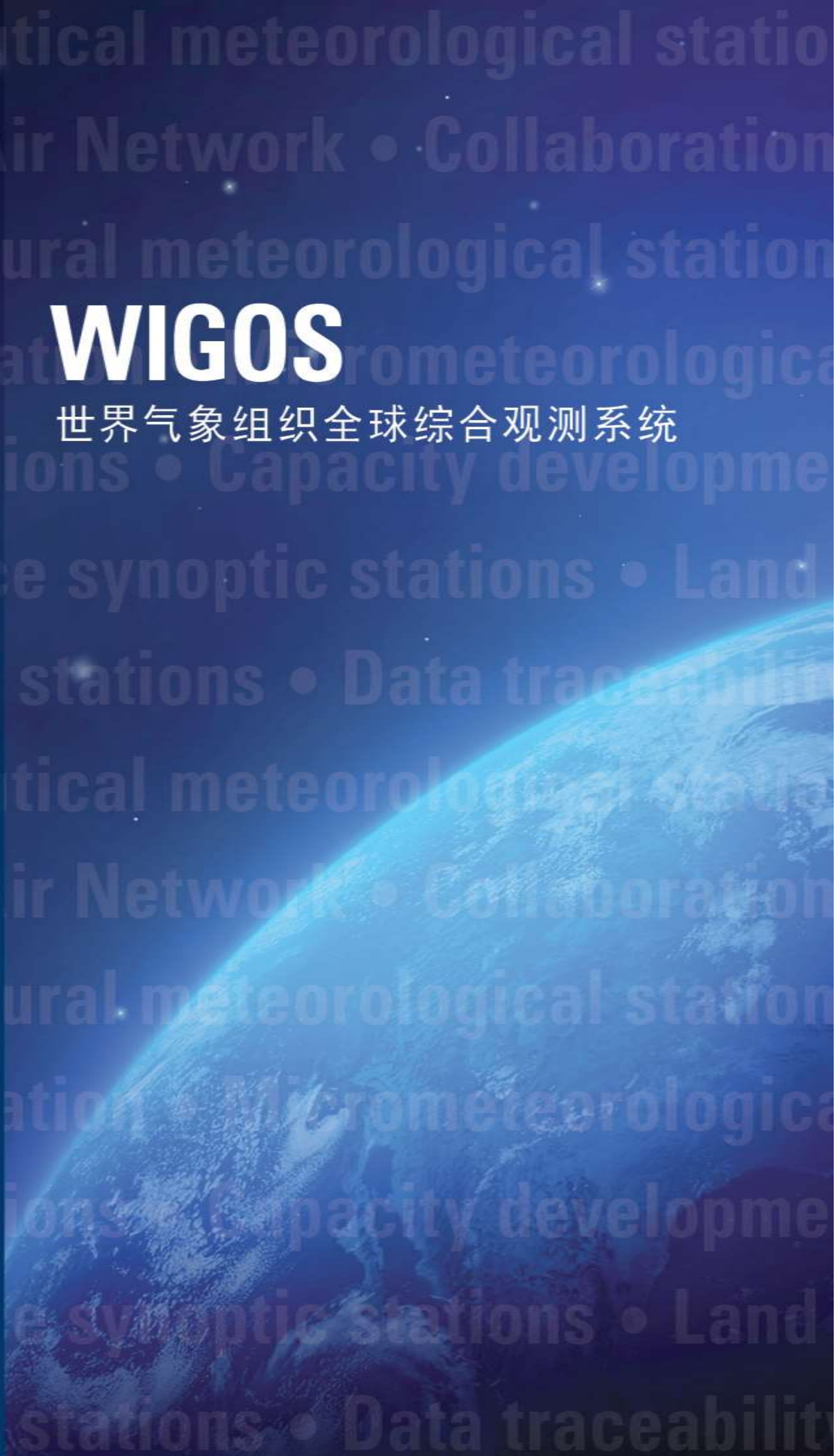
技术报告
No. 2013-4

# WIGOS

## 世界气象组织全球综合观测系统



世界气象组织

天气·气候·水

技术报告
No. 2013-4

# WIGOS

## 世界气象组织全球综合观测系统

## 世界气象组织

### 全球观测系统演进发展实施计划（EGOS-IP）

World
Meteorological
Organization
Weather • Climate • Water

**本计划是由基本系统委员会(CBS)综合观测系统开放式计划领域组（OPAG-IOS）牵头编写的，是对世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)做出的贡献**

张文建译校

2014 年 11 月

© World Meteorological Organization, 2013
WMO对用印刷、电子和其他各种形式出版的各语种出版物拥有版权。翻印WMO材料的短幅摘录无须授权，但须清晰完整地注明出处。有关本出版物的编辑问题及部分或全文出版、翻印或翻译本出版物问题请联系：
Chair, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix Tel.: +41 (0) 22 730 84 03
P.O. Box 2300 Fax: +41 (0) 22 730 80 40
CH-1211 Geneva 2, Switzerland E-mail: publications@wmo.int

注：
WMO 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WMO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。
提及的具体商号或产品与未予提及或未刊登广告的同类相比并不表示前者得到了WMO的赞许或推荐。
本报告含全会通过的文本，未经正式编辑。报告中使用的缩略语请查询WMO 术语库“气象术语”http://www.wmo.int/pages/themes/acronyms/index_en.html 。也可登陆: http://www.wmo.int/pages/themes/acronyms/index_en.html 查询缩略语。

# 目录

执行摘要 ..... 7

1. 引言 ..... 14
1.1. 序言 ..... 14
1.2. 内容 ..... 14
1.3. 新计划的背景和目的 ..... 15
2. 实施的战略方法 ..... 17
2.1. 总体方法及与世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)的关系 ..... 17
2.2. 实施机构 ..... 19
3. 总体行动和交叉行动 ..... 20
3.1. 响应用户需求 ..... 20
3.2. 整合 ..... 23
3.3. 资料政策 ..... 24
3.4. 拓展观测范围 ..... 25
3.5. 自动化 ..... 26
3.6. 互可操作性、资料兼容性、一致性和均一性 ..... 26
3.7. 无线电频率要求 ..... 27
4. 考虑发展中国家观测系统的发展 ..... 29
5. 地基观测系统 ..... 32
5.1. 引言 ..... 32
5.2. 一般性问题：代表性、可溯源性、仪器校准、资料交换 ..... 33
5.3. 观测系统每个组成部分的具体问题 ..... 36
5.3.1. 地基高空观测系统 ..... 36
5.3.1.1. 高空站 ..... 36
5.3.1.2. 遥感高空廓线站 ..... 41
5.3.1.3. 航空气象站 ..... 42
5.3.1.4. 全球大气监测网站 ..... 45
5.3.1.5. 全球导航卫星系统(GNSS) 接收站 ..... 45
5.3.2. 陆地地面观测系统 ..... 47
5.3.2.1. 地面天气和气候站 ..... 47
5.3.2.2. 全球大气监测网站 ..... 49
5.3.2.3. 全球冰冻圈监视网站 ..... 50
5.3.2.4. 闪电探测系统 ..... 51
5.3.2.5. 开展特定应用服务的地面观测台站 ..... 52
5.3.3. 陆地水文观测系统 ..... 53
5.3.3.1. 水文基准站 ..... 53
5.3.3.2. 国家水文网站 ..... 54
5.3.3.3. 地下水观测站 ..... 55
5.3.4. 天气雷达站 ..... 55
5.3.5. 海洋高空观测系统。自动化舰载高空探测计划（自动化船载高空探测计划（ASAP））船舶 ..... 57
5.3.6. 洋面观测系统 ..... 58
5.3.6.1. 高频（HF）海岸雷达 ..... 59
5.3.6.2. 海洋站（海洋、海岛、沿海和固定平台） ..... 59

5.3.6.3. 志愿观测船舶计划（VOS） ..... 60
5.3.6.4. 系留和漂移浮标 ..... 61
5.3.6.5. 冰区浮标 ..... 63
5.3.6.6. 潮汐站 ..... 63
5.3.7. 海洋表层下观测系统 ..... 64
5.3.7.1. 剖面浮标 ..... 64
5.3.7.2. 冰栓平台 ..... 65
5.3.7.3. 随机观测船舶 ..... 65
5.3.8. 研发和业务开拓探测项目 ..... 65
5.3.8.1. 无人飞机（UAV） ..... 67
5.3.8.2. 漂流探空气球（探空仪） ..... 67
5.3.8.3. GRUAN 台站 ..... 68
5.3.8.4. 飞机大气测量 ..... 68
5.3.8.5. 佩戴仪器的海洋动物 ..... 69
5.3.8.6. 海洋滑翔机 ..... 69
6. 空基观测系统 ..... 69
6.1. 引言 ..... 69
6.2. 一般性问题：资料校准、资料交换、产品制作、资料管理、教育和培训 ..... 71
6.2.1. 资料来报率和时效 ..... 71
6.2.2. 用户信息、培训和资料管理 ..... 71
6.2.3. 标定事宜 ..... 73
6.3. 每个观测系统的组成部分的具体问题 ..... 74
6.3.1. 地球静止轨道气象卫星 ..... 74
6.3.1.1. 高分辨率多光谱可见光/红外成像仪 ..... 75
6.3.1.2. 超光谱红外探测仪 ..... 76
6.3.1.3. 闪电成像仪 ..... 76
6.3.2. 地球低轨道（太阳同步近极地轨道）气象卫星 ..... 77
6.3.2.1. 超光谱红外探测仪 ..... 78
6.3.2.2. 微波探测仪 ..... 79
6.3.2.3. 高分辨率多光谱可见光/红外成像仪 ..... 80
6.3.2.4. 微波成像仪 ..... 81
6.3.3. 在适当轨道上其他的业务卫星使命 ..... 82
6.3.3.1. 散射仪 ..... 82
6.3.3.2. 无线电掩星星座 ..... 82
6.3.3.3. 高度仪的布局 ..... 84
6.3.3.4. 双视角红外成像仪 ..... 85
6.3.3.5. 窄带高光谱和超光谱可见光/近红外成像仪 ..... 86
6.3.3.6. 高分辨率多光谱可见光/红外成像仪 ..... 86
6.3.3.7. 配备被动微波成像仪的降水雷达 ..... 87
6.3.3.8. 测量地球辐射收支的宽带可见光/红外辐射计 ..... 88
6.3.3.9. 大气成分仪器星座 ..... 89
6.3.3.10. 合成孔径雷达（SAR） ..... 90
6.3.4. 业务开拓和技术示范项目 ..... 91
6.3.4.1. 地球低轨道气象卫星上的激光雷达 ..... 91
6.3.4.2. 地球低轨道气象卫星低频微波辐射仪 ..... 93

6.3.4.3. 地球静止轨道气象卫星微波成像仪/探测仪 ..... 93
6.3.4.4. 地球静止轨道气象卫星的高分辨率多光谱窄带可见光/近红外仪器 ..... 94
6.3.4.5. 高倾角和高椭圆轨道（HEO）卫星的可见光/红外成像仪 ..... 94
6.3.4.6. 重力传感器 ..... 95
7. 空间天气 ..... 95

附录 1– 参考文献 ..... 99
附录 2 – 行动摘要 ..... 100
附录 3 – 缩略语 ..... 120

# 执行摘要

## 引言

本实施计划的目的是概括 2012-2025 年期间全球观测系统将要实施的重要活动，旨在维持和发展世界气象组织（WMO）观测系统的所有分系统。这些系统都是世界气象组织全球综合观测系统（WIGOS）的组成部分，该计划也考虑了世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)的长远愿景。本实施计划的目标是以最具成本效益的方式满足世界气象组织在天气、气候和水等多个领域及其应用计划对观测的需求。观测系统各组成部分还将为全球地球综合观测系统（GEOSS）和全球气候服务框架（GFCS）做出重要贡献。其中，一些活动和世界气象组织与其他国际组织共同支持和联合建立的观测系统有关，所以计划的实施必须与这些组织紧密合作来完成。

气象观测正在支持越来越广泛的应用，包括监测和预报不同时间尺度的大气、海洋和地表状况。这些应用活动支持越来越广泛的服务，并带来越来越高的社会经济效益。用户需求也变得越来越宽广和严格，而且在这些应用方面也出现了一些新的需求。有更多的观测系统可满足对于实时、近实时和非实时应用的需求。全球气候观测系统（GCOS，由世界气象组织（WMO）和国际海洋组织（IOC），联合国环境署（UNEP）及国际科联（ICSU）联合支持的观测协调机制）和全球气候服务框架（GFCS）的观测需求预计也将增加。在许多情况下，仅通过及时地分发为其它用途制作的观测资料就能取得重要改进。

目前本实施计划所罗列的许多行动，是一些 WMO 现行活动的结果，这些活动是与全球相关学科的专家紧密合作而开展的。行动计划的主要依据是：

- 世界气象组织第六十一届执行理事会（EC-61，2009 年，日内瓦）批准了 2025 年全球观测系统（GOS）愿景文件。该愿景文件为指导全球观测系统的发展设定了高层目标；
- 滚动需求评审（RRR）已经进行了若干年。它将观测系统能力与 12 个 WMO 不同应用领域的需求进行比较，并提供一份“指导声明”（SoG），以找出存在的主要差距并指出未来观测系统的发展方向；
- 在某些应用领域，有关观测系统对于不同应用领域影响和贡献研究的结果，包括观测系统影响试验和观测系统影响模拟试验的结果。

## 实施机构

对于地基观测系统，实施行动主要依靠国家机构，如国家气象部门（NMS）或国家气象和水文部门（NMHS）。在某些情况下，地基观测网是由一些非气象部门或机构在国际计划或强有力

的国际合作背景下实施的，也有某些观测网是靠科研经费资助的，因此，这些观测网发展的可持续性令人关切。

对于空基观测系统，实施机构有时是运行研发和/或业务卫星的国家机构，有时则是专门从事空间观测的多国机构（如欧洲气象卫星开发组织 EUMETSAT 等，译者注）。

无论是对于地基还是空基观测系统，都需要紧密和高层次的国际合作，这足以说明和佐证 WMO 发起的或与其他国际组织联合发起的一些国际观测计划的必要性。

对于地基实地观测网，往往是通过世界气象组织的区域协会（RA）设计和开发的，通过 WMO 的技术委员会（TC）（主要是但不仅限于基本系统委员会 - CBS）提供的指南，区域协会在各自的区域发挥重要的协调作用。通过建立联合的观测系统（例如全球气候观测系统–GCOS, 全球海洋观测系统–GOOS 和全球陆地观测系统–GTOS）可满足许多需求。关于海洋实地观测网络，世界气象组织（WMO）和政府间海洋委员会（IOC）共同建立的海洋学和海洋气象学技术委员会（JCOMM）参与了所有海洋观测系统的设计与开发，协调海面气象观测，以及海面或海面下的海洋学观测。大气化学观测是通过全球大气监测网（GAW）计划及其战略计划和补充计划开展的。对于空基观测系统，卫星观测的总体趋势是面向全球的，而不是像地基实地观测网那样注重区域特点。但是 WMO 在空基观测的协调作用同等重要，WMO 还通过与气象卫星协调组（CGMS）以及国家和国际空间机构密切合作开展工作。

一些地基观测系统在气候监测方面发挥着至关重要的作用，而且这方面必须进一步拓展观测。地表辐射测量是对从卫星仪器获取的总太阳辐射和所有变量的补充，这些变量是监测地球系统碳循环所必须的，特别是土壤碳，以及大气、海洋和地表之间的二氧化碳和甲烷通量。地球综合观测系统（GEOSS）全球二氧化碳观测战略也说明了由哪些机构开展这些观测。

**总体行动与交叉性行动**

为了满足用户的需要，只要某些研究观测系统已经成熟并具有成本效益，则必须要采取行动以将其转化为业务运行。改变现有系统和开发新系统都必须不断与观测系统的用户一起开展评估。对于一些目前由有时限要求的科研经费维持的海洋观测系统，这一点尤为重要。而对于某些观测系统，根据气象条件相应地改变观测变量的设置，有可能提高成本效益。

世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)的整合作用对于实现“2025 年全球观测系统（GOS）愿景”是非常重要的。有必要鼓励所有制作观测资料的运营方恪守世界气象组织信息系统（WIS）和世界气象组织全球综合观测系统（WIGOS）的各项标准。对于许多用户而言，保持观测系统的关键部分的资料记录的连续性和一致性也很重要。

必须在资料政策方面采取行动，以保证所有 WMO 会员能够连续获取所有基本的观测资料，并确保继续遵守 WMO 资料共享的原则，无论资料来源如何，包括商业实体制作的资料。随着用户需求和观测系统的发展，会员和 WMO 的资料政策需要随之发展，以收集并交换更多更广泛来源不同类别的资料。

到 2025 年，随着技术的发展会出现更多的自动化运行的观测系统，产生更大的数据量，而且可实时传输更大的数据流量。需要采取行动，以确保世界气象组织信息系统(WIS)的能力能够处理日益增加的观测资料量和交换资料流量，并还要确保世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)所使用的无线电频率受到保护。

许多发展中国家和经济转型国家不具备能力或没有足够的资源提供基本且必要的实地观测。这需要通过推进观测系统的能力建设战略来解决这个问题，包括促进由国际组织、双边合作伙伴关系等来资助各种项目开展区域合作，以及组织开展教育培训和能力建设活动并提供指南等。

**地基观测系统**

为满足不同用户的需求，许多地基观测系统并不需要开展更多的观测就可以提高效率，例如可以通过处理和交换更多资料而得以实现，举例以下几种方式：

- 全球交换所有每小时的观测资料，这可用于全球各类应用，并促进全球交换每小时以内（分钟级）的观测资料，以支持相关的应用领域；
- 在不同用户群之间（根据世界气象组织全球综合观测系统-WIGOS的标准）交换大气、海洋和陆地观测系统的观测资料，在需要时，可在不同预处理资料层面交换。

通过综合针对无线电探空仪、飞机资料和廓线仪采取各种改进行动，以整体改进高空观测系统，例如：

- 考虑综合所有的高空观测系统的集成时，就可使全球高空资料覆盖率更加均匀；
- 通过特别努力，维护孤立的无线探空站或平台（包括自动船载探空计划-（ASAP））；
- 通过特别努力恢复已有的但已停止运行或只观测但不发报的无线电探空站点；
- 为无线电探空仪和航空器气象资料下传（AMDAR）开发适应性组件，以便在最需要的时间和地点制作观测资料；
- 通过特别努力维护GCOS 高空观测网（GUAN） 无线电探空站点并建立GCOS 基准高空观测网（GRUAN）；
- 改进无线电探空资料的处理和分发，以便提供更高垂直分辨率的资料，包括基准位置和时

间的资料；

- 开发标准与质量均一的区域尺度遥感廓线观测站网；
- 开发并安装各种湿度传感器，将其作为航空器气象资料下传（AMDAR）系统的不可缺少统一组成部分。

大多数的地面观测系统将大大受益于针对世界气象组织信息系统（WIS）/ 世界气象组织全球综合观测系统（WIGOS）的关于处理和交换观测资料的标准采取的总体行动。预计还将受益于更加频繁的全球观测资料的交换，包括来自全球大气成分（GAW）观测站、闪电探测系统和水文站的资料。为不同用户提供更多地面观测资料的一个非常具有成本效益的方式，是提高并扩大专业观测网（如公路运输、航空、农业气象、城市气象和能源生产等）的观测资料的交换。

需要采取有关天气雷达站方面的具体行动，以：

- 提高定量降水估算的质量；
- 建立能服务所有用户的天气雷达资料处理/交换框架，并采用供国际交换的统一资料格式。

在有关海洋站、志愿观测船舶（VOS）、系留浮标、漂流浮标和冰浮标方面必须采取行动，以提高海洋观测的地理覆盖率，特别是测量海表温度、高度、盐度、能见度、海浪、海洋表面风等。

对于海洋水下观测，需要与联合国教科文组织（UNESCO）下属的政府间海洋学委员会（IOC）合作，通过剖面浮标和投弃式温深计（XBT）仪器制作高垂直分辨率的观测资料（温度、盐度等），并实时分发所有资料。在深海中获得观测资料具有挑战性，而重要的是推进一些新兴技术的开发。

**空基观测系统**

根据“2025 年全球观测系统（GOS）愿景”，预计空基观测能力将有所提升，为 WMO 各计划做出贡献的空间机构将会进一步扩大，他们之间的合作将增强。更多的卫星将服务于多种用途，而不是专用于单一的科学活动。

对于多数空基组成部分而言，一个重要的问题是必须确保卫星系列和关键传感器的连续性（包括必要的重叠时段），并且以实时和延时方式处理和分发资料，还应建立适当相互比对和相互标定的程序。

必须采取连续的行动，以维持至少 6 个地球静止轨道（GEO）气象卫星并可相互备份，这 6 颗卫星间距最好不超过经度 70 度，并每颗卫星至少配备：

- 一个可见光/红外成像仪；
- 一个超高光谱红外大气垂直探测仪；
- 一个闪电成像仪。

地球低轨道（LEO）气象卫星星座应包括至少 3 颗太阳同步近极地轨道气象卫星（穿越赤道时间大约在本地时间 13:30，17:30 和 21:30，以达到最佳的全球覆盖率）。这些轨道平台每个应至少配备：

- 一个超高光谱大气红外探测仪；
- 一个微波大气探测仪；
- 一个高分辨率的多光谱可见光/红外成像仪；
- 一个微波成像仪。

需要采取具体行动以实时传输、预处理和分发来自地球低轨道卫星的大量资料。

除了核心气象卫星任务外，需要维持或开发适用于天气、海洋、气候和其它用途的卫星仪器。以下许多仪器用于多个应用领域：

- 散射计：至少需要 2 颗配备散射计的卫星，并在彼此最佳相距的轨道上运行；
- 安装在地球低轨道卫星上的全球导航卫星系统（GNSS）接收器：需要形成一个无线电掩星星座，它每天至少制作 10000 份掩星观测资料；
- 高度计：用户需求呼吁有一个高精度、非太阳同步、倾斜轨道基准高度计卫星计划，并和另外两个载有高度计仪器的卫星组网，在彼此最佳相距的太阳同步近极地轨道上运行；
- 红外双角度成像仪：需要搭载这类成像仪的近极地轨道卫星，以提供能达到气候监测质量的高精度海面温度测量能力；
- 窄带可见光/近红外成像仪：需要至少一个这种类型的成像仪以观测海洋水色、植被、地表反照率、气溶胶和云；
- 高分辨率多光谱可见光/红外成像：这种类型的仪器对于农业气象、水文、土地利用和洪水及火灾监测是非常重要的；
- 降水测量雷达：结合被动微波成像仪，需要这些仪器来支持全球降水测量计划（GPM）；
- 宽波段可见光/红外辐射计：这类辐射仪对于监测地球辐射收支是必要的，至少要在一颗太阳同步近极地轨道气象卫星上安装这类仪器；
- 安装在地球静止轨道（GEO）气象卫星和地球低轨道（LEO）气象卫星上的不同探测仪（

紫外线，可见光和近红外波段），包括临边探测能力。这主要是针对大气化学，温室气体和空气污染的监测；

– 合成孔径雷达（SAR）：重要的是至少要有一个位于极轨卫星上SAR仪器，以监测地表、海平面、灾区水位等，以便有效地促进灾害管理。

除了上述列表中的仪器，还有一些新的仪器或新兴的技术应该进行试验，并且可能在 2025 年以前投入应用。其中装备在地球低轨道卫星上的激光雷达（用于测量风、云和气溶胶）以及低频微波辐射仪（用于测量土壤湿度和海洋盐度）就是例子。装备在地球静止轨道卫星上的包括微波和窄带可见光近红外线仪器，应该进行验证试验。地球重力观测仪具有监测地下水的潜力。到目前为止，主要用于连续观测极地地区和高纬度的高椭圆轨道（HEO）上，尚无气象或海洋卫星及仪器，这项技术示范将是有价值的。

**空间天气**

需要开展空间天气观测，主要是为预报空间天气扰动的发生概率；当超过扰动阀值时发出灾害预警；保持对当前空间环境条件的监测；为设计受空间天气影响的空基系统（即卫星和宇航员安全程序）和地基系统（即电网保护和航空交通管理）判定空间气候条件；开发和检验数值模式；开展相应的研究将提高我们对空间天气的认识。一个综合的空间天气观测网必须包括地基和空间观测站，并将遥感测量与实地观测相结合。

特别需要采取以下行动：

- 协调各项计划，以确保太阳测量、太阳风和行星际磁场测量的连续性，以及从空间进行日光层成像；协调、规范和扩展现有的地基太阳观测资料；通过扩大地基全球导航卫星系统（GNSS）和改进其无线电掩星测量的时效，以及在气象和空间天气界通过世界气象组织信息系统（WIS）实时共享地基或空基全球导航卫星系统（GNSS）资料，改进电离层监测；协调空间天气界使用双频雷达高度仪观测；改进高时效地基磁力仪资料的来报率；
- 制定一个计划，以维护和改善等离子体和高能粒子环境的空间天气观测。

**实施战略**

预计文件中的多数行动将于 2025 年前实施。主要的例外是关于新兴观测系统的研究和发展的行动：对于到 2025 年进入业务使用有许多的不确定性。

跨领域的行动（即不特指某一个特定的观测系统），记录在该计划的第 3 和第 4 部分。地基观测系统发展的行动见第 5 部分，按系统循序描述。空基观测系统发展的记录见见第 6 部分，也按照系统循序描述。空间天气的记录见第 7 部分。

在基本系统委员会（CBS）的指导下，2012 年至 2025 年期间，将定期地审查和评估本实施计划及其关联计划，特别是“2025 年全球观测系统愿景”计划的实施进展情况，并视需要在本实施计划期间定期报告这一系列行动的进展。

附录 1 中提供了该实施计划中建议行动的摘要表。

---

# 全球观测系统演进发展战略实施计划
# （EGOS-IP）

## 1. 引言

### 1.1. 序言

到 2025 年，建立在现有的地基和空基观测系统基础上并利用现有和新兴的技术，全球观测系统将有相当大的发展。它们将是世界气象组织全球综合观测系统（WIGOS）的核心组成部分，这种综合、全面的观测系统将支持WMO会员国对于天气、气候、水以及相关环境领域的信息需求。当前WMO全球观测系统（GOS）的现有组成部分将与WMO联合主办的或其它不属于WMO 的观测系统相互合作。它们将为全球综合地球观测系统（GEOSS[1]）和新建立的全球气候服务框架（GFCS[2]）做出重要贡献。空基组成部分将依赖于伙伴机构之间更多的合作，如气象卫星协调组（CGMS[3]）和地球观测卫星委员会（CEOS[4]）。一些观测分系统将依赖于WMO合作伙伴组织的观测系统，例如：全球陆地观测系统（GTOS[5]）、全球海洋观测系统（GOOS[6]） 以及其它系统。它们中的气候组成部分将为全球气候观测系统（GCOS[7]）作出重要贡献。

这些观测系统将满足所有WMO和WMO共同发起计划中广泛应用领域的观测需求，并促进改进国家气象部门（NMS）和国家气象和水文部门（NMHS）的资料、产品和服务。虽然观测系统将主要通过少量的新增加内容和技术变化而发展，预计变化范围非常重要，并将涉及科学、资料处理、产品开发和使用、以及培训方面的新方法。

### 1.2. 内容

在最近的几十年中，WMO的全球观测系统（GOS）已经取得了非常显著的改善，并大大促进了可用于业务气象活动的观测范围和质量，而观测系统的改进促进气象服务质量取得重大的进展。

---

1 http://www.earthobservations.org/

2 2009 年，第三次世界气候大会 (WCC-3)决定建立全球气候服务框架 (GFCS)，以加强制作、获取、提供和应用以科学为基础的气候预测和服务。更多详情：-http://www.wmo.int/pages/gfcs/office/index_en.html

3 http://www.wmo.int/pages/prog/sat/CGMS/CGMS_home.html

4 http://www.ceos.org/

5 GTOS 是由 FAO, ICSU, UNEP, UNESCO 和 WMO 联合建立的 - http://www.fao.org/gtos/

6 GOOS 是由 ICSU, IOC of UNESCO, UNEP 和 WMO 联合建立的 - http://www.ioc-goos.org/

7 GCOS 是由 ICSU, IOC of UNESCO, UNEP 和 WMO 联合建立的 - http://www.wmo.int/gcos

全球观测系统（GOS）空基组成部分的发展特别显著，现在的空基部分已经发展成为许多不同卫星仪器和系统的综合体系，为范围广泛的应用作出突出贡献。

除了在气象业务中发挥长期作用以及支持数值天气预报（NWP）的快速发展，观测已经开始支持更广泛的应用，不仅支持实时监测和预报天气，而且还可以监测和预报海洋和地表，包括月和季节尺度上的长期预报。用户要求变得更加严格，这些活动已出现了新要求和新工具，模式发展很快，观测需求也一样。总之，观测需求越来越严格，并且需求变化也越来越快。

观测需求考虑了WMO发起的，以及WMO和与其他国际组织共同发起的计划中所有相关的应用。其中一些是实时应用，包括天气和海洋预报。对于这些应用，通常交换和处理从几分钟到几个小时时间尺度的观测（取决于观测技术，用户需求和数据传输的方式）。其它应用也是业务运行的，但能够承受更长时间地推迟收集和使用观测。还有一些是与各种应用相联系的研究活动，这些活动不太受数据收集和数据交换时效延迟的限制。许多观测系统满足实时和非实时需求。全球气候观测系统（GCOS）活动和全球气候服务框架（GFCS）活动有一些需求不太受实时数据交换的限制，尽管一些方面可大大受益于实时或近实时资料交换。随着这些服务的用户不断增加，与提供业务气候服务（GFCS）有关的观测需求预计将增加[8]。在某些情况下，只需实时分发用于其它目的的观测资料，就能取得重要改进。

### 1.3. 新计划的背景和目的

在WMO基本系统委员会（CBS）的主持下，综合观测系统开放式计划领域组（OPAG-IOS）及其全球观测系统演进发展专家组（ET-EGOS）指导和监督全球观测系统的发展。OPAG-IOS和ET-EGOS已监督了WMO 不同应用领域对于观测系统需求的“滚动需求评审”（RRR）过程。在该过程中，根据不同的应用领域对观测需求进行分类，在资料密度（水平或垂直分辨率）、不确定性（准确性）、观测周期（频次）和时效方面对各类需求加以量化，以综合列出所需的气象和环境变量（风、温度等）。滚动需求评审(RRR)过程用于规范化包括此类信息在内的数据库[9]管理。数据库会定期评审和更新。目前开展的滚动需求评审主要针对了下列 12 个应用领域：全球数值天气预报、高分辨率数值天气预报、临近预报和甚短期预报、季节至年际预报、航空气象学、海洋应用（包括海洋气象）、大气化学、农业气象学、水文学、气候监测、气候应用和空间天气。必要时将增加其它应用领域。对于每个应用领域，都要通过该领域专家的“关键评审”，将观测需求与当前和规划的观测系统的能力进行对比。关键评审还要考虑“观测系统对应用影响试验研究”的结果。在用户需求方面，现有/规划的能力方面存在的主要不足参见差距分析或“指导声明”（SoG）。用户

---

[8] 在 GFCS 背景下的气候服务用户是很宽泛和非常多样的群体，包括广大政策制定者、管理者、工程师、科研人员、学生和公众，他们来自各行各业和不同的社会经济领域（包括农业、水资源、卫生、教育、减害、环境、旅游、交通等），而且他们的整个需求尚不得而知。

[9] http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/RRR-DB.html

需求、现有和规划的能力评估以及指导声明是这个过程的主要成果，首先它贡献于“全球观测系统到 2025 年发展愿景”，而且有助于本实施计划中的分析与实施行动。

本实施计划的第一版于 2001-2003 编写完成，WMO基本系统委员会于 2005 年通过第一版计划-即老版本实施计划。老版实施计划包括一系列旨在改进全球观测系统地基和空基子系统的建议。目前的新版本实施计划在原老版本计划基础上完全改写。重新改写的原因在于：

- 从 2003 以来，在原先的建议之上又增加了许多意见和更新内容，作为报告全球观测系统演进发展过程的一部分。这些意见和更新内容目前主要具有历史价值，但却使文件不易理解；
- 有些建议已经过时；
- 进展报告中已增加了一些新建议，其中许多涉及新的实施计划；
- “全球观测系统 2025 年发展愿景”[10]于 2007 年由全球观测系统演进发展专家组（ET-EGOS）启动，2009 年经由WMO执行理事会第 61 次届会批准通过，它对观测系统的发展提出了高层次目标。本新版本实施计划是对新愿景的全面响应，并在结构上得到体现。世界气象组织全球综合观测系统（WIGOS）为WMO各观测系统提供了新的组织框架，有必要将本实施计划置于WIGOS框架之内，并且还包括了WIGOS中的一些重要内容，例如综合性和互可操作性；
- 新版本实施计划更为具体地明确了哪些机构需要采取不同的实施行动；
- 新版本实施计划响应了新版的全球气候观测系统实施计划（GCOS-IP）[11]、全球气候服务框架（GFCS）以及全球冰冻圈监视网（GCW）的新需求。此计划中涵盖的各项行动旨在强调和宣传GCOS对基本气候变量（ECV）的高质量观测需求以及GCOS气候监测原则（GCMP）中阐明的观测规范。

目前的新版本实施计划旨在制定对进一步改进全球观测系统以及对于逐步实现 2025 年全球观测系统发展愿景至关重要的一系列实施行动。旧版本计划中的许多行动也得到了重申和更新。此外，新版本计划确定了负责各项行动的参与方（组织、机构）、预计的时间范围、总体管理和监督以及绩效指标。绩效指标通常涉及“观测资料数量”或“观测系统数量”。虽然对各项行动质量要求没有提出具体规定，但这些数字应当理解为：质量可接受的观测资料的数量。如同用于仪器和观测方法[12]一样，预计WMO质量管理框架（QMF）也将在此发挥重要作用（参见第 2.1 节）。

---

[10] 参见 http://www.wmo.ch/pages/prog/www/OSY/WorkingStructure/documents/CBS-2009_Vision-GOS-2025.pdf

[11] 参见 http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/Publications/gcos-138.pdf

[12] 参见仪器与观测方法委员会(CIMO)指南 (http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html) 第三部分第一章“质量管理”

新版本实施计划按 2010-2020 年前期的预想阐述各项实施行动，新版本计划的时段涵盖到 2025 年。为了监督本实施计划中的各项行动，将定期编写进展报告；并以该新版本实施计划为参照基准来对比进展。

如果目前规划的各项活动到 2025 年能够满足需求，则在今后的更新中，相应的子节中不会纳入新的行动。然而，如果对本计划进展的监督表明实施机构的计划有变化，且有“差距”出现，也并不妨碍在日后增加进一步的行动。

本计划第 3 节中涉及交叉行动，第 4 节涉及针对发展中国家的具体考虑。针对各观测系统在下列各章中单独列出了行动：第 5 节为地基观测系统，第 6 节为空基观测系统。最后，第 7 节为空间天气。

## 2. 实施的战略方法

### 2.1. 总体方法及与世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)的关系

目前的实施计划包含各项实施行动，旨在观测可描述大气以及大气相关环境（海洋、冰和陆地）的许多变量。预计执行这些实施行动虽有困难，但在 2012-2025 年时期内是可行的，尽管在 2025 年可能无法完全完成。这些实施行动的确定在很大程度上是源于滚动需求评审(RRR)过程提供的差距分析。不同行动的优先次序是以不同应用领域的滚动需求评审(RRR)和相应指导意见（SoG）为指导。

这些实施行动的制定融入了各种信息，不仅包括关于现有的和规划的观测能力与当前所阐述的用户需求之间差距的信息，还包括关于弥补这些差距的最具成本效益方法的信息。通过观测系统对于数值天气预报实际或模拟的影响试验，已尽可能地获得了指导。特别是考虑了观测系统试验（OSE）、观测系统模拟试验（OSSE）以及数值天气预报(NWP)中心开展的其它影响研究的结果。

本新版本实施计划中确定的实施行动考虑了世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)发展和实施战略确定的、并经过第十六次世界气象大会（Cg-16，2011）通过的世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)的愿景、需求、目标和范围，同时也考虑了第 64 次执委会（EC-64，2012）批准的世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)实施计划（WIP）（参见网址[13]）：

[13] 见 http://www.wmo.int/wigos

**世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS) 愿景与需求**

根据 WIGOS的愿景，要求以具有成本效益和可持续的方式建立一个综合、协调和全面的观测系统，以满足WMO会员在提供天气、气候、水和相关环境服务方面不断增长的观测需求。WIGOS将提供一个框架，推动WMO各观测系统组成部分的整合和优化发展，包括WMO对联合建立的观测系统做出贡献。

为改进气象服务，需要提高现有的观测能力，使之更具成本效益并维持其运行。为确保协调一致的、全面和可持续的系统，满足WMO和合作伙伴的需求，需要改进观测系统的治理、管理和整合。

为了确保互可操作性并促进观测系统各组成部分的优化, 必须进行整合。整合的主要要求是实现三个关键领域的标准化：仪器和观测方法的标准化；世界气象组织信息系统(WIS)的信息交换和数据发现标准化；符合质量管理框架的资料管理标准化。

**质量管理框架（QMF）**

预计WIGOS将提供及时、有质量保证和质量控制的、记录完善的长期观测资料。实施质量管理程序，就能够更好地利用现有的和新的观测能力。

WIGOS应涵盖质量管理框架（QMF[14]）的全部程序，以确保关于天气、水和气候的观测资料、记录和报告以及其它环境资源、业务预报、预警、相关信息和服务均符合既定的质量，并符合与其它国际组织商定的相关联合标准。

这一切都应当是以商定的质量保证和质量控制标准为基础，旨在制定和实施综合质量管理系统（QMS）。为此，只有在国家层面有效实施之后，才将可能提供可靠、及时、有充分质量控制的资料流和相关元数据。

**观测系统的协调规划和优化**

在WIGOS框架内，将通过滚动需求评审(RRR)过程对观测系统进行的规划协调和优化，见第1.3 节。

WIGOS的发展将受益于各项试点项目，预计这些项目有助于全球观测系统的长期发展。

[14] http://www.wmo.int/qmf

本实施计划描述了针对各观测系统提出的实施行动。WIGOS的其它方面（网络管理、与伙伴组织的关系、与世界气象组织信息系统(WIS)的协调等）虽然也很重要，但不在本实施计划的范围之内。

本实施计划战略方法的一些要素也同样适用于GCOS-IP的战略方法。这些战略要素包括：

- 地基实地和遥感观测网络的全球覆盖。这主要包括改进现有的观测网络，以实现推荐的技术、业务和维护标准，特别是在发展中国家；
- 扩大现有观测网，特别是提高对资料稀疏地区（如海洋、热带、高纬度、高海拔）的观测密度和频次，以满足GFCS用户界的新需求；
- 改进资料获取系统和资料管理程序，旨在将资料缺失最小化并与世界气象组织信息系统(WIS)和世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)概念保持一致；这包括实施符合国际公认的对天气、气候、水和相关环境观测标准以及相关资料交换标准；
- 通过持续和改进的标定和/或检验、有效的资料管理、确保高优先卫星观测的连续性，有效利用卫星资料；
- 以现有资料系统为基础，强化对资料来报率和质量的监测（在加工、交换和使用等各个阶段）；
- 通过科研、技术开发和试点项目示范，不断形成新的能力。

### 2.2. 实施机构

对于地基观测系统而言，实施行动主要依靠国家机构，如国家气象部门（NMS）和国家气象和水文部门（NMHS）。而在有些情况下，在国际计划背景下或是有密切国际合作范围内，实地观测网的实施则是由非气象部门或机构负责。在某些情况下，有些观测网是通过科研项目资助并主要用于科研目的的，因此它们的可持续性令人关切。

对于空基观测系统，实施机构有的是卫星运营方和开展科研和/或业务活动的国家卫星运行机构，有的是专门开展空间观测的多个国家机构（例如欧洲气象卫星开发组织-EUMETSAT，译者注）。

对于地基和空基系统，需要有高度的国际合作，因此WMO发起以及与其它国际组织联合发起一些国际计划。对于从科研向业务转化的观测系统，发挥主导作用的是WMO的三个技术委员会：基本系统委员会（CBS）、大气科学委员会（CAS）以及仪器和观测方法委员会（CIMO）。

对于地基实地观测网络，其设计和开发通常是通过各区域协会，利用技术委员会的指导材料，主要是（但不仅是）基本系统委员会(CBS)的指导材料，区域协会在各自区域发挥着关键的协调作用。通过世界气象组织于其他国际组织联合发起的观测系统（GCOS，GOOS，GTOS），许多需求可得到满足。关于海洋实地观测网，世界气象组织与国际海洋组织（WMO-IOC）共同建立的海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM））参与了协调所有的观测系统在海洋表面进行海洋气象测量，以及在海面或水下开展海洋学测量。大气化学观测的实施是通过全球大气监测网（GAW）计划及其战略计划和增补件（参见 5.3.1.4 节中给出的网址参考）。对于空基观测系统，观测的总体趋势是面向全球范围的，而不是像实地观测网那样主要注重区域。WMO在空基观测系统发展方面的作用也同等重要，WMO与气象卫星协调组织（CGMS）以及国家和国际空间机构开展密切合作，共同推动WMO空间计划的发展。

有些地基观测网络在气候监测方面具有至关重要作用，因此必须加以扩充。这些观测网包括用于地面辐射测量的观测，是对卫星仪器总射照度及所有变量测量的补充，这些变量的必要性在于监测地球系统的碳循环（特别是土壤碳）以及大气、海洋和地表之间二氧化碳和甲烷通量。全球地球观测组织（GEO）的全球碳观测战略[15]阐明了开展此类观测的实施机构。

## 3. 总体行动和交叉行动

实施计划的这一章节严格遵照“全球观测系统 2025 年发展愿景”中所述总体趋势和各种问题的描述，并提出与这些趋势和问题有必然关联的总体行动。

### 3.1. 响应用户需求

全球观测系统将提供全面的质量改进的观测资料，以满足WMO所有会员和各项计划对天气、气候、水和相关环境服务的资料产品和服务需求；通过WIGOS的一系列活动，WMO将实现多种观测系统的综合和日趋互补，继续提供有效的全球合作来开展观测并分发观测资料。

某些观测系统的可持续性需要研究机构和业务机构之间开展合作。有些观测变量是在研究计划下开展的，或是由以研发工作为主的空间机构进行观测。一旦这些变量的观测方法的成熟度足以保证持续观测资料达到准确度的要求，并且它们能够满足某些用户团体的需求，则需要继续把这些观测持续下来作为业务观测系统。

[15] http://www.earthobservations.org/documents/sbas/cl/201006_geo_carbon_strategy_report.pdf

业务的观测系统包括观测过程、向预处理中心传输、存档和向用户分发，其各项程序与世界气象组织信息系统(WIS)兼容。这些活动过程并不一定意味着职责从一个组织移交给另一个组织。在开发出新的或更新的观测技术或资料加工系统之时，重要的是在实施之前，开发方与中介和最终用户之间要进行沟通，评估各项需求以及新的或发展中的观测系统的影响。这有助于确保掌握所有必要的需求，包括对观测资料均一化的实时需求。应当作出规定，以便在系统部署之前，使用户能够在资料接收、加工和分析等基础设施方面，以及相关教育和培训方面对新观测系统做好准备。

同时，必须要继续重视现有的系统。长期以来沿用的观测方法仍然具有价值，应当用于观测网的连续性和扩充，以满足用户的需求。

**行动 C1**

**行动：**鼓励和帮助扩充传统天气和气候观测平台，以满足用户对气候信息日益增加的需求。

**实施机构：**全球气候观测系统（GCOS）和基本系统委员会(CBS)领导此项行动，代表用户的区域中心以及运行观测系统各组成部分的组织共同参与。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**对用户需求的满足程度。

**行动C2**

**行动：**相关研究型观测系统在足够成熟并具有成本效益之后，将采取相应的转化方法，使之成为持续的业务系统。

**实施机构：**基本系统委员会(CBS)与仪器与观测方法委员会(CIMO)和大气科学委员会(CAS)合作启动和领导此项进程，所有运行观测系统各部分的相应组织参与。

**时间范围：**持续。时间表将视具体情况决定。

**绩效指标：**与既定目标相比，持续运行的系统数量。

**行动C3**

**行动：**确保所有观测运行方遵循世界气象组织信息系统(WIS)的标准[16]。

**实施机构：**执行观测计划的各组织和机构。基本系统委员会(CBS)监督此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**对世界气象组织信息系统(WIS)标准的符合程度。

---

[16] 参见 http://www.wmo.int/pages/prog/wis/

**行动 C4**

**行动：**在采用新的（或改变现有的）观测系统之前需要认真准备。需要通过和以前和目前资料用户以及更广泛的用户团体协商来评估影响。此外还需要为资料用户提供关于资料接收/获取、加工和分析基础设施的指导、代用资料以及教育和培训计划。

**实施机构：**运行观测系统各组成部分的所有组织，并遵守基本系统委员会(CBS)、大气科学委员会(CAS)或其它技术委员会和联合发起的各项计划提供的最佳规范。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**对用户界关切的了解程度。

大部分海洋观测系统目前都由科研资金来维持，持续的时间有限。考虑到持续、长期观测关键的海洋变量对许多应用领域的重要性（包括中长期天气预报和季节气候预报），WMO会员应当注意在这些研究计划结束时可能出现的潜在不足，除非目前用于持续观测网络的资金得到保证。此类观测网络包括：（1） 热带系留浮标阵列；（2） Argo浮标阵列；（3）海面浮标上部分气压表更新（用于天气预报）；（4） 高度仪、散射仪、微波海面温度（SST）和研发卫星使命的海冰测量。

**行动C5**

**行动：**确保持续资助关键的海洋观测系统（例如，热带系留浮标、Argo、携带气压表的海面浮标，以及高度仪、散射仪、微波辐射测量的SST、研发卫星使命的海冰测量）。

**实施机构：**国家气象部门、国家气象和水文部门和伙伴国家机构，并与国际组织、负责观测系统协调的技术委员会（如海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM），基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)）以及空间机构合作。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**通过持续机制资助的观测网百分比。

用户要求全球观测系统根据需求以可靠、稳定、持续和具有成本效益的方式提供观测资料。用户需要具有特定空间和时间分辨率、准确性和时效的观测资料。在更高的科学认知和观测及资料加工技术进步的基础上，用户需求将会发生变化，以响应快速变化的应用和技术环境。由于缺少适合的技术，我们测量某些关键环境变量的能力常常受到限制。这些局限是源于是否具有必要的基础观测技术、仪器相关的技术、资料加工、适合的检定/检验技术、空间和/或时间分辨率、易操作性及成本等原因限制而各不相同。随着对环境变量进行新的遥感观测，极为重要的是，在足够广泛的地球物理条件下对测量值本身及所用反演方法进行检验。同样重要的是，以物理一致的方法导出海洋、陆地和大气领域的观测产品。综合性产品的开发需要融合不同的数据集或资料源，这需要时间和空间的一致性。

针对局地气象条件和特殊的用户需求，开展有选择性和针对性的观测。它们的运行应由国家气象和水文部门指导并与之合作，以确保互可操作性和可能的资料交换（另见 5.3.1.1.1 节）。

**行动C6**

**行动：**对于建议以自适应方式运行（即，可根据气象条件改变观测单元的一种过程）的各观测系统，调研其可行性、成本效益以及对气候资料记录连续性的副作用。

**实施机构：**日常运行观测网的组织。根据大气科学委员会(CAS)、其它技术委员会、区域协会和全球气候观测系统（GCOS）的建议，基本系统委员会(CBS)发起和协调这一进程。

**时间范围：**持续开展对可行性和成本效益评估评审过程。

**绩效指标：**达到某种既定目标的观测网数量。

### 3.2. 整合

世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)将提供一个框架，推动WMO各观测系统（主要包括世界天气计划下的全球观测系统-GOS、科研计划下的全球大气监测-GAW、新的全球冰冻圈监测-GCW和世界水文循环观测系统-WHYCOS）的整合和优化发展，其中也将包括WMO与其他国际组织联合建立的观测系统（GCOS、GOOS、GTOS）之间的合作。整合将通过以下方式进行：需求分析、酌情与WMO会员和其它伙伴共享各个系统内的观测基础设施、平台和传感器；将以协调一致的方式规划地基和空基观测系统，从而以具有成本效益的方式在适当的时空分辨率上满足各类用户需求。

资料同化技术的重要作用，在于其能够以高成本效益方式通过数据同化技术整合不同观测系统，从而满足不同学科的各种应用。通过结合多种信息来提供一系列完整和前后一致的地球物理场信息，资料同化技术确实能够为观测系统带来显著的附加值。就本身而言，每个观测系统只能提供全球总体需求的部分样本信息，因为这些需求是由滚动需求评审（RRR)过程记录成文。然而，并入全球数据同化后，对它们的测量值进行整合能够对许多变量提供可靠的全球分析场，这对于许多全球应用非常重要。

要完成此项实施计划，一个重要挑战是要找到保持这些观测系统长期连续运行的方法。这并不意味着要无限期地保证各系统的连续性；此战略关键在于：当利用其它仪器或其它观测系统取代某个仪器或观测系统时，要确保不会降低对重要变量的观测质量。有些用途使用的观测资料标示为业务用途的“科研”或“示范”。“科研”和“业务”的界线并不明确，时时处于变化之中，这主要是因为它与应用和资料使用方法方面的科学进展紧密相关。因此，确保不降低对重要变量的观测质量就意味着确保科研/示范系统转化为业务系统（认识到这一点很不容易）。

地基和空基观测之间的有力互补也支持了WIGOS的整合作用。某些实例包括：

- 对于大气观测，地基系统在边界层更为有效，而卫星仪器则在平流层和云层以上更为有效；
- 利用空基成像仪和空基探空仪可获得全球资料覆盖和高水平分辨率；这用实地观测网不可能实现，而实地观测网仍是获得高垂直分辨率的最佳系统，特别是在较低大气层（如无线电探空和AMDAR，译者注）；
- 卫星反演结合实地基准测量可获得最准确的SST场。

应当根据用户需求，及时向不同用户提供观测资料。为了便于使用，资料的提供还应当采用关于资料加工、电码形式和分发的标准规范。

**行动C7**

**行动：**根据用户需求，通过相应的变更管理程序，确保观测系统关键组成部分及其资料记录的时间连续性和重叠覆盖。

**实施机构：**基本系统委员会(CBS)领导，并与其它技术委员会、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、区域协会、卫星机构、国家气象部门/国家气象和水文部门以及运行观测系统的各组织合作。

**时间范围：**持续。时间表将视情况而定。

**绩效指标：**资料记录的连续性和一致性。

### 3.3. 资料政策

全球观测系统（GOS）运行范例是以WMO资料共享原则为基础，根据这些原则，所有基本资料都在WMO会员之间公开共享。资料共享得到有力推动，实际上是由于以往的观测资料主要是由国家政府和国际机构提供。用户需求和观测系统必须，且将继续发展。目前正从更广的渠道收集和交换更大数量和不同类型的资料。因此，会员和WMO的资料政策需要随之发展。

商业机构未来可能发挥更大的作用（例如，仪器载荷的托管或“资料购买”及类似机制），因而带来的重大问题是：在这种机制下获取的资料能否继续向WMO所有会员提供。

**行动 C8**

**行动：**确保WMO自主建立和联合建立的观测系统继续坚持WMO的资料共享原则，而无需考虑资料的来源（包括商业实体提供的资料）。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门以及空间机构。过程由基本系统委员会(CBS)监督。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**所有基本观测资料是否能持续提供给所有的WMO会员。

由其它机构提供的开放共享资料也会带来巨大效益，因此应抓住每一个机会鼓励此类数据共享。

### 3.4. 拓展观测范围

在用户应用和观测变量这两个领域的范围都会扩展。其中包括在遵守GCOS气候监测原则的基础上用于支持制作于GCOS基本气候变量（ECV）有关的观测资料，以及为实施GFCS框架下全球、区域和国家尺度的业务气候服务所需的所有额外观测资料。同时，大气化学和水文这两类应用也需要更多台站不断增加观测变量。

供全球交换的观测资料的范围和数量将会扩大。现存的若干局地观测系统目前仅供局地或区域应用；一旦它们展示出能够增值，它们也将用于全球应用。因为观测变量增加，因为现有局地观测资料今后将供全球交换，还因为全球观测系统的（时空）分辨率将提高，全球资料交换的总量将大量增加。卫星和雷达数据集将会扩展到需要日益提高水平分辨率的各项应用中。这将意味着专业资料中心将必须为所有水平尺度（从全球到百米尺度）的应用提供服务。此类资料扩容将给那些按照世界气象组织信息系统（WIS）标准开展资料加工和传输流程带来压力（对于实时应用而言尤为重要）。

**行动C9**

**行动：**根据未来空基和地基资料来源生成的预估资料量来评估用于交换和处理的资料量今后的演变。

**实施机构：**世界气象组织信息系统（WIS）领导，各技术委员会、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、区域协会、卫星机构、国家气象部门/国家气象和水文部门以及各类运行观测系统的组织配合。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**需处理和交换的资料量的演变。

陆地冰冻圈的某些观测属于业务网络的一部分；其它观测属于研究计划，而且在一致性方面目前没有明确要求。全球能够可靠地测量固态降水（降雪、积雪深度、冰和雨水当量）的能力存在相当大的知识空白。解决方案是：应利用新兴技术和实地及遥感观测技术，而且需要将两者相结合的研究。例如，许多地面站定期观测积雪深度，但对湖冰盖和冰川物质平衡并非如此。需要与其它变量配合观测的同时改进降雪观测规范、一致性和定期报告。虽然新技术前景广阔，但是一些关键的冰雪特性，例如降雪、雪水当量（SWE）和多年冻土层特性很难通过空间和实地测量。全球冰冻圈监测计划（GCW）将评估地基和空基冰冻圈观测系统，同时提出关于缩小用户需求与现有观测能力之间差距的建议。

### 3.5. 自动化

利用新的观测和信息技术全力发展自动观测系统的趋势还将持续，但需要证明这些系统具有成本效益，而且不会影响某些应用（如气候监测）的重要要求。实时和原始资料的存取将得到完善。越来越多的观测系统以后必须生成不同层次的资料，从大量的原始资料到经深度处理的数据集。许多用户将会对一种或多种后处理资料感兴趣。在尊重世界气象组织信息系统（WIS）通用标准的情况下，制作多种处理包相当重要。将以数字形式收集和传输观测资料，必要情况下还必须高度压缩。资料的处理过程将会高度依赖计算机。

受灾害性天气现象严重影响的地区的观测网尤其需要高度自动化。对于这些地区的临近预报和风险减缓，电信基础设施是否牢靠地足以抵御这些灾害性天气现象是很重要的。

请见关于资料兼容性的**行动 G31**。

### 3.6. 互可操作性、资料兼容性、一致性和均一性

仪器和观测方法将会不断统一。将会改进观测的校准和元数据的提供，从而确保资料的一致性和对绝对标准的溯源性。世界气象组织信息系统（WIS）上的资料格式和传输的均一性将得到提高，而且现存观测系统和新引进的系统的互可操作性也会得到加强。元数据对于确保观测资料的质量、溯源性和均一性至关重要，因此维护严格的元数据档案库非常关键，这样才能支持标准化工作、启动均一性评估和确保资料来源和物尽其用。

为了确保数据集的一致性和均一性，全球气候观测系统实施计划（GCOS-IP）所记载用于气候的卫星资料监测原则在一定程度上对WMO的其它应用都适用。这也适用于涉及到时间连续性、观测均一性和重叠、星轨稳定性和传感器校准、资料释用、处理和存档的建议。对天气预报和其它应用展开的全球分析目前依靠几个关键的观测系统。这些传感器长时间的连续性对于气候的应用显然至关重要，当然对于其它应用（包括实时应用）也很重要。要以“协同”方式利用所有这些传

感器，例如，一类传感器可帮助评估其它传感器的偏差和飘移。在此过程中，精准的实地观测的作用很重要，因为它支持GCOS对GCOS基准高空站网（GRUAN）的要求。

到 2025 年所有观测资料的质量、观测方法和对误差的描述将会得到改进。目前需要的业务系统能够跟踪、识别并尽可能接近实时地告知站网管理员和操作员观测出现异常（包括时变偏差）。此类反馈系统目前已在若干数值天气预报（NWP）中心成为日常规范的操作系统，应用于业务数值天气预报（NWP）模式的资料同化，以及气候监测中心，旨在确保整体资料质量。然而，需要将这些监测活动延伸到其它应用规范，而且为那些无法与任何业务模式比对的观测资料建立反馈程序。另外，即便在日常监测活动中，还需向观测操作员更快速、更高效反馈信息并采取订正行动。

**行动C10**

**行动**：监测流向处理中心和用户的所有基本资料，以确保数据监测中心的反馈信息及时传至观测网的管理层。

**实施机构**：有关技术委员会和国际计划协调的资料处理中心（基本系统委员会(CBS)领导该过程并一旦需要予以启动）。

**时间范围**：持续。

**绩效指标**：通常监测标准[17.]

**行动C11**

**行动**：通过减少需国际协调的标准的数量来改进用于国际交换的资料格式均一性。

**实施机构**：基本系统委员会(CBS)领导，其它技术委员会配合。

**时间范围**：持续。

**绩效指标**：每类资料格式的数量。

### 3.7. 无线电频率要求

世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)各组成部分使用不同的无线电应用。

空基无源传感探测是通过分配给地球探测卫星（无源）和气象卫星服务的频段来开展工作的。无源传感探测需要测量自然产生的辐射，这些辐射的功率水平通常很低，而且包含所研究的物理自然过程的基本信息。

---

[17] Http://www.wmo.int/pages/prog/www/ois/monitor/introduction.html

相关的频段是由那些无法改变且不能被忽略的固定物理特性（分子共振）来确定的。因此，这些频段是一种重要的天然资源。即或是无源传感器接收到的干扰水平低也可能会影响资料的质量。另外，在大多数情况下，这些传感器无法区分自然和人为辐射。对此，国际电信联盟（ITU）无线电管制规定能够把最重要频段无源服务运用于空基无源遥感探测系统。

一些地球物理变量产生了不同程度的自然散射，在某一具有独特特性的特定频率上可观测到它们的自然散射。因此，必须在几个微波频谱上同时测量，以便从某一系列测量中提取出有关变量的估值。因此，无源频段应被视为一套完整的系统。现有的科学卫星和气象卫星仪器并不针对某一特定的频段，而是包括在整个无源频段开展观测的多种不同仪器。而且，对于大多数天气、水和气候应用和服务而言，完整的全球资料覆盖尤为重要。

还很重要的是，我们要为遥测/遥控，以及为收集到资料的卫星下行链路提供足够的和受到充分保护的地球探测卫星和气象卫星使用的频谱。

目前使用气象辅助观测（MetAids）无线电通信服务开展气象和水文观测，它为测量气象变量的实地传感系统（如无线电探空仪）和远程基站建立连接。这类基站的地点可固定也可移动。另外，气象雷达和风廓线雷达提供的观测资料很重要。目前全世界有大约上百台风廓线雷达和上千部气象雷达，它们能够提供降水和风的资料，这在气象和水文预警过程中发挥着关键作用。

WMO 内部是通过无线电频率协调指导组（WMO SG-RFC）来处理关于无线电频谱要求和运行的问题。为了协调频率保护活动，欧洲有 20 多个国家气象部门和其它相关组织成立了欧洲气象频率（EUMETFREQ）计划。频率的管理与保护对于 WMO 空间机构尤为重要，因此空间机构成立了空间频率协调组（SFCG[18]）来协调他们在这方面的活动。

**行动C12**

**行动**：确保持续监测WIGOS不同组成部分所需的无线电频率，以便保证它们不会中断且达到了所需的保护程度。

**实施机构**：WMO无线电频率协调指导组（SG-RFC）领导，国家气象部门/国家气象和水文部门以及负责无线电频率管理的国家、区域和国际组织配合。

**时间范围**：持续。

**绩效指标**：根据所需的保护程度获得的/未获得的观测频段

[18] 见 http://www.sfcgonline.org/home.aspx

## 4. 考虑发展中国家观测系统的发展

广大发展中国家和经济转型国家在提供基本地面观测方面缺乏能力或资金。这对以观测，尤其是全球尺度观测的一致性和均一性而言是一个挑战。这些国家所需的支持以及提供这类支持的机制与GCOS实施计划中阐述的用于气候用途的机制一致（见有关发展中国家的章节），此外通常还需要支持将那些已开展观测的实时资料以正确的格式通过世界气象组织信息系统(WIS)传输。

还需通过为有关区协提供指南、组织培训和能力建设活动支持这些国家，尤其是最不发达国家（LDC）和小岛屿发展中国家（SID）。在许多地区，包括非洲大部、亚洲和拉丁美洲（一、二和三区协和一些位于北纬 25 度至南纬 25 之间热带地区的会员），它们现有的地基全球观测系统（GOS）无法提供足够的观测。发展中国家在逐步发展观测系统时必须解决三个方面的问题：（a）基础设施不足，如电力、通信、交通设施不足等；（b） 工作人员的专业技能，培训不足等；（c）购置设备、耗材、零配件和人力等方面的资金不足。缺乏基础设施和专业技能可能是由于缺乏资金造成的。

观测系统的发展必须考虑系统的更新、恢复、替换和能力建设（尤其是利用新技术方面）。具体需要考虑两个方面：资料的制作和使用。有些国家有可能目前甚至没有能力生产制作资料，因此将只能成为资料的用户。为了帮助发展中国家制作供国际交换的资料，需要对前面提到的三个问题予以充分考虑，即：公共基础设施、专业技能和资金。

面临这样的条件，可采用如下可能的办法发展观测系统。首先应该找出那些对当地基础设施依赖程度较低的观测系统。一旦当地具有充分的基础设施，具有合适的专业人员，并可持续维护基础设施，则有可能增加地面和其它技术的实地观测，例如卫星资料、航空器气象资料下传(AMDAR)、下投式探空仪和自动气象站（AWS）。自动系统通常在维修和必要的设备更换方面对技术能力和资源的要求高。通过在全球可实现的以万维网为基础的系统作为提交人工观测资料的能力可为一些最不发达国家和小岛国提供另一种可替代的途径。

作为对GCOS高空网（GUAN）的支撑，至少需要有最基本的可靠的无线电探空仪数量。各会员应尽全力履行为GUAN承担台站业务的承诺。对数值天气预报(NWP)影响的研究表明[19]，独立的无线电探空仪观测对于全球以及高分辨率数值天气预报(NWP)至关重要。

---

[19] 见 http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Reports/NWP-4_Geneva2008_index.html

在资料稀疏地区通过航空器气象资料下传(AMDAR)获取风、温度、以及不就得将来可获取的湿度垂直廓线，似乎对于那些具有重要机场但却有很少常规大气观测的国家似乎是获取某些基本大气变量观测资料的自然出路。

需要继续关注某些国家的能力建设。为履行资料交换的国际责任，资料表现形式需要向一种表驱动电码（BUFR[20] 或 CREX[21]）演进，并将其作为一种可靠的资料表示形式提供支持。更重要的是，将有必要开发和部署自动生成报文（如CLIMAT报）的系统，在坚持世界气象组织信息系统(WIS)实施战略的同时确保基本资料及时、高效和经质量控制的传输。

一些国家建立了卫星接收站或通过全球通讯系统(GTS)接收卫星资料，但是它们缺乏利用这些有益信息的专业技能。一些国家正在购买多普勒雷达，但是它们需要培训如何处理和释用雷达资料。例如，通过“欧洲气象卫星组织第二代静止气象卫星在非洲应用准备计划（PUMA）”项目拓展了获取常规资料和卫星资料的渠道，世界气象组织一区协因此而从中受益。应扩大这类项目范围，将日常应用（天气学、航空气象学和临近预报）的其它资料类型纳入其中。

以下就气象观测系统技术合作活动优先重点的分配提出一些指导意见（按优先顺序）：

(a) 建立提高/恢复现有的和新建的 RBSN[22]/RBCN 高空观测能力项目，重点放在不发报的高空恢复发报和提高资料稀疏地区覆盖率上（尤其是设备和耗材的购置、通信和员工培训）；

(b) 将航空器气象资料下传(AMDAR)的覆盖率延伸到发展中国家、最不发达国家和小岛国，以便补充稀疏的高空资料或为那些无法承担昂贵高空探空系统的国家提供一种具有成本效益的替代途径；

(c) 建立提高 RBSN/RBCN 地面观测的资料质量、定时观测和覆盖率有关的项目，重点是恢复不发报站正常发报并提高资料稀疏地区的覆盖率；

(d) 为采用和/或利用新型观测设备和系统建立有关的项目，包括地面自动气象站（AWS）、航空器气象资料下传(AMDAR)、自动化船载高空探测计划（ASAP）和漂移浮标，以成本效益好为原则。

为实现可靠的通信而开展的技术合作可为确保广泛交换观测资料做出宝贵的贡献。

---

[20] FM 94 BUFR 全球通讯系统(GTS)电码形式– 用于气象资料表示的通用二进制形式

[21] FM 95 CREX 全球通讯系统(GTS)电码形式用于资料表示和交换的字符形式

[22] GCOS 地面网络和 GUAN 站是 RBSN（区域基本天气站网）的一部分。

最后，在解决发展中国家观测系统的发展问题时应考虑下列建议：

- 如果有额外资金，则确定额外的观测应覆盖的重点地区；
- 对WMO自愿合作计划（VCP）或其它基金的最迫切的需求进行按优先排序；
- 作为各区域的一项高优先重点，各区协维持一个具有可接受性能的最基本的无线电探空仪观测网；
- 开展资料拯救活动，以保护发展中国家的历史观测记录，为各种活动提供长期数据集，包括再分析、气候研究、气候适应、气候监测和其它气候服务；
- 鼓励各区协与基本系统委员会(CBS)协调，以非洲多学科季风分析（AMMA[23]）外场试验为榜样，确定在有限时间内对资料稀疏地区开展外场试验，以评估额外资料如何有助于改进区域和全球尺度数值天气预报性能
- 考量未来地面自动站网在多大范围能够以具有成本效益的方式取代人工站，以及调研改进后的自动和人工台站配置；
- 当通过观测管理人员与气候科学家密切合作的方式改变观测系统时，要遵守GCOS气候监测原则（GCMP）和恰当的变革管理规范[24]；
- 对于脆弱地区的临近预报和降低风险工作，是否有牢靠的电信基础设施是个问题（牢靠程度能够抵御极端天气条件）；尽可能利用可靠的通信网络；
- 采用区域气候中心的理念，与专家保持接触，这些专家可提供有关更复杂系统（包括AWS）的培训和维护。

**行动C13**

**行动**：通过国际组织、双边合作伙伴和区域合作促进组织资助的项目，制定发展中国家观测系统的能力建设战略。

**实施机构**：国家气象局/国家气象和水文局与区协和基本系统委员会(CBS)及其它技术委员会，国际计划配合

**时间范围**：持续。

**绩效指标**：大幅提高发展中国家观测资料获取率。

---

[23] 见 http://amma-international.org/

[24] 见 WMO-TD No 1378: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/WCDMPNo62.pdf

## 5. 地基观测系统

### 5.1. 引言

发展全球观测系统（GOS）地基分系统组成部分的初衷是满足业务气象需求，当时并未考虑WMO计划目前涉及的新出现的应用。地基观测系统通常提供可溯源的和时间上同步的观测资料，这些资料对于许多观测系统是一个重要的具有历史一致性的基线。在二十世纪 70-80 年代间开始考虑与全球观测系统（GOS）的空间分系统组成部分的互补性问题。

为了观测高空大气，高空天气站（包括无线电测风站、无线电探空站、无线电测风和气球测风站[25]）过去最初是独特的地基观测网，后来它们得到了飞机气象观测和随后出现的地基遥感观测系统（廓线仪和天气雷达）的补充。在偏远地区（包括海洋和沙漠）无线电探空站网的密度与气象需求相比始终不足，全面实施世界天气计划（WWW）已成为WMO一个永恒的挑战，甚至在陆地地区也是如此。

在近地面层大气观测方面，地面观测站网的密度高于高空站网。陆地地面站网主要包括人工站和自动地面站，而海洋站网主要包括志愿观测船舶计划（VOS）的船舶，系留浮标和漂移浮标。许多最初用于单一目的的台站（如仅服务于天气或气候、农业气象或航空气象目的）已逐步演变为多功能台站，服务多项计划和多个用户。

全球天气和气候网由区域基本天气和区域基本气候网（RBSN/RBCN）组成。RBSN/RBCN应满足区域最基本的需求，以使WMO会员履行各自在世界天气监视计划和气候监测的职责。

标准的观测规范已纳入《全球观测系统手册（WMO-No. 544）》和其它手册。推荐的观测规范已纳入若干指南，例如，《全球观测系统指南（WMO-No. 488）》和《气象仪器和观测方法指南（WMO-No. 8）》等。本实施计划的若干行动可能导致对最优方法作出修改，因此需要修订上述WMO技术规范。在WMO的技术规范中必须关注整合、自动化、互可操作性、资料兼容性、一致性和均一性等领域逐渐变化的需求。这些需要在WIGOS的实施过程以及WIGOS手册和指南的制定过程中予以解决。

深海的观测仍然是一个挑战：无法从空间对其观测，也只有极少数的实地测量，例如：可拓展的抛弃式深度温度仪(XBT)，船载设备，廓线浮标等。海面观测难度略低，因为卫星在很大程度

---

[25] 固定地面台站的高空风报告

上可发挥作用，用于气象的观测系统（船舶，浮标）也能装载测量诸如海洋表面温度（SST）等海面变量的仪器。

对于陆地表面观测，某些观测可由地面天气站完成（如不同深度的土壤温度，地面积雪深度状态和土壤湿度）。同时还存在许多不同类型的、独立开发的、服务于不同应用的观测台站和网络，例如服务于水文、城市气象、农业、空气污染监测、发电等观测台站。它们提供了大量不同的气象变量，这些台站观测可能会对许多学科有用且应实现整合。

仪器需要足够坚固耐用，以便适应本地区气候，并能适应采样时所处的极端天气条件以便保持完整的气候记录。为了支持改进预报和气候科学，能够承受大风、雷击并完全能够记录极端温度和降水是至关重要的。

到 2025 年，将逐渐出现这样一种趋势，三个气候组成部分（大气、海洋和陆地系统）的观测系统将整合为一体。在气候监测和预测的背景下一体化的趋势是很自然的，因为气候监测和预测需要三个组成部分的综合观测资料。“一体化”也意味着将出现更多的多功能仪器、多功能台站和网络，同时资料的互可操作性、资料交换和资料处理方面将会取得更多进展。

一些观测系统（如无线电探空或地面站）的资料量将会保持相对较少的数量。相反，像雷达等遥感观测系统的观测资料数量预计将快速增加（与卫星资料相似），供交换的资料量增长速度预计会更快。

在下面的 5.2 节中将会把关于各种全球地基观测系统的一般性问题汇总，同时提出适宜于在 2012-2025 年实施的相关建议。在 5.3 节中，将阐述那些在 2025 年时间段左右将在业务中使用的不同的观测系统及其针对性地动议，包括一些可能的并且应该发展得研究和开发行动，以便改进这些观测系统。

### 5.2. 一般性问题：代表性、可溯源性、仪器校准、资料交换

为了保障资料质量，尤其是用于气候应用的资料质量，器测值应对国际单位制（SI）具有可溯源性；这需要通过一系列未出现中断的比对、仪器质量评估（包括站点代表性）和标定，以及相关的现行国际标准予以实现。考虑到许多不同机构开始运行观测网（尤其是自动气象站），并且这些机构正在增加，以及它们对WMO观测系统的潜在贡献，必须长时间保持可溯源性的证据或质量管理。如果某些人工观测（如云类）无法对国际单位制（SI）实现可溯源性，应要求参照WMO发布的各项标准。

**行动G1**

**行动**： 确保所有气象观测资料对国际单位制（SI）或WMO标准具有可溯源性。

**实施机构**：国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO发起的，以及WMO和其他国际组织共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织。基本系统委员会(CBS)和各区协牵头并监督。

**时间范围**：持续。

**绩效指标**：可溯源到国际单位制（SI）或WMO标准的台站数量。

对于某些特殊观测系统（例如，雷达和风廓线仪）资料量的增加，必须采取行动确保世界气象组织信息系统（WIS）能够应对资料交换量相应增加的局面。资料量增长的部分原因是观测频次增加，例如通过自动化或通过交换目前尚未用于国际交换的观测资料。

数值天气预报（NWP）模式开展的观测系统试验（OSE）表明，通过每小时资料的同化，全球预报性能可显著提高，甚至在地理范围上，所获得的资料仅占全球资料的很小一部分，例如天气站的每小时气压观测、雷达资料以及全球导航卫星系统（GNSS）接收站获取的资料等。同样，其它一些应用，包括气候和航空应用，愈发依赖 1 小时以内的观测资料。为进一步改进国家气象部门/国家气象和水文部门提供给用户的服务范围和质量，则需要开放和不受限制的调用所有的已有观测资料并进行交换。

**行动G2**

**行动**：尽可能确保用于全球应用的每小时资料的全球交换，在满足用户需求，以及综合考虑技术与资金实际约束平衡下，达到最佳效果。

**实施机构**：国家气象部门/国家气象和水文部门和区协，并与基本系统委员会(CBS)及国际计划和机构协调。基本系统委员会(CBS)领导此项行动。

**时间范围**：持续。每个观测系统的时间表待定。

**绩效指标**：全球数值天气预报(NWP)使用的标准监测指标（见 3.6 节注 17）。

**行动G3**

**行动**：促进次小时资料的全球交换，以便支持相关应用领域。

**实施机构**：国家气象部门/国家气象和水文部门，并与WMO发起的，以及WMO和其他国际组织共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织机构协调。基本系统委员会(CBS)领导此项行动。

**时间范围**：持续。每个观测系统的时间表待定。

**绩效指标**：次小时资料类型通过世界气象组织信息系统（WIS）进行交换的数量。

气候模拟和季节预报还要求那些监测大气、海洋和地面子系统的不同中心相互交换资料。虽然与数值天气预报(NWP)相比在实时性方面的要求略低一些，但是整合这些不同的观测系统，让

它们根据世界气象组织信息系统(WIS)和世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)的标准实施共同的预处理和交换规则仍很重要。此类行动将在无需创建新的观测系统情况下就能显著提高用户效益。由于不同用户有不同的业务局限性，对资料的分辨率要求也不同，对于某些能够产生大量资料的观测系统，这可能意味着要组织处理出不同级别的数据供多种需要选择（如许多卫星使命已经这样做了，例如原始数据，预处理数据，不同级别的产品等、译者注）。通过促进资料或取也能够满足使用地基观测资料对卫星产品进行标定的需求。

**行动G4**

**行动**：确保根据世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)/世界气象组织信息系统(WIS)标准交换大气、海洋、陆地观测系统的资料。如需要，组织不同层面的经预处理的观测资料，以便满足不同用户的需求。

**实施机构**：国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)领导此项行动。

**时间范围：**持续。每个观测系统的时间表待定。

**绩效指标：**能够提供给每个应用的资料的统计数据。

**行动G5**

**行动**：地基观测系统运行机构应促进那些适用于支持地面参数对空基反演资料检验的资料调用。

**实施机构**：基本系统委员会(CBS) 领导，与国家气象部门/国家气象和水文部门配合。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**提供给卫星产品检验的地面资料的数量。

对于各种应用，主要对气候监测而言，重要的是：

- 台站有长期且未中断的观测记录
- 定期进行仪器的校准；
- 最大可能地遵守仪器与观测方法委员会(CIMO)选址和台站环境维护分类指南；
- 测试和比对不同观测仪器/系统（例如，提供不同类型垂直廓线的无线电探空系统和遥感系统，目的是建立资料间的互可操作性）；
- 收集和存储有效元数据，以便帮助开展均一性评估以及资料出处和适用性的评估；
- 所有国家维护自己的GCOS（GSN, GUAN和 RBCN）站以及它们要尽可能持续提供观测资料。

详情见质量管理框架（上述 2.1 节）。

**行动G6**

**行动**：地基观测网运行机构应考虑使用空间观测资料和产品来监测地基网络资料的质量。

**实施机构**：基本系统委员会(CBS)领导，国家气象部门/国家气象和水文部门配合。

**时间范围**：持续。

**绩效指标**：利用卫星资料进行质量监测的地基观测系统的数量。

## 5.3. 观测系统每个组成部分的具体问题

### 5.3.1. 地基高空观测系统

利用气球的方法来探测高空大气廓线已有很长历史了。目前又通过其它一系列渠道从陆地、海洋和空中对这类方法加以充实。WMO目前已采用综合方法，目的是优化使用不同方法，满足高空观测的需求。本节以下将探讨气球高空站、遥感廓线仪站、飞机观测、GAW站和全球导航卫星系统(GNSS)接收站的作用。海洋上的高空观测的作用将在 5.3.5 节讨论，空基观测的作用见第 6 章。

#### 5.3.1.1. 高空站[26]

##### 5.3.1.1.1. 无线电探空网和资料覆盖：优化

各种观测资料对数值天气预报（NWP）影响效果研究始终显示垂直廓线资料是很重要的，尤其是来自孤立台站的无线电探空资料（见WMO第四届各种观测资料对数值天气预报影响研究研讨会会议文集第 4 节），而且气候监测需要一个充分覆盖的高空观测网。不足之处包括某些很大片的大陆地区没有任何的无线电探空站监测。减少无线电探空资料覆盖的这些大面积空白区，或者至少防止这些空白区进一步扩大至关重要。

在一、二和三区协观测资料最少的地区维护业务无线电探空站和气球测风站至关重要，同时要考虑到无线电探空的覆盖率的优化也需要依靠飞机观测和其它观测系统的配合。

**行动 G7**

**行动**：在一、二和三区协观测资料稀疏、覆盖率最低的地区，扩大无线电探空站或激活无线电探空哑站。尽全力避免这些资料稀疏地区的现有台站关闭，在这些地区即或无线电探空站为数不多也能为所有用户提供最重要的利益。

---

[26] 包括无线电探空仪、测风气球和下投式探空仪。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)与区协一道领导此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**使用数值天气预报(NWP)的标准监测指标（见 3.6 节脚注 17）。

观测需求的一个重中之重是在广大稀疏地区增加更多廓线观测资料。因此应该利用一切可获得的航空器气象资料下传(AMDAR)机会（见 5.3.1.3 节），以便改进风和温度资料的覆盖，尤其是在诸如热带地区或中非和南部非洲地区。这意味着通过在一些定期飞往某些机场的飞机上安装设备来收集新的风和温度廓线，同时在这些地区的巡航高度也收集资料。

**行动 G8**

**行动：**重新考虑无线电探空网的设计（例如孤站的利用），同时考虑其它资料来源（例如航空器气象资料下传(AMDAR)和风廓线仪）。

**实施机构：**基本系统委员会(CBS)通过数值天气预报(NWP)效果研究和网络设计研究与国家气象部门/国家气象和水文部门、WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)和区协领导此项行动。

**时间范围：**2015 年或更早为第一次重新设计。

**绩效指标：**已开展和实施设计。

一些研究和活动（见WMO第四届观测系统对数值天气预报(NWP)影响研讨会会议文集中AMMA的内容[27]）显示，在某些情况下利用在预先估算的敏感区域（通过数值天气预报(NWP)业务运行获得此区域）增加定向目标观测，显著改进了数值天气预报(NWP)预报效果。虽然无线电探空网的运行由固定站点组成，但可以看出，通过调整某些无线电探空站的观测时间或放球频次可提高观测效果。该结论获得了欧洲气象网络组织（EUMETNET）的综合观测网（EUCOS[28]）的测试结果的证实。未来几年可以通过将现有无线电探空网在时空覆盖上更加灵活或至少更加优化来获得利益。

无线电探空网可以对如下方面进行调整：（1）无线电探空的观测时间（例如，能否将观测时间从 00-12UTC调整到其它时段，以便响应局地气象情况）；（2）无线电探空站离机场（此处可轻松获得航空器气象资料下传(AMDAR)资料）的距离；（3）气候应用所需的定点、定时的无线电探空的时间序列。

**行动 G9**

---

[27] http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Meetings/NWP-4-Geneva2008/Abridged_Version.pdf

[28] 见 http://www.eucos.net/

**行动**：继续研究和测试通过增加某些观测点施放无线电探空仪的频次所获得的观测资料对了解该地区气象形势有多大帮助。

**实施机构**：运行无线电探空网或组织外场试验的国家气象部门/国家气象和水文部门、研究机构和其它组织以及数值天气预报(NWP)中心。基本系统委员会(CBS)和大气科学委员会(CAS)领导此项行动。

**时间范围**：持续 。根据区域活动确定的时间表。

**绩效指标**：具备“灵活度”的无线电探空站的数目以及获得的观测资料的数量（标准监测）。

**行动 G10**

**行动**：调查优化无线电探空网的可能性，以便在考虑所有用户的时空分布的需求前提下尽量均一化高空常规观测的覆盖；就修改相应技术规范向基本系统委员会(CBS)提出建议。

**实施机构**：国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。 基本系统委员会(CBS)和区协领导此项行动。

**时间范围**：2015 年，之后持续。

**绩效指标**：标准监测指标。

#### 5.3.1.1.2. GUAN 和 GRUAN 站

从RBSN/RBCN遴选出的那些对于天气和气候应用都很重要的高空站组成了一个叫做GCOS高空站网（GUAN）的基准网。目前也利用GUAN站来检验卫星资料。GCOS目前正在协调用于高空气候观测的高空基准网（GRUAN）的实施，预计GRUAN在地基现代仪器的帮助下可提供长期、高精度的大气廓线观测资料，目的是全面反映大气柱状特征及其变化。对GRUAN的设想是一个由 30-40 个能够提供长期高质量高空观测资料的台站组成的网络，它是建立在现有观测网络基础之上的，例如GUAN，全球大气监视网（GAW），RBSN和GSN，它能够提供完整的元数据，以便对观测资料进行溯源。由于没有其它任何一个高空观测系统能够在固定点提供基准（卫星和航空资料每天获取资料的位置不定），所以维护GUAN以及发展GRUAN非常重要（另见 5.3.8.3 节）。

**行动 G11**

**行动**：改进GUAN的质量、可获得性和可持续性，同时确保现有网络的维护和资料质量。

**实施机构**：基本系统委员会(CBS)领导，GCOS以及国家气象部门/国家气象和水文部门、技术委员会、区协和其它相关组织配合。

**时间范围**：持续。

**绩效指标**：数值天气预报(NWP)使用的标准监测指标。

**行动 G12**

**行动：**通过支持和发展初始的 15 个台站以及最终完成 30-40 个台站网络的方式来实施GRUAN。

**实施机构：**基本系统委员会(CBS)领导，GCOS以及国家气象部门/国家气象和水文部门、技术委员会、区协和其它相关组织配合。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**数值天气预报(NWP)使用的标准监测指标以及GRUAN观测要求文件中规定的指标。

#### 5.3.1.1.3. 改进数据分发

某些无线电探空站的资料虽然可能会用于局地交换和存档并用于气候用途，但从未在国际上进行交换。在某些情况下，通过全球通讯系统(GTS)的资料交换会出现几个小时的滞后，这将大大减少其在业务上的应用。在许多情况下，通信硬件问题或软件编码问题也导致无法获得资料。

**行动 G13**

**行动：**确定那些能够定期观测但无法进行实时资料传输的无线电探空站（也应包括仅在试验活动期间运行的无线电探空仪）。采取行动提供资料。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)和区协领导此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**上述无线电探空站为全球通讯系统(GTS)提供资料的的数量，以及有关无线电探空资料来报率和时效的监测指标。

#### 5.3.1.1.4. 高分辨率观测资料的报告

许多无线电探空资料在进行国际交换和实时同化前已进行了“瘦身”（压缩了所测廓线的垂直分辨率）。因此，数值天气预报(NWP)和其它应用无法获得高垂直分辨率的无线电探空资料，目前无法获得显著效益。而且，用户无法获得每个资料的确切位置和时间。制定无线电探空资料BUFR电码的主要推动力就是要解决上述问题，并有助于解决资料分发中的大部分问题。

**行动 G14**

**行动：**确保无线电探空高垂直分辨率的观测资料的及时分发，连同每份资料的观测位置和时间以及其它相关元数据。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)和区协领导此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**提供高分辨廓线的无线电探空台站的数量。

该行动包括两项子行动：（1） 用高分辨BUFR（而不是低分辨BUFR或TEMP[29]）对无线电探空资料进行编码; 以及（2） 传输每个资料的观测位置和时间。

#### 5.3.1.1.5. 平流层的观测

仅有 10-20%的业务无线电探空廓线通常能上升到 10hPa（约 30 公里高度）。除了GRUAN网中的某些站（它们还需要作为平流层低层的基准观测），在平流层部署无线电探空仪进行观测不具有成本效益，因为要达到较高高度需要增加成本。

数值天气预报(NWP)效果研究表明，高于 100hPa的无线电探空资料通过数值天气预报(NWP)资料同化后对预报结果有积极影响，包括对流层要素场预报。然而，这些研究是在既没有同化卫星探测仪资料也没有同化全球导航卫星系统(GNSS)无线电掩星资料的背景下进行的。在认识到仍然需要高于 100hPa无线电探空资料来服务气候监测工作的同时，还需要重新评估 100hPa以上无线电探空资料的有用性。

**行动 G15**

**行动：**实施数值天气预报(NWP)效果研究，评估 100hPa以上无线电探空资料在现有观测系统（2012）环境下对全球数值天气预报(NWP)的影响。

**实施机构：**数值天气预报(NWP)中心， 基本系统委员会(CBS)/ET-EGOS协调，大气科学委员会(CAS)配合。

**时间范围：**2013 年底前。

**绩效指标：**开展独立研究项目的数量。

需要观测系统模拟试验（OSSE）来评估高于 100hPa的“完善”大气对对流层预报的影响。目的是定量评估改进对流层观测之后数值天气预报(NWP)所能带来的最大改进效益。采用不同数量的无线电探空站点（提供高于 100hPa以上的资料）开展OSSE，经过对比获得最大改进效益所需要的探空站（提供高于 100hPa以上的资料）数量。

**行动 G16**

---

[29] FM-35 TEMP GTS 电码形式：固定地面站获得的高层压力、温度、湿度和风的报告

**行动：**实施观测系统模拟试验（OSSE），评估在改进后的高于 100hPa的信息后对对流层预报的影响。

**实施机构：**数值天气预报(NWP)中心， 通过基本系统委员会(CBS)/ET-EGOS协调，大气科学委员会(CAS)予以配合。

**时间范围：**2013 年底前。

**绩效指标：**开展这类独立实验的数量。

#### 5.3.1.2. 遥感高空廓线站

目前出现了各种用于测量大气中风、温度和湿度的部分廓线的遥感技术。许多地区已使用雷达风廓线仪。许多地区还可以使用多普勒天气雷达反演风的垂直廓线，某些地区还正在使用多普勒激光雷达和微波辐射仪。某些设备可用来测量大气中的气溶胶、云的特征和痕量气体。可使用云幂仪资料监测行星边界层的高度和火山灰。GALION（GAW气溶胶激光雷达观测网）是一种用于观测大气气溶胶的区域激光雷达网络。见：http://alg.umbc.edu/galion/。

与无线电探空观测相比，遥感观测能够提供频次高许多的资料。但是，它们在资料覆盖方面存在很大的局限性。只有极少的系统从技术上来讲可以测量从边界层到平流层的大气廓线。大多数的廓线仪仅能测量大气某一垂直部分的某一个变量，例如边界层里的风。未来应该开发大量不同的廓线仪，而且能够提供给越来越多的应用。这对对流层低层和高层无线电探空廓线和航空探测廓线很重要。在区域层面发展一个区域均一的遥感廓线站网，并配上几个整合了各种仪器且同时观测（如风、温度和湿度）的台站组成的区域站网将会具有优势。

考虑到未来的综合观测系统，在时空因子方面，可启动观测系统模拟试验（OSSE），评估不同遥感廓线站的影响，以便优化高空廓线观测，尤其是为综合网络的设计提供指导意见。

**行动 G17**

**行动：**在区域层面发展遥感廓线站网，以便补充无线电探空和航空观测系统，主要考虑区域、国家和局地用户的需求（虽然部分资料将供全球使用）。

**实施机构：**作为日常或用于研究而运行廓线站的组织，国家气象部门/国家气象和水文部门、区协、技术委员会（主要是大气科学委员会(CAS)、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)）以及其它区域机构（如欧洲的EUMETNET）配合。基本系统委员会(CBS)领导此项行动，仪器与观测方法委员会(CIMO)、大气科学委员会(CAS)和区协配合。

**时间范围：**持续。各区协在区域层面确定详细的时间表。

**绩效指标：经**世界气象组织信息系统(WIS)/全球通讯系统(GTS)实时提供经质量认证的资料的大气廓线站数量。

全球资料同化方案能够同化每小时或甚至更频繁的观测资料，即使这些方案是由全球数量相当有限的廓线站制作的，它们依然能够从此类频繁观测的资料中受益。全球交换每小时资料廓线（或者至少是个子集）很有用。就此用途的观测资料应使用恰当的BUFR码格式。

**行动 G18**

**行动**：尽可能确保供局地、区域和全球使用的大气廓线资料按要求得到处理并进行交换。当大气廓线资料产生的频次高于 1 小时以上，根据世界气象组织信息系统(WIS)原则，可将仅包括每小时的观测资料的数据集用于全球交换。

**实施机构**：作为日常或用于研究而运行廓线站的组织，国家气象部门/国家气象和水文部门、区协、技术委员会（主要是大气科学委员会(CAS)、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)）以及其它区域机构（例如，欧洲的EUMETNET）配合。基本系统委员会(CBS)领导此项行动，区协配合。

**时间范围**：持续。各区协在区域层面确定详细的时间表。

**绩效指标**：供全球交换的廓线站的数量。

#### 5.3.1.3. 航空气象站

在北半球，从航空站反演的气象资料，尤其是通过航空器气象资料下传(AMDAR)系统生成的自动资料对于来自无线电探空网的资料极具互补性。该系统在机场周边产生垂直廓线资料，当飞机处于巡航高度时，可以制作单一高度的资料。数值天气预报(NWP)效果研究显示，它们对数值预报结果的影响程度与无线电探空网的影响程度相当。在南半球以及热带地区的航空资料覆盖率相当低，虽然存在一些潜力可提高覆盖率，很期望与现有航空器气象资料下传(AMDAR)和无线电探空站互为补充。

扩大航空观测资料覆盖非常重要，可以通过将计划扩展到新航线以及在资料稀疏地区的飞机来实现这种扩展。提高该计划的覆盖率还可通过优化流程达到显著改进。为此可通过两类一般性活动。第一，可扩大现有的计划，以便激活那些由于受其国家计划限制，原来只在本国或本地区下传资料的航班，应该免除这些限制，以便在本国和本地区以外都可以下传资料。第二，通过在更广泛领域开发和实施自动化资料优化系统，能够提高资料产出控制计划的能力。此类系统一方面可以帮助穿越国际边界的飞行计划在适当的协议安排下高效发展，同时也有可能利用航空器气象资料下传(AMDAR)系统，将其作为一种灵活的观测网络（能够改变报告机制以服务于“不同领域”不断变化的用途）。

**行动 G19**

**行动：**提高在目前覆盖率较差的地区航空器气象资料下传(AMDAR)的覆盖率，尤其是在一和三区协，重点是提供热带和南半球机场的资料，这些地区急需垂直廓线来补充现有的无线电探空资料及其可能的发展。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门与商业和其它航线以及区协进行合作。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**进行航空器气象资料下传(AMDAR)观测的机场数量。垂直廓线量和航空器气象资料下传(AMDAR)的总体资料量，使用现有航空器气象资料下传(AMDAR)计划的常规指标予以衡量。

**行动 G20**

**行动：**扩大航空器气象资料下传(AMDAR)计划，以便装备和激活更多国际机群和飞机（即前往本国以外或在本国与外国国际机场之间飞行的机群和飞机），以及扩大资料优化系统的使用，以便支持提高高空观测覆盖率和效率，同时改进系统的可调节的功能。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门与商业和其它航线、区协、基本系统委员会(CBS)和航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层进行合作。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**进行航空器气象资料下传(AMDAR)观测的机场数量以及每个机场每天垂直廓线的数量。安装航空器气象资料下传(AMDAR)观测设备的国际航线和飞机的数量。航空器气象资料下传(AMDAR)计划的适应性。

**行动 G21**

**行动：**考虑到飞机观测系统正在日益成为全球观测系统的关键和基本组成部分的特性，力求与航空公司和航空界达成协议，确保该系统、基础设施、资料和通信程序在相关的航空界的框架下获得支持和进行统一，以便确保该系统的持续性和可靠性。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门，国家和其它航空公司及航空业、区协、基本系统委员会(CBS)和航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理组负责领导此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**与航空业伙伴和组织达成的协议数量。

美国和欧洲的飞机越来越多地使用由湿度传感器观测的业务资料，保持这个发展势头既关键且具有战略性，它可像无线电探空仪一样将湿度观测和气压（压力高度）、温度和风的观测系统融合在一起。这样的延伸可增加重组高空观测系统的机会，从而提高效率，扩大覆盖率。

**行动 G22**

**行动：**继续发展和业务实施湿度传感器观测，作为航空器气象资料下传(AMDAR)的一个综合组成部分，确保以处理和传输风和温度资料的同样方式处理和传输湿度资料。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门与商业公司和其它航空机构以及技术委员会（基本系统委员会(CBS)、仪器与观测方法委员会(CIMO)）和航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层协作。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**提供湿度资料的飞机数量。

与无线电探空相比，飞机观测资料信息成本更低，而且对地基系统和基础设施的依赖更少，这使其成为发展中国家快速、可靠扩大高空观测的一个理想的备选系统，它可支持局地、区域和全球资料用户。那些旨在促进资料提供和利用的必要的开发活动应与此类扩展同时进行。

某些飞机还进行湍流和结冰的观测，所以最好在扩大航空器气象资料下传(AMDAR)系统能力时添加这些参数，以便支持航空业务运行和安全以及其它气象应用。

**行动 G23**

**行动：**扩大和延伸包括大气湍流和结冰变量观测资料的能力，将其作为航空器气象资料下传(AMDAR)系统的综合组成部分，同时要遵守相关计划领域和资料用户的要求。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门与航空公司、技术委员会（基本系统委员会(CBS)、仪器与观测方法委员会(CIMO)）以及航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层、各区协。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**实时提供大气湍流和结冰资料的飞机数量。

可能取得进展的另外一个领域是对利用小型飞机开展航空器气象资料下传(AMDAR)系统的研发行动，这种小型飞机通常称为通用航空（GA）飞机。这些飞机用于短途区域航班，途中在对流层中部飞行并生成这个层次的资料。这类资料对于区域和局地非常有用，也能够促进全球资料的覆盖率。应该重视对出入孤岛和偏远地区的飞机的设备安装，这些地区（如沙漠、岛屿和北极地区）无线电探空观测无法覆盖。已用现有数据集对高分辨数值天气预报(NWP)模式的影响进行了评估，并且与包括风廓线仪和雷达等其它观测系统进行比对，其结果很令人鼓舞：见Moninger(2010)和Berjamin等（2010）的举例报告。尽管有一些技术上的困难，通用航空公司的航空器气象资料下传(AMDAR)系统的确可以贡献于改进AMDAR系统在低对流层垂直廓线（风，温度，湿度，湍流和结冰）探测的潜力。应进行进一步发掘，同时应考虑可能与此相关的新的技

术，以及正在开发的技术，例如飞机的广播式自动相关监视技术（ADS-B），次级监视雷达技术（Mode S，该设备具有高度测量能力，且可以交换数据）。

**行动 G24**

**行动：**开发并实施航空器气象资料下传(AMDAR)业务系统，以适应在区域尺度上运行、并在对流层低空飞行的小型飞机。

**实施机构：**小型飞机运营航空公司、国家气象部门/国家气象和水文部门，与各区协、基本系统委员会(CBS) 和“航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理”合作，由“航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层”领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**提供实时航空器气象资料下传(AMDAR)观测业务的小型飞机数量。

有些飞机测量几种大气成分、气溶胶和火山灰，但更多是研究性质的，而非业务运行。参见大气化学相关行动的记录（第 5.3.8.4 节）。

#### 5.3.1.4. 全球大气监测网站

飞机测量大气成分是对大气成分地基观测的补充（见 5.3.8.4），这两种观测和卫星观测综合起来，将形成综合的三维大气化学观测网的运行。定期测量臭氧（高度分布曲线和总数）以及许多其它气体种类和气溶胶（见GAW的战略计划[30]和完整变量列表的附录[31]）的各种网络业已存在。其他的应用领域也支持有关建议维持并强化现有观测网络、并增加在热带和南半球覆盖率的提议。此外，建议酌情近实时处理并分发大气成分观测数据和产品，以便在多个应用中使用。

**行动G25**

**行动：**鼓励国家气象观测计划的管理者扩展这些站的范围，使之包括大气化学观测。

**实施机构：**开展大气成分观测的各个国家气象部门/国家气象和水文部门、组织和科研机构，与各技术委员会（特别是大气科学委员会(CAS) 和基本系统委员会(CBS)）和区协合作，由大气科学委员会(CAS) 和基本系统委员会(CBS)领导。

**时间范围：**持续。 各区协的时间表待定。

**绩效指标：**大气成分站的数量。

#### 5.3.1.5. 全球导航卫星系统(GNSS) 接收站

---

[30] ftp://ftp.wmo.int/Documents/PublicWeb/arep/gaw/gaw172-26sept07.pdf

[31] http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/FINAL_GAW_197.pdf

与大气廓线仪的情况相似，全球导航卫星系统(GNSS)地面接收站网络已经在世界上数个地区投入运行。这些网络一般不用于气象目的。虽然气象信息与它们在质量和观测规范上差异很大，但还是在一些站实时提取并收集气象信息。从 2006 年开始，气象信息即被纳入（全球和区域）业务化数值天气预报，形式有综合水汽（IWV =水汽总量的垂直积分），或天顶总延迟（ ZTD）。ZTD包含“湿延迟”（由于水汽）和“干延迟”，其与空气密度（空气密度直接关系到地面压力）直接相关。全球导航卫星系统(GNSS)地面气象观测对数值预报的积极影响已被证实（对水汽、降水和气压场的影响）。详见第 4 节有关（影响研究）研讨会的脚注，以获取影响系统试验（OSE）的综述信息。

多数国家的地面接收站由各个机构拥有和经营，而非国家气象水文部门。因此，数据访问、气象资料的生成流程、使用许可的资料再发布等，都有赖于国家气象和水文部门（单独或多边组合）与拥有方/运营方的协作。许多情况下它们不允许国家气象水文部门（单独或多边组合）与WMO的其它成员交换此类资料。

对于这个相对较新的气象观测系统，一个重要行动是要利用现有的全球导航卫星系统(GNSS)接收站（以 IWV 或 ZTD 的形式）开发更多的气象内容。这项行动并不需要部署新的基础设施。此外，接收网络密集的增加非常利于提高空气湿度观测，同时考虑到所有其它空气湿度观测仪器，重点关注气候易受大气水汽含量快速（空间和时间）变化影响的地区。

沿传播路径的总电子含量（TEC）也可以通过跟踪地面接收器（用于电离层监测）获取的全球导航卫星系统(GNSS)无线电信号的时间延迟和相位转变进行测量。例如，国际全球导航卫星系统(GNSS)服务（IGS）的高速率地面 GPS 和 GLONASS 观测每 15 分钟一次，典型延迟时间为 2 分钟。这对空间天气监测是有用的信息（见第 7 节）。

**行动 G26**

**行动：**通过与全球导航卫星系统(GNSS)接收站拥有方和运营方建立合作，访问、处理和共享实时资料，获得气象或电离层信息（ZTD或IWV，TEC），继而从现有全球导航卫星系统(GNSS)接收站获取更大的利益。

**实施机构：**行动由各国家气象部门/国家气象和水文部门（单独或多边组合）负责，并需要同各区协（确定交换要求）, 和各技术委员会（提供相关指导）协调。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**提供实时资料的全球导航卫星系统(GNSS)接收站数量；根据常规监测标准，可用于数值天气预报的站点数量（见 3.6 节的脚注 17）。

**行动 G27**

**行动：**组织全球导航卫星系统(GNSS)接收站子集的资料开展全球交换，旨在满足约一小时（满足全球应用要求）的频次要求。

**实施机构：**全球导航卫星系统(GNSS)接收站的运行组织和科研机构，同各区协、技术委员会（特别是大气科学委员会(CAS)和基本系统委员会(CBS)） 和其它国际组织（如EUMETNET）协作。行动由基本系统委员会(CBS) 连同各区协领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**参与全球实时资料交换的全球导航卫星系统(GNSS)接收站的数量。

**行动 G28**

**行动：**优化陆地上的高空水汽观测，考虑合作建立额外的全球导航卫星系统(GNSS)接收站，及其它湿度观测系统。

**实施机构：**全球导航卫星系统(GNSS)接收站的运行组织和科研机构，同各区协、技术委员会 （特别是大气科学委员会(CAS)和基本系统委员会(CBS)） 和其它国际组织（如EUMETNET）协作。行动由国家气象部门/国家气象和水文部门、连同各区协领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**提供实时资料的全球导航卫星系统(GNSS)接收站数量；根据常规监测标准，可用于数值天气预报的站点数量（见 3.6 节的脚注 17）。

### 5.3.2. 陆地地面观测系统

#### 5.3.2.1. 地面天气和气候站

“天气”站即最初开发的观测站，以应对天气，气象和其它应用（如航空气象、气候监测、重大天气、减灾）的需求，其实这里的所谓“天气观测”一词的确切含义是指： 一批观测站在规定的统一时间开展同步观测，从而可在一个给定的时间、在大的地理区域范围内开展天气分析。

陆地地基观测来自各种实地观测网络，为众多应用领域服务、满足其要求。地面天气和气候站在大气和陆地表面之间进行测量，并提供其它相关大气或环境现象，如能见度、现在天气、云高、云的类型、雷暴、闪电和降水类型等的定性或定量观测，这对新出现的环境和社会应用日益重要。为初始化数值预报模式，需要的重要变量有地面气压、地面风、空气温度和湿度、降水和地面状态，包括积雪深度和土壤水分。这些变量大多可在数值模式中同化，频次为一小时，因此，这些资料的全球交换应做相应调整。也有许多变量用于全面满足气候服务界的需求，且对高频次测量和近实时传输以及资料收集的需求在不断增长。其中包括，但不仅限于，全球气候观测系统执行计划（GCOS-IP）中列举的基本气候变量。此外，还在兴建多个气候基准站，为气候监测提供最高质量的观测，同时也通过每小时资料传输对预报提供支持。表面辐射收支的监测非常

依赖地面辐射基线网（BSRN）[32]的地面站。BSRN 应得到扩大和保护。另外还要考虑辐射和能量通量测量（如来自 FLUXNET）。

**行动 G29**

**行动：**扩展BSRN，最终实现全球覆盖。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、科研机构、各区协和技术委员会， 由基本系统委员会(CBS)负责协调。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**BSRN站的数量。

**行动 G30**

**行动：**尽可能确保地面观测站（包括气候站）所开展的至少一小时频次观测要素的实时全球交换

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**参与全球交换的一小时频次观测（相对于开展每小时观测的站点数量）的百分比。

自动气象站测量涵盖了越来越多的变量并能满足质量要求。自动化的趋势应当鼓励，因为它可提高数据的兼容性和资料的覆盖率，特别是偏远地区，以及实时资料的频次和来报率。目前，虽然滚动需求评估(RRR)记录了相关要求，但许多日常观测不能得到实时分发，而自动化确实为以往开展了观测、但不能实时共享的变量提供了新机遇。

为应对日益高涨的自动化观测趋势，基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)开发了指导从人工到（陆地和海洋）自动气象站过渡的指南和流程。一旦发表，将在 WMO 网站上公布[33]。

**行动 G31**

**行动：**通过质量管理、自动化和实时资料交换，尽量涵盖所有业务站，提高数据的兼容性、来报率（同时具有更高的频次）和地面观测（包括气候观测）资料的覆盖率。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。

---

[32] http://www.bsrn.awi.de/
[33] http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications-IOM-series.html

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**通过世界气象组织信息系统(WIS)/ 全球通讯系统(GTS)分发实时、经质量评估的观测资料的站点（相对于开展观测站点的数量）的百分比。

日常开展并传输许多观测，但它们的交换格式不足以包括资料同化和应用领域在使用这些数据时所需的元数据需求。对于大气压力测量尤其如此。通常气压观测精度很高、但是若没有精确的气压表所在位置的高度数据（元数据）则无法使用。另一个需要的元数据信息的例子是风的测量高度（高于地表以上的风向风速测量高度）。包括温度和降水在内的其它变量，以及气候服务的其它元素，有时传输中也没有足够的元数据。

旨在提高地面观测（包括气候观测）质量、一致性和可用性的行动对于气候应用尤为重要，并将有助于建立长期的系列观察和再分析。GCOS-IP中的所有行动（有关地面大气观测部分）也必须支持非气候应用。

**行动 G32**

**行动：**根据世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)和世界气象组织信息系统(WIS)标准，确保地面站（包括气候站）测量的变量，连同相关元数据的访问，均得到交换。应特别注意气压高度的不确定性。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**常规监测指标（见 3.6 节的脚注 17）。

**行动 G33**

**行动：**提高区域基本天气网（RBSN）和区域基本气候网（RBCN）的设计，尽力保留重要气候站。

**实施机构：**行动由基本系统委员会(CBS)负责，开展相关数值天气预报影响研究和网络设计研究，并与国家气象部门/国家气象和水文部门, WMO拥有和联合发起的计划、其它各技术委员会，各区协和其它相关组织进行协调。

**时间范围：**2015 年

**绩效指标：**开发并开展设计。

#### 5.3.2.2. 全球大气监测网站

大气成分的地面观测，结合高空观测站（陆基、飞机、气球，见 5.3.1.4 和 5.3.8.4）和空基部分，将有助于综合三维大气化学观测网的运行。例如，二氧化碳和甲烷的地面观测对于识别这

些成分的源和汇、理解对气候的辐射影响非常重要（见第 5.3.1.4 节GAW文件，以及GCOS-IP）。大气化学变量地面观测网显然无法满足全球观测的要求。GAW战略计划及其附件（参见5.3.1.4 节）对不同地面微量气体和气溶胶观测使命按重要性进行了优先排序。

到 2025 年，用于数值天气预报和气候及大气成分预测的模式将日益成为气候预测和化学天气预报的重点。为支持这项工作，重要的是要逐步整合相应的观测网络，从而实现大气成分的近实时观测。

**行动 G34**

**行动：**尽快实现地面站大气成分观测数据的近实时交换。实施数据分发和交换时要遵照GAW开展资料分发的建议和世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)及世界气象组织信息系统(WIS)的规范，以及标准质量评估方法。

**实施机构：**开展大气成分观测的组织科研机构，与国家气象部门/国家气象和水文部门，各区协和技术委员会协调。行动由大气科学委员会(CAS)和基本系统委员会(CBS)，连同各区协共同负责。

**时间范围：**持续。 各区协的时间表待建。

**绩效指标：**若干地面大气成分站提供经质量评估的实时资料。

#### 5.3.2.3. 全球冰冻圈监视网站

新近建立的全球冰冻圈监视网（GCW）计划将设立一个全面冰冻圈观测网络，即“CryoNet”，- 气候寒冷地区基准站或“超级站”网，尽可能在每个站点开展多种冰冻圈变量的持续、规范观测和监测。在初期阶段，它将建立在现有的冰冻圈观测计划基础上，或对现有设施添加标准化冰冻圈观测，作为超级环境观测站的一部分。在GCOS的鼓励下，全球冰冻圈监视网（GCW）将协助在某些开展关键变量（特别是永冻土和积雪覆盖）观测的台站基础上，建立高纬度超级站， 从而提高GCOS/GTOS多年冻土网（GTN-P）、冰川网（GTN -G）和水文网（GTN -H）的建设。位于寒冷气候中的全球大气成分监测（ GAW）站是合理候选对象。CryoNet基准站将为气候变率和变化监测、冰冻圈过程的改进模式参数提供长期数据集，并支持卫星产品和预报、气候、水文和冰冻圈模式的开发和检验。全球冰冻圈监视网观测系统工作组的CryoNet小组将开发正式建立全球冰冻圈监视网的程序、评估潜在的超级站、并确定资料的来报率。

**行动 G35**

**行动：**尽快实施综合冰冻圈观测基准站网“CryoNet”。

**实施机构：**开展冰冻圈观测和监测的组织、机构和科研机构，必要时，同国家气象部门/国家气象和水文部门，各区协和技术委员会进行协调。行动由 CryoNet 小组领导。全球冰冻圈监视网(GCW) 指导委员会将负责行动的监督。

**时间范围：**2014 年

**绩效指标：**参加 CryoNet 的基准站数量。

**行动 G36**

**行动：**尽可能实时或近实时交换 CryoNet 冰冻圈资料。按照全球冰冻圈监视网(GCW)、WIGOS 和 WIS 的规范，实施资料分发和标准质量评估及存档。

**实施机构：**开展冰冻圈观测和监测的组织、机构和科研机构，必要时，同各国家气象中心/国家气象水文部门,各区协和技术委员会进行协调。行动由 CryoNet 小组领导。全球冰冻圈监视网(GCW) 指导委员会将负责行动的监督。

**时间范围：**2014 年

**绩效指标：**提供质量评估资料的CryoNet站数。

#### 5.3.2.4. 闪电探测系统

陆基（全部或仅“云对地”）实时闪电探测和跟踪系统作为对流生成定位、对流强度、以及雷暴运动的早期指标已经证明了自己的价值。尤其是对临近预报、灾害性天气警报和航空应用等，这些观测系统可增加与强雷暴相关的警报前置时间。对航空而言，资料覆盖范围的要求几乎是全球性的。先进的闪电监测系统能为航空提供电场活动的三维结构图。

可以预见，到 2025 年，远距离闪电探测系统可提供定位精度高、成本效益好、均一性全球资料，在资料稀疏的地区，大大提高资料的覆盖率。高分辨率闪电探测系统也应部署在一些特别领域，供特殊应用，具有较高的定位精度、和云间闪、云地闪的识别率。

**行动 G37**

**行动：**通过扩展远距离闪电探测系统的部署并引进更多系统，提高全球闪电探测的效率。重点应放在填补人口稠密的地区和沿商业航线地区的空白区域。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门和运行远距离闪电探测系统的机构，各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)加以协调并联合领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**此类观测资料的覆盖率。

**行动 G38**

**行动：**开发和实施不同系统闪电探测资料的整合技术，包括地基和空基系统，以提供综合产品。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门和运行闪电探测系统的机构, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)加以协调并联合领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**闪电系统的整合程度。

**行动 G39**

**行动：**通过签订并实施资料交换商定协议，提高实时闪电探测资料的交换。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门和运行闪电探测系统的机构, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)加以协调。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**交换区域和全球观测的百分比。

#### 5.3.2.5. 开展特定应用服务的地面观测台站

许多特定观测网络已得到开发（并仍在开发），用于监视本地应用，如道路、高速公路或铁路路轨沿线、城市和机场内部及周边、农业或园艺作物或发电所需的天气变量。从观测变量、观测方法、标准、以及观测频次的角度而言，这种不同的观测网络视特性各异的。然而，这些资料是满足气候服务需求的基本要素，不仅有助于其主要应用目的，也有助于滚动需求评估(RRR)记录的许多其它较大尺度的应用，包括全球和高分辨率模式。

在未来几年中，应特别注意城市环境的测量，理由至少有二：（1）气候变率和变化的监测对凸显出特定适应问题的领域非常重要；（2）有望开展以大城市为中心的有限区域天气预报模式和空气质量预报模式业务运行的检验和验证；除了在气象和空气污染短期预报方面发挥作用之外，这些模式可能成为气候变率和变化监测的重要工具。

这样的特定观测和模式不仅大型城市群附近可能会需要，而且重要机场附近也可能会需要，因为航空需求可能意味着要发展特定高分辨率观测网，以便监测和临近预报重大天气现象。

这些特定观测系统大多是自动的，采用最新的技术，通常是高频次观测。为使这些系统服务于更广泛的用户群，应该针对资料代表性、电码和报告方法进行计划协调，并对资料和元数据采用经过批准的质量监控保障（QM/QA[34]）标准。此外，应该制定资料处理标准，以派生出不同用户（地方，国家，区域，全球）所需的观测数据集。

---

[34] 质量管理与质量评价

可再生能源生产机构需要对其周边环境进行监测，与之合作能够互惠互利。对于清洁能源（风能、太阳能、水电、地热能），天气和气候信息是其开发和经营活动的重要组成部分，他们需要对效率和环境影响的不断地开展评估。

**行动 G40**

**行动：**尽可能确保观测资料和有关元数据的实时交换。元数据中要包括为特定应用（公路运输、航空、农业气象、城市气象等）服务的地面观测台站的代表性测量（即观测站周边环境的数据）。

**实施机构：**开展特定应用服务的站点运行机构， 国家气象部门/国家气象和水文部门, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**上述观测站开展区域和全球实时交换的百分比。

**行动G41**

**行动：**加强备选领域内的观测，以支持可再生能源设施开发及运行相关的研究，并了解这些设施对与可再生能源技术的运行相关的当地天气和气候现象的影响。

**实施机构：**开展可再生能源服务的站点运行机构，国家气象部门/国家气象和水文部门, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**支持可再生能源的气象观测数量。

### 5.3.3. 陆地水文观测系统

#### 5.3.3.1. 水文基准站

GCOS，通过其联合建立的陆地观测气候组（TOPC），针对水文变量的全球交换建立了全球陆地水文网（GTN-H），目标是设计和实施基线观测网，并展示全球综合水文产品的价值。 世界气象组织水文委员会所协调的全球陆地水文观测网（GTN-H）开展的活动包括全球河流、湖泊、地下水和水资源利用的监测。监测计划的要求导致了全球气候观测系统（GCOS）/全球陆地观测系统（GTOS） 河流径流和湖泊水位基线观测网的建立。

全球径流资料中心（GRDC）的职责是收集河流流量资料，但在实际收集和分发资料之前，可能会发生长期延误。此外，现有观测网络有减少站点数量的倾向，这种水文网络的持续下降，特别是相关气候站的关闭引发了强烈关注。[35]

[35] 详见 GCOS-IP 中有关水文资料交换的段落。

**行动G42**

**行动：**针对气候用途，保留GCOS/GTOS基线观测网中的现有水文站，并促进其全球交换。

**实施机构：**运行基准站的所有水文部门， WMO技术委员会（CHy和基本系统委员会(CBS)）, GCOS，由 基本系统委员会(CBS)和GCOS 领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**参与质量评估后资料全球交换的水文基准站的百分比。

更多有关水文基准站特定行动的详情可参见GCOS-IP的有关章节。WHYCOS文件[36]中也有对参与水文、水资源和水循环的所有元素的一般性描述。

#### 5.3.3.2. 国家水文网站

对于地球水循环监测，许多变量是由国家水文观测网和其它各具特色观测网中的站点测量的：液态和固态降水、积雪深度、积雪含水量、湖泊和河流冰层厚度、冻结和破冰日期、水位、水流量、水质、土壤水分、土壤温度、泥沙量。其中有些不会牵涉到实时应用，但有些却需要快速资料交换（如洪水事件情况下的降水和河流排放量）。一小部分需要全球性交换，而大部分则仅需要在国家和地方层面交换。

全球气候观测系统下属的陆地观测组（TOPC）已将水文气象变量确定为高观测优先级[37]。其中一些变量含实地观测部分，辅以卫星观测部分；不同的水文观测网中，已经查明仍然有一些重要的空缺需弥补。一般情况下，水文变量的获取是不足的。

在全球和区域尺度上进行连续和一致的水文变量观测，需要综合观测系统（包括实地和卫星观测），并用于支持多个应用领域。观测项目包括水文变量，如蒸发、土壤水分、雪、地表和地下水，GCOS-IP陆地行动部分有描述。

**行动G43**

**行动：**将主要水文变量（液态和固态降水、蒸发、积雪深度、积雪含水量、湖泊和河流冰层厚度、水位、水流量、土壤水分）的观测纳入一个遵照WIGOS标准、集合一致性观测、处理和交换的综合系统。

**实施机构：**水文部门、GCOS, WMO 技术委员会（CHy和CBS）领导。

---

[36] http://www.whycos.org/IMG/pdf/WHYCOSGuidelines_E.pdf

[37] 详见水文 指导意见（SoG）

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**纳入本系统的水文资料的百分比。

#### 5.3.3.3. 地下水观测站

地下水在环境及其管理中发挥着重要作用，虽然与许多滚动需求评估(RRR)涵盖的应用（尤其是预报应用）相比，其重要性相对较低。地下水是饮用水、农业和工业活动用水的主要来源。许多地区的地下水提取率已超过了补给率，因此地下水资源需要受到保护。一旦受到了改变或污染，地下水将难以恢复，或需付出非常昂贵的代价。

地下水监测是一个连续、标准化的过程，涉及实地观测、卫星观测和空基观测。地下水监测涵盖水量和水质（对选定的物理和化学变量的分析）。

据国际地下水资源评估中心（IGRAC）编制的全球地下水监测清单，许多国家很少或根本就没有开展地下水量和水质的系统监测。

**行动G44**

**行动：**继续并扩大现有地下水观测和监测计划，包括国际地下水资源评估中心（IGRAC）的扩展。

**实施机构：**国家水文部门，与WMO/CHy、粮食及农业组织（FAO）和GTOS（特别是地下水全球陆地网- GTN-GW – 部分）合作。由WMO/CHy和GTOS 领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**运行的地下水站数量。

应支持GCOS-IP中所述的行动，尤其是旨在与GTN-GW一起建立一个全球监测信息系统原型的行动。

### 5.3.4. 天气雷达站

在气象预报和预警、水文和许多其它依靠气象预报的应用（如航空气象中的风切变监测），天气雷达的重要性正与日俱增。这与日俱增的重要性与公里尺度的数值天气预报模式发展（能够逐步同化天气雷达资料），以及其它临近预报和短期预报特定工具的发展相关。天气雷达能够观测到与降水相关的几个变量：降水强度和地理分布、水凝物的粒度分布、相位和降水类型；还可定位沙尘暴，可通过多普勒技术测量风力分量，并通过折射率测量湿度。偏振天气雷达的部署有助于提高定量降水估计（QPE），更好地探测大冰雹，提高冬季风暴中雨/雪过渡带的识别度。甚

高频雷达已经经过了测试，可提供更高分辨率的观测，但探测范围较小。所有这些天气现象对于航空和重大天气预报和公共预警均特别重要。

数值天气预报、气候模式、灾害性天气预警和减灾等方面的进展催生了对高品质降水产品的新要求，这样的产品需要建筑在源于一个或多个雷达网的资料的基础上。此外，雷达技术、信号和资料处理技术的最新进展也使本领域准备好迎接这些产品的业务运行及其各种业务的定量化应用。过去，人们认为雷达只用于区域和地方应用，但这一观点正在快速改变，因为电信网络能够允许大量资料的传输和存档。

在过去的几十年中，世界上一些地区的天气雷达覆盖率得到了大大提高，有些资料（至少是一些复合产品）实现了跨越国界交换。

2025 年之前，在技术进步、观测程序的标准化和资料交换（包括全球范围的交换）的增加等方面仍然有很大的发展潜力。目前，在天气雷达覆盖的地区，许多技术部署、观测规范、校准和加工技术、资料表示和交流的形式都是非均一性的。在发展中国家，雷达覆盖率很低或根本没有覆盖，包括那些严重依赖风暴的临近预报（和甚短期预报 - VSRF）的地区。必须为这些地区做出特殊的努力，不仅在天气雷达观测网部署方面，而且在结合了有限的气象雷达与其它信息源（卫星产品、全球导航卫星系统(GNSS)信号或其它电磁信号的传播）的临近预报工具方面做出特殊的努力。

**行动G45**

**行动：**在有需要的地区增加双偏振雷达的部署、校准和使用。

**实施机构：**基本系统委员会(CBS) 负责，同仪器与观测方法委员会(CIMO)、各区协和国家气象部门/国家气象和水文部门合作。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**此类雷达在每个地区的资料覆盖。

**行动G46**

**行动：**开展天气雷达软件比对，目标是提高定量降水估计（QPE）的质量。

**实施机构：**仪器与观测方法委员会(CIMO)，与国家气象部门/国家气象和水文部门和天气雷达运行机构合作。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**向运行机构和成员国提供的指导。

**行动G47**

**行动：**必须对发展中国家的对风暴和洪水的敏感地区投入特别的努力，建立并维持气象雷达站。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门, 天气雷达运行机构，与各区协和技术委员会 （CBS, CIMO和CHy） 合作，由CBS领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**上述地区投入运行的天气雷达站的数量。

关于天气雷达观测在数值天气预报中的使用和影响，在 2008 年世界气象组织召集的研讨会文集中阐述如下（参见第 4 节脚注第 19 条）：“雷达资料已经证明其对区域资料同化系统的积极影响，及在部分情况下对全球系统的影响”。预计到 2025 年，多数数值天气预报（和再分析）的全球业务资料同化系统都将吸收一些雷达资料，至少多普勒风场的形式德资料。因此，应当及时选择一些雷达资料进入全球交换资料清单。

雷达资料对气候应用也很重要。未来它将用于（例如）区域再分析和水循环监测。见GCOS-IP –执行摘要。

**行动G48**

**行动：**确定在区域和全球各级交换的天气雷达资料，并对这些资料交换的频次提出建议并配合在国家、区域、全球各级需求基础上的产品开发，开发一个天气雷达资料处理框架。

**实施机构：**基本系统委员会(CBS)（负责）, 仪器与观测方法委员会(CIMO), CHy，同国家气象部门/国家气象和水文部门、天气雷达运行机构相协调，与各区协合作。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**参与全球和区域交换的雷达数据量。

### 5.3.5. 海洋高空观测系统。自动化舰载高空探测计划（自动化船载高空探测计划（ASAP））船舶

除了GRUAN（5.3.1.1.2）外，所有记录在 5.3.1.1 节有关陆地探空观测的行动均与自动化船载高空探测计划（ASAP）相关。这些行动特指：

- 孤立的探空资料在消除资料覆盖率中最大空白上的重要性；
- 垂直探空信息的适当编码，以及随后的快速实时分发；
- 通过调整施放时间，优化资料覆盖率的可能性，包括考虑整体探空观测网的分布，加上其它提供垂直廓线观测资料（如航空器气象资料下传(AMDAR)）的观测系统。

EUMETNET[38]为北大西洋地区（极少数的岛屿可提供固定探空站点）开发了自动化舰载高空探测计划（自动化船载高空探测计划（ASAP））的欧洲分部，即欧洲自动化船载高空探测计划（EUMETNET–ASAP））。详见EUMETNET 主页上有关欧洲自动化船载高空探测计划（E-ASAP） 的信息。北大西洋上从西欧到北美和中美洲商业船舶航线上有 15 到 20 只船舶定期施放探空仪。这些自动化船载高空探测计划（ASAP）船舶平均每天参与约 10 至 15 次探空观测（2012 年的情况），这些观测大部分在 00 或 12 UTC（有可能性在不同的时间，以优化空间-时间覆盖率）。2011 年，欧洲自动化船载高空探测计划（E-ASAP）计划共参与了大西洋上空约 4500 次探空仪施放。关于自动化船载高空探测计划（ASAP）船舶对数值预测的影响，2008 WMO研讨会文集（参见第 4 节的脚注）：“海洋中资料稀疏地区的探空仪即使数量非常有限，也可对预报产生显著影响”。 北大西洋自动化船载高空探测计划（ASAP）观测网不仅对预报产生了直接影响，而且通过提供含大量详细垂直资料的实地观测，有助于卫星资料的使用。2011 年自动化船载高空探测计划（ASAP）的总体观测的 80％以上是在大西洋进行的。因此，其它海区，特别是北太平洋和印度洋，尽管投放数量极其有限的观测站（通常为 10 或 20），也会有极显著地改善综合观测系统的整体质量的潜力。从侦察机投放的下投式探空仪是在太平洋和大西洋使用的同等系统，但非常不定期，主要用于协助大风暴的预报。

**行动G49**

**行动：**保持并优化北大西洋现有的自动化船载高空探测计划（ASAP）网络，并在北太平洋和印度洋开发类似计划。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门, 与商业船舶经营企业、各区协、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）, 基本系统委员会(CBS)和大气科学委员会(CAS)合作。 由海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**可实时提供（常规数值天气预报监测指标）的自动化船载高空探测计划（ASAP）数据量。

### 5.3.6. 洋面观测系统

海洋 - 大气交界面测量的重要海洋变量包括地面压力、海面温度（SST）、海面高度（SSH）、海面盐度（SSS）、海面风、海浪特性、洋面洋流和能见度。海岸附近还需要其它变量，海洋结冰时亦如此。有关海洋酸度、海洋水色、营养和浮游植物的变量是GCOS-IP记录在册的重要基本气候变量。

---

38 http://www.eumetnet.eu/

海洋实地观测网的地域覆盖率不均是海洋应用中的一个老问题。 考虑到不同区域的需求差异、不同的后勤保障（包括来自偏远地区和有安全问题的地区），以及资源有限、难以确保观测网络的优化规划，WMO成员国应注意研究海洋观测的时空分辨率中的地域差异。

以下的小节中记录的大部分行动均旨在提高海洋观测系统的地理覆盖范围，特别是用于高空间分辨率地测量洋面压力、SST、SSH、SSS和能见度等。这可通过扩大公海和沿海观测网络、或将现有观测站点发展成多用途站，亦或使用新兴远程控制实地观测技术，以涵盖人迹罕至的地区。

#### 5.3.6.1. 高频（HF）海岸雷达

HF海岸雷达是极强大的观测技术，可监测离海岸几百公里的海况和洋面洋流，并可测量公里水平分辨率中的海浪（有效高度）和洋流。目前使用的许多高频雷达系统中，要求采用双雷达三角测量技术，以消除海浪和洋流的定向模糊。

这种雷达观测系统的目的不是为了达到良好的全球海岸覆盖，而是提高沿海地区（出于环境和经济原因对天气和海洋现象非常敏感的地区）海洋观测的水平分辨率和质量：海岸附近的人口密集区、船舶交通拥挤并伴有污染风险（对于陆地和海洋野生生物）的港口。到 2025 年，特定大气和海洋“有限区域模式（LAM）”可能会在许多水平分辨率在 100 至 1000 米的沿海地区运行，以帮助开展这些敏感地区的实时监控。届时，HF海岸雷达应该成为这些模式同化的重要信息源。 它们已经是生产船舶交通和搜救业务所需的实时洋面洋流图和有效浪高的重要信息源。

#### 5.3.6.2. 海洋站（海洋、海岛、沿海和固定平台）

海洋观测站和地表站提供相同的表面变量（见 5.3.2.1）：海面气压、温度、湿度、风速、能见度、云量、类型高度和基线高度、降水、过去和现在天气。相对于地面站，其额外作用有两个原因：

- 它们还观测一组海洋变量：海面温度、海浪方向、周期和高度、海冰等；
- 它们一般位于沿海敏感地区或孤立岛屿及石油平台站上，从其对全球资料覆盖率的贡献而言，它们的重要性更大。

5.3.2.1 节中的对地面站有效的建议，同样也适用于海洋站。已有长期气候记录的孤立岛屿对保持气候监测特别重要。

海洋站网对于满足不同的海洋要求而言，特别是开展SSH、SST、SSS、和海浪测量，严重不足。[39]需要总体提高测量能力和资料提供，这不仅要有赖于海洋站，还要包括船舶、浮标、海潮站和剖面浮标观测。

**行动G50**

**行动：**确保使用先进技术以提高海上站所有测量的准确性。开发海洋上空的能见度观测能力。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门和国家级伙伴机构，与国际组织和空间机构合作。 由海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）, CBS和CIMO领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**有关海洋观测的来报率和质量的通常监测指标。

#### 5.3.6.3. 志愿观测船舶计划（VOS）

VOS船舶通常观测的气象和海洋变量列表同固定海洋站所观测的相同（5.3.6.2）。主要差异是船舶是移动的：这对于更好的时空资料覆盖可能是一个优势，但对于关注长期时间序列的气候用户而言在很却是一个缺点。

针对地表天气站的许多建议也适用于VOS船舶，特别是涉及到：全球每小时资料交换（**行动G30**）、及编码和元数据的传输（行动G32）。对于载有气压测量的船舶，应特别注意气压高度的观测、确保正确的观测、正确编码和正确传输。事实上，气压（在这种情况下常进行海平面归算）对于数值天气预报、海洋和航空应用，以及天气气象和临近预报都是最重要的船舶观测。全球数值天气预报船舶资料监测显示，有些船舶观测受到气压测量中重大偏差的影响，这显然与不正确的气压高度（和/或错误的海平面归算）有关。船上空气温度、SST与风的观测质量也有改进的余地，可增加同观测运营方和数值天气预报监测中心的互动。详见英国气象局网站的案例。[40]。

**行动G51**

**行动：**通过加强同数值天气预报的定期互动，加大船载仪器的检查，提高船舶观测的质量。

**实施机构：**港口气象官员（PMOs），国家气象部门/国家气象和水文部门和其它数值天气预报监测中心，与商业船舶经营企业合作。 由CBS和海洋学和海洋气象学联合委员会（JCOMM）)领导。

**时间范围：**持续。

---

[39] 详见海洋应用指导意见（SoG）

[40] http://www.metoffice.gov.uk/research/monitoring/observations/marine

**绩效指标：**数值天气预报通常监测指标。

#### 5.3.6.4. 系留和漂移浮标

通常，系留和漂移浮标为观测下列提供变量的子集：地面气压、温度、湿度、风速、能见度、SST、洋流、3D海浪谱、波浪方向、周期和高度，以及降水。因为是全自动系统，这个观测子系统在观测变量方面，与通过船舶或天气海洋站的观测相比有所缩减（例如云和现在/过去天气均不用浮标观测）。投入业务应用的浮标种类繁多，有时，这种观测子系统最简单的浮标类型只观测一或两个变量。全自动系统的优点是，一些浮标的观测频次可以非常高（如每 10 分钟的观测资料）。漂移浮标入水后不久，便移出其部署点。它们的运行寿命很有限，原因有电池寿命、传感器故障、发射机失灵、被冲上岸等。海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）的资料浮标合作专家组（DBCP）积极努力维护着一个含 1250 个漂移浮标的全球网络，网格间隔为 5 度x5 度。为保持海洋资料的覆盖率，还需要定期补充部署新浮标，并以船舶资料覆盖率（商业航线）为补充。从 2000 至 2010 年，主要通过EUMETNET海面计划（E-SURFMAR[41]），北大西洋中纬度地区实现了良好的资料覆盖率（以及良好的船舶互补性）。但是还需要不断努力维持这一覆盖率，因为在北大西洋的一些部署困难的小范围地区，尚未能达到要求。此外，全球许多其它地区的浮标资料覆盖率还不高，（例如）在南部海洋和北太平洋地区还有显著的差距。（浮标和其它观测系统的）业务资料日覆盖率可从（例如ECMWF）网站[42]上进行查阅。 从DBCP的网站[43]上可以看到浮标月覆盖率（不同类型的仪器，不同的观测变量）。

对于数值天气预报，由浮标观测的最重要的变量是海面气压，加大其资料覆盖范围非常重要。在资料同化方面，它与空基测风（散射仪，微波仪）协同使用。良好的全球覆盖的海面温度（SST）对数值天气预报和海洋应用都很重要。洋流信息对海洋分析和预测十分宝贵。波浪信息对海洋服务和应用非常重要。

由于难以在移动平台上建立气候观测时间序列资料，系留浮标比漂移浮标所提供的资料更丰富、地理稳定性更强。然而，即使是对于气候监测，漂移浮标可间接用于气象和海洋资料同化、以及再分析。

针对海洋天气站的G30、G31 和G32 项建议也适用于系留和漂移浮标。浮标观测的全球收集和交流最低应该是以小时为基础的。已经认识到并充分重视卫星通信的局限性限制了大量漂移浮标资料的及时收集。

---

[41] http://www.eumetnet.eu/Surfmar.htm
http://www.eucos.net/nn_133388/EN/Home/networks/esurfmar/esurfmar__node.html
[42] http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/monitoring/coverage/dcover/
[43] http://www.jcommops.org/dbcp/

鉴于良好的气压资料覆盖率和压力测量技术能力的重要性，应大力支持全球气候观测系统执行计划（GCOS-IP）对浮标观测系统的建议。该建议呼吁到 2014 年所有浮标均采用压力传感器。GCOS的另一个应予以支持的建议呼吁海洋基准系留网（海洋跨学科持续时间序列环境观测系统- Ocean Sites[44]的一个资料浮标子集）中的所有浮标站均应配备降水测量仪。降水观测对于解析海洋上空的卫星资料及其重要。GCOS关于开展波浪测量，并将之纳入海面系留基准网的建议十分重要，因为提供海浪信息的海洋基准站数量有限，且基于卫星的波浪测量有其局限性。

总之，海洋浮标资料有助于天气和海洋预报以及气候监测，还可用于补充或检验遥感资料和运行模式。

**行动G52**

**行动：**支持DBCP实现其维护和协调含 1250 多个漂移浮标和 400 多个系留浮标、提供SST、海面洋流流速、大气温度、风速和风向等观测的全球网络的使命。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋研究机构，与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和海洋浮标运营公司、CBS和CIMO合作。 由CBS和JCOMM领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**经过质控的系留和漂移浮标提供的实时（通常数值天气预报监测指标）数据量。

**行动G53**

**行动：**在所有新部署的漂移浮标上安装气压表。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋研究机构，与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和海洋浮标运营公司、CBS和CIMO合作。 由CBS和海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**由漂移浮标提供的海面气压观测。

**行动G54**

---

[44] http://www.oceansites.org/

**行动：**将印度洋热带地区中现有的系留浮标观测网络资料覆盖率扩大到接近大西洋和太平洋热带地区的水平。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋研究机构，与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和海洋浮标运营公司、CBS和CIMO合作。 由CBS和JCOMM领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**印度洋的热带地区（通常监测指标）系留浮标的观测资料量和覆盖率。

#### 5.3.6.5. 冰区浮标

冰区浮标观测下列变量：海面气压、温度、风、冰厚、上层海洋温度和盐度。海冰运动的观测源于对它们漂移的观测。一些浮标观测只含气温、海面气压，位置（因为是运动的）。冰物质平衡浮标（IMB）还开展了更强大的测量，可测量积雪深度、冰层厚度、冰温度廓线、冰的运动、以及一些气象变量。2012 年，约 50 个浮标常年在北冰洋运行，但只有几个测量冰雪厚度。对于公海上部署的浮标，海面气压是数值天气预报所需的重要变量，对于北极冰盖（目前是资料覆盖率上的空白）而言更是如此，否则。在气候变化的背景下，冰层厚度、积雪深度、和温度也是重要的变量，同时也用于许多海洋应用监测。

**行动G55**

**行动：**通过定期部署新浮标，增加北极冰盖地区的冰区浮标资料覆盖率。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋和极地研究机构，与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和冰区浮标运营公司、CBS和CIMO合作。 由CBS和JCOMM领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**冰区浮标提供的实时（通常使用数值天气预报的监测指标）数据量。

#### 5.3.6.6. 潮汐站

潮汐站测量海水的高度。某些情况下，也测量其它变量，如海面气压、风、海水温度和盐度测量。全球海平面观测系统（GLOSS）的主要作用是对支持潮汐和平均海平面应用（实时和非实时）等方面的海洋和气候研究的全球和区域性观测网络进行监督和协调。其主要组成成分是GLOSS核心网络（GCN），含约 300 个沿海和岛屿潮位站，分组均匀分布，是全球主干网络。

要监控沿海海平面的变化，需要建成并维护好潮位仪GCN网。如果可能，GCN站应与全球导航卫星系统(GNSS)站相连（直接联系在潮位仪上或与附近的连续全球导航卫星系统(GNSS)站并

行），以决定近GCN的垂直地上运动和因此产生的绝对海平面变化。在气候变化的背景下，这对适应计划是很重要的支持。为此，GCOS-IP有关GCN的建议应予以支持。

GCN是GLOSS计划的一贯重点。其站点沿大陆边缘和所有主要的岛屿群以大约 1000 公里的间隔分布，为各种海洋应用提供了足分的全球覆盖率。区域/本地应用通常需要更致密的站点网。当一起更新或升级时，如果可能，应考虑海平面站的多种用途（即海啸、风暴潮和海浪监测）。

**行动G56**

**行动：**确保实地海平面资料（潮位仪，海啸探测仪）的全球提供。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、国家合作伙伴研究机构，与国际组织和空间机构合作。 由JCOMM、CBS和CIMO领导。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**全球范围内提供的潮位资料量。

### 5.3.7. 海洋表层下观测系统

#### 5.3.7.1. 剖面浮标

剖面浮标在海洋表层下测量下列变量：温度、盐度、溶解氧、海洋酸度和$pCO_2$。Argo[45]剖面浮标提供深达 2000m、覆盖全球的温度和盐度剖面。“深Argo”浮标正在开发，据信能深达约3000m。资料在海洋模式中同化并用于季节到年际（SIA）预测、海洋表层下监测和其它海洋应用。一些活跃海区的观测网络需要更高的分辨率。有些剖面浮标资料也有延迟交付的现象，不足以开展实时应用。虽然参与Argo计划的国家方案的设计初衷是提供长期的资料记录，但其中大部分目前获得的资助都是科研目的的，将它们转变为业务模式将大有裨益。

应大力支持全球气候观测系统执行计划（GCOS-IP）有关剖面浮标观测的重要行动（1） 加强和维持足够的观测网络所需的适当浮标数量；（2） 将氧传感器装备到部分浮标上开展试点项目观测。主要的原因是需要认真监测海洋中溶解氧的数量、与气候演变的关系和对海洋生物化学和海洋生物的影响。

**行动G57**

**行动：**为了海洋和气象预报，将Argo剖面浮标网从科研状态转换到业务运行，并确保海洋表层下温度和盐度的高垂直分辨率资料的及时交付和分发。

---

[45] http://www.argo.net

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋研究机构，与Argo项目、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和剖面浮标运行公司、CBS和CIMO合作。 由JCOMM牵头，CBS协助。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**剖面浮标提供的实时（通常数值天气预报监测指标）数据量。

#### 5.3.7.2. 冰栓平台

冰栓平台在海洋冰盖的缓慢移动状况下，同时观测温度、盐度和下方的洋流。由于对表面冻结的极地海洋深部没有其它监测技术，冰栓平台对于全球海洋资料的资料覆盖率发挥着重要作用。

对于北冰洋的特有研究项目，冰栓平台上也使用PCO2（海洋酸度）和甲烷传感器。[46]

#### 5.3.7.3. 随机观测船舶

利用XBT仪器，随机观测船舶可提供直至 1000 米范围内较高的垂直分辨率（约 1 米）的海洋温度廓线资料。和漂流浮标一样，它们被用于几种用途（参见 5.3.7.1），而且在提高其实时发送方面具有很大的潜力。

**行动G58**

**行动：**出于海洋天气预报目的，通过使用船舶/XBT ，改进高垂直分辨率次表面温度资料的及时发送和分发。

**实施机构：**国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋机构并与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和企业合作运行随机观测船舶，CBS和CIMO合作。JCOMM与CBS合作领导该行动。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**实时的XBT数据量（通常监测指标）。

全球气候观测系统执行计划（GCOS-IP）的行动，旨在改进和维持现有的网络，以及随机观测船舶的推广应得到支持。

### 5.3.8. 研发和业务开拓探测项目

---

[46] http://www.whoi.edu/science/PO/arcticgroup/projects/ipworkshop_report.html

正在开展一些研究以更好地观测大气边界层的详细过程，而这些工作可能需要进行几年。首要的观测需求是风、温度和湿度廓线。还有气溶胶、一些化学物质和云特性。事实上，缺乏详细的边界层垂直廓线资料（尤其是风廓线）是目前GOS主要的弱点之一。通过将滚动需求评估(RRR)与目前的观测设施（例如全球数值天气预报(NWP)的指导意见（SoG））进行对比，这可能是出现的最大差距。对于温度、水汽和其它大气气体，卫星探测无法观测边界层廓线因为垂直分辨率不足，往往也因为云的存在（对于红外线探测仪）（见诸如用户需求和高分辨率数值天气预报(NWP)、临近预报和航空指导意见（SoG））。唯一的日常地基观测系统是无线电探空仪网，目前该系统具有测量边界层廓线的能力，但是在资料覆盖率和观测频次方面（多数时间为每 12 小时一次）存在严重限制。地基风廓线仪和廓线测量站进行整合，开展风、温度和湿度至少是局地边界层高频观测的最好方式，并且也可能在区域一级，但在实施业务网络前仍需要开展研究工作。测量技术的技术进步也取决于少数基准观测站的存在，正如GCOS和GRUAN建议的。基准站和新型廓线仪之间的长期相互比对有时是必要的，以正确地校准新仪器（见第 5.3.1.2 节）。测试基地和牵头中心网站将有助于改善大气边界层廓线仪的性能，请参见：http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/Testbeds-and-LC.html

有至少下列两个领域相对于滚动需求评估(RRR)方面没有充分地观测，该领域需要技术发展以实现重大的进步：

- 在大气中，更好地观测云（水和冰粒种类繁多 - 对于航空尤其重要）、气溶胶和化学物质。重要的是人工云观测应该在具有代表性的台站继续开展。需要继续保留人工观测，至少到技术进展足以确保人工测量能够完全替代人工观测为止；
- 在海域表面下很难开展观测，正在开发两种观测方式，即海洋滑翔机和佩戴仪器的海洋动物（见 5.3.8.5 和 5.3.8.6）。GCOS建议推进新的改良技术，以支持GOOS的气候应用，这是要促进的一项非常重要的工作。

另一个影响气象和环境观测的总体趋势是向更加自动化和高度计算机化的计划过渡。这致使能够制作更加频繁的资料和最大数量的原始资料。观测再处理也将成为全自动化过程。这要求观测和资料处理之间更高的一体化。为了满足不同类型的用户，观测资料再处理将更加复杂和更加灵活，而且它也将出现与卫星资料的一样的趋势：必须针对不同用户制作 2-3 个不同层次（级别）的资料。这个层次（级别）将根据原始资料的再处理量和资料量而变化。

更高自动化的趋势是导致“更多机遇观测系统”趋势的一个因素。其中气象中的最佳范例（出现在 20 世纪 90 年代和本世纪第一个十年）是使用全球导航卫星系统(GNSS)信号穿过大气层中获取气象信息。如果开展一些面向新机遇研究项目，那么可以预期还可以进一步开发一些基于主要用于非气象用途的技术和能力的其它地基观测系统。 基本上，许多能够穿过大气的通信信号都有可

能间接获取关于大气状况的资料。利用手机的全球移动通信系统（GSM）信号的削弱能够预估降水率，这成功地证实了上述观点，参见Messer（2007）。用于电力生产的风力涡轮机是获取本地风信息的另一个潜在的机会。电力的生产显然是依赖于风；那么，这种依赖性可以转化为从电力的生产获取风信息的方式。此外，一组风机就是能够达到 100 米塔杆的机会，可在不同高度上安装气象传感器，以提供大气边界层中第一个 100 米的垂直分辨率廓线。这样的行动要求风力涡轮机运行方和来自国家气象部门/国家气象和水文部门的仪器专家之间合作。

2010 至 2025 年期间的第三个趋势是获取、传输和使用越来越多图像格式的的信息，这是许多领域的实情。强天气现象、云、地面降水的数量和类型（雨、雪、冰雹）、能见度、海况等，已经在互联网上通过数码照片或录像的形式进行交换。它们有可能可提供与以SYNOP[47]电码（有详细信息）形式的定性信息一样的信息。但是，需要开展许多研发工作以客观探索该信息，而这种信息一般不是标准格式，并且很难量化为环境变量。这要求在足够数量的台站保留人工观测能力，既作为具有代表性台站的基本基准，也是出于校准用途。

下文中总结的技术是仍处于研发阶段观测系统，但到 2025 年可能成为全球观测系统的一部分。该名单可能不全面。

#### 5.3.8.1. 无人飞机（UAV）

在一些有限的地理区域，在对流层低层UAV已被用于一些气象活动以获取温度、湿度和风的详细资料（参见Mayer等（2010））。不同于正常的飞机，UAV可上下飞行，而且可提供气象变量的垂直廓线。由于大气边界层是气象廓线方面的重要空白区，UAV能够很好地填补这一空白，但很难在常规模式下使用。

到 2025 年，UAV可能会成为综合观测系统的适应性观测部分。应该继续开展有关技术方面和开发具成本效益的方式（定期运行UAV）方面的研究。对于在同一平台整合大气化学测量和标准气象测量，UAV也是绝佳机会。此外，在UAV可定期使用前，需要注意航空规则。

#### 5.3.8.2. 漂流探空气球（探空仪）

漂流探空技术包括施放一个恒定高度的气球，可根据需要在平流层施放多个下投式探空仪（存放在气球吊篮内），提供温度、湿度和风的垂直廓线（像正常的无线电探空仪或从飞机上施

[47] FM-12 SYNOP 全球通讯系统(GTS) 格式 -固定地面站的地面观测报告

放的下投式探空仪）。它们已用于一些气象活动，像非洲的AMMA活动（第 4 部分中AMMA的脚注参考）以及南极洲THORPEX/Concordiasi[48]试验（见Rabier 等 (2010））。

这些气球吊篮非常适用于那些有限的时间（几周）的气象观测活动，但很难作为综合观测系统的关键要素开展日常观测，还因为航空规则的限制，正如UAV那样。目前，不可能推荐任何此类任务发展计划作为业务系统使用。

#### 5.3.8.3. GRUAN 台站

GRUAN既不是一种新技术也不是新的观测系统。它是由GCOS发起的一种概念（参见本报告第 5.3.1.1.2 节），包括维护少数观测网点（多达 40 个），运行高质量的无线电探空仪可飞抵平流层中层（最高可达约 30-40 千米）。除了在气候监测方面的作用和作为GUAN 台站的基准，这些观测网点应作为“小型观测实验室”，在这里可以通过不同技术（地基探测仪、廓线雷达和激光雷达）观测大气垂直廓线并进行相互比对。这些大气廓线应该尽可能完整，并应结合大量的变量（与普通探空仪相比），包括云、气溶胶和化学物质的浓度测量。发展GRUAN网点是一个简单地方法也是一个促进新观测技术研究的好机会。

#### 5.3.8.4. 飞机大气测量

在气象界，使用自动飞机测量风和温度已超过 20 年。用飞机测量湿度始于 2010 年左右（见第 5.3.1.3 节）。

飞机测量大气化学开始于 20 年前，但局限于少数飞机而且不能与其它气象测量整合：参见IAGOS 项目（IAGOS=将常规飞机观测整合纳入全球观测系统）的文件作为范例。开发了不同范围的大气化学监测包（例如CARIBIC, CONTRAIL）。测量一些气体和气溶胶（包括火山灰）的大气成分可以在一些飞机上进行，但更多的是处于研究阶段而不是业务运行模式。对于未来重要的是开发一个更综合的业务系统，可以在一些飞机上测量所有的这些变量，一致化处理并且尽可能地为模拟化学的模式、航空气象和全球和高分辨率数值天气预报(NWP)提供近实时地提供结果。

**行动G59**

**行动：**在可能和适当的情况下，将自动飞机测量大气成分与测量风温度和湿度进行整合，并根据GAW和其它相关标准进行处理和分发。

---

[48] Concordiasi 是国际极地年 THORPEX-IPY 各类活动中的一个国际项目，旨在提供检验资料以改进南极地区极轨卫星资料的使用。

**实施机构：**参与从飞机平台进行大气测量的组织、国家气象部门/国家气象和水文部门，并与商业和其它航空公司、WMO技术委员会（CBS, CIMO, CAS）以及航空器气象资料下传(AMDAR)专家组合作。由CBS，CAS和航空器气象资料下传(AMDAR)专家组领导此项行动。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**一些飞机能够实时开展气象观测和大气成分测量。

#### 5.3.8.5. 佩戴仪器的海洋动物

海洋动物为海洋学家进行观测提供给了机会，也就是说将一组传感器佩戴在在海洋中移动的动物身上，就可以观测动物本身以及环境。Boehlert等人（2001）指出："生物自助采样系统具有巨大的潜力，能够以高效益低成本的方式促进海洋资料获取"。十年之后，2010 年左右，这种技术的使用只取得了不大的进展，这是受缺乏时间连续性和缺乏资料覆盖（仅限于一些沿海地区）的限制。应该加强努力，特别是改进与所有海洋测量用户交换资料，以促进它更迅速和更标准。

#### 5.3.8.6. 海洋滑翔机

UAV在大气方面的观测作用与海洋滑翔机在海洋中的观测作用类似。这种类型的观测在过去一直用于海洋活动：参见Rudnick等（2004）和Davis等（2002）。它们具有同样的能力和灵活性以针对一个特定的海域进行三维观测。海浪滑翔机和海洋滑翔机已经被用于一些外场试验。到 2015 年，在世界一些地区海浪滑翔机可以进行日常使用。

应该尝试至少两个方面的研发：一个是能够观测更多海洋变量的新仪器，另一个是资料交换的标准化。

## 6. 空基观测系统

### 6.1. 引言

几十年来两种类型的卫星被用于气象领域：地球静止轨道（GEO）气象卫星和地球低轨道（LEO）气象卫星。地球静止轨道气象卫星是沿赤道部署的，并选定经度以优化资料覆盖率。地球静止轨道气象卫星的最大优势是 15 或 30 分钟的高观测频次，而最主要的缺点是不能观测极冠（朝极地纬度只能观测到约 60 度）。地球低轨道气象卫星一般部署在极地太阳同步轨道上，虽然针对特定应用也采用一些其它轨道。太阳同步轨道的主要优势是许多卫星仪器在 12 小时内都能达到全球覆盖率。资料覆盖率在接近极地地区非常好，可在每个轨道周期上开展一次新的观测（即

约每 100 分钟一次）。它的主要缺点则是在低纬度地区的观测频次较低，在这个地区一般每个单独的平台只能每 12 小时开展一次观测。相比地球静止轨道卫星而言，极地轨道卫星的地面站也很难组织快速和连续地收集资料。

一些卫星系列已运行了几十年，像美国地球静止环境业务卫星（GOES）或欧洲的地球静止气象卫星，或美国的NOAA[49]系列极轨卫星。这些业务卫星上的主要仪器是成像仪（可见光和红外线）和大气探测仪（红外线或微波）。研发卫星是对业务卫星的主要补充，而且在未来它们将继续发挥重要的作用，尽管它们不能保证观测的连续性。一些平台有不同的仪器针对不同的应用，而且开发多用户平台的趋势可能将继续。某些用户的要求将通过卫星星系来满足（如用于无线电掩星测量的COSMIC[50]卫星星座）。在过去二十年里，用于多种应用的各种仪器及数据量都已大大增加。如今，许多卫星观测系统（包括研发卫星）为业务天气和气候监测做出了显著的贡献。资料的连续性对于气候监测和业务应用是至关重要的，而一些卫星使命的潜在终结正在受到没有后续卫星计划接续威胁，使得资料连续性出现问题。要鼓励空间机构延长相关卫星使命当前飞行任务的寿命。

关于为全球观测系统做出贡献（或者可能在 2012-2025 年期间做出贡献）的当前卫星和仪器的详细内容可查询WMO网页[51] 卫星观测能力数据库。该资料库包括一个“差距分析”，即要根据这些关键的差距分析，提出有关开发/改进卫星观测系统的建议。对于未来的 15 年，预计空基观测能力将扩展，为WMO各计划做出贡献的空间机构群体将扩大，以及它们之间的合作将增强。还可预测一个趋势，即将有越来越多的卫星服务于多种用途。

在下面的一节（6.2），说明了关于全球观测系统空基组成部分的一般性问题，以及 2012-2025 年期间实施的相关建议。第 6.3 节讨论了建议不同观测系统采取的行动，这些观测系统分为以下几个部分（正如 2025 年全球观测系统发展愿景中所预见的）：

- 业务地球静止轨道气象卫星（6.3.1 分节）；
- 太阳同步轨道上的地球低轨道业务气象卫星（6.3.2）；
- 各种业务卫星应用及各种轨道上的各种仪器（6.3.3），这些是对前两项的补充，结合起来可成为空基观测系统的主干；
- 研发卫星应用、业务探测仪和技术示范（6.3.4），这些在 2025 年综合观测系统中的作用是不确定的，但有可能到时将对业务做出贡献。

---

[49] 美国国家海洋大气局

[50] 用于气象、电离层和气候的星座观测系统

[51] http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/RRR-DB.html: WMO 该网页包含了卫星及其仪器过去、现在和未来的综合数据库

我们注意到，空间天气的观测单独在第 7 节中讨论。

### 6.2. 一般性问题：资料校准、资料交换、产品制作、资料管理、教育和培训

所有卫星观测系统都将出现更高的空间、时间和光谱分辨率的趋势。这将加强观测能力，尤其是监测和预测发展迅速的小尺度现象的能力。它将增加资料交换和处理能力的需求。在业务预报中使用的卫星资料，其空间、时间和光谱分辨率通常比仪器的原始分辨率要低，这主要是因为计算机资源和资料同化方法的限制。到 2025 年，由于资料同化技术的改进，与仪器的分辨率相比，预计在气象和海洋模式中实际使用（同化）的卫星资料的分辨率将得到很大和很快的提高。

#### 6.2.1. 资料来报率和时效

从气象或海洋模式的全球同化到临近预报的局地应用，只有采取切实的行动，大大提高针对不同用户和不同应用的资料的获取能力和提高获取时效，卫星仪器能力和使用卫星资料的进展才将取得完全的成功。相比地球静止轨道（GEO）气象卫星，这对于地球低轨道（LEO）气象卫星更为重要。对于地球低轨道气象卫星，应尽可能提供数据直接广播能力。结合数据直接广播，RARS（区域ATOVS[52] 再传输系统）的发展改进了资料的及时获取。近年来，这类关于极轨探测仪卫星辐射的“快速再传输”行动极大地促进了数值天气预报(NWP)的应用，而且未来它将促进越来越多的区域和局地预报系统应用。将这种概念应用于其它资料（例如，成像仪）将有益于其它许多应用领域。对于地球静止轨道气象卫星，在卫星覆盖的地理区域内提供卫星观测地球盘面内的资料相对容易，而该区域是由每个卫星直接观测的。主要的挑战是快速处理和快速全球交换已处理的资料和数据产品（如大气运动矢量，AMV），而全球数值天气预报(NWP)至少需要每小时一次的频次。其它应用也确定了对资料时效的不同要求。

应提供适当的用户友好的资料分发技术（互联网、数字视频广播）。各种技术都为世界气象组织信息系统(WIS)做出贡献并且应该用于分发产品和培训材料。

#### 6.2.2. 用户信息、培训和资料管理

应做出规定，以促进有效地使用空基全球观测系统（GOS）的能力，并在部署系统前让用户能很好地适应新的卫星能力。这包括资料接收、处理和分析应用基础设施（包括软件）的指南。

对于那些依靠卫星数据集和产品的用户来说，他们需要充分地信息以便了解这些数据集和产品的质量（例如，精度等），使用的算法和适用性范围等等。卫星运行方应提供在制作卫星产品

---

[52] 先进的 TIROS 业务垂直探测仪

过程中所采取的措施的完整说明，其中包括使用的算法、使用的具体卫星数据集以及检验验证活动的特性和成果。这应该遵守世界气象组织质量管理框架（QMF）的程序要求（见第 2.1 节）。元数据应遵循WMO核心元数据框架并符合WMO认可的国际商定的格式。（具体请参见：使用世界气象组织信息系统(WIS)元数据指南，2010[53]）。

对于气候监测和其它长期现象研究，需要扩展卫星时间序列（例如，基本气候资料记录）。长期资料管理要遵循有关的科学指导，这对于实现均一的长期记录是非常必要，记录应包括定期的再处理（大约 5 年一次）。方便用户访问资料档案的安排应落实到位。

作为会员能力不断改进的一部分，筹备工作应包括向用户提供必要的教育和培训，例如不断改进气象卫星协调组织（CGMS）卫星气象教育和培训虚拟实验室（VLab）及其卓越中心。应酌情定期地对有关卫星资料、产品、基础设施和培训的用户需求进行全球和区域层面上的评估，以监督建议行动的效果。

**行动S1**

**行动：**适当地促进会员充分受益于不断发展的卫星能力，通过指导资料接收和分发系统，包括必要的基础设施升级。

**实施机构：**基本系统委员会(CBS)领导此项行动，并与气象卫星协调组织（CGMS）和卫星运行方协商。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**积极回应调查会员的用户需求的水平。

**行动S2**

**行动：**卫星运行方提供有关制作卫星产品时所采取的措施的完整叙述，其中包括使用的算法、使用的具体卫星数据集以及检验验证活动的特性和成果。

**实施机构：**气象卫星协调组织（CGMS）和地球观测卫星委员会（CEOS）的卫星运行方。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**完整记录的产品数量，遵守世界气象组织质量管理框架（QMF）程序。

**行动S3**

**行动：**卫星运行方确保长期的资料保存和资料的科学管理，包括定期的再处理（大约 5 年一次）。

---

[53] http://wiswis.wmo.int/2010/metadata/version_1-2/WMO%20Core%20Metadata%20Profile%20v1-2%20Guidance%20Documentation%20v0.1%20%28DRAFT%29.pdf

**实施机构：**卫星运行方，并与全球气候观测系统（GCOS）协作。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**保存长期卫星资料档案，并定期的再处理。

**行动S4**

**行动：**应促进会员受益于不断发展的卫星能力，通过充分的、以应用为导向的教育和培训活动（包括远程教育）。

**实施机构：**气象卫星协调组织（CGMS）通过其虚拟实验室（VLab），包括卓越中心和合作伙伴。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**积极回应调查会员的用户需求的水平。

**行动S5**

**行动：**各区域应确定和维持对于卫星数据集和产品的需求。

**实施机构：**各区域协会和卫星运行方，通过其区域任务组和虚拟实验室（VLab）和卓越中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**一套区域需求的完整性和通用性。

### 6.2.3. 标定事宜

因为几乎所有的卫星仪器都需要其它仪器或测量以改进它们的标定，随着观测系统及其类型地增加，全球空间相互标定系统（GSICS）的作用就变得越来越重要。此外，在将实地观测与标定、调试和检验过程结合方面，它也是必不可少的。这些活动将由卫星机构、国家实验室和主要的数值天气预报(NWP)中心开展，并借助WMO, CGMS和CEOS的协助。这些活动包括：

- 地基基准站（如特别配备的地面站和特设外场）用于监测卫星仪器的性能；
- 其它陆地标定源（太阳、月亮、星星），是监测仪器标定的稳定标定目标；
- 模式模拟，能够促进标准监测比对“观测值与模式值对比”；
- 特殊卫星和地基仪器最高精度的基准测量。

地球静止轨道气象卫星和地球低轨道气象卫星传感器上应该有通用的频谱，以方便相互比对和标定调整。全球分布的 地球静止轨道气象卫星 传感器应使用特定的 地球低轨道气象卫星传感器定期进行相互比对，而在特定轨道上的多个地球低轨道气象卫星传感器系列应使用一个特定的地球静止轨道气象卫星传感器定期进行相互比对。

**行动S6**

**行动：**维持和发展业务地球静止轨道气象卫星和地球低轨道气象卫星传感器之间的相互比对和相互标定。

**实施机构：**全球空间相互标定系统（GSICS）。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**根据GSICS标准标定的仪器的数量。

应参照基准仪器或标定目标，使用通用的方法对仪器进行日常地相互标定。地球低轨道气象卫星轨道上应至少保持有两个红外和两个高质量可见光仪器、以及紫外线和微波仪器，以提供对地球静止轨道或地球低轨道气象卫星轨道上业务仪器相互标定所需的基准测量。

对于多数应用，特别是气候监测，应在国际层面上规划和组织关键卫星传感器的时间连续性。为了确保资料记录的连续性和一致性，需要：（1） 连续观测，以及（2） 关键基准传感器在运行时间上的重合，这是为了提供可溯源性所需的，正如GCOS气候监测原则（GCMPs）[54]中所叙述的。

**行动S7**

**行动：**确保关键卫星传感器的连续性和业务运行时间上的适当重合，并牢记实时处理和延时处理的气候记录、再分析、研究、再标定或个案研究要保持一致。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 相关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**资料记录的连续性和一致性。

## 6.3. 每个观测系统的组成部分的具体问题

### 6.3.1. 地球静止轨道气象卫星

[54] 参见：http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/aopcXVI/8.9_RecognitionDatasets.pdf

对于地球静止轨道气象卫星，一个关键的特点就是它们基本上沿赤道均匀分布，以保证它们各自在热带和中纬度地区的观测范围之间无空白区，从而能够提供全球资料覆盖除了极冠（大约朝极地纬度约 60 度）和频繁（15-30 分钟）观测。为了满足当前和未来不同的需求，至少需要 6 个业务对地静止卫星，延赤道分布其间距最好不超过经度 70 度。近几十年来，连续保证印度洋区域的观测覆盖特别令人关注。目前，GOES-W和MTSAT卫星沿赤道的间距仍比推荐的间距要大。

**行动S8**

**行动：**确保和维持至少 6 个业务对地静止卫星沿赤道分布，其间距最好不超过经度 70 度。改进在太平洋上空地球静止轨道气象卫星的空间和时间覆盖范围。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、相关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**由地球静止轨道气象卫星的不同仪器进行全球覆盖观测的质量。

#### 6.3.1.1. 高分辨率多光谱可见光/红外成像仪

目前所有的对地静止卫星上都安装了可见光/红外成像仪。每颗卫星上的频道数量和成像仪的分辨率都不同。地球静止轨道气象卫星成像仪用于多种应用，主要是临近预报和甚短期天气预报（VSRF）。它们在探测危险性天气现象和监测其快速发展和移动方面非常有效。它们观测云（云量、类型、云顶温度）。通过跟踪云和水汽在图像时间序列上的特性，可获得风观测信息：即大气运动矢量（AMVs）。可获得海表和地表温度，以及大气温度指数。地球静止轨道气象卫星成像仪还用于探测降水、气溶胶、积雪、植被覆盖率（包括叶面积指数（LAI） 、吸收光合辐射的系数（FAPAR））、火灾以及火山灰。

到 2025 年，预计多数地球静止轨道气象卫星卫星成像仪的空间/时间分辨率都将提高，相应地，这对于改进资料收集和资料交换非常重要。

**行动S9**

**行动：**在每个业务对地静止卫星上，至少安装和维护一个可见光/红外成像仪，其至少有 16 个频道提供全面覆盖，时空分辨率至少为 15 分钟而水平分辨率至少为 2 公里（在卫星星下点上）。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、相关技术委员会和卫星运行机构。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**安装高分辨率成像仪的地球静止轨道气象卫星的数量。

**行动S10**

**行动：**对于每个业务地球静止轨道气象卫星，组织观测策略和成像仪的数据处理（连同其它仪器或其它资料来源）以制作至少 1 小时频次的AWV。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 相关技术委员会，卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**业务制作AMV的地球静止轨道气象卫星的数量。

#### 6.3.1.2. 超光谱红外探测仪

红外探测仪用于地球低轨道气象卫星卫星已经很长时间了。超光谱红外探测仪目前已用于一些地球低轨道气象卫星（例如Metop卫星上的红外线大气探测干涉仪-IASI），但还不能用于地球静止轨道气象卫星。由美国研发的GIFTS使命，其用途是评估将超光谱探测仪安装用地球静止轨道气象卫星的可能性。

地球静止轨道气象卫星的一些运营方有明确的计划将超光谱红外探测仪安装在未来几个的卫星上。不同系列的地球静止轨道气象卫星的详细计划在WMO用户观测需求和观测系统能力数据库中提供（参见本报告第 6.1 节的脚注）。

这些计划内的探测仪将重点放在高水平分辨率（大于 10km）和高垂直分辨率（约 1 公里）观测上。它们的主要目标是为卫星可观测到的整个地球盘面（除了云内部和云下部）提供反映三维大气温度和湿度结构的频繁观测资料。它们将于成像仪仪器一起使用制作高分辨率的风（来自云或水汽特性的AMV），以追踪快速发展的现象并确定表面温度（海表和地表）。这些探测器设计得另外一个重要作用就是对大气化学成分进行高时间频次的观测。

**行动S11**

**行动：**所有的地球静止轨道气象卫星应该安装超光谱红外传感器，开展高时间频次的温度/湿度探测和风廓线探测，并具有足够高的分辨率：包括水平、垂直和时间分辨率。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、相关技术委员会、卫星机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续进行任务规划和筹备；2015-2025 业务使用仪器。

**绩效指标：**安装超光谱探测仪的地球静止轨道气象卫星的数量。

#### 6.3.1.3. 闪电成像仪

到目前为止尚没有在地球静止气象卫星进行过闪电成像卫星探测，所以谈不上继承性。从地球静止轨道气象卫星上进行闪电成像探测，旨在提供实时闪电探测和定位（精度为 5 到 10km）能力，以主要支持临近预报和甚短期天气预报（VSRF）。它的目的是为了探测云间闪和云地闪，但是卫星上的仪器无法区分这两种闪电。

由于闪电与风暴和强降水密切相关，卫星闪电观测的另一个目标是为了作为强对流和强对流降雨的代用资料。它可作为数值天气预报(NWP)模式模拟的绝热和潜热的代用资料。它还有助于和地基闪电观测系统结合使用（见 5.3.2.4）实现完整的闪电气候学统计。最后，闪电在生成氮氧化物方面发挥着重要的作用，而且闪电观测可能是大气化学模式资料的重要来源。

计划 2025 年之前，多数地球静止轨道气象卫星能够完成闪电成像使命：欧洲第三代静止气象卫星 （MTG）上将装载闪电成像仪（LI）、美国从GOES-R开始将装载对地静止闪电成像仪（GLM）、俄罗斯GOMS[55] 以及中国 风云四号卫星（FY-4[56]）都将装载相应的闪电成像仪器。

**行动S12**

**行动：**所有的地球静止轨道气象卫星应该安装闪电成像仪（能够探测云间闪电和云地闪电）。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、相关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续进行任务规划和筹备；2015-2025 业务使用仪器。

**绩效指标：**安装闪电成像仪的地球静止轨道气象卫星的数量。

### 6.3.2. 地球低轨道（太阳同步近极地轨道）气象卫星

为了实现良好的全球资料覆盖率，全球观测系统发展 2025 年愿景设想在各种轨道上至少有 3 颗**太阳同步近极地轨道气象卫星**（安装最基本的观测仪器）和外加其它卫星。3 颗卫星赤道交叉时间（ECT）预计为 13:30，17:30 和 21:30（当地太阳时）。这种 3 颗业务卫星（以及对于所有其它的极轨卫星）的轨道ECT的选择目的，就是通过国际合作进行永久性开展全球覆盖性监测。

**行动S13**

**行动：**确保地球低轨道上的所有核心气象卫星的轨道协调，以优化时间和空间的覆盖率，同时保证一定的轨道冗余。 地球低轨道气象卫星（LEO）卫星应包括至少 3 颗**太阳同步近极地轨道气象卫星**，其ECT为 13:30，17:30 至 21:30（当地时间）。

---

[55] 对地静止业务气象卫星

[56] 风云 4 号气象卫星

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、相关技术委员会和卫星运行机构。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**贡献**太阳同步近极地轨道气象卫星**的数量和轨道分布。

这些轨道平台（ECT等同于 13:30，17:30 和 21:30），应至少安装一个超光谱红外探测仪、一个微波测深仪和一个高分辨率多光谱可见光/红外成像仪（即基本观测仪器）。

与地球静止轨道气象卫星相比，**太阳同步近极地轨道气象卫星**平台更难实现快速的资料收集（从平台到地面台站），然后进行资料传输以满足一些用户应用对时效的要求。

**行动S14**

**行动：**提高地球低轨道气象卫星资料的时效，特别是三个轨道平台上的核心气象卫星，通过发展通信和处理系统能够实现 30 分钟内数据到位（例如区域探测数据再传输-RARS网络在处理一些数据集所实现的那样）。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、相关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**地球低轨道气象卫星资料的时效，使用常用监测指标进行评判。

**行动S15**

**行动：**通过维护和开发卫星直接广播的接收，通信和处理系统，提高本地实施获取地球低轨道气象卫星直接广播资料的能力（特别是获取三个轨道平台上的核心气象卫星的资料）。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、相关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**直接读出获取的地球低轨道气象卫星资料量。

#### 6.3.2.1. 超光谱红外探测仪

当前（2012 年）的超光谱探测仪的经验是基于欧洲气象卫星开发组织的太阳同步业务极轨气象卫星Metop[57] 的红外线大气探测干涉仪（IASI）以及美国地球观测系统卫星（EOS-AQUA[58]）上的大气红外探测仪（AIRS）。相比以前的红外线探测仪，它们能够提供更详细的垂直温度和湿度结构。主要的缺点是受制于只能探测晴天大气和云层之上晴空大气，但它们仍然是海表/地表温度、大气成分和云变量等资料的重要来源。影响研究显示它们对全球数值天气预报(NWP)产生强大的积极影响。预计它们还将作为微波仪器的补充在编写气候资料记录方面发挥重要的作用（参见第 6.3.2.2 节关于微波探测仪）。

对于超光谱红外探测仪的用户，其中的一个困难是要处理大量的冗余资料。每个用户只对大量资料中特定子集的信息感兴趣，而这个子集在不同应用中也不同。例如，全球数值天气预报(NWP)需要的是超光谱数据集中包含温度和湿度廓线信息的代表性数据，而大气成分研究界需要的是超光谱数据集中关于特定大气成分的代表性数据。对于负责再处理这些观测资料的中心，要在业务背景下为所有用户提供满意的所需资料，是一个挑战。

**行动S16**

**行动：**为超光谱红外探测仪设计地面部分，以确定和实施资料缩减战略，从而优化在时效和成本最优的条件下获取的资料内容，同时解决不同用户群的需求。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 相关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**分发给超光谱红外探测仪用户的不同数据集的数量和时效。

#### 6.3.2.2. 微波探测仪

自从 1970-1980 的十年间，微波探测仪已开始用于气象领域，主要是美国NOAA系列卫星，首次安装的是微波探测仪（MSU），之后是高级微波探测仪（AMSU）。它们能够提供关于温度和湿度大气垂直廓线的信息，但与超光谱红外探测仪相比，垂直分辨率较低。与红外探测仪对比，它们的主要优点是能够在云层内部和云层下部观测的能力。目前（指 2012 年），它们已经用于一些气象业务卫星（5 颗），并且是大型全球数据同化系统得最主要贡献者。数值天气预报(NWP)影响研究显示这些观测资料做出了非常积极的贡献。

---

[57] EUMETSAT 极轨业务气象卫星

[58] http://aqua.nasa.gov/

除了在观测大气温度和湿度方面的关键作用，微波探测仪还能提供关于云水含量和降水的资料。

从卫星（特别是从MSU和AMSU仪器）获取的特定微波辐射资料已经成为历史气候记录的关键数据集，并且需要在未来继续延长观测以保持一个长期的气候记录。全球气候观测系统执行计划（GCOS-IP）行动旨在确保为气候资料记录提供长期连续的微波辐射资料。全球气候系统观测执行计划的这个建议将进一步加强微波探测仪在全球再分析中发挥重要作用。

**行动S17**

**行动：**填补微波探测仪规划在凌晨轨道出现的覆盖空白。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 相关技术委员会和卫星运行机构。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：在凌晨**轨道卫星上所规划的微波探测仪的数量。

#### 6.3.2.3. 高分辨率多光谱可见光/红外成像仪

自 1960-1970 卫星气象出现以来十年间，已经使用可见光/红外成像仪。那时，它们为气象学家提供非常有用的定性信息，特别是云和天气系统的类型和定位。从那时起，成像仪取得了很大的技术进步，特别是其水平分辨率和通道数。地球低轨道气象卫星上的成像仪，虽然它们的观测频次受其轨道配置的限制，但通过其对中、高纬度地区的观测，是对地球静止轨道气象卫星上成像仪的有意义的补充。

安装在地球低轨道气象卫星上的成像仪的观测能力与地球静止轨道气象卫星上的类似。它们观测云（云量、类型、云顶温度）。获取海表和地表的温度。地球低轨道气象卫星成像仪还用于探测降水、气溶胶、气溶胶、积雪、植被覆盖率（包括LAI和FAPAR）、火灾以及火山灰）。它们对于极地地区的临近预报和甚短期天气预报（VSRF）也非常有用。它们还能制作大气运动矢量产品（AMV，即通过云跟踪或水汽跟踪导出的风场）。通过跟踪极轨卫星上的种分辨率成像光谱仪（MODIS[59]）推导出来的风场产品被用于业务数值天气预报(NWP)已经有几年了，已证实能够产生非常积极的影响，可能是因为在极区上空缺乏其它类型的高空风观测。

**行动S18**

**行动：**使用所有业务极轨平台的成像仪通过跟踪云（或水汽特性）制作大气运动矢量产品（AMV）。

---

[59] MODIS: 中等分辨率成像光谱辐射仪 (安装在 AQUA 和 TERRA 卫星上)。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 有关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：利用**不同数据集业务制作的关于极区大气运动矢量产品的数量和获取时效。

**行动S19**

**行动：**在所有核心气象极轨卫星的成像仪上安装水汽通道（例如 6.7 μm），以促进通过水汽运动获取极区风场资料。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 有关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：载有含水汽**通道成像仪的主要业务气象极轨卫星的数量。

#### 6.3.2.4. 微波成像仪

微波成像仪类似于 6.3.2.2 节中讨论的被动微波探测仪，除了它们在波长和空间分辨率方面的特征不同，这使得它们更适合观测地面或海表。在海洋上空它们提供关于海冰、海表风速和海表温度的资料。在陆地上空它们观测地表温度、土壤湿度和雪水当量。它们还提供关于降水和大气水汽总量的资料。具有偏振测量功能的微波成像仪还提供海面风向的信息。

自 1990-2000 年，水汽总量和地表风速的资料是由安装在美国国防气象卫星（DMSP[60]）上的特种传感器微波成像仪（SSM-I） 提供，这些资料已广泛用于天气和气候领域。最初使用的资料仅限于海洋，但最近在陆地上空使用微波卫星信息方面已取得了很大的进展。微波传感器在监测极区海冰范围方面的作用也很重要。由于过去 20 年DMSP/SSM-I 的连续观测，这些传感器对气候监测和全球再分析做出了重要的贡献。

为了满足不同用户的需求，至少需要 3 颗安装微波成像仪的卫星分布在彼此分离较好的轨道上。根据当前的计划，可能除了全天候条件下的海洋表面温度不能满足以外，预计可满足大多数的需求。

**行动 S20**

**行动：**确保为微波成像仪提供所有必要的通道以监测 海洋表面温度。

---

[60] DMSP: 国防部卫星计划 (美国)：在安装在 DMSP 卫星上的不同仪器中，SSM-I 是特种传感器微波成像器（用于业务气象）。

**实施机构：**CGMS与卫星运行方。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**安装微波海洋表面温度观测传感器的地球低轨道气象卫星的数量。

### 6.3.3. 在适当轨道上其他的业务卫星使命

除了以上列出的和安装在地球静止轨道气象卫星和地球低轨道气象卫星轨道上的成像仪和探测仪，还有一些其它的卫星仪器用于天气、海洋、气候和其它应用。其中许多（但不是全部）都安装在极轨太阳同步卫星上。一些仪器的用途不止一个。

#### 6.3.3.1. 散射仪

不同于微波成像仪是被动仪器，安装在卫星上的散射仪是主动的观测系统。散射仪主要提供关于海洋表面（海面风速、积冰）的资料，也提供地表的资料（土壤湿度）。

1990-2000 年，首次在业务全球数值天气预报(NWP)模式中同化的散射仪资料是来自欧洲ERS-1[61]卫星的海洋风观测资料。在此之后，来自多个卫星（像ERS-2, QuikScat[62], Metop（及其ASCAT[63]仪器））的散射仪资料被用于数值天气预报(NWP)和其它领域，参见WMO用户观测需求和观测系统能力数据库中的仪器和任务清单。它们一般能提供非常好的全球资料覆盖率（除了不能观测最大风速，以及不能观测海冰上空的风场），这极大地有助于满足在海洋表面风场方面的气象和海洋需求。在地面上空散射仪的使用还不是很成熟，但最近在使用土壤湿度资料方面已取得了很大的进展。

至少需要将 2 颗安装散射仪的卫星部署在彼此分离较好的轨道上，并应在未来保持。根据当前的计划，预计能够满足需求。

#### 6.3.3.2. 无线电掩星星座

---

[61] ERS = 地球资源卫星； ESA 使命 (ERS-1 始于 1991 年，随之而后的是 ERS-2)

[62] 快速散射仪 (NASA)

[63] Metop 的高级散射仪

在气象领域使用无线电掩星观测是随机观测系统的良好范例：（1）由大约 30 颗轨道高度在 22000 公里上的全球导航卫星系统(GNSS)卫星（2015-2025 年可能达到 60 颗）不断发射的 GNSS无线电信号；以及（2）大气的微扰作用，将减慢信号的传播，并产生大气折射。因此，通过在其它卫星上安装全球导航卫星系统(GNSS)接收器（特设星座或业务气象卫星，通常是在地球低轨道气象卫星上），就可能测量由于其通过大气传播所产生的信号延误。这些延误主要取决于空气密度，进而由这些延误信息提供关于大气温度（特别是平流层和对流层上层）以及对流层下层的湿度的有用信息。

大约自 2005 年起，无线电掩星测量在业务数值天气预报(NWP)模式中进行同化，主要用下列几颗卫星上的观测资料进行：CHAMP[64], GRACE-A[65], Metop（及其 GRAS[66] 仪器）和 COSMIC 星座[67]（见Poli等, 2009）。几个数值天气预报(NWP)中心评估了它们对分析和预报的影响，而且主要的成果已经在第四次WMO影响研究研讨会上开展了讨论和交流（参见第 4 节的脚注）。考虑到观测系统的间接性质，即通过不是专门为气象设计的仪器开展的观测，发现这个系统的观测对于数值天气预报积极影响超乎预料得的显著。此外，从接收卫星星座获得的资料具有全球覆盖率并且非常均匀。这个系统提供绝对测量（自我标定），不受云的污染，这在两个方面是很大的优势：（1）作为卫星资料相互标定的通用标准；（2）创建气候资料记录。

目前能够为业务应用提供无线电掩星测量的多数现有的卫星都不是业务卫星，并且不属于能够确保未来连续性的任何卫星计划。对于 2012-2025 年期间，重要的是规划足够数量的接收卫星并保持连续性，以避免在制作无线电掩星测量和将其应用于业务气象中所做投资的效益损失。应注意到的是，由一个无线电掩星传感器提供的资料量，既取决于卫星上装载的天线数量，也取决于与全球导航卫星系统(GNSS) 所兼容的系统（例如，GPS, GLONASS, 伽利略）的数量。

**行动S21**

**行动：**确保和维持装载在不同轨道平台上的全球导航卫星系统(GNSS) 无线电掩星星座接收器，以产生每天至少 10000 次掩星（今后每天所需的无线电掩星量级由下一个行动S22来完善）。组织向处理中心实时提供资料。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 相关技术委员会、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**每天近实时处理的全球导航卫星系统(GNSS)掩星观测的数量。

---

64 挑战小卫星有效载荷
65 GRACE: 重力恢复和气候试验
66 全球导航卫星系统大气探测接受器
67 http://www.cosmic.ucar.edu/

**行动 S22**

**行动：**开展一次观测系统模拟试验（OSSE） 以评估每天不同数量掩星的影响，以及预估日常所需掩星的最佳数量。

**实施机构：**数值天气预报(NWP)中心与基本系统委员会(CBS)（领导该行动）和大气科学委员会(CAS)协调。

**时间范围：**2013 年底前。

**绩效指标：**开展OSSE的次数。

全球导航卫星系统(GNSS)信号和无线电掩星的另一种应用是测量电离层中的电子密度。因此，未来无线电掩星星座仍将为空间天气应用做出贡献（见第 7 节）。

#### 6.3.3.3. 高度仪的布局

海面高度（SSH）对于海洋分析和预报并且对于耦合的海洋-大气模拟都是重要的观测变量之一。自 1990-2000 年起，通过一系列卫星（ERS-1 和 2, JASON-1[68] 和 2, ENVISAT[69]，GEOSAT[70]等）的测高仪进行观测海面高度。详细请参见WMO用户观测需求和观测系统能力数据库中关于这些卫星及其仪器特性的记录。卫星测高仪提供海洋地形和显著浪高的测量，其达到了全球覆盖并且准确度高。可以强调宽带测高仪的效益。可通过波浪观测预估表面风的情况。然而，对于大多数仪器来说，由于仅限于卫星星下点观测，因而限制了水平分辨率和时间分辨率。沿着卫星轨道的水平分辨率可以很好，而主要的缺点是在中纬度地区产生“跨轨道”现象：即在两个连续轨道之间通常有一个 300 公里的的间隙。

一些测高仪还能够提供冰面地形（海上和陆上）以及湖泊水位（用于冰川监测和水文）的测量。不幸的是，NASA第一代和第二代ICESat卫星上安装的激光测高仪之间存在一定的差距。虽然Cryosat-2 上安装的雷达测高仪也能进行海上和陆上冰面测量，但理想的测高仪星座将同时有激光和雷达两种测高仪。两者的结合将提供更高准确度的海冰厚度预估，并且可能提供有关浮冰上积雪厚度的信息。

---

[68] 海洋表面地形使命（美国/法国）
[69] ESA 环境卫星使命
[70] 测地卫星

未来，一些测高仪器（规划或已经在运行的仪器）将继续支持这些应用：中国海洋二号卫星（HY-2A[71]）上的测高仪，SARAL[72]上的AltiKa[73]等，详见WMO用户观测需求和观测系统能力数据库。在 1990-2010 期间，业务测高仪的数量从 1 个到 4 个不等。普遍认为卫星太阳同步轨道上最少需要两颗卫星，再加上一个基准任务卫星，对于满足业务海洋学的要求是必要的。

**行动S23**

**行动：**实施高度仪星座，包括一个非太阳同步、倾斜轨道的高精度的基准使命卫星，加上彼此分离较好的太阳同步轨道上的两个仪器。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 相关技术委员会、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**实时提供测高的卫星的数量和轨道几何。

#### 6.3.3.4. 双视角红外成像仪

出于气候监测的目的，重要的是连续记录非常精确的海洋表面温度（SST）测量结果。在全球气候观测系统执行方案（GCOS-IP）中的一个动议提及：使用连续交叉覆盖的极轨和地球静止卫星的红外观测，并结合被动微波覆盖以及适当的实地观测网络结合，以便继续提供尽可能最好的海洋表面温度场。为了实现高精度海洋表面温度场所需的质量，重要的是至少要有一个双角度红外仪器以便进行准确的大气订正。一些仪器已经投入使用：例如ERS卫星上的ATSR[74], ENVISAT上的AATSR[75] - 参见WMO用户观测需求和观测系统能力数据库。计划在Sentinel 3 使命中安装另一个称为SLSTR的仪器（海表和地表温度辐射仪）。

**行动S24**

**行动：**确保并保持在极轨卫星上至少安装一个红外双视角成像仪，以提供能达到气候监测质量的海洋表面温度（SST）测量。

**实施机构：**CGMS（领导此项行动）、 相关技术委员会、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、卫星运行机构和卫星资料处理中心。

**时间范围：**持续 。

**绩效指标：**双视角成像仪的业务可用性。

---

[71] 海洋号海洋卫星使命（中国）
[72] 环境监测使命（印度/法国）
[73] 高精确的海洋高度仪
[74] 沿轨扫描辐射仪
[75] 高级沿轨扫描辐射仪

从这些红外成像仪获取的高质量海洋表面温度场对于气候监测以外的业务气象和海洋领域也非常有用。此外，这些成像仪还将为气溶胶、云和火灾观测做出贡献。

#### 6.3.3.5. 窄带高光谱和超光谱可见光/近红外成像仪

遥感观测海洋水色和相关地球物理变量（例如浮游植物和营养物）对于测探一些种类的海洋污染物是有用的，它们能提供高水平分辨率（几百米）的海洋生物变量图像。观测海洋水色是一些海洋应用和检验海洋模式所需的。

观测海洋水色要求具有窄带可见光和近红外光谱的被动成像仪。这种类型的一些仪器已经投入使用，如中国风云系列卫星上安装的COCTS[76]，韩国COMS[77] 卫星上安装的GOCI[78], 欧洲ENVISAT卫星上安装的MERIS[79], 或者ISRO Oceansat-1 和Oceansat-2 卫星上安装的OCM。未来，将规划其它仪器，诸如OCS[80], 或者Sentinel-3[81]上的OLCI[82]。

在可见光和近红外光谱条件下操作的窄带成像仪对于观测植被（包括LAI、FAPAR和监测烧毁的地区）、地表反照率、气溶胶和云也非常有用。

目前，这种窄带使命主要是由地球低轨道气象卫星执行。

#### 6.3.3.6. 高分辨率多光谱可见光/红外成像仪

植被分类、土地利用监测和洪水监测都需要可见光/红外成像仪，其特点是具有高水平分辨率。这些高分辨率仪器通常只适用于地球低轨道气象卫星。叶面积指数（LAI）是卫星资料中针对农业气象的主要变量之一，用于作物模拟模式。尽管通过一些成像仪可反演得出叶面积指数，但是通过LANDSAT[83]和SPOT[84]系列搭载的仪器可达到最高分辨率。地面观测是利用十米量级水平分辨率。某些仪器，如PROBA-2[85]上搭载的CHRIS，在某些特定目标地区，其分辨率可达到 2.5 米。

---

76 中国海水颜色和温度扫描仪
77 通信、海洋和气象卫星
78 对地静止海水颜色成像仪
79 MEd 分辨率成像光谱仪
80 俄罗斯 Meteor 卫星上安装的海水颜色扫描仪
81 多仪器 ESA 卫星使命为全球环境安全监测（GMES）做贡献
82 海洋-陆地颜色成像仪
83 地球观测卫星使命（NASA/USGS）
84 地球观测卫星
85 CHRIS =紧凑型高分辨率成像光谱仪，搭载在 PROBA-2 (在轨自主计划) 卫星上。PROBA-2（继 PROBA 之后）是 ESA 示范使命，其日常用户日益增加。

重要的是在未来要延续此类卫星使命，以保证目前序列的连续性。这对于农业气象、水文、土地利用、灾害（洪灾、火灾）的仔细监测非常重要，甚高分辨率成像仪将有其它一些具体应用。

#### 6.3.3.7. 配备被动微波成像仪的降水雷达

估算不同时间尺度的全球降水量（和降水类型）是天气和气候应用方面更为困难的工作之一。一个原因是降水的高时空变率：在对流条件下，致洪暴雨会影响某一地区，而几公里外却毫无降水；赤道和两极地区的累积降雨量（1 小时、1 天、1 个月或 1 年）的差异达到 1-2 个数量级。第二个原因是利用地基雨量计和雷达无法获得全球覆盖的降水观测：尽管在努力扩大和完善地基雷达网络（见第 5.3.4 节），但覆盖率仍然有限。然而，适当估算所有时间尺度的降水场非常重要，如从气候监测所需的时间尺度（若干年，全球范围）到 1 小时以内局地累积降水估算（洪水监测）。专门的空基降水观测系统对于实现这一目标极为重要。

全球降水测量（GPM）使命概念是将主动降水测量（利用空基雷达）与被动微波成像仪星座相结合（在 6.3.2.4 节中讨论）。GPM星座正计划要涵盖一项 65°倾斜轨道（相对于赤道）的核心使命，此外还有其它一些国家和国际机构开发的卫星。其目标旨在提供 3 小时间隔的全球覆盖降水资料，要实现此项目标需要有 8 颗卫星。这些卫星将配备主动降水雷达，或被动微波仪器，抑或二者兼备。现有和规划的雷达的各项特性参见WMO观测用户需求和观测系统能力数据库，例如可在该数据库中搜索CPR（云和降水雷达）或DPR（双频降水雷达）。

此类测量已证明了其价值，首先是在TRMM[86]使命（1997 年发射的卫星），以及CLOUDSAT[87]使命（美国 2006 年发射的卫星），其卫星作为“A-Train”[88]的一部分，用于监测地球水循环以及云和气溶胶。MEGHA-Tropiques使命（MTM[89]）是由法国和印度合作筹备，于 2011 年发射，它也有助于推动此项目，其主要侧重于降水和水循环。有些卫星（规划的或在轨的）将是低轨道倾角。例如，MTM卫星在南纬 20 度（20S）和北纬 20 度（20N）之间运行。因此，它们能够比通常近 90°倾角的极轨卫星更频繁地提供近赤道资料。这对于更好地了解和模拟热带昼夜循环非常重要。资料的实时提供对于临近预报和业务水文也十分重要。

**行动S25**

---

[86] 热带降雨测量使命

[87] NASA EOS 云观测使命

[88] A-Train 包括若干编队飞行的卫星：AQUA, AURA, CLOUDSAT, CALIPSO, PARASOL (OCO 在 2009 年 2 月发射失败)

[89] CNES/ISRO Megha-Tropiques 使命，用于观测热带水循环和能量收支

**行动：**至少执行一项倾斜轨道降水雷达使命和一项后续业务使命。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星运行机构和资料处理中心参与。

**时间范围：**2014 年（启动）并持续（后续）

**绩效指标：**一项使命的完成情况。

**行动S26**

**行动：**为支持GPM，至少执行一项低倾角轨道被动微波卫星使命。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星运行机构和资料处理中心参与。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**一项低倾角轨道被动微波卫星使命的完成情况。

**行动S27**

**行动：**组织GPM资料的实时提供来支持临近预报和业务水文需求。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星运行机构和资料处理中心参与。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**满足临近预报和业务水文需求的程度。

#### 6.3.3.8. 测量地球辐射收支的宽带可见光/红外辐射计

地球辐射收支（ERB）是测量太阳入射能量与地球向外热能（长波）和反射能（短波）之间的总体平衡。它只能从空中进行测量，因此，观测的连续性对于气候应用非常重要（参见GCOS-IP关于ERB的章节）。

除了地球低轨道气象卫星和地球静止轨道气象卫星上的成像仪和探空仪以及气溶胶和云特性测量之外（参见上文从 6.3.2 起的各节），ERB至少需要一颗搭载宽带可见光/红外辐射计和传感器的极轨卫星，用以测量太阳总辐照度。

宽带辐射仪以前搭载于ERB卫星（ERBS）上，目前搭载于TERRA和AQUA卫星上。MTM卫星的SCARAB[90]仪器也有助于测量ERB。

**行动S28**

**行动：**通过维护至少一颗地球低轨道气象卫星上的业务宽带辐射计和太阳辐射传感器，确保ERB全球测量的连续性。

---

[90] 辐射收支扫描仪

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星运行机构和资料处理中心参与。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**参与ERB测量的极轨卫星数量。

#### 6.3.3.9. 大气成分仪器星座

与大气成分相关的变量测量对于各类应用至关重要，例如，平流层臭氧层监测、空气质量监测和预报，包括污染的长距离输送、大气成分与气候变化之间的相互作用研究，以及偶发事件监测（例如火山爆发和生物质燃烧）。如上文所述（第 5.3.1.4 节），许多大气成分在气候强迫和反馈方面具有重要作用，如臭氧、甲烷和二氧化碳等。详情可参见全球大气监测（GAW）战略计划（见第 5.3.1.4 节中GAW文件的脚注）和GCOS-IP。其中有些大气成分也将成为（或已经是，如臭氧）数值天气预报(NWP)和大气化学模式的重要变量。对这些变量的观测应当充分纳入WIGOS，并实现实时交换，以满足各类大气化学应用的需求，包括空气质量监测和数值天气预报(NWP)。

首次发现臭氧空洞可追溯到 20 世纪 70 年代，因此长期以来一直在从空中监测平流层臭氧。自此之后，许多空基仪器促进了对大气臭氧、活性痕量气体、气溶胶以及近年来对于温室气体（如$CO_2$ 和$CH_4$）的测量。日本的GOSAT特别是针对气候变化进行重要温室气体（GHG）的观测。

专门或主要用于大气化学测量的其它仪器有：TOMS（搭载于Nimbus 7, Meteor 3, Earthprobe）；SAGE I（搭载于AEM-B）；SAGE II（搭载于ERBS）；SBUV/2（搭载于 6 颗NOAA卫星，包括目前的NOAA-19）；GOME（搭载于ERS-2）；SMR和OSIRIS（搭载于ODIN）；SCIAMACHY, MIPAS和MERIS（搭载于Envisat）；MLS（搭载于UARS和EOS-Aura）；OMI和TES（搭载于EOS-Aura）；MODIS（搭载于EOS-Terra和EOS-Aqua）；MISR和MOPITT（搭载于EOS-Terra）；AIRS（搭载于EOS-Aqua）；GOME-2 和IASI（搭载于 3 颗 Metop卫星）；AIRS（搭载于EOS-Aqua）；CrIS, OMPS和VIIRS（搭载于Suomi NPP）；CALIOP（搭载于CALIPSO）；TANSO-FTS（搭载于GOSAT）。此外，可使用第 6.3.1.1 和 6.3.2.3 节所述的多光谱成像仪来支持气溶胶监测。

针对新一代业务使命，搭载在Suomi-NPP上的OMPS-nadir[91]仪器，并计划用于其后续的JPSS-1。它将测量臭氧，同时也测量$NO_2$、$SO_2$ 和其它痕量气体。Suomi-NPP上还搭载OMPS-

[91] OMPS：臭氧测绘和廓线仪装置

limb在平流层进行高垂直分辨率探测。在欧洲GMES[92]计划中，用于支持大气化学测量的哨兵-4 和哨兵-5 使命由紫外和可见光（以及哨兵-5 的近红外）探测仪构成，将分别安装在欧洲气象卫星开发组织第三代地球静止轨道气象卫星（MTG）和第二代欧洲极轨气象卫星（EPS-SG）上。详情可参见WMO观测用户需求和观测系统能力数据库。

**行动S29**

**行动：**针对大气化学应用，包括对臭氧、与空气质量和空气污染有关的活性物质的监测以及对温室气体的测量，要确保紫外/可见光、近红外探空仪的业务连续性，包括地球静止轨道气象卫星上的高光谱分辨率紫外/可见光探空仪，并且在 3 个充分分离的极地轨道上至少有一个紫外/可见光探测仪。还要确保临边探测能力的连续性。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星运行机构和资料处理中心参与。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**用于大气化学监测的地球静止轨道气象卫星和地球低轨道气象卫星紫外/可见光/红外探测仪数量。

关于某些大气成分探测仪业务连续性的详情参见GCOS-IP 中涉及大气化学的章节。

#### 6.3.3.10. 合成孔径雷达（SAR）

与常规雷达相比，SAR是以特殊方式处理一系列图像，以便显著提高局部空间分辨率，这意味着对雷达测量技术的其它几何变量做出权衡让步：扫描角和扫描带大小等。利用地球低轨道气象卫星搭载的SAR观测系统，可获得局部甚高分辨率的地面（包括地面上的生物质）、海面（特别是近海）、洪泛区水位、海冰盖、冰原和冰山的观测资料。

SAR技术已用于某些卫星：ERS-1、ERS-2、ENVISAT（搭载先进的合成孔径雷达（ASAR）仪器）、ALOS[93]（JAXA[94]卫星搭载PALSAR[95]仪器）。ESA卫星CRYOSAT-2[96]已于 2010 年发射，搭载SAR仪器（称为SIRAL[97]）。这些SAR仪器已经用于科研和业务应用。目前还对未来的一些SAR使命进行了规划；例如规划和开发GMES哨兵-1 使命上SAR-C仪器（C波段雷达），这

---

92 GMES：全球环境与安全监测

93 先进的陆地观测卫星“大地”

94 日本宇宙航空研究开发机构

95 相控阵 L 波段合成孔径雷达

96 ESA 冰使命

97 合成孔径干涉雷达测高计

是为将SAR观测系统纳入业务观测系统采取的一项极出色的步骤。针对 2015-2023 年规划的未来雷达卫星星座使命（RCM）将包括协调地分布在相同轨道上的 3 颗卫星，实现 4 天再访问时间。

全球覆盖的SAR资料无法实时获取。此外，SAR处理延迟显著，常常妨碍快速提供。然而，重要的是至少要有一项业务SAR卫星使命，其连续性要得到保证，并根据相应机制纳入到世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)，确保快速提供区域和局地尺度的资料，以便有效应对高风险现象和灾害管理。由于SAR目标区域的局地特点以及资料处理量大，确实需要根据这些业务特点，进行一个以上的卫星使命。

### 6.3.4. 业务开拓和技术示范项目

重要的是如果预计这些新系统能够明显有助于满足用户的需求，即使不能保证最终的业务成功，也要对某些新卫星仪器和某些新空间技术进行调查研究。以前，某些研究或示范使命带来的有益业务成果比潜在用户的最初预期快得多。某些探测仪和技术示范将在下文论述。虽然困难重重，但到 2025 年是可以实现的，其中有些到 2025 年很有可能成为全球观测系统的一个业务部分，而有些则机会不大。

#### 6.3.4.1. 地球低轨道气象卫星上的激光雷达

卫星上搭载的激光雷达已经用于气象学，或计划用于示范卫星使命。激光雷达旨在观测下列某些大气分量：风分量廓线（来自多普勒频移）、气溶胶、云顶高和云底高、水汽廓线。星载激光雷达也用于测高（参见 6.3.3.3 节）。

**a) 多普勒测风激光雷达**

星载多普勒测风激光雷达最有希望弥补全球资料覆盖率的巨大空白区：缺少风廓线测量，目前过于依靠无线电探空网这一单一观测系统。

计划从 2013-2015 年开展ESA示范使命ADM-AEOLUS来检测紫外激光雷达ALADIN[98]的风廓线测量能力。ADM-AEOLUS[99]的将通过一颗极轨卫星运行，并将提供全球风廓线观测资料。极为重要的是，将这些数据实时提供给主要数值天气预报(NWP)中心以快速检验这些资料对天气预报的改进程度（ADM-AEOLUS的预估生命周期仅为 3 年）。

---

98 见 http://www.esa.int/esaLP/LPadmaeolus.html; 另见 Stoffelen et al. (2005)

99 地球探测仪大气动力学使命

成功完成示范使命后，优先重点是利用所积累的经验来规划和设计基于测风激光雷达的业务系统，以便确定相应的卫星数量和仪器特性。

**行动S30**

**行动：**利用示范使命（如ADM-AEOLUS）的经验来规划和设计基于多普勒测风的业务观测系统（提供全球覆盖的风廓线）。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、ESA及其它卫星机构、资料处理中心和数值天气预报(NWP)中心参与。

**时间范围：**在示范使命提供资料之后尽快完成。

**绩效指标：**为用户提供（卫星观测的）多普勒测风激光雷达廓线的数量和质量。

**b) 云和气溶胶激光雷达**

云和气溶胶激光雷达系统可提供准确的云顶高度测量值，在某些情况下（例如层积云）还可观测云底高度。它们还可提供准确的大气气溶胶层观测。

CALIOP[100]仪器已从 2006 年开始用于CALIPSO，ATLID[101]仪器可搭载于ESA和日本筹备的针对 2013 年[102]规划的EARTH-CARE[103]使命。鉴于这些激光雷达的潜力，资料应当提供给业务中心（主要是预报和大气化学应用）进行评估。对于基于云/气溶胶激光雷达的可能业务系统的设计，重要的是要注意，多普勒测风激光雷达（如ADM-AEOLUS）也有能力观测云和气溶胶，因而有可能设计一个风、云和气溶胶测量融为一体的业务系统。

对于有效评估激光雷达资料（仪器运行后即开始），重要的是要实时分发这些资料，从而可以在涉及大气化学和天气预报的业务数值模式中使用（至少是评估）这些资料。

**行动S31**

**行动：**向业务资料处理中心和用户提供卫星使命制作的云/气溶胶激光雷达资料。利用这类经验来确定可能的云/气溶胶业务使命（结合或不结合业务多普勒测风激光雷达使命）。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星机构、资料处理中心、预报和大气化学用户参与。

---

[100] 正交偏振云-气溶胶激光雷达

[101] 大气激光雷达

[102] 关于 CALIPSO, CALIOP, EARTH-CARE 和 ATLID 的更多详情可参见 6.1 节中提及的 WMO 数据库。

[103] 地球 云、气溶胶和辐射探测仪- 参见 http://www.wmo.int/pages/prog/sat/Refdocuments.html - spacebasedgos

**时间范围：**持续，并根据EARTH-CARE使命逐步付出特殊努力。

**绩效指标：**空基云/气溶胶激光雷达制作的以及业务应用所使用的资料量。

**c) 水汽激光雷达**

关于利用地球低轨道气象卫星上的激光雷达测量大气水汽廓线，已经进行了可行性研究，认为此项目标难度极高，目前没有计划任何水汽激光雷达示范使命。但仍然值得对此类观测系统继续开展研究活动，并酌情规划示范使命。

#### 6.3.4.2. 地球低轨道气象卫星低频微波辐射仪

地球低轨道气象卫星上的微波辐射仪有能力观测海洋盐度和土壤湿度，但水平分辨率有限。大尺度盐度信息有益于海洋应用、季节和年际预报以及气候监测。这些仪器的土壤湿度资料也有益于数值天气预报(NWP)、季节和年际预报、水文和气候监测。这些仪器的水平分辨率勉强能够满足沿海地区的用户需求和高分辨率海洋应用。

SMOS[104]卫星于 2009 年 1 月发射，预计可提供资料直至 2014 年。预计阿根廷/NASA使命[105] SAC-D将在 2012-2016 年期间可能提供类似资料。此类研究数据集应提供给业务气象、水文和海洋学中心进行近实时评估。如果充分认定具有显著的效益，则应规划业务使命。

**行动S32**

**行动：**研究SMOS等卫星示范使命（主要基于低频微波辐射仪的使命）在准业务背景下对大气、水文和海洋模式的益处，并决定是否设计类似的业务使命。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、包括海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、卫星机构、资料处理中心、气象、水文和海洋模拟中心参与。

**时间范围：**尽快开展影响研究，从 2013 年起确定新使命。

**绩效指标：**利用这些微波资料改进不同模式。

海洋盐度和土壤湿度变量，其变化对于在气候尺度上开展研究至关重要。资料序列的存档非常重要；参见GCOS-IP 海洋部分的各项建议。

#### 6.3.4.3. 地球静止轨道气象卫星微波成像仪/探测仪

---

[104] SMOS：土壤湿度和海洋盐度；ESA 领导的卫星示范使命，参见：http://www.esa.int/esaLP/ESAMBA2VMOC_LPsmos_0.html

[105] 参见 http://aquarius.nasa.gov/

利用地球静止卫星的微波成像仪和探测仪可提供极为频繁的降水观测和云特性（液态水和冰含量）、大气温度/湿度廓线。然而，由于诸多技术原因，此类仪器极富挑战性。一个原因是需要在地球静止轨道气象卫星上运行非常大的天线。

此类卫星仪器在（所有时间尺度）全球降水场估算方面具有极高的潜在益处。它们极好地补充了地球低轨道气象卫星上的同类仪器（参见 6.3.2.4 和 6.3.3.7 节关于微波成像仪、GPM和降水场内容）。因此，如果实施一个示范使命，将是一个出色案例，将大大助益于规划地球静止卫星微波仪器。

**行动S33**

**行动：**规划设计地球静止卫星微波仪器示范使命，旨在显著提高对云和降水的实时观测。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星机构、资料处理中心、气象和水文模拟中心参与。

**时间范围：**根据技术成熟度尽快实施。

**绩效指标：**地球静止轨道气象卫星搭载的微波仪器运行成功，并用资料改进气象和水文预报。

#### 6.3.4.4. 地球静止轨道气象卫星的高分辨率多光谱窄带可见光/近红外仪器

地球静止轨道气象卫星上的此类仪器应是地球低轨道气象卫星可见光/近红外仪器的当然补充（参见 6.3.3.5 节）。它们有助于对海洋水色、植被、云和气溶胶的观测，也有助于灾害监测，利用的是地球静止轨道气象卫星对地球低轨道气象卫星的一贯优势：高成像频率，这可以使卫星对地球表面进行几乎是连续的观测。然而由于地球静止轨道的高度，它们实施的困难也远高于地球低轨道气象卫星。

**行动S34**

**行动：**规划设计地球静止卫星高分辨率可见光/近红外仪器的示范使命，旨在显著提高多光谱窄带传感器对海洋水色、植被、云和气溶胶的观测。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星机构、资料处理中心、气象、海洋和环境中心参与。

**时间范围：**根据技术成熟度尽快实施。

**绩效指标：**地球静止轨道气象卫星搭载的此类仪器运行成功，而后用其资料改进气象学、海洋学和环境科学。

#### 6.3.4.5. 高倾角和高椭圆轨道（HEO）卫星的可见光/红外成像仪

HEO从未用于气象学和海洋学。它的主要优势在于，卫星能够在近乎垂直于地球某个特定的区域（高纬度）停留几个小时，而在地球另一边停留时间减少。当轨道与赤道形成高倾斜角时，可以像静止卫星一样提供在极地地区几乎连续的观测。利用卫星的可见光/红外传感器，HEO卫星几乎能够连续观测通常由此类传感器观测的大量气象和海洋变量：高纬度地区的云（和大气运动矢量风场-AMV）、表面温度、海冰、灰羽、植被、火灾和积雪。

**行动S35**

**行动：**规划设计高椭圆和高赤道倾角的HEO卫星可见光/红外仪器示范使命，针对极地地区。使命旨在获取与地球静止轨道气象卫星观测同样质量的环境观测资料。

**实施机构：**CGMS领导此项行动，相关技术委员会、卫星机构、资料处理中心、气象和环境中心参与。

**时间范围：**根据技术成熟度尽快实施。

**绩效指标：**HEO卫星可见光/红外仪器运行成功，而后用其资料改进气象学和环境科学。

#### 6.3.4.6. 重力传感器

数十年来，一直在利用卫星进行重力场测量。有些重力场传感器目前仍在运行，诸如USA GRACE[106]使命或ESA GOCE[107]卫星。

这些仪器能够测量地球重力场，并跟踪其空间和时间变化。通过这些变化，可检测地表水团或某些湖泊和河流水团的信息。因此，这些仪器结合 5.3.3.3 节中所述的一系列实地观测系统有助于地表水监测。

注意，重力仪器通常搭载于多用户平台：例如，如果设计得当，可以将全球定位卫星系统(GNSS)接收器安装在重力场测量平台上，开展大气无线电掩星观测，且有助于预报和气候应用，见 6.3.3.2 节所述。

## 7. 空间天气

空间天气是指空间环境的物理过程，它是由太阳和地球高层大气引起的，并最终影响人类在地球和空间的活动。持续的紫外线（UV）、可见光和红外线（IR）辐射给大气层顶的天气和气候带来辐射强迫，并维持电离层，除此之外，太阳发射出持续的太阳风等离子体流，它携带太阳的嵌入式磁场，喷发释放能量，诸如电磁辐射耀斑（无线电波、IR、可见光、UV和X射线）、通过日

---

[106] 重力恢复和气候试验- http://www.csr.utexas.edu/grace/

[107] 重力场和稳定态海洋环流探测仪- http://www.esa.int/esaLP/LPgoce.html

冕物质抛射的高能粒子（电子、质子和重离子）以及高速等离子体。太阳风和喷发扰动（即太阳风暴）扩散到星际空间，并影响着星际空间和地球环境。

电磁辐射以光速散射，从太阳到达地球大约需要 8 分钟，而高能粒子速度较慢，从太阳到达地球需要数十分钟到几个小时。本底太阳风等离子体以典型速度到达地球大约需要 4 天，而最快的日冕物质抛射不到 1 天便可到达地球。太阳风和太阳扰动以复杂方式与地球磁场和外大气层相互作用，在磁层、电离层和热层产生强烈变化的高能粒子和电流。这些会对卫星和高纬度地区的人们带来灾害性的环境，同时造成电离层扰动、地磁场变化和极光，从而影响在地面或机载抑或地球轨道星载的多种服务和基础设施。空间天气的威胁确实在加大，在近期是随着太阳极大期到来而加大，在远期是随着我们对受空间天气影响的各项技术的依赖性继续上升而加大。

空间天气观测必须要：预报空间天气扰动的发生概率；当突破扰动阈值时发出危险警报；保持对当前环境条件的认识；确定设计空基系统（即，卫星和宇航员安全程序）和地基系统（即电网保护和航空公司交通管理）的空间气候条件；开发和检验数值模式；开展提高认识的研究。浩瀚的宇宙和控制空间天气动力学的各类物理尺度都需要用数值模式来描述空间条件特征，并预测扰动的发生和后果。为了从稀少的测量中获得最大效益，必须通过同化将空间天气观测用于经验模式或物理模式。综合性空间天气观测网络必须包括地基和星载观测台。地基和星载部分须是遥感与实地测量相结合。

如今，依靠业务和研究观测设备的服务可以帮助WMO所有会员监测扰动，预警将临的太阳风暴。然而，空间环境极为欠缺采样。我们观测能力的显著不足限制了我们对重要物理参数全面特征化描述的能力，限制了我们预测模式的准确性。现有的地基和空基设备尚未全部纳入到协调观测网络。这些包括一些全球导航卫星系统（GNSS）接收站、地面测量地球磁场、卫星测量高能粒子和空间磁场。此外，目前尚未对某些重要空基监测使命的连续性作出规划。

在世界气象组织信息系统(WIS)和世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)框架内，可对现有的观测系统和服务中心加以扩充和进一步整合，从而提高提供各类服务的能力。空间天气是一项全球性挑战，需要协调一致的全球准备。所有会员都有机会对未来进一步提高能力做出贡献，并鼓励它们促进收集和公开分发地基和空基空间天气资料。通过共同努力，我们可以实现空间天气灾害的全球防范和响应。

**行动 W1**

**行动：**制定和实施协调计划，确保连续进行太阳测量、太阳风和星际磁场测量以及日球层成像，包括在不同位置的测量（例如 L1 拉格朗日点、从 L1 点的日地连线上游、L5 拉格朗日点）以及用于资料接收和处理的必要全球地基天线网。

**实施机构：**基本系统委员会与航空气象委员会联合的空间天气协调组（ICTSW）[108]、CGMS 和空间机构。

**时间范围：**2014 年底。

**绩效指标：**到 2030 年针对观测连续性的协调计划的可用性。

**行动 W2**

**行动：**协调并将现有的地基太阳观测资料标准化，以及必要时进行冗余扩充，并在世界气象组织信息系统(WIS)中开发常用资料门户或虚拟观测台。

**实施机构：**ICTSW 和所有开展地面太阳观测的会员。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**地基太阳观测资料模板可用性。

**行动 W3**

**行动：**在观测稀疏地区（如，非洲）部署更多接收器、使现有接收器的资料能够实现调用，或利用不同方法接收全球导航卫星系统(GNSS)资料（如机载接收器）减小海洋上的观测空白，从而提高地基全球导航卫星系统(GNSS)电离层观测（总电子含量和闪烁）的空间分辨率。

**实施机构：**ICTSW 和所有运行或规划地基全球导航卫星系统(GNSS)网络的会员。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**提供近实时资料的地基全球导航卫星系统(GNSS)接收器数量。

**行动 W4**

**行动：**提高地球低轨道气象卫星空基全球导航卫星系统(GNSS)测量的时效，以便获取近实时电离层/等离子体层系统的三维电子密度分布信息（例如，利用 RARS 概念或其它卫星地面站网络快速传输）。

**实施机构：**ICTSW、CGMS、相关空间机构和支持地面测站的 WMO 会员。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**每天可及时满足用户需求的掩星数量。

**行动 W5**

**行动：**促进气象和空间天气界之间共享地基全球导航卫星系统(GNSS)资料和全球导航卫星系统(GNSS)无线电掩星资料，并促进通过世界气象组织信息系统(WIS)近实时调用这些资料。

---

[108] 基本系统委员会与航空气象委员会联合的空间天气协调组（ICTSW）

**实施机构：**空间天气跨计划协调组（ICTSW）、国际无线电掩星工作组（IROWG[109]和）世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)项目办公室。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**就资料共享达成 一致。

**行动 W6**

**行动：**为改进或检验电离层模式，协调空间天气界使用双频雷达测高计观测资料，并用于业务监测海洋上空的总电子含量。

**实施机构：**ICTSW、WMO 空间计划和测高卫星运行方。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**提供空间天气资料的卫星测高计数量。

**行动 W7**

**行动：**促进高及时性地基磁力仪资料的来报率。实现这一目标可通过：（1） 在覆盖率有限的区域部署磁力仪；（2） 在世界气象组织信息系统(WIS)内分发现有磁力仪的资料；（3） 与资料提供方商定将其资料用于空间天气产品。

**实施机构：**ICTSW 和磁力仪观测台。

**时间范围：**持续。

**绩效指标：**可及时满足用户需求的磁力仪资料源的数量。

**行动 W8**

**行动：**根据下列优先重点，制定计划来保持和促进空间天气等离子体和高能粒子环境的观测：（1）保持从地球低轨道气象卫星到地球静止轨道气象卫星轨道在所有高度的长期测量连续性，如果可能，要提高空间分辨率；（2）促进共享现有和规划的等离子体和高能粒子测量资料；（3）纳入 HEO 卫星高能粒子传感器；（4）开展将等离子体和高能粒子资料纳入数值模式的研究，以便给出卫星所有在轨位置的通量估算。

**实施机构：**ICTSW、CGMS 和空间机构。

**时间范围：**2014 年底。

**绩效指标：**空间天气等离子体和高能粒子环境计划的可用性。

---

[109] 国际无线电掩星工作组（IROWG）

## 附录 1 – 参考文献


Benjamin, S.G., B.D. Jamison, W.R. Moninger, S.R. Sahm, B.E. Schwartz, and T.W. Schlatter, 2010: Relative short-range forecast impact from aircraft, profiler, rawinsonde, VAD, GPS-PW, METAR and mesonet observations via the RUC hourly assimilation cycle. Mon. Wea. Rev., 138, pp.1319-1343.

Boehlert, G.W., D.P. Costa, D.E. Crocker, P. Green, T.O'Brien, S. Levitus, B.J. Le Boeuf, 2001: Autonomous Pinniped Environmental Samplers: Using Instrumented Animals as Oceanographic Data Collectors. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 18, 1882–1893.

Davis, R.E., C.E. Eriksen and C.P. Jones, 2002. Autonomous buoyancy-driven underwater gliders. The Technology and Applications of Autonomous Underwater Vehicles. G. Griffiths, ed, Taylor and Francis, London. 324 pp.

Mayer, S., A. Sandvik, M. Jonassen and J. Reuder, 2010: Atmospheric profiling with the UAS SUMO: A new perspective for the evaluation of fine-scale atmospheric models. Meteorology and Atmospheric Physics, DOI 10.1007/s00703-010-0063-2.

Messer, H., 2007: Rainfall monitoring using cellular networks. IEEE Signal Proc. Mag., 24, 142–144.

Moninger, W.R., S.G. Benjamin, B.D. Jamison, T.W. Schlatter, T.L. Smith, and E.J. Szoke, 2010: Evaluation of Regional Aircraft Observations using TAMDAR . Weather and Forecasting, vol.25, N°2, pp. 627-645.

Poli P., S.B. Healy, F. Rabier, and J. Pailleux, 2009 : Preliminary Assessment of the Scalability of GPS Radio Occultation Impact in Numerical Weather Prediction. Geophysical Research Letters, 35.

Rabier F., A. Bouchard, E. Brun, A. Doerenbecher, S. Guedj, V. Guidard, F. Karbou, V.-H. Peuch, L. El Amraoui, D. Puech, C. Genthon, G. Picard, M. Town, A. Hertzog, F. Vial, P. Cocquerez, S. Cohn, T. Hock, H. Cole, J. Fox, D. Parsons, J. Powers, K. Romberg, J. Van Andel, T. Deshler, J. Mercer, J. Haase, L. Avallone, L. Kalnajs, C. R. Mechoso, A. Tangborn, A. Pellegrini, Y. Frenot, J.-N. Thépaut, A. McNally, G. Balsamo and P. Steinle, 2010: The Concordiasi project in Antarctica. Bull. Amer. Meteor. Soc. (BAMS), vol. 91, 1, 69-86.

Rudnick, D. L., R. E. Davis, C. C. Eriksen, D. M. Fratantoni, and M. J. Perry, 2004: Underwater gliders for Ocean Research. *J. Mar. Tech. Soc.,* 38, 73-84.

Stoffelen, A., J. Pailleux, E. Källen, J.M. Vaughan, L. Isaksen, P. Flamant, W. Wergen, E. Andersson, H. Schyberg, A. Culoma, R. Meynart, M. Endemann and P. Ingmann, 2005 : The atmospheric dynamics mission for global wind field measurement Bull. Amer. Meteor. Soc., January 2005, 73-87.

## 附录 2 - 行动一览表

| *序号* | *行动* | *实施机构* | *时间范围* | *绩效指标* |
|---|---|---|---|---|
| C1 | 鼓励和帮助扩充传统天气和气候观测平台，以满足用户对气候信息日益增加的需求。 | 全球气候观测系统（GCOS）和基本系统委员会(CBS)领导此项行动，代表用户的区域中心以及运行观测系统各组成部分的组织共同参与。 | 持续。 | 对用户需求的满足程度。 |
| C2 | 相关研究型观测系统在足够成熟并具有成本效益之后，将采取相应的转化方法，使之成为持续的业务系统。 | 基本系统委员会(CBS)与仪器与观测方法委员会(CIMO)和大气科学委员会(CAS)合作启动和领导此项进程，所有运行观测系统各部分的组织参与。 | 持续。时间表将视具体情况决定。 | 与既定目标相比，持续运行的系统数量。 |
| C3 | 确保所有观测运行方遵循世界气象组织信息系统(WIS)的标准。 | 执行观测计划的各组织和机构。基本系统委员会(CBS)监督此项行动。 | 持续。 | 对世界气象组织信息系统(WIS)标准的符合程度。 |
| C4 | 在采用新的（或改变现有的）观测系统之前需要认真准备。需要通过以前和目前与资料用户以及更广泛的用户团体协商来评估影响。此外还需要为资料用户提供关于资料接收/获取、加工和分析基础设施的指导、代用资料以及教育和培训计划。 | 运行观测系统各组成部分的所有组织，并遵守基本系统委员会(CBS)、大气科学委员会(CAS)或其它技术委员会和联合组织的各项计划提供的最佳规范。 | 持续。 | 对用户界关切的了解程度。 |
| C5 | 确保持续资助关键的海事/海洋观测系统（例如，热带系留浮标、Argo、携带气压表的海面浮标，以及高度仪、散射计、微波辐射测量的 SST、研发卫星使命的海冰测量）。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门和伙伴国家机构，并与国际组织、负责观测系统协调的技术委员会（如海洋和海洋气象委员会（JCOMM）, 基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)）以及空间机构合作。 | 持续。 | 通过持续机制资助的观测网络百分比。 |
| C6 | 对于建议以自适应方式运行（即，可根据气象条件改变观测单元的一种过程）的各观测系统，调研其可行性、成本效益以及对气候资料记录连续性的副作用。 | 日常运行观测网络的组织。根据大气科学委员会(CAS)、其它技术委员会、区域协会和 GCOS 的建议，基本系统委员会(CBS)启动和协调这一进程。 | 对可行性和成本效益评估开展持续评审过程。 | 达到某种既定目标的观测网数量。 |
| C7 | 根据用户需求，通过相应的变更管理程序，确保观测 | 基本系统委员会(CBS)领导，并 | 持续。时间表将视情 | 资料记录的连续性和一致性。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | 系统关键组成部分及其资料记录的时间连续性和重叠覆盖。 | 与其它技术委员会、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、区域协会、卫星机构、国家天气部门（NMS）和国家天气和水文部门（NMHS）以及运行观测系统的各组织合作。 | 况而定。 | |
| C8 | 确保 WMO 发起和联合建立的观测系统继续坚持 WMO 的资料共享原则，而无需考虑资料的来源（包括商业实体提供的资料）。 | 国家天气部门（NMS）和国家天气和水文部门（NMHS）以及空间机构。过程由基本系统委员会(CBS)监督。 | 持续。 | 所有基本观测资料是否能持续提供给所有的 WMO 会员。 |
| C9 | 根据未来空基和地基资料来源生成的预估资料量来评估用于交换和处理的资料量今后的演变。 | WMO/世界气象组织信息系统(WIS)领导，各技术委员会、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、区域协会、卫星机构、国家气象部门和国家气象和水文部门以及各类运行观测系统的组织配合。 | 持续。 | 需处理和交换的资料量的演变。 |
| C10 | 监测流向处理中心和用户的所有基本资料，以确保监测中心的反馈信息及时传至观测网的管理层。 | 经有关技术委员会和国际计划协调的资料处理中心基本系统委员会(CBS)领导该过程并一旦需要予以启动）。 | 持续。 | 通常监测标准 |
| C11 | 通过减少需国际协调的标准的数量来改进用于国际交换的资料格式均一性。 | 基本系统委员会(CBS)领导，其它技术委员会配合。 | 持续。 | 每类资料格式的数量。 |
| C12 | 确保持续监测 WIGOS 不同组成部分所需的无线电频率，以便保证它们不会中断且达到了所需的保护程度。 | WMO/SG-RFC 领导，国家气象部门/国家气象和水文部门以及负责无线电频率管理的国家、区域和国际组织配合。 | 持续。 | 根据所需的保护程度获得的/未获得的观测频段。 |
| C13 | 通过国际组织、双边合作伙伴和区域合作促进组织资助的项目，制订发展中国家观测系统的能力建设战略。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与区协和基本系统委员会(CBS)及其它技术委员会，国际计划配合。 | 持续。 | 大幅提高发展中国家观测资料获取率。 |
| G1 | 确保所有气象观测资料对国际单位制（SI）或 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与 WMO 发起的，以 | 持续。 | 可溯源到国际单位制 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | WMO标准具有可溯源性。 | 及 WMO 和其他国际组织共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织。基本系统委员会(CBS)和各区协牵头并监督 | | （SI）或WMO标准的台站数量。 |
| G2 | 尽可能确保用于全球应用的每小时资料的全球交换，在满足用户需求，以及综合考虑技术与资金实际约束平衡下，达到最佳效果。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门和区协，并与基本系统委员会(CBS)及国际计划和机构协调。基本系统委员会(CBS)领导此项行动。 | 持续。每个观测系统的时间表待定。 | 全球数值天气预报(NWP)使用的标准监测指标（见 3.6 节注 17）。 |
| G3 | 促进次小时资料的全球交换，以便支持相关应用领域。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门，并与 WMO 发起的，以及 WMO 和其他国际组织共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织机构协调。基本系统委员会(CBS)领导此项行动。 | 持续。每个观测系统的时间表待定。 | 次小时资料类型通过世界气象组织信息系统（WIS）进行交换的数量 |
| G4 | 确保根据世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)标准交换大气、海洋、陆地观测系统的资料。如需要，组织不同层面的经预处理的观测资料，以便满足不同用户的需求。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与 WMO 组织和共同组织的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)领导此项行动。 | 持续。每个观测系统的时间表待定。 | 能够提供给每个应用的资料的统计数据。 |
| G5 | 地基观测系统运行机构应促进那些适于支持地面参数对空基反演资料检验的资料调用。 | 基本系统委员会(CBS) 领导，与国家气象部门/国家气象和水文部门配合。 | 持续。 | 提供给卫星产品检验的地面资料的数量。 |
| G6 | 地基观测网运行机构应考虑使用空间观测资料和产品来监测地基网络资料的质量。 | 基本系统委员会(CBS), 国家气象部门/国家气象和水文部门 | 持续。 | 利用卫星资料进行质量监测的地基观测系统的数量。 |
| G7 | 在一、二和三区协观测资料稀疏、覆盖率最低的地区扩大无线电探空站或激活无线电探空哑站。尽全力避免这些资料稀疏地区的现有台站关闭，在这些地区即或无线电探空站为数不多也能为所有用户提供最基本的利益。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与 WMO 组织和共同组织的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)与区协一道领导此项 | 持续。 | 使用数值天气预报(NWP)的标准监测指标 [17]。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | | 行动。 | | |
| G8 | 重新考虑无线电探空网的设计（例如孤站的利用），同时考虑其它资料来源（例如航空器气象资料下传(AMDAR)和风廓线仪）。 | 基本系统委员会(CBS)通过数值天气预报(NWP)效果研究和网络设计研究与国家气象部门/国家气象和水文部门、WMO 组织和共同组织的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)和区协领导此项行动。 | 2015 年或更早为第一次重新设计。 | 已开展和实施设计。 |
| G9 | 继续研究和测试通过增加某些观测点施放无线电探空仪的频次所获得的观测资料对了解该地区气象形势有多大帮助。 | 运行无线电探空网或组织外场试验的国家气象部门/国家气象和水文部门、研究机构和其它组织以及数值天气预报(NWP)中心。基本系统委员会(CBS)和大气科学委员会(CAS)领导此项行动。 | 持续 。根据区域活动确定的时间表。 | 具备“灵活度”的无线电探空站的数目以及获得的观测资料的数量（标准监测）。 |
| G10 | 调查优化无线电探空网的可能性，以便在考虑所有用户的时空分布的需求前提下尽量均一化高空常规观测的覆盖；就修改相应技术规范向基本系统委员会(CBS)提出建议。<br>**实施机构：** | 国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。 基本系统委员会(CBS)和区协领导此项行动。 | 2015 年，之后持续。 | 标准监测指标。 |
| G11 | 改进 GUAN 的质量、可获得性和可持续性，同时便确保现有网络的维护和资料质量。 | 基本系统委员会(CBS)领导，GCOS 以及国家气象部门/国家气象和水文部门、技术委员会、区协和其它相关组织配合。 | 持续。 | 数值天气预报(NWP)使用的标准监测指标。 |
| G12 | 通过支持和发展初始的 15 个台站以及最终完成 30-40 个台站网络的方式来实施 GRUAN。 | 基本系统委员会(CBS)领导，GCOS 以及国家气象部门/国家气象和水文部门、技术委员会、区协和其它相关组织配合。 | 持续。 | 数值天气预报(NWP)使用的标准监测指标以及 GRUAN 观测要求文件中规定的指标。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| G13 | 确定那些能够定期观测但无法进行实时资料传输的无线电探空站（也应包括仅在试验活动期间运行的无线电探空仪）。采取行动提供资料。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)和区协领导此项行动。<br>。 | 持续。 | 上述无线电探空站为全球通讯系统(GTS)提供资料的的数量，以及有关无线电探空资料来报率和时效的监测指标。 |
| G14 | 确保无线电探空高垂直分辨率的观测资料的及时分发，连同每份资料的观测位置和时间以及其它相关元数据。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与WMO自有和共同发起的计划、技术委员会、区协和其它相关组织协调。基本系统委员会(CBS)和区协领导此项行动。 | 持续。 | 提供高分辨廓线的无线电探空台站的数量。 |
| G15 | 实施数值天气预报(NWP)效果研究，评估100hPa以上无线电探空资料在现有观测系统（2012）环境下对全球数值天气预报(NWP)的影响。 | 数值天气预报(NWP)中心，基本系统委员会(CBS)/ET-EGOS 协调，大气科学委员会(CAS)配合。 | 2013 年底前。 | 开展独立研究项目的数量。 |
| G16 | 实施观测系统模拟试验（OSSE），评估在改进后的高于 100hPa 的信息后对对流层预报的影响。。 | 数值天气预报(NWP)中心，通过基本系统委员会(CBS)/ET-EGOS协调，大气科学委员会(CAS)予以配合。 | 2013 年底前。 | 开展这类独立实验的数量。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| G17 | 在区域层面发展遥感廓线站网，以便补充无线电探空和航空观测系统，主要考虑区域、国家和局地用户的需求（虽然部分资料将供全球使用）。 | 作为日常或用于研究而运行廓线站的组织，国家气象部门/国家气象和水文部门、区协、技术委员会（主要是大气科学委员会(CAS)、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)）以及其它区域机构（如欧洲的 EUMETNET）配合。基本系统委员会(CBS)领导此项行动，仪器与观测方法委员会(CIMO)、大气科学委员会(CAS)和区协配合。 | 持续。各区协在区域层面确定详细的时间表。 | 为世界气象组织信息系统(WIS)/全球通讯系统(GTS)实时提供经质量认证的资料的大气廓线站数量。 |
| G18 | 尽可能确保供局地、区域和全球使用的大气廓线资料按要求得到处理并进行交换。当大气廓线资料产生的频次高于 1 小时以上，根据世界气象组织信息系统(WIS)原则，可将仅包括每小时的观测资料的数据集用于全球交换。 | 作为日常或用于研究而运行廓线站的组织，国家气象部门/国家气象和水文部门、区协、技术委员会（主要是大气科学委员会(CAS)、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)）以及其它区域机构（例如，欧洲的 EUMETNET）配合。基本系统委员会(CBS)领导此项行动，区协配合。 | 持续。各区协在区域层面确定详细的时间表。 | 供全球交换的大气廓线站的数量。 |
| G19 | 提高在目前覆盖率较差的地区航空器气象资料下传(AMDAR)的覆盖率，尤其是在一和三区协，重点是提供热带和南半球机场的资料，这些地区急需垂直廓线来补充现有的无线电探空资料及其可能的发展。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与商业和其它航线以及区协进行合作。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。 | 持续。 | 进行航空器气象资料下传(AMDAR)观测的机场数量。垂直廓线量和航空器气象资料下传(AMDAR)的总体资料量，使用现有航空器气象资料下传(AMDAR)计划的常规指标予以衡量。 |
| G20 | 扩大航空器气象资料下传(AMDAR)计划，以便装备和激活更多国际机群和飞机（即前往本国以外或在本国与外国国际机场之间飞行的机群和飞机），以及扩大资料优化系统的使用，以便支持提高高空观测覆盖率和效率，同时改进系统的可调节的功能。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与商业和其它航线、区协、基本系统委员会(CBS)和航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层进行合作。航空器气象 | 持续。 | 进行航空器气象资料下传(AMDAR)观测的机场数量以及每个机场每天垂直廓线的数量。安装航空器气象资料下传(AMDAR)观测设备的国际航线 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | | 资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。 | | 和飞机的数量。航空器气象资料下传(AMDAR)计划的适应性。 |
| G21 | 考虑到飞机观测系统正在日益成为全球观测系统的关键和基本组成部分的特性，力求与航空公司和航空界达成协议，确保该系统、基础设施、资料和通信程序在相关的航空界的框架下获得支持和进行统一，以便确保该系统的持续性和可靠性。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门，国家和其它航空公司及航空业、区协、基本系统委员会(CBS)和航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。 | 持续。 | 与航空业伙伴和组织达成的协议数量。 |
| G22 | 继续发展和业务实施湿度传感器观测，作为航空器气象资料下传(AMDAR)的一个综合组成部分，确保以处理和传输风和温度资料的同样方式处理和传输湿度资料。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与商业公司和其它航空机构以及技术委员会（基本系统委员会(CBS)、仪器与观测方法委员会(CIMO)）和航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层协作。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。 | 持续。 | 提供湿度资料的飞机数量。 |
| G23 | 扩大和延伸包括大气湍流和结冰变量观测资料的能力，将其作为航空器气象资料下传(AMDAR)系统的综合组成部分，同时要遵守相关计划领域和资料用户的要求。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门与航空公司、技术委员会（基本系统委员会(CBS)、仪器与观测方法委员会(CIMO)）以及航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层、各区协。航空器气象资料下传(AMDAR)计划管理层负责领导此项行动。 | 持续。 | 实时提供大气湍流和结冰资料的飞机数量。 |
| G24 | 开发并实施航空器气象资料下传(AMDAR)业务系统，以适应在区域尺度上的运行、并在对流层低空飞行的小型飞机。 | 小型飞机运营航空公司、国家气象部门/国家气象和水文部门与各区协、基本系统委员会(CBS) 和“航空器气象资料下传(AMDAR)专家组”合作，由“航空器气象资料下传(AMDAR)计划 | 持续。 | 提供实时航空器气象资料下传(AMDAR)观测业务的小型飞机数量。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | | 管理层”领导。 | | |
| G25 | 鼓励国家气象观测计划的管理者扩展这些站的范围，使之包括大气化学观测。 | 开展大气成分观测的各个国家气象部门/国家气象和水文部门、组织和科研机构，与各技术委员会（特别是大气科学委员会(CAS) 和基本系统委员会(CBS)）和区协合作，由大气科学委员会(CAS) 和基本系统委员会(CBS)领导。 | 持续。 各区协的时间表待定。 | 大气成分站的数量。 |
| G26 | 通过与全球导航卫星系统(GNSS)接收站拥有方和运营方建立合作，访问、处理和共享实时资料，获得气象或电离层信息（ZTD 或 IWV，TEC），继而从现有全球导航卫星系统(GNSS)接收站获取更大的利益。 | 行动由国家气象部门/国家气象和水文部门（单独或多边组合）负责， 并需要同各区协（确定交换要求）, 和各技术委员会（提供相关指导）协调。 | 持续。 | 提供实时资料的全球导航卫星系统(GNSS)接收站数量；根据常规监测标准，可用于数值天气预报的站点数量 [17]。 |
| G27 | 组织全球导航卫星系统(GNSS)接收站子集的资料开展全球交换，旨在满足约一小时（满足全球应用要求）的频次要求。 | 全球导航卫星系统(GNSS)接收站的运行组织和科研机构，同各区协、技术委员会（特别是大气科学委员会(CAS)和基本系统委员会(CBS)） 和其它国际组织（如 EUMETNET）协作。行动由基本系统委员会(CBS) 连同各区协领导。 | 持续。 | 参与全球实时资料交换的全球导航卫星系统(GNSS)接收站的数量。 |
| G28 | 优化陆地上的高空水汽观测，考虑合作建立额外的全球导航卫星系统(GNSS)接收站，及其它湿度观测系统。 | 全球导航卫星系统(GNSS)接收站的运行组织和科研机构，同各区协、技术委员会 （特别是大气科学委员会(CAS)和基本系统委员会(CBS)） 和其它国际组织（如 EUMETNET）协作。行动由各国家气象/气象水文部门、连同各区协领导。 | 持续。 | 提供实时资料的全球导航卫星系统(GNSS)接收站数量；根据常规监测标准，可用于数值天气预报的站点数量 [17]。 |
| G29 | 扩展 BSRN，最终实现全球覆盖。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、科研机构、各区协和技术委员会， 由基本系统委员会(CBS)负责协调。 | 持续。 | BSRN 站的数量。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| G30 | 尽可能确保地面观测站（包括气候站）所开展的至少一小时频次观测要素的实时全球交换 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。 | 持续。 | 参与全球交换的一小时频次观测（相对于开展每小时观测的站点数量）的百分比。 |
| G31 | 通过质量管理、自动化和实时资料交换，尽量涵盖所有业务站，提高数据的兼容性、来报率（同时具有更高的频次）和地面天气和气候观测资料的覆盖率。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。 | 持续。 | 通过世界气象组织信息系统(WIS)/ 全球通讯系统(GTS)分发实时、经质量评估的观测资料的站点（相对于开展观测站点的数量）的百分比。 |
| G32 | 根据世界气象组织综合观测系统(WIGOS)和世界气象组织信息系统(WIS)标准，确保地面天气和气候站测量的变量，连同相关元数据的访问，均得到交换。应特别注意气压高度的不确定性。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。 | 持续。 | 常规监测指标 [17]。 |
| G33 | 提高区域基本天气网（RBSN）和区域基本气候网（RBCN）的设计，尽力保留重要气候站。 | 行动由基本系统委员会(CBS)负责，开展相关数值天气预报影响研究和网络设计研究，并与国家气象部门/国家气象和水文部门, WMO 拥有和联合发起的计划、其它各技术委员会，各区协和其它相关组织进行协调。 | 2015 年 | 开发并开展设计。 |
| G34 | 尽快实现地面站大气成分观测数据的近实时交换。实施数据分发和交换时要遵照GAW开展资料分发的建议和世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS)及世界气象组织信息系统(WIS)的规范，以及标准质量评估方法。 | 开展大气成分观测的组织科研机构，与国家气象部门/国家气象和水文部门，各区协和技术委员会协调。行动由大气科学委员会(CAS)和基本系统委员会(CBS)，连同各区协共同负责。 | 持续。 各区协的时间表待建。 | 若干地面大气成分站提供经质量评估的实时资料。 |
| G35 | 尽快实施综合冰冻圈观测基准站网“CryoNet”。 | 开展冰冻圈观测和监测的组织、机构和科研机构，必要时，同国家气象部门/国家气象和水文 | 2014 年。 | 参加 CryoNet 的基准站数量。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | | 部门,各区协和技术委员会进行协调。行动由 CryoNet 小组领导。全球冰冻圈监视网(GCW)指导委员会将负责行动的监督。 | | |
| G36 | 尽可能实时或近实时交换 CryoNet 冰冻圈资料。按照全球冰冻圈监视网(GCW)、世界气象组织综合观测系统(WIGOS)和世界气象组织信息系统(WIS)的规范，实施资料分发和标准质量评估及存档。 | 开展冰冻圈观测和监测的组织、机构和科研机构，必要时，同国家气象部门/国家气象和水文部门,各区协和技术委员会进行协调。行动由 CryoNet 小组领导。全球冰冻圈监视网(GCW)指导委员会将负责行动的监督。 | 2014 年 | 提供质量评估资料的 CryoNet 站数。 |
| G37 | 通过扩展远距离闪电探测系统的部署并引进更多系统，提高全球闪电探测的效率。重点应放在填补人口稠密的地区和沿商业航线地区的空白区域。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门和运行远距离闪电探测系统的机构，各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)加以协调并联合领导。 | 持续。 | 此类观测资料的覆盖率。 |
| G38 | 开发和实施不同系统闪电探测资料的整合技术，包括地基和空基系统，以提供综合产品。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门和运行闪电探测系统的机构, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)加以协调并联合领导。 | 持续。 | 闪电系统的整合程度。 |
| G39 | 通过签订并实施资料交换商定协议，提高实时闪电探测资料的交换。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门和运行闪电探测系统的机构, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)加以协调。 | 持续。 | 交换区域和全球观测的百分比。 |
| G40 | 尽可能确保观测资料和有关元数据的实时交换。元数据中要包括为特定应用（公路运输、航空、农业气象、城市气象等）服务的地面观 | 开展特定应用服务的站点运行机构， 国家气象部门/国家气象和水文部门, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负 | 持续。 | 上述观测站开展区域和全球实时交换的百分比。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | 测台站的代表性测量（即观测站周边环境的数据）。 | 责协调。 | | |
| G41 | 加强备选领域内的观测，以支持可再生能源设施开发及运行相关的研究，并了解这些设施对与可再生能源技术的运行相关的当地天气和气候现象的影响。 | 开展可再生能源服务的站点运行机构，国家气象部门/国家气象和水文部门, 各区协和技术委员会，由基本系统委员会(CBS)负责协调。 | 持续。 | 支持可再生能源的观测数量。 |
| G42 | 针对气候用途，保留 GCOS/GTOS 基线观测网中的现有水文站，并促进其全球交换。 | 运行基准站的所有水文部门，技术委员会（CHy 和基本系统委员会(CBS)）, GCOS，由 基本系统委员会(CBS)和 GCOS 领导。 | 持续。 | 参与质量评估后资料全球交换的水文基准站的百分比。 |
| G43 | 将主要水文变量（液态和固态降水、蒸发、积雪深度、积雪含水量、湖泊和河流冰层厚度、水位、水流量、土壤水分）的观测纳入一个遵照世界气象组织综合观测系统(WIGOS)标准、集合一致性观测、处理和交换的综合系统。 | 水文部门、GCOS, 技术委员会（CHy 和基本系统委员会(CBS)）领导。 | 持续。 | 纳入本系统的水文资料的百分比。 |
| G44 | 继续并扩大现有地下水观测和监测计划，包括国际地下水资源评估中心（IGRAC）的扩展。 | 国家水文部门，与 WMO/CHy、粮食及农业组织（FAO）和 GTOS（特别是地下水全球陆地网- GTN-GW – 部分）合作。由 WMO/CHy 和 GTOS 领导。 | 持续。 | 运行的地下水站数量。 |
| G45 | 在有需要的地区增加双偏振雷达的部署、校准和使用。 | 基本系统委员会(CBS) 负责，同仪器与观测方法委员会(CIMO)、各区协和国家气象部门/国家气象和水文部门合作。 | 持续。 | 此类雷达在每个地区的资料覆盖。 |
| G46 | 开展天气雷达软件比对，目标是提高定量降水估计（QPE）的质量。 | 仪器与观测方法委员会(CIMO)，与国家气象部门/国家气象和水文部门和天气雷达运行机构合作。 | 持续。 | 向运行机构和成员国提供的指导 |
| G47 | 必须对发展中国家的对风暴和洪水的敏感地区投入特 | 国家气象部门/国家气象和水 | 持续。 | 上述地区投入运行的天气雷达 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | 别的努力，建立并维持气象雷达站。 | 文部门, 天气雷达运行机构，与各区协和技术委员会 （基本系统委员会(CBS), 仪器与观测方法委员会(CIMO)和 CHy） 合作，由基本系统委员会(CBS)连同各区协领导。 | | 站的数量。 |
| G48 | 确定在区域和全球各级交换的天气雷达资料，并对这些资料交换的频次提出建议并配合在国家、区域、全球各级需求基础上的产品开发，开发一个天气雷达资料处理框架。 | 基本系统委员会(CBS)（负责），仪器与观测方法委员会(CIMO), CHy，同国家气象部门/国家气象和水文部门、天气雷达运行机构相协调，与各区协合作。 | 持续。 | 参与全球和区域交换的雷达数据量。 |
| G49 | 保持并优化北大西洋现有的自动化船载高空探测计划（ASAP）网络，并在北太平洋和印度洋开发类似计划。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门, 与商业船舶经营企业、各区协、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）, 基本系统委员会(CBS)和大气科学委员会(CAS)合作。 由海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）领导。 | 持续。 | 可实时提供（常规数值天气预报监测指标）的自动化船载高空探测计划（ASAP）数据量。 |
| G50 | 确保使用先进技术以提高海上站所有测量的准确性。开发海洋上空的能见度观测能力。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门和国家级伙伴机构，与国际组织和空间机构合作。 由海洋学和海洋气象委员会（JCOMM）, 基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)领导。 | 持续。 | 有关海洋观测的来报率和质量的通常监测指标。 |
| G51 | 通过加强同数值天气预报的定期互动，加大船载仪器的检查，提高船舶观测的质量。 | 港口气象官员（PMOs）, 国家气象部门/国家气象和水文部门和其它数值天气预报监测中心，与商业船舶经营企业合作。由基本系统委员会(CBS)和海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM） 领导。 | 持续。 | 数值天气预报通常监测指标。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| G52 | 支持 DBCP 实现其维护和协调含 1250 多个漂移浮标和 400 多个系留浮标、提供 SST、海面洋流流速、大气温度、风速和风向等观测的全球网络的使命。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋研究机构，与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和海洋浮标运营公司、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)合作。 由基本系统委员会(CBS)和海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）领导。 | 持续。 | 经过质控的系留和漂移浮标提供的实时（通常数值天气预报监测指标）数据量。 |
| G53 | 在所有新部署的漂移浮标上安装气压表。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋研究机构，与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和海洋浮标运营公司、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)合作。 由基本系统委员会(CBS)和海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）领导。 | 持续。 | 由漂移浮标提供的海面气压观测。 |
| G54 | 将印度洋热带地区中现有的系留浮标观测网络资料覆盖率扩大到接近大西洋和太平洋热带地区的水平。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋研究机构，与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和海洋浮标运营公司、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)合作。 由基本系统委员会(CBS)和海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）领导。 | 持续。 | 印度洋的热带地区（通常监测指标）系留浮标的资料量和覆盖率。 |
| G55 | 通过定期部署新浮标，增加北极冰盖地区的冰区浮标资料覆盖率。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋和极地研究机构，与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国 | 持续。 | 冰区浮标提供的实时（通常使用数值天气预报的监测指标）数据量。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | | 际组织和冰区浮标运营公司、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)合作。 由基本系统委员会(CBS)和海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）领导。 | | |
| G56 | 确保实地海平面资料（潮位仪，海啸探测仪）的全球提供。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、国家合作伙伴研究机构，与国际组织和空间机构合作。 由海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)领导。 | 持续。 | 全球范围内提供的潮位资料量。 |
| G57 | 为了海洋和气象预报，将 Argo 剖面浮标网从科研状态转换到业务运行，并确保海洋表层下温度和盐度的高垂直分辨率资料的及时交付和分发。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋研究机构，与 Argo 项目、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和剖面浮标运行公司、基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)合作。 由海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）领导，基本系统委员会(CBS)协助。 | 持续。 | 剖面浮标提供的实时（通常数值天气预报监测指标）数据量。 |
| G58 | 出于海洋天气预报目的，通过使用船舶/XBT ，改进高垂直分辨率次表面温度资料的及时发送和分发。 | 国家气象部门/国家气象和水文部门、国家海洋机构并与海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、国际组织和企业合作运行随机观测船舶，基本系统委员会(CBS)和仪器与观测方法委员会(CIMO)合作。海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）与基本系统委员会(CBS)合作领导该行动。 | 持续。 | 实时的 XBT 数据量（通常监测指标）。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| G59 | 在可能和适当的情况下，将大气成分测量与风温度和湿度测量进行整合，并根据 GAW 和其它相关标准进行处理和分发。 | 参与从飞机平台进行大气测量的组织、国家气象部门/国家气象和水文部门，并与商业和其它航空公司、技术委员会（基本系统委员会(CBS), 仪器与观测方法委员会(CIMO), 大气科学委员会(CAS)）以及航空器气象资料下传(AMDAR)专家组合作。由基本系统委员会(CBS)，大气科学委员会(CAS)和航空器气象资料下传(AMDAR)专家组领导此项行动。 | 持续。 | 一些飞机能够实时开展气象观测和大气成分测量。 |
| S1 | 适当地促进会员充分受益于不断发展的卫星能力，通过指导资料接收和分发系统，包括必要的基础设施升级。 | 基本系统委员会(CBS)领导此项行动，并与 GCMS 和卫星运行方协商。 | 持续。 | 积极回应调查会员的用户需求的水平。 |
| S2 | 卫星运行方提供有关制作卫星产品时所采取的措施的完整叙述，其中包括使用的算法、使用的具体卫星数据集以及检验活动的特性和成果。 | CGMS 和 CEOS 卫星运行方。 | 持续。 | 完整记录的产品数量，遵守 QMF 程序。 |
| S3 | 卫星运行方确保长期的资料保存和资料的科学管理，包括定期的再处理（大约 5 年一次）。 | 卫星运行方，并与 GCOS 协作。 | 持续。 | 保存长期卫星资料档案，并定期的再处理。 |
| S4 | 应促进会员受益于不断发展的卫星能力，通过充分的、以应用为导向的教育和培训活动（包括远程教育）。 | CGMS 通过其虚拟实验室（VLab），包括卓越中心和合作伙伴。 | 持续。 | 积极回应调查会员的用户需求的水平。 |
| S5 | 各区域应确定和维持对于卫星数据集和产品的需求。 | 各区域协会和卫星运行方，通过其区域任务组和 VLab 卓越中心。 | 持续。 | 一套区域需求的完整性和通用性。 |
| S6 | 维持和发展业务地球静止轨道气象卫星（GEO）和地球低轨道气象卫星（LEO）传感器之间的相互比对和相互标定。 | GSICS. | 持续。 | 根据 GSICS 标准标定的仪器的数量。 |
| S7 | 确保关键卫星传感器的连续性和重合，并牢记实时处理和延时处理的气候记录、再分析、研究、再标定或个案研究要保持一致。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 资料记录的连续性和一致性。 |
| S8 | 确保和维持至少 6 个业务对地静止卫星沿赤道分布，其间距最好不超过经度 70 度。改进在太平洋上 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理 | 持续。 | 业务对地静止卫星的不同仪器全球覆盖的质量。 |

| *序号* | *行动* | *实施机构* | *时间范围* | *绩效指标* |
|---|---|---|---|---|
| | 空地球静止轨道气象卫星（GEO）卫星的空间和时间覆盖范围。 | 中心。 | | |
| S9 | 在每个业务对地静止卫星上，至少安装和维护一个可见光/红外成像仪，其至少有 16 个频道提供全面覆盖，时空分辨率至少为 15 分钟而水平分辨率至少为 2 公里（在子卫星点上）。 | CGMS（领导此项行动）、TC 和卫星机构。 | 持续。 | 安装高分辨率成像仪的对地静止卫星的数量。 |
| S10 | 对于每个业务对地静止卫星，组织扫描战略和处理成像仪（连同其它仪器或其它资料来源）以制作至少 1 小时频次的卫星矢量风（AWV）。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 利用静止业务气象卫星制作卫星矢量风（AWV）的数量。 |
| S11 | 所有的气象地球静止卫星应该安装超光谱红外传感器（进行经常性的温度/湿度探 测）和风廓线探测仪（足够高的分辨率：水平、垂直和时间分辨率）。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续进行任务规划和筹备；2015-2025 业务使用仪器。 | 安装超光谱探测仪的对地静止卫星的数量。 |
| S12 | 所有的气象地球静止卫星应该安装闪电成像仪（能够探测云到云和云到地的闪击）。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续进行任务规划和筹备；2015-2025 业务使用仪器。 | 安装闪电成像仪的对地静止卫星的数量。 |
| S13 | 确保地球低轨道气象卫星（LEO）轨道上的所有核心气象卫星的轨道协调，以优化时间和空间的覆盖率，同时保证一定的轨道冗余。 地球低轨道气象卫星（LEO）卫星应包括至少 3 颗业务太阳同步极轨卫星，其 ECT 为 13:30，17:30 至 21:30（当地时间）。 | CGMS（领导此项行动）、TC 和卫星机构。 | 持续。 | **贡献地球低轨道气象卫星（LEO）使命的数量和轨道分布。** |
| S14 | 提高地球低轨道气象卫星（LEO）卫星资料的时效，特别是三个轨道平台上的核心气象卫星，通过发展通信和处理系统能够实现 30 分钟内交付（RARS 网络在处理一些数据集是实现）。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 地球低轨道气象卫星（LEO）卫星资料的时效，使用常用监测分数进行评判。 |
| S15 | 提高本地实施获取地球低轨道气象卫星（LEO）卫星资料（特别是获取三个轨道平台上的核心气象卫星的资料），通过维护和开发直接读出通信和处理系统。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 直接读出获取的地球低轨道气象卫星（LEO）卫星资料量。 |
| S16 | 为超光谱红外探测仪设计地面部分，以确定和实施资料减少战略，从而优化在时效和成本的限制内获取的资料内容，同时解决不同用户群的需求。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 分发给超光谱红外探测仪用户的不同数据集的数量和时效。 |
| S17 | 填补微波探测仪规划的覆盖在上午轨道出现的空白区。 | CGMS（领导此项行动）、 TC 和卫星机构。 | 持续。 | 上午轨道卫星所规划的微波探测仪的数量。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| S18 | 使用所有业务极轨平台的成像仪通过跟踪云（或水汽特性）制作 AMV。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 业务制作的关于极冠的不同数据集的数量和时效。 |
| S19 | 在所有核心气象极轨卫星的成像仪上安装水汽通道（例如 6.7 μm），以促进通过水汽运动获取极地风资料。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 成像仪上有水汽通道的核心气象极轨卫星的数量。 |
| S20 | 确保为微波成像仪提供所有必要的通道以监测 SST。 | CGMS 与卫星运行方。 | 持续。 | 安装微波 SST 传感器的地球低轨道气象卫星（LEO）卫星的数量。 |
| S21 | 确保和维持装载在不同轨道平台上的全球导航卫星系统(GNSS)接收器无线电掩星星座每天至少制作 10000 次掩星（由下一个行动确定量级）。组织向处理中心实时提供资料。 | CGMS（领导此项行动）、TC、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 每天近实时处理的全球导航卫星系统(GNSS)掩星观测的数量。 |
| S22 | 开展一次观测系统模拟试验（OSSE） 以评估每天不同掩星次数的影响，以及预估日常所需掩星的最佳数量。 | 数值天气预报(NWP)中心与基本系统委员会(CBS)（领导该行动）和大气科学委员会(CAS)协调。 | 2013 年底前。 | 开展 OSSE 试验的次数。 |
| S23 | 实施一次高度仪星座包括高精度的基准使命，非太阳同步、倾斜轨道，以及在彼此分离较好的太阳同步轨道上的两个仪器。 | CGMS（领导此项行动）、TC、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 实时提供测高的卫星的数量和轨道几何。 |
| S24 | 确保并保持在极轨卫星上至少安装一个红外双视角成像仪，以提供 SST 气候监测质量的测量。 | CGMS（领导此项行动）、TC、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、卫星机构和卫星资料处理中心。 | 持续。 | 双视角成像仪的业务可用性。 |
| S25 | 至少执行一项倾斜轨道降水雷达卫星使命和一项后续业务使命。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、卫星机构和资料加工中心参与。 | 2014 年（启动）并持续（后续） | 卫星使命的完成情况。 |
| S26 | 为支持 GPM，至少执行一项低倾角轨道被动微波（MW）卫星使命。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、卫星机构和资料处理中心参与。 | 持续。 | 一项低倾角轨道被动微波（MW）卫星使命的完成情况。 |
| S27 | 组织 GPM 资料的实时提供来支持临近预报和业务水文需求。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、卫星机构和资料处理中 | 持续。 | 满足临近预报和业务水文需求的程度。 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | | 心参与。 | | |
| S28 | 通过维护至少一颗地球低轨道气象卫星（LEO）极轨卫星上的业务宽带辐射计和太阳辐射传感器，确保ERB 全球测量的连续性。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、卫星机构和资料处理中心参与。 | 持续。 | 参与 ERB 测量的极轨卫星数量。 |
| S29 | 针对大气化学应用，包括对臭氧、与空气质量和空气污染有关的活性物质的监测以及对温室气体的测量，要确保紫外/可见光、近红外探空仪的业务连续性，包括地球静止轨道气象卫星（GEO）上的高光谱分辨率紫外/可见光探空仪，并且在 3 个充分分离的极地轨道上至少有一个紫外/可见光探空仪。还要确保临边探测能力的连续性。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、卫星机构和资料处理中心参与。 | 持续。 | 用于大气化学监测的地球静止轨道气象卫星（GEO）和地球低轨道气象卫星（LEO）紫外/可见光/红外探空仪数量。 |
| S30 | 利用示范使命（如 ADM-AEOLUS）的经验来规划和设计基于多普勒测风的业务观测系统（提供全球覆盖的风廓线）。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、ESA 及其它卫星机构、资料处理中心和数值天气预报(NWP)中心参与。 | 在示范使命提供资料之后尽快完成。 | 为用户提供（卫星观测的）多普勒测风激光雷达廓线的数量和质量。 |
| S31 | 向业务资料处理中心和用户提供卫星使命制作的云/气溶胶激光雷达资料。利用这类经验来确定可能的云/气溶胶业务使命（结合或不结合业务多普勒测风激光雷达使命）。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、卫星机构、资料处理中心、预报和大气化学用户参与。 | 持续，并根据 EARTH-CARE 使命逐步付出特殊努力。 | 空基云/气溶胶激光雷达制作的以及业务应用所使用的资料量。 |
| S32 | 研究 SMOS 等卫星示范使命（主要基于低频微波辐射仪的使命）在准业务背景下对大气、水文和海洋模式的益处，并决定是否设计类似的业务使命。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、海洋学和海洋气象学联合技术委员会（JCOMM）、卫星机构、资料处理中心、气象、水文和海洋模拟中心参与。 | 尽快开展影响研究，从 2013 年起确定新使命。 | 利用这些微波资料改进不同模式。 |
| S33 | 规划设计地球静止卫星微波仪器示范使命，旨在显著提高对云和降水的实时观测。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、卫星机构、资料处理中心、气象和水文模拟中心参与。 | 根据技术成熟度尽快实施。 | 地球静止轨道气象卫星（GEO）卫星搭载的微波仪器运行成功，并用资料改进气象和水文预报。 |
| S34 | 规划设计地球静止卫星高分辨率可见光/近红外仪器的示范使命，旨在显著提高多光谱窄带传感器对海色、植被、云和气溶胶的观测。 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、卫星机构、资料处理中心、气象、海洋和环境中心参与。 | 根据技术成熟度尽快实施。 | 地球静止轨道气象卫星（GEO）卫星搭载的此类仪器运行成功，而后用其资料改进气象学、海洋学和环境科学。 |
| S35 | 规划设计高椭圆和高赤道倾角的 HEO 卫星可见光/红外仪器示范使命，针对极地地区。使命旨在获取与地 | CGMS 领导此项行动，各技术委员会、卫星机构、资料处理中 | 根据技术成熟度尽快实施。 | HEO 卫星可见光/红外仪器运行成功，而后用其资料改进气象 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
|---|---|---|---|---|
| | 球静止轨道气象卫星（GEO）卫星观测同样质量的环境观测资料。 | 心、气象和环境中心参与。 | | 学和环境科学。 |
| W1 | 制定和实施协调计划，确保连续进行太阳测量、太阳风和星际磁场测量以及太阳风圈成像，包括在不同位置的测量（例如 L1 拉格朗日点、从 L1 点的日地连线上游、L5 拉格朗日点）以及用于资料接收和处理的必要全球地基天线网。 | ICTSW、CGMS 和空间机构。 | 2014 年底。 | 到 2030 年针对观测连续性的协调计划的可用性。 |
| W2 | 协调并将现有的地基太阳观测资料标准化，以及必要时进行冗余扩充，并在世界气象组织信息系统(WIS)开发常用资料门户或虚拟观测台。 | CTSW 和所有开展地面太阳观测的会员。 | 持续。 | 地基太阳观测资料模板可用性。 |
| W3 | 在观测稀疏地区（如，非洲）部署更多接收器、使现有接收器的资料能够实现调用，或利用不同方法接收全球导航卫星系统(GNSS)资料（如机载接收器）减小海洋上的观测空白，从而提高地基全球导航卫星系统(GNSS)电离层观测（TEC 和闪烁）的空间分辨率。 | ICTSW 和所有运行或规划地基全球导航卫星系统(GNSS)网络的会员。 | 持续。 | 提供近实时资料的地基全球导航卫星系统(GNSS)接收器数量。 |
| W4 | 提高地球低轨道气象卫星（LEO）卫星空基全球导航卫星系统(GNSS)测量的时效，以便获取近实时电离层/等离子体层系统的三维电子密度分布信息（例如，利用 RARS 概念或其它卫星地面站网络快速传输）。 | ICTSW、CGMS、相关空间机构和支持地面测站的 WMO 会员。 | 持续。 | 每天可及时满足用户需求的掩星次数。 |
| W5 | 促进气象和空间天气界之间共享地基全球导航卫星系统(GNSS)资料和全球导航卫星系统(GNSS)无线电掩星，并促进通过世界气象组织信息系统(WIS)近实时调用这些资料。 | ICTSW、IROWG 和世界气象组织综合观测系统(WIGOS)项目办公室。 | 持续。 | 就资料共享达成一致。 |
| W6 | 为改进或检验电离层模式，协调空间天气界使用双频雷达测高计观测资料，并用于海洋业务总电子含量的监测。 | ICTSW、WMO 空间计划和测高卫星运行方。 | 持续。 | 提供空间天气资料的卫星测高计数量。 |
| W7 | 促进高及时性地基磁力仪资料的来报率。实现这一目标可通过：（1） 在覆盖率有限的区域部署磁力仪；（2） 在世界气象组织信息系统(WIS)内分发现有磁力仪的资料；（3） 与资料提供方商定将其资料用于空间天气产品。 | ICTSW 和磁力仪观测台。 | 持续。 | 可及时满足用户需求的磁力仪资料源的数量。 |
| W8 | 根据下列优先重点，制定计划来保持和促进空间天气 | ICTSW、CGMS 和空间机构。 | 2014 年底。 | 空间天气等离子体和高能粒子 |

| 序号 | 行动 | 实施机构 | 时间范围 | 绩效指标 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| | 等离子体和高能粒子环境的观测：（1）保持从地球低轨道气象卫星（LEO）到地球静止轨道气象卫星（GEO）轨道在所有高度的长期测量连续性，如果可能，要提高空间分辨率；（2）促进共享现有和规划的等离子体和高能粒子测量资料；（3）纳入 HEO 卫星高能粒子传感器；（4）开展将等离子体和高能粒子资料纳入数值模式的研究，以便给出卫星所有在轨位置的通量估算。 | | | 环境计划的可用性。 |

## 附录 3 -缩略语

| | |
|---|---|
| 3D | 三维 |
| AATSR | 先进沿轨扫描辐射计 |
| ACM | 大气化学模式 |
| ADM-Aeolus | 地球探测大气动力学项目 |
| AIRS | 大气红外探测仪 |
| ALADIN | 大气激光多普勒仪 |
| ALOS | 先进陆地观测卫星“大地” |
| Altika | SARAL使命星载高精度海洋学高度计 |
| AMDAR | 航空器气象资料下传 |
| AMMA | 非洲季风多学科分析 |
| AMSU | 先进的微波探测装置 |
| AMV | 大气运动矢量 |
| AQUA | Aqua卫星使命- http://aqua.nasa.gov/ |
| Argo | 国际剖面浮标计划（非缩写） |
| ASAP | 自动化船载高空探测计划 |
| ASAR | 高级合成孔径雷达 |
| ASCAT | 气象业务卫星高级散射仪 |
| ATLID | 大气激光雷达 |
| ATOVS | 高级TIROS业务垂直探空器 |
| ATSR | 沿轨扫描辐射计 |
| AWS | 自动气象站 |
| BSRN | 基本地面辐射网 |
| BUFR | FM94 BUFR 全球通讯系统(GTS)格式-气象资料通用二进制格式 |
| CALIOP | 云-气溶胶正交偏振激光雷达系统 |
| CALIPSO | 云-气溶胶激光雷达红外探索卫星观测系统 |
| CAS | 世界气象组织大气科学委员会 |
| CBS | 世界气象组织基本系统委员会 |
| CCD | 电荷耦合器件 |
| CCl | 世界气象组织气候学委员会 |
| CEOS | 地球观测卫星委员会 |
| CGMS | 气象卫星协调组 |
| CHAMP | 挑战小卫星有效载荷 |
| CHRIS | 紧凑型高分辨率成像光谱仪 |
| CHy | 世界气象组织水文学委员会 |
| CIMO | 世界气象组织仪器和观测方法委员会 |
| CLARREO | 气候绝对辐射和折射率天文台 |
| CLOUDSAT | NASA EOS云观测使命 |
| CNES | 国家空间研究中心（法国） |
| COCTS | 中国海色和海温扫描仪 |
| COMS | 通信、海洋和气象卫星（韩国） |
| Concordiasi | 国际极地年中的一个THORPEX－IPY集群国际项目，试图提供检验资料以提高南极上空的极地轨道卫星资料的使用 |
| COSMIC | 气象、电离层和气候之卫星星系观测系统 |
| CPR | 云和降水雷达 |

| | |
|---|---|
| CREX | FM95 CREX 全球通讯系统(GTS)电码形式-资料表示和交换的字符格式 |
| CRYOSAT | 欧空局冰使命 |
| DEMETER | 震区电磁放射检测 |
| DMSP | 国防气象卫星计划（美国） |
| EARS | 欧洲气象卫星组织ATOVS再传输系统 |
| EARTH-CARE | 地球云、气溶胶和辐射资源探测仪 |
| E-ASAP | EUMETNET 自动化船载高空探测计划（ASAP） |
| EC | WMO执行理事会 |
| ECT | 卫星过赤道时间 |
| ECV | 基本气候变量 |
| EGOS-IP | 全球观测系统发展实施计划 |
| ENVISAT | 欧空局环境卫星使命 |
| EOS | 美国航空航天局地球观测系统 |
| EPS-SG | 欧洲气象卫星应用组织极轨系统-第二代 |
| ERB | 地球辐射收支 |
| ERBS | 地球辐射收支卫星 |
| ERS | 地球资源卫星（欧空局） |
| ESA | 欧空局 |
| ET-EGOS | 基本系统委员会全球观测系统发展专家组 |
| EUCOS | 欧洲气象服务网综合观测系统 |
| EUMETNET | 欧洲气象服务网 |
| FAO | 联合国粮农组织 |
| FAPAR | 光合有效辐射吸收系数 |
| FDHSI | 全盘高光谱分辨率遥感影像 |
| FLS | 固定陆地台站 |
| FY-4 | 风云 4 号气象卫星（中国） |
| GAW | 全球大气监视网计划 |
| GCMP | 全球气候观测系统气候监测原则 |
| GCOS | 全球气候观测系统 |
| GCOS-IP | 全球气候观测系统实施计划 |
| GDRC | 全球径流资料中心 |
| GEO | 地球同步轨道卫星 |
| GEO | 地球观测组织 |
| GOES | 地球静止业务环境卫星（美国） |
| GEOSAT | 测地卫星 |
| GEOSS | 全球综合地球观测系统 |
| GFCS | 全球气候服务框架 |
| GHG | 温室气体 |
| GLAS | 地球科学激光测高仪系统 |
| GLOSS | 全球海平面观测系统 |
| GMES | 全球环境与安全监测 |
| GNSS | 全球导航卫星系统 |
| GOCE | 重力场和稳态海洋环流探测 |
| GOCI | 地球静止海色成像仪 |
| GOME | 全球臭氧监测试验 |

| | |
|---|---|
| GOMOS | 利用掩星进行全球臭氧监测 |
| GOMS | 地球静止业务气象卫星（俄罗斯联邦） |
| GOOS | WMO/IOC/UNEP/ICSU全球海洋观测系统 |
| GOS | 全球海洋观测系统 |
| GOS | WMO全球观测系统 |
| GOSAT | 温室气体观测卫星 |
| GPM | 全球降水测量 |
| GRACE | 重力恢复和气候试验 |
| GRAS | Metop's 全球导航卫星系统(GNSS)大气探测接收器 |
| GRUAN | 全球气候观测系统基准高空网 |
| GSICS | 全球空基互标定系统 |
| GSM | 全球移动通信系统 |
| GSN | 全球气候观测系统地面网络 |
| GTN | 全球陆地网 |
| GTN-G | 全球陆地网-冰川 |
| GTN-GW | 全球陆地网-地下水 |
| GTN-H | 全球陆地网-水文 |
| GTN-P | 全球陆地网-冻土带 |
| GTOS | 全球陆地观测系统 |
| GTS | 世界天气监视计划全球通讯系统 |
| GUAN | 全球气候观测系统高空网 |
| HEO | 高椭圆轨道卫星 |
| HF | 高频 |
| HRFI | 高分辨率快速影像 |
| HY-2A | “海洋”海洋卫星使命（中国）2A |
| IAGOS | 日常飞机观测并入到全球观测系统 |
| IASI | 红外线大气探测干涉仪 |
| ICSU | 国际科学理事会 |
| ICTSW | 空间天气跨计划协调组 |
| IGRAC | 国际地下水资源评估中心 |
| IOC | 联合国教科文组织政府间海洋学委员会 |
| IOS | 综合观测系统 |
| IROWG | 国际无线电掩星工作组 |
| IRS | 红外线探空仪 |
| ISRO | 印度空间研究组织 |
| ISS | 国际空间站 |
| ITU | 国际电信联盟 |
| IWV | 综合水汽 |
| JASON | 洋面地形使命（美国/法国） |
| JAXA | 日本宇宙航空研究开发机构 |
| JCOMM | WMO-IOC海洋学和海洋气象学联合技术委员会 |
| LAI | 叶面积指数 |
| LAM | 有限区域模式 |
| LANDSAT | 地球观测卫星使命（NASA/ USGS） |
| LDC | 最不发达国家 |

| | |
|---|---|
| LEO | 地球低轨道卫星LEO |
| MERIS | 中分辨率成像光谱仪 |
| METEOSAT | 欧洲气象卫星应用组织地球静止气象卫星 |
| Metop | 欧洲气象卫星应用组织极轨业务气象卫星 |
| MODIS | 中分辨率成像光谱仪（AQUA和Terra卫星搭载） |
| MSU | 微波探测装置 |
| MTG | 第三代气象卫星 |
| MTM | 法国国家空间研究中心/印度空间研究组织观测热带地区水循环和能量平衡的热带云项目 |
| NASA | 美国国家航空航天局 |
| NMHS | 国家气象和水文部门 |
| NMS | 国家气象部门 |
| NPOESS | 国家极轨业务环境卫星系统（美国） |
| NWP | 数值天气预报 |
| OceanSites | 海洋可持续跨学科时间序列环境观测系统 |
| OCS | 俄罗斯流星卫星海色扫描仪 |
| OLCI | 海洋陆地颜色成像仪 |
| OMPS | 臭氧测绘和廓线仪装置 |
| OPAG | 开放计划领域组 |
| OPAG-IOS | 综合观测系统开放计划领域组 |
| OPERA | 天气雷达信息交换业务计划 |
| OSE | 观测系统试验 |
| OSSE | 观测系统模拟试验 |
| PALSAR | 相控阵L波段合成孔径雷达 |
| PILOT | FM-32 PILOT 全球通讯系统(GTS)格式：固定陆地测站高空风报告 |
| PMO | 港口气象官员 |
| POAM | 极地臭氧和气溶胶测量 |
| PROBA | 机载自主航天器项目 |
| PUMA | 非洲使用MSG准备计划 |
| QA | 质量保证 |
| QM | 质量管理 |
| QMF | 质量管理框架 |
| QMS | 质量管理体系 |
| QuickSCAT | 快速散射仪（NASA） |
| R&D | 研究与开发 |
| RA | WMO区域协会 |
| RBCN | 区域基本气候网 |
| RBSN | 区域基本天气网 |
| RRR | 滚动需求评审 |
| SAR | 合成孔径雷达 |
| SARAL | 环境监测项目（印度/法国） |
| SBUV | 太阳后向散射紫外辐射计 |
| SCARAB | MTM搭载的扫描辐射收支仪 |
| SCIAMACHY | 大气制图的扫描成像吸收光谱仪 |
| Sentinel-3 | 参与GMES的ESA多仪器卫星使命 |

| | |
|---|---|
| SIA | 季节至年际 |
| SIDS | 小岛屿发展中国家 |
| SIRAL | 合成孔径干涉雷达测高仪 |
| SLSTR | 海陆表面温度辐射计 |
| SMOS | 土壤湿度和海洋盐度 |
| SoG | 指导声明 |
| SPOT | 地球观测卫星 |
| SSH | 海面高度 |
| SSM-I | 特种传感器微波成像仪 |
| SSS | 海面盐度 |
| SST | 海面温度 |
| SYNOP | FM-12 SYNOP 全球通讯系统(GTS)格式-固定地面站的地面观测报告 |
| TAMDAR | 对流层机载气象资料报告 |
| TC | WMO技术委员会 |
| TEC | 总电子含量 |
| TEMP | FM-35 TEMP 全球通讯系统(GTS)格式：固定地面站的高空气压、温度、湿度和风报告 |
| TERRA | Terra卫星使命- http://terra.nasa.gov/ |
| THORPEX | 观测系统研究和可预测性试验 |
| TOPC | 陆地气候观测专家组 |
| TOMS | 臭氧总量测绘分光计 |
| TRMM | 热带降雨测量使命 |
| UAV | 无人航空飞行器 |
| UNEP | 联合国环境规划署 |
| UNESCO | 联合国教育、科学及文化组织 |
| USA | 美国 |
| USGS | 美国地质调查局 |
| UTC | 协调世界时 |
| UV | 紫外线 |
| VCP | 世界气象组织自愿合作计划 |
| VSRF | 甚短期预报 |
| VOS | 志愿观测船舶计划 |
| WCRP | 世界气候研究计划（WCRP） |
| WHYCOS | 世界水文循环观测系统 |
| WIGOS | WMO全球综合观测系统 |
| WIP | 世界气象组织全球综合观测系统(WIGOS实施计划 |
| WIS | 世界气象组织信息系统(WIS |
| WMO | 世界气象组织 |
| WWW | 世界天气监视网 |
| XBT | 抛弃式深度温度计 |
| ZTD | 天顶总延迟 |