

阿里国家大气本底观测站观测业务现状与发展研究

索朗曲珍¹, 白玛曲珍¹, 白玛坚增², 索朗塔杰³, 豆永丽¹

1. 西藏自治区气象信息网络中心, 西藏 拉萨 850000

2. 西藏阿里地区气象局, 西藏 阿里 859000

3. 西藏高原大气环境科学研究所, 西藏 拉萨 850000

DOI:10.61369/EAE.2026040026

摘 要 : 为落实中国气象局《大气本底建设指导意见》, 实现中国十六个气候关键区大气本底观测全覆盖, 按照中国气候观测网 (CCOS) 的规划布局, 中国气象局启动了西藏阿里国家大气本底站选址论证观测试验, 在狮泉河区域开展了为期两年的全要素连续观测, 填补青藏高原西部大气本底长期观测空白。本文以阿里国家大气本底站试验观测实践为基础, 从站址基础条件、观测系统配置、数据质控传输、当前业务短板等方面阐述了阿里国家大气本底管制观测业务现状, 并提出适宜阿里国家大气本底观测站点的发展策略, 旨在为我国高海拔边境地区同类大气本底建设发展以及应用提供参考。

关 键 词 : 阿里国家大气本底观测站; 观测业务现状; 发展

Current Status and Development Study of the Ali National Atmospheric Background Observation Station's Operational Activities

Solang Quzhen¹, Baima Quzhen¹, Baima Jianzeng², Suolang Tajie³, Dou Yongli¹

1. Xizang Autonomous Region Meteorological Information Network Center, Lasa, Xizang 850000

2. Xizang Aila Meteorological Bureau, Aila, Xizang 850000

3. Xizang Plateau Atmospheric Environment Research Institute, Lasa, Xizang 850000

Abstract : To implement the Guidelines for the Construction of Atmospheric Baseline Stations issued by the China Meteorological Administration (CMA) and achieve full coverage of atmospheric baseline observations in China's sixteen key climatic regions, the CMA launched the site demonstration and observational experiment for the Ngari National Atmospheric Baseline Station in accordance with the layout plan of the China Climate Observing System (CCOS). Two years of continuous full-element observations were carried out in the Shiquanhe area, filling the gap in long-term atmospheric baseline observations over the western Qinghai-Xizang Plateau. Based on the experimental observation practice of the Ngari National Atmospheric Baseline Station, this paper elaborates on the current status of its observation services from the perspectives of site basic conditions, observation system configuration, data quality control and transmission, and existing operational deficiencies. Development strategies suitable for the Ngari National Atmospheric Baseline Station are proposed, aiming to provide references for the construction, development and application of similar atmospheric baseline stations in high-altitude border areas of China.

Keywords : Ngari National Atmospheric Baseline Station; status of observation services; development strategy

引言

大气本底观测站主要是对温室气体、大气臭氧、气溶胶、太阳辐射、基本气象要素等开展不受人类活动直接影响的连续定点观测^[1]。大气本底观测资料是研判全球温室气体收支、气溶胶输送、区域大气化学循环的重要依据^[2]。我国大气本底观测网络经过几十年的建设, 已形成覆盖东部平原、中部丘陵以及青海高原的站点布局^[3], 但藏西阿里高原长期缺少标准化国家大气本底观测点位, 无法完整捕捉西风带跨境大气输送、高原陆气交换、南亚污染物远距离传输等重要过程。阿里站地处藏西噶尔县扎西岗乡, 海拔 4272.2m, 属高原亚寒带干旱荒漠地貌, 人烟稀少、人为排放干扰极低, 具备开展区域大气本底观测天然优势。试验阶段同步搭载国产、进口两套温室气体观测设备, 配套反应性气体、气溶胶、梯度三维超声风、地面常规气象全要素监测, 是我国首个边境高海拔综合大气本底试验站点。

作者简介: 索朗曲珍 (1999.08-) 女, 藏族, 西藏日喀则, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向: 气象信息技术。

本文根据阿里站全套试验资料、运维台账等相关资料，分析阿里国家大气本底观测站观测业务运行现状，剖析现存瓶颈，并提出发展对策，助力站点正式投运后形成稳定、高质量长序列观测数据集，为“双碳”评估、青藏高原生态气候研究以及跨境大气污染溯源工作提供有价值的指导依据。

一、阿里国家大气本底观测站观测业务现状

（一）基础条件与观测业务架构

（1）站址探测环境基础条件

阿里国家大气本底站位于西藏阿里地区噶尔县扎西岗乡东南部，距狮泉河镇11KM处（东经79° 56′ 北纬32° 31′，海拔高度4271.9米），西部有西北向东南的伊拉日居山脉，北部有拉梅拉山。台站周围山势平缓，地形开阔，下垫面主要为高原荒漠。属高原亚寒带干旱气候区，年平均降水量为70.7毫米，年平均温度为1.7℃；年平均相对湿度为30.8%。站址不属于城市规划当中，距离站址离最近的建筑物有7公里（下风口）；站址处于边境乡镇，距离边境线60公里左右。

阿里国家大气本底站观测室由两个15m²的方舱组成，放置在观测场的南面，距离观测场20米。方舱采用缓冲区与设备室分体设计，缓冲区隔绝人员活动扰动，室内恒温控制 25±5℃，

分别配置 1 匹、2 匹变频冷暖空调，配套防静电地板、专用仪器操作台、独立供电回路、视频监控、防雷接地、二氧化碳灭火装置^[4]。区域基础设施配套完整，完成 4 亩临时用地征地、10kV 配电工程、100M 联通光纤专线铺设，搭建野外站点、阿里局办公楼双办公工位，可以满足 24 小时远程监控、数据处理、台账归档需求。

（2）全要素观测系统配置

按照国家大气本底观测规范，阿里站试验观测系统分为温室气体在线观测系统、气溶胶质量浓度在线观测系统、反应性气体在线观测系统、地面自动气象站、梯度气象观测系统五大模块，覆盖气候关键区全部核心观测要素，各系统观测要素、数据记录频率以及主要组成配置如表1所述。整套观测设备配套统一采集软件，同步实现多源设备数据归集、本地双机备份，每月采用光盘、移动存储介质完成异地双备份，落实“三处两地”数据存储安全机制。

表1 观测系统及观测要素信息

观测系统名称	观测要素	数据记录频率	系统主要组成
温室气体在线观测	CO ₂ 、CH ₄	秒级	测量单元、样气采集与处理单元、样气选择单元、标气单元、数据采集与处理单元等
气溶胶质量浓度在线观测系统	PM ₁₀ 、PM _{2.5}	1h	仪器主机、切割器、采样系统
反应性气体在线观测系统	O ₃ 、C ₀ 、SO ₂ 、NO _x	5min	臭氧分析仪、一氧化碳分析仪、二氧化硫分析仪、氮氧化物分析仪、臭氧标定仪、动态校准仪、零气发生器
地面自动气象站	气温、气压、湿度、风向、风速、降水	参照《地面气象观测规范》	传感器、采集器、系统电源、通信接口及外围设备（计算机）等
梯度气象观测系统	三维超声风	参照《地面气象观测规范》	传感器、采集系统、供电系统、通信系统、安装辅件

（二）观测全流程运行规范与数据管理模式

（1）仪器运维

高原低温、多风沙环境大幅提升设备损耗速率，试验方案针对观测系统制定差异化周期性维护清单，形成常态化质保机制。标校工作严格执行周期要求，温室气体固定 6 小时标气序列运行；气溶胶每季度流量校准、半年校准膜比对；反应性气体依托零气、动态校准仪完成零点、多点斜率订正，所有标校操作同步录入标校报告书，随数据日志同步上传。

（2）故障处置分级响应机制

建立三级故障上报处置流程：仪器出现数据异常、流量偏移、报警停机时，当班人员第一时间现场排查；24 小时内无法修复的故障上报区装备中心，装备中心 24 小时内远程技术响应；故障持续 72 小时未恢复观测，由区观测处上报中国气象局综合观测司，全程填写《大气成分观测仪器故障维修填报表》，完整记录故障时段、现象、维修步骤、备件更换明细。试验期间因电网检修、线路故障发生多次长时间停电，断电后设备自动停机，来电后多次出现采集软件崩溃、传输中断，均按流程上报厂家远程修复。

（三）数据采集、传输与质控体系

（1）数据命名与存储规范：严格执行国内大气成分交换报文

标准，温室、气溶胶、反应性气体分别采用专属命名格式^[5]，文件名包含 5 位站号、世界时 UTC 时间、设备类型、观测要素编码，文本格式存储，缺测值统一标注 - 999.9；气象梯度、辐射配套独立小时报文格式，区分多类仪器字段排布规则。

（2）传输链路：依托 100M 光纤搭建站 - 区局 - 国家气象信息中心三级传输通道，观测数据实时推送省级 FTP 服务器，由省通信节点分发给国家级平台；设备运维、故障、标校记录生成 LOG 日志文件，每日定时通过气象政务邮箱、天元系统双线报送。

（3）分层质量控制：建立现场初筛、平台二次质控两级校验规则。温室气体执行光腔温压检查、水汽订正、极值阈值筛查；气溶胶采用 5 倍标准差变率检验、连续恒定数据剔除；反应性气体实施 3 倍标准差过滤、零跨多点订正。每三个月编制阶段性数据分析报告，梳理数据完整率、异常成因、设备运行短板，形成季度复盘机制。

二、阿里国家大气本底站观测业务现存问题

依托阿里国家大气本底站观测台账、传输统计报表、故障记

录,梳理制约观测业务稳定运行的主要问题,具体如下所述。

（一）供电稳定性不足,引发持续性数据缺失

阿里站点仅依托单路 10kV 国家电网供电,无独立备用储能系统,电网计划性检修、野外线路风沙破损极易造成长时间断电。停电不仅造成原始数据缺失,频繁开关机加剧分析仪、冷阱、抽气泵损耗,缩短仪器使用寿命。

（二）方舱温控设备适配性差,干扰温室气体观测精度

阿里夏天太阳直射较强,方舱内空调功率较小(2匹),难以维持 $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的恒温要求,导致温室气体光腔温度过高造成国产温室气体无法正常运行。温室气体冷却器的蠕动泵偶尔出现温度过高现象。频繁出现过热报警,厂家备用配件物流周期长达半月,故障空窗期数据有效性大幅下降。

（三）高原运维人才储备薄弱,故障处置效率偏低

现有业务人员虽完成基础培训,但缺少长期高海拔设备维修实操经验,仅能完成滤膜更换、管路清洁等基础运维,仪器出现故障时解决效率较低。同时缺乏与国家局、省级业务单位的常态化技术交流机制。

三、优化阿里国家大气本底站观测业务发展对策

结合阿里地区大气本底观察站业务试验阶段暴露的问题,对照《大气成分观测业务运行管理暂行规定》《大气本底观测业务质量提升行动方案》,从硬件改造、运维机制、人才培养方面构建长效发展对策。

（一）完善供电与方舱硬件适配改造

为了保障阿里地区大气本底观测站业务的高效高质量开展,需要完善供电与方舱硬件适配改造。首先,需要增设储能备用系统。配套大容量工业储能蓄电池组以及小型光伏辅助供电,电网断电后保障 72 小时仪器恒温、数据采集持续运行,落实“台站-省级-国家”三级故障处置响应体系对供电应急的需求,规避长时间缺测;升级野外供电线路防风沙绝缘防护,定期巡检架空线缆,降低线路故障频次^[6]。

（二）建立分层分级高原运维保障机制

针对阿里地区高原特殊环境,构建分层分级的运维保障体系。在维护策略上,实行差异化周期管理:将气溶胶采样罩和进气滤网的清洁频率由每季度一次调整为每月一次,大风及沙尘天

气过后 24 小时内完成气路全面吹扫,以减少颗粒物积聚对观测数据造成的干扰;冬季低温时段适当延长仪器预热时间,并每日增加一次零点核查;技术支持方面,采取远程与现场相结合的模式,与设备厂家签订高原专项服务协议,开通 7×24 小时远程诊断通道。同时每季度安排工程师进站进行现场巡检和整机标定;联合瓦里关、香格里拉等国内其他成熟本底站建立定期交流学习机制。每半年开展一次交叉技术指导和仪器比对试验,以修正高低海拔间的系统观测偏差。

（三）构建复合型高原观测人才队伍

为加强阿里国家大气本地展观测队伍建设,可以采取分层分类、常态化的培养方式。每年安排在职人员前往内地大气本底站进行跟班实操,并本底站观测人员轮流赴气科所等区局业务单位跟岗学习,重点提升精密仪器故障诊断、多源数据综合质控以及温室气体标校比对等高级别业务能力。同时邀请探测中心和气科院专家赴阿里开展现场授课,重点围绕高原大气数据订正、跨境输送数据分析等专题进行教学。在人员管理方面,适当增加专职运维岗位,推行季度轮岗和轮休安排,以缓解长期在高海拔地区工作带来的身体压力和工作疲劳。培养既懂设备维护、又能开展大气数据研究的复合型人才,使其既能承担日常观测任务,也能参与站址论证和高原气候变化研究,促进观测与科研的深度融合。

四、结语

阿里国家大气本底站是我国布局在藏西边境高寒荒漠区首个综合大气本底观测点位,为期一年的选址论证观测试验完整搭建了标准化观测、运维、数据传输业务体系,站点洁净探测环境、全要素监测配置能够客观反映青藏高原西部大气本底真实状态。但是受高海拔偏远环境制约,站点现阶段仍存在供电保障薄弱、方舱温控设备适配不足、专业运维人才不足等问题,制约观测业务长期稳定运行与数据精度提升。通过采取配套光伏储能供电、方舱隔热制冷改造、建立分层分级高原运维保障机制、分层人才培养等发展对策,能够有效补齐业务短板。阿里本底站正式投运后,将填补我国西部边境大气长期观测空白,为全球气候变化研判、青藏高原生态安全保护提供科学指导。

参考文献

- [1] 靳军莉,周青,张勇,等.新形势下我国大气本底观测研究型业务发展概述[J].气象科技进展,2021,3(3):183-188.
- [2] 权维俊,姚波,刘伟东,等.我国大气本底观测站创新发展的思考和建议[J].科学通报,2021,66(19):2367-2377.
- [3] 车慧正,张晓春,王剑琼,等.瓦里关30年大气本底观测研究回顾和展望[J].气候变化研究进展,2025,21(2):186-197.
- [4] 赵竹君,何清,刘新春,等.中国大气本底站站址环境及部分观测要素变化特征[J].气象科技进展,2022(5):135-143.
- [5] 张勇,颜鹏,靳军莉,等.中国大气本底观测:减污降碳背景下主要大气成分变化趋势[J].气象科技进展,2022(1):19-25.
- [6] 张国庆,虎文珺,刘鹏,等.“十四五”中国大气本底基准观象台发展思路[J].气象科技进展,2023(4):96-97.