



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108009328 A

(43)申请公布日 2018.05.08

(21)申请号 201711183469.3

(22)申请日 2017.11.23

(71)申请人 中南大学

地址 410000 湖南省长沙市韶山路128号中南大学铁道学院校区

(72)发明人 高广军 张亚妮

(74)专利代理机构 长沙朕扬知识产权代理事务所(普通合伙) 43213

代理人 何湘玲

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

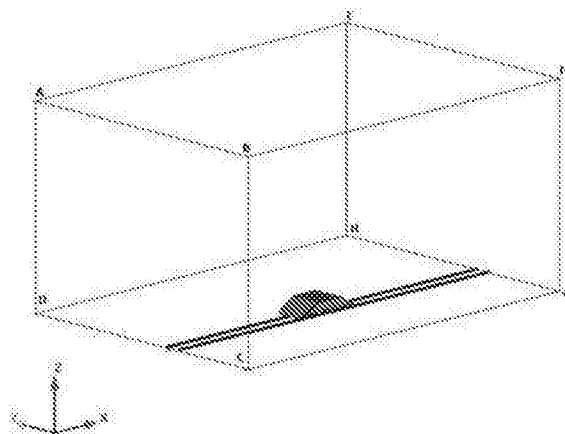
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种高速列车转向架防积雪结冰的评价方法

(57)摘要

本发明公开了一种高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,包括以下步骤:1)建立高速列车转向架区域简化模型,推断转向架区域积雪结冰位置;2)实施高速列车风洞缩比试验;3)在数值模拟风雪两相流模式下,模拟雪花在空气相中运动时在转向架区域的堆积情况;4)类比推断雪花的运动和堆积情况,并根据数值仿真和风洞模型试验验证装置的防积雪结冰效果。本发明通过转向架区域流场的初步仿真计算,推断转向架区域积雪结冰的位置,再经过风洞缩比模型试验,验证计算机数值仿真计算的准确性,推测优化装置的防积雪效果。后续模拟雪花在空气相中运动时在转向架区域的堆积情况,从而转向架区域积雪情况达成可量化和可视化的目的。



1. 一种高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 建立高速列车转向架区域简化模型,在净风场模式下数值模拟转向架区域流场,得出计算机数值仿真结果,推断转向架区域积雪结冰位置;

2) 实施高速列车风洞缩比试验,验证在净风场模式下计算机数值仿真结果;

3) 在数值模拟风雪两相流模式下,模拟雪花在空气相中运动时在转向架区域堆积情况;

4) 类比推断雪花的运动和堆积情况,提出针对车体和转向架的防积雪结冰的装置,并根据数值仿真和风洞模型试验验证装置的防积雪结冰效果。

2. 根据权利要求1所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,所述数值仿真计算和风洞模型试验中,采用的简化模型均为1:2或1:4的大缩放比模型。

3. 根据权利要求2所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,所述简化模型需经过CAD软件简化后进行数值仿真计算和风洞模型的制造。

4. 根据权利要求1所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,所述步骤1)中,包括:

11) 建立计算域并将整个计算域进行离散化;

12) 将离散化后得到的网格投到CFD计算软件中模拟高寒动车组实际运行时转向架区域的流场;

13) 选择合适的边界条件参数,监控压力、速度气动力参数,残差收敛后停止计算;

14) 通过后处理软件,初步统计数值仿真计算结果,并分析转向架区域积雪结冰的成因,推测可能的堆积位置和严重程度。

5. 根据权利要求4所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,包括:

31) 采用离散相模型进行两相流研究,以步骤13) 设定好参数之后和数值仿真计算之前的cas文件为基础,添加用来模拟雪花的参数进行计算;

32) 根据离散相模型研究中生成雪粒子的轨迹动画,能够直观地看到模拟的雪花的运动情况,分析转向架区域发生积雪结冰的位置和严重程度;

33) 将两相流数值仿真的计算结果在后处理软件中处理,得到转向架区域雪粒子堆积浓度等值面图,定量分析转向架区域积雪量。

6. 根据权利要求3所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,所述简化模型去除了车体顶部、前侧、后侧部分。

7. 根据权利要求1或2所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,所述风洞试验的试验段为长15m、宽3m、高3m、实验用有效截面积为 6m^2 的高速实验段,其下部安装了固定轨道的地板,所述地板的前、后缘加工成流线型,所述地板高度距离风洞地面1m。

8. 根据权利要求7所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,所述地板两边安装了照明灯。

9. 根据权利要求7所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,采用丝线法在风洞试验中显示转向架区域流线流向分布,在车体底部与模拟地板之间连接设置黑色丝线阵,在每根黑色丝线上系三条红色丝线,所述红色丝线长度为15cm。

10. 根据权利要求5所述的高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,其特征在于,所述

DPM模型在Fluent软件中进行仿真计算,速度压力耦合采用SIMPLEC格式,选取雪粒子密度为 $100\text{kg}/\text{m}^3$,雪粒子直径采用均匀分布为 0.15mm ,列车运行速度为 $200\text{km}/\text{h}$,迭代时长设为 2s ,迭代2000次,时间步长为 0.001s 。

一种高速列车转向架防积雪结冰的评价方法

技术领域

[0001] 本发明属于轨道交通装备技术领域,尤其涉及一种高速列车转向架区域防治积雪结冰的评价方法。

背景技术

[0002] 长期运行于高寒地区的高速列车,都会受到积雪结冰问题的困扰。积雪结冰问题主要分为轨道及道岔上的积雪结冰、车辆转向架部位的积雪结冰两种情况。其中堆积在转向架区域的积雪在发热部件如制动装置上融化、结冰,导致制动或缓解动作失效,对列车安全运行造成严重影响,轻则列车被迫降速运行或者停运,重则可能造成列车脱轨、倾覆等安全事故。

[0003] 对于高速列车转向架积雪结冰的问题,目前已存在的主要研究是针对结冰之后的除冰方法的研究,有物理除冰、机械除冰,化学除冰,人工除冰方法等,鲜有从流场特性角度分析转向架区域的积雪堆积的成因,并研究雪花堆积量化、可视化处理的方法。对高速列车转向架区域积雪结冰的成因及主要积雪部位结冰情况的两相流数值模拟和风洞试验相结合的研究方法未有应用,且缺乏验证依据。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是:通过现有的计算机数值仿真技术,结合风洞缩比模型实验,分析讨论转向架区域流场的特性,推断雪粒子的运动和堆积情况,提出针对车体和转向架的防积雪结冰的装置,并依靠数值仿真和风洞模型试验验证装置的防积雪结冰效果。

[0005] 为实现上述目的,本发明公开了一种高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,包括以下步骤:

[0006] 1) 建立高速列车转向架区域简化模型,在净风场模式下数值模拟转向架区域流场,得出计算机数值仿真结果,推断转向架区域积雪结冰位置;

[0007] 2) 实施高速列车风洞缩比试验,验证在净风场模式下计算机数值仿真结果;

[0008] 3) 在数值模拟风雪两相流模式下,模拟雪花在空气相中运动时在转向架区域堆积情况;

[0009] 4) 类比推断雪花的运动和堆积情况,提出针对车体和转向架的防积雪结冰的装置,并根据数值仿真和风洞模型试验验证装置的防积雪结冰效果。

[0010] 进一步的,所述数值仿真计算和风洞模型试验中,采用的简化模型均为1:2或1:4的大缩放比模型。

[0011] 进一步的,所述简化模型需经过CAD软件简化后进行数值仿真计算和风洞模型的制造。

[0012] 进一步的,所述步骤1)中,包括:

[0013] 11) 建立计算域并将整个计算域进行离散化;

[0014] 12) 将离散化后得到网格投到CFD计算软件中模拟高寒动车组实际运行时转向架区域的流场;

[0015] 13) 选择合适的边界条件参数,监控压力、速度等气动力参数,残差收敛后停止计算;

[0016] 14) 通过后处理软件,初步统计数值仿真计算结果,并分析转向架区域积雪结冰的成因,推测可能的堆积位置和严重程度。

[0017] 进一步的,包括:

[0018] 31) 采用离散相模型进行两相流研究,以步骤13) 设定好参数之后和数值仿真计算之前的cas文件为基础,添加用来模拟雪花的参数进行计算;

[0019] 32) 根据离散相模型研究中生成雪粒子的轨迹动画,能够直观地看到模拟的雪花的运动情况,分析转向架区域发生积雪结冰的位置和严重程度;

[0020] 33) 将两相流数值仿真的计算结果在后处理软件中处理,得到转向架区域雪粒子堆积浓度等值面图,定量分析转向架区域积雪量。

[0021] 进一步的,所述简化模型去除了车体顶部、前侧、后侧部分。

[0022] 进一步的,所述风洞试验的试验段为长15m、宽3m、高3m、有效截面积为 6m^2 的高速实验段,其下部安装了固定轨道的地板,所述地板的前、后缘加工成流线型,所述地板高度距离风洞地面1m。

[0023] 进一步的,所述地板两边安装了照明灯。

[0024] 进一步的,采用丝线法在风洞试验中显示转向架区域流线分布,在车体底部与模拟地板之间连接设置的黑色丝线阵,在每根黑色丝线上系三条红色丝线,所述红色丝线长度为15cm。

[0025] 进一步的,所述DPM模型在Fluent软件中进行仿真计算,速度压力耦合采用SIMPLEC格式,选取雪粒子密度为 $100\text{kg}/\text{m}^3$,雪粒子直径采用均匀分布为0.15mm,列车运行速度为200km/h,迭代时长设为2s,迭代2000次,时间步长为0.001s。

[0026] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0027] 将数值仿真计算和风洞缩比模型试验相结合,通过转向架区域流场的初步仿真计算,推断转向架区域积雪结冰的位置,再经过风洞缩比模型试验,验证计算机数值仿真计算的准确性,推测优化装置的防积雪效果。后续的离散相研究模拟风雪两相流,模拟雪花在空气相中运动时在转向架区域的堆积情况,从而转向架区域积雪情况达到可量化和可视化的目的。

[0028] 下面将参照附图,对本发明作进一步详细的说明。

附图说明

[0029] 构成本申请的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0030] 图1是本发明优选实施例公开的未简化的高速列车转向架区域模型示意图;

[0031] 图2是本发明优选实施例公开的数值模拟风雪两相流模式下转向架区域雪花堆积示意图;

[0032] 图3是本发明优选实施例公开的风洞实验室设置示意图;

[0033] 图4是本发明优选实施例公开的风洞实验丝线法测试示意图；

[0034] 图5是本发明优选实施例公开的数值仿真计算域设置示意图。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图对本发明的实施例进行详细说明,但是本发明可以由权利要求限定和覆盖的多种不同方式实施。

[0036] 本发明公开了一种高速列车转向架防积雪结冰的评价方法,包括以下步骤:

[0037] 1) 建立高速列车转向架区域简化模型,在净风场模式下数值模拟转向架区域流场,得出计算机数值仿真结果,推断转向架区域积雪结冰位置;

[0038] 2) 实施高速列车风洞缩比试验,验证在净风场模式下计算机数值仿真结果;

[0039] 3) 在数值模拟风雪两相流模式下,模拟雪花在空气相中运动时在转向架区域堆积情况;

[0040] 4) 推断雪花的运动和堆积情况,提出针对车体和转向架的防积雪结冰的装置,并根据数值仿真和风洞模型试验验证装置的防积雪结冰效果。

[0041] 在本实施例中,数值仿真计算和风洞模型试验采用的简化模型均为1:2或1:4的大缩放比模型(本实施例模型采用1:2的比例),其中,简化模型需经过CAD软件简化后进行数值仿真计算和风洞模型的制造。相对于在航空航天、汽车制造等领域,通常进行风洞试验的简化模型采用1:8、1:16等较小缩放比的模型,本实施例计算机数值仿真计算中采用较大的、接近真实的比例的简化模型,其结果更接近真实情况;同时,采用接近真实比例的模型来制造用于风洞模型试验的模型,能够更加清晰地观察、记录转向架区域流场特性,有利于与数值仿真计算结果进行对比分析。其中,本实施例选取转向架的一个区域端,包括车体、转向架、轨道部分,为进行风洞试验并满足风洞试验方法,将模型简化,未简化模型如图1,而简化后的模型如图2所示。模型简化的依据主要包括:转向架的零部件在积雪结冰问题中的关键程度、转向架零部件结构的复杂程度等。通过适度简化重要零部件的外形结构,删减与转向架积雪结冰问题无关且不影响转向架外形完整性的零部件。简化后的模型,一方面节约计算机的计算资源,降低离散化的难度,另一方面降低风洞缩比试验模型的制造难度和时间。可以看出,简化后的模型削去了原来车体顶部、前侧、后侧部分。

[0042] 在本实施例中,步骤1)中的数值仿真方法,主要包含两大部分:一部分是转向架区域流场特征的数值仿真计算。包括:

[0043] 11) 建立计算域(参见图4)并将整个计算域进行离散化;

[0044] 12) 将离散化后得到的网格投到CFD计算软件中模拟高寒动车组实际运行时转向架区域的流场;

[0045] 13) 选择合适的边界条件参数,监控压力、速度等气动力参数,残差收敛后停止计算;

[0046] 14) 通过后处理软件,初步统计数值仿真计算结果,并分析转向架区域积雪结冰的成因,推测可能的堆积位置和严重程度。

[0047] 而另一部分是采用离散相模型(DPM),将雪花(第二相)与空气(第一相)两相进行耦合计算,为转向架区域两相流研究(如图3所示)。包括:

[0048] 31) 采用离散相模型进行两相流研究,以步骤13)设定好参数之后和数值仿真计算

之前的cas文件为基础,添加用来模拟雪花的参数进行计算;

[0049] 32) 根据离散相模型研究中生成雪粒子的轨迹动画,能够直观地看到模拟的雪花的运动情况,分析转向架区域发生积雪结冰的位置和严重程度;

[0050] 33) 将两相流数值仿真的计算结果在后处理软件中处理,得到转向架区域雪粒子堆积浓度等值面图,定量分析转向架区域积雪量。

[0051] 在本实施例中,风洞模型试验,主要目的在于验证数值仿真计算结果中的压力和速度,鉴定优化方案对于转向架区域流场的改善作用,其中,风洞试验的试验段为长15m、宽3m、高3m、实验用有效截面积为 6m^2 的高速实验段,其下部安装了固定轨道的地板,地板前、后缘加工成流线型,以此减少对气流的干扰,为避免过厚的附面层对列车底部及转向架区域的流场产生不良影响,地板高度距离风洞地面1m,以降低地板附面层的影响。为了清晰显示转向架区域流线特征,在地板两边安装了照明灯。

[0052] 在本实施例中,如图4所示,采用丝线法在风洞试验中显示转向架区域流线分布,在车体底部与模拟地板之间连接设置 3×3 黑色丝线阵,在每根黑色丝线上系三条红色丝线,红色丝线长度为15cm。

[0053] 在本实施例中,净风场数值模拟采用双方程瞬态Realizable $k-\epsilon$ 湍流模型,根据数值模拟结果中的压力云图中压力分布、速度流图中气流流向、流速以及漩涡的形成,预测转向架区域可能的积雪部位;再与实际情况结合,判断转向架区域压力集中的轮对、电机、齿轮罩、制动钳夹等零部件的迎风侧和底部表面以及转向架设备舱端板处为积雪堆积严重区域。

[0054] 本实施例中,DPM模型在Fluent软件中进行仿真计算,速度压力耦合采用SIMPLEC格式,选取雪粒子密度为 $100\text{kg}/\text{m}^3$,雪粒子直径采用均匀分布为0.15mm,列车运行速度为200km/h,迭代时长设为2s,迭代2000次,时间步长为0.001s。

[0055] 在本实施例中,整个转向架区间的积雪结冰情况是介于全部捕捉和全部反射之间,具体计算域边界条件设置及部件条件设置如表1、2所示(具体模型参见图5):

[0056] 表1边界条件设置

[0057]

域边界	边界条件	参数设置
ABCD	速度入口	V_x =车速, 逃逸条件
BCGF,ADHE,ABFE	无滑移壁面	逃逸条件
EFGH	压力出口	逃逸条件
CGHD	滑移壁面	V_x =车速, 逃逸条件

[0058] 表2部件条件设置

[0059]

部件	边界条件	参数设置
车体, 轮对	无滑移壁面	反射条件
转向架, 电机, 端板, 制动钳夹	无滑移壁面	捕捉条件

[0060] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

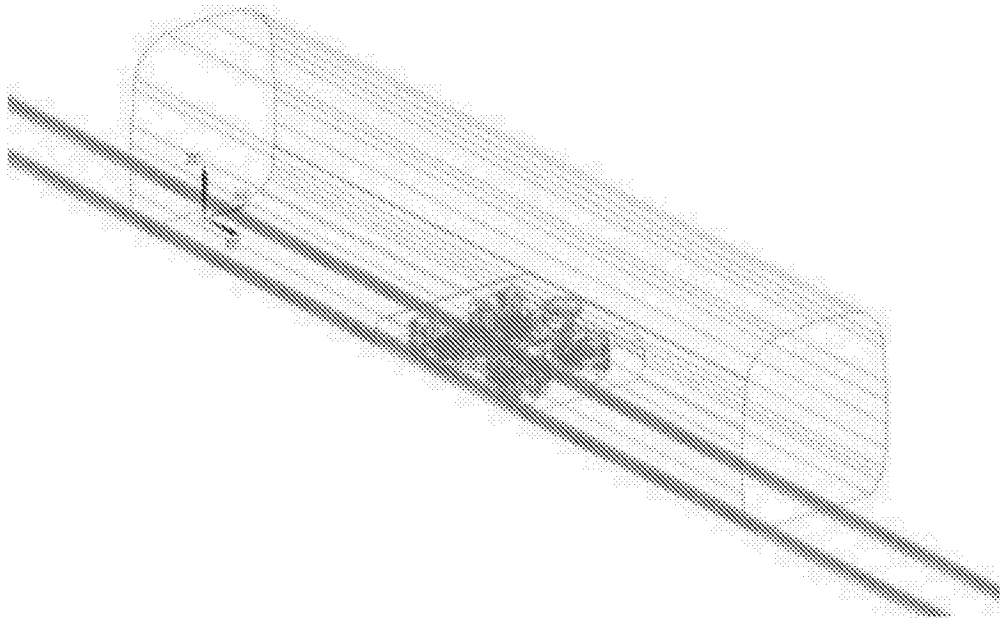


图1

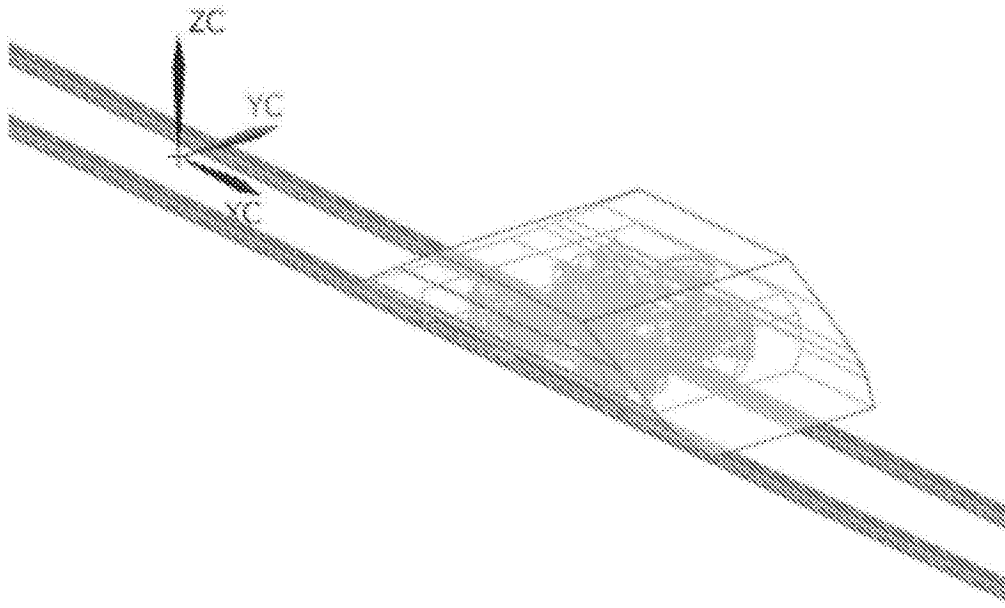


图2

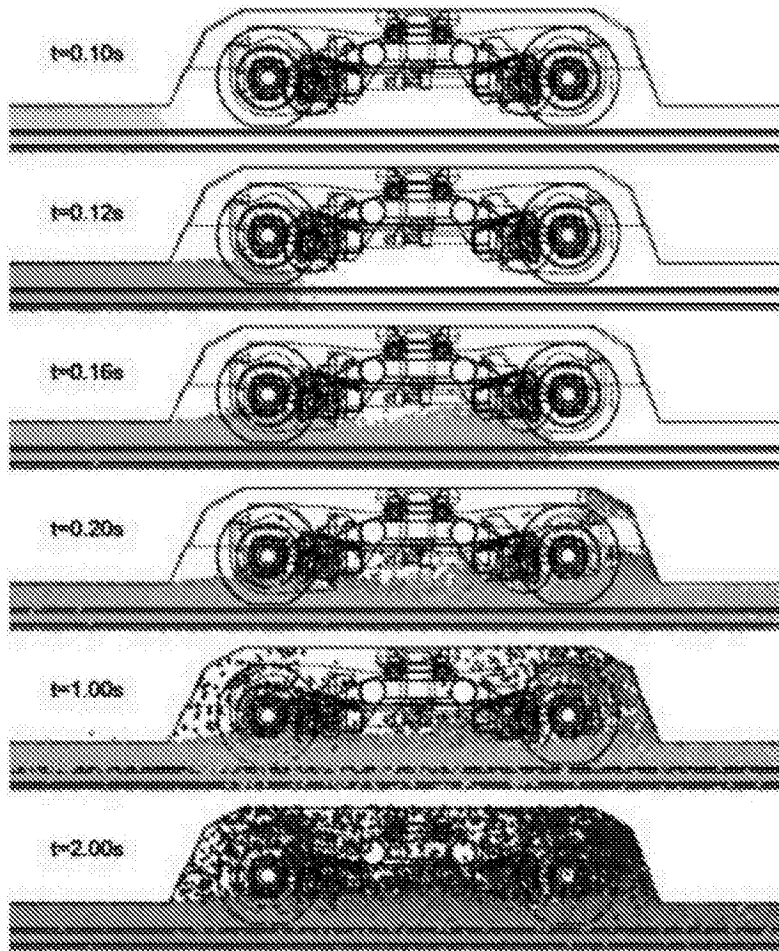


图3

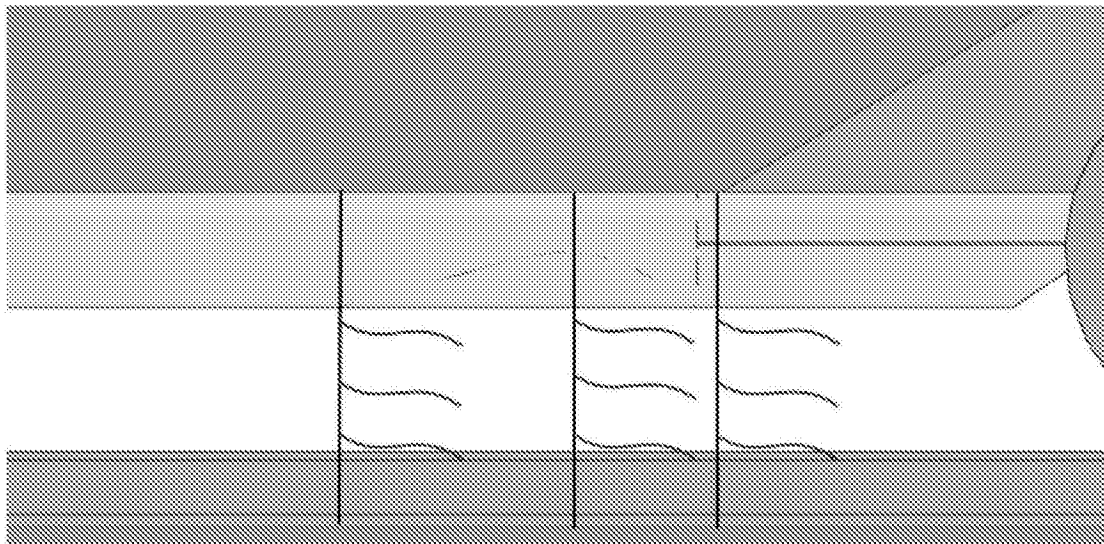


图4

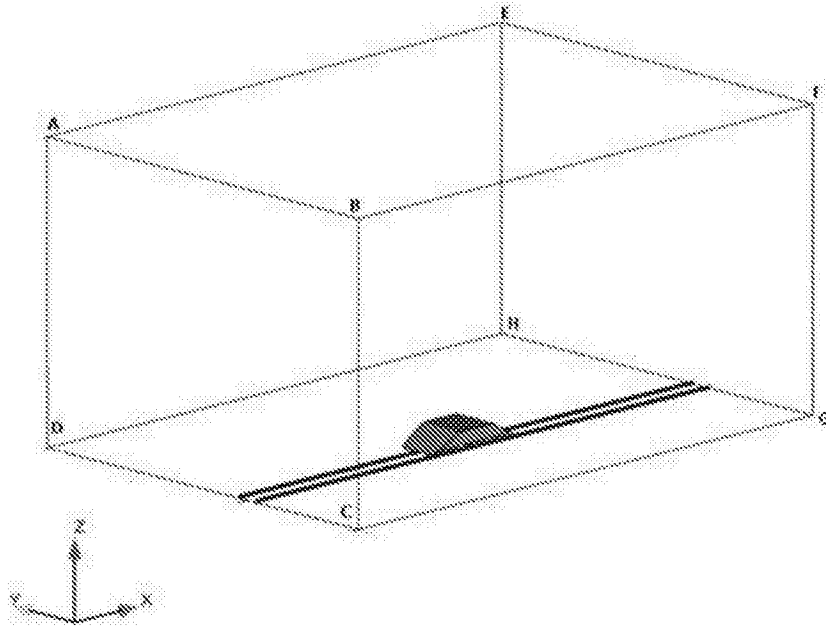


图5