

US Released Satellite Imagery of Tianjin Binhai Explosion Captured by Japanese & Korean Satellites

美国公布日韩卫星观测的 天津滨海新区爆炸事故图像

■ 刘韬（北京空间科技信息研究所）

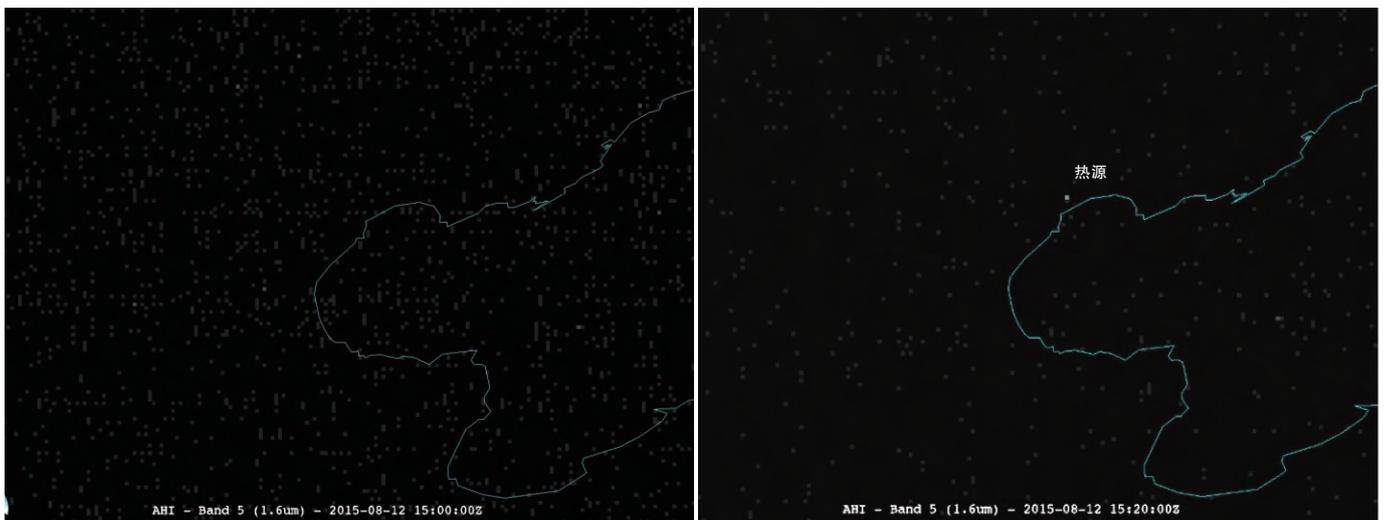
2015年8月12日23:30许，天津滨海新区瑞海公司危险品仓库发生爆炸，事故造成了严重的人员伤亡和经济财产损失。事故发生后，美国科学研究机构在第一时间公布了源自日本和韩国静止轨道气象卫星的图像，显示了事故引发的爆炸和火灾情况。另外，8月13日，美国“天空卫星”（SkySat）拍摄到事故现场的高分辨率图像，“土”（Terra）卫星和“水”（Aqua）卫星所搭载的中分辨率成像光谱仪（MODIS）分别于8月13日上午和下午拍摄了现场的云图，云图显示爆炸引起的黑烟向渤海湾扩散。

（1）卫星拍摄到事故发生时爆炸冲击波和大火的热信号

目前已报道并观测到天津滨海新区爆炸事故的国外卫星有日本向日葵-8（Himawari-8）卫星、日本多用途运输卫星-2（MTSAT-2）和韩国通信、海洋及气象卫星-1（COMS-1），这3颗卫星均是地球静止轨道（GEO）气象卫星，且均带有红外遥感器。事故发生时，它们实时探测到爆炸引发的冲击波热信号和事故现场大火的热信号。

第一时间将这些卫星图像数据加以分析并公布的是美国一家空间研究机构，即美国威斯康星大学麦迪逊分校（Wisconsin-Madison）空间科学和工程中心（SSEC）的气象卫星合作研究所（CIMSS），该机构是一个专注于地球遥感研究、天气预报和临近预报的研究机构，与美国国家海洋和大气管理局（NOAA）及美国航空航天局（NASA）保持有紧密的合作关系。

下图是从CIMSS官方网站发布的视频中截图的



▲ 爆炸点热信号 左图为未探测到热源信号，右图为探测到热源信号

图像, 该视频来源于向日葵-8卫星的“先进向日葵成像仪”(AHI) $1.6\ \mu\text{m}$ 波长通道, 时间从8月12日15:00 UTC(世界标准时)至18:10 UTC。视频中, 事故发生地点热信号出现时间为15:20 UTC(北京时间减8h等于UTC)。

日本向日葵-8静止轨道气象卫星于2014年升空, 其主传感器“先进向日葵成像仪”实际由美国国际电话电报公司(ITT)研制, 相似设备也将搭载在即将发射的美国新一代地球静止轨道环境卫星-R(GOES-R)上。“先进向日葵成像仪”的地球全盘扫描时间从上一代日本“多用途运输卫星”的

30min缩短到10min。凭借静止轨道卫星的区域实时监视能力, 能够有效地执行动态目标的监视任务。对 $1000\text{km} \times 1000\text{km}$ 区域的观测时间间隔可以达到2.5min。

向日葵-8共有16个工作谱段, 即3个可见光谱段、3个近红外谱段和10个红外谱段, 空间分辨率分别为 $0.5 \sim 1\text{km}$ 、 $1 \sim 2\text{km}$ 和 2km 。天津滨海新区瑞海公司危险品仓库爆炸事故被向日葵-8的 $1.6\ \mu\text{m}$ 、 $2.3\ \mu\text{m}$ 、 $3.9\ \mu\text{m}$ 、 $6.2\ \mu\text{m}$ 、 $7.0\ \mu\text{m}$ 、 $7.3\ \mu\text{m}$ 、 $8.6\ \mu\text{m}$ 和 $10.35\ \mu\text{m}$ 红外谱段检测出来, 其中 $3.75 \sim 3.9\ \mu\text{m}$ 谱段范围信号较强烈。



◀ 美国“土”卫星拍摄的事故现场云图

▼ 美国“天空卫星”拍摄的事故现场高分辨率图像



向日葵-8卫星观测能力和要素

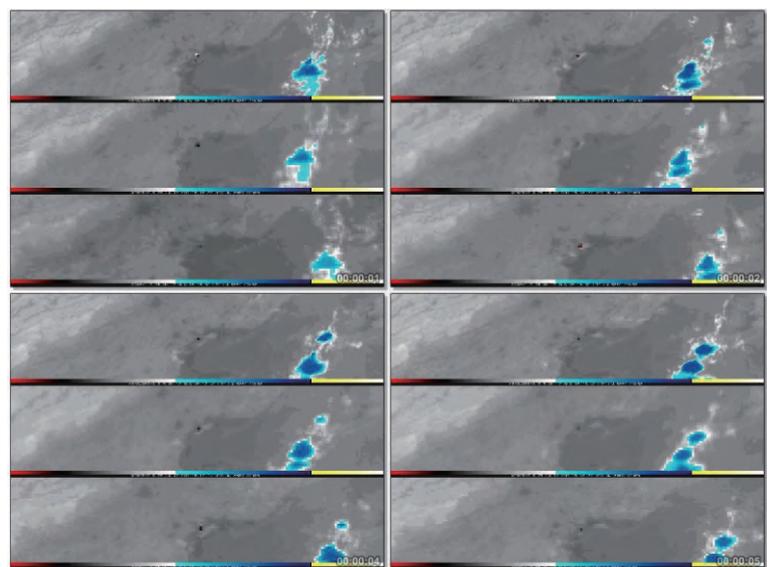
谱段号	中心波长	带宽	空间分辨率/km	观测要素
1	455nm	50nm	1.0	日间陆地上空气溶胶, 海岸水域制图
2	510nm	20nm	1.0	绿谱段, 主要用于制作彩色合成图像
3	645nm	30nm	0.5	日间植被/燃烧痕迹、水域上空气溶胶等
4	860nm	20nm	1.0	日间卷云
5	1610nm	20nm	2.0	日间云顶相和粒子尺寸, 雪
6	2260nm	20nm	2.0	日间陆地/云特性, 植被, 雪等
7	3.85 μm	0.22 μm	2.0	夜间云、雾、风等
8	6.25 μm	0.37 μm	2.0	高层大气水气, 风, 降水等
9	6.95 μm	0.12 μm	2.0	中层大气水气, 风, 降水等
10	7.35 μm	0.17 μm	2.0	低层水气, 风, SO ₂ 等
11	8.60 μm	0.32 μm	2.0	云相、沙尘、SO ₂ 等
12	9.63 μm	0.18 μm	2.0	总臭氧, 湍流, 风等
13	10.45 μm	0.30 μm	2.0	表面和云
14	11.20 μm	0.20 μm	2.0	海表温度、云、降雨等
15	12.35 μm	0.30 μm	2.0	海表温度等
16	13.30 μm	0.20 μm	2.0	气温、云高等

另外2颗探测到天津滨海新区危险品爆炸事故的卫星是即将退役的日本多用途运输卫星-2和韩国近年发射的韩国通信、海洋及气象卫星-1。右图也是从CIMSS官方网站截取的卫星图像, 每组图像的上行由向日葵-8卫星拍摄, 中行由日本多用途运输卫星-2拍摄, 下行由韩国通信、海洋及气象卫星-1拍摄。图片显示出爆炸产生烟云的扩散情况。

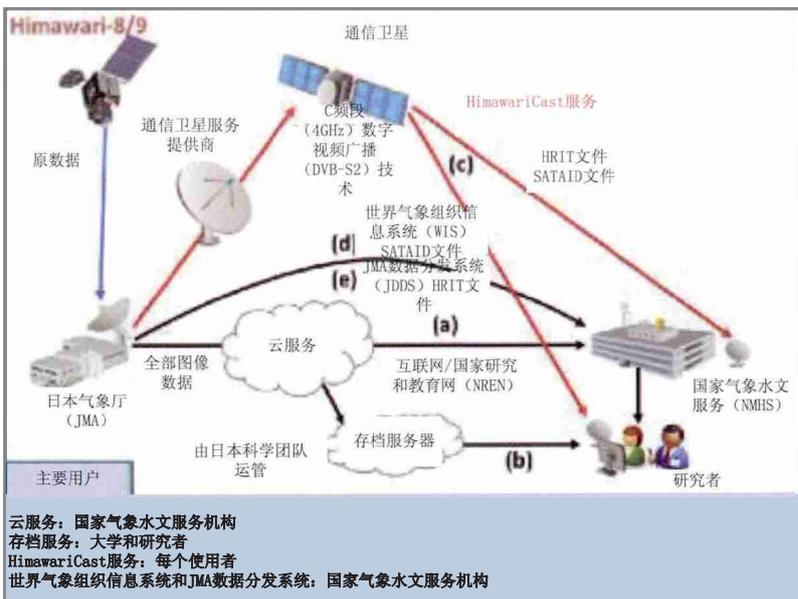
日本多用途运输卫星-2于2006年2月18日成功发射, 由日本三菱电气公司研制。有5个工作谱段, 即1个可见光近红外谱段、2个中波红外谱段和2个热红外谱段, 分辨率分别为1km、4km和4km, 全盘扫描时间需要30min。

韩国通信、海洋及气象卫星-1于2010年6月26日成功发射, 由欧洲阿斯特留姆公司(现改名为欧洲空客防务与航天公司)研制。卫星平台采用欧洲星-3000(Eurostar-3000)平台, 卫星定位于128.2°(E)。此次拍摄到爆炸烟云的是韩国通信、海洋及气象卫星-1的气象成像仪(MI), 它是美国国际电话电报公司宇航和通信分部的商业增

强静止轨道成像仪(CAGI)的商业现货产品。该气象成像仪是一台可见光和红外成像辐射计, 有5个谱段, 0.675 μm 、3.75 μm 、6.75 μm 、10.8 μm 和12.0 μm 。红外谱段的分辨率为4km。



▲ 3颗日韩静止轨道气象卫星拍摄的爆炸烟云情况



▲ “向日葵”数据传输服务

(2) 气象卫星数据快速传输到用户，便于快速分析

新一代“向日葵”卫星不但观测时间间隔大幅度缩短，而且从图像获取到分发的时间也大幅度缩短。“向日葵”数据传输服务（HimawariCast）是日本气象厅（JMA）新推出的一种气象卫星数据传输服务，于2015年1月29日开始试运行，2015年中期开始正式运行，当时利用多用途运输卫星-2进行了数据传输试验。在此之前，多用途运输卫星-2图像的传输由高速率信息传输（HRIT）服务和低速率信息传输（LRIT）服务提供。日本气象厅计划在2015年11月停止这些服务，而以最新的“向日葵”数据传输服务作为替代。该服务能够每10min提供1次地球全盘图像数据。

上图是“向日葵”数据传输服务的流程图，向日葵-8卫星图像数据首先通过日本气象厅转发给通信卫星，再由日本通信卫星中继给各用户，整个传输时间约在10min内完成。目前，与之配套的通信卫星是日本通信卫星-2A（JCSat-2A），该卫星定位于154°（E），用于广播“向日葵”数据传输服务数据。日本通信卫星-2B将于2015年第四季度接替日本通信卫星-2A。

(3) 事件背后的思考

如上所述，日本向日葵-8卫星的“先进向日葵

成像仪”实际是美国研制的，其快速观测能力是目前最先进的。美国CIMSS仅是一所大学的研究机构，并不是国家层面的灾害应急响应部门，更不是美国军方。美国卫星能力和高效的反应能力给了我们深刻的启示。

首先，国外重视静止轨道高分辨率卫星的研发。运行于静止轨道的卫星能够对区域进行持续监视，而低轨卫星过顶速度快，事件发生时，上空可能没有具备相应观测能力的低轨卫星。国外以更新换代静止轨道气象卫星为基础，正在逐步向高分辨率的静止轨道光学成像卫星迈进。未来，静止轨道卫星分辨率有望提高到米级，届时不但能够对大面积爆炸或火灾进行监视，还能够对小型重点目标进行实时的动态跟踪和监视。从本次事件可以看出，国外民用静止轨道卫星已经初步具备了对爆炸等大面积突发热源的实时监视能力。

其次，以日本为代表的国外新型静止轨道气象卫星采用了新的数据传输方式，即“向日葵”数据传输服务，能够在10min内将图像传输给最终用户。

再次，根据推测，国外已具备高效的卫星图像自动分析能力。目前，地球静止轨道气象卫星分辨率比较低，红外谱段的分辨率更低，仅为2km。也就是说，对于向日葵-8卫星，其探测器上的1个像元只能分辨2km的物体。从国外公布的卫星图像看，爆炸引发的火灾反应在1幅图像上，仅有1个或几个像素点的变化。从数量众多的卫星图像中，依靠人工发现几个像素点的变化是非常困难的。而美国CIMSS研究所拥有很多气象观测模型和算法，例如，环境模型和数据同化算法、生物质燃烧监测模型、全球红外辐射系数模型、区域同化预报系统等，这些模型或算法很有可能在这次爆炸事件中，对卫星图像进行自动识别，从而使研究人员能够在第一时间获取到相关卫星图片，并制作了动画。

综合上述分析，对突发事件进行应急响应，不仅需要性能优良的卫星，而且需要面对应急灾害事件和公共安全事件的数据传输与分发机制，以及灾害事件的图像分析模型和算法等。