



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105740524 B

(45)授权公告日 2019.01.25

(21)申请号 201610052876.X

(22)申请日 2016.01.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105740524 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(73)专利权人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 田申 申晓斌 林贵平

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

(56)对比文件

CN 104615812 A,2015.05.13,

Limin Wang, Lin Zhang, Guoping Lianb.

《A CFD Simulation of 3D Air Flow and

Temperature Variation in Refrigeration

Cabinet》.《Procedia Engineering》.2015,第1599-1611页.

李强等.《基于CFD模拟对比两款恒温箱性能优劣》.《机械工程与自动化》.2015,第37-38,41页.

审查员 陈欢

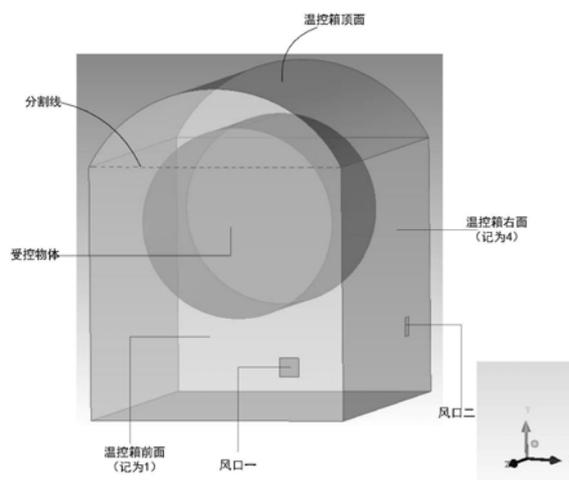
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种应用于温度控制箱热设计的网格自动生成方法

(57)摘要

本发明公开了一种应用于温度控制箱热设计的网格自动生成方法,满足了现行三类温控箱(长方形、拱形、长方形+梯形)、任意箱体尺寸、任意空调入风口出风口位置及尺寸、任意受控物体位置及尺寸、任意网格量及近壁Y+要求的较高质量网格自动生成。按三步骤分类录制网格生成脚本;构建XML文本数据框架;读取文本数据,判断具体使用哪套脚本组合;对数据进行处理,然后赋值给对应脚本上的对应位置,实现脚本数据改写;读取文本数据,由Y+要求及相关物性参数估算出不同近壁处第一层网格高度,在选择脚本的相应位置改写;调用并运行所选脚本组合。输入条件任意;网格生成一键式;并且适应了近壁处全结构化网格需求,边界捕捉准确可靠可控,能为计算流体力学提供较高质量的网格。



1. 一种应用于温度控制箱热设计的网格自动生成方法,其特征包括以下两大部分内容及步骤:

(1) 录制多套针对不同应用条件的网格绘制脚本,扩大通用范围并提高网格质量,其基本步骤为:步骤A:录制温控箱外形的几何绘制、划分各个面part的脚本;步骤B:录制包括入风口、出风口、交界面interior1、interior2几何绘制、定义part、流体域I和II结构网格划分的脚本;步骤C:录制包括内部受控物体几何绘制、定义part、流固耦合域III结构网格划分、节点合并、光滑处理smooth并生成最后的msh网格文件的脚本;

(2) 利用已生成的脚本,完成任意条件下温控箱网格的自动生成,其基本步骤为:步骤A:构建XML文本数据框架;步骤B:读取文本数据,判断具体使用哪套脚本组合;步骤C:对数据进行处理,然后赋值给对应脚本上的对应位置,实现脚本数据改写;步骤D:读取文本数据,由Y+要求及相关物性参数估算出不同近壁处第一层网格高度,并在所选择脚本的相应位置改写;步骤E:调用并运行所选脚本组合。

2. 根据权利要求1所述的一种应用于温度控制箱热设计的网格自动生成方法,其特征在于:输入条件是任意的、一般化的,可以实现现有温控箱的所有状态要求,包括形状、尺寸、位置;网格的生成过程是完全自动化的、一键式的,运行使用C语言编写的主控制程序可以实现对应网格文件的自动生成;以结构化网格为主,在近壁处实现了全结构化并且引入第一层网格高度估算,为计算流体力学提供较高质量的网格。

3. 根据权利要求1所述的一种应用于温度控制箱热设计的网格自动生成方法,其特征在于第一部分需根据不同类型温控箱、不同风口位置、不同受控物体形状及位置,分情况录制脚本:对于长方形温控箱,步骤A为1套脚本、步骤B为3套脚本、步骤C为2套脚本;对于拱形温控箱,步骤A为1套脚本、步骤B为7套脚本、步骤C为6套脚本;对于长方形+梯形温控箱,步骤A为1套脚本、步骤B为7套脚本、步骤C为6套脚本。

4. 根据权利要求1所述的一种应用于温度控制箱热设计的网格自动生成方法,其特征在于:第二部分,所述步骤A进一步包括数据框架,温控箱外形尺寸、受控物体外形尺寸、入风口尺寸、出风口尺寸、受控物体坐标位置、入风口坐标位置、出风口坐标位置、计算第一层网格高度所需相关物性参数。

5. 根据权利要求1所述的一种应用于温度控制箱热设计的网格自动生成方法,其特征在于:第二部分,所述步骤B进一步包括判断温控箱类型、两风口位置、受控物体类型、比较风口上下端与分割线位置关系、比较受控物体与分割线位置关系,由此确定需要采用的脚本组合,完成任意输入条件网格的自动生成。

一种应用于温度控制箱热设计的网格自动生成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种温度控制箱热设计快速仿真的前处理方法,其目的是根据受控物体的保温要求、满足温度控制箱热设计仿真需要,设计出一种适用于现行三类温控箱、任意箱体尺寸、任意空调入风口出风口位置及尺寸、任意受控物体位置及尺寸、任意网格量及近壁Y+要求的较高质量网格自动生成方法,应用于热设计CFD快速仿真,大幅提高计算效率并具有较高精度。具体涉及模型几何尺寸及位置的判断、结构化网格分块、节点合并、数据输入及脚本改写等问题。

背景技术

[0002] 在兵器、船舶、航空航天、电子设备、特种工业等领域,很多产品性质决定其在保管与运输中需对其温度的影响的给予充分考虑,因为温度过高或过低都会在不同程度上损伤甚至直接使产品丧失工效。因此,需要加装空调等调温设备对温度实现主动控制;然而对于温度控制箱的设计与使用所需的大量实验与流场分析费时费力,而且无法优化前期设计;而现行的CFD热流场虚拟试验又都局限于某一款或某一种使用条件。为此,需要开发出一套虚拟试验前处理的网格自动生成方法,以满足多状态仿真需要。

[0003] 在计算流体力学的有限体积方法中,结构化网格具有正交性与方向性等优点,不仅可以节省内存,捕捉近壁边界层特性,更可以提高计算精度与效率,得到更好的仿真结果;但当模型相对复杂尤其是需要划分网格的部分位置关系多样、形状不固定的时候,Block划分无法实现通用,目前都只能手工绘制网格;非结构网格具有灵活性的特点,可以处理复杂几何外形、填充网格区域、合并过渡节点,但在物理量快速变化区域比如近壁处,其仿真效果较差且仿真效率和精度都较低。综上,为较高质量通用网格自动生成,需要以结构化网格为主,尤其是快速变化区域;最大程度减少非结构网格数。

[0004] 目前网格自动生成通常是基于网格划分软件的脚本录制,但对于任意温度控制箱状态的网格划分,需要一个外围的程序调用,自动改写脚本参数,满足各种状态要求。

[0005] 综上所述,目前基于温度控制箱热设计的网格自动生成方法还没有形成一个通用的体系,需要解决包括结构判断、网格分块与合并、提高网格质量、网格自动生成通用性、数据输入及脚本改写等问题。

发明内容

[0006] 本发明技术问题:克服现有网格自动生成的技术难点,基于通用软件ICEM,提供一种面向温度控制箱热设计的较高质量网格自动生成的通用方法。

[0007] 本发明基于现行三种常用的集保管与运输作用的温度控制箱,尺寸任意;每款温控箱内部放置任意坐标位置的受控物体(简化为长方体与圆柱体两种模型;受控物体放倒放置(如圆柱体模型的圆面对着箱体前后面),垂直于前后面,尺寸任意);空调入风口与出风口布置在温控箱任意侧面(为流场分布均匀达到更好温控效果,实际情况两风口不布置在同一侧面;风口均为方形,长宽尺寸任意;经过后期的转换,可以将箱体前后侧面归为一

类,记为FB;将箱体左右侧面归为一类,记为LR);画出内部受控物体的固体网格域,流固耦合;不画出箱壁的固体网格域,编制wall边界,计算处理中加壁厚。

[0008] 本发明采用的技术方案由如下两大部分构成:

[0009] 1.为提供一种通用的网格自动生成方法以满足任意状态要求,录制多套针对不同应用条件的网格绘制脚本,扩大通用范围并提高网格质量。基本思路为:首先根据计算要求画出相应几何模型;将整个温控箱网格绘制区域划分为三大块:带有入口的部分流体域(记为I)、带有出口的部分流体域(记为II)、带有内部受控物体的流固耦合域(记为III);各大块内划分结构化网格,然后将各大块在交界面interior上进行非结构的节点合并;然后对交界面的非结构网格进行光滑处理(smooth)并生成最后的msh网格文件。其特征包括以下步骤:

[0010] 1.1长方形温控箱

[0011] 步骤A:录制长方体的几何绘制、划分各个面part的脚本1.1;

[0012] 步骤B:录制3套脚本1.2.1、1.2.2、1.2.3,每套脚本均包括:入风口、出风口、交界面interior1、interior2几何绘制;定义part;流体域I和II结构网格划分。(3套脚本对应两风口都在FB、都在LR,一个在FB一个在LR这三种情况);

[0013] 步骤C:录制2套脚本1.3.1、1.3.2,每套脚本包括:内部受控物体几何绘制;定义part;流固耦合域III结构网格划分;节点合并;光滑处理(smooth)并生成最后的msh网格文件。(2套脚本对应受控长方体、圆柱两种仿真简化模型)。

[0014] 1.2拱形温控箱

[0015] 拱形温控箱截面由下方长方形面与上方圆弧面构成。

[0016] 步骤A:录制拱形体的几何绘制(画出截面下方长方形面与上方圆弧面的分割线)、划分各个面part的脚本2.1;

[0017] 步骤B:录制7套脚本2.2.1.1、2.2.1.2、2.2.1.3;2.2.2;2.2.3.1、2.2.3.2、2.2.3.3,每套脚本均包括:入风口、出风口、交界面interior1、interior2几何绘制;定义part;流体域I和II结构网格划分(其中前三套脚本均对应风口都在FB的情况,只是当入风口位置不同(全在分割线以下、跨过、全在分割线以上三种情况)导致网格划分有区别,需录制三套脚本;出风口实际情况只会布置在下方;中间一套脚本对应风口都在LR的情况,一套脚本即可;最后三套脚本均对应风口一个在FB一个在LR这种情况,因为入风口位置不同也需要录制三套脚本)。

[0018] 步骤C:录制6套脚本2.3.1.1、2.3.1.2、2.3.1.3;2.3.2.1、2.3.2.2、2.3.2.3,每套脚本包括:内部受控物体几何绘制;定义part;流固耦合域III结构网格划分;节点合并;光滑处理(smooth)并生成最后的msh网格文件(其中前三套脚本都对受控物体长方体模型,只是受控物体位置不同(全在分割线以下、跨过、全在分割线以上三种情况)导致网格划分有区别,需录制三套脚本;后三套脚本都对受控物体圆柱体模型,因受控物体位置不同也需要录制三套脚本(这个判断相对位置的依据与长方体略有不同,是按照受控物体圆形截面的内接正方形与割线的相对位置判断的))。

[0019] 1.3长方形+梯形温控箱

[0020] 常见的长方形+梯形温控箱截面由下方长方形面与上方倒梯形面构成。

[0021] 步骤A:录制(长方形+倒梯形)体的几何绘制(画出截面下方长方形面与上方倒梯

形面的分割线)、划分各个面part的脚本3.1;

[0022] 步骤B:录制7套脚本3.2.1.1、3.2.1.2、3.2.1.3;3.2.2;3.2.3.1、3.2.3.2、3.2.3.3,每套脚本均包括:入风口、出风口、交界面interior1、interior2几何绘制;定义part;流体域I和II结构网格划分(依据同拱形温控箱);

[0023] 步骤C:录制6套脚本3.3.1.1、3.3.1.2、3.3.1.3;3.3.2.1、3.3.2.2、3.3.2.3,每套脚本包括:内部受控物体几何绘制;定义part;流固耦合域III结构网格划分;节点合并;光顺处理(smooth)并生成最后的msh网格文件(依据同拱形温控箱)。

[0024] 注:以上所示步骤A、B、C每一级步骤均需在上一步的脚本运行之后或者相关图形、网格文件生成之后录制才有效。

[0025] 2.为实现网格自动生成,满足任意仿真条件的网格绘制,需使用外部主控制程序进行数据输入/修改、选择适合脚本并自动修改该脚本、自动调用并运行已改好的脚本。基本思路为:使用可扩展标记语言(XML)实现数据输入与修改,文本化数据结构;使用C语言实现主程序控制,实现控制功能(根据文本数据判断、选择并改写合适脚本;调用脚本;运行脚本)。其特征包括以下步骤:

[0026] 步骤A:构建XML文本数据框架。框架父级包括:温控箱外形尺寸、受控物体外形尺寸、入风口尺寸、出风口尺寸、受控物体坐标位置、入风口坐标位置、出风口坐标位置、计算第一层网格高度所需相关物性参数。其中,温控箱外形尺寸的子集包括:类型(3款,分别记为1、2、3)、长度、宽度、高度、下方长方形高度(类型1不必输入)、顶部宽度(类型1、2不必输入);受控物体外形尺寸的子集包括:类型(长方体记为1,圆柱体记为2)、长度、宽度(类型2不必输入)、高度(类型2不必输入)、直径(类型1不必输入);入风口尺寸的子集包括:宽度、高度;出风口尺寸的子集包括:宽度、高度;受控物体坐标位置的子集包括:与左面距离(即x坐标,若受控物体为圆柱体,此距离指代最大圆外形与面的距离,下同)、与底面距离(即y坐标)、与后面距离(即z坐标);入风口坐标位置的子集包括:类型(表示所在侧面,前面记为1,左面记为2,后面记为3,右面记为4,按顺时针方向)、与左面距离(即x坐标)、与底面距离(即y坐标)、与后面距离(即z坐标);出风口坐标位置的子集包括:类型(表示所在侧面,1,2,3,4所表示侧面含义与入风口同)、与左面距离(即x坐标)、与底面距离(即y坐标)、与后面距离(即z坐标);计算第一层网格高度所需相关物性参数的子集包括:内部空气比热、运动粘度、导热系数、密度、风速,即可应用Y+计算公式反推、估算出符合要求Y+的第一层网格高度;

[0027] 注:对于入风口与出风口出现一个在FB面一个在LR面的情况,一律将FB定在温控箱前面(1)上,将LR定在温控箱右面(4)上;对于受控物体的坐标位置,是先根据风口的布置方式再由实际所需与两风口的距离来确定的。

[0028] 步骤B:读取文本数据,由温控箱类型、风口位置类型及与分割线相对位置、受控物体类型及与分割线相对位置等信息判断具体使用哪套脚本组合;

[0029] 步骤C:对数据进行处理,然后赋值给对应脚本上的对应位置,实现脚本数据改写;

[0030] 步骤D:读取文本数据,由Y+要求及相关物性参数估算出不同近壁处第一层网格高度,在选择脚本的相应位置改写;

[0031] 步骤E:调用并运行所选脚本组合。

[0032] 综上所述,由于采用了上述技术方案,本发明的优点有:

[0033] 本发明的输入条件是任意的、一般化的,可以实现现有温控箱的所有状态要求,包

括形状、尺寸、位置；

[0034] 本发明网格的生成过程是完全自动化的、一键式的，只需要运行主控制程序(C编写)便可以实现对应网格文件的自动生成，这是此前没有实现过的；

[0035] 本发明自动生成的网格以结构化网格为主，在物理量陡变区域(近壁处，包括箱壁与受控物体壁)实现了全结构化并且引入第一层网格高度估算，边界捕捉准确可靠可控，能为计算流体力学提供较高质量的网格。

附图说明

[0036] 图1是本发明三款温控箱的截面图

[0037] 图2是拱形温控箱的一个实例(包含受控物体放置、两风口布置)

[0038] 图3是拱形温控箱两风口都在FB时的交界面分割实例

[0039] 图4是拱形温控箱两风口都在LR时的交界面分割实例

[0040] 图5是拱形温控箱两风口一个在FB一个在LR时的交界面分割实例

[0041] 图6是拱形温控箱箱体轮廓Block划分实例

[0042] 图7是拱形温控箱受控物体位置跨过分割线时Block划分实例

[0043] 图8是拱形温控箱两风口均在FB时的节点合并实例

[0044] 图9是选取脚本组合的判断流程示意图

[0045] 图10是本发明主程序控制的网格自动生成流程示意图

具体实施方式

[0046] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚，以下结合附图及方案实例，对本发明做进一步说明。应当理解，此处所描述的具体实例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0047] 首先，为了具体说明温度控制箱的模型特征，给出三款温控箱的截面图，在长度方向上认为同截面，如图1所示(其中拱形温控箱规定上部圆弧的圆心不高于下部长方形的高度)；以拱形温控箱为例给出一种包括所有几何部分的实例，用来说明受控物体放置、两风口布置的方式，附标准坐标，如图2所示(示例为两风口一个在FB一个在LR、受控物体为圆柱体模型的情况)。

[0048] 然后，需要依照步骤录制各类脚本。由于三款温控箱的脚本录制具有相通性，以最为复杂的拱形温控箱为例具体说明实施方式。参照拱形温控箱脚本录制步骤A、B、C：

[0049] 步骤A只需录制一套脚本，说明略。

[0050] 步骤B分三类脚本。类型1：两风口都在FB。此时，需分别在受控物体与两个FB面(即前后两个面)之间绘制两个interior交界面(交界面位置任意，只需在受控物体和FB面的之间适当位置即可，可由程序对文本数据进行判断后自动调整，如先计算某FB面与受控物体的距离，再以该距离的0.3(<1即可)作为设置交界面的位置)，如图3所示。类型2：两风口都在LR。此时，由于风口所在侧面只是下部长方形部分，两个interior交界面也需要由两部分构成，一部分为与上部圆弧面的交界面、一部分为与旁边长方形的交界面(交界面位置选取原则与类型1同)，如图4所示。类型3：两风口一个在FB一个在LR。此时，首先截取LR风口对应的交界面，然后在分割完的基础上截取FB风口对应的交界面(由于之后进行节点合并时先

截取的交界面作为大交界面,是后合并的,因此LR对应交界面设置为interior1,FB对应的设为interior1),如图5所示。

[0051] 由于拱形截面分为上部圆弧面与下部长方形面,并且因为不同情况线段长度都是不确定的,这就为通用网格划分带来困难。为解决圆弧面的结构化网格与近壁Y+的通用控制问题,本发明针对风口在FB面的流体域结构化网格划分采用如下方法:将流体域用分割线化为上下两个Block;将上部edge与圆弧线关联;在圆弧的0.3与0.7两处取点;将上部的vertex与所取点关联;选定FB与interior的Face,只在拱形截面二维方向上生成内部0-Block;移动vertex使分割线对应的edge与分割线重合。这样便解决了圆弧面的结构化、箱壁Y+控制的问题。如图6所示。当风口布置在FB面时,由于风口与分割线相对位置有别,导致Block划分不同。因此,在步骤B的类型1与类型3中就要分别录制3套脚本(实际情况只有入风口存在3种相对位置不同的情况)。

[0052] 步骤C分两类脚本。类型1:受控物体为长方体模型。首先,按照拱形截面的网格划分原则划分温控箱轮廓Block。然后,依据受控物体与分割线相对位置关系分三种情况录制脚本,其中,当受控物体位置跨过分割线时较为特殊,此时考虑只沿受控物体下部划分,上部不必划分,而利用vertex的关联使割线变形实现上部Block划分的作用,如图7所示。为实现网格尤其是受控物体近壁处的Y+通用控制,将受控物体整体Block设置为Solid的Part,并将其整体划分外部0-Block。类型2:受控物体为圆柱体模型。其脚本录制过程与特征和类型1基本一致,需要说明的不同有两处,其一是判断受控物体与分割线相对位置关系的依据是受控物体圆面的内接正方形,其二是要在类型1的最后加一套操作:在选取受控物体前后圆面、圆面对应温控箱前后部分面的Face,做内部0-Block;然后将调整vertex使内外0-Block的外延线在同一平面;最后link外0-Block的edge与圆面轮廓线,保证受控物体近壁处网格生成质量。

[0053] 为使整体网格数可控,可根据实际需要设定全局网格最大尺寸,应用到edge的节点数;为使近壁处Y+可控、保证计算精度,在0-Block的外延edge上按照计算的第一层网格高度给定节点。生成流体域I、流体域II、流固耦合域III网格后,将三套网格合并(merge),然后按照指定顺序在交界面interior处进行节点合并,最后光滑(smooth)整体网格即可。如图8所示为以两风口均在FB为例进行节点合并后的情况。

[0054] 如果温控箱为长方形,只需将其视为仅有拱形下部的情况,脚本最为简单;若温控箱为长方形+梯形,只需将最上部的两端点看做拱形圆弧的0.3与0.7处点(图6)即可,其余可参照拱形温控箱的脚本生成方法。

[0055] 脚本录制结束后,即需要利用主程序控制完成网格自动生成功能,主程序的编写流程为:1.创建XML文本数据框架。2.读取文本数据,判断具体使用哪套脚本组合。具体方法为:例如,判断温控箱类型为2、两风口位置类型为1和3、受控物体类型为2、通过比较风口上下端与分割线位置关系判断风口为跨过分割线的情况、通过比较受控物体内接正方形与分割线位置关系判断为跨过分割线的情况,这样此时的脚本组合即为2.1+2.2.1.2+2.3.2.2(即如果判断要使用的某类脚本有几套,就需要根据规则进一步判断,否则可直接选定)。如图9所示给出了选取脚本组合的判断流程。3.对数据进行处理,然后赋值给对应脚本上的对应位置,通过风口类型的读取改写入风口与出风口的part名称。4.改写不同edge的节点分布。由要求的网格规模估算出全局网格最大尺寸,改写相应位置;由Y+要求及相关物性参数

估算出不同近壁处第一层网格高度,在相应位置改写节点分布。5.调用并运行所选脚本组合。图10为本发明主程序控制的网格自动生成流程图。

[0056] 以上所述仅为本发明的几种实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所做的任何修改、等同替换和改进等均应包含在本发明的保护范围之内。

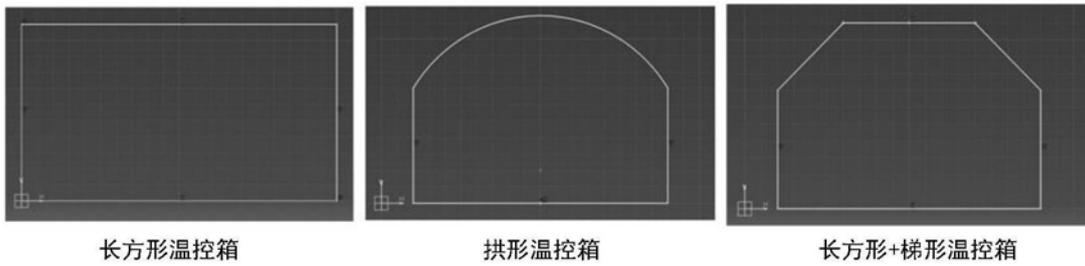


图1

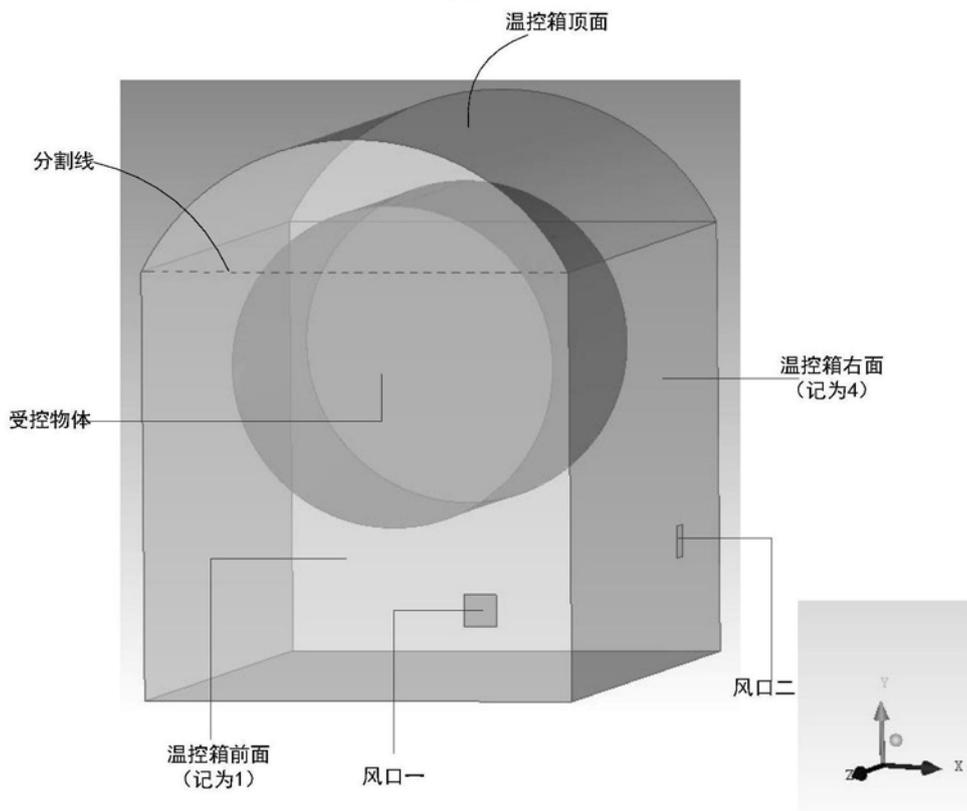


图2

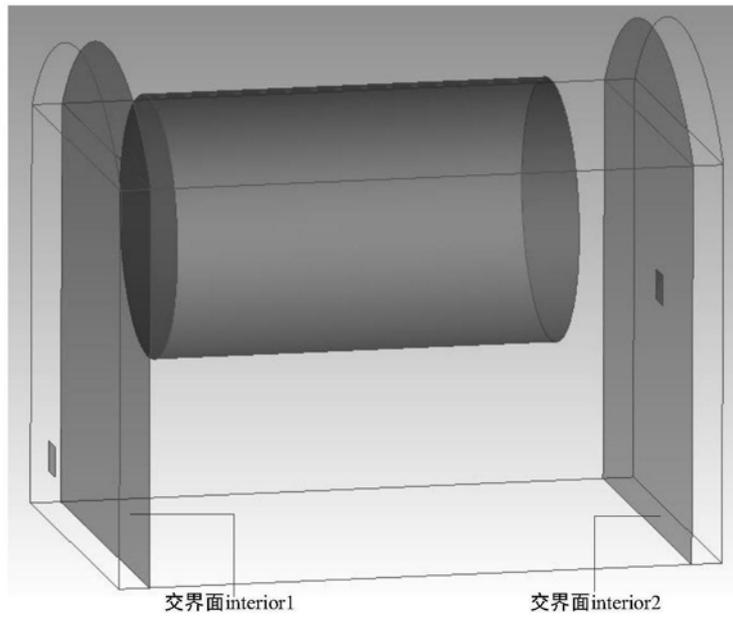


图3

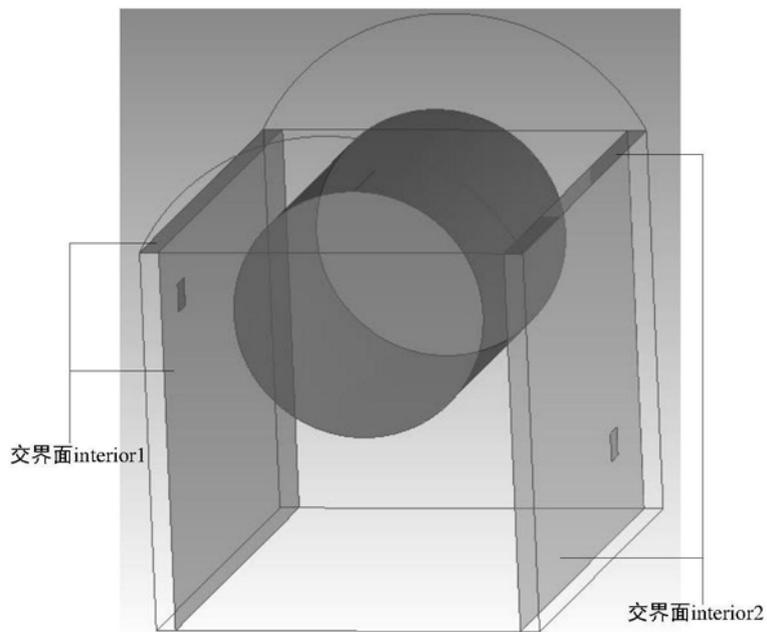


图4

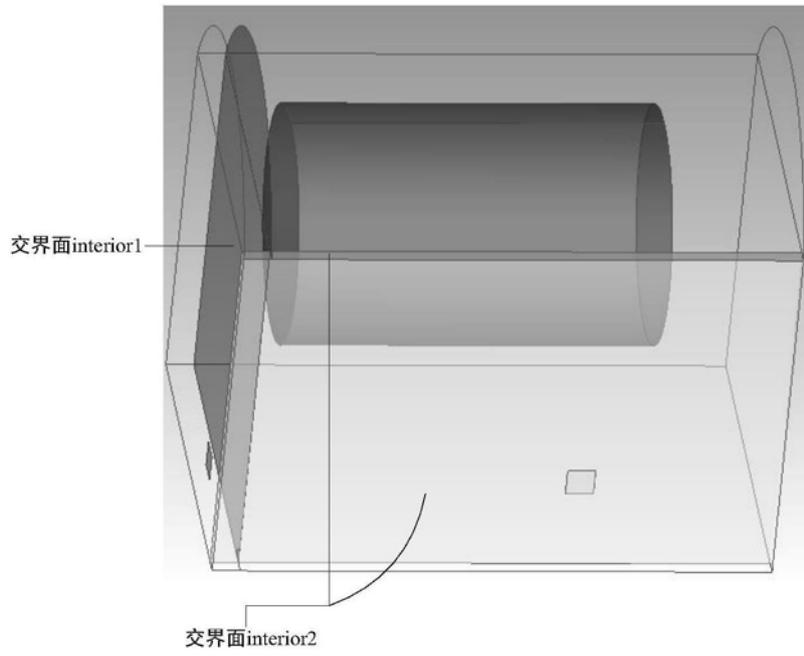


图5

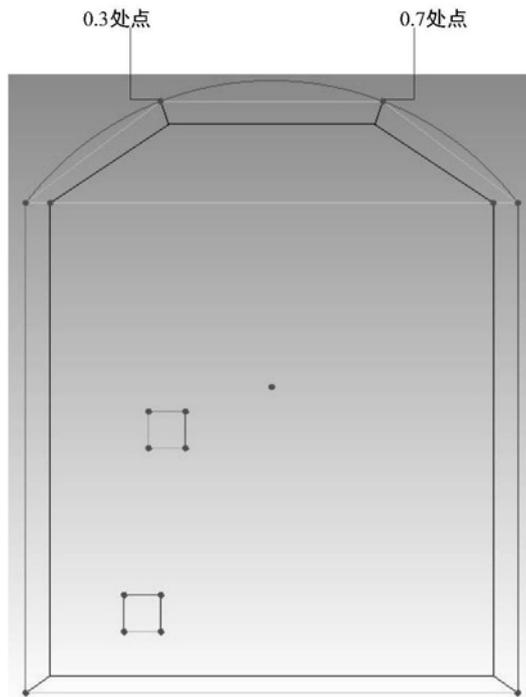


图6

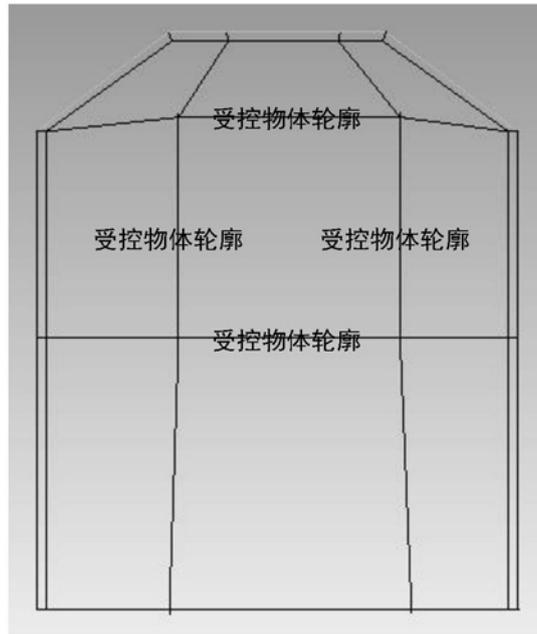


图7

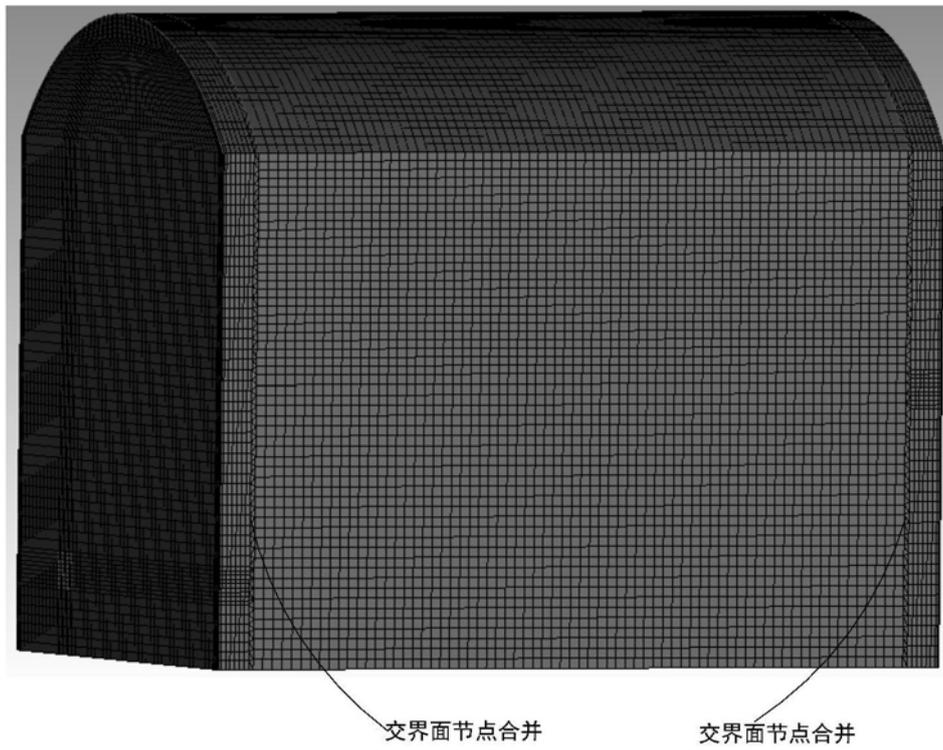


图8

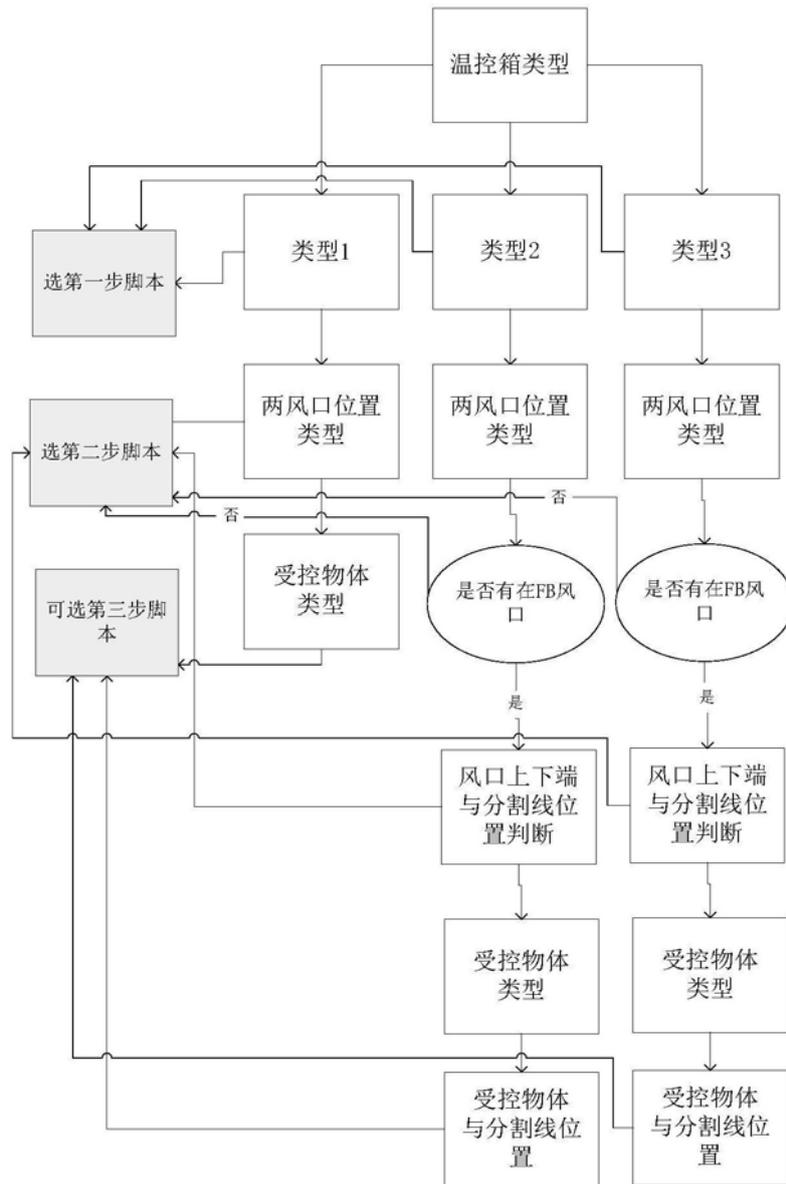


图9

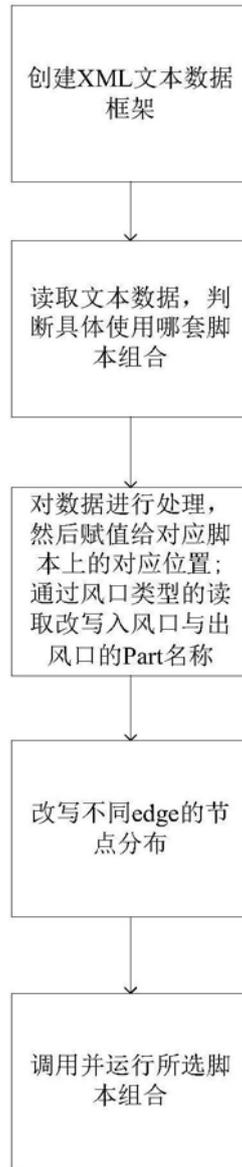


图10