

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 435

2011

# 气象图形显示原理与方法

王继志 汤桂生 编著

科学出版社

1991

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了现代天气分析预报学中的一门新的学科——气象工程学的最新研究成果。它结合 FORTRAN 语言程序设计及气象应用,循序渐进地讲解了以气象系统工程为主要线索的气象图形显示原理和方法。全书内容取材新颖,深入浅出,并注重应用,书中附有大量源程序。

本书可为广大气象台站推广应用计算机气象图形提供参考,也是大专院校气象专业师生的参考书。

## 气象图形显示原理与方法

王继志 汤桂生 编著

责任编辑 谢洪源 缪琴仙

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1991年6月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1991年6月第一次印刷 印张: 10 3/4

印数: 0001—750 字数: 242 000

ISBN 7-03-002229-7/P·447

定价: 10.60 元

## 序

近 30 年来气象资料信息在迅速增加。过去, 仅仅靠用手工来进行资料处理和分析的方法已不能适应当前的情况。在 50 年代, 填绘、分析过程全部是手工操作, 预报员对每个资料数据进行仔细比较, 然后手工描绘出各种等值线。到 60 年代中, 计算机还没有普遍在气象业务部门使用, 但资料信息增加迅速, 每天已有大量资料传送到气象人员手中, 气象员常对成批资料的处理和分析感到非常苦恼, 因为人们没有时间, 也不可能对一个个资料进行分析, 其中不少资料只好放弃掉。70 年代以后, 气象业务部门开始使用计算机对气象资料做实时的检索和加工, 并由机器将处理结果以图形形式打印, 提交给气象员使用。预计在今后 10 年中, 气象资料还将成倍增加, 气象员将更加依赖计算机对大批资料的处理。人们普遍认为, 以计算机为中心的“气象工程学”正在迅速发展, 它包括资料加工、科学计算以及计算结果的图形输出显示。

目前国内还没有一本有关气象图形显示的书籍, 王继志和汤桂生同志合写的这本书填补了这方面的空白。书中介绍了用计算机处理和显示气象资料的原理和方法, 全书写得通俗易懂, 注意实用, 书中附有大量源程序, 可供读者参考使用。

王继志同志多年来从事计算机气象图形显示的研究工作, 1984 年他在我国中央气象台完成了在计算机上实现最近 100 多年西太平洋热带气旋路径图的自动检索和实时热带气旋路径预报的图形显示, 后来他又完成了气象图形在微型计算机(简称微机)屏幕上实时显示业务化系统的研制工作。相信他和汤桂生同志撰写的这本书, 将会受到广大气象人员的欢迎。

陶诗言

1988 年 1 月

# 目 录

## 序

## 前言

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>第一章 引论</b> .....           | <b>1</b>  |
| § 1.1 现代天气分析预报技术的发展.....      | 1         |
| § 1.2 气象图形的屏幕显示.....          | 6         |
| § 1.3 实现计算机气象图形屏幕显示的步骤.....   | 9         |
| <b>第二章 气象图形基础</b> .....       | <b>13</b> |
| § 2.1 传统天气图的基本类型.....         | 13        |
| § 2.2 计算机气象图形应用与发展.....       | 19        |
| § 2.3 气象图形基本概念.....           | 24        |
| § 2.4 气象作图初值处理方法.....         | 24        |
| § 2.5 气象图形资料的插值与变换.....       | 25        |
| § 2.6 常用天气图及其在屏幕直角坐标上的变换..... | 32        |
| <b>第三章 气象常用基本图形</b> .....     | <b>35</b> |
| § 3.1 直线.....                 | 35        |
| § 3.2 风羽的绘制.....              | 37        |
| § 3.3 曲线的绘制.....              | 41        |
| § 3.4 等值线绘制基本原则.....          | 48        |
| § 3.5 网格点资料的内插.....           | 48        |
| § 3.6 跟踪法绘制等值线.....           | 51        |
| § 3.7 三次 B 样条法绘制天气图等值线.....   | 57        |
| <b>第四章 图形变换的原理与方法</b> .....   | <b>62</b> |
| § 4.1 常用气象图形中的变换.....         | 62        |
| § 4.2 坐标变换的基本原理与方法.....       | 62        |
| § 4.3 二维坐标变换的矩阵表示法.....       | 65        |
| § 4.4 三维坐标变换的矩阵表示法.....       | 66        |
| § 4.5 投影与透视.....              | 71        |
| § 4.6 开窗放大.....               | 75        |
| <b>第五章 基本天气图底图的图形设计</b> ..... | <b>78</b> |
| § 5.1 天气图底图.....              | 78        |
| § 5.2 计算机作图.....              | 81        |
| <b>第六章 特种天气图形设计</b> .....     | <b>88</b> |
| § 6.1 辐散风场的图形设计.....          | 88        |
| § 6.2 垂直空间剖面图及其基本类型.....      | 92        |

• v •

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| § 6.3 垂直时间剖面图·····                     | 97  |
| § 6.4 与垂直剖面正交的风矢量场的绘制及其意义·····         | 99  |
| <b>第七章 微机 FORTRAN 语言作图基础</b> ·····     | 101 |
| § 7.1 FORTRAN 语言与气象问题·····             | 101 |
| § 7.2 常用微机操作与编译的基本方法·····              | 103 |
| § 7.3 微机 FORTRAN 语言基本作图功能·····         | 111 |
| § 7.4 天气图底图及基本元素的程序设计·····             | 115 |
| § 7.5 图形库的建立与管理·····                   | 117 |
| § 7.6 FORTRAN. LIB 库中文件的调用 ·····       | 118 |
| <b>第八章 大型计算机 FORTRAN 语言作图基础</b> ·····  | 121 |
| § 8.1 PSP 软件·····                      | 121 |
| § 8.2 GSP 软件及其应用·····                  | 127 |
| <b>第九章 大型计算机气象数据检索及图形显示系统</b> ·····    | 130 |
| § 9.1 模拟与流程·····                       | 131 |
| § 9.2 基本功能·····                        | 133 |
| <b>第十章 交互式系统及其气象应用</b> ·····           | 145 |
| § 10.1 交互信息的输入与输出 ·····                | 145 |
| § 10.2 文件自动交互式传递与气象图形检索 ·····          | 146 |
| § 10.3 应用批处理方法实现人机对话和图形自动检索 ·····      | 156 |
| <b>附录 1 微型计算机气象图形源程序(部分目录)</b> ·····   | 158 |
| <b>附录 2 气象图形微型计算机屏幕显示的部分硬拷贝图</b> ····· | 160 |

# 第一章 引 论

## §1.1 现代天气分析预报技术的发展

### 1. 天气分析预报技术发展的现状与趋势

现代天气分析预报技术发展的研究是气象工作者面临的一个重要课题。科学家们对气象科学未来的发展趋势曾作了种种预测,进行了大量研究。

最近 10 多年来,气象科学飞速发展的重要标志有以下四个方面:(1)卫星大气探测技术的发展;(2)遥感无球探空技术的发展;(3)计算机在气象通讯技术中的应用,气象信息收集、传送及处理能力的加强;(4)有水平的数值天气预报成功地实现业务化以及天气分析预报服务逐步实现自动化。从 70 年代开始,世界各国和各地区之间纷纷建立起配有高速气象通讯电路的气象分析预报中心与研究。上级中心与下属部门之间相互传递信息方式多种多样,传递速度大大加快。仅我国国家气象局气象中心每日可收到的实时气象资料信息就达 10MB,这里还不包括卫星资料、无线电传真资料及由气象中心加工并向外发布的信息。目前,卫星气象资料是数量多、价值高的一批新的气象资料信息。美国 TIROS-N 卫星每天的信息量约有  $10^9$ B;静止卫星 GOES 每天有  $2 \times 10^{10}$ B 的信息;世界天气监测网全球电讯系统中,二级数据每日传输量达  $1.6 \times 10^8$ B;华盛顿气象中心每日资料量达  $10^8$ B。据估计,自 80 年代到 2000 年,数值化气象水文产品资料将达  $10^{12}$ (十进位数字)。与此同时,贮存在各大研究分析中心的历史气象资料量也急剧增加。表 1.1 给出了截止于 1981 年美国国家大气研究中心(NCAR)气象资料信息的存贮量<sup>[1]</sup>。

如此庞大的信息汇入天气分析预报中心与研究,给预报人员及研究人员对资料的实时获取和天气实况监视带来新的问题。显然,自 50 年代起采用的资料处理方法和分析手段越来越适应不了新的形势。于是,借助计算机做信息的实时加工检索,将分析处理结果进行自动图形化输出,在今天的业务现代化与科研方法现代化方面占有十分重要的地位。大约在今后 10 年中,气象信息还将成倍增加。人们已经逐渐认识到,以计算机为中心的“气象系统工程学”正在迅速发展,其中资料加工、科学运算、气象图形(象)化输出显示尤其重要。

计算机科学的发展及其在气象上的应用,使数值天气预报业务化成为现实。近十几年来,随着计算机设备的更新及气象科学本身的发展,欧洲中期预报中心的数值模式不断改进和完善,数值产品的数量日益增多,预报时效由原来的 3 d 延长到 6 d。高水平的数值产品在天气预报中起到了重要作用。数值预报产品输出结论与统计预报相结合的 MOS 方法近年来也有较大发展。但是,到目前为止,天气分析诊断及实际业务预报的准确率仍然不能令人满意。对一些重大天气过程物理本质的研究仍然进展较慢。

当前,预报员对数值预报产品的应用、理解和再分析正在形成一门新的学科。预报员的预报工具、对象、思维方式和思维过程也面临不断更新、不断发展的新问题。预报员与计算机预报或诊断产品之间的人机交互、信息互换与反馈已成为现代天气分析预报技术

表 1.1 NCAR 气象资料的存贮量

| 资 料                                   | 截止 1981 年资料<br>的存贮量 (B) | 每年增加量 (B)            |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| 全球、半球及北美范围小网格资料(始于 1963 年)            | $1.49 \times 10^{11}$   | $2.2 \times 10^{11}$ |
| 全球地面和高空观测资料(地面始于 1976 年, 高空始于 1963 年) | $9.9 \times 10^{11}$    | $1.5 \times 10^{10}$ |
| 全球无线电探空资料(始于 1948 年)                  | $1.12 \times 10^{10}$   | $3.68 \times 10^8$   |
| 第一次全球大气试验获取资料                         | $2.39 \times 10^{10}$   | 无                    |
| 正规地面天气站(共 4 900 个)观测资料                | $1.2 \times 10^{11}$    | 无                    |
| 1854—1980 年全球海洋船舶资料                   | $1.1 \times 10^{11}$    | 不详                   |

的一个新的发展趋势。

早在 70 年代初,就已出现了天气预报计算机智能系统。Olov Lönnqvist 提出了一种使用计算机自动处理数值预报结果的方法<sup>[2]</sup>,该方法以客观天气分析预报为基础,把天气气候趋势分析与从计算机输出的数值预报形势场分析结合起来,作出风、温度、降水及有关导航天气的预报,并由计算机输出文字与表格形式的预报结论。整个过程是模拟预报员的思维方式进行。该系统当时使用的是 SAAB D21 计算机(能力为每秒 1 千万次),在瑞典气象局进行了实际业务预报试验。这个智能系统即是最早的一个天气预报专家系统。由于该系统对外部设备依赖性较大,因而难于推广应用。

图 1.1 给出当时该系统对预报结论进行文字翻译的计算机处理过程的流程图。由图 1.1 可见,当时的“专家系统”还是十分简单的,它对预报员思维与工作过程的模拟仅限于一种形式上的静态模拟。

在美国,80 年代初设计完成了一种人与计算机交互资料处理系统(McIDAS),即人机对话系统。通过这个系统,预报员可以在计算机加工天气产品过程中任意地进行干预或修改。这种智能系统可以帮助预报员迅速及时获取大量天气诊断和预报信息,也可以把预报人员的思维、分析判断反馈给计算机系统,及时修改和提高预报产品的可信度。

80 年代的人机对话系统已发展成为一种实时动态系统。其主要特点是:(1)进入系统的资料量大,内容丰富;(2)包括卫星资料及非常规资料在内的输出产品以图形(象)为主,气象数据转变成图形迅速;(3)由于软件系统的灵活性与通用性,新一代人机对话系统逐渐独立于硬设备。也就是说,系统软件对硬设备的依赖性越来越小,甚至许多同样工作在不同型号的普通计算机(包括个人计算机)上都能完成。

1983 年第三代人机对话系统问世,它是由 Suomi 等人研制的。系统的硬件结构如图 1.2 所示。其功能的先进性主要表现在预报员与计算机的数值产品之间信息交换速度加快,信息交换的内容更加广泛了。

人机对话系统、气象资料处理自动化系统和各类天气预报专家系统的纷纷出现,标志着天气分析预报技术的飞跃发展。目前,我国天气分析预报技术也正处在一个迅速发展的时期。我国国家气象中心及各省(区)的气象部门正在引进新的设备,研究开发新技术,加快步伐进行气象技术的现代化改造工作。

我国中央气象台在 FACOM M-360R 机上开发研制的热带环流与热带气旋自动分

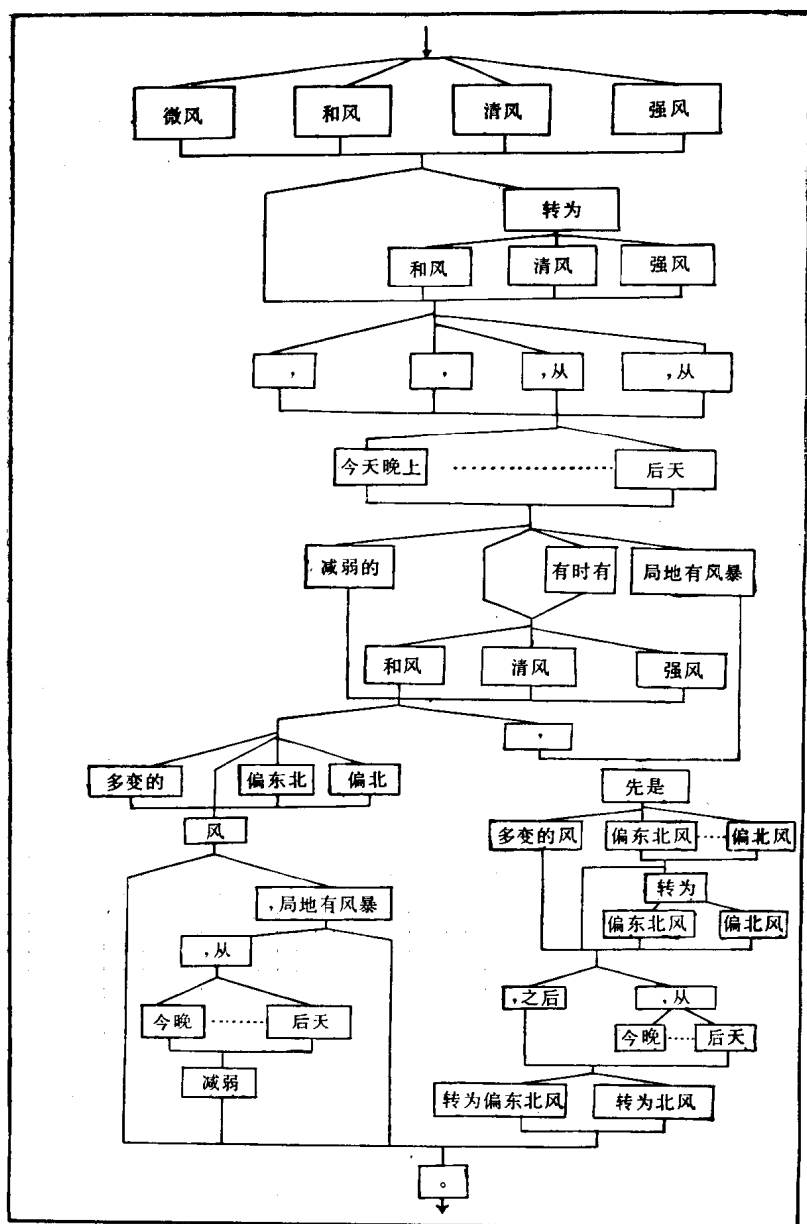


图 1.1 由计算机处理的预报风的流程图

析预报及图形显示系统<sup>[3,4]</sup>是首次在我国将具有远程通讯功能的高级彩色图形终端引入天气分析预报中心——预报会商室。这个系统以自行研究开发的图形软件库为核心,实现了对热带环流、百年热带气旋路径的分析及图形的实时处理与自动化显示。与此同时,我国中央气象台及一些省(区)气象部门、高等院校、科研机构在微处理机上实现了气象资料自动化处理,卫星、雷达图象显示及天气预报专家系统的研究与开发也取得了许多可喜成果。图 1.3 是我国中央气象台热带环流与热带气旋自动分析及图形显示系统的图形产品。我国中央气象台研制的微机业务图形系统的部分产品见附录 2。

以上各类天气图显示、调用的自动化、业务化的新技术开发说明, 计算机屏幕图形学

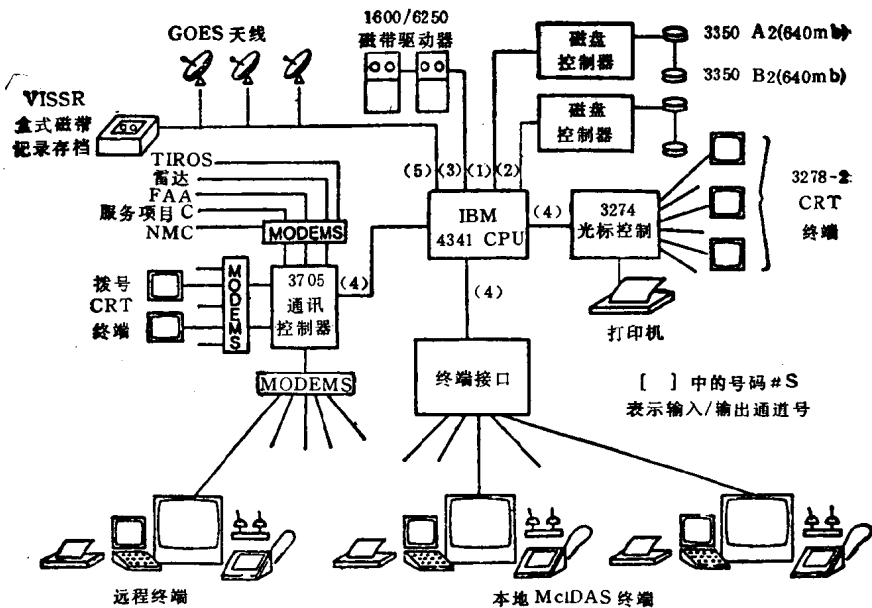


图 1.2 第三代 McIDAS 硬件结构示意图

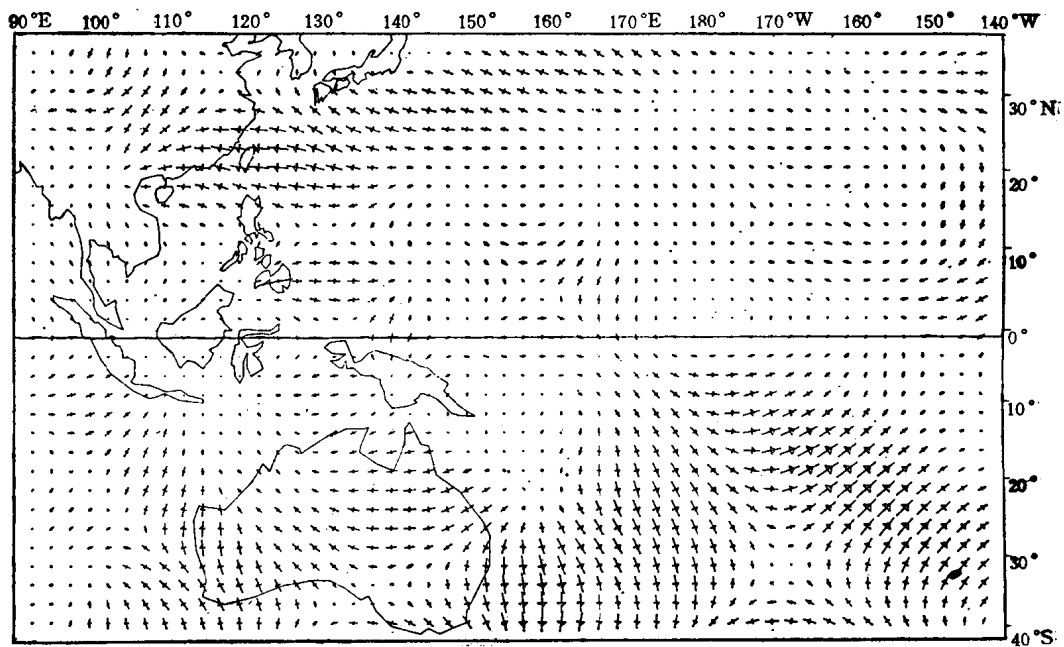


图 1.3 1980年5月1—15日平均辐散风场(100hPa)的图形显示

广泛应用了计算机工程中的先进技术，它与天气分析预报技术的结合是现代天气业务发展的重要组成部分。

## 2. 气象系统工程的基本内容

如上所述，天气分析预报技术的发展是以计算机技术的应用及遥感技术的发展为核

心的。当前,在气象科学领域里,计算机已不再是人们手中高能力的算盘。气象系统工程要求对气象资料从接收、检索到处理、分析、预报,包括预报员对计算机天气产品的理解、裁决以及预报结论的图形化显示等均应以计算机软件形式存放在计算机中,成为一个完整的系统。一个完整的气象预报系统工程应由资料库、程序库、图象库三个基本内容组成,这三个基本内容与预报员构成计算机与人相互作用的关系,如图 1.4 所示。

#### (1) 资料库

气象资料库是计算机气象信息处理技术的一项新发展。气象资料库工作是计算机气象学与计算机天气预报学的基础。一切用于天气诊断、分析预报的原始资料和各种计算机数值预报产品资料不再是记录在书本上,而是记录在如硬盘、磁带、软盘等载体上。资料库应包括实时资料与历史资料。从内容上划分应包含原始资料、一级加工资料(如要素库资料)、二级加工资料(如分区资料、分层资料、专项资料等)、三级加工资料(如数值预报产品资料)等。资料库并非许多资料或文件的集合。资料文件的动态与静态生成、检索与存取、文件的管理、资料的多种载体的转换技术、记码格式的互换技术、资料的压缩存放与复原技术等都属于资料库工作的基本内容。

#### (2) 程序库

气象专用程序库是气象系统工程中的基础工作。天气分析预报的方法与过程可通过提交给计算机的程序命令来实现。通常,一个气象程序库包括三个主要内容,即基本数学分析与计算方法库、专用气象程序库及输入输出方法库。其中气象专用程序库可回答预报人员和科研人员在天气分析预报和科学研究中要解决的一些基本问题。如对气象要素场初值进行客观分析、运动学分析、动力学分析、热力学分析、大气参数诊断分析及给出预报方法的程序等。

#### (3) 图形(象)库

天气分析预报业务的重要特征之一是使用大量图表来表示天气现象。这些图形(象)应包括对现象的静态与动态分析、局部分析的放大显示、空间结构分析等。目前的天气图只是以二维分析表现天气现象三维结构的一种工具。计算机图形(象)显示则能充分发挥其立体、动态、多层次的表现功能,为实现天气诊断分析自动化、科学化、直观化开辟了良好的途径。数以万计的历史天气图,实况天气图,堆积如山的传真图、剖面图给分析预报人员带来的不便将由气象图形自动显示系统来代替。

#### (4) 预报员

预报员在上述三大库的建设中起重要作用。一般计算机都不带有气象专用软件。气象业务使用的三大库应由懂得天气分析预报技术的人员自己设计。所以,今天人们对预报员的要求,不仅仅要是天气预报技术的内行,还必须掌握较全面的计算机技术。预报员知识更新十分必要。美国威斯康星大学 Suomi 等人设计的人机对话系统(McIDAS)即人(Man)和计算机(computer)的交互资料处理系统,M为英文 Man(人)字首,c为英文 computer 的字首,M与c分别采用大、小写字母反映了这个系统的设计思想在人机对话

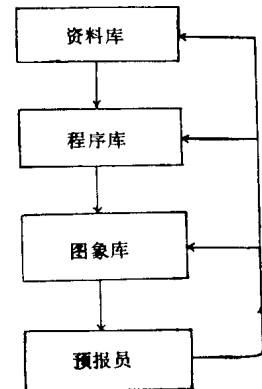


图 1.4 计算机天气分析预报系统示意图

过程中,预报员占主导地位。

由图 1.4 可以看出,在现代天气分析预报系统中,三大库与预报员的关系十分密切。四者统一包括在一个系统中,即预报员的思想既要通过设计资料库、程序库、图形(象)库直接反映出来,也要通过对计算机天气预报产品的再干涉更加主动地反映出来。预报员的知识、预报员的科学思维和推理也将实时地反馈到系统中。

综上所述,一个以计算机技术为中心的现代天气分析预报技术正在迅速发展。传统的天气图表在纸面、书面上表达形式将逐渐被计算机图形(象)多功能显示及多功能复制再现方式所替代。预报员对此要付出巨大的代价,使人们的科学思维在新系统的建设中发挥作用。

人机交互天气分析预报系统的出现是计算机科学、动力气象学、数值预报学、统计气象学、计算机图形学综合发展的产物。美国国家飓风中心研究与发展室主任 Neumann 曾指出,数值预报与统计预报发展得愈快,愈感到预报人员知识的重要。根据预测,在未来 10 年,预报员对数值预报产品的理解、干涉与修改所形成的人机交互天气分析预报技术将迅速发展。天气会商室从形式到内容,以及预报人员和科研人员的工作方式将有一个较大的变化。

## §1.2 气象图形的屏幕显示

### 1. 天气图与图形天气学

天气学的发展经历了几个重要阶段,图形天气学是天气学的基础。所谓图形天气学也可称为图解天气学。预报员对各类瞬息万变的天气现象,对发生在三维空间的大气变化及时间变化都能用二维图解方式加以分析。

图形天气学应用得最广泛的就是人们熟悉的天气图和各类辅助天气图表,如温熵图( $T-\phi$  图)、温度对数压力图( $T-\lg P$  图)、高空剖面图、流线图等。如今,天气图仍为世界各国所广泛应用,它是天气预报中不可缺少的基础工具。并且一些概念或理论、方法的研究也无不打上天气图的烙印。通常,当异常天气现象发生后,预报员总希望能在天气图上查找依据。当要预报某种天气系统出现时,也往往先要在天气图上寻找“征兆”。甚至一个新的天气概念和理论的形成与发展也都是离不开天气图的。例如:

等高面天气图上的地转运动理论公式如下:

$$u_g = -\frac{g}{f} \frac{\partial z}{\partial y}$$

$$v_g = \frac{g}{f} \frac{\partial z}{\partial x}$$

在等压面天气图上的地转运动理论公式如下:

$$u_g = -\frac{1}{f\rho} \frac{\partial p}{\partial y}$$

$$v_g = \frac{1}{f\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

著名的 Rossby 长波公式

$$u = c = \frac{\beta L^2}{4\pi^2}$$

也是在天气图分析理论上推导出来的。Rossby 并指出了长波公式在等压面天气图上以在 500hPa 或 600hPa 上使用最为合理<sup>[3]</sup>。

涡度方程在等压面图上的一种表达式为：

$$\frac{d\zeta}{dt} = -(\zeta_r + f)\nabla_r \cdot \mathbf{V} - \beta v$$

还有许多天气学与动力气象学理论,如气旋发展理论<sup>[6]</sup>、锋生理论<sup>[7]</sup>、热成风理论等的形成与发展也都与天气图有着密切的联系。

图形天气学的发展使一些原来诊断能力较强的遥感探测数据的表达形式也不得不向天气图的形式靠拢。卫星云图比较真实、直观地把实际天气状况(大气中的云、雨及温度的冷暖分布)表现了出来,使用卫星云图照片能证实早年挪威学派提出的有关锋面气旋理论。根据这一理论,人们开始在卫星云图照片上分析锋面、气旋的发生、发展以及气旋的结构等。我们认为,将卫星云图与天气图进行对比分析,这在卫星天气识别技术的初期研究阶段是有一定意义的<sup>[4]</sup>。但是,把三维的、多层次的天气诊断图象(包括气象卫星图象)回套到天气图上分析,这种对大气状态的表达形式并非今后发展的方向。天气图方法作为天气分析预报的基本工具,显然还将继续得到应用与发展,但天气图的表现形式并非是一成不变的。目前,天气图正由以手工分析为主的纸面与书面表达天气分析的传统方式向多功能、多维空间的动态屏幕气象图形的表达方式发展,以适应于对复杂、多变的大气的诊断与分析。

## 2. 计算机气象图形学

计算机图形学在天气分析与预报技术中得到了广泛的应用,计算机气象图形学就是研究如何利用计算机图形学技术来构造与诊断大气的三维结构、描述大气运动过程与物理变化过程的一门科学,其任务是科学地、形象地、直观地和准确地揭示天气与天气系统发展变化规律。高度自动化的、多层次、多色彩、动态与静态结合的计算机图形(象)为描述瞬变的三维大气结构提供了广阔的发展前景,立体的、多种投影形式的新天气图将使天

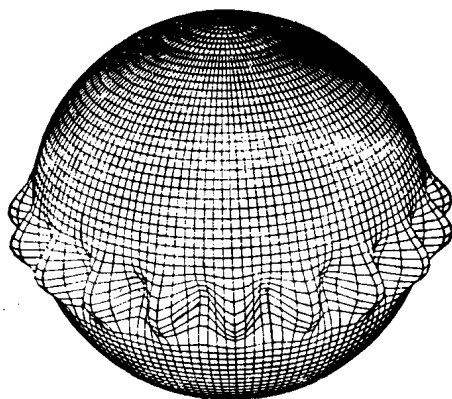


图 1.5 由计算机绘制的低纬大气的一种波状运动的三维特征图<sup>[4]</sup>

气的诊断和分析更为直观和准确。可以预见，计算机气象图形学的飞速发展必将推进天气分析预报技术的发展。

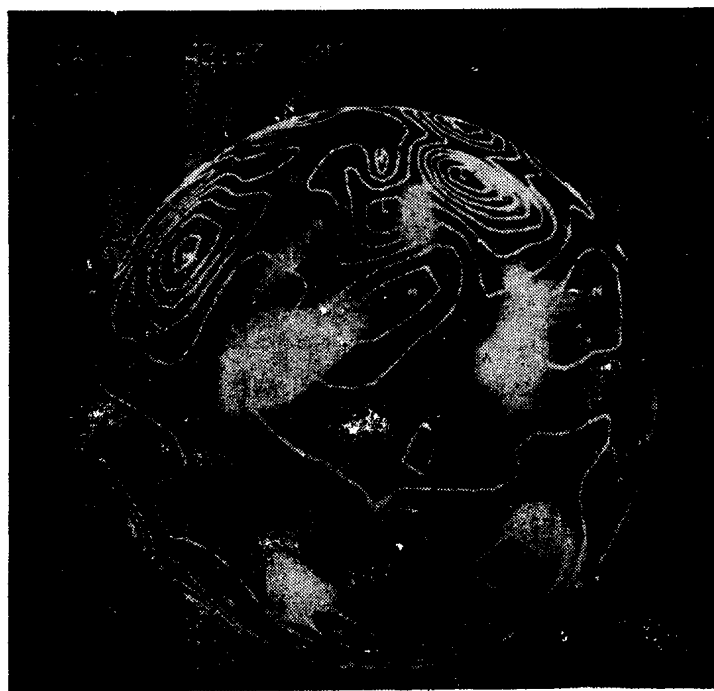


图 1.6 地球大气气压场(高低压)与云场分布的三维特征的叠加显示<sup>[1]</sup>

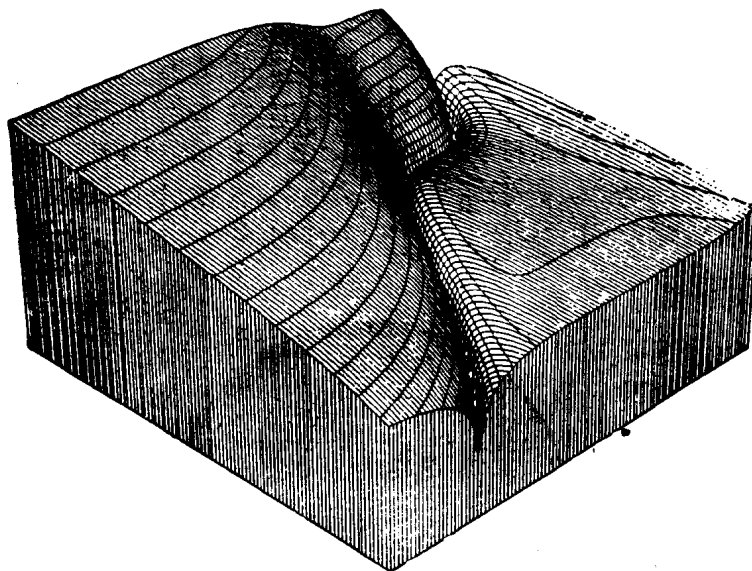


图 1.7 一种地形投影的三维表现方法<sup>[1]</sup>

图 1.5 给出了在旋转球体上不可压缩流体在低纬地带的一种可能的波状运动，由图可见，人们用计算机三维图形来表达低纬度大气与海洋上空气流的波状运动是有效的。图 1.6 是使用 NCAR 全球环流模式制作的气压场(高、低压分布)与云场叠加的屏幕显示图

形。图 1.7 是由计算机绘制的三维地形构造的特殊地形投影图。这些三维天气图形使人们对天气结构及其天气形成的物理机制的认识和理解更为深刻。

### §1.3 实现计算机气象图形屏幕显示的步骤

气象预报员从自己十分熟悉的天气图面上转移到一台计算机终端面前,开始时会遇到许多不便,但一个智能终端会帮助我们显示精美准确的天气图和计算各种数据。

为了使初学者易于理解问题,我们在这里以一个简单天气预报图的制作为例子,介绍计算机作图的基本过程。

首先,必须具备一台具有彩色作图基本功能的普通微型计算机。长城 0520 机、长城 286 机,或 IBM-PC/XT 机,这些是最常用的机型。现在我们以绘制一张热带气旋路径预报图为例来讨论微机气象图形形成的四个基本过程。

#### 1. 确认屏幕作图任务

确认作图任务是一项十分重要的工作。在作图前,我们必须清楚所作图形的特征、物理意义、精确度要求等,然后决定采用什么方法来实现这一作图过程。这里要制作的是热带气旋路径及该路径出现的可能性(数学上定义为概率)的分布特征,并在该图上绘出热带气旋可能影响的范围。这样的图形具有明确的天气意义。热带气旋中心的确定,如给出当前的实况位置,或预报未来 24, 48, 72 h 的可能位置,都是以经纬度(精确到小数一位)来表示的,因此对热带气旋定位的精确度要求很高。据此,用手工方法在天气图上点绘是很难符合要求的,而利用计算机,运用科学运算方法和科学作图方法就能比较容易地达到目的。

使用计算机计算热带气旋未来的影响区域(形状和大小),可采用二维正态分布的概率椭圆方程。椭圆的形状、大小及位置可以用椭圆的重心、长轴、短轴、长轴与作图系统中  $x$  轴的夹角等几个因子来表示。于是,我们绘图的目的和任务已经明确,即把绘制热带气旋影响区域的任务转化为绘制概率椭圆的形状,而热带气旋未来移动路径就是把热带气旋未来 24, 48, 72 h 这三个未来影响区——概率椭圆的重心联结起来的曲线。

#### 2. 建立数学模型

众所周知,椭圆的数学表达式为:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (\text{标准方程})$$

或写成:

$$\begin{cases} x = a \cos t \\ y = b \sin t \end{cases}$$

其中  $t$  为椭圆上任意点和圆心的连线与  $x$  轴正方向的夹角,  $a$ ,  $b$  分别为这个椭圆的长、短轴。

#### 3. 编制程序

计算机每执行一个动作都是在人们设计的指令下进行的,各项指令通过各种语言(如汇编语言、FORTRAN 语言、BASIC 语言等)编写成一份程序,机器按程序设计中的命

令一条一条地执行。

对上面所提到的公式，我们编写了一个公用子程序，取名为 elpss。主程序及对子程序调用的源程序如程序 1。

程序 1

```
1:*      character*8, lfor
2:      real cn(7),cl(7),max(6),min(6),qqq(6),cl(7),c2(7),ang(6)
3:      integer lpn(7),ipe(7)
4:      integer lclr(8)
5:      data lclr/0,1,2,3,4,5,6,7/
6: C
7:      lclr1=lclr(4)
8:      lclr2=lclr(8)
9:      call vnpmap(lclr1,lclr2)
10:     write(*,333)
11:     lfor='b:tt.dat'
12:     open(6,file=lfor,status='old')
13:     do 1111 i=1,6
14:     read(6,979) max(i),min(i),qqq(i)
15:     read(6,939) cn(i),cl(i)
16: 1111    continue
17: 979     format(2x,3(f9.2))
18: 939     format(2x,2(f9.2))
19:     close(6)
20:     la=30
21:     lb=5
22:     do 200 i=1,6
23:     c1(i+1)=cn(i)
24:     c2(i+1)=cl(i)
25: 200    continue
26: 333     format(3x,'input a latitude and a longitude for
27: *      'the centre of typhoon. (2f6.1)')
28:     read(*,444) xcn,ycl
29:     c1(1)=xcn
30:     c2(1)=ycl
31: 444     format(2f6.1)
32:     do 300 i=1,7
33:     c1(i)=10.*(c1(i)+10.)
34:     lpn(i)=ifix(0.5+0.7*(650-c1(i)))+la
35:     c2(i)=c2(i)-100.
36:     lpe(i)=ifix(0.5+lb*(c2(i)+10.)*7.)
37: 300    continue
38:     do 400 i=1,6
39: 400     call plott(lpe(i),lpn(i),lpe(i+1),lpn(i+1),lclr1)
40:     do 555 ii=2,6,2
41: C
42:     lc=min(ii)*7
43:     ld=max(ii)*7
44:     lxx=lpn(ii+1)
45:     lyy=lpe(ii+1)
46:     alf=qqq(ii)
47:     lclr9=1
48:     call elpss(lxx,lyy,lc,ld,alf,lclr9)
49:     lxx=lxx+10
50:     lyy=lyy+10
51: 555    continue
52:     stop
53:     end
54:     subroutine elpss(lxx,lyy,lc,ld,alf,lclr9)
55:     integer lx(181),ly(181)
56:     n=180
```

```

57:      pai=3.141592
58:      t=0.
59:      n=n+1
60:      do 20 j=1,n
61:        dt=2.*pai/float(n)
62:        qta=dt*alf/2.
63:        a=lc*cos(t)
64:        b=id*sin(t)
65:        a1=a*cos(qta)-b*sin(qta)
66:        b1=a*sin(qta)+b*cos(qta)
67:        c=sqrt(a*a+b*b)
68:        c=abs(c)
69: c
70:        lx(j)=a1+lx1
71:        ly(j)=b1+ly1
72:        t=t+dt
73: 20    continue
74:      do 88 j=1,n
75: 88    call plott(ly(j),lx(j),ly(j+1),lx(j+1),iclr9)
76:      return
77:      end

```

#### 4. 编译运行与图形显示的完成

在微机上运行上述绘制台风预报图的程序有四个步骤，即设计主程序、编译与联结、检查与修改图形及完成执行模块并显示图形。

##### (1) 设计主程序

一个程序员的工作技巧与水平往往表现在主程序的设计上。而主程序设计水平又取决于他对多种功能子程序掌握的数量、理解的深度、运用的技巧等方面。

在对有关题目进行计算时，可调用事先已经设计好的通用标准子程序，如上节中的 `elpss` 就是这样的通用子程序。它是用来绘制和显示椭圆的一个通用程序。该程序给出了六个可供用户选择的参数：

`ixx`——待绘椭圆重心的  $x$  坐标；  
`iyy`——待绘椭圆重心的  $y$  坐标；  
`ic`——待绘椭圆的长轴；  
`id`——待绘椭圆的短轴；  
`alf`——长轴与作图坐标系  $x$  轴的夹角；  
`iclr9`——待绘椭圆的色彩。

设计主程序是根据需要指定上述六个参数的具体值，调用公用子程序 (`call`) 取得运算与绘图显示结果。当然，设计主程序还应包括预备数据的选读、预报数据的组织等。这些内容以后各章中将逐步加以介绍。

##### (2) 编译与联接

主程序与所调用的子程序设计完成后，要进行编译，在通用的微机上编译就是将程序语言翻译成计算机可识别的语言。通常用高级语言 `FORTRAN` 写成的程序，在微机上要进行两次编译，即进行语法编译和优化。编译通过后，由计算机操作系统自动形成目标程序 (`.OBJ`)。

联接的作用是把经过编好的目标模块以及存放在不同库文件中的目标程序，选择在程序中使用的先后顺序联结成为一个可执行的程序。联结程序本身也是一个可执行程序，