



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104919459 B

(45)授权公告日 2018.02.06

(21)申请号 201380067072.1

(22)申请日 2013.12.20

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104919459 A

(43)申请公布日 2015.09.16

(30)优先权数据
61/740,149 2012.12.20 US
13/835,091 2013.03.15 US
PCT/US2013/054436 2013.08.09 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.06.19

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/077246 2013.12.20

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/100727 EN 2014.06.26

(73)专利权人 科姆索公司
地址 瑞典斯德哥尔摩

(72)发明人 丹尼尔·贝蒂尔森

(54)发明名称

创建用于多物理场建模的可重复使用的几何序列的系统及方法

(57)摘要

一种系统,其生成用于建模物理系统的定制化应用程序数据结构。该系统包括处理器、输入设备、可选的显示设备、以及存储设备。所述处理器适于将多物理场模型数据结构内嵌到应用程序数据结构中。此多物理场模型数据结构包含物理系统的模型的表述。代表几何子例程的几何数据和代表几何子例程调用的调用数据被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。代表应用程序特征的数据被添加到应用程序数据结构中。各应用程序特征包括一个或多个(i)代表表单特征的一级数据或(ii)代表动作特征的二级数据。利用建模操作、一个或多个物理系统模型的几何、应用程序特征和几何子例程而提供了定制的物理

埃里克·丹尼尔松
爱德华多·丰特斯
拉尔斯·朗格曼尔
维克托·利特马克
斯万特·利特马克
尼尔斯·马尔姆 比约恩·舍丁
丹尼尔·史密斯 托马斯·诺马克

(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理有限公司 11290

代理人 陈桂香 曹正建

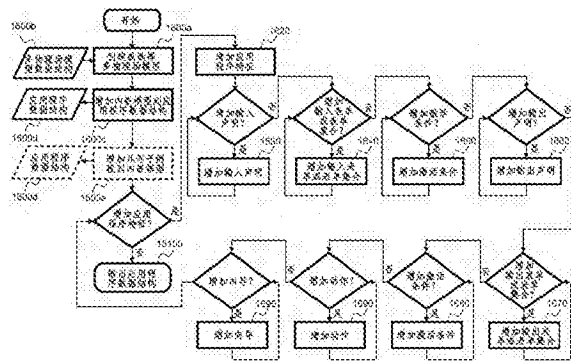
(51)Int.Cl.
G06F 17/50(2006.01)

(56)对比文件
CN 1537271 A,2004.10.13,
US 2012179426 A1,2012.07.12,
US 2003105614 A1,2003.06.05,
WO 2012020252 A1,2012.02.16,

审查员 张禹

权利要求书7页 说明书50页 附图46页

系统建模,由此生成定制应用程序数据结构。



1. 一种适于生成用于建模物理系统的定制应用程序数据结构的系统,所述系统中包括:一个或多个处理器、一个或多个用户输入设备、以及一个或多个存储设备,

其中,所述一个或多个处理器在使用时适于:

将预定的或选定的多物理场模型数据结构内嵌到应用程序数据结构中,其中所述多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述,每个所述物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程,其中所述多物理场模型数据结构包含了代表用于决定如何建模或仿真所述一个或多个物理系统模型的至少一个建模操作的数据;

向内嵌的所述多物理场模型数据结构增加代表一个或多个几何子例程的几何数据,所增加的所述几何数据包括所述一个或多个物理系统模型的参数定义;

向内嵌的所述多物理场模型数据结构增加调用数据,所述调用数据代表用来执行所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程的一个或多个几何子例程调用;以及

向所述应用程序数据结构中增加代表一个或多个应用程序特征的应用程序数据,这里,每个所述应用程序特征均包括一个或多个 (i) 代表至少一个表单特征的一级数据和/或 (ii) 代表至少一个动作特征的二级数据,

其中表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据,动作特征包括用于指定在执行所述应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据,并且

其中要实施的所述操作序列中的至少一个操作包含所述至少一个建模操作,并且要实施的所述操作序列中的至少一个操作包含提供数据以用于生成所述一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作,

由此生成了定制应用程序数据结构,当所述定制应用程序数据结构被执行时,就提供了如下的定制的物理系统建模:该建模使用所述至少一个建模操作、所述一个或多个物理系统模型中至少一部分的所述至少一个几何、所述一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征、和所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程。

2. 根据权利要求1所述的系统,其还包括显示设备。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中,代表所述一个或多个几何子例程的所述几何数据包括用于所述参数定义中至少一部分的引数数据,所述引数数据包括如下的参数:这些参数用来控制与所述一个或多个物理系统模型相关联的几何建模操作中的几何操作和对象的几何维度。

4. 根据权利要求2所述的系统,其中,代表所述一个或多个几何子例程的所述几何数据包括用于所述参数定义中至少一部分的引数数据,所述引数数据包括如下的参数:这些参数用来控制与所述一个或多个物理系统模型相关联的几何建模操作中的几何操作和对象的几何维度。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的系统,其中,代表所述一个或多个几何子例程的所述几何数据包括指令数据,所述指令数据用来生成如下的输出选择:所述输出选择引用了内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述至少一个建模操作。

6. 根据权利要求1至4中任一项所述的系统,其中,所述定制应用程序数据结构通过使用至少一个表单特征而被生成。

7. 根据权利要求1至4中任一项所述的系统,其中,所述系统还适于通过执行所述定制

应用程序数据结构、按照至少一个表单特征来显示输出数据和/或接收用户输入数据、并且利用由于所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程的执行而产生的至少一个所生成的几何来执行所述至少一个建模操作,由此建模或仿真一个或多个物理系统。

8. 根据权利要求1至4中任一项所述的系统,所述系统还适于按照以下的一个或多个途径来修改或更新所述应用程序数据结构,这些途径是:

通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选定的多物理场模型数据结构,并且向所述应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定的多物理场模型数据结构的数据;

通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选定的应用程序特征,并且向所述应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定的应用程序特征的数据;以及

针对至少一个用户选定的应用程序特征,通过图形用户界面显示一个或多个预选定的表单特征、和/或一个或多个动作特征,并且向所述应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定的表单特征和/或动作特征的数据。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述用户选定的多物理场模型数据结构、所述用户选定的应用程序特征、以及所述用户选定的表单特征和/或动作特征之中的至少一者是用户选定且经用户修改后的。

10. 根据权利要求1至4中任一项所述的系统,其中,存在至少一个表单特征,当包含该表单特征的所述应用程序特征被执行时,该至少一个表单特征使得能够接收来自于用户的输入,以修改和/或预选择所述至少一个几何和/或所述至少一个建模操作。

11. 根据权利要求1至4中任一项所述的系统,其中,所述应用程序数据结构是在生成所述定制应用程序数据结构时所使用的初始应用程序数据结构,所述初始应用程序数据结构包括至少一个先前内嵌的应用程序特征和/或至少一个先前内嵌的多物理场模型数据结构。

12. 一种生成用于建模物理系统的定制应用程序数据结构的方法,所述方法包括:

将预定的或选定的多物理场模型数据结构内嵌到应用程序数据结构中,其中所述多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述,每个所述物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程,其中所述多物理场模型数据结构包含了代表用于决定如何建模或仿真所述一个或多个物理系统模型的至少一个建模操作的数据;

向内嵌的所述多物理场模型数据结构增加代表一个或多个几何子例程的几何数据,所述几何数据包括所述一个或多个物理系统模型的参数定义;

向内嵌的所述多物理场模型数据结构增加调用数据,所述调用数据代表用来执行所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程的一个或多个几何子例程调用;

向所述应用程序数据结构中增加代表一个或多个应用程序特征的数据,这里,每个所述应用程序特征均包括一个或多个(i)代表至少一个表单特征的一级数据和/或(ii)代表至少一个动作特征的二级数据,

其中表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据,并且动作特征包括用于指定在执行所述应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据,且

其中要实施的所述操作序列中的至少一个操作包含所述至少一个建模操作,并且要实施的所述操作序列中的至少一个操作包含提供数据以用于生成所述一个或多个物理系统

模型中至少一部分的至少一个几何的操作;以及

根据上述内嵌操作和增加操作生成定制应用程序数据结构,当该定制应用程序数据结构被执行时,就提供了如下的定制的物理系统建模:该建模使用所述至少一个建模操作、所述一个或多个物理系统模型中至少一部分的所述至少一个几何、以及所述一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,代表所述一个或多个几何子例程的所述几何数据包括用于所述参数定义中至少一部分的引数数据,所述引数数据包括如下的参数:这些参数用来控制与所述一个或多个物理系统模型相关联的几何建模操作中的几何操作和对对象的几何维度。

14. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,代表所述一个或多个几何子例程的所述几何数据包括指令数据,所述指令数据用来生成如下的输出选择:所述输出选择引用了内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述至少一个建模操作。

15. 根据权利要求12或13所述的方法,其还包括:

接收用于所述一个或多个几何子例程的输入选择数据,所述输入选择数据包括用于内嵌的所述多物理场模型数据结构的几何操作数据;

从所述几何数据生成用于内嵌的所述多物理场模型数据结构中的几何实体的输出选择数据;以及

生成用于内嵌的所述多物理场模型数据结构中的累加几何实体选择的贡献数据,所述贡献数据与用于所述一个或多个物理系统模型中的建模操作的几何实体选择相关联。

16. 根据权利要求12或13所述的方法,其还包括:

接收第一位置和取向数据,所述第一位置和取向数据用来使在内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述几何子例程的几何序列中被定义的现有工作平面的结束平面匹配;以及

针对与所述现有工作平面的所述结束平面匹配的起始平面,生成第二位置和取向数据,所生成的所述第二位置和取向数据在内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述几何子例程的所述几何序列中是可访问的。

17. 根据权利要求12或13所述的方法,其还包括:将代表所述一个或多个几何子例程调用中的至少一个几何子例程调用的所述调用数据链接到内嵌的所述多物理场模型数据结构中的第二外部多物理场模型数据结构。

18. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,代表所述一个或多个几何子例程调用中的至少一个几何子例程调用的所述调用数据包括内嵌的所述多物理场模型数据结构中的if、else-if和/或else语句的表述。

19. 根据权利要求12或13所述的方法,所述方法包括:通过执行所述定制应用程序数据结构、按照至少一个表单特征来显示输出数据和/或接收用户输入数据、以及利用至少一个所生成的几何来执行所述至少一个建模操作,由此建模或仿真一个或多个物理系统。

20. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,所述方法还适于按照以下的一个或多个途径来修改或更新所述应用程序数据结构,这些途径是:

通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选定的多物理场模型数据结构,并且向所述应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定的多物理场模型数据结构的数据;

通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选定的应用程序特征,并且向所述应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定的应用程序特征的数据;

针对至少一个用户选定的应用程序特征,通过图形用户界面显示一个或多个预选定的表单特征、和/或一个或多个动作特征,并且向所述应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定的表单特征和/或动作特征的数据。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中,所述用户选定的多物理场模型数据结构、所述用户选定的应用程序特征、以及所述用户选定的表单特征和/或动作特征之中的至少一者是用用户选定且经用户修改后的。

22. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,存在至少一个表单特征,当包含该表单特征的所述应用程序特征被执行时,该至少一个表单特征使得能够接收来自用户的输入,以便修改和/或预选择所述至少一个几何和/或所述至少一个建模操作。

23. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,所述应用程序数据结构是在生成所述定制应用程序数据结构时所使用的初始应用程序数据结构,所述初始应用程序数据结构包括至少一个先前内嵌的应用程序特征和/或至少一个先前内嵌的多物理场模型数据结构。

24. 一种用于生成应用程序数据结构的装置,所述装置包括物理计算系统,所述物理计算系统中包含:一个或多个处理部、一个或多个用户输入设备、一个显示设备、以及一个或多个存储设备,

所述一个或多个存储设备中的至少一个存储设备包括用来生成应用程序数据结构的可执行指令,当所述可执行指令被执行时,所述可执行指令致使所述一个或多个处理部中的至少一个处理部执行下列动作:

将物理系统的多物理场模型数据结构内嵌到应用程序数据结构中,内嵌的所述多物理场模型数据结构包括用于所述物理系统的至少一个建模操作;

通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备,将一个或多个几何子例程添加到内嵌的所述多物理场模型数据结构中,所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程包括与所述物理系统相关联的参数定义;

通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备,将一个或多个调用特征添加到内嵌的所述多物理场模型数据结构中,所述调用特征让所述几何子例程得以执行;

通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部,确定要被添加到所述应用程序数据结构中的一个或多个应用程序特征,所述一个或多个应用程序特征与所述物理系统的模型相关联;

通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备来添加一级数据,所述一级数据代表用于所述物理系统的所述模型的所述一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征的至少一个表单特征;

通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备来添加二级数据,所述二级数据代表用于所述物理系统的所述模型的所述一个或多个应用程序特征中的至少一项应用程序特征的至少一个动作特征;以及

使代表所述至少一个动作特征的所述二级数据与用于所述物理系统的所述至少一个建模操作相关联,以便定义用于建模所述物理系统的操作序列。

25. 根据权利要求24所述的装置,其中,所述一个或多个存储设备中的至少一个存储设

备包括用来生成应用程序数据结构的可执行指令,当所述可执行指令被执行时,所述可执行指令致使所述一个或多个处理部中的至少一个处理部执行进一步的包括更新所述应用程序数据结构的动作,所更新的所述应用程序数据结构包括所添加的所述一级数据、所添加的所述二级数据、被定义的所述操作序列、所述一个或多个几何子例程、以及所述一个或多个调用特征,所更新的所述应用程序数据结构被存储于所述一个或多个存储设备中的至少一个存储设备上。

26. 根据权利要求24或25所述的装置,其中,所述一个或多个几何子例程包括用于所述参数定义中至少一部分的引数,所述引数控制与所述物理系统相关联的几何建模操作中的几何操作和对象的几何维度。

27. 根据权利要求24或25所述的装置,其中,所述一个或多个几何子例程包括生成如下的输出选择:所述输出选择引用了内嵌的所述多物理场模型数据结构中的建模操作。

28. 一种在具有一个或多个物理计算设备的计算机系统中执行的方法,所述方法被配置用来生成用于建模物理系统的修改后的应用程序数据结构,所述方法包括以下动作:

通过所述一个或多个物理计算设备,将多物理场模型数据结构内嵌到存储于一个或多个存储设备内的应用程序数据结构中,内嵌的所述多物理场模型数据结构包括用于正被建模的所述物理系统的至少一个多物理场建模操作;

通过一个或多个输入设备,将一个或多个几何子例程添加到内嵌的所述多物理场模型数据结构中,所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程包括与所述物理系统相关联的参数定义;

通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备,将一个或多个几何子例程调用添加到内嵌的所述多物理场模型数据结构中,所述一个或多个几何子例程调用让各几何子例程得以执行;

通过所述一个或多个物理计算设备中的至少一个物理计算设备,确定要被添加到所述应用程序数据结构中的一个或多个应用程序特征,所述一个或多个应用程序特征与所述物理系统相关联;

通过所述一个或多个物理计算设备中的至少一个物理计算设备,获得代表所确定的所述一个或多个应用程序特征的应用程序数据,所述应用程序数据包括代表用于建模所述物理系统的至少一个表单特征的表单数据和代表用于建模所述物理系统的至少一个动作特征的动作数据;以及

使代表所述至少一个动作特征的所述动作数据与在内嵌的所述多物理场模型数据结构中被定义的用于所述物理系统的所述至少一个建模操作相关联,所述动作数据与所述至少一个建模操作之间的所述关联定义了用于建模所述物理系统的操作序列。

29. 根据权利要求28所述的方法,其还包括用于形成修改后的应用程序数据结构的动作,所述修改后的应用程序数据结构包括所获得的所述应用程序数据、所述一个或多个几何子例程、及所述一个或多个调用特征,所述修改后的应用程序数据结构被存储于所述一个或多个存储设备中的至少一个存储设备上。

30. 根据权利要求28或29所述的方法,其还包括:

通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备,接收包括用于所述几何子例程的几何实体的一个或多个输入选择,至少一个所述输入选择与用于内嵌的所述多物理场模

型数据结构的一组几何操作相关联；

通过执行所述几何子例程的所述一个或多个物理计算设备中的至少一个物理计算设备,在内嵌的所述多物理场模型数据结构中生成一个或多个几何实体输出选择;以及

生成对内嵌的所述多物理场模型数据结构中的累加几何实体选择的贡献,所述贡献与用于所述物理系统的所述模型中的建模操作的几何实体选择相关联。

31. 根据权利要求28或29所述的方法,其还包括:

接收先前的结束平面的第一位置和取向数据,所述第一位置和取向数据用于使与在内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述几何子例程的几何序列中被定义的现有工作平面匹配;以及

生成第二位置和取向数据,所述第二位置和取向数据用于使所述先前的结束平面与新的工作平面匹配,所生成的所述第二位置和取向数据在内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述几何子例程的所述几何序列中是可访问的。

32. 根据权利要求28或29所述的方法,其还包括:将所述一个或多个几何子例程调用中的至少一个几何子例程调用链接到内嵌的所述多物理场模型数据结构中的第二外部多物理场模型数据结构。

33. 根据权利要求28或29所述的方法,其中,将所述一个或多个几何子例程调用中的至少一个几何子例程调用包含于内嵌的所述多物理场模型数据结构中的if、else-if和/或else语句内。

34. 一种在包括一个或多个处理部的计算机系统中执行的方法,所述方法被配置用来生成用于建模物理系统的应用程序模型数据结构,所述方法包括如下的动作:

通过所述一个或多个处理部来确定用于建模一个或多个物理系统的多个应用程序,所述多个应用程序由存储于一个或多个应用程序数据结构内的应用程序数据定义;

在一个或多个图形用户界面中显示所述多个应用程序的列表;

接收第一个输入,所述第一个输入表明所述多个应用程序中的至少一个应用程序的第一个选择;

通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部,确定用于所述多个应用程序中的至少一个应用程序的所述第一个选择的一个或多个应用程序特征,所述一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征包括被表示为如下的应用程序数据的几何操作:该应用程序数据是在所述一个或多个应用程序数据结构中的至少一个应用程序数据结构中被定义和被检索到的;

在所述一个或多个图形用户界面中的至少一个图形用户界面中显示所确定的所述应用程序特征;

接收第二个输入,所述第二个输入表明所述多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征的第二个选择,所述第二个选择包括用于对几何子例程进行调用的几何操作的应用程序特征;

通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部,确定如下的一个或多个设定:所述一个或多个设定用于所述多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征的所述几何操作,所述一个或多个设定包括用于所述一个或多个物理系统的所述建模的关联参数;

通过所述一个或多个图形用户界面中的至少一个图形用户界面,显示包括了所述一个

或多个设定中的至少一个设定的编辑框；

选定至少一个所述编辑框；以及

通过一个或多个用户输入设备，接收对所选定的所述至少一个编辑框中所包括的所述一个或多个设定的编辑。

35. 根据权利要求34所述的方法，其还包括：通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部，生成如下的应用程序模型数据结构：所述应用程序模型数据结构包括所接收到的对从所述一个或多个应用程序数据结构中检索到的所述至少一个或多个应用程序特征的所述至少一个或多个设定的所述编辑。

36. 根据权利要求35所述的方法，其还包括如下的动作：

通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部，确定在所生成的所述应用程序模型数据结构中被定义的动作序列；以及

通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部，执行所述动作序列。

37. 根据权利要求36所述的方法，其还包括用于调用几何子例程的动作，该动作作为用于执行几何序列的动作的一部分。

38. 根据权利要求34~37中任一项所述的方法，其还包括：

通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备，接收一个或多个输入选择，所述一个或多个输入选择包括用于所述几何子例程的几何实体，所述输入选择中的至少一者与用于内嵌的多物理场模型数据结构的一组几何操作相关联；

通过执行所述几何子例程的所述一个或多个处理部中的至少一个处理部，生成内嵌的所述多物理场模型数据结构中的一个或多个几何实体输出选择；以及

生成对内嵌的所述多物理场模型数据结构中的累加几何实体选择的贡献，所述贡献与用于所述物理系统的所述模型中的建模操作的几何实体选择相关联。

创建用于多物理场建模的可重复使用的几何序列的系统及方法

[0001] 相关专利申请的交叉参考

[0002] 本申请要求于2013年8月9日提交的国际专利申请PCT/US2013/054436、于2013年3月15日提交的美国专利申请No. 13/835,091、以及于2012年12月20日提交的美国临时专利申请No. 61/740,149的优先权和相关权益,这些优先权专利申请的公开内容以引用的方式被全部并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及建模和仿真的系统及方法,更具体地说,是指创建用来在建模系统中形成和求解问题的应用程序界面。

背景技术

[0004] 计算机设计系统主要用于产品设计的开发,并可能包括图形化用户界面。计算机设计系统可搭配用于对某个方面的设计进行分析的软件包,比如,与计算机辅助设计系统相结合的结构分析。用户所需要的是能够在适合于特定用途的更加定制化的环境中操作的设计系统。

发明内容

[0005] 本发明的一个方面是一种适于通过生成定制化的应用程序数据结构从而建模物理系统的系统。该系统中包括一个或多个处理器、一个或多个用户输入设备、一个可选的显示设备、以及一个或多个存储设备。在使用时,一个或多个处理器适于将一个预定或选定多物理场模型的数据结构内嵌到一个应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构中包括一个或多个物理系统模型的表述,每个物理系统模型均代表了一个物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包括了代表用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型的至少一个建模操作的数据。代表一个或多个几何子例程的几何数据被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所添加的几何数据包括用于所述一个或多个物理系统模型的参数定义。代表用来执行所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程的一个或多个几何子例程调用的调用数据被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。代表一个或多个应用程序特征的应用程序数据被添加到应用程序数据结构中,每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一个表单特征的一级数据,和/或代表至少一个动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据;动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。在要实施的操作序列中,至少有一个操作包含至少一个建模操作。在要实施的操作序列中,至少有一个操作包含提供数据以用于生成一个或多个物理系统模型中至少一个部分的至少一个几何的操作。由此生成了定制应用程序数据结构,当所述定制应用程序数据结构被执行时,就提供了如下的定制的物理系统建模:该建模使用至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中

至少一部分的至少一个几何、一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征(例如,包括至少一个表单特征)、以及一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程。

[0006] 本发明的另一个方面是一种生成定制化的应用程序数据结构从而建模物理系统的方法。该方法包括将一个预定或选定多物理场模型的数据结构内嵌到一个应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包括了一个或多个物理系统模型的表述,每个物理系统模型均代表了一个物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包括代表用于决定如何建模或仿真一个或多个物理场系统模型的至少一个建模操作的数据。代表一个或多个几何子例程的几何数据被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所添加的几何数据包括用于所述一个或多个物理系统模型参数定义。代表用来实施所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程的一个或多个几何子例程调用的调用数据被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。代表一个或多个应用程序特征的数据被添加到应用程序数据结构中,每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一个表单特征的一级数据,和/或代表至少一个动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据表示格式的数据;动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的操作序列中的至少一个操作包括至少一个建模操作。要实施的操作序列中的至少一个操作包括一项提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。通过内嵌和增加操作生成了定制的应用程序数据结构。当此数据结构被执行时,通过使用这里提到的至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何、以及一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征(例如,包括至少一个表单特征)来实现物理系统的定制化建模。

[0007] 本发明的再一个方面是一种用来生成应用程序数据结构的装置,其包括物理计算系统,所述物理计算系统包含一个或多个处理部、一个或多个用户输入设备、一个显示设备、以及一个或多个存储设备。所述一个或多个存储设备中的至少一个存储设备包括用来生成应用程序数据结构的可执行指令。所述可执行指令在被执行时,将会致使所述一个或多个处理部中的至少一个处理部执行用于把物理系统的多物理场模型数据结构内嵌到应用程序数据结构中的操作。内嵌的多物理场模型数据结构包括物理系统的至少一个建模操作。一个或多个几何子例程通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备而被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程包括与物理系统相关联的参数定义。一个或多个调用特征通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备而被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所述调用特征允许所述几何子例程的执行。通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部,来确定要被添加到所述应用程序数据结构中的一个或多个应用程序特征。所述一个或多个应用程序特征与物理系统模型相关联。通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备来添加一级数据,该一级数据代表用于物理系统模型的所述一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征的至少一个表单特征。通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备来添加二级数据,该数据代表用于物理系统模型的所述一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征的至少一个动作特征。代表所述至少一个动作特征的二级数据与用于物理系统的所述至少一个建模操作相关联,以便定义用于对物理系统建模的操作序列。

[0008] 本发明的又一个方面是在具有一个或多个物理计算设备的计算机系统中执行的

方法,其被配置用来生成一个修改后的应用程序数据结构以便建模一个物理系统。所述方法包括下列操作:通过一个或多个物理计算设备,将一个多物理场模型数据结构内嵌到存储于一个或多个存储设备内的应用程序数据结构中。内嵌的多物理场模型数据结构包括用于正被建模的物理系统的至少一个多物理场建模操作。一个或多个几何子例程通过一个或多个输入设备而被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程包括与物理系统相关联的参数定义。一个或多个几何子例程调用通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备而被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所述一个或多个几何子例程调用允许各几何子例程得以执行。通过所述一个或多个物理计算设备中的至少一个物理计算设备,来确定要被添加到应用程序数据结构中的一个或多个应用程序特征。所述一个或多个应用程序特征与物理系统相关联。通过所述一个或多个物理计算设备中的至少一个物理计算设备,来获得代表所确定的一个或多个应用程序特征的应用程序数据。所述应用程序数据包括代表用于建模物理系统的至少一个表单特征的表单数据和代表用于建模物理系统的至少一个动作特征的动作数据。代表所述至少一个动作特征的所述动作数据与在内嵌的多物理场模型数据结构中所定义的用于物理系统的所述至少一个建模操作相关联。所述动作数据与所述至少一个建模操作之间的关联定义了用于建模物理系统的操作序列。

[0009] 本发明的另外一个方面是在计算机系统中执行的方法,所述计算机系统包括被配置用来生成用于建模物理系统的应用程序模型数据结构的一个或多个处理部。所述方法包括如下的动作:通过一个或多个处理部来确定用于建模一个或多个物理系统的多个应用程序。所述多个应用程序是由存储于一个或多个应用程序数据结构中的应用程序数据所定义的。在一个或多个图形用户界面中显示所述多个应用程序的列表。表明所述多个应用程序中的至少一个应用程序的第一个选择的第一个输入被接收。为了选择所述多个应用程序中的至少一个应用程序,通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部来确定一个或多个应用程序特征。所述一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征包括如下的几何操作:该几何操作被表示为在所述一个或多个应用程序数据结构中的至少一个应用程序数据结构中被定义或被检索到的应用程序数据。在所述一个或多个图形用户界面中的至少一个图形用户界面中显示所确定的应用程序特征。表明至少一个应用程序特征的第二个选择的第二个输入被接收。所述第二个选择包括用于对几何子例程进行调用的几何操作的应用程序特征。通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部来确定用于选择至少一个应用程序特征的一个或多个设定。所述一个或多个设定与用于建模一个或多个物理系统的参数相关联。包括所述一个或多个设定中的至少一个设定的各编辑框通过所述一个或多个图形用户界面中的至少一个图形用户界面而被显示。选定至少一个编辑框。通过一个或多个用户输入设备来接收对所选定的至少一个编辑框中所包括的所述一个或多个设定的编辑。

[0010] 本发明还有的一些方面是,一个或多个非瞬时型计算机可读介质用指令进行编码,当这些指令被与设计系统、仿真系统或建模系统相关联的一个或多个处理器执行时,这些指令就致使所述一个或多个处理器中的至少一个处理器执行上述方法。

[0011] 本发明的其他方面是在各类实施例的详细描述部分所用到的普通技能,各实施例将以附图的方式加以说明,下面将对附图进行简要介绍。

附图说明

- [0012] 结合附图和对示范性实施例的详细说明,可更清楚地理解本发明的各项特征与优势。
- [0013] 图1为一个计算机系统示例。
- [0014] 图2为可在图1所示的主机中的一台驻留及执行的系统示例。
- [0015] 图3为用于选择空间维度的图形用户界面示例。
- [0016] 图4为用于增加一个或多个物理场接口的图形用户界面示例。
- [0017] 图5为用于选择一个或多个研究类型的图形用户界面示例。
- [0018] 图6为在一个物理场接口中进行物理属性设定的图形用户界面示例。
- [0019] 图7为修改偏微分方程(组)的图形用户界面示例。
- [0020] 图8为在一个多物理场模型中进行一个域的一个或多个材料属性设定的图形用户界面示例。
- [0021] 图9为在一个物理场接口中进行物理边界条件设定的图形用户界面示例。
- [0022] 图10为修改偏微分方程的一个或多个边界条件的图形用户界面示例。
- [0023] 图11为求解包括偏微分方程组在内的研究步骤的设定窗口的图形用户界面示例。
- [0024] 图12为包括主节点和次级节点在内的模型树状结构示例。
- [0025] 图13至图15为用于指定和求解一个多物理场建模系统中的偏微分方程组系统的步骤流程图示例。
- [0026] 图16为用于创建应用程序数据结构、且包括添加几何子例程的一个方法的流程图示例。
- [0027] 图17为一个应用程序数据结构中各特征间实例层次关系的统一建模语言(UML)对象图示例。
- [0028] 图18为向一个应用程序数据结构中添加一个多物理场模型的应用程序树状结构示例。
- [0029] 图19为向一个应用程序数据结构中添加一个应用程序特征的应用程序树状结构示例。
- [0030] 图20为一个应用程序特征的设定窗口示例。
- [0031] 图21为向一个应用程序数据结构中添加一项输入声明的应用程序树状结构示例。
- [0032] 图22为向一个应用程序数据结构中添加一个输入面板表单的应用程序树状结构示例。
- [0033] 图23为一个栏面板的设定窗口示例。
- [0034] 图24为向一个应用程序数据结构中添加一个文本输入表单的应用程序树状结构示例。
- [0035] 图25为一个文本输入的设定窗口示例。
- [0036] 图26为向一个应用程序数据结构中添加一个激活条件的应用程序树状结构示例。
- [0037] 图27为向一个应用程序数据结构中添加一个面板集合表单和一个数据显示输出表单的应用程序树状结构示例。
- [0038] 图28为一个数据显示输出表单的设定窗口示例。

- [0039] 图29为向一个应用程序数据结构中添加一个动作特征的应用程序树状结构示例。
- [0040] 图30为一个动作特征的设定窗口示例。
- [0041] 图31为向一个应用程序数据结构中添加一个菜单输入表单的应用程序树状结构示例。
- [0042] 图32为在一个应用程序开发器模块中构建一个搅拌器应用程序数据结构的图形用户界面示例。
- [0043] 图33为一个容器应用程序特征的应用程序特征的树状结构示例。
- [0044] 图34为一个叶轮应用程序特征的应用程序特征的树状结构示例。
- [0045] 图35a到图35d为包括示例性几何子例程的几何和选择操作的示意图。
- [0046] 图36为用于波导应用程序的应用程序树状结构的示例。
- [0047] 图37a到图37c为通过执行包括示例性几何子例程的波导应用程序而被创建的波导几何以及模型树状结构的示例。
- [0048] 图38为一个波导应用程序的应用程序树状结构示例。
- [0049] 图39为用于演绎(例如,执行)一个应用程序数据结构的方法步骤流程图示例。
- [0050] 图40为一个选择窗口示例。
- [0051] 图41a到图41b为应用程序模型树状结构窗口和通过执行包括几何序列操作的示例性执行器(actuator)和搅拌器应用程序而产生的选择选项的示例。
- [0052] 图42为一个应用程序模型数据结构中,各特征间实例层次关系的统一建模语言(UML)对象图示例。
- [0053] 图43为用于演绎(例如,执行)一个应用程序模型数据结构的方法步骤流程图示例。
- [0054] 虽然本发明很容易受到各种修改及等同形式的影响,本文档中还是以附图示例的方式展示、并将详细介绍特定的实施例。但应理解,本发明并非局限于所公开的特定形式。相反,根据本发明所附权利要求限定的发明精神和范围,本发明将涵盖所有修改、变形和等同形式。

具体实施方式

[0055] 本发明的实施例容许有多种表现形式,尽管本公开文档中以附图示例的方式展示并将详细介绍某些优选实施例,同时应理解,本公开文档应被视为发明原理的使用范例,而不应将发明的广泛适用方面限定为本公开文档中所提到的方面。为便于在本公开文档中进行详细说明,除非明确否认,仅含单数的词语可包括复数的含义,反之亦然;“和”与“或”同时为联言和选言;“所有”意为“任何及所有”;“任何”意为“任何及所有”;“包括”意为“包括但不限于”。

[0056] 本发明通过允许生成定制的应用程序而扩大了建模系统时的灵活性和能力范围。将几何子例程添加到用于建模物理系统的应用程序数据结构的多物理场模型中就允许应用程序变得更加定制化和可重复使用。例如,几何子例程能够扩展成接受作为输入的对象和选择。作为另一个示例,能够通过定义多物理场建模系统中的工作平面的横截面来简化几何子例程的横截面的定义。此外,如在本发明的非限定性的示例性方面中所说明的,比如由本发明所提供的多物理场模型的应用程序等应用程序的定制化允许针对特定的物理系

统来定义模型且执行仿真。应用程序的定制化进一步允许正被仿真的物理系统的设计变得最优化,且还能够确定被用来控制物理系统的制造过程的设计输出。

[0057] 依据这些概念,能够将应用程序定制成用于非常特殊的用途。本申请的作者可以是精通建模和仿真以及这些仿真所描绘的过程或现象的科学家或工程师。建模和仿真一般用来理解、预测、优化和控制一些设备、过程或现象。

[0058] 本申请的作者可以被为了研发描述了特定设备、过程或现象的应用程序的应用程序用户(未来用户)签约。这些工程师(通常)不会定义模型且不会在多物理场建模软件中使用物理场接口来运行仿真。那么,应用程序用户将使用本申请来理解、预测、优化且控制不同条件和用途下的过程或现象。在一种情况下,应用程序用户使用应用程序来定义模型、运行仿真从而使由该模型仿真出来的设备(或过程)的设计优化、基于这个优化来创建出绘图、并且根据优化后的设计来建立设备。在一个实施方式中,带计算机控制的制造设备与本文中所披露的本概念的各方面相结合,且某个设备能够在计算机上被优化、然后该计算机将所得到的输出发送给控制着一个或多个制造设备或机器的另一个计算机。如果模型的目的是为了控制一个过程,那么能够从该应用程序模型中直接获得自动控制设计。

[0059] 本概念所促成的优化能够有利于由不是建模专家的工程师做出的对设备或过程的设计和/或控制。

[0060] 本文档描述了用于创建和形成应用程序数据结构的方法和系统示例。根据设想,该方法可作为应用程序界面开发器模块的一部分而被执行,而应用程序界面开发器模块可以作为与工程分析系统(比如多物理场建模系统)接口或连接的独立系统。还设想,该应用程序界面开发器模块可以是包括一个工程分析系统在内的多个模块或例程中的一个。应用程序界面开发器模块可包括或与用户界面相连接,比如图形用户界面,用以接收来自于应用程序界面开发器的用户输入、并向其显示指令。应用程序界面开发器模块用来创建应用程序数据结构,并可以在本公开文档其他部分所介绍的多种计算机系统,包括本公开文档中所描述为用于多物理场建模系统的计算机系统及设备相关联的一个或多个处理器上执行。

[0061] 根据设想,应用程序界面应该可用于工程分析系统或可通过其访问,比如多物理场建模系统,以根据面向对象的编程语言(比如C++、C#、Java®)生成模型对象中所述的模型(比如,包括数据框、方法及其相互作用的模型数据结构)。

[0062] 在某些方面,用于创建或形成应用程序数据结构的应用程序界面可被表示为,一个包括多物理场模型设定节点的分支,比如在本文档其他部分通过模型树状结构特征描述的多物理场建模系统中的各个方面。分支和节点可以被包括在一个图形用户界面中,且所描述的设定可以包括域设定、边界条件、和初始条件以及其他。

[0063] 进一步设想,应用程序界面开发器还可能允许用户对应用程序界面进行命名。例如,应用程序界面的名称可以是它所定义应用程序的描述性信息,并可在诸如执行多物理场仿真类的工程分析系统的用户界面显示(比如模型树状结构)。系统用户可进行重命名操作,或当一个多物理场模型可以增加或使用多个同类应用程序界面时,该系统可自行进行重命名操作。

[0064] 诸如有限元分析系统、有限体积系统、以及有限差分系统之类的计算机辅助工程系统通常配有图形用户界面,供用户进行设定或运行仿真。这类过程或系统可包括若干用

户界面以执行不同类型的仿真,比如CFD、传热、电磁或结构力学仿真。

[0065] 用于建立和求解多物理场问题的方法,以及本文档中所描述的其他建模系统,比如图3至图15,也在2012年7月10日所颁发的美国专利号8,219,373、2009年11月24日所颁发的美国专利号7,623,991、2009年4月14日所颁发的7,519,518、2009年9月29日所颁发的美国专利号7,596,474、2012年7月12日所公布的美国专利申请公布号2012/0179426、以及2011年7月15日所提交的13/184,207专利文献中有介绍,以上专利申请以引用方式全文并入于此。这些公布的专利文献中描述了,例如,通过接收以物理量表示的物理属性表单的输入,来设置和执行包括多个耦合物理现象在内的多物理场仿真的方法。此外,上文所引用之美国专利和专利申请文献中公开了使用物理属性、物理量、以及通过偏微分方程(组)所描述的物理现象来设置问题的方法。这些公布的专利文献提供了使用预定义的应用程序模式来设置和求解多物理场问题的方法与系统,在本公开文档中,这些应用程序模式被称为物理场接口。物理场接口组件可包括参数、变量、物理属性、物理量、边界和初始条件、以及带有设定和菜单的求解器。这些设定和菜单可根据具体的物理场定制,而非采用通用的数学设置。此外,针对不能使用预定义物理场接口的情况,这些公布的专利文献中也对偏微分方程模式方法(也称偏微分方程接口)进行了介绍。使用通用偏微分方程模式和偏微分方程接口来设置多物理场问题,需要了解以偏微分方程描述物理属性、物理量和物理现象方面的知识。

[0066] 根据设想,当基于一个多物理场模型、操作或适配系统与方法生成应用程序数据结构时,最好能同时提供针对工程设计系统的各种计算优势,包括建模和仿真系统。应用程序开发器模块经配置或适配,可访问多物理场模型中的特征及特征设定,在其专用的图形用户界面中,可运行用来生成应用程序数据结构的方法与系统。还可通过此图形用户界面访问利用多物理场模型的现有设定,以生成代表应用程序的数据结构。应用程序数据结构可被另一个系统或方法进一步演绎(例如,执行),该另一个系统或方法使得该应用程序数据结构能够通过一个多物理场建模系统中的图形用户界面予以访问,从而生成一个应用程序模型数据结构和一个多物理场模型数据结构以允许仿真的执行。

[0067] 整份公开文档对所述系统中的各类非限定性的示范性方面进行了描述,包括可通过图形用户界面访问,在处理器单元执行的方法。这些方法中包括有关生成应用程序数据结构、应用程序模型数据结构、以及其他用于建模物理系统的数据结构类型的指令。根据设想,生成的数据结构可用于或可关联到一个工程分析系统(例如多物理场建模系统),系统用户可在其中构建并应用该数据结构。

[0068] 在多物理场建模系统中的一个示范性方面,可以通过第一个解读模块接收以物理量表示的物理属性表单的输入,然后生成模型对象(例如,模型数据结构)。模型对象可包括模型的算法和数据结构,并可被进一步用于表示模型。模型对象可进一步包括用于设置和执行操作序列的方法,以创建模型的几何、网格和解。

[0069] 用于体现工程分析系统的物理计算设备可配置一或多个图形用户界面,允许系统用户进行输入、执行仿真和构建应用程序数据结构。计算机系统可包括上文所介绍的部分非限定性的示范性例程或方法,还可进一步包括用于不同类型仿真的不同界面。不同的用户界面可用于执行诸如流体流动、传热、电磁和/或结构力学仿真。仿真和其他工程或物理现象的关联界面也被设想为可用于计算机辅助工程分析系统。

[0070] 对于一个包括专用图形用户界面,用以生成或构建一个应用程序数据结构和应用程序模型数据结构的系统,本公开文档对其进行了设想。例如,计算机系统可包括一个图形用户界面用以定义与分析 and 仿真相关的物理现象的参数、表单、特征、动作、变量、物理属性、物理量、和/或物理场接口特征。图形用户界面允许用户访问例程或方法,然后生成应用程序数据结构。所生成的数据结构然后可通过如下的一个例程或方法而被解释或执行:该例程或方法被配置用来创建应用程序模型数据结构,且使得能够从其他的与例如工程分析系统(比如多物理场建模系统)关联的图形用户界面访问该应用程序界面。根据设想,这些操作的例程或方法可在本地和/或通过网络远程连接到一个或多个用于执行工程分析系统的处理单元来执行。

[0071] 计算机系统可用于执行本公开文档中所述的各种不同任务。一方面,计算机系统可用于执行一或多个计算机程序,包括存储于计算机可读介质(例如,临时或固定内存、磁存储器、光存储器、电存储器、闪存、其他存储介质)中的工程分析系统和方法。计算机程序可能包括一些指令,当通过处理器执行时,完成一项或多项任务。在某些实施例中,计算机系统会执行机器指令来实施建模和仿真、和/或问题求解任务,这些机器指令可能是在诸如将源代码翻译为机器可执行代码的过程中所产生的。在一项可用于建模和仿真物理现象或物理过程的技术中,使用变量和方程(组)或其他可被计算机系统处理的可量化形式,表示正被建模和仿真的物理现象或物理过程中的各种物理属性和物理量。反过来,这些方程组或其他可量化形式可以被计算机系统求解,它们通常被配置用来求解一个或多个与方程关联变量,或被配置通过接收到的其他输入参数来求解问题。

[0072] 根据设想,使用计算机程序来建模和仿真物理现象或物理过程可带来很多优势,尤其是在建模和仿真分析的物理现象或物理过程的复杂度增加的情况下。例如,在某些实施例中,用户能够将一个或多个物理现象结合到一个多物理场模型中,并作为诸如工程分析中的一部分。为了进一步说明这个示例,用户可以把由化学动力学和流体力学、电磁现象和传热、结构力学和流体流动、或其他物理现象中所描述的现象结合起来。这类多物理场模型也可能涉及多个物理过程。例如,一个过程可能包括由放大器驱动的驱动器,其中放大器和驱动器都是多物理场模型的组成部分。多物理场建模也可包括偏微分方程(组)求解耦合系统。

[0073] 根据设想,在建模系统所运行的计算机系统中,比如本公开文档中所描述的建模系统,可包括联网计算机或处理器。在某些实施例中,处理器可能直接在建模系统用户的电脑上运行;在其他一些实例中,处理器可能远程运行。例如,用户可在一台计算机或位于某个位置的终端上进行各种参数输入。这些参数可在本地的这台计算机上处理,或者通过局域网或广域网传输到位于网络其他位置、且被配置用来处理输入参数的另一个处理器上。第二个处理器可与连接至互联网(或其他网络)的一台服务器相关联;也可以是连接至互联网(或其他网络)的多个处理器,在开发和求解建模系统的问题时,每个处理器将负责完成指定的功能。进一步设想到,一个或多个处理器的处理结果可在另外一台服务器或处理器上进行装配。还设想到,结果可返回至用户所在的终端或计算机处进行装配。然后,用户所在的终端或计算机可通过显示屏(例如,瞬态显示)或硬拷贝记录(例如,通过打印机)的形式向用户显示多物理场建模系统的解。此外,解可存储在与这台终端或计算机相关联的存储器中,或存储在另一台用户可访问并获得建模系统的解的服务器。

[0074] 根据设想,某些实施例中的产品或过程可能正处于研发或设计/分析的可行性阶段。对于正处于研发或分析阶段的产品或工艺,可能需要评估其在包含多个物理属性和物理量的复杂环境中的应用。在基于计算机的设计系统中,最好能通过系统地更改参数和几何特征来求解复杂的多物理场问题。其他需要的特征可能包括,例如,能有一个基于计算机的用于求解复杂多物理场问题的系统,其中用于形成多物理场模型和/或求解多物理场问题的物理属性和边界条件设定被存储在一个存储器中,且可以通过设计系统直接访问。

[0075] 现在请参照图1,这是一个计算机系统示例,它可以与本文档其他部分所述的方法一起使用,包括建模系统和用于生成应用程序数据结构的系统。计算机系统110中包括一个数据存储系统112,它通过通信媒介118连接至主机系统114a~114n。在计算机系统110这一实施例中,从114a~114n的“n”个主机可访问数据存储系统112执行输入/输出(I/O)操作。通信媒介118可以是任意一种网络、或建模和计算机仿真领域已知的其他任何一种通信连接类型。例如,通信媒介118可以是因特网,内联网,或能在主机系统114a~114n与数据存储系统112之间、以及与计算机系统110中的其他部分之间提供通信的其他网络类型,包括但不限于基于各种网络通信形式的系统(例如,光纤、无线、以太网)。

[0076] 主机系统114a~114n中的每一台主机,以及计算机系统110中所包括的数据存储系统112均可使用通信媒介118所提供和支持的每一种连接类型与通信媒介118进行连接。主机计算机系统114a~114n或数据管理器系统所包括的处理器,可以是各种商用单处理器或多处理器系统,比如基于Intel的处理器,IBM大型机、服务器、或能够支持具体实施例和应用程序的输入通信的其他可用商用处理器类型。

[0077] 请注意,有关主机系统114a~114n中每台主机和数据存储系统112中所包括的硬件和系统的详细情况,在本篇公开文档中进行了详细介绍,但是可能会随每个具体实施例存在差异。主机计算机114a~114n中的每台计算机以及数据存储系统112可能被安装在同一个物理位置,也可能被安放在不同的位置。对于在主机计算机系统、数据管理器系统、以及计算机系统110中的数据存储系统之间提供不同类型连接的通信媒介示例,可使用不同的通信协议,比如SCSI、ESCON、光纤通道或者那些精通计算机建模和仿真领域的专业人士所知的对等协议。主机和数据存储系统112与通信媒介118之间的部分或所有连接可能会经过其他通信设备,比如Connectrix或其他可能存在的实体或虚拟交换机设备,比如电话线、中继器、多路复用器、甚至卫星。

[0078] 每个主机计算机系统可执行不同的数据运算类型,比如,存储或检索与一个或多个主机计算机系统所执行的应用程序相关的数据文件。例如,一个计算机程序可在主机计算机114a上执行,在数据存储系统112中存储和检索数据。根据每个具体的执行操作,数据存储系统112中可包括任意数量的各种数据存储设备,比如磁盘、磁带,等等。如以下段落所述,方法可以在主机计算机系统114a~114n中的任一台上驻留及运行。数据可以在执行方法的主机系统本地存储,也可远程存储于数据存储系统112或另一个主机计算机系统中。同样,基于每个计算机系统110的配置,本处所述之方法可在主机计算机系统的一台上存储及运行,且用户可使用另一台计算机系统的本地数据进行远程访问。图1所示的计算机系统110结合具体的实施例进行介绍,实际工程中可能会出现各种不同的系统配置和变化,且不应被解释为对本文档其他部分所述技术的限制。

[0079] 现在请参照图2,图示为建模系统219示例,它可能驻留于单独的一台计算机或多

台主机计算机系统(例如,主机计算机114a~114n)中的一台。建模系统可被分为几个不同的组件。在该系统的一个示例中,可包括一个GUI模块220、建模和仿真模块222以及数据存储和检索模块224。GUI模块220可与系统用户交互。建模和仿真模块222可提供管理与执行多物理场仿真的功能。数据存储和检索模块224可加载和将模型存储为文件、可加载和存储可能在仿真中使用或可能作为仿真输入或输出的其他文件类型。

[0080] GUI模块220可通过发送和接收命令与建模和仿真模块222通信。命令的发送及接收动作可通过应用程序编程接口(“API”)或类似组件执行。一方面,API可以是面向对象的,将数据和函数调用融合在同一个结构中。另一方面,API可以采用独立于函数调用的数据结构。

[0081] 根据设想,在本发明的某些方面,多物理场建模系统中的组件可驻留于不同的主机计算机系统中。例如,GUI模块220可能驻留于一台个人计算机主机上,而建模和仿真模块222可能驻留于一台服务器计算机主机上。进一步设想到,数据存储和检索模块224可驻留于上述个人计算机主机、服务器计算机主机,或者另一台独立的计算机主机。如果计算机主机不同,API可被配置为通过计算机网络在主机间进行通信。在一个实施例中,面向对象的API可被配置为在计算机网络中发送数据和方法调用,或在另一个实施例中,则被配置用于在计算机网络的组件间发送数据和函数调用。API同样可用于处理数据存储和检索模块224,该模块可位于GUI模块220的主机、建模和仿真模块222的主机、或单独的主机上。在上述每种情况下,数据存储和检索模块224都可被配置用来加载和存储这些主机中每一台上的文件。

[0082] 根据设想,在某些方面,系统219中可能包括或随操作系统配置,比如Windows 8、Mac OS、iOS、安卓、Chrome OS,等等,或者包括仿真系统219(图2所示)中没有描述或表征的其他系统组件。在图2的示例中,库226和用户数据文件228可存储在主机计算机系统本地。进一步设想到,在某些方面,库226和/或用户数据文件228以及这些文件的副本,可被存储于另一个主机计算机系统和/或计算机系统110中的数据存储系统112中。不过,为简单起见和便于以下段落中的说明,可假定一种非限定性的方式,即系统219驻留于一个单独的类似114a的主机计算机系统并在类似数据存储系统112中保留额外的备份,例如用户数据文件和库。

[0083] 在本发明的某些方面,像GUI模块220、建模和仿真模块222、数据存储和检索模块224、和/或库226这些建模系统219的组成部分可被包括于商用系统软件包中,或可结合后者执行。这些组件可在主机系统114a~114n中的任一个上运行,可包括一个或多个操作系统,比如Windows XP®、Windows 7、Windows 8、Windows HPC Server 2008R2、Unix®、Linux®、Mac OS®、iOS、Chrome OS®、Android®,等等。进一步设想到,建模系统219中的模块可由各种计算机编程语言编写,比如,C、C++、C#、Java®、或它们的任意组合、或其他商用编程语言。

[0084] 根据设想,GUI模块220可以显示GUI,并用于获取系统用户在分析物理现象和过程的建模、仿真、和/或求解中所需的数据,这些过程和/或现象可通过建模和仿真模块222进行装配和求解。也就是说,系统可以通过这些模块收集或者接收用户数据,比如GUI模块220,然后供建模和仿真模块222使用。之后,数据可被传输或转发到数据存储和检索模块224,在这里用户输入数据可被存储在一个单独的数据结构中(比如,用户数据文件228)。根

据设想,其他数据和信息也可在独立的数据结构中存储和检索,比如库226,并可被用于建模和仿真模块222,或结合GUI模块220使用。

[0085] 与建模系统相关的各种数据文件,比如用户数据文件228和库226,可存储为主机计算机系统或数据存储系统112的文件系统中任一种数据文件格式。在某些方面,系统219可在数据的存储和检索中使用任一种数据库软件包。用户数据文件228也可与其他仿真与建模系统一起使用。例如,用户数据文件228可被存储为可直接或间接作为其他任一种建模系统输入项的格式。在某些方面,数据可在多物理场建模系统和另一个系统之间进行导入和/或导出。可根据每个系统以及每个系统所包括的附加功能更改或定制数据格式。

[0086] 根据设想,本公开文档中所描述的系统与方法可用于结合针对不同物理现象或过程进行建模的物理场接口。多个物理场接口的组合可被称为多物理场模型。物理场接口的属性可以用偏微分方程组表示,这些偏微分方程在本系统和方法中可自动结合,构成一个耦合的偏微分方程组或其他形式。耦合的偏微分方程组可通过“方程视图”的形式进行展示,并允许修改和用作求解器的输入。还设想到,在将偏微分方程组提交给求解器时,它可作为独立的描述单个现象或过程的一个偏微分方程或偏微分方程组系统,或描述多个现象或过程的一个或多个偏微分方程组系统。

[0087] 在本发明的某些方面,一个多物理场建模系统可提供这样的功能,即通过一个或多个图形用户界面允许用户从列表中选择一个或多个物理场接口来耦合物理场接口进行物理属性建模。进一步设想到,一个图形用户界面除了显示物理场接口的名称,还可从中选择物理量的变量名称。根据设想,根据“研究”的设定特征,物理场接口的公式可能会有差异,这将在本文档的其他部分进行详细介绍。

[0088] 进一步设想到,也许需要一个多物理场建模系统来访问用于定义多物理场模型的多个物理现象的预定义组合。预定义组合可以被称为多物理场接口,同物理场接口类似,多物理场接口同样也可能因研究的设定特征不同而有不同的公式。

[0089] 根据设想,在本发明的某些方面,物理属性可用于模拟通过建模系统考察的一个或多个组件和/或过程的物理量,这些物理量可通过允许以数值描述物理量的图形用户界面进行定义。在某些方面,物理属性也可被定义为包括一个或多个数值、空间坐标、时间坐标和/或实际物理量的数学表达式。在某些方面,在一个几何域中,物理属性可能适用于其中的某些部分,且不在几何域中的其他部分定义。几何域或“域”可被分为不相交的子域,这些子域的数学合集构成了几何域或“域”。一个域的完整边界可被分成不同的部分,即“边界”。相邻子域可能有相同的边界,也称“边界”。完整边界是所有边界的数学合集,包括,比如,子域边界。例如,在某些方面,图形用户界面中的一个几何子域可以是一维、二维或三维。不过,如同在本文档其他部分所详细介绍的那样,求解器可用于求解任意空间维度。根据设想,在一项操作中,可使用图形用户界面来指定一个域中的一条边界的物理属性、并被用于派生出偏微分方程(组)的边界条件。

[0090] 建模系统的附加特征,比如建模和仿真模块222中的特征,可自动为一个多物理场模型派生出一个偏微分方程(组)和边界条件系统。这个技术包括融合多个现象或过程的偏微分方程组,还可通过耦合变量或算子来耦合不同坐标系中的过程以生成单一的耦合偏微分方程组,还可对偏微分方程组系统的所有因变量进行符号微分,应用于之后的求解器求解。

[0091] 根据设想,在某些方面,可在执行微分及发送至求解器之前,对耦合偏微分方程组系统进行修改。修改操作可通过图形用户界面的“方程视图”中显示的耦合偏微分方程组的设定窗口执行。通过这种方式修改偏微分方程组系统时,相应物理属性的设定部分可变为“锁定”状态。后续用户可通过某些操作来解锁这些物理属性。

[0092] 根据设想,本发明的某些方面可包括用于建模一个或多个工程和科学学科的特征,比如声学、化学反应、扩散、电磁学、流体力学、地球物理、传热、光学、等离子体物理、量子力学、半导体物理、力学、结构力学、波传播等等。建模系统中的某些方面可涉及上面所提及的多个学科,也可包括对上述学科组合的表征或建模。此外,本处所描述的技术可用于一个或多个偏微分方程组系统。

[0093] 根据设想,在当前披露的某些方面,一个或多个偏微分方程组系统可通过广义型、系数型和/或弱解型表示。系数型更适用于线性或近似线性问题,广义型和弱解型则更适用于非线性问题。正在建模的一个或多个系统可包括一个或多个相关研究,比如稳态、瞬态、特征值或特征频率。在本公开文档中所描述的方面中,有限元方法(FEM)可结合诸如自适应网格剖分、自适应时间步进和/或选择一个或多个不同的数值求解器类的方法来求解偏微分方程组。

[0094] 根据设想,在本发明的某些方面,有限元网格可包括用于表征一个几何域的单纯形。每个单纯形可以属于一个单独的子域,单纯形的合集则可形成近似几何域。几何尺寸一维、二维、三维的域边界也可分别由零维、一维和二维的单纯形来表示。

[0095] 进一步设想到,代表一个几何的网格也可由其他软件或外部应用创建,随后可以被导入并用来创建本公开文档中所描述的一个或多个建模系统。

[0096] 求解过程的初始值可以是数值、或可能是包括数值、空间坐标、时间坐标和实际物理量的表达式。初始值也可包括在前面的研究步骤中确定的物理量。

[0097] 偏微分方程(组)的解可根据物理属性及其相关物理量的子集确定。此外,未求解的子集可作为偏微分方程(组)系统的初始值。

[0098] 根据设想,用户最好可以通过模型向导,在多物理场建模系统中进行空间维度、物理场组合以及研究类型的选择。模型向导可带领用户完成这些选择步骤,且可允许在一个多物理场模型中组合多个空间维度、多个物理场,以及多个研究或研究步骤。

[0099] 现在请参照图3,其中显示了用于指定多物理场模型的空间维度332的用户界面或GUI 330示例。可以在空间维度为零维(独立于空间,仅时域)、一维、一维轴对称、二维、二维轴对称,以及三维的坐标系中指定模型。进一步设想到,用户可结合包含上文所提到的多个坐标系系统的多个模型,以描述包含多个部件或尺度的现象或过程。

[0100] 现在请参照图4,其中显示了用于指定结合了多个现象或过程(例如,声学、流体流动、电磁学、传热和结构力学)的多物理场模型的用户接口或GUI 439示例。根据设想,所结合的每个现象或过程均可对应于一个物理场接口。通过GUI 439,可指定用于该多物理场组合模型中的物理场接口。每个物理场接口可以被配置成以偏微分方程组的形式来模拟物理量。这些物理量可直接表示为偏微分方程中的因变量、或者通过因变量和代表物理量的变量之间的关系表示。在本示例中,偏微分方程组对于GUI用户通常可能处于“隐藏”状态(例如,不使其直接可见)。如前所述,将多个物理场接口结合到一个模型或模型系统中之后,该模型或模型系统就可被称为多物理场模型。

[0101] 根据用户对空间维度作出的选择,GUI 439中还包含了相应的物理场接口的示例列表440(例如,AC/DC、声学、化学物质传递、电化学、流体流动、传热、等离子体、射频、结构力学),供用户从中进行选择。若要向多物理场模型中增加物理场接口,用户可以在列表中选择物理场接口,并可以指定这些物理场接口将被包含在一个多物理场模型中。例如,用户可右键点击,然后从上下文菜单选项中选择“增加选定”442,从而将一个物理场接口(比如流体传热)增加到多物理场模型中。完成选定后,在GUI 439中,该物理场接口将被增加到物理场列表下方的“选定的物理场”列表444中。通过“删除选定”按钮446,可从列表中移除物理场接口。

[0102] 多物理场模型中的每个物理场接口都被命名为唯一名称,用于确定多物理场模型中变量的来源。将物理场接口增加到“选定的物理场”列表444,用户可以编辑代表正在求解的物理量的因变量的名称。例如,用户的编辑操作可能会赋予变量一个新名称,比如在GUI 439中,“因变量”栏448中的“温度”。

[0103] 根据设想,可选择的接口中也可包含一个直接对应偏微分方程组的数学接口443。在一个或多个数学接口中,物理量可由多物理场模型中的因变量表示。根据设想,在某些方面,每个数学接口中可能包含不止一个因变量。进一步设想到,可以在GUI 439中的“因变量”栏448中输入因变量的数量与偏微分方程组系统的维度。

[0104] 现在请参照图5,其中显示了用于指定多物理场模型的一个或多个研究类型的用户界面或GUI 549示例。在建模系统的某些方面,界面中可包含与选定物理场接口相关联的预置研究。界面上可支持定制化研究步骤,例如,定制每个物理场接口的研究,或部分为预置研究(比如,稳态、瞬态)、部分为定制研究(例如,特征频率)。进一步设想到,研究中可包含多个与多物理场模型的仿真研究相关的研究步骤。

[0105] 根据设想,在本发明的某些方面,可通过研究确定将在多物理场模型中进行的分析类型,比如稳态、瞬态、特征值和特征频率。研究可控制多物理场模型中使用的方程式类型、网格类型(例如,从可能的网格列表选定)、和/或可用于求解多物理场模型中不同研究或研究步骤的求解器类型。在一个示例中,研究可包括一个稳态研究步骤,随后进行一个瞬态研究步骤。研究随即会针对稳态和瞬态研究步骤准备方程、网格和求解器。用户可在研究列表550中选择一个研究,然后点击“完成”按钮554结束模型向导步骤。

[0106] 根据设想,在本发明中的某些方面,多物理场模型数据(比如,在GUI 330、439和549中进行的)可从GUI(比如,220)通信至数据存储和检索模块(比如,224),以便存储在用户数据文件中(比如,228)。例如,按照图3至图5中所描述的模型向导步骤所创建的多物理场模型,其中包括几何、材料、物理场接口、网格、研究以及结果,可能在GUI中展示为模型树状结构。通过选择(比如,左键点击)模型树状结构中的一个节点,可使用户访问节点所代表操作的设定选项。对节点的进一步选择(比如,右键点击),也可使用户访问一个菜单,从中完成向对应节点增加属性或操作等动作。这些增加的属性和操作可表示为选定节点子节点。

[0107] 根据设想,在本发明的某些方面,如前所述的一个或多个屏幕显示(比如,GUI 330)可通过建模系统(比如,219)的GUI模块(比如,220)组件的一部分显示。进一步设想到,建模系统可被配置为包含多种不同的物理场接口类型,包括一些预定义接口和/或用户定义接口。预定义物理场接口可以是接口属性包含在库(如226)中的接口,库可能是从供应商

处获取(例如,供应商可能会提供包含以下内容的库:预定义偏微分方程组系统、分析类型、GUI,以及具体系统中的类似内容,比如传热)。用户定义物理场接口被配置成能够支持用户可以为指定偏微分方程组、正被模拟的量等的用户定义模型或物理场接口。用户定义模型可保存在用户定义库中,比如包含在用户数据文件(比如,228)中的库。与用户定义模型相关的定义和其他数据文件可被保存为某些数据格式中的任意一种,比如,与库(比如,226)中的那些格式类似。根据设想,存储模型和模型参数的格式和操作可能不同。

[0108] 现在请参照图6,其中所示为在示范性物理场接口(比如固体传热)中进行物理属性设定的设定窗口659示例。根据设想,每个物理场接口可能有一个或多个根据所描述的物理现象或进程定制的GUI设定窗口,在这些设定窗口中用户可设定与物理场接口相关联的物理属性。物理场接口及其设定可表示为模型树状结构中的节点。例如,选择(例如,右键点击)一个物理场接口节点会打开一个表单,用户可在其中进行一项或多项任务,比如增加物理场接口的域属性或设定、重命名节点、或显示选定节点的属性。

[0109] 设定窗口659中包含一个域列表660,其中可包括物理属性所适用的一个或多个几何域。域也可以被称为子域。根据设想,在图形窗口中,用户可通过直接选择(例如,通过鼠标、键盘或其他选择特征)几何域中的图形表征来选择一个或多个子域。还设想到,在某些情况下,用户可根据预定义的域选择来选择多个域,该预定义选择代表了正被建模的多物理场模型中一个组件中的具体部分。

[0110] 域(或子域)的物理属性可在设定窗口指定。如前所述,物理属性可表示为不同形式,包括数值662、一个或多个空间坐标的符号表达式664、物理量及其空间和/或时间的导数。还设想到,物理量也可定义为来自材料666,此时,可按照本公开文档其他部分的描述在模型的其他部分定义。进一步设想到,物理量可通过一个用于计算物理属性值的程序或例程指定。可在设定窗口659中输入程序或例程的名称、以及可能包含的任何参数。在一个示例中,可通过C、Visual Basic®、Fortran、MATLAB® 或Microsoft Excel® 编写程序或例程。根据具体的执行要求、以及其中所包含的调用标准与惯例,执行所用到的编程语言可能会有差异。

[0111] 现在请参照图7,其中为可通过“方程视图”窗口修改偏微分方程组的GUI 769示例。例如,偏微分方程组,比如示例方程772,可通过物理场接口定义,并在此向用户展示、接受用户修改,以引入未在相应属性设定窗口中定义的一个或多个描述。例如,当用户从菜单中选择“显示方程视图”元素后,会显示偏微分方程组。根据设想,在某些方面,模型中的每个属性随即会显示对应的“方程视图”、及相应的设定窗口770,用户可在此对方程进行修改。“方程视图”可表示为物理场接口属性节点(比如,单元776)的子节点(比如,单元774)。根据设想,在某些方面,当在“方程视图”节点(比如,单元774)的设定窗口770进行更改后,相应的物理场接口属性设定可被锁定。一方面,锁定标记可置于物理场接口图标上(比如,单元776),提示模型树状结构中该接口的一个或多个属性被锁定。同样,这些属性可通过用户解锁,比如,在对应“方程视图”节点774的对应设定窗口,用户可通过选择“全部重置”特征778或其他元素解锁。

[0112] 现在请参照图8,其中所示为域材料属性的材料设定窗口879示例。材料设定可包含一个多物理场模型中的部分或全部物理场接口的材料属性。根据设想,针对域选择列表880中所确定的不同域,模型中可包括所选定的不同材料。材料属性可由用户定义、或者可

从预定义的材料库中获取。在材料设定窗口中,考虑到多物理场模型中的物理场接口,材料属性目录882列表可以在显示出选定的域上所选定材料的材料属性使用状态。例如,在焦耳热过程示例中,材料属性目录列表可能通过图标来标记出与焦耳热多物理场过程相关的属性、以及多物理场接口中所描述的属性。此材料属性可能包括,例如热容、导热系数、电导率、相对介电常数和密度。用户可通过材料设定窗口879定义用于描述焦耳热的材料属性。任何所需的材料属性都可被标记出、或通过图标884或其他标记(例如,复选标记)进行标识。如果所需材料属性未定义,材料属性目录882列表会以突出显示该材料属性的方式指出(例如,使用红色停止符号图标)。

[0113] 根据设想,用户所定义的材料和材料属性可被保存在用户定义材料库中,后续可对它进行访问、用于独立的或者不同的模型。用户可为具体应用创建材料库,拓展了材料定义的灵活性;此外,还支持系统开发人员创建可与多物理场建模系统一起使用的材料库。

[0114] 根据设想,建模系统中的材料和材料属性可表示为模型树状结构中的节点,用户可显示、重命名材料和材料属性,和/或可以通过表单形式在节点中添加材料和材料属性(例如,通过右键点击、或以其他方式选中模型树状结构中的对应节点)。

[0115] 现在请参照图9,其中所示为物理场接口(如传热接口)的物理属性(如温度)的边界条件设定窗口示例989。设定窗口989可包括边界列表990,以指定一个或多个物理属性所适用的几何边界。根据设想,在一个或多个图形窗口中,用户可通过在几何域中选择边界的图形表征来将一个或多个边界增加到边界列表中。边界的选择可通过常用于计算机系统的选择类设备实现(例如,鼠标、键盘、其他选择设备)。进一步设想到,用户也可通过预定义的边界选择来选择边界(例如,边界选择),该预定义选择代表了正被建模的多物理场模型中一个组件边界中的特定部分,该特定部分可包括该组件边界的全体或一部分。

[0116] 几何边界的物理属性可通过它所对应边界条件的设定窗口989指定。这些属性可以表示为数值992、空间坐标的符号表达式,或基于时间的表达式。还设想到,这些属性也可以表示为来自本公开文档其他部分所描述的系统增加的物理场接口的物理量及其空间导数。进一步设想到,可按照与本公开文档其他部分所描述的类似方法,来指定和/或命名用于决定属性值的程序或例程。

[0117] 根据设想,建模系统中的边界条件设定可表示为模型树状结构中的节点,用户可在物理场接口边界条件中增加边界属性、重命名节点、或显示节点属性(例如,通过右键点击或以其他方式选中模型树状结构中的对应节点)。

[0118] 现在请参照图10,其中所示为通过另一个“方程视图”特征1000修改边界条件偏微分方程的GUI示例1009。对于由物理场接口定义的边界条件,可在1002中显示及接受用户修改,以便引入可能未在对应该物理场接口的设定窗口中定义的描述。在一个实施例中,边界方程可通过用户选择显示,例如,首选项菜单(未在图10中显示)中的“显示方程视图”选项。根据设想,当通过“方程视图”特征(如方程视图节点1004)更改偏微分方程边界方程组后,该边界条件的相应设定可被锁定。为指出边界条件的锁定状态,模型树状结构中该边界条件属性所对应的边界条件节点1006可包含一个锁形标记。用户可通过选择设定窗口的“重置所有”特征1008、或其他解锁特征来解锁对应属性的边界条件。

[0119] 根据设想,在某些方面,建模系统最好能将偏微分方程组、与一个耦合偏微分方程组系统相关联的各类选定物理场接口的边界条件保存在一个模型对象(例如,模型数据结

构)中,该模型对象将在图13至图15中进行更详细地描述。这样设定模型对象的原因是,如果通过图7中的GUI 769修改了偏微分方程组和边界条件,对应的模型对象可相应更新。例如,通过分别使用域与边界的设定窗口,域与边界的物理属性、以及在“方程视图”中所指定的可能的修改,建模和仿真模块222(参见,例如图2)示例可创建、初始化、并修改包含与多物理场模型相关联数据(例如,多物理场模型数据结构)的模型对象。进一步设想到,偏微分方程组的耦合系统以及相关联的边界条件域也可进行更新。

[0120] 现在请参照图11,其中为研究步骤(例如,稳态、瞬态、频域)的另一类设定窗口示例1109,它可结合对包含一个或多个研究步骤的研究的求解使用。设定窗口1109可与求解任一个或多个物理场接口,或一个耦合偏微分方程系统中的任意物理量子集的偏微分方程组相关联。设定窗口1109的GUI中包括物理场接口显示区域1110,其中列出了多物理场模型中选定的一个或多个物理场接口。设定窗口1109也可以支持选择不同网格1112、不同离散化1114,以及不同研究步骤的容差。根据设想,模型中特定的物理场接口可与相应的研究步骤设定一并选定,然后,对应的偏微分方程组可在不同的研究步骤中每次求解一个,或者作为一个耦合的偏微分方程组系统,同时求解多个物理场接口对应的偏微分方程组。

[0121] 现在请参照图12,其中所示为包含一个研究节点(如“研究1”1220)及几个子节点(如“步骤1:稳态”1222和“求解器配置”)的模型树状结构示例1219。在本示例中,子节点中包括研究步骤(如“步骤1:稳态”、“步骤2:瞬态”)和一个或多个求解器节点(如“求解器1”1224)。模型树状结构中的分支(例如,研究分支1219)可包含父节点(比如,主节点)和子节点(比如,二级节点、子节点)。研究分支可包括,例如,针对不同研究(如稳态和瞬态分析各自对应的)的偏微分方程形式(如“编译方程:稳态”1226a、“编译方程:瞬态2”1226b)以及求解器设定(如“稳态求解器1”1228a、“瞬态求解器1”1228b)。根据设想,用户可选择在每个研究步骤中求解模型的物理场接口子集,或者在每个研究步骤中求解全部物理场接口。进一步设想到,用户也可包含对应物理场接口的多个模型节点(例如,模型组件节点),这些节点代表了在不同空间维度中所描述的模型、以及在每个研究步骤中求解物理场接口子集或在每个研究步骤中求解全部物理场接口。每个研究步骤中物理场接口的选择、及研究步骤的设定也可被包括在模型对象中。

[0122] 模型树状结构示例1219中的求解器分支(比如,求解器配置)是研究分支(比如,研究1)的一个子节点,它也可包括自身子节点,比如求解器(比如,“求解器1”)和/或因变量节点(比如,“因变量1”)。这些子节点可进一步包含附加的或它们本身的子节点,如“mod1_V”1227a和“mod1_T”1227b。用户可在因变量节点中的每个研究步骤中进一步选择是否求解此变量,因此用户可以自行定制求解器是否求解物理场接口内的某个因变量。根据设想,在求解器步骤对因变量的选择,以及求解器步骤的设定也可体现在模型对象中。

[0123] 图3至图12中所示的建模系统示例仅为示范性案例,用户应理解建模系统可适用于更为广泛的物理过程和物理现象,而不仅仅图中所示或文中所介绍的这些过程或现象。例如,应理解在图4所示的传热案例,除选定物理场接口外,还可能会计算许多不同的物理场接口。另一个例子,也应理解图7中还可显示多个方程视图,及还可在图8中选择许多不同的材料属性。所示方面仅为对可通过多物理场建模系统执行的更广泛操作的示例。此外,所示接口仅为可用于多物理场建模系统中的一类接口的代表。也设想到了其他图形类型、用户类型,或备选输入类型接口。

[0124] 现在请参照图13至图15,其中所示的非限定流程图示例1329、1439、1549包含了用以实现以下动作的一个或多个方法:自动指定一个或多个偏微分方程组系统,将其表示为单一的、耦合的偏微分方程组系统,并求解偏微分方程组系统。本公开文档中所描述的各个方面均可使用面向对象的编程语言执行(例如Java®、C++、C#),其中对象是包含数据域、方法及其相互作用的一类数据结构。例如,模型中的对象可通过调用模型对象的方法创建、修改和访问。模型对象可包括模型的算法和数据结构,并可被进一步用于表示模型。模型对象可进一步包括用于设置和执行操作序列的方法,以创建模型的几何、网格和解。

[0125] 进一步设想到,模型对象的方法可构建为树状结构,这类方法调用可与模型树状结构节点所代表的操作相关联。通过操作此类树状结构或模型树状结构,顶层方法(比如,表示为父节点)可返回支持进一步方法的引用(比如,表示为子节点或其他方式)。在模型对象内部的某个层级,方法会执行某项动作,比如向模型对象中增加数据、执行计算、或返回数据。在几何节点示例中(参见,比如图29),模型对象中可包含与模型几何相关联的不同操作,这些操作被表示为几何节点的二级节点(比如,子节点)。

[0126] 现在请参照图13,在步骤1330,建模系统用户可直接(比如,实际选择)或间接(比如,通过与预定义特征相关联的步骤)选择空间维度。最好能在如之前图3所示的向导窗口中或通过其他类型的界面选择空间维度。对空间维度的选择包括对模型对象的自动更新,这可通过包含方法调用语法`model.modelNode().create()`的模型项实现,和/或通过方法调用语法`model.geom().create()`指定空间维度的几何项实现。

[0127] 接下来,在步骤1331,可选择一个或多个物理场接口。这一项或多项选择可通过如图4所示的向导窗口实现。对一个或多个物理场接口的选择可包括对模型对象的更新,以及向模型对象中增加对应的一个或多个物理项,`model.physics().create()`。接下来,在步骤1332,可选择一个或多个研究的一个或多个类型。例如,可在如图5所示的向导窗口中实现对研究的选择。根据设想,选定的一个或多个研究后续可用于自动生成方程和求解器设定。进一步设想到,模型对象可通过对应的研究项更新,`model.study().create()`。在某些方面,部分或全部所创建的模型对象项可包含子项,这些子项可表示为模型树状结构中的节点。节点可描述在模型向导和/或上述设定窗口中所指定的操作。

[0128] 在步骤1333a,将确定是否已经选定物理场接口设定。如果逻辑判断为真,方法将执行步骤1333b,此时将确定是否还要增加一个模型。如果要向建模系统已经接收到的一个或多个组件和/或过程中增加另一个模型(例如,模型组件)(即,真),方法将会返回到步骤1330,以接收与增加模型相关的输入。随即可增加一个新的模型项,`model.modelNode().create()`,其中包含与现有模型相同或不同的空间维度。这将允许在一个多物理场模型中仿真多个过程。如果不再继续增加模型(即,假),方法将执行步骤1440。如果步骤1333a的逻辑判断为假,方法将执行步骤1334,在此,将为每一个物理场接口指定一个几何,零维物理场接口除外,因为这类接口中所分配的几何将是一个点。根据设想,可创建、或通过几何文件导入(如,通过CAD系统所创建的文件)一个或多个几何表示。进一步设想到,几何的模型对象可更新为包含一个几何表示。

[0129] 在步骤1335,将指定材料及对应材料属性。根据设想,对材料和材料属性的选择可通过如前文中图8所示的设定窗口执行。进一步设想到,模型对象可更新为对应材料项,`model.material().create()`。接下来,在步骤1336,可指定不同域、或不同物理场接口的

物理属性。根据设想,对域的设定可通过如前文中图6所示的设定窗口来执行。在步骤1337,可指定不同物理场接口的物理属性和在边界处的相互作用。根据设想,通过如前文中图9所示的设定窗口指定边界条件。进一步设想到,可根据对应类别的模型对象项, `model.physics().feature()`,更新模型对象的域设定和边界条件。

[0130] 在步骤1338a,判断是否要修改物理场接口的任何偏微分方程组。如果逻辑判断为真,方法将执行步骤1338b,此时,可更改部分或全部物理场接口中的预定义偏微分方程组,包括域方程和/或边界条件。根据设想,在修改偏微分方程组步骤,可指定预定义的物理场接口方程,例如,通过在前文中图7和/或图10中所示的设定窗口。步骤1338b中也可包括对模型对象的更新。如果逻辑判断为假,或者执行修改偏微分方程步骤后,方法可返回至步骤1333a。

[0131] 完成对所有物理场接口的指定后,如果不再继续向正在建模的一个或多个组件和/或过程中增加模型,方法将继续到图14中步骤1440所示的指定网格步骤(参见图11)。根据设想,对网格的指定可包括通过网格项更新模型对象, `model.mesh().create()`。接下来,在步骤1441,判断该模型中是否包括了所有所需的研究参数。如果逻辑判断为真,方法将会执行步骤1550。如果逻辑判断为假,方法将会执行增加研究和/或研究步骤。例如,在步骤1442a,将判断是否增加新的研究。如果逻辑判断为真,方法将执行步骤1442b,支持选择附加的研究。根据设想,可根据研究项增加附加研究, `model.study().create()`。完成附加研究的选择之后,或如果步骤1442a的逻辑判断为假,方法会执行步骤1443a,此处将判断是否将增加一个或多个研究步骤。如果逻辑判断为真,方法将执行步骤1443b,支持向模型中增加一个或多个研究步骤。完成选择一个或多个研究步骤后,或如果步骤1443a的逻辑判断为假,方法将执行步骤1444和1445,此处,将指定研究步骤的物理场接口,同时完成研究步骤设定。根据设想,可通过如图11所示的设定窗口指定研究设定。进一步设想到,研究设定可根据对应类别的一个或多个项来更新模型对象, `model.study().feature().set()`。完成研究设定之后,方法将执行步骤1550。

[0132] 现在请参照图15,在步骤1550将生成求解器序列,在步骤1551将进行逻辑判断确定是否完成求解器步骤,如果判断为假,将在步骤1552编辑求解器序列。根据设想,求解器序列可基于与模型对象相关联的一个或多个研究来创建一个项目, `model.sol().create()`,完成模型对象的更新。进一步设想到,求解器序列可通过按照模型对象项增加的项目进行编辑, `model.sol().feature().create()`。接下来,在步骤1553,方法将求解偏微分方程组,并生成模型的解。根据设想,求解步骤可通过模型项更新, `model.sol().runAll()`。

[0133] 图13至图15描述了在不同的空间维度中,自动形成与一个或多个物理场接口以及几何表示(比如,代表组件或过程的模型)相关联的一个或多个偏微分方程组集的一个或多个非限定性方法示例。根据设想,在此方法的某些方面,偏微分方程组可被合并为单个组合偏微分方程组系统。数值求解器,比如有限元求解器,可被包含在如建模和仿真模块(如222)中,并用来求解一个偏微分方程组系统。例如,有限元求解器可求解对应单个物理场接口的单个偏微分方程系统,或可求解对应于多个物理场接口和几何表示的一个耦合偏微分方程组系统。

[0134] 现在请参照图16,图中所示为用于创建或形成一个应用程序数据结构(例如,应用

程序对象)的方法步骤流程图。本方法可在本公开文档其他部分所述的任一个系统或设备上运行。用户可通过应用程序开发器模块的用户界面执行所示方法步骤。在本发明的某些方面,通过所述方法所生成或创建的应用程序数据结构能够被加载到例如本文中其他部分所描述的系统等多物理场建模系统中(例如,能够在该多物理场建模系统中被执行),以生成定制应用程序模型,其中包含对应的应用程序模型树状结构,用以控制多物理场模型中的所选定的设定。在某些方面,所得到的应用程序数据结构能够包括对其自己的应用程序特定的桌面设计的引用,当该桌面设计被加载到多物理场建模系统中(或在多物理场建模系统中被执行)时,定制出多物理场建模系统桌面。然后,用户能够在应用程序自身的用户界面中访问应用程序模型。

[0135] 用于创建和形成所述应用程序数据结构的方法步骤,可从创建或选择多物理场模型步骤1600a开始,检索或加载与方法所对应的多物理场模型数据结构(例如,模型对象)1600b到相关联的系统中。根据设想,在某些方面,多物理场模型数据结构可以是内嵌的1600c,即作为初始应用程序数据结构1600d的一个内嵌模型。进一步设想到,在某些方面,将多物理场模型在存储设备上保存或存储为应用程序文件时,也可创建一个包含对应内嵌模型的初始应用程序数据结构。在某些方面,应用程序数据结构的创建或形成还能够包括将几何子例程添加到内嵌模型1600e(和添加到内嵌模型数据结构)中的动作。然后,添加的几何子例程还能被内嵌在应用程序数据结构1600d中。

[0136] 在某些方面,定制的(例如,应用程序特定的)桌面特征能够被添加或内嵌到应用程序数据结构中。所述桌面特征能够被表示为应用程序树状结构中的节点。通过应用程序的执行,所述桌面特征能够显示包括视窗、控件和表单的桌面窗口。在其中应用程序在多物理场建模系统的桌面中被执行的某些情况下,可能需要或可能不需要桌面特征。

[0137] 接下来,在步骤1620,说明用于创建和形成应用程序数据结构的步骤的另一个方面,其中可以将应用程序特征增加到所述应用程序数据结构中。应用程序特征可由应用程序树状结构中的应用程序节点表示。应用程序特征可被使用以便向从所得到的应用程序数据结构创建而来的应用程序模型树状结构中增加一个应用程序模型节点。应用程序模型树状结构中的应用程序模型节点可被规定为引用一个模型(比如一个多物理场模型)中的一项设定。当执行应用程序数据结构时,可以将应用程序特征从应用程序的桌面或窗口中的控件或表单(诸如,按钮、组合框或复选框)添加到应用程序模型中。

[0138] 应用程序特征应用于初始应用程序数据结构,用来创建一个定制应用程序模型数据结构。应用程序特征可通过类型、描述和图标标识符进行标识。类型标识符是唯一标识符,可以用于指向应用程序数据结构中的应用程序特征,也可在应用程序开发器模块的应用程序树状结构中的特征旁显示,比如显示在与运行应用程序开发器模块的系统相关联的GUI中。描述标识符可在应用程序模型树状结构中的图形用户界面中显示,也可为应用程序模型树状结构节点所代表的操作的描述性信息。描述或者标识符还能够作为应用程序模型树状结构中的节点的替代物而被显示在桌面或窗口内的控件或表单中。图标标识符指包含图标图形的一个图像文件,也可在计算机系统中执行与应用程序数据结构相关的应用程序时,显示为应用程序模型树状结构中的或控件或表单中的图标图形。

[0139] 在某些方面,应用程序特征可在定义时包含限制或首选条件,这随即可应用于应用程序模型树状结构中对应的应用程序模型节点,或者作为桌面或窗口内的相应控件或表

单的替代物。例如,限制条件可以定义为,一个应用程序模型节点仅可在另一个节点之后显示,该节点依赖于之前节点所代表的操作。在某些方面,首选条件可以定义为使得:应用程序模型节点、或控件、或表单将会在应用程序模型树状结构、或桌面、或窗口中缺省显示,或一个节点将在应用程序模型树状结构中显示为单例节点。在某些方面,这种单例节点仅可向应用程序模型树状结构中增加一次,例如,定义初始值或初始条件的设定。

[0140] 接下来,在步骤1630中,能够向应用程序数据结构中增加输入声明。输入声明用于声明一个新的数据框,其中每个数据框都包括唯一标识符、名称、可选描述、或包括之前几项的组合。这里设想了几类输入声明,例如,字符串数据框可用于声明一个字符串值,字符串数组数据框可用于声明任意长度的字符串数组、二维字符串数组数据框可用于声明外部或内部级别都为任意长度的字符串二维数组(例如,一个数组元素仍为数组的数组)。再举一个例子,二进制数据框可用于声明一个数据框可通过二进制的形式更高效地存储任何数据类型(例如,串行化)。例如,存储大量浮点数的数据框就可存储为二进制数据框,虽然它也可以通过其他数据框表示,比如字符串数组。还设想到了内嵌模型中的任意数据框也可用作输入声明(例如内嵌在应用程序数据结构中的模型)。这类数据框可以是内嵌模型中的参数,经过声明后,由此应用程序数据结构所创建的应用程序的用户可对其进行访问。

[0141] 接下来,在步骤1640,窗口、输入表单和表单集合可被增加到一个应用程序数据结构中。根据设想,在某些方面,输入表单代表了一个控件或控件集合,负责在应用程序执行时监控用户的不同动作。控件可包括图形用户界面的一个或多个单元,用于向用户显示信息或提供用户与应用程序之间互动的一种或多种方式,或者,控件可以是用于描述图形用户界面某个特定单元的外观、运行方式,以及如何与用户动作进行互动的短程序。输入表单能够被增加到与应用程序特征相关联的窗口或菜单中。根据设想,应用程序开发器模块可包括预定义的表单模板、表单集合,以及可以应用的控件集合,例如用于创建设定窗口。

[0142] 现在将描述一些输入表单示例。

[0143] 文本输入表单可以包括一个链接到某些字符串数据值的文本框,该表单通常为文本框的形式,但也有例外。在某些方面,链接可以将基于接收输入的字符串数据值赋予文本框,比如接收到的文本输入或通过组合框接收到的输入。图25也给出了一种链接示例,其中,通过文本输入表单接收到的输入可与内嵌模型的内部数据框相关联(例如,用于指定执行器长度的示例参数L)。图34为这种链接的另一个示例,图中演示了通过组合框(如,叶轮类型示例3426)设定一个数据框的值(如,叶轮类型框示例3405)。根据设想,在某些方面,组合框输入表单的设定与文本输入表单(比如,图25)的设定类似。

[0144] 除了应用程序特征中的任意字符串数据框对象,还可以选择内嵌模型中的字符串数据框值。比如,这类字符串数据值可以是一个模型参数。组合框表单可用于显示选择列表,其中可包括某些字符串数据的值,例如,字符串数据框。设定可类似于文本输入的设定。执行应用程序时,复选框可允许用户在两个选项之间选择,例如打开或关闭。按钮表单可用在控件集合中,当在应用程序中通过点击或其他方式选中后,可执行一项操作。菜单项表单可定义它所在菜单中的一个菜单项目。它的父节点可以是一个菜单或是一个应用程序特征。执行应用程序时,以应用程序特征为父节点的菜单项表单可被包含在该应用程序特征的上下文菜单中。表格输入表单可用于编辑字符串数组数据框声明中的值,通常表格中的一列代表一个框引用。

[0145] 表单集合可以将一些成员表单分为一组,以实现应用程序用户界面所需的布局。成员表单可以是输入表单或输出表单(见下方),也可包含控件。可通过引用输入和输出表单增加表单集合中的成员,或者直接增加输入和输出表单作为表单集合的子节点(如,模型树状结构中的子节点)。

[0146] 根据设想,在应用程序开发器模块的一些方面中,可以使用数种类型的表单集合。桌面窗口可以是一种类型的表单集合,且在某些方面,根据应用程序的执行,桌面窗口表单集合能够在计算机桌面中定义可以显示其他表单的框架。

[0147] 当执行此应用程序数据结构所创建的应用程序时,能够在桌面窗口或表单窗口内显示出栏面板,且该栏面板能够进一步与应用程序特征相关联。这种栏面板可以包括一个表征用的标题条(例如描述),和该标题条下的成员表单。表单窗口可以包括至少一个栏面板,根据进一步设想,应用程序特征可自动获取一个栏面板子节点。

[0148] 应用程序开发器模块中可用的另一类表单集合可以是一个菜单。当执行此应用程序数据结构所创建的应用程序时,可通过桌面窗口中的例如工具条来访问一个或多个菜单,或者菜单也可作为应用程序节点的上下文菜单。菜单的子特征中可以包括至少一个菜单项或其他菜单。在应用程序开发器模块中,菜单可包括一项或多项关于其描述的设定。

[0149] 在应用程序开发器模块中,表单组也可以是可用的另一类表单集合。表单组可用于将其他几个表单组合成一个新的表单。一个这样的例子包括如下情形:当执行基于所创建的应用程序数据结构的应用程序时,将会在桌面窗口或设定窗口中以相互交叠的形式显示出数个表单。

[0150] 卡片堆可以是另一类表单集合。当执行此应用程序数据结构所创建的应用程序时,这类表单集合可以包括几个预定义表单,这类表单将基于系统用户的选择进行显示。根据设想,在某些方面,当执行包含这类表单集合的应用程序时,在给定时间,表单中只能有一个成员(同时也为卡片堆的成员)可以是激活状态。可通过激活条件来控制将显示卡片堆中的哪个表单,这一激活条件将在下文中进行更详细的描述。表单集合的其他方面可包括一个桌面窗口。当执行此应用程序数据结构所创建的应用程序时,桌面窗口表单集合可在电脑桌面定义用于显示其他表单的框架。表单窗口可以是特定的、预定义的桌面窗口类型。表单窗口可定义显示其他表单的框架,这些表单可按照行与列进行放置。当执行此应用程序数据结构所创建的应用程序时,表单窗口可以进一步成为每个应用程序特征相关联的应用程序设定窗口的缺省窗口。画布窗口是另一类特定的、预定义的桌面窗口,因此也是一种表单集合。在执行此应用程序时,画布窗口可用于展示图形,例如几何、网格和绘图。

[0151] 接下来,在步骤1650,可向在步骤1640中所增加的输入表单或表单集合中加入激活条件。激活条件可用于指定检查输入声明值的逻辑条件。例如,在执行应用程序时,输入表单的激活条件可用于决定是否启用或禁用表单窗口中的表单。禁用表单可在窗口中隐藏,或者灰化变成不活跃状态。

[0152] 接下来,在步骤1660,能够向应用程序数据结构中增加输出声明。在执行应用程序时,输出声明用于声明数据区,这些数据区用户不能更改,但是可以从应用程序或应用程序数据结构中的内嵌模型中读取数据。例如,当基于应用程序数据结构的应用程序被执行时,输出声明可用于声明来自内嵌模型一个计算的结果。

[0153] 接下来,在步骤1670,能够向应用程序数据结构中增加输出表单或表单集合。输出

表单可代表任意控件,这些控件用于显示输出声明中的数据、或内嵌模型中表征数据的对象。内嵌模型中的绘图组就是一种输出表单示例,可直接用于画布窗口。根据设想,在某些方面,当执行基于应用程序数据结构的应用程序时,输出表单可通过一个动作(见下文)更新,以更新和显示之前动作的结果。

[0154] 根据设想,在用于生成应用程序数据结构的应用程序开发器模块中,最好能定义多个输出表单。可通过数据显示输出表单显示输出声明的数据。数据显示输出表单也可包括对增加到应用程序数据结构中的内嵌模型中全局计算的引用。在执行应用程序时,通过某个动作执行这类表单,全局计算的值即可被更新。对于输出声明中的大量输出数据,最好能通过一种表格数据显示输出表单进行显示。例如,可以在表单中的每列使用一个输出引用。在应用程序的执行过程中,输出表单导出动作可打开一个导出对话框,从而将结果保存为文件。导出输出表单可以是导出增加到应用程序数据结构的内嵌模型中的对象,并且可能包括动画、图像和数据。

[0155] 接下来,在步骤1680,可向输出表单中增加激活条件。这类激活条件可用于确定是否要显示某个输出表单。例如,应用程序被执行时,激活条件可确定是否在表单窗口中启用或禁用该输出表单。应用程序被执行时,被禁用的表单可在窗口中隐藏,或灰化显示。

[0156] 接下来,在步骤1690,能够向应用程序数据结构中增加动作。当执行此应用程序数据结构所创建的应用程序时,动作可包括对操作序列的定义、且可通过输入表单执行。例如,可在输入表单中响应或根据按钮或图表选择来执行动作或序列的定义。动作也可以包括对输出表单的更新。例如,动作可包括对内嵌模型绘图的更新,模型随即会在应用程序中通过如画布窗口之类的图形窗口生成一个新的绘图。

[0157] 接下来,对步骤1695的某些方面进行了设想。在步骤1695,可向应用程序数据结构中增加向导。此向导可用于在GUI中按顺序显示或者按照一定组合显示一系列窗口。向导可直接置于应用程序根节点的下方,当执行或实施基于所创建的应用程序数据结构的应用程序来创建新模型时,向导可被启动。在某些方面,向导可被设定为某个应用程序特征的子节点,在应用程序的执行中,当通过该应用程序特征创建新实例时,向导可被启动。根据设想,在某些方面,向导可通过子节点的形式包括至少一个向导步骤。这类子节点向导步骤可包含对于向导中每个步骤的窗口的规范。例如,在某些方面,每个向导步骤可包括按照设定窗口表单定义的不同窗口。

[0158] 接下来,方法将继续决定是否要确定或添加其他应用程序特征。如果答案为否,方法将执行步骤16100,此时,将按照上述方法步骤生成作为输出的应用程序数据结构。

[0159] 根据设想,在某些方面,应用程序数据结构中将包括它所基于的多物理场模型数据结构作为其内嵌模型,同时还包括表征通过上述方法步骤所生成节点的层级结构。

[0160] 进一步设想到,在部署经更新或修改后的应用程序数据结构时,可以将应用程序数据结构置于一个新的或现有的库中。库可以代表文件系统或网络中的真实文件夹结构。通过被配置或适配为根据应用程序数据结构创建一个或多个多物理场模型数据结构的系统,可访问任何现有的库。

[0161] 根据设想,上述用于增加应用程序特征和生成应用程序数据结构的方法与物理系统模型相关联。根据设想,包括一个或多个输入声明、表单特征、激活条件和动作特征的一个或多个应用程序特征可被表示为数据,这些数据将被增加、获取、接收或传递作为形成或

生成经修改或更新的、且包括该应用程序特征的应用程序数据结构的一部分。

[0162] 现在请参见图17,其中所示为在利用图16所描述的动作过程所创建的应用程序数据结构中,各特征间实例层次关系的统一建模语言(UML)对象图示例。

[0163] 应用程序数据结构可以包括至少一个内嵌模型1701和至少一个应用程序特征1702。作为替代方案,应用程序数据结构可以包括具有桌面窗口、表单和控件的桌面。根据设想,也可包括一个或多个内嵌模型和应用程序特征。应用程序数据结构中可以包括一个或多个(比如,1…*)输入声明1703,一个或多个输入表单1704,输入表单1704中还可进一步包括相应的激活条件1714。应用程序数据结构也可以在任意位置包括0个、1个或多个(比如,0…*)输出声明1705和输出表单1706,输出表单1706中还可进一步包括相应的激活条件1715。应用程序特征1702中也可以包括一个或多个(比如,0…*)表单集合,这类集合中可以包括输入表单和/或输出表单。应用程序数据结构中可包括0个、1个或多个(比如,0…*)动作1708,动作中还可进一步定义0个、1个或多个(比如,0…*)相应的激活条件1716。在某些方面,应用程序特征的设定也可链接至包括在向导特征1712中的向导步骤1713。此外,应用程序特征也可包括应用程序子特征1709,子特征中也可再包括子特征。应用程序数据结构也可以包括带有相应向导步骤1711的向导特征1710,1711可被链接至应用程序特征1702的应用程序子特征1709。在某些方面,链接可被理解为通过向导的方式引入设定,其中包括设定表单、激活条件、文本输入中的值、动作执行等等。在某些方面,链接可通过设定字符串数据的值完成。例如,图34叶轮类型的设定窗口示例就可包括一个向导步骤,用于链接对叶轮的示范性选择和叶轮类型,并决定是否显示叶轮倾角编辑框。

[0164] 现在请参照图18,其中根据图16中的步骤1600a~1600d向初始应用程序数据结构中增加多物理场模型数据结构中的某些操作,显示了对应的应用程序树状结构示例。右键点击或选择应用程序树状结构的根节点1802,可打开或显示上下文菜单,可通过它向初始应用程序数据结构中增加多物理场模型数据结构1803。

[0165] 通过一个对话框列出的多物理场模型库1804的模型列表,可以选择多物理场模型数据结构。这个模型库可以来自多物理场建模系统本身,或者也可能是使用多物理场建模系统的用户在之前创建并保存的模型列表。这类多物理场模型及其所对应的多物理场模型数据结构,可描述涉及以下物理现象的设备和过程,包括静态和准静态电磁场、时谐和动态电场、声学、流体流动和化学反应、传热、结构力学、电机学、等离子体化学和物理学、流固耦合、热应力和热膨胀、电化学,以及其他耦合的物理现象和过程。根据设想,在本处所描述的系统和方法中的某些方面,示范性应用程序特征可通过运行内嵌模型中所定义的模型,来设定时谐电磁场频率(输入)、运行仿真(动作)、显示S参数(输出)。另一个例子,通过运行声学仿真内嵌模型,示范性应用程序特征将接收用于更新参考压力的输入、运行仿真、以及显示波传播结果。另一个例子,在内嵌模型所定义的水槽流体流动模型中,示范性应用程序特征可接收入口流速、运行流体流动仿真、显示管道出口处的平均流速。另一个例子,运行内嵌模型中的电子器件模型时,示范性应用程序特征可通过仿真(动作)来决定在给定输入载荷下(输入)、将温度控制在给定输入值(输入)之下的散热器的尺寸(激活条件、输出)。另一个示例,运行内置模型中定义的等离子体反应器模型时,示范性应用程序特征将用于接收参数化等离子体反应器的值、对几何进行相应更新(动作、激活条件),以及运行仿真以计算出晶片表面沉积的半导体材料的镀层厚度。

[0166] 另一个示例,根据设想,可选择多物理场建模系统中的微机电系统(MEMS)模块1806下的微执行器模型示例。一旦选定后,多物理场模型数据结构可被表示为应用程序树状结构中的模型节点1805,现在请返回图16,按照步骤1600c到1600d将模型添加到应用程序数据结构中。

[0167] 现在请参照图19,其中根据图16的步骤1620向应用程序数据结构中增加应用程序特征中的某些操作,显示了对应的应用程序树状结构示例。通过右键点击或以其他方式在应用程序树状结构中选定根节点1903,可以打开上下文菜单1904,可通过它向应用程序数据结构中增加一个应用程序特征。作为上下文菜单的替代,可以通过点击来自应用程序开发者桌面中的工具条菜单里的对应的应用程序特征来添加应用程序特征。此外,在某些方面,当应用程序数据结构被执行从而创建新应用程序时,应用程序中也可包含一个由缺省表示的应用程序特征节点、控件或表单。该应用程序特征可在应用程序树状结构中表示为应用程序特征节点1905。该应用程序特征可用于表征器件模型示例中的设定,例如微型热执行器,可进一步被多物理场模型数据结构描述。

[0168] 现在请参照图20,其中所示为示范性应用程序特征的设定窗口示例2006,根据创建应用程序数据结构的方法中的某些方面,此处所示应用程序特征为热微执行器多物理场模型中的设定。应用程序特征的设定窗口可以包括类型2007、描述2008,以及图标编辑框2009。也可包括设定窗口栏,如限制2010,以及首选项2011。在首选项栏,“增加为永久节点”复选框2012可被选中,选中后,本节点在应用程序的使用过程中将始终显示在应用程序树状结构中。作为替代方案,还可以显示出用来添加永久控件或表单的复选框。单例特征复选框2013也可用于指定当运行应用程序时,这个应用程序特征只能在应用程序模型中出现一次。

[0169] 现在请参照图21,其中根据图16步骤1630向应用程序数据结构中增加输入声明中的某些操作,显示了对应的应用程序树状结构示例。右键点击或通过其他方式在应用程序树状结构中选中特征节点2102,可以打开上下文菜单2103,可通过它向应用程序数据结构中添加输入声明,例如字符串数据框2104或其他可用或列出的输入声明类型。根据设想,这类输入声明可用于接收参数输入,这些参数在应用程序的执行过程中被用于控制内嵌模型中的设定。

[0170] 现在请参照图22,根据图16步骤1640向应用程序数据结构中增加表单集合中的某些操作,图中显示了对应的应用程序树状结构示例。右键点击或通过其他方式(例如触屏、滚动列表、或悬停)在应用程序树状结构中选中特征节点2203(或者,工具条中的按钮),可以打开上下文菜单2204,可通过它向应用程序数据结构中添加输入表单或表单集合,例如栏面板2205。在此类上下文菜单中,可包括其他输入表单或表单集合,例如,菜单。创建应用程序时,也有一个缺省可以使用的栏面板。栏面板,或其他任何输入表单和表单集合,可以表示为应用程序树状结构2206中的一个节点。

[0171] 现在请参照图23,其中根据创建应用程序数据结构方法中的某些方面,显示了栏面板表单集合的设定窗口2307示例。在本示例中,栏面板表单设定窗口中可以只包含栏面板的标题2308,但根据设想,可通过其他子特征来定义栏面板表单集合的内容。例如,栏面板可被设计为接收内嵌模型中所定义的MEMS执行器长度的输入,因此栏面板标题可被设定为执行器长度2308。

[0172] 现在请参照图24,其中根据图16步骤1640向应用程序数据结构中增加文本输入表单的某些操作,显示了对应的应用程序树状结构示例。右键点击或通过其他方式在应用程序树状结构中选中特征节点2409或其他表单集合节点,可以打开上下文菜单2410,可通过它向应用程序数据结构中的栏面板表单集合添加子输入表单。例如,栏面板可以包括文本输入表单2411,它可在应用程序的执行过程中接收内嵌模型中关于执行器长度的文本输入。文本输入表单可以在应用程序树状结构中表示为节点2412。

[0173] 现在请参照图25,其中根据创建应用程序数据结构方法中的某些方面,显示了文本输入表单的设定窗口示例2513。根据设想,这类设定窗口可以包括数据框引用2514,指向在输入声明中声明的数据或之前在内嵌模型中声明的数据。例如,文本输入可指向在内嵌模型中定义的用于控制MEMS执行器长度的参数。设定窗口也可包括数据框设定栏2515,支持如定义缺省值等的设定。当应用程序被执行时,可以在输入编辑框中显示这类缺省值。在某些方面,可选控件栏2516中提供了已做好的用于设计文本框的控件合集。这些可选控件可以包含描述2517、符号2518,和单位2519。控件布局预览2520可以显示在应用程序的执行过程中文本框的显示方式。

[0174] 现在请参照图26,其中根据图16步骤1650向应用程序数据结构中增加激活条件中的某些操作,显示了对应的应用程序树状结构示例。右键点击或通过其他方式在应用程序树状结构中选中文本输入节点2602或其他输入表单节点,可以打开上下文菜单2603,可在其中选择增加激活条件2604。在本示例中,当应用程序被执行时,这一条件可基于输入参数的值激活文本输入表单。这一输入参数可从另一个输入声明和输入表单中获取,或引用内嵌模型中的一个参数。激活条件可以在应用程序树状结构中表示为输入表单的子节点。

[0175] 现在请参照图27,其中根据图16步骤1660和步骤1670向应用程序数据结构中增加栏面板和数据显示输出表单的某些操作,显示了对应的应用程序树状结构示例。根据设想,如下文所述,可在内嵌模型中包括输出声明,并通过引用的方式链接到输出表单。右键点击或通过其他方式在应用程序树状结构中选中文本输入节点2702,可以打开用于增加表单集合的上下文菜单,比如包括输出表单的栏面板。根据设想,这类栏面板可以在应用程序树状结构2703中表示为一个节点。右键点击或通过其他方式选中栏面板节点2703,可以打开上下文菜单2704,可在其中选择向栏面板表单集合中增加诸如数据显示表单2705类的输出表单。当应用程序被执行时,数据显示表单可用于显示内嵌模型中衍生值的值,或显示其他在输出表单中所声明的数据。在应用程序树状结构中,数据显示输出表单可表示为栏面板表单集合节点的子节点2706。进一步设想到,在某些方面,激活条件可被增加到输出表单中,比如前文中图16步骤1680所描述的激活条件。向输出表单中增加激活条件,这一操作类似于向输入表单中增加激活条件,如图26中对激活条件2604的描述。

[0176] 现在请参照图28,其中根据创建应用程序数据结构方法中的某些方面,显示了数据显示表单的设定窗口示例2807。这类设定窗口可包括输出数据引用2809,以指向在输出声明中声明的数据、或在图16步骤1650中已定义在内嵌模型中的数据。例如,数据显示表单可引用在内嵌模型中定义的点计算2808,它被用来显示MEMS执行器的总位移。可选控件栏2810中提供了已做好的用于设计数据显示表单的控件合集。这些可选控件可以包括描述2811和符号2812。控件布局预览2813可显示当应用程序被执行时数据显示表单的显示方式。

[0177] 现在请参照图29,其中根据图16步骤1690向应用程序数据结构中增加动作中的某些操作,显示了对应的应用程序树状结构示例。右键点击或通过其他方式选中应用程序树状结构中的应用程序特征节点,可以打开上下文菜单2903,可在其中选择增加动作2904。根据设想,这一动作可表示为应用程序树状结构2905中的一个节点。在某些方面,一个动作也就是执行内嵌模型中的操作序列。

[0178] 现在请参照图30,其中根据创建应用程序数据结构方法中的某些方面,显示了动作特征的设定窗口示例3006。根据设想,这一设定窗口可包括内嵌模型中示范性模型树的副本3007,可在其中将动作链接或关联至内嵌模型中的一项操作。例如,动作特征可链接或关联至用于生成执行器几何的操作序列3008,以及在内嵌模型中仿真MEMS执行器总位移的操作。

[0179] 现在请参照图31,其中根据图16步骤1640向应用程序数据结构中增加菜单表单的另一个示例中的某些操作,显示了对应的应用程序树状结构示例。右键点击或通过其他方式选中应用程序树状结构中的应用程序特征节点3121,可以打开上下文菜单2903,从中可选择向应用程序特征中增加菜单表单3122。菜单表单可以是上下文菜单中的菜单项,在应用程序的执行过程中当选定该应用程序特征时,将显示该菜单项。菜单表单可以链接至一个动作,在应用程序的执行过程中当选定上下文菜单项时,将执行该动作。动作可以指执行内嵌模型中的一个操作序列,例如,链接至图30中示范性几何序列3008。根据设想,这类动作链接可通过选择菜单表单设定窗口中的一项动作创建。

[0180] 根据设想,在本发明中的某些方面,术语链接和关联可互换使用,按照计算机建模领域的理解,指两个单元或特征之间的关联关系。在某些方面,链接可进一步被理解为关联关系的实例,例如在一个建模系统中执行应用程序时。

[0181] 现在请参照图32,其中根据创建或形成搅拌器应用程序数据结构的应用程序开发系统或模块中某些方面,显示了图形用户界面示例3206。在示范性应用程序开发器的应用程序树状结构中,包括内嵌多物理场模型的表征3207以及五个示范性应用程序特征,这些特征定义了所得到的搅拌器应用程序的用户界面。搅拌器应用程序可包括用以定义容器3214、叶轮3215、液体类型3216、搅拌器操作3217、以及仿真结果3218等的应用程序特征。

[0182] 内嵌多物理场模型可以包括搅拌器模型的几何定义、材料属性、物理场、网格、求解器和求解结果。基于多物理场建模系统物理场接口的动量和质量守恒定律,内嵌搅拌器模型可针对含旋转叶轮的搅拌器,求解流体流动问题。除此之外,还可进一步定制多物理场模型,求解搅拌器溶剂中一种或几种化学物质的浓度场。

[0183] 现在请参照图33,其中根据容器应用程序特征3319中的某些方面,即在创建应用程序数据结构的方法中接收用于创建容器几何的输入,显示了对应的应用程序特征的树状结构。应用程序树状结构可以表征容器应用程序特征对于搅拌器应用程序的应用程序数据结构的贡献。容器特征可以在模型树中设置带有对应设定窗口的节点,并将在应用程序的执行过程中显示该节点。设定窗口可以包括容器规格栏面板3323,其中又包括两个输入表单;一个用于指定容器高度3324,一个用于指定容器直径3325。这些输入表单可指向内嵌多物理场模型中的参数,在应用程序的执行过程中,多物理场模型中的容器几何用参数表示,可根据用户输入改变容器高度和直径。

[0184] 本文中(参照图16和图17以及相关的示例性GUI)已经说明了如下的系统和方法:

这些系统和方法基于多物理场模型、通过被构造或访问用于多物理场模型的特征和特征设定的应用程序开发软件中的图像用户界面(例如,专用的GUI)而创建应用程序数据结构。这样的图形用户界面还可以通过使用多物理场模型的现有设定,来提供用于生成代表应用程序的数据结构的方法。然后,应用程序数据结构被另一个方法演绎(例如,被执行),以便使其能够通过生成了用于仿真的应用程序模型数据结构和多物理场模型数据结构的物理场建模系统中的GUI而被访问。

[0185] 较佳的是,扩大几何子例程和累加选择的灵活性和能力范围,以便允许几何子例程变得更加可重复使用和更加强大。例如,几何子例程可以被扩展成接受作为输入的对象和选择。此外,通过定义多物理场建模系统中的工作平面中的横截面,能够实现在图37a到图37c中所图示且说明的波导应用程序中所例举的几何子例程的横截面的定义。

[0186] 现在请参照图34,其中根据创建应用程序数据结构的某些方面,显示了叶轮应用程序特征的树状结构示例。根据设想,叶轮可以有不同类型,比如,六叶片涡轮桨(Rushton)、三叶片斜叶桨、或四叶片斜叶桨叶轮。因此,叶轮特征可包括一个由叶轮类型输入声明特征3405声明的叶轮类型参数或字符串。叶轮类型参数的值可从叶轮类型组合框输入表单3426中获取。有效值特征3427可以是组合框输入表单的子特征,在应用程序的执行过程中,它可以显示在组合框输入表单中所选定的值。

[0187] 根据设想,在某些方面,叶轮类型的值可用作内嵌模型中几何序列中的if语句特征输入。这类if语句可用于决定哪类叶轮类型可提供更好的设计,因此应构建或实现哪类叶轮类型。该非限定性的示范性方面图示了几何子例程被扩展到例如接受作为输入的对象和选择。用于多物理场模型的应用程序的定制化使得能够为特定的物理系统(诸如,所说明的搅拌器应用程序的示例性叶轮方面)定义模型且执行仿真。应用程序的定制化还使得正在被仿真的物理系统(例如,搅拌器、波导、其他)的设计能够被优化且作为输入而被提供给用于控制所述物理系统的制造过程的一个或多个计算机,且推而广之,作为输入而被提供给与这样的—个或多个计算机协作地相关联的机器。

[0188] 此外,每类叶轮类型也可接收来自叶轮和容器输入表单的参数输入,例如叶轮直径3428,距离容器底部的净空3429。其中的一些输入表单也可包括激活条件3402。例如,如果选择斜叶桨叶轮,则将显示一个用于输入叶轮倾角的编辑框3430。执行应用程序时,如果用户选择斜叶桨叶轮,激活条件将被激活,并显示该文本输入框。

[0189] 在某些方面,应用程序特征树状结构还能够包括代表应用程序数据结构中的动作的节点。例如,对于叶轮应用程序特征3420,“构建叶轮”节点3409代表应用程序数据结构中的动作。在示例性叶轮应用程序被执行后,可以设想,在内嵌模型中被定义的动作能够包括:执行几何序列、确定if语句的结果、和/或执行用于叶轮几何的几何子例程调用。

[0190] 现在请参照图35a,其中根据创建应用程序数据结构和执行应用程序中的某些方面,图示了根据示例性叶轮应用程序特征的输入的几何子例程可执行的几何操作和选择。将动作特征用于应用程序特征中,可从几何序列中调用几何子例程,这类调用可表征为模型树中的一个节点,比如内嵌模型中几何分支的一个节点。叶轮类型由if语句决定,例如上文所描述的六叶片叶轮3500、三斜叶桨叶片3501,以及四斜叶桨叶片3502,几何子例程可针对相应的叶轮类型运行几何参数化序列。利用作为用于创建应用程序数据结构和执行该应用程序的一个方面的示例而被图示出来的叶轮,可以设想出能够运行几何子例程的其他系

统和对象。

[0191] 几何子例程的输出可以是叶轮的几何和对应于轴表面3503、叶轮表面3504的一组选择、以及在内嵌模型中所定义的叶轮3506和容器域3507之间的表面3505。执行应用程序时,每个选择组可用于设定内嵌模型中物理场的边界条件。例如,当流动方程的具体边界条件来自于叶轮旋转时,叶轮表面选择组更易于操作。此外,在一个示例中,圆柱体环绕叶轮的界面需要用到移动网格设定,例如使用拉格朗日-欧拉法(ALE)来仿真叶轮的旋转。

[0192] 几何子例程能够定义一组本地参数,该本地参数接收来自几何子例程引数(argument)(参照图35c)或依赖于几何子例程引数的它们的值。反过来,几何子例程引数能够参考在几何子例程外部的参数。除了全局参数(例如,在内嵌的多物理场模型中的几何子例程内部和外部都被定义的参数)以外,几何子例程中的几何特征的表达还能够包括引数和本地参数。在冲突的情况下,设想几何子例程的引数和本地参数优先于全局参数。在某些方面,几何子例程还能够包括它们自己的本地函数。例如,这些本地函数能够被用于定义依赖于子例程引数的函数。

[0193] 现在参照图35b,根据所说明的用来创建应用程序数据结构的方法和系统的某些方面,图示了代表应用程序开发软件中的内嵌模型中的模型树的示例性几何子例程。诸如在上面例示的、图35a所说明的应用程序中的一个搅拌器内嵌模型等搅拌器内嵌模型能够包括斜叶片叶轮3515、涡轮桨(Rushton turbine)3516、碟形底部容器3517和/或平坦底部容器3218的几何子例程。通过涡轮桨3516的几何子例程例示引数且该引数包括引数列表3519、一组参数3520和/或诸如用于涡轮桨中的磁盘的圆盘选择3521等一组输出选择。

[0194] 可以设想,几何子例程中的几何操作还能够创建输出选择,输出选择可以有助于诸如用于叶轮的搅拌轴和联轴器(参照元素3522)的合并操作等累加选择。涡轮桨几何子例程能够在几何子例程调用3523中的几何序列中被调用,且在某些方面,涡轮桨几何子例程只可以在叶轮类型是涡轮桨时被调用,几何序列中的if语句包括几何子例程调用3523。

[0195] 现在参照图35c,根据所说明的用来创建应用程序数据结构中的内嵌模型中的几何子例程的方法和系统的某些方面,图示了包括引数列表的设定窗口。所述引数列表包括能够在几何子例程中所创建的对象维度的参数。在涡轮桨几何子例程的示例性方面,这样的参数能够直接或间接地控制叶轮的维度。例如,所述引数能够控制叶轮直径3225、叶轮轴直径3226、容器高度3227、容器直径3228、从容器底部到叶轮的间隙3229、叶轮的叶片长度3230、叶片宽度3231和/或其他(例如,叶片间距、叶片数量、旋向性)。这些引数是示例性的,且应当理解的是,几何子例程和引数列表能够应用于包括几何方面的许多其他应用程序。

[0196] 现在参照图35d,针对在上面例示的涡轮桨几何子例程,图示了用于几何子例程调用3532(还称为几何序列调用)的示例性设定窗口。可以设想,能够通过不同的选择来调用不同的几何子例程,例如,通过下拉列表3532,或通过浏览到下面将进一步说明的链接几何子例程。可以设想,能够在几何子例程调用3533中设定如上所述的几何子例程的引数的值。还可以设想,能够根据如下的几何实体级别列出输出选择:对象、域、边界、边缘和/或点。例如,边界3534的输出选择能够被用于内嵌模型中以便在不同的边界上定义不同的边界条件。例如,圆盘选择能够有助于各边界条件的旋转内壁选择3235。Rushton桨搅拌轴和联轴器的选择能够有助于旋转壁条件3536的选择,和/或Rushton叶片选择能够有助于旋转内壁

3537的选择。

[0197] 可以设想,几何子例程能够接受与输入几何对象和诸如域、边界、边缘和/或点等输入几何实体相关联的选择。能够利用模型树的几何子例程分支中的输入选择节点来代表几何对象和几何实体的输入选择。第一次输入选择被添加,输入选择特征可以在模型树中的几何子例程分支的开端被添加。输入选择特征可以与如下的设定窗口相关联:该设定窗口包括用来从对象、域、边界、边缘和/或点中选择的几何实体级别组合框;和/或所选择的对象或实体的只读列表。当选择输入选择特征时,可以在多物理场建模系统的图形窗口中突出对应的选择。在一个示例性方面,输入选择可以接收作为输入的边界选择,且利用这个边界选择,根据在几何子例程中指定的几何序列、通过使选择中的边界突出且清除该边界而创建复杂的对象。

[0198] 在某些方面,可以设想,每个特征代表几何子例程的几何序列中的对象或几何操作。例如,在图35b中的示例性涡轮桨几何子例程3516下的“圆柱体1”节点3530定义使叶轮的搅拌轴和联轴器联合的叶轮轴几何或合并操作3522。几何操作设定还能够包括用来创建输出选择的复选框或另一个可选选项。在某些方面,输出选择在几何序列中是可用的,且能够在几何子例程外部。

[0199] 返回参照图35d,还能够通过链接到其他多物理场模型文件3532中的几何子例程而创建几何子例程。可以从链接的子例程所引用的文件中的文件名称和子例程名称构建链接的几何子例程节点的名称。链接的几何子例程的设定窗口能够包括只读文件名文本框、复选框、只读子例程文本框和/或同步按钮,所述只读文件名文本框包括通向所述链接所引用的文件的相对或绝对路径,所述复选框用来选择相对或绝对路径。所述同步按钮能够执行在链接的几何子例程所引用的文件中作出的任何改变。

[0200] 可以设想,所链接的几何子例程的定义能够出现或被显示,但是这样的出现或显示可以处于只读状态(例如,在用户界面中呈灰色)。本地参数能够包括来自所链接的几何子例程所引用的文件中的全局参数。所链接的几何子例程可以不使用在创建有链接的模型中被定义的全局参数。本地函数可以包括来自所链接的几何子例程所引用的文件中的全局函数。所链接的几何子例程可以不使用在创建有链接的模型中被定义的全局函数。

[0201] 现在请参照图36,其中根据创建应用程序数据结构中的某些方面,显示了波导应用程序的示范性应用程序树状结构。波导可以包括直段和弯曲段。第一个应用程序特征是波导通用特征3621,其中包括在应用程序的执行过程可以定义波导横截面的表单集合和动作;工作条件,例如频率;对应输出表单中所显示内容的输出规范,例如实部或虚部(如果是复数)值,db(分贝),S参数(散射参数)。直段应用程序特征3622可以包括指定该段长度的表单集合和动作3631,以及构建该段的动作3614。对应的弯曲段应用程序特征3623可以包括用于指定弯曲方向和半径的表单集合和动作3632。

[0202] 在执行应用到这些动作特征的应用程序时,比如创建段特征3613,此波导应用程序的直段和弯曲段特征也可用于创建内嵌模型的多物理场模型数据结构中对应的几何特征。相应地,如果用户在应用程序的执行过程中选择移除,也可从内嵌模型几何序列中移除该几何特征。此外,第二个动作,比如增加对象选择特征,可增加由增加的波导段所创建的选择,并作为对内嵌模型中已定义的累积段组的贡献,这部分将在下文详细介绍。

[0203] 现在请参照图37a,其中所示为模型树和波导几何示例。模型树和几何由波导应用

程序创建,其中包括在多物理场建模系统中,根据应用程序数据结构解释的几何子例程。执行应用程序时,增加波导段可以向内嵌模型增加几何特征,以及模型所对应的多物理场模型数据结构。可通过内嵌模型的几何序列调用每段的几何子例程。根据设想,这类几何子例程可以从波导设定3708的波导横截面3711接收参数。直段子例程可以从直段特征3709中接收有关波导长度的输入,弯曲段可以从左/右段特征3710中接收横截面的方向以及弯曲段半径。此外,任何直段或弯曲段子例程也可以接收索引,提示几何序列中是否有之前的几何子例程调用。在之前有其他段的情况下,几何子例程也可以接收各个波导段的起始位置,其中,之前段的结束位置可以用作下一段的起始位置。

[0204] 每个几何子例程可以输出对应段的几何、选定的壁组3712,以及波导的域3713。输出也可以包括一个用于显示波导当前段标号的索引(1表示第一段、2表示第二段,等等),以及波导段的结束位置3714可以用作下一段的起始位置。如果有多段,每个几何子例程可以将自身作为域和壁选择的贡献,进而由此通过每个波导段的贡献来创建累加选择。

[0205] 现在参照图37b,根据用来创建或形成应用程序数据结构的某些方面,图示了波导应用程序的内嵌模型中的示例性模型树。用于波导的示例性内嵌模型包括波导横截面3738、直波导段3739和左/右弯曲段3740的几何子例程。可以设想,几何子例程接收来自之前波导段的起始平面,该起始平面允许新的一段以几何的方式被连接到现有的波导段上。几何子例程还能够创建结束平面3742,该结束平面3742可以被用作添加到当前波导段之后的波导段的起始平面。例如,如果没有一般的边界(或域、边缘和点),那么几何实体的选择能够以类似的方式被用作输入选择。示例性几何子例程能够包括累加输出选择。例如,所述累加输出选择能够用于电磁(EM)区域3743的域设定、电磁波输入边界3744的边界条件设定和电磁波输出边界3745的边界条件。

[0206] 现在参照图37c,根据用来创建或形成应用程序数据结构中的内嵌模型几何的某些方面,图示了用于几何子例程调用(还称为序列调用)的设定窗口示例。为了使新的波导段连接到之前的一个波导段,诸如图37b中的“几何1”的“序列调用2”等几何子例程调用能够包括对之前几何子例程调用3747中的、将被用作起始平面3748的结束平面3746的引用。可以设想,在波导示例的上下文中所说明的特征能够被应用于其他几何表单的其他设定窗口。

[0207] 现在请参照图38,其中根据创建应用程序数据结构的某些方面,显示了应用程序开发器系统或模块中用于设计输入表单、输出表单和表单集合的图形用户界面示例3833。示范性图形用户界面3833支持交互式绘制和定位输入表单和输出表单、并支持对以下项目的交互式设计:表单集合3834a和3834b、含标签3835a和3835b的控件集合、文本框3836a和3836b、组合框3837a和3837b、复选框3838a和3838b,以及其他表单和控件。对齐也可帮助工具的用户定位表单和控件。进一步设想到了工具条3839,其中可以包括按钮、以及作为上下文菜单的替代来控制模型树中的节点显示或增加。

[0208] 当在应用程序树状结构中选定一个表单或控件节点时,例如文本框3836a,它的布局可能显示在图形开发器窗口中,以支持对相应表单或控件集合的交互式定位。在控件和表单特征的设定窗口中,可显示附加的布局栏3840。在这个布局栏,可设定布局信息的值;例如,表单或控件的位置3841,宽度3842,高度3843。这些值可自动根据图形开发器窗口的交互式更改进行更新。

[0209] 根据设想,在创建应用程序数据结构时,可在表单中使用相对定位。例如,第一个表单或控件可置于表单集合的任意位置,其他表单和控件通常会根据它的位置,利用垂直或水平对齐进行放置。此外,在某些方面,垂直对齐和水平对齐可相互独立,每个表单或控件可以贡献几条垂直和水平对齐线。所有的表单或控件都可通过其左边界贡献一条水平对齐线。此外,固定宽度的表单或控件,比如按钮、组合框和文本框,也可以根据其右边界贡献一条水平对齐线。

[0210] 根据设想,也可为图形开发器窗口指定首选行间距,该行间距通常带有缺省值。在某些方面,缺省行间距大约为5个像素。行间距可以指定从一个表单或控件的底部到另一个的顶部应该有多少空间。也可用于决定应在当前表单或控件正下方行中的哪个位置放置表单或控件。行间距可在表单或控件的上方或下放贡献垂直对齐线,使得在现有控件的上方或下方插入新行来放置表单或控件更加容易。

[0211] 当应用程序开发器系统的用户移动或调整控件大小时(例如,重定义尺寸处理器3844),对齐线会尝试对齐该控件的左边界与其他控件的左边界,或对齐该控件的右边界与其他控件的右边界,同时也会在垂直方向上进行类似操作。当移动或调整控件大小时,在进行对齐操作时,可在图形开发器窗口画出垂直和/或水平对齐线。对齐的热点区域可以是对齐线各方向上的6~7个像素单位,因此,即使在对齐操作中,也可以将其移出任何对齐线的热点区域,自由放置。

[0212] 根据设想,应用程序树状结构和图形开发器窗口中的选择可以实现双向同步。如果在应用程序树状结构3836a中选定一个表单或控件节点,在图形开发器窗口3836b中对应的表单或控件也将被选中,反之亦然。由于可在图形开发器窗口中选中多个表单和控件,但在设定窗口中一次只能包括一个表单或控件的一组设定,因此也可通过工具条来控制对其宽度和高度的更改。当多个表单或控件被选定,可通过工具条按钮实现以下操作:将选定的表单或控件进行左、右、上或下对齐或居中;以相同的水平或垂直间距分布控件;赋予控件相同的宽度或高度。还设想到,可通过在图形开发器窗口中双击表单或控件来更改标签、复选框、按钮等的显示名称,在表单或控件内输入新的文本即可。也支持复制和粘贴操作,以便在另一个表单集合中重复使用表单和控件的配置。

[0213] 图形开发器窗口也可自动创建行与列。例如,可在每个表单或控件的左边界自动插入一个新列,在每个上边界自动插入一个新行。由于在绘制表单和控件时用到了对齐,因此只需要创建少数几个行和列。根据表单或控件的宽度和高度,它可以跨越几行或几列。如果列中的几个表单或控件的宽度与该列中最宽的表单或控件相同,可将这些表单和控件设定为填充该列。这样可以有助于将几个文本框和组合框的右边界排列成整齐的一列。自动创建的行和列也可为图形开发器窗口中的个别元素,这些元素可通过进入某个选定模式进行选定。可对选定的行进行交互式上下移动到其他行。对于所选的列,应用程序开发器用户可指定固定宽度,或在调整大小时,宽度适配于顶层表单的宽度。也可以有一些用于插入行、删除行的工具,以便于留出增加新行的空间,或删除一行中的所有表单或控件以及对布局进行相应压缩。

[0214] 表单集合可以包括许多表单和控件,随着向表单集合中加入新的表单和控件,表格布局可能会变得相当复杂。此时,最好能将表单集合分成几个表单集合,各自拥有单独的布局管理,然后作为原表单的子表单集合。在这种情况下,也许能利用一个矩形将几个表单

和控件封装在一个表单集合中,然后通过提取表单工具3845来指定这些表单和控件应被提取到它们各自的表单集合中。

[0215] 现在请参照图39,在一个用于生成和维护一个多物理场建模系统中应用程序模型树、上下文菜单和设定窗口的应用程序数据结构中,本图根据其中的某些方面显示了方法的流程图示例。解释方法可被进一步用于根据由多物理场建模系统用户所指定的设定来生成应用程序模型数据结构。在步骤3910a,从可供使用的应用程序数据结构列表3910b中确定并显示了应用程序列表。接下来,在步骤3920b,用户从所显示的菜单列表选定一个应用程序,随即向应用程序模型数据结构3920b中增加该应用程序模型。

[0216] 确定增加应用程序模型特征后,图39中的流程将执行步骤3930a,此时将基于应用程序数据结构3930b中可用的应用程序特征的定义,来确定和显示带有包括应用程序模型特征上下文菜单的应用程序模型树。接下来,在步骤3940a,用户选定了应用程序模型特征。该选择将确定要用于稍后的方法步骤中的应用程序模型特征,以及向应用程序模型数据结构3940b增加应用程序模型特征。接下来,在步骤3950a,将根据用户输入中对应用程序数据结构3950b中可用的应用程序特征的定义,来确定和显示应用程序模型特征的设定窗口。然后,在步骤3960a,用户可以在应用程序模型特征的设定窗口中编辑设定。缺省设定和更改后的设定随后将被保存在应用程序模型数据结构3960b中。然后,如果不再增加其他的应用程序模型特征,将在步骤3980完成应用程序模型数据结构。

[0217] 现在请参照图40,其中描述了根据用于解释应用程序数据结构的某些方面,显示应用程序菜单的应用程序选择窗口示例4000。选定一个应用程序,比如热执行器应用程序4009,将创建应用程序模型数据结构的第一个版本。应用程序用户可通过应用程序用户界面编辑应用程序模型数据结构。

[0218] 各种不同的应用程序可以覆盖众多领域的建模和仿真。通过应用本公开文档中所介绍的过程和系统,可形成或创建应用程序数据结构和应用程序模型结构,由此生成的应用程序可用于特定问题的建模和仿真分析,举几个例子,电机4001、燃料电池电堆4002、扬声器4003、波导4004、用于精细化工和食品行业的搅拌器4005、多管换热器4006、等离子体反应器4007和压力管道系统4008。

[0219] 现在请参照图41a,其中根据用于解释应用程序数据结构的某些方面,显示了应用程序模型树窗口4100a,其中包括应用程序模型特征的显示菜单,比如在热执行器应用程序中的热执行器特征4110a,以及对应的上下文菜单4120a。选定热执行器特征4110a后,将显示设定窗口4130a,应用程序用户可在此编辑热执行器的设定,比如长度4140a。在热执行器特征的上下文菜单4120a中选定运行仿真选项4150a后,可创建最终的应用程序模型数据结构,解释多物理场建模系统中的最终模型数据结构,以及执行仿真。根据设想,可在多物理场建模系统中解释(例如,执行)应用程序模型数据结构,生成仿真结果。仿真结果可显示在输出表单中。例如,可以在设定窗口4130a中显示热执行器的位移结果4160a。

[0220] 现在参照图41b,根据用来解释应用程序数据结构的某些方面,图示了示例性应用程序模型树窗口4100b,其包括应用程序模型特征的显示菜单,诸如搅拌器应用程序中的叶轮特征4110b以及对应的上下文菜单4120b。选定叶轮特征4110b后,将显示设定窗口4130b,应用程序用户能够在此编辑叶轮的设定。例如,能够在对应的组合框4140b中编辑类型,与设定叶轮类型3405的参数值一起,所述类型之前已经在图34中的元素3426处被定义。

在某些方面,在示例性叶轮特征的上下文菜单4120b中选定“构建几何”4150b后,能够执行动作,诸如用于内嵌模型中的几何序列的、来自图34的元素3409的构建叶轮动作。例如,动作能够执行用来构建所选择的叶轮类型的if语句(例如,当运行应用程序而构建几何时,如果叶轮类型是Rushton,那么引用Rushton几何子例程)(例如,图35b中的元素3524),调用对应的几何子例程(例如,图35b中的3523),且将几何说明及其累加选择添加到应用程序模型数据结构中(例如,应用程序数据结构的实例,其包括内嵌的模型数据结构的实例)。

[0221] 现在请参照图42,其中根据由图39中的方法步骤所创建的应用程序模型数据结构中的某些方面,显示了各特征间的实例层级关系的统一建模语言(UML)对象图示例。应用程序模型数据结构4201可以包括应用程序所基于的整个多物理场模型数据结构,以及对应用程序数据结构4211的引用。此外,应用程序模型数据结构也可以包括一个层级以表征用户增加的应用程序模型特征4203。每个节点可以包括对应用程序数据结构4204中的应用程序特征的引用。如果应用程序数据结构4206支持,应用程序模型特征可以包括其他应用程序模型特征作为其子节点4205。

[0222] 现在请参照图43,其中根据解释应用程序模型数据结构和生成包括模型对象的一个多物理场模型数据结构的某些方面,显示了方法的流程图示例。所显示的方法是在多物理场建模系统中离散和求解方程之前的步骤。在步骤4310a,将根据应用程序模型数据结构4310b确定应用程序模型。接下来,在步骤4320a,应用程序模型数据结构4320b被加载到解释器上。然后,在步骤4330,将处理应用程序模型数据结构的执行序列。在步骤4301和4302,执行序列将被处理和执行。此外,也可在步骤4303处理子执行序列。所有的执行序列被处理后,将在步骤4340生成多物理场模型数据结构。

[0223] 在某些方面,用于生成应用程序数据结构的设备可以包括含一个或多个处理器的物理计算系统,一个或多个用户输入设备、一个显示设备、以及一个或多个存储设备。其中至少一个存储设备中的包括用于生成应用程序数据结构的可执行指令。通过在至少一个处理器上执行这些可执行指令,把物理系统的多物理场模型数据结构内嵌到所述应用程序数据结构中。内嵌的多物理场模型数据结构中包括物理系统的至少一个建模操作,在至少一个处理器上运行以确定一个或多个应用程序特征,增加到应用程序数据结构中。这一个或多个应用程序特征与物理系统模型相关联,通过至少一个输入设备增加第一个数据,该数据代表了物理系统模型的应用程序特征中的至少一个表单特征。通过输入设备增加第二个数据,该数据代表了物理系统模型的应用程序特征中的至少一个动作特征,此代表至少一个动作特征的第二个数据与物理系统的至少一个建模操作相关联,以定义对物理系统建模的一个操作序列。应用程序数据结构将被修改。修改后的应用程序数据结构包括所增加的第一个数据、第二个数据,以及与之相关联的操作序列的定义,存储在至少一个存储设备上。

[0224] 在某些方面,在包括一个或多个物理计算设备的计算机系统上执行的方法,用于修改应用程序数据结构,以实现物理系统的建模。方法中包括通过一个或多个物理计算设备,将多物理场模型数据结构内嵌到存储在一个或多个存储设备的应用程序数据结构中。内嵌的多物理场模型数据结构包括至少一个多物理场建模操作。通过在至少一个物理计算设备上执行,来确定一个或多个将被增加到应用程序数据结构中的应用程序特征。所述应用程序特征与物理系统相关联。通过一个或多个物理计算设备中的至少一个,来获取代表

一个或多个所确定的应用程序特征的应用程序数据。应用程序数据包括代表建模物理系统的至少一个表单特征的表单数据,以及代表至少一项动作特征的动作数据。随即将形成包括所获取应用程序数据的经修改的应用程序数据结构。修改后的应用程序数据结构被存储在一个或多个存储设备中的至少一个之上。代表至少一个动作特征的应用程序数据与在内嵌的多物理场模型数据结构中所定义的物理系统的至少一个建模操作相关联。动作数据与至少一个建模操作之间的关联定义了物理系统建模的一个操作序列。

[0225] 根据设想,上文所描述的用于生成应用程序数据结构的设备、以及用于生成用来建模物理系统的经修改的应用程序数据结构的方法,在某些方面,可以进一步包括以下一项或多项特征。在确定一个或多个应用程序特征时,可以包括从与用于显示应用程序特征的图形用户界面相关联的输入设备处所接收到的一个或多个应用程序特征选择。在获取应用程序数据时,可以包括从与用于显示应用程序特征选项的图形用户界面相关联的输入设备处所接收到的一个或多个应用程序数据,这些特征选项包括表单特征和动作特征。所定义的操作序列可被配置用来生成物理系统的几何。在形成经修改或更新的应用程序数据结构时,可进一步包括内嵌的多物理场模型数据结构。设备和方法可以进一步包括将经修改或更新的应用程序结构输出为输入数据结构,该输入数据结构被配置为经由多物理场建模系统来接收和执行。代表一个或多个应用程序特征的应用程序数据,可以进一步包括用于定义正被建模的物理系统的输入声明的声明数据,这些声明数据包括用于控制多物理场模型数据结构中内嵌模型的物理系统中的一个物理分量的设定。

[0226] 进一步设想到,上文所描述的用于生成应用程序数据结构的设备、以及用于生成经修改的用于建模一个物理系统的应用程序数据结构的方法,在某些方面,可以进一步包括以下一项或多项其他特征。代表至少一个表单特征的表单数据,可以包括定义用于收集输入声明的参数输入的输入表单的数据。代表至少一个表单特征的表单数据,可以进一步包括定义用来收集激活条件的参数输入的其他数据。代表一个或多个应用程序特征的应用程序数据可以包括定义输出声明的数据,该输出声明用于声明多物理场模型数据结构中内嵌模型的仿真结束后的结果显示。代表至少一个表单特征的表单数据可以包括定义输出表单的数据,该输出表单用于显示在输出声明中所声明的结果。代表至少一个表单特征的表单数据可以进一步包括用于定义输出表单的输出激活条件的其他数据。设备和方法也可以包括表征在应用程序树中被修改或更新的应用程序数据结构的动作。

[0227] 在某些方面,一个系统可以生成经修改的应用程序数据结构。系统包括一个或多个物理存储设备、一个或多个显示设备、一个或多个用户输入设备、以及一个或多个被配置用来执行存储在至少一个物理存储设备上的指令的处理器。指令将使处理器中的至少一个通过一个或多个物理计算设备执行以下操作:将一个多物理场模型数据结构内嵌到存储在存储设备上的应用程序数据结构中。内嵌的多物理场模型数据结构包括至少一个针对正被建模的物理系统的多物理场建模操作。通过一个或多个物理计算设备中的至少一个,来确定一个或多个将被增加到应用程序数据结构中的应用程序特征。这一个或多个应用程序特征与物理系统相关联。通过一个或多个物理计算设备中的至少一个,来获取代表所确定的一个或多个应用程序特征的应用程序数据。应用程序数据包括代表建模物理系统的至少一个表单特征的表单数据,以及代表至少一项动作特征的动作数据。然后形成包含所获取应用程序数据的经修改的应用程序数据结构。经修改的应用程序数据结构被存储在一个或多

个存储设备中的至少一个之上。代表至少一个动作特征的动作数据,与在内嵌的多物理场模型数据结构中所定义的物理系统的至少一个建模操作相关联。动作数据与至少一个建模操作之间的关联定义了建模物理系统的一个操作序列。

[0228] 根据设想,上文所描述的用于生成经修改的应用程序数据结构,可在某些方面进一步包含以下一个或多个特征。获取的应用程序数据中,可以包括从关联到用于显示应用程序特征选项的图形用户界面的一个或多个输入设备处所接收到的应用程序数据。这些特征选项包括表单特征和动作特征。所定义的操作序列可被配置用来生成物理系统的几何。系统也可以进一步包括将经修改的应用程序结构输出为输入数据结构,该输入数据结构被配置为经由多物理场建模系统来接收和执行。代表一个或多个应用程序特征的应用程序数据,可以进一步包括用于定义正被建模的物理系统的输入声明的声明数据,这些声明数据包括用于控制多物理场模型数据结构中的内嵌物理系统模型的一个物理分量的设定。

[0229] 在某些方面,在计算机系统中执行的方法中包括一个或多个被配置用来生成建模物理系统的应用程序模型数据结构的处理器。方法包括通过一个或多个处理器来确定多个用于建模一个或多个物理系统应用程序的动作。这些应用程序由存储在一个或多个应用程序数据结构中的应用程序数据所确定。应用程序在一个或多个图形用户界面中显示这些应用程序的列表。指示选定多个应用程序中的至少一个应用程序的第一个输入已被接收到。然后,针对所选定的多个应用程序中的至少一个应用程序,通过一个或多个处理器中的至少一个处理器来确定一个或多个应用程序特征。一个或多个应用程序特征被表征为在一个或多个应用程序数据结构中的至少一个应用程序数据结构中定义或检索到的应用程序数据。所确定的应用程序特征将通过一个或多个图形用户界面中的至少一个图形用户界面而被显示。指示选定至少一个应用程序特征的第二个输入已被接收到。通过一个或多个处理器中的至少一个处理器,来确定所选定的至少一个应用程序特征中的一个或多个设定。这一个或多个设定与建模一个或多个物理系统的参数相关联。每个框中包含一个或多个设定中的至少一个设定,且通过一个或多个图形用户界面中的至少一个图形用户界面而被显示。选定至少一个编辑框。对上述所选定的至少一个编辑框中的一个或多个设定的编辑,通过一个或多个用户输入设备来接收。通过上述的一个或多个处理器来生成应用程序模型数据结构,其中包括接收到的对在一个或多个应用程序数据结构中检索到的至少一个或多个应用程序特征的至少一个或多个设定的编辑。

[0230] 根据设想,上文所描述的用于生成建模物理系统的应用程序模型数据结构的的方法,在某些方面可以进一步包括以下特征中的一个或多个。方法可以进一步包括以下动作:通过上述的一个或多个处理器中的至少一个来确定在生成的应用程序模型数据结构中所定义的动作序列,以及通过上述的一个或多个处理器中的至少一个来执行动作序列。方法也可包括对几何子例程的调用动作,作为执行几何序列动作中的一部分。

[0231] 根据设想,用于生成应用程序数据结构、经修改的应用程序数据结构、或应用程序模型数据结构的的方法,或用于修改上文所述的应用程序数据结构的系统,可以进一步包括以下一个或多个示范性特征:(i) 通过运行内嵌模型中定义的一个模型,来设定谐波电磁场频率(输入)、运行仿真(动作)、显示S参数(输出)的应用程序特征和应用程序数据。(ii) 通过运行声学仿真内嵌模型,来接收用于更新参考压力的输入、运行仿真、以及显示所得到的

波传播的应用程序特征和应用程序数据。(iii) 针对内嵌模型所定义的水槽流体流动模型中,用来接收入口流速、运行流体流动仿真、显示管道出口处的平均流速的应用程序特征和应用程序数据。(iv) 通过执行仿真(动作)内嵌模型所定义的电子器件模型,来确定在给定输入载荷下(输入)、将温度控制在给定输入值(输入)之下的散热器尺寸(激活条件、输出)的应用程序特征和应用程序数据。(v) 通过执行内置模型中定义的等离子体反应器模型,来接收参数化等离子体反应器的值、更新几何(动作、激活条件),以及运行仿真以确定晶片表面的半导体材料的镀层厚度的应用程序特征和应用程序数据。

[0232] 基于在本文档中所公开、引用或以其他方式表明单个或总体步骤、动作、特征,以及以上任两项或多项的组合,本发明中还对方法、系统,或设备中的某些方面进行了设想。

[0233] 应理解,用于生成应用程序数据结构、应用程序模型数据结构、解释应用程序模型数据结构,以及生成如图16至图43所示的多物理场模型数据结构的示范性方面仅为示例,也应理解,这些方面可用于更广泛的应用程序和物理现象,而非限于图中所示或文中所描述的应用程序现象。例如,应理解可通过本发明生成许多不同的应用程序数据结构。所示方面仅为对可通过应用程序开发系统或模块和多物理场建模系统执行的更广泛操作的示例。此外,所示界面也仅代表了可用于应用程序开发系统模块和多物理场建模系统中的少数几个界面。也设想到了其他图形化、用户,或备选输入类界面。

[0234] 下文按照字母A到Z的顺序对上述概念的各种替代方案进行了详细描述,而且明确包括这些替代方案的各种组合以及变形。

[0235] 替代方案A

[0236] 本发明的一个方面是,一个适于生成建模物理系统的定制应用程序数据结构的系统。该系统中包含一个或多个处理器、一个或多个用户输入设备、可选的显示设备、以及一个或多个存储设备。在使用时,一个或多个处理器适于将一个预定或选定多物理场模型的数据结构内嵌到一个应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包含了代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。代表一个或多个应用程序特征的数据被添加到应用程序数据结构中。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含一项提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。定制应用程序数据结构由此生成,当执行此数据结构时,通过使用所述的至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何、以及一个或多个应用程序特征中的至少一个来实现物理系统的定制化建模。

[0237] 替代方案B

[0238] 本发明的一个方面是,一个适于生成用于建模物理系统的定制应用程序数据结构的系统。该系统中包含一个或多个处理器、一个或多个用户输入设备、可选的显示设备、以及一个或多个存储设备。在使用时,一个或多个处理器适于将一个预定或选定多物理场模

型的数据结构内嵌到一个应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包含了代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。当执行时,代表一个或多个应用程序特征的数据被添加到应用程序数据结构中生成一个定制的应用程序数据结构。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含一项提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。定制的应用程序数据结构,当它被执行后,通过使用所述的至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何、以及一个或多个应用程序特征中的至少一个,可提供定制的物理系统建模。

[0239] 替代方案C

[0240] 本发明的一个方面是,一个适于生成建模物理系统的应用程序数据结构的系统。该系统中包含一个或多个处理器、一个或多个用户输入设备、可选的显示设备、以及一个或多个存储设备。在使用时,一个或多个处理器适于将一个预定或选定多物理场模型的数据结构内嵌到应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了一个物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包含了代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。代表一个或多个应用程序特征的数据被添加到应用程序数据结构中。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。然后生成应用程序数据结构,当它被执行后,通过使用所述的至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何、以及至少一个表单特征,可提供定制的物理系统建模。

[0241] 替代方案D

[0242] 根据替代方案A或者B中的任一个的系统可以包括使用至少一个表单特征来生成定制的应用程序数据结构。

[0243] 替代方案E

[0244] 根据替代方案A到替代方案D中的任一个的系统中可再包括如下的系统:后者还适于用来通过执行应用程序数据结构(例如定制的应用程序数据结构)、按照至少一个表单特征来显示输出数据和/或从用户接收输入数据、以及利用至少一个生成的几何来执行至少一个建模操作来建模或仿真一个或多个物理系统。

[0245] 替代方案F

[0246] 根据替代方案A到替代方案E中的任一个,系统还可适于用来根据以下一项或多项

来修改或更新应用程序数据结构：(i) 通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选择的多物理场模型数据结构，以及向应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定及可选地经用户修改后的多物理场模型数据结构的数据；(ii) 通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选定的应用程序特征，以及向应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定以及可选地经用户修改后的应用程序特征的数据；(iii) 针对用户选定的至少一个应用程序特征，通过图形用户界面显示一个或多个预选定的表单特征、和/或一个或多个动作特征，以及向应用程序数据结构中增加代表用户选定及可选地经用户修改后的一个或多个表单特征和/或动作特征的数据。

[0247] 替代方案G

[0248] 根据替代方案A到替代方案F中的任一个，系统可以包括一个或多个应用程序特征，这些应用程序特征进一步包括代表以下一项或多项的数据：(i) 一个或多个输入声明，每个输入声明用于控制参数输入，这些参数输入控制了一个或多个物理系统模型中至少一个模型的一个物理分量的设定；(ii) 一个或多个激活条件，每个激活条件将指定用于检查输入声明值的一个或多个逻辑条件；(iii) 一个或多个输出声明，每个输出声明指定了根据对一个或多个物理系统模型的仿真需显示的结果；(iv) 用于控制显示和收集收入的一个或多个输入表单；(v) 用于控制在输出声明中所声明的结果的显示的一个或多个输出表单。

[0249] 替代方案H

[0250] 根据替代方案A到替代方案G中的任一个的系统可以包括至少一个表单特征，当包含该表单特征的应用程序特征被执行时，所述至少一个表单特征将使得能够接收来自于用户的输入以修改和/或预选择操作序列。

[0251] 替代方案I

[0252] 根据替代方案A到替代方案H中的任一个的系统可以包括至少一个表单特征，当包含该表单特征的应用程序特征被执行时，所述至少一个表单特征将激活接收来自用户的输入以修改和/或预选择至少一个几何和/或至少一个建模操作。

[0253] 替代方案J

[0254] 根据替代方案A到替代方案I中的任一个的系统可以包括至少一个几何中的几何，每个几何可以是零维、一维、二维，或三维。根据替代方案A到替代方案I中的任一个的系统也可以包括至少一个几何中的几何，每个几何可以是零维、二维，或三维。

[0255] 替代方案K

[0256] 根据替代方案A到替代方案J中的任一个的系统可以包括至少一个建模操作，所述至少一个建模操作包括一个或多个用于求解耦合系统或表现形式的偏微分方程组。

[0257] 替代方案L

[0258] 根据替代方案A到替代方案K中的任一个的系统可以包括：(i) 包括输入声明、输出声明、以及用于设定时谐电磁场频率、运行仿真、显示S参数的动作特征的应用程序特征；(ii) 针对声学仿真的内嵌多物理场模型数据结构，其中的应用程序特征包括输入声明、输出声明、和用来接收用于更新参考压力的输入、运行仿真、以及显示所得到的波传播的动作特征；(iii) 针对水槽流体流动仿真的内嵌多物理场模型数据结构，其中的应用程序特征包括输入声明、输出声明、以及用于接收入口流速、执行流体流动仿真、和显示管道出口处的平均流速的动作特征；(iv) 针对电子器件的内嵌多物理场模型数据结构，其中的应用程序

特征包括输入声明、输出声明、表单特征、激活条件、和用来确定在给定输入载荷下、将温度控制在给定输入值之下的散热器的尺寸的动作特征；和/或(v)包括输入声明、输出声明、表单特征、激活条件、和用来接收参数化等离子体反应器的值、更新几何、以及运行仿真以确定晶片表面的半导体材料的镀层厚度的动作特征的应用程序特征。

[0259] 替代方案M

[0260] 根据替代方案A到替代方案L中的任一个的系统可以包括应用程序数据结构,该应用程序数据结构是用于生成定制应用程序数据结构的初始应用程序数据结构。初始应用程序数据结构包括至少一个之前内嵌的应用程序特征和/或至少一个之前内嵌的多物理场模型数据结构。

[0261] 替代方案N

[0262] 本发明的另一个方面是生成用于建模物理系统的应用程序数据结构的方法。该方法包含将预定义或选定多物理场模型的数据结构内嵌到应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包含了代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。代表一个或多个应用程序特征的数据被添加到应用程序数据结构中。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。将生成一个应用程序数据结构,当它被执行后,通过使用这里提到的至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何、以及至少一个表单特征,可提供定制的物理系统建模。

[0263] 替代方案O

[0264] 本发明的另一个方面是生成用于建模物理系统的定制应用程序数据结构的方法。该方法包含将预定义或选定多物理场模型的数据结构内嵌到应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了一个物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包含了代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。代表一个或多个应用程序特征的数据被添加到应用程序数据结构中。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。然后通过内嵌和增加操作生成定制应用程序数据结构。当定制应用程序数据结构被执行后,通过使用至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何、以及一个或多个应用程序特征中的至少一个,可提供定制的物理系统建模。

[0265] 替代方案P

[0266] 本发明的另一个方面是生成用于建模物理系统的定制应用程序数据结构的方法。该方法包含将预定义或选定多物理场模型的数据结构内嵌到应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包含了代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。通过一个或多个处理器和/或一个或多个输入设备中的至少一个,将代表一项或多项应用程序特征的数据添加到应用程序数据结构中。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的一个操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含一项提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。通过一个或多个处理器中的至少一个,将生成应用程序数据结构,当它被执行后,通过使用至少一个建模操作、一个或多个模型物理系统中至少一部分的至少一个几何、以及一个或多个应用程序特征中的至少一个,可提供定制的物理系统建模。

[0267] 替代方案Q

[0268] 本发明的另一个方面是生成用于建模物理系统的定制应用程序数据结构的方法。该方法包含将一个预定或选定多物理场模型的数据结构内嵌到一个应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构中包含了代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。代表一项或多项应用程序特征的数据被添加到应用程序数据结构中以生成定制的应用程序数据结构。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。当定制应用程序数据结构被执行后,通过使用至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何、以及一个或多个应用程序特征中的至少一个,将提供定制的物理系统建模。

[0269] 替代方案R

[0270] 根据替代方案O到替代方案Q中的任一个的方法包括使用至少一个表达特征生成定制应用程序数据结构。

[0271] 替代方案S

[0272] 根据替代方案N到替代方案R中的任一个的方法可包括通过执行定制应用程序数据结构、按照至少一个表单特征来显示输出数据和/或接收用户输入数据、以及利用至少一个生成的几何来执行至少一个建模操作来建模或仿真一个或多个物理系统。

[0273] 替代方案T

[0274] 根据替代方案N到替代方案S中的任一个的方法可还适于用来根据以下一项或多项来修改或更新应用程序数据结构:(i) 通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选择

的多物理场模型数据结构,以及向应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定及可选地经用户修改后的多物理场模型数据结构的数据;(ii)通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选定的应用程序特征,以及向应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定及可选地经用户修改后的应用程序特征的数据;(iii)针对用户选定的至少一个应用程序特征,通过图形用户界面显示一个或多个预选定的表单特征、和/或一个或多个动作特征,以及向应用程序数据结构中增加代表用户选定及可选地经用户修改后的一个或多个表单特征和/或动作特征的数据。

[0275] 替代方案U

[0276] 根据替代方案N到替代方案T中的任一个的方法可以包括至少一个表单特征,当包含该表单特征的应用程序特征被执行时,所述至少一个表单特征将激活接收来自用户的输入以修改输入和/或预选择操作序列。

[0277] 替代方案V

[0278] 根据替代方案N到替代方案U中的任一个的方法可以包括至少一个表单特征,当包含该表单特征的应用程序特征被执行时,将激活接收来自用户的输入以修改和/或预选择至少一个几何和/或至少一个建模操作。

[0279] 替代方案W

[0280] 根据替代方案N到替代方案V中的任一个的方法可以包括至少一个几何中的几何,每个几何可以是零维、一维、二维,或三维之一。根据替代方案N到替代方案V中的任一个的方法也可以包括至少一个几何中的几何,每个几何可以是零维、二维,或三维之一。

[0281] 替代方案X

[0282] 根据替代方案N到替代方案W中的任一个的方法可以包括至少一个建模操作,所述至少一个建模操作包括一个或多个用于求解耦合系统或表现形式的偏微分方程组。

[0283] 替代方案Y

[0284] 根据替代方案N到替代方案X中的任一个的方法可以包括:(i)包括输入声明、输出声明、以及用于设定时谐电磁场频率、运行仿真、显示S参数的动作特征的应用程序特征;(ii)针对声学仿真的内嵌多物理场模型数据结构,其中的应用程序特征包括输入声明、输出声明、和用来接收用于更新参考压力的输入、运行仿真、以及显示所得到的波传播的动作特征;(iii)针对水槽流体流动仿真的内嵌多物理场模型数据结构,其中的应用程序特征包括输入声明、输出声明、以及用于接收入口流速、执行流体流动仿真、和显示管道出口处的平均流速的动作特征;(iv)针对电子器件的内嵌多物理场模型数据结构,其中的应用程序特征包括输入声明、输出声明、表单特征、激活条件、和用来确定在给定输入载荷下、将温度控制在给定输入值之下的散热器尺寸的动作特征;(v)包括输入声明、输出声明、表单特征、激活条件、和用来接收参数化等离子体反应器的值、更新几何、以及运行仿真以确定晶片表面的半导体材料的镀层厚度的动作特征的应用程序特征。

[0285] 替代方案Z

[0286] 根据替代方案N到替代方案Y中的任一个的方法可以包括应用程序数据结构,该应用程序数据结构是用于生成定制应用程序数据结构的初始应用程序数据结构。初始应用程序数据结构包括至少一个之前内嵌的应用程序特征和/或至少一个之前内嵌的多物理场模型数据结构。

[0287] 替代方案AA

[0288] 根据替代方案A到替代方案M中所述的系统或替代方案N到替代方案Z中所述的方法所生成或修改的用于建模物理系统的定制应用程序数据结构的用途,当用户在根据替代方案A到替代方案M中的任一个的系统中或另一个系统中使用该定制应用程序数据结构时,可以包括一个或多个处理器、一个或多个用户输入设备、可选的显示设备、和一个或多个存储设备。

[0289] 替代方案AB

[0290] 对于存储在物理媒介或者包含一个或多个处理器和一个或多个存储设备中的系统中的建模物理系统的定制应用程序数据结构,可以包括按照替代方案A到替代方案M中的任一个的系统和/或替代方案N到替代方案Z中的任一个方法来生成或修改的定制应用程序数据结构。

[0291] 进一步设想到,包括在替代方案A到替代方案AB中的一个或多个所描述的一个或多个应用程序数据结构,可以包括被存储和检索的之前已创建的一个或多个定制应用程序数据结构。例如,之前的定制应用程序数据结构可以被检索和内嵌到内存中,可对此应用程序数据结构进一步定制和/或修改,以创建一个经更新和/或修改的、包括不同应用程序特征和/或多物理场模型数据结构的应用程序数据结构。

[0292] 可以通过替代方案AA1到AA47中的下面详述的各种附加替代方案来进一步说明上面概念的附加方面,且这些附加方面能够包括这些替代方案的各种组合和次组合。

[0293] 替代方案AA1

[0294] 根据本发明的另一个方面,一种方法在用来在图形用户界面中生成应用程序数据结构的计算机系统中被执行。该方法包括将多物理场模型数据结构内嵌到应用程序数据结构中的步骤。一个或多个应用程序特征被添加到所述应用程序数据结构中。至少一个表单特征被添加到所述应用程序特征中。至少一个动作特征被添加到所述应用程序特征中。所述动作特征与在内嵌的所述多物理场模型数据结构中被定义的至少一个操作链接。

[0295] 替代方案AA2

[0296] 根据替代方案AA1的方法能够进一步包括应用程序树状结构中的应用程序数据结构。

[0297] 替代方案AA3

[0298] 根据替代方案AA1到AA2中任一替代方案的方法能够进一步包括,将几何子例程添加入内嵌的所述多物理场模型数据结构中和将几何子例程调用特征添加到内嵌的所述多物理场模型数据结构中。

[0299] 替代方案AA4

[0300] 根据替代方案AA1到AA3中任一替代方案的方法能够进一步包括,接收内嵌的所述多物理场模型数据结构中的用于一组几何操作的所述几何子例程中的输入选择。输出选择在所述内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述几何子例程中生成。将贡献用来生成内嵌的所述多物理场模型数据结构中的累加选择。

[0301] 替代方案AA5

[0302] 根据替代方案AA1到AA4中任一替代方案的方法能够进一步包括,接收使内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述几何子例程的用于一组几何操作的工作平面匹配的位

置和取向。为了使内嵌的所述多物理场模型数据结构中的所述几何子例程中的工作平面匹配,生成位置和取向。

[0303] 替代方案AA6

[0304] 根据替代方案AA1到AA5中任一替代方案的方法能够进一步包括,使几何子例程调用链接到内嵌的所述多物理场模型数据结构中的外部多物理场模型数据结构。

[0305] 替代方案AA7

[0306] 根据替代方案AA1到AA6中任一替代方案的方法能够进一步包括内嵌的所述多物理场模型数据结构中的if、else-if或else语句的几何调用。

[0307] 替代方案AA8

[0308] 根据本发明的另一个方面,一种方法在用来在图形用户界面中生成应用程序数据结构的计算机系统中被执行。该方法包括确定且显示在一组应用程序数据结构中被定义的一组应用程序的步骤。选择至少一个应用程序。针对在应用程序数据结构中被定义的所选择的应用程序,确定且显示应用程序特征。然后,选择应用程序特征。确定且显示在应用程序数据结构中被定义的所选择的应用程序特征的设定。然后,编辑所选择的应用程序特征的设定。

[0309] 替代方案AA9

[0310] 根据替代方案AA8的方法能够进一步包括,选择用于调用几何子例程的几何操作的应用程序特征和将几何操作添加到应用程序模型数据结构中。

[0311] 替代方案AA10

[0312] 根据替代方案AA8到AA9中任一替代方案的方法能够进一步包括,将输出选择添加到应用程序模型数据结构中和将贡献添加到应用程序模型数据结构中的累加选择中。

[0313] 替代方案AA11

[0314] 根据本发明的另一个方面,一种方法在用来生成应用程序模型数据结构的计算机系统中被执行。该方法包括确定在应用程序模型数据结构中被定义的应用程序模型。加载至少一个应用程序模型数据结构。处理在一个或多个应用程序模型数据结构中被定义的动作序列,且执行动作序列。

[0315] 替代方案AA12

[0316] 根据替代方案AA11的方法能够进一步包括,处理包括几何子例程调用的几何序列和执行几何序列动作。

[0317] 替代方案AA13

[0318] 根据本发明的另一个方面,一个系统适于用来生成用于建模物理系统的定制应用程序数据结构。该系统包含一个或多个处理器、一个或多个用户输入设备、可选的显示设备以及一个或多个存储设备。在使用时,所述一个或多个处理器适于将一个预定或选定多物理场模型的数据结构内嵌到一个应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构包含代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。代表一个或多个几何子例程的几何数据被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。添加的几何数据包括用于一个或多个物理系统模型的参数定义。代表用来执行一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程的一个或多个几何子例程调用的调用数据

被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。代表一项或多项应用程序特征的应用程序数据被添加到应用程序数据结构中。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含一项提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。定制应用程序数据结构由此生成,当执行此数据结构时,通过使用所述的至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何、一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征(例如,包括至少一个表单特征)以及一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程来实现物理系统的定制化建模。

[0319] 替代方案AA14

[0320] 根据替代方案AA13的方法能够进一步包括几何数据,所述几何数据代表所述一个或多个几何子例程且包括用于参数定义中至少一部分的引数数据。所述引数数据包括用来控制与一个或多个物理系统模型相关联的几何建模操作中的几何操作和对象的几何维度的参数。

[0321] 替代方案AA15

[0322] 根据替代方案AA13到AA14中任一替代方案的方法能够进一步包括几何数据,所述几何数据代表所述一个或多个几何子例程且包括用来生成引用了内嵌的多物理场模型数据结构中的至少一个建模操作的输出选择的指令数据。

[0323] 替代方案AA16

[0324] 根据替代方案AA13到AA15中任一替代方案的方法能够进一步包括,使用至少一个表单特征来生成定制应用程序数据结构。

[0325] 替代方案AA17

[0326] 根据替代方案AA13到AA16中任一替代方案的方法能够进一步包括,通过执行定制应用程序数据结构、按照至少一个表单特征来显示输出数据和/或接收用户输入数据、以及使用至少一个生成的几何来执行至少一个建模操作,系统被还适于用来建模或仿真一个或多个物理系统,所述几何是由执行所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程而产生的。

[0327] 替代方案AA18

[0328] 根据替代方案AA13到AA17中任一替代方案的方法能够进一步包括,系统还适于用来根据以下一项或多项来修改或更新应用程序数据结构:(i)通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选择的多物理场模型数据结构,以及向应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定及可选地经用户修改后的多物理场模型数据结构的数据;(ii)通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选定的应用程序特征,以及向应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定及可选地经用户修改后的应用程序特征的数据;(iii)针对用户选定的至少一个应用程序特征,通过图形用户界面显示一个或多个预选定的表单特征、和/或一个或多个动作特征,以及向应用程序数据结构中增加代表用户选定及可选地经用户修改后的一个或多个表单特征和/或动作特征的数据。

[0329] 替代方案AA19

[0330] 根据替代方案AA13到AA18中任一替代方案的方法能够进一步包括,当执行包括表单特征的应用程序时,至少一个表单特征将激活接收用户输入,以便修改和/或预选择至少一个几何和/或至少一个建模操作。

[0331] 替代方案AA20

[0332] 根据替代方案AA13到AA19中任一替代方案的方法能够进一步包括,应用程序数据结构是用于生成定制应用程序数据结构的初始应用程序数据结构。该初始应用程序数据结构包括至少一个之前内嵌的应用程序数据结构和/或至少一个之前内嵌的多物理场模型数据结构。

[0333] 替代方案AA21

[0334] 根据本发明的另一个方面,一种方法生成用来建模物理系统的定制应用程序数据结构。该方法包括将一个预定或选定多物理场模型的数据结构内嵌到一个应用程序数据结构中。多物理场模型数据结构包含了一个或多个物理系统模型的表述。每个物理系统模型均代表了物理现象和/或物理过程。多物理场模型数据结构包含代表至少一个建模操作的数据,用于决定如何建模或仿真一个或多个物理系统模型。代表一个或多个几何子例程的几何数据被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。添加的几何数据包括用于一个或多个物理系统模型的参数定义。代表用来执行一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程的一个或多个几何子例程调用的调用数据被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。代表一项或多项应用程序特征的应用程序数据被添加到应用程序数据结构中。每个应用程序特征均包括一个或多个代表至少一种表单特征的一级数据和/或代表至少一种动作特征的二级数据。表单特征包括用于指定输入数据、和/或输出数据、和/或输入和/或输出数据的表示格式的数据。动作特征包括用于指定在执行应用程序数据结构时要实施的操作序列的数据。要实施的至少一个操作序列中,包含至少一个建模操作。要实施的至少一个操作序列中,包含一项提供数据以生成一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何的操作。通过内嵌和添加操作,定制应用程序数据结构生成。当执行此数据结构时,通过使用所述的至少一个建模操作、一个或多个物理系统模型中至少一部分的至少一个几何以及一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征(例如,包括至少一个表单特征)来实现物理系统的定制化建模。

[0335] 替代方案AA22

[0336] 根据替代方案AA21的方法能够进一步包括几何数据,所述几何数据代表所述一个或多个几何子例程且包括用于参数定义中至少一部分的引数数据。所述引数数据包括用来控制与一个或多个物理系统模型相关联的几何建模操作中的几何操作和对象的几何维度的参数。

[0337] 替代方案AA23

[0338] 根据替代方案AA21到AA22中任一替代方案的方法能够进一步包括几何数据,所述几何数据代表所述一个或多个几何子例程且包括用来生成引用了内嵌的多物理场模型数据结构中的至少一个建模操作的输出选择的指令数据。

[0339] 替代方案AA24

[0340] 根据替代方案AA21到AA23中任一替代方案的方法能够进一步包括,接收用于所述

一个或多个几何子例程的输入选择数据。所述输入选择数据包括用于内嵌的多物理场模型数据结构的几何操作数据。从内嵌的多物理场模型数据结构中的用于几何实体的几何数据生成输出选择数据。为了内嵌的多物理场模型数据结构中的累加几何实体选择,生成贡献数据。所述贡献数据与用于一个或多个物理系统模型中的建模操作的几何实体选择相关联。

[0341] 替代方案AA25

[0342] 根据替代方案AA21到AA24中任一替代方案的方法能够进一步包括接收第一位置和取向数据,所述第一位置和取向数据用来使在内嵌的多物理场模型数据结构中的几何子例程的几何序列中被定义的现有工作平面的结束平面匹配。针对与现有工作平面的结束平面匹配的起始平面,生成第二位置和取向数据。生成的第二位置和取向数据在内嵌的多物理场模型数据结构中的几何子例程的几何序列中是可访问的。

[0343] 替代方案AA26

[0344] 根据替代方案AA21到AA25中任一替代方案的方法能够进一步包括,使代表一个或多个几何子例程调用中的至少一个几何子例程调用的调用数据链接到内嵌的多物理场模型数据结构中的第二外部多物理场模型数据结构。

[0345] 替代方案AA27

[0346] 根据替代方案AA21到AA26中任一替代方案的方法能够进一步包括调用数据,所述调用数据代表至少一个几何子例程调用且包括内嵌的多物理场模型数据结构中的if、else-if或else语句的表述。

[0347] 替代方案AA28

[0348] 根据替代方案AA21到AA27中任一替代方案的方法能够进一步包括,通过执行定制应用程序数据结构、按照至少一个表单特征来显示输出数据和/或接收用户输入数据、以及使用至少一个生成的几何来执行至少一个建模操作,建模或仿真一个或多个物理系统。

[0349] 替代方案AA29

[0350] 根据替代方案AA21到AA28中任一替代方案的方法能够进一步包括一种方法,该方法还适于用来根据以下一项或多项来修改或更新应用程序数据结构:(i)通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选择的多物理场模型数据结构,以及向应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定及可选地经用户修改后的多物理场模型数据结构的数据;(ii)通过图形用户界面向用户显示一个或多个预选定的应用程序特征,以及向应用程序数据结构中增加代表一个或多个用户选定及可选地经用户修改后的应用程序特征的数据;(iii)针对用户选定的至少一个应用程序特征,通过图形用户界面显示一个或多个预选定的表单特征、和/或一个或多个动作特征,以及向应用程序数据结构中增加代表用户选定及可选地经用户修改后的一个或多个表单特征和/或动作特征的数据。

[0351] 替代方案AA30

[0352] 根据替代方案AA21到AA30中任一替代方案的方法能够进一步包括,当执行包括表单特征的应用程序时,至少一个表单特征将激活接收用户输入,以便修改和/或预选择至少一个几何和/或至少一个建模操作。

[0353] 替代方案AA31

[0354] 根据替代方案AA21到AA31中任一替代方案的方法能够进一步包括应用程序数据

结构,所述应用程序数据结构是用于生成定制应用程序数据结构的初始应用程序数据结构。该初始应用程序数据结构包括至少一个之前内嵌的应用程序数据结构和/或至少一个之前内嵌的多物理场模型数据结构。

[0355] 替代方案AA32

[0356] 根据本发明的另一个方面,一个用来生成应用程序数据结构的装置包括含一个或多个处理部的物理计算系统、一个或多个用户输入设备、一个显示设备以及一个或多个存储设备。所述一个或多个存储设备中的至少一个存储设备包括用于生成应用程序数据结构的可执行指令。所述可执行指令使所述一个或多个处理部中的至少一个处理部通过执行,把物理系统的多物理场模型数据结构内嵌到应用程序数据结构中。内嵌的多物理场模型数据结构包括物理系统的至少一个建模操作。一个或多个几何子例程通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备而被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程包括与物理系统相关联的参数定义。一个或多个调用特征通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备而被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所述调用特征允许所述几何子例程的执行。通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部,确定一项或多项被添加到所述应用程序数据结构中的应用程序特征。所述一项或多项应用程序特征与物理系统模型相关联。通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备添加一级数据,该数据代表用于物理系统模型的所述一项或多项应用程序特征中的至少一项应用程序特征的至少一个表单特征。通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备添加二级数据,该数据代表用于物理系统模型的所述一项或多项应用程序特征中的至少一项应用程序特征的至少一个动作特征。代表所述至少一个动作特征的二级数据与用于物理系统的所述至少一个建模操作相关联,以便定义对物理系统建模的一个操作序列。

[0357] 替代方案AA33

[0358] 根据替代方案AA32的装置能够进一步包括所述一个或多个存储设备中的至少一个存储设备,所述至少一个存储设备包括用来生成应用程序数据结构的可执行指令。所述可执行指令使所述一个或多个处理部中的至少一个处理部通过执行,进一步进行包括更新应用程序数据结构的动作,更新的应用程序数据结构包括添加的一级数据、添加的二级数据、被定义的操作序列、所述一个或多个几何子例程及所述一个或多个调用特征。更新的应用程序数据结构被存储于所述一个或多个存储设备中的至少一个存储设备中。

[0359] 替代方案AA34

[0360] 根据替代方案AA32到AA33中任一替代方案的装置能够进一步包括一个或多个几何子例程,所述一个或多个几何子例程包括用于参数定义中至少一部分的引数。所述引数控制与物理系统相关联的几何建模操作中的几何操作和对象的几何维度。

[0361] 替代方案AA35

[0362] 根据替代方案AA32到AA34中任一替代方案的装置能够进一步包括一个或多个几何子例程,所述一个或多个几何子例程包括生成引用了内嵌的所述多物理场模型数据结构中的建模操作的输出选择。

[0363] 替代方案AA36

[0364] 根据本发明的又一个方面,在具有一个或多个物理计算设备的计算机系统中执行

的方法被配置用来生成一个经修改的应用程序数据结构,以便建模一个物理系统。所述方法包括通过一个或多个物理计算设备,将一个多物理场模型数据结构内嵌到存储于一个或多个存储设备中的应用程序数据结构中。内嵌的多物理场模型数据结构包括至少一项针对正被建模的物理系统的多物理场建模操作。一个或多个几何子例程通过一个或多个输入设备而被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所述一个或多个几何子例程中的至少一个几何子例程包括与物理系统相关联的参数定义。一个或多个几何子例程调用通过所述一个或多个输入设备中的至少一个输入设备而被添加到内嵌的多物理场模型数据结构中。所述一个或多个几何子例程调用允许各几何子例程能够被执行。通过所述一个或多个物理计算设备中的至少一个物理计算设备,来确定要被添加到应用程序数据结构中的一项或多项应用程序特征。所述一项或多项应用程序特征与物理系统相关联。通过所述一个或多个物理计算设备中的至少一个物理计算设备,来获得代表一项或多项所确定的应用程序特征的应用程序数据。所述应用程序数据包括代表建模物理系统的至少一个表单特征的表单数据和代表至少一个动作特征的动作数据。代表所述至少一个动作特征的所述动作数据与在内嵌的多物理场模型数据结构中所定义的用于物理系统的所述至少一个建模操作相关联。所述动作数据与所述至少一个建模操作之间的关联定义了物理系统建模的一个操作序列。

[0365] 替代方案AA37

[0366] 根据替代方案AA36的方法能够进一步包括形成经修改的应用程序数据结构的动作,所述经修改的应用程序数据结构包括获得的应用程序数据、一个或多个几何子例程及一个或多个调用特征。所述经修改的应用程序数据结构被存储于一个或多个存储设备中的至少一个存储设备中。

[0367] 替代方案AA38

[0368] 根据替代方案AA36到AA37中任一替代方案的方法能够进一步包括,通过一个或多个输入设备中的至少一个输入设备接收包括用于几何子例程的几何实体的一个或多个输入选择。至少一个所述输入选择与用于内嵌的多物理场模型数据结构的一组几何操作相关联。通过执行所述几何子例程的所述一个或多个物理计算设备中的至少一个物理计算设备,一个或多个几何实体输出选择在内嵌的多物理场模型数据结构中生成。将贡献用来生成内嵌的多物理场模型数据结构中的累加几何实体选择,所述内嵌的多物理场模型数据结构与用于物理系统模型中的建模操作的几何实体选择相关联。

[0369] 替代方案AA39

[0370] 根据替代方案AA36到AA38中任一替代方案的方法能够进一步包括接收之前的结束平面的第一位置和取向数据,所述第一位置和取向数据用来使之前的结束平面与在内嵌的多物理场模型数据结构中的几何子例程的几何序列中被定义的现有工作平面匹配。为了使之前的结束平面与新的工作平面匹配,生成第二位置和取向数据。生成的第二位置和取向数据在内嵌的多物理场模型数据结构中的几何子例程的几何序列中是可访问的。

[0371] 替代方案AA40

[0372] 根据替代方案AA36到AA39中任一替代方案的方法能够进一步包括,使一个或多个几何子例程调用中的至少一个几何子例程调用链接到内嵌的多物理场模型数据结构中的第二外部多物理场模型数据结构。

[0373] 替代方案AA41

[0374] 根据替代方案AA36到AA40中任一替代方案的方法能够进一步包括,内嵌的多物理场模型数据结构中的if、else-if和/或else语句包含一个或多个几何子例程调用中的至少一个几何子例程调用。

[0375] 替代方案AA42

[0376] 根据本发明的另一个方面,在计算机系统中执行的方法包括一个或多个被配置用来生成建模物理系统的应用程序模型数据结构的处理部。所述方法包括通过一个或多个处理部来确定多个用于建模一个或多个物理系统应用程序的动作。所述多个应用程序由存储于一个或多个应用程序数据结构中的应用程序数据所确定。在一个或多个图形用户界面中显示所述多个应用程序的列表。指示所述多个应用程序中的至少一个应用程序的第一个选择的第一个输入被接收。针对所选定的所述多个应用程序中的至少一个应用程序,通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部来确定一个或多个应用程序特征。所述一个或多个应用程序特征中的至少一个应用程序特征包括被表示为在所述一个或多个应用程序数据结构中的至少一个应用程序数据结构中定义或检索到的应用程序数据的几何操作。在所述一个或多个图形用户界面中的至少一个图形用户界面中显示所确定的应用程序特征。指示至少一个应用程序特征的第二个选择的第二个输入被接收。所述第二个选择包括用于调用几何子例程的几何操作的应用程序特征。通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部来确定所选定的至少一个应用程序特征的一个或多个设定。所述一个或多个设定与建模一个或多个物理系统的参数相关联。每个编辑框包括所述一个或多个设定中的至少一个设定,且通过所述一个或多个图形用户界面中的至少一个图形用户界面显示。选定至少一个编辑框。对所选定的至少一个编辑框中所包括的所述一个或多个设定的编辑,通过一个或多个用户输入设备来接收。

[0377] 替代方案AA43

[0378] 根据替代方案AA42的方法能够进一步包括,通过一个或多个处理部中的至少一个处理部生成应用程序模型数据结构,该应用程序模型数据结构包括接收到的对从一个或多个应用程序数据结构检索的至少一个或多个应用程序特征的至少一个或多个设定的编辑。

[0379] 替代方案AA44

[0380] 根据替代方案AA42到AA43中任一替代方案的方法能够进一步包括,通过一个或多个处理部中的至少一个处理部确定在生成的应用程序模型数据结构中被定义的动作序列。通过所述一个或多个处理部中的至少一个处理部执行所述动作序列。

[0381] 替代方案AA45

[0382] 根据替代方案AA42到AA44中任一替代方案的方法能够进一步包括调用几何子例程的动作,该动作作为执行几何序列动作的一部分。

[0383] 替代方案AA46

[0384] 根据替代方案AA42到AA45中任一替代方案的方法能够进一步包括,通过一个或多个输入设备中的至少一个输入设备接收包括用于几何子例程的几何实体的输入选择。至少一个输入选择与用于内嵌的多物理场模型数据结构的一组几何操作相关联。通过执行几何子例程的一个或多个处理部中的至少一个处理部生成内嵌的多物理场模型数据结构中的一个或多个几何实体输出选择。将贡献用来生成内嵌的多物理场模型数据结构中的累加几何实体选择,所述内嵌的多物理场模型数据结构与用于物理系统模型中的建模操作的几何

实体选择相关联。

[0385] 替代方案AA47

[0386] 对于存储在物理媒介或者包含一个或多个处理器和一个或多个存储设备的系统中的用来建模物理系统定制应用程序数据结构,能够包括按照替代方案AA13到AA19中任一替代方案的系统、按照替代方案AA21到AA31及AA36到AA46中任一替代方案的方法和/或按照替代方案AA32到AA35中任一替代方案的装置来生成和/或修改的定制应用程序数据结构。

[0387] 以上所描述的每一个方面和各明显变形均认为落入要求保护的发明的精神和范围内,并将在以下权利要求书中进行陈述。

[0388] 在权利要求书中,任何放置在括号之间的附图标记均不能理解为用于限定权利要求。词语“包括”不排除除了权利要求中所列出的元件和步骤的存在。元件之前的词语“一”不排除多个这样的元件的存在。

[0389] 某个技术手段记载在相互不同的从属权利要求中这一单纯事实不意味着不能使用这些技术手段的组合。

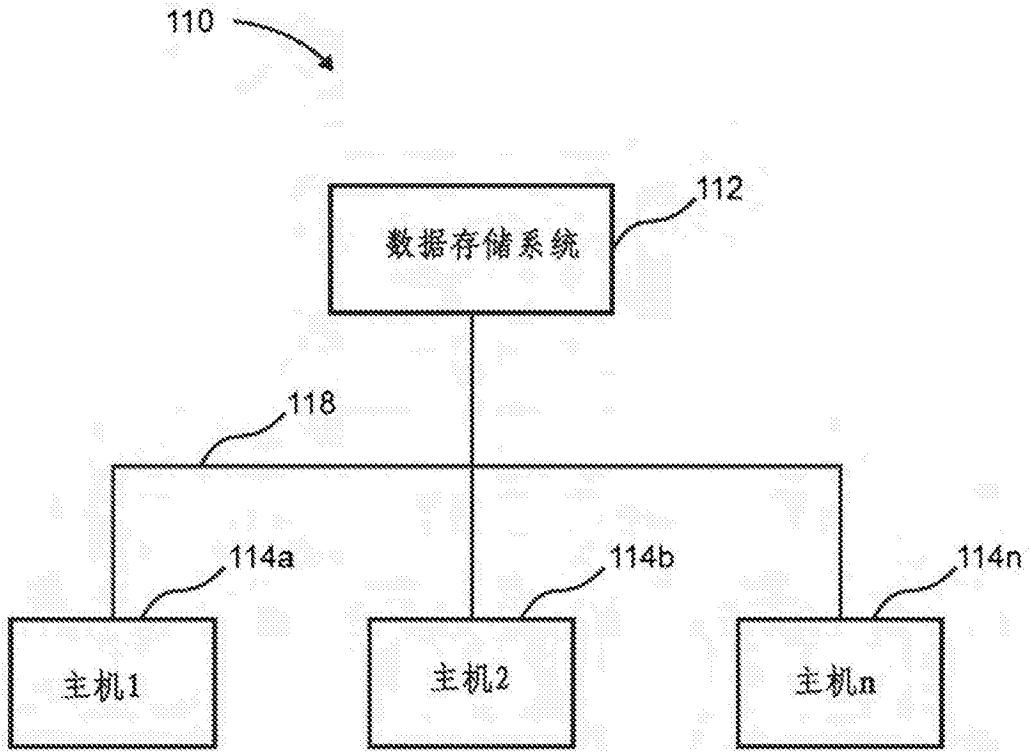


图1

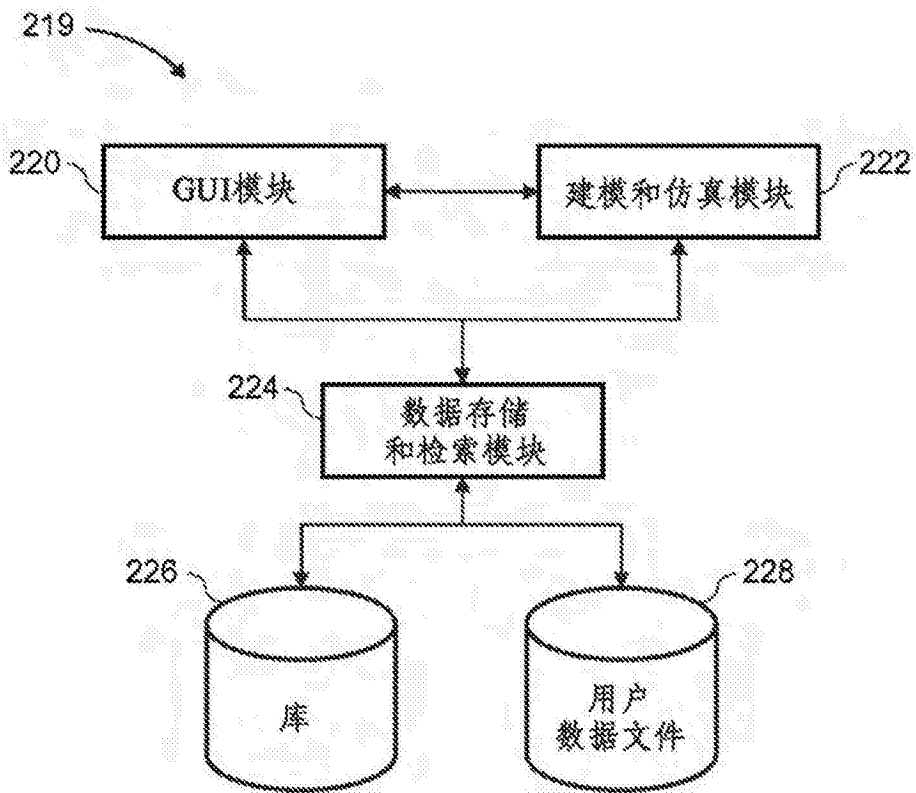


图2

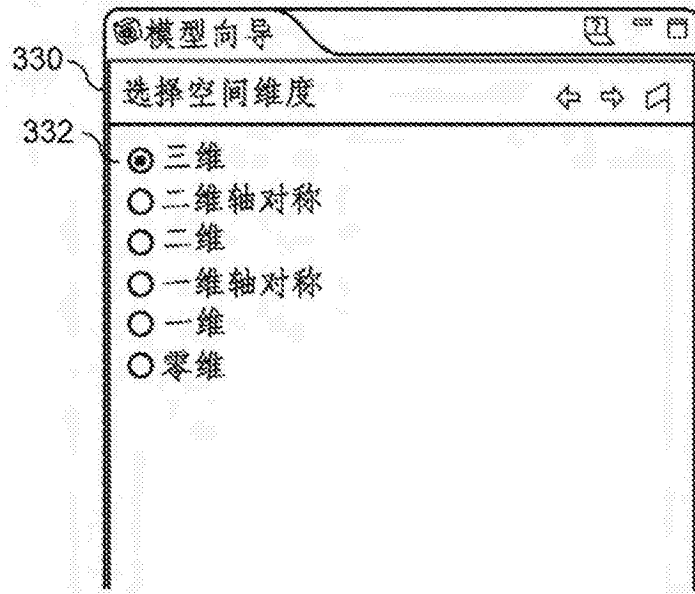


图3

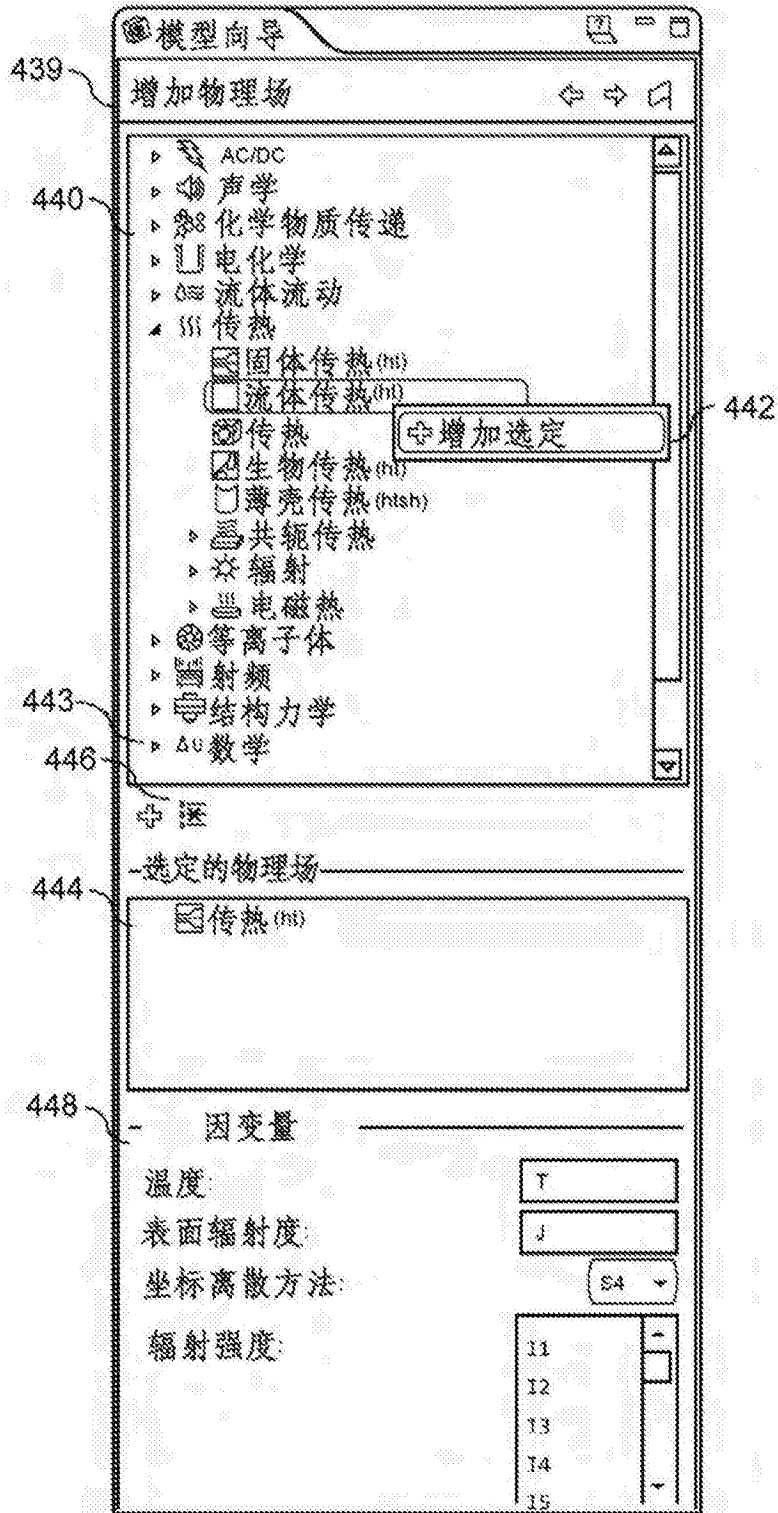


图4

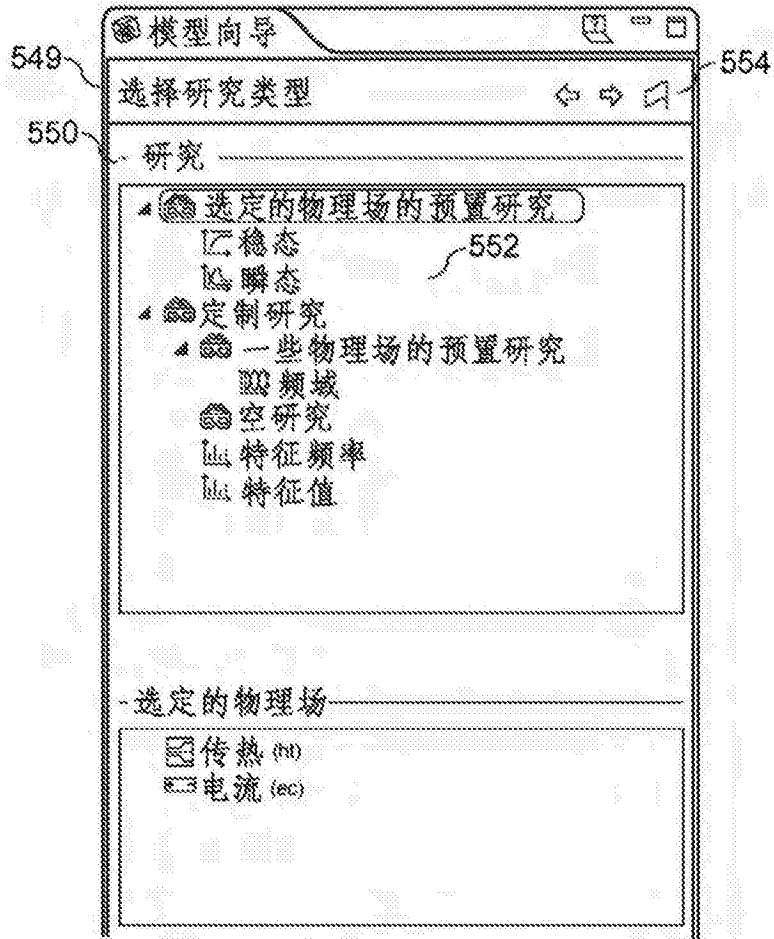


图5

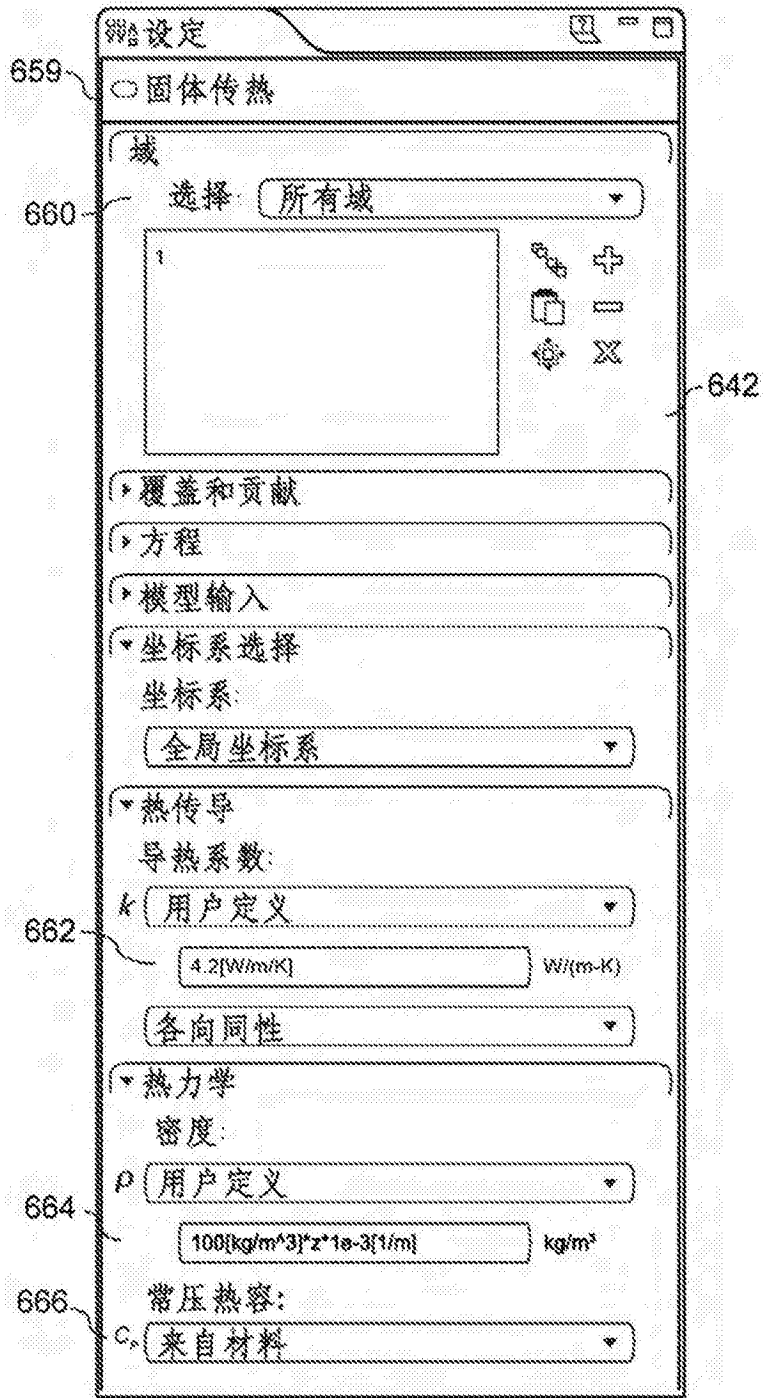


图6

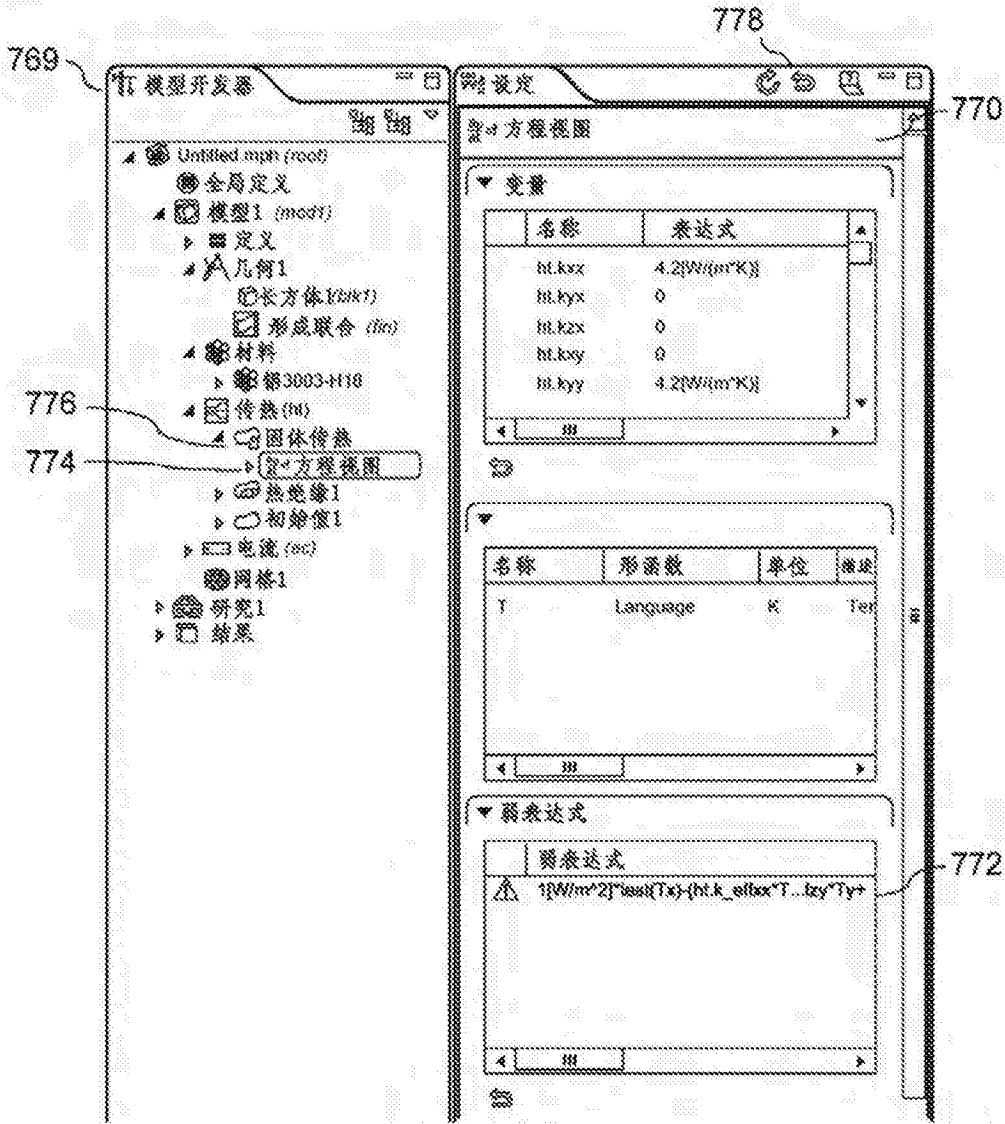


图7

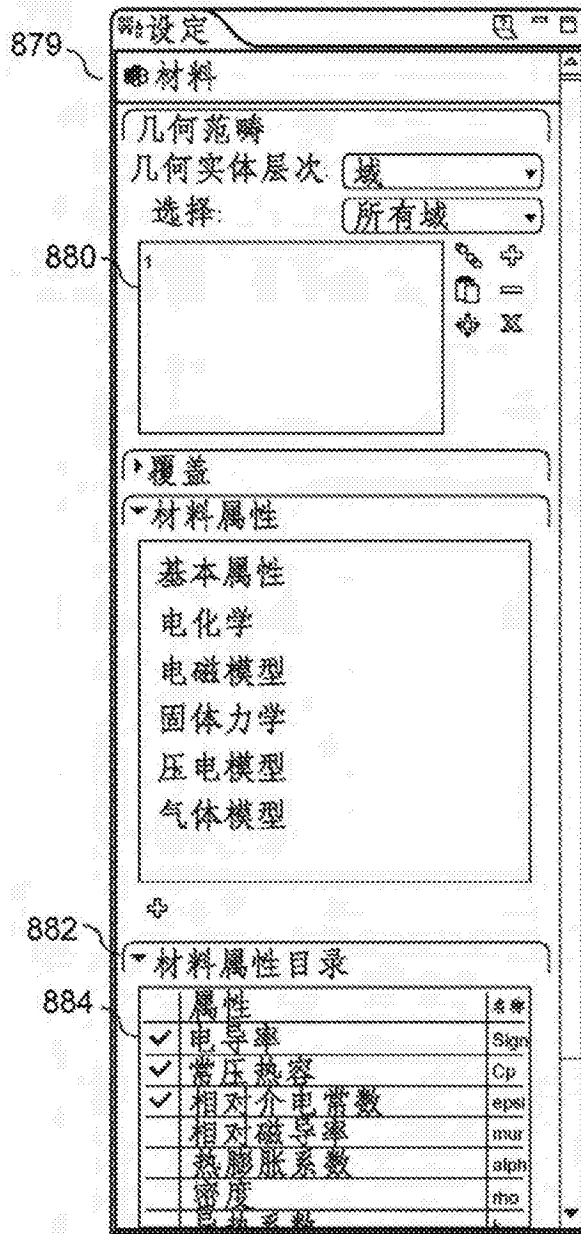


图8

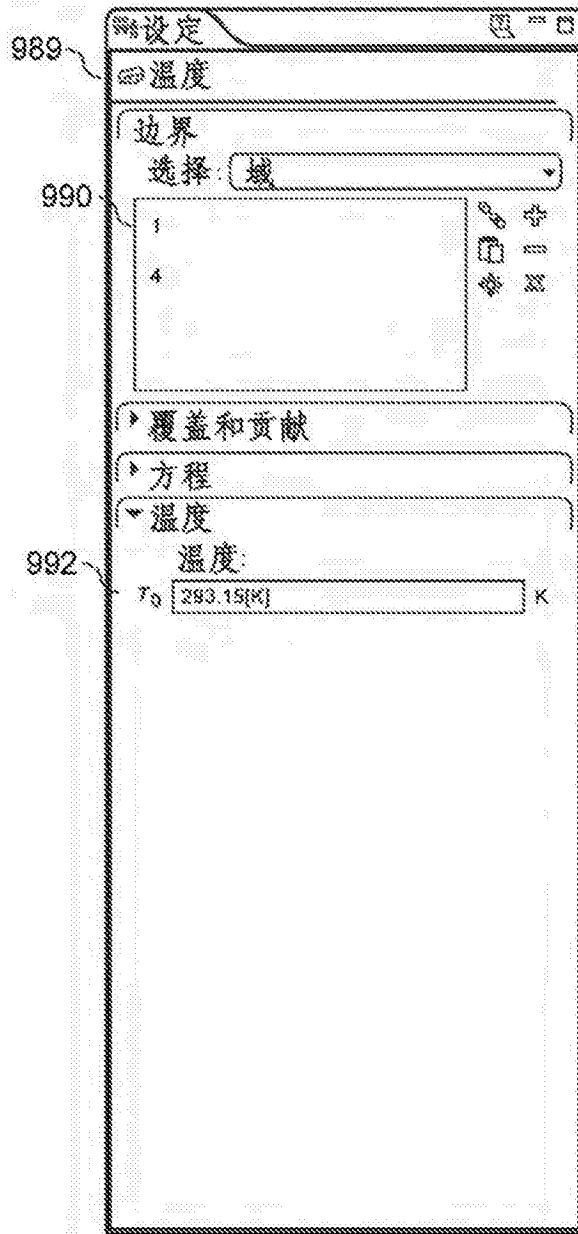


图9

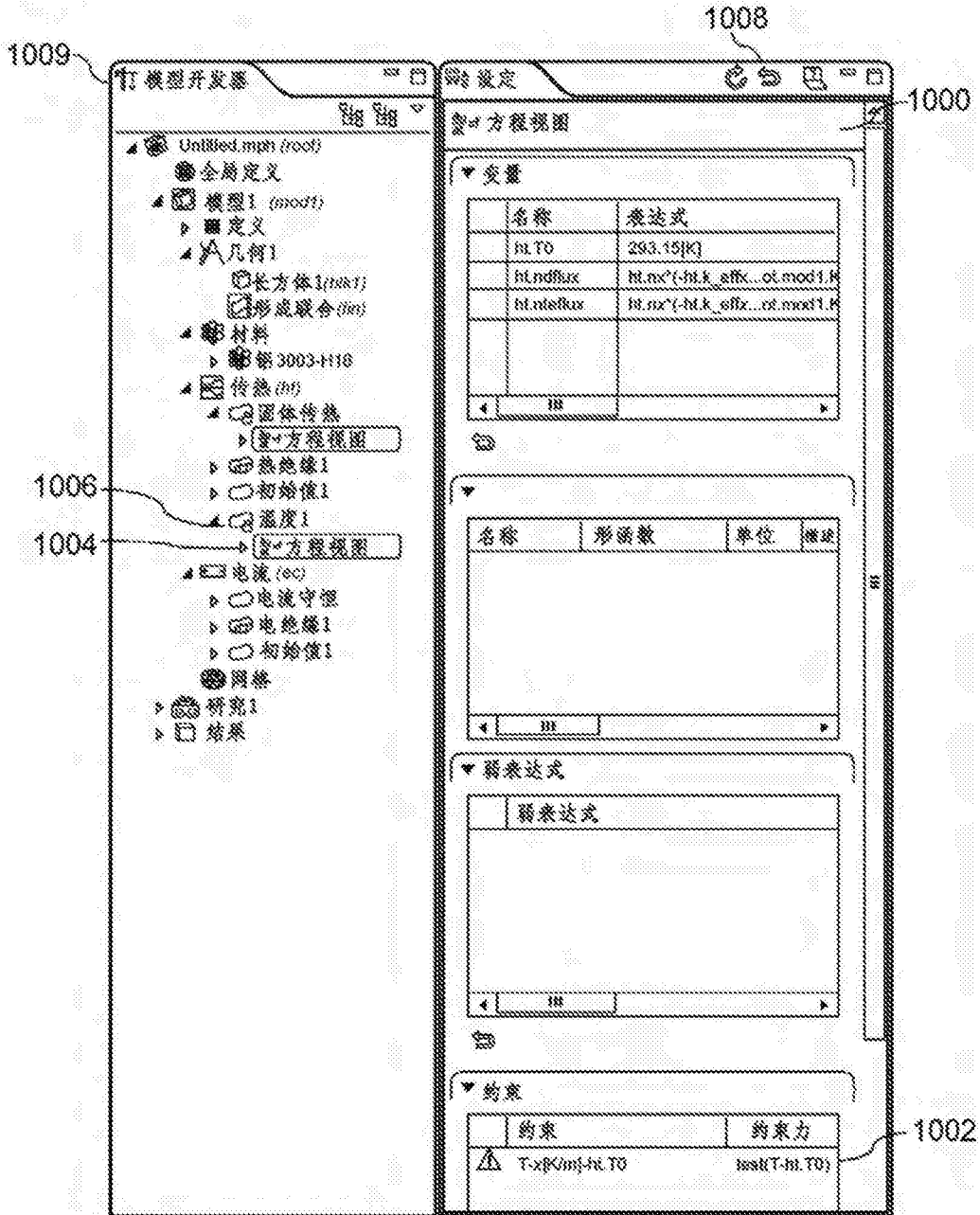


图10

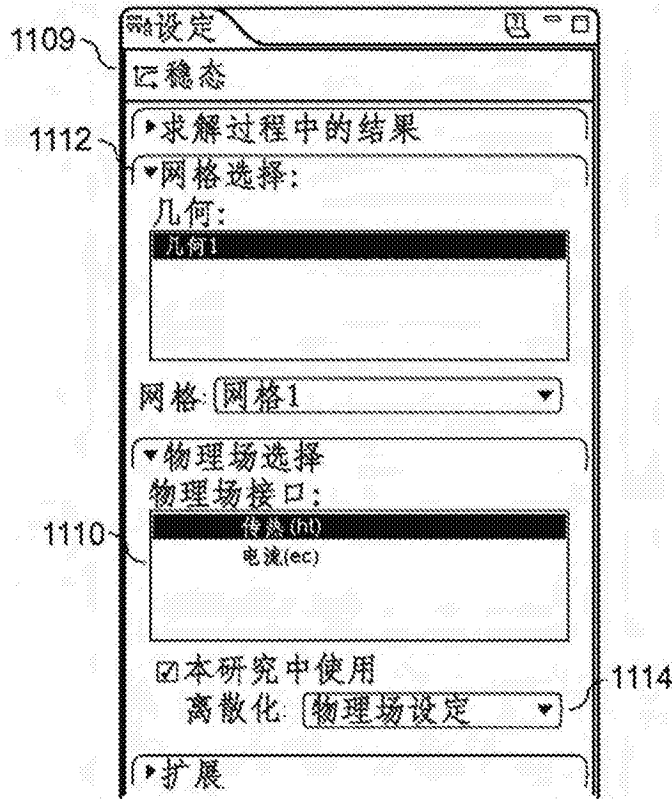


图11

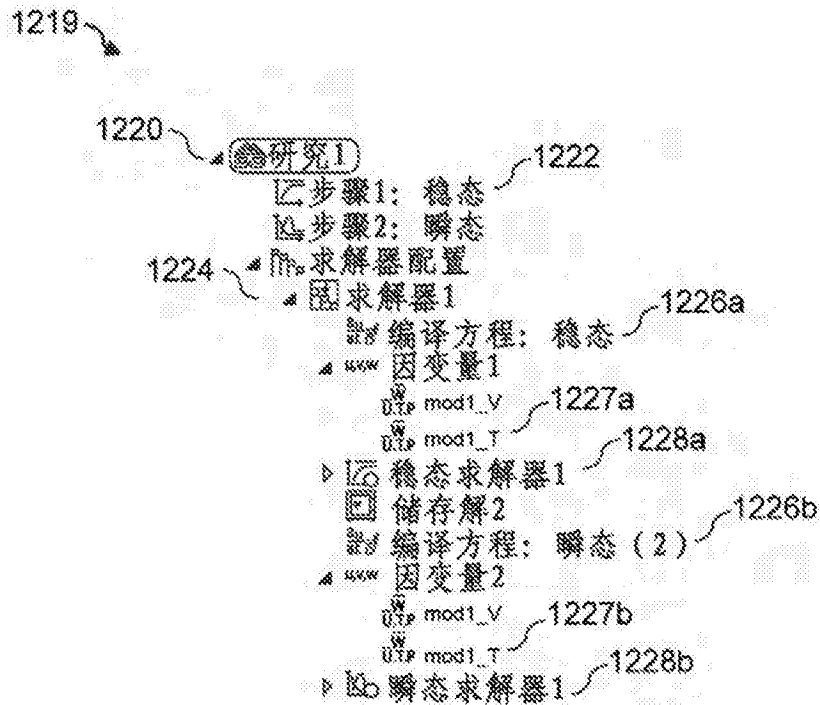


图12

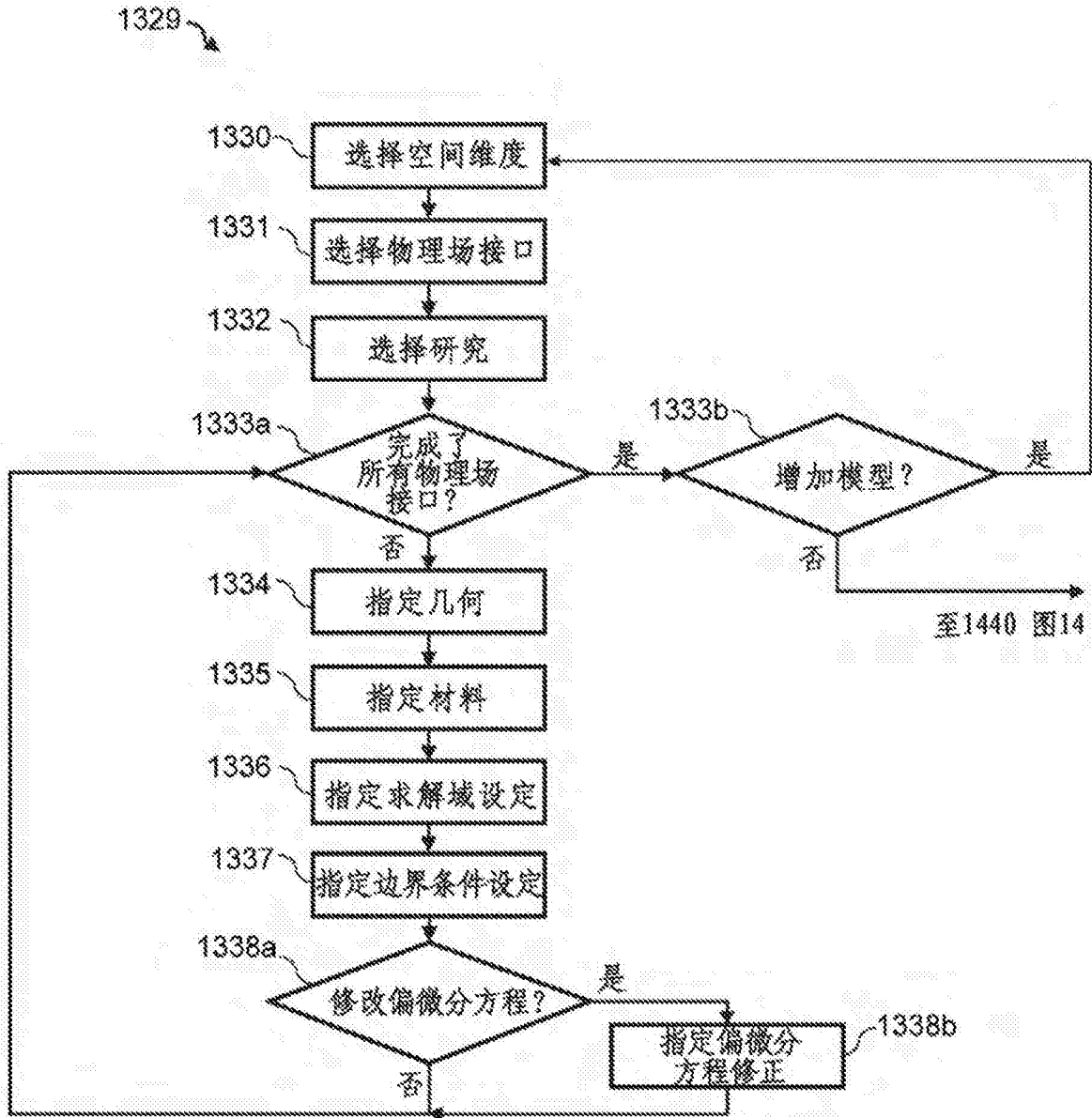


图13

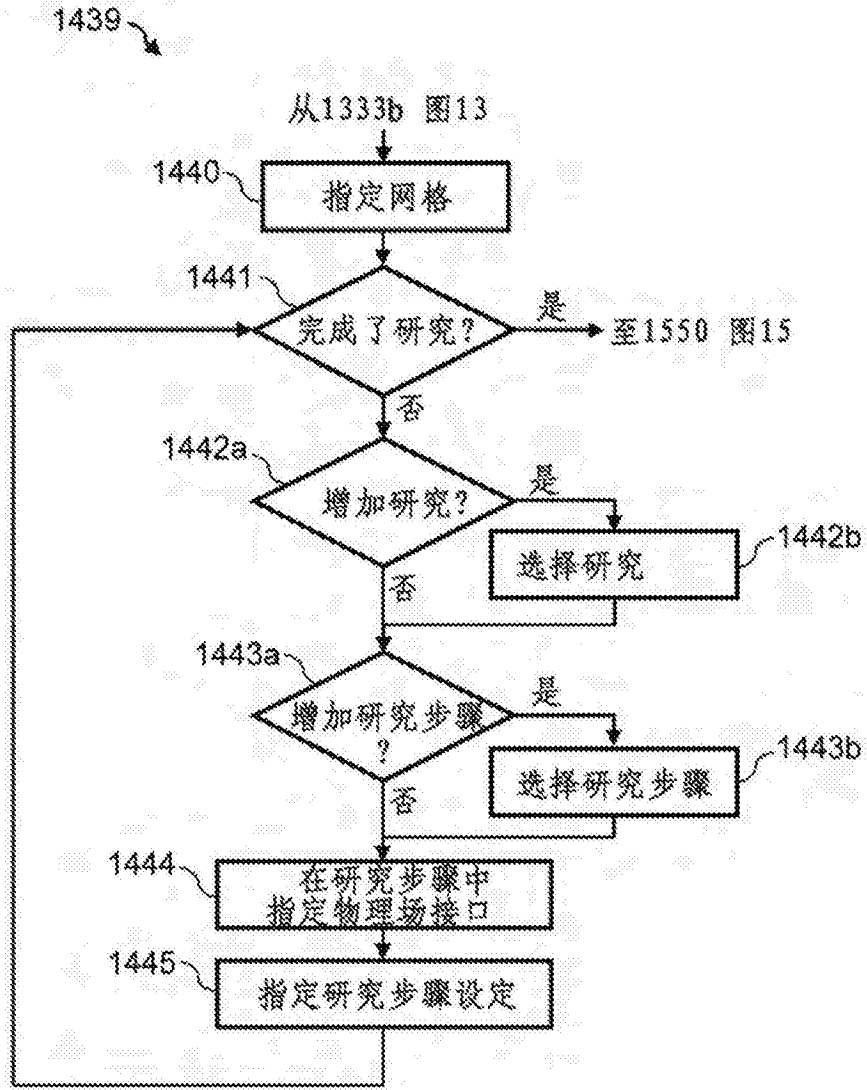


图14

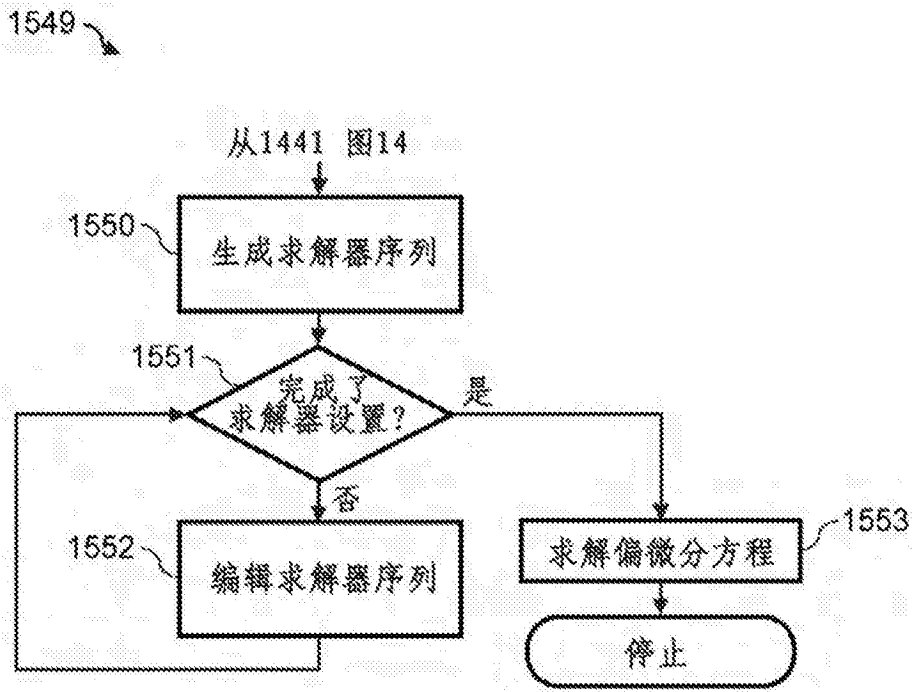


图15

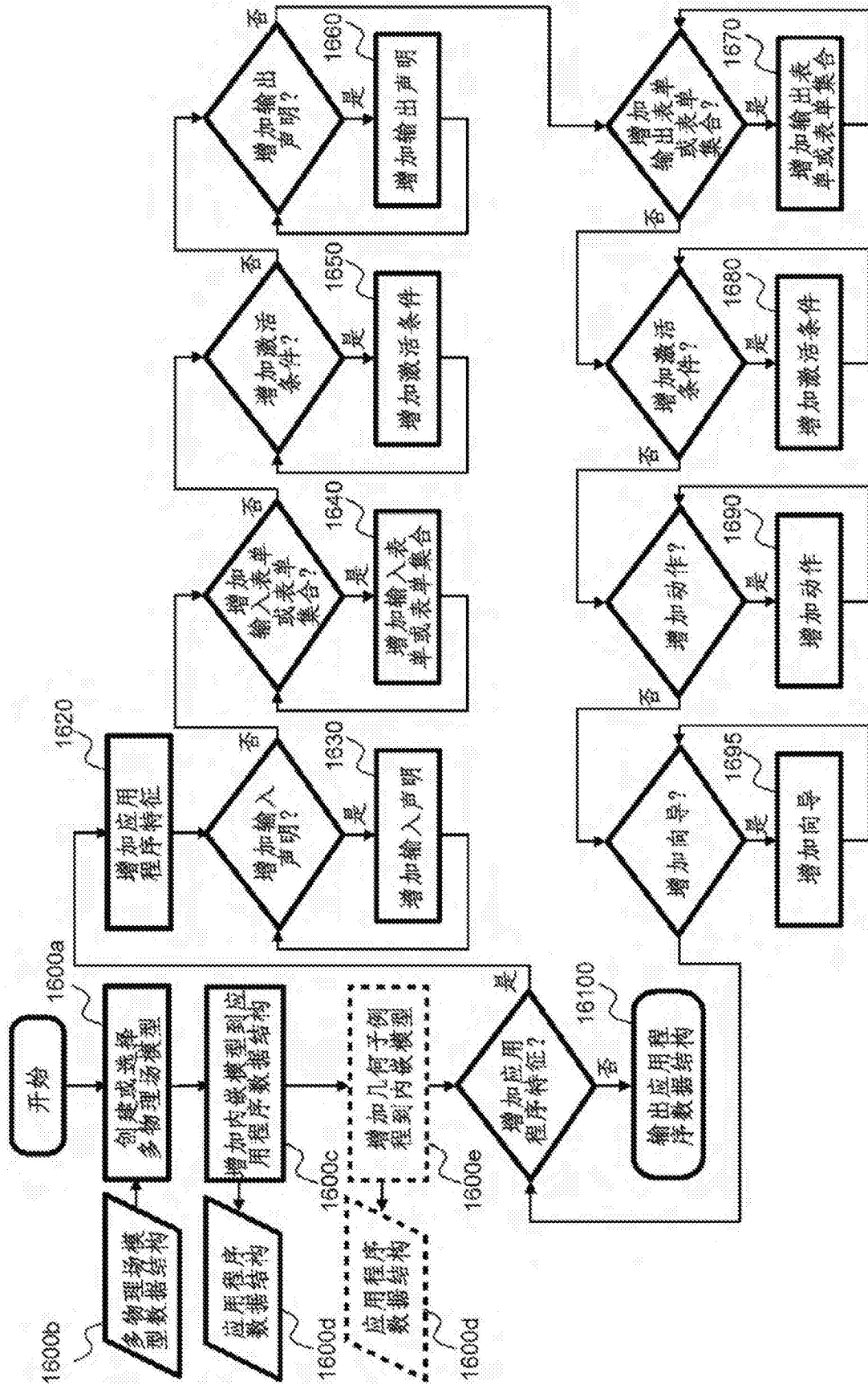


图16

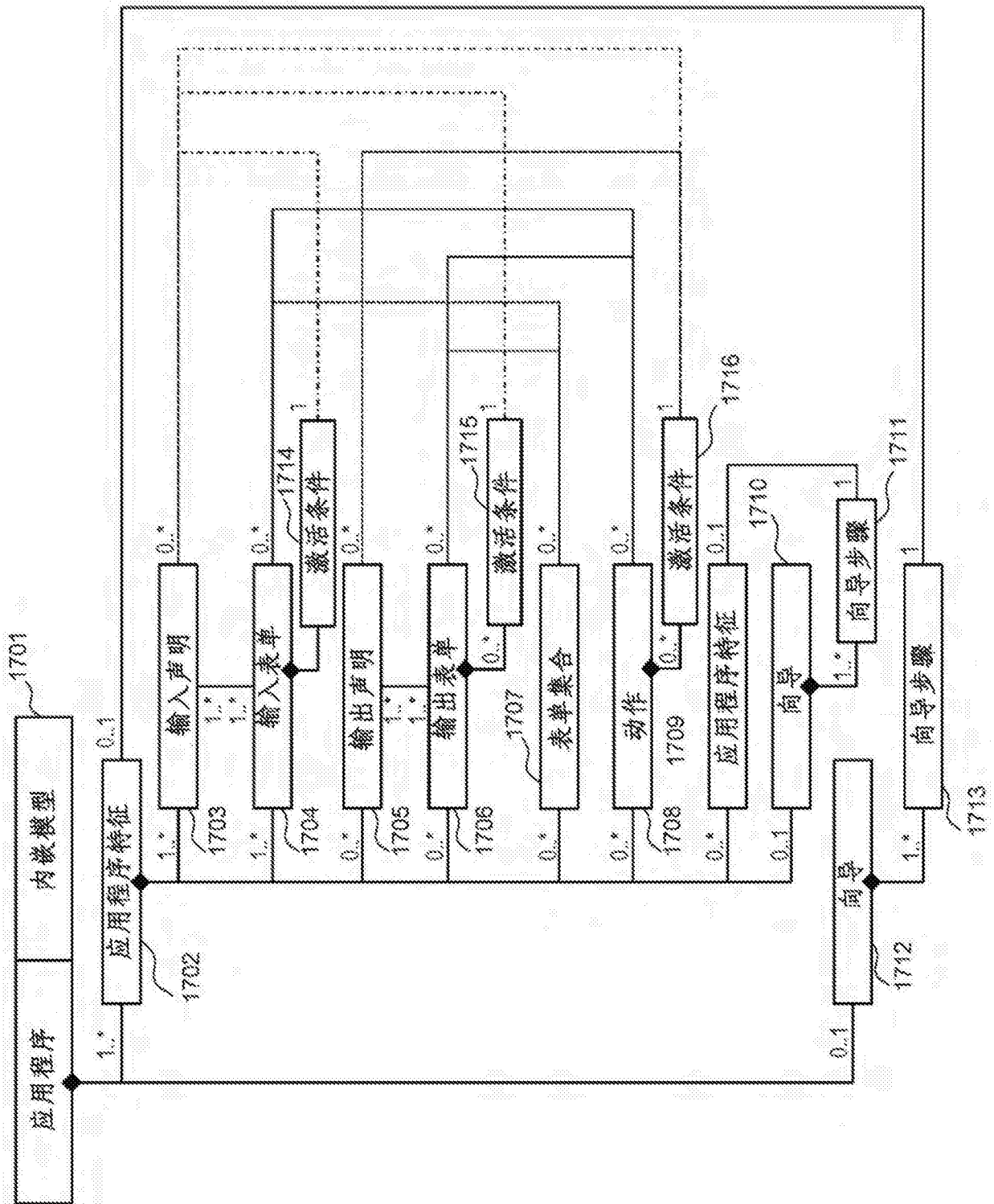


图17

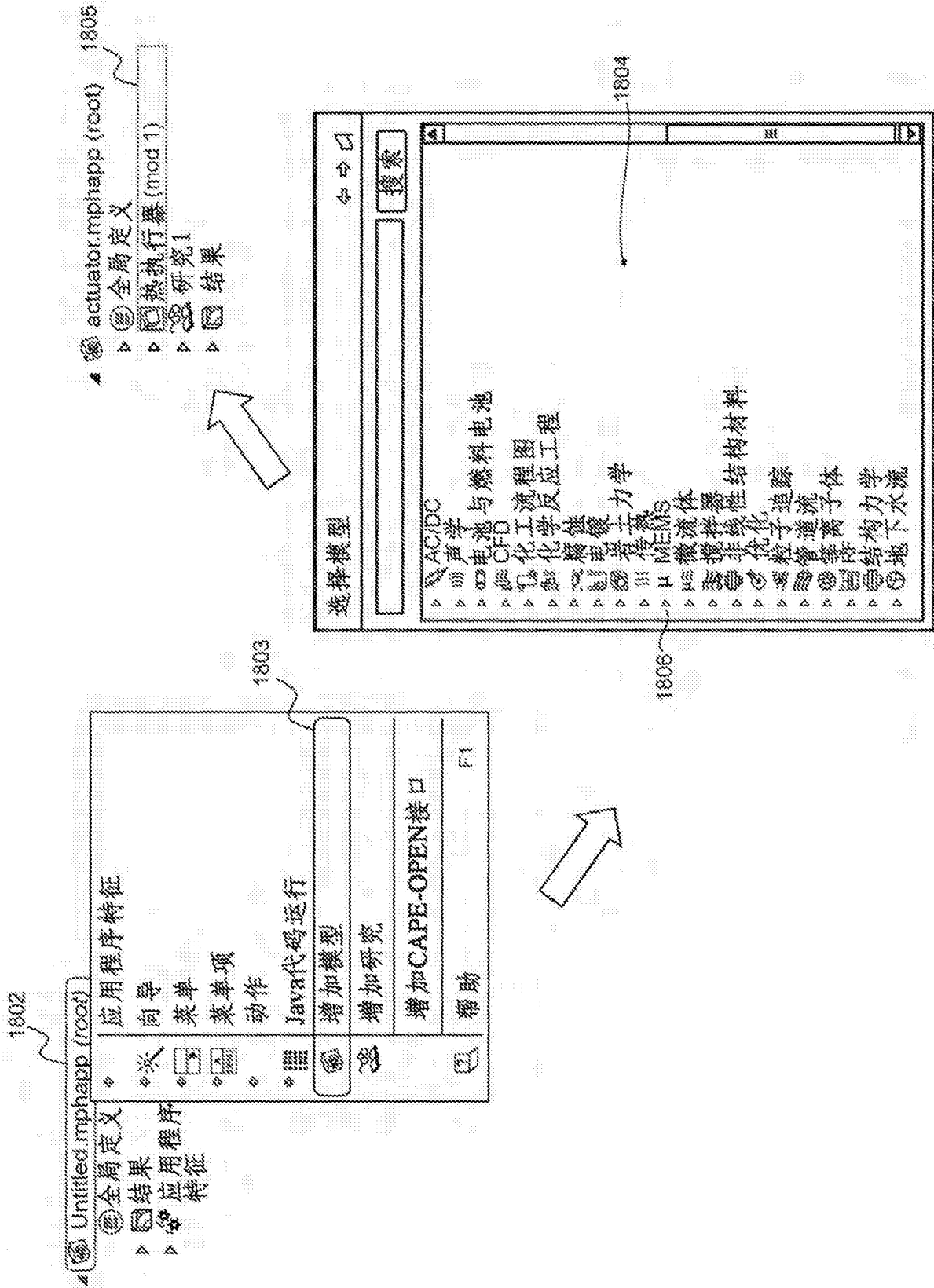


图18

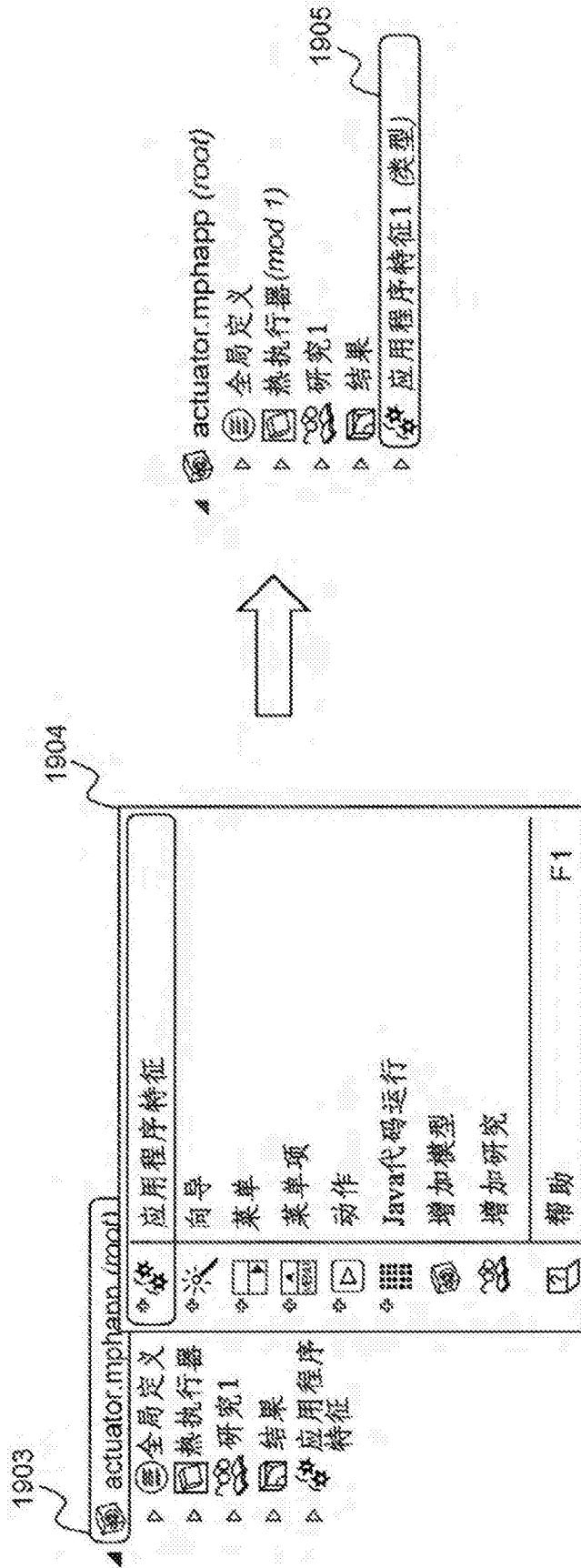


图19



图20

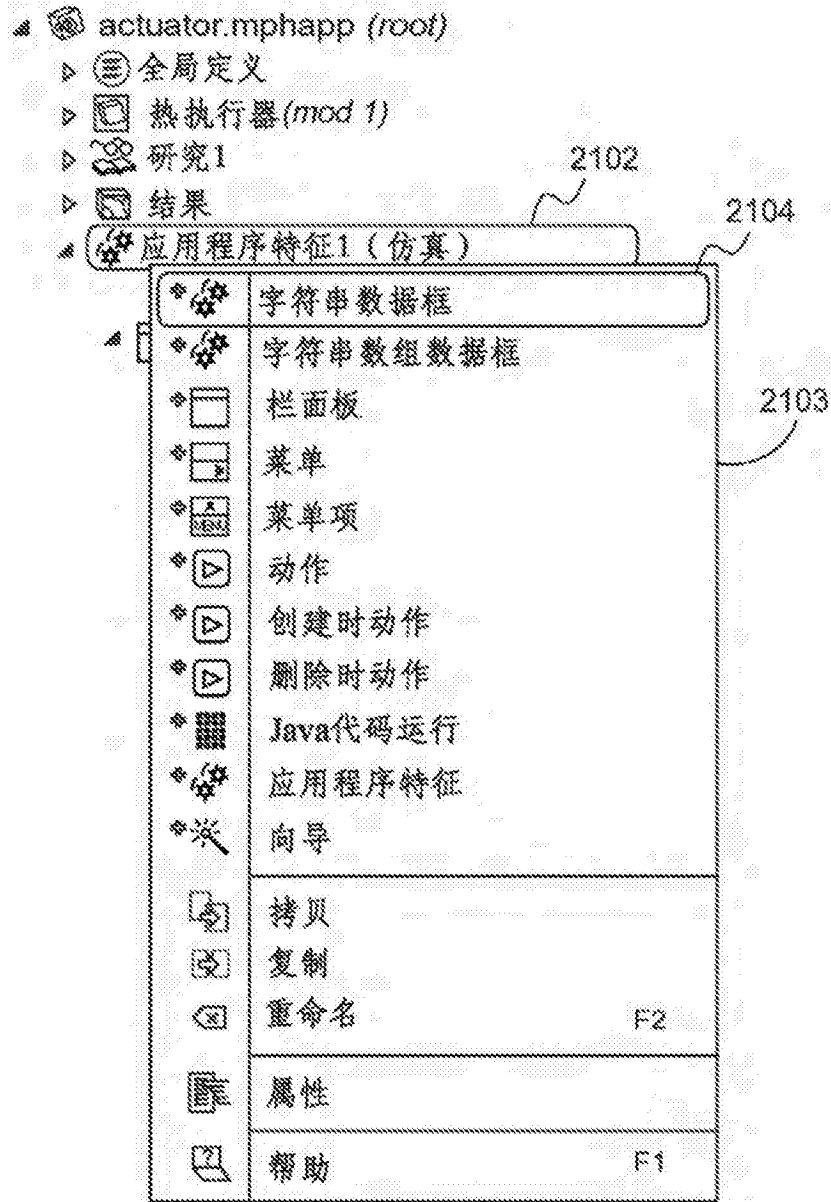


图21

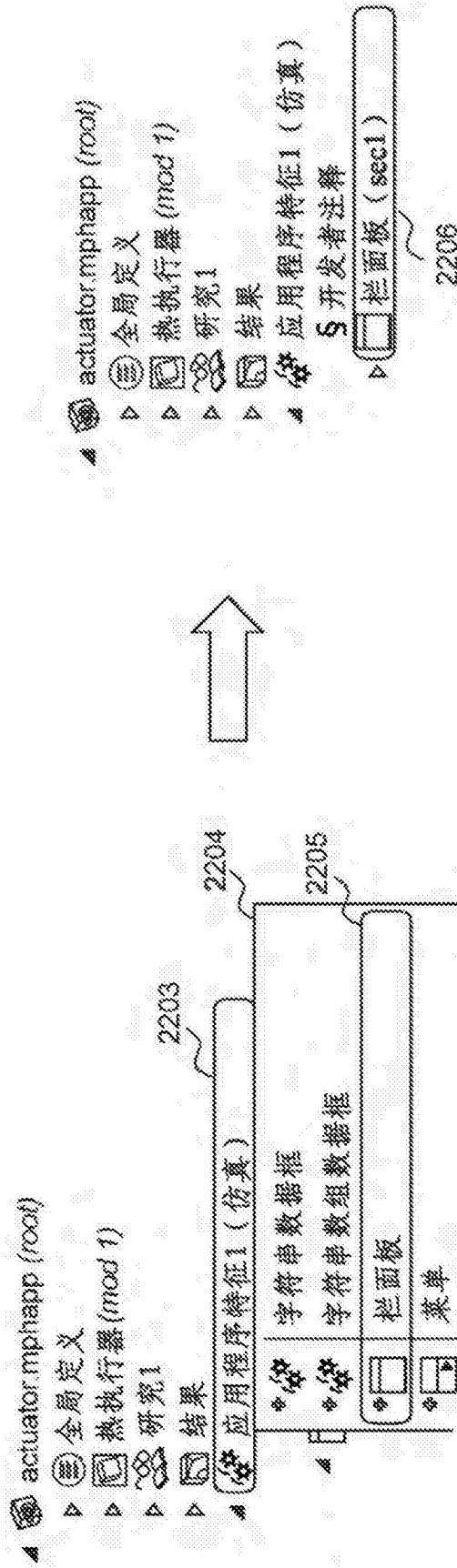


图22

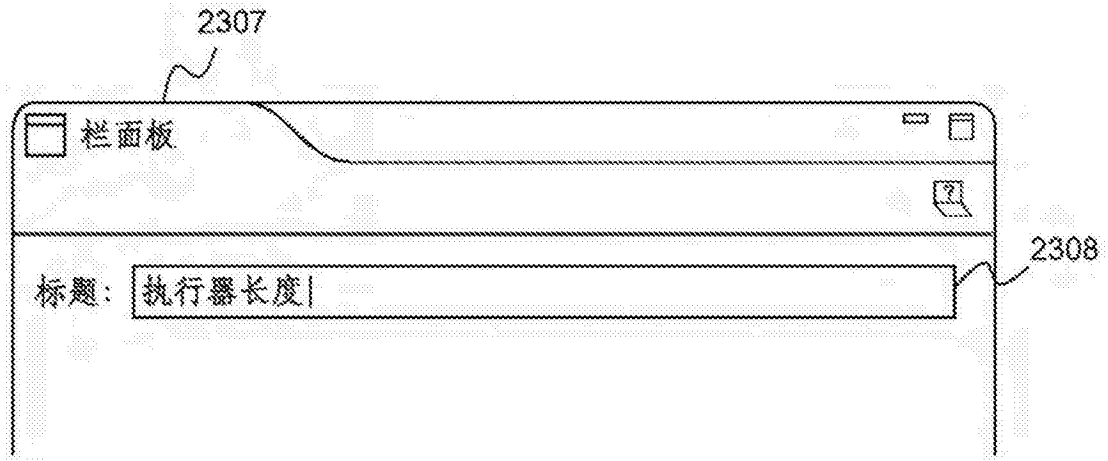


图23

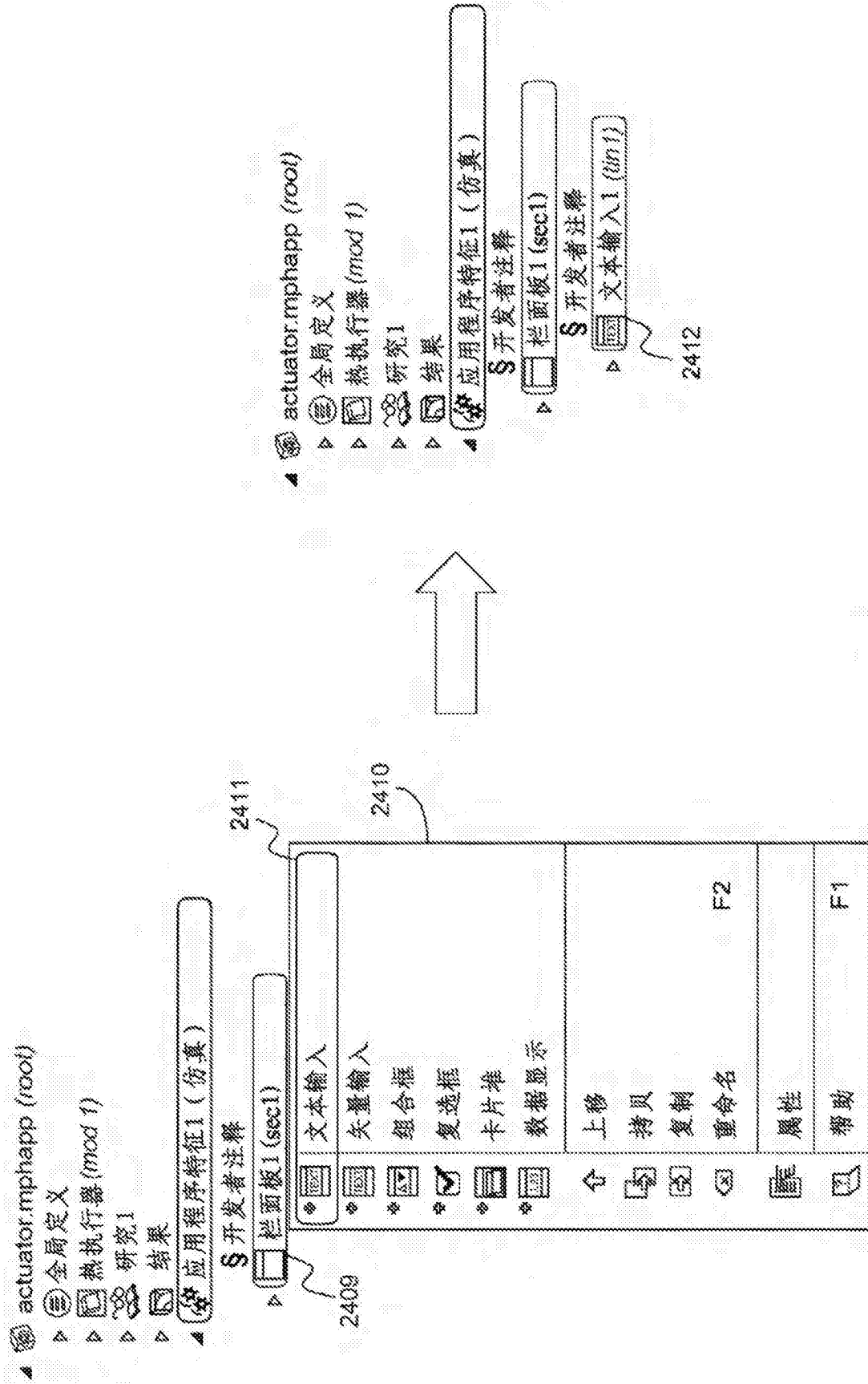


图24

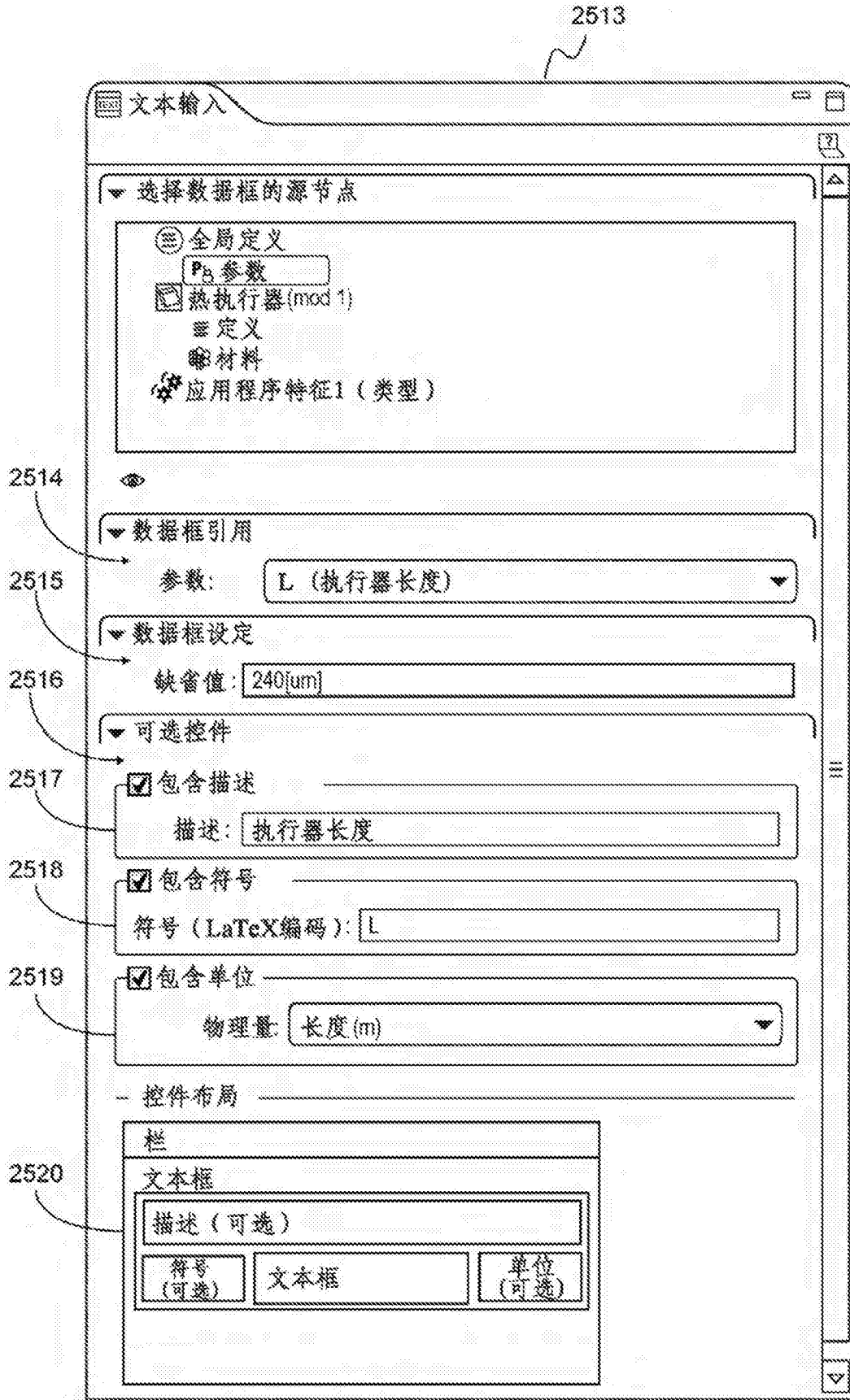


图25

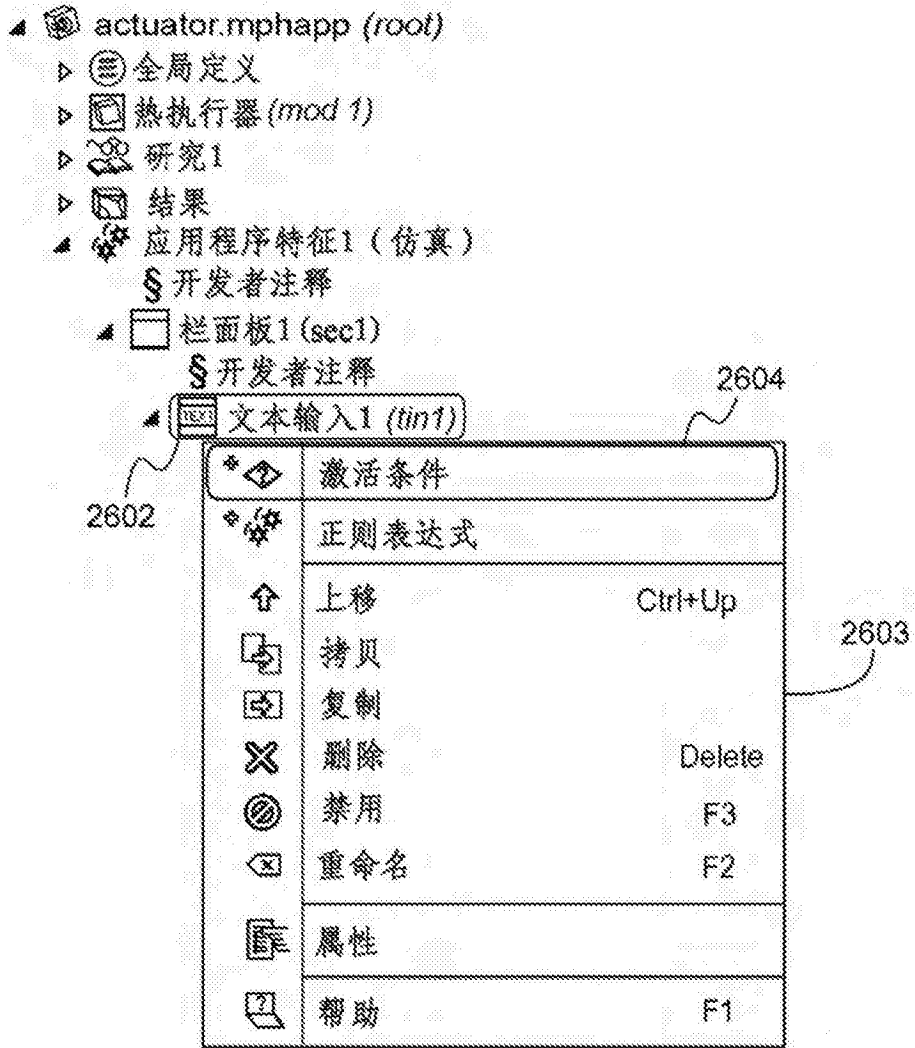


图26

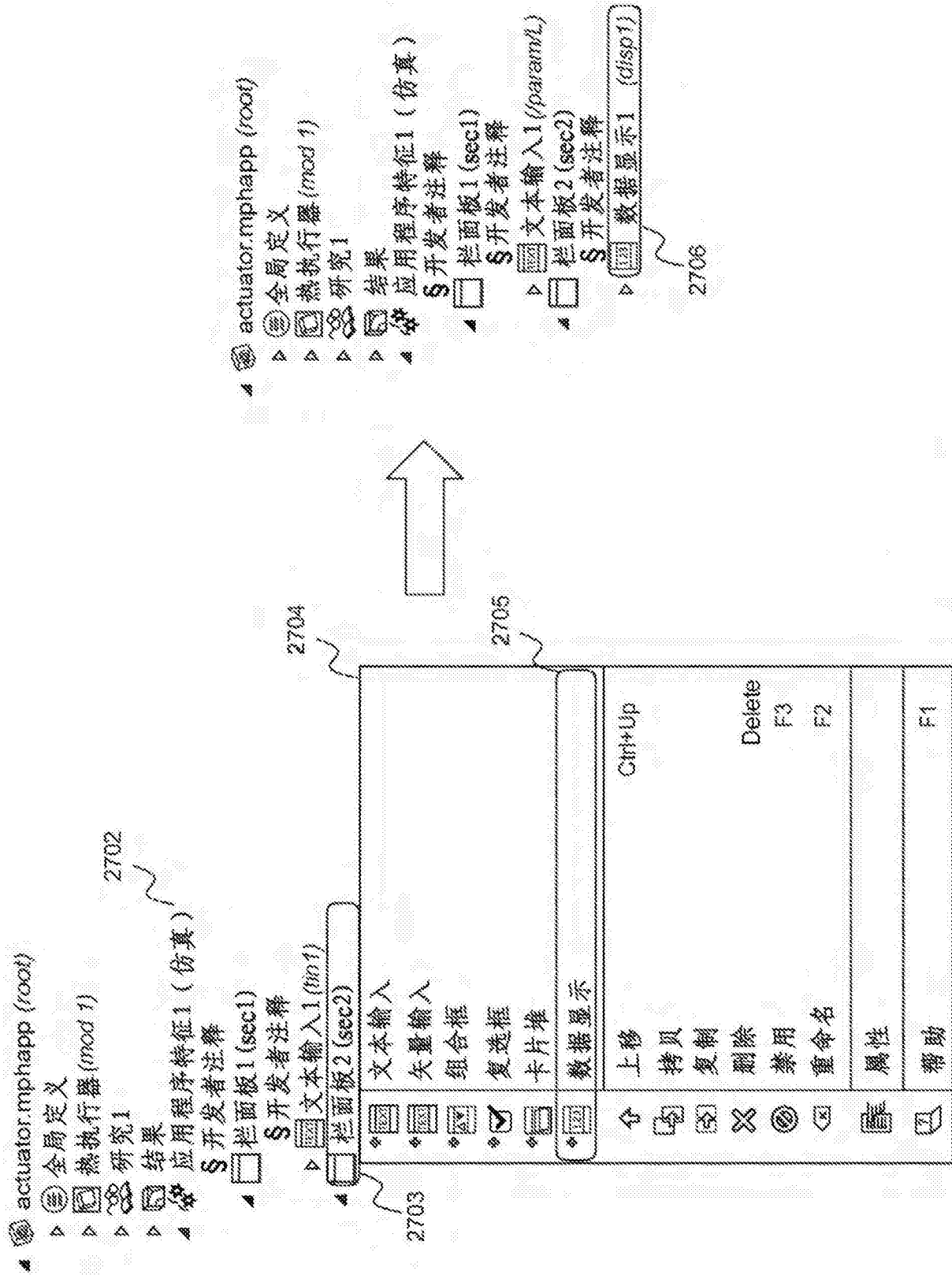


图27

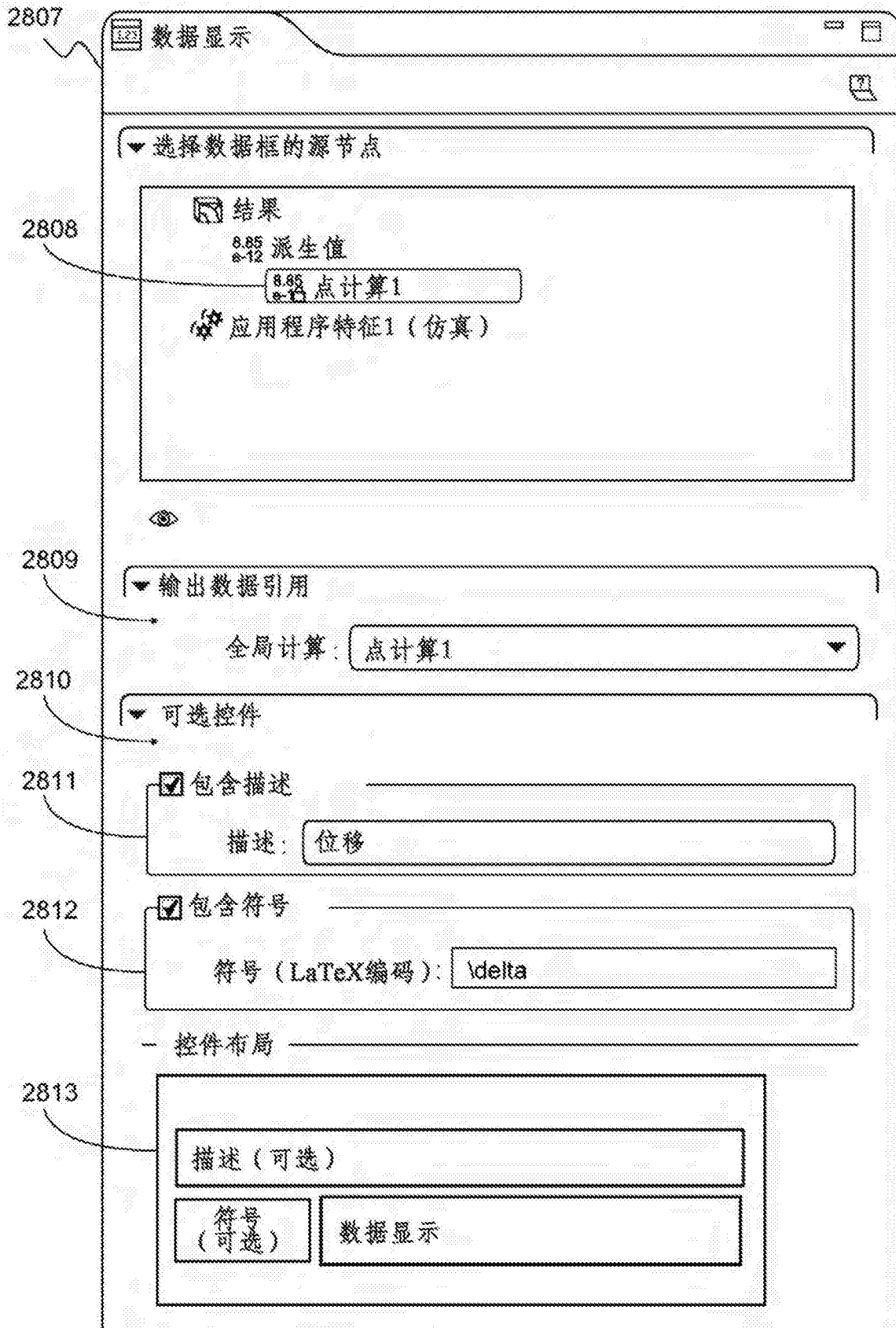


图28

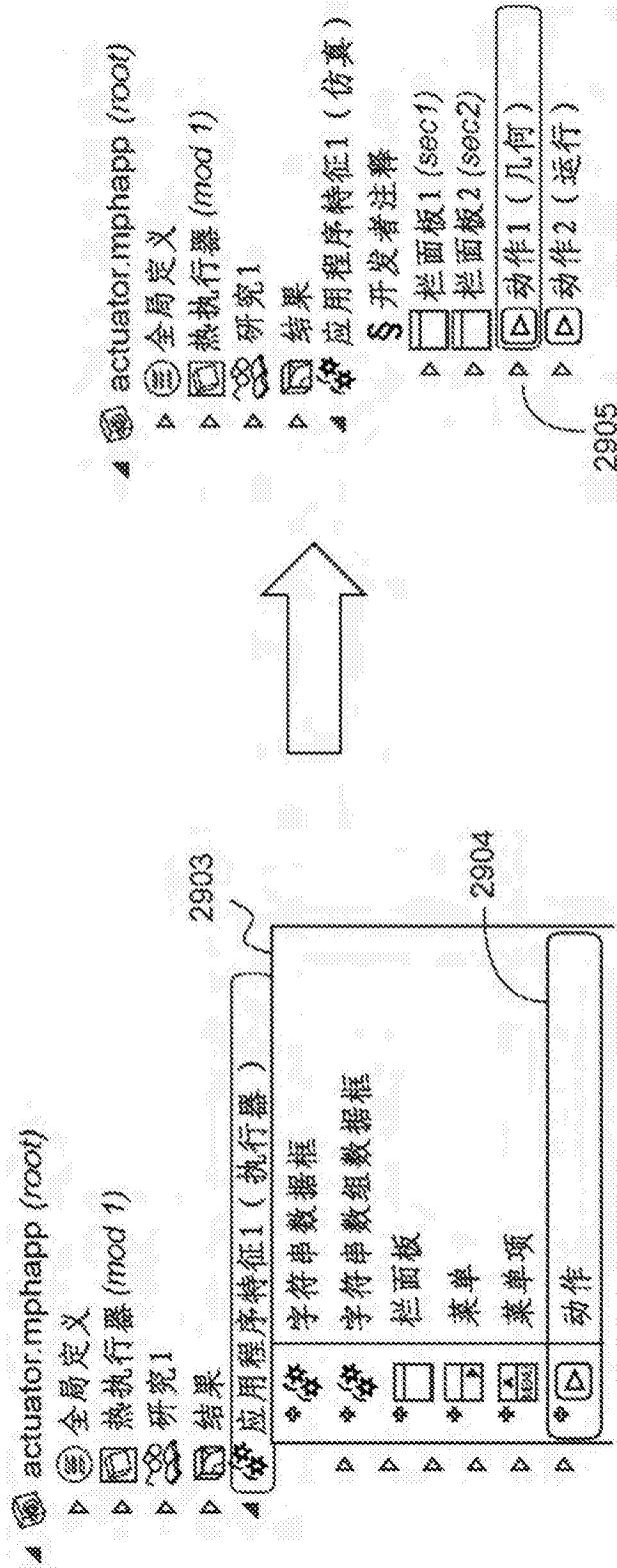


图29

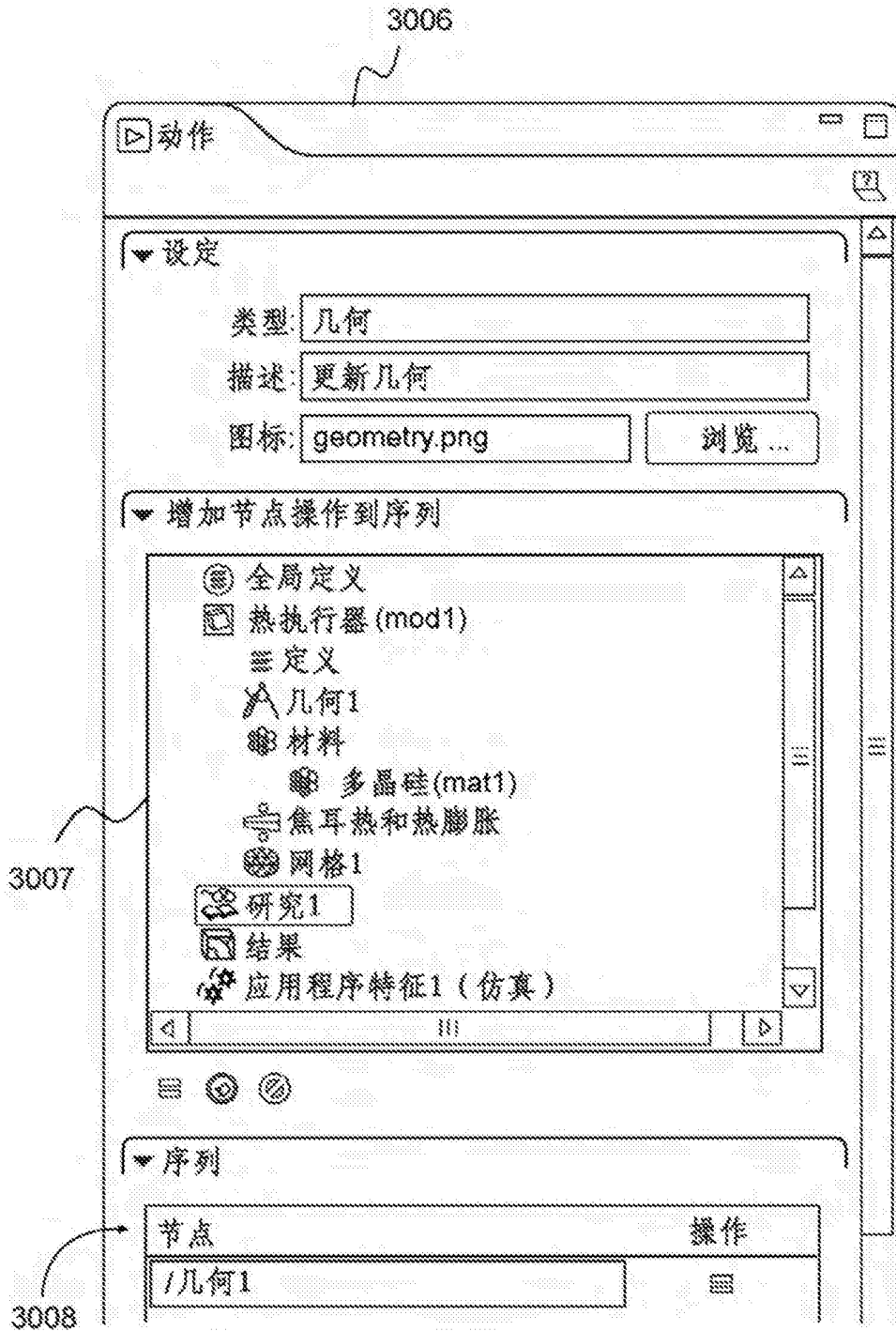


图30

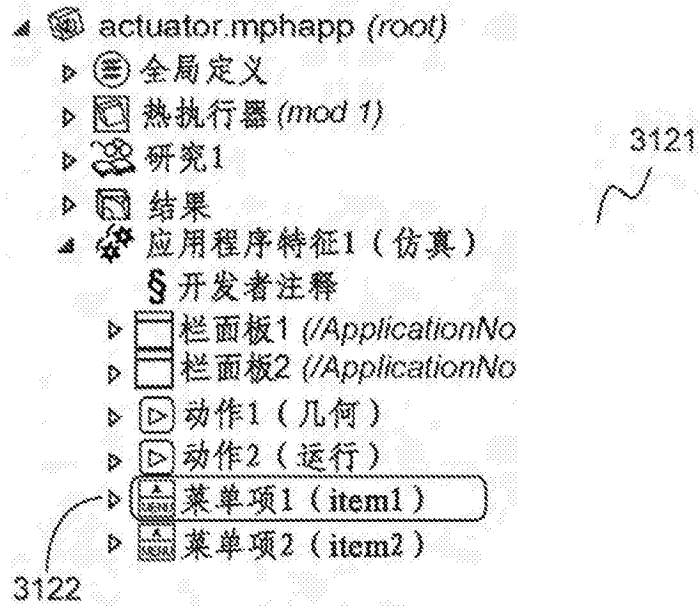
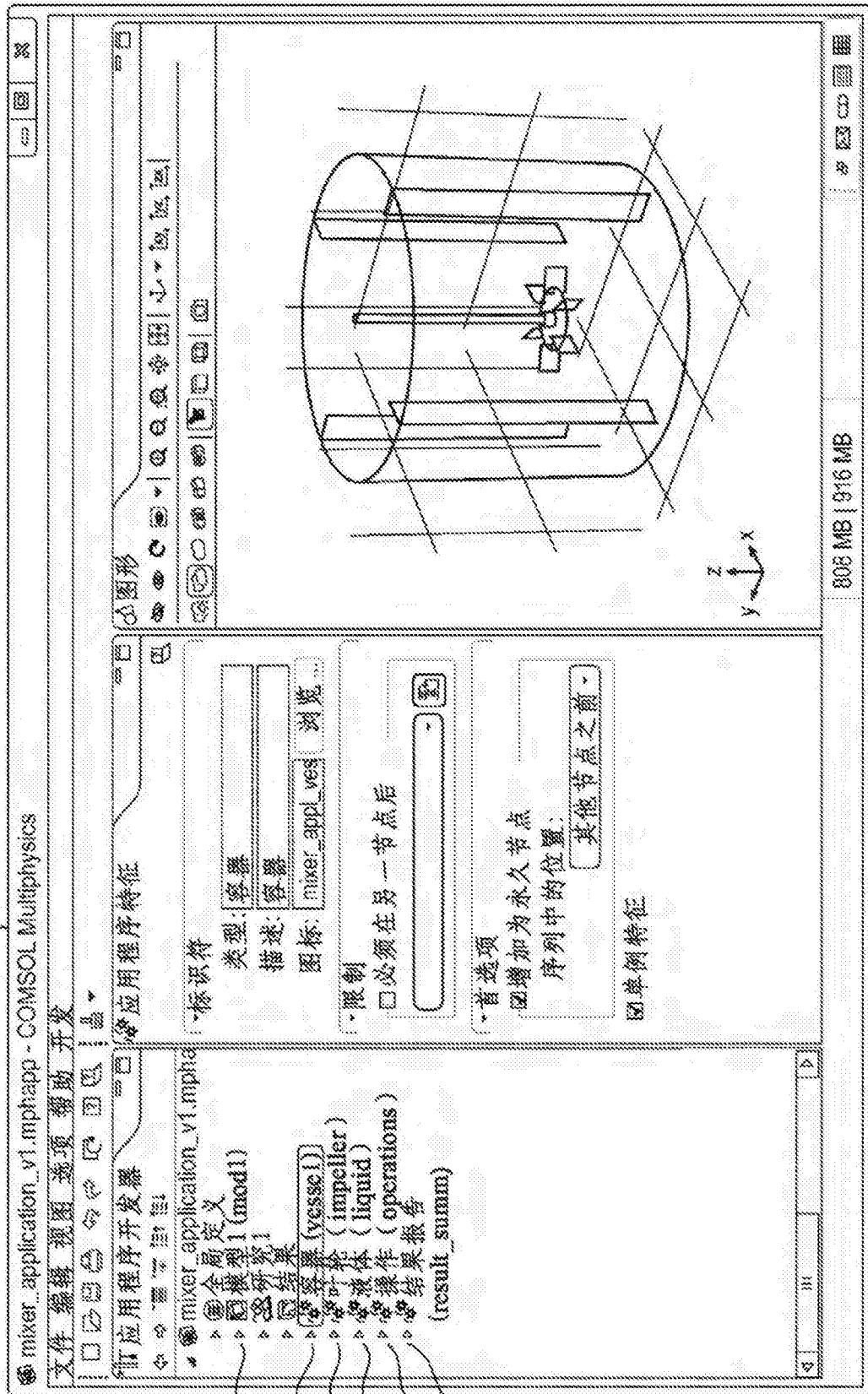


图31

3206



3207
 3214
 3215
 3216
 3217
 3218

图32

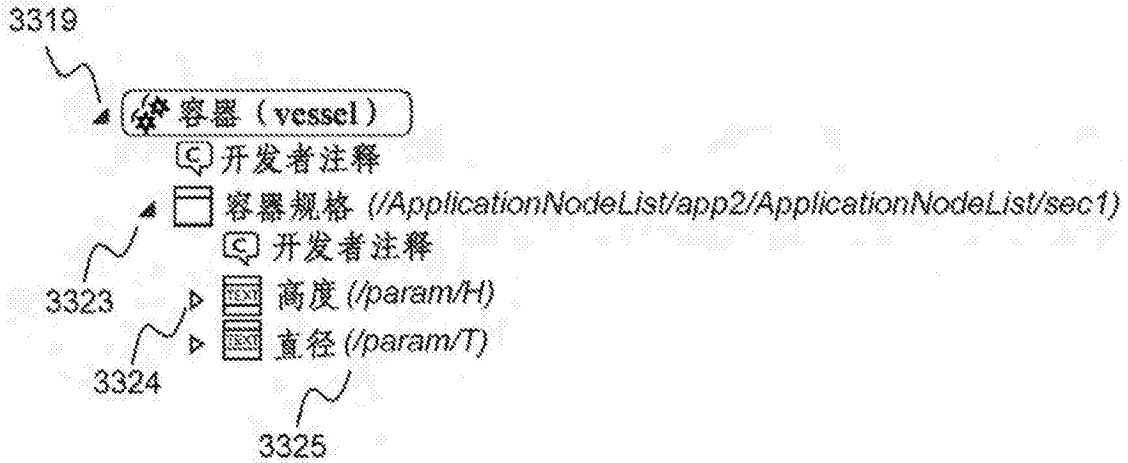


图33

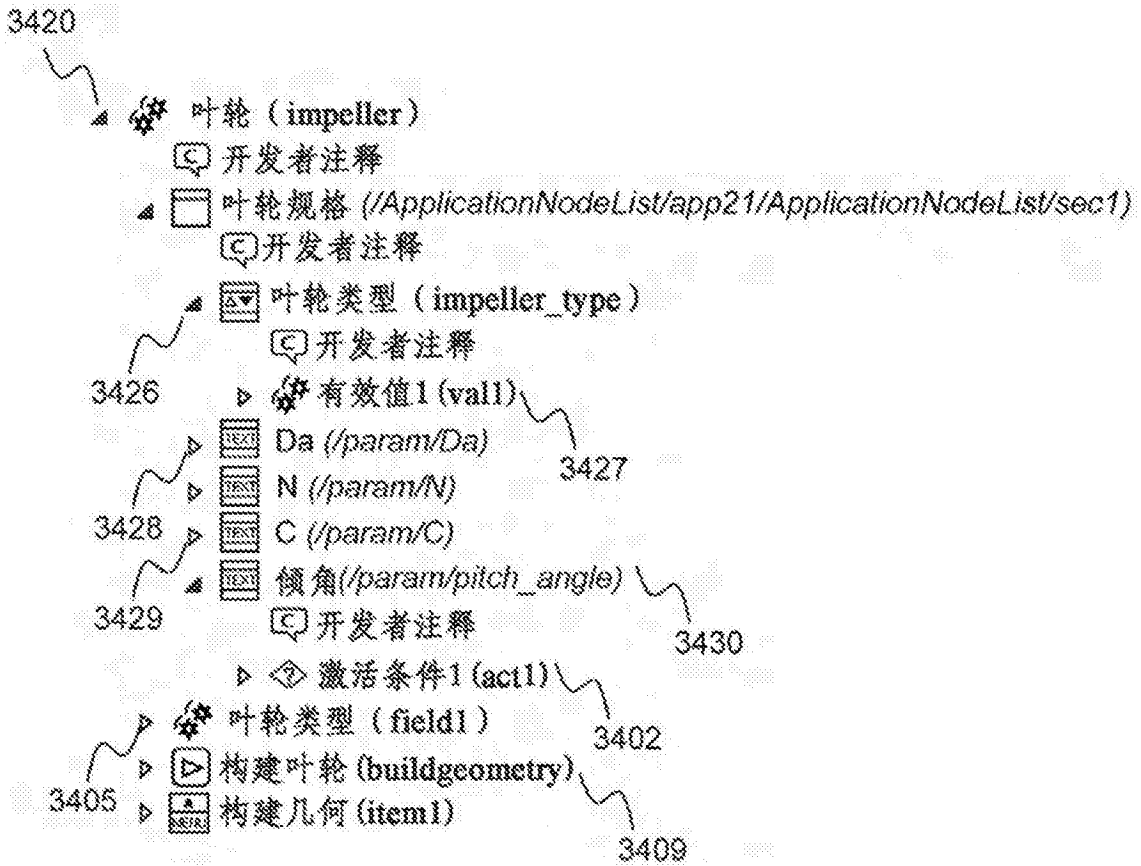


图34

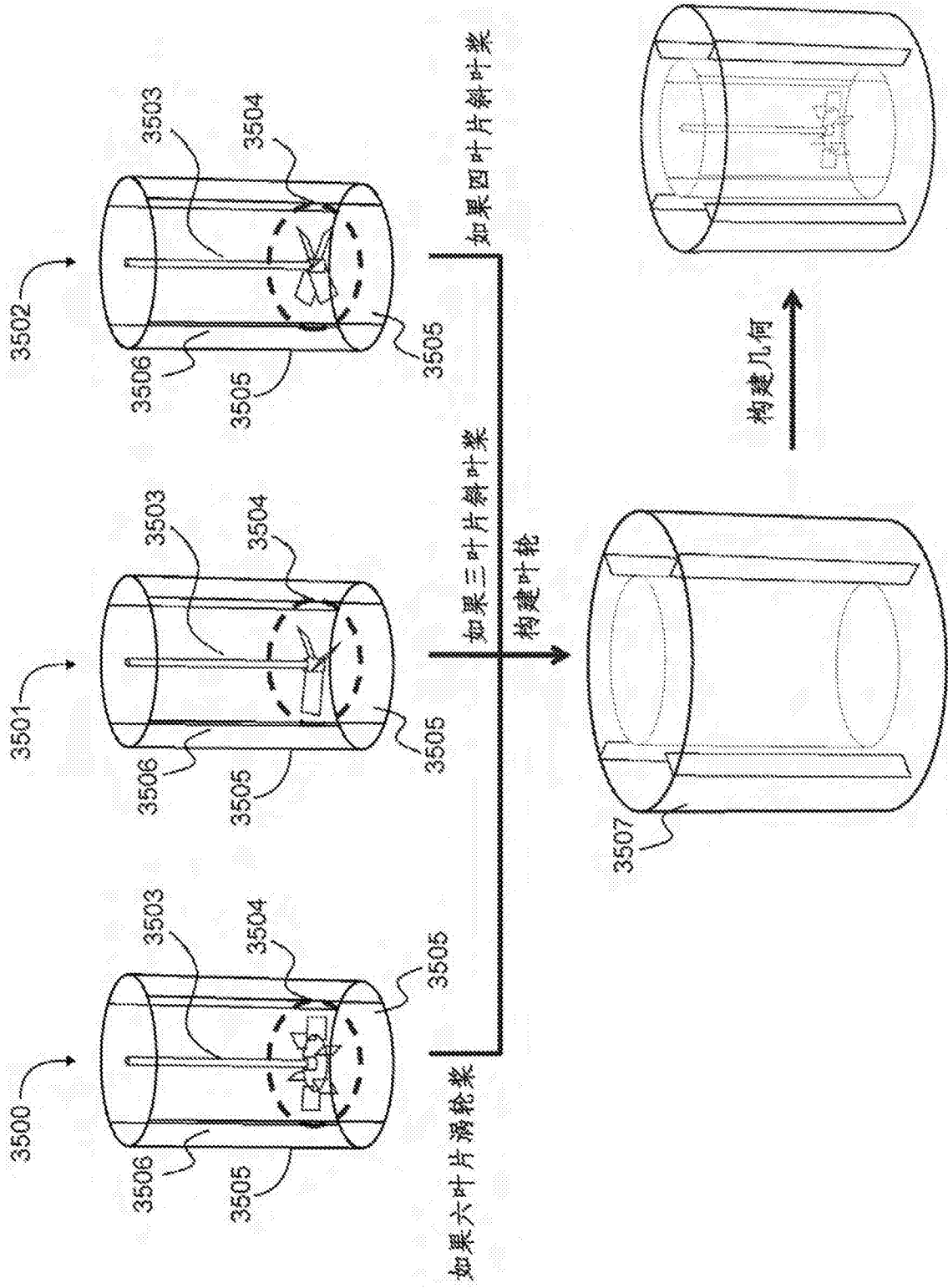


图35a

引数			
▼ 引数			
名称	表达式	值	描述
Da	$1/3 \cdot T$	0.16667 m	叶轮直径
shaft_diameter	$1/10 \cdot Da$	0.016667 m	搅拌轴直径
H	0.5 [m]	0.500000 m	容器高度
T	H	0.500000 m	容器直径
C	$1/3 \cdot H$	0.16667 m	间隙
blade_length	$Da/4$	0.041667 m	叶轮的叶片长度
blade_width	$Da/5$	0.033333 m	叶轮宽度

3525

3526

3527

3528

3529

3530

3531

图35c

子例程调用

构建所有对象

子例程

子例程 [涡轮泵]

索引数

名称	表达式	值	描述
Da	Da	0.25 [m]	叶轮直径
Shaft_diameter	shaft_diameter	0.25 [m]	搅拌轴直径
H	H	0.5 [m]	容器高度
T	T	0.5 [m]	容器直径
C	C	0.162866	间隙
blade_length	blade_length	0.0625 [m]	叶轮的叶片长度
blade_width	blade_width	0.05 [m]	叶轮宽度

输出的位置和取向

对象选择

域选择

边界选择

名称

圆盘

Rushion搅拌轴和联轴器 3536

Rushion叶片

新的累加选择

3532

3533

3534

3535

3537

图35d

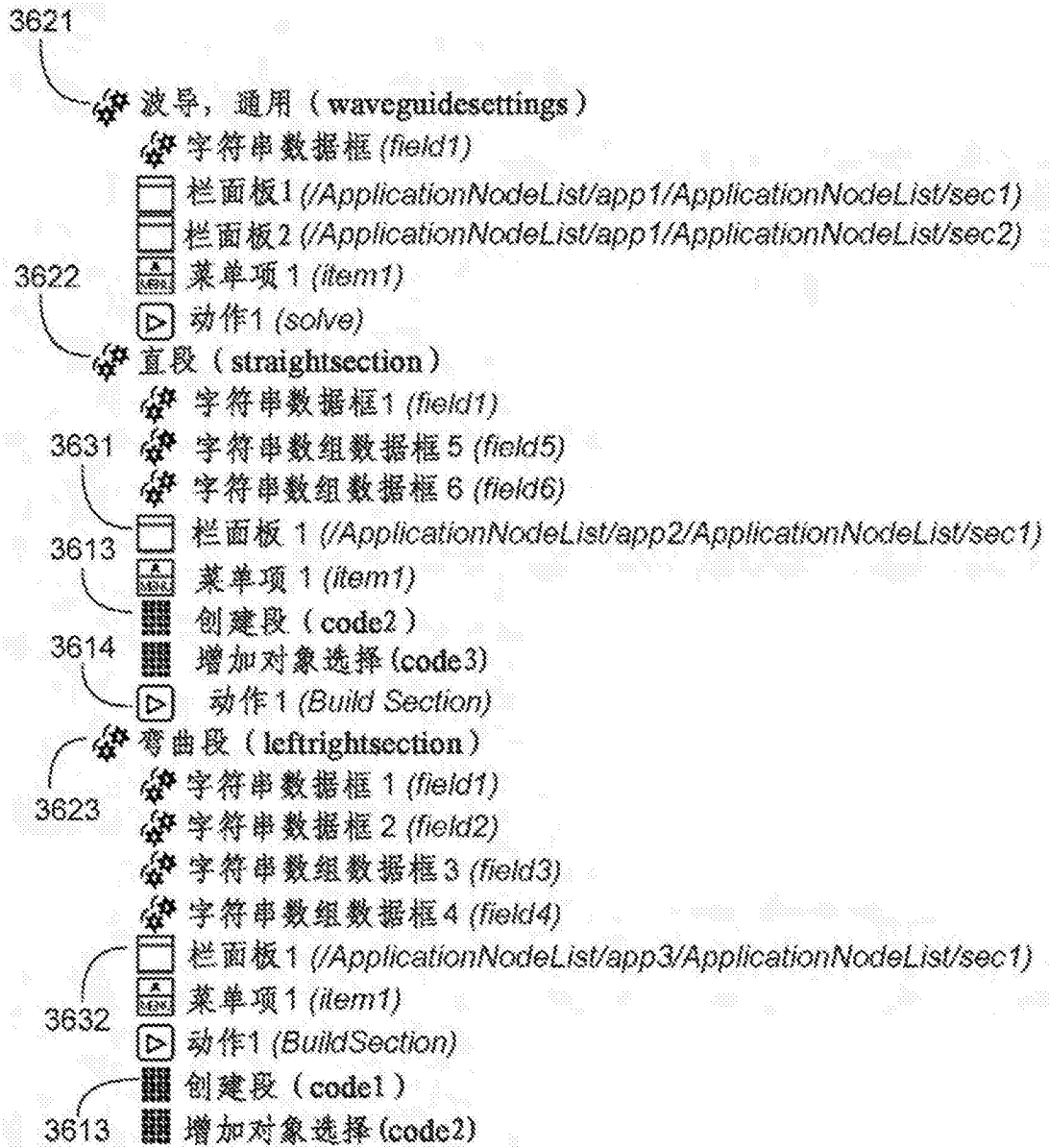


图36

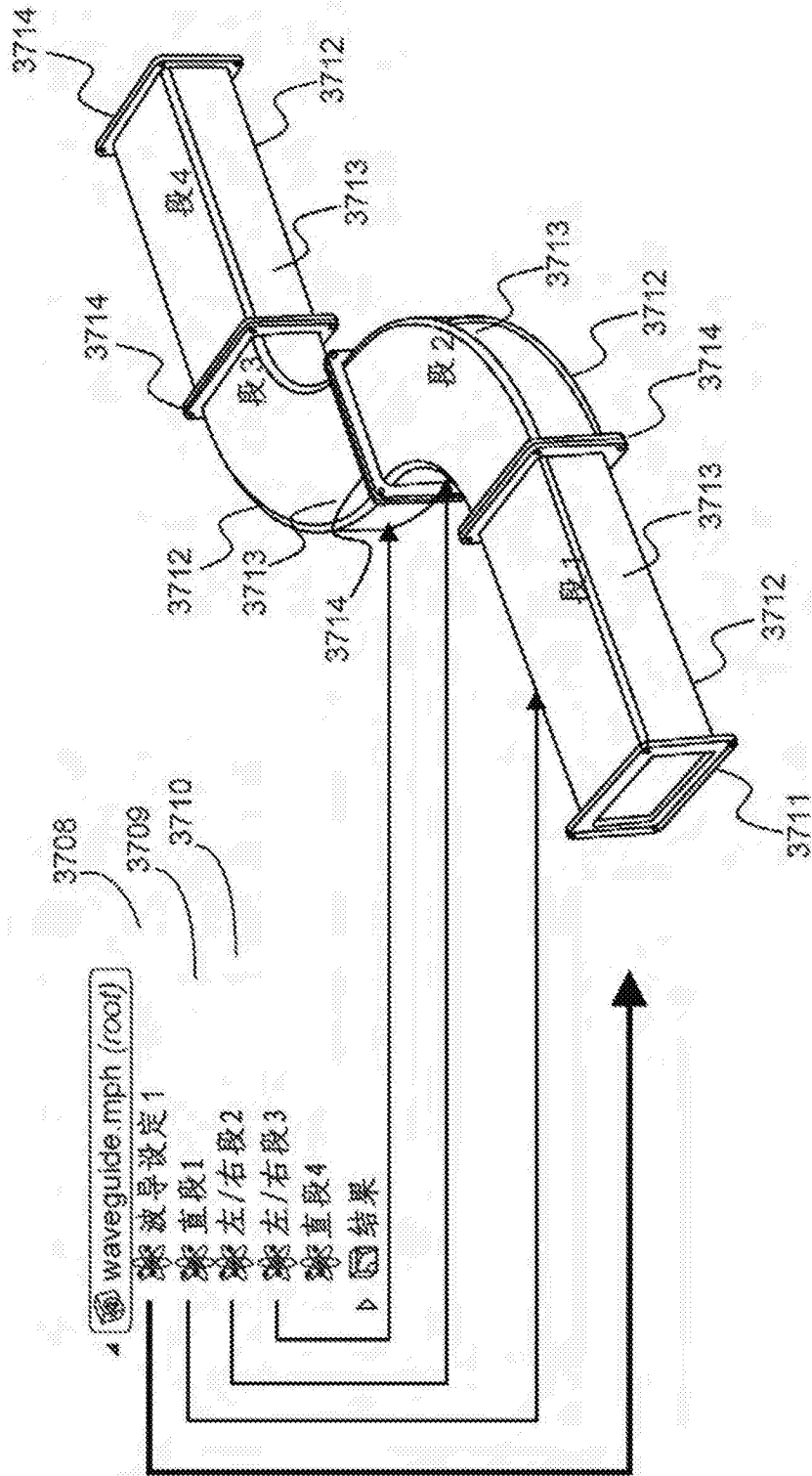


图37a

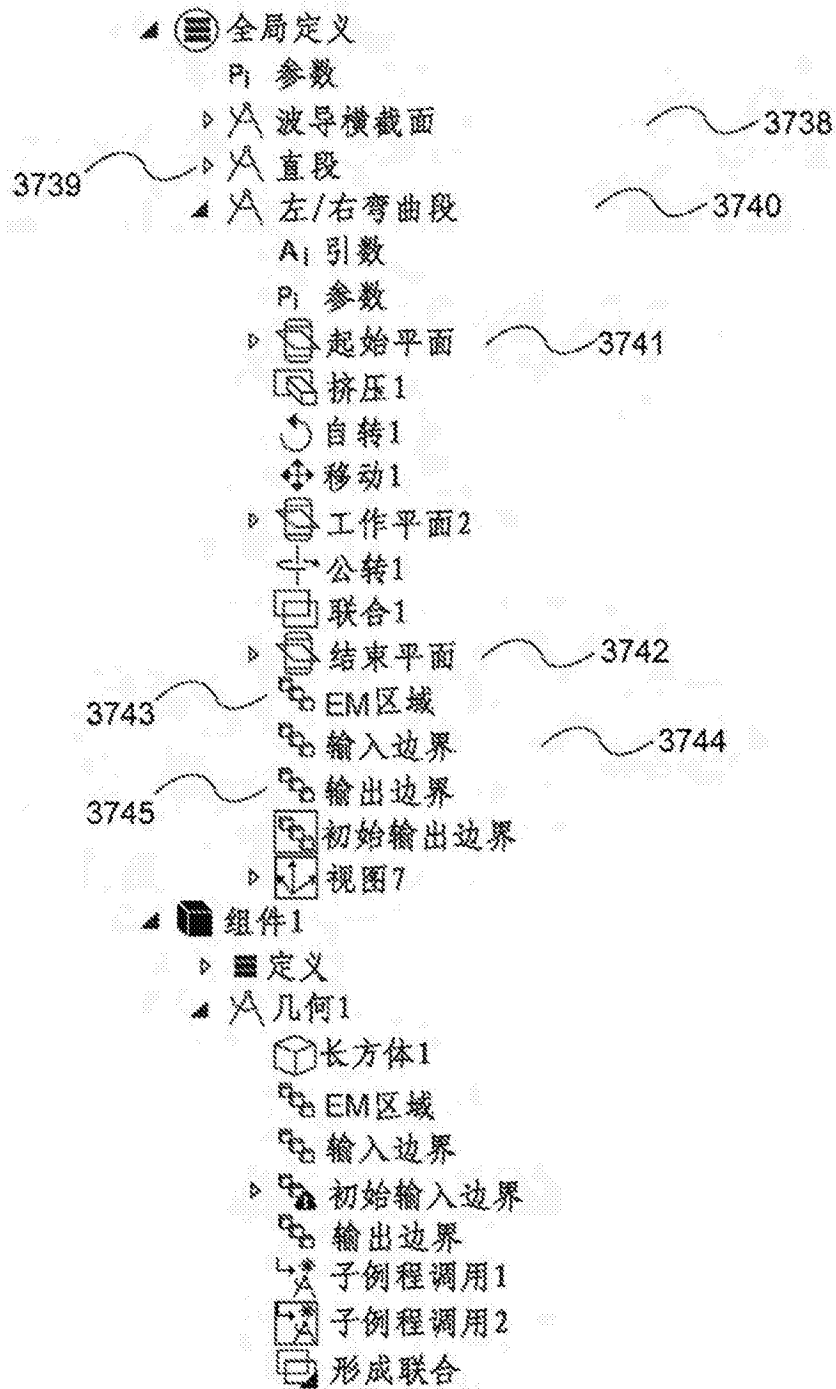


图37b

子例程调用 ▼ 平

构建选定 构建所有对象

▼ 子例程

子例程:

▼ 引数

名称	表达式	值	描述
W g	0.02 [m]	0.02 [m]	波导宽度
H g	0.01 [m]	0.01 [m]	波导高度
t g	0.0010 [m]	0.0010 [m]	
R sg	0.03 [m]	0.03 [m]	中心弯曲半径
lr	-1.0	-1.0	左/右弯曲

▼ 输出的位置和取向

— 子例程中的坐标系

子例程中的工作平面: 3748

— 匹配的坐标系

从中获得工作平面: 3747

工作平面: 3746

— 位移

xw: m

yw: m

zw: m

— 旋转

轴类型:

旋转角度: deg

图37c

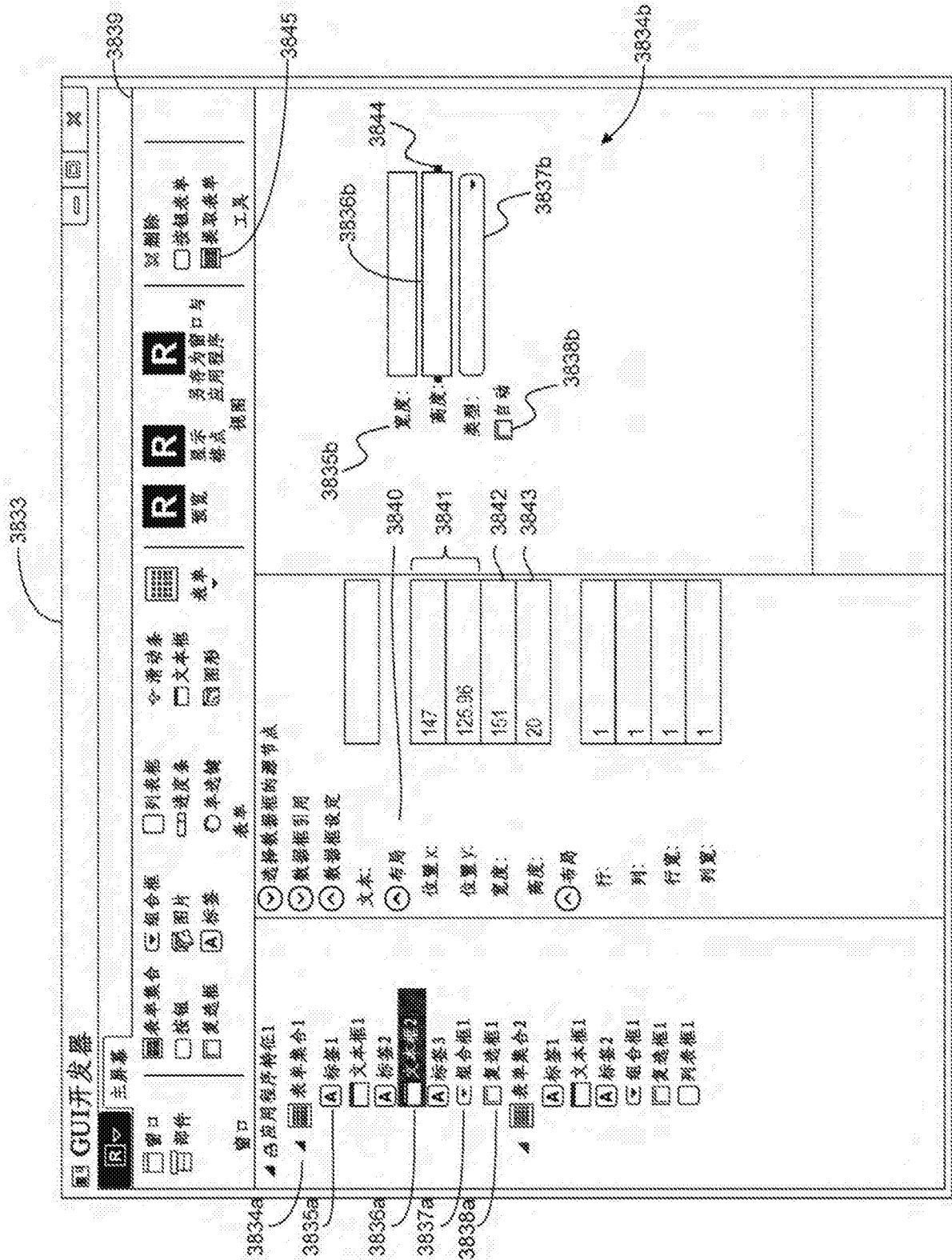


图38

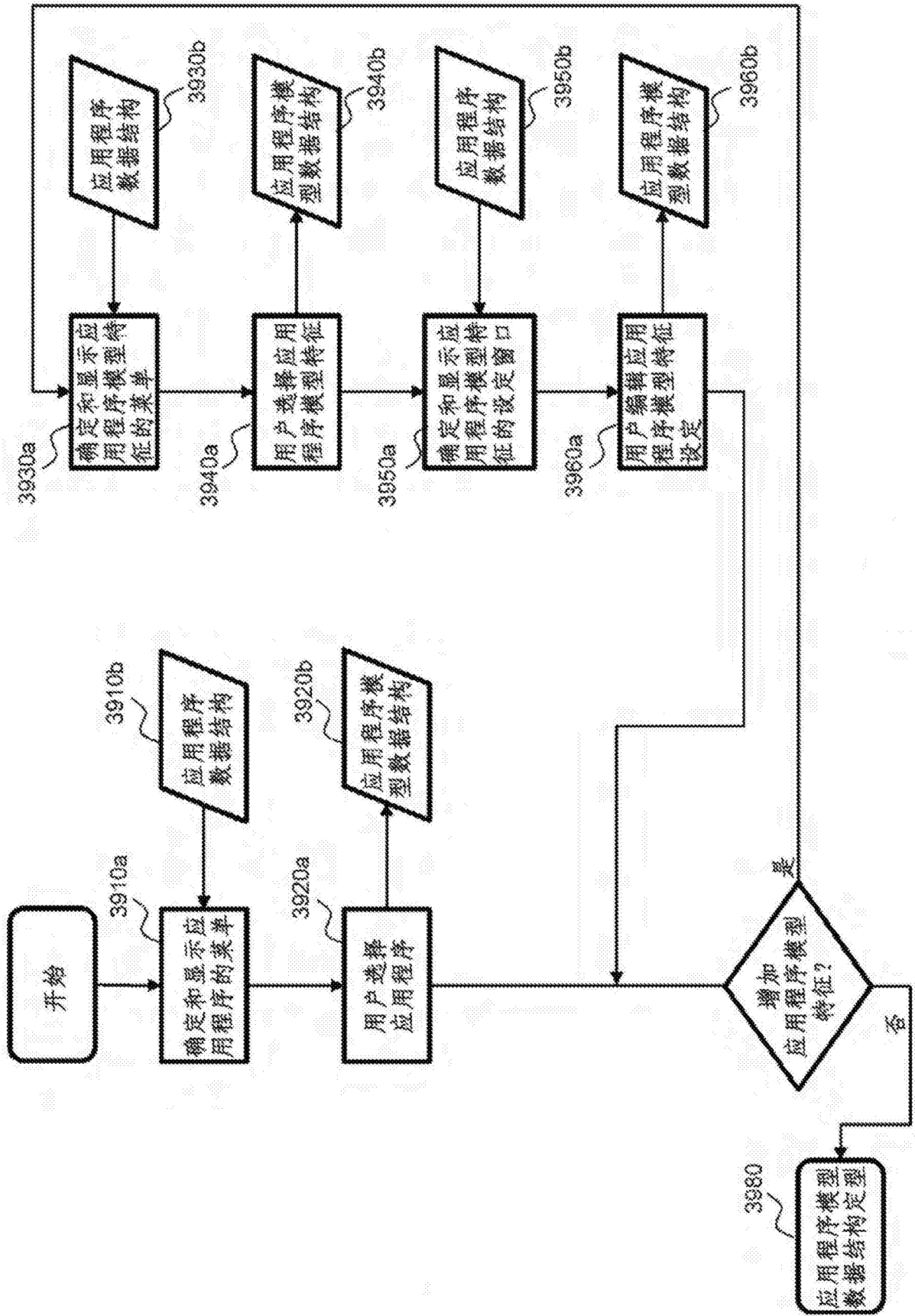


图39

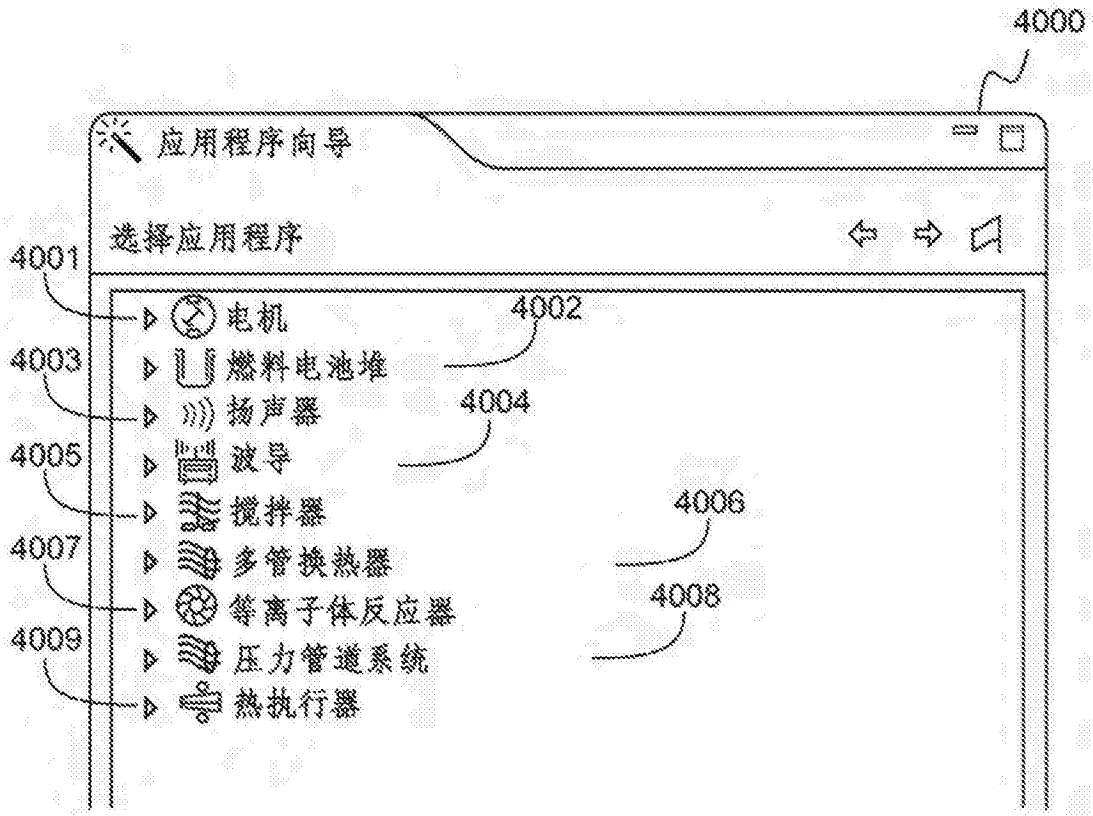


图40

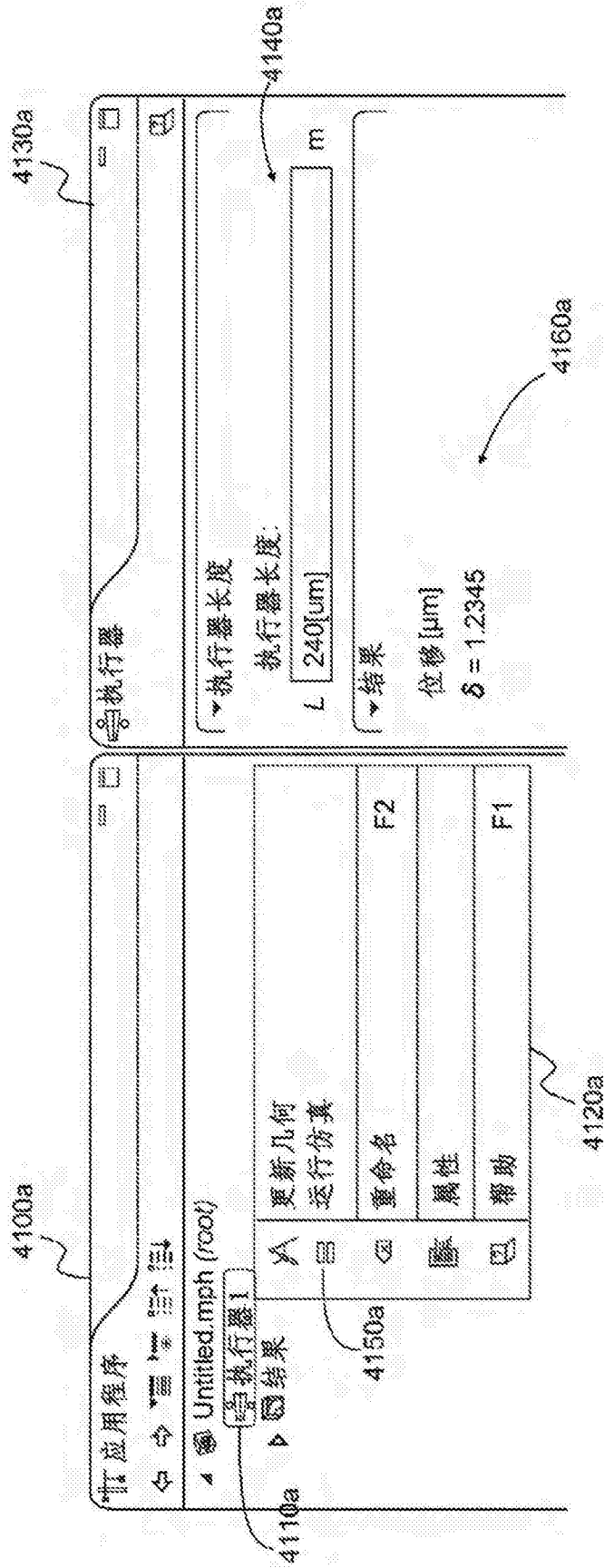


图41a

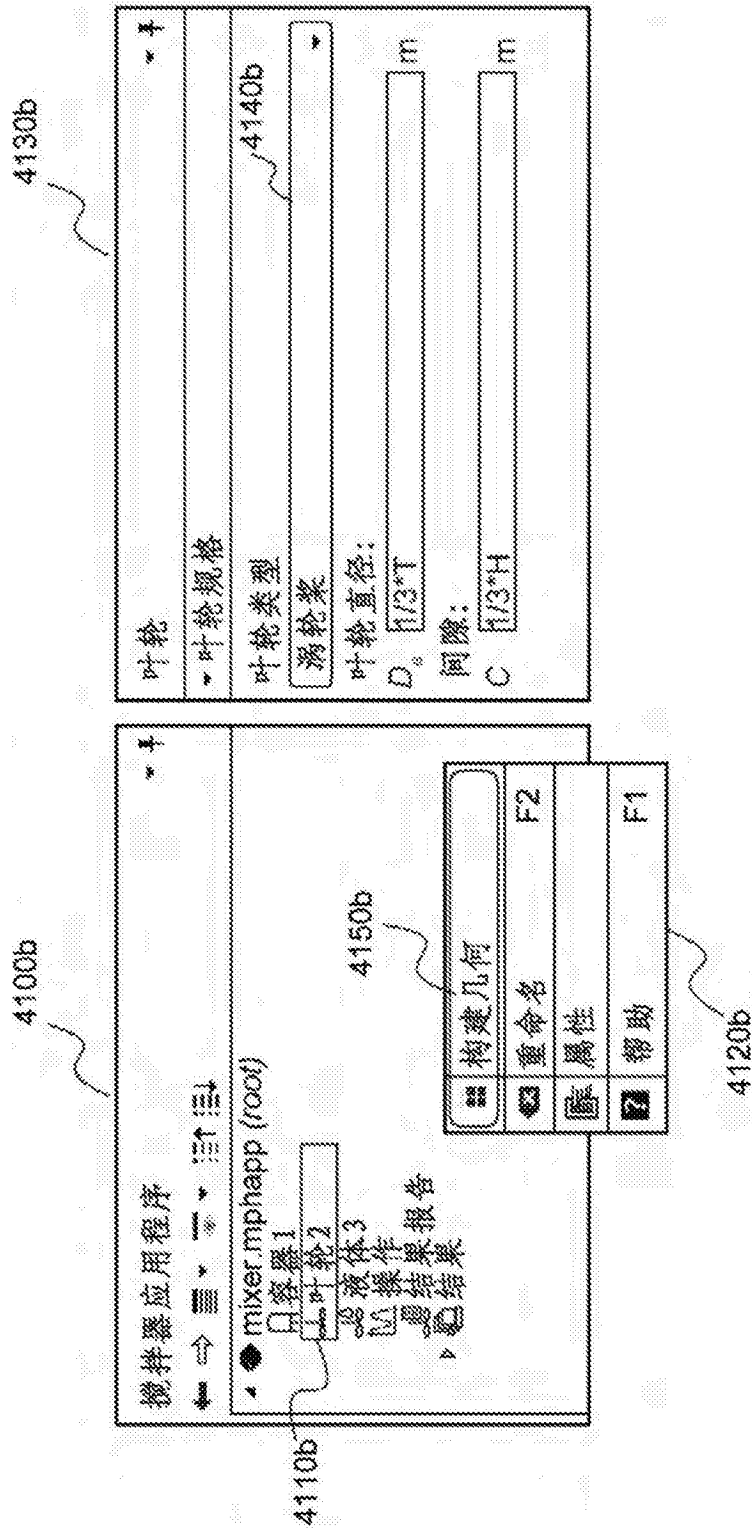


图41b

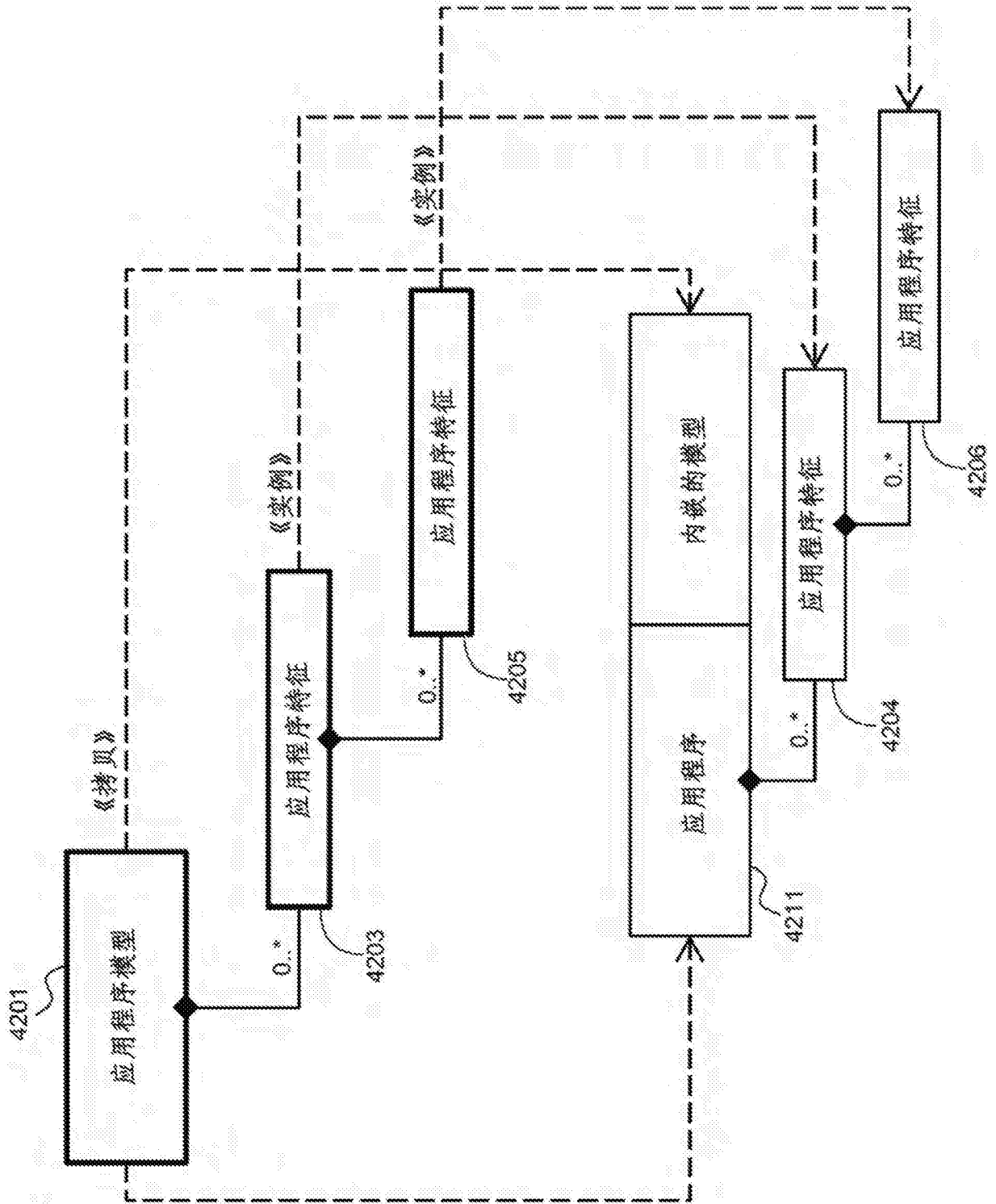


图42

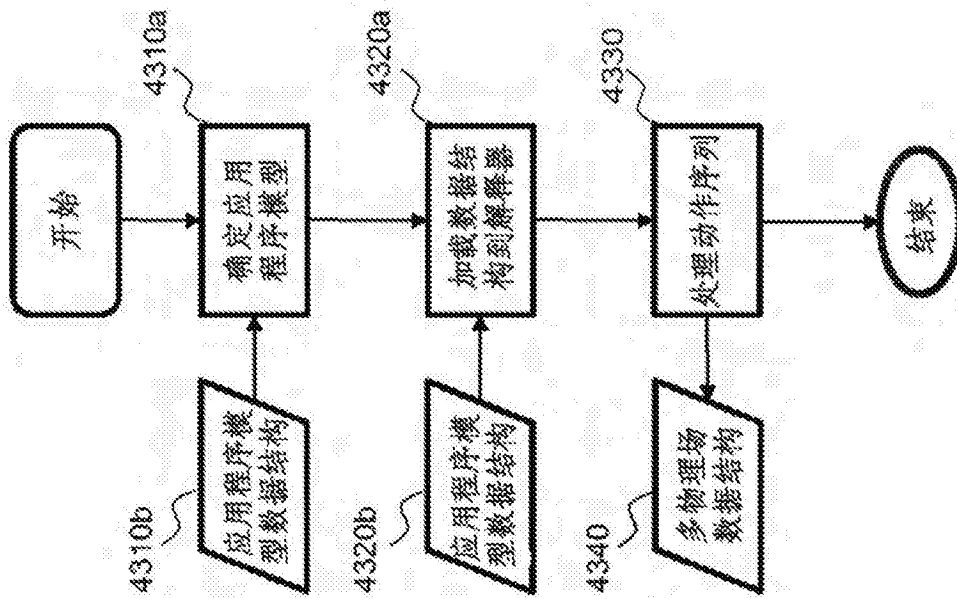
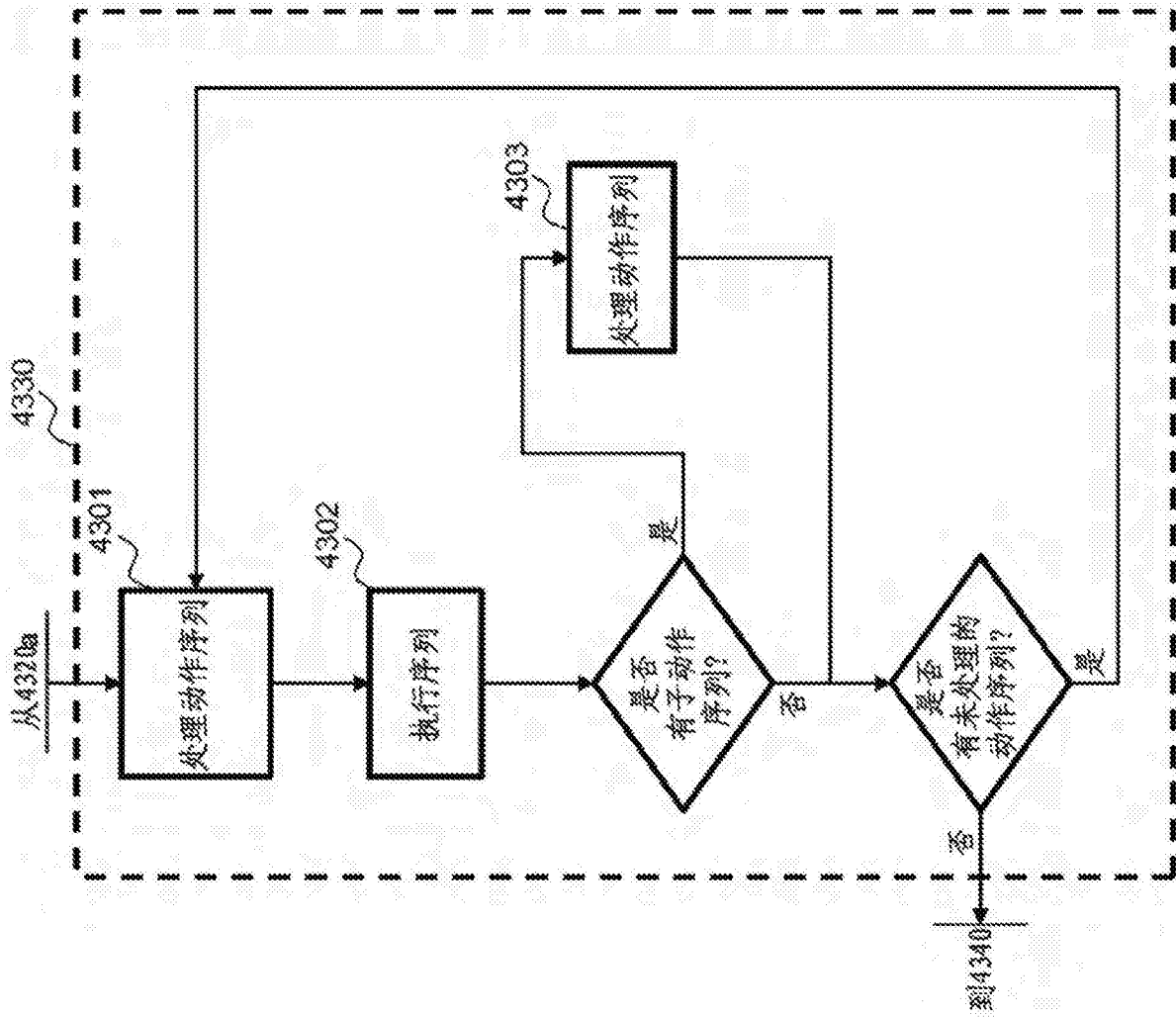


图43