

风沙地区遥感图像分析及其对选线的意义

卓宝熙

(铁道专业设计院,北京 100020)

摘要:简要叙述了利用遥感图像进行沙丘研究的优越性,重点介绍了沙漠地区各种类型沙丘的影像特征,并以其形态特征分析为依据,对某些类型沙丘的成因提出了看法,同时指出遥感图像沙丘判释对线路选线的意义及风沙与铁路、公路选线的关系等。

关键词:航空遥感;沙丘类型

中图分类号: TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2003)04-0001-05

0 引言

目前,世界上荒漠面积占陆地面积的25%左右,我国荒漠的分布面积约110万 km^2 ,约占全国土地面积的11.5%,主要分布在西北和内蒙古地区。风沙地貌主要分布在干旱气候区的沙漠和戈壁。风沙的移动,往往掩埋农田、村庄、道路和工程设施。

沙丘属于风沙地貌中的风积地貌,沙丘分类方法有多种,按活动程度分类可分为固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘3种,这3种分类从工程地质观点来看,具有其实际意义。

根据沙丘的成因形态可分为横向沙丘、纵向沙丘和多风向作用的沙丘。横向沙丘包括新月形沙丘、新月形沙丘链、梁窝状沙丘、复合新月形沙丘、复合沙丘链和抛物线沙丘;纵向沙丘包括新月形沙垄、沙垄(纵向沙垄)、树枝状沙垄、复合形沙垄、鱼鳞状沙丘;多风向作用的沙丘包括金字塔沙丘、蜂窝状沙丘及格状沙丘等^[1]。

在沙漠地区开展地面沙丘调查工作,由于交通闭塞、气候恶劣、人烟稀少、工作条件差,人们难以进行深入的调查研究。利用遥感图像对沙丘范围、类别、规模、成因、分布规律、发展趋势、活动程度和危害程度、当地气流的运动特点和风向风力的变化等情况进行研究,具有明显的优越性。遥感图像判释的成果可为铁路、公路等工程选线,以及农田、村庄、道路、各种工程的防护措施提供可靠的资料。

1 沙丘类型的判释

各类沙丘在航空像片上均有明显的影像判释特征,以下根据1:1.6万~1:5万的全色黑白航片上反映的各类沙丘影像进行分析研究。

1.1 按沙丘活动程度判释

(1)固定沙丘判释。固定沙丘一般呈塚状,沙丘高度约为0.5~2 m,沙中含粘土成分,植被生长茂密,覆盖度在40%以上,表面结有一层硬壳,相对稳定,对各种工程、道路以及农田没有多大危害。图1为固定沙丘,植被覆盖较好,地形平坦,有许多小沙丘,其背风坡上长有灌木。

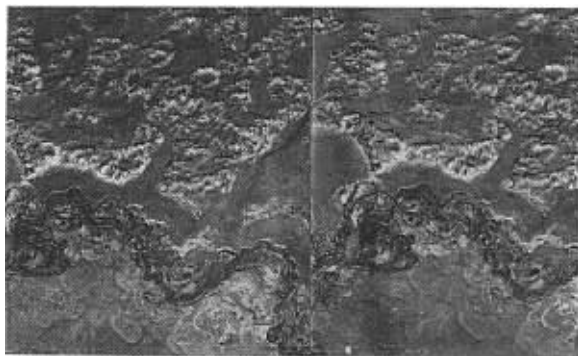


图1 固定沙丘(黑白航片)

(2)半固定沙丘判释。沙丘形态较为复杂,多呈浑圆状或长岗状,沙丘高度一般为2~5 m,植被覆盖率约15~40%,有一定的固沙作用,无结皮现象,固沙造林条件好,稳定性较差,对铁路线危害较轻。图2中,河间地地形稍高处呈较浅色调者为半固定沙丘,沙堆大小不等,起伏不明显,高度一般不超过5 m。



图2 半固定沙丘(黑白航片)

(3)流动沙丘判释。该种沙丘由疏松沙层组成,沙中不含粘土,沙丘高从数米至几十米,完全裸露无植被生长。这种沙丘移动速度快,形态复杂,多呈新月形或新月形复合体,随风移动,固沙造林条件差,对工程危害程度大,但不同类型的流动沙丘对工程的危害程度不同。

1.2 按沙丘成因类型判释

1.2.1 横向沙丘判释

指沙丘走向与主导风向夹角不小于 60° 的沙丘。属此类型沙丘有:新月形沙丘、新月形沙丘链、梁窝状沙丘、复合型新月形沙丘、复合新月形沙丘链及抛物线沙丘等。

(1)新月形沙丘判释。沙丘的形态呈新月形状,沙丘两侧有顺着风向伸出的翼角,翼的交角大小取决于主导风向的强弱,主导风力愈强其交角愈小,沙丘的横剖面为不对称的斜坡,其迎风坡凸出而平缓($5^\circ \sim 20^\circ$),背风坡凹而陡($28^\circ \sim 35^\circ$)。该种沙丘一般形成在原始地形平坦且沙子来源多的地方。图3为新月形沙丘,沙丘平面形态似新月形,顺风向的翼角基本对称,迎风坡 $10^\circ \sim 20^\circ$,背风坡呈凹面状,约 35° ,沙丘高度5 m左右。



图3 新月形沙丘(黑白航片)

(2)新月形沙丘链判释。新月形沙丘链是在沙源非常丰富的情况下,由于新月形沙丘非常密集,从而相互连接而成,这种沙丘比新月形沙丘稳定。从航片上可以看出在单风向作用地区,沙丘链在形态上仍然反映出新月形的特征;在两个相反方向的风力交替作用下,沙丘两侧翼角随之消失,沙丘链的整

个平面形态比较平直,横剖面顶部有一摆动带,迎风坡与背风坡比较对称。图4为新月形沙丘链,像对上可见到新月形沙丘链呈折线链条状延伸,迎风坡 $5^\circ \sim 10^\circ$,背风坡 $25^\circ \sim 30^\circ$,高度1~3 m。



图4 新月形沙丘链(黑白航片)

(3)梁窝状沙丘判释。梁窝状沙丘是在两个相反风向(有一个为主风向)以及有草丛或灌木生长的条件下形成的,表现为隆起的弧状沙梁和半月形沙窝相间组成的沙丘,属固定或半固定沙丘。在航片上可见弧状沙梁和半月形沙窝,弧形沙梁两侧山坡比较对称,但迎风坡短而陡。在我国准噶尔古尔班通古特沙漠、毛乌素沙地和科尔沁沙地均能见到。图5为梁窝状沙丘,呈白色色调弧状沙梁和浅灰至暗灰色调的半月形沙窝相间组成,深浅色调交替出现,弧形沙梁两侧坡度比较对称,低洼处见植被分布。



图5 梁窝状沙丘(黑白航片)

(4)复合新月形沙丘及沙丘链判释。当新月形沙丘或新月形沙丘链的高度达20~30 m以上时,多演变成复合新月沙丘或复合新月形沙丘链。其特点是在巨大的沙丘体迎风坡上,又发育次一级的新月形沙丘或沙丘链。图6为复合新月形沙丘链,可见众多新月形沙丘链连成一体,高度达10~20 m左右,平面上呈链状曲弧体,迎风坡较背风坡缓。在迎风坡上发育众多小型的新月形沙丘及沙丘链,沙丘间低地中生长植被,呈黑色调。

(5)抛物线沙丘判释。抛物线沙丘的平面图形如一条抛物线而得称,这种沙丘规模不大,一般高度仅数米,它是一种特殊的固定、半固定沙丘类型。沙



图 6 复合新月形沙丘链(黑白航片)

丘的迎风坡平缓而凹进,背风坡陡而呈弧形凸出。抛物线沙丘的形成有两种说法:一种认为是新月形沙丘由于反向风的作用,破坏了两翼角,形成两飘带;另一种说法认为沙丘形成过程中,沙丘下部两侧边缘水分条件有利,植被生长良好,阻碍了风的吹扬作用,而沙丘中上部因植被稀少,风的吹扬作用强,仍然不断向前移动,结果形成了抛物线沙丘。

从遥感图像上所显示的抛物线沙丘来看,前后均有飘带,如果仅仅是反风向的作用,只能形成前(后)飘带。因此,我们认为以后者解释较为合理,其形成过程应该是前进过程中两翼遇到草丛、灌木的阻碍,由于风力较大,沙丘继续前进,两翼留下两条飘带,而到后期,可能风力变弱,沙丘停止前进,两翼仍向前延伸形成飘带,见图 7。从图像上也可见到与原新月形沙丘形成时的风向相反的风向形成的飘带,因此,反向风作用形成抛物线沙丘的说法也仍然可能。也可能是两种说法的综合,即有反向风的作用,又有植被阻碍的作用。



图 7 抛物线沙丘(黑白航片)

1.2.2 纵向沙丘判释

纵向沙丘走向与主导风向相平行,或是小于 30° 交角,它包括新月形沙垄、沙垄和复合形沙垄等。

(1)新月形沙垄判释。在两种风向呈锐角斜交的情况下,新月形沙丘的一翼延伸很长,而另一翼相对退缩,因而形成钓鱼钩状的新月形沙垄。新月形沙垄在我国主要分布在新疆喀什三角洲的北部托克库姆、阿尔金山北麓、且末东部和青海柴达木盆地等

地区。图 8 像对下方显示的似鱼钩状者为新月形沙垄。

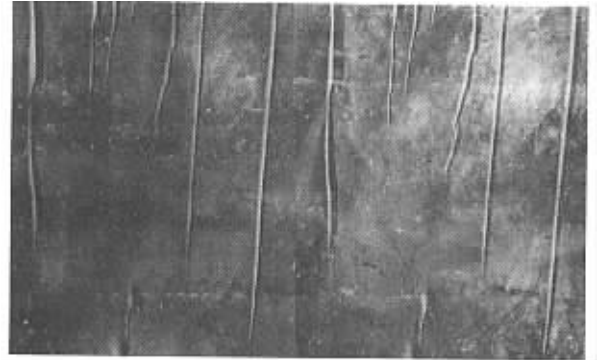


图 8 新月形沙垄、纵向沙垄(黑白航片)

(2)沙垄判释。沙垄是沿主导风向呈直线状,断断续续延伸的沙丘,又称纵向沙垄,横剖面形态呈三角形,中脊呈浑圆状,沙垄一般高度不大,多在 10 m 以下,对线路威胁不大。图 8 像对上呈三角形横断面的平行条带为纵向沙垄,沙垄的延伸方向即为风向。

(3)树枝状沙垄判释。呈树枝状分布,有时呈不连续延伸,横断面形态呈三角形,两侧坡度略有不同,沙垄高度一般在 100 m 以下。多形成在地形平坦灌木丛生地区,在两组或两组以上呈锐角相交的风向作用下形成的。在遥感图像上可见呈树枝状分布,色调较浅,沙垄一侧可见到阴影。

(4)复合形沙垄判释。巨大的垄体表面叠置着众多新月形沙丘链,沙垄延伸很长,有时可见到由高大而密集的蜂窝状沙丘组成复合形沙垄。图 9 为巨大的沙垄体表面叠置着众多的新月形沙丘链,高近 40 ~ 50 m,沙垄长度约 10 ~ 20 km,垄体上的新月型沙丘链影像呈水波纹状。

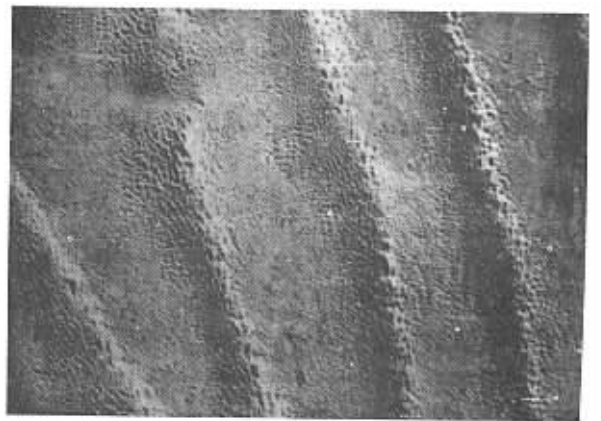


图 9 复合形沙垄(黑白航片)

1.2.3 多方向风作用的沙丘判释

多方向风作用下形成的沙丘形态无明显的定向性,如金字塔沙丘、蜂窝状沙丘等。

(1)金字塔沙丘判释。金字塔沙丘形态呈角锥

状,外观似金字塔而得名。从遥感图像上可见,金字塔沙丘形体总排列方向不与任何风向相平行或垂直,而具有不同方向的脊线和三角斜面,见图 10。金字塔沙丘一般呈零星单个分布在临近山岭地带,特别是山岭迎风向高度较大,大多在 50 ~ 100 m 之间。

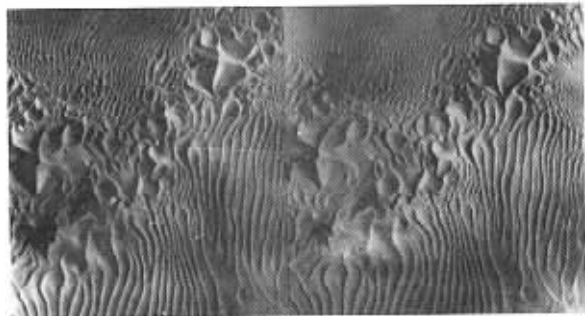


图 10 金字塔沙丘(黑白航片)

(2)蜂窝状沙丘判释。该沙丘是发生在风向均匀、风力相等,对流作用很强的地区,又叫对流形沙丘。它是一种中间低而周围无一定方向的沙埂所组成的圆形或椭圆形的沙窝地形,低的只有几 m,而高的可达 500 m 左右。沙丘在走向上不移动,是固定的。在准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠的西南部发育有比较典型的蜂窝状沙丘。从图 11 上可见到许多形似蜂窝状的沙丘,显示为由低沙埂组成的似圆形的沙窝地。四周由蜂窝状沙丘组成的巨大沙丘体,高度达 30 ~ 40 m。

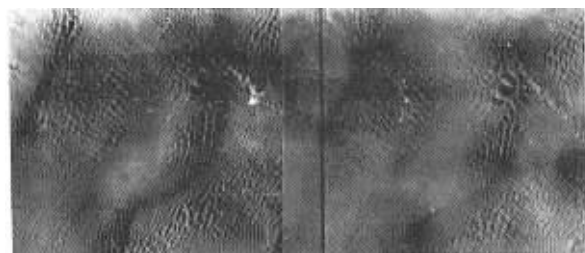
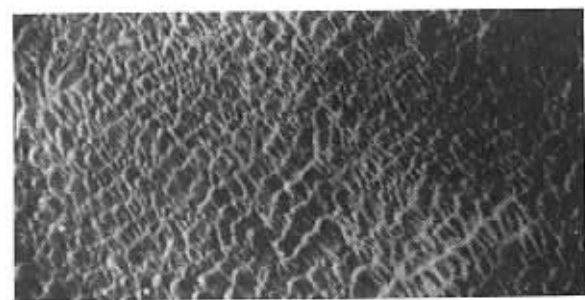


图 11 蜂窝状沙丘(黑白航片)

(3)格状沙丘判释。格状沙丘是在两个近于相互垂直方向的风作用下形成的,主风向形成沙丘链,与主风向垂直的次风向则在沙丘链间产生很矮的埂,因此构成格状形态(图 12)。



万方数据 格状沙丘(黑白航片)

(4)鱼鳞状沙丘判释。其特点是沙丘个体极为密集成群分布,丘间地很明显,一个沙丘的迎风坡坡脚即为后一个沙丘的背风坡坡麓。若从群体中的单个沙丘的形态来看,丘体垂直于主风向,两翼顺风向延伸并与其前方迎风坡连接,成为沙丘间的与风向平行的沙埂。图 13 下方斜坡上为鱼鳞状沙丘,沙丘密集成群,形似鱼鳞,沙丘高度仅 2 ~ 3 m^[2]。



图 13 鱼鳞状沙丘(黑白航片)

2 遥感图像判释对沙漠地区选线的意义

2.1 风沙对铁路和公路的危害

(1)在铁路、公路的低路堤和浅路堑处,最易遭受沙埋,造成运缓、停车甚至脱轨、道床积沙等,增加养护维修的困难。在风沙大的地区,车站房屋也可能被沙掩埋,妨碍车站作业,影响员工生活。

(2)由于沙填路堤,路堤夯实较差,外层填土较薄,路肩易被风沙掏空,造成路堤崩坍,危及行车安全,增大维修工作和防护工程。

(3)铁路桥涵容易被泥流堵塞,一旦遇到暴雨,排水受阻,以致冲毁路基。

(4)用沙质材料筑成的路基,在风沙作用下,短时间内被沙漠掩埋或被吹散。铁路机车和车箱移动的机件容易受到损坏。由于飞沙混浊不清,影响司机对铁路信号的了望,影响行车安全^[3]。

2.2 航片判释和沙漠地区选线的关系

(1)风沙移动形式与选线的关系。风沙移动方式不同,选线时考虑线路位置就有所不同。当沙丘不顺主风向作定向的前进式移动,速度又较快者,则应把线路位置设置在流沙迎风的一侧,若设流沙背风一侧,将很快遭受到流沙堆积的危害;当沙丘随不同风向往返移动,线路位置设置远离流沙时,沙丘对线路的威胁不大,若设置于流沙中,则将遭到飞沙的危害,两侧均需采取防沙措施;当沙丘随风向有不同程度的往返移动,则线路设置位置应慎重考虑。

(2)风沙地段工程地质选线应遵循的原则:①线路应绕避严重风沙地段,不宜深入大沙漠内部,宜选择在轻微风沙地段及风蚀洼地、沿古河床、山前平

原潜水溢出带或凸型地带、防风林带内侧等处通过；②线路应避免山地陡坡积沙地段，宜选在山地背风倒风影部分以外的地段通过；③线路走向宜顺直，与主导风向平行，采用填方，避免采用零断面、半堤半堑及路堑；④线路应与当地防风沙规划相结合，宜选择在地下水埋藏较浅、接近水源和防护材料产地之处通过；⑤车站位置应选择在无风沙或风沙轻微地段，避开有风沙活动的隘口，站房和住宅朝向背风一侧^[4]；⑥涵洞宜采用大孔径^[5]。

(3) 平坦沙漠地区选线。平坦沙漠地区选线应注意：①当铁路、公路通过有沙丘的平坦沙漠地区时，应先了解沙漠的宽度，沙丘的类型、分布密度和移动的可能性，各种新月形沙丘、小沙丘、沙堆、沙岗的高度，植被覆盖率和类型，以及上部碎石、砾石的覆盖情况；②平坦沙漠地区，线路位置应选在无风沙或风沙较少的地段，还应注意哪些地段是迎风地，哪些地段是背风地。流沙是定向移动还是非定向流动。在非定向流动地区，要找出一个主导风向，作为选择线路方向的依据；③线路尽可能选在沙丘的边缘少受风沙影响的地区，减少风沙掩埋的危险。线路走向最好沿主导风沙前进，这样既可减少对路基的威胁，又可在运营中减少麻烦；④在移动很快的新月形沙丘和沙埂地段，线路应尽量绕行，并与通过流动沙丘的方案作比较。选择通过沙丘的方案时，应选在通过新月形沙丘带最窄的地段顺主导风向而行^[3]。

上述风沙地段的工程地质选线应遵循的原则及平坦沙漠地区选线应注意的一些问题均与沙丘的分布范围、类型、形态、规模、移动速度、风向以及植被的类型和分布密度等有关，而这些情况在遥感图像上均可不同程度地予以确定。

3 结论

沙漠地区气候恶劣，交通不便，开展地面调查存在一系列困难。利用航空像片进行判释调查，可以快速而有效地确定沙丘的分布范围、类型、规模、成因、分布规律、移动速度、危害程度，风向、风力变化特点、植被的生长情况等，从而为工农业生产、城市发展和工程选线选址等提供有关资料。

参考文献

[1] 卓宝熙. 工程地质遥感判释与应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.

[2] 卓宝熙, 马荣斌, 王宇明, 等. 遥感原理和工程地质判释, 下册[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1982.

[3] 周俊逸. 铁路选线[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1981.

[4] 张增淮, 刘薇, 龚重远, 等. 铁路工程地质勘察规范[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001.

[5] 谭鸿增, 刘薇, 卞国忠, 等. 铁路工程不良地质勘察规程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001.

[6] 卓宝熙. 遥感技术在京九铁路建设中的应用[J]. 国土资源遥感, 1997(2): 5-8.

AN ANALYSIS OF REMOTE SENSING IMAGES OF BLOWN – SAND AREAS AND ITS SIGNIFICANCE IN LINE SELECTION

ZHUO Bao – xi

(Professional Designing Institute of Railway Ministry , Beijing 100020 , China)

Abstract: This paper deals briefly with the advantages of applying remote sensing images to the study of dunes and emphatically describes the image characteristics of various types of dunes in deserts. Formation mechanisms of some kinds of dunes are tentatively put forward according to their morphological features on the remote sensing images. Some problems are also discussed such as the significance of the remote sensing interpretation of dunes in line selection and the relationship between blown sand and line selection for railway and highway construction.

Key words: Aerial remote sensing ; Type of dune

作者简介: 卓宝熙(1934 –)男, 中国工程勘察大师, 教授级高工, 主要从事工程地质遥感、地质灾害遥感等工作。

(责任编辑: 肖继春)