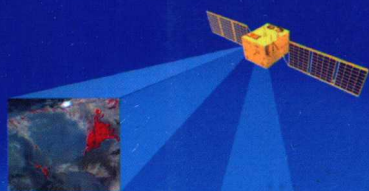




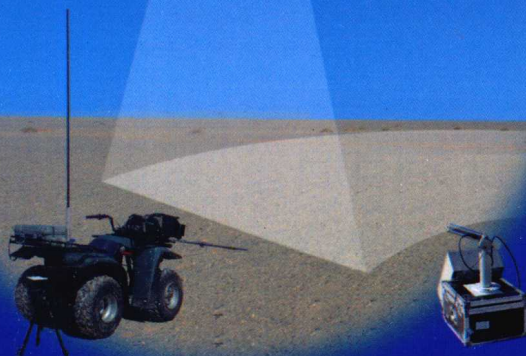
地球观测与导航技术丛书

航天光学遥感器 辐射定标原理与方法

顾行发 田国良 余 涛 等 著
李小英 高海亮 谢 勇



$$L = a \times DN + b$$



科学出版社

V423
20131

阅 览



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

地球观测与导航技术丛书

航天光学遥感器 辐射定标原理与方法

顾行发 田国良 余 涛 等 著
李小英 高海亮 谢 勇

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书针对当前定量遥感和光学遥感定标发展的现状和趋势,结合我国定标发展的特点,介绍了国内外航天光学遥感器辐射定标的研究现状及辐射定标方法,详细阐述了光学遥感在轨辐射定标中的星上定标方法、场地替代定标方法、交叉定标方法、稳定场景定标方法、像元级辐射定标方法等,总结了定标实验过程中各种测量仪器的测量规程和数据处理方法;并以我国资源、环境、气象(风云)、海洋系列卫星为例,深入分析了可见近红外遥感器、热红外遥感器、高光谱遥感器辐射定标过程中的各种不确定度,开展了定标系数的真实性检验研究。

本书适合从事卫星遥感辐射定标的专业人员、载荷研制部门相关人员、从事遥感应用与研究的各行业人员、高等院校和科研院所的教师与学生等参考。

图书在版编目(CIP)数据

航天光学遥感器辐射定标原理与方法 / 顾行发等著. —北京: 科学出版社, 2013. 3

(地球观测与导航技术丛书)

ISBN 978-7-03-036980-2

I. ①航… II. ①顾… III. ①航天器—光学遥感—研究 IV. ①V423

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 043939 号

责任编辑: 朱海燕 韩 鹏 吕晨旭 / 责任校对: 张怡君

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013 年 3 月第一次印刷 印张: 34 3/4

字数: 800 000

定价: 188.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《地球观测与导航技术丛书》编委会

顾问专家

徐冠华 龚惠兴 童庆禧 刘经南 王家耀
李小文 叶嘉安

主 编

李德仁

副主编

郭华东 龚健雅 周成虎 周建华

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

鲍虎军 陈 戈 陈晓玲 程鹏飞 房建成
龚建华 顾行发 江碧涛 江 凯 景贵飞
景 宁 李传荣 李加洪 李 京 李 明
李增元 李志林 梁顺林 廖小罕 林 琿
林 鹏 刘耀林 卢乃锰 孟 波 秦其明
单 杰 施 闯 史文中 吴一戎 徐祥德
许健民 尤 政 郁文贤 张继贤 张良培
周国清 周启鸣

《地球观测与导航技术丛书》出版说明

地球空间信息科学与生物科学和纳米技术三者被认为是当今世界上最重要、发展最快的三大领域。地球观测与导航技术是获得地球空间信息的重要手段，而与之相关的理论与技术是地球空间信息科学的基础。

随着遥感、地理信息、导航定位等空间技术的快速发展和航天、通信和信息科学的有力支撑，地球观测与导航技术相关领域的研究在国家科研中的地位不断提高。我国科技发展中长期规划将高分辨率对地观测系统与新一代卫星导航定位系统列入国家重大专项；国家有关部门高度重视这一领域的发展，国家发展和改革委员会设立产业化专项支持卫星导航产业的发展；工业与信息化部和科学技术部也启动了多个项目支持技术标准化和产业示范；国家高技术研究发展计划（863计划）将早期的信息获取与处理技术（308、103）主题，首次设立为“地球观测与导航技术”领域。

目前，“十一五”计划正在积极向前推进，“地球观测与导航技术领域”作为863计划领域的第一个五年计划也将进入科研成果的收获期。在这种情况下，把地球观测与导航技术领域相关的创新成果编著成书，集中发布，以整体面貌推出，当具有重要意义。它既能展示973和863主题的丰硕成果，又能促进领域内相关成果传播和交流，并指导未来学科的发展，同时也对地球观测与导航技术领域在我国科学界中地位的提升具有重要的促进作用。

为了适应中国地球观测与导航技术领域的发展，科学出版社依托有关的知名专家支持，凭借科学出版社在学术出版界的品牌启动了《地球观测与导航技术丛书》。

丛书中每一本书的选择标准要求作者具有深厚的科学研究功底、实践经验，主持或参加863计划地球观测与导航技术领域的项目、973相关项目以及其他国家重大相关项目，或者所著图书为其在已有科研或教学成果的基础上高水平的原创性总结，或者是相关领域国外经典专著的翻译。

我们相信，通过丛书编委会和全国地球观测与导航技术领域专家、科学出版社的通力合作，将会有一大批反映我国地球观测与导航技术领域最新研究成果和实践水平的著作面世，成为我国地球空间信息科学中的一个亮点，以推动我国地球空间信息科学的健康和快速发展！

李德仁

2009年10月

序

遥感使人类将自己的目光放到了数百、数千乃至数万公里的地球轨道高度，以崭新的视角来审视我们所赖以生存的地球。遥感开辟了人类认知地球的新纪元，为人类提供了从多维角度和宏观尺度上去认识宇宙世界的新方法和新手段，实现了历史性的跨越。太空已成为人类生存和发展的第四自然疆域，遥感正成为人类获取自然界信息的不可替代的技术与手段。遥感在国民经济建设、国家安全、国防建设、民生服务和地球系统科学发展等方面日益显示出独特的战略地位和广阔的应用前景。遥感信息是一个国家对自己国土了解程度的体现，是综合技术发展的标志，也是数字地球、数字中国和数字城市的空间框架。

我国政府非常重视对地观测领域的发展。30多年来，我国已建立了由气象卫星、海洋卫星、资源卫星、环境减灾卫星系列组成的长期稳定运行的空间对地观测体系，具备了航空航天遥感对地观测能力，基本实现了通过我国自主的卫星对我国及周边地区以及全球的大气、海洋和陆地系统进行观测和动态监测。遥感技术已在测绘、农业、林业、水利、气象、资源环境、城市建设、海洋、防灾减灾等领域得到广泛应用，并已取得了令人瞩目的成就。

随着遥感应用的深入，遥感的定量化、自动化和实时化是其发展的必然趋势，且定量化是自动化和实时化的前提。所谓定量遥感指的是从各类卫星有效载荷所记录的图像与非图像数据中定量地解译和提取地物目标各类语义和非语义信息。它涉及有效载荷的性能和图像质量、定标精度、误差分析、遥感数据处理、信息提取、定量反演等许多环节，其最基础和最重要的环节是定标。定量遥感的前提是卫星载荷能够提供量化的数据和信息，因此，定标是卫星应用发挥其效益的必要和重要环节。卫星载荷定标是联系卫星载荷研制、遥感数据处理、信息提取和定量应用的纽带，是定量遥感的基础和前提。

顾行发等学者的《航天光学遥感器辐射定标原理与方法》一书，是国内第一部以原理和方法为出发点系统论述卫星遥感器辐射定标的专著，是作者及其团队长期从事遥感器辐射定标研究与实践的系统总结，其学术水平高、应用范围广。

这部专著综合了多项国家重大项目成果，不仅为读者系统地提供了遥感器定标的原理与方法，而且结合目前国内外在轨运行的卫星光学遥感器的实际定标情况，全面地介

绍了这些遥感器定标的过程与结果，体现了许多技术和方法创新的亮点，成功建立了我国航天遥感器辐射定标的技术体系，实现了多种定标方法的综合应用，并对我国资源、环境、气象等卫星开展了实际定标，提高了我国遥感器辐射定标水平。

我深信《航天光学遥感器辐射定标原理与方法》一书的出版将促进我国遥感定标技术的发展，提高遥感定量化水平，从而推动我国遥感科学技术的进步。我祝愿我国中青年遥感科技工作者在实现我国从遥感大国走向遥感强国的协同创新中取得更大的成绩。

中国科学院院士
中国工程院院士



2012年3月1日于珞珈山下

前 言

随着我国各种卫星计划的开展,我国卫星研制将步入快速发展时期。在未来十年内,我国将继续发射风云气象系列卫星、资源系列卫星、海洋系列卫星、环境减灾系列卫星,并将重点发射高分辨率对地观测卫星、“神舟”载人系列卫星等多类型遥感卫星。从国家层面发挥遥感卫星的作用,促进遥感技术在各行业各领域的深入应用,最大程度地发挥国产卫星的社会价值和经济效益,具有重要的意义。

随着遥感应用的深入,定量遥感已成为遥感应用的重点,而定量遥感的基础和前提是传感器辐射定标。本书针对当前光学遥感(0.4~14 μm)定标发展的现状和趋势,结合我国定标发展的特点,系统阐述光学定标的基本方法和国内外定标发展现状,重点介绍国内卫星的最新定标成果,为今后进一步提高国内卫星的定标精度提供参考。本书以原理和方法为出发点系统论述卫星传感器辐射定标,重点阐述我国遥感卫星系列的传感器辐射定标原理与方法和我国遥感卫星实际定标成果,也是作者所在研究团队在主持和承担的国家航天计划、863计划和973计划等项目的基础上多年研究成果的总结。本书对遥感和相关领域专业人员更好地了解辐射定标的概念及研究现状,提高今后国产卫星的在轨辐射定标精度,促进我国量化遥感的水平,都有很好的促进作用。

全书共分13章,第1章为卫星遥感辐射定标概述,第2章为遥感原理与辐射定标方法概论,第3章为辐射定标试验场和场地测量,第4章为航天光学传感器发射前定标,第5章为可见近红外传感器星上定标,第6章为可见近红外传感器场地辐射定标,第7章为可见近红外传感器交叉定标,第8章为可见近红外传感器稳定场景定标,第9章为像元级辐射定标,第10章为高光谱传感器辐射定标,第11章为热红外传感器在轨辐射定标,第12章为偏振遥感与定标,第13章为讨论与展望。

本书得到国防科技工业民用航天研究项目、国家高技术研究发展计划项目(无场地绝对辐射定标关键技术2006AA12Z13)、科学技术部国际科技合作项目(中澳遥感定标与真值性检验2008DFA21540)、科学技术部国际合作项目(城市生态空间信息高分辨率遥感定量反演与真实性检验研究Y010010062)、国家科技支撑计划(环境一号卫星遥感数据处理关键技术及软件研发研究2008BAC34B02)、中国科学院战略性先导科技专项项目(基于历史卫星数据提取气溶胶信息YIY02200XD)的资助,特此致谢。

本书由顾行发和余涛总策划并组织编写,由顾行发、田国良提出和审定编写大纲,

主要编写人员为顾行发、田国良、余涛、李小英、高海亮、谢勇。各章编写的主要参加人员如下：第1、2章，李小英、谢勇、高海亮、马晓红、谢玉娟、刘李；第3章，田国良、高海亮、李小英、谢勇、马晓红；第4章，高海亮、张玉香、李小英、谢勇、郑逢杰、刘李；第5章，谢勇、张玉香、高海亮、谢玉娟；第6章，巩慧、高海亮、李小英、谢勇、刘李、马晓红；第7章，李小英、高海亮、谢勇、汪左；第8章，高海亮、李小英、谢勇、巩慧、谢玉娟；第9章，李小英；第10章，高海亮、李小英、谢勇；第11章，朱利、刘李、李家国；第12章，陈兴峰、田国良、谢勇；第13章，高海亮。全书由田国良统稿修订，顾行发定稿。其他参加人员还有孙源、范冬丽、王丹瑞、赵航、汪畅等。张玉香、胡秀清、傅俏燕、张勇、邢进、梁洪有等也对书稿框架给予了指导。

本书在编写过程中得到了《地球观测与导航技术丛书》编委会的指导和大力支持。由于本书是研究团队集体成果的总结，对参与这些项目的同仁和编写人员的付出和贡献表示深深的谢意。

本书涉及内容广泛，作者水平有限，疏漏和不足之处敬请批评指正。

著 者

2012年2月于北京

目 录

《地球观测与导航技术丛书》出版说明

序

前言

第 1 章 卫星遥感辐射定标概述	1
1.1 卫星遥感辐射定标基本概念	1
1.2 辐射定标的必要性和意义	3
1.3 国内典型光学遥感器及定标现状	6
1.4 国外典型光学遥感器及定标现状	18
参考文献	30
第 2 章 遥感原理与辐射定标方法概论	36
2.1 遥感电磁辐射物理量与基本原理	36
2.2 大气辐射传输原理与基础	45
2.3 遥感器基本定义与成像机理	59
2.4 辐射定标基本方法	62
参考文献	68
第 3 章 辐射定标试验场和场地测量	72
3.1 定标场地选择与评价	72
3.2 国内辐射定标场	74
3.3 国外辐射定标场	104
3.4 场地测量规程	112
3.5 场地测量数据处理	124
参考文献	126
第 4 章 航天光学遥感器发射前定标	128
4.1 航天光学遥感器发射前定标概述	128
4.2 辐射标准与辐射标准传递	130
4.3 定标设备与定标基本流程	140
4.4 实验室定标	147
4.5 发射前外场定标	157

参考文献	169
第 5 章 可见近红外遥感器星上定标	172
5.1 星上定标基本原理与方法	172
5.2 国外 MODIS 可见近红外遥感器星上定标	179
5.3 国内风云卫星可见近红外遥感器星上定标	187
5.4 其他卫星可见近红外遥感器星上定标简介	191
参考文献	197
第 6 章 可见近红外遥感器场地辐射定标	199
6.1 场地定标方法	199
6.2 中巴资源卫星 CCD 相机场地定标	205
6.3 环境卫星 CCD 相机场地定标	210
6.4 风云气象卫星场地定标	228
参考文献	235
第 7 章 可见近红外遥感器交叉定标	237
7.1 交叉定标基本原理与方法	237
7.2 国外卫星交叉定标	239
7.3 中巴资源卫星 CCD 交叉定标	250
7.4 环境卫星 CCD 交叉定标	269
7.5 其他国产卫星的交叉定标	276
参考文献	287
第 8 章 可见近红外遥感器稳定场景定标	290
8.1 沙漠场景法	290
8.2 极地场景法	300
8.3 其他场景法	307
参考文献	310
第 9 章 像元级辐射定标	313
9.1 像元级辐射定标概述	313
9.2 像元级辐射定标研究现状	323
9.3 基于图像的在轨 MTF 测量方法	325
9.4 在轨像元级辐射定标方法	344
9.5 卫星图像 MTF 补偿	347
参考文献	353
第 10 章 高光谱遥感器辐射定标	355
10.1 环境卫星超光谱成像仪简介	355

10.2	超光谱成像仪实验室定标	358
10.3	超光谱成像仪星上定标	367
10.4	超光谱成像仪图像条带噪声去除	368
10.5	超光谱成像仪场地替代定标	382
10.6	环境卫星超光谱成像仪定标精度分析	387
10.7	环境卫星超光谱成像仪定标系数真实性检验	394
	参考文献	409
第 11 章	热红外遥感在轨辐射定标	410
11.1	热红外遥感在轨星上定标	410
11.2	热红外遥感在轨场地定标	418
11.3	红外遥感在轨交叉定标	447
	参考文献	473
第 12 章	偏振遥感与定标	474
12.1	偏振遥感与定标的研究意义	474
12.2	偏振遥感与定标研究现状	476
12.3	偏振遥感原理与方法	480
12.4	偏振定标的原理与方法	487
12.5	DPC 相机在轨偏振定标结果与分析	496
	参考文献	504
第 13 章	讨论与展望	508
13.1	国际定标发展趋势分析	508
13.2	我国光学遥感在轨定标展望	509
13.3	对我国卫星发展规划的展望	516
	参考文献	518
附录 1	缩略词及中英文全称	521
附录 2	国内外典型卫星及载荷参数	526

第 1 章 卫星遥感辐射定标概述

遥感是利用探测仪器,不与探测目标相接触,而把目标的电磁波特性记录下来,通过分析得到物体特性等有关信息的技术与科学。本质上讲,遥感是一个信息流和信息交换的过程。来自地表的电磁波信息流,经过遥感信息的定量化处理,成为人们所能利用的有效信息。在遥感信息定量化过程中,遥感辐射定标是其前提与基础。本章主要简要叙述辐射定标的相关定义、重要性以及国内外典型卫星遥感器的辐射定标现状。

1.1 卫星遥感辐射定标基本概念

1.1.1 卫星遥感辐射定标定义

随着遥感定量化应用的深入和多传感器之间对比研究的增强,实时评价传感器本身的辐射光学特性,及时发现并正确纠正传感器辐射响应变化,是遥感定量化应用与发展过程中一个必不可少的环节。传感器在轨绝对辐射定标与像元级辐射定标研究是准确刻画传感器特性的关键。

绝对辐射定标是建立传感器记录的数字信号与对应的辐射能量之间的数量关系,即辐射定标系数。美国国家标准化与技术研究所的联合报告对辐射定标的定义为:定标是在一系列的测量过程中决定仪器在空间域、时间域、光谱域的辐射性能,它的输出是一个与实际辐射能量测量值相关的数值(Prokhorov et al., 2005)。遥感系统需要定标的主要内容是建立电磁辐射的响应与下面几个变量的函数关系(梁顺林, 2009):

- (1) 波段光谱响应。
- (2) 输入信号的强度。
- (3) 在不同瞬时视场角的响应。
- (4) 不同积分时间和镜头或光圈设置。
- (5) 噪声信号,如杂散光和其他光谱波段的串扰信号。

像元级辐射定标是在地面像元尺度上对像元辐射能量的标定。它首先是对传感器本身调制传递函数(Modulation Transfer Function, MTF)特性引起的有效瞬时辐射响应的改正,因此狭义上可理解为图像的 MTF 改正。但是像元级辐射定标本身包含更广的内容,不仅是对传感器与大气 MTF 作用的改正,还包括对图像噪声、传感器探元响应不均一、扫描线不同等其他像元级辐射误差的校正。

传感器在发射前,必须对传感器的辐射特性进行标定,包括辐射量级、传感器 MTF 特性、各谱段噪声特性等。另一方面,传感器发射时,传感器性能一般都会发生变化;在太空运行期间,由于仪器本身的老化,电子系统和光学系统性能都会发生变化,导致各种辐射特性的变化。因此,辐射定标除了发射前定标外,还需要进行在轨定标。

1.1.2 辐射定标的表达方式

对地观测卫星遥感器的辐射定标, 通过比较遥感器的数字输出值与来自辐射标准源的人瞳辐亮度的绝对值, 从而建立它们之间的对应关系。目前, 大多数卫星遥感器的辐射定标公式都基于线性响应的假设, 如图 1.1 所示。

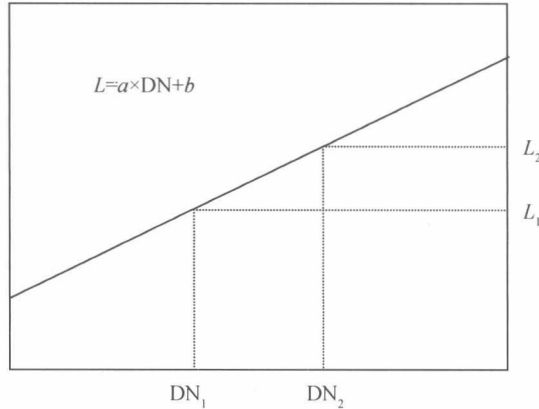


图 1.1 基于假设线性响应的卫星传感器辐射定标公式

当假设遥感器的辐射响应为线性, 则辐射定标的表达式如下所示。

辐亮度与反射率定标表达式:

$$L_i = DN_i \cdot a_{1i} + L_{i0} \quad (1.1)$$

$$\rho_i^* = DN_i \cdot a_{1ri} + \rho_{i0} \quad (1.2)$$

或

$$DN_i = L_i \cdot a_{2i} + DN_{i0} \quad (1.3)$$

$$DN_i = \rho_i^* \cdot a_{2ri} + DN_{i0} \quad (1.4)$$

当假设遥感器的辐射响应为非线性时, 如采用二次拟合, 则辐射定标的表达式如下所示。

辐亮度与反射率定标表达式:

$$L_i = DN_i^2 \cdot a_{1i} + DN_i \cdot b_{1i} + L_{i0} \quad (1.5)$$

$$\rho_i^* = DN_i^2 \cdot a_{1ri} + DN_i \cdot b_{1ri} + \rho_{i0} \quad (1.6)$$

或

$$DN_i = L_i^2 \cdot a_{2i} + L_i \cdot b_{2i} + DN_{i0} \quad (1.7)$$

$$DN_i = \rho_i^{*2} \cdot a_{2ri} + \rho_i^* \cdot b_{2ri} + DN_{i0} \quad (1.8)$$

式中, L_i [$W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$] 与 ρ_i^* 为待定标传感器第 i 通道的大气层顶 (Top of Atmosphere, TOA) 的辐亮度及表观反射率; DN_i 是电荷耦合元件 (Charge Coupled Device, CCD) 第 i 通道图像 DN 值 (Digital Number); a_{1i} 与 b_{1i} 、 a_{2i} 与 b_{2i} 为待定标传感器第 i 通道的 TOA 辐亮度的定标系数, 单位为 $W/(cm^2 \cdot sr \cdot \mu m)$; a_{1ri} 与 b_{1ri} 、 a_{2ri} 与 b_{2ri} 为表观反射率定标系数; DN_{i0} 、 L_{i0} 和 ρ_{i0} 则是 i 通道的暗电流对应的灰度值、辐亮度和反射率, 只是以不同的物理量来表示。

1.2 辐射定标的必要性和意义

1.2.1 卫星遥感信息量化

对地球表面的目标进行探测时,利用装载在遥感平台上的传感器接收来自目标的反射或辐射信号,称为遥感。对遥感信号进行辐射定标,是给出遥感信息在不同波段内的电磁波对应地表物质的定量物理量,例如,可见—近红外—短波红外波段内的地表反射率、热红外波段内地表的辐射温度和真实温度、微波波段内地表物体的亮度温度和发射率及物体的后向散射系数等的定量数值(顾行发等,2005)。要得到这些物理量必须进行传感器辐射定标。也只有在这些定量物理量的基础上,才能通过实验或物理模型将遥感信息与地学参量联系起来,定量地反演或推算某些地学或生物学的参量,如植被的生物量、叶面积指数、农田蒸散量、森林积蓄量、土地利用面积、积雪厚度、海洋上的风速和风向、海面温度、海洋叶绿素含量、水体泥沙含量等,实现遥感的量化应用。传感器绝对辐射定标在遥感信息量化中的作用如图 1.2 所示。

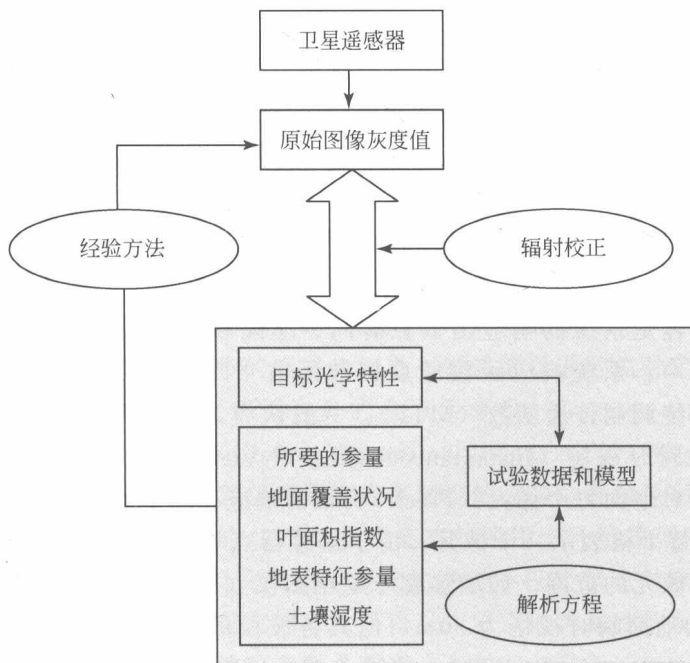


图 1.2 绝对辐射定标的科学意义

而且,随着遥感量化的深入,对辐射定标的精度要求也越来越高。梁顺林(2009)在其《定量遥感》一书中指出,从遥感数据中精确估计地表生物物理量主要取决于遥感数据的质量,尤其是辐射定标的精度。

1.2.2 遥感器特性监测

卫星发射前后, 必须对遥感器各种辐射特性的不确定度和误差进行全面而准确的定量化, 以确保所获取数据的科学可信度及最大限度的定量化应用。卫星发射后, 由于仪器本身老化等原因和外界因素的干扰, 仪器的性能和灵敏度会不断下降, 导致整个遥感器的辐射性能与发射前的试验结果之间存在一定的偏差。例如, NOAA-9 从 1984 年 12 月中旬发射到 1987 年 10 月中旬, 其改进的高分辨率辐射计 (Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR) 通道 1 的响应衰减了 16%; 而 NOAA-7 的 AVHRR 每年衰减速度为 3.5% (Staylor, 1990); 1986 年发射的 NOAA-10, 于 1988 年发现其 AVHRR 0.58~0.68 μm 通道灵敏度衰减了 42%; 根据欧洲空间局提供的利比亚沙漠数据发现 1988 年发射的 Landsat-5 在其运行期间, 专题制图仪 (Thematic Mapper, TM) 的通道 1, 2, 3 的衰减分别为 19%, 16% 和 8% (Chander et al., 2007); 中国的 FY-1C MVISR 在发射后的一年期间, 10 个波段都有不同程度的明显衰减, 其中波段 9 的衰减最高, 达 34.1% (Liu et al., 2004)。另外, POLDER 研究人员在利用沙漠场进行在轨测量中, 发现了仪器的非线性, 且这种非线性与亮度及积分时间有关, 因此及时提出了订正模型 (Fougnie et al., 2001)。这些例子有力地证明了卫星遥感器特性在轨辐射定标研究的必要性。对遥感器发射前和在轨辐射定标, 可以及时地追踪遥感器在轨运行期间的辐射性能变化, 并通过调整与改进辐射定标算法, 不仅能保证遥感数据的质量和稳定性, 而且可以在一定程度上延长遥感器的在轨工作寿命。

1.2.3 图像信息恢复及图像质量提高

遥感成像过程是系统的响应函数在时间、空间和频谱域内对地物辐射信号的卷积, 同时加入噪声。系统响应函数即点扩散函数 (Point Spread Function, PSF), 其傅里叶变换为系统调制传递函数 (MTF)。一般认为, 遥感器像元级的辐射响应是原设计的地面空间瞬时视场 (Instantaneous Field of View, IFOV)。但是受多种不同因素影响, 遥感器对地面每个像元 (Pixel) 的辐射响应要超过原设计的瞬时视场, 如图 1.3 所示。假设每个格表示一个像元, 由于遥感器点扩散函数的作用, 对某个像元的响应远远超出该像元的范围。如增强型专题制图仪 (Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM+) 设计的地面瞬时视场为 30m, 但其各波段的有效瞬时视场都大于 30m, 且在跨轨方向与沿轨方向不同。ETM+ 的第 4 波段跨轨方向的有效瞬时视场可达 40m (Boggione et al., 2003)。

像元级辐射定标是对遥感器 MTF、大气 MTF、图像噪声、遥感器探元响应不均一、扫描线不同等其他像元级辐射误差的校正。像元级辐射定标是基于地面像元尺度对像元辐射能量的标定。它是对遥感器本身 MTF 特性引起的有效瞬时辐射响应的改正, 因此狭义上可理解为图像的 MTF 补偿, 即 MTFC (MTF Compensation)。本书中的像元级辐射定标即是狭义上的 MTFC。国外卫星普遍采用 MTFC 来恢复图像, 以此提高图像质量。

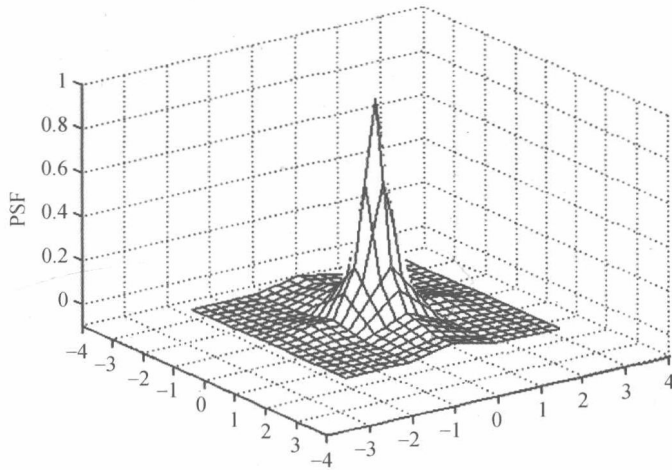


图 1.3 遥感器的有效瞬时视场

1.2.4 遥感应用量化

在遥感应用初期阶段，地表的卫星影像产品主要是定性的描述。最初的量化应用是基于监督和非监督分类的定量估算，这种应用并不要求绝对辐射定标。遥感应用从通过定性的判读解译进行资源调查和评价，逐步发展到环境的动态监测阶段。采用传统的判读方法已不能满足环境监测的快速要求，需要结合计算机与地理信息系统等技术手段。计算机的应用需要量化的数据以确定环境要素的定量参数和指标。这是遥感从定性到定量，从静态到动态，从目视解译到计算机分析发展的必然趋势。

20 世纪 70 年代末 80 年代初，随着全球变化、研究计划的需要和遥感应用日趋量化，进一步提高卫星定量遥感的精度越来越迫切 (Kaufman et al., 1993)。如 1.2.2 节所述，遥感器辐射性能会有逐步的衰减，如果不对遥感器进行辐射定标来确定其衰减度，地物时相的变化可能会被遥感器自身的衰减所淹没。Gutman (1994) 以 1985~1991 年 NOAA 全球植被指数 (Global Vegetation Index, GVI) 的分析为基础，对 AVHRR 的反射率重新定标以消除遥感器本身灵敏度的衰减，并对反射率进行观测几何的归一化。结果说明经过处理后的 GVI 数据更能有效地用于环境模型和生物-水圈相互作用的监测。Slater 等 (2001) 认为遥感量化的发展不仅要求绝对辐射定标，而且在反射波段迫切需要一种标准的辐射定标方法，将以太阳辐射为基础的发射前定标、以太阳漫反射为基础的星上定标及场地定标联系起来。

另一方面，全球气候变化、环境和灾害监测中，需要综合应用不同卫星遥感器长期连续观测的遥感数据，实现多种卫星遥感器数据和同一卫星遥感器不同时相数据的比较和融合，保持不同遥感器数据解译的一致性。要实现不同遥感数据的综合应用，使各个数据产品之间具有一定的可比性，确定不同遥感数据同类产品的差异，必须通过遥感器的精确定标，将卫星遥感器记录的计数值转换成卫星入瞳处辐亮度或表观反射率等有实际物理意义的参数，将多种卫星遥感器数据和同一卫星遥感器的不同时相数据归一化 (Chander et al., 2007)，从而生成不依赖遥感器的数据。