

文章编号: 1001-8166(2010)11-1139-09

大孔径闪烁仪观测方法的研究

徐自为¹, 黄勇彬², 刘绍民¹

(1. 北京师范大学遥感科学国家重点实验室, 地理学与遥感科学学院, 北京 100875

2 雨根科技有限公司, 北京 101100)

摘要:当前, 大孔径闪烁仪被广泛用于大尺度水热通量的测量, 其观测方法的研究是十分必要的。从大孔径闪烁仪观测场地的选取, 仪器的安装、调试, 观测数据的采集及仪器的维护等方面系统地总结了其观测方法, 为以后相关观测实验的顺利进行和观测资料的质量保证奠定基础。

关键词:大孔径闪烁仪; 安装与调试; 数据采集; 日常维护

中图分类号: P404

文献标志码: A

1 引言

自 20 世纪 90 年代中后期开始, 大孔径闪烁仪 (Large Aperture Scintillimeter, LAS) 在世界不同地区、不同下垫面被广泛用于大尺度水热通量的测量, 并取得了大量的研究成果^[1~4]。然而在观测实验广泛开展的同时, 大孔径闪烁仪的观测方法却没有得到很好的研究和系统的总结。大孔径闪烁仪的观测方法包括观测场地的选取, 观测仪器的安装、调试以及观测数据的采集与观测仪器的维护等。观测方法是否正确、合理, 直接影响到观测数据的质量, 因此大孔径闪烁仪观测方法的研究是十分必要的。

当前, 国内外较常用的商用大孔径闪烁仪主要为荷兰 Kipp & Zonen 公司以及德国 Scintec 公司生产, 较早的还有荷兰瓦赫宁根大学生产的大孔径闪烁仪。各种大孔径闪烁仪均被广泛用于野外观测试验中。McAneney 等^[5]、Meijninger 等^[2,3]利用大孔径闪烁仪在平坦均匀和非均匀下垫面开展了多次观测试验, 均得到比较理想的结果, 表明大孔径闪烁仪可以应用于均匀和非均匀下垫面; Kieissl 等^[6]以新墨西哥州半干旱区开展的 7 个大孔径闪烁仪组成的

观测网络为例, 介绍了仪器的测量原理、安装维护、测量通量的源区分布、数据应用于遥感估算通量的验证等, 并总结了在实际观测中的经验教训和以后的工作计划。

上述几种大孔径闪烁仪虽然都有各自的说明手册, 但在实际操作过程中并不是简单参照手册就可以完全解决观测中遇到的问题。北京师范大学 (以下简称: 北师大) 自 2002 年开始在以下区域开展了数次大孔径闪烁仪的观测实验: 海河流域 (北京小汤山 (116°26'52"E, 40°10'41"N), 2002 03 26~08 18, 2004 05 27~07 07, 2005 05 01~06 10, 荷兰瓦赫宁根大学 LAS 密云 (117°19'24"E, 40°37'51"N): 2006 08~, 荷兰 Kipp & Zonen LAS 大兴 (116°25'38"E, 39°37'17"N), 2008 05~, 荷兰 Kipp & Zonen LAS 河北省馆陶站 (115°07'39"E, 36°30'54"N), 2007 08~, 荷兰 Kipp & Zonen LAS); 鄱阳湖流域 (江西省干烟洲站 (115°04'04"E, 26°44'45"N), 2005 10 15~10 31, 德国 Scintec BLS450); 黑河流域 (青海省阿柔站 (100°27'53"E, 38°02'40"N): 2008 03 11~, 德国 Scintec BLS450 甘肃省临泽草站 (100°03'40"E, 39°14'35"N): 2008

收稿日期: 2010-03-16 修回日期: 2010-09-07

* 基金项目: 公益性行业 (气象) 科研专项“大尺度水热通量观测系统的研制与应用研究” (编号: GYHY200706046); 国家自然科学基金项目“地表水热通量的时空尺度扩展研究” (编号: 40971194) 和“基于遥感和数据同化方法的海河流域水文通量预测研究—SP2 不同尺度蒸散量和土壤水分的观测研究” (编号: 30911130504) 资助。

作者简介: 徐自为 (1981-), 男, 吉林梨树人, 工程师, 主要从事地表通量的观测与数据的处理研究。E-mail: xuzw@bnu.edu.cn

05 19~ 08 31, 荷兰 Kipp&Zonen LAS)以及青藏高原(西藏那曲 BJ站 ($91^{\circ}53'55''\text{E}$, $31^{\circ}22'7''\text{N}$), 2009 07 ~, 德国 Scintec BLS450), 所有站点均配有涡动相关仪和自动气象站的同步观测, 其主要目的是验证 MODIS/NOAA 等遥感影像估算的地表水热通量以及研究地表水热通量的尺度效应与尺度转换。本文拟在多次大孔径闪烁仪观测实验的基础上, 研究大孔径闪烁仪的观测方法。

2 观测场地的选取及仪器的安装

2.1 观测场地的选取

观测场地主要取决于所研究的具体科学问题。一般来说, 当观测对象确定后, LAS应架设在受到毗邻生态系统干扰最小的地点, 同时也要综合考虑多种因素。LAS的发射仪和接收仪一般南北放置, 以避免在较低太阳高度角时太阳光直接照射到传感器镜面^[8]。一般 LAS光径路线要垂直于观测场的主风方向, 自动气象站(AWS)安装在 LAS光径路线中间位置, 以保证辐射仪、土壤热通量等最大限度地表征 LAS测量源区内的平均状况。为此, 仪器安装之前需要对当地盛行风向先做出分析。图 1为一个极端的例子, LAS南北架设、主风向为东风时的 LAS观测源区的示意图。通常根据所研究的区域和当地风向适当调整安装光径线路, 目的是使大孔径闪烁仪的源区能尽量覆盖所研究的区域。在北师大的观测试验中, 观测场下垫面包括了农田(馆陶站、大兴站、小汤山站、千烟洲站), 园地(密云站), 草地(阿柔站、临泽草地站、那曲 BJ站)等, 光径长度一般大于 1.5 个 MODIS像元, 如密云站光径长度 2 420 m、馆陶站 2 760 m、大兴站 2 480 m、阿柔站 2 390 m、临泽草地站 1 550 m、那曲 BJ站 1 560 m, 同时架设 1 台涡动相关仪与 LAS进行同步观测, 以期相互比较

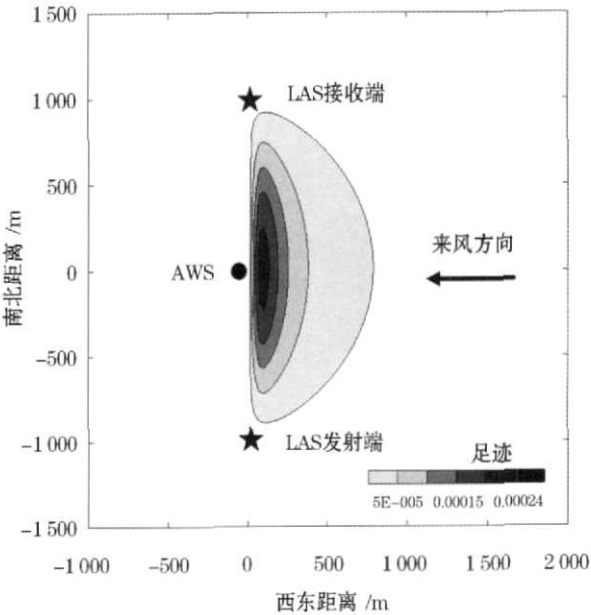


图 1 LAS测量值的源区分布示意图
Fig 1 Sketch map ofLAS's source area

并获得不同尺度的水热通量观测值。

2.2 大孔径闪烁仪的安装

大孔径闪烁仪测量系统的安装示意图如图 2所示, LAS发射装置和接收装置分别安装在相隔一定距离, 且距离地面一定高度的地点, 同时需要自动气象站的配套观测。由于 LAS计算感热通量时对自动气象站观测的要素比较敏感(如风速变化 $\pm 20\%$, 会高估(低估)感热通量 8% ^[7]), 因此, 在条件允许下, 自动气象站各传感器的架设高度需与 LAS有效高度相同(如空气温度、风速等)。安装时需要注意闪烁仪的光径路线与地表基本平行, 避免过大的倾角, 造成阳光直接照射到接收仪和发射仪面板, 而引起发光二极管(LED)和探测器过热, 导致闪烁仪光学部件的永久性损坏^[6, 8]。

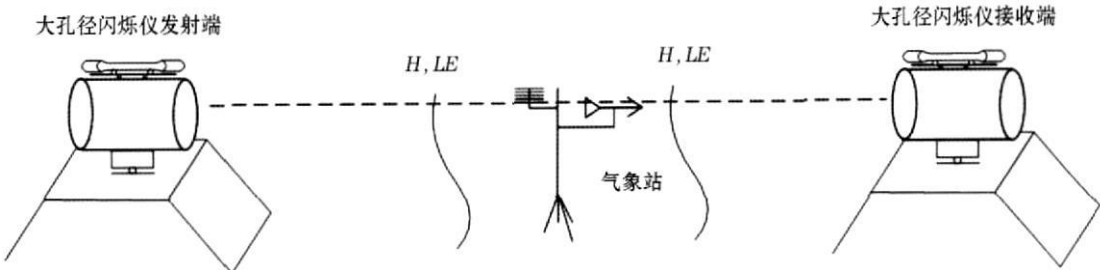


图 2 大孔径闪烁仪架设示意图
Fig 2 Sketch map of LAS installation

H 、 LE 分别为感热、潜热通量
 H 、 LE is the sensible and latent heat flux respectively

2 2 1 大孔径闪烁仪的安装高度与光径长度

大孔径闪烁仪测量过程中会出现“饱和”现象^[9], 这种现象出现在湍流很强烈, 强散射发生的条件下, 此时闪烁强度会达到一定的理论(饱和)上限, 使得测量到的光强度自然对数方差与空气折射指数结构参数(C_n^2)之间关系无效, 数据出现异常, 导致感热通量无法准确获取。而 C_n^2 主要受光学波长、孔径、测量高度以及光径长度的影响^[10], 其中光径长度和测量高度是唯一可调的变量, 为了保持 C_n^2 在饱和阈值之下(弱散射条件下), 在实际架设中需要根据下垫面感热通量的大小, 综合考虑光径长度和架设高度。通常在感热通量一定时, 光径长度较长, 仪器需要架设较高, 反之较短路径, 则架设高度较低。这里所说的架设高度, 在实际计算中用到的是 LAS 有效高度。平坦下垫面下, LAS 发射端和接收端的架设高度和有效高度差异不大, 在倾斜地表或地形起伏的下垫面差异会很大, 而 LAS 测量的感热通量对有效高度比较敏感, 因此需要准确地测定^[7 11]。具体方法: 可使用差分 GPS(Global Positioning System)的导航功能沿着 LAS 的光径路线每隔 50 m(或更短距离)定位一个位置, 记录高程与经纬度信息, 根据测量的光径路线高程信息结合 LAS 自身的权重函数可得到 LAS 的有效高度, 图 3 为在非

平坦地表上(以密云站为例) LAS 的架设示意图, 结合 LAS 的权重函数及光径路线的地形, 计算得到有效高度为 35.86 m, 具体的计算过程可参考本专辑白洁等^[12]的文章。此外, 在较长的光径长度时, 地球的曲率也会对 LAS 的有效高度产生一定的影响^[6], 如对于一个 3 km 的光径长度, 对有效高度会产生约 0.2 m 的影响^[11]。有关 LAS 的安装高度与光径长度、下垫面感热通量之间的关系在荷兰和德国 LAS 说明书中均有说明^[8 13], 如图 4 和表 1 所示。

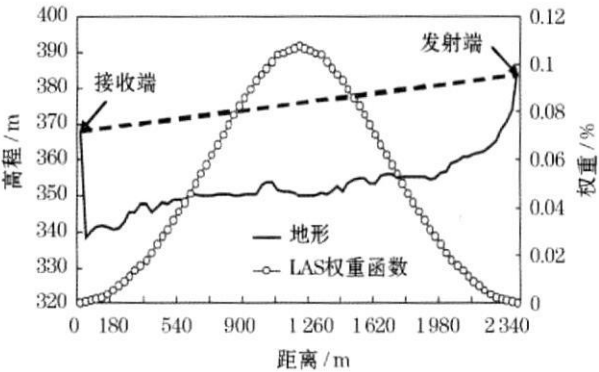


图 3 非平坦地表(密云站) LAS 架设示意图
Fig 3 Example of a LAS setup over a non-flat area(Miyun site)

表 1 不同下垫面下德国 LAS(BLS450)光径长度与安装高度间关系^[13]

Table 1 The relationship between path length and height of Germany LAS (BLS450) under different underlying surfaces

光径长度 /m	$C_n^2 / \text{m}^{-2/3}$	$C_T^2 / \text{K}^2 \text{m}^{-2/3}$	通量 $/(\text{W} / \text{m}^2)$ 与安装高度 z 的关系
500	$3 \times 10^{-14} \sim 1 \times 10^{-10}$	$3 \times 10^{-12} \sim 1 \times 10^2$	$> 8z$
1 000	$4 \times 10^{-15} \sim 2 \times 10^{-11}$	$4 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^1$	$2z \sim 980z$
2 000	$4 \times 10^{-16} \sim 2 \times 10^{-12}$	$5 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^0$	$0.5z \sim 175z$
3 000	$1 \times 10^{-16} \sim 6 \times 10^{-13}$	$2 \times 10^{-4} \sim 7 \times 10^{-1}$	$0.2z \sim 70z$
5 000	$3 \times 10^{-17} \sim 2 \times 10^{-13}$	$4 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-1}$	$0.05z \sim 30z$

图 4 中, 描述了由湿润下垫面到干燥下垫面 ($H = 50 \sim 400 \text{ W} / \text{m}^2$) 变化时, LAS 的光径长度与架设高度的关系, 如感热通量为 $400 \text{ W} / \text{m}^2$, 光径长度为 2 500 m 时, 为使 LAS 测量值处于非饱和区域, LAS 的有效高度至少需要 25 m。因此, 安装时可根据拟定需要安装的光径长度(高度)和当地下垫面状况, 从图 4 查出荷兰 LAS 最小的安装高度(光径长度)。表 1 显示德国 LAS 安装高度与光径长度、下垫面感热通量之间的关系, 显然限制范围较荷兰 LAS 要宽松许多。

2 2 2 大孔径闪烁仪的安装平台

通量观测仪器安装时需要考虑安装平台对观测

结果的影响, 如涡动相关仪安装在铁塔上, 支臂长度至少要等于塔体宽度^[14], 最好是塔体宽度的 2 倍或以上。LAS 作为一种新型的通量观测仪器, 测量的是光径路线平均感热通量值, 其结果受光径路线中间区域的影响最大^[15], 因此 LAS 的安装只要考虑尽可能牢固, 避免晃动, 而无需考虑安装平台大小对 LAS 观测的影响。LAS 的安装平台可根据实际条件进行选取, 如在建筑物^[16]、铁塔^[17]、山顶^[18]或三脚架^[6]上。在建筑物、山顶上安装 LAS 较简单, 且稳定, 不易受风等外界条件影响。若选取铁塔作为 LAS 的安装平台, 当架设高度较高时, 需考虑塔体晃动对信号产生的影响^[19], 同时需要考虑避雷措施

(一般保证接地电阻小于 $4\ \Omega$)。三角架是一种便宜和简单的方案,它可用于地形平坦距离较短的情形,最大高度约为 $3\ \text{m}$ 。当风速较大时,或下垫面土质较松时,三角架会不稳固。图 5 为北京密云、青海阿柔以及江西千烟洲站 LAS 的安装实例,其中密云站 LAS 发射仪和接收仪分别架设在高 37 和 $30\ \text{m}$ 、相距 $2\ 420\ \text{m}$ 的 2 座小山上(图 5);阿柔站 LAS 架设在高 $11.2\ \text{m}$ 、相距 $2\ 390\ \text{m}$ 的铁塔平台上(图 5);千烟洲 LAS 接收端架设在高 $10.6\ \text{m}$ 的建筑物上(图 5),接收端在小山顶 ($9.6\ \text{m}$),相距 $450\ \text{m}$ 。

2.2.3 大孔径闪烁仪的接线

LAS 的准确接线是仪器正常工作的前提,接线过程一般由专业的工程师完成,在发表的有关 LAS 研究的文章中很少涉及。由于荷兰 LAS (Kip & Zonen 公司)和瓦赫宁根大学生产的 LAS 接

线过程类似,所以下面分荷兰 LAS 和德国 LAS (BLS450)来介绍 LAS 的接线过程。

荷兰 LAS 观测系统包括:发射仪、接收仪、数据采集器、太阳能板(或交流电)、蓄电池以及防水箱等。荷兰 LAS 耗电量不大(接收仪一般为 $0.2\ \text{A}$,发射仪耗电量与光径长度有关,较长的光径长度需要较高的发射功率),通常采用蓄电池结合太阳能板的方式进行供电,一般选用一块 $64\ \text{W}$ 太阳能板和一个 $65\ \text{Ah}$ 的蓄电池,这种方式可保证在连续阴雨天气情况下,仪器可以正常工作(接收端一般不超过 10 天,发射端如发射功率设为 $900\ \text{W}$ 一般不超过 4 天)。接线分差分 and 单端 2 种接法,差分信号需用 2 根导线传输信号,获取的是 2 根信号线之间的电势差;单端信号是在一根导线上传输的信号,获取的是信号线与地之间的电势差,相对而言差分接法的测

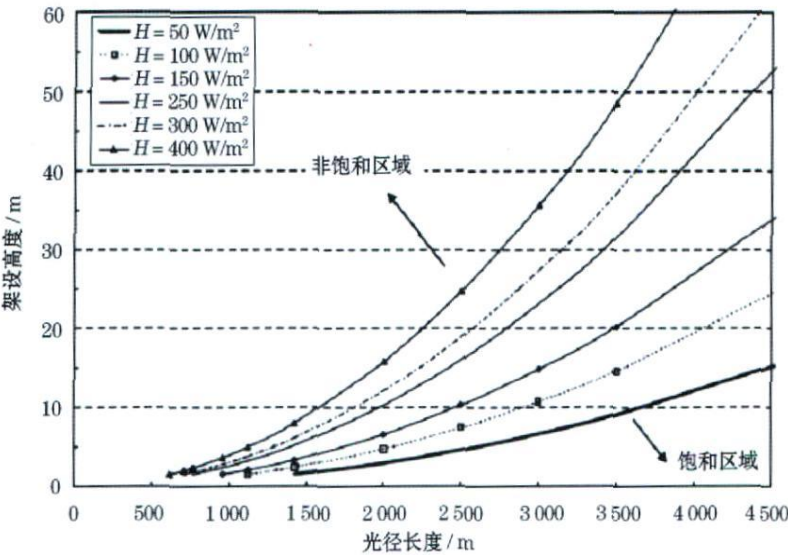


图 4 不同下垫面条件下荷兰 LAS 架设高度与光径长度间关系^[8]

Fig.4 The relationship between height and path length of Netherland LAS under different underlying surfaces



图 5 大孔径闪烁仪的安装实例

Fig.5 Examples of LAS installation

量精度更高一些,但差分接法占用更多的采集器通道。在条件允许的情况下(采集器通道数足够),尽量用差分的接法,可以获取精度相对较高的数据。若采用差分接法,采集器有差分通道高和差分通道低之分,输出信号高的(Hi)接至采集器的差分通道高上,输出信号低的(Lo)接至采集器差分通道低上;若采用单端接法,采集器有单端通道和信号地之分,即输出信号高的接至采集器单端通道上,所有输出信号低的均接至采集器的信号地上。一般 LAS 观测中主要采集的要素包括空气折射指数结构参数的对数($U_{C_n}^2$)和信号强度(Demod)2种,具体接线时:如采用差分接法, $U_{C_n}^2$ 的Hi信号(橙色)和Demod的Hi信号(棕色)分别接至采集器的差分通道的高上,Lo信号(绿色)接至采集器的差分通道低上,Lo信号是 $U_{C_n}^2$ 和Demod共用的,接线时需采用跳线。单端接法则将 $U_{C_n}^2$ 的Hi信号(橙色)和Demod的Hi信号(棕色)分别接至采集器的单端通道上,共用Lo信号(绿色)接至采集器的信号地上。(注:不同版本LAS的接线颜色会有差异)。需要注意的是,在正式供电以前,一定要仔细检查线路的接法是否准确。

德国 LAS 观测系统包括发射仪、接收仪以及信号处理单元(SPU),需配备太阳能板(或交流电)、蓄电池以及防水箱等,其中SPU类似于数据采集器。德国 LAS 接收端耗电量较大(功率 15 W,包括SPU在内),发射端耗电量与发射功率的大小有关。在接收端,为保证数据的连续性,最好采用2块太阳能板(64 W)结合2个蓄电池(65 Ah)方式进行供电,这种供电方式在连续阴雨天时可保证仪器正常工作(一般不超过3天);在发射端,可采用1块太阳能板(64 W)结合1个蓄电池(65 Ah)方式供电,这种供电方式可保证在连续阴雨天(不超过16天,发射频率为5 Hz)仪器正常工作。在特殊气候带(如青藏高原),需采用低温电池。其接线过程较简单,只需将对应连接线接上即可。与荷兰 LAS 一样,在正式供电前,需对接线进行进一步检查。

3 大孔径闪烁仪的调试

大孔径闪烁仪的调试是一个渐进过程,也是最为关键的一步。调试中至少需要2个人同时进行,一个在接收仪端,另一个在发射仪端,并可随时进行通话。国内外发表的相关文章中很少提及 LAS 的调试过程,只是在各自的说明书中有简单的介绍,以下分荷兰 LAS(荷兰瓦赫宁根大学与 Kipp & Zonen公

司生产的 LAS 调试过程类似)和德国 LAS 的调试过程进行较详细的介绍。

3.1 荷兰 LAS 的调试

荷兰 LAS 的调试过程大致可分为以下6个步骤:

(1) 将望远镜分别固定在发射仪和接收仪上。

(2) 粗调。调整发射仪(垂直和水平方向),通过望远镜可以见到接收仪的大致方向,然后固定。接收仪同样转动,直至使发射仪位于望远镜十字线中心位置附近,然后固定。通过上述步骤可使 LAS 发射仪与接收仪大致对准。

(3) 参数设置。打开发射仪后盖,可以看到刻度表上有功率调整按钮(范围为0~1 000),根据 LAS 架设的光径长度设置该值。例如,光径长度为1 km,该值可设为200;光径长度为4.5 km时,该值可设为1 000。具体数值应根据接收仪接收到的信号大小而定,如开展长期观测试验,该值在不同季节也需要进行适当的调整。如果一切正常,此时在接收仪后部已经接收到信号(刻度表上有接收到的类似信号强度的数值,范围为0~100)。此外,在接收仪后部面板上有“long distance”和“short distance”设置,根据测量的光径长度调整此值。一般光径长度大于2 000 m时,设为“long distance”,否则设为“short distance”。

(4) 路径长度电位计设定。该参数在 LAS 接收仪面板上设定,该参数与 LAS 的光径长度和光学孔径相关,需根据实际架设的路径长度及 LAS 光学孔径计算该值。路径长度电位计是 LAS 内部计算时自动增益控制的一个量,用于去除光径长度和光学孔径的影响,直接影响到最后 C_n^2 的输出值,因此需准确设定。路径长度电位计(P)与光径长度(L)及 LAS 光学孔径(D)的关系可表示为^[8]:

$$P = \left[\frac{5475.81}{\sqrt{(4.474D^{\frac{2}{3}}L^{-3}0.3314 \times 10^{12}) \times 5.23}} \right] - 47 \quad (1)$$

(5) 精调。通过步骤3.4固定发射功率,此时左、右(上、下)微调发射仪,接收端的安装人员注意表盘上接收到信号强度的变化,直到达到最佳的信号强度,一般 LAS 接收仪接收到的信号强度在表盘中间左右较为适宜(表盘刻度指示50左右)。若接收到的信号过大,则减小发射仪的功率。若明显偏小,则增加发射仪的功率。在实际观测中,为保证各种天气条件下 LAS 的接收信号强度,在晴好天气调试时该值可适当调高一些。同理,将发射仪固定,

微调接收仪,使接收信号达到最佳,然后固定。此时根据信号强度得到的最佳位置,发射仪与接收仪不一定完全对准。需要注意的是,这一过程不是用望远镜来完全对准,而是寻找最佳信噪比位置。

(6) 两端固定,取下望远镜,安装遮光(雨)板,并注意拧紧过程中避免碰到设备。

3.2 德国 LAS 的调试

德国 LAS 主要包括 BLS450、BLS900 以及 BLS2000 系列,系统均由发射仪、接收仪、信号处理单元(SPU)以及数据处理软件(BLSRUN)等组成。3 种类型接收仪的外观基本相同,但发射仪区别较大: BLS900 和 BLS2000 发射仪均包括 2 个发射面板,可以测量侧向风; BLS450 的发射仪为 1 个发射面板,不能测量侧向风。BLS450 和 BLS900 测量的光径长度一般为 500~5 000 m,而 BLS2000 测量的光径长度为 1 000~10 000 m。调试过程如下:

(1) 安装人员将望远镜固定在接收仪上。

(2) 粗调。发射端的人员将 LAS 发射仪大致对准接收端方向。接收端的人员通过望远镜瞄准发射端,并告诉发射端应该调整的方向与位置,通过望远镜可以见到发射仪大致方向,然后固定。

(3) 精调。此时需要连接笔记本电脑,通过 BLSRUN 处理软件(图 6),在电脑上实时显示调试信号。首先需要在软件中进行相应的参数设置(光径长度、架设高度、气压、气温以及一些输出参数等,图 6 中 Settings 下拉菜单),同时需要注意的是德国 LAS 在仪器正式工作前须先测试背景光强(避免背景光的影响),具体步骤为:用不透光的物件,遮住接收仪的镜头,待遮住几分钟稳定后,点击“Background Measurement”测量背景光即可(图 6)。发射仪发射面脉冲光源(880 nm,脉冲频率分为 1.5、2.5、125 Hz),后部有“红”、“黑”2 个按钮,分别为逐步增、减发射频率,红色按钮为打开发射仪,同时按下 2 个按钮为关闭发射仪。发射端只需调整发射功率即可,精调过程主要在接收端进行。接收端尾部后盖有对接收到信号放大倍数的设置,此值可根据说明书推荐值^[13]进行设置(如光径长度在 1 500~2 000 m 时,设置为 0110 0110),在实际操作过程中可根据试验场的条件调整该参数。安装人员通过笔记本电脑查看接收到信号的变化(点击图 6 中 Alignment 会出现图 7 界面),主要查看 X、Z 信号的变化: X 为解调信号, Z 为诊断信号。一般 X 平均值在 400~1 800 之间变化, Z 平均值约为 $1/3 \cdot X$ 。调试时,左、右(上、下)移动 LAS 接收仪,使接收到的

信号达到最佳。由于德国 LAS 发射仪发射面光源(发射角为 16°),因此调试时发射仪与接收仪不需要准确对准。

近期,Scintec 公司对 BLS450 型号 LAS 进行了改进:可使用网络进行连接,能直接用上网线下载数据,便于没有串口的电脑下载数据;不需手动测量背景光,而是程序里自动测量背景光;信号变化的范围有所改动(X 值在 5 000~10 000 之间);增加了 FTP 功能,可通过 FTP 自动上传数据。

(4) 需要注意的是,当电脑和 SPU 连接时程序会自动传入 SPU,因此在连接 SPU 之前需要检查使用软件参数的设置,如 LAS 的架设高度、光径长度等。

(5) 调试后即可自动采集数据。先采集 5~10 组数据,查看数据状况是否正常,然后固定。

通过以上分析,可以看到荷兰与德国 LAS 的调试存在着许多相同和不同的地方,两者的调试均为一个渐进的过程,相较而言德国 LAS 更容易调试。两者调试中的差异主要体现在:

(1) 荷兰 LAS 发射连续点光源,需较准确对准,而德国 LAS 发射面阵脉冲光源(发射角为 16°),大致对准即可。

(2) 德国 LAS 有固定的数据采集软件,可与电脑相连实时查看数据状况;荷兰 LAS 需根据采集器型号选择下载软件。

(3) 荷兰 LAS 可根据研究需要编写采集程序,具有可控性,而德国 LAS 为 SPU (Signal Processing Unit) 内部固化的采集程序,不能更改。

此外,调试过程中还需要注意避免电压不稳引起仪器损坏,发射仪和接收仪的电源电压为 12 V (11~15 V 之间)。由于电子器件对高电压没有防护作用,所以当 LAS 与电源连接时需非常小心。在接电源时务必检查电压,并使用可靠与稳定的电源,如电池或 220~12 V 转换器。不稳定的电压将产生高于 15 V 的峰值,会损坏电子器件,导致通讯问题和数据的永久丢失。

4 大孔径闪烁仪观测数据的采集、日常维护

LAS 观测数据的采集和日常维护是保证获取质量可靠、长时间序列数据的重要方面,同时也是后期观测数据分析的重要参考依据(如维护日志等),是 LAS 观测方法研究的重要一环。

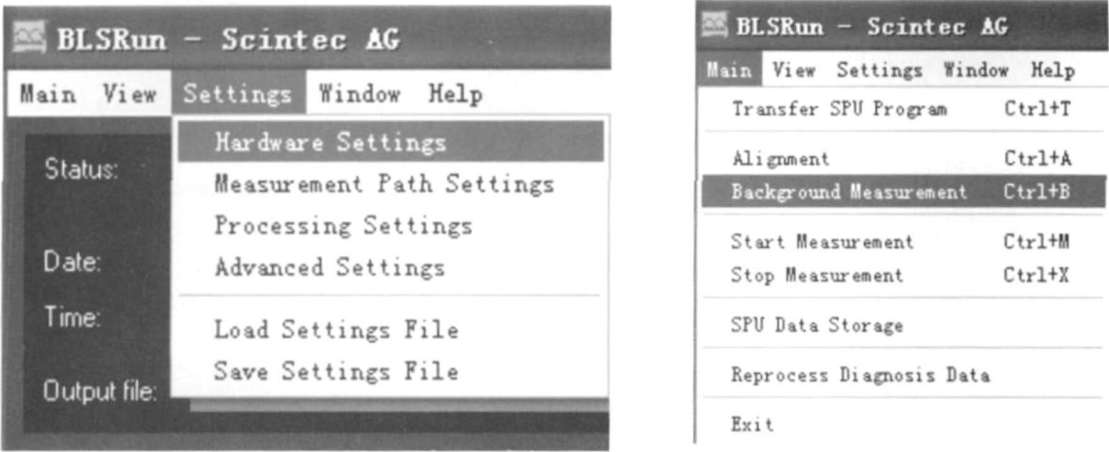


图 6 德国 LAS 采集软件(版本:BLS 1.43)
Fig. 6 Collection software of Germany LAS (Version: BLS1.43)

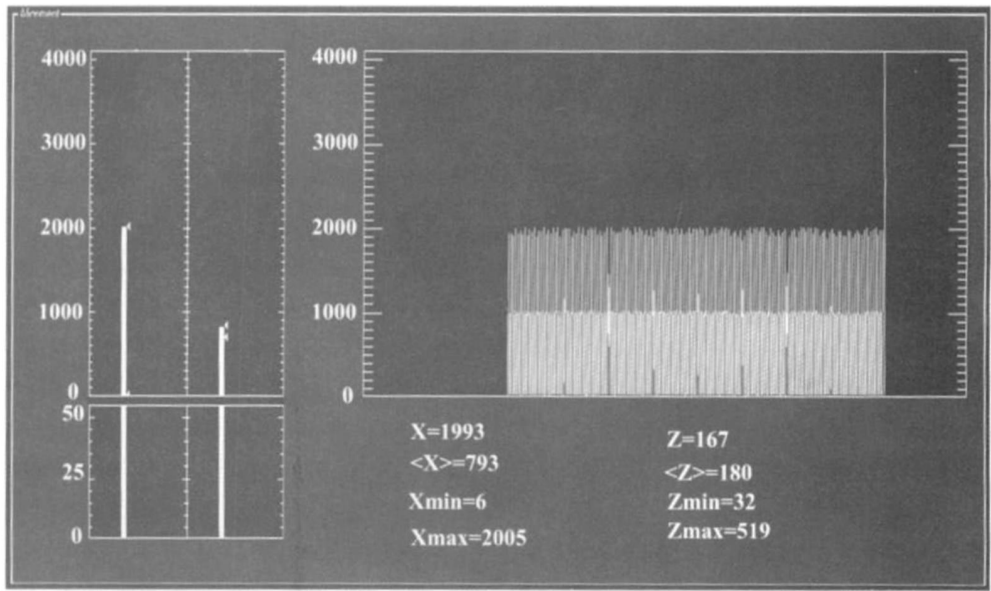


图 7 德国 LAS 采集软件(版本:BLS 1.43,实时诊断值示意图)
Fig. 7 Collection software of Germany LAS (Version: 1.43, real time diagnosis values)

X : 解调信号; X_{\min} : X 的最小值; X_{\max} : X 的最大值; $\langle X \rangle$: X 的平均值; Z : 诊断信号;
 Z_{\min} : Z 的最小值; Z_{\max} : Z 的最大值; $\langle Z \rangle$: Z 的平均值

X : demodulated signal, X_{\min} : minimum value of X , X_{\max} : maximum value of X , $\langle X \rangle$: average value of X ; Z : diagnosis signal,
 Z_{\min} : minimum value of Z , Z_{\max} : maximum value of Z , $\langle Z \rangle$: average value of Z

4 1 观测数据的采集

LAS观测数据的采集可分为人工手动采集和无线采集 2 种方式。人工手动采集需观测人员到观测站将电脑与采集器连接进行下载。荷兰 LAS需根据选择的数据采集器型号(如 Campbell系列, DT系列, SQ 系列等), 选择相应的采集软件下载数据; 德国 LAS采用 BLSRUN 软件进行下载。无线采集一般通过无线传输系统(GSM 或 GPRS形式)和电脑远程下载数据。GSM 方式需要在数据采集器和电

脑分别安装, 类似于打电话方式进行通讯采集数据; GPRS则在数据采集器一端安装 GPRS装置, 另一端电脑需设置独立 IP并连通网络, 进行下载数据。GPRS方式通过计算流量方式下载数据, 不含漫游费用, 因此当 LAS安装地点与远程数据采集地点不在一个城市时, GPRS方式采集数据相对要便宜很多。
荷兰 LAS可采用不同的数据采集器, 其存储空间并不相同, 如 Campbell系列一般有 4 M 存储空

间,每天下载 LAS的数据量约 100 kB(若采集 1 min 和 30 min 平均周期数据),可存储约 140 天数据(假设存储 5 个 1 min 变量和 3 个 30 min 的变量。注:采集器存储的文件为二进制格式,下载的数据量与仪器存储数据所占空间并不相同)。荷兰 LAS 的数据采集频率一般可设置为 1 Hz 可根据需要选择输出变量的平均周期。德国 LAS 的 SPU 存储空间较大,每天数据量约 185 kB 可存储约 2 年的数据量,但手动下载数据很慢,如半年的数据量,约需 4 个小时的下载时间。在采集器里可以安装存储卡,以存储更多的数据量。另外,德国 LAS 的采集频率与平均周期无法人为设置,一般在接收端 1 min 输出一个数据,发射端发射的频率可认为是采集频率。

4.2 观测仪器的日常维护

为保证观测仪器的正常运转,需开展日常维护工作。由于数据量较小,大孔径闪烁仪观测数据可以每天无线传输,方便检查观测数据质量,如出现大雾、阴雨天时,信号强度会明显降低。如无特殊情况,无须经常去观测站,但每天要填写观测日志,记录天气状况及仪器的工作情况。当然,若条件允许,最好定期前往观测站进行维护,如每月前往一次观测站进行维护。

LAS 观测站维护过程的主要事项包括:①检查仪器是否正常工作。②检查仪器的供电状况。③检查仪器的接线有无松动,以及各个安装部件的接口是否牢靠。④检查仪器是否有遭受人为破坏的痕迹,以及大风、雨水、灰尘等外在环境因素是否对仪器造成影响。⑤清洁玻璃外罩,防止不必要的信号衰减和数据丢失。⑥如果接收仪没有收到信号,则检查发射仪与接收仪的电源,检查玻璃外罩是否干净。用望远镜检查是否对准,并检查光束路径上是否有障碍物。如果仍未解决问题,需要联系仪器供应商来对 LAS 进行检测、标定和修理。⑦如遇极端气候条件(暴雪/雨、沙尘暴等),建议停止 LAS 运行或在 LAS 周边建立防护装置,以避免其损坏。

5 结论与讨论

大孔径闪烁仪越来越广泛用于大尺度水热通量的测量。北师大已经在海河流域、黑河流域、青藏高原、鄱阳湖流域开展了数次观测试验,试验均得到顺利开展,并获取了一批连续的、质量可靠的观测数据,同时积累了一些观测经验,形成了一套较完整的 LAS 观测方法。

在 LAS 站址选择时,仪器应架设在受到毗邻生

态系统干扰最小的地点,但也要综合考虑多种因素,如 LAS 的发射仪和接收仪一般应南北放置,光径路线最好垂直于观测场的主风方向,自动气象站需安装在 LAS 光径路线中间位置,并与 LAS 有效高度的匹配等。在 LAS 安装时,要注意避免饱和效应出现,综合考虑 LAS 的有效高度、光径长度以及观测场地通量值之间的关系。在 LAS 调试时,要按照一定的步骤进行,注意相关参数的变化,如荷兰 LAS 的接收信号强度、德国 LAS 的解调信号和诊断信号等。在 LAS 日常维护时,应注意每天的无线监控与每月定期的现场维护相结合。

总之,本文总结了从大孔径闪烁仪观测场地的选取、仪器的架设方法、安装、调试与维护,直至观测数据的采集以及一些日常维护等事项,以期以后相关观测实验的顺利开展和观测资料的质量保证奠定基础。

参考文献 (References):

- [1] De Bruin H A R, Huk B, Kohsiek W. The scintillation method tested over a dry vineyard area [J]. *Bound-Layer Meteorology*, 1995, 76: 25-40.
- [2] Meijninger W M L, Hartogensis O K, Kohsiek W. Determination of area averaged sensible heat fluxes with a large aperture scintillometer over a heterogeneous surface-flevoland field experiment [J]. *Boundary-Layer Meteorology*, 2002, 105: 37-62.
- [3] Meijninger W M L, Green A E, Hartogensis O K, et al. Determination of area averaged water vapor fluxes with large aperture and radio wave scintillimeters over a heterogeneous surface-flevoland field experiment [J]. *Boundary-Layer Meteorology*, 2002, 105: 63-83.
- [4] Hoedjes J C B, Chehbouni A, Ezahar J, et al. Comparison of large aperture scintillometer and eddy covariance measurements. Can thermal infrared data be used to capture footprint-induced difference? [J]. *Journal of Hydrometeorology*, 2007, 8: 144-159.
- [5] McAneney K J, Green A E, Astill S. Large aperture scintillometry: The homogeneous case [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1995, 76: 149-162.
- [6] Kiehl J, Hong S H, Hendrickx J M H. New Mexico scintillometer network supporting remote sensing and hydrologic and meteorological models [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2009, 90: 207-218.
- [7] Lu L, Li L, Shao J, Xu Z, et al. Results from measurements of large aperture scintillometer over different surfaces [J]. *Journal of Applied Meteorological Science*, 2009, 20(2): 171-178. [卢俐, 刘绍民, 徐自为, 等. 不同下垫面大孔径闪烁仪观测数据处理与分析 [J]. 应用气象学报, 2009, 20(2): 171-178.]
- [8] Kipp & Zonen. Larger aperture scintillometer instruction manual [EB/OL]. <http://www.Kipp&Zonen.com>, 2007.
- [9] Clifford S E, Ochs G R, Lawrence R S. Saturation of optical scin-

- tilation by strong turbulence[J]. *Journal of the Optical Society of American*, 1974 64: 148-154.
- [10] Wang T, Odds G R, Clifford S F. A saturation-resistant optical scintillometer to measure C_n^2 [J]. *Journal of Optical Society of America*, 1978 68: 334-338.
- [11] Hartogensis O K, Watts C J, Rodriguez J C, *et al*. Derivation of an effective height for scintillometers: La Poza experiment in northwest Mexico[J]. *American Meteorological Society*, 2003 4: 915-928.
- [12] Bai Jie, Liu Shaomin, Ding Xiaoping. A study on the processing method of large aperture scintillometer observation data[J]. *Advances in Earth Science*, 2010 25(11): 1 148-1 165. [白洁, 刘绍民, 丁晓萍. 大孔径闪烁仪观测数据的处理方法研究[J]. 地球科学进展, 2010 25(11): 1 148-1 165]
- [13] Scintec. Scintec boundary layer scintillometer user manual[EB/OL]. <http://www.Scintel.com>, 2007.
- [14] Yutaka Izumi, Morton L B. Wind speeds as measured by cup and sonic anemometers and influenced by tower structure[J]. *Journal of Applied Meteorology*, 1970 12: 851-856.
- [15] Shuang Xi, Liu Shaomin, Xu Ziwei, *et al*. Investigation of spatial representativeness for surface flux measurements in the Heihe river basin[J]. *Advances in Earth Science*, 2009 24(7): 724-733. [双喜, 刘绍民, 徐自为, 等. 黑河流域观测通量的空间代表性研究[J]. 地球科学进展, 2009 24(7): 724-733]
- [16] Hu Liqin, Wu Rongzhang, Fang Zongyi. Large aperture scintillometer and its application to surface energy balance monitoring[J]. *Journal of Applied Meteorological Science*, 2003 14(2): 197-205. [胡丽琴, 吴蓉璋, 方宗义. 大口径闪烁仪及其在地表能量平衡监测中的应用[J]. 应用气象学报, 2003 14(2): 197-205.]
- [17] Nakaya K, Suzuki C, Kobayashi T, *et al*. Spatial averaging effect on local flux measurement using a displaced-beam small aperture scintillometer above the forest canopy[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2007, 145: 97-109.
- [18] Hemakumara H M, Chandrapala L, Moene A F. Evapotranspiration fluxes over mixed vegetation areas measured from large aperture scintillometer[J]. *Agricultural Water Management*, 2003 58: 109-122.
- [19] Von Randow C, Knijjt B, Holtslag A A M, *et al*. Exploring eddy-covariance and large-aperture scintillometer measurements in an Amazonian rain forest[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2008, 148: 680-690.

A Study of the Observation Method of Large Aperture Scintillometer

XU Ziwei¹, HUANG Yongbin², LIU Shaomin¹

(1 State Key Laboratory of Remote Sensing Science, School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2 Rainroot Scientific Limited, Beijing 101100, China)

Abstract At present, Large Aperture Scintillometer (LAS) is widely used in regional water and heat flux measurements. Thus, the study of its observation method is very necessary. In this paper, the guideline of LAS is systematically summarized, including observation site selection, instrument installation, instrument adjusting and maintenance, as well as data collection. This work may facilitate better performance of experiment and assure the quality of data.

Key words Large Aperture Scintillometer; Installation and adjustment; Data collection; Routine maintenance