

遥感技术在高压输电线选线中的应用

许军强, 邢立新, 潘 军

(吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026)

摘要: 卫星遥感技术应用在高压输电线选线中, 具有常规方法无法比拟的优势。在西北—华北 500 KV 高压直流输电线路工程的宁—蒙—陕段的选线研究中, 通过对多时相遥感数据处理, 获取了研究区内的地质、地貌等相关信息, 并分析了沿线沙地的动态演化及分布规律。研究表明, 区域沙丘属于半固定沙丘, 移动速度缓慢, 全区的沙化地总体表现为负增长。尤其是基于地形图等高线要素获取数字高程模型 (DEM), 对研究区进行三维虚拟地理景观可视化模拟, 并利用相应的遥感图像进行叠加复合, 获取真实三维地表景观, 提高可视化效果。在此基础上通过综合分析区内地形、地貌、工程地质、岩性构造、地理条件及居民地分布等相关因素, 提出了两套选线方案作对比分析, 为高压输电线选线方案的最终确立提供了科学依据。

关键词: 沙丘; 动态演化; 卫星遥感技术; 高压输电线

中图分类号: TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0323(2006)02-0168-05

1 引言

卫星遥感技术以其宏观性强、大尺度、周期短、成本较低、能反映动态变化、受地面条件限制少等特点广泛用于国民生产的各个领域。高压输电线选线涉及到不同地貌单元和不同地质单元的工程地质及沿线环境等诸多问题, 利用遥感技术可实时、快速、动态地提取输电线沿线地区的地质、地貌、地形等特征, 为线路的选择和确立提供依据。这种方法对于工程量大、任务重、时间紧、尤其是地形复杂, 自然条件多变的地区能及时高效地完成选线任务, 它具有高压输电线选线的常规方法 (实地踏勘选线法) 所无法比拟的优势。因此, 卫星遥感技术必将会成为一种高压输电线选线的新手段逐渐被用于实践。

在研究区内, 大部分地区被沙所覆盖, 因此, 对沙地的解译与处理成了研究的重点内容之一。本文通过对多时相遥感数据处理, 获取了研究区内的地质、地貌等相关信息, 并分析了区内沙地的动态演化及分布规律, 为确立布线方案提供了技术参考。

2 研究区概况

西北—华北高压输电线路工程的宁—蒙—陕段

横跨宁夏、内蒙古、陕西三省, 途经鄂托克前旗、毛乌素沙漠及榆林等地区。位于 $37^{\circ}23' \sim 38^{\circ}32'N$, 东经 $105^{\circ}43' \sim 111^{\circ}00'E$, 区域地貌属于鄂尔多斯高原向陕北黄土高原的过渡地区, 海拔多在 1 200 ~ 1 500 m 之间, 受中纬度和西伯利亚—蒙古高压冷空气的控制, 气候干旱少雨, 风大沙多, 年平均温度 $6.0^{\circ}C \sim 8.5^{\circ}C$, 年均降水量 250 ~ 440 mm; 该区位于我国内陆大西北的季风区西陲, 属中温带大陆气候, 温带半干旱草原荒漠区。

据乌兰镇气象站资料 (1971 ~ 1986 年)^[1], 毛乌素沙地多年平均降水量 262.7 mm, 多年平均蒸发量 2 665.7 mm; 多年平均风速 $2.9 m \cdot s^{-1}$, 最大风速为 $31 m \cdot s^{-1}$, 多年平均大风日数 37.9 d。与西部的一些沙漠相比, 毛乌素沙地的自然条件较优越, 水热配合较好, 水分条件相对优越, 植被种类较多。

3 数据处理

3.1 波段选择及合成

TM 作为一种改进型的多光谱扫描仪, 其空间、光谱、辐射性能均比 MSS 均有明显提高, 数据质量与信息量大大增加, 是高压输电线选线的理想信息源。本文所选用的数据是 1993 年和 1998 年的 Landsat-

5 TM 数据及 2002 年 Landsat-7 ETM+ 数据。

由地物的波谱曲线可知,水体的反射主要在蓝绿光波段,其他波段吸收都很强。在沙地的反射波谱曲线上有 3 个反射峰,位置分别在 $0.57 \mu\text{m}$ 、 $1.02 \mu\text{m}$ 和 $1.18 \mu\text{m}$ 处,在 $0.5 \sim 0.75 \mu\text{m}$ 之间,反射率在 55% 以上,其反射强度大于绿色植,峰值处的反射率可达 63%。绿色植被的反射波谱曲线规律明显而独特,主要分为 3 段:可见光波段($0.4 \sim 0.76 \mu\text{m}$)有一个小反射峰,位置在 $0.55 \mu\text{m}$ (绿)处,两侧 $0.45 \mu\text{m}$ (蓝)和 $0.67 \mu\text{m}$ (红)则有两个吸收带;在近红外波段($0.7 \sim 0.8 \mu\text{m}$)有一个反射“陡坡”,至 $1.1 \mu\text{m}$ 附近有一个峰值,形成植被的独有特征;在中红外波段($1.3 \sim 2.5 \mu\text{m}$)受到绿色植物含水量的影响,吸收率大增,反射率大大下降,特别以 $1.45 \mu\text{m}$ 、 $1.95 \mu\text{m}$ 和 $2.7 \mu\text{m}$ 为中心的水的吸收带,形成低谷。TM763 波段可用于岩石的解译。TM2 对健康植被敏感,TM3 是可见光的最佳波段,主要用于区分植物种类和植物覆盖度,TM4 波段是植被的通用波段^[2]。

根据地物波谱曲线特征,结合 TM 各波段相关性分析,本文选择 TM4、TM3、TM2(红、绿、蓝)波段组合,容易将水体、植被、沙地和基岩区分开来。在合成的假彩色图像上,植被呈绿色调,水体为深色调(黑色或棕红色),沙地为浅色调(白色或黄白色)且边界清晰,裸岩或退化草地呈蓝绿色。

3.2 几何精校正与图像镶嵌及增强处理

采用二元二次多项式待定系数法,对 3 个时相的各幅图像进行几何精校正时,均选取 9 个控制点,辐射采样选用双线性采样。用下列公式计算每个地面控制点的均方根误差($\text{RMS}_{\text{error}}$):

$$\text{RMS}_{\text{error}} = \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2}$$

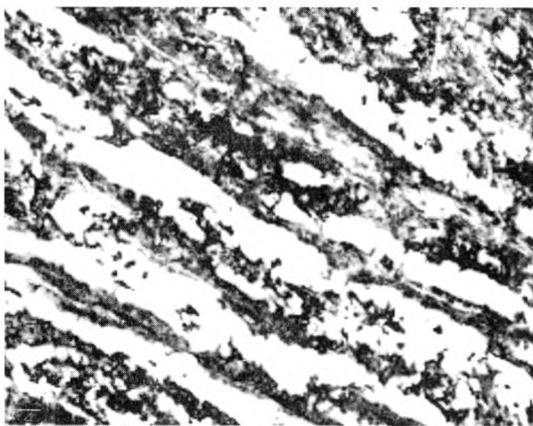


图 1 鄂托克前旗东南部复合纵向沙垄

Fig. 1 Scale-Dunes in the Southeast of E-Tuo-Ke-Qian-Qi

其中: x, y 是地面控制点在原图像中的坐标, x', y' 是对应于相应多项式计算的控制点坐标。估算坐标与原坐标之间的差值大小代表了其每个控制点几何校正的精度。通过计算每个控制点的均方根误差,既可检查有较大误差的地面控制点,也可得到累积的总体均方根误差^[3]。在这里,对 3 个时相图像的校正误差都控制在 0.5 个像元以内。

使用遥感图像处理软件 Envi 对 3 个时相几何精校正后的图像做镶嵌处理,在镶嵌时,以重点子区为基准进行相邻图像的几何配准和色调调整等处理,突出重点子区的灰度及色调信息。

为了提高图像的可解译性,对重点子区采用主成分分析法、彩色空间变换、对比度增强、假彩色密度分割等手段进行重点增强。

4 研究区遥感信息提取

4.1 沙地的动态演化及分布

由于沙地具有很高的反射率,因此在卫星遥感图像上色调较浅,一般呈浅色调(白色或黄白色)。解译过程中主要以色调和纹理特征作为沙地的解译标志,同时参考地表人文景观等信息进行提取。

在遥感图像上,单个沙丘个体呈新月型,多个沙丘组成横向沙丘链,并在宏观上表现为链状影纹图案。呈北西—南东向条带状展布的复合纵向沙垄主要分布在鄂托克前旗的东南方向阿拉庙一带,沙垄表面为横向新月型沙丘链,复合纵向沙垄与区域主风向平行展布,宽度可达 $1 \sim 5 \text{ km}$,长度延主风向延伸可达 $30 \sim 50 \text{ km}$ (图 1 所示)。新月型沙丘链或鱼鳞状沙丘群主要分布在榆林西部,总体上与主风向平行的纵向沙垄特征并不明显(图 2 所示)。沙化地主要分布在沙尔利格西南部和鄂托克前旗东部(图 3 所示)。

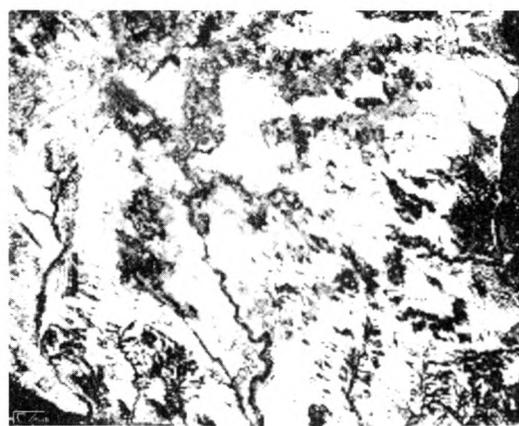


图 2 榆林西部鱼鳞状沙丘群

Fig. 2 Pyramid-dunes in the West of Yulin

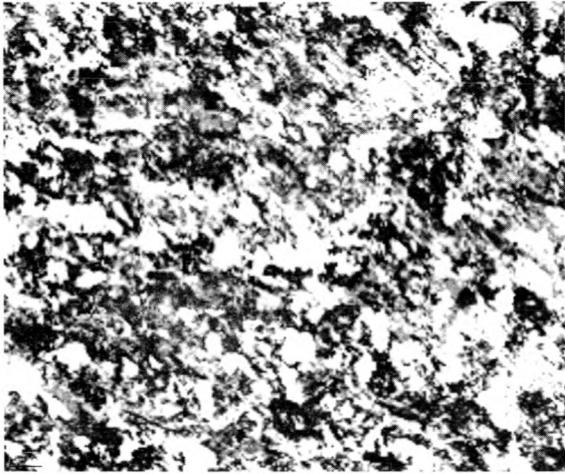


图 3 沙尔利格西南部沙化地

Fig. 3 Sand in the Southwest of Sha-Er-Li-Ge

利用不同时期获取的图像进行对比分析,可以计算沙丘移动的速度和移动方向^[4]。通过 1993 年、1998 年和 2002 年 3 个时相的 TM 遥感影像对研究区的沙地作了动态监测。监测结果表明,从 1993~2002 年间,沙丘的移动方向与该区的主导风向基本保持一致(北西—南东向),空间移动速度非常缓慢,沙化地的空间分布范围总体上是减小了,在个别地段变化较为明显,其中部分地段表现为沙化地的负增长,部分地段出现正增长。从解译数据来看,1993 年区域沙地总面积为 3 372.34 km²,而 2002 年减少为 2 780.85 km²。

4.2 黄土分布

黄土主要分布在区域西部的榆林地区。从解译结果来看,该区地表切割侵蚀较强烈,冲沟比较发育,水系主要是树枝状水系。发育北西和北东向两组节理(图 4 所示)。



图 4 榆林东南部黄土

Fig. 4 Loess in the Southeast of Yulin

4.3 地质岩性及构造

利用色调、水系等标志,对研究区的断裂构造做了初步解译。区域主体构造表现为北西和北东向两组构造形迹,区域西南部断裂构造较为发育,遥感图像上多表现为色调或地貌的异常界线;区域东部主体构造表现为北西向。部分断裂构造造成无定河部分河段呈近直角转弯,形成异常河段。

5 高压输电选线

5.1 沙漠地区高压输电选线原则

沙漠地区输电线选线原则主要考虑两个方面,即地基土的工程性质及风沙活动。地基土的工程性质对高压输电线的影响主要表现在地基的稳定性和地基土的承载力;风沙活动对高压输电线的影响主要表现在两个方面,一是风蚀作用对桩基和电线的破坏,二是风积作用对架线杆的影响与危害,如流沙长期堆积在架线杆周围,会掩埋架线杆,从而阻断高压电的传输。根据沙漠地区气候、气象、地形地貌、地理环境及地基土的工程性质状况,通过对相关文献的分析^[5~9],我们认为沙漠地区高压输电选线应考虑如下原则:

(1) 绕避:在可能的情况下,输电线路就尽可能绕开严重流沙地段。

(2) 选择有利的地貌形态:应该首选地基土稳定性好,承载力强,风沙活动微弱,风沙灾害较轻的地段。

(3) 有利的风向:设计高压输电线的走向应与当地的主导风向平行或大致平行,这样可以减轻风沙对输电线及其相关设施的破坏程度。

(4) 人文、经济因素:一方面电力资源是人类生产生活必不可少的动力资源,另一方面,高压输电线对沿线环境也造成了一定的影响(如对城市管线、城市建设,生命安全等的影响),因此高压输电线的选择还应该考虑输电的安全性、便捷性和经济性。

5.2 选线分析

我们通过模拟区域内的虚拟地理景观并综合分析地形、地貌、工程地质、岩性构造、地理条件及居民地分布等相关因素进行虚拟飞行路线设计:

首先,在 MapGis6.5 平台上,对 1:10 万地形图的等高线要素进行矢量化,经过重采样形成规则网 DEM 数据;

其次,在 ERDAS IMAGING8.7 遥感图像处理

软件平台上,导入规则网 DEM 数据以及相应的遥感数据,利用 ERDAS IMAGING8.7 所提供的 Virtual GIS 功能模块,对所导入的规则网 DEM 数据以及相应的遥感数据进行叠加复合,形成三维虚拟视景;

然后,在 3D MAX 软件中,进行三维实体模型的叠加;

最后,在 ERDAS IMAGING8.7 软件所提供的 Virtual GIS 功能模块下,进行虚拟飞行路线设计并将运行结果输出为虚拟飞行动画,提出了以下两套选线方案作对比分析:

北方案:甜水河换流站—宝塔—鄂托克前旗—沙尔利格—哈兔湾—响水—阎家堡,全线总长度 414.2 km,在鄂托克前旗的东南方向阿拉庙一带分布有复合纵向沙垄,在沙尔利格西南部和鄂托克前旗东部分布有大量沙化地和小沙丘。

南方案:甜水河换流站—宝塔—盐池县—定边县—靖边县—响水—阎家堡,全线总长度 466.7 km,全线仅有少量的沙化地和零星的沙丘分布。

南北两方案对比来看,两方案主要的差别表现在:

(1) 北方案途经较多的沙丘和沙化地,而南方案仅有少量的沙化地和零星的沙丘。

(2) 北方案全线总里程为 414.2 km,而南方案总里程为 466.7 km,南方案比北方案布线长度长大约 52.5 km,施工时间必然比北方案长,架线成本也相应较高。

利用 1993 年、1998 年和 2002 年 3 个时相的 TM 遥感影像对区域内近 10 年间移动沙丘及沙化地的动态监测结果表明,在 1993~2002 年间,区域内沙丘的空间移动非常缓慢,沙化地的空间分布范围总体上减小了,因此,沙丘移动和沙化地对高压输电线路的影响可以不去重点考虑,又由于两个方案的区域工程地质条件相近,所以,从经济、技术、时间等因素综合考虑,认为北方案较为合理。

6 结 语

(1) 遥感技术可时实、快速、动态地提取输电线所经地区的地质、地貌、地形等信息,因此卫星遥感技术将成为高压输电选线的一种新手段。对于工程量大、任务重、时间紧、尤其是地形复杂,自然条件多

变的地区,遥感选线更显示出其特有的优势。特别地,多时相遥感数据用在选线研究中,可动态监测沿线不良地质现象的发生规律,为线路的布设提供有力参考。

(2) 区域中部被大量的沙地所覆盖,利用遥感影像进行动态监测的结果表明,在近 10 年间,沙丘移动极其缓慢,沙化地总体上表现为负增长,因此,区域内的沙丘和沙化地对于高压输电线路的不良影响甚微。区域西部为黄土堆积区,由于黄土地区是地质灾害的频发区,如坍塌、滑坡、泥石流等灾害时有发生,且黄土作为地基土其稳定性和承载力都较差,对高压输电线输电工程的不良影响较大,因此,在线路经由黄土堆积区时应该通盘考虑,尽量减轻不良地质灾害和地基土对高压输电线的影响。

(3) 输电线经过鄂托克前旗东南方向阿拉庙一带分布有复合纵向沙垄时,为了减小沙丘的缓慢移动以及风对高压线的影响,施工时,布线方向应该与主风向平行(本文为北西—南东向)。

(4) 虚拟地理景观能够真实反映地形、地貌、居民地、道路、农田、河流、山地等自然地理与人文地理要素,使用户产生身临其境的真实感。在选线过程中,基于地形图等高线要素获取数字高程模型(DEM),对研究区进行三维虚拟地理景观可视化模拟,并利用相应的遥感图像进行叠加复合,获取真实三维地表景观,增加了对沿线地表信息的直观认识,提高可视化效果。在此基础上通过综合分析区内地形、地貌、工程地质、岩性构造、地理条件及居民地分布等相关因素,提出了两套选线方案作对比分析,为高压输电线选线方案的最终确立提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 吴薇. 近 50 年来毛乌素沙地的沙漠化过程研究[J]. 中国沙漠, 2001, 21(2): 164~169.
- [2] 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析[M]. 北京: 测绘出版社, 1990.
- [3] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [4] 王长耀. 空间遥感图像的分析应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.
- [5] 吴正. 风沙地貌与治沙工程[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [6] 姚正毅, 陈广庭, 韩致文, 等. 沙漠地区工程地质勘察重点及道路选线方法[J]. 工程勘察, 2005, (2): 33~36.
- [7] 黄伟业. 遥感技术在输电线路工程中的应用[J]. 电力勘测, 2001, (2): 59~60.
- [8] 吴军虎, 马贺平, 伍跃中, 等. 焉耆盆地高速公路遥感选线应用研究[J]. 中国煤田地质, 2001, 13(2): 36~38.

〔9〕 王宇明. 航测遥感技术在铁路选线中的应用〔J〕. 铁路航测,

1997,(4):30~34.

The Application of Remote Sensing Technology to the Route Selection of the High Voltage Transmission Lines

XU Jun-qiang, XING Li-xin, PAN Jun

(*College of Geo-exploration of Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China*)

Abstract: Satellite remote sensing technology applied in the route selection of the high voltage transmission lines has the advantage that the normal method can't compare to. In the study of the route selection engineering of the 500 kV high voltage direct current transmission lines in Ning-Meng-Shan subsection of northwest-north China, we acquired the relative information of geology, physiognomy and so on in the research district, and analyzed temporal evolution and distribution rule of sand dune and desertification along the route, according to processing multi-temporal images. The result suggests that the sand dune is characterized by semi-active dune, the move speed is very slow, and all round the district desertification shows negative increase. Especially we acquired the digital elevation model based on the contour element of the map and visually simulated dummy three-dimensional geography sight in the study area, also we obtained real three-dimensional surface sight by attaching and compounding the relative remote sensing image, which improved the visual impact. The article proposes two schemes of routing selection according to synthetically analyze landform, physiognomy, engineering geology, lithology, structure, geographical condition, the distributing of habitation and correlative factors based on the results of the processing which mentioned above. It provides the scientific ground for ultimately establishment of the scheme for routing selection on the high voltage transmission lines.

Key words: Sand dune, Temporal evolution, Remote sensing technology, Route selection of the high voltage transmission lines