

“数字气象”发展的战略分析

熊安元

(国家气象中心, 北京 100081)

摘 要: 从气象信息的数字化获取、智能化加工、可视化发布和网络化服务等方面论述了数字气象的基本概念和系统组成, 讨论了数字气象系统建设的主要技术、基本思路和发展战略。

关键词: 数字气象; 气象信息; 海量数据库; 大气环境; 虚拟现实

中图分类号:

1 引言

“数字地球”的核心思想是用数字化手段处理地球问题, 即运用多种地球基本数据, 建立地球数学模型, 设计反映地球科学时空规律的信息图谱, 加强分析与综合能力, 提高数据发掘, 知识发现与科学预测能力^[1, 2]。

气象学作为地球科学的重要组成部分, 是专门研究大气运动规律的科学。随着地球物理学、地球空间探测技术和计算机技术的高速发展, 气象科学家已能运用数值模拟技术对基本的大气运动规律进行数字化的模拟和预测。由于大气运动的复杂性, 使得气象科学的发展还远远满足不了社会经济和人类生活的需求: 各种时空尺度的天气预报, 尤其是灾害性天气预报的准确率不高, 气候模拟和气候预测的不确定性等。其主要制约因素之一是我们所获得的描述大气及其相关环境的信息不全面, 资料的时空覆盖度和分辨率不高。“数字气象”的目标之一就是用完整的数字化信息描述气候系统的大气圈、水圈(冰雪圈)、陆地圈和生物圈的状态和变化。另一方面, 气象信息已不仅仅是气象科学自身发展的基础, 而且已成为政府进行政治、外交、经济和防灾减灾决策的重要依据。现有的气象信息无论是在内容上, 还是在服务方式上显然都不能满足全球经济一体化和信息网络化的需求。“数字气象”的目的就

是为了迎接信息化时代对气象信息的电子化、可视化、智能化和网络化巨大需求的挑战。

2 数字气象及气象信息系统

2.1 数字气象的理念

“数字气象”(Digital Meteorology)是“数字地球”的重要组成部分, “数字气象”的概念是“数字地球”理念在地球大气圈层的具体化。“数字气象”, 是指运用数字信息技术, 包括自动探测、卫星遥感、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、计算机网络、信息存储、数据库、信息可视化等现代信息技术, 以及地球环境数值模拟预测技术, 对地球大气及其相关系统的现状、未来进行数字化的表达, 实现气象信息(包括描述地球大气物理化学特征的资料及其加工分析产品)的网络共享。

“数字气象”应为人们提供一种便捷表达天气和气候状态的气象信息, 使公众直观和简便地认识这些信息表达的意义, 并加以利用。因此, 信息化的气象资料, 是构成“数字气象”的基础。将气象资料进行加工处理, 生成可表达大气状态的各种分析和预报产品, 是“数字气象”的根本。将气象资料及其加工分析产品通过计算机网络为全社会可视化服务, 是“数字气象”的基本目的。

“数字气象”可概括为气象信息的数字化获取和存储; 气象信息的智能化加工; 天气气候状态的可

收稿日期: 2002-05-13。

作者简介: 熊安元(1963-), 男, 气象学硕士, 正研级高工, 现任国家气象中心气象资料室首席专家, 从事气候学、气象信息技术和气象资料处理技术的研究工作。

视化表达; 气象信息服务的网络化。

2.2 数字气象系统的组成与功能

数字气象系统包括数字气象的各种元素, 形成相互联系、相互依赖的一个有机整体, 涵盖大气环境监测、气象资料存储与管理、气象通讯网络、天气气候预报预测和气象信息共享服务等气象业务的各个方面。因此, 数字气象系统应包括大气环境监测系统、气象资料存储检索系统、大气环境分析预报系统和气象服务系统。它是以气象信息为基础的, 以大气环境数值分析预报技术为支撑的, 具有信息的探测、传输、存储、加工处理和服务全过程的信息系统。

(1) 大气环境监测系统: 地球空间数据的自动获取是数字气象系统信息的来源。数字气象要求得到气候系统大气圈、水圈(冰雪圈)、岩石圈和生物圈的物理和化学状态的数字信息, 以描述大气状态的演变和发展。同时, 数字气象系统通过可视化技术手段为人们提供从全球尺度到局域微气候尺度的大气状态信息。

因此, 大气环境监测系统应包括对气候系统各成员不同时空尺度的物理和化学状态的监测。采用的主要手段应以卫星遥感和遥测(包括气象卫星、GPS、激光雷达、地面自动气象站等)为主, 结合陆基、海基观测站网, 形成地球气候综合监测网络系统。

随着卫星影像分辨率的提高、计算机处理速度的加快、卫星空间定位精度的改善以及卫星反演气候系统参数能力的提高, 大气环境信息获取方法正在发生重大的变化, 全球卫星监测技术将在数字气象系统中起到关键作用。但是目前的气象卫星对气象要素的观测精度还满足不了数值天气预报的需求, 常规的气象观测网络仍然是目前数字气象系统的主要信息获取方式^[3]。

(2) 气象信息查询系统: 1999 年底, 美国国家气候资料中心(NCDC)的气候、卫星、雷达3大类数据量达700TB, 其中常规观测资料的信息量达70TB。预计到2005年数据总量可达4600TB。可以说, 如果所有的气象资料均以信息化的在线(Online)方式存储的话, 计算机存储技术的发展将很难满足气象资料对存储的需求。数字气象要求所有的气象信息以数字化的方式存在, 因此, 气象资料海量存储检索系统是数字气象系统的重要组成部分, 也是数字气象的基础。该系统包括对气象资料

的自动收集, 对历史气象资料的数字化, 对不同种类资料的融合, 对海量资料的存储管理以及对资料的检索应用。

对庞大的气象数据量, 目前没有任何一个组织、机构可以单独完成对全球或区域气象资料的完整的数字化存储, 它需要各级(国家、区域、省)气象机构以及非气象系统的有关单位甚至国家间的协作组织共同完成。利用高速宽带互连网络(信息高速公路)建成物理上分散, 逻辑上集中的虚拟气象数据存储检索系统, 可以实现气象资料的共享和透明检索。当然, 研制统一的数据存储和检索标准、规范以及存储系统逻辑框架结构是建设虚拟数据存储检索系统的前提。只有当各个数据分中心按照一致的标准和规范将数据进行存储和提供检索服务时, 数据共享才能有效实现。

目前, 历史气象资料的主体仍以非数字化的方式(如纸张、胶片、出版物等)存放, 尤其是许多珍贵的历史资料不仅不能提供电子化服务, 而且已濒临丢失, 只有对这些资料进行数字化处理, 才能实现其网络共享, 为数字气象系统提供丰富的数据资源。

(3) 大气环境分析预报系统: 数字气象系统对大气环境分析预报系统的需求是用数字化方式动态表达三维大气运动及其影响的现实和未来, 即虚拟现实、虚拟未来。在空间上, 要求从行星尺度到局地小气候尺度(如城市街道、河道、山谷)描述大气运动的状态、演变、发展, 即任何地点的大气环境状态的虚拟。在时间上, 应提供从年代际、年际到季节、月际时间尺度的气候状态的分析预测以及从逐日、逐时到数分钟的天气分析和预测信息, 即时间上无缝隙的大气环境分析预报。同时, 描述和预测大气变化对地表、生态和人类的影响。

(4) 气象信息共享服务系统: 指用数字化、可视化和网络化手段为公众提供全方位的气象信息共享服务。气象信息包括各种时空尺度的, 描述大气物理和化学状态的历史和实时数据; 任何时间、任何地点的大气环境分析和预报信息; 为保护人类生存环境、防灾减灾、为国民经济建设和社会发展所进行的特定气象服务信息等。

气象服务系统应着重体现网络化、智能化和可视化, 通过对各种数据的融合, 基于地理信息系统, 在全球统一地球坐标系统下, 提供气象信息的Web浏览和检索, 以多维气象信息虚拟大气环境的现实

和未来，为公众有偿和无偿获取气象信息提供便捷而有效的平台，为人类生活、商务活动和政府管理提供决策服务。

3 数字气象的建设与发展战略

3.1 数字气象的支持技术

数字气象建设涉及到大气科学、信息科学、遥感科学、地球科学等多学科领域的综合技术。跨学科技术的综合应用是实现数字气象的根本保障。

大气综合探测技术，特别是卫星遥感技术是数字气象系统获取基本信息的主要手段。未来的地球环境探测系统中，除了常规的陆（海）基观测外，起主导作用的且对数字气象发展有深远影响的是空基遥感探测，包括新一代静止气象卫星、高分辨率的极轨气象卫星，地球环境与资源卫星，基于GPS的新型大气遥感技术等。这些新型技术的应用，将为大气环境监测和预测提供丰富的大气物理学、大气化学、大气能量学、大气动力学参数以及农业气象学、水文学和陆地植被参数。

天气和气候的数值模拟和预报技术是数字气象的智能化加工处理的关键环节。尽管目前的数值模拟和预报结果还不能满足数字气象对高分辨的多时空尺度的天气气候预测信息的需求。随着对大气动力学过程认识的深化，模式对海洋环流、陆地活动层和冰雪圈描述的精确化，观测资料时空分辨率及精度的提高，资料同化技术的发展，使得“模式大气”逐渐逼近于“真实大气”；随着现代高性能计算机技术的发展，计算机的峰值计算速度已达到Tflops（万亿次/秒）量级^[4]，极大地满足了数值预报模式对计算能力的要求。因此，数字气象有可能为人们提供任何时间（Anytime）、任何地点（Anywhere）的任何大气参数（Anything）的模拟和预报信息。

如果说气象科学是随着计算机技术的发展而不断发展的话，那么现代大气科学或者数字气象的发展则越来越依赖于信息技术的发展。数字气象对信息技术的需求主要包括气象信息标准化和规范化技术、多元数据融合技术、交互式三维信息可视化技术（虚拟三维大气环境的系统模型）、海量数据存储技术、海量数据库检索技术和地理信息系统（GIS）等。数字气象将为人们提供气象信息的网络共享平台，要求气象信息管理系统遵从国际互连网的开放式架构，在信息的管理和共享发布上充分利用

WWW技术、GIS技术、数据仓库技术等现代信息处理方法和技术。

3.2 数字气象的发展战略分析

“数字气象”是一项面向全球、面向全社会的复杂系统工程。作为中国的“数字气象”工程，应着重于为中国的国民经济建设和社会发展服务，满足国家政策、外交、军事和经济建设的需求。因此，我国“数字气象”的建设和发展，应以中国社会所需要的各种气象信息为中心，在气象信息的获取、存储、加工和服务等一系列环节上进行现代化建设。

“数字气象”作为地球科学领域的一项基础性工作，目前的重点是基础数据资源及其共享系统建设，对描述地球大气及相关过程的历史和实时数据及其加工产品进行收集、积累、挖掘和电子化处理，建立海量存储系统、海量数据库系统和信息共享发布平台，规范信息的收集、加工处理、存储和服务的信息流程，利用公众互连网和气象专用通讯网，建立以国家级数据中心为纽带，各区域（省）数据分中心为支撑的全国分布式气象信息存储服务系统。

“数字气象”将作为一项推动大气科学乃至地球科学发展的具有战略意义的知识创新工程。即通过对地球气候系统各圈层的运动状态的监测，获得大气环境动力学模式所需要的各种资料，建立新一代大气环境数值预报系统，获得反映地球大气环境实况和预报的信息图谱，通过国际互连网向社会提供基于GIS的大气环境模拟和预测信息的四维仿真显示。为此，应大力发展我国气象卫星观测系统，包括极轨和静止气象卫星，保证连续、稳定和可靠地提供大量产品；继续研制或引进开发高速计算机，满足复杂数值预报模式运行的需要；大力发展我国自己的能进行多时空尺度和多变量预测的大气环境数值预报模式系统；加强对GIS、信息仿真、虚拟现实和数据库等信息技术在气象上的应用研究。

参考文献

[1] 路甬祥．合作开发“数字地球”，共享全球数据资源．地球信息科学，2000，2（1）：6～7．
[2] 承继成等．数字地球导论．北京：科学出版社，2000，1～9．
[3] 许健民．2000年后气象卫星的发展趋势．“21世纪初大气科学回顾与展望”．北京：气象出版社，2000，165～171．
[4] 李泽椿等．并行计算机在数值预报领域中的应用．“21

世纪初大气科学回顾与展望”, 北京: 气象出版社, 2000.

233 ~ 236.

The Concept of Digital Meteorology and Suggestions for its Development

XIONG Anyuan

(*National Meteorological Center, Beijing 100081, China*)

Abstract: This paper focuses on what is the meaning of digital meteorology, namely, digital accepting, intelligentized processing, visualizing distribution, and network service for meteorological information. The components of digital meteorology system were analysed. The foundation of digital meteorology is the digital meteorological datum that can be accessed by computer. The core of digital meteorology focuses on processing of meteorological data and building of the outputs that can express atmospheric state at present and in future. The main purpose of digital meteorological is the services of the data and outputs for society and all people through international networks. The system of digital meteorology is the comprehensive information system that is composed of the monitoring system for earth climate and atmosphere, and archiving and retrieving system of meteorological data, and analyzing and predicting system of the atmospheric environment, and service system for sharing meteorological information.

Finally, the paper investigated how to develop the digital meteorology based on technology, thoughts and stratagem.

Key words: digital meteorology; meteorological information; database having large capacity; atmospheric environment; dummy presence and future