

# 地面气象观测数据三维可视化技术研究

汤志亚<sup>1,2</sup>, 譙舟三<sup>1</sup>, 杨玲<sup>1,2</sup>, 王中科<sup>1</sup>

(1. 成都信息工程学院 四川 成都 610225; 2. 中国气象局 大气探测重点实验室 四川 成都 610225)

**摘要:** 针对气象观测数据更新速度快、数据量大的特点, 通过对气象数据采用 Shepards 预处理为离散栅格数据, 并对处理结果采用地图比例尺的优化策略, 结合 VTK( Visualization ToolKit) 将四川省地面气象观测文本数值数据用视觉观察的图像形式三维呈现, 使用户能够直观地对数据进行观察、分析和交互操作, 从而实现在平台上动态分层绘制大容量多组气象数据, 实现四川省地面气象观测数据的三维可视化显示。

**关键词:** VTK; 三维可视化; 气象观测数据; 动态绘制

中图分类号: P41

文献标识码: A

文章编号: 1672-3600(2014)09-0040-04

## The 3D visualization technology application of ground meteorological observation data

TANG Zhiya<sup>1,2</sup>, QIAO Zhousan<sup>1</sup>, YANG Ling<sup>1,2</sup>, WANG Zhongke<sup>1</sup>

(1. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. CMA Key Laboratory of Atmospheric Sounding, Chengdu 610225, China; )

**Abstract:** According to the ground meteorological observation data's characteristics of faster update speed and the larger amount of data, the discrete raster data that preprocessed results by Shepards method and combined with the optimization strategy of map scale, so we visualization the ground meteorological observation text data in the form of 3D image of Sichuan Province with the VTK ( Visualization the ToolKit) that users can intuitively observation, analysis and interactive operation the data. That system can dynamic, hierarchical visualization the large capacity ground meteorological observation data of Sichuan Province.

**Key words:** VTK; 3D visualization; the observation meteorological data; dynamic visualization

## 0 引言

气象预报关系到亿万人民的生活、国民经济的持续发展和国家安全, 对灾害性天气的预报和预防将会大大减少人民生命财产的损失。然而气象预报的准确性依赖于气象数据的获取, 以及对数据的处理和分析, 而气象预报业务所固有的及时性需求使得气象工作者必须能在短时间内从海量地面观测数据中获取有价值的信息。科学计算可视化将科学数据转变为图像, 将可视化技术应用于气象领域, 使得原本复杂、晦涩难懂的气象数据转化成了直观的二维和三维图像, 极大地帮助气象工作者分析气象数据和在短时间内作出准确的判断, 也使非专业人员能更加形象地了解各种气象观测数据的实际意义。因此, 面向气象数据的可视化技术具有极大的研究价值。

在气象数据可视化研究领域, Surfer 是国内外广泛应用于气象研究领域的数据可视化软件<sup>[1]</sup>, 但在使用 Surfer 进行数据可视化过程中, 一般是采用操作菜单项的方式, 逐项调整参数、处理数据, 使得对于大批量数据的可视化应用处理, Surfer 的逐项调整使得可视化效率较低。MICAPS( Meteorological Information Comprehensive Analysis and ProcessSystem) 是中国气象局开发的气象信息综合分析处理系统<sup>[1,2]</sup>, 是目前我国短期天气分析预报业务广泛应用的重要业务软件, 具有自动填图及气象信息显示功能, 但在空间数据叠加、缓冲区分析等研究各种空间实体及其相互关系的数据处理、分析功能上有些不足。北京大

收稿日期: 2013-12-17

基金项目: 2011 年国家自然科学基金面上项目: 灾害性天气雷达回波精细化结构探测的超分辨率反演研究( No. 41075010)

作者简介: 汤志亚( 1977-) 男, 河南商丘人, 成都信息工程学院讲师, 硕士, 主要从事气象探测技术研究。

学通过移植 Vis5D 软件而开发的 PC - Vis5D 虽实现了对五维矩形网格数据进行分析<sup>[3,4,5]</sup>,但其主要用于观察、分析各种地球科学(如气象、流体力学、石油勘探与开发、空间科学等领域)数值模拟输出的多维动态复杂数据集,对地面自动气象站观测数据可视化却少有涉足。因此开发操作简单、数据可视化处理效率高、各数据层可叠加可视化、专门针对地面自动气象站观测数据的可视化系统有重要研究意义。通过结合 VTK 将四川省地面自动气象站观测数据转变为既支持二维平面显示又兼顾部分数据三维显示的可视化观察的图像形式,从而使用户能够直观地对数据进行显示、分析、操作和互动的过程,克服以往二维显示或文本数值形式所带缺点,更便于用户对地面观测气象信息及时了解和进行预警准备具有重要研究价值。

## 1 VTK 简介

VTK 是美国 Kitware 公司(<http://www.vtk.org/>)推出的开放源码的软件系统,可用于图像处理、计算机图形学、科学计算可视化等领域。VTK 具有强大的三维图形功能,系统流(streaming)和高速缓存(caching)处理能力,使得系统在处理大量的数据时不必考虑内存资源的限制,并且支持基于网络的工具(如 Java 和 VRML);系统的设备无关性使其代码具有良好的可移植性;系统支持 Matlab 与 OpenGL 库,具有应用灵活、可视化效果逼真、速度较快等优点。

VTK 的数据流采用 Pipeline 机制(见图 1),几乎可以对任何类型的数据进行处理,并提供了许多相应的类对各种类型的数据进行转换或处理,开发人员根据所要处理的原始数据类型不同和所使用的算法以及所要达到的结果,可以设计和建立起自己的可视化流程,并由此选择不同的数据处理和转换的类,用数据通道将这些类连接起来,并可对可视化效果进行缩放、旋转、平移等多种交互操作。

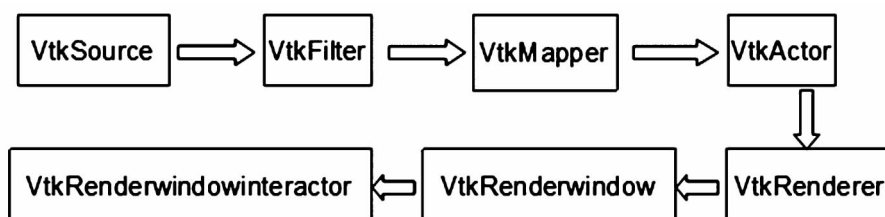


图 1 VTK 流水线的可视化流程图

## 2 可视化处理方案

科学计算可视化是运用计算机图形学和图像处理技术<sup>[6,7,8]</sup>,将科学计算的输出数据和一些其他领域通过观察测试生成的数据转换为图形和图像,最终在屏幕上显示出来并进行交互处理的理论、方法和技术。气象可视化是可视化的重要应用领域,大量的气象数据必须采用可视化方法,转化为图形、图像才能了解其内部的规律。科学数据的可视化是一个复杂的过程,与图形无关的科学数据到最后由像素点表示的图形,大致包括数据的生成、预处理、映射、绘制和显示,转化步骤见图 2。

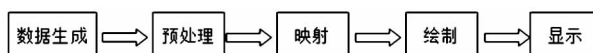


图 2 科学计算可视化流程图

### 2.1 气象数据预处理

目前我国地面气象观测数据为文本格式文档(如图 3(b)),为了将其转化为图形,需要对数据进行预处理。预处理过程是将地面气象观测数据的文本格式映射为计算机图形学要求的几何图素(如点、线、面)和属性元素(如流线、法向量等),以增强数据内部特征并转换为能被 VTK 可视化系统所识别。预处理后的数据格式使用了简单直观的栅格结构空间数据结构(如图 3(a))。栅格结构又称为网格结构或象元结构,是指将数据划分为大小均匀紧密相邻的网格阵列,每个网格作为一个象元或象素。栅格结构表示的是不连续的、量化和近似离散的数据,在栅格结构中,数据被分成相互邻接、规则排列的矩形方块。因此,栅格结构是以规则的阵列来表示空间地物或现象分布的数据组织,组织中的每个数据表示地物或气象现象的非几何属性特征。

本文以四川省 19 个观测站的地面气象观测数据为例进行了可视化的处理,所采用的数据来自网站(<http://www.isws.illinois.edu/warm/datalist.asp>)上提供的最大风速、平均风速、风向、总共降雨量(d/mL)、最高空气温度、最低空气温度、平均空气温度、最大相对湿度、最小相对湿度、最高土壤温度、最低土壤温度、各个地面观测站的经纬度坐标等 12 类实时数据。

在预处理过程中使用了 Shepards<sup>[9,10,11]</sup>插值方法插入和提取整个四川省范围内由 19 个监测站所构建的凸壳外部或内部的数据。按四川省地图边缘所包含拓扑结构划分 12 个纬度和 10 个经度的结构化网格数据保存形式,在空间纬度上则对应每个月的天数。预处理后数据包括 3-D 风向向量数据和 4 个标量数据分别是空气和土壤温度、降水量、相对湿度,并且在转换文件中每段数据均有特定名字,以便在 VTK 可视化时提取相应数据。其预处理后数据保存格式如下:网格结构:划分纬度数\*划分经度数\*每月天数 2 个矢量数据:网格拓扑结构和风向向量数据 4 个标量数据:空气温度、土壤温度、降雨量、相对湿度。数据特征:能处理任意区域的数据。

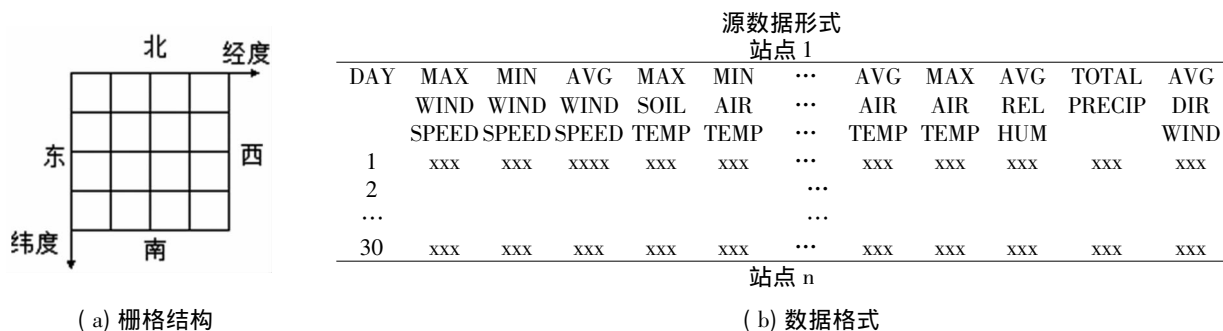


图3 数据特点示意图

## 2.2 分层数据可视化设计

为了实现对不同气象要素的独立或综合显示, 本文对地面气象观测数据可视化处理过程中设计了地图层、温度层、风向及风路径图和降水量与相对湿度层等数据分层结构, 每层数据都有独立的数据读取函数, 使用户通过系统界面能快速读取某年某月任一天数据, 并在可视化系统中为每分层数据增加了透明度调节功能, 以便使用户可以动态选择某一种数据或几种数据组合可视化效果。各分层结构设计如下:

**地图层:** 最底层的地图层就相当于一个平面, 类似于纹理映射原理, 在该系统中 6 种四川省地图可供选择, 为了采用更加直观的从左至右坐标、从纬度—经度、东—西的坐标方式, 并且针对具体地图其网格轮廓边缘坐标将通过内部插值计算得到, 预处理数据中网格结构的坐标是否与地图拓扑结构位置对齐与缩放尺寸大小将成为影响可视化效果的重要因素。所有地图均采用\*.jpg 格式, 其可视化相关的类有 vtkJPEGReader、vtkTexture、vtkPlaneSource。

**温度层:** 是一个与四川省地图轮廓结构类似由温度数据确定的网格结构的多边形平面区域, 根据输入的温度数据为空气或土壤温度加以着色, 随着温度增加颜色从紫色逐渐变红, 用户还可以通过温度轮廓线调节温度层数据颜色和显示透明度。该层数据可视化用到如下类: vtkStructuredGridReader、vtkLookupTable、vtkScalarBarActor、vtkStructuredGridGeometryFilter。

**风向及风路径层:** 为了更好的表示网格结构中每个点的风向及风强度我们使用 vtk 中的 vtkHedgeHog 生成一系列三角锥矢量来替换传统线矢量。采用 Runge - Kutta 方法求解多项式得到的流线来表示风的路径, 流线粗细表示风速大小。同时也分别为网格节点风向和流线增加透明度调节功能。vtkHedgeHog、vtkConeSource、vtkGlyph3D、vtkRungeKutta4、vtkStreamLine、vtkTubeFilter 上述类将被使用。同时, 系统处理时将数据观测站位置设置为种子点, 完成了风路径流线微分方程的计算。

**降水量与相对湿度层:** 本层降水量采用矩形杆, 相对湿度采用颜色编码方式实现。降水量最小值为 0mm, 相对湿度范围为 0% - 100%。vtkCubeSource、vtkProgrammableGlyphFilter、vtkExtractGrid、vtkScalarBarActor、vtkLookupTable 上述类是该层可视化核心类。

## 3 气象数据可视化效果及分析

本文通过 VTK 可视化工具包和 VS2008 软件, 开发了基于 VTK\_MFC 地面自动气象站观测数据可视化系统, 其可视化效果如图 4 所示, 该系统真正意义上实现了气象数据三维可视化效果, 不再是简单的二维色彩映射或数值显示, 并且具有显示效果直观形象、操作简单等特点。本文开发的可视化系统主要包括数据预处理模块和可视化模块两部分, 预处理模块实现气象数据格式转换, 可视化模块实现空气和土壤温度、风向、降雨量、相对湿度 5 种数据二维或三维显示工作, 并且增加有强大交互功能, 可以实现对四川省某一数据的单独显示或多种数据综合显示(如图 5), 同时还有旋转、平移、放大与缩小功能。该系统具有较快的处理速度, 对 19 个监测站一个月的监测数据预处理时间能在 2 - 5 s 内完成, 可视化渲染响应时间也在 2 - 4 s 范围, 因此具有较强实用价值。

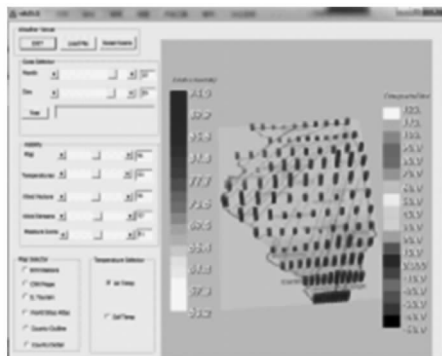


图4 可视化系统效果截图

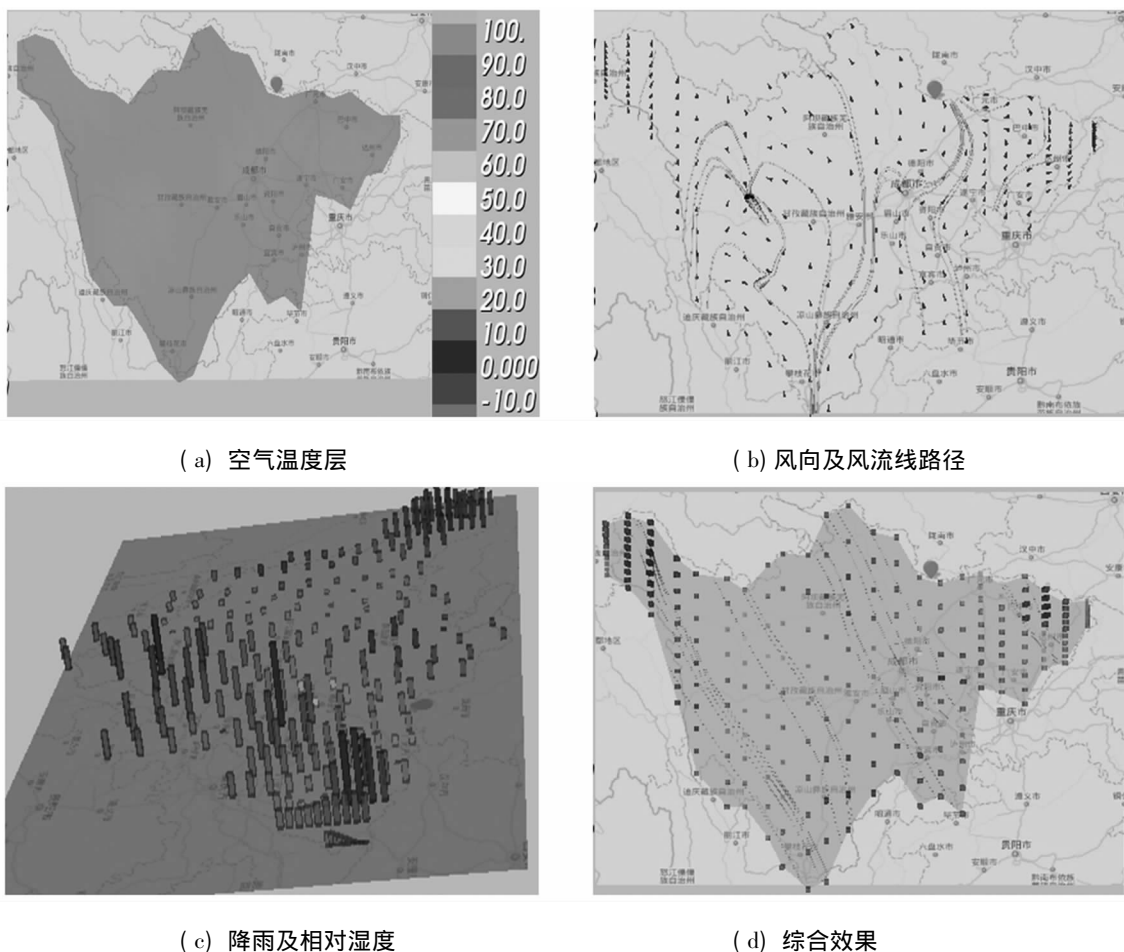


图4 四川省地面气象观测数据三维显示效果图(图中温度采用华氏度表示)

## 4 小 结

本文设计的地面气象观测数据可视化系统其效果形象、逼真,与用户的交互功能强,但是目前可视化的气象数据种类相对较少,在进一步的研究中希望能将地图层采用三维地图,将空气温度插值为三维空间数据立体方式呈现,同时增加更多的气象数据种类,以丰富该地面气象观测数据可视化系统,增强系统可用性。

## 参考文献:

- [1] 林伙海, 吴陈锋. 基于 surfer 8.0 实现雨量图形可视化[J]. 气象, 2006(7): 115-118.
- [2] 包胡萍. 气象自动站数据查询填图系统的设计与实现[D]. 电子科技大学硕士学位论文, 2009.
- [3] 郭旭. 气象数据管理与预报系统的设计与实现[D]. 东北大学硕士学位论文, 2008.
- [4] 肖强. 气象观测数据管理软件系统[D]. 电子科技大学硕士学位论文, 2007.
- [5] 向卫国. 基于 OpenGL 的气象可视化系统的设计与实现[D]. 电子科技大学硕士学位论文, 2005.
- [6] House D, Ware C, Ware C. On the optimization of visualizations of complex phenomena[C]. Proc. IEEE Visualization, Minneapolis 2005. 87-94.
- [7] House D H, Bair A, Ware C. An approach to the perceptual optimization of complex visualizations[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2006, 12(4): 509-521.
- [8] Ware, C. Towards a perceptual theory of flow visualization[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2008, 28(2), 6-11.
- [9] ION COZAC, SHEPARD METHOD - FROM APPROXIMATION TO INTERPOLATION[J]. MATHEMATICA, Volume XLVIII, Number 2, June 2003.
- [10] 廖顺宝, 李泽辉. 气温数据栅格化中的几个具体问题[J]. 气象科技, 2004(5): 352-356.
- [11] 刘峰. 应用 Kriging 算法实现气象资料空间内插[J]. 气象科技, 2004(2): 110-115.

【责任编辑: 王军】