

# 无线电通信和 气候变化

2020 年版





# 无线电通信和气候变化

## 2020年版

**ISBN:**

978-92-61-31875-8 (纸质版)

978-92-61-31885-7 (电子版)

978-92-61-31895-6 (EPUB版)

978-92-61-31905-2 (MOBI版)

**免责声明:**

本出版物中所用的称号和本出版物中的材料表示方式并不代表国际电联或国际电联秘书处对各国、领土、城市或地区、或其当局的法律地位、或对其边界划分的观点立场。



打印本报告之前，请考虑到环境影响

© ITU 2020

一些保留的权利。该作品通过创作共享署名-非商业-共享3.0 IGO许可 (CC BY-NC-SA 3.0 IGO) 向公众授权。

根据本许可证的条款，如果作品被适当引用，您可以出于非商业目的复制、重新分发和改编作品。在使用该作品时，不应建议国际电联认可任何具体的组织、产品或服务。不允许未经授权使用国际电联的名称或标志。如果您改编作品，那么您必须在相同或等效的创作共用许可下使您的作品获得许可。如果您创作了这部作品的译文，你应该加上下面的免责声明以及建议的引文：“这部译文不是由国际电信联盟 (ITU) 创作的。国际电联对本译文的内容或准确性不承担任何责任。英文原版应为具有约束力的真实版本”。欲了解更多信息，请访问：

访问：<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>。

“气候变化是我们时代的决定性问题—我们正处于决定性时刻。我们面临直接的生存威胁。气候变化正在以比我们更快的速度发展—它的速度已经在我们的世界引发了一场音爆危机。我们知道我们的星球正在发生什么。我们知道我们需要做什么。我们甚至知道怎么做。如果我们能够应对气候挑战，人类将获得巨大的利益。这些好处很多都是经济上的。我们每不作为的一天，就是我们越来越接近无人想要的命运的一天，这种命运将代代相传，对人类和地球上的生命造成损害。我们的命运掌握在我们手中。这个世界正指望我们所有人在为时已晚之前迎接挑战。”

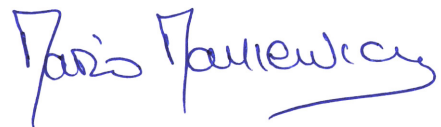
联合国秘书长  
安东尼奥·古特雷斯

“从人工智能到物联网和5G等前沿技术的出现推动了一场席卷全球的数字革命。无论我们是在应对海平面上升、生物多样性丧失、水资源短缺、空气质量还是粮食安全问题上，这些技术在解决气候危机的根源和已经造成的破坏性影响方面都具有巨大潜力。”

国际电联秘书长  
赵厚麟

## 前言

气候变化及对地球自然资源的不断开发引发了各种环境问题，需要国际社会采取行动。如果人类要做出有效的应对，则许多解决方案都必须从全球环境监测获得信息，其中也包括利用空间资产。准确的天气预测需要从最佳的大气现状的可能评估开始，因此，气象学家拥有陆地和海洋上空地球大气活动的实时和准确的全球观测至关重要，而且为了实现这一目标，他们需要依赖空间感应（技术）。当今，卫星数据是天气预测模型和预测系统使用的、有助于做出公共和私营决策的安全预警和其他信息所不可或缺的输入数据。



国际电联无线电通信局主任  
马里奥·马尼维奇

前言.....	4
图和表列表.....	vi
引言.....	7
<b>1 支持了解、评估和减轻气候变化影响的无线电通信系统和应用.....</b>	<b>1</b>
对地球大气和表面的卫星观测.....	3
冰盾.....	7
海洋.....	9
海面温度和平均海面上升.....	9
土壤湿度和海洋盐度.....	10
生物圈.....	10
气象雷达.....	11
风廓线雷达.....	12
海洋雷达.....	13
太阳无线电监测.....	14
气象辅助.....	16
移动系统.....	19
<b>2 ITU-R研究组活动.....</b>	<b>22</b>
<b>3 最近世界无线电通信大会的成果.....</b>	<b>24</b>
2019年世界无线电通信大会（WRC-19）.....	24
2015年世界无线电通信大会（WRC-15）.....	25
往届世界无线电通信大会.....	25
<b>4 结论.....</b>	<b>27</b>

## 图和表列表

### 图目录

图1: 南极洲西部拉森B冰架的倒塌, 2 000平方公里的冰架在仅仅2个月内就瓦解了 .....	8
图2: 显示植被季节性变化的来自MODIS的绿叶指数.....	11
图3: 台风的降雨量分布.....	12
图4: 美国、太平洋岛屿和加勒比区域现有的和提议的海洋雷达站 .....	14
图5: 从卫星和地面看到的太阳活动.....	15
图6: 无线电探空仪的发射.....	17
图7: 两个小时雷电探测输出举例.....	19
图8: 家庭能量消耗的可视化.....	21
图9: 办公室空调的远程控制.....	21
图示: 全球综合观地球测系统的概念体系结构 (GEOSS) .....	28
地球可见夜光 .....	28

### 表目录

表1: 地球观测系统的类型.....	2
表2: 分配给EESS (有源的) 的频段以及与雷达类型相关的必需带宽.....	5
表3: 由卫星提供的基本气候变量.....	6
表4: 内部正在进行的与气候变化有关的研究范畴.....	23



对自然和环境灾难的及时告警，准确的气候预测以及对稀缺资源例如生物量、生物圈、矿产资源、水和能量的详细了解、保护和有效管理是可持续经济发展的必然要求，关于气候、气候变化、天气、降水、污染或灾难的信息是对国际社会至关重要的日常事项，监测活动提供了日常天气预报和预测、气候变化研究、环境保护、经济发展（运输、能量、农业、建筑物建设、城市发展、公用设施部署、农业、安全）、生命和财产安全所需要的这类信息，地球预测还能用于获取关于自然资源的相应数据，这对于发展中国家尤为重要。重要的是不要忘记这类信息是以测量数据为基础，或者是由无线电通信系统采集、提供和分发的。无线电系统是监测气候、帮助国家缓解和适应气候变化的影响以及处理它的主要挑战的基础。

国际电联无线电通信部门（ITU-R）在无线电通信系统的全球发展，处理所有相关适合技术、运营和管理的方面起着非常重要的作用，特别地，国际电联已经给ITU-R分配了三个主要战略目标：

- 确保所有无线电通信业务能合理、公平、有效和经济地使用无线电频谱和卫星轨道，这是国际电联世界无线电通信大会的任务，该大会每三至四年召开一次，在会上国际电联成员国决定更新无线电规则和国际条约，该条约包含在使用无线电频谱时应遵守的管理规定；
- 确保无线电通信系统包括空间系统能不受干扰地运行，这是国际电联成员国的任务，通过应用由国际电联无线电通信局管理的无线电规则中的规程来完成此任务；
- 制定建议书、报告和手册以确保运行无线电通信系统必需的性能和质量，这是ITU-R研究组的任务。

ITU-R为所有无线电通信系统的发展提供了生命力，它的工作对于任何无线电应用完全成功地运行极为重要，联合国秘书长潘基文先生在拜访国际电联总部期间（2007年6月），评价说在气候变化方面，国际电联是最重要的利益攸关方之一。



# 1

## 支持了解、评估和减轻气候变化影响的无线电通信系统和应用

通过卫星或者地面无线电系统监测环境对于了解使地球成为一个赖以生存的世界、但也可能会威胁生命的巨大力量是不可或缺的。从空间看地质的特性十分清楚，以精确度为厘米测量得到的海洋地形甚至模拟了海底的地势，揭示了海沟和火山岩范围。采集的数据可帮助我们了解大气的动态及其与海洋、大陆块之间的交互，因而对于建立预报天气时每天使用的预测模型是必不可少的，气候方面的长期影响只能依靠太空有源或者无源的传感器测量浪高、水温、盐度、臭氧浓度等各种捕捉我们环境状态的数据来了解，表1列举了地球观测系统所使用的不同类型的无线电应用。

**表1：地球观测系统的类型**

无源应用		卫星远程无源传感器
		地基无源传感器
有源应用	地基雷达	天气雷达、风廓线雷达和海洋雷达
	气象辅助	无线电探空仪
	地对空数据传输频段	地球探测和气象卫星
	对地数据传输频段	地球探测和气象卫星
	空基雷达	卫星远程有源传感器（高度计、散射仪、合成孔径雷达、降水雷达和云廓线雷达）

欧洲联盟无线电频谱策略组（RSPG）在其关于“科学使用无线电频谱的协调欧洲联盟频谱方法”（2006年10月25日）的报告和意见书中特别强调：

“这种社会价值绝大部分无法用经济方式衡量，因为它们涉及防止大量的人类生命损失以及危及社会政治稳定和安全的威胁。频谱的科学使用亦对许多经济领域有着直接影响，这可以通过能源、交通运输、农业、通信、医学等领域内的技术和经济发展的派生成果来进行估算。”

来自遥感卫星的信息对经济的长期影响是巨大的，不仅在食品和其它农作物生产方面，而且在依靠当地天气和气候长期稳定性的企业和工业的经营方面。文化、航运和陆运能够直接从及时防备不良天气情况中获得好处和救助。

## 对地球大气和表面的卫星观测

卫星提供了监测整个地球环境包括陆地、海洋和大气的，即使不是唯一的、也是最经济的方法，卫星独一无二的的能力包括非介入式和统一地（通过使用相同的仪器）的大范围观测，能够快速瞄准地球上任何地点包括遥远和荒凉的地方，并且能够长时间地延续一系列的观测。依靠这些能力，地球探测卫星业务给社会包括非赢利的和商业部门带来了许多好处。

卫星是从一个单独的、统一的视角提供我们星球当前状态快照的最佳手段，没有一个单独的装备有仪器的航天器能够提供一张完整的照片，然而，当前协同工作并且相互之间共享数据的一队航天器能够为我们提供所能得到的关于全球情况的最好的评估。

这些数据有两个用途：

- 为观测和测量气候变化及其对地球的影响提供化一条基线；以及
- 给气候模型提供科学合理的输入。

气候科学已经依靠卫星观测取得了惊人的进步，1959年到1961年随探测器7飞行的辐射计使得直接测量进入和离开地球的能量成为可能，这项任务以及后续任务使科学家能够以相对于早期间接估计的更大的置信度来测量地球的能量平衡，从而改进气候模型。随着辐射计得到改进，这些测量可达到直接观测与短期事件例如主要火山爆发有关的地球整体能量收支摄动所必需的精确度、空间分辨率和全球覆盖。这些辐射计能直接测量从赤道到极地通过气候系统的热传输，大气痕量气体的温室效应，以及云对地球能量收支的影响。这些观测已经促进了我们对气候系统和改进气候模型的理解。

对地球表面和大气的空载传感（有源的和无源的）在气象运行和研究方面，特别是缓解天气和气候相关灾难的影响，以及了解、监测和预测气候变化及其影响方面起着必不可少的且日益重要的作用。

近年来在天气和气候分析及预报方面取得的重大进步，包括对影响全体人群和经济的危险天气现象（大雨、风暴和龙卷风）的告警，在很大程度上可归因于空载观测以及将观测数据吸收到数值模型中。

用于气象应用的空载无源传感运行在国际电联分配给地球探测卫星（无源的）和卫星气象业务的频段上，无源传感需要测量通常功率电平极低的自然出现的辐射，此辐射包含关于被研究物理过程的必要信息。对地球表面和大气的空载无源传感对于气象运行和研究日趋重要，它还有助于了解、监测和预测气候变化及其影响。气象系统还用于监测气候和环境的变化，人类面临着大量需要仔细研究和分析的环境现象，气象系统收集长期的测量数据以支持关于气候和环境变化的研究。

由于观测到的发射电平很低，几乎相当于热噪声，大气衰减能对它们产生巨大的影响，特别是由于大气中氧和水蒸汽对无线电波能量的吸收，如同吸收地球大气自身发射的能量一样。在这种情况下，为无源传感器选择合适的频率是获得所要求测量质量的关键，因为远不是所有的频率都适合于观测。因此，例如，频率在1.4 GHz左右的测量能够提供关于盐度的最精确的信息，6 GHz频带最适合测量海水温度，24 GHz适合测量水蒸汽，36 GHz以上频率适合测量水云。于是很清楚的是，有源业务与无源传感器共用频率实际上是不可行的。在这种情况下，无线电规则确定了一系列禁止发射的频段。这些

频段包括：1 400-1 427 MHz、2 690-2 700 MHz、10.68-10.7 GHz、15.35-15.4 GHz、23.6-24 GHz、31.3-31.5 GHz、31.5-31.8 GHz、48.94-49.04 GHz、50.2-50.4 GHz、52.6-54.25 GHz、86-92 GHz、100-102 GHz、109.5-111.8 GHz、114.25-116 GHz、148.5-151.5 GHz、164-167 GHz、182-185 GHz、190-191.8 GHz、200-209 GHz、226-231.5 GHz 和250-252 GHz。

对气象和气候过程的空载有源传感，具体地，由高度计实现对海洋和冰的研究，由散射计或者降雨和云雷达实现对海面风的研究，空载有源传感提供了关于海洋和陆地表面状态以及大气现象的重要信息。卫星地球探测业务（EESS）卫星能通过提供真实的全球输入数据，支持长期的气候建模。虽然卫星观测在气候的时间量程内是短期的，但是它们提供了许多基本的气候变量，其中一些主要依靠卫星观测，而其它一些得到了卫星观测的支持和增强，计算机模型能导出气候变化发展最可能的情况，因此，这些无源和有源传感测量数据是制定关于全球气候变化的国家和全球策略所需要的气候情况必不可少的背景信息。

EESS有源系统的基本工作原理是卫星电波照射被研究的对象或者表面，捕获反射信号，此反射信号能够被处理并用作分析各种特性或现象的信源。有源传感器与无源传感器相比，会呈现出某些优势，在于它们能对若干波动的陆地/海水/大气参数（例如植被湿度和云高）显示出独一无二的灵敏度，此外，例如，采用有源传感有可能穿透表面和植被，能工作在任何天气和任何时间，获得高的空间分辨率，可以通过变化照射的角度来提高测量的质量，工作在较宽的频谱范围而不依靠窄带现象的发射。由于有用信号要两次穿过大气，会经历两次衰减和散射，在规划EESS系统时选择最佳的频段非常重要，按照无线电规则分配给EESS（有源的）的频段列表以及与雷达类型相关的必需频带如表2所示。

**表2：分配给EESS（有源的）的频段以及与雷达类型相关的必需带宽**

按照无线电规则第5条分配的频段	必需的带宽				
	散射计	高度计	合成孔径雷达	降水雷达	云廓线雷达
432-438 MHz			6 MHz		
1 215-1 300 MHz	5-500 kHz		20-85 MHz		
3 100-3 300 MHz		200 MHz	20-200 MHz		
5 250-5 570 MHz	5-500 kHz	320 MHz	20-320 MHz		
8 550-8 650 MHz	5-500 kHz	100 MHz	20-100 MHz		
9 300-9 900 MHz	5-500 kHz	300 MHz	20-600 MHz		
13.25-13.75 GHz	5-500 kHz	500 MHz		0.6-14 MHz	
17.2-17.3 GHz	5-500 kHz			0.6-14 MHz	
24.05-24.25 GHz				0.6-14 MHz	
35.5-36 GHz	5-500 kHz	500 MHz		0.6-14 MHz	
78-79 GHz					0.3-10 MHz
94-94.1 GHz					0.3-10 MHz
133.5-134 GHz					0.3-10 MHz
237.9-238 GHz					0.3-10 MHz

天气监测和预测是地球观测领域运行最先进的学科。数十年来，卫星观测已经提供了改进天气预报的关键数据，包括跟踪云的运动提供温度和湿度剖面，将其输入到越来越精确的基于计算机的天气预报模型中。改进天气预报的影响涵盖了许多人类的活动，例如农业、运输、用水管理、公共卫生、建筑、旅游/娱乐、能源等等。EESS卫星能通过提供真实的全球输入数据支持长期的气候建模。虽然卫星观测在气候的时间量程内是短期的，但它们提供了一些基本的气候变量，其中一些主要依赖于卫星观测，而其它一些得到了卫星观测的支持或增强（见表3），此外，EESS卫星还能用于监测气候变化发生时对全球的影响，这些影响包括对海平面和冰川冰及其在形成季节变化的长期监测。

**表3：由卫星提供的基本气候变量**

	大气变量	海洋变量	陆地变量
依靠的	表面降水	海面温度	湖面
	高层空气地球辐射收支	海面	积雪
	高层空气温度	海况	冰川和冰冠
	高层空气的风速和方向	海冰	反照率
	高层空气水蒸汽	海洋颜色（生物学）	土地覆盖（包括植被类型）
	高层空气云特性	表面下的盐度	土壤湿度
	二氧化碳		叶面积指数
	臭氧		生物量
	气溶胶特性		火灾扰动
			部分吸收的光合成有辐射
支持的	表面空气温度	表面盐度	河量
	表面空气压力	表层流	水的利用
	表面辐射收支	表面二氧化碳分压力	地下水
	表面风速和方向	表面下的温度	永久冻土/季节性冻土
	表面水蒸汽	次表层流	
	甲烷	表面下的养分	
	其它长存的导致温室效应气体	表面下的碳	
		表面下的海洋示踪物	
		表面下的浮游植物	



## 冰盾

气候变化和严寒区（冰冻区）研究的一个中心问题是气候变暖将如何影响冰原，这很重要是因为大陆冰和融化水进入海洋的数量对海平面变化的影响很大，在卫星出现之前，极地数据仅限于在适宜的季节期间当地采集的数据，采用星载的无线电设备已经证实极地地区以及一些在冬季黑暗时间会延长的地区特别有用，黑暗期间会阻碍可见光谱内的观测。合成的卫星视图，特别是来自装备有无线电传感器的卫星的视图，已经提高了极地数据覆盖率几个数量级，访问不再受到季节的限制。

在卫星出现之前，假设南极大陆冰原和格陵兰岛冰原的质量平衡受控于冰融化和堆积速率之间的差异，并且假定冰流入海洋的速率是一个常数，而卫星雷达图像显示：

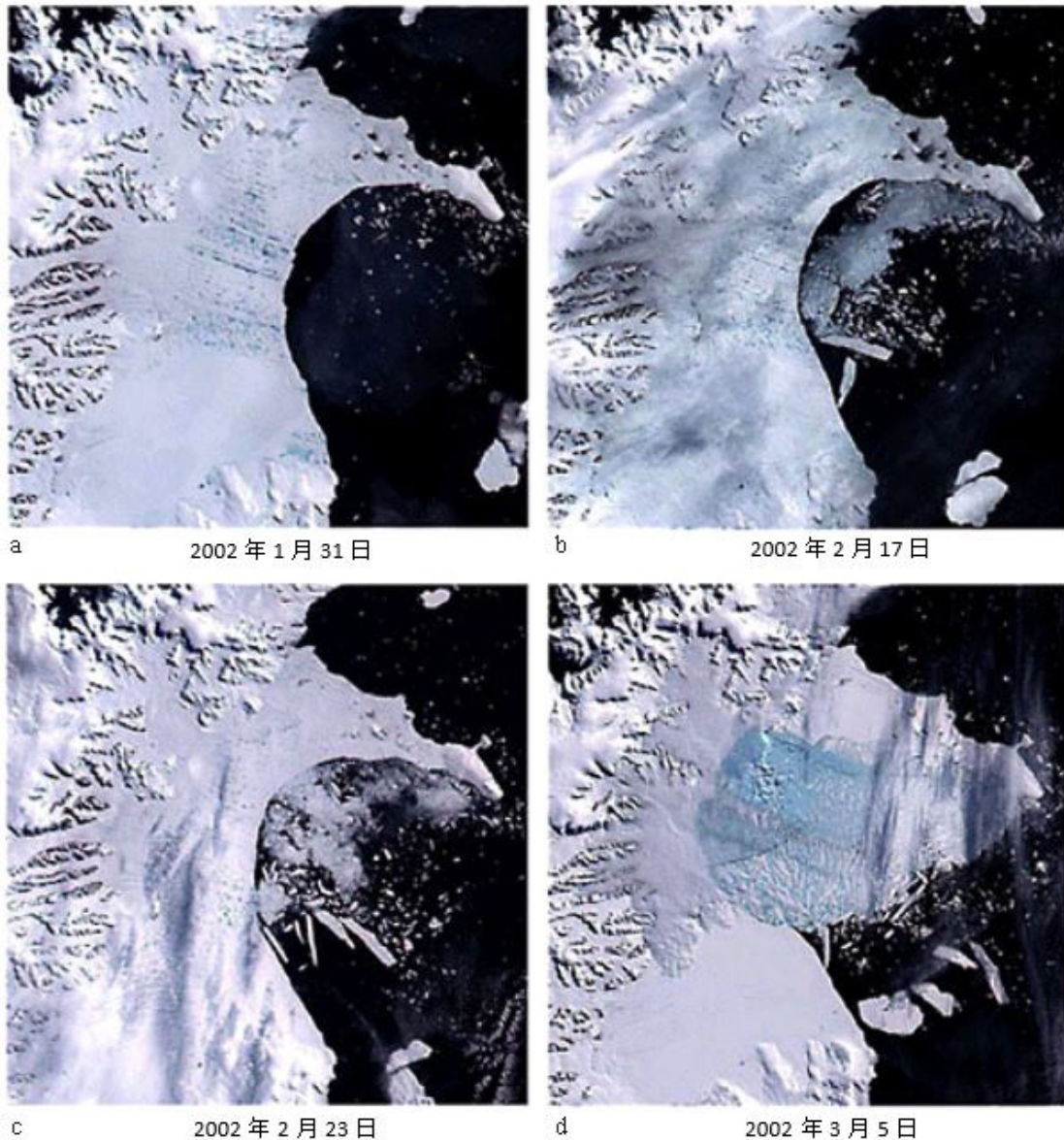
- 冰原流动的速度是高度变化的；
- 存在复杂的冰流网络；
- 冰流向海流动的速度已经随着气候的变化显著地提高。

气候变化/全球变暖的一个迹象是冰原流（包括冰川和海冰）的后退而不是推进，世界范围内冰川状态研究显示从19世纪70年代末开始冰川普遍后退，从19世纪80年代末开始后退有一个明显的加速，遥感用于记录冰川范围（冰川的大小）的变化以及均衡线的位置（冰川中冬季堆积被夏季融化相抵的地方的高度）。从1972年开始，卫星已经提供了冰川范围的光学图像，目前合成孔径雷达（SAR）用于研究冰川雪堆积和冰融化的区域以确定气候的强制力，激光高度测量术也用于测量冰川高度的变化。

由于冰川会对过去和当前的气候变化做出反应，一份完整的全球冰川清单正在制定之中，用来跟踪冰川当前的范围以及世界冰川的变化率，“来自空间的全球陆地冰测量”项目正在使用来自ASTER和地球探测卫星增强型专题绘图仪的数据，来编制全世界大约160 000个冰川的清单，这些测量数据和最后得出的趋势分析是气候变化的重要指示，举例说明了长期数据集对于了解复杂气候系统的价值和重要性。

采用空载设备包括有源的和无源的，能够很容易地监测冰原，已经从空中观测到了南极洲中主要冰原（例如拉森B冰架）的分裂，这些分裂即便不是归因于全球变暖，也是已经被全球变暖所加速。2002年南极洲拉森B冰架倒塌—能被捕捉到只是因为卫星成像的频繁覆盖—生动地说明了冰原在非常惊人的短时间内的动态（图1）。这些发现传递着重要的推断：冰从陆地冰原向大海的快速转移将导致海平面的显著上升。

图1：南极洲西部拉森B冰架的倒塌，2 000平方公里的冰架在仅仅2个月内就瓦解了



气候变化-01

来源：《空间的地球观测：科学成就的最初50年》，第3页，2008年，可从以下网址[www.nap.edu/catalog/11991.html](http://www.nap.edu/catalog/11991.html)下载。

了解冰原、海冰、冰冠和冰川发生的变化对于了解全球气候变化以及预测它的影响很重要，特别地，“正在缩小的冰原”及其对海平面上升的作用被**科学**杂志评为2006年第三个最重要的“年度突破”。假设预测到气候变化以及相关联的海平面上升，将来拥有的全球卫星极地覆盖将会提供任何其它观测系统所不能满足的至关重要的社会需求。

## 海洋

海洋覆盖了全球表面的大约71%，在某些方面对气候系统起着关键作用，它们还是气候变化极好的指示器，例如，测量海平面揭示了关于全球变暖的重大线索。

天气、气候和环境的变化给人类提出了严峻的挑战，迎接这些挑战需要进一步改进天气预报，特别是中期到长期的预测。如果能对未来几天、未来几个月—或者即将到来的季节将要发生的天气有一个清晰的描述，人类和工业能够对易变的天气样式做更好的准备，迎接这些挑战还意味着要更好地了解引起如太平洋上的厄尔尼诺和拉尼娜、危险飓风和台风、海平面异常上升这类现象的全球气候因素。

了解改变天气样式背后力量的关键只能是通过测绘全世界海洋表面状况中的变量，并使用采集的数据开发并运行功能强大的关于海洋行为的模型。通过结合海洋的和大气模型，我们能够提供需要的短期和长期基础上的准确预报。为了充分考虑海洋中等规模（中程）的动态，需要将海洋模型和大气模型结合起来，海洋模型和大气模型的结合对于两星期以上的天气预报很重要。海洋还是气候变化过程的重要部分之一，全世界海平面上升被公认为是潜在的全球变暖的最具破坏性的后果之一。

## 海面温度和平均海面上升

长期记录海面温度（SST）对于气候科学作用很大，目前还可以采用无源微波仪器测量SST，SST是全球气候变化的最重要的指示器之一，也是气候建模必不可少的一个参数。

SST记录揭示了海洋在区域和全球气候变动中的作用，显示了关于海流的重要细节，地球系统总热量的80%以上存储在海洋中，海流将这种热量重新分配到全球，对SST记录的趋势分析有助于提高对热带地区重要气候大气反馈的了解，此反馈也是造成太平洋厄尔尼诺南部振荡（ENSO）事件的原因。对海面风、海面高度和海面温度的卫星观测增进了对ENSO的认知，这对区域性气候和天气预测有着深远的影响。此外，飓风的强度已经与海面温度联系在一起，因此，对海面温度和飓风的了解已经受益于使用卫星数据的研究。

此外，SST是联系海洋和大气的中枢，是两者之间热量和蒸汽交换的控制因素，对SST的趋势分析提供了全球变暖和热带地区重要气候大气反馈的证据，此反馈也是造成ENSO事件的原因，这些SST观测值与原位直到3 000m深度海洋的垂直温度测量值相结合，为检测海洋中人为的全球变暖提供了证据。

了解SST和输入到海洋表面人为热量的增加还有量化和预测海面升高的重要衍生结果，平均海面升高应作全球变暖的一种征兆，监测海面是高度测量术的一种应用，也是21世纪环境科学的主要问题之一。

将气候的自然变化与全球变暖的影响区分开来是非常困难的事，由卫星观测值获得平均海面的测量数据已经十五年了，这些观测是连贯的，并且已经形成了卫星观测值的一个精确时间序列，然而，这样一段时间仍比较短暂。除此之外，必须要指出人类产生的摄动会被叠加到自然气候的变化上。因此，气候变化信号只有当它大于背景的自然变化时才能被检测到，检测全球气候变化比监测区域影响要费力得多。部分观测到的海平

面上升是由于水温升高，然而，平均海面上升只是情况的一部分，海面上升决不是均匀的，在某些海洋区域，海面已经上升了（有些地方一年上升达20mm），而在其它区域海面已经下降了相当的数量，主要关心的是上升的海面可能会淹没全世界的沿海地区，可能会彻底浸没地势较低的岛屿，虽然估计这种影响要经过相当长的时间（数十年到数世纪）才会显现，但从卫星观测得到的地形能够帮助确定哪些地区容易遭到破坏。

海面温度测量值不仅揭示了关于海洋环流（例如海湾流）的重要信息，而且通过提供关于输入到海洋热量的详细信息促进了气候的研究。对海洋颜色的观测结合SST测量导致了有关海洋中物理-生物耦合的新发现，以及关于海洋在碳循环中作用的重要推论。

卫星观测提供了评估和监测海洋生物量作为碳池作用的唯一手段，特别地，生物的碳摄取是否会随着气候变化发生改变这一基本问题只能采用卫星测量来解决，它不仅需要测量海洋颜色（浮游植物生物量和生产率），而且需要同时对物理海洋环境（循环和混合）、陆地-海洋交换（通过河流和潮汐的湿地）和其它因素例如风、潮汐和输入到海洋上部的太阳能量进行基于空间的观测。物理、化学环境和海洋生物学之间可观测的关联是空间观测的一项重大成就。

## 土壤湿度和海洋盐度

地下水的蒸发、渗透和补给通常会在不饱和的渗流区出现，该区从地面顶部延伸到地下水水面，植被吸取水分的植被根区在渗流区的范围内，是植被和水文系统之间的分界面，植被中可用水的数量控制着植物蒸腾和光合作用，进而控制着二氧化碳埋存。渗流区中水的数量还直接与土壤在雨后形成排水的能力有关，在气象学和水文学中采用的土壤-植被-大气转移（SVAT）体制用于描述地表基本的蒸发过程，以及在植被蒸腾、排水、地表流和土壤水分含量之间水的分配。渗流区中水数量的实际初始值必须提供给SVAT模型。

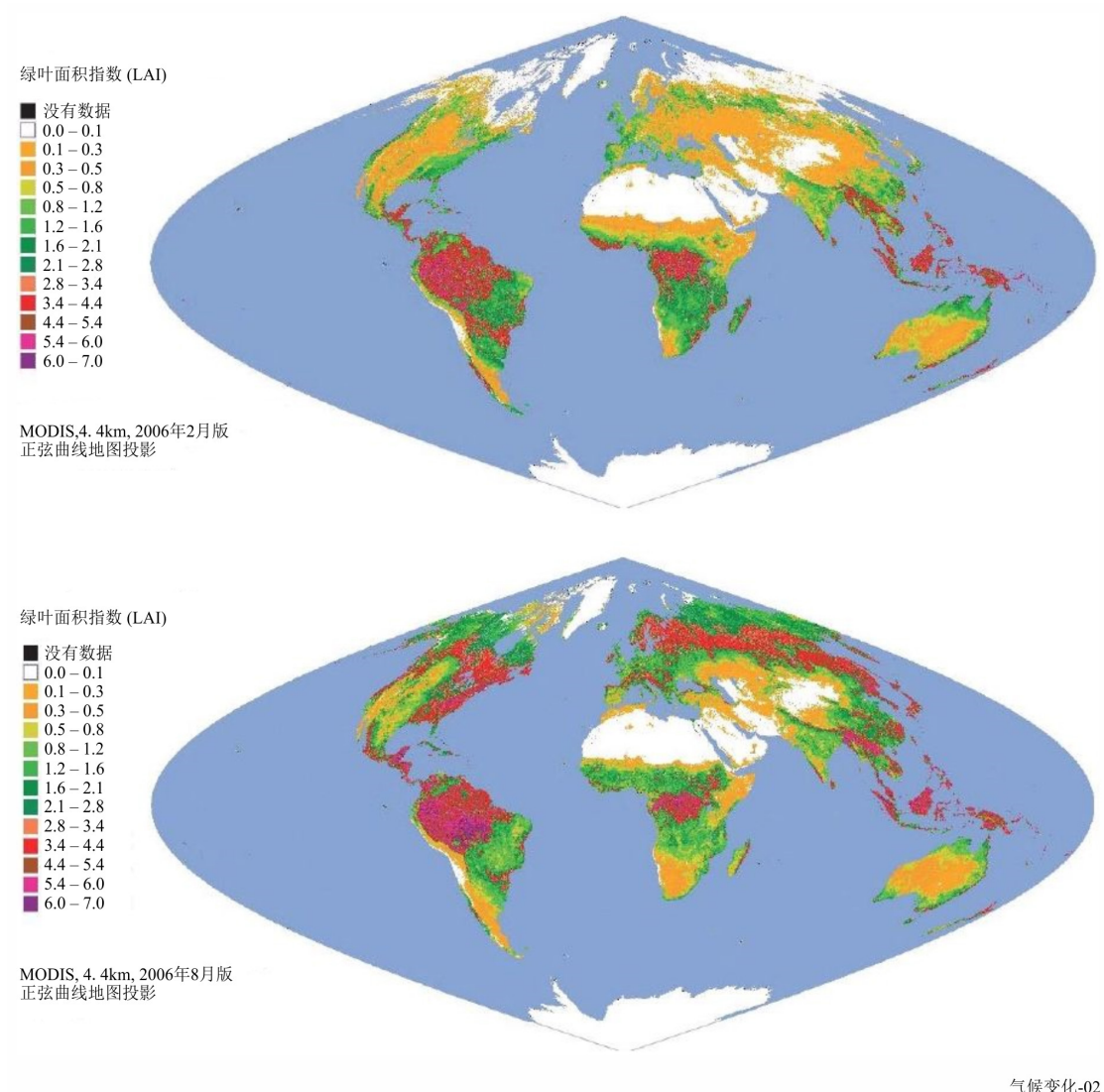
在处理裸露的土壤或者植被覆盖稀少的土壤的时候，可以由表面土壤湿度时间序列来计算蒸发率和径流。对于植被覆盖的地表，必须考虑植被的含水量（植被光学深度），植被光学深度本身可能对于监测植被动态就非常有用。

了解全球海洋中盐的分布（盐度）及其每年和年际的变化，对于理解海洋在气候系统中的作用十分重要，盐度是决定海洋密度的基础，进而决定着热盐环流。海洋盐度还与海洋碳循环有关，原因是海洋盐度在建立化学平衡中起着部分作用，而化学平衡控制着二氧化碳的摄取和释放，因此，将海面盐度测量吸收到全球海洋生物地球化学模型应该能改进对于海洋吸收二氧化碳的评估。

## 生物圈

对地球植被动态的卫星监测对于了解全球生态系统的机能及其对气候变动和气候变化的反应不可或缺，这种观测（图2）已经通过扩展到生物物理测量变得更加精确。

图2：显示植被季节性变化的来自MODIS的绿叶指数



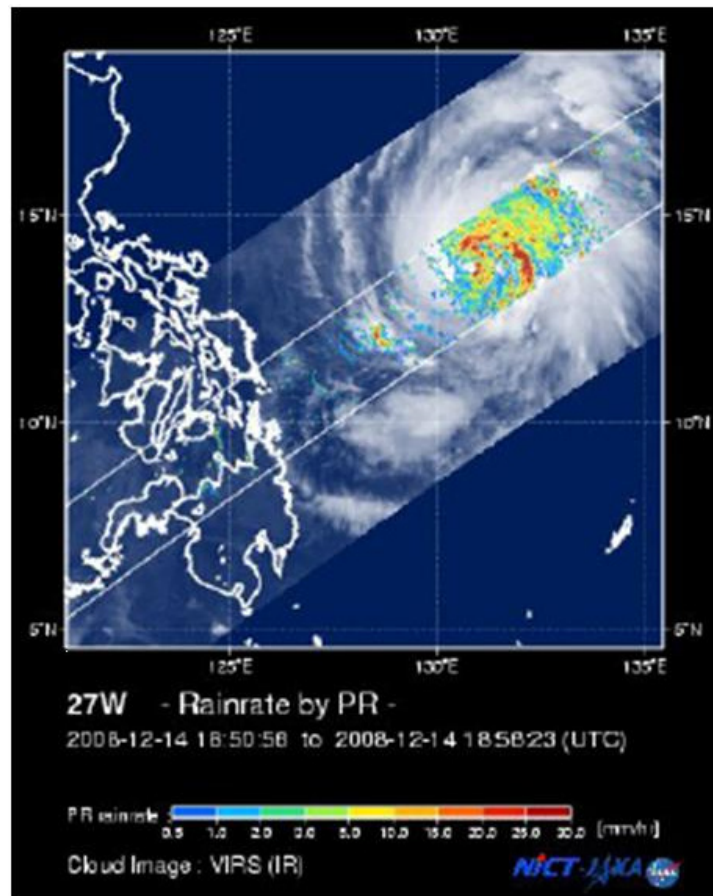
来源：《空间的地球观测：科学成就的最初50年》，第75页，2008年，可从网址<http://www.nap.edu/catalog/11991.html>下载

## 气象雷达

气象雷达用于在例行预报、极端天气检测、风和降水检测、降水量估计、飞机积冰情况检测、航空避免极端天气时检测大气的情况。气象雷达发射水平极化的脉冲，该脉冲能够测量云（水云和冰云）和降水（雪、冰丸、雹和雨粒）的水平尺寸。

测定偏振的雷达也称作双极化雷达，同时发射水平和垂直极化的脉冲，这些雷达在降雨量估计、降水分类、数据质量和天气危险性检测方面提供了超过非偏振测定系统的明显改进。使用雷达进行测量的例子如图3所示。

图3：台风的降雨量分布



EESS.4-13

《无线电规则》在频率分配表中包含了三个用于气象雷达的具体参考频率，这三个参考频率包含在与频段2 700-2 900 MHz、5 600-5 650 MHz和9 300-9 500 MHz有关的脚注中。

## 风廓线雷达

目前天气预报的发展需要频繁的、密集的和提高了精度的高质量的从地表附近到大气高层的风的数据，主要依托气球承载仪器、卫星测量和自动化飞机报告系统的风的数据不足以满足日益增长的高分辨率大气计算机模型以及那些人机交互预报系统的需要，如果高分辨率的风的数据没有大幅度地增加，随后的这个十年正在部署的旨在改进天气预报和极端天气告警的这些新模型和交互系统的能力将会受到大大的限制。

产生三到十天预报的全球大气数值模型需要来自全球广大区域的高空数据，特别是在偏远地区，无人值守的风廓线雷达能够提供一种从数据稀少的地区获得这些模型所必需的高空数据的手段。覆盖一块陆地或者一个更小区域3到48小时预报的数值模型需要一个很大的垂直范围内的大气数据，典型地从200m到18km，与应用相关的垂直分辨率大约为250m，当前需要的时间分辨率是每小时提供一次数据。

对于非常短期的天气预报、空气污染监测、风场分析、化学或核事故产生的有毒烟流轨迹预测、航空极端天气告警、气象观测、机场运营和公众防护，气象工作者需要具有很高时间和空间分辨率、主要在低层大气的风的信息，其要求是在地面和5km大气之间连续不断地采集数据，且具有要求的分辨率，分辨率有时 would 达到30m。测量通常会在居住区内进行。

风廓线雷达还在实验大气研究中起着重要的作用，它们的以高时间和空间分辨率测量风的能力使其非常适合于模型的实验验证，边界层研究以及研究对于了解大气包括气候进展很重要的过程。

目前气象组织使用气球承载系统测量从地面到大气高层的风、温度和湿度的剖面，虽然当前的风廓线雷达从操作上不能测量所有这些参数，但与能够满足上述要求的基于气球的系统相比，它们具有几个优点：

- 它们能够几乎不间断地对风进行取样；
- 能几乎直接在地点上方对风进行测量；
- 能够测量垂直的气流速度；
- 它们能以更加及时的方式提供计算导出字段所需要的时间和空间密度探测；
- 每次观测的费用更低；
- 它们几乎能在所有天气情况下无人值守地运行。

此外，已经得到证实当风廓线雷达与无线电声学探测系统一起使用时，能够适合测量温度剖面，这表明有可能获得比当前测量技术例如气球跟踪更密集的和质量更高的温度剖面，在不久将来，没有其它的测量技术能够呈现出可以比拟的优势，包括星载传感器。

世界无线电通信大会开展的风廓线雷达工作频率全球协调和频谱标识最为重要，这使得能够节约成本地开发和利用风廓线雷达，实际上，系统在三个频段上建立，即50 MHz、400 MHz和1 000 MHz左右。

## 海洋雷达

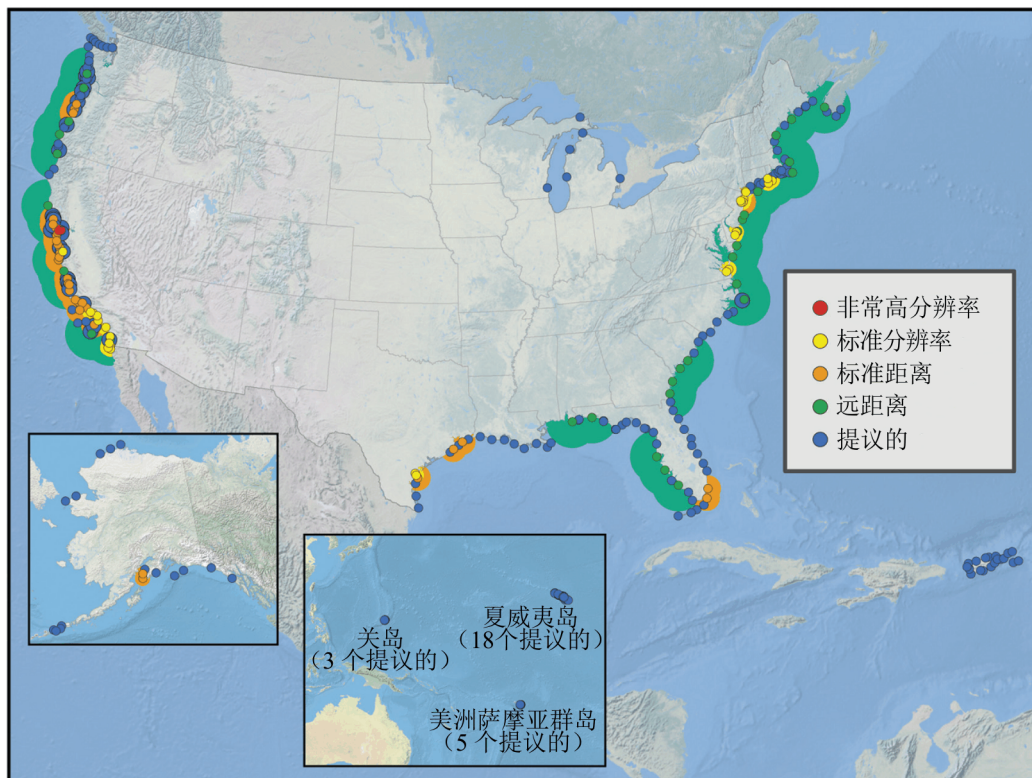
世界上大部分人口都生活在海岸线50公里以内，这就提升了对于准确、可靠和详细测量沿海环境变化的需要，就像大气中的风提供了关于天气系统在哪里和在什么时间出现的信息一样，海流决定了海洋事件的运动，这两个动态流还可用于确定人为的或自然的污染物将要经过的地方。目前，海流测量数据不像风测量数据一样容易得到。

出于这个原因，对于准确测量沿海水域中水流和波浪的能力引起了越来越多的关注，全球海洋学界正在计划实现沿海海面监测雷达网络，改进沿海水流和海况的测量对社会的益处，包括更好地了解诸如沿海污染、渔业管理、搜救、海岸侵蚀、海上导航和沉积物运输之类的问题。对海面的沿海雷达测量可通过收集海况和主要海洋波浪的数据提供对气象业务的支持。

此外，海洋雷达技术已经通过实现远距离探测水面船只，在全球海上区域感知方面得到了应用，这将有益于全球船运和港口的安全和保护，为了缓解灾难包括海啸的影响，了解气候变化，以及确保安全的海上旅行，对另外数据的需求已经导致考虑在操作上使用全球基础上的气象雷达网络。

到2009年为止，共有143个气象雷达不均匀地分布在整個美国沿海地区（这个总数包括当前没有正常运行的雷达），在美国，几乎所有的气象雷达系统都隶属于并由大学研究部门运营，美国、太平洋岛屿和加勒比海地区现有的和提议的气象雷达站如图4所示。

图4：美国、太平洋岛屿和加勒比区域现有的和提议的海洋雷达站



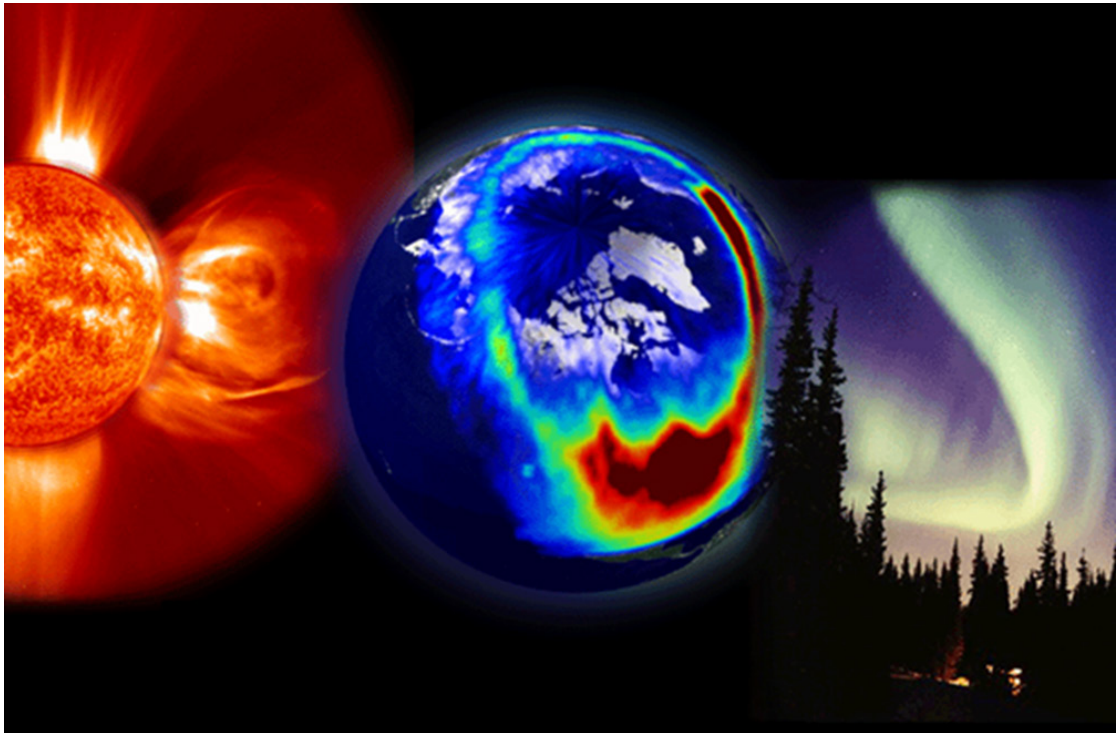
气候变化-04

## 太阳无线电监测

我们对太阳行为敏感度的逐步增加已经导致发展了一门叫做“空间天气”的新学科，空间天气与更为熟知的接近于地面的对应学科一样，研究的是近地球的空间正在变化的情况。然而，空间天气科学家不是研究风和雨，而是测量电磁辐射和太阳等离子体的行为（图5）。



图5：从卫星和地面看到的太阳活动



来源：太阳和日球层探测器（SOHO）

从长期和中期的时间量程看，太阳变化对气候的影响能够与大陆火山活动的影响、全体人类活动影响的总和并列。从较短的时间量程看，空间天气在破坏空间、大气和地面上我们的技术基础设施方面的作用更为明显。

太阳无线电监测是射电天文学的一个专门分支，它在空间天气服务和研究方面起着积极的作用，促进了 - 监测太阳的活动 - 空间天气预报和对能够影响地球和人类活动的太阳喷发事件产生及时地告警。

一个更为长期的考虑事项，但还是应该考虑的一个主要自然危险，是可能出现的巨大太阳耀斑，这些太阳耀斑似乎会随机出现，自从我们的极端依靠电力和通信基础设施的、现代的和科技依赖型社会出现以来，还没有出现过太阳耀斑。这些事件中任何一起的影响将是严重的，会产生重大的全球范围的破坏后果，由于这种极端情况是前所未有的，对此后果应进行更多的评估。

这种重大的新的全球科技风险是无法控制的，此风险凸显了依托连续监测太阳以缓解其影响的预警系统的关键作用，地基太阳射电望远镜就是这种预警系统之一，太阳无线电监测的目的是：

- 更好地了解太阳所引起的气候变化以及其它的产生科学、经济或者人道主义影响的环境参数；
- 了解和预报影响我们通信、交通运输或其它基础设施以及农业和渔业这一类活动的空间天气现象。

在处理许多环境的和陆地的的问题时通常假设太阳只是一个恒定的能源，事实上，太阳会产生复杂的且不断变化的粒子混合物和采用一般能级太阳磁活动调制过的电磁波。对太阳无线电发射的测量将仍然是对干扰我们环境的驱动力进行监测的一个重要部分，除了太阳无线电发射强到足以劣化无线电系统的罕见情形以外，这种情形已经出现了几次，这种发射对我们的环境或技术没有明显的直接影响，无线电观测提供了一个很好的太阳行为方面的诊断器，太阳行为能够对我们的环境以及在地球、大气和空间的活动产生惊人的影响，太阳活动对于我们环境、活动和基础设施的影响是多样的。

## 气象辅助

气象辅助系统主要用于在高度为36km的大气中对气象变量（压力、温度、相对湿度、风速和风向）进行原位高空测量，此测量对于国家的天气预报能力（因此对于涉及生命、财产保护的极端天气告警服务）至关重要。气象辅助和相关的跟踪系统能够同时测量所要求的整个高度范围内温度、相对湿度、风速和风向的纵向构成。这些气象变量在纵向的变化包含了天气预报的大部分关键信息。气象辅助系统是唯一能够定期以气象工作者所要求的垂直分辨率提供全部四个变量的气象观测系统。标识变量突然出现变化的高度是必需的，因此，连续可靠的测量是整个无线电探空仪试验的基础。

气象辅助观测可通过地面站或船只放飞的上升气球携带的无线电探空仪，飞机配置的和降落伞携带的下投式探空仪，用火箭空运到大气中、收集数据期间在降落伞下面下降的气象火箭探空仪来开展（见图6中的例子），几乎所有的国家都在例行地每天二到四次开展无线电探空仪观测，然后观测数据通过世界气象组织（WMO）全球电信系统（GTS）在几个小时内被立即传播到所有的其它国家，观测系统和数据传播的组织都在WMO的世界天气观测计划的框架之下。

无线电探空仪网络在实时原位测量方面提供了全球主要的数据来源。WMO规则（全球数据处理系统手册（GDPS））要求应在国家、区域和全球级别为数值天气预报开展无线电探空仪测量，并将测量数据传播到全世界所有的GDPS中心，观测站应遍及全世界、水平间距小于或等于250 km，在二十一世纪的最初十年期间，观测的频次为每天一次到四次。然而，适用于小规模气象现象（如雷暴、局地风、龙卷风）和环境紧急事件的数值天气预报模型，实际上需要水平分辨率为50到100 km、每隔一到三小时一次的本地高空观测。观测数据由各种观测系统包括气象辅助测量、风廓线雷达测量或卫星测量提供，根据国家行政管理机构的需要进行选取。

图6：无线电探空仪的发射



来源：R.P Leck，地球资源技术股份有限公司

在WMO全球观测系统（GOS）中，无线电探空仪观测对于维持稳定性至关重要，卫星遥感测量不能达到无线电探空仪的垂直分辨率，从这些卫星测量数据成功地导出垂直温度构成，通常需要直接从无线电探空仪统计数据或者从数值天气预报自身起始的计算，在后一种情况下，无线电探空仪测量可确保这些预报中的垂直温度构成保持准确和时间稳定性，此外，无线电探空仪测量可用于校准采用各种技术的卫星观测，因此，可以认为在可以预见的将来无线电探空仪观测仍然是气象业务绝对需要的。

最近20年大气温度和臭氧已经发生了巨大的世界范围的变化，最大的变化中有许多发生在地表上空12到30 km之间的高度，这些变化是巨大的足够引起对于将来公共卫生安全的担忧，对30 km以上高度的例行日常无线电探空仪观测确定了纵向上发生变化的分布，因而能够对变化的起因进行估计，对相似高度的臭氧探空仪测量确定了目前在南北半球冬季和春季出现的臭氧耗竭的纵向分布，许多国家在这些季节期间为了监测进展情况每星期至少要放飞三次臭氧探空仪。

国家研究机构和其他用户可以部署与主要民间气象组织无关的其它气象辅助系统，特殊研究将包括环境污染、水文学、自由大气中的放射性、重大天气现象（如冬天暴风雪、飓风、雷暴等）和大气物理化学性质值域的研究，这种应用不会随着时间而减少，因为随着现代化自动操作的应用，目前在没有高度熟练的操作人员和大量支持设备的情况下，成功地操作移动系统和船上系统要容易很多，气象辅助操作必须要适应这些用户，这就扩展了气象辅助操作所需要的无线电频谱，这一点在这些其他用户的发射地点位于气象组织发射地点150 km范围以内的情况下格外关键。

无线电探空仪网络由国家气象服务实现并运营，符合国际上由WMO达成一致意见的推荐惯例和规程，定期报告的无线电探空站的当前数量大约为900个，在一年中会例

行发射大约800 000个与WMO网络有关的无线电探空仪，据估计大约另有400 000个无线电探空仪用于防卫和专门的用途。

下投式探空仪是被飞机运送到高处、然后随降落伞下降测量大气剖面的气象传感器组件。它们部署在3000米到21 400米的高度范围内，监测着地球的表面。虽然它们能够在大陆上方使用，但典型地它们是在不可能运行无线电探空站的海域的上方使用。由于飞机穿过风暴时能够将下投式探空仪空投到关键的地点，下投式探空仪能够广泛地用于监测热带风暴、飓风和台风内部的情况。下投式探空仪将传感器数据发送给飞机上的接收机。一架部署了下投式探空仪的飞机可以同时跟踪和接收来自多达八个下投式探空仪的数据，这时需要使用多通道接收机系统。这使得飞机可以飞一个穿越风暴的着陆航线，释放下投式探空仪，然后收集来自风暴内部关键点位的数据。为了计算和预报风速，下投式探空仪使用GPS，它们的位置信息与测量得到的压力、温度和湿度数据合并在一起发送。

下投式探空仪从飞机落下，当它们在降落伞的下面下降时会很快地穿过大气，即使短时间的数据丢失也会导致大气有效数据的大部分丢失，虽然下降期间所有的数据都很重要，但许多应用仍将额外的重点放在下投式探空仪到达表面前的最后数据点，最后的数据点代表表面的情况，而这是预报应用的关键。

下投式探空仪能够在强风暴仍远离陆地时测量其内部的大气，该数据对于监测风暴的强度、预测未来的强度和轨迹十分关键。

下投式探空仪还已在全世界范围内被用于海洋和陆地上方气象和气候的研究，下投式探空仪能够在不可能部署无线电探空站的区域实现高密度的传感器组件的快速部署，它们的使用还实现了网络随变化着的情况快速地重新配置，而地基无线电探空站之类的就无法迅速地对变化的情况做出反应。

气象火箭探空仪由太空局以及采用无线电探空仪或下投式探空仪不能满足其数据要求的其它用户使用。气象火箭探空仪系统和下投式探空仪一样，在它们下降穿过大气的时候收集大气数据，而气象火箭探空仪不是像投式探空仪一样从飞机上落下，而是在一枚小型固体燃料火箭上被迅速地运送到大气中，在随降落伞落回到地球的时候采集数据。

采用小型固体燃料火箭部署气象火箭探空仪用于大气测量，低空和高空的气象火箭探空仪系统都在使用，尽管气象火箭探空仪的使用并不广泛，但是在只有它们独特的数据性能能够满足数据要求的情况下它们是不可或缺的。

低空型气象火箭探空仪用于将测量组件很快地部署到大约1000m的高度，这样能够测量边界层的情况。对于这种样式，传感器组件在远地点从火箭壳体中弹出。

高空型气象火箭探空仪用于将大气测量组件部署到气球承载的无线电探空仪所不能到达的高度（32 km以上），火箭发射以后，火箭发动机会在低空（~2 000 m）迅速地烧尽，并与火箭分离，火箭携带气象火箭探空仪负载到达远地点（73到125 km），气象火箭探空仪负载在远地点从火箭中弹出，随降落伞下降穿过大气。除了气象火箭探空仪发送气象数据以外，降落伞采用镀铝的聚脂薄膜制造，可实现雷达表面跟踪从而测量大气风速，从在远地点部署到14 km处数据采集终止这一段时间典型地为100分钟，雷达表面跟踪工作在无线电测定频段，而不是分配给气象辅助的频段。

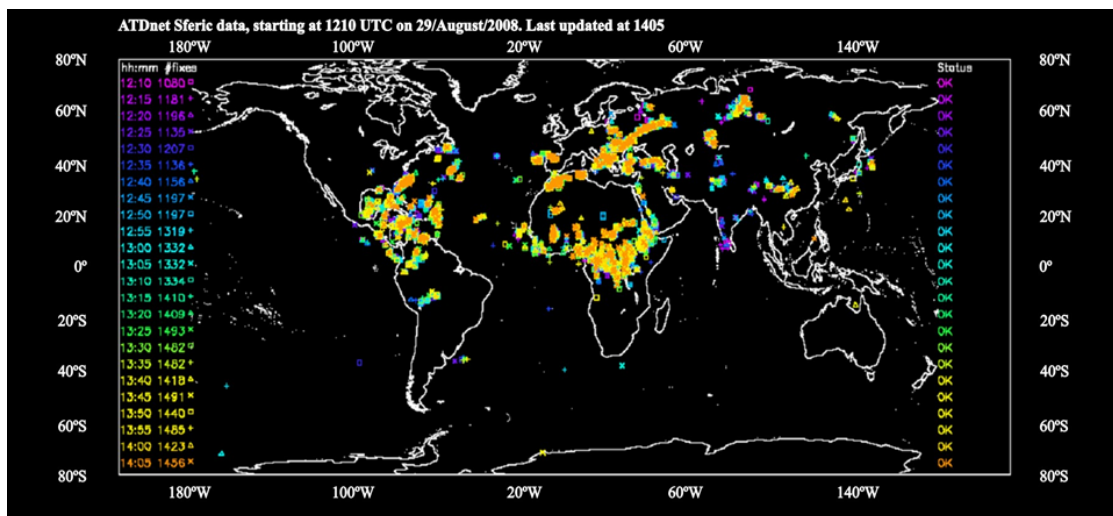
从1939年开始，就已经开展气象远程雷电探测了，起初是一个测量接收信号方向的人力密集型系统，但自从1987年以来，已经采用自动化系统进行雷电探测了，该系统能利用接收到信号的时间差导出雷击地点。

该系统利用站外的“探测器”网络监测云到地面雷击的频谱发射，被电离层反射回来的天波，会以相对较小的衰减传播非常远的距离，并且落后于传播距离较短的地波，因此，有可能在距离雷击地点数千公里的地方接收到云到地面雷击的发射，地基传感器分布式网络能够利用闪电发射到达各个传感器站点之间的时间差，定位雷击的起始地点。

2010年6月，由十一个传感器组成的网络从冰岛到塞浦路斯横跨欧洲分布，与芬兰、法国、德国、冰岛、爱尔兰、葡萄牙和瑞典合作运营，为了评估非洲地方的进步，更多的传感器已经被放置在拉留尼旺岛（印度洋中在马达加斯加岛的东部），但这一部分尚未当作正在运行系统的一部分来处理。在不久的将来，新的传感器将安装在克罗地亚、非洲、南美洲和亚洲西部的一些地点，从长远看，应该可能扩展为提供全球覆盖的系统。

系统的典型输出如图7所示，当欧洲几乎没有雷暴，而雷暴在中非、加勒比海和南美洲部分地区活动频繁时，哪些地方已经在一年中检测到了一次雷电。

图7：两个小时雷电探测输出举例



雷电探测系统提供的数据为全世界的气象组织所采用，在公共安全预报和预报航空运行中安全两个方面，特别是在没有国家雷电探测系统的海洋上方和大片陆地，有助于保障生命的安全。雷暴不但有雷击本身的危险，而且能够导致强降水以及随之发生的洪水、严重结冰、风切变、湍流和阵风。

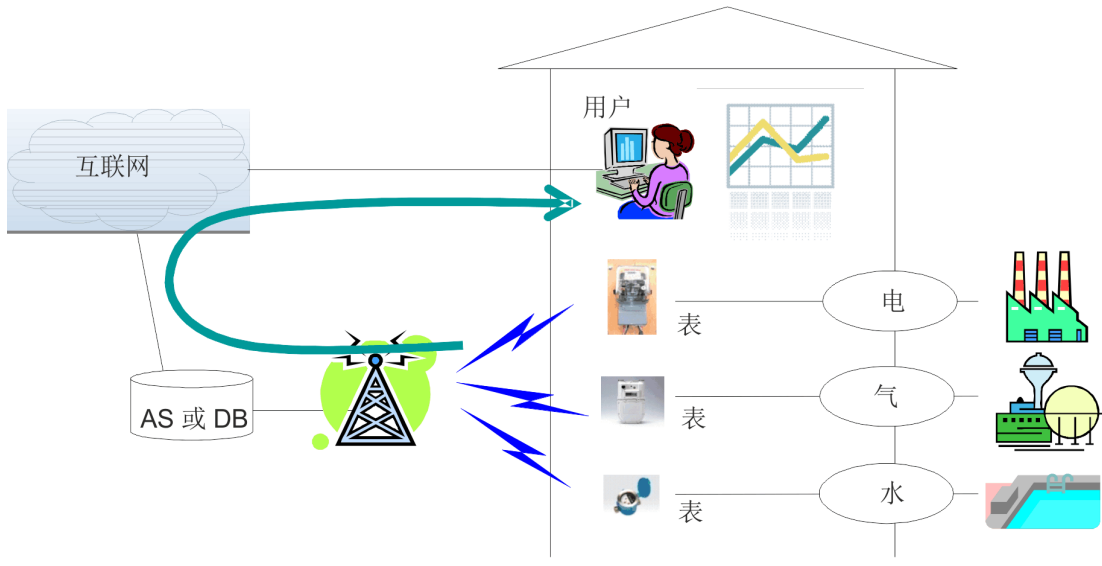
## 移动系统

为了支持数量递增的业务应用，对于能够将传感器和与人类有关的执行器或者广泛散布的物体连接成一个核心网络的无线接入介质的需求日益增长，移动无线接入系统能够满足许多业务的需要，例如：环境监测、被盗货物追踪、用于减少环境负载的气、水和电监测，社会保障、卫生保健等。

移动无线接入系统是一个大型的基于蜂窝的公共网络，该网络能够为各种对象包括机器到机器业务提供大范围覆盖的无线电通信，蜂窝半径为数公里的大型基于蜂窝的无线接入系统由于部署简单并节省成本，在支持农村和非居住区以及城镇或居住区方面尤其实用。可以获得的业务类型和业务例子如下：

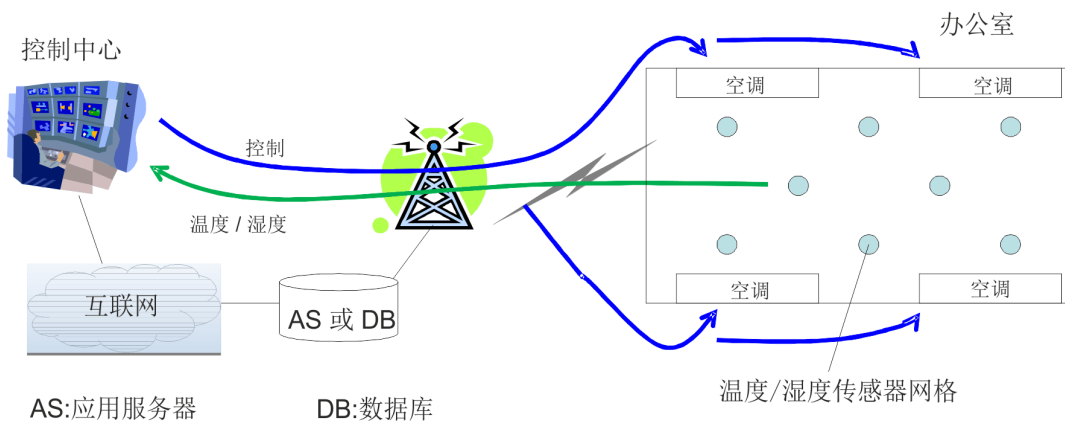
- 公用事业例如水、气和电的远程读表：这种应用还能让家庭主人为了环境评估实现每家能量消耗的可视化（见图8）；
- 气象观测：气温和湿度测量，降水测量、河和海水平面测量，二氧化碳浓度测量；
- 环境观测和保护：环境污染观测，包括空气、水和土壤，工业废料调查、化学工业监测、生态系统研究；
- 灾难预防和避免措施：地震观测（例如地震传感）、洪水监测、泥石流观测；
- 智能交通和交通流量管理系统：使运输距离和燃料消耗最小化；
- 移动政府、移动医学、移动企业和移动商业 – 采用移动技术以便支持和提高政府和企业的业绩，并且培养联系更为密切的社会。焦点放在公共部门和终端用户的需求上，终端用户可以是这些居民或者企业，从而通过改进服务供给和使居民能够连接到各种各样的信息和业务，例如：法律信息、健康、教育、金融、就业、运输和公共安全，确保该技术被用于重组人们的工作方式以及满足居民的需要。这会有助于能量和自然资源的保护以及提高能量效率，通过以下几个方面：
  - 通过共享数据和资源，使重复的任务自动化，将任务和业务集中于中心的和/或分布式处理器中，帮助限制努力和资源的重复：数据中心、通用应用服务器等；
  - 提高已有的和/或公共资源的利用率，特别涉及到计算资源和人力资源；
  - 减少纸张使用，有助于再循环；
  - 减少等待时间和排队；
  - 限制行程和削减GHG排放；
  - 减少交换和污染；
- 智能建筑系统：环境控制系统正在作为实现人类远程管理住宅、设备包括建筑物和工地的工具而出现。为了管理舒适、安全和经济，智能建筑系统（IBS）在它们的设计和运行中集成了移动系统，采用无线系统以及网络设备和智能算法是“智能建筑”的技术基础，这包括一个网络化设备的组合，例如：智能恒温器，出现传感器，照明传感器和控制器，加热通风和空调系统，安全设施，火灾、振动、张力和湿度传感器，电梯和自动扶梯控制系统，以及在一个“单独宽带基础设施”上进行通信的其它建筑系统。这些技术能够节省现有建筑物百分之三十的能量消耗、新建建筑物百分之七十的能量消耗，同时能让这些新建筑物变成电力栅格的网络电能提供者。远程控制办公室空调是一个比较好的例子，这种应用使远程操作者能够采集诸如整个办公房间或者整栋建筑物的温度、湿度等环境信息，通过控制分布式空调器实现能量消耗的最优化（见图9）。

图8：家庭能量消耗的可视化



气候变化-08

图9：办公室空调的远程控制



气候变化-09

# 2

## ITU-R研究组活动

ITU-R研究组成立后分配到研究课题，以制定建议书草案。所有ITU-R建议书由来自所有国家的世界无线电通信专家制定，因此享有盛誉并在全世界范围内得到实施，同时获得其应用领域国际标准的地位。

研究集中在以下方面：

- 空间和地面业务有效管理和使用频谱/轨道资源；
- 无线电系统的特性和性能；
- 无线电台站的运营；
- 遇险和安全方面的无线电通信。

此外，ITU-R研究组正在开展旨在筹备世界和区域性无线电通信大会（WRC和RRC）的研究工作，研究组与其它国际无线电通信组织合作完成工作，目前全球有1500多位代表国际电联成员国和部门成员以及部门准成员的专家参加ITU-R研究组的工作，有以下六个专业领域的研究组：

第1研究组 – 频谱管理

第3研究组 – 无线电波传播

第4研究组 – 卫星业务

第5研究组 – 地面业务

第6研究组 – 广播业务

第7研究组 – 科学业务

关于气候变化，ITU-R研究组当前的研究工作特别集中在：

- 灾难预测、检测以及减灾、赈灾中的无线电通信管理；



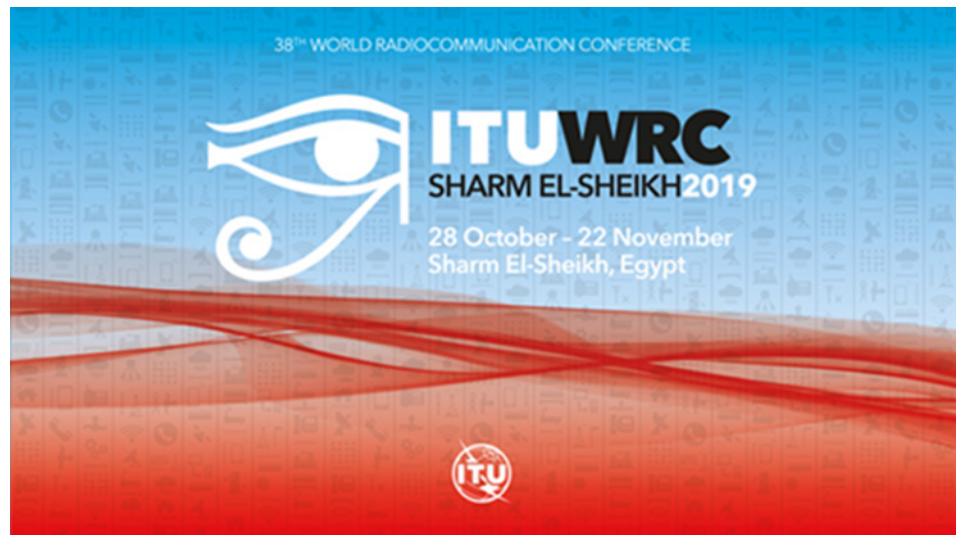
- 支持灾难预测、检测、减灾或赈灾的无线电通信系统，详见表4；
- 号召ITU-R研究组制定关于以下方面的建议书、报告或手册：
  - 适合减少无线电通信业务中运行的ICT系统、设备或应用内部能量消耗的最佳方法；
  - 使用能够支持减少非无线电通信部门能量消耗的无线电系统或应用；
  - 监测环境和监测、预测气候变化的有效系统，并确保这样系统可靠运营。

**表4：内部正在进行的与气候变化有关的研究范畴**

活动	主要任务	相关的无线电通信业务	ITU-R研究组
监测环境	地球大气和表面的卫星观测	地球探测卫星业务	第7研究组
		卫星气象业务	
	遥感卫星数据的获取、处理、分析和分发	空间运行业务	
	太阳无线电监测	射电天文学 空间研究业务	第7研究组
	大气特性的地面观测	气象辅助业务	第7研究组
无线电导航业务 无线电定位业务		第5研究组	
移动业务		第5研究组	
其它应用	建筑优化 运输量优化 节约能源 安置决定 冲洗计划	地球探测卫星业务	第7研究组
		移动的	第5研究组

# 3

## 最近世界无线电通信大会的成果



### 2019年世界无线电通信大会（WRC-19）

2019年世界无线电通信大会（WRC-19），为保护现有业务免受未来IMT移动终端和基站的有害干扰规定了条件。认识到为邻频敏感的科学业务提供保护的必要性并为其赋予优先权至关重要，特别是在卫星地球探测业务（EESS）的无源频段，因为此频段内进行的测量将供气象预测模型使用。此频段遭受有害干扰可能会影响相关测量，使天气预报越来越失准。有关EESS（无源）在23.6-24 GHz的运行，WRC-19通过了有关卫星地球探测业务（无源）与相关有源业务之间的兼容的第750号决议（WRC-19，修订版）。该决议分两步实施：

- 限值-33/-29 dBW/200 MHz适用于2027年9月1日之前启用的基站/移动台站。
- 限值-39/-35 dBW/200 MHz将适用于2027年9月1日之后启用的基站/移动台站。

世界无线电通信大会（WRC-19）还通过了：

- 第646号决议（WRC-19，修订版）- 公共保护和救灾
- 第647号决议（WRC-19，修订版）- 针对有关应急和救灾的早期预警、灾害预测、发现、减灾和救灾工作的无线电通信问题（包括频谱管理指导原则）
- 第657号决议（WRC-19，修订版）- 保护依赖无线电频谱的用于全球预测和告警的空间天气传感器

2019年无线电通信全会（RA-19）通过了多项决议，责成ITU-R酌情开展研究，尤其是：

- ITU-R第55-3号决议 - 国际电联针对灾害预测、发现、减灾和救灾开展的研究
- ITU-R第60-2号决议 - 利用ICT/无线电通信技术和系统降低能耗，以保护环境并减缓气候变化
- ITU-R第61-2号决议 - ITU-R在落实信息社会世界高峰会议成果和2030年可持续发展议程过程中做出的贡献

在此下载WRC-19《最后文件》：<https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.14-2019/en>

## 2015年世界无线电通信大会（WRC-15）

WRC-15同意在7-8 GHz频率范围内做出新的划分，用于为未来卫星地球探测业务（EESS）任务航天器操作规划和动态航天器软件修改上行大量数据，进而最终简化星载架构和操作概念。

在9-10 GHz频率范围内划分频谱将带来现代宽带传感技术的发展。有源传感EESS星载雷达的科学和地理信息应用将通过增强型救灾和人道主义援助、土地利用和宽域海岸监视应用提供各种天气条件下的高质量测量。

## 往届世界无线电通信大会

2007年和2012年世界无线电通信大会（WRC）做出的决议，加强了国际电联在可持续发展、气候变化和应急通信领域的授权，保护旨在监测环境、评估和预测气候变化的无线电系统运行对于频谱和卫星轨道的可用性，包括：

### - 卫星气象业务获得更多的频谱

给卫星气象业务分配另外的频谱，现有的给卫星气象业务（MetSat）频谱分配被扩展到7.85-7.9 GHz和18.3-18.4 GHz频段，这将使将来的卫星气象系统能够以更高的分辨率开展对气象和气候参数的测量和观测，因而更好地了解 and 预测天气和气候变化。

### - 卫星无源遥感的发展和保护

会议针对将来的地球观测应用，以及为了监测水蒸汽和氧气谱线气象和环境卫星承载无源传感器的发展更新了频谱使用，这种监测是冰云和降水测量以及风暴监测、气候研究所需要的。为了保护无源业务，对于有源业务采取了强制的和推荐的发射限制。

#### — 海洋雷达获得支持

为了缓解灾难包括海啸的影响、了解气候变化，确保更加安全的海上旅行，要考虑海洋雷达的全球频谱需求。为此，考虑了许多分配给无线电定位业务的在4 MHz和42.5 MHz 之间频率，采用了适合于海洋雷达产生干扰的相应保护级别。这些雷达利用地波工作，地波在海洋上方传播来测量沿海的海面情况，从而支持环境的、海洋的、气象的、气候的、海上的灾难缓解工作，以及沿海污染监视、渔业管理、搜救、海滩侵蚀、海上导航。

#### — 更多的用于有源传感的频谱

9 500-9 900 MHz左右的EESS有源传感频谱分配扩展已获得同意，从而为地球表面拓扑的合成孔径雷达（SAR）测绘这类情况提供必需的连续的500 MHz有效频带。

#### — 保护雷电探测系统的发展

WRC-12采用了新的规则和技术规定以保护用于检测和预测雷击的自动化系统，这些系统提供的数据被全世界的气象组织所采用，特别地，数据在航空预报方面颇具价值，尤其是在不存在国家雷电探测系统的海洋上方和大片陆地。

许多决议获得了批准，反映出成员国对于利用无线电通信缓解气候变化以及自然和人为灾难的负面影响的特别关注，例如：

- 催促ITU-R研究组加快他们的工作，特别是在灾难预测、检测以及减灾和赈灾方面；在执行旨在达到区域协调的、用于先进的公众保护和减灾解决方案的频段或频率范围的国家计划的时候，从更宽范畴的公众保护、减灾和援助管理，来考虑确定它的频段或频率范围或者频率分段；
- 继续发展诸如国家移动通信（IMT）和智能交通系统（ITS）之类的新技术以支持或补充先进的公众保护和减灾应用；
- 强调采取有效措施、通过协同和有效地使用无线电频谱来预测、检测、告警及其它缓解自然灾害影响的重要性，针对紧急情况和灾难的国家频谱规划应考虑与其它有关管理部门进行合作和双向协商的需求，这能通过频谱协调以及适用于减灾和应急计划的达成一致的频谱管理准则变得更为容易，确定各个管理部门内部可使用的频率 设备将在管理部门内部运行 可以弱化互操作性和交互工作。就减灾来说，在人道主义援助的最初阶段就能拥有可以使用的频率显然十分重要。
- 通过维护当前在紧急情况下可以使用频率的数据库，继续在应急通信准备活动方面给予成员国以帮助；
- 强调采集和交换地球观测数据对于保持和提高天气预报准确度的重要性，而保持和提高天气预报准确度有助于保护全世界的生命和财产。

# 4

## 结论

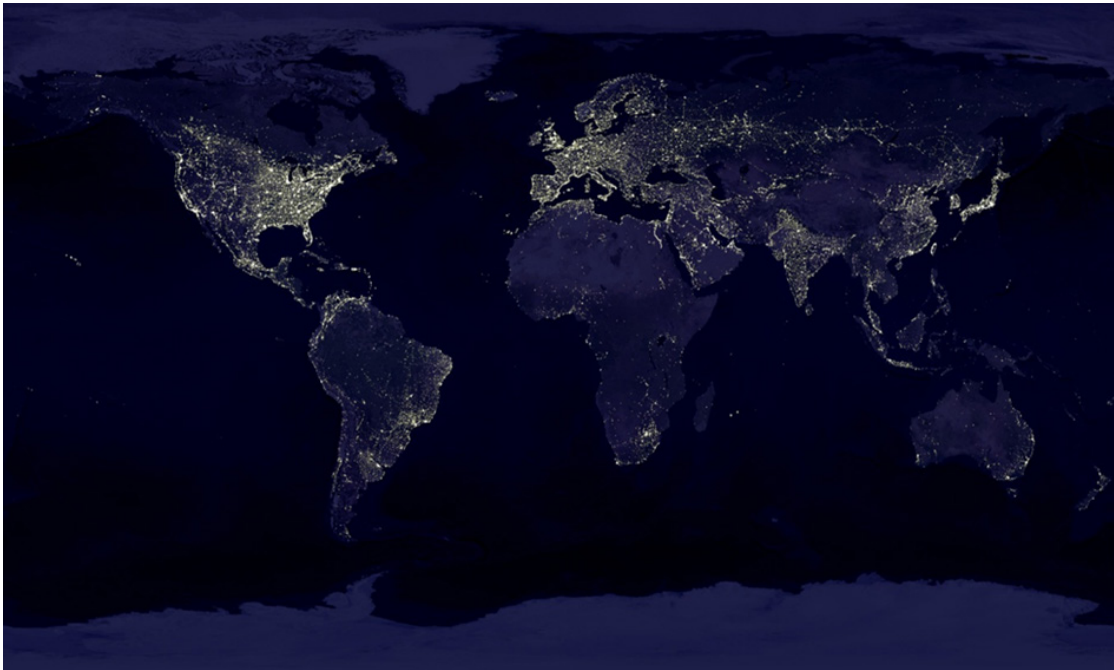
人类活动对环境的影响 – 尤其是对气候变化 – 是地球上生命面临的、日益关注的问题。无线电通信提供了大量促进全球环境研究、规划和行动的机会，这些机会包括监测和预测环境以及缓解、适应气候变化。

本报告表明ICT能够有助于显著地减少温室气体（GHG）的排放，同时提高能量效率、减少自然资源的使用，这是通过在行程安排、再循环和减少能量消耗方面使用基于无线电的技术来获得的，本报告还广泛地考虑了ICT在环境工作多个不同方面的应用，包括环境观测、分析、规划、管理和保护、缓解和能力建设。

图示：全球综合观地球测系统的概念体系结构（GEOSS）



地球可见夜光











国际电信联盟  
电信发展局

Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

ISBN: 978-92-61-31885-7



瑞士出版

日内瓦, 2020

图片来源: Shutterstock