

HATPRO-G5 微波辐射计



01

■ 整体介绍

HATPRO-G5 微波辐射计（简称温湿度垂直廓线仪）是世界上具有代表性的新一代微波辐射计，基于 LNA-MMIC 双并行波导滤波接收器组核心技术 + 捷变频技术，每秒采集一组 K/V 波段中心频率点对应的微波辐射亮温值，通过神经网络反演算法获取 0-10Km 大气边界层和对流层多达 93 层的温湿

度及液态水廓线数据，以及云底高度、边界层高度、综合水汽含量、大气稳定系数等信息。

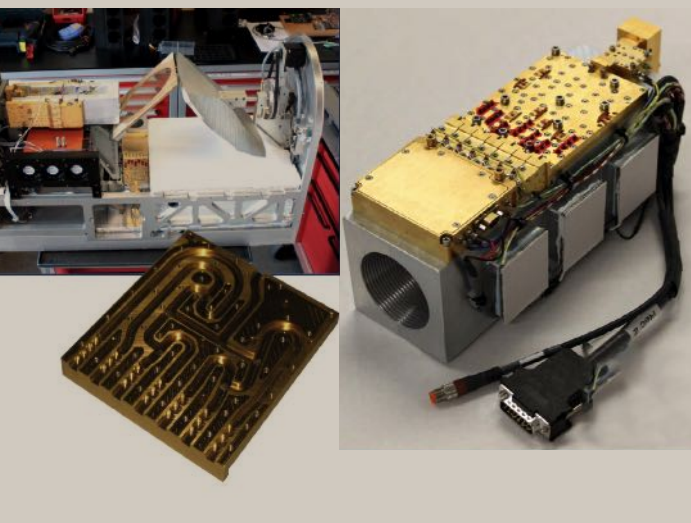
软件系统高度自动化，具备数据分析和图形显示功能，可实现局域网实时数据传输，支持多终端、实时、连续检测、处理和提供数据产品展示。

02

■ 产品特点

- 两组基于 LNA-MMIC 微波单片集成低噪声放大器平面整合技术的 14 通道并行直接滤波接收器组系统，以及独有的 N 倍捷变频技术，保证了仪器的高效、稳定和极高的可靠性。
- 天顶方向观测与独有的边界层多角度扫描模式联合使用，大大提高了垂直廓线分辨率。多地域和全天候适应，支持常年全天时连续自动观测。
- 优化的大天线窄波束有效改善了空间指向性
- 新型液氮 (LN_2) 冷却精密校准目标 (PT-V2)，绝对辐射温度精度为 0.1K，远远超过常规液氮校准标准 0.8K 的精度
- PWM 热平衡控制系统确保接收机热稳定度低于 0.01K，非固定式外置红外仪可通过同步转动器与微波辐射计天线同步转动，可以获取微波辐射计视线方向上的云水信息，及全天空液态水分布及云层分布信息。
- 具备天体及卫星追踪功能，测量视线方向上的干湿延迟、综合水汽总量和大气衰减，通过 RINEX 导航文件或从 GPS 时钟读取直接 GPS 矢量。
- 内置 PC 采用嵌入式 WINDOS 操作系统，并拥有 10G 的存储空间，使得主机具备无外接电脑情况下的独立的无人值守观测能力。
- 雨雾防护功能：中等降水情况下保证有效工作。同时具备鼓风机和自动加热模块，便于加热器和鼓风机在雨雾天气联用，有效移除微波窗口的凝结水。
- 设备集成专业的一体化六要素地面气象站：可测仪器外部环境的温度、湿度、气压、风向风速、雨。





03

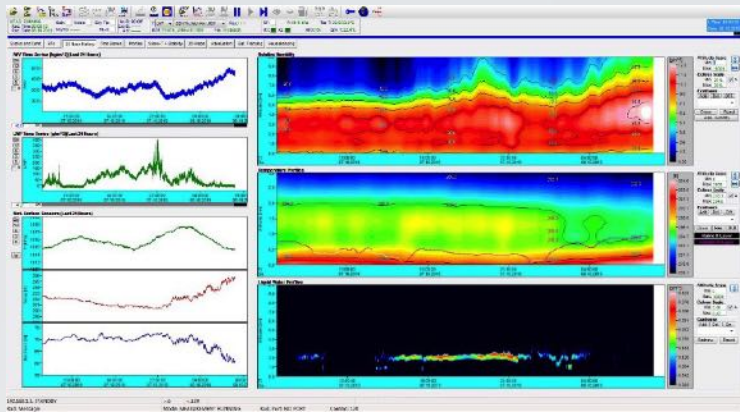
应用案例

- 提供数值天气或气候预报模式需要的温度、湿度和液态水信息
- 24 小时不间断实时获取温度、湿度、液态水垂直廓线数据
- 有效弥补地面 5 公里范围内卫星遥感数据误差过大的缺陷
- 为人工影响天气提供事前指导、全过程实时监测和事后效验
- 中小尺度强对流天气现象观测，如锋面、暴风雨、雾、冰冻
- 监测边界层高度、逆温、紊流，临近预报大气稳定性
- 追踪天体、卫星视线路径干 / 湿延迟和综合水汽总量信息
- 快速扫描全天空云水分布及演变
- 绝对校准云雷达等仪器或大气辐射传输程序

参数	参数描述
廓线垂直高度分辨率 (温度廓线、湿度廓线、液态水廓线)	25m (0-100 m) 30m (100-500m) 40m (500-1200m) 60m (1200-1800m) 90m (1800-2500m) 120m (2500-3500m) 160m (3500-4500m) 200m (4500-6000m) 300m (6000-10000m)
温度廓线测量精度	0.25K RMS (0-500m) 0.50K RMS (500-1200m) 0.75K RMS (1200-4000m) 1.00K RMS (4000-10000m)
湿度廓线测量精度	0.1 g/m3 RMS (绝对湿度) 最大偏差 0.3 g/m3 5% RMS (相对湿度) 测量范围 0-100%
廓线垂直观测层数	最多93层
液态水廓线测量精度 (选配红外仪)	密度测量 : 0.03 g/m3 RMS 阈值 : 50 g/m2 积分云液水
红外仪性能参数	波长 : 9.6-11.5 μm , 精度 : 1 K, 噪声 : 0.2 K RMS
云底高度测量精度 (选配红外仪)	50m (0-300 m) 100m (300-1000m) 200m (1000-3000m) 400m (3000-5000m) 600m (5000-10000m)
积分水汽含量 IWV	精度 : ± 0.12 kg/m2 RMS 灵敏度 : 0.04 kg/m2 RMS
积分云液水LWP	精度 : ± 10 g/m2 RMS 灵敏度 : 2 g/m2 RMS
接收机热稳定度	采用 PWM 主动加热恒温技术热稳定度 < 0.03K
IWV 和 LWP 全天空扫描图 (需配置方位仪)	至少200 个点快速扫描 (约8分钟)
星体追踪模式 (需配置方位仪)	每 2 分钟扫描一次, 测量所有可见 GPS/ 伽利略卫星沿视线路径上的湿 / 干延迟、大气衰减和总水汽含量等信息; 或者: 通过 RINEX 导航文件或从 GPS 时钟直接读取 GPS 矢量信息
14 并行通道中心频率	K-Band: 22.24 GHz, 23.04 GHz, 23.84 GHz, 25.44 GHz, 26.24 GHz, 27.84 GHz, 31.4 GHz V-Band: 51.26 GHz, 52.28 GHz, 53.86 GHz, 54.94 GHz, 56.66 GHz, 57.3 GHz, 58.0 GHz
两个滤波器组系统的 42 个通道 (接收机基于双并行波导滤波器组核心技术 + 捷变频技术)	K- 波段 : 21 通道 (22.24~31.9 GHz) V- 波段 : 21 通道 (51.26~58.0 GHz)
通道带宽	2000 MHz @ 58.0 GHz, 1000 MHz @ 57.3 GHz, 600 MHz @ 56.66 GHz, 230 MHz @ 其它频率

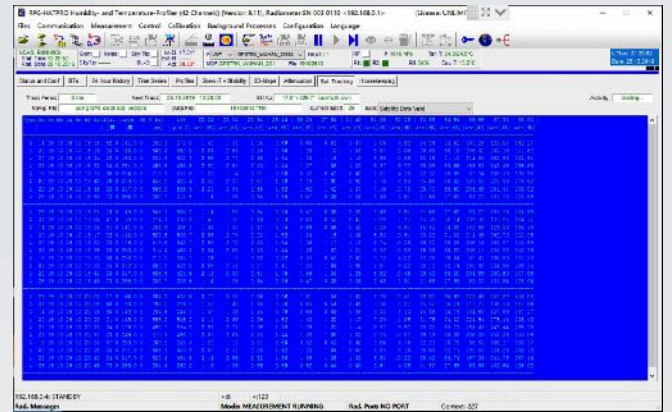
系统噪声温度	<400 K (22.2 – 31.4 GHz) <600 K (51.4 – 58.0 GHz)
辐射分辨率	K- 波段: 0.07 K RMS (1 秒积分时长) V- 波段: 0.07 – 0.15 K RMS (1 秒积分时长)
绝对亮温精度	±0.15K (亮温漂移≤ 0.1K/ 月)
辐射测量范围	0–800 K
绝对定标	内部热端黑体 & 外部冷端液氮 PT-V1 定标后精度 < 0.1K RMS (1 秒积分时间)
内部多种自动定标	<ul style="list-style-type: none"> 增益定标: 内部噪声二极管 增益及系统噪声定标: 内部黑体及噪声二极管 水分子接收通道: 天空背景辐射倾斜式定标
接收机及天线的热稳定度	≤ 0.03 K
增益非线性误差校正	自动四点法
亮温计算原理	基于精确的普朗克辐射定律
积分时间	≥ 0.4s 用户可调
廓线采样率	≥ 1s 用户可调
雨雾防护系统	高效鼓风机系统 (130 瓦), 疏水纳米涂层微波窗口罩, 2千瓦加热器模块, 防止在有雾的天气条件下形成露水, 中等降水条件下可保持有效工作
集成一体式地面气象站	<p>Vaisala WXT 536 安装在 1 m 桅杆上, 安装在辐射计上:</p> <p>风速: 测量范围: 0 ~ 60m/s 响应时间: 0.25 s 精度: ±3%, 风向精度: ±3°环测量范围: 0°~360° 响应时间: 0.25s 环境温度范围: -52 ~ +60°C 精度: ±0.3°C @ +20°C 相对湿度范围: 0 ~ 100% RH 精度: ±5%RH@90 ~ 100% RH 大气压力范围: 500 ~ 1100 hPa 精度: ±1 hPa @ -52° ~ +60°C; 降雨测量: 收集面积: 60 cm² 雨强范围: 0 ~ 200mm/hr</p>
数据接口 / 速率	光纤以太网 (TCP/IP)
仪器控制 (外部 PC)	带以太网接口的工作站
仪器控制 (内部)	嵌入式 PC, 控制所有内部校准、数据采集、10 GB 闪存上的数据文件备份、天线及方位仪定位器的控制、与外部工作站的通信, 完全具备无外接电脑情况下的独立测量的能力
内务数据管理	详细的仪器状态信息, 包括运行状况检查、质量标志、校准历史记录和日志文件
反演算法	神经网络算法、线性 / 非线性回归算法
光学分辨率	HPBW (频率相关): 水汽测量通道为 3.9° – 4.6°, 温度测量通道为 1.8° – 2.2°
旁瓣水平	< -30 dBc
仪器空间指向范围 / 分辨率	仰角: 0° to 180° (角度变化速度 0.1°) – 全部软件控制 方位角 (可选方位仪): 0° to 360° (角度变化速度 0.1°) – 全部软件控制
空间指向反应速率	仰角: 45° /sec, 方位角 (可选方位仪): 20° /sec
室外工作环境适应性	温度: -30° C ~ +45° C 相对湿度: 0 ~ 100%RH 抗风能力: ≥ 35m/s 海拔高度: ≤ 6000m 其他防护措施: 防盐雾, 沙尘, 淋雨, 振动, 冲击
功耗	主机: < 120 W, 预热时650 W 鼓风机: 130 W 加热器: 2000 W @ 230V/AC, 500 W @ 110V/AC
雷电防护	电源: 断路器保护 数据线: 多模光纤
输入电压范围	100–230 V AC, 50–60 Hz
重量	65 kg (不含鼓风机), 12 kg 鼓风机, 5kg 加热器模块
机械尺寸	63 × 36 × 90 cm ³

■ 综合数据



24 小时温度、湿度、液态水廓线及综合水汽含量、液态水路径、地面气象数据时间序列

■ 干湿延迟测量

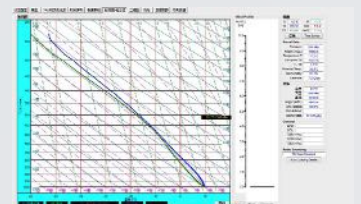
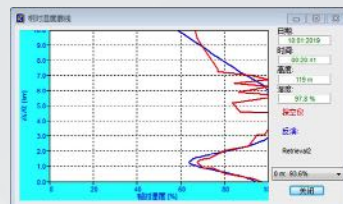
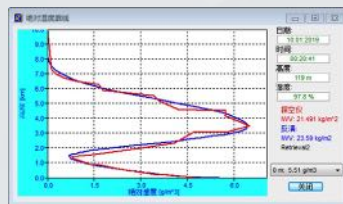
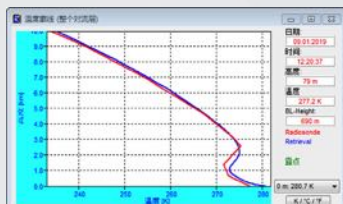


■ 温度廓线比对

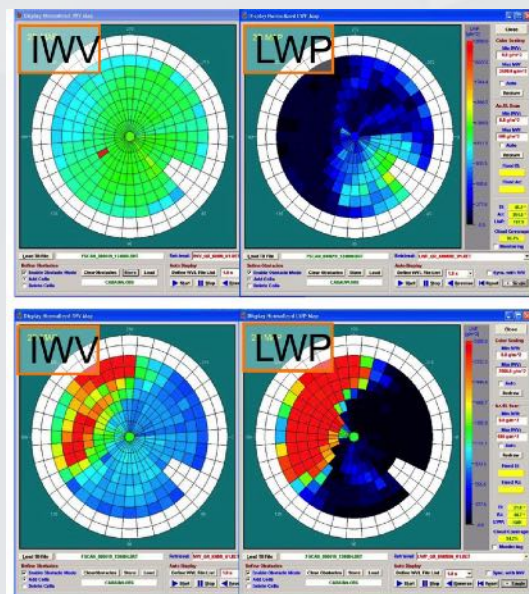
■ 水汽密度廓线比对

■ 相对湿度廓线比对

■ 埃玛图



■ 全天天空扫描 (选配方位仪)



■ 时间方位图

