

# 积雪监测方法的研究

杨丽萍, 乌日娜, 张存厚

(内蒙古生态与农业气象中心, 呼和浩特, 010051)

## 摘 要

结合 NOAA 卫星数据和地面雪深观测资料, 利用遥感与地理信息技术, 针对气象台站稀少, 分布不均匀的内蒙古地区制作雪盖图和雪深等值面图, 不但可以从水平方向上确定积雪的覆盖范围, 还可以从垂直方向上确定积雪深度的空间变化。监测结果对雪情的综合评价具有重要的应用价值。

**关键词:** 卫星监测; 雪深资料; 雪盖; 等值面

## 1 引 言

内蒙古地区是我国最大的畜牧业生产基地, 全区草地面积7880.58万 $\text{hm}^2$ , 占全国草地面积的20.06%。自东向西, 由草甸草原、典型草原逐渐向半荒漠草原和荒漠草原过渡。“白灾”是内蒙古草原牧区常见的、范围广且危害最为严重的冬春季自然灾害之一, 它可以造成大量牲畜饥饿、消瘦、甚至死亡, 并影响人们的正常生产和生活, 威胁人们生命财产安全, 严重制约着牧区社会及草原畜牧业的持续、健康、稳定发展。因此, 在地广人稀、气候条件恶劣的林区和牧区进行积雪监测显得尤为重要。针对内蒙古地区气象台站稀少, 分布不均匀, 气候情报不足的实际情况下, 结合NOAA卫星数据和地面雪深观测资料, 利用遥感与地理信息技术, 制作雪盖图和雪深等值面图, 为积雪的监测与分析提供了方便可行的方法。本文以2007年1月中旬NOAA卫星数据和内蒙古117个气象台站积雪深度观测资料为例, 简单说明二者相结合积雪监测方法的研究。

## 2 NOAA 卫星监测

### 2.1 监测原理

NOAA/AVHRR有5个探测通道, 其中通道1为可见光波段(0.58–0.68 $\mu\text{m}$ ); 通道2为近红外波段(0.725–1.1 $\mu\text{m}$ ); 通道3为中红外波段(3.55–3.95 $\mu\text{m}$ ); 通道4、5为热红外波段(分别为10.3–11.3 $\mu\text{m}$ , 11.5–12.5 $\mu\text{m}$ ), 其星下点分辨率约为1.1 $\text{km}^2$ 。

准确识别积雪是提取积雪定量参数的基础工作, 传统的NOAA系列卫星可以区分雪和地物(植被和土壤), 却难于准确区分云和积雪。NOAA-17卫星白天3波段从3.7 $\mu\text{m}$ 改为1.6 $\mu\text{m}$ , 而云和雪在1.6 $\mu\text{m}$ 波段上的反射差异, 对区分云和雪效果较好, 这为提高积雪参数反演的精度提供了可能。

### 2.2 积雪信息提取

本文采用阈值法, 统计分析多年有积雪覆盖的 NOAA-17/AVHRR 资料, 确定了适合于内蒙古地区的归一化积雪指数范围  $0.5 < \text{NDSI} < 1$ ; 通道1的反照率阈值  $40\% < \text{CH1} < 70\%$ ; 通道4的亮温阈

值 80K<CH4<280K, 选取 2007 年 1 月 11-20 日数据产品, 采用 10 天最大值合成法消除云的影响, 制作出雪盖遥感监测图 (见图 1, 图中白色为积雪覆盖区, 黑色为无雪区, 不反映林区积雪覆盖状况)。



图1 内蒙古地区2007年1月中旬雪盖遥感监测图  
Fig.1 Map of coverage of snow in Inner Mongolian area  
monitorecl by remote sening in mid-January, 2007

### 3 雪深观测资料监测

#### 3.1 ArcGIS 9和Surfer 8.0软件

ArcGIS 9 是由 ESRI 公司开发的具有强大空间数据管理和分析能力的软件, 是一个统一的地理信息系统平台。Surfer 8.0 是美国 Golden 软件公司生产的具有强大插值功能和绘制图件能力的软件, 可处理离散点资料、格点资料, 可以绘制等值线图, 且兼容部分地理信息软件的数据格式, 可与 ArcGIS 相结合, 叠加部分地理信息到等值线图上, 最终制作出完整的等值面图。

#### 3.2 雪深等值面的制作

##### 3.2.1 资料处理

本文选用 2007 年 1 月中旬内蒙古地区 117 个气象台站最大积雪深度观测资料, 并将数据处理成如下格式:

```
1181383.61  5601136.59  20
1440624.17  5389988.41  0
1047018.38  5417782.38  14
988068.51   5286653.99  16
1307862.05  5096031.24  5
.....
59734.67    4164582.12  0
```

其中第 1、2 列分别为站点经纬度 (大地坐标), 是由 Albers (等面积投影正反转换程序) 将经纬度转换成的大地坐标; 第 3 列为最大积雪深度值。处理完成后存为 .xls 格式文件。

3.2.2 数据网格化

利用空间内插方法可以得出地理要素在空间上的变化，等值线绘制优劣关键之一是空间内插法的选取。Surfer 8.0提供了加权反距离方法、克里格方法、最小曲率方法、改进谢别德方法、自然临点方法、最近临点方法、多项式回归方法、径向基函数方法、移动平均方法等12种插值方法。其中克里格方法是一种求最优、线形、无偏的空间内插方法，在充分考虑观测资料之间的相互关系后，对每一个观测资料赋予一定的权重系数，加权平均得到估计值。

本文利用 Surfer 8.0 软件，采用克里格方法对不规则分布的原始数据点进行插值网格化处理，生成在原始数据分布范围内规则间距的数据点分布，根据业务及分析的需要，将雪深分为九个等级（0cm、0-3 cm、3-6 cm、6-9 cm、9-12 cm、12-15 cm、15-18 cm、18-21 cm、>21 cm），生成.grd 格式文件，生成雪深等值线图（见图 2），并导出 ArcGIS 可转换识别的.shp 格式文件。

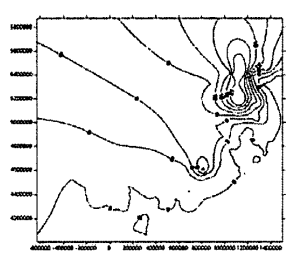


图 2 雪深等值线图

Fig.2 Lsogram of snow depth

3.2.3 等值面的生成

利用 ArcInfo Workstation 的 Arc 模块将.shp 格式等值线图转为.crg 格式，并将 1: 25 万内蒙古行政边界叠加到等值线图上。为了便于统计分析，拓扑成 polygon，生成等值面，在属性表里增加一个新字段，赋相应的雪深等级。利用 ArcMap 模块将等值面按不同雪深等级填充色标，标注相应值，并添加图例、经纬网格、指北针等要素，完整的雪深等值面图生成（见图 3，图例中由浅蓝色到深蓝色，表示积雪深度由浅到深）。

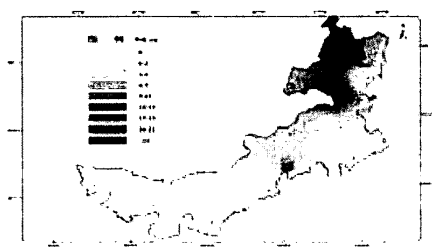


图 3 内蒙古地区 2007 年 1 月中旬雪深等值面图

Fig.3 Lsogram of snow depth in Inner Mongolian area in mid-January, 2007

## 4 结论

(1)从雪盖遥感监测图和雪深等值面图中都可以看出,积雪主要分布在我区的中东部地区,西部地区仅有少量积雪覆盖。结果表明:利用 NOAA-17 卫星遥感雪盖图与地面雪深等值面图监测积雪覆盖范围基本吻合。

(2)利用 NOAA 卫星监测积雪分布状况,可以从水平方向上确定积雪的覆盖范围,但受森林、低云和太阳天顶角等因素的影响,有时监测的雪盖范围偏小,要解决这些问题,还有待于今后进一步研究。

(3)Surfer软件对计算机硬件要求不高,成图过程非常简单,易于操作与掌握,与ArcGIS 软件结合使用,适用范围广,结果满足气象图形的要求,可推广到气象要素研究的各个领域,为数据的分析提供了有效的手段。

(4)利用 Surfer 和 ArcGIS 软件,制作雪深等值面图,可以从垂直方向上确定积雪深度的空间变化,还可以进行不同雪深等级对应覆雪面积的统计分析。但在局部地区插值产生的雪深值误差较大,这种误差产生的主要原因是内蒙古地区的观测站点分布稀疏,且空间分布不均匀所致。要获得更为精确和实用的雪深空间分布信息,下一步工作应侧重于设法获取更多的空间样本观测值,并考虑地形等影响雪深分布的因子。

(5)结合卫星数据和地面雪深资料,可以最大程度地弥补二者监测结果的不足,能够更精确地反映出积雪水资源在空间上的分布,对积雪状况综合评价具有重要的应用价值,为今后相关研究提供一个有效的方法和手段。

(6)本文仅是初步研究,更多功能将在应用中不断摸索。

## 参考文献

- (1)林建,范惠君.内蒙古雪灾监测方法研究.气象,2002,29(1):27-32.
- (2)郭锐,倾继祖.气象卫星资料对积雪的遥感监测与分析.遥感技术与应用,2000,12(4):237-240.
- (3)曾志雄,陈慧娴.如何使用Surfer 8.0画等值线图.广东气象,2006,8(3):64-65.
- (4)冯学智,柏延臣,史正涛,等.北疆地区积雪深度的克里格内插估计.冰川冻土,2000,12(4):358-361.