

doi: 10.3969/j.issn.1000-8349.2016.z1.09

西藏羊八井天文台多波段台址监测

王俊杰, 何丽萍, 吕金泉, 李建斌, 徐金龙, 徐刚, 李楠

(中国科学院 国家天文台, 北京 100012)

摘要: 中国科学院国家天文台羊八井观测站位于海拔 4 300 m 的西藏拉萨市当雄县羊八井。该站于 2011 年 8 月 17 日建成, 这是国家天文台在西藏建立的第一座专业天文台。这也标志着国际瞩目的北半球最后一块未被开垦的具有潜在优秀天文台址的处女地——西藏终于有了第一座天文台站。通过对电磁环境进行测量, 以及对大气不透明度和气象环境的监测, 结果表明羊八井是一个优秀的毫米/亚毫米波、射电、光学/红外和高能宇宙线观测的多波段台址; 同时也是目前西藏已有较完整观测数据支持的最好的多波段台址。

关键词: 天文台址; 多波段监测; 射电望远镜

中图分类号: P112 **文献标识码:** A

1 引 言

亚毫米波 (波长范围为 0.1~1 mm) 射电天文是现代天文学中一个相对较新的领域, 为天文学研究提供了一个重要的观测窗口。影响星际介质冷却的重要谱线如 CO、CS 等分子高能级跃迁谱线, 以及冷尘埃的连续谱峰值均落在亚毫米波段^[1], 因此亚毫米波观测在研究恒星和原始行星系统的形成、星系的形成和演化、活动星系核等各类天体的观测研究中都有重要作用。

但是, 地球大气中的水汽以及 O₂、O₃ 等分子强烈吸收电磁波, 对地面亚毫米波段的天文观测带来严重的干扰^[2]。在毫米波和亚毫米波段, 随着观测频率的提高, 这些分子的吸收率越来越高, 吸收率随大气的变化也更为剧烈^[3]。因此, 毫米波和亚毫米波天文台比一般射电天文台有更严格的要求。一般认为大气中水汽含量在 1~3 mm 是毫米波天文台的必要条件, 亚毫米波天文台则要求大气水汽含量小于 2 mm, 有些甚至要求小于 1 mm^[4]。影响亚毫米波大气不透明度的参数主要有大气压、温度, 以及大气垂直水汽柱高 PWV (Precipitable Water Vapor; mm)。大气压主要由站址的海拔高度决定, 温度与站址的海拔高度以及所处的经纬度有关, 而大气垂直水汽柱高 PWV 是水密度沿着垂直高度的累积^[5,6]。

收稿日期: 2016-03-01; 修回日期: 2016-03-01

资助项目: 973 项目 (2015CB857100); 国家自然科学基金 (11403052)

通讯作者: 王俊杰, wangjj@nao.cas.cn

羊八井位于西藏拉萨市西北 90 km 处, 北纬 30.05°, 东经 90.30°, 海拔高度为 4 300 m。羊八井观测站(图 1) 目前共有 6 个圆顶, 分别安装有一架中德亚毫米波望远镜 (CCOSMA) 和 5 架 40~50 cm 口径的光学望远镜。



图 1 羊八井观测站全貌图

中德亚毫米波望远镜, 是由原在瑞士阿尔卑斯山上的 3 m 口径的 KOSMA 亚毫米望远镜拆移至西藏, 经升级改造后目前已经开始科学试观测工作。这是中国第一架可进行常规天文观测的中小型亚毫米波望远镜。该望远镜于 2009 年 9 月 9 日开始基建工作; 2011 年 7 月, CCOSMA 主体在羊八井安装完成, 2014 年 9 月成功出光。

目前, 越来越多的各波段望远镜期望建在羊八井站。为此, 全面了解此站各波段天文观测条件非常必要也非常重要。本文对羊八井多波段台址监测数据进行了初步的处理和分析。

2 设备介绍

2.1 水汽设备

目前我们测量可降水量和大气不透明度的设备是由德国 RPG (Radiometer Physics GmbH) 公司生产的温度及低湿度廓线仪 LHATPRO (Low Humidity and Temperature Profiling microwave radiometer) 和亚毫米波不透明度测量仪 Tau230-340 (水汽和液态水含量微波辐射计)。LHATPRO 这套设备包括温度廓线、湿度廓线、红外辐射计, 它是通过接收各高度传来的温度辐射的微波信号来判断温度、湿度曲线, 以及湿度、湿度曲线, 是一款被动式地基微波遥感设备。微波辐射计是一种用于测量物体微波热辐射的高灵敏度接收机, 通过测量天线接收到的辐射功率反演被观测目标的亮度温度。红外辐射计主要用于联合反演云底高度观测。Tau230-340 的主要功能是估算在射电天文应用观测波段的大气不透明度, 该辐射计采用对少量的液态水具有更高的敏感性的高频通道探测薄云; 通过增加一个 90 GHz 高频应用通道, 显著提高对薄云的灵敏度。LHATPRO 与 Tau230-340 具有先进的工作能力, 非常适合于自动气象站, 几乎能在各种环境条件下工作, 特别适合寒冷和干燥环境 (如南/北极和 3 000 至 6 000 m 海拔高度)。

2.2 气象设备

我们选用的是北京天裕德科技有限公司生产的 JLC-QX1 型自动气象站。该自动气象站可用于对气温、相对湿度、风向、风速、雨量、气压、太阳辐射等多种气象要素进行全天候现

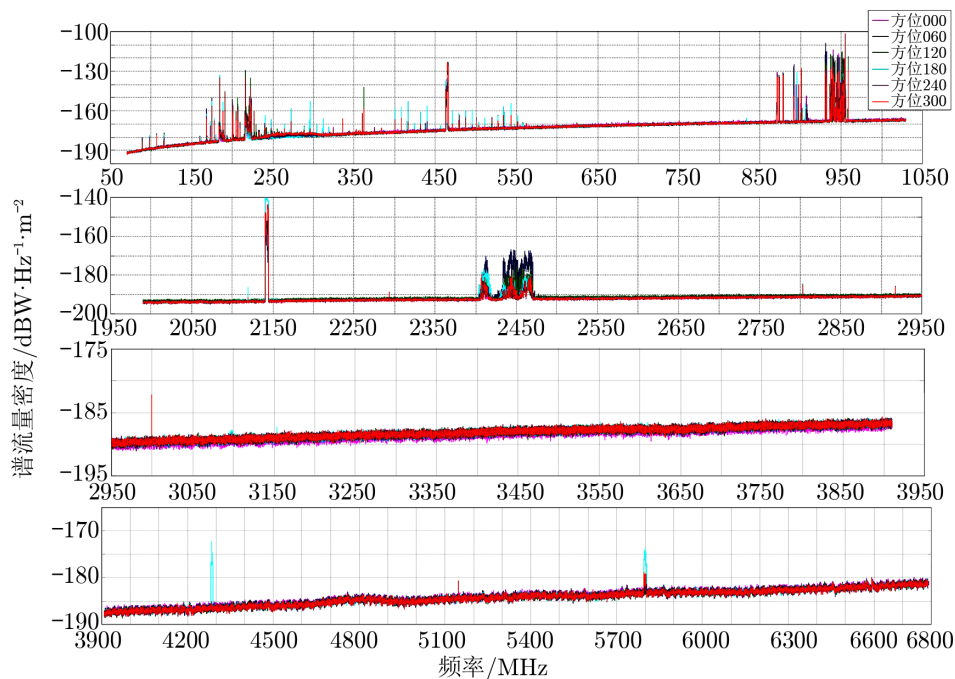
场监测。微电脑气象数据采集仪具有气象数据采集、实时时钟、定时存储、参数设定、参数和气象历史数据掉电保护等功能。具备标准 RS232/485 通讯功能, 支持 MODBUS 通讯协议, 可以通过有线、移动无线 GPRS 和无线数传电台等多种通讯方式与气象计算机组成气象监测系统。该气象站能可靠运行于各种恶劣的野外环境, 具有低功耗、高稳定性、高精度的优点, 可无人值守。

3 监测结果及分析

3.1 无线电监测结果及分析

由于宇宙中遥远天体发射的射电信号非常微弱, 因此要求射电望远镜极其灵敏, 同时对台址的电磁环境要求极其严格。所以世界上的大型射电望远镜都建立在电磁环境良好的地区, 并以站址为中心在一定范围内设定电磁环境保护区。

通过对羊八井站的电磁环境进行监测和数据处理, 结果如图 2 所示: (1) 广播、电视信号很少且很弱。(2) L 波段环境很好; S 波段有 3G 和 WIFI 使用, 环境亦可; X 波段环境很好。羊八井地区人口稀少, 长时间内不会有电波环境的大变化, 电波环境比较稳定。由于羊八井地区四面环山, 与中心城镇之间有大山阻隔, 经过初步的电波环境监测, 羊八井地区是优良的射电望远镜台址。



注: 从上至下的测量频率分别是: 70~1030 MHz、1990~2950 MHz、2950~3910 MHz、3910~6770 MHz。

图 2 羊八井各波段的电磁环境

3.2 气象监测结果及分析

羊八井观测站的气象站于 2011 年 1 月建成并投入使用。由于建站伊始基础设施尚不完善,羊八井的气象数据在 2011 年期间只有少量数据。2014 年 8 月,由于设备维修,观测数据间断。本文选了自 2012 年 1 月至 2014 年 12 月期间的气象数据进行统计。2012 年 1 月至 2014 年 12 月观测期间,羊八井的最高气温为 32.7°C ,最低气温为 -23.9°C ,中值为 -1.0°C 。7—8 月份达到月平均气温的最高值,1—2 月份达到月平均气温的最低值。羊八井冬季的相对湿度几乎都低于 80%,非常有利于天文观测。

表 1 给出的是 2012-01-01—2014-12-31 晴天数概率统计。从统计结果看,2012 年在 284 个测量日中有 235 d 都是晴天,2013 年在 256 d 中有 197 d 属于晴天,2014 年共观测了 236 d,晴天数达到了 187 d。图 3 给出的是羊八井观测站的晴天数和风速的统计分布。从风速统计图中可看到风速的中值为 4.5 m/s。风速的全天分布图显示,每天从北京时间 12 点左右风速逐渐增大,北京时间 18—19 点达到最大值,20 点之后风速逐渐降低。夜间风速持续降低,直到上午 10 点风速达到一天中的最小值。从气象条件看羊八井观测站非常适合光学天文观测。

表 1 2012-01-01—2014-12-31 晴天数概率统计

年份		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	总计
2012	晴天数/d	26	22	22	16	14	10	04	12	20	29	30	30	235
	观测天数/d	28	27	26	23	22	14	10	18	25	30	30	31	284
2013	晴天数/d	28	26	20	08	10	10	03	16	11	18	23	24	197
	观测天数/d	29	27	27	16	20	12	05	21	18	24	27	30	256
2014	晴天数/d	25	26	23	08	18	18	02	0	04	14	27	22	187
	观测天数/d	28	26	27	11	23	22	07	0	11	25	30	26	236

3.3 水汽监测结果及分析

羊八井观测站的 RPG-PWV- τ 测量仪于 2013 年 12 月顺利安装并完成调试。利用温度和低湿度廓线仪 LHATPRO 和亚毫米波不透明度测量仪 Tau230-340 对羊八井的 PWV 及大气不透明度进行监测(结果见图 4 a), b))。2014 年冬季 Tau 的中值普遍较低,11 月份的中值低至 0.01,夏季 Tau 的中值普遍较高,7 月份的中值为 0.66。通过对 2014 年全年 PWV 数据进行处理分析,得到:冬季的 PWV 中值普遍较低,11 月份的中值低至 0.54 mm;夏季 PWV 的中值普遍较高,7 月份的中值为 14.45 mm。我们选取了 2014 年度冬季(11 月、12 月)至 2015 年 2 月(共 88 d)的 PWV 数据进行进一步的分析,结果发现 2014 年 11 月 PWV 的中值为 0.54 mm, $\text{PWV} < 1 \text{ mm}$ 占总观测时间的百分比为 44.2%, $\text{PWV} < 3 \text{ mm}$ 占总观测时间的百分比为 94.9%。我们还分析比较了 2014 年羊八井观测站与 Mauna Kea、Summit、Chajnantor、和 SouthPole 等观测站 225 GHz 处 Tau 的中值分布,如图 4 c) 所示。可以看到羊八井观测站冬季、夏季气候条件鲜明,冬季少雨水,气候较干燥,夏季多雨水;除了夏季的天气气候条件稍差外,其他时间和其他台站相当;夏季的 Tau 值比其他台站稍高一些,但仍在 1 以下。上述数据表明羊八井具有优良的亚毫米波观测条件。

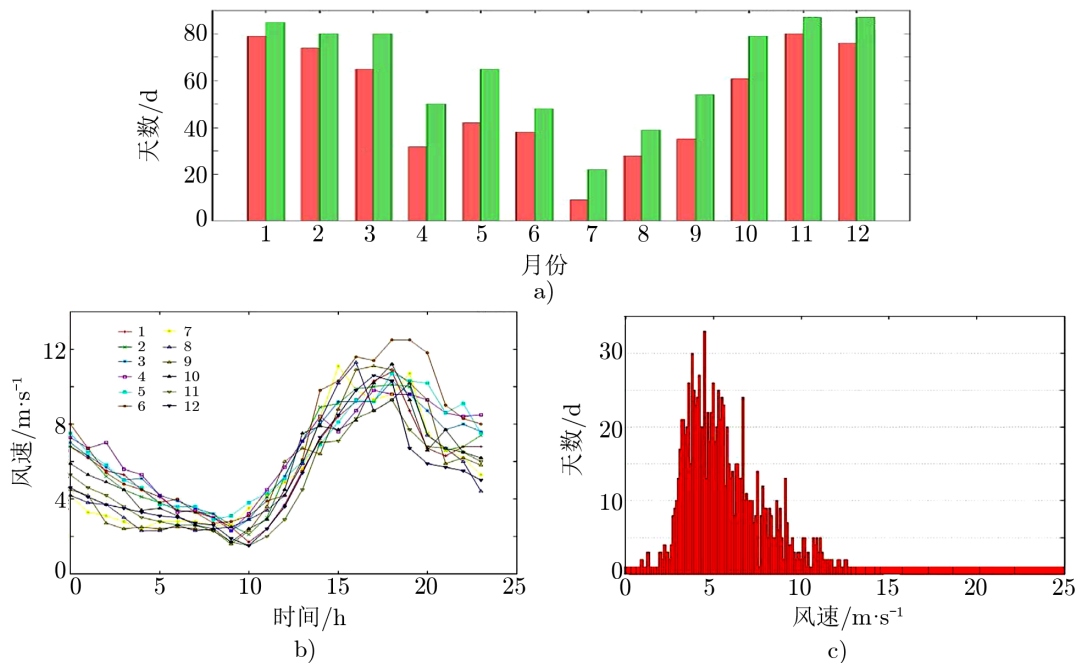


图3 a) 为 2012-01-01—2014-12-31 实际晴天数和观测天数的对比图 (红色为晴天数, 绿色为观测天数); b) 为 2012-01-01—2015-04-09 全天风速统计图; c) 为日平均风速频率分布图

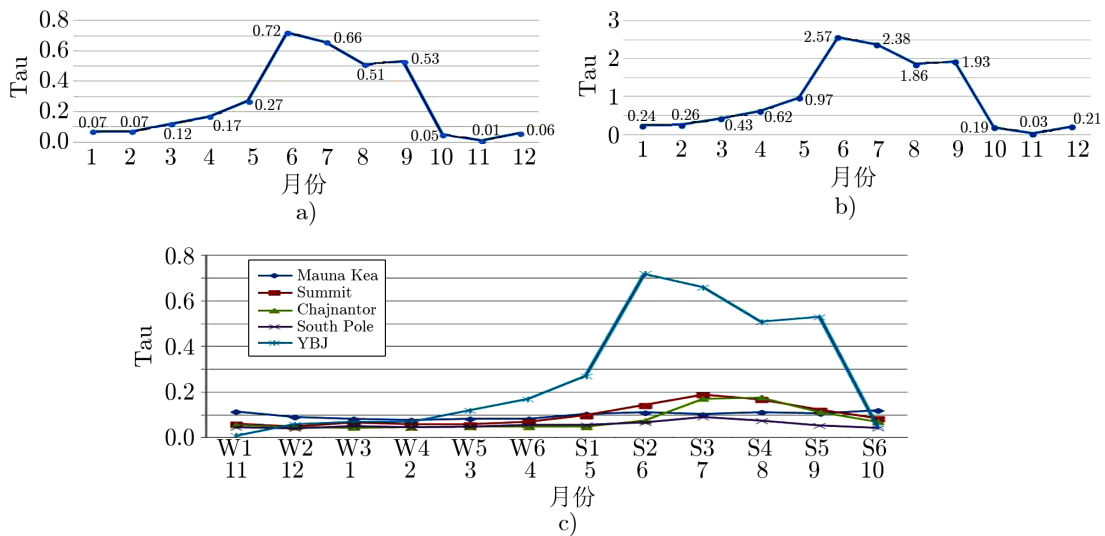


图4 a) 和 b) 分别为 225 GHz 和 340 GHz 大气不透明度的 2014 年全年分布图; c) 为 2014 年世界各观测站的 Tau 在 225 GHz 分布的对比图

4 总 结

羊八井是一个优秀的毫米/亚毫米波、射电、光学/红外和高能宇宙线观测的多波段台址,同时也是目前西藏已有较完整观测数据支持的最好的多波段台址。

参考文献:

- [1] Rose T, Crewell S, Loehnert U, et al. *Atmospheric Research*, 2005, 75, 183
- [2] Kerber F, Quere R R, Hanuschik R W, et al. *Proc SPIE*, 2010, 7733: 77331M-77331M-12
- [3] Otarola A, Travouillon T, Schoeck M, et al. *PASP*, 2010, 122: 470
- [4] Quere R R, Kerber F, LoCuro G, et al. *Proc SPIE*, 2010, 7733: 773349-773349-12
- [5] Chacon A, Cuevas O, Pozo D, et al. *Proc SPIE*, 2010, 7733: 77334K-77334K-12
- [6] Quere R R, Naylor D A, Kerber F. *PASP*, 2011, 123: 222

Astronomical Site Monitoring with Multiwavelengths at Yangbajing of Tibet

WANG Jun-jie, HE Li-ping, LV Jin-quan, LI Jian-bin,
XU Jin-long, XU Gang, LI Nan

(National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012)

Abstract: Yangbajing station of National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Science (NAOC) is located in Yangbajing of Tibet. This station was established on August 17, 2011. It is the first professional observatory operated by NAOC for science project in Tibet. It means that Tibet, which is the last place with possible good site for astronomical observation in northern hemisphere, has had its first observatory. We have already measured the PWV, atmospheric opacity, meteorological surrounding and the radio environment in Yangbajing. The result shows that it is a good multi-wavelength astronomical site and suitable for the large multi-wavelength telescope (or array).

Key words: astronomical site; multiwavelength; radio telescope