

# 极光全天空图象处理和分析系统的软件开发<sup>1</sup>

田 玮 杨惠根\* 金亚秋 刘瑞源\*

(复旦大学电子工程系 上海 200433)

\*(中国极地研究所 上海 200129)

**摘 要** 本文介绍我国在视窗环境开发的极光全天空图象处理和分析软件, 该软件在对图象精确定位和极光全天空图象到地磁坐标平面展开的基础上, 实现了在微机对极光形状、位置、运动、强度等极光物理信息的定量提取。

**关键词** 极光, 地磁坐标, 数字图象处理, 全天空图象变换

**中图分类号** TP391.4, TN911.73

## 1 引言

地球磁场南北极区的特殊位形使太阳的大部分粒子辐射和日地物理的各种耦合过程集中于极区。极光是这些过程所产生的唯一能为肉眼所见的自然现象。近年来, 随着极光观测数据逐渐增加, 由极光图象反演其背后的日地物理耦合过程和地磁场结构, 成了极区日地物理研究的核心课题。

极光观测研究包括两部分内容: 观测手段的改进和观测数据的分析。极光观测手段经历了目测、摄影、分光计以及全天空摄影几个阶段。全天空摄影由于其大空间观测范围(对 100km 电离层高度具有 600km 有效观测半径)、高时间分辨率(1/30s)以及各种高新技术的应用而成为目前极光观测的首选设备。而对于极光全天空图象观测数据, 必须定量提取有关极光形状、位置、运动、光强等方面信息。它要求: (1) 全天空图象的中心、半径、方位角都需要精确定位; (2) 一般物体按地心引力方向沉降, 采用地心坐标参考, 而极光粒子沿地球磁力线沉降, 通常需采用地磁坐标参考; (3) 鱼镜头各部分象差不一致, 需进行图象校正。1994 年, 设在日本东京的世界极光数据中心开发了一套建立在大型机和工作站网络上的功能相对齐全的事后分析系统<sup>[1]</sup>。

我国保持着世界上最早的极光记录, 但由于地理位置的关系, 直到最近才在南极中山站开展极光的系统观测研究。中山站的地理位置对于观测极光有着较好的条件, 那里装备了由日立和 NHK 放送技术研究所最新开发的 HARPICON 全天空电视摄影机 SK-H5(最大感度为 260lux)。本文介绍在参照世界极光数据中心极光分析系统的基础上我国极光研究在视窗环境开发的一个计算机分析系统, 由于该系统建立在微机上, 使得极光数据的现场分析成为可能。

## 2 极光图象的数据档案

在极区利用全天空电视摄影机对极光进行摄影记录, 事后分析时利用视频图象采集卡按一定的采样率将连续观测数据离散化(时域上将动态图象离散化为一组静态图象, 光强幅度上将模拟信号离散化为 256 级灰度)。

为索引的方便, 本系统能为每组图象数据建立数据档案。档案信息包括项目名称、观测站名、观测日期、起始和终止记录时间、图象总数、采样率、索引信息以及后面的定位参数和地磁坐标参数。每组图象数据都具有方便的浏览、查阅和编辑功能。鉴于人眼对彩色较之灰度更

<sup>1</sup> 1995-07-18 收到, 1995-12-11 定稿

灵敏, 提供了 256 级灰度显示模式以及按色温选取的伪彩色显示模式. 为方便图象间的比较, 提供了连续四幅图象显示模式.

### 3 全天空极光图象的定位

对于一次观测的数据, 圆形的全天空图象在摄象机矩形区域中的中心位置、半径和方位角都需要准确定位, 这是地磁坐标投影和展开的基础.

中心和半径可通过屏幕显示反复调节达到最佳. 方位角的确定以记录时刻观测点全天空视野中的星座为参考. 根据天文学知识, 利用记录时刻、观测点地理位置, 可计算出星座, 全天空分布. 将它与极光图象相比较从而可确定方位角. 方位角以地理北作参考.

### 4 极光图象在地磁坐标中的平面展开

地磁坐标的计算不像地心坐标那么简单, 它与日期时刻有关, 本系统采用目前公认的国际地磁参考场模型 IGRF<sup>[2]</sup>(International Geomagnetic Reference Field). 值得一提的是, 地磁坐标的计算量很大, 过去一般都在大中型机上计算, 随着微机的发展, 现在高档微机已能满足计算的需求.

地磁坐标的平面展开分两步:

**4.1 地磁坐标网格的投影** 由于全天空图象可在地心坐标定位, 固定的地心坐标很容易投影到全天空图象上, 因此利用地磁坐标与地心坐标的转换表, 可以方便地将地磁坐标投影到全天空图象上. 观测点视野的地磁坐标范围是已知的, 由于计算量的限制, 不可能将视野中每点的转换关系均计算出来. 将地磁坐标范围按步长分成许多规则网格, 计算出网格点在全天空视野中的位置, 便可将地磁坐标网格投影到全天空图象上.

极光一般出现在 100km 左右的电离层高度, 为节约计算量, 根据网格点的地磁坐标, 利用 IGRF 模型计算出该点在 0km 高度的地心坐标和在 100km 高度的地心坐标, 再线性修正到实际高度  $D(\text{km})$  处的地心坐标  $(x, y, z)(\text{km})$ , 而不是直接计算实际高度处的地心坐标.

$$(x, y, z)_{\Delta \text{km}} = (x, y, z)_{0 \text{km}} + [(x, y, z)_{100 \text{km}} - (x, y, z)_{0 \text{km}}] \times \frac{\Delta}{100}. \quad (1)$$

总的说来, 地磁坐标网格的投影过程可归纳为下述过程:

地磁坐标网格点  $\xrightarrow{\text{IGRF}}$  地心坐标中的网格点  $\xrightarrow{\text{投影}}$  全天空视野.

**4.2 平面展开** 地磁坐标网格平面展开示意如图 1 所示.

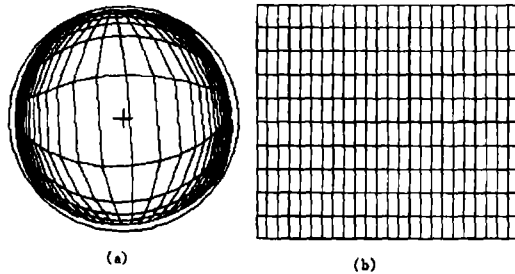


图 1 地磁坐标平面展开示意图

(a) 一个实际的地磁坐标网格, (b) 平面展开后的地磁坐标网格

该展开可理解为图象的双二次变形校正<sup>[3]</sup>(示于图 2)，原图包含许多不规则四边形图象，目的是将每一个不规则四边形图象校正为大小相同的矩形图象。坐标变换关系为

$$\left. \begin{aligned} x &= a_{11}X + a_{12}XY + a_{22}Y + a_{00}, \\ y &= b_{11}X + b_{12}XY + b_{22}Y + b_{00}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

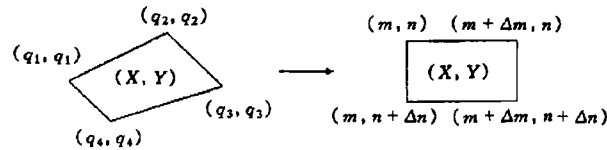


图 2 图象双二次变形校正示意图

利用待定系数法，有

$$\left. \begin{aligned} a_{12} &= \frac{p_3 + p_1 - p_2 - p_4}{\Delta m \Delta n}, \\ a_{11} &= \frac{p_2 - p_1}{\Delta m} - a_{12}n, \\ a_{22} &= \frac{p_4 - p_1}{\Delta n} - a_{12}m, \\ a_{00} &= p_1 - a_{11}m - a_{12}mn - a_{22}n; \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} b_{12} &= \frac{q_3 + q_1 - q_2 - q_4}{\Delta m \Delta n}, \\ b_{11} &= \frac{q_2 - q_1}{\Delta m} - b_{12}n, \\ b_{22} &= \frac{q_4 - q_1}{\Delta n} - b_{12}m, \\ b_{00} &= q_1 - b_{11}m - b_{12}mn - b_{22}n. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

为避免图象出现空洞和麻斑(象素点非一一映射)，变形图象校正时不是将  $(x, y)$  中的象素转换成  $(X, Y)$  中的象素，而是根据  $(X, Y)$  中象素点的坐标，利用 (2),(3) 两式得到该象素在  $(x, y)$  中的坐标，进而完成变形图象的校正。

图 3 是一个实际的平面展开过程。

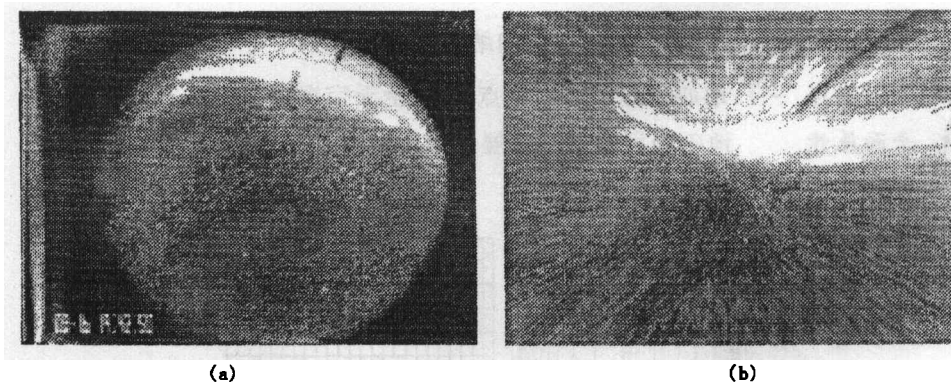


图 3 一个实际的平面展开过程  
(a) 全天空图象, (b) 平面展开图象

## 5 信息提取

在完成了全天空图象的定位和在地磁坐标系中的平面展开后, 可以很方便地定量提取各有关信息:

- (1) 极光形状 给定光强门限, 显示强度高于门限之上的象素点, 便可提取极光的形状.
- (2) 极光出现的位置 给定光强门限, 强度高于门限之上点的强度加权几何中心, 即为极光出现的位置.
- (3) 极光运动信息 绘出一系列极光出现的位置, 即得极光的运动信息.
- (4) 极光强度信息 由于图象的数字化, 图象中任何一点的强度信息均可得到.
- (5) 南北极的磁共轭分析 同一时刻, 在地球南北极的一对地磁共轭点上, 将看到相似的极光图象, 可以对它们的形状、位置、运动和强度进行定量对比研究.

## 6 结 论

本文介绍了在视窗环境开发的极光全天空图象处理和分析软件. 该软件在对图象精确定位和全天空图象地磁坐标平面展开的基础上, 实现了极光形状、位置、运动、强度信息的定量提取, 功能上已能与世界极光数据中心的系统相比拟. 它的开发成功, 为我国开展极光研究提供了图象数据定量分析的手段, 同时系统的微机化使极光数据的现场分析成为可能.

## 参 考 文 献

- [1] Hirokazu Minatoya, *et al.* Development of image data processing system for the conjugate auroral TV data. *Nankyoku Shiryo (Antarctic Record)*, 1994, 38(2): 113-147.
- [2] IAGA Division I Working Group 1. International Geomagnetic Reference Field Revision 1987. *IAGA News*, 1987, 26: 87-92.
- [3] Yaun Y Tang, Ching Y Suen. Image transformation approach to nonlinear shape restoration. *IEEE Trans. on SMC*, 1993, SMC-23(1): 155-172.

## DEVELOPMENT OF AN ALL-SKY AURORAL IMAGE PROCESSING AND ANALYZING SOFTWARE

Tian Wei Yang Huigen\* Jin Yaqiu Liu Ruiyuan\*

(*Fudan University, Shanghai 200433*)

\*(*Polar Research Institute of China, Shanghai 200129*)

**Abstract** An image processing system under MS-Windows environment has been developed on micro-computer in order to facilitate the data analyzing of all-sky auroral image recorded in polar region. The system has realized: information extraction of aurora's shape, position, motion and brightness on geomagnetic coordinate.

**Key words** Auroral image, Geomagnetic coordinate system, Digital image processing, All-sky image transformation

田 玮: 男, 1969 年生, 博士生, 现从事电路系统 CAD 及信号处理研究.

杨惠根: 男, 1965 年生, 博士, 现从事空间物理研究.

金亚秋: 男, 1947 年生, 教授, 博士生导师, 现从事电磁波散射传输和遥感研究.

刘瑞源: 男, 1942 年生, 研究员, 现从事空间物理研究.