

引用格式: WEI Songyan, MENG Xiangqiang, YI Xiaobin, *et al.* Research on data acquisition technology of chinese high-resolution broadband multispectral satellites in the “The Belt and Road Initiative” region[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2023, 38(4): 776-782. [魏松岩, 孟祥强, 衣晓宾, 等. “一带一路”区域国产中高分辨率宽波段多光谱卫星数据获取技术研究[J]. 遥感技术与应用, 2023, 38(4): 776-782.]
DOI: 10.11873/j.issn.1004-0323.2023.4.0776

“一带一路”区域国产中高分辨率宽波段多光谱 卫星数据获取技术研究

魏松岩¹, 孟祥强¹, 衣晓宾¹, 李 峰^{1,2,3}, 钟 兴¹, 陈 思¹

(1. 长光卫星技术股份有限公司, 吉林 长春 130000;

2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 大区域数据快速拍摄获取是遥感卫星任务规划领域的重要研究课题, 依托“国产中高分辨率宽波段多光谱卫星数据集构建和高效国际化服务”项目, 使用吉林一号光谱 01/02 星开展了对“一带一路”沿线 65 个国家和地区三年两期的有效覆盖。总结了项目大区域数据获取的策略方法和经验, 重点介绍了数据获取相关的星地资源等各类影响因素、大区域按时相划分策略、以及基于云量预报有效成像条带的大区域动态规划流程, 即在卫星单次过境范围内, 结合云图选取最大概率获取有效数据的成像条带。该研究已为项目提供常态化支持, 相关方法和项目经验可为一般卫星遥感大范围、广区域数据获取任务提供参考借鉴。

关键词: 一带一路; 吉林一号; 数据获取; 大区域动态规划; 时相划分; 云量; 成像条带

中图分类号: TP79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2023)04-0776-07

1 引 言

随着遥感技术的快速发展, 卫星数据的质量和分辨率不断提高, 基于开放的遥感数据的地球观测为人类活动、环境监测及灾害风险管理等方面作出贡献^[1-3]。地球观测组织在全球对地观测数据资源集成整合、开放共享方面发挥着重要作用, 长期向用户提供数据、信息以及相关技术服务。通过地球观测组织, 国产卫星数据已在防灾减灾、应对气候变化等方面发挥积极作用。然而在现有数据资源方面, 仍存在缺乏适合定量应用的中高分辨率宽波段多光谱卫星数据的问题, 无法满足全球大区域的精细化定量遥感工作需求, 国际化服务能力不足。

随着我国卫星技术的发展, 国产卫星数据可为全球重点地区提供优质对地观测数据集。“一带一路”是“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的简称, 2013 年 9 月 10 日由中国提出, 贯穿亚欧非大陆^[4-5]。“国产中高分辨率宽波段多光谱卫星数据集构建和高效国际化服务”针对“一带一路”沿线 65 个国家和地区缺乏适合定量应用的 5 m 分辨率大区域数据集, 基于“吉林一号”光谱 01/02 星, 实现 3 a 内对“一带一路”沿线 65 个国家和地区的两次卫星数据覆盖获取。

针对大区域数据获取技术, 国内外已有大量研究, 传统的方法是将区域目标分解为点目标群^[6], 即将整个区域划分为多个小区域, 每个小区域视作一

收稿日期: 2022-09-09; 修订日期: 2023-02-02

基金项目: 吉林省重点研发项目“多星联合大区域覆盖成像关键技术研究”(No.20210201015GX); 国家重点研发计划“国产中高分辨率宽波段多光谱卫星数据集构建和高效国际化服务”(2019YFE0127000)。

作者简介: 魏松岩(1991-), 女, 吉林延吉人, 工程师, 主要从事卫星任务规划、需求统筹方面研究。E-mail: 15004303360@163.com

通讯作者: 钟 兴(1982-), 男, 四川自贡人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事光学工程、空间光学等方面研究。E-mail: ciomper@163.com

个点目标,通过对点目标的多次规划获取整个区域,该方法需按照标准幅宽将区域分解成独立场景,一方面无法用于复杂星座的联合规划,另一方面会降低数据覆盖率。一些研究成果将区域分解为平行的矩形条带或者以网格形式划分目标^[7-8],从而优化区域目标的覆盖率,但该方法划分条带时必须严格参照卫星轨道,且卫星必须具备相同侧摆能力使用固定侧摆角度,同样不适用于复杂星座。另一些研究成果采用动态分解的策略,采用任务规划结果迭代的方案,考虑卫星相机视场角或者卫星侧摆等因素,充分发挥卫星的观测效能^[9],但由于动态分解计算较为复杂,在工程应用中的迭代计算会增加任务规划耗时,实际运用中存在困难。这些方法均在一定程度上解决了大区域数据获取的难点,为大区域数据获取过程提供借鉴,但存在工程运用的局限性。

面向“一带一路”数据获取项目区域面积约3 631.37万km²,经度范围12.0°~141.1°E,纬度范围10.0°S~62.0°N,主要覆盖区域为“一带一路”沿线中国、蒙古、泰国、老挝、印度、缅甸、沙特阿拉伯、中东地区、欧洲部分国家、俄罗斯部分地区等。为保障项目顺利进行,于2020年开始获取任务区域卫星数据,截止2022年3月,累计获取区域两期面积90%以上的有效数据(云量小于20%),完成了区域整体的两次拍摄,并进入未覆盖区域的补充拍摄阶段。本文描述了卫星数据获取进展,总结了数据获取的任务规划设计思路与技术,为后续的大范围、广区域覆盖任务提供有效的借鉴和参考。

2 数据获取影响因素分析

影响对地光学遥感卫星有效数据获取能力的因素主要有卫星使用约束、卫星数传能力、地面站资源分布以及区域气候特性,这些因素均会不同程度地影响区域数据的获取进度。

卫星使用约束和卫星数传能力都是卫星载荷在设计阶段就确认的指标参数,光学遥感卫星的使用约束主要体现在依据其能源、存储所得出的最大工作时长;同时,卫星的侧摆能力和幅宽决定了卫星对地覆盖的面积,幅宽越大单次固定任务时间内获取的覆盖面积越大。而卫星的数传能力则决定了成像后存储在星上的数据回传效率,传输速率越快单次固定数传时间内下发的数据越多。

地面站资源分布是指卫星在全球范围内可用

的数据传输资源,卫星在经过地面站时具备不同时长的数传弧段,当地面站资源只集中在中国境内时,由于日间成像和数传的冲突,数据传输只能在夜间进行,制约了数传的次数和时长。适当增加境外资源扩充地面站分布区域有利于增加数传机会,从而提升卫星数据获取能力。

在各种影响因素中,区域气候特性主要影响数据获取的有效率。项目区域横跨多个纬度带具有多种复杂地形,且经历多个季节时相,光学遥感卫星成像中拍摄到“云”和“雪”的比例过高则视为无效数据,因此需要通过分析区域气候特性对数据获取时“云量”和“雪量”进行控制。

2.1 卫星载荷能力

“吉林一号”卫星星座是由长光卫星自主研发的全球最大的亚米级商业遥感卫星星座,星座涵盖视频、高分、宽幅、光谱等多种光学遥感卫星,目前在轨卫星89颗,其中分辨率优于0.75 m卫星53颗,最大幅宽150 km;宽幅卫星3颗,最高分辨率可达0.5 m;视频卫星9颗,可完成视频、夜光成像模式;光谱卫星2颗,具备26个谱段。此外,“吉林一号”星座拥有全自主研发的测运控系统、需求统筹与数据交付系统、数据生产系统和卫星任务规划系统,实现了从需求引接至数据交付的全过程自动化。

本研究使用吉林一号光谱01/02星进行数据获取(表1)。光谱卫星B0波段是全色波段,空间分辨率可达5 m,幅宽110 km,卫星的其他25个谱段覆盖可见、近红外、短波、中波和长波红外,涵盖了叶绿素、植物冠层含水量等特征谱及大气校正谱,通过日光、满月及恒星进行在轨辐射定标可以提高数据的辐射精度,能够为林业、农业、环保、水运等用户提供高精度的定量遥感数据。光谱星解译性能优异,辐射和光谱质量良好,可应用于森林资源保护、生态环境监测、作物分类等领域^[10]。

2.2 卫星数据获取能力

吉林一号光谱01/02星采用双通道、双相控阵天线设计,单通道最高传输速率900 Mbps。目前,卫星地面接收站在国内呈大三角分布,分别为长春、三亚、喀什数传站,对于国内是较合理的地面站分布,能够有效的利用我国的东西向宽度,以获得更多的数传圈次。地面站最大接收码速率均可达900 Mbps,能够满足卫星数传最大速率。根据地面站分布规律和卫星载荷能力,单颗卫星每日平均数传资源为六轨数传圈次,单星日平均数传时长

表1 吉林一号光谱01/02星参数

Table 1 The technical specifications of Jilin-1 GP01/02

| | |
|------|--|
| 分辨率 | B0~B6:5 m |
| | B7~B12:10 m |
| | B13~B19:20 m |
| | 短波、中波红外:100 m 长波红外:150 m |
| 谱段 | 主要地物谱段:B0~B6 |
| | 次要地物谱段:B7~B12 |
| | 大气相关谱段:B13~B19 |
| | 短波红外谱段:SW1~SW4 中波红外谱段:MW1 长波红外谱段:LW1 |
| 降交点 | 12:00 am |
| 地方时 | |
| 重访周期 | 2~3 d(双星) |
| 侧摆能力 | ±45° |
| 成像模式 | 推扫、夜光、空间目标成像 |
| 幅宽 | 110 km |

3 300 s。根据卫星日数传时长、数据接收码速率、卫星幅宽等参数得出,吉林一号光谱01/02星日均可获得数据 185 万 km²,见表2。

表2 吉林一号光谱01/02星日数据获取能力

Table 2 Daily capacity of data acquisition of Jilin-1 GP01/02

| 卫星 | 日数传时长 /s | 日成像时长 /s | 卫星幅宽 /km | 日推扫面积 /万 km ² |
|----------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| 光谱01/02星 | 3300 | 1200 | 110 | 92.5 |

2.3 雪量的控制

任务区域含65个国家和地区,横跨亚欧大陆,东西跨度约7 744 km,南北跨度约7 677 km,纬度范围包含了热带、亚热带、温带多种气候类型。区域气候特性影响数据获取能力,自然因素虽然无法人工干预但是可以通过合理设计避免无效数据的获取。雪是地球表面最为活跃的自然要素之一^[11],对于光学遥感影像,雪和云会遮盖地表地物,故而云量和雪量是判断数据是否有效的关键因素和重要约束条件^[12]。通过划分卫星成像区域及数据时相可以降低遥感影像中由于季节因素和纬度因素导致的地面积雪层比例,实现对“雪量”的控制。

如图1所示为项目整体区域,成像区域除部分位于赤道两侧外大部分位于北半球,研究表明,北半球雪盖在时间和空间分布具有一定特性^[13],积雪变化存在显著的季节特性,因时间和空间的不同而呈现出不同的表现形式和变化趋势^[14]。从时间分

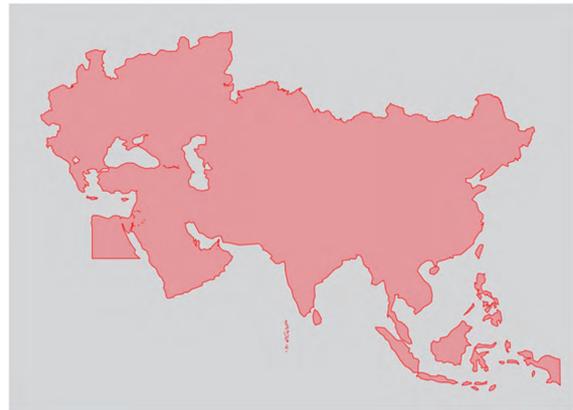


图1 “一带一路”项目整体区域示意

Fig.1 Complete project area of “The Belt and Road Initiative”

布上看,每年1月雪盖面积最大,此时即北半球的严冬;8月面积最小,即处于北半球的盛夏。而雪盖的变化在1月最小,7月最大,反映出积雪在冬季变化相对较小,雪盖比较稳定;夏秋季变化较大,随着季节变化出现积雪融化和降雪等现象。从空间分布上看,春季积雪平均位于48°N以北的大部分区域;夏季积雪迅速融化,海拔较高区域(如青藏高原)有少量积雪;秋季积雪增长较快,高纬度、高海拔地区将有积雪;到了冬季,40°N以北大部分地区为积雪所覆盖。

综合雪盖在时间和空间上展现的特性,对项目区域不同纬度范围进行了数据获取时相划分,见图2。将整个区域以38°N和50°N划分为3个子成像区域:①38°N以南子区域由于全年基本不受降雪影响,数据获取时间为1月~12月;②38°N至50°N子区域考虑北半球冬季降雪,数据获取时间为3月~10月;③50°N以北子区域受季节降雪影响更为显著,数据获取时间为5~8月。需要指出的是,该方法并不能完全避免获取的遥感影像中没有雪遮挡,对于部分海拔较高常年积雪的地区,雪盖是地物本身的特性因季节和时间的变化较弱,这些地区的数据往往需要人工判别是否可作为有效数据。

2.4 云量的控制

光学遥感卫星在数据获取过程中,一般使用气象信息规避卫星拍摄云量大的成像区域,对预估云量较大的位置进行拍摄判定。依据相关部门的气象数据,点目标云量预估方法是选取距离目标点或目标区域的中心点最近的像素点的云量数据为该目标需求的云量预报信息数据。但对于范围广、纬度跨度大的大区域来说,选取点目标预估云量并不

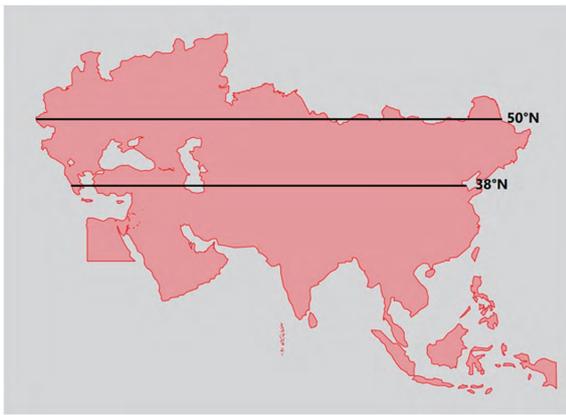


图 2 子区域划分示意

Fig.2 Project sub-regions division

具有代表性。所以针对区域目标,将云量预报数据转换成云图,使云量预报信息更直观且准确。将云量信息文件映射到系统坐标系中,方式如下:

$$y = V - \left(\frac{V}{1441} \right) * latIndex \quad (1)$$

$$lat = \frac{180}{\pi} * \left(2 * \arctan e^{\pi * \frac{y}{V}} - \frac{\pi}{2} \right) \quad (2)$$

云量预报数据是一种标准数据格式,将经纬度以 0.125°划分为 1 441×2 880 个点,云图的转换仅针对于纬度的变换,首先是通过墨卡托转换公式将预报数据换为 WGS84 坐标系 y,然后找到该坐标下每个点的纬度值 lat,进而得知每一点对应的云量预报数值。其中,V是常量,表示地球赤道周长的一半。将坐标系中每一点对应的云量预报数据值显示为该数值段对应的颜色,形成云图,图 3 为云图中去量数值对应颜色卡。在获取数据时可优先选取云图中云量小的区域拍摄,从而提高数据获取有效率。

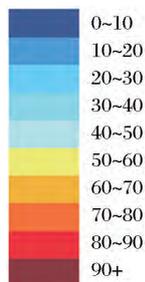


图 3 云量数值对应颜色卡

Fig.3 Cloudage color legend

图 4 是 2021 年 5 月 1 日某时刻的云量预报云图,在云图上叠加区域矢量后能够清晰看出,数据获取重点为区域底图与云图中云量预报数值较小

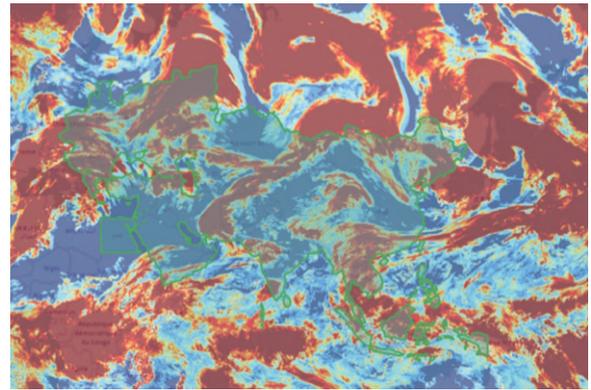


图 4 云图与区域底图显示

Fig.4 The result of superimpose cloud cover and project base map

位置相交的区域,综合云量数值色卡即最优获取区域为图中蓝色和绿色叠加的区域。

3 数据获取流程

遥感卫星的常规编程摄影需求一般可分为点目标需求和区域覆盖需求,点目标通常范围很小,卫星一次过境便可完成成像任务,而区域覆盖范围通常较大,需要单颗或多颗卫星多次过境拍摄才可以完成全部区域的覆盖^[15-16]。“一带一路”数据获取流程主要包括成像条带的建立、卫星任务规划和区域底图的迭代更新。加载区域底图和卫星设置后计算出目标可见窗口,我们采用的卫星轨道预报算法是数值法^[17-18],经过可视化后生成卫星过境轨迹;将预报云图加载在卫星轨迹和区域底图上并据此创建成像条带;成像条带确认后经过卫星任务规划、成像、数传和数据生产过程获得有效数据;在原区域底图中剔除有效数据的范围得到更新的待完成区域作为下一次数据获取的输入底图,重复过程直至待完成区域被完成,图 5 为数据获取的流量。

3.1 成像条带建立

传统的区域拍摄规划通常采用区域预分解的方法,一种方法是依据卫星的轨迹方向和传感器幅宽,将区域分解为固定宽度的平行条带;另一种是根据卫星的实际过境机会,将区域分解成对应具体过境窗口的多个条带。但两种常用的区域预分解方法在分解时均未考虑区域的天气云量因素,不适用实际的卫星任务规划。考虑到云量的频繁变化和对数据有效率的影响,首先要基于云图创建卫星成像条带,如图 6 所示,在云图与区域底图叠加后的影像上加载卫星实际过境轨道,并给出侧摆限制,

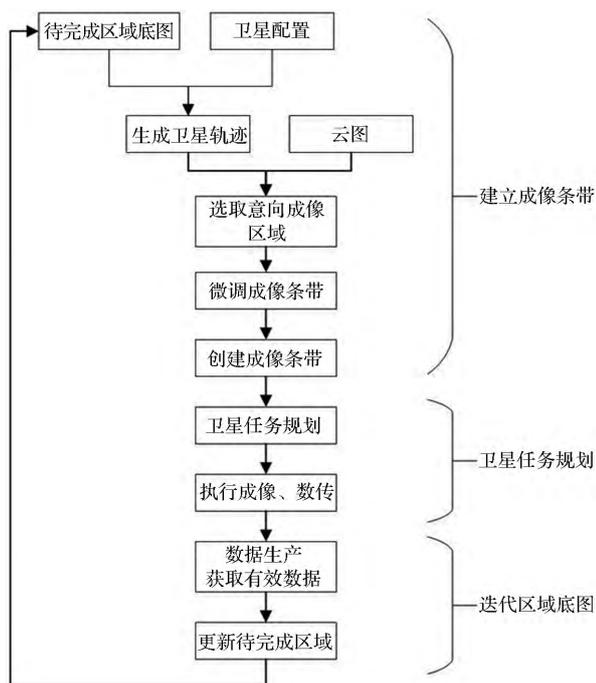


图5 数据获取流程

Fig.5 Data acquisition

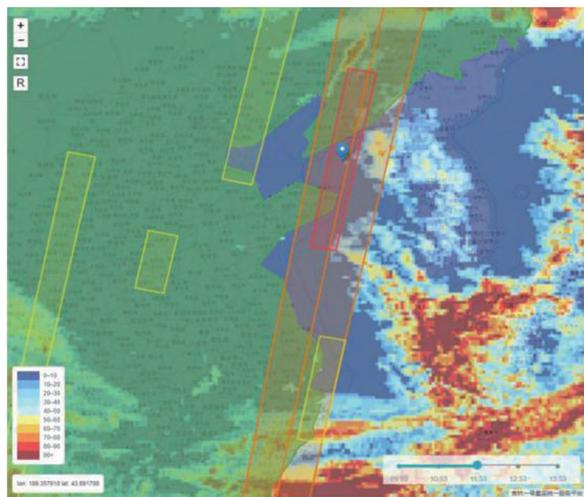


图6 基于云图创建成像条带

Fig.6 Generating imaging strips (base on nephogram)

基于云量、侧摆、底图等限制创建条带。

3.2 卫星任务规划

任务规划选择区域成像条带的拍摄任务,结合卫星当日任务选择适合的数传站和数传时间执行数据传输,生成相应的计划和指令。一般情况下,当日的成像任务在任务规划时将优先选择当日就近的数传站。任务规划后提交规划决策,生成卫星成像指令、数传指令、地面站接收计划。卫星执行成像后进行数据传输,通过地面站获取到数据后进行生产。

3.3 迭代区域底图

经过任务规划获得的卫星数据存在不满足项目要求的情况,生产系统以“景”为单位对数据进行质量判定并归档于数据管理系统,其中符合项目质量要求、云量要求、侧摆要求、雪量要求的数据被认定为有效数据。通过与数据管理系统通信,获取区域内的所有有效数据范围作为完成的区域,使用地理信息拓扑套件工具通过差集(difference)运算,得到区域的所有未完成的区域。通过不断地获取有效数据,及时迭代更新区域的未完成底图,直至项目底图清零。

4 数据获取成果

“一带一路”区域国产中分辨率卫星数据获取计划从2020年开始进行,针对不同子区域分别在不同时相内开展了规划成像。截止2022年3月,吉林一号光谱01/02星总计获取53 172景有效数据,“一带一路”项目第一期覆盖已完成91.04%(图7),满足覆盖率大于90%的覆盖完成条件;项目第二期已完成91.66%(图8),满足覆盖率大于90%的覆盖完成条件,进入收尾补拍阶段,已经满足项目三年两期的获取要求。

表3 “一带一路”数据获取情况

Table 3 The progress of data acquisition of “The Belt and Road Initiative”

| 使用卫星:吉林一号光谱01/02星 | | | | |
|--|-----------|---------------------|---------------------------|--------|
| 有效数据:侧摆 $\leq 15^\circ$,云量要求 $\leq 20\%$,产品质量A+B, PMS全谱段(20) | | | | |
| 期数 | 区域范围 | 数据时相 | 有效覆盖面积 /万 km ² | 有效覆盖比例 |
| 一期 | 50° N 以北 | 2020.5.1~2021.6.27 | 334.26 | 90.59% |
| | 38°~50° N | 2020.3.1~2021.6.27 | 1 042.48 | 95.53% |
| | 38° N 以南 | 2020.1.1~2021.5.31 | 1 929.34 | 88.86% |
| | 整体 | 2020.1.1~2021.6.27 | 3 306.08 | 91.04% |
| 二期 | 50° N 以北 | 2021.6.28~2021.8.31 | 270.27 | 73.25% |
| | 38°~50° N | 2021.6.28~2022.3.31 | 1 063.71 | 97.48% |
| | 38° N 以南 | 2021.6.1~2022.3.31 | 1 994.71 | 91.87% |
| | 整体 | 2021.6.1~2022.3.31 | 3 328.69 | 91.66% |

数据获取过程中,重点考虑了数据获取困难区的获取进度,重点关注东盟十国地区的数据获取。由于该地区常年气候湿热、云量较大且变化较快、云量预测准确度较低,对于东盟十国采取“逢过必拍”以及不考虑云量等规划策略,截止2022年3月,完成78.64%的有效覆盖,累计获取5 552景有效数据,有效覆盖面积346.25万 km²。

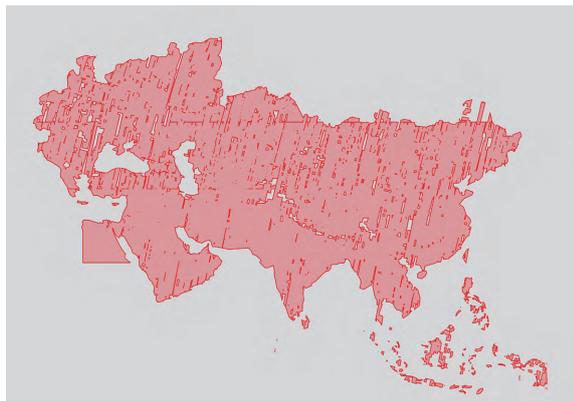


图7 第一期有效数据覆盖图

Fig.7 Available image data coverage of phase I

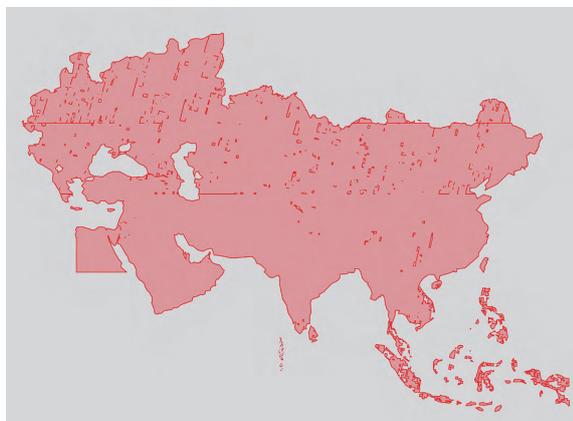


图8 第二期有效数据覆盖图

Fig.8 Available image data coverage of phase II

5 结论

在第一期数据获取过程中,主要采用传统的区域规划方法,将区域分解为固定的平行条带进行规划,整体耗时约18个月;在第二期数据获取过程中使用本文基于云图的大区域动态规划新方法,完成覆盖要求耗时约10个月,数据覆盖效率提升约44%。在数据有效率方面,第一期数据有效率约45.3%,第二期约59.3%,数据有效率提升约14%,数据覆盖效率和数据有效率均有明显的提升。

在任务区域数据获取过程中,为控制有效数据获取率采取了对“云量”和“雪量”的控制。将大区域分解为几个子区域,通过划分数据获取时相限制“雪量”;创造性的使用了一种基于云图的大区域规划方法,在卫星区域过境轨迹的基础上加入动态天气因素,结合云量创建成像条带进行拍摄,减少获取云量不符合要求的无效数据,大大提升了有效数据获取率。在数据获取过程中,充分发挥了“吉林一号”卫星全流程自动化的数据获取能力,完善的

任务规划系统和数据管理系统为区域底图迭代提供有力支撑。

基于已完成的“一带一路”第一期覆盖结果,可以看出气候对数据获取的影响。未完全覆盖的区域中东盟十国、中国云贵川地区终年多雨多云,中国西部藏区喜马拉雅山脉终年积雪,黑龙江北部大兴安岭林区雨水较大且冬季积雪时间长,这些区域的天气变化强烈且各区域对流云的时间控制存在差异,数据获取难度较大。在第二期数据获取过程中吸取第一次覆盖的经验,重点关注数据获取困难区,在一定程度上放宽了困难区成像“云量”的限制,同时要把握好高纬度、高海拔区域的成像窗口期。在大范围、广区域的数据获取中,需采取“点一面”结合的获取策略,重点关注高纬度、高海拔、云量困难小区域的获取进度和获取方法,同时把握区域的整体获取进度,在不同季节调整对不同区域的覆盖侧重点,从而完成对区域整体的覆盖。

参考文献(References):

- [1] Yao X C, Li G Q, Xia J S, *et al.* Enabling the Big Earth observation data via cloud computing and DGGS: Opportunities and challenges [J]. *Remote Sensing*, 2020, 12 (1) : 62. DOI: 10.3390/rs12010062
- [2] LI G, ZHAO J, MURRAY V, *et al.* Gap analysis on open data interconnectivity for disaster risk research [J]. *Geospatial Information Science*, 2019, 22(1): 45-58.
- [3] GAO Feng, AN Peijun. The new trends of development strategy on the international space and earth observation technology [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2008, 23 (6): 686-696. [高峰, 安培俊. 国际空间和对地观测技术发展策略新动向 [J]. *遥感技术与应用*, 2008, 23(6): 686-696.]
- [4] ZHENG Sijia. The Belt and Road Initiative [J]. *New Business Weekly*, 2019(1): 178-179. [郑思嘉. 论一带一路 [J]. *新商务周刊*, 2019(1): 178-179.]
- [5] WANG Haiming, FAN Weiwei, HAN Lin, *et al.* Bibliometric evaluation of the development trend of space earth science in the countries along the Belt and Road [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2019, 34(6) : 1332-1342. [王海名, 范唯唯, 韩淋, 等. “一带一路”沿线国家空间地球科学发展态势评估 [J]. *遥感技术与应用*, 2019, 34(6): 1332-1342.]
- [6] WALTON J T. Models for the management of satellite-based sensor [D]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1993.
- [7] LEMAÎTRE M, VERFAILLIE G, JOUHAUD F, *et al.* Selecting and scheduling observations of Agile Satellites [J]. *Aerospace Science and Technology*, 2002, 6(5): 367-381.
- [8] RIVETT C, PONTECORVO C. Improving satellite surveillance through optimal assignment of assets [R]. Australian Government Department of Defense, 2004.
- [9] XU Yudong, ZHOU Jingbo, YIN Jiazhaohao, *et al.* Review of mis-

- sion planning strategies and applications of earth observation Satellites[J]. *Radio Engineering*, 2021, 51(8): 681-690.[许宇栋,周敬博,尹嘉昭,等.对地观测卫星任务规划策略及应用研究综述[J],*无线电工程*,2021,51(8):681-690.]
- [10] ZHONG Xing, AN Yuan, WANG Dong, *et al.* Construction of Jilin-1 commercial space remote sensing service system[J]. *Satellite Application*, 2020(3): 8-17.[钟兴,安源,王栋,等.吉林一号商业航天遥感服务体系建设[J].*卫星应用*,2020(3):8-17.]
- [11] LIAN Ji, WANG Jian, ZHU Shijie, *et al.* Comparison of snow cover area acquisition from multi-scaling satellites[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2009, 23(5): 567-575. [梁继,王建,朱仕杰,等.多尺度卫星雪盖面积获取的对比研究[J].*遥感技术与应用*,2009,23(5):567-575.]
- [12] WANG Xingling, LIU Longfei, YU Gang, *et al.* Global optical image acquisition technology and its applications [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2012, 20(10): 2324-2330. [王兴玲,刘龙飞,于钢,等.全球陆地光学遥感影像获取技术与应用[J].*光学精密工程*,2012,20(10):2324-2330.]
- [13] YANG Xiangdong. Climatic characteristics of the snow cover the northern hemisphere observed by satellite [J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2003, 15(1): 16-19.[杨向东.利用NOAA AVHRR数据研究北半球雪盖气候学特征[J].*国土资源遥感*,2003,15(1):16-19.]
- [14] BAI Shuying, SHI Jianqiao, SHEN Weishou, *et al.* Spatial and temporal variations of snow and influencing factors in Tibet Plateau based on remote sensing[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2014, 29(6): 954-962.[白淑英,史建桥,沈渭寿,等.卫星遥感西藏高原积雪时空变化及影响因子分析[J].*遥感技术与应用*,2014,29(6):954-962.]
- [15] LIU Lin. Orbit theory of spacecraft[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2000.[刘林.航天器轨道理论[M].北京:国防工业出版社,2000.]
- [16] WU Lianda. Orbit and detection of satellites and space debris [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2011. [吴连大.人造卫星与空间碎片的轨道和探测[M].北京:中国科学技术出版社,2011.]
- [17] OLIVR MONTENBRUCK, EBERHARD GILL. Satellite orbits models, methods and application [M]. New York: Springer-Verlag, 2000.
- [18] MENG Xiangqiang. Research and application of satellite orbit prediction method based on osculating elements[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences (Institute of Remote Sensing and Digital Earth), 2017.[孟祥强.基于瞬时根数的卫星轨道预报计算方法研究及应用[D].北京:中国科学院大学(中国科学院遥感与数字地球研究所),2017.]

Research on Data Acquisition Technology of Chinese High-resolution Broadband Multispectral Satellites in the “The Belt and Road Initiative” Region

WEI Songyan¹, MENG Xiangqiang¹, YI Xiaobin¹, LI Feng^{1,2,3},
ZHONG Xing¹, CHEN Si¹

(1.Chang Guang Satellite Technology Company Limited, Changchun 130000, China;

2.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;

3.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Rapid acquisition of large area data is an important research topic in the field of remote sensing satellite task planning. Relying on the project of "Data Cube for large coverage datasets of Chinese high resolution and broadband and multispectral satellite constellation", Jilin-1GP01/02 satellite was used to carry out effective coverage of 65 countries and regions along the "The Belt and Road Initiative" twice within three years. This paper summarizes the strategy, methods and experience of data acquisition in large areas of the project, and focuses on various influencing factors such as the resource of satellites and ground stations related to data acquisition, the strategy of dividing large areas in time and phase, and the dynamic planning process of large areas based on effective imaging strips of cloud forecast, that is, within the single transit range of the satellite, select the imaging strips with the maximum probability of obtaining effective data in combination with the cloud map. The research has provided normalization support for the project, and the relevant methods and project experience can provide reference for the general satellite remote sensing large-scale and wide-area data acquisition tasks.

Key words: The Belt and Road Initiative; Jilin-1; Data acquisition; Large area dynamic programming; Phase division; Cloudage; Imaging strips