

FY-1 C 气象卫星的作用和效益展望

范天锡 江吉喜

(国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘要 通过与 FY-1 A、B, NOAA, LANDSAT 等卫星探测通道的比较, 阐述了 FY-1 C 卫星的性能和特征。与此同时, 还对该星在气象应用、环境监测、防灾减灾、航空、航海中即将发挥的重要作用和产生的巨大经济、社会效益作了较为全面的客观展望。

关键词 FY-1 C 气象卫星 卫星探测 效益展望

1 FY-1 C 的信息特征

我国的风云一号-C(FY-1 C) 气象卫星已于 1999 年 5 月 10 日上午 9 时 33 分成功发射升空, 工作良好。该星与 FY-1 A 和 FY-1 B 卫星相比, 在遥感功能上主要有两个方面的重大改进: 其一是扫描辐射计的通道数由 5 个增加至 10 个, 并将数据量化位数由 8 bit 扩大到 10 bit; 其二是星上存储器容量增加, 存储观测资料的时间由 60 min 增加至 300 min, 并由存储回放模拟信号改为数字信号, 因此每天可以获取一次 4 个通道 3.1 km

分辨率的全球观测资料, 还具有获取 20 min 10 个通道 1.1 km 分辨率的局地资料能力。

表 1 中列出了 FY-1 C 扫描辐射计 10 个通道的波长范围, 同时列出了 FY-1 A, FY-1 B, NOAA, LANDSAT 卫星的主题绘图仪(TM) 和海岸带水色扫描仪(CZCS) 各个通道的波长范围。从表中可以看出: FY-1 C 扫描辐射计的 10 个通道除了具有 NOAA 卫星的 5 个通道外, 还基本上包含了 TM 和 CZCS 的通道, 因此可以充分发挥出对陆地和海洋表面多光谱探测功能。

表 1 FY-1 C 扫描辐射计通道的波长范围及与其他卫星的比较 $\lambda/\mu\text{m}$

通道序号	FY-1 C	FY-1A, B	NOAA	TM	CZCS
1	0.58~0.68	0.58~0.68	0.58~0.68	0.45~0.52	0.433~0.453
2	0.84~0.89	0.725~1.1	0.725~1.1	0.52~0.60	0.51~0.53
3	3.55~3.95	0.48~0.53	3.55~3.93	0.63~0.69	0.54~0.56
4	10.3~11.3	0.53~0.58	10.3~11.3	0.76~0.90	0.66~0.68
5	11.5~12.5	10.5~12.5	11.5~12.5	1.55~1.75	0.74~0.76
6	1.58~1.64		1.58~1.64	10.4~12.5	10.5~12.5
7	0.43~0.48			2.08~2.35	
8	0.48~0.53				
9	0.53~0.58				
10	0.90~0.96				

FY-1 C 的延时回放资料是数字化的资料, 可以定量处理。其中全球回放资料的 4 个通道在通常情况下为表 1 中的 1, 2, 4, 5 通道。与 NOAA 卫星的全球回放资料(GAC)相比, 这种回放资料缺少一个通道(通道 3), 同时缺少一次夜间观测的红外资料, 但是每条扫描线具有 1018 个扫描点, 是 3.1 km 分辨率线性化资料; 而 NOAA 卫星每条扫描线只有 409 个扫描点, 星下点分辨率为 4 km, 在扫描线两侧分辨率则迅速下降, 至扫描线边缘降至大约 20 km。FY-1 C 延时回放的局地资料的观测时间少于 NOAA 卫星回放的局地资料(LAC)的观测时间, LAC 资料在每条轨道都具有 10 min 的观测资料, 但是 FY-1 C 具有 10 个通道, 比 LAC 多 5 个通道资料。

2 FY-1 C 的作用概述

FY-1 C 卫星是极轨气象卫星, 分析它的作用首先应论述极轨气象卫星的功能。极轨气象卫星与静止气象卫星相比, 其长处是可以获取全球资料, 同时由于其轨道高度低, 可实现更丰富的观测项目, 具有较高的探测精度和空间分辨率。因此, 它可以更细致的显示出中、小尺度天气系统的结构与特征, 提供更丰富的气象参数, 如果与高频次的静止气象卫星的资料配合使用, 在天气预报和气象研究工作中必能取得更好的效果。然而, 极轨气象卫星的主要的和独特的作用还在于其资料在中、长期天气预报和气候预测研究以及在自然灾害和生态环境监测中的应用。此外, 在军事应用方面, 它也具有不可替代的作用。

要充分发挥出极轨气象卫星的作用, 必须将卫星遥感技术发展 to 一定高度, 即要能够具有获取全球、全天候、三维、定量、高精度观测资料的能力。就目前的 NOAA 卫星来讲, 仍然不能说全面达到了上述 5 点要求。极轨气象卫星主要有表面特性探测和大气探测

两类遥感项目, 由于目前 NOAA 卫星大气探测资料(TOVS)的反演精度和垂直分辨率尚不如常规探空数据, 使其在数值预报中的应用效果受到一定影响。当前, 卫星遥感技术正在迅速发展, 在 2000 年以后一段不长的时间内, 以美国为代表的极轨气象卫星技术将上一个新的台阶, 主要表现就是提高大气探测精度和垂直分辨率, 例如以高光谱分辨率的红外大气探测器 AIRS 和新一代微波辐射计 AMSU 来代替现在的 HIRS/2 和 MSU, 还有中分辨率成像光谱仪 MODIS 等, 使美国的极轨气象卫星可以基本上达到上述 5 点要求。为了充分发挥极轨气象卫星在环境监测中的作用, 对于表面特性探测来讲, 也将增加通道数和提高空间分辨率。这样, 极轨气象卫星资料将进入取得更高效益的新阶段。

对于我国来讲, 要全面达到上述 5 点要求将是下一代极轨气象卫星风云三号(FY-3)的任务。FY-1A 和 FY-1B 两颗卫星取得了重要的成果, 但是由于它不具有获取全球定量数据和探测大气的能力, 使其在接收应用局地性资料方面具有很大的局限性。FY-1 C 对 FY-1 前两颗星作了局部改进, 虽然这种改进是在星体结构等技术状态不作大的改动条件下进行的, 然而这种改进在应用上具有非常大的意义。它使我国首次能够直接获取全球定量观测资料, 从而为研究当前世界上的一些热点课题(诸如厄尔尼诺现象、海气相互作用、全球生态环境等等)提供了方便和可能。同时获取 10 个通道的资料, 也使 FY-1 C 比现在的 NOAA 卫星在环境监测方面具有更强的能力。这样, 尽管从总体上讲我国极轨气象卫星的遥感技术与美国还有相当的差距, 然而却具有局部的优势和特色。因此, FY-1 C 的作用和效益会远远超过前两颗星, 同时它又为 FY-3 的发展提供多种技术经验, 起到了过渡的作用。

3 FY-1 C 全球资料在中长期天气预报和气候预测中的应用

中、长期天气预报和气候演变的研究所涉及的是整个地气系统,必须有全球的观测资料,而 FY-1 C 的延时回放资料是我国首次直接获取的准实时全球资料。

首先,应用全球回放资料可以制作出可见光和红外通道的南北半球极地投影拼图和全球中低纬度麦卡托投影拼图,可长期积累这种云图并形成云图动画。这样能形象地反映出全球天气系统及其演变状况,在对全球天气系统演变的认识和天气预报中发挥作用。

从延时回放的全球资料中,通过资料处理可以获得全球定量的气象和环境参数,如海面温度、云参数、射出长波辐射、红外亮温、植被指数、海冰和积雪范围等可作为业务产品,反照率、地表温度、土壤湿度、气溶胶等参数目前作为试验产品。下面,我们再分别讨论几个主要参数的作用。

地球是一个整体,某一个地方发生的气候异常和自然灾害常常从距该地十分遥远的地方的环境状况中反映出来。海温即是影响长期天气过程的一个重要因子,大范围的海温异常不但有局地效应,而且会造成全球大气环流的相应改变。一次厄尔尼诺事件,即太平洋中东部近赤道洋面异常海温上升现象,会导致全球气候异常,造成许多地区的干旱、洪涝和饥荒。海温与台风生成的关系十分密切,据统计:西太平洋的台风 97% 生成于海温高于 27°C , 77% 生成于海温高于 29°C 的洋面上,南海台风生成前 4 h 的海温均高于 27°C 。另外,海温还为台风的“趋暖避冷”移动提供了台风路径预报的依据。我国夏季降水也和海温的异常变化有明显的相关,例如西北太平洋黑潮区(12~2月)海温正距平与长江三角洲(5月)、华北地区(7、8月)降水距平有良好关系;南海(5~7月)海温偏暖,珠江流域(8~10月)降水偏多;孟加拉湾冬

季海温偏暖,云南省夏季降水偏多;而南美西海岸(1~6月)海温与我国东部大部分地区的夏季季风强度呈负相关。这些遥相关现象的发现和研究的,显然对于长期天气预报具有很重要的意义。在 90 年代,深入开展了海气相互作用的研究,其中全球海面温度是一个很关键的参数。

众所周知,制约气候演变的最基本的因素是整个地气系统的辐射平衡。它主要由入射的太阳短波辐射和反射至宇宙空间的太阳短波辐射及地气系统射出的长波辐射 3 部分组成,它们之间的收支净余量是维持和控制大气运动的能源。在这 3 部分中,反射辐射与地表特性和云覆盖等有关,射出长波辐射与地表温度、海面温度、地表特性、大气成分和温度分布、云覆盖等有关。因此,全球反照率和射出长波辐射反映了太阳、大气圈、水圈、岩石圈、生物圈相互作用的复杂过程,这两个参数是研究气候演变的基本参数。

云在地球辐射收支中起着支配作用。地球上约有一半的面积为云所覆盖,云具有反射效应,使入射的太阳辐射反射到空间,从而减少地球接收到的太阳辐射能量。云同时又具有温室效应,它通过吸收和射出红外热辐射,使地表和云层下的大气保温。云的影响不仅取决于云量,而且取决于云的高度和辐射特性,低云和中云主要体现为反射率效应,高云比较复杂,特别是薄卷云,主要体现为温室效应。总的来讲,云的反射率效应超过温室效应。因此,云的存在使地球平均温度明显下降。云对气候的影响也强,例如 CO_2 浓度增加一倍时所造成的辐射增温,需要由低云量增加 10% 或者高云量减少 10% 来抵消;而当其他因素引起气候变化时,云的变化会对这一变化起某种反馈作用。然而要想正确估计这种反馈作用,就必须在大气环流模式中输入准确的云参数。

植被与气候之间的关系也是地球科学中的一个中心议题,以至形成卫星生物气候学。全球植被指数可以充分反映出植被的地理分

布和季节变化, 它也与全球碳循环, 生物的初级生产率以及降水和温度的季节变程有关。

长期以来, 极地海冰和高原、山地积雪一直被认为是影响全球气候演变的一个重要因子, 它在海气热量交换、调整地面反射率以及改变海洋水团性质等方面都有重要作用。这种重要性还在于它具有相当大的时空变化: 北极冰盖 9 月最小, 约为 $8 \times 10^6 \text{ km}^2$, 3 月最大, 约为 $15 \times 10^6 \text{ km}^2$; 南极冰盖 9 月最大, 约为 $20 \times 10^6 \text{ km}^2$, 2 月最小, 约为 $4 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。这种季节变程的年际变化具有特别的意义, 可视为气候变化的潜在前兆。青藏高原冬春季积雪面积与我国东部地区夏季雨带位置及降雨强度有着很好的相关。

从以上不完整的分析可以看出, 由 FY-1 C 全球回放资料反演得到的几种表面特性定量业务产品都是很重要的参数。由于 FY-1 C 采用线性化采样, 处于扫描线两侧数据的分辨率与星下点大致相当, 从而有可能使反演的定量产品的平均精度高于现在 NOAA 卫星 GAC 资料的产品。目前世界上各先进国家, 在中、长期天气预报和气候预测方面都在重点发展数值预报, 7 天左右的中期数值预报已投入业务应用。目前被公认为预报效果最好的欧洲中心中期数值预报模式中, 应用卫星探测的大气温度、湿度垂直廓线资料, 以及卫星云导风、云量、土壤湿度、冰雪等资料, 提高了初始场质量, 改进了预报结果。目前我国在数值预报中应用卫星资料以及四维同化工作正在积极地研究试验, FY-1 C 的气象参数反演结果可以应用于这些研究试验。

4 FY-1 C 资料在自然灾害和环境监测中的应用

目前, 气象卫星资料的应用范围已远远超过通常理解下的气象领域, 它在自然灾害和地球环境的监测中, 显示出极为有效的多种功能。造成这种状况的主要原因是地球环境的诸要素中, 除了地质状况等变化缓慢的要素外, 大多数要素都随时间有较快的变化,

当发生自然灾害时更是如此, 因此大都需要作动态监测。极轨气象卫星具有对生态环境进行动态监测特别有利的条件: 一颗星对地球上任意一个地点一天可以观测两次, 并且扫描辐射计所有通道的星下点分辨率均为 1.1 km , 可以满足空间分辨率要求不十分高的生态环境的动态监测的要求; 它的数据精度高于其他卫星, 适于作可见光和红外通道相结合的多光谱定量处理, 因此其应用领域就变得十分广阔。

从本世纪 80 年代中期我国能够接收处理 NOAA 卫星的定量资料以后, 利用其资料监测自然灾害和生态环境的工作在我国发展得十分迅速。目前应用比较广泛的项目有森林火灾、洪水、干旱、作物长势、渔场、河口泥沙、海冰、积雪、城市热岛的监测和农作物估产等, 还有许多项目处在研究开拓之中。我国 FY-1 C 在这一方面所起的作用和 NOAA 卫星大致相同, 而它的通道数有 10 个, 既包含了 NOAA 卫星的通道, 又基本包含有海洋水色和陆地卫星的通道, 这种组合可以发挥出更大的作用和效益。下面再简要叙述一下这 10 个通道的作用。

通道 1、2 的探测波段分别处于植被反射率的低谷和高峰区, 利用二者的差别构成各种植被指数。植被指数能反映作物、森林、草场的生长情况, 病虫害和作物缺水状况, 遭受洪水、风暴、冰雹等袭击的受灾情况, 并能进行作物估产。通过统计分析, 植被指数也可以估算某些作物的种植面积。这两个通道还可以用作判识水陆边界、河口泥沙、海冰、积雪、沙尘暴等等。

通道 3 处在红外短波窗区, 它对监测地面高温热源, 比如森林和草场的火灾特别有效。尽管视场较大, 然而明火区的面积小于视场的千分之一时仍然可以判别出来。通过通道 3、4 配合还可以大体估算明火区的面积。在白天, 将此通道的辐射测值中包含的太阳光的反射辐射和地表云的热辐射区分开来, 从而可以很清晰地将云与冰雪区判识出来。

通道 4, 5 处于红外长波窗区, 用以测量地表面温度, 这两个通道相结合的目的在于在海面温度反演中作大气削弱订正。地表和海表温度在农业、渔业、洋流、城市热岛、环境污染、地震临震预报等方面有广泛的应用。通过地表温度获取土壤热惯量可估算土壤湿度, 监测干旱。这两个红外通道还可以与可见光通道结合, 判识冰、雪、海雾区以及洋流等等。

通道 6 是一个重要的通道, 它与 TM 的通道 5 的波长范围基本一致。NOAA(K, L, M) 卫星中增加此通道, 将此通道用于白天观测, 代替通道 3。此通道对冰雪的反射率较低, 与其它通道结合有助于冰、雪的判识, 同时此通道对土壤湿度比较敏感, 有助于干旱监测。

FY-1 C 与 NOAA 卫星相比, 所增加的 4 个通道中有 3 个(通道 7~9)的首要目的是作海洋水色测量。海洋水色反映海洋中叶绿素的含量, 用以测量海洋生物的初级生产率, 海洋水色还可以反映海洋浑浊度和海洋污染以及赤潮等情况。其实, 这 3 个通道对陆地环境的监测同样有用, TM 中通道 1、2 和 FY-1 C 的通道 8, 9 的波长范围大体相当, 它和通道 1 组合成蓝、绿、红自然界 3 色通道, 可以反映自然界本身的色彩; 通道 10 主要用于低层水汽探测。

还有一点需要指出, FY-1 C 所作的监测可对全球进行。全球监测的资料来源有两种: 一种是回放的 4 个通道的全球资料, 分辨率是 4 km; 另一种是可置于全球任一地点的局地范围的 10 个通道的原分辨率资料。全球资料的使用可以获取全球生态环境变迁、自然灾害情况、环境污染和作物产量等信息。这些资料不但在科学研究中有重要价值, 而且是重要的经济信息。随着我国参与世界经济活动的广度和深度日益扩展, 这种信息也日益显示出更加重要的作用。

5 FY-1 C 资料在军事、航空、航海气象保障中的应用

现代军事活动的范围已远远超出本国或邻近的局部地区, 而带有全球的性质, 因此不但需要本国的气象资料, 而且需要国外以至全球的气象资料。在战时, 气象资料属于重要的军事情报之一, 必然进行封锁, 气象卫星是及时获取国外气象情报的重要手段。在平时, 需要积累国外有关地区的气象资料, 研究其气象状况。

航空和航海的气象服务涉及安全保障和最佳航线选择两个方面, 利用气流和洋流选择航线, 可以大大缩短行 间和节省燃料。随着我国参与世界经济、政治活动的日益广泛, 这种全球性服务的重要性和效益也日益剧增。飞行员最受欢迎的气象资料是卫星云图, 目前我国也已经开始进行全球气象导航服务工作, 并与外国公司展开竞争。FY-1 C 提供的全球云图和在提高中、长期天气预报的准确率中的作用, 以及通过海面温度等资料对各大洋洋流的分析, 无疑都十分有利于提高这些服务工作的质量和竞争能力。

FY-1 C 不但能够提供全球云图和定量资料, 而且由于采用了线性化资料, 全球中任一地区的云图与美国的 GAC 资料相比都具有更好的分辨率和质量, 因此可以较好地满足这一类需求。

6 FY-1 C 的效益展望

FY-1 C 的效益将是多方面的, 其主要效益也不仅仅在经济效益方面。

首先, FY-1 C 是发展我国极轨气象卫星不可跨越的一个技术阶段。美国从 1960 年发射第一颗气象卫星起至 90 年代末极轨气象卫星技术发展到一个新阶段为止, 不算国防气象卫星, 发射的卫星将达 48 颗星。我国用几颗星走完这一技术发展过程, 应当说是高效率和高效益的。

在当今世界上,人口剧增,生态环境恶化,自然灾害愈加频繁,天气预报、气候变化预测和地球环境演变的研究已成为当代最重要的课题,我国人多耕地少,发展农业是我国的基本国策。因此, FY-1 C 资料在气象和地球科学研究中所起的作用具有深远意义,这种效益是长期的。

从上面几节的阐述可以看到, FY-1 C 的资料在中、长期天气预报、气候预测、自然灾害和生态环境监测、军事、航空和航海等各方面都将有重要的应用效果。这种效益主要体现在社会效益方面,其中的一部分通过间接的方式可以转化为经济效益,但是要估算这种经济效益是很困难的。

首先估算在减轻自然灾害影响方面的效益。本世纪 90 代联合国已在国际上开展“十年减灾”活动,这一活动受到我国的高度重视。由卫星全面监测自然灾害,需要多种卫星的配合,而气象卫星将起主要作用, FY-1 C 在这一领域即将发挥重要作用。

我国是一个自然灾害十分严重的国家,近 40 年平均每年死亡人数达数万人,损失超过 500 亿元。而且随着经济的发展,灾害带来的损失也越来越重。我国的气象灾害以损失程度的排列次序为:干旱、洪涝、台风、冷害、冰雹、雷暴、大风、干热风、雷击火灾等。1998 年我国共有 29 个省、市、自治区遭受洪涝灾害,受灾面积 $2.578 \times 10^7 \text{ hm}^2$,成灾 1585 hm^2 ;受灾人口 2.3 亿,死亡 3030 人,倒房 491.7 万间,经济损失近 2500 亿元。其中长江出现了继 1954 年以来全流域性大洪水,嫩江、松花江出现了百年不遇的大洪水,闽江、西江发生了百年一遇的大洪水。据民政部统计,在一般年份,我国农业受灾面积为 $(4 \sim 4.7) \times 10^7 \text{ hm}^2$,成灾面积 $(2 \sim 2.7) \times 10^7 \text{ hm}^2$,因灾少收粮食 $2 \times 10^{10} \text{ kg}$ 。在出现严重灾害时,一次灾害的损失程度就十分严重,例如,1975 年 8 月河南驻马店地区暴雨,24 小时最大降水达 1065 mm,两座中型水库垮坝,死亡数万人,损失数十亿至上百亿元。每

次台风登陆都会造成数以 10 亿元计的损失,如 1983 年 10 月在莺歌海作业的美国“爪蛙海号”钻井船因台风沉没。1987 年 5 月大兴安岭森林火灾,面积约 $1.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$,损失数十亿。平均年冰雹受灾面积也达几百万公顷,损失十几亿元。而且,不为人们重视的自然缓慢变化造成的灾害常常更为严重,这些灾害有些是人为造成的,如人类活动对气候变化的影响、环境污染、水土流失、土壤沙化、盐碱化、淡水减少等。据有关部门本世纪 90 年代初的统计,我国环境污染对农业生产和人体健康等方面造成的损失每年达 358 亿元,生态破坏所造成的农业资源等方面的损失每年达 499 亿元,仅此两项合计即为 857 亿元。

卫星对陆地和海洋环境监测,每一项都有自己的作用和效益。例如利用卫星遥感监测森林火灾,每年可减少 2000 万元损失。我国每年因生态环境破坏遭受的损失约占国民经济总收入的 5%,若利用遥感信息及时采取措施,可减少 10% 的损失,每年将获得 86 亿元效益。又如 1985 年青岛海洋渔业公司利用卫星遥感寻找外海渔场,捕鱼量比 1984 年增长 4.46 倍,获经济效益 1000 万元。1990 年 1 月,渤海石油钻探指挥部,根据卫星遥感报告的辽东湾海冰可能威胁钻井船安全,果断决定撤离危险区,从而避免了数千万元的损失。另外,近年来河北、河南、山东、北京、天津等省、市,利用卫星遥感技术对粮食生产进行了大规模估产,其中冬小麦估产误差小于 6%,费用不到常规方法的 1%;1985~1987 年河北应用冬小麦估产结果,节约了 600 万元的粮食调运费。

减轻自然灾害的首要条件是对灾害的发生作准确的预报,而且预报的时效愈长则作用愈大, FY-1 C 在长时效天气预报中的作用恰是减灾最为需要的。例如对 1986 年在汕头附近登陆的“8607 号”强台风的成功预报,减少损失达十多亿元。

减灾的另一作用是对已发生的自然灾害状况进行实时监测,这种情报对于抗灾和救

灾具有重要意义。FY-1 C 可在森林和草场火灾、洪涝、干旱、雪暴、风暴、风沙、大面积森林和农作物病虫害等等的灾情监测方面发挥重要作用。例如,1987 年 5 月利用 NOAA 卫星资料监测大兴安岭森林火灾,对指挥扑救工作起了其他资料无法取代的作用。

目前,我国每年自然灾害所造成的损失已在 1000 亿元以上,如果我们对 FY-1 C 所起的作用,以平均减少灾害损失的 5% 来估计,减灾效益每年约为 50 亿元,即使减少 1%,也为 10 亿元。

FY-1 C 在对陆地表面特征的监测中,除对灾情进行监测外,还可进行作物和草场的长势、高原积雪、地表温度、城市热岛监测和进行作物估产等方面的应用。在对海洋表面特性监测中,包括监测海表温度、海洋水色、海冰、海雾、河口泥沙、海洋污染等项,在洋流和渔场测报、海产养殖、海港建设、航运、海洋污染治理、石油钻井平台安全保障等方面也有广泛的应用价值。我国发展远洋捕捞,用 FY-1 C 的全球资料能有效地进行此项工作。目前,环境监测方面的应用工作在我国已经开始,效益十分明显,随着生产的发展,应用项目的开拓和应用的推广,其效益将会不断

增大到十分惊人的程度。

从国外对卫星效益的估算来看,气象卫星的效益历来是名列前茅的,应用效益和卫星费用之比可达一个数量级或更高。国外卫星费用是比较高的,因此 FY-1 C 的经济效益和投资比至少也应具有一个数量级。

7 结束语

FY-1 C 卫星在技术上尚未达到极轨气象卫星的理想状态,仍然处于发展的过渡阶段。它是业务卫星同时又具有试验性质。从以上论述中可以看出,它将会产生十分重大的应用效果。FY-1 C 是军民结合和一星多用的卫星,它的遥感资料不但应用于气象领域,而且可在许多非气象领域中应用。此外,星上还载有环境监测器及其它仪器,应用效益更为广泛。

极轨气象卫星的作用是十分巨大的,然而要使其作用能充分发挥出来,就必须努力发展卫星、遥感、地面资料接收处理和应用技术,对此我们还有相当一段路程,我们认为发展我国极轨气象卫星的关键在于还要不断地提高技术水平。