现组装树。

[0167] 中间部件是指几个部件结合的状态的构成部件,通过将中间部件与部件、或者将中间部件彼此组装而制成完成部件。在图12中,示出了将第一板P1、第二板P2与第四板P4组合而构成第一中间部件U1、将第三板P3与第五板P5组合而构成第二中间部件U2、将第一中间部件U1与第二中间部件U2组合而构成完成部件SUB1的状态。另外,在组装第一中间部件U1时以第一板P1为基体,在组装第二中间部件U2时以第三板P3为基体,在组装完成部件SUB1时以第二中间部件U2为基体。

[0168] 在下表4中示出定义组装树所需的属性信息。将这些信息在所有的中间部件及完成部件中进行定义。

[0169] [表4]

属性名	说明
部件名	自身的部件的名称
坐标变换信息	定义自身的完成状态中的位置与姿势的信息
[0170] 基体部件的名称	自身的子制品组中的成为基体的部件的名称
父部件	成为自身的父部件的部件
子部件组	成为自身的子部件的部件组
子部件组的位置与姿势数据	定义自身的坐标系中的子部件的位置与姿势的信息

[0171] 此外,图13是示出3片板模型的组装树的例子的图。“name”是名称,“product1(base)”是进行接合的对象部件中作为基体的部件,“product2”是进行接合的对象部件,“中间部件中的构成部件的坐标变换信息”是中间部件的定义。另外,省略了中间部件和完成部件的3点基准坐标( $v_0(0,0,0)$ ,  $v_x(1,0,0)$ ,  $v_z(0,0,1)$ )。此外,在数据中原本记载对象ID,但为了说明而记载为“name”。

[0172] 在图13的3片板模型中,第一板P1与第二板P2组合而构成中间部件,在该中间部件上组合第三板P3而构成完成部件。另外,在组装中间部件时以第一板P1为基体,在组装完成部件时以第三板P3为基体。

[0173] 在任务树定义步骤S3-5中,在任务树中定义任务所需的信息与任务彼此的前后关系的信息。例如,在任务定义步骤S3-4中,定义下表5所示的3种任务。

[0174] [表5]

任务名	说明
配材	使用指定的设施将对象部件搬运至指定场所
[0175] 预焊接	使用指定的设施（焊接机、起重机）按照指定的焊接线信息将对象部件彼此焊接
主焊接	使用指定的设施（焊接机）按照指定的焊接线信息将指定的部件彼此焊接

[0176] 在此,图14是示出将全部任务的关系作为树表现出的例子的图。

[0177] 图14是设想如下情景的图:对于5片板模型,将P1~P5的各板(钢板)配材于规定的位置,进行预焊接及主焊接,由此组装完成部件。

[0178] 由于任务具有前后关系,因此在任务树定义步骤S3-5中,任务的树通过有向图表现。例如,任务[预焊接0]表示若[配材0]、[配材1]、[配材2]的所有任务没有全部完成则无法开始。

[0179] 此外,在下表6中示出任务树具有的具体的属性信息。例如,在任务[配材0]中,定义如下信息:使用设施[起重机1]搬运对象[第二板P2],使其以欧拉角(0,0,0)的姿势配置在对象[平台2]上的位置(8m,0m,2m)。在配材任务中不定义起点的坐标,从在实施模拟时该任务的执行时间点的坐标开始。此外,也同样地对任务[主焊接0]定义如下信息:以连线[line1](第一板P1与第二板P2的结合部)为对象,使用设施[焊接机2]以0.2m/s的速度进行主焊接。其中,根据任务的前后关系,若任务[预焊接0]未完成则无法开始该任务。焊接路径的信息参照产品模型的与该连线相关联的信息。

[0180] [表6]

属性名	说明
名称	任务的名称
类别	任务的种类
[0181] 对象组	在任务中作为对象的对象组
设施组	在任务中利用的设施组
先行任务组	在任务开始之前需提前结束的任务组
任务信息	执行任务所需的固有信息

[0182] 此外,图15是示出3片板模型的任务树的例子的图,右侧的表是表现左侧的图表的表。此外,图16是示出3片板模型的任务树的数据的例子的图。图16的“name”是名称,“task type”是类别,“product”是关联的部件,“facility”是关联的设施,“conditions”是任务树信息,“task data”是任务信息(该任务所需的固有数据)。另外,在数据中原本记载对象ID,



但为了说明而记载为“name”。

[0183] 在该例子中,如图15所示,设想如下情景:对于3片板模型,将P1~P3的各板(钢板)配材于规定的位置,进行预焊接及主焊接,由此组装完成部件。

[0184] 此外,如图10所示,在过程模型生成步骤S3中,过程模型生成单元30基于组装流程与任务生成操作员的调度信息2(调度信息生成步骤S3-8)。如图10所示,首先决定组装流程,进而决定任务至关重要,由此,能够准确地、无退回地生成过程模型,且使得其后的处理无停滞。即,先生成组装树,其后生成任务树。

[0185] 所生成的调度信息2被输出到监视器等。调度信息2是对成为各行动主体的操作员以还包括顺序的方式分配任务的信息。由此,能够基于调度信息2,精密地再现包括主作业和附属作业在内的操作员的全部的生产行为而进行模拟。此外,调度信息2从信息提供单元50所具备的监视器、打印机等向用户提供。由此,用户能够根据需要确认所生成的调度信息2。另外,调度信息2也能够仅在有用户的要求时提供。

[0186] 虽然在过程模型中定义了与组装树和任务树相关的信息,但在调度信息2中,对于由任务树定义的任务,定义负责操作者的分配与任务的具体的执行顺序。

[0187] 在下表7中示出调度信息2的生成例。在该例子中,将操作员1设想为铁工职务的操作者,分配配材任务与预焊接任务。操作员1从任务[配材0]开始,依次实施至任务[预焊接4]。另一方面,将操作员2设想为焊接职务的操作者,按顺序分配主焊接任务。操作员2从任务[主焊接0]开始,依次实施至任务[主焊接3]。

[0188] [表7]

负责人	负责任务与执行顺序
[0189] 操作员1	配材0,配材3,配材2,配材1,配材4,预焊接1,预焊接2,配材5,配材6,预焊接3,预焊接4
操作员2	主焊接0,主焊接1,主焊接2,主焊接4,主焊接3

[0190] 此外,图17是示出图15、16所示的3片板模型中的向操作员分配任务与任务的顺序的例子,图17的(a)示出向操作员1分配任务与任务顺序,图17的(b)示出向操作员2分配任务与任务顺序,图17的(c)是数据形式的调度信息。另外,在数据中原本记载对象ID,但为了说明而记载为“name”。

[0191] 此外,如图10所示,在本实施方式中,在调度信息生成步骤S3-8之前,基于设施模型,判断任务是否超出设施的能力值范围(能力值范围判断步骤S3-7)。

[0192] 在能力值范围判断步骤S3-7中判断为任务未超出设施的能力值范围的情况下,进入调度信息生成步骤S3-8而生成调度信息2。如此,通过在判断为任务未超出设施的能力值范围的情况下生成调度信息2,能够防止进行超出了设施或任务的能力值的模拟而生成调度信息2。此外,通过将生成的过程模型向信息提供单元50所具备的监视器等输出而提供给用户。

[0193] 另一方面,在能力值范围判断步骤S3-7中,在判断为任务超出设施的能力值范围的情况下,返回到组装树定义步骤S3-3、任务定义步骤S3-4及任务树定义步骤S3-5,重新定义中间部件的定义、组装树的定义、任务的定义及任务树的定义中的可进行应对的至少一

项。通过重新定义各定义,能够生成精度更高的过程模型。

[0194] 在调度信息生成步骤S3-8之后,基于组装流程与任务,生成关于实际在时间发展系统模拟中使用的设备与操作员的配置的工厂布置信息3(工厂布置信息生成步骤S3-9)。由此,能够基于反映了设备与操作员的配置的工厂布置信息3进行模拟。

[0195] 所生成的工厂布置信息3能够输出到信息提供单元50所具备的监视器或打印机等而进行显示。由此,用户能够根据需要确认所生成的工厂布置信息3。另外,工厂布置信息3也能够仅在有用户的要求时提供。

[0196] 在至此定义的产品模型及设施模型中,没有定义工厂中的配置信息。因此,在工厂布置信息3中,定义各对象的初始配置。在下表8示出所需的属性信息。此外,图18是示出实际上配置于模拟空间的例子的图。

[0197] [表8]

属性名	说明
对象名	配置在模拟空间的产品名 或者设施名
基准对象名	作为配置的基准的对象
坐标信息	相对于基准对象配置的位置 (x, y, z)
姿势信息	相对于基准对象配置的姿势 (欧拉角, $\varphi, \theta, \psi$ )

[0199] 此外,图19是示出3片板模型中的工厂布置信息的例子的图。另外,在数据中原本记载对象ID,但为了说明而记载为“名称”。

[0200] 从产品模型、设施模型的数据库中,通过layout.csv定义实际上用于模拟的部件、设施的配置信息。

[0201] 在过程模型生成步骤S3之后,如图1所示为模拟步骤S4。在模拟步骤S4中,建造模拟单元40基于所生成的过程模型,进行依次计算各时间的建造的进展状况的时间发展系统模拟(3维空间上的时间发展)。

[0202] 在模拟步骤S4中,以过程模型为基础,使3维平台上的各设施与产品的位置、占有状况、自定义任务5的进度状况发生变化,由此模拟造船中的建造。另外,也能够赋予随机数而特意使中间部件的精度变差,进行模拟直至其对下游工序带来影响。此外,对于自定义任务5与任务树的关系,以树结构表示自定义任务5的前后关系,相连接而得到任务树。

[0203] 在本实施方式中,利用作为游戏引擎的Unity(注册商标)来构建3维平台。

[0204] 若将表示时刻t的各设施与产品的位置、角度及占有的变量 $x_f, x_p$ 、以及表示过程模型中的自定义任务5的未完成或完成的状态的 $s_t$ 这3个量作为自变量,则按照在过程模型生成步骤S3中定义的调度所记载的自定义任务5的顺序,以预先设定的规则使与任务有关的各自变量发生变化,由此能够表示向下一时刻t+1的 $x_f, x_p, s_t$ 的变化。由此,输出各自变量的时间历程。

[0205] 图20是模拟步骤的详细流程。

[0206] 图11所示的建造模拟单元40在进行时间发展系统模拟之前,从规则信息数据库等获取用于供操作员自主地推进虚拟作业的规则信息4。然后,获取并读取由产品模型获取单

元10获取的在产品模型生成步骤S1中生成的产品模型、由设施模型获取单元20取得的在设施模型生成步骤S2中生成的设施模型、在过程模型生成步骤S3中由过程模型生成单元30生成的过程模型、调度信息2及工厂布置信息3,基于工厂布置信息3在3维平台上配置对象(模拟执行信息读取步骤S4-1)。

[0207] 在此,规则信息4是指由建造模拟单元40进行的自主判断所需的限制和选项。例如,在焊接任务(自定义任务5)中,仅提前将能够使用的焊接机的种类指定为规则信息4,在模拟的中途,由建造模拟单元40自主地判断使用哪个焊接机。

[0208] 即,记述了虚拟的操作员在模拟内如何进行判断的信息成为规则信息4。通过利用规则信息4,模拟中的操作员容易准确地推进虚拟作业。提前将规则信息4如目录那样预先在模拟步骤S4之前生成。另外,也能够通过强化学习、多智能体(Multi-Agent)等自主学习而生成并获取规则信息4。作为通过强化学习等自主地生成规则信息4的方法,使用由智能体在建造模拟单元40内自由行动并学习高效的规则而生成规则信息4的方法。规则信息4的一例如下。

[0209] 规则1A:获取空闲的就近器具。

[0210] 规则1B:获取在后续工序中也空闲的就近器具。

[0211] 规则2:在使用起重机的情况下,选择不会因起重机彼此的干扰而妨碍其他工序的起重机。

[0212] 规则3:使用后,将磁式的钓具放置在台车上。

[0213] 规则4:对于作业场所相同的之后的工序,统一拿取器具。

[0214] 这些规则是在模拟步骤S4之前预先分配给操作员的规则,例如如下。

[0215] 操作员1:规则1A

[0216] 操作员2:规则1B、规则2、规则3、规则4

[0217] 将操作员1设想为新人,将操作员2设想为熟练者。由于新人的操作员1只会考虑自己的事情而动作,因此有时也会妨碍其他工序。

[0218] 利用规则信息4,可在时间发展系统模拟的实施中,自动构建未输入的任务信息或调度信息2。在本实施方式中,作为规则信息4,包含对操作员赋予的判断规则即脑。

[0219] 脑与自定义任务5以1对1的方式对应,在执行时间发展系统模拟之前事先构建。在时间发展系统模拟中,通过使脑依次动作,再现操作员在时间发展中根据状况进行判断的情形。因此,操作员能够利用脑对特别是像造船工序那样的并非是重复作业而是需要非常频繁地在现场进行判断的作业进行判断,从而顺利地推进虚拟作业。

[0220] 作为规则信息4之一的脑所判断的内容大致分为以下四种。

[0221] 1.对某一个自定义任务5确定所需的自变量。

[0222] 2.从属于某一个种类(任务类型)的多个自定义任务5中选择一个自定义任务5。

[0223] 3.从多个种类的自定义任务5中选择一个种类。

[0224] 4.基于规则选择在实施自定义任务5中发生冲突的情况下的应对。

[0225] 在基于脑的判断方法中,首先生成作为自变量的组合的候选组,分别对该候选组提取评价参数,实施基于规定的评价规则的评价值的计算,最终选择评价值最高的候选组。

[0226] 若以配材任务为例,则评价参数的提取、规定的规则、基于评价值的选择分别例如

为如下所示那样。

[0227] [评价参数的提取]

[0228] 在时间发展系统模拟中依次获取与判断相关的评价参数组。

[0229] • p1:从操作员的当前位置到产品为止的距离

[0230] • p2:从产品到起重机为止的距离

[0231] • p3:从产品到目的地为止的距离(自动计算目的地)

[0232] • p4:是否是基体板(0 or 1)

[0233] • p5:是否能够无干扰地行动(0 or 1)

[0234] [评价规则]

[0235]  $v = (p4 - 0.2 * (p1 + p2 + p3)) * p5$

[0236] [选择]

[0237] 选择得到在大于0的评价中最大的评价的任务。

[0238] 任务1:v1

[0239] 任务2:v2

[0240] 任务3:v3

[0241] ...

[0242] 脑的评价规则通过手动或机器学习来构建。

[0243] 在手动构建的情况下,通过视频分析的结果、对操作员的意见听取等来推定并构建规则。

[0244] 在通过机器学习而构建的情况下,存在两个构建方法。第一个构建方法为,通过使用照相机、位置传感器等的监视而获取关于造船工厂中的操作员、器具及产品的动作的数据,根据所获取的大量的数据,对操作员与产品的距离、操作员与器具的距离等参数X、以及操作员的任务选择结果(判断历史记录)Y进行整理,将整理后的数据作为训练数据,构建为根据参数X预测任务选择结果Y的神经网络等机器学习模型。此外,第二个构建方法为,例如设定时间越短越好等目标并应用将该目标作为报酬的强化学习,自动构建最合适的战略。

[0245] 下表9中示出每个任务类型的脑的例子。表中的“AtBrain”为配材At的脑,“FtBrain”为定位焊At的脑,“WtBrain”为主焊接Wt的脑,“DtBrain”为背烤Dt的脑。

[0246] [表9]

脑	自动决定事项 ※ 自变量全部共通且能够着手的全部任务的列表
AtBrain	(任务的选择): AtPick与AtPlace的列表(与决定对象同义) (自变量的决定): 利用设施名(起重机), 配材目的地的基准对象, 坐标值, 欧拉角
[0247] FtBrain	(任务的选择): 某一个Ft(与决定对象同义) (自变量的决定): 利用设施名(焊接机, 电源)
WtBrain	(任务的选择): 某一个Wt(与决定对象同义) (自变量的决定): 利用设施名(焊接机, 电源)
DtBrain	(任务的选择): 某一个Dt(与决定对象同义) (自变量的决定): 利用设施名(燃烧器, 气体口)

[0248] 针对自定义任务5,在下表10中示出在模拟中自动决定的自变量、和事先在任务树



中预先构建的自变量。标有下划线的自变量是自动决定的自变量，未标有下划线的自变量是事先预先构建的自变量。

[0249] [表10]

任务类型	函数名	自变量
		(共通)：任务名，任务类型，函数名，对象， <u>利用设施</u> ，先行任务， <u>主体名</u> ，请求设施类别与个数
配材At	AtPick	(固有)：—
	AtPlace	(固有)：配材目的地的 <u>基准对象</u> ，坐标值 (x, y, z)， <u>欧拉角</u> ( $\theta, \varphi, \psi$ )
定位焊Ft	Ft	(固有)：—
主焊接Wt	Wt	(固有)：—
背烤Dt	Dt	(固有)：—

[0251] 图21是示出利用了脑的模拟的状况的图，图21的(a)是配材任务，图21的(b)是焊接任务。

[0252] 在配材任务中，自动决定配材场所的限制与配置位置。

[0253] 在焊接任务中，获取焊接线的位置等评价参数，实施评价价值计算。另外，在评价价值计算中，进行在焊接操作者附近不实施其他作业等对焊接区域的考虑。

[0254] 在图20中的模拟执行信息读取步骤S4-1之后，执行调度信息2中记载的自定义任务5中的、相对于全部行动主体存在于最前列的任务，将时间设为加1秒。(任务执行步骤S4-2)。事先将自定义任务5预先定义为方法(method)，根据状况基于规则信息4等变更所分配的自定义任务5。

[0255] 在时间发展系统模拟中，依次计算各时间的完成部件或构成部件的位置、设备及操作员的位置与占有状况、组装流程与任务的进展状况。由此，能够精度良好地进行时间发展系统模拟。

[0256] 接着，判定自定义任务5是否结束(任务结束判定步骤S4-3)。

[0257] 在任务结束判定步骤S4-3中，在判定为自定义任务5未结束的情况下，返回任务执行步骤S4-2，执行自定义任务5。

[0258] 另一方面，在任务结束判定步骤S4-3中，在判定为自定义任务5已结束的情况下，将结束的自定义任务5从调度的最前列删除，判定分配的自定义任务5是否全部结束(模拟结束判定步骤S4-4)。

[0259] 在模拟结束判定步骤S4-4中判定为分配的自定义任务5并未全部结束的情况下，返回任务执行步骤S4-2，执行自定义任务5。

[0260] 另一方面，在模拟结束判定步骤S4-4中判定为分配的自定义任务5已全部结束的情况下，结束模拟。如此，重复执行模拟直到所有预定的自定义任务5消失为止。

[0261] 此外，如图1所示，在模拟步骤S4中，从信息提供单元50提供用于供用户进行判断的时间发展系统模拟的中途结果(中途结果提供步骤S4-5)。例如每当任务执行步骤S4-2结束时将模拟的中途结果提供给用户。用户基于所提供的中途结果，对是原样继续进行模拟

还是变更自定义任务5等而进行下一模拟等进行判断。由此,用户基于中途结果进行判断,容易进行符合用户意图的模拟。

[0262] 例如在用户按下模拟器的执行按钮时能够任意地选择导通(ON)/断开(OFF),在选择了断开的情况下不执行中途结果提供步骤S4-5中的来自信息提供单元50的中途结果的提供。另一方面,在选择了导通的情况下,例如监视器成为阅览模式,模拟的状况以动画方式放送而提供,用户能够按下暂时停止按钮、或者按下播放按钮而依次确认。用户在按下暂时停止按钮时,能够观察已经结束的自定义任务5、实施中的自定义任务5及未实施的预定的自定义任务5,例如能够变更预定的自定义任务5的顺序,或者变更及指定在该自定义任务5中使用的器具。在变更后,若按下播放按钮,则重新开始模拟,使模拟在变更的情景下进展。

[0263] 此外,在模拟步骤S4的时间发展系统模拟中,虚拟的操作员利用预先获取的规则信息4与任务,自主地推进虚拟作业。具体而言,利用规则信息4与作为任务的将基本任务6组合而构成的自定义任务5推进虚拟作业。

[0264] 如上所述,规则信息4例如是指能够使用的焊接机的种类等。通过利用规则信息4与任务,模拟中的虚拟的操作员容易准确地推进虚拟作业。

[0265] 在本实施方式中,在中途结果提供步骤S4-5的从信息提供单元50提供中途结果之后,从用户处接受施加了变更的变更条件,基于变更条件执行时间发展系统模拟。由此,能够以反映了用户的意向的变更条件为基础精度良好地进行模拟。

[0266] 图22是示出模拟步骤的伪代码的图。

[0267] 构成自定义任务5的基本任务6表示能够通用地使用的微小作业。

[0268] 基本任务6是能够在时间发展系统模拟上执行的函数,在执行时间发展系统模拟之前预先作为函数构建。基本任务6是被赋予自变量、使与该自变量关联的模拟的对象移动或被占有这样的模拟所需的基本的函数。此外,基本任务6是考虑了3维限制的函数。

[0269] 构建自定义任务5作为基本任务6的组合。通过使任务包括将作为能够在时间发展系统模拟中执行的函数的基本任务6进行组合而构建的自定义任务5,能够利用按作业的种类而将微小作业组合而得的自定义任务5,提高模拟的精度。

[0270] 在下表11中示出基本任务6的具体例。另外,基本任务6除了表11所列举的任务以外,还存在大量其他任务。

[0271] [表11]

基本任务名	自变量	内容
move	主体名, 移动目的地	使主体者向移动目的地移动的函数 自动计算路径
weld	主体名, 焊接线, 焊接机	使主体者与焊接机一起移动至焊接线的开头, 以焊接速度移动并更新产品的函数
CraneMove	主体名, 移动目的地	使主体者(起重机等机器)向移动目的地移动的函数 自动计算路径, 考虑与其他起重机的干扰

[0272] 图23是示出作为基本任务的例子的移动任务(move)的图。移动任务的定义如下。

[0274] • 具有动作的主体名与目的地的坐标值作为自变量。

[0275] • 在模拟上,成为使主体者以特定的速度移动的函数。

[0276] • 考虑3维地形而自动计算最短路径。

[0277] • 在路径的中途存在人孔或纵骨等障碍物,需要穿过或跨过该障碍物而越过的情

况下,与之相应地使速度减速。

[0278] 图24是示出作为基本任务的例子的焊接任务(weld)的图。焊接任务的定义如下。

- [0279] • 将主体名、对象焊接线名及利用的焊接机名设为自变量。
- [0280] • 在模拟上,成为以特定的焊接速度在焊接线附近移动的函数。
- [0281] • 对焊接机再现电源电缆、焊炬及胶管,电缆和胶管与其他物体相干扰。
- [0282] • 在焊接线处于向上的情况与处于向下的情况下变更焊接速度。

[0283] 图25是示出作为基本任务的例子的起重机移动任务(Crane Move)的图。起重机移动任务的定义如下。

- [0284] • 将主体名与目的地的坐标值设为自变量。
- [0285] • 在模拟上,成为以特定的移动速度移动至目的地的函数。
- [0286] • 本基本任务6的主体者为机器(起重机)。对于机器,采取从外部下达任务而执行这样的方式。
- [0287] • 进行与其他起重机的干扰判定,将能够移动的区域作为限制而进行考虑。

[0288] 在此,对在任务执行步骤S4-2之前事先预先定义为方法的自定义任务5进行详细说明。自定义任务5如下定义。

[0289] • 自定义任务5是作为基本任务6的组合而构建的任务,将模式化或习惯化的不间断的一系列的作业的集合作为一个自定义任务5而表现。例如,在自定义任务5为配材任务的情况下为“向物体移动→抓取物体→与物体一起移动→放置物体”。

[0290] • 对自定义任务5赋自变量,基于该自变量预先构建事先决定的顺序的基本任务6,最终构建基本任务6的列表。

[0291] • 针对每个想要再现的任务如配材任务、定位焊任务、焊接任务等构建自定义任务5。

[0292] • 自定义任务5具有共通的自变量与每个任务所固有的自变量作为输入。

[0293] • 在自定义任务5中,存在人成为主体的任务与机器成为主体的任务。例如,配材任务的主体为人(操作员),自动焊接任务的主体为机器(自动焊接机)。

[0294] 将分配给人的自定义任务5的任务类型、函数名及自变量的例子示出在下表12,将分配给机器的自定义任务5的函数名及自变量的例子示出在下表13。

[0295] [表12]

[0296]

任务类型	函数名	自变量
		(共通) : 任务名, 任务类型, 函数名, 对象, 利用设施, 先行任务, 主体名, 请求设施类别与个数
配材At	AtPick	(固有) : —
	AtPlace	(固有) : 配材目的地的基准对象, 坐标值 (x, y, z), 欧拉角 (θ, φ, ψ)
定位焊Ft	Ft	(固有) : —
主焊接Wt	Wt	(固有) : —
背烤Dt	Dt	(固有) : —

[0297] [表13]

函数名	自变量
	(共通) : 任务名, 任务类型, 函数名, 对象, 利用设施, 先行任务, 主体名, 请求设施类别与个数
[0298] CraneRun	(固有) : —
CraneHoist	(固有) : —
AutoWeldRun	(固有) : —

[0299] 图26是示出作为自定义任务的配材任务“去拿取”的例子的图。另外,使用葫芦起重机(hoist crane)。

[0300] 该配材任务的任务类型为“配材At”,函数名为“AtPick”,共通的自变量为“任务名,任务类型,函数名,对象,利用设施,先行任务,主体名,请求设施类别与个数”,无固有的自变量。

[0301] 以下示出构成配材任务“去拿取”的基本任务6的列表的例子。

[0302] 1.move(主体者,设施的场所)

[0303] 2.move(主体者与设施,对象的场所)

[0304] 3.CraneHoist(降)

[0305] 4.Timeout(指定秒数)

[0306] 5.CraneHoist(升)

[0307] 另外,上述3的基本任务6使挂钩下降,上述4的基本任务6待机钩挂时间,上述5的基本任务6使挂钩上升。

[0308] 图27是示出作为自定义任务的配材任务“进行配置”的例子的图。

[0309] 该配材任务的任务类型为“配材At”,函数名为“AtPlace”,共通的自变量为“任务名,任务类型,函数名,对象,利用设施,先行任务,主体名,请求设施类别与个数”,固有的自变量为“配材目的地的基准对象,坐标值(x,y,z),欧拉角( $\theta, \phi, \psi$ )”。

[0310] 以下示出构成配材任务“进行配置”的基本任务6的列表的例子。

[0311] 1.move(主体者,设施与对象,到指定的坐标值)

[0312] 2.CraneHoist(降)

[0313] 3.Timeout(指定秒数)

[0314] 4.CraneHoist(升)

[0315] 另外,上述3的基本任务6是待机卸下物品的时间的任务。

[0316] 图28是示出以基本任务的组合来表现作为自定义任务之一的主焊接任务的例子的图。

[0317] 通过执行作为方法的任務,使变量 $x_f, x_p, s_t$ 发生变化。因此,对各自定义任务5的各任务定义方法,通过作为更加细致的方法的基本任务6的组合来表现该自定义任务5。

[0318] 首先,确认开始条件的基本任务6(Wait\_start)成为进行等待直到满足条件为止这样的方法。

[0319] 确保器具的基本任务6(Wait\_hold)成为如下的基本的方法:如果使用的器具全部未空闲,则进行等待,若空闲,则为了本任务而使其变化为占有的状态。



[0320] 此外,通过起重机使构成部件移动等的表现作为移动任务(move)而表示,以指定的速度变更位置和角度。

[0321] 焊接任务(weld)设为如下的方法:以在产品模型中定义的焊接线信息为基础,以基于到焊接开始点为止的移动与焊接姿势的速度使焊接炬及操作者移动,使构成部件变化为接下来的中间部件。通过这样的基本任务6的组合来表现各种任务,作为方法而事先(任务执行步骤S4-2之前)构建。

[0322] 如此,自定义任务5记载了预先决定的标准的流程。在模拟步骤S4之前预先如目录那样制作自定义任务5。自定义任务5的一例如下。

[0323] 预焊接(自定义任务5):去拿取焊接机+去拿取起重机+吊起部件+对准位置+预固定

[0324] 此时,基于规则信息4(规则1A、规则1B、规则2等)来决定选择哪个器具(焊接机1或者焊接机2等)。此外,关于规则信息4中的规则3,在使用磁式的起重机的情况下,产生使用器具后放置于台车之上这样的新任务。当然,也能够不基于规则信息4而由用户指定所使用的器具。

[0325] 此外,在基本任务6中也针对移动设想了多数情况下难以手动输入全部的任务内的移动路径,因此优选设定为由计算机进行路径搜索并自动判断。在该情况下,具体而言,首先通过网格动态地生成能够移动的区域,将该网格的顶点与线段当作路径,通过A\*算法自动计算路径。

[0326] 图29是示出构成由具有2个入口的壁包围的区域中能够进行移动的网格的例子的图。由于在壁130附近不存在网格,因此生成绕着壁130移动的路径。在安装中,例如利用Unity(注册商标)的NavmeshAgent(导航网格代理)组件。由此,在基本任务6中,通过指定到达目的地的地点或者到达目的地的对象,能够自动计算中途的路径,大幅削减输入的工夫。

[0327] 在此,在下表14中示出在模拟中输入的输入数据(input data)的具体例。此外,去除了关于设施的数据。

[0328] [表14]

No	数据名	简易说明	样本场所 (input_sample)
1	形状数据	一个个部件的形状数据。 在样本中为obj格式。	SUB_F/OriginalData/*.obj
2	焊接线数据	表示焊接线的多段线与焊炬方向上的 线的的数据, 在样本中为txt格式。	SUB_F/WeldingLine/Line*/ weld_0.txt
3	背烧线数据	与焊接线同样, 为背烤所需的线的 数据, 在样本中为txt格式。	SUB_F/HeatingLine/Line*/h eat_0.txt
[0329]	4 产品模型数据	表示部件间的关系性与连接关系的数据。	Product.csv
	5 多段线数据	表示背烤线与制品的关系性的数据。	Polyline.csv
	6 组装树数据	部件的组装层级与该层级中的 基体板的局部坐标系中的位置和 朝向的数据。	Assemblytree.csv
	7 任务树数据	表示直到组装制品为止所需的任务的 一览与参数、其前后关系的数据。 一部分为空栏的项目在模拟内自动决定。	Tasktree.csv

[0330] 图30是示出形状数据的例子的图。

[0331] 在图30所示的样本中,设想名称为SUB\_F的小组。对于所有部件,以每个部件的局部坐标系且以稳定的姿势进行定义。另外,虽然设为实体模型,但也能够设为其他数据形式。

[0332] 图31是示出焊接线数据的例子的图。

[0333] 焊接线数据按每1根焊接线进行定义,焊接线的多段线是完成状态的坐标系中的多段线。在中央的图中,实线是焊接线,虚线是将焊接线向与焊炬接触的反方向划出的线。此外,右侧的图是从侧方观察的图,“○”示出焊接线的位置,“△”示出将焊接线向与焊炬接触的反方向划出的线的位置。

[0334] 另外,如上所述,在本实施方式中,以在焊接线处于向上的情况与处于向下的情况下变更焊接速度的方式进行定义,但也能够预先获取关于实际的焊接速度的数据,并基于该数据来变更焊接速度。

[0335] 图32是示出背烤线数据的例子的图。

[0336] 在此,出于处理应变的目的,设想在小组阶段在骨的背面侧利用气体燃烧器进行烧火。背烤线的多段线是完成状态的坐标系中的多段线。在左侧的图中,实线是背烤线,虚线是将背烤线向气体燃烧器所朝向的反方向划出的线。此外,右侧的图是从侧方观察的图,“○”示出背烤线的位置,“△”示出将焊接线向气体燃烧器所朝向的反方向划出的线的位置。

[0337] 图33是示出产品模型数据的例子的图。

[0338] 列A的标题为“名称”,记载有部件与焊接线的名称。列B的标题为“组名”,记载有所属的组名。列C的标题为“类别”,若为部件则记载为“node”,若为线则记载为“edge”。列D、E

的标题为“node”，记载有是将哪个部件与哪个部件相连的线的信息。列F的标题为“Path”，记载有示出形状数据与焊接线数据的保存场所的路径。列G的标题为“姿势信息”，记载有完成状态下的部件的相对位置与角度。列H的标题为“重量”，记载有部件的重量。

[0339] 图34是示出多段线数据的例子的图。

[0340] 列A的标题为“LineName”，记载有背烤线的名称。列B的标题为“LineType”，记载有线的类型。列C的标题为“ParentProductName”，记载有以哪个制品(父产品)为基准的信息。列D的标题为“Path”，记载有示出背烤线数据的保存场所的路径。

[0341] 图35是示出组装树数据的例子的图。

[0342] 在左侧的图中，列A的标题为“Name”，记载有中间部件的名称。列B的标题为“ComponentName”，记载有构成中间部件的部件的名称。列C的标题为“isBasedProduct”，如果是基板则记载为“base”。列D的标题为“ProductPose”，在为基板的情况下，记载有中间部件的局部坐标系中的基板的位置与角度。

[0343] 此外，右侧的图示出板模型的组装树的例子。

[0344] 图36是示出任务树数据的例子的图。

[0345] 列A的标题为“TaskName”，记载有任务的名称。列B的标题为“TaskType”，记载有任务的种类。列C的标题为“FunctionName”，记载有模拟器内的名称。在列D~G中记载有每个任务所需的自变量。列H的标题为“RequiredFacilityList”，记载有必要设施。

[0346] 作为列B中记载的任务的种类，有At1(配材)、Ft(定位焊)、Wt(主焊接)、Tt(反转)、Dt(背烤)、At2或者At3(制品的移动)等。

[0347] 在记载每个任务所需的自变量的列D~G中，列D的标题为“TaskObject”，记载有对象物。列E的标题为“TaskFacility”，记载有所利用的设施名。列F的标题为“TaskConditions”，记载有先行任务。列G的标题为“TaskParameter”，记载有任务所固有的参数。另外，在列F的任务条件栏中记载有“null”，其在模拟内自动决定。

[0348] 列H的记载表示是否为若没有几个哪一类别的器具则无法进行的作业，例如图中的“Crane 1”表示若没有1台起重机则无法进行的作业。

[0349] 返回图1，在模拟步骤S4之后，建造模拟单元40对时间发展系统模拟的结果进行时间序列数据化而制成建造时间序列信息42(时间序列信息化步骤S5)。时间序列数据是包括作为行动主体的操作员在内的各设施的位置、角度及占有状况等的时间历程数据。这样，通过执行产品模型生成步骤S1、设施模型生成步骤S2、过程模型生成步骤S3、模拟步骤S4、时间序列信息化步骤S5，用户能够以细致的作业级别来模拟船舶的建造，能够基于作为其高精度的模拟结果的建造时间序列信息42来研究工厂的改善、生产设计的改善、接单时的成本预测及设备投资等，因此实现建造成本的降低和工期的缩短。

[0350] 此外，由于即使对于非常细致的作业级别也存在建造时间序列信息42，因此通过对操作者传达信息，使得能够利用平板电脑等便携终端、AR(Augmented Reality:增强现实)技术、MR(Mixed Reality:混合现实)技术或全息显示进行视觉确认，或者能够以使用了VR(Virtual Reality:虚拟现实)的虚拟空间中的实际尺寸大小来确认，由此能够提高作业效率。也能够通过AI聊天机器人等从声音层面进行作业引导。

[0351] 在时间序列信息化步骤S5之后，输出建造时间序列信息42(输出步骤S6)。信息提供单元50将时间发展系统模拟的结果作为建造时间序列信息42提供给用户。用户能够利用

云服务器等在操作者、设计者、管理者等相关人员之间交叉共享所获取的建造时间序列信息42等。另外,用户在观察所获取的建造时间序列信息42而觉得需要对模拟的条件进行修正的情况下,如果是稍作变更,则能够从现场通过云服务器进行对船舶的建造模拟系统的操作。

[0352] 在此,图37是输出处理的详细流程。

[0353] 首先,读取产品模型、设施模型、过程模型、调度信息2、规则信息4及建造时间序列信息42(输出信息读取步骤S6-1)。

[0354] 接着,进行显示所需的计算或生成等,显示建造时间序列信息42(显示步骤S6-2)。建造时间序列信息42优选包含甘特图表、作业分解构成图、作业流程书、工时及动作路线中的至少一个。通过进行这样的可视化,用户能够观察作为模拟的结果的建造时间序列信息42而得到构成部件或设施的变更、难点的分析与解释、工时预测等对建造有益的发现。另外,由于能够在作业分解构成图中根据时间序列信息记载各任务的开始时间和结束时间,因此虽然不够直接,但能够将其作为建造时间序列信息42来处理。此外,工时例如是指将各作业所花费的天数表示为“○○人日”的数据。此外,建造时间序列信息42也能够表现为PERT(Program Evaluation and Review Technique)图。另外,作业分解构成图、作业流程书、工时及动作路线也能够作为时间序列化的信息表现。

[0355] 此外,如图1所示,模型变更指示单元60判断在输出步骤S6中输出的建造时间序列信息42的结果是否超出规定的的时间的范围等期望目标的范围(判断步骤S7),在超出的情况下,进行在可应对的范围内变更设施模型及过程模型中的至少一方的指示。建造模拟单元40使用变更后的设施模型或过程模型,重复执行过程模型生成步骤S3、模拟步骤S4与时间序列信息化步骤S5。

[0356] 由此,能够得到船舶的建造落在规定的的时间内的模拟结果。另外,可应对的范围是指已经存在于工厂中的设施或者能够在数日以内供应的设施的范围。不包括耗费天数的设备的导入、操作员的采用等。此外,例如设定规定的时间等作为期望目标,但不仅限于此,还能够包括作业的均衡化(是否能够分散作业负荷)、确保厂区的安全、有无危险性等。

[0357] 另外,能够利用模拟设计好的船舶的建造的程序而使计算机执行上述的各步骤。

[0358] 在该情况下,程序使计算机接受在产品模型生成步骤S1中生成的产品模型与在设施模型生成步骤S2中生成的设施模型的输入,从而执行:产品模型获取步骤,获取所生成的产品模型;设施模型获取步骤,获取设施模型;过程模型生成步骤S3;模拟步骤S4;时间序列信息化步骤S5,进而使计算机执行输出步骤S6。由此,能够以细致的作业级别来模拟船舶的建造,用户能够基于所输出的作为高精度的模拟结果的建造时间序列信息42来研究工厂的改善、生产设计的改善、接单时的成本预测及设备投资等,因此实现建造成本的降低和工期的缩短。

[0359] 此外,通过使计算机进一步执行判断步骤S7,能够得到船舶的建造落在规定的的时间内的模拟结果。

[0360] 此外,通过使计算机图像显示过程模型生成步骤S3、模拟步骤S4、输出步骤S6中的计算结果及中途经过中的至少一方,用户容易在视觉上确认而理解模拟的结果是经过怎样的过程而进行的,或者容易在视觉上确认而理解模拟的中途经过。

[0361] 此外,通过使计算机进一步执行中途经过提供步骤S4-5,且在模拟步骤S4中接受



由用户执行的输入,容易进行符合用户意图的模拟。

[0362] 接着,对另一实施方式的船舶的建造模拟系统进行说明。另外,对于与上述实施方式相同的功能部件标注相同的附图标记并省略说明。

[0363] 图38是通过功能实现单元表示本实施方式的船舶的建造模拟系统的方框图。

[0364] 本实施方式的船舶的建造模拟系统通过信息通信线路80与位于不同于其设置场所的其他场所的A工厂、B工厂、C工厂及D公司连接。另外,D公司虽然不是工厂,但例如是统一管理工厂的总公司、进行协调以共同建造船舶的公司、专门进行船舶的基本设计的公司或者对生产行为进行认证的公司等。

[0365] 产品模型获取单元10获取基于船舶的基本设计信息1生成的产品模型。具体而言,经由信息通信线路80获取由A工厂、B工厂、C工厂及D公司的任一个设计的基本设计信息1,在作为基本设计信息1的完成部件与构成完成部件的构成部件的结合关系明确的情况下,由人决定建造的任务分派、分担等,生成各工厂的产品模型。在构成部件的结合关系不明确的情况下,基于基本设计信息1,使用建造模拟系统自身或结合关系明确化单元来明确结合关系,从而决定建造的任务分派、分担等,生成各工厂的产品模型。产品模型获取单元10获取这样生成的产品模型。

[0366] 设施模型获取单元20获取基于A工厂、B工厂及C工厂各自的设备信息21与操作员信息22而生成的每个工厂的设施模型。具体而言,基于经由信息通信线路80而从A工厂、B工厂及C工厂分别获取的设备信息21与操作员信息22,由人使用辅助单元进行抽象化,生成作为能够通过模拟处理的体系化的数据组的设施模型。设施模型获取单元20获取这样生成的设施模型。

[0367] 此外,过程模型生成单元30基于所获取的产品模型与设施模型生成每个工厂的过程模型,建造模拟单元40对于产品模型进行每个工厂的时间发展系统模拟。

[0368] 由此,根据一个产品模型来生成每个工厂的过程模型,进行使用了每个工厂的设施模型的模拟,因此能够对各工厂中的制造成本、工期进行比较,实现建造成本的进一步降低、工期的进一步缩短。此外,例如,在共同接单来建造单艘或者多艘船舶的情况下,还能够研究多个工厂共同建造船舶时的接单时的成本预测、设备投资等。例如,还能够通过在由各工厂分担工作而每年能够接单几艘船舶等这样的接单机会的研究、将哪个分块以何种程度分配给各工厂最有效且有益的研究中使用模拟结果。此外,在某个公司想要将某个分块外包的情况下,还能够使用外包候选对象的公司的设施模型进行模拟,基于其结果研究成本、工期等。

[0369] 另外,多个工厂既可以是由相同的公司全部持有的工厂,也可以是由不同的公司分别持有的工厂。此外,还能够使船舶的建造模拟系统具有从远程监控并管理多个工厂的功能。

[0370] 此外,建造模拟单元40中的每个工厂的时间发展系统模拟的结果以能够进行比较的状态从信息提供单元50提供给用户。

[0371] 由此,用户能够迅速且准确地对各工厂中的制造成本和工期等进行比较。

[0372] 此外,产品模型获取单元10经由信息通信线路80从各工厂的CAD系统中的任一个或多个CAD系统获取船舶的基本设计信息1。此外,信息提供单元50经由信息通信线路80向各工厂和D公司提供建造时间序列信息42。另外,信息提供单元50不仅能够提供建造时间序

列信息42,还能够一并提供时间发展系统模拟中使用的的基本设计信息1、设施信息等一应信息。

[0373] 由此,即使船舶的建造模拟系统处于远程位置,也能够经由信息通信线路80迅速地进行基本设计信息1的获取、建造时间序列信息42的提供。

[0374] 此外,由于从CAD系统获取船舶的基本设计信息1,因此能够容易且有效地将由CAD系统生成的船舶的基本设计信息1用于产品模型的生成等。另外,虽然CAD系统设置于A工厂、B工厂及C工厂,但也能够以一个工厂为代表进行设计,还能够由多个工厂分担而设计。此外,也可以仅在代表的工厂中配置CAD系统。

[0375] 此外,设施模型获取单元20能够获取作为工厂的改善信息的设备信息21与操作员信息22中的至少一方。由此,建造模拟单元40进行基于工厂的改善信息的时间发展系统模拟,信息提供单元50提供基于改善信息的建造时间序列信息42。

[0376] 工厂的改善信息例如是起重机的更新或能力提高、或者操作者的增员等。通过获取并使用工厂的改善信息,能够进行在变更并改善工厂的设备、操作员的情况下的模拟。

[0377] 接着,对又一实施方式的船舶的建造模拟系统进行说明。另外,对于与上述实施方式相同的功能部件标注相同的附图标记并省略说明。

[0378] 图39是通过功能实现单元表示本实施方式的船舶的建造模拟系统的方框图。

[0379] 本实施方式的船舶的建造模拟系统还具备与船舶的建造相关的共通数据库90。共通数据库90具有基本设计信息数据库、设备信息数据库、操作员信息数据库、规则信息数据库及时间序列信息数据库。

[0380] 产品模型获取单元10从共通数据库90获取基本设计信息1。此外,设施模型获取单元20从共通数据库90获取基于设备信息21与操作员信息22生成的关于与船舶的建造相关的设备和操作员的设施模型。此外,过程模型生成单元30从共通数据库90获取与过程模型相关联的过程模型关联信息。此外,建造模拟单元40从共通数据库90获取规则信息4。这样,通过从共通数据库90获取各种信息,与针对每个信息的种类设置不同的数据库的情况相比,信息的获取变得容易,能够进行信息的共同利用,且能够使数据库的管理一体化。

[0381] 此外,信息提供单元50将时间序列信息提供至共通数据库90。由此,能够将新的时间序列信息储存在共通数据库90中,例如能够作为之后的模拟时的既往船信息来利用或用于规则信息4的机器学习等。

[0382] 此外,共通数据库90还具有既往船数据库70。通过使提供既往船的过程数据作为过程模型关联信息的既往船数据库70也包含在共通数据库90中,能够获取一类船舶的过程模型关联信息,实现模拟的省略、容易化等。

[0383] 另外,共通数据库90既可以是物理方式汇总而得的数据库,也可以是经由通信线路而联合的分散型的数据库。此外,作为数据库化方面的基本条件,优选所储存的数据是例如基于具有共通的称呼或编号等的标准化的数据结构的数据。

[0384] 接着,对再一实施方式的船舶的建造模拟系统进行说明。另外,对于与上述实施方式相同的功能部件标注相同的附图标记并省略说明。

[0385] 图40是通过功能实现单元表示本实施方式的船舶的建造模拟系统的方框图。

[0386] 本实施方式的船舶的建造模拟系统还具备成本计算单元100、部件供应计划单元110与生产计划系统协作单元120。

[0387] 成本计算单元100基于建造时间序列信息42计算与船舶的建造相关的成本。由此，能够简便地得到基于建造时间序列信息42计算出的与船舶的建造相关的成本。此外，通过基于建造时间序列信息42进行计算，能够比以往更细致地计算出夹具的材料费、电费、焊丝的消耗量等。

[0388] 部件供应计划单元110基于建造时间序列信息42生成船舶的建造所需的采购部件的采购计划。由此，能够简便地得到基于建造时间序列信息42而生成的采购部件的采购计划。

[0389] 生产计划系统协作单元120基于建造时间序列信息42，和制定与船舶的建造相关的生产计划的生产计划系统140相联合。由此，能够将建造时间序列信息42顺畅地与船舶的建造整体的生产计划的制定相联系。另外，生产计划系统140能够利用现有的生产计划系统，也能够设为以与本建造模拟系统相联合的方式开发的生产计划系统。

[0390] 实施例

[0391] 对将造船工厂模型作为输入数据的实施例进行说明。在下表15中示出在模拟时设定的操作员的移动速度、起重机的移动速度及焊接作业的每单位长度的速度的设定值。另外，在此统一设定这些值，但也能够针对每个任务(例如，根据焊接姿势)进行定义。

[0392] [表15]

属性名	设定值
操作员的移动速度	1.0m/s (利用起重机时, 配合起重机速度)
起重机的移动速度	0.5m/s
预焊接作业的 每单位长度的速度	0.2m/s
主焊接作业的 每单位长度的速度	0.02m/s

[0394] 预焊接原本应该如点焊那样以断断续续的焊接线表现，但在本实施例中，为了简单而并用在主焊接中利用的焊接线路径(多段线)，通过改变每单位长度的焊接速度来表现作业的差异。此外，在本实施例中设定的组装情景中的焊接作业仅为横角焊而不产生仰焊。

[0395] 3DCAD模型的文件采用了能够向Unity(注册商标)导入的通用的中间文件格式即OBJ格式(Wavefront Technologies公司)。

[0396] (案例1)

[0397] 图41是案例1的组装情景中的模拟的计算结果的甘特图表。纵轴的名称表示各设施与产品(完成部件、中间部件、构成部件)，横轴示出时间(s)。竖线的水平柱表示配材任务所占有的时间，横线的水平柱表示预焊接任务所占有的时间，斜线的水平柱表示主焊接任务所占有的时间。

[0398] 在案例1的情景中，对于5片板模型，由1名铁工职务与1名焊接职务共计2名操作员进行组装作业。确定的各操作员的调度如表7所示。表7的第2行的操作员1为铁工职务，第2行的操作员2为焊接职务。各操作员按照表7所记载的顺序实施任务。

[0399] 根据基于该情景由船舶的建造模拟系统计算出的甘特图表即图41可知，由纵线的

水平柱所示的各板P1~P5的配材所花费的时间约为370秒。该时间相当于略少于整体的约4分之1。该配材所花费的时间是无法由以往的根据焊接长度进行计算的方法直接计算的时间,相当于附属作业。此外,只要配材与预焊接任务不结束操作员2就无法开始作业,因此等待480秒左右。之后,操作员1需要等待任务直到操作员2完成中间部件U2为止,从1100秒附近开始执行预焊接任务而结束。

[0400] 这样,可通过船舶的建造模拟系统计算出仅通过以往的计算方法无法计算的各任务所需的时间,再现根据任务的进展程度而产生等待时间的状况。

[0401] (案例2)

[0402] 图42是案例2的组装情景中的模拟的计算结果的甘特图表。纵轴的名称表示各设施与产品(完成部件、中间部件、构成部件),横轴示出时间(s)。竖线的水平柱表示配材任务所占有的时间,横线的水平柱表示预焊接任务所占有的时间,斜线的水平柱表示主焊接任务所占有的时间。此外,图43是案例2中的模拟的3维外观图。

[0403] 在案例2中,与案例1同样以5片板模型为对象,设定增员为2名铁工职务(操作员1、3)与2名焊接职务(操作员2、4)共计4名操作员的情景。与之相应地,追加2台焊接机。各操作员的调度如下表16所示。

[0404] [表16]

负责人	负责任务与执行顺序
操作员1	配材0, 配材2, 配材4, 预焊接0, 预焊接1, 配材5, 预焊接3
操作员2	主焊接0, 主焊接3
操作员3	配材3, 配材1, 预焊接2, 配材6, 预焊接4
操作员4	主焊接1, 主焊接2, 主焊接4

[0406] 根据基于该情景由船舶的建造模拟系统计算出的甘特图表即图42可知,各板P1~P5的配材所花费的时间约为400秒,比案例1长。其主要原因在于,由于操作员1与操作员3共同使用1台起重机,因此需要多余的步行时间。关于预焊接的时间,同样由于共同使用1台起重机而比案例1长。中间部件U1与完成部件SUB1的主焊接分别由2名并行地对2根焊接线实施,因此与案例1相比时间缩短。另一方面,关于从开始到结束为止的总工期,虽然人数为案件1的2倍,但总工期并未成为一半,结果为其差仅是通过中间部件U1与完成部件SUB1的主焊接时间的缩短带来的150秒左右。

[0407] 如此,能够对在以往的对效率这样的考量中无法研究的内容进行研究,定量上的差和其根据变得明确。

[0408] 此外,如图43所示,还能够直接确认各模型的3维对象的位置发生了变更的状况。

[0409] 以上,对本发明的优选的实施方式及实施例进行了说明,但本发明并不限于此,理所当然地能够在权利要求书、发明的详细说明及附图的范围内进行各种变形而实施,这些也属于本发明的范围。

[0410] 工业实用性

[0411] 本发明能够精度良好地模拟在制造时的物品的流动与操作员的动作不固定而是

需要根据状况进行细致的作业的判断的船舶的建造,将其结果用于成本预测、生产设计、建造计划的制定及改善、设备投资、生产现场的分析、难点的解释等与建造相关的多种用途中。此外,也能够向同样的类比成立的浮体、海上风力发电设备、水下航行器、海洋结构物等其他制品或者建筑业界等其他产业中发展。在应用于这些的情况下,能够将权利要求中的船舶替换为以其他制品或其他产业为对象的语言来进行阐明。

- [0412] 附图标记说明
- [0413] 1 基本设计信息
- [0414] 2 调度信息
- [0415] 3 工厂布置信息
- [0416] 4 规则信息
- [0417] 5 自定义任务
- [0418] 6 基本任务
- [0419] 10 产品模型获取单元
- [0420] 20 设施模型获取单元
- [0421] 21 设备信息
- [0422] 22 操作员信息
- [0423] 30 过程模型生成单元
- [0424] 40 建造模拟单元
- [0425] 42 建造时间序列信息
- [0426] 50 信息提供单元
- [0427] 60 模型变更指示单元
- [0428] S1 产品模型生成步骤
- [0429] S2 设施模型生成步骤
- [0430] S3 过程模型生成步骤
- [0431] S4 模拟步骤
- [0432] S4-5 中途结果提供步骤
- [0433] S5 时间序列信息化步骤
- [0434] S6 输出步骤
- [0435] S7 判断步骤。

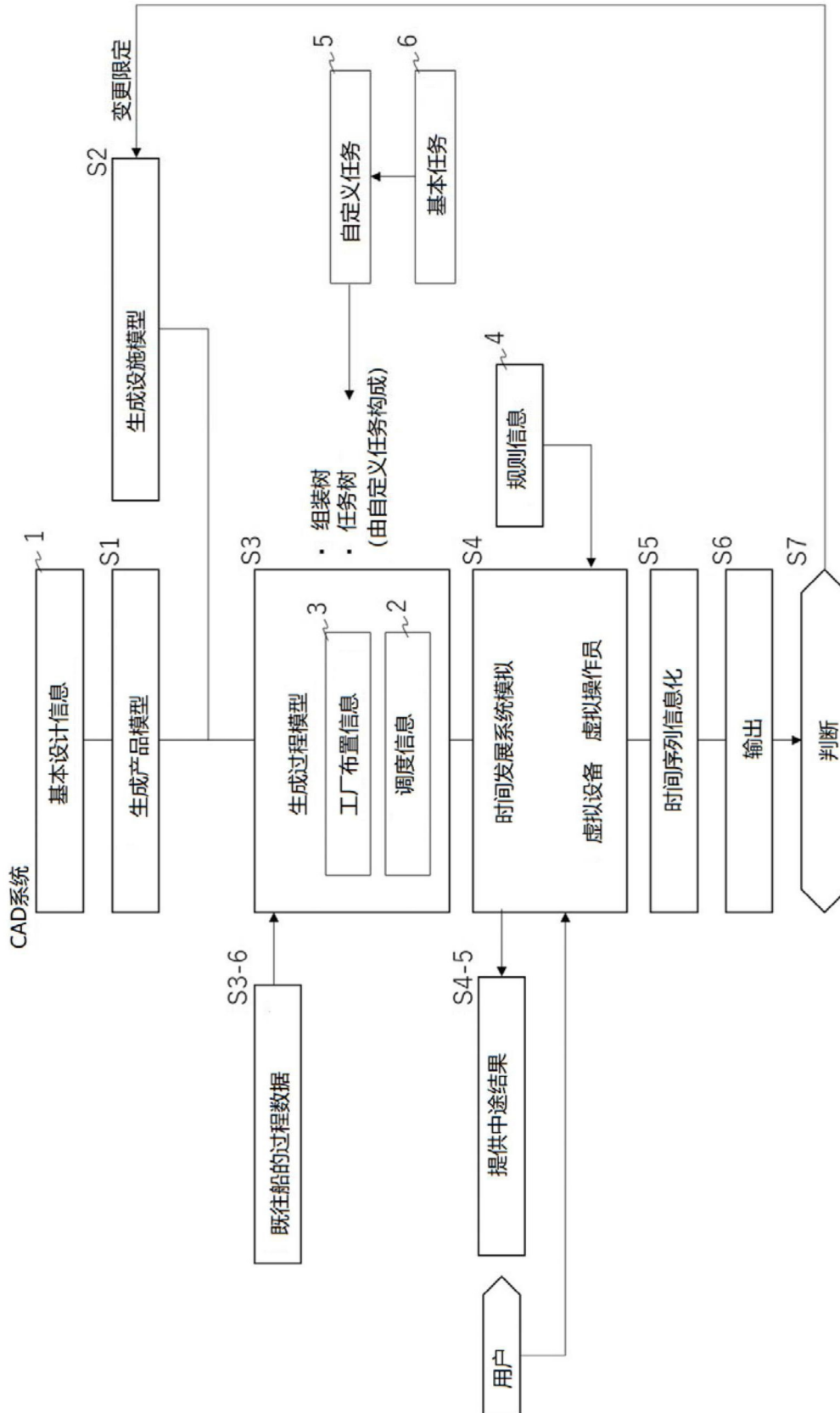


图1



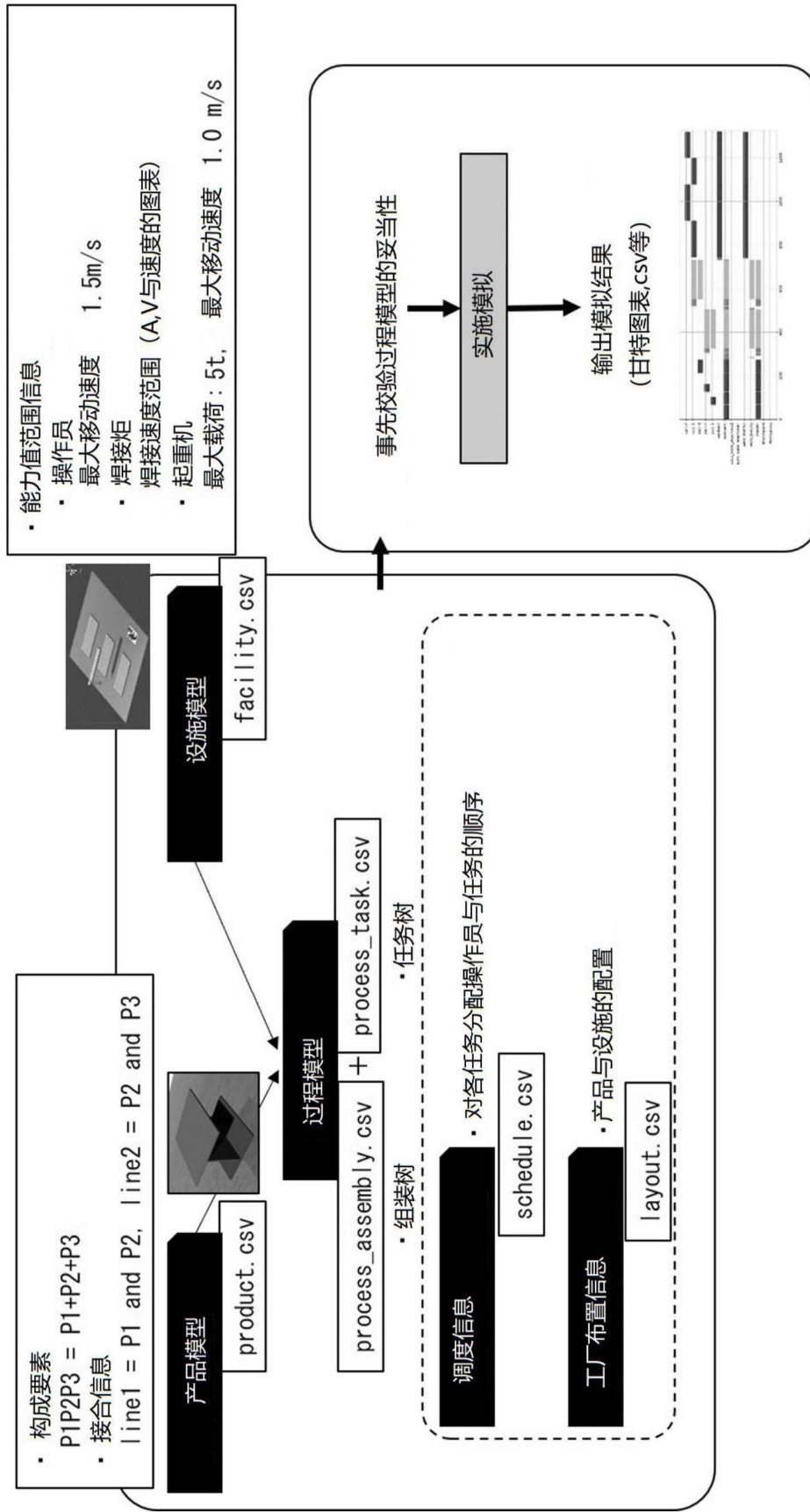


图2

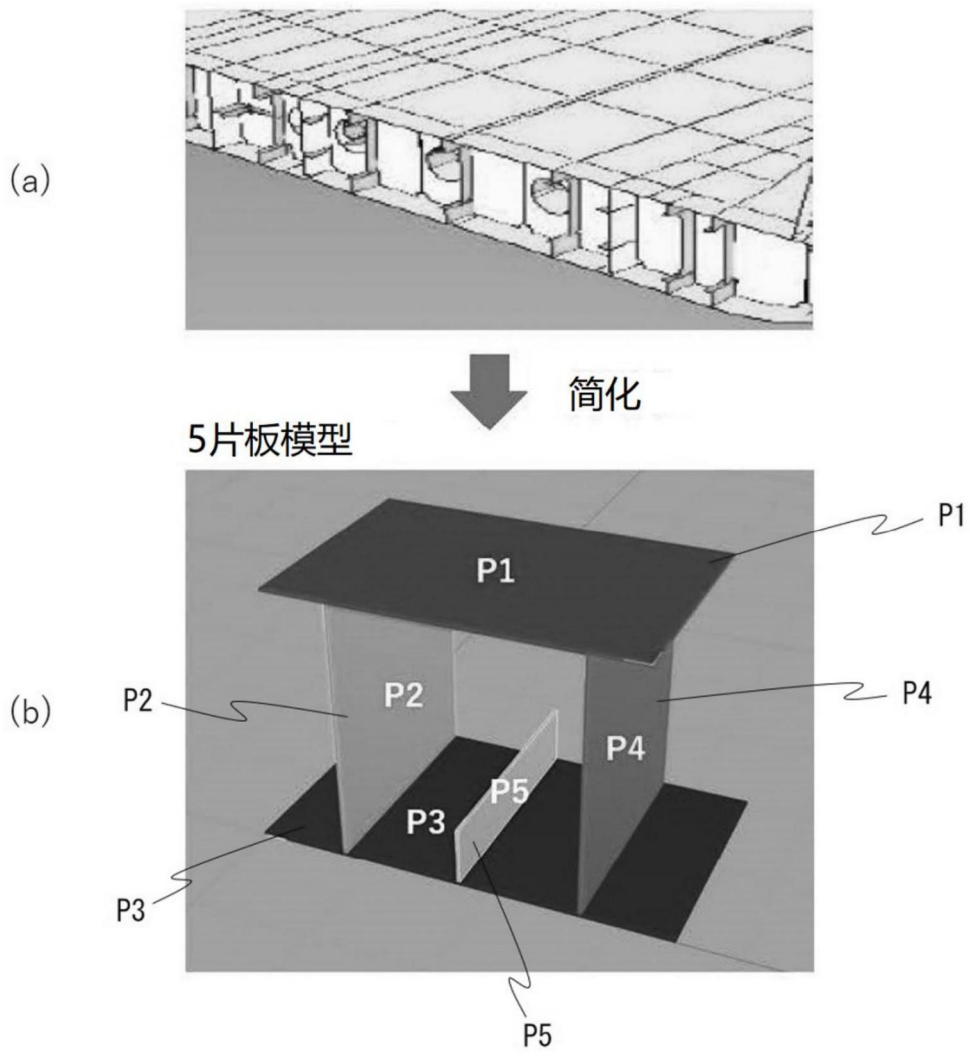


图3



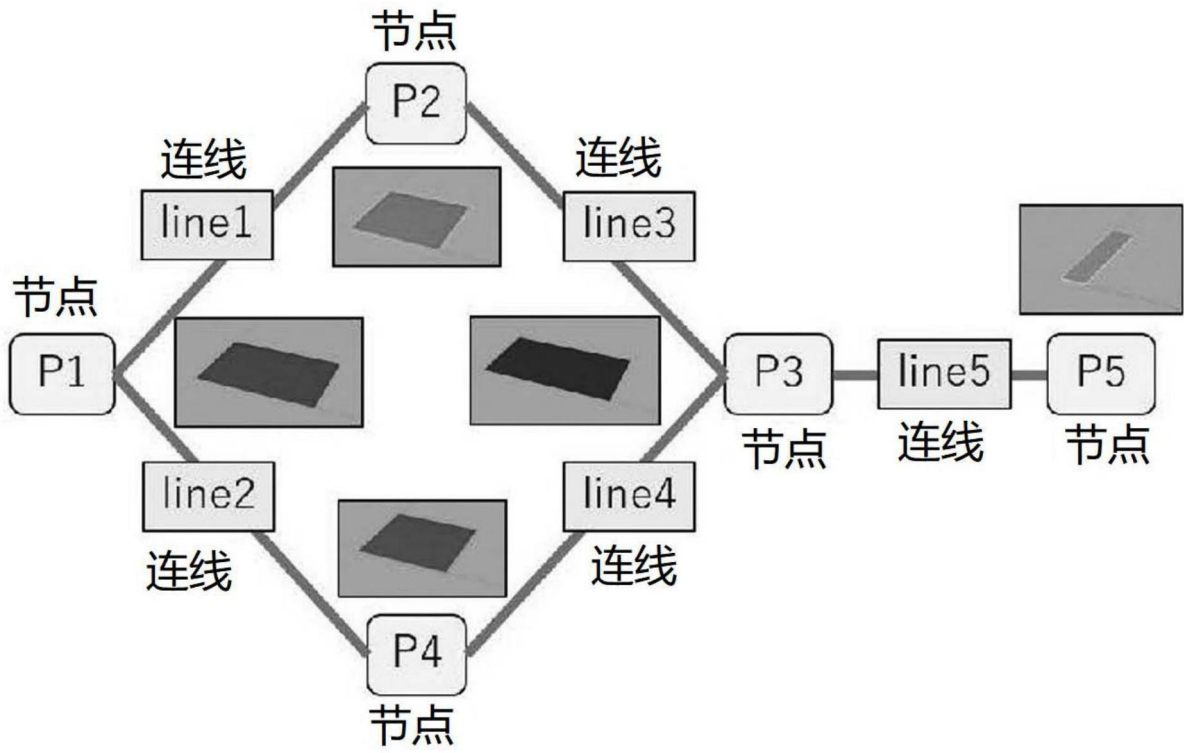


图4

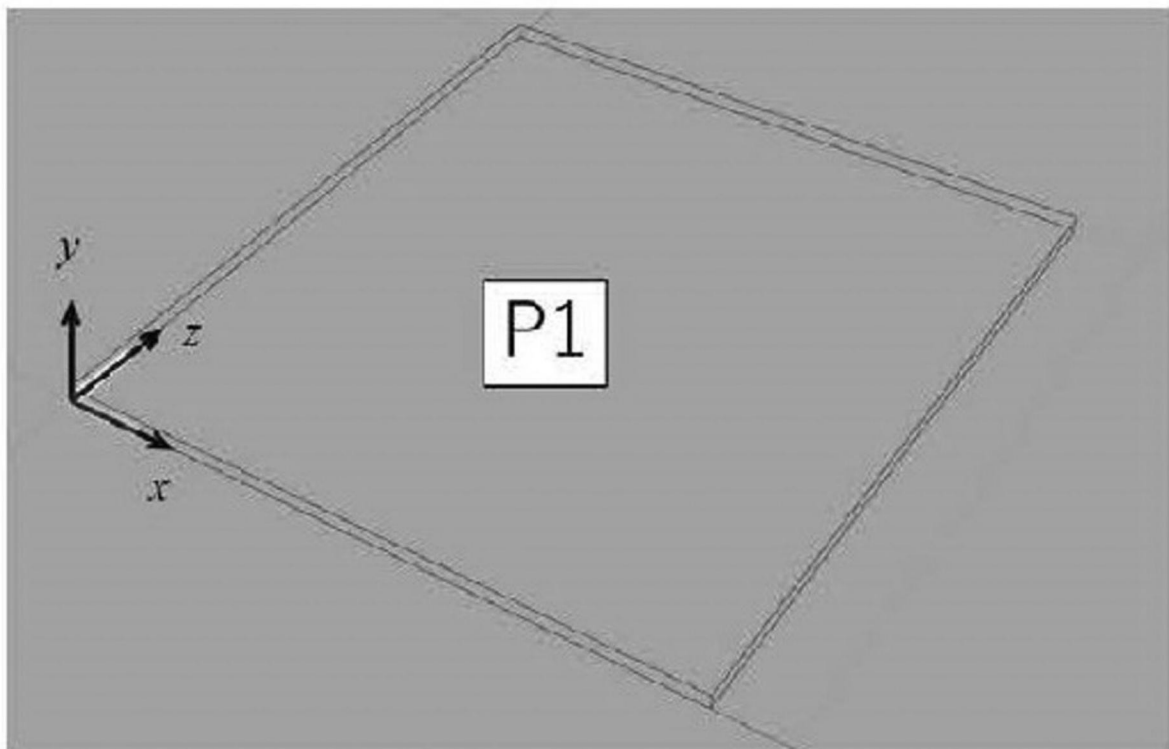


图5

product.csv

ID	name	parent	type	Node1	Node2	data
p1	P1	P1P2P3	Node	-	-	resources/P1.obj: 完成形状中的坐标变换信息 (3点数据, vo, vx, vz) , 重量, ...
p2	P2	P1P2P3	Node	-	-	resources/P2.obj: 完成形状中的坐标变换信息 (3点数据, vo, vx, vz) , 重量, ...
p3	P3	P1P2P3	Node	-	-	resources/P3.obj: 完成形状中的坐标变换信息 (3点数据, vo, vx, vz) , 重量, ...
1	line1	P1P2P3	Edge	P1	P2	resources/line1.txt (接合线数据)
2	line2	P1P2P3	Edge	P2	P3	resources/line2.txt (接合线数据)

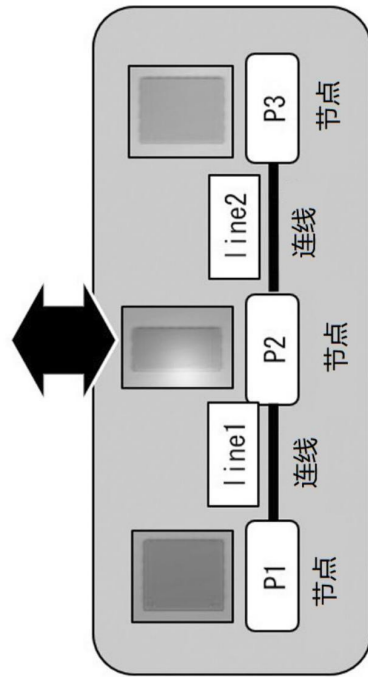
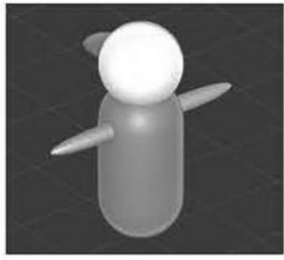
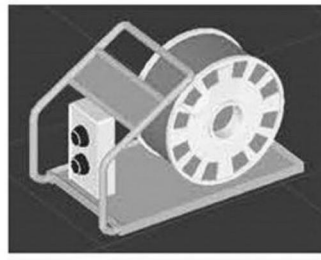


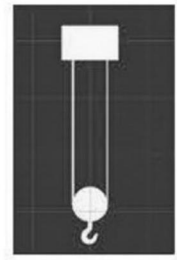
图6



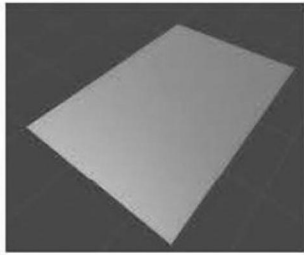
(a)



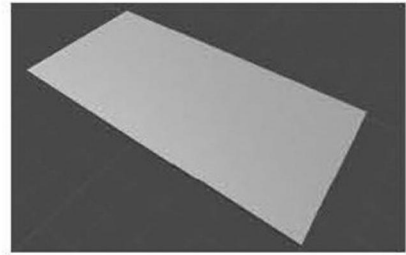
(b)



(c)



(d)



(e)

图7

facility.csv

ID	name	type	model_file_path	ability
f1	操作员1 (铁工)	操作员	Resources/worker.obj	1.5m/s (最大步行速度) (能用手搬起的最大载荷, ...)
f2	操作员2 (焊接)	操作员	Resources/worker.obj	1.5m/s (最大步行速度) (能用手搬起的最大载荷, ...)
f3	起重机1	起重机	Resources/crane_v2.obj	0.5m/s (最大移动速度)
f4	焊接机1	焊接机	Resources/welding_machine.obj	(额定载荷, 额定速度 (横行、行驶、卷起、旋转), 跨度, 起吊高度, ...)
f5	焊接机2	焊接机	Resources/welding_machine.obj	(最大移动速度, 焊接速度范围, (A,V与速度的图表), ...)
f6	地板	地板	Resources/Floor.obj	(最大移动速度, 焊接速度范围, (A,V与速度的图表), ...)
f7	平台1	平台	Resources/Surface_plate1.obj	
f8	平台2	平台	Resources/Surface_plate2.obj	
f9	平台3	平台	Resources/Surface_plate3.obj	
f10	平台4	平台	Resources/Surface_plate4.obj	

图8

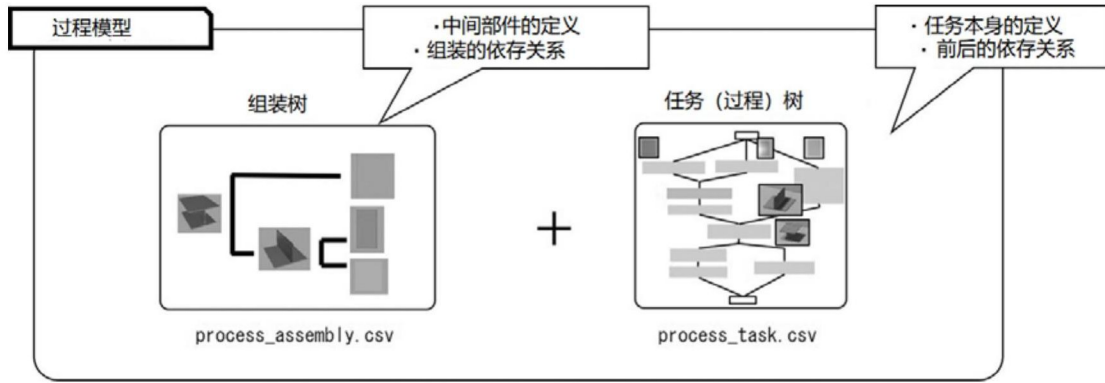


图9

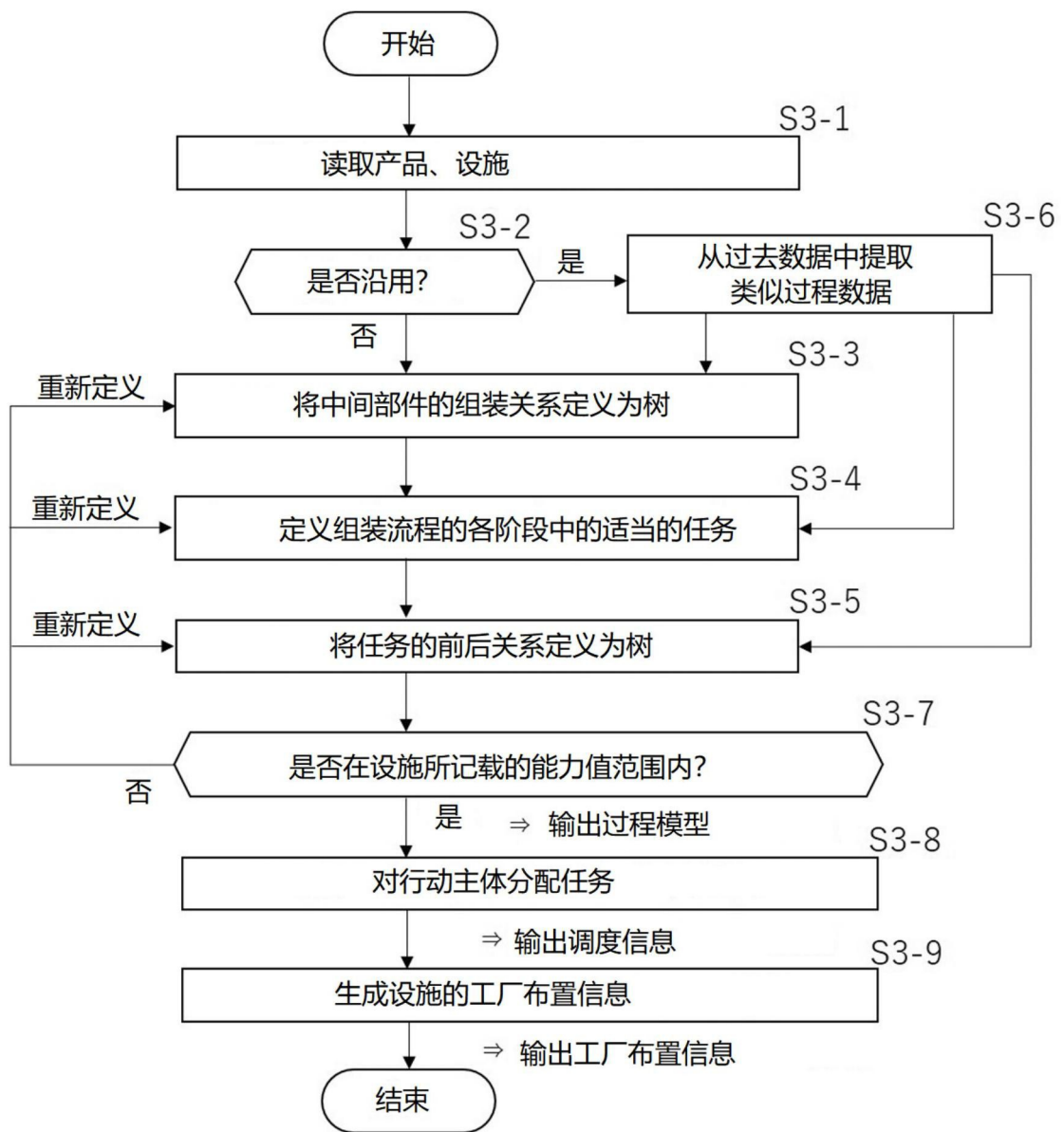
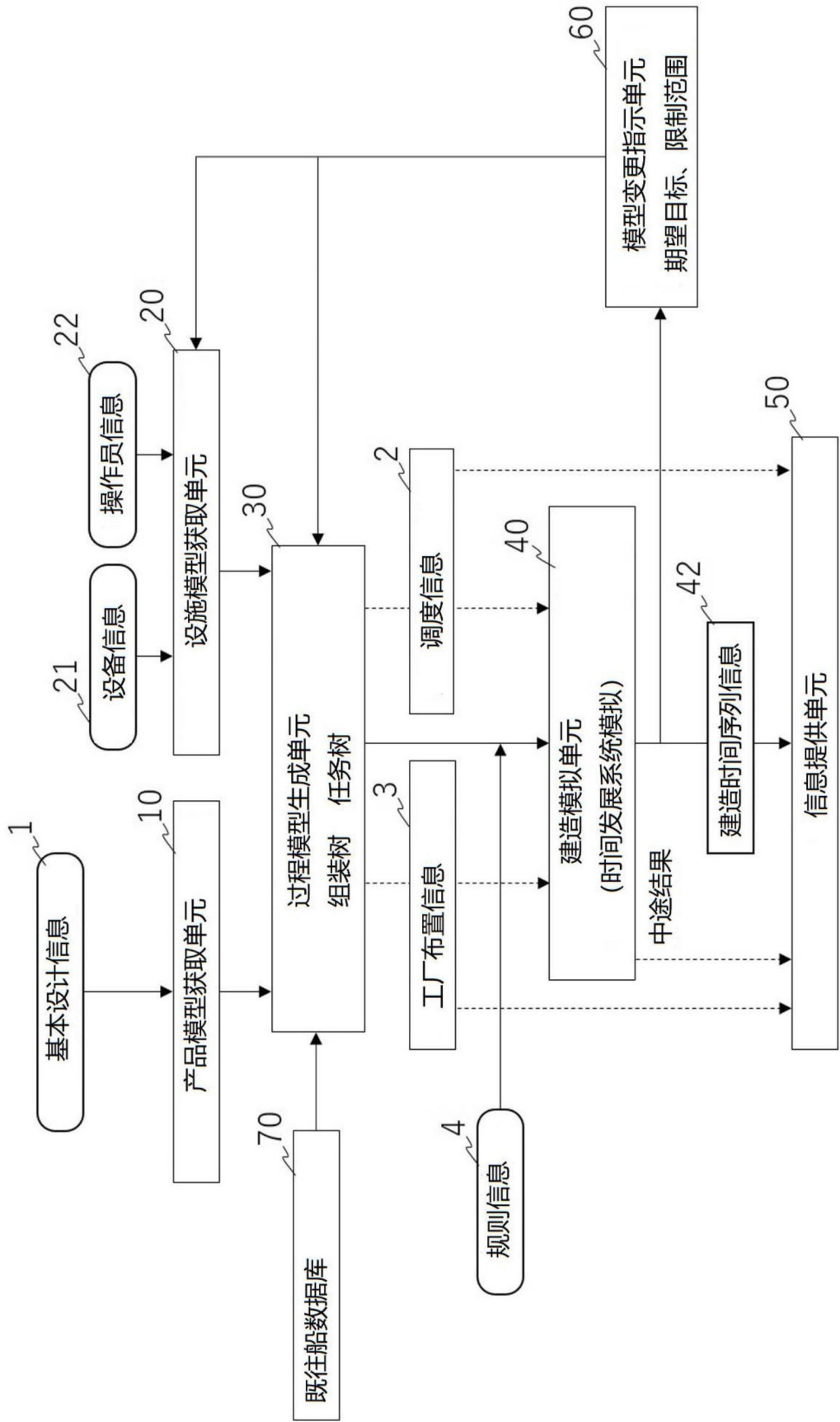


图10



甘特图表、作业分解构成图、作业流程图、工时、动作路线

图11

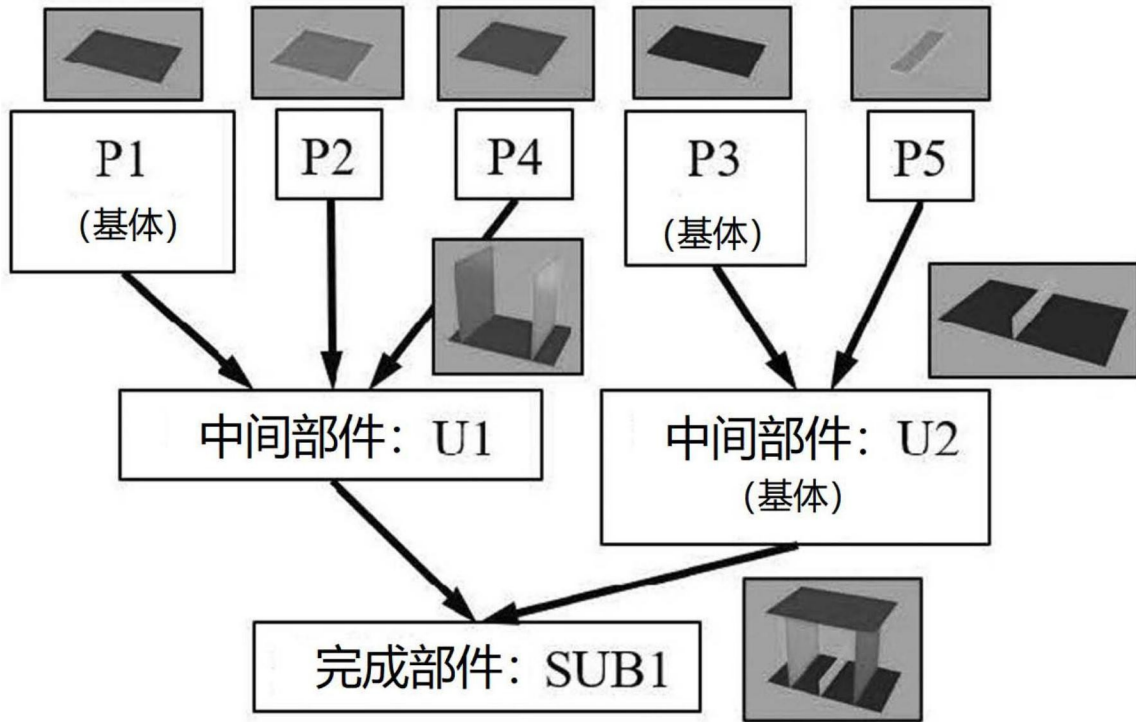


图12

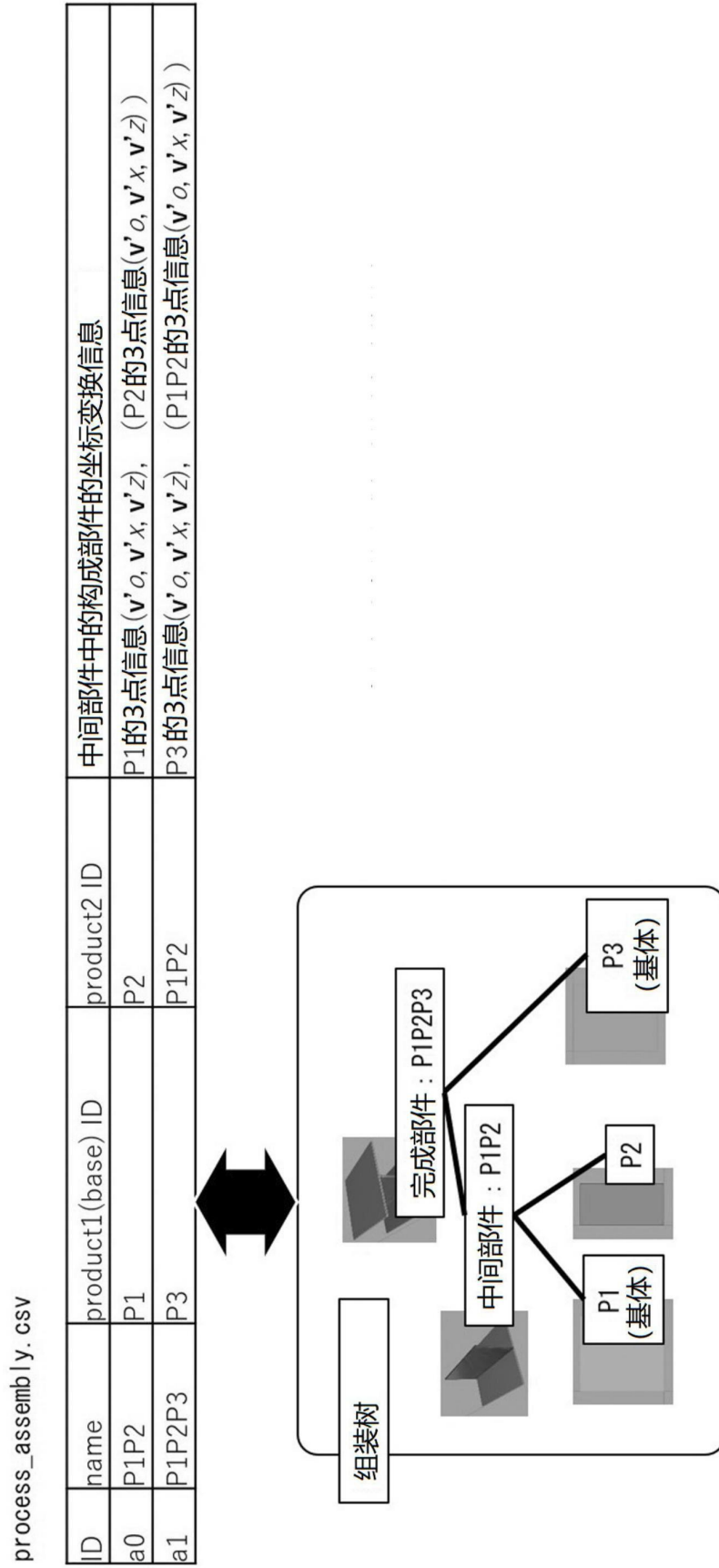


图13



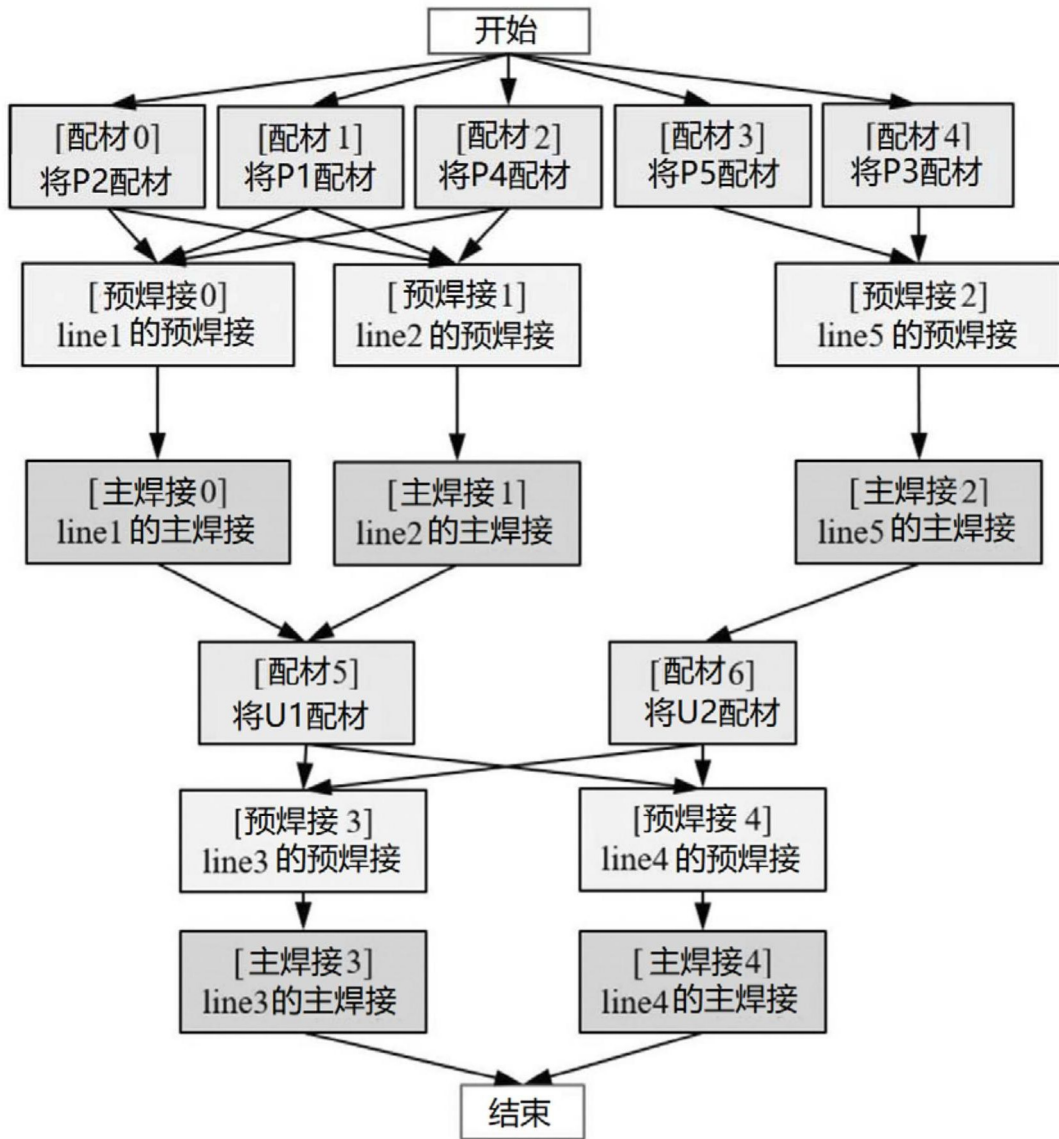


图14

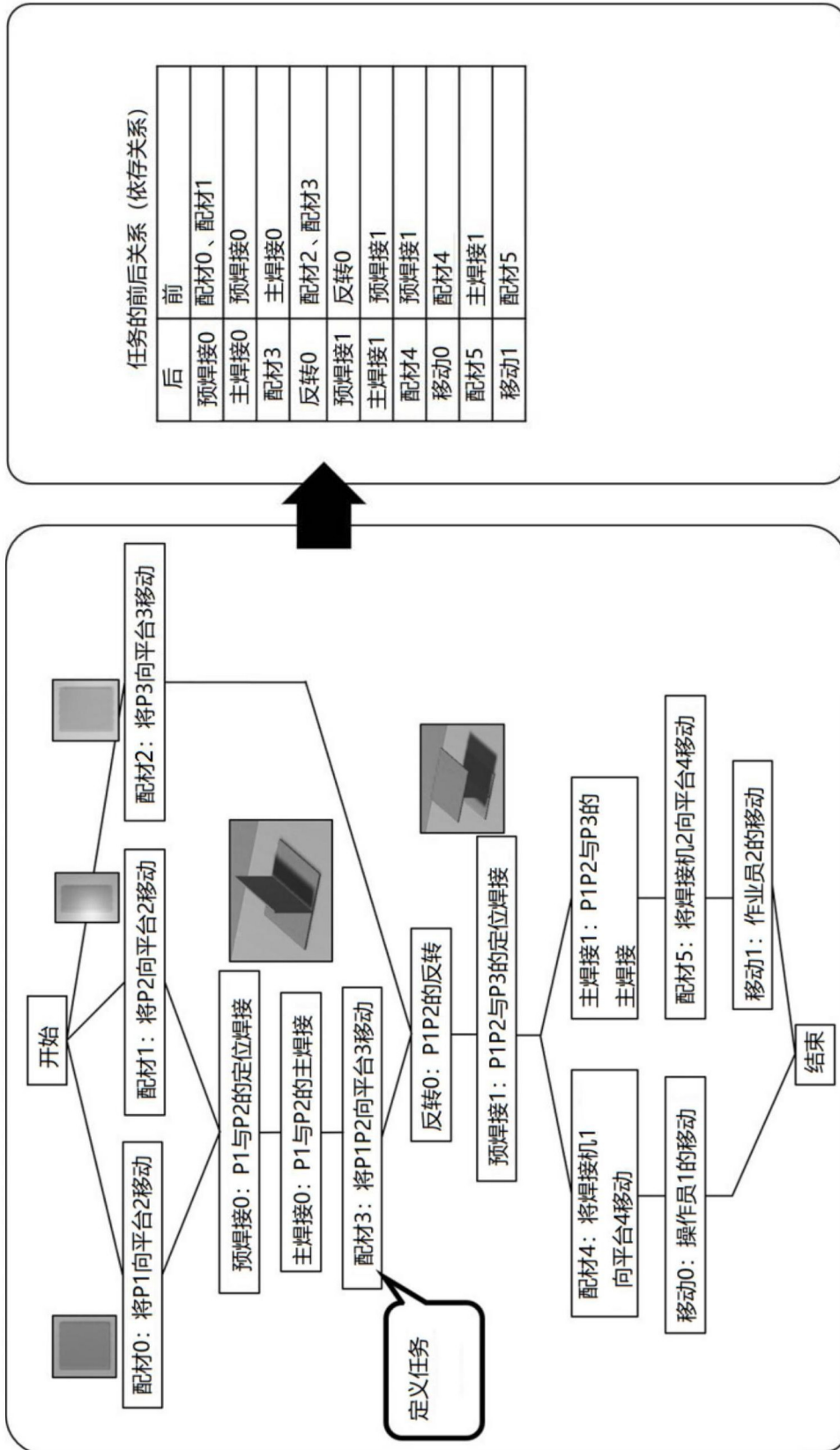


图15

Process\_task.csv

ID	name	task type	product ID	facility ID	conditions ID	task data
t1	配材 0	配材	P1	起重机1		平台2, (8, 0, 4), (0,0,0) (配材目的地基准对象、位置、旋转)
t2	配材 1	配材	P2	起重机1		平台2, (4, 0, 4), (0,0,0) (配材目的地基准对象、位置、旋转)
t3	配材 2	配材	P3	起重机1		平台3, (2, 0, 4), (0,0,0) (配材目的地基准对象、位置、旋转)
t4	配材 3	配材	P1P2	起重机1	主焊接 0	平台3, (8, 0, 4), (0,0,0) (配材目的地基准对象、位置、旋转)
t5	配材 4	配材	-	焊接机 1	预焊接 1	平台4, (8, 0, 4), (0,0,0) (配材目的地基准对象、位置、旋转)
t6	配材 5	配材	-	焊接机 2	主焊接 1	平台4, (8, 0, 4), (0,0,0) (配材目的地基准对象、位置、旋转)
t7	预焊接 0	预焊接	P1P2	焊接机 1; 起重机 1	配材 0; 配材 1	0.2m/s (焊接速度) , Resources/welding_line/fft0/ (焊接信息)
t8	预焊接 1	预焊接	P1P2P3	焊接机 1; 起重机 1	反转 0	0.2m/s (焊接速度) , Resources/welding_line/fft1/ (焊接信息)
t9	主焊接 0	主焊接	P1P2	焊接机 2	预焊接 0	0.02m/s (焊接速度) , Resources/welding_line/hwt0/ (焊接信息)
t10	主焊接 1	主焊接	P1P2P3	焊接机 2	预焊接 1	0.02m/s (焊接速度) , Resources/welding_line/hwt1/ (焊接信息)
t11	反转 0	反转	P1P2	起重机 1	配材 2; 配材 3	坐标变换信息 (基准点 3 点数据)
t12	移动 0	移动	-	操作员 1	配材 4	平台 4, (2, 0, 1), (0,0,0) (移动基准目的地、位置、旋转)
t13	移动 1	移动	-	操作员 2		平台 4, (2, 0, 2), (0,0,0) (移动基准目的地、位置、旋转)

图 16

配材0: 将P1向平台2移动
配材1: 将P2向平台2移动
预焊接0: P1与P2的定位焊接
配材2: 将P3向平台3移动
配材3: 将P1P2向平台3移动
预焊接1: P1P2与P3的定位焊接
反转0: P1P2的反转
配材4: 焊接机1的移动
移动0: 操作员1的移动

(a)

主焊接0: P1与P2的主焊接
主焊接1: P1P2与P3的主焊接
配材5: 焊接机2的移动
移动1: 操作员2的移动

(b)

schedule.csv

name	task	schedule ID								
操作员1	配材0		配材1	预焊接0	配材2	配材3	反转0	预焊接1	配材4	移动0
操作员2	主焊接0		主焊接1	配材5	移动1					

(c)

图17

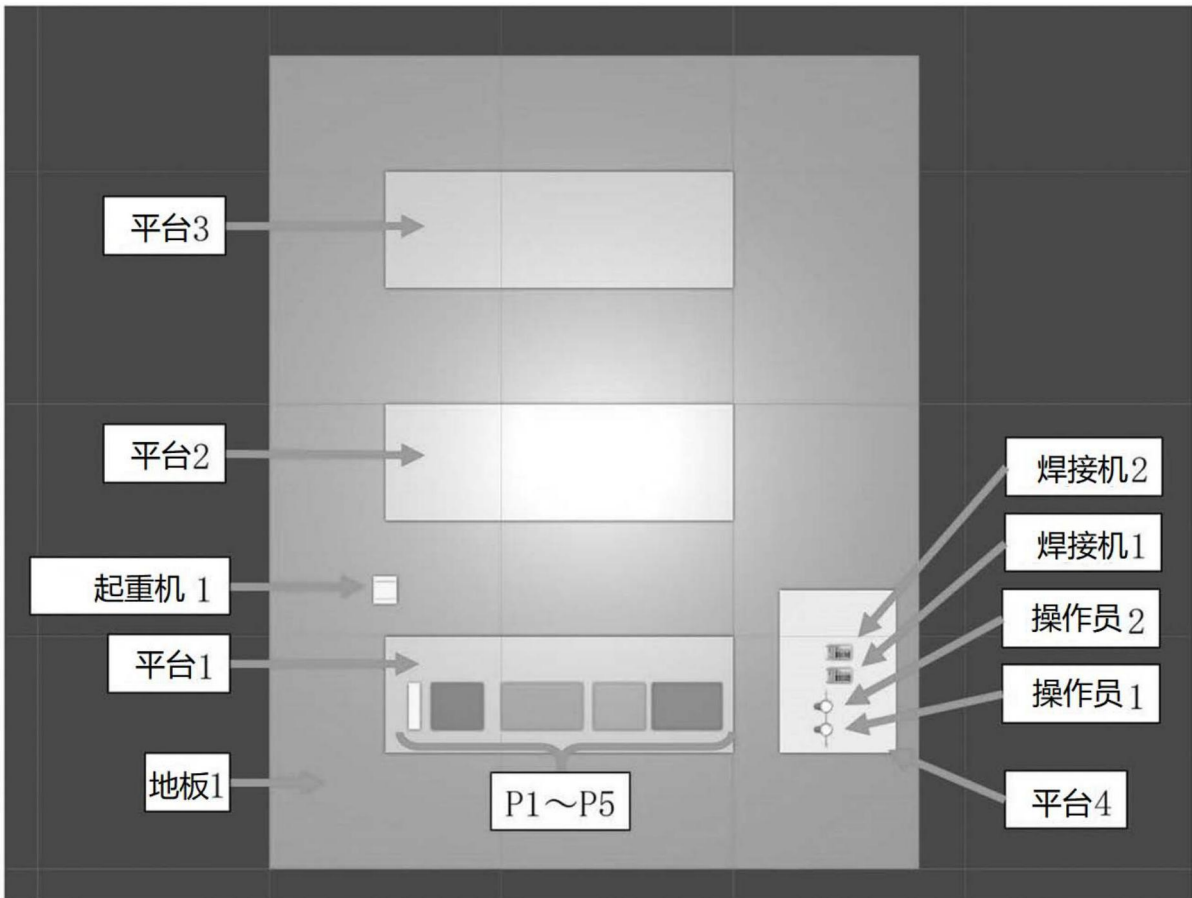


图18

layout.csv

ID	位置与姿势的基准对象ID	位置 X	位置 Y	位置 Z	旋转 X	旋转 Y	旋转 Z	标度 X	标度 Y	标度 Z	其他
地板	-	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
平台 1	地板	5	0.2	5	0	0	0	1	1	1	
平台 2	地板	5	0.2	15	0	0	0	1	1	1	
平台 3	地板	5	0.2	25	0	0	0	1	1	1	
平台 4	地板	20	0.1	5	0	0	0	1	1	1	
起重机 1	地板	5	6	12	0	0	0	1	1	1	起重机主体距端部的距离: 0, 起重机大梁长度: 10
操作员 1	平台 4	2	0	1	0	-90	0	1	1	1	
操作员 2	平台 4	2	0	2	0	-90	0	1	1	1	
焊接机 1	平台 4	2	0	3	0	0	0	1	1	1	
焊接机 2	平台 4	2	0	4	0	0	0	1	1	1	
P1	平台 4	8	0	3	0	0	0	1	1	1	
P2	平台 4	6	0	3	0	0	0	1	1	1	
P3	平台 4	4	0	3	0	0	0	1	1	1	

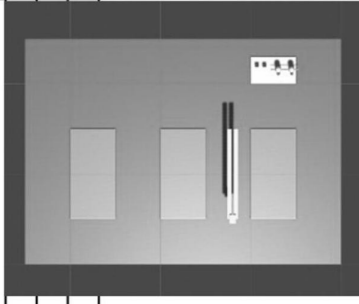


图19

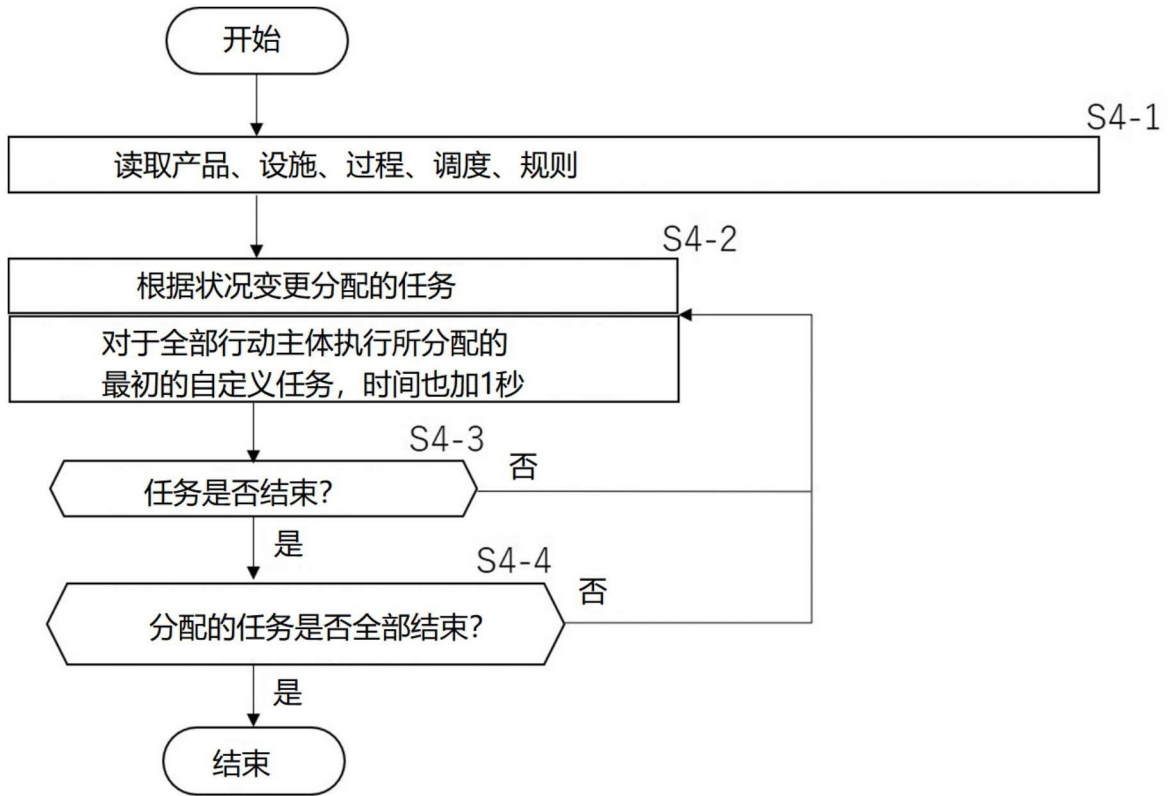


图20



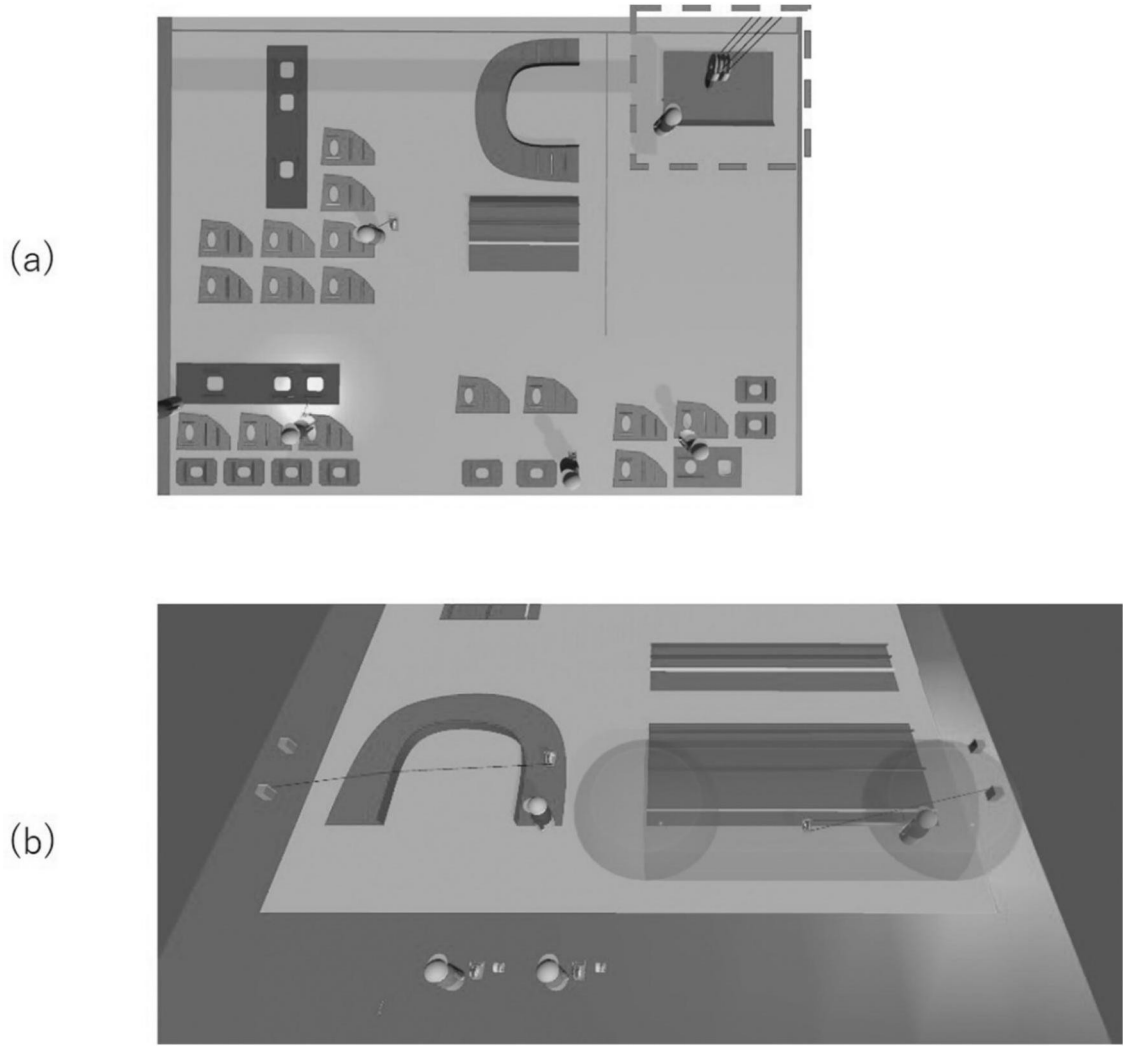


图21

```
global_time = 0
While stop==false:
  For worker in workers:
    if Tasks[worker].Length>0
      isEnd = Tasks[worker][0].Run
      if isEnd=true:
        Tasks[worker][0].Remove
  global_time ++
if all Tasks.Length==0: stop=true
```

图22

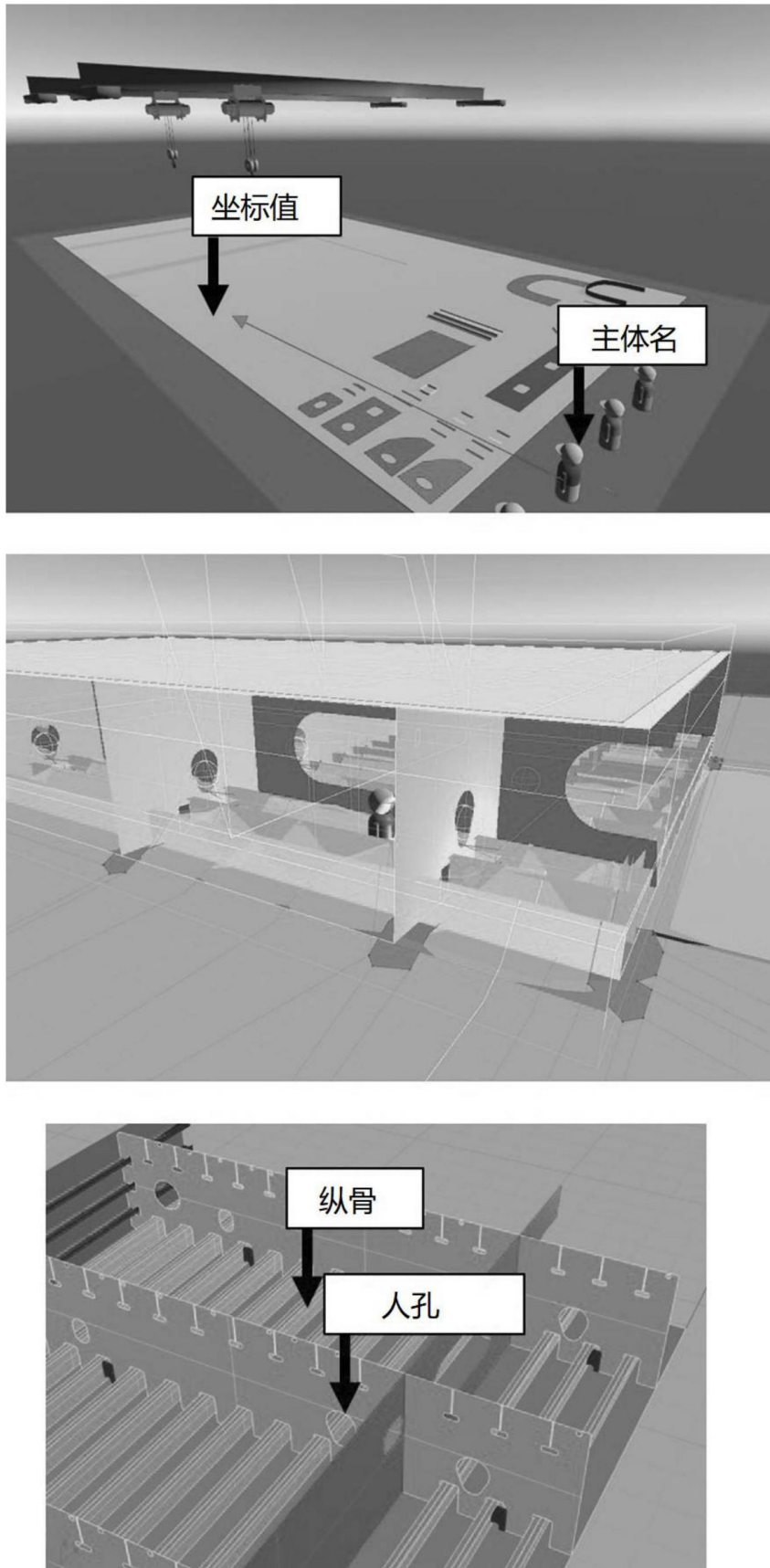


图23

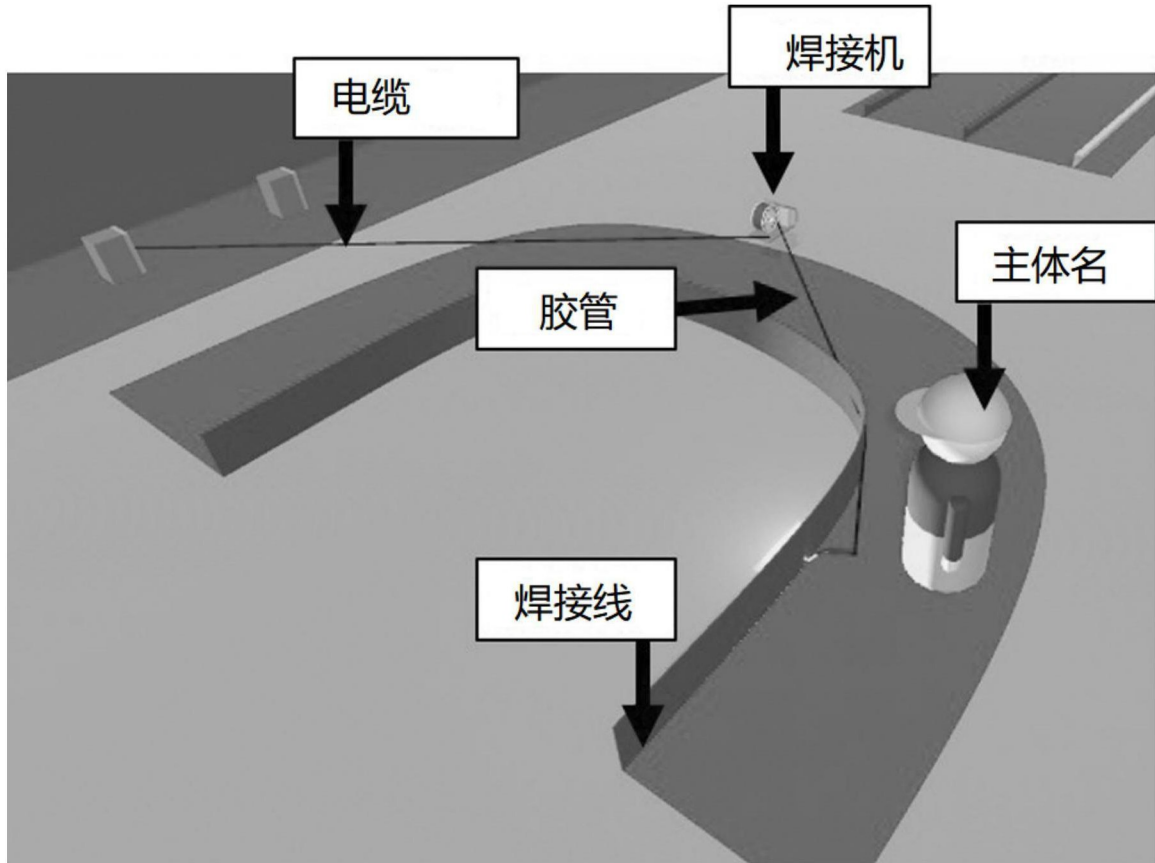


图24

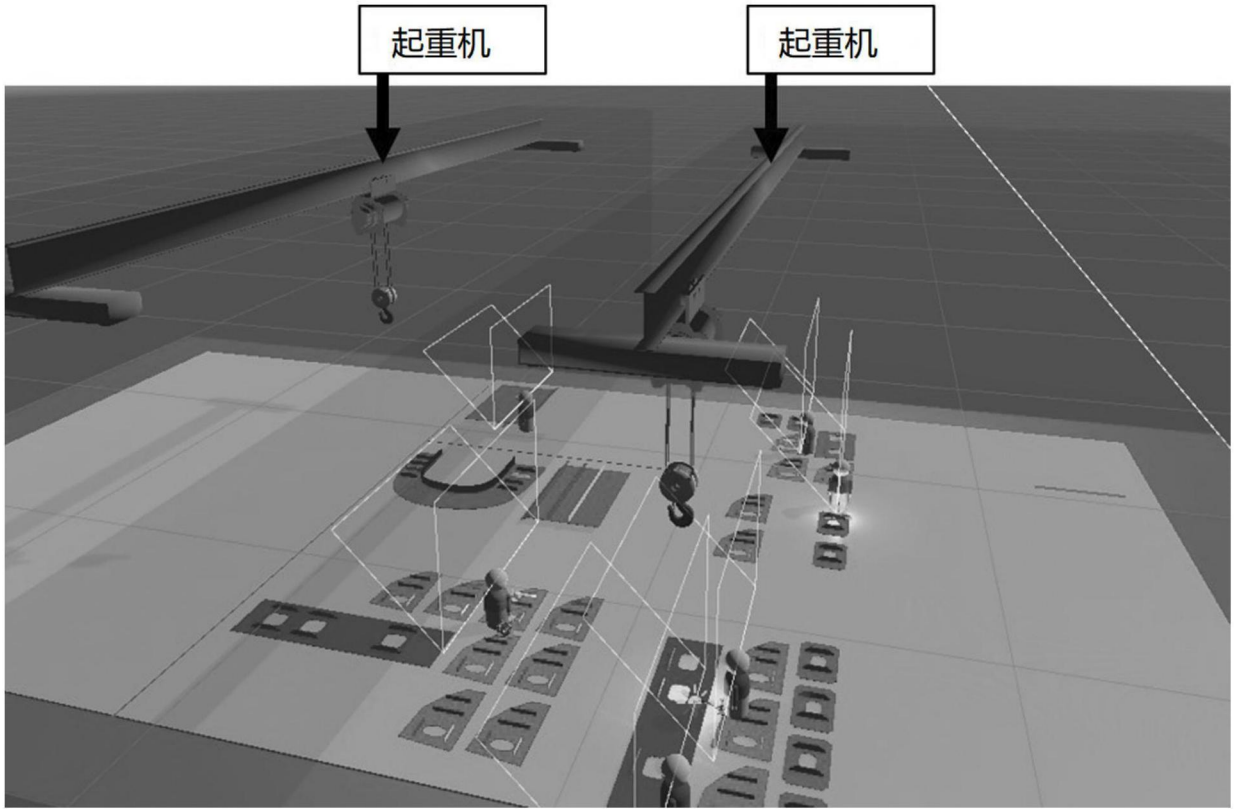


图25

配材 At	AtPick	(共通) : 任务名, 任务类型, 函数名, 对象, 利用设施, 先行任务, 主体名, 请求设施类别与个数	(固有) : 无
----------	--------	---	----------

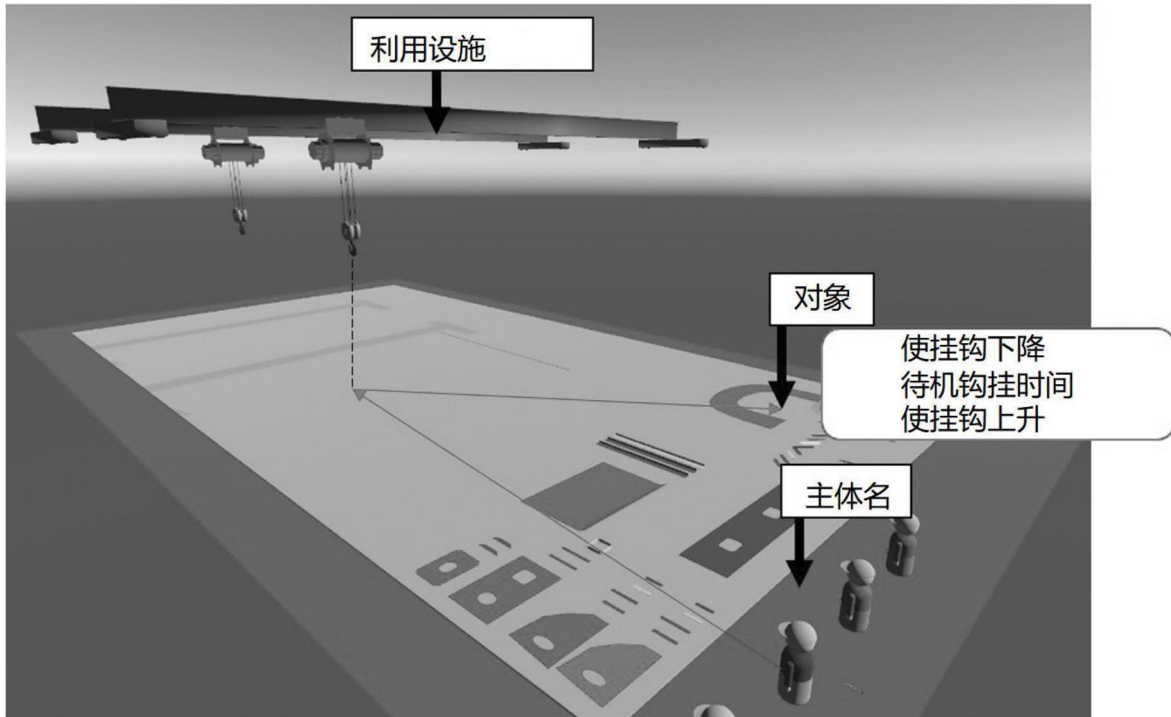


图26

配材 At	AtPlace	(共通) : 任务名, 任务类型, 函数名, 对象, 利用设施, 先行任务, 主体名, 请求设施类别与个数	(固有) : (固有) : 配材目的地的基准对象, 坐标值 (x, y, z), 欧拉角 ( $\theta, \varphi, \psi$ )
----------	---------	---	--

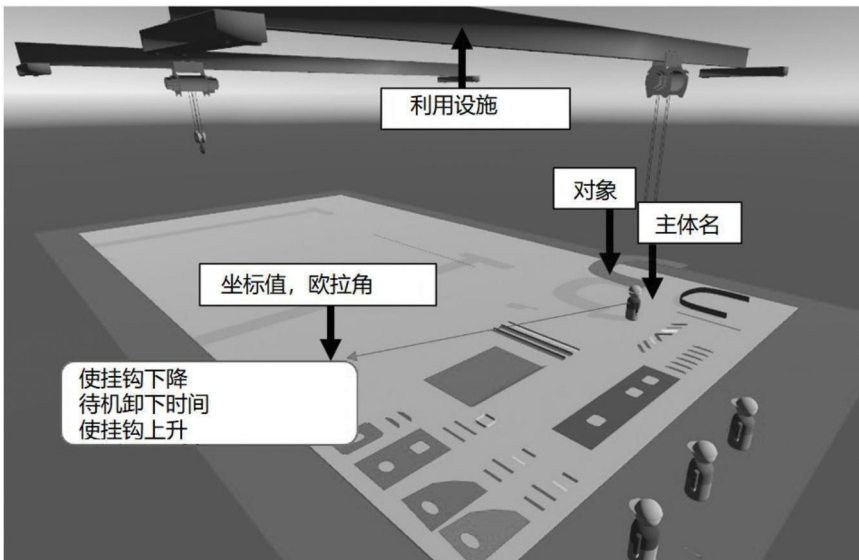


图27





图28

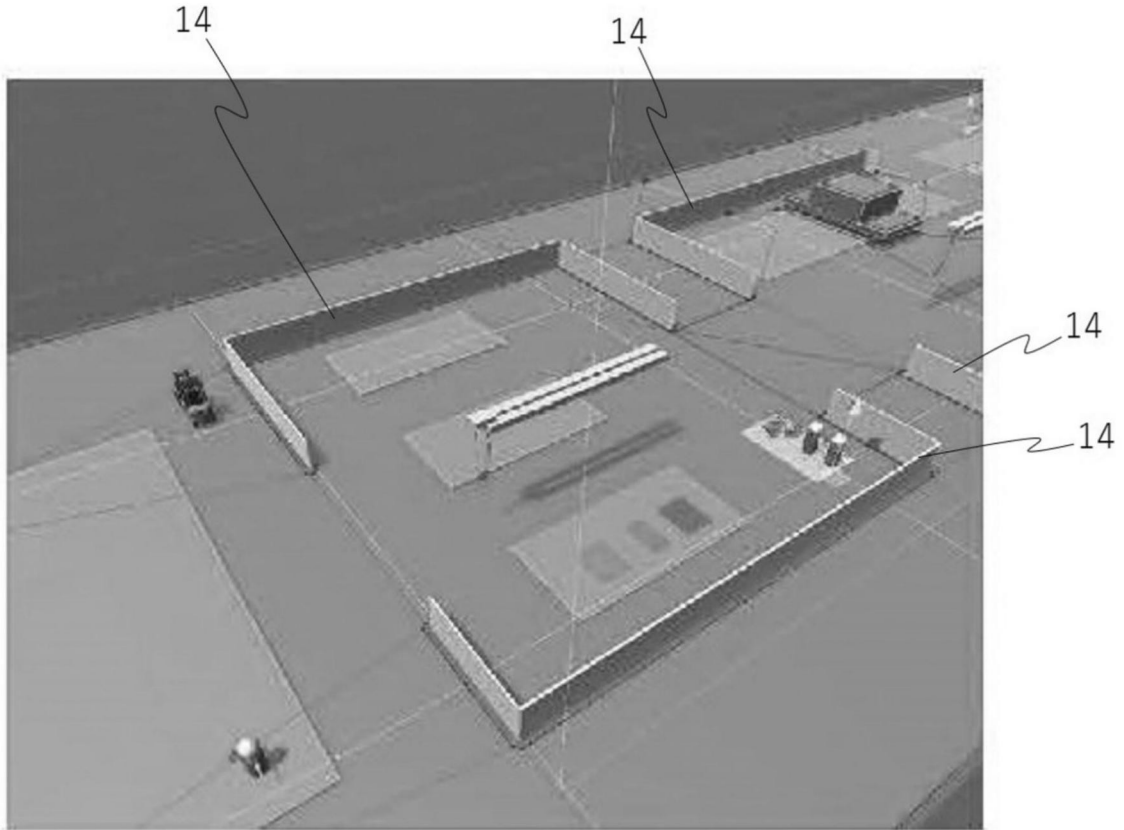


图29

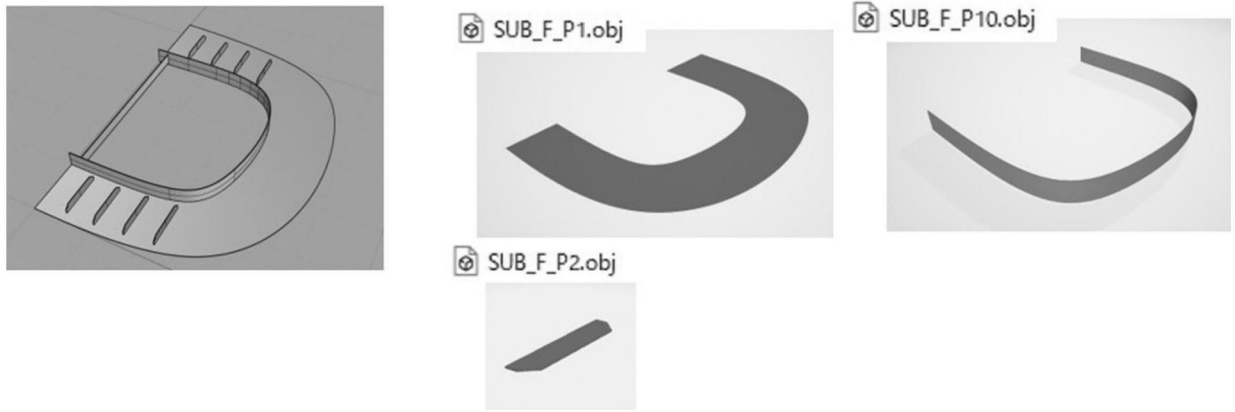


图30

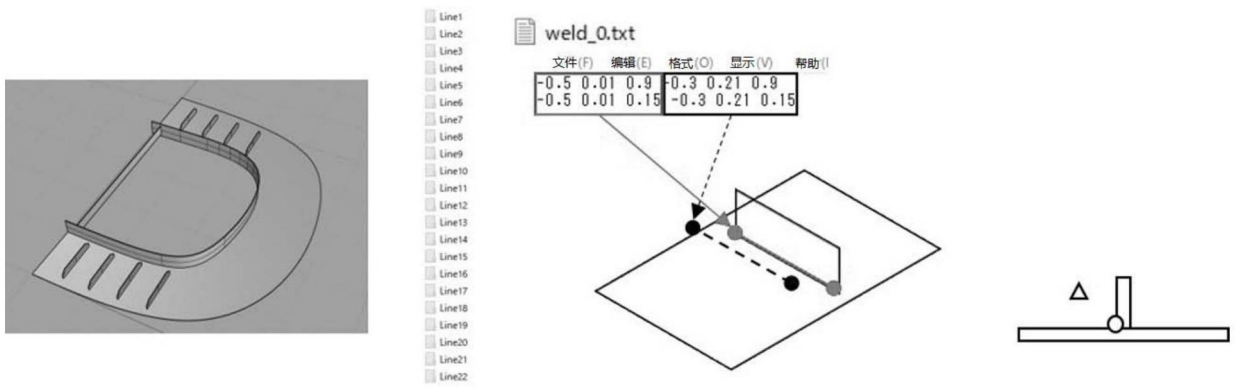


图31

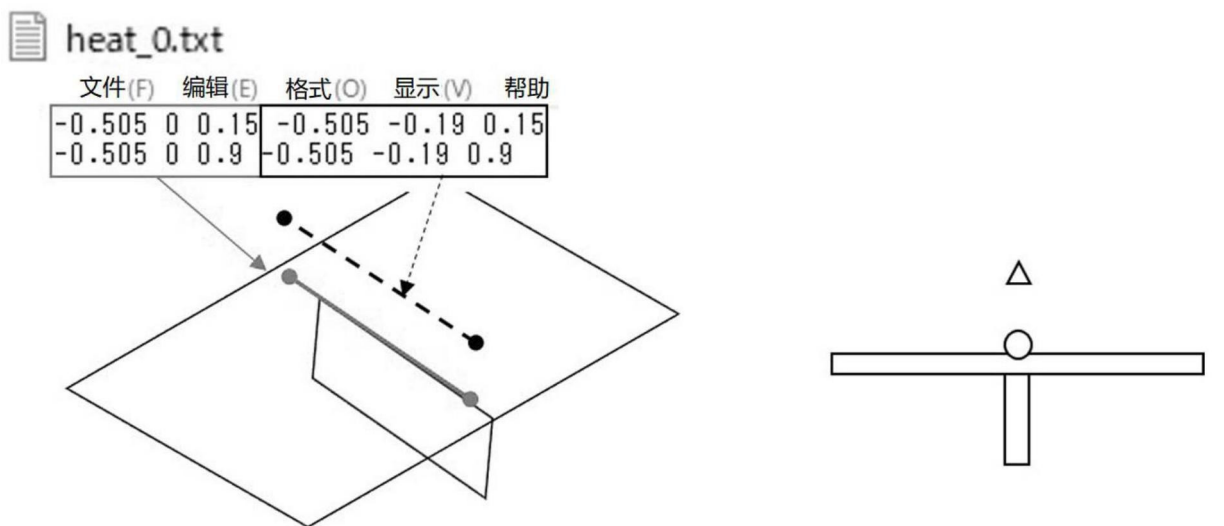


图32

A	B	C	D	E	F	G	H
1	#名称	类别	node1	node2	Path	姿势信息	重量
2	SUB_F_P1	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P1	0 0 5.30953745292086 0 4.30953745292086 1 0 5.30953745292086	806.2919766
3	SUB_F_P2	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P2	0.5100000000000001 0.0450000000000005 0.935 0.5100000000000007 -0.662	8.32885
4	SUB_F_P3	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P3	1.01 0.0450000000000005 0.935 1.0100000000000001 -0.662106781186549 0.1	8.32885
5	SUB_F_P4	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P4	1.51 0.0450000000000007 0.965 1.5100000000000001 -0.662106781186549 0.1	8.32885
6	SUB_F_P5	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P5	2.01 0.0450000000000007 1.035 2.0100000000000001 -0.662106781186549 0.1	8.32885
7	SUB_F_P6	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P6	0.5099999999999999 0.455 4.63453745292087 1.01 -0.252106781186548 5.34164423410741	8.32885
8	SUB_F_P7	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P7	1.01 0.455 4.63453745292087 1.01 -0.252106781186548 5.34164423410741	8.32885
9	SUB_F_P8	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P8	1.51 0.455 4.63453745292087 1.51 -0.252106781186548 5.34164423410741	8.32885
10	SUB_F_P9	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P9	2.01 0.455 4.63453745292087 2.01 -0.252106781186548 5.34164423410741	8.32885
11	SUB_F_P10	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P10	-0.010201132488121 -0.15 1.00003468810243 0.988793086144761 -0.15 0.5	173.0961327
12	SUB_F_P11	SUB_F node	-	-	Product/AModel/SUB_F/SUB_F_P11	0.2 0.1 3.99154195687992 0.2 0.1 2.99154195687992 0.2 -0.9 3.99154195687992	46.81926735
13	SUB_F_Line1	SUB_F edge	SUB_F_P1	SUB_F_P2	Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line1/ Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line1/		
14	SUB_F_Line2	SUB_F edge	SUB_F_P1	SUB_F_P2	Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line2/ Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line2/		
15	SUB_F_Line3	SUB_F edge	SUB_F_P1	SUB_F_P3	Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line3/ Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line3/		
16	SUB_F_Line4	SUB_F edge	SUB_F_P1	SUB_F_P3	Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line4/ Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line4/		
17	SUB_F_Line5	SUB_F edge	SUB_F_P1	SUB_F_P4	Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line5/ Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line5/		
18	SUB_F_Line6	SUB_F edge	SUB_F_P1	SUB_F_P4	Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line6/ Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line6/		
19	SUB_F_Line7	SUB_F edge	SUB_F_P1	SUB_F_P5	Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line7/ Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line7/		
20	SUB_F_Line8	SUB_F edge	SUB_F_P1	SUB_F_P5	Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line8/ Product/AModel/SUB_F/WeldingLine/Line8/		
21	SUR_F_Line0	SUR_F data	SUR_F_P1	SUR_F_P6	Product/AModel/SUR_F/Material/Ina0/ Product/AModel/SUR_F/Material/Ina0/ Ina0/		

图33

	A	B	C	D	E	F
1	# LineName	LineType	ParentProductName	Path		
2	SUB_F_DR_Line1	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line1/		
3	SUB_F_DR_Line2	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line2/		
4	SUB_F_DR_Line3	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line3/		
5	SUB_F_DR_Line4	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line4/		
6	SUB_F_DR_Line5	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line5/		
7	SUB_F_DR_Line6	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line6/		
8	SUB_F_DR_Line7	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line7/		
9	SUB_F_DR_Line8	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line8/		
10						

图34

	A	B	C	D
1	# Name	ComponentName	isBaseProduct	ProductPose
2	SUB_FU1	SUB_F_P1	base	5.31 0.21 0 4.31 0.21 0 5.31 0.21 1
3	SUB_FU1	SUB_F_P10	-	-
4	SUB_FU2	SUB_FU1	base	0 0 0 1 0 0 0 0 1
5	SUB_FU2	SUB_F_P11	-	-
6	SUB_F	SUB_FU2	base	5.31 0.300 0 4.313 0.3 0 5.31 0.3 1
7	SUB_F	SUB_F_P2	-	-
8	SUB_F	SUB_F_P3	-	-
9	SUB_F	SUB_F_P4	-	-
0	SUB_F	SUB_F_P5	-	-
1	SUB_F	SUB_F_P6	-	-
2	SUB_F	SUB_F_P7	-	-
3	SUB_F	SUB_F_P8	-	-
4	SUB_F	SUB_F_P9	-	-

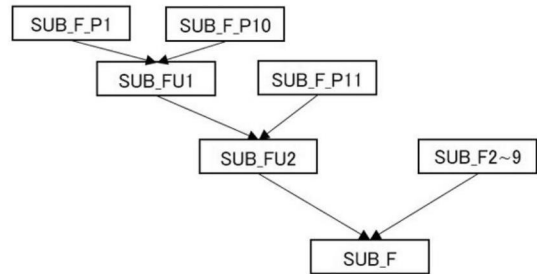


图35

#	A	B	C	D	E	F	G	H
1	TaskName	TaskType	Function\TaskObject	TaskFacility	TaskConditions	TaskParameter	RequiredFacilityList	
2	At1_SUB_F_Pick_P1	At1	AtPick SUB_F_P1	null	-	-	Crane 1	
3	At1_SUB_F_Pick_P2	At1	AtPick SUB_F_P2	null	Wt_SUB_F_Line17	-	-	
4	At1_SUB_F_Pick_P3	At1	AtPick SUB_F_P3	null	Wt_SUB_F_Line17	-	-	
5	At1_SUB_F_Pick_P4	At1	AtPick SUB_F_P4	null	Wt_SUB_F_Line17	-	-	
6	At1_SUB_F_Pick_P5	At1	AtPick SUB_F_P5	null	Wt_SUB_F_Line17	-	-	
7	At1_SUB_F_Pick_P6	At1	AtPick SUB_F_P6	null	Wt_SUB_F_Line17	-	-	
8	At1_SUB_F_Pick_P7	At1	AtPick SUB_F_P7	null	Wt_SUB_F_Line17	-	-	
9	At1_SUB_F_Pick_P8	At1	AtPick SUB_F_P8	null	Wt_SUB_F_Line17	-	-	
10	At1_SUB_F_Pick_P9	At1	AtPick SUB_F_P9	null	Wt_SUB_F_Line17	-	-	
11	At1_SUB_F_Pick_P10	At1	AtPick SUB_F_P10	null	-	-	Crane 1	
12	At1_SUB_F_Pick_P11	At1	AtPick SUB_F_P11	null	Ft_SUB_F_Line18	-	Crane 1	
13	At1_SUB_F_Place_P1	At1	AtPlace SUB_F_P1	null	At1_SUB_F_Pick_P1	SurfacePlate2:null	Crane 1	
14	At1_SUB_F_Place_P2	At1	AtPlace SUB_F_P2	null	At1_SUB_F_Pick_P2	SurfacePlate2:null	-	
15	At1_SUB_F_Place_P3	At1	AtPlace SUB_F_P3	null	At1_SUB_F_Pick_P3	SurfacePlate2:null	-	

图36

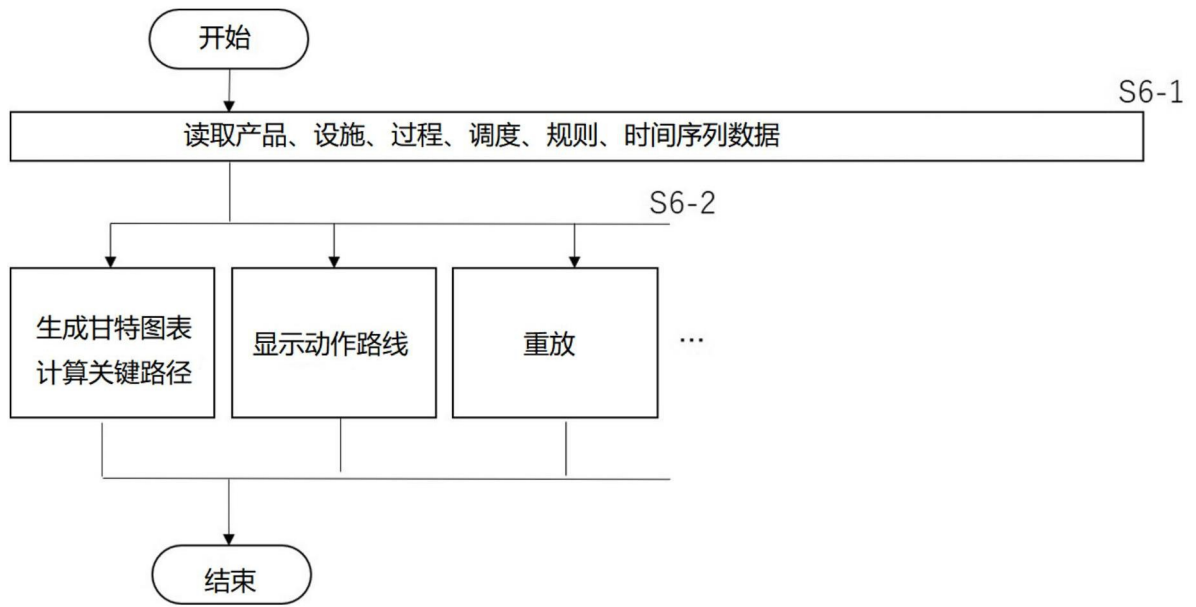


图37



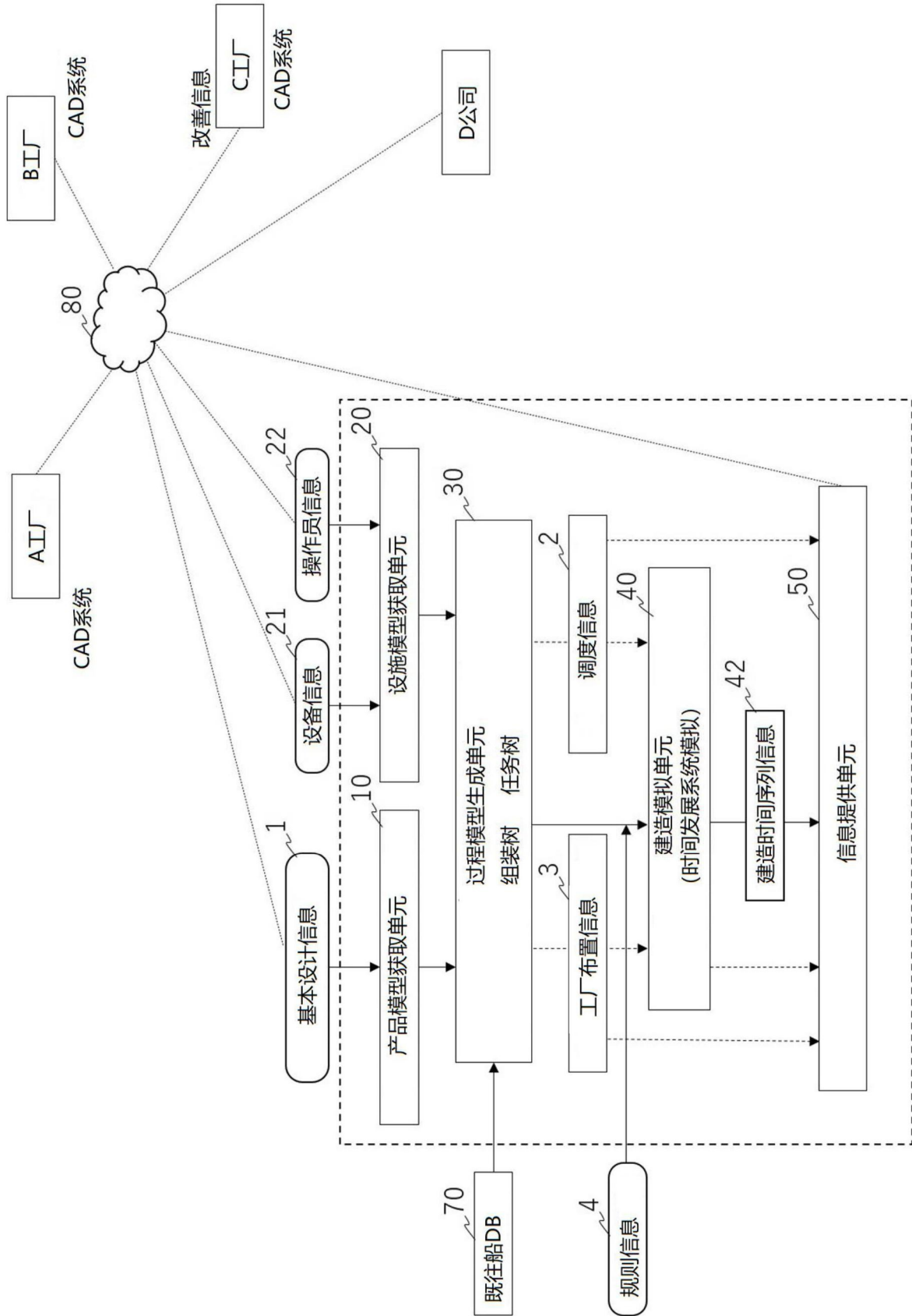


图38

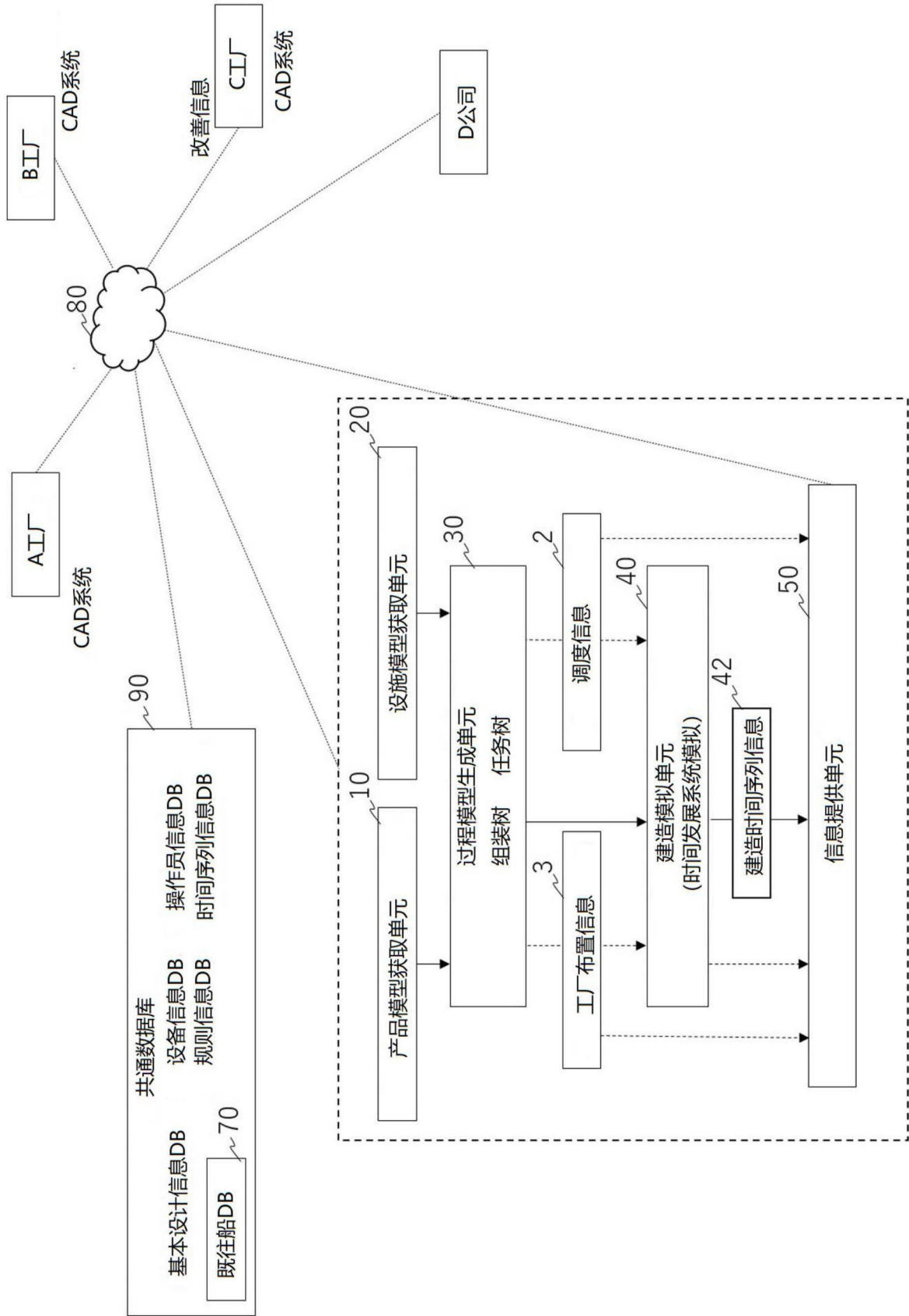


图39

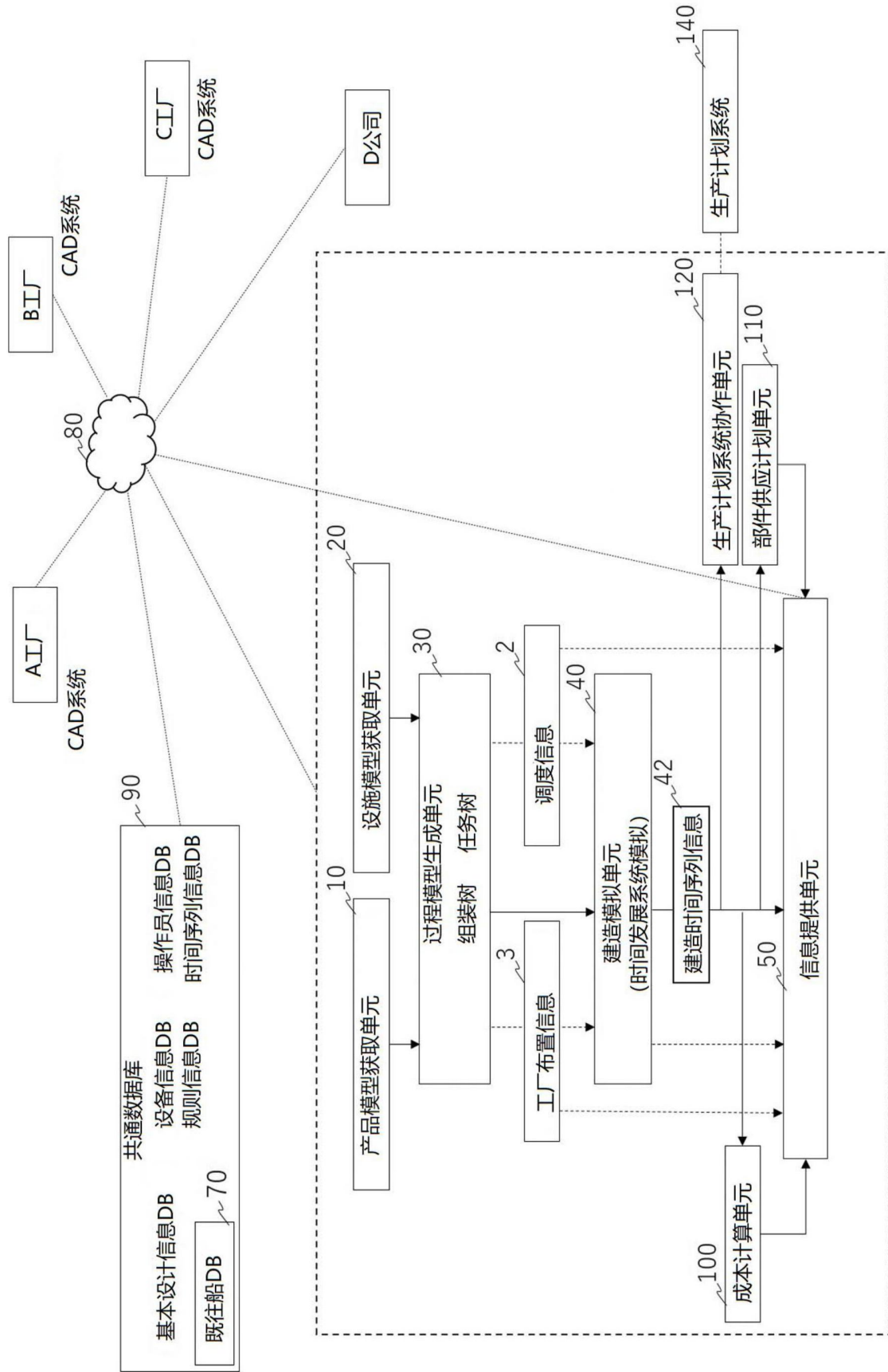


图40

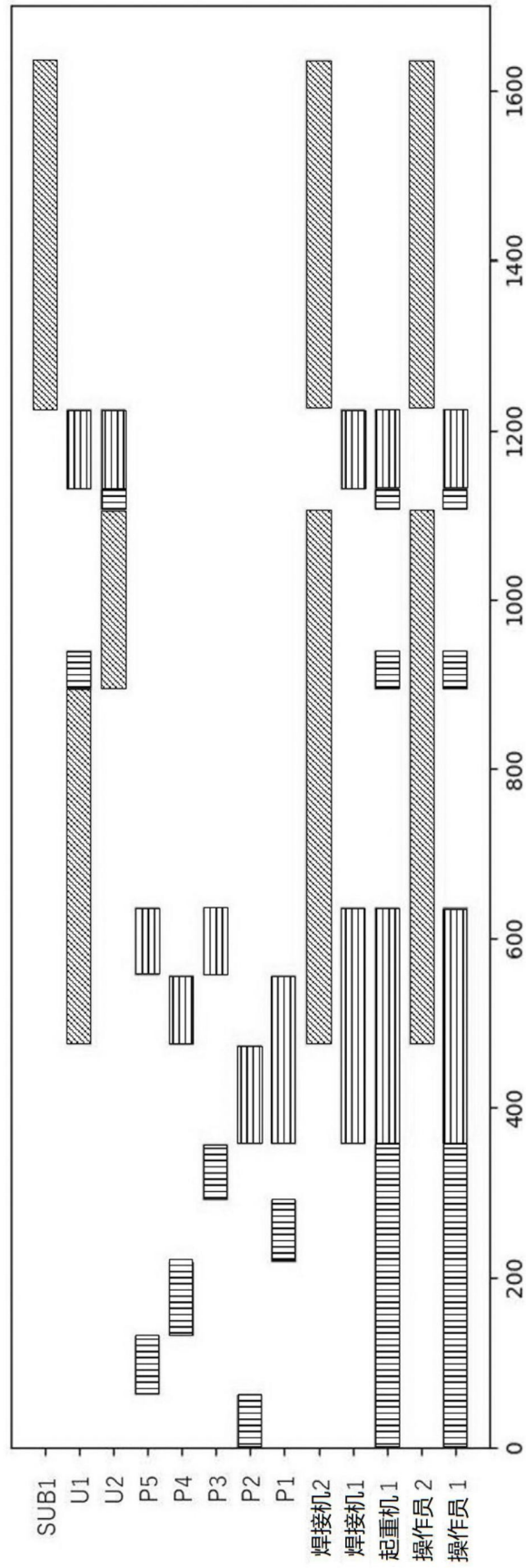


图41

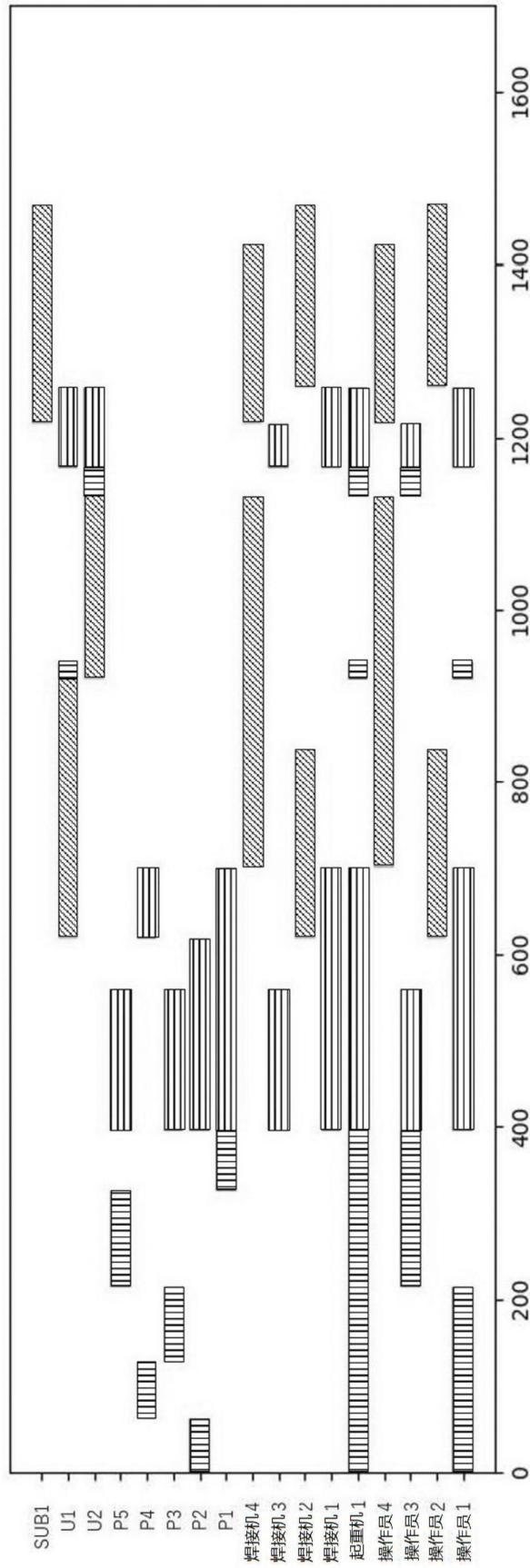


图42

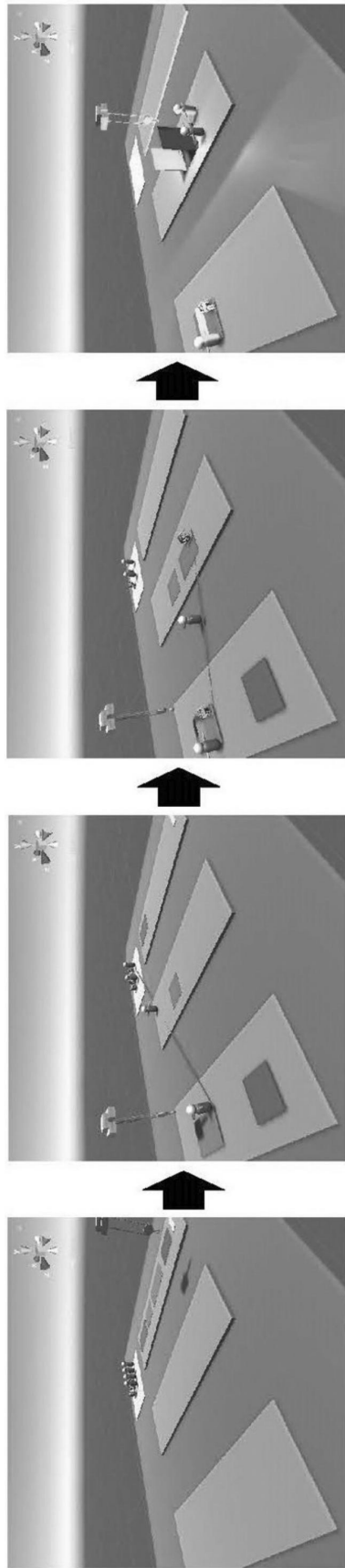


图43