

微机图形显示系统原理

王继志 汤桂生 杨元琴 著

东南出版社

(京) 新登字046号

内 容 简 介

本书系统介绍了微型计算机科学作图概念、原理、方法等新技术发展及一些新的研究成果。

全书共分九章，深入浅出的介绍了计算机作图的新技术，对交互式图形业务系统设计、窗口用户界面技术、多通道信息图形化、叠加放大技术及多维图形坐标变换技术等均有详细介绍。本书从系统工程学出发，阐述了系统的合理设计、标准化作图，注重理论与实践，附有FORTRAN语言源程序、实例和习题。

可供大专院校师生、科研人员及计算机业务人员使用与参考。

微机图形显示系统原理

王继志 汤桂生 杨元琴 著

责任编辑 黄丽荣

科学出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

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 1/32 印张：8.25 字数：179千字

印数：1—2100册

1991年12月第一版 1991年12月第一次印刷

ISBN 7-5029-0753-X/P·0398 定价：6.30元

目 录

前言

第一章 引论	1
§ 1.1 现代天气分析预报技术的发展	1
§ 1.2 现代计算机图形学的应用	7
第二章 微机气象屏幕作图基本原理	21
§ 2.1 气象图形	21
§ 2.2 气象屏幕作图中的坐标变换	23
§ 2.3 气象图形屏幕显示的原理与方法	34
第三章 微机人机交互天气预报业务系统	39
§ 3.1 人机交互式计算机图形学	39
§ 3.2 实现人机交互功能的几种方法	42
§ 3.3 人机交互式气象图形系统的设计	54
第四章 二维图形变换	68
§ 4.1 二维坐标变换	68
§ 4.2 矩阵表示与同性坐标	73
§ 4.3 合成变换	75
§ 4.4 反射与切变	80
第五章 三维坐标变换	85
§ 5.1 平移	85
§ 5.2 比例放缩	86
§ 5.3 旋转	87
§ 5.4 对任意旋转轴的三维旋转	90
§ 5.5 反射与切变	91
第六章 三维取景	96
§ 6.1 投影	96
§ 6.2 取景变换	105

第七章 等值线分析原理与方法	113
§ 7.1 等值线分析原则	113
§ 7.2 等值线分析基本方法	113
第八章 WGQS 系统程序库	133
§ 8.1 引言	133
§ 8.2 WGQS 图形程序库中的基本功能子程序	134
第九章 卫星数字化云图的微机自动化处理显示及 应用	188
§ 9.1 卫星云图微机自动接收数字化处理及图象显示	189
§ 9.2 气象卫星数字化云图资料加工处理和诊断分析	193
§ 9.3 常规气象图形与卫星云图同化叠加处理方法	211
附录 1 AFDOS 系统微机屏幕气象图形样例	221
附录 2 英汉图形学词汇	225
参考文献	252

第一章 引 论

§ 1.1 现代天气分析预报技术的发展

最近10年来,气象科学技术发展很快。卫星大气探测与遥感技术;计算机在通讯及业务系统中的应用,数值预报业务的发展都取得较大进展。其中,分布在世界各地的国家气象中心、星罗棋布的地区级气象中心以各类计算机设备为核心的气象业务系统建设取得很大发展。表1.1列出几个国家气象中心的计算机系统设备的概况。

与此同时计算机的小型化、微型化,业务系统建设的微机化在国内外受到普遍重视。进入90年代后,微型机、图形工作站技术的发展对当前以天气图形为基础的天气预报技术发展带来重大影响。许多国家级气象中心,包括美国、欧洲中期预报中心、澳大利亚、日本等对微机图形、图形工作在气象业务图形图象的技术开发中都投入了较大力量。

欧洲中期预报中心研究了MAGICS天气图形软件系统,对中短期业务预报、海洋环流的图形显示、大气化学过程(如臭氧分布与变化)的研究有很强的表现能力。

美国CDC公司(Control Data Corporation)发展的AMIGAS(Advanced Meteorological Image and Graphics System)系统对多功能气象图形显示具有较强的功能。此外,DEC公司(Digital Equipment Corporation)在发展国际图形标准(GKS标准)上有许多新的技术发展。这些都为天

表 1.1 几个国家气象中心计算机系统及业务系统概况

气象中心	计 算 机 型	速 度	主 要 业 务 系 统
欧洲中期 数值预报中心	X-MP/48	MFLOPS*)	T ₁₀₆ L ₁₉ 全球谱模式
美 国	CYBER 205	940	L ₁₈ 全球谱模式
加 拿 大	CRAY X-MP/28 ETA-10/P	470 750	T ₅₉ L ₁₅ 半球谱模式
西 德	ETA-10/E	3429	T ₆₃ L ₁₉ 谱模式
法 国	CRAY-2		T ₇₉ L ₁₅ 半球谱模式
澳大利亚	CRAY X-MP/14	750	R ₃₁ L ₁₉ 半球谱模式
日 本	S-810/120	630	T ₆₃ L ₁₆ 全球谱模式
印 度	CRAY X-MP/14	235	R ₄₀ L ₁₂ 全球谱模式

*) 为浮点操作数, 单位兆/秒

气分析预报技术及业务系统的发展提供了基础。大约在今后10年中, 随着气象信息的成倍增加, 一个以计算机为中心的“气象系统工程学”正在迅速发展。其中资料加工、科学运算、气象图形化输出及显示尤其重要。

计算机科学的发展及其在气象中的应用, 使数值天气预报业务化成为现实。过去10年中, 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3天延长到6天。高水平的数值产品在天气预报中起到了重要作用。

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的一个新的发展趋势。

早在70年代初,就出现了初级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,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计算机的数值预报形势场分析结合起来,做出风、温度、降水及有关导航天气的预报,并由计算机直接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的。该系统在瑞典气象局运行使用了SAAB D21计算机(能力为每秒1千万次)。这个智能系统是最早的天气预报专家系统。由于系统对外部设备依赖性较大,因而难于推广应用。

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:进入系统的资料量大,内容丰富;卫星资料及常规资料,输出产品以图形(象)为主,气象数据转变成图形迅速;软件系统的灵活性及通用性,新一代人机对话系统对硬设备依赖性越来越小,甚至许多复杂任务,可以在不同型号个人计算机上完成。

1983年,V. E. Suomi等人推出第三代人机对话(Mcidas)系统,其功能在交互技术解决天气诊断分析预报问题上有较大发展。人机交互式天气资料处理系统、各类天气预报专家系统纷纷出现标志着天气预报技术正面临一场革命。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。以‘七五’期间重大业务建设项目中期数值预报系统为核心,

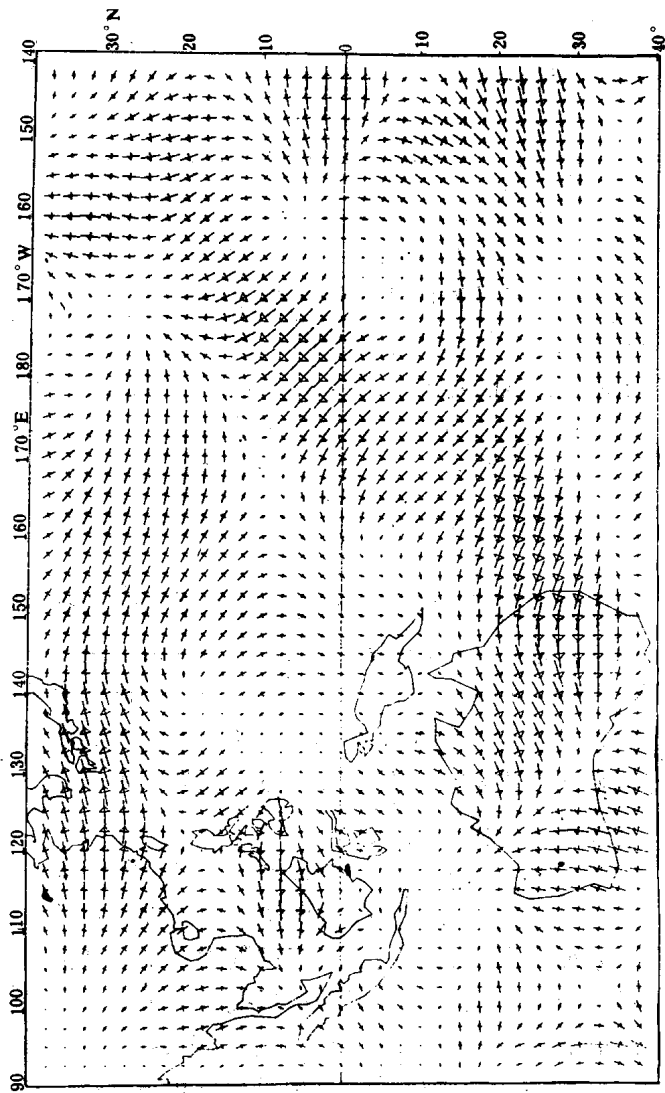


图 1.1 中央气象台 M-360 R 远程图形终端上显示的 100 hPa 风场分析图

国家气象中心正在引进和建立银河巨型机、SYBER 系列大型机、图形工作站系统。中央气象台在FACOM-360R机上自行开发研制了台风与热带环流分析预报及图形显示业务系统，首次在我国将高级远程图形终端引入天气分析预报中心——预报会商室。实现了百年台风路径快速分析检索、热带环流诊断的实时处理与自动化。图 1.1 是这个系统所给出的热带环流风场分析的例子。

国家气象中心与区域气象中心、省一级气象局之间气象信息、预报分析产品的传输与显示技术也有许多新的发展。国家气象中心研究设计的微机天气分析预报与资料处理业务系统 (AFDOS, Analysing, Forecasting and Data-processing Operational System) 是国家与省一级资料自动收集转发、数据处理和多功能天气图形显示综合业务系统。这

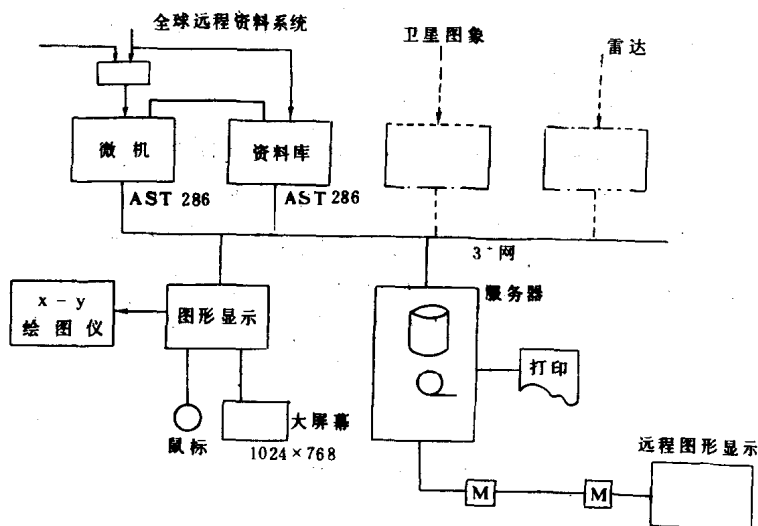


图 1.2 国家气象中心 AFDOS 系统结构

套系统在我国华北及其它各有关省区推广应用取得较好效果。它是我国自己开发研制的具有远程资料共享、天气图形种类齐全、调阅检索方便的一套微机人机交互系统。系统的结构如图1.2所示。

由图1.2可见，该系统由三个子系统组成，分别完成实时转报，实时资料建库及实时图形处理与显示。多台微机与3 Plus服务器连结，组成微机局地网，达到资料动态共享。目前省一级气象台可以直接从中央气象台的网络服务器上调用实时资料，并使用统一标准的WGQS图形系统，实时多功能显示国家气象中心、欧洲中期预报中心、美国华盛顿预报中心及日本气象厅的所有数值预报产品图形，还能调阅显示各种常规天气图、物理量分析图、温度对数压力图及剖面分析图等。于是，国家气象中心及包括国家气象中心收到的全球各大气象中心的数值产品能实时地在地方气象台以图形方式显示出来。大量的天气信息能迅速、准确、直观地提供给预报员。

计算机图形学发展十分迅速，它在其它领域中有着广泛应用。天气诊断分析与图形技术将会给天气预报技术带来显著变化，当前的计算机天气图形技术尚未脱离传统天气概念的影响，屏幕天气图形主要是对纸面天气图形的模拟。随着计算机图形技术的发展，传统的天气分析表达技术将有较大发展。多功能屏幕天气图的调阅将逐步取代传统纸面天气图资料的查阅；多维、时空同化的动态计算机屏幕天气诊断技术将大大发展。相应的天气分析预报、天气监测手段将会出现更大变化。人机交互技术及多维天气信息时空同化图形显示技术将把动力气象学、数值预报学、统计气象学、卫星气象学及预报决策技术的发展推向一个新的阶段。图1.3给出

国家气象中心AFDOS新系统的设备。



图 1.3 国家气象中心AFDOS系统

可以预见，未来的计算机天气图形将令人耳目一新。预报员在屏幕前，尤如宇航员在外层空间，可俯视大气结构发展变化，也可用屏幕多功能显示手段，监测大气中小尺度结构的细微变化。

§ 1.2 现代计算机图形学的应用

计算机能以最快的速度给出最美最准确的图形。计算机图形技术深入各行各业，几乎没有一个领域可以忽视它的作用。过去由于计算机图形设备昂贵及技术的复杂使其发展遇到一些困难。然而在今天，计算机技术发展迅速，图形技术已从科学研究走上业务应用阶段。人们已经看到，计算机图形技术广泛应用于工业、商业、建筑、教育、研究、训练及医学等部门。尤其值得重视的是，近年来随着航天技术、地

球科学的迅速发展，人类环境科学的研究领域愈来愈宽广。在与人类生活关系最密切的大气层的观测和预测研究中，计算机图形学将发挥其特有的作用。下面我们重点介绍现代屏幕图形图象技术在地学、气象学中的应用。

1. 现代屏幕图形描述的地球与地球大气

50年前，气象学家们发明了高空天气图和地面天气图，后来发展了空间剖面图等，人们用两维的纸面图形表达三维大气的结构取得了很好的效果。大气中的锋面、高空大气中的急流都是那个时代发现的。图1.4和1.5分别给出用空间剖面图揭示大气中的三维结构及高空急流的分布。

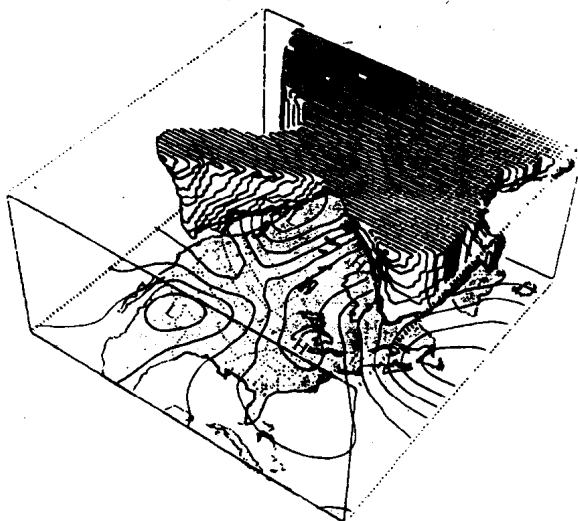


图 1.4 计算机三维图形可表示天气系统的三维分布特征

然而，人们居住生存的地球大气是一球形体，大气中多尺度运动与演变也是在一球坐标系统中发生的。在传统的纸

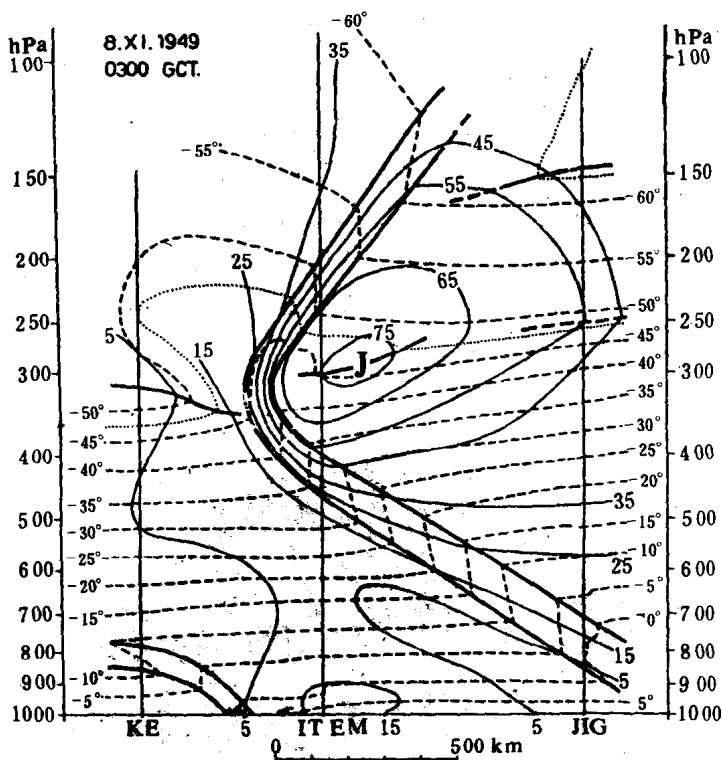


图 1.5 高空急流的分布特征 (1951)

面天气图上难以表达这样一个球坐标下地气系统的运动现象。因此，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，设法联想天气系统是一个复杂的三维的变化，以做出预报，这无疑是困难的。问题在于人们并非不了解地球是圆形的，数学家和数值预报专家也可以建立有相当说服力的表达大气运动的方程。然而，数学公式与人们易于直观感受的大气变化及其形象还有很大距离，图形与图象才是人类

感觉器官最易理解的客观形象。计算机图形学正是图形图象的直观感及其物理机制科学表达的结合与统一。地球的圆球形状（甚至准确到椭圆形状）、地球上的经纬度科学划分的透视感、地球大气运动状况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1.6给出了具有经纬度划分的地球形状透视图。图1.7给出了一个在低纬赤道地区的浅水波动的模拟图。天气分析人员不仅可以计算出浅水波动的波速：

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

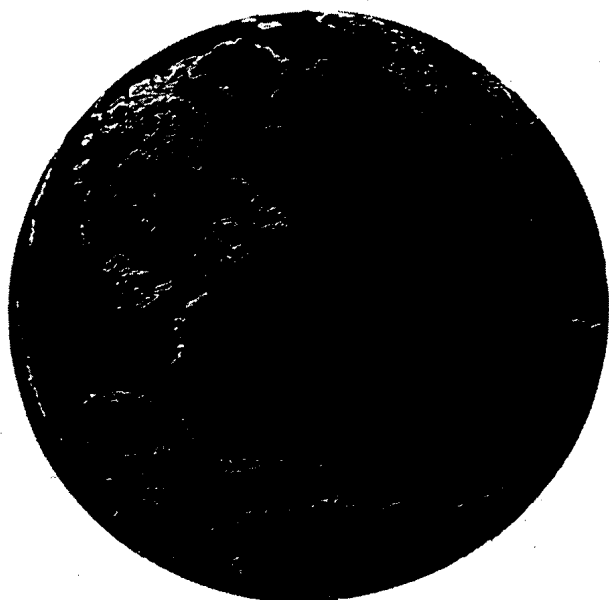


图 1.6 计算机绘图可以表达出地球的直观形象、经纬度及海岸廓线的透视投影图形

(其中 g 为重力加速度, $H = \frac{R_d T}{g}$ 为标准大气高度), 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征。

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。例如, 人们可以从宇宙飞船阿波罗号上俯视加勒比海飓风 Gladys 的情形。云与气压场的综合分布可从数字化云信息与数字化天气信息的科学诊断与合成分析中得到。图 1.8 就是这样一张同化分析结果。

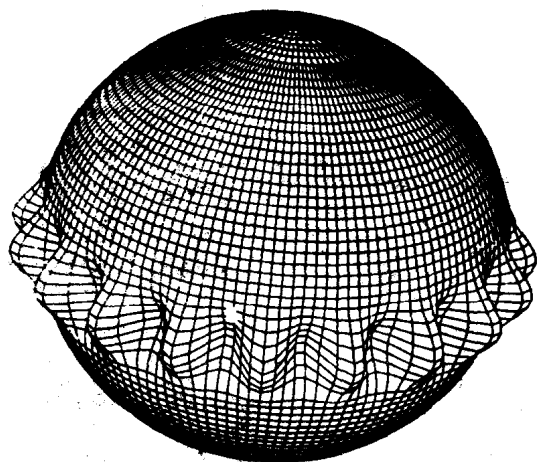


图 1.7 低纬大气波动的三维特征计算机绘图

数字化卫星云图与天气信息的同化合成技术是天气分析预报技术的新发展。国家气象中心中央气象台研制的图形同化系统可实时显示多种要素场与数字化卫星云图的同化合成结果, 并能进行动画显示, 以达到诊断天气系统的发展与演

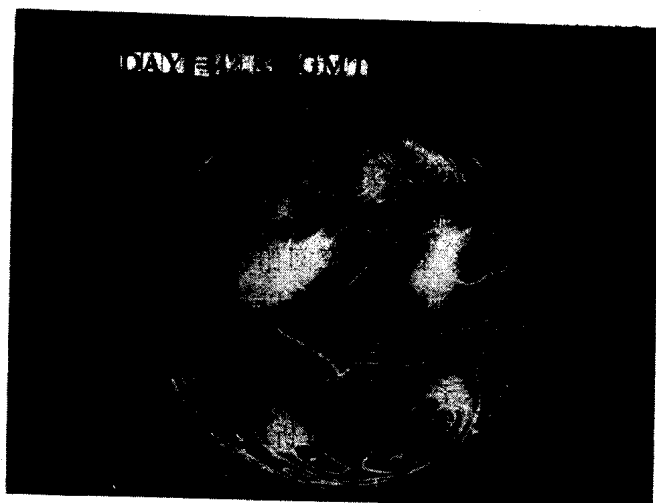


图 1.8 地球大气气压场与云场
分布的三维特征的叠加显示



图 1.9 国家气象中心 AFDOS 系统云
场与气压场(500hPa 高度)的叠加显示

变。图1.9是国家气象中心AFDOS系统的图形产品，给出一次寒潮冷锋天气的同化合成图像。

2. 屏幕图形的天气形势分析

屏幕图形完全可以实现或代替纸面天气图的各种任务和要求，包括填绘分析、标数值等，对于一张完整的北半球天气图仅需15秒（国家气象中心AFDOS系统），而人工分析至少需3小时（包括填图）。在计算机图形技术进一步发展的今天，对天气形势的分析已从二维发展到三维。图1.10给出的是一个地面天气形势与天气要素场的三维分布。由图可以清楚看到地面天气形势（高低压分布）的三维分布，给预报员提供了新的诊断信息。

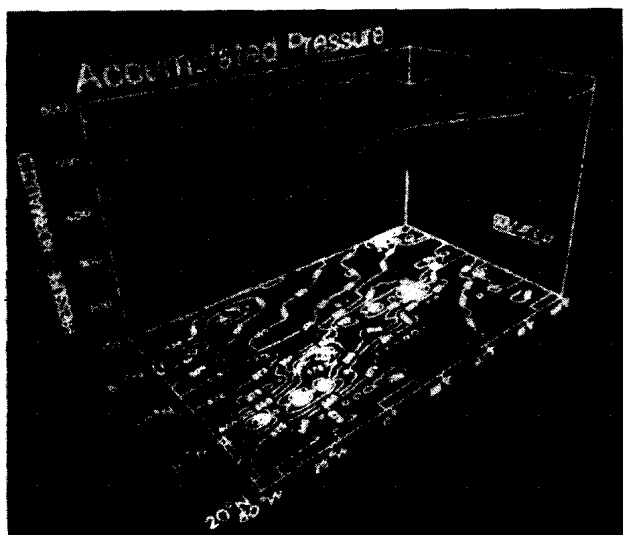


图 1.10 气压场三维分布的计算机绘图

3. 屏幕图形的天气剖面分析