



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108375463 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 27

(21) 申请号 201810467180.2

(22) 申请日 2018.05.16

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108375463 A

(43) 申请公布日 2018.08.07

(73) 专利权人 南京林业大学  
地址 210037 江苏省南京市玄武区龙蟠路  
159号

(72) 发明人 贾志成 沈邦禹 丁锐 马庆驰  
邓熙麟 叶连城 张爱琪 郝玉胖

(74) 专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司  
32252  
专利代理师 戴朝荣

(51) Int. Cl.  
G01M 9/06 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 208313555 U, 2019.01.01
- CN 104568006 A, 2015.04.29
- CN 204536353 U, 2015.08.05
- CN 205511173 U, 2016.08.31
- CN 104481818 A, 2015.04.01
- CN 106679928 A, 2017.05.17
- CN 106370389 A, 2017.02.01
- WO 2016128003 A1, 2016.08.18

审查员 朱天

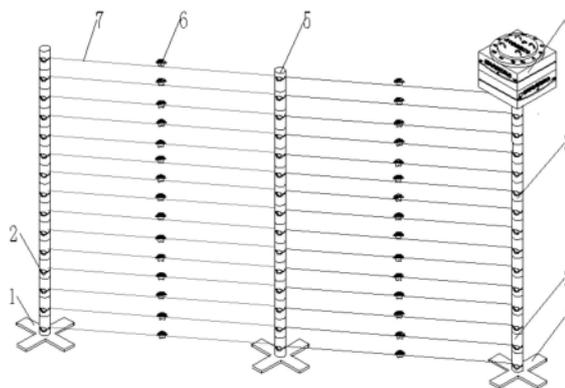
权利要求书3页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种旋翼无人机立体风场测试系统和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种旋翼无人机立体风场测试系统和方法。通过搭建旋翼无人机立体风场测试系统,提出一种基于无线风速传感器和空间网格的旋翼无人机立体风场测试方法。根据旋翼无人机启动前后风场分布特点,将无线风速传感器和空间网格测试装置相结合,测试各个空间网格测试点的风速,实现对于无人机立体风场快速,有效,准确的检测和搭建。为旋翼无人机应用提供全面、有效、准确的立体风场信息。



1. 一种旋翼无人机立体风场测试系统,其特征在于,该系统由风场发生模块、空间测试点网格模块和风速测试模块三部分组成;

所述风场发生模块用于提供不同飞行状态下旋翼无人机风场,包括:旋翼无人机(15)、无人机姿态控制台(4)和支撑架(3);

所述空间测试点网格模块分布于风场发生模块四周,与风场发生模块配合,用于设定立体风场测试点位置,包括:网格连接杆(5)和空间网格线(7),所述网格连接杆与支撑架(3)平行设置,个数不止一个,两个相邻的网格连接杆之间平行设置多条空间网格线(7);

所述风速测试模块安装在空间网格线上,用于采集、存储立体风场数据,包括:无线风速传感器(6)和风速数据记录器(16);

所述网格连接杆(5)和支撑架(3)都由基准套筒支架(1)、和支架上方设置的多个延伸套筒(2)组成;其中,基准套筒支架(1)顶端有外螺纹,延伸套筒一侧有内螺纹,另一侧有外螺纹,延伸套筒螺纹安装在基准套筒支架上,延伸套筒之间通过螺纹快速连接,节节升高;网格连接杆、支撑架和空间网格线快接,扩大测试面;

所述无线风速传感器(6)安装在空间网格线(7)上,处于测试点位置;并且通过空间网格线的刻度,标定其在无人机立体风场中的位置;所述风速数据记录器(16)置于远离风场位置处,通过无线通信获取各个无线风速传感器的测量值,并根据无线风速传感器标号记录各空间位置点风速值,储存数据;

所述空间网格线(7)两端设置有网格线限位头(8),所述延伸套筒(2)内部设置有网格线定位内腔(11),所述网格线定位内腔表面开有对称的L形限位槽和定位圆孔;定位圆孔的直径稍大于网格线限位头的直径,L形限位槽的槽口宽度稍大于网格线直径;所述网格线限位头和网格线穿过定位圆孔,沿着L形限位槽,在定位内腔中平移至拐点,然后再往下张紧连接在定位内腔的L形限位槽的最底端,以此限制网格线限位头的位置;工作时网格线一端限位头连接一侧延伸套筒上的定位内腔,网格线通过L形限位槽拉出,网格线另一端限位头连接另一侧的延伸套筒上的定位内腔,张紧网格线;工作结束后通过L形限位槽,从延伸套筒内快速收回空间网格线。

2. 根据权利要求1所述的旋翼无人机立体风场测试系统,其特征在于,所述旋翼无人机(15)固定在无人机姿态控制台(4)上,其旋翼转速、航向、机身姿态通过无人机姿态控制台控制调整;所述无人机姿态控制台包括无人机俯仰角度控制台(12)和无人机水平转角控制台(13),俯仰角和水平转角控制台都由设置在无人机姿态控制台内部的蜗轮蜗杆机构通过步进电机完成;所述支撑架(3)固定在无人机姿态控制台(4)下方,为风场发生模块的承重和定位结构。

3. 根据权利要求2所述的旋翼无人机立体风场测试系统,其特征在于,所述无人机基础结构包括机架、电池、飞控、浆叶、电调和遥控器;所述电池安装在机架的腹部,为飞控、电调、电机和无人机姿态控制台提供电源,所述遥控器通过飞控和电调,控制无人机旋翼转速,通过步进电机控制无人机姿态控制台,实现无人机姿态变化,完成无人机在不同飞行状态下立体风场的实现。

4. 根据权利要求3所述的旋翼无人机立体风场测试系统,其特征在于,所述无人机姿态控制台(4)由俯仰角度控制台(12)、水平转角控制台(13)和无人机固定台架(14)组成;水平转角控制台(13)控制无人机的机头朝向;俯仰角度控制台(12)通过两个角位移台配合,控

制无人机的俯仰姿态；无人机姿态控制台顶层的无人机固定台架(14)与无人机的脚架连接，保持工作时无无人机的姿态不变；工作时，无人机的机身方向和俯仰姿态根据实验需要，调整并固定后，启动无人机并且控制无人机转速，从而得到一个稳定状态下的无人机立体风场；所述无人机立体风场处在空间测试网格之中，并标定所有无线风速传感器(6)的空间位置；所有无线风速传感器测量各个测试点风速，由风速数据记录器获取风速数据并储存。

5. 根据权利要求1所述的旋翼无人机立体风场测试系统，其特征在于，所述基准套筒支架(1)为空间测试点网格模块的支撑和定位装置；所述延伸套筒(2)通过螺纹连接在基准套筒支架顶部，通过螺纹连接安装多个延伸套筒，调整立体风场测试网格的高度；所述空间网格线有尺寸刻度，从而确定各个空间网格线上的风速测试点在无人机立体风场中的具体位置。

6. 根据权利要求1所述的旋翼无人机立体风场测试系统，其特征在于，所述基准套筒支架(1)控制网格连接杆(5)位置，空间测试网格控制风速测试点相对于无人机的方位角；所述延伸套筒(2)的叠加个数控制空间网格线的垂直高度；所述空间网格线(7)的尺寸刻度控制各个测试点相对于无人机的水平距离，从而标定各个测试点的三维空间位置坐标；在空间网格线测试点处安装无线风速传感器(6)，标定所述无线风速传感器所在的三维空间位置坐标。

7. 基于权利要求1~6任一项所述的旋翼无人机立体风场测试系统的测试方法，其特征在于，包括以下步骤：

第一步，确定旋翼无人机(15)的类型和工作位置，在地面安装无人机支撑架(3)；在支撑架的顶端安装飞行姿态控制台(4)，旋翼无人机(15)安装在控制台上；调节俯仰角度控制台(12)和水平转角控制台(13)的参数，模拟飞行姿态；

第二步，根据旋翼无人机的离地高度，飞行状态，无人机的旋翼个数以及旋翼位置不同实验因素的影响，确定空间测试点；然后根据空间测试点的不同位置，安装至少一个基准套筒支架(1)；

第三步，在基准套筒支架(1)上端，通过螺纹(10)连接延伸套筒(2)，延伸套筒(2)的顶端继续螺纹连接延伸套筒(2)；往上连接的延伸套筒(2)的数量控制空间测试网格的高度；根据所需要测试的无人机的作业离地高度，确定空间测试网格的高度和安装延伸套筒(2)的数量；

第四步，空间网格线(7)的连接，网格线限位头(8)一端通过定位内腔(11)中部的圆孔，沿着L形限位槽(9)的方向，安装在延伸套筒(2)的定位内腔(11)底部；空间网格线(7)通过网格线限位头(8)卡在L形限位槽(9)底端并引出，同时以此方法定位；所述的空间网格线(7)上有尺寸刻度，根据实验需要，在空间网格线(7)上的刻度位置安装无线风速传感器(6)；空间网格线(7)另一端通过网格线限位头(8)卡在无人机支撑架(3)上相同高度位置延伸套筒(2)的定位内腔(11)底部；

第五步，根据空间网格线的刻度确定测试点上无线风速传感器(6)与旋翼无人机中心的水平距离；根据测试网格中延伸套筒(2)的数量确定测试点上无线风速传感器(6)相对于地面的高度；根据基准套筒支架(1)的位置确定测试点上无线风速传感器(6)相对旋翼无人机方位角，以此完成所有风速测试点的空间位置标定；

第六步，根据旋翼无人机立体风场测试的要求，确定其它的空间测试网格相对于旋翼

无人机(15)的位置;依照以上第二步~第五步的操作,安装多组空间测试网格;并以此搭建无人机立体风场的完整测试网格;配合风速数据记录器(16)和不同的旋翼无人机(15),构成所述的旋翼无人机立体风场测试系统;

第七步,启动旋翼无人机,在所述的旋翼无人机立体风场测试系统中形成风场,无线风速传感器(6)记录旋翼无人机在启动前,启动时和启动后的立体风场的所有风速数据,所述的风速数据无线传输至风速数据记录器(16),显示并存储。

## 一种旋翼无人机立体风场测试系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于农林植保技术领域,具体是一种旋翼无人机立体风场测试系统和方法。

### 背景技术

[0002] 在现代农业精准化趋势下,无人机植保技术凭借其适应性、高效作业、节省劳动力、节约资源和保护环境等诸多优点,在国内农林业航空植保领域具有良好的发展前景。实验发现,无人机旋翼产生的风场对于施药雾滴沉积效果影响巨大,特别是在低空低量施药过程中,雾滴沉积量与无人机旋翼风场紧密相关。目前测试无人机旋翼风场,一种是用流场软件模拟旋翼风场,与真实状态差异较大,难以确定修正指标;另一种是无人机悬停作业,用小型风速计地面布点测试风场范围和风速大小,再加以拟合。但无人机并非处于固定位置和固定角度,测试点位置无法精确定位,测试布点密度有限,所形成的风场是有限拟合的,不连续的,与真实风场差异明显。

[0003] CN104568006A公开了一种农用旋翼无人机最优作业参数测试装置及测试方法。可开展离地一定高度的航空喷雾试验,在实验室和室外可控条件下结合可视化的检测技术,真实地测试无人机在可控定量的不同作业参数条件下的施药效果,风场的分布范围和雾滴速度矢量分布,确定作业规律和最优参数组合。但该专利主要针对无人机姿态控制,可视化的雾滴速度场和喷雾效果测试,对于旋翼无人机的风场只做定性研究,无法定量测试旋翼风场的精确分布和特定位置处的具体风速值。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的问题,提供一种成本低、操作简单,标定准确的旋翼无人机立体风场的测试系统和方法。该系统通过精确测试无人机立体风场空间分布,进一步结合雾滴场测试,优化植保无人机喷雾工作参数,获得最佳的雾滴沉积效果,以达到精确施药的目的。

[0005] 本发明目的通过以下技术方案实现:

[0006] 一种旋翼无人机立体风场测试系统,该系统由风场发生模块、空间测试点网格模块、风速测试模块三部分组成;

[0007] 所述的风场发生模块用于提供不同飞行状态下旋翼无人机风场,具体包括:旋翼无人机、无人机姿态控制台和支撑架;

[0008] 所述的空间测试点网格模块分布于风场发生模块四周,与风场发生模块配合,用于设定立体风场测试点位置,具体包括:网格连接杆和空间网格线,所述网格连接杆与支撑架平行设置,个数不止一个,两个相邻的网格连接杆之间平行设置多条空间网格线;

[0009] 所述的风速测试模块安装在空间网格线上,用于采集、存储立体风场数据,具体包括:无线风速传感器和风速数据记录器。

[0010] 作为本发明一种旋翼无人机立体风场测试系统的优选方案,其中,所述旋翼无人

机固定在无人机姿态控制台上,其旋翼转速、航向、机身姿态可以通过无人机姿态控制台控制调整;所述的无人机姿态控制台包括无人机俯仰角度控制台和无人机水平转角控制台,俯仰角和水平转角控制都由设置在无人机姿态控制台内部的蜗轮蜗杆机构通过步进电机完成;所述的支撑架固定在无人机姿态控制台下方,为风场发生模块的主要承重和定位结构。

[0011] 进一步地,所述无人机基础结构包括机架、电池、飞控、浆叶、电调和遥控器;所述电池安装在机架的腹部,为飞控、电调、电机和无人机姿态控制台提供电源,所述的遥控器通过飞控和电调,控制无人机旋翼转速,通过步进电机控制无人机姿态控制台,实现无人机姿态变化,完成无人机在不同飞行状态下立体风场的实现。

[0012] 更进一步地,所述的无人机姿态控制台由俯仰角度控制台、水平转角控制台和无人机固定台架组成;水平转角控制台控制无人机的机头朝向;俯仰角度控制台通过两个角位移台的配合,控制无人机的俯仰姿态;无人机姿态控制台顶层的无人机固定台架与无人机的脚架连接,保持工作时无无人机的姿态不变;工作时,无人机的机身方向和俯仰姿态根据实验需要,调整并固定后,启动无人机并且控制无人机转速,从而得到一个稳定状态下的无人机立体风场;所述的无人机立体风场处在所述的空间测试网格之中,并标定了所有无线风速传感器的空间位置;所有的无线风速传感器测量各个测试点风速,由风速数据记录器获取风速数据并储存。

[0013] 作为本发明一种旋翼无人机立体风场测试系统的优选方案,其中,所述的空间测试点网格模块可以根据实际测试点数量、分布密度和测试点位置分布的需要,快速精确调整立体风场测试网格中的风速测试点的数量、分布密度与分布位置。

[0014] 作为本发明一种旋翼无人机立体风场测试系统的优选方案,其中,所述网格连接杆和支撑架都由基准套筒支架、和支架上方设置的多个延伸套筒组成,其中,基准套筒支架顶端有外螺纹,延伸套筒一侧有内螺纹,另一侧有外螺纹,延伸套筒可以快速螺纹安装在基准套筒支架上,延伸套筒之间可以通过螺纹快速连接,节节升高;网格连接杆、支撑架和空间网格线快接,可以快速扩大测试面。

[0015] 作为本发明一种旋翼无人机立体风场测试系统的优选方案,其中,所述无线风速传感器安装在空间网格线上,处于测试点位置;并且通过空间网格线的刻度,标定其在无人机立体风场中的位置;所述的风速数据记录器置于远离风场位置处,通过无线通信获取各个无线风速传感器的测量值,并根据无线风速传感器标号自动记录各空间位置点风速值,储存数据。

[0016] 作为本发明一种旋翼无人机立体风场测试系统的优选方案,其中,所述的基准套筒支架为空间测试点网格模块的支撑和定位装置;所述的延伸套筒通过螺纹连接在基准套筒支架顶部,通过螺纹连接安装多个延伸套筒,调整立体风场测试网格的高度;所述的空间网格线有尺寸刻度,从而确定各个空间网格线上的风速测试点在无人机立体风场中的具体位置。

[0017] 作为本发明一种旋翼无人机立体风场测试系统的优选方案,其中,所述的空间网格线两端设置有网格线限位头,所述的延伸套筒内部设置有网格线定位内腔,所述的网格线定位内腔表面开有对称的L形限位槽和定位圆孔;定位圆孔的直径稍大于网格线限位头的直径,L形限位槽的槽口宽度稍大于网格线直径;所述的网格线限位头和网格线穿过定位

圆孔,沿着L形限位槽,在定位内腔中平移至拐点,然后再往下张紧连接在定位内腔的L形限位槽的最底端,以此限制网格线限位头的位置;工作时网格线一端限位头连接一侧延伸套筒上的定位内腔,网格线通过L形限位槽拉出,网格线另一端限位头连接另一侧的延伸套筒上的定位内腔,张紧网格线;工作结束后通过L形限位槽,从延伸套筒内快速收回空间网格线。

[0018] 作为本发明一种旋翼无人机立体风场测试系统的优选方案,其中,所述的基准套筒支架控制网格连接杆位置,空间测试网格控制风速测试点相对于无人机的方位角;所述的延伸套筒的叠加个数控制空间网格线的垂直高度;所述的空间网格线的尺寸刻度可以控制各个测试点相对于无人机的水平距离,从而能够标定各个测试点的三维空间位置坐标;根据实验需要,在空间网格线测试点处安装无线风速传感器,对于所述的无线风速传感器所在的三维空间位置坐标可以标定。

[0019] 本发明还公开了上述旋翼无人机立体风场的测试方法,包括以下步骤:

[0020] 第一步,确定旋翼无人机的类型和工作位置,在地面安装无人机支撑架;在支撑架的顶端安装飞行姿态控制台,旋翼无人机安装在控制台上;调节俯仰角度控制台和水平转角控制台的参数,模拟飞行姿态。

[0021] 第二步,根据旋翼无人机的离地高度,飞行状态,无人机的旋翼个数以及旋翼位置等不同实验因素的影响,确定空间测试点;然后根据空间测试点的不同位置,安装至少一个基准套筒支架;所述的基准套筒支架主要的作用有:1、定位功能;2、支撑功能。

[0022] 第三步,在基准套筒支架上端,螺纹连接延伸套筒,延伸套筒的顶端继续螺纹连接延伸套筒;往上连接的延伸套筒的数量控制了空间测试网格的高度;根据所需要测试的无人机的作业离地高度,可以确定空间测试网格的高度和安装延伸套筒的数量;

[0023] 第四步,空间网格线的连接,网格线限位头一端通过定位内腔中部的圆孔,沿着L形限位槽的方向,安装在延伸套筒的定位内腔底部;空间网格线通过网格线限位头卡在L形限位槽底端并引出,同时以此方法定位;所述的空间网格线上有尺寸刻度,根据实验需要,在空间网格线上的刻度位置安装无线风速传感器;空间网格线另一端通过网格线限位头卡在无人机支撑架上相同高度位置延伸套筒的定位内腔底部。

[0024] 第五步,根据空间网格线的刻度可以确定测试点上无线风速传感器与旋翼无人机中心的水平距离;根据测试网格中延伸套筒的数量可以确定测试点上无线风速传感器相对于地面的高度;根据基准套筒支架的位置可以确定测试点上无线风速传感器相对旋翼无人机机头的方位角。

[0025] 第六步,根据旋翼无人机立体风场测试的要求,确定其它的空间测试网格相对于旋翼无人机的位置;依照以上第二步~第五步的操作,安装多组空间测试网格;并以此搭建无人机立体风场的完整测试网格;配合风速数据记录器和不同的旋翼无人机,构成所述的旋翼无人机立体风场测试系统。

[0026] 第七步,启动旋翼无人机,在所述的旋翼无人机立体风场测试系统中形成风场,无线风速传感器记录旋翼无人机在启动前,启动时和启动后的立体风场的所有风速数据。所述的风速数据无线传输至风速数据记录器,显示并存储。

[0027] 本发明与现有技术相比,其显著优点在于:

[0028] (1)可精确测试旋翼无人机风场的范围,特定位置的风速值;

- [0029] (2)实测数据结合虚拟仿真技术,可生成可视化风场;
- [0030] (3)通过持续记录和数据处理,可观察不同姿态和不同机型下的风场变化细节。

### 附图说明

[0031] 下面将结合附图对本发明的发明内容和具体实施方式进一步详细说明,其中:

[0032] 图1是本发明测试系统整体结构图;

[0033] 图2是本发明延伸套筒定位内腔示意图

[0034] 图3是本发明测试网格连接示意图;

[0035] 图4是本发明飞行姿态控制台结构示意图;

[0036] 图5是本发明旋翼无人机立体风场测试系统工作示意图。

[0037] 图中:1-基准套筒支架;2-延伸套筒;3-无人机支撑架;4-无人机飞行姿态控制台;5-网格连接杆;6-无线风速传感器;7-空间网格线;8-网格线限位头;9-L形限位槽;10-连接螺纹;11-定位内腔;12-俯仰角度控制台;13-水平转角控制台;14-无人机固定架;15-旋翼无人机;16-风速数据记录器。

[0038] 具体实施方式:

[0039] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0040] 实施例1

[0041] 请参照附图1~图5所示,本发明所述的一种旋翼无人机立体风场测试系统,

[0042] 该系统由风场发生模块、空间测试点网格模块、风速测试模块三部分组成;所述的风场发生模块用于提供不同飞行状态下旋翼无人机风场,具体包括:旋翼无人机15、无人机姿态控制台4和支撑架3;所述的空间测试点网格模块分布于风场发生模块四周,与风场发生模块配合,用于设定立体风场测试点位置,具体包括:网格连接杆5和空间网格线7,所述网格连接杆5与支撑架3平行设置,个数不止一个,两个相邻的网格连接杆之间平行设置多条空间网格线7;所述的风速测试模块安装在空间网格线上,用于采集、存储立体风场数据,具体包括:无线风速传感器6和风速数据记录器16。

[0043] 其中,所述旋翼无人机15固定在无人机姿态控制台4上,其旋翼转速、航向、机身姿态可以通过无人机姿态控制台控制调整;所述的无人机姿态控制台包括无人机俯仰角度控制台12和无人机水平转角控制台13,俯仰和水平转角控制都由设置在无人机姿态控制台内部的蜗轮蜗杆机构通过步进电机完成;所述的支撑架3固定在无人机姿态控制台4下方,为风场发生模块的主要承重和定位结构。所述无人机基础结构包括机架、电池、飞控、浆叶、电调和遥控器;所述电池安装在机架的腹部,为飞控、电调、电机和无人机姿态控制台提供电源,所述的遥控器通过飞控和电调,控制无人机旋翼转速,通过步进电机控制无人机姿态控制台,实现无人机姿态变化,完成无人机在不同飞行状态下立体风场的实现。所述的无人机姿态控制台4由俯仰角度控制台12、水平转角控制台13和无人机固定台架14组成;水平转角控制台13控制无人机的机头朝向;俯仰角度控制台12通过两个角位移台的配合,控制无人机的俯仰姿态;无人机姿态控制台顶层的无人机固定台架14与无人机的脚架连接,保持工作时无人机姿态不变。工作时,无人机的机身方向和俯仰姿态根据实验需要,调整并固定后,启动无人机并且控制无人机转速,从而得到一个稳定状态下的无人机立体风场;所述的无人机立体风场处在所述的空间测试网格之中,并标定了所有无线风速传感器6的空间位

置;所有的无线风速传感器测量各个测试点风速,由风速数据记录器获取风速数据并储存。

[0044] 无人机姿态控制台的具体结构及控制方法参照本发明人前期授权文献201510008058.5 农用无人旋翼机最优作业参数测试装置及测试方法。

[0045] 本发明的改进之处在于,所述的空间测试点网格模块可以根据实际测试点数量、分布密度和测试点位置分布的需要,快速精确调整立体风场测试网格中的风速测试点的数量、分布密度与分布位置。具体为:所述网格连接杆5和支撑架3都由基准套筒支架1、和支架上方设置的多个延伸套筒2组成。其中,基准套筒支架1顶端有外螺纹,延伸套筒一侧有内螺纹,另一侧有外螺纹,延伸套筒可以快速螺纹安装在基准套筒支架上,延伸套筒之间可以通过螺纹快速连接,节节升高;网格连接杆和支撑架都由基准套筒支架和延伸套筒连接组成,网格连接杆、支撑架和空间网格线快接,可以快速扩大测试面。所述无线风速传感器6安装在空间网格线7上,处于测试点位置;并且通过空间网格线的刻度,标定其在无人机立体风场中的位置;所述的风速数据记录器16置于远离风场位置处,通过无线通信获取各个无线风速传感器的测量值,并根据无线风速传感器标号自动记录各空间位置点风速值,储存数据。所述的基准套筒支架1为空间测试点网格模块的支撑和定位装置;所述的延伸套筒2通过螺纹连接在基准套筒支架顶部,通过螺纹连接安装多个延伸套筒,调整立体风场测试网格的高度;所述的空间网格线由网格线限位头和网格线组成,所述的网格线限位头连接延伸套筒上的网格线定位内腔,定位内腔由圆孔和L形限位槽组成。在工作时网格线一端限位头连接一侧延伸套筒上的定位内腔,网格线通过L形限位槽拉出,网格线另一端限位头连接另一侧的延伸套筒上的定位内腔,张紧网格线;工作结束后通过L形限位槽,从延伸套筒内快速收回空间网格线;所述的空间网格线有尺寸刻度,从而确定各个空间网格线上的风速测试点在无人机立体风场中的具体位置。

[0046] 本发明的实施方式并不局限于某一固定形状的空间测试网格,测试网格的长度、高度,测试网格之间的距离,整个测试网格系统的检测范围以及搭载风速传感器的种类、数量和密度,都可以根据不同实验需要,调整并安装符合需要的空间测试网格系统。优选方案如下:

[0047] 实施旋翼无人机立体风场测试方法,包括以下步骤:

[0048] 第一步,确定旋翼无人机15的类型和工作位置,在地面安装无人机支撑架3;在支撑架的顶端安装飞行姿态控制台4,旋翼无人机15安装在控制台上;调节俯仰角度控制台12和水平转角控制台13的参数,模拟飞行姿态;如图4、5所示。

[0049] 第二步,根据旋翼无人机的离地高度,飞行状态,无人机的旋翼个数以及旋翼位置等不同实验因素的影响,确定空间测试点;然后根据空间测试点的不同位置,安装至少一个基准套筒支架1;所述的基准套筒支架1主要的作用有:1、定位功能;2、支撑功能。

[0050] 第三步,在基准套筒支架1上端,通过螺纹10连接延伸套筒2,延伸套筒2的顶端继续螺纹连接延伸套筒2;往上连接的延伸套筒2的数量控制了空间测试网格的高度;根据所需要测试的无人机的作业离地高度,可以确定空间测试网格的高度和安装延伸套筒2的数量;

[0051] 第四步,空间网格线7的连接,网格线限位头8一端通过定位内腔11中部的圆孔,沿着L形限位槽9的方向,安装在延伸套筒2的定位内腔11底部;空间网格线7通过网格线限位头8卡在L形限位槽9底端并引出,同时以此方法定位;所述的空间网格线7上有尺寸刻度,根

据实验需要,在空间网格线7上的刻度位置安装无线风速传感器6;空间网格线7另一端通过网格线限位头8卡在无人机支撑架3上相同高度位置延伸套筒2的定位内腔11底部。这样就安装好一个空间测试网格。如图3所示。

[0052] 第五步,根据空间网格线的刻度可以确定测试点上无线风速传感器6与旋翼无人机中心的距离;根据测试网格中延伸套筒2的数量可以确定测试点上无线风速传感器6相对于地面的高度;根据基准套筒支架1的位置可以确定测试点上无线风速传感器6相对旋翼无人机机头的方位角。以此可以完成所有风速测试点的空间位置标定,如图1所示。

[0053] 第六步,根据旋翼无人机立体风场测试的要求,确定其它的空间测试网格相对于旋翼无人机15的位置;依照以上第二步~第五步的操作,安装多组空间测试网格;并以此搭建无人机立体风场的完整测试网格;配合风速数据记录器16和不同的旋翼无人机15,构成所述的旋翼无人机立体风场测试系统,如图5所示。

[0054] 第七步,启动旋翼无人机,在所述的旋翼无人机立体风场测试系统中形成风场,无线风速传感器6记录旋翼无人机在启动前,启动时和启动后的立体风场的所有风速数据。所述的风速数据无线传输至风速数据记录器16,显示并存储。

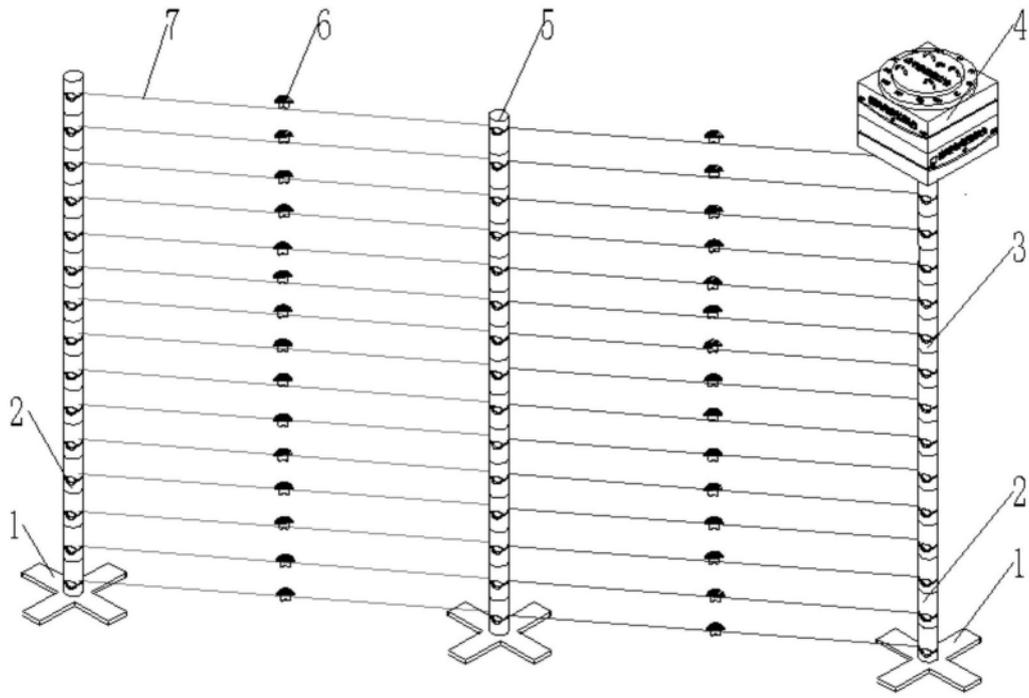


图1

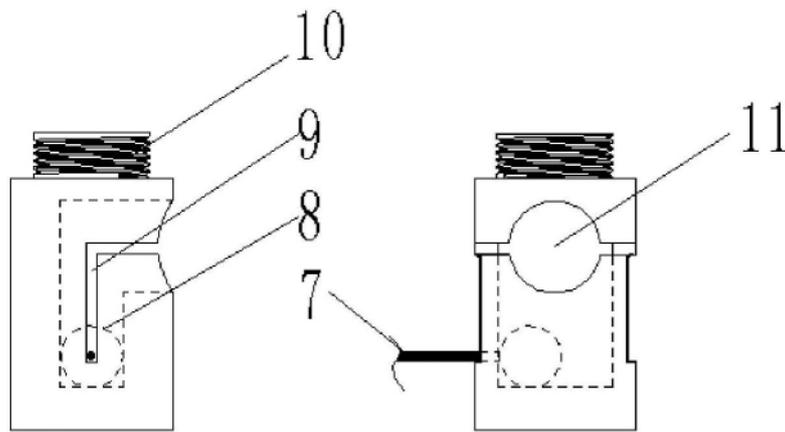


图2

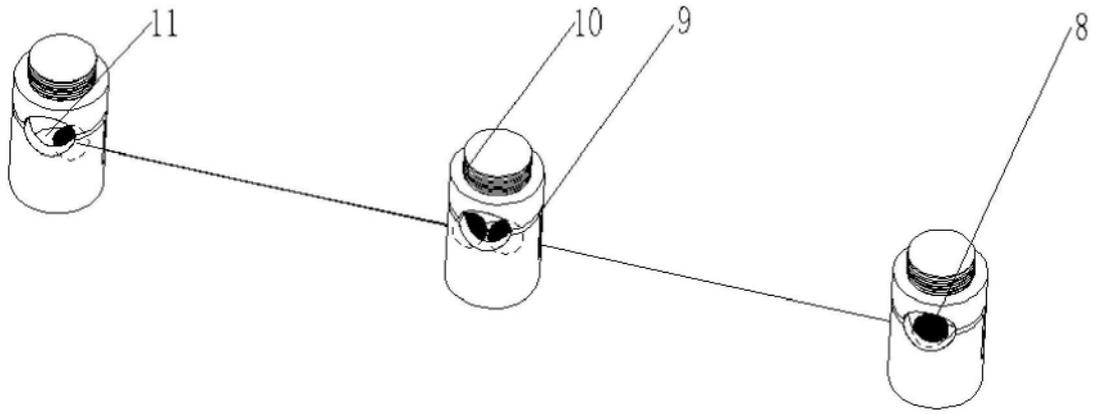


图3

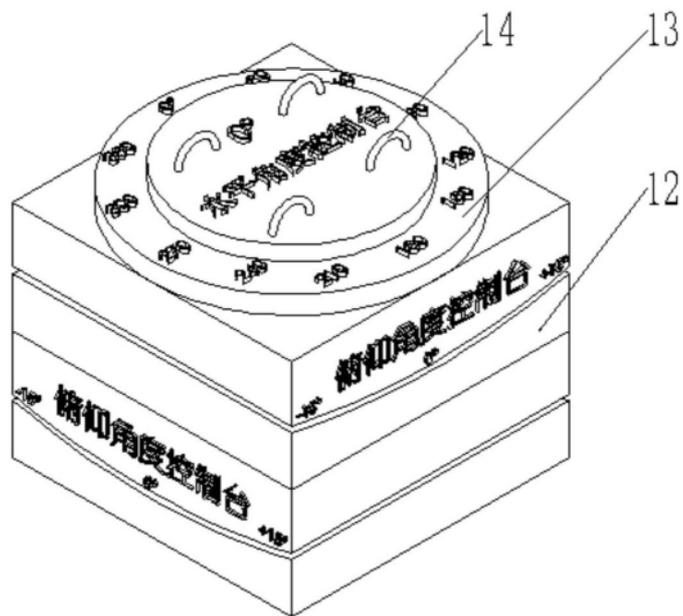


图4

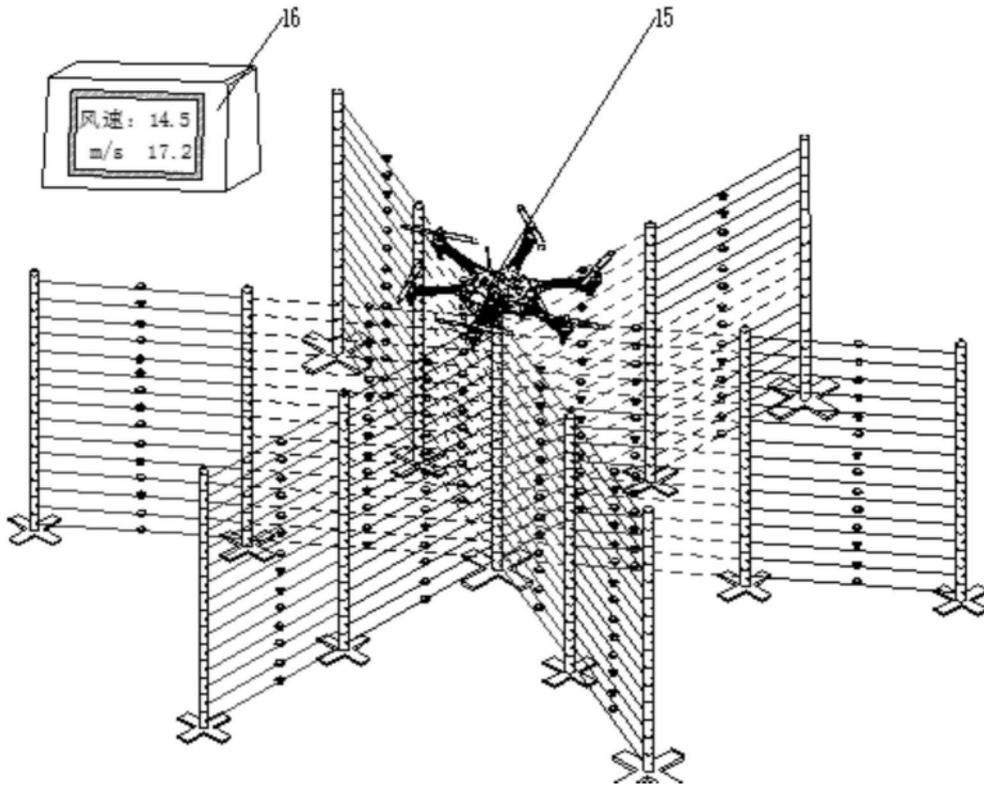


图5