

中国气象服务协会气象科技创新平台

2024 年度项目指南

2024 年 4 月

目录

一、基于人工智能及隐私计算的数据融合新技术	1
1.1 基于多源卫星的海洋气象要素网格化智能融合技术研究	1
1.2 面向城市低空空域(0-300 米)飞行器保障的三维风场重建快速融合实况模式研发	2
1.3 多波段雷达数据(S、C、X 波段)组网算法研究	3
1.4 基于 AI 检测技术的机场附近气象雷达和机场雷达混合数据的强对流天气现象检测算法研究	4
1.5 海上强对流及伴生灾害的识别预警技术研究	5
二、社会气象观测新技术及资料应用方法	6
2.1 气象小卫星掩星资料在区域模式中的同化应用研究	6
2.2 国产掩星数据在气象实况分析中融合应用技术研究	7
2.3 基于掩星廓线的台风眼特征分析算法研究与应用	8
2.4 基于 AI 的相控阵天气雷达多用途应用探索	9
2.5 无人驾驶汽车在不同天气情况下的安全行驶和控制策略研究	10
三、面向应用场景的预测预报新技术与新方法	11
3.1 基于全边界层组网观测的对流天气临近预警产品研发及示范应用(重点项目指南)	11
3.2 风速次季节预测大模型研发	13
3.3 大模型在站点气象要素多时间尺度预测的迁移方法研究	14
3.4 面向灾害性天气的大语言模型专家知识支撑系统建设	15

3.5 基于生成式 AI (AIGC) 的气象服务产品可视化研究	16
3.6 基于 2 小时分钟级公里级分辨率的降水预报实现山洪危 险区临近水位预报技术研究	17
四、面向行业的智慧气象服务技术研究	18
4.1 融合海洋气象环境预报的船舶运动响应人工智能快速预 报研究	18
4.2 光热电站可利用辐射监测及预报技术	19
4.3 风电叶片结冰冰型测量与电加热融冰策略研究	20
4.4 京津冀区域高铁沿线气象灾害风险预警服务技术及应急 管控系统研究	21
4.5 轨道交通接触网结冰监测预警技术研究	22
4.6 基于机器学习和多源数据融合的航路颠簸智能预报预警 模型研究	23
4.7 基于人工智能技术的典型气象敏感性疾病气象环境风险 预报技术研究	24
4.8 面向保险需求的精细化光水耦合发电气候资源互补性评 估	25
五、气象经济与产业发展研究（软科学项目指南）	26
5.1 气象数据资产价值评估与交易定价研究	26
5.2 气象与数字经济关系研究	27
5.3 气候生态产品价值核算指标方法和机制研究	28
5.4 气候安全战略有关问题研究	29

5.5 商业航天支撑气象防灾减灾救灾高质量发展研究	30
附件：基于 2023 年平台项目的阶段成果，平台项目拟对 2024 年项目提供示范应用的数据支撑	31
1. 全球天气高分辨率数据平台	31
2. 区域公里级无缝隙预报数据历史集	31
3. 典型电网冰害过程数据集	31

一、基于人工智能及隐私计算的数据融合新技术

1.1 基于多源卫星的海洋气象要素网格化智能融合技术研究

研究内容：基于海洋气象要素卫星遥感遥测，采用多源融合、人工智能技术开展多源卫星、多种海洋气象要素遥感载荷联合反演产品融合。智能填补多源卫星在空间上的探测空缺，并基于人工智能技术充分发挥多种载荷的优势，重点提升台风等海上强天气导致的大风速、高海况条件下的融合精度，最终形成洋面风、海浪（或有效波高）、海平面高度异常等海洋气象要素高时空分辨率的无缝隙、网格化海洋气象要素融合场。

考核指标：

1. 融合场的时间分辨率不低于 3 小时，空间分辨率不低于 0.1° ；

2. 海面风融合场风速中低风风速（低于 40m/s）均方根误差不高于 1.8m/s，高速风风速（高于 40m/s）均方根误差不高于可探测最大风速的 10%-15%；海浪融合场有效波高均方根误差不高于 0.3m，海平面高度异常融合均方根误差不高于 4cm；

3. 提供能够准业务化运行的智能融合系统，以及不少于 3 年的网格化海洋气象要素历史数据集。

1.2 面向城市低空空域（0-300 米）飞行器保障的三维风场重建快速融合实况模式研发

研究内容：发展适合用于城市低空空域（0-300 米）三维风场重建的多源数据快速融合实况模式；模式具备对低空飞行器产生重大影响天气（包括但不限于低空风切变、低空急流、湍流等）的准确刻画和识别能力；发展和建立针对不同低空空域高影响天气过程的判别方法；制定相应的评估检验指标，以提高城市低空空域的三维风场模拟和监测保障能力。

考核指标：

1. 建立用于城市低空空域（0-300 米）三维风场重建的多源数据融合模式，融合区域半径不应低于 50 公里，具备快速循环更新能力，间隔不应超过 15 分钟，且具备快速部署能力；

2. 三维大气实况产品空间分辨率达到百米级，时间分辨率不低于 5-10 分钟；

3. 同化产品包括但不限于地面站、激光雷达、风廓线等探测设备产品；

4. 输出的三维大气产品和衍生产品能够对城市尺度的风切变、低空急流、湍流等影响低空空域飞行器飞行安全的危险天气的发生风险、位置、覆盖时间等进行综合评估；

5. 建立针对低空空域高影响天气过程评估检验指标，对低空空域危险天气发生与否判别的准确率（TS 评分）不低于 70%。

1.3 多波段雷达数据（S、C、X波段）组网算法研究

研究内容：研究 S 波段、C 波段、X 波段雷达数据组网定量估测降水融合技术和三维风场融合技术，研发多波段雷达数据估测降水产品和三维风场反演产品；针对不同区域复杂地形、不同波段雷达拼图数量等，结合多来源观测数据，开展融合后雷达定量估测降水产品和三维风场产品质量评估。

考核指标：

1. 建立 X 波段相控阵天气雷达数据质量控制算法，重点聚焦 3 个基数据产品数据质量算法和 3 个偏振量（ZDR、CC、KDP）数据质量控制算法，均方根差小于 5%；

2. 建立多频段雷达数据定量降水估测的融合算法，融合后的 1 小时、3 小时定量估测降水产品要比现有业务提高 3-5% 准确性，过程总降水产品要提高 5-7% 准确性，时空分辨率提升至百米级；

3. 通过 S、C 和 X 波段雷达组网，提升现有业务雷达覆盖区在垂直 3 公里、2 公里、1 公里、（平原地区）500 米以下的覆盖率；

4. 建立多频段、多部雷达组网反演三维风场算法，融合组网反演风场产品对中小尺度系统识别率提高 5%；

5. 选取至少 3 个实验区域进行示范性应用。

1.4 基于 AI 检测技术的机场附近气象雷达和机场雷达混合数据的强对流天气现象检测算法研究

研究内容：研发能够融合机场附近的气象雷达与机场雷达混合数据的创新算法，实现对强对流天气现象的高效检测；通过利用人工智能技术，特别是深度学习和模式识别等领域的前沿方法，构建能够自动分析、识别和预测强对流天气的系统。

考核指标：

1. 建立对航空飞行安全威胁较大下击暴流、低空（1500 米以下）垂直与水平风切变、阵风锋等强对流天气识别算法。对下击暴流、低空（1500 米以下）垂直与水平风切变（切变强度、切变厚度、切变变化率）的识别率大于 70%，历史数据检验通过率大于 90%；对阵风锋识别率大于 70%，历史数据检验通过率大于 90%；

2. 建立对阵风锋强度（结合地面稠密的高时空分辨的自动站气压、温度与风信息）、阵风锋移向、移速、阵风锋等级划分与对民航飞行安全影响标准；

3. 利用偏振量 ZDR、CC、KDP 和基数据 ZH、V 和 W 特征量构建基于 AI 技术的冰雹区、短时强降水雨团、大风区和雷电高发区自动识别算法。冰雹区识别率大于 70%，短时强降水雨团识别率大于 75%，雷电高发区识别率大于 65%；

4. 提供软件原型，并在空管局进行示范应用。

1.5 海上强对流及伴生灾害的识别预警技术研究

研究内容：建立基于沿海天气雷达、船载天气雷达的海上强对流过程长时序人工智能训练数据集；开发面向移动船舶保障的海上强对流过程临近外推技术；发展针对海上强对流过程的雷暴大风强天气精细化智能识别与预警技术；提升天气雷达数据在海上强天气算法研发验证、监测预警方面的应用价值。

考核指标：

1. 建立一套针对海上强对流过程的长时序训练数据集，应包含雷暴大风灾害性天气过程；
2. 开发针对海上强对流过程的天气雷达强对流临近外推技术，提供海上强对流临近预警产品，预警时长 2 小时，强度 10、20、30dBZ 阈值的平均 CSI 评分 ≥ 0.45 ；
3. 建立基于深度学习的雷暴大风智能识别模型，提供海上雷暴大风灾害性天气监测预警产品，预警内容包括灾害强度、影响范围、影响时段等，预警时长 2 小时，雷暴大风识别命中率 $\geq 70\%$ ；
4. 选取典型区域，进行强天气智能监测识别预警示范应用，并生成各类算法量化评估验证结论。

二、社会气象观测新技术及资料应用方法

2.1 气象小卫星掩星资料在区域模式中的同化应用研究

研究内容：提升海量小卫星掩星资料传输和接收时效，对在轨运行的气象小卫星的掩星观测数据进行预处理，研发基于观测数据物理特性的质量控制因子，分析观测数据特征，评价掩星廓线数据质量；开展气象小卫星掩星数据的同化方法研究，发展掩星弯曲角数据的同化算法；探索掩星数据在极端天气、台风等重大天气过程预报中的应用。

考核指标：

1. 实现对掩星廓线数据进行质量评价和质量码设定，30km以上弯曲角、折射率精度提升 10%，提供技术报告及预处理算法代码；
2. 实现气象小卫星掩星观测数据在区域模式中直接同化应用，提供掩星观测数据同化算法；
3. 提供气象小卫星掩星观测数据在区域模式中直接同化的敏感性试验与效果评估的工作报告及技术报告；
4. 产出 2 项及以上发明专利。

2.2 国产掩星数据在气象实况分析中融合应用技术研究

研究内容：发展国产掩星数据弯曲角和折射率全波动光学反演技术、温湿度垂直廓线反演、基于观测数据物理特性的质量控制因子研发、低频信号在低层大气的跟踪质量分析和优化，提高国产掩星观测数据的精度，提升国产掩星观测在三维多源数据融合分析中的效益；开展国产掩星弯曲角和折射率同化对全球和区域大气分析效果的影响研究，特别是对高影响天气系统分析及预报效益的研究；开展国产掩星反演温湿度垂直廓线资料应用对高分辨率三维大气温度、湿度及云等要素分析效果影响的评估；开展国内外掩星同化效果对比研究。

考核指标：

1. 完成掩星弯曲角和折射率反演、温湿度垂直廓线反演算法优化，大气折射率廓线 5km 以下精度，平均偏差小于 0.5%；
2. 实现 10 颗以上国产掩星数据在全球或区域大气融合分析中的同化应用，三维温度、湿度误差最大降低 5%以上，平均均方根误差分别低于 1.2K 和 14%；
3. 完成国产掩星数据融合应用对三维大气实况分析效益的评估；
4. 实现国产掩星反演温湿度廓线在区域高分辨率三维大气及三维云融合分析中的应用，并完成融合效益评估；
5. 产出 1 篇科技论文，2 项发明专利。

2.3 基于掩星廓线的台风眼特征分析算法研究与应用

研究内容：基于大量 GNSS-RO 掩星廓线数据，尤其云遥、COSMIC2、风云 3E 等多源干廓线和湿廓线掩星数据，结合 ERA5 等补充资料，统计分析台风眼的气象要素（温度、压强和湿度）的三维结构特征；对比不同阶段、不同台风强度的台风眼气象参数异同特征及在时间上的变化趋势；构建温压湿气象要素在台风眼附近的分布特征模型，将台风眼的气象要素三维可视化；验证模型相关参数计算结果的准确性和可靠性，完成基于掩星数据的台风眼气象要素产品系统开发。

考核指标：

1. 提供结合掩星廓线数据的台风眼气象要素相关特征分析报告，包括：台风眼气象要素（温度、压强和湿度）的三维分布特征；不同阶段、不同台风强度的台风眼气象参数的异同特征，台风眼气象要素在时间上的变化趋势；

2. 基于掩星数据生成台风眼三维气象要素信息，设计台风形态演化及路径追踪三维可视化系统，并对台风影响范围进行预测与预警；

3. 提供基于掩星数据生成台风眼气象要素的精度检验报告、算法文档及代码；

4. 产出 2 项及以上发明专利。

2.4 基于 AI 的相控阵天气雷达多用途应用探索

研究内容：本项目重点解决在相控阵天气雷达 IQ 信号处理过程中，结合 AI 技术，试验和研制性能更加优异的雷达数据处理算法，以及扩展除天气探测以外的相控阵雷达多用途探测能力。

(1)研发和完善相控阵雷达 IQ 数据实时收集、处理和显示功能；
(2) 结合 AI 技术，利用相控阵雷达的 RAW IQ 数据，建立地物、零速度天气、天气和地物混合、海浪杂波、电磁干扰等现象的识别模型和抑制模型；(3) 研究在天气观测模式下，同时进行无人机等低慢小目标识别、森林火灾自动识别等技术，扩展相控阵天气雷达的多用途应用场景和服务能力。

考核指标：

1. 实现相控阵天气雷达 IQ 数据实时录制、保存和在线离线分析功能，能实时获取地物、电磁干扰、海浪杂波等多种现象的 IQ 数据，并整理成训练 AI 模型所需足够样本量的数据集；

2. 结合 AI 技术，在信号处理流程中建立地物、零速度天气、天气和地物混合、海浪杂波、电磁干扰 5 类探测特征的智能识别和抑制算法，识别准确率高于传统方法（RVP900）；杂波抑制效果优于传统方法；

3. 开展专项无人机飞行、识别试验，利用 AI 建立无人机自动识别算法，形成同时具备天气目标探测和无人机目标识别的信号处理算法及业务运行系统；

4. 开展森林火灾过程 IQ 数据收集和特征分析；

5. 提供利用 AI 技术提升信处算法性能和提高天气探测数据质量的对比报告，提供无人机识别、森林火灾识别效果分析报告。

2.5 无人驾驶汽车在不同天气情况下的安全行驶和控制策略研究

研究内容：选取国内典型无人驾驶示范区，基于大量车载移动气象传感器、车载摄像头和激光传感器、道路周边气象站点数据和无人驾驶车辆性能监控参数，采用深度学习算法，研究雨、雪、雾和沙尘暴等不利天气对无人驾驶车辆感知和决策能力带来的影响；基于车辆传感器反演车辆位置的气象信息，弥补米级气象观测数据的空白；针对不同的气象场景下，研究车载传感器（激光雷达、摄像头等）的自我清洗、除尘、除雾的策略，保证传感器采集数据的准确性。

考核指标：

1. 构建不同天气场景下无人驾驶车辆行驶数据集，至少包含雨、雪、雾和沙尘暴 4 类天气场景下的气象数据，降雨量、能见度、相对湿度的空间分辨率不低于 10m，时间分辨率不低于 10S；车载传感器数据（激光雷达、摄像头）和车辆行驶记录数据（速度、加速度）的时间分辨率不低于 10S；

2. 构建不同天气场景（雨、雪、雾和沙尘暴）下自动驾驶车辆的摄像头等车载传感器自清洗策略，提供效果评估报告；

3. 构建基于车载传感器数据反演实况气象信息和路面状态的算法模型，主要反演能见度、降水和路面状态，准确率大于 80%；

4. 构建无人驾驶示范区气象预警系统，自动驾驶车辆根据预报预警信息调整行车路线和行驶策略；

5. 在无人驾驶示范区开展应用。

三、面向应用场景的预测预报新技术与新方法

3.1 基于全边界层组网观测的对流天气临近预警产品研发及示范应用（重点项目指南）

研究内容：利用特定区域密集部署的风廓线雷达、云雷达、微波辐射计等地基遥感组网观测，研发大气边界层关键热动力参数高精度反演算法；研发高性能大气垂直廓线移动观测平台关键技术，突破可指示敏感区或关键目标区对流触发及其快速演变过程的关键热动力参数协同反演技术，此技术将为航空安全和强对流天气预警提供全边界层热动力参数产品支撑；融合静止气象卫星云顶物理特性和地基云雷达观测的云垂直特性，研发对流触发预警新指标—边界层-云底耦合指数；结合最新的大数据分析方法和人工智能技术，开发一套高效的局地强降水、短时大风等强对流天气临近预警系统，该系统能够实时分析和预测对流天气的触发与发展，从而生成精确的临近预警产品。

考核指标：

1. 提供一套边界层动力关键参数（风切变、涡流耗散率等）廓线反演算法，可实现从晴空到有云覆盖边界层参数全链条反演；生成高时空分辨率大气边界层热动力参数垂直廓线产品，包括水平散度、涡度、切变、涡流耗散率、对流有效位能等，垂直分辨率为 120m，时间分辨率为 6min；

2. 生成逐 6min 的虚拟探空曲线，给出不少于三种天气分型条件下的边界层-云底耦合指数演变特征，支撑对流触发和快速演变诊断；

3. 给出不少于 2 种强对流天气（局地强降水和短时大风）临近预警模型；

4. 生成局地强对流触发及快速演变的临近预警产品，预警时间频次为 6min，预报时效为 1 小时，TS 评分不低于 0.2，产品可移植且稳定性大于 95%；

5. 选取重点区域，进行临近预警产品的示范应用，提供评

估报告及技术报告；

6. 产出 2 项及以上发明专利。

3.2 风速次季节预测大模型研发

研究内容：基于国际次季节-季节预测计划（subseasonal-to-seasonal prediction project）12 个动力预报模型的历史回报数据，结合再分析资料以及风电场测风塔风速资料，采用人工智能技术，特别是图神经网络和迁移学习技术，建立面向风电场的电场协同风速次季节（2-8 周）预测的机器学习大模型；评估大模型对中国区域平均以及示范风电场观测的风速 2-8 周的预测性能，辨识不同区域风速次季节预测的预测窗口（opportunity），重点关注重大风灾及转折性事件的预测能力。

考核指标：

1. 建立中国次季节尺度历史重大风灾、转折性事件数据集，包括全国 25km 分辨率和示范风电场周平均异常风，数据集时间长度不少于 30 年；

2. 研发风速次季节预测人工智能大模型，针对电厂日平均 70-120m 风速进行 2-8 周预测，空间分辨率 1° ；

3. 研究并提供中国风速不同特征区域次季节预测的预测窗口，并将预测窗口研究结果应用和优化风速次季节预测人工智能大模型。

3.3 大模型在站点气象要素多时间尺度预测的迁移方法研究

研究内容：面向观测资料稀疏（小样本）场景下的气象预报需求，利用 AI 大模型的泛化学习和推理学习优势，建立针对站点的气象要素（风、温度、降水等）短临、短期和中期多时间尺度无缝隙预测模型，解决部分站点小样本场景预测精度不高的问题。（1）对现有开源基础大模型本地化部署调试，基于气象要素场景进行评测和大模型选型；（2）收集站点气象要素不同时间尺度的观测和大模型预报数据，构建高质量样本数据集；（3）进行小样本迁移学习、多变量特征调试等研究，建立一套站点小样本气象要素预测短临、短期和中期预测多时间尺度无缝隙预报模型。

考核指标：

1. 适用于降水、温度、风等气象要素预报任务，输出现有大模型在站点气象时序预测下性能评测报告；

3. 提出大模型面向气象要素时序推理的小样本下的迁移学习方法，并进行可解释性研究，以解释可以迁移的原因；

4. 建立气象要素预测短临、短期和中期预测多尺度无缝隙预测大模型，在给定的测试数据集上，整体预报误差较之于大模型降低 10%以上。

3.4 面向灾害性天气的大语言模型专家知识支撑系统建设

研究内容：基于人工智能大语言模型，发展面向强对流、暴雨、台风等灾害性或高影响天气的专家知识库。采集天气学专业知识、灾害天气预报服务材料、天气预报公众服务等相关文档，采用人工标注与自动标注相结合的方式，对规整后的文档进行关键词、实体、语义关系等的标注。搭建大语言模型微调框架，利用规整好的文字文档对预训练的语言模型进行微调，以增强模型对灾害天气专业知识和业务产品的生成能力。利用嵌入模型（如 Word2Vec、BERT 等），将规整好的数据进行向量化表示，并存储向量化后的数据，用于支持关键信息检索和基于检索的内容增强。设计实现通用自然语言大模型支撑下的灾害天气 AI 专家助手，结合交互问答和自动识别生成预测预警信息。

考核指标：

1. 建设包含灾害天气预报专业知识和业务文字产品在內的高质量语料集，确保语料集的规范性和可用性，语料集应具有一定的规模，能满足模型训练和评估的需求；
2. 建设灾害天气预报业务向量数据库，检索准确率不低于 90%，检索时间不超过 300 毫秒；
3. 对预训练的大语言基座模型进行微调，生成适用于灾害天气预报业务的专业模型，模型在指定任务上的性能应优于 baseline 模型 10% 以上；
4. 设计通用自然语言大模型支撑下的灾害天气 AI 专家助手，可实现交互问答和自动识别生成预测预警信息等功能。

3.5 基于生成式 AI (AIGC) 的气象服务产品可视化研究

研究内容：研究 AIGC 技术在气象服务可视化中的应用，针对不同场景和服务对象，设计差异化、个性化基于 AIGC 的专业或专项气象服务可视化架构；收集相应需求背景下对应的气象数据和对应的图像数据，构建气象服务产品可视化数据集；基于架构设计，开发气象服务可视化原型系统；聚焦典型应用场景，对气象数据进行统计分析，生成对应应用场景的天气关键词；利用天气关键词和提示词作为模型输入，气象数据对应的图像产品数据作为模型的输出，微调 AIGC 模型，使用构建的 AIGC 模型生成可视化气象产品(图像等)，并开展应用示范。

考核指标：

1. 气象服务可视化需求调研报告 1 份，覆盖至少 3 个细分场景，每个细分场景对应的数据集样本量应具有一定的规模，能满足模型训练和评估的需求；

2. 基于构建的 AIGC 模型开发气象服务可视化原型系统，对至少 3 个细分场景进行可视化气象产品生成，构建相应细分场景对应的气象关键词词库、提示词词库各 1 套；

3. 针对至少 3 个细分场景，生成示例可视化产品，针对示例产品开展气象用户调研，用户不少于 50 个，使用平均满意度达 80%以上。

3.6 基于 2 小时分钟级公里级分辨率的降水预报实现山洪危险区临近水位预报技术研究

研究内容：基于 dem5 米的地形数据、山洪危险区水位数据及 2 小时分钟级公里级降水预报（时间分辨率不低于 5min、空间分辨率 1km、更新频率不低于 10min）构建分析数据集，训练山洪危险区上游 20km 内的积雨区域 2 小时降水与危险区位置水位涨幅的关联算法模型；采用未来 2 小时分钟级公里级降水预报数据（时间分辨率不低于 5min、空间分辨率 1km、更新频率不低于 10min），实现山洪危险区位置 2 小时临近水位预报，为山洪预报预警应用提供基础数据支撑。

考核指标：

1. 构建山洪危险区上游 20km 内的积雨区域 2 小时降水与危险区位置水位涨幅的关联算法；
2. 未来 2 小时临近水位预报更新频率不低于 15min；在 2 小时 20mm 以上的暴雨事件中，水位预测涨幅与实测数据偏差不得超过 $\pm 1\text{m}$ ；
3. 在全国开展山洪危险区未来 2 小时临近水位预报示范应用，数量不少于三个省十个山洪危险区。

四、面向行业的智慧气象服务技术研究

4.1 融合海洋气象环境预报的船舶运动响应人工智能快速预报研究

研究内容：船舶运动响应是气象导航中涉及船舶安全以及海上施工条件的重要因素，主要受到诸如海浪、海面风等海洋气象要素的影响。目前船舶运动响应计算是针对若干特定海况所开展的船舶安全阈值的计算，还未能融合业务化海洋气象数值预报，使得船舶姿态计算无法与复杂多变的大气与海洋真实环境建立联系，因此尚缺乏针对实际海洋气象环境影响下的船舶运动性能预测，也是气象导航服务鲜有涉及的领域。本研究应将海洋气象环境预报结果与船舶运动响应预报进行深度融合，使用实际的海洋气象环境预报驱动船舶运动计算，通过引入人工智能技术实现海面风、海浪、海流等海洋气象要素非线性耦合作用下的船舶横摇、纵摇等姿态参数的快速预报。同时需开展实际的船舶航行实验，基于观测数据完成船舶姿态预报精度评估，最终形成融合海洋气象环境预报的船舶运动响应人工智能快速预报模型，从而拓展目前气象导航服务的产品线，为航行安全、海上施工窗口计算提供更加精准有效的服务。

考核指标：

1. 构建真实场景下海洋气象预报与船舶运动预报融合的人工智能船舶运动预报模型；
2. 船舶运动人工智能预报模型预报参数包括且不限于横摇、纵摇角度；
3. 引入的影响船舶运动的海洋气象参数包括但不限于海浪、海面风、海流；
4. 开展不少于 1 次实际海试实验对船舶运动响应人工智能模型进行测试，船舶运动响应姿态参数计算误差与实际海试观测值的相关系数高于 80%；
5. 预报计算耗时为分钟级。

4.2 光热电站可利用辐射监测及预报技术

研究内容：针对塔式光热发电太阳能资源利用，建立星-地一体点-面结合的法向直接辐射（Direct Normal Irradiance, 简称 DNI）DNI 监测方法；构建近地边界层光热电站定日镜—吸热器间辐射传输衰减率及环日辐射折减率计算模型，提高光热发电太阳能资源评估精确度；建立 0-2 小时 DNI 超短期预测模型，形成分钟级 DNI 超短期预报产品；研究适合太阳能资源预报的中尺度模式参数化优选方案，形成 10 天以上 DNI 短期预报产品；选取典型塔式光热电站，开展示范应用。

考核指标：

1. 建立 2 种以上观测资料相融合的光热发电太阳能资源实况监测方法，实现 DNI 实时精准监测；
2. 建立 DNI 超短期预报模型，预报时效不短于 2h，时间分辨率 1min，逐 5 分钟滚动更新，第 2 小时月平均均方根误差小于 10%；
3. 构建 DNI 在近地层大气透射率及环日辐射衰减率计算模型，估算偏差在 10%以内；
4. 形成每日更新的 DNI 短期预报产品，预报未来 10 天 DNI 值，时间分辨率 15min，24 小时月平均均方根误差小于 20%；
5. 选取典型塔式光热电站，开展示范应用不少于 3 个月。

4.3 风电叶片结冰冰型测量与电加热融冰策略研究

研究内容：通过对风电场现场结冰气象参数测量，获得风电叶片发生结冰时冻雨或者大雾条件下气温、液态水含量和液滴粒径分布规律；基于激光雷达和无人机拍摄图像，开发针对风电叶片的三维结冰冰型测量方法，获得叶片表面结冰范围和厚度分布规律；开展风电叶片结冰三维高精度数值模拟，利用冰型测量数据进行对比验证；基于三维高精度数值模拟和缩比模型结冰试验，开展叶片在旋转状态下的表面加热积冰甩脱试验，获得在考虑叶片旋转离心力和积冰自身重力的条件下，积冰脱落所需要的低功耗加热策略。

考核指标：

1. 针对风电叶片结冰冰型测量所得到的结果与实际冰型（叶片表面结冰范围和厚度）尺寸误差不超过 10%；
2. 高精度数值模拟结果所获得的风电叶片结冰冰型、积冰质量与试验测量结果对比误差不超过 15%，其中，风电叶片结冰冰型测量，不少于 3 个冰冻过程或不少于 3 种地形上的覆冰叶片，每类不少于 10 组叶片；
3. 形成基于激光雷达和无人机拍摄图像的风电叶片三维冰型测量算法一套；
4. 完成项目报告多份（风电场结冰气象参数测量报告、风电叶片三维结冰冰型测量算法开发报告、风电叶片三维结冰冰型实地测量报告、风电叶片结冰三维高精度数值仿真报告、叶片旋转状态下加热积冰甩脱试验报告、叶片旋转状态下加热律设计数值仿真报告）。

4.4 京津冀区域高铁沿线气象灾害风险预警服务技术及应急管控系统研究

研究内容：基于铁路部门整理的沿线隐患巡查整治台账和高分卫星影像提取的高铁沿线地表暴露环境风险识别结果，形成高铁外部环境安全隐患自动化识别方法；摸清影响高铁运行的气象灾害风险底数，基于自然灾害风险评估理论、动力学小区尺度精细化模拟等方法，构建京津冀区域高铁沿线气象灾害风险评估模型；结合铁路异物入侵管理策略，科学评估上下游气象条件、不同气象要素对高铁运行安全的影响，揭示气象灾害对高铁安全事故的影响机制和预警指标；制定与影响等级、范围等相匹配的高铁气象应急处置预案及管控策略；搭建高铁气象应急指挥决策系统，实现高铁气象灾害从气象监测—气象影响预报—气象风险告警—气象应急处置建议—气象服务效益评价的闭环管理。

考核指标：

1. 研发高铁外部运营环境气象风险安全隐患快速识别方法；
2. 构建百米级京津冀区域高铁沿线气象灾害风险评估模型；
3. 建立高铁运行气象影响、气象灾害预警指标、应急处置预案及管控策略；
4. 搭建集灾害监测、风险评估、隐患告警、应急处置、效益评价等为一体的高铁气象应急指挥决策系统和服务平台；
5. 在气象和铁路部门开展平台示范应用不少于 3 个月。

4.5 轨道交通接触网结冰监测预警技术研究

研究内容：基于轨道交通外场观测数据和三维高精度结冰数值模拟，开发轨道交通接触网结冰的监测预警技术、结冰识别模型及结冰厚度预测模型，并进行效果评估和预报服务；开发具备多站点数据采集与存储、设备运行状态数据检索与导出、用户管理等功能的业务平台。

考核指标：

1. 轨道交通接触网结冰识别正确率 $\geq 90\%$ ，并依据对列车运行的影响对覆冰状态分级；
2. 构建接触网结冰的监测预警技术和识别模型；
3. 开发轨道交通气象服务平台，提供接触网结冰实时监测和预警信息；
4. 在轨道交通单位开展监测和预报预警示范应用不少于 3 个月，评估应用服务效果。

4.6 基于机器学习和多源数据融合的航路颠簸智能预报预警模型研究

研究内容：针对航空飞行中的颠簸问题，现有数值预报产品时空分辨率较低，特别是缺乏专门针对中国地区的颠簸预报算法，开展以下研究：融合 QAR（Quick Access Recorder，飞机快速存取记录器）飞行数据、飞行员报告数据与数值模式、卫星、雷达、微波辐射计等多源数据，揭示中国不同地区颠簸的机理，并深入分析航空颠簸事件的时空多尺度特征，开发中国地区颠簸预报算法；利用不少于 5 年的 QAR 数据和飞行员报告构建准确可靠的飞机航路颠簸数据集；采用人工智能技术，建立飞行航路颠簸智能预报预警模型；利用历史飞行员报告等飞行资料评估预报预警模型的准确性。

考核指标：

1. 应用不少于五年的 QAR 飞行数据和飞行员报告构建飞行航路历史颠簸数据集；
2. 融合多源数据，揭示中国不同地区颠簸特征与机理，建立针对中国地区的颠簸预报算法；
3. 研发基于 QAR 和机器学习的飞行航路颠簸智能预报模型，时间分辨率不低于 1 小时，空间分辨率不低于 0.25° ，命中率不低于 65%；
4. 研发飞行航路颠簸智能预警模型，实现能提前 5 分钟的颠簸预警。

4.7 基于人工智能技术的典型气象敏感性疾病气象环境风险预报技术研究

研究内容：围绕花粉相关过敏性鼻炎、哮喘等典型过敏性疾病，基于气象环境、花粉、医疗健康等数据，建立花粉与过敏性疾病之间的暴露反应关系；基于人工智能（AI）技术研发格点化的花粉浓度预测模型；研发归因于花粉过敏性疾病的风险预警和每日超额患病人数预测算法；研发表征每日花粉人群暴露水平和过敏症风险的格点产品；从健康气象服务干预的角度，评估花粉健康预测产品带来健康效益和经济收益。最终，形成基于 AI 和流行病学模型等多学交叉融合的花粉健康风险预测和服务效果评估技术，相关技术应具有较好的业务应用推广潜力。

考核指标：

1. 构建花粉对过敏性疾病影响的流行病学模型，建立花粉对过敏性疾病影响的暴露反应关系；
2. 基于 AI 和医学模型研发花粉健康影响格点化预测产品，预报时效不小于 10 天；
3. 选取 2-3 个临床医院和关键地区进行预报产品的示范应用，时间不少于 3 个月，评估预报和服务效果。

4.8 面向保险需求的精细化光水耦合发电气候资源互补性评估

研究内容：针对不同气候条件下多能发电的气象风险分散和管理的问题，拟基于光水储能耦合互补，开展精细化光水发电气候资源互补性评估。以我国典型的多能发电区为研究对象，评估多能发电(光伏发电、水力发电)区的太阳辐射及水资源等气候资源，重点分析灾害或极端天气影响下光伏发电和水力发电关键指标（如太阳辐射、水库来水量等）的相关性，确定多能发电气象风险分散指标；分别构建精细化光伏发电潜能模型及水力发电潜能模型，评估光伏发电和水力发电在不同气候条件下的发电潜能和稳定性，分析它们之间的互补性和协调性；设计满足多能耦合发电系统风险对冲需求的天气指数保险产品，并在典型多能发电区试用。

考核指标：

1. 针对不同气候条件下多能发电系统的气象风险分散问题，研究并提出光水气候资源互补性评估方法；
2. 在能源相关企业进行示范应用，提供示范企业的精细化光水耦合发电气候资源互补性评估报告 1 份；
3. 设计满足多能发电风险对冲需求的天气指数保险产品，在能源相关企业开展应用示范并提供效果评估。

五、气象经济与产业发展研究（软科学项目指南）

5.1 气象数据资产价值评估与交易定价研究

研究内容：利用数字经济原理，厘清气象数据资产价值、价格与定价的概念与关系；从数据质量和应用行业敏感程度等多维度分析气象数据资产的价值影响因素，构建数据资产价值评估指标体系和理论框架，基于层次分析法和模糊综合评价法研发气象数据价值评估模型；综合分析气象数据的成本投入、收益获取和市场供需等因素，研发不同价值实现路径下的数据定价策略与方法，构建气象数据与定价服务原型系统，支持分用户、分场景、分数据类型的估值与定价应用。

考核指标：

1. 建立气象数据价值评估指标体系，提供价值评估模型与方法 1 套；
2. 提供 2 种以上的交易定价模型与工具；
3. 建立气象数据资产价值评估与交易定价服务原型系统 1 套，提供实时、离线、API 等 3 种以上交易模式下的示范应用场景。

5.2 气象与数字经济关系研究

研究内容：气象大数据已经成为数字经济建设最重要的基础设施。通过开展气象与数字经济深度融合研究，明确气象与数字经济的结合点，拓展气象经济研究领域，分析气象支撑数字经济发展、数字经济助力气象高质量发展的对策举措，探索数字经济下气象产业高质量发展实现途径，提出气象数字产业化和气象产业数字化的建议，以及气象产业发展的标准，发挥气象数据、技术、资源等要素在推动科技创新、支撑防灾减灾、形成新质生产力、增强发展新动能等方面的作用。

考核指标：

1. 分析气象与数字经济结合点；
2. 提出气象支撑数字经济发展、数字经济助力气象高质量发展的对策举措；
3. 探索数字经济下气象产业高质量发展实现途径，提出气象数字产业化和气象产业数字化的建议；
4. 形成 1 篇研究报告；
5. 形成 1 篇咨询报告。

5.3 气候生态产品价值核算指标方法和机制研究

研究内容：以推动气象更好融入政府生态产品价值实现工作作为切入点，剖析国家生态产品价值实现机制等有关政策，分析地方政府和有关部门生态产品价值实现的一系列举措，研究确定气候生态产品清单，建立气候生态产品价值核算体系，提出气象部门助力国家生态产品价值实现对策建议。

考核指标：

1. 建立 1 套气候生态产品清单；
2. 建立 1 套气候生态产品价值核算指标；
3. 建立 1 套气候生态产品核算方法；
4. 形成 1 篇研究报告；
5. 形成 1 篇咨询报告。

5.4 气候安全战略有关问题研究

研究内容：气候安全风险与粮食安全、能源安全、水资源安全、生态安全、经济安全、社会安全等国家安全息息相关，气候安全已成为国家安全体系的重要内容。通过研究，在国家战略高度上更加重视气候安全问题，将气候安全作为国家安全体系和经济社会可持续发展战略的重要组成部分统筹考虑，构建科学的气候安全制度体系，明确气候安全的主要内涵，建立气候安全战略的体系框架，为将气候安全纳入国家安全体系提供有力支撑，以高质效助安全实现气象社会服务现代化。

考核指标：

1. 厘清气候安全内涵及体系框架；
2. 构建科学的气候安全制度体系；
3. 形成 1 篇研究报告；
4. 形成 1 篇咨询报告。

5.5 商业航天支撑气象防灾减灾救灾高质量发展研究

研究内容：全面梳理国内外商业航天在气象防灾减灾救灾服务中的应用现状和存在问题，分析气象防灾减灾救灾对商业航天的应用需求，结合国内外商业航天技术和产业发展趋势，科学研判商业航天技术在气象防灾减灾救灾服务中应用前景，研究提出商业航天服务气象防灾减灾救灾高质量发展的总体思路、目标任务与有关建议。

考核指标：

1. 形成 1 篇研究报告；
2. 形成 1 篇咨询报告。

附件：基于 2023 年平台项目的阶段成果，平台项目拟对 2024 年项目提供示范应用的数据支撑

1. 全球高分辨率气象要素数据平台

数据内容：提供实时气象数据支撑，包括但不限于风向、风速、温度、湿度、降雨等要素全球任意点逐分钟、逐小时、逐天的实况及未来 40 天预测的地面点数据调用。

提供方式：开放特定接口，接口总调用次数 1000 万次，如需使用请向创新平台秘书处申请接口权限和文档。

提供方：北京彩彻区明科技有限公司（彩云科技）

2. 区域公里级无缝隙预报数据历史集

数据内容：提供基于欧洲中心大气模式确定性预报产品 EC-HRES 的时空降尺度精细化气象预报数据集支撑，包括但不限于风速、温度、湿度、降雨等气象要素全国范围内区域分辨率 1*1km, 历史三年长度的地面逐小时滚动更新的未来 10 天高分辨率网格预报数据集调用。

提供方式：如需使用请向创新平台秘书处申请。

提供方：南京信息工程大学&华风气象传媒集团有限责任公司

3. 典型电网冰害过程数据集

数据内容：提供 2018 年至 2024 年电网冰害数据支撑，包括但不限于发生时间、地区、线路名称、电压等级、覆冰实测厚度等要素, 全国范围内主要冰害过程影响时段的历史观冰数据调用。

提供方式：如需使用请向创新平台秘书处申请。

提供方：中国电力科学研究院有限公司