

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021 年 5 月 14 日 (14.05.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/088097 A1

(51) 国际专利分类号:
B64F 5/60 (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/117245

(22) 国际申请日: 2019 年 11 月 11 日 (11.11.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201911084221.0 2019 年 11 月 7 日 (07.11.2019) CN

(71) 申请人: 中国科学院空天信息
创新研究院 (AEROSPACE INFORMATION
RESEARCH INSTITUTE, CHINESE ACADEMY OF
SCIENCE) [CN/CN]; 中国北京市海淀区北四
环西路 19 号, Beijing 100190 (CN)。

(72) 发明人: 刘强 (LIU, Qiang); 中国北京市海淀区
北四环西路 19 号, Beijing 100190 (CN)。 杨燕
初 (YANG, Yanchu); 中国北京市海淀区北四环
西路 19 号, Beijing 100190 (CN)。 崔燕香 (CUI,
Yanxiang); 中国北京市海淀区北四环西路 19 号,
Beijing 100190 (CN)。 才晶晶 (CAI, Jingjing); 中
国北京市海淀区北四环西路 19 号, Beijing 100190
(CN)。 祝榕辰 (ZHU, Rongchen); 中国北京市海
淀区北四环西路 19 号, Beijing 100190 (CN)。 赵
凯彬 (ZHAO, Kaibin); 中国北京市海淀区北四
环西路 19 号, Beijing 100190 (CN)。

(74) 代理人: 北京荟英捷创知识产权代理事务
所 (普通合伙) (BEIJING HUIYINGJIECHUANG
INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国北

(54) **Title:** AEROSTAT ICING CHARACTERISTIC NUMERICAL SIMULATION AND EXPERIMENTAL VERIFICATION SYSTEM

(54) 发明名称: 一种浮空器结冰特性数值仿真与试验验证系统

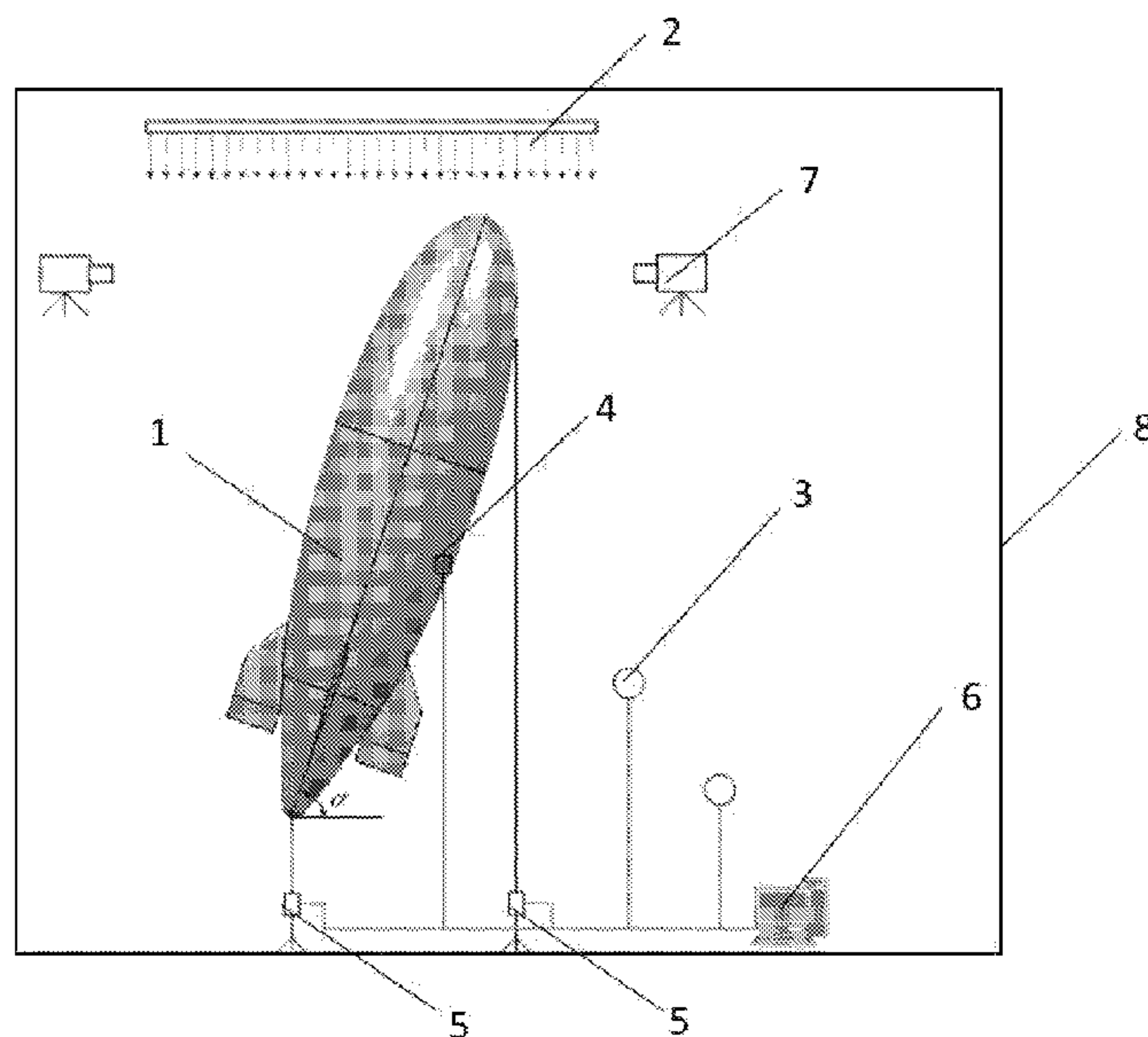


图 3

(57) **Abstract:** An aerostat icing characteristic numerical simulation and experimental verification system, comprising an aerostat icing characteristic calculation model and an aerostat icing characteristic experimentation system, the aerostat icing characteristic calculation model being used to obtain aerostat icing data by means of numerical simulation, and the aerostat icing characteristic experimentation system being used to obtain aerostat icing characteristic data by means of physical model experimentation, a calculation result obtained by means of numerical simulation and a testing result obtained by means of physical model experimentation confirming and optimizing one another, thereby deeply researching and analyzing icing characteristics of an aerostat.



WO 2021/088097 A1

京市北京市丰台区科学城富丰路6号3号
楼1层119, Beijing 100070 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统, 包括浮空器结冰特性计算模型和浮空器结冰特性试验系统, 其中浮空器结冰特性计算模型用于通过数值仿真的方式获得浮空器结冰数据, 浮空器结冰特性试验系统用于通过物理模拟试验获得浮空器结冰特性数据, 数值仿真得到的计算结果和物理模拟试验的试验结果相互印证和完善, 从而深入研究和分析浮空器的结冰特性。

一种浮空器结冰特性数值仿真与试验验证系统

技术领域

本发明属于高空气球热控制技术领域，尤其涉及一种浮空器结冰特性数值仿真与试验验证系统。

背景技术

浮空器的内部填充密度低于空气的浮升气体从而获得浮升力，实现浮空器的升空和高空驻留飞行，在升空和高空飞行时，浮空器经过云层且温度较低时，外壳表面会结冰，而浮空器结冰后对浮空器飞行特性影响较大，目前还没有一个能够全面地测试和估算浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的缺陷，提供一种能够全面地测试和估算浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统。

本发明的技术方案是：一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，包括：

浮空器结冰特性计算模型，所述浮空器结冰特性计算模型用于通过数值仿真的方式获得浮空器结冰数据；

浮空器结冰特性试验系统，所述浮空器结冰特性试验系统用于通过物理模拟试验获得浮空器结冰特性数据；

通过数值仿真的方式获得浮空器结冰数据和通过物理模拟试验获得浮空器结冰特性数据相互验证，相互完善，从而为深入研究和准确分析浮空器的结冰特性提供数值仿真的依据和试验验证的依据。

进一步地，所述浮空器结冰特性试验系统包括：浮空器，结冰特性试验对象；水滴喷射器，用于模拟降雨状态；环境数据采集模块，用来测量环境数据；浮空器压差数据采集模块，用于测量浮空器内外压差；拉力测试模块，用于测量浮空器的浮升力；数据存储和处理模块，用于存储和处理各个模块传输来的数据；试验状态记录模块，用于记录试验过程中浮空器结冰特性的变化情况；低温环境实验室，用于提供 0-20℃ 的室内温度；其中，所述水滴喷射器设置在所述浮空器的上方，所述环境数据采集模块、浮空器压差数据采集模块、拉力测试模块与所述数据存储和处理模块相连，所述拉力测试模块与所述浮空器的系留绳相连。

进一步地，所述浮空器包括飞艇、系留气球、零压气球或超压气球。

进一步地，所述浮空器结冰特性计算模型包括：浮空器温度场-流场特性计算模块，浮空器过冷水滴撞击特性计算模块，浮空器表面冰型生长计算模块。

进一步地，浮空器结冰特性计算模型的建模包括：根据浮空器飞行任务需求，计算浮空器飞行参数及设计参数；计算浮空器大气环境参数和热环境参数；基于浮空器几何特征及传热模式，建立浮空器温度场-流场特性计算模块。

进一步地，浮空器结冰特性计算模型的建模包括：利用浮空器温度场-流场特性计算模块，建立浮空器过冷水滴撞击特性计算模块。

进一步地，浮空器结冰特性计算模型的建模包括：利用浮空器温度场-流场特性计算模块、浮空器过冷水滴撞击特性模块，建立浮空器表面冰型生长计算模块。

进一步地，所述浮空器结冰特性数据包括浮空器表面的结冰厚度和结冰分布。

进一步地，浮空器结冰特性试验系统的试验工况与浮空器结冰特性计算模型的边界条件相同。

本发明具有以下有益效果：通过数值仿真的方式获和物理模拟试验两种方式获得浮空器结冰特性数据，数值仿真得到的计算结果和物理模拟试验的试验结果相互印证和完善，从而深入研究和准确分析浮空器的结冰特性。

附图说明

图 1 是浮空器结冰特性计算模型的组成示意图。

图 2 是浮空器结冰特性计算方法的流程示意图。

图 3 是艇形浮空器结冰特性试验系统结构示意图。

图 4 是球形浮空器结冰特性试验系统结构示意图。

其中，上述附图包括以下附图标记：1、浮空器；2、水滴喷射器；3、环境数据采集模块；4、浮空器压差数据采集模块；5、拉力测试模块；6、数据存储和处理模块；7、试验状态记录模块；8、低温环境实验室。

具体实施方式

下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，包括浮空器结冰特性计算模型和浮空器结冰特性试验系统，浮空器结冰特性计算模型用于通过数值仿真的方式获得浮空器结冰数据，浮空器结冰特性试验系统用于通过物理模拟试验获得浮空器结冰特性数据，数值仿真得到的计算结果和物理模拟试验的试验结果相互印证和完善，从而深入研究和分析浮空器的结冰特性。

浮空器表面结冰过程可以划分为三个步骤：(1) 过冷水滴在浮空器周边流场中流动而撞击浮空器迎风面；(2) 撞击到浮空器迎风面的过冷水滴有一部分贴附在浮空器表面形成水膜流动，有一部分被反弹飞溅离开浮空器表面；(3) 贴附在浮空器表面的水膜经过换热后结冰。

根据以上三个步骤，将浮空器结冰特性计算模型包括三个计算模块，分别是浮空器温度场-流场特性计算模块，浮空器过冷水滴撞击特性计算模块以及浮空器表面冰型生长计算模块，各模块之间的关系如图 1 所示。

浮空器结冰特性计算模型的建模方法，包括以下步骤：

S100, 根据浮空器飞行任务需求, 计算浮空器飞行参数及设计参数;

浮空器的飞行参数包括浮空器的飞行时间、浮空器的飞行地点经度、浮空器的飞行地点纬度、浮空器的飞行海拔高度和浮空器的飞行空速;

浮空器的设计参数包括浮空器的体积、浮空器的长度、浮空器的最大直径、浮空器的表面积和太阳能电池面积。

S200, 计算浮空器大气环境参数和热环境参数;

浮空器的大气环境参数包括浮空器的飞行海拔高度处的大气温度、大气压力和大气密度;

浮空器的热环境参数包括浮空器的辐射热环境参数和对流换热环境参数, 所述浮空器的辐射热环境参数包括太阳直接辐射热流、大气散射太阳辐射热流、地面反射太阳辐射热流、大气长波辐射热流和地面长波辐射热流。

S300, 基于浮空器几何特征及传热模式, 建立浮空器温度场-流场特性计算模块;

利用 CATIA 软件创建浮空器的三维模型, 将所述三维模型导入 CFD/ICEM 软件创建计算域, 生成非结构网格以离散计算域, 完成浮空器有限元模型的建模。

在 CFD/Fluent 软件中, 基于三维纳维-斯托克斯方程, 将浮空器的辐射热环境参数和对流换热环境参数作为边界条件, 加载在浮空器的有限元模型上, 温度场-流场的耦合特性利用基于压力的半隐式分离求解法 (SIMPLE) 解算, 利用二阶离散格式离散对流项和扩散项, 从而完成浮空器温度场-流场特性计算模块的建立。

S400, 利用浮空器温度场-流场特性计算模块, 建立浮空器过冷水滴撞击特性计算模块;

将 CFD/FLUENT 中的浮空器有限元模型和外流场数据的计算结果导入 FENSAP-ICE 软件, 在 FENSAP-ICE 软件中, 基于欧拉两相流理论, 以及一些合理的设定, 建立过冷水滴流动质量和动量守恒方程, 从而完成浮空器过冷水滴撞击特性计算模块的建立;

所述合理的设定包括:

过冷水滴形状为球形;

过冷水滴在浮空器的周边流场中流动时, 在撞击或流过浮空器的表面之前, 不发生变形, 不与环境换热;

浮空器的流场的湍动对过冷水滴流场无影响。

S500, 利用浮空器温度场-流场特性计算模块、浮空器过冷水滴撞击特性模块, 建立浮空器表面冰型生长计算模块, 从而完成浮空器结冰特性计算模型的建模。

将 CFD/FLUENT 中的浮空器有限元模型和外流场数据的计算结果导入 FENSAP-ICE 软件, 以及过冷水滴撞击计算模块的计算结果, 在 FENSAP-ICE 软件中, 利用浮空器的温度场-流场计算模块得到浮空器的表面温度、摩擦阻力和热流数据, 利用过冷水滴撞击计算模块得到浮空器的表面过冷水滴收集系数, 建立浮空器的表面冰型生长的质量和能量守恒方程, 从而完成浮空器表面冰型生长计算模块的建立;

通过浮空器结冰特性计算模型, 根据浮空器材料热特性参数, 联立求解计算模块内所有微元的方程组, 可计算出浮空器结冰特性数据, 浮空器结冰特性数据包括浮空器表面的结冰

厚度和结冰分布，为浮空器试验提供数值计算的依据。

浮空器结冰特性试验系统，包括浮空器 1，水滴喷射器 2，环境数据采集模块 3，浮空器压差数据采集模块 4，拉力测试模块 5，数据存储和处理模块 6，试验状态记录模块 7、低温环境实验室 8 八个模块。

环境数据采集模块 3、浮空器压差数据采集模块 4、拉力测试模块 5 与数据存储和处理模块 7 相连，拉力测试模块 5 与浮空器的系留绳相连，用于测量浮空器的浮升力数据，浮空器的浮生力等于浮空器的浮力减去浮空器的重力。

浮空器 1 是结冰特性试验对象，包括飞艇、系留气球、零压气球或超压气球等浮空器。

水滴喷射器 2 设置在浮空器 1 的上方，水滴喷射器 2 由主管道和一系列喷头组成，用于模拟降雨状态，喷头喷出的为空气和水滴的混合流体，通过调节喷头可以调节混合流体中的水滴直径、喷水含量和流速，喷水含量是指每立方米空气中含有的水滴质量。

环境数据采集模块 3，由环境大气温度、环境大气压力、环境大气湿度、环境风速风向测试仪器组成，用来测量环境大气温度数据、环境大气压力数据、环境大气湿度数据和环境风速风向数据。

浮空器压差数据采集模块 4，包括压差传感器，用于测量浮空器内外压差。

拉力测试模块 5，包括张力计，用于测量浮空器的浮升力数据。

数据存储和处理模块 6，主要由计算机硬件和数据处理软件组成，用于存储和处理各个模块传输来的数据。

试验状态记录模块 7，由两架摄像机组成，用于记录试验过程中，浮空器结冰特性变化情况。

低温环境实验室 8，用于提供 0-20℃ 的室内温度。

采集所有数据并存于计算机中，试验数据用来验证和完善浮空器结冰特性计算模型。

利用浮空器结冰特性试验系统，可以进行浮空器结冰特性的试验，包括以下步骤：

步骤 S1，将数据采集仪器与数据存储和处理模块连接，并调试运行状态。

步骤 S101，将环境数据采集模块、浮空器压差数据采集模块、拉力测试模块连接到数据存储和处理模块，开启环境数据采集模块、浮空器压差数据采集模块、拉力测试模块，确保环境数据采集模块，拉力测试模块功能正常，采集数据准确；

步骤 S102，调试试验状态记录模块，确保试验状态记录模块功能正常；

步骤 S2，准备低温环境实验室。

步骤 S201，开启低温环境实验室，确保低温环境实验室功能正常，可以调节室温；

步骤 S202，根据试验需求，调节室温。

步骤 S3，调试水滴喷射器。

步骤 S301，开启水滴喷射器，确保水滴喷射器功能正常，可以调节喷出的水滴直径、喷水含量和流速；

步骤 S302，根据试验需求，调节喷出的水滴直径、喷水含量和流速。

步骤 S4，在浮空器上安装数据采集模块，并调试浮空器。

步骤 S401，在浮空器上安装浮空器压差数据采集模块，浮空器压差数据采集模块连接到数据采集和处理模块；

步骤 S402，往浮空器充入氦气，将浮空器移到水滴喷射器下方，将浮空器连接到拉力测试模块上再固定在地面；

步骤 S5，测试浮空器结冰特性，浮空器结冰特性试验的工况与浮空器结冰特性计算模型的边界条件相同。

浮空器表面结冰特性受环境温度、浮空器压差、水滴直径、喷水含量、流速和结冰时间等六个因素的影响，本试验方法采用单一变量法，定量地测试单独每种因素对浮空器结冰特性的影响，设定环境温度、浮空器压差、水滴直径、喷水含量、流速和结冰时长的基准值，保持其中五个变量不变并保持基准值，使第六个变量单独变化，变化的数值围绕基准值上下浮动。

步骤 S510，在相同环境温度、浮空器压差、水滴直径、喷水含量、流速条件下，即环境温度、浮空器压差、水滴直径、喷水含量、流速为基准值时，测试不同结冰时长条件下，浮空器结冰特性的变化。

步骤 S511，开启环境实验室，将室内温度调节到试验所需的环境温度，设置浮空器压差为基准值，测试浮空器在没有结冰时的浮升力；

步骤 S512，保持水滴直径、喷水含量、流速和浮空器压差为基准值，测试浮空器浮升力随结冰时间的变化；

步骤 S513，将 511 测量的浮空器浮升力数据减去 512 测量的浮空器浮升力数据，得到在一定环境温度、水滴直径、喷水含量、流速和浮空器压差条件下，不同结冰时长条件下浮空器表面的结冰质量；

步骤 S514，完成步骤 S513 之后，将浮空器表面水膜擦拭干净。

步骤 S520，重复步骤 510，固定其他五个参量，将变量依次换成环境温度、浮空器压差、水滴直径、喷水含量、流速，测量每种因素影响下的浮空器表面结冰特性。

步骤 S5 还包括在试验过程中，使用试验状态记录模块记录试验过程中浮空器结冰状态的变化情况。

步骤 S6，试验完成后对试验数据进行处理和分析，从而与浮空器结冰特性计算模型计算结果相互验证和相互完善。

上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于，包括：
浮空器结冰特性计算模型，所述浮空器结冰特性计算模型用于通过数值仿真的方式获得浮空器结冰数据；
浮空器结冰特性试验系统，所述浮空器结冰特性试验系统用于通过物理模拟试验获得浮空器结冰特性数据；
通过数值仿真的方式获得浮空器结冰数据和通过物理模拟试验获得浮空器结冰特性数据相互验证，相互完善，从而为深入研究和准确分析浮空器的结冰特性提供数值仿真的依据和试验验证的依据。
2. 根据权利要求1所述的一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于，所述浮空器结冰特性试验系统包括：
浮空器，结冰特性试验对象；
水滴喷射器，用于模拟降雨状态；
环境数据采集模块，用来测量环境数据；
浮空器压差数据采集模块，用于测量浮空器内外压差；
拉力测试模块，用于测量浮空器的浮升力；
数据存储和处理模块，用于存储和处理各个模块传输来的数据；
试验状态记录模块，用于记录试验过程中浮空器结冰特性的变化情况；
低温环境实验室，用于提供 0-20℃ 的室内温度；
其中，所述水滴喷射器设置在所述浮空器的上方，所述环境数据采集模块、浮空器压差数据采集模块、拉力测试模块与所述数据存储和处理模块相连，所述拉力测试模块与所述浮空器的系留绳相连。
3. 根据权利要求1所述的一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于：所述浮空器包括飞艇、系留气球、零压气球或超压气球。
4. 根据权利要求1所述的一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于，所述浮空器结冰特性计算模型包括：浮空器温度场-流场特性计算模块，浮空器过冷水滴撞击特性计算模块，浮空器表面冰型生长计算模块。
5. 根据权利要求4所述的一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于，浮空器结冰特性计算模型的建模包括：根据浮空器飞行任务需求，计算浮空器飞行参数及设计参数；计算浮空器大气环境参数和热环境参数；基于浮空器几何特征及传热模式，建立浮空器温度场-流场特性计算模块。
6. 根据权利要求4所述的一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于，浮空器结冰特性计算模型的建模包括：利用浮空器温度场-流场特性计算模块，建立浮空器过冷水滴撞击特性计算模块。

7. 根据权利要求4所述的一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于，浮空器结冰特性计算模型的建模包括：利用浮空器温度场-流场特性计算模块、浮空器过冷水滴撞击特性模块，建立浮空器表面冰型生长计算模块。
8. 根据权利要求1所述的一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于：所述浮空器结冰特性数据包括浮空器表面的结冰厚度和结冰分布。
9. 根据权利要求1所述的一种浮空器结冰特性的数值仿真与试验验证系统，其特征在于，浮空器结冰特性试验系统的试验工况与浮空器结冰特性计算模型的边界条件相同。

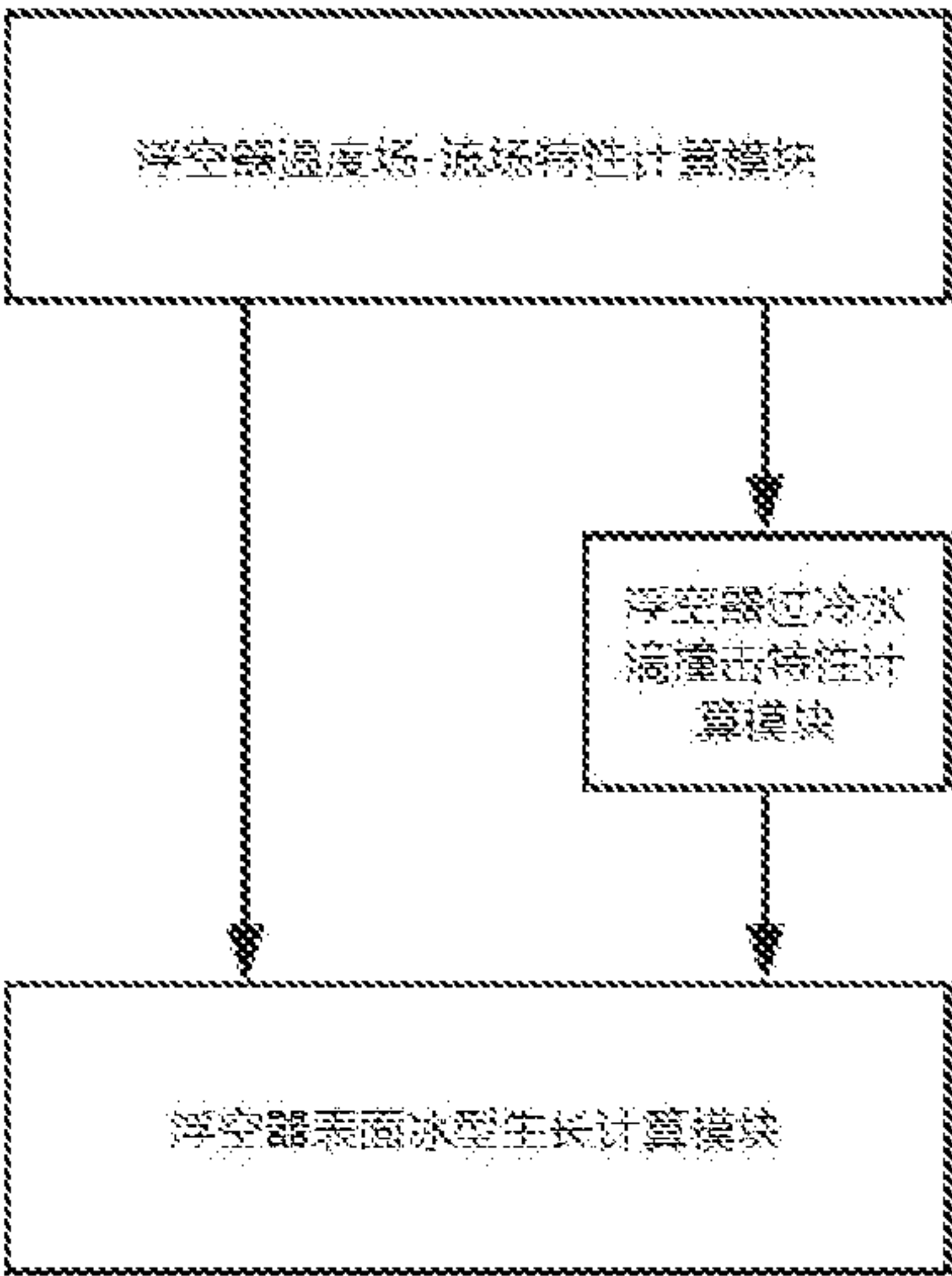


图 1

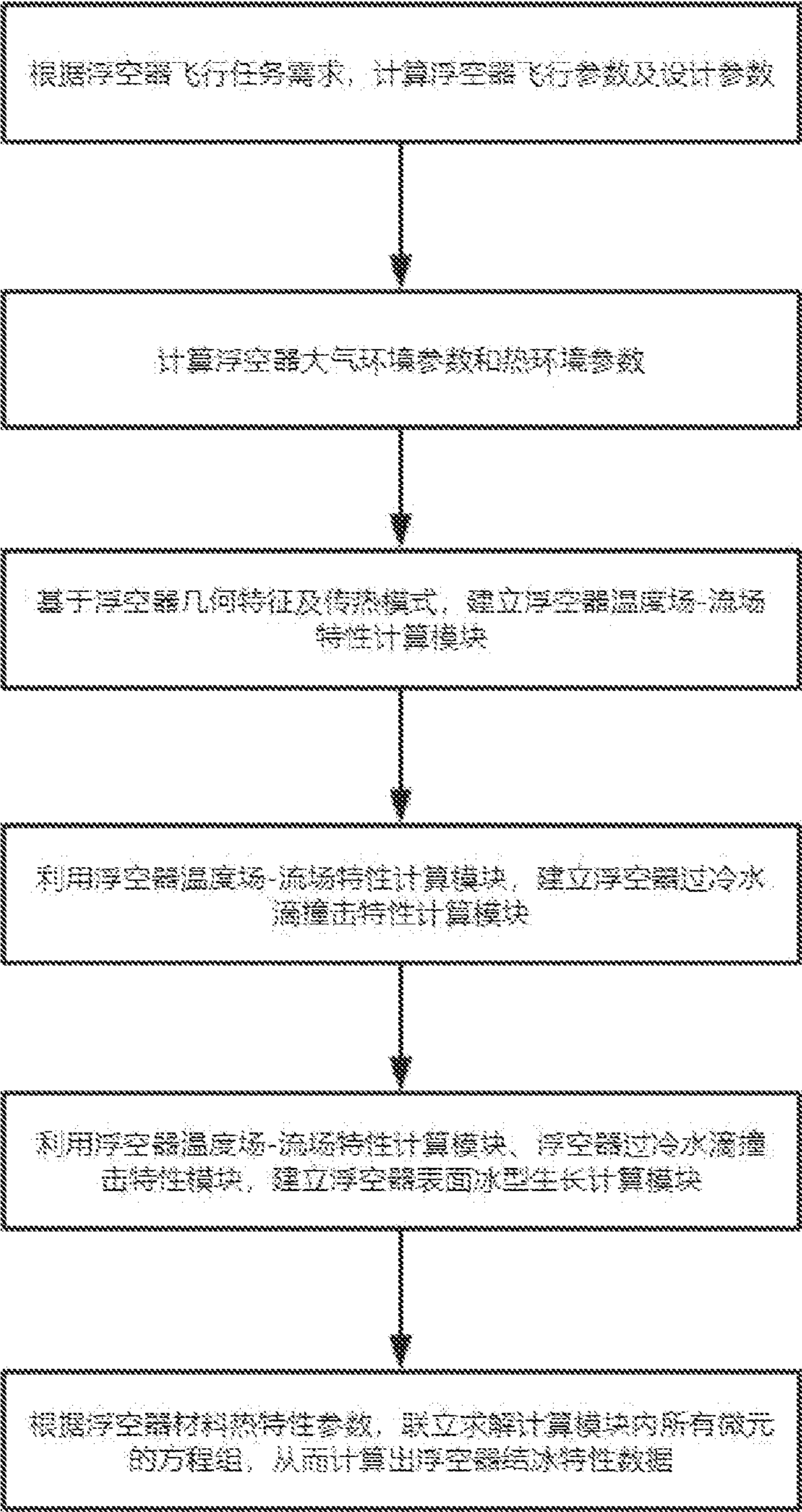


图 2

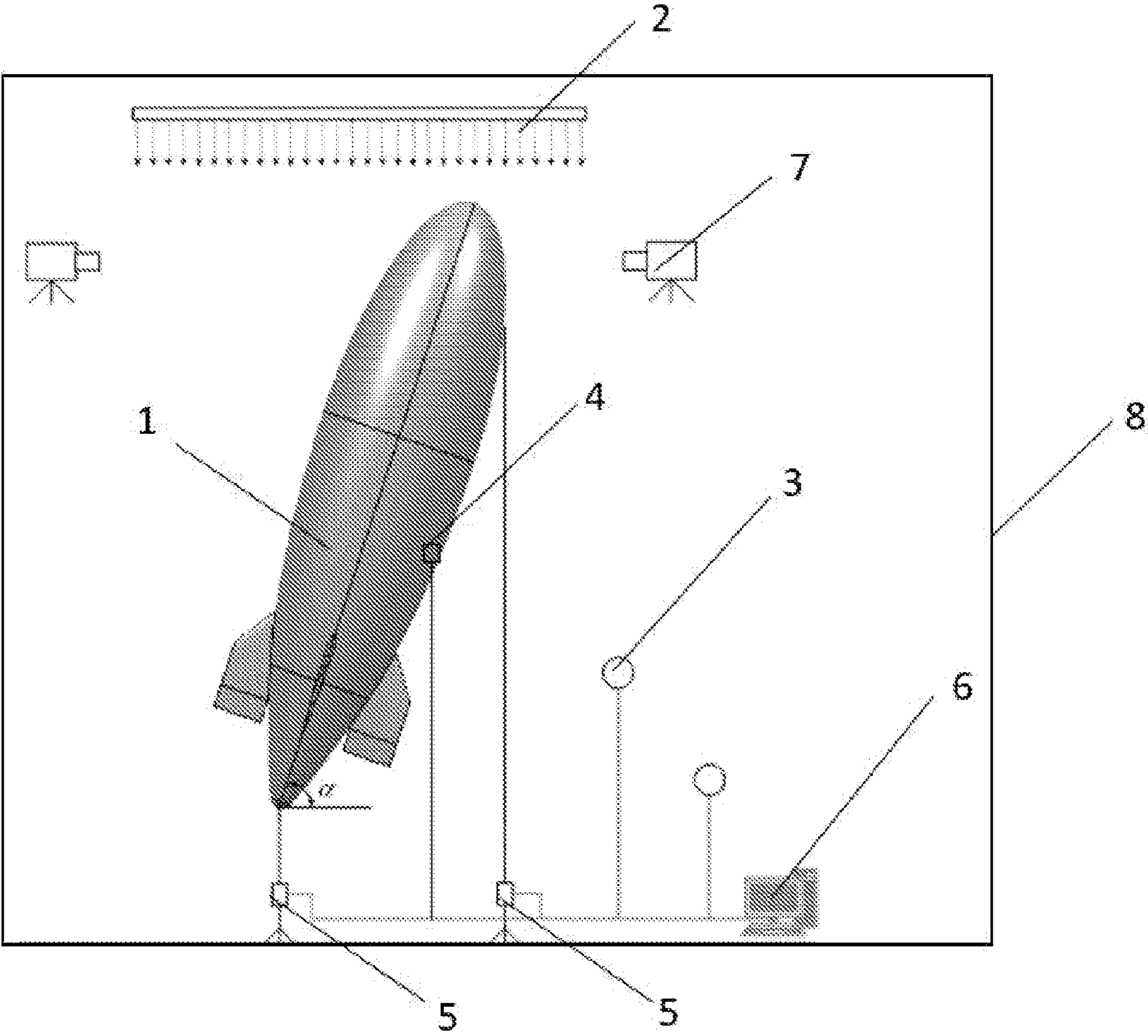


图 3

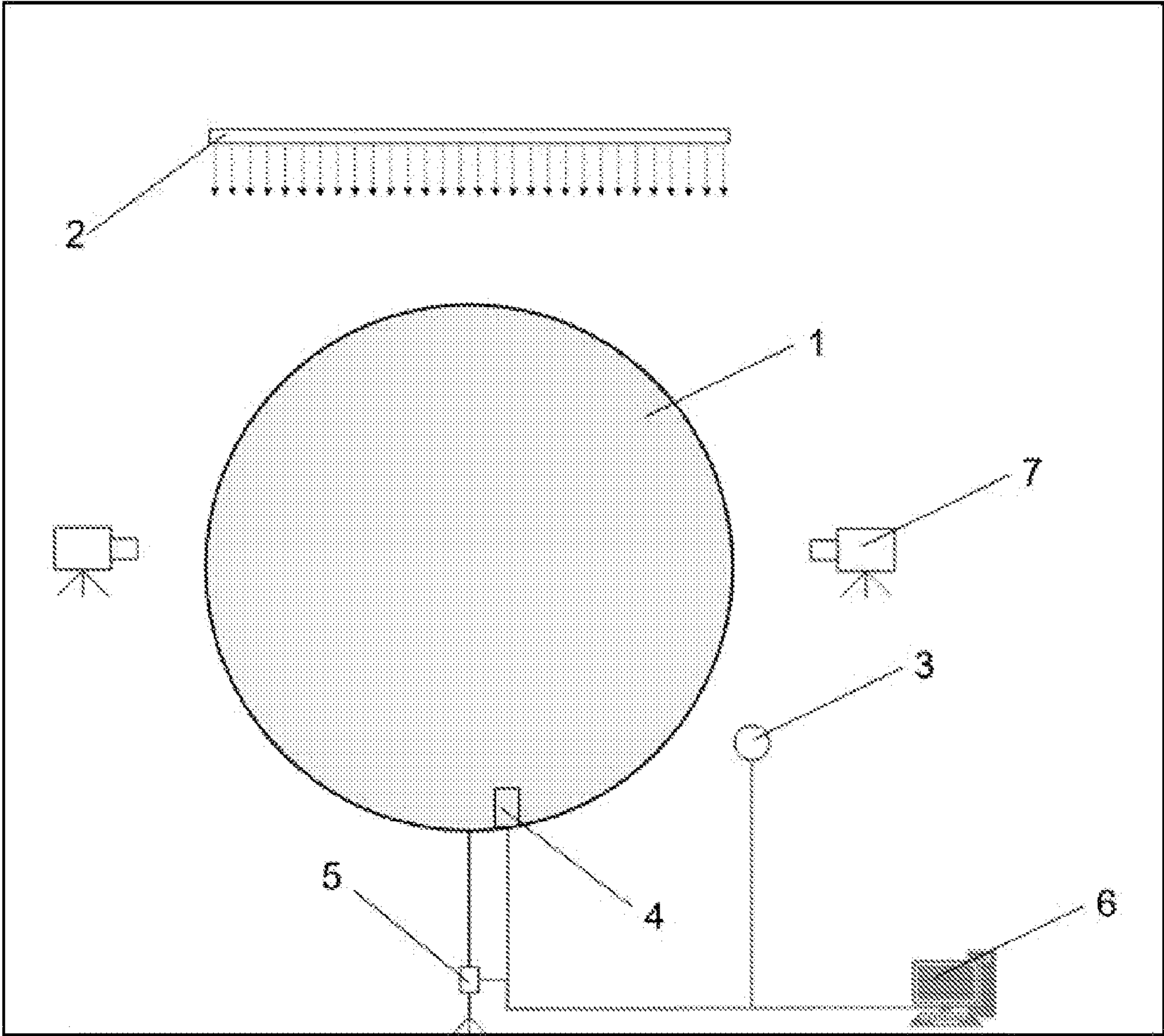


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/117245

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B64F 5/60(2017.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B64F 5/-; G06F 17/50; G06F 17/00; B64D 15/-; B64G 7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN; CNABS; CNTXT; CNKI: 浮空器, 飞艇, 系留气球, 零压气球, 超压气球, 飞行器, 结冰, 模型, 模拟, 计算, 仿真, 试验, 数据, 验证, 印证, aerostat, airship, balloon, aircraft, superalloy, simulat+, test, experiment, calculat+, model, module, data, verif +, confirm+, ice, deicing, icing, freez+, frozen

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013078629 A1 (TIANJIN AEROCODE ENGINEERING APPLICATION SOFTWARE DEVELOPMENT INC. et al.) 06 June 2013 (2013-06-06) description page 9 line 17 to page 12 line 25 and figure 5	1-9
A	CN 110217412 A (BEIJING REAL-TEMP TECHNOLOGY CO., LTD.) 10 September 2019 (2019-09-10) description paragraphs 2-34 and figure 1	1-9
A	CN 109696289 A (CHINA AERODYNAMICS RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER, LOW SPEED AERODYNAMICS INSTITUTE) 30 April 2019 (2019-04-30) entire document	1-9
A	CN 106608372 A (CHINESE FLIGHT TEST ESTABLISHMENT) 03 May 2017 (2017-05-03) entire document	1-9
A	CN 203643124 U (WUHAN AVIATION INSTRUMENT CO., LTD.) 11 June 2014 (2014-06-11) entire document	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 July 2020

Date of mailing of the international search report

06 August 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103264773 A (CHINA AVIC AERODYNAMICS RESEARCH INSTITUTE) 28 August 2013 (2013-08-28) entire document	1-9
A	US 6868721 B2 (NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA) 22 March 2005 (2005-03-22) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/117245

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2013078629	A1	06 June 2013	US	2014257771	A1	11 September 2014
CN	110217412	A	10 September 2019	CN	210391597	U	24 April 2020
CN	109696289	A	30 April 2019	None			
CN	106608372	A	03 May 2017	None			
CN	203643124	U	11 June 2014	None			
CN	103264773	A	28 August 2013	None			
US	6868721	B2	22 March 2005	CA	2430823	A1	05 December 2003

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2019/117245
A. 主题的分类 B64F 5/60(2017.01) i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) B64F 5/-; G06F 17/50; G06F 17/00; B64D 15/-; B64G 7/00 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) VEN;CNABS;CNTXT;CNKI: 浮空器, 飞艇, 系留气球, 零压气球, 超压气球, 飞行器, 结冰, 模型, 模拟, 计算, 仿真, 试验, 数据, 验证, 印证, aerostat, airship, balloon, aircraft, superalloy, simulat+, test, experiment, calculat+, model, module, data, verif+, confirm+, ice, deicing, icing, freez+, frozen		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	WO 2013078629 A1 (TIANJIN AEROCODE ENGINEERING APPLICATION SOFTWARE DEVELOPMENT INC. 等) 2013年 6月 6日 (2013 - 06 - 06) 说明书第9页第17行至第12页第25行以及附图5	1-9
A	CN 110217412 A (北京瑞尔腾普科技有限公司) 2019年 9月 10日 (2019 - 09 - 10) 说明书第2-34段以及附图1	1-9
A	CN 109696289 A (中国空气动力研究与发展中心低速空气动力研究所) 2019年 4月 30日 (2019 - 04 - 30) 全文	1-9
A	CN 106608372 A (中国飞行试验研究院) 2017年 5月 3日 (2017 - 05 - 03) 全文	1-9
A	CN 203643124 U (武汉航空仪表有限责任公司) 2014年 6月 11日 (2014 - 06 - 11) 全文	1-9
A	CN 103264773 A (中国航空工业空气动力研究院) 2013年 8月 28日 (2013 - 08 - 28) 全文	1-9
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
<div><div><p>* 引用文件的具体类型:</p><p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p><p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p><p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p><p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p><p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p></div><div><p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了解发明之理论或原理的在后文件</p><p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p><p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p><p>“&” 同族专利的文件</p></div></div>		
国际检索实际完成的日期 2020年 7月 17日		国际检索报告邮寄日期 2020年 8月 6日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 孙兰相 电话号码 86-(010)-62085064

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/117245

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 6868721 B2 (NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA) 2005年 3月 22日 (2005 - 03 - 22) 全文	1-9
<hr/>		

国际申请号
PCT/CN2019/117245

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
W0	2013078629	A1	2013年 6月 6日	US	2014257771	A1	2014年 9月 11日
CN	110217412	A	2019年 9月 10日	CN	210391597	U	2020年 4月 24日
CN	109696289	A	2019年 4月 30日	无			
CN	106608372	A	2017年 5月 3日	无			
CN	203643124	U	2014年 6月 11日	无			
CN	103264773	A	2013年 8月 28日	无			
US	6868721	B2	2005年 3月 22日	CA	2430823	A1	2003年 12月 5日