



# DIMM研制及实测

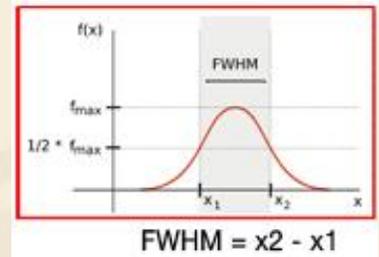
马江龙

国家天文台天文选址组

# DIMM需求

## ❖ 视宁度的作用

- ❧ 视宁度影响到大口径光学望远镜的分辨率；
- ❧ 自适应光学需要好的视宁度条件；
- ❧ 是天文台址评估的关键参量；

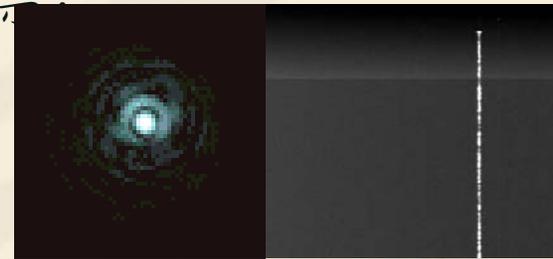


## ❖ 视宁度的概念

- ❧ 也叫大气宁静度；
- ❧ 天文观测中，用长时间曝光的星象半峰值全宽FWHM表示
- ❧ 实质是表征大气湍流的一个参量，可用Fried常数 $r_0$ 表示

## ❖ 视宁度的测量的方法

- ❧ 天文望远镜星象半宽法：造价高昂
- ❧ 衍射环法、恒星拖影法：误差较大



## ❖ DIMM方法

- ❧ Martin1987； Sarazin&Roddier1990
- ❧ 便携，可靠，经济，易于安装，文档化的，校准的，易复制的
- ❧ 方法成熟,国际标准



## ❖ 其他方法：微温, GPS, SCIDAR等

# DIMM原理

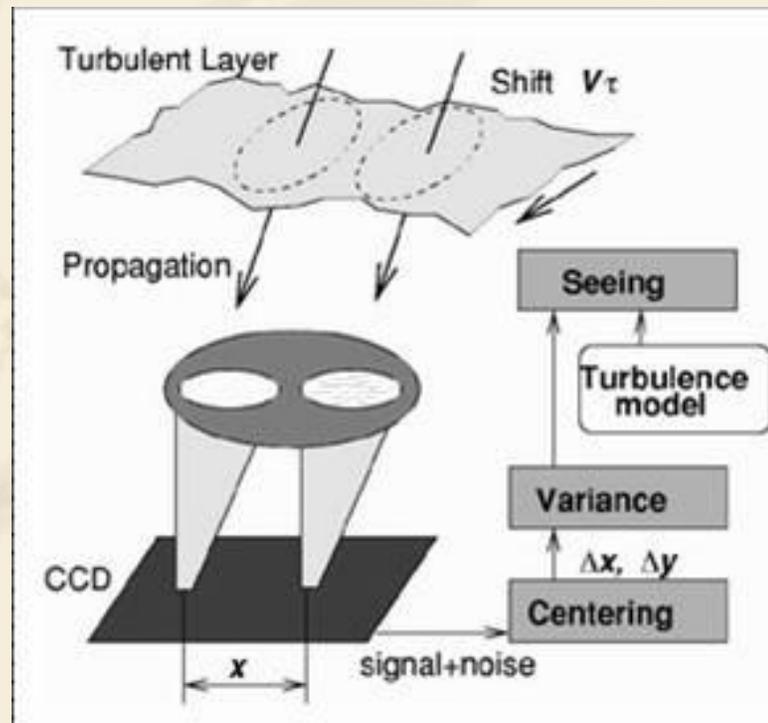
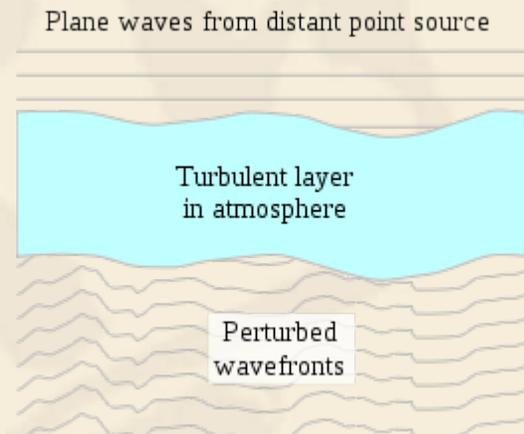
- 遥远天体的光波到达望远镜入瞳面时，波面受大气湍流影响发生畸变；
- Sarazin & Roddier (1990); Tokovinin(2002)
- 测量两个子瞳所成星像的重心位置，计算两个位置的相对位移，取方差

$$\sigma_d^2 = K\lambda^2 r_0^{-5/3} D^{-1/3}$$

$$\text{FWHM} = \frac{0.98\lambda}{r_0} = 0.98 \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{0.2} \left(\frac{\sigma_d^2}{K}\right)^{0.6}$$

$$K'_{IG} = 0.358(1 - 0.541b^{-1/3})$$

$$K'_{tG} = 0.358(1 - 0.810b^{-1/3})$$



# DIMM原理公式

$$z(x, y) = \frac{\lambda}{2\pi} \phi(x, y)$$

$$\alpha(x, y) = -\frac{\partial}{\partial x} z(x, y) = -\frac{\lambda}{2\pi} \frac{\partial}{\partial x} \phi(x, y)$$

$$B_\alpha(\xi, \eta) = \langle \alpha(x, y), \alpha(x + \xi, y + \eta) \rangle$$

$$B_\alpha(\xi, \eta) = -\frac{\lambda^2}{4\pi^2} \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} B_\phi(\xi, \eta)$$

$$D_\phi(\xi, \eta) = 2[B_\phi(0, 0) - B_\phi(\xi, \eta)]$$

$$B_\alpha(\xi, \eta) = \frac{\lambda^2}{8\pi^2} \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} D_\phi(\xi, \eta)$$

$$D_\phi(\xi, \eta) = 6.88 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{\frac{5}{3}}$$

$$B_\alpha(\xi, \eta) = 0.087 \lambda^2 r_0^{-\frac{5}{3}} \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} [\xi^2 + \eta^2]^{\frac{5}{6}}$$

$$= 0.145 \lambda^2 r_0^{-\frac{5}{3}} [(\xi^2 + \eta^2)^{-\frac{1}{6}} - \frac{1}{3} \xi^2 (\xi^2 + \eta^2)^{-\frac{7}{6}}]$$

For  $\eta = 0$ ,  $\xi = d$  :

$$B_l(d) = B_\alpha(d, 0) = 0.097 \left(\frac{\lambda}{r_0}\right)^{\frac{5}{3}} \left(\frac{\lambda}{d}\right)^{\frac{1}{3}}$$

For  $\xi = 0$ ,  $\eta = d$  :

$$B_t(d) = B_\alpha(0, d) = 0.145 \left(\frac{\lambda}{r_0}\right)^{\frac{5}{3}} \left(\frac{\lambda}{d}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$B_\alpha(0, 0) = 0.179 \left(\frac{\lambda}{r_0}\right)^{\frac{5}{3}} \left(\frac{\lambda}{D}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\sigma^2(d) = 2[B(0) - B(d)]$$

$$\sigma_l^2 = 2\lambda^2 r_0^{-\frac{5}{3}} [0.179 D^{-\frac{1}{3}} - 0.0968 d^{-\frac{1}{3}}]$$

$$\sigma_t^2 = 2\lambda^2 r_0^{-\frac{5}{3}} [0.179 D^{-\frac{1}{3}} - 0.145 d^{-\frac{1}{3}}]$$

$$\sigma^2 = 2B_\alpha(0, 0) = 0.358 \left(\frac{\lambda}{r_0}\right)^{\frac{5}{3}} \left(\frac{\lambda}{D}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$S = d/D$$

$$\sigma_l^2 = [1 - 0.541 S^{-\frac{1}{3}}] \sigma^2$$

$$\sigma_t^2 = [1 - 0.811 S^{-\frac{1}{3}}] \sigma^2$$

$$\sigma_l^2 = I(S, 0) \sigma^2$$

$$\sigma_t^2 = I(S, \frac{\pi}{2}) \sigma^2$$

# DIMM设计

## ❖ 光学设计

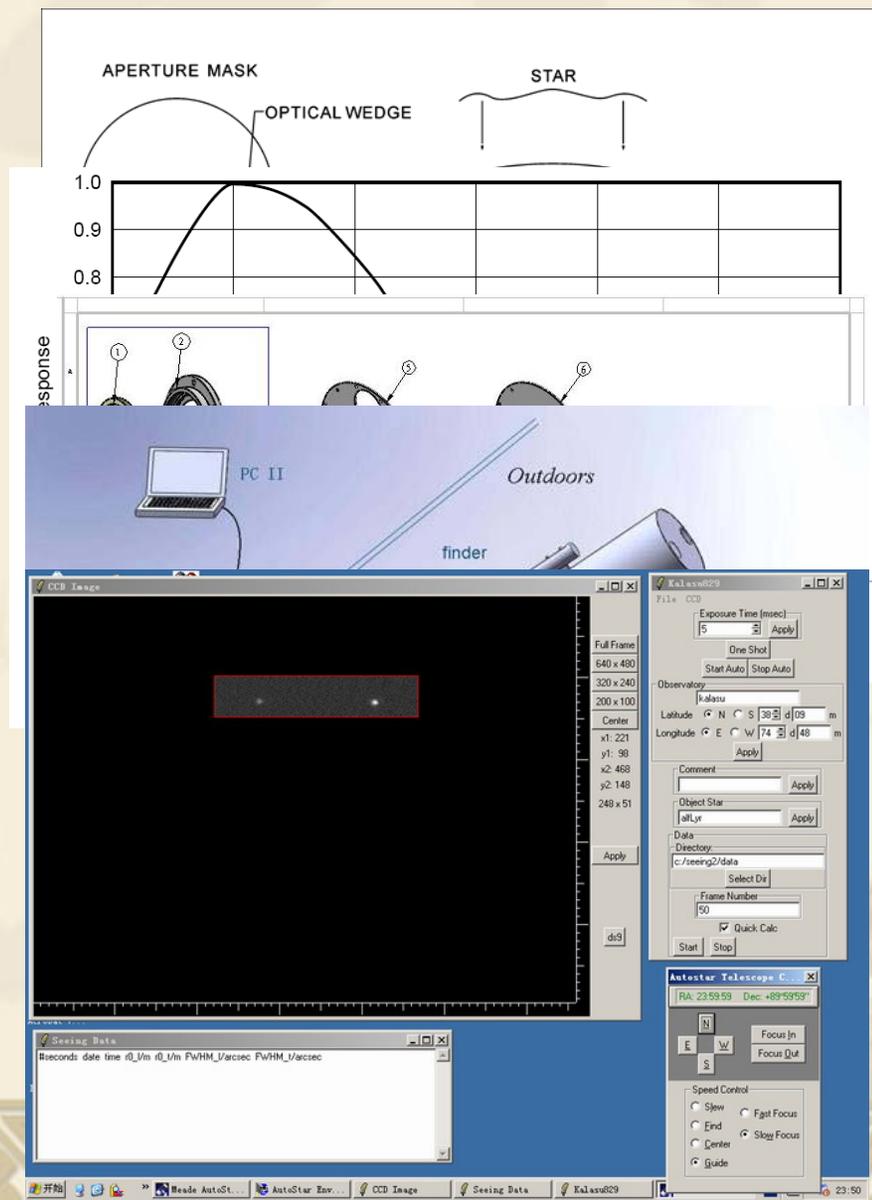
- ❧ 双孔径  $D \geq 5\text{cm}$ ,  $B/D > 3$
- ❧ 望远镜口径  $\geq 20\text{cm}$
- ❧ 焦比  $f/10$
- ❧ 光楔
- ❧ CCD:
  - ❖  $1/3''$  VGA 5.8mm x 4.9mm array
  - ❖ Integration Time 1/1000 to 16 sec.

## ❖ 硬件配置

- ❧ 望远镜、Mask、CCD
- ❧ 寻星镜、寻星CCD
- ❧ 控制PC机、远程监控PC机

## ❖ 软件设计

- ❧ Seeing软件
  - ❖ CCD控制功能模块
  - ❖ Seeing测量计算功能模块
  - ❖ 望远镜功能模块
  - ❖ 界面模块
- ❧ 望远镜控制模块
  - ❖ 第三方软件



# 目前DIMM配置

## ❖ 望远镜:

❧ MEADE LX200ACF: 8"、10"、12"

## ❖ CCD

❧ Lumenera, 60fps

❧ Integration Time 1/1000 to 16 sec.

## ❖ Mask

❧ 子瞳间距: 15cm、20cm、24cm

## ❖ 寻星镜、寻星CCD

## ❖ 控制PC机、远程监控PC机

## ❖ 软件

❧ Seeing6版本

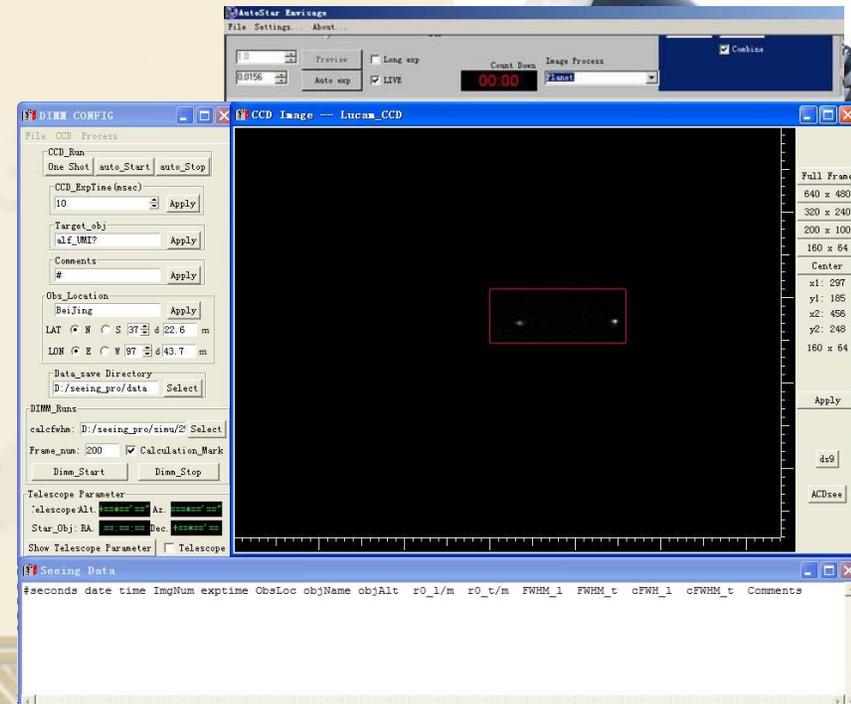
❖ 输出结果: time, ImgNum, exptime, ObsLoc, objName, objAlt, r0\_l/m, r0\_t/m, FWHM\_l, FWHM\_t, cFWHM\_l, cFWHM\_t, Comments

❖ 改进: 界面更易操作, 剔出一些bug, 观测连续性更好

❖ DIMM星象以fits文件格式存储。

❧ Meade AutoStar Suite

❧ 远程控制软件



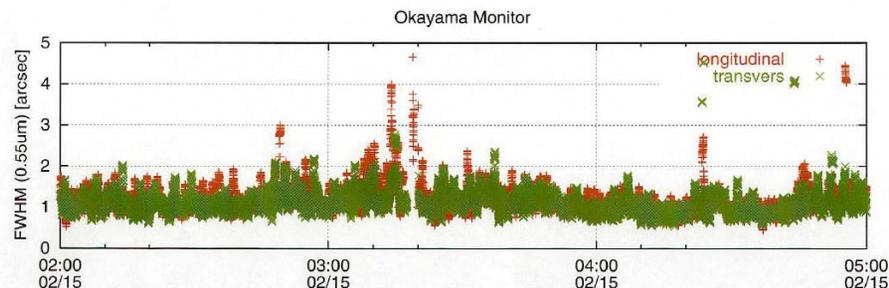
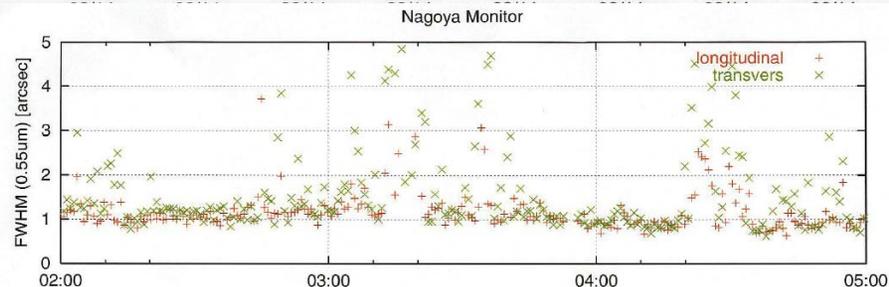
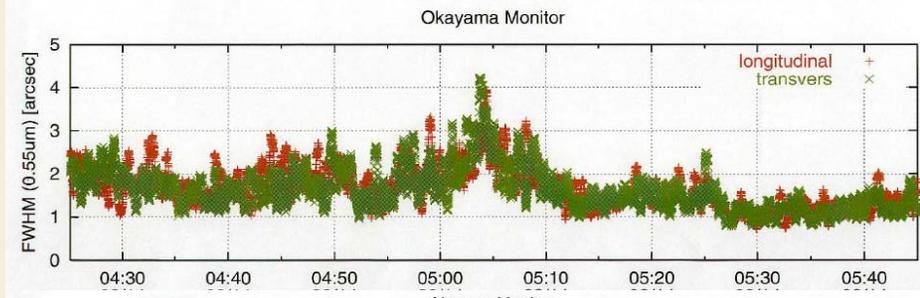
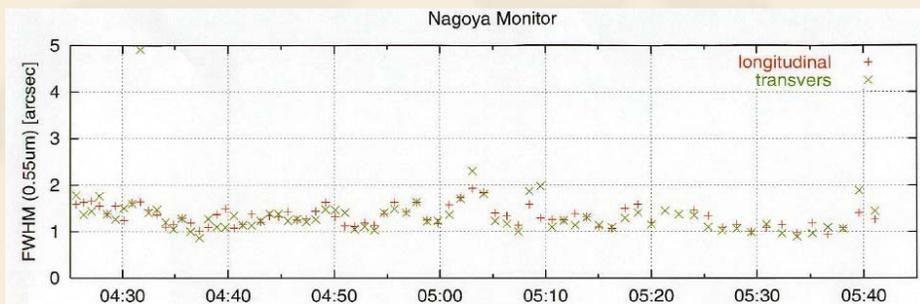
# 与岡山天体物理所DIMM校准

## 概况:

- 目标星: alf-Boo (Vmag -0),
- 以  $\lambda = 0.55 \mu\text{m}$  计算FWHM

## 配置

- Nagoya Monitor
  - 口径: 5 cm
  - 子瞳间距: 20 cm
  - 空间分辨率: 0.45 arcsec/pixel
- Okayama Monitor(岡山天体物理観測所)
  - 口径: 10 cm
  - 子瞳间距: 50 cm
  - 空间分辨率: 0.0956(左)  
0.0967(右) arcsec/pixel
  - 望远镜口径为1.88m



# 和SBIG视宁度仪对比观测

- ❖ DIMM对云不敏感
- ❖ DIMM受风影响小

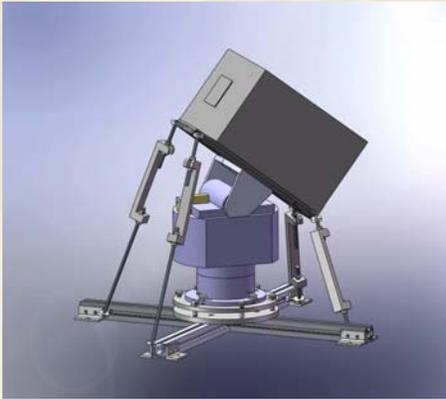
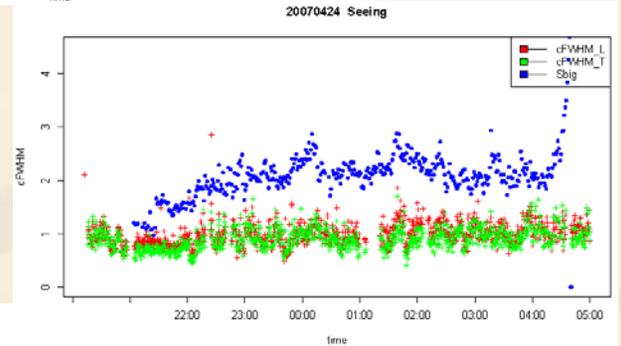
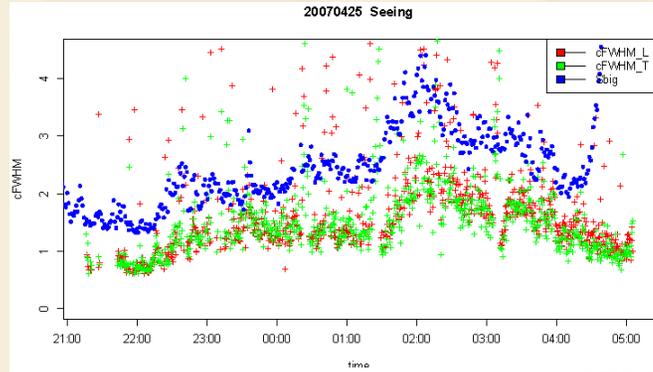
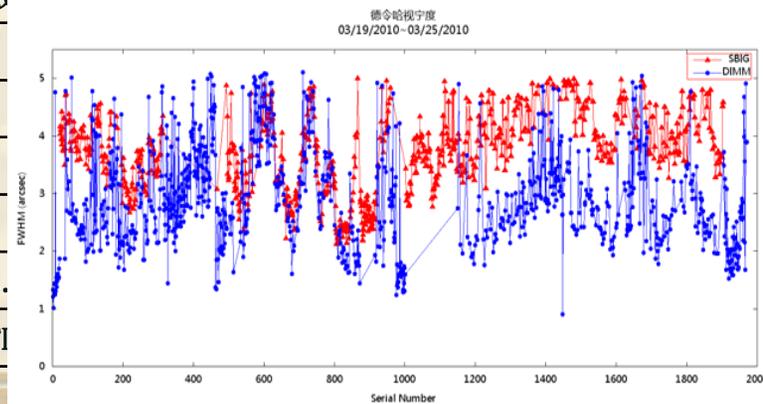


Figure One: Seeing Monitor

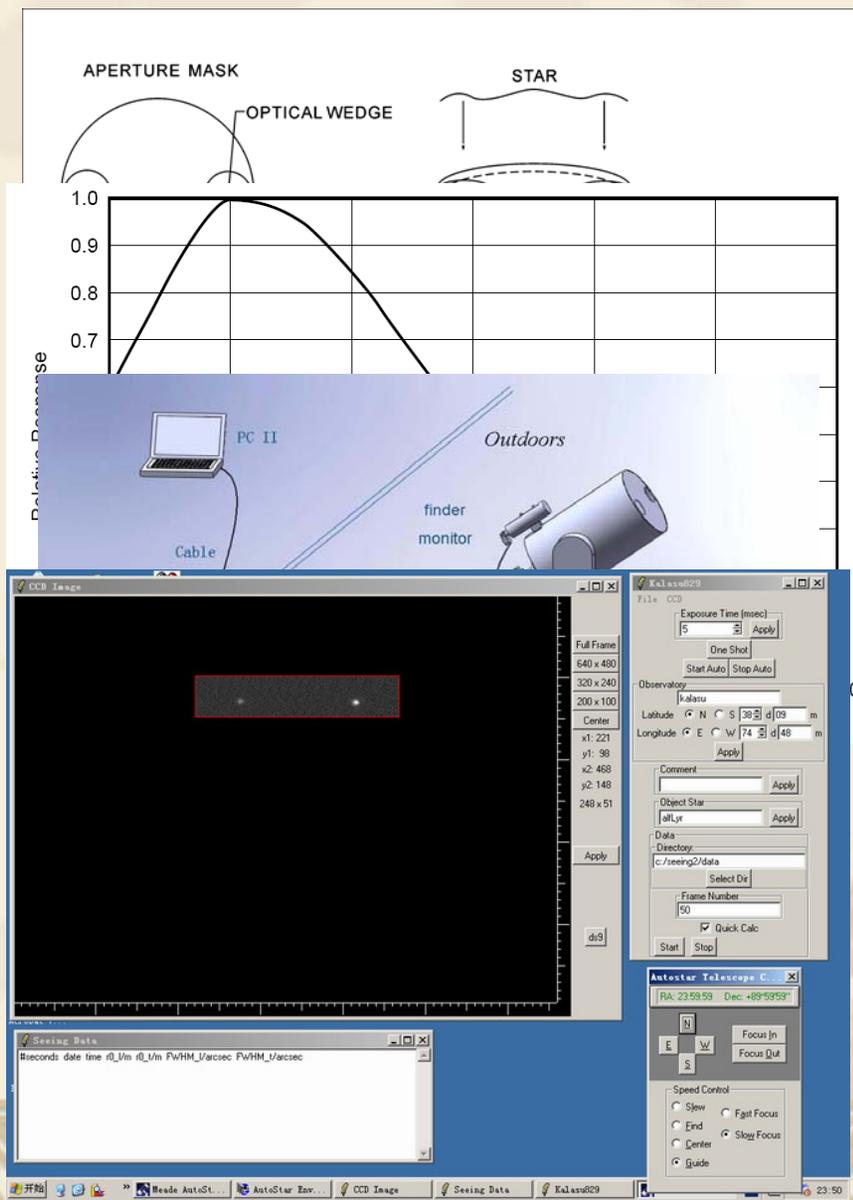


SBIG视宁度仪参数	
镜头口径	
镜头焦距	
焦比	
CCD	
视场	2.
曝光	TI



# DIMM设备后续改进工作

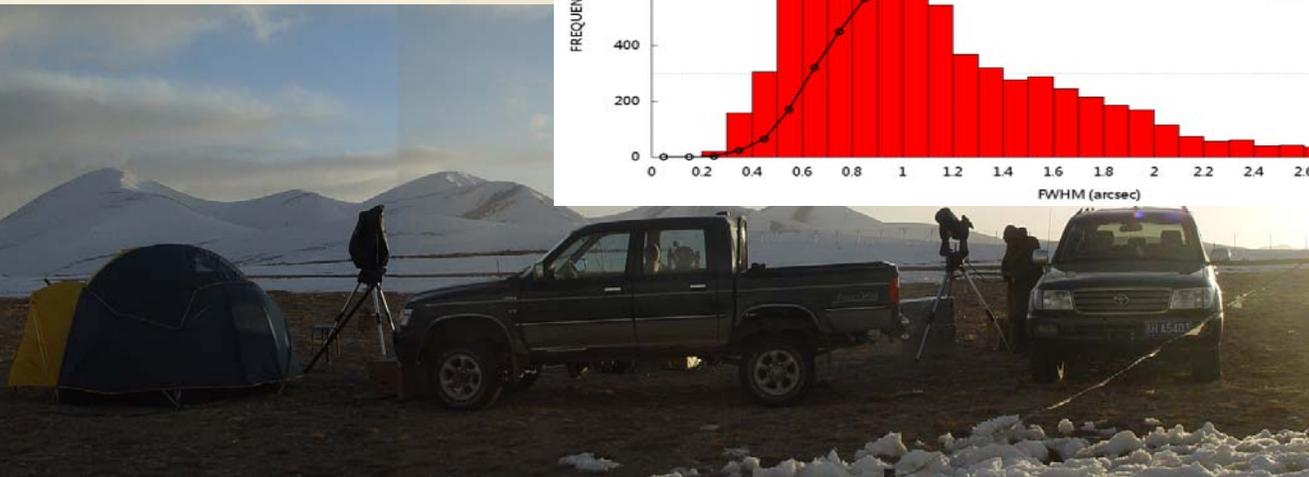
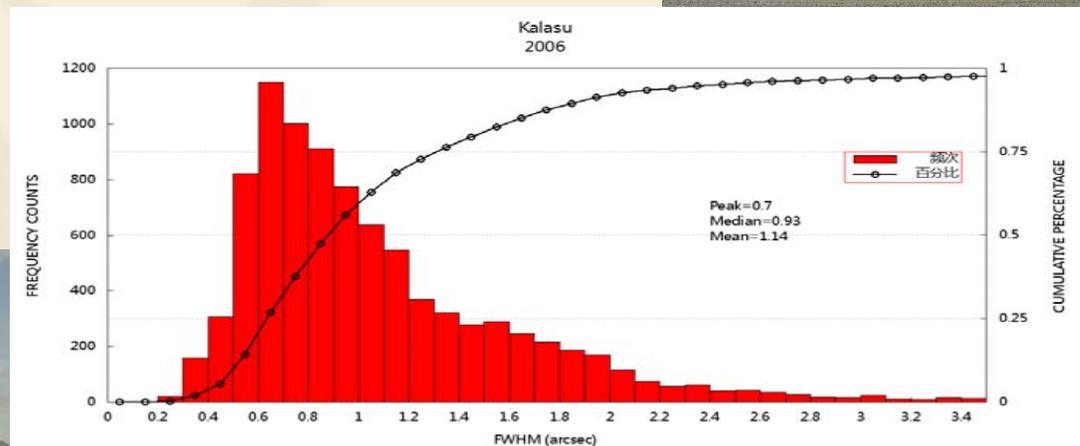
- 改善重心坐标算法
- 重心坐标准确性评价
  - 星象间距
  - 焦距
- 在光楔前加滤光片
- 前期资料后处理处理
- 进一步提高自动化程度
- 增加消光参数输出
- 提高远程可操控性





# 卡拉苏DIMM观测

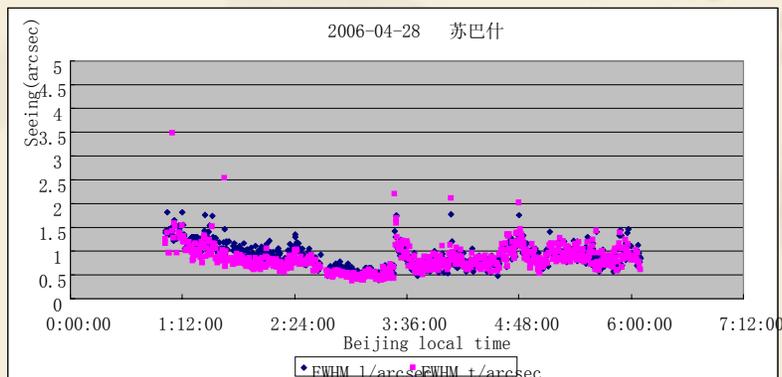
- 2006年7月~10月
- 帕米尔高原卡拉苏监测点
- 高度5米
- 共计约16夜观测;
- 9215组有效DIMM数据。
- 未作天顶角修正。
- 众数值: 0.7; 中值0.93;
- <1的值占55%
- 数据偏大, 尚需进一步处理。



# 卡拉苏周边DIMM观测

## ❖ 苏巴什达坂

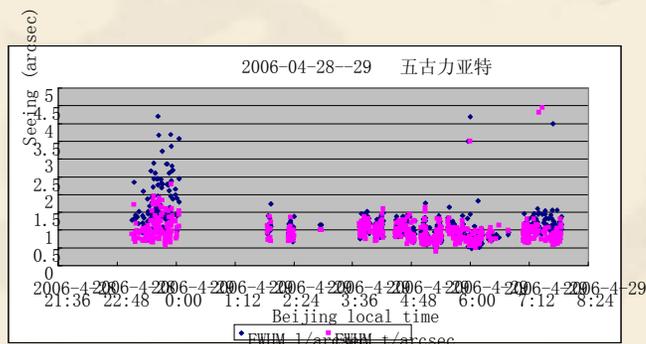
- ❧ 2006-4-28日
- ❧ 海拔高度为4120米
- ❧ 高度2米
- ❧ 740组有效DIMM数据。
- ❧ 未作天顶角修正。
- ❧ 众数值: 0.83; 中值0.84;
- ❧ 数据偏大, 尚需进一步处理



# 卡拉苏周边DIMM观测

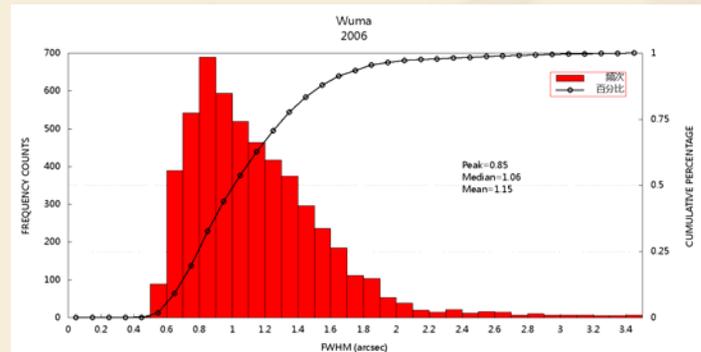
## ❖ 五古力亚特观测

- 2006-4-28 23:06—2006-4-29 7:51
- 高度2米
- 观测  $\alpha$ -Boo , Vega
- 599组有效DIMM数据。
- 未作天顶角修正。
- 众数值: 0.98 ; 中值0.98 ;
- 数据偏大, 尚需进一步处理



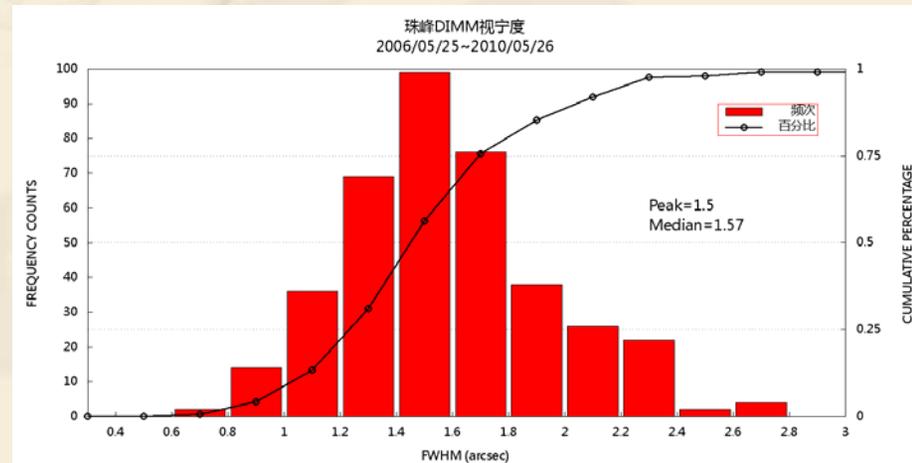
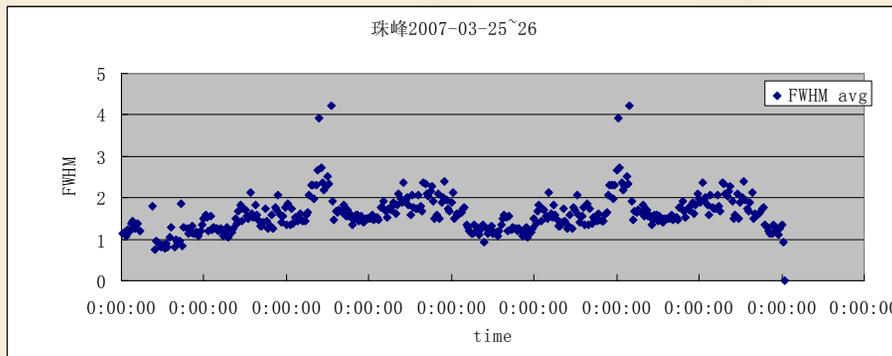
# 物玛DIMM观测

- 2006年5月~9月
- 帕米尔高原卡拉苏监测点
- 高度2米
- 共计约12夜;
- 5341组有效DIMM数据。
- 未作天顶角修正。
- 众数值: 0.85; 中值1.06
- <1的值占43%
- 数据偏大, 尚需进一步处理。



# 珠峰DIMM观测

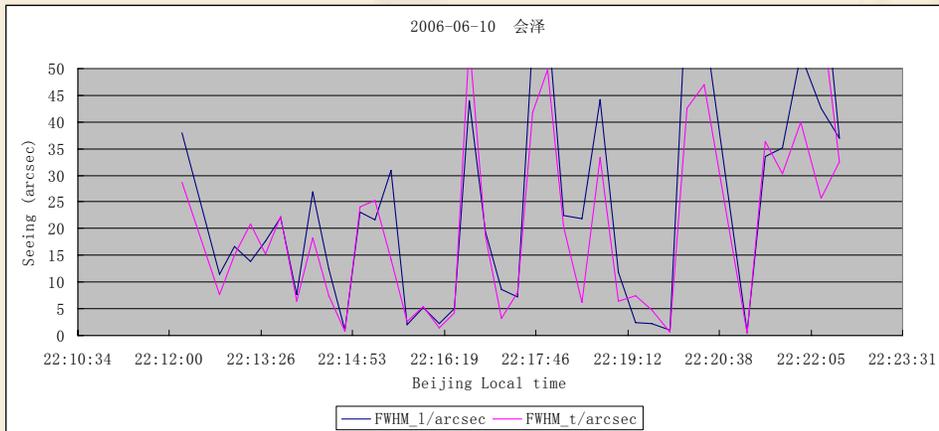
- 2006年5月25~26
- 珠峰一号大本营
- 高度2米，海拔5100米
- 392组有效DIMM数据。
- 未作天顶角修正。
- 众数值: 1.5; 中值1.57
- <1的值占4%
- 数据偏大，尚需进一步处理。



# 会泽DIMM观测

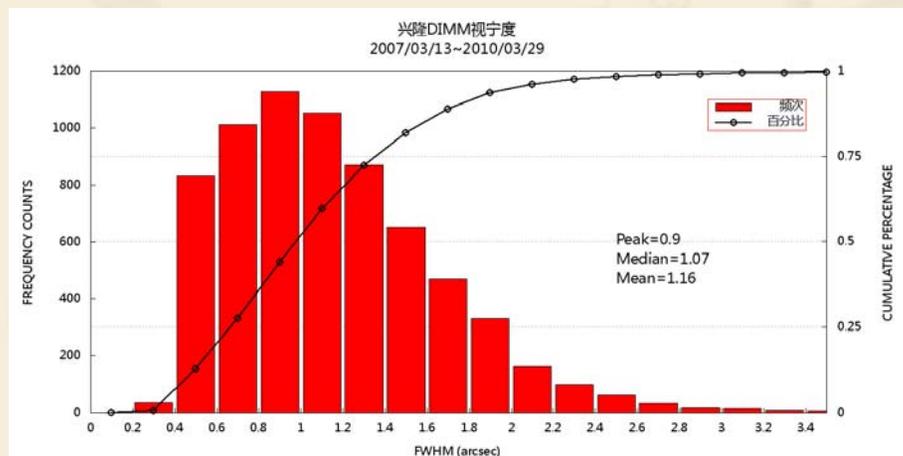
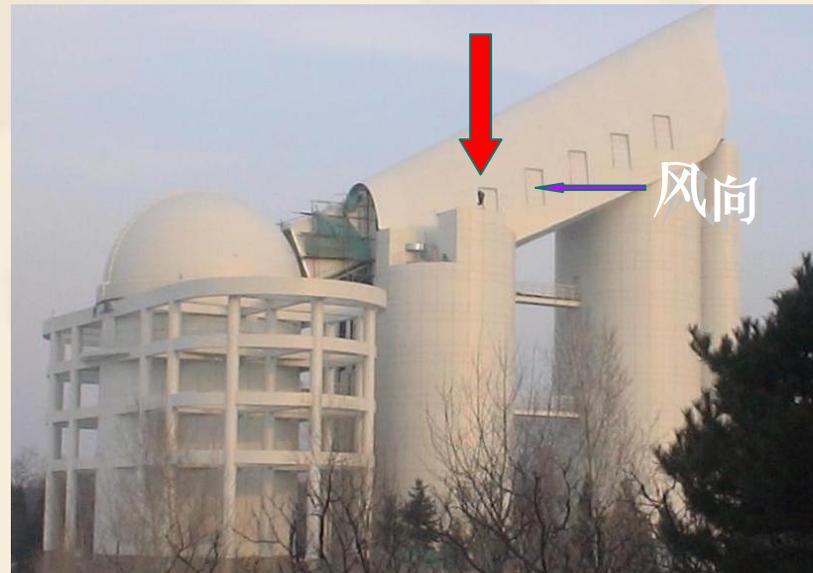
2006年6月10日

入夜，大雾。



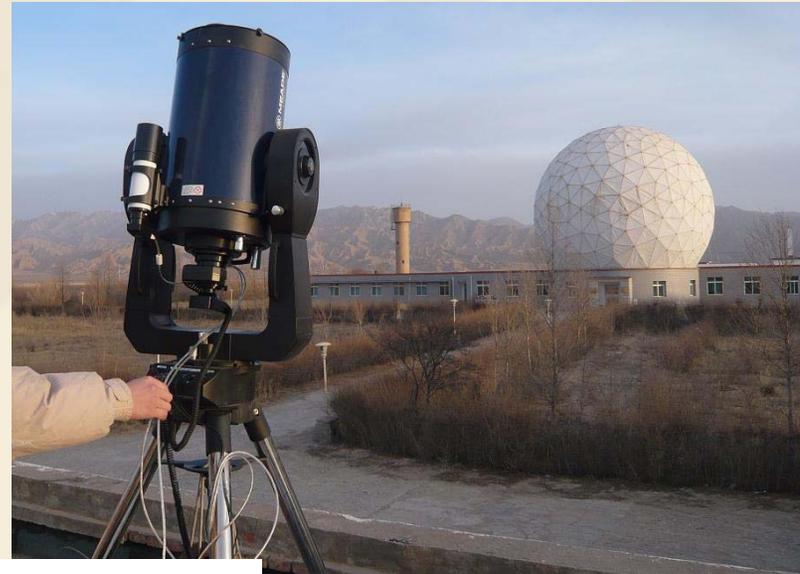
# 兴隆DIMM观测

- 2007年3月13~29
- LOAMOST望远镜焦面附近
- 高度28米，海拔860米
- 共计约16夜观测；
- 6807组有效DIMM数据。
- 众数值：0.9；中值1.07；
- <1的值占44%

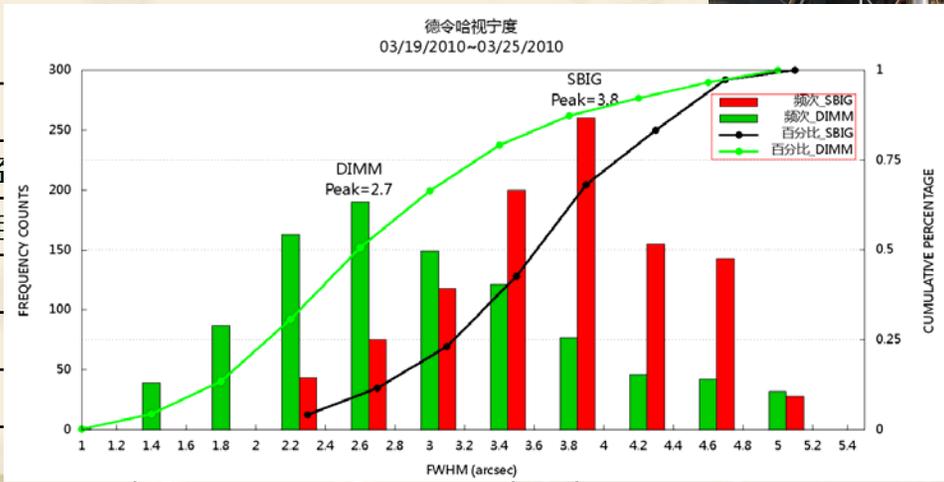


# 德令哈DIMM观测

- SBIG视宁度仪与DIMM同时对北极星观测
- 2010年3月在青海紫金山天文台德令哈观测站进行了为期一周的对比观测;
- 取得3个夜晚, 871组有效DIMM视宁度数据, 662组有效SBIG视宁度数据。
- 设备参数:



镜头口径
镜头焦距
焦比
CCD
视场
曝光



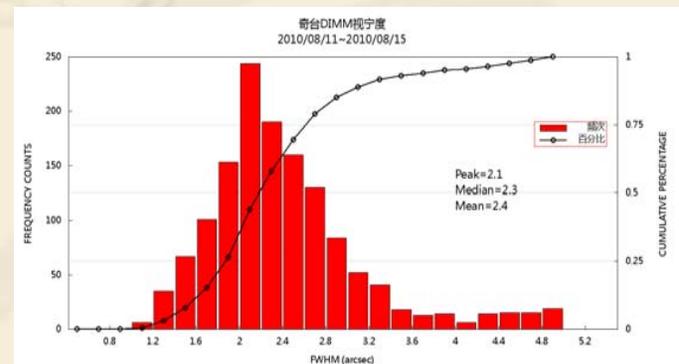
参数	250mm
	F10
	60mm
	200mm
	7.4x7.4 $\mu$ m
	0.61 arcsec/pixel

# 奇台DIMM观测

- 2010年8月11~15
- 观测4夜
- 高度3.5米
- 四面的山脊较观测地都高
- 1378组有效DIMM数据。
- 未作天顶角修正。
- 众数值: 2.1; 中值2.3;
- 数据偏大, 尚需进一步处理。



DIMM参数	
望远镜口径	25cm
望远镜焦比	F10
子孔径	5cm
子孔间距	20cm
CCD pixel scale	7.4x7.4 $\mu$ m
空间分辨率	0.61 arcsec/pixel

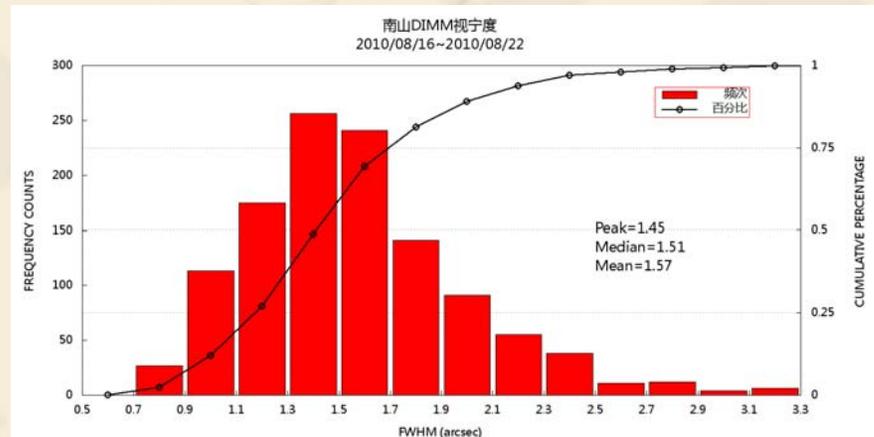


# 乌鲁木齐南山DIMM观测

- 2010年8月16~22
- 观测7夜
- 2261组DIMM数据
- 高度约10米。
- 众数值: 1.45; 中值1.51
- <1的值占5%



DIMM参数	
望远镜口径	25cm
望远镜焦比	F10
子孔径	5cm
子孔间距	20cm
CCD pixel scale	7.4x7.4 $\mu$ m
空间分辨率	0.61 arcsec/pixel



请各位专家指正！  
谢谢！