



UAT—2超声风速温度仪和 湍流专用局域网测量系统



中国科学院大气物理研究所

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences

电话: 010-62017734 联系人: 罗卫东

手机: 13501116305 Email: iap_blp@sina.com



一、前言

超声风速温度仪是一种用声学方法测量三维风速和温度脉动的仪器, 它的优良特性使其应用范围越来越宽, 已在诸多领域得到广泛的应用 (见封底)。

中国科学院大气物理研究所是国内唯一数十年坚持超声风速温度仪的研制、批量生产、并实施观测的单位, 超声风速仪已经在我国的北京 325 米气象塔长期连续观测, 并在西太平洋科学考察、北极科学考察、青藏高原地气交换观测、中国气象局沙尘暴监测系统、神州号飞船发射安全保证、以及航空气象保障、高速铁路安全规范制定和国家及地方的环保项目等获得广泛应用, 受到了使用者的好评。

二、“UAT—2 超声风速温度仪 (以下简称 UAT-2) 和湍流专用局域网测量系统” (以下简称系统) 是具有国际领先和国际先进亮点的创新测风系统:

1、具有国际先进水平的 UAT—2 超声风速温度仪

UAT—2 把当前先进的超声测风技术、传感器技术、电子技术、嵌入式计算机技术、专用芯片设计技术、通讯技术和网络技术紧密结合了起来, 并采用了多种国际标准、国家标准、专用标准提高了仪器的 QA/QC 水平, 实现了对三维风和温度脉动场随时间高速变化 (100Hz) 的精准测量。是我国唯一、设计和应用水平达到世界同类仪器先进水平的大气湍流测量仪器, 其采样频率可达 100Hz。

UAT—2 通过了国家气象计量站的风洞测试, 完成了与国外采样频率为 100Hz 最先进的超声风速温度仪—GILL R3 的对比实验, 并获国家实用新型专利证书, 发明专利在申请中。



2、具有国际领先水平的两个创新子系统

为了提高、拓展超声应用的广度和深度，系统充分考虑了多台 UAT-2 在高采样频率（100Hz）情况下联合观测的问题，为此 UAT-2 超声风速温度仪在国内外大气探测领域率先配备了两个专用创新子系统。

A、UAT-2 声阵倾角实时测量子系统，解决了长期困扰声阵在野外条件下，垂直度不能与超声实时同步测量的问题。



UAT-2 声阵倾角实时测量子系统

B、以 GPS 授时信号为时间基准的主从分布式局网子系统，可对分布在局网系统各个节点上的 UAT-2 实施实时、同步测量。保证分布在不同空间点的 UAT-2 采样的实时、同步，使测量数据在时间上可比。

正是上述两个创新子系统的采用才使分布在不同空间的 UAT-2 的测量数据具有空间和时间的可比性，大大提高了 UAT-2 超声风速温度仪的测量精度，拓展了其应用的广度和深度。

专家组鉴定认为：“UAT—2 超声风速温度仪和湍流专用局域网测量系统”的两大创新子系统处于国际领先水平。

三、UAT—2 超声风速温度仪和湍流专用局域网测量系统的技术指标

1、UAT—2 超声风速温度仪的主要技术指标

- *采 样 频 率： 10~100Hz，可由用户自行设置
- *风 速 范 围： 0—40M/S
- *风速分辨 率： 0.01M/S
- *精 度： <1%RMS
- *风 向 范 围： 0-359 度
- *风向分辨 率： 0.1 度
- *工 作 环 境： 温度： -30℃— +60℃，相对湿度： 5—100%
- *声阵倾角，实时监测（最高采样频率可达 100Hz）
- *多台 UAT-2 可以 GPS 为时基实时、同步组网观测
- *供 电 方 式： 交流电源： 220V； 直流： 9V-18V

2、湍流专用局域网测量系统

A、GPS 秒信号实时同步测量局网子系统的技术指标

- *网 络 类 型： 开放、主从分布式局域网
- *网 络 拓 扑： 总线结构
- *传输 波特率： 115.2Kb—375Kb/S
- *传 输 距 离： $\leq 400M$
- *误 码 率： $\leq 10^{-9}$
- *网络节点同步方式： 以 GPS 授时信号为时基
- *根据用户需求设定入网 UAT-2（节点）个数
- *数据采集的记录方式： 专用的实时同步记录仪、笔记本、台式机等

B、声阵垂直度实时测量子系统的技术指标

通过测量重力加速度在其敏感轴上的分量，解算出相对水平面的倾斜角度。

- *响 应 速 度： 最高 100Hz
- *测 量 范 围： ± 30 度
- *测 量 精 度： ≤ 0.05 度
- *工 作 电 压： 12V
- *工 作 电 流： $\leq 50mA$
- *工 作 环 境： -40 到 +70℃

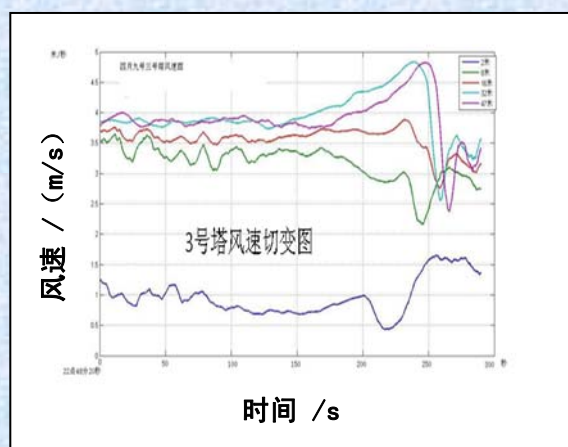
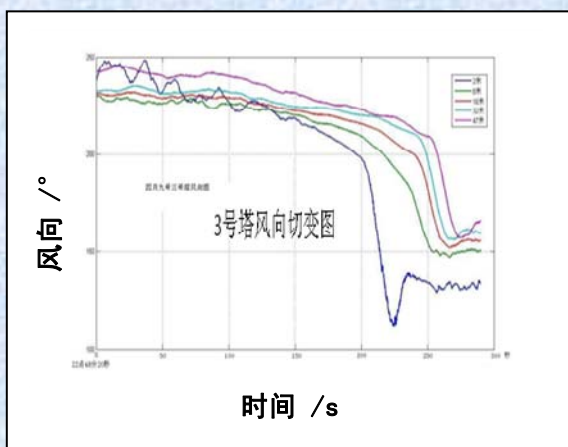
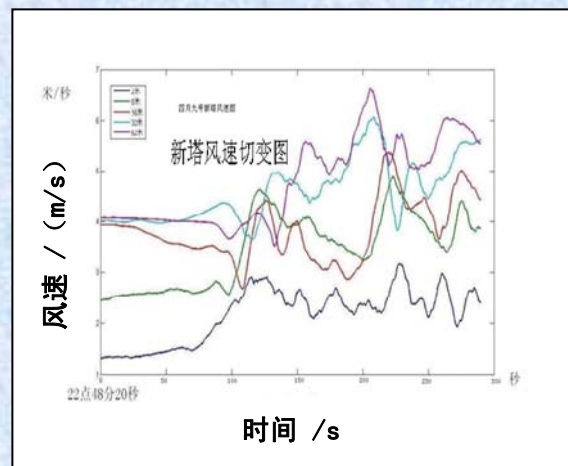
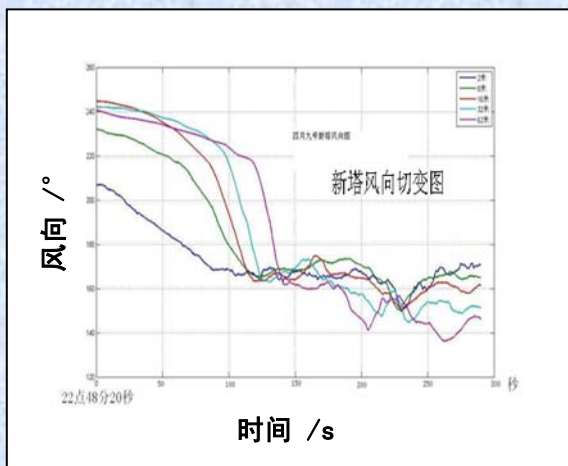
四、系统的实际应用

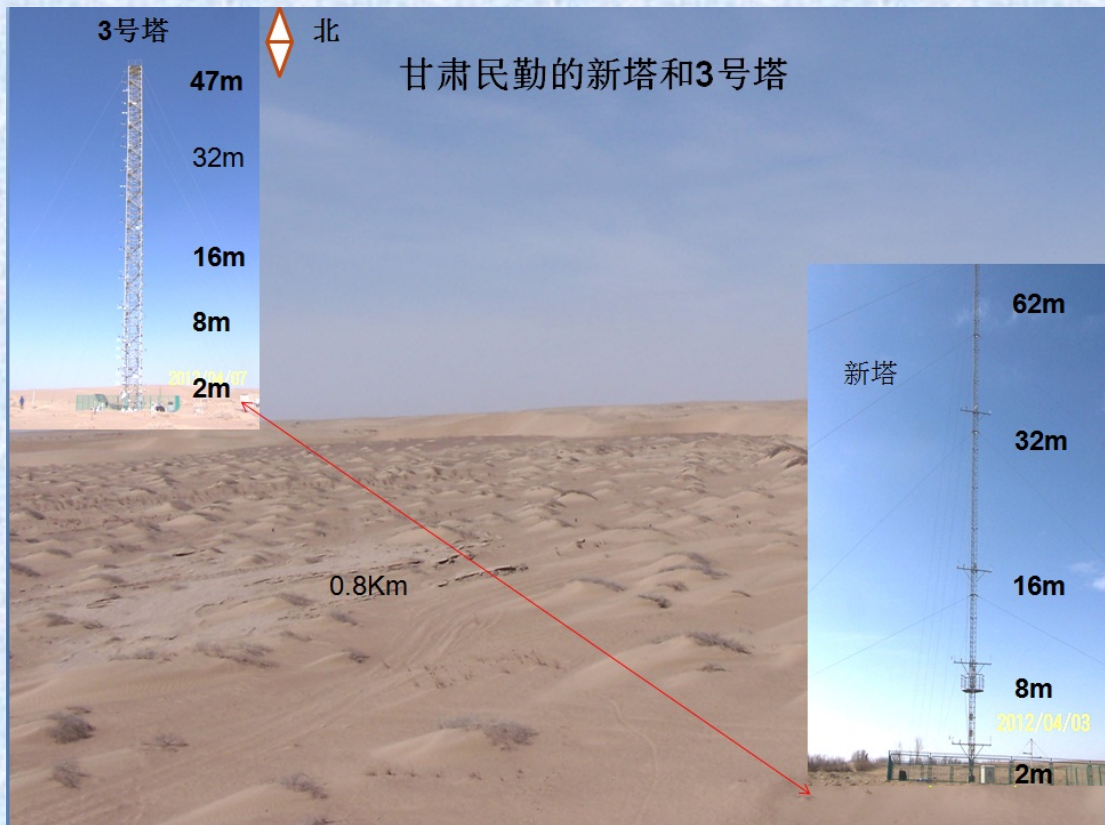
自 2011 年起,“UAT—2 超声风速温度仪和湍流专用局域网测量系统”先后在国家重点基础研究发展计划(以下简称 973 计划)项目中的民勤沙漠地区野外观测实验、海洋气象科学实验基地的近海观测平台和山东禹城植被下垫面动力粗糙度观测实验等中得到了应用,取得了优质有效数据和理想的科研效果。

特别值得指出的是,2012、2013 年连续两年已在 973 计划民勤沙漠实验中的三个铁塔上进行了共计五个月的综合观测,实现了特定区域(沙漠,沙漠和绿洲过渡带)多个、异地、专用局网中的 20 台 UAT-2 超声风速温度仪对大气湍流和近地层通量的实时、同步、高密度布阵的精细组网观测,获取了这一特定空间持续五个月的风、温脉动场梯度随时空变化的高达 200GB 的精准数据,这些数据详细地描述了民勤沙漠地区垂直梯度为 50 米、水平梯度为 3.2Km 的特定空间里风、温脉动场随时空变化的精细演变过程,这对区域大气湍流相关领域理论研究和实际应用具有重大的意义。

几个实例:

*一次风切变的精细演变过程





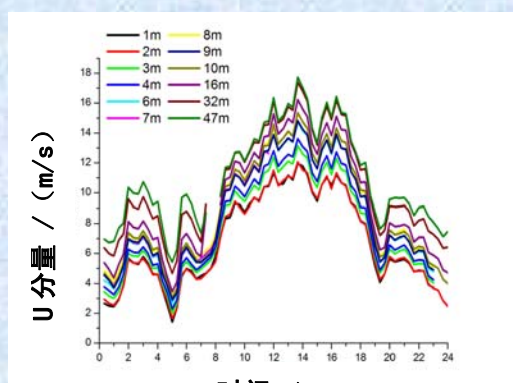
民勤 3 号塔座标为 ($102^{\circ} 55' 11''$ E, $38^{\circ} 37' 44''$ N) , 新塔位于 3 号塔东南方向, 两塔相距 800 米

上图是民勤新塔 GPS 实时、同步超声局域网 1 中五台 UAT-2 和民勤 3 号塔 GPS 实时、同步超声局域网 2 中另五台 UAT-2 于 2012 年 4 月 9 号先后捕获的一次风切变过程。由于 10 台 UAT-2 均装有倾角仪且由 GPS 授时信号实时同步, 所以它们之间有很好的空间和时间的关系, 所测数据可以描述任意同一时刻 (精确到 10ms) 10 个高度上的风速风向的精确变化。

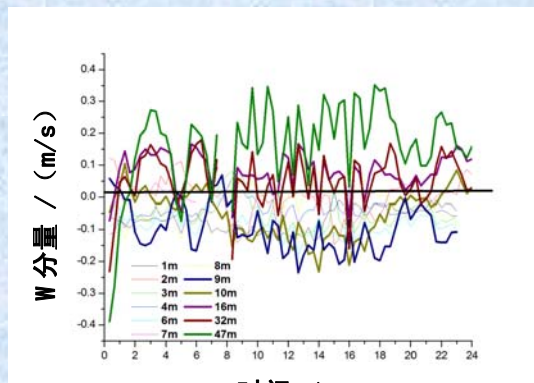
从图中可以看出:

- 1、两个塔上风切变 (含风速和风向切变) 在时空上的精细变化。
- 2、这一风切变从新塔到 3 号塔的演变过程。

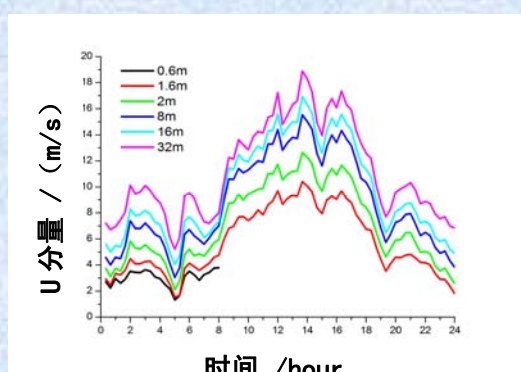
*10 台 UAT-2 在沙尘暴期间（24 小时）所测风的 U 分量和 W 分量的精细变化



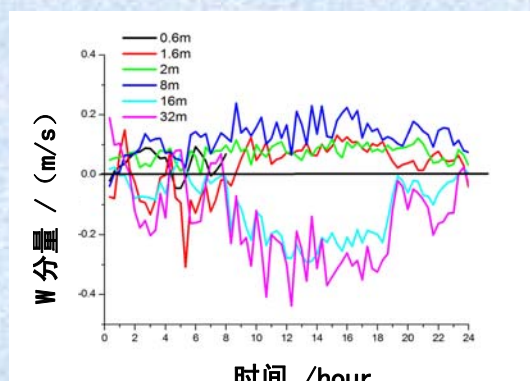
4 月 26 日沙尘暴期间 3 号塔
各层超声 U 分量



4 月 26 日沙尘暴期间 3 号塔
各层超声 W 分量



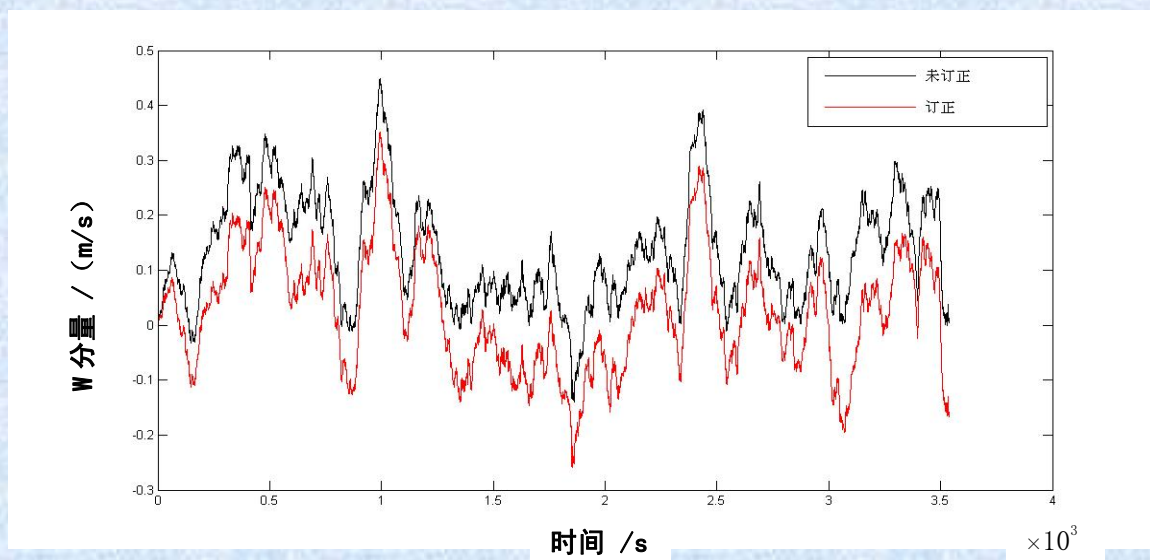
4 月 26 日沙尘暴期间新塔
各层超声 U 分量



4 月 26 日沙尘暴期间新塔
各层超声 W 分量

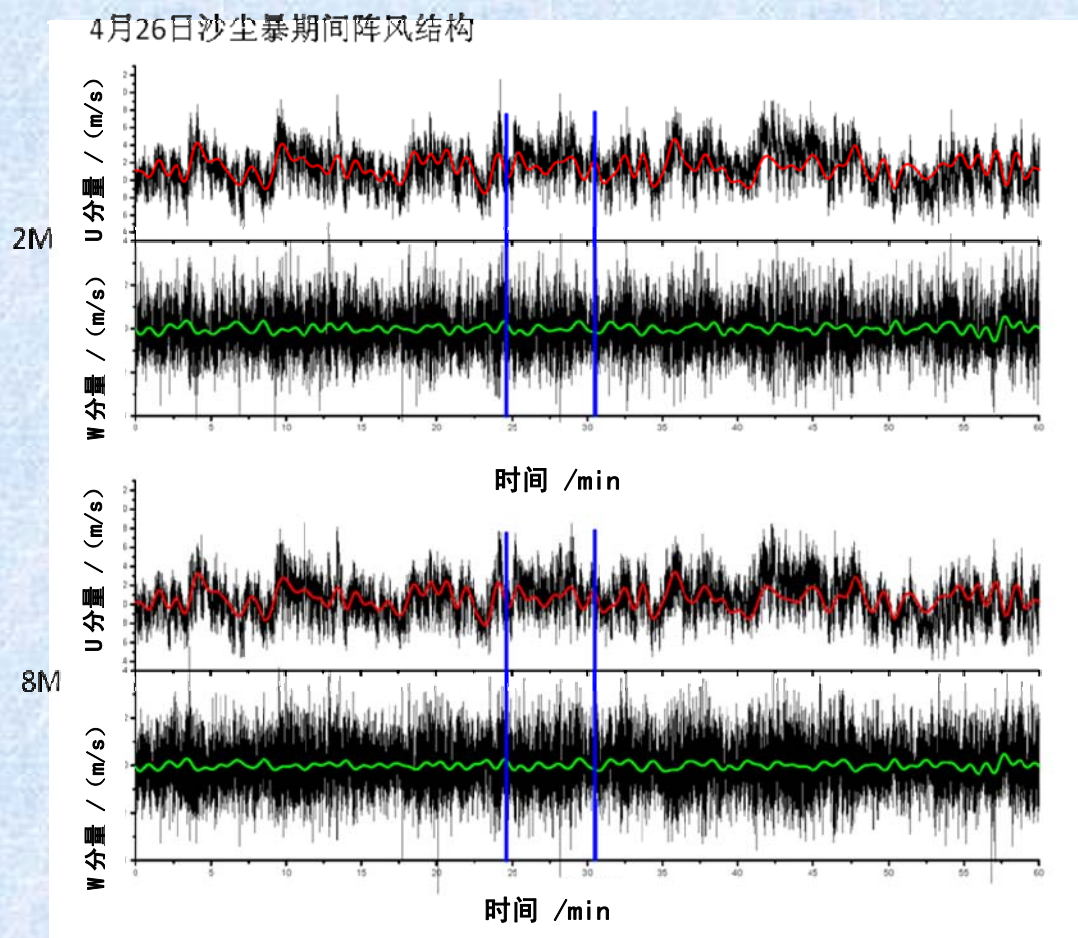
* UAT-2 声阵倾角实时测量子系统的应用，大大提高了垂直风速的测量精度。

2012 年 4 月 26 日 新塔 32 米 UAT-2 超声风速仪 W 分量订正曲线



从图中可以看出，经过倾角仪数据（100Hz）订正，可大大提高 W 分量的测量精度

*沙尘暴期间新塔 2 米和 8 米高度上 UAT-2 所测 U 和 W 风速的阵风结构



五、系统良好的广义可靠性

系统自始至终把广义可靠性（可靠、可维、可用）的设计放在首位，采取了多种避错、容错、纠错的措施，保证系统在现场的可维护性，提高系统的可用性。系统和系统中的 20 台 UAT-2 超声风速仪经历了沙漠、海洋恶劣环境（高温、低温、大风、沙尘、无地线、电源质量很差等）的考验，连续可靠地工作 150 多天，取得 200GB 质量良好的实时、同步的数据。

系统的实际应用证明：系统可在恶劣的野外环境中使用，抗干扰能力强，工作连续、稳定、可靠。系统可维护性效率高，保证了系统的可用性和数据的连续性。

六、系统的完全自主知识产权和国产化

“UAT—2 超声风速温度仪和湍流专用局域网测量系统”所有软、硬件以及系统接口具有完全的自主知识产权，且通用性和实用性强，已全部实现系统的国产化。

UAT—2 超声风速温度仪已具备批量生产、推广和应用的能力，完全可以替代同类进口产品，摆脱依赖进口国外产品的各种问题：如价格十分昂贵、后续购买易损件价格更贵、维修非常困难、需要产品经过报关送到国外才能维修、维修时间无法保证、以及付出大量金钱和时间被动地跟踪国外公司的产品更新换代，严重制约了超声风速温度仪的推广、应用。

七、自始至终的优良的服务

系统的开发团队既是系统的研发者，也是系统的使用者，能充分理解用户的需求，可为用户提供各种一条龙配套的服务：

- 1、根据用户需求，量身设计专用观测系统、观测方案和配套设施
- 2、为用户提供各种培训
- 3、数据处理：
 - A、原始数据的质量保证和质量控制
 - B、提供专用软件，利用已质控的数据，计算用户所需的各种大气参数并绘制相应图表
- 4、系统的扩展、升级和终身及时维护

系统备有通用接口，可扩性强、易升级，例如，系统已实现与 LI—7500 的互连，可完成水汽和二氧化碳的通量测量。

系统可获得及时的终身维护服务。



UAT-2 超声风速温度仪和 LI—7500 组成的涡度通量相关测量系统

八、中科院对本系统的科技成果鉴定

2012 年 10 月 24 日, 中国科学院在北京组织召开了“UAT—2 超声风速温度仪和湍流专用局域网测量系统”成果鉴定会。

会议邀请了中国环科院任阵海院士、中国气象局气象科学研究院徐祥德院士、中科院力学所李家春院士、兰州大学郑晓静院士、中科院资环局常旭研究员、南京大学蒋维楹教授、北京大学陈家宜教授和刘树华教授、北京师范大学戴永久教授和总装气象处何武贵处长共 10 位专家组成鉴定委员会。我国著名的大气科学家、中国科学院曾庆存院士和欧亚科学院院士洪钟祥作为特邀贵宾参加此次会议。专家组对该系统给予了高度评价。

鉴定委员会听取了研制技术总结报告、测试报告、科技查新报告、与国外同类仪器对比试验报告、国家气象计量站测试证书和用户使用情况报告, 并审查了相关资料。经充分讨论和质疑, 形成鉴定意见如下:

鉴定委员会一致同意通过“UAT—2 超声风速温度仪和湍流专用局域网测量系统”成果鉴定, 认为该系统国内唯一、整体水平已达到国际先进水平, 尤其是在组网同步观测和垂直度实时高频测量、广义可靠性等方面实现了技术上的重大创新和突破, 并达到了国际领先水平。



成果鉴定委员会的嘉宾合影

UAT-2超声风速温度仪的应用领域

大气和环境科学—
如湍流和
通量测量



军事—气
象保障、
提高战斗
力

航空、航
天—风切
变预警



风能—风
场优化利
用

极地、海洋
、沙漠—极
端气象条件
测量



高速铁路
高速列车
—如候车
安全距离

桥梁—结
构抗风优
化



体育—与
风速有关
的记录认
定

核电、化
工—污染
控制与对
策



隧道—通
风与流量
控制