

南极冰穹 A 首台自动视宁度检测仪的研制*

裴 冲^{1,2,3} 袁祥岩^{1,2,4†} 陈华林^{1,2} 汪达兴^{1,2} 赵建林^{1,2}
温海坤^{1,2} 李正阳^{1,2,3}

(1 中国科学院国家天文台 / 南京天文光学技术研究所 南京 210042)

(2 中国科学院天文光学技术重点实验室 南京 210042)

(3 中国科学院研究生院 北京 100049)

(4 中国科学院南极天文中心 南京 210008)

摘要 南极冰穹 C (Dome C) 的选址结果显示: Dome C 具有寒冷干燥、红外背景辐射低、可连续 3~4 个月观测、空气明净、透过率高、风速低等特征, 是比地面上任何中纬度台址都好的天文观测台址. 而由我国最先登陆的内陆最高点冰穹 A (Dome A) 被国际天文界广泛认为可能是比 Dome C 更好的天文台址. 近 3 yr 来, 中国科学院南极天文中心领导开展 Dome A 的台址测量工作, 初步结果表明 Dome A 作为天文台址具有巨大优势. 但是到目前还没有获得直接用于衡量天文台址在光学观测方面的主要参数 — 视宁度数据. 介绍了中国科学院南京天文光学技术研究所自行研制的我国首个用于 Dome A 的自动视宁度测量仪, 基于一台口径 35 cm 的商用望远镜进行硬件改造和软件开发, 使其能在 Dome A 低温低压环境下进行自动观测和数据处理. 目前该仪器已随“雪龙号”科考船起运南极, 于 2011 年初安装到 Dome A 并开始测量. 起运前, 在兴隆观测站与中国科学院国家天文台 (国台) 选址组的一台视宁度监测仪进行了对比测量, 对软件、硬件和装调方法进行了检验验证.

关键词 选址, 湍动

中图分类号: P 111; **文献标识码:** A

1 引言

台址好坏决定了大望远镜和其终端的实际性能, 因此天文选址已成为国际天文界发展战略的重点领域之一. 2004 年澳大利亚发表的 Dome C 的选址结果显示 Dome C 是地面上最好的天文台址, 它具备以下特征: 寒冷干燥, 红外背景辐射低; 近地层 30 m 以上的平均视宁度为 $0.27''$ ^[1]; 可对南天区进行 3~4 个月的连续观测; 大气中尘埃少、透过率高、低风速、人工光源干扰少等. 这些独特的优势使南极 Dome C 成为比夏威夷的 Mauna Kea、西班牙的 La Palma 和智利高原等世界最优秀的天文台址更理想的台址. 这一结果引起了国际天文界对南极高原的广泛关注和高度重视. 按照地形和环境的相似

2010-12-08 收到原稿, 2011-01-28 收到修改稿

* 国家自然科学基金项目 (10803013) 和国家天文台站设备更新及重大仪器设备运行专项资助

† xy Yuan@niaot.ac.cn

性, 2005 年我国南极科考队首次登陆的内陆最高点 Dome A 被国际天文界一致认为可能是比 Dome C 更好的天文台址, 是开展光学、红外和亚毫米波观测的最理想台址, 因此为我国天文事业的发展提供了极好的机遇. 在随后的第 24、25、26 次南极科考中, 中国科学院南极天文中心成功组织了 3 次天文科考, 测量了大气边界层的高度和强度、天光背景、云层覆盖、毫米波的不透明度等, 已初步证实了 Dome A 作为优秀天文台址的优势, 但是仍缺少作为衡量天文台址好坏的另一个重要因素: 视宁度. 为此我们在国家天文台天文专项的支持下, 研制了用于 Dome A 的视宁度测量仪, 目前该仪器已随“雪龙号”科考船起运南极, 于 2011 年初安装到 Dome A 并开始测量. 我们希望能够首先获得 Dome A 的视宁度数据, 并结合其它台址参数, 最终确定 Dome A 在光学和近红外天文观测领域的台址性能, 为未来计划开展的南极天文项目立项提供重要依据.

差分图像运动测量仪 (Differential Image Motion Monitor, DIMM) 是目前应用最为广泛的台站视宁度测量设备, 几乎所有已启用的天文台址和在选的天文台址都有 DIMM 的测量数据, DIMM 是通过测量一颗恒星在给定间距的双孔中成像的中心相对漂移来确定大气的视宁度. 本文首先简要介绍视宁度监测仪 DIMM 的测量原理, 然后介绍我们研制的 DIMM 的系统硬件及功能实现、软件设计与数据后处理方法, 最后介绍 2010 年 9 月 26 日至 9 月 29 日连续 4 d 在国家天文台兴隆观测站与国台选址组的对比测量结果, 尽管时间很短, 但取得了很有价值的结果.

2 基于 DIMM 方法的视宁度和等晕角测量原理

2.1 视宁度

大气湍流使得来自无穷远星光的平面波前被破坏, 引起星象的不规则运动和弥散, 通常采用大气相干长度来描述大气湍流的强弱. 而天文观测中习惯把大气相干长度转换成以 " 为单位来表示某个天文台址的视宁度. 标准 DIMM 是利用一颗恒星经过望远镜的两个子孔径在像面形成两个分离的像点, 通过统计星象到达角的波动测量视宁度 ϵ_0 , 其原理的核心公式为^[2]: $\epsilon_0 = 0.98\lambda/r_0 = 0.98(\sigma_d^2)^{3/5}(D/\lambda)^{1/5}K^{-3/5}$, 校正到天顶方向 $\epsilon_{0z} = \cos(z)^{3/5}\epsilon_0$, 其中 r_0 是 Fried 参量, σ_d^2 为星象质心差方差, D 为孔径直径, λ 为波长, z 为天顶角, 因子 K 依赖于 $x = r/D$ (r 为孔径间距) 和图像运动的方向 (l 为孔径连线的方向, t 为垂直于 l 的方向), 计算公式为:

$$\begin{cases} K_l = 0.364(1 - 0.532x^{-1/3} - 0.024x^{-7/3}) \\ K_t = 0.364(1 - 0.798x^{-1/3} + 0.018x^{-7/3}) \end{cases} \quad (1)$$

2.2 等晕角

在自适应光学技术中^[3], 等晕角 θ_0 与大气折射率结构常数 $C_N(h)$ 有如下关系:

$$\theta_0^{-5/3} = 114.7\lambda^{-2} \cos(z)^{-8/3} \int_0^\infty C_N^2(h)h^{5/3}dh, \quad (2)$$

其中 h 表示大气垂直高度. 闪耀指数 σ_l^2 (用星象流量起伏的方差除以平均流量的平方值) 与大气折射率结构常数 $C_N(h)$ 的关系为: $\sigma_l^2 = 9.62\lambda^{-2} \int dh C_N(h)^2 P(h)$, $P(h)$ 与孔径形

状有关. 由此提出一种近似测量等晕角的方法: 在视宁度检测仪的入瞳上放置一个同心环孔径, 由测量得到的闪耀指数计算等晕角^[4]. 对于内、外直径分别为 4 cm 和 10 cm 的环形孔径, $\theta_0^{-5/3} = A\sigma_I^2 \cos(\gamma)^{-8/3}$, 其中 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$, $A = 0.1963$ ^[5].

3 自动视宁度监测仪的构成

3.1 硬件部分

出于时间和经费的考虑, 本项目研制的视宁度检测仪是基于一台口径 14 in 的 Celestron 商用望远镜, 根据南极内陆寒冷缺氧的特殊环境进行光、机、电改造实现的, 通过铱星通讯实现对望远镜的远程控制.

3.1.1 光学系统

望远镜主体是口径为 365 mm、焦比为 $f/11$ 的施密特 - 卡塞格林系统, 如图 1. 在望远镜焦点后面设计了后继光路, 如图 2. 准直镜将望远镜入瞳成像在小透镜上, 对入瞳分割, 用模板产生所需的 3 个子孔径, 等效于入瞳上两个直径为 60 mm、间距为 234 mm 的圆形孔径用于测量视宁度, 以及在垂直方向上内、外直径分别为 40 mm 和 100 mm 的环形孔径测量等晕角, 这样产生很好的圆像点, 并且同时测量视宁度和等晕角. 传统的 DIMM 是在望远镜的入瞳放置带楔镜的模板, 从而在像面上产生两个分离的像点, 这个方法简单, 但会产生轻微色散, 特别在楔角较大时, 导致像点不圆, 影响测量精度. 文献^[5]中等晕角的近似测量是通过用环形孔径模板更换楔镜的方法进行的, 不能同时测量视宁度和等晕角.



图 1 导星镜和主镜筒

Fig. 1 Guiding telescope and main tube

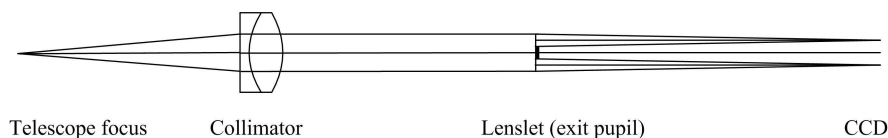


图 2 分割出瞳的后继光路设计

Fig. 2 Layout of the optics used for the pupil mask

选用的 CCD (MVCDAS685-GE110) 像素数为 656×492 , 像素大小为 $7.4 \mu\text{m} \times 7.4 \mu\text{m}$, 采用 2×2 Binning 模式后, 分辨率为 $0.78''/\text{像素}$. 采用 $1/110 \text{ s}$ 和 $1/220 \text{ s}$ 的曝光时间进行交替曝光, 因曝光时间短, 我们选择亮于 2.5 mag 的星进行观测. 而在南极极昼期间, 可选择老人星 (视星等为 -0.63 mag) 进行观测 [5].

另外, 南极特殊的低温环境引入了镜面结霜的难题, 通过在施密特改正板上镀 ITO 加热膜, 使镜面温度比外界温度略高, 从而避免镜面结霜, 如图 3. 这个方法曾经在我们研制的中国首台小望远镜阵 CSTAR (Chinese Small Telescope Array) 上成功使用过 [6].

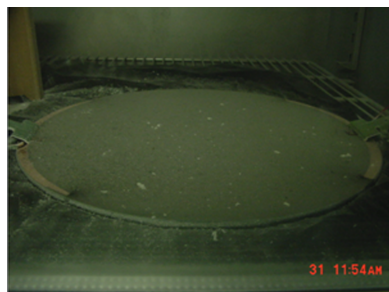


图 3 ITO 膜化霜低温测试

Fig. 3 ITO coating for defrosting

3.1.2 机电改造和低温实验

考虑到南极的低温条件和望远镜露天工作的实际情况, 对一些关键部件采取了局部温控措施, 并进行了低温测试 (如图 4), 保证电机、编码器、CCD 相机、改正板导电膜、望远镜控制筒的正常工作; 同时将赤道仪内部各传动部件所用的润滑油更换为低温油脂. 增加自动调焦步进电机, 通过远程命令实现遥控调焦, 校正大温差环境下的系统失焦. 通过温控, 环境温度为 -80°C 时, 电机机壳温度为 -10°C 以上, 电机正常运行; CCD 在 -25°C 以上正常工作; 工控机能在 -35°C 以上正常工作, 而实际工作时工控机放置在仪器舱内, 温度高于 -20°C .

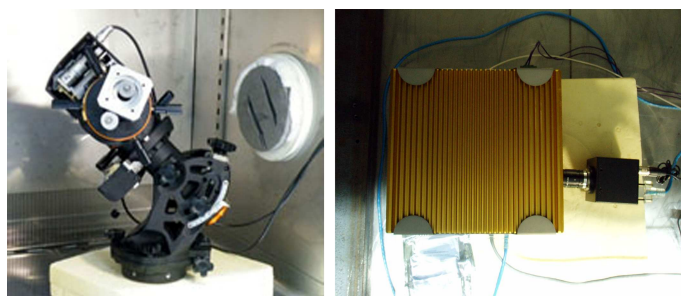


图 4 赤道仪 (左图) 与工控机和 CCD 相机 (右图) 低温实验

Fig. 4 Left: low temperature testing of equatorial telescope. Right: low temperature testing of industrial control computer and CCD camera

3.2 软件开发 [7-8]

DIMM 软件是整个检测仪系统的核心部件, 软件框架如图 5 所示, 软件具备以下功能: 实时显示 CCD 相机采集图像, 完成装调的可视化操作, 实现视宁度和等晕角持续测量的任务, 保存原始数据和视宁度等晕角计算结果到数据库中, 保存原始图像, 保存系统运行日志文件. 另外, 通过铱星通讯发送控制指令, 我们研制的 DIMM 可以实现望远镜的远程控制和自动观测, 并可根据反馈的星象质量, 进行电动调焦, 调焦精度高于 $5 \mu\text{m}$. 图 6 为计算机控制望远镜和自动调焦界面设计.

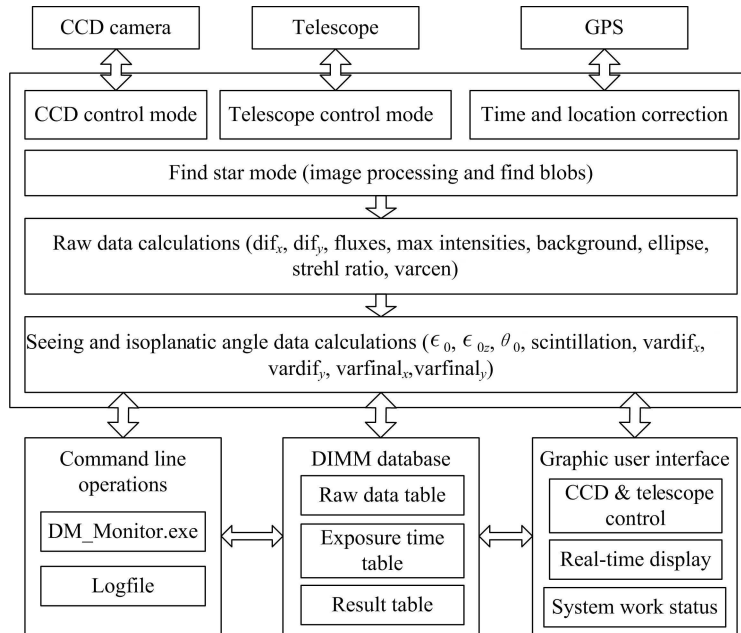


图 5 DIMM 软件框架描述

Fig. 5 Description of DIMM software frame

软件中图像处理部分包括星象质心算法的进一步研究, 对有限曝光时间、信号相关噪声和 CCD 相关噪声进行校正, 增加图像筛选和预处理功能, 这些是提高测量精度的关键. 分别介绍如下:

质心算法^[9]: 分析原始图像得到一个阈值 (平均值与标准差倍数之和, 通常取 3 倍的标准差), 利用加圆形窗口的质心算法 ((3) 式) 在原始图像上计算两个像斑的质心, 其中 x_{ij} 、 y_{ij} 和 I_{ij} 分别为 (i, j) 像素点的横坐标值、纵坐标值和扣除像斑周围环形背景值后的强度值.

$$\begin{cases} c_x = \frac{\sum_{\text{window}} x_{ij} I_{ij}}{\sum_{\text{window}} I_{ij}} \\ c_y = \frac{\sum_{\text{window}} y_{ij} I_{ij}}{\sum_{\text{window}} I_{ij}} \end{cases} \quad (3)$$

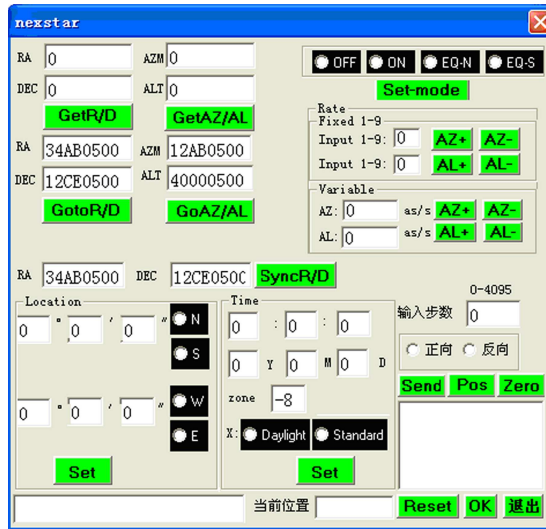


图 6 望远镜控制界面

Fig. 6 Control interface of telescope

质心噪声^[9]: 光强度噪声引起质心误差. 需校正的光强度噪声包括信号本身泊松噪声、CCD 读出噪声, 两者引起的 x 和 y 方向质心方差分别为:

$$\begin{cases} \sigma_{cx}^2 = \frac{1}{I_{\text{tot}}^2} \sum_{\text{window}} (x_{ij} - c_x)^2 (R^2 + I_{ij}/G) \\ \sigma_{cy}^2 = \frac{1}{I_{\text{tot}}^2} \sum_{\text{window}} (y_{ij} - c_y)^2 (R^2 + I_{ij}/G) \end{cases}, \quad (4)$$

其中 R 为读出噪声, I_{tot} 为星像总流量, 两者具有相同的单位 (ADU), G 为转换因子 (e^-/ADU). 程序使用差分运动方差减去两个质心方差得到的最终方差 (l 方向: $\sigma_{l-\text{final}}^2$, t 方向: $\sigma_{t-\text{final}}^2$) 计算视宁度, 即:

$$\begin{cases} \sigma_{l-\text{final}}^2 = \sigma_l^2 - \sigma_{1x}^2 - \sigma_{2x}^2 \\ \sigma_{t-\text{final}}^2 = \sigma_t^2 - \sigma_{1y}^2 - \sigma_{2y}^2 \end{cases}. \quad (5)$$

有限曝光时间校正^[10]: 曝光时间不为零, 减弱了差分图像运动, 而采用曝光时间为 $1/220$ s 和 $1/110$ s 交错曝光所测得的视宁度值分别是 ϵ_1 和 ϵ_2 , 用修饰指数函数外插长、短曝光视宁度获得零曝光视宁度, 设短、长曝光视宁度校正因子分别为 $c_1 = \epsilon_0/\epsilon_1$ 和 $c_2 = \epsilon_0/\epsilon_2 = c_1\epsilon_1/\epsilon_2 = c_1^{7/3}$, 则最终视宁度估计为 $\epsilon_0 = 0.5(c_1\epsilon_1 + c_1^{7/3}\epsilon_2)$. 对实时 DIMM 数据处理, 程序启动时从配置文件中读取程序递归的平均校正因子 c_1 的初值, 当新数据到达时, 计算瞬时校正因子 $c_1' = (\epsilon_1/\epsilon_2)^{0.75}$, 并用 c_1' 更新平均校正因子 $c_1^{\text{new}} = (1-g)c_1^{\text{current}} + gc_1'$, g 为增益参数, 程序中设为 0.05. 而等晕角的有限曝光时间偏差通过闪烁指数线性外插到零得以校正: $\sigma^2(0 \text{ ms}) = 2\sigma^2(\tau/2) - \sigma^2(\tau)$, 其中 $\sigma^2(0 \text{ ms})$ 、 $\sigma^2(\tau/2)$ 和 $\sigma^2(\tau)$ 分别为零曝光、短曝光和长曝光时间的闪耀指数.

数据过滤: 对 1~2 min 内 CCD 采集的能够找到像斑的图像进行分析, 为了提高计算精度, 需要选出符合特定过滤条件的累积图像计算视宁度, 这里的过滤条件包括像斑

质心差在累积图像平均质心差的附近; 像斑光强总流量在累积图像平均像斑光强总流量的附近; 像斑的椭圆率符合要求; 像斑的斯特列尔比符合要求.

4 兴隆观测站观测结果

以上介绍了整个系统的硬件部分和软件开发, 最后需要评价其实际工作性能, 所以 2010 年 9 月 26 日至 9 月 29 日连续 4 d 在国家天文台兴隆观测站的公共平台上, 与国家天文台姚永强老师选址组提供的一台 DIMM 视宁度监测仪进行对比观测实验 (如图 7), 完成仪器定标, 下面介绍此次实验结果.



图 7 兴隆观测站对比观测试验

Fig. 7 Comparative testing at Xinglong Observing Station

结合兴隆观测站提供的天气报告 (主要考虑平均风速, 如图 8) 表明, 26 日前半夜风速较小, 后半夜风速较大, 27 日夜间风速较大, 后半夜由于天气状况不适宜观测, 故观测仅持续到 28 日 00:30, 28 日夜间风速最小, 是 3 d 当中观测条件最好的一晚. 测试星 Vega (视星等为 0.09 mag), 观测时的天顶距范围: $27^{\circ}\sim 43^{\circ}$; 测试星 Capella (视星等为 0.24 mag), 观测时的天顶距范围: $34^{\circ}\sim 45^{\circ}$; 测试星 Deneb (视星等为 1.33 mag), 观测时的天顶距范围: $46^{\circ}\sim 51^{\circ}$.

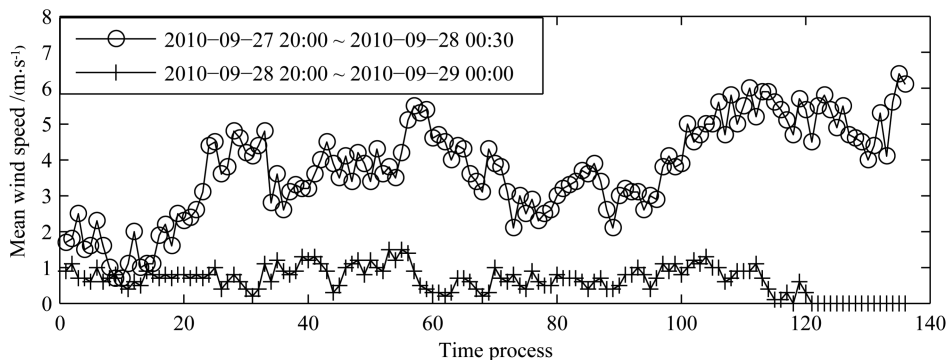


图 8 兴隆观测站平均风速

Fig. 8 Mean wind speed of Xinglong Observing Station

分析此次试验测量结果, 得到如下结论:

(1) 本次试验视宁度测试结果经过数据过滤和天顶方向修正, ϵ_{zx} 和 ϵ_{zy} 是修正到天顶方向的 x 和 y 方向的视宁度测量结果. 27 日和 28 日晚, 基本采用 4.5 ms 和 2.75 ms 的交替曝光时间, 没有扣除质心噪声方差时, x 和 y 方向的视宁度值在 $1.5'' \sim 2.5''$ 之间, 且基本相同, 表 1 列出观测期间的视宁度测试结果. 扣除质心噪声方差的影响后, x 和 y 方向的视宁度值在 $1'' \sim 2''$ 之间, 视宁度值变小, 如图 9, 其中横坐标为观测时间进度, 纵坐标为扣除质心噪声方差前后的视宁度测量结果. 图 10 为 9 月 28 日晚没有扣除质心噪声方差时, x 和 y 方向的视宁度. 国台的测试数据表明: 26 日夜间 $\bar{\epsilon}_{xz} = 2.206''$, $\bar{\epsilon}_{yz} = 2.145''$; 27 日夜间 $\bar{\epsilon}_{xz} = 3.215''$, $\bar{\epsilon}_{yz} = 3.783''$; 28 日夜间 $\bar{\epsilon}_{xz} = 1.429''$, $\bar{\epsilon}_{yz} = 1.393''$. 由于国台的 DIMM 用楔镜分割入瞳, 在像面产生两个分离的像点, 采用单一时间曝光, 以额定图像数目计算视宁度; 我们的测试采用交替时间曝光, 以额定时间内符合条件的图像数据计算视宁度, 数据判断条件也存在差异, 因此造成两台视宁度检测仪数据有些差异.

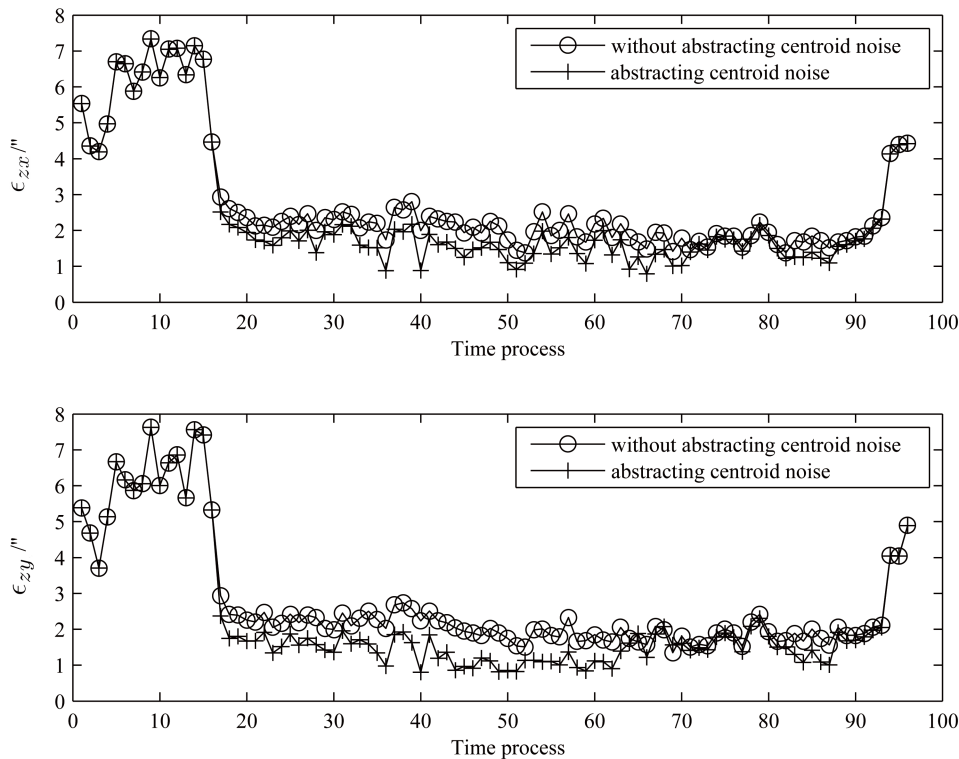


图 9 2010-09-27 晚扣除质心噪声方差前后的视宁度测量结果 (上图: x 方向视宁度测量结果; 下图: y 方向视宁度测量结果). 观测星 vege (0.09 mag), 天顶角为 40°

Fig.9 Results (top: results of x direction; bottom: results of y direction) of seeing measurement with and without abstracting centroid noise taken during the night of 2010 September 27, by observing vege (0.09 mag) and with the zenith angle of 40°

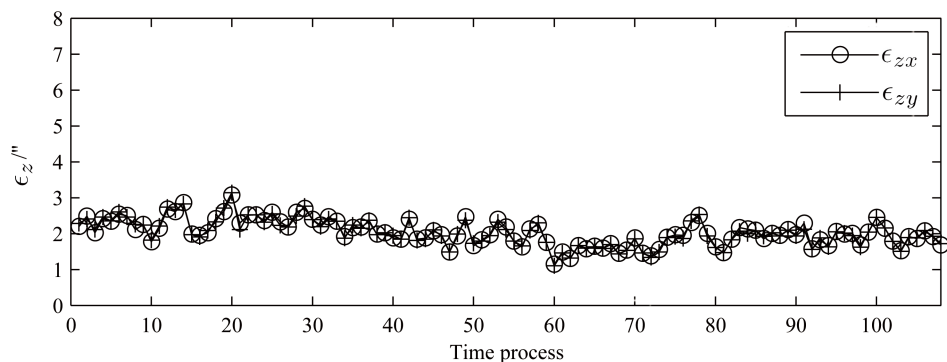


图 10 2010-09-28 晚视宁度测量结果. 观测星 veга (0.09 mag)、deneb (1.33 mag) 和 capella (0.24 mag), 天顶角分别为 34°、49° 和 39°

Fig. 10 Measured seeing values taken during the night of 2010 September 28, by observing veга (0.09 mag), deneb (1.33 mag) and capella (0.24 mag) and with the zenith angle of 34°, 49° and 39°, respectively

表 1 2010-09-26 至 2010-09-29 兴隆观测站视宁度测算结果

Table 1 Seeing values of Xinglong Observing Station obtained from 2010 September 26 to 29

Time	Frequency	$\bar{\epsilon}(\prime\prime)$	$\bar{\epsilon}_x(\prime\prime)$	$\bar{\epsilon}_y(\prime\prime)$	$\bar{\epsilon}_{x,max}(\prime\prime)$	$\bar{\epsilon}_{y,max}(\prime\prime)$	$\bar{\epsilon}_{x,min}(\prime\prime)$	$\bar{\epsilon}_{y,min}(\prime\prime)$	$\bar{\theta}_0(\prime\prime)$
Sep.26 00:00 ~ Sep.27 03:00	47	3.555	3.494	3.617	5.003	5.141	2.361	2.465	0.565
Sep.27 20:00 ~ Sep.28 00:30	114	1.959	1.967	1.950	2.929	2.934	1.281	1.302	0.693
Sep.28 20:00 ~ Sep.29 01:30	108	2.033	2.035	2.030	3.069	3.141	1.140	1.102	1.009

(2) 调整到较长的曝光时间 (9 ms 和 4.5 ms) 后, x 和 y 方向的视宁度值约为 1.5". 图 11 为 2010-09-28 20:00~2010-09-29 01:30 在此曝光时间下的 x 和 y 方向的视宁度值.

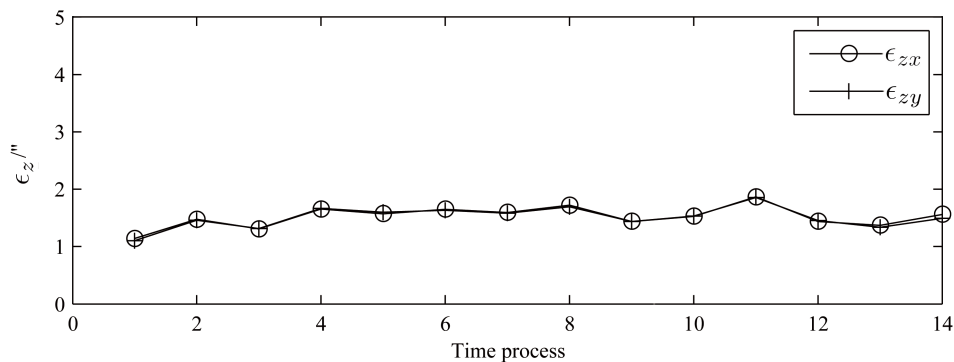


图 11 2010-09-28 晚 9 ms 和 4.5 ms 交替曝光得到的视宁度测量结果

Fig. 11 Seeing versus time. Seeing values obtained during the night of 2010 September 28 and with alternate exposure time of 9 ms and 4.5 ms

(3) 此次南极内陆科考在南半球的极昼时间, 因此望远镜的装调和夏季视宁度的测量都在白天进行. 为此, 我们在 9 月 29 日早上 7 点到 9 点专门进行了白天视宁度测量, 如图 12, 由于光照导致封闭镜筒升温, 增加了光路中的扰动, 视宁度值结果偏大. 为解决这一问题, 我们对镜筒进行白色包装, 增加镜筒反射率, 降低日照对光路的影响, 如图 13 左图所示. 另外, 为了减小近地面湍流的影响, 我们设计了一个安装便捷的 2.5 m 高的平台, DIMM 将安装在上面进行测量, 如图 13 右图所示.

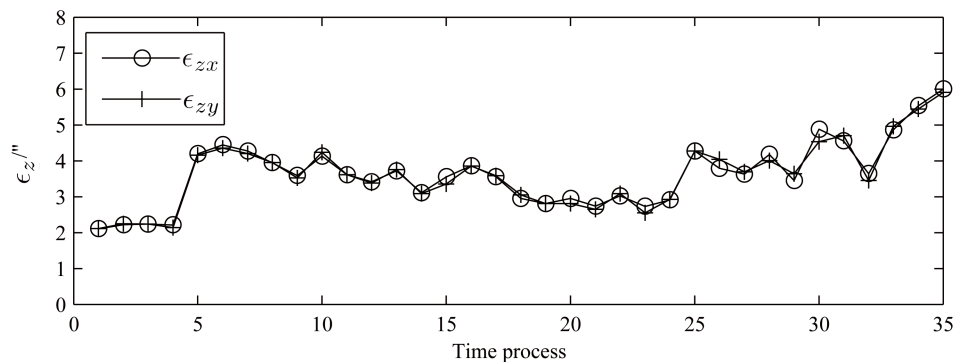


图 12 2010-09-29 早上视宁度测量结果. 观测星 capella (0.24 mag), 天顶角为 29°

Fig. 12 Seeing values obtained in the morning of 2010 September 29, by observing capella (0.24 mag) and with the zenith angle of 29°



图 13 克服环境因素对视宁度测量的干扰. 左图: 经过白色包装的镜筒; 右图: 2.5 m 支撑塔架

Fig. 13 Measures taken to overcome the influences of environmental factors on seeing measurement.

Left: the main tube with white package. Right: tower with a height of 2.5 m used to support DIMM

(4) 文中等晕角测试只是一种近似测量, 而且没有可对比的测量数据, 可能不太准确, 需要更多的数据进行验证.

5 结论

Dome A 已被广泛地预测为是地面最好的天文台址, 但是目前还没有直接用于评价

台址好坏的视宁度数据, 为此我们研制了首台自动视宁度测量仪, 关键部件进行了温控和低温测试, 保证了可以在南极低温环境下正常工作, 整个系统在国家天文台兴隆观测站进行了对比测试和软硬件验证, 已于 2011 年初安装在 Dome A, 并开始现场测量, 这样我们将在国际上率先获得 Dome A 的视宁度数据, 对以后的南极选址工作和望远镜的研制大有裨益.

致谢 非常感谢国家天文台姚永强老师领导的选址组对我们的大力支持, 感谢马江龙和尹佳在兴隆观测站同期的对比观测. 感谢国家天文台施建荣老师为兴隆观测提供人力、设备和场地, 感谢同期观测并提供试验观测期间气象资料的曹子皇博士.

参 考 文 献

- [1] Lawrence J S, Ashley M C B, Tokovinin A, et al. *Natur*, 2004, 431: 278
- [2] Vernin J, Munoz-tunon C. *PASP*, 1995, 107: 265
- [3] 周仁忠. 自适应光学. 北京: 国防工业出版社, 1996: 23-24
- [4] Ziad A, Conan R, Tokovinin A, et al. *ApOpt*, 2000, 39: 5415
- [5] Aristidi E, Fossat E, Agabi A, et al. *A&A*, 2009, 499: 955
- [6] Yuan X Y, Cui X Q, Liu G R, et al. *SPIE*, 2008, 7012: 70124G
- [7] Tokovinin A, Bustos E, Schwarz H. *CTIO RoboDIMM v2.3 Software Description*, 2002
- [8] Kornilov V. *Turbina-core (D) Program Version 2.3-2.25*, 2008
- [9] Tokovinin A, Kornilov V. *MNRAS*, 2007, 381: 1179
- [10] Aristidi E, Agabi A, Fossat E, et al. *A&A*, 2005, 444: 651

Development of the First Automated Small Telescope for the Site Testing of Dome A

PEI Chong^{1,2,3} YUAN Xiang-yan^{1,2,4} CHEN Hua-lin^{1,2} WANG Da-xing^{1,2}

ZHAO Jian-lin^{1,2} WEN Hai-kun^{1,2} LI Zheng-yang^{1,2,3}

(1 *National Astronomical Observatories/Nanjing Institute of Astronomical Optics & Technology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210042*)

(2 *Key Laboratory of Astronomical Optics & Technology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210042*)

(3 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*)

(4 *Center for Antarctic Astronomy, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

ABSTRACT Antarctic site testing works have shown that Dome C is an extremely good astronomical site on the earth. Dome C is better than any other mid-latitude sites because of the following advantages: extremely dry, cold, low radiation of infrared background, clear air, low wind speed, the absence of aerosols and light pollution, as well as continuous observations lasting for three to four months. International astronomical communities widely predict that Dome A with a higher altitude may be better than Dome C as an astronomical site. In the last three years, although site testing works at Dome A led by Center for Antarctic Astronomy of Chinese Academy of Sciences, have initially confirmed the great advantages of Dome A as an astronomical site, the seeing data, which is the primary parameter directly used to compare astronomical sites in optical observations, has not been obtained until

now. We have modified the commercial telescope with a diameter of 35 cm and developed software to function as a DIMM (Differential Image Motion Monitor) which could simultaneously monitor both seeing and isoplanatic angle at Dome A automatically. At present, the instrument has been shipped by “Xuelong” exploration ship, then was installed in early 2011 at Dome A and began to work. Before shipment, software, hardware and alignment methods have been tested through comparative testing of our DIMM together with another DIMM from Xinglong Observing Station of National Astronomical Observatories.

Key words site testing, turbulence