



中国通量观测研究联盟
ChinaFLUX

LI-COR

三维超声风速风向传感器的设计、工 作原理及日常安装使用维护





主要内容



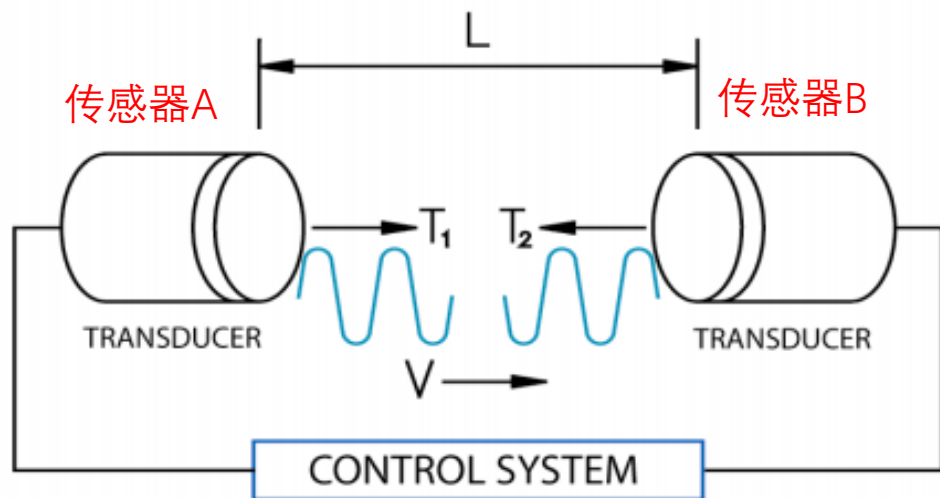
中国通量观测研究联盟
ChinaFLUX

- 1 三维超声风速仪基本测量原理简介
- 2 三维超声风速仪简介
 - 单路径测量全向超声风速仪
 - 单路径测量C型超声风速仪
 - 多路径测量超声风速仪
- 3 三维超声风速仪的日常安装使用维护



LI-COR

1 三维超声风速仪基本测量原理



超声风速 (C) 和空气温度和空气湿度相关, 存在以下关系

$$c^2 = \gamma_d R_d T_s \quad T_s = \frac{c^2}{\gamma_d R_d} - 273.15$$

L : 传感器之间的距离

C : 超声风速

T_1 : 超声信号从传感器A到B时间

T_2 : 超声信号从传感器B到A时间

γ_d : 恒容、恒压下湿空气的比热比 (the ratio of specific heat of moist air at constant pressure to that at constant volume), 1.4

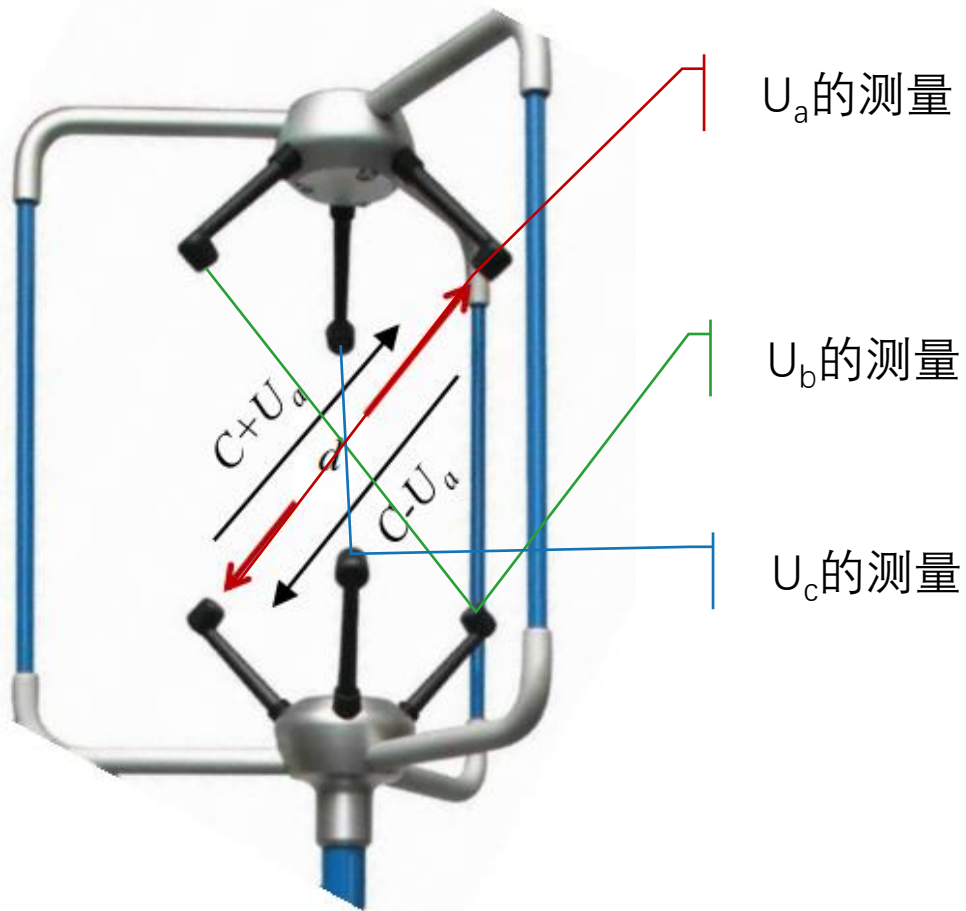
R_d : 气体常数 (干空气), $287.04 \text{ JK}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

$$T_2 = \frac{L}{C - V} \quad T_1 = \frac{L}{C + V}$$

$$C - V = \frac{L}{T_2} \quad C + V = \frac{L}{T_1}$$

$$V = \frac{L}{2} \left\{ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right\} \quad C = \frac{L}{2} \left\{ \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right\}$$

1 三维超声风速仪基本测量原理

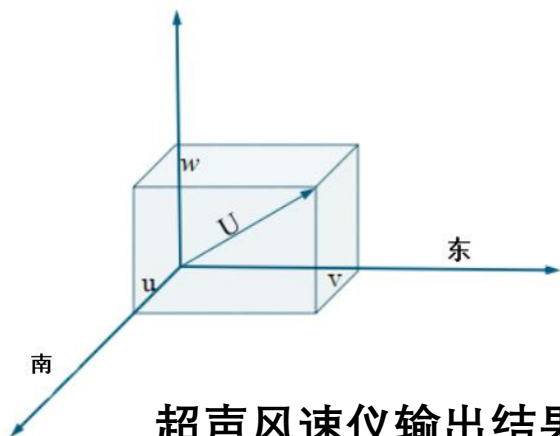


通过矩阵变换，变换到水平方向和垂直方向风速

$$\begin{bmatrix} U_x \\ U_y \\ U_z \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix}$$

1 三维超声风速仪基本测量原理

转换后的直角坐标系示意



超声风速仪输出结果

- 水平风速u, 南为正
- 水平风速v, 东为正
- 垂直风速w, 向上为正
- 超声温度Ts
- 超声仪器诊断值Diagnostic Value
- 间接: 风向

U	V	W	TS	SOS	AnemDiag
1.176	0.496	0.26	15.2	340.404	0
1.146	0.362	-0.581	15.91	340.823	0
-1.242	-5.3	0.667	21.47	344.085	0

关于几个温度的关系说明

$$T_v = T(K) \times (1 + 0.61q)$$

$$T_s = T(K) \times (1 + 0.51q)$$

T_v : 虚温

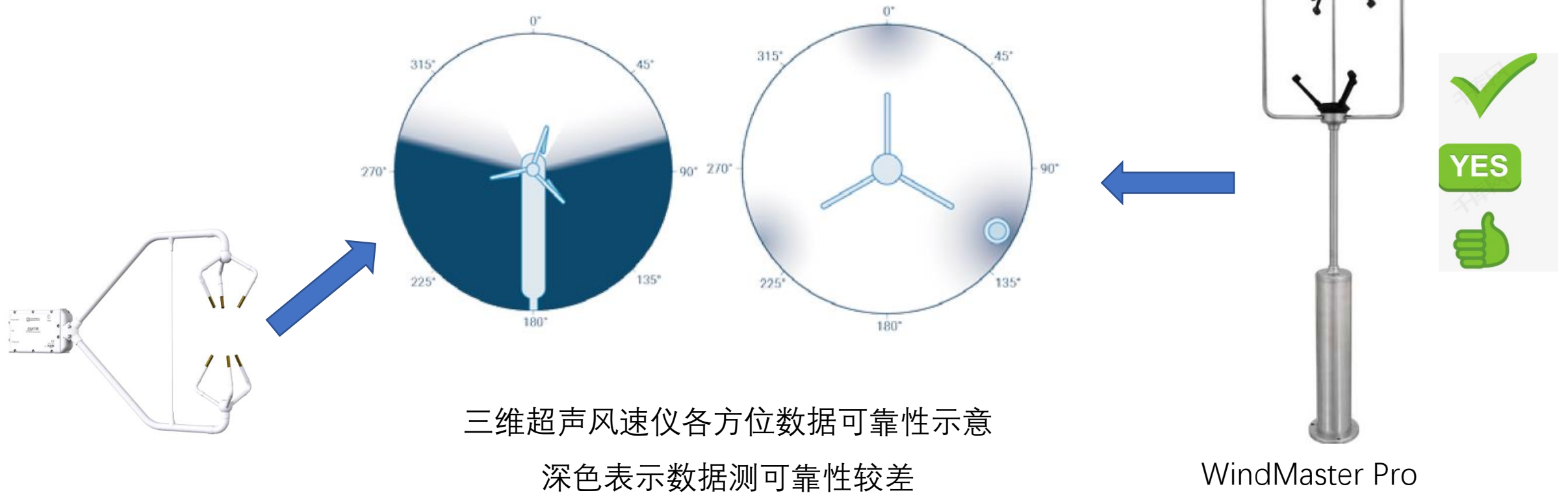
T_s : 超声温度

T : 空气温度

q : 比湿, g H₂O/g 干空气

1 三维超声风速仪基本测量原理

三维超声风速仪：全向型？C型？





2 三维超声风速仪简介

➤ 单路径测量全向超声风速仪



中国通量观测研究联盟
ChinaFLUX



型号	Windmaster	WindmasterPro	R3-50	R3-100
风速范围	0-50 m/s	0-65 m/s	0-45 m/s	0-45 m/s
风速精度	<1.5% RMS (@ 12m/s) <1.0% RMS (@ 12m/s(可选))	<1.5% RMS (@ 12m/s) <1.0% RMS @ 12m/s (可选)	<1.0%RMS (@12m/s)	<1%RMS (@ 12m/s)
风向范围	0-359°	0-359°	0-359°	0-359°
风向精度	2°(@ 12m/s) 0.5° (@ 12m/s(可选))	2°(@ 12m/s) 0.5° (@ 12m/s(可选))	<±1.0° RMS	<±1.0° RMS
测量频率	20Hz (32Hz可选)	32Hz	50Hz	100Hz



2 三维超声风速仪简介

➤ 单路径测量C型超声风速仪



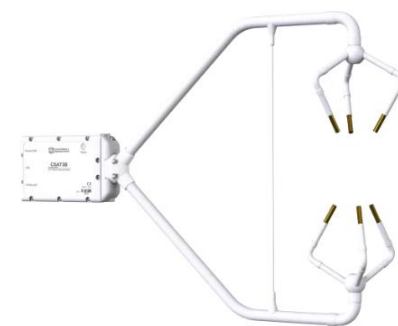
中国通量观测研究联盟

ChinaFLUX

型号	HS-50	HS-100	CSAT3A	CSAT3B
风速范围	0 - 45 m/s	0-45m/s	0 - 65 m s ⁻¹	0- 65 m s ⁻¹
风速精度	<1% RMS	<1.0% RMS	+/-2%-6% (<30m/s)	+/-2%-6% (<30m/s)
风向范围	0-359°	0-359°	-	2.5 - 357.5°
风向精度	<±1° RMS	<±1.0° RMS	+/-0.7° (@1m/s)	
测量频率	50Hz	100Hz	20Hz	100Hz



HS-50
HS-100

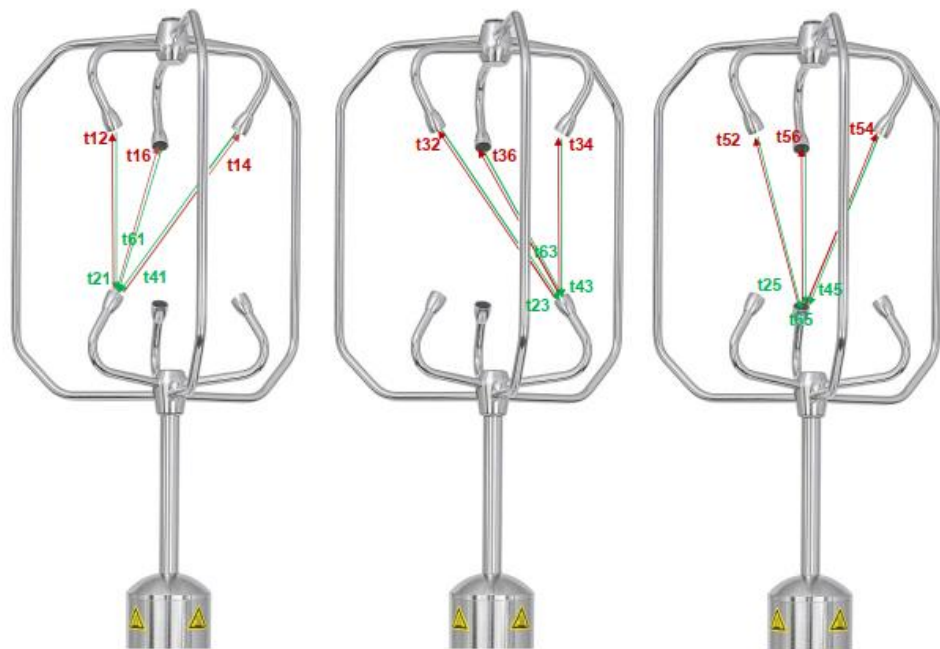


CSAT3B

LI-COR

2 三维超声风速仪简介

➤ 多路径测量超声风速仪



uSonic-3 Cage

每次完整测量周期包含了18个路径的测量

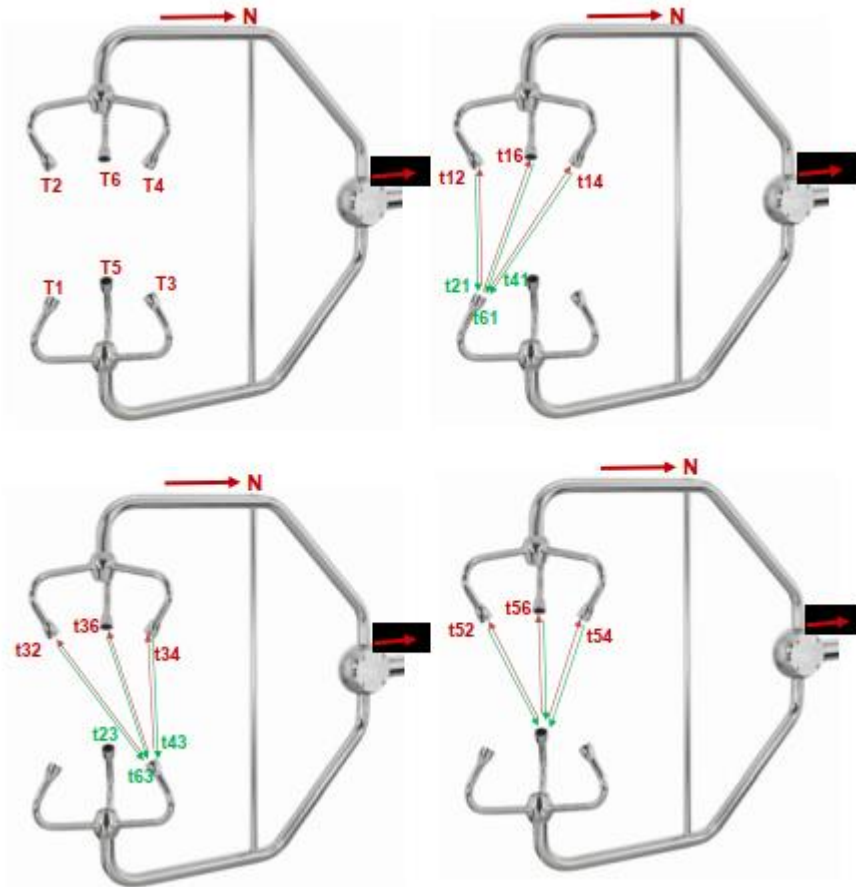
输出:

- 6个水平风速
- 3个垂直风速
- 9个超声温度 (6个水平, 3个垂直)

involved transducers	radial wind component (orientation / name)	radial temperature	path length P_i	nominal value of P_i	unit vector \vec{e}_i	nominal value of $e_{i,1}$	nominal value of $e_{i,2}$	nominal value of $e_{i,3}$
T1 and T2*	$R_{1 \rightarrow 2}$ R_1	T_1	P_1	130.9	\vec{e}_1	0	0	1
T1 and T4	$R_{1 \rightarrow 4}$ R_2	T_2	P_2	163.5	\vec{e}_2	0.299	0.518	0.802
T1 and T6	$R_{1 \rightarrow 6}$ R_3	T_3	P_3	163.5	\vec{e}_3	-0.299	0.518	0.802
T3 and T2	$R_{3 \rightarrow 2}$ R_4	T_4	P_4	163.5	\vec{e}_4	-0.299	-0.518	0.802
T3 and T4*	$R_{3 \rightarrow 4}$ R_5	T_5	P_5	130.9	\vec{e}_5	0	0	1
T3 and T6	$R_{3 \rightarrow 6}$ R_6	T_6	P_6	163.5	\vec{e}_6	-0.598	0	0.802
T5 and T2	$R_{5 \rightarrow 2}$ R_7	T_7	P_7	163.5	\vec{e}_7	0.299	-0.518	0.802
T5 and T4	$R_{5 \rightarrow 4}$ R_8	T_8	P_8	163.5	\vec{e}_8	0.598	0	0.802
T5 and T6*	$R_{5 \rightarrow 6}$ R_9	T_9	P_9	130.9	\vec{e}_9	0	0	1

2 三维超声风速仪简介

➤ 多路径测量超声风速仪



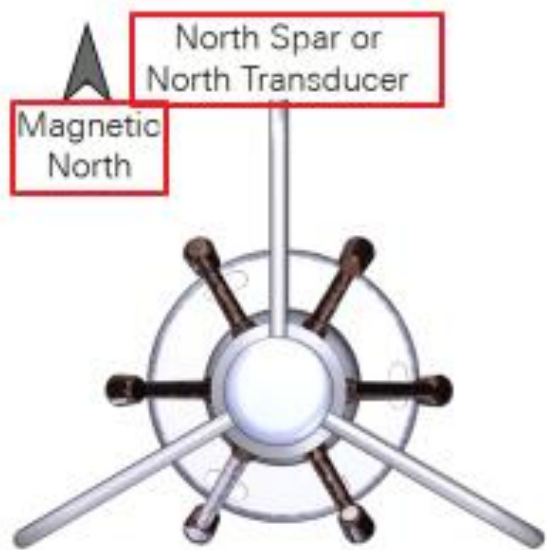
uSonic-3 Class-A

Metek多路径测量三维超声风速仪

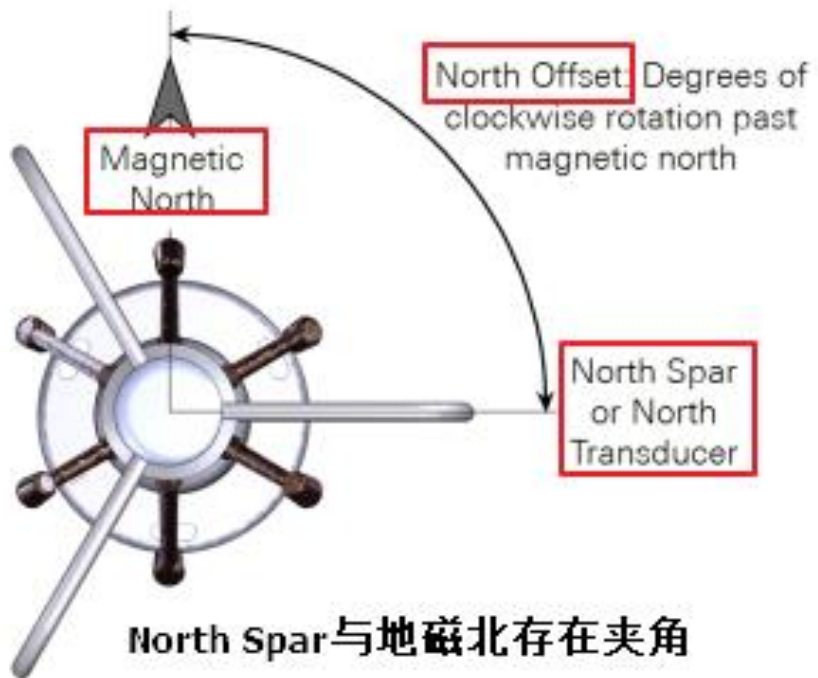
- 即使某一个探头故障或污染，仍可正常工作。
- 修正了阴影效应。
- 修正了尾流效应。
- 加热功能

型号	Cage	Class A
风速范围	0 - 40 m/s	0-40m/s
风速精度	+/- 1%-2% (@5m/s)	+/- 1%-2% (@5m/s)
风向范围	0-360°	+/- 170°
风向精度	±1° (@5m/s)	±1° (@5m/s)
测量频率	30Hz	30Hz

3 三维超声风速仪的日常安装 使用维护



North Spar指向地磁北



North Spar与地磁北存在夹角

安装注意事项

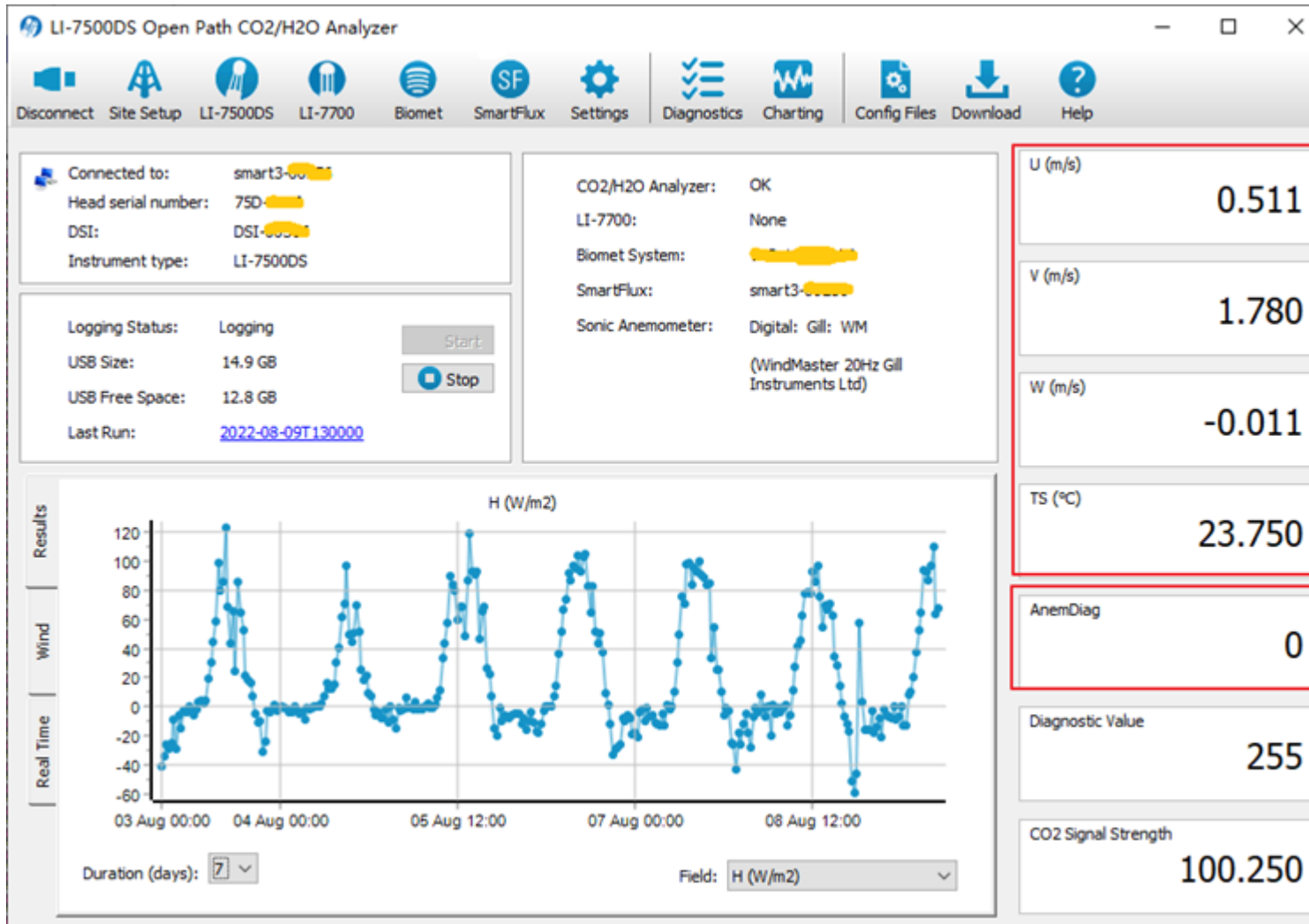
- 安装时尽量水平。
- 朝向主风向，保证测量准确。
- 如果North Spar与地磁北存在夹角，注意记录角度并输入到软件中



3 三维超声风速仪的日常安装 使用维护



中国通量观测研究联盟
ChinaFLUX



超声风速仪数据判断

(数字输入)

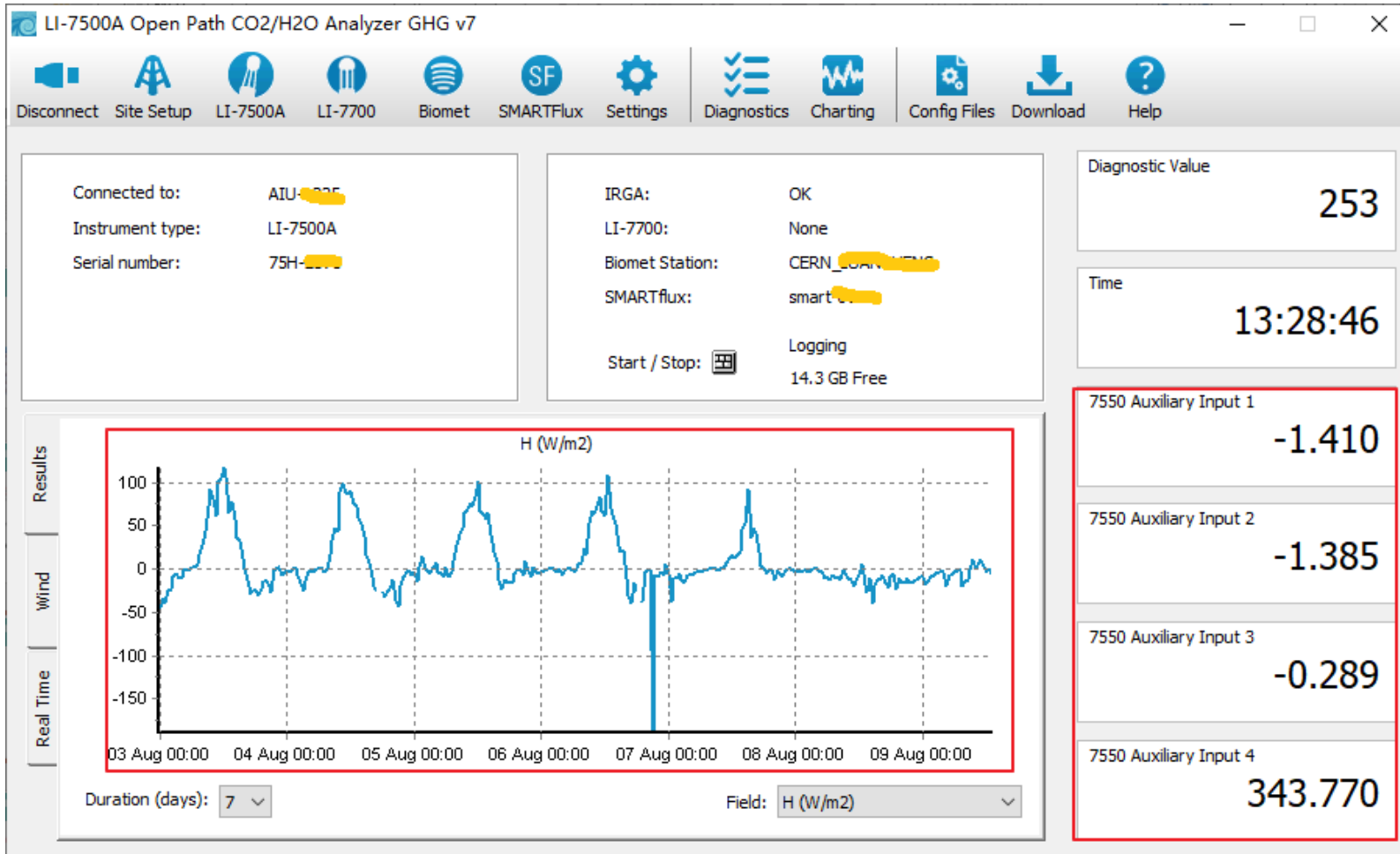
AnemDiag: 0 为正常, 其他值异常。



3 三维超声风速仪的日常安装 使用维护



中国通量观测研究联盟
ChinaFLUX



超声风速仪数据判断

(模拟输入)

- 合理值范围 (如下表)
- 判断记录数据的脉动情况
- 谱分析结果
- Eddypro中相关QC建议结果
- 根据其他指标判断 (例如H)

7550 Auxiliary Input 1 (U)	-30-30m/s
7550 Auxiliary Input 2 (V)	-30-30m/s
7550 Auxiliary Input 3 (W)	-5-5m/s
7550 Auxiliary Input 4 (Ts)	-40-50°C

3 三维超声风速仪的日常安装 使用维护

维护注意事项

- 通过三组发射-接头探头进行测量，需要保证测量路径无遮挡（蜘蛛网等）。
- 风速仪的安装位置角度不可以随便移动。
- 探头间距离十分精确，不要轻易触摸探头，运输、调试过程中注意保护，使用仪器专用运输箱。



感谢各位老师的聆听

Thank you for listening



中国通量观测研究联盟

ChinaFLUX



- 北京力高泰科技有限公司 电话：010-64093960
- 传真：010-66001652 邮编：100035
- 电子邮件：hongming@ecotek.com.cn
- 地址：北京市西城区西直门南大街2号成铭大厦A座22F