

文章编号: 1007-4619(2007)04-0433-06

# 卫星观测方位对遥感成像的影响

张云松<sup>1,2</sup>, 冯钟葵<sup>2</sup>, 石 丹<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 研究生院, 北京 100080 2 中国科学院 中国遥感卫星地面站重点实验室, 北京 100086)

**摘 要:** 光学卫星成像主要是通过传感器接收地表对太阳入射光线的反射、地表辐射和大气散射等能量, 形成影像数据。卫星侧视成像时, 太阳与卫星之间的位置关系随日期、地理位置和地方时变化, 当条件适当时, 两者处于对称关系, 从地面上看类似镜面反射状态。此时, 由于地表的非朗伯性, 就使卫星接收的反射能量偏高, 造成接收得到的图像亮度高于正常水平, 甚至过饱和而不可用。本文以 SPOT 卫星为例, 从卫星的观测方位和太阳的照射方位入手, 讨论卫星观测方位对遥感成像质量的影响。经分析, 每年 5—9 月期间, 在北纬 32°—45° 地区, 当 SPOT 卫星以较大的侧视角向左侧成像时, 卫星观测方向和太阳入射方向在成像区投影共线并且太阳的高度角与卫星的高度角近似相等的可能性很大, 从而影响卫星成像的质量。

**关键词:** 成像质量; SPOT 卫星观测方位; 太阳入射方位

**中图分类号:** TP702 **文献标识码:** A

## The Influence of Satellite Observation Direction on Remote Sensing Image

ZHANG Yun-song<sup>2</sup>, FENG Zhong-kui<sup>2</sup>, SHI Dan<sup>2</sup>

(1. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

2. China Remote Sensing Satellite Ground Station, Beijing 100086, China)

**Abstract** Optical satellite remote sensing imagery is acquired by receiving the reflection of the sun incidence rays, the earth surface radiation and atmospheric dispersion by sensor. If the satellite's observation from side-viewing, the relative position between sun and the satellite changes with date, geography position and local time, however, if all the conditions are proper, the sun and the satellite could be symmetrical which is similar to the specular reflection observed on the ground. In this case, the brightness of acquired image is much higher than normal situation, and the reflection energy acquired by the satellite is too high because of the non-uniform reflection of earth's surface. Sometimes the image is too supersaturated to use. This paper studies the influence on the quality of remote sensing image, which is caused by the satellite observation direction and sun illumination direction. After analyzing the influence with SPOT imagery data, it is found that the satellite and sun are probably in the specular reflection position, when satellite observes the area between north latitude 32° and 45° with large inclination angle to left side off the track during the date from May to September. This situation will have negative influence on satellite remote sensing imagery.

**Key words:** imagery quality; SPOT satellite observation direction; sun incident direction

### 1 引 言

通常, 遥感卫星采用太阳同步轨道, 以保证卫星

在相邻的轨道上对同一纬度地区成像时有相似的太阳照射条件。以 SPOT 卫星为例, 卫星在地方时 10:30 飞跃赤道<sup>[1]</sup>, 即卫星在每绕地球飞行一圈后, 星下点位置在赤道向上向西移动了约 2600 km, 但星下

收稿日期: 2006-07-26 修订日期: 2006-11-26

作者简介: 张云松 (1982—), 男, 中国科学院中国遥感卫星地面站, 硕士。主要研究方向: 遥感图像处理。E-mail: yszhang@nercs.ac.cn

点的地方时仍然是 10:30。这样,在同一纬度上,相邻轨道卫星下点的太阳照射条件基本相同,有利于获取图像并进行数据的对比分析。

然而,对于可以侧视成像的卫星<sup>[2]</sup>,由于卫星可以向左右两侧成像,使得成像时太阳的照射条件不尽相同,有时甚至有较大的差别。以 SPOT 系列卫星为例,卫星具有向轨道两侧  $\pm 27^\circ$  的成像功能,即可以在地面上以星下点为中心的 900 km 宽范围内对选择的目标进行观测,而相距 900 km 宽的两点在赤道上有半个小时左右的时差,在高纬度地区的时差更大。通常,侧视观测不会对成像造成严重的影响,但在特殊情况下,例如当卫星的侧视方向与太阳的照射方向之间形成一定的关系时,则会对成像的质量产生影响。

## 2 问题的提出

通常情况下,光学遥感卫星接收地表对太阳辐射的反射电磁波及地表辐射等,形成遥感影像<sup>[3]</sup>。在这个过程中,太阳光的照度、大气散射吸收、云雾的遮盖、积雪的反射以及卫星姿态和卫星观测方位等,都可能对成像质量产生影响。在实际工作中发现,有些图像数据的亮度偏高,导致整幅或部分图像数据不可用。例如,在图 1 所示的某卫星遥感图像中,部分地物反射了大量的太阳光线,造成该地物的图像数据亮度过高、甚至饱和。



图 1 亮度过高的图像

Figure 1 Image with high radiance

经研究认为,在特定的时间段,当卫星以较大的侧视角向卫星飞行方向左侧成像时,有可能导致图像的亮度值偏离正常水平,以致经过系统纠正后图像数据仍不可用。这种情况的出现,同卫星的观测

方位与太阳光的照射方位之间的关系有很大的联系,当太阳光照射的方位与卫星的观测方位在成像区的地平面上恰好形成类似镜面反射的关系,并且成像区地表相对平坦时,太阳光的大部分能量被卫星传感器接收,导致图像亮度值偏高。图 2 给出了上述情况的示意图。

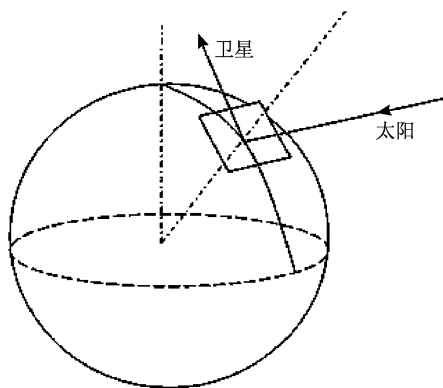


图 2 太阳入射方位与卫星接收方位

Figure 2 Sun incident direction and satellite observation direction

实际上,由于地表粗糙程度的不同,出现上述现象的可能性也不相同,当地表相对平滑(如平坦地区、雪地、水面等)且太阳光的入射角度与卫星的观测角度大致相等时容易出现,此时成像所得到的卫星影像质量较差,反映不出地表的真实光谱特征。此外,在不同的纬度上,由于卫星的观测位置随着纬度变化,因此出现此现象的可能性也不尽相同。

以上的讨论是基于一种假设,即卫星的观测方向与太阳光的照射方向在成像地区处于近似镜面反射的情况,那么在卫星绕地飞行的过程中是否会出现这种情况呢?在何时、何地会出现这种情况?这将是本文要分析和讨论的问题。

本文将以 SPOT 卫星为例,研究卫星的方位对遥感成像的影响。本文将对卫星的编程成像提供可行性分析的依据,有利于提高卫星成像的质量,对遥感应用,特别是灾害评估和环境监测等方面有重要的意义。

## 3 卫星的观测方位

对任何一幅遥感图像,卫星的观测方位可以用两个角度来表示,一是卫星的高度角,另一个是卫星的方位角。卫星高度角指卫星到观测点形成的线段与观测点所在水平面的夹角,其值在  $0^\circ-90^\circ$  之间变化。卫星方位角指卫星到观测点形成的线段在观

测点水平面上的投影与当地子午线的夹角, 以正北方向为零, 顺时针方向增加, 其值在  $0^\circ - 360^\circ$  之间。

### 3.1 卫星高度角的计算

从地面上看到的卫星高度角由卫星的侧视角决定, 侧视角不同决定了卫星的高度角也不同。如图 3 所示, 卫星  $S$  以侧视角  $\alpha$  观测地面上的  $L$  点, 从图中所示的关系可以得出卫星的高度角  $\lambda$ , 即:

$$\lambda = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \left[ \frac{R+h}{R} \times \sin \alpha \right] \quad (1)$$

式中,  $\lambda$  为卫星高度角,  $\alpha$  为卫星侧视角,  $R$  为地球椭球体的平均半轴长度,  $h$  为卫星轨道高度 (对 SPOT 卫星, 标称值  $h=832000\text{m}$ )。

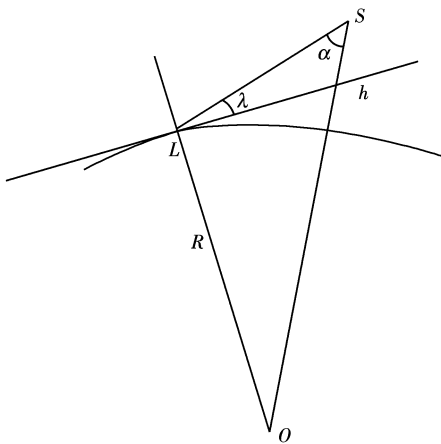


图 3 卫星高度角与侧视角的关系

Fig 3 The satellite elevation and inclination angle

### 3.2 卫星方位角的计算

卫星的方位角可以通过计算卫星的观测矢量在观测点所在平面内的投影求得, 即从卫星的星历数据中读出成像时卫星所在的空间位置坐标, 以此计算出卫星到观测点的观测矢量, 该矢量与地表的交点为观测点位置坐标。在观测点所在水平面内求得观测矢量的投影, 再通过与当地子午线方向求夹角, 用夹角公式计算出卫星的方位角<sup>[4,5]</sup>。

在图 4 中,  $S$  为卫星,  $O$  为地球球心,  $L$  为卫星在地面的观测点,  $OS$  与观测点  $L$  所在的水平面交于  $B$ 。由图 4 可知,  $SL$  为卫星的观测方向,  $OL$  为观测点所在水平面的法线方向。由于法线方向  $OL$  与观测点水平面垂直, 可得向量  $BL$  为卫星观测方向  $SL$  在水平面上的投影方向。观测点所在的水平面交  $z$  轴于  $D$ , 延长  $DI$  交赤道面于  $C$ ,  $CD$  为观测点所在水平面上的正北方向, 即当地水平子午线方向,  $BL$  与

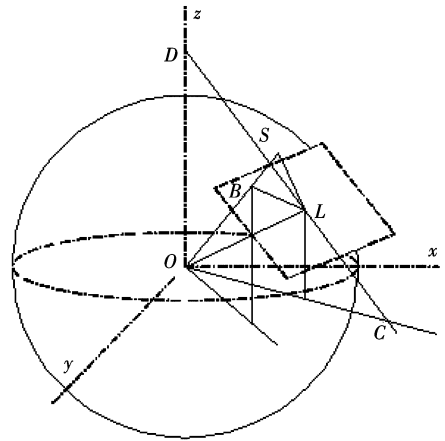


图 4 卫星方位示意图

Fig 4 The figure of satellite direction

$CL$  的夹角即为所求的卫星方位角。

根据卫星  $S(x, y, z)$  的空间坐标和卫星的观测角, 可以得到  $SL$  的直线方程。然后根据椭球体模型 (如 WGS84) 和  $SL$  直线方程, 可以求出二者交点  $L$  的坐标, 即  $L(a, b, c)$ 。下面求  $B$  的坐标, 设  $B$  坐标为  $B(X, Y, Z)$ ,  $\angle BOL = \theta$ 。由于图 4 所示  $BL$  与水平面法向方向  $OL$  垂直, 则:

$$OB = \frac{R}{\cos \theta} \quad (2)$$

且

$$\frac{x}{X} = \frac{y}{Y} = \frac{z}{Z} \quad (3)$$

式中,  $R$  为地球椭球体的平均半轴长度。

由图 3 的几何关系得:

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \lambda - \alpha \quad (4)$$

式中,  $\alpha$  为卫星侧视角,  $\lambda$  为卫星高度角参见式 (1)。

由式 (2)、(3) 及 (4) 解方程组求得  $B(X, Y, Z)$  的坐标, 从而得到向量  $BL$ 。

向量  $OL$  与向量  $CL$  垂直, 可得:

$$\cos \frac{\pi}{2} = \frac{|OL \cdot CL|}{|OL| |CL|} \quad (5)$$

由式 (5), 且  $C$  点  $z$  方向为零, 再根据图中关系可以得到  $C$  点的坐标, 从而求得向量  $CL$ 。

最后, 由夹角公式可得到卫星的方位角:

$$\cos A = \frac{|BL \cdot CL|}{|BL| |CL|} \quad (6)$$

式中,  $A$  为卫星方位角。

### 3.3 卫星观测方位的变化规律

图 5 是式 (1) 计算出的 SPOT 卫星的侧视角与

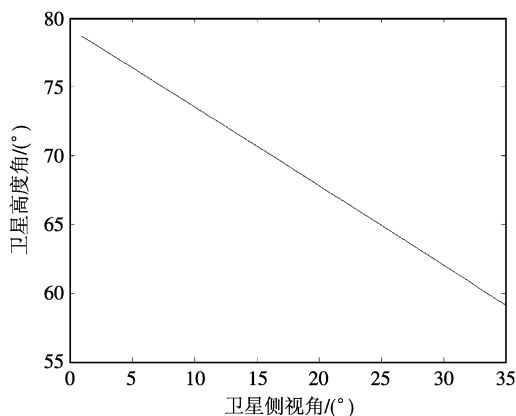


图 5 卫星侧视角与高度角关系

Fig 5 Satellite inclination and elevation angle

卫星高度角的对应关系。由图 5 可以看出, 卫星的侧视角越小则卫星的高度角越大。当卫星以最大侧视角观测时, 卫星的高度角最小。对 SPOT 系列卫星而言, 当卫星在最大侧视角  $27^\circ$  时, 由式 (1) 计算得到的卫星高度角最小, 为  $59.1^\circ$ 。这样 SPOT 卫星的高度角实际范围为  $59.1^\circ - 90^\circ$ 。

卫星在飞行过程中以不同的侧视角观察地表, 卫星方位角就会发生变化。在卫星过境的一条轨道中, 由于遥感卫星的轨道高度相对固定, 且地球的偏心率很小, 只有 0.02, 可以将地球近似为圆模型, 故当卫星以固定侧视角观测时, 卫星方位角变化很小, 在本文的问题中可忽略。而当卫星以不同侧视角观测时, 通过式 (6) 求出的 SPOT 卫星的方位角大致范围在  $35^\circ - 55^\circ$  或  $300^\circ - 320^\circ$  之间。其中卫星的左侧视对应的卫星方位角范围为  $300^\circ - 320^\circ$ , 右侧视对应的卫星方位角范围为  $35^\circ - 55^\circ$ 。

## 4 太阳的照射方位

同样地, 对地面上任何位置, 太阳的照射方位也可以用高度角和方位角来表示。太阳方位角即太阳所在的方位, 指太阳光线在地平面上的投影与当地子午线的夹角。太阳的方位角以正北方向为零, 顺时针方向增加, 其值为  $0^\circ - 360^\circ$ 。太阳的高度角指从太阳中心直射到地面的光线与当地水平面的夹角, 其值在  $0^\circ - 90^\circ$  之间变化, 日出日落时为零, 太阳在正天顶时为  $90^\circ$ 。太阳的高度角、方位角在不同的地方时、不同经度和纬度时都各不相同。给定某地的经纬度以及年、月、日和地方时, 就可以求出当地在那一时刻的太阳高度角及方位角<sup>[6, 7]</sup>。

### 4.1 太阳高度角的计算

用  $H_t$  来表示太阳高度角, 它在数值上等于太阳在地平坐标系中的地平高度, 并随着地方时和太阳的赤纬的变化而变化。太阳赤纬以  $\delta$  表示, 观测地地理纬度用  $\varphi$  表示, 地方时 (时角) 以  $t$  表示, 则有太阳高度角的计算公式:

$$\sin H_t = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \sin \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \quad (7)$$

式中,  $H_t$  为太阳高度角。

### 4.2 太阳方位角的计算

太阳方位角的计算如下:

$$\cos A = \frac{\sin H_t \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos H_t \cdot \cos \varphi} \quad (8)$$

式中,  $A$  为太阳方位角,  $H_t$  为太阳高度角,  $\varphi$  为地理纬度,  $\delta$  为太阳赤纬。

### 4.3 太阳照射方位的变化规律

在一年内, 太阳入射方位随季节、时间、经纬度的不同而改变, 以年为周期有规律的变化。但由于岁差、进动等原因, 每年同一时间太阳入射方位会有很小变化, 在本文研究的问题中可以忽略不计。下面具体分析在北半球的太阳入射方位变化。

图 6 所示的 6 条曲线是以地方时 11:00 纬度分别为北纬  $25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ$  时, 太阳高度角在一年中的变化情况。图中横轴为一年中的天数, 从 1 月 1 日开始到 12 月 31 日, 纵轴是太阳高度角。

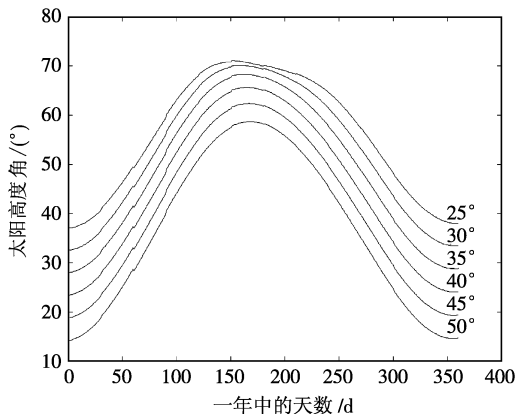


图 6 一年中太阳高度角变化

Fig 6 The change of solar elevation in a Year

影响太阳高度角变化的因素有很多, 主要包括时角、经纬度、日期。从图 6 可看到, 一年中同一地

方时的太阳高度角随日期呈抛物线状变化, 6月下旬达到最高。在地方时相同时, 太阳高度角随纬度而变化。同一时刻, 在不同纬度上太阳的高度角各不相同, 高纬度时太阳高度角较低, 低纬度时太阳高度角较高。

考虑太阳方位角, 在同一地理位置, 地方时不同时太阳的方位角变化很大, 甚至在一小时内会变化十几度。对同一地方时, 在相同纬度的地理位置, 太阳的方位角基本一样, 与经度无关; 但在同一经度、不同纬度时, 太阳的方位角变化很大。

影响太阳方位角变化的另一因素是太阳自身的入射位置, 即日期的影响。地方时相同, 且同一地理位置的情况下, 在一年内不同的日期太阳方位角是有所不同的。

在北半球由于卫星侧视成像时成像区的北京时间比较固定 (每天的 10:40—11:10), 使得经度的影响很小, 可以忽略, 故下面主要考虑在不同日期、不同纬度下太阳方位角的变化情况。图 7 是以地方时 11:00 为例, 太阳方位角随日期的变化曲线, 图中曲线自下而上分别对应北纬  $25^{\circ}$ 、 $30^{\circ}$ 、 $35^{\circ}$ 、 $40^{\circ}$ 、 $45^{\circ}$ 、 $50^{\circ}$ , 图中横轴为一年中的日期从 1 月 1 日开始到 12 月 31 日, 纵轴是太阳方位角。

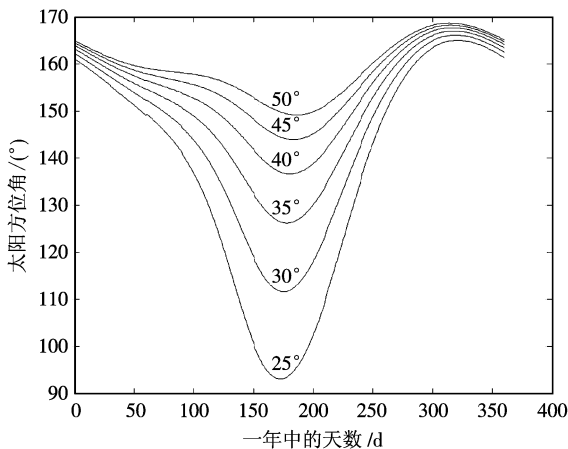


图 7 太阳方位角一年中变化示意图

Fig 7 The change of solar azimuth in a Year

从图 7 可看到, 在相同条件下 (同一日期, 地方时), 低纬度地区太阳方位角较小, 且不同日期时太阳方位角相差的幅度也较大。从图 7 还可以看到, 在每年 6 月下旬, 即夏至日前后, 这种变化趋势最明显, 高纬度地区与低纬度地区太阳方位角相差较大。由实际数据可以分析出, 在北半球中国范围内太阳方位角变化范围为  $90^{\circ}$ — $170^{\circ}$  之间, 在夏至点附近达到最小, 在 12 月初达到最大。纬度越低太阳方位随

日期变化越快, 纬度越高太阳方位随日期变化越慢。

## 5 讨论

由本文提出的问题和前面的分析可看到, 当卫星观测方位与太阳入射方位在成像地区形成近似镜面反射条件, 即: 卫星高度角与太阳高度角近似相等时, 卫星方位角与太阳方位角相差  $180^{\circ}$ , 太阳入射方向与卫星观测方向在地平面的投影近似共线, 会对成像产生不良影响。下面, 结合 SPOT 卫星的具体情况, 讨论卫星观测方位对遥感成像的影响。

由式 (1) 计算出的 SPOT 卫星的高度角最小为  $59.1^{\circ}$ , 通过图 6 可以分析出, 在北纬  $47^{\circ}$  以北的地区, 卫星成像时太阳高度角基本上小于  $59.1^{\circ}$ , 不符合上文提到的条件。而每年的 3 月中旬至 10 月初, 中国的大部分地区 (北纬  $25^{\circ}$ — $47^{\circ}$ ), 卫星过境时太阳高度角可以达到  $59.1^{\circ}$  以上, 与卫星的高度角近似甚至相等。

在北半球, 通常情况下 SPOT 卫星侧视成像时间是在当地时间上午 10:40—11:10 之间, 这时在北回归线以北太阳的照射方位必然在南偏东, 即太阳的方位角在  $90^{\circ}$ — $180^{\circ}$  范围内。这决定了卫星的右侧视时 (卫星方位角在  $35^{\circ}$ — $55^{\circ}$  之间), 不会形成卫星观测方位与太阳入射方位在观测点水平面形成投影共线的情况。而左侧视时卫星的方位角在  $300^{\circ}$ — $320^{\circ}$  之间, 此时则有可能形成太阳入射方向在水平面上投影与卫星观测方向的投影共线。若此时二者投影共线, 则太阳的方位角所在的范围应在  $120^{\circ}$ — $140^{\circ}$  之间。

通过对 SPOT 卫星的方位角和太阳的方位角的计算和对比分析, 可以认为, 在每年 5 月到 9 月期间, 当 SPOT 卫星以较大侧视角向卫星左侧观测北纬  $32^{\circ}$ — $45^{\circ}$  地区时, 卫星观测方向和太阳入射方向在地平面的投影有可能出现共线的情形。此时, 当其他条件满足时, 如地表相对平整、卫星侧视角度适当时, 从地表来看, 卫星与太阳处于对称的位置, 太阳照射能量中的大部分被反射到卫星方向, 有可能使卫星获取到的能量异常偏高, 导致整幅图像的亮度值较高。实际工作中曾发现, 此时的图像数据经系统常规校正后仍偏离正常水平, 甚至有饱和的趋势, 造成该图像不可用。

为便于讨论, 本文选取 2003 年 5 月 20 日和 2003 年 5 月 16 日同一地区 (景中心为东经  $126.4^{\circ}$ , 北纬  $43.6^{\circ}$ ) 的两景 SPOT 数据作比较分析。在两

幅图中城区部分选取 8 对同名地物区作为分析样本, 每个样本的地表面积  $0.5-2 \text{ km}^2$  不等。将 2003 年 5 月 20 日的数据编号为 1, 2003 年 5 月 16 日的数据编号为 2, 其中数据 1 和 2 成像时的太阳高度

角分别为  $64.8^\circ$  和  $62.1^\circ$ , 相差很小, 太阳照射条件基本一致, 且均为晴天。表 1 分别列出了卫星在两个时相的光照条件和样本数据的图像平均亮度、平均辐射亮度和平均反射率<sup>[8]</sup>。

表 1 数据 1 与数据 2 图像对比表

Table 1 Comparison between data<sub>1</sub> and data<sub>2</sub>

图像数据编号	图像平均亮度值	平均辐射亮度 $/(W^2 / (m^2 \cdot sr \cdot \mu m))$	平均反射率 /%	侧视角 $/(^\circ)$	太阳高度角 $/(^\circ)$	太阳方位角 $/(^\circ)$
1	121.0	83.2	16.4	16.9(左侧视)	64.8	158.4
2	110.3	75.8	15.3	-13.3(右侧视)	62.1	147.8

表 1 显示, 数据 1 样本图像的平均辐射亮度和平均反射率均高于数据 2 的。为了检验两组数据的平均辐射亮度和平均反射率是否具有显著差异, 采用了假设检验的方法<sup>[9]</sup>对两组数据进行统计分析, 取两者反射率之差构建统计量, 在显著性系数  $\alpha=0.05$  时, 得到的结论是两者的反射率相同的假设不成立, 换言之, 数据 1 的平均辐射亮度和平均反射率在统计上显著高于数据 2。此时, 两幅图像除卫星侧视角外, 光照条件及成像模式基本一致, 且根据式 (1) 和 (6) 的计算, 数据 1 成像时卫星的方位和太阳方位与前文所述出现镜面反射时的条件基本相符。可以认为, 在相同的太阳光照条件与卫星观测模式下, 由于卫星观测方位的影响, 数据 1 成像时传感器吸收了大量反射能量, 导致其图像的亮度值及由此得到的辐射亮度和反射率高于数据 2, 从而影响到对地物的判读。

## 6 小 结

综上所述, 根据对卫星成像时卫星观测方位和太阳照射方位的分析, 并结合在北半球对 SPOT 卫星参数的计算, 可以认为: 每年 5 月到 9 月期间, 在北纬  $32^\circ-45^\circ$  地区, 当 SPOT 卫星以较大的侧视角向左侧成像时, 太阳入射方位和卫星观测方位在成像区形成投影共线, 并且太阳的高度角与卫星的高度角近似相等的可能性很大, 可能影响卫星成像的质量。为此, 在满足上述地理和时间条件的情况下, 应该考虑卫星成像方位对图像质量的影响, 根据本文的结论在卫星编程时做出适当的调整, 以避免文中类似情况的发生而影响成像质量。

需要指出的是, 本文仅针对 SPOT 卫星在北半球的成像特点进行了分析, 下一步的工作将对全球范围内遥感卫星观测方位与成像质量的关系进行研究, 并进一步讨论卫星编程的策略问题。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] SPOT Image: SPOT to Direct Receiving Station Interface Document [J]. SPOT Image, 1997.
- [2] Tu S.C. Satellite Orbital Altitude Dynamics and Control [M]. Beijing: China Astronautics Publishing House, 2003. [屠善澄. 卫星轨道姿态动力学与控制 [M]. 北京: 宇航出版社, 2003.]
- [3] Thomas M., Lillesand R., Ralph W., Kiefer. Remote Sensing and Image Interpretation [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003. [Thomas M., Lillesand R., Kiefer W. 等译. 遥感与图像解译 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.]
- [4] Sun P.X. Spherical Graphics and Spatial Angle Computing [M]. Beijing: Petroleum University Press, 1991. [孙培先. 球面图学与空间角度计算 [M]. 北京: 石油大学出版社, 1991.]
- [5] Zhang C.B. Spherical Trigonometry [M]. Beijing: Peoples Education Press, 1978. [张楚宾. 球面三角学 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1978.]
- [6] Liu X.F. Basic Astronomy [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004. [刘学富. 基础天文学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.]
- [7] Hu Z.W. Common Astronomy [M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2003. [胡中为. 普通天文学 [M]. 南京: 南京大学出版社, 2003.]
- [8] Liu Y.G., Jin M., Feng Z.K., et al. Study on Inversion of Radiance and Reflectivity with SPOT Data [J]. Geo Information Science, 2006, 7(2): 111-115. [刘宇光, 金明, 冯钟葵等. SPOT 数据反演地物辐射亮度和反射率的基础研究 [J]. 地球信息科学学报, 2006, 7(2): 111-115.]