

便携式多通道辐射计及其应用

郭一平

(中国科学院上海技术物理研究所)

1987年6月15日收稿

摘 要

多通道辐射计在 $0.4-2.5\mu\text{m}$ 设置了6个通道,可以以 TM, MSS 或其它通道工作。仪器的视场和工作通道均可在测量现场迅速更换。机内微处理机自动记录、处理、打印(传送)测量数据。整个系统由电池供电,适于在直升机、车辆、三角架等平台上操作,也可以手持式操作。

仪器具有操作、维修简单,维护费用低,测量速度快,具有较丰富的数据处理和交换功能等特点。

文中还介绍了仪器的一些应用情况和部分结果。

关键词: 多通道 辐射计

一、引 言

自从七十年代地球资源卫星工作以来,遥感技术已取得了长足的进步。从卫星轨道上收集的地球表面水体、陆地的图像资料,已用于诸如探矿、全球粮食产量估计和海产产量估计等领域^[1]。

目前遥感技术正朝着提高遥感器的几何和光谱分辨率、充分提取目标特征信息、加强图像处理和地物波谱工作等方向发展。MSS 的地面分辨率为 80m, TM 为 30m, SPOT 卫星在分波段时为 20m, 全波段时为 10m。另一方面,将现有的遥感波段进一步细分:例如 TIMS 将 $8-12.5\mu\text{m}$ (相当于 TM 的热红外波段 6)进一步分成 6 个波段,以提取更多的特征信息。因为许多岩矿在 $2.0-2.5\mu\text{m}$ (相当于 TM 波段 7)也携带有大量的特征信息^[2],故将此波段进一步细分,有可能大大提高遥感技术对地学目标的信息获取能力,围绕这方面的工作也很活跃^[3,4]。

图像判读有赖于大量地物波谱的收集和积累,要求在野外实地对各种目标作大量的光谱测量,并详细记录测量的条件和有关目标的状况。但目前常见的仪器对于遥感应应用研究而言并不太适用。因为高光谱分辨率的仪器一般比较昂贵,每次测量都得到大量的数据,而处理这些数据要花费大量的时间和精力;而从国外引进的 Exotech 100 AX 型四通道辐射计的工作波长仅限于可见—近红外波段,因而限制了在地学等领域的应用,也限制了卫星等多光谱图像资料应用技术的进一步发展。

鉴于上述情况,我们研制了带电脑的便携式多通道辐射计¹⁾。该仪器适合在直升机、车辆、三角支架等平台上工作,也可以手持式操作。仪器配置了足够数量的独立通道。测量

1) 郭一平,第四届全国遥感技术交流会会议论文摘要,1985年。

数据简单、直接、明了,并具有下列特点:(1)工作波长范围宽($0.4\text{--}2.5\ \mu\text{m}$);(2)操作使用简便,轻触功能键后自动完成实现整个功能的操作;(3)结构紧凑,适合野外使用,维护和使用费用低;(4)测量速度快;(5)具有较强的数据实时处理功能;(6)具有多种数据存储和传输方式,配备了计算机通用接口。

二、辐 射 计

图 1 是辐射计的外观照片。它主要由光学头和处理单元组成。光学头将入射辐射分光后,转变成正比于入射辐射的直流电压信号;处理单元记录和来自光学头的数据并控制整个系统,向系统提供快速及自动操作和处理功能。

光学头也可以单独使用,采用人工读数、记录测量数据;光学头的信号输出格式与 Exotech 100 AX 型相兼容,故处理单元也可以与 Exotech 100 AX 型联机使用,向其提供数据处理功能。

1. 光学头

光学头在 $0.4\text{--}2.5\ \mu\text{m}$ 设置了 6 个相互平行的独立通道和一个取景器。各通道的光谱响应与 MSS, TM 的一致,也可以与 SPOT 卫星的通道匹配。各通道均由滤光片分光,改变通道的光谱响应,只需更换相应的滤光片,即使在野外现场亦能迅速完成。为提高对于野外使用、运输的适宜性,整个光学头除了斩光器外,无任何机械运动部件。

光学头的原理框图见图 2。入射辐射经分光后,由斩光器调制成交变信号,再经交流放大和解调后得到直流电压信号。这样安排克服了探测器与放大器可能存在的漂移现象。另外,还设置了液晶数字电压表(供人工读数)和信号过载报警电路,后者同时对 6 个通道的信号进行监测。

辐射计光学头的主要技术指标见表 1。仪器目前配备的工作波段见表 2。

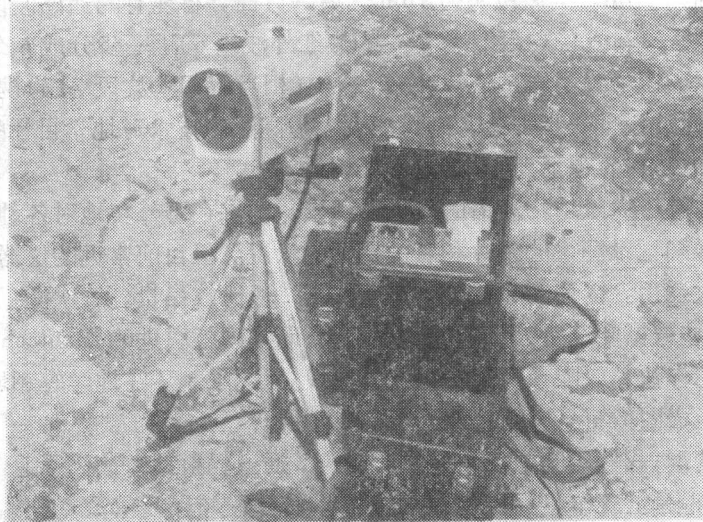


图 1 便携式多通道辐射计

Fig. 1 The Portable Multiband Radiometer

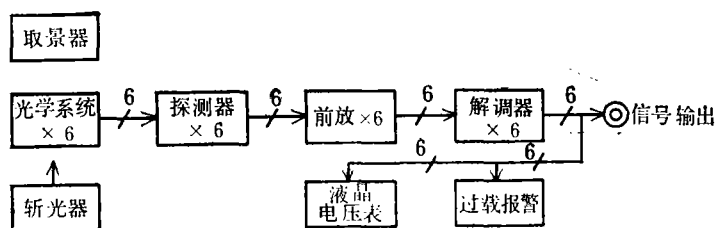


图 2 光学头原理方框图

Fig. 2 Diagram of Optical Head

探测器: 在 0.4—1.1 μm 使用 Si PIN 二极管作探测器; 在 1.1—2.5 μm 使用 PbS 作探测器。探测器——前放组件也是可更换的。

视场: 备有大、小两组互相平行的通道视场供选择。采用组件式结构设计使之在野外调换时操作十分容易。当飞行高度为

300m 时, 使用 15° 大视场的取样面积与 MSS 的相同; 飞行高度为 110m 时取样面积与 TM 的相同。

表 1 光学头的主要技术指标

Table 1 Specifications of Optical Head

1. 工作波长: 0.4—2.5 μm
2. 通道数: 6 个
3. 工作波段: 目前为 TM, MSS 和红外细分光谱
4. 视场: 1.5°, 15° 两档可选
5. 信号输出: 0—5V DC
6. 等效噪声反射率差 $NE\Delta\rho$: $\leq 0.02\%$ (0.4—1.1 μm); $\leq 0.5\%$ (1.1—2.5 μm)
7. 动态范围: 10^3
8. 体积与重量: 155×180×255 mm^3 , 5.5kg

表 2 仪器工作波段

Table 2 Spectral Band Specification

通道	TM 波段 波长 (μm)	MSS 波段 波长 (μm)	红外细分光谱波段	
			中心波长 (μm)	带宽 (μm)
1	0.45—0.52	0.5—0.6	2.035	0.1
2	0.52—0.60	0.6—0.7	2.087	0.1
3	0.63—0.69	0.7—0.8	2.143	0.1
4	0.76—0.90	0.8—1.1	2.200	0.1
5	1.55—1.75		2.280	0.1
6	2.08—2.35		2.380	0.1

读数显示: 光学头设置了一个 $3\frac{1}{2}$ 位液晶数字电压表显示各个通道信号的读数, 并可监测电源电压。

信号输出格式: 与 Exotech 100 AX 型兼容, 为 0—5V 直流电压信号。

过载报警: 当任一通道信号过载时, 同时以声响和液晶数字表上特定的指示报警。

2. 光谱响应的标定

采用替代法进行光谱响应的标定。光源为由稳流源供电的钨带灯,经单色仪分光后,依次投射到标准探测器——真空热电偶和光学头上,分别得到其输出电压与波长的关系曲线,然后取辐射计读数与标准探测器读数之比作为辐射计光学头的光谱响应。因此排除了光源和单色仪的影响。光学头三套工作波段的光谱响应曲线见图 3。

3. 处理单元

处理单元的原理框图见图4。它包括微型计算机、程控放大器、接口电路和辅助电路。微型计算机由 Z80 系列芯片组装。多路转换器、程序控制增益放大器、微机和 A/D 转换器组成了数据采集部分。A/D 转换器的分辨率是 8 位。程控放大器保证每个子样信号均得到最佳放大, A—D 转换后至少有 7 位有效位。采用对各通道重复采样、叠加平均来提高信噪比。在仪器的设计中,注意赋予其一定的“智能”。如: 上电后自检; 测量各通道无信号的“零点值”, 并在测量信号中自动扣除之, 以进一步减小光学头可能存在的飘移; 参考板的反射率值可通过面板输入, 测量结果根据参考板的反射率自动折算成地物的绝对反射率。上述参数输入后可长期记忆, 也可随时更改, 这就为使用者选用不同的参考

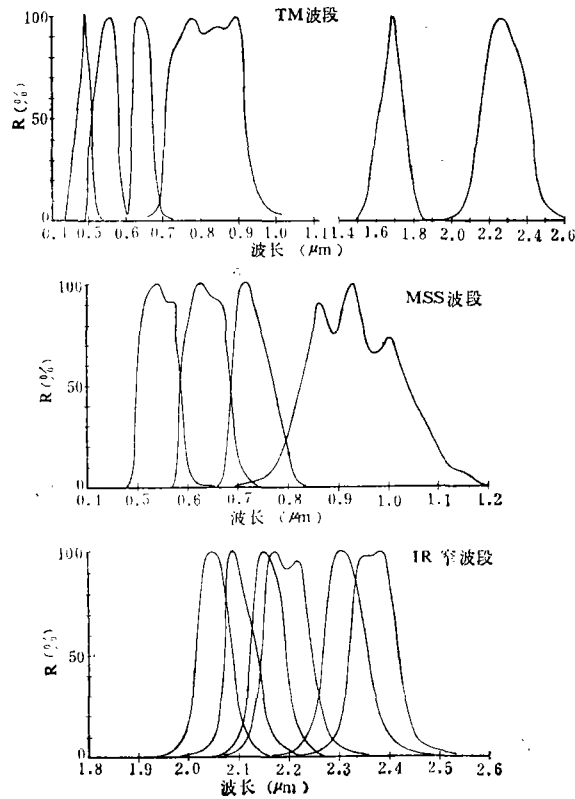


图 3 辐射计的相对光谱响应

Fig. 3 Relative Spectral Responsibility of the Radiometer

板测量和对参考板定期校验(标定)以提高测量精度提供了方便。

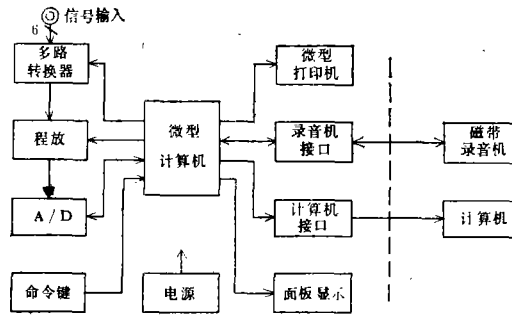


图 4 处理单元原理框图

Fig. 4 Diagram of Processing Unit

整个数据采集部分的参数如下表所列。

对信号的处理包括:

根据参考板的反射率和采集的数据折算地物目标的绝对反射率;对重复采样的数据作统计处理;进行比值运算(可选)。

微机还要对整个系统进行控制。其中包括:控制斩光马达;程控放大器的

时序、逻辑判断和地址码、增益码的变换;输入参考板的反射率值和进行自检——自校。

微型打印机、录音机接口和计算机通用接口组成了数据输出部分。计算机接口设有 RS-232C 串行接口和 Centronics 并行接口,可供选择。串行接口的波特率从 110 至 9600 有 8 档,校验位有奇校验、偶校验、恒为 0 及恒为 1 四种状态,均可由用户根据需要进行设置。

经计算处理后的光谱绝对反射率或光谱辐射出射度、测量不确定度、光谱曲线(可选)和比值处理结果(可选)都可以由微型打印机打印输出。计算后的光谱绝对反射率或光谱辐射出射度及测量不确定度可由计算机接口输出。

存储区的内容经录音机接口可记录在盒式磁带上保存;记录在盒式磁带中的数据也可经该接口回放至机内存储区。

全部软件由汇编语言编写,驻留在机内 8K ROM 内。

体积和重量: $120 \times 240 \times 360\text{mm}^3$, 3kg (不包括电池);

电源:使用 12V 直流电源,可以直接利用汽车的电源。随机可配蓄电池组: I 型蓄电池组为 2 节, 3-M-12 蓄电池,重量约 7.5kg,连续工作时间不少于 8 小时; II 型蓄电池组为 2 节, BP-60 型全封闭蓄电池,重量约 3.5kg,连续工作时间不少于 4 小时。随机还可配蓄电池组的充电器。

数据输入: 6 通道
输入阻抗 $\geq 1M\Omega$
0—5V 信号电平
动态范围: $\geq 10^3$
分辨率: 8 位量化 (A/D 转换保证至少有 7 位有效位)
精度: ± 1 量化级
重复采样和叠加次数: 16
测量时间: $\leq 1s$
数据存储区: 4K—8 位静态 RAM (备有断电保护电池)
断电后数据保存时间: $\geq 30d$

便携式多通道辐射计于 1986 年 12 月通过所级鉴定。

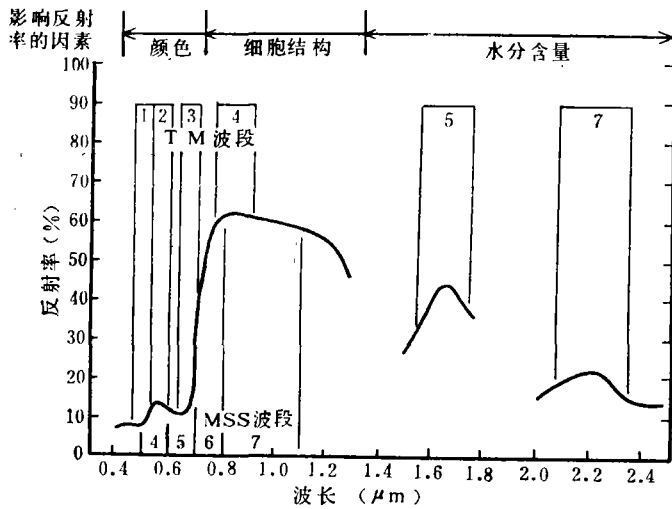
三、实际应用情况

多通道辐射计研制成功后,曾多次参加各项遥感应应用工作,主要是在野外现场测量植物、土壤、水体和岩矿等地物的反射率。因其测量速度快,所以对天气条件的要求大为降低,使用时颇感方便。

地物目标的测量一般是在每个测点周围随机地测 8—10 组数据,有时同一类目标选取 3—10 个样品,每个样品重复测三组,都用平均值作为它的反射率。测试时间一般在当地时间 10—14h,太阳角一般大于 50°,多为晴天。仪器测高约 1.2m,视场为 15°。仪器基本为垂直测量,参考板与地面平行。岩矿的样品一般均经过分析和鉴定。

在“用热惯量法在干旱地区寻找地下水”的应用项目中,多通道辐射计与 DGS-1 航空多光谱扫描仪配合作同步测量。用 TM 波段测量了土壤、植被、水体和部分岩石,为航空扫描仪提供地面定标数据和热惯量模式的计算参数。最后由计算机计算和进行图像处理,得到了该地区的热惯量分布图,指明了找水的远景区,并得到实地验证,取得了良好效果¹⁾。图 5 为植物绿叶的典型光谱与辐射计野外实测之记录。通过对比,植物绿叶光谱的特征峰谷在实测记录中有明显的反映,光谱曲线的趋势十分吻合;绝对值的差异是由植物

品种的差异及实测时视场内不可避免地有部分土壤存在而引起的。



(a) 绿叶的典型光谱

(a) Typical Spectrum of Green Leaf

TM 通道号	实测反射率值
1	4.90 ± 0.02 E-2
2	8.81 ± 0.03 E-2
3	7.17 ± 0.00 E-2
4	4.52 ± 0.03 E-1
5	3.16 ± 0.01 E-1
6	1.66 ± 0.00 E-1

(b) 辐射计实测记录

(b) Measurement Record of Radiometer

图 5 绿叶的典型光谱与辐射计实测记录

Fig. 5 Typical Spectrum of Green Leaf and the Measurement Record of Radiometer

多通道辐射计还用红外细分波段,对我国西部干旱地区的许多岩矿特征进行了研究。

1) 方连璋等,上海市航空宇航学会第二届联合学术年会论文摘要集,1986年。

图 6 是玄武岩的测量曲线，图 7 是同一个目标(部分覆盖地衣的岩石)在雨后一日与两日的测量曲线。结果表明，岩矿的反射光谱在此波段内具有比较丰富的光谱特征，而且受岩石表面颜色的干扰较小，因此比可见—近红外波段(0.4—1.1 μm)要优越。特别是水、羟基和碳酸根的吸收明显，因此对于区分一些岩石、矿物和蚀变带是十分有益的。

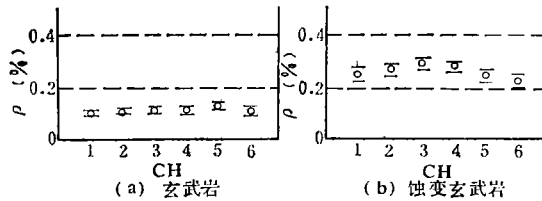


图 6 玄武岩的光谱曲线

Fig. 6 Spectral Reflectance Curve of Basalt
(a) Basalt (b) Altered basalt

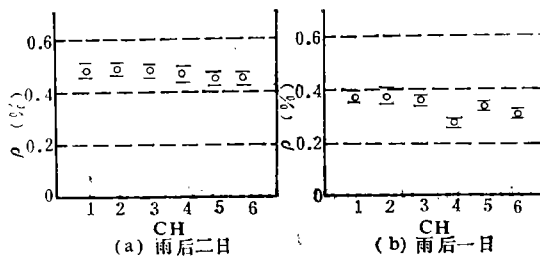


图 7 同一目标含水量不同在光谱上的反映

Fig. 7 The Difference in Characteristic Spectrum of a Target with Different Humidity
(a) The Data after Rain Two Days, (b) The Data after Rain One Day

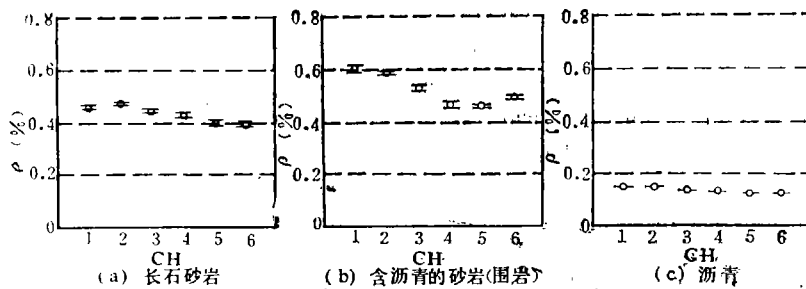


图 8 部分岩矿光谱曲线

Fig. 8 Rock Spectrum

(a) Feldspar Sand Stone, (b) Sand Stone with Bitumen (Well rock), (c) Black Bitumen

此外，我们还注意到红外细分波段对烃类矿物也较敏感。图 8 是三个样品各重复测三次得到的结果¹⁾。从中可以看出这三类岩(矿)在此波段内具有完全不同的光谱特征。对

¹⁾ 此项工作是与中国科学院兰州地质研究所刘子贵等共同进行的。

这三类岩(矿)其它样品的光谱进行分析,也得到了完全相同的结论。因此用此波段进行遥感,就有希望在广阔的砂岩覆盖地区,找出其中蕴藏有沥青矿体露头或有围岩露头(一般围岩露头的面积要大得多)的沥青矿来。

四、结 束 语

我们的目的是为遥感应用部门研制一种用途较广、多功能、能有较长使用年限的仪器。主要的解决方法是采用了微机技术和组件式结构设计。我们希望便携式辐射计的研制成功,能为遥感应用单位和研究工作者提供一种新型、有效的技术装备。

参 考 文 献

- [1] A. F. H. Goetz, J. B. Wellman and W. L. Barnes, Optical Remote Sensing of the Earth, Proceeding of the IEEE, **73**(6), p. 950—969, 1985.
- [2] S. E. Marsh and J. B. McKeon, Integrated Analysis of High-Resolution Field and Airborne Spectroradiometer Data for Alteration Mapping, Economic Geology, **78**, p. 618—632, 1983.
- [3] W. Collins, S. H. Chang, T. A. Yu, Y. Q. Xue, C. Y. Wu and D. J. Qiu, First Results From a New Multichannel Narrow-Band IR Scanner, Proceedings of 4th International Conference on Remote Sensing of Environment, p. 151—152, 1985.

A Portable Multiband Radiometer and Its Application

Guo Yiping

(Shanghai Institute of Technical Physics, Academia Sinica)

Abstract

The radiometer is a portable battery operated instrument, consisting of two main parts: optical head and processing unit. The optical head is equipped 6 channels between 0.4 and 2.5 micrometer, which may match with MSS, TM bands, and others. It is easy to change the FOV and passband filter of channels in field conditions by modular design. The processing unit records and processes the data from the optical head, it's fundamental component being a microprocessor. The system is adaptable to helicopter, truck or tripod platforms, it is also suitable for hand-hold operation.

The general properties of the system are:

1. comparatively inexpensive to acquire, maintain and operate,
2. simple to operate, calibrate and service,
3. rapid measurement ability,
4. complet with data handing, processing hardware and softwre.

Some results of application are shown, which has proved that the system can be utilized by many researchers to obtain large numbers of accurate, calibrated spectral measurements for remote sensing.

Key words Multiband Radiometer