# 天基环境卫星发展框架的初步分析

赵少华 毛学军 吴艳婷 刘思含 王 飞
（环境保护部卫星环境应用中心/国家环境保护卫星遥感重点实验室，北京 100094）

【摘要】卫星遥感技术已成为环境保护工作中不可或缺的重要手段。针对日益增多的卫星资源，结合我国目前大气污染防治、水污染防治、土壤污染防治等国家环境保护重大需求，从环境监测领域、卫星遥感手段和卫星运行轨道等方面初步梳理天基环境卫星的发展框架，为天地一体化环境监测体系的发展提供重要支持。

【关键词】光学；红外；雷达；高光谱；高轨
中图分类号：X21 文献标识码：A 文章编号：1673－288X(2016)04－0044－03

## 引言

卫星遥感技术在环境保护领域中具有广泛的应用，赵少华等(2013，2014，2015a，2015b)系列总结了高光谱遥感、红外遥感、雷达遥感和高分辨率卫星遥感技术在环保工作中的应用。2008 年 9 月 6 日，我国自行研制的环境与灾害监测预报小卫星星座 A、B 星(以下简称环境一号卫星)成功发射，初步形成了我国环境监测的天基部分，意义深远，在国内外产生了重大影响，极大地推动了环境监测天－地一体化体系的形成，标志着我国环境监测开始步入卫星应用时代。环境一号卫星发射以来，环保部已将卫星遥感技术纳入到环境监测、环境执法、环境应急、生态保护、核安全监管等环境管理业务体系工作中，为环境监测和管理提供了重要技术支持和信息服务。

目前，航空航天遥感正向高空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率等方向迅猛发展(李德仁等，2012)。随着国家高分专项的深入推进和国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015－2025)(以下简称空基规划)的实施，与我部相关的高分一号、二号、四号卫星已成功发射并发挥着重要作用，我部作为牵头主用户的高分五号卫星、16 米光学卫星、大气环境监测卫星、高分五号 02 卫星等也将陆续发射，系列的卫星资源将为未来的环保工作提供巨大便利。针对国家大气污染、水污染和土壤污染防治的环境保护重大需求，如何设计好满足环保需求的卫星特色载荷指标、使卫星用好和好用，有必要先行梳理天基环境卫星的发展体系，构建天基环境卫星的发展框架，下面分别从环境监测领域、卫星遥感手段和卫星运行轨道三个维度对天基环境卫星发展框架进行初步分析，以期为环境有效监管提供支持。

## 1 基于环境监测领域的天基卫星体系框架

环境监测领域通常分为大气环境、水环境和生态环境，每个方面均有各自的重点工作，涉及不同的监测目标和要素等，下面分别介绍各自的卫星需求。

### 1.1 大气环境监测卫星系列

新时期的大气环境遥感重点工作主要包括对大气颗粒物及灰霾监测、重点区域污染气体监测、全国秸秆焚烧动态监测、重点区域沙尘、扬尘监测、重点区域温室气体监测等。针对大气环境遥感监测的目标和要素，主要需要高光谱、高时间分辨率和偏振等手段，因此必须发展环保特色载荷，如针对颗粒物、气溶胶等高精度监测，需要偏振、大幅宽、多光谱、激光雷达等手段的高精度偏振扫描仪、多角度偏振成像仪、宽幅成像光谱仪、大气激光雷达等载荷；对污染气体高精度监测，需要高光谱手段的大气痕量气体探测仪；对温室气体高精度监测，需要高光谱手段的大气温室气体探测仪、大气激光雷达等载荷；对秸秆、沙尘精度监测，需要中红外、热红外的宽幅成像光谱仪等载荷。

结合目前空基规划中的天基卫星设置，目前和未来一段时间内，大气环境监测卫星系列应包括高分五号卫星、高分五号 02 卫星、大气环境及污染物监测卫星、高精度温室气体监测卫星等，此外，还应该发展多颗组网的高轨大气环境监测卫星，携带大气痕量气体探测仪、温室气体探测仪、高精度偏振扫描仪、宽幅成像仪、大气激光雷达等载荷，结合气象卫星的风场、温湿度等数据，达到全球亚小时级和我国分钟级(如 10 分钟)的空气质量、污染气体、温室气体等高频次监测，实现对大气污染物传输路径和过程的高效源解析，形成

项目资助：“天基环境监测体系指标需求论证”、“环境遥感监测与应用(2039003002)”等课题资助
作者简介：赵少华，博士后，高级工程师，主要从事环境遥感研究
通讯作者：刘思含，高级工程师，博士，主要从事环境遥感研究
引用文献格式：赵少华 等. 天基环境卫星发展框架的初步分析[J]. 环境与可持续发展，2016，41(4)：44－46.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大气环境的高低轨综合探测能力。

### 1.2　水环境监测卫星系列

新时期的水环境遥感重点工作主要包括对内陆大型水体水环境监测、饮用水源地卫星遥感巡查、流域水环境监测、城市黑臭水体及水环境监测与评估、典型水污染源监测、水环境异常巡查、近岸海域水环境监测等。针对水环境遥感监测的目标和要素，特别是对水体的弱信息提取，主要需要高空间、高光谱和高时间分辨率、大幅宽、高信噪比等手段，因此必须发展环保特色载荷，如针对水华、溢油、赤潮等高精度监测等，需要多光谱、大幅宽、雷达等载荷；针对水质、污染物等高精度监测，需要多光谱、高光谱、大幅宽等载荷；针对黑臭水体高精度监测，需要高空间、多光谱等载荷。特别是针对水污染、溢油、跨界污染等水环境应急事件，需要搭载多光谱、高光谱、雷达等载荷的高轨水环境监测卫星。

### 1.3　生态环境监测卫星系列

新时期的生态环境遥感重点工作主要包括对全国生态环境变化调查与评估、全国生态保护红线监管、典型区生态环境监测与评估、区域生态资产和生态承载力评估、城市和农村生态环境监测、国家重大生态保护治理工程建设效果评估、土壤污染状况监测与评估等。针对生态环境遥感监测的目标和要素，主要需要高空间、高光谱和高时间分辨率、大幅宽等手段，因此必须发展环保特色载荷，如针对生物多样性的高精度监测，需要高光谱、激光雷达等载荷；对农田、矿区等土壤污染的高精度监测，需要高光谱等载荷。目前，土壤污染卫星的高光谱探测还不理想，信号非常弱，需要研发针对土壤污染的专用高光谱载荷，包括增强信号的设备等，另一方面，地面要研发针对性的定量反演模型，以提高土壤污染的卫星遥感监测精度和效果。针对土壤水分、植被水分、地表温度、植被覆盖等生态环境需求，需要搭载多光谱、高光谱、雷达等载荷的高轨生态环境监测卫星。

## 2　基于卫星遥感手段的天基卫星体系框架

卫星从常用的谱段和卫星类别上，可初步划分为高分光学卫星、高光谱卫星和高分雷达卫星三大类(赵少华等，2015)，下面从这三方面进行介绍。

### 2.1　光学卫星系列(含红外载荷)

高空间分辨率光学卫星主要包括全色相机、CCD 相机、高分辨率红外相机、激光雷达等，中低空间分辨率光学卫星主要包括宽幅成像光谱仪、CCD 相机、红外相机等。可以对气溶胶、秸秆、沙尘、大气污染源、水华、赤潮、溢油、水质、核电站温排水、饮用水源地安全、自然保护区、生物多样性、矿山开发环境破坏、农村生态环境、城市生态环境、重点生态功能区等进行有效监测。目前我部作为主用户的在轨光学卫星主要是环境一号 A、B 星、高分一号卫星等，其他的高分二号卫星、高分四号卫星等数据我部也可方便获取。空基规划中我部作为主用户待立项发射的卫星主要包括 16 米光学卫星、高分多模综合成像卫星、陆地生态系统碳卫星等。另外，还包括拟发展的水环境监测卫星、生态环境监测卫星等。

### 2.2　高光谱卫星系列

高光谱分辨率卫星，主要包括高分五号卫星、高分五号 02 卫星、大气环境及污染物监测卫星、高精度温室气体监测卫星等。目前在轨的高光谱载荷为环境一号 A 星上的高光谱载荷，但该载荷由于谱段不宽、噪声大和地面处理水平不高等因素大大限制了应用，空基规划中的高光谱观测卫星主要是针对大气污染气体、温室气体等大气环境设置，同时兼顾水环境水质监测、生物多样性、植被水分等生态环境的高光谱观测需求。

### 2.3　雷达卫星系列

主要包括不同波段(C 波段、S 波段、L 波段)的雷达卫星，可搭载全极化合成空间雷达、微波辐射计、散射计等载荷。根据环境遥感监测的目标和要素，主要对水华、溢油、生物量、土壤湿度、植被长势、土地利用分类、环境灾害应急等进行有效监测。特别在我国南方多云多雨天气下，有效的光学影像较难获取，雷达卫星将发挥重要作用。目前，在轨的雷达卫星是环境一号 C 星，另外空基规划中与我部相关的雷达卫星还包括 5 米 S 波段 SAR 卫星、高轨 SAR 卫星等。

## 3　基于卫星运行轨道的天基卫星体系框架

目前常用的遥感卫星按运行轨道基本可以分为太阳同步轨道和地球同步轨道。太阳同步轨道卫星轨道高度一般小于 1000 公里，地球同步轨道轨道高度一般为 36000 公里。下面从这两个方面进行介绍。

### 3.1　太阳同步轨道卫星系列

目前，对地观测领域的太阳同步轨道卫星大多是低轨卫星，包括目前在轨的环境一号 A/B/C 卫星、高分一号卫星、高分二号卫星等，以及待发射、立项和发展的高分五号卫星、高分五号 02 卫星、大气环境及污染物监测卫星、高精度温室气体监测卫星、水环境监测卫星、高分多模综合成像卫星、陆地生态系统碳卫星、土壤及生态环境监测卫星、雷达卫星等。搭载各种光学、红外、高光谱、微波和激光雷达等环境监测载荷，可对大气环境、水环境、生态环境等目标要素进行有效监测。

### 3.2　地球同步轨道卫星系列

地球同步轨道一般称为高轨卫星，包括目前在轨的高分四号卫星，以及待立项发射和发展的高轨雷达卫星、大气环境监测卫星、水和生态环境监测卫星等。其

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

中高轨大气环境监测卫星可搭载大气痕量气体探测仪、温室气体探测仪、高精度偏振扫描仪、宽幅成像仪、激光雷达等载荷，可对大气污染物的传输过程等进行高效监测。高轨水和生态环境监测卫星可搭载高空间分辨率 CCD 相机、高分辨率红外相机、高光谱成像仪、宽幅成像仪等载荷，可对水污染物的传输过程、生态环境变化过程等进行高效监测。高轨雷达卫星包括不同波段( C 波段、S 波段、L 波段) 的卫星，可搭载全极化合成空间雷达、微波辐射计等载荷，可以对水华、溢油、生物量、土壤湿度、植被长势、土地利用分类、环境灾害应急等进行高效监测，大大提升我国南方多云多雨地区遥感数据的获取能力和监测水平。

## 4 结 语

我国自行研制的环境与灾害监测预报小卫星星座 A、B 星( 以下简称环境一号卫星于 2008 年 9 月 6 日成功发射，初步形成了我国环境监测的天基部分，在国内外产生了重大影响，极大地推动了环境监测天 - 地一体化体系的形成，标志着我国环境监测开始步入卫星应用时代。环境一号卫星发射以来，环保部已将卫星遥感技术纳入到环境监测、环境执法、环境应急、生态保护、核安全监管等环境管理业务体系工作中，为环境监测和管理提供了重要技术支持和信息服务。针对国家大气污染、水污染和土壤污染防治的环境保护重大需求，如何设计好满足环保需求的卫星特色载荷指标、使卫星用好和好用，有必要先行梳理天基环境卫星的发展体系，构建天基环境卫星的发展框架，本文分别从环境监测领域、卫星遥感手段和卫星运行轨道三个维度对天基环境卫星发展框架进行初步分析，以期为环境有效监管提供支持。研究指出，未来地球环境监测领域发展将进入一个高分辨率、多层、立体、多角度等天地联合对地观测的新时代。作为监测要素最多、最复杂的行业，环境保护工作涵盖大气环境、水环境和生态环境等人类生活的各个方面，其对卫星需求也非常复杂，定量化要求程度高，各种高分辨率的卫星需求均涉及，比如大气环境监测对污染气体需要高光谱、高时间分辨率，水环境监测需要高空间、高光谱、高时间分辨率，生态环境监测需要高空间分辨率、大幅宽等。因此，针对我国目前大气污染防治、水污染防治、土壤污染防治和生态红线监管的国家环境保护重大需求，未来迫切需要研发环境特色载荷，比如针对大气颗粒物的高精度激光雷达和偏振载荷、针对水污染的高光谱载荷、针对土壤污染的高光谱载荷等，阶段化发展系列的高低轨大气环境监测卫星、水环境监测卫星和土壤环境监测卫星等环境专用卫星( 特别要发展高轨卫星) ，并组网运行，具备光学、红外、高光谱、微波等手段，形成高空间、高光谱、高时间、高辐射、大幅宽等联合观测能力，同时结合地面强大的监测网络，构建天地一体化监测体系，实现大气环境、水环境、土壤环境和生态环境的立体监测，大幅提升国家环境监管水平，助推国家生态文明建设。

**参考文献:**


[1] 赵少华，张峰，王桥，等. 高光谱遥感技术在国家环保领域中的应用 [J]. 光谱学与光谱分析，2013，33( 12) : 3343 - 3348.

[2] 赵少华，张峰，李自杰，等. 雷达遥感在环境保护工作中的应用概述 [J]. 微波学报，2014，30( 1) : 90 - 96.

[3] 赵少华，王桥，游代安，等. 卫星红外遥感技术在我国环保领域中的应用与发展分析 [J]. 地球信息科学学报，2015a，17( 7) : 855 - 861.

[4] 赵少华，王桥，游代安，等. 高分辨率卫星在国家环境保护领域中的应用 [J]. 国土资源遥感，2015b，27( 4) : 1 - 7.

[5] 李德仁，童庆禧，李荣兴，等. 高分辨率对地观测的若干前言科学问题 [J]. 中国科学: 地球科学，2012，42( 6) : 805 - 813.

[6] 杨海军，李营，朱海涛，等. 国家重点生态功能区县域生态环境质量遥感考核方法研究 [J]. 环境与可持续发展，2015，40( 5) : 41 - 43.

[7] 李营，杨一鹏，殷守敬，等. 水源地土地覆被分类及无人机遥感验证评价方法研究 [J]. 环境与可持续发展，2015，40( 1) : 79 - 80.

[8] 万华伟，李静，王昌佐，等.. 遥感技术在突发自然灾害生态影响监测和评估中的应用研究 [J]. 环境与可持续发展，2014，39( 5) : 28 - 30.

[9] 马万栋，吴传庆，殷守敬，等. 环渤海围填海遥感监测及对策建议 [J]. 环境与可持续发展，2015，40( 3) : 63 - 65.

[10] 贾祥，曹飞，孙中平，等. 遥感技术在核电安全监管现代化中的应用与思考 [J]. 环境与可持续发展，2015，40( 5) : 47 - 49.

[11] 武卫玲，薛文博，付飞，等.. 近地面 PM2. 5 浓度卫星反演研究进展 [J]. 环境与可持续发展，2014，39( 5) : 94 - 96.

[12] 游代安，赵少华，史园莉，等. 一种利用双时相 ASAR 数据监测土壤湿度的方法 [J]. 环境与可持续发展，2015，40( 6) : 103 - 107.

[13] 游代安，姜俊，曹飞，等. 高分环境遥感应用示范系统平台总体设计与实现 [J]. 环境与可持续发展，2015，40( 4) : 43 - 47.


## Frame Analysis of Space - based Environment Satellites


ZHAO Shaohua MAO Xuejun WU Yanting LIU Sihan WANG Fei

( Environmental Satellite Center，Ministry of Environmental Protection/State Environmental Protection Key Laboratory of Satellite Remote Sensing，Beijing，100094)



**Abstract:** Satellite technology plays an important role in environmental protection. Faced to the satellites resources，in combination with preventing and controlling atmospheric pollution、water pollution and soil pollution，the preliminary development frame of space - based environment satellites is established from environment monitoring field，satellites remote sensing mode and satellites orbit，respectively，so as to support the environment monitor system of space and ground.



**Keywords:** Optical; infrared; Radar; hyperion; high orbit


?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net