

李四光地质科学奖基金会资助项目申请表

填表日期: 2024 年 3 月 19 日      编号: 2024-1

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |             |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|
| 项目名称           | 李四光地质科学思想遥感印记                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |             |
| 单位名称           | 自然资源部国土卫星遥感应用中心                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |             |
| 单位地址           | 北京市海淀区紫竹院百胜村 1 号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      |             |
| 项目负责人          | 翟浩然、傅征博                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 联系电话 | 13863933343 |
| 电子信箱           | 2@by2studio.cn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 邮 编  | 100048      |
| 申请经费           | 30 万元                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |             |
| 项目<br>申请<br>理由 | <p>李四光是我国著名的科学家、地质学家、教育家和社会活动家。2024 年是李四光先生诞辰 135 周年，李四光地质科学奖基金会规划实施“李四光地质科学思想印记科普工程”，利用卫星遥感、地球物理、地球化学等技术成果，展现李四光地质科学思想的发展印记，创作丰富多样的系列地学科普产品。</p> <p>百年前，李四光仅凭实地观测的点滴现象，便能推测并提出科学的、系统的地质科学理念。随着时代发展和科技进步，如今人们可以借助遥感手段从太空视角审视地球，有助于更好的帮助我们理解和解读李四光在地质科学的历史功绩，充分展现他的科学思想，验证他的预判，体现他的前瞻性。本图集拟以李四光地质科学思想印记为主题，以遥感影像为主要表达方式，综合光学、高光谱、热红外、雷达等多种遥感特征，以平面+立体、影像+要素、现状+发展动态的方式呈现李四光在地质力学、第四纪冰川等领域的理论成就，展示应用其理论在在资源开发、能源利用、防灾减灾等领域取得的标志性进展，并探索地质遗迹的保护利用。本图集旨在传播科学知识，弘扬科学精神，展现其思想在代代发展中的升华。</p> <p>负责人（签章）：翟浩然、傅征博</p> |      |             |
| 申请<br>单位<br>意见 | <p>同意。</p> <p>申请单位（盖章）</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |             |

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |     |          |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----|----------|
| 项目<br>实施<br>计划<br>(经费) | <p>项目申请经费 30 万元,由李四光地质科学奖基金会与自然资源部国土卫星遥感应用中心共同出资,按 1:2 配套。具体经费预算为:</p> <p>1、出版费 18.0 万元 与出版社签订合同</p> <p>2、劳务费 5.5 万元 专家咨询与立项及验收评审<br/>其中,项目咨询 37 人次,37 人次×1000 元/次=3.7 万元,项目立项及验收评审 18 人次,18 人次×1000 元/半天=1.8 万元,共计 3.7 万元+1.8 万元=5.5 万元</p> <p>3、差旅费 6.0 万元 用于调研、实地取证等<br/>开展科学考察、业务调研等计划出差 5 次,每次出差 3 人,停留 3 天,共计 ( (500 元/人天 (住宿食杂补贴) ×3 天+2500 元 (往返) ) ×3 人×5 次=6.0 万元。</p> <p>4、打印费 0.5 万元 用于打印文档、样图等<br/>预计打印项目相关文档 100 份,小计 10 元/份×100 份=0.1 万元,样图 40 份×100 元,小计 100 元/份×40 份=0.4 万元,共计 0.1 万元+0.4 万元=0.5 万元</p> <p>负责人(签章): 张殿友</p> |                         |     |          |
| 初审意见<br>(基金会)          | 拟同意。 张殿友                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |     |          |
| 秘书长批示                  | 拟同意 马岩                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |     |          |
| 理事会意见                  | 已经王盾二次会议审议通过                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |     |          |
| 理事长批示                  | 马岩                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |     |          |
| 资助金额                   | 100,000.00 (单位:元)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |     |          |
| 项目<br>实施<br>单位         | 户 名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 自然资源部国土卫星遥感应用中心         |     |          |
|                        | 开户行                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 中信银行北京分行营业部             |     |          |
|                        | 账 号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 7111 0101 8260 0231 987 |     |          |
|                        | 联系人                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 齐建伟                     | 电 话 | 68412491 |
| 项目实施<br>社会反响           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |     |          |

25-2

同意。批复。2023/3-24  
一并在此处盖章上传。

呈请理事长、秘书长阅示。

张殿波

## 李四光地质科学奖基金会与自然资源部国土 卫星遥感应用中心公益项目合作协议书

20/3-2024

甲方：李四光地质科学奖基金会（以下简称“甲方”）

地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

电话：010-68992240

传真：010-68992230

乙方：自然资源部国土卫星遥感应用中心（以下简称“乙方”）

地址：北京市海淀区紫竹院百胜村 1 号

电话：010-68412623

传真：010-68412636

甲乙双方遵循平等合作，共同发展的理念，本着“发挥优势、相互促进、友好协作、志愿服务”的原则，推进协调互动与公益合作，扩大合作的深度和广度，增加社会责任担当能力，不断提高社会服务水平。

经双方友好协商，达成如下合作协议：

一、甲乙双方发挥各自资源优势、平台优势以及专业优势，在履行义务服务社会时提供支持和帮助，在加强地矿专业队伍队伍建设方面形成新合力，在促进矿业经济中寻找新契机，在推动



# 李四光地质科学奖基金会

---

## 李四光地质科学思想遥感印记专家咨询会 通 知

各位专家：

兹定于 2024 年 1 月 12 日（星期五）上午 9：30 分，在中国地质科学院东科研楼 3 层 305 会议室（北京市西城区百万庄大街 26 号），召开李四光地质科学思想遥感印记专家咨询会，请各位专家届时出席。

联系人及电话：张晓鹤 18600266327。

李四光地质科学奖基金会

2024 年 1 月 10 日



---



工作资料注意保存

# 李四光地质科学思想遥感印记

## 工作方案提纲

李四光地质科学奖基金会规划实施“**李四光地质科学思想印记科普工程**”。利用卫星遥感、地球物理、地球化学等技术成果，展现李四光地质科学思想的发展印记，创作丰富多样的系列地学科普产品。传播科学知识，弘扬科学精神。

### 项目一、李四光地质科学思想印记——遥感篇

100多年前，李四光仅凭实地的点滴现象，就能推测并提出科学的、整体的系统理念，现代社会从遥感视角，依据李四光地质科学历史功绩和科学预言，充分展现他的科学思想、验证他的预判，充分体现科学家思想的前瞻性。综合光学、热红外、雷达、高光谱等多种遥感特征，以平面+立体、影像+要素、现状+发展动态等方式呈现李四光在地质力学、冰川、古生物等学科领域、在石油、地热、铀矿等资源领域取得的标志性进展，以及思想在代代发展中的升华。

#### 一、主要要求：

1. 目标是高端科普图集，面向青年以上人群。体现科学+精神+现代技术的结合。文字简练，讲浅讲透讲通俗。

2. 编制 16 开异形、幅面 50 页左右的高端科普图集，包括立体印刷页、大幅面图可用两页方式一体化展现。
3. 以遥感影像为主体，适当补充地貌图、实地照片、手绘草图等。每张图片要有解读，图文呼应。
4. 突出遥感特色，不求全，聚焦有限目标。
5. 所用信息均引用已知资料，文字图片等注明出处，不做考证性的工作。
6. 影像不标注坐标、关键名称等敏感、涉密信息。不限制光谱波段的选择，影像要清晰、美观、信息突出、可读性强，可适当做艺术处理。
7. 2024 年 9 月底前完成，2024 年 10 月 26 日发布

## **二、内容策划**

### **1. 李四光地质科学重要贡献 2 页**

作为系列科普图书的通用页，全集展现功绩。以照片+文字的形式简要叙述李四光生平及主要功绩。

参考《李四光传》、《李四光》、《李四光画传》、基金会网站、各诞辰纪念日上杨尚昆，钱学森 温家宝等讲话稿。

写出初稿，样式插图等，供专家审议。

### **2. 地质力学遥感印记 20-25 页**

✓ 李四光地质力学主要成就。

✓ 五种构造体系：巨型纬向构造体系、经向构造体系、新华夏构造体系、华夏系或华夏式构造体系、扭动构造体系（是否可展现？与以下七种构造型的关系）。

✓ 七种东亚构造型：多字型，帚状，帚状-三角型，歹字型，山字型，人字型和膝型（几何特征明显）。

✓ 李四光命名的有特殊意义的构造型？

✓ 世界地质公园

✓ 中国地质力学研究应用进展及展望

### **3. 第四纪冰川遥感印记 15-20 页**

✓ 李四光第四纪冰川发现历程及主要功绩

✓ 典型冰川、冰盖及冰湖。

✓ 冰蚀地形：冰蚀凹地—冰斗、冰窖等；鱼脊峰、角峰；U型谷、槽谷、悬谷及套谷；冰坎、冰阶、溢口；冰川停积物：泥砾及冰水沉积、冰碛地形、纹泥、漂砾等；冰溜遗痕：冰川条痕砾石、基岩冰溜面、羊背石；由于冰溜移动造成的表面构造等。《冰蚀地形和冰川遗迹图片集》

✓ 典型冰川遗迹：庐山、黄山慈光寺、北京西山隆恩寺

✓ 冰川外围痕迹：土石玫瑰、圆丘群、冰碛形成的平原等。

✓ 著名冰川型地质公园、庐山白石陈列馆等

✓ 冰川变化，引起的气候变化等

✓ 中国第四纪冰川研究应用进展及展望

### **4. 石油勘探开发遥感印记 10-15 页**

✓ 李四光应用构造地质理论开展石油勘探的主要功绩。



✓ 重要盆山构造：陕甘宁盆地（14 年未突破，根据李四光的意见，重回盆地后 2 年发现油田），

✓ 重要油田：胜利油田、大港油田、鄂尔多斯、四川、柴达木（马所做过大量工作）、塔里木开发等遥感印记

✓ 大型石油城：大庆

✓ 中国石油勘探开发研究应用进展及展望

## 5. 铀矿地质资源遥感印记 3-5 页（？金属矿？）

✓ 概述李四光对铀矿探测的贡献。

✓ 广西首次发现含铀矿物

✓ 重要铀矿区：三个东西构造带

✓ 南岭带铀矿床：规模大、品味高、易开采

✓ 211 特大型铀矿床：

✓ 原子弹爆炸照片、铀矿石照片？

✓ 中国在铀矿等重要矿产资源勘探研究应用进展及展望（高光谱等新技术的应用）

## 6. 地热及绿色能源遥感印记 3-5 页

✓ 李四光珍惜煤炭资源，有力推进地热等新能源开发的功绩和牵挂。

✓ 100 多年前就提出用地热等代替煤炭

✓ 第一口地热井 房山？

✓ 青海共和盆地的干热岩

✓ 典型地热利用案例：当雄羊八井（中国大陆上开发

的第一个湿蒸汽田，世界上海拔最高的地热发电站）、云南腾冲地热田（天然的地热博物馆，有大量的高温地热资源）、西藏那曲地热田（地热景观独特，喷泉、沸水、热水沼泽等）、

✓ 1956 年，在世界科协成立十周年大会上，曾大声疾呼“将来我们的子孙会责怪我们的科学家，为什么眼看着像煤这样贵重的物质被随便当做燃料烧掉而默不作声”。

✓ 1970 年，天津发现地热后，81 岁李四光到天津考察，并提出进行地热会战的建议，中国历史上第一次大规模的地热勘探和开发行动，为后来的地热利用奠定了基础。

✓ 李四光去世后，在他经常使用的一个笔记本里夹了一张纸条：“在我们这样一个伟大的社会主义国家里，我们中国人民有志气、有力量克服一切科学技术上的困难，去打开这个无比庞大的热库，让它们为人民所利用 “

✓ 中国地热等绿色能源开发研究应用进展及展望（地热 风能 光能 等）

## **7. 地震预报 3-5 页**

✓ 李四光用地应力变化的观测方法及构造体系理论对地震预报工作的贡献。

✓ 华北活动构造图，郯庐断裂带，龙门山地震断裂带，

✓ ？重大地震遥感印记：汶川地震、玉树地震。

✓ 1967 年河间地区 6.3 级地震：66 年邢台地震后，打

了一口测量地应力的浅孔，从构造体系分析，否定了近期再发生较大地震的可能性，提出东北方向发展趋势及潜在的危险点，河间地震证实了李四光的推测

✓ 1976 年唐山 7.8 级地震：67 年曾在国家科委地震办公室研究地下水观测的会上指出，应向滦县、迁安地区做些观测，如果这些地区活动的话，就很难排除大地震的发生。推测应验。

✓ 1968 年北京地区地震预报：有关方面向国务院报告北京清晨将要发生 7 级地震，请国务院批准立即通知北京居民搬到室外去居住，李四光根据地应力观测站数据分析后，对周总理说，根据地应力的长期观测，有大地震一般都是有变化的，今晚不一定要发警报。李四光的判断又一次被证实。

✓ 八十高龄仍多次跋山涉水，深入调查地震地质现象，直到逝世的前一天，还恳切地对医生说“只要再给我半年的时间，地震预报的探索工作就会看到结果的”

✓ 中国在地震预报方面研究应用进展及展望。（地震应急卫星保障）



### 三、经费预算

| 序号  | 科目    | 经费    | 备 注                                   |
|-----|-------|-------|---------------------------------------|
| 1   | 出版费   | 18.0  | 出版社签订合同。                              |
| 2   | 劳务费   | 5.5   | 专家咨询 37 人次+立项及验收评审<br>18 人次 1000 元/半天 |
| 3   | 差旅费   | 6.0   | 调研 实地取证等                              |
| 4   | 打印费   | 0.5   | 文档、样图等                                |
| 5   | 。 。 。 |       |                                       |
| 合 计 |       | 30 万元 |                                       |

### 四、团队成员及分工

专家咨询组：对图集思路、设计、内容、形式等进行指导和把关。

图集工作组：全面开展图集编制项目工作，完成图集交付。包括但不限于：开展李四光生平事迹调研，形成图集编制思路，形成项目实施方案，分阶段输出图集提纲、文本和影像内容，完成图集出版和项目成果报告等相关工作。

### 五、时间节点

图集出版工作周期：2024 年 1 月至 10 月。

- (1) 思路研讨：2024 年 1 月 30 日前，与专家咨询组开展图集编制思路研讨，确定图集结构、形式、

重点内容等。

- (2) 立项编写: 2024 年 2 月-4 月, 图集项目立项。形成实施方案。开展李四光事迹调研, 加深对李四光精神的理解, 在此基础上, 选取重点方向编制图集文本内容并开展制图区域圈定、影像处理及制图工作。4 月 30 完成初步文本和图件素材汇聚。
- (3) 提交初稿: 2024 年 5 月 30 日提交图集初稿讨论, 开展多轮迭代修改。
- (4) 修改完善: 2024 年 6 月修改定稿, 6 月 30 日, 提交出版社。
- (5) 图集出版: 2024 年 7 月-9 月, 图集出版相关工作。8 月图集出小样, 9 月正式完成出版。
- (6) 收尾工作: 2024 年 10 月, 图集发布、宣传推广; 2024 年 11-12 月, 完成项目验收及成果归档。

近阶段具体工作:

- 1、1 月底前, 编制项目立项文本框架, 提纲, 编制通用部分内容。
- 2、准备数据, 17 日后开展板块内容选区设计, 细化展现要点, 观点, 概要确定展现方式。

3、2月底前完成项目立项文本，工作方案编制及汇报 ppt。

为3月份上理事会做准备。

4、搜集资料，包括李四光写的科普资料，遥感领域的科普素材等。



# 李四光地质科学奖基金会会议签到表

会议名称：李四光地质科学思想遥感印记专家咨询会

会议地点：地科院东科研楼 305 会议室

| 序号 | 姓名  | 单位           | 职务        | 联系电话                                  | 签名  | 备注 |
|----|-----|--------------|-----------|---------------------------------------|-----|----|
| 1  | 高平  | 李四光地质科学奖基金会  | 理事长       | 13901281760                           | 高平  |    |
| 2  | 王权  | 自然资源部国土卫星中心  | 原主任、研究员   | 13501391599<br><del>4104404</del>     | 王权  |    |
| 3  | 刘树臣 | 中国地质博物馆      | 原副馆长、研究员  | 13621170567                           | 刘树臣 |    |
| 4  | 何蔓  | 地质出版社        | 原总编、高级编审  | 13901121360                           | 何蔓  |    |
| 5  | 马寅生 | 中国地质科学院地质力学所 | 原副所长、研究员  | 13910138265                           | 马寅生 |    |
| 6  | 王玉翠 | 中国地质科学院地质所   | 原副所长、高级会计 | 13801025456<br><del>13717636547</del> | 王玉翠 |    |
| 7  | 邹宗平 | 李四光纪念馆       | 顾问、研究员    | 13717636547                           | 邹宗平 |    |

时间：2024 年 1 月 12 日

审核：

制表：张晚鹤

# 李四光地质科学思想遥感印记项目 成果报告

项目名称：李四光地质科学思想遥感印记  
项目类型：李四光地质科学奖基金会资助项目  
实施周期：2024年3月-2024年11月  
承担单位：自然资源部国土卫星遥感应用中心  
项目负责人：翟浩然、傅征博  
报告编写人：傅征博、翟浩然

自然资源部国土卫星遥感应用中心

2024年11月27日

# 李四光地质科学思想遥感印记项目

## 验收意见

2024年11月27日，受李四光地质科学奖基金会委托，自然资源部国土卫星遥感应用中心在北京组织专家（名单附后）对“李四光地质科学思想遥感印记项目”进行验收。专家组听取了项目汇报，审阅了相关资料，经质询和讨论，形成验收意见如下：

1. 项目成果规范、材料齐全，符合项目任务要求；

2. 项目开展了成果设计、参考资料收集、卫星遥感影像获取及处理、遥感科普表达方法研究等工作，创作出版了《李四光地质科学思想遥感印记》科普专著，形成了成果报告，完成了协议约定内容，达到了预期目标；

3. 项目成果凝聚了一线科研人员的智慧，运用现代融媒体技术，综合了平面影像、立体3D、科普绘画、手稿实物、二维码“扫码”等展示方式，提高了书籍与新技术关联性和可读性，实现了地质和遥感的跨领域交叉融合，凸显了新时代科普工作价值引领功能，将在社会学习体系中发挥积极作用。

4. 项目成功探索并实践了遥感助力地学科普的实施路径，可为今后的科普工作提供技术借鉴。项目成果是一部图文并茂，集思想性、科学性、艺术性、可读性和收藏性的高端精品科普著作。

综上，专家组同意通过验收。

专家组组长：徐根才

2024年11月27日



评审专家签字表

| 序号 | 姓 名 | 单 位            | 职称/职务        | 签 字 |
|----|-----|----------------|--------------|-----|
| 1  | 邹宗平 | 李四光纪念馆         | 馆长特别助理       | 邹宗平 |
| 2  | 徐根才 | 中国地图出版社集团有限公司  | 总 编          | 徐根才 |
| 3  | 李雯雯 | 自然资源科普工作办公室    | 处 长          | 李雯雯 |
| 4  | 钱秀丽 | 自然资源部宣传教育中心    | 处 长          | 钱秀丽 |
| 5  | 杨振宇 | 首都师范大学         | 教 授          | 杨振宇 |
| 6  | 杨清华 | 中国自然资源航空物探遥感中心 | 教授级<br>高级工程师 | 杨清华 |
| 7  | 何 蔓 | 地质出版社          | 原总编/<br>高级编审 | 何蔓  |

# 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1. 项目概况 .....            | 1  |
| 1.1 立项依据 .....           | 1  |
| 1.2 项目背景 .....           | 1  |
| 1.3 总体目标 .....           | 1  |
| 1.4 主要任务 .....           | 2  |
| 1.5 实物工作量 .....          | 2  |
| 1.6 项目负责人及承担单位基本情况 ..... | 2  |
| 2. 项目实施 .....            | 5  |
| 2.1 理论基础 .....           | 5  |
| 2.2 数据准备 .....           | 6  |
| 2.3 质量控制 .....           | 22 |
| 3. 成果设计 .....            | 25 |
| 3.1 设计思路 .....           | 25 |
| 3.2 内容展示 .....           | 26 |
| 4. 项目组织管理及保障措施 .....     | 53 |
| 4.1 项目组织 .....           | 53 |
| 4.2 人员投入 .....           | 53 |
| 4.3 经费管理 .....           | 54 |
| 4.4 制度保障 .....           | 55 |
| 5. 项目成效、经验及不足 .....      | 57 |
| 5.1 项目成效 .....           | 57 |
| 5.2 项目实施经验 .....         | 58 |
| 5.3 项目存在的不足 .....        | 59 |
| 附件 .....                 | 61 |

## 1. 项目概况

### 1.1 立项依据

本项目由李四光地质科学奖基金会资助，根据《李四光地质科学奖基金会资助项目申请表》《李四光地质科学奖基金会与自然资源部国土卫星遥感应用中心公益项目合作协议书》，设立本项目。

### 1.2 项目背景

李四光先生是我国著名的科学家、地质学家、教育家和社会活动家。2024年是李四光先生诞辰135周年，值此之际，李四光地质科学奖基金会规划实施“李四光地质科学思想印记科普工程”，利用卫星遥感、地球物理、地球化学等技术成果，展现李四光地质科学思想的发展印记，创作丰富多样的系列地学科普产品。

为深入实施“李四光地质科学思想印记科普工程”，李四光地质科学奖基金会通过项目资助的形式，策划出版“李四光地质科学思想印记”系列科普丛书，纪念并传播李四光先生的科学思想和科学家精神，激励年轻一代奋发图强，勇闯地质科学事业新高峰。本项目为“李四光地质科学思想印记科普工程”的重要组成部分。

### 1.3 总体目标

利用卫星遥感技术成果，展现李四光地质科学思想的发展印记，创作地学科普产品，支撑“李四光地质科学思想印



记科普工程”实施，以印记的方式，从遥感的角度回答李四光先生当年的科学预见，展示现代地球科学进展，展现李四光先生地质科学思想从理论到实践，再从实践到发展的历史价值和现实意义。

#### 1.4 主要任务

根据项目目标，编写地学科普著作，展现李四光地质科学思想的发展印记。利用卫星遥感手段，以平面+立体、影像+要素、现状+发展动态的方式，呈现李四光在地质力学、第四纪冰川等领域的理论成就，以及在资源开发、能源利用、防灾减灾等领域取得的应用成效，传播科学知识，弘扬科学精神。

#### 1.5 实物工作量

(1) 协调国产卫星数据资源，根据项目任务选取并完成所需卫星影像标准化处理；

(2) 根据项目需要，进行项目总体设计，编写项目实施方案；

(3) 创作出版《李四光地质科学思想遥感印记》科普专著一部；

(4) 编写项目成果报告。

#### 1.6 项目负责人及承担单位基本情况

(1) 项目负责人基本情况

翟浩然，男，助理研究员，2019 年博士毕业于山东科技

大学。2020 年参加工作以来，长期从事卫星遥感监测应用、国土空间规划管理评价、卫星影像及产品质量检查与验收等工作，独立承担中国博士后科学基金会面上基金项目 1 项，作为技术负责人、技术骨干参与省部级项目 2 项，作为项目骨干参与省部级项目 5 项，作为一般人员参与国家重点研发计划子课题 1 项、省部级项目 7 项。发表学术论文 23 篇，其中以第一作者或通讯作者发表论文 13 篇，包含 SCI 二区收录 4 篇、SCI 三区收录 2 篇，中文核心收录 4 篇，EI 收录 3 篇。作为主要负责人起草行业标准 1 项。

## （2）项目承担单位基本情况

自然资源部国土卫星遥感应用中心（以下简称“中心”）于 2019 年 1 月挂牌成立，是自然资源部直属的财政补助事业单位，主要负责自然资源陆地卫星遥感应用，为自然资源调查、监测、评价、监管、执法提供卫星遥感数据、信息及产品、技术和业务支撑。统筹海洋、林草卫星遥感应用需求。

中心设办公室、党委办公室（人事处）、纪检审计处、财务资产处、科技处（成果处）、外事处等 6 个职能部门，卫星规划部、运行管理部、基准检校部、数据处理部、资源调查监测部、生态调查监测部、综合调查监测部、质量检验部、应用服务部等 9 个业务部门。现有职工 123 人，具有硕士以上学位的占 81%，博士以上学位占 37%；正高级 36 人、副高级 44 人，中级及以下 43 人；11 人担任卫星工程应用系

统“两总”(正副总指挥/总设计师);拥有国家级“百千万人才工程”入选者 1 名,自然资源部科技创新团队 1 个,自然资源部科技领军人才 2 名,自然资源部青年科技人才 5 名。中心通过了 ISO9001 质量管理体系认证,具有甲级测绘资质。

中心建成了由科技部创新团队、国际联合研究基地、博士后科研工作站、部级重点实验室、全资公司组成的“研、产、学、用、商”的科技创新和成果转化体系。近年来,中心在专著标准出版、项目获奖、专利授权、软件著作权登记、论文发表等方面取得丰硕成果。2019 年以来,中心出版专著 9 部,发布实施 9 项标准(1 项国标、8 项行标),获得省部级以上科技奖励 11 项(国家级科学技术二等奖 1 项,省部级科学技术特等奖 1 项、一等奖 9 项)、国家科技项目 34 项(国家重点研发课题/子课题 21 项、自然科学基金 13 项),专利授权 84 项,发表高质量期刊论文 92 篇(其中 SCI 期刊 57 篇、EI 期刊 35 篇),软件著作权登记 126 项。



## 2. 项目实施

### 2.1 理论基础

根据项目任务，本项目成果为科普专著。为保证项目成果的科学性、严谨性，项目组查阅了大量公开资料，以建立正确的理论基础，公开资料包括但不限于以下著作、论文等：

- [1] 《李四光画传》（《李四光画传》编辑组，2009）
- [2] 《李四光传》（陈群，等，2018）
- [3] 《哈纳斯湖地区地貌与湖的成因》（冯敏，1993）
- [4] 《秦岭太白山第四纪冰川地貌与冰碛物特征研究》（顾佳妮，2017）
- [5] 《覆盖区区域地质填图指导思想与方法体系的创新与探索——特殊地质地貌区填图试点项目成果概述》（胡健民，等，2019）
- [6] 《中国北方地区构造体系控盆作用与控油分布规律》（康玉柱，等，2019）
- [7] 《旋扭构造研究的进展》（李东旭，等，2019）
- [8] 《太平洋板块中——新生代构造演化及板块重建》（李三忠，等，2019）
- [9] 《地质力学概论》（李四光，1973）
- [10] 《天文·地质·古生物》（李四光，2016）
- [11] 《李四光科学论著集》（李四光，2021）
- [12] 《基于第二次冰川编目的中国冰川现状》（刘时银，等，

2015)

- [13] 《来自地质岁月的印记——重庆经典地质构造科普图集》(栾进华, 等, 2023)
- [14] 《构造动力成岩成矿和构造物理化学研究》(吕古贤, 2019)
- [15] 《李四光》(马胜云, 等, 2008)
- [16] 《自然瑰宝世界自然遗产精选》(苏菲·索罗, 2023)
- [17] 《中国现代地质学的奠基人李四光——“地质力学”读书笔记》(王二七, 2019)
- [18] 《成像光谱地质遥感》(闫柏琨, 等, 2018)
- [19] 《1957-2009 年祁连山老虎沟流域冰川变化遥感研究》(张明杰, 等, 2013)
- [20] 《2000-2014 年祁连山西段老虎沟 12 号冰川高程变化》(张其兵, 等, 2017)
- [21] 《发展李四光学术思想, 开创新时代的地质事业》(赵文津, 2019)
- [22] 《李四光地震预测思想与当前地震形式》(赵文津, 等, 2024)
- [23] 《青藏滇缅印尼歹字型构造再认识》(赵越, 等, 2019)
- [24] 《庐山地质公园的第四纪地质研究》(赵志中, 等, 2007)

## 2.2 数据准备

为了更加客观反映国产遥感卫星 20 多年来的快速发展，展现自主获取卫星遥感影像的能力，本项目以自然资源陆地遥感卫星为主要数据源，同时补充国产商业遥感卫星数据以及少量国外遥感卫星数据。

(1) 资源一号 02C 卫星

资源一号 02C 星 (ZY1-02C) 于 2011 年 12 月 22 日成功发射，牵头主用户为自然资源部。ZY1-02C 星搭载有全色多光谱相机和全色高分辨率相机，主要任务是获取全色和多光谱图像数据，可广泛应用于自然资源调查与监测、防灾减灾、农林水利、生态环境、国家重大工程等领域。

ZY1-02C 星具有两个显著特点：一是配置的 10 米分辨率 P/MS 多光谱相机是当时我国民用遥感卫星中最高分辨率的多光谱相机；二是配置的两台 2.36 米分辨率 HR 相机使数据的幅宽达到 54km，从而使数据覆盖能力大幅增加，使重访周期大大缩短。

| 参数    | P/MS相机         |                           | HR相机           |                           |
|-------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| 光谱范围  | 全色             | 0.51 ~ 0.85 $\mu\text{m}$ | 全色             | 0.50 ~ 0.80 $\mu\text{m}$ |
|       | 多光谱            | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ | 多光谱            | —                         |
|       |                | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |                | —                         |
|       |                | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |                | —                         |
| 空间分辨率 | 全色             | 5 m                       | 全色             | 2.36 m                    |
|       | 多光谱            | 10 m                      | 多光谱            | —                         |
| 幅宽    | 60 km          |                           | 54 km (2台相机组合) |                           |
| 侧摆能力  | $\pm 32^\circ$ |                           | $\pm 25^\circ$ |                           |
| 重访时间  | 3天             |                           | 3天             |                           |

(2) 高分一号卫星



高分一号卫星（GF-1）于2013年4月26日成功发射，牵头主用户为自然资源部，其他用户包括农业农村部、生态环境部等。卫星搭载了两台2m分辨率全色/8m分辨率多光谱相机，四台16m分辨率多光谱相机。

GF-1星突破了高空间分辨率、多光谱与高时间分辨率结合的光学遥感技术，多载荷图像拼接融合技术，高精度高稳定度姿态控制技术，单星上同时实现高分辨率与大幅宽的结合，2m高分辨率实现大于60km成像幅宽，16m分辨率实现大于800km成像幅宽，适应多种空间分辨率、多种光谱分辨率、多源遥感数据综合需求，满足不同应用要求；实现无地面控制点50m图像定位精度，满足用户精细化应用需求；在小卫星上实现 $2 \times 450\text{Mbps}$ 数据传输能力，满足大数据量应用需求；具备高的姿态指向精度和稳定度，姿态稳定度优于 $5\text{e-}4^\circ/\text{s}$ ，并具有 $35^\circ$ 侧摆成像能力，满足在轨遥感的灵活应用；在国内民用小卫星上首次具备中继测控能力，可实现境外时段的测控与管理。

| 参数         | 高分相机           |                           | 宽幅相机            |                           |
|------------|----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| 光谱范围       | 全色             | 0.45 ~ 0.90 $\mu\text{m}$ | 全色              | ——                        |
|            | 多光谱            | 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ | 多光谱             | 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ |
|            |                | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ |                 | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ |
|            |                | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |                 | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |
|            |                | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |                 | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |
| 空间分辨率      | 全色             | 2 m                       | 全色              | ——                        |
|            | 多光谱            | 8 m                       | 多光谱             | 16 m                      |
| 幅宽         | 60 km (2台相机组合) |                           | 800 km (4台相机组合) |                           |
| 重访周期 (侧摆时) | 4天             |                           | ——              |                           |
| 覆盖周期 (不侧摆) | 41天            |                           | 4天              |                           |

(3) 高分二号卫星

高分二号卫星（GF-2）于 2014 年 8 月 19 日成功发射，是我国自主研制的首颗空间分辨率优于 1 米的民用光学遥感卫星。GF-2 星牵头主用户为自然资源部，其他用户包括住房和城乡建设部、交通运输部、国家林业和草原局等。卫星搭载有两台高分辨率 1 米全色、4 米多光谱相机实现拼幅成像。

GF-2 星作为我国首颗分辨率达到亚米级的宽幅民用遥感卫星，其设计上具有诸多创新特点，突破了亚米级、大幅宽成像技术；宽覆盖、高重访率轨道优化设计可使卫星侧摆  $\pm 23^\circ$  的情况下，即可实现全球任意地区重访周期不大于 5 天，在卫星侧摆  $\pm 35^\circ$  的情况下，重访周期还将进一步缩小；高稳定度快速姿态侧摆机动控制技术在轨实现了 150s 之内侧摆机动  $35^\circ$  并稳定；卫星无控制点定位精度达到 20-35m，还具有智能化的星上自主管理能力。GF-2

星下点空间分辨率可达 0.8 米，标志着我国遥感卫星进入了亚米级“高分时代”。

| 参数         | 全色/多光谱相机       |                           |
|------------|----------------|---------------------------|
| 光谱范围       | 全色             | 0.45 ~ 0.90 $\mu\text{m}$ |
|            | 多光谱            | 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ |
|            |                | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ |
|            |                | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |
|            |                | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |
| 空间分辨率      | 全色             | 0.8 m                     |
|            | 多光谱            | 3.2 m                     |
| 幅宽         | 45 km (2台相机组合) |                           |
| 重访周期 (侧摆时) | 5天             |                           |
| 覆盖周期 (不侧摆) | 69天            |                           |

(4) 高分七号卫星

高分七号卫星（GF-7）于 2019 年 11 月 3 日成功发射，牵头主用户为自然资源部，其他用户包括住房和城乡建设部、国家统计局等。

高分七号卫星运行于太阳同步轨道，设计寿命 8 年，搭载的两线阵立体相机可有效获取 20 公里幅宽、优于 0.8m 分辨率的全色立体影像和 3.2m 分辨率的多光谱影像。搭载的两波束激光测高仪以 3Hz 的观测频率进行对地观测，地面足印直径小于 30m，并以高于 1GHz 的采样频率获取全波形数据。卫星通过立体相机和激光测高仪复合测绘的模式，实现 1:10000 比例尺立体测图，服务于自然资源调查监测、基础测绘、全球地理信息资源建设等应用需求，并为住房与城乡建设、国家调查统计等领域提供高精度的卫星



遥感影像。

| 传感器     | 项目      | 参数                               |                           |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------|
| 两线阵立体相机 | 光谱范围    | 全色                               | 0.45 ~ 0.90 $\mu\text{m}$ |
|         |         | 多光谱                              | 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ |
|         |         |                                  | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ |
|         |         |                                  | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |
|         |         |                                  | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |
|         | 前相机倾角   | + 26°                            |                           |
|         | 后相机倾角   | - 5°                             |                           |
|         | 分辨率     | 全色                               | 后视: 0.65m , 前视: 0.8m      |
|         |         | 多光谱                              | 后视: 2.6m                  |
|         | 幅宽      | $\geq 20 \text{ km}$             |                           |
| 激光测高仪   | 激光波束    | 2波束                              |                           |
|         | 激光重复频率  | 3Hz                              |                           |
|         | 测距精度    | $\leq 0.3 \text{ m}$ (坡度小于15°)   |                           |
|         | 单脉冲能量   | $\leq 180 \text{ mJ}$            |                           |
|         | 激光器工作波长 | 1.064 $\mu\text{m}$              |                           |
|         | 光斑大小    | 30 m                             |                           |
|         | 激光发散角   | $\leq 60 \text{ }\mu\text{rad}$  |                           |
| 足印相机    | 光谱范围    | 0.50~0.72 $\mu\text{m}$          |                           |
|         |         | 1.064 $\mu\text{m}$              |                           |
|         | 地面像元分辨率 | $\leq 4\text{m}$                 |                           |
|         | 视场      | +0.6° ~ +0.8°<br>- 0.6° ~ - 0.8° |                           |
|         | 幅宽      | 1.6 km                           |                           |

(5) 2 米/8 米光学卫星星座（高分一号 B、C、D 星）

2 米/8 米光学卫星（GF-1 B、C、D）星座于 2018 年 3 月 31 日成功发射，牵头主用户为自然资源部，其他用户包括应急管理部、生态环境部、住房和城乡建设部、交通运输部、农业农村部、国家林业和草原局等。

该星座由性能相同、状态一致的 3 颗业务卫星组成，卫星设计寿命为 6 年，空间分辨率为全色 2 米、多光谱优

于 8 米，单星成像幅宽大于 60 千米。3 颗卫星组网后，具备 15 天全球覆盖、2 天重访的能力，与高分一号进行协同观测，可以实现 11 天全球覆盖、1 天重访。2 米/8 米光学卫星是国家第一个民用高分辨星座，代表目前我国民用遥感卫星星座发展的最高水平，将大幅度提高自然资源部山、水、林、田、湖、草等自然资源全要素、全覆盖、全天候的实时调查监测能力。

| 参数         | 全色/多光谱 (P/MS) 相机 |                           |
|------------|------------------|---------------------------|
| 光谱范围       | 全色               | 0.45 ~ 0.90 $\mu\text{m}$ |
|            | 多光谱              | 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ |
|            |                  | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ |
|            |                  | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |
|            |                  | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |
| 空间分辨率      | 全色               | 2 m                       |
|            | 多光谱              | 8 m                       |
| 幅宽         | 60 km (2台相机组合)   |                           |
| 重访周期 (侧摆时) | 4天               |                           |
| 覆盖周期 (不侧摆) | 41天              |                           |
| 设计寿命       | $\geq 6$ 年       |                           |

(6) 5 米光学卫星星座（资源一号 02D、02E）

5 米光学卫星 01 星（资源一号 02D 卫星）、02 星（资源一号 02E 卫星）是空基规划中部署建设的高光谱业务卫星，属于自然资源部主持建造的中分辨率对地观测星座，分别于 2019 年 9 月 12 日和 2021 年 12 月 26 日成功发射，以等相位方式组网运行在太阳同步轨道上，单星轨道回归周期为 55 天，组网条件下可实现最快 2 天的全球对地重访观测。

5 米光学卫星 01 星是资源一号 02C 星的接续星，设计寿命五年。该星配置可见近红外相机和高光谱相机两型载荷，其特点是大幅宽观测和定量化遥感信息获取。可见近红外相机在传统的四波段基础上，增加海岸蓝波段、黄波段、红边波段和近红外波段，形成 9 谱段宽幅观测能力；高光谱相机可实现高信噪比条件下的 166 个波段辐射信息获取，可支撑地物的精细化光谱信息调查，满足新时期自然资源监测与调查需求。

5 米光学卫星 02 星继承 01 星成熟设计并与 01 星组网运行，设计寿命八年。该星除配置与 01 星相同的可见近红外、高光谱相机外，还新增一台空间分辨率为 16 米、115 公里幅宽的推扫式热红外相机，使得该星进一步具备  $8\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$  的热红外探测能力，形成中等空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率的综合对地遥感观测能力，在支撑常态化调查监测任务，拓展地物的精细识别分类，矿物填图、土壤质量调查、水体水质监测、植被生态遥感评估等应用的同时，还可服务于钢铁、煤炭等高耗能企业产能情况的综合遥感监测评估，为国家行业监管提供数据支撑。

5 米光学卫星星座的持续有效运行，进一步拓展我国自然资源调查监测技术手段，大幅度提高山水林田湖草等自然资源定量化调查监测能力，支撑及时掌控自然资源数量、质量、生态状况及变化趋势，是推动自然资源事业高



质量发展的重要科技支撑，并可广泛应用于应急管理、生态环境、住房与城乡建设、交通运输、农业农村、林业草原等相关领域。

| 项目        |          |                                | 参数                      |                         |
|-----------|----------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 卫星标识      |          |                                | 5米光学卫星01星               | 5米光学卫星02星               |
| 卫星重量      |          |                                | 1840 kg                 | 2500 kg                 |
| 设计寿命      |          |                                | 5 年                     | 8 年                     |
| 卫星轨道      | 类型       |                                | 太阳同步轨道                  |                         |
|           | 高度       |                                | 约778 km                 |                         |
|           | 倾角       |                                | 98.5°                   |                         |
| 高光谱相机     | 光谱范围     |                                | 0.4 μm ~ 2.5 μm         |                         |
|           | 谱段数      |                                | 166                     |                         |
|           | 地面像元分辨率  |                                | 30 m                    |                         |
|           | 幅宽       |                                | 60 km                   |                         |
|           | 量化位数     |                                | 12bits                  |                         |
|           | 光谱分辨率    | 可见光近红外 (Visible Near-infrared) | 10 nm, 共76个谱段           |                         |
|           |          | 短波红外 (ShortWave infrared)      | 20 nm, 共90个谱段           |                         |
| 实验室定标精度   |          | 绝对定标精度5%<br>相对定标精度3%           |                         |                         |
| 可见光/近红外相机 | 光谱范围     | 全色                             | B01: 0.452 ~ 0.902 μm   |                         |
|           |          | 多光谱                            | B02: 0.452 ~ 0.521 μm   | B02: 0.45 ~ 0.52 μm     |
|           |          |                                | B03: 0.522 ~ 0.607 μm   | B03: 0.52 ~ 0.59 μm     |
|           |          |                                | B04: 0.635 ~ 0.694 μm   | B04: 0.63 ~ 0.69 μm     |
|           |          |                                | B05: 0.776 ~ 0.895 μm   | B05: 0.77 ~ 0.89 μm     |
|           |          |                                | B06: 0.416 ~ 0.452 μm   | B06: 0.40 ~ 0.45 μm     |
|           |          |                                | B07: 0.591 ~ 0.633 μm   | B07: 0.59 ~ 0.625 μm    |
|           |          |                                | B08: 0.708 ~ 0.752 μm   | B08: 0.705 ~ 0.745 μm   |
|           |          |                                | B09: 0.871 ~ 1.047 μm   | B09: 0.860 ~ 1.040 μm   |
|           | 地面像元分辨率  |                                | 全色: 2.5 m<br>多光谱: 10 m  |                         |
|           | 幅宽       |                                | 115 km                  |                         |
|           | 量化位数     |                                | 12bit                   |                         |
|           | 实验室定标精度  |                                | 绝对定标精度≤7%<br>相对定标精度≤3%  |                         |
| 热红外相机     | 光谱范围     |                                | 无                       | 8 μm ~ 10 μm            |
|           | 地面像元分辨率  |                                |                         | ≤16 m                   |
|           | 幅宽       |                                |                         | ≥115 km                 |
|           | Nedt (K) |                                |                         | ≤0.2 (@300K黑体)          |
|           | 动态范围 (K) |                                |                         | 240 ~ 340 (黑体)          |
| 测摆能力      | 姿态机动范围   |                                | 俯仰/滚转方向±26°<br>偏航方向±90° | 俯仰/滚转方向±32°<br>偏航方向±90° |

### (7) 资源三号卫星星座 (资源三号 01、02、03 星)

资源三号 01 星 (ZY3-01) 是我国首颗民用高分辨率光学传输型立体测图卫星, 于 2012 年 1 月 9 日成功发射, 集测绘和资源调查功能于一体, 牵头主用户为自然资源部, 其他用户包括应急管理部、生态环境部、住房和城乡建设部、交通运输部、水利部、农业农村部等。卫星采用三线阵测绘方式, 由具有一定交会角的前视、正视和后视相机通过对同一地面点不同视角的观测, 形成立体影像, 同时配以精确的内外方位元素参数, 准确获取影像的三维地面坐标, 用以生产 1:5 万测绘产品, 以及开展 1:2.5 万及更大比例尺地形图的修测与更新。卫星通过多光谱数据的获取, 并配以正视高分辨率数据, 可用于地物要素判读、自然资源调查和监测以及其他相关应用。

ZY3-01 星测绘的总体精度指标优于法国 SPOT5、日本 ALOS 等国外同类产品。卫星在稀少控制点的条件下, 影像平面精度优于 3m, 高程精度优于 2m, 全面超过了 1:5 万立体测图卫星设计指标, 并可用于 1:2.5 万测图及部分 1:1 万地理要素的更新。在无控制点的条件下, 影像平面精度优于 10m, 高程精度优于 5m; 卫星影像的直接定位精度从 1000 多米提高到 10m 以内。多光谱卫星影像配准精度达到 0.15 个像元, 总体影像质量优于国外同类卫星。

资源三号 02 星 (ZY3-02) 是 ZY3-01 的后续业务星,



于 2016 年 5 月 30 日成功发射， ZY3-02 星是一颗高分辨率立体测图业务卫星，在 ZY3-01 的基础之上进行优化，搭载三线阵测绘相机和多光谱相机等有效载荷，前后视相机分辨率由 3.5 米提高到优于 2.5 米，并搭载了一套试验性激光测高载荷，该星较 01 星拥有更优异影像融合能力、更高图像高程测量精度。ZY3-02 星投入使用后，与 ZY3-01 组网运行，可使同一地点的重访周期由 5 天缩短至 3 天之内，大幅提高我国 1:5 万立体测图信息源的获取能力。

资源三号 03 星（ZY3-03）是资源三号系列卫星的第三颗，于 2020 年 7 月 25 日成功发射，具备多角度立体观测和激光高程控制点测量能力。激光测高仪单点测高精度预计优于 1 米，点间隔约 3.6 千米。设计寿命由资源三号 02 星的 5 年延长至 8 年，与目前在轨的资源三号 01 星、02 星共同组成我国立体测绘卫星星座，重访周期从 3 天缩短到 1 天，保证我国高分辨率立体测绘数据的长期稳定获取，形成全球领先的业务化立体观测能力，显著提升我国自然资源立体调查能力，为国民经济建设和社会发展提供基础性数据保障。

| 项目      | 参数                                                                                |                           |                                                                                   |                           |                                                                                   |                           |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 卫星标识    | 资源三号01星                                                                           |                           | 资源三号02星                                                                           |                           | 资源三号03星                                                                           |                           |
| 相机模式    | 正视全色;<br>前视全色;<br>后视全色;<br>正视多光谱                                                  |                           | 正视全色;<br>前视全色;<br>后视全色;<br>正视多光谱                                                  |                           | 正视全色;<br>前视全色;<br>后视全色;<br>正视多光谱                                                  |                           |
| 分辨率     | 正视全色: 2.1 m<br>前、后视22°全色: 3.5 m<br>正视多光谱: 5.8 m                                   |                           | 正视全色: 2.1 m<br>前、后视22°全色: 2.5 m<br>正视多光谱: 5.8 m                                   |                           | 正视全色: 2.1 m<br>前、后视22°全色: 2.5 m<br>正视多光谱: 5.8 m                                   |                           |
| 光谱范围    | 全色                                                                                | 0.50 ~ 0.80 $\mu\text{m}$ | 全色                                                                                | 0.50 ~ 0.80 $\mu\text{m}$ | 全色                                                                                | 0.50 ~ 0.80 $\mu\text{m}$ |
|         | 多光谱                                                                               | 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ | 多光谱                                                                               | 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ | 多光谱                                                                               | 0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$ |
|         |                                                                                   | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ |                                                                                   | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ |                                                                                   | 0.52 ~ 0.59 $\mu\text{m}$ |
|         |                                                                                   | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |                                                                                   | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |                                                                                   | 0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ |
|         |                                                                                   | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |                                                                                   | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |                                                                                   | 0.77 ~ 0.89 $\mu\text{m}$ |
| 幅宽      | 正视全色: 50 km,<br>单景2500 km <sup>2</sup><br>正视多光谱: 52 km,<br>单景2704 km <sup>2</sup> |                           | 正视全色: 50 km,<br>单景2500 km <sup>2</sup><br>正视多光谱: 52 km,<br>单景2704 km <sup>2</sup> |                           | 正视全色: 50 km,<br>单景2500 km <sup>2</sup><br>正视多光谱: 52 km,<br>单景2704 km <sup>2</sup> |                           |
| 重访周期    | 5天                                                                                |                           | 5天                                                                                |                           | 5天                                                                                |                           |
| 影像日获取能力 | 全色: 近1,000,000 km <sup>2</sup> /天<br>融合: 近1,000,000 km <sup>2</sup> /天            |                           | 全色: 近1,000,000 km <sup>2</sup> /天<br>融合: 近1,000,000 km <sup>2</sup> /天            |                           | 全色: 近1,000,000 km <sup>2</sup> /天<br>融合: 近1,000,000 km <sup>2</sup> /天            |                           |
| 激光测高仪   | 无                                                                                 |                           | 试验载荷                                                                              |                           | 工作波长                                                                              | 1064nm                    |
|         |                                                                                   |                           |                                                                                   |                           | 地面足印大小                                                                            | 70m@500 km                |
|         |                                                                                   |                           |                                                                                   |                           | 作用距离                                                                              | 500±20 km                 |
|         |                                                                                   |                           |                                                                                   |                           | 重复频率                                                                              | 不小于2Hz                    |
|         |                                                                                   |                           |                                                                                   |                           | 激光测距精度                                                                            | 优于1m                      |

(8) L 波段差分干涉 SAR 卫星

L 波段差分干涉 SAR 卫星（陆地探测一号 01 组，LT-1）是我国第一组以干涉应用为核心任务的 SAR 卫星星座，由 A、B 星组成，双星均配置 L 波段合成孔径雷达（SAR）载荷，具有全天时、全天候、多极化对地成像能力，可应用于地质、土地、地震、减灾、测绘、林业等领域。由中国航天科技集团有限公司八院研制，是国家民用空间基础设施中长期发展规划（2015-2025 年）的重要组成部分，是

该规划首个立项的科研卫星工程。主要用户包括自然资源部（牵头）、应急管理部和国家林业和草原局。

L 波段差分干涉 SAR 卫星 A 星和 B 星分别于 2022 年 1 月 26 日和 2 月 27 日在我国酒泉卫星发射中心成功发射，运行于 607 公里高度的准太阳同步轨道，搭载了先进的 L 波段多极化多通道 SAR 载荷，具备多种成像模式，最高分辨率 3 米，最大观测幅宽可达 400 公里。

L 波段差分干涉 SAR 卫星的成功发射标志着我国即将开启国产民用干涉 SAR 卫星支撑地质灾害防治新篇章。双星采用编队构型运行，具备双星绕飞与双星跟飞两种模式，利用干涉测高和差分形变测量技术，实现高精度、全天时、全天候地形测量、地表形变和地质灾害监测等任务，形成全球领先的地质灾害快速反应能力，为自然资源及相关行业提供重要数据与技术支持。



| 项目         | 参数                   |         |             |
|------------|----------------------|---------|-------------|
| 工作频段       | L波段/1.26GHz          |         |             |
| 入射角        | 10°~60°              |         |             |
| 成像模式名称     | 分辨率/m                | 幅宽/km   | 极化方式        |
| 条带模式1      | 3                    | 50      | HH/VV       |
| 条带模式2      | 12                   | 100     | HH/VV       |
| 条带模式3      | 3                    | 50      | HH+HV/VV+VH |
| 条带模式4      | 6                    | 30      | HH+HV+VH+VV |
| 条带模式5      | 20~30                | 150~250 | HH/VV       |
| 扫描模式       | 30                   | 400     | HH/VV       |
| 噪声等效后向散射系数 | -28dB (干涉波位)         |         |             |
| 相位同步精度     | 10°                  |         |             |
| 时间同步精度     | 100ns                |         |             |
| 空间同步精度     | 90%                  |         |             |
| 压缩比        | BAQ 10:2、10:3、10:4可选 |         |             |
| 数传码速率      | 2×450 Mbps           |         |             |

(9) 北京二号

北京二号卫星 (BJ-2) 于北京时间 2015 年 7 月 11 日 0:28 (UTC 时间: 10 July 2015, 16:28) 在印度 Satish Dhawan 空间中心 Sriharikota 发射场成功发射, 由 PSLV-XL 运载火箭运送到 651 公里的太阳同步轨道。北京二号星座由 3 颗 0.8 米分辨率的光学遥感卫星组成。卫星由英国萨里卫星公司 (Surrey Satellite Technology Ltd - SSTL) 制造, 呈 7 面体结构, 重约 450 公斤, 高约 2.5 米。SSTL-300S1 敏捷平台能够提供 45°的快速侧摆能力, 在轨实现多景、条带、沿轨立体、跨轨立体和区域等 5 种成像模式。VHRI-100 成像仪在轨提供幅宽约 24 公里、0.8 米分辨率 (Ground Sampling Distance - GSD) 全色和 3.2 米分辨率蓝、绿、

红、近红外多光谱图像。

| 项目           | 参数                                                               |                |
|--------------|------------------------------------------------------------------|----------------|
| 轨道类型         | 太阳同步轨道（SSO）                                                      |                |
| 轨道高度         | 651 km                                                           |                |
| 升交点地方时（LTAN） | 10:30                                                            |                |
| 卫星平台         | SSTL-300S1                                                       |                |
| 卫星质量         | 447 kg                                                           |                |
| 侧摆能力         | 整星侧摆±45°                                                         |                |
| 影像分辨率        | 全色: 0.8 m; 多光谱: 3.2 m                                            |                |
| 幅宽           | 24 km                                                            |                |
| 信噪比          | 100:1                                                            |                |
| MTF          | 全色: > 0.1 ; 多光谱: > 0.2                                           |                |
| 量化值          | 10 bit                                                           |                |
| 压缩方式         | JPEG-LS (1:2无损压缩)                                                |                |
| 星上存储能力       | 544 GB                                                           |                |
| 成像模式         | 多景模式<br>沿轨立体<br>跨轨立体<br>条带模式 (约4000 km)<br>区域成像 (约40 km × 40 km) |                |
| 重访周期         | 1天                                                               |                |
| 光谱范围         | 全色                                                               | 0.45 ~ 0.65 μm |
|              | 多光谱                                                              | 0.44 ~ 0.51 μm |
|              |                                                                  | 0.51 ~ 0.59 μm |
|              |                                                                  | 0.60 ~ 0.67 μm |
|              |                                                                  | 0.76 ~ 0.91 μm |
| 加密方式         | 指令和遥测数据加密； 成像数据加密                                                |                |
| 数传           | X-band: 500 Mbps (5/6 TCM编码)； 400 Mbps (2/3 TCM编码)               |                |
| 设计寿命         | 7年                                                               |                |

(10) 北京三号

北京三号星座 A 星、B 星分别于 2021 年 6 月 11 日、2022 年 8 月 24 日在太原卫星发射中心发射。北京三号卫星 A 星和 B 星的轨道高度为 487 公里 × 498 公里，轨道倾角为 97.4 度，采用 SSO 轨道。北京三号卫星具备超高敏捷、超

高稳定、超高精度、智能规划、智能处理、智能控制等特点。A 星和 B 星还具备多目标成像、条带拼幅成像、立体成像和沿迹成像等模式，可主要用于遥感监测，覆盖国土资源管理、农业资源调查、生态环境监测、城市综合应用等领域。

| 项目     | 参数                                        |
|--------|-------------------------------------------|
| 分辨率    | 全色：0.5 m；多光谱：2 m                          |
| 谱段范围   | 全色：0.45 $\mu\text{m}$ ~0.70 $\mu\text{m}$ |
|        | B1/蓝谱段：0.45~0.52 $\mu\text{m}$            |
|        | B2/绿谱段：0.52~0.59 $\mu\text{m}$            |
|        | B3/红谱段：0.63~0.69 $\mu\text{m}$            |
|        | B4/近红外谱段：0.7~0.8 $\mu\text{m}$            |
| 无控定位精度 | 5 m                                       |
| 高程精度   | 5 m                                       |
| 动态范围   | 12 bit                                    |
| 重访周期   | 3-5 天（一颗）                                 |
| 降交点地方时 | 10:30am                                   |
| 侧摆能力   | $\pm 45^\circ$                            |
| 成像模式   | 条带、点目标、斜条带、立体                             |
| 幅宽     | 23 km（双相机）                                |
| 拍摄能力   | 50 万平方千米/天                                |
| 星载存储   | 6 TB                                      |
| 数传能力   | 900 Mbps                                  |
| 设计寿命   | 8 年                                       |

2.3 质量控制

（1）卫星影像检查依据

本项目以下列标准及规范作为检查依据：

- GB/T 15968-2008 遥感影像平面图制作规范



● GB/T 41449-2022 时序卫星影像数据质量检查与评价

● DZ/T0143-94 卫星遥感图像产品质量控制规范

## (2) 专业审核

为保证项目质量，项目组建了专业化的指导团队。童庆禧、赵文津、康玉柱 3 位院士为项目提供专业化指导意见；中国地质科学院地质力学研究所专家为本书中地质力学、第四纪冰川、石油开发、矿产勘查和地震地质等内容进行供了专业指导和把关；中国空间技术研究院专家对遥感卫星部分进行全面审核，确保卫星介绍中数据、图片的科学性和严谨性；为确保项目成果内容的准确性、规范性和导向性，地质出版社对项目成果进行了三审三校；自然资源部审图中心为项成果图件中的行政区域界线、重要岛屿、涉密内容等内容提供了专业咨询建议，并出具审查意见。

## (3) 现场调研

为提升项目成果内容质量，项目组开展了实地走访和调研。项目组走访了李四光纪念馆，通过实地查阅历史物品、手迹、照片、资料等方式，掌握“一手”信息，增强了亲身感受，为更加真实地了解李四光先生矢志报国的爱国精神和开拓创新的科学精神奠定了基础。为了更加深入理解李四光先生所倡导的“新型能源利用”对现代社会的重大意义，项目组选取了雄安新区作为新能源综合利用典型城市，进行现场调研，综合考察光伏、风电、地热等应用成效及发展前景。

### 3. 成果设计

#### 3.1 设计思路

本项目以多源卫星遥感数据体现李四光地质科学思想的需求出发,开展图书的总体设计工作。梳理特色主题和成图特点,明确图书的内容性质、读者群体、设计总则和基本思路,构建主题鲜明、层次清晰的框架体系,形成统一的思想结构。通过实地调研、查阅参考资料等多种方式开展李四光事迹调研,加深对李四光地质科学精神的理解,在此基础上凝练李四光先生生平的主要功绩与贡献,明确各篇章主题内容,梳理逻辑顺序并确定各页面的选题,实现图集具有统一的总体设计、完整的思想体系、系统的逻辑顺序、有机联系的内部结构和严密的技术规格的目标。

项目团队根据对李四光地质科学思想的调研学习和资料整理结果,本书将正文内容主要设计为“地质之光”“理论篇”“应用篇”“探索篇”和“视界无界”共5个篇章。

“地质之光”为全书开篇,展示大量李四光先生亲笔手稿、书影、素描、笔记等,通过简要的文字概括,展现李四光先生主要成就、科学精神及地质科学思想脉络,引领读者回顾李四光先生光辉灿烂的一生。

“理论篇”“应用篇”“探索篇”三个篇章从不同角度,将李四光先生一生的科学贡献归纳成为7项主要内容,包括“地质力学”“第四纪冰川”等理论层面的成就;“油田”

“矿产”“地震”等应用层面的实例；以及“新型能源”“综合利用”等开拓层面的谋划创新，以简要的文字介绍配合遥感影像、专题地图、手绘插画、数据图表等丰富的形式展示。

“视界无界”作为本书结尾篇章，对遥感卫星以及遥感技术进行了全面科普。旨在通过卫星设计、分类、功能、特点等方面的介绍，让读者认识卫星遥感、了解卫星遥感，更好地理解本书选取从卫星遥感视角回顾李四光先生科学成就的初衷，通过现代科技手段验证李四光先生的科学远见。

## 3.2 内容展示

### 3.2.1 地质之光

本篇通过历史对李四光先生一生贡献的评价，引导读者快速了解李四光先生科学成就、科学精神，篇章内包含大量李四光先生珍贵手稿等历史资料图片，通过对李四光先生地质科学思想脉络的时间轴梳理，展示了具有里程碑意义的重要历史事件。



李四光是中国现代地质学的开拓者和新中国地质事业的主要奠基人之一，是卓越的科学家、杰出的教育家、著名的社会活动家和伟大的爱国主义者。李四光把一生献给祖国和人民、献给科学事业，为中国地质事业的发展立下不朽功勋。周恩来总理给予了李四光高度评价，称赞他是“一面旗帜”。

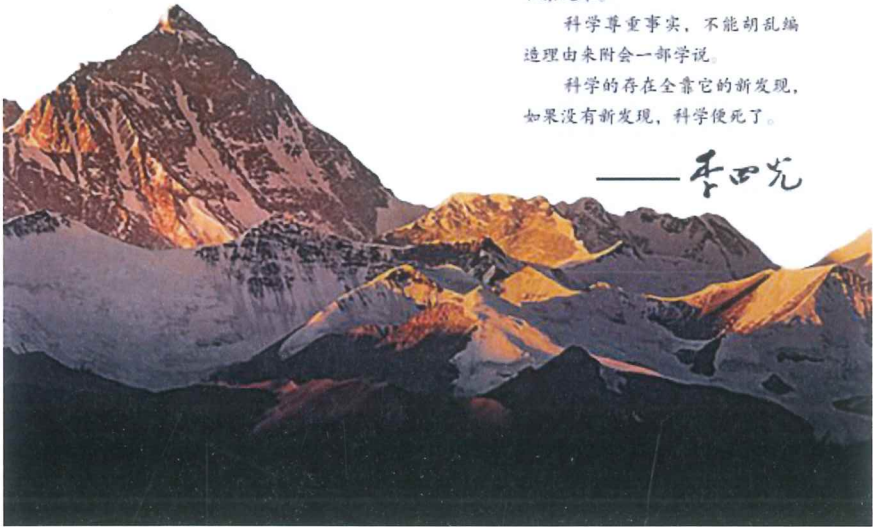


科学是老老实实的东西，它要靠许许多多人民的劳动和智慧积累起来。

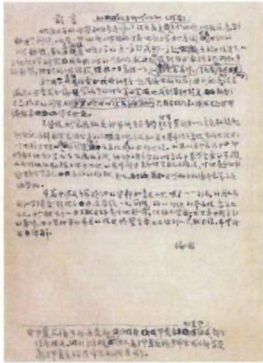
科学尊重事实，不能胡乱编造理由来附会一部学说。

科学的存在全靠它的新发现，如果没有新发现，科学便死了。

——李四光



对李四光先生一生贡献的评价



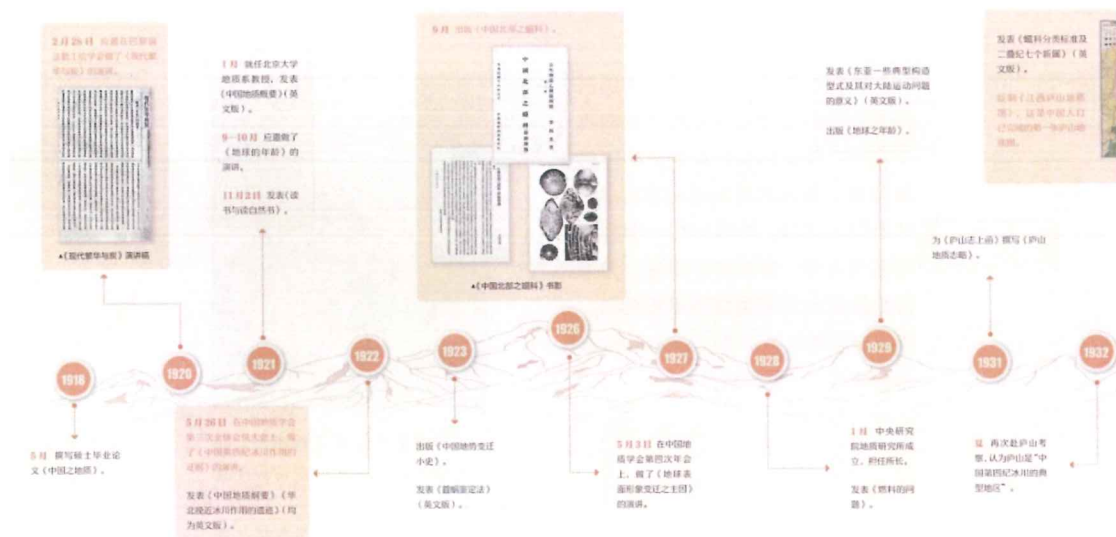
▲《地质学概论》前言手稿



▲李四光在广西桂林考察冰川地质时所做的地质素描和笔记

李四光手稿资料





## 李四光地质科学思想脉络

### 3.2.2 理论篇

“理论篇”中，“创立地质力学”部分从李四光先生早期提出的“大陆车阀说”引入，进而展示构造体系理论中具有代表性的经向构造体系、纬向构造体系、扭动构造体系等，最后拓展内容带领读者领略遥感影像上的地质构造美景。

“发现中国第四纪冰川”首先展示李四光先生研究中国第四纪冰川的主要地区，随后通过典型现代冰川引领读者认识冰川地貌，最后引入呼吁人们关注冰川消融的主题。此外，李四光先生的另一项主要理论贡献“深入研究蜓科微体古生物”因难以用遥感影像展示，故未在本书中做详细介绍。



理论篇主要点位空间位置索引

(1) 构造体系

李四光将构造体系分为三大类型：一是横巨东西的纬向构造体系；二是南北走向的经向构造体系；三是各种扭动构造体系，包括多字型构造、山字型构造、旋卷构造、棋盘格式构造、入字型构造等。项目组用利于理解的卫星遥感影像对复杂的构造知识进行了形象呈现。

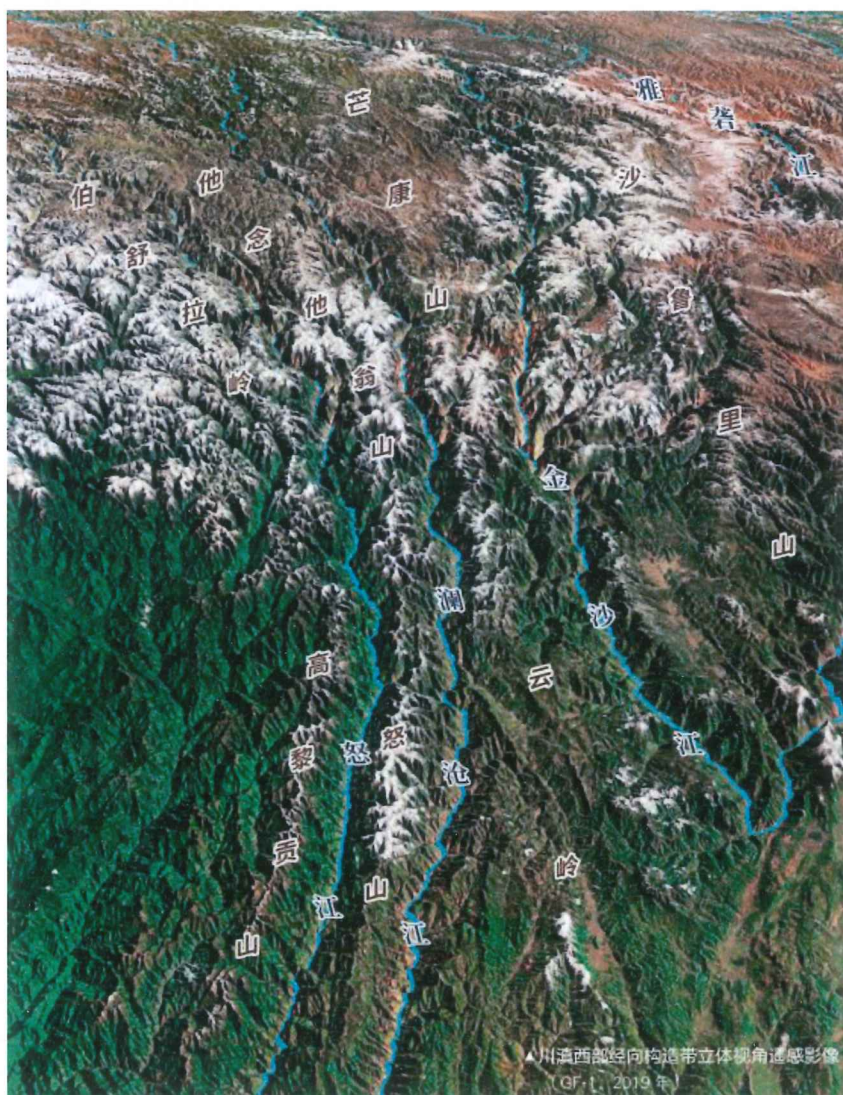
● 纬向构造体系





天山纬向构造体系立体影像

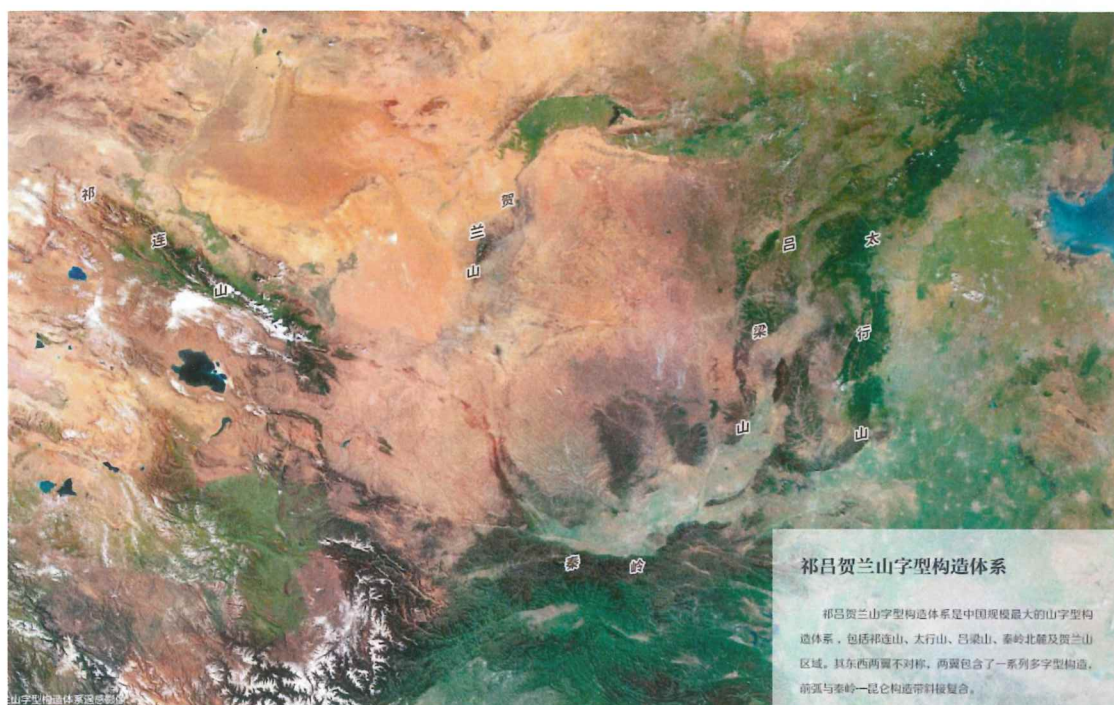
● 经向构造体系



川滇西部经向构造体系立体影像



## ● 扭动构造体系

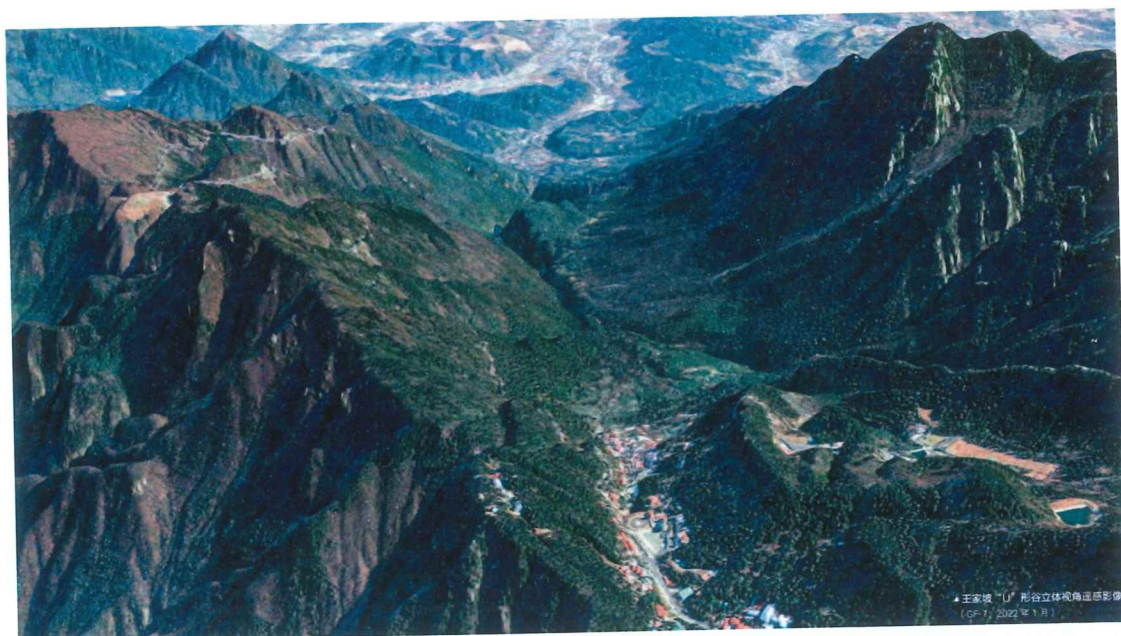


扭动构造体系（祁吕贺兰山字型）影像

### （2）第四纪冰川

李四光对中国第四纪冰川的发现和研究成果填补了中国地质学在这一领域的空白，《冰期之庐山》等著作为我国第四纪冰川地质的研究，特别为地层划分、气候演变、环境治理、资源勘查等开拓了新思路。项目组以卫星影像+地面高程数据的形式，通过地形地貌立体展示了古冰川存在的依据。





庐山王家坡“U”型谷立体影像

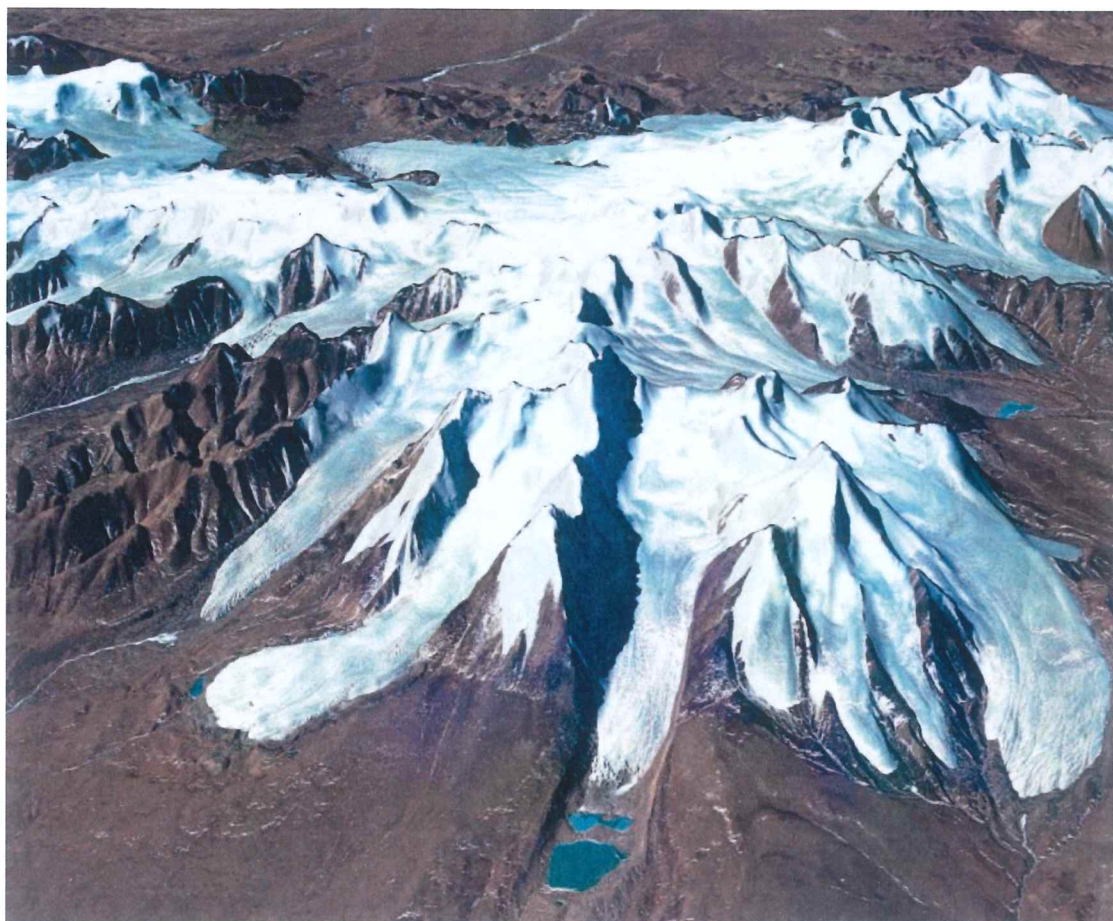


黄山慈光寺“U”型谷立体影像

### (3) 现代冰川

虽然古冰川已消失不见，但李四光先生对冰川研究的理论、方法仍然指导着现代冰川调查。卫星遥感也成为冰川资源调查最重要的现代技术手段之一。





普若岗日冰川立体影像



明永冰川立体影像





透明梦柯冰川立体影像

### 3.2.3 应用篇

“应用篇”中，“油田开发”和“矿产勘查”部分分别从建国初期李四光先生运用地质力学方法指导我国找油、找矿的事迹引入，分别展示大庆油田、胜利油田等油田，以及白云鄂博矿、可可托海矿等矿产的发展和现状，并拓展引出石油工业新深度、绿色矿山崛起等内容。“地震预测”部分主要展示了李四光先生晚年刚刚起步的地震预测事业，以及这些年来取得的发展和进步。



应用篇主要点位空间位置索引

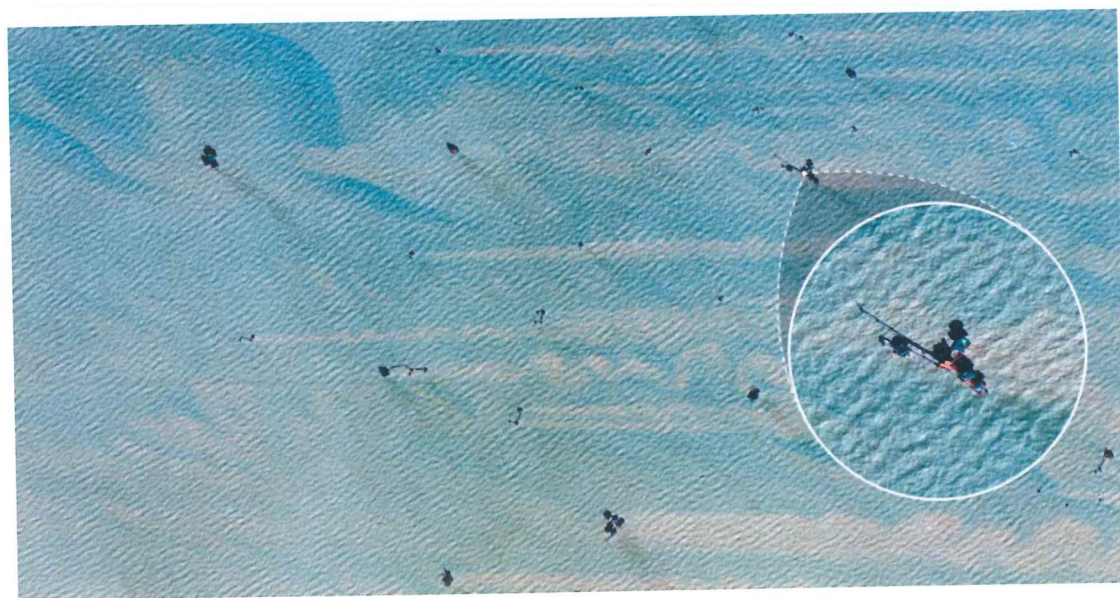
## （1）油田开发

李四光提出中国石油勘探三大远景区：青、康、滇、缅大地槽的边缘区域，阿拉善—陕北盆地，华北平原—东北平原，并指出塔里木盆地的石油远景是有希望的。随后，大庆、大港、胜利、塔里木等油田的相继发现，验证了李四光的科学论断，使中国摘掉了“贫油”的帽子，也为国民经济建设提供了能源保障。





大庆油田遥感影像



海上钻井平台遥感影像





胜利油田遥感影像



长庆油田立体影像



塔里木油田遥感影像

## (2) 矿产勘查

除石油之外，铀矿、金矿、铁矿、稀土矿和煤矿等矿产资源同样在社会发展和繁荣中扮演着举足轻重的角色。

新中国成立初期，矿产资源匮乏，李四光运用地质力学理论研究地质构造现象，预测和识别潜在的矿产资源富集区，并对重点区域如何开展进一步的区测、普查和勘探等给出了具体的指导意见。

在地质力学等科学理论的助力下，我国集中力量开展矿产资源的勘探和开发，探明了一大批矿产资源储量。这些发现不仅为我国工业的发展注入了强大的动力更为科技进步提供了源源不断的物质支撑，为我国的持续繁荣和发展作出了巨大的贡献。如今，我国的矿产勘查技术已取得显著进步，为国家安全提供了坚实的保障。





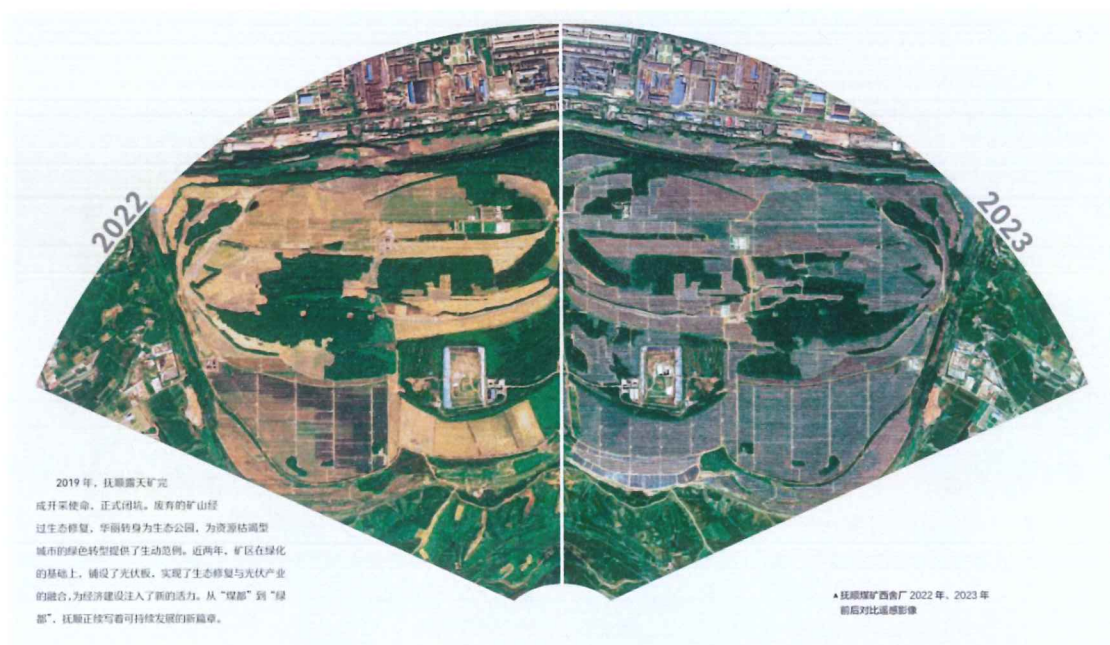
白云鄂博矿遥感影像



可可托海三号矿立体影像

在习近平生态文明思想的指导下，现代采矿更加注重人与自然和谐共生，在传统采矿的基础上，通过生态修复手段，积极修复治理历史遗留矿山，推进绿色矿山。

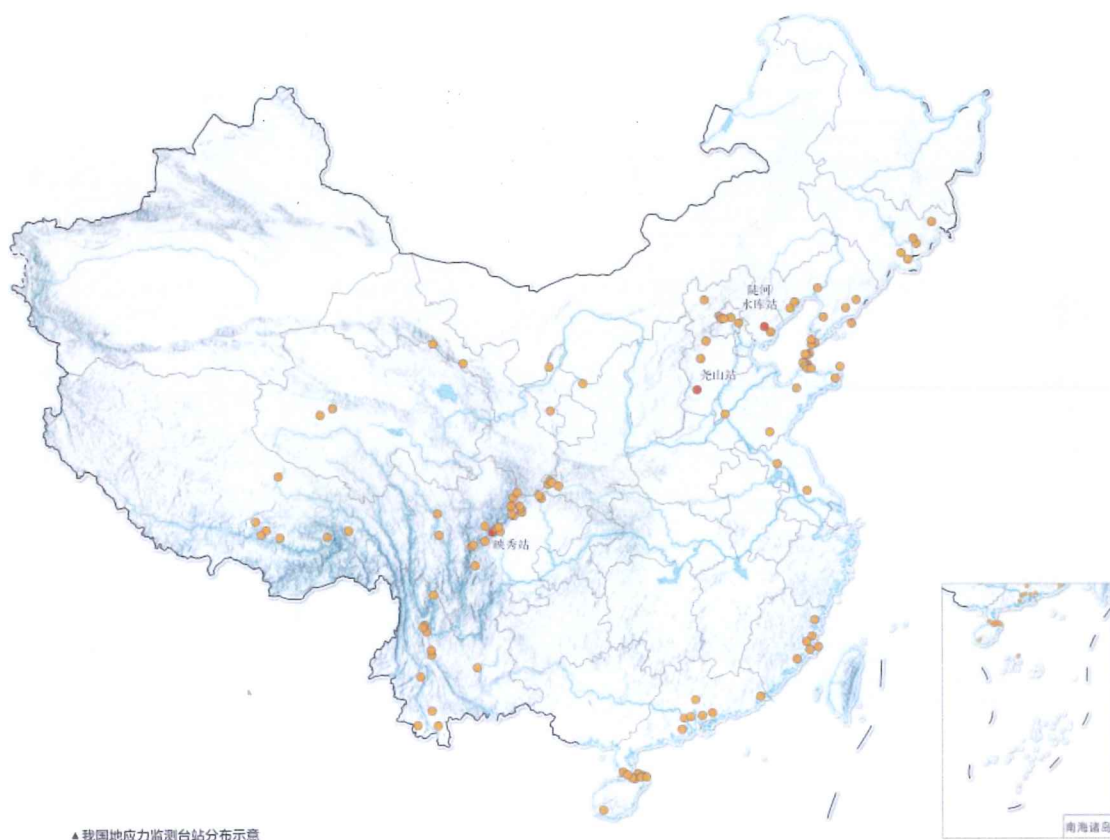




抚顺露天矿生态修复成效遥感影像对比图

### (3) 地震预测

李四光晚年指导中国的防震减灾事业。他提出“地震地质”的概念，开展地震构造应力场的研究，指导编写《邢台地震地质初步考察报告》等为地震地质研究工作总结经验、提供新的思路。邢台地震后，他准确预判地震走向并成功预测河间地震。渤海地震后，他科学地提出地震后可能会引起周围地区地壳应力的调整，从而增加外围烈度异常区的地震危险性。他基于地质力学理论在全国部署了一批地应力监测站，其中许多监测站在随后的几年甚至几十年中，都成功监测到了破坏性地震。



地应力监测台站分布图

### 3.2.4 探索篇

“探索篇”的主要内容是清洁能源的利用。本篇章从李四光先生生前十分重视清洁能源利用的主题出发，通过多个实例详细展示了我国近年来在地热能、水能、风能和太阳能等清洁能源利用方面所取得的发展成就，并探索多种清洁能源的协同利用和集成发展模式。



探索篇主要点位空间位置索引

## (1) 新型能源

### ● 地热能

地热能源是李四光非常重视的领域，他坚信地热作为一种清洁、可再生的能源，具备巨大的开发潜力和价值。在他的遗物中发现了一张小纸条：“在我们这样一个伟大的社会主义国家里，我们中国人民有志气、有力量，克服一切科学技术的困难去打开这个无比庞大的热库，让它们为人民所利用。”





羊八井、羊易地热电站立体影像

● 水能

除了地热能源，李四光还在地质工作的第一个五年计划中，前瞻性地部署了水力资源勘察和综合流域开发的工作。

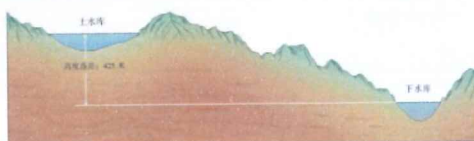


三峡水利枢纽遥感影像





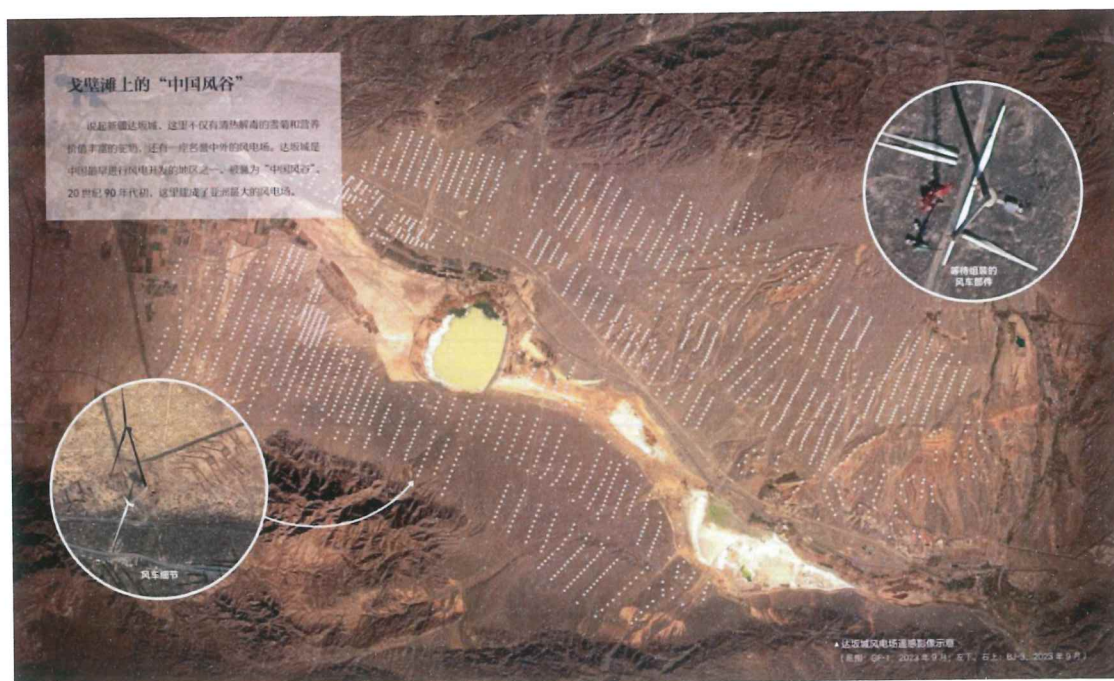
▲丰宁抽水蓄能电站立体视角遥感影像  
(GF-1D, 2023年9月)



丰宁抽水蓄能电站立体影像

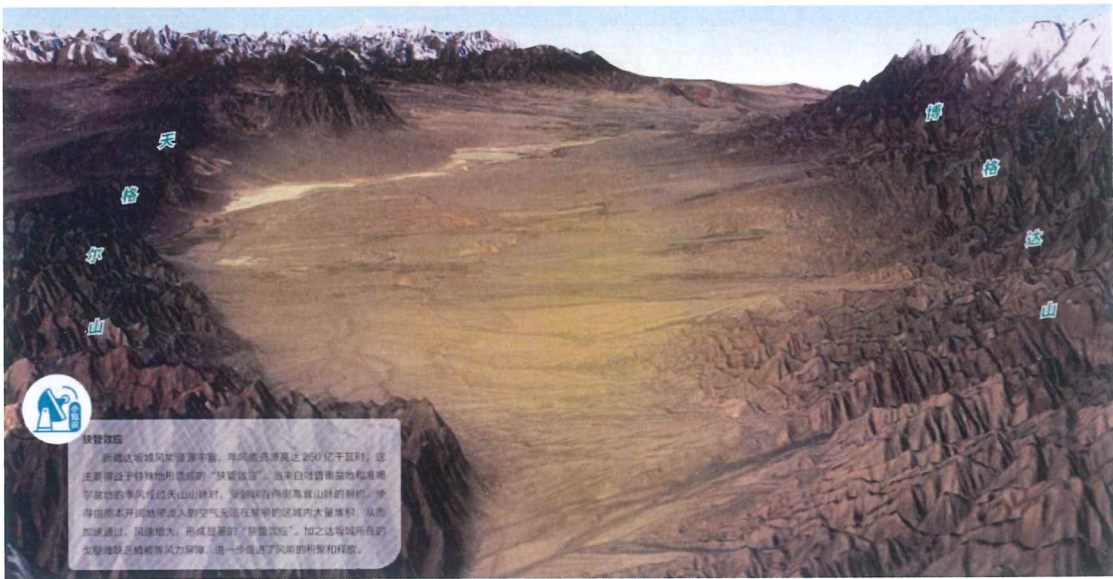
## ● 风能

风能，这一由地球表面空气流动产生的宝贵资源，是人类获取清洁、可再生能源的重要方式之一。风力发电机（风车）利用风的吹拂转动叶片，收集风能并将其转化为电能，即使是每秒仅三米的微风也能运转。



达坂城风电场遥感影像





达坂城风电场“狭管效应”立体影像



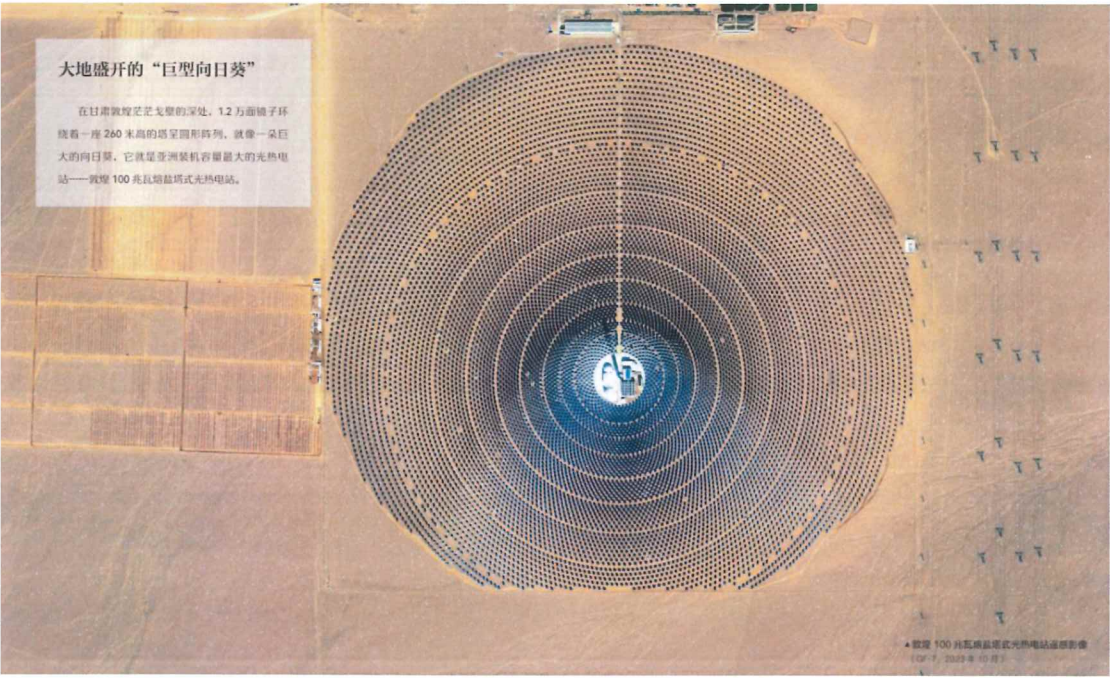
平潭海上风电场遥感影像

## ● 太阳能

太阳能发电主要包括光伏发电和光热发电两种方式。光伏发电利用太阳能电池板（光伏板）捕捉阳光，将光能转换为电能；光热发电则通过镜面或特殊设备聚集阳光，加热物



质至高温，进而将热能转化为电能。目前，光伏发电的应用更为普遍。



敦煌光热电站遥感影像



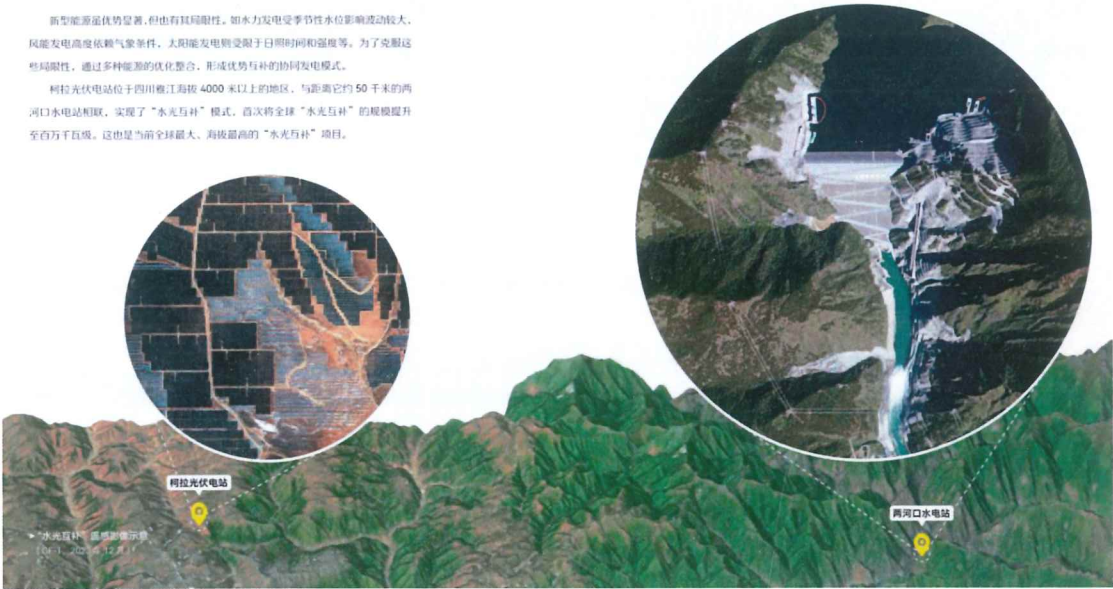
青海塔拉滩光伏电站遥感影像

(2) 能源综合利用

通过创新的“光伏+”模式，将太阳能与风能、地热能、



水能等多种能源进行智能协同调度，构建起多元化、互补性强的能源供应体系，确保了能源供应的稳定性与高效性。这一模式不仅提升了能源的综合利用效率，降低了对化石燃料的依赖，还有效减少了环境污染，促进了能源结构向绿色、低碳方向的转型。通过跨区域的能源互补和先进储能技术的融合应用，为可持续发展提供了创新策略与解决方案。



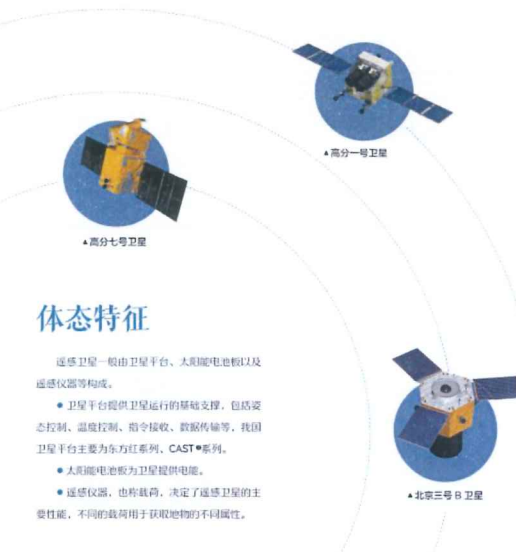
四川柯拉光伏电站+两河口水电站立体影像

3.2.5 视界无界

项目组从卫星视角引导读者学习、领略李四光科学理论与应用，作为了解地球的最为重要技术之一，卫星遥感既是国家“高精尖”的科技手段，也是日常生活的好帮手。特别是国产卫星发展的，更是让人们对于了解李四光地质科学思想有了更加生动形象的展示。

(1) “卫星视角”部分以卫星“简历”的形式，生动直观地展示了卫星的体态特征、运动特征和能力表征，以多种

数据影像分别介绍了不同种类遥感卫星所具备的能力和特点引导读者了解卫星的基本属性。



▲高分七号卫星

▲高分一号卫星

▲北京三号B卫星

### 体态特征

遥感卫星一般由卫星平台、太阳能电池帆以及遥感仪器等构成。

- 卫星平台提供卫星运行的基础支撑，包括姿态控制、温度控制、指令接收、数据传输等，我国卫星平台主要为东方红系列、CAST系列。
- 太阳能电池帆为卫星提供电能。
- 遥感仪器，也称载荷，决定了遥感卫星的主要性能，不同的载荷用于获取地物的不同属性。

### 运动特征

**运动轨道：太阳同步轨道、地球同步轨道等**

在太阳同步轨道（sun-synchronous orbit, SSO），卫星轨道面与太阳保持相对固定角度，高度在几百至数千千米之间，陆地卫星轨道高度一般为 600-800 千米。

在地球同步轨道（geostationary orbit, GEO），卫星与地球自转周期相同，相对于地球表面某点静止，运行高度约为 36000 千米。

**轨道周期：卫星环绕其轨道一周所需的时间**

轨道周期受卫星轨道参数和飞行特性影响。太阳同步轨道卫星的轨道周期约为 100 分钟，资源三号卫星的轨道周期约为 98 分钟。地球同步卫星与地球自转周期同步，即 24 小时，如高分四号卫星。

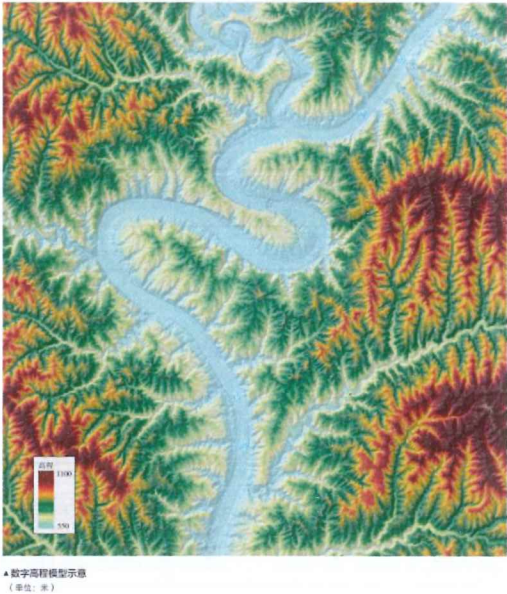
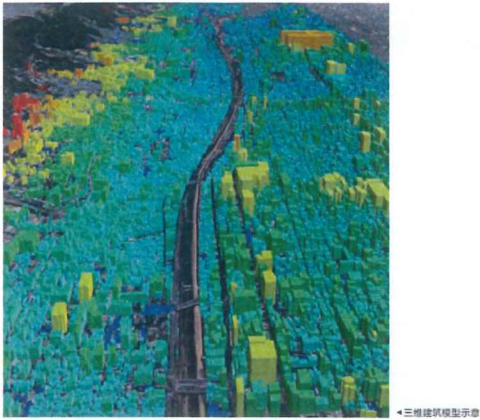
**重访能力：卫星两次经过同一地区上空所需的时间间隔**

卫星的重访能力一般为几天至几十天，与分辨率、轨道高度、侧摆观测等相关。例如高分二号卫星通过侧摆可将重访周期由 69 天缩短至 5 天以内；SkySat 小卫星星座的重访周期为 0.5 天。

遥感卫星基本属性介绍

立体卫星

立体卫星模拟了人眼的立体视觉原理，通过多台相机，从不同角度拍摄地面的同一区域，从而构建出高精度的三维地物模型和三维地图影像，人们就可以在虚拟数字地球空间漫游、对地物进行量测。目前，高分七号卫星、资源三号卫星等都具备立体成像能力。

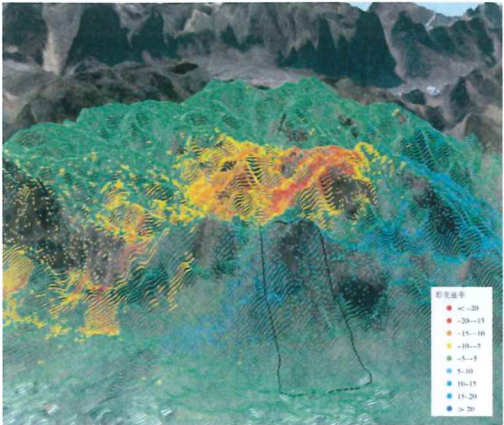


立体卫星数据产品展示

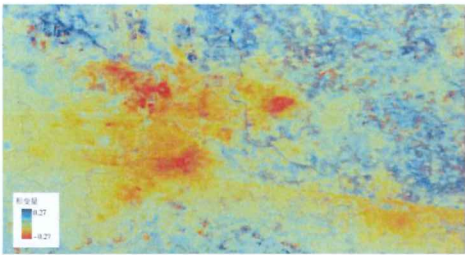


雷达卫星

雷达卫星扫描可以穿透透明的微波波段，解决了光学遥感卫星被云雨阻挡视线的难题，同时基于微波信号记录的相位信息，可以获取高度、形变等信息，精度可达到毫米级，如 L 波段差分干涉 SAR 卫星。



▲ 云南镇雄滑坡形变速率示意图  
(单位：厘米/年)

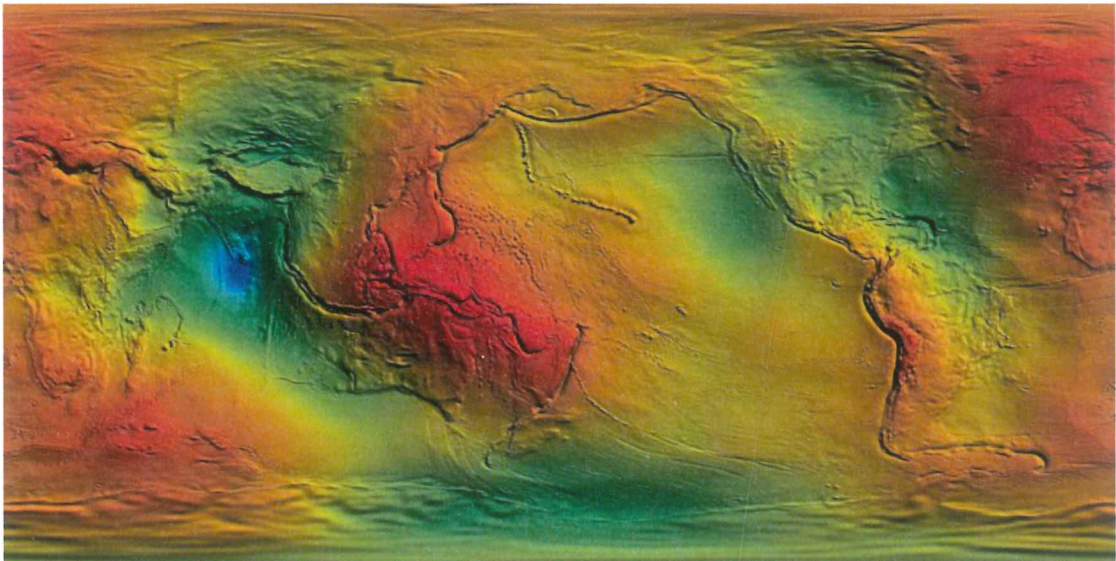


▲ 某区域地面形变示意图  
(正值对应颜色表示地表抬升，负值对应颜色表示地表下沉，单位：米)



▲ 城市建筑微小形变示意图  
建筑物在温度、气流等影响下会发生微小的形变，通常顶部形变量较底部的大，如红色标记处

雷达卫星数据产品展示



重力卫星数据产品展示

(3) “科技赋能”部分通过拟人的方式，将卫星比作“资产专员”“侦查尖兵”“监察御史”“化验医师”“服务管家”“太空参事”等不同角色，直观表现出卫星的强大能力。

### “监察御史”

遥感卫星能够监视地面的一举一动,无论是违规占用土地的建设行为,还是无序开采的矿山活动,抑或垦耕地的非农化、非粮化以及荒芜现象,以及工业废料的不当排放活动,遥感卫星都能一一捕捉并记录。此外,它还能发现虚假整改和欺瞒瞒报、谎报等行为,为管理机构提供了坚实的事实依据。

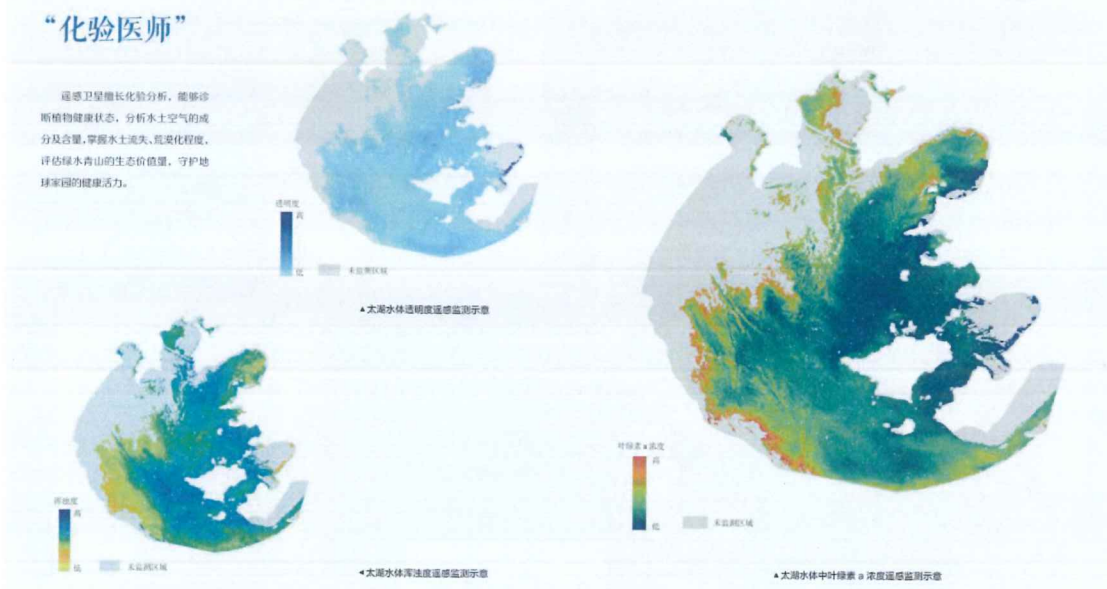


▼秦岭违建别墅拆除前后卫星遥感影像  
(左: GF-2, 2016 年 6 月; 右: GF-2, 2021 年 9 月)

## 遥感卫星监测“违建别墅”

## “化验医师”

遥感卫星擅长化验分析,能够诊断植物健康状态,分析水土空气的成分及含量,掌握水土流失、荒漠化程度,评估绿水青山的生态价值量,守护地球家园的健康活力。



# 遥感卫星监测太湖水质变化





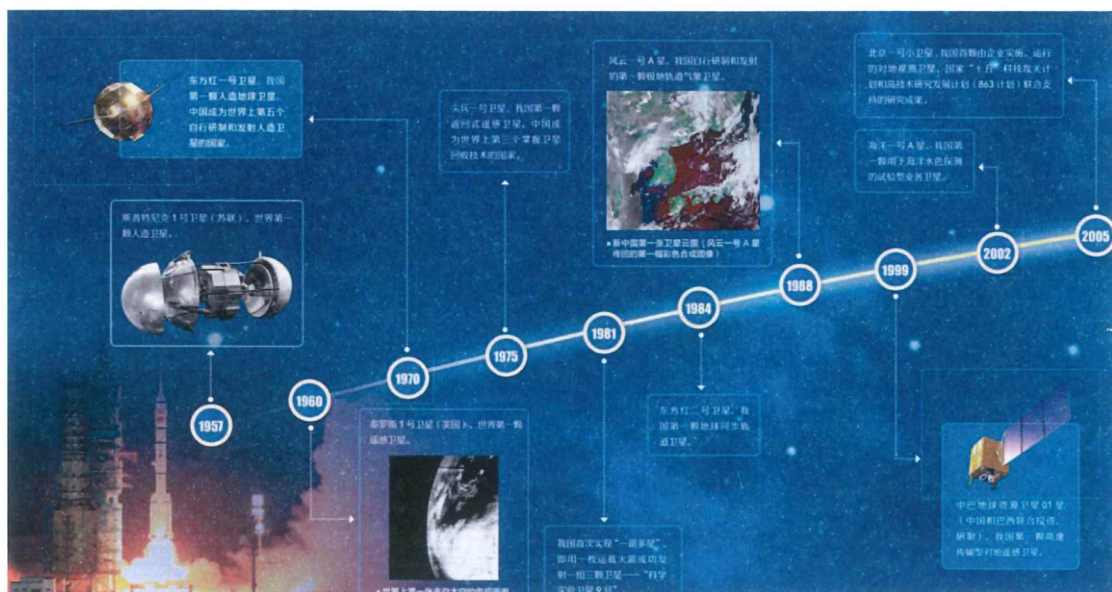
▲腾格里沙漠森林资产遥感影像档案

（上：ZY3-01，2013年7月；下：ZY1-02E，2024年8月）

### 遥感卫星监测植树造林

（3）“发展历程”部分以“时间轴+长拉页”的形式遥感卫星的发展历程，尤其突出我国卫星遥感事业的飞速进步。





遥感卫星发展示意图 (部分)

4. 项目组织管理及保障措施

4.1 项目组织

本项目组建了科学的指导团队与合理的实施团队。在实施过程中，李四光地质科学奖基金会为成果的策划构思和内容选题等提供了科学指导和专业支持，同时协助邀请童庆禧、赵文津、康玉柱 3 位院士为项目提供专业化指导意见；李四光纪念馆邹宗平女士提供了李四光先生的大量手迹、照片等历史资料；中国地质科学院地质力学研究所马寅生研究员和胡健民研究员为本书中有关地质力学、第四纪冰川、石油开发、矿产勘查和地震地质等内容提供了专业指导。作为项目承担单位，自然资源部国土卫星遥感应用中心领导对项目的实施给予了大力支持和组织保障，包括自然资源高层次科技领军人才在内的众多一线科研人员全力攻坚，为项目中的科学数据和精美图件提供了鼎力支持。

4.2 人员投入

在项目负责人和技术顾问的指导下开展项目工作。项目组各成员分工明确、各司其职，确保项目成果完成质量。

本项目共计投入人员 17 人，具体人员投入情况见下表。

| 序号 | 姓名  | 性别 | 单位              | 职称       | 职责    |
|----|-----|----|-----------------|----------|-------|
| 1. | 齐建伟 | 女  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 教授级高级工程师 | 策划、指导 |
| 2. | 翟浩然 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 助理研究员    | 项目负责人 |
| 3. | 傅征博 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 工程师      | 项目负责人 |

| 序号  | 姓名  | 性别 | 单位              | 职称    | 职责                |
|-----|-----|----|-----------------|-------|-------------------|
| 4.  | 陈 颖 | 女  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 高级工程师 | 影像数据统筹与数据处理       |
| 5.  | 罗军燕 | 女  | 地质出版社           | 编审    | 稿件编辑、设计与审查        |
| 6.  | 王静怡 | 女  | 地质出版社           | 编辑    | 稿件编辑、设计与审查        |
| 7.  | 岳庆兴 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 副研究员  | 立体卫星数据处理与制图       |
| 8.  | 张 伟 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 工程师   | 清洁能源数据处理与相关内容编写   |
| 9.  | 刘 瑶 | 女  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 高级工程师 | 高光谱卫星数据处理与相关内容编写  |
| 10. | 李 涛 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 副研究员  | SAR 卫星数据处理与相关内容编写 |
| 11. | 朱广彬 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 研究员   | 重力卫星数据处理与相关内容编写   |
| 12. | 刘 宇 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 工程师   | 热红外数据处理           |
| 13. | 刘慧杰 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 高级工程师 | 地表变化监测数据处理        |
| 14. | 莫 凡 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 高级工程师 | 资料整理与专题图表制图       |
| 15. | 梁树能 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 高级工程师 | 高光谱卫星数据处理与相关内容编写  |
| 16. | 夏浩冉 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 研究生   | 资料整理与专题图表制图       |
| 17. | 宋 俊 | 男  | 自然资源部国土卫星遥感应用中心 | 研究生   | 资料整理与专题图表制图       |

4.3 经费管理

本项目总经费 300000.00 元，其中李四光地质科学奖基金会拨款 100000.00 元，项目承担单位自然资源部国土卫星



遥感应用中心自筹 200000.00 元，共支出 178450.40 元。

#### ● 印刷费

印刷费共支出 145450.40 元，其中 140000.00 元用于与出版社签订出版合同，5450.40 元用于及打印审图、审稿、专家评审费材料等。

#### ● 劳务费

劳务费共支出 13900.00 元，其中 8500.00 元用于地质、冰川、石油、矿产等专业资料整理外聘人员劳务，5600.00 元用于稿件审核校对外聘人员劳务。

#### ● 专家咨询费

专家咨询费共支出 19100.00 元，其中 3000.00 元用于项目中期评审专家咨询；1600.00 元用于项目成果图件审图专家咨询；7500.00 元用于稿件审查校对与咨询；7000.00 元用于项目结题评审专家咨询。

### 4.4 制度保障

本项目实施严格履行项目承担单位自然资源部国土卫星遥感应用中心各项管理规定，包括但不限于以下制度：

《自然资源部国土卫星遥感应用中心项目管理办法（试行）》（文件编号 105.1）

《自然资源部国土卫星遥感应用中心差旅费管理规定》（文件编号 103.2）

《自然资源部国土卫星遥感应用中心劳务费、专家咨询

费管理暂行办法》（文件编号 103.3）

《自然资源部国土卫星遥感应用中心项目预算管理暂行办法》（文件编号 103.6）

《自然资源部国土卫星遥感应用中心政府采购管理办法（试行）》（文件编号 104.1）

《自然资源部国土卫星遥感应用中心竞争性优选管理办法（试行）》（文件编号 104.4）

《自然资源部国土卫星遥感应用中心档案管理办法（试行）》（文件编号 112.1）

## 5. 项目成效、经验及不足

### 5.1 项目成效

#### (1) 树立热爱科学、崇尚创新的价值导向

项目成果凸显新时代科普工作价值引领功能，大力弘扬科学家精神和大国工匠精神，深入挖掘李四光科学精神内涵，传播李四光地质科学思想，引领读者，特别是青少年读者投身地质科学和卫星遥感事业，为营造尊重知识、崇尚创新、尊重人才、热爱科学、献身科学的社会氛围提供了有力支撑。

#### (2) 一线科研人员参与创作助力科普

本项目奉行“元科普”理念，项目指导团队和实施团队由奋战在地质力学和卫星遥感领域一线的科研人员组成，其中不乏自然资源高层次科技创新人才和团队首席专家。项目成果包含着一线科研人员对科学前沿的清晰阐释、对知识由来的系统梳理、对未来发展的理性展望，以及科研人员自身的独特感悟。

#### (3) 跨领域交叉融合开辟科普新路径

项目首次尝试运用现代卫星遥感技术，帮助读者学习和理解李四光的地质科学论断和应用，实现了地质和遥感两大学科的交叉融合，为地学科普提供了新思路。项目综合调度并呈现近 20 颗自然资源陆地卫星，类型涵盖可见光、高光谱、雷达、热红外、激光、重力等几乎全部卫星遥感探测方式，通俗、直观、全面、客观地呈现了李四光先生的科学成



就和当代发展。

#### (4) 现代融媒体技术助力提升书目可读性

项目综合运用平面影像、立体 3D、科普绘画、手稿实物、扩展二维码等综合展示方式，提升了读者对地质构造、冰川遗迹、矿产开发等科学理论及应用成果的理解，为读者提供线下图书+线上阅读的综合浏览体验，呈现更加直观、震撼的视觉效果，突破了图书在图文方面的限制，为图书不易呈现、难以关联的内容提供延伸阅读，提高了内容的丰富性和可读性。

#### (5) 项目成果在社会学习体系中发挥积极作用

项目成果综合了科学文字、生动图像，以及视频素材等各种表现形式，为社会群众，特别是处于高中及以上教育阶段的社会群体，提供了生动的学习指南，有助于激发科学兴趣和创新意识。面向地质及遥感专业的高等院校学生及从业人员，为支撑地球构造研究及资源调查提供更加丰富的科学视角。此外，项目成果还为领导干部和公务员群体快速掌握地学研发态势提供了捷径，成为管理者案边的“工具书”。

### 5.2 项目实施经验

#### (1) 科学设置团队为科普工作提供重要保障

本项目的实施得到了各方的大力支持，项目指导团队由地质、石油、遥感等领域的知名院士，一线科研工作者，以及李四光先生亲属组成，从多个维度为项目成果的科学性、

全面性、可靠性提供了保障。同时项目实施团队的组建充分考虑项目成员学科背景，有效实现学科交叉融合，为项目成果科普功能的完善奠定了学科基础。

### （2）责任感、使命感是做好项目的精神支柱

弘扬科学精神、传播科学思想，是科普工作的核心内容之一。在本项目前期设计过程中，项目团队查阅了大量资料，实地走访了李四光先生故居，目的就是希望能够深入学习和了解李四光先生的科学思想和精神实质。这一过程帮助项目团队建立了强烈的责任感和使命感，从思想高度上引领着团队成员发挥自身优势和专长，为弘扬李四光先生科学精神的爱国精神，传播他的科学思想和科学理念作出积极贡献。

### （3）遥感技术是科普工作的重要手段

在本项目中，项目团队创新采用遥感手段，生动呈现了李四光先生的科学理论及其伟大成就。一方面，遥感能够帮助读者快速理解深奥的地学知识；另一方面，遥感也丰富了项目团队科普创作的手段，为其他领域的科普提供了新的思路。遥感在帮助人们以宏观视角理解地球变化和自然现象方面具有得天独厚的优势，遥感影像的全局性和动态性让科普内容更加生动和贴近实际，有助于增加科普的深度和广度，降低科普活动的门槛，使得更多人能够参与到地球科学和环境教育中来。

## 5.3 项目存在的不足

### （1）项目成果推广形式可以更加丰富

项目团队深入分析科普工作的时代特征，对标新时代科普工作的具体要求，发现本项目在成果的宣传推广、数字化传播、国际化合作等方面仍有提升的空间。宣传推广方面，可以更好借助广播、电视、报刊、网络等各类媒体。加大成果推广力度；数字化传播方面，可以更加贴合青少年受众指尖浏览、线上阅读的习惯，形成易于随身携带、方便浏览的电子书目；国际化合作方面，可以形成项目成果的多语言版本，助力李四光地质科学思想向海外传播。

### （2）项目成果在内容挖掘上有待进一步深入

受限于知识储备、项目周期等客观因素，在李四光先生的理论方法、科学成就、科学远见等方面，仍有部分内容有待深入挖掘并呈现给读者。例如，李四光先生提出了旋扭构造体系，作为扭动构造体系的重要组成部分，书中应结合遥感予以重点剖析；又如，李四光先生晚年投身地震预测事业，书中可以结合现代地震案例，分析预测方法。但由于项目团队未能找到更加直观、更加典型的卫星影像数据，在书中对该部分的解读和阐述，以及其他信息的挖掘还不够深入。今后，在加强系统学习的基础上，可以选择若干专题内容，进行更有针对性的科普创作。



附件

## 李四光地质科学奖基金会与自然资源部国土 卫星遥感应用中心公益项目合作协议书

甲方：李四光地质科学奖基金会（以下简称“甲方”）

地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

电话：010-68992240

传真：010-68992230

乙方：自然资源部国土卫星遥感应用中心（以下简称“乙方”）

地址：北京市海淀区紫竹院百胜村 1 号

电话：010-68412623

传真：010-68412636

甲乙双方遵循平等合作，共同发展的理念，本着“发挥优势、相互促进、友好协作、志愿服务”的原则，推进协调互动与公益合作，扩大合作的深度和广度，增加社会责任担当能力，不断提高社会服务水平。

经双方友好协商，达成如下合作协议：

一、甲乙双方发挥各自资源优势、平台优势以及专业优势，在履行义务服务社会时提供支持和帮助，在加强地矿专业人才培养建设方面形成新合力，在促进矿业经济中寻找新契机，在推动

公益事业发展上做出新贡献。

二、甲乙双方充分履行社会责任，在李四光先生诞辰 135 周年，充分发挥乙方在卫星遥感方面的优势，支撑李四光地质科学奖基金会“李四光地质科学思想印记科普工程”实施，利用卫星遥感技术成果，展现李四光地质科学思想的发展印记，创作地学科普产品。利用卫星遥感手段从太空视角审视地球，理解和解读李四光在地质科学的历史功绩，充分展现他的科学思想，验证他的预判，体现他的前瞻性。以平面+立体、影像+要素、现状+发展动态的方式呈现李四光在地质力学、第四纪冰川等领域的理论成就，展示应用其理论在资源开发、能源利用、防灾减灾等领域取得的标志性进展，并探索地质遗迹的保护利用，展现其思想在代代发展中的升华。

甲乙双方共同编制传播李四光地质科学思想的科普著作，设立李四光地质科学思想遥感印记项目，项目经费 30 万元，由李四光地质科学奖基金会出资 10 万元、自然资源部国土卫星遥感应用中心配套 20 万元，共同传播科学知识，弘扬科学精神。

三、甲乙双方的合作范围包括但不限于上述条款内，可就具体项目合作签署协议，并在公益合作项目运作的各阶段保持紧密联系，建立沟通交流机制，使其常态化，通力协作，确保公益活动的最佳社会效益。

四、本协议自双方法定代表人或授权代表签字并加盖公章之

日起生效。

五、本协议一式肆份，甲乙双方各执贰份，均具有同等法律效力。

甲方（盖章）：



法定代表人或授权代表

签字：

日期：2024 年 5 月 7 日

乙方（盖章）：



法定代表人或授权代表

签字：

日期：2024 年 3 月 19 日