

---

# LAS 大口径闪烁仪 操作指南

LARGE APERTURE SCINTILLOMETER



南京云蓝风汇科技有限公司

## 目录

1. 概述.....	2
1.1 目的与意义.....	2
1.2 测量原理.....	2
1.3 闪烁仪分类.....	3
2. 安装.....	3
2.1 选址.....	3
2.2 安装.....	4
2.3 发送端调试.....	4
2.4 接收端.....	7
3. 光程距离小于 1Km.....	9
3.1 加装光圈.....	9
3.2 更改接收端调制系数.....	10
3.3 饱和高度减小.....	10
4. 软件使用.....	11
4.1 新建一个文本文档.....	11
4.2 file-parameters.....	12
4.3 参数设置.....	13
4.4 变量描述.....	13

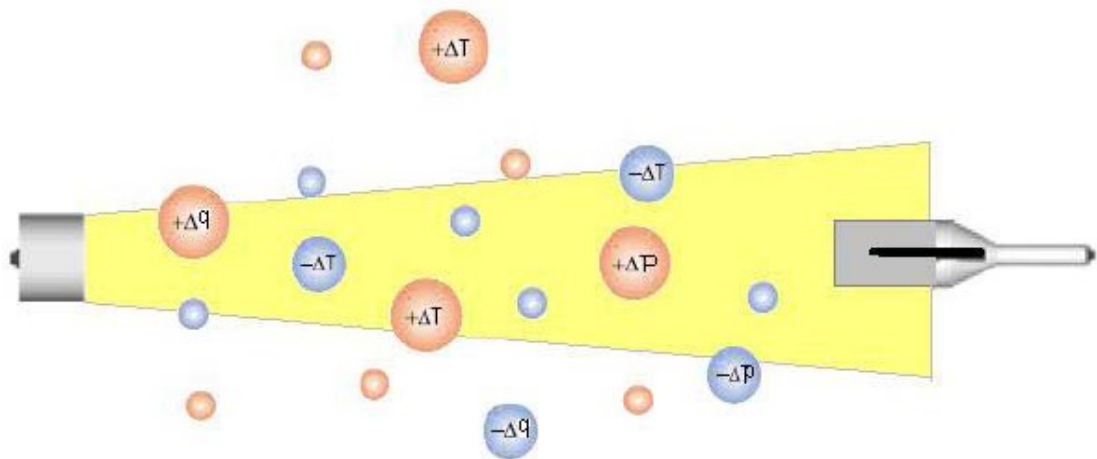
## 1. 概述

### 1.1 目的与意义

地表显热通量是地表水热平衡的重要组成部分。显热通量的大小不仅影响到区域热量收支，而且对地区的水分循环也产生深刻影响。目前广泛应用于地表通量研究的仪器有波文比、涡度相关仪和闪烁通量仪。波文比或涡度相关技术在一个点进行观测得到显热通量，用点的数据表示均匀下垫面的通量。大孔径闪烁仪（Large Aperture Scintillometer, LAS）可直接测量均匀或非均匀下垫面的显热通量值，从而连续获取非均匀下垫面上的大尺度的地表水热通量，实现传统地面通量的尺度扩展与遥感监测通量的地面验证。

### 1.2 测量原理

**闪烁：**一束光在大气中传播时，能量会受到各种形式的衰减，导致信号的减弱。其中影响最大的是传播路径上由于**温度、湿度、和气压的波动**引起空气密度的波动，从而引起**空气折射系数**的波动，即**闪烁**。



#### 温度、湿度、气压的波动引起光强的波动

闪烁仪是一种测量空气折射系数的湍流强度的设备，由华人王庭义与1978年提出设想，后由美国NOAA波传播实验室开发研制成功。由一个发射器和一个接收器组成。发射器发射880nm波长的红外波，在大气中传播，接收器接收到光路上**温度、湿度和气压波动**影响的光，并用折射系数结构系数 $C_n^2$ 表示。

$C_n^2$ 表征了大气的湍流强度，而大气的湍流强度决定了输送热量、水汽等标量的能力。通常用折射指数的结构参数 $C_n^2$ 来描述空气折射指数的湍流变化。下面的关系式反映了 $C_n^2$ 受大气温度、湿度和压力波动的影响：

$$C_n^2 = A_r^2 \frac{C_r^2}{r^2} + A_q^2 \frac{C_q^2}{q^2} + 2 A_r A_q \frac{C_{rq}}{r q}$$

## 1、3 闪烁仪分类

闪烁仪根据孔径的不同可以分为

小孔径闪烁仪（SAS），孔径为2.5mm，发射波长670nm。光径长度为50-300m。

大孔径闪烁仪（LAS），孔径为0.15m，发射波长880nm，光径长度500-5000m。

超大孔径闪烁仪（XLAS），孔径0.32m，发射波长880nm，光径长度可达10KM。

## 2. 安装

### 2.1 选址

选址遵循以下几个原则：

（1）区域的下垫面单一，具有代表性，能代表典型的气候、地貌、地形及土地利用特征，路径的附近不能有大型障碍物，如大楼、小山或森林，特别是上风方向，LAS 路径不要过河，发射仪与接收仪的距离不大于5km。

（2）注意源区应落在所研究的比较均匀的区域中。源区，即对闪烁仪光程上的湍流有贡献的区域，它从闪烁仪的基线延伸至一定距离的上风处，这个距离取决于闪烁仪的高度和大气的稳定性。发送端与接收端之间的连线应该与主风向垂直，即保证风是扫过LAS的观测路径。

（3）应避免阳光直接照射接收仪和发射仪，原因是防止LED 和探测器过热，所以要求闪烁仪的光程与地面基本平行，朝向避免东西方向（太阳直射会影响精度），选在处于下风的方向。主风向对LAS 测量的代表的区域有影响，若主风向横掠LAS 的路径，则LAS 测量的值为其上风区域。

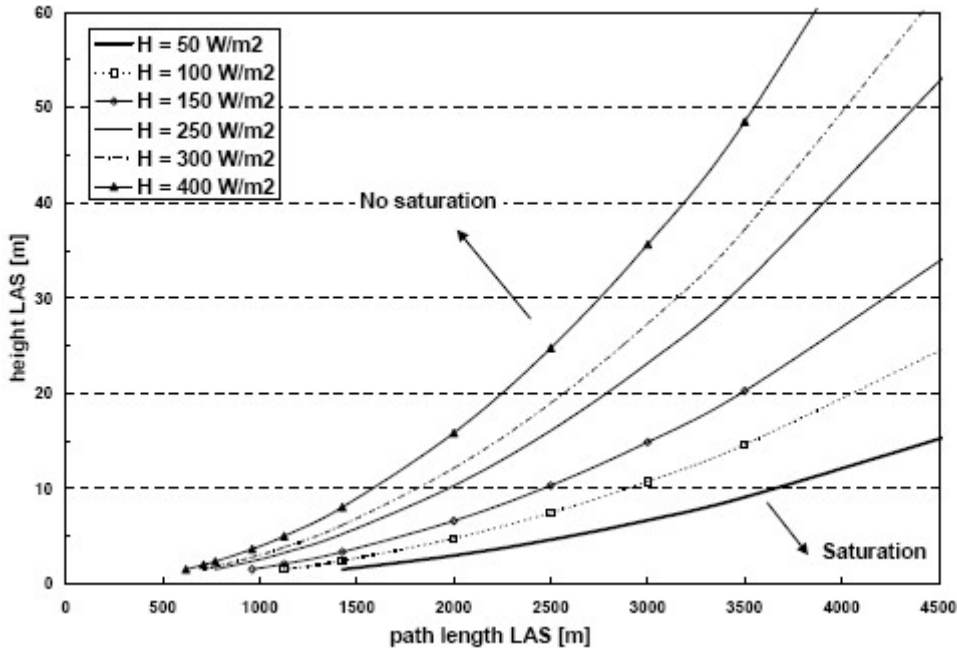
（4）运行安全：建LAS 站时必须充分考虑建成后的看护。

（5）供电：如果不需要打开加热，经验证明80W太阳能板配120AH电池在北方可以满足需求，如果开加热，建议使用交流电。

（6）高度的确定：当闪烁的强度大于某一限值时，这时闪烁方法所根据的理论不再有效。这时，所测得的闪烁量和大气折射率的结构参数的关系失效。这种现象称为饱和。为了避免这种现象， $C_n^2$  的值必须低于饱和的临界值， $C_n^2$ 与光学波长（ $\lambda$ ）孔径（D）、测量高度（Z）和光程（L）的关系如下：

$$C_n^2(\lambda, D, Z_{obs}, L) < S_{lim}$$

这意味着，为了避免饱和，闪烁仪的距离越长，所安装的高度也越高。若距离较短，闪烁仪就可以安装在接近地表。另外，所测得的闪烁量取决于地表条件。在干燥地区，地表的显热通量很大，它的 $C_n^2$  值大于较湿的地表。高度与光程的关系如下图：



曲线上方为不饱和区域，如果LAS的光程不超过1000米，需要将其配备的圆圈加上，其孔径变为0.1m，具体在后面描述。

## 2.2 安装

(1) LAS 的安装结构必须非常牢固，尤其是发射端很小的自身摆动就会引起接收端很大的扰动，这样导致高估 $C_n^2$  的值和相应的显热通量，除了高估外，接收仪会失去它的信号（即信号降至零），并须重新对准。

(2) 闪烁仪是一种光学仪器，发射仪和接收仪之间要确保通视，要求发射仪和接收仪必须直接指向对方，只有准确地对准后，才能正常工作，同时避免东西向。

(3) 必须建设防雷接地系统，地阻达到4~10 $\Omega$ ，并确保全年连续供电。如无供电保障，则需要安装太阳能供电系统。发送端只需要对LAS供电就可以，接收端还有一套数据采集系统，建议使用20W配置12Ah电池的方法单独供电，另外LAS的采集频率为2秒和10分钟采集，如果全部采集，数采可以维持10天，建议加装CF卡或者使用GPRS模块远程传输，每月的流量大约50M。

(4) LAS 的镜头是树脂玻璃，不能用含有酒精的溶剂擦拭。

**注意：**LAS系统自己不能计算显热等值，需要配合气象自动站使用，具体的气象站的安装此处不赘述。

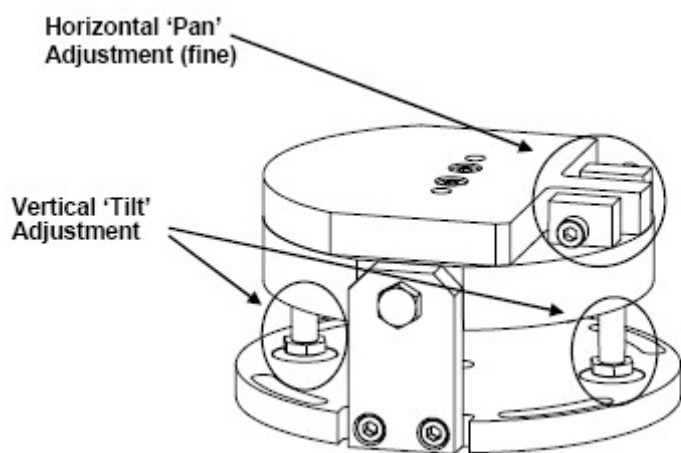
## 2.3 发送端调试

建议安装的时候将发送端安装在南方，如果光程为南北方向的话，发送端安装：



需要取出配备的望远镜和工具，将望远镜装配好，同时接收端也进行如此操作，建议使用对讲机，可以松动左右和上下的调节螺丝来调节LAS，直到对准。

**注意：**调试完毕之后，必须将所有的固定螺丝全部拧紧，并保证底座不晃动，从而保证数据质量。



调整好之后，调节发送端的发送信号，关于发送信号的强度，原厂说明书有如下建议：

	Path length [m]	Current adjust knob [-]	$U_{\text{DEMOD}}$ [mV]	An. - meter (short range)	An. - meter (long range)
LAS	250	< 10	> -600	80	×
LAS	1000	200	-450	60	×
LAS	4500	1000	-80	×	30
XLAS	8000	1000	-80	×	30

此情况只适用于晴朗的天空下，建议开始设置为200，同时与接收端联系，视其信号强度而言，建议接收端信号强度在晴朗天气下达到60即可。发送端信号调节旋钮：



发送端与供电系统的接线为：

Pin designation (amphenol plug)	Color code	Transmitter unit
A	Blue	Power GND
B	Violet	Power 12 VDC, 0.5 A
C	Red	Thermistor $U_{TH\_T}$ (Hi)
D	Orange	7 kHz oscillator (Hi)
E	Yellow	LED pulse (Hi)
F	Black	Not connected
G	White	Heater, 12 VDC
H	Grey	Heater
I	Green	Signals GND (Lo)
J	Brown	Not connected

## 2.4 接收端

接收端跟发送端相比，有一个信号强度显示盘，用以显示信号强度，以及一个调节旋钮用以校正光径长度，

公式为：

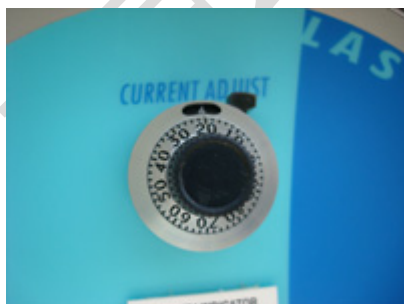


$$Pot_{LAS} = \left( \frac{5475.81}{\sqrt{(4.474D)^2 L^{-3} 0.3314 \cdot 10^{12}} + 5.23} \right) - 47,$$

D为孔径大小，L为光径长度，具体的对应表格为：

LAS		XLAS	
Path length [m]	Pot <sub>LAS</sub> [-]	Path length [m]	Pot <sub>XLAS</sub> [-]
250	91.9	1000	161.9
300	128.2	1250	223.5
350	164.6	1500	281.9
400	200.4	1750	336.2
450	235.3	2000	386.0
500	269.1	2250	431.4
550	301.5	2500	472.7
600	332.5	2750	510.1
650	362.0	3000	543.9
700	390.0	3250	574.5
750	416.5	3500	602.3
800	441.7	3750	627.5
850	465.4	4000	650.4
900	487.9	4500	690.2
950	509.1	5000	723.6
1000	529.1	5500	751.7
1184	593.5	6000	775.5
1200	598.5	6500	796.0
1400	654.0	7000	813.6
1600	698.8	7500	828.9
1800	735.2	8000	842.4
2000	765.2	8500	854.2
2500	820.6	9000	864.6
3000	857.7	9500	873.9
3500	883.8	10000	882.2
4000	902.9	x	x
4500	917.4	x	x
x	x	x	x

由于实际距离有所偏差，未必都是整数，建议使用Excel表格严格计算之后，在接收端调节。



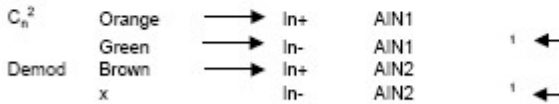
另外接收端还有一套数据采集系统，建议采集系统单独供电，采集系统与LAS的接线为：

Pin designation (amphenol plug)	Color code	Receiver unit
A	Blue	Power GND
B	Violet	Power 12 VDC, 0.20 A
C	Red	Thermistor $U_{THR}$ (Hi)
D	Orange	$U_{CN2}$ (or $\log C_n^2$ ) signal (Hi)
E	Yellow	Not connected
F	Black	7 kHz carrier (Hi)
G	White	Heater, 12 VDC
H	Grey	Heater
I	Green	Signals GND (Lo)
J	Brown	Demodulated carrier signal $U_{DEMOD}$ (signal strength) (Hi)

Campbell data logger:



COMBILOG data logger:



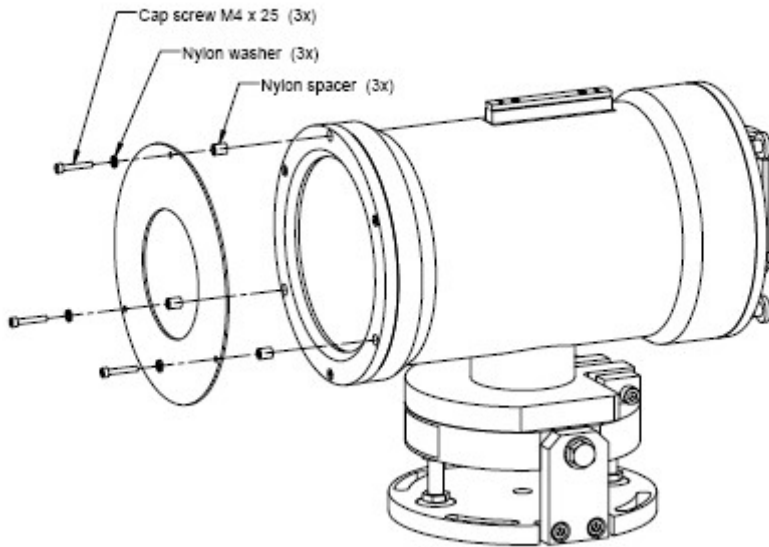
<sup>1</sup> Must be connected with small wire (Both signals have common signal ground)

其输出的为2组模拟电压，为了大体判断数据质量可以使用万用表来测试2组电压，第一组 $U_{cn2}$ 的电压范围为 $-5V-0V$ ，第二组 $U_{demod}$ 的电压范围为 $-0.8V-0V$ 。数据采集器建议配置CF卡或者GPRS无线传输模块，流量大约50M/月。接收端short与Long的选择由光程决定，如果光程小于2Km，则使用short一端。

### 3.光程距离小于 1Km

#### 3.1 加装光圈

当光程距离小于1000米的时候，就需要配置的光圈，将其孔径缩小为0.1m，安装如图：



### 3. 2 更改接收端调制系数

由于光径减小，其接收端的计算公式里相应的D孔径就应该由0.152更改为0.1

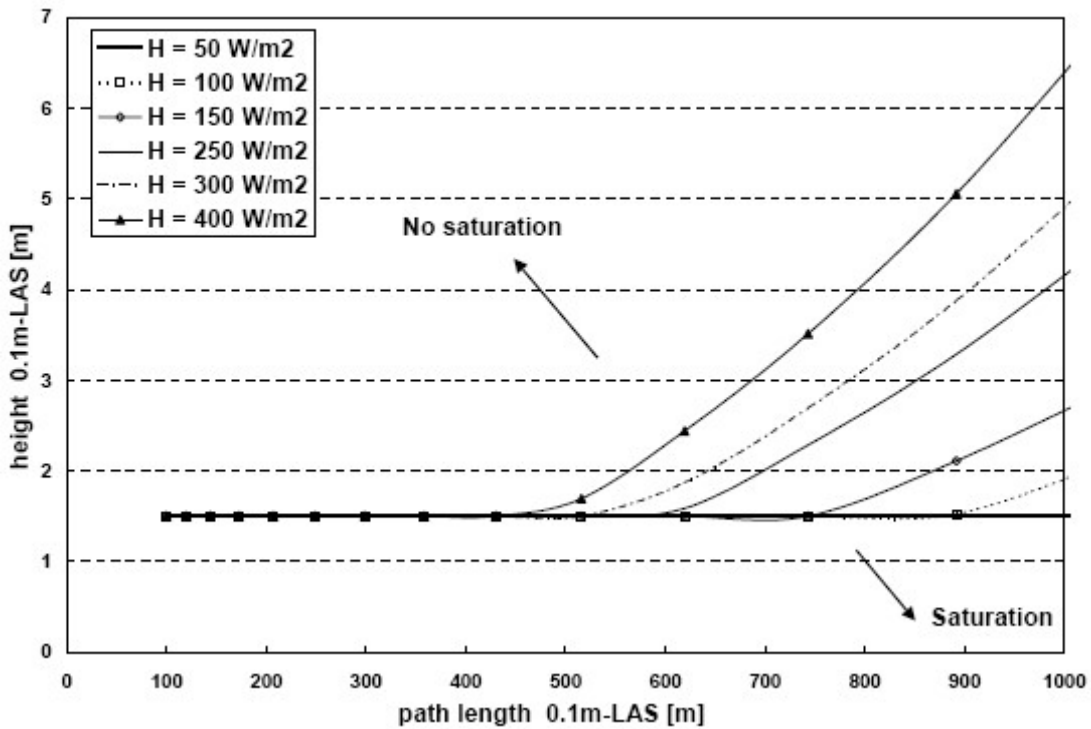
$$Pot_{0.1m-LAS} = \left( \frac{5475.81}{\sqrt{(4.474D^{\frac{2}{3}}L^{-3} \cdot 0.3314 \cdot 10^{12}) + 5.23}} \right) - 47,$$

其距离与调节旋钮的表格相应更改：

0.1m-LAS			
Path length [m]	Pot <sub>LAS</sub> [-]	Path length [m]	Pot <sub>LAS</sub> [-]
100	15.1	550	422.6
150	61.7	600	456.5
200	111.4	650	488.0
250	161.9	700	517.0
300	211.4	750	543.8
350	258.9	800	568.5
400	304.1	850	591.4
450	346.4	855	593.6
500	385.9	900	612.5
550	422.6	950	632.1
600	456.5	1000	650.3

### 3.3 饱和和高度减小

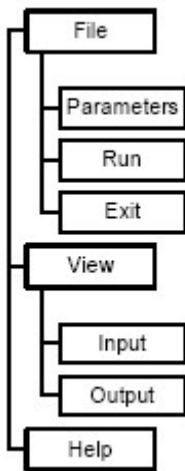
同样其饱和和高度相应减小，如图：



## 4. 软件使用

荷兰Kippzone公司提供了一套计算显热及各个变量的软件Winlas, 只要配合自动气象站的数据即可以计算显热等值。

Winlas包含以下内容:



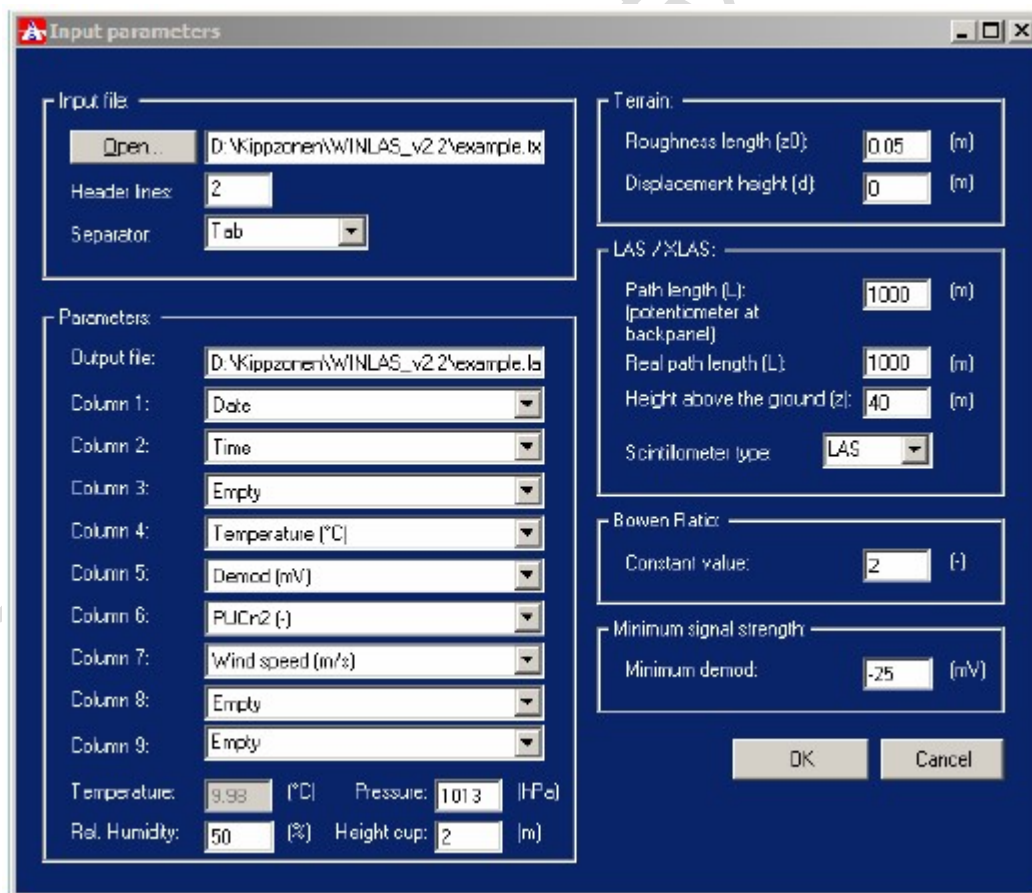
### 4.1 新建一个文本文档

使用此软件时, 第一步就是将LAS接收数采取出的数据与气象站资料组合成一个新的txt文档, 文档里具体的每一列代表的意义必须与parameter的参数值一一对应, 新建的txt文档如图:

Doy	Time	U <sub>CH2</sub>	Demod	Var_U <sub>CH2</sub>	PU <sub>CH2</sub>	u	T
[-]	[UTC]	[V]	[mV]	[V <sup>2</sup> ]	[-]	[m/s]	[°C]
11	800	-3.003	-102.4	0.009	1.0178	2.341	14.96
11	810	-3.144	-95	0.014	0.74559	1.869	15.09
11	820	-2.774	-46.46	0.038	1.8633	2.353	15.55
11	830	-1.812	-11.13	1.55	446.41	3.97	15.91
11	840	-2.45	-15.21	0.299	15.556	4.136	16.07
11	850	0.179	-1.806	0.028	1590.7	4.102	15.85
11	700	0.193	-1.823	0.001	1563.8	3.055	15.97
11	710	-0.095	-2.028	0.038	877.43	3.527	16.16
11	720	-0.997	-3.004	0.102	130.33	2.815	16.48
11	730	-2.362	-25.71	0.254	8.9348	3.117	16.54
11	740	-1.861	-8.99	0.001	13.809	2.674	16.72
11	750	-1.827	-6.582	0.002	14.989	2.553	17.18
11	800	-1.668	-5.105	0.001	21.535	3.214	17.23
11	810	-1.837	-7.09	0.061	16.85	2.939	17.61
11	820	-2.53	-27.05	0.05	3.409	2.407	17.47
11	830	-2.522	-86.5	0.045	3.4621	2.219	17.72
11	840	-2.895	-115.4	0.038	1.4077	2.764	18.1
11	850	-3.116	-159.3	0.01	0.78745	3.681	17.81
11	900	-3.224	-200.2	0.024	0.63656	2.513	16.78
11	910	-3.185	-220.2	0.019	0.69623	4.335	18.17
11	920	-3.265	-227.5	0.016	0.56941	3.687	17.86
11	930	-2.875	-229.7	0.037	1.4579	4.88	18.3

## 4. 2 file-parameters

打开软件，点击file-parameter选项，弹出如下对话框：



Open指定了txt文档的存储路径，下面的每个参数必须与文档里列的排列顺序一一对应，如果缺少某项参数，例如pressure可以在参数里不选择，而在左下的pressure里面输入一个常数。

## 4.3 参数设置

具体的右边参数设置：

Roughness length 表征为观测区域的粗糙度，如果下垫面均一，比较好确定，如果下垫面不单一，必须根据不同的权重重新计算。其大体的值列表为：

Classification		Roughness length [m]	Landscape features
No.	Name		
1	Sea	0.0002	Open water, tidal flat, snow with fetch above 3 km
2	Smooth	0.005	Featureless land, ice
3	Open	0.03	Flat terrain with grass or very low vegetation, airport runway
4	Roughly open	0.1	Cultivated area, low crops, obstacles of height $h$ separated by at least $20h$
5	Rough	0.25	Open landscape, scattered shelter belts, obstacles separated by $15h$ or so
6	Very rough	0.5	Landscape with bushes, young dense forest etc separated by $10h$ or so
7	Closed	1.0	Open spaces comparable with $h$ , e.g. mature forest, low-rise built-up area
8	Chaotic	> 2.0	Irregular distribution of large elements, e.g. city center, large forest with clearings

如果下垫面单一，粗糙度  $Z=0.1h$ ， $h$ 为作物高度  
 Displacement Height 零平面位移，此项同样非常难决定，单一下垫面的情况下，  
 零平面位移  $d=0.7h$   $h$ 为作物高度  
 右面其余的参数均比较好确定，此处不一一赘述。

## 4.4 变量描述

经过计算之后，得到的数据：

- Date or Day number (=DOY)
- Time
- $C_n^2$  [ $m^{-2/3}$ ]
- Demod [mV]
- $H_{unstable}$  [ $W m^{-2}$ ] (sensible heat flux, unstable (or day-time) solution)
- $H_{stable}$  [ $W m^{-2}$ ] (sensible heat flux, stable (or night-time) solution)
- $H_{free\ convection}$  [ $W m^{-2}$ ] (sensible heat flux, free convection solution)
- Wind speed [ $m s^{-1}$ ]
- $U_{unstable}$  [ $m s^{-1}$ ] (friction velocity, unstable solution)
- $U_{stable}$  [ $m s^{-1}$ ] (friction velocity, stable solution)
- $L_{MO\_unstable}$  [m] (Obukhov length, unstable solution)
- $L_{MO\_stable}$  [m] (Obukhov length, stable solution)
- Bowen ratio [-]
- Air temperature [ $^{\circ}C$ ]
- Relative humidity [%]
- Air pressure [hPa]
- Air density [ $kg m^{-3}$ ]
- Comment saturation ("no saturation", "-" or "possible saturation")

$C_n^2$  表征空气折射常数，

Demod 信号强度

H 显热

U 摩擦风速

L 霍夫曼长度

Bowen Bowen

其中 unstable下标表示为不稳定， stable下标 表示为稳定的。

## 联系我们

说明书编写过程比较仓促，错误之处，敬请包涵。在后续的使用过程中，应客户的要求将积极增加新的内容，使用过程中如有任何问题，请与我公司联系。

南京云蓝风汇科技有限公司

Nanjing Sci-sky Technology Co.,Ltd

地址： 南京市江宁区民营科技园天泰公寓 D1-106

TEL： 025-52195520

E-mail:zll@sciencesky.cn

网址： www.sciencesky.cn

南京云蓝风汇科技有限公司