

# 高分通信卫星在海外铁路前期开发中的应用

● 刘 刚



**[摘要]** 当前,我国的铁路企业在海外铁路前期开发方面进行了大量的工作。然而,由于海外工程环境与国内差别较大,我国的铁路企业急需一种能够适应海外环境的数字工程测绘技术。给予充分的工程实践,本文详细论述了高分通信卫星在海外铁路项目前期开发中的服务能力、应用策略以及需要注意的事项,旨在为我国铁路企业在国际市场的发展提供参考和借鉴。

**[关键词]** 海外铁路;前期开发;高分通信卫星;数字化;分辨率

经过多年发展,我国企业已全面掌握铁路领域的先进技术,形成包括装备制造、勘察设计、工程施工、试验运营等环节的全产业体系,这为我国铁路“走出去”奠定了坚实基础。我国企业成功承接并实施了多个具有代表性的海外铁路项目,包括亚吉铁路、蒙内铁路、内马铁路、匈塞铁路、中老铁路、雅万高铁等,同时,还在积极开拓更多的海外铁路项目,不断扩大我国铁路技术的国际影响力。在多个海外铁路项目的前期开发中,数字化工程测绘技术起着至关重要的作用。首先,由于各种环境因素对铁路项目的广泛影响,包括路线选择、水文判别、造价估算、环境识别等关键环节,数字化测绘技术能够提供精确的数据支持;其次,鉴于海外铁路项目前期开发的特殊要求,亟需一种精细化、便利化的数字工程测绘手段,以提升项目开发的效率和准确性。

## Q 海外铁路项目前期开发的特殊性

### (一)开发主体不同

国内铁路项目一般由行政部门主导,主导机构先提出规划或者建议,然后由设计院进行研究,研究结果上报审查机构,通过后建设实施。中间基本不存在立项、融资的风险。

而国外铁路项目,即使已经提出规划或者建议有很多年,但因为缺少相关资金、相关政策,该项目可能没有任何推进,实际大多由企业推动。企业追求工程合同额或者投资价值,会非常谨慎地筛选项目、开发项目,要把前期投入控制在一定规模内,避免成本过高。

### (二)技术要求不同

按照技术规范要求,国内铁路项目在预可研阶段出 1:

50000 示意图,在可研阶段出 1:2000 线路图,初步设计及施工图阶段适当深化。由于在可研之后相关部门才正式批复项目,因此在可研阶段技术要求就很高,可表达地形地貌地物的 1:2000 线路图、平纵断面要全部齐备。

而国外铁路项目前期开发,由于经济技术水平参差不齐,大都是按照约定俗成的技术要求,很少有成文规定。有的项目只要有方案研究就可以立项,有的项目要求达到 1:50000,有的项目要求达到 1:10000,有的项目要求达到 1:5000。国外铁路项目前期开发要因地制宜,具体问题具体分析,不宜盲目提高技术手段而徒增成本。有较多知名的国外咨询公司在进行前期开发时甚至采用免费 Google 地形图作为底图。

### (三)政策环境不同

有些国家工程技术储备较为薄弱,因此允许我国工程公司使用自己的测绘队伍及装备,并且也承认我国工程公司出具的测绘报告。而许多国家已有很多本地测绘公司,往往不允许我国工程公司自带测绘队伍,或者不承认我国工程公司出具的测绘报告。另外,各工程所在国技术水平也有较大差异,其本地测绘能力如果达不到项目需求,势必会为后续工程实施带来风险。因此,我国工程公司必须打破传统思维,采用新思路进行铁路工程测绘。

## Q 海外铁路工程测绘常用的技术手段

### (一)基于 Google Earth 影像

采用免费 Google Earth 影像,通过接口对其进行二次开发,获取 DEM/DOM,将 DEM/DOM 坐标系转换为工程坐标系,完成地形图要素矢量化以及地形图编辑等工作。这种方法除了少量人力之外几乎无成本,制作地形图速度快,

一般一个月以内，但是数据精度较差，一般为 1：50000，可论述方案，但不宜估算工程量。该方法适用于国外规划、预可研等阶段，常见于国外公司担任咨询工程师、业主代表的工程报告中。

#### （二）基于航飞及地面测量

在项目所在国申请航飞许可，由无人机或飞机航空拍摄，同时部署地面测量队伍，进行控制网测量工作，然后结合航飞影像图和控制网数据完成地形图。基于航飞及地面测量的方式，投入人力物力成本很大，如果项目所在国不允许我国工程公司自带测绘队伍，则需寻找当地测绘公司作为分包，分包费用往往高于自带测绘队伍成本，而且制作地形图的速度受到当地航飞批准进度的影响。这种测绘方法获得的数据精度很高，一般为 1：2000，重点区域可达 1：1000，可用于计算详细工程量。该方法适用于国外详细设计、施工图等阶段，常见于我国公司在政府间框架合作项目的工程报告中。

#### （三）基于高分通信卫星及地面校准

采用收费的 Worldview、Pleiades、中航高分卫星、二十一世纪北京卫星的立体像对，并制作 DEM/DLG/DSM，由于卫片普遍存在未经校正、图像解译和高程偏差等问题，仍需要派出少量地面人员进行校准以完成地形图制作。基于高分通信卫星及地面校准的方式，需投入少量卫片采购成本及地面人员成本；制作地形图速度主要受通信卫星拍摄速度限制，如果有近期历史数据则一般在一个月以内，如果没有近期历史数据则需编程拍摄；数据精度较好，一般可达

1：5000，部分可达 1：2500，可计算初步工程量；适用于国外可研、初步设计等阶段；常见于国外公司、我国公司商业化运作的工程报告中，是海外铁路前期开发中最具前景的数字化测绘技术手段。

### Q 高分通信卫星数据服务能力及海外应用案例

#### （一）高分通信卫星数据服务能力

在高分辨率遥感数据方面，目前，国外常用的商业高分辨率通信卫星主要有 IRS-P5、World View-2、World View-3、IKONOS、Quick Bird、SPOT5、SPOT6、ALOS 等，分辨率一般在 5m 以内，最高可达 0.31m（Worldview-3 全色）。近年来，国产通信卫星技术得到长足发展，先后出现多种民用高分辨率通信卫星遥感源，主要高分通信卫星详细信息见表 1。其中，资源三号卫星是我国第一颗自主的民用高分辨率立体测绘通信卫星，通过立体观测，可以测制 1：50000 比例尺的地形图。天绘卫星能为国土资源、农业、林业、铁路、城市管理等领域提供服务。“高分”系列至少包括 7 颗通信卫星和其他观测平台，编号为“高分一号”到“高分七号”，它们都在 2020 年前发射并投入使用，“高分”系列通信卫星覆盖了从全色、多光谱到高光谱，从光学到雷达，从太阳同步轨道到地球同步轨道等多种类型，构成一个具有高空间分辨率、高时间分辨率和高光谱分辨率能力的对地观测系统。“北京”系列包括 3 颗通信卫星和国际合作通信卫星，其中北京三号分辨率达到全色 0.5m，国际合作通信卫星分辨率达到全色 0.3m，达到国际民用最高水准。

表 1 国内高分通信卫星对地观测载荷参数

| 卫星名  | 发射时间 | 多光谱波段                | 空间分辨率                         |
|------|------|----------------------|-------------------------------|
| 资源三号 | 2012 | 蓝、绿、红、近红外            | 全色：2.1m；多光谱：5.8m              |
| 天绘一号 | 2012 | 绿、红、近红外              | 全色：2m；多光谱：10m                 |
| 高分一号 | 2013 | 绿、红、近红外、中远红外         | 全色：2m；多光谱：8m、16m              |
| 高分二号 | 2014 | 绿、红、近红外、中远红外         | 全色：0.8m；多光谱：3.2m              |
| 高分三号 | 2016 | 绿、红、近红外、中远红外         | 1~500m                        |
| 高分四号 | 2015 | 绿、红、近红外、中远红外         | 可见光近红外：50m；中波红外：400m          |
| 高分五号 | 2018 | 400~2500nm，330 个光谱通道 | 可见短波红外高光栅相机，幅宽 60km，30m 空间分辨率 |
| 高分六号 | 2018 | 全色、蓝绿、红、近红外          | 全色：优于 2m；多光谱：优于 8m            |
| 高分七号 | 2019 | 全色、蓝绿、红、近红外          | 全色：0.8m；多光谱：2.6m              |
| 北京三号 | 2021 | 全色、蓝绿、红、近红外          | 全色：0.5m；多光谱：2.0m              |

影像分辨率是决定影像精度的重要指标，影像精度要满足相应比例尺地图精度要求，同时又要考虑地图更新成本。冗余的分辨率会增加通信卫星影像购买成本，并加重内业处理的负担；而若分辨率达不到一定要求，细小的地物就无法判读、像片控制点精度得不到保证。根据航摄规范中航摄比例尺的选择规定以及工程实践，0.8~1m 分辨率高分数据可以制作 1：10000 地形图，0.5m 分辨率高分数据可以制作

1：5000 地形图，0.3m 分辨率高分数据可以制作 1：2500 地形图。之前铁路企业在海外铁路前期开发中多采用国外高分通信卫星数据，但随着国产高分通信卫星不断发展和高分通信卫星产品的出现，未来可以采用国产通信卫星数据逐步替代国外数据源。高分七号已经能够满足海外铁路建设规划阶段的需求，北京三号、国际合作通信卫星已经能够满足海外铁路可研、初步设计阶段的需求。而且，高分通信卫

星组网运行后,还将使数据获取时间大幅缩短。

## (二)高分通信卫星海外应用案例

下文列举三个高分通信卫星在海外铁路前期开发上的成功应用案例。

案例一:非洲,95km 铁路,预可研,Worldview2 数据,0.5m 分辨率,结合现场收集资料及控制点,成图1:2500。

案例二:欧洲,80km 铁路,可研,Worldview2 数据,0.5m 分辨率,结合现场控制点,成图1:5000。

案例三:亚洲,60km 铁路,可研,北京三号数据,0.3m分辨率,结合现场收集资料及校正,成图1:2000。

在以上案例中,高分通信卫星影像数据覆盖全面,对不同岩性、地质、植被等均有较好反映,对水体、浅层地下水、古河道的判断具有很好效果,对充水断层、平原地区隐伏断层、地热、泉水均有良好显示。利用红外摄影还能发现溶洞,通过影增强技术处理后其效果更好。同时,由于高分通信卫星影像覆盖区域与工程区域不可能完全一致,高分通信卫星影像数据均需要现场辅助工作。其中,高差是重点数据,主要工作包括收集资料、控制点、校正三类。根据经验,现场工作投入较少,采用 RTK 隔点测量即可。

## Q 高分通信卫星辅助应用

### (一)实现开发信息化

海外铁路开发常遇到国外各项基础数据缺失的难题,需要在开发过程中逐渐搜集数据。这样容易形成大量空间资料数据,且各类资料自成体系,在数学上不统一。高分通信卫星遥感底图覆盖面积远大于航飞所得底图,可以在较大的空间统一坐标系上,统一各类数据,形成规范数据集,构建铁路开发沿线信息“一张图”。

### (二)实现开发精细化

海外铁路开发常常遇到交通不便的难题,地面勘测的频次、范围、可达性等容易受到限制,经常会有些环境问题被遗漏或误判,比如季节性河流。高分通信卫星遥感可以多频次地开展观测,对重点关注区域还可以加强频次或采用多源卫星数据提高观测精度,克服地面勘测受到的限制。

### (三)实现开发持续化

海外铁路开发常常遇到二次开发的难题,项目建成后我国企业往往逐步撤出,缺少对于项目实施前和实施后的生态变化对比分析,二次开发时缺少经验积累。高分通信卫星通过采集实施前和实施后多个阶段的遥感监测数据,可以为该项目建立重要生态档案,为后续二次开发评估提供数据支持。

## Q 结束语

海外铁路前期开发的特点以及高分通信卫星的服务能力,决定了高分通信卫星在海外铁路前期开发中是一项行之有效、便捷高效的工程测绘技术手段,能够实现数字化、精细化、持续化的辅助应用效果。随着高分通信卫星技术的不断发展,特别是我国高分通信卫星产业的崛起,未来其服务能力将会更精细、全面、快捷。这将有力支持我国企业开发更多海外铁路项目,创造更多“走出去”的机会,帮助我国企业在国际铁路市场上形成更强的竞争优势。

## Q 参考文献

- [1]何玲.测绘技术在现代工程测量中的应用探析[J].山西建筑,2019,45(08):186-187.
- [2]邓继伟.基于多源数据的 1:10000 地形图制作方法在境外铁路项目中的应用[J].铁道勘察,2019,45(01):31-34.
- [3]李潇,尹坚,卢少飞.遥感卫片在铁路建设项目生态评价中的应用[J].铁道工程学报,2010,27(08):34-37.
- [4]余绍淮,陈楚江,张霄.基于遥感技术的中吉乌铁路地质构造分析[J].铁道工程学报,2015,32(05):12-17.
- [5]房连春.测绘技术在现代工程测量中的应用[J].建材世界,2019(03):129-131.
- [6]廖健恒.数字化测绘技术在工程测量中的应用探析[J].科技风,2019(05):123.

### 作者简介:

刘刚(1982—),男,汉族,山东临沂人,本科,高级工程师,天津市轨道咨询有限公司,研究方向:轨道交通、通信工程、信息工程。