

# 数字摄像能见度观测系统中实用黑体技术的应用\*

吕伟涛 陶善昌 谭涌波 刘亦风

(中国科学技术大学地球和空间科学学院,合肥 230026)

## 摘 要

在数字摄像能见度观测系统(DPVS)中,目标物的自身亮度难以实时测量,给观测结果带来的不确定性不可忽略,采用实用黑体技术可以大大减小乃至消除其造成的误差。作者对非黑体目标引起的测量误差进行了分析,结果表明相对误差随着目标物反射率的增加和能见度的升高而增大,为了保证测量精度,需要采用反射率足够低的目标物。对于长方体结构的实用黑体腔,采用多次反射法计算了其近轴向的半球-方向反射率与其特性参数之间的关系。在没有观测到侧壁的前提下,其轴向反射率最大,随着偏离轴线角度的增加,反射率逐渐减小。轴向反射率随腔体长度与开口边长比值的增加而迅速减小,而腔体宽度增加引起的变化不明显。另外,作者还推导了在考虑弥散成像时对实用黑体开口尺寸最小需求的计算公式,也给出了符合一定条件的实用黑体轴向反射率的近似计算公式,从而提供了DPVS中实用黑体参数选择的基本原则。最后,给出了DPVS采用非黑体和实用黑体目标计算能见度的对比试验结果,充分说明了在DPVS中采用实用黑体技术的必要性和可行性。  
关键词: 数字摄像 能见度 实用黑体 反射率

## 引 言

目前,应用数字摄像技术实现大气光学特性的定量化遥感测量是一个方兴未艾的研究开发领域,存在的困难在于必须针对测量对象的具体情况,发展性能优越而且可行的测量方法和技术系统。

在DPVS中,利用单个目标及其天空背景,采用亮度对比方法计算白天水平气象能见度的公式(要求选取亮度较低的物体,如人工黑色目标或者树林、山体等自然目标,有  $B_t < B_g, B_{t0} < B_{g0}$ )为<sup>[1]</sup>:

$$V_d = \frac{-3.912}{\ln(1 - B_t/B_g) - \ln(1 - B_{t0}/B_{g0})} \cdot R \quad (1)$$

其中:  $R$  为目标物离摄像系统的距离,即基线长度;  $B_{t0}$  和  $B_{g0}$  分别为在目标物位置上目标物和其水平天空背景本身的固有亮度;  $B_t$  和  $B_g$  分别为在观测位置上目标物和其背景的视亮度;在大气水平均一的假定下,有  $B_g = B_{g0}$ 。  $B_{t0}$  随目标物自身的反射特性、天空散射光和地面反射光的强度及其分布的改变而变化,要想实时测量是难以实现的,实际应用中如果将其忽略,将使得测量结果偏低。显然,采用实用黑体技术是克服这一难题实现定量化

\* 本研究受国家自然科学基金(批准号:49975005)资助。

2002-09-02 收到,2003-02-26 收到修改稿。

观测的现实途径之一。这里所谓实用黑体指的是在可见光—近红外波段反射率很小、对于具体的测量问题而言反射光的影响完全可以忽略的人工目标物。

虽然已经有很多优质实用黑体的设计方案<sup>[2~5]</sup>,其有效发射率可以非常接近于1,但大多采用的是镜壁腔,为了增加光线的反射次数,结构比较复杂,这在实验室是可以实现的,而DPVS要架设在野外长期工作,灰尘的影响不容忽略,采用镜壁腔是不现实的;腔壁采用漫反射体的黑体设计也有一些结果<sup>[6,7]</sup>,结构大多选为圆锥体、球体或圆柱体,开口一般为圆形,为了达到比较高的发射率,其腔长比通常大。

DPVS中,黑体开口尺寸必须满足图像上有足够多的像素个数用来观测,黑体腔也不能太长,否则不易安装和维护,另外黑体的结构也需要考虑目标物的整体设计,因此,实用黑体设计要在保证反射率足够低的前提下兼顾实用性要求。本文将详细讨论实用黑体技术在DPVS中应用的必要性,探讨实用黑体轴向反射率与其特性参数之间的关系,给出近似计算公式,推导在考虑弥散成像时开口尺寸最小需求的计算公式,并介绍采用非黑体和实用黑体目标观测能见度的对比试验结果。

## 1 目标物与水平天空的亮度比对能见度测量的影响

为便于讨论,我们定义目标物与水平天空的亮度比为:

$$C_{ts} = B_{t0} / B_{g0} \quad (2)$$

若半球空间平均入射光亮度为 $\overline{B_{in}}$ ,到达目标物上的照度为 $E_{in} = \pi \overline{B_{in}}$ ,目标物的半球-方向反射率为:

$$r_{tg}(\theta, \varphi) = \pi B_{tg}(\theta, \varphi) / E_{in} = B_{tg}(\theta, \varphi) / \overline{B_{in}} \quad (3)$$

其中 $B_{tg}(\theta, \varphi)$ 是目标物向方位角 $(\theta, \varphi)$ 方向反射的亮度。

在DPVS中,是从水平方向观测目标物,观测到的目标表面接近垂直于地表,半球入射光中既有地面反射光,也有天空散射光,目标物向探测器反射的方向为 $(\theta_{tg-s}, \varphi_{tg-s})$ ,即 $B_{t0} = \overline{B_{in}} r_{tg}(\theta_{tg-s}, \varphi_{tg-s})$ ,对于实际情况,一般地面反射光小于天空散射光,显然有 $\overline{B_{in}} \leq B_{g0}$ ,则 $B_{t0} \leq B_{g0} r_{tg}(\theta_{tg-s}, \varphi_{tg-s})$ ,所以有:

$$C_{ts} \leq r_{tg}(\theta_{tg-s}, \varphi_{tg-s}) \quad (4)$$

公式(1)可写成:

$$V_{dr} = \frac{-3.912}{\ln(1 - B_t/B_g) - \ln(1 - C_{ts})} \cdot R \quad (5)$$

如果目标物是理想黑体, $r_{tg} = 0$ ,公式(5)可简化为:

$$V_{d0} = \frac{-3.912}{\ln(1 - B_t/B_g)} \cdot R \quad (6)$$

这里不考虑其它误差,认为 $V_{dr}$ 是能见度的真值, $V_{d0}$ 为测量值,可以知道 $V_{dr} > V_{d0}$ ,则相对误差为 $(V_{dr} - V_{d0}) / V_{dr}$ 。图1给出了在不同 $C_{ts}$ 时相对误差随 $V_{dr}/R$ 变化的曲线,可以看出:对于确定的 $C_{ts}$ ,能见度越高,相对误差越大;对于确定的 $V_{dr}/R$ , $C_{ts}$ 越大,相对误差也越大。文献[8]中曾讨论了非黑体目标物引起的测量误差,得出在目标物亮度

不超过背景亮度 30% 时,引起的误差不超过 10% 的结论,显然这是图 1 所表示的相对误差随  $C_{ts}$  和  $V_{dr}/R$  变化关系中的特例,给出了利用气象能见距离附近的非黑体目标测量能见度(如常用的目测)方法的误差估计。

由式(4)可知,图 1 可用来确定满足预定能见度测量精度要求的目标物反射率上限值。比如,若要求能见度测量相对误差不大于 5%,而且探测范围可以达到 200 倍基线长度,则目标物反射率应当小于 0.1%,显然,这是自然目标物或一般的人工黑色平板状目标物所达不到的。

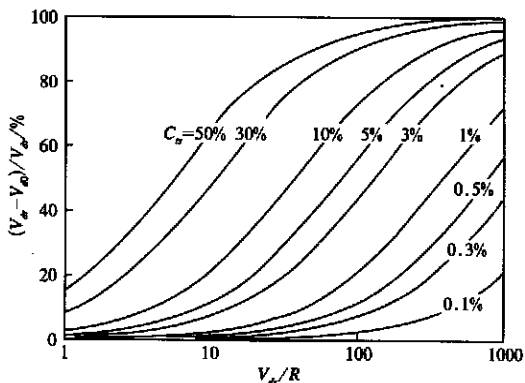


图 1 不同  $C_{ts}$  时  $(V_{dr} - V_{dr0}) / V_{dr}$  随  $V_{dr} / R$  的变化

## 2 实用黑体的设计

### 2.1 实用黑体结构的选择和反射率的计算

DPVS 要求实用黑体开口在方形区域内有足够多的像素个数,采用方形开口是合适的,同时考虑整体外观设计,我们采用长方体黑箱,开口是边长为  $d$  的正方形,所在的腔壁面是边长为  $w$  的正方形,两者中心重合,腔体长  $L$ ,腔壁采用反射率为  $r_L$  的朗伯反射材料,结构如图 2 所示。

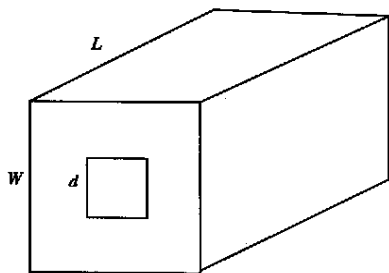


图 2 实用黑体的结构示意图

为分析实用黑体的反射特性,假设半球均匀入射条件,即有一无限大的亮度均匀的朗伯发光体,其亮度为  $B_{in}$ ,开口面正对发光体放置,则到达黑体开口的辐照度为  $\pi B_{in}$ ,而到达黑体内部各腔壁面元的辐照度则与开口的大小、腔体的结构、腔壁的反射率、面元的位置等有关。如图 3 所示:只有虚线范围内的光线能够直接入射到底面中心面元,其它光线则可以通过腔壁面的反射,经过 1、2、3 甚至更多次的反射后再入射到底面中心面元。坐标系选择如图 4 所示,原点  $O$  和开口中心重合, $x$ 、 $y$  轴分别平行于开口的一边, $z$  轴垂直于开口面向上。不同方向黑体反射出的亮度  $B_{t_g}(\theta, \varphi)$  是从不同腔壁面元  $\Delta S(\theta, \varphi)$  反射的亮度,不一定相同,所以,虽然腔壁采用的是朗伯反射体,但实用黑体并不是一个朗伯反射体。

我们采用多次反射法<sup>[9]</sup>计算最终入射到腔体内各面元的辐照度,它是从开口直接入射到该面元的辐照度与经过腔壁一次反射、二次反射及多次反射后再从其它面元入射到该面元的辐照度之和。

辐照度计算的基本公式为:在发射面和被照面上各取一面元  $\Delta S_s$  和  $\Delta S_r$ ,两者连线与

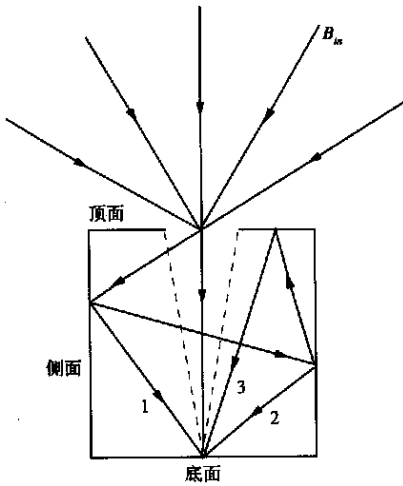


图 3 半球均匀入射示意图

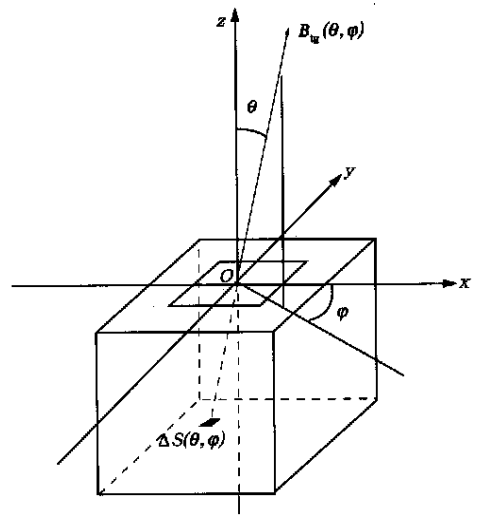


图 4 坐标系选择示意图

各自的法线  $\vec{n}_s$ 、 $\vec{n}_r$  的夹角分别为  $\theta_s$ 、 $\theta_r$ ，连线长为  $r_{sr}$ ，发射光亮度为  $B_s$ ，则由  $\Delta S_s$  发出并照射到  $\Delta S_r$  上的辐照度<sup>[10]</sup>为：

$$\Delta E_{sr} = \frac{B_s \Delta S_s \cos \theta_s \cos \theta_r}{r_{sr}^2} \quad (7)$$

计算过程描述如下：

直接入射：只有底面和侧面的面元有直接入射的辐照度，顶面除开口部分的面元受到的直接入射的辐照度为 0。不难证明，半球均匀入射条件对于腔体内部的面元来说等同于在开口处有一朗伯发光体，亮度为  $B_{in}$ ，大小为开口大小，则直接入射到底面和侧面面元  $\Delta S_r$  的辐照度为：

$$E_0(\Delta S_r) = \sum_{S_0} \frac{B_{in} \Delta S_s \cos \theta_s \cos \theta_r}{r_{sr}^2} \quad (8)$$

式(8)中的  $\sum_{S_0}$  是指对开口  $S_0$  上所有面元的贡献进行求和。

$n$  次反射后入射 ( $n \geq 1$ )：到达腔壁面上各面元之前经过腔壁面  $n$  次反射的光的辐照度。开口部分不参与光在腔体内的反射，所以下面对反射光的计算中提到的腔壁面都是指除去开口部分的腔壁面，即底面、侧面和除去开口部分的顶面。经过腔壁面  $n-1$  次反射后(0 次反射指的是直接入射)到达腔壁面被照面面元  $\Delta S_r$  的光的辐照度为  $E_{n-1}(\Delta S_r)$ ，现在  $\Delta S_r$  作为发射面  $\Delta S_s$ ，对  $E_{n-1}(\Delta S_s)$  的反射亮度为：

$$B_{sn}(\Delta S_s) = E_{n-1}(\Delta S_s) r_L / \pi \quad (9)$$

则面元  $\Delta S_r$  受到的  $n$  次反射后入射的光的辐照度为：

$$E_n(\Delta S_r) = \sum_{S_{nr}} \frac{E_{n-1}(\Delta S_s) \Delta S_s \cos \theta_s \cos \theta_r}{\pi r_{sr}^2} r_L \quad (10)$$

式(10)中的  $\sum_{S_{nr}}$  是指对非  $\Delta S_r$  所在的腔壁面  $S_{nr}$  上所有面元的贡献求和。

则腔壁面上某一面元  $\Delta S$  获得的总的辐照度为：

$$E(\Delta S) = E_0(\Delta S) + E_1(\Delta S) + \dots + E_n(\Delta S) + \dots \tag{11}$$

$\Delta S$  对应的方向为  $(\theta, \varphi)$ , 则:

$$B_{t_g}(\theta, \varphi) = B_{t_g}(\Delta S) = E(\Delta S) r_L / \pi \tag{12}$$

实用黑体的半球-方向反射率为:

$$r_{t_g}(\theta, \varphi) = \pi B_{t_g}(\theta, \varphi) / \pi B_{in} = E(\Delta S) r_L / \pi B_{in} \tag{13}$$

底面中心面元  $(\theta=0, \varphi=0)$  对应的反射率  $r_{t_g}(0, 0)$  为实用黑体轴向反射率。

取  $L/d=2, W/d=2, r_L=3\%$ , 面元边长取  $d/100$ , 面元若取得过小计算时间将很长, 但也不能过大而影响结果的精度, 在上述情况面元边长取  $d/100$  和  $d/200$  时计算的相对误差在万分之一以下。  $B_{in}$  在计算过程中会被约掉, 给一个非 0 值即可。 一般情况下都是近轴观测, 不会观测到黑体侧腔壁面, 这里只给出底面面元的计算结果。 图 5(a) 给出了底面各面元  $\Delta S$  对应的  $r_{t_g}(\theta, \varphi)$  的分布, 图 5(b) 给出了  $\varphi=0$  时  $r_{t_g}(\theta, \varphi)$  随  $\theta$  变化的曲线。 可以看出, 实用黑体的轴向反射率最大, 偏离轴线的角度越大, 反射率越低。 所以只要保证实用黑体轴向反射率低于预定能见度测量精度要求的目标物反射率上限值, 就可以利用该黑体计算出可靠的能见度结果, 下面的讨论将只针对轴向反射率。

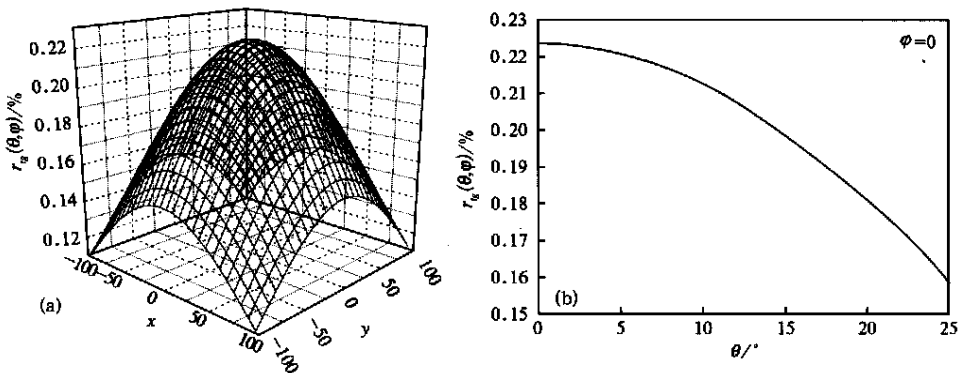


图 5  $L/d=2, W/d=2, r_L=3\%$  时实用黑体半球-方向反射率的分布

### 2.2 实用黑体轴向反射率与特性参数的关系

我们对不同的  $W, d, L$  以及  $r_L$  的组合进行了计算, 如果取定  $W/d=2$ , 探讨轴向反射率  $r_{t_g}(0, 0)$  随  $L/d$  和  $r_L$  的变化, 结果如图 6 所示; 如果取定  $L/d=2$ , 探讨  $r_{t_g}(0, 0)$  随  $W/d$  和  $r_L$  的变化, 结果如图 7 所示。可以看出, 随着  $L/d$  的增加,  $r_{t_g}(0, 0)$  迅速降低, 而

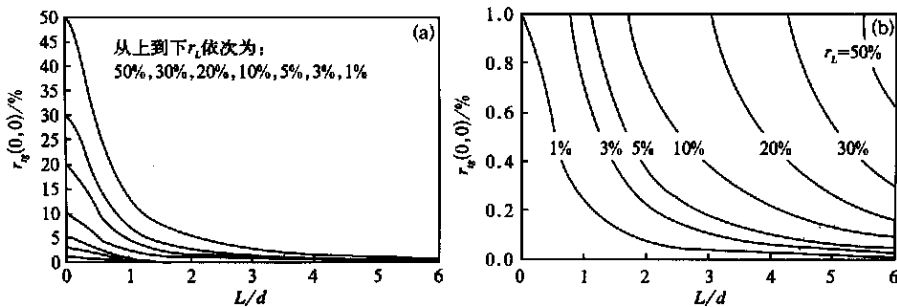


图 6  $W/d=2$ , 不同腔壁反射率  $r_L$  时黑体轴向反射率  $r_{t_g}(0, 0)$  随  $L/d$  的变化

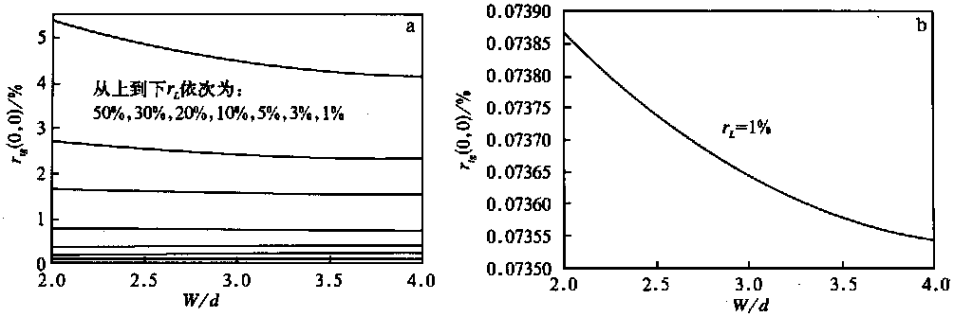


图 7  $L/d=2$ , 不同腔壁反射率  $r_L$  时黑体轴向反射率  $r_g(0,0)$  随  $W/d$  的变化

随着  $W/d$  的增加, 虽然  $r_g(0,0)$  也降低, 但变化相对很小, 所以实际应用当中, 关键是选择合适的  $L/d$ 。在  $r_L \leq 10\%$ ,  $2 \leq L/d \leq 6$ ,  $W/d=2$  的条件下,  $r_g(0,0) < 1\%$ , 可以利用近似公式(14) 计算实用黑体的轴向反射率, 相对误差均低于 1%。

$$r_g(0,0) = \frac{r_L}{\pi [0.25 + (L/d)^2] (1 - 0.7 r_L)} \left[ 1 - \frac{1}{4 \pi (L/d)^2} \right] \quad (14)$$

### 2.3 实用黑体开口尺寸的选择

在 DPVS 中, 要同时观测不同距离目标物的亮度, 这就牵涉到某些目标物没有成像在 CCD 感光面阵上的情况。设 CCD 摄像系统焦距为  $f$ , 入射光孔直径为  $D$ 。如果将距离为  $R_c$  的物体调节至最清晰, 像距为  $v_c$ , 保持摄像系统参数固定不变, 而对于距离为  $R$  的物体, 其清晰成像时像距为  $v$ , 而在像距为  $v_c$  的像面上成模糊的像。考虑远距离物体清晰成像时 ( $R_c > R$ ) 的情况, 如图 8 所示: 近距离尺寸为  $L_{AB}$  的物体 AB 本来清晰成像于  $A_1 B_1$ , 但当前像距为  $v_c$ , 物体 AB 上每一点都在像面上成一个弥散圆的像, 弥散圆直径为  $\delta_{dis}$ , 不受 AB 以外的物点影响的像的尺寸为  $L'_{AB}$ , 由光学成像公式和几何关系可以得到:

$$\delta_{dis} = \frac{R_c - R}{R \cdot (R_c - f)} f \cdot D \quad (15)$$

$$L_{AB} = \frac{L'_{AB} + \delta_{dis}}{R_c \cdot f} R \cdot (R_c - f) \quad (16)$$

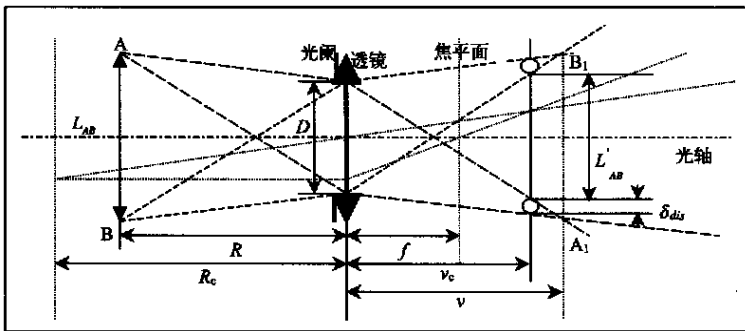


图 8 远物清晰成像 近物模糊成像示意图

设 CCD 数字摄像系统的像素间隔<sup>[11]</sup>为  $P$ , 要求必须能够观测到  $N$  个不受黑体开口外物点

发出的光线影响的像素,即  $L'_{AB} = N \cdot P$ ,则:

$$L_{AB} = \frac{R \cdot (R_c - f) \cdot N \cdot P + (R_c - R) \cdot f \cdot D}{R_c \cdot f} \tag{17}$$

同样可以分析近物清晰 远物模糊时( $R_c < R$ )的情况。如果知道镜头焦距  $f$ 和光圈数  $F$ ,只需将  $D$ 用  $f/F$ 代替就可以了。

例如:我们将 200 m 远的物体调节至成像清晰,CCD 数字摄像系统的像素间隔为  $7 \mu\text{m}$ ,焦距 50 mm,光圈数为 1.8,希望能保证至少 5 个像素不受开口以外物点的影响,则 100 m 远的实用黑体的开口至少应为 8.4 cm,若考虑成像系统的边缘过渡效应,开口应该更大一些。

### 3 试验观测对比结果

我们将一个实用黑体 PB 设置在距离探测器 64.60 m 处,其尺寸为:  $W = L = 28 \text{ cm}$ ,  $d = 14 \text{ cm}$ ,内壁用反射率低于 1% 的黑色天鹅绒覆盖,由式(14)和图 7(b)可知其轴向反射率在 0.1% 以下,同时在黑体旁设置了一个反射率约为 3% 的黑色平板 BF。试验时间是 2002 年 11 月 23 日到 29 日的白天,地点在合肥骆岗机场,场地情况和各仪器布置见文献[12]。本文给出 DPVS 利用公式(6)由 PB 和 BF 计算出的能见度  $R_{PB}$ 、 $R_{BF}$  与标准能见度  $R_{ST}$  的对比结果,这里所谓的标准能见度是 Vaisala 前向散射仪、透射仪等多种仪器测量结果的平均值[12]。由于基线长度的限制,DPVS 无法利用 PB 或 BF 测量低于 64.60 m 的能见度,所以  $R_{ST}$  小于 64.60 m 数据没有参与比较。

图 9 给出了所有观测数据的对比结果,共 389 组数据,  $R_{ST}$  的最小值为 68 m,最大值为 12653 m,  $R_{PB}$  与  $R_{ST}$  的均方根相对偏差为 28.60%,相关系数为 0.8535,  $R_{BF}$  与  $R_{ST}$  的均方根相对偏差为 45.84%,相关系数为 0.8822。可以看到:在  $R_{ST}$  小于基线长度 100 倍的范围内,  $R_{PB}$  与  $R_{ST}$  的相对偏差都比较小,而  $R_{BF}$  的相对偏差比较大,并且随着能见度的增加而增大,这都与图 1 的理论计算结果基本一致;  $R_{PB}$ 、 $R_{BF}$  与  $R_{ST}$  的相对偏差均大于理论计算结果,理论上,  $R_{PB}$  应该小于  $R_{ST}$ ,但在能见度大于 100 倍基线长度时,甚至出现了  $R_{PB}$  比  $R_{ST}$  还大很多的情况,这是由于没有完全消除成像系统暗电流和背景杂散光的影响引起的。

图 10 给出了 24 日白天能见度的对比曲线,  $R_{ST}$  在 800 ~ 1400 m 范围内变化,即在基线长度的约 12 倍到 22 倍范围内,共 63

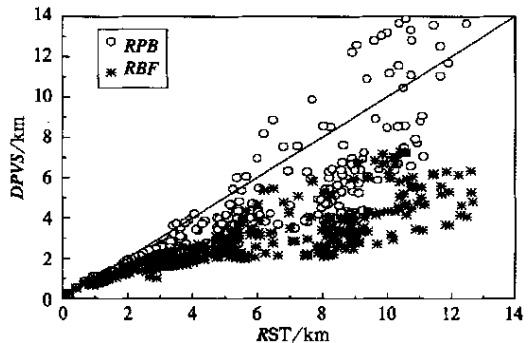


图 9  $R_{PB}$ 、 $R_{BF}$  和  $R_{ST}$  的对比结果

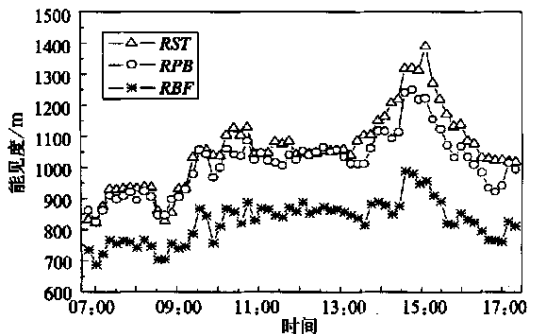


图 10 2002 年 11 月 24 日白天的对比曲线

组数据,  $RPB$  与  $RST$  的均方根相对偏差为 5.18%, 相关系数为 0.9556,  $RBF$  与  $RST$  的均方根相对偏差为 21.86%, 相关系数为 0.8902。考虑到其它因素引起的误差, 上述结果与图 1 也是基本相符的。可以看到: 虽然  $RBF$  和  $RPB$  都能很好地反映能见度的变化趋势, 但  $RBF$  明显低于  $RST$ , 而  $RPB$  与  $RST$  彼此符合相当好, 说明采用实用黑体可以很好地提高 DPVS 测量的精确度。

#### 4 结论和讨论

误差分析和观测对比结果表明: 为达到数字摄像定量测量气象能见度的精度要求, 采用实用黑体技术是必要和可行的。

长方体结构实用黑体半球-方向反射率的计算结果表明: 在没有观测到黑体侧腔壁面的前提下, 轴向反射率最大, 随着偏离轴线角度的增加, 反射率逐渐减小, 轴向反射率随腔体长度与开口边长比值的增加而迅速减小, 而腔体宽度增加引起的变化不明显。依据本文给出的轴向反射率近似计算公式和黑体开口尺寸最小需求的计算公式, 可以确定 DPVS 中实用黑体的设计参数, 同时, 本文的结果对其它摄像系统中实用黑体的应用也具有一定的参考价值。DPVS 要在野外长期工作, 实用黑体腔壁面避免不了灰尘的影响, 腔壁反射率会增大, 导致轴向反射率增加, 需要定期对其进行维护, 所以最好选择不易着灰、容易清洗的腔壁材料。

本文没有考虑如何消除成像系统暗电流和杂散光对测量结果的影响, 这是需要进一步研究解决和阐明的另一个重要问题。事实上, 图 9 显示: 即使采用实用黑体作为目标, 利用亮度对比方法的计算公式, 在能见度远大于基线长度时, 观测结果仍有相当大的离散。采用双目标-背景亮度差之比的方法可能是进一步提高气象能见度定量测量可靠性的新途径, 已有分别基于望远光度计<sup>[8, 13]</sup>和数字摄像技术<sup>[12]</sup>利用该方法计算白天气象能见度的观测结果公布, 但研究分析仍有待深入。

#### 参考文献

- 1 谢兴生, 陶善昌, 周秀骥. 数字摄像法测量气象能见度. 科学通报, 1999, 44(1): 97~100.
- 2 李学全. 镜壁多锥黑体腔. 红外技术, 1983, 5(1): 3~5.
- 3 李学全, 王泽秀. 半锥光隙黑体腔. 红外技术, 1990, 12(1): 33~36.
- 4 李学全, 王泽明. 优质简易黑体模型. 应用光学, 1996, 17(5): 31~36.
- 5 李学全, 李治强, 李治蓉. 镜腔黑体模型. 应用光学, 1997, 18(5): 17~21.
- 6 顾伯奇, 季若曦, 康蓉. 工业标准中温黑体源的性能. 红外技术, 1990, 12(1): 29~32.
- 7 R. D. 小哈得逊. 红外系统原理. 北京: 国防工业出版社, 1975. 41~43.
- 8 毛节泰, 李建国. 气象能见度与望远光度计. 大气科学, 1984, 8(2): 170~177.
- 9 段宇宁. 黑体辐射源研究综述. 现代计量测试, 2001, (3): 7~11.
- 10 赵凯华, 钟锡华. 光学(上). 北京: 北京大学出版社, 1992. 128~130.
- 11 吕伟涛, 陶善昌. CCD 摄像系统光学特性的一种标定方法. 光学技术, 2001, 27(2): 109~112.
- 12 Lu Weitao, Tao Shanchang, Liu Yifeng, et al. Further experiments of digital photography visiometer. In: Eds. Huang Hung Lung, Lu Daren, Sasano Yasuhiro. Optical Remote Sensing of the Atmosphere and Clouds III. Proceedings of the SPIE, Vol.



4891, 2003. 435 ~ 441.

- 13 Dzuby T G, Stevens R K, Lewis C W, et al. Visibility and aerosol composition in Houston, Texas. *Environ. Sci. Technol.* 1982, **16**(8): 514 ~ 525.

## APPLICATION OF PRACTICAL BLACKBODY TECHNIQUE TO DIGITAL PHOTOGRAPHY VISIOMETER SYSTEM

Lu Weitao Tao Shanchang Tan Yongbo Liu Yifeng

(School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

### Abstract

In Digital Photography Visiometer System (DPVS), the uncertainty, caused by the difficulty in real time measurement of the inherent brightness of targets, can be reduced even eliminated by using practical blackbody technique. The visibility measurement error caused by non-blackbody target is analyzed. It is shown that the relative measurement error increases along with the increase of the visibility and the target's reflectivity. To ensure the measurement precision, the target with reflectivity low enough is required. The relations between the near axis hemispherical-directional reflectivity and the feature parameters of practical blackbody with cuboid structure are calculated using multi-reflect method. Without observing the inner side of the practical blackbody, the axial reflectivity is maximum, and the reflectivity decreases as the angle that departs from axis increases. The axial reflectivity sharply decreases as the ratio of body length to aperture side length increases, while the change caused by increase of body width is not obvious. Additionally, in consideration of dispersion imaging, the equation used to compute the blackbody's minimum aperture size required is presented. These results provide the criteria for selecting parameters of practical blackbody in DPVS. Finally, the comparison results of visibilities calculated from observing a blackbody and from a non-blackbody target are shown, and they sufficiently indicate that it is necessary and feasible to adopt the practical blackbody technique in DPVS.

**Key words:** Digital photography Visibility Practical blackbody Reflectivity