(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105223003 A
(43)申请公布日 2016.01.06

(21)申请号 201410264700.1

(22)申请日 2014.06.13

(71)申请人 北京强度环境研究所
地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号
申请人 中国运载火箭技术研究院

(72)发明人 杨蓉 吴兵 白鹭 杜珺 倪径达
王鸿博 刘砚涛 陈昊 毛丽娜
刘彦毛 郭冰 顾海贝 尹伟
王斐然 郑斌 张凯 徐国梁
张辉 朱玉强 龚淑英 江雅婷
丁文淇 王莉敏

(74)专利代理机构 核工业专利中心 11007
代理人 高尚梅

(51)Int.Cl.
G01M 13/00(2006.01)

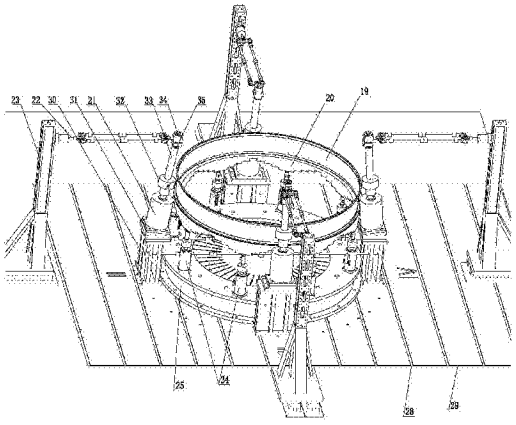
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

多捆绑点高载荷斜推式加载装置

(57)摘要

本发明涉及结构静力试验技术，具体涉及一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置。包括：台阶式传力工装(20)，斜立柱(23)，P_1～P_8加载设备(24)，试验平台(25)，地基(29)，P_{13}～P_{16}加载设备(22)，P_9～P_{12}加载设备(21)，承力底座(30)，楔形支撑(31)，400吨压式测力计(32)，传力压杆(33)，高承载球头窝组合(35)，加载工装(34)；P_1～P_8加载设备(24)，提供轴向往上的载荷；加载工装(34)连接试验件，向试验件提供斜向向上的载荷。采用本发明所述的多捆绑点高载荷斜推式加载装置顺利的完成了芯级前捆绑低温联合静力试验，为后续型号低温静力试验的实施和开展奠定了牢固的试验技术储备。



CN 105223003 A

1. 一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置，其特征在于：包括：台阶式传力工装 (20)，斜立柱 (23)，P_1 ～ P_8 加载设备 (24)，试验平台 (25)，地基 (29)，P_{13} ～ P_{16} 加载设备 (22)，P_9 ～ P_{12} 加载设备 (21)，承力底座 (30)，楔形支撑 (31)，400 吨压式测力计 (32)，传力压杆 (33)，高承载球头窝组合 (35)，加载工装 (34)；

其中，试验平台 (25) 设置于地基 (29) 上，在试验平台 (25) 上设置 P_1 ～ P_8 加载设备 (24)，提供轴向往上的载荷，P_1 ～ P_8 加载设备 (24) 上端连接台阶式传力工装 (20)，用于对于试验件传递载荷；

在试验平台 (25) 四周象限处，设置承力底座 (30)，在承力底座 (30) 上，依次往上设置楔形支撑 (31)，P_9 ～ P_{12} 加载设备 (21)，400 吨压式测力计 (32)，传力压杆 (33)，高承载球头窝组合 (35)，加载工装 (34)；传力压杆 (33) 顶端为球头结构，与高承载球头窝组合 (35) 下侧的球窝结构配合，在高承载球头窝组合 (35) 上端，设置加载工装 (34)，加载工装 (34) 连接试验件，向试验件提供斜向向上的载荷。

2. 如权利要求 1 所述的一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置，其特征在于：沿着试验平台 (25) 径向向外，在高承载球头窝组合 (35) 的外侧，连接提供水平载荷的 P_{13} ～ P_{16} 加载设备 (22)，P_{13} ～ P_{16} 加载设备 (22) 由斜立柱 (23) 支撑。

3. 如权利要求 1 所述的一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置，其特征在于：所述斜向向上的载荷与竖直方向成 7 度角，角度由楔形支撑 (31) 产生。

多捆绑点高载荷斜推式加载装置

技术领域

[0001] 本发明涉及结构静力试验技术，具体涉及一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置。

技术背景

[0002] 随着航天科学技术的不断进步和发展，各科技大国研制大型乃至重型运载火箭是世界火箭发展的一个必然趋势，低温燃料为当代先进宇宙飞行器的推进能源，这些燃料容纳在增压的贮箱中，而贮箱在生产、贮存、吊装、停放、运输及飞行过程要承受轴压、弯矩、剪力、内压及温度等载荷，所以贮箱在使用过程中的结构强度、刚度以及低温综合性能对设计和生产制造非常重要，需要通过低温静力试验的验证。

[0003] 目前，新一代运载火箭大型贮箱低温静力试验方法，对常规的贮箱低温静力试验方法是适用的。通常在对火箭贮箱进行低温静力试验考核中，贮箱所承受的轴压、弯矩、剪力等载荷的传力结构是边界模拟件，而非真实传力边界结构件；试验边界要求下端固支、上端通过通用静力加载设备实现轴压、弯矩、剪力等载荷的施加；内压是通过贮箱前底气枕增压实现内压载荷的施加，搭建龙门架式的承载框架即可满足试验加载需求。

[0004] 针对芯级前捆绑低温联合静力试验项目来说，除了内压载荷的施加与常规做法是基本相同的，但就以往低温静力试验的技术和经验不能完全照搬，更没有可以参考的国外类似试验技术和方法，因此必须根据长征五号火箭自身的结构、载荷、环境和边界等特点，以及天津大运载试验场地的试验实施现场条件及配套设施等实际情况，严格进行多方面综合考虑，并围绕试验载荷施加的准确性、试验规模、试验实施难度、试验周期、试验经费等，设计研究出一套满足该型号研制阶段，低温静力试验项目中难度最大的大型贮箱悬挂式低温静力试验方法。

[0005] 芯级前捆绑低温联合静力试验任务所要求的试验件安装情况见图 1，低温联合试验中的多部段联合装配体，包括一级氢箱前短壳 7、一级箱间段 6、4 个前捆绑支座 5、一级氧箱后短壳 4、一级氧箱 3、一级氧箱前短壳 2。施加联合载荷包括 4 个捆绑支座 5 上的集中载荷、一级氢箱前短壳 7 的后端面截面轴压载荷以及一级氧箱 3 的内压载荷。试验边界要求前过渡环边界 1 的上端面与试验固支边界 8 连接。该项目所要求的参试结构为多部段联合装配体，试验安装高度也自然会随之增加很多；为了使一级氧箱 3 靠近前捆绑 4 的局部区域处于低温环境，则试验件必须正置安装，同时试验边界要求上端固支；捆绑支座 5 集中力载荷施加点距离试验件较近、而且单点载荷达 300 吨；再加上一级氢箱前短壳 7 的截面轴压载荷，试验安装框架需平衡的轴向载荷超过 1240 吨；同时考虑到试验场地的试验平台尺寸限制、地基承力点吨位小等现场条件的困难程度，均给试验方案设计和试验实施过程带来巨大挑战。

发明内容

[0006] 发明目的

[0007] 本发明的目的在于提供一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置，用于低温静力试验

中的加载。

[0008] 技术方案

[0009] 一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置，其中：包括：台阶式传力工装，斜立柱，P_1～P_8加载设备，试验平台，地基，P_{13}～P_{16}加载设备，P_9～P_{12}加载设备，承力底座，楔形支撑，400吨压式测力计，传力压杆，高承载球头窝组合，加载工装；

[0010] 其中，试验平台设置于地基上，在试验平台上设置P_1～P_8加载设备，提供轴向往上的载荷，P_1～P_8加载设备上端连接台阶式传力工装，用于对于试验件传递载荷；

[0011] 在试验平台四周象限处，设置承力底座，在承力底座上，依次往上设置楔形支撑，P_9～P_{12}加载设备，400吨压式测力计，传力压杆，高承载球头窝组合，加载工装；传力压杆顶端为球头结构，与高承载球头窝组合下侧的球窝结构配合，在高承载球头窝组合上端，设置加载工装，加载工装连接试验件，向试验件提供斜向向上的载荷。

[0012] 如上所述的一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置，其中：沿着试验平台径向向外，在高承载球头窝组合的外侧，连接提供水平载荷的P_{13}～P_{16}加载设备，P_{13}～P_{16}加载设备由斜立柱支撑。

[0013] 如上所述的一种多捆绑点高载荷斜推式加载装置，其中：所述斜向向上的载荷与竖直方向成7度角，角度由楔形支撑产生。

[0014] 有益效果

[0015] 采用本发明所述的多捆绑点高载荷斜推式加载装置顺利的完成了芯级前捆绑低温联合静力试验，为后续型号低温静力试验的实施和开展奠定了牢固的试验技术储备。整个试验过程中，试验各系统运行稳定，满足了试验要求，并达到了试验考核目的，圆满完成了课题任务。此试验的成功对整个型号的顺利研制具有重大意义，同时此项课题是我院火箭研制史上第一次进行的大型贮箱多部段联合装配体、多个捆绑集中力同时加载的低温联合静力试验。较真实的考核了结构，以捆绑集中力为主的联合载荷作用下及真实结构为传力边界、低温环境温度下，氧箱靠近前捆绑的局部区域的轴压失稳强度及结构应力满足强度设计要求，并为其他型号研制过程中的类似试验项目提供依据和参考。

附图说明

[0016] 图1芯级前捆绑低温静力联合试验加载要求示意图；

[0017] 图2本发明所述多捆绑点高载荷斜推式加载装置示意图；

[0018] 图3捆绑点集中力载荷矢量分解关系。

[0019] 图1中，1-前过渡环边界，2-一级氧箱前短壳，3-一级氧箱，4-一级氧箱后短壳，5-捆绑支座，6-一级箱间段，7-一级氢箱前短壳，8-试验固支边界；

[0020] 图2中，19-一级氢箱前短壳，20-台阶式传力工装，21-P_9～P_{12}加载设备，22-P_{13}～P_{16}加载设备，23-斜立柱，24-P_1～P_8加载设备，25-试验平台，26-地面承力点，28-承力地轨，29-地基，30-承力底座，31-楔形支撑，32-400吨压式测力计，33-传力压杆，34-加载工装，35-高承载球头窝组合。

具体实施方式

[0021] 以下，结合附图和具体实施方式，对本发明做进一步的说明。

[0022] 以下，结合附图和具体实施例对于本发明进行进一步的说明。

[0023] 依据试验任务中关于载荷的施加要求，从图 1 中可以看出，试验载荷共包括一级氧箱 3 气枕压力载荷 P、一级氢箱前短壳 7 的后端面截面轴压载荷 F 以及 4 个捆绑支座 5 上的集中载荷 N_4 和 N_6。试验中轴压载荷 F 和捆绑点集中力载荷采用 16 通道自动协调加载系统实现，使用测力传感器对载荷进行测量，并根据 Q/Y316-2009《导弹与运载火箭结构静力试验规范》，将任务书中的载荷换算为各加载点所施加的载荷，根据载荷大小选取合适大小的作动器与测力传感器。

[0024] 根据上述要求，实现试验件载荷的 16 个载荷点，分别记为 P_1 ～ P_{16}；下面就 P_1 ～ P_{16} 加载点分别给出各加载点的载荷和试验载荷之间的对应关系。

[0025] (1) P_1 ～ P_8 载荷点与轴压载荷 F 的关系：

[0026] $P_1 = P_2 = \cdots = P_8 = F/8$

[0027] (2) P_9 ～ P_{16} 载荷点与捆绑集中力载荷 N_4 和 N_6 的关系：

[0028] 由图 3 可知单个捆绑点集中力载荷的矢量关系，以 P_{13}、P_9 为例来说明，从而得到：

[0029]

$$\begin{cases} N_4 = G \times \cos 7^o \\ N_6 = G \times \sin 7^o - T \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} P_{9\text{-}12} = G = N_4 / \cos 7^o \\ P_{13\text{-}16} = T = N_4 \times tg 7^o - N_6 \end{cases}$$

[0030] 表 1 对试验载荷实现方法进行了详细说明。

[0031] 表 1 试验载荷实现方法

[0032]

序号	载荷名称	实现情况说明	
1	轴压 F	自动协调加载系统第 P_1～P_8 点实现轴压载荷，台阶式传力工装 20 前端面与一级氢箱前短壳 19 连接，通过加载环上均布的 8 个球头球窝装置与压式作动筒连接来施加轴压载荷。	
2	捆绑点集中力载荷	轴向推力 N_4	自动协调加载系统第 P_9～P_{12} 加载设备 21 为轴向推力载荷，通过 4 组 300t 的压式作动筒、压杆系统及球头球窝组来实现。
3		径向集中力 N_6	自动协调加载系统第 P_{13}～P_{16} 加载设备 22 为径向集中力载荷，通过 4 组 300t 的压式作动筒和 25t 的拉式作动筒的空间矢量合力共同实现。

[0033] 试验加载过程是这样的，待贮箱液氮加注到试验所要求的液位，各加载系统连接就绪，再按照 Q/Y316-2009《导弹与运载火箭结构静力试验规范》中关于静力试验加载过程的要求对多部段联合装配试验件进行逐级加载和逐级测量。

[0034] 如图 2 所示，本发明所述的多捆绑点高载荷斜推式加载装置包括：台阶式传力工装 20，斜立柱 23，P_1 ～ P_8 加载设备 24，试验平台 25，地基 29，

[0035] P_{13} ～ P_{16} 加载设备 22，P_9 ～ P_{12} 加载设备 21，承力底座 30，楔形支撑 31，400 吨压式测力计 32，传力压杆 33，高承载球头窝组合 35，加载工装 34；

[0036] 其中，试验平台 25 设置于地基 29 上，在试验平台 25 上设置 P_1 ～ P_8 加载设备 24，提供轴向往上的载荷，P_1 ～ P_8 加载设备 24 上端连接台阶式传力工装 20，用于对于试验件传递载荷；

[0037] 在试验平台 25 四周象限处，设置承力底座 30，在承力底座 30 上，依次往上设置楔形支撑 31，P_9 ～ P_{12} 加载设备 21，400 吨压式测力计 32，传力压杆 33，高承载球头窝组合 35，加载工装 34；传力压杆 33 顶端为球头结构，与高承载球头窝组合 35 下侧的球窝结构配合，在高承载球头窝组合 35 上端，设置加载工装 34，加载工装 34 连接试验件，向试验件提供斜

向向上的载荷，此处此载荷与竖直方向成 7 度角，角度由楔形支撑 31 产生；

[0038] 沿着试验平台 25 径向向外，在高承载球头窝组合 35 的外侧，连接提供水平载荷的 P_{13} ～ P_{16} 加载设备 22，P_{13} ～ P_{16} 加载设备 22 由斜立柱 23 支撑。

[0039] 采用本发明所述的多捆绑点高载荷斜推式加载装置顺利的完成了芯级前捆绑低温联合静力试验，为后续型号低温静力试验的实施和开展奠定了牢固的试验技术储备。

[0040] 虽然通过上述实施例对本发明所述的多捆绑点高载荷斜推式加载装置进行了详细的说明，但是上述说明并不是对本发明的限定，在不脱离本发明的主旨的范围内，可以进行各种变形和变更，例如，最优化的方法可以在现有技术的各种方法中选择。

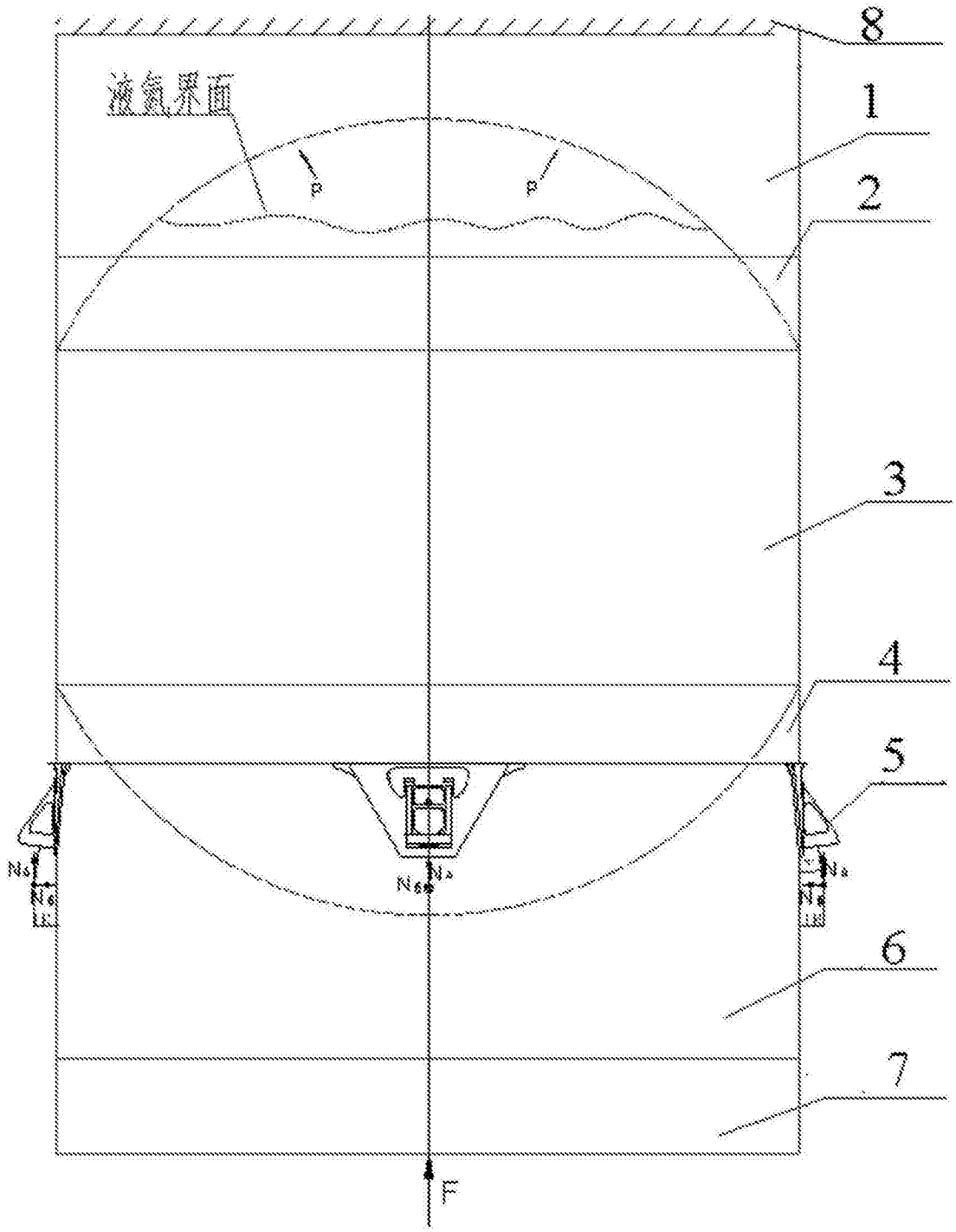


图 1

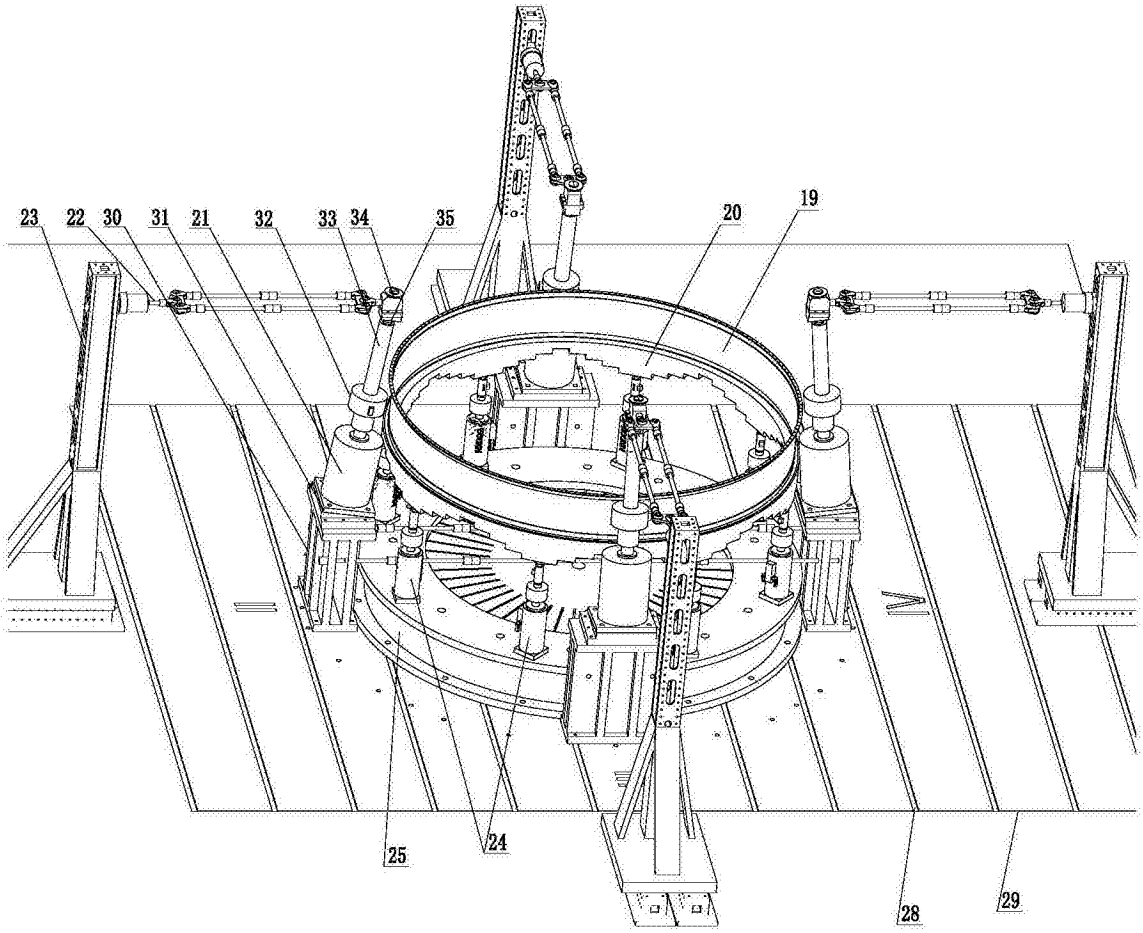


图 2

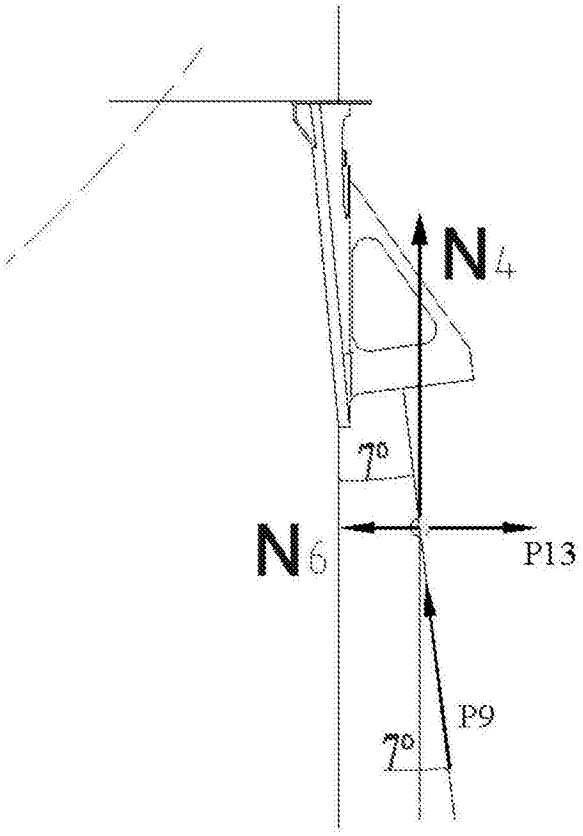


图 3