

中国气象局四项研究计划



应用气象研究计划

(2013—2020年)



中国气象局
2013年3月



应用气象研究计划

(2013—2020 年)

中国气象局

2013 年 3 月

序 言

科技和人才是气象事业科学发展的重要支撑和保障。发展现代气象业务、实现气象现代化是气象部门保障党的十八大提出的全面建成小康社会的战略任务和实现《国务院关于加快气象事业发展的若干意见》（即国发〔2006〕3号文件）提出的气象事业发展目标的重要保障和历史任务，必须依靠科技进步和高素质人才队伍。

气象科技创新体系是气象现代化体系建设的重要任务，也是国家科技创新体系的重要组成部分。近年来，中国气象局高度重视并强化气象科技创新体系的建设，以发展现代气象业务为切入点，面向世界气象科技发展，组织各方面专家学者在天气、气候、应用气象和综合气象观测四个重点领域，凝练重大科技问题，梳理并提出重大科研方向、科研重点与主要任务，制定并修订天气、气候、应用气象和综合气象观测研究计划，为扎实推进气象科技创新体系建设、更加有效地推动现代气象业务发展和气象现代化建设提供重要的基础和保障。

2010年3月，中国气象局首次发布天气、气候、应用气象和综合气象观测四项研究计划，并以此为据，组织一系列诸如公益性行业（气象）科研专项等科研项目的实施。截至2012年底，四项研究计划提出的重点研究任务有73.4%得到落实，完成了一批科研成果，其中有些研究成果已转化应用到气象业务中，取得了很好的效益。

2012年，中国气象局科技与气候变化司根据中国气象局的要求，结合现代气象业务发展中新问题，面向2020年基本实现气象现代化的新要求，再次组织专家学者修订四项研究计划，进一步明确新时期气象科研的方向、重点与主要任务。为此，四项研究计划的首席科学家，以及相关院士、专家和业务、管理人员，做了大量卓有成效的工作，付出了许多辛勤的劳动。我对他们表示由衷的感谢！

我希望，各级气象部门、相关科研院所、高等院校、业务服务单位能够围绕四项研究计划确定的气象科研方向、重点与主要任务，组织科技工作者开展气象科研工作。气象科技管理部门要积极引导科技工作者努力完成四项研究计划的主要任务，并为他们提供必要的支持和保障，同时还要组织做好科技成果的业务转化和应用工作，适时组织四项研究计划的滚动修订工作。我相信，在气象行业各部门和气象科技工作者的共同努力下，气象科研工作一定能够有更大的作为，一

定能够为提高气象预报预测准确率、增强气象服务全面建成小康社会的能力、实现气象现代化作出更大的贡献！

郑国光

（中国气象局局长）

2013年2月18日

目 录

| | |
|--|----|
| 一、引言 | 1 |
| 二、总体目标 | 4 |
| 三、重大专项 | 5 |
| (一)重大科技应用研发..... | 5 |
| 主攻方向 1: 重大农业气象灾害的形成机制与风险调控..... | 5 |
| 主攻方向 2: 三维云-微物理过程探测技术与模式研究..... | 5 |
| 主攻方向 3: 大气环境容量与区域生态文明建设..... | 6 |
| 主攻方向 4: 边界层内风特性及应用关键技术研发..... | 7 |
| (二)基础、高技术研究与重大试验..... | 7 |
| 主攻方向 5: 气候变化下我国主要农作物高效利用气候资源的过程与调控机制.... | 7 |
| 主攻方向 6: 区域大气水循环与云降水效率研究..... | 8 |
| 四、重点领域 | 9 |
| 领域 1: 农业适应气候变化..... | 9 |
| (一)优先主题 | 9 |
| 优先主题 1: 气候变化背景下我国粮棉油作物布局优化与应对措施..... | 9 |
| 优先主题 2: 气候变化对我国粮棉油生产的影响及其脆弱性评价..... | 9 |
| 优先主题 3: 农业生物生产全过程的气候资源利用机制及其气象适用技术研究.... | 9 |
| 优先主题 4: 农业生物生长发育与品质的气象调控机制及其应用..... | 10 |
| 优先主题 5: 我国主要农作物生长过程的农业气象模拟模型研究..... | 10 |
| 优先主题 6: 气候变化对我国陆地生态系统的影响评估与适应对策..... | 10 |
| 优先主题 7: 设施农业气候资源评估与利用技术..... | 10 |
| 优先主题 8: 不同区域设施农业气象预报集成技术研究与应用..... | 11 |
| 优先主题 9: 精细化水产养殖气象保障关键技术..... | 11 |
| (二)区域特色 | 11 |
| 领域 2: 农业气象灾害防御..... | 12 |
| (一)优先主题 | 12 |
| 优先主题 10: 农业生物全生长过程的农业气象灾害监测预警与评价..... | 12 |
| 优先主题 11: 主要农业生物生长动态的遥感监测与模式研究..... | 12 |
| 优先主题 12: 主要农业生物重大病虫害发生的气象条件预测预警和评估..... | 12 |
| 优先主题 13: 草地气象灾害监测预警及其对畜牧业的影响评价..... | 13 |
| 优先主题 14: 设施农业气象灾害风险评估技术..... | 13 |
| (二)区域特色 | 13 |
| 领域 3: 次生与衍生气象灾害防御..... | 13 |
| (一)优先主题 | 14 |
| 优先主题 15: 内陆水上交通气象灾害致灾机制与监测预警..... | 14 |
| 优先主题 16: 高速公路和轨道交通气象灾害监测预警及风险评价..... | 14 |
| 优先主题 17: 道路结冰气象监测预警及风险评价..... | 14 |
| 优先主题 18: 架空输电线路气象灾害监测预警及风险评价..... | 14 |
| 优先主题 19: 城市生命线系统气象灾害的致灾机制与监测预警..... | 14 |
| 优先主题 20: 海洋气象导航及其风险评价..... | 15 |
| 优先主题 21: 雷电灾害风险评价及其防护技术研究..... | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 优先主题 22: 流域山洪/地质灾害的致灾机制与气象预报预警 | 15 |
| 优先主题 23: 森林/草原火险预报与灾损评估 | 15 |
| 优先主题 24: 极端天气和大气环境对人体健康的影响及应对措施 | 16 |
| (二) 区域特色 | 16 |
| 领域 4: 人工影响天气 | 16 |
| (一) 优先主题 | 16 |
| 优先主题 25: 人工影响天气作业条件的识别方法与应用 | 16 |
| 优先主题 26: 人工影响天气作业条件数值预报模式研发 | 17 |
| 优先主题 27: 跨区域联合人工增雨作业技术 | 17 |
| 优先主题 28: 人工防雹、地形云和对流云人工增雨(雪)机制与应用技术 | 17 |
| 优先主题 29: 新型人工影响天气技术试验 | 18 |
| 优先主题 30: 人工影响天气催化剂技术与应用 | 18 |
| 优先主题 31: 机载人工影响天气作业技术与控制系统集成 | 18 |
| 优先主题 32: 人工影响天气作业探测装备研发与应用 | 19 |
| 优先主题 33: 人工影响天气作业效果检验实用技术研发与应用 | 19 |
| 优先主题 34: 中国典型云系降水效率监测评估关键技术 | 19 |
| (二) 区域特色 | 20 |
| 领域 5: 环境气象监测预报 | 20 |
| (一) 优先主题 | 20 |
| 优先主题 35: 区域干湿沉降与大气污染迁移及其环境效应影响评估 | 20 |
| 优先主题 36: 城市化发展对区域大气环境的影响及其调控机理 | 20 |
| 优先主题 37: 区域性霾的形成过程及其预报 | 21 |
| 优先主题 38: 大气污染源调控的大气输送扩散气象条件与预报 | 21 |
| 优先主题 39: 大气复合污染物形成及其影响评价 | 21 |
| 优先主题 40: 面向环境气象预报与预警业务的数值模式研发 | 21 |
| 优先主题 41: 近海大气成分与温室气体海气通量的变化机制及应用 | 22 |
| 优先主题 42: 大气成分的星地协同监测与预报 | 22 |
| (二) 区域特色 | 22 |
| 领域 6: 气候资源开发利用 | 22 |
| (一) 优先主题 | 23 |
| 优先主题 43: 高时空分辨率的太阳能资源监测预报 | 23 |
| 优先主题 44: 太阳能资源精细化评估与风险区划 | 23 |
| 优先主题 45: 高时空分辨率的风能资源监测预报 | 23 |
| 优先主题 46: 风能/太阳能利用的工程气象风险评价与可行性论证 | 23 |
| 优先主题 47: 气候资源开发利用对生态环境的影响与评价 | 24 |
| (二) 区域特色 | 24 |
| 五、基础支撑平台 | 25 |
| 主题 1: 农业气象综合试验与业务支撑平台 | 25 |
| 主题 2: 人工影响天气试验与业务支撑平台 | 26 |
| 主题 3: 公共气象服务业务支撑平台 | 26 |

一、引言

应用气象是应用气象规律直接或间接地服务于人类生产实践的科学，其研究水平直接关系到气象为经济社会发展和人民安全福祉的服务能力。我国是世界上受气象灾害影响最严重的国家之一，当前正在发生的全球气候变化进一步加剧了我国的生态与环境问题，加剧了气象对经济社会发展和人民安全福祉的影响。如何科学地利用气候资源、应对突发频发的气象灾害和气候变化，确保社会经济可持续发展是应用气象科研与业务面临的严峻挑战。

近年来，围绕《应用气象研究计划（2009—2014年）》，中国气象局组织全国气象行业的优势科技力量联合攻关，在防灾减灾和应对气候变化等国家需求的应用气象科研与业务服务领域取得了一系列创新性成果：农业气象精细化服务水平和农业气象灾害监测预警能力明显提高，对粮食生产减灾保产、实现“八连增”发挥了重要作用；人工影响天气服务能力和整体效益不断提升，人工增雨作业区面积达500余万平方公里，较五年前增加了53.9%，增加降水2694亿吨，效益增加45%，人工防雹作业保护面积50余万平方公里，较五年前增加4%，减少雹灾损失396亿元，效益增加43.2%；气象服务对公路、交通、旅游、电力行业的总体贡献率分别达1.85%、1.09%、0.59%和0.22%，服务效益分别达8.9亿元、61.0亿元、74.3亿元和73.6亿元左右；气象服务信息发布能力显著增强，涵盖广播、电视、报纸、电话、手机、网络、电子显示屏、警报系统、海洋预警电台等多种途径。这些成果的取得极大地提高了我国应用气象业务服务的科技水平、拓展了应用气象业务服务领域，形成了较为稳定的应用气象业务能力，在现代气象业务体系建设中起到了重要的支撑作用，显著提升了我国应用气象的国际地位和影响力。社会公众对气象服务的满意率从2006年的74.2%提高到2011年的85.7%，提高了11.5%。

尽管如此，应用气象的科研与业务服务水平仍不能满足我国现代农业与经济社会快速发展以及当前生态文明建设的需求，主要表现在：

1. 农业应对气候变化的科学基础支撑不足。气候变化背景下我国农业生产的方式发生了新的变化，农业生产对全过程、多时效、量化的农业气象信息服务，农业气象灾害致灾临界值与气象防灾避灾对策等提出了新的需求，需要将最新的科研成果转化为业务能力，支撑现代农业气象业务的开展。

2. 人工影响天气的科技和业务能力尚需加强。尽管近年来人工影响天气已经有了快速的发展，但是还需要不断提高和完善，特别是人工影响天气的新技术、

新装备的研发与业务应用，人工影响天气的潜力评估、催化条件和方法及效果检验技术等，距满足现代人工影响天气业务建设需求仍有较大距离。

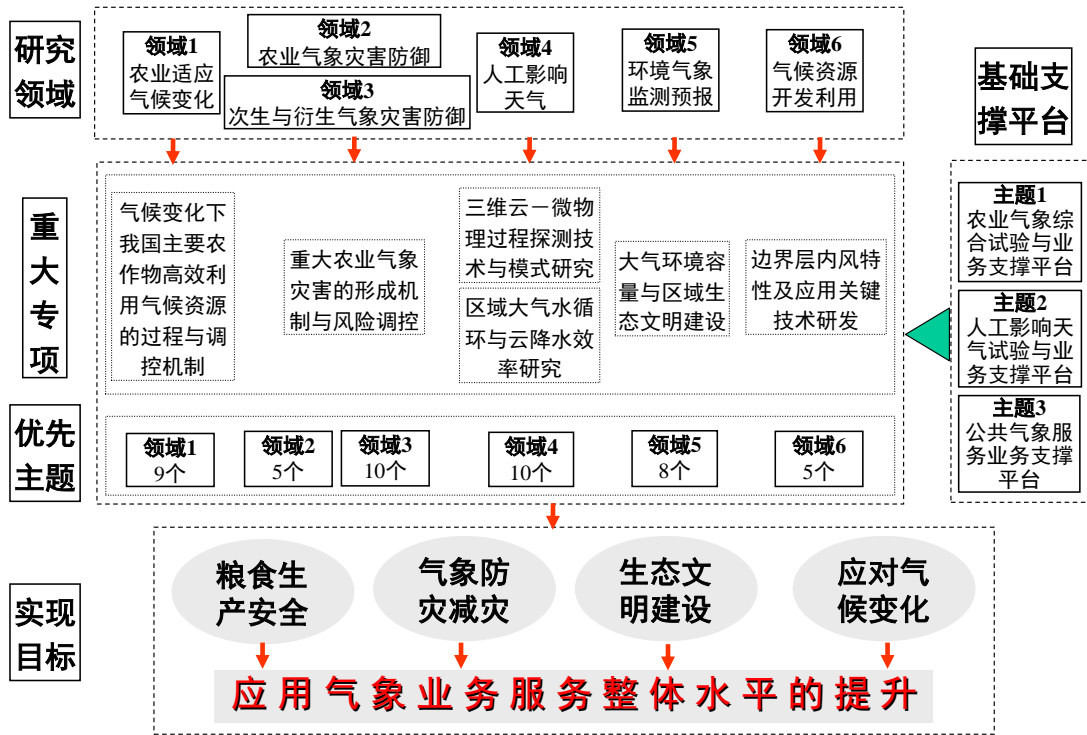
3. 环境气象监测预报业务能力亟需提高。正在发生的气候变化和快速发展的人类社会经济活动已经严重地影响着人类的生存环境质量，但现有的环境气象监测预报业务能力严重不足，还没有建立起服务于区域经济与城市化发展的区域空气质量容量指标体系以及大气污染源调控的气象条件预报技术。

4. 敏感行业气象防灾减灾的科技支撑不足。气象灾害的频发重发已经对气象服务高敏感行业产生了严重影响。尽管近年来我国公共气象服务已有快速发展，但仍不能满足业务需求，特别是在气象服务高敏感行业的致灾临界气象条件、风险评价与监测预警等方面，需要大力加强。

为统筹组织实施各类气象科技项目，驱动我国应用气象业务科学发展，根据《国务院关于加快气象事业发展的若干意见》（国发〔2006〕3号）、《关于进一步加强气象灾害防御工作的意见》（国办发〔2007〕49号）、《全国新增1000亿斤粮食生产能力规划》、《国务院办公厅关于进一步加强人工影响天气工作的意见》（国办发〔2012〕44号）、《国务院办公厅关于进一步加强人工影响天气工作的意见》和《中国气象局关于发展现代气象业务的意见》（气发〔2007〕477号）有关要求，以及落实《气象科学技术发展规划（2006—2020）》（气发〔2006〕352号）、《国家气象科技创新体系建设意见》（气发〔2007〕385号）以及《中国气象局关于强化科技创新驱动现代气象业务发展的意见》（气发〔2012〕111号）的精神，以《现代农业气象业务发展专项规划（2009—2015年）》（气发〔2009〕350号）、《应用气象研究计划（2009—2014年）》等规划计划为基础，结合应用气象领域国际科技发展趋势、我国应用气象相关业务的现状和发展需求，紧密围绕2020年中国气象现代化战略目标，修订并形成《应用气象研究计划（2013—2020年）》。

该研究计划由引言、总体目标、重大专项、重点领域和基础支撑平台五部分构成（总体框架如下图所示）。其中，重大专项含6项主攻方向，重点领域含6个主要领域、47项优先主题和6项区域特色，基础支撑平台含3项主题。

《应用气象研究计划》



《应用气象研究计划（2013—2020年）》总体框架图

二、总体目标

围绕应用气象服务业务的迫切需求，瞄准应用气象领域的国际科技发展前沿，研发农业生产全过程、多时效、量化的农业气象信息服务技术和具有自主知识产权的农业气象模拟模型；发展人工影响天气潜力评估、催化条件选择、催化方法和效果检验的技术与方法，研发新一代人工影响天气的数值模式、新技术和新装备；构建面向环境气象预报与预警业务的数值预报模式和环境气象灾害预警系统；建立气象服务高敏感行业的致灾临界气象条件指标体系与风险评价方法；发展太阳能和风能开发利用的气象预报和气象灾害预警服务技术，提升我国应用气象业务服务在气象防灾减灾、应对气候变化与生态文明建设方面的整体水平，为建成与现代气象业务相协调、满足我国现代经济社会持续发展和生态文明建设需求的应用气象科研业务体系奠定基础。

三、重大专项

(一) 重大科技应用研发

主攻方向 1：重大农业气象灾害的形成机制与风险调控

需求分析与重大科技问题：我国是一个受农业气象灾害影响严重的国家，气候变暖尽管改善了区域的热量条件，在一定意义上增加了粮食的生产潜力，但气候变化的不确定性使得气象灾害加剧，且有来势早、强度大和危害加剧的趋势，导致农业生产的脆弱性增加，严重威胁到我国的粮食安全。农业生产如何科学应对气象灾害，不仅关系到粮食安全与《全国新增 1000 亿斤粮食生产能力规划（2009—2020 年）》的实现，而且直接影响到社会稳定、经济发展乃至国家安全。因此，迫切需要弄清农业气象灾害的形成机理和危害机制，明确农业气象灾害的致灾临界值，研发防灾避灾关键技术，为农业生产的灾前、灾中和灾后的科学决策与管理提供依据，实现农业防灾减灾。

主要研究任务目标：针对我国主要粮食作物选取重大农业气象灾害发生的典型区域，系统分析农业气象灾害形成的前期气象环境和强信号；研究农业气象灾害风险的识别技术，灾害环境下农作物生理生态参数变化特征与农业气象灾害对农作物的影响机制，重大农业气象灾害的形成过程及其对农作物的危害机制；发展农业气象灾害的致灾临界值评价指标体系、灾害预警模型、灾害风险管理等关键技术；开展区域农业气象灾害影响的综合风险评价与区划，研发防灾避灾关键技术，为灾前、灾中、灾后的科学决策与管理提供依据；探讨气候变化背景下农业气象灾害风险的变化情景，提出灾害风险多维调控与综合管理对策；建立农业气象灾害风险评价与风险管理业务系统。

主攻方向 2：三维云—微物理过程探测技术与模式研究

需求分析与重大科技问题：云是人工增雨（雪）的作业对象，云的产生和演变受气候环境、地形、天气系统等多种因素的影响，从而使得云的形成过程和结构特征复杂多变。现有的常规气象观测系统（卫星、雷达、气象观测站网等）只能对云的部分特征，如云形成的大尺度环流特征、天气系统、云的回波特征、地面降水等进行连续监测和观测，但对云的精细结构，如云中粒子的相态、过冷水含量分布、云动力场等信息无法获取，而这些与云相关的关键物理量对设计三维云模式和科学人工增雨（雪）作业非常重要，包括人工增雨（雪）的作业条件识别、

作业技术、作业效果评估等。因此，迫切需要开展三维云结构与云微物理过程的探测技术与应用研究，提高数值模式中云降水过程预报能力和人工影响天气探测与作业效果评估能力。

主要研究任务目标：研发和试验新型人工影响天气关键探测技术，如云雷达、偏振雷达、微波辐射计、激光雷达等，提升对云结构和降水过程精细化探测能力；基于空基（探空、飞机、火箭等）、地基（各种雷达等）和天基综合探测的精细外场试验获取典型云系云中粒子相态的分布、演变和降水产生的物理过程，研究云的动力结构和云中湍流、卷夹等过程，揭示自然云中水分转化过程及降水形成机制；建立可靠性高、能力强的云和降水精细化探测与集成应用技术，实现业务化应用；研究云模式，尤其是暖云模式，发展新一代三维云模式，提高云的发展过程和降水模拟及预报能力。

主攻方向 3：大气环境容量与区域生态文明建设

需求分析与重大科技问题：当前我国经济建设面临两个突出矛盾：一是经济总量扩张与自然资源的有限性及自然资源生产率相对低下的矛盾；二是经济快速增长与大气环境容量有限及大气环境容量利用效率相对低下的矛盾，其中最重要的是大气环境容量问题，包括大气环境容量与区域经济发展问题，水、热、光资源容量与农业开发、工业布局和生态功能区划问题，导致了社会—经济—自然复合生态系统的失衡，威胁到了区域生存环境与经济社会的可持续发展。正因为如此，党的十八大报告提出把生态文明建设放在突出地位，以解决各类不平衡、不协调、不可持续问题。为此，迫切需要开展区域大气环境容量研究，以为我国经济社会的可持续发展和生态文明建设提供依据。

主要研究任务目标：重点研究服务于区域经济与城市化可持续发展的大气容量评价方法与指标体系，服务于生态功能区划的气象容量评价方法与指标体系。关于大气容量研究，重点分析造成典型研究区域高浓度臭氧和 PM_{2.5}/PM₁₀ 污染的关键因子，揭示区域内污染物输送、转化和演变特征；建立城市化与区域经济发展对大气环境影响的大气环境容量评价指标体系，研发面向环境气象预报与预警业务的数值预报模式和环境气象灾害预警系统；提出区域经济与城市化可持续发展的对策措施。关于气象容量研究，重点分析我国水、热和光资源容量对农业开发和工业布局的影响及全国生态功能区划，建立气象容量指标体系；基于大气环境容量，探讨不同地区农林业开发和工业布局，确定不同地区的发展模式，引

导各地合理选择发展方向，形成各具特色的发展格局。

主攻方向 4：边界层内风特性及应用关键技术研发

需求分析与重大科技问题：近地面(<1000m)大气边界层的风特性既是能源开发供应、(地面)交通、高耸和大跨建筑物等重大工程的安全设计及城市规划和防灾管理等的关键参数，也是大气污染物稀释、扩散、输送的重要参数，对于城市规划、环境功能区划、环境气象预报具有重要意义。但目前针对人类活动最为密集、敏感的近地边界层内精细化观测和模式技术均十分缺乏，迫切需要开展近地边界层内风特性的精细化观测和模式技术研究。拟解决的重大科技问题有：各类下垫面(如大城市、山地、高原台地、海陆或湖陆交界等)在不同类型天气系统下，在 1000m 以下近地边界层的精细化风探测技术；特种观测仪器(遥感式、高频采样、压力式等)的风数据质量控制、处理和融合技术；近地边界层精细化风场结构和风特性；高时空分辨率精细化风场数值模式研发和优化、订正技术。

主要研究任务目标：通过对我国典型强风气候区各类下垫面 1000m 以下近地边界层精细化的风观测试验，研究不同观测目的或观测目标的最优观测布设、各类仪器互补和联合观测运行监控、各类观测仪器的风观测数据质量控制、处理和资料融合技术；研发近地边界层(1000m 以下)水平分辨率几十米或百米量级、垂直分辨率 10m、时间分辨率为分钟量级的数值模式和预报预警技术；针对风力发电、交通(地面)、电力(输电)、大城市建设、重大工程、公共设施、城市和环境气象服务等对风参数的需求，揭示我国典型边界层内的风特性，研究边界层小风、微风及湍流扩散特征，发展适于不同服务需求的风参数数学模型、业务系统、基础数据集和产品，成果可服务于重大工程抗风论证、强风预报预警、城市和环境气象服务等专业服务领域。

(二) 基础、高技术研究 with 重大试验

主攻方向 5：气候变化下我国主要农作物高效利用气候资源的过程与调控机制

需求分析与重大科技问题：气候变化已经严重影响了我国的农业气候资源与生产潜力、农业种植制度及粮食生产。当前国家经济平稳发展与社会和谐稳定对农业稳产高产的客观需求与气候变化严峻形势间的矛盾越来越突出。面对我国已经发生的气候变化，粮食生产如何适应气候变化，提高气候资源利用率，实现趋利避害，确保粮食高产稳产和农民增收已经引起中央政府与相关部门的高度关

注，也是《全国新增 1000 亿斤粮食生产能力规划(2009-2020 年)》面临的严峻挑战。解决这一国家需求的关键科学问题之一就是要弄清气候变化下我国主要农作物高效利用气候资源的过程与控制机制，为农作物科学生产与安全布局提供支撑。

主要研究任务目标：主要农作物生长过程中的气候资源数量、配置及区域分布及演变趋势；主要农作物农业气象灾害及影响评估；主要农作物高效利用气候资源的过程与机制；主要农作物生长的气候适宜度诊断技术；主要农作物品种布局变化及影响因子；气候变化下主要农作物高效利用气候资源对策。研究揭示不同时空尺度主要农作物利用气候资源的过程与控制机制；发展具有自主知识产权、针对我国主要农作物及其面临的重大农业气象灾害的农业气象模拟系统；提出针对当前及未来气候变化情景下我国主要农作物稳产高产模式与种植制度规划。

主攻方向 6：区域大气水循环与云降水效率研究

需求分析与重大科技问题：科学开发利用大气水资源具有基础性、战略性和前瞻性的应用价值。大气水资源非常丰富，大气降水是陆地水资源的主要来源。地表水、土壤水和地下水均是由大气降水转化来的。我国大部分地区大气水实际转化为地面降水的不到 20%，大量大气水资源可供开发利用。本主攻方向拟以区域大气水循环和云降水效率研究为重点，进一步阐明区域大气水循环特征与规律；揭示水汽—云水—降水转化机理和产生不同降水效率的成因，探讨人工影响云微物理过程的机理，为人工影响天气作业提供理论依据和科学支撑。

主要研究任务目标：选择全国典型地区（西北、华北和南方），充分利用现代大气水和云观测和数值模式手段，研究建立区域大气水循环过程和不同降水效率形成的机理；研究云水转化理论和概念模型及关键科学指标；揭示区域大气水循环演变特征规律；发展和建立我国大气降水效率优化调控理论和方法。

四、重点领域

领域 1：农业适应气候变化

预期目标：阐明气候变化对农业生产过程与种植分布的影响机制；改进基于气候资源高效利用的农业适应气候变化措施；构建农业生物全过程的农业气象指标体系；研发具有自主产权并面向我国主要农作物生长过程的农业气象模拟模型和设施农业气象预报集成技术，服务于农业稳产高产与粮食安全。

(一) 优先主题

优先主题 1：气候变化背景下我国粮棉油作物布局优化与应对措施

针对已经发生的气候变化及粮棉油作物布局变化，研究分析农业气候资源演变特征；研究农业种植制度、生产结构和粮棉油作物布局变化及其影响评估方法；农业种植制度和粮棉油作物布局优化的气象制约因子；发展农业种植制度和粮棉油作物布局优化评估标准、方法与原则，研究农业种植制度和粮棉油作物布局适应气候资源变化的对策措施。

优先主题 2：气候变化对我国粮棉油生产的影响及其脆弱性评价

针对受气候变化影响的我国粮棉油生产敏感区域，分析气候变化对粮棉油生产的总体影响特征及区域差异；明确气候变化对粮棉油生产影响的关键因子，评价气候变化影响下粮棉油生产的敏感性和粮棉油生产对气候变化的适应能力；结合未来气候变化情景，评估未来气候变化情景下我国粮棉油生产的气候脆弱性，建立脆弱性评估指标体系和评估技术。研究评估不同栽培耕作、肥水管理与生产性调控应对技术措施对我国主要粮棉油生产的影响，提出适于我国粮棉油生产不同敏感区域的具体应对技术和措施，为未来气候变化下粮棉油可持续发展提供技术储备和保障。

优先主题 3：农业生物生产全过程的气候资源利用机制及其气象适用技术研究

研究农业生物生产全过程的气候资源利用及其控制机制，建立基于气候资源高效利用的主要农业生物高产、优质、生态、安全种植布局和栽培技术(包括作物—果树—饲草—蔬菜等安全种植布局、设施农业防护、节水灌溉、施肥高产技术等，不同农区关键农时农事和作物产前、产中、产后的天气气候预警防控技术

等内容)；分析研究主要农业生物气象适用技术；建立主要农业生物全生长过程的农业气象指标体系，实现全过程、多时效、定量化农业气象信息服务。

优先主题 4：农业生物生长发育与品质的气象调控机制及其应用

研究农业生物种植区的农业气候资源时空格局变化趋势，分析影响农业生物生长发育和品质的关键气象因子及关键期；阐明农业气候资源时空格局变化对农业生物生长发育和品质的影响机制，发展气象条件与农业生物生长发育和品质的关系模型；探讨农业生物小气候调控技术；构建农业生物生长与品质的农业气象指标，研制集小气候预报、调控决策和信息发布于一体的农业生物气象服务系统，为农业生物，特别是名优特农业生物优势生产布局提供气象保障。

优先主题 5：我国主要农作物生长过程的农业气象模拟模型研究

分析国内外现有作物生长过程模型对中国主要农作物生长过程与产量模拟的适用性；构建中国主要农作物生长过程模型，结合遥感反演技术及模型数据同化技术，确定模型的最适参数；基于模拟试验与长期野外定位观测资料，综合考虑气象因素对作物生长、发育和产量形成过程的影响，从物质输送、能量转换与平衡出发完善对作物生理生化过程与光合产物分配过程及其与气象条件的关系的模拟；开展中国农业气象模型系统在作物生长状况定量监测、农业气象灾害定量评估、作物产量定量动态预报等方面的应用与评估研究，不断改进模型，提升模型模拟的准确度。

优先主题 6：气候变化对我国陆地生态系统的影响评估与适应对策

针对我国典型生态系统，研究气候变化和生态系统结构与功能的关系；分析生态系统结构与功能变化对气象和干扰的敏感性，检测分析生态系统的敏感性指标及关键气象因子，确认生态系统适应性的气象因子阈值；发展气候变化对生态系统影响的评估方法、风险评价与区划技术，建立气候变化对生态系统影响的评价指标；预估未来气候变化情景下我国主要生态系统时空格局及其自适应程度；给出气候变化对我国主要生态系统的影响评估报告和风险区划；提出我国典型脆弱区生态系统适应气候变化的对策措施。

优先主题 7：设施农业气候资源评估与利用技术

系统分析评价设施农业主要种植区气候资源分布特征；基于设施内外气象要素定量关系评价设施气候资源时空分布；研究建立设施农业气象指标和设施农业

生物主要生长发育阶段的生理生态指标；研究基于设施农业小气候的设施农业生物生长发育动态监测和评估技术；结合设施农业生物生产农业气象指标，构建设施农业小气候资源评价指标体系与区划技术；确定不同区域名优特农业生物优势生产布局；提出不同区域周年设施农业生产布局与对策，为我国设施农业科学布局与发展提供气象保障。

优先主题 8：不同区域设施农业气象预报集成技术研究与应用

研究设施农业小气候形成机理；分析影响设施农业小气候的外界气象要素变化及其影响的物理过程；发展基于能量平衡、计算流体力学的设施农业小气候模拟技术；发展基于设施外气象观测的设施农业小气候实时监测诊断技术；发展基于统计与能量平衡的设施农业小气候 1~7 天预报集成技术；发展不同天气背景下设施农业小气候定量调控技术；发展基于天气—温室—作物—环境调控和作物栽培管理技术的精准服务技术；研发适于不同区域设施农业气象精准预报服务系统，提高设施农业气象服务的时效与精度。

优先主题 9：精细化水产养殖气象保障关键技术

针对淡水(湖泊、池塘)或海水精细养殖，研究水体不同深度生态要素及其与气象要素的关系；研究养殖品种关键生长期、存活率、病害、产量等与水体生态要素关系及其气象指标；研究水体气象要素和生态要素预报方法；研究主要养殖品种苗种投放的适宜度、适捕期、病害发生程度等级预报技术及其气候适宜性；水产养殖气象观测方法及服务规程；水产养殖气候区划技术；研究建立水产养殖气象指标；水产养殖气候适宜度指数及诊断方法；研发 1~3 天气象预报预警产品释用技术与服务产品；给出主要养殖品种气候区划，为水产养殖高产稳产及技术推广提供精细化、高水平的气象预测预报服务。

(二) 区域特色

研究气候变化背景下农牧交错区水资源脆弱性及优化配置；气候变化下丘陵山地农业气候资源演变与评价；不同区域主要农作物不同生育阶段适宜气象指标体系；特色农业生物气象适用技术；基于气候资源高效利用的特色农业生物安全种植布局和栽培措施；特色农业生物全生长过程农业气象指标；主要花卉品种花期气象服务关键技术及其应用；设施特色农业气象环境及其调控机制。

领域 2：农业气象灾害防御

预期目标：阐明不同强度农业气象灾害和病虫害及其持续时间对农业生产影响的过程与机制；发展不同农业气象灾害和病虫害影响的诊断与风险评估技术；建立农业气象灾害和病虫害的预警指标体系和实时动态监测灾损评估模型，服务于农业气象防灾减灾。

(一) 优先主题

优先主题 10：农业生物全生长过程的农业气象灾害监测预警与评价

分析主要农业生物不同生育期与全生长过程对不同强度农业气象灾害(如干旱、低温冷害等)及其持续时间响应的生物学特征，建立相应的生物学指标体系；研究农业气象灾害对环境因子的响应特征与关系；发展农业气象灾害监测方法与指标体系，农业气象灾害风险评估方法，主要农业生物全生长过程的农业气象灾害等级划分与灾损评估技术。研发主要农业生物全生长过程的农业气象灾害诊断方法和监测预警评价技术。

优先主题 11：主要农业生物生长动态的遥感监测与模式研究

基于田间试验、人工控制试验、环境小卫星高光谱数据及地物光谱仪等观测数据，开展主要农业生物类型识别技术与标准研究，农业生物类型端元提取技术研究，基于多时相卫星遥感资料，开展主要农业生物类型遥感识别方法与遥感混合像元分解技术研究；基于多源卫星和气象、水文、农业等数据融合，开展农业干旱动态监测、评估和预测方法研究；建立农业干旱评估和预测综合模型；发展农业气象灾害影响下主要生物冠层反射光谱参数及长势指标的动态变化模式；研发基于星陆双基遥感农业信息协同反演技术的作物长势监测指标、农业气象灾害监测指标，以及主要农业生物产量评估指标及诊断技术，为地面农情信息、主要农业生物类型识别与种植面积评估提供遥感监测技术。

优先主题 12：主要农业生物重大病虫害发生的气象条件预测预警和评估

针对我国重大病虫害，研究气象条件时空变化对病虫害发生的地理范围、时间、强度、频次等的影响及其关系，病虫害与气象灾害相伴发生的群发关系；分析病虫害发生的时空新变化及其规律性；利用生物物理统计方法，开发不同气象条件下气候型病虫害的预警预测技术；建立主要农业生物病虫害发生气象条件等

级指标体系与风险评价方法；编制病虫害发生发展的气象条件时空分布图与风险区划；提出主要农业生物重大病虫害发生的气象条件监测、预警和评估技术方法；研发农业生物重大病虫害灾变风险评估系统。

优先主题 13：草地气象灾害监测预警及其对畜牧业的影响评价

针对北方草地畜牧业生产中长期存在的重要气象灾害，分析主要草地生物不同生育期与全生长过程对不同强度气象灾害及其持续时间响应的生物学特征，建立相应的生物学指标体系；研究草地主要生物全生长过程的气象灾害等级划分与灾损评估技术；建立以草地、家畜为主体的气象灾害评价指标体系，并从气象灾害区域孕灾环境敏感性及区域畜牧业承灾体抗灾能力等方面，构建主要草地生物气象灾害致灾临界指标的表征方法和量化识别技术；建立草地气象灾害预警指标、灾情指数和预警信号指数；发展草地气象灾害预警指数和实时动态监测评估模型，并进行业务应用。

优先主题 14：设施农业气象灾害风险评估技术

研究不同区域主要设施农业气象灾害的时空分布特征；基于设施内外气象要素定量关系，评价设施农业气象灾害时空分布；构建不同区域主要设施农业气象灾害及灾害等级指标；研发天气预报产品在设施农业气象灾害影响评价与风险评估模型中的释用技术；探讨设施农业生物生产气象灾害影响评价、风险评估与预报技术；构建不同区域设施不同农业气象灾害影响诊断与风险评估技术；调查各地蔬菜大棚和日光温室的防风、防雪压能力，建立防风、防雪压数据库；研发设施农业气象灾害风险评估业务系统。

(二) 区域特色

研究气象灾害对主要农业生物品质的影响与评价模型；区域或特色农业生物气象灾害立体监测指标体系与灾损评估；区域或设施农业生物病虫害风险评估与对策；主要设施农业生物常见病虫害发生发展气象等级指标、潜在发生概率预报及对策措施；设施特色农业生物气象灾害影响的风险评估与预警。

领域 3：次生与衍生气象灾害防御

预期目标：阐明气象灾害对气象服务高敏感行业(交通、铁路、电力、林业、健康等行业)的影响过程与机制；明确气象服务高敏感行业的致灾临界气象条件指标体系；发展气象服务高敏感行业气象灾害影响风险评价方法；研发气象服务

高敏感行业的气象灾害监测预警技术。

(一) 优先主题

优先主题 15：内陆水上交通气象灾害致灾机制与监测预警

研究影响内陆水上交通安全的气象条件、影响机制和致灾临界气象条件指标体系；发展内陆水上交通气象灾害监测技术；建立内陆水上交通气象监测系统示范站点；开展内陆水上交通气象灾害工程风险评价技术和风险区划研究；研发内陆水上交通气象灾害监测预警服务系统。

优先主题 16：高速公路和轨道交通气象灾害监测预警及风险评价

研究影响高速公路和轨道交通安全的气象条件、影响机理和致灾临界气象条件指标体系；发展高速公路和轨道交通致灾临界气象条件监测技术；进行高速公路和轨道交通气象监测系统站点示范；开展高速公路和轨道交通气象灾害风险评价技术和风险区划研究；研制高速公路和轨道交通气象灾害的风险评价、调度和决策支持系统，以及气象灾害监测预警服务系统。

优先主题 17：道路结冰气象监测预警及风险评价

研究道路结冰的气象条件及其影响机理，建立道路结冰临界气象指标；开展道路结冰自动监测研究，实现道路结冰过程的自动监测；建立规范化的道路结冰综合数据库；研究道路结冰气象要素精细化预报技术方法；建立道路结冰预报模式；研发道路结冰风险评价技术和精细化区划方法；给出道路结冰精细化风险区划；研制道路结冰气象监测预警系统。

优先主题 18：架空输电线路气象灾害监测预警及风险评价

针对架空输电线路，收集建立架空输电线的历史灾损资料和相应气象、孕灾环境等资料数据库；研究架空输电线的致灾临界气象条件和影响机理；开展架空输电线的致灾临界气象条件指标体系研究，确定架空输电线路工程气象参数设计值和地理区划；研发架空输电线路致灾临界气象条件精细化预警技术方法；开展架空输电线路气象灾害影响区划与风险评价；开发架空输电线路气象预报预警服务产品；研发架空输电线路安全运营气象预警系统。

优先主题 19：城市生命线系统气象灾害的致灾机制与监测预警

研究影响城市生命线系统(交通、供电/暖/气/水等)的气象条件、影响机理

和致灾临界气象条件(大风、暴雨、雾、霾、雪、高温、雷电、寒潮等)指标体系;发展城市生命线系统致灾临界气象条件监测技术;建立城市生命线系统气象监测系统示范站点;开展城市生命线系统气象灾害风险评价技术和风险区划研究;研制城市生命线系统气象灾害的风险评价、调度和决策支持系统,解决城市气象灾害风险防范与快速响应关键技术,服务于城市建设和可持续发展。

优先主题 20: 海洋气象导航及其风险评价

研究影响船舶气象导航的气象条件、影响机理和致灾临界气象条件指标体系;发展船舶气象导航致灾临界气象条件监测技术;分析研究船舶气象导航业务技术;全球三大洋航线上灾害性天气预报产品释用技术;近海航线咨询服务和海洋气象海况分析方法;风浪对船舶航行速度影响的失速计算方法;风浪对船舶航速的影响及船舶航行风险等级划分方法;发展基于电子海图的海洋气象预报产品;研发基于电子海图的综合性海洋气象导航系统。

优先主题 21: 雷电灾害风险评价及其防护技术研究

研究我国雷电灾害的分布特征及其影响因素;不同类型(居民住宅房、太阳能与风能发电机、10kV 高压输电线路、轨道交通、公路交通、航空等)雷电灾害的特点、孕灾环境、致灾因子和承载体;适于我国的雷电灾害危险度等级的划分技术;雷电流波形特征与不同类型雷击破坏成因;感应过电压效应;雷电电磁脉冲对线路耦合产生过电压的数值模式;直接和间接雷击的发生发展及致灾机理;不同雷电承载体的闪电电磁信号屏蔽效应;建立不同雷电承载体的综合防雷技术,提出适于不同雷电承载体的雷电防护技术。

优先主题 22: 流域山洪/地质灾害的致灾机制与气象预报预警

分析流域山洪/地质灾害的发生发展特征及其与水文气象条件的关系;针对流域山洪/地质灾害发生的气象、水文与地理背景,研究山洪/地质灾害的历史区划方法;开展引发流域山洪/地质灾害的气象水文促成机制和致灾临界气象条件指标体系研究;发展流域精细化气象水文集成预报技术;构建山洪/地质气象预警与灾害风险评估技术;研发基于水文气象条件的山洪/地质气象预报预警系统。

优先主题 23: 森林/草原火险预报与灾损评估

分析森林/草原的火发生、气象条件、生物条件与火源的发生发展特征;研究森林/草原的火发生与气象条件、生物条件与火源类型的关系;发展森林/草原

火险区划气象指标体系，森林/草原可燃物量及含水量定量模拟模型，森林/草原火险预报技术，森林/草原火灾的灾损评估技术；建立森林/草原火险预测预报服务产品；给出森林/草原火险气象区划、可燃物区划及火险区划；研制森林/草原火险预报与灾损评估服务系统。

优先主题 24：极端天气和大气环境对人体健康的影响及应对措施

研究疾病发生发展规律及其与极端天气、大气环境及其相互作用的关系；发展极端天气和大气环境及其相互作用对人体健康影响的定量评价方法；基于极端天气和大气环境影响的人体健康风险预报预警技术；分析极端天气—大气环境诱发疾病的响应和应对措施；建立极端天气—大气环境与人体健康预报专家支持库；研发气象、大气环境诱发疾病评估体系和评估量表，建立慢性非传染性疾病发作风险的预测预报模型；开发极端天气和大气环境诱发的疾病负担和服务效果评估技术，提出极端天气—大气环境敏感的人体健康应对措施。

(二) 区域特色

研究地震灾区及周边地区滑坡泥石流灾害概率预报方法；青藏高原及其周边局地强降水诱发山洪泥石流灾害预警预报；区域城市气象灾害影响的风险评估与预警；全球变暖和城市化共同影响下的高温热害预报预警；快速城市化区域气象灾害风险评估与城市安全运行管理；气象与环境因子对疾病诱发机理及其影响评估；输电工程雷击致灾机制与风险评估；关键地段高速公路重要气象灾害预报预警；高速公路结冰与团雾监测预报；大跨度与高耸工程、沿海与山区、平原与复杂地形下测站优化选址、资料反演和重现及数值模拟等。

领域 4：人工影响天气

预期目标：揭示云结构、降水形成和人工影响天气科学机理，研发人工影响天气作业潜力评估、催化条件选择、催化方法和效果检验的技术与方法；研发新一代人工影响天气数值模式、新技术和新装备，提高作业条件预报能力，增强人工影响天气科技支撑与业务引领能力。

(一) 优先主题

优先主题 25：人工影响天气作业条件的识别方法与应用

研究基于雷达和卫星的人工增雨作业条件识别技术，重点基于地基、空基遥感探测资料，结合云数值模式，研究云中过冷水分布、含量及演变等关键参数的

识别方法，建立可靠的冷云作业条件判别技术，利用卫星反演的混合云含水量，结合云模式，给出云中过冷水含量及其分布；发展基于偏振雷达的人工防雹作业条件识别技术，包括利用新一代多普勒偏振雷达等的观测资料，分析冰雹云发展过程中、尤其是发展早期的雷达回波、垂直速度、云中相态和偏振信息等不同物理参数的变化特征及其与雷雨云等其他对流云体的区别，结合数值模拟，研究冰雹云早期的识别方法和技术，提出在产生地面降雹前的冰雹云早期识别技术。

优先主题 26：人工影响天气作业条件数值预报模式研发

针对目前业务化人工影响天气数值模式的不足，研究发展基于雷达等资料同化的新一代人工影响天气数值模式，发展模式资料同化技术以提高云模式对云结构和降水的模拟与预报能力；开展人工增雨优化播撒技术数值模拟研究，重点发展和改进云降水模式的人工影响天气催化方案，建立“适当时间、适当位置和适当剂量”的优化播撒技术指标；改进对强对流风暴具有良好模拟能力的中尺度数值模式初始场和模式微物理过程，建立详细的双参数冰雹云微物理方案和可使用多种催化剂的人工影响天气催化方案，研发人工防雹中尺度数值模式，雾形成条件和人工消雾机理，改进模式对雾物理过程的模拟能力，建立可业务应用的雾数值模式系统。

优先主题 27：跨区域联合人工增雨作业技术

跨区域联合作业有利于大气云水资源的开发和利用，建立跨区域联合人工增雨作业技术，对提高联合作业效益具有重要作用。选择有代表性的典型区域开展跨区域大范围外场试验，基于地基、空基等各种观测，结合云数值模式，研究建立典型天气系统多尺度人工增雨作业条件概念模型和识别指标；开发跨区域作业条件预报及追踪识别，作业方案设计、作业指挥调度等技术，建立统一的业务技术系统；研究不同区域典型天气系统下多尺度人工增雨作业条件概念模型和识别指标，建立跨区域作业条件预报、播云条件追踪识别，作业方案设计、作业指挥调度等业务系统，实现大范围系统性天气决策指挥和作业联动。

优先主题 28：人工防雹、地形云和对流云人工增雨(雪)机制与应用技术

基于外场试验、室内模拟实验和数值模拟试验，研究中尺度降雹系统中冰雹云单体的形成过程和对流单体间的相互作用机制及其对冰雹形成的影响，提出考虑单体相互影响的中尺度降雹系统人工防雹的催化作业方法和技术；开展地形云

形成的动力和热力条件研究，结合云模式，提出适合不同天气背景下地形云人工增雨(雪)催化技术、最佳人工增雨(雪)作业布局和效果检验技术；研究对流云人工增雨的关键技术，建立对流云人工增雨作业条件识别和作业技术、效果评估技术，特别是对流云暖云人工增雨技术；开展人工消雾的核心技术研发，开发环境友好、高效、节能的消雾装备和催化剂，研究不同类型自然雾形成的机理，建立优化的人工消雾技术与装备。

优先主题 29：新型人工影响天气技术试验

针对传统人工影响天气技术播云的局限性，如只能在有云形成的适宜环境下实施人工增雨作业，着重探讨针对人工影响天气的新技术，研究包括利用电场干扰进行云催化技术、利用飞秒激光进行等离子增雨技术、利用微波远程传热影响局域温度技术等进行人工影响天气的原理，研究探讨新型人工影响天气技术对大气影响的机理和技术方法；通过室内实验和外场科学试验，开展人工影响天气新技术的对比试验研究，比较分析不同作业技术的人工影响天气效果，探讨产生人工影响天气效果的机理，提出适宜的人工影响天气新技术，为建立新型人工影响天气技术提供科学依据。

优先主题 30：人工影响天气催化剂技术与应用

研发适于冷云不同催化装备(如地面燃烧炉、“37”高炮、“57”高炮、火箭、多种型号的飞机等)的碘化银系列配方；开发适于暖云不同催化装备的暖云催化剂系列配方；发展适于冷、暖云不同催化方法的系列新配方以及不同催化剂性能指标的检测技术，建立催化剂检测定量指标；研究不同云降水条件的催化作业技术，提出适合不同天气背景下人工影响天气催化作业技术(催化作业方法、部位及播撒量等)；基于外场试验、室内模拟实验和数值模拟试验，研究确定不同催化装备的催化剂用量，并检验利用不同催化装备开展人工影响天气效果。

优先主题 31：机载人工影响天气作业技术与控制系统集成

针对强对流云飞机作业技术要求，研制机载火箭作业系统、可满足机载作业需求的空程 5km 以上的增雨用火箭，重点突破结构紧凑的系统总体技术、高可靠性发射与播撒技术、火箭动力学仿真技术、与飞机适配技术、全可燃壳体技术、飞行稳定性技术、装药结构及弹道技术等；基于机载控制总线 and 数据总线技术，以作业指挥/指挥控制子系统为核心，将机载气象/云雨粒子探测系统、冷暖云催化作业子系统进行全系统整合，研制集云雨结构探测与信息获取、作业条件

判决、自动化指挥控制、催化作业及信息综合显示等功能于一体的机载作业综合控制系统，实现现有飞机作业系统的升级改造。

优先主题 32：人工影响天气作业探测装备研发与应用

云中粒子的相态和分布特征、大气过冷水是科学开展人工影响天气作业的关键。基于偏振雷达探测信息，研发偏振雷达云粒子相态识别技术，结合数值模式与卫星监测等结果，获取典型云系云中粒子相态的分布、演变和降水产生的物理过程，建立可靠的偏振雷达云粒子相态识别技术系统；同时，进一步改进、完善和试验机载云粒子探测国产系列设备，结合外场试验和室内实验，检验设备的可靠性，提高机载云粒子探测设备的国产化能力和水平，建立可业务化应用的国产机载云粒子探测系统。针对人工影响天气对大气过冷水的连续监测要求，重点改进和提高地基多通道微波辐射计的技术性能指标，研究识别过冷水区域的算法及应用软件，开展外场对比试验，建立国产地基多通道微波辐射计探测系统。

优先主题 33：人工影响天气作业效果检验实用技术研发与应用

围绕人工增雨(雪)作业效果检验，主要利用雨量站、雨滴谱、雷达、卫星等观测资料，基于功效分析结果确定适用的统计检验方案，统计分析人工增雨(雪)作业雨(雪)量增加的效果，找出作业前后催化云体变化的物理证据，研发统计检验和物理检验实用技术方法，开发人工增雨(雪)效果检验业务应用软件。针对人工防雹作业效果检验，主要研究采用雷达开展人工防雹效果的物理检验技术，重点检验人工影响前后云的雷达回波强度、面积、云高、云体体积、水质量等物理因子的变化，通过大量样本的统计建立人工防雹物理检验技术，提高人工防雹效果检验技术水平。

优先主题 34：中国典型云系降水效率监测评估关键技术

大气云水资源分布、演变特征和规律是科学开发利用大气水资源的基础，也是相关工程项目建设科学依据。围绕我国大气云水资源，主要基于卫星、雷达、探空、GPS/MET、微波辐射计等多种遥感和地面观测，结合直接的飞机云物理探测，研究建立基于不同观测的云水资源监测方法，开展对我国典型云系降水效率时空分布规律及降水量的评估研究，建立相应的典型云系降水效率监测评估系统；研究发展典型云系降水效率监测评估技术方法，研发典型云系降水效率动态监测和分析评估系统。

（二）区域特色

研究不同气候区不同季节的层状云、地形云和对流云人工增雨数值模拟与定量化播撒技术；复杂地形（高原）冰雹云监测预警指标及高炮防雹作业技术；不同地形下燃烧炉催化条件及布点方法；不同气候区不同环境条件下的催化剂适用性；区域典型云系降水效率和人工增雨（雪）潜力评估与应用；区域云参数特性与人影作业条件；大城市暖雾消除机制与应用；人工增雨森林草原扑灭火技术及水库增蓄人工增雨过程与应用研究。

领域 5：环境气象监测预报

预期目标：揭示区域环境污染物的来源及污染形成过程；阐明城市化发展对区域环境质量的影响及调控机制；建立环境污染对人居环境、人体健康与主要农业生物影响的评价指标体系；研发大气污染源调控的气象条件预报技术；发展面向环境气象预报与预警业务的数值预报模式和环境气象灾害预警系统。

（一）优先主题

优先主题 35：区域干湿沉降与大气污染迁移及其环境效应影响评估

分析我国区域干湿沉降及大气污染物的时空分布特征，研究干湿沉降与区域大气污染及气象因子的关系，明确区域大气污染物对干湿沉降量的贡献；研究区域干湿沉降的边界层结构特征，揭示区域干湿沉降的来源及污染形成过程与机制；开展区域干湿沉降对区域环境的影响研究，发展干湿沉降对区域环境影响的评价方法与技术，建立干湿沉降对区域环境影响的评价指标体系，并开展业务应用。

优先主题 36：城市化发展对区域大气环境的影响及其调控机理

分析研究典型经济区城市化发展状况及大气环境的时空分布特征，研究大气环境与城市化发展及气象条件的关系；开展城市化发展对区域环境气象要素（风、湿、温、污染物浓度等）的影响研究，揭示城市化发展对区域大气环境的影响过程与调控机制，明确城市化发展对区域大气环境影响的贡献，发展区域大气复合污染预测预报系统，建立城市化发展对区域大气环境影响的评估指标体系；根据经济区城市化发展历史及未来发展规划，预测未来经济区大气环境的时空分布特征，提出合理化预防或减轻环境污染的建议。

优先主题 37：区域性霾的形成过程及其预报

研究霾相关观测资料的区域性同化与融合方法及产品高效生成技术,利用日益丰富的环境气象观测资料,提升观测资料在区域性霾预报预警中的应用水平;研究霾的形成过程与机制,深化对霾的生、消过程认识,揭示霾形成的主控气象因子和主要物理化学过程;研究霾数值预报模式的改进方法,建立运算更加高效、结果更加准确的精细化区域性霾预报系统;发展基于预报气象条件的区域污染排放调控技术,建立可业务化的调控决策和区域性重度霾污染防范系统。

优先主题 38：大气污染源调控的大气输送扩散气象条件与预报

根据长期观测与同化资料,研究大气输送扩散气象条件的气候与区域分布及演变特征;区域光化学污染物物理化学特征、变化规律和形成机制;分析区域污染物对天气气候的潜在影响;基于本地化模式系统,研究大气污染源调控的气象控制因子与空气污染浓度剧变及持续高浓度污染过程的城市边界层结构,从污染气象条件预报方面,发展完善区域大气输送扩散气象条件预报预警技术,区域性光化学污染物数值模拟方法及区域污染物对天气气候的潜在影响评估技术;建立具有城市(群)效应的区域大气输送扩散气象条件精细数值模式系统;研发区域污染源调控的气象条件与技术指标,为城市污染物调控提供气象保障。

优先主题 39：大气复合污染物形成及其影响评价

分析我国不同区域大气复合污染物的时空演变特征及其传输与转化过程;不同区域大气复合污染物的形成机制及其异同;不同强度与持续时间区域性大气复合污染对人居环境、人体健康与主要农业生物的影响;建立不同区域大气复合污染物传输与转化过程模拟模型;区域性大气复合污染对人居环境、人体健康与主要农业生物影响的评价方法与风险区划技术;发展大气复合污染对人居环境、人体健康与主要农业生物影响的评价指标体系;研制区域性大气复合污染预报系统及其影响评价业务系统。

优先主题 40：面向环境气象预报与预警业务的数值模式研发

研发面向环境气象预报与预警业务的数值预报模式和环境气象灾害预警系统;开发全国、区域和城市尺度的气溶胶浓度(PM₁₀、PM_{2.5})、气溶胶相关的霾污染、能见度、酸雨、光化学烟雾(臭氧浓度)等预报业务产品;进行排放源反演多种技术研究,建立动态排放源模拟系统;发展精细化空气质量预报技术;研发

可投入业务运行的环境气象数值预报模式和环境气象预警系统。

优先主题 41：近海大气成分与温室气体海气通量的变化机制及应用

研究在线监测近海海洋大气化学成分浓度和海气之间温室气体、气溶胶通量监测技术与标准；分析近海海洋大气成分变化与区域排放源及海洋生命活动强度之间的关系；研究近海海气之间温室气体和气溶胶海气通量与海洋开发活动及海洋生命活动强度之间的关系，揭示近海与内陆的大气成分变化相关性及其主控因素；发展近海海气之间温室气体和气溶胶海气通量的预报技术；发展近海大气成分在线监测、资料传输、数据挖掘等技术；研发我国沿海和近海区域的大气成分业务体系，并进行应用示范。

优先主题 42：大气成分的星地协同监测与预报

分析大气成分的物理化学特征、变化规律和形成机制；基于地面观测、卫星高光谱数据及大气成分光谱等观测数据，研究大气成分类型识别技术与标准；揭示边界层污染气象条件(城市冠层效应)对大气成分的影响；研究光化学反应机理；发展大气成分卫星反演相关参数及遥感产品的处理算法；建立中国地区大气成分的星地协同监测技术；发展卫星及地面观测大气成分数据的同化技术和模式；耦合我国自主研发的中尺度气象模式 GRAPES 驱动污染源的中国地区大气成分业务模式；形成中国地区大气成分 72 小时预报能力；研制具有自主知识产权的适合中国区域的大气成分数值预报系统。

(二) 区域特色

研究区域大气环境污染物演变及其气象预报预警；不同地区不同本底区域大气复合污染成因及影响差异；重化工发展诱发重污染事件的成因及应急预警；城市群灰霾气溶胶来源和调控；峡口地形重污染城市边界层风场模拟与周边污染源评估；城市化对区域大气环境的影响与对策。

领域 6：气候资源开发利用

预期目标：发展复杂地形条件下的高时空分辨率太阳能和风能资源精细化评估模式，建立太阳能和风能资源开发利用区划指标体系，研发太阳能和风能开发利用的气象预报和气象灾害预警服务技术；阐明不同强度与范围的太阳能和风能开发利用对生态环境影响的过程与机制，建立风能和太阳能开发利用的生态环境质量容量指标体系，服务于气候资源的高效开发利用及生态环境可持续发展。

(一) 优先主题

优先主题 43：高时空分辨率的太阳能资源监测预报

研发高时空分辨率(1~2km, 10 min)太阳能资源数值模式；发展太阳能资源气候降尺度模型；分析气候变化背景下太阳能资源的变化规律；研究建立太阳能发电预报方法、参数优化求解及服务系统；分析评估不利气象条件对太阳能开发利用的影响和风险，建立太阳能开发利用的气象预报和气象灾害预警服务技术；研发太阳能开发利用的气象监测评估预报服务系统。

优先主题 44：太阳能资源精细化评估与风险区划

基于卫星遥感资料和辐射传输理论，研究发展水平面太阳能资源精细化评估方法；起伏地形下太阳能资源评估方法及基于 GIS 的太阳能资源空间分析方法；不同发电方式、不同地区、不同安装方位和倾角的气象应用技术；基于卫星遥感资料和辐射观测资料的太阳能资源精细化评估技术；分析评估不利气象条件对太阳能开发利用的影响和风险；建立太阳能资源开发利用区划指标体系；研发太阳能资源评估系统。

优先主题 45：高时空分辨率的风能资源监测预报

研究基于风电场测风数据实时资料同化技术的风电功率预报技术；复杂地形风电场风电功率预报技术；风电场风速和风电功率预报结果的统计订正技术；研发精细的边界层风模式和中尺度数值模式产品的降尺度释用技术，基于风电功率预报模式预报的集合预报技术；分析评估不利气象条件对风能开发利用的影响和风险；建立风能资源开发利用区划指标体系；研发适于中国大规模风电基地和山区复杂地形风电场风电功率预报的风能数值预报系统。

优先主题 46：风能/太阳能利用的工程气象风险评价与可行性论证

研究风能/太阳能发电工程与气候条件、极端和灾害性天气的关系；研究确定影响风能/太阳能发电工程的关键气象因子与各类指标；开展风能/太阳能发电工程的气象灾害风险评价技术与风险区划研究；发展风能/太阳能工程可行性论证技术标准，并制订风能/太阳能工程可行性论证规范，研发风能/太阳能工程可行性论证系统。

优先主题 47：气候资源开发利用对生态环境的影响与评价

基于历史资料、观测试验、调查分析和模式模拟等多种方法分析不同强度与范围的风能和太阳能开发利用对生态与环境的影响，包括局地气候、近地层气象条件变化特征及对植物、动物生存环境影响；研究不同强度与范围的风能和太阳能开发利用对生态与环境影响的过程与机制，探讨生态与环境恢复的过程与调控机制，发展风能和太阳能开发利用对生态与环境影响的评价技术与方法，建立风能和太阳能开发利用的生态环境质量容量指标体系，提出减少风能和太阳能开发利用不利影响的对策措施。

(二) 区域特色

研究气象灾害对太阳能与风能发电的影响与风险评价；云和气溶胶对太阳能发电的影响与预报；复杂地形风电场功率预报及气象保障；西南区域水电工程气象保障关键技术；青藏高原太阳能发电气象灾害监测预警与风险评价。

五、基础支撑平台

预期目标: 构建服务于农业应对气候变化与农业气象灾害防御研究的大型作物生长环境控制模拟试验平台, 服务于人工影响天气过程模拟和作业效果评价研究的云雾物理实验平台和随机化人工增雨(雪)科学试验平台; 研发全国农业气象业务支撑平台、人工影响天气业务支撑平台和公共气象服务业务支撑平台, 显著提升应用气象业务服务水平。

主题 1: 农业气象综合试验与业务支撑平台

大型作物生长环境控制模拟试验平台。建立大型作物生长环境控制模拟试验平台, 可调节光照、温度、水分、CO₂ 浓度、湿度等农业气象要素, 进行各类作物—大气, 土壤—作物—大气条件的综合模拟控制试验; 开展干旱、渍涝、低温、霜冻、高温、寒露风、干热风等主要农业气象灾害的环境模拟试验, 实现作物发育期、植株性状、土壤墒情、光合生理特征、蒸腾特征、生物量等要素和环境气象要素的持续观测, 为揭示农业适应气候变化机制, 研发粮食生产安全气象保障指标、农业气象灾害监测预警评估指标和作物生长模式提供技术支撑。

精细化作物生长过程的农业气象观测平台。针对我国主要粮食作物, 建立精细化作物生长过程的农业气象定位观测平台。采用国际先进观测仪器, 实现作物生长微气象动态监测(包括光照、风速、温度、湿度、CO₂ 浓度等)、作物光合生理生态特性、作物发育期、作物群落学特征、作物高光谱特性、土壤墒情、土壤环境要素以及农田生态系统—大气通量交换的动态观测, 为从土壤—作物—大气系统综合揭示农业适应气候变化机制, 研发粮食生产安全气象保障指标和作物生长模式提供支撑。

现代农业气象业务服务支撑平台。研究建立农业气象观测的标准化与信息化处理技术, 农业气象观测资料质量控制体系; 全国通用、标准化农业气象数据库支撑系统; 农业气象观测资料的信息化统计整编方法; 发展基于 Oracle/SQL Server 技术的全国农业气象数据库规范和建库方法, 基于 Web 技术的全国农业气候资料分发共享方法, 农业气象业务技术基础算法通用函数库; 研发全国现代农业气象业务服务系统(CAgMSS), 基于 ArcGIS /MeteoGIS 融合技术和农业气象监测诊断、评估预测和灾害风险评估的国家级、省级一体化的现代农业气象业务服务平台, 提供农业气象专业化、针对性强的业务服务, 实现农业气象试验、资料的标准化共享, 数据咨询和检索下载服务, 以及农业气象业务系统的集约化发

展，支撑市、县现代农业气象服务业务发展。

主题 2：人工影响天气试验与业务支撑平台

云雾物理与人工影响天气室内实验平台。研究建立云雾物理的室内实验平台。开发云雾物理室内实验技术，建立可为大气数值模式中云雾物理、化学过程参数化提供重要实验数据的先进云风洞和云室模拟实验平台，提高催化剂检测、云雾物理形成过程的模拟能力；利用云室开展不同温度、湿度及不同冰核催化剂条件下云粒子形成、增长过程研究，获取不同条件下云粒子形成的关键参数，为人工影响天气提供科学依据。

云雾物理与人工影响天气外场试验平台。建立地基和机载云雾物理与人工影响天气试验平台。利用现代气象发展的成果建设高性能云雾地基和飞机观测平台，实现对气溶胶-云-降水过程全方位观测，提高云雾物理外场试验能力；利用该平台，持续开展云雾外场观测试验，积累科学数据，提高对自然云雾过程的了解和对人工影响天气业务的科技支撑能力；同时，针对典型层状云、地形云和对流云开展外场人工增雨(雪)试验，采用先进观测手段(如飞机、雷达、卫星及数值模式等)，按随机化作业要求，针对不同云系选择不同作业手段(飞机、火箭及地面燃烧炉等)，开展长期(5-10年)随机化播撒作业，获取不同云系播撒时间、位置及剂量的优化作业方法，建立随机化播撒作业效果及优化作业定量化指标，揭示不同云系云中水分转化及降水形成机理，阐明随机化播撒作业引起的云微物理、动力过程变化规律，提升我国人工增雨(雪)技术的科学水平。

人工影响天气业务支撑平台。人工影响天气业务支撑平台是科学开展人工影响天气作业条件预报、作业潜力评估、作业方案设计、作业方案实施、作业效果评估等一系列业务工作的基础，不仅需要多种资料的融合，也需要先进的数值模式系统和相应的网络通信和计算机系统支撑。依托气象业务通信和计算机网络系统，建立全国人影作业信息实时采集、存储、动态显示和实时信息存储查询分析系统，实现对全国范围作业实况的动态显示；建成具有人影卫星、雷达监测预测和数值模拟预报等指导产品显示、分析和功能的人影指挥决策服务平台系统；研发具有全国人影作业条件分析、产品发布和协调服务等多功能的人影综合科技支撑业务平台。

主题 3：公共气象服务业务支撑平台

公共气象服务业务支撑平台是集科研和业务支撑一体的应用型平台。研究全

国范围通用的公共气象服务观测数据、预报预警数据以及专业气象服务数据规范；研究公共气象服务数据上传和共享业务规范，建立面向公共气象服务的基础数据库、数据共享平台和通信环境基础设施；研究面向不同区域不同服务对象不同灾害种类的灾害风险指标，建立灾害风险指标库；基于海量气象服务数据，研究基于本体的面向公共气象服务领域的气象服务热点数据挖掘技术；研究面向公共气象服务领域的模型集成技术，实现专业模型与支撑平台的无缝集成；研究一体化的灾害性天气预警发布手段；基于最新的物联网、GIS 技术，研发集气象服务数据共享、数据挖掘、数据监测预警、历史资料查询、风险评估、产品加工、产品分发、用户管理和模式分析于一体的面向影视、网络和手机等全媒体的公共气象服务业务支撑平台，并基于该平台研发面向公众和行业应用的子系统。

应用气象研究计划修订

首席科学家：周广胜

指导专家组：周秀骥 丁一汇 徐祥德 章国材 王建捷
李维京 端义宏 毕宝贵 张小曳 陈振林
顾建峰 罗云峰 申双和 翟盘茂 宋丽莉
徐晓斌

工作组：郭建平 赵艳霞 王建林 毛留喜 杜尧东
唐华俊 刘晶淼 刘荣花 申双和 薛晓萍
霍治国 王润元 潘志华 苗世光 耿福海
徐晓斌 孙继松 杜 军 邓雪娇 马雁军
严明良 吉廷艳 徐 晶 孙效功 陈正洪
何 清 潘学标 赵琳娜 冯汉中 宋丽莉
吕伟涛 潘进军 熊安元 郭学良 于子平
洪延超 毛节泰 王广河 周毓荃 张 菁
段英 陈添宇 齐彦斌 楼小凤 达布希拉图

贡献者：于 飞 刘 玲 周 莉 苏正军 乔亚茹

贡献单位：31个省（区、市）气象局，中国气象局直属
科研业务单位，中国科学院大气物理研究所，
北京大学、南京信息工程大学、中国农业大学
等合作高校

