



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102741847 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201080063297. 6

F16L 9/00(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 11. 26

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

61/267234 2009. 12. 07 US

12/772289 2010. 05. 03 US

US 2006/0065320 A1, 2006. 03. 30, 全文.

US 5736645 A, 1998. 04. 07, 全文.

US 7013249 B1, 2006. 03. 14, 全文.

EP 0661538 A2, 1995. 07. 05, 全文.

US 2005/0216242 A1, 2005. 09. 29, 全文.

JP 特开平 11-23565 A, 1999. 01. 29, 全文.

US 2002/0103630 A1, 2002. 08. 01, 全文.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 08. 07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/068336 2010. 11. 26

审查员 丁文勃

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/069847 EN 2011. 06. 16

(73) 专利权人 诺沃皮尼奥内有限公司

地址 意大利佛罗伦萨

(72) 发明人 L. 托纳雷利 P. 迪西斯托

M. 费布里兹 R. 默罗

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李强 谭祐祥

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006. 01)

E21B 17/00(2006. 01)

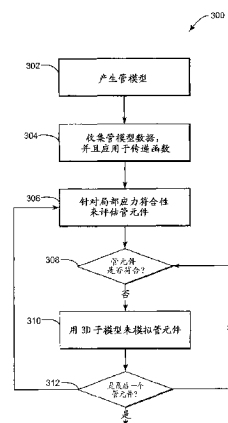
权利要求书2页 说明书7页 附图9页

(54) 发明名称

用于经受氢致应力裂纹的海底装备的设计方法

(57) 摘要

一种用于产生传递函数的系统和方法, 传递函数与通过对表示管道系统的管模型的力和力矩进行后期处理来计算管元件上的局部应力相关。传递函数是可重复使用的, 并且允许用不同组的用户数据来重新计算, 而不需要重新产生传递函数。



1. 一种用于评定与海底管道系统相关联的氢致应力裂纹的方法,包括:(a) 确定用于所述海底管道系统的元件的一维模型;(b) 使用所述一维模型和多个运行条件来对所述元件执行一维分析,以针对所述元件识别与氢致应力裂纹相关联的至少一个点;(c) 对所述至少一个点应用至少一个传递函数,以将所述至少一个点从一维表示转换成局部应力评定;(d) 输出所述局部应力评定;(e) 针对第一预定符合性分析所述局部应力评定;以及(d) 如果所述局部应力评定是不符合的,则确定和运行用于所述元件的三维子模型,并且针对第二预定符合性分析来自所述三维子模型的输出。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一预定符合性是线性氢致应力裂纹符合性。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,来自所述三维子模型的所述输出是局部应变评定。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二预定符合性是非线性氢致应力裂纹符合性。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述元件包括弯头、T形部、歧管、联接件、焊缝和毂。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多个运行条件包括所述元件的面积和惯量。

7. 一种用于评定海底管道系统相关联的氢致应力裂纹的系统,所述系统包括:(a) 用于产生传递函数的传递函数产生器构件;(b) 用于执行所述传递函数的传递函数引擎构件;(c) 用于对所述传递函数存档的传递函数存贮构件;(d) 确定用于所述海底管道系统的元件的一维模型;(e) 使用所述一维模型和多个运行条件来对所述元件执行一维分析,以针对所述元件识别与氢致应力裂纹相关联的至少一个点;

(f) 对所述至少一个点应用至少一个传递函数,以将所述至少一个点从一维表示转换成局部应力评定;(g) 输出所述局部应力评定;(e) 针对第一预定符合性分析所述局部应力评定;以及

(f) 如果所述局部应力评定是不符合的,则确定和运行用于所述元件的三维子模型,并且针对第二预定符合性分析来自所述三维子模型的输出。

8. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,所述传递函数引擎构件和所述传递函数存贮构件位于不同的计算机上。

9. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,所述传递函数引擎构件将输入数据传输给位于分开的计算机系统上的第二传递函数引擎构件,以将所述输入数据转换成管元件局部应力值。

10. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,所述第一预定符合性是线性氢致应力裂纹符合性。

11. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,来自所述三维子模型的所述输出是局部应变评定。

12. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,所述第二预定符合性是非线性氢致应力裂纹符合性。

13. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,所述元件包括弯头、T形部、歧管、联接

件、焊缝和毂。

用于经受氢致应力裂纹的海底装备的设计方法

技术领域

[0001] 本发明大体涉及海底装备管道设计,并且更具体而言,涉及设计经受氢致应力裂纹(HISC)的海底管道系统。

[0002] 背景

[0003] 世界对化石燃料的使用在过去的几十年里已经按指数增长。随着这个增长,油气工业已经扩大了对新的油气储备的搜索,以满足日益增长的消费者需求。对新的油气储备的搜索现在包括之前无法想象能够开采的区域。从这些新地区中生产油气的需要已经提出与用于新近发现的油气储备的生产的装备的设计和确证有关的一组新问题。

[0004] 生产相当大的油气储备的新区域中的一些位于海的下面。在海底环境中,与流动线路和生产装备相关联的新问题已经产生了新的种类的装备设计问题,这些问题有时被称为“氢致应力裂纹”(HISC)。一般而言,HISC问题是由两种环境因素产生的,尤其是由于在由铬合金钢构建而成的海底装备的表面处由于这样的装备浸入水溶液而引起的离子氢的有效性。

[0005] 通过合金钢构件和结构的变弱,这样的与HISC有关的问题的结果变得明显。可发生后续的构件和/或结构失效,从而导致安全性问题、由于污染周围的海底地点而产生环境损害,以及基于装备位置的高维修成本。对失效的海底系统的分析表明,对HISC因素的考量应当包括在与由用于获得和采取油气的水底储备的某些材料(例如双相不锈钢和超级双相不锈钢)制成的海底系统相关联的总体设计过程中。

[0006] 目前的用于分析和设计海底油气生产系统的方法虽然能够允许有HISC考量,但是需要计算机的许多小时的计算时间来完成对一组条件的分析。例如,在第一个设计/评估步骤中,用表示管道系统的轴线的中心线来生成一维帧模型。在帧模型完成之后,轴向线由有限的管元件代替。管元件能够模拟所有各种类型的运行和非运行条件,以及允许ASME要求(即ASME B31.8)的评定。

[0007] 在第二个步骤中,管元件部分地或完全被壳体元件代替。所代替的元件的数量取决于在检查中的设计的区段。如管元件那样,壳体元件能够模拟运行条件和非运行条件两者。但是,在设计过程中的壳体元件的显著特征在于,壳体元件允许预测局部应力,并且因此允许线性HISC(即DNV RP-F112)的评定。但是,许多组载荷条件和与在这个第二步中处理壳体元件相关联的相关联的组的计算工作在时间和计算要求两者方面可为昂贵得惊人。

[0008] 在第三个步骤中,基于步骤二的线性分析而被识别为不符合所需条件的元件被三维子模型代替。用弹塑性材料属性来执行分析,从而允许非线性HISC条件的评定。三维子模型分析的结果允许预测所分析的元件上的局部应变。

[0009] 因此,市场压力正要求一种用于设计这样的海底油气装备的方法,即,该装备能够经受住海底环境的严酷性,而没有现有技术和分析时间和计算要求方面的昂贵得惊人的成本。

[0010] 概述

[0011] 示例性实施例涉及用于分析和设计用于油气采取的、能够经受住海底环境和与 HISC 相关联的问题的海底构件和系统的系统和方法。该方法包括生成用于各个类型的管元件的传递函数 (TF)。例如,可针对与海底管道相关联的弯头、T 形部、联接件、焊缝等来生成传递函数。

[0012] 根据示例性实施例,对合适的 TF 提供从本方法的第一步骤中收集到的数据。合适的传递函数以研究的管元件为基础。TF 针对用户规定的分析条件来将收集到的管数据转换成与管元件相关联的局部应力。但是,本领域技术人员将理解,这样的优点不应理解为限制本发明,除非是在所附权利要求中的一个或多个中明确叙述了这种限制的程度。

[0013] 根据另一个示例性实施例,可使用不同的条件来在对象管元件上执行一系列模拟,而不需要针对各组条件来生成新的传递函数。一系列模拟的结果基于不同的条件来产生局部应力的轮廓,从而允许相关联的管元件的设计更准确和可靠。被确定不符合 TF 所提供的线性 HISC 分析的任何管元件然后可由现有 HISC 分析的之前描述的第三步骤分析。消除现有 HISC 分析的时间和资源密集性的第二步骤会允许设计能够经受住海底环境的条件的海底油气系统,同时如目前的工业和市场要求所需要的那样提供经济且及时的分析和设计阶段。

[0014] 附图简述

[0015] 附图示出了示例性实施例,其中:

[0016] 图 1 描绘了表示与背景技术相关联的三个不同的模拟的系统模型;

[0017] 图 2 描绘了弯曲九十度的管,以示出三个不同类型的模拟中所需的 FEM(有限元)元素的量;

[0018] 图 3 描绘了根据示例性实施例的、基于管模型、传递函数和三维子模型来进行 HISC 评定的方法;

[0019] 图 4 描绘了根据示例性实施例的、产生传递函数以及基于一系列用户限定的条件来进行 HISC 评定的方法;

[0020] 图 5 描绘了根据示例性实施例的、用于执行与产生传递函数和进行 HISC 评定相关联的计算的一般计算环境;

[0021] 图 6 描绘了根据示例性实施例的传递函数构件,其包括传递函数产生器、传递函数引擎和传递函数存贮器;

[0022] 图 7 描绘了根据示例性实施例的弯管元件,其示出了表示与得出传递函数相关联的自变量;

[0023] 图 8 描绘了根据示例性实施例的弯管元件,其示出了在弯管元件上起作用的力和力矩;以及

[0024] 图 9 描绘了根据示例性实施例的弯管元件,其示出了弯管元件上的最大应力的预测位置。

[0025] 详细描述

[0026] 示例性实施例的以下详细描述参照了附图。不同图中的相同参考标号标识相同的或相似的元件。而且,以下详细描述不限制本发明。相反,本发明的范围由所附权利要求限定。

[0027] 为了提供与传递函数产生和在根据这些示例性实施例的 HISC 评定系统中使用产

生的传递函数有关的后续的论述的语境,图 1 示意性地示出了与目前的系统设计方法相关联的管道模型。如之前论述的那样,该方法使用由系统 100 示出的三个建模系统,并且由三个步骤组成。在第一个步骤中,用与三维管的轴线重合的管道线 108 来构建管道系统的帧模型。在构建帧模型之后,线由表示管道系统且提供与期望的管道系统相关联的数据(面积、惯量等)的管元件 104 代替。第一步骤的结果是产生管模型 102。

[0028] 接下来,第二个步骤中,第一步骤所产生的管模型完全或部分地被壳体元件 110 代替。所产生的壳体模型 106 可模拟运行条件、偶发条件和行程(stroke)条件,从而允许评定线性 HISC 条件。在这个模型后面的驱动力是对管元件的局部应力的预测。

[0029] 前进到第三个步骤,对各个管元件作出确定,以确定线性 HISC 评定是否符合。如果确定了特定的管元件不符合线性 HISC 评定,则为管元件 114 产生三维子模型 112。然后用弹塑性材料属性来运行三维子模型 112,从而生成非线性 HISC 评定。在运行三维子模型 112 之后,基于管元件的目前的设计来作出关于管元件的可接受性的确定。

[0030] 现在看图 2 和目前的管道系统设计方法的另一个示例性实施例 200,弯管元件的三个不同的模型的表示描绘了不同的模型的相对复杂性。具有单轴向元件 202 的弯头是用于之前描述的第一步骤 102 的模型。这个模型需要最少量的输入数据和最少量的计算时间。例如,有代表性的弯曲的单轴向元件 202 具有十二个自由度,各个元件端部有六个。

[0031] 具有壳体元件 206 的弯管元件 204 是较复杂的模型,其中,各个壳体元件 206 具有二十四个自由度。壳体元件 206 拼合在一起,以表示弯管元件 204 的表面,并且除了需要许多壳体元件 206 表示弯管元件 204 的表面之外,每个壳体元件 206 需要更多的计算。具有实心元件 210 的三维子模型 208 是最复杂的模型,因为它对弯头的整个结构进行建模。实心元件 210 和壳体元件 206 具有类似的自由度,并且因此具有类似的计算复杂性,但是三维子模型 208 需要更多实心元件来限定结构。因此,由实心元件建模的弯头所需的计算时间远远大于由壳体元件建模的弯头所需的计算时间。但是,在目前的设计方法中,在整个管道系统上进行第二步骤 106 的壳体建模,而仅对基于壳体模型分析而被看作是在线性 HISC 方面不符合的管元件应用第三步骤 112 的三维子建模。

[0032] 现在参照图 3,示出了根据示例性实施例的、基于管模型、传递函数和三维子模型来进行 HISC 评定的方法 300。在步骤 302 处开始,产生表示管道系统的管模型。帧模型首先由表示系统中的管的轴线的线构建而成。接下来,帧线被它们的对应的管元件代替。各个管元件提供表示实际的管道系统构造的相关联的真实数据,诸如面积、惯量等。

[0033] 接下来在步骤 304 处,收集各个管元件的管模型结果,并且将它们提供给与管元件相关联的传递函数。传递函数通过对管模型的力和力矩进行后期处理来计算对元件的局部应力的预测。在下面描述根据示例性实施例可确定这样的传递函数的方式。接下来在步骤 306 处,针对线性 HISC 符合性(compliance)来评估计算局部应力值。通过比较计算局部应力值与标准工程容差来确定符合性。具体而言,通过针对各个构件列出下者来评定线性符合性:1) 在主要方向上的最大膜应力,2) 在主要方向上的最大膜应力加弯曲应力,以及 3) 具有正好膜应力加弯曲应力的 Von Mises[eqv.]。

[0034] 继续到步骤 308,作出管元件是否在线性应力方面符合的确定。如果管元件在线性应力方面不符合,则方法 300 前进到步骤 310。在步骤 310 处,方法用三维子模型来模拟管元件。三维子模型通过预测管元件上的局部应变来执行非线性 HISC 评定。如果管元件不

符合非线性 HISC 评定,则需要重新设计管元件。如果管元件符合非线性 HISC 评定,则方法 300 继续到步骤 312,并且作出关于任何其它管元件是否需要评估的确定。如果额外的管元件需要评估,则方法 300 回到步骤 306,并且对下一个管元件进行重复。例如,在一个过程和精细评估(如果需要的话)中,评定非线性 HISC 符合性。根据示例性实施例,仅仅对预测应变没有充分地低于 HISC 极限的那些管元件执行之前描述的评估。根据这个示例性实施例的方法提供在壁厚的百分之五之内和之外的结果,并且产生应变—壁厚曲线图,但是本领域技术人员将理解,可使用其它极限。针对其中应力集中的任何区段自动地产生曲线图。在这个示例性实施例的另一方面,也在与弯头端部区段规则地间隔开的区段处产生曲线图。

[0035] 现在看图 4,示出了根据示例性实施例的方法 400,方法 400 使用不同的用户限定的条件来产生传递函数,以及使用传递函数来重复计算,而不产生新的传递函数。在步骤 402 处开始,方法通过对可适用于管元件的各个类型的载荷运行一组管元件尺寸的组合来产生传递函数。接下来,在步骤 404 处,对传递函数提供用户限定的条件作为输入。继续到步骤 406,运用传递函数,并且收集传递函数计算的局部管元件应力。

[0036] 接下来在步骤 408 处,作出关于用不同组的用户限定的条件来进行额外计算的确定。如果使用另一组用户限定的条件需要额外转换,则方法回到步骤 404,并且重复转换,而不基于更新的用户限定的条件来产生新的传递函数。应当注意,根据这个示例性实施例的方法的优化点是能够针对不同的用户的限定条件来计算局部管元件应力,而不需要基于新的用户限定的条件来产生新的传递函数。

[0037] 现在参照图 5,其中示出了其中可实现要求保护的主题的合适的计算系统环境 500 的示例。应当注意,计算系统环境 500 是适于移动装置的计算环境的仅一个示例,并且不意图在要求保护的主题的用途或功能性的范围方面提出任何限制。另外,计算环境 500 不意图关于在示例性运行环境 500 中示出的构件中的任何一个或任何组合而提出与要求保护的主体有关的任何依赖性要求。

[0038] 参照图 5,用于实现本文描述的各方面的远程装置的示例包括呈计算机 510 的形式的通用计算装置。计算机 510 的构件可包括(但不限于)处理单元 520、系统存储器 530,以及将各种系统构件(包括系统存储器 530)联接到处理单元 520 上的系统总线 521。系统总线 521 可为包括使用多种总线结构中的任一个的存储器总线或存储器控制器、外围总线以及局部总线的若干种类型的总线结构中的任一个。

[0039] 计算机 510 可包括多种计算机可读介质。计算机可读介质可为可由计算机 510 访问的任何可用介质。以示例而非限制的方式,计算机可读介质可包括计算机存储介质和通信介质。计算机存储介质包括以任何方法或技术实现来存储信息(诸如计算机可读的指令、数据结构、程序模块或其它数据)的易失性和非易失性以及可移动和不可移动式介质。计算机存储介质包括(但不限于)RAM、ROM、EEPROM、闪存存储器或其它存储器技术、CDROM、数字多功能盘(DVD)或其它光盘存储设备、磁带盒、磁带、磁盘存储设备或其它磁存储设备,或者可用来存储期望的信息且可由计算机 510 访问的任何其它介质。通信介质可在调制数据信号(诸如载波或其它传送机制)中包含计算机可读的指令、数据结构、程序模块或其它数据,并且可包括任何合适的信息输送介质。

[0040] 系统存储器 530 可包括呈易失性和/或非易失性存储器(诸如只读存储器(ROM))

和 / 或随机存取存储器 (RAM)) 的形式的计算机存储介质。含有帮助在计算机 510 内的元件之间传递信息 (诸如在启动期间) 的基本例程的基本输入 / 输出系统 (BIOS) 可存储存储在存储器 530 中。存储器 530 也可包含可立即由处理单元 520 访问和 / 或当前被处理单元 520 操作的数据和 / 或程序模块。以非限制性示例的方式, 存储器 530 也可包括操作系统、应用程序、其它程序模块和程序数据。

[0041] 计算机 510 也可包括其它可移动 / 不可移动式易失性 / 非易失性计算机存储介质。例如, 计算机 510 可包括对不可移动式非易失性磁介质进行读或写的硬盘驱动器、对可移动式非易失性磁盘进行读或写的磁盘驱动器, 以及 / 或者对可移动式非易失性光盘 (诸如 CD-ROM 或其它光学介质) 进行读或写的光盘驱动器。可用于示例性操作环境中的其它可移动 / 不可移动式易失性 / 非易失性计算机存储介质包括 (但不限于) 磁带盒、闪存存储卡、数字多功能盘、数字视频录像带、固态 RAM、固态 ROM 等。硬盘驱动器可通过不可移动式存储器接口 (诸如接口) 而连接到系统总线 521 上, 并且磁盘驱动器或光盘驱动器可通过可移动式存储器接口 (诸如接口) 而连接到系统总线 521 上。

[0042] 用户可通过输入装置 (诸如键盘或指点装置, 诸如鼠标、跟踪球、触摸垫和 / 或其它指点装置) 而将命令和信息输入到计算机 510 中。其它输入装置可包括扩音器、操纵杆、游戏垫、圆盘式卫星电视天线、扫描仪等。这些和 / 或其它输入装置可通过联接到系统总线 521 上的用户输入 540 和相关联的接口 (一个或多个) 而连接到处理单元 520 上, 但是可通过其它接口和总线结构来连接, 诸如并行端口、游戏端口或通用串行总线 (USB)。图形子系统也可连接到系统总线 521 上。另外, 监视器或其它类型的显示装置可通过接口 (诸如输出接口 550) 而连接到系统总线 521 上, 接口又可与视频存储器通信。除了监视器之外, 计算机也可包括也可通过输出接口 550 而连接的其它外围输出装置, 诸如扬声器和 / 或打印机。

[0043] 计算机 510 可使用通往一个或多个其它远程计算机 (诸如远程服务器 570) 的逻辑连接来在网络化或分布式环境中运行, 远程计算机又可具有不同于装置 510 的媒介能力。远程服务器 570 可为个人计算机、服务器、路由器、网络 PC、对等装置或其它公用网络节点, 以及 / 或者任何其它远程介质消费或传输装置, 并且可包括上面关于计算机 510 所描述的元件中的任一个或全部。图 5 中描绘的逻辑连接包括网络 571, 例如局域网 (LAN) 或广域网 (WAN), 但也可包括其它网络 / 总线。这样的网络环境在家庭、办公室、企业级计算机网络、内联网和互联网中是常见的。

[0044] 当在 LAN 网络环境中使用时, 计算机 510 通过网络接口或适配器而连接到 LAN 571 上。当在 WAN 网络环境中使用时, 计算机 510 可包括通信构件, 诸如调制解调器, 或者用于在 WAN (诸如互联网) 上建立通信的其它器件。诸如调制解调器的、可在内部或外部的通信构件可通过在输入 540 处的用户输入接口和 / 或其它合适的机构来连接到系统总线 521 上。在网络化环境中, 关于计算机 510 所描绘的程序模块或其部分可存储在远程存储器存储装置中。应当理解, 所显示和描述的网络连接是示例性的, 并且可使用在计算机之间建立通信链路的其它器件。

[0045] 现在看图 6, 根据示例性实施例的传递函数构件 602 包括传递函数产生器 604、传递函数引擎 606 和传递函数存储器 608。应当注意, 在这个示例性实施例中, 传递函数构件存储在计算环境 510 的系统存储器 530 中, 并且由计算环境 510 的处理单元 520 执行。传

递函数产生器允许产生与管元件相关联的、使管元件上的局部应力与对管元件施加的载荷相互关联的传递函数。在特定位置（节点）中的酉载荷的二次传递函数等式将表现为：

[0046]

$$S_{Fi} = c + (a_1 * Ro) + (a_2 * Ri) + (a_3 * Rb) + (a_4 * Ab) + \\ (a_5 * Ro * Ri) + (a_7 * Ro * Rb) + (a_8 * Ro * Ab) + \\ (a_9 * Ri * Rb) + \dots + (a_{n+1} * Ro^2) + (a_{n+2} * Rb^2) \\ + \dots + (a_{n+5} * Ab^2) \quad \text{等式 1}$$

[0047] 其中, S_{Fi} = 在方向 (i) 上的特定的力或力矩 (F, M) 所产生的应力 (S) ;

[0048] c = 常量 ; $a_1 \dots a_n$ = 系数, Ro = 外半径 ; Ri = 内半径 ; Ab = 弯曲角 ; 以及

[0049] Rb = 弯曲半径, 也参见图 7 中示出的变量 700。

[0050] 基于应力分布以线性方式取决于载荷的事实, 作为节点处的非酉载荷与节点处的应力的乘积 ($S_{Fi@node} = Li * S_{Fi@node}$) 而为非酉载荷产生传递函数, 如等式 1 中所评估的那样。例如, 为各个应力分量 (例如径向应力、轴向应力、环向应力等) 和各个类型的载荷产生传递函数, 其中, 总分量应力评估如下:

[0051]

$$S_{radial@node} = L1 * S_{F1_radial@node} + L2 * S_{F2_radial@node} + \\ L4 * S_{M1_radial@node} \dots + L6 * S_{M3_radial@node}$$

[0052] 其中 S = 应力 ; L = 载荷 ; F = 力以及 M = 力矩, 参见图 8 中示出的力 / 力矩 800。应当注意, 为环向应力、轴向应力等得出类似的等式。还应当注意, 根据示例性实施例, 为各个载荷类型产生传递函数, 并且因此, 通过加总各个载荷类型的应力值来计算总的局部应力。加总是有效的, 因为应力是分量应力, 诸如环向应力、径向应力等。

[0053] 根据一个示例性实施例, 仅为其中应力集中的节点产生传递函数。例如, 在弯头中, 应力集中在正在设计中的系统中的三个应力位置 900 中的一个处, 如图 9 中指示的那样。在图 9 中, 示出的区段指示其中应力集中的典型位置。基于载荷组合, 一个区段将比其它区段生成更多应力。例如, 压力会对 ANG 区段的 1/2 加应力, 而离开平面的运动则会对 ANG 区段的 1/3 加应力。另外, 角位置可基于载荷组合而改变。出于精细的原因, 在二十四不同的角位置处产生传递函数。最大值可落在任何两个连续的位置之间, 因此通过插值法来执行最终评估。总体上, 在这个示例性实施例中的弯头的分析基于位置、力分量和力的类型来采用四百三十二个传递函数。

[0054] 传递函数引擎 606 允许用来自之前构建的管模型的必要数据来执行合适的传递函数, 以将结构输入数据转换成局部管元件应力值。在另一个示例性实施例中, 传递函数引擎 606 可循环进行一系列的输入数据收集, 并且将输入数据转换成对应的一系列的管元件局部应力值。备选地, 局部传递函数引擎 606 可将从管模型中收集到的数据传输给远程传递函数引擎 606 (位于通信连接到局部转移引擎函数 606 上的另一个计算机上), 以将输入数据处理成管元件局部应力值。照这样, 可在或者局部计算机或者远程计算机 (或两者) 上实现数据处理。

[0055] 传递函数存贮构件 608 允许存贮产生的传递函数, 使得可重新利用传递函数来在

以后运行另一个模拟。在一个非限制性示例中,由于管道构造的变化可出现用户限定的新条件,并且可再调用可适用的传递函数,而不需要产生新的一组传递函数。在另一个非限制性示例中,存贮的传递函数可传输给另一个计算机系统,并且在远程位置处存贮或执行。

[0056] 如在本申请中所使用的那样,诸如“构件”、“显示器”、“接口”等的用语意图表示与计算机有关的实体,或者为硬件、硬件和软件的组合、软件,或者为对系统应用的、用于验证经受 HISC 的海底装备的正在执行的软件。例如,构件可为(但不限于)在处理器上运行的过程、处理器、对象、可执行程序、程序的可执行线程和计算机。以说明的方式,在服务器上运行的应用程序和服务器两者可为构件。一个或多个构件可驻留在过程和 / 或执行线程内,并且构件可局限于一个计算机上,并且 / 或者分布在两个或更多个计算机、工业控制器和 / 或与它们通信的模块之间。另外,要注意的是,如本申请中所使用的那样,诸如“系统用户”、“用户”、“操作者”等的用语意图表示操作在上面参照的与计算机有关的实体的人。

[0057] 上面描述的示例性实施例在各个方面都意图说明本发明,而非约束本发明。因而,本发明在详细实现中能够有本领域技术人员可从本文中包含的描述中得出的许多变型。认为所有这样的变型和改良都在所附权利要求所限定的本发明的范围和精神内。在本申请的描述中使用的元件、动作或指令不应理解为对本发明是关键或必不可少的,除非明确描述了这种情况。而且,如本文所用,冠词“一个”意图包括一个或多个项目。

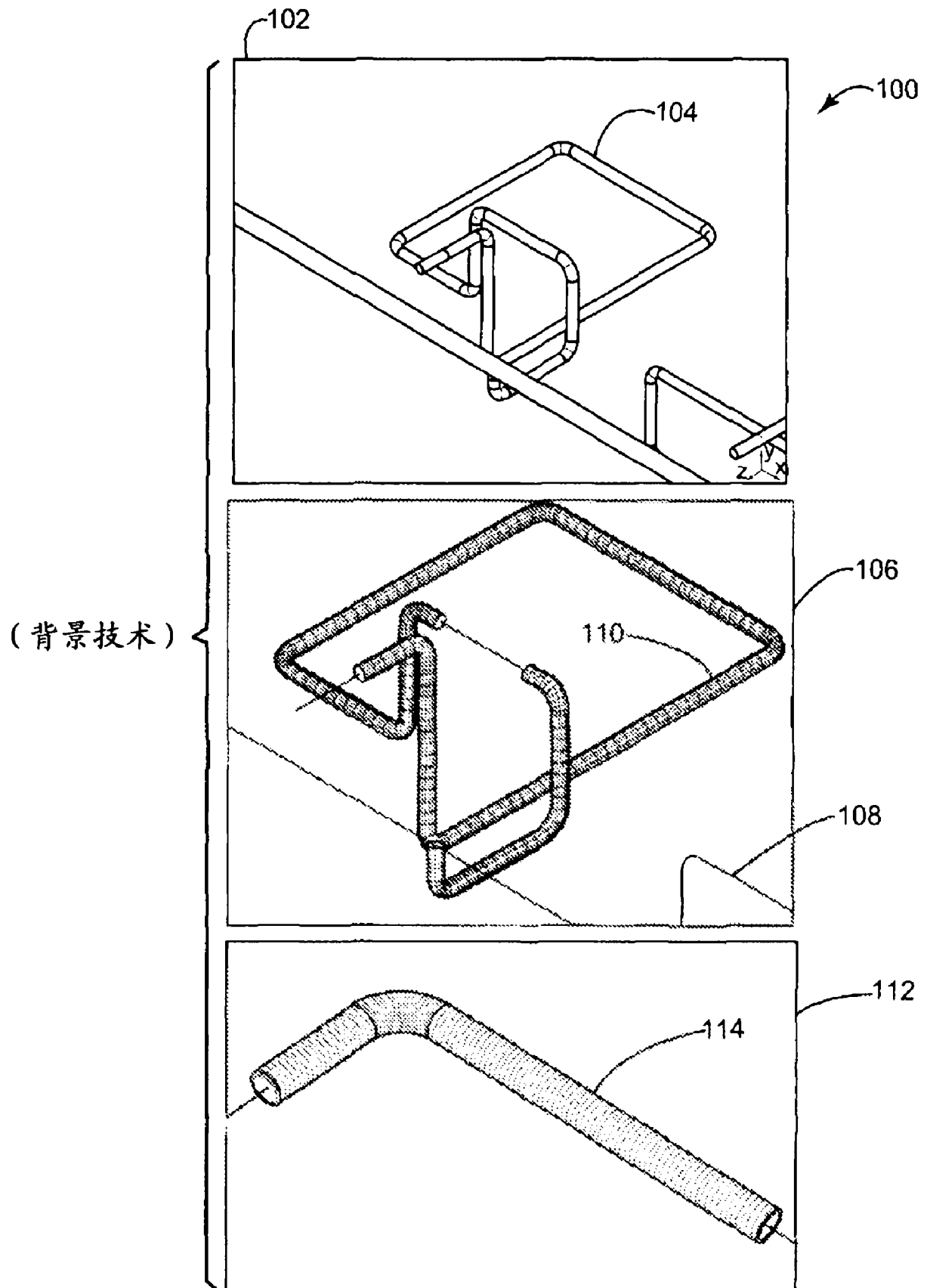


图 1

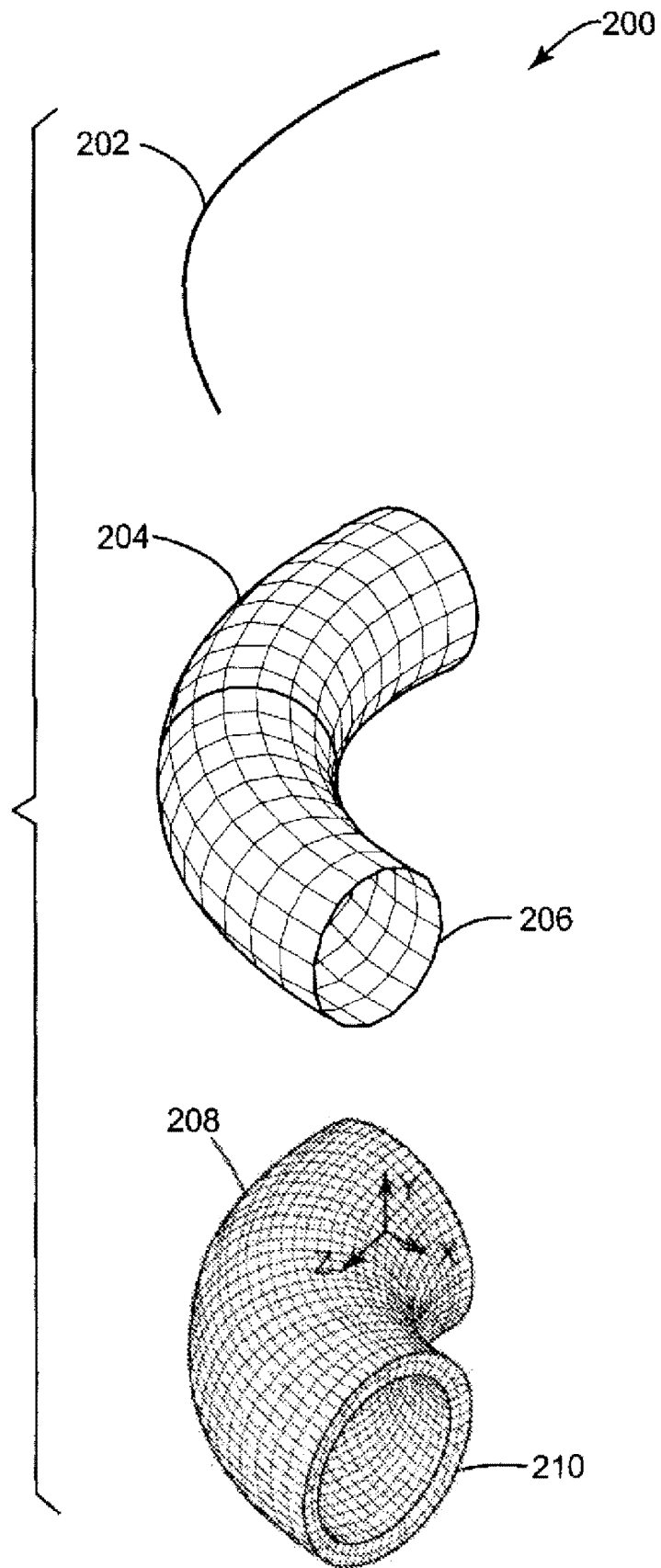


图 2

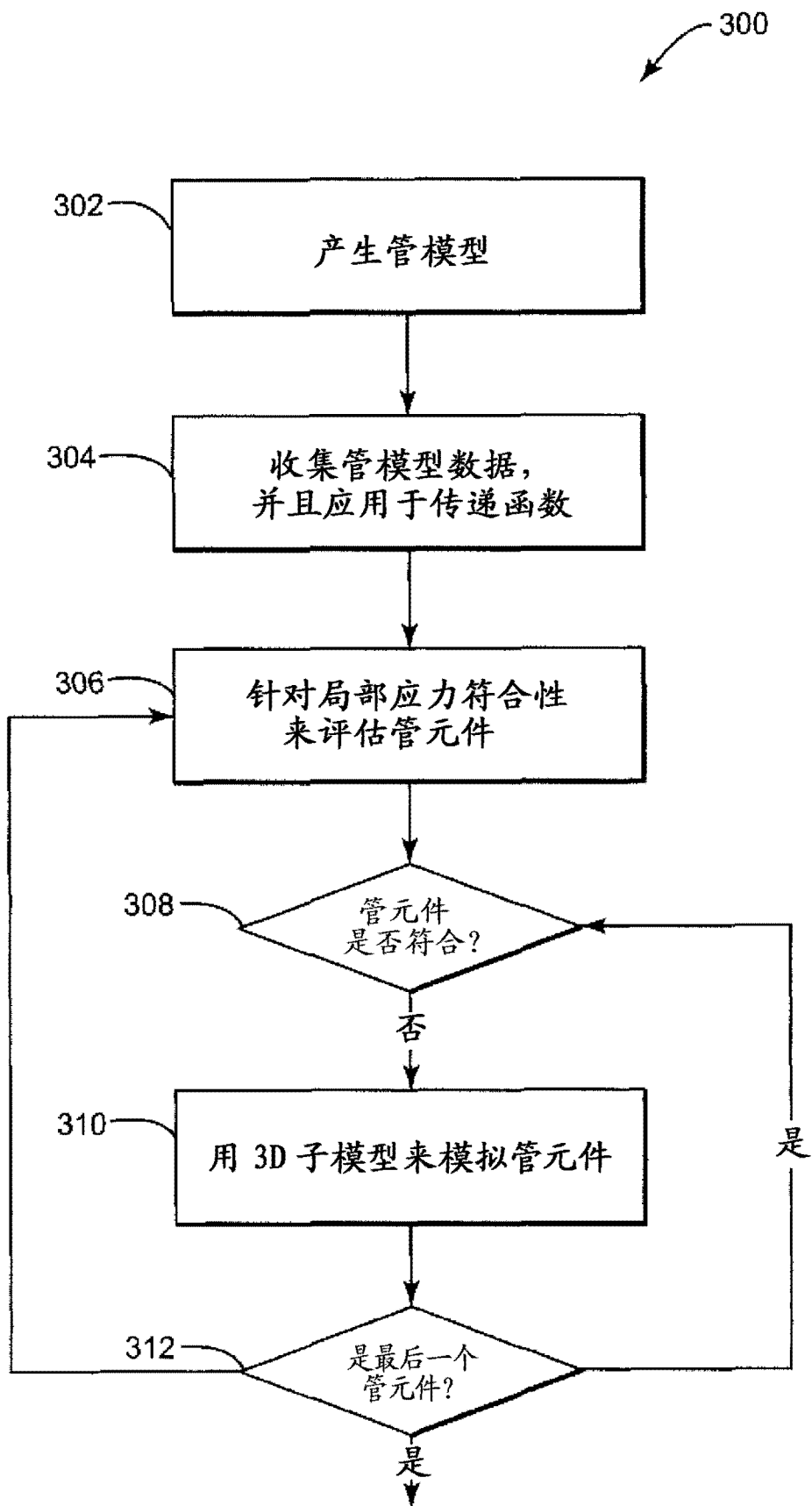


图 3

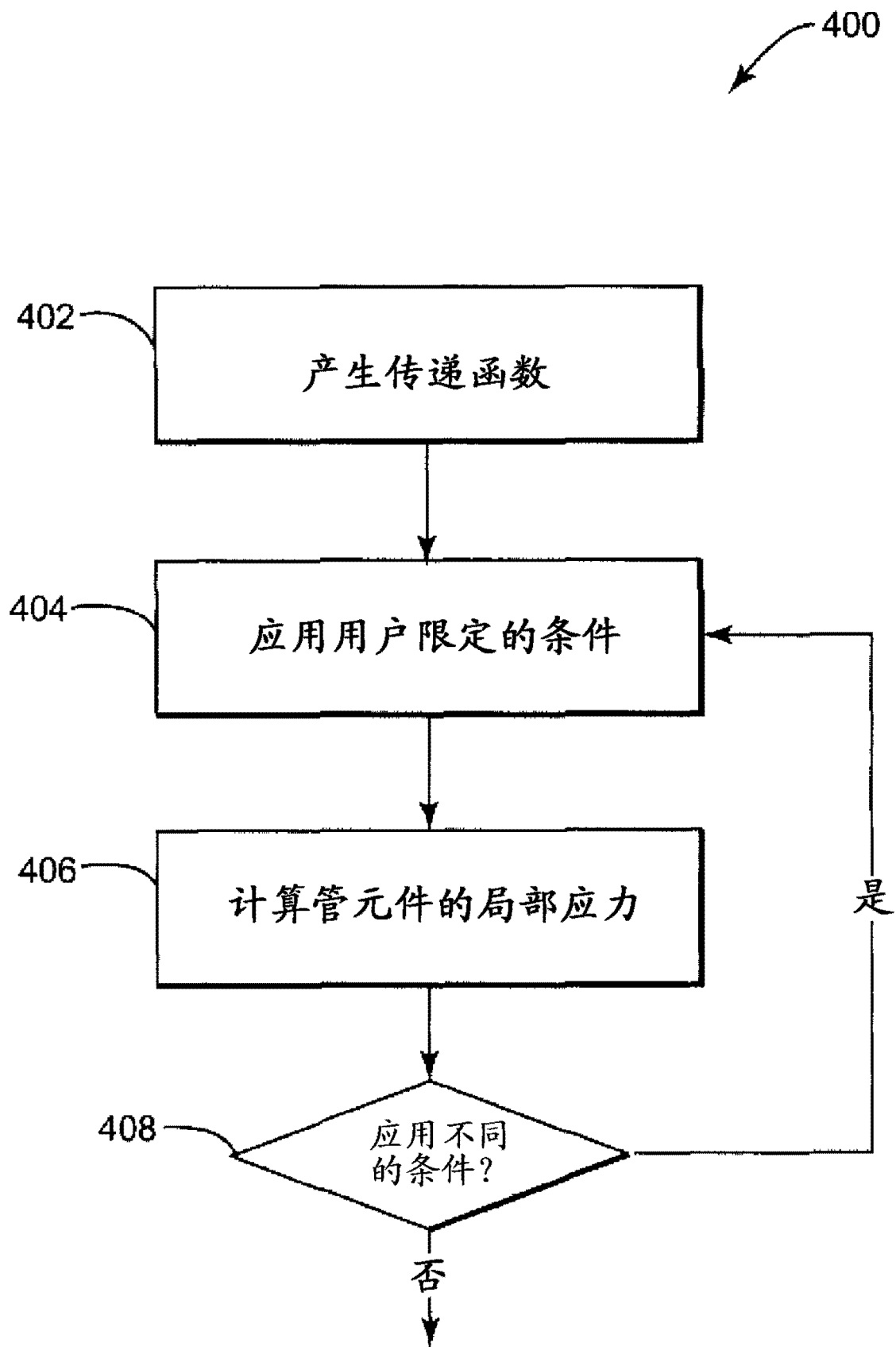


图 4

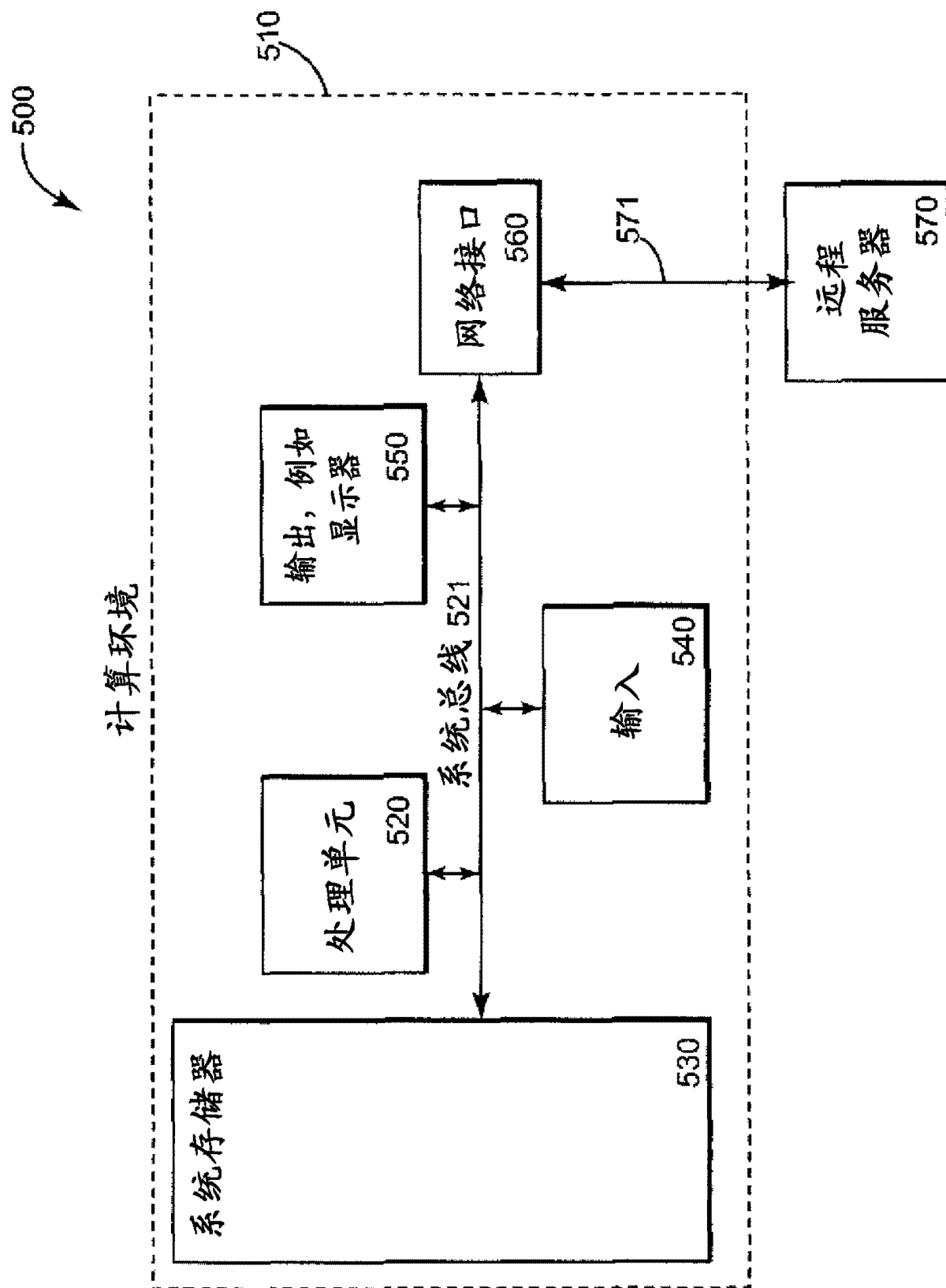


图 5

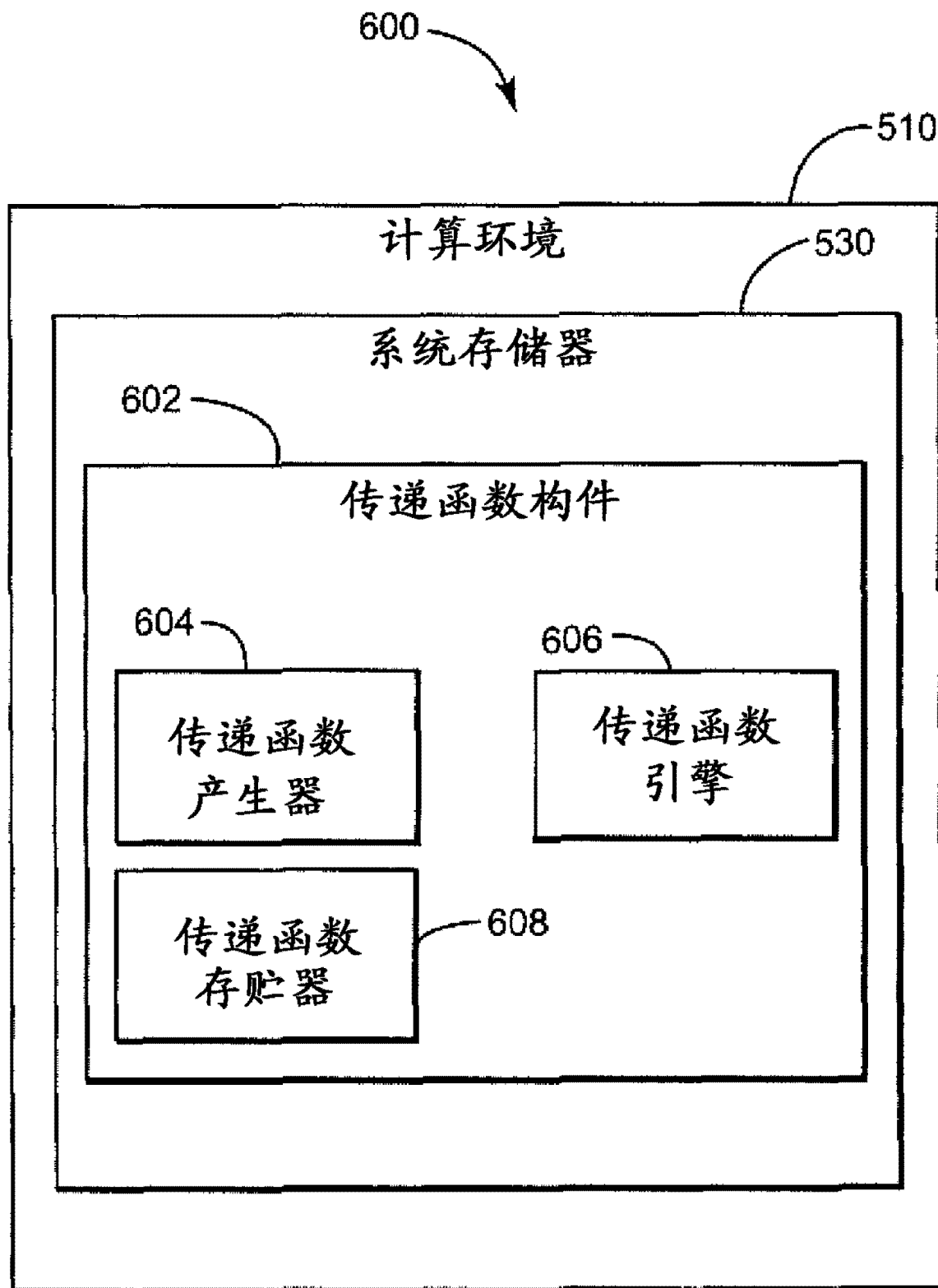


图 6

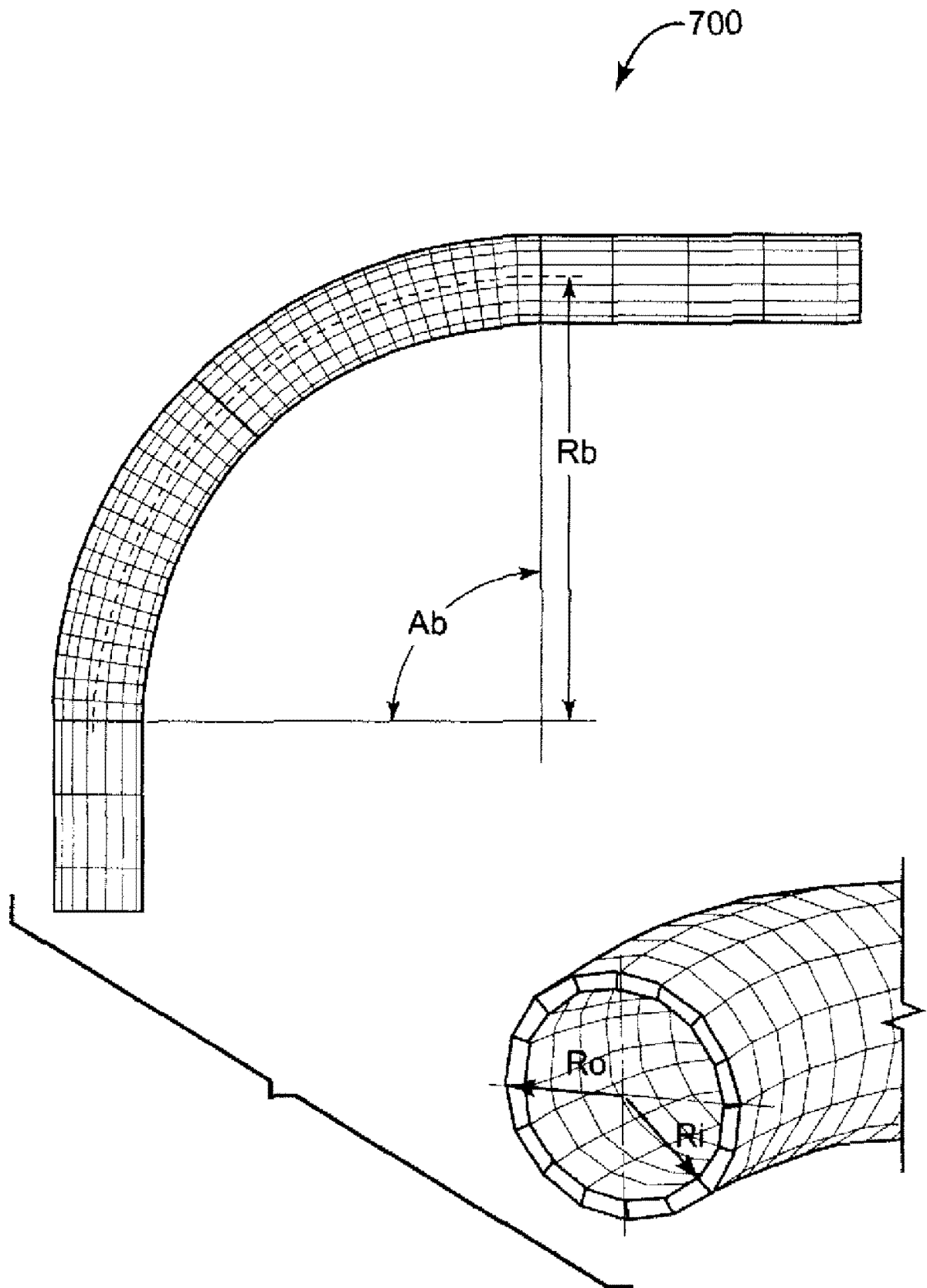


图 7

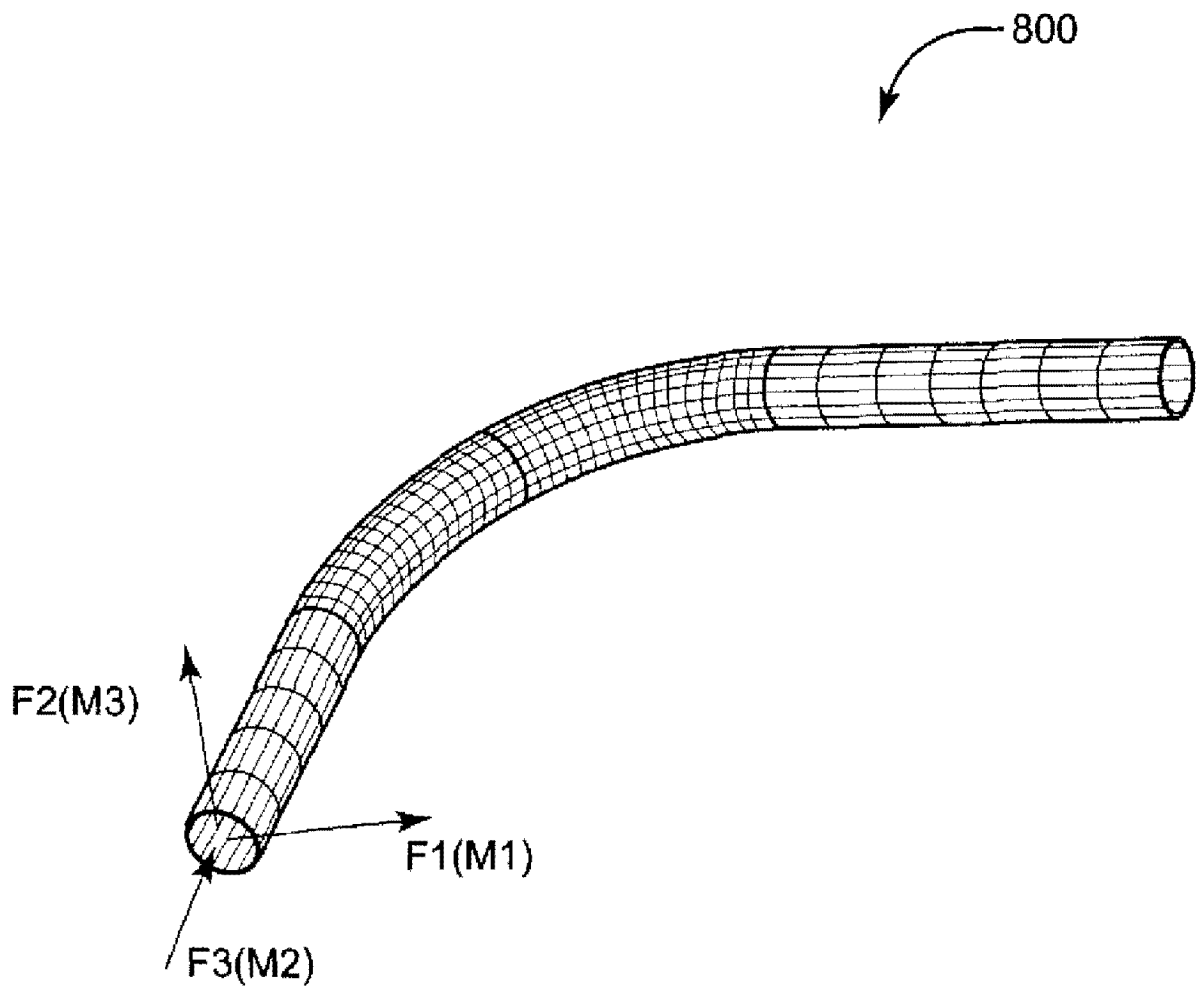


图 8

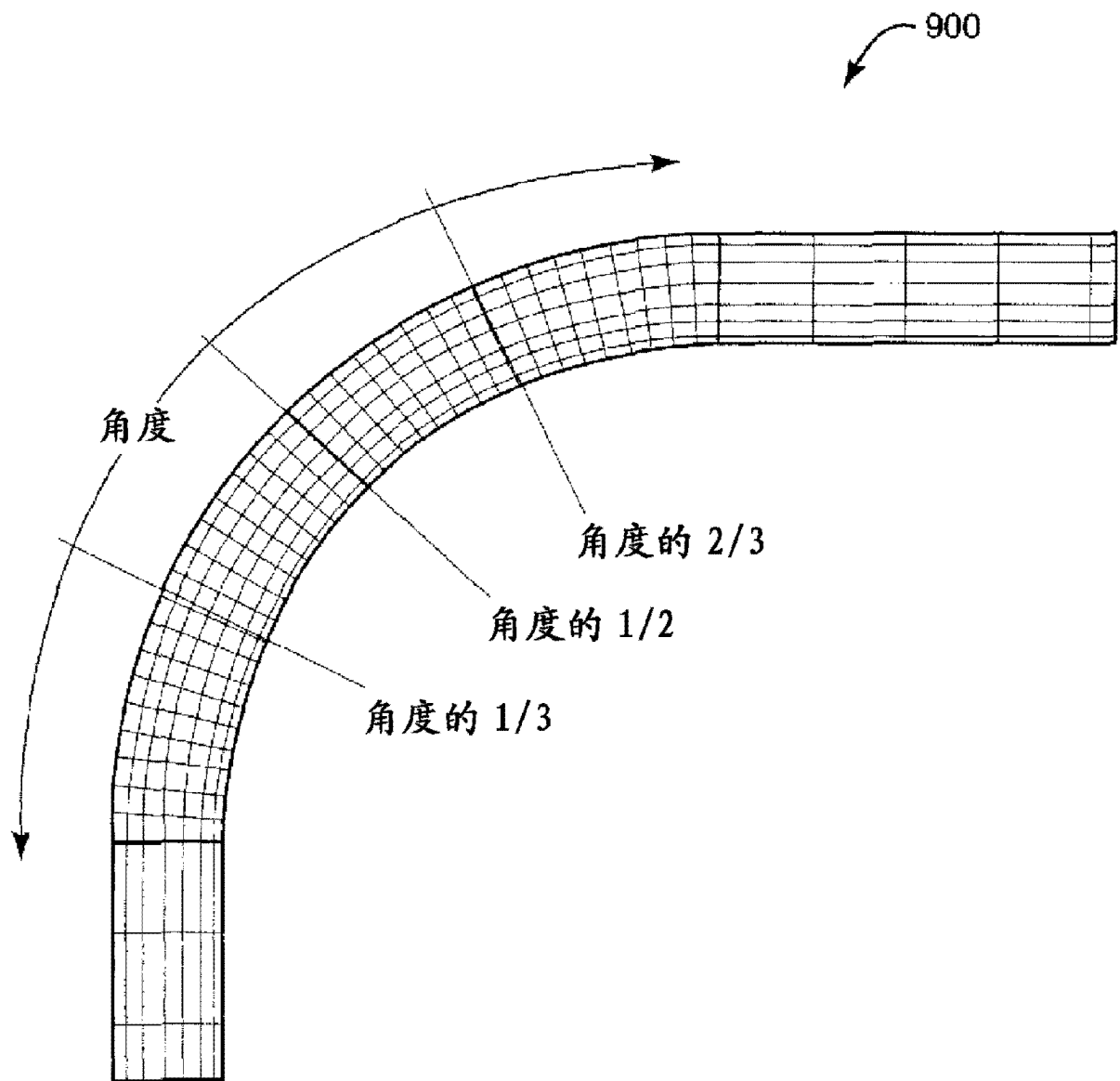


图 9