

李欣欣,周坤论,吕善行,等. 基于OSCAR广西地面气象观测站网评估分析及优化措施[J]. 气象研究与应用,2025,46(2): 140-145.

LI X X,ZHOU K L,LY S X,et al. Assessment analysis and optimization measures of ground meteorological observation station network in Guangxi based on OSCAR[J]. Journal of Meteorological Research and Application,2025,46(2): 140-145.

基于OSCAR广西地面气象观测站网评估分析及优化措施

李欣欣,周坤论*,吕善行,莫姝捷,李 强

(广西壮族自治区气象技术装备中心,南宁 530022)

摘要:基于世界气象组织(WMO)滚动需求原则,利用观测系统能力分析和审查工具(OSCAR)需求指标,结合广西2024年地面气象观测站网数据,对站点布局、观测能力和要素分辨率等进行系统评估。结果表明,广西气象观测站网存在站点类型分布不均,多要素站点不足,常规气象要素水平分辨率与“突破值”差距明显,交通、雷电、农业等专业领域观测站点稀少,设备类型与功能不足等问题。建议从增加多要素站点比例、填补观测空白区、缩小常规气象要素分辨率差距、优化网格覆盖率、建设专业气象观测网等方面优化广西气象观测站网布局。

关键词:OSCAR;气象观测站网;水平分辨率;覆盖率

中图分类号:P411

文献标识码:A

doi:10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2025.2.20

气象观测作为气象研究领域至关重要的基础性工作,其观测数据是天气预报、气象情报、气候分析、科学研究和气象服务的重要依据^[1]。全球气候变化背景下,气象观测数据的准确性、及时性和空间覆盖能力直接关系着灾害预警、农业生产及气候研究的科学性。地面气象观测站网作为气象监测的核心基础设施,其布局合理性及运行效能是保障气象服务能力的关键^[2-3]。

广西地处我国华南地区,地形复杂多样,气候受季风与热带气旋影响显著,暴雨^[4]、洪涝^[5]、台风^[6]、干旱^[7-8]等极端天气频发,其观测资料对天气预报、气候预测极为重要。近年来,国内在气象观测站网布局方面进行相关研究,如气象台站布局优化^[9-10]、河流监测站网布局优化^[11]、水文站网布局^[12]、雨量监测站布局设计^[13]等。然而,针对广西气象观测站网的评估及布局优化策略研究尚不多见。世界气象组织(WMO)提出的观测系统能力评估与评审工具(OSCAR)^[14]为气象站网优化提供科学框架,该工具

通过多维指标量化评估观测网络能力,已在国内相关气象业务中展现科学性与实用性。

本文以广西地面气象观测站网为研究对象,利用OSCAR工具评估各气象应用领域观测要素需求指标,结合发展规划和站网建设需求,分析现状并提出优化建议。旨在提升综合气象观测能力,助力监测精密、防灾减灾、农业气象及专业气象服务能力提升,为广西及全国气象观测站网布局优化提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料

资料来源于广西壮族自治区气象技术装备中心。根据世界气象组织(WMO)滚动需求原则与OSCAR各气象应用领域对温度、湿度、风、降水、气压等观测要素的需求指标(表1),评估广西地面观测站网现状,重点包括站点类型、水平分辨率及覆盖率等关键内容。

收稿日期:2025-02-21

基金项目:广西壮族自治区气象技术装备中心科研项目(ZBKY202403)、广西气象科研计划项目(桂气科2024M08)

第一作者:李欣欣(1999-),硕士,助理工程师,主要从事气象探测技术保障和气象数据处理工作。E-mail:2446965100@qq.com

*通讯作者:周坤论(1994-),硕士,工程师,主要从事综合气象观测研究工作。E-mail:980289314@qq.com

表1 OSCAR 各气象应用领域观测要素水平分辨率(单位: km)

要素/领域	短临预报	高分辨率数值预报	全球数值天气预报	气候监测	海洋应用	农业气象
气温(地表)	1/5/20	1/5/20	—	25/50/100	0.5/1/10	1/5/20
气压(地表)	—	1/5/20	—	200/300/500	1/10/25	—
湿度(地表)	—	1/5/20	—	25/50/100	1/5/25	1/5/20
水平风(地表)	1/5/20	0.5/5/20	—	10/40/500	—	1/5/20
降水(地表)	—	0.5/2/10	10/30/100	100/200/500	—	0.5/20/50

注:表中数字为目标值/突破值/门限值水平分辨率^[15]。

门限值、目标值和突破值具体含义^[15]:门限值为数据可用的最低需求值,低于此值数据不能发挥作用。突破值为临界值和目标值中间的值,一旦达到该值,将会对该应用领域带来显著改进。目标值为最理想的指标值,高于此指标不会带来更多改进。

1.2 方法

水平分辨率计算公式为^[16]

$$C = \sqrt{\frac{S}{N}}$$

(1)

C表示平均站间距,即水平分辨率(单位: km);S表示面积(单位: km²);N表示观测站数量(单位:个)。

覆盖率计算公式为^[17]

$$P = \frac{n}{N}$$

(2)

n为要素覆盖的网格数,N为陆地总网格数, $N = \frac{S}{s}$,S为陆地总面积,s为单个网格面积。在计算覆盖率时,所选用的纬度×经度网格精度分别为0.2°×0.2°、0.1°×0.1°、0.05°×0.05°。

2 结果与分析

广西地面(观测高度0~10 m)气象观测站点类型多样(表2),包括国家级、常规、“回南天”、公路交通、雷电、环境、农业生态及冰雹自动观测站等。观测内容涵盖多种要素,包括基本气象要素、地温、天气现象、空气质量、辐射与温室气体、土壤与农业生态参数、水文海洋数据、光学参数等(表3)。下面对各类型站点观测能力、常规要素水平分辨率及覆盖率以及系统的现状进行分析,识别差距并提出优化建议。

2.1 地面气象观测站网现状

(1)国家级地面气象观测

广西全区有90个国家级地面气象观测站,观测要素涵盖气压、气温、湿度、风向风速、降水、能见度、地温(含浅层与深层)、天气现象、云、日照和蒸发等。其中,南宁、桂林、北海、田阳、钦州5站增设辐射观测。

(2)常规气象观测

有3 148个常规气象观测站,其中国家级427个、自治区级2 712个。按观测要素划分:单要素1 268个(降水),2要素602个(气温、降水),4要素387个(气温、风向和风速、降水),5要素16个(含气压),6要素827个,7要素48个(含能见度或日照)。

(3)专业气象观测

专业气象观测包括“回南天”、公路交通、雷电、大气环境、农业、生态、冰雹等。“回南天”观测站90个,观测瓷砖、水泥地、乳胶漆墙及空气的温度。公路交通气象站8个,数量少且多位于服务区,观测气温、路面温、路基温、湿度、降水、风向风速、能见度等要的。平均水平分辨率172.33 km,按高速公路里程统计交通站的间距,平均间距1 125 km,站点数量不足。雷电监测站包括二维闪电定位仪15部,其中12部为DDW1型,3部为ADTD型,位于特定地区,站点基线约121 km。大气环境监测站包括5个大气成分站和10个酸雨观测站,其中南宁、桂林、柳州、北海4个大气成分站主要监测PM_{2.5}和PM₁₀,大明山站点增加监测CO₂、NO_x、CO、CH₄等指标;此外,北部湾的轨道式植被监测站可同步观测CO₂和H₂O。农业气象观测站包括24个农业气象观测站、50个土壤水分观测站和14个遥测式土壤水分站,开展作

表2 广西地面气象观测站点类型及数量

类型	数量/个
国家气候观象台	1
国家基准气候站	6
国家基本气象站	83
国家级常规气象观测站	427
自治区级常规气象观测站 (不包括海洋灯桩、灯浮、船舶、石油平台)	2 712
“回南天”观测站	90
公路交通自动气象站	8
雷电监测站	15
大气成分站	5
酸雨站	10
农业气象观测站(人工)	24
自动土壤水分观测站	50
遥测土壤水分站	14
植被生态观测站	14
大气负离子观测站	30
红树林生态气象观测站	1
海洋牧场自动观测站	1
轨道式植被监测站	1
2DVD雨滴谱仪	1
气溶胶粒径谱仪	1
雹谱仪	10
3D风向风速计	4
总计	3 512

物、物候及土壤水分等观测,应用偏科研。其中土壤水分观测分辨率为55.19 km。钦州建有1套海洋牧场监测站,可进行常规气象和水质观测。生态气象监测站包括29个大气负氧离子观测站,覆盖14个市,开展负氧离子、湿度、气温等要素观测;14套植被和物候观测站监测农田、森林、草地和湿地等典型

表3 地面气象观测要素

观测内容	观测要素
基本气象要素	风向、风速、降水、气温、气压、湿度
地温检测	多层地温、路面/路基温度、红外温度、极端天气温度
天空现象与空气质量	冰雹、云、雷电、负氧离子、酸雨、黑碳气溶胶及PM颗粒物
辐射与温室天气	多波段辐射、水汽、CO ₂ 等温室气体
土壤与农业生态参数	土壤水分、热通量、作物生长、物候及植被指数
水文海洋数据	波浪、海流、水温
光学参数	叶绿素荧光等

生态系统,以及1套轨道式区域植被监测系统在北海开展CO₂、水汽、植被物候、土壤水分、叶绿素、辐射等生态要素观测。冰雹自动观测站点10个,分布在百色市冰雹多发区,监测冰雹的落雹密度、速率以及大小特征,能探测5~75 mm范围内的冰雹,探测频率达25次·s⁻¹。

2.2 水平分辨率现状

如表4所示,广西陆地面积2 376万 hm²,地表含气温的气象观测站2 042个,水平分辨率10.79 km,已达短临预报及高分辨率数值预报门限值20 km,但未达突破值5 km,达到气候监测目标值要求。含湿度的气象观测站1 639个,水平分辨率12.04 km,达高分辨率数值预报20 km门限,未达5 km突破指标。含气压的气象观测站点1 647个,水平分辨率12.01 km,达到高分辨率数值预报20 km门限指标,但距离5 km突破指标仍有差距。地表含风向风速的气象观测站点有2 042个,水平分辨率10.79 km达20 km的

表4 常规气象要素数量与水平分辨率

要素	数量/个	分辨率/km
气温	2 042	10.79
湿度	1 639	12.04
气压	1 647	12.01
风速风向	2 042	10.79
降水	3 210	8.60

短临预报标准,但与突破标准5 km和高分辨率数值预报标准10 km尚有差距。含降水的气象观测站点最多达3 210个,水平分辨率8.60 km,已达高分辨率数值预报门限值10 km标准,但距突破值2 km有差距。各要素水平分辨率与OSCAR需求指标详细对比见图1。此外,能见度、蒸发、日照、酸雨、辐射等观测要素数量和水平分辨率见表5。

2.3 覆盖率现状

广西地面气温、湿度、风速风向、气压、降水在0.2°×0.2°、0.1°×0.1°、0.05°×0.05°网格的覆盖率统计见表6。气温、湿度、风速风向、气压、降水在0.2°×0.2°网格下覆盖率均达80%,降水覆盖率最高,为84.32%,以上6要素覆盖绝大部分区域,分布均匀但仍有少量空白区。在0.1°×0.1°网格下气温、湿度、风速风向、气压、降水覆盖率均达50%,但存在较多空白区且覆盖不均匀,另外气温、风向风速覆盖率达60%,降水覆盖率为76.93%。0.05°×0.05°网格下,气温、湿度、风速风向、气压覆盖率约20%,降水覆盖率仅31.82%,以上6要素覆盖率较低,分布较稀疏,存在较多观测空白区域,对此需根据业务需求进一步科学优化。

3 广西气象观测站网存在问题

广西气象观测体系在站网布局、分辨率、专业监测能力及设备性能等方面仍存在一定不足。

(1) 站网布局与观测能力不足

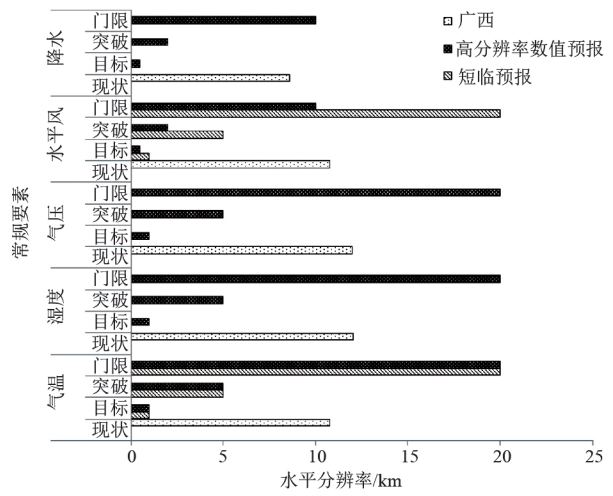


图1 观测要素水平分辨率与OSCAR需求指标对比

广西地面气象观测站网覆盖全区,但站点类型分布不均,大部分站点观测要素为两要素及以下。在专业气象观测网布局不足,尚未形成完整体系主要体现在交通气象自动站数量少且多位于服务区,缺乏路面状态和能见度监测能力;雷电监测站较少,位于特定地区,难以满足综合预警需求;农业气象观测站偏科研、未形成业务体系;环境与生态气象观测站点稀少,无法满足碳达峰、碳中和及生态文明建设需求。

(2) 水平分辨率及覆盖率较低

气象观测站网在气候监测方面满足需求,但在短临预报和高分辨率数值预报上,气温、湿度、风速等水平分辨率与“突破值”差距大,湿度和气压差距尤甚,制约精细化预报与防灾减灾水平提升。纬度与经度网格精度越高,气温、湿度、风速风向、气压、降水覆盖率较低,分布较稀疏,观测空白区域越多,极大限制精细化预报与灾害预警能力提升。

(3) 设备类型与观测功能不足

老旧设备占比高,单双要素设备多,难以满足多

表5 能见度、蒸发、日照等要素数量与水平分辨率

要素	数量/个	分辨率/km
能见度	145	40.47
蒸发	26	95.57
日照	92	50.81
酸雨	10	154.11
辐射	5	217.99
黑碳气溶胶	2	344.59
PM ₁	93	50.81
PM _{2.5}	96	49.74
PM ₁₀	95	50.00
温室气体	7	172.34

表6 不同网格大小(陆地)常规要素覆盖率(单位: %)

网格	气温	湿度	风速风向	气压	降水
0.2°×0.2°	82.87	81.74	82.87	81.74	84.32
0.1°×0.1°	60.16	51.82	60.16	52.21	76.93
0.05°×0.05°	20.91	17.00	20.91	17.13	31.82

要素同步监测;设备智能化水平低,传统设备缺乏边缘计算和质控功能,数据采集频率和精度不足;交通、农业、雷电等专业领域监测设备较少且功能不完善。

4 广西气象观测站网优化措施

(1) 优化布局多要素观测站点

优化站点结构,增加多要素站点比例,在气象薄弱区、生态重点区、交通要道、特色农业区增设针对性观测设备。填补空白区域,优先在无站点地区布设基础气象站,加密关键区站点密度,实现全区覆盖,强化灾害监测预警能力。

(2) 完善专业气象观测网建设

构建交通气象观测网,在重点路段增设能见度、路面状况等监测设备,整合多源数据建立实时预警平台。完善雷电监测网,采用多频段布局加密观测站点,推广三维定位系统提升短临预警能力。优化农业气象观测网,推动科研型站点业务化转型,布设甘蔗专项监测站网。建设生态与双碳观测网,在生态敏感区增设碳通量塔和温室气体监测站,开展空地协同观测。

(3) 提升水平分辨率与覆盖密度

为缩小湿度、气压等要素分辨率差距,采用高精度传感器、小型自动站加密布设,并利用微波辐射计、激光雷达等遥感设备弥补地面站网空间分辨率不足。同时提高网格覆盖率,在降水观测缺失区域增设微型自动气象站或智能雨量站,针对湿度和气压低覆盖区优先部署低成本物联网设备以提升数据采集密度。

(4) 升级观测设备及其功能

淘汰老旧设备,推广多要素一体化监测设备,提升综合观测能力。引入智能设备,通过边缘计算和实时质控功能提高数据质量,提升精细化预报数据支撑能力。补充专业化监测设备,在交通、农业等领域增加专用传感器,并加大雷电监测设备布设密度,提升专业气象服务和预警能力。

参考文献:

- [1] 谭龙.广西综合气象观测网发展历程回顾[J].气象研究与应用,2020,41(4):94-99.
- [2] 黄亚林,孙美玲,孟海龙,等.相关函数在广元地区气象观测站网优化中的应用[J].农业灾害研究,2024,14(4):209-211.
- [3] 肖建辉,薛笋笋,左湘文,等.基于信息熵的宁夏银川地区气象观测站网优化研究[J].气象水文海洋仪器,2024,41(2):54-57,62.
- [4] 刘国忠,覃月凤,覃卫坚,等.2022年广西极端“龙舟水”暴雨过程环境场特征分析[J].气象研究与应用,2023,44(1):7-13.
- [5] 陈诚,莫建飞,莫伟华,等.2022年“龙舟水”期间桂林洪涝时空分布特征研究[J].气象研究与应用,2023,44(1):101-105.
- [6] 陈绍河,郑凤琴,王云琳,等.超强台风“摩羯”造成防城港极端降水的特征及成因探讨[J].气象研究与应用,2024,45(4):50-55.
- [7] 刘志平,匡昭敏,郭媛,等.广西甘蔗分生期干旱特征与致灾危险性评估[J].甘蔗糖业,2025,54(2):1-10,133.
- [8] 黄维,姚裕群,段居琦,等.1961—2020年广西甘蔗干旱的时空变化特征分析[J].西南农业学报,2022,35(5):1193-1201.
- [9] 程勇,杨玲,行鸿彦,等.气象台站网布局优化研究综述[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2011,3(6):511-518.
- [10] 肖佩,刘云腾,吕用洋,等.浅析自贡市气象观测站网的布局优化[J].农业灾害研究,2024,14(7):197-199.
- [11] 牛晓宇,张德栋,雒仪,等.甘肃省泾河流域流量监测站网布局优化设计[J].水电能源科学,2024,42(3):25-28.
- [12] 林长清,刘志凯,于莉.山东省水文站网布局现状及优化对策[J].山东水利,2024(4):20-22,25.
- [13] 吴薇,杜冰,周春花,等.雅安雨量站站网布设优化试验[J].气象科技,2023,51(6):805-814.
- [14] 张远洪,黄菁,申俊初,等.基于OSCAR需求指标对遵义市地面气象观测站网现状分析研究[J].中低纬山地气象,2023,47(2):109-113.
- [15] 张玉洁,于振波,李恒昶,等.山东地面气象观测站网布局评估[J].海洋气象学报,2024,44(3):95-106.
- [16] 周坤论,栗华林,陶伟,等.广西甘蔗气象观测站网现状评估及优化策略研究[J].甘蔗糖业,2025,54(2):32-40.
- [17] 李伟,孟珍,李秀琳,等.陕西省自动气象站网覆盖率分析与评估[J].陕西气象,2024(1):66-70.

Assessment analysis and optimization measures of ground meteorological observation station network in Guangxi based on OSCAR

LI Xinxin, ZHOU Kunlun^{*}, LV Shanxing, MO Yunjie, LI Qiang
(Guangxi Meteorological Technology Equipment Center, Nanning 530022, China)

Abstract: Based on the World Meteorological Organization (WMO) rolling demand principle, using the Observation System Capability Analysis and Review Tool (OSCAR) demand indicators, a systematic assessment was conducted on the station layout, observation capabilities, and element resolution in combination with the ground meteorological observation station network data in Guangxi in 2024. The results indicate that the Guangxi meteorological observation station network faces issues like uneven distribution of station types and insufficient multi-element stations, obvious gap between the horizontal resolution of meteorological elements and the “breakthrough value”, scarcity of observation stations in specialized fields such as transportation, lightning, agriculture, and insufficient types and functions of equipment, etc. It is suggested to optimize the layout of meteorological observation station network in Guangxi in terms of increasing the proportion of multi-factor stations, filling the observation gap area, narrowing the gap of resolution of regular meteorological elements, optimizing the coverage of grids, and constructing specialized meteorological observation networks.

Key words: OSCAR; meteorological observation station network; horizontal resolution; coverage rate