

火神山医院、雷神山医院建设，航天遥感在见证

汪韬阳、李熙、田礼乔、陈振炜、李治江

2019 年底从武汉蔓延的新型冠状病毒肺炎疫情，牵动了每个中国人的心。2020 年 1 月 23 日，武汉市参照 2003 年抗击非典期间北京小汤山医院模式，在蔡甸区建设专门医院，取名火神山医院。1 月 25 日，武汉市决定建造武汉雷神山医院。

2020 年 1 月 25 日农历正月初一，在武汉大学李德仁院士的指导下，成立了包含多个单位遥感骨干力量的联合工作组，决定用航天遥感手段见证火神山医院、雷神山医院建设进程，提供医院建设对周围环境影响的初步评估，从太空视角响应公众对于疫情防控的关切。

1 火神山医院

1.1 高分辨率光学卫星多时相对比

(1) 施工前，2019 年 10 月 29 日

工作组首先获取 2019 年 10 月 29 日高分二号（分辨率 0.8 米）全色多光谱影像。从图上可看出，拟建设火神山医院所在区域在 2019 年被树木覆盖。



图 1 高分二号影像（2019 年 10 月 29 日）火神山医院建设前情况

(2) 2020 年 1 月 28 日

工作组调度吉林一号高分 03 星（分辨率 0.97m）在 2020 年 1 月 28 日上午 11 点 16 分对建设中的火神山医院进行了拍摄，从图中可以明显看出北区箱式板房基础建设工作基本完成，其他区域箱式板房建设工作全面展开，工程进度良好。



图 2 吉林一号高分 03 星影像（2020 年 1 月 28 日 11 点 16 分）火神山医院建设情况

(3) 2020 年 1 月 30 日

工作组调度吉林一号于 1 月 30 日上午 9 点 33 分对建设中的火神山医院进行了拍摄，从图中可以看出建设进展速度明显，场地平整、基础混凝土浇筑大部分完成，集装箱板房在快速成型。



图3 吉林一号火神山局部区域影像（成像时间 2020年01月30日）

（4）2020年1月31日

工作组调度吉林一号于1月31日上午10点44分再次对建设中的火神山医院进行了拍摄，从图中可以看出火神山医院板房区域场地平整，地基建设已全部完成，集装箱板房已批量进场，火神山医院项目的基础建设工作已基本完成。



图 4 吉林一号火神山局部区域影像（成像时间 2020 年 01 月 31 日）

（5）2020 年 2 月 4 日

工作组调度吉林一号于 2 月 4 日上午 11 点 08 分，对已经建成并投产使用中的火神山医院进行了拍摄，从图中可以看出，医院已经在运行中。



图 5 吉林一号火神山局部区域影像（成像时间 2020 年 02 月 04 日）

6) 火神山医院区域多时相连续观测

法国 pleiades 高分辨率光学卫星（分辨率 0.5m）安排了连续拍摄任务。分别获取了 2019 年 4 月 15 日以及 2020 年 1 月 28 日-30 日的火神山医院区域卫星影像，如下所示。



图 6 法国 pleiades 卫星影像火神山医院区域示意图（成像时间 2019 年 04 月 15 日）



图 7 法国 pleiades 卫星影像火神山医院区域示意图（成像时间 2020 年 01 月 28 日）



图 8 法国 pleiades 卫星影像火神山医院区域示意图（成像时间 2020 年 01 月 29 日）



图9 法国 pleiades 卫星影像火神山医院区域示意图（成像时间 2020 年 01 月 30 日）

从图中可以看出，0.5m 卫星影像上已经能明显感受到建设在快速推进，每天都有新增的建筑，病房区南侧弱电管群也已在建设中，北侧场外正在抓紧板房拼装（屋顶为蓝色），吊至现场可直接安装，火神山医院的整体规模已经初步显现。

2019 年 4 月 15 日与 2020 年 1 月 30 日的两期图进行对比，可以看出变化区域即为新增建筑区域。



图 10 法国 pleiades 卫星 2019 年 4 月 15 日与 2020 年 1 月 30 日的两期影像变化信息提取

1.2 高光谱卫星水环境监测

工作组调度珠海一号高光谱卫星（分辨率 10 米，32 波段）1 月 29 日 13 点 44 分对建设中的火神山医院进行了拍摄，并和珠海一号 2020 年 1 月 19 日 11 点 15 分拍摄的高光谱存档数据进行初步对比分析发现，火神山医院建设阶段邻近水域没有形成明显的浑浊度带（近岸和中心水域天顶辐亮度偏差均值小于 0.5%），两个时相卫星影像大气校正后水体光谱信号均没有明显变化（近岸和中心水域遥感反射率偏差均值小于 4.8%），说明目前施工过程中对该水域没有产生较大的水环境影响（污水排放与泥沙扰动等）。

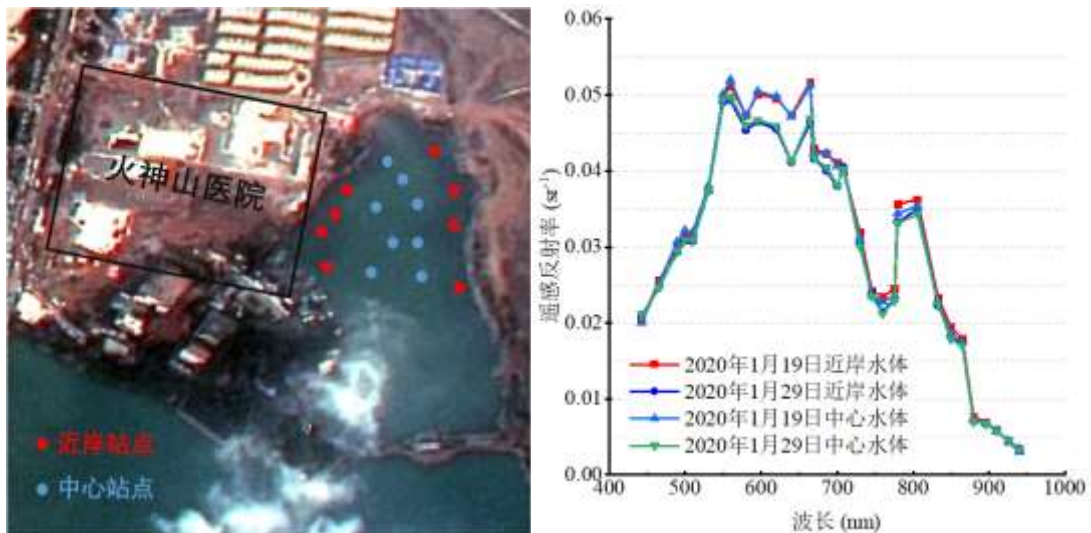


图 11 2020 年 1 月 19 日 11 点 15 分和 29 日 13 点 44 分珠海一号高光谱影像拍摄的火神山医院建设前与建设中邻近水域水环境高光谱对比分析

1.3 高分辨率夜光卫星见证

工作组调度吉林一号视频 03 星（分辨率 1.0m）在 1 月 29 日晚上 21 点 32 分对建设中的火神山医院进行了拍摄，对吉林一号的夜间灯光数据进行初步分析发现，火神山医院工地的夜间平均亮度是北侧住宅小区的 4.3 倍，是西侧道路的 9.48 倍，说明工地上正在开展极其高强度的建设活动。同时，根据变异系数分析发现，工地的灯光变异系数是住宅小区的 41%，是道路的 35%，说明了工地的灯光变异小、灯光分布均一（而道路和住宅小区的灯光分布较为零散），工地绝大部分区域在夜间也在进行高强度施工。

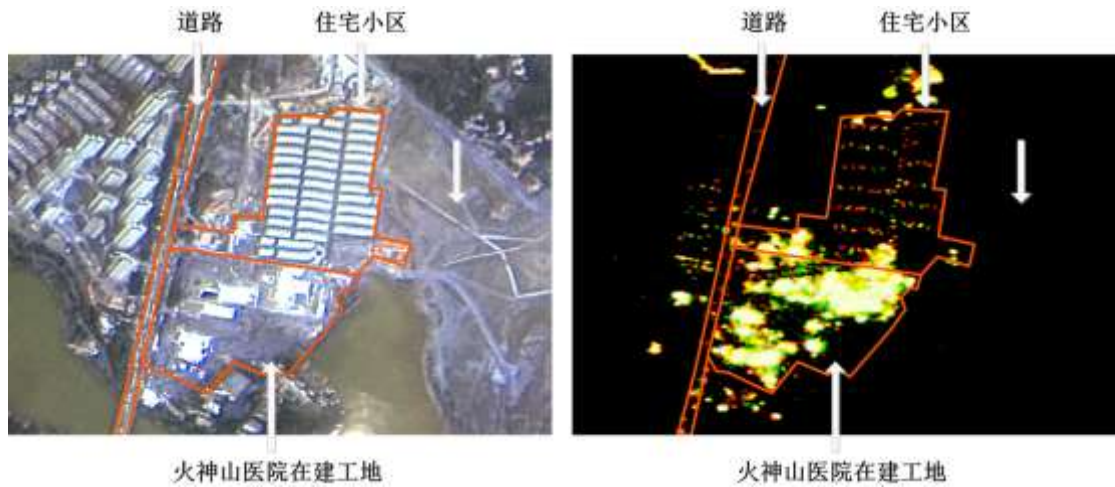


图 12 火山神医院周边白天和夜间对比

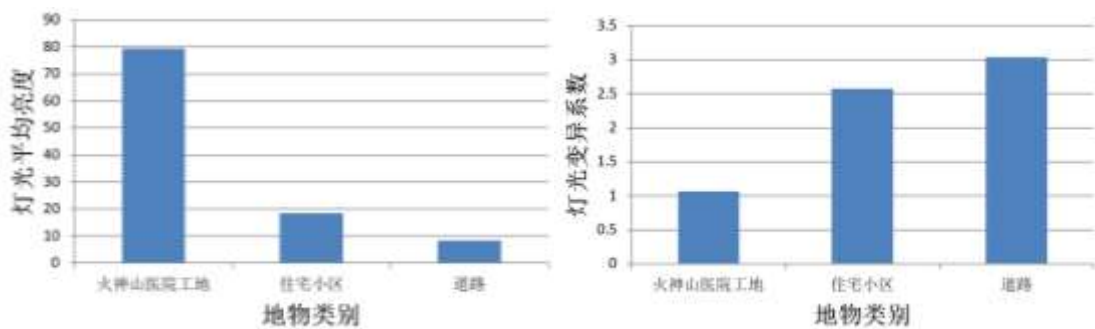


图 13 火山神医院周边灯光数据分析

1.4 干涉合成孔径雷达监测

工作组采用哨兵 1 号 A 星（分辨率 20m×5m）对火神山医院建设前的地表稳定性进行了分析，对该区域 2017 年 11 月至 2019 年 3 月期间内的 24 景哨兵 1 号 A 星数据进行了基于时序合成孔径雷达干涉技术的地表形变监测，结果表明，该

区域未见明显的表面沉降或位移信号（16个月内的形变幅度在3mm之内），说明火神山医院的地基稳定，可以支持快速、高强度的施工。

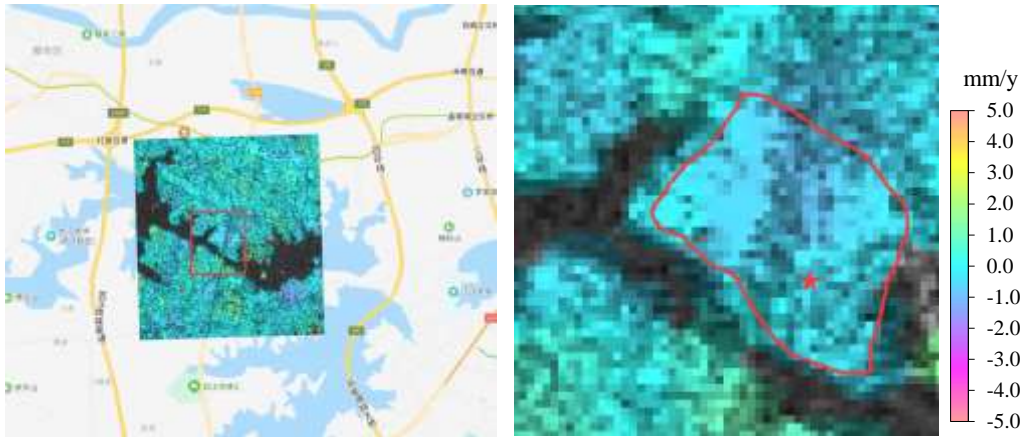


图 14 火神山医院区域地表形变速率图

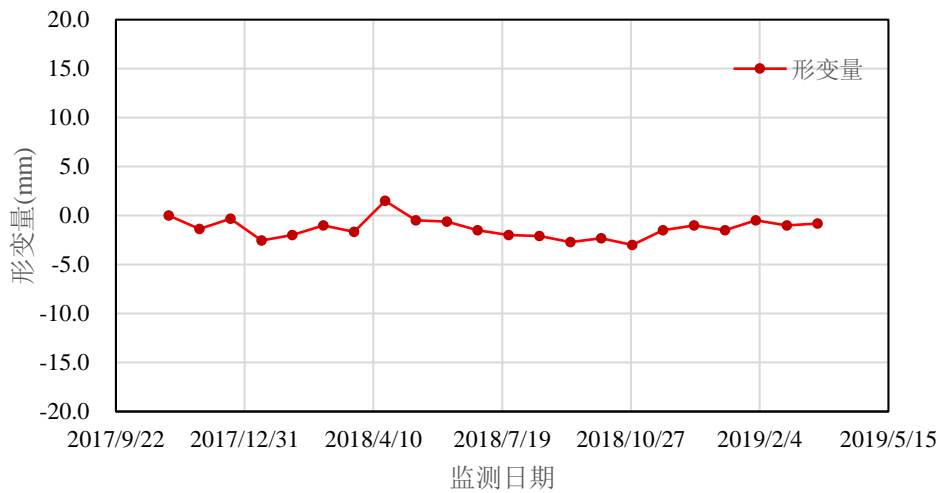


图 15 火神山医院(30.529437°N, 114.080811°E)地表形变历史

2 雷神山医院

2.1 高分辨率光学卫星多时相对比

(1) 施工前，2019 年 12 月 2 日

工作组首先获取雷神山医院区域 2019 年 12 月 2 日高分二号（分辨率 0.8 米）全色多光谱影像，从图上可看出，拟建设雷神山医院位置为原江夏区军运村停车场区域。



图 16 高分二号雷神山局部区域影像（成像时间 2019 年 12 月 2 日）

（2）2020 年 1 月 30 日

工作组调度吉林一号于 1 月 30 日上午 9 点 33 分对建设中的雷神山医院区域进行了拍摄，从影像中可以看出建设进度十分迅速，医疗隔离区沟槽管线预埋、板房下 HDPE 膜施工基本完成，到场箱板房已全面开始场外拼装及改装。



图 17 吉林一号雷神山局部区域影像（成像时间 2020 年 01 月 30 日）

（3）2020 年 1 月 31 日

工作组调度吉林一号于 1 月 31 日上午 10 点 44 分再次对建设中的雷神山医院进行了拍摄，从图中可以看出雷神山医院整体建设速度较快，地基板房均已大面积铺设，总体进度完成过半。



图 18 吉林一号雷神山局部区域影像（成像时间 2020 年 01 月 31 日）

（4）2020 年 2 月 3 日

工作组调度吉林一号于 2 月 3 日上午 12 点 29 分再次对建设中的雷神山医院进行了拍摄，从图中可以看出雷神山医院整体建设速度较快，地基板房均已大面积铺设，总体进度完成 80%。



图 19 吉林一号雷神山局部区域影像（成像时间 2020 年 02 月 03 日）

（5）2020 年 2 月 4 日

工作组调度吉林一号于 2 月 4 日上午 12 点 21 分再次对建设中的雷神山医院进行了拍摄，从图中可以看出雷神山医院整体建设速度较快，地基板房均已大面积铺设，基本完成项目建设。



图 20 吉林一号雷神山区域影像（成像时间 2020 年 02 月 04 日）

2.2 高光谱卫星水环境监测

工作组调度珠海一号高光谱卫星（分辨率 10 米，32 波段）1 月 29 日 13 点 45 分对建设中的雷神山医院进行了拍摄，并和珠海一号 2020 年 1 月 19 日 11 点 15 分拍摄高光谱存档数据进行初步对比分析发现，雷神山医院建设阶段邻近水域没有形成明显的浑浊度带，两个时相卫星影像大气校正后水体光谱信号均没有明显变化（近岸和中心水域遥感反射率偏差均值小于 1.5%），说明目前施工过程中对该水域没有产生较大的水环境变化（污水排放与泥沙扰动等）。

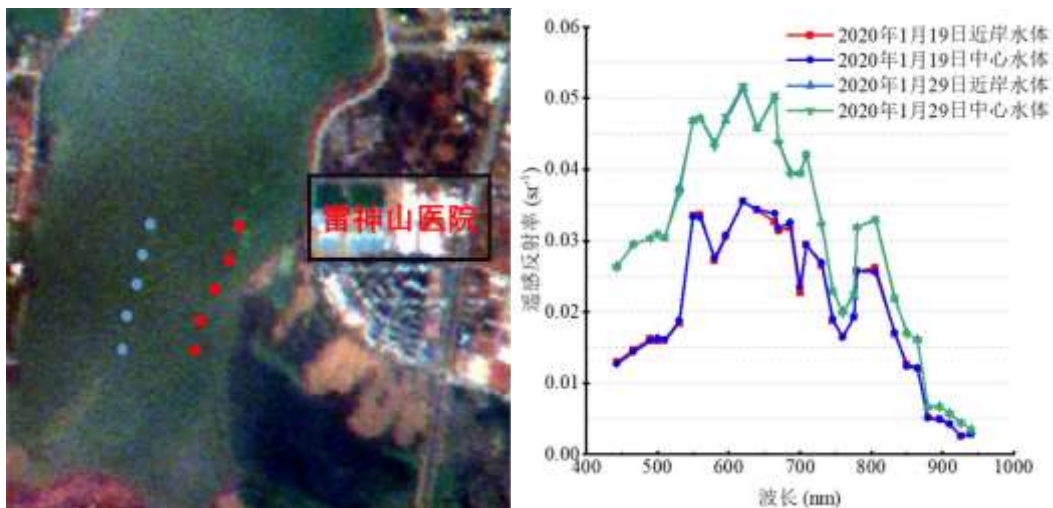


图 21 2020 年 1 月 19 日 11 点 15 分和 29 日 13 点 45 分珠海一号高光谱影像拍摄的雷神山医院建设前与建设中邻近水域水环境高光谱对比分析

2.3 干涉合成孔径雷达监测

采用哨兵 1 号 A 星（分辨率 $20\text{m} \times 5\text{m}$ ）对雷神山医院建设前的地表稳定性进行了分析，对该区域 2017 年 11 月至 2019 年 3 月期间的 24 景哨兵 1 号 A 星数据进行了基于时序合成孔径雷达干涉技术的地表形变监测。结果表明，雷神山医院在 2017 年 11 月至 2019 年 3 月期间的雷达干涉信号失相干，为该区域人为活动和施工建设所致，其周边地区均有不同程度的地表沉降信号，年沉降速率介于 $5 \sim 10\text{mm}/\text{年}$ ，推测为该区域在 2017 年至 2019 年的军运村、地铁等设施的施工建设引起。

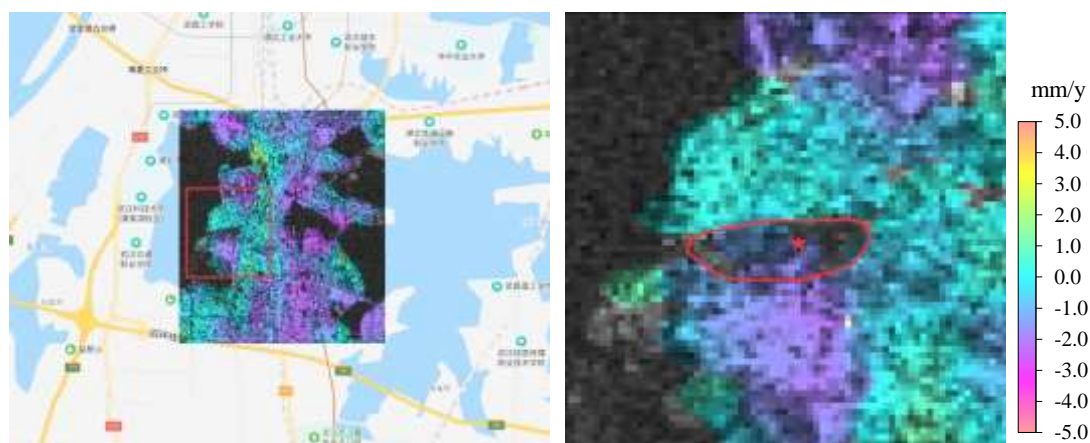


图 22 雷神山医院区域地表形变速率图

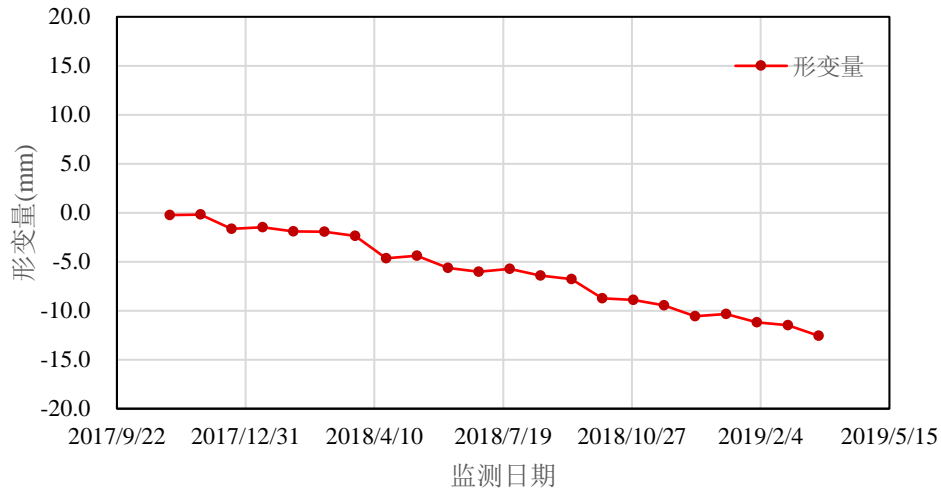


图 23 雷神山医院以南区域 (30.431582°N, 114.283956°E) 地表形变历史

3 媒体传播

疫情防控工作是一个体系化的攻坚战，医疗战线是主战场，舆论关切也是一个重要方面。利用航天遥感手段监测火神山医院、雷神山医院建设进程（日更新），并提供医院建设对周围环境影响的初步评估报告（日更新），自 2020 年 1 月 29 日 13 点 16 分环球网微博首发后，陆续得到相关央媒、微博大 V、省媒、行业媒体如东风快递、半月谈、共青团中央、人民日报、新华社、中国网、新文化网、中国青年报、国土资源部、慧天地等金 300 家媒体转发和连续跟踪报道。截至 2 月 6 日 14 时为止，环球网微博 #500 公里高空瞰火神山# 的话题阅读量已达到 1.2 亿。在抗击新型肺炎病毒的关键时期，对满足大众关注需求、稳定社会情绪发挥了一定作用，也在一定程度上体现了航天遥感技术对社会热点问题的响应和对防疫工作的支持。

工作组核心单位：武汉大学、中科卫创(北京)科技有限公司、高分辨率对地观测系统湖北数据与应用中心、长光卫星技术有限公司、珠海欧比特宇航科技股份有限公司、空中客车防务与航天、北京微纳星空科技有限公司。