**河北省科学技术奖励提名申报材料**

1. **项目名称**

赛事专项气象预报关键技术

1. **项目简介（**包括项目背景、成果的创造性、先进性**）**

**项目背景：**

成果来源于河北省技术创新引导计划“科技冬奥专项”项目。项目团队历经5年冬季驻训和科研攻关，建立了“冷湖效应”“夜间升温”“地形降雪”“地面高影响大风”等山地天气的局地动力、热力环流和预报模型；依托多模式集成的偏差订正、机器学习、深度学习等技术，研发了冬奥场馆赛道级温度、平均风、阵风和地形降雪等核心气象要素的客观预报产品；研发了张家口赛区降雪（新增积雪）、高影响大风、气温、低能见度等核心要素的赛事气象风险预报产品，建立了赛事用雪风险分级预警及服务方案。相关成果并在“相约北京”冬季体育系列测试活动、北京冬奥会和冬残奥会得到了全面业务应用。

**成果的创造性、先进性：**

1.基于冬奥张家口赛区三维立体综合观测系统，利用微波辐射计、风廓线雷达、激光雷达等多源观测资料，通过典型个例模拟、敏感性试验和物理量诊断等方法对赛区冬季天气开展个例分析，总结归纳了赛区山地中小环流变化发展规律，揭示了赛区“冷湖效应”“夜间升温”“地形降雪”“地形性风场”等冬季复杂山地天气特征，并建立了相应高影响天气的预报模型。

2.首次搭建了面向张家口赛区雪上项目专项需求的高分辨率数值预报系统，通过植入新的陆面方案、云微物理方案、高清地形地貌资料集，先后研发了“张家口赛区云分辨率尺度天气及气象要素集合预报”“快速更新多源资料融合临近预报”“风场快速订正”等高时空分辨率预报分析技术，为赛区提供了分钟级、百米级的全要素精细化客观预报产品。

3.针对冬奥赛区地形复杂，赛道不同位置气象要素差别显著，赛事赛会气象需求空间精度高的特点，依托多模式集成、偏差订正、机器（深度）学习等技术，研发了场馆赛道的温度、平均风、阵风、地形降雪等核心气象要素客观预报方法；模拟赛区自然降雪的维持及融化过程，建立了适用于张家口赛区的融雪模型；建立了赛道不同地点的日出/日落时间、日照时长的预报模型，实现了赛道辐射量的精细化预报。

4.应用张家口赛区赛事核心区气象观测站数据，对各场馆降雪、风、低温、低能见度、高温融雪、变温等要素进行了气象风险分析，首次形成了张家口赛区气象风险阈值指标体系，结合冬奥精细化预报产品，建立了赛区气象风险预报预警体系。在冬奥会防风网建设、赛事日程确定、赛程调整、决策服务等多项气象服务中发挥了关键作用，提升了服务效果。

1. **主要完成单位及创新推广贡献**

**河北省气象台：**负责组织开展研究工作，完成研究任务，并按照要求及时报送相关材料，监督预算执行和项目进度。主要贡献有（1）利用激光雷达、风廓线雷达、微波辐射仪、自动气象站等多种观测数据分析了降水、温度、风、能见度、积雪的时空分布特征；研究了不同天气形势下赛场局地环流特征并建立概念模型；研究赛场边界层夜间突发性增温事件特点及形成机制；利用高分辨率实际地形和大涡模拟技术等构建精细的三维风场及温度场模型。（2）利用已有的地面和垂直资料，优化睿图－大涡（RMAPS-LES）模式，开展客观天气分型，进行高分辨率数值模拟，给出不同天气型下各赛场的精细化风场分布，并给出每个赛场不同阈值下的大风风险区范围和风险发生概率分布，以及跳台滑雪赛场发生侧风风险较高的天气型概念模型，利用已有自动站观资料分别建立每个赛场的平均风与出现大于决策阈值阵风概率之间的关系，并基于此关系给出每种天气型下的阵风风险概率分布，并建立吹雪的概念模型。（3）分析数值预报偏差规律，研究基于高分辨率数值模式的气象要素客观预报技术。利用回归分析、频率匹配、降水落区订正、多模式集成等方法，对高分辨率数值模式进行客观释用，建立基于数值模式的赛道不同地点的温度、降水、气压、相对湿度、风向风速等气象要素的客观预报模型。根据预报模型和数值预报，形成河北赛区赛道不同地点客观要素预报，为冬奥保障提供支撑。

**中国科学院大气物理研究所：**建立了以崇礼为中心的多重嵌套模式运行框架，调试和发展适合崇礼复杂地形地貌的陆面方案的云微物理方案，对高分辨率数值预报模式进行优化和本地化；利用GSI资料同化系统，进行常规地面观测、探空、自动站、卫星（FY-4、葵花）、闪电、风廓线、微波辐射计等实况观测的快速循环同化，形成融合多源气象信息、高时空分辨的三维多要素分析场，作为预警实况场和短临预报的初始场，进行精细化气象要素的短时临近预报（水平分辨率百米级）。通过降雪、低温、低能见度、地面大风等高影响天气典型个例的数值实验，利用CFD嵌套高分辨解析技术，分析和研究崇礼赛区对冬奥雪上项目影响较大的山谷风、背风波及涡旋等局地等小尺度地形环流对降雪、低温、低能见度、地面大风的具体影响， 揭示其影响的可能机制。在上述机制研究基础上，建立张家口赛区气温、降雪量、雪深、阵风、能见度等高影响天气的物理概念模型，结合热动力因子诊断分析，导出预报着眼点，发展出气温、降雪量、雪深、阵风、能见度等气象要素客观预报方法，建立精细到赛道不同地点的客观预报模型。

**张家口市气象局：**开展基于赛事保障（赛程安排、公众安全）、用雪风险的气象阈值风险评估技术研究，按照“一项一策”要求建立崇礼赛区跳台滑雪、自由式滑雪等项目的气象指标体系，制定预报、服务标准，依据风险评估、气象指标体系，利用集合预报、概率预报、人工智能精细化天气预报技术的应用产品，结合主客观预报，制定风险预报、预警模型和赛事服务模型。

**河北省气象科学研究所：**利用 FY-3和MODIS 等卫星资料以及70套区域站的积雪观测资料，结合 DEM 数据，多角度多层次开展崇礼赛区积雪的时空分布及变化特征研究，融雪与气温、风、湿度等气象要素的对应关系及赛事用雪风险评估等研究，构建融雪、赛事用雪风险评估模型，为 2022年冬奥会提供服务保障。

1. **推广应用及经济社会效益情况**

1.提升了气象科技水平，填补了技术空白。赛事对于气象预报服务的精细化程度要求非常高，现场气象服务的关注重点与往届相比也明显不同，该成果之前相应的预报服务技术研究几近空白。通过该项目实施，实现了“百米级、分钟级”赛事预报，极大地填补了复杂山地条件下精细化气象预报服务的技术空白。

2.发展智能预报，提供智慧气象服务。借助成果在北京冬（残）奥会气象预报服务中的示范应用，着力发展精准、精细、先进的河北省气象智能网格预报技术，提升产品质量；针对不同服务需求，开展专业化、个性化的气象保障；凝练了复杂山区高影响天气的预报技术方法，为进一步提升燕山、太行山区的复杂地形下精细化预报能力积累了宝贵经验。

3.立足河北，支撑冰雪服务精细发展。该成果中的冰雪运动风险预警技术和《冬奥张家口赛区气象预报技术手册》、各类预报服务系统和四项河北省地方标准，极大地促进了科研成果的转化应用，极大提升了冬奥会科学办赛能力，为赛事赛项安排提供了针对性的气象服务。作为冬奥会科技遗产，将为河北冰雪经济产业发展继续发挥作用。

1. **代表性论文专著目录**

【1】Downscaling hourly air temperature of WRF simulationsover complex topography: A case study of Chongli District in Hebei Province,China

【2】Analysis of Spring Temperature Anomaly and Its Causes in 2020

【3】北京冬奥会云顶赛场微波辐射计反演大气温湿廓线分析

【4】崇礼云顶冬奥赛场夜间增温事件的统计特征及其形成机理研究

【5】北京2022年冬奥会冬季两项场地冷湖结构观测分析

【6】基于多源观测资料对张家口一次雨雪天气降水相态特征的分析

【7】冬奥崇礼赛区一次冷湖过程形成及消散的数值模拟研究

【8】河北冬奥赛区一次夜间增温过程的数值模拟及诊断

1. **主要知识产权证明目录**

**标准：**

【1】跳台滑雪气象服务规范DB13/T 5259—2020

【2】人工造雪气象服务规范 DB13/T 5730—2023

【3】滑雪场所融雪气象风险等级（征求意见稿）

【4】越野滑雪气象风险等级（征求意见稿）

**软件著作权：**

【5】崇礼冰雪气象预报系统V1.0

【6】冬奥雪务专项气象预报预测系统V1.0

【7】赛区气象微信小程序【简称：赛区气象】V1.0

**应用证明：**

【8】张家口古杨树场馆群运行团队

【9】张家口云顶滑雪公园场馆群运行团队

【10】国家冬季两项中心

【11】张家口中雪众源山地旅游规划设计有限公司

【12】北京2022年冬奥会和冬残奥会气象中心

**七、主要完成人情况（不超过10人）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **技术职称** | **工作单位** | **完成单位** | **曾获科学技术奖励情况** |
| 连志鸾 | 1 | 正高级工程师 | 河北省气象台 | 河北省气象台 |  |
| 孔凡超 | 2 | 正高级工程师 | 河北省气象台 | 河北省气象台 |  |
| 李江波 | 3 | 正高级工程师 | 河北省气象台 | 河北省气象台 |  |
| 段宇辉 | 4 | 高级工程师 | 河北省气象台 | 河北省气象台 |  |
| 张南 | 5 | 高级工程师 | 河北省气象台 | 河北省气象台 |  |
| 平凡 | 6 | 研究员 | 中国科学院大气物理研究所 | 中国科学院大气物理研究所 |  |
| 郭宏 | 7 | 工程师 | 张家口市气象局 | 张家口市气象局 |  |
| 王宗敏 | 8 | 正高级工程师 | 河北省气候中心 | 河北省气象台 |  |
| 张珊 | 9 | 工程师 | 河北省气象台 | 河北省气象台 |  |
| 朱刚 | 10 | 工程师 | 河北省气象台 | 河北省气象台 |  |