

《遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范》 编制说明

一、 工作简况

（一）任务来源

2022年国家标准化管理委员会批准了《遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范》国家标准制定项目，标准计划项目编号为“20221620-T-491”，正式委托中国科学院空天信息创新研究院牵头完成本文件的制定任务。主要起草单位：中国科学院空天信息创新研究院、中国资源卫星应用中心、国家卫星气象中心、中国科学院合肥物质科学研究院、中国科学院地理科学与资源研究所、中国计量科学研究院、农业农村部规划设计研究院、自然资源部国土卫星遥感应用中心、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、国家卫星海洋应用中心、内蒙古北方重工业集团有限公司。该标准由全国遥感技术标准化技术委员会（SAC/TC 327）提出并归口。

（二）工作过程

起草阶段：

（1）2018年9月，在国家高技术研究发展计划项目支持下，启动《遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范》研究工作，成立了编制小组，明确相关研究内容及任务分工。

（2）2019年8月-2019年11月，资料收集，主要包括：收集与陆地观测卫星可见光-短波红外传感器在轨场地自动辐射定标相关的国内外标准与规范、相关的书籍与文献等资料。

（3）2019年12月-2020年7月，初稿编写，主要包括整理、汇总相关资料；征求相关专家意见和建议，草案编制调研，研究确定标准涵盖范围，梳理确定陆地观测卫星可见光-短波红外传感器在轨场地自动辐射定标相关技术要求等内容，逐条编制陆地观测卫星可见光-短波红外传感器在轨场地自动辐射定标相关

内容。

(4) 2020年8月，形成《陆地观测卫星可见光-短波红外遥感器在轨场地自动辐射定标》工作组讨论稿及建议书，并向全国遥感技术标准化技术委员会（以下简称遥感标委会）提出立项申请。遥感标委会召开了标准预审会，经过认真审查和质询，形成了确认后建议立项的意见。

(5) 2020年9月-2021年1月，起草组经过多次反复修改完善，将标准名称修改为《遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范》，并再次向遥感标委会提出立项申请。

(6) 2021年2月-2021年9月，经遥感标委会委员审议同意推荐立项，会后根据委员意见（附件1）修改完善后提交至遥感标委会秘书处，并上报国家标准化管理委员会申报立项。

(7) 2022年5月，征求相关领域专家意见，修改完善《遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范》工作组讨论稿及建议书，参加审评中心的立项评估会。

(8) 2022年12月，国家标准化管理委员会批复立项。

(9) 2023年1月-2023年6月，进一步开展资料调研和内部交流，反复征求专家意见并进行标准草案的修改，完善标准草案的编制，根据国家标准化管理委员会的回复，最终将标准名称修改为《遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范》，完成编制说明的撰写，形成标准征求意见稿。

征求意见阶段：

——

(三) 起草单位及主要起草人

为保证标准的科学性，适应于各领域对遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范的需求，本文件立项时的起草单位包括：中国科学院空天信息创新研究院、中国资源卫星应用中心、国家卫星气象中心、中国科学院合肥物质科学研究院、中国科学院地理科学与资源研究所、中国计量科学研究院、农业农村部规划设计研究院、自然资源部国土卫星遥感应用中心、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、国家卫星海洋应用中心、内蒙古北方重工业集团有限公司。上述单位涵盖了我国多系列遥感卫星地面系统业务运行、定标场建设运行、自动测量仪器研制、定标溯源以及遥感应用等全链

路的优势单位技术专家，曾制定场地定标、光谱仪实验室定标等若干相关标准，具备丰富知识储备。

本文件立项申请时的主要起草人有：马灵玲、韩启金、王宁、刘耀开、赵永光、李婉、王新鸿、常胜、高彩霞、王任飞、郑小兵、李元、刘恩超、吴骅、代彩红、姚娜、李召良、唐洪钊、王玉鹏、李传荣、唐伶俐、刘照言、钱永刚、邱实、段四波、吴志峰、李玲、宋庆君、郑青川、侯晓鑫。在标准编制过程中，为了更好、高质量完成标准的编制，增加了具备丰富外场和定标经验的郑小兵，具有遥感数据产品应用经验的姚娜、常胜，以及参与自动辐射定标系统业务运行的王任飞作为共同起草人。

起草人员负责标准制定工作的组织、协调，相关资料的查阅、收集，标准文本及编制说明的起草、撰写，组织召开研讨会，通过会议、电子邮件、电话等方式征集、整理相关的意见和建议，在行业内征求意见等。每位起草人的具体贡献如下：

| 起草单位 | 起草人 | 所做工作 |
|----------------|-----|--|
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 马灵玲 | 总体负责标准的起草、修改和编制说明撰写；负责起草组的组织和协调 |
| 中国资源卫星应用中心 | 韩启金 | 负责标准撰写的讨论、修改，参与标准第1-5章以及编制说明的编写 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 王宁 | 负责标准撰写的讨论、修改，参与标准第6-9章以及编制说明的编写 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 刘耀开 | 负责标准相关资料查阅和收集；主要负责建议书、标准第1-10章、附录A以及编制说明的起草和修改 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 赵永光 | 负责标准相关资料查阅和收集；主要负责标准附录B的起草和修改 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 李婉 | 负责标准相关资料查阅和收集；参与标准第8章及建议书的起草和修改 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 王任飞 | 负责标准相关资料查阅和收集；参与标准第10章以及编制说明的起草和修改 |
| 中国科学院合肥物质科学研究院 | 郑小兵 | 参与标准撰写的讨论、修改和指导 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 王新鸿 | 负责标准相关资料查阅和收集；主要负责标准的措辞修改、校对以及编制说明的起草 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 常胜 | 参与标准撰写的讨论、修改 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 高彩霞 | 负责标准相关资料查阅和收集；参与标准第 |

| | | |
|---------------------|-----|-------------------------------------|
| | | 9章的起草和修改 |
| 国家卫星气象中心 | 李元 | 负责标准相关资料查阅和收集；参与标准的措辞修改、校对以及编制说明的起草 |
| 中国科学院合肥物质科学研究院 | 刘恩超 | 参与标准以及编制说明的讨论及修改 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 吴骅 | 参与标准第7章的起草和修改 |
| 中国计量科学研究院 | 代彩红 | 参与附录B的起草和修改 |
| 农业农村部规划设计研究院 | 姚娜 | 参与标准撰写的讨论、修改 |
| 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 | 李召良 | 参与标准撰写的讨论、修改和指导 |
| 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 唐洪钊 | 参与附录A的起草和修改 |
| 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 | 王玉鹏 | 负责标准相关资料查阅和收集；参与标准附录B的起草和修改 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 李传荣 | 参与标准撰写的讨论、修改和指导 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 唐伶俐 | 参与标准撰写的讨论、修改和指导 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 刘照言 | 负责标准撰写的讨论和修改 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 钱永刚 | 参与标准撰写的讨论和修改 |
| 中国科学院空天信息创新研究院 | 邱实 | 参与标准撰写的讨论和修改 |
| 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 | 段四波 | 参与标准撰写的讨论和修改 |
| 中国计量科学研究院 | 吴志峰 | 参与标准撰写的讨论和修改 |
| 中国计量科学研究院 | 李玲 | 参与标准撰写的讨论和修改 |
| 国家卫星海洋应用中心 | 宋庆君 | 参与标准撰写的讨论和修改 |
| 内蒙古北方重工业集团有限公司 | 郑青川 | 参与标准撰写的讨论和修改 |
| 内蒙古北方重工业集团有限公司 | 侯晓鑫 | 参与标准撰写的讨论和修改 |

二、 国家标准编制原则和确定国家标准主要内容

（一）标准编制背景

卫星遥感载荷在发射前需要经过实验室的严格标定，然后，遥感载荷发射上天后，卫星遥感载荷与实验室基准的传递链路断开，无法保证卫星遥感载荷在轨期间获取数据的质量以及后续定量化应用效果。场地定标是当前国内外开展卫星遥感载荷在轨辐射定标和数据质量评价的重要技术手段，可建立星上遥感载荷与实验室基准之间的桥梁，实现卫星遥感载荷在轨期间的绝对辐射定标。传统人工定标方式受人力、物力、财力、天气等因素影响，无法满足高频次高精度在轨定标的需求。而外场自动化辐射定标系统通过无人值守的场地目标特性及大气观测设备进行自动化的连续测量及统一规范处理，生成载荷无关辐射定标产品，可以

实现卫星每次过境时只要天气条件允许均可定标，保证多星高频次定标结果的一致性和长时间遥感数据可比性。

国际上，国际对地观测卫星委员会（CEOS）于2014年发起了全球自主辐射定标场网（RadCalNet）计划，美国RVP、法国La Crau、纳米比亚Gobabeb以及中国包头场作为首批示范场入选，并于2018年底实现业务化运行。我国除包头场外，敦煌场、嵩山场、云南场正在建设外场自动化辐射定标系统，“空间基础设施重大专项”也把自动化、国产化作为“十四五”工作的要点。随着国内外自动辐射定标场的陆续建立和投入使用，基于自动辐射定标场的高频次、自动化在轨场地辐射定标技术得到了长足的发展，积累了大量的经验和技术资料。然而，各个行业部门和卫星机构的测量设备、数据处理、不确定性分析方法相互独立，缺乏共同遵循的技术规范和标准，制约了外场自动化辐射定标系统的产业化发展和应用推广。

我国已经发布了陆地观测卫星可见光近红外以及热红外遥感器在轨场地定标方法等若干国家、行业标准。这些标准主要侧重于卫星过境时刻开展地面同步测量这种传统方式的在轨场地辐射定标，重点是为在轨场地数据同步获取提供标准和规范，并不适用于场地辐射定标的自动化数据获取和常态化运行，因此，目前尚缺乏基于自动辐射定标场进行在轨场地自动辐射定标的国家标准。在调研的基础上，起草组参考学习了全国遥感技术标准化技术委员会的《GB/T 38935-2020 光学遥感器在轨成像辐射性能评价方法 可见光-短波红外》、《GB/T 36299—2018 光学遥感辐射传输基本术语》，全国宇航技术及其应用标准化技术委员会的《GB/T 34509.1-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法第1部分 可见光近红外》、《GB/T 34509.2-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法第2部分 热红外》等一系列标准文件。最终编撰了本文件，用于规范遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范，以提高光学遥感载荷在轨的规范性和实用性。

本文件编制遵循“先进性、通用性、实用性、统一性”的原则，标准在编制过程中借鉴了中国科学院空天信息创新研究院、中国资源卫星应用中心、国家卫星气象中心、中国科学院合肥物质科学研究院、中国科学院地理科学与资源研究所、中国计量科学研究院、农业农村部规划设计研究院、自然资源部国土卫星遥感应

用中心、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、国家卫星海洋应用中心、内蒙古北方重工业集团有限公司、欧洲空间局（ESA）、美国国家航空航天局（NASA）、法国空间局（CNES）等国内外单位和机构在遥感载荷外场自动化辐射定标方面的长期工作实验和最新研究成果，归纳具有共性的技术要求，形成完善的遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范，作为共同遵守的准则和依据，使其在保证先进性的同时具有一定的可操作性和普适性，作为与遥感载荷外场自动化辐射定标相关行业共同的标准。

（二）标准主要内容

本文件适用于陆地、气象、海洋等系列卫星遥感载荷可见光、近红外、短波红外谱段的外场自动化辐射定标。标准的主要技术内容包括：遥感载荷外场自动化辐射定标系统的组成，以及地面测量目标、外场自动化测量、外场测量数据自动处理、载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算、遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算各分系统的技术要求。

（1）术语和定义

起草组在编写术语和定义时，主要参考了来自《GB/T 36299-2018 光学遥感辐射传输基本术语》、《GB/T 38935-2020 光学遥感器在轨成像辐射性能评价方法 可见光-短波红外》、《GB/T 34509.1-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法第1部分可见光近红外》、《GB/T 34509.2-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法第2部分热红外》等国家标准和资料，并查阅了国内外相关的学术论文和标准，保证标准中术语和定义简明精确。

为了便于使用，本文件直接给出了7个术语，定义如下：

- 自动化辐射定标 automatic radiometric calibration

利用自动观测设备对辐射定标场地地面均匀目标及大气光学特性进行常态化测量，经过大气辐射传输计算，建立遥感载荷对辐射定标场地地面目标的观测值与遥感载荷入瞳处辐亮度或者反射率之间定量关系的过程。

- 目标反射特性自动测量系统 automatic measurement system for target reflective characteristics

安装于辐射定标场，按一定时间间隔自动采集辐射定标场地面均匀目标反射光谱辐亮度的测量系统。

- 地面均匀目标 ground homogeneous target

大面积、均匀且具有特定光谱特征，适用于遥感载荷在轨场地辐射定标的自然场景或者人工目标。

- 自动辐射定标场 automatic radiometric calibration site

包含地面均匀目标，并配备目标反射特性自动测量系统、大气和气象自动观测设备，能够实施自动化辐射定标的定标场。

- 载荷无关大气层顶光谱辐亮度 sensor-independent top-of-atmosphere spectral radiance

以自动观测设备测量的地面均匀目标反射和大气特性为输入，利用大气辐射传输模型计算得到的大气层顶高光谱辐亮度数据，将它与遥感载荷对应通道的光谱响应函数进行卷积获得的遥感载荷入瞳处通道辐亮度。

注：单位为瓦每平方米球面度微米 $[W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]$ 。

- 载荷无关大气层顶光谱反射率 sensor-independent top-of-atmosphere spectral reflectance

载荷无光大气层顶光谱辐亮度与大气层顶入射太阳辐射亮度之间的比值，将它与遥感载荷具体通道的光谱响应函数进行卷积获得的遥感载荷入瞳处通道反射率。

- 标准参考板 standard reference panel

测量地面均匀目标地表反射率时作为标准目标使用的参考板，其反射率特性精准已知。

(2) 自动化辐射定标系统组成

本文件在对国内外遥感载荷自动化辐射定标场进行充分调研的分析的基础上，给出了自动化辐射定标系统的组成，包括地面测量目标分系统、外场自动化测量分系统、外场测量数据自动处理分系统、载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统、遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统五个部分。

a) 地面测量目标分系统：即地面均匀目标。例如，戈壁自然场景目标、灰色砾石人工目标等。

b) 外场自动化测量分系统：对地面均匀目标的反射特性、大气和气象参数进行常态化自动测量的仪器设备。例如，用于地面目标反射特性自动测量的目标反射特性自动测量系统，用于气溶胶光学厚度和水汽含量等大气参数自动化测量的全自动太阳分光光度计，用于气象参数获取的风速风向自动测量仪和云覆盖全天空成像仪等。

c) 外场测量数据自动处理分系统：对外场自动化测量分系统常态化自动获取的数据进行自动预处理，得到载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率计算所需要的输入参数。例如，对目标反射特性自动测量系统自动测量的地面均匀目标反射特性数据进行预处理，得到地面目标的地表反射率光谱；对太阳分光光度计自动测量的太阳直射辐射数据进行预处理，得到气溶胶光学厚度和水汽含量等大气参数；对全天空成像仪自动测量的云覆盖图片进行预处理，得到上空云覆盖数据等。

d) 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统：基于外场测量数据自动处理分系统输出的地面均匀目标地表反射率光谱、气溶胶光学厚度、水汽含量等参数，利用大气辐射传输模型（如MODTRAN或者6S）自动计算得到载荷无关的大气层顶光谱辐亮度/反射率。

e) 遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统：根据待辐射定标的遥感载荷通道光谱响应函数，对匹配的载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率进行光谱卷积运算，得到遥感载荷对应通道的大气层顶通道辐亮度/反射率，并结合遥感载荷对地面均匀目标的实际观测值，通过线性拟合计算得到遥感载荷各通道定标系数；同时，自动计算遥感载荷自动化辐射定标过程中各项输入参数不确定度对最终定标结果不确定度的贡献，主要包括遥感载荷入瞳处辐亮度/反射率不确定度、遥感载荷观测数据相对辐射校正、场地多角度效应、地面-影像空间匹配误差等不确定度因素，通过误差传递理论计算得到遥感载荷自动化辐射定标结果的总体不确定度。

(3) 地面测量目标分系统技术要求

地面测量目标分系统技术要求参考了《GB/T 34509.1-2017 陆地观测卫星光

学遥感器在轨场地辐射定标方法第1部分可见光近红外》中对辐射定标场地表特性的要求，地面测量目标分系统技术要求应符合如下要求：

- a) 所在区域海拔高程大于 1000m；
- b) 面积不小于待定标遥感载荷的 10 像元×10 像元；
- c) 具有良好的朗伯特特性，地表光谱反射率变化较为平缓；
- d) 具有良好的空间均匀性，且空间差异不大于 3%；
- e) 周边环境中无影响遥感载荷外场自动化辐射定标的遮挡物。

(4) 外场自动化测量分系统技术要求

起草组在调研了大量现有遥感载荷外场自动化辐射定标相关技术的基础上，参考了《GB/T 34509.1-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法第1部分可见光近红外》中对于测量条件的规定，同时咨询了遥感载荷外场自动化定标团队，整理总结了外场自动化测量分系统技术要求，包括仪器设备配置、仪器设备运行以及数据获取三方面的技术要求。

1) 仪器设备配置

外场自动化测量仪器设备应符合如下配置要求：

- a) 目标反射特性自动测量系统不少于 1 套，且满足光谱范围覆盖 400nm~2500nm，光谱辐亮度测量精度优于 3%，时间采样频率优于 3min；
- b) 全自动太阳分光光度计不少于 1 套，且满足光谱波段至少包括 340nm、380nm、440nm、500nm、675nm、870nm、936nm、1020nm 和 1640nm 共 9 个波段，辐照度测量精度优于 0.1%，太阳跟踪精度优于 0.01°，时间采样频率优于 10min；
- c) 自动温湿压测量仪不少于 1 套，且满足温度测量范围 $(-35 \pm 0.2) ^\circ\text{C}$ ~ $(+60 \pm 0.2) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度测量范围 0%~100%，时间采样频率优于 1min；
- d) 风向风速测量仪不少于 1 套，且满足风速测量范围 0mph~112 mph (50 m/s)，风向测量范围 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，时间采样频率优于 1min；
- e) 全天空成像仪 1 套，且满足视场角 180° ，时间采样频率优于 10min。

2) 仪器设备运行

外场自动化测量仪器设备运行应符合如下要求：

- a) 布设位置：目标反射特性自动测量系统应布设于地面均匀目标的中间位置，距离边缘不少于 1m，以降低背景反射的影响；全自动太阳分光光度计、自动温湿压测量仪、风向风速测量仪以及全天空成像仪等自动测量设备应布设于无遮挡的空旷区域；
- b) 自动化运行：至少保证 9:00~15:00（地方时）处于自动运行状态；
- c) 测量精准性：定期采用人工或自校准方式进行标定，并确定测量不确定度；
- d) 测量重复性：重复性小于 1%；
- e) 温度敏感性：性能对温度变化的响应小或者能够自动实时测定温度变化并进行校准；
- f) 持续供电能力：配备固定电源或者太阳能电池板等自主供电设备；
- g) 自动存储能力：具备不少于三个月的观测数据存储能力；
- h) 可传输性：支持远程测控和远程数据传输，如支持移动通信终端通用分组无线业务（GPRS）或北斗（卫星）远程传输；
- i) 可维护性和安全性：具备工作状态自动监测功能，方便工作人员检查维护，并且具备防止人为和自然破坏的安全措施。

3) 数据获取

数据获取要求如下：

- a) 目标反射特性：采用目标反射特性自动测量系统测量地面均匀目标的反射辐亮度光谱，进而计算地表反射率光谱。测量频率宜不低于 1 次/10min。
- b) 大气参数：采用全自动太阳分光光度计自动测量太阳直射辐照度，用于计算气溶胶光学厚度、垂直柱水汽总含量。测量频率宜不低于 1 次/10min。
- c) 气象参数：包括地面温度、湿度和大气压强，地面风向、风速，云量状态。测量频率宜不低于 1 次/10min。

(5) 外场测量数据自动处理分系统技术要求

本文件规定外场测量数据自动处理分系统技术要求包括基本功能（通则）、

测量数据自动筛选及预处理以及地面均匀目标地表反射率光谱自动计算3大类。

1) 通则

通则规定了外场测量数据自动处理分系统应具备的功能及业务流程，其中功能应具备测量数据自动读取筛选及预处理、地面均匀目标地表反射率光谱计算等功能，业务流程如下图所示。

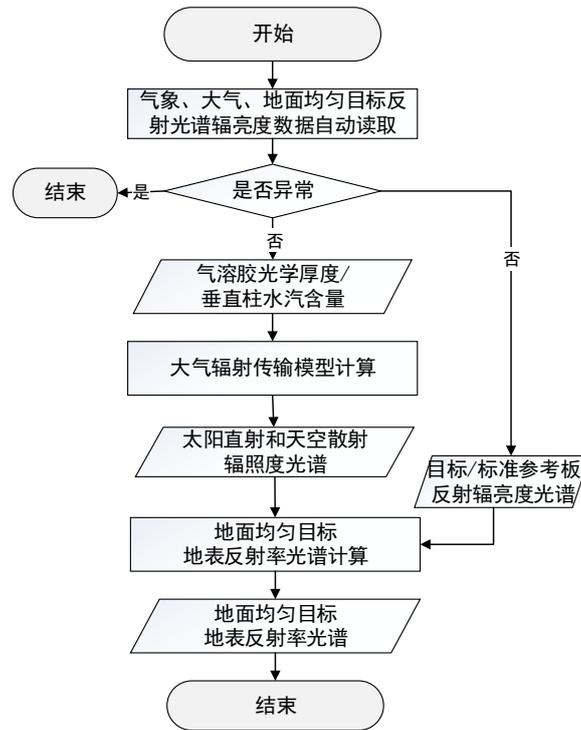


图2 外场测量数据自动处理分系统业务流程

2) 测量数据自动筛选及预处理

测量数据自动读取、筛选并进行预处理，筛选时应满足如下质量控制条件：

- 天气晴朗，目标区周边 10 km² 内天顶无云；
- 气溶胶光学厚度小于 0.3；
- 气温在 0℃ 以上；
- 风力小于 4 级。

3) 地面均匀目标地表反射率光谱自动计算

应利用借助参考板实测，或者由气溶胶光学厚度和水汽含量等大气参数驱动大气辐射传输模型计算，得到到达地表总辐照度光谱以及目标特性自动观测系统测量的目标反射辐亮度光谱，计算地面均匀目标地表反射率光谱。

(6) 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统技术要求

本文指出了载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统技术要求，具体包括：应基于地面目标地表反射率光谱、气溶胶光学厚度、水汽含量等参数，利用大气辐射传输模型（如MODTRAN或者6S）自动计算得到载荷无关大气层顶光谱辐亮度，然后计算载荷无关大气层顶光谱反射率。

(7) 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统技术要求

本文指出了载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统技术要求，具体包括：应基于地面目标地表反射率光谱、气溶胶光学厚度、水汽含量等参数，利用大气辐射传输模型（如MODTRAN或者6S）自动计算得到载荷无关大气层顶光谱辐亮度，然后计算载荷无关大气层顶光谱反射率。

(8) 遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统技术要求

本文指出了遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统技术要求，具体包括：应依据遥感载荷实际成像时间、观测几何等辅助信息，自动从载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率标准产品文件中匹配和提取所需数据，并结合遥感载荷的通道光谱响应函数，计算得到遥感载荷对应通道的大气层顶通道辐亮度/反射率。在此基础上，应结合遥感载荷过境地面均匀目标的实际观测值，计算得到遥感载荷各通道的辐射定标系数，此外，对遥感载荷自动化辐射定标系数的不确定度进行分析。

(9) 系统检查

本文指出了遥感载荷外场自动化辐射定标系统的检查项应包括但不限于下表所列项。

| 检查项 | 检查内容 | 检查方法 |
|----------------|--------|--|
| 自动化辐射定标系统组成 | 系统组成 | 检查自动化辐射定标系统组成的完备性，应符合6要求。 |
| 地面测量目标分系统技术要求 | 技术要求 | 检查地面测量目标分系统的完备性和正确性技术要求，应符合5要求。 |
| 外场自动化测量分系统技术要求 | 仪器设备配置 | 检查外场自动化测量分系统关于仪器设备配置的完备性和性能满足度，应符合6.1要求。 |

| | | |
|------------------------------|-------------------|---|
| | 仪器设备运行 | 检查外场自动化测量分系统关于仪器设备运行的技术要求满足度，应符合6.2要求。 |
| | 数据获取 | 检查外场自动化测量分系统关于数据获取的技术要求满足度，应符合6.3要求。 |
| 外场测量数据自动处理分系统技术要求 | 通则 | 检查外场测量数据自动处理分系统基本功能和业务流程的技术要求，应符合7.1要求。 |
| | 测量数据自动筛选及预处理 | 检查外场测量数据自动处理分系统测量数据自动筛选及预处理的技术要求，应符合7.2要求。 |
| | 地面均匀目标地表反射率光谱自动计算 | 检查外场测量数据自动处理分系统地面均匀目标地表反射率光谱自动计算的技术要求，应符合7.1要求。 |
| 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统技术要求 | 技术要求 | 检查载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统的技术要求，应符合8要求。 |
| 遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统技术要求 | 技术要求 | 检查遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统的技术要求，应符合9要求。 |

三、 主要试验（或验证）情况分析

本文件的起草是凝练遥感载荷外场自动化辐射定标的长期工作实验和最新研究成果，在编制过程中，充分考虑遥感载荷外场自动化辐射定标过程中的技术可行性和用户需求，在充分调研现有遥感载荷外场自动化辐射定标系统情况的基础上，针对遥感载荷外场自动化辐射定标系统进行了规范。

本文件是课题来源：科技部国家搞技术研究发展计划（863计划）课题（遥感载荷性能与数据质量检测技术，项目编号2013AA122102，起止日期2013.01-2015.12）、中国科学院国际合作局对外重点合作项目（全球遥感定标基准网，项目编号181811KYSB20160040，起止日期2016.01-2022.6）的成果产出。规范的设定重点参考了国际对地观测委员会（CEOS）发起的全球自主辐射定标场网（RadCalNet）关于自动化辐射定标系统的技术要求，我国的国家高分辨遥

感综合定标场（简称“包头场”）作为首批全球四个示范场之一，为全球用户提供了用于光学遥感载荷开展绝对辐射定标的标准化辐射定标产品。

根据本文件给出的遥感载荷外场自动化辐射定标系统的技术规范，对国内外光学卫星遥感载荷进行了在轨绝对辐射定标和质量评价，这包括国际上的MODIS、Landsat、Sentinel-2等光学卫星遥感载荷以及国内ZY-3、ZY-3-02、ZY-3-03、GF-1、GF-2、GF-5、GF-6等光学卫星遥感载荷。如下图是依据遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范对GF1和GF6的多类型遥感载荷进行外场自动化辐射定标的试验情况分析结果。

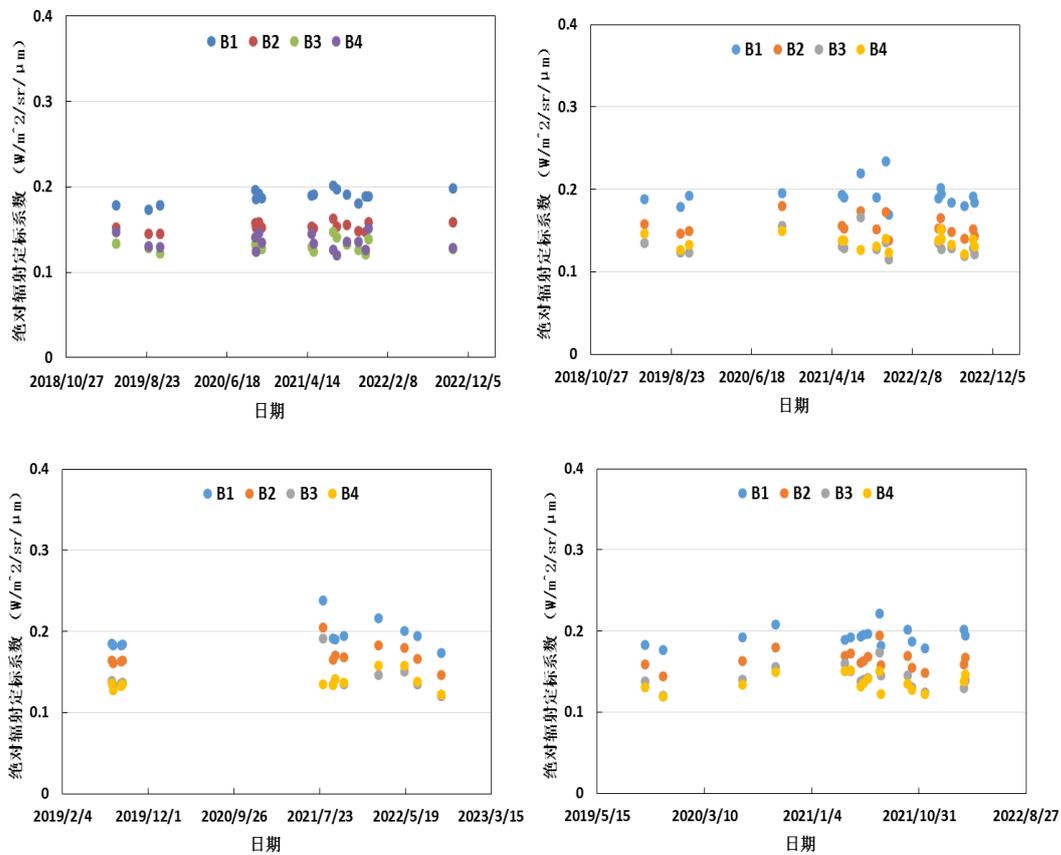


图2 GF1载荷定标系数试验情况分析（左上图：GF1/WFV1；右上图：GF1/WFV2；左下图：GF1/WFV3；右下图：GF1/WFV4）

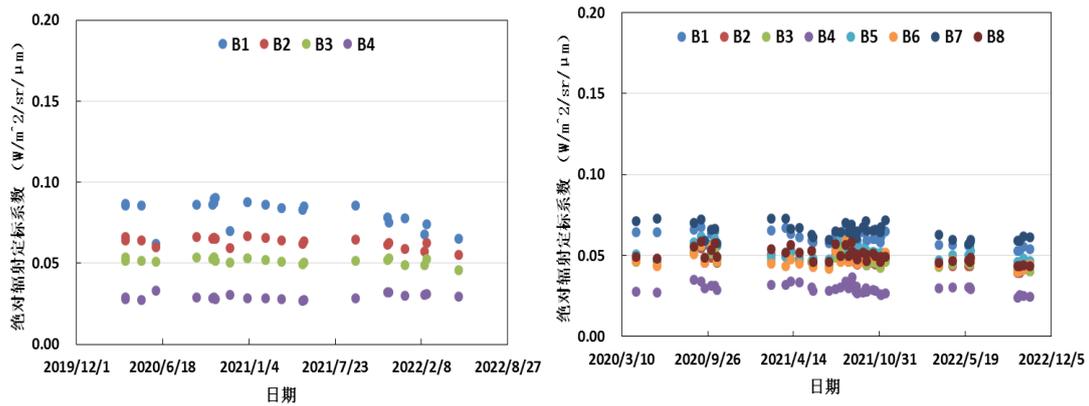


图2 GF6载荷定标系数试验情况分析（左图：GF6/PMS;右图：GF1/WF1）

四、 标准中涉及专利的情况

本文件不涉及专利问题。

五、 预期达到的社会效益

本文件的预期作用包括：1）标准与基于同步测量的在轨辐射定标标准相互结合，相互验证，对提高辐射定标精度大有益处；2）标准旨在推动在轨场地自动辐射定标工作的规范化运行，保证卫星光学遥感器在轨辐射定标的稳定性和常态化；3）通过参与国际统一质量标准的场地资源共享，提升与国外同类卫星遥感数据产品之间辐射质量的可比性。

六、 采用国际标准和国外先进标准情况

随着国内外自动辐射定标场的陆续建立和投入使用，基于自动辐射定标场的高频次、自动化在轨场地辐射定标技术得到了长足的发展，积累了大量的经验和资料，但目前未对此进行系统的归纳总结，没有形成相关的标准和规范文件。通过对国际上遥感载荷外场自动化辐射定标研究的系统梳理，现有场地定标相关标准全部为面向特定卫星的人工同步测量定标流程，国际上CEOS/RadCalNet 也仅提供了部分关于自动化辐射定标方面相关的技术资料，但并未对此进行系统的归纳总结，没有形成相关的标准和规范文件。综上分析，本文件没有采用国际标准，本文件水平为国际/国内先进水平。

七、 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的关系

本文件的编制参考了现有的国家标准的部分内容，与现行国家法律、法规和国家标准协调一致。主要参考的国家标准和相互间关系如下：

- (1) 《GB/T 38935-2020 光学遥感器在轨成像辐射性能评价方法 可见光-短波红外》
- (2) 《GB/T 36299—2018 光学遥感辐射传输基本术语》
- (3) 《GB/T 34509.1-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法第1部分可见光近红外》

八、 重大意见分歧的处理结果和依据

起草组在整个编制实施期间，向相关部门分阶段地征求了意见，在认真研究专家意见的基础上对本文件进行了修改和完善，无重大意见分歧。

九、 作为推荐性国家标准的建议

作为支撑光学卫星遥感载荷外场自动辐射定标的基础性国家标准，建议作为推荐性国家标准。

十、 贯彻标准的要求和措施建议

目前我国还没有关于遥感载荷自动化辐射定标系统技术规范方面的国家标准，该标准的建立将直接用于指导遥感载荷自动化辐射定标系统的规范建立和使用，有助于各个研究领域正确、有效选择并开展遥感载荷外场自动化辐射定标。

1. 建议本文件执行过程中，应结合并遵循《GB/T 38935-2020 光学遥感器在轨成像辐射性能评价方法 可见光-短波红外》、《GB/T 36299—2018 光学遥感辐射传输基本术语》、《GB/T 34509.1-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法第1部分可见光近红外》、《GB/T 34509.2-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法第2部分热红外》的规定。
2. 建议本文件通过审定后尽快发布。随后，起草组将有针对性对其进行宣

传和培训，与遥感载荷研制和数据处理等团队沟通推动其应用。建议标委会及相关单位倡导行业相关部门自觉遵守本文件规范，以保证标准的贯彻实施。

十一、 废止现行相关标准的建议

无。

十二、 其他应予说明的事项

无。

十三、 参考文献

- [1] Alhammoud B, Jackson J, Clerc S, Arias M, Bouzinac C, Gascon F, Cadau E G, Iannone R Q and Boccia V. 2019. Sentinel-2 level-1 radiometry assessment using vicarious methods from DIMITRI toolbox and field measurements from RadCalNet database. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(9): 3470-3479 [DOI: 10.1109/JSTARS.2019.2936940]
- [2] Barsi J A, Alhammoud B, Czapla-Myers J, Gascon F, Haque O, Kaewmanee M, Leigh L and Markham B L. 2018. Sentinel-2A MSI and Landsat-8 OLI radiometric cross comparison over desert sites. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1): 822-837 [DOI: 10.1080/22797254.2018.1507613]
- [3] Bouvet M, Thome K, Berthelot B, Bialek A, Czapla-Myers J, Fox N P, Goryl P, Henry P, Ma L L, Marcq S, Meygret A, Wenny B N and Woolliams E R. 2019. RadCalNet: a radiometric calibration network for earth observing imagers operating in the visible to shortwave infrared spectral range. *Remote Sensing*, 11(20): 2401 [DOI: 10.3390/rs11202401]
- [4] 陈林, 徐娜, 胡秀清, 陆风, 张鹏. 2016. 基于深对流云目标的风云二号可见光通道辐射定标. *光谱学与光谱分析*, 36(8): 2639-2645 [DOI:

10.3964/j.issn.1000-0593(2016)08-2639-07]

- [5] Czapla-Myers J and Anderson N. 2020. Calibration and validation of earth-observing sensors using the radiometric calibration test site (RadCaTS) at Railroad Valley, Nevada, USA//22nd EGU General Assembly. [s.l.]: EGU [DOI: 10.5194/egusphere-egu2020-20557]
- [6] Czapla-Myers J, McCorkel J, Anderson N, Thome K, Biggar S, Helder D, Aaron D, Leigh L and Mishra N. 2015. The ground-based absolute radiometric calibration of landsat 8 OLI. *Remote Sensing*, 7(1): 600-626 [DOI: 10.3390/rs70100600]
- [7] Czapla-Myers J S, Thome K J and Leisso N P. 2010. Radiometric calibration of earth-observing sensors using an automated test site at Railroad Valley, Nevada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 36(5): 474-487 [DOI: 10.5589/m10-076]
- [8] Gao C X, Liu Y K, Liu J R, Ma L L, Wu Z F, Qiu S, Li C R, Zhao Y G, Han Q J, Zhao E Y, Qian Y G and Wang N. 2020. Determination of the key comparison reference value from multiple field calibration of Sentinel-2B/MSI over the Baotou site. *Remote Sensing*, 12(15): 2404 [DOI: 10.3390/rs12152404].
- [9] 巩慧, 田国良, 余涛, 顾行发, 高海亮, 李小英. 2010. CBERS02B卫星CCD相机在轨辐射定标与真实性检验. *遥感学报*, 14(1): 1-12[DOI: 10.11834/jrs.20100101]
- [10] Holben B N, Eck T F, Slutsker I, Tanré D, Buis J P, Setzer A, Vermote E, Reagan J A, Kaufman Y J, Nakajima T, Lavenu F, Jankowiak I and Smirnov A. 1998. AERONET—A federated instrument network and data archive for aerosol characterization. *Remote Sensing of Environment*, 66(1): 1-16 [DOI: 10.1016/S0034-4257(98)00031-5]
- [11] 黄建文, 李增元, 陈尔学, 赵磊, 莫冰萍. 2021. 高分六号宽幅多光谱数据人工林类型分类. *遥感学报*, 25(2): 539-548 [DOI: 10.11834/jrs.20219090]
- [12] Jing X, Leigh L, Pinto C T and Helder D. 2019. Evaluation of RadCalNet output data using Landsat 7, Landsat 8, Sentinel 2A, and Sentinel 2B sensors. *Remote Sensing*, 11(5): 541 [DOI: 10.3390/rs11050541]

- [13] Kim K and Lee K. 2020. Validation experiment of the reflectance products of KOMPSAT-3A based on RadCalNet data and its applicability to vegetation indexing. *Remote Sensing*, 12(23): 3971 [DOI: 10.3390/rs12233971]
- [14] 李传荣, 马灵玲, 唐伶俐, 高彩霞, 钱永刚, 王宁, 王新鸿. 2021. 面向定量遥感的高分辨遥感综合定标场及其应用. *遥感学报*, 25(1): 198-219[DOI: 10.11834/jrs.20210326]
- [15] Li W, Ma L L, Zhao Y G, Liu Y K, Wang N, Qian Y G, Li K, Li C R and Tang L L. 2021. Temporal vicarious radiometric calibration of ZY-3 Mux sensor using automatic ground measurement of Baotou sandy site in China//Proceedings of 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Brussels: IEEE: 7767-7770 [DOI: 10.1109/IGARSS47720.2021.9554201].
- [16] 李晓雅, 田昕, 段涛, 曹晓明, 杨凯捷, 卢琦, 王锋. 2021. 从无人机到卫星——基于机器学习的温带疏林草原木本和草本植被盖度估算. *遥感学报* [DOI: 10.11834/jrs.20210605]
- [17] Li Y, Rong Z G, Li Y Q, Zhang Y, Ba X T, Zhang Y N, Chen L, Zhang L J, Wei W and Sun L. 2019. Solar reflection band site automatic calibration by the Dunhuang site automatic observation radiometric calibration operational system//Proceedings of SPIE 11127, Earth Observing Systems XXIV. San Diego: SPIE: 111271M [DOI: 10.1117/12.2528375]
- [18] 梁继, 郑镇炜, 夏诗婷, 张晓彤, 唐媛媛. 2020. 高分六号红边特征的农作物识别与评估. *遥感学报*, 24(10): 1168-1179[DOI: 10.11834/jrs.20209289]
- [19] Liu Y K, Li C R, Ma L L, Wang N, Qian Y G and Tang L L. 2017. An automatic reflectance-based approach to vicarious radiometric calibrate the Landsat8 operational land imager//Proceedings of 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Fort Worth: IEEE: 4699-4702 [DOI: 10.1109/IGARSS.2017.8128051]
- [20] Liu Y K, Ma Z H, Ma L L, Wang N, Qian Y G, Li C R and Tang L L. 2018. Vicarious radiometric calibration using a ground radiance-based approach: a case study of Sentinel 2A MSI//Proceedings of 2018 IEEE International Geoscience

- and Remote Sensing Symposium. Valencia: IEEE: 3296-3299 [DOI: 10.1109/IGARSS.2018.8517883]
- [21] Liu Y K, Ma L L, Wang N, Zhao Y G, Gao C X, Li C R and Tang L L. 2019. Uncertainty analysis of vicarious radiometric calibration of optical sensor using a Monte Carlo statistical approach//Proceedings of SPIE 11127, Earth Observing Systems XXIV. San Diego: SPIE: 111271O [DOI: 10.1117/12.2527979]
- [22] 吕佳彦, 何明元, 陈林, 胡秀清, 李新. 2017. 基于敦煌辐射校正场的自动化辐射定标方法. 光学学报, 37(8): 0801003[DOI: 10.3788/AOS201737.0801003]
- [23] Ma L L, Zhao Y G, Woolliams E R, Dai C H, Wang N, Liu Y K, Li L, Wang X H, Gao C X, Li C R and Tang L L. 2020. Uncertainty analysis for RadCalNet instrumented test sites using the Baotou sites BTCN and BSCN as examples. Remote Sensing, 12(11): 1696 [DOI: 10.3390/rs12111696]
- [24] Marcq S, Meygret A, Bouvet M, Fox N, Greenwell C, Scott B, Berthelot B, Besson B, Guillemint N and Damiri B. 2018. New radcalnet site at gobabeb, namibia: installation of the instrumentation and first satellite calibration results//Proceedings of 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Valencia: IEEE: 6444-6447 [DOI: 10.1109/IGARSS.2018.8517716]
- [25] Meygret A, Santer R P and Berthelot B. 2011. ROSAS: a robotic station for atmosphere and surface characterization dedicated to on-orbit calibration//Proceedings of SPIE 8153, Earth Observing Systems XVI. San Diego: SPIE: 815311 [DOI: 10.1117/12.892759]
- [26] 庞博, 马灵玲, 刘耀开, 王宁, 赵永光, 韩启金, 孟凡荣, 李传荣, 唐伶俐, 陈志明, 王国珠. 2019. 陆地卫星光学载荷地基自动辐射定标与验证分析. 遥感技术与应用, 34(1): 146-154[DOI: 10.11873/j.issn.1004-0323.2019.1.0146]
- [27] 邱刚刚, 李新, 韦玮, 张权, 郑小兵. 2016. 基于场地自动化观测技术的遥感器在轨辐射定标试验与分析. 光学学报, 36(7): 0701001 [DOI: 10.3788/AOS201636.0701001]
- [28] Revel C, Lonjou V, Marcq S, Desjardins C, Fougny B, Luche C C D, Guillemint N, Lacamp A S, Lourme E, Miquel C and Lenot X. 2019.

- Sentinel-2A and 2B absolute calibration monitoring. *European Journal of Remote Sensing*, 52(1): 122-137 [DOI: 10.1080/22797254.2018.1562311]
- [29] Roujean J L, Leroy M and Deschamps P Y. 1992. A bidirectional reflectance model of the earth's surface for the correction of remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*, 97(D18): 20455-20468 [DOI: 10.1029/92JD01411]
- [30] Santer R P, Six C and Buis J. 2003. Vicarious calibration on land site using automatic ground-based optical measurements: applications to SPOT-HRV//*Proceedings of SPIE 4891, Optical Remote Sensing of the Atmosphere and Clouds III*. Hangzhou: SPIE [DOI: 10.1117/12.467562]
- [31] Schmechtig C, Santer R P, Roger J C and Meygret A. 1997. Automatic ground-based station for vicarious calibration//*Proceedings of SPIE 3221, Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites*. London: SPIE [DOI: 10.1117/12.298097].
- [32] Sterckx S and Wolters E. 2019. Radiometric top-of-atmosphere reflectance consistency assessment for Landsat 8/OLI, Sentinel-2/MSI, PROBA-V, and DEIMOS-1 over Libya-4 and RadCalNet calibration sites. *Remote Sensing*, 11(19): 2253 [DOI: 10.3390/rs11192253]
- [33] 唐洪钊, 唐新明, 谢俊峰, 陈伟, 钱永刚. 2022. 基于RadCalNet包头场的高分七号卫星在轨绝对辐射定标及精度验证. *遥感学报* [DOI: 10.11834/jrs.20221692]
- [34] Thuillier G, Hersé M, Labs D, Foujols T, Peetermans W, Gillotay D, Simon P C and Mandel H. 2003. The solar spectral irradiance from 200 to 2400 nm as measured by the SOLSPEC spectrometer from the Atlas and Eureka Missions. *Solar Physics*, 214(1): 1-22[DOI: 10.1023/A:1024048429145]
- [35] Thuillier G, Hersé M, Simon P C, Labs D, Mandel H, Gillotay D and Foujols T. 1998. The visible solar spectral irradiance from 350 to 850 nm as measured by the SOLSPEC spectrometer during the atlas I mission. *Solar Physics*, 177(1/2): 41-61 [DOI: 10.1023/A:1004953215589]
- [36] Wang N, Li C R, Ma L L, Liu Y K, Meng F R, Zhao Y G, Pang B, Qian Y G, Li

- W, Tang L L and Wang D J. 2017. Ground-based automated radiometric calibration system in Baotou site, China//Proceedings of SPIE 10427, Image and Signal Processing for Remote Sensing XXIII. Warsaw: SPIE: 104271J [DOI: 10.1117/12.2278072]
- [37] Xiong X X, Chiang K F, Wu A S, Barnes W L, Guenther B and Salomonson V V. 2008. Multiyear on-orbit calibration and performance of Terra MODIS thermal emissive bands. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(6): 1790-1803 [DOI: 10.1109/tgrs.2008.916217]
- [38] Yang A X, Zhong B, Hu L F, Wu S L, Xu Z P, Wu H B, Wu J J, Gong X S, Wang H B and Liu Q H. 2020. Radiometric cross-calibration of the wide field view camera onboard GaoFen-6 in multispectral bands. *Remote Sensing*, 12(6): 1037 [DOI: 10.3390/rs12061037]
- [39] 张孟, 韦玮, 张艳娜, 赵春艳, 李新, 郑小兵. 2019. 基于场地自动化观测技术的SNPP VIIRS 高频次在轨辐射定标. *光子学报*, 48(4): 0428001[DOI: 10.3788/gzxb20194804.0428001]
- [40] Zhong B, Ma Y B, Yang A X and Wu J J. 2021. Radiometric performance evaluation of FY-4A/AGRI based on Aqua/MODIS. *Sensors*, 21(5): 1859 [DOI: 10.3390/s21051859]

附件 1

国家标准起草阶段意见汇总处理表

标准项目名称：遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范
共 2 页

标准项目负责起草单位：中国科学院空天信息创新研究院 承办人：马灵玲

电话：010-82177985

2021 年 2 月 4 日填写

| 序号 | 标准章条编号 | 意见内容 | 提出单位 | 意见处理 | 备注 |
|----|--------|--|------------------|------|----|
| 1 | 全文 | a) 制定标准有利于推广和标准化； b) 与已有标准的区分，区别给出说明； c) 自动化的特殊化、规范化要求，重点补充，仪器自动化、性能保证，定标数据处理的标准化。 | 中国科学院合肥物质科学研究院 | 采纳 | |
| 2 | 全文 | a) 考虑意义上来讲，定标的标准很有必要，四种定标方法中场地定标不太好，不再是定标或者改成真实性建议； | 自然资源部第二海洋研究所 | 采纳 | |
| 3 | 全文 | a) 题目中明确一下卫星载荷的在轨场地定标； b) 现有标准，卫星载荷更宽了，拓展以后海洋、气象卫星等，利用水体等目标的自动化辐射定标怎么做；定标场的要求，自动化实现？需要考虑。 c) 4.2.2 有些措辞需要改善，至少多少时间定标一次？明确一下；影响要小，要严谨一些，科学化些；安全措施，可靠性的问题；仪器出了问题，怎么即使上报； d) 分光光度计的最低技术要求进行界定； e) 一般的表述，测量频次益不低于 XXX？ f) 自动测量的仪器； g) 6.2 场地的数据的筛选，并没有明确怎么自动接入到软件，并进行自动筛选。 | 上海技术物理研究所 | 采纳 | |
| 4 | 全文 | a) 4.2.1 中自动气象站的定义，具体说测什么东西；措辞严谨点； b) 云量的观测仪器。 | 中国科学院西北生态环境资源研究院 | 采纳 | |
| 5 | 全文 | a) 能不能对波段范围进行标定； b) 参考报、溯源 c) 怎么进行标定，保证质量； d) 地面点到面尺度的效应，怎么考虑； | 北京大学 | 采纳 | |

| 序号 | 标准章条编号 | 意见内容 | 提出单位 | 意见处理 | 备注 |
|----|--------|--------------------------|----------------|------|----|
| | | e) 地面上测量的影响怎么考虑; | | | |
| 6 | 全文 | 必要性基本同意, 内容上提了很多好的建议和意见; | 全国遥感技术标准化技术委员会 | 采纳 | |

注: 意见处理栏请填写采纳、部分采纳或不采纳, 如为部分采纳或不采纳, 请写明具体理由。

附件 2

国家标准征求意见汇总处理表