

第一讲 现代天气图形学 概念及技术发展

王继志 杨元琴

(国家气象中心，北京 100081)

1 走向2000年计算机图形学的发展

计算机图形图象学及其技术的发展，充分展示了这项技术的广阔前景。虽然目前各个领域都在应用图形图象技术，然而，人们也许并未能及时地联想到，在走向2000年之时，光控、声控计算机图形图象技术已进入日程。三维动态图形图象的发展，将使人们对研究对象的思维理解更具立体化和真实感。气象科学的发展不例外地也将遇到这种挑战。本文力图以国内外计算机气象图形学发展为线索，论述现代计算机天气图形学某些新概念及发展。

如上所述，三维天气图形学的发展是一场变革。长期以来，限于技术条件，预报员只能面对纸面二维天气图表，去设法联想天气系统复杂的三维变化，以作出天气预报，这是很困难的。虽然一些数学公式也描述了大气运动状态，可用来研究大气变化，但与人们易于直观感受的大气变化及其形象尚有很大距离。图形图象才是最易理解的客观形象，是直观感觉及物理机制科学表达的结合与统一。地球大气运动状态的宏观感觉是天气分析预报人员最需要的信息之一，计算机图形所提供的结果可以满足这种需要。图1(见封二)给出一个在低纬赤道地区的浅水波动的模拟图。预报员不仅可以计算出浅水波动的波速：

$$C_0 = \sqrt{gH} = \sqrt{\frac{R_d}{T}}$$

式中， g 为重力加速度； H 为标准大气高度。由此了解其物理意义，还可以借助计算机图

形技术，直观地分析研究其结构和演变特性。

地球大气的云覆盖、云系特征与气压场之间的关系，并非用简单公式可以描述。在外层空间俯视地球时，可以看到大气运行的壮观情形。人们可以从宇宙飞船阿波罗号上俯视加勒比海飓风Gladys的动态。云与气压的综合分布，可以从数字化云图信息与数字化天气信息的科学诊断与同化分析中得到。图2(见封二)就是一张同化分析得到的结果；图3(见封二)是对一个中尺度对流系统进行三维切片(剖面)分析。

三维天气图形学的诞生是以高科技探测资料的获取和计算机高性能处理为前提的。美国最新发展的国防气象卫星计划(DMS-P)和空军全球天气中心(AFGWC)联合发展的航天飞机进行太阳同步轨道的飞行，飞行高度达833km^[1]，这样可以使全球大气要素的三维分布“尽收眼底”，给出1000—10hPa的18层全球气温的高分辨率探测资料。图4(见封二)是全球温度分布的新概念图形，这是常规二维天气图所无法比拟的，使人们对全球(包括人烟皆无的大洋和高层)大气的了解耳目一新。1991年底，在美国新奥尔良召开的气象水文海洋学信息系统学术会议上，有1/3的论文是研究三维天气图形技术。从中尺度天气系统到行星尺度大气环流的三维天气图形学的研究均有涉及。

综上所述，一个以计算机三维天气图形学为代表的天气分析诊断技术正在兴起。借

助遥感与计算机平台技术的发展，崭新的三维天气图形学的概念正在建立。

2 计算机平台技术的升级及其对天气诊断技术的影响

在科学家预测和规划本行业技术的发展时，必须考虑到计算机发展信息。这里我们把计算机系统送给用户的直观界面称为平台。平台技术也可以看作是电脑送给用户的最方便可用的媒体系统（包括硬件和软件）。

人类所接受的信息中80%来自视觉，其中又以动态图象最易接受和理解。走向2000年的计算机系统正在向屏幕图形图象、电视声象等多功能、多媒体方向发展。可以预期，声音、文字、图形、图象、三维动画和电视视频转换等计算机技术将是一个新的发展趋势。在这方面，高档微机和具有多媒体功能的工作站技术大有前途。计算机这种多媒体技术在工作站平台技术的发展中将占主导地位，它对天气图形图象技术走向2000年的发展，将产生重大影响。因此，在研究天气图形学发展的同时，必须首先注意计算机平台技术的发展动向。

美国Nell R. Lincoln教授详细比较了用巨型机Cray和IBM大型机在做二维和三维天气图形时所消耗的机时资源〔2〕。

由表1可见，计算机软件功能对天气图形产品更新与出台有较大影响。运行三维天气图形比二维天气图形耗时惊人，以至使人

表1 3-D和2-D天气图形运行时间比较

| 格点距/km | 3-D运行时间/hr | | 2-D运行时间/hr | |
|--------|------------|-------|------------|-------|
| | RS/6000 | X/MP | RS/6000 | X/MP |
| | IBM | c:ay | IBM | cray |
| 0.5 | 13440 | 3360 | 21.0 | 5.25 |
| 1.0 | 1680 | 420 | 5.25 | 1.31 |
| 1.5 | 497 | 124 | 2.3 | 0.58 |
| 2.0 | 209 | 50 | 1.3 | 0.33 |
| 5.0 | 13.5 | 3.4 | 0.21 | 0.053 |
| 10.0 | 1.7 | 0.417 | 0.053 | 0.013 |
| 15.0 | 0.5 | 0.13 | 0.023 | 0.006 |

们在三维天气分析任务面前踟蹰不前。但事实并非如此，当前，工作站平台技术的发展为人们提供了希望。人们可不必花费巨资去购买昂贵的巨型机和大型机。工作站技术使人们对三维图形图象向量运算速度的追求得到满足。

这里以联想SUN SPARC工作站系列为代表，介绍国内图形工作站的新设计，即在2-D向3-D转换的向量处理上，是以硬件方式实现的。这种硬件称为图形加速器。例如，在通用计算机上，给一条直线要计算每一始点与终点之间的点并加以填充。而对于联想SPARC工作站，安装了GX加速器，CPU会把始点和终点传递给GX，GX硬件立即完成填充各点工作。

表2 SPARC系列计算机速度指标

| 指 标 | SUN 4/20 | SUN 4/40 | SUN4/75 SPARC II | TWIN station2/40 |
|----------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 时钟 | 20MHz | 25MHz | 40MHz | 40MHz |
| 整数运算 | 12.5 | 17.4 | 28.5 | 28.5 |
| 浮点运算 | 1.4 | 2.1 | 4.2 | 4.2 |
| 图形加速器 | 无 | GX | GX、GS、GT | GX、GS、GT |
| 2D向量运算/s | | | 480000 | >180000 |
| 3D向量运算/s | | | 310000 | >310000 |

国内外近年来已发展了多种型号的工作站，用户在发展三维天气图形技术业务时，必须对工作站进行最佳选择，为今后10年的发展打下基础。

表2给出联想SUN SPARC工作站系列机的2-D与3-D向量运算速度及其它有关指标。

根据表2和预测，为保持和追求天气图形图象技术的新水平，选取后两类工作站平台作为省地级天气业务发展的基本平台是合适的。

其中，联想TWIN Station2/40是最新的工作站，它是与SUN SPARC II全兼容的新型机，所提供的MBUS总线，为SPARC II工作站系列技术向2000年发展（SPARC 10）提供了可扩展的平台，为

气象图形学的发展提供了一个较好的环境。SPARC 10的双CPU和并行运算及超级3-D图形图象功能对2000年及以后若干年的发展仍然有潜力。

3 智能天气图形系统新版本

基于上述论据，我们推出智能天气图形系统的新设计版本，以适应国内外天气图形学技术的新发展。不久前，我们设计的AF-DOS系统⁽³⁾ (Analyzing Forecasting and Data-Processing Operational System) 已在国内外（第三世界）推广应用。智能天气图形系统是新一代天气图形学业务应用系统，特点是强调国际工业标准化设计，模拟预报员思维，引进人工智能技术并加强了对全气象信息的采集与综合及三维动态天气图形学技术，新系统采用unix系统支持下的C语言设计编程。

3.1 平台及其标准化环境

图5为新版本智能天气图形系统平台的框图，它是以加强型联想 SPARC工作站为主机，通过收发器与多台微机相联。该系统运行WMO指定的国际通用标准unix系统和C语言。在这一联网系统中，以SUN PHIGS、SUN GKS、SUNG++、open window、SUN View及DOS window为综合体的标准操作软件为新一代智能气象图形系统提供了最佳运行平台。

3.2 预报员思维模拟及智能程序设计

新的智能图形系统设计，以研究预报人员的业务任务、天气思维、工作程序为技术要点，最有效地模拟他们的工作、学习和思维进展。预报人员在应用新系统时，首先应感到操作方便、界面友好，所需资料不论历史的还是当前的，图形化表达及时、清晰与准确。新系统设计了“联想式”逻辑思维程序，把预报员完成一张预报图的全部工作，包括信息动态搜寻、学习、联想、对比、主观预报草图绘制及结果预报图形的最后生

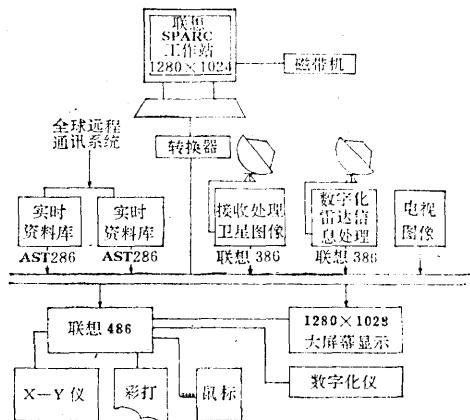


图5 智能天气图形系统硬件框图

成，全部自动化完成。总之，新系统强调了对全天气信息的应用、学习、思维、模拟及智能化。

3.3 三维动态天气图形的设计

新的版本在设计和引进三维天气图形新技术和概念的同时，特别注意与当前二维天气图形学概念的衔接。谨慎地推出在当前业务中可以接受的新的三维图形，如三维等熵面天气图，三维剖面分析及立体卫星云场分析图等。对于有重要研究价值的高分辨三维天气诊断分析新技术也在本系统中进行了研究。图6、7（见封三）分别是采用本系统设计的高分辨三维诊断方法提供的1991年江淮暴雨洪水过程的立体云场与水汽分布场的分析，它为诊断分析1991年暴雨洪水的物理机制提供了新的观测事实和研究工具。一些具体技术方法在以后几讲中介绍。

参 考 文 献

- 1 Donald JB.. Visualization Satellite derived temperature Soundings: A new tool for quality control, seventh IIPS conference New Orleans, 135—179, 1991.
- 2 Nell R. Lincoln.. Visualization of Forecasts and Simulations Produced by a three-dimensional mesoscale numerical model. R and d Magazine, 50—60, 1990.
- 3 Wang Jizhi, Tang Guisheng, Yang Yuanqin (王继志、汤桂生、杨元琴). An Analyzing Forecasting and Data-Processing Operational System with Microcomputer (AFDOS), seventh IIPS conference New Orleans, 1991.

现代天气图形学概念及技术发展附图一

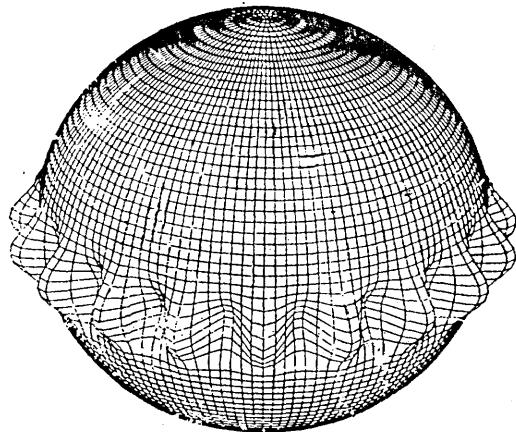


图 1 低纬地区热带波动的三维图形模拟



图 2 数字化云场与气压场全球分布的三维景观

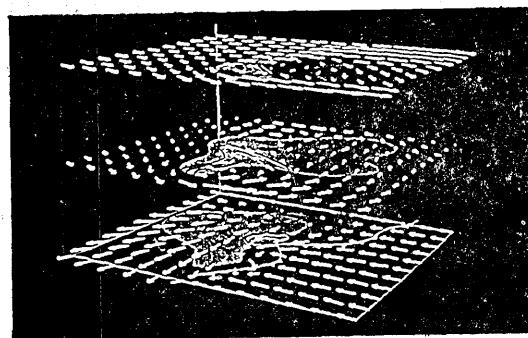


图 3 中尺度对流强飑线系统的三维切片分析



图 4 500hPa上全球温度分布的三维景观

现代天气图形概念及技术发展附图二

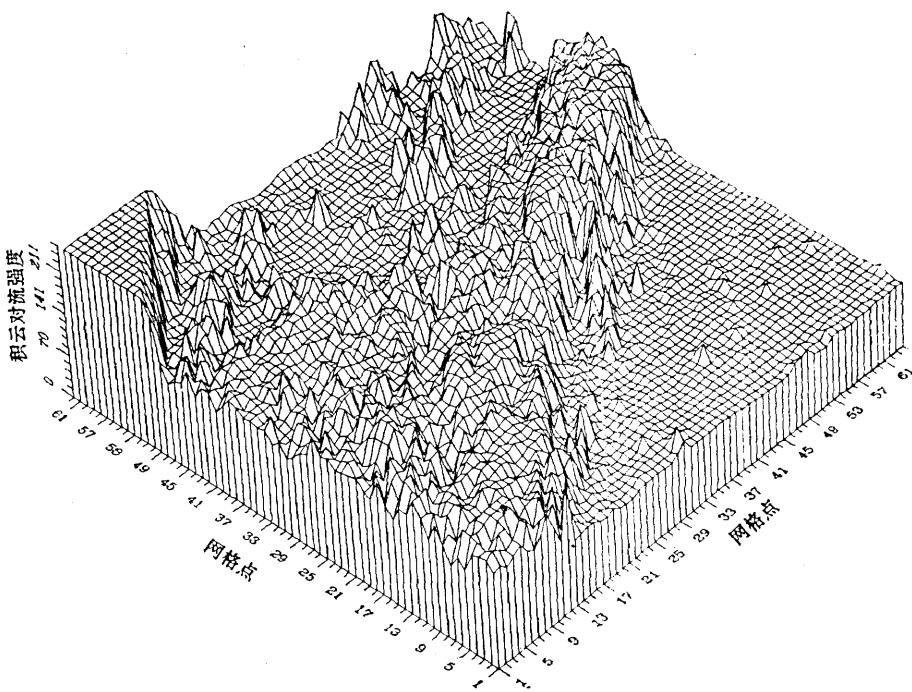


图 6 新版智能图形系统给出的1991年7月9日00时暴雨雨带卫星云场的立体图

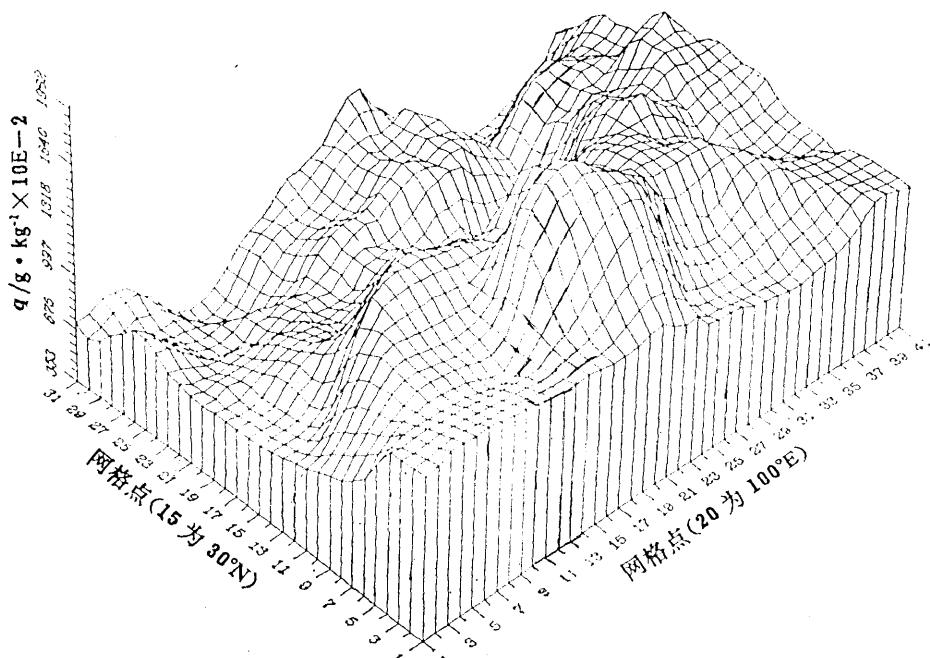


图7 新版智能图形系统给出的850hPa上水汽分布三维图 (时间同图6)