

# 不同典型区长城遥感比较研究

代晶晶<sup>1</sup>, 聂跃平<sup>2</sup>

(1. 中国科学院、教育部、国家文物局遥感考古联合实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘要:** 以东、西部地区典型地段的长城为研究对象, 分别从其光谱、形态、位置及周边环境等特征分析比较了二者在高分辨率遥感影像上的影像差异, 并探讨了造成这些差异的原因。

**关键词:** 长城; 北京; 榆林; 遥感

**中图分类号:** TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2008)01-0072-03

## 0 引言

运用遥感技术进行长城调查和研究, 具有很大的优越性。与传统野外测量方法相比, 其优越性主要体现在: ①效率高, 特别在普查阶段尤其如此; ②可以普查到每一个角落, 不至于发生大的疏漏现象; ③可以在室内进行, 大大减少野外考古的工作量; ④在人迹罕见的高原内部、丛山深处、沙漠中心以及水网密布的地区, 遥感考古方法更是不可替代的; ⑤老的遥感影像具有“资料性”的价值, 很多已经被后期自然侵蚀或人为破坏的古遗址, 都还保存在早期的遥感影像上, 可利用这些老的遥感资料找寻已经被平整掉的古遗迹。

近年来, 高分辨率商业卫星数据的发展为长城遥感研究提供了丰富的数据源。如 SPOT-5, IKONOS, EROS 和 QuickBird 都能提供 5 m 或更高分辨率的多光谱遥感数据。IKONOS 和 QuickBird 全波段数据分辨率分别为 1 m 和 0.61 m, 能满足测绘比例尺 1:5 万~1:1 万的制图要求。本文选取东部和西部地区典型地段的长城为研究对象, 以高空间分辨率遥感影像 SPOT 5 和 IKONOS 为数据源, 分析探讨了二者的差异。

## 1 研究区概况及数据源

### 1.1 研究区概况

东部地区选取的典型地段是北京地区的长城, 西部地区选取的典型地段是榆林地区的长城。目前, 北京地区的长城主要是明代所建, 西、北部的崇山峻岭为其修建提供了客观条件。北京现存长城约有 629 km, 分布在从平谷将军关入境以后的平谷、密

云、怀柔、昌平、延庆和门头沟 6 个区县。北京地区长城一般为砖石所筑, 城墙高几 m 到十几 m, 宽 5~6 m。北京地区的长城在通道险要之处设关城、塞堡, 加上坚固高大的墙体, 十分宏伟壮观。其中居庸关、八达岭、慕田峪及司马台等著名地段的长城闻名遐迩, 为研究方便, 研究中选取了慕田峪段长城(图 1)。



图 1 北京地区(慕田峪段)长城

榆林地区的长城主要也是明代长城, 在境内中部由东北向西南横贯。榆林境内现存的明长城是成化 8 年(1472 年)延绥巡抚都御使余子俊动用兵众 4 万人“依山形、随地势或铲削或筑垒或挑堑, 延引相接, 以为边墙”。东起清水营(府谷县北), 西至花马池(盐池县城), 全长约 600 km, 沿边建 34 堡(后增筑为 36 堡)。榆林市段, 东起大河塌乡海则沟村东, 西至红石桥乡长城峰村西, 蜿蜒 110 km<sup>[1]</sup>。长城墙、烽火墩、营堡均为夯土筑成。原长城墙一般高 6~8 m, 宽约 4 m, 烽火墩和戍楼一般高 8~10 m, 宽 6~8 m 不等。民国年以来, 长城上的砖逐渐被当地的群众拆去建房屋, 至 70 年代初拆除殆尽。现境内长城残垣断续相接, 一般残垣高出地面 4 m 左右(图 2)。

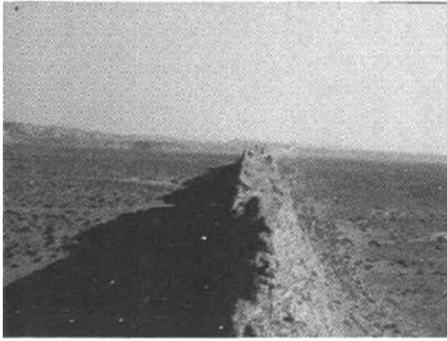


图 2 榆林地区古长城

## 1.2 数据源

本文所用数据主要是高分辨率遥感数据,包括 SPOT 5 和 IKONOS 数据(表 1)。

表 1 遥感数据技术参数

数据	波段区间/ $\mu\text{m}$	空间分辨率/m	轨道宽/km	重访周期/d	获取时间及覆盖区域
SPOT 5	0.49 ~ 0.69	2.5			
	0.43 ~ 0.47	10			北京地区
	0.49 ~ 0.61	10	60	26	获取时间为 2004-10-04
	0.61 ~ 0.68	10			
	0.78 ~ 0.89	10			
IKONOS	0.458 ~ 0.90	1			
	0.45 ~ 0.52	4			榆林地区
	0.52 ~ 0.60	4	11	2~3	获取时间为 2001-07
	0.60 ~ 0.69	4			
	0.76 ~ 0.90	4			

## 2 影像特征对比分析

一般来说,空间分辨率越高,其识别物体的能力越强。但实际上,每一目标在图像上的可分辨程度,不完全取决于空间分辨率的具体值,而是和它的形状、大小以及它与周围物体亮度和结构的相对差异有关<sup>[2]</sup>,据此,本文从以下几方面比较 2 个地区长城在遥感图像上的差异。

### 2.1 光谱特征差异

在可见光波段图像上,长城具有较高的波谱亮度值,在合成图像上一般呈现亮白色(插页彩片 15, 16)。北京地区的长城主要为砖长城,其波谱亮度与周边植被及阴影有明显差异,可识别性较强;榆林地区长城是土长城,其光谱反射率与周围沙地相似,与周边植被差异比较明显。所以,在植被覆盖较好地段的长城可识别程度高,而在周边沙地覆盖严重的地段可识别程度低。

### 2.2 形状特征差异

北京地区长城在遥感图像上多呈现弯曲线形状,而榆林地区长城在遥感图像上多呈现规则直线段形状。这是因为北京地区长城多分布在崇山峻岭

之中,利用了山脊线的优势;而榆林地区长城多分布在广阔的沙漠之中。

### 2.3 大小特征差异

在空间分辨率为 2.5 m 的 SPOT 5 融合图像上,北京地区长城平均占 2~3 个像元;在空间分辨率为 1 m 的 IKONOS 融合图像上,榆林地区的长城平均占 2~3 个像元。所以,能够目视识别的北京地区长城宽一般为 5~6 m,能够目视识别的榆林地区长城宽 3~4 m。

### 2.4 位置特征差异

由于长城最初是作为军事屏障修建起来的,所以北京山区的长城基本是沿着山脊线而修建的,并且在跨越沟谷时,修建有高大的关隘防守建筑,如北京著名的居庸关长城;榆林地区长城一般分布在沙漠之中,地势比较平缓。

### 2.5 周边环境差异

本文采用最大似然监督分类法提取长城周边环境信息。对于北京地区的砖长城,基于 SPOT 5 融合图像的监督分类结果(插页彩片 17)显示,长城周边主要地物类型是植被,有些地区有裸土覆盖。对于榆林地区的土长城,基于 IKONOS 融合图像的环境信息提取(插页彩片 18)显示,长城形成了一条分界线,以北地区主要土地类型为沙地,以南地区植被覆盖较好。北京、榆林长城周边环境差异较大的原因是其地理、环境以及气候的差异所致。北京地区长城主要是砖石结构,大多分布在崇山峻岭之间,雨水充沛,长城两侧植被发育较好;榆林地区长城地处西北干旱半干旱的黄土高原地区,北濒我国著名的毛乌苏沙漠南沿,年降水量较少,该地区长城主要是土夯板筑结构,其上很少有草木,周围植被发育较差,并且长城大多已经坍塌,呈断壁残垣,有的甚至无迹可寻。相对而言,榆林地区长城受周边环境影响较大,因为在这种生态环境脆弱地带,自然条件极易变化,再加上人为破坏,生态环境更加容易恶化。

### 2.6 微分几何方法自动提取实验效果比较

微分几何方法将二维图像  $I(x, y)$  视为变量  $[x, y, I(x, y)]$  形成的三维曲面,线性地物在曲面中体现为山脊(相对于暗背景上较亮的线)或沟壑(相对于亮背景上较暗的线),表现在微分几何上,这些山脊或沟壑应具有曲率和二阶方向导数的局部极值。通过求取图像各点的曲率或二阶方向导数,可得到具有显著线性特征的曲率图或二阶方向导数图,从而达到线性特征增强的目的。

基于 SPOT 5 和 IKONOS 的全色波段图像分别对北京和榆林地区长城进行自动提取实验,运用微分几何方法提取结果如图 3 所示。

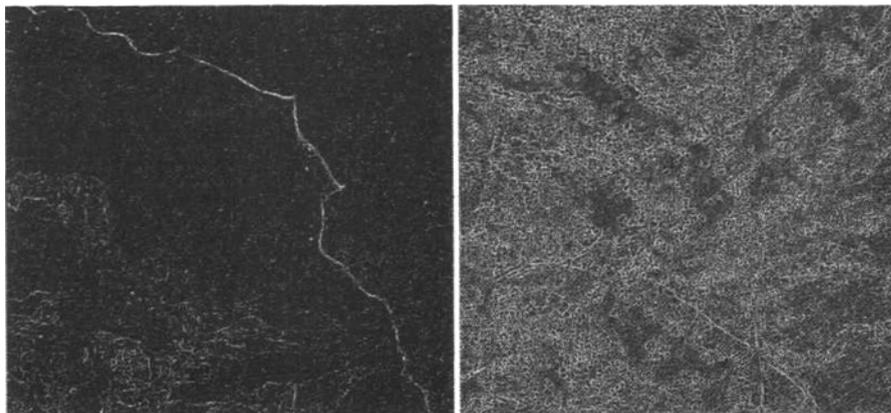


图3 微分几何方法提取的长城(左:北京地区;右:榆林地区)

可以看出,北京地区长城自动提取效果较好。主要原因为:微分几何方法主要是基于图像的光谱亮度值变化率计算,对于高亮度值的线性地物信息非常敏感,北京地区的长城为砖长城,光谱反射率较强,且与周边植被有明显差异,呈现在遥感影像上为高亮度线性信息;榆林地区长城是土长城,其光谱反射率与周围沙地相似,光谱亮度值变化率不是特别明显,所以提取效果较差。

### 3 结论

运用遥感技术可以快速准确识别和分析长城的特征。北京与榆林地区长城在质地、形状、分布、地理位置及周边环境等各方面都有着很大差异,这些差异在高分辨率遥感图像上均有所反映。实验表明,本文使用的微分几何方法对于北京地区长城自

动提取效果较好,而对于榆林地区长城自动提取效果较差。所以,应根据不同类型长城的光谱特征、几何特征及地理位置等因素,选择适合的自动提取实验方法或算法。

#### 参考文献:

- [1] 尹宁,王长林,聂跃平,等. 遥感影像的古长城提取方法研究[J]. 遥感学报,2005,9(1):87-92.
- [2] 赵英时,等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [3] 黎凤,顾巍,曹灿霞. 宁夏长城航空遥感调查研究[J]. 国土资源遥感,1994,(3):7-17.
- [4] 张京红,刘安麟,邓凤东,等. 长城沿线风沙土地利用监督分类方法[J]. 陕西气象,2002,(4):17-19.
- [5] 戴昌达,姜小光,唐伶俐. 遥感图像应用处理与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [6] 尹宁. 基于多源遥感数据的中国西部典型区域生态环境和考古研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2004.

## A COMPARATIVE STUDY OF THE GREAT WALL IN DIFFERENT AREAS USING REMOTE SENSING TECHNOLOGY

DAI Jing-jing<sup>1</sup>, NIE Yue-ping<sup>2</sup>

(1. Joint Laboratory of Remote Sensing Archaeology, Beijing 100101, China;

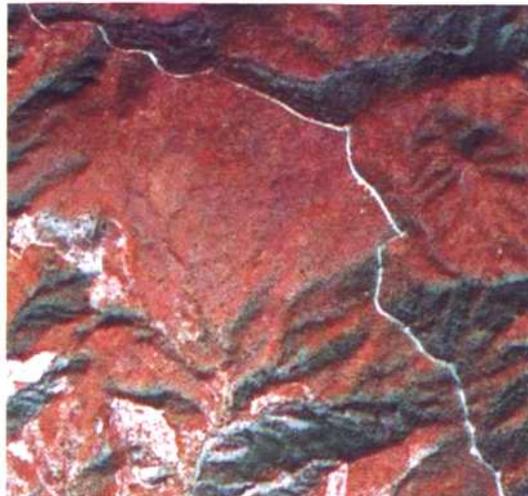
2. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The Great Wall is the symbol of China and is also one of the greatest structures in human history. The application of remote sensing technology to studying Great Wall is a new research field, which is obviously superior to traditional field investigation. The Great Wall is somewhat different in different areas in such aspects as building materials, spatial distribution and environment, and these differences are likely to be reflected in remote sensing images. In this paper, the Great Wall in Beijing and Yulin is comparatively studied by using high spatial resolution satellite images, and the causes for their differences are analyzed.

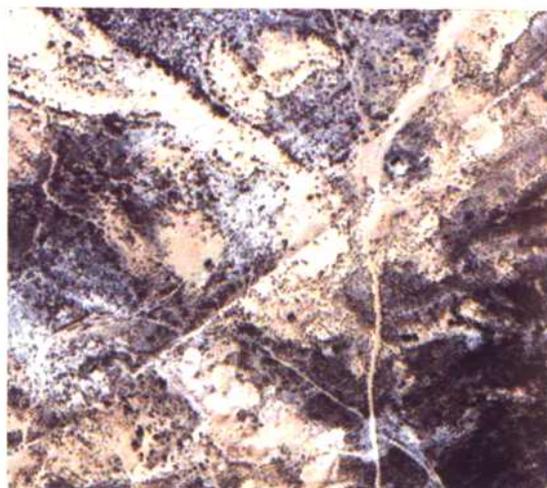
**Key words:** The Great Wall; Beijing; Yulin; Remote sensing

第一作者简介:代晶晶(1983-),女,2000年毕业于中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,获理学学士学位,现为中国科学院遥感应用研究所攻读硕士研究生,主要从事遥感考古方面的研究工作。

(责任编辑:肖继春)



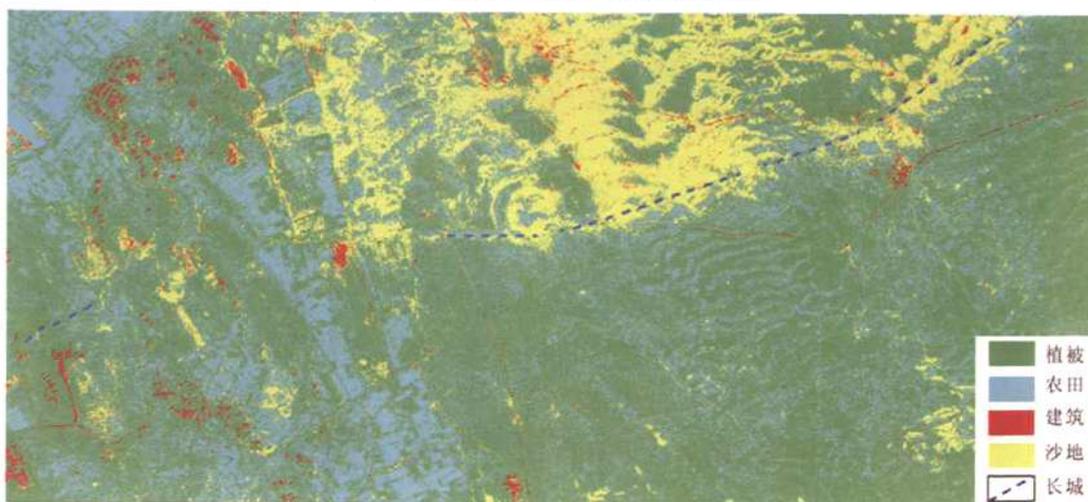
彩片15 SPOT 5融合图像 (北京地区)



彩片16 IKONOS融合图像 (榆林地区)



彩片17 北京地区长城周边环境信息提取图



彩片18 榆林地区长城周边环境信息提取图