

# 从陆地卫星数据资料计算天然辐射值

G.J. 罗宾夫

**摘要** 一般在分析陆地卫星的影像数据时, 是利用记录在计算机兼容磁带上的每个象元的数字来实现的, 虽然, 对于单一象元来说, 这一方法是令人满意的; 但是, 如果在分析或使用多象元来作镶嵌或多次重叠使用时, 则这一方法可能产生错误的结果。应该将每个象元值转换成它们相应的具有等效物理量纲的数值(即具有物理意义的数字)。例如(1)辐射强度, 即在卫星轨道上测到的辐射能量, 量纲为每(立体)弧度, 每平方厘米的毫瓦数值 ( $\text{mWcm}^{-2}$ ) 或(2)反射率。这些数值的变化取决于: 依据每颗卫星在一定的时间、太阳高度角、大气状态、地形走向和坡度、以及地面覆盖类型等, 对多波段扫描仪的核准。大气的核准必不可少, 但是, 已超出本文的目的和范围。

对于陆地卫星 1、2 和 3 号的目前五个波段是在忽略大气校正的情况下, 用给定的方程计算辐射强度值和反射率的。本文的一个例子中, 可以看出不同的卫星计算出的辐射强度和反射率有很大的不同。在分析陆地卫星资料时, 把陆地卫星数据表达为天然辐射值, 将减少错误。

**引言** 陆地卫星影像反映在计算机兼容磁带上是一些无量纲数字化数值。4、5、6 波段的数据是从 0 到 127; 7 波段是从 0 到 63。许多研究者运用这些数据, 作单一影像覆盖类型的统计分类, 识别与绘制地形特征, 对若干个影像进行数据镶嵌, 以产生连继的影像, 对光谱段作比率分析以消除光照的影响, 以及发现同一地带连继影像中的变化。但是, 这样的分析结果往往不适当或有错误。因为, 这一数据并不反映实际, 而仅仅是在计算机处理时使用的数据。本文表明, 把数字化值变换到反映天然辐射量的数值以作为分析研究的第一步会获得正确且精确的结论。

**陆地卫星数据资料的天然辐射值** 陆地卫星 1、2、3 号的多波段扫描仪仅测量地球表面的反射电磁波段, 它有四个波段, 如表 1 所示:

一般在分析数据时, 是以数字化水平为基础的, 数字化水平以一个线性模式与反射电磁波的能量强度相关, 但是, 三颗卫星之间不能直接对比, 因为它们各自的多波段扫

表1 陆地卫星反射电磁波谱与数据区间

波 段	波 长	数据区间
4	500—600毫微米	0—127
5	600—700毫微米	0—127
6	700—800毫微米	0—127
7	800—1100毫微米	0—63

描仪的校准是不相同的。另外,在使用不同时期的影像进行比较或合成时需要不同的光照角进行校正。

从象元的数据值求出的每一波段的天然辐射值是:(1)辐射强度、即每弧度、每平方厘米的毫瓦数( $\text{mWcm}^{-2}\text{sr}^{-1}$ )和(2)反射率。对于一些特殊的要求,还可以计算出其它希望得到的数值。但是,这些数值都可以通过以上辐射强度和反射率值计算换出来。

单波段的辐射强度的计算如下:

$$\text{辐射强度} = \frac{D_n}{D_{\max}} (L_{\max} - L_{\min}) + L_{\min}.$$

这里, $D_n$ :从计算机兼容磁带(CCT)上得到的象元数值。

$D_{\max}$ :记录在CCT磁带上最大的数值;4、5、6、波段为127,7波段为63。

$L_{\max}$ :在轨道上扫描仪所能测量到的辐射强度的最高限值( $\text{mWcm}^{-2}\text{sr}^{-1}$ )。

$L_{\min}$ :在轨道上扫描仪测量到的辐射强度最低限值。

表2给出了陆地卫星1、2、3号的不同扫描仪,在不同的时间校准时的 $L_{\max}$ , $L_{\min}$ 值,此数据引自“陆地卫星资料使用手册”(1979)。

**表2 在正常低增益的情况下陆地卫星1、2、3多波段扫描仪  
4、5、6、7波段辐射强度饱和值( $L_{\max}$ )和背景值( $L_{\min}$ )**

波 段	陆地卫星—1		陆地卫星—2a		陆地卫星—2b		陆地卫星—3a		陆地卫星—3b	
	75.6.22—75.7.16		75.7.16以后		78.3.5—78.6.1		78.6.1以后			
	$L_{\min}$	$L_{\max}$	$L_{\min}$	$L_{\max}$	$L_{\min}$	$L_{\max}$	$L_{\min}$	$L_{\max}$	$L_{\min}$	$L_{\max}$
4	0	2.48	0.10	2.10	0.08	2.63	0.04	2.20	0.04	2.59
5	0	2.00	0.07	1.56	0.06	1.76	0.03	1.75	0.03	1.79
6	0	1.76	0.07	1.40	0.06	1.52	0.03	1.45	0.03	1.49
7	0	4.00	0.14	4.15	0.11	3.91	0.03	4.41	0.03	3.83

还可以利用美国宇航局或戈达德空间中心的资料来改变核准,使扫描仪每一波段的变化减少到最小程度。以下是对朗伯表面(即仅射面—译者)单波段反射率的计算:

$$\text{反射率} = \frac{\pi}{E \sin \alpha} \left\{ \frac{D_n}{D_{\max}} (L_{\max} - L_{\min}) + L_{\min} \right\}$$

这里: $E$ :大气顶面的辐照度( $\text{mWcm}^{-2}$ )

4波段 $E = 17.70\text{mWcm}^{-2}$ , 5波段 $E = 15.15\text{mWcm}^{-2}$

6波段 $E = 12.37\text{mWcm}^{-2}$ , 7波段 $E = 24.91\text{mWcm}^{-2}$

$\alpha$ :从水平面测到的太阳仰角。注记在陆地卫星影像上。(但象片注记只是表示最近似的角度,可以有 $1.5^\circ$ 的偏差,对于精确的研究,应计算出各点的太阳角)。

辐射强度和反射率这两个参数是具有物理量纲的数值,不仅具有物理意义,而且

比其原始数字较易为用户理解，例如：5波段反射率为0.28，要比 $D_n = 64$ 的数字直观的多。

除了物理含义的因素以外，单独地使用数据值还可能引出错误的结论。如在进行单一（波段）陆地卫星像幅的分类中，由于数据值在相对意义上本质是连续的，问题并不十分严重；但是，在进行单象幅各波段的比值分析时，由于各自波段核准的不同，其结果将产生数值错误。假如在陆地卫星-1的象幅中的一个象元的四个波段的数值分别为42, 64, 65和25，太阳仰角为 $48^\circ$ （一个实例）。表3列出其数据值、辐射强度值、反射率及邻近波段的比值。

**表3 数据值、辐射强度值、反射率及邻近波段的比值**

		数 据 值		辐射强度		反 射 率	
		$D_n$	比值	$mWcm^{-2}sr^{-1}$	比值	%	比值
4 波 段		42		0.820		0.101	
			0.66		0.81		0.69
5 波 段		64		1.008		0.281	
			0.98		1.12		0.91
6 波 段		65		0.901		0.308	
			2.60		0.57		1.145
7 波 段		25		1.587		0.269	

如果希望进一步发展“光谱特征”（一个极困难艰和复杂的概念）和比较不同太阳角和不同时间，从不同扫描仪取得的数值，那末唯一有意义的值即为地面实际反射率，它是经过对所有数据推导和数据处理系统中的系统变量进行校正并计算而得出的。

表4使用了上述的例子，表示陆地卫星1、2、3上的多波段扫描仪校正中的不同影响，并用了美国西部犹他州幅的陆地卫星象幅的象元值（每个波段的 $D_n$ 值）和太阳角（ $48^\circ$ ）计算出辐射强度值和反射率

**表4 陆地卫星1、2、3四个波段的校正**

数据	陆地卫星—1		陆地卫星—2		陆地卫星—2		陆地卫星—3		陆地卫星—3		
			75.7.16 以前		75.7.16 以后		78.6.1 以前		78.6.1 以后		
	Dn	辐射强度	反射率	辐射强度	反射率	辐射强度	反射率	辐射强度	反射率	辐射强度	反射率
4波段	42	0.820	0.195	0.761	0.181	0.923	0.220	0.754	0.180	0.883	0.210
5波段	64	1.008	0.281	0.821	0.229	0.917	0.255	0.897	0.250	0.917	0.250
6波段	65	0.901	0.308	0.751	0.257	0.807	0.276	0.757	0.259	0.777	0.266
7波段	25	1.587	0.269	1.731	0.294	1.618	0.274	1.768	0.300	1.538	0.261

**讨论** 从表4中可以看出，由于多波段扫描仪校正的不同，引起辐射强度和反射率值有很大偏差。例如：六波段的反射率值的变化范围是从0.257到0.308，其平均值为0.273标准离差为0.021。这个例子说明，陆地卫星影象数据的分析，不应仅仅局限在计算机兼容磁带数据的基础上，如果二个对应的象元在二个不同的数据系统中，具有相等的数

值,则有可能将它们划归为相同的类型。然而,如果实际的地面反射率不同,则应将它们划分成不同的类别。(即反射率的差异超过所选择变量的范围)。同样,由于二个在所有波段具有相同反射率的象元在二个不同的数据系统中,其数据值会不相等,但实际上其反射率是相同的,会把它他划为不同类型,由此可见,首先应将数据值校正为辐射强度值和反射率,然后分析所获得的结果。对于个别的分析应作以下变换:(1)求波段比值;(2)不同太阳角的二幅或多幅数据镶嵌图的分析;(3)由二颗或不同的陆地卫星取得的二幅或多幅数据镶嵌图的分析;或由同一颗陆地卫星取得的经过校正以前,或经过校正以后的二幅或多幅镶嵌图的分析;以及(4)在不同的太阳角和不同的校正情况下,比较和发现两个或多个影像间的变化。

以上变换需要有适合计算机运算的计算机程序(算法语言),以及作为第一步将数据值转换成反射率;变换后,在没有变化的情况下,就能使用标准的分类程序。

在计算机兼容磁带上提供辐射强度值的数据而不是现在的数值是可取的,这样,就得在处理过程中附加一步,进行扫描仪成像时的校正,计算出每个象元的辐射强度值;这一结果应把与地形一大气系统相一致的天然辐射值作为基础数据,而不是它在有关系系统中的模拟值。这一过程减少了对每一被分析象元点的校正的需要。这一技术方法的缺点是需要更多的磁带存贮,因为,必须按实际数值存贮影像,而不只存影像的字节;另外若磁带前部带有校正数值的话,则也可按现有的数字化格式提供数据,这些资料可为进一步处理所利用。

上述结论简单地忽视了一些重要因素,如大气吸收,大气散射,邻近象元辐射影响的校正,对于这些校正可以用简单的方法进行处理(比如:从总的黑度中减去大气散射的校正量)或运用高级完善的方式校正。例如,为了确定大气状态,在成像的同时,使用无线电探空仪进行观测,为了得到真实的地面反射率值,必须作大气校正、然后、所需的方法和处理的模式超出了本文的范围。分析者必须了解的是,所用的资料是没有进行大气校正的,所分析的数据仅仅是地面一大气系统,而不是单独的地面系统的反映。在许多情况下,分析者必须假定在一幅陆地卫星影像所在的上空,大气是均匀的,或者在二颗卫星经过期间大气的状态是一样的。

总之,因为用户越来越意识到并依赖于定量的物理关系来分析陆地卫星资料,他们必须重新估计原始数据资料中与系统有关的不合理方面。

要合理和恒定的使用陆地卫星数字资料,必须把计算机兼容磁带取得的数据,转换成具有物理量纲的数据,像辐射强度(在卫星轨道上测得的),或是地面反射率(或地面反射系数)。若不这样做,特别是求波段比值,进行影像镶嵌,影像的分类或是发现和分析不同时间的变化时,将产生错误,或引出错误的结果。

陆地卫星影像的数据资料的计算机兼容磁带应能提供适于扫描仪校正、进行辐射强度换算的数值,或是通过在磁带前部提供资料的校正,这样,将大大方便用户。

吕国楷译自《Photogram. Eng. and Rem. Sensing》,1982, MAY, 黄云麟校