

第十六届中美碳联盟(USCCC)年会

The 16<sup>th</sup> China-US Carbon Consortium Annual Workshop

# 生态气象仪器的野外现场标定

北京华益瑞科技有限公司

2019-07-25

[www.truwel.com](http://www.truwel.com)



# 北京华益瑞科技有限公司

- 成立于2007年，现有员工60+人；
- 西安技术服务中心，现有野外售后安装服务工程师30+人；
- 服务领域涉及气象、水文、环保、科研、农业、能源、国防等各行业；
- 公司持续推行现代化管理，已通过ISO9001国际质量管理体系
- 公司是国家高新技术企业，拥有多项发明专利和自主研发的产品和系统。

**公司使命：** 运用现代科技，创新科学实验

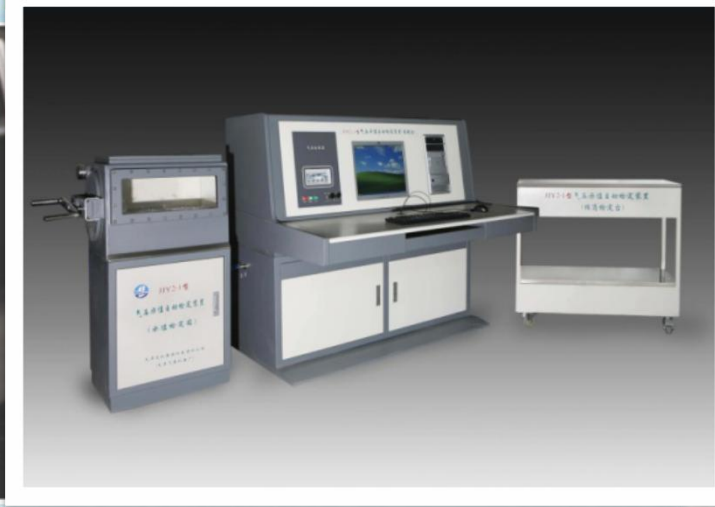
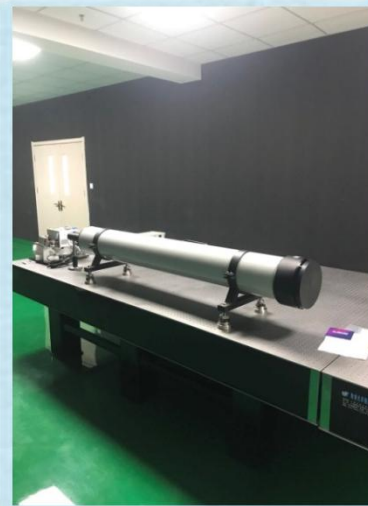
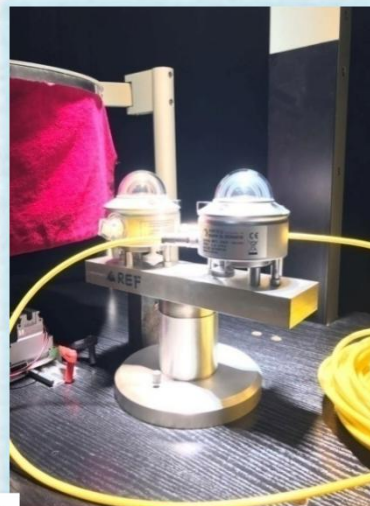
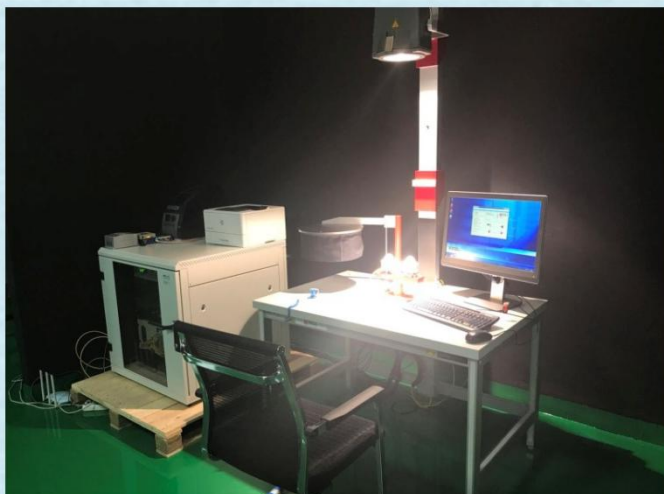
**公司愿景：** 成为最懂科研试验的服务者

**价值观：** 细致用心，做学习型组织，坚持长期主义

# 概要

- 地面气象规范中的检定周期及要求
- 野外检定的几种方法
- 移动校准维修维护系统
- 野外准确度验证的几种方法
- 能量平衡系统野外标定与梯度系统的平行对比

## 计量设备与检测环境



# 观测手册与观测规范

## 中国气象局规范

地面气象观测规范 (WMO)

中国气象局近地层通量观测规范 (参与编写)

基准辐射站观测规范

## 中国生态系统研究网络(CERN)长期观测规范

共5册 (大气 (提供资料), 土壤 (提供资料), 水, 生物等)

## 中国林业生态系统研究网络(CFERN) :

湿地生态系统定位观测指标体系(LY/T 1707-2007)

荒漠生态系统观测研究站建设规范(LY/T 1753-2008)

附件 2:



# 中国气象局部门计量检定规程

JJG (气象) 002-2011

---

## 自动气象站温度传感器

**Temperature Sensor of Automatic Meteorological Station**

2011-06-13 发布 2011-10-01 实施

---

中国气象局 发布

# 检定周期

- 风速风向传感器的检定周期一般为2年。
- 降水温度传感器的检定周期一般为2年。
- 湿度传感器的检定周期一般为1年
- 气压传感器的检定周期一般为2年
- 但有以下情况之一时须提前送检。
  - 1) 自动气象站数据采集器经过维修或更换后。
  - 2) 当发现温度测量值出现异常时

# 数据采集器的检定

- 全部数字化的站点不需要检定
- 带有模拟量采集的站点需要检定
- 根据厂家的要求。进行检定
- 也可以到计量检定机构检定



# 概要

- 地面气象规范中的检定周期及要求
- 野外检定的几种方法**
- 移动校准维修维护系统
- 野外准确度验证的几种方法

# 野外观测现场计量检定设备

## TRU-W型起动风速校验仪

校验范围	0m/s ~ 10.0m/s
风速分辨率	0.04m/s
最大允许误差	±0.05m/s
使用环境要求	温度0~40℃；相对湿度≤85%
电源	AC220V±10% 50HZ 最大功率60W
通讯	支持数字串口通讯，并提供通讯协议

TRU-W型起动风速校验仪由小型风速发生器、叶轮风速计组成，用于检测杯式风速传感器起动特性和风速特性。



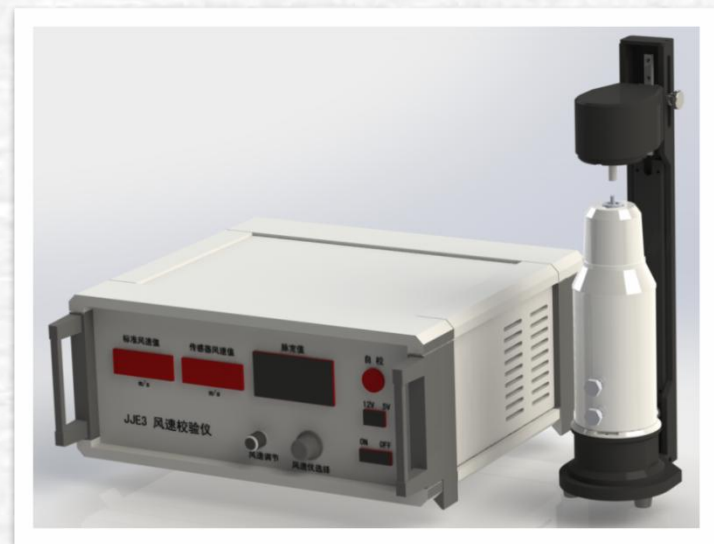
# 风速仪的现场检定

- 标定和校准设备，一个转速和频率的验证
- 不同于风洞的实验，传感器的自检。



## TRU-WS型风速校验仪

工作温度	-20 ~ 60℃
工作湿度	10 ~ 90%RH
风速检测范围	( 0.3-40 ) m/s
风速分辨率	0.1m/s
最大允许误差	$\pm ( 0.2\text{m/s} \pm 0.02\text{V} )$
供电方式	市电\锂电池供电
通讯方式	有线RS232、无线WIFI
待机时间	电池供电满载运行不小于4h
功耗	<10W



## TRU-158型便携式恒温槽

调节范围	-22 ~ 155°C
温场稳定性	±0.01°C/5min
温场均匀性	±0.015°C (液槽) ; ±0.025°C (干体)
降温时间	80→0°C ≤ 50分钟; 0→-22°C ≤ 55分钟
升温时间	-20→80°C ≤ 40分钟



# 温度多点标定恒温水槽

- 可以恒定的维持在 $-50 \sim +80^{\circ}\text{C}$ 的液态环境，多用酒精为液态混合物
- 内置一个标准温度传感器（可以定期去省气象局国家气象局检定传递）
- 用于温度传感器（包含土壤温度空气温度）的多点宽范围的检定



## DewCS型露点仪

露点测量范围	-40°C ~ 50°C
测量项目	露点·霜点(°C)
露点温度最大允许误差	±0.15°C
样气温度测量范围	-50°C ~ 100°C
取样方式	配有相应抽气泵及采样管
再现性	±0.1°C
温度测量最大允许误差	±0.1°C
气体流量	0.5 ~ 2.5L/min
应答性	1.5°C/sec
温度(选件)	Pt100Ω 4线式
压力(选件)	4-20mA 连接2线式压力传感器
系统精度	±0.15°C
干球温度(°C);绝对压力(kPa);相对湿度(%);水分率 ( PPMv、PPMw ) ;绝对湿度 g/m <sup>3</sup>	



## TRU-H型便携式湿度发生器

范围	5 ~ 95% RH
稳定性	±0.5%
均匀性	±0.5%
稳定时间	<5分钟从 10% RH到完全稳定
显示分辨率	0.1
电池	1500 mAh
供电电压	24 V DC
环境温度	+5 ~ +40°C





# 便携式自动标准压力发生器



名称	技术指标
压力测量范围	300hPa~1200hPa (绝压)
压力准确度等级	0.01 级 ( $\pm 0.01\%F.S$ )
压力测量分辨率	0.001hPa
压力控制范围	300hPa~1200hPa (绝压)
压力控制稳定度	0.002%F.S ( $\pm 0.02hPa$ )
电池供电	DC15V
工作温度	0°C~40°C
储存温度	-10°C~50°C
校准温度	20°C $\pm$ 5°C
通讯接口	RS232, LAN, USB
气密性	保持 5min, 压力下降小于 1hPa/min
电流测量准确度	0.02%RDG $\pm$ 0.003%F.S
电压测量准确度	0.02%RDG $\pm$ 0.003%F.S

# 概要

- 地面气象规范中的检定周期及要求
- 野外检定的几种方法
- 移动校准维修维护系统**
- 野外准确度验证的几种方法

# 野外气象观测移动校准维修系统



移动计量业务管理软件

移动载体



主控单元



分控器



采集器现场校准设备



温度  
计量核查设备



湿度  
计量核查设备



气压  
计量核查设备



风  
计量核查设备



雨量  
计量校准设备



# 概要

- 地面气象规范中的检定周期及要求
- 野外检定的几种方法
- 移动校准维修维护系统
- 野外准确度验证的几种方法**

# 关于仪器的现场检定

- ❖ 短时间野外仪器的现场检定只是一个比对过程，因其日的变化达不到年变化量的范围，所以野外比对只能看到传感器在某一个很窄的范围内准确度。即便这样，也可以很好的得到仪器的工作状态
- ❖ 室内计量检定是对传感器全量程的一个检定，所以室内计量检定在传感器使用达到一定年限后是有必要的，中国气象局的业务台站是每年一次，科研机构没有统一标准，厂家的建议是3年一次。
- ❖ 另外数据采集器也是需要对其进行定期检定的，在数据采集器使用一定年限后元器件的老化会引起一定量的测量误差。
- ❖ 是否建立一个标校站？选择最高精度的传感器

# 现场雨雪量计的检定

- 使用标准的量筒，
- 或者标准质量的砝码，
- 无法实现不同雨强的检定。



# 雨雪量计维护

- 蓝色桶内加入三分之一的防冻液（-40度，根据地区不同可选择不同规格），加入200毫升的防冻机油（-40度，根据地区不同可选择不同规格）
- 维护：冬天每个季度要进行防冻液和防冻机油的更换，如降雪量比较大时要缩短更换的时间



# 风挡的作用

- 减少风的扰动
- 几种安装方法





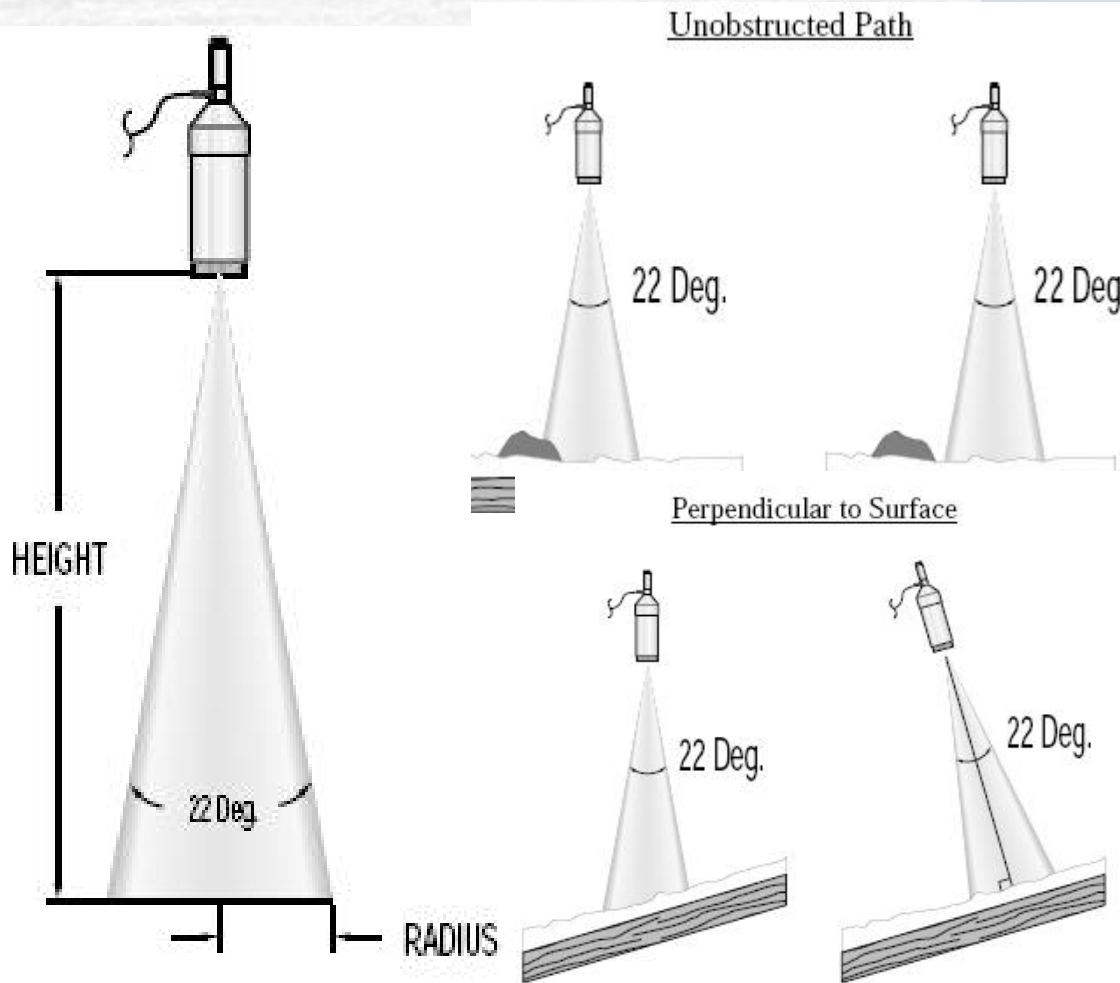
# 常规维护内容

- 辐射传感器表面的清洁与水平检查，每次巡视必做
- 空气温湿度滤网的清洁，冰冻圈每1年以上，
- 雨雪量计内部容器是否已满  
每次巡视必做
- 雪特性仪器的清洁
- 仪器支架的稳固性
- 太阳能板的表面清洁



# 雪深的检定

## 直尺测量法



# 空气温湿度现场的对比验证

- 可以采用对比法，在同一个环境下，一个百叶箱内
- 温度的对比验证很可靠
- 湿度在现场还难以检定
- 如果是纯温度传感器，可以采用水浴平行对比



# 土壤水分的标定

- 一个耗时的过程
- 采用烘干法获得真实含水量



# 概要

- 地面气象规范中的检定周期及要求
- 野外检定的几种方法
- 移动校准维修维护系统
- 野外准确度验证的几种方法
- 能量平衡系统野外标定与梯度系统的平行对比**

# Rn=H+LE+G

综合数据查看

梯度廓线

风温湿数据

土壤数据与辐射数据

## 近地层通量自动观测系统 北京华益瑞科技有限公司



# 红外气体分析仪的野外标定

- 携带标准水汽发生器及标准浓度标准气
  - 现场操作，或者在现场的室内实验室
- 中科院野外协调观测现场标定



# 研究极长波表及副基准总表

## 4个高级表组成的最高精度净辐射

- ☛ 通榆能量平衡净辐射
- ☛ 阿里能量平衡净辐射
- ☛ 温江能量平衡净辐射
- ☛ 曲麻莱能量平衡净辐射
- ☛ 理塘能量平衡净辐射
- ☛ CNR4是2级表(2个cmp3+2个cg3)好于NRLITE/Q7-1
- ☛ WRO/WMO标准:
  - 短波:副基准 (SMP21, CMP11), 一级表(SMP6B), 二级表(SMP3/CMP3)
  - 长波:研究级 (SGR4/CGR4), 普通级别(CGR3)





# 总辐射表的校准

## 《地面基准辐射站观测规范》

- 总辐射表的校准程序的核心是成分和法，即水平面上的总辐照度等于其上的直接辐照度与散射辐照度之和。该方法被公认为是解决总辐射表在所处的气候状况下的最佳校准方法。该方法的简要步骤如下：
  - （1）需要型号相同的总辐射表。
  - （2）一台仪器用作总辐射表，另一台安装在一旁被遮荫作为散射辐射表。必须注意，要保证遮光片所遮蔽的面积应与测量直接辐射的腔体辐射表（或工作直接辐射表）的视场角相匹配。
  - （3）在晴天时用两台总辐射表轮流观测总辐射和散射辐射。
  - （4）根据仪器交换前后各数日的观测数据建立起的一系列联立等式，计算两个总辐射表的灵敏度。

# 地球辐射表的校准

## 《地面基准辐射站观测规范》

- 目前校准地球辐射表的方法，大多数均采用将斯梯芬-玻尔兹曼定律用于黑体校准源的方法来完成。因此，为了减少在不同国家使用不同校准方法所造成的整体不确定度，目前采用Philipona等提出的方法，在世界辐射中心或其它授权中心进行地球辐射表的直接校准。虽然迄今仍无一个公认的绝对校准方法，上述方法通过改变地球辐射表体温和罩温以及辐射黑体的温度，可以达到减少测量不确定度的目的。取相对于地球辐射表最终使用地点年均温度变化的3种温度，在这种方式下，每台仪器都是相对于特定辐射状况校准的。
- 为了维持地球辐射表测量结果的溯源性，制定了下列工作程序：

- (1) 每个基准辐射站至少保有 3 台经 **WRC** 校准过的地球辐射表。其中 1 台公开称为站上的“标准仪器”，并仅仅在比对期间使用。另外的 2 台则作为现场工作仪器。在站上配置的两台仪器应立即进行初始比对，以便确定仪器各自的热敏电阻和热电堆之间的关系。
- (2) 没有明显季节差异的地方至少每 4 个月与“标准仪器”进行一次比对，如果观测点有明显的季节差异，则每个季度进行一次。**比对期间，现场工作仪器无需中断正常观测。**
- (3) 仪器比对时，应尽可能地使用同样的跟踪遮荫装置和数据采集系统，以减少系统偏差。仪器的通风装置也必须相同。
- (4) 比对期间，应执行站点正常的采样程序。
- (5) 比对至少应进行 2 天，至多不超过 5 天。收集的数据应符合该时期辐照度的典型范围，并且应当是在几种非降水天气条件下昼夜采集到的。
- (6) 比对期间连续采集的数据中，只有稳态条件下的数据才可用于比对。这些时段的定义可能有些武断，具体地讲就是要求在此时段内热电堆和热敏电阻信号的标准差小于各自平均信号大小的 0.25%。

(7) 应仔细进行分析，以确定在下列各项中是否存在任何变化：

- ① “标准仪器”热敏电阻与现场工作仪器热敏电阻(罩和仪器体)的比值。
- ② “标准仪器”热电堆输出和现场工作仪器热电堆输出的比值。
- ③ “标准仪器”计算辐照度和现场工作仪器计算辐照度的比值。

注：对典型的辐照度来说，仪器体温度占等温条件下晴天信号的 75%-100%。地球辐射表用的是 YSI44031 型号热敏电阻。厂家说明这种热敏电阻在 0°C~70°C 之间有±0.1°C 可互换性，并且在 25°C 时的额定电阻值为 10KΩ。从电阻到温度的转化可根据 Steinhart-Hart 公式：

$$T^{-1} = a + b(\ln R) + c(\ln R)^3$$

此处  $T$  为开氏温度(K)， $R$  为电阻(Ω)。

对于 YSI44031 热敏电阻的系数为： $a=0.0010295$ ， $b=0.0002391$ ， $c=1.568e-7$ 。

在 -60°C~+50°C 温度范围内，使用上述系数计算的温度和测量的温度之间相差不超过 0.02°C。

# HFP01-SC自标定土壤热通量传感器系统

- HFP01SC 自标定热通量板是一种革命性的探头，提供测量精度和质量更高的保证。在线标定 (Van den Bos-Hoeksema 方法)自动修正由于探头和介质间热导率的不完好匹配、温度依存度和不好的探头稳定性造成的误差。同时，通过检查测量的整个过程即便在粗略的实验中亦能提供出色的质量保证。

- 技术性能参数

- 灵敏度: 50  $\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

- 电阻 (额定): 2 W

- 温度范围:  $-30\text{---}70^{\circ}\text{C}$

- 预期精度:  $\pm 3\%$

- 薄层加热器性能

- 电阻 (额定): 100 W

- 电压 输入/输出: 9—15 VDC/ 0—2VDC

- 标定持续时间:  $\pm 4$  分钟 1.5 W

- 平均电量消耗: 0.05 W



# HMP155A 平行比对



# WindObserve二维风平行比对











请批评指正  
谢谢!

[yao@truwel.com](mailto:yao@truwel.com)