

全球气候观测系统现状报告 (2021) : 执行摘要

GCOS-239

ГЛОБАЛЬНАЯ СИСТЕМА
НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ
НЕУСТААННО СЛЕДИМ ЗА КЛИМАТОМ

SYSTÈME MONDIAL
D'OBSERVATION DU CLIMAT
NOUS VEILLONS SUR LE CLIMAT

النظام العالمي
لرصد المناخ
لنضع المناخ نصب أعيننا

全球气候观测系统
密切监视气候

SISTEMA MUNDIAL
DE OBSERVACIÓN DEL CLIMA
SIEMPRE VIGILANDO EL CLIMA

GLOBAL CLIMATE
OBSERVING SYSTEM
KEEPING WATCH OVER OUR CLIMATE



世界气象组织

政府间海洋学委员会

全球气候观测系统现状报告（2021）

执行摘要

2021

GCOS-239

联合国环境规划署

国际科学理事会

在引用本文件时请使用以下参考文献格式：

GCOS (2021). The Status of the Global Climate Observing System 2021: Executive Summary. (GCOS-239), pub WMO, Geneva.

© **World Meteorological Organization, 2021**

以印刷、电子和任何其他形式以及以任何语言出版本文件的权利归 WMO 所有。在未经授权的情况下，仅在明确指出完整来源时可以简短摘录方式使用 WMO 出版物。与编辑的通信以及关于部分或全部出版、复制或翻译本出版物的请求请发送至：

Chair, Publications Board

World Meteorological Organization (WMO)

7 bis, avenue de la Paix

P.O. Box 2300

CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03

Fax: +41 (0) 22 730 80 40

Email: publications@wmo.int

注：

WMO 出版物中使用的名称以及本出版物中呈现的材料并不意味着 WMO 对任何国家、领土、城市或地区、或其当局的法律地位，或关于其边界的划定表达任何意见。

提及特定公司或产品并不意味着它们得到 WMO 的认可或推荐，或优于其他未提及或未做广告的具有类似性质的公司或产品。

WMO 出版物中的发现、解释和结论仅代表作者本人观点，并不一定反映 WMO 或其会员观点。

本出版物的发行未经正式编辑。

执行摘要

本报告旨在向决策者以及负责监督观测网络和卫星观测的人员通报全球气候观测系统的现状、近期取得的进展与成就，以及存在的差距与不足。

全球气候观测系统（GCOS）设立于 1992 年，旨在发展并协调全球气候观测系统，同时为对气候变化的科学理解、政策制定、公共信息以及适应与减缓规划提供支撑。

GCOS 定期编写全球气候观测系统现状报告（即所谓的“现状”或“充分性”报告），并将报告提交给联合国气候变化框架公约（UNFCCC）。本报告是第五份此类报告，回顾了自 2015 年上一份报告（GCOS-195）发布以来观测系统取得的进展。

2014 年，政府间气候变化专门委员会（IPCC）表示关于气候变化的证据是明确的。因此，2016 年 GCOS 实施计划（2016GCOS-IP、GCOS-200）提出应将 GCOS 的重点拓展到对气候的科学观测之外，以支撑政策与规划的制定。这为 GCOS 确定了两个新的工作领域。

第一个领域着眼于对全球气候循环的监测情况¹。这些循环可通过基本气候变量（ECV）²进行整体观测，结果由 GCOS 评估后再确定全球气候观测系统存在的差距和不一致之处。2016 年 GCOS 实施计划（2016 GCOS-IP）采用了一种新的方法，不仅关注单个 ECV 的质量，还考虑到 ECV 正越来越多地用于全球或大陆尺度的能源、碳和水预算的结算。了解这些预算的变化以及它们之间的联系至关重要。例如，地球系统不同组成部分的水量变化直接影响着对优质水源的获取 - 这是人类的基本需求；而能量循环的变化直接驱动着诸如陆地和海洋热浪、极端降水和干旱等影响事件。碳循环的变化直接驱动着能源循环的变化并影响着排放目标。因此，了解和观测地球系统循环对于气候科学以及对于确定和监测《巴黎协定》框架中设定的关键政策目标都很重要。

GCOS 第二个新的工作领域着眼于全球观测系统如何支持适应。从全球系统获取的气候数据资料是提供适应所需产品和信息的重要组成部分。从气候监测获取的数据资料产品，与全球气候模式生成并降尺度到区域和国家水平的气候预测一道，可提供满足适应需求的多个空间和时间尺度气候信息。在全球范围内，观测可用于审查所有国家在适应方面的集体进展。GCOS 在国际协调方面的工作保障了高质量全球气候数据资料的可用性和可访问性，为适应提供了关键支撑。

要确保并拓展对整个地球系统进行长期监测所需的观测系统，需要包括国际组织、国家机构和科学界在内的各个层面进行大量努力和合作。由 GCOS 予以支持并进行审查的系统性气候观测，是通过世界气象组织（WMO）、全球海洋观测系统（GOOS）、地球观测卫星委员会（CEOS）气候联合工作组（WGClimate）、气象卫星协调组织（CGMS）以及范围广泛的其他合作伙伴和相关组织实施的。

方法

本报告是在一个编写团队的指导下编写完成的，来自三个 GCOS 小组³的专家提供了技术信息和评估。每个专家组都任命了“ECV 管理员”来监控特定 ECV 观测系统的表现。类似地，也任命了专家报告 2016 年实施计划（IP 行动）的每项行动。所有评估都经过内部和外部审查。完整报告经过了公开审查，收到了 500 多条评论意见。最后，本报告得到了编写小组和 GCOS 指导委员会的批准。

效益

对全球气候观测系统（包括原位和卫星观测）的持续、长期支持产生了许多效益。所有国家都可从全球气候观测支撑的全球模式、预报和预测产品中受益。预警系统可使用嵌入在全球模拟系统中的本地模式和观测，而规

¹ GCOS 研究了水循环和碳循环以及能量平衡，但还有其他重要的地球系统循环（例如氮循环）受到气候变化和人类活动的影响。

² 基本气候变量（ECV）是一个物理、化学或生物变量，或是一组相关变量，对地球的气候特征具有重要贡献。

³ 大气候观测小组（AOPC）、海洋观测物理和气候小组（OOPC）、陆地气候观测小组（TOPC）。

划通常可使用基于全球结果的降尺度模式。气候相关政策由数据驱动：UNFCCC 是一个基于科学的过程，它使用 IPCC 基于气候观测的气候状态评估以及基于观测的气候状态报告。

成就

自 2016 年 GCOS 实施计划发布以来，地球气候观测系统在许多领域都取得了实质性的进展，这项工作需要得到可持续、长期和充足资金的维持和支撑。主要改进包括：

- 改进了卫星观测的空间、时间覆盖范围和观测变量。卫星资料是可访问的，并得到精心维护。许多 ECV 尤其是陆地 ECV，例如土地覆盖、叶面积指数和光合有效辐射截获量（FAPAR），现在可从具有良好分辨率、接近全球覆盖的卫星获取。
- WMO 以及（通过其会员）国家气象和水文部门（NMHS）构成的全球网络确保了对许多 ECV 通过既定做法和工具进行所需的长期监测。其中许多数据资料在国际上进行着交换，为天气和气候模拟提供支撑。
- 得益于新的地面和商用飞机所做的原位观测，大气变量观测在过去十年中得到了进一步改进。
- 大多数地面网络管理良好，数据中心对档案进行了妥善管理，例如美国国家海洋和大气管理局（NOAA）国家环境信息中心（NCEI）；美国国家冰雪数据中心（NSIDC）以及国际海洋大气综合数据集（ICOADS）。哥白尼气候变化服务（C3S）还提供对数据和衍生产品的访问以及数据使用工具。
- GCOS 和 WMO 目前正在合作建立一个大气和陆地表面气象观测参考网络，该网络是一个相当于 GCOS 参考高空网络（GRUAN）的地面网络。
- 海洋观测界正致力于在一个“量身订做”的观测系统中构建海洋观测，并就观测、数据以及元数据标准的最佳做法达成一致。
- 已决定将 Argo 计划拓展到全水柱和海冰之下，并纳入生物地球化学变量。这些表面下测量对于监测和预测气候系统至关重要。
- 技术创新有助于拓展海洋观测系统及其能力，尤其是自主平台的开发，以及适用于一系列 ECV 的传感器的开发。

可持续性

一些卫星观测的长期连续性无法得到保障。 尽管卫星观测取得了巨大成功，但仍存在差距：

- 尚无关于 Aeolus（风廓线）后续任务的计划。
- 无法保障研究型卫星上的云雷达和激光雷达的连续性。
- 仅计划配备一台功能与 Aura 微波肢体探测仪（MLS）类似的肢体探测仪。MLS 可每天提供从对流层上部到中间层的接近全球覆盖的水汽垂直剖面，但现在已超出预期使用寿命。
- 由于只有两颗研究型卫星（CryoSAT-2 和 ICESat-2）在轨，高倾角测高仍存在问题。未来，欧洲星载哥白尼极地冰雪地形高度计（CRISTAL）和哥白尼成像微波辐射仪（CIMR）将把业务监测能力延长到 2020 年代后期（如确认）。Sentinel-3A/B 高度计数据资料可在未来针对海冰进行优化。
- 高纬度海冰厚度监测存在风险（当 CryoSat-2 和 ICESat-2 或 SMOS（对于 <50cm 的薄冰）停止工作时），如果 CRISTAL 任务延迟，可能会出现缺口。

持续供资对于原位观测十分必要。尽管许多大气观测得到了长期资助，但大多数海洋和陆地观测都是通过短期研究资金支持的，持续时间通常只有几年，这使得长期记录的制作变得脆弱，对于传统上不用于天气预报的参数尤其如此。鉴于这些观测是由大量参与者开展的，因此要建立一个功能齐全且有效的气候观测系统需要获得适当的资金支持，协调机构也至关重要。

许多在其他方面取得成功的项目并没有带来长期的持续改进。 GCOS 区域研讨会传达了一个明确信息，由于缺乏资源和规划，发展中国家大部分包括观测部分的项目并没有为这些国家的观测能力带来可持续的长期改进。需要更可持续的解决方案，例如下文探讨的关于 WMO 全球基本观测系统（GBON）和系统观测融资机制（SOFF）的提议。

地理覆盖方面的差距

在原位观测的全球覆盖方面仍存在差距。

几乎所有 ECV 的原位观测在某些地区始终存在缺陷，尤其是在**非洲、南美洲、东南亚、南大洋**的部分地区，以及被**冰覆盖**的地区，这种情况自 *2015 年 GCOS 现状报告*（GCOS -195）以来并未改进。

在斐济、乌干达和伯利兹⁴举行的三场 GCOS 区域研讨会研究了为什么一些地区在进行充分观测方面存在问题。这些问题包括：

- 对于小国（例如 SIDS 和 PSIDS）而言，观测成本可能远远超出其本国可用资源，占据了国内生产总值（GDP）的很大一部分。
- 缺乏对可预见费用（例如维护、设备更换、消耗品）的规划。
- 缺乏训练有素的员工，员工留存率低。
- 对观测可产生的国家效益了解不足：它们对备灾、适应规划和其他气候服务的贡献。

此外，在偏远和交通不便的地区，观测业务维护存在技术困难。

2019 年 WMO 大会通过了关于全球基本观测网络（GBON）的概念。如果该系统得到全面实施，将为全球数值天气预报（NWP）和再分析提供必要观测，并同时可覆盖一些 ECV。WMO 目前正致力于建立一个系统观测融资机制（SOFF），为那些无法实施 GBON 的会员提供实施与运行该网络的资金和技术支持。将 GBON 和 SOFF 从概念转变为业务现实需要各方努力和支持。

GCOS 合作机制（GCM）已解决了一些与外场网络运行相关的问题。虽然 GCM 在台站或国家层面的影响可能很大，但 GCM 的可用资金只能让少数几个国家获得援助。如果 SOFF 的资金能够持续达到设想的水平，可带来全球层面的改进，但这只能解决少数 ECV。**仍然需要为其余原位 ECV 的观测提供支持。**

海洋观测仍然存在巨大差距。 表面下测量对于监测和预测气候系统至关重要。为应对这一挑战，已决定将 Argo 计划拓展到全水柱和海冰之下，并纳入生物地球化学变量。需要通过高质量的海洋航行进行更加定期的采样并增加观测平台的部署，特别是在大陆边界、极地海洋和边缘海域。需要更好地监测影响格陵兰和南极地区冰损失的海洋条件，以改进对未来冰损失和海平面上升速度的预测。由于后勤方面的障碍，冰上原位观测仍然是一个挑战。有必要提高关于热量、碳、淡水和动量的表面通量测量的质量和覆盖范围。

在卫星观测方面的差距包括：

- 较低的对流层臭氧（以补充有限的地表覆盖范围，确定具有统计意义的趋势）。
- 一种测量全球平流层 CH₄ 剖面的仪器。
- 卫星观测存在区域不平衡性。在高山地区，冰冻圈观测的卫星数据资料采集较差。对于极地地区的某些大气 ECV，卫星的覆盖范围较差或没有覆盖。

数据管理、存档和访问

⁴ <https://gcos.wmo.int/en/regional-workshops>

保存基本气候数据记录至关重要。再分析和其他增值产品总是可从基本数据记录中重新创建或得到改进。

为应对和理解气候变化，需要永久保存尽可能长时间的数据序列。并非每个 ECV 都有公认的全球数据存储库（例如 ICOADS 收集了几乎所有符合条件的数据）。即使有公认的全球数据存储库，它也可能不甚完整并且支持不足。数据应对所有用户免费开放。恰当的数据管理、存档和访问需要可持续、长期、充足的资金支持，并需要确保数据中心之间采用相一致的方法。需要明确定义原则，例如 TRUST 原则（Lin et al., 2020）和 FAIR 原则（Wilkinson et al., 2016），以及明确和强制执行的数据管理计划和数据引用方法。

从硬拷贝或过时的数字格式中恢复数据可拓展过去的的数据序列，需要予以充分规划和资助，其结果也应免费公开。需要持续支持这些活动。新的方法（包括公民科学和基于课堂的方法）在得到广泛部署的情况下，可能有助于实现所需规模的数字化行动。

自 2016 年实施计划以来确定的新需求和新要求

支持《巴黎协定》

为支持《巴黎协定》目标的实现，观测界需要通过那些跟踪物理、化学和生物等循环的 ECV 来解决知识差距问题。需要关注易受气候变化影响的地区，以及 ECV 的需求如何较好地反映相关的时间和空间尺度。包括：

- 与土地利用/覆盖变化相关的反馈，例如在不同温度和稳定状态下北极多年冻土中所储存的碳的释放时间和影响（IPCC, 2018）。
- 加深对响应方案和政策如何减少或增强土地和气候级联影响的理解，尤其是与自然和人类系统的非线性和临界点变化相关的影响（IPCC, 2019a）。
- 海洋翻转环流是控制与大气（进一步与全球气候）的热量和碳交换的关键因素，但是并没有直接的衡量标准，只有少量间接指标表明它可能如何变化。这是对全球海洋进行持续观测的一个显著弱项（IPCC, 2019b）。
- 考虑到大多数国家提出的碳减排承诺，需要通过测量大气成分对人为温室气体通量进行定量评估。还需要确保全球气候观测能够支撑对人类活动对气候变化影响的定量评估。
- 气候观测在适应方面可发挥关键作用，适应是《巴黎协定》的一个主要目标。

地球系统循环

2018 年，GCOS 开始对能量平衡、碳循环和水循环进行评估，以确定现有观测系统中可能存在的差距和不一致性（von Schuckmann et al., 2020; Dorigo et al., 2021; Crisp et al., in prep）。主要影响包括：

- 整个能源循环的不确定性主要在于海洋的热量吸收，需要维持和拓展海洋综合观测系统。
- 能量通量中最大的不确定性是降水、大气的短波增热以及海洋和陆地的感热和潜热湍流通量。正在研究改进通量测量能力，尤其是在海洋上。需要继续完成这项工作，在取得成功的情况下应予以实施。
- 总碳收支的不确定性（年际变化）主要由土地利用通量以及海洋与陆地的吸收量决定的。这些不确定性令人担忧，因为它们表明我们目前的观测系统尚不具备所需的精度，无法每年充分监测这些趋势，以指导缔约方实现《巴黎协定》温控目标所需的减排。这将需要改进观测，特别是对于南大洋和陆地大气。卫星观测需要与温室气体原位观测的显著增加相辅相成，需要特别注意改进城市周边地区的观测。
- 水循环中最大的不确定性在于陆地（包括极地地区）和海洋的蒸发通量以及海洋和山脉的降水。需要测量关键变量以确定蒸发通量，改进热带地区的水收支平衡的闭合程度。还需要开展雪测量任务以更好地掌握寒冷地区水文状况。
- 正在引入一个新的 ECV 陆地储水装置（卫星、重力测量、观测）。它将有助于量化气候变化、

人类用水和其他水文效应对大陆水收支的净影响，并有助于闭合陆地水平衡。它还将支持关于适应的研究，以确定水循环变化的热点，评估干旱的严重程度。

适应和极端事件

GCOS 已开始考虑适应，但尚未完成这项工作。适应面临的许多主要问题 - 例如洪水、干旱和热浪 - 都与极端事件有关，而不是 ECV 的长期平均。所监测的数据资料应与特定脆弱性（例如人员、农业或基础设施）相关，而不是更广泛的平均值。因此，未来需要注意针对每种特定用途以适当的空间和时间分辨率监测极端事件。因此，在定义 ECV 的需求时，关于准确度和分辨率的单一值可能是不足够的。

结论是，全球气候观测系统基于其当前的 ECV 和 ECV 产品的能力，可为全球盘点提供适应指标。对这些产品进行适度改进或开发新的产品，通过评估气候灾害和脆弱性，促进适应方案的确定和实施，管理、监测和评估适应行动等方式，可为国家层面的适应计划增添新的价值。

下一步行动

自 2015 年以来，全球气候观测系统取得了许多重大进展，这有助于提高对气候变化的理解，有助于制定更好的政策以及适应与减缓规划。

本报告将提交给 UNFCCC 和 GCOS 的共同赞助者、WMO、IOC、UNEP 以及 ISC 供其审议。下一步，将在 2022 年制定新的 GCOS 实施计划，并根据本报告的发现结果确定需要改进的关键优先领域。

参考文献

- Crisp D. et al: How well do we understand the land-ocean-atmosphere carbon cycle? (in preparation) <https://doi.org/10.1002/essoar.10506293.1>
- Dorigo, W. et al., 2021: Closing the water cycle from observations across scales: Where do we stand? Bulletin of the American Meteorological Society (published online ahead of print 2021). <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0316.1>
- GCOS-195: Status of the Global Observing System for Climate, World Meteorological Organization (WMO) WMO, 2015. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7213
- GCOS-200: The Global Observing System for Climate: Implementation Needs, World Meteorological Organization (WMO) WMO, 2016. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3417
- IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. In Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_version_stand_alone_LR.pdf
- IPCC, 2019a: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- IPCC, 2019b: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. <https://www.ipcc.ch/srocc/>
- Lin D. et al., 2020: The TRUST Principles for digital repositories. Sci Data 7, 144. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0486-7>
- von Schuckmann, K. et al., 2020: Heat stored in the Earth system: where does the energy go?, Earth Syst. Sci. Data, 12, 2013-2041, <https://doi.org/10.5194/essd-12-2013-2020>
- Wilkinson, M. et al., 2016: The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Sci Data 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
-