

空间频率彩色编码在遥感图象处理中的应用

陈怀琳 梁秀慧 汪滨

(北京大学物理系)

空间频率彩色编码的方法是基于傅里叶光学中的空间滤波技术。关于相干光照明下的空间滤波方法在图象处理上的应用已为大家所熟知^[1]。这种方法对图象增强有明显作用,其主要缺点是:(1)由于用激光作光源,往往带来难以避免的相干噪声,严重地影响了成像质量。(2)无论用哪种滤波器,在突出某部分信息的同时,往往丢失了其他信息,故处理后的图象有时失去了原图的形象。空间频率彩色编码避免了上述缺点。

一、空间频率彩色编码方法及其发展

此方法所用光路基本上和相干光 $4f$ 系统类似,只是用产生白光的溴钨灯 S 及一小孔 W 作为点光源,以代替激光。光经透镜 L_0 准直以后,照亮 P_1 平面上的透明底片。透镜 L_1, L_2 形成 $4f$ 系统。 P_2 平面称为频谱面或傅里叶变换

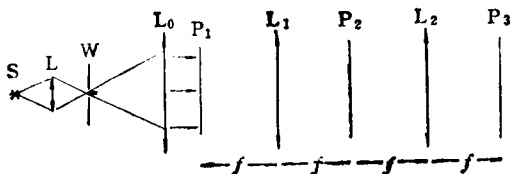


图 1

面。 P_2 面坐标 ξ, η 与物的空间频率 ν_x, ν_y 有下列关系:

$$\xi = \lambda f \nu_x, \eta = \lambda f \nu_y,$$

其中 λ 为光波波长, f 为 L_1 焦距。如果在 P_2 平面上放一环状彩色滤波器(如图 2),则空间频率小于 $\nu_1 = r_1/\lambda f$ 的频率成分将以蓝色出现在象面 P_3 上,中频成分则以绿色出现,高频以红色出现。故 P_3 面上各种色光相叠加所形成的混合色的色调及饱和度,反映了图象的空间频谱分布。 P_3 面上可用彩色胶片或相纸接受。这种彩色滤波方法不仅解决了激光所产生的相

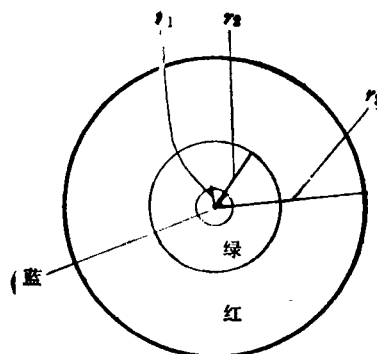


图 2

干噪声问题,而且本质上起到多通道滤波作用,使各种频率信息基本上不损失,而是以不同彩色出现在象面上^[1,2]。

根据实际工作需要,我们又对上述方法作了以下改进:

1. 多次曝光法 图 2 所示的彩色滤波器在实际制作时存在很大困难。多次曝光法将 P_2 上滤波器改为二元的圆孔或环状,在小孔 W 附近放上滤色片。例如采用圆孔状低通滤波器时用蓝滤色片,采用中通滤波器时用绿滤色片,高通滤波器时用红滤色片。 P_3 面上放相纸或感光胶片,分别曝光三次。各次曝光时间可根据需要调节,例如为了增强高频信息,可以使高通滤波曝光时间比低通滤波曝光高一个数量级。

2. 光机混合处理法 这种方法是先用光学方法将图象作分频预处理,随后再输入数字图象处理系统进行彩色合成。即先用图 1 所示的光路,分别用几个滤波器,将同一张图片分解成几张放大倍数相同的黑白底片,这几个底片分别包含高、中、低的频率成分。计算机彩色合成仪赋与各张底片特定的颜色,并在屏幕上显示合成的图象。由于计算机彩色合成的灵活性,可以很快地试用各种彩色组合方案。例如作正负片搭配合成,作比值编码,彩色色调亮度调节。

观察者可根据解译需要选择合适的图象摄影记录。这种彩色图象色彩比前面纯光学方法得到的图象更鲜艳。

二、应用举例

作者曾利用上述各种空间频率彩色编码方法对地物卫星图片及航空图片作处理,为岩石分类、找矿以及地质力学研究提供信息,现举例说明如下:

1. 岩石分类 遥感图象中的花纹特征是识别岩石的重要依据。图3是太原幅中黄土、灰岩及碎屑岩三种岩类影象的放大图。可以明显看出它们花纹的疏密程度和走向都有区别。这些区别主要由于不同岩石中细小支沟汇成的水系图造成。空间频谱分析技术表明,在一个大地构造单元中,同一岩性具有相似的空间频谱。由分析仪测出太原幅黄土、碎屑岩和灰岩的功率谱如图4所示^[2]。图4中横坐标为频谱面上的环号,可以看出相应于20环到28环之间,黄土地区的功率谱有明显高峰,碎屑岩功率谱峰值较小,峰位置向低频方向移动。灰岩功率谱则更看不到明显的峰值。频谱分析仪虽给出了功率谱的特征,但是它只能逐点测量,不能绘出整个图形,

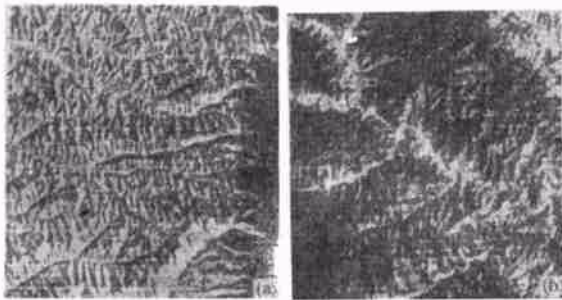


图3
(a) 黄土; (b) 灰岩; (c) 碎屑岩

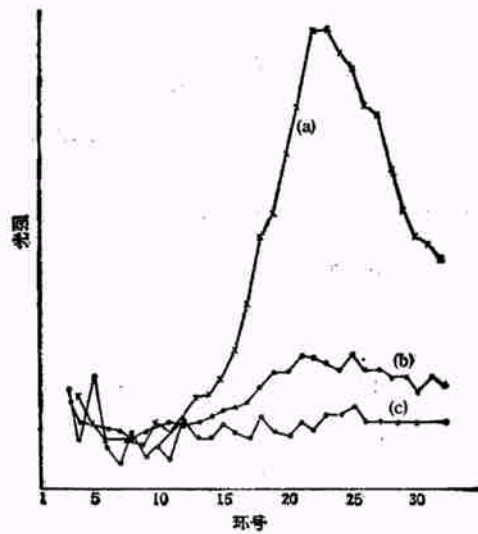


图4
(a) 黄土功率谱; (b) 碎屑岩功率谱; (c) 灰岩功率谱

不能勾划出不同地质结构的轮廓。根据功率谱所获得的数据,可以设计相应的滤波器,以达到区别几种岩石的目的。例如,使高通滤波器正好能通过黄土功率频谱的峰值,并使之呈红色,而使低通滤波器为绿色。经滤波后的黄土部分呈红色,灰岩呈绿色,而碎屑岩颜色在红黄之间。经处理后所得图象彩色鲜明,便于岩性分类观察。

2. 与金属矿床有关的微地质体信息的提取^[4]

不同类型的岩石或岩石组合通常因其化学成分、矿物成分和岩石结构等各不相同,形成的地貌类型及微地貌特征也不同。表现在航天遥感图象上则有色调和结构上的差异。因为岩体上有不同的覆盖物和植被,色调的差异有时明显,有时则差别不大。在一定条件下,色调是可变的,例如植被色调随季节改变。微地质体与周围背景的地貌特征往往有明显区别,这种特征是很稳定的。但微地质体面积小于 4 km^2 ,在 $1/10^6$ 航天遥感图象上只有 4 mm^2 ,当色调与背景差异较小时,目视解译这样小面积的结构特征有相当的困难。微地质体结构的特征必然产生空间频谱的差异。用多次曝光法对 $1/3.369 \times 10^6$ 多光谱扫描(MSS)底片作空间频率彩色编码后,即使小于 1 km^2 的岩体或其他微型地

质体仍能以明显的颜色与背景地质体相区别。

例如,北京幅周口店南部小岩体,下石堡以东长操以南的六个小岩体,石窝北部的两个小岩体,百花山西部及南部的许多小岩体等多数面积小于 1km^2 ,它们在等频彩色相片上呈现明显彩点,显示其空间频率高于背景。而珠窝村南小岩体所呈现的颜色则说明岩体的频率较背景为低。此推断已被现场实况所证实。

再如上饶幅经处理后, $1-2\text{km}^2$ 及小于 1km^2 的小岩体基本上可以彩色显示。如德兴地区与铜矿密切相关的富家坞、朱砂红及铜厂三个小岩体;与金、银及多金属矿有关的金山、银山、硫磺厂及德兴县北的小岩体等均在等频图片上显示它们是以低频为主,即小岩体相对于古老变质岩来说地势较为平缓。

实践证明,等频彩色编码处理能清晰显示航天遥感图象上微地质体的确定位置与分布规律,这无疑会对与其相关的内生金属矿床及石油的勘察具有十分重要的价值。

3. 线性构造的增强 卫星图象所显示的地面上的平行线性构造往往受到断层的控制。分析这些线性构造以及它们之间切割关系有助于地质力学的研究。利用方向滤波处理可以增强影像上的线性构造。在广西河池幅卫星图片的都安地区有八组平行线性构造。将夹角为 15° 的双向扇形滤波器(见图5)放在图1的 P_2 面上,使

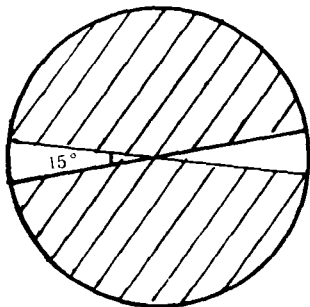


图 5

其取向垂直于某组线性构造,在 P_2 面上放一黑白底片,即能提取该组线性构造的信息。改变滤波器方向,依次得到反映各组线性构造的几张

物理

黑白底片。将三或四张经过光学预处理的底片同时输入4200F多光谱数据处理系统作彩色合成,使不同方向的断裂以不同色调显示在同一张图象中,例如品红色表示方向为 $\text{NW } 20^\circ$ 的 F_1 断裂,以青色表示方向为 $\text{NE } 50^\circ$ 的 F_2 断裂。在彩色合成图象中可清楚地观察到两组断裂之间相对位置及由切割引起的错位现象。

三、结 论

空间频率彩色编码方法是从图象的结构上对地物进行分析的一种手段,具有一定的普遍意义。它不仅适用于分析卫星图象,也同样适用于分析航空图象^[1]。它不仅在地质、找矿上有意义,对农林研究亦可能有价值。光机混合方法更有发展前途。目前很多从事遥感工作的单位已建立了彩色图象仪,主要用于多波段的彩色合成。如果对底片先作一些光学预处理,按其空间频谱分解成几个图象,再作合成,则可以从空间频谱角度提取更多信息,扩展了彩色合成仪的应用范围。

在上述光学彩色编码及光机混合处理中,光学预处理工作均在北京信息光学仪器研究所研制的OIP系列光学信息处理系统上进行的。该仪器所用透镜为消色差型,适宜于作白光处理。透镜孔径为 135mm ,足以处理 $1:3,369,000$ 的卫星图片。仪器备有小孔光阑,各种滤色片,环形及扇形滤波器等附件,使用较方便。

本文所涉及的地质、地貌的解译工作,得到刘燕君、马彘乃两同志的指导,在此谨表谢意。

- [1] 陈怀琳,物理, 16-2(1987), 111.
- [2] J. Bescos, T. C. Strand, *Appl. Optics*, 17-16 (1978), 2524.
- [3] 朱世嘉、金丽芳、谢慧媛,科学通报, 28-21(1983), 1329.
- [4] 刘燕君、梁秀慧,遥感信息, No. 4 (1986), 17.
- [5] 梁秀慧、刘燕君、陈怀琳,环境遥感, 2-1(1987), 70.