

改进的静止卫星云图软件处理系统

郑永光¹ 陈 炯¹ 朱佩君²

(1 国家气象中心,北京 100081; 2 浙江大学地球科学系)

提 要: 静止卫星云图是科研业务工作的重要观测数据。在静止气象卫星更新换代的背景下,旧版静止卫星云图处理系统已经不能适应处理新数据的要求。文章简要介绍了改进的静止卫星云图软件处理系统的新数据接口与新功能。新软件能够兼容的数据包括 9210 下发的多种类型 AWX 格式卫星资料,GPF (Geostationary-satellite Project File) 格式资料,HDF5 格式云图资料,北京大学存储的 GMS-5、GOES-9、MTSAT-1R 等资料;新功能包括云图动画、云图通道切换、客观分析诊断、等值线图、流线图、格点矢量图、云图的增强显示、通道间计算、TBB/反射率等值线图、TBB 统计、卫星数据格式转换等。

关键词: 静止卫星云图 观测数据 软件

Updated Software of Geostationary Satellite Image Processing System

Zheng Yongguang¹ Chen Jiong¹ Zhu Peijun²

(1 National Meteorological Center, Beijing 100081; 2 Department of Earth Sciences, College of Science, Zhejiang University)

Abstract: Cloud imagery obtained by geostationary satellites plays an important role in the meteorological research. "Software of Geostationary Satellite Image Processing" on Windows can implement the research with great efficiency and speed. Due to the geostationary satellites updated, the old "Software of Geostationary Satellite Image Processing" cannot read the data observed by the new satellites. In this paper, the new data interface and functions of this software are introduced. The new data that can be processed by this software include multi-types of satellite data transferred by 9210 communication project, "GPF (Geostationary-satellite Project File)" files, "HDF5" files, GMS-5, GOES-9 and MTSAT-1R data stored in Peking University. The new functions are as follows: animation of satellite images, channel switch, objective analysis and diagnosis for conventional data, contour maps, streamline maps, grid vector maps, display of

enhanced satellite images, calculation between two channels, TBB/albedo contour maps, statistics of TBB, and conversion of the different format satellite files.

Key Words: geo-stationary satellite images image processing software

引 言

静止气象卫星又称为地球同步气象卫星,可以大范围地观测天气系统,由于其时间、空间分辨率较高,可以达到 1 小时到半小时甚至 15 分钟的时间分辨率、1km 左右的空间分辨率,从而可以观测与监视中小尺度天气系统以及追踪云与水汽的运动而获得风,因此静止气象卫星的可见光、红外、水汽云图等都广泛地应用到了天气监测及分析与预报中^[1-3]。由于 MICAPS 1.0 版的卫星云图文件不具有通用性,赵苏琦等^[4]采用“shell”函数调用 MICAPS 操作程序、用剪贴板“抓”图和直接转换卫星云图文件数据等方式生成 BMP 格式位图供科研使用。北京大学大气科学系曾经在 Windows 操作系统上开发了一个静止卫星云图处理软件来处理 GMS-5 卫星云图资料,并能把红外云图转化为科研人员需要的量化 TBB 等值线图形来方便中尺度天气系统的分析与研究^[2-3]。傅口珊等^[5]用 MATLAB 编程将 9210 下传的每小时 1 次的 TBB 资料转换成图像文件,其开发的实时显示系统具有动画、统计和单点显示等功能。

静止气象卫星的发展非常迅速。中国在成功发射 FY-2A(风云 2 号 A 星)与 FY-2B 星基础上于 2004 年 10 月 19 日成功发射 FY-2C 卫星,这是中国的第一颗业务型静止气象卫星。2006 年底 FY-2D 静止气象卫星成功发射,形成双星业务运行在轨备份的状态。日本在 GMS-5(Geostationary Meteorological Satellite 5, 第 5 代地球静止卫星)静止气象卫星基础上于 1999 年 11 月 15 日发射 MTSAT-1 (Multi-functional Transport

Satellite,多功能传输卫星)静止卫星,但由于火箭爆炸而失败;MTSAT-1R (MTSAT-1 Replacement)于 2005 年 2 月 15 日成功发射,MTSAT-2 于 2006 年 2 月 18 日发射升空作为 MTSAT-1R 的备份卫星;在 2003 年 5 月到 2005 年 6 月日本使用美国的 GOES-9 (Geostationary Operational Environmental Satellite 9, 第 9 代地球静止业务环境卫星)卫星进行气象观测。

随着静止卫星探测性能的提高,新发射卫星资料的存储格式也不同于旧卫星资料,旧版“静止卫星云图处理软件”已经不能适应新卫星资料的需求。由于旧版静止卫星云图处理软件不能进行云图动画、也不能叠加显示格点资料,其功能受到较大的限制,因此需要对旧软件进行改进以适应新的科研业务需求。改进的软件操作界面见图 1。

“静止卫星云图处理软件”使用 Windows 下的可视化开发工具开发,可以运行在微软 Windows 2000/XP 操作系统下,采用多文档界面。目前软件主要应用在北京大学大气科学系、国家气象中心预报系统开放实验室等单位。

1 软件改进原则

在软件的改进过程中主要考虑的原则是提高算法质量与效率,软件操作方便简捷,能够兼容多种数据以适应科研工作的需要。

算法改进主要是为了提高算法的可靠性、效率与显示效果,主要包括等值线生成、等值线标值、图像动画等算法的改进。操作方便简捷主要包括提供多种途径实现一种操作,并提供操作的快捷方式(提供快捷键或者

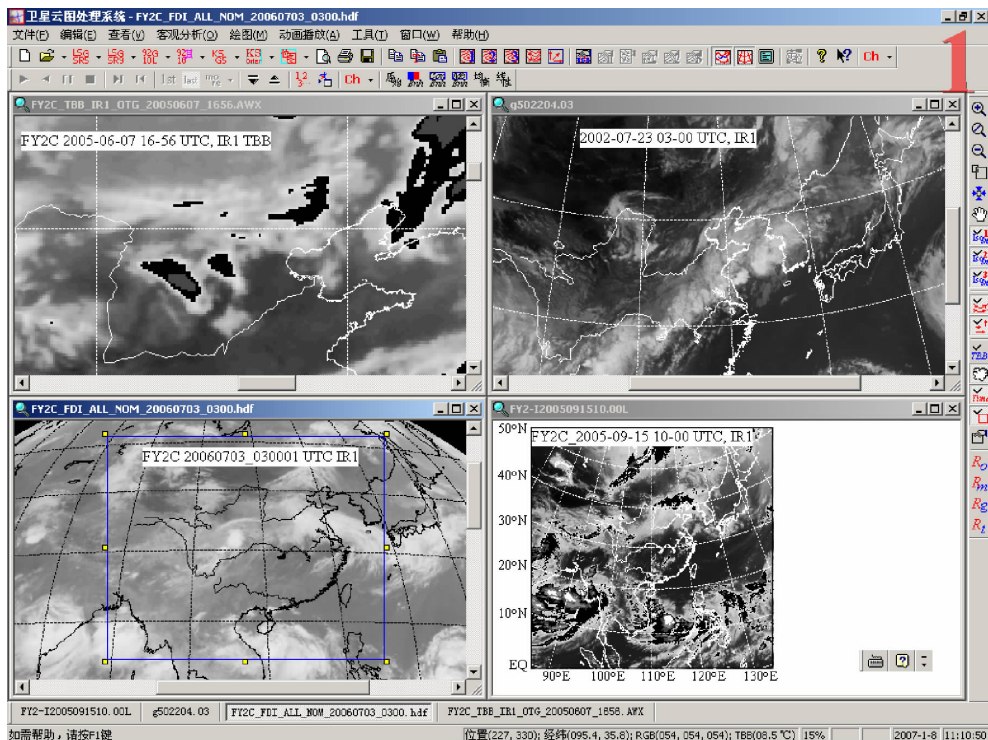


图 1 改进的静止卫星云图软件处理系统操作界面

(图中不同的窗口打开不同格式的红外云图,左上角为 FY-2C TBB 产品以对流增强红外云图方式显示,右上角为北京大学存储的 GMS-5 红外云图,左下角为 FY-2C 标称圆盘红外云图,右下角为 9210 下发的 Lambert 投影 FY-2C 卫星增强红外云图)

工具条按钮等)。比如卫星云图动画可以直接打开多个文件,也可以从菜单中选择添加云图文件来实现;卫星云图通道的选择即可以在菜单条中实现也可以在工具条上实现,非常容易操作;新版软件既可以快速的查看红外云图的亮温等值线分布,也可以对某一感兴趣的区域进行裁剪输出等值线格点文件,进一步加工亮温等值线图形;在查看图像方面,既可以适合窗口显示,又可以选择裁剪区域显示,也可以选择矩形区域放大到整个图形窗口等。由于科研工作的需求,资料的来源可能是多样化的。软件能够读取多种卫星资料格式。

2 数据接口

为了适应新的卫星资料,软件对数据接

口部分进行较多的改进,包括卫星数据以及常规探测数据、其它网格数据接口。

2.1 静止卫星数据

改进的软件能够读取的卫星数据包括国家卫星气象中心下发 AWX(AWX 是指由国家卫星气象中心所生成的卫星产品)格式的多种类型静止卫星云图资料与 TBB 产品,国家卫星气象中心存储的 HDF 格式标称圆盘图像资料,北京星地通公司“静止气象卫星资料处理系统”存储的 GPF 格式资料,北京大学大气科学系存储的 GMS-5、GOES-9、MT-SAT-1R 格式资料,日本 KoChi 大学存储的 GMS-5 与 GOES-9 资料。软件也能够兼容多种格式的图像文件,比如 GIF、JPG、PNG、TIF、BMP、PGM 等。

国家卫星气象中心下发 AWX 格式的静

止卫星资料的观测卫星主要有 FY-2C、FY-2D、MTSAT-1R、METEOSAT 等,此外还下发 FY-2C、FY-2D 与 MTSAT-1R 的合成图像。资料的通道主要包括红外 1、红外 2、水汽、近红外、可见光共 5 个通道。根据资料覆盖的空间区域不同,目前下发的资料主要包括如下几种地图投影类型:兰勃托(Lambert)正形投影、麦卡托(Mercator)正形投影、经纬度网格、圆盘图等;有高分辨率与低分辨率资料。

北京星地通公司“静止气象卫星资料处理系统”存储的的投影文件扩展名为 GPF (Geostationary-satellite Project File 三个单词的开头字母),文件由三个部分组成:投影数据头、定标表、通道数据。

HDF5 (Hierarchical Data Format 5)为美国 NCSA(The National Center for Super-computing Applications)开发的一种自描述文件格式,目前得到广泛的应用。通过国家卫星气象中心的遥感资料信息网可以获得标称 FY-2C、FY-2D 与 MTSAT-1R 圆盘图,其存储格式为 HDF5。HDF5 文件的读取可以通过 HDF5 函数库来实现。

北京大学存储的 GMS-5 与 GOES-9 格式基本一致,所有通道数据存储在一个文件中,包括头文件与云图数据,云图数据每一像素存储为 1 个字节。地图投影方式采用等积 Lambert 投影。GOES-9 比 GMS-5 多了一个近红外通道,亮温、反射率与灰度值的换算关系不同。北京大学 MTSAT-1R 数据文件也基本与 GOES-9 格式一致,但为了适应 MTSAT-1R 卫星观测灰度级别的变化,每一个像素灰度值存储为 2 个字节。

2.2 常规观测资料

为了实现常规观测资料的分析结果与云图叠加显示,在北京大学原有客观分析诊断图形系统^[6-7]的基础上,在新版卫星云图处理软件中实现了常规观测资料的客观分析。客

观分析可以支持的数据格式包括原始报文格式与 MICAPS 填图数据格式以及自定义的通用数据格式。这些数据经过客观分析之后可以方便地叠加到静止卫星云图上显示。

2.3 格点资料

新软件实现了格点资料与卫星云图的叠加显示。格点资料不仅是来自 2.2 部分的客观分析诊断物理量,也可以来自数值模式或者 NCEP 的分析数据。格点数据的数据格式采用 Surfer 软件^[6-7]的 GRD 格式。

3 软件主要功能的改进

3.1 卫星数据打开与保存

由于软件能够兼容多种格式的卫星资料数据,在旧版软件的基础上继续采用分类打开卫星资料的方法,主要区分为打开北京大学 GMS-5/MTSAT-1R 数据,打开北京大学 GOES-9 数据,打开 AWX/HDF 格式数据,打开 AWX 其它格式数据,打开 KoChi 大学卫星数据,以及打开图像数据等。

新软件数据的打开方式同旧版软件不同。旧版软件选择多个文件直接打开为多窗口显示,改进的软件打开多个文件直接形成动画序列播放。新软件中可以直接把动画序列直接保存为 PNG 格式位图,也可以批处理云图资料转换为 GIF 或者 PNG 格式位图。

2007 年 6 月 1 日起,FY-2D 卫星正式业务运行。国家卫星气象中心通过 9210 与 DVBS 等传输系统下发 FY-2C 和 FY-2D 双星低分辨率与高分辨率的 AWX 格式卫星资料。为了方便科研中使用最新的双星高时空分辨率的资料,新软件中增加指定文件路径与文件名称模板的功能来打开 AWX 格式数据。此功能可以直接打开最新数据文件,也可以打开指定最近多个时次的数据文件形成云图动画显示。

3.2 动画

前述已经提到直接打开多个文件就可以实现云图的动画播放。动画工具条进行播放、暂停、停止、动画时间间隔等动画控制,可以在动画序列中添加或者删除云图文件,也可以直接通过下拉菜单直接选择某一幅云图。

在动画顺序对话框中还可以把动画序列保存为索引文件,下次需要动画时直接打开索引文件即可,也提供了直接打开文件夹来选择云图动画序列的功能,云图的播放顺序直接以文件名从小到大的顺序进行。

3.3 客观分析诊断

新版软件添加了“客观分析”菜单项,可以直接在新版软件中实现常规观测资料的客观分析诊断功能,该功能同客观分析诊断图形系统^[6-7]的相应功能一致。常规观测资料经客观分析诊断后能够输出多个物理量格点数据与原始观测数据,用户可根据需要把某一气压层某一变量(包括涡度、散度、垂直速度、水汽通量、相当位温、位势涡度等各种诊断量)的等值线图或者流线图、矢量图绘制到云图上面。

3.4 格点数据叠加

不仅通过客观分析获得的格点数据场可以叠加到卫星云图上,而且 NCEP 的分析数据通过转换程序转换为 GRD 格式文件也可以叠加到云图上显示(见图 2)。

新版软件提供了 3 个等值线图叠加显示,即在一幅云图上最多能叠加 3 种等值线图;同时还提供了 1 个流线图和矢量图叠加显示功能,流线图与矢量图可以相互转换。

3.5 云图增强显示、通道间计算与 TBB/反射率等值线

旧版软件提供了一定的云图增强功能,

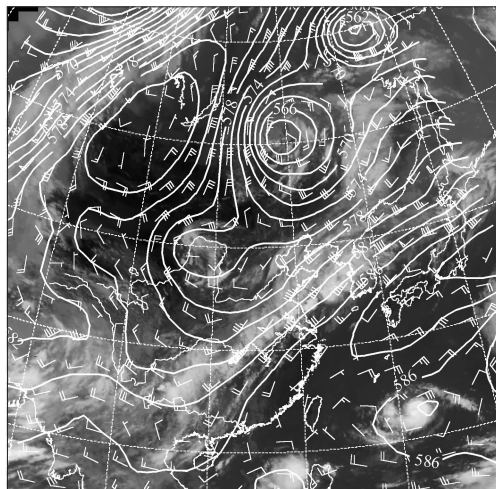


图 2 2002 年 7 月 23 日 03UTC 云图叠加 NCEP 分析的 00UTC 500hPa 高度场与风场

新软件进行了算法改进。新软件提供了一种新的从蓝到红的彩色增强方式,使得云图显示更能突出显示出较强的对流系统。对于红外云图还可以根据亮温对其进行对流灰度增强或者 MB 增强,以突出显示强对流系统或者台风系统。

对于水汽与可见光通道卫星数据由于原始对比度较小,以原始对比度显示的云图不方便用户区分不同的天气系统,因此需要对其增强处理。我们的处理方法是直接进行对比度扩展,可见光云图从 0~64 级灰度扩展为 0~255 级灰度,水汽云图从 180~250 级灰度扩展为 0~255 级灰度。这种增强方式也可以在软件中进行调整。

新软件提供了通道间计算的功能。通过此功能可以实线水汽通道与红外 1 通道、红外 1 与红外 2 通道之间亮温差值的等值线分布。水汽通道与红外 1 通道亮温差值可以用来判断具有上冲云顶的强对流,红外 1 与红外 2 通道之间亮温差值可以用来区分大气中的对流云与半透明卷云。

旧软件提供了 TBB 等值线输出的功能,这需要客观分析诊断图形系统或者其它软件

的支持才能绘制 TBB 等值线图形。新软件对此进行了改进,可以同云图图像一起叠加显示红外通道的 TBB 或者可见光通道的反射率等值线图,也可以进行填色显示。

3.6 TBB 统计

对有限区域的每一网格点统计其出现 $TBB \geq$ 某一阈值的频率是对某一地区对流系统的地理分布情况进行研究的一种重要科研手段。TBB 统计选项主要包括地理范围选择(可以在显示的云图中拉动一个矩形实现)、输出数据文件、TBB 统计的阈值、进行 TBB 统计的数据文件格式等。

图 3 给出了一个 $TBB \leq -52^{\circ}\text{C}$ 统计结果的示例^[8],该统计结果同根据北京地区地面气象站观测资料统计的雷暴日数分布相比较发现,二者在北京地区具有类似的地理分布特征^[8]。图 3 表明对流活动主要集中在三个区域^[8]。第一个区域深对流活动最活跃,位于该区域的东北山区,在北京密云县以北;第二个深对流活跃区域位于东南侧,属于渤海湾周边区域;第三个区域是北京西南侧的太行山麓,深对流活动相对前两个区域较弱。深对流不太活跃的区域主要位于北京的西侧及南侧,最不活跃的区域是北京西侧的官厅

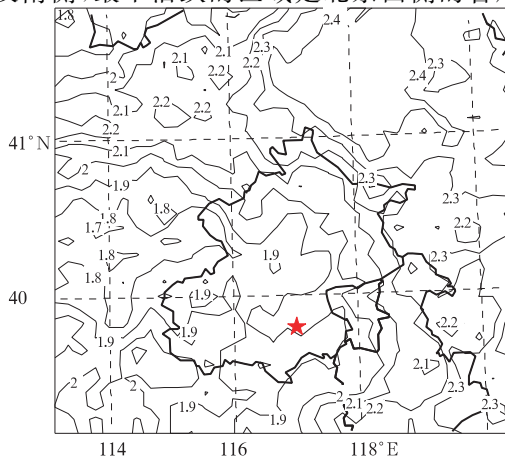


图 3 1997—2004 年 5—8 月北京及周边地区 $TBB \leq -52^{\circ}\text{C}$ 统计百分率^[8]

水库上游盆地,该地区位于山脉的西南风的背风侧。总之,在北京及周边地区,深对流活动山区多,平原和盆地较少^[8]。

3.7 卫星数据格式转换

现在由于多种卫星云图数据格式并存,不利于建立统一完整的数据集,因此进行卫星数据格式转换是必要的。新版软件提供了其它格式的数据向北京大学 GMS-5 格式进行转换的功能,利用此功能可以建立一个较为统一的红外数字云图数据集。例如,笔者在进行图 3 所示的对流天气统计时,就直接把部分北京大学 GOES-9 的数据转换为 GMS-5 格式,再进行 TBB 统计的。

此外,由于一个时次的 AWX 格式的卫星数据包含多个通道数据文件,软件可以把同时次同一卫星观测的多个单通道数据文件合成为一个多通道数据文件,也可以把多通道的数据文件重新拆分为单通道数据文件。

这种合成的多通道数据文件的优点是具有兼容性、可逆性与方便性。兼容性是指可以直接按照静止卫星资料 AWX 文件格式读取合成文件中存储的第一个通道的数据,因此可以直接兼容静止卫星资料 AWX 文件格式。可逆性是合成的多通道数据文件可以无损的拆分为单通道的数据文件,这种合成与拆分过程中是可逆的。方便性是指在处理同一时次的资料时,可以方便地读取到多个通道的数据,同时多个通道的数据存储在一个文件中可以减少磁盘中小文件的数量,方便 Windows 操作系统对文件的管理。

3.8 操作简化与参数设置

新版软件为了简化用户操作,在原有的标准工具栏基础上又增加动画工具栏与绘图工具栏,还增加了一个工具条可方便的切换各个云图窗口。在编辑功能方面除了复制图像的功能还增加复制标题文本功能。在图像

查看方面增加自由移动标题文本、标题文本 tip 显示与图像漫游功能,特别适合查看圆盘图等图像行列数较多的云图。

为了简化操作,新版软件提供了“设置...”菜单项,可以弹出软件设置对话框与 TBB/反射率等值线设置对话框。

4 总 结

静止卫星云图处理系统是在 Windows 操作系统下运行的科研工作不可缺少的工具软件,由于静止气象卫星的更新,旧版软件已经不能适应处理新发射卫星数据的要求,因此需要对软件进行改进。软件的改进主要表现在如下几个方面:算法改进;增加新数据接口,包括各种静止卫星数据文件以及常规观测资料、网格资料等;实现新功能,包括云图动画、云图通道切换、客观分析诊断、等值线图、流线图、格点矢量图、云图的增强显示、通道间计算、TBB/反射率等值线图、TBB 统计、卫星数据格式转换、单通道 AWX 文件合成单一多通道文件、操作简化与软件参数设置等。

改进的静止卫星云图处理系统软件使用更加方便、简捷,有利于提高科研工作的效

率;本软件也可以用于天气预报业务工作的实时云图显示中。

致谢:感谢李成才博士对读取北京大学存储云图资料的帮助。

参考文献

- [1] M J 巴德, G S 福布斯, J. R. 格兰特等编. 卢乃锰, 冉茂农, 刘健等译. 卫星与雷达图象在天气预报中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-30.
- [2] 王立琨. 静止卫星云图处理系统和 1998 年中国重大降水过程分析[D]. 北京大学硕士研究生学位论文, 1999: 1-35.
- [3] 郑永光, 朱佩君, 白洁, 等. Windows 下静止卫星云图处理软件[J]. 气象, 2003, 29(6): 16-21.
- [4] 赵苏琦, 赵芳文, 曹士民. MICAPS 卫星云图的二次开发[J]. 气象, 2000, 26(12): 36-37.
- [5] 傅昺珊, 岳艳霞, 李国翠. TBB 资料的处理及应用[J]. 气象, 2006, 32(2): 40-45.
- [6] 郑永光, 王洪庆, 陶祖钰, 等. Windows 下二维气象绘图软件——客观分析诊断图形系统[J]. 气象, 2002, 28(3): 42-45.
- [7] 郑永光, 陈炯, 王洪庆, 等. 一个气象数据分析绘图软件的设计与开发[J]. 应用气象学报, 2004, 15(4): 506-509.
- [8] 郑永光, 陈炯, 陈明轩, 等. 北京及周边地区 5-8 月红外云图亮温的统计学特征及其天气学意义[J]. 科学通报, 待发表.