



结冰与防除冰重点实验室 2019 年度开放课题申请指南

一、概述

中国空气动力研究与发展中心结冰与防除冰重点实验室(以下简称“实验室”)成立于 2015 年,实验室依托以国家重大科技基础设施—大型结冰风洞为代表的研究平台,开展结冰与防除冰自主创新研究,培养与吸引高水平研究人才,进行学术交流、合作和科学实验。

实验室的主要任务是:面向国防建设和国民经济发展的重大战略需求,以搭建基础性、跨学科、开放式的结冰与防除冰研究平台为主要目标,聚焦结冰与防除冰空气动力学创新理论和前沿技术,着力解决结冰与防除冰基础科学问题,发展结冰风洞试验模拟与测试技术,完善结冰与防除冰理论、试验与安全评估体系,取得结冰与防除冰空气动力学方面的创新成果,通过实行“开放、流动、联合、竞争”的运行机制,打造高水平结冰与防除冰研究团队,为解决结冰与防除冰领域重大科学及工程问题研究做出贡献。

二、主要研究方向及内容

- 1、结冰与防除冰机理;
- 2、结冰危害及致灾机制;
- 3、结冰与防除冰的高精度模拟方法;
- 4、高效结冰防护技术及应用。

三、2019 年度资助范围及编号

3.1 IADL201901：结冰与防除冰机理

本方向主要研究过冷水滴在运动和撞击过程中的运动学、动力学、热力学和传热学特性；研究过冷水滴形核、相变、传热和溢流特性；冰的内部结构和外部形貌特性及其与环境的相互作用规律等。2019 年度重点支持以下方向：

3.1.1 IADL20190101：结冰微观结构特征及其形成机理研究

研究内容：研究结冰微观结构可视化测试方法，建立相应测试系统；研究不同结冰条件下的结冰微观结构特征，分析其影响因素及规律，并建立相应数学模型，初步揭示结冰微观结构的形成机理。

指标要求：结冰需包括典型的明冰、霜冰和混合冰。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2 年。

3.1.2 IADL20190102：非稳态电热除冰机理与数值模拟研究

研究内容：针对电热除冰过程，研究除冰表面水膜流动传热机理与非稳态结冰热力学模型；分析结冰融化、脱落地机理，建立考虑冰层影响的除冰模型；耦合结冰与除冰模型，建立非稳态电热周期除冰仿真模型于数值模拟方法。

指标要求：建立非稳态周期除冰仿真模型。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2 年。

3.1.3 IADL20190103：热气流作用下冰锥去除过程的机理研究

研究内容：在热气流作用下，研究冰锥在不同浸润性实验板面上的融化、脱离过程，测量冰锥几何轮廓变化以及表面温度分布情况并分析不同

参数对其影响规律，揭示热气流作用下冰锥融化及运动的微物理过程的机理。

指标要求：研究变量参数不少于 3 种。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2 年。

3.1.4 IADL20190104：云雾场水滴结冰过程实验方法及其相变机理研究

研究内容：基于多相颗粒的光散射特性，研究水滴/冰晶与光的相互作用，发展水滴冷却结冰过程的光学测量方法。建立单个液滴结冰过程的可视化实验系统，研究结冰过程中水滴、冰晶以及冰水混合物的定量测量及其区分方法。基于可视化数据，研究结冰过程中冰、水相变机理。

指标要求：能明确区分云雾场中水滴、冰晶以及冰水混合物。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2 年。

3.1.5 IADL20190105：航空发动机旋转帽罩“羽毛状”结冰的脱离-冻结模型研究

研究内容：针对发动机旋转帽罩的“羽毛状”冰形成过程，研究表面水膜（或水滴）的流动、脱离、冻结过程，掌握水膜（或水滴）在瞬变合力作用下的流动规律、探索水膜（或水滴）冻结过程中的时间效应，建立适用于航空发动机旋转帽罩结冰的脱离-冻结模型。

指标要求：建立航空发动机旋转帽罩结冰的脱离-冻结模型。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2 年。

3.2 IADL201902：结冰危害及致灾机制

本方向主要研究结冰之后飞机的空气动力学特性和飞行力学特性；研究覆冰对材料性能、结构安全、系统性能（如通信能力、目标识别能力等）的影响规律；研究结冰探测、预警和控制的理论和技术；研究抑制结冰危害的物理、化学和生物技术方法等。2019 年度重点支持以下方向：

3.2.1 IADL20190201：冰脊剪切流低频振荡诱发致灾的流动不稳定性机理研究

研究内容：针对冰脊剪切流诱发瞬态气动力大幅波动现象，研究冰脊剪切流低频振荡的主导模态，分析脊剪切流中标量场（如压力场、湍动能）和矢量场（例如速度矢量，涡量矢量）的流动结构以及自由剪切层、回流区、再附着和尾迹耗散区结构在非定常流动时的形态特征和极值差变化规律；研究冰脊剪切层低频振荡对流场中涡量脉动均方根和不稳定性放大率的贡献，结合相关数据挖掘方法对关键区域进行特征取样分析，对比诊断不同位置的脉动特征与剪切层低频振荡的关系。

指标要求：获取冰脊剪切流不稳定流动特性、影响因素及规律。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2 年。

3.2.2 IADL20190202：超疏水材料表面抑冰粘附与剪切力脱冰机制研究

研究内容：针对飞行环境中的过冷水滴，研究超疏水微纳米分级结构表面的可控构筑及低温动态非润湿性能表征与调控技术，在结冰风洞环境下研究超疏水微纳米分级结构表面的结冰粘附特性、微观界面作用机制以及剪切力作用下的脱冰机理。

指标要求：水滴为过冷、动态条件。

成果形式：样件，研究报告，论文、专利。

项目周期：2 年。

3.2.3 IADL20190203：基于超声波的结冰探测技术

研究内容：研究超声波在自由板和多层介质中的传播，分析结冰对超声波传播的影响特性规律，研究不同结冰厚度、结冰长度对超声波模态信号的影响以及模态的转换。

指标要求：结冰厚度探测误差小于 10%。

成果形式：研究报告，论文、专利。

项目周期：2 年。

3.2.4 IADL20190204：典型非球形冰晶的运动特征与适航审定要素研究

研究内容：梳理典型非球形冰晶，开展典型非球形冰晶的拖曳力系数的计算研究，开展典型非球形冰晶的拖曳力系数的实验，研究特定部件的非球形冰晶的适航审定要素。

指标要求：提炼出非球形冰晶对特征部件（或安装位置）的结冰审定要素。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2 年。

3.3 IADL201903：结冰与防除冰的高精度计算和试验模拟方法

本方向主要研究水滴运动、碰撞、相变过程，以及结冰形成和演化过程的数值模拟算法，进行计算机软件的开发、计算模型及方法的验证与确认；研究结冰过程的试验模拟方法、结冰风洞试验理论和技术、相关的试验测试理论和技术；研究防冰和除冰过程的数值模拟方法、试验模拟的理论与方法、计算机软件的研制、试验设备的研制及试验测试技术等。2019 年度重点支持以下方向：

3.3.1 IADL20190301：基于深度神经网络的飞机结冰预测方法研究

研究内容：通过研究气象、飞行特性等多种因素对结冰过程的影响，建立飞机的气象-结冰-气动数据库；基于此数据库利用深度神经网络等方法，对典型环境下飞机冰形参数预测，同时综合各参数对结冰严重程度给出参数化描述，并通过冰风洞实验对所建立的方法进行验证。

指标要求：开发出基于深度神经网络的结冰预测软件。

成果形式：软件、研究报告、论文、专利。

项目周期：2年。

3.3.2 IADL20190302：飞机三维结冰外形高效精确数值模拟

研究内容：基于于液/固相变和液膜流动基本理论，分析考虑液态水溢流条件的飞机结冰过程传热特性，建立高效精确的飞机三维结冰外形非定常计算方法。

指标要求：计算结果与试验结果误差不超过 10%。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2年。

3.3.3 IADL20190303：过冷大水滴动力学过程的数值模拟研究

研究内容：研究水滴与空气界面高精度捕捉方法，构建气液两相流动力学模型，精细化模拟水滴运动过程中出现的变形、破碎现象和水滴撞击过程中出现的反弹、飞溅等现象，并与相关试验结果对照以改进数学模型。

指标要求：水滴动力学计算与试验结果误差不超过 10%。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2年。

3.3.4 IADL20190304：微尺度超疏水防除冰的高精度数值模拟及实验研究

研究内容：研究水滴撞击微尺度超疏水结构表面的动力学机制，建立合理的水滴撞击表面时的接触角模型和新的固-液-气界面描述方法；研究超疏水结构表面微尺度传热特性及相变机理，建立新的体现尺度效应的对流换热和蒸发模型，发展预测水滴撞击超疏水结构后的结冰冰形宏观模型；开展水滴撞击超疏水结构表面的动力学行为和传热相变的细观试验研究，验证和修正动力学和微尺度传热学模型。

指标要求：建立超疏水防除冰的高精度数值模拟和实验方法。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2年。

3.3.5 IADL20190305：结冰风洞喷嘴雾化特性研究

研究内容：针对结冰风洞小流量大喷雾角和大粒径喷嘴，研究喷雾演化过程，分析喷雾形态，探究工作参数和结构参数对雾化特性的影响规律。

指标要求：获取喷嘴雾化特性的影响因素及规律。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2年。

3.3.6 IADL20190306：基于偏振成像的冰形三维在线测量技术研究

研究内容：研究不同冰型的后向散射光的偏振特性、散射偏振模型曲线以及表面杂散光及体散射光的偏振特性对偏振的影响；研究多模态激光条纹提取方法，构建散射光强度/偏振度/偏振角分布的模型，建立强度、偏振耦合的激光线条提取方法，初步完成实验验证。

指标要求：建立多模态耦合的激光条纹提取技术，获取不同冰形的后向偏振散射特性。

成果形式：研究报告，论文，专利。

项目周期：2年。

3.4 IADL201904：高效结冰防护技术及应用

本方向主要研究各类防冰和除冰的理论、方法和技术，包括加热、机械、超疏水等防除冰手段；研究新型防除冰技术及其工程化的关键科学和技术问题；探索不同防除冰手段在不同结冰场景中的应用策略、实现方式及工程实现过程中的交叉学科问题。2019 年度重点支持以下方向：

3.4.1 IADL20190401：合成热射流与超疏水材料组合防冰技术研究

研究内容：研究不同结冰气象条件下合成热射流激励器工作特性，分析结冰气象参数对激励器性能参数的影响规律；开展合成热射流与超疏水微粗糙元高精度数值模拟研究，分析合成热射流表面虚拟气动热膜的生成、演化特性及其与微粗糙元的相互作用特性，优化组合防冰方案，并初步完成实验验证。

指标要求：相比传统防冰系统能耗降低 10%。

成果形式：合成热射流与超疏水表面材料主被动组合防冰技术研究报告，论文，专利。

项目周期：2 年。

3.4.2 IADL20190402：电热防除冰系统智能分区决策框架设计

研究内容：针对强扰动防除冰能耗效率问题，通过多场耦合灰色动力学过程的分析与建模，运用神经网络和模糊控制等信息化技术，建立对应多源扰动信息的热能分区管理与快速调整策略。

指标要求：建立电热防除冰智能分区决策框架设计方法。

成果形式：研究报告、论文、专利。

项目周期：2 年。

3.4.3 IADL20190403：飞机机翼热气膜动态防除冰技术研究

研究内容：研究机翼前缘翼面热气膜形成机理，热膜几何形态影响因素，翼面热膜流动特征；分析机翼前缘表面的动态热效应，翼面内、外热气膜温度分布规律，热传递机理，优化形成热气膜的机翼内部构型和机制，建立评价预测机翼热气膜防除冰效果的指标体系。

指标要求：形成一套能够高效防除冰的机翼气膜构型。

成果形式：研究报告、论文、专利。

项目周期：2年。

3.4.4 IADL20190404：碳纤维加热防除冰结构功能一体化复合材料研究

研究内容：研究碳纤维加热复合材料的设计，实现承载结构和防除冰功能一体化，评估一体化复合材料的防除冰能力，分析碳纤维加热体和树脂基体的热应力相容问题，以及在干湿、冷热循环载荷作用下的耐久性问题。

指标要求：研制出碳纤维加热结构功能一体化复合材料样件。

成果形式：样件、研究报告、论文、专利。

项目周期：2年。

3.4.5 IADL20190405：基于电热和超疏水材料的耦合防除冰技术研究

研究内容：研究水滴定向反弹超疏水取向性微纳米复合结构设计方法与可控制备技术，分析微纳米结构对水滴反弹角度、抑冰生成、降冰粘附的影响规律；设计电热与超疏水材料的耦合防除冰系统，开展结冰风洞实验研究，分析不同变量对除冰性能的影响。

指标要求：相比传统电热防除冰系统降低能耗 20%。

成果形式：样件、研究报告、论文、专利。

项目周期：2年。

四、资助方式

重点实验室拟分年度受理开放课题申请。根据重点实验室的建设目标和研究方向，逐年扩充资助范围；对于取得重要进展的开放课题，将持续资助。每个开放课题资助强度为 6~15 万元。执行时间为：2020 年 01 月-2021 年 12 月。

五、注意事项

1. 本指南面向全国发布，自由申报、公平竞争、滚动支持。

2. 开放课题申请书由本实验室学术委员会评审，重点实验室根据择优原则，确定受资助开放课题及资助金额，由重点实验室与申请者所在单位签订科研合同后执行。

3. 开放课题申请人一般应具有博士学位或中级以上职称（含），每个申请者每年只能申报一个项目。

4. 申请者在填报申请书前，要认真阅读本指南。必须在本指南年度资助方向内进行选题，侧重基础和应用研究，强调创新性和先进性。不符合项目指南的申请将不予受理。

5. 为加强资助项目的学术交流，重点实验室每年将举办一次资助项目的年度学术交流会，并不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助课题负责人有义务参加重点实验室组织的上述学术交流活动。

6. 获资助开放课题，需在获得资助起两年内发表至少 2 篇 EI/SCI 检索文章。在发表文章和申报成果时，完成单位必须包括结冰与防除冰重点实验室（Key Laboratory of Icing and Anti/De-icing），论文署名规则具体格式见附件 1。并注明资助项目编号。没有按合同完成文章发表要求的课题申请者，将暂停开放课题的申请资格。

7. 课题研究内容原则上不涉密，保密审查由申请者所在单位自行负责。

8. 开放课题申请书（模版见附件）由重点实验室管理办公室受理，受理截止日期 2019 年 9 月 30 日。申请者须在 9 月 30 日前将申请书 Word 电子文档报送重点实验室管理办公室；同时准备好纸介质申请书一式 3 份，并加盖单位公章。

六、联系方式

联系人：刘森云（0816-2461238，18881100767）

李士伟（0816-2461030，15984644116）

邮箱：CARDG_IADL@163.com

七、附件

附件 1：发表论文署名规则

附件 2：结冰与防除冰重点实验室开放基金申请书（模版）

结冰与防除冰重点实验室

二〇一九年八月

附件1

发表论文署名规则

(供参考)

飞行器结冰风洞试验技术

×××^{1,2} ××²

(1.中国空气动力研究与发展中心 低速空气动力学研究所, 四川 绵阳 621000)

(2.中国空气动力研究与发展中心 结冰与防除冰重点实验室, 四川 绵阳 621000)

The Testing Technique for Aircraft in Icing Wind Tunnel

×××^{1,2} ×××²

(1 Low Speed Aerodynamics Institute, China Aerodynamics Research and Development Center, Mianyang Sichuan 621000, China)

(2. Key Laboratory of Icing and Anti/De-icing, China Aerodynamics Research and Development Center, Mianyang Sichuan 621000, China)

在论文首页页脚处注明:

基金项目:结冰与防除冰重点实验室开放课题资助(IADL201×××××)

Open Fund of Key Laboratory of Icing and Anti/De-icing(Grant No. IADL201×××××)

附件 2

结冰与防除冰重点实验室 开放课题申请书

课题名称: _____

资助方向: _____

起止日期: 201x 年 x 月-20xx 年 x 月

申请者: _____

所在单位: _____

联系电话: _____

电子邮件: _____

申请日期: _____

结冰与防除冰重点实验室

二〇一九年制

填 报 说 明

- 1、课题的申请书的资助方向需符合实验室开放课题申请指南。
- 2、课题申请者应具有博士学位或中级（含）以上职称，对于在读博士研究生，由导师出具推荐意见，可申报该实验室课题。
- 3、获得资助的课题发表论文和申报成果时，完成单位应包括结冰与防除冰重点实验室（Key Laboratory of Icing and Anti/De-icing），并应标注“结冰与防除冰重点实验室开放课题资助”。
- 4、以科研产出的能力与质量确定是否资助及资助标准。
- 5、课题研究内容原则上不涉密，保密审查由申请者所在单位自行负责。
- 6、经费预算——按科目如实填写计算理由，无具体计算理由者不予受理。课题经费使用计划经课题承担单位业务主管部门批准后，作为课题经费使用、检查和验收的依据。
- 7、各项内容标题为三号仿宋，正文部分为五号宋体。
- 8、申请书为 A4 幅面，于左侧装订成册。
- 9、申请书一式三份（原件），电子文档一份，交重点实验室管理办公室。

课题申请简表

课 题 名 称									
起止年月		201x 年 x 月至 20xx 年 x 月				申请金额		x 万元	
申 请 者	姓名			性别			出生年月		
	职称				专业特长				
	简历								
工 作 单 位	名称								
	隶属关系				合作单位				
课 题 组	总人数	高级	中级	初级	博士后	博士生	硕士生		
摘 要									
主题词									

一、 立论依据

（研究意义、国内外研究现状及发展动态分析，需结合学科发展趋势来论述科学意义；或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景，列出参考文献）

二、 研究内容

(详述项目的研究目标、研究内容和拟解决的关键问题)

三、 拟采取的研究方案及可行性分析

(包括有关方法、技术路线、实验手段、关键技术等说明)

四、 预期研究成果

(包括期刊上发表文章的数量)

五、 经费预算（单位：万元）

支出科目	金额	计算根据及理由
一. 科研业务费		
1. 测试/计算/分析费		
2. 会议费/差旅费		
3. 出版物/文献/信息传播费		
二. 实验材料费		
1. 原材料/试剂/药品购置费		
2. 加工费		
三. 设备费		
1. 购置设备		
2. 试制设备		
四. 国际合作与交流费		
1. 课题组成员出国合作交流		
2. 境外专家来华合作交流		
五. 管理费		课题经费的 5%
合 计		

六、 工作基础

（主要叙述与本课题相关的技术基础及发表的相关论文情况）

七、 课题组主要成员

编号	姓名	出生年月	学位	工作单位	课题分工	工作时间 (月)	签字
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

八、 所在单位意见和签章

我单位保证上述填报内容的真实性。如果获得资助，我单位将切实保证课题组的研究工作时间，按计划认真开展研究工作，按计划开支课题经费，按时报送有关材料。

申请单位
(签章)

年 月 日