(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 114270029 B
(45)授权公告日 2024.12.20

(21)申请号 201980097101.6
(22)申请日 2019.08.20
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114270029 A
(43)申请公布日 2022.04.01
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.12.02
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/PE2019/050001 2019.08.20
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/034203 ES 2021.02.25
(73)专利权人 阿尔弗雷多·劳尔·卡列·马德里
地址 秘鲁,利马
(72)发明人 阿尔弗雷多·劳尔·卡列·马德里
(74)专利代理机构 北京瀚仁知识产权代理事务所(普通合伙) 11482
专利代理师 宋宝库 江宇
(51)Int.Cl.
F03D 1/04(2006.01)
(56)对比文件
US 2009146435 A1,2009.06.11
审查员 谢芳

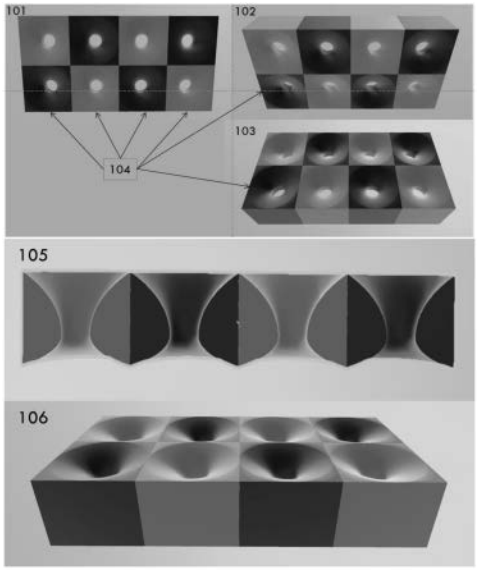
权利要求书2页 说明书14页 附图5页

(54)发明名称

风墙

(57)摘要

风墙是由一个或多个风单元组成的实体结构,风单元以有序和对称的方式彼此相邻布置,使得它们整体构成了风单元的连续结构,该连续结构是能够通过自身保持的,并且沿着三个物理维度是模块化的,其中每个风单元具有入口和出口,其中从入口到出口的内表面具有旋转的外弧面(上表面)叶片轮廓的形状,并且其中入口和出口具有相等或基本相等的尺寸。风单元是风墙的组成部分,是一种空气动力学结构,专门设计成增加临界空间内的风速,从而增加风力涡轮机转子可使用的风能。风速的增加是通过有意创建具有高压差的环境以及同时创建专门用于保持层流风和减轻湍流的环境来实现的。风墙本身是新一代风力系统,它不仅基于风力涡轮机的空气动力学效率,而且基于风力涡轮机周围的结构和环境的空气动力学效率。从这个意义上说,给定自然界中相同的可用风资源,基于风墙应用的新一代风力系统将能够提高风速,从而增加潜在的功率密度,由此普遍提高发电能力。



CN 114270029 B

1.一种风墙,其特征在于包括风单元(104),其中所述风单元彼此相邻地布置,整体构成一个连续结构;其中所述风单元是模块化的,每个风单元具有相同且对称的配置,或者每个风单元彼此不同且相互独立,使得所述风墙具有完全可配置的尺寸;

其中,每个风单元具有单独的结构,通过自身起作用,其中风在其从布置在所述风单元的一侧的入风口(406)到布置在所述风单元的相反侧的出风口(407)的路径中穿过所述风单元;

其中,所述入风口(406)和所述出风口(407)是连通的并且具有完全相同的尺寸;

其中,每个风单元包括在其内部的内部空气动力学室(501),所述内部空气动力学室(501)呈旋转的外弧面的叶片轮廓的形状;

其中,每个风单元包括由所述风单元的外壁形成的相邻外部部分(404);

其中,每个风单元保持镜面对称平面或双边对称平面,所述对称平面沿所述风单元位于所述入风口(406)和所述出风口(407)之间,将所述风单元分成两半,使得从任何一点及其图像到所述对称平面的垂直距离都是相同的;

其中,每个风单元保持对称平面或轴向平面的轴线,所述轴线将所述镜面对称平面分成两个部分,所述两个部分的对称点与所述轴线等距;

其中,所述内部空气动力学室(501)的旋转的外弧面的叶片轮廓由双双曲面轮廓的形状构成,其中所述双双曲面轮廓包括面向风向的入口双曲面(506)和不面向风向的出口双曲面(507);其中所述入口双曲面(506)与所述入风口(406)相邻且所述入风口(406)与所述入口双曲面(506)的轴垂直地布置,所述出口双曲面(507)与所述出风口(407)相邻且所述出风口(407)与所述出口双曲面(507)的轴垂直地布置;

其中,同一风单元的所述入口双曲面(506)和所述出口双曲面(507)的几何形状彼此不同,其中所述入口双曲面(506)的大小或内部体积小于所述出口双曲面(507)的大小或内部体积;

从平行地穿过邻接的两个风单元的轴对称轴线的横截面观察,所述两个风单元之间的连接处包括完整的叶片轮廓的形状,并且所述两个风单元布置成共享同一个弦;其中所述弦被所述两个风单元的所述相邻外部部分(404)包含;以及

其中,所述入口双曲面(506)和所述出口双曲面(507)是不完整的单叶双曲面、在原点处由相同的圆连接,使得两个几何图形之间的连接是连续的,即,所述入口双曲面(506)和所述出口双曲面(507)共同形成具有连续的轴向旋转对称性的几何图形。

2.根据权利要求1所述的风墙,其中,所述相邻外部部分(404)和所述风单元共享相同的镜面对称平面以及平面对称轴线或轴对称轴线;

其中,垂直于所述风单元的轴向轴线的横截面示出了沿其整个对称轴线具有相同几何图形的相邻外部部分(404);

其中,所述几何图形对应于所述相邻外部部分(404)的圆柱形底部,并且所述几何图形能够是多边形形状、圆锥截面形状、波浪形或泪珠形。

3.根据权利要求1所述的风墙,其中,所述内部空气动力学室(501)和所述风单元共享相同的镜面对称平面以及平面对称轴线或轴对称轴线。

4.根据权利要求3所述的风墙,其中,所述内部空气动力学室(501)包括沿与风向相同的方向设置的压力产生空间(503)、临界空间(504)、所述风单元的颈部(405)、以及湍流抑

制空间(505)；

其中,所述压力产生空间(503)位于所述入风口(406)的区域与所述临界空间(504)之间,所述压力产生空间(503)是承受最大拖曳力且呈现最高水平的压力的空间；

其中,所述临界空间(504)位于所述压力产生空间(503)与所述湍流抑制空间(505)之间,所述临界空间(504)是压力水平最低、风速记录最高的空间,并且所述风单元的颈部(405)位于所述临界空间(504)中;此外,所述临界空间(504)是适合设置风力涡轮机的转子的区域；

其中,所述湍流抑制空间(505)位于所述临界空间(504)与所述出风口(407)的区域之间,所述湍流抑制空间(505)是风压和风速开始关于周围环境归一化的空间。

5.根据权利要求1所述的风墙,其中,所述外弧面叶片轮廓包括:与所述入风口(406)相邻且垂直地布置的前缘;以及与所述出风口(407)相邻且垂直地布置的后缘；

其中,所述风单元的颈部(405)具有圆形几何形状或除圆形以外的任何其他几何形状,只要所述形状的几何角度是圆滑的并且所述内部空气动力学室(501)的轴对称轴线能够转换为平面对称轴线即可；

其中,所述风单元的所述出风口(407)和所述入风口(406)具有以下任意一种形状:(i)圆形;(ii)不同于圆形时的所述风单元的颈部(405)的相同几何图形;或(iii)所述相邻外部部分(404)的圆柱形底部的相同几何图形,其几何角度是圆滑的。

6.根据权利要求1所述的风墙,其中,所述相邻外部部分(404)与所述内部空气动力学室(501)的空气动力学轮廓之间的距离在所述风单元的整个跨度上是可变的,其中最大距离位于所述风单元的颈部(405)的高度处。

风墙

技术领域

[0001] 本发明对应的技术领域属于风能,其主要属性与风的动能转换为机械能以供后续使用并转换为电能的过程的增加和改进有关。

[0002] 从现在起将本发明称为“风墙”,其本身指的是一种新的风力系统,显示出比传统风力系统(风电场)高得多的生产效率,以利用自然界中可用的动能风能。从这个意义上说,风墙的应用在提高性能、效率、功率以及因此在由风能发电的能力方面具有巨大的潜力。

背景技术

[0003] 风力系统的基础

[0004] A)风的动能:风是运动中的一团空气,它在水平方向上有规律地从高压区流向一个低压区。运动中的每个质量要素都有一定量的动能(Ec),该动能与风的速度(V)的平方和质量(m)分别成正比。

[0005] $Ec=1/2.m.(V)^2$。

[0006] B)风力:风力不仅通过风中存在的动能来衡量,而且还通过面向风的运动的物体或元件的投影的空气动力学面积并相应地减去动能来衡量。控制风力的方程如下:

[0007] F=(动态压力).(投影面积).(空气动力学系数);

[0008] $F=1/2.p.(V^2).A.Cd$;

[0009] 其中:

[0010] F=风力;

[0011] p=空气密度;

[0012] V=风速;

[0013] A=迎风的物体的参考面积或投影面积;

[0014] Cd=空气动力学阻力系数(阻力);

[0015] 风力在物理上表示为千克米/平方秒,或牛顿。

[0016] C)从风中可提取的最大功率:单位时间内通过参考面(A)的动能是功率(P)。考虑到风是具有动能的流体,如果将元件插置在风中,风经过它之后的速度V2将比原来的V1低(动能减少)。流速的变化意味着在被插置元件上已经存在力,或者换言之,能量已经通过被插置元件从系统中吸取。

[0017] 考虑穿过圆柱体的风流,置于所述流的运动中的变量由垂直于入射风的方向定位的转子或螺旋桨盘组成,其中入射风的速度为V1。穿过圆柱体的空气经过转子,赋予其一部分动能,其中空气的速度降低到V2,并在圆柱体两侧建立相应的压差。

[0018] 从风中可提取的最大功率表达如下,其物理表达式以牛顿米每秒或瓦特表示:

[0019] $P=1/2.p.A.(V^3)$;

[0020] 其中:

[0021] P=从风中可提取的最大功率;

[0022] p=空气密度;

[0023] V＝风速；

[0024] A＝迎风物体的投影面积。

[0025] 因此，每平方米或投影面积(A)的最大可提取功率(P)表达如下：

[0026] $P/A=1/2.p.(V^3)$。

[0027] 传统风力系统：

[0028] 目前，传统的风力系统由一组开放式风力涡轮机组成，这些风力涡轮机分布在具有适当风力条件的场地上并彼此分开，以采集风能(风电场)。传统的风力涡轮机设计成利用自然界中存在的风的动能，将所述动能转换为电能，这是通过由气动螺旋桨、转子、低速和高速轴、旋转倍增器、液压和机械制动器、发电机、电压互感器、冷却装置、电子传感器和控制器、导风系统、速度调节系统和功率调节系统以及其他技术要素组成的复杂工程实现的。

[0029] A)风力系统的能量转换：在传统的风力系统中，捕获元件由转子组成，该转子将风的动能转换为机械能，机械能然后传输到发电机，转换为电能。转子(或螺旋桨)的主要元件是叶片。

[0030] 风力系统的设计是一项复杂的任务，需要整合不同学科的知识，以将风的动能转换为空气动力学推力和随后的旋转力矩，并使剩余的空气能尽可能地少。除了空气动力学之外，还必须考虑与效率、有效性、性能、噪音、振动、使用寿命等相关的结构方面(静态和动态方面)。大致地，必须知道转子可以产生多少功率、启动速度、最大允许速度、风向定向系统、速度和功率调节系统等。

[0031] B)风力系统的使用水平和风的有效可提取功率：物理定律决定了不能够使用风的大部分动能。最大可提取风力由贝茨(Betz)极限限定，其表明风力涡轮机最多可以将撞击它的风的59.26％的动能转换为机械能。

[0032] 由风力系统的转子捕获的风能称为被利用风能。转换效率被描述为转换系数(Cc)，其定义为被利用风能与可用动能之间的比率。也就是说，风的仅一部分动能被转换成电力。

[0033] 影响转换系数的变量不仅限于贝茨极限，还包括空气动力学损失、风的威布尔(Weibull)分布、机械转换损失、发电机损失、运行参数等。尽管如此，所获得的进步——其与风的动能的利用和限制风力系统本身的损失有关——产生了大约40％的现有技术可用动能。

[0034] 这样，风的有效可提取功率或风力系统的有效功率(PE)是与风的最大可提取功率相关的函数的一部分，等于转换系数；该函数是风的有效功率的公式，如下：

[0035] $PE=1/2.p.A.(V^3).Cc$；

[0036] 其中：

[0037] PE＝风的有效可提取功率或风力系统的有效功率；

[0038] p＝空气密度；

[0039] V＝风速；

[0040] A＝迎风物体的投影面积；

[0041] Cc＝转换系数。

[0042] C)风力系统的技术问题

[0043] • 速度调节系统:目前的大部分风力涡轮机都具有恒定的速度:尽管风速发生变化,但风力涡轮机的转子的旋转速度必须保持几乎恒定。此外,设备必须限制功率并在强风情况下保护风力涡轮机免于用力过度。这些功能由速度调节系统承担。

[0044] 传统的风力系统有一个可操纵的速度调节系统,通过该系统,桨距角不断变化;大多数系统都考虑在较宽的风力范围内使用固定叶片。这些方法有诸多优点:它们有助于启动转子,它们将叶片的攻角定位到最佳工作点,它们控制匝数以使发电机不会过载,它们保护整个系统防止因高风速而损坏。

[0045] • 功率调节:从功率角度来看,有两个部分:一个部分是发电机在其匝数处于同步速度时接入电网,这种情况发生在没有过大的扭矩并且产生的功率恒定时;另一个部分是转子速度控制,其避免发电机过载和风力系统损坏的发生。

[0046] 扩风装置(扩散器)与风力放大器的区别:

[0047] 扩散器是入风口小于出风口的物理元件。在压力方面,扩散器的特点是在其结构周围产生高压区,在出风口处产生低压区。在流体动力学方面,扩散器创造了一个低压环境,其吸入空气,从而通过其结构提高风速。在湍流方面,扩散器产生与其产生的低压环境相当的高度湍流环境。

[0048] • 另一方面,放大器是入风口大于出风口的物理元件。在压力方面,放大器的特点是在风的入口处产生高压区,在风的出口处产生低压区,尤其是在放大器的结构周围。在流体动力学方面,放大器产生推动空气的环境,从而通过其结构提高风速。在湍流方面,放大器(与扩散器一样)产生与其产生的低压环境相当的高度湍流环境。

[0049] 对于本发明的风墙的每个风单元的情况,不能将其限定在扩散器或放大器的范畴内,因为它的前提是入风口和出风口的尺寸都相等。另一个显著差异是本发明的风单元的构造在其自身结构内产生非常低压的环境,并且此外具有非常低的湍流。

[0050] 非常规风力系统的背景:

[0051] 出于发展这一概念的目的,我们将重点讨论与关于风力放大系统的非常规风力系统相关的现有技术的那些先例。

[0052] US2012/0261925A1:“风力涡轮机系统和使用防护罩的风力涡轮机系统”。它是一种风力系统,使用具有圆柱体的扩散器,该扩散器具有围绕风力涡轮机转子的圆形形状。扩散器的作用是在气流出口处产生静态压力下降,这将产生风速增加。在性能方面,该发明预计在最靠近圆形扩散器的圆柱体的壁的部分中将能够将风速增加大约30%-35%。该发明没有公开与遍及风力涡轮机的整个投影区域获得的风能的放大有关的结果。

[0053] US2010/0187828A1:“使用风能的设备、系统、方法和改进”。它是这样的系统:通过结合(放置在风电场内的特定位置的)次级风力涡轮机,使用围绕每个次级风力涡轮机的文丘里风洞产生额外的电能,从而对风电场进行改进。以非常特殊的几何形状(五次多项式曲线)建造的文丘里风洞的作用会增加(水平的或萨伏尼厄斯(Savonius)型的)次级风力涡轮机上的风速。就产量而言,该发明预计通过将次级风力涡轮机放置在初级风力涡轮机的后面但处于较低的高度,将能够增加新的或现有风电场的装机容量。该发明没有公开与由文丘里风洞的特定几何线产生的速度或压差增加有关的结果,也没有公开与初级风力涡轮机产生的尾迹和湍流对次级风力涡轮机的影响有关的结果。

[0054] WO2010/005289A2:“具有扩散器的风力涡轮机”。它是这样一种风力涡轮机:其由

水平轴风力转子组成,转子被具有特殊特性的扩散器包围,扩散器的功能是提高风力涡轮机的性能并降低转子运行引起的噪音。扩散器的出(风)口直径必须比入(风)口直径大8%。可选地,扩散器集成到位于叶片尖端高度处的降噪装置中。在性能方面,相比于其他现有扩散器,该发明预计扩散器的特定构型设法更好地减少了噪声污染。此外,该发明预计在成本和生产效率方面的最大优势是通过较小尺寸(直径小于15米)的扩散器实现的,因此该发明将适用于装机容量小于100千瓦(优选是5千瓦)的风力涡轮机。该先例没有公开与由扩散器的几何线产生的速度或压差增加有关的结果。

[0055] US2013/0266446A1:“带混合元件的环形轮廓”。它是一种由环形扩散器包绕的风力涡轮机,该扩散器沿其结构散布着开口,目的是配置空气流的混合体:与扩散器的外部部分相邻的空气流然后朝向扩散器的内部部分进入,并且空气流在穿过扩散器的入口的风的方向上穿过转子。在性能方面,该发明预计它通过扩散器产生的压差和由穿过扩散器轮廓的开口产生的流体混合物改进了从风中提取能量的手段。这两种效应都使涡轮机系统具有更高的能量产出。该发明没有公开与由扩散器的几何线产生的速度或压差增加有关的结果。

[0056] WO2018/117875A1:“单叶双曲面风力放大器”。它是一种具有单叶双曲面形状的风力放大器,其通过连续引导气流通过风力放大器的结构来增加环境风的压力和速度,从而放大风力系统叶片上的风速。在性能方面,该先例使得风速仅增加0.3倍成为可能,从而增加风力和动能。与该发明相关的潜在益处与旨在为了任何目的利用风能的任何系统有关,而不限于发电。然而,与允许风速增加至3.5倍的其他布置和几何形状相比,能够看到,0.3倍的增加是非常小的。先例WO2018/117875A1的几何形状基于原点处未完成的双曲面,而本发明的风墙处理的是完整的几何形状,在原点处具有两个未完成的双曲面,各自分别用于风的入口和出口;同样,该先例也没有被包围在任何结构下,而风墙有一个包围内部空气动力学室的几何图形的结构。除了以上之外,WO2018/117875A1还提出了一种相对较低效的湍流抑制器,而本发明通过所提出的湍流抑制空间以有效方式设法控制层流并消除来自出风口的湍流。因此,该先例没有公开与由放大器的几何线产生的速度或压差增加有关的结果,也没有公开本发明在湍流方面产生的效果。另一方面,该先例的单叶形风力放大器的双曲面,由于其自身的空气动力学特性,无法与叶片轮廓产生的类型的升力相互作用。也就是说,呈单叶双曲面形式的风力放大器与风墙之间唯一共同的东西是它们的阻力系数相似。然而,虽然风墙具有相关的升力系数,但由于其具有空气动力学轮廓的风单元,呈单叶双曲面形状的风力放大器的升力系数可以忽略不计。

发明内容

[0057] 作为对专注于以更高效率放大风的动能的有限进步的解决方案,本发明通过基于物理的、模块化的空气动力学结构的新型风力系统解决了现有技术的这一缺点,以下将其称为“风墙”,它的特点是高效地放大自然界中可用的风能,通过特意创建具有稳定高压差和稳定层流的环境来提高临界空间(504)内的风速。从这个意义上说,给定在自然界中存在的一定风能,风墙(101)允许风的动能强度获得受驱动的增加,并且因此获得风能密度的可用增加。

[0058] 此外,风墙(101)应当被理解为完全由有限数量的单独的空气动力单元(以下称为

“风单元”)组成的实体结构,这些单元以有序和对称的方式彼此相邻布置,使得它们整体构成了风单元(104)的连续结构,该连续结构是能够通过自身保持的,并且沿着高度、长度和宽度这三个物理维度是模块化的。也就是说,通过使用风单元(104),可以建造完全模块化尺寸的风墙(101),使得所得到的空气动力学结构是针对某些环境、技术和经济条件的优化结构。

[0059] 互补地,风单元应理解为靠自身起作用的空气动力学独立结构,其由相邻外部部分(404)和内部空气动力学室(501)组成,而内部空气动力学室(501)则由前段、中段和后段组成。

[0060] 相邻外部部分(或者说,共享闭合弦(404))是每个风单元(104)与位于附近的其他风单元共享的相邻或邻接部分。换言之,每个相邻外部部分(404)是构成风墙(101)的每个风单元(104)共享的物理界限。

[0061] 内部空气动力学室(501)是风单元(104)的内部部分,其对应于内部空间,在该内部空间中产生压差以及由旋转的上表面叶片轮廓导致的升力和拖曳力。

[0062] 从平行于对称轴线的横截面看,内部空气动力学室的叶片轮廓部分地基于对称的空气动力学轮廓的翼型的上表面轮廓。该轮廓使用叶片轮廓的外弧面(上表面)作为内部空气动力学室(501)的内表面。

[0063] 在一个优选且更具体的实施例中,旋转的叶片轮廓包括双双曲面轮廓的形状,其中双双曲面轮廓包括面向风向的入口双曲面(506)和不面向风向的出口双曲面(507),其中入口双曲面(506)布置为与入风口(406)相邻且垂直,出口双曲面(507)定位成与出风口(407)相邻且垂直;其中同一个风单元的入口双曲面(506)和出口双曲面(507)的几何形状彼此不同,入口双曲面(506)的大小或内部体积小于出口双曲面(507)的大小或内部体积;其中入口双曲面(506)和出口双曲面(507)是一片未完成的叶状,并在原点处由相同的圆连接,使得两个几何图形之间的连接是连续的,即入口双曲面(506)和出口双曲面(507)共同形成具有连续轴向旋转对称性的几何图形。

[0064] 无论使用的轮廓的规格水平如何,内部空气动力学室(501)与其部件作为一个整体都配置有三个可区分区域,它们显示出非常不同的可观察物理大小。所述可区分区域按风向顺序为:i)前段或压力产生空间(503);ii)中段或临界空间(504);以及(iii)后段或湍流抑制空间(505)。压力产生空间(503)是其轴向轴线与风向对齐且其参考面面向风向的空间,是特点在于承受风的最大阻力、表现出最大压力水平的空间。临界空间(504)是位于压力产生空间(503)和湍流抑制空间(505)之间的空间,其特点在于呈现系统的风速和动态压力的最高记录。从这个意义上说,临界空间(504)构成了风力涡轮机转子必须位于的那个空间。湍流抑制空间(505)是其轴向轴线与风向对齐但其参考面不面向风向的空间,其特点在于提供有利于维持层流和调整相对于周围环境的风速和压力的空间。

[0065] 需要指出的是,被位于内部空气动力学室(501)的压力产生空间(503)中的入风口(406)的平面覆盖的面积必须具有与位于同一内部空气动力学室(501)的湍流抑制空间(505)中的出风口(407)的平面的面积相同的尺寸,或者优选地具有基本相等的尺寸。以上是一个重要的区别,使我们能够将自己与扩散器或风力放大器装置的缺点区分开来。

[0066] 以上代表了现有技术中的改进,因为风墙(101)设法超越了传统风力系统的性能,这是通过在风单元(104)的内部空气动力学室(501)的临界空间(504)内显著增加风速并因

此增加动能强度(其转换为风力系统的功率密度的增加)而实现的。

[0067] 根据我们进行的计算流体动力学(CFD)模拟,风墙将允许临界空间(504)内的风速增加至大约3.5倍,这是考虑到可实现的风速的最大放大倍数是不确定的(但不是无限的),因为它将取决于投影面积的各自配置和整个风墙的空气动力学系数。

附图说明

[0068] 图1:风墙的实体图。

[0069] 101:由风单元组成的风墙的主视图;

[0070] 102:由风单元组成的风墙的主视图:上焦点;

[0071] 103:由风单元组成的风墙的主视图:下焦点;

[0072] 104:风墙的风单元部件;

[0073] 105:由风单元组成的风墙的斜视图;

[0074] 106:由风单元组成的风墙的俯视图;

[0075] 107:由风单元组成的风墙的仰视图。

[0076] 图2:风墙的透明视图。

[0077] 201:透明风墙的主视图;

[0078] 202:透明风墙的侧面斜视图;

[0079] 203:透明风墙的俯视图;

[0080] 204:透明风墙的上方斜视图。

[0081] 图3:风单元。

[0082] 301:风单元的主视图;

[0083] 302:风单元的后方斜视图;

[0084] 303:具有对称平面的风单元主视图;

[0085] 304:具有对称平面的风单元斜视图;

[0086] 305:风单元的斜视透明图;

[0087] 306:风单元的横向透明图。

[0088] 图4:风单元部分。

[0089] 401:风单元的主视图;

[0090] 402:风单元的侧视透明图;

[0091] 403:风单元的透明、突出显示的侧视图;

[0092] 404:相邻外部部分或共享闭合弦;

[0093] 405:风单元的颈部;

[0094] 501:内部空气动力学室;

[0095] 502:双双曲面轮廓或上表面(外弧面)叶片轮廓;

[0096] 406:入风口;

[0097] 407:出风口。

[0098] 图5:内部空气动力学室的部件。

[0099] 501:内部空气动力学室;

[0100] 502:双双曲面轮廓或上表面(外弧面)叶片轮廓;

[0101] 503:压力产生空间;

[0102] 504:临界空间;

[0103] 505:湍流抑制空间;

[0104] 506:入口双曲面;

[0105] 507:出口双曲面;

[0106] 405:风单元的颈部;

[0107] 406:入风口;

[0108] 407:出风口。

[0109] 图6:计算流体动力学(CFD)模拟。

[0110] 601:风单元的横截面图;

[0111] 602:气流边界层;

[0112] 603:栗色图例区域,表示风速高于环境风速;

[0113] 604:白色图例区域,表示入口或环境风速;

[0114] 605:浅蓝色图例区域,表示风速低于环境风速;

[0115] 606:CFD模拟中表示的最小速度和最大速度的指示;

[0116] 502:双双曲面轮廓或外弧面(上表面)叶片轮廓;

[0117] 503:压力产生空间;

[0118] 504:临界空间;

[0119] 505:湍流抑制空间;

[0120] 406:入风口;

[0121] 407:出风口。

具体实施方式

[0122] 作为运动中的空气团的要素,风具有一定量的动能,该动能与风的质量成正比,并与风的速度成指数正比。因此,对于本发明的描述,考虑以下分别决定风力和可用功率的方程:

[0123] $F=1/2.\rho.(u'^{2}).S_{ref}.C_{A}$;

[0124] $P=1/2.\rho.S_{ref}.(u'^{3})$;

[0125] $PE=1/2.\rho.S_{ref}.(u'^{3}).C_{C}$;

[0126] 其中:

[0127] F=风力;

[0128] P=可用功率;

[0129] PE=风力系统的有效功率;

[0130] ρ=空气密度;

[0131] u=风速;

[0132] S_{ref}=研究对象的参考表面;

[0133] C_{A}=迎风物体的空气动力学系数;

[0134] C_{C}=转换系数。

[0135] 上述方程表明,在风速变化的情况下,可用功率将呈三次指数变化。换言之,风速

越高,风力系统可用的功率就越大。

[0136] 风力被物理地表示为千克米/平方秒或牛顿。风的可用功率被物理地表示为牛顿米每秒或瓦特。另一方面,根据所研究的力,空气动力学系数可以表示为阻力系数、升力系数或侧向系数。此外,根据所研究的力,参考表面可以表示为投影区域、叶片表面或侧表面。

[0137] 由于风速与可用功率之间的指数关系,风速的小幅增加会导致可用功率的大幅增加。换言之,风墙通过增加动态压力和风速对风力涡轮机产生的有效功率带来显著影响。

[0138] 在建立了风速与风的可用功率之间的指数关系之后,风墙101对风速的影响也已经建立。

[0139] 风墙101是一种空气动力学物体,它对投射到风力系统转子上的风速产生积极影响,这是通过增加压差并因此增加自然界中存在的风速来实现的;对于本发明的描述,考虑以下决定风墙101的大小和空气动力学系数的方程:

[0140] $F_{AMP}=F_D+F_L+F_S$;

[0141] $F_D=1/2.\rho.(u^2).A.C_D$;

[0142] $F_L=1/2.\rho.(u^2).S_{Lref}.C_L$;

[0143] $F_S=1/2.\rho.(u^2).S_{Sref}.C_S$;

[0144] 如果$S_{Lref}=S_{Sref}$,则($C_L=C_S$),并且因此($F_L=F_S$);

[0145] $P=1/2.\rho.A(u'^3)$;

[0146] 其中:

[0147] F_{AMP}=施加在风墙上的总力的无量纲总和;

[0148] F_D=风单元的拖曳力或阻力;

[0149] F_L=从内向外测量的风单元上的升力(上和下);

[0150] F_S=从内向外测量的风单元上的侧向力(左和右);

[0151] P=可用功率;

[0152] ρ=空气密度;

[0153] u=风速;

[0154] A=垂直于风向的风单元投影面积;

[0155] S_{Lref}=对应于升力的叶片表面投影;

[0156] S_{Sref}=对应于侧向力的叶片表面投影;

[0157] C_D=迎风物体的阻力或拖曳力的空气动力学系数,其决定风力系统在与风向相反的方向上的空气动力学性能;

[0158] C_L=可持续性空气动力学系数,其决定风力系统在与重力相反的方向上的空气动力学性能;

[0159] C_S=横向空气动力学系数,其决定风力系统在垂直于风向和重力的方向上的空气动力学性能。

[0160] 关于风墙101的几何结构,应当将其理解为由有限数量的称为风单元104的各个空气动力学单元组成的实体结构,这些单元以有序且对称的方式彼此相邻地布置,其特点在于整体上形成风单元104的连续结构,该连续结构的重量由风单元104的结构本身支撑,其配置允许了沿着高度、长度和宽度这三个物理维度构建可配置的结构。也就是说,通过使用风单元104,可以构建完全模块化尺寸的风墙101,使得所得到的空气动力学结构是针对某

些环境、技术和经济条件的优化结构。

[0161] 需要指出的是,尽管在本文中我们谈到了由有限数量的风单元104构建的风墙101,但以上并不排除风墙101可以基于包含风墙101的完整尺寸的单个巨大风单元(图3)形成的可能性。在这种情况下,风墙101将相当于巨大的风单元。

[0162] 此外,风单元(图3)必须保持镜面对称平面或双边对称平面,该平面必须沿风单元的轴向轴线定位,该轴向轴线平行于风流和/或将入风口406与出风口407连接和/或连通,这样当风单元被所述对称平面切成两半时,点及其图像到对称平面的垂直距离是一样的。

[0163] 风单元104应理解为靠自身起作用的空气动力学独立结构,其由相邻外部部分404和内部空气动力学室501组成。需要指出的是,风单元、相邻外部部分404和内部空气动力学室501是一个整体的一部分,因此它们根据具体情况共享相同的镜面对称平面以及平面对称轴线或轴对称轴线。下面将解释这些部分中的每一个(图4):

[0164] a)相邻外部部分或共享闭合弦404:它是风单元104的外部部分,在这里形成气流边界层602。此外,相邻外部部分404对应于风单元104的外壁,其用作与位于附近的风单元104相关的相邻界限。相邻外部部分404的结构必须具有沿轴向轴线的几何图形的投影。即,垂直于风单元104的轴向轴线的横截面必须显示沿其整个轴向轴线具有相同的几何图形的相邻外部部分404。所述几何图形可以是但不限于多边形、圆锥形截面或泪珠状。从这个意义上说,相邻外部部分404将具有带底部的圆柱形状,底部的几何图形为圆锥形截面(由圆锥与平面之间的不同交点产生的曲线,例如椭圆、抛物线、双曲线或圆周)、起伏的图形(如泪珠或波浪)或多边形(规则或不规则的)。

[0165] 图3示出了从垂直于轴向轴线的平面观察的具有相邻外部部分404的风单元,其中风单元为正方形。然而,应当理解,风单元104的外部形状不限于正方形,能够为此目的使用任何几何图形,如前一段中所指出的,例如圆形、三角形、六边形、八角形等。

[0166] 相邻外部部分404的横截面可以符合任何几何图形的形状,只要所述几何图形内部能够包含一个假想的圆即可。这种情况的原因在于需要尽可能地抑制角度,因为所述角度会在内部空气动力学室501内产生空气动力学损失。然而,另一方面,带角度的几何图形(如多边形)优化了空间的利用,方便了风墙101的构建。

[0167] 相邻外部部分404也称为共享闭合弦的原因是因为风单元104的外部部分的壁与内部空气动力学室501的叶片轮廓的弦重合。也就是说,理论上,只要风单元104不是圆柱体,并且不放置在风墙101的不存在相邻风单元104的端部处,那么每个风单元104就共享其叶片轮廓的弦的一部分,共享的次数与其横截面的多边形的边数一样多。因此,相邻的风单元104通过相邻外部部分或共享闭合弦404在相邻边界被共享的部分中共享同一根弦。

[0168] 相邻外部部分404的重要性在于,其自身的几何结构允许每个风单元104用作模块化构建块,从而能够通过有限数量的风单元104构建尺寸可配置的风墙101。重要的是要指出,风墙101的配置不限于具有相同尺寸和相同几何形状的相邻外部部分404的风单元104,而是可以使用具有不同尺寸和不同几何形状的风单元104,或两者的组合,而没有限制。

[0169] 总之,相邻外部部分404或共享闭合弦是被构成风墙101的每个风单元104共享的物理界限。这样,相邻外部部分404的特点在于具有圆柱形状,从横截面的角度来看,其几何底部为多边形、波浪形或圆锥形截面,并且其结构投影配置了两个重要属性:(i)正是该部分构成了每个相邻风单元104的叶片轮廓的共享弦;同时(ii))正是风单元的该部分允许风

单元104单独用作整个风墙101构建中的模块化构建块。

[0170] b)内部空气动力学室(图5):它是风单元的内部部分,在此处产生压差,因此形成风速差。此外,内部空气动力学室501对应于风单元的如下空间:在此处产生由旋转的空气动力学轮廓产生的升力。

[0171] 内部空气动力学室的形状像一个外弧面叶片轮廓。该轮廓部分地基于翼型轮廓。该轮廓使用叶片轮廓的外弧面(上表面)作为内部空气动力学室501的内表面。换言之,通过仅使用叶片轮廓的上表面而不使用叶片轮廓本身的内弧面,就好像内部空气动力学室501的轮廓已沿着所讨论的叶片轮廓的弦被切开了一样,从而使内部空气动力学室501仅符合外弧面的轮廓。因此,内部空气动力学室501的空气动力学轮廓是通过外弧面围绕风单元的轴向轴线的旋转实现的,导致沿其对称平面的连续空气动力学轮廓。需要说明的是,由于内部空气动力学室501的轮廓必须居中并根据相邻外部部分404的形状而调整,因此外弧面叶片轮廓502的厚度(轮廓的边缘与弦之间的距离)在风单元的每个部分都不同。

[0172] 此外,内部空气动力学室501的最窄区域可以是圆形,但不仅限于这种圆形,也可以是不同的形状(如矩形,多于一个风力涡轮机可以配合在其内),只要所述形状在其端部是圆滑的即可。对于这些替代和特殊构型,通过绕轴向轴线旋转外弧面来创建完整图形的概念将不再适用;然而,从横截面来看,外弧面叶片轮廓仍将被保留。

[0173] 需要指出的是,风单元的入风口406和出风口407必须相等并具有相同的尺寸或至少基本相同的尺寸,其中外弧面(上表面)叶片轮廓502的前缘与入风口406连续且垂直地布置,并且其中外弧面(上表面)叶片轮廓502的后缘与出风口407连续且垂直地布置。

[0174] 此外,关于风单元的出风口407和入风口406的几何形状,可以选择以下任一替代方案:(i)保留相邻外部部分的圆柱形底部的相同几何形状;(ii)保留风单元的颈部405的相同几何图形;(iii)保留在风单元的颈部405的几何图形的边缘处的圆形图形。

[0175] 在优选实施例中,内部空气动力学室的外弧面叶片轮廓可具有双双曲面轮廓的特定形状。该轮廓使用在原点处连接的两个未完成的单叶双曲面,其中每个双曲面的几何图形彼此不同。内部空气动力学室501的空气动力学轮廓可以调整为多种双曲面,只要原点处的一个未完成的叶的垂直于风向的第一双曲面(以下称为入口双曲面)的入风口406等于原点处的一个未完成的叶的与风向相反的第二双曲面(以下称为出口双曲面)的出风口407即可。

[0176] 此外,作为先决条件,原点处未完成的叶的每个双曲面的对称原点(笛卡尔空间中的原点)处的圆的尺寸必须相同,使得两个几何图形之间的连接是完美的,即入口双曲面506和出口双曲面507共同构成一个具有连续轴向旋转对称性的几何图形。换言之,双双曲面轮廓502由在原点处连接的彼此不同的入口双曲面506和出口双曲面507组成,其中优选地,入口双曲面506的大小(或内部体积)必须小于出口双曲面507的大小(或内部体积),其中两个双曲面必须由它们在原点处的圆联合起来,并且作为一个基本条件,入口双曲面506和出口双曲面507两者的在原点处的圆重合且尺寸相等,使得双双曲面轮廓502是沿其轴向轴线的连续且对称的结构。重要的是要指出,位于入口双曲面506中的入风口406和位于风单元的出口双曲面507中的出风口407必须具有尺寸相同或基本相同的圆形。

[0177] 由于围绕内部空气动力学室501的相邻外部部分404可以具有不同的几何图形,因此可以预见,共享闭合弦404与内部空气动力学室501的空气动力学轮廓之间的距离在风单

元104的整个跨度上是可变的,其中最大距离必然在风单元的颈部405的高度处。

[0178] 内部空气动力学室501的空气动力学轮廓具有类似的特性,其对应于:(i)内部空气动力学室501的入风口406和出风口407必须保持相同的几何形状;以及(ii)风单元的内部空气动力学室501的空气动力学轮廓必须保持风单元的相同对称平面。

[0179] 重要的是要注意,一个风单元位于另一个风单元旁边或与所述另一个风单元成一直线,当从平行地穿过这两个风单元的轴对称轴线的横向平面观察时,它们一起构成了一个完整的叶片轮廓,该叶片轮廓的弦对应于在每个风单元104之间共享的相邻外部部分404,并且就其本身而言,每个风单元的内部空气动力学室501分别对应于叶片轮廓的外弧面(或内弧面)。这样做的技术优势在于,它利用了完整的叶片轮廓,通过两个相邻风单元的两个开口以空气动力学方式引导风,产生增加风速的协同效应,同时利用所使用的空间并减少制造时使用的材料用量。

[0180] 无论使用的轮廓的规格水平如何,内部空气动力学室501与其部件作为一个整体都配置有三个可区分区域,它们显示出非常不同的可观察物理大小。所述可区分区域按风向顺序为:i)前段或压力产生空间;ii)中段或临界空间;以及(iii)后段或湍流抑制空间。

[0181] i)压力产生空间503:它是轴向轴线与风向对齐、表面直接面向风的空间。压力产生空间503对应于位于入风口406的区域与高速临界空间504之间的空间,其中压力产生空间503是具有以下特点的区域:其承受风的最大拖曳力并呈现最高水平的压力。在物理方面,压力产生空间503必须对应于具有高于环境压力的静态压力的标量大小的空间体积。

[0182] ii)临界空间504:它是位于压力产生空间503与湍流抑制空间505之间的空间。临界空间504的特点是呈现最低水平的静态压力以及风速和动态压力的最高记录。由于存在于该空间中的物理大小的特性,临界空间504构成了风力涡轮机转子必须位于其中的空间,以便利用以所述空间为中心的风的高度集中的动能。在物理方面,临界空间504应该对应于包含风速的矢量大小的正微分的空间体积。巧合的是,如果将内部空气动力学室501沿其整个轴向轴线用横向平面切开,将会发现内部空气动力学室501的截面积最小的平面,它将位于临界空间504内。即,必然预见到风单元的颈部405在临界空间504内。

[0183] iii)湍流抑制空间505:它是轴向轴线与风的方向对齐但其表面不直接面向风的空间。湍流抑制空间505对应于位于临界空间504与出风口407的区域之间的空间,它是具有如下特点的空间:其承受风的阻力最小,并呈现出相对于周围环境调整风速和风压大小的过程。在物理方面,湍流抑制空间505应该对应于记录临界空间504之后风速的矢量大小的负微分的空间体积。

[0184] 上面指出的内部空气动力学室501的可区分区域没有预先建立的物理界限,而是主要物理大小的标量限制。即,内部空气动力学室501的可区分区域彼此可区分,因为每个空间的特点在于存在于风单元中的物理大小的特定行为。

[0185] 总之,内部空气动力学室501的特点在于其中产生压力和风速差的风单元的内部空间,该空间是由三个可区分区域构成的空间,它们呈现出非常不同的可观察物理大小。所述可区分区域按风向顺序为:(i)压力产生空间503;(ii)临界空间504;以及(iii)湍流抑制空间505。

[0186] 接下来,重要的是解释风墙的基本原理。

[0187] 在建立了风墙101的组成部分后,为了分析的目的,想象一个中间有一个圆孔的平

面(以下称为“空心平盘”),它的投影面与风单元104相同,并且中间的圆孔与风单元的颈部405的面积相同。重要的是要指出,尽管风单元104和“空心平盘”共享相同的投影面积并且因此从风中获得相同量的动能,但这两个物体的空气动力学系数的现有差异是为了解释所讨论的每个空气动力学物体产生的压力梯度和风速的差异。

[0188] 尽管上述两个物体分别与风力相互作用,但由于空气动力学效应,风单元104上的拖曳力小于风施加在“空心平盘”上的拖曳力,这意味着与“空心平盘”相比,风单元104以某种方式从风中吸收较少量的动能,从而允许通过空气本身的运动来保存所述动能之间的差异。

[0189] 除了面临阻力系数外,风单元104还与由其独特的空气动力学几何形状产生的升力系数相互作用,该几何形状产生沿内部空气动力学室501的叶片表面的升力。从这个意义上说,重要的是要指出内部空气动力学室501的叶片表面是圆形的,因此所产生的升力的矢量同心地指向内部空气动力学室501的内部。这些升力当集中在临界空间504中时将产生更大的风速放大的临时状态,从而产生动态压力。

[0190] 以上暗示了作为风单元104的空气动力学形状的结果,保存和放大的风的动能的量是集中在临界空间504内的升力的结果,上述升力负责压差和风速增加,而这是空气团在朝向风单元的出风口407运动时所经历的。

[0191] 由于以下两个因素,风墙101在风的动能的放大中的影响是可能的:风墙101的投影面积的大小和构成风墙101的风单元104的空气动力学系数。换句话说,风墙101实现的可用功率增加将是投影面积和应用的风单元104的空气动力学系数的优化以及围绕给定风力系统的盛行风资源的特定特性的函数。

[0192] 根据CFD模拟(图6),风墙101将允许将临界空间504内的风速增加至大约3.5倍,这是考虑到可实现的风速的最大放大倍数是不确定的(但不是无限的),因为它将取决于投影面积的各自配置和整个风墙101的空气动力学系数。图6显示了一个图例,其中白色区域604对应于相当于10m/s的环境风速,浅蓝色区域605对应于风速低于环境风速的空间,并且栗色区域603对应于风速高于环境风速的空间。可以看出,栗色区域主要位于两个区域中:风单元外部,特别是气流边界层602中;以及临界空间504中。同样,图6的图例显示了通过CFD模拟计算出的最小速度和最大速度606。

[0193] 重要的是要指出,风速放大的极限(其为风墙101应用的结果)被限定为风墙101的阻力系数和升力系数的相关函数,其中阻力系数呈反比关系,而升力系数呈正比关系。从这个意义上说,虽然就更大的参考扫描表面而言,风墙101的更大投影面积可能是有益的,但重要的是要考虑到从某个点开始,风墙101的投影面积的更大尺寸由于较高的阻力系数可能会在风墙101的某些区域呈现收益减少。然而,另一方面,阻力系数和升力系数呈现出具有正偏导数的曲线,这表明更高阻力系数的负面影响可能伴随有(不相关的)更高的升力系数,因此伴随有当前升力的更高动态压力产物。从这个意义上说,对于风墙101的理想尺寸的选择,重要的是要研究并找到最佳点;在给定的某些环境条件下,在该最佳点处,阻力系数和升力系数产生构成风墙101的风单元104的临界空间504内的风的最高动态压力。

[0194] 总之,上述风墙101是新一代风力系统,它增加了风速,因此增加了限制于风单元104内的临界空间504的动能的强度,从而在给定了一定的风动能(恒定或不恒定)的情况下,提高了可用功率,从而导致了更高的发电性能。因此,风墙101解决了与风的潜在动能的

利用率低相关的技术问题,使得对于相同的风资源,风墙101的应用将允许更好地利用自然界中可用的风的动能,并在给定相同的所讨论的风资源的情况下增加发电量。

[0195] 关于风墙101的配置,由于它由有限数量的风单元104组成,甚至可能存在基于单个风单元形成风墙101的情况;因此,风墙101的总配置将基于每个风单元的各个配置的总和。

[0196] 另一方面,各个风单元不需要具有均一的配置。即,风墙可以基于均一且对称的风单元104构建,但也可以基于不同配置的风单元104构建,这些风单元在相邻外部部分404和/或内部空气动力学室501的空气动力学轮廓的大小、尺寸和几何形状方面不同。换言之,风墙101的配置选项是无穷无尽的。

[0197] 构成风墙101的不同风单元104的最合适配置的选择应基于对风墙101安装地点的主要风资源的研究,以及基于对于特定项目的技术参数、经济限制、预期产量、可用技术、所需环境限制和预期操作限制等。也就是说,风墙101的最佳形式可以与创建的风力系统一样多。

[0198] 关于夹紧(紧固)和支撑元件,重要的是要指出,每个风单元的相邻外部部分404本身构成了结构支撑。由于风单元104将暴露于相当大的升力和阻力,因此风单元的内部部分(即封闭的、不直接暴露于环境的部分)必须适当地进行充分加固。同样,由于构成风墙101的风单元104将作为一个整体运行,因此重要的是要考虑固定结构的构造以保持风墙101整体的完整性。从这个意义上说,就夹紧和支撑而言,风墙101是一种基于构成它的多个相同风单元104的自保持结构,不需要像传统风力涡轮机那样的升高的竖直支撑。尽管如此,必须确定固定和支撑结构,以保持整个风墙101的完整性。关于用于建造风墙101需要的夹紧和结构支撑元件的技术,应当指出,其与本文的讨论不相关,而是将完全取决于专注于此的工程专业分支的研究和技术建议。

[0199] 另一方面,风墙101的应用本身提供了新一代风力系统,其不仅基于风力涡轮机的机械和空气动力学效率,而且还基于风墙101的结构和空气动力学效率以作为放大风速和潜在功率密度的要素。从这个意义上讲,应用风墙101提供的好处如下:

[0200] • 增加风能密度。由于本发明所实现的风速的受驱动的增加,给定自然界中的风的一定动能,风墙101产生的功率密度大于传统风力系统可以提供的功率密度,不使用任何增加风速的物理结构,而是只利用自然界中发生的风的动能。

[0201] • 提高比功率因数。给定系统的相同投影表面,与传统风力系统相比,风墙101提供了显著更高水平的每平方米功率(比功率因数或功率系数)。根据之前进行的分析和模拟,与传统风力系统相比,比功率因数的值会翻倍。

[0202] • 较小直径的风力涡轮机转子。与没有任何修改利用自然界中可用的风的传统风力涡轮机相比,通过应用允许增加临界空间504内的风速的风单元的空气动力学结构(其中风力涡轮机的转子将位于临界空间504内),风力涡轮机转子的直径尺寸更小,可以产生更大量的功率。

[0203] • 降低单位发电成本。由于风墙101提供的风力涡轮机转子具有更高的功率系数和更小的尺寸,因此估计以美元/千瓦(US$/kW)为单位测算的每单位功率的投资水平低于传统风力系统的单位功率投资水平。

[0204] 总之,给定自然界中可用的相同风资源,风墙101在增加风能密度和比功率方面具

有特殊的相关性,因此在增加发电能力方面具有特殊的相关性,并且作为重要补充,导致了成本降低。

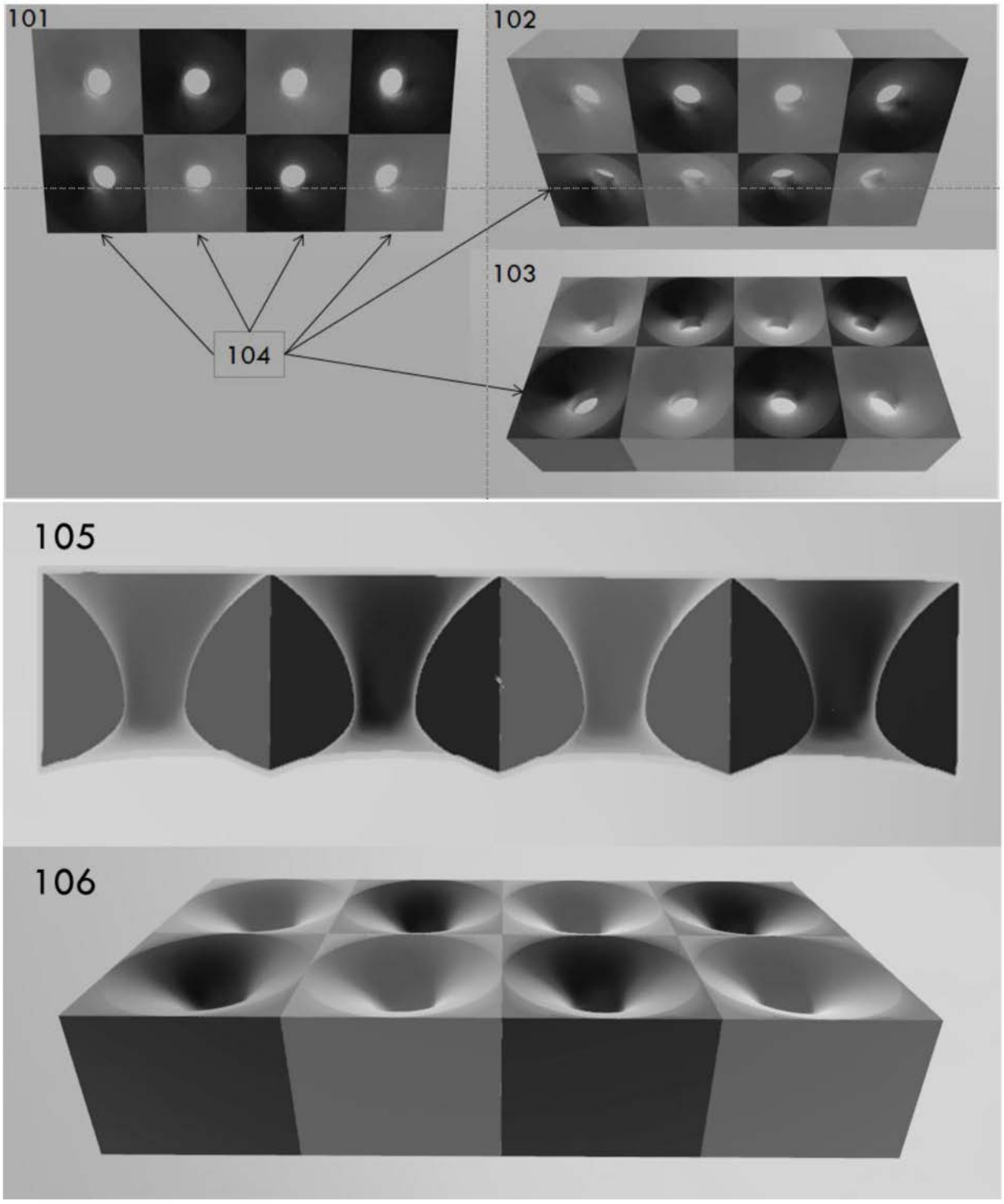


图1

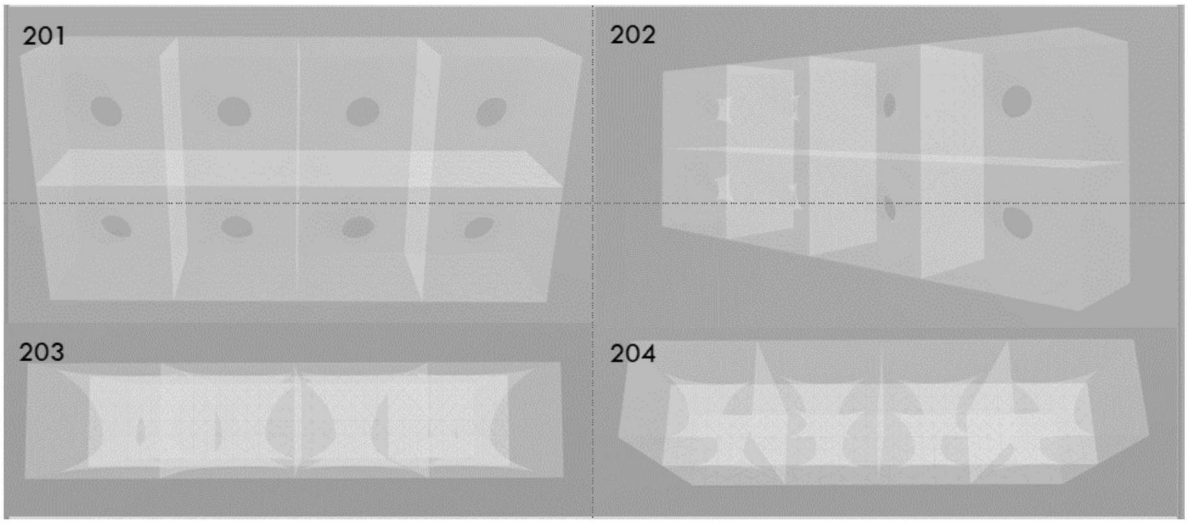


图2

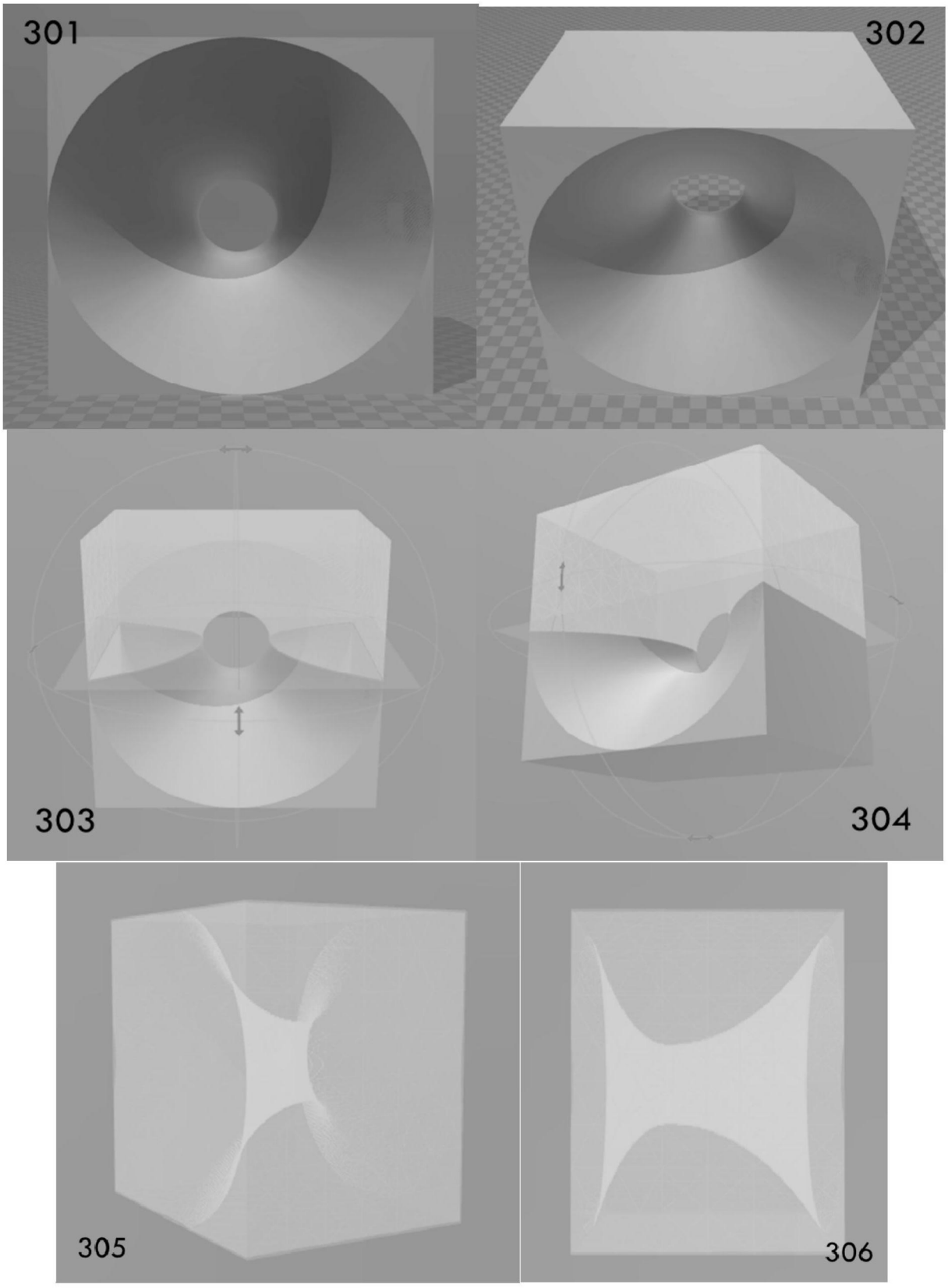


图3

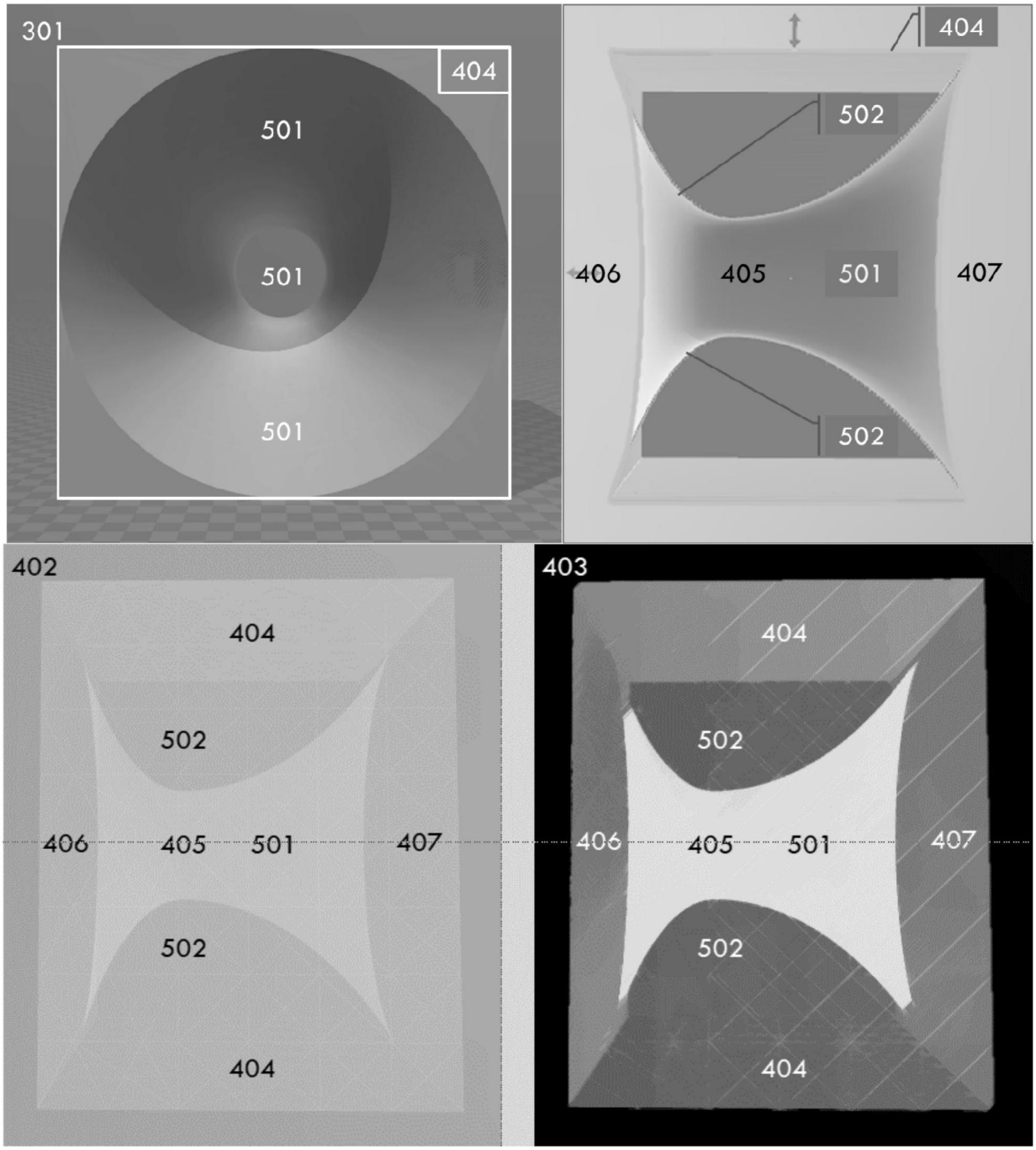

301
404
501
501
501
404
502
406
405
501
407
502
402
404
502
406
405
501
407
502
404
403
404
502
406
405
501
407
502
404

图4

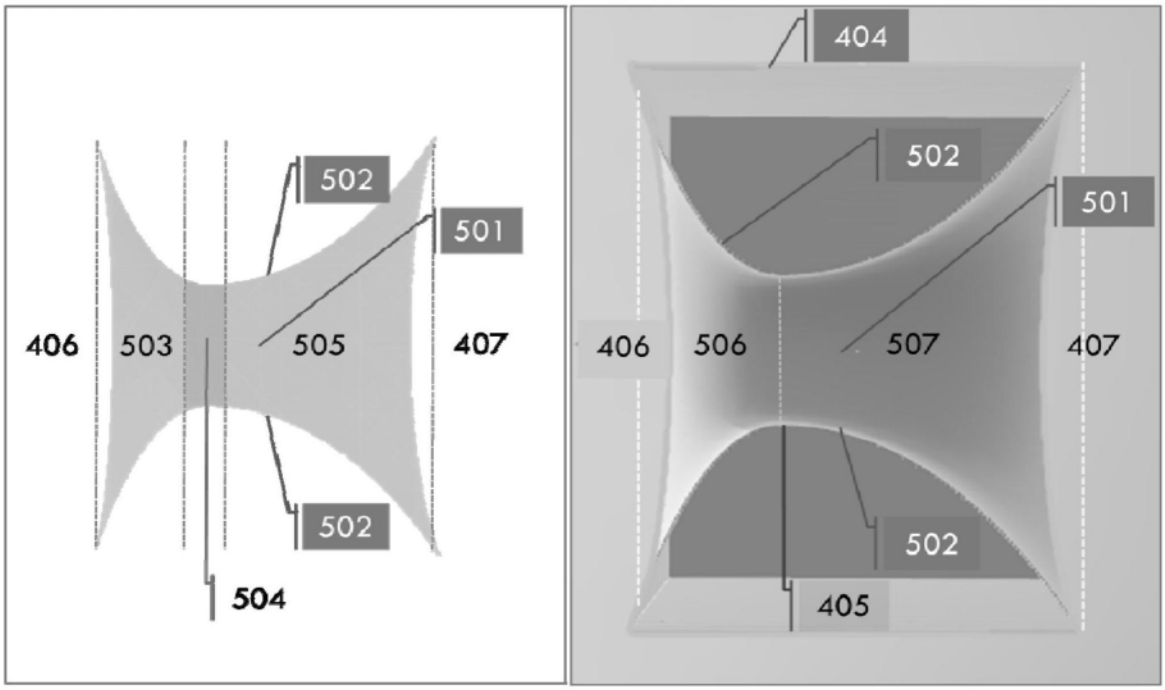

502
501
406
503
505
407
502
504
404
502
501
406
506
507
407
502
405

图5

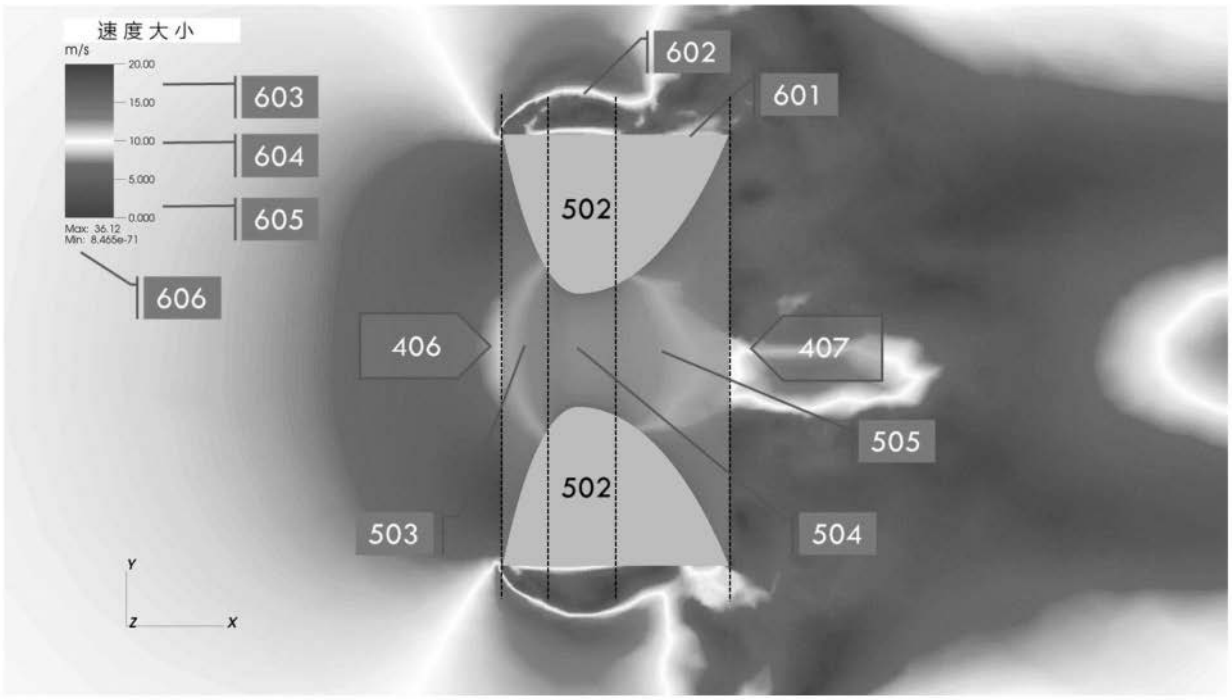

速度大小
m/s
20.00
15.00
10.00
5.000
0.000
Max: 36.12
Min: 8.465e-71
603
604
605
606
602
601
502
406
407
505
502
503
504
Y
Z
X

图6