

丽江高美古DIMM研制进展

辛玉新

2010-12-20

CONTENT

- 大气视宁度简介
- DIMM的发展历程
- 云南天文台DIMM的研制历史
- 丽江高美古DIMM的研制方案

大气视宁度介绍

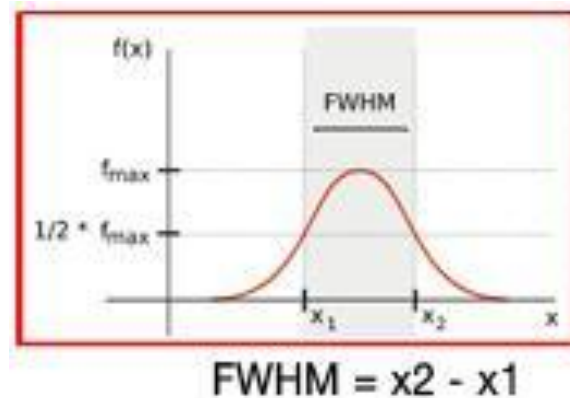
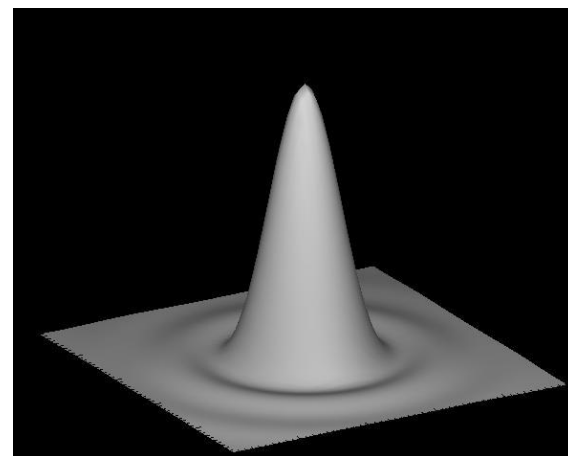
- 大气视宁度seeing是一个用于表征大气湍流对望远镜分辨率影响程度的一个重要参量。其定义为一个点源像斑强度分布的半极大全宽FWHM (Full Width at Half Maximum) FWHM和Fried参量 r_0 的关系为:

$$\text{FWHM} = 0.98\lambda / r_0 \quad (1)$$

其中, Fried参量 r_0 本质上是大气光学湍流的大气相干长度。

注:

由(1)式可知, 当 $r_0 \rightarrow \infty$ 时, $\text{FWHM} \rightarrow 0$, 此时点源像斑相当于通过一个全通滤波器成像还是一个点源, 如Hubble Space Telescope.



DIMM的特点与原理

❖ DIMM视宁度测量的特点

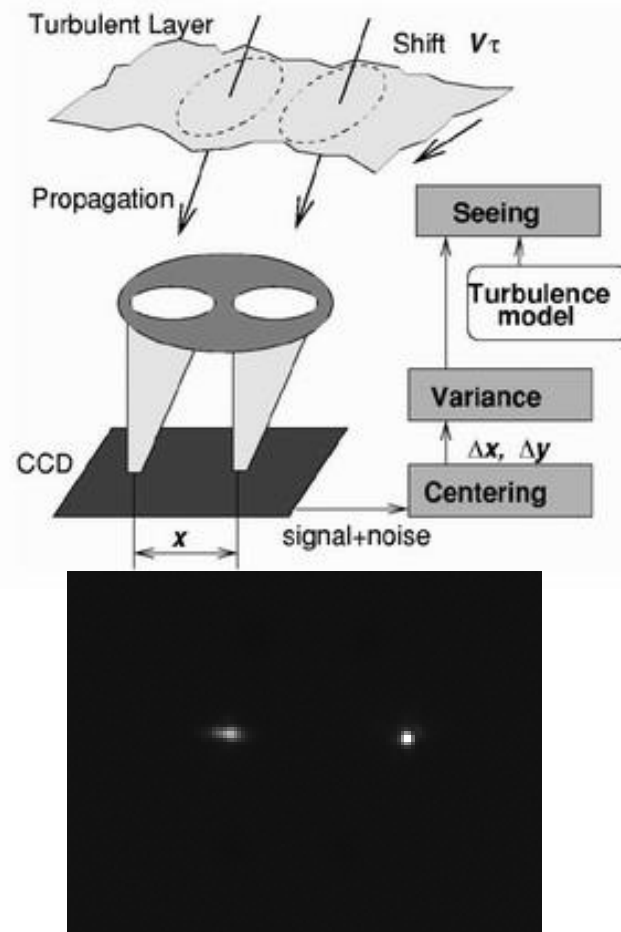
- 这种方法的优点是能有效地排除非大气因素（如望远镜自身的晃动，望远镜跟踪误差等）对测量结果的影响。
- 具有足够的时，空精度。
- 便于在野外选址条件下使用。
- 易于可靠定标

• DIMM方法原理

- 较差星像运动法（DIMM）是对来自同一点源星的光波，测量其经地球大气之后，在望远镜入瞳面的两个子瞳上的波前到达角的相对方差，来获得大气视宁度参数 r_0 值。
- 较差星像运动法测视宁度计算公式：设沿平行于两子瞳方向和垂直于两子瞳方向和垂直于两子瞳方向的星像运动的方差分别为 σ_l^2 和 σ_t^2 ，则

$$r_{0l} = \{2[0.179(\lambda/D)^{1/3} - 0.0968(\lambda/\mu)^{1/3}]\lambda^{5/3}/\sigma_l^2\}^{3/5}$$

$$r_{0t} = \{2[0.179(\lambda/D)^{1/3} - 0.145(\lambda/\mu)^{1/3}]\lambda^{5/3}/\sigma_t^2\}^{3/5}$$



大气视宁度的测量方法

- 衍射环法
 - 5寸折射镜
 - Pickering Seeing Scale判定法, 较粗略。
- 恒星拖影法
 - 移动成像底片形成恒星拖影, 判断星象的抖动。
- 绝对像运动法
- 差分像运动监视仪 (DIMM)
 - Martin1987; Sarazin&Roddier1990;
 - 方法成熟, 国际通用
- 多子瞳闪烁探测 (MASS)
- 闪烁探测和测距技术 (SCIDAR)

CONTENT

- 大气视宁度简介
- DIMM的发展历程
- 云南天文台DIMM的研制历史
- 丽江高美古DIMM的研制方案

DIMM的发展历程

差分像运动法:

- 1960年, Stock和Keller首次提出用差分像运动法做视宁度的定量估计
- 1975年, Fried首次推导出“波前到达角”起伏方差公式
- 1981年, Roddier推导出计算 r_0 的基本公式, 并沿用至今
- 1986年, Sarazin和Roddier成功的研制出世界上第一台差分像运动大气视宁度监测仪, 用于ESO VLT 的选址工作继ESO之后, NOAO在NNTT的选址工作中, 也采用了类似的差分像运动视宁度监测仪。
- 80年代后几乎所有的优良台址和新的选址工作都使用了差分像运动视宁度监测仪, 例如: 西班牙La Palma 的选址, 日本为8m 望远镜的选址, 澳大利亚在南极的选址, 以及在Freeling Heights和Siding Spring的选址工作等
- 国内, 差分像运动视宁度监测仪也得到了广泛的应用, 例如: 丽江高美古2.4米望远镜和盱眙近地天体探测望远镜的选址工作等

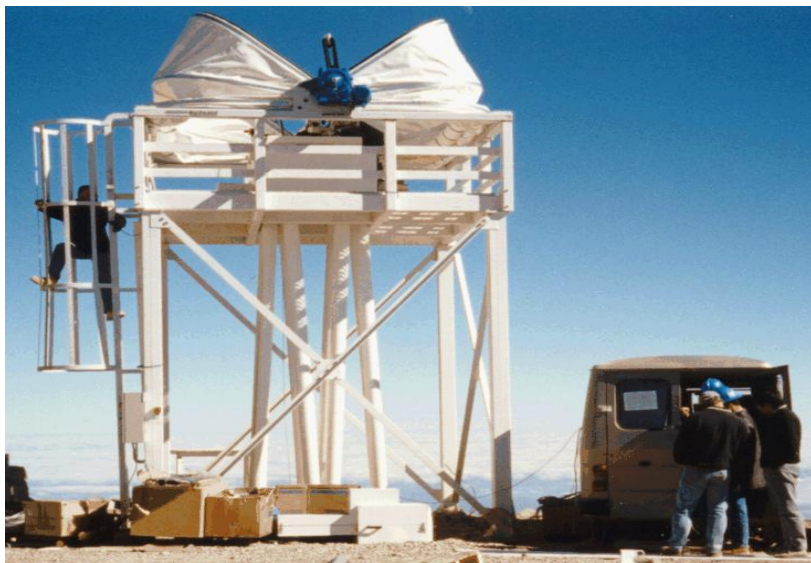
ESO VLT选址用DIMM



Sarazin



Roddier



VLT DIMM的技术参数

口径	35 cm
子瞳口径 D	4 cm
间距 d	20 cm
d/D	5
焦比	f/15
探测器	增强 CCD
像元角尺寸	0.87" × 0.87"

CONTENT

- 大气视宁度简介
- DIMM的发展历程
- 云南天文台DIMM的研制历程
- 丽江高美古DIMM的研制方案



2.4m Telescope Group

Yunnan Observatory of CAS



- 1991年，刘忠老师等研制了我国首台DIMM，并对云台本部的视宁度进行了测量，标志着我国已经初步掌握了差分像测视宁度的方法。
- 1995年，许骏老师等研制了世界上首台三孔DIMM，同时研制了两套系统（一套放在云台本部，一套放在丽江高美古）。
- 90年代后期，云南天文台刘忠研究员研制出用于白日视宁度测量的太阳差分像运动视宁度监测仪



澄江抚仙湖1米红外太阳塔选址



Solar-DIMM的技术参数	
口径	30 cm
子瞳孔径D	5.6 cm
间距d	22.5 cm
d/D	4
光楔倾角	20'
系统等效焦长	1125cm
探测器	CCD
像元角尺寸	0.04" × 0.04"



绝对像运动法视宁度监视仪

1975年Fried就导出了“差分到达角”起伏的方差公式，单口径像运动方法的公式如下：

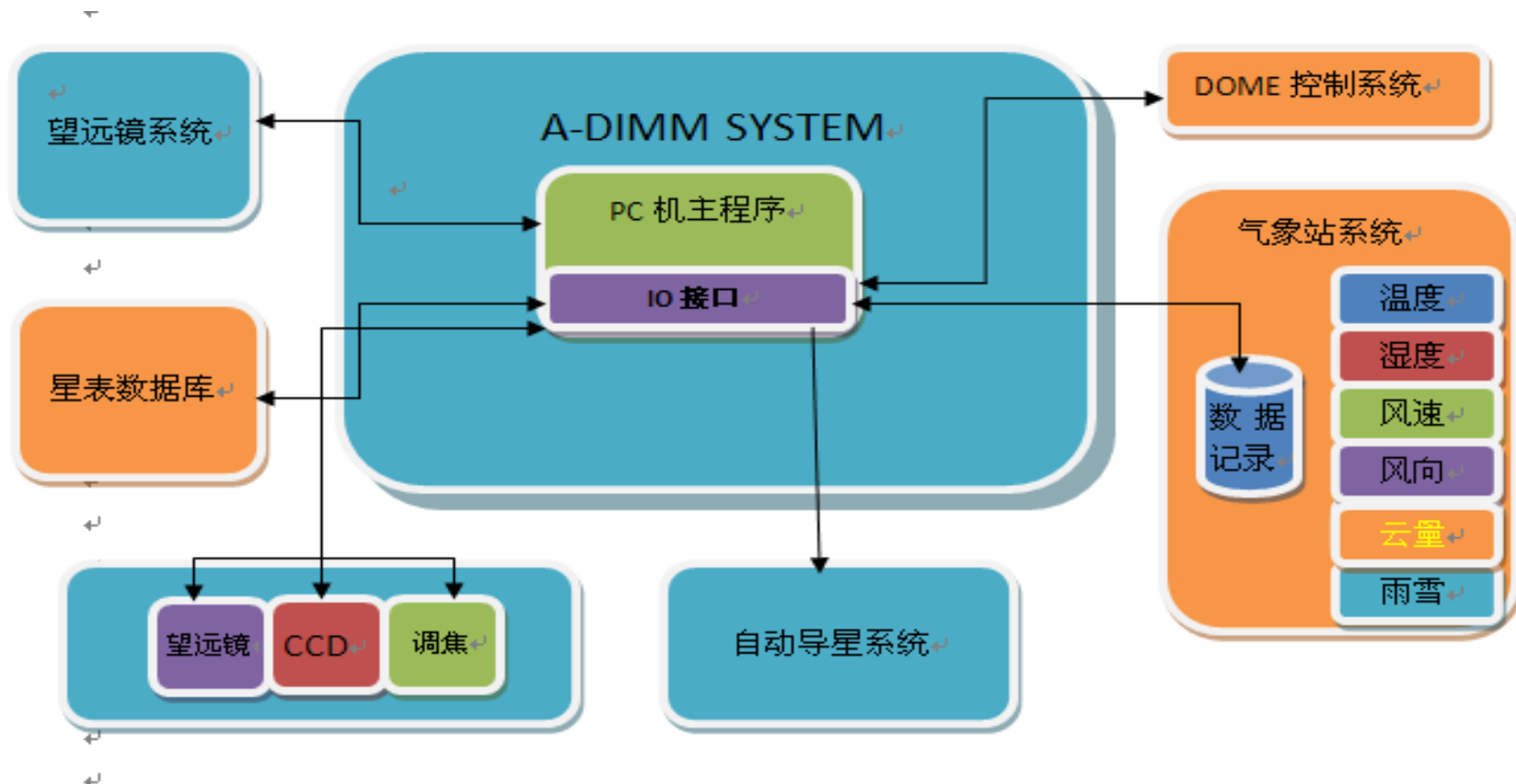
$$\delta_m^2 = 0.36 \left(\frac{\lambda}{D} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\lambda}{R_0} \right)^{\frac{5}{3}}$$

其中 δ_m^2 为到达角方差，D为仪器的有效口径。但是这中方法测出的R0无法消除仪器震动等带来的误差！





丽江高美古DIMM系统



注：自动导星系统包含有一个星表数据库，在每个月对应的天区的天顶附近找 5 颗三等以上的星，全天共 60 颗。



方案一的DIMM参数

- 通光口径: 305mm (12")
- 焦长/焦比: 3048mm; $f/10$
- 指向精度: 1'
- CCD像元尺寸: $8.6\mu\text{m}$ (H) * $8.3\mu\text{m}$ (V)
- CCD像素数: 752 (H) * 582 (V)
- 导星视场 (2X扩焦) : $650'' \xrightarrow{\quad} 10.8'$
- 导星CCD底片比例尺: $1.1235'' / \text{pixel}$
- 成像视场 (2.5X的显微物镜) : $130'' \xrightarrow{\quad} 2.17'$
- 成像CCD底片比例尺: $0.2247'' / \text{pixel}$
- 等效子瞳及子瞳间距: $D=6\text{cm}$, $d=24\text{cm}$

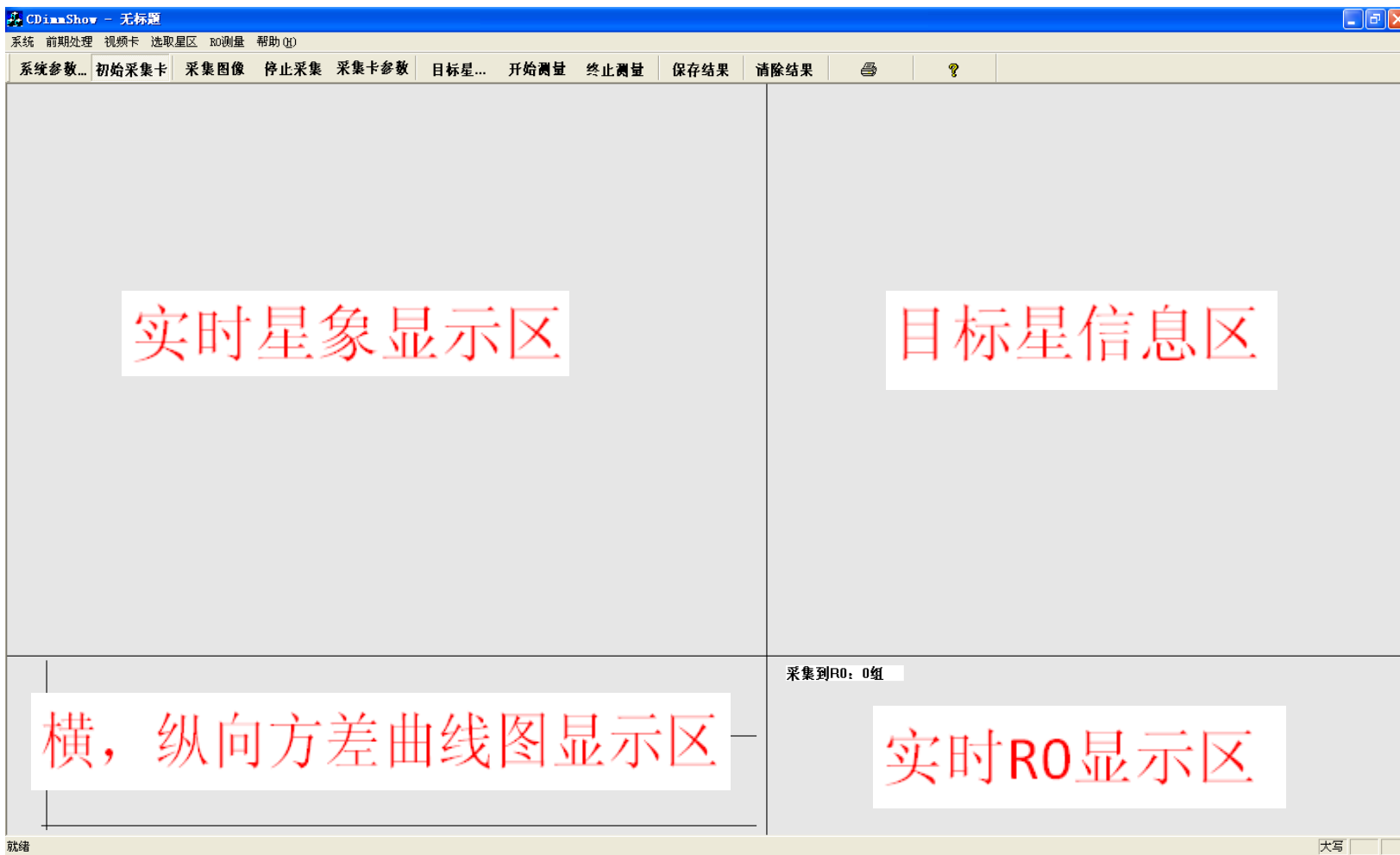


方案二DIMM系统

- 双子瞳DIMM+成像CCD-----测R0
- 导星镜+导星CCD-----自动导星
- 赤道式观测模式
- 等效子瞳及子瞳间距: $D=7\text{cm}$, $d=23\text{cm}$
- 光楔角: $41''$
- 底片比例尺: $0.5''/\text{pixel}$



差分像采集与处理GUI





2.4m Telescope Group

Yunnan Observatory of CAS



DIMM自动导星算法

首先旋转CCD，使天体的移动在x方向与赤经或赤纬平行！

计算机通过视频采集卡获得视频图像，根据视频图像进行导星，具体步骤如下：

- (1) 采集一帧图像作为初始位置参考。
- (2) 对N帧图像叠加（N视导星速度而定），在时间T（T视望远镜跟踪精度而定）内给出一次导星信号。
- (3) 对叠加的图像进行处理（消噪，去背景）。
- (4) 计算叠加后的图像星象重心 (X_i, Y_i) ，相对第一帧星象重心的偏移量。 $(\Delta x, \Delta y) = (X_i - X_1, Y_i - Y_1)$ 。
- (5) 根据天体的移动情况来修正望远镜。如果移动量超过设定的阈值，可暂停导星，如果暂停时间超过设定的阈值，则选择下一个源。否则，继续导星。
- (6) 循环执行以上步骤，直至导星结束。



2.4m Telescope Group

Yunnan Observatory of CAS



望远镜控制与自动导星GUI

Tel_controller & Autoguider -----YNAO

Tel_control

Longitude:
 ☒ E ☐ W

Latitude:
 ☒ N ☐ S

Local Set

Time: : :

Date: Y M D

Zone: 8

Autoguider

Guide

R. A:

Dec:

R. A:

Dec:

Slew Speed:

1--9: slow--high

Tel Status:



2.4m Telescope Group

Yunnan Observatory of CAS





2.4m Telescope Group

Yunnan Observatory of CAS



相互学习

- DIMM系统自动化研究。
- 偏振观测仪器设计。
- 气象站系统。

E_mail: xyx@ynao.ac.cn

Skype: xyx_2m4



2.4m Telescope Group

Yunnan Observatory of CAS



高美古欢迎您！

