

EdiRe等通量数据处理软件的介绍与应用

徐自为

北京师范大学地理学与遥感科学学院

遥感科学国家重点实验室

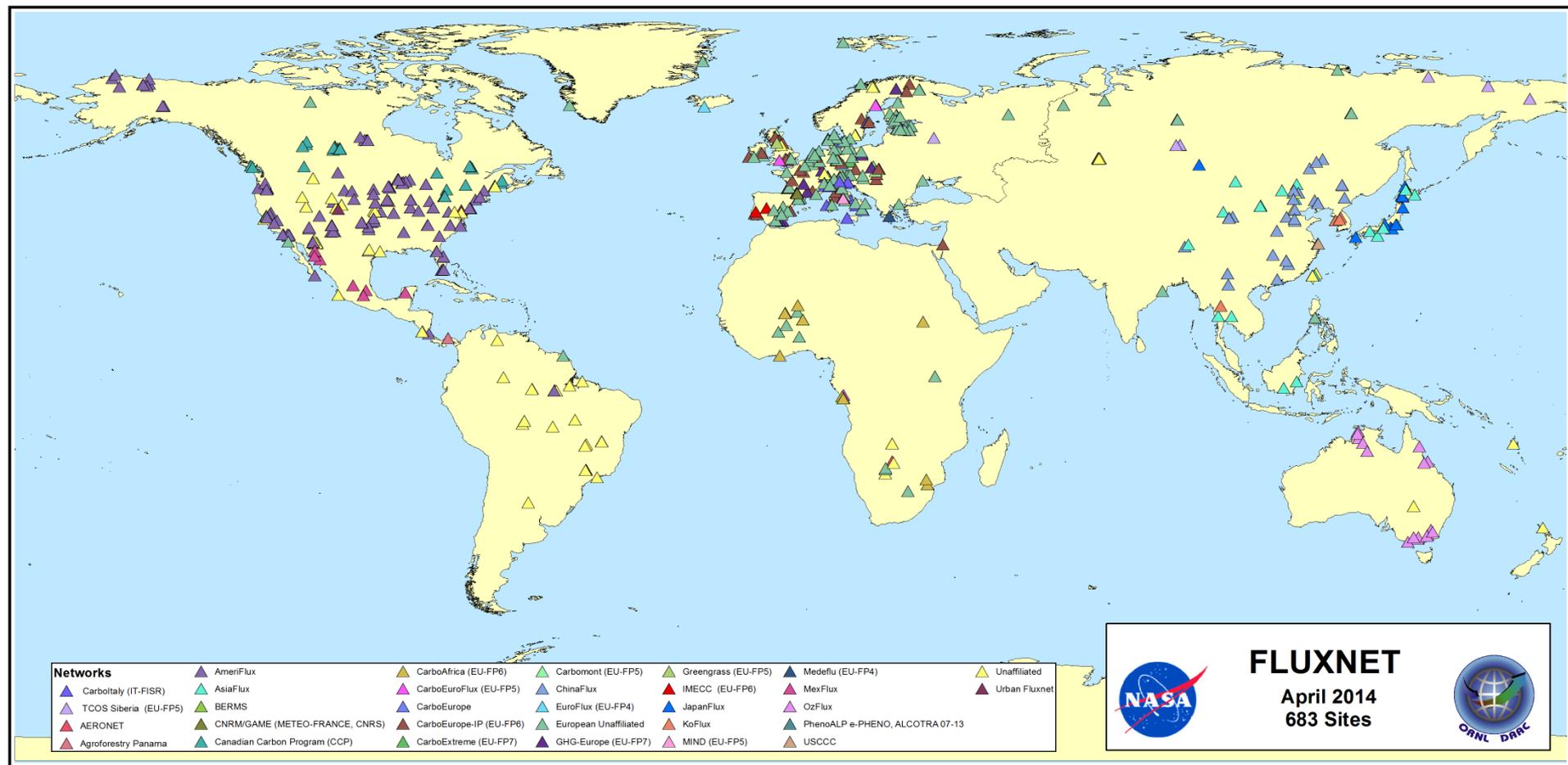
2015.05.23

主要内容

- 研究背景
- 涡动相关仪观测数据的处理
- Edire数据处理软件的介绍与应用
- Eddypro数据处理软件的介绍与应用
- 主要结论

一、研究背景

目前，全球通量网络（Fluxnet）有600多个站利用涡动相关技术测定地表通量。我国以中国陆地生态系统通量研究网络（Chinaflux）、中国气象局碳通量网站、中国森林生态系统研究网络为依托，已有近40个通量长期定位监测站。另外依托科研项目，至少有100多个半定位、半固定的监测点。



Distribution of tower sites within the global network of networks

683 sites (2014.4) :

(<http://www.fluxnet.ornl.gov/introduction>)

涡动相关通量观测系统随着传感器和计算技术的发展成为地气间动量、热量、水汽、CO₂等通量观测的主要手段。每年都有大量相关的文章发表。

准确地获取涡动相关仪测量的水热以及CO₂等通量，对遥感估算与模式模拟结果的验证等意义重大。

许多站点设在地形起伏、斑块植被下垫面上长期运转，一些通量站已连续运行10年以上。因此下垫面的复杂性不可避免；长时间的运转，必然会遇到种种不利气象条件。资料处理方法、观测结果的精度和代表性问题，急需解决。

目前国际上较为通用的处理涡动相关数据的软件：

Eddypro (Eddy covariance processing software)

由美国Licor公司开发，用于处理涡动相关仪原始观测数据。

EDIRE (Eddy-cov Reprocessing)

Edire是处理地表微气象通量数据的软件包，由英国Edinburgh大学开发。

TK2/3 (Turbulence Knight 2/3)

由德国Bayreuth大学Matthias Mauder and Thomas Foken开发，目的是获得高质量的湍流通量。

EC-Pack

荷兰瓦赫宁根大学 (Wageningen University) 开发。

二、涡动相关仪观测数据的处理

- 随着观测手段和观测技术的发展以及研究的需要，我们每天都能接收到大量的、不同类型的观测数据，存储和保证观测数据的质量非常重要。
- 观测数据的仔细处理和质量控制是进行后续分析的前提和保证，国外和国内有很多相关文章的发表。

基本理论

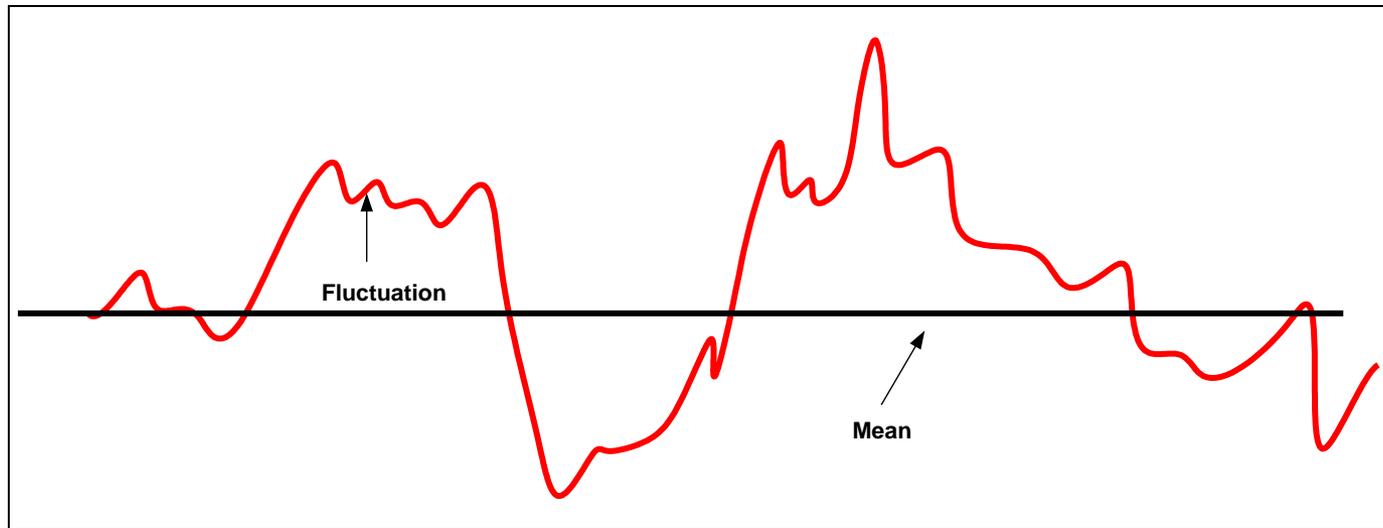
瞬时信号

平均量

脉动量

$$X = \bar{X} + x'$$

泰勒假设;
雷诺平均和
分解



All atmospheric entities show short-period fluctuations about their long term mean value.

涡动相关仪的主要假设：

- * 涡动相关仪点尺度测量能够代表其上风区域的范围
- * 测量在常通量层内感兴趣区域开展
- * 足够的上风向区域 - 测量的通量能够代表感兴趣的范围
- * 湍流充分发展 - 净的垂直交换都由涡旋运动产生
- * 地表是水平和均匀的：一段时间内平均垂直波动为0；
- * 空气密度波动，气流的辐合/辐散可以忽略；
- * 测量仪器须是高精密的，能够测量气流在高频率、细微的变化。

Latent heat of vaporization
(J kg⁻¹ °C⁻¹)

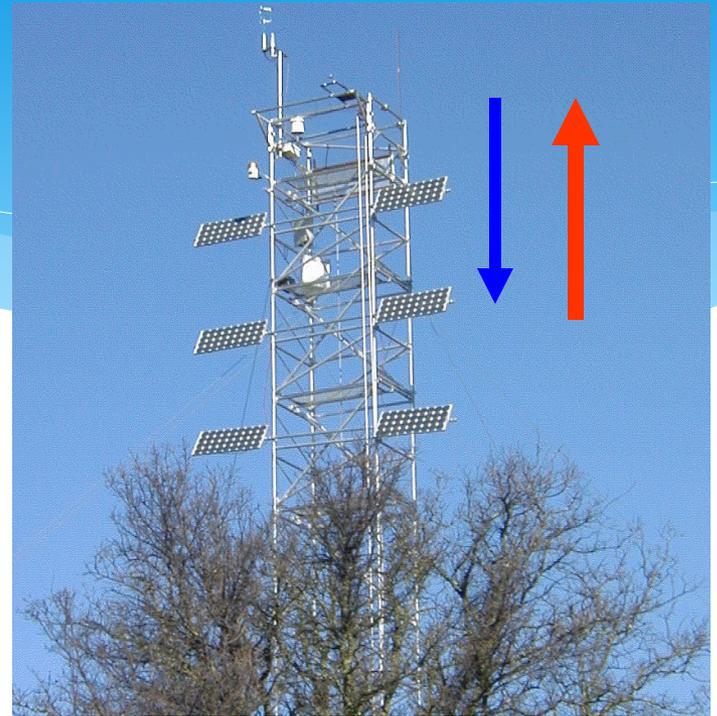
Mean density of air

$$Q_E = \overline{\rho} L_v \overline{w' \rho_v'}$$

潜热通量

Fluctuation about
the mean of
vertical wind speed

Fluctuation about
the mean of
density of water
vapor in air



Specific heat of air at constant pressure

(J kg⁻¹ °C⁻¹)

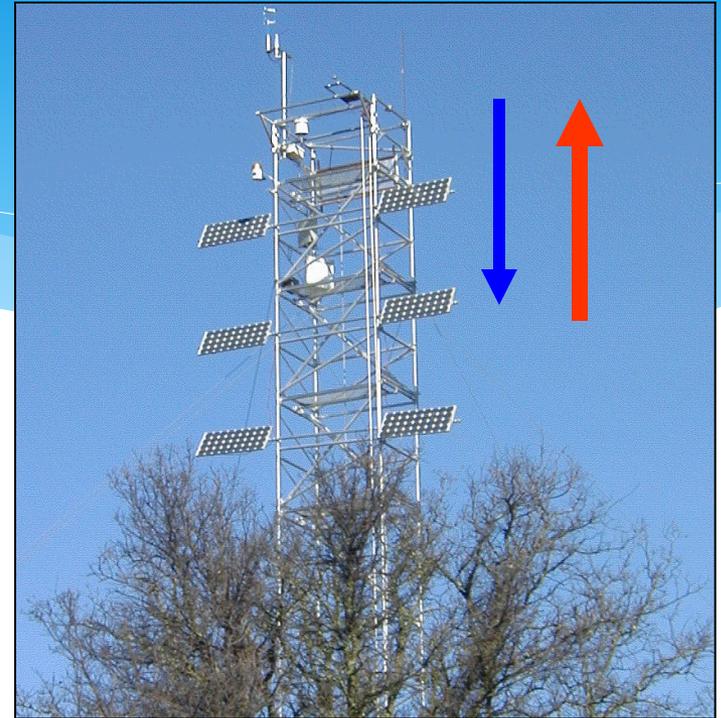
Mean density of air

$$Q_H = \overline{\rho} C_p \overline{w' T'}$$

感热通量

Fluctuation about
the mean of
vertical wind speed

Fluctuation about
the mean of
air temperature



涡动相关仪测量理论小结



- 测量涡旋引起的通量
- 需有湍流发生
- 需要精密的测量仪器
- 计算垂直风速和标量的协方差
- 满足一定的假设
- 计算过程较复杂
- 可以直接测量到通量
- 持续发展之中

涡动相关仪观测数据的处理

- Thirty minute statistics for the turbulence and meteorological variables, these include fluxes, means, and standard deviations. The output period can be changed by changing the Constant OUTPUT_PERIOD.
- Compute the mean moist air density, temperature, and vapor pressure from the HMP45C. Air density is used to compute the sensible heat and momentum flux.
- Webb et al. (1980) term for latent heat flux and CO₂ flux. This term is separated into its two components, e.g. one term for temperature and the other for vapor density.
- Wind direction and wind speed from the CSAT3.
- Compute the KH20 Krypton Hygrometer oxygen correction.
- Cross-products (second moments) required for an off-line coordinate rotation following Kaimal and Finnigan (1994) and Tanner and Thurtell (1969).

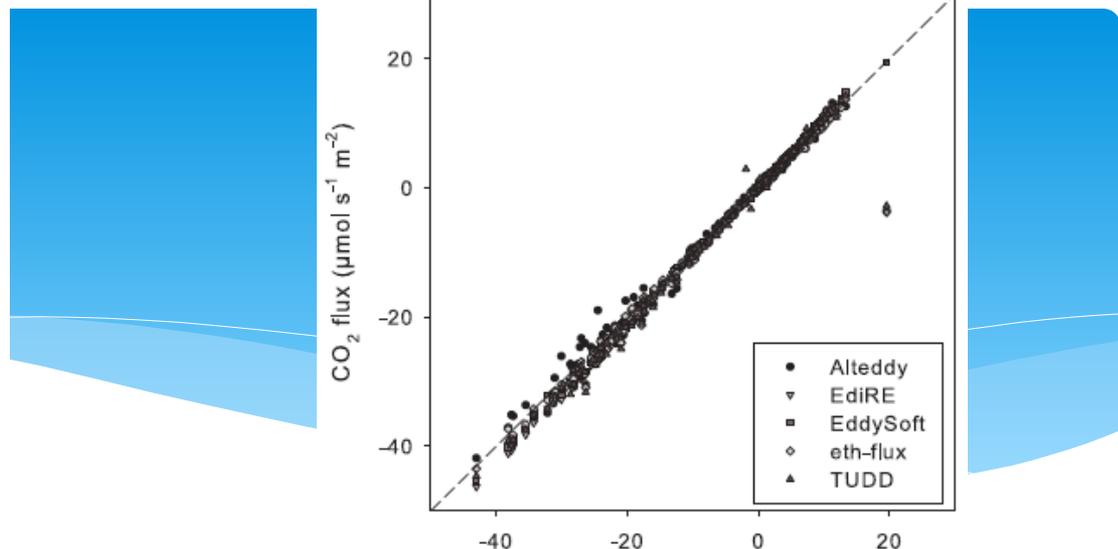
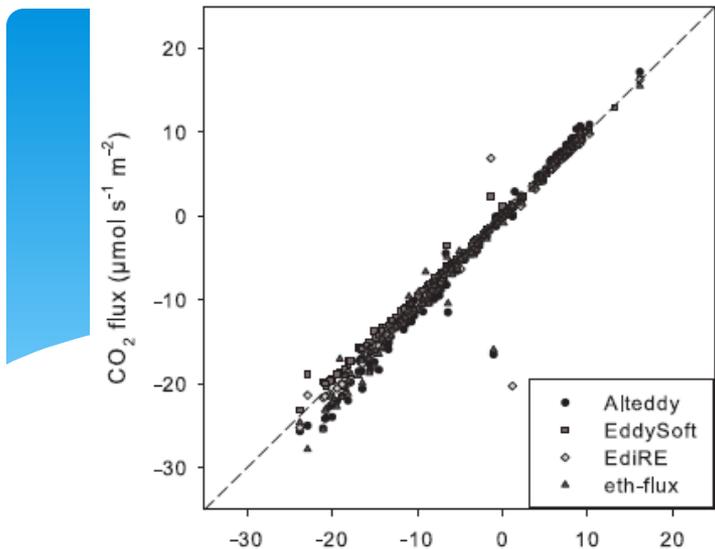
涡动相关仪数据的在线 (on line) 计算(Campbell)

FluxNet推荐的EC资料处理方法要点

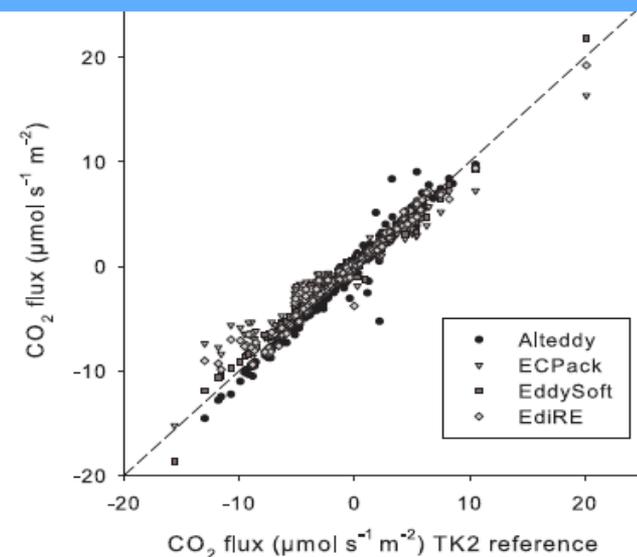
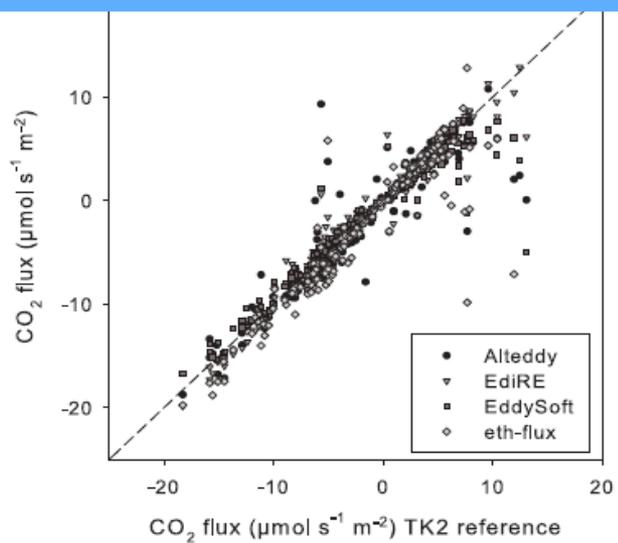
- 所有通量采用30 min的总体平均；
- 采用累积频率分布分析通量的低频损失；
- 坐标旋转优先采用平面坐标拟合 (Planar-fit) 方法；
- 保留原始湍流记录以进行后期再处理；
- 做WPL订正；
- 建立湍流通量资料质量标志；
- 对各站点分别做Footprint分析；
-

Processing steps of eddy-covariance software

Software	TK2	Alteddy	ECPack	EddySoft	EdiRE	eth-flux	TUDD
Data sampling	CSAT3, USA-1,HS, R2,R3,ATI- K,NUW, Young; 6262,7000, 7500,KH20, ADC OP-2	R2,R3,WMPPro; CSAT3,USA-1, 6262,7500, KH20	R2,R3,CSAT3 KDTR90/TR61 7500,KH20, Lyman- α	R2,R3,Young; 6262,7000, 7500, ADC OP-2	Any	R2,R3,HS; 6262,7500,FM- 100, MonitorLabs, Scintrex LMA3	R2,R3,HS, USA-1; 6262,7000
Data preparation	Test plausibility, spikes; Block average; Time lag const/auto	Test plausibility, spikes; Block average; optional detrending (filter); Time lag const/auto	Test plausibility, spikes; optional detrending (linear); Time lag const.	Test plausibility, spikes; Block average, op- tional detrending; Time lag const/auto	Test plausibility, spikes; optional detrending (linear/filter); Block average; Time lag const/auto	Test plausibility, spikes; Block average, op- tional detrending; Time lag const/auto	Test plausibility; Block average; Time lag for closed path sensor
Coordinate rotation	planar fit/ 2-D rotation; Head-correction	2-D rotation; Angle-of-attack	planar fit/ 2-D/3-D rotation	planar fit/ 2-D/3-D rotation	planar fit/ 2-D/3-D rotation	2-D/3-D rotation	3-D rotation
Buoyancy flux \rightarrow sensible heat flux	Schotanus et al. (1983)/ Liu et al. (2001)	Schotanus et al. (1983)	Schotanus et al. (1983)	Schotanus et al. (1983)/ Liu et al. (2001)	Schotanus et al. (1983)/ Liu et al. (2001)	–	Schotanus et al. (1983)/ Liu et al. (2001)
Oxygen correction hygrometer	Tanner et al. (1993)	Tanner et al. (1993)/ van Dijk et al. (2003)	Tanner et al. (1993)/ van Dijk et al. (2003)	–	–	–	–
High frequency loss	Moore (1986)	Moore (1986)/Eug- ster and Senn (1995)	Moore (1986)	Eugster and Senn (1995)	Moore (1986)/Eug- ster and Senn (1995)	Eugster and Senn (1995)	Moore (1986)/Eug- ster and Senn (1995)
WPL correction Iteration of all cor- rections	Webb et al. (1980) yes	Webb et al. (1980) –	Webb et al. (1980) yes	Webb et al. (1980) –	Webb et al. (1980) yes	Webb et al. (1980) –	Webb et al. (1980) –
Calculation	$\lambda(T)$; $c_p(c_p, dry, q)$; $\rho(T, p)$	$\lambda(T)$; $c_p = const.$; $\rho(T, p)$	$\lambda(T)$; $c_p = const.$; $\rho(T, p)$	$\lambda(T)$; $c_p = const.$; $\rho(T, p)$	$\lambda(T)$; $c_p(c_p, dry, q)$; $\rho(T, p)$	$\lambda(T)$; $c_p = const.$; $\rho(T, p)$	$\lambda(T)$; $c_p = const.$; $\rho(T)$
Quality control	Test steady state, integral turbulence characteristics: Fok- ken and Wichura (1996)	uncertainty factor	statistical error: van Dijk et al. (2004)	Test steady state, integral turbulence characteristics: Fok- ken and Wichura (1996); Footprint	Test steady state, integral turbulence characteristics: Foken and Wichura (1996), Vickers and Mahrt (1997); Footprint	Test steady state, integral turbulence characteristics: Fok- ken and Wichura (1996)	nighttime critical u_*

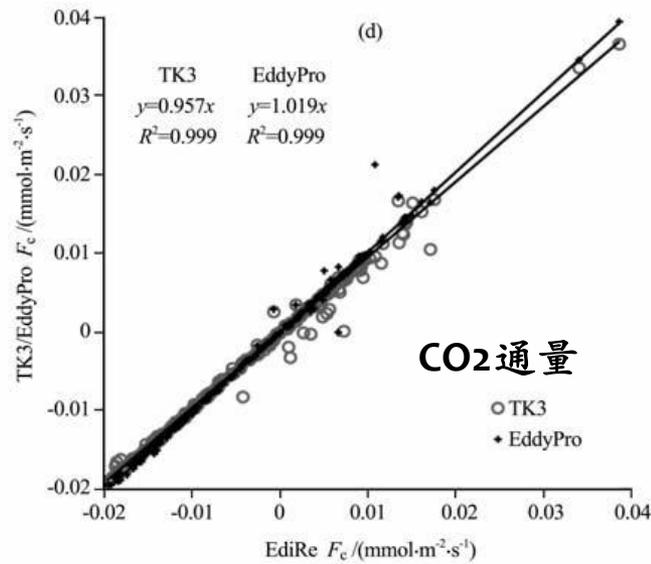
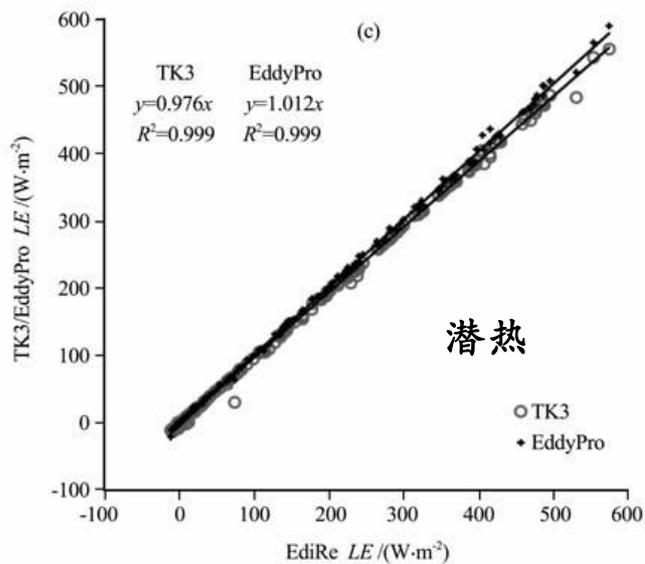
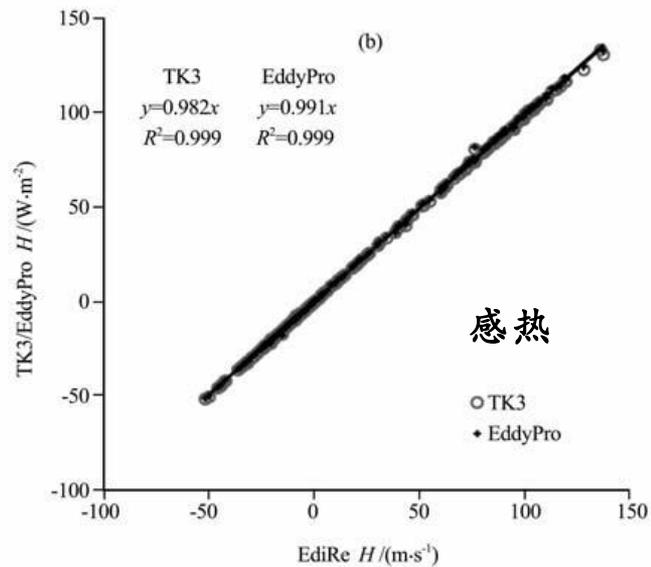
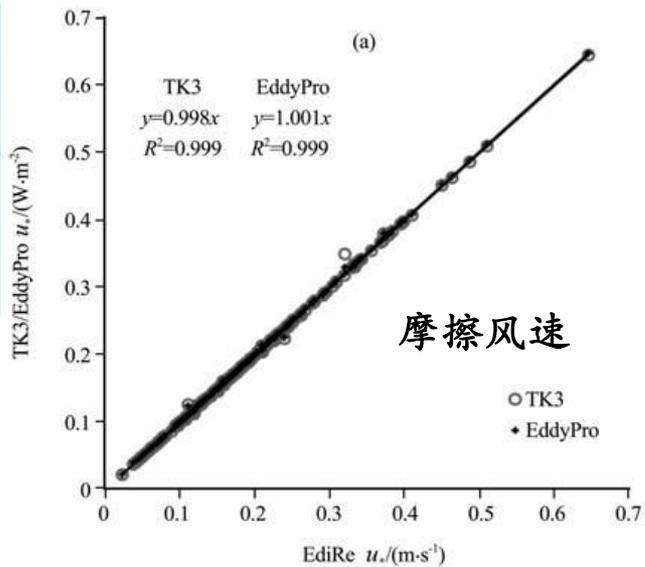


各种处理软件处理结果虽然有较好的相关关系，对每30min 二氧化碳通量观测结果存在5-10%的差异。



草地(0.12m) (USA-1/LI-7500)

玉米(0.45m) (CSAT3/LI-7500)



TK3和Eddypro计算值与Edire的比较（阿柔站）

野点去除

湍流原始资料的野点由如下原因产生：

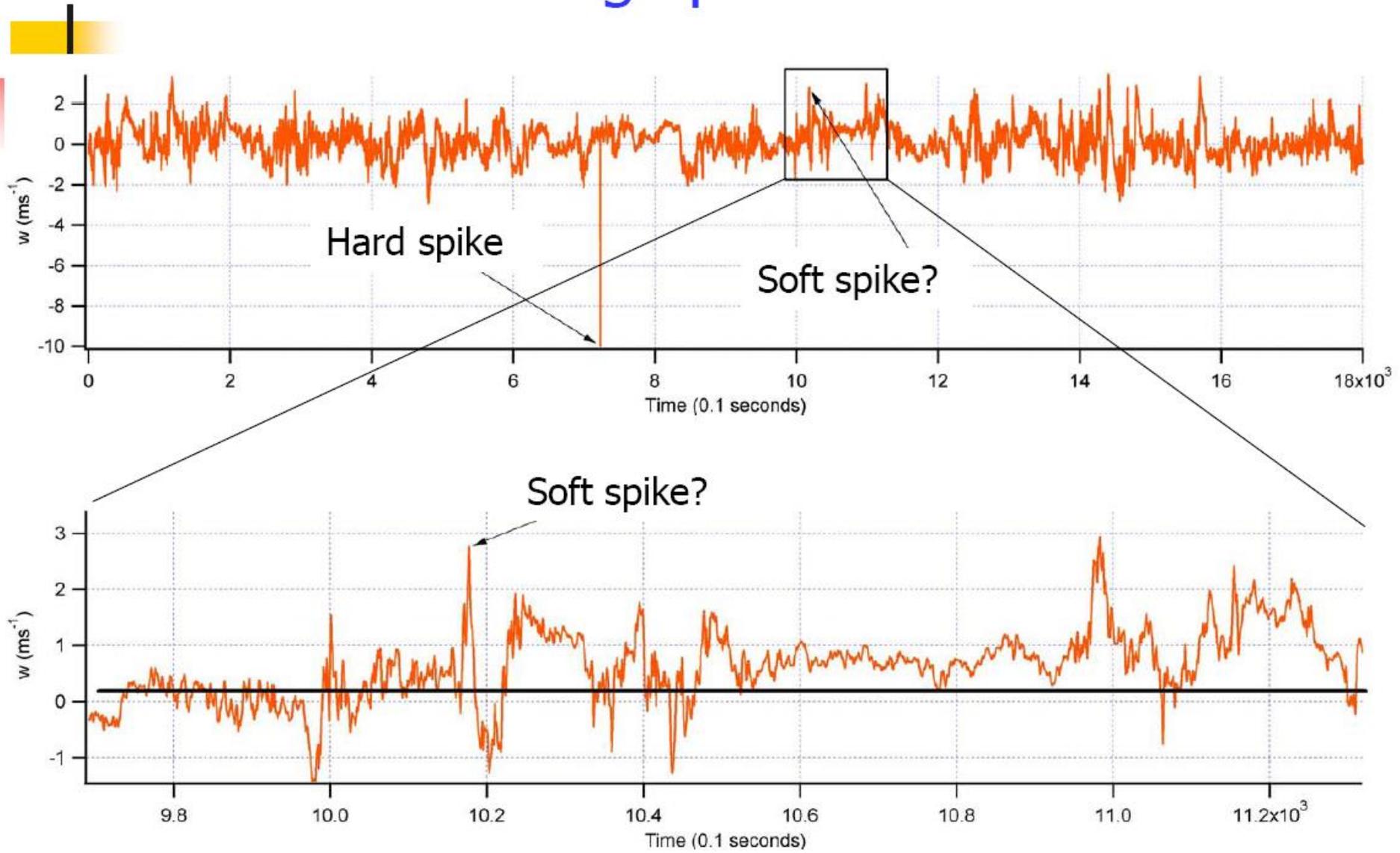
- 1) 环境因子如雨、雪、尘粒等对传感器声光程的干扰，瞬间断电等（‘**Hard spikes**’）
- 2) 电子电路(如A/D转换器)，电缆(特别是长电缆)，电源不稳定等(‘**Soft spikes**’)

野点可能对方差、协方差值产生明显影响。

‘**Hard spikes**’,一般CSAT3或LI-7500出现异常标志（**diag**≠0），可直接排除。其它野点判别与去除方法，多根据*Hoistrop(1993)*或*Vickers & Mahrt(1997)*。

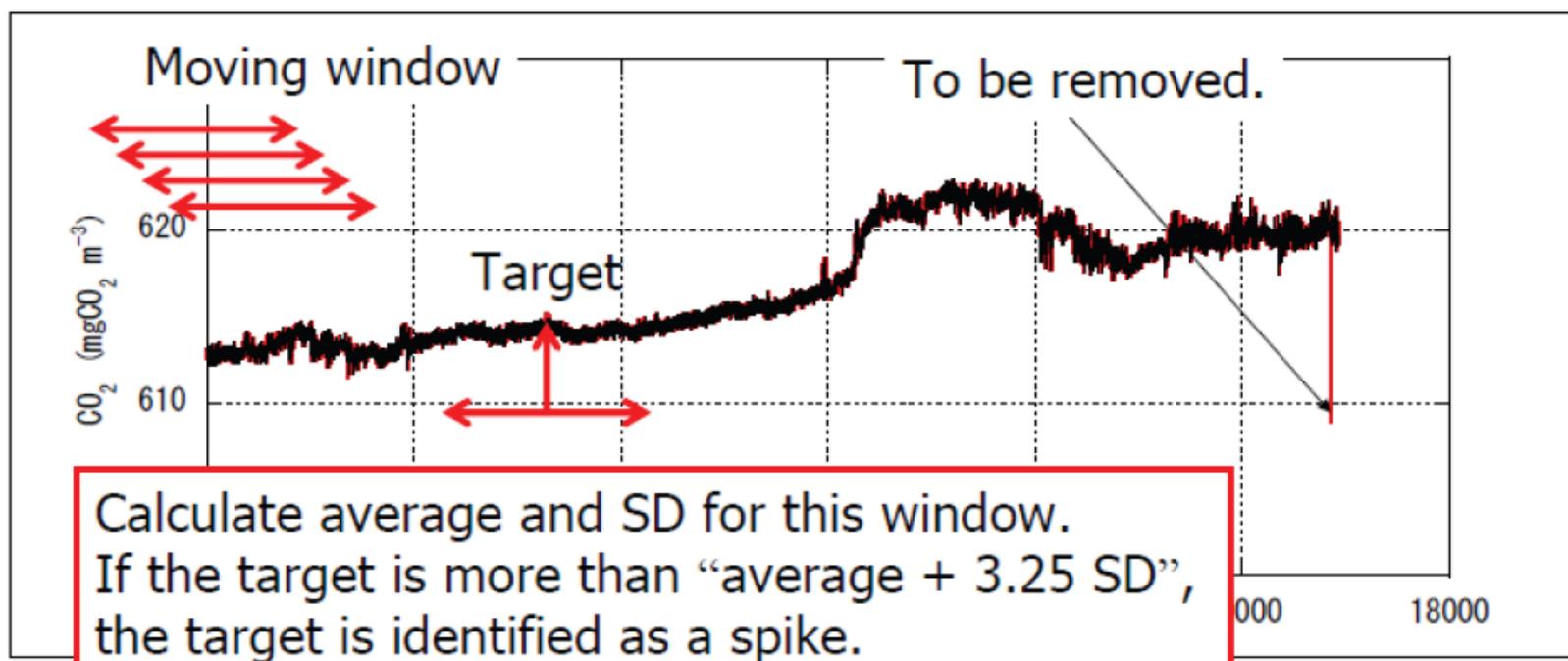
对于30min资料，一般野点数少于10-100，野点过多时，剔除该时次。

Determining spikes...



对一移动窗口(如5 min), 计算平均值及SD。任一点如其值偏离均值 $\geq 3.25 \times \text{SD}$, 则为‘野点’。

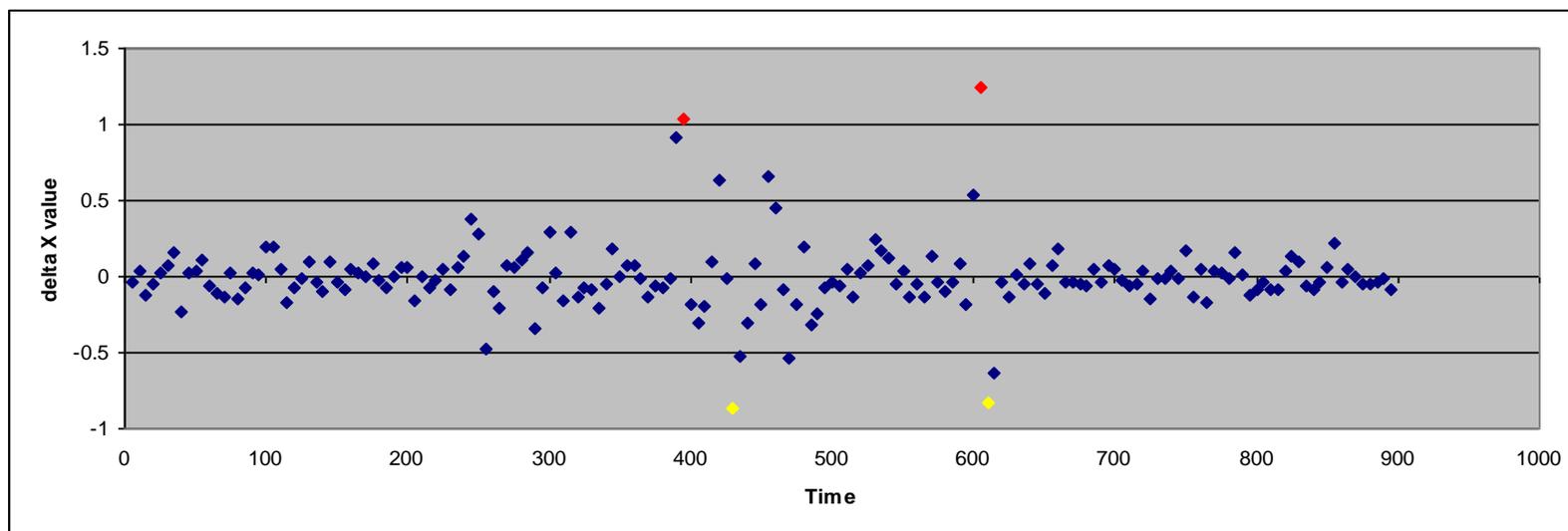
不同作者的移动窗口大小差别很大(数秒至30分)。窗口大时, 建议重复逐次(SD前的因子逐次加大)。



间野 (2004)

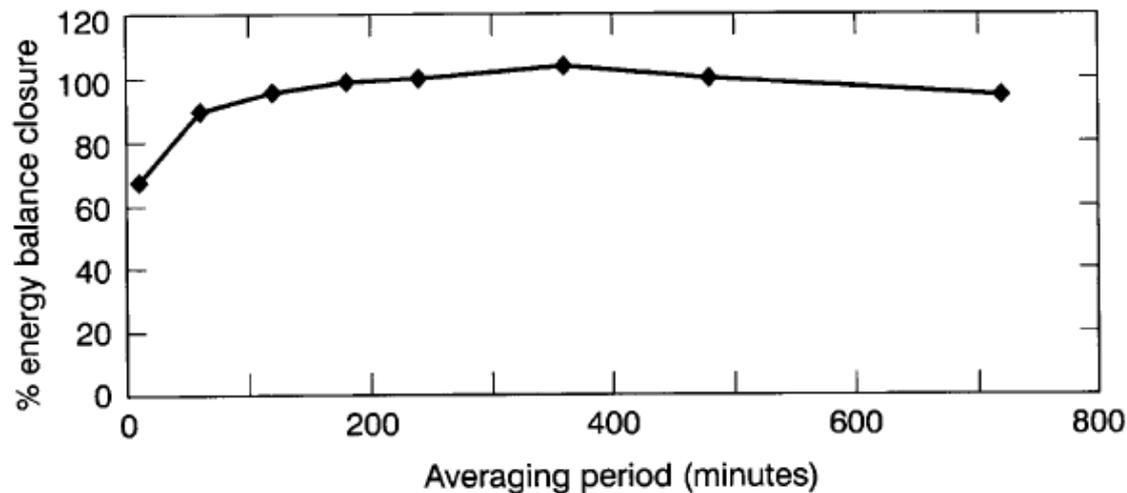
Edire中所用方法

- * 由原始时间序列 x 求相邻点之差 Δx 的总体标准差 ($\sigma\Delta x$)。逐点检查, 如某点 $\Delta x \geq n \sigma\Delta x$ (如令 $n=4$), 则为野点。 Δx 为负值所取 n 值可与正值时不同。
- * 连续数(如5)点都符合以上判据, 则不做‘野点’处理。
- * 为便于野点判断, 可对序列 x 做预处理, 先去除一些特大值。



平均周期的影响

如果平均周期太长，由于大气的非定常性，将会对通量计算结果产生影响，同时会忽略地表通量的一些细节变化（高频信息）；如果平均周期太短，则会过滤掉很多低频信息，造成通量计算结果的低估。因此在确定平均周期时需结合实际状况综合考虑，目前国际上多采用30分钟。



不同平均周期对能量闭合的影响 (Finnigan et al., 2002)

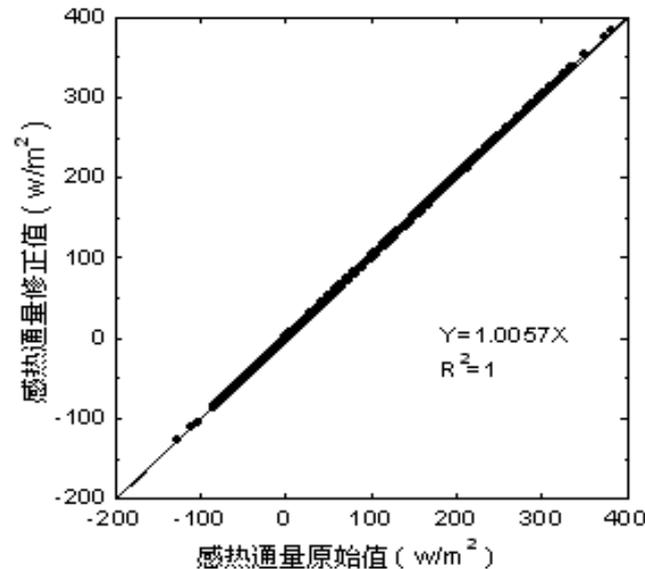
超声虚温订正

由超声虚温 T_s (观测值) 求算实际气温 T , 进而修正感热通量结果。(虚温: 在等压条件下, 具有和湿空气相等的密度时的干空气具有的温度)

考虑到超声风速计(CSAT3)结构设计时已经对侧向风的影响进行了修正, 这里只讨论湿度的影响

$$\overline{w'T'} = \overline{w'T_s'} - 0.51T\overline{w'q'}$$

q 为比湿, T 为空气温度, T_s 为超声虚温。



超声虚温修正前后的通量值比较(密云站,07.04)

坐标旋转

应用涡动相关系统测量地表通量一个重要假设是在某一段时间内平均垂直风速为零。一个观测时间（30min）内，特别在理想下垫面和理想天气下，认为流动是一维的；风速和标量的梯度只在垂直向存在。使超声风速仪垂直于地面，以消除“倾斜”误差或湍流通量不同分量间的交叉干扰。

动量通量对“倾斜”十分敏感， 1° 的倾斜，会引起 τ 的偏差10%（中等不稳定下）到100%（自由对流下）。 u^* 是近地层相似理论的重要尺度参数，影响稳定度确定及通量资料的QA/QC等。但对通量影响较小， 2° 的倾斜，只引起约5%的误差。但对长期通量累计计算，因误差的符号昼夜相反，可能带来更显著误差。（*Li et al. 2004*）

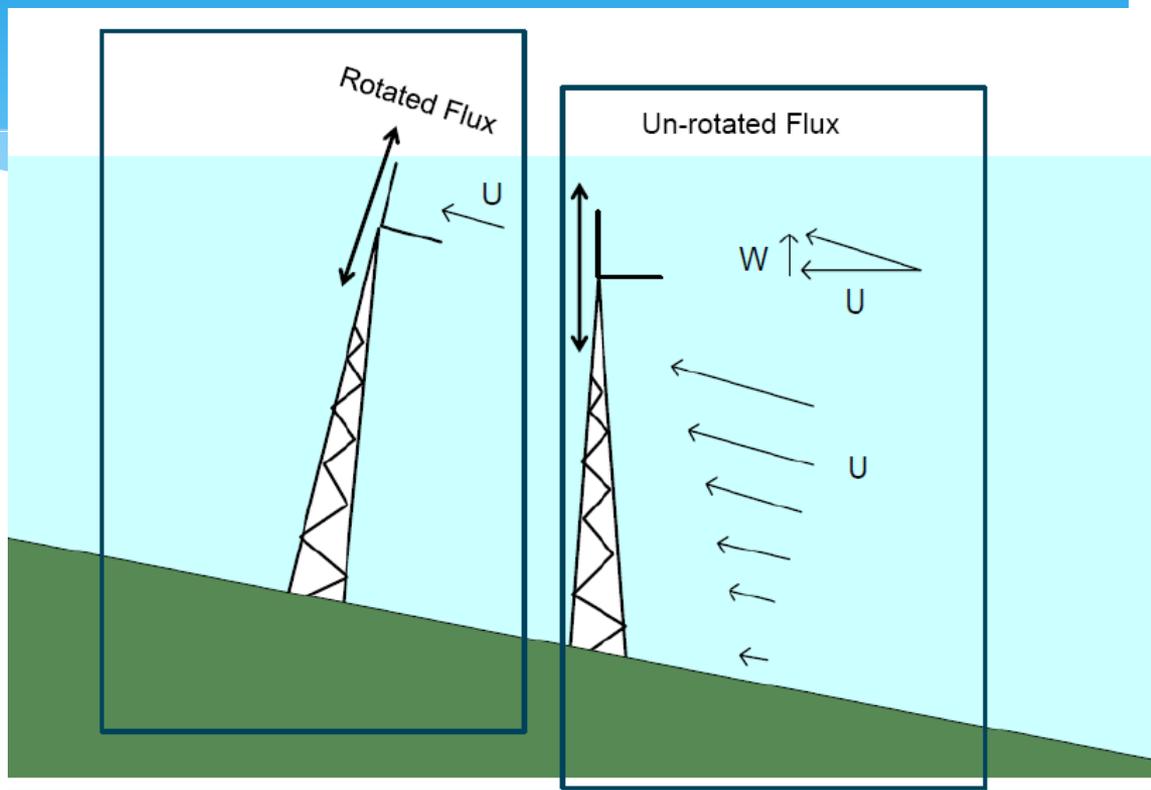
目前坐标旋转方法主要包括三种：

二次坐标旋转法 (DR)

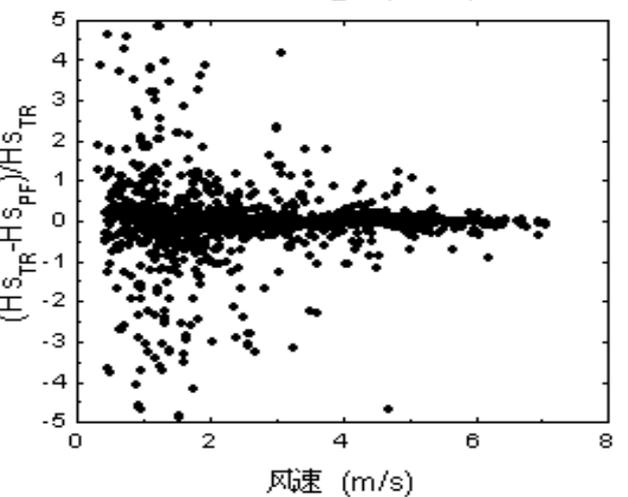
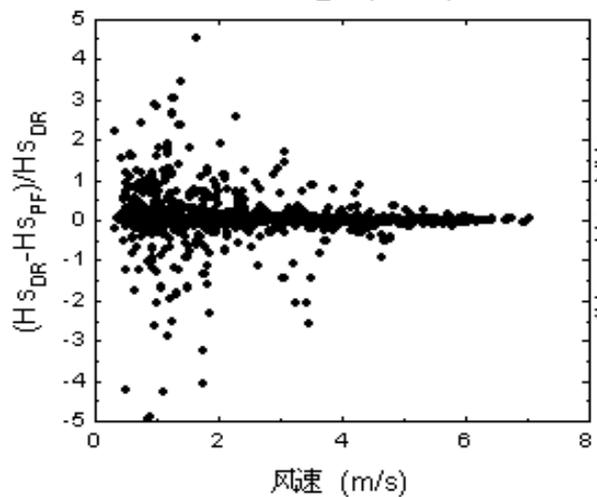
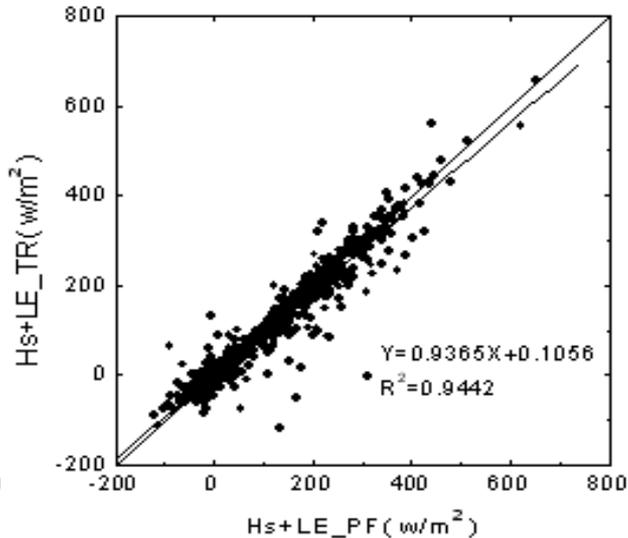
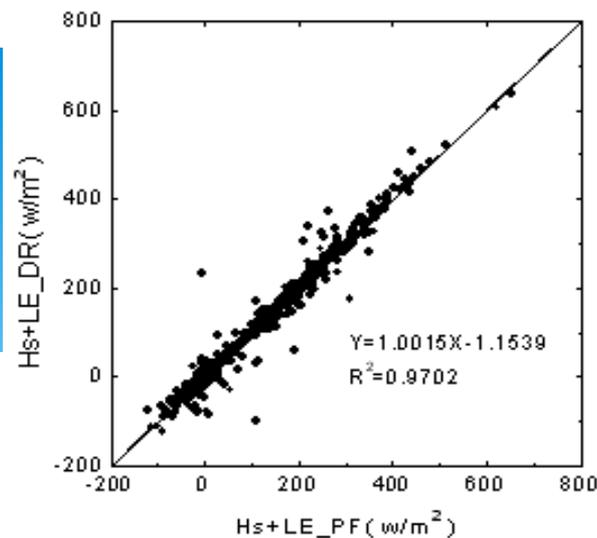
三次坐标旋转法 (TR)

平面拟合法 (PF)

* DR与TR方法：X轴平行于（30 min）平均流方向；Z轴垂直于地面；每一时次独立处理。



PF方法：不是逐次旋转到该次的特定坐标系，而是对一个较长时段（如数日），设平均风场在一个与地面平行的平面（x-y平面）内，并确定此平面。



不同坐标旋转方法间的差异(密云站,07.04)

坐标旋转前后通量值及湍流平均统计量的比较(密云站,07.04)

	Hs	LE	u*	σ_u	σ_v	σ_w	σ_u/u^*	σ_v/u^*	σ_w/u^*
RMSD(W/m²&m/s)	3.15	2.71	0.13	0.25	0.26	0.004	10.22	10.44	4.90
MAPD(%)	3.37	5.46	42.97	16.18	16.61	0.53	62.97	62.94	59.67

空气密度效应订正：WPL订正

对某气体成分，通量输送可表示为：

$$\overline{F_c} = \overline{w c_c} = \overline{w c_c} + \overline{w' c_c'}$$

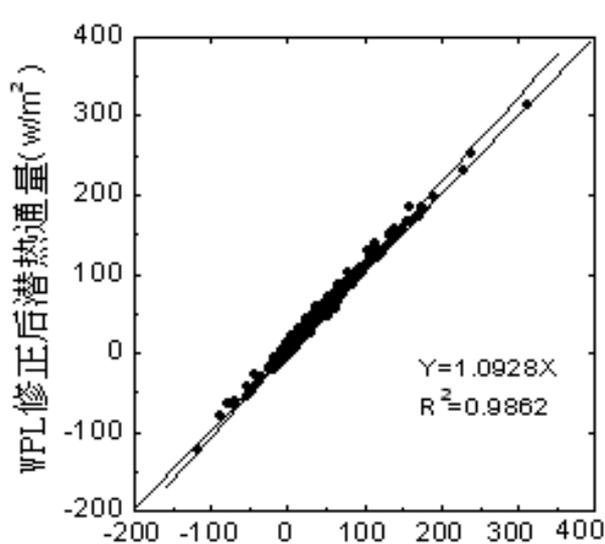
热量或水汽通量的输送会引起微量气体的密度变化，这种变化并不代表真实的物质增加或减少。在测定二氧化碳和水汽密度时需要考虑这种影响。垂直风速很小（一般小于**3mm/s**），很难测定。干空气的净通量为**0**，可以表示为：

$$\overline{w \rho_a} = \overline{w \rho_a} + \overline{w' \rho_a'} = 0, \dots \overline{w} = -\overline{w' \rho_a'} / \rho_a$$

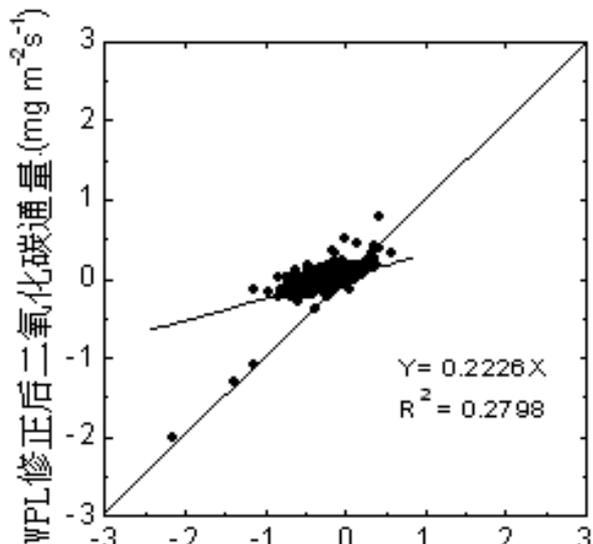
潜热通量和二氧化碳
通量可以修正为:

$$LE = (1 + \mu\sigma) \overline{(w' \rho_v')} + \frac{\overline{\rho_v}}{\overline{T}} \overline{w'T'}$$

$$F_c = \overline{w' \rho_c'} + \mu \frac{\overline{\rho_c}}{\overline{\rho_a}} \overline{w' \rho_v'} + (1 + \mu\sigma) \overline{\rho_c} \frac{\overline{w'T'}}{\overline{T}}$$



潜热通量原始值 (w/m^2) a



二氧化碳通量原始值 ($\text{mg m}^{-2} \text{s}^{-1}$) b

WPL修正前后的通量值比较(密云站,07.04)

频率响应订正

'true' cospectrum

$$C_F = \frac{\int_0^{\infty} C_{wc}(f) df}{\int_0^{\infty} G_{wc}(f) \cdot C_{wc}(f) df}$$

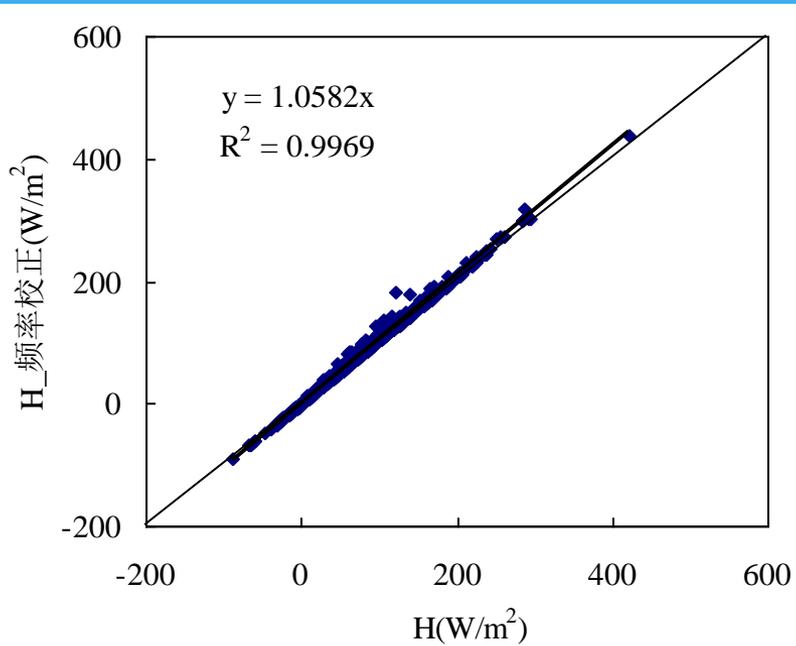
filter function

filtered cospectrum

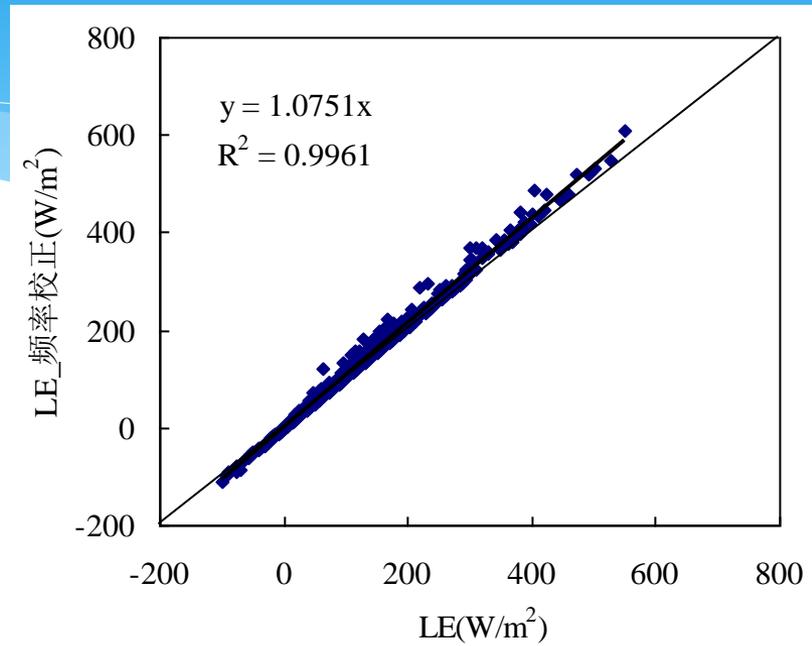
风速传感器与LI-7500间的距离d，可测涡旋尺度 $\langle =2d$ 。低风速下，高频严重衰减。

损失的大小与仪器间距和测量高度的比值、大气稳定度以及风速有关。





感热通量



潜热通量

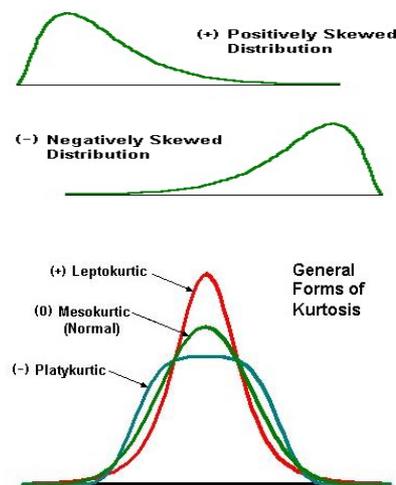
频率响应修正前后的通量值比较(密云站, 2010.06)

1) 偏度与峰度检验

- 湍流具有随机性，湍流脉动量的分布一般正态规律。对湍流量正态性的检验，即偏度和峰度检验，是一些作者采用的质量控制方法之一，可检查由仪器或数采仪问题引起的异常记录 (Outliers)。

$$\text{偏度 (Skewness)} \quad S_k = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{(N-1)\sigma^3}$$

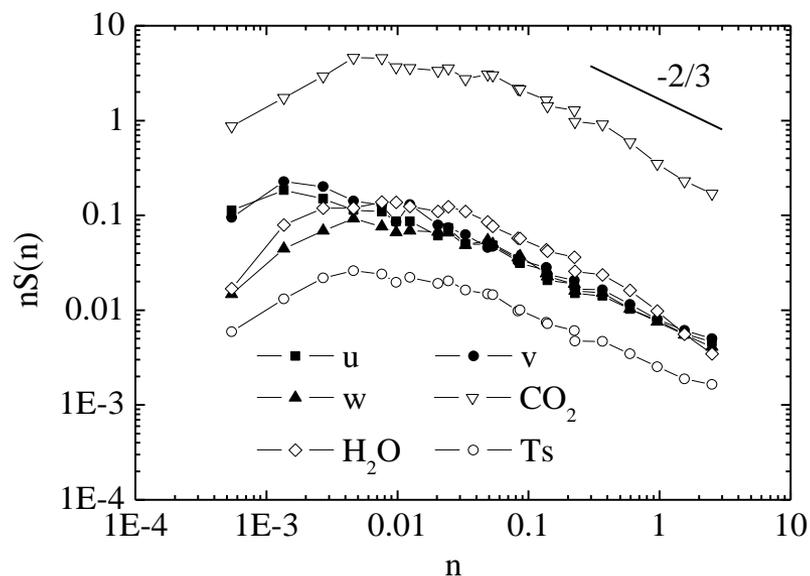
$$\text{峰度 (Kurtosis)} \quad K_u = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{(N-1)\sigma^4} - 3$$



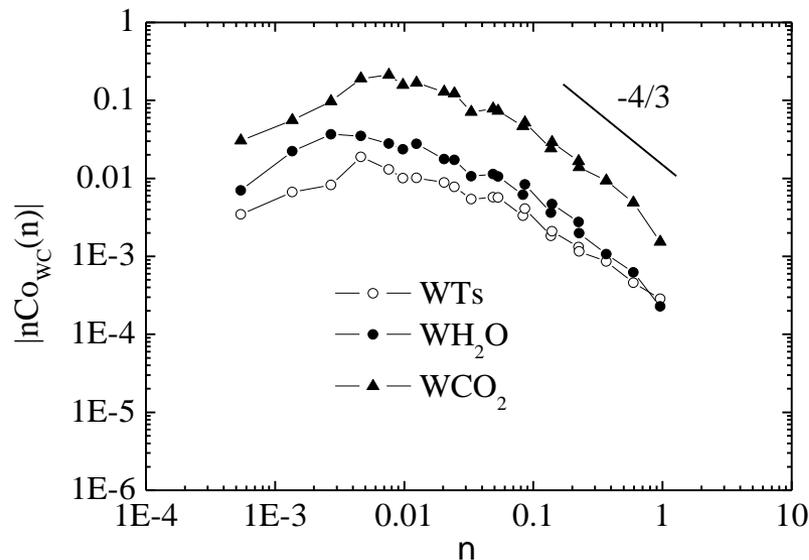
σ 为标准差。Sk>0，峰值左偏；Sk<0，右偏。Ku>0，分布陡峭；Ku<0，平缓。窗口宽度N根据情况选定。二者的阈值可参考： $|Sk_T| = 3.6$ ， $Ku_T = 10$ （大的Ku值表示可能有大的异常值）。

2) 湍流能量谱

- * 在近地边界层小尺度湍流是各向同性的，在惯性子区内能量即不产生也不消耗，对数坐标系下，功率谱应遵循 $-2/3$ 的规律向更小的尺度传递；协谱在惯性子区应该符合 $-4/3$ 定律。



功率谱(u, v, w, CO_2, H_2O, Ts)



协谱(wTs, WCO_2, WH_2O)

密云站2009年7月7日10:00-14:00共8个30分钟各变量功率谱/协谱的平均值

- * 低频段斜率不随频率减小明显减小
 - * 取平均时间偏短（一般低频端谱值应比谱峰值低一个量级以上）
- * 谱中包含可疑的峰值或野点
 - * 原始资料被电源和仪器噪音污染
- * 高频段斜率大于 $-2/3$
 - * 传感器响应劣化，信号被平滑；随机噪音过大
- * 高频段斜率小于 $-2/3$
 - * 原始资料含有似野点噪音或量化噪音（A/D转换缺位）

3) 湍流的平稳性检验

湍流平稳性 (Stationarity) 指一个观测时次内主要统计量保持稳定。非平稳情况, 在30 min内, 有变化趋势, 或出现结构性变化。

检验方法 (Foken, 2004) : 每个分时段协方差 (5min) 的平均值和全时段协方差 (30min) 之间差值与全时段协方差之比。

$$\Delta_{st} = \left| \frac{\overline{(x' y')_5} - \overline{(x' y')_{30}}}{\overline{(x' y')_{30}}} \right| * 100\%$$

Class	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Range (%)	0-15	16-30	31-50	51-75	76-100	101-250	251-500	501-1000	>1000%

4) 湍流发展的充分性检验

湍流发展的充分性检验（方差相似性规律）可以检验湍流是否能够很好地发展与形成。湍流充分发展情况下，符合莫宁-奥布霍夫相似理论（MO理论）。

$$ITC = \left| \frac{(\sigma_w / u_*)_{model} - (\sigma_w / u_*)_{measurement}}{(\sigma_w / u_*)_{model}} \right| * 100\%$$

分类标准 (Foken, 2004)

Class	Range
1	0–15 %
2	16–30 %
3	31–50 %
4	51–75 %
5	76–100 %
6	101–250 %
7	251–500 %
8	501–1000 %
9	> 1000 %

数据质量分类标准 (Foken, 2004)

综合两种以上质量划分指标

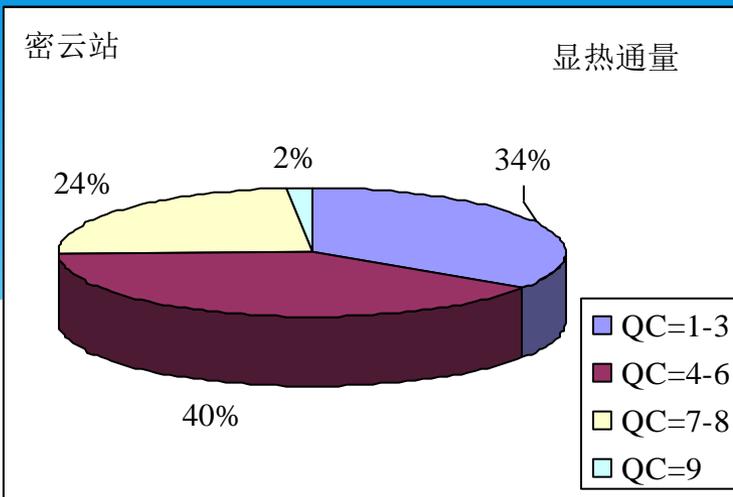
steady state (flag)	integral turbulence characteristic (flag)	Final flag
1	1-2	1
2	1-2	2
1-2	3-4	3
3-4	1-2	4
1-4	3-5	5
5	≤ 5	6
≤ 6	≤ 6	7
≤ 8	≤ 8	8
9	9	9

Flag1-3可用于研究使用，
质量较好；

4-6在连续通量观测实验中
可用；

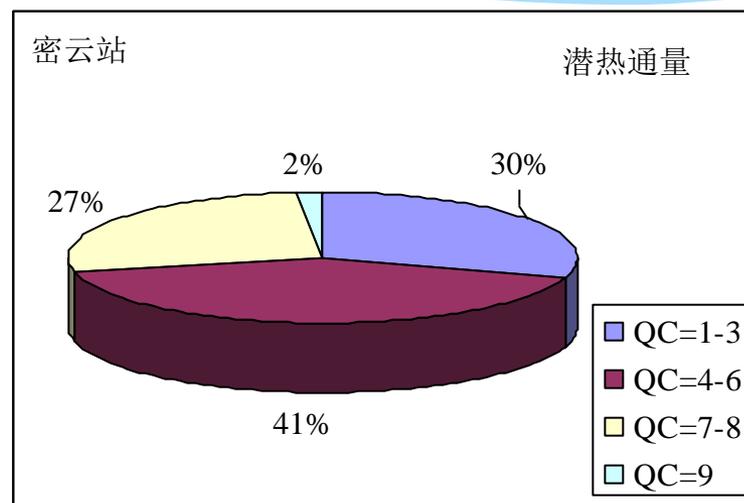
7-8只能定性的使用，但比
Gap filling计算结果好；

9应该剔除；



感热通量数据质量

潜热通量数据质量



从整体数据质量统计来看：密云站可用于一般通量数据分析约73%（QC=1-6），质量较差数据（较插补值好）约25%（QC=7-8），质量差数据（QC=9）约2%。（2009年密云站）

5) 能量平衡闭合状况



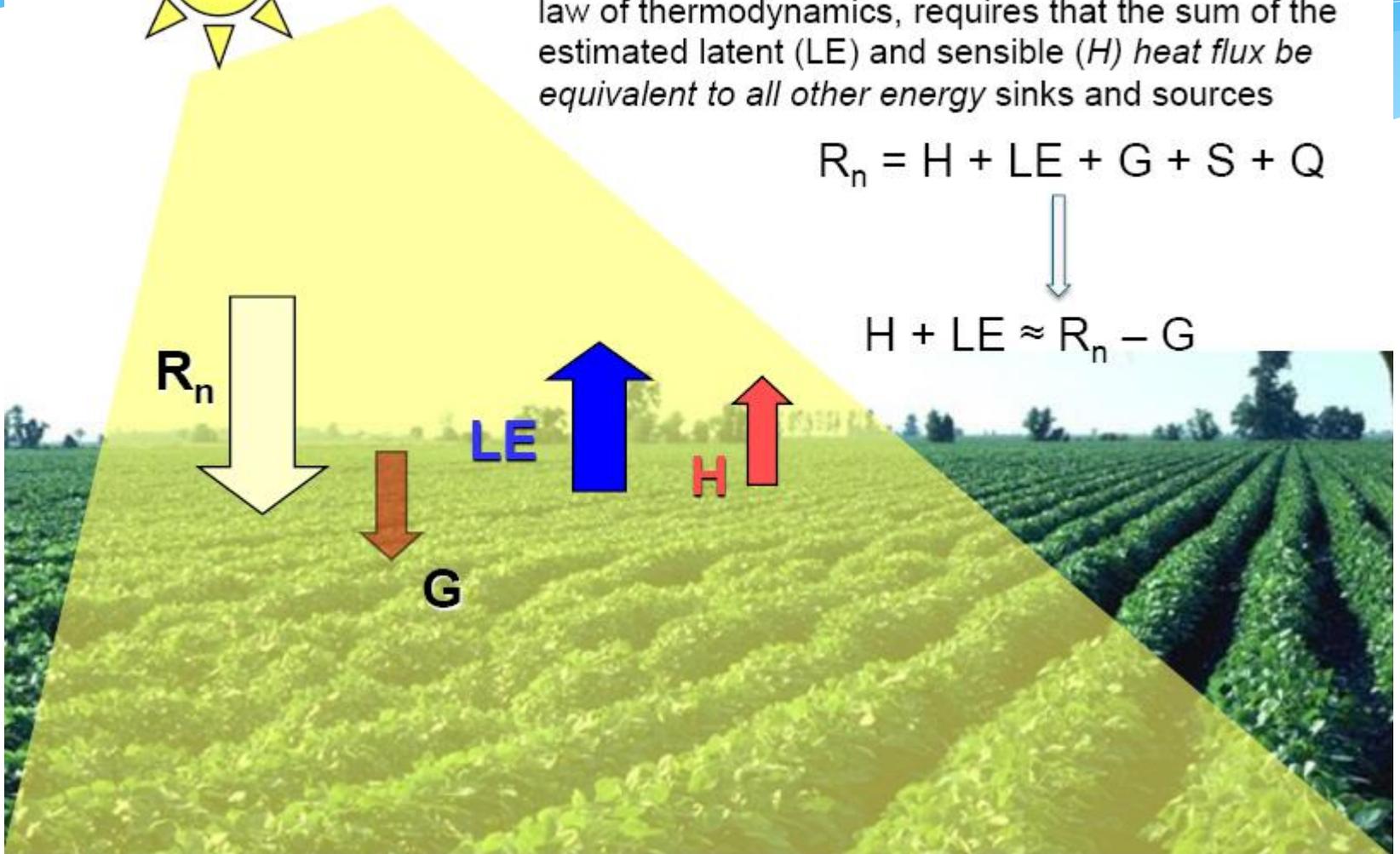
The Energy Budget

Energy balance closure, a formulation of the first law of thermodynamics, requires that the sum of the estimated latent (LE) and sensible (H) heat flux be equivalent to all other energy sinks and sources

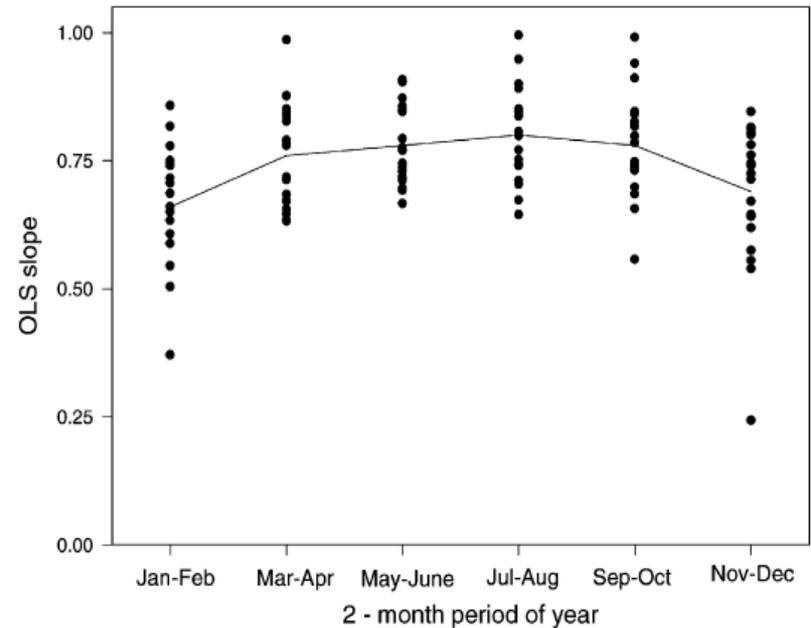
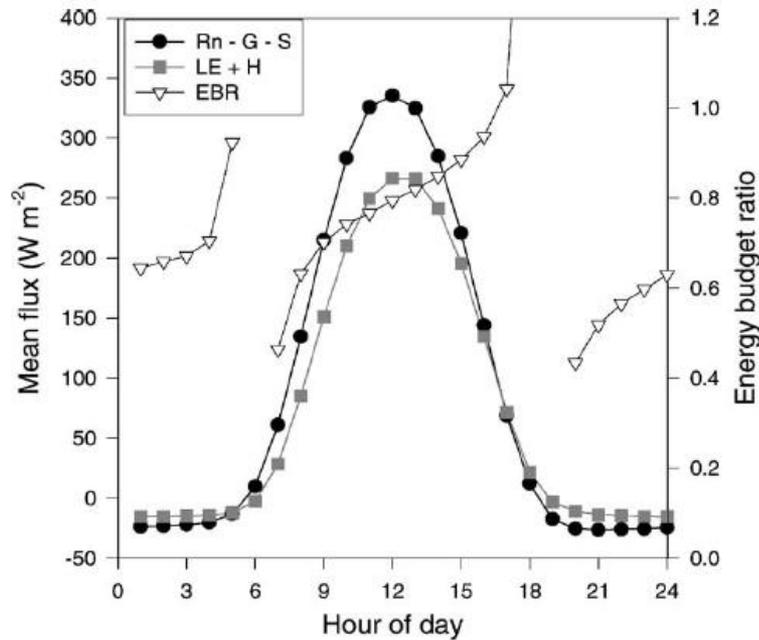
$$R_n = H + LE + G + S + Q$$



$$H + LE \approx R_n - G$$



能量平衡闭合被认为是检验涡动相关测量数据的一个重要标准，FLUXNET许多站点都把能量平衡闭合状况分析作为一种标准的程序用于通量数据的质量评价。



能量平衡比率EBR的日变化与季节变化 (Wilson et al., 2002)

从20世纪80年代后期开始，地表能量平衡不闭合的现象在大多数试验中逐渐被发现（Foken and Oncley, 1995），即可利用能量（净辐射与土壤热通量之差）大于感热和潜热通量的和。能量平衡闭合率EBR可以表示为：

$$EBR = \frac{\sum (H + LE)}{\sum (R_n - G)}$$

大多数观测结果表明能量平衡闭合率在80%左右（Wilson et al., 2002）。为探究导致能量平衡不闭合的原因，2000年在美国加州弗雷斯诺附近专门开展一次有关能量平衡闭合的专题试验（EBEX-2000），一些结果也陆续发表（Oncley et al., 2007; Mauder et al., 2007; Kohsiek et al., 2007）

导致能量平衡不闭合的原因？

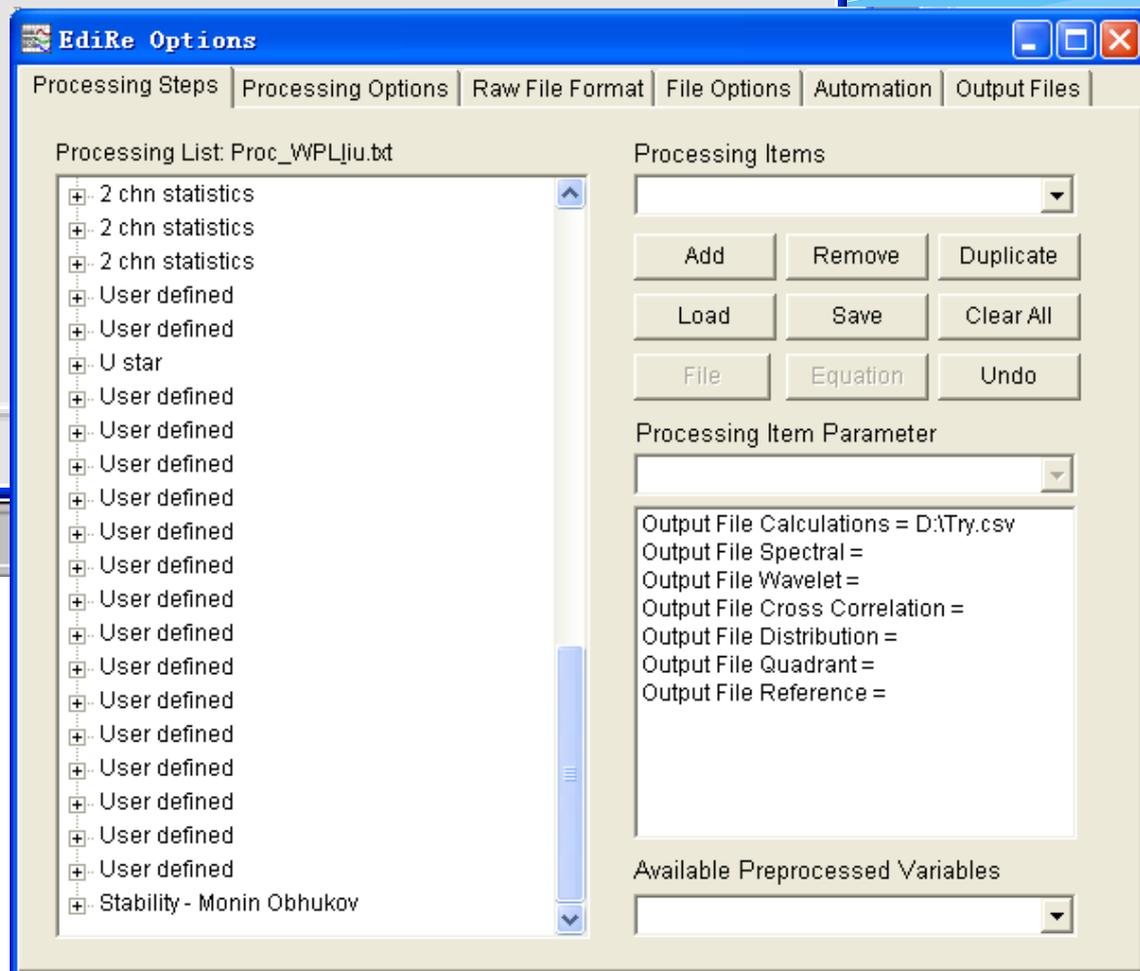
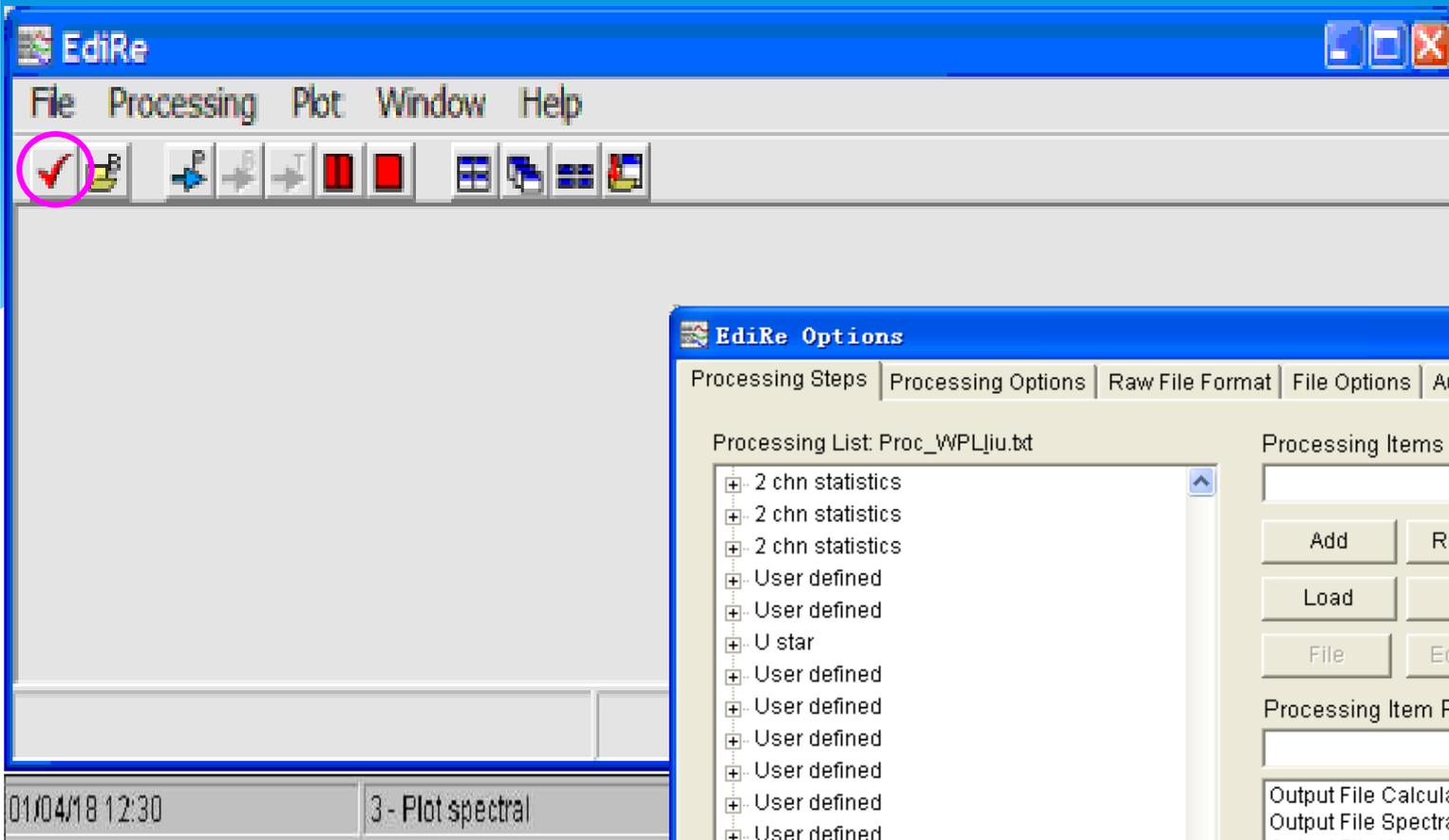
三、Edire数据处理软件的介绍与应用

EdiRe(<http://www.geos.ed.ac.uk/abs/research/micromet/EdiRe/>)

包括两个主要窗口：主窗口及选项窗口。

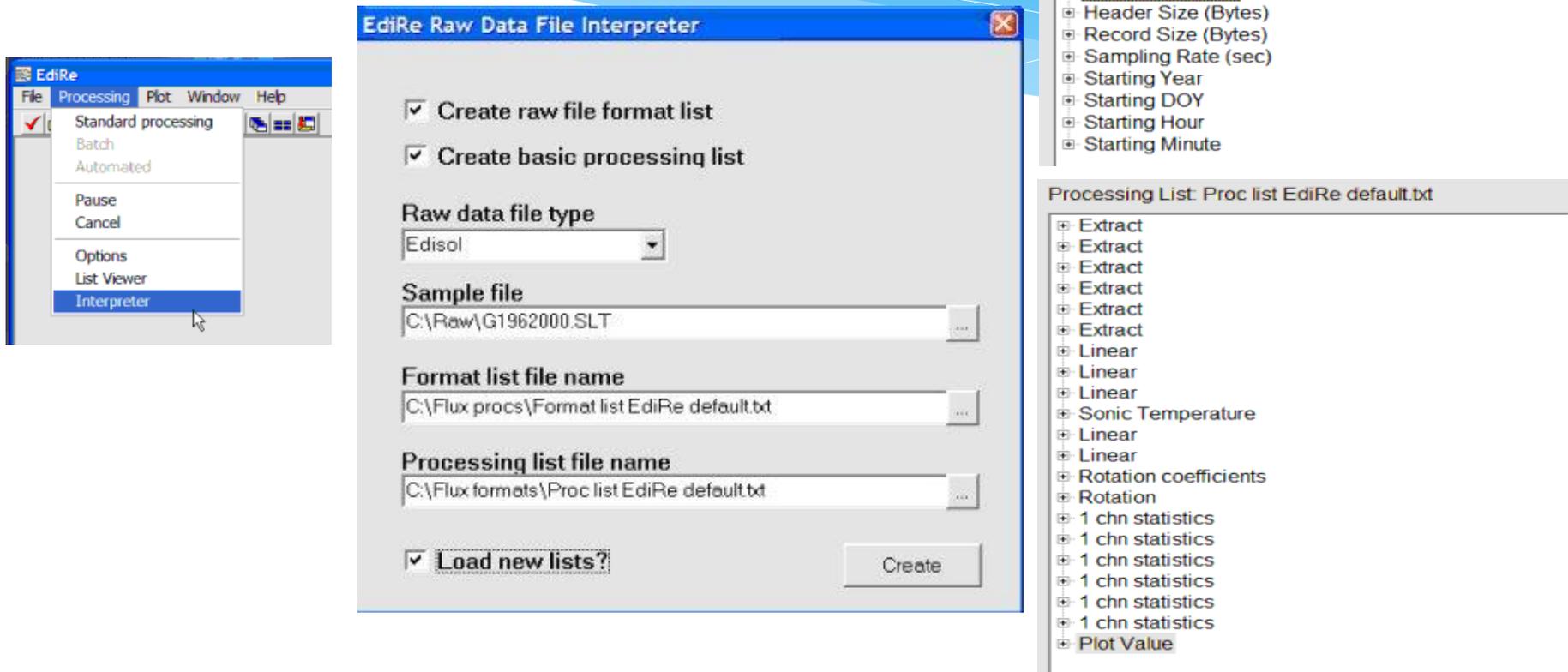
主窗口： 用来控制并监测数据处理的过程，如在处理过程中要求图形显示，也在此窗口中。

选项窗口： 可通过主窗口中“Processing/Options”或者快捷按钮选择，此窗口包括六项，几乎包括了EdiRe处理数据所需的所有信息，是操作EdiRe的关键。



EdiRe中数据的输入输出

如果原始数据文件为Edisol *.SLT或 Campbell Scientific *.TOB1 原始数据文件，可用EdiRe进行快速的分析，EdiRe有专门针对以上两种文件处理选项，处理如图：

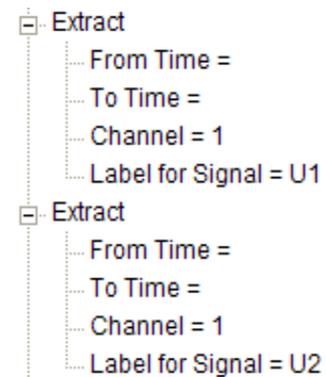
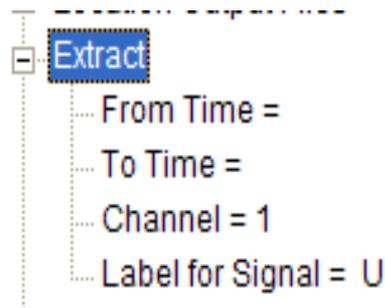
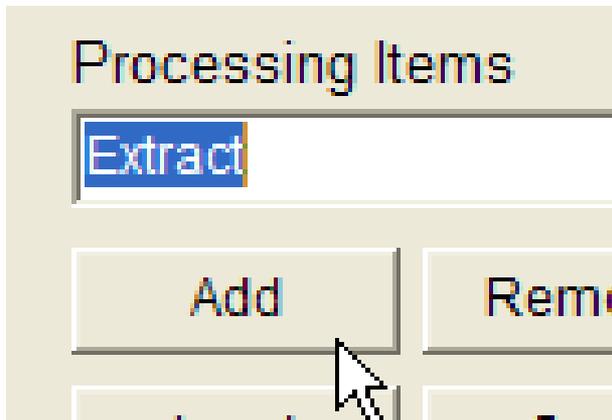


如果采集数据格式不是以上两种类型，则需要根据自己进行后处理。在Raw File Format中设置文件类型读取数据（如上Raw File Format选项设置）。

1) 原始数据的提取

Raw File option中设置好数据读入格式，将原始数据分为不同的Channel，在Processing steps中首先需将原始数据读入，使用Extract选项将以后需要应用到的原始数据读入并赋予相应的符号。如下所示：

如需要，可以同时为同一原始数据赋予两个符号表示。



2) 基本统计量的计算

Statistics of one, two or three signals

Single signal statistics processing item

用于计算某个变量单个时次平均值、标准差、峰度、斜度、湍流强度等。

Two signal statistics processing item

用于计算某两个变量协方差、相关系数及通量。

Three signal statistics processing item

用于计算湍流动能等。

```
1 chn statistics
... From Time =
... To Time =
... Signal = C
... Storage Label Mean = mn_C
... Storage Label Std Dev = sd_C
... Storage Label Skewness =
... Storage Label Kurtosis =
... Storage Label Maximum = mx_C
... Storage Label Minimum = mi_C
... Storage Label Variance =
... Storage Label Turbulent Intensity =
... Alt Turbulent Intensity Denominator =

2 chn statistics
... From Time =
... To Time =
... Signal = W
... Signal = Q
... Storage Label Covariance = WQ
... Storage Label Correlation =
... Storage Label Flux = LE
... Flux coefficient = L

3 chn statistics
... From Time =
... To Time =
... Signal = U
... Signal = V
... Signal = W
... Storage Label Product =
... Storage Label Normalized Product =
... Storage Label Flux Product =
... Storage Label Turb Kinetic Energy = TKE
... Flux coefficient =
```

3) 数据处理过程中基本步骤

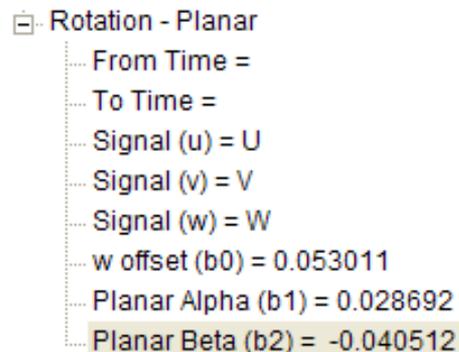
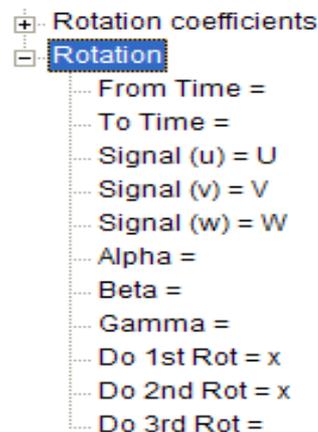
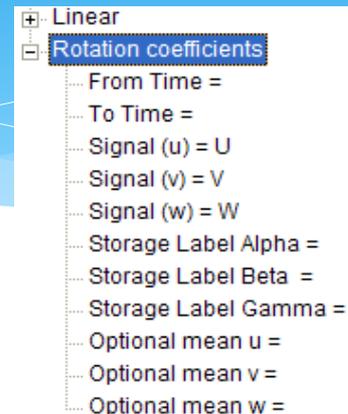
主要介绍坐标旋转，WPL订正的简单应用。

1. 坐标旋转：（二次、三次坐标旋转，平面拟合法）

Run Rotation Method: Defining rotation angle

Anemometer coordinate rotation

Planar Fit Rotation Method



2. WPL 订正

EdiRe中提供WPL订正选项（用户也可用”User Defined”自己定义）如右图所示：

```
Webb correction
... From Time =
... To Time =
... Storage Label = WPL_Q
... Apply to =
... Apply by =
... Scalar value type = Concentration (mmol/mol)
... Scalar value = Mean_Q
... Min or QC =
... Max or QC =
... Water vapour value type = Concentration (mmol/mol)
... Water vapour value = Mean_Q
... Min or QC =
... Max or QC =
... Temperature (C) = Mean_Ts
... Min or QC =
... Max or QC =
... Pressure (kPa) = P_kpa
... Min or QC =
... Max or QC =
... H flux (W/m2) = H
... Min or QC =
... Max or QC =
... LE flux (W/m2) = LE
... Min or QC =
... Max or QC =
... H flux coef, RhoCp = RhoCp
... Min or QC =
... Max or QC =
... LE flux coef, L = latentheat
... Min or QC =
... Max or QC =
... Scalar molecular wt. = 18.015
... Scalar flux type = LE (W/m2)
... Scalar flux coefficient = x
```

利用EdiRe计算通量的一般步骤

- 1) 输出路径的确定 (Set location for output)
- 2) 原始数据的提取 (Extracting signals)
- 3) 原始数据单位转换 (Converting signals)
- 4) 原始数据野点值的剔除 (Despiking)
- 5) 基本统计量的计算 (坐标旋转前) (1chn statistics)
- 6) 坐标旋转 (Coordinate Rotation)
- 7) 基本统计量的计算 (坐标旋转后) (1chn statistics, 2chn statistics)
- 8) 基本参数的计算 (sensible heat flux coefficient, latent heat coefficient)
- 9) 通量的计算
- 10) 通量的后处理 (WPL订正等)

如需要自己定义一些功能，可以使用“User Defined”功能。



Edire 软件数据处理示例

四、Eddypro数据处理软件的介绍与应用

(http://www.licor.com/env/products/eddy_covariance/software.html)



Project Info

Project name :

Raw file format : LI-COR GHG ?

- ASCII plain text
- Generic binary ? Settings...
- TOB1 ? Detect automatically
- SLT (EddySoft)
- SLT (EdiSol)

Metadata file : Use embedded file

Use alternative file: ? Load...

Use dynamic metadata file: Load... ?

Biomet data : Use embedded files

Use external file: Load... ?

Use external directory: Browse... ?

Search in subfolders Files extension :

Metadata File Editor

This dialog will activate if you:

- select a Raw file format different than LI-COR GHG

Metadata File Editor

Station Instruments Raw File Description

Station Info

Timestamps refers to : beginning of averaging period ?

end of averaging period

File duration :

Acquisition frequency :

Canopy height :

Displacement height : ?

Roughness length : ?

Altitude :

Latitude :

Longitude :

Basic setting

Files Info

Raw data directory: [Browse...](#)
 Search in subfolders
[Detect Dataset Dates](#) Select a subperiod
Start:
End:
Raw file name format: [Set...](#)
Output directory: [Browse...](#)
Output ID:
Previous results directory: [Browse...](#)

Missing samples allowance:
Flux averaging interval:

North reference: Use magnetic north
 Use geographic north [Fetch from NOAA](#)
Magnetic declination: On: [?](#)

Select Items for Flux Computation

Master Anemometer:
 Cross wind correction of sonic temperature applied by the anemometer firmware
Fast temperature reading (alternative to sonic temp):
[Variables](#) [Flags](#)

Gas measurements (eddy data, used for covariances and fluxes)

Advance setting

非常重要的步骤，一些基本处理的选择、包括不确定性的处理等都在该步骤进行设置。

The screenshot displays the 'Advance setting' interface for raw data processing. The left sidebar contains navigation options: Processing Options (selected), Spectral Corrections, Statistical Analysis, and Output Files. The main panel is titled 'Raw Processing Options' and is divided into several sections:

- Raw data processing**
 - Wind speed measurement offsets**: U: 0.000 [m/s], V: 0.000 [m/s], W: 0.000 [m/s]. Method: Field calibration (Nakai and Shimoyama, 2012). Rotation method: Double rotation. Detrend method: Block average. Time constant: 250.0 [s]. Time lag detection method: Covariance maximization with default.
 - Angle-of-attack correction for wind components (Gill's only)
 - Axis rotations for tilt correction
 - Turbulent fluctuations**
 - Time lags compensation
- Compensation of density fluctuations (WPL terms)**
 - Compensate density fluctuations. Method: Use/convert to mixing ratio, if possible (Burba et al. 2012).
 - Add instrument sensible heat components, only for LI-7500(A). Surface temperature estimation: Simple linear regressions, Multiple regressions.
- Day time / Night time** (radio buttons)
- Bottom**: $T_{\text{bot}} = 0.944 * T_s + 2.57$
- Top**: $T_{\text{top}} = 1.005 * T_s + 0.24$

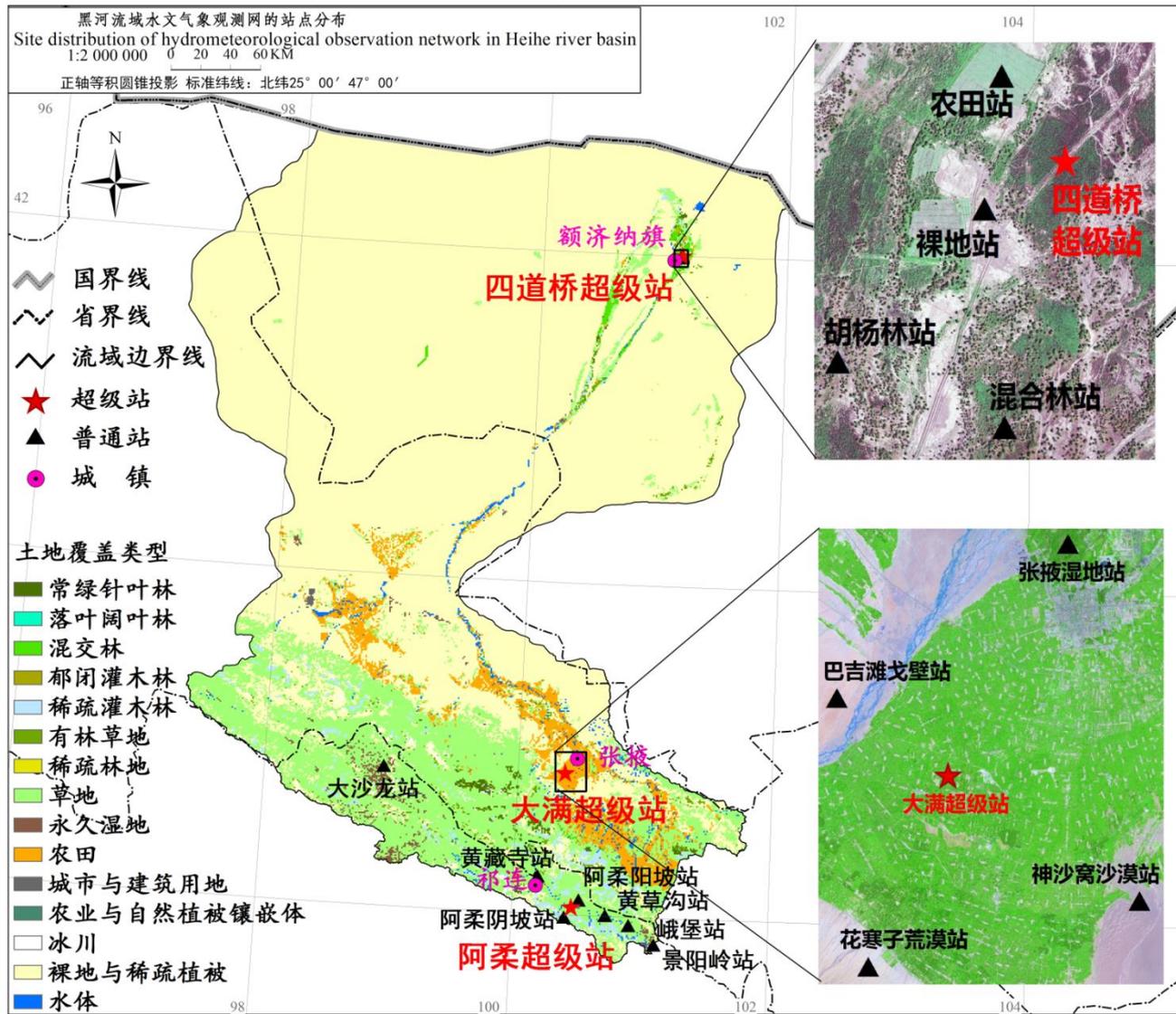
A 'Restore Default Values' button is located at the bottom left of the interface.



Eddypro 软件数据处理示例

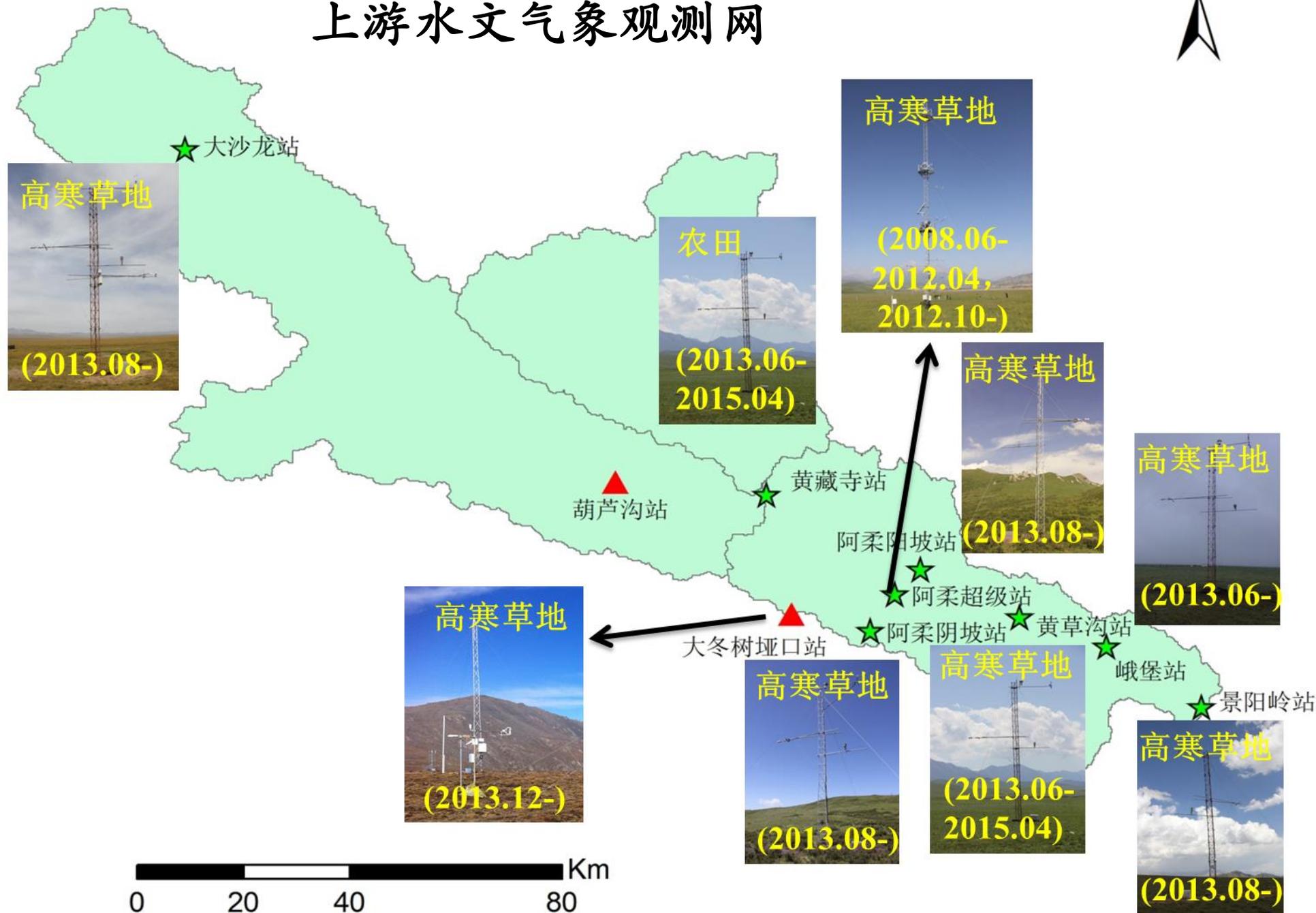
黑河水文气象观测网的维护与数据发布

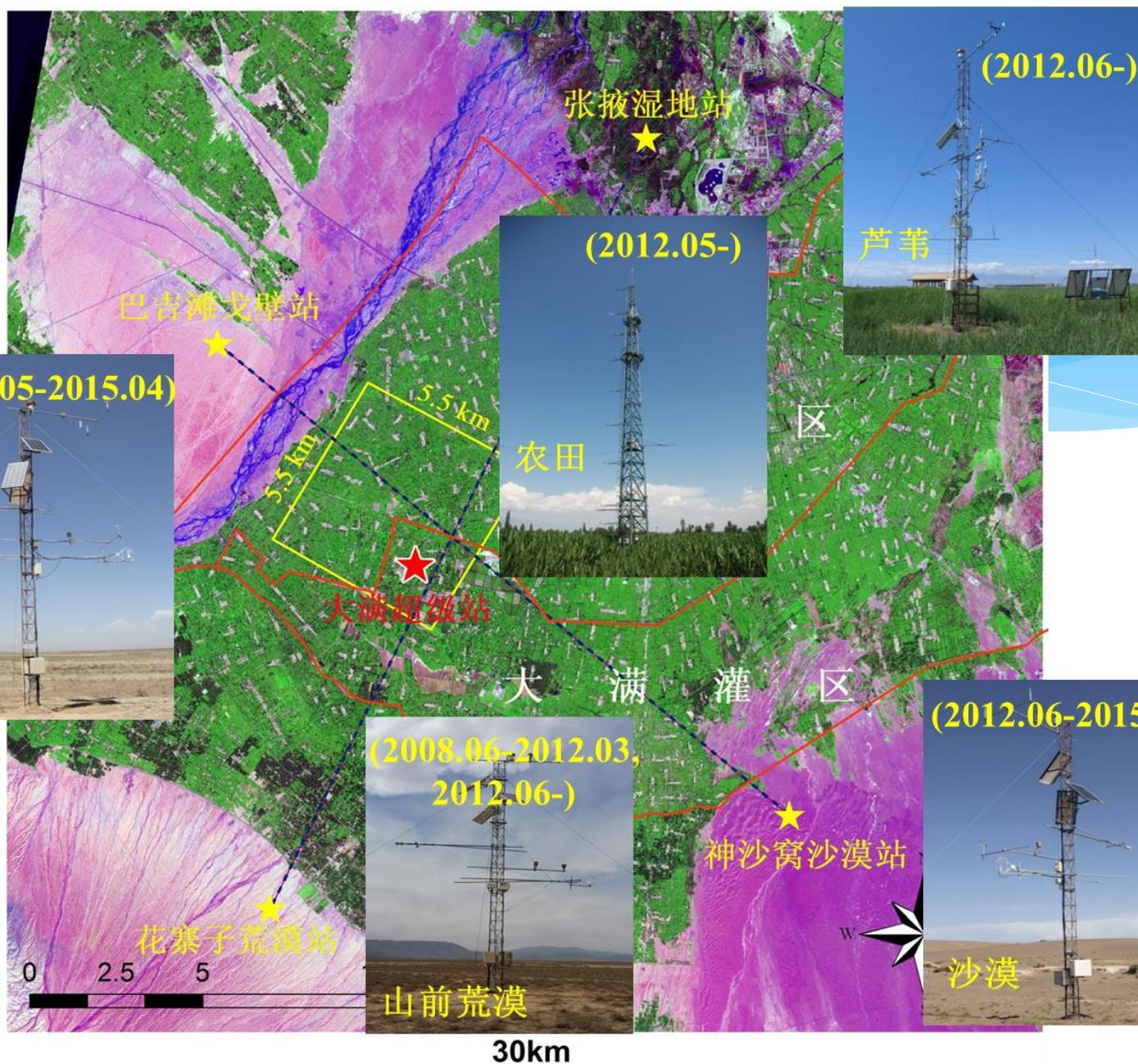
“黑河流域水文气象观测网”于2013年8月全面建成并投入运行。该观测网包括**3个超级站**、**15+2个普通站**。超级站的仪器包括气象要素梯度观测系统、涡动相关仪、大孔径闪烁仪、蒸渗仪以及土壤温湿度无线传感器网络等，普通站则由自动气象站、涡动相关仪等构成。



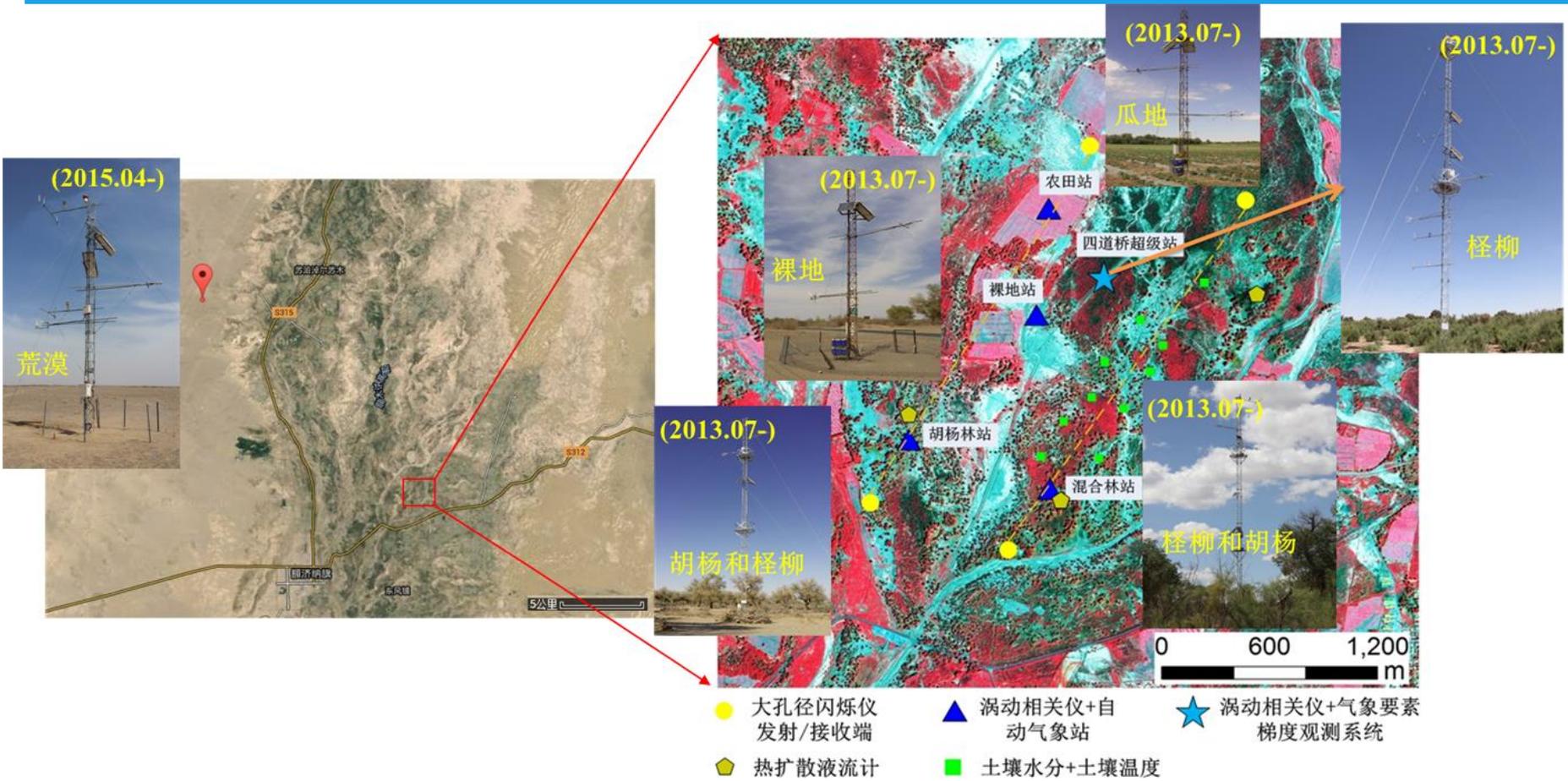
Li Xin, Cheng Guodong, Liu Shaomin, et al., Heihe Watershed Allied Telemetry Experimental Research (HiWATER): Scientific objectives and experimental design. Bulletin of American Meteorological Society, 2013, 94(8): 1145-1160.

上游水文气象观测网





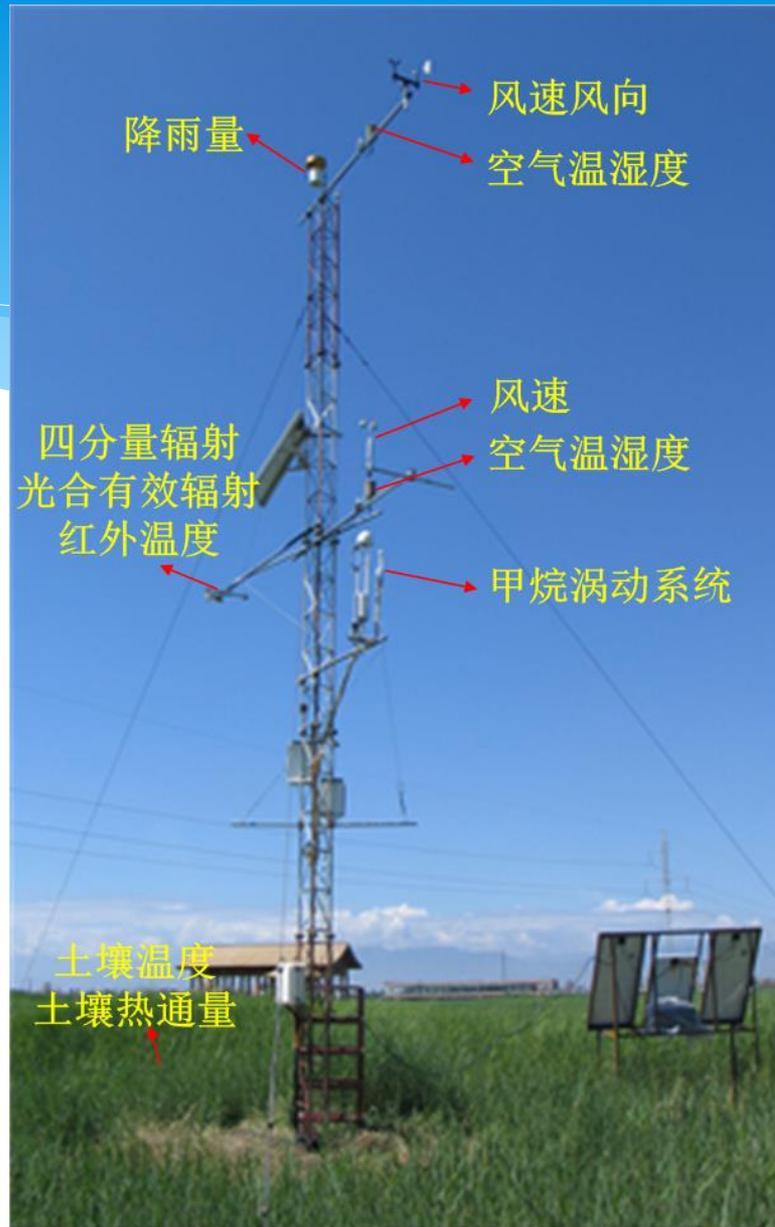
中游水文气象观测网



下游水文气象观测网



超级站（中游大满站）



普通站（中游湿地站）

HiWATER: 黑河流域生态-水文过程综合遥感 观测联合试验数据发布

- * 2013年6月16日，“黑河流域生态-水文过程综合遥感观测联合试验”（简称黑河生态水文遥感试验，英文简称HiWATER）2012年中游加强试验数据正式在“寒区旱区科学数据中心”（<http://westdc.westgis.ac.cn/heihe>）发布。
- * 2014年9月5日，“黑河流域生态-水文过程综合遥感观测联合试验”（简称黑河生态水文遥感试验，英文简称HiWATER）的2013年流域水文气象观测网数据在“黑河计划数据管理中心”（<http://www.heihedata.org>）上发布。
- * 2014年黑河水文气象观测网的数据也将要发布。

六、主要结论

- 涡动相关仪的观测数据需保留原始10Hz观测数据，并通过处理软件进行后处理，以便保证观测数据的质量。
- Edire软件和Eddypro软件的后处理结果比较一致，相对而言Edire软件处理速度更快，灵活性更好，而Eddypro软件的功能更全面，数据格式更严格。

A bright blue sky with scattered white, fluffy clouds. The text 'THANK YOU!' is centered in the middle of the image.

**THANK
YOU!**