

85-906-03 课题组

台风、
暴雨业务
数值预报
方法和技术
研究

国家科技攻关 85-906 项目
——台风、暴雨灾害性天气
监测、预报技术研究

气象出版社

国家科技攻关 85-906 项目
——台风、暴雨灾害性天气监测预报技术研究

台风、暴雨业务数值预报方法和技术研究

85-906-03 课题组

气象出版社

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

本书汇集了“八五”国家科技攻关课题“台风、暴雨业务数值预报方法和技术研究”的主要成果。包含了论文与技术报告 77 篇, 主要内容包括: 台风、暴雨数值预报模式、区域四维同化技术、初值化技术, 用于嵌套全球高分辨率分析预报方案。以及台风、暴雨预报业务系统及平行试验系统的设计。本书可供气象、航空、水文、地震、海洋等学科的科研、教学及业务人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

国家科技攻关 85-906 项目: 台风、暴雨灾害性天气监测、预报技术研究。-北京: 气象出版社, 1996. 1

ISBN 7-5029-2064-1

I. 中… I. Ⅱ. ① 中国气象局-科学研究-计划-项目
② 台风 天气预报 ③ 暴雨-天气预报 IV. ①G322. 1②P457

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 18635 号

台风、暴雨业务数值预报方法和技术研究

85-906-03 课题组

责任编辑: 庞金波

终审: 纪乃晋

封面设计: 严 晨 责任技编: 刘祥玉 责任校对: 刘祥玉

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路 46 号 邮政编码: 100081)

北京怀柔王史山印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本: 787×1092 1/16 印张 40.75 字数: 1043 千字

1996 年 1 月第一版 1996 年 1 月第一次印刷

印数: 600 册 定价: 66.00 元

ISBN 7-5029-2064-1/P · 0775

前 言

台风和暴雨是影响我国的两类主要重大灾害性天气,几乎每年都给我国国民经济建设和人民生命财产造成严重损失。据有关部门统计,随着我国经济的高速发展,自然灾害带来的损失也呈迅速上升的趋势,平均每年直接经济损失超过 1000 亿元人民币,死亡数千人。近几年中,洪涝灾害严重的 1991 年和 1994 年经济损失分别达 1215 亿元和 1876 亿元,其中台风和暴雨带来的洪涝等灾害损失最为严重。因此,加强对台风、暴雨灾害性天气监测、预报以及服务手段的研究,减轻台风、暴雨等气象灾害造成的损失,已成为各级政府和广大人民群众的迫切需求,成为气象科技发展的当务之急。

为此,1989 年初,中国气象局、中国科学院和国家教委联合提出在“八五”期间开展台风、暴雨灾害性天气监测、预报技术研究的申请,得到了国家科委和国家计委的高度重视和积极支持。经过两年多的组织准备,于 1991 年 7 月 26~27 日,由国家科委主持,对“项目可行性研究报告”进行了可行性论证。1991 年 10 月 16 日,国家科委正式批准同意台风、暴雨灾害性天气监测、预报技术研究项目列入“八五”国家科技攻关计划,编号为 85-906。从此,代表国家水平的台风、暴雨攻关研究正式实施。

一、项目攻关的研究目标和内容

1. 攻关最终目标

研制东海、南海和长江、黄河流域防汛重要地域台风、暴雨灾害性天气的监测、预报技术,使我国台风、暴雨灾害性天气的预报水平在现有基础上有明显提高,达到或接近 80 年代中后期的国际先进水平。

2. 研究内容

- (1) 研究台风、暴雨的位置、强度和动向等关键监测技术和方法;
- (2) 研究台风、暴雨重大灾害性天气的监测资料、预报信息的快速、可靠的通信传输及数据处理技术和方法;
- (3) 研究台风发生发展、加强、运动和台风暴雨的物理成因、演变规律和定量预报方法,特别是研究台风在近海突然加强和路径突变、台风暴雨突然增幅的物理机制和诊断预报方法;
- (4) 研究我国黄河、长江流域防汛重要地域的暴雨发生发展规律、物理机制和客观预报方法;
- (5) 研究和完善全国、东海、南海和长江、黄河防汛重要地域的台风、暴雨的警报和服务系统,开展台风、暴雨灾情评估方法的研究。

根据上述研究内容,共设置 10 个课题,构成较为完整的系统。它们分别是:

01——台风、暴雨灾害性天气探测、数据采集技术的研究;

02——台风、暴雨灾害性天气信息通信传输技术和数据处理技术的研究;

03——台风、暴雨业务数值预报方法和技术研究;

04——台风、暴雨数值预报新技术的研究;

05——台风及其灾害性天气业务预报方法的研究;

- 06——暴雨业务预报方法和技术研究;
- 07——台风科学、业务试验和天气动力学理论的研究;
- 08——暴雨科学、业务试验和天气动力学理论的研究;
- 09 台风、暴雨预报、警报系统和灾害诊断评估预测技术方法及防灾对策研究;
- 10——台风、暴雨灾害性天气监测和服务系统的研制。

这10个课题分别根据其研究内容和研究任务,共分解为55个专题。

3. 项目(课题)“八五”考核目标

(1)完成以数字化气象雷达和气象卫星为主,配合其它遥感设备的台风、暴雨监测系统和通信传输系统所必需的一整套技术的研制,并在试验区对台风和暴雨进行有效监测,实现监测资料的快速和可靠传输,为台风、暴雨重大灾害性天气的预报提供及时和准确的信息。

(2)完成国家级和区域级以数值预报产品为基础的台风客观预报系统的研制,在具备业务运行条件时,使台风的预报时效提高到2~3天。

(3)上述系统的24小时和48小时台风预报、警报位置误差达到国际先进水平,使一般台风的24和48小时平均位置误差分别小于200和400公里。对台风路径突变,台风的突然加强和台风暴雨突然增幅具有一定的诊断和预警能力。

(4)完成国家级和区域级以数值预报产品为基础的暴雨客观预报系统的研制,在具备业务运行条件时,有能力发布24小时大范围暴雨概率警报和48小时暴雨概率预报,以及72小时大范围雨带的趋势预报。

(5)上述系统的24小时和48小时区域性暴雨预报的准确率(T_s 评分),比日前提高10%~15%。

二、项目组织实施的主要经验

1. 明确指导思想,保证攻关研究与业务发展需求的紧密结合

科技攻关的根本宗旨是研究、攻克国民经济和社会发展中的重大或关键技术问题,促进科技成果转化现实的现实生产力。对本项目而言,就是攻克监测预测技术中的关键技术问题,建立和完善台风暴雨监测预报系统,提高业务监测、预报和服务能力,这是一项系统工程,有着明确的应用目的。因此,从项目设立一开始就明确了以下攻关指导思想:

(1)注重项目的攻关目标、任务和进程与气象业务建设计划的协调,使本项目在促进气象业务发展的同时也能与其互为支持,互为依托。

(2)中央和地方科技攻关任务密切结合,通过设立对台风、暴雨灾害影响较大的东南沿海和长江、黄河流域四个试验示范区域,争取地方政府的支持,推动攻关成果在重点地区的应用。

(3)重视台风、暴雨应用基础研究和技术开发研究相结合,确保在有一批攻关成果迅速投入业务应用的同时,为下一代业务系统的发展提供技术储备。

(4)积极发挥业务、科研、教育等部门的作用,充分调动中央和地方的积极性,大力组织协同攻关,在出成果的同时,出人才。

五年来,906攻关项目的全体科技人员正是按照这一指导思想进行攻关研究的,这是906攻关项目能够取得今天这样的成绩,能获得国家有关主管部门充分肯定的一个根本保证。

2. 加强组织管理,确保攻关任务顺利进行

为了保证科技攻关宗旨的实现,使攻关成果真正能转化为业务能力,906项目采用按科

技内容分类为主,即课题、专题为主的组织方式,避免了研究内容和类似专题的重复设置,考虑了课题分解的科学性和系统性。为克服研究与需求脱节,实行了“双向合同制”,即专题既要课题负责,也要对主要应用的业务实体负责。在专题合同的签订中,规定必须明确成果应用单位,比较可靠地提供了研制成果向业务能力转化的途径。

为了使上述组织管理工作得到保证,确保攻关研究工作的整体性和系统性,中国气象局、中国科学院、国家教委三个组织部门联合采取了强化的组织措施。

(1)成立项目领导小组。由项目组织部门的领导和管理专家组成,负责与项目有关的重大的问题的审批、监督、检查、成果验收、协调和决策,由中国气象局任组长,中科院和教委分别任副组长。设立项目攻关办公室负责与项目有关的日常管理,挂靠在中国气象局科教司,以便于与上级主管部门、地方以及攻关实施单位及时取得联系。

(2)设立项目技术组与项目攻关办公室。由课题负责人、国家和区域业务化实体的主持人和三大主持部门的专家组成技术组,以中国气象局科教司为主,中科院和教委派员参加组成攻关办公室。技术组与攻关办分别负责项目有关的技术工作和学术活动的计划、组织、检查、评估、鉴定、验收和协调等。

(3)根据国家计委、国家科委、财政部的《“八五”国家重点科技项目(攻关)计划管理办法》,国家科委的《“八五”国家科技攻关计划实施管理细则》并结合该项目的特点,制定了本项目的实施管理规定,从制度上给予保证。

3. 重视攻关研究成果的集成,形成攻关研究对业务发展的系统性贡献

加强攻关成果的集成,一直是 906 攻关项目领导小组十分重视的问题。为此,在攻关项目的课题设计中创造性地设立了 10 个课题,要求参与攻关的各有关业务单位,充分发挥现有现代化装备的作用,将攻关技术成果组装,适时投入业务试用,并在试用中进一步优化,以便尽快形成业务能力。在实施过程中,项目领导小组、技术组注意跟踪有重大潜力的攻关研究课题和专题的动态,认真分析和解决影响攻关成果集成和总装的难点,并在技术环境、资金调度和组织管理上给予重点支持,确保了重大攻关成果组装集成工作的顺利进行。通过五年的攻关,形成了以下五方面的集成性成果:

(1)形成比较现代化的探测与通信传输能力,并在 1995 年汛期进行业务性试验。

(2)形成不同层次,可以业务运行的台风、暴雨数值天气预报业务方案。该方案具有相当水平的预报能力。

(3)新一代的台风、暴雨预报系统与方法,其时间、空间与强度的预报结果均达到攻关规定标准。

(4)形成了一批经过现场试验、计算机模拟和分析归纳得到的新认识、新理论、新技术与新方法。

(5)建立了台风、暴雨灾害评价系统和资料库、对策方案及快速方便的现代化警报、预报服务手段。

4. 狠抓攻关成果的转化,努力提高业务应用能力

在 906 攻关项目实施的全过程中,项目组织部门和领导管理机构通过狠抓攻关研究与业务发展的结合,确保了重大攻关成果转化工作的顺利进行。从项目立项开始,中国气象局多次召开局长办公会,协调并研究解决如何加强攻关研究与业务发展的结合问题,较好地解决了多普勒天气雷达研制和台站使用、地基遥感系统的业务试用、分布式数据库在大中型工程项目中的采用,以及 VSAT 气象通信可行性试验与 9210 工程的结合等一系列问题,推动了

攻关成果在“八五”业务建设和发展中的系统性应用。

除此之外,906 攻关项目还在积极吸引地方经费配套支持攻关研究等方面也取得了很大的成绩。通过这五年的攻关研究,一批攻关成果已经或将在国家和区域的台风、暴雨的监测、预报和服务业务中发挥作用,部分已经构成业务系统。

为便于成果的交流应用和相互借鉴,项目领导小组决定将这些成果汇编成册,分批出版。第一批成果按 10 个课题,分成 10 册出版。

在总结经验,肯定成绩的同时,我们也清醒地看到,在诸如台风疑难路径和暴雨的定量、定时、定点的预报等方面仍然有大量工作要做,国民经济建设和社会越发展,对减轻这类灾害造成的损失的需求就越迫切,要求将越高,还有更为艰巨的科技难关需要我们去攻坚。

展望未来,任重道远。希望各有关部门和单位以及广大气象科技人员发扬我国大气科学界团结协作的优良传统,在各级政府的大力支持下,在台风、暴雨等重大灾害性天气的监测、预报和服务工作中再创佳绩,为我国国民经济建设作出新贡献。

85-906 项目领导小组组长



1995 年 9 月 19 日

目 录

前言

“八五”科技攻关课题“台风、暴雨业务数值预报方法研究”

立项、执行与成果	郭肖容 等(1)
台风路径实时数值预报的初步试验	王诗文 李健军(14)
台风 BOGUS 合成场的质量场调整试验	李健军 等(21)
较低分辨率台风路径数值预报模式的试验结果	王诗文 麻素红(28)
一个人造台风方案及其在移动套网格模式中的应用	王国民 等(34)
南海区域台风路径数值预报业务模式研究试验	王康玲 等(44)
东海热带气旋路径预报模式的试用结果	顾建峰 等(52)
正规模初值化及其在东海台风模式中的试验	雷小途 殷鹤宝(59)
水循环处理方法对热带气旋路径影响的试验研究	邓兴秀 殷鹤宝(67)
不同业务预报初值形成方案的数值模拟比较试验	陈德辉 王诗文(73)
较高分辨率台风路径 72 小时数值预报试验	麻素红 王诗文(82)
暴雨预报模式实时资料预报试验	闫之辉 等(85)
简单降水方案模式考虑雨滴物理效应的数值试验	郑国安(94)
观测资料的质量对降水检验效果的影响	闫之辉 等(102)
一个三重嵌套的中尺度模式及暴雨模拟试验	郑国安 郭肖容(112)
中尺度模式中 P 面与 σ 面扩散差异的数值分析	闫敬华 薛纪善(120)
微机版地方暴雨数值预报业务系统	吕世华 等(129)
两种客观分析方法的比较——逐步订正和最优内插	苏志侠 程麟生(134)
适用于中尺度数值模式的最优插值客观分析方法的研究	沈制立 等(144)
并行计算数值天气预报模式	金之雁 颜 宏(153)
低空急流和倾斜涡度发展	吴国雄 蔡雅萍(159)
区域资料四维同化试验	朱宗申 等(168)
分析初值对暴雨数值预报影响的试验	朱宗申 郑国安(175)
数据同化/卫星反演/数值预报相互循环作用系统	王宗皓 等(182)
台风暴雨数值预报的观测资料预处理和初步的质量控制方案	陶士伟(192)
气象资料分析同化中求解超大型病态线性方程组的新方法	孙麟平 等(198)
有限区模式非绝热初值化方案的设计及其初步试验	马丽群 沈元芳(209)
中期预报模式 T63 在银河-2 巨型机上的并行计算	杨学胜 等(216)
低层湿温场初值化在短期暴雨数值预报中的作用	张宝严 周晓平(223)
卫星资料在天气尺度数值预报中应用的可能性研究	杨荣前 周晓平(230)
“三维嵌套”方案的设计及试验结果分析	赵俊英 颜 宏(235)
湿位涡与锋面强降水天气的三维结构	刘还珠 张绍缙(245)

T63L16 全球谱模式非绝热正规初值化方案及试验结果	杨学胜 沈元芳(255)
一种积云对流质量通量方案	张小礼 等(265)
静力学检查在台风、暴雨四维同化系统的资料处理中应用	陶士伟(272)
一种要素库 SYNOP 资料信息检测方案	朱宗申 陶士伟(279)
新的区域资料同化系统中三类资料接口方案的试验	张跃堂(283)
东海热带气旋预报业务系统的研制及初步试验	端义宏 雷小途(295)
几种积云对流参数化方法的诊断分析研究	闫之辉(303)
高分辨率全球客观分析方案及试验结果	张德新 等(312)
台风路径预报模式的双向移动套网格方案	王诗文 等(319)
台风路径预报对水平分辨率的敏感性试验	王诗文 (328)
台风、暴雨数值预报系统业务运行和监控方案的研究与设计	李泽椿 等(333)
数值预报业务运行中监控方案的研究与设计	张建春(343)
台风、暴雨数值预报业务运行流程的研究与设计	李纪曼 等(346)
台风、暴雨数值预报业务系统故障对策的研究	石曙卫 等(350)
台风数值预报业务系统的设计及研究	马秀君 等(354)
计算机资源合理使用原则的研究	陈建军(357)
业务运行安全稳定性的研究	杨 青(362)
暴雨模式与 T63 谱模式的嵌套及预报试验	朱 琪 应祝明(366)
有限区域资料的同化——(一) 伴随模式的设计	沈桐立 等(377)
有限区域资料的同化——(二) 伴随模式系统的检验与试验研究	沈桐立 等(387)
黄河气旋暴雨过程中位涡和相当位涡的结构和演变特征	韩 巍 等(397)
LAFS 模式的经济显示格式试验	张玉玲 等(408)
水汽方程计算格式的试验研究	张庆红 等(419)
有限区域旋转风与辐散风分解方案的选择	谢 安 白人海(429)
TOVS 资料在有限区数值预报中的应用	王子厚 等(435)
用数字滤波方法进行数值模式的初始化	杨 燕 纪立人(443)
有限区域卫星云图资料变分同化的试验研究	沈桐立 等(453)
高分辨率的全球环流背景预报模式	皇甫雪官 等(462)
低纬度地区观测资料客观分析	力 卡 屠伟铭(472)
有限区域 σ 面客观分析方案	朱宗申 等(482)
分析观测文件(AOF)的形成	陈卫红 等(491)
在标准 FORTRAN77 语言中实现内存管理系统	张德新(500)
全球高分辨率资料同化业务系统	屠伟铭 等(514)
高分辨率分析方案在 CYBER 机上的实现	张德新 等(524)
降水检验方法的试验研究	陈爱琴 等(538)
国家气象中心区域资料同化系统	朱宗申 等(545)
套网格中尺度模式地形协调的数值试验	马淑芬 等(555)
变分同化中共轭模式的建立及检验	杨 燕 等(565)
武汉区域中心暴雨数值预报模式(MAPS)的业务试验	俞康庆 等(572)
用 GMS 双谱资料估计湿度场及其在数值预报中的应用	王登炎 俞康庆(581)

1995 年武汉 MAPS 与北京 LAFS 对湖北省汛期降水预报的 Ts 检验	胡江林 俞康庆(589)
暴雨数值预报中云降水方案的研究	胡志晋 等(593)
有限区模式降水预报对环境条件的敏感性试验	符长锋 等(603)
多普勒雷达反演风场/资料同化/LAFS 模式的联合试验	苏炳凯 等(612)
雷达资料反演三维风场及其同化	江 静 等(629)
后记	(642)

“八五”科技攻关课题“台风、暴雨业务数值预报方法研究”的立项、执行与成果

郭肖容 陈受钧
(国家气象中心) (北京大学)

朱永提 胡志晋
(上海市气象局) (中国气象科学研究院)

史文彬
(国家气象中心)

提 要

“台风、暴雨业务数值预报方法研究”是国家科委下达的“八五”科技攻关项目“台风、暴雨灾害性天气监测、预报技术研究”(85-906)中的第三个课题。课题由项目主持单位中国气象局委托国家气象中心主持,北京大学、上海市气象局及中国气象科学研究院三个单位协助。郭肖容为课题组长。参加本课题研究的,包括了全国业务、科研院所、高等学校等16个单位的160多名科技人员。经过五年的努力,课题达到了预定的目标,取得了较丰硕的科研成果。在此基础上形成了可以或已经投入业务使用的多种台风、暴雨业务数值预报系统,并日已开始在台风、暴雨预报中发挥作用。可以肯定,随着它进一步改进完善和不断地推广使用,将赢得更大的社会、经济效益。

关键词: 台风 暴雨 数值预报

一、课题整体目标的确定和课题的分解

台风、暴雨是影响我国的两类主要的重大灾害性天气。一般年份,由于台风、暴雨灾害造成的直接经济损失经常可达数十亿乃至超过百亿元。随着我国经济的高速发展,这些灾害性天气带来的经济损失也存在着明显的上升趋势。

提高对台风、暴雨的监测能力及预测水平是预防它们所带来的灾害损失的主要科学措施。只有这样,才能更准确、更及时地作好台风、暴雨的预报和警报服务,使各有关部门采取正确的决策和有效的防灾措施,从而将损失减少到最低限度。

数值预报的发展和在天气预报中的广泛应用,成为天气预报从经验预报时期进入科学预报时期的标志。随着数值预报技术水平的提高,它在天气预报中的应用,也在深度和广度上不断发展。这一方面表现在它预报精度的不断提高,预报时效的不断延长,同时也表现在它应用领域的拓展。70年代和80年代初期数值预报主要是提供天气形势及降水落区预报指导,而80年代中期以后,数值预报所提供的定量降水预报指导、尺度较小的强降水预报指导以及台风路径预报指导已成为天气预报的重要依据。目前世界上已有约十个先进的气象中心使用了格距为50km以下的高分辨率区域预报模式。它们对大气结构、物理过程及地形作用都能较精细地描述,对产生降水的较小尺度的天气系统具有较强的预报能力,从而成为降水预报的主要依

• 1 •

据。在受台风影响较频繁的先国家如美国、日本等，早在 80 年代便建立了台风路径数值预报业务系统。随着它们的不断改进完善，80 年代末 90 年代初台风路径数值预报已成为最主要最有前途的预报方法。

在我国虽然已建立了中期数值天气预报系统及一些区域业务数值预报系统，但模式分辨率均较低，物理过程粗糙，预报水平较差，与国际水平有相当差距，不能满足广大台站对台风、暴雨预报的要求。本课题的任务就是要开展台风、暴雨业务数值预报方法的全面研究，建立我国的台风、暴雨数值预报业务。这不仅可提高台风、暴雨预报水平，而且也研究台风和暴雨的形成、发展的物理机制提供研究工具，使数值预报水平全面步入国际先进行列，并通过对台风、暴雨的预报和研究赢得社会、经济效益。

为完成上述任务，课题分解为十个专题：

01 专题：观测资料的客观分析技术研究

02 专题：初值化处理技术研究

03 专题：四维同化技术的研究和开发

04 专题：研究高分辨率的全球环流背景预报模式

05 专题：研究建立台风业务数值预报模式

06 专题：研究建立暴雨业务数值预报模式

07 专题：适用于地方的区域台风增强预报系统研究

08 专题：适用于地方的区域暴雨增强预报系统研究

09 专题：台风、暴雨数值预报模式的平行对比试验系统

10 专题：台风、暴雨数值预报系统业务运行和监控方案的设计与研究

本课题的要点是以台风、暴雨预报为攻关对象；以数值预报方法为攻关技术路线；而攻关的最终成果要投入业务使用。最终在我国建立台风、暴雨数值预报业务。这十个专题可概括为 4 个主要研究内容(图 1)：

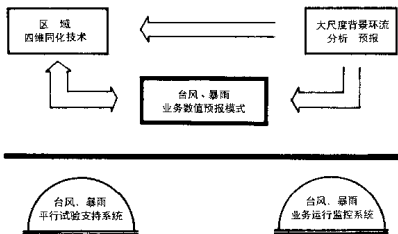


图 1 课题分解示意图

1. 台风、暴雨预报的数值模式的研究

这部分共设置 4 个专题，即专题 05-08。它们的研究内容及考核目标分别是：

* 研制高分辨率多重嵌套的台风有限区模式(05 专题)，能较准确描述台风生成与发展的物理过程及较真实反映初始台风环流的人造热带气旋为台风业务数值预报模式的两个技术

关键。最终建立国家范围、东海、南海配套的台风路径数值预报业务模式。国家气象中心台风数值预报业务模式将对进入 150°E 以西, 10°N 以北的热带气旋进行 24~72 小时预报, 24、48 小时正常路径热带气旋预报平均的距离误差分别为 200km 和 400km。东海、南海台风业务预报模式将分别对进入东海 (130°E 以西, 20°N 以北) 及南海 (130°E 以西, 25°N 以南) 的热带气旋进行 24~48 小时预报, 预报误差小于同范围国家气象中心的预报。

* 研究高分辨率 (50km~100km) 包含较完善物理过程、对暴雨有较高预报准确率的有限区模式 (06 专题), 以改进与降水直接有关的物理过程参数化方法, 充分考虑地形作用、地面强迫作用及有效的嵌套技术为主要技术关键。最终在国家气象中心和地方台站建立分辨率分别为 100km 及 50km 格距的强降水业务预报模式。用于国家气象中心的预报模式能稳定地计算 72 小时以上, 48 小时能报出主要雨区, 24、48 小时降水预报 Ts 评分分别较原业务模式提高 5~10%。地方暴雨预报模式 24、48 小时预报 Ts 评分分别较国家气象中心预报模式提高 5%。

* 研究建立以台风天气 (暴雨、大风) 预报为主要目标的、适合于地方业务运行的数值预报模式 (07 专题), 以研究与台风暴雨、大风有关, 能反映沿海中尺度地形及下垫面状况影响的物理过程及相应的适合于地方的高分辨率分析及初值化为技术关键。最终在广州及上海区域气象中心建立台风增强预报业务系统。对登陆台风暴雨的 24、48 小时预报 Ts 评分优于国家气象中心相应的暴雨预报。

* 研制适用于地方的在微机上可以实现的高分辨率 (50km) 区域数值预报业务系统 (08 专题)。引进卫星、雷达和地面加密资料进行中尺度客观分析, 并行计算技术和复杂地形条件下三维嵌套方法为技术关键。最终在通讯、计算机资源条件具备的试验点建立在微机上可实现的暴雨数值预报业务系统。模式可稳定运行 72 小时以上, 24、48 小时的降水强度和落区预报优于国家气象中心有限区模式的预报水平。其中大~暴雨预报的 Ts 评分较国家气象中心原业务预报提高 10%~15%。

2. 有限区域模式初值化研究

短期数值预报是一个初值问题, 提供尽可能真实的大气初值, 对台风、暴雨数值预报具有重要意义。对于包含青藏高原地形、地跨高、中、低纬度的东亚地区, 研究合理地利用反映台风、暴雨等灾害性天气信息的各种资料, 特别是卫星、雷达等非常规资料的区域四维同化技术就更加重要。为此我们设置了 03 专题, 即“四维同化技术的研究和开发”。它的研究内容及考核目标是:

* 研究卫星资料同化技术, 开发一种将数值预报和卫星资料反演结合的循环资料同化方案和一种将原始卫星探测辐射直接用于高分辨率数值预报分析的同化技术。从两个方面提高卫星资料使用效果。探索雷达观测资料同化技术及卫星 OLR 资料在低纬度风场分析同化中的应用及变分同化技术。研究探空资料中特性层资料的应用及适合台风、暴雨分析的更合理的资料预处理、质量检验和控制方案。研制建立分辨率高、应用多种观测资料, 能较好描述中尺度天气系统特征的区域四维同化系统, 并能投入国家气象中心业务使用。该系统所提供的初值应优于原国家气象中心有限区分析, 并有一定的预报改进效果。

3. 大尺度环流背景场 (有限区域模式侧边界) 预报的研究

实现有限区域高分辨网格预报的有效途径之一便是套网格预报。目前我国所拥有的计算机条件下, 台风、暴雨预报模式均使用了区域数值预报模式。大量的预报实践证明, 有限区预报的成功与否, 除去模式本身的性能外, 模式侧边界值的好坏远比嵌套方法本身更重要。为研制可对台风、暴雨模式提供较高质量的大尺度环流背景预报的全球模式及相应的全球分析设

置了 04 专题、01 专题和 02 专题。它们的主要研究内容及考核目标分别是：

- * 在引进开发欧洲中期天气预报中心的业务模式的基础上，进行以下几方面改进尝试：引入参考大气和引进半隐式全能量守恒离散方案的试验，在物理过程参数化、海气交换、地形影响等方面进行改进试验，以达到改进对台风、暴雨模式预报关系最密切的西太平洋副热带高压和热带环流预报的目的(04 专题)。攻关完成后，高分辨率 T63L16 的全球大气预报模式将投入国家气象中心业务使用，为暴雨、台风有限区数值预报模式提供较好的大尺度形势侧边界条件，并为区域同化分析提供初估场。72 小时预报时效内，高分辨率预报模式对太平洋副高及热带环流预报比原国家气象中心全球业务模式 T42L9 有明显的改进。

- * 开发、建立一个与高分辨率全球模式配套的高分辨率全球分析系统，改进湿度场分析及低纬度地区分析质量(01 专题)。最终在高分辨率全球分析基础上实现国家气象中心新一代全球四维同化业务系统，为全球预报模式及台风、暴雨预报模式提供较好的水汽条件及较好的低纬度大气状态。其分析质量较原国家中心全球分析(T42)系统有明显改进。

- * 研究高分辨率全球模式(T63L16)及暴雨有限区模式的非绝热非线性正规模初值化方案(02 专题)，重点解决非绝热项的计算问题。攻关完成后上述方案将比原相应模式中的绝热初值化方案在消除积分过程中的高频气象噪音、对客观分析的修正和提高预报精度方面有较明显的改进。探索综合运用常规、非常规资料，调整台风、暴雨预报的初始垂直速度与湿度场的物理初值化方法。研究初始场嵌入模型台风的技术方法及模型台风参数对台风路径预报的影响，最终给出合理的台风初始环流，改进台风路径预报。

4. 台风、暴雨数值预报模式对比试验和运行、监控系统的研究

在台风、暴雨数值预报业务中，任何一种新技术的建立或它对业务的改进都需要进行一定数量的对比试验，经过科学的、客观的论证方可投入业务使用。因此平行对比试验支持系统的研究是本课题的必不可少的组成部分。它将为台风、暴雨业务系统建设中优秀方案的选择、运行后方案的改进提供科学依据，同时也为台风、暴雨的发生、发展数值试验和科学研究提供有效的研究支持。为此，我们设置了 09 专题，即“台风、暴雨数值预报模式的平行对比试验支持系统的研究”。10 专题，即“台风、暴雨数值预报系统业务运行和监控方案的设计与研究”的设立则是本课题将研究成果转化为业务能力的具体体现。其主要研究内容与考核目标为：

- * 研究适合于数值预报对比试验，具有多方案选择、多运行入口和灵活图形输出、有选择的资料存储的开放性试验支持系统(09 专题)。并研究对所试验各环节进行合理、客观定量的评估方法，特别是模式动力性能的评估方法和动力的诊断方法。攻关完成后，将提供高水平、功能完善的并行试验系统及系统试验、系统运行说明书。为发挥该系统的效益和适应课题需要，将边研制边局部提供使用。

- * 研究在国家气象中心复杂的多计算机系统上，将本课题主要研究成果集成、连接，实现国家气象中心台风、暴雨及相应高分辨率全球模式的实时业务运行。以适应复杂的、多变的计算机环境(10 专题)，在原有的预报系统不间断运行的情况下，将台风、暴雨预报系统的纳入，多系统的协调及高效运行设计为关键技术。完成台风、暴雨数值预报系统业务流程、监控方案、故障对策及纳入整体的不间断运行实施方案设计。攻关完成后，使台风、暴雨数值预报系统在国家气象中心达到实时业务稳定运行，并为区域台风、暴雨系统及地方增强预报系统提供所需的实时资料。

二、课题的组织管理与进展情况

“台风、暴雨业务数值预报方法研究”课题,包含了10个专题,48个子专题。参与攻关的有全国16个业务、科研、院校的160多名科技人员,是“台风、暴雨灾害性天气监测、预报技术研究”项目(85-906)中最大的一个课题,它的研究成果绝大部分要求转化为业务应用,预期达到的多为严格的定量的考核目标,因此它也是难度最大的课题之一。

为了高效率地开展攻关研究,高质量按期完成攻关任务,科学、有效地组织管理将是重要的保证,课题没有设立专职的管理机构,只有一个由青年科技人员和科研管理人员兼职组成的三人课题执行小组,处理日常的技术交流、报表统计、经费管理、会议组织、成果汇编等工作。课题、专题、子专题实行第一主持人负责制,有决定权、指挥权。课题负责人与各专题负责人构成形式松散但思想统一、配合默契的无形有实的领导集体。它把握着整个课题的攻关方向、进度和攻关指标的实现。

正如前面提到的“台风、暴雨业务数值预报方法研究”课题的名称就明确的指出了本课题的要点,那就是要紧紧抓住台风、暴雨预报为攻关对象,以数值预报新方法新技术为攻关路线,最终成果投入业务使用。

作为一个科研攻关课题确定的任务必须把握两个方面,即一方面必须抓住关键技术,有攻关难度,确保成果水平;另一方面必须确保大部分成果能转化为业务能力,带来社会经济效益。攻关过程中不论遇到什么新情况、新问题,不管作什么调整变化,攻关水平不能降低,业务应用的目标不能改变。明确了这一目标后,我们认真分析了本课题任务完成的自我优势:

(1)参加本课题的科技人员中有老一辈数值预报专家,也有充满活力的青年科技人才。他们既有丰富的研究经验,跟踪世界科技前沿水平,又能掌握现代计算手段并付诸实施。

(2)大部分参加单位和科研人员已有多年合作基础,特别是共同积累了“七五”期间将科技成果转化为业务能力的经验。

(3)课题及大部分专题的主持单位为业务部门,攻关任务与最终目标的一致性为课题的开展创造了协调的攻关环境,并提供了有力的资源和相关技术支持。

同时,我们也清醒地看到,课题所面临的困难:

(1)课题十个专题的设置是1992年5月27日由科委正式批准,48个子专题协议于1992年6月才签订。由于攻关任务论证确立的滞后,五年的攻关时间实质上缩短为三年多,时间的紧迫无疑要求更高的效率和加倍的努力来追赶进度。

(2)经过认真论证,确定的课题任务及专题设置尽管已经比较科学、严密、完善,但无疑还会存在一些不确定因素,或难以完全避免的问题。相关技术或环境如通讯、计算机环境的变化,攻关进展中出现的重复或遗漏,这就要求攻关进展中及时发现问题,进行组织、任务、路线的调整。

(3)科研经费的不足,科研队伍的不稳定是不可回避的严峻问题。与“七五”对照,“八五”攻关经费的“含金量”已明显下降。这表现在:物价上涨相应所需试验费、计算费、差旅费、会议费明显增加;由于政府对部门经费投入不足,用以支付部分事业费、补贴等的管理提成增加;科技攻关人员科研补贴国家未给予,不得不从科研费中提取。面对这种情况,要在有限的经费支持下完成任务,只能靠科技人员有更高的科技良知、更高的思想境界和对科学的奉献精神。另一方面还要更有效地进行科研组织,将有限的经费花在最有效的地方,发挥最大的效益。

基于这样一些认识,整个攻关进程中组织工作做的比较主动、得力,攻关研究进展比较顺

利。大致可总结如下几点经验：

1. 抓住关键专题带动整体进展

构成课题的十个专题是互相联系、互为依存的。要完成整个课题任务,实现台风、暴雨数值预报系统的业务应用,十个专题是缺一不可的。从这个意义上讲专题间无轻重之分,但每个专题在整体中的位置决定了它们必然有先行、后行之分。在不同的阶段也就必然有主次之分。专题 05-08 的四个台风、暴雨“模式”专题是本课题的核心,也是先行专题。启动早,攻关强度大。攻关开始一年多时间便取得了实质性成果,均形成了“模式”雏形(基础版本),并进行了个例预报试验。虽然四个专题各有不同的攻关目标和各自的关键技术,但作为“数值预报模式”还会遇到共同的问题。为了加强专题间的合作,避免重复,1992 年 11 月下旬在广州召开了“台风、暴雨业务数值预报模式研讨会”,及时地进行了成果交流和共性问题的研讨。通过这次会议,主要解决了两个问题。一是提倡阶段性成果相互引用,避免了重复攻关。各专题相应进行了力量调整,把有限的人力用于完成主要的攻关环节。二是课题执行组加强协调各专题进度。使一些共同性支持系统尽早完成,并对一些尚未开展的共同性的研究试验进行协调分工,主动地避免重复,提高攻关效率和进度。事实证明,这些决定对后期攻关研究进展起了十分重要的作用。

进入 1994 年,如何及时组织各专题成果的集成连接,确保成果的转化,业务系统的建立又成为本课题工作的重点。因此,1994 年 4 月上旬在郑州召开了课题工作研讨会,并邀请了拟建立台风、暴雨系统所在业务部门的负责人出席。这次会议明确了以下几个问题:

(1) 攻关后期急需抓住横向收缩,集中力量在深度上下功夫。对明确要纳入业务系统的技术进行深入研究和完善;

(2) 再次强调本课题与业务应用紧密相关,具有较强整体性、系统性特点。要求 1994、1995 年进入分段连接及整体连接过程中互相支持、协作,对相关的接口工作提倡主动承担,避免扯皮和相互推委;

(3) 为确保各专题间的顺利连接和各级台风、暴雨业务模式投入业务使用,形成了各专题协调统一的进度表(表 1),以便促进、督促和检查;

(4) 取得了拟完成台风、暴雨系统所在业务单位负责同志的支持。国家气象中心、广东省气象局、上海市气象局、湖北省气象局、河南省气象局及甘肃省气象局领导都表示,将尽最大力量从人、财、物各方面给予支持,密切配合课题实现成果向业务的转化。事实证明,这次会议保证了攻关进度的如期完成和业务系统的顺利建成。

2. 加强专题间合作交流,避免重复研究

尽管课题进行了科学的、严密的任务分解,但部分专题在攻关过程中还可能遇到一些共同的技术环节,如“数值模式”大都遇到研究高效、省时的积分经济格式问题;台风、暴雨系统的最终考核都面临预报的客观统计检验问题。为了避免重复,加强合作,在课题内部我们作了如下决定:

(1) 各专题应调整力量,将重点放在自己的主攻目标上,在不违背合同和降低攻关目标的前提下,可充分参照其它专题已取得的子成果。提倡互相支持、帮助,但不强求。

(2) 课题内部专题间成果引用应通过课题负责人,专题内部子专题间成果引用应通过专题负责人进行协调。成果的支持转让应是无偿的,但引用者应注明成果完成者,使用时应说明成果来源。

由于各专题的定量考核指标大多为纵横比较的相对指标。如地方增强暴雨预报,大一暴雨 Ts 评分应较原国家气象中心业务预报提高 10%~15%;东海、南海台风模式所作台风路径预

报误差小于同范围国家气象中心台风路径数值预报。为进行客观的、有说服力的检验,我们提前组织了使用统一方法,对统一一个例的预报检验。其准备协调工作有:

(1) 暴雨客观统计检验将采用国家气象中心开发的降水客观检验系统。完善功能(改进检验项目及适用于不同分辨率)、提供各专题使用;

表 1 课题拟建成业务系统进度表

时间(年、月)	1994	05	06	07	08	09	10	11	12	1995	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	96
高分辨全球分析预报	EC 分析+高分辨模式										改进的低纬分析, 预报+非绝热 NMI											
区域同化系统	分段连接					连续试运行					准业务运行(纳入新方案)											
NMC 暴雨预报系统	1°×1°新方案个例试验					同化分析初值连续试运行					准业务运行(修改后方案)											
NMC 台风预报系统	实时资料预报试验					改进试验					准业务运行											
南海台风预报系统 及增强台风预报系统	实时资料预报试验					改进试验					准业务运行											
东海台风预报系统 及增强台风预报系统	实时资料个例试验					整体连接修改完善					准业务试运行											
地方高分暴雨预报 系统(河南、湖北)	实时资料预报试验					高分辨率个例试验					高分辨模式准业务试运行											
地方增强暴雨预报 系统(兰州)	低分辨准业务					高分辨调试连接					高分辨准业务试运行											
03 课题总体进度	专题间分段连接, 大部分系统完成整 体连接及试验运行, 少部分批量试验										改进完善, 完成指标 版本, 试验运行				按合同目标 进行试验检验				总结验收			
	05	06	07	08	09	10	11	12	1995	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	96	

(2) 台风路径预报检验, 原则采用 05 课题中上海市气象局开发建立的台风定位及检验程序, 由课题负责人进行课题间成果引用协调;

(3) 台风个例拟对西行、转向各选择 5 个个例, 尽可能包括正常、异常及疑难路径(起报时次选为 00 时)由 05 专题负责人协调落实选例工作;

(4) 由于暴雨无法事先捕捉, 选定 1993 年 6~8 月的 1~15 日共 45 天资料备用。由国家气象中心暴雨模式组负责收集资料并提供各个例降水量预报格点值, 便于各专题进行不同分辨率的公平检验。

3. 在不降低攻关目标的前提下, 科学地、实事求是地修改、调整局部的技术路线及部分研究内容

“八五”国家科技攻关计划课题可行性论证报告及专题合同, 都是经过认真调研, 严格论证的, 是攻关执行及考核的依据。但部分科研环境、相关技术支持条件的变化有可能是事先无法预计的。个别技术方案的选择及研究内容的制定, 经过攻关实践证明并非合理, 并非必要也是在所难免的。因此根据实践中发生的新情况发现的新问题, 在不降低攻关考核目标和技术先进性的前提下, 及时地对部分技术路线或方案进行了修改和调整。下面仅列举几个主要的技术变更:

(1) 关于 05 专题中, 国家气象中心台风业务数值预报模式研究部分技术方案的变更。在