

世界气象组织 (WMO) 全球综合观测系统 (WIGOS) 最新进展

■ 杨晓武 林雪娇 张楠 施丽娟 裴琳

WMO还意识到,在大多数国家,国家气象水文部门不再是观测的唯一提供方。不同部门、各种组织正在运行与WMO应用领域相关的观测系统,这些可能是在农业、能源、运输、旅游、环境、林业、水资源等部门下运作的不同政府机构,特别是在发展中国家,它们可能是非营利组织,也可能是商业实体。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2022.05.018

2007年举行的第十五次世界气象大会上通过第30号决议,决定建立世界气象组织(World Meteorological Organization, WMO)综合全球观测系统(WMO Integrated Global Observing System, WIGOS);同时,决定将WIGOS作为WMO的优先重点工作之一。

根据决议,作为一个综合、全面和协调的观测系统,WIGOS将更好地整合和共享来自国家气象水文部门和其他组织和个人(比如私营企业)的观测数据,以高效益成本比和可持续的方式满足会员在天气、气候、水和相关环境服务领域日益增长的观测需求。同时,作为一个新的组织框架,WIGOS可以有效地融合新的观测技术和系统,促进标准制定,提高系统的通用性,确保获得高质量的数据和产品及相关元数据。

WIGOS概念提出之初,不仅要整合不同的地基观测网络,还要整合空基观测系统;不仅涉及到WMO的技术规则修订,还涉及到数据政策的调整;甚至技术委员会的作用、职责和工作安排,以及WMO的各项计划的结构、WMO秘书处的工作重点都会因此调整。当时可以预见,推动WIGOS的发展,WMO会在技术、管理、政策等方面做出调整和改革,势必会给会员及与之相关的国际组织的工作带来深远的影响(图1)。

2010年,WIGOS还处于概念开发阶段。2011年召开的第十六次世界气象大会对WIGOS的发展具有重要意义。此次大会做出决议,决定实施WIGOS,自此,WMO开始组织制定WIGOS实施计划、设计开发WIGOS观测系统组成、制定WIGOS技术标准、编制和更新WIGOS手册等。经过十多年的开发,在该框架下,WIGOS逐步整合各个观测系统,并围绕观测系统

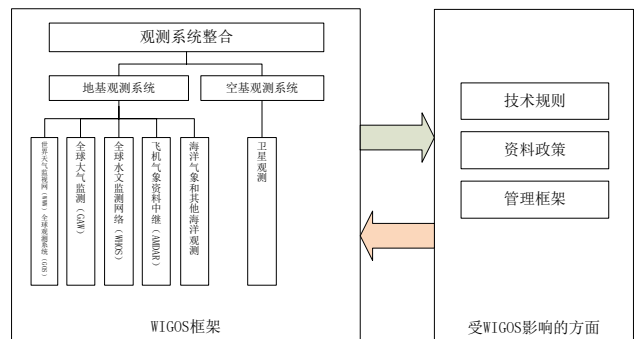


图1 2007年世界气象大会提出的WIGOS的框架

开发了技术规范、WIGOS台站标识符(WIGOS Station Identifier, WSI)、WIGOS元数据标准、观测系统能力分析和评估工具(Observing Systems Capability Analysis and Review tool, OSCAR)、WIGOS数据质量监测系统(WIGOS Data Quality Monitoring System, WDQMS)、WIGOS区域中心(Regional WIGOS Centre, RWC)等一系列系统和规范,这些成果都成为会员实施WIGOS所遵循的指南、标准规范和实用工具。特别是,经过2016—2019年业务试运行阶段之后,WIGOS的开发基本趋于成熟,具备了业务运行条件。2019年召开的第十八次世界气象大会决定,WIGOS自2020年1月1日起进入业务运行阶段。

本文主要介绍近年来WIGOS的最新进展,包括第十八次世界气象大会之后,在WMO推动下WIGOS取得的最新成果。

1 WIGOS的组成

WIGOS主要包括观测系统、技术规范文档、WSI、WIGOS元数据、OSCAR、WDQMS和RWC(图2)。

收稿日期:2022年1月26日;修回日期:2022年2月16日
第一作者:杨晓武(1977—),Email: yangxiaowu@cma.gov.cn

1.1 观测系统

WIGOS的观测系统主要包括地基观测子系统和空基观测子系统。

1.1.1 地基观测子系统

目前，WIGOS地基观测子系统主要包括：世界天气监视网(WWW)的全球观测系统(GOS)、全球大气监视网计划(GAW)的观测部分、水文和水资源计

划的WMO水文观测系统(WHOS)以及全球冰冻圈监视网(GCW)的观测部分。

这些观测系统除了包括所有WMO推动发起的系统外，还有WMO与其他组织共同发起的观测系统，包括全球气候观测系统(GCOS)和全球海洋观测系统(GOOS)。这两个观测系统均是WMO和联合国教科文组织政府间海洋学委员会(IOC-UNESCO)、联合国环境规划署(UNEP)和国际科学理事会(ISC)联合发起的。

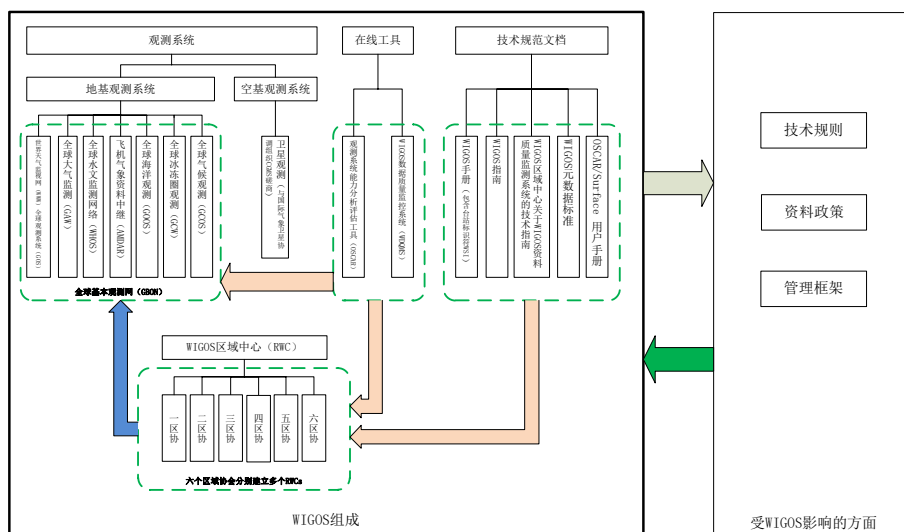


图2 截至2021年WIGOS发展现状

2016年，WMO在上海召开的第六届观测系统对数值预报影响研讨会上提出了全球基本观测网(Global Basic Observing Network, GBON)的需求。2018年，执行理事会第70次届会(EC-70)提出要设计和开发GBON，以满足全球数值天气预报和全球气候监测分析的基本要求。作为WIGOS的重要组成部分，GBON主要是针对全球观测网构成及其设计的技术规定，相关技术规定将写入《WIGOS手册》。

2018年，WMO召集相关专家启动GBON技术规定的制定工作，在2020年11月举行的基础设施委员会第一次届会第二部分会议上，通过了GBON技术规定。在2021年6月召开的执行理事会第73次届会(EC-73)上通过对《WIGOS手册》的修订，即将GBON内容写入该手册。2021年10月举行的世界气象大会特别届会(Cg-Ext 2021)批准了关于GBON的技术规定，将于2023年1月1日起实施。

GBON的规定基于满足全球数值天气预报需求设计，其核心内容主要包括两个方面：

(1) 地面观测。水平站间距必须达到平均200 km，观测要素包括气压、气温、空气湿度、水平风、降水和雪深，必须进行国际交换小时数据。

(2) 高空观测。水平站站间距必须达到500 km，观测要素为温度、湿度和水平风的廓线，高度必须达到30 hPa，垂直分辨率达到100 m或更高，一天观测2次，必须交换观测数据。

此外，GBON的规定中还涉及对海洋气象观测、飞机观测、雷达等的规定。这些新的规定，其观测内容基本上与GOS的观测内容相同，而在观测时间和站点空间分辨率上提高了要求。这也与2011年第十六次世界气象大会强调的GOS作为WIGOS的核心组成部分是一致的。

尽管GBON规定了全球基本观测网的水平分辨率和观测频次，但目前的状况是，全球在基本天气和气候观测方面还存在巨大的数据缺口，这对各地的天气预报和气候预报的质量产生负面影响。一些国家，特别是小岛屿发展中国家和最不发达国家，实施GBON存在资金和技术上的困难。在联合国气候变化框架公约缔约方大会第二十五次会议(COP25)上，绿色气候基金、世界银行、亚洲开发银行、UNEP、WMO等主要的发展和气候金融机构组成了水文气象发展联盟，以扩大规模并共同努力生成更好的天气预报、预警和气候信息。作为其第一优先事项，该联盟承

诺建立系统观测融资机制 (Systematic Observations Financing Facility, SOFF), 以缩小天气和气候观测差距。系统观测融资机制的目标就是大力促进基于地面的基本天气和气候观测数据的国际交流, 特别是使小岛屿发展中国家和最不发达国家受益^①。

系统观测融资机制由WMO、联合国开发计划署 (UNDP) 和联合国环境署 (UNEP) 共同创建, 并将其建立为联合国多伙伴信托基金。在2021年3月、6月和9月举办潜在资助者创建SOFF论坛成果基础上, 2021年10月召开的世界气象大会特别届会通过决议, 批准设立SOFF, 主要为最不发达国家和小岛屿发展中国家实施和持续运营GBON提供技术和财政支持。

观测系统的整合和扩充, 带来对数据交换的新要求。这次世界气象大会特别届会还通过了“WMO统一的地球系统数据国际交换政策”的决议。这是继1995年关于天气数据国际交换的第40号决议之后的又一重要决议, 被专门列为本次会议的第1号决议, 以凸显其重要性。新数据政策整合替代了WMO此前沿用的天气、水文、气候数据国际交换的3个单独决议。

数据交换的范围扩大至地球系统的天气、气候、水、大气成分、冰冻圈、海洋、空间天气等7个领域。全球交换的数据分为核心数据和推荐数据, 数据种类更多、时空密度更高、来源范围更广, 同时强调进一步加强部门间协调和公私伙伴关系。

1.1.2 空基观测子系统

WIGOS空基子系统是指通过专用卫星观测大气、地球表面和海洋的特征, 以及太阳活动和空间环境信息。观测要素主要包括但不限于: 1) 三维大气温度和湿度场; 2) 海面 and 地面温度; 3) 风场 (包括海面和风); 4) 云特性 (云量、云型、云顶高度、云顶温度、含水量); 5) 辐射平衡; 6) 降水 (液态和冻结); 7) 闪电; 8) 臭氧浓度 (柱体总量和垂直廓线); 9) 温室气体浓度; 10) 气溶胶浓度和特性; 11) 火山灰云发生和浓度; 12) 植被类型和状况及土壤水分; 13) 洪水和森林火灾发生; 14) 雪和冰的特性; 15) 海色; 16) 波高、波向和波谱; 17) 海平面和表层流; 18) 海冰特性; 19) 太阳活动; 20) 空间环境 (电磁场、高能粒子通量、电子密度)。

WIGOS空基观测子系统主要是在气象卫星协调组 (CGMS) 内寻求合作, 所有会员运行的卫星都是其组成部分。目前, 在OSCAR/Space数据库中注册有91个国家或组织的264个卫星项目^②, 包括已经发射运行的

卫星和列入发射计划的卫星。

1.2 技术规范文档

目前, 支持WIGOS概念、组成、运行管理的技术规范文档主要包括《技术规则: 第一卷 通用气象标准和建议规范》《WIGOS指南》《WIGOS手册》《WIGOS元数据标准》《WIGOS区域中心关于WIGOS数据质量监测系统的技术指南》和《OSCAR/Surface用户手册》。

(1) 《技术规则》(WMO-No.49) 由世界气象大会制定, 旨在促进世界气象组织各会员之间在气象学和水文学方面的合作, 确保各会员所使用的规范和程序具有足够的一致性和标准化。其中, 在第一卷第一部分中, 主要是对WIGOS的概念、内涵、观测系统组成及其属性等, 进行了原则性规定, 要求会员按照技术规则及其附录的技术细则规定, 推动WIGOS实施。

(2) 《WIGOS手册》(WMO-No.1160) 是《技术规则》的附录8。《WIGOS手册》主要是对建立和运行WIGOS观测系统 (观测网络) 的要求。2011年召开的第十六次世界气象大会决定编制《WIGOS手册》, 《WIGOS手册》第一版于2015年经第十七次世界气象大会批准通过。目前已经出版《WIGOS手册》第二版 (2019版), 是2019年经第十八次世界气象大会批准通过的。

(3) 《WIGOS指南》(WMO-No.1165)。《WIGOS指南》涵盖WSI、WIGOS元数据标准、观测系统能力分析和审查 (OSCAR) 工具、观测网络设计原则、国家级WIGOS实施、WIGOS数据伙伴关系、WIGOS区域中心和地基观测WIGOS数据质量监测系统等的技术要求或实施指导。目前已经出版《WIGOS指南》第二版 (2019版), 已经在第十八次世界气象大会批准。《WIGOS指南》第一版由2017年召开的执行理事会第69次届会 (EC-69) 通过。

(4) 《WIGOS元数据标准》(WMO-No.1192)。《WIGOS元数据标准》是关于WIGOS元数据标准的详细定义。

(5) 《WIGOS区域中心关于WIGOS数据质量监测系统的技术指南》(WMO-No. 1224)。该文档是《WIGOS指南》第9章的附录, 是为RWC运行WDQMS提供了技术指南。目前最新的文档是2018版。

(6) 《OSCAR/Surface 用户手册》。该手册是关于如何使用OSCAR / Surface工具的操作说明书。目前最新手册的中文版是2019版, 英文版已经更新到

① SYSTEMATIC OBSERVATIONS FINANCING FACILITY (SOFF): Draft Terms of Reference, https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10792。

② <https://space.oscar.wmo.int/spacecapabilities>。

2021版。

1.3 WIGOS 台站标识符 (WIGOS Station Identifier, WSI)

WSI于2016年开发完成,编码包括四段:序列代码-发布者代码-发布号-本地标识符。根据规定,一个观测站须至少有一个WSI,也可以同时有多个WSI。例如,北京站标识符可编为:0-20000-0-54511。

同年,OSCAR/Surfaces上线启用,其作用是将站点与其WIGOS元数据相关联,利用OSCAR/Surface数据库就能查到与该站有关的所有WSI。同时,WMO冻结了对WMO-No.9出版物A卷(关于所有观测站信息)的更新,所有台站信息都进入OSCAR/Surface数据库,并规定自2016年7月1日起,不在A卷中的新建观测站,要按照WSI的编码规则注册到OSCAR/Surface中。

1.4 WIGOS 元数据

WIGOS开发的元数据标准主要用于地基观测系统,包括观测变量、观测目的、观测站点或平台、观测环境、观测仪器方法等在内的10大类共66项,通过OSCAR/Surface工具实施。所有规定的台站元数据都是由会员收集并存储,然后按要求将其WIGOS元数据上传至OSCAR/Surface,以便在国际上交换观测数据。此外,OSCAR/Surface包括一些规定之外的元数据领域,如人口密度等信息,会员应将尽可能多的元数据领域纳入OSCAR/Surface中,以利于未来多方来源数据的融合。

1.5 观测系统能力分析和评估工具 (Observing Systems Capability Analysis and Review tool, OSCAR)

OSCAR是WIGOS元数据的关键信息来源,旨在记录观测台站的元数据,包含三种工具:需求滚动评估(Rolling Review of Requirements, RRR),观测系统能力分析和评估工具地基观测元数据(OSCAR/Surface)和观测系统能力分析和评估工具空基观测元数据(OSCAR/Space)。

需求滚动评估将审查会员对观测不断发展的需求,以及现有观测系统的功能,规划并评估所有WMO和WMO共同赞助的观测系统的性能,审查过程包括以下4个阶段。

(1)在各WMO应用领域内评估无技术限制(指未受任意一种观测技术限制)的用户观测需求;

(2)评估地基和空基的现有系统和规划建设系统的观测能力;

(3)比较性评估,观测系统能力要求的相互比较;

(4)制定指导报告,就如何弥补每个应用领域的差距提供分析及建议。

需求滚动评估过程汇总如下信息:在直接运用观测数据的WMO应用领域会员不断发展的观测需求;目前和计划建设的WMO观测系统满足这些需求的程度;每个应用领域的专家就差距和工作重点提出指导意见,以便应对WIGOS观测系统的不足和机遇;以及WIGOS观测系统的未来发展规划。

OSCAR/Surface数据库^①是国际交换的地基观测台站元数据数据库,可查询某台站WSI以及观测元数据信息,是协助WMO和成员完成对WIGOS元数据管理的关键工具,也是WDQMS中可用性监控数据的来源。OSCAR/Surface是基于Web的工具软件,可使用任何Web浏览器通过互联网进行访问。该工具提供了手动提交元数据的功能,也提供了机器对机器提交元数据的接口。2021年10月28日,发布OSCAR/Surface新版本(1.7版)。新版本主要改进的是,将WDQMS对GOS地面站和高空站的性能监测结果集成到OSCAR/Surface中。

OSCAR/Space数据库与OSCAR/Surface类似,是关于空基观测系统元数据的数据库,内容主要包含环境卫星任务、仪器和其他相关信息的详细信息。2021年10月1日,发布OSCAR/Space的新版本(2.6版)。新版本增加了差距分析(Gap Analysis)相关的新功能。同时,网址由<http://www.wmo-sat.info/oscar/spacecapabilities>变更为<https://space.oscar.wmo.int>。

1.6 WIGOS 数据质量监视系统 (WDQMS)

WMO开发部署了WDQMS,用于对全球观测数据进行质量监控与评估工作。WDQMS是WMO开发的网页工具(<https://wdqms.wmo.int/>),由欧洲中期天气预报中心(ECMWF)负责运维,于2020年3月正式上线运行1.0版本。在运行过程中,WDQMS也在逐步进行功能完善,当前运行版本为2021年3月更新的1.3.1版本。

目前,WDQMS有两个模块用于对WIGOS的监视:第一个模块是通过四个全球数值预报中心^②,近实时地监控全球观测系统网运行情况。该工具模块来自WIGOS监控中心基于地基观测数据的可用性和质量,与来自OSCAR/Surface的WIGOS元数据和用户需

① <http://oscar.wmo.int/surface>。

② 德国气象局(DWD),欧洲中等天气预报中心(ECMWF),日本气象局(JMA)和美国国家环境预报中心(NCEP)。

求联系起来，向WMO会员和RWC提供有关观测系统问题的信息，以进行后续跟踪（图3）。

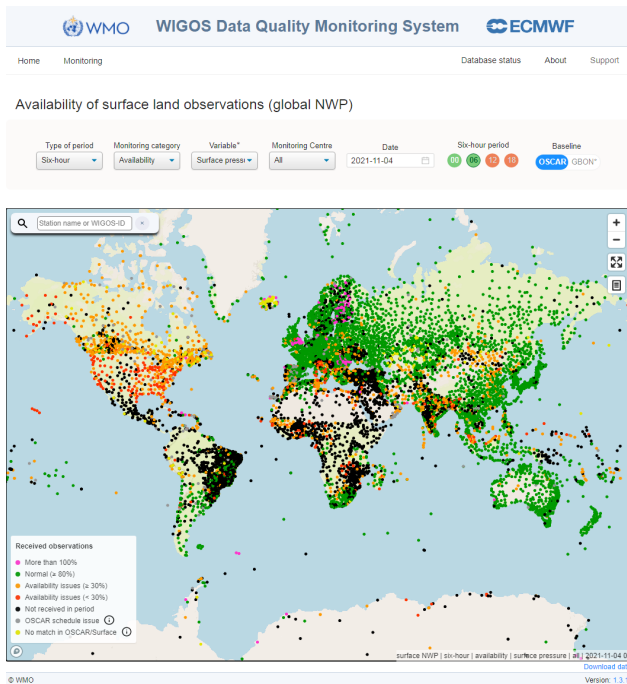


图3 WDQMS地面站监控结果

另一模块是监控GCOS运行情况。该模块基于德国气象局（DWD）提供的每月统计数据，对GCOS地面网络（GCOS Surface Network, GSN）和GCOS高空网络（GCOS Upper-Air Network, GUAN）进行监控。

每种模块都监测地面、高空观测数据的可用性、及时性和数据质量。地面要素包括地面气压、气温、相对湿度和风（经向风和纬向风）；高空要素包括气温、相对湿度、风向和风速。

1.7 WIGOS 区域中心 (Regional WIGOS Centre, RWC)

RWC在推进 WIGOS 在区域层面上的实施，特别是在监控和改进观测方面将发挥关键作用。

根据WMO对RWC的功能定位，必须具备履行的功能，即：1) 区域WIGOS元数据管理，与区域协会内会员合作以促进收集和更新OSCAR/Surface元数据并提供质量控制；2) 区域 WIGOS性能监控和事件管理，就数据可用性或数据质量问题改进方面与会员进行沟通。

RWC的可选功能是根据可用资源和区域需求，可以采用一种或多种，例如：1) 协助协调区域/分区域和国家WIGOS项目；2) 协助区域和国家观测网络管理；3) 支持区域能力发展活动。

2021年4月，INFCOM-1 (III) 届会上通过一项建议，提出《指定、监督、重新确认RWC的程序》，在2021年6月召开的执行理事会第73次届会（EC-73）已经通过该程序。WIGOS区域中心的审计认证由观测、基础设施和信息系统委员会（INFCOM）负责具体实施。RWC的审计程序规定，有意愿的会员具备必备功能后才能提交RWC试点阶段的申请，批准过程3个月，通过后以试点模式运行一年，期间需定期提交报告给所在区域协会主席和WMO秘书处，一年后提交试点运行阶段报告，由WMO秘书处和INFCOM主席安排评估小组进行审核评估，最终由INFCOM主席批准认证为正式RWC。

中国气象局于2018年申请二区协RWC试点。经过几年的能力建设，试运行情况良好。2021年3月，二区协第16次管理组会通过二区协RWC联合运行概念文件，此概念文件是由中国和日本共同提出的；2021年7月，中国和日本正式启动二区协RWC联合试运行；2021年8月，提交RWC试运行阶段自评报告，由INFCOM专家组进行评审通过；2021年9月，WMO二区协第17次届会通过决议，认定中国北京（RWC-Beijing）成为正式业务运行的RWC^①，同时获得认定的还有日本东京（RWC-Tokyo）^②。RWC-Beijing和RWC-Tokyo是首批正式业务运行的RWC^③。

2 WIGOS 运行

WIGOS运行包括试运行和业务运行2个阶段。

2.1 WIGOS 试运行

2015年，第十七次世界气象大会决定，自2016年起，WIGOS进入试运行阶段，为期4年。具体运行要求包括会员规范各自地理责任区内WSI，提供和维护台站元数据，使用统一标准与格式提供经过质量控制的观测数据，确保每个观测系统或仪器得到严格维护等。

截止到 2019年12月WIGOS试运行阶段结束时，WIGOS各方面的取得顺利进展。

(1) 国家层面。绝大多数会员均通过WMO秘书处 在各区域安排的WIGOS专项研讨会，了解WIGOS

① RWC Beijing recognized as one of WIGOS regional centres - China Meteorological Administration, <https://public.wmo.int/en/media/news-from-members/rcw-beijing-recognized-one-of-wigos-regional-centres-china-meteorological>.

② RWC Tokyo designation as a Regional WIGOS Centre - Japan Meteorological Agency, <https://public.wmo.int/en/media/news-from-members/rcw-tokyo-designation-regional-wigos-centre-japan-meteorological-agency>.

③ Designation of RA II Regional WIGOS Centres (China and Japan) as operational centres, https://community.wmo.int/wigos-newsletter-vol7-no4-october-2021#jump_6.

的概念以及具体技术细节，并在一定程度上使用 OSCAR/Surface 数据库来管理其地基观测系统；少数会员已制定并批准其国家 WIGOS 实施计划。

(2) WIGOS 监管和指南材料。《WIGOS 手册》和《WIGOS 指南》已经发布，并在不断更新版本，要求 WIGOS 的各实施方遵守手册和指南的要求。

(3) OSCAR 数据库。OSCAR/Requirement 已得到修订，且更新涵盖全部 14 个目前公认的应用领域；OSCAR/Space 2.0 已经部署，在空间机构和用户界获得广泛使用；OSCAR/Surface 数据库于 2016 年投入业务使用，录入了全球各类观测台站的元数据信息，由 WMO 秘书处定期组织培训课程和研讨会，各会员指定联络人负责在 OSCAR/Surface 系统中维护本国/地区的台站元数据信息。

(4) WDQMS。总体概念基本成熟，将全球数值预报中心的现有监测能力用于全球观测系统地基部分，为全球观测数据质量提供实时监控与评估。

(5) RWC。在一区协 (RAI)，与肯尼亚、坦桑尼亚以及摩洛哥等国达成了建立两个 RWC 试点项目的非正式协议；在二区协 (RA II)，中国和日本申请建立的 RWC 已试点运行两年；在三区协 (RA III)，RWC 开始了试点模式，按照先前达成的协议，阿根廷负责对南部的会员做技术支持，巴西对北部的会员做技术支持，并已建立了专门的团队来运行相关业务；五区协 (RAV) 批准了分布式 RWC 的概念；六区协 (RAVI) 建立了经正式批准的具有部分职能的 RWC 试点项目。

2.2 WIGOS 业务运行

由于在试运行阶段 (2016—2019) 时开展了开发工作，使得 WIGOS 已经成熟，完全可在 2020 年开始进入业务阶段。2019 年 6 月，在日内瓦召开第十八次世界气象大会，认为 WIGOS 已趋于成熟，决定于 2020 年 1 月 1 日起正式投入业务。WIGOS 作为 WMO 的一项核心活动，被视为支持 WMO 所有计划和应用领域的一项基本的基础设施，将继续完善，以使该系统能够全面服务于 WMO 各应用领域。2020—2023 年，WMO 将继续开发 WIGOS。

WIGOS 进入业务运行后，在第一个阶段即 WMO 的 2020—2023 年财期，主要开展以下领域的活动：

- (1) 推进国家 WIGOS 实施；
- (2) 继续培育成员遵守 WIGOS 技术规则的文化；
- (3) 实施 GBON 和 RBON；
- (4) WDQMS 的业务部署；
- (5) RWC 的业务部署；
- (6) 进一步开发 OSCAR 数据库。

其中，高优先工作是有助于会员开发和实施其国家 WIGOS 计划的的活动，尤其侧重于需求最大的不发达国家、内陆发展中国家和小岛屿发展中国家。根本问题是，有必要在各气象机构内落实与数据管理有关的健全规范、政策和能力，确保会员能够有力和高效地管理其观测数据，能够提炼数据的价值以支持其服务，并整合来自不同机构的多源观测数据。

在 WIGOS 业务化阶段，预计各国的气象机构将为国家实施 WIGOS 承担更大的责任，并利用 WIGOS 提供的框架，在国家层面的气象观测数据获取和管理方面发挥领导作用。因此，各国的气象机构将成为 WIGOS 在国家层面的关键整合者，既要根据 WMO 技术规则强化其自身的观测系统业务运行能力，同时要根据其在观测数据获取、加工及分发方面的经验，建立国家伙伴关系并发挥国家领导作用。

除了敦促会员整合国家气象水文部门的各类观测系统外，WMO 还意识到，在大多数国家，国家气象水文部门不再是观测的唯一提供方。不同部门、各种组织正在运行与 WMO 应用领域相关的观测系统，这些可能是在农业、能源、运输、旅游、环境、林业、水资源等部门下运作的不同政府机构，特别是在发展中国家，它们可能是非营利组织，也可能是商业实体。因此，WMO 也积极推动尽可能地整合其他观测系统，即在 WIGOS 的框架下，通过解决与数据质量、数据格式、通信线路和数据存储库相关的技术问题，制定有关数据政策的协议，与这些外部的观测提供方建立起伙伴关系，这对国家气象水文部门拓展观测是有好处的。

特别值得一提的是，从形成 WIGOS 初始概念，到制定 WIGOS 2040 年愿景，始终贯穿着 WIGOS 的核心，就是整合全球不同观测系统。通过 WIGOS 确保各会员在标准一致的规范和程序下，整合全球、区域和国家观测系统，以及整合气象部门以外的观测系统，使之成为一个综合的地球观测系统，以满足会员开展地球系统预报和服务对于观测不断变化的需求。

3 WIGOS 未来愿景

第十八次世界气象大会通过了《WIGOS 2040 年愿景》，提出未来几十年在 WMO 领域内用户对观测数据的要求将如何演变，以及为满足这些要求的综合观测系统发展的愿景。此愿景作为 WMO 纲领性指导文件，充分考虑到 2040 年可能出现或演进的新的气象服务需求 (包括多种新的应用领域，例如气候服务、空气质量预报和监测、水圈和冰雪圈的监测服务需求等)，并对到 2040 年的全球观测系统格局和信息技术

的发展进步进行了预测。

《WIGOS 2040年愿景》分为三章。

第一章介绍了“愿景”并描述了其目的和范围。它讨论了天气、水和气候服务的主要驱动因素以及服务提供能力和要求的趋势。它还概述了 WIGOS 的原则和设计驱动因素。

第二章和第三章主要是对WIGOS的组成部分、地基观测和空基观测，提出了满足所有WMO 应用领域不断变化的观测需求。第二章描述了空基观测系统部分，对到2040年空间技术进步预测的框架进行了目标设定；第三章介绍了地基观测系统部分，列举了不同领域地基观测系统可预见的未来发展以及趋势，包括高空观测、陆地、江河、湖泊和海洋的近地观测、海洋水下观测、冰冻圈观测、空间天气观测、研究和开发观测系统以及业务探索等。

4 存在问题与挑战

经过了十几年的发展，WIGOS从提出概念到进入业务化，包括中国在内的许多会员为推动发展WIGOS做了大量的工作。但目前来看，顺利实施WIGOS还存在很多问题。比如，在WMO层面，面临会员发展不平衡问题，实施WIGOS存在不同程度的差异，为整合全球气象观测资源，虽然通过了GBON，但推动实施建设GBON存在困难，特备是在一些不发达国家以及海洋上建设观测站；在国家层面，各个国家气象水文部门整合相关部门、公私部门的资源，推动WIGOS在国家层面的实施，存在政策、管理、技术、人才等方面不完善的问题。

在技术层面，将目前实行的五位区站号（为与WSI区别，WMO称作TSI，Traditional Station Identifier），升级成四段码的WSI，不是简单的标识符的改变。笔者研究过WSI编码之后，认为目前的WSI存在一个缺陷，就是第四段的长度不是固定的，定义为1~16位，具体由各个会员来定义。如果业务上全部切换为现在WSI方案，首先影响的就是观测数据的

国际交换，如何把WSI加入到观测数据中编码进行国际交换，是有待解决的头号问题；其次，数据交换编码的改变，直接会对各个会员的信息系统以及数据处理带来冲击，各个会员的信息系统如何安全平稳的实现对WSI支持，各业务软件平台是否具备处理WSI数据的功能，是技术上最大的挑战。

5 结语

WIGOS从提出概念到发展较为完善，尽管WMO宣布WIGOS已经业务化，但WIGOS各组成部分还存在很多不完善的地方，会员如何更好地响应和实施GBON，如何解决诸如WSI等技术难题，以及WIGOS如何更好地适应未来经济社会对气象服务的需求，从而准确把握对观测的需求等，都是非常大的挑战。我们看到，WIGOS整体构架设计科学、合理，具有可持续性，也一直在不断发展完善中，相信随WIGOS进一步解决政策、管理、技术等方面的问题，WIGOS的运行会越来越稳定，也将影响全球地球系统科学的发展。

深入阅读

- 世界气象组织, 2007. 第十五次世界气象大会: 含决议案的最终节略报告(WMO-No.1026). 日内瓦: 世界气象组织. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5231.
- 世界气象组织, 2011. 第十六次世界气象大会: 含决议案的最终节略报告(WMO-No. 1077). 日内瓦: 世界气象组织. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5269.
- 世界气象组织, 2019. 第十八次世界气象大会: 最终节略报告(WMO-No. 1236). 日内瓦: 世界气象组织. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9832.
- 世界气象组织, 2018. 执行理事会-第七十次届会最终节略报告(WMO-No.1218). 日内瓦: 世界气象组织. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5182.
- 世界气象组织, 2020. 观测、基础设施与信息系统委员会: 第一次届会临时最终节略报告(WMO-No.1251). 日内瓦: 世界气象组织. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10621.
- 张文建, 2010. 世界气象组织综合观测系统(WIGOS). 气象, 36(3): 1-8.

(作者单位: 杨晓武、张楠、裴翀, 中国气象局综合观测司; 林雪娇、施丽娟, 中国气象局气象探测中心)