第 50 卷 第 2 期 天 文 学 报 Vol.50 No.2
2009 年 4 月 ACTA ASTRONOMICA SINICA Apr., 2009

测定瞬时天文大气折射值和建立本地实测模型*

冒 蔚† 杨 磊 铁琼仙

(中国科学院国家天文台云南天文台 昆明 650011)

摘要 利用天文大气折射在空间大地测量中的新用途，并指出，为了满足这一新用途的高要求，必须有一种有效的方法，能直接测定瞬时大气折射值，建立与观测站周围地理环境相适应的大气折射模型，再转换成中性大气折射延迟改正模型．文章简述了测定大气折射值必须满足的条件．阐述了云南天文台探讨出的利用低纬子午环的观测原理，在不同方向和不同天顶距直接测定瞬时大气折射值的一套方法，并给出了用实测数据在东、南、西、北 4 个方向建立的按恒星光谱型分类的大气折射实测模型．

关键词 **大气效应，方法：诸多方面**

中图分类号： P 126; **文献标识码**： A

1 引言

天文大气折射，作为直接影响天体位置测量结果的一项较大的修正，是光线穿过上疏下密的大气层时发生的弯曲效应，也是地面光学天文定位测量的主要误差来源之一．近几十年来，随着空间大地测量技术的迅速发展，直接依赖于地面光学测量的观测项目已经很少，关心天文大气折射的人更少，而关心大气折射延迟的人却很多，因为 VLBI 、GPS 和 SLR 等空间大地测量技术，都在地面上测量，电磁波穿过地球大气层时产生的折射延迟，是这些测量技术的最大修正项和主要误差来源之一．与天文大气折射一样，延迟量也与电磁波传播途径上各点的大气折射率有关，这样，在天文大气折射和大气折射延迟之间，就必然存在着一种以大气折射率为纽带的内在联系．我们利用这种内在联系，并且基于本文将介绍的测定瞬时大气折射值和建立本地多方位实测模型的方法，提出了把天文大气折射实测模型转换为大气折射延迟改正模型的方法 [1,2] ，以克服所采用的理论模型和经验模型的不足．采用这种与测站周围地理环境相适应的修正模型，将能满足当前某些学科发展的修正精度要求，即在天顶方向将优于 1mm, 天顶距 85° 处达到 1cm 左右．在空间大地测量技术中的这种应用，不仅为天文大气折射研究输进了新的生命力，而且对它提出了更高的要求，因为这不是一般的用理论模型编制的大气折射表能

2007-10-22 收到原稿， 2007-11-29 收到修改稿

* 云南省基金项目 2005A0010L

† fanyu@mail.ynao.ac.cn

满足的，必须采用有效的方法，在不同方位直接测定瞬时大气折射值，建立本测站随方位而异的实测模型.

一般的大气折射表都是根据大气密度分布的某种假设，并采用某一地区平均的地面大气折射率编制的，而地面大气折射率，即使换算到海平面，各地是不相同的[3]，同一测站的不同方位也不尽相同．长期以来依赖于这种大气折射表作修正的地面光学天文测量结果中存在着难以消除的误差，迫促使人们为建立适应于本地地理环境的大气折射模型而进行了不懈的努力，终因没有找到直接测定大气折射值的有效方法而未成功．本文利用低纬子午环的结构特点，探讨出了测定方法，并采用在该仪器上取得的约一万四千多个测定值，建立了本地东、南、西、北 4 个方位随光谱型而异的天文大气折射实测模型.

2　直接测定瞬时大气折射值的苛刻条件

在不同方位、不同天顶距直接测定瞬时大气折射值的原理很简单，要求的条件却非常苛刻．国外子午环曾在降低了的要求下，用贝塞耳方法，在测定纬度值的同时求解大气折射常数改正值，来修正星表的赤纬系统，结果是“不仅没有改善赤纬系统，甚至使它变得更坏”[4]．在未能找到有效的测定方法的情况下，天体测量学家和大地测量学家们，只能探讨采用能回避大气折射计算值误差直接影响的测量方法，典型的有多星等高法、太尔各特星对法和摄影天顶筒的小天顶距观测法，当然，依巴谷天体测量卫星彻底地回避了地球大气的影响.

由于天体受大气折射影响而产生位移的奔赴点是天顶点，决定了测定大气折射的原理很简单，用被测天体在观测时刻的真天顶距，减去观测得到的视天顶距，就得到在当时气象条件下的瞬时大气折射测定值．将大量的测定值用观测时刻的气象读数换算到给定的标准大气状况下，模拟成某种形式的数学模型，就是本地的大气折射实测模型．不管是在子午方向还是在其它方向，都是如此．就最简单的子午方向而言，用瞬时天文纬度值减去被测星的视赤纬，就是真天顶距，视天顶距直接由观测得到．不过实施起来却不简单，这里可以归纳为三个必须得到解决的问题．其一是如何取得不含有大气折射修正值残差影响的被测星的视赤纬？这是依巴谷星表问世之前的所有基本星表都不能满足的要求，因为星表所列的赤纬，都是对恒星的视天顶距测定值，作大气折射修正后，平差得到的，即使采用最精确的大气折射表，也与一个具体测站，由周围地理环境所决定的，当地实际大气折射模型之间存在着差异，使赤纬系统含有随天区而变化的系统误差．二是如何得到既含有纬度极性变化和非极性变化成分，又不受大气折射修正值残差影响的瞬时纬度值？即相对于观测点瞬时铅垂线方向的天文纬度，这是专门进行天体位置绝对测定的国外子午环，以及其它专门用于测定纬度变化的仪器，从来没有得到过的，因为它们都离不开对天顶距的直接或较差测量，也就含有大气折射修正值残差或不同方向之间大气折射值差异的成分．三是如何获取不受仪器误差修正值残差，特别是系统误差形式的残差影响的视天顶距测定值？这也是国外子午环未能很好地做到，贝塞耳方法实施约百年未取得有用结果，主要是如镜筒弯曲之类的仪器误差修正值残差的影响无法消除所致．这三个问题，就是长期以来不能直接测定大气折射值的原因.

关于第一个问题，随着依巴谷星表的问世已不复存在，因为该星表是把望远镜放在大气层外的卫星上，对大角距星对的夹角作交叉测量，再在全天球平差得到的，尚未发现其位置和自行系统有随天区而变化的系统误差. 在平均观测历元 1991.25 年，近 12 万恒星的位置精度和年自行精度平均为 ±1.2 毫角秒，亮于 6 等的恒星平均为 ±0.8 毫角秒左右，以致到十几年后的今天，用依巴谷星表计算的恒星视位置的精度，仍然能保持在 $\pm 0.01'' — 0.02''$ 的量级，而且仅是随机误差，所以，完全可以采用依巴谷星表作为测定大气折射的工作星表. 至于后两个问题，在低纬子午环上也都已得到解决，这就为直接测定大气折射值创造了条件.

3 低纬子午环上的解决方案

低纬子午环是为了在不同纬度地区, 特别是低纬度地区绝对测定天体位置而研制的，根据低纬地区绝对测定原理的要求，它能在子午方向和卯酉方向之间转置，利用一颗恒星通过仪器卯酉方向的记录时刻及子午方向的记录时刻和天顶距测定值，解算出仪器的方位差和瞬时纬度的绝对测定值 [5], 用于子午方向观测的处理，从而实现对天体位置的子午绝对测定. 它与国外子午环之间的最大区别在于能在两个方向作交替观测，也正是这一转置功能，为取得精确的瞬时天文纬度测度值和在四个方位测定瞬时大气折射值，创造了必要的条件；加之采用了一组新的仪器误差测量方法，又为解决上述第三个问题提供了保证.

关于瞬时天文纬度，虽然利用一颗恒星通过仪器卯酉方向的记录时刻及子午方向的天顶距测定值，能够解算出瞬时纬度的绝对测定值，但这仅是原理性方法，对观测条件的要求比较苛刻，能取得的数据不多，特别是采用了子午方向的天顶距测定值，不可避免地受到大气折射修正值残差的影响. 我们利用天体穿过垂直经圈的记录时刻不受大气折射影响的事实，采用了由星过卯酉方向时角测定值与计算值之差来求解瞬时纬度改正值的方法. 对卯酉方向天顶东、西两边的观测记录时刻 T_e 和 T_w, 用由子午方向观测求得的钟差 u 作修正，并取与被测星中天时刻计算值 T_m 之差，换算到恒星时系统，即得天顶两边的时角测定值 t_e 和 t_w:

$$\begin{cases} t_e = T_m - T_e - u \\ t_w = T_w + u - T_m \end{cases}, \tag{1}$$

再利用被测星的视赤纬 δ_e 或 δ_w 和测站的平纬采用值 φ_0, 计算星过 φ_0 处正卯酉圈的时角 t_0, 并分别在天顶两边取这两种时角之差 Δt_e 和 Δt_w, 利用东、西方向各一颗星或天顶一边不同天顶距的两颗星的观测，即能求解出瞬时纬度相对于 φ_0 的改正值 $\Delta\varphi$ 和仪器在卯酉方向的方位差 a_{ew}, 多星观测的条件方程式为:

$$\begin{cases} \frac{\tan\delta_e}{\sin^2\varphi_0\sin t_0}\Delta\varphi + \frac{1}{\sin\varphi_0}a_{ew} = 15\Delta t_e + \frac{225}{4}\sin 1''\sin\frac{t_0}{2}\Delta t_e^2 \\ \frac{\tan\delta_w}{\sin^2\varphi_0\sin t_0}\Delta\varphi - \frac{1}{\sin\varphi_0}a_{ew} = 15\Delta t_w + \frac{225}{4}\sin 1''\sin\frac{t_0}{2}\Delta t_w^2 \end{cases}, \tag{2}$$

由于 (2) 式中两式左边第二项前面的符号相反，利用天顶东、西两边多星观测联合求解，精度是比较高的，更重要的是式中没有采用视天顶距测定值，以致所得到的瞬时纬度值

$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$ 不含大气折射修正值残差的成分，而且各记录时刻 T_e 、 T_w 和 T_m 都已作过水平差修正，使得这种纬度是相对于瞬时铅垂线方向的测定值，含有极性变化和非极性变化的成分，这正是满足测定大气折射严格要求的瞬时天文纬度.

有了瞬时纬度和由依巴谷星表换算得到的视赤纬 δ, 即能计算得到真天顶距，对于子午方向 j 星上中天和下中天的观测，它们的真天顶距 $Z_{u,j}$ 和 $Z_{l,j}$ 分别为：

$$\begin{cases} Z_{u,j} = \varphi - \delta_{u,j} \\ Z_{l,j} = 180^\circ - \varphi - \delta_{l,j} \end{cases}, \tag{3}$$

利用 (1) 式给出的卯酉方向时角测定值, 得卯酉方向被测星 i 的真天顶距 $Z_{e,i}$ 和 $Z_{w,i}$ 为：

$$\begin{cases} Z_{e,i} = \arccos(\sin\varphi\sin\delta_{e,i} + \cos\varphi\cos\delta_{e,i}\cos t_{e,i}) \\ Z_{w,i} = \arccos(\sin\varphi\sin\delta_{w,i} + \cos\varphi\cos\delta_{w,i}\cos t_{w,i}) \end{cases}, \tag{4}$$

这样得到的真天顶距，不含大气折射修正值的残差，适用于获取大气折射测定值.

能否得到精确可靠的视天顶距测定值，关键在于能否对仪器的各项误差进行准确的测定和修正，特别是能否干净地消除掉系统误差. 低纬子午环就是针对这些从长期实践中得到的认识和提出的要求拟定总体设计方案的，它采用 4 只读数显微镜的 Reticon 读数系统读取度盘位置，即望远镜的指向天顶距，一次读取 40 条刻线像，度盘位置测定精度达 $\pm 0.01''$, 在几只准直管上有 5 路 Reticon 读数系统，分别采用自准直方法，在每颗星观测时自动测定水平差、方位转置误差及枢轴不圆的影响，还采用了由主光路和一块自准直平面镜组成的自准直光路，在每颗星观测时，用视频 CCD 自动测定仪器重力变形引起的光轴指向变化 (类似于国外子午环的镜筒弯曲), 测定精度也都达 $\pm 0.01''$. 保证能消除系统误差的关键措施是采取转轴观测方式，能直接消除各测量系统终端的零点偏差和环境温度引起的缓慢变化影响. 实践证明，这样做，排除了仪器的重力变形、热变形、磨损效应、环境变化和仪器加工、装配误差等引起的各种系统误差，取得在子午方向和其它给定方位高精度的星过记录时刻和视天顶距的测定值. 所以，用低纬子午环测定的视天顶距，采用有关误差的实时测定值修正后，不含有修正值系统性的残差成分，满足了测定大气折射的需要.

4　观测纲要的编制和视天顶距的取得

低纬子午环只能在东、南、西、北 4 个方向观测，同时获得星过记录时刻和天顶距测定值. 在不对仪器作改造的条件下，也只能在这四个方向取得观测数据并分别建立大气折射实测模型，用于本地的观测作修正. 所以观测纲要的编制，应满足这 4 个方向观测的需要.

观测天顶距的跨度，主要决定于观测室. 正方形的观测室，面积约 $50\mathrm{m}^2$, $8\times4\mathrm{m}^2$ 的拱形屋顶沿东、西方向推开约 7m. 四周的墙顶与仪器的水平轴差不多在同一水平面上，使得南、北方向可观测的最大天顶距为 83° 左右；东西方向由于屋顶的影响，只能达到约 73° 的天顶距，而且，当天顶距太小时，星过卯酉圈时的星位角接近于 90° , 记录时刻

误差较大，不宜观测，只能把卯酉方向的可观测天顶距限制在 16°—73° 之间．为了提高模型的可靠性，在编制观测纲要时，考虑到大气反常折射的影响随着天顶距的增加而增大，有意识地将被测星随天顶距的分布大体上按 $\sec Z$ 的比例选取．

子午方向和卯酉方向都作转轴观测，用 CCD 终端取得露光平均时刻星象的量度坐标，并同时用多路 Reticon 读数系统测定度盘位置、水平差和其它的各项仪器误差，用视频 CCD 读取人造星象位置来测定光轴指向变化．将星象位置和度盘读数的组合值作水平差、光轴指向变化和星径曲率修正后，即得到相对于瞬时铅垂线方向的视天顶距测定值，与 (3) 式和 (4) 式所得的真天顶距是在相应的同一地平经圈上取得的，取它们之间的差值，即得在观测时刻气温、气压条件下的瞬时大气折射测定值．最后共取得 14473 个测定值．

5 按光谱型分类的大气折射实测模型

虽然同心球壳层模型，是被过份理想化了的球对称模型，但地球大气的分布，确实是由上疏下密的无限多略有变形的等密度球壳层组成的，只是不完全同心而已，球壳层球心相对偏离较大的是空气流动受地面摩擦力影响的大气边界层，使近地面的等密度层在局部地形和高大建筑物的影响下产生倾斜，大气折射模型在各个方向不尽相同．基里金建立的是各地 (至少在中欧地区) 通用的大气折射模型 [6]，把所有等密度球壳层看成是同心的，模型是各向同性的．各地具体地理环境引起的不同方向大气折射模型的差异，只有依靠当地在不同方向的实测数据来拟合其参数，各方向的形式却应是相似的．所以，这里建立的大气折射实测模型，与基里金的相似，采用以天顶距正切奇次方项相加减的形式 (为了换算为折射延迟改正模型，也可用影射函数形式)．考虑到低纬子午环进行天体位置测定的观测天顶距都不会大于 70°，用于作修正的实测模型，只需取前三项就够了，即：

$$\rho_0 = A\tan Z - B\tan^3 Z + C\tan^5 Z\,. \tag{5}$$

不同光谱型的恒星，有效温度不同，辐射光的平均波长不同，通过地球大气时，所受大气折射影响也稍有不同，所以，作为一个完善的大气折射实测模型，应当按照恒星光谱型分别建立，即在 4 个方向都按光谱型分类来建立模型．在天体物理学中，把光谱型 A_0 星定义为 U 、 B 、 V 星等相等，这里可以把这一光谱型类的大气折射模型作为基准，以供比较，只是由于这一光谱型的纲要星太少，把它扩充为 B_9—A_2，其它的分类为 B_0—B_8 星、 A_3—A_9 星、 F 星、 G 星， K 星和 R 星为一类， M 星、 N 星和 S 星为一类，由于纲要星中 O 型星特别少，只有一颗，没有另列，所以共分为 7 类．

将在不同方向观测所得的瞬时大气折射测定值，用观测时刻的气温、气压读数换算为通用标准大气状况下的测定值，即气温 0° 和气压 1013.25mb 条件下的测定值，再按工作星表中标有的光谱型分类，以每个测定值的视天顶距为自变量，求解 (5) 式右边的 A 、 B 、 C 三个系数．再将这些系数代入 (5) 式，就是本地的东、南、西、北 4 个方向按光谱型分类的大气折射实测模型，满足了本地观测修正的需要．

将这些系数值列于表 1— 表 4．每个表头右侧括号内给出了建立这一模型所取得的测定值的数量，并在各列表的最后一列给出了各类光谱型所用测定值的百分比，由于不

同光谱型的恒星在天球上的分布是很不均匀的，以致各类光谱型的百分比相差很大.

6　分析和讨论

关于 A 值与地理环境的关：从表 1—4 中的 A 值看出，天顶以南比天顶以北大 0.17%, 这可能是低纬子午环观测室南、北两边的地形不同引起的，南边 100 多米内是一片平地，北边 20 米以外就是深沟，而且延续到几百米以外；东西方向的 A 值比南北方向的小 0.48%, 但东、西两边之间仅相差 0.07%, 可能主要是受到观测室屋顶的影响，

表 1　天顶东的大气折射实测模型 (2769 个测定值)

Table 1　Observational model of atmospheric refraction in the east of the zenith(2769 determined values)

Sp	A	B	C	测定值百分比
B9—A2	60.2512″	0.0444″	0.00169″	10.9
B0—B8	60.2907″	0.0433″	0.00141″	5.0
A3—A9	60.2072″	0.0463″	0.00294″	18.5
F	60.1069″	0.0499″	0.00101″	15.2
G	59.9800″	0.0586″	0.00020″	8.7
K 、 R	59.8701″	0.0561″	0.00041″	27.4
M 、 N 、 S	59.7980″	0.0594″	000.061″	14.3

表 2　天顶南的大气折射实测模型 (4801 个测定值)

Table 2　Observational model of atmospheric refraction in the south of the zenith(4801 determined values)

Sp	A	B	C	测定值百分比
B9—A2	60.5778″	0.0570″	0.00014″	15.6
B0—B8	60.6072″	0.0572″	0.00021″	9.8
A3—A9	60.5419″	0.0591″	0.00013″	5.8
F	60.4654″	0.0553″	0.00036″	21.4
G	60.3635″	0.0554″	0.00044″	21.0
K 、 R	60.2665″	0.0561″	0.00031″	21.7
M 、 N 、 S	60.1627″	0.0517″	0.00026″	4.7

表 3　天顶西的大气折射实测模型 (3132 个测定值)

Table 3　Observational model of atmospheric refraction in the west of the zenith(3132 determined values)

Sp	A	B	C	测定值百分比
B9—A2	60.2441″	0.0440″	0.00031″	16.6
B0—B8	60.2842″	0.0410″	0.00023″	12.8
A3—A9	60.1993″	0.0454″	0.00026″	15.0
F	60.0898″	0.0529″	0.00036″	15.0
G	59.9716″	0.0523″	0.00068″	11.8
K 、 R	59.8918″	0.0523″	0.00037″	23.0
M 、 N 、 S	59.8056″	0.0575″	0.00030″	5.8

表 4 天顶北的大气折射实测模型 (4771 个测定值)

Table 4 Observational model of atmospheric refraction in the north of the zenith(4771 determined values)

Sp	A	B	C	测定值百分比
B9—A2	60.4771″	0.0578″	0.00027″	14.0
B0—B8	60.5632″	0.0579″	0.00038″	5.8
A3—A9	60.4301″	0.0577″	0.00036″	6.2
F	60.3665″	0.0570″	0.00034″	21.3
G	60.2674″	0.0583″	0.00023″	23.1
K 、 R	60.1647″	0.0580″	0.00028″	24.4
M 、 M 、 S	60.0702″	0.0567″	0.00041″	5.2

距望远镜约 7 米远的屋顶，使天顶距 73° 的星光擦边而过，两边的地形基本上对称，仅建筑物稍有差异，以致东西方向与南北方向相差较大，它们本身却相差较小. 不过这些分析，仅是似有道理，只有在几个地点有了实测模型，并与地理环境作相关分析后，才能得到比较有说服力的对应关系.

各列表中，A 值都随着所给的光谱型排列顺序呈减小趋势，与这一顺序的平均波长逐渐增大、折射率逐渐减小的理论是一致的.

为了比较，在 (6) 式和 (7) 式分别给出了《中国天文年历》蒙气差表的拟合公式和普尔科沃大气折射表拟合模型的前三项表达式 [6], (6) 式中的 A 值为 60.1045″, 虽比表 2 和表 4 所列子午方向实测的平均值小 0.41%, 却比卯酉方向的平均值大 0.07%, 介于两者之间； (7) 式给出的 A 值为 60.30″, 也介于上列表值之间，接近于较大的数值，而它们两者之间却相差 0.33%, 这说明表 1—4 中所列的 A 值，总体上说是可信的.

$$R_0 = 60.1045''tanz - 0.06606''tan^3 z + 1.74''times10^{-4}\tan^5 z\,, \tag{6}$$

$$R_0 = 60.30''\tan Z - 0.066987''\tan Z\sec^2 Z + 2.13''\times10^{-4}\tan Z\sec^4 Z\,, \tag{7}$$

关于 B 和 C: 表 1—4 中的 B 值，子午方向的略有波动，看不出明显的变化趋势，卯酉方向的，则与一般认为的随着排列顺序微微减小的变化趋势相反，呈现逐渐增大的趋势. 而 C 值，子午方向的两表值之间比较接近，卯酉方向天顶两边的差异却较大. 这可能是因为卯酉方向观测的天顶距跨度太小，这种小量改正值受随机因素的影响较大所致，不过，它们都是与各自的 A 值一道求解的，是自洽的，作为本地实测模型，用于低纬子午环卯酉方向仅在 60° 天顶距内的观测作修正，是能满足精度要求的. 这里子午方向的天顶距达 83° 得到的 B 值和 C 值，比卯酉方向仅达 73° 的观测更接近于理论值，表明为建立大气折射实测模型而进行的观测，天顶距的跨度应尽可能大，最好能超过 85°, 甚至接近于地平方向. (6) 式和 (7) 式中的理论值，包括它们的 A 值，都是根据一定的理论推导出来的，其不足之处仅在于是平均和理想条件下的数值，在高精度要求下，不能适应具体地理环境中观测的修正要求，但可以用它们来判断实测值是否可信.

关于这一模型的局限性：作为一个完善的实测模型，首先应是多方向的，再就是应当在气象参数的较大变化范围内拟合出折射常数随气象参数变化的规律. 但如前述，低纬子午环不是为测定大气折射而研制的专用仪器，只是因为它具有这一功能，才进行了

大气折射的测定和研究，解决了世界上的这一难题．在不对仪器进行改造的条件下，只能在四个方向观测，满足了本地观测修正的需要．如果有必要，可以改成在 8 个或 16 个方位观测，建立 8 个或 16 个均布方位的大气折射实测模型，或转换为中性大气折射延迟改正模型．关于用气象参数拟合的问题，是因为对大气折射值作气温、气压换算所采用的玻意尔定律和盖 – 吕萨克定律，都是针对理想气体而言的，实际气体的折射常数还会随着气象参数有微小的变化．能否可靠地拟合，主要决定于所选择的气象参数的变幅大小．云南天文台地处四季如春的昆明，在观测集中的旱季，气温、气压的变幅相当小，为建立模型而观测的 95% 的观测夜中，记录的气温总变幅为 9°，气压总变幅仅 5mb，相对湿度多在 80%—95% 之间，用这种变幅很小的气温、气压和湿度变化量，来拟合折射常数与气温、气压和湿度之间的关，是很不可靠的，也难以准确地外推到其它的范围内．至于风向和风速，几乎所有的观测晴夜，都是三级左右的西南风，如果出现其它的风向，天气就会很快变坏而无法观测，无法进行折射常数与风向、风速之间的拟合．当然，对于一个需要建立本地大气折射实测模型的地方，可以根据当地的情况，用各观测夜的气象读数来拟合与折射常数之间的关，这是很容易的．

为了检验大气折射实测模型是否可靠，对子午方向天顶南、北观测得到的视天顶距测定值，分别采用普尔科沃大气折射表和本地实测模型作修正，取依巴谷星的视赤纬，计算瞬时纬度测定值，再比较它们的单次测定精度．结果是：天顶以南从 $\pm0.145''$ 提高到 $\pm0.129''$，天顶以北从 $\pm0.135''$ 提高到 $\pm0.123''$，平均提高了 10%；同夜天顶南、北两边瞬时纬度之差的平均值从 $-0.081''$ 缩小为 $-0.005''$．说明这一实测模型适应了本地观测修正的需要，测定和处理方法是可行的，也证明了天文学家们为建立本地模型而努力的动机是正确的．

目前所建立的本地大气折射实测模型，虽然只适用于本站，但是这种方法却可以在从赤道到高纬度的所有地区内推广，根据需要，建立更多方向的天文大气折射实测模型，或者转换为中性大气折射延迟改正模型．这就需要基于低纬子午环的观测原理和测量方法，制造出小型、轻便、可移动的专用测量仪器，供有关部门使用．这些方面都已经有了初步的方案．

参 考 文 献

1　冒蔚，张捍卫，李彬华，杨磊，铁琼仙．天文学报，2006, 47, 432
2　Mao Wei, et al., A.J. 2007, 134, 2054
3　黄捷著．电波大气折射误差修正 (M)．北京，国防工业出版社，1999
4　李东明等著，等高方法及其在基本天体测量中的应用 (M)，科学出版社，1983．125
5　冒蔚等著，子午天文方法 (M)，科学出版社，1987．251
6　S.N. 勃拉日哥著，易照华、杨海寿译，球面天文学教程 (M)，高等教育出版社，1954

Atmospheric Refraction and Building a Local Observational Model

MAO Wei YANG Lei TIE Qiong-xian
(*National Observatory ,Yunnan Observatory, the Chinese Academy of Sciences, Kunming* 650011)

Abstract A new application of the astronomical atmospheric refraction in space geodesy is introduced in this paper. To meet with high requirement of the application, it is necessary to develop an effective method for directly measuring instantaneous atmospheric refraction and constructing an atmospheric refraction model adapted to the geographical environment around the observing station. Necessary conditions for determining the refraction values are listed in brief. Making use of structural characteristics of the Lower Latitude Meridian Circle and the error theory of this instrument, we have developed a method used to measure directly instantaneous atmospheric refraction, and moreover built a local observational astronomical refraction model toward the east, south, west and north of Yunnan observatory that is classified according to the star's spectral type.

Key words Atmospheric Effects, Methods: Miscellaneous