|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 天气气候水 | **世界气象组织**  **观测、基础设施和信息系统委员会**  **第二次届会** 2022年10月24至28日，日内瓦 | **INFCOM-2/INF. 6.1（1）** |
| 由： 主席提交  25.X.2022 |

*[为向您提供便利，本文件采用机器翻译和翻译记忆技术进行了翻译。WMO已在合理范围内做了努力，以提高其生成的译文的质量，但WMO不对其准确性、可靠性或正确性作任何明示或隐含的保证。将原始文件的内容翻译为中文时可能出现的任何歧义或差异均不具约束力，也不具遵守、执行或任何其他目的法律效力。由于系统的技术限制，某些内容（如图像）可能无法翻译。若对译文中所含信息的准确性有任何疑问，请参考英文原件，这是该文件的正式版本。]*

## 《2023-2027年全球观测系统发展高级别指导意见》对WIGOS 2040年愿景的响应

（JET-EOSDE工作组汇编的文件草案，由WMO和GCOS秘书处的顾问和专家、SC-MINT、GAW、SG-GBON和海洋预报评估任务组提供支持）

内容

[1. 目的和范围 3](#_Toc100657079)

[1.1 需要响应WIGOS 2040年愿景 3](#_Toc100657080)

[1.2 本文件的宗旨 4](#_Toc100657081)

[2. 关于全球观测能力发展响应的指南   
 WIGOS 2040年愿景 5](#_Toc100657082)

[2.1 从“指导声明”中综合部分的主要观测差距 建议 6](#_Toc100657083)

[2.1.1 全球NWP 9](#_Toc100657084)

[2.1.2 次季节至长期预测 10](#_Toc100657085)

[2.1.3 高分辨率NWP 11](#_Toc100657086)

[2.1.4 临近预报和甚短期预报 12](#_Toc100657087)

[2.1.5 航空气象学 13](#_Toc100657088)

[2.1.6 空间天气 14](#_Toc100657089)

[2.1.7 海洋应用 15](#_Toc100657090)

[2.1.8 气候监测 16](#_Toc100657091)

[2.1.9 大气成分 17](#_Toc100657092)

[2.1.10 新出现的冰冻圈服务 20](#_Toc100657093)

[2.1.11 水文服务 22](#_Toc100657094)

[2.2 来自一系列NWP观测影响的调查结果和建议 研讨会和其他领域 23](#_Toc100657095)

[2.2.1 各种观测系统对各种观测系统影响的国际研讨会   
 NWP 24](#_Toc100657096)

[2.2.2 其他领域的结论和建议 27](#_Toc100657097)

[2.3 空基观测 28](#_Toc100657098)

[2.4 基于地表的观测 30](#_Toc100657099)

[2.4.1 关于扩展GBON网络的指南 30](#_Toc100657100)

[2.4.2 GBON和RBON关系 32](#_Toc100657101)

[2.4.3 分析提供所需观测能力的成本效益 信息和产品 33](#_Toc100657102)

[2.4.4 协同作用和观测系统的优化机会 33](#_Toc100657103)

[2.4.5 向会员提供有关城市观测的战略和指南 37](#_Toc100657104)

[2.4.6 关于使用新观测技术的建议 38](#_Toc100657105)

[2.4.7 观测的环境可持续性 43](#_Toc100657106)

[2.4.8 风险管理和减缓 44](#_Toc100657107)

[2.5 对空基和地表发展具有高度优先重点的行动 基于观测系统 45](#_Toc100657108)

[2.6 关于数据政策和数据可用性的建议 51](#_Toc100657109)

[2.7 无线电频率协调 51](#_Toc100657110)

[3. 关于制定国家实施战略的指导 2040年WIGOS 52](#_Toc100657111)

[3.1 调查不同应用领域的国家需求 52](#_Toc100657112)

[3.2 汇编无技术的国家需求和网络设计 原则 53](#_Toc100657113)

[3.3 关于国家观测能力发展的概念 53](#_Toc100657114)

[3.4 关于试点活动的建议 53](#_Toc100657115)

[4. 基于系统性的能力发展机会和指南 观测融资机制（SOFF）和国家支持倡议（CSI） 53](#_Toc100657116)

[5. 关于需要响应WIGOS 2040年愿景的沟通计划 58](#_Toc100657117)

[附录1. WIGOS相关文件、规章性和指导性材料 60](#_Toc100657118)

[1. WIGOS相关文件 60](#_Toc100657119)

[2. WIGOS规章性和指导性材料 62](#_Toc100657120)

[附录2. 每个变量的指导差距概述声明 65](#_Toc100657121)

[附录3. 会员开展的全球观测系统演进实施计划（EGOS-IP）的关键行动 112](#_Toc100657122)

[附录4. GBON要求概述（须/应） 114](#_Toc100657123)

[附录5. 用于WIGOS高级别指导的综合城市服务（IUS） 116](#_Toc100657124)

[附录6. 大气成分变量以支持监测和预报应用 128](#_Toc100657125)

[缩写 129](#_Toc100657126)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**为响应WIGOS 2040年愿景，2023-2027年期间全球观测系统的发展高级别指导**

1. **目的和范围**

**1.1 需要响应WIGOS 2040年愿景**

本文件可为WMO会员提供有关到2040年作为WMO全球综合观测系统（WIGOS）组成部分的设想发展观测系统（国家和区域）的指南。该指南主要包括一般性原则，应考虑到会员和其他观测网络运行方制定实施计划的原则。此外，指南确定了为响应WIGOS、WMO计划优先重点以及了解当前数据差距而采取的紧急具体行动。该文件概述了与WIGOS 2040年愿景（[AR](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21727)、[EN](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21716" \l ".YPbKgOj7QUE)、[ES](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21736)、[FR](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21729)、[RU](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21735)、[ZH](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21728)）相关的文件，并设定未来五年（2023-2027年）的优先重点，以实施WIGOS 2040年愿景情景。假定本文件读者了解《WIGOS 2040年愿景》的内容。

在WIGOS的开发和预运行阶段，已编写了一些文件，旨在维护和开发所有WMO组成观测系统。 [附录1](#_Annex_1._WIGOS) 列出了相关的WIGOS文件、工具和规章材料，并阐明了其连接方式。本文件可从其中许多基础文件中汲取信息。

EC-61（2009年，日内瓦）批准的“2025年全球观测系统（GOS）愿景”为指导全球观测系统的发展提供了高级别目标。“滚动需求评审”（RRR）提供了“指导声明”（SoG），以确定WMO应用领域观测系统的主要差距。“全球观测系统发展实施计划（EGOS-IP）”，以WMO语言提供（[EN](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/ETeDnDonmulOiJu9zkzieu4Bp7thwbeKXXfCq1G8nxjjQA?e=KokUlQ)、[ES](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EZWZcp0fuphPqjejJkPOBxYBFN6n9aBU7gVl5z2RnhhQ-A?e=zQnoR6)、[FR](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EVRItRhG7OVCibWplVTp8U4BoxwVpJ02saZ9szskDLAueA?e=vrcmdh)、[RU](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/ERL2_7-DqEBMmfcUhLGtdBsB8u0za8LwyXpWZ140Lb_R-Q?e=yaCr0E)、[ZH](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EaZir2WZg25DlK61b8knNkMBEz-AjoQQziP17creMJp2yA?e=TNWVI3)），并附有GOS愿景。EGOS-IP的目标是以最具成本效益的方式满足WMO天气、气候和水应用的观测需求。实施计划包含开发空基和地基WMO观测系统组成部分的具体行动，并定期评审。2018年，第十八次世界气象大会（Cg-18）通过了10项此类行动的子集（见[附录3](#_Annex_3._Key)），而EGOS-IP行动清单在编写本高级别指南文件期间进行了审查，仍然相关的行动已被纳入[第2.5节的建议中](#_2.5_Actions_with)。

WIGOS实施取得的进展要求更新该愿景，以考虑到当前的挑战和机遇。通过这些信息，国家气象水文部门（NMHS）、空间机构和其他观测系统开发方将能够相应地调整其规划工作，以最大限度地发挥协同作用和物有所值。从一直延伸到2040年，WIGOS愿景具有长远眼光。在很大程度上，这一时间范围是由业务卫星或雷达更换计划等具体组成部分的长期计划制定和实施周期驱动的。

WIGOS初始运行阶段从2020年开始，是为了响应会员对气象、水文和气候服务日益增长的需求，从而更适应极端天气、气候、水和其他环境事件的社会经济后果。[[1]](#footnote-2)2040年WIGOS愿景中考虑了WMO的地球系统方法，它符合不断变化的用户需求和观测技术的进步，以及私营部门和第三方预计会发挥作用。现在需要调整观测战略以实现该愿景。

根据关于WIGOS从2020年开始向业务状态过渡[的决议37（Cg-18），](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827" \l "page=127)本决议的附录介绍了计划于2020年及以后开展的主要活动，以进一步开发下一个时期的系统。基于统一的模拟方法，全球地球系统观测将为满足提高天气到气候尺度无缝预测能力的需求奠定基础。此外[，决议38（Cg-18）](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827" \l "page=137)要求基础设施委员会开展必要的规划活动，以帮助会员和伙伴组织响应WIGOS 2040年愿景。大会进一步要求会员在规划其观测网络的发展时，考虑WIGOS 2040年愿景。

观测、基础设施与信息系统委员会（INFCOM）在其第一次届会上批准了WIGOS初始运行阶段（2020-2023年）（WIOP）计划。在随后由执行理事会通过的计划（EC‑73/Doc. 4.2（1））中，高优先重点是那些有助于会员在国家、区域和全球层面开发和实施WIGOS的活动。但它也要求会员促进遵守WIGOS技术规则的文化。此外，WIOP提出了一种方法来指导会员在2020-2023年期间发展其观测系统，以实现WIGOS 2040愿景（详见 [附录1](#_Annex_1._WIGOS) ）。WIOP包括支持国家WIGOS实施和区域协会发展的具体活动，这不属于本文件考虑因素的一部分，而是将予以补充。

**1.2 本文件的宗旨**

WIGOS 2040年愿景为未来几十年WMO领域内的用户观测资料需求如何发展以及一个满足用户需求的综合观测系统具有雄心勃勃、但技术上和经济上可行的愿景的可能情景。利用这些信息，NMHS、空间机构和其他观测系统开发方将能够相应地调整其规划工作，并能够做出实施该综合系统的必要决定。《愿景》还为用户提供了天气、气候、水、大气成分和其他相关观测资料的预期，并提供了关于信息技术和通信系统、研发工作、人员配备和教育培训规划的指导。

WIGOS初始运行阶段（2020-2023年）的计划描述了计划于近期开展的主要活动。其中，将制定一份旨在响应WIGOS 2040年愿景的全球观测能力发展指导文件（该计划第5.7节）。

这是本文件的目的：它提供高级别指导，以帮助会员在未来五年（2023-2027年）以简单易用的方式发展其观测系统，尤其侧重于最不发达国家、内陆发展中国家和小岛屿发展中国家。本指导文件确定了一些高优先领域，即能够实现具体和有效改进观测系统能力，并能够在未来五年取得进展。推荐行动的编写方式为高层管理人员和战略规划人员提供信息。

该文件侧重于一些关键优先重点，同时采用的更动态的方法，而非前2025年GOS愿景通过的方法、全球观测系统演进实施计划（EGOS-IP）及其115个重点行动。这种新方法将允许根据不断变化的需求、技术和机会调整实施行动。在第 [2章](#_2._Guidance_on)中，一系列关于各种观测系统对数值天气预报（NWP）影响的国际研讨会的调查结果和建议的摘要，以及《滚动需求评审指南声明》中的主要观测差距综合报告，并提出了一些关于用于弥补这些差距的技术组合的建议。因此，将按照地球系统方法确定优先重点，将全球NWP和气候监测视为基础[[2]](#footnote-3) 性应用，以及可产生重大社会经济效益的领域，包括减轻灾害风险（DRR）。

[第2章](#_2._Guidance_on) 还包括实施和管理全球基本观测网（GBON）网络的指南和义务，以及会员承诺扩大和加强免费和无限制的资料交换。其它在响应WIGOS 2040年愿景时以及本章也给出了其他发展方面。 [第3章](#_3._Guidance_on) 提出了制定实施WIGOS 2040年愿景的国家战略的行动。 [第4章](#_4._Capacity_development) 是关于能力发展机遇， [第5章](#_Communication_Plan_on) 介绍了沟通计划的细节。

1. **为响应WIGOS 2040年愿景而制定的全球观测能力发展指南**

WIGOS可为所有贡献的观测系统提供全球框架以及管理和设计工具，以便优化用户驱动的投资，以实现与天气、水、大气成分和气候有关的环境服务。WIGOS的主要组成部分包括全球观测系统（GOS）网络、全球大气监视网（GAW）的观测部分、全球冰冻圈监视网（GCW）的观测部分、以及WMO水文观测系统（WHOS）。此外，WMO正在与伙伴组织合作，通过全球气候观测系统（GCOS）和全球海洋观测系统（GOOS）在WIGOS气候监测和海洋观测框架中补充这些网络。

WIGOS 2040年愿景是空基和地基观测系统在未来20年如何演变的情景，以应对不断变化的用户观测需求。此外，它还涉及用户不断变化的需求以及空基和地基观测技术的预期演变。它是一个雄心勃勃的，但技术上和经济上可行的计划。愿景认为，未来的观测系统将建立在地基和空基的现有子系统之上，同时利用目前未纳入或充分利用的现有、新兴的观测技术。该愿景纳入了商业运营方和其他第三方获得的观测结果，并考虑了其重要性以及确保NMHS与其他国家和国际伙伴之间免费和公开交换此类数据所面临的挑战。

本文件中的高级别指导总结了当前观测网络的差距，列出了未来五年（2023-2027年）行动的具体优先重点，并提出了关于实施2040年愿景时应考虑的具体发展的建议。

本章将讨论的一些主题，如第[2.1节](#_2.1_Synthesis_of)中的差距分析、NWP影响研究（[第2.2节](#_2.2_Findings_and)）、关于GBON现状和程序的信息（[第2.4.1节](#_2.4.1_Guidance_on)）以及数据政策的新活动（[第2.4.1节](#_2.4.1_Guidance_on)和第[2.6](#_2.6_Recommendations_on)节）为会员制定实施WIGOS 2040年愿景的战略提出具体行动。本章介绍的其他主题，如观测系统的成本效益信息以及将全球和区域层面活动结合起来的机会，将有助于网络管理者更有效地运行其网络。

**2.1 从指导说明中综合主要观测差距，并提出一些建议**

为了就用户对观测资料的需求以及设计和实施WMO综合观测系统形成共识意见，WMO负责RRR过程。

RRR过程联合评审会员对观测的不断变化的要求以及现有和计划的观测系统的能力。因此，通过所谓的“指南声明”，每个应用领域的专家可考虑能力达到要求的程度，并就如何弥补这些差距提出建议提出差距分析。对于每个应用领域，该过程包括四个阶段：

1. 在WMO计划和共同发起的计划所涵盖的某个应用领域内，对会员观测需求进行技术评审：
2. 评审地基和空基的现有和计划的观测系统的观测能力;
3. 对能力（b）满足要求的程度进行严格评审（a）;和
4. 基于（c）的指导说明（SoG）。

这个过程在大约2年的周期内重复进行。SoG还应作为与观测系统机构进行对话的有益资源，讨论现有系统是否应该继续、修改或终止、是否应该规划和实施新系统，以及是否需要研发以满足用户无法满足的需求。

WMO应用领域描述了一项均一的活动，有可能汇编由在该领域业务上工作的社区专家商定的一套一致的观测用户需求。目前确定的应用领域是（1）[SoG，应用领域](https://community.wmo.int/rolling-review-requirements-process)):

1. 全球NWP;
2. 高分辨率NWP;
3. 临近预报和甚短期预报：
4. 次季节至更长时间尺度预测;
5. 航空气象学：
6. 预报大气成分;
7. 监测大气成分;
8. 提供大气成分信息以支持城市和人口稠密地区的服务：
9. 海洋应用;
10. 气候监测（GCOS）;
11. 农业气象学;
12. 水文;
13. 空间天气（Space weather）

观测用户需求的现状记录在[OSCAR/要求](https://space.oscar.wmo.int/observingrequirements)中，而WMO应用领域的SoG状态见下列链接：[SoG、应用领域](https://community.wmo.int/rolling-review-requirements-process)。不同应用领域SAG的成熟度水平存在一些变化。全球NWP、高分辨率NWP、临近预报和甚短期预报、次季节至长期预测、航空气象和空间天气等的SoG都最新。海洋应用SoG已有几年时间，但已作出更新安排。GCW、GAW、GCOS和WMO水文观测系统正致力于尽快将高级别声明纳入本文件。

Cg-18通过了WMO 2020-2023年战略计划，其中确定了总体优先重点，在确定SAG的关键观测差距时必须加以尊重。以下是：

1. “地球系统”方法：
2. 社会经济效益的优先重点：和
3. 减轻与高影响天气有关的灾害风险。

作为WMO地球系统方法的一部分，地球被视为大气、海洋、冰冻圈、内陆水文、生物圈和地圈的综合系统。这为政策和决策者提供了依据对决定地球过去、当前和未来状态的物理、化学、生物和人类的相互作用的更深入的了解。在这方面，全球NWP应用领域被视为基础性，其模式需要地球系统各组成部分的资料。因此，它被赋予了关键优先事项。因此，已纳入了地球系统领域之间的接口。改进监测和预报活动有助于减少与高风险天气有关的灾害影响，并改善社会经济效益。

还应优先考虑次季节至更长时间尺度的监测和预测：气候应用和服务、水文、化学天气/空气质量和温室气体（GHG）分布和变率。其中许多要求是重叠的，并且与常见的NWP变量是协同作用的，尽管通常需要额外的摘要报告（每日和每月）。还需要监测和预测陆地、大气成分（例如污染）以及NWP通常不能使用的海洋变量。

为了总结，本文件中考虑的下列关键驱动因素和优先重点是：

关键驱动因素[[3]](#footnote-4)：

1. 更好地保护生命财产、灾害风险和减少影响
2. 高影响天气
3. 如果WMO未来的战略计划相应确定优先重点，诸如城市综合服务或海洋应用等其他应用领域将更加关注。
4. 热浪、干旱和水荒：
5. 洪水、洪水（雨季、河流、沿海）;
6. 极端污染
7. 改进社会和社会经济效益
8. 运输服务（航空、公路和铁路、海洋、内陆导航）;
9. 水资源的可用性和质量：
10. 针对减缓和适应的气候服务;
11. 农业、水产业服务;
12. 能源生产支持;
13. 旅游和娱乐服务;
14. 对生态系统和生物多样性的支持：
15. 卫生服务

高优先级的应用领域：

1. 全球NWP，被视为WMO地球系统方法的基础应用领域，特别关注GBON要求（详见 [附录4](#_Annex_4._Overview) ）和地球系统领域之间的界面：
2. 大气–海洋，包括海冰
3. 大气–陆地;
4. 大气 – 冰冻圈;
5. 大气 – 水圈。
6. 气候监测、应用和服务：
7. 次季节到更长期预测;
8. 用于温室气体排放管理的温室气体监测和信息服务
9. 水文监测和水资源管理服务。

由于当前WMO战略计划的优先重点和WMO计划在未来五年内已确定优先重点的地球系统领域，因此选择了这些应用领域。包括海洋和城市应用在内的其他应用在未来将变得更为重要。

在本章其余部分中，将对关键观测差距进行综合，并给出有关如何弥补这些差距的建议，同时考虑上述所述的优先重点。有关各应用领域的完整SoG，请参见上面给出的链接。

**2.1.1 全球NWP**

全球NWP系统可制作长达10-15天大气状况的短期和中期天气预报，水平分辨率通常为10-25公里，在平流层附近垂直分辨率为10-30米，在平流层上升至500-1000米。此类预报的大多成员集合可提供不确定性的估算。预报员使用NWP模式输出作为指导，为其关注的领域发布重要天气变量的预报。集合模式输出用于预测概率的极端或灾害性和破坏性天气事件的风险。此类集合需要很好地了解NWP模式的不确定性以及包括观测在内的所有输入资料。全球NWP模式也可用于为区域NWP、高分辨率模式、预测空气质量和大气成分的系统以及业务海洋学和水文学提供边界条件。耦合预报系统的最新发展表明，根据地球系统方法，海洋和海冰模式与大气耦合NWP预报的好处。地基观测和卫星观测对NWP的准确性有显著贡献。卫星探测资料可提供非常好的水平分辨率和覆盖范围，但垂直分辨率有限。

NWP模式已显示出先进的微波探测仪器（如AMSU-A[[4]](#footnote-5)、MHS和ATMS）以及高光谱分辨率探测仪产生了很强的积极影响，且垂直分辨率有所改进（AIRS、IASI和CrIS）。无偏差的无线电掩星测量现在可通过高精度和垂直分辨率补充其他系统，并证明NWP产生了显著的影响。风力多普勒激光雷达的研究资料已证明在业务系统中有所益处，这确认了提供高垂直分辨率风信息的业务任务的要求。

NWP系统的现代资料同化组份能够有效利用天气和不经知的观测资料。这些方法有助于从低地球轨道和静止卫星、飞机和自动地面站以及从云、降水、臭氧等测量中提取时间序列的信息。最高效益来自近实时可用的观测资料。目前全球尚未分发若干类型的实地测量资料和雷达降雨资料。这些观测资料的近实时交换将为NWP模式提供更多信息，特别是有关积雪土壤湿度、雪深或水当量（SWE）、阵风、降水（雨量计和雷达）以及地基GPS资料。

陆地和冰冻圈表面的准确描述可带来具体挑战：（a）影响海冰的小尺度过程的模式表示 雪、固态降水、混合相云和稳定的边界层，包括山地边界层及其不确定性，（b）有限的可用性、维护/质量以及实时交换雪和冰观测资料，（c）大数据的次水平同化（通常是在积雪和冰覆盖的表面上） 极轨卫星的体积是由于模糊信号特性和比低纬度地区更大的系统模式误差，（d）缺乏在高山地区测量的固体降水、雪深或SWE的积雪、冰川质量变化和所有纬度多年冻土的卫星产品，并且（e）继续协调，最大限度地利用合成孔径雷达从空间获得冰冻圈观测的好处。

NWP界确定了下列改进观测系统及其全球传输的重要优先重点：

1. 主要人口稠密地区以外的所有高度的水平风矢量（u，v）垂直廓线，尤其是在热带地区、海洋地区和平流层：
2. 在多云地区，特别是极地和人口稀少的陆地区域，在多云地区，温度和湿度廓线足够垂直分辨率，这些地区卫星资料利用仍具有挑战性：
3. 更及时地获取和更广泛地分发若干类型的地基测量资料，以及制作但目前尚未在全球分发的雷达资料：
4. 进一步扩大飞机数据的覆盖面，特别是来自热带的上升/下降廓线;
5. 全球分发高分辨率BUFR无线电探空仪测量结果，以及所有无线电探空站的详细时间空间信息;
6. 更多海冰厚度观测，以及北极和冰冻圈对积雪深度和水当量的观测资料：
7. 需要开展更多的海洋观测（海面温度、海表盐度和廓线测量）和海洋近地表测量：
8. 提高某些卫星观测的空间和时间（目标采样周期为1小时）的覆盖，例如微波和高光谱红外探测。

**2.1.2 次季节至长期预测**

为了提供从次季节到年代际时间尺度的预测，通常为两个星期至10年，通常使用完全耦合的海洋-陆地-大气模式。与天气预报一样，使用这些耦合模式的集合预报可提供气候事件的概率风险预报。在某些部分，次季节至长期预测（WWP）的要求与全球NWP基本相同。因此，敦促SCP的SoG侧重于那些对次季节到更长时间尺度预测进行初始化、验证和校准至关重要的要素。

极地和山区的观测能力对于支持改进极地和山区过程的参数化是必要的，如新的观测技术、用于应用的遥感产品，以及复杂地形网络设计和资料同化的新战略，以满足陆地-大气-海洋-海冰耦合预测系统的需求，包括对界面耦合预测的初始化。例如，大型模式和观测不确定性（例如海冰厚度）以及海冰变量之间复杂的多尺度相互作用对海冰/海洋资料同化系统中的海冰/海洋观测资料的吸收面临着挑战。

在SCP模式改进指南声明总结的关键机会是：

1. 提供高质量和快速交付的海面温度（SST）产品对于次季节至季节预测的进展非常重要。目前，此类昼夜SST产品的精度和空间尺度仅略有满足。船舶和系泊和漂流浮标可提供具有可接受的准确度的地基观测，但在大片地区覆盖率和频率较差或出现边缘。
2. 改进对海洋降水的估算。
3. 准确的地表状况估算，如土壤湿度和积雪特征，用于次季节尺度的预测。
4. 平流层硫酸盐气溶胶由大量爆炸性火山喷发灌，对全球气候产生了重大影响。因此，次季节到年代际预测需要气溶胶负荷的地理分布，垂直和月分辨率为1-2公里。

**2.1.3 高分辨率NWP**

高分辨率（HR）NWP模式可制作1-5公里水平分辨率的气象事件预报。由于对诸如云和降水等大气现象的更现实的描述，此类预报更为详细。附加细节可通过更细的计算网格、更详细的地形规格以及更准确的物理过程的处方来提供。模式需要更密集和更频繁的观测资料，以具体说明详细的初始条件。HR NWP系统的资料同化方案通常需要每6小时、3小时或1小时频繁分析，从而需要更短期交付的频繁观测资料。

HR NWP模式使用与全球NWP相同的观测资料，外加一些地方地基观测系统，主要位于陆地上，如天气雷达。特别是，HR NWP的输出将受益于：

1. 更好地使用多普勒天气雷达的云和降水观测资料，包括根据偏振测量推导的降水类型：
2. 提高边界层温度和湿度廓线测量的覆盖范围，因为这是模式垂直分辨率最高的地区：
3. 提高飞机数据的覆盖范围，特别是来自上升和下降廓线（包括湿度）的资料;
4. 更多描述地表的变量的测量，例如土壤湿度和积雪深度;
5. 在城市地区、海上或易发生高影响天气事件的地区开展地基时间和空间高分辨率观测：
6. 提供总柱水汽信息的全球导航卫星系统（GNSS）观测资料：
7. 充分利用GEO和LEO轨道的高分辨率卫星观测：
8. 地球静止轨道的高频高光谱红外探测仪资料：
9. 高分辨率和高频海面温度，包括表示临近预报和预报期间海洋中尺度和次中尺度过程引起的强锋和梯度，河流羽流，涌浪，在高能量和湍流区域。

**2.1.4 临近预报和甚短期预报**

未来0-2小时的预报被称为临近预报（NWC），从2-12小时甚短期预报（VSRF）和之外的短期预报。临近预报技术使用外推观测资料，应用启发性规则修改这些观测资料在未来，例如通过跟踪导出的矢量来位移雷暴单体。随着提前时间的天气规则和NWP资料的接管。根据天气现象，临近预报和VSRF覆盖了从微字母（几百米到2公里）到中字母（200-2000公里）的空间尺度。时间尺度从几分钟到12小时以上。

临近预报和VSRF技术可用于许多现象。它们最常用于预报附带服务现象的对流风暴：与温带和热带风暴相关的中尺度特征：雾和低云;局部强迫降水事件;冬季天气（雪、冰、雨凇霜、暴风雪、雪崩）;野火和受空气污染、化学或放射性事故污染的地区。用于预报这些现象的观测水平分辨率在一些人口稠密地区是可接受的，但在人口稀少地区和海面以上没有边缘。只有一组可用的地面观测资料能及时到达NMHS，天气雷达网络的资料具有较高的时空分辨率，并可提供关于强风暴的内部结构和移动的重要信息，而且对于实时探测高影响天气至关重要，但雷达站点仅在人口稠密地区且资料的跨界交换必须得到改进。

VSRF现在更常见的是利用高分辨率局地区域和区域NWP模式生成，其中一些模式有快速更新周期。近年来，临近预报和VSRF更多地依赖于混合技术，并结合多种数据源（实地和遥感观测、NWP、模式输出统计（MOS）资料、高分辨率地形、启发式规则），利用提前时间依赖型权重（确定性或概率性）无缝方式。利用现代数据驱动方法（AI、机器学习）以及使用非常规的众包数据（如智能手机数据）已对临近预报应用具有吸引力。在所需的VSRF时间框架中，人类预报员也发挥了宝贵的（目前不可替代）的作用。这样的时间框架也是来自“综合”网络的数据，甚至是不良质量的数据能够发挥作用，以帮助支持人类的判断。

这里讨论的关键观测差距主要侧重于通过资料同化和NWP之外的用途，这些应用在前几节已经涵盖。关于解决临近预报和VSRF差距的建议包括：

1. 如果资料得到广泛提供，可利用许多本地中尺度网络的额外数据。（众包资料和图像，用于识别和临近预报天气相关影响）;
2. 应当在诸如机场、港口和城市等敏感地区附近（但不立即）安装更多的天气雷达：
3. 雷达风廓线仪可在次小时间隔提供较高垂直分辨率廓线 – 其地理覆盖率仅限于世界一些地区：
4. 用于温度和水汽廓线的新激光雷达系统可提供准确的高分辨率垂直廓线，但目前全球很少有仪器投入业务运行：
5. 地基雷电探测网络具备良好探测效率的多数可在发达国家获得-空基闪电探测仪器有可能填补最近发射的GEO卫星（如GOES和FY）的运行空白（不久也是MTG），但尚未完全覆盖GEO的全球闪电探测覆盖率;
6. 飞机观测：可从机场附近上升和下降而获得准确的飞机气象资料中继（AMDAR）廓线，且可从主要航线获取AMDAR观测数据：AMDAR观测越来越多地辅以ICAO和ATM管制系统的飞机数据（ADS-C和ADS-B/Mode-S）;
7. 卫星数据：在对地静止卫星上快速成像地球表面，其速率为2毫秒，对于临近预报至关重要，但对所有地球静止卫星来说并不完全可用。新一代对地静止卫星也在提供闪电观测，这些观测与图像资料相结合可能会减缓雷达观测资料的缺失。这一潜力应得到充分探讨。

**2.1.5 航空气象学**

航空气象服务可支持全球空中交通安全、效率和能力，从而带来经济和环境效益。基本要求见ICAO《国际民用航空公约》附件3、《国际空中导航气象服务》。航空气象具有全球作用，其用户范围从飞行员、空中交通管制和管理到航空公司调度台以及机场当局。ICAO世界区域预报系统（WAFS）是ICAO附件3规定的多种设施和服务之一。WAFS定义了由两个ICAO指定的世界区域预报中心（WAFC）、伦敦和华盛顿以多种格式发布的预报。世界区域预报中心制作的全球WAFS预报是利用地基和卫星观测以及NWP模式的组合制作的。ICAO附件3所要求的其他类型的设施和服务包括（但不限于）提供机场的气象观测、报告、预报、预警和警报以及提供关于在航路空发生或预计发生灾害性气象条件的信息（称为SIGMET）。在一些国家，这些设施和服务辅以临近预报和甚短期预报方法。用户需求见观测系统能力分析和评审（OSCAR）WMO数据库。

对于更广泛的终端区域的预报和预警，地基测量和地基遥感技术有可能满足这些要求。这些中心适用于发达国家的大型枢纽，但其高成本阻碍了一般全球可用性。本文件[第4章](#_4._Capacity_development)所述的能力发展机制可能会改善发展中国家的情况。

在大型国际机场，用户需要新的机场预报和警报，用于更大的进场和离场区域。观测、因此，针对航空业的预报和预警方面的挑战包括风切变/微下击暴流、湍流、火山灰和SO2浓度以及低能见度。中尺度网络，包括闪电探测、激光雷达和双偏振功能的多普勒雷达以及临近预报算法，都将要求这些机场使用。

不断变化的用户需求和不断变化的业务环境正在逐步从人工观测过渡到机场的全自动观测。

在一些国家，通过人工观测或全自动观测制作常规和特殊机场气象报告（METAR和SPECI）可能是常规的、可靠的、高质量的地面（地基）观测资料的唯一来源，即它们可能无法补充SYYOP报告的来报率。现行政策要求，只有ICAO航空固定服务（AFS）才能获得国家或多国成本回收，由支持国际航空导航的观测、报告、预警和警报，并由ICAO公约控制，但气象服务包括支持国际航空导航的所有观测、报告、预报、预警和警报。因此，METAR/SPECI和其他类型的气象观测/报告（如特殊空中报告（AIREP））并未纳入WIGOS。

**2.1.6 空间天气**

空间天气是包括太阳、太阳风、磁层、电离层和热层在内的自然空间环境的物理和现象状态，及其与地球的相互作用。空间天气扰动源于太阳，在到达近地空间之前，空间天气扰动通过星际介质在传播过程中发展，扰乱了磁层和电离层，并影响地球磁场。空间天气事件可对在空间和地球运行的关键基础设施和技术产生不利影响。

多种现代技术基础设施受到空间天气的影响。这些脆弱的技术包括卫星、导航和通信、电网和管道运行、航空等。2019年11月开始向ICAO提供业务空间天气服务，这为连续的近实时资料提供以及基于事件的临近预报和部分技术和航空影响发布确定了新的高度优先要求。测量的可靠性和连续性远不足以满足现有的需求。

空间天气服务是国家努力的，由多国联盟和组织提供。国际空间环境服务局是设在不同国家的空间天气中心的伞。今天，空间天气服务依靠地基和空基两种业务和研宄设施，这些设施并未被完全纳入协调的观测网络，无法为业务提供近实时资料。《空间天气服务指南声明》中的差距分析描述了六类业务要求，即太阳、太阳风和日球、近地环境高能粒子、电离层、热层和地磁场。关于 [，请参见《指南声明》第2节：太阳观测。](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EZTGPBpj9NtEhM55X59DA0kB16jfthKqZxtbHagFvKPd9w?e=MimnYZ) 如何弥补所确定的差距的建议

**2.1.7 海洋应用**

这些建议是根据2016年编写并2021年由海洋预测系统评估任务组编写并更新的SoG文件的初步版本得出的。主要的挑战是观测全球尺度的海洋生物地球化学、高分辨率空间观测和沿海观测。

1. 卫星可提供关于海面状况的基本信息，以限制“蓝海”的海洋预报模式，特别是包括海浪在内的海洋物理学。关于有效浪高、地转洋流、海平面高度、温度的信息，以及自最近盐度以来的信息。中尺度特征是从全球尺度的卫星反演的，其分辨率不断提高。对于卫星测高而言，需要一些仪器组合在一起，以获得满意的空间分辨率（即<100公里，而沿海地区更少）。沿海地区测高产品的分辨率仍然太粗了。基于宽幅观测的下一代测高（例如，地表水和海洋地形（SWOT））具有潜力，并将提供更高分辨率的观测（<50公里）。
2. 总之，非常需要协同利用卫星任务和地基平台的资料，以便制作准确的海洋产品。例如，需要漂流浮标和潮汐测量仪、海面盐度、温度和辐射数据，以支持开发高质量的高度表、海洋水色和盐度海洋产品。这种协调仍然不够。这在一些地区（如沿海地区和极地海洋）尤为关键。
3. 沿海海洋的动态主要受其横向边界的影响。海洋预测的质量可能会受到太粗分辨率强迫的不利影响。有关来自大气和陆地的热量、水、养分通量的高分辨率信息将提高沿海预报系统的性能。对于海浪计算，卫星表面风资料的准确性不足，尤其是在风暴风速范围内。高频雷达测量海表洋流可观测到沿海动态。
4. 卫星微波辐射计（如AMSRE/AMSR2的SSMI/SSMIS等）观测到的海冰浓度同化通常是在次季节到长期预测系统中进行的，它对初始海冰状态的准确估算具有关键影响。如果考虑到目前次季节到更长时间的预测系统的质量，那么冻结季节期间的观测能力就足够了。一些研究表明，海冰厚度同化对于改进对海冰范围在融冰季节的预测是有效的。
5. 针对地面风的散射计测量，每6小时取样一次。
6. 如果海洋模式同化地表和次表层资料，海表海洋预测的质量会改善。诸如Argos、滑翔机、浮标和系泊等自主平台的出现，提高了提供（N）RT模式观测的海洋预报的质量。特别是，具有海冰探测的自主平台在极地海洋特别有用，因为观测差距（实时）会阻碍海冰预报的可靠性，从而影响NWP。
7. 未来十年，预计（次）地基（如BGC Argo浮标、滑翔机）和卫星生物地球化学观测的飞速发展，可提高“绿色海洋”（生物化学和生态系统）的预报能力。

**2.1.8 气候监测**

地基和卫星观测的全球气候系统可为所有国家和社会带来诸多利益。它们可支持全球模式、预报和预估的输出。应急预警系统可使用嵌入在全球模拟系统中的局地模式和观测资料，而规划通常可使用从全球结果中降尺度的模式。气候相关政策由数据驱动：联合国气候变化框架公约（UNFCCC）是一个基于科学的过程，它利用IPCC基于气候观测的气候状态评估以及基于观测的气候状况报告。确保并扩展地球系统长期监测所需的观测系统，需要各级，包括国际组织、国家机构以及科学界进行大量努力和协作。

气候监测的许多关键要求类似于其它应用确定的一些要求（见上文）。然而，要探测嵌入在昼夜、季节和多年变化中长期变化时，对气候的要求通常远超天气预报的准确度和一致性。需要来自全球广泛来源的历史观测数据来建立用于了解和更好地规划未来气候变化所需的长期趋势。气候再分析也需要历史观测，对气候监测和应用具有多种效益，包括适应。最后，气候监测需要一组观测资料，也包括陆地和海洋观测资料。GCOS目前规定了54个基本气候变量（ECV），这些变量对表征地球气候至关重要。

因此，对气候监测的关键要求包括：

1. 对全球气候观测系统持续的长期支持：
2. 基准观测：GCOS已经建立了GCOS基准高空网（GRUAN），并正在与WMO一起建立GCOS地表基准网（GSRN）;近年来在实施GRUAN方面取得了相当大的进展 – 该网络已大大扩展，纳入了以前代表性不足的地区（包括热带和南极洲的第一个台站）的一些台站：
3. 数据管理、存档和获取：保存基本的气候资料记录、充分的数据管理、存档和获取至关重要：从硬拷贝或过时的数字格式中拯救数据对于确保基本数据记录尽可能长的时间序列至关重要：
4. 交换逐日和月报表（CLIMAT和逐日-CLIMAT电报）以及会员收集的历史和NRT数据：
5. 纳入了NMHS通常不测量的一些额外的陆地和海洋ECV的观测资料。

《2021年GCOS状况报告》将于2021年10月发布，并可提供关于现有差距的更具体信息。本报告现有差距的主要结论是：

1. 在原位观测的全球覆盖率方面仍然存在差距：几乎所有ECV的地基观测在一些地区始终存在缺陷，尤其是在非洲、南美洲、东南亚、南大洋和冰覆盖地区。
2. 由于后勤方面的困难，冰上原位观测仍然是一个挑战。
3. 海洋观测中仍然存在巨大空白，特别是沿大陆边界、极地海洋和边缘海洋。海洋次表层测量对于监测和预测气候系统至关重要。决定将Argo计划（海洋剖面浮标）扩展到全水柱和海冰之下，包括生物地球化学变量，以解决这一挑战，但需要付出努力。
4. 卫星观测方面的差距包括对流层低层臭氧，以补充有限的地表观测覆盖范围，并确定趋势，以及测量全球平流层CH4廓线的仪器。
5. 许多ECV的观测并未得到可持续资助。大气成分、多年冻土和深海等观测依赖于短期资金，无法保证长期运行。

GCOS专家组、AOPC、OOPC和TOPC将开始讨论，提出改进全球气候观测系统的行动建议，并解决状态报告中确定的差距。确定的行动将纳入下一版的GCOS实施计划，将于2022年10月发布。

**2.1.9 大气成分**

GAW计划的观测部分可提供有关大气化学成分和相关物理特征的全球信息。这些观测可支持多种应用，并需要满足环境公约的要求，加强预测空气质量、气候和天气的能力，并为支持环境政策的科学评估做出贡献[[5]](#footnote-6)。GAW可协助会员国观测和共享大气成分数据。大气成分及其变化可对我们的生活和环境产生多重影响。通过观测可充分记录不断变化的温室气体浓度。全球温室气体观测网络的资料由日本气象厅主办的世界温室气体数据中心（WGCGG）分发。全球综合温室气体信息系统（GAW[全球温室气体综合信息系统](https://ig3is.wmo.int/)）项目的资料是对全球网络补充，该信息系统着眼于温室气体分布，具有更高的时空分辨率，以支持排放估算以支持不同的目标（从城市和设施尺度到国家）。全球地球观测（GEO）碳战略中提供了一个关于碳循环研究的综合网络设计。此外，地球观测卫星委员会（CEOS）大气成分虚拟星群编制了一[份白皮书](https://ceos.org/document_management/Virtual_Constellations/ACC/Documents/CEOS_AC-VC_GHG_White_Paper_Version_1_20181009.pdf)，描述了如何将空基传感器的CO2和CH4估算纳入全球碳监测系统。温室气体观测能够跟踪气候驱动因素的变化，确定排放热点地区，建立减排目标，并评估取得的进展或根据《巴黎协定》采取进一步的过渡行动。

臭氧观测已证明该条约的成功以及自2000年以来开始臭氧层恢复（[2018年科学评估](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5704)[[6]](#footnote-7)）。由于高水平大气污染物造成的局地空气质量差，估计每年造成700万人过早死亡（世界卫生组织，2016年）。气溶胶和活性气体丰度数据是确定急性健康威胁的关键，并用于全球疾病负担的估算（Shaddick等，2021[[7]](#footnote-8)）。近实时提供此类资料对于提高预报准确性至关重要，可用于发布预警和指导减缓措施。观测还用于制定应对大气污染物的政策措施，监测合规性，并评估这些措施的影响（Maas、R.、P. Grennfelt（eds），2016[[8]](#footnote-9)）。

尽管GAW观测网络在不断增长，但仍然存在重要的差距（Laj等，WMO公报第68卷（2）-2019）。全球大部分地区没有观测基础设施。此外，没有共享一些观测资料，因此无法通过GAW或其他机制提供给国际社会。

虽然资料覆盖率和可用性是明显的挑战，但观测资料的质量是必须加以考虑的另一个方面。一些观测资料没有描述资料质量的元数据，以防止其充分利用。观测要求不仅适用于原始观测资料的质量。他们还确定了依托的最终产品和服务的质量以及它们提供的时效性。

**大气成分的监测** 包括区域到全球尺度上评估大气成分分布并分析大气成分变化的分布及分析等应用。此类应用可支持科学评估和过程研究，并要求资料的不确定性非常小，且具有全球或区域资料代表性，而资料传送的延迟可能相当显著，以确保观测资料的高质量。与 [GCOS观测战略](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3417) 及其全球监测ECV存在协同作用。

对于臭氧，2021年臭氧研究经理会议指出，有必要在明确确定科学需求的情况下，恢复和扩大定期的长期监测。关键地区是对流层-平流层交换的区域，例如季风地区、东南亚、海洋大陆和山区。臭氧和紫外线测量还应针对资料稀疏地区（例如南美洲、非洲和亚洲），以及跨热带地区准确检测布鲁尔-多布森环流变化和其他输送现象。

监测各种大气成分变量的全球覆盖要求需要使用卫星平台进行全面和一致的观测。目前地基监测站和遥感资料的组合还不足以精确确定许多大气成分的来源及其在大气中的输送。

为了支持气候监测，对大气GHG的全球监测，如CO2和CH4，已经开发出利用了近期GHG观测卫星收集的NWP和GHG卫星数据（例如GOSAT、OCO-2、TROPOMI）的资产。能力日趋成熟，主要模拟/资料同化中心（如欧洲中期天气预报中心（CAMS）和NASA全球模拟和同化办公室（GEOS））正在开发产品。

《巴黎协定》的实施将需要各国和地方实体（例如大城市）以最佳方式采取行动减少温室气体排放。为了协助它们履行其承诺，WMO启动了 [全球温室气体综合信息系统](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10034) （IG3IS）的开发工作。IG3IS结合了准确的大气测量与增强的社会经济活动数据和模式分析相结合，为建设者提供信息，以支持他们努力汇编和报告和减少向UNFCCC报告的国家排放清单报告的不确定性。

IG3IS是以现有和规划的地基测量网络、机载和卫星观测、模拟框架和资料同化系统为基础，以帮助弥补这些系统的关键空白。与CEOS和气象卫星协调组（CGMS）合作，IG3IS将把CO2和CH4的地面和机载测量与现有和计划的空间传感器相结合，以及时开发一个原型、全球大气CO2和CH4通量产品，以支持建设者开发2023年全球盘点的GHG排放清单。

**预报大气成分变化** 及其引发的环境现象包括从全球到区域尺度的应用，其水平分辨率类似于全球数值天气预报（约10公里和较粗），并具有严格的时效性要求（近实时）。这些观测的不确定性可能高于在监测的情况下。这些应用包括支持空气质量和化学天气预报、沙尘暴预警、野火烟羽扩散和霾雾预测等业务。与许多数值天气预报应用领域有明确的联系和协同作用。

气溶胶颗粒特性数值预报已成为许多研究和业务天气中心的一项重要活动。这是因为不同利益相关方（如空气质量监管机构、航空和军事当局、太阳能厂管理者、气候服务提供方和卫生专业人员）越来越感兴趣。 [Benedetti等（2018）](https://acp.copernicus.org/articles/18/10615/2018/) 描述了出色的气溶胶观测差距，包括需要改进气溶胶形态和气溶胶粒径分布，用于模拟和资料同化和验证。

预报大气成分还需要模式和产品验证、研发数据、数据以鉴定模式改进以及支持哥白尼大气监测服务（CAMS）等其他服务需求。 [Peuch](https://meetings.wmo.int/WMO-Data-Conference/PublishingImages/SitePages/Preparatory%20Workshops/What%20are%20the%20atmospheric%20observation%20data%20gaps%20and%20what%20should%20WMO%20do%20to%20close%20them.pdf) 在2020年WMO数据大会上描述了业务预报差距。非洲、南美洲和东南亚大部分地区都存在这些差距。需要改进气溶胶成分和超薄部分、高精度温室气体浓度、高精度氮氧化物、挥发性有机化合物和稳定的同位素。垂直领域仍然具有挑战性。很少有探空仪、气球和商业飞机平台。

将卫星观测用于对流层和近地表大气化学成分测量（仅针对一些变量）仅出现在学术领域之外（例如，最近发射的韩国地球静止环境监测分光计（GEMS）仪器）。虽然对地静止平台将提高监测、预报和管理空气质量的能力，但未来WIGOS的计划缺乏持续监测空气质量所需的专业GEO卫星群。

**提供大气成分信息以支持城市和人口稠密地区的服务** 可形成一套非常具体的观测要求，针对特大城市和大型城市综合体（水平分辨率为几公里或更小，例如城市街区），在某些情况下，具有严格的时效性要求。此类应用的一个显著特点是侧重于研究以支持业务服务，例如空气质量预报，其使用诸如试点项目和可行性示范等方法，如在一些拉丁美洲城市开发新的空气质量预报服务。城市尺度的综合预报系统有可能帮助建设这些城市中心的复原力，并为全套天气和环境条件提供早期预警系统。

GAW城市气象和环境研究（GURME）在开发这些需要紧密耦合气象、大气成分、水文和气候过程的城市尺度模式中发挥着重要作用。在开发城市系统的同时，GURME将与其他人合作确定那些能够支持评估和最终在这些尺度上同化的观测系统。

重要的观测要求是确定主要城市的人为排放。为了切实说明各种来源，还需要相对高分辨率的人类活动排放清单。建立当地台站，以促进和加强附近排放源影响地区的研究和服务，将有助于填补这一空白。局地台站可补充当地监管机构收集的空气污染数据和/或可形成建立这些网络的核心，这些网络在尚未进行空气质量业务监测的地区建立。

IG3IS正在向大型城市源地区提供其温室气体（GHG）排放部门对其排放量、趋势和归因的及时和量化信息，以评估和指导减排目标的进展。IG3IS通过与城市当局的直接联系以及通过建立一个感兴趣的利益相关方和试点城市咨询组来确定利益相关方的期望和需求。通过一些示范项目，这些互动正在促进改进测量网络的设计，并支持改进排放异常的清单和身份。

**2.1.10 新兴 冰冻圈服务**

冰冻圈是地球气候系统的一部分，包括固体降水、雪、海冰、湖冰和河冰、冰山、冰川和冰帽、冰盖和冰架、多年冻土和季节性冻土。它是地球气候系统的一个重要组成部分，它通过交换热量、湿度以及通过反照率温度反馈来影响能量收支。积雪的可变性增加、冰川普遍退缩、海冰减少、所有纬度和海拔地区多年冻土融化均对经济、社会和环境产生重大影响。实际的减缓和适应策略需要准确预测与海洋和大气预测以及气候监测等应用相关的时间尺度上的冰冻圈预期变化。尽管近年来取得了重大进展，但目前，由于冰冻圈观测、过程理解和模拟能力不足，准确预测受到了阻碍[[9]](#footnote-10)。数十年的观测资料需要量化了解气候行为的趋势，并确定变化，因为冰冻圈的不同组成部分有不同的时间尺度。

在极地和山区，由于与理解冰冻圈的过程、模拟和观测差距有关的具体挑战，提前数小时至季节制作准确可靠的预测比其它区域更为困难。在有雪和海冰的季节和地区，对于天气和水文预测和气候监测，没有最佳地利用现有的地面和卫星观测资料。大多数现有的冰冻圈观测，例如海冰、冰川、多年冻土、积雪等，都分散在多个机构中，有时是研究计划的一部分，而且通常不易受标准和法规的影响，因此具有高度可变的输出。使用共同商定的标准可使各资料中心和机构对日常信息提供有更高的信度。由于观测台站在高海拔地区稀疏，导致高海拔地区存在高度偏差，因此，许多山区的监测仍然不足，例如降水偏差。在低海拔地区，水文站不成比例地测量较大的山区河流，而不是高海拔的源头河流。此外，雪、冰川、多年冻土和热带高山生态系统的监测十分稀少，主要是在有时限的研究项目内，其资料并非总是可获取的。

**海冰监测和预测** – 需要改进关于北极和南大洋海冰的海冰（尤其是资料同化和预报）的海冰（和耦合海冰）模拟。这部分受到极地海洋空间不足采样的一部分阻碍，特别是对于南极海冰区大片地区，以及从两半球遥感资料中获取和评估各种关键海冰参数（如海冰厚度、海冰深度雪深）的困难。海冰及其积雪存在半球差异，一方面使得很难将直接观测转化为海冰变量，另一方面则挑战着全球模拟方法。海冰的存在对SST和热交换有影响。与冰盖不稳定开始有关的不确定性源于观测资料有限、冰盖过程的模式表示不充分、对大气、海洋和冰盖之间复杂相互作用的认识有限。

**用于导航的业务海冰区域监测** – 支持国家海冰服务是必要的，以便能够为海员提供日常海冰信息，以支持生命和安全。随着北极海冰变得越来越年轻，随着在厚度、漂移和变形等方面更加多变，业务海冰信息服务日益发展，包括更高精度和准确性的海冰区域和特征及冰预报的近实时信息，这一点越来越重要。

**冰川模拟** – 冰流动力学、不断变化的几何结构以及水文模拟的链接都需要冰川过程模式。此外，还需要反照率数据和模式，了解颗粒物负荷和清洁过程，并与NWP有联系，用于沙尘和颗粒（例如黑碳、野火）沉积在冰川上。

**2.1.11 水文 服务**

所有水管理方面都需要水文服务：洪水和干旱风险评估和减缓、饮用水、农业、工业、水力发电、导航、娱乐/旅游和生态系统的供水，并直接影响到人口的福祉。联合国关于水的可持续发展目标6（SDG 6）、《仙台减少灾害风险框架》和《巴黎气候协定》呼吁改进水资源管理。

水文服务包括各种资料产品（现状信息、季节和长期趋势、统计资料、设计特点等）、从几分钟到季节的预报和预测、包括地图和图表。这些产品需要了解整个水循环的当前和未来状态，包括蒸发和蒸散、降水、土壤湿度、地表和次地表径流、地下水通量，包括水质。WMO正在开发一些关键活动，如HydroHub（水监测）和HydroSOS（现状和展望产品），以支持会员的工作。评估水文循环/（水分平衡）需要对所有空间和时间尺度的许多变量进行测量，其中许多变量是高级别指南的其它领域（例如大气、气候、冰冻圈、海洋）的一部分，是地球系统方法效益的良好范例。

典型的陆地测量包括河流、湖泊、水库水位和地下水位、流量、流速、泥沙、水温和其他化学、物理和生物参数。不同土壤层的土壤湿度也是关键的。冰冻圈参数列在下面。大气变量包括降雨、风速、湿度、气温、辐射、蒸散。与水文有关的海洋参数是那些在沿海地区和河口测量的海洋参数，通常是三角洲和河口的水位、回水曲线和潮汐动力学、藻类、生物参数和河口的盐化。

冰冻圈需要特别关注。大多数采用在中度气候条件下形成的水文地表模式、极地和高山地区缺乏关键冷区过程的代表性，例如积雪动态、积雪再分布、通过积雪的垂直输送、能量收支、积雪与冻土之间的热相互作用、冰川动力学、Aufeis的形成、多年冻土活跃层深度的季节性动态 从寒冷、开阔水域、冰塞、积雪大坝等中抑制蒸散季节性积雪会影响土壤湿度、活动层深度和（春季）河流流量。

上文提到的对水文和水资源信息的冰冻圈观测要求包括季节性积雪和累积SWE，冰川质量范围逐年变化，定期河流和洪水观测和预报信息，包括冰塞洪水在冻结和解冻期间洪水，关于季节性到次季节气温预报和降水量，准确预测春崩裂冰酱洪水的时间和严重程度 冻结、观测和改进对多年冻土的监测，以及研究表明多年冻土的变化如何影响业务降雨径流模式和地下水。随着多年冻土融化和景观发生变化，降雨/径流关系也也发生变化。业务用途的了解或模拟不力。从长期来看，多年冻土融化是GHG排放的一个环节。

SWE是融雪条件和适当的径流模拟的关键变量。在山区，SWE的准确反演明显困难，需要加以改进。此外，对水量的估算会受到冠层的影响，在融雪条件下仍具有挑战性，这对水资源管理、水力能源生产等至关重要。

气候变化模拟需要跨大范围强有力的季节性积雪观测和模拟。

水文循环和水文状况受到人类活动的影响，例如水电坝、灌溉泵、工业和饮用水等。因此，获取用水数据（抽取量、回灌量、水库运行等）将是非常重要的。应当指出的是，这类资料很少共享，与私人和国家战略相连，而且通常不在NMHS职责范围之外。然而，与负责此类主题的联合国其他组织（通常是FAO负责灌溉）的协调可能是有益的。

必须修订现有的WMO水文测量网络设计法规（通常是国家或流域尺度），以便一方面考虑最新的科学知识，以解决所有空间和时间尺度上过程的复杂性和相互关联，另一方面，还需要用户提出的新需求。关于GBON水文变量的概念说明、统一数据政策的实施以及RRR过程的修订将为修改网络设计方法提供机会。这项活动是2021年世界气象大会特别届会（Cg-Ext（2021））批准的水文行动计划的一部分。

**2.2 观测研讨会和其他领域一系列NWP影响的结果和建议**

NWP是大多数针对WMO应用领域的天气和气候预测和相关产品和服务的基础。地基观测和卫星观测对NWP的准确性有显著贡献。WMO NWP观测研讨会对观测系统总体发展以及相关的WMO规章性和指导性材料有重大影响。一系列研讨会已成为一个成熟的论坛，用于交流关于观测影响NWP（全球和区域）的信息以及结果的解释。

一系列研讨会是RRR过程的关键组成部分。研究结果为WMO及其会员以及NWP中心和研究机构的数据同化开发工作提供信息，并就改进和发展空基和地基观测系统提出建议。研讨会的建议对会员的国家实施活动产生重大影响。研讨会的建议可就空基和地基观测资料在NWP系统资料同化中最有效的结合提出建议，并就如何以具有成本效益的方式运行其观测网络向WMO会员提供指导。

利用WMO 2020-2023年战略的地球系统方法，全球NWP应用领域运行的模式需要来自地球系统各组成部分的观测资料。因此，地球系统方法可为不同领域（海洋、大气、陆地、雪和冰、水文等）的合作提供机会。

基本上，开展观测影响研究有三个原因：

1. 优化观测网络拓扑的使用和影响，目前我们已有
2. 测试观测网络的新创新（潜在）增补（新技术和方法）;
3. 证明继续投资于现有的观测能力。

为了完成这一点，不断努力改进这些研究。

在以下各节中，将提供WIGOS维护和演进的关键活动摘要，以及影响研讨会的成果和建议。观测网络会随着新技术快速发展，同时服务发展迅速，包括私营部门。观测影响评估已在NWP、海洋和大气领域长期使用，并在其他领域不断发展。有些方法可跨领域传输。因此，结果将分别呈现用于其它领域的NWP。

**2.2.1 各种观测系统对NWP影响的国际研讨会**

1997年启动了一系列国际各种观测系统对NWP影响国际研讨会，从一开始就主要NWP中心积极参与其中。前基本系统委员会（CBS）每四年举办一次研讨会。它们确定要解决的科学问题并提出具体的影响研究建议。这些研讨会分析其结果，并根据有关观测系统各组成部分对短期和中期预报技巧所做出的贡献结论，为WMO及其会员提供有关不断演进的地基和空基观测系统设计的建议。这些研讨会已成为分享和讨论最近观测影响试验结果的主要平台，并已对空基和地基观测系统的总体发展以及相关的WMO规章性和指导性材料产生了重大影响。

已经介绍了观测系统实验（OSE）的结果，包括全球和区域方面。已经得出了关于观测系统各组成部分在短期和中期预报技能方面所做出的贡献。自这些研讨会开始以来，一些重大变化和发展影响了全球观测系统，并且为中尺度资料同化系统付出了更多的努力。除了OSE之外，使用其它技术来记录资料影响的趋势持续，例如基于共生和集合的基于敏感性的观测影响（FSOI和EFSOI）以及分析不确定性的估算。

第六次研讨会含报告的最终报告在WMO网站上公布[[10]](#footnote-11)。第七次在线举行作为虚拟活动于2020年12月举行。总体出席人数包括资料同化和观测影响专家、气候变化和季节预报专家、空间机构和私营企业的代表以及观测网络管理者。

为响应WIGOS 2040年愿景，本次研讨会就观测系统的发展提出了一份综合建议。

**WIGOS演进的关键点**

重要的是在国际上交换所有对全球NWP具有明显积极影响的观测资料。WMO关于 [2021）通过决议1（Cg-Ext（2021））免费和不受限制地交换所有相关观测数据。](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11113" \l "page=9) 地球系统数据国际交换的统一政策，现已由Cg-Ext（

在这种情况下，作为NMHS所提供所有产品和服务的支柱，GBON概念至关重要。这个概念旨在解决全球NWP和气候再分析的基本需求，将有助于减少网络密度和报告做法的不均匀性。在GBON发展的同时，WMO正与大约30个国际发展和气候融资伙伴合作，以开发系统观测融资机制（SOFF），为帮助在世界有地方资源需要援助的地区实施和运行GBON提供资源。SOFF的发展是缩小GBON现有差距的重要机制。详见第[2.4.1节](#_2.4.1_Guidance_on)和第[4节](#_4._Capacity_development)，分别了解GBON和SOFF。

国际交换不仅对于全球NWP所需的观测，而且对于主要针对区域NWP和局地应用的观测资料也很重要。图中显示了对区域（有限区域）预报技能的影响，是由于有限区域内观测资料的直接同化以及通过全球模式提供的横向边界条件的影响而产生。

已证明正在运行的新观测技术可为NWP带来积极影响，包括ESA的风神激光雷达任务。与在以往研讨会上所证明的相比，对模式准确度的影响也有所改进，很多观测技术也得到了改进。

天气雷达资料同化继续为NWP带来进一步的积极影响提供了一条有希望的途径。为了支持资料交换，至少在区域层面，迫切需要雷达产品和资料格式的标准化。GCOS所要求的长期存档也需要长期存档。

**关于特定观测系统的结论**

在全球NWP：

1. 无线电探空仪（ Radiosondes）高分辨率垂直资料同化、下降廓线和特殊活动提供的下投探空仪廓线、探空仪漂移、其显著改进。
2. 卫星辐射处理和同化。微波辐射（MW）是影响方面最重要的观测类型。从对“全天”微波辐射的同化中已注意到日益严重的影响。通过对观测误差的变薄、质量控制、辐射传输模拟和观测误差规范的持续关注，已经看到了对MW和IR辐射的影响。
3. 无线电掩星（RO）。除了温度和风场之外，还注意到对NWP湿度场的积极影响。改进的影响来自COSMIC-2资料质量的提高和RO资料总体数量的增加，没有任何迹象显示其影响已经饱和。全天候能力降低了NWP模式的误差。还注意到加工和同化方法的进展对改进的影响。
4. 飞机观测（Aircraft observations）通过同化更高空间分辨率的观测资料（包括热带气旋（TC）预报，已经获得了效益。新近可用的观测类型已注意到了积极的影响：TAMDAR、MODE-S和AMDAR湿度。
5. 大气运动矢量（AMV）。由于AMV的数量和类型增加，包括最近发射的卫星所产生的效益。此外，较高空间/时间分辨率的观测资料同化已显示出一些积极影响。
6. 地基GNSS。在更高的时间分辨率同化观测资料方面已注意到改进的影响。

在区域NWP：

1. 天气雷达观测（ Weather radar observations）这些观测资料可提供有关降水（速率和类型）和（径向）风的信息。反射率同化的趋势持续。一些中心尚未改进影响，包括对降水场的影响，以及大尺度强降水预报的影响，甚至可模拟临近预报提前期之外的状态变量。
2. 飞机观测（Aircraft observations）在有些地区，这些为区域NWP提供了最重要的投入。注意到MODE-S的重要性和潜力日益增加，尤其是对高空风和温度的影响。
3. 地基GNSS。越来越多的中心已经报告了效益：降水的短期预报（暴雨的位置和强度）以及湿度和云。
4. 地面降水（量器）观测。注意到对湿度分析的积极影响。
5. 报告了辐射同化（微波和红外）的日益影响。

也：

1. 据报道，海洋观测对SST和海冰量和厚度的海洋再分析质量产生了重大影响。观测包括实地温度和盐度次表层廓线（特别是Argo）、SST、海冰浓度（SIC）、海冰厚度（SIT）和海平面距平（SLA）。这些观测对于中期、每月和季节尺度的预报也很重要。
2. 极地地区的影响。已经注意到很强的季节性依赖性，基于地表的观测在冬季和夏季的卫星MW辐射率会产生更大的影响。在YOPPS SOP期间提供的更多无线电探空仪是有益的。已经证明了北极观测的预报影响，包括北极本身和北半球中纬度地区。

**2.2.2 其他领域的结论和建议**

（海洋、陆地、水文、冰冻圈、大气成分）

**大气成分**

WMO GAW建立了一个关于大气成分及相关物理参数的观测要求和卫星测量特设任务组（TT-ObsReq），以审查用户对大气成分的具体需求。TT-ObsReq还分析了大气成分观测在支持不同WMO应用领域中的作用（[GAW报告No.221](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7186)）。TT-ObsReq第二次研讨会（2014年8月12-13日，Zürich）之后，委员会确定了监测和预报大气成分所需的关键参数。该任务组于2019年转变为大气成分网络发展和设计专家组，并继续填写OSCAR数据库，并满足大气成分变量的观测要求，以支持上述监测和预报应用。

被确定为优先重点的变量见 [附录6](#_Annex_6._Atmospheric)。

**2019年12月地球系统预测规划研讨会海洋领域结果摘要**

海洋预报由国家业务中心、研究机构和机构以及学术界执行。全球和区域海洋分析和预报系统的协调与改进是在[海洋预](https://oceanpredict.org/)报科学计划框架内组织的。OceanPredict为来自世界各地的科学工作者和业务海洋学专家开展交流和知识交流提供了一个平台，使其能够加速、加强和增加海洋预测的影响。海洋资料同化系统（ODAS）用于季节和近期的次季节预报。它们可为提供可提供季节-年代际预测的大气-海洋环流耦合模式（CGCM）提供初始条件。地球系统方法已非常有利于海洋预测。例如，由于海-气相互作用预计会对热带对流产生巨大影响，因此需要对耦合预报所需的可靠的海洋状况。海岸带还需要与水文耦合，例如沿海流体动力-生物地球化学模拟。

海洋观测界包括更广泛的资助方和实施方，包括气象观测，包括卫星机构、业务气象服务、研究机构和研究所、学术界和科学基金会以及私营部门。主要是通过在全球、区域和国家层面开展自愿合作的网络进行协调。《2030年GOOS战略》设想建立一个完全整合的2030年海洋观测系统，为应对气候变化、制作预报、保护海洋健康和支持可持续增长提供所需的关键海洋信息，并得到所有国家的参与。

通常，观测评估活动不像气象观测那样成熟。虽然在研究和业务组中付出了努力，但并没有协调的重复观测影响评估活动。此类活动依赖于外部资金，主要是在成熟的中心（美国、加拿大、欧洲、日本、澳大利亚等）进行。哥白尼将为联合OSE/OSSE活动开发哥白尼-2的新服务线，以帮助设计未来观测系统（卫星/哨兵和地基） 的发展。

GBON目前侧重于从陆地表面进行观测，以支持全球NWP和气候再分析要求。GBON可扩展到在海洋上和海洋内的观测，尽管必须重新审视GBON背后的现行原则，以便解决没有国家管辖的全球海洋区域。

观测系统发展研讨会提出的更具体的建议是：

1. 目前，大部分海洋和海洋观测系统由时间有限的研究经费负责维持。海洋观测界应确保为关键观测系统持续提供资金。
2. WMO的观测影响声明将有助于海洋界在观测评估活动方面取得进展。
3. 需要开展有关新观测技术的研究活动，并找到地基和卫星资料的最佳结合。需要开发环境技术，以鼓励和扩大许多沿海国家的全球海洋观测。

**2.3 空基观测**

WIGOS 2040年愿景的空基骨干部分是基于三个轨道平面的太阳同步低地球轨道卫星系统，以及一个地球同步卫星系统，可完全覆盖极地区域之外，并辅以其他轨道平面的卫星以及漂流轨道上的卫星。随着四维变分同化的发展，用于严格配置观测（如微波和IR探测）的旧概念在将来并不一定能很好地携带。现在，时间差可以通过资料同化进行很好的调整，而资料同化也至少在一定程度上可补偿观测几何的差异。由于需要提高时空覆盖率，WIGOS愿景的额外轨道将变得越来越重要，特别是因为成熟的微波探测技术可为较小的卫星平台（如立方体卫星星群）提供调节的可能性。

目前，IASI和CrIS的红外可获取在轨标定基准测量，并在未来很需要。为此，极轨基线系统今天可执行两个单独的功能：（1）基线观测和（2）用于校准的基准测量。因此，必须研究优化的未来校准基准测量架构，也研究VIS/NIR和MW。

**气象卫星协调组（CGMS）**

CGMS可为气象和环境卫星系统以及研发任务的技术信息交流提供论坛，以支持WMO RRR、IOC-UNESCO和其他用户。CGMS的活动可支持天气、空间天气和气候的业务监测和预报。

“ [基线](https://www.cgms-info.org/documents/CGMS_Baseline_v3-2021.pdf)”配置构成了CGMS成员承诺和计划，提供特定观测和服务以支持WIGOS。维持基线和实施新要素的计划仍然与WIGOS 2040年愿景的原则保持一致。为此，CGMS定期审查基线，构成CGMS成员承诺和计划提供特定观测、测量和服务，而WMO会定期根据基线和2040年WIGOS愿景开展差距分析。

2020年对CGMS基线的审查得出结论，该基线仍然是针对关键应用领域的WIGOS愿景的全面响应。然而，在未来几年，CGMS成员将发射一些具有扩展对愿景响应能力的卫星，因此CGMS同意将以下测量能力纳入CGMS基线：

1. 用于监测GHG（CO2和CH4）的短波红外分光计
2. 用于气溶胶的多视角、多通道、多偏振成像
3. 用于臭氧和痕量气体廓线的紫外线临边探测光谱法。

此外，一些新的卫星计划正在规划或CGMS成员审议，这有可能通过应用新技术或扩大现有能力的覆盖范围扩大对愿景的响应（见 [CGMS高级别优先计划](https://www.cgms-info.org/documents/CGMS_HIGH_LEVEL_PRIORITY_PLAN.pdf)）。

为了反映WMO在全球NWP界表达的基线卫星数据需求方面的最新立场，并确定骨干数据和额外数据和相关用户需求，以补充GBON， [INFCOM](https://meetings.wmo.int/INFCOM-1-III/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/INFCOM-1-III/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/INFCOM-1(III)-d05-1-1(1)-SATELLITE-DATA-REQS-FOR-GLOBAL-NWP-approved_en.docx&action=default) 通过了“全球NWP卫星数据要求”的决定。该文件记录了未来5-10年全球NWP卫星资料交换的既定需求，并符合RRR过程和WIGOS 2040年愿景。随着地球系统不同领域之间有更强耦合的地球系统模拟将继续发展，需要将现有或新传感器的数据添加到骨干系统。该文件将成为未来进一步改进的基础，并纳入CGMS基线文件。2022年，其他应用领域的要求将随之而来。

**地球观测卫星委员会（CEOS）**

为了支持地球观测组织（GEO）的目标，作为全球综合地球观测系统（GEOSS）的空间组成部分，CEOS开发了虚拟、空基星群的概念。虚拟星群是一组协调的空间和/或地面部分能力，其重点是观测地球系统的特定参数或一组参数。

CEOS虚拟星群负责协调空基、地基和/或资料提供系统，以满足特定领域内的一系列常见要求。它们利用机构间的合作和伙伴关系来弥补观测空白，维持日常收集关键观测资料，并尽量减少重复/重叠，同时保持各CEOS机构贡献的独立性。目前一组有助于WIGOS愿景的虚拟星群如下

1. [大气成分](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/acc/) （AC-VC）;
2. [陆地表面成像](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/lsi/) （LSI-VC）;
3. [海洋水色辐射测量](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/ocr/) （OCR-VC）;
4. [海洋表面地形](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/ost/) （OST-VC）;
5. [海洋表面矢量风](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/osvw/) （OSVW-VC）;
6. [降水](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/p-vc/) （P-VC）;
7. [海面温度](https://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/sst/) （SST-VC）

虚拟星群的关键成就之一是 OST-VC 协调平均海平面基本气候变量高度资料的高精度处理。

**商业数据提供方的新机遇**

今天，商业卫星资料已经证明了其质量及其对NWP模式的宝贵影响，尤其是在无线电掩星测量领域。此外，还有一些很有前景的商业任务用于冰冻圈和新的空基观测，例如与微波探测和降水雷达相关的活动。此外，NOAA卫星观测系统架构2018年研究的结论是，该机构未来应依靠包括政府卫星和商业资料在内的混合架构。2020年启动的NOAA商业天气资料试点将作为一个这样的示范项目之一，NOAA将评估商业数据的质量及其对天气预报模式的影响，并向NOAA通报了未来采集、评估和利用商业数据的过程。此外，同样，EUMETSAT已批准获取商业无线电掩星资料，并目前正在进行加工并分发用于NWP模拟。因此，我们希望有更多的空间机构利用私营部门卫星卫星任务和政府任务。当商业卫星卫星为空基观测提供新的能力时，它们也是一种促进实施WIGOS 2040年愿景的新方式，因为WIGOS 2040年愿景还部分依赖私营部门卫星，但遵循WMO数据政策，该政策承诺扩大和加强地球系统数据的免费和无限制的国际交换。

**2.4 基于地表的观测**

自2040年通过WIGOS愿景以来，已发生了一些重要的进展，现在有可能向会员提出未来五年将采取更具体的行动。本节讨论的其他发展不太成熟，未来将变得更加重要，当更充分探索时。

**2.4.1 指导 关于扩展GBON网络**

全球NWP和气候再分析在WMO会员向其辖区机构提供的许多产品和服务中发挥着重要作用，即使在区域和地方层面也是如此。在WMO RRR过程中，目前所列的所有应用领域（空间天气例外）都依赖于全球NWP和气候再分析产品。

提供这些产品的全球系统依赖于获取由地基和空基观测系统提供的、全球一致的观测资料集。WMO可促进、协调和监督此类观测资料的收集和国际交换。

气象观测资料的国际交换历史悠久，不断发展。大会通过了[的决议1（Cg-Ext（2021）），这将扩大和加强此类数据的免费和无限制的国际交换。](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11113" \l "page=9)关于WMO关于地球系统数据国际交换的统一数据政策

WIGOS资料质量监测系统（WDQMS）NWP试点项目的初步报告显示，世界上许多地区的地基观测资料的可用性仍然很差。这限制了所有WMO会员向其用户提供高质量天气和气候产品及服务的能力。

为了确保更有效地满足全球NWP和气候再分析的观测需求，提出了一种新的方法，其中设计并确定了对支持这些应用至关重要的基本地基观测网络。该网络是全球基本观测网，或GBON。

WDQMS基于网络的监测工具说明了一个或多个全球NWP中心收到的地面地面气压观测资料的可用性，表明平均20-25%的WMO会员遵守GBON规定[[11]](#footnote-12)，25-30%不符合GBON规定，其余的则由于若干原因而无法遵守GBON 例如缺乏资源。

GBON是WIGOS地基子系统的子集，与WIGOS的空基子系统和其他地基观测系统结合使用，有助于满足全球NWP的要求，包括支持气候监测的再分析。GBON可响应空基观测系统目前无法完全满足或完全满足的全球NWP需求。

关于GBON台站/平台的注释：

1. GBON的地理相关组成部分在每个区域基本观测网中提供了基本基本组成部分。
2. GBON基于全球设计，并在全球范围内监测其实施情况。
3. 表格形式给出GBON规范 [附录4（摘自GBON研讨会，2020年2月）中以](#_4._Capacity_development) 。这些是根据全球NWP的观测要求得出的，这些要求记录在OSCAR/需求数据库中，以及用于收集此类观测资料和其他来源观测资料可用性的业务技术分析。
4. GBON台站/平台清单将从会员在OSCAR/地表注册的WIGOS中所有可用台站/平台清单中列出。

第十八次世界气象大会在2019年通过[决议34（Cg-18）](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827" \l "page=120)通过了GBON概念，并要求基础设施委员会起草关于GBON设计、实施和管理的相关规定。这将在《[WMO全球综合观测系统手册](https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=19223" \l ".Yk7fIedBxPY)》（WMO-No.1160）第3.2.2节“全球基本观测系统”中定义。GBON台站必须符合WIGOS质量管理。将监测会员和相关国际组织和计划在GBON的实施和承诺方面的进展。各区域协会将与INFCOM合作，协调实际的监测活动。一些监测功能和事件管理将通过WDQMS进行协调。

GBON规定所有WMO会员在国际上获取和交换最重要的地基观测资料的义务和明确要求。虽然一些地区可提供良好的和可靠的地基观测资料，但世界一些地区，特别是小岛屿发展中国家（SIDS）和最不发达国家（LDC），显著缺乏满足GBON要求的基础设施和能力。2020年，WMO开展了GBON差距分析，对需要安装、恢复或升级以及交换资料的地基观测站数量进行定量估算，以满足GBON的要求。SOFF将支持LDC和SIDS生成和交换对GBON至关重要的观测资料，即改进天气预报和气候服务。它将提供技术和财政援助，GBON监测将为投资提供指导。本文件[第4节](#_4._Capacity_development)将提供更多关于SOFF倡议的信息。

2020年11月，INFCOM-1第二部分通过了关于GBON的决议4，连同GBON技术规则的建议。理事会通过建议4（EC-73）进行了进一步审议并提出了该建议，并得到2021年10月世界气象大会特别届会（决议草案5.2/1）的批准。

WMO战略计划的地球系统方法和其他总体优先重点都要求审查GBON发展的进一步实施方案。审查应包括：对WMO各种观测技术计划的影响、需要促进新兴观测技术的进一步发展，用于空基和地基观测系统，并进一步加强与研究界的合作并参与RRR过程。

在本[文件第2.1节](#_2.1_Synthesis_of)中讨论了不断发展和优化观测网络的优先重点，并确定了关键的观测差距。根据这一情况，SC-ON应与GBON研究组协调，进一步审查GBON的以下扩展：

1. 海洋观测;
2. 气候监测、应用和服务：
3. GHG、臭氧、气溶胶（详见 [第2.1节](#_2.1_Synthesis_of)）;
4. 冰冻圈（详见[第2.1节中的SOP](#_2.1_Synthesis_of)）
5. 水文（详见[第2.1节中的SAG](#_2.1_Synthesis_of)）。

**2.4.2 GBON RBON关系**

2019年，第十八次世界气象大会通过了《区域基本观测网（RBON）技术规则》，而区域基本天气和气候网络（RBSN和RBCN）的规定不再生效（参见 [《WIGOS手册](https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=19223#.Yk7fIedBxPY) 》（WMO-No.1160）第3.2.3段）。与GBON相比，这是为了满足全球NWP和气候数据再分析的要求，RBON旨在通过解决各区域对关键区域天气、气候、水和其他环境挑战的WMO应用领域的观测用户需求，来补充GBON并取代和扩展RBSN和RBCN网络。GBON将涉及其他观测技术，如地基遥感观测站，包括天气雷达、水文站和海洋观测站。然而，虽然GBON针对特定类型观测系统（即地基气象站和无线电探空仪）的空间和时间分辨率和频率方面的严格要求，但RBON却着眼于观测系统的综合性质，并针对阈值水平所需变量的观测用户需求（见OSCAR/需求数据库）。基础设施委员会正在确定区域层面设计RBON的标准，预计于2022年底前做出决定。从2023年起，这种设计将由区域协会基础设施工作组与该地区的会员协商进行，RBON的组成最终由区域协会决定。敦促会员为RBON区域网络的组成做出贡献。

**2.4.3 分析 提供所需信息和产品的观测能力的成本效益**

观测系统设计考虑因素的一个重要要素是其成本效益。由于公共资金的压力，许多NMHS被迫清楚地展示其观测和资料加工基础设施和研究对于向其国内各界提供基本公共信息、预报和预警服务的重要性。

气象、水文和气候服务的观测部分是服务提供总成本最高的部分。WIGOS是促进和促进开发观测系统的核心目标，以更具成本效益的方式向用户提供改进的产品。

前CBS鼓励会员评估观测系统的成本效益。完整的成本效益计算将评估年化观测系统成本、观测对RRR过程每个应用领域的影响、对服务的影响以及可影响服务的用户的效益。例如，英国气象局（UK）利用被称为FSOI的辅助技术，就全球NWP观测的每一项成本的影响进行了调查，以评估每种观测系统类型的影响。更多详情可参见完整的 [英国气象局研究](https://wmoomm.sharepoint.com/sites/wmocpdb/eve_activityarea/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2Fwmocpdb%2Feve%5Factivityarea%2FGlobal%20Observing%20System%20%28GOS%29%5F7f452102%2D7575%2De911%2Da98e%2D000d3a44bd9c%2FRRR%2FDocuments%2FUK%2DMetoffice%2DCost%2DBenefit%2DStudy%2D201408%2DFRTR%5F593%5F2014P%2Epdf&parent=%2Fsites%2Fwmocpdb%2Feve%5Factivityarea%2FGlobal%20Observing%20System%20%28GOS%29%5F7f452102%2D7575%2De911%2Da98e%2D000d3a44bd9c%2FRRR%2FDocuments&p=true)。需要开展更多的此类工作，包括在其它领域，并鼓励会员参与进一步的研究。

[[12]](#footnote-13) 世界银行、WMO和英国气象局最近的一项研究估计，为满足GBON规范，地基观测的覆盖范围和交换的改善每年可提供超过50亿美元的全球社会经济效益。结论是，地基观测应被视为一项关键的公益事业，在气象界和气候界内部进行公共监督和公开交换。

**2.4.4 机会 对于协同效应和观测系统的优化**

NMHS与其各自的国家和区域环境保护组织、研究机构和学术界之间开展区域和全球合作，通过提供更多和改进的观测资料，可大大提高能力，而会员将无法在国家基础上完成观测。集合观测资料可在海洋和其他偏远地区交付，区域层面的差距可以关闭，并通过集中服务（如集中质量监测、共享的工作量和更高的成本效率）得以实现。

本节中给出了成功的区域和全球合作计划的实例，以鼓励会员加入这些计划或支持各自区域协同作用的机会。

**基于飞机的观测**

世界气象组织（WMO）及其会员与航空伙伴合作启动了全球AMDAR计划，最终促进了AMDAR观测系统的开发。起初，会员与其国家航空公司之间已制定了国家AMDAR计划。AMDAR系统主要利用现有的飞机机载传感器、计算机和通信系统，以便通过卫星或无线电链路收集、处理、格式化气象资料并向地面站传输。在地面上，资料将转发给那些由WIS的WMO全球电信系统（GTS）进行加工、质量控制和传输的国家气象和水文部门。随后，建立了诸如EUMETNET-ABO（飞机观测）等区域计划，得益于优化的资料收集过程、质量集中监测和具有成本效益的管理。

WMO负责维护AMDAR观测系统运行的国际规章材料和标准，并通过其技术委员会，通过技术委员会专家组的协调，监督AMDAR观测系统的维护和开发以及ABO工作计划。WMO会员根据RRR过程的建议和指导声明以及NWP影响研究的结果，继续开发和扩展AMDAR观测系统。有关国家和区域AMDAR计划发展的资源材料见 [WMO AMDAR资源/AMDAR计划](https://community.wmo.int/activity-areas/aircraft-based-observations) 开发领域。

收集到的资料被用于一系列气象应用领域，包括气象NWP、公共天气预报、气候监测和预测、天气灾害早期预警系统，以及重要的是支持航空业的天气监测和预测。

对于NWP，AMDAR可提供位于机场附近的准确廓线（上升/下降），其时空覆盖美国、欧洲、澳大利亚/新西兰、中国东部和南美洲大部分地区。可从主要航线上获取AMDAR水平飞行高度层观测资料。AMDAR观测越来越多地辅以ICAO和ATM管制系统的飞机数据（ADS-C和ADS-B/Mode-S）。

虽然该计划在欧洲、北美、亚洲和大洋洲一直在成功发展并运行，但仍有一些重要地区，如非洲北部和中部、东欧、西亚和中亚、西南太平洋和中东，覆盖面有限。其原因之一是这些地区可用于扩展计划的资金有限。

确认AMDAR资料、IATA和WMO建议合作将该计划扩展到新的地理区域，同时让参与航空公司更好地控制并向该计划提供的资料获取。WMO-IATA合作AMDAR计划（WICAP）将制定和建立旨在实现这些目标的合作。此外，WICAP旨在实施一个更有效和简化的航空公司加入和促进该计划的过程，并建立持续筹资机制和拟议的区域结构，以支持AMDAR运行和扩展。这也将有助于LDC和SIDS的参与。通过建立更加有效的AMDAR计划运行方（NMHS）、资料用户、资料提供方和其他利益相关方之间的业务关系，将实现更有力的全球机载观测资料覆盖，包括侧重于努力扩大全球水汽和湍流测量。

在WICAP下，AMDAR计划的运行将更加集中，包括确定对资料的需求、协议的建立、AMDAR数据的处理、以及选择参与该计划的WMO会员共享计划成本和基础设施。WMO区域协会将收集和分析需求，并在区域层面协调航空公司伙伴关系和资料加工职能。关于拟议的WICAP运行的各个方面，详见完整的WICAP运行概念，详见 [信息文件](https://elioscloud.wmo.int/share/s/0_TQ_vzsRfiFUtRqN0kh5g)。

鼓励WMO区域协会及其会员根据WICAP实施计划，继续在WICAP下建立区域AMDAR计划。参与这些WICAP区域计划最初不会取代现有的国家和区域AMDAR计划，尽管预计有机会向WICAP迁移。

2020年10月，IATA和WMO签署了关于建立和运行WICAP的工作安排。WICAP实施的进一步发展由JET-ABO指导，即地球观测系统和监测网络常设委员会（SC-ON）下的一个专家组。由IATA和WMO任命的一组官员和技术代表组成的WICAP治理委员会在2021年初召开了第一次会议。它仍然是到2023年底实施WICAP全面治理和区域业务结构的目标。关于WMO-IATA合作AMDAR计划的最新信息见 [的WICAP网站。](https://community.wmo.int/activity-areas/aircraft-based-observations/about-wicap) WMO全系统平台

**EUMETNET**

EUMETNET是31个欧洲国家气象部门网络，旨在促进会员间的合作，以提高效率、有效性和国际影响力。其主要重点领域是观测、预报服务和航空。EUMETNET观测计划是EUMETNET的主要活动，其重点是管理和发展欧洲综合观测系统（EUCOS）。它还通过支持WIGOS的发展和运行，为更广泛的全球观测工作做出贡献。EUMETNET观测“能力领域”的关键目标是提高欧洲观测系统的性能，以便能够改进临近预报、NWP、航空气象和气候监测。根据最近与欧洲用户界的磋商，他们得出的结论是，其最高优先需求与改进公里尺度预报有关。

除了这些业务计划外，EUMETNET观测能力领域也提供了：

1. 研发计划，旨在推进EUCOS的设计和演变，以满足日益增长的观测需求，同时将未来成本保持在可负担的水平：
2. 区域WIGOS中心（RWC），负责监测WMO区域六区域很大一部分的观测网络性能，并确保在需要时采取纠正措施：
3. 会员之间就共同感兴趣的其他主题开展合作框架，包括资料质量控制、地面仪器、众包和无线电探空仪运行：
4. 代表会员的国际代表，支持更广泛的全球努力以加强WIGOS，促进相关的欧洲倡议，如哥白尼，并影响国际决策，以利于EUMETNET会员。

英国气象局与德国气象局（德国气象局）合作，负责2019-2023年计划阶段的EUMETNET观测能力领域。

EUCOS业务计划已大大提高了能力，会员们可通过以下方式集体无法在国家层面上完成：

1. 提供更多海洋观测资料、优化了欧洲的飞机测量、GNSS的水汽数据以及来自欧洲风廓线仪系统和天气雷达风廓线的新数据：
2. 通过建立EUCOS研究计划来改进NWP结果，以便就观测网络设计提供咨询 – 启动EUCOS科学咨询组不同的数据影响研究，以便指导如何设计EUCOS以便更好地满足用户的需求：
3. 通过充分利用无线电探空仪网络并纳入商业飞机、风廓线仪、天气雷达和从地基GNSS测量反演的综合水汽来优化未来EUCOS高空观测网络 - EUCOS协调全球、区域和国家需求造成的国家高空网络协调：
4. 通过EUCOS质量监测和故障订正程序，提供集中质量监测服务，提高网络性能：
5. 成为WIGOS的一部分并促进WMO欧洲发展建议的实施：
6. 共享综合计划的工作量和成本：
7. 补偿国家运营方，如果NMS可带来更多观测资料，以惠及所有人。

根据2020-2025年EUMETNET观测战略，欧洲NMHS将愿意将EUCOS的思路扩大到其他地区。与EUMETNET合作的经验，特别是在EUCOS方面，为其它区域带来合作的潜在模式，并可能有助于缩小全球观测网络的差距。EUMETNET观测能力领域的下列活动特别重视弥补观测系统的现有差距：

1. OPERA：该计划的目标是提供一个欧洲平台，交换天气雷达问题方面的专业知识，交换其欧洲会员近180个业务天气雷达的单站雷达资料，并开发、制作和分发高质量的泛欧洲雷达合成产品。
2. E-Profile：E-PROFILE计划负责管理欧洲雷达风廓线仪网络和自动激光雷达以及云幂仪，以监测风和气溶胶（包括火山灰）的垂直廓线。
3. E-ABO：E-ABO计划开展飞机高空气象变量测量。
4. E-SURFMAR：E-SURFMAR计划协调、优化并逐步整合欧洲海表观测活动。
5. E-GVAP：E-GVAP计划旨在向EUMETNET合作伙伴提供欧洲GNSS延迟和水汽测量业务气象。
6. E-ASAP：EUMETNET-ASAP（E-ASAP）业务服务的目标是在资料稀疏的海域上协调和优化天气气球观测。

**其他具体的试点计划**

1. 三区协与水文观测的合作
2. 其他内容（可在以后更新该文件期间添加）

**2.4.5 策略 以及就城市观测向会员提供指导**

《 [城市水文气象、气候和环境综合服务指南》（IUS）（](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9903) WMO-No. 1234）为协助WMO会员开发和实施综合城市服务提供了基础，以满足其国家城市利益相关方的各种和具体需求。IUS的范围包括气候、天气、环境（包括空气质量和水质、生态学、生物区系、温室气体）和水。由于NMHS的专业知识、基础设施和历史早期预警作用，NMHS最有能力提供IUS。 [附录5](#_Communication_Plan_on) 提供了WIGOS IUS差距的延伸讨论。

到2050年，世界上80%的人口将生活在人的安全与保障的城市中心、环境、关键基础设施和经济，以保护。单一危险事件可导致级联过程，其可产生多方面影响（例如洪水导致交通中断或停电、破坏救援和恢复运行），需要为决策提供一致的、准确的多灾种早期预警。天气、气候、环境和水问题主导着城市设计和应急管理业务。这可推动对城市服务提供的综合、无缝、地球系统、价值链方法的需求。从观测到决策阶段，任何价值链都可能发生整合。

城市观测和反演产品直接需要了解城市过程和科学，发展城乡统计关系和模式参数化，开发气候学，进行早期预警，实时验证，维护态势意识，供下游自动化决策支持系统用于应急管理或其他多灾种决策过程。

所有WIGOS应用领域的现有指南都与IUS相关，是多尺度，范围从全球、到区域、局地（邻里）、微（建筑）空间尺度。此外，城市边界层是三维的，由惯性、粗糙度和冠层次层（~100米至2公里）组成。即使在更精细的时空尺度（~秒）上，大气化学过程也有所不同。然而，由于观测方法、传感器和技术的异质性、传感器的多质性、城市环境（地表覆盖、建成区、渗透性）、由于局地障碍问题以及各种变量集结，城市观测和网络存在显著差异。

关于城市环境的详细信息和标准分类是了解观测的代表性、确定测量和站点要求以及有效传输科学结果的基础。为了获取和分发局地气候带和微城市环境信息，已启动了基于国际社会的努力（世界城市数据库和获取门户工具）。环境信息以及仪器和选址信息以及或许还有风资料，必须被纳入元数据中并经常更新。

很少有NMHS有城市气象站，而许多环境机构已经部署了带有气象传感器的高质量空气质量站：一些市政当局已经部署了紧凑气象站网络：城市地区大多数河流以及一些下水道系统都进行测量：科研、示范项目和试验基地部署了遥感和实地技术网络：当结合使用时，移动车辆具有气象或Q传感器，可以提供基本和基准层观测。众包技术包括手机微波塔、车辆技术（温度;可启动擦拭的降水探测器;激光雷达、雷达和摄像头，用于驾驶员辅助）、手机（温度、压力、UV）、众包应用（天气报告、推特活动、Instagram）等可提供整个价值链的综合分层观测，以实现高影响IUS验证。整合这些网络将能够提高能力、提高能力、减少重复和成本。随着IUS的发展，准确性期望将增加，需要监测额外的因素（例如累积泥石块阻塞下水道和城市河流），这将需要开发新技术和预测系统做出相称的适应。鉴于问题的广泛性，需要基准城市台站来解决判读和数据质量问题。

IUS观测网络设计将取决于服务要求。虽然有IUS的良好和具体的例子，但实施IUS可被视为全球尺度的边缘。目前正在开展一项活动来正式确定观测、元数据和服务要求。质量管理、现有和获取IUS资料和产品、交换机制、知识产权、隐私、快速研究到业务和业务到服务技术转让以及展示整个价值链的整合和伙伴关系的互利互惠都是需要领导力、能力和能力发展的挑战。

**2.4.6 建议 关于新观测技术的使用**

***2.4.6.1 关于地基新兴技术的使用指南***

SC-MINT未来环境测量战略的一部分是为实施新的测量技术提供指导，并确定新兴测量技术和技术的潜力。测量牵头中心、专家组和区域仪器中心以及研究界将继续在新技术向业务转化方面发挥关键作用。

引入任何新观测系统的必要条件是商业知名度和可用性。此外，所有新的仪器和系统都需要在现实的运行条件下经过足够长的时间跨度进行测试和评估。这种测试需要对业务实用性和稳健性进行全面评估，并确定对测量准确性和衍生增值产品质量的可靠估算。使用标准化技术就绪水平的概念可对某一特定仪器或系统的业务准备进行分类。最后，必须要客观地分析所有生命周期和运行成本，因为可负担性是一个主要制约因素，在可投入业务实施的任何新观测仪器或系统之前，都需要具有可接受的成本效益比。

最初由GCOS建立的分层网络概念现在也被视为INFCOM的其他网络。如果采用，开发该架构将是WIGOS发展的重要发展。测量牵头中心可以发挥审查和试验新兴技术和仪器和系统的作用，并为其使用制定指南。

另见 [第2.1节](#_2.1_Synthesis_of) 关于差距分析以及 [第2.5节](#_2.5_Actions_with) 关于进一步发展传感器技术的最迫切需求。

**地基遥感技术**

一些地基遥感方法（包括主动和被动遥感方法）适用于业务气象。它们大致可以除以波长划分为“光学范围”，包括UV和IR，或“微波范围”。所使用的波长决定物理传播和散射特性：光学系统的测量范围取决于大气光学厚度，而微波探测系统通常能够穿透云和降水。对于非常短的（UV）波长，分子散射是相关的。否则，散射主要发生在空气中悬浮颗粒物（气溶胶、云、降水）。对于分毫米距离和更大范围的波长，晴空（折射率）散射是有用的。被动系统可分析热发射产生的大气辐射。拥有遥感系统的观测系统的任何未来扩展都必须考虑每种方法的物理波传播限制，这在很大程度上解释大部分的能力和局限性。

遥感方法通常可提供较高的时间分辨率数据，主动方法还可提供热力学变量（例如风、温度和湿度）的垂直分辨廓线，以及悬浮在大气中的小型液态和固体颗粒（云、气溶胶）的间接定量信息。

新一代地基遥感仪器，常称为“廓线仪”，要么已投入业务使用，如风廓线仪（基于雷达和激光雷达），要么正在开发中，重点是温度、湿度、气溶胶或云相关特性的测量。

**无人平台**

与此同时，技术发展的快速发展使大型“机器人”运载工具的发展得以发展，最突出的一类是机器人飞机（UAS），它跨越了从全自动边界层探空仪到诸如[[13]](#footnote-14)NASA全球鹰[[14]](#footnote-15)（不再提供服务）等飞机的广泛范围。根据它们的大小，这样的UAS平台可以携带地基和遥感传感器。

已经提出了一些提议，利用一个自主的多科仪UAS网络来建立“3D Mesonets”，但仍要解决一些实际问题，如空域运行规则以及恶劣天气条件带来的限制。ABO通讯21包括UAS业务气象学摘要。

高海拔和长期耐力UAS对于填补偏远地区空白的能力尤其有意义，特别是在高影响天气方面。

海洋应用无人平台的例子包括Argo浮标、帆风浮标、系泊和漂流浮标、海平面测量仪、高频（HF）雷达和动物载传感器。无人驾驶车辆的进一步实例是冰下Argo型浮标，以及评估海冰厚度的其他类似车辆。

基础设施委员会通过了关于将无人驾驶飞机系统（UAS）用于业务气象的全球示范项目计划（见 [决定5.1.1（7）/1 （INFCOM-1（III））。](https://meetings.wmo.int/INFCOM-1-III/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/INFCOM-1-III/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/INFCOM-1(III)-d05-1-1(7)-UAS-DEMO-approved_en.docx&action=default)请有意参加示范项目的会员与WMO秘书处联系。

**新观测系统的技术就绪程度**

从良好的管理做法的角度来看，在业务实施之前，始终必须考虑各项仪器的性能。明确确定测量的原则 – 直接遥感或遥感，以及物理转换方法本身对于尽早确定可解决的技术设计问题至关重要。

使用某一特定仪器用于业务使用的准备程度可按所谓的技术就绪水平（[TRL](https://en.wikipedia.org/wiki/technology_readiness_level)）管理工具进行分类。将仪器分配给TRL可能具有挑战性，并且应尽可能明确和客观地实施一套明确的标准：

1. 实际系统在运行环境中得到证实：
2. 完整和合格的系统;
3. 在业务环境中进行系统原型示范：
4. 在相关环境中得到证明的技术：
5. 在相关环境中验证的技术：
6. 实验室验证的技术;
7. 试验性概念验证：
8. 技术概念的制定;
9. 观测到的基本原则。

任何成功的分析都必须显示出足够的技术（仪器）可用性（例如，一年中>95%）、全天候的户外可操作性，以及充分的数据可用性和数据质量，即“切合目的”-与OSCAR/要求中的标准挂钩。

***2.4.6.2 利用私营部门、一般公众和第三方观测的大数据、众包和其他观测来源的战略和计划***

近年来，利用现代资料驱动方法（人工智能、深造）和众包资料的使用已获得了使用临近预报应用的吸引力。虽然提供传统的地基和遥感资料仍然十分重要，但此类额外资料可增加信息，特别是在更精细的地理和时间尺度上。这些数据的使用通常取决于特定NMHS的国家要求和优先重点，并且基于单独的合同。公共和私营部门、非常规和众包数据来源的实例包括：

1. 来自公共机构的数据;
2. 智能手机的压力和其他值;
3. 车辆中的传感器;
4. 物联网传感器;
5. 公众的意见;
6. 通信链路衰减造成的降水估算：
7. 闪电定位系统;
8. 地基GNSS阵列，用于总降水性水：
9. 小型无人驾驶飞机系统（UAS），用于包装和包裹交付：
10. 海洋工业的投机性观测和海上无人观测车辆：
11. 提供GNSS-RO的小卫星星群。
12. 和其他。

通常，提供或免费收集众包数据，但政府可以选择与整合方签订合同，以便从开放系统获取、进行质量控制以及通过专用通信路径实时向政府提供适当的格式，以代替建立“内部”能力。

在美国，上述实例可加以扩展，以纳入具有传统性质的环境观测，但并非来自国家政府运行的网络，它提供观测能力的骨干。一个例子是由州政府或私营部门运行的中尺度卫星。这些是专业级观测系统，可维护高质量的基础设施并提供高质量的观测和附带的元数据。通常，从这些系统采购这些系统数据的成本可为联邦政府大楼和维护联邦网络提供成本优势。Mesonets现已发展到无法提供标准的近地表气象观测资料，并可提供地基遥感的垂直廓线，国家多普勒覆盖下的短波长雷达的空白填补，以及与地表和水文有关的许多变量，包括多深度土壤湿度和温度，以及地表辐射和能量收支的各组成部分。

从无处不在、免费提供但质量较低的众包到高端专业、私营和非联邦网络，目标是通过建立公共-私营伙伴关系，填补国家骨干能力的空白，这可为政府建设和运行政府能力提供财政优势。这要求权衡取舍通常影响数据权利和再分发类别，并影响与全球伙伴共享数据的能力，详见下文所述。

**大气成分观测低成本传感器**

新的大气成分数据来源正在出现，而低成本传感器（LCS）设备正在越来越多地制作信息。最近完成的专家对测量大气成分的可用LCS进行了评审，结论是，LCS不能被视为更复杂测量系统的全面业务替代，应谨慎使用（WMO第1215号报告：更新用于大气成分测量低成本传感器的更新，Richard E. Peltier，2020年12月）。虽然LCS单位能够提供有意义的数据，并代表了扩大当地环境条件知识的机会，但它们尚未达到所需的基准监测的稳健性。这一部分是因为仍然有几个科学的复杂性，必须加以考虑，例如完整描述和精心设计的质量保证和标定程序，必须持续应用。由于这些技术一般都处于不断改进能力的轨迹上，具有特征的进步、更好的大气耦合、精确度、质量和可靠性，而且通常降低采购成本，因此应定期评估其进一步开发和适合不同应用的能力。

***2.4.6.3 关于如何发展伙伴关系的指南***

各部门和国际社会所有部门的利益相关方都依赖全球模式的输出结果来开发和提供关键服务。只有全球交换资料（观测资料和模式输出）才能这样做。重要的是通过加强NMHS和伙伴团体之间的参与，解决地球系统观测方面的差距。公共-私营部门的参与和与学术界的合作很重要，并将为地球系统监测和预测价值链开辟新的机会。为了实现这一利益的最大化，仍需进一步发展政策、立法和商业模式，并相互适应。

近年来，WMO与各伙伴合作，为全球气象事业中公共、私营和学术部门之间更多地参与制定新方法。2018年和2019年 - 在其执行理事会第七十次届会和第十八次世界气象大会上 - WMO细化了指南和政策，以鼓励和促进会员寻求互利的伙伴关系和所有利益相关方的参与，以加强为企业、个人和整个社会提供天气、气候和水服务。关于公共私营参与的详细信息，包括指导原则和WMO开放式协商平台（OCP）“下一代天气和气候智能的伙伴关系和创新”，见 [WMO网站](https://public.wmo.int/en/our-mandate/how-we-do-it/public-private-engagement-ppe)。

下列范例可能有助于会员酌情与私营部门发展伙伴关系。

，在从非政府来源采购第三方数据时，目标始终应始终获得将数据转发给其他全球合作伙伴的权利[根据决议1（Cg-Ext（2021））的要求](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11113" \l "page=9)。然而，除了某个价格点外，预算也变得无法忍受。总之，美国采取的方法是确保并支付合同权，以分发具有全球足迹的全球合作伙伴数据，或来自不同来源的垂直廓线，这些资料对所有全球NWP中心最有价值。在某些情况下，美国将全面资助此类再分配权的购买：这是从商业来源购买GNSS-RO数据增加足迹的目标。当然，这会带来更高的成本，因为数据提供方在其市场空间上没有其他政府。另一种模式是一种全球成本共享机制，据此各国政府将在其主权领土上或与WMO区域NHMS合作购买观测资料，并相互共享其来源，以影响全球总足迹的公开可用性。这是WMO全球AMDAR计划的模式。

在其它情况下，认为全球NWP的效用有限数据可通过不同层级的有限再分发权购买。国家Mesonet计划的资料主要仅限于NOAA使用，使这些网络既可以进入数据用户私人市场，也只能访问联邦到地方各级政府及其它政府机构。如预期，这为NOAA提供了最大的成本优势。闪电资料、GPS-Met和一些船舶/浮标观测在这个有限的资料权范式中运行。

美国相对于其他NHMS的一个特点是它们不提供商业化产品和服务。他们保留合同安排的权利，以免费和公开地分发包含第三方资料的任何预报产品和服务，即使他们同意不重新分发原始观测资料本身。这会给其它NMHS带来商业化产品和服务的挑战。通常，观测资料的私营提供方也在市场使用自己的资料提供产品和服务，任何与NMHS达成的使用其观测资料的协议都可能意味着NMHS在其私人市场空间内不创建商业产品和服务。

国家一级公共私营参与良好国家做法汇编和其他相关资源见[此处](https://public.wmo.int/en/our-mandate/how-we-do-it/ppe/resources)。

**2.4.7 环境 观测的可持续性**

WMO仪器和观测方法计划（IMOP）为气象仪器和方法的使用设定了技术标准、质量控制程序和指南，以促进全球标准。已为使用汞和选择无线电探空仪材料制定了相应的安全程序。

联合国环境规划署《水俣汞公约》（WMO-No.8，第一卷，第一卷，第一卷第一章）禁止所有含汞的观测仪器的生产和进出口。该协议是一项全球条约，旨在消除使用汞来保护人类健康和环境免受其不利影响。

GAW大气成分观测有时采用可生物降解的臭氧探空仪包装，以响应强化南极的环境法规，从而限制非恢复的臭氧探空仪飞行。其他国家已经通过了预先支付的发现探空仪的运输，以便重新利用和翻新回收的仪器，并鼓励保护环境。布鲁尔分光光度计在电子器件中采用含水银开关，但这些开关已被更环保的组件所取代。

如果是无线电探空仪，《 [仪器和观测方法指南](https://library.wmo.int/index.php?id=12407&lvl=notice_display#.YlVCrudBxPY) 》（WMO-No.8）还就如何减少环境污染提出了建议。

关于GBON的未来发展，讨论了各种观测技术的环境影响，而且必须始终加以考虑。INFCOM通过了关于GBON未来的决议4（INFCOM-1），其中强调了这一方面的重要性。许多会员已开始采用更清洁和可持续的技术，INFCOM将协调就此问题提供进一步的指导。鼓励会员遵循INFCOM的发展，并在可用时采用新的指南。

**2.4.8 风险 管理和减缓**

由于COVID-19，观测大幅减少，被用作支持WMO天气、气候和水领域服务提供的关键应用的支持。最直接的影响是飞机观测资料总体可用性迅速下降。特别是在发展中国家，那里的很多观测台站仍然依赖于人工干预读取仪器或传输观测资料，这会影响到地面观测资料的可用性。海洋观测系统也受到了影响，特别是参与WMO自愿观测船（VOS）计划的船舶。

这再次表明了观测系统复原力的重要性，以及需要通过网络规划和不同系统组成部分平衡地开发观测系统来解决这个问题。在疫情期间，例如飞机观测、海洋观测系统和地基观测网络，特别是人工观测站，都出现了大幅减少。

COVID-19对WIGOS观测系统的运行和数据可用性的影响已在《WMO公报》第69（2）卷中进行了分析[[15]](#footnote-16)。同样，GOOS[[16]](#footnote-17) 于2020年4月启动了COVID-19影响调查，以评估和预报疫情对全球海洋观测的影响。

随着减缓，一些会员通过增加无线电探空仪的发射频率以减轻减少飞机观测的影响，从而响应了这些观测能力的不足。此外，在危机高峰期，至少有两家私营公司免费提供给某些NWP中心的额外数据。ABO等第三方数据的依赖性取决于商业和业务限制，这可揭示会员需要投资于仅服务于天气、气候、水和环境服务需求的核心观测资料。COVID-19危机还强调了测量系统中冗余的价值，通过多种技术或仪器可以测量相同的变量，以及适应性观测战略的设计和实施的重要性。疫情期间获得的集体经验可用于为观测系统建立更多复原力。为此，WMO执行理事会正在制定指南，关于受COVID-19影响会员系统的运行和维护初步指南可参见决定草案3.1/1（EC-74）的附录2。

**2.5 对空基和地基观测系统发展具有高度优先重点的行动**

前几节中关键观测差距以及如何弥补这些差距的建议。此外，NWP研讨会关于观测影响的建议已在观测系统空基和地基部分的贡献方面进行了分析，以提高预报技能。

本节向会员提供建议，以帮助确定其行动的优先顺序，以发展观测系统，以实现WIGOS 2040年愿景。我们回顾到2018年，第十八次世界气象大会（[决议40（Cg-18））](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827" \l "page=144)（见附录3）通过了10项此类行动，将其作为EGOS-IP的优先重点项目。考虑到近期的发展，如WMO的新结构 基础设施委员会常设委员会的工作计划最近在特别大会（2021年）上通过了《技术规则》（如GBON、WMO关于地球系统数据国际交换的统一政策）、基础设施委员会地球观测系统设计和演进联合专家组（JET-EOSDE）高级别指导小组（HLG）审查了EGOS-IP行动清单，这些行动清单得到了基础设施委员会地球观测系统设计和演进联合专家组（JET-EOSDE）高级别指导小组（HLG）的审查，仍然相关且紧迫的问题 已纳入以下建议。

地球系统方法是WMO战略的一个关键新方面。越来越多的观测系统对WMO应用领域感兴趣。过去十年的科技进步提高了模式的物理物理和计算能力，使得目前我们改进天气/气候预报质量、分辨率和时间范围的能力有限就是资料的可用性。这包括由于模式和能力的限制，传统上被排除在地球系统领域的数据。当前的全球NWP模式需要来自地球系统模式各组成部分的数据，因此需要更多对大气、深海、海洋和陆地表面、河流和湖泊、大气成分、海冰和冰冻圈进行观测。

《2040年WIGOS愿景》为用户未来几十年观测资料需求如何发展提出了一个可能情景。利用这些信息，NMHS、空间机构和其他观测系统开发方将能够相应地采用其规划活动，以开发WIGOS的空基和地基部分。目前的高级指导文件侧重于未来五年的时间框架，并就目前所需的活动提出建议。

鉴于这些优先重点和WMO新的明确战略方向，并考虑到全球NWP被视为地球系统方法的基础应用领域，因此，建议将下列高优先重点行动作为高优先重点，这依赖于应用领域和JET-EOSDE HLG工作组的专家知识，建议在未来5年实施WIGOS（表编号是用于跟踪目的 它不是相对的优先顺序。

| **年的总体建议 向会员提交2023-2027** | | |
| --- | --- | --- |
| **行动编号** |  | **绩效监测** |
| **1.1** | 实施GBON概念 – 所有会员在其国家全面实施GBON。LDC和SIDS通过支持发展伙伴和金融机制（如SOFF）有助于在其领土上扩展GBON网络和优先观测点。 | 通过WDQMS在中央和RWC进行监测。 |
| **1.2** | 实施新的WMO关于地球系统数据国际交换的统一政策。 | 通过监测全球NWP中心和WDQMS。 |
| **1.3** | 会员（和空间机构）通过实施额外的持续空基观测能力，推进WIGOS 2040年愿景的实施，例如测风激光雷达和一个全面的空基碳监测系统以及WMO年度差距分析中所确定的其他问题。 | 根据WIGOS 2040年愿景2040的要求，通过WMO差距分析当前和未来承诺的能力，衡量WIGOS愿景2040年的状况，并通过CGMS和CEOS提交给空间机构供其审议，并纳入CGMS基线和CEOS未来倡议。 |
| **1.4** | 会员（和空间机构）响应WMO立场文件中表达的卫星数据需求，如INFCOM批准了“全球NWP的卫星数据需求”，主要是通过CGMS，但也通过CEOS进行协调，为相关应用领域服务。 | 衡量核心卫星数据的可用性和交换（根据决议1/2021）中说明的卫星数据，根据OSCAR/空间中实 施空基部分的实际实施情况。 |
| **1.5** | 根据WIS和WIGOS的规则和标准，确保制作观测资料的所有运营方这样做。 | WIS业务监测、集中和全球及区域NWP中心。 |
| **1.6** | 支持INFCOM - GCOS和WIGOS开发分层网络概念，同时建议网络应成为分层网络系统的一部分，将与私营部门和第三方合作纳入新的数据来源。GRUAN、GSRN、GBON和RBON的工作将是确保填补更高级别层（基准和基线）的关键。 | 根据气候再分析、NWP中心和WDQMS的监测，提高GRUAN和GSRN台站的可用性。国家层面观测能力分层（台站计数）。 |
| **1.7** | 会员继续采取行动保护MW无线电频率用于气象应用，特别是积极参与2023年和2027年计划召开的下届世界无线电通信大会（WRC）。 | 现有观测频段/没有所需的保护水平。 |
| **1.8** | 会员向SC-ON通报涉及频域的任何现有和未来气象应用/使用情况。 | 确保所有这些新要求在国际层面上得到充分了解并得到保护。 |
| **1.9** | 通过发达国家与发展中国家之间的合作，支持建立若干类型测量的标准和最佳做法，加强培训和分享经验。 | 根据OSCAR/Surface提供的数据。 |
| **1.10** | 调查并开发载于附录2的新兴测量技术 | 使用的新原型技术的数量。 |

| **年观测系统演进的建议 向会员提交关于2023-2027** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **行动编号** |  | **绩效监测** | |
| **2.1** | 按照GBON和新的WMO关于地球系统数据国际交换的统一政策，在国际上交换所有对全球NWP产生了积极积极影响的观测资料，该政策于10月20212021年10月在世界气象大会特别届会上通过。 | 根据OSCAR/地表和OSCAR/空间提供资料。NWP和WDQMS中使用的标准监测指标 | |
| **2.2** | 更及时地提供和更广泛地分发若干类型的实地和遥感测量资料。特别的例子包括所有可用高度的风廓线，特别是在热带地区，高纬度地区的温度和湿度廓线以及人口稀少的陆地区域。此外，还需要更准确的大气成分资料。 | 根据OSCAR/地表和OSCAR/空间提供资料。NWP和WDQMS中使用的标准监测指标 | |
| **2.3** | 进一步努力缩小地面观测的全球覆盖率。特别关注更多关于海冰厚度、雪深、积雪水当量、土壤湿度和海洋表面盐度等观测。 | 根据OSCAR/空间和OSCAR/地表提供资料。NWP和WDQMS中使用的标准监测指标。 | |
| **2.4** | 无线电探空仪测量结果的全球分发 – 仅活动期间运行的无线电探空仪在内的所有站点的高分辨率BUFR资料，可提供降轨无线电探空仪的测量结果，保护偏远地区的无线电探空仪或重新激活不发报的无线电探空站。 | 以BUFR报告无线电探空仪站的数量。GTS上可用的降降廓线数量。根据OSCAR/Surface提供的数据。NWP和WDQMS中使用的标准监测指标。 | |
| **3.6** | 开发创新的实地廓线技术，以便提供具有成本效益的高空测量和扩展高空测量[中国] | | 应用创新的测量技术，例如循环漂流探测系统。[中国] | |
| **2.5** | 开发遥感廓线站网络 – 开发遥感廓线站网络，以补充无线电探空仪和飞机观测系统，确保廓线仪资料的区域和全球交换。 | 向WIS/GTS实时提供资料的廓线站数量。根据OSCAR/Surface提供的数据。NWP和WDQMS中使用的标准监测指标。 | |
| **2.6** | 天气雷达资料的更广泛分发 – 迫切需要雷达产品和资料格式的标准化。资料应在区域至少进行交换，并应建立长期存档。在对风暴和洪水敏感的发展中国家部署和维护天气雷达。 | 区域数据中心可用的天气雷达数据集数量。 | |
| **2.7** | 继续努力扩大飞机数据的覆盖范围 – AMDAR观测资料应辅之以ICAO和ATM监管系统的飞机数据，如ADS-C、ADS-B/Mode-S。会员应支持WMO-IATA的合作。在可能的情况下，应使用TAMDAR提供的其他观测资料。 扩展服务飞机为全球观测系统（IAGOS）活动而扩大，以改善空气质量和气候模式验证。 鼓励会员评估UAS等新技术，并在国家层面采取措施确保其法律运行。 | 飞机监测系统中可用的数据稀疏区域的观测数据数量。 | |
| **2.8** | 根据WIGOS标准整合、扩大和维持WHOS水文观测，并共享资料以支持水文监测系统。 | 通过WHOS共享的数据/台站。 | |
| **2.9** | 在海面和海面以下进行更多和持续的物理海洋瓦片观测[英国]。与GOOS海洋观测计划协调。 | JCOMM-OPS和NWP中心的标准监测指标。 | |
| **2.10** | 更进一步研究观测系统的成本效益，即有关其成本的价值（或影响）的衡量方法。 | 在观测影响研讨会上介绍的研究数量。 | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **年会员对传感器技术的具体建议 2023-2027** | | |
| **行动编号** |  | **业绩指标** |
| **3.1** | 安装更多地基GNSS台站。 | 在WIS/GTS上可用的地基GNSS台站数量。 |
| **3.2** | 扩大多普勒风廓线仪的空间密度。 | WIS/GTS上可用的雷达风廓线仪站数量。 |
| **3.3** | 评估用于温度和水汽常规廓线的新激光雷达系统。 | SC-MINT专家组的测试报告。 |
| **3.4** | 水位和潮汐测量仪，用于监测海平面上升。 | JCOMM-OPS和NWP中心的标准监测指标。 |
| **3.5** | 分配资源和计划，以评估地球系统各领域的新技术（遥感、低成本、公民科学），以便系统地用于补充标准测量。 | 尚未设置。 |
|  |  |  |

| **年会员城市综合服务的具体建议 2023-2027** | | |
| --- | --- | --- |
| **行动编号** |  | **业绩指标** |
| **4.1** | 建立有关城市环境的信息（土地覆盖、建成区、建筑物高度、地表渗透性）。 | WUDAPT数据库中的群落环境分类图的数量。 |
| **4.2** | 建立综合合作IUS基准站。 | IUS观测要求和元数据标准的定义。  WIS上可用的IUS基准站数量。 |
| **4.3** | 通过协作与合作及其示范来开发IUS城市观测网络。 | 已开展示范项目或建立试验场的数量。  IUS能力发展研讨会的数量。  成本效益（价值链视角）报告或预警/决策的数量。  与IUS观测网络相结合的星群数量。  共同设计和文件化产品的数量。 |
| **4.4** | 通过与会员的进一步合作，扩大支持城市和其他次区域利益相关方的GHG减缓工作。 | 开展了试点项目的数量。  确定减缓活动的影响。  改进最佳做法指南。 |

| **年会员空间系统的具体建议 2023-2027** | | |
| --- | --- | --- |
| **行动编号** |  | **业绩指标** |
| **5.1** | 合作，推进温室气体监测系统的空间部分，包括考虑激光雷达等新技术。 与IG3IS和其他GHG测量服务 | WMO-CGMS年度差距分析  在GHG测量服务中吸收空基测量 |
| **5.2** | 推进新一代GEO卫星，包括先进的成像、闪电测绘和整个地球静止环的高光谱分辨率IR探测： | WMO-CGMS年度差距分析 |
| **5.3** | 推进大气无线电掩星星座，长期目标是持续提供每天20000次高质量的掩星： | WMO-CGMS年度差距分析 |
| **5.4** | 努力实现GEO轨道每小时一次UV/VIS空气质量测绘工作： | WMO-CGMS年度差距分析  开展对流层空气质量相关测量的对地静止平台的数量  改进对最终用户的观测及时性  数据共享指标 |
| **5.5** | 努力实现散射计测量并达到6小时取样要求 | WMO-CGMS年度差距分析 |
| **5.6** | 致力于从空基激光雷达进行业务化3维风和气溶胶廓线观测 | WMO-CGMS年度差距分析 |
| **5.7** | 努力提供全球每小时的微波探测观测 | WMO-CGMS年度差距分析 |
| **5.8** | 努力提供降水和云雷达测量的连续性 | WMO-CGMS年度差距分析 |
| **5.9** | 为甚高纬度冰冻圈监测提供业务测高测量。 | WMO-CGMS年度差距分析。 |
| **5.10** | 加强卫星观测，以此作为观测系统的一个组成部分。考虑在测量系统开发、资料报告和交换方面对大气成分观测的需求。 | 在测量系统中吸收大气成分空基观测。 |
| **5.11** | 确保MR/IR临边探测观测的连续性 |  |
| **5.12** | 研究未来绝对校准基准任务架构，涵盖VIS/NIR、IR和MW | WMO-CGMS年度差距分析 |

IUS的概念和指南以及观测要求正在正式确定;然而，对一阶差距、优先重点和行动普遍达成一致。关于 [见附录5。](#_Annex_5._Integrated) 对优先重点的扩大讨论

[附录2](#_Annex_2._Statement)：每个变量的指导差距概述声明，列出了可用技术以测量所需的变量，并就成本、技术和能力发展方面的互补性提出意见。

**2.6 关于数据政策和数据可用性的建议**

2021年10月世界气象大会特别届会（Cg-Ext（2021））通过了关于WMO关于地球系统数据国际交换的统一数据政策的决议1。作为WMO的一项基本原则，并结合对其科学和技术专长不断扩大的需求，WMO致力于扩大和加强地球系统数据的免费和不受限制的国际交换。大会同意为所有WMO领域和学科制定统一的数据政策。数据政策的范围应涵盖会员之间交换的地球系统数据，该决议的附件列出了会员应在免费和不受限制的基础上交换的基本核心数据。它还确定了会员交换的一些建议性数据，以支持地球系统监测和预测工作。应INFCOM的要求与SERCOM和RB协调，起草《技术规则》草案，以支持本决议的实施，直至2023年WMO大会。详见完整的决议。

GODEX-NWP特设工作组（全球NWP资料交换）为讨论和解决全球NWP中心为卫星和地基观测所需的所有地球系统观测资料交换而讨论和解决实际问题提供了一个论坛。

**2.7 无线电频率协调**

在《无线电规则》中分配的具体无线电通信业务对于气象和相关环境活动至关重要。这些频段的划分及其保护对于地球探测系统（包括遥感）和地基观测系统收集的气象资料至关重要，特别是包括无线电探空仪、天气雷达、辐射仪和风廓线雷达。

为了确保这些气象设备的长期使用，特别是由于新部署未来商业通信技术给无线电频谱带来的压力，WMO会员非常关注在国家、区域和国际层面积极推进任何无线电频率监管的发展，特别是关于筹备计划于2023年和2027年举行的下一次世界无线电通信大会。

此外，由于需要很长时间才能获得运行未来气象系统的新权利，任何涉及无线电频率的新开发或改进工作向SC-ON通报。

1. **2040年WIGOS愿景国家实施战略的指导意见**

本节给出了一个例子，即德国气象局（DWD）如何着手制定国家战略来实施WIGOS 2040年愿景。国家观测系统的开发必须根据WMO的要求与气象部门的国家战略目标通信。制定国家实施战略的起点是WMO RRR进程和WIGOS 2040年文件愿景。

在制定观测系统发展的国家战略时，来自不同应用领域的专家以及网络设计和仪器的技术专家必须有助于国家实施战略。这非常重要，因为必须考虑到许多不同的方面。用户需求必须与测量的准确性和可靠性、质量监测和质量控制程序、财务限制和实施时间表相一致。

以下各节简要介绍了DWD的方法。

**3.1 调查不同应用领域的国家需求**

被纳入WMO区域和全球观测系统的技术规则和指南中，国家观测网络必须符合国家的特殊需求。这些涵盖对一般公众、航空服务、气候监测和预报的预警和预报过程的需求，并将通过临近预报应用、NWP和气候模式提供。DWD战略包括几个专门的目标：

1. 开发从观测到12小时无缝预报系统，提供5分钟时间分辨率的遥感和地基资料：
2. 提高天气监测、预报和预警过程的资料可用性，使用第三方资料：
3. 为空中交通安全和机场全面管理提供改进的服务：
4. 通过持续的资料获取和支持基准网络，改进气候研究和气候服务。

**3.2 汇编无技术要求的国家需求和网络设计原则**

中的国家需求[根据第3.1节](#_3.1_Survey_of)，编制了无技术要求的摘要（类似于OSCAR/需求），此外，还列出了实地和遥感技术的相关组合，包括可满足各项要求的卫星计划。

WIGOS观测网络设计原则可在设计和/或加强观测系统时考虑不同方面的指导。考虑到这些需求，对观测系统的详细需求做出了规定，例如资料可用性监测、质量要求、准确性、及时性、均一性和可持续性。

**3.3 关于国家观测能力发展的概念**

根据前几节的信息，就国家综合观测系统的发展提出了长期愿景。

国家实施战略是在愿景的基础上制定的，分为三大发展路线：

1. 综合预报系统;
2. 地基观测网络的完整自动化：
3. 结合地基和卫星测量的不同测量量，以估算气象相关变量（即地面状况、日照时数）。

**3.4 关于试点活动的建议**

最后，在开发路线中为试点活动制定详细的项目计划，并制定了可交付成果、预算线、时间表等。

1. **基于系统观测融资机制（SOFF）和国家支持倡议（CSI）的能力发展机会和指南**

许多发展中国家和经济转型国家不具备提供基本地基观测的能力或资源。这是观测的一致性和均一性的挑战，特别是在全球尺度上。因此，需要努力支持这些国家，特别是最不发达国家和小岛屿发展中国家，通过在各自区域提供指导和组织培训和能力建设活动，并帮助它们开发、加强和维护其基础设施，这要归功于新的融资工具。

**能力发展机会**

等设施和倡议 [SOFF](https://public.wmo.int/en/our-mandate/how-we-do-it/development-partnerships/Innovating-finance)和[CSS](https://public.wmo.int/en/our-mandate/how-we-do-it/development-partnerships/csi) 旨在系统地评估能力差距，并采取积极措施发展能力，特别是最不发达国家和小岛屿发展中国家。这些机制旨在从短期和长期角度受益。SOFF将特别支持各国制作和交换对于改进天气预报和气候服务至关重要的基本观测资料。它将以新的方式提供技术和财政援助 - 应用国际商定的指标和GBON的要求 - 指导投资，以数据交换作为成功的衡量标准，并在提供全球公益的同时创造地方效益。SOFF将有助于加强全球的气候适应和复原力，特别是最脆弱的群体。

SOFF的建立由WMO牵头，与广泛的国际组织合作，包括[水文气象发展联盟](https://alliancehydromet.org/)的成员。联盟联合努力发展伙伴和气候融资伙伴，弥补在高质量天气预报、早期预警系统和气候信息方面的能力差距。联盟会员承诺加强NMHS持续运行观测系统和资料交换的能力，以满足WMO最低监测覆盖范围和报告频率的标准。

如果没有世界各地观测资料的实时国际交换，社会所依靠的天气预报和气候预测是不可能实现的。GBON将大大改善地基观测资料的可用性和国际交换。这可带来超过50亿美元的效益12 每年。

通过GBON提高地基观测带来的效益将在对气候变化最为脆弱的地区及其影响，包括非洲、南美洲、西南太平洋和亚洲部分地区。GBON规定了所有WMO会员有义务并明确要求所有会员获取和交换最基本的地基观测资料，且其空间和时间分辨率最低水平。

虽然一些地区可提供地基观测资料，但世界一些地区，特别是小岛屿发展中国家和最不发达国家缺乏重要的基础设施和能力，无法满足GBON的需求。要弥补这些差距，就需要一种新的融资方式。 [SOFF](https://alliancehydromet.org/systematic-observations-financing-facility/) 正在建立中，以新的方式提供技术和财务援助。SOFF将使用数据交换作为成功的衡量标准。在其初始阶段，SOFF旨在支持68个SIDS和LDC以实现持续的GBON合规性。

SOFF将在三个阶段向该国提供支持。在就绪阶段，将评估该国水文气象状况、确定GBON差距以及制定缩小差距的计划。投资阶段使各国能够缩小GBON的投资和能力差距。合规阶段支持持续的GBON达标，并能够获取改进的天气预报和气候分析产品。

在2019年12月的COP25上，水文气象发展联盟启动。预计SOFF的建立将成为联盟高优先重点的行动。在过渡期，WMO决定建立CSO，作为一个补充载体，以支持发展和气候融资伙伴，确保其观测融资可响应GBON的义务。

在GBON的设计中，认可缺乏满足SIDS和LDC对GBON要求的观测资料。GBON总体驱动因素是全球NWP，为所有会员设定了“义务”，以提供可满足基本需求的基本观测。《WIGOS 2020-2023年初始运行阶段计划》提倡的“合规文化”是增加交换资料量的策略，以及数据遵循既定WMO标准的程度。虽然这些方法意味着收紧了会员对全球地球系统基础设施的预期使用方式，但随着观测差距的缩小，SIDS和LDC还可获取由此产生的NWP模式输出和早期预警系统输出，包括通过更多地/更好的观测来改进NWP。Cg-Ext（2021）批准的WMO统一政策是用于地球系统数据国际交换，只要数据被确定为“核心”或“建议”，则数据是否为公平共享数据，即提供此类数据。例如，“核心”数据 *将包括由全球数据处理和预报系统（GDPFS）指定制作中心的全球数值天气预报（NWP）系统提供的全球分析和预测场，详见《全球数据处理和预报系统手册》（WMO-No.485）。* 这在能力发展背景下具有极大的潜在效益，因为它提供了平衡GBON在获取NWP观测方面需求的能力，同时提供方需要获取高质量的天气预报、早期预警系统和气候信息的输出。

近年来，发达国家和发展中国家之间的不平等和差距在信息和通信技术（ICT）的获取和利用及受益于能力方面有所增加。这适用于计算资源来管理和处理数据，以及共享数据和信息的网络能力。云计算有可能成为在这方面改变游戏规则的人，如果公平利用，并且正在开展一些活动来证明它。例如，欧洲[天气云](https://www.europeanweather.cloud/)（欧洲中期天气预报中心（ECMWF）、EUMETSAT及其会员国的国家气象部门）正在建立，并可作为六区协的验证概念。随着在云计算平台上收集的观测资料和模式输出，可设想具备能力开发的设想：

1. （i）在云可用性方面，通过典型会员的常规信息交换系统，在局地可能获得更多的观测资料：（ii） NWP模式输出;（iii） 地球系统观测和模拟能力的其他成果;（iv） 可视化/显示功能（在能力开发的早期阶段尤为宝贵，可提供尽可能低的障碍，例如，以图形形式获取预报指导）;（v） 用于创建定制工作流程的计算资源和软件框架。这有利于具备中级和先进能力的会员创建支持其职责的应用和信息：（vi）可能存档的资料;（vii）培训课程材料。
2. 通过一个由会员和/或服务提供方组成的联合体，共同开发、运行和维护云计算平台。
3. 原则上，单个会员的故障技术点变为与云的网络连接。

可以详细阐述这种概念验证和其他类似的经验，并将其扩展到全球应用，使WMO所有会员受益。因此，此类技术战略可极大地有利于资料共享和能力开发。

评估成功与否的标准应双向进行，以量化的数据交换量形式，例如用于监测SOFF活动。为履行其GBON义务，会员提供的观测值可与可支持该会员的NWP模式输出的可用性相结合。这将为全球NWP中心提供其产品。这在一定程度上已经完成，例如ECMWF提供了图形形式的NWP模式输出，并正在采取措施根据其开放数据政策提供其NWP模式数据。提高全球NWP中心NWP模式输出的可用性，将远远有助于提供激励措施和公平，从而帮助推动GBON和WIGOS合规并支持能力发展。

**培训机会**

2020-2023年WIGOS初始运行阶段的计划包括促进一系列支持能力发展的活动。特别是，在RWC和区域培训中心（RTC）的支持下，在区域层面组织指南、学习材料和培训活动，涵盖主题，例如在[OSCAR/地表](https://oscar.wmo.int/surface)收集WIGOS元数据、[使用WDQMS](https://wdqms.wmo.int/)以及事件管理系统（IMS）。此类材料可从[WIGOS学习门户网站获取](https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=146)。

SC-MINT一直在与RTC、区域仪器中心、区域海洋仪器中心、区域海洋仪器中心、区域辐射中心和测量牵头中心合作，制定和促进教育培训材料，并推荐在环境测量、仪器和溯源性领域开展基于胜任力的培训活动。WMO几个区域协会已经举办了一系列研讨会，如向自动地基测量过渡以及质量、可追溯性和合规性等主题，并将酌情扩大到其它区域。这些活动和其他计划的培训活动涵盖了《WMO仪器、标定、气象观测和观测计划及网络管理能力框架纲要》中的主题。这些研讨会和相关培训材料的介绍和录音也可从WIGOS学习门户网站获取。

GAW培训与教育中心（GAWTEC）负责通过教学测量技术和资料分析，包括使用布鲁尔和多布森仪器及臭氧探空仪进行臭氧观测的人员，负责对全球和区域GAW台站的人员进行培训和教育。GAW还主办了VOC培训课程和研讨会，重点是测量技术、方法、QA-QC和数据提交。

一些国家有卫星接收站或通过WIS接收卫星资料，但它们缺乏专业知识来利用这些信息来受益。卫星气象培训和教育虚拟实验室（[VLab](https://www.wmo-sat.info/vlab/)可提供帮助;它是一个由专业培训中心和气象卫星运营方共同合作的全球网络，旨在改进气象和环境卫星资料和产品的利用。VLab可以继续与CEOS协调 [能力建设和数据民主工作组](https://gcc02.safelinks.protection.outlook.com/?url=http%3A%2F%2Fceos.org%2Fourwork%2Fworkinggroups%2Fwgcapd%2F&data=04%7C01%7Cmaudood.n.khan%40nasa.gov%7Ce9fef00d2b72497a75f908d9d54f79c5%7C7005d45845be48ae8140d43da96dd17b%7C0%7C0%7C637775359619322746%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjoiMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzIiLCJBTiI6Ik1haWwiLCJXVCI6Mn0%3D%7C3000&sdata=56MfebSgQK5YiIYOqejrRf666yuD46CWCvlpWYUmtLs%3D&reserved=0) （WGCapD） 通过开展广泛的地球观测及其应用培训，进一步提高发展中国家用户的技能 [CEOS培训日历](https://gcc02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Ftraining.ceos.org%2F&data=04%7C01%7Cmaudood.n.khan%40nasa.gov%7Ce9fef00d2b72497a75f908d9d54f79c5%7C7005d45845be48ae8140d43da96dd17b%7C0%7C0%7C637775359619322746%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjoiMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzIiLCJBTiI6Ik1haWwiLCJXVCI6Mn0%3D%7C3000&sdata=J0HrVwH3oTpLMtiZn0ByQarfVncMfB74LyBaOq0yi2s%3D&reserved=0).培训日程可用于查找或推广与CEOS成员和同事、地球观测组织（GEO）成员和其他从事提供地球观测培训的其他组织提供的广泛主题领域和地理相关的培训。继续参与该活动 [地球观测培训、教育和能力发展网络](https://gcc02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fceos.org%2Feotec&data=04%7C01%7Cmaudood.n.khan%40nasa.gov%7Ce9fef00d2b72497a75f908d9d54f79c5%7C7005d45845be48ae8140d43da96dd17b%7C0%7C0%7C637775359619322746%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjoiMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzIiLCJBTiI6Ik1haWwiLCJXVCI6Mn0%3D%7C3000&sdata=XLlRw3hqvEeo4xm8VNa47Gg%2F9NxsNmmTyIBItRma94w%3D&reserved=0) （EOTEC-DevNet）是CEOS、CGMS、GEO、WMO和UNOOSA能力发展小组的联合倡议，鼓励他们解决协调从空基观测到下游服务和最终用户等整个价值链中各种能力建设、宣传和培训活动的重要需求。

**建议**

提出了以下高级别建议：

1. 鼓励发达国家根据WMO关于地球系统数据国际交换的统一数据政策，向发展中国家提供NWP产品：可以设想在区域层面努力促进云计算解决方案，以实现这样的目的：
2. 鼓励LDC和SIDS酌情利用SOFF，加强或进一步发展其GBON观测基础设施;
3. 一旦开发能力，有针对性地开展工作，将有相关资源过渡到常规组织计划，但并未得到充足的资金，因此维持能力尤其具有挑战性。因此，应当在国家层面努力确保已实施GBON基础设施的可持续性。

此外，为划分气象观测系统技术合作活动的优先重点提出了以下指导方针（按优先顺序）：

1. 建立项目，以改进/恢复现有的和建设RBON新的高空观测能力[[17]](#footnote-18)，重点是激活不哑的高空站，并提高资料稀疏地区的覆盖率（特别是关于购买设备和耗材、电信和员工培训）。
2. 利用WICAP，将AMDAR覆盖率扩大到发展中国家、LDC和SIDS，以补充稀少的高空观测或为无力负担昂贵的高空探测系统的国家提供具有成本效益的替代方案（见 [第2.4.3节](#_2.4.3_Analysis_of)）。
3. 建立与提高RBON地面观测资料质量、定时性和覆盖范围相关的项目，重点放在启动不作报站以及提高资料稀疏区域的覆盖率。
4. 建立与引进和/或使用新的观测设备和系统相关的项目，包括有成本效益的地基AWS、AMDAR、ASAP和漂流浮标。

实现可靠沟通的技术合作将做出宝贵贡献，以确保一旦收集到观测资料能够得到广泛交换。

最后，在解决发展中国家观测系统的发展时，应考虑以下建议：

1. 如果有额外资金，确定应划拨额外观测优先重点的地理区域。
2. 在区域层面为维持最低无线电探空仪网络以可接受的性能分配高度优先。
3. 利用资料拯救活动保存发展中国家和历史观测台站的历史观测记录，并提供长期数据集用于活动，包括再分析、研究、适应、监测和其他气候服务。
4. 鼓励区域协会与基础设施委员会协调，在有限的时间上确定资料稀疏地区的外场试验，根据非洲多学科季风分析（AMMA）实地试验的范例，评估额外数据将如何促进提高区域和全球尺度的性能[[18]](#footnote-19)。
5. 检查未来自动站可成为地面站网人工站的可行、具有成本效益的替代方法的程度，并调查改进的自动站和人工站配置。
6. 遵循观测网络设计原则（见WMO-No.1160，第2.2.2.1节和附件2.1）并在观测管理人员和气候科学家的密切合作下对气候观测系统进行改变时，采取适当的变化管理做法[[19]](#footnote-20)。
7. 对于脆弱地区的临近预报和减缓风险而言，完善（针对极端天气条件）电信基础设施的可用性是一个问题。利用可靠的通信网络。
8. 使用区域中心的概念向负责培训和维护更复杂的系统（包括AWS）的专家提供访问。

2021年10月，WMO特别大会（2021年）批准了决议草案4.2/1，该决议批准建立SOFF，为LDC和SIDS的GBON的实施和持续运行提供技术和财务支持。秘书长与联合国开发计划署（UNDP）、联合国环境规划署（UNEP）和联合国多伙伴信托基金办公室合作，努力将SOFF设立为联合国多伙伴信托基金，并作为紧急事项。

1. **关于需要响应WIGOS 2040年愿景的沟通计划**

本《关于空基和地基观测系统发展高级别指导文件》第2.5节中提出的优先重点行动必须传达给关键利益相关方和实施机构。关键信息必须传达给各目标受众，使他们有效地参与其中。在WIGOS业务阶段，预计NMHS将与国家伙伴合作，为WIGOS的国家实施承担更大的责任。

培育遵守WIGOS技术规则的文化是WIGOS初始运行阶段的关键优先重点。通过执行理事会通过的WIGOS指标（见 [决定4.2（4）/1（EC-73）](https://meetings.wmo.int/EC-73/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/EC-73/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/EC-73-d04-2(4)-WIGOS-INDICATORS-approved_en.docx&action=default)），可以监测WIGOS国家实施的进展。这些指标能够更现实地评估会员对观测系统在WIGOS实施和发展方面的合规性。执行理事会批准WIGOS初始运行阶段的计划（见 [此处](https://meetings.wmo.int/EC-73/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/EC-73/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/EC-73-d04-2(1)-PLAN-WIGOS-OPERATIONAL-PHASE-approved_en.docx&action=default)），包括一个关于合规文化的部分，作为该计划的优先重点之一。

本指导文件的关键信息将传达给各利益相关方和实施机构，它们是：

1. NMHS的技术管理人员和执行人员;
2. 国际伙伴组织和计划;
3. 国家伙伴组织;
4. 空间机构;
5. 来自大学的科学伙伴;
6. 资助组织和捐助方。

为了通报高级别指导文件的内容，可以使用以下沟通渠道和活动：

1. WIGOS培训活动以及用于信息交换的WMO RTC
2. 区域WIGOS中心;
3. WIGOS国家联络员;
4. 在合作伙伴和其他利益相关方组织的会议期间，在边会期间提供机会的高级别指导报告。

活动将根据所有利益相关方的实施进展和反馈，定期审查和更新。

**附录1**

**WIGOS相关文件、规章性和指导性材料**

1. **WIGOS相关文件**

在WIGOS开发和试运行阶段（2016-2019年）期间，已开发了一些文件和支持性工具以及规章性和指导性材料。此外，还制定了WIGOS初始运行阶段（2020-2023年）计划。

在本附录中，相关的WIGOS文件、工具和规章材料是相互联系的，并就如何联系提出建议。

WIGOS是一项核心活动，是支持所有WMO计划和应用领域的WMO基本基础设施要素。WIGOS可为所有贡献观测系统提供全球框架、管理和设计工具，以优化用户驱动的投资，以实现天气、气候、水和相关环境服务的可持续发展。对于以下类型的观测尤其如此：

1. 全球观测系统（GOS）和GCOS网络的天气和气候观测
2. 大气成分观测，即全球大气监视网（GAW）的观测部分;
3. WMO水文观测系统（WHOS）的水文观测;
4. 冰冻圈观测，即全球冰冻圈监视网（GCW）的观测部分;
5. 全球海洋观测系统（GOOS）的海洋气象和海洋观测。

详情可查询WIGOS网页： <https://public.wmo.int/en/programmes/wigos> 和 <https://community.wmo.int/activity-areas/wigos>

关于WIGOS各部分实施计划的更多详情可查询：

1. 全球冰冻圈监视网（GCW）实施计划，第1.6版（2015年1月24日）和1.7版（2016年4月19日）
2. WMO全球大气监视网（GAW）实施计划：2016-2023年。GAW报告No.228。世界气象组织，2017，
3. 全球气候观测系统：实施需求。GCOS-200.WMO，2016，
4. 全球气候服务框架（GFCS）实施计划。WMO，2014，
5. WMO水文观测系统（WHOS）第二阶段 – 初始实施计划，WMO，2018年5月。

在2016-2019年WIGOS试运行阶段，主要活动是沿着五个优先领域（即：（1）国家WIGOS的实施：（2） WIGOS规则材料与必要的指导材料相互补充，以协助会员实施《WIGOS技术规则》：（3） 进一步开发WIGOS信息资源（WIR），尤其侧重于OSCAR数据库的业务部署;（4） 开发和实施WDQMS;（5） RWC的概念开发和初始建立，详见WIGOS预运行阶段2016-2019（[PWPP](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=19656#.YYTvJWCZPYY)）计划。WMO大会在2018年注意到（[决议37（Cg-18））](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9827" \l "page=127)）WIGOS实施和预运行阶段取得的进展，并决定从2020年1月1日起，该系统应被视为业务化、从2020年1月1日起生效，并应继续作为WMO的核心活动。因此，观测、基础设施和信息系统委员会（INFCOM）在其第一次届会上批准了WIGOS初始运行阶段（2020-2023年）的计划，随后EC-73通过了该计划（见 [此处](https://meetings.wmo.int/EC-73/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/EC-73/English/2.%20PROVISIONAL%20REPORT%20(Approved%20documents)/EC-73-d04-2(1)-PLAN-WIGOS-OPERATIONAL-PHASE-approved_en.docx&action=default)）。WIGOS在这一时期的最高优先重点包括：

1. 国家WIGOS的实施，包括必要的能力开发、伙伴关系协议以及整合所有应用领域的观测系统。
2. 培育遵守WIGOS技术规则的文化。
3. 全球基本观测网和区域基本观测网的实施。
4. WIGOS资料质量监测系统的业务部署。
5. 区域WIGOS中心的业务实施。
6. 进一步开发OSCAR数据库。

高优先重点将是那些有助于会员制定和实施其国家WIGOS实施计划的活动，尤其侧重于需求最大的LDC、内陆发展中国家和小岛屿发展中国家。

WIGOS初始运行阶段（2020-2023年）的计划依托在试运行阶段开发的能力。注意到全球观测系统演进实施计划（EGOS-IP），Cg-18邀请会员和确定的实施机构采取措施，更好地实施一些具体的EGOS-IP行动，见 [附录3。](#_Annex_3._Key) 本文件

沟通 [和宣传战略](https://community.wmo.int/comms-outreach) 旨在支持WIGOS的实施。该战略旨在确保所有WMO会员和利益相关方都能轻松获取关于WIGOS的概念、效益、影响、关键实施活动、进展和挑战等相关信息。

[RRR](https://community.wmo.int/rolling-review-requirements-process) 汇总了会员目前在14个应用领域不断发展的观测需求的信息，以满足所有WMO计划的需求。将用户需求与特定应用领域的观测系统能力进行比较被称为“关键评审”。这一审查由相关应用领域的专家审查，并用于准备一个SoG，其主要目的是在应用背景下，关注用户需求与观测系统能力之间最重要的差距（另见 [第2.1节](#_2.1_Synthesis_of)）。2020-2023年休会期间，INFCOM正在审查WMO的地球系统方法并考虑不断变化的用户需求和私营部门作用的增加，RRR及其过程正在审议。

OSCAR数据库（[观测系统能力分析和评审工具](http://oscar.wmo.int/)）中详细介绍了不同应用领域的所有变量和要求。在2020年下半年，OSCAR/空间和OSCAR/地表的新版本已投入使用。

[《WIGOS 2040年愿景》](https://community.wmo.int/vision2040)提出了一个可能的情况，将在未来几十年指导WIGOS的发展，对于一个将满足已确定的观测需求的综合观测系统，这是一个宏伟但技术上和经济上可行的愿景。它预计将建立一个全面开发和实施的WIGOS框架，以支持WMO及其会员在天气、气候、水和其他相关环境应用领域的所有活动。该愿景旨在满足所有应用领域的需求以及WIGOS可应对的WMO计划和联合发起的计划。愿景认为，未来的观测系统将以地基和空基的现有子系统为基础，并利用目前尚未纳入或充分利用的现有、新兴的观测技术。

NMHS不再是气象观测的唯一提供方。相反，通常各种组织正在运行对WMO应用领域感兴趣的观测系统。WIGOS的一项原则是尽可能将这些观测纳入一个整体系统。

[GBON](https://community.wmo.int/gbon) 是WIGOS的基本要素。GBON特别旨在加强观测系统的地基部分，并将满足空基观测系统目前无法满足的观测需求。它代表了一种新方法，即在全球层面设计、定义和监测基本地基观测网络。一旦实施，GBON将提高最基本的地基数据的可用性，这将对天气预报质量产生直接的积极影响。WMO全系统网站包括关于GBON的概念、执行摘要和介绍。

GBON规定草案和GBON台站提名草案在WMO基础设施委员会第一次届会上进行了讨论（见 [WMO-No. 1251](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21866)，届会的最终节略报告），并在会员审查后提交EC-73。2021年10月世界气象大会特别届会最终通过了GBON规定草案：这些工作将于2023年1月1日生效。

1. **WIGOS规章性和指导性材料**

《技术规则》旨在确保规范和程序具有足够的统一性和标准化，以促进会员间的气象和水文合作，见《技术规则》（[WMO-No.49](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=14073#.XmdNhKhKi70)）第一卷 - 通用气象标准和推荐规范，第一部分 - WIGOS。

《WIGOS手册》规定了会员在实施和运行WIGOS方面的义务。它可促进会员间观测的合作，并确保采用的规范和程序具有足够的统一性和标准化（《WIGOS手册》（[WMO-No. 1160](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=19223" \l ".XmdPOahKi70)）2019年版）

2018年更新版指南提供了与一些新的WIGOS相关规则相关的材料。所涉及的主题包括新的WIGOS台站标识符系统、记录和提供WIGOS元数据标准中规定的元数据的新要求、会员用来提交WMO全球汇编元数据的新OSCAR工具、以及新的观测网络设计（OND）原则。这些原则为NMHS如何设计和发展其观测网络提供指导。鼓励会员遵守 OND 原则。对于2020-2023年全球观测系统的发展，分层网络方法很重要，通过这种方法，高质量的基准观测信息可以转移到其他观测资料中，并用于提高其质量和效用。详情参见《WMO综合观测系统指南》（[WMO-No.1165](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20026" \l ".XmdPY6hKi70)），2017年版更新2018年。

《气象仪器和观测方法指南》（[CIMO指南](https://community.wmo.int/activity-areas/imop)）可为气象测量和观测的良好做法提供建议。它为气象仪器和观测方法的使用设定了技术标准、质量控制程序和指南，以促进开发和全球标准化。目前，诸如在星载和地球表面运行的遥感仪器（例如天气雷达）等观测技术可提供有关地球大气和表面信息的主要来源。WMO/ITU手册《气象无线电频谱的使用》（无线电频谱的使用手册）中提供了关于气象系统使用无线电频率的综合技术和业务信息。气象界为所需的频段辩护，这是最重要的。WMO专家组、空间机构和区域合作计划（如EUMETFREQ）的专家开展了许多研究，以保护频段，并代表WMO在ITU层面。这些努力必须继续开展。此外，重要的是在国际层面（ITU）上了解使用无线电频率的任何新应用或设备，以确保适当的保护。由于在国际层面制定监管文本的过程需要长期拖延，因此，WMO专家组的前进信息对于确保充分保护至关重要。此外，WMO无线电频率协调专家组的工作必须得到国家专家的支持。

WIGOS提供了一系列有助于在全球、区域和国家层面上实施WIGOS的工具。OSCAR是由WMO开发的资源，以支持地球观测应用、网络规划研究和全球协调。 [OSCAR](http://oscar.wmo.int/) 是WIGOS所有地基和空基台站/平台的网络清单，其组成部分如下：

1. OSCAR/地表和OSCAR/空间包含关于地基和空基观测系统能力的信息。
2. OSCAR/需求包括支持WMO计划的所有应用领域的用户需求
3. OSCAR/分析将用于将这些要求与观测系统能力（RRR、关键审查）进行比较。该工具正在开发中，并将酌情添加进一步的功能和信息。

OSCAR/空间自2012年以来一直WMO秘书处提供，最新版本2.6已经于2021年10月发布。这是一个主要的软件升级，其特点与差距分析和搜索工具有关。今天，OSCAR/空间包含与1000台仪器相关的信息。其中大约650个致力于地球观测，350个是空间天气卫星。它是WMO维护的信息参考来源，可惠及全世界卫星用户和卫星运行机构。

自2014年以来，WMO和瑞士气象局联合开发了OSCAR/地表，用于地面、需求和分析组成部分。定期发布OSCAR/地表发布会定期添加改进，例如，2021年10月发布增加了一个功能，即自动纳入WMO资料质量监测系统的监测信息，以反映OSCAR/地表中观测台站的实际运行状态。

要进一步了解OSCAR和其他WIGOS工具，请访问 [WIGOS学习门户网站，该门户网站](https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=146) 包括一系列教程和培训课程。它包括OSCAR/Surface、WDQMS和其他WIGOS相关主题的学习材料，例如视频、演示、文件、链接等，以及区域培训研讨会的材料。

与OSCAR密切相关的[WDQMS网络工具](https://wdqms.wmo.int/nwp/synop/six_hour/availability/pressure/all/2020-06-28/18)是WMO开发的资源，由ECMWF主办，可监测[WIGOS](https://public.wmo.int/en/programmes/wigos)所有观测组成部分的性能。

网络工具的当前业务版本基于来自四个参与全球NWP中心的近实时监测信息，监测观测资料的可用性和质量：德国气象局（DWD）、ECMWF、日本气象厅（JMA）和美国国家环境预测中心（NCEP）。该工具将来自那些WIGOS监测中心地基观测资料的可用性和质量与OSCAR的WIGOS元数据和用户需求联系起来，向WMO会员和RWC提供关于网络/台站问题的信息，以便采取后续行动。NWP监测目前可用于地面站（SYNOP报告）和高空无线电探空仪陆地站（TEMP和PILOT报告）。

在EC-69监测WIGOS国家实施进展的指标上已经批准，并在[WIGOS就绪](https://www.wmo.int/pages/prog/www/wigos/wigos-readiness.html)网站监测进展情况（截至2019年6月1日）。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**附录2**

**每个变量的指导差距概述声明**

下表1概述了《WMO应用领域指南声明》中摘录的观测差距，其中列出了应对重点、可用和新兴技术，以及需要审议的一些意见或建议。

**表1：要求变量及其与指南声明的差距**

| **变量** | **应用领域和差距** | **现有技术，以弥补差距** | **新兴技术** | **评论/建议（成本、技术互补性、能力发展方面、GBON发展等）** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 在三维域内，你和v-comp of wind。 | **全球NWP：**   * 覆盖海洋和居住稀疏的陆地边缘或贫困 * 极地地区很少的原位风观测。在平流层下部，只有无线电探空仪提供风信息 * 随着地球静止卫星上可用的超光谱红外探测仪，这可进一步改进所分析的3D风场   **高分辨率NWP：**   * 然而，在许多地区，缺乏可靠的观测资料是显而易见的。从维护良好的风廓线仪获取的资料质量良好，而速度方位显示（VAD）技术提供的风的质量是有问题的。 * 此外，静止卫星反演的风信息可提供可接受的信息，因为高观测频率和高水平分辨率，虽然通常仅限于少数几个高度上确定的低准确度确定的单一水平风观测。   **临近预报和 VSRF：**   * 极地地区的风覆盖率基本上不存在。 * 无线电探空仪风廓线的时间分辨率很小，可以接受。 * 卫星风对边缘精度和垂直覆盖率是可以接受的，而垂直覆盖则很小   **航空气象学：**   * 通过加强对机载观测资料的收集（如从AMDAR、ADS-B（自动相关监视）和模式-S系统进行链接）以及航站区观测，可以实现更准确的风预报准确度。 * 此外，扫描天气雷达通常面临着近地表测量的问题，因为有许多非气象虚假信号会严重污染信号。 | 无线电探空仪，测气球，以及  飞机风，（  风廓线仪雷达、天气雷达风、VAD  多普勒风测量，以及  间接风测量：具有快速重复周期的多光谱VIS/IR图像。  卫星超光谱红外探测仪 | 模式-S（2020年以来在气象局的业务同化，全球NWP和高分辨率NWP，Li 2021）  多普勒激光雷达（自2020年以来在ECMWF业务上同化业务化的Aeolus任务）  高分辨率型号的无人驾驶飞行器（UAV）。  地基多普勒激光雷达，边界层内和光学薄云层  无线电探空仪下降测量。  循环 漂流探测系统。[中国] | 模式-S：机场附近的自由数据、廓线能力，在巡航高度上具有良好的覆盖率  Aeolus 是 20 世纪 90 年代设计的，至少持续 3 年，因此，在未来可能的业务任务中，技术的许多方面都能够得到改进。  UAV：高度有限（取决于国家监管）瑞士气象局进行了实验，全自动无人机达到2公里的高度。（Leuenberger等人2020）  2022-2023年，WMO JET-ABO团队正在寻找一个全球示范项目，该项目将侧重于气象数据的质量、标准和格式，以及评估数据同化对区域NWP的影响。可能利用无人驾驶飞机与第三方开展合作（10年时间）  二极管激光技术比以前更便宜的激光雷达技术。像地物杂波雷达那样受灾，频率分配也不好。对机场、城市气象有用（Barlow 2011）。  风多普勒激光雷达将与其他仪器一起用于2024年巴黎奥运会的研究示范项目（RDP）。  低成本和创新 廓线技术， 即基于中国北斗导航卫星系统的三阶段循环漂流探测系统， 可提供具有成本效益的和扩展的探测资料可供业务使用。 通过发射一个探测气球，它可提供连续上升的垂直廓线、漂浮的水平廓线和高分辨率探测资料的下降垂直廓线。在5年内超过3000次成功的测试运行后，这种特殊的廓线技术已经可供业务使用。[中国] |
| 地表压力 | **全球NWP：**   * 热带和北极的一些地区覆盖边缘或缺失 * 除了无线电掩星数据和GNWP测量SoG的一些小贡献外，目前或计划中的卫星系统无法观测到地面气压 – 4 –已知成分气体的差分大气光学厚度（例如NASA的OCO-2任务）   **用于气候研究的长期再分析**   * 由于存在地表气压的长期历史原位观测数据，因此资料大多被用作气候研究的长期原始观测数据，并将支持这些应用继续进行实地地面气压观测。   **海洋应用：**   * 船舶和漂流浮标可对一些大气变量（包括海面压力）进行标准表面观测。只有少量的锚碇浮标具有海面压力。在相对浅水中，石油平台也这样做，但对于海洋服务应用而言，其频率和空间覆盖率很小。 * 应提高海面气压观测的分辨率，以尽可能提高沿海和河口地区（特别是在极端天气事件期间）总海平面预报的准确性。 | 船舶、漂流浮标、系泊浮标、地面站  NIR分光计 | 海上的帆风浪 | 使用大气资料同化系统的敏感性研究表明，中、高纬度地区的海面气压数据对天气预报技能有很大影响。但是热带海面压力数据的影响尚不清楚。  与其它标准地面大气要素（如温度、湿度和风）的传感器相比，气压传感器相对昂贵。它成为系泊浮标上安装它的障碍物。 |
| 近地表你和v-comp of wind，作为二维场  通常在10米 | **全球NWP：**   * 热带和北极的一些地区覆盖边缘或缺失 * 极地卫星测高仪仅可提供全球覆盖和良好准确度的风速信息。然而，水平覆盖范围和时间覆盖率有限   **高分辨率NWP：**   * 山地地形对局地风资料的解释比较复杂，此处常见于局地昼流 * 极轨卫星地面风信息对全球模式非常有用，但其时间频率对于中尺度预报是很小的   **临近预报和 VSRF：**   * 山地地形对局地风资料的解释比较复杂，此处常见于局地昼流 * 风的测量可能是局部好的，但对于许多地区，甚至对于临近预报应用而言，甚至很小 * 在海洋上，船舶和浮标可提供可接受的/边缘频率和准确度的风观测   **航空气象学：**   * 边界层风廓线仪可提供关于垂直切变和湍流的有用信息，但在采样飞行路径上的水平风变化方面有所限制，以便提醒风切变。 * 云运动风几乎无法连续提供陆地上空行星边界层的资料。   **海洋应用：**   * 对于海浪计算，资料覆盖不够，卫星表面风资料的准确性不足，尤其是在风暴风速范围内。 | 极轨卫星上的散射仪  船舶、浮标，以及  被动偏振辐射计，包括  L波段微波成像仪，  局地观测中尺度网络，（  多普勒激光雷达和终端多普勒天气雷达、边界层风廓线仪  IR高光谱探测仪、VIS/IR成像、实现昼/夜波段、GNSS反射计（GNSS-R）任务：被动MW;合成孔径雷达（SAR） | GNSS反射计（GNSS-R）任务：被动MW;特区 | 参见“海洋风应力”，以使用表面风资料迫使海洋环流模式。 |
| 3D领域内的气温 | **全球NWP：**   * 在地球大部分地区 – 海洋和居住稀疏的土地 – 实地资料覆盖很少或缺席   **高分辨率NWP：**   * 关于边界层对高分辨率NWP的要求，卫星探测仪的垂直分辨率仍然很小。   **临近预报和 VSRF：**   * 除了无线电探空仪和AMDAR/MODE-S之外，当前的系统没有解决PBL顶部所需的垂直分辨率，因此，对于诸如预报对流启动（即地球静止卫星或地基辐射计）的应用能力差。 | 无线电探空仪、飞机、极轨卫星、无线电掩星，以及  具有快速重复周期的多光谱VIS/IR成像，红外高光谱探测仪，  VIS/IR成像，实现白天/夜间波段、MW成像、MW交叉轨道平流层上部和中间层探测仪  VIS/NIR/SWIR/IR任务，用于连续极地覆盖（北极和南极） | 拉曼-激光雷达  HSRL-DIAL  差分吸收激光雷达  辐射计  无线电探空仪下降测量。  循环 漂流探测系统。[中国] | 拉曼-激光雷达：目前可提供前3公里非常详细的测量资料，可满足临近预报的突破要求。可以得到昂贵的网络部署。（Lange 2019）。受云的限制。  HRSL：非商业性，由国家大气研究中心（NCAR）和蒙大拿州立大学（MSU）开发。（Stillwell等人2020）。受云的限制。  辐射计。商用。垂直分辨率差，但可探测最低公里的逆温。在北极条件下获得更好的垂直技能。瑞士气象局目前正在通过直接亮度温度资料同化来测试其对高分辨率模式的影响。 |
| 三维领域内空气的湿度 | **全球NWP：**   * 可从人口稠密的陆地区域以及来自北大西洋（E-ASAP）的船舶获取无线电探空仪。在这些区域，水平和时间分辨率通常可以接受（但有时由于该场的水平变化较大，有一定边缘的） * 在大部分地球 – 海洋和居住稀疏的土地 – 覆盖很少或缺席 * 极轨探测仪器可提供覆盖全球的对流层湿度信息。虽然被动微波湿度敏感辐射的垂直分辨率仅对大尺度非常敏感   **临近预报和 VSRF：**   * NWC的垂直分辨率较差，遥感系统的湿度场反演 * 多普勒天气雷达覆盖率很微不足，因为它依赖于地物杂波目标（仅在雷达附近提供）。   **航空气象学：**   * 当卫星探测系统（微波探测仪）用于NWP的资料同化时，卫星探测系统（微波探测仪）已开始对海洋产生积极影响，但垂直分辨率和常规可用性仍不足以满足航空气象的目的。 * 因此，如果能够解决对流层上层和平流层上层湿度非常低的灵敏度和准确度问题，那么AMDAR飞机上的湿度传感器将变得非常重要。 | 无线电探空仪、飞机、极轨探测仪器、静止卫星、地基辐射计、AMSU、多光谱传感器、GNSS无线电掩星（基本星群）、高时间频率MW探测星群、UV/VIS/NIR/IR/MW临边探测仪 | 拨号  拉曼-激光雷达  HSRL-DIAL  GNSS（斜线、地形学）  地基辐射仪  但  模式S弯曲角度  循环 漂流探测系统。[中国] | Vaisala的宽带拨号原型已在各种气候条件下进行了测试（Newson等，2020，Roininen和Münkel 2017，Mariani等，2020，Yeung等，2020）。应该很快在商业上提供。仅限于前3公里的气溶胶和云量。  拉曼-激光雷达和HRS：测量温度和湿度（见之前关于温度测量的评论和参考文献）。  GNSS可提供综合的水汽、斜延迟资料同化可能会传播一点垂直信息，非常密集（5到25公里的接收机间距）网络可以进行地形测定。（Brenot 2014）  地基辐射计：与温度Meteo suisse一样，垂直分辨率有限，几乎整合的水汽量正在评估其影响。（商业上提供）  扫描方位辐射计 2014（项目阶段）和窗口区域附加通道的通道可能比垂直指向辐射计有更多的空间自由度，仍然几乎集成的数量  DAR;差分吸收雷达可给出云中水汽廓线，正在开发于急流推进实验室（JPL）（Roy等，2020）  模式-S弯曲角：项目阶段。 <https://www.meteorologicaltechnologyinternational.com/news/aviation/technique-for-tracking-humidity-through-aircraft-signals-wins-top-european-award.html> |
| 水温正好低于地表。（不是辐射皮肤温度） | **全球NWP：**   * 地球一些区域的覆盖率很少或没有实现，但实地观测网络的最近改善显著扩大了覆盖范围   **高分辨率NWP：**   * 由于重要的云覆盖范围，卫星红外成像仪提供的SST信息非常有限。扩展浮标和船舶资料覆盖，这仍然常常是边缘的，因此可能会带来有价值的信息。   **临近预报和 VSRF：**   * 与SoG高分辨率NWP的相同要求   **次季节至长期预测：**   * 船舶和系泊和漂流浮标可提供可接受精度的原位观测，但在地球大部分地区覆盖范围和频率较差或出现边缘。 * 对地静止卫星提供每小时的SST数据，分辨率为1-4km。虽然云覆盖区域没有资料，但水平分辨率和时间分辨率对于昼夜循环的分辨是可以接受的，但其覆盖范围不会延伸到更高的纬度地区。   **用于气候研究的长期再分析**   * SST是气候研究的长期再分析的重要变量，以及地表气压数据，因为历史数据库较长，它对气候状况有重要影响。对于这些应用，继续的SST观测也是必要的。   **海洋应用：**   * 远海高质量SST的目标是理想情况下5公里的空间尺度，准确度为0.5K，并可提供快速交付（1小时内可用）。在沿海地区，目标是1公里，准确度为0.5万，交付延迟1小时。 * 船舶和系泊和漂流浮标的覆盖率在全球海洋的一些地区很有限或较差，用以校准卫星资料以及验证卫星产品和模式领域。 * 船舶和系泊和漂流浮标的覆盖率在全球海洋的一些地区很有限或较差，用以校准卫星资料以及验证卫星产品和模式领域。 * 需要红外和微波资料的组合，因为每个资料的覆盖范围和误差特性都不同。 * 此外，微波辐射仪不能用于沿海应用，因为（a）空间分辨率相当粗，（b）地面信号造成的污染。 * 提高浅水地区和近海冰边缘卫星SST的准确性将有助于改进海洋预报性能。 | 极地卫星上的船舶、浮标、红外和微波仪器  具有分裂窗测量的地球静止成像仪、多光谱VIS/IR图像，并快速重复周期  IR高光谱探测仪、VIS/IR成像、实现昼夜带、MW成像、MW交叉轨道平流层上部和中间层成像仪  VIS/NIR/SWIR/IR任务，用于连续极地覆盖（北极和南极） | CIMR – 一种增强空间分辨率的新卫星微波传感器（与SSM/I-SSMIS和AMSR-E–AMSR2相比） | 应强调补充IR-MN测量的必要性。需要开展可比对活动（如M-AERI等船舶红外辐射计）。  CIMR将提供高质量的SST以及史无前例的SIC估值精度，从而减少极地地区的这种不确定性来源。 |
| 海冰覆盖和冰厚度。 | **高分辨率NWP：**   * 在融水池部分覆盖冰时，资料判读可能很困难。较长期需要业务冰层厚度监测，但目前计划不进行。   **临近预报和 VSRF：**   * 与SoG高分辨率NWP的相同要求   **次季节至长期预测：**   * 卫星微波辐射计（如SSMI/SSMIS或AMSRE/AMSR2）观测到的SIC同化通常是在次季节到更长的预测系统中进行的，并确认对再现准确的海冰初始状态有至关重要的影响。如果考虑到目前次季节到更长时间的预测系统的质量，那么冻结季节期间的观测能力就足够了。与此同时，夏季的观测偏差变得更为量化，但仍阻碍了夏季月份此类资料的有效同化。 * 一些研究表明，海冰厚度同化对于改进对海冰范围在融冰季节的预测是有效的。 * 原位海冰厚度却相当有限。 * 利用卫星观测（IceSat（冰、云和陆地高度卫星）制作的海冰厚度评估具有高空间分辨率，但幅宽较窄。通过利用近地轨道卫星，CryoSat和CryoSat-2监测极地冰的范围和厚度的变化。SMOS海冰厚度数据仅限于探测薄海冰（<1米）并具有复杂的误差特征。这些基于卫星的海冰厚度产品总体上精度差到很小。连续观测对于次季节和更长预测的业务用途是可取的。 * 冰面温度的同化也进行了测试。这有可能对极地和亚极地地区的大气状态预测产生一些影响。 * 海冰上的积雪深度对于极地气候很重要，也是使用测高反演海冰厚度的关键参数。利用卫星资料（被动微波传感器、雷达和激光测高仪的组合）估算积雪深度已有一些工作。   **海洋应用：**   * 虽然基于地表的报告可提供关于冰的出色细节，尤其是其厚度和地表地形，但普遍认为，对于大多数地区，地表报告不足以充分描述冰况。 * 恶劣天气（雾、降水和低云）将限制或中断观测，而且飞机基地飞行限制的通常问题也可能是一个因素，即使冰上天气足以观测。 * 卫星的覆盖范围在低分辨率上可能很宽，或在高分辨率覆盖窄带。在后一种情况下，只能以几天的间隔获取特定地点的资料。 * 模式验证和数据同化应用都需要准确的与冰有关的观测，例如冰厚度、冰浓度、海冰的积雪深度、冰反照率和融水池覆盖、冰面温度和冰速度等。 * 一些系统中测试了海冰速度同化。由于与引线和/或多尼娜和海冰变形的开放有关，因此海冰的辐合/辐散场对模拟者感兴趣。 * SIC、厚度、年龄、表面反照率和温度、雪深和类型以及漂移的原位观测都需要验证卫星测量值。 | 配备（i）被动微波仪器（SSMIS、MWRI、AMSR2、SMAP、SMOS）的极轨、高倾角轨道卫星，用于SIC、雪深、厚度、年龄和漂移，（ii）散射仪（ASCAT， OSCAT）针对海冰时代和漂移，（iii）SAR（Sentinel-1，RADARSAT-2，TerraSAR-X，其他）高分辨率SIC、漂移和年龄，（iv）激光或雷达高度表（ICESat-2，CryoSat-2，Saral/AltiKa，Sentinel-3），海冰厚度和积雪深度 5） VIS/NIR/IR传感器（AVHRR、MODIS、VIIRS、Landsat、Sentinel-2/-3）表面温度、反照率和融水池覆盖率  上述类型的机载传感器  其他常规飞机观测/侦察  沿海和基于船舶的雷达  高椭圆轨道VIS/IR任务，用于连续极地覆盖（北极和南极）、宽幅雷达测高仪、激光雷达（单波长）干涉雷达测高、高光谱VIS  沿海人居、灯塔和船舶的目测  海上/探险期间的陆基观测站，包括冰雷达、冰浮标、冰系留平台观测、系泊和水下航行器向上探空仪 | 更多地使用基于船舶的X波段雷达进行海浪观测和海冰脊。  随着新一代破冰船的开展，在开展海冰和雪观测的标准化（半）自动航道系统中仍有余地。  增进对GNSS-R的理解提供了额外的观测资料。  哥白尼成像微波辐射仪（CIMR）  被动微波仪器、极轨卫星上的散射仪、常规飞机和沿海雷达、可见光和红外机载和卫星图像、激光机载廓线仪、散射仪、侧视（机载）雷达（SLAR/SLR）或SAR、卫星或机载）、海岸定居点、灯塔和船舶的目测、SSMR（冰浓度）、SSMIS（冰浓度）、AMSR2（冰浓度）、VIIRS（冰面温度） | 北极：在固定冰和漂流海冰附近沿海台站的潜力。  南极：南极固定冰网（AFIN）站点作为已建成基础设施的潜在补充。  使用增强型仪器的小型、更便宜、更环保的冰浮标，减少了卫星资料通信、可部署的航空成本。  更多沿海高频雷达，在野外探险/船舶上，利用VIS/NIR/IR和MW传感器进行更系统化的观测，以便进行卫星产品评估。  加强研究、旅游船、机会船舶的海冰和辅助数据（气象/海洋参数）的时空覆盖、成熟度和范围。  加强业务和气候界对海冰观测需求的重叠和了解。  从业务到研究的海冰观测标准化海冰规程。  需要更多来自地面和水下运载工具、系泊和机载传感器的观测资料，用于算法开发和产品评估，特别是北极季节性海冰和整个南极地区的观测资料。 |
| 三维域的温度和盐度。 | **全球和高分辨率NWP：**   * 海洋次表层温度估算的海洋热含量对热带气旋的发展具有关键影响。因此，当使用耦合大气-海洋模式用于预测时，海洋次表层温度数据的同化是有效的。原位观测不足以捕捉具有大热含量距平的中尺度旋，因此最好能得到卫星海面地形资料的额外支持。   **次季节至长期预测：**   * Argo廓线浮标可提供温度和盐度廓线到~2000米的全球覆盖，大部分可接受垂直良好（每约5米）和空间分辨率（约3度）;然而，在海冰覆盖地区和浅边缘海域没有浮标。由于赤道辐散，赤道附近的数量相对较小，因此赤道附近的锚碇浮标是一个重要补充。 * 热带锚碇浮标网（TAO/TRITON、PIRATA、RAMA）比边缘空间分辨率好，但由于管理机构维护预算不足，热带太平洋西部的TRITON浮标数量大幅减少。为了限制海洋混合层的变化，最好增加近地表温度和盐度观测的垂直分辨率。太平洋锚碇浮标网络目前正向TPOS2020项目提出的新设计过渡，混合层垂直分辨率更高，赤道地区浮标数量较少。热带系泊浮标网络缺乏持续的资金是一个问题。 * 在格陵兰和南极冰盖周围的大陆架上，尚无观测次表层温度和盐度的系统，尽管已表明海洋条件在两地的冰损失中发挥着重要作用。   **海洋应用：**   * 扩展深海温度计（XBT）的次表层温度测量由顺便船舶计划（SOOP）负责协调。CTD和XBT温度廓线的温度和盐度廓线也可由许多目标、频繁重复和较高[水平分辨率]密度线的研究船提供。然而，大约一半目标线的采样仍然较差。这些观测的时间分辨率一般是很小的，但在一些针对船舶的线路中可以接受，用于监测次季节到季节时间尺度上的热传输变化，以及检验特定垂直部分中的海洋预测。它对于其他海洋应用是不够的，特别是沿海应用。CTD和XBT可提供延迟模式良好垂直分辨率（通常为1米）的资料，但实时资料受到目前使用的传统GTS字符代码的限制。 * Argo浮标观测到的大量温度和盐度廓线也可用于海洋应用，但其时间分辨率对于海洋服务是很小的。 * 海洋温度和盐度观测的数量在沿海海域不足，这限制了模式预报验证和沿海地区资料同化应用。 * 水下滑翔机正被各种机构用于各种应用。由于后勤方面的限制，部署大多在沿海附近。美国正在努力在大西洋飓风季节期间部署滑翔机进行飓风应用。 | 自由漂流廓线浮标（Argo浮标）、SOOP（XBT）、系泊浮标（PIRATA、RAMA、TAO/TRITONTRITON）、研究船（XBT、CTDs）、水下滑翔机、动物平台 |  |  |
| 海平面 | **海洋应用：**   * 由于对海啸、风暴潮和沿海洪水预报和预警系统的需求增加，以及卫星测高仪和模式的校准/验证的需求增加，因此，在选择新的仪器和实地海平面站设计时，需要考虑这一部分的频谱。此外，还强调尽可能多地提供实时和/或近实时资料的GLOSS测量仪，即通常在一小时内。这些资料的持续问题是，海平面测量并未被充分纳入NMHS。 * 对于风暴潮和海啸预报，需要10公里间距，而对于气候模拟50公里间距将满足阈值。因此，这将需要一个比今天更密集的网络。 * 如果仪器被用于海啸、风暴潮和海岸带洪水预报和预警，那么在通常为6秒或更低的间隔对海平面进行平均采样，以避免海浪混淆。 * 量器计时与水平准确度兼容，这意味着时间准确度优于1分钟（在实践中，精确到秒或与电子量器更好）-边缘精度。 * 测量必须相对于固定的和永久性的局地验潮仪基准（TGBM）进行。这种连接应与几个辅助标志相连，以防止其移动或破坏。TGBM和量器零点之间的关系应定期（例如每年一次）达到几毫米的准确度—可接受的精度。 * 用于研究长期趋势、海洋环流和卫星测高仪校准/验证的GLOSS仪器需要配备尽可能靠近量器的其它大地测量技术（并可能再利用其他大地测量技术监测）。 * 各海平面的读数应以10mm的目标准确度制作，准确度可接受。 * 量器场地（如有可能）应配备记录海啸和风暴潮信号的场地，这意味着该站配备一个有能力15秒或1分钟采样频率的压力传感器，可能意味着记录海浪情况，这意味着1秒采样频率-准确度差。 * 除了现场记录资料外，测量仪站还应配备自动资料传输至资料中心，通过卫星、互联网等方式。 * 海啸和风暴潮易发的盆地（例如孟加拉湾、墨西哥湾和太平洋岛屿）需要更高的海平面观测密度。海平面测量应辅以大气压观测，如果可能，风和其它环境参数与海平面资料分析直接相关。 * 为了涵盖整个中尺度和沿海区域，有必要通过将不同测高数据集（最佳方式）合并（以最佳方式）增加空间采样。NASA悬而未决的宽幅高度计任务，SWOT任务将有助于应对这一挑战，预计将于2022年2月左右发射。 | GLOSS仪、卫星测高仪、宽幅雷达高度表和高空、倾斜、高精度轨道高度表 |  | 关于海平面观测的“海洋地形”，用于估算内部海洋温度和盐度分布和洋流。 |
| 表面盐度 | **次季节至长期预测：**   * 一些研究船使用温度计（TSG）沿着其船舶跟踪的海面盐度（SSS）时间序列。虽然覆盖范围和频率较差，但它可用于验证初始化和预测的海洋场。 * 虽然资料覆盖率相当有限，但也来自一些热带系泊浮标，特别是来自TRITON浮标。 * 地表盐度还可利用卫星测量，例如Aquarius、SMOS和SMAP，其覆盖范围良好，可接受到良好的时空分辨率，但精度很小。要达到可接受的精度，需要时间平均。 * 由于淡水通量（降水、蒸发和河流径流）存在较大的不确定性，因此，海洋资料同化中盐度限制仍是一个挑战，这会影响表层盐度和混合层特性。 * SSS观测可以补充海洋地区缺少雨量计。从这个意义上说，最好给漂流浮标添加盐度传感器。这可为全球覆盖的降水信息以及SST和SLP信息提供信息。 * 卫星盐度测量还可对大河流的蒸发减去降水和可能的径流作出限制。   **海洋应用：**   * 在全球海洋的一些地区，覆盖率很小或很差。公海需要高质量的SSS，理想情况下以10公里空间尺度<0.1 SA，并快速交付（1小时内可用）。在沿海地区，需要更高的密度（1公里空间尺度上的准确度<0.1 SA）。 * 遥感仪器目前正在从试验向业务过渡。要求限制该状态变量在变化最大的地表，且已知质量通量有较大的误差。 * 提高浅水区卫星SSS（以及SST）的准确性将有助于改进海洋预报性能。 | Aquarius、SMOS和SMAP、TSG、TRITON浮标、遥感、低频MW成像 | 漂流浮标  CIMR | 极地地区的SSS卫星遥感受到被测信号对盐度变化的低灵敏度的影响。此外，海冰可导致偏差的估算。极地地区的SSS反演准确度需要加以改进，例如通过修订后的算法、对不同（卫星）观测进行合并，从而提供更多更成熟的实地观测资料。  加强空基盐度观测系统，以增加采样并减少不确定性，特别是在极地海洋中。 |
| 积雪、雪深和雪水当量 | **全球NWP：**   * 很多SYNOP消息在地面上没有降雪时省略雪深观测，而广大地区和国家都显示出极为稀疏的SYNOP台站报告雪深 * 向NWP社区提供国家积雪资料将是非常有用的 * 在北半球一些国家和南半球大部分国家仍然存在差距 * 可见光和近红外卫星图像可提供无云地区白天积雪范围（但不是雪质量）的良好水平和时间分辨率和准确度的信息。冰冻圈观测系统存在重大差距，因为现有的仪器中没有一种仪器能够提供可靠的空间雪水当量估算 * 海冰上的积雪也存在资料判读问题。具备测量雪水当量能力的未来卫星将极与耦合同化的发展密切相关，始终有利于NWP系统中的地表和大气资料同化   **高分辨率NWP：**   * 地面站测量积雪，时间分辨率良好，但水平分辨率略微和准确性（主要是由于空间采样问题） * 可见光/近红外卫星图像可提供无云地区白天积雪（但不是等效含水量）的良好水平和时间分辨率和准确度的信息 * 微波图像提供了更多有关雪水含量的信息的潜力（在较低但分辨率仍较好），但资料解释是困难的。 * 海冰上的积雪也存在资料判读问题，但这对高分辨率NWP比全球NWP不太重要，因为覆盖此类地区的模式很少。   **临近预报和 VSRF：**   * 与SoG高分辨率NWP的相同要求   **次季节至长期预测：**   * 雪深和SWE观测资料不足（不足），无法初始化次季节到季节的预测。虽然地面 SYNOP 台站报告高准确度局地积雪深度的测量结果，但报告积雪深度的 SYNOP 台站覆盖率不够（差）（另见全球 NWP 的 SoG）。微波图像也有可能改善土地分析中的积雪质量评估。   **水文：**   * NHMS获取SWE数据具有挑战性，因为SWE通常是由负责水文预报或水资源管理的区域机构或水力发电公司来衡量的。SWE数据还包含不一定近实时的人工积雪调查。自动站的SWE也会受到空间有限的影响（与雪深相同，见SoG高分辨率NWP）。 * 可见光和近红外卫星图像可提供在无云地区白天积雪和地表反照率的良好水平和时间分辨率和准确度的信息。当前星载仪器中，没有一个能够提供从太空中可靠估算SWE的仪器。微波传感器的当前SWE反演具有低分辨率，无法提供对山区源头SWE的准确估算。 * 使用扫描激光雷达和成像光谱仪的机载观测台可提供对雪深和反照率的准确测量。这些信息可与模式信息相结合，以获取SWE和融雪估算。然而，这种方法仅限于小型山区集水区。 * 修改水文循环和水文状况，并通过HydroSOS等工具为水管理、洪水和干旱提供投入。 | 地面站、红外卫星图像、微波图像、无源微波AMSR和SSM/I、高分辨率多光谱VIS/IR成像仪、多光谱VIS/IR图像，快速重复周期、VIS/IR图像，实现昼夜波段、MW图像  散射仪、宽幅雷达高度表和高空、倾斜、高精度轨道高度表、低频MW成像  GNSS反射计（GNSS-R）任务、被动MW：SAR成像和高度表（激光和雷达）、激光雷达（单波长）–可安装在UAV、宽幅雷达高度表以及高空、倾斜、高精度轨道高度表上  VIS/NIR/SWIR/IR任务，用于连续极地覆盖（北极和南极洲）  重力测量任务，（  冰载仪器、原位浮冰观测、冰浮标观测  几天根据SAR图像资料开发融雪图图图。需要消除山区遮蔽效应所需的地形变平（取决于数字高程模式） | 船舶观测  将积雪雷达覆盖率与冰川表面的新、高精度数字高程模式相结合（通过机载激光雷达或卫星平台）  利用SAOCOM-1 A的干涉L波段资料和NSAR综合L波段资料绘制SAR积雪厚度图（由NASA/ISRO开发）  未来激光测高/干涉测高，用于冰川图像的垂直注册，用于质量平衡估算  计划加拿大Ku波段陆地雪质量任务（TSMM），以获得高分辨率SWE估值 | 使用无人机进行低层大气和无法穿越的区域测量  更多地使用摄像机来支持本地预报。  随着新一代破冰船，在海冰上和浮冰观测上空的标准化（半）自动水下系统还有余地。  来自冰浮标的雪、海冰上的雪 – 仍存在空白：  在解决高山冰冻圈、光学/雷达成像相结合方面取得的进展  测高和重力测定法：与立体光学资料不同。  积雪范围和冰川测绘仍然主要依赖于来自Landsat、ASTER和Sentinel-2的光学~10米分辨率、全球、年代际和免费/公开获取的数据集，以及高空间分辨率（<10米）、SPOT、Pleiades、Cartosat-I等的有限覆盖范围光学图像（和立体资料）。  多机构协调或卫星星群，以满足融雪径流业务服务的需求，需要多机构协调或卫星星群  目前无法准确测量山区固体降水、雪深或SWE。缺乏在适当空间尺度上令人满意地获取SWE的业务产品 |
| 土壤湿度 | **全球NWP：**   * 一些陆地表面台站定期报告土壤湿度（例如美国土壤气候分析网络（SCAN）网络），但覆盖范围有限，且数据需要进行定期重新校准   **高分辨率NWP：**   * 微波辐射计的测量准确度以及时间分辨率通常良好，而水平分辨率仍然处于最佳边缘。   **临近预报和 VSRF：**   * 散射仪（ASCAT）的测量准确度以及时间分辨率是可接受的，而水平分辨率仍处在最佳边缘。   **次季节至长期预测：**   * 目前，仅扫描可提供土壤湿度实时垂直廓线网络，且覆盖范围仅限于整个美国地区。覆盖全球领域的类似测量网络将是非常有用的。ASCAT目前业务土壤湿度产品具有可接受的空间分辨率，但略微准确率。被动L波段微波成像仪，如SMOS和SMAP具有很大的潜力。   **农业气象学：**   * 土壤湿度的最佳监测要求每5-7天或10天对20、50和100厘米深度进行实地测量，水平分辨率优于100米。   **水文：**   * 大多数主动和被动微波仪器可为有限植被覆盖地区提供一些土壤湿度信息。然而，在许多条件下遥感资料不足，而且有关水汽深度的信息仍然难以获得。遗憾的是，这些仪器都不能提供空间分辨率及重复周期时间（2-3天）令人满意的组合。AMSR数据接近于提供土壤湿度或陆地湿润信息，这些信息可能对中尺度模式略有帮助，但这些资料的及时性仍具有挑战性。 | 被动L波段微波成像仪（如SMOS、SMAP）  有源微波散射仪，ASCAT  微波成像、低频MW成像、MW探测仪和倾斜轨道的图像  SAR成像仪和高度表，以及  GNSS反射计（GNSS-R）任务：被动MW;特区 | 宇宙射线土壤湿度传感器–实地尺度： [essd-12-2289–2020.pdf（copernicus.org）](https://essd.copernicus.org/articles/12/2289/2020/essd-12-2289-2020.pdf) |  |
| 近地表气温，通常在2米 | **全球NWP：**   * 地球大片地区覆盖边缘或缺失。在陆地上，地面站的测量水平和时间分辨率良好，在有些地区和其它地区很小   **高分辨率NWP：**   * 虽然测量准确度一般比较好，但是很难在地表地形不平坦的情况下使用，因为测量结果对局地变率的敏感性，高分辨率NWP模式仍然比全球模式更准确地解析。   **临近预报和 VSRF：**   * 地球大片地区覆盖边缘或无覆盖 * 卫星仪器不能直接观测这些近地表变量 | 船舶、浮标、地面站  具有快速重复周期的多光谱VIS/IR成像、IR高光谱探测仪、VIS/IR成像、实现昼夜频带、MW成像、MW交叉轨道平流层上部和中间层探测仪  VIS/NIR/SWIR/IR任务，用于连续极地覆盖（北极和南极） |  |  |
| 近地表，通常在2米。 | **全球NWP：**   * 地球大片地区覆盖边缘或缺失。在陆地上，地面站的测量水平和时间分辨率良好，在有些地区和其它地区很小   **临近预报和 VSRF：**   * 地球大片地区覆盖边缘或无覆盖 * 卫星仪器不能直接观测这些近地表变量 | 船舶、浮标、地面站、IR高光谱探测仪、UV/VIS/NIR探测仪、GNSS无线电掩星（基本星群）、高时间频率MW探测星群、UV/VIS/NIR/IR/MW临边探测仪 |  |  |
| 陆地冰表面表层温度 | **全球NWP：**   * 准确度受到云探测问题和地表发射率不确定性的影响，而判读很难，因为许多地表类型发射表面的异质性 * 地表温度的昼夜周期通常未得到很好的采样，但对地静止卫星上的传感器（例如MSG上的SEVERI）不能提供全球覆盖   **高分辨率NWP：**   * 类似的问题适用于全球NWP | 卫星红外和微波成像仪和探测仪 |  |  |
| 湖冰表面表层温度 | **全球NWP：**   * 准确度受到云探测问题和地表发射率不确定性的影响，而判读很难，因为许多地表类型发射表面的异质性 * 地表温度的昼夜周期通常未得到很好的采样，但对地静止卫星上的传感器（例如MSG上的SEVERI）不能提供全球覆盖   **高分辨率NWP：**   * 类似的问题适用于全球NWP   **临近预报和 VSRF：**   * 类似的问题适用于全球NWP | 卫星红外和微波成像仪和探测仪 |  |  |  |
| 植被类型、覆盖层和NDVI | **全球NWP：**   * 当植被类型或特征（例如LAI）不断发展时，需要重新校准耦合模式（地表 - 边界层相互作用）   **水文：**   * 在某些情况下，由于光谱带略有不同，NDVI和植被类型产品不可互换。 | 来自可见光和近红外通道的卫星图像、 MODIS、多光谱VIS/IR图像，快速重复周期、VIS/IR图像、实现昼夜波段、窄波段或高光谱成像仪、VIS/NIR/SWIR/IR任务，用于连续极地覆盖（北极和南极）、雷达和植被测绘激光雷达 |  |  |  |
| 云  云量以及云高、云底和云顶温度。  云参数 | **全球NWP：**   * 地面站估算具有时间分辨率和准确性的云量和云底，这是可接受的，但水平分辨率在一些地区很小，且地球大部分地区缺失。 * 目前，主要问题是云观测本身，而是由于资料同化方法和资料同化方法以及云水凝物参数化以及NWP模式中水文循环的其他方面存在代表性问题和弱点。   **高分辨率NWP：**   * 卫星可见光/红外测量可提供边缘精度，因为云顶温度与下层云以及降水物理学之间的关系差 * 微波测量受到地表发射率的敏感性以及云水和光降雨的类似光学特性的影响。因此，对于高分辨率NWP模式，微波成像仪和探测仪可提供有关边缘准确度、水平和时间分辨率云的信息。   **临近预报和 VSRF：**   * 由于轨道的辐合，高纬度地区缺少对地静止卫星资料，因为极轨卫星可提供可接受频率的宝贵观测资料。   **航空气象学：**   * 积冰预报的云滴大小信息目前尚未直接观测到。 * 卫星的观测值位于云层顶部，而只有当该云层可从太空可看到时。只有无线电探空仪和飞机资料才能提供这些参数的可接受的垂直分辨率，但周期时间和水平分辨率却很小。双偏振天气雷达，特别是如果可在X波段进行操作，仍有望在确定SLW水滴的数量和分布方面具有可接受的准确度，但目前在有些国家通常仍太少见，无法产生显著的全球影响。 * 由于地形复杂（例如山谷、沿海台站和具有高气溶胶负荷的大城市），单次云幂仪测量的云量/云底高度的自动确定具有挑战性。 | 地面站、红外成像仪和探测仪 主动光学（激光雷达）和微波（雷达）、静止卫星仪器、极轨卫星、快速重复周期的多光谱VIS/IR图像、红外高光谱探测仪、UV/VIS/NIR探测仪、VIS/IR成像仪、实现昼夜波段、MW成像仪、红外双角度成像仪、云雷达、亚毫米成像仪、UV/VIS/NIR/IR/MW临边探测仪 VIS/NIR/SWIR/IR任务，用于连续极地覆盖（北极和南极）、NIR分光计、高光谱MW传感器 | 空基云雷达（Baggatalia等，2020）  地基FMCW云雷达 | 地基云雷达。FMCW技术可使比脉冲雷达低能量的高灵敏度。商用。（Delanoë 2016） |
| 降水  类型和数量（在给定时间段内，通常为24小时） | **全球NWP：**   * 在世界大部分地区，水平分辨率较差，而且覆盖范围良好，通常无法进行国际交换。 * 地基雷达可测量水平和时间分辨率较好的瞬时降水，且准确度可接受，但少数陆地区域仅可测量 * 通过表面降水与云顶特性的相关性，地球静止红外成像仪提供了一些更高时间分辨率的信息，但准确性是微不足道的，这是由于这种关系的间接性质。   **高分辨率NWP：**   * 准确度取决于其频率和降雨强度的天气雷达。 * 海物杂波通过低海拔高度扫描进行观测，在海上难以进行。 * 由于建筑物，波束阻塞通常也是山区和人口稠密地区的问题。   **临近预报和 VSRF：**   * 快速成像（按分钟数次）对于临近预报至关重要，但它尚未由所有地球静止卫星提供 * 降水的探测对于微波成像仪是边缘的，根据仪器的波长，散射仪最好是差的   **水文：**   * 正在进行陆地观测，但总体上获取地下水资料（特别是补给率和引水率）极为有限。IGRAC汇编了有关地下水资源的全球层面信息。用于特大地下水体的重力观测技术（例如来自GRACE）已有，但在业务环境中尚未得到充分验证。目前正在探索使用GOCE资料。 * 关于基于卫星的定量降水估算，需要建立一种机制，用于国家水文部门长期业务日常业务化降水产品。 | 地面站、地基雷达 微波成像仪和探测仪、静止红外成像仪、雷达偏振、多光谱VIS/IR图像，快速重复周期、红外高光谱探测仪、VIS/IR图像，实现昼夜波段、MW成像仪、MW探测仪和倾斜轨道的图像，VIS/NIR/SWIR/IR任务，连续极地覆盖（北极和南极），GNSS无线电掩星：用于增强大气/电离层探测（包括偏振）的额外星群，包括LEO-LEO无线电掩星，用于优化大气探测、星基降水雷达和云雷达的其他频率 | 雨水造成的移动电话信号衰减。  新兴技术电子扫描（相控阵）自适应雷达将以非常规方式获取资料，需要通过资料交换和加工基础设施来适应。 | 这需要与移动电话提供商合作，在配备非常备用天气雷达网络的国家非常有用。（Turko 2020）  将多普勒和偏振天气雷达扩展至发展中国家，包括处理和判读培训以及能力开发，以处理极其大量的资料。  扩展非NHS网络，包括志愿者和私营部门网络，并自动向国家档案中心分发/收集。 |
| 臭氧  浓度，在3维领域 | **全球NWP：**   * 然而，为了在NWP模式中维持现实的臭氧垂直分布，需要垂直分辨的臭氧信息。 * 由于现有廓线数量有限，臭氧探空仪难以提供统计上显著的见解，因为其中一些资料尚未在国际上分发。 | 高分辨率红外探测仪和更准确的太阳后向散射仪器、临边探测仪（如MLS）、扫描微波临边探测仪（SMLS）、红外高光谱探测仪、UV/VIS/NIR探测仪、高时间频率MW探测星群、UV/VIS/NIR/IR/MW临边探测仪、高光谱MW传感器 |  |  |
| 波高、方向和周期 | **全球NWP：**   * 安装在石油钻井平台和平台上的浮标和传感器在地球大片地区处于边缘或缺席。 * 极地卫星的水平和时间覆盖率高度表有限。SAR仪器可提供2维海浪谱的信息，准确度可接受，但略微水平分辨率和时间分辨率。   **临近预报和 VSRF：**   * 类似的问题适用于全球NWP * SAR仪器提供的2维海浪谱信息准确度良好，但水平分辨率略微偏高。   **海洋应用：**   * 实地海浪资料的地理覆盖率仍然非常有限，而且大部分测量都是在北半球（主要是北美和西欧海岸附近）。 * 已经确定了不同平台、传感器、处理和系泊等测量的海浪差异。特别是，美国和加拿大的浮标（两个最大的锚碇浮标网络）之间已注意到了系统性10%的偏差。 * 卫星测高仪可提供有关具有全球覆盖率和良好准确度的重要浪高信息。然而，水平/时间覆盖很少。NASA悬而未决的宽幅高度计任务，SWOT任务将有助于应对这一挑战，预计将于2022年2月左右发射。 * 需要多次测高仪提供充分的交叉轨道采样。 * SAR仪器可提供关于2-D频率-方向谱波能量密度的信息，准确度良好，但水平/时间分辨率略微微。在区域模式中使用需要100公里的水平分辨率，需要快速交付（6小时内）。预计在5年内可提供真实的孔径雷达能力。 | 极轨卫星上的浮标、传感器、高度表、SAR仪器、实地非光谱浮标和光谱浮标以及船舶、宽幅雷达测高仪和高空、倾斜、高精度轨道高度表 |  |  |
| 3D气溶胶浓度  气溶胶参数 | **全球NWP：**   * 业务可见光和近红外卫星图像具有微不足道的精度 | 可见光和近红外卫星图像，高级成像仪，如MODIS、地基站，使用太阳光度计，如气溶胶机器人网（AERONET）、辐射计、光学光谱仪、地球静止成像仪、风神多普勒测风激光雷达、具有快速重复周期的多光谱VIS/IR图像、IR高光谱探测器、UV/VIS/NIR探测仪、窄带或高光谱成像仪  多偏振SAR;高光谱VIS、NIR光谱仪 | 拉曼-激光雷达  HSRL交易  多波长处理  偏振激光雷达  激光雷达（多普勒和双/三频后向散射）、云幕仪 | 激光二极管技术的使用降低了所有激光雷达的成本和运行成本。 |
| w-comp of wind in the 3D domain. | **全球NWP：**   * 目前尚无或规划的能力   **高分辨率NWP：**   * 需要在这些模式解析云并产生一些垂直运动之前，高分辨率NWP模式的空间分辨率的大幅提升，可与（例如）多普勒雷达垂直速度观测相比较。 | 地球静止红外成像或多普勒 支持微波传感器、激光雷达（多普勒和双/三频后向散射） 多普勒雷达、多普勒激光雷达 | 双波长雷达（Radenz 2018） |  |
| 知名度 | **临近预报和 VSRF：**   * 通常在海洋上未观测到。在机场附近1-D或3-D甚高分辨率模式可估算NWC和VSRF范围内能见度和云底预报，准确率。这些模式需要几个额外的高频观测站。因此，他们仅在极少数机场获得。 * 一般在机场好，但其他地方也很小。 * 激光雷达可提供良好的垂直廓线，但全球业务运行极少。   **航空气象学：**   * 自动确定主导能见度通常要求在机场附近的适当位置安装一套能见度米。虽然报告斜路径视程（SVR）会对安全和效率产生积极影响，但迄今没有推荐业务技术。对于VFR飞行的航路预报，只有在人口稠密地区，且全球大部分地区只能接受现有观测台站报告航空天气信息的水平分辨率和周期时间。建议使用天气站的额外观测资料。   **海洋应用：**   * 该参数在短距离内会有很大差异。在开阔海洋的沿海地区和边缘地区，准确度是可接受的。在全球大部分海洋，水平/时间分辨率较差。通常，区域大气模式的输出可推导出能见度（见区域NWP SoG）。 | 航空、天气地面观测站、激光雷达 |  |  |
| 闪电探测  （闪电磁通量位置） | **临近预报和 VSRF：**   * 云内闪电的探测效率差。 * 在大多数海洋上，无人居住的陆地和高纬度地区，地基网络至少在总闪电信息中可以略微地覆盖覆盖。在这些领域，云内（IC）的探测效率和定位精度通常较差，因此TL主要由CG闪电组成。 | 地基（总云地（CG）和IC）实时闪电探测、闪电成像仪、闪电测绘仪 |  |  |
| 地球表面向下短波辐照度 | **临近预报和 VSRF：**   * 通常水平分辨率很小，但当与卫星云覆盖信息相结合时，可实现可接受的质量。 | 绝对校准的宽波段辐射计和太阳总太阳辐照度和太阳光谱辐照度辐射计 |  |  |
| 海洋风应力 | **次季节至长期预测：**   * 热带太平洋以外的固定和漂流浮标和船舶可提供边缘覆盖和频率的观测：对于同一目的，可接受的准确度。虽然实地海洋表面风资料的覆盖范围和频率对于大气资料同化系统是不够的（或较差），但同化这些数据对所分析的风速产生了明显的影响，从而对风应力场产生了明显的影响，这有助于更好的海洋初始条件。对于校准卫星风应力数据也是必要的实地地面风资料。 * 总之，散射仪可提供良好的覆盖范围和可接受的频率和准确度，散射仪资料可补充海洋观测。高质量的散射计风是目前最好的产品，需要业务化维护。   **海洋应用：**   * 需要对近地面风的模式预报进行高分辨率观测，以提高沿海和河口地区，特别是在极端天气事件期间的总水位预报的准确性。目前大气资料同化系统中的地面风场对于沿海应用而言没有足够的准确度，因此最好通过增加资料同化地面风资料来提高其准确度。 | 散射仪、固定和漂流浮标及船舶、MW成像、低频MW成像、MW探测仪和倾斜轨道成像、GNSS反射仪（GNSS-R）任务;被动MW;SAR，垂直方向 |  | 除强迫海洋环流模式外，参见“表面风” |
| 海洋地形学 | **次季节至长期预测：**   * 卫星的海洋地形资料有助于监测海洋热含量和洋流，对于次季节到更长时间预测的海洋初始化至关重要 * 需要对卫星测高观测作出长期承诺 * 提供全球覆盖是高分辨率耦合模式（海洋分辨率约为30公里）的一个重要先决条件，其中部分表示了海洋海浪。 * 卫星测高资料需要通过实地海平面测量或温度和盐度廓线进行验证。   **海洋应用：**   * 从卫星测高得出的海洋地形是制约海洋预报系统动力学的最重要观测。 * 卫星测高可估算地转洋流（见“3-D洋流”）。目前的分辨率可分辨较大的中尺度（>150公里）特征。目前覆盖的沿海地区是不够的。更高分辨率可更好地分辨率海洋中尺度以及沿海过程。下一代测高仪（SWOT）已有望用于这些目的。 * 高分辨率大地水准面信息对于估算准确的海洋地形和地转洋流场是非常必要的。卫星大地水准面任务提供的洋流大地水准面资料对于解析海洋中尺度旋动和漂流浮标和水文廓线观测的洋流资料是很小的。 | 卫星测高仪（天底和幅宽雷达），卫星重力任务， |  | 另见海平面观测的“见水平”，以监测海平面本身。 |
| 表层热量、辐射通量和淡水通量 | **次季节至长期预测：**   * 卫星资料为热通量和辐射通量（特别是短波辐射）的几个组成部分提供了前景，但目前，由于海冰区使用一些技术上的困难，目前，没有一个常规地用于次季节到季节预测。 * 对海洋上空降雨的估算仍存在显著不确定性。此外，河流（大型河口）的淡水径流信息将在一些海洋地区（例如孟加拉湾）变得很重要。例如，其它数据一直在有用，以便更好地估算热通量和P−E（降水减去蒸发），这可能有助于更好地定义混合层结构，并再现障碍层。 * 卫星无法观测到几个热通量的分量。此外，卫星观测需要利用原位观测进行校准。因此，需要高质量的海洋气象站，包括海-气通量估算（即海面气温和湿度、海平面气压、表面风速、长波和短波辐射和SST）所需的全部资料，以提供足够准确的海气通量资料。目前这类气象站的覆盖面很差。在中、高纬度地区部署气象站将进一步加强这种发展，并在海-气界面发生的一系列条件下发展。   **海洋应用：**   * 高分辨率的表面热量和淡水通量资料对于强迫海洋模式进行沿海预测是必要的。河流（大型河口）的淡水径流信息对沿海预报系统有重大影响，特别是在极端天气事件期间沿海和河口地区总水位预报。 |  |  |  |
| 洋流 | **次季节至长期预测：**   * 在精度和时间分辨率方面，用漂流浮标测量的表层洋流是可接受的，但在空间覆盖方面很少。 * 锚碇浮标观测的准确性和频率较好，但在空间覆盖率上却较差。 * 洋面洋流信息对于估算准确的风应力场是必要的。   **海洋应用：**   * 将漂流浮标的目标部署在高变率区域，例如边界洋流和下游地转湍流，将有助于加强对海洋预测系统的影响。锚碇浮标在时间分辨率和准确度上很好，但略有问题或较差。 * 声学多普勒海流剖面仪（ADCP）可提供一系列深度洋流观测，准确度可接受。覆盖大部分海洋区域或覆盖不力，而海洋服务应用采用的垂直分辨率很小，这需要混合层中的高垂直分辨率数据。 * 海面运动学多尺度监测（SKIM）被提名为ESA-EE9候选卫星任务，并计划提供海表洋流资料。预计海表洋流资料的覆盖率将会显著增加。 * 陆基高频雷达（HF）网络可提供高分辨率地面洋流资料。然而，有效的观测距离仅限于靠近海岸线，而且由于这些系统的高频次，区域覆盖率非常有限。 | 漂流浮标、系泊浮标、ADCP、卫星测高、HF雷达 | 海上-SKIM |  |
| 深海 | **次季节至长期预测：**   * 尽管仍难以评估这些新平台的影响，但深海观测可能有益于年代际预测和气候预估，至少用于验证预测。用于气候相关监测的深系泊测量是有用的。   **海洋应用：**   * OceanSITES旨在收集、提供和促进固定地点全深度水柱（包括深海资料）的长期高频次观测。 * 根据气候变化，深海测量可估算深水特性的演变。目前此类测量极为稀疏。 | 基于船舶的测量、深Argo计划、OceanSITES |  |  |
| 气溶胶和温室气体 | **次季节至长期预测：**   * 高分辨率红外探测仪和太阳后向散射仪等卫星仪器可提供对总柱臭氧的精确测量。然而，需要垂直分辨的臭氧信息。微波临边探测仪有可能提供良好的垂直分辨率和准确度。 | 高分辨率红外探测仪、太阳后向散射、微波临边探测仪 |  |  |
| 太阳辐照度 | **次季节至长期预测：**   * 虽然目前有有限时段（2004年至今）的资料，但很难评估准确度，但季节至年代际预测需要连续的光谱辐照度观测。一些研究表明，对于季节到年代际预测，需要利用月时间分辨率的UV（200-400nm）辐照度分析。 | 光谱辐照度监控器（SIM）和SOLar STellar STellar辐照度比对实验（SOLSTICE）仪器，在太阳辐射和气候试验（SORCE）卫星任务上，绝对校准的宽波段辐射计和太阳总辐照度和太阳光谱辐照度辐射计 |  |  |
| 大气资料 | **次季节至长期预测：**   * 与全球NWP应用类似。 * 对次季节到季节预测的一般要求是提供一致的历史观测数据集以及未来持续提供准确的观测资料。 | 具有快速重复周期的多光谱VIS/IR成像、IR高光谱探测仪、UV/VIS/NIR探测仪、天底和临边 |  |  |
| 重力波 | **航空气象学：**   * 通过要求AMDAR/ADS-B/Mode-S飞机的上升/下降资料以及无线电探空仪廓线的全分辨率进行观测是有益的。只有在一些人口稠密地区和其他地方，才能考虑立即在山脉上游的无线电探空仪的周期时间和可用性。 | 地球静止卫星、GNSS（如GPS）无线电掩星测量的水汽卫星图像 |  |  |
| 火山灰气溶胶 | **航空气象学：**   * 许多火山都存在于偏远和人口稀少的地区，这些地区只能基于遥感方法可靠地探测和确定喷发的性质。 * 在火山灰浓度明显时，卫星产品最为有用，不过对于当前事件在长风范围内的晴朗信号的某些阶段也已易于探测到。 * 需要开展更多的卫星应用研究，以确定更准确的火山灰烟羽浓度水平定量评估。 * 卫星产品可能会受到下层、上层或遮蔽云，特别是冰云的影响。 * 卫星“反演模拟”技术可更好地限制喷发源项，目前仅在事件后研究模式中可用。 | 卫星、气溶胶遥感仪器、LIDAR、云幂仪、闪电定位、气溶胶探测机载UAV、气溶胶探空仪、多光谱VIS/IR图像，快速重复周期的多光谱VIS/IR图像，实现昼夜波段，降水雷达和云雷达、VIS/NIR/SWIR/IR任务，实现连续极地覆盖（北极和南极） |  |  |
| 沙尘气溶胶 | **航空气象学：**   * 虽然从定性意义上探测此类现象在可见光卫星图像中显得成熟，但白天时间以外自动探测仍然是一个问题，而在容易受这些现象影响的地区的表面观测资料稀缺。 * 能见度，特别是气溶胶光学厚度（AOD）和风速/阵性正在被探索为无气溶胶负荷的任何测量指示性参数。ABO将与卫星图像反演的专用产品相结合，有望最有前景。 | 具有快速重复周期的多光谱VIS/IR图像、VIS/IR图像，实现昼/夜波段 |  |  |
| 海洋水色、叶绿素、硝酸盐、二氟化物和磷酸盐浓度 | **次季节至长期预测：**   * 海洋活跃的光学成分（叶绿素'a'，悬浮颗粒物，彩色溶解有机物）控制短波进入内部海洋，因此会影响近地表加热和稳定性，形成可影响水循环预测、ENSO和其他气候信号的大气生物物理反馈。分辨率和频率可能足以用于预测，但需要对资料进行模式和资料同化开发。   **海洋应用：**   * 需要实地测量，以补充卫星反演的海洋叶绿素浓度观测。这些测量值应附有海洋温度、表面风和养分的实时每日观测（即磷酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、二氧化亚氮）。 * 溶解氧是物理（例如通风）和生物地球化学（例如光合作用、呼吸）过程的重要示踪剂。目前，它可通过在欧拉和拉格朗日平台上部署的自动传感器进行日常测量，质量提高。在模式中可以同化氧气，以改进生物地球化学预报和再分析。 * 对于同化海洋，硝酸盐浓度只能在实验室进行化学测试而获得。 * 卫星测量可提供高分辨率叶绿素数据。要求限制该状态变量在变化最大的地表。公海的准确度对于海洋生态系统模式和海洋服务同化是可接受的。然而，沿沿海地区的叶绿素资料很差，需要受到高质量实地资料的限制（例如HPLC资料）。 * 船舶提供在许多地区缺乏时空分辨率的叶绿素、硝酸盐、硅酸和磷酸盐浓度资料。在海洋服务应用所需的时效性方面，这些产品很差。 * L波段卫星的观测资料可用于估算近地表的海洋盐度，并为预测系统验证提供有价值的信息。 | 卫星成像仪（如SGLI、GOCI、VIIRS）、卫星分光计（如MODIS、OLCI）、锚碇浮标、自动在线水质分析仪 |  |  |
| 土壤温度 | **农业气象学：**   * 所有类别的农业气象站也应包括土壤温度测量。观测土壤温度的水平应包括以下深度：5、10、20、50和100cm。在较深的层（50和100cm），温度变化缓慢，日读数一般就足够高。当土壤温度在森林中测量时，深度测量的参考高度应清晰地标示：是否被认为在0cm为杂物、淡云或质量层的上表面：或者土壤垃圾界面是否被视为零基准。只要地面被雪冻或被雪覆盖，就特别重视在未受扰动的雪下土壤温度、雪深和土壤中的霜深。 | 地面站 |  |  |
| 地表水流量 | **水文：**   * 此类观测的质量尚未得到完全确定，标定的原位观测是至关重要的。有一些基于卫星的方法，可用于绘制洪泛平原或大型河流系统洪水范围以及洪水持续时间图，包括目测、红外和雷达传感器。然而，一般而言，由于航天器轨道的几何形状，空间飞行器的水文观测每天无法用于任何给定位置。在多数情况下，在某个特定地点可能每两到三周才能获取一次资料，这是一个严重的制约因素。 * 河流流量是制作水资源管理水文服务的关键数据，包括洪水和干旱、气候分析、跨界水资源共享以及了解整个水循环。许多国家的水文观测仍然太稀疏。设备安装和水文站的维护和运行存在挑战。这一方面是由于缺乏可持续的国家资金，另一方面缺乏专业人员。 * 新兴的卫星信息需要原位观测资料进行校准和验证/验证。有一些基于卫星的方法，可用于绘制洪泛平原或大型河流系统洪水范围以及洪水持续时间图，包括目测、红外和雷达传感器。然而，一般而言，由于航天器轨道的几何形状，空间飞行器的水文观测每天无法用于任何给定位置。在多数情况下，在某个特定地点可能每两到三周才能获取一次资料，这是一个严重的制约因素。业务上没有基于卫星的地表速度和流量测量。这可以通过表面速度法（基于图像的、基于雷达的）或通过将水面高程和坡度同化在流体动力学模式来实现。这两种方法仍然处于概念验证阶段，并且仅由于分辨率限制而仅限于非常大的河流。 | 新兴方法，包括低成本传感器、视频、公民科学、新卫星计划（例如SWOT）、IoT和类似的方法可在几个WMO项目框架下进行测试。  现场、目测、红外、雷达、高光谱MW传感器、声学多普勒测速仪、具有次日采样率的常规监测站（水位-流量和指数速度方法）  现场：水文站监测水位（有时是坡度和指数速度），利用不定期的水位流量测量（测量）校准水位流量率定曲线 | 图像测速仪（IV）  无人机流量测量与流体动力模拟相结合  基于卫星的测量：目测、红外、雷达、高光谱MW传感器  低成本、开放源、易于使用的流量测量和监测技术 | IV 对于直接测量和连续监测和在业务中的安全都是具有成本效益的，这不需要在河流中部署船。  传统的水文站可提供空间覆盖率有限的流量时间序列，但由于流量测量，时间分辨率极高，偏差最小。需要流量时间序列的长期连续性，以避免差距和偏差/中断。基于卫星的估算可以提供扩展的空间覆盖率，但需要地面观测资料进行校准/验证，因此必须将其视为延伸部分，而不是替代水文测量网络。  在许多计划和网络中，由于复杂性、维护成本和可靠性降低，现代设备（如水声廓线仪、卫星通信等）对于连续运行是一个问题。在此类情况下，应考虑更多基本的技术，包括低成本、机械和操作员型解决方案。 |
| 地表水储量 | **水文：**   * 河道、洪泛平原和大型河口的储水问题相当相似，对连续测量更为困难。 * 通常，湿地、大型洪泛平原和河口尚不具备观测资料。这会随着改进的数字高程数据而发生变化。 * 水坝、水库、湖泊和湿地的持水量仍存在许多观测不确定性：储水表面的蒸发损失：地下水的渗漏可存储。 | 陆地和测高观测，高光谱MW传感器 |  |  |
| 地下水储量 | **水文：**   * 正在进行陆地观测，但总体上获取地下水资料（特别是补给率和引水率）极为有限。IGRAC汇编了有关地下水资源的全球层面信息。用于特大地下水体的重力观测技术（例如来自GRACE）已有，但在业务环境中尚未得到充分验证。目前正在探索使用GOCE资料。 | IGRAC、GRACE、GOCE、重力测量任务 |  |  |
| 蒸发和蒸腾 | **水文：**   * 直接观测资料为稀疏，而大部分蒸发值实际上是推导估算值。SOG背景下的蒸发是指实际蒸发的“直接”测量。由于观测方法，甚至直接测量都是估计值。当传统的实地观测（如蒸发皿和蒸散器）基本上中断时，全球范围内的陆地测量在空间覆盖率方面正在下降。 * 然而，获取区域反演的蒸散量正在增加，然而，地面实测数据的可用性随着时间的推移显著减少。在空间分辨率方面，当前的数据源并不总是足以用于小流域分析，特别是例如，在从主要存储中反演蒸发损失方面。 | 蒸发皿和蒸散器、通量塔、ED相关系数和鲍文比技术， |  |  |
| 多年冻土（例如活动层厚度、地面温度、岩石冰川爬行速度） | **气候监测：冰冻圈监测。**   * 更系统地多年冻土监测，作为研究和业务机构在国家和区域层面上的伙伴关系，资料在国际上实现标准化和交换 * 研究台站需要有长期可持续性，以促进气候记录的可用性。 * 差距 – 以高分辨率方式获取地形变化的一致   **水文：** | 基于卫星的观测：高分辨率多光谱VIS/IR成像仪;SAR成像和高度表（激光）和雷达）;GNSS反射测量（GNSS-R）任务、被动MW、SAR  地基观测（增加台站数量、长期、资料共享） |  | 目前的成像能力不适合监测山区多年冻土中的岩石冰川  获得相邻的、季节性的无云高云是非常具有挑战性的。光学海岸线图像（沿海多年冻土）- 实现海岸线后退的拼图  季节性高资料：融水所需的资料岩石冰川;冰楔（小池塘）  没有合适的工具，无法监测多年冻土中的岩石冰川 – 可预见到L波段在SAR的未来测试（JAXA PALSAR-2未提供）  所有寒冷地区获取连续、多卫星时间序列的挑战  潜在效益的高光谱图像（物候学），例如PRISMA |
| 冰川（例如质量平衡、平衡线高度、流量和厚度） | **气候监测：冰冻圈监测。**   * 将建立更系统性的冰川监测，作为国家和区域层面研究和业务机构之间的伙伴关系，并将资料在国际上实现标准化和交换   **水文：** | 基于卫星的观测：宽幅雷达高度表，以及高空、倾斜、高精度轨道高度表：多偏振SAR、高光谱VIS：重力测量任务  机载观测：激光雷达  地基观测和调查 | 无人 机  地面穿透雷达（GPR）  无线电回波探测（RES）–冰川体积 | 研究台站需要有长期可持续性，以促进气候记录的可用性。  积雪范围和冰川测绘仍然主要依赖于来自Landsat、ASTER和Sentinel-2的光学~10米分辨率、全球、年代际和免费/公开获取的数据集，以及高空间分辨率（<10米）、SPOT、Pleiades、Cartosat-I等的有限覆盖范围光学图像（和立体资料）。 |
| 冰盖 | **气候监测：冰冻圈监测。**   * CryoSat-2的业务继任者寻求成为哥白尼（CRISTAL冰雪地形任务）冰面高度发展的一部分，在>82°lat * 冰架裂解/冰山通量的综合计算 * 需要持续跟踪接地线迁移 * 海平面上升不确定性的最显著残余来源是南极半岛   **海洋应用：** | GNSS无线电掩星（基本星群）  SAR成像和高度表（激光）和雷达）  GNSS反射测量（GNSS-R）任务、被动MW、SAR  冰冻圈观测 – 地基观测 |  | 需要南极中部的左视INSAR覆盖率 - 计划在未来由NASA/ISRO NISAR（L波段SAR）完成  冰盖重量质量平衡时间序列的连续性差距 – 目前继续由 GRACE-FO 继续  需要定期刷新动态区域中的冰盖DCM（待定间隔） |
| 冰山（如位置、尺寸、浓度、草案） | **临近预报和 VSRF：**  **海洋预报：**   * 增加极地地区的运输，包括游轮，自动气象站船舶将可进行及时的冰观测（例如极地地区、南大洋）。 | 海洋近地表观测：船舶观测  卫星测高（CryoSat2）、图像（MODIS） | ENVISAT ASAR图像  额外宽幅（EWS）SAR：干涉仪宽表（IWS） | 科研船舶的高分辨率和高精度资料将实时分发。  更系统的船舶红外辐射计测量用于卫星验证。 |
| 湖冰和河冰 | **高分辨率NWP：**  **水文：** | 水文和冰冻圈观测  自愿观测湖泊/河流冰冻/融化日期 – |  | 自动测量降雪/雪深。  扩展自动土壤湿度/温度测量  自愿观测湖泊/河流冰冻/解冻日期 – 国际上和存档分发。 |
| 用水 | **水文：**   * 目前，关于该变量的信息有限，其质量和可用性（行政、空间和时间）也高度不同质。虽然在国家和地方政府上可提供部门信息（主要是估算），但无法获得关于消费和非消费性的全球用水综合信息，而且大多数现有信息是外推或从相对较少可获取的数据来源推导得出的。 * 各国应在国际上提供有关用水的信息。 | AQUASTAT |  |  |  |
| 电磁通量测量：太阳EUV通量、X射线通量、无线电发射 | **空间天气：**   * 为了监测长期太阳变率，并用于进入空间环境和大气的数值模式，可使用2800MHz频率（10.7cm）的通量测量。目前这些只由彭蒂顿无线电望远镜提供。应确保这些资料序列的长期连续性和一致性。 * 地基基础设施获得的此类测量需要全球观测站的贡献，以便实现24小时覆盖。在全球范围内已存在收集此类数据的网络，但目前无法确保公众提供符合上述标准的数据。美国空军运行的无线电太阳望远镜网络（RSTN）可实时覆盖全球，但并非所有实时光谱均可公开使用。电子Callisto网络的资料是公开提供的，但很少有台站可实时提供。 * 太阳EUV通量、X射线通量和无线电发射资料的提供应被评估为可接受的边际。 * 为科学设计的关键地基系统应当为空间天气应用开发实时模式，并在全球层面实现协调，以确保观测的连续性和良好的相互校准。 | NOAA/GOES卫星、太阳动力观测台（SDO）、PROBA2/LYRA、Penticton无线电望远镜、RSTN、eCallisto、GEOX-射线光谱仪 |  |  |  |
| 太阳图像：X射线、EUV、H-阿尔法、钙-K、白光、磁场 | **空间天气：**   * 虽然缺乏实时服务，但许多地基太阳观测在半业务上得到支持，尽管缺乏实时服务，但空基观测，如SOlar和日光层观测台（SOHO）（在业务空间天气服务中得到广泛使用）、SDO和SARBA-2，是研究任务。作为研究类卫星，它们通常无法满足业务时效性要求，最重要的是，尚不清楚是否以及如何更换其能力。 * 太阳图像的提供：X射线、EUV、H-阿尔法、钙-K、白光、磁场资料应估计为边缘数据。 * 为科学设计的关键地基系统应当为空间天气应用开发实时模式，并在全球层面实现协调，以确保观测的连续性和良好的相互校准。 | GONG，SOON，SOHO，SDO，太阳陆地关系观测站（STEREO），PRoject for On-Board自主权-2（PROBA-2），以及其他，在GEO的X-射线光谱仪 |  |  |  |
| 太阳日冕仪图像 | **空间天气：**   * 应将太阳日冕图像的提供估计为差。 * 该区域特别关注的是确保日冕仪资料的连续性，以估算CME初始参数，这对空间天气预报能力具有深远的影响。 * 为科学设计的关键地基系统应当为空间天气应用开发实时模式，并在全球层面实现协调，以确保观测的连续性和良好的相互校准。 | SOlar日冕轨道仪、太阳地球连接日冕和日球调查（SECCHI）仪器在L1的SOlar日冕和无线电光谱仪上安装的大型角度和光谱计（LASCO） |  |  |  |
| 太阳风的主体速度、密度和温度 | **空间天气：**   * 遗憾的是，由于仪器的不同，由这两颗卫星提供的大部分太阳风参数有时会表现出很大的差异。SOHO（位于L1点）的批量太阳风参数（不包括IMF）以及风研究任务也可用（非实时）。关于太阳风批量参数数据的现状，IMF可被估算为边缘。 | ACE（先进成分探测器）、DSCOVR（深空气候观测台，NOAA）、太阳风、原位等离子体、高能粒子和L1磁场 |  |  |  |
| 太阳高能粒子通量 | **空间天气：**   * 遗憾的是，DSCOVR没有高能粒子仪器。 * 目前没有L1的高能电子测量。 * 因此，当前通过太阳风测量的太阳高能粒子数据的可用性应定义为差。 | ACE、SOHO（NASA/ESA）和风（NASA），非L1位置的能量粒子可以通过L1的一颗SARS卫星、太阳风、原位等离子体、高能粒子和磁场来测量 |  |  |  |
| 日球图像 | **空间天气：**   * 其中一颗卫星最近停止了提供观测资料。资料的提供应该估计为差。 | STEREO、太阳日冕仪和日球成像，两者在地-日线上和不在地-日线上（例如在L5上） |  |  |  |
| 电子差分定向通量（GEO、MEO、LEO） | **空间天气：**   * 低能电子（<100 keV）的覆盖范围很差，资料的可用性也很低。增加GEO和LEO测量这些电子的位置数量，并实时提供资料。GEO和LEO也需要提高高能电子测量的可用性，因为LEO高能电子的可用性也在增加。在HEO轨道上的其他电子测量将提高在整个磁层中具体说明电子通量水平的能力。边际。 |  |  |  |  |
| 宇宙射线中子通量（地基） | **空间天气：**   * 只有少数站点可提供实时的高质量资料。提高实时资料的质量以及将这些资料纳入全球模式有助于更好地估算飞机上的辐射水平。边际。 | 地基中子显示器和muon探测器 |  |  |  |
| 辐射剂量率（飞机） | **空间天气：**   * 飞机上没有常规的辐射剂量率测量。应为这些测量建立基线，用于开发初始服务能力（包括模式验证），而后用于完善测量要求。可怜。 |  |  |  |  |
| 总电子含量（TEC） | **空间天气：**   * 海洋上方的资料来报率更糟，为此，空基GNSS观测是弥补差距的可行办法。国际GNSS服务（IGS）可提供来自全球分布式站点网络的地面GNSS数据，包括GPS和GLONASS，未来可扩展到纳入北斗（以前称为 COMPASS）、伽利略和其他GNSS。地面GNSS接收机数据的总体提供在一些地区（例如在美国、日本、欧洲）是可接受的，但全球范围较差（问题特别是在时效性方面）。 * 随着COSMIC-II GNSS-RO星群（2017-2020年）的发射，GNSS-RO观测的水平分辨率和覆盖范围将有所改善，估计延迟约45分钟。这在门槛范围内，但与目标相比仍很差。因此，GNSS-RO提供的观测估算很差（问题特别是在时效性方面）。 | GNSS无线电掩星（基本星群），GNSS无线电掩星：用于增强大气/电离层探测（包括偏振）的其它星群，包括LEO-LEO无线电掩星，用于优化大气探测的额外频率， |  |  |  |
| 闪烁（S4和 Ϭφ） | **空间天气：**   * 对于闪烁测量而言，需要增加地基GNSS闪烁接收机的数量，特别是在最常出现的极地和赤道地区，以便实现更均匀的覆盖并满足各种需求。应寻求创新解决方案，涵盖海洋区域，以支持离岸活动。到目前为止，资料提供应定义为“差”。 |  |  |  |  |
| 敌人 | **空间天气：**   * 监测F和电离层E区上述特征的资料提供可被视为在一些地区（如欧洲中部）可接受的数据提供，但全球范围较差（时效性存在问题）。 |  |  |  |  |
| D区吸收 | **空间天气：**   * 总之，D区域吸收观测资料的可用性较差。额外的时效性和资料及时性，特别是来自科学的防辐射计，将会在极端条件下提高电离层规格。 |  |  |  |  |
| 温度（空间） | **空间天气：**   * 差距评估：较低的热层温度：边缘 –OSIRIS资料是可用的，但它们无法涵盖整个垂直范围，而且及时性较差。 * 差距评估：高层温度：较差 – 仅可提供少数稀疏的FPI观测资料。及时性差。 | OSIRIS卫星仪器，FPI |  |  |  |
| 大气密度 | **空间天气：**   * 差距评估：较低的热层密度 - 小于边缘/ 边缘 – SSUSI和SSULI可能满足需求，但没有关于准确性、观测周期和及时性的信息。 * 差距评估：高层热层密度 –边缘–幡群满足大部分需求，除了时效性和垂直分辨率之外。后者可以通过引入诸如DDE和GRACE后续SSUSI和SSULI等新任务来解决，但无法提供有关准确度、观测周期和及时性的信息。 |  |  |  |  |
| 水平风 | **空间天气：**   * 差距评估：较低的热层风 – 较差 – 无当前观测。等待ICON任务在2017年。 * 差距评估：上层热层风– 较差 – 仅少量稀疏的FPI观测资料。及时性差。加速度计测风的误差太大，无法有用。 |  |  |  |  |
| 地基地磁场观测 | **空间天气：**   * 基于目前全球地磁地磁观测位置的不均匀性，一些地区的空间分布（100公里）需求无法满足。欧洲最密集，非洲、南美洲和俄罗斯的亚洲部分最为密集。地面磁力计的其他合作网络无法满足比互磁网更多参数的要求。 * INTERMAGNET资料可满足观测周期（1秒）和不确定性（0.1nT）的目标要求。同时，互磁网数据传输在72小时内，因此无法满足60分钟的阈值时效性。 * 总之，地基地磁数据的可用性、采样率和质量应被视为边缘到（在某些地方）优良，而时效性仍较差。 |  |  |  |  |
| 地磁场的空基观测（LEO、GEO） | **空间天气：**   * GEO和LEO轨道的地磁场观测要求可被视为在边缘满足，GEO和LEO的水平分辨率目标未能满足LEO和LEO的时效。但是，正如所指出的，这些位置并不代表动力磁气圈的总体状态，特别是在磁层高纬度地区（未来可能充满高倾角HEO任务）。因此，全球尺度磁层磁场数据的总体空间覆盖率和时间分辨率需要改进，且其当前状态应归为差。 |  |  |  |  |

**引用：**

Aberle，J.，Rennie，C.，海军上将，D.和 Muste，M.（2017）。实验水力学：仪器和测量技术，北京，泰勒和弗朗西斯集团，英国伦敦，ISBN：978-1-138-03815-8：410 p.

Battaglia A， Pavlos Kollias Ranvir Dhillon Richard Roy Simone Tanelli Katia Katia Lamer Mircea Grecu Matthew Lebsock Daniel Kamil Mroz Heymsfield Lihua Li Kinji Furukawa： Spaceborne Cloud and Precipitation Radars： Status， Challenges， and Ways Forward'， 2020， Review of Geophysics. <https://doi.org/10.1029/2019RG000686>

Barlow， J. F.， Dunbar， T. M.， Nemitz， E. G.， Wood， C. R.， Gallagher， M. W.， Davies， F.， O'Connor， E.， 和Harrison， R. M.： 边界层动力学在伦敦，英国，使用多普勒激光雷达在REPARTEE-II，Atmos. Chem. Phys.， 11， 2111–2125， <https://doi.org/10.5194/acp-11-2111-2011>， 2011.

Brenot， H.， Neméghaire， J.， Delobbe， L.， Clerbaux， N.， De Meutter， P.， Deckmyn， A.， Delcloo， A.， Frappez， L.， Van Roozendael， M. （2013） GNSS，Atmos. Chem. Phys.， 13， 5425-5449， <https://doi.org/10.5194/acp-13-5425-2013>

Delanoë， J.， Protat， A.， Vinson， J.， Brett， W.， C.， C.， Bertrand， F.， Parent du Chatelet， J.， Hallali， R.， Barthes， L.， Haeffelin， M.， & Dupont， J. （2016）.BASTA： A 95-GHz FMCW多普勒雷达 for Cloud and Fog Studies， *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*， *33*（5）， 1023-1038， from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/33/5/jtech-d-15-0104_1.xml>

Kawabata T.和Yoshinori Shoji（2018年5月30日）。GNSS斜路径延迟数据在风暴尺度的应用、多功能运行和应用GPS、Rustam B. Rustamov和Arif M. Hashimov，IntechOpen，DOI：10.5772/intechopen.75101。可从： <https://www.intechopen.com/books/multifunctional-operation-and-application-of-gps/applications-of-gnss-slant-path-delay-data-on-meteorology-at-storm-scales>

Küchler， N.， S. Kneifel， U. Löhnert， P. Kollias， H. Czekala， T. Rose， 2017： A W-band radar-radiometer system for accurate and continuous monitoring of clouds and precipitation， *J. Atmos. Oceanic Tech.*https://doi.org/10.1175/JTECH-D-17-0019.1

Lange， D.， A. Behrendt， V. Wulfmeyer， 2019： 紧凑业务对流层水蒸气和温度拉曼激光雷达，湍流分辨率。Geophysical Research Letters 46， 14844-14853.DOI：10.1029/2019GL085774， 2019

勒滕贝格D、A Haefele、N阿曼诺维奇、Mn Fengler、GMartucci、B Calpini、O Fuhrer和Rossa“利用激光雷达和无人机观测改进高影响数值天气预报”。发布在线： 2020年7月17日 印刷出版物： 2020年7月1日：DOI： <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0119.1> 页： E1036–E1051

Li Z，“英国气象局同化模式-S EHS风的影响”，将于2021年气象应用上发布

Mariani， Z.， Stanton， N.， Whiteway， J.， Lehtinen R. “多伦多水汽激光雷达比对活动”， 遥感信， 2020

Newsom， R. K.， D.Turner， R. Lehtinen， C. Münkel， J. Kallio， and R. Roininen， 2020： Evaluation of a compact宽带差分吸收激光雷达，用于大气边界层中常规水汽廓线“J. Atmos. Oceanic Technol.， 37， 47–65， DOI： <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-18-0102.1>

Radenz， M.， Bühl， J.， Lehmann， V.， Görsdorf， U.， 和Leinweber， R.： 将云雷达和雷达风廓线仪相结合，以增加对云内垂直空气运动和颗粒终端速度的附加值估算， Atmos. Meas. Tech.， 11， 5925–5940， <https://doi.org/10.5194/amt-11-5925-2018>， 2018.

Roininen， R.， 和C. Münkel， 2017： 来自连续大气边界层湿度廓线的结果与一个小型DIAL仪器。第八届激光雷达大气应用专题讨论会，西雅图，WA，阿默大气现象。Soc.， 12.3， <https://ams.confex.com/ams/97Annual/webprogram/Paper301717.html>.

Roy， R. J.， Lebsock， M.， Millán， L.， & Cooper， K. B. （2020）.《*大气和海洋技术杂志》，*1085-1102.，https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/37/6/jtechD190122.xml[，G波段差分吸收云雷达验证](https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/37/6/jtechD190122.xml)

Schnitt， S. Löhnert， R. Preusker， 2020： 双频雷达和微波辐射计协同作用在多云贸易风环境中的水汽廓线的潜力， Journal of Oceanic and Atmospheric Technology， 37（11）， 1973-1986， <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-19-0110.1>

Spuler， S. M.， Hayman， M.， Stillwell， R. A.， Carnes， J.， Bernatsky， T.， and Repasky， K. S.： MicroPulse DIAL （MPD） – 一个二极管-激光雷达架构，用于定量大气廓线，Atmos. Meas.tech.[预印本]， <https://doi.org/10.5194/amt-2021-41>，审查，2021

Stillwell， R. Scott M. Spuler， Matthew Hayman， Kevin S. Repasky， and Catharine E. Bunn， “展示用于廓线大气温度的综合差分吸收和高光谱分辨率激光雷达，”Opt. Express 28， 71-93 （2020）。 <https://doi.org/10.1364/OE.379804>.

Turko， Maxime & Gosset， Marielle & Bouvier， Christophe & Chahinian， N. & Alcoba， Matias & Kacou， Modeste & Yappi， Apoline.（2020） 移动通信网络的降雨测量以及非洲城市水文的潜在效益：不确定性传播分析的模拟框架。国际水文科学协会会议记录。383. 237-240.10.5194/Piahs-383-237-2020。

Yeung， W.L.， Chan， P.W.， Lehtinen， R.， Roininen， R.， Münkel， C. and Chiu， Y.Y. （2020）， 香港天文台的水汽激光雷达原型对亚热带天气的观测。天气，75：244-251。 <https://doi.org/10.1002/wea.3663>

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**附录3**

**会员开展的全球观测系统演进实施计划（EGOS-IP）的关键行动**

决议40 （Cg-18）的附录

鼓励会员侧重于关键EGOS-IP（见WMO语言的EGOS-IP文件： [EN](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/ETeDnDonmulOiJu9zkzieu4Bp7thwbeKXXfCq1G8nxjjQA?e=KokUlQ)、 [ES](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EZWZcp0fuphPqjejJkPOBxYBFN6n9aBU7gVl5z2RnhhQ-A?e=zQnoR6)、 [FR](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EVRItRhG7OVCibWplVTp8U4BoxwVpJ02saZ9szskDLAueA?e=vrcmdh)、 [RU](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/ERL2_7-DqEBMmfcUhLGtdBsB8u0za8LwyXpWZ140Lb_R-Q?e=yaCr0E)、 [ZH](https://wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/EaZir2WZg25DlK61b8knNkMBEz-AjoQQziP17creMJp2yA?e=TNWVI3)）列出的行动，并就如何在国家层面实施这些行动提供反馈。然而，其余的行动也很重要，需要由EGOS-IP中确定的参与方加以解决。

| **行动编号** | **行动** | **业绩指标** |
| --- | --- | --- |
| C3 | WIS标准 – 确保所有制作观测资料的运行方遵守WIS标准。 | WIS标准的应用程度。 |
| C4 | 用户咨询 – 在引入新的（或改变现有）观测系统之前，必须认真做好准备。需要通过与资料用户和更广泛的用户群体进行事先和持续的磋商来评估影响。此外，资料用户还需要提供关于资料接收/获取、加工和分析基础设施、提供代用资料以及提供教育培训计划的指南。 | 了解用户界关切的程度。 |
| C7 | “变更管理”程序 – 通过适当的变更管理程序，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。 | 资料记录的连续性和一致性。 |
| C8 | 数据共享原则 – 对于WMO和联合发起的观测系统，确保无论数据来源如何，继续遵守WMO资料共享原则，包括商业实体提供的资料。 | 继续向所有WMO会员提供所有基本观测资料。 |
| C12 | 无线电频率 – 确保持续监测WIGOS不同组成部分所需的无线电频率，以确保其可用并具有所需的保护水平。使用无线电频率提供有关新应用或设备的新信息。 | 现有/没有所需保护水平的观测频段。 |
| G2 | 逐时资料交换 – 尽可能确保全球交换用于全球应用领域的逐时资料，优化后根据技术和财务限制来平衡用户需求。 | 全球NWP中使用的标准监测指标。 |
| G4 | WIGOS标准 – 确保根据WIGOS标准交换来自大气、海洋、陆地观测系统的观测资料。如必要，组织不同程度的预处理观测资料，以满足不同的用户需求。 | 关于每个应用所提供资料的统计。 |
| G7 | 资料稀疏地区的无线电探空仪 – 在一区协、二区协和三区协的资料稀疏地区，扩大无线电探空站，或重新激活不发报的无线电探空站，资料覆盖率最差。尽一切努力避免关闭这些资料稀疏地区的现有台站，在这些地区即使极少的无线电探空站也可为所有用户提供基本效益。 | NWP中使用的标准监测指标。 |
| G13 | 无线电探空仪资料的可用性 – 确定可进行定期测量的无线电探空站（包括仅在活动期间运行的无线电探空仪），但无法实时传输资料。采取行动提供资料。 | 上述一些可为GTS提供资料的无线电探空站，以及有关无线电探空仪资料可用性和时效的标准监测指标。 |
| G14 | HR无线电探空仪资料 – 确保及时分发高垂直分辨率无线电探空仪测量结果，以及每份资料的观测位置和时间信息以及其他相关元数据。 | 可提供高分辨率廓线的无线电探空仪站点数量。 |
| G17 | 区域遥感廓线站 – 在区域范围内开发遥感廓线站网络，以便补充无线电探空仪和飞机观测系统，主要是基于区域、国家和地方用户的需求（尽管部分测量资料将在全球使用）。 | 向WIS/GTS实时提供经质量评估的资料的廓线站数量。 |
| G18 | 廓线仪数据的加工和交换 – 尽可能确保必要的廓线仪资料加工和交换，供地方、区域和全球使用。当廓线仪资料制作频率大于1小时时，按照WIS原则，可全球交换包含每小时观测资料的数据集。 | 用于全球交换的廓线站数量。 |
| G40 | 专用台站的元数据和代表性 – 尽可能确保实时交换观测资料、相关元数据，包括地基台站为特定应用（道路运输、航空、农业气象、城市气象等）提供的代表性衡量标准。 | 上述台站观测资料在区域和全球实时交换的百分比。 |
| G45 | 双偏振雷达 – 在有益的地区增加双偏振雷达的部署、校准和使用。 | 从此类雷达获取的每个区域的资料覆盖。 |
| G47 | 发展中国家和DRR的天气雷达 – 对于对风暴和洪水敏感的发展中国家的地区，必须特别努力建立和维护天气雷达站。 | 上述地区业务天气雷达站的数量。 |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**附录4**

**GBON要求概述（须/应）**

（基于《WIGOS手册》中的GBON规定，WMO-No. 1160，2021年版）

|  | **须** | | | | | **应该** | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **网络类型** | **变量** | **水平分辨率** | **时间分辨率** | **垂直分辨率** | **数据交换** | **水平分辨率** | **变量[[20]](#footnote-21)** | **时间分辨率** | **垂直分辨率** |
| **陆地表面站** | * 气压 * 空气温度 * 湿度 * 水平风 * 降水 * 积雪深度（如适用） | 200公里 | 小时 | - | 全球实时/近实时 | <100公里 | * 气压 * 空气温度 * 湿度 * 水平风 * 降水 * 积雪深度 * 和进一步可用的观测资料 | <=每小时一次 | - |
| **高空站**  **陆地上空** | * 温度 * 湿度 * 水平风 | 30 hPa或更高：500公里 | 每天2x/天或更频繁 | 100米 | 全球实时/近实时 | 30 hPa：200公里或更高  子集：10 hPa或更高：1000公里或更高 | * 温度 * 湿度 * 水平风 * 和进一步可用的观测资料 | 最多30 hPa：2天或更频繁  最高10hPa或更高：1/d或更频繁 | 100米 |
| **高空站**  **海洋上空** | * 温度 * 湿度 * 水平风 | 30 hPa或更高：1000公里 | 每天2x/天或更频繁 | 100米 |  |  |  |  |  |
| **海洋表面站** | * 气压 * 海面温度 | 500公里 | 小时 |  | 全球实时/近实时 |  |  |  |  |
| **航空器气象观测**  **上升/** **下降** |  |  |  |  | 全球实时/近实时 |  | * 温度 * [湿度] * 水平风 * 和进一步可用的观测资料 | 每小时或更频繁 | 300米或以上 |
| **航空器气象观测**  **水平飞行** |  |  |  |  | 全球实时/近实时 | <=100 km | * 温度 * [湿度] * 水平风 * 和进一步可用的观测资料 |  |  |
| **遥感廓线仪** |  |  |  |  | 全球实时/近实时 |  | * [温度] * [湿度] * 水平风 * 和进一步可用的观测资料 | 小时 | 100米或以上 |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**附录5**

**用于WIGOS高级别指导的综合城市服务（IUS）**

**介绍**

到2050年，全球80%的人口将居住在城市中心（ICLEI，2020）。如果规划良好并得到良好的管理，城市化可为发展中国家和发达国家的可持续发展提供强有力的工具。联合国可持续发展目标（SDG 11）和联合国新城市议程代表了共同的愿景，即为城市建立更好、有复原力、更具可持续性和健康的未来（UN，2016;UN 2019）。WMO响应了城市综合服务概念（Cg-17，决议68：Cg-18、决议32和决议61;EC-68，决定15;EC-69，决定41;EC-70，决定7，附录1和2;WMO 2020-2023年战略计划）。

本文件的目标是阐明IUS的高级别监测和观测要求和优先重点，将其作为WIGOS 2040年NMHS未来5年（2021-2025年）实施的高级指南的一部分。

由于同时开展了一些关于综合城市服务的细节和指导活动，IUS（城市综合服务研究组（SG-URB），2021），因此，这里概述的观点既可使用现有文件和草案文件，并由SG-URB和其他专家审查。IUS专家提供的指导意见将不断发展，需要正式确定，但对该文件中表述的观点和优先事项普遍认同。

IUS不是现有的WIGOS应用领域（AA），但它与狭窄应用领域“提供大气成分信息以支持城市和人口稠密地区的服务”密切相关，但仅限于空气质量预报。鉴于城市观测的独特性质和问题（例如，变量地面、高度、虚拟位置（多地点）、高时空分辨率和及时性、低延迟、所需的伙伴关系、资料质量、代表性、整合和重大元数据问题），以及用户和决策者在早期预警决策中直接使用，可能需要考虑新的WIGOS AA来捕捉IUS监测。鉴于将其纳入本《WIGOS高级别指导文件》，并且基于与SG-URB的讨论，此处介绍了差距和优先重点分析，假设支持城市综合服务的观测可以被视为不同的AA，并且完全按照目标、目标、范围和要求实现正式化。

**城市综合服务概念**

城市服务需求：人们密度、城市环境的多样性（如建筑密度、建筑物高度、地表、渗透性、人为排放）、关键人造基础设施（如电力、电信、道路、下水道）的密集度可提高对天气、气候、空气质量和水文造成的灾害的敏感性。灾害的影响是相互关联的，有一个级联非线性深远的下游多米诺效应（WMO，2019;WMO，2021，ICLEI，C40）。城市服务和基础设施的基础设施需求不仅要受短期灾害备灾需求以及长期规划和适应需求驱动。

考虑到气候变化，健康的城市规划（空气质量、生态学、生活质量、抗御力），是多方面的，包括重新设计城市（绿地、蓝色或水域）、城市结构（绿色屋顶、建材、热储或冷却过程水源）、生态/生物多样性（植物生命、物种、植物、动物群）和生活质量（有效的交通， 清洁空气、清洁水、温室气体）。

联合区非常大，以至于一个地点的灾害和相关预警/影响不会影响其他地点和应急服务（在低洼地区和强风条件下部署救援队、急诊医院住院、准备和适当的人员配置）以及日常服务。

需要整合：这些多方面的问题需要特定的、一致和准确的高分辨率信息，并需要整合针对战略长期十年计划和战术应急响应和恢复的服务。各领域也需要整合，以便最有效地利用资源来支持观测基础设施。天气、气候、环境和水服务需要通用的气象数据、服务专用数据的交换，以便能够提供高空间分辨率的新能力，并无重复。互可操作性（标准、交换格式、数据获取、元数据）对于处理差异、及时性、数据访问和延迟等均至关重要。高密度空间分辨率、城市观测的针对性和成本都需要专业技术，而这种专业知识只能通过伙伴关系和整合才能实现。整合对于无缝预测、地球系统模拟、价值链、快速研究到业务和业务到服务技术转让要素至关重要和至关重要（Brunet等，2015;Grimmond等，2015;WMO-HIW，2021;Golding，2021）。

IUS的范围：WMO制定了城市综合服务概念（WMO，2019（G1）;WMO，2020（G2）;Grimmond等，2020;Ren和McGregor，2021;SG-URB，2021），并包括以下领域：

1. 天气 – 灾害性预警（更具体）、应急服务、额外高温：
2. 气候 – 建筑规范、城市设计、气候变化（温室气体、WMO-IG3IS，2018年）;
3. 水 – 污水管理、城市洪水（沿海、河流）;
4. 环境[[21]](#footnote-22) –大气成分以及健康、生态学（昆虫、植物和动物）、水质等

整合方法：WMO制定的方法包括几种不同的整合方法：

1. 服务层面的整合;
2. 产品/后处理层面的整合;
3. 模拟层面的整合;
4. 观测层面的整合

观测基础设施的整合是该特定声明中城市综合服务的最相关方面。根据特定的服务和用途，城市观测将有不同的加工、选址和密度要求，在整合不同来源的观测资料时需要考虑这些需求，这必须被纳入元数据中（例如时间平均、精度和精确度、覆盖范围等：WMO-WIGOS，2021）。IUS需要信息/数据/元数据流或沿价值链进行整合（Golding，2021;WMO-HIW，2021））用于/解释决策支持系统（例如可能包括“大数据”分析处理的数据和产品可视化系统;还将包括领域专家）和决策者（例如城市市长）。因此，可利用单个传感器（例如单个量器用于区域降水估算的时间序列）或均一（例如雨量计的降水图;或雷达降水图）或多种多样的监测网络（例如雨量计降水图;或雷达）或多种多样（例如雨量计、雷达和卫星的降水图）观测技术来制作这些服务的综合产品。加工可能非常复杂，可能包括使用数值天气模式（例如再分析）。

**遗产**

WMO倡议：WMO大会/执行理事会批准了该概念，并要求编写IUS指导材料。

1. 大会批准IUS概念（决议68、CG 17、2015;决定15，EC 68，2016;决定41，EC 69，2017）;
2. WMO 2020-2023年战略和运行计划：
3. 《城市水文气象、气候和环境综合服务指南》第一卷：概念和方法已得到正式批准和接受（2019年）;
4. 《城市水文气象、气候和环境综合服务指南》第二卷：示范城市已得到正式批准和接受（2021年）;
5. 《城市热岛指南》正在编写中（发布2022年）;
6. 城市综合服务研究组（SG-URB）成立（2020年）;
7. SG-URB正在开发关于IUS高分辨率模拟的良好做法：
8. 城市GHG排放基于观测的评估良好做法（WMO-IG3IS，2021）

现有的WMO指导材料如下：

1. 《城市观测初步指南》（WMO，2006）
2. 关于AQ、水、NWP、CIMO文件的指导材料（WMO，2018）

其他

1. 美国国家研究理事会，2012;
2. HIW（Golding，2021）;
3. 健康城市书（Ren和McGregor，2021）

城市的作用/职责：城市服务/预警一般是那些组织自己开展城市（在国家和全球支持下）应对地方城市可持续性问题的任务，并发挥重要的作用是确定需求、优先重点和行动。

1. ICLEI是1990年在联合国的支持下建立的可持续发展地方政府，是一个非政府组织，旨在为地方政府提供技术援助，以支持可持续发展目标。
2. C40成立于2005年，是一个由97个大城市组成的小组，致力于采取大胆的气候行动，实现健康和可持续的未来。
3. 市长全球圣约

NMHS的作用：城市综合服务指南的关键信息是NMHS具备良好定位并有望引领IUS的发展（Rogers，2013;C40， 2020） 因为：

1. 能力，特别是在高分辨率城市尺度模拟（从全球、到区域、局地和微尺度，包括化学、生物、辐射或核和爆炸物（CBRNE）灾害的扩散模拟）
2. 在全球、国家尺度上，现有空气、气候、环境和水等任务的能力以及预警传播的现有路径。
3. 遗产、在多灾种早期预警系统、减少灾害风险和气候变化方面的作用
4. 权威声音、公认的专家和预警规定牵头人，以及决策过程中的重要作用

IUS和观测：同时，WMO正在通过WIGOS 2040全球观测系统愿景（W2040年愿景）为全球观测系统的未来提供指导。WIGOS愿景的概念与IUS的概念一致，特别是：

1. 综合观测系统;
2. 非传统传感器和平台的观测资料;
3. 数据管理和获取;
4. 高影响和无缝服务：
5. 重点放在元资料上;和
6. 伙伴 关系。

其中的问题包括：

1. 侧重于非传统观测源，并将“基准”站纳入网络设计：
2. 分析多种观测资料的传感器/网络，以便进行质量控制：
3. 重点关注局地/微观测和不同尺度的代表性：
4. 用于高影响验证的非气象资料

**背景/最新发展状况**

1. IUS受到全球和区域天气和气候尺度系统的影响，例如气候变化、天气和温带系统以及飓风/台风。城市会受到所有尺度过程的影响，因此全球 **或区域观测指南与IUS观测有关**。
2. 有 **局地（城市尺度或城市群到邻里）、微（城市街区）和障碍物（个别建筑物）尺度** 过程和影响。星群足够大，危害可影响一个地点，但也许不是另一个灾害，并且在其影响远的地方发生或发生灾害。有了新的观测能力，将发展地方、微或障碍物的IUS，提高观测密度、模拟和有针对性的决策。
3. 虽然天气的空间和时间尺度密切相关，但有IUS应用（例如城市规划），其中需要更长（气候）时间尺度的微空间尺度信息。对于天气和空气质量应用， 各城市冠层（~100米至~2公里）的三维维度性质在过程描述和数值模拟中发挥着重要作用。即使在更细的垂直尺度上，大气化学过程和成分分布也有所不同（WMO-UHI，2022;SG-URB，2021）。
4. 城市服务通常属于由区域（州）和国家政府支持的市政当局的职责。 **城市服务已经存在，**这通常是在“服务层面”完成的，在民事应急管理业务方面，为决策者手动结合不同来源的信息和专业知识。当前城市服务的另一个例子是建立气候资料的建筑/建筑规范（利用长时间序列天气信息）。同时，不同组织提供的此类服务综合存在明显差距。
5. 传统的气候服务依赖于**乡村站点**（通常是机场）的观测，并利用**来适应或解释城市**站点/环境“30年平均值”的统计关系。然而，城市规划者需要在气候变化和城市发展情景下制定微（或许是障碍）尺度的天气、空气质量和水预测（Amorin等，2018）。通常，由不同的组织以分散的方式缺失或开展直接用于支持城市综合服务的城市观测。
6. 无论整合的水平如何，**服务层面的整合总是属于“最后一英里”的一部分**，因为解释不同信息以及发展决策者（例如市长）信任所需的复杂程度和知识。观测资料直接需要对所生产产品的验证，并能够信任整个价值链。
7. 总之，**当前一代业务NWP中无法很好地反映城市环境**，即使全球或区域模式（用于天气和气候预报）在公里尺度（通常为2-4公里）上具有网格分辨率。在此类模式中，城市只是被简单地表示或根本不是（即被视为农村）。更高分辨率模式的主要益处之一是能够更好地掌握大尺度（~O（100公里））过程过程（更准确的结构和强度的预测），这本身可改善城市预测，因为它可更好地预测农村环境。IUS需要次公里尺度模式来解析城市环境的变化和过程。有些模式在2和3米尺度上运行。
8. **高分辨率数值天气预报的数据同化**仍在研究和开发阶段。进一步需要在科学上了解城市过程（地表交换）及其参数化方面取得进展。目前的城市模式（和服务）是通过全球或区域模式发起的，而全球和区域观测资料可以同化。因此，（1）改进全球和区域尺度的监测网络将有益于IUS，（2）启动NWP的城市观测网络网络设计是未来优先重点。应当指出的是，新一代基于人工智能的参数化和同化方案正在快速发展，且进展可能会大大加快这一发展。
9. **城市模式和预期观测的高分辨率微尺度能力**正在定义IUS的当前和未来能力。例如，城市设计师需要掌握微尺度城市环境的知识，以便将绿色（**树木**、公园、花园）和蓝色（供供暖/制冷的水源;污水用于可持续性的下水道管理系统的汇）相结合，用于健康的城市设计（建筑和工厂位置）;Weston，2021）。城市数值模式的调查结果显示，测量方位尺度模式（~O（100）米）在研究和预运行中很常见，还有分辨率可降至几十米的地理空间模式。城市通风空气设计采用街道峡谷尺度（Ng，2009;Ren等，2018）。
10. 城市模拟的第一步是在局地、微和障碍物尺度上表征**初始和边界条件**（城市环境）。根据城市应用（例如气候）的复杂程度，可能足以确定“**局地气候带”**（Stewart和Oke，2012），以便将农村转化为城市天气/气候观测或模式输出（局地尺度）。
11. 然而，**中城市环境的代表** 高分辨率（或数百米以内）**城市化有限区域模式** 需要更高的细节，如建筑物、其高度和密度、地表不透水、微/障碍物加热或排放源，如高速公路、工业工厂和后院烹饪（以及人类活动，如工作和交通模式） 表示使用空调、后院烹饪）（Ching等，2018）。
12. **城市环境** 随着高速公路、工业厂、建筑物的建设和低洼洪水易发地区（地下通道）而不断发展，而水方式和洪泛平原正在变为所用地区。鉴于不断变化的环境，描述数据和环境元数据需要经常更新和改进当前做法。
13. 观测的判读需要了解它代表的环境（即局地气候带（LCZ）或微城市环境）。风浪区长度甚至风速和风向都会影响判读。因此， **城市元资料对于判读观测至关重要，并应包括有关城市环境和站点代表性的信息。**
14. 在现有的决策支持系统中，特别是在“大数据”分析/人工智能时代， **需要从观测中获得的产品，并被视为** 下游加工和支持服务的数据。例如，可根据多个传感器（量器、雷达、卫星、众包或再分析）对降水进行处理、反演或质量控制，而原始观测源可能是无关紧要的。
15. **根据WMO的长期战略目标，开发和示范**项目、试验场和其他研究项目可促进和加速**从研究到业务**和**业务到服务到决策**技术转让过程，并支持WMO的长期战略目标。

**城市综合观测/网络设计**

1. **一个尺寸不适合所有。** 观测/监测需求将随着城市综合服务的要求和应用而不断发展，而且这些需求将针对每个选区。地理学将在IUS的设计中发挥重要的作用，但对于第一顺序，这主要是全球（和区域）气候观测系统所涵盖的。他说，为了应对气候变化的影响、局地洪水和城市规划等需要更高分辨率的观测，城市中存在一些地方/微尺度天气和空气质量灾害服务的共同点。
2. **基本IUS变量**：需要测量的各种变量。基本气象信息（如温度、风、降水）适用于所有IUS领域。其它领域可能需要具体的观测，如通量、排放、水位和其他参数，例如用于标定、验证或影响估算的城市流域/下水道的水量/水位。多部门观测将能够耦合模式、开发新科学和新服务和更好的服务。这可能包括用户成功指标（例如医院住院或流行病学数据）以正确评估IUS的影响。
3. **IUS选**址：网络设计和元数据指南的现有原则（WMO-WIGOS，2021;WIGOS，2019）。然而，由于以下原因，城市观测与农村观测基本**不同**：（1）城市站的传感器可水平移动和/或垂直位移，（2）底面是可变的，（3）观测高度，特别是相对于城市冠层的三维性质。以前关于侧重于城市气候（局地尺度，以及当地气候带概念的后续发展）的城市观测指南指出，由一个“台站”组成的传感器可能自然位移。温度可在一个地点进行测量，但可以测量几栋远离建筑物的风来逃避障碍物流动的影响。屋顶上的观测不鼓励开展城市气候服务，但是如果认为热岛的关键组成部分或是城市模拟物理学的一部分（SG-URB，PA15），则需要观测。可在城市边界层内的地面以上不同地点和/或不同高度收集风（城市冠层、粗糙度次层、惯性子层、UHI 2021）。
4. **需要密集的观测**：需要各种原因的高分辨率观测：从开发对模式的科学认识、过程参数化、开发气候/统计关系（需要长期监测）、微尺度临近预报和早期预警准备（时效性/低延迟、高时空分辨率、保持态势感知、预警准备），为模式设定初始和边界条件 检验（检验模式/产品加工假设是正确的）、下游决策系统（例如在“大数据”/“AI”系统中使用）和验证（检验预测是正确的，以发展信任）决策过程。对于高影响预警，验证数据还应包括与事件影响有关的指标和参数（例如洪水高度、面积、医院入院人数、生态参数）。后一类资料可能不能随时提供给科学界，但需要证明这些服务的成功及其成本效益。
5. **城市综合观测网络差距。** 很少有NMHS有城市台站，而许多环境机构已经部署了带有气象传感器的高质量空气质量站;一些 **市政当局** 已经部署了紧凑气象站网和大气成分传感器;大多数河流以及市区的下水道系统都进行了测量;科研、示范项目和试验台都部署了遥感和实地技术网络（雷达， 激光雷达、云幂仪）;当组合可提供基本和基准层观测时，移动车辆（汽车或自行车）都有气象或大气成分传感器（谷歌，2021）。众包技术包括手机微波塔、车辆技术（温度;可启动擦拭的降水探测器;激光雷达、雷达和摄像头，用于驾驶员辅助）、手机（温度、压力、紫外线）、众包应用（天气报告、推特活动、Instagram）等可提供全面的分层观测，沿着高影响IUS验证的价值链（Elmore等，2014;Smith等，2015;McNicholas和 Mass，2021）。 随着IUS服务的发展，将会有更高的技能期望，这将需要更多监测额外的混杂因素（例如下水道中的泥石积聚），而新技术将得到开发。 通过伙伴关系， **建立城市综合观测网络**，将实现新能力，提高能力，减少城市观测的重复和成本。
6. **城市环境信息差距：**对于气候学应用，农村观测（和预测）是用于城市应用的统计方式。最常用的是估算因当地或城市尺度城市热岛效应造成的温度上升，此处可假设准高斯空间影响。关于局地尺度， 可提供城市环境中的仪器和站点要求的初始指南（WMO，2006;WMO，2019）。对于选址而言，代表性被包含在风浪区考虑因素中，需要城市环境在500米或更长时间尺度的一致性。最近，利用局地气候带分类概念（例如建筑高度、密度、地表类型），假设通用性，城市监测观测可用于交叉使用，以减少城市网络监测的要求（Stewart和Oke，2012）。对于城市模式和服务，在灾害性天气、洪水或空气质量预警中需要微尺度城市环境细节，或水源是绿色蓝色设计概念和实施的一部分。了解**城市环境**，正确解释城市观测和网络对于**所有IUS都至关重要，因此是解决的第一个差距**。世界城市资料和获取门户（WUDAPT）是一个国际社会努力捕捉局地和微尺度城市环境（Ching等，2018）。
7. **基准站差距：**鉴于传感器的异质性、观测类型、处理 和其它质量管理问题的广度，需要基准站来校准或控制IUS的层积资料。作为网络设计的一部分，需要建立适用于局地气候区的农村和城市台站（或其它分类方案）或排放区。这是一个很大的差距。
8. **城市元数据差距：** 由于观测需要满足多种用途， **元数据** 必须包括足够的信息来支持观测的使用（释用以适应应用）。城市环境是必须捕获的一个方面，因为观测将受到障碍物和微尺度结构的影响（WMO 2006）。随着城市环境不断更新，建议对元数据进行年度更新（WMO，2006;Grimmond和Ward，2021;Muller等，2013）。需要制定城市观测元数据标准的规范。
9. **数据管理差距：** 了解现有数据、数据交换机制、数据格式、信号/资料处理 **算法** 和质量控制是公认的需要领导力、技术能力和在伙伴关系蓬勃发展之前证明互利的问题。有效的资料交换要求尊重隐私和知识产权。观测系统各组成部分提供方之间的数据共享是重大差距。元数据的管理至关重要。 **IUS示范项目、测试基地和知识交流是必要的**。新通过的WMO开放数据政策可作为改进城市观测资料交换和协调资料交换格式和规程的一个杠杆作用。
10. **差距评估：** 目前已有全面实施的综合服务实例，特别是在小城市国家（Baklanov等，2020），但IUS提供在全球范围内存在巨大差距。

**IUO优先重点**

1. 所有IUS应用的最高优先级和基础是 **关于城市环境的信息** （结构、结构、建筑高度、地表渗透性）。特别重要的是：（1）判读城市观测资料的代表性;（2）观测网络设计。这是局地尺度城市气候服务的概念，作为LCZ。具有更大变率的微尺度城市服务将需要更高分辨率的城市环境信息。在各种尺度建立和采用通用分类标准将有利于结果的可转移性和对风险和影响的准确评估，从而减少重复和成本。
2. 第二最高优先级是 **建立IUS基准站**。鉴于农村测量需求的差异（选址、地面和高度变率、基本变量），IUS基准站需要支持（校准、解释）WIGOS基础、基准和综合网络概念。在许多情况下，城市台站通常不存在，IUS通常基于简单的热岛概念，在这种情况下，基本站和基准站之间的区别可能是系泊或基于所测变量的综合性。可部署不同的复杂水平：（i）代表整个凝结的单一基准站将提供一个基本证据式IUS，（ii）每个具有代表性的LCZ基准站，（iii）各LCZ基准站。
3. 第三优先重点是**开发和展示IUS观测网络概念**，以便（1）加快其开发，（2）建立和测试标准，特别是元数据，（3）向会员展示IUS的效益和影响，（4）促进和启动伙伴关系和测试基地，资料交换和访问，（5）加快开发和示范综合网络，包括众包 新技术、信息提取和质量控制过程，（vi）为会员提供能力建设和建设机会。需要有不同服务要求和伙伴关系的协调示范项目，以测试拟议的标准和过程、伙伴关系、整合和IUS开发模式的普遍性。

**引用**

|  |
| --- |
| Amorim JH， Asker C， Belusic D， Carvalho AC， Engardt M， Gidhagen L， Hundecha Y， Körnich H， Lind P， Olsson E， Olsson J， Segersson D， Strömbäck L， Joe P， Baklanov A （2018） 欧洲城市综合城市服务：斯德哥尔摩案例。WMO公报，67（2）：33-40 |
| Baklanov， A.， B. Cárdenas， T. Lee， S. Leroyer， V. Masson， L.T. Molina， T. Müller， C. Ren， F.R. Vogel， J. Voogt， （2020） 综合城市服务：不同大陆四个城市的经验，城市气候，32， https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100610 |
| 清J， Mills G， Bechtel B， See L， Feddema J， Wang X， Ren C， Brousse O， Martilli A， Neophytou M， Mouzourides P， Stewart I， Hanna A， Ng E， Foley M， Alexander P， Niyogi D， Niyogi D， Shreevastava A， Bhalachandran P， Masson V， Hidalgo J， Fung J， Andrade M， Baklanov A， Dai W， Milcinski G， Demuzere M， Brunsell N， Pesaresi M， Miao S， Mu Q， Chen F， Theeuwes N， 2018： World Urban Database and access portal （WUDAPT）：人类世的城市天气、气候和环境模拟基础设施。公牛Am Meteorol Soc 99 （9）：1907-1924.doi：10.1175/bams-d-16-0236.1。 |
| Elmore， K.L.， Z.L. Flamig， V. Lakshmanan， B. T. Kaney， V. Farmer， H. D. Reeves， and L. P. Rothfusz， 2014： MPING： Crowd-Sourcing Weather Reports for Research， BAMS， https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00014.1. |
| Golding， B. （编辑），2021：实现“完美”的天气预警：通过伙伴关系和沟通弥合学科差距，瑞士斯普林格自然。 |
| 谷歌，2021：地球宣传，空气质量，https://www.google.com/earth/outreach/special-projects/air-quality/。（于2021年9月27日查阅） |
| Grimmond C， G Carmichael， H Lean， A Baklanov， S Leroyer， V Masson， K Schluenzen， B Golding， 2015： Urban-scale environmental prediction systems.地球系统的无缝预测：从几分钟到几个月（Eds Brunet G， Jones S. Ruti P） （Chap 18） WMO-No 1156， 347-370。 |
| 格里姆蒙德S， Bouchet V， Molina LT， Baklanov A， Tan J， Schluenzen KH， Mills G， Golding B， Masson V， Ren C， Voogt J， Miao S， Lean H， Heusinkpyan A， Teruggi G， Parrish P， Joe P， 2020： Integrated Urban Hydrometeorological， Climate and Environmental Services： Concept， Methodology and key messages.城市气候：100623。doi：10.1016/j.uclim.2020.100623. |
| Grimmond S. 和H.C. Ward， 2021： Urban measurements and their interpretation.见：Foken T（ed.），《大气测量手册》。Springer Nature， Switzerland， 1393-1425.https://doi.org/10.1007/978-3-030-52171-4\_52. |
| ICLEI， 2020： ICLEI 公司报告 2018-2019.https://worldcongress2018.iclei.org/wp-content/uploads/Corporate%20Report%202018-2019.pdf.（于2020年2月8日查阅） |
| Smith， L.， Q. Liang， P. James and W. Lin， 2015： Assess the utility of social media as a data source for flood risk management and the data source for flood risk management， J. of Flood Risk Management， DOI： 10.1111/jfr3.12154， https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jfr3.12154.（于2021年9月27日查阅） |
| McNicholas，C.和C.F.Mass，2021：偏差校正，匿名化和分析智能手机压力观测，使用机器学习和高分辨率克里金，WAF，https://doi.org/10.1175/WAF-D-20-0222.1。 |
| Muller C.L., Chapman L., Grimmond C.S.B., Young D.T., Cai X-M (2013) Toward a Standardized Metadata Protocol for Urban Meteorological Networks.公牛 Am Meteorol Soc 94 （8）：1161-1185.doi：10.1175/BAMS-D-12-00096.1.  Ng， E.， 2009： Policies and technical guidelines for Urban planning of high-densit urbans of high-air ventilation assessment （AVA） of Kong.建筑和环境，44（7），1478-1488。  Ren， C.， Ng， E.， & Katzschner， L. （2011）.城市气候地图研究：回顾。International Journal of Climatology， 31（15）， 2213-2233.doi： DOI： 10.1002/joc.2237  Ren， C. and G. McGregor （编辑），2021： Urban Climate Science for Planning健康城市，Springer Nature，Switzerland。 |
| Rogers D.P.， and V.V. Tsirkunov， 2013： National Meteorological and Hydrological Services.见：Rogers DP，Tsirkunov VV（eds）天气和气候抗御力：通过国家气象和水文部门开展有效的备灾。世界银行。https://doi.org/10.1596/9781464800269\_Ch03.（于2020年2月10日获得） |
| SG-URB，2021：研究组综合城市服务，https://community.wmo.int/activity-areas/sercom/sg-urb。（于2021年9月29日查阅） |
| Stewart I.， and T. Oke， 2012： Local climate zones for Urban temperature studies Bulletin of the American Meteorological Society， 93（12）， 1879 - 1900.https://dx.doi.org/10.1175/bams-d-11-00019.1. |
| UN， 2016： New Urban Agenda – HABITAT III.http://habitat3.org/the-new-urban-agenda.（于2020年3月2日获取） |
| 联合国，2019年：联合国可持续发展目标。https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals.（于2020年2月8日查阅）  Weston， P.， 2021： Green Streets， in The Guardian Weekly， 205 （16）， U.， 22-23.  WIGOS，2019：《WMO全球综合观测系统手册》，《WMO技术规则》附件八，https://library.wmo.int/doc\_num.php?explnum\_id=10145，（于2021年9月28日获取）。  WMO， 2006： Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites， WMO/TD-No.1250;IOM报告No.81.https://library.wmo.int/doc\_num.php?explnum\_id=9286.（于2020年2月9日查阅） |
| WMO， 2019： Guidance for Urban Integrated Hydrometeological， Climate and Environmental Services.第一卷：概念和方法学。WMO-No： 1234， https://library.wmo.int/doc\_num.php?explnum\_id=9903.（获取2021年7月26日） |
| WMO， 2021： Guidance for Urban Integrated Hydrometeological， Climate and Environmental Services.第二卷：示范城市。WMO-No： 1234， https://library.wmo.int/doc\_num.php?explnum\_id=105547， （可访问22 Jul 2021）。  WMO-IG3IS，2018：EC-70通过的科学实施计划。  WMO-IG3IS，2021：全球温室气体综合信息系统，https://ig3is.wmo.int/en/events/towards-international-standard-urban-ghg-monitoring-and-assessment，（于2021年11月1日获得）。 |

**附录6**

**大气成分变量以支持监测和预报应用**

下列变量被确定为优先重点：

**大气成分预报（F）**

1. 所有全球NWP变量（例如行星边界层（PBL）+对流层顶高度）
2. 气溶胶（气溶胶质量、粒径分布（或至少三部分质量：1、2.5和10微米）的质量、形态和化学成分、多波长的AOD、气溶胶吸收光学厚度（AAOD）、含水量、质量与AOD之比、消光垂直分布）。
3. 臭氧总量、廓线臭氧、地面臭氧、NO、NO2（地表、柱、廓线）、PAN、HNO3 NH3，CO，VOC（等离子体，萜烯，酒精，甲醛，ke通，阿尔坎斯，阿尔肯斯，含烃，芳烃），SO2（表面和柱），CH4，CO2，N2O，HCHO，HOx，Clx，ClO，ClO，BrO，OClO，ClONO2，HDO，CFC，HFC，Rn，SF6。
4. 其它：光通量、火灾辐射功率、陆地代理、闪电、干湿沉降、花粉（关键物种）、OCS。

**监测大气成分（M）**

1. 所有全球NWP变量（例如PBL+对流层顶高度）和其他气象/气候变量（例如SST、深海温度、太阳变率、反照率、土地利用、土壤湿度、降水、海冰覆盖、积雪、极地平流层云（PSC）出现）。
2. 气溶胶（气溶胶质量、数量、尺寸/表面分布（1， 2.5、10微米）、光谱和化学成分、AAOD、多个波长的AOD、含水量、质量与AOD之比、消光垂直分布）、平流层气溶胶后向散射系数、PSC成分、金属浓度、PM（硫酸盐、硝酸盐、铵、BC、OC、OM、尘、海盐、BS、SOA）气溶胶指数 折射率、降水化学成分、Hg、持久的有机污染物（POP）、主要生物颗粒。
3. 臭氧总量、廓线臭氧、地表臭氧、NO、NO2（地表、柱、廓线）、PAN、HNO3、NH3、CO、VOC（异汞、萜烯、酒精、甲醛、番茄、藻类、阿尔肯尼斯、芳烃）、SO2（表面， 柱）、CH4、CO2、N2O5、NO3、HCHO、HOx、Cly、ClO、BrO、OClO、ClONO2、HDO、CFC、CFC、HFC、哈龙、CH3Br、CH3Cl、BrONO2、Rn、SF6、glyoxal、甲基氯仿、H2O、H2O2、H2O2 H2，O2/N2比，二甲基硫（DMS）、中弦酸（MSA）、OCS。
4. CO2、CH4、N2O、CO、（D、 13C、14C、17O、18O、15N）的同位素也在气溶胶相中。
5. 光通量、火辐射功率、陆地代数、闪电、干湿沉降、花粉（关键物种）、海色、叶面积指数（LAI）、光合有效辐射（PAR）、PAR（fPAR）分数、荧光、植被图、土地利用图、烧焦区、夜光、火灾计数、湿地、船舶路线、森林清单、生物密度、作物用土地。

应当指出的是，该变量清单更代表一个愿望清单，而GAW计划仅提供关于所列变量数量有限的指南。OSCAR数据库中的用户需求也仅记录了这些变量子集，这些变量具有首要重要性。

**缩写**

订阅 基于飞机的观测

AMDAR 飞机气象资料中继

AMV 大气运动矢量

Argo 廓线浮标计划

Atm 空中交通管理

凸轮 哥白尼大气监测服务

CGCM 环流耦合模式

CGMS 气象卫星协调组

Csi 国家支助倡议

DRR 减轻灾害风险

ECV 基本气候变量

EGOS-IP 全球观测系统演进实施计划

EUMETNET 欧洲气象服务网络

FSOI 预报基于敏感性的观测影响

GAW 全球大气监视网

GBON 全球基本观测网

GCOS 全球气候观测系统（WMO、UNESCO IOC、ISC、联合国环境署）

GCW 全球冰冻圈监视网

GDPFS 全球资料加工和预报系统

宝石 地球静止环境监测分光计

Ghg 温室气体

Gnss 全球导航卫星系统

狗 全球观测系统

GOOS 全球海洋观测系统（UNESCO IOC、WMO、ISC、UN环境署）

妻子 GCOS基准上层- 空中网

GSRN GCOS地表基准网

Gts WMO全球电信系统

美食 GAW城市气象和环境研究

国际 民航 组织 国际民用航空组织

INFCOM WMO观测、基础设施与信息系统委员会

IMOP 仪器和观测方法计划

IPET-OSDE 前基本系统委员会计划间观测系统设计和演进专家组

和 基础 设施红

JET-EOSDE INFCOM地球观测系统设计和演进联合专家组

LDC 最不发达国家

NMHS 国家气象和水文部门

NRT 附近-实时

NWP 数值天气预报

不要 模式输出统计

M w 微波

ODES 海洋资料同化系统

OPAG-IOS 前基本系统委员会综合观测系统开放计划领域组

奥斯卡 观测系统能力分析和评审工具

OSE 观测系统实验

小 联络人

PWPP 2016年WIGOS预运行阶段的计划–2019

Ro 无线电掩星

RRR 滚动需求评审

RWC 区域WIGOS中心

SC-MINT INFCOM测量、仪器和可追溯性常设委员会

SC-ON INFCOM地球观测系统和监测网络常设委员会

Sdg 联合国可持续发展目标

SERCOM WMO天气、气候、水及相关环境服务与应用委员会

SG-DIP INFCOM数据问题和政策研究组

Sic 海-冰浓度

Sid 小岛屿发展中国家

坐 海-冰厚度

Sla 海平面距平

喝 系统观测融资机制

暗流 指南声明

Sop 特殊观测期

Sst 海面温度

山CCP 次季节至长期预测

他们 雪水当量（雪水当量）通过积雪融化得出的含水量)

TAMDAR 对流层机载气象数据报告

TRL 技术就绪水平

Uas 无人驾驶飞机系统

VSRF 甚短期预报

WAFS 世界区域预报系统

WDQMS WIGOS资料质量监测系统

WHOS WMO水文观测系统

WICAP WMO-IATA合作AMDAR计划

WIGOS WMO全球综合观测系统

我们 WIGOS信息资源

WIS WMO信息系统

WUDAPT 世界城市数据库和访问门户工具

Www 世界天气监视网

YOPP 极地预测年

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. WMO 2020-2023年战略计划采用了WMO的地球系统方法，据此，作为国家和国际决策及行动的核心驱动因素，例如《2030年可持续发展议程》、《巴黎气候变化协定》以及《仙台减少灾害风险框架》，将越来越需要可付诸于行动、可获取和权威的关于整个变化状态的信息和服务 地球系统（Earth System）在这种情况下，地球被视为大气圈、海洋、冰冻圈、水圈、生物圈和地圈的综合系统，而根据对决定地球过去、当前和未来状况的物理、化学、生物和人类的相互作用更深入的了解可为政策和决策提供依据。 [↑](#footnote-ref-2)
2. 具有全球NWP意义，可为WMO其他应用领域提供产出，使WMO会员能够应对各种社会经济效益。 [↑](#footnote-ref-3)
3. 在JET-EOSDE会议上，这些关键驱动因素已被确定为该文件的关键，但并非详尽的清单。 [↑](#footnote-ref-4)
4. 有关卫星计划和仪器的详细信息可查询 https://space.oscar.wmo.int/spacecapabilities [↑](#footnote-ref-5)
5. 包括*[《联合国气候变化框架公约巴黎协定](https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement)*[》（2015年）](https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement)和*[《保护臭氧层维也纳公约](https://ozone.unep.org/treaties/vienna-convention/vienna-convention-protection-ozone-layer)*[》（1985年）](https://ozone.unep.org/treaties/vienna-convention/vienna-convention-protection-ozone-layer)中规定的义务。 [↑](#footnote-ref-6)
6. WMO（世界气象组织），臭氧消耗科学评估：2018年，全球臭氧研究和监测项目-报告No. 58， 588 pp.，瑞士日内瓦，2018年。 [↑](#footnote-ref-7)
7. Shaddick， G.;Salter， J.M.;Peuch， V.-H.;Ruggeri， G.;Thomas， M.L.;Mudu， P.;Tarasova，O.：Baklanov， A.;S. 全球空气质量：对疾病负担分析的暴露评估采用多学科方法。 **2021**年大气，12，48.https://doi.org/10.3390/atmos12010048 [↑](#footnote-ref-8)
8. Maas， R.， P. Grennfelt （eds）， 2016.朝向更清洁的空气。《2016年科学评估报告》。EMEP指导机构和工作组关于公约对长距离跨界空气污染影响工作组，奥斯陆。xx+50pp. [↑](#footnote-ref-9)
9. Hock Regine， Hutchings Jennifer K.， Lehning Michael： Grand Challenges in Cryospheric Sciences： Toward better 可预测性冰川、雪和海冰：地球科学前沿，第5卷，2017年，64页， <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00064> [↑](#footnote-ref-10)
10. https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/www/WIGOS-WIS/reports/6NWP\_Shanghai2016/WMO6-Impact-workshop\_Shanghai-May2016.html [↑](#footnote-ref-11)
11. 在编写本报告时，尽管已鼓励会员使现有观测台站符合GBON技术规则，特别是在资料可用性和更频繁的资料报告方面，但GBON规定尚未生效。截至2023年1月1日，GBON规定定于2023年1月1日起生效。 [↑](#footnote-ref-12)
12. 世界银行和WMO地 基气象观测数据价值研究（见 [链接](https://wmoomm.sharepoint.com/sites/wmocpdb/eve_group/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2Fwmocpdb%2Feve%5Fgroup%2FJoint%20Expert%20Team%20on%20Earth%20Observing%20System%20Design%20and%20Evolution%20%28JET%2DEOSDE%29%5F5d83ed17%2Ddde6%2Dea11%2Da817%2D000d3a25bdee%2FGroup%20Members%2FThe%2DValue%2Dof%2DSurface%2Dbased%2DMeteorological%2DObservation%2DData%2Epdf&parent=%2Fsites%2Fwmocpdb%2Feve%5Fgroup%2FJoint%20Expert%20Team%20on%20Earth%20Observing%20System%20Design%20and%20Evolution%20%28JET%2DEOSDE%29%5F5d83ed17%2Ddde6%2Dea11%2Da817%2D000d3a25bdee%2FGroup%20Members&p=true&originalPath=aHR0cHM6Ly93bW9vbW0uc2hhcmVwb2ludC5jb20vOmI6L3Mvd21vY3BkYi9FYkV2ZTFhRWxXZEtrYW13elBScWtoOEJQdU9ZaXhwTG5uclFqeVdRNmI4bWdnP3J0aW1lPUZVM2Jld01FMlVn)） [↑](#footnote-ref-13)
13. UAS大气廓线的潜在社会经济和环境效益及受益者，见：天气、气候和社会第13卷第2期（2021年）（ametsoc.org [↑](#footnote-ref-14)
14. NOAA利用人工技术（SHOUT）实验观测和预报影响的业务遥感灾害，见《美国气象学会公报》第7卷（2020年）（ametsoc.org） [↑](#footnote-ref-15)
15. Lars Peter Riishojgaard：Covid-19对观测和监测的限制，WMO公报69（2），2020 [↑](#footnote-ref-16)
16. Emma Heslop等;Covid-19对海洋观测系统的影响以及预测天气和预测气候变化的能力，GOOS简报，2020年6月 [↑](#footnote-ref-17)
17. GCOS地面网（GSN）和GUAN台站是RBON（区域基本观测网）的一部分 [↑](#footnote-ref-18)
18. 参见 <http://amma-international.org/> [↑](#footnote-ref-19)
19. 见WMO-TD No 1378，第1378号： <https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4545> [↑](#footnote-ref-20)
20. 在方括号内标明这些变量，只要有观测值就应该报告这些变量。 [↑](#footnote-ref-21)
21. 请注意，本文件中“城市环境”是指城市的物理特征、建筑物的分布、绿色和蓝色空间、建筑物密度和高度、地表的渗透性等，而“环境服务”是指城市的空气质量和水质、生态学、生物区系。 [↑](#footnote-ref-22)