

建设中国遥感卫星辐射校正场的构想

张广顺 张玉香

(国家卫星气象中心, 北京 100081)

提 要

该文论述了中国遥感卫星辐射校正场筹建的必要性, 辐射校正的基本原理和我国的辐射校正场建设的构想。

关键词: 定量化 辐射校正场 绝对辐射校正技术

引 言

70 年代末至 80 年代初, 随着国际航天定量遥感技术的迅速发展, 遥感应用日趋定量化, 因而进一步改进卫星定量遥感精度的要求越来越迫切。以美国亚利桑那大学光学科学中心 P. N. Slater 教授为代表的一批科学家提出了利用地球表面大面积均匀的地物为目标, 当卫星过顶时实施同步地面观测, 以实现对在轨道上运行的卫星传感器作辐射校正, 这就是辐射场校正技术^[1,2]。经过十多年的研究试验, 美国在白沙导弹基地 (WSMR)、爱德华空军基地的干湖床 (EAFB) 和索诺拉沙漠 (Sonora Desert), 法国在马赛市附近的 La Crun 辐射校正场, 欧空局在非洲撒哈拉沙漠, 日本与澳大利亚合作在澳北部沙漠地区均建立了地面辐射校正场。他们对 LANDSAT 的 TM, SPOT 的 HRV, NOAA 的 VHRR, Nimbus-7 的 CZCS, GOES-7 的 VISSR 等遥感仪器进行了绝对辐射校正, 取得了明显的效果, 可见光近红外定标精度达到了 5%—3%。此种定标方法已被国际遥感界公认为是一种行之有效的方

法^[3,4,5]。

为了加强国与国之间对地遥感的相互合作与互相补充, 促进国际合作, 交流地球观测卫星传感器的定标和反演资料的真实性检验的工作经验, 以使参加国和国际用户受益, 于 1984 年成立了对地观测卫星委员会 (CEOS) 定标和真实性检验工作组 (WGCV), 这大大推进了辐射校正工作的深入进行。

中国在这这方面的工作起步较晚, 随着航天遥感事业的发展, 有关业务部门及研究单位已充分认识到辐射校正工作的重要性, 在“六五”和“七五”期间开展一些辐射校正理论方面的研究和实验工作。尤其随着航天定量遥感资料应用的深入, 应用和研究单位提出了建立我国的辐射校正场。在国防科工委、国家计委的领导下, 由国家卫星气象中心牵头于 1993 年成立了中国遥感卫星辐射校正场专题论证组, 进行了场地选址综合考察, 完成了技术方案的编写和论证, 形成了综合技术方案。于 1994 年 12 月通过了以王大珩院士为主任、陈述彭院士为副主任的评审委员会的评审¹⁾。现正积极进行立项阶段的工作。

1) 中国遥感卫星辐射校正场专题论证组. 中国遥感卫星辐射校正场技术方案. 1994 年 10 月.

1 辐射校正的目的

中国遥感卫星辐射校正场的建立是发展我国空间对地观测技术的一个重要组成部分,是遥感信息量化所必须的,也是验证遥感数据的可信性,进行多星数据和多时相卫星数据对比分析的重要手段,属于拓宽卫星遥感应用领域和提高社会效益的关键技术,是我国当前研制的遥感卫星所急需,并有利于国际遥感卫星的应用与交流。

1.1 遥感数据的量化要求

传感器输出的是电信号数字量或模拟量,需要转换为探测器所对应目标像元的绝对物理量,例如辐射亮度值或反照率,才能对不同传感器、不同时间获得的数据进行定量比较和分析。要实现上述要求则必须给出传感器的校正系数。建立辐射校正场进行辐射校正工作的目的就是建立传感器的每个探测单元所输出的信号数字量与该探测器对应像元内的实际地物辐射值之间的定量关系,直接给出传感器的校正系数,实现对所获数据的绝对辐射校正。校正系数的提供大大提高了卫星遥感数据应用价值和经济效益。

90年代,定量遥感技术的发展,全球环境变化的遥感监测以及多光谱、多时相及多种卫星探测系统遥感数据的综合利用和定量分析技术发展,越来越迫切地对卫星传感器的辐射校正提出高精度要求。由此可见,建立辐射校正场,发展和建立场地辐射校正技术及其方法,不但是发展我国遥感卫星的要求,也是发展我国定量遥感应用技术的要求。对我国参与国际全球变化研究与有效利用国际其它卫星数据进行多种探测系统数据分析应用也具有重要意义。

1.2 监测在轨传感器变化并不断提供修正系数

长寿命遥感卫星遥感仪器的性能通常随着光学元器件和电子元件的老化,使其灵敏

度下降,遥感仪器性能蜕化,直接影响卫星遥感定量数据的精度和可靠性,影响遥感应用模型的稳定性,使其相对时间和空间变化稳定性差,影响了资料处理和应用水平。如Fy-1B 1990年9月至1991年5月红外通道灵敏度衰减了15.2%;可见光通道衰减了21.4%^[6,7]。美国1984年和1986年发射的NOAA-9和NOAA-10,于1988年发现AVHRR 0.58—0.68 μm 通道灵敏度分别衰减37%和42%;0.725—1.1 μm 通道灵敏度分别衰减41%和59%。1988年美国发射的LANDSAT-5在1992年发现TM2,3,4通道的灵敏度分别衰减17.1%,13.4%和3.1%。法国SPOT卫星通过场地辐射校正结果表明性能下降几个百分点。美国CZCS短波部分灵敏度4年下降25%。根据美国、法国的试验结果表明,利用辐射校正场是当前进行辐射校正较好的技术选择。

1.3 补充星上定标的不足

目前卫星遥感仪器星上定标(称内定标)精度有限,难以满足定量遥感产品的精度要求。由于在轨卫星长期在真空辐射等恶劣环境下运行,选择理想的星上定标源较困难。一般红外定标源采用星上参考黑体,能做到1K的定标精度,可见光和近红外定标源采用引入太阳光或标准灯,定标源稳定度存在问题,效果均不理想,难以实现精度较高的辐射定标。部分卫星由于工作方式的限制,直接影响内定标精度的提高,如Fy-2静止气象卫星受自旋稳定静止气象卫星工作体制的限制,前级光学系统不能进入定标光路,其定标精度低于极轨气象卫星的定标精度。这就需要利用辐射校正场进行辐射校正以补充内定标的不足。

1.4 多种遥感仪器和不同时间遥感资料的综合应用

在全球气候和环境监测中,必须应用不

同卫星的长期持续观测的遥感资料,需要实现多种卫星传感器和同一卫星不同时相资料的标定和同化,这更是单纯内定标准难以解决的,这就需要通过地面同步观测实现多星遥感器和同一遥感器不同时相间的资料相互匹配,只有这样才能使多种卫星传感器的资料和同一卫星传感器不同时间资料有一统一标准,才能进行比较和应用。

2 传感器辐射校正的基本原理

2.1 可见光和近红外波段^[2,3,5]

辐射校正是在卫星飞越试验场地上空同时,在若干选好的像元内测定探测器对应波段内的地物反射率 ρ_i ,同时测出气象要素和大气光学特性。再根据卫星过顶时太阳几何位置、仪器视场角、探测器光谱响应函数等等,通过大气辐射传输模式正演出到达传感器入瞳处各光谱通道的辐亮度 L_i 。

$$L_i = (\rho_i/\pi)E\tau + L_P$$

其中, E 是太阳直射光与天空散射光在地面上的辐照度, τ 为大气透过率, L_P 为大气程辐射。

上述公式适用于目标为朗伯体,如考虑场地目标的非朗伯体特性时,上述公式可修改变成

$$L_i = E \times BRF \times \tau/\pi + L_P$$

其中 BRF 为双向反射比因子。

L_i 与探测器对应的输出信号的数字量比值 C 之间的定量关系按线性校正模型处理则为

$$L_i = A \times C$$

A 即为我们所要获得的辐射校正系数。

2.1 红外波段^[8]

对于红外波段来说,尤其是热红外波段,星上传感器入瞳处接收到总的辐射是由3部分组成的:

①通过大气向上传输的直接地面辐射;

②由大气自身向上传输的程辐射;

③大气向下辐射到达地面再经地面反射后通过大气向上传输的辐射。

当卫星飞越辐射校正场上空时,在场内选好若干像元内同时测定探测器对应各波段地物光谱的比辐射率 ϵ_λ 和辐亮度 $B_{0\lambda}$,同时测出气象要素和大气光学特性(τ_λ)。再根据卫星过顶时太阳几何位置、仪器视场角、探测器光谱响应函数等等,通过大气辐射传输模式正演出到达传感器入瞳处各光谱辐射能量 I_λ 。

$$I_\lambda = B_{0\lambda}\epsilon_\lambda\tau_\lambda(P_0) + (1 - \epsilon_\lambda)L_a\tau_\lambda(P_0) - \int_0^{P_0} B_\lambda(P) \frac{\partial \tau_\lambda}{\partial P} dP$$

其中, I_λ 是波长为 λ 到达卫星探测器的辐射能量。 $B_{0\lambda}$ 和 B_λ 分别为地面和大气辐射的普朗克函数, $\tau_\lambda(P_0)$ 为整层大气透过率, P_0 为地面气压。式中右边第一项为地面辐射经过大气到达探测器的能量,第二项为大气向下辐射到达地面再经地面反射后通过大气到达探测器的能量。第三项为大气各层的贡献。

如选择清洁水面为目标,则忽略地面反射的贡献,则式中右边第二项可忽略,则

$$I_\lambda = B_{0\lambda}\epsilon_\lambda\tau_\lambda(P_0) - \int_0^{P_0} B_\lambda(P) \frac{\partial \tau_\lambda}{\partial P} dP$$

若探测器的光谱响应函数为 $\varphi(\lambda)$,则得到探测器的辐射值

$$I_{\Delta\lambda} = \int_{\Delta\lambda} I_\lambda \varphi(\lambda) d\lambda / \int_{\Delta\lambda} \varphi(\lambda) d\lambda$$

其中, $\Delta\lambda$ 为探测器光谱响应带宽, $I_{\Delta\lambda}$ 与探测器对应的输出信号数字量化值 C 之间是量关系,按线性校正模型处理为:

$$I_{\Delta\lambda} = A^* \cdot C$$

式中 A^* 为红外波段辐射校正系数。

3 我国的辐射校正场

在中国,进行遥感卫星辐射校正工作,需

选择面积较大、均匀、稳定的辐射校正场,这是达到较高定标精度的关键环节之一。国家卫星气象中心组织有关应用和科研单位于1994年6月进行了预选场综合考察。获得了大量实地观测数据,搜集当地天气、环境等多方面大量信息,为选场提供了依据^[8]。于同年12月确定了敦煌作为可见光和近红外波段辐射校正场,青海湖作为热红外波段辐射校正场,兼作可见光和近红外波段低反射比目标的辐射校正场。

经过初步实地观测和有关资料收集,现将敦煌、青海湖概况叙述如下^[8]:

敦煌辐射校正场位于甘肃省敦煌市西部约15km的戈壁滩上,地理坐标40°N,95°E左右,地面广阔平坦,水平坡度小于1%,它几乎没有植被覆盖,平均海拔1139m,属于典型的高原大陆性气候,水平能见度多数大于10km,地表有少量白色碱,平均反射率为0.20左右,地面是较好的朗伯体,面积30km×40km左右。

青海湖位于青海省东北部,地理坐标37°N,100°E左右,它是我国最大的内陆高原微咸水湖,属高寒半干燥草原气候,平均海拔高度是3196m,周围长360km,面积为4639km²,最大湖深大约为28m,平均水深19m,地面水平能见度多数大于10km。同一时间在湖中心20km×20km范围内温度变

化小于1℃。

4 结束语

中国遥感卫星辐射校正场专题,正积极筹备立项工作,在不远时间内将完成实施建设阶段并进入运行阶段,到那时我国在卫星遥感资料应用方面将上一个大的台阶。

参考文献

- 1 L. Edwin. Williamson Calibration technology for meteorological satellites, June 1977.
- 2 S. f. Bigger. In-blight methods for satellite sensor absolute radiometric calibration. The unsverzity of Arizona, 1990.
- 3 Robert J. Frouin and James J. Simpson. Radiometric calibration of GOES-7 VISSR lolar channels during the GOES pathlinder benchmark period. Remote Sens Environ 52, 1995: 95—115.
- 4 Jamesm. Palmer. Calibration of thematic mapper bavd 6 in the thermal infrared. SPIE proceedings Vol. 1938—12 Orlando, Florida 12—16 April 1993.
- 5 P. N. Slater, P. M. Teillet and Y. Ding. The absolute radiometric calibration of the advanced rery high resolution radiometer. Report NAG5-859 Optical Sciences Center University of Arizona, 2 June 1989.
- 6 范天锡. 风云一号卫星扫描辐射计红外通道信号衰减状况分析. 卫星气象技术报告, 1992, (9212).
- 7 潘钟跃, 范天锡. 风云一号卫星扫描辐射计可见光和近红外通道信号衰减状况分析. 卫星气象技术报告, 1992, (9212).
- 8 中国遥感卫星辐射校正场专题论证组. 中国遥感卫星辐射校正场考察团. 中国遥感卫星辐射校正场考察报告汇编, 1994年10月.

Remote Sensing Satellitic Radiometric Calibration Site of China

Zhang Guangshun Zhang Yuxiang

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The necessity of building remote sensing satellitic radiometric calibration site of China, the basic principle of radiometric calibration and the idea of building radiometric calibration site were described.

Key Words: quantitation radiometric calibration site absolute radiometric calibration technology