

## 第 15 章 云的观测

### 15.1 概述

云的观测以及其底部到地表面的高度的估计或测量,对于许多用途是非常重要的,尤其对气象业务应用非常重要。本章描述了广泛使用的方法。WMO(1975,1987)中介绍了重要的进一步的信息,其中包含对云的科学描绘和说明,以帮助确认云的类型。WMO(1990)给出了航空气象专业的实用信息。

#### 15.1.1 定义

云(Cloud):一种非常小的水滴、冰晶或两者混合的聚集体,其底部处于地面之上,限定的液体质粒的最大直径在 $200\mu\text{m}$ 左右,比这还要大的水滴形成毛毛雨或雨。

除了某些罕见的类型(例如珠母云和夜光云)和偶尔出现的平流层低层的卷云以外,所有的云都限定在对流层中,它们主要是空气垂直运动的产物。诸如在对流中,在高地上受强迫抬升中,或在伴随的低压或锋面的大尺度垂直运动中,云可能是在合适的温度递减率和湿度状况下由低空湍流或其它次要的原因形成的。

当温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ ,对层状云来说,云粒子经常完全由低至 $-10^{\circ}\text{C}$ 的过冷水滴组成,对对流云说可低至 $-25^{\circ}\text{C}$ ,当温度低于这些非常近似的限定值而仍高于大约 $-40^{\circ}\text{C}$ 时,许多云层为“混合”云了,在温度范围较低的部分以冰晶为主。

云量(Cloud amount):由一种特定类型的云(部分云量)或全部类型的云(总云量)覆盖天空的估计数量,在两者任何一种情况下,以最接近的八分量(八分之一)估算\*,并按最接近的八分量的标度来报告,除了数字0和8在标度上分别为完全晴空和阴天外,其余依次按云量多少调整到最接近的数字。

云底(Cloud base):云的最低区,在其中对遮蔽类型察觉到从相应的晴空或霾转变成相应的水滴群或冰晶群。在云下的空气中,粒子引起的遮蔽显示出一些光谱的选择性,而在云中实际上无选择性,这种差别是由于其所包含不同的水滴尺度。云底高定义为在地平面以上的高度,对一个航空站来说,地面高度定义为正式的机场海拔高度。

云状(Cloud type)(分类):对云的分类有如下不同方法:

(a)在WMO(1975)中,根据云的基本外形特征分成10属,按需要可进一步细分为:

(i)云类(云的形状和结构)

(ii)云种(云的排列和透明度)

(iii)辅助特征和附属云(例如:砧状、乳房状、幡状、降水性、弧状、管状、蹼状、缟状和碎片)

(iv)从母云生长出的新云种,若母云在程度上只有一小部分起变化,可称其为附属的“衍生云”;若母云大部分或全部起变化则称“转化云”。例如:积云性层积云或层云性层积云。

(b)一种根据层次高度来分类的方法——高云,中云和低云三族,在这些层次上可出现好几种云层。在温带地区,大致的界限是高云 $5\sim 13\text{km}$ ( $16500\sim 45000\text{ft}$ ),中云, $2\sim 7\text{km}$ ( $6500\sim 23000\text{ft}$ ),低

\* 我国采用十分量——校注

云，地面以上至 2km 处 (>0 ~6500ft)；高云是卷云、卷积云和卷层云。

中云是高积云和高层云（后者常伸展得较高）和雨层云（通常延伸至较高和较低），低云包括层积云、层云、雨层云、积云和积雨云（后两种常达到中、高云的高度层）。

从天气学考虑，在这后三种云族中每族又区分出九种云天类，相应的电码分别为： $C_H$ 、 $C_M$ 和 $C_L$ 。目的在于报告天空的云况而并非单个云状。

(c) 非正式的分类有：

(i) 根据云形成的物理过程，明显地分成积状云和层状云（或“片状云”）

(ii) 根据云的组成，分成冰晶云、水滴云和混合云。

大部分这些云状都在 WMO（1987）中以照片举例说明。

### 15.1.2 单位和度量

云高的测量单位是米（m），而对某些航空应用则是英尺（ft），云量的单位是八分量（okta），意指观测员看到天空的八分之一被云覆盖作为云量单位。

### 15.1.3 气象要求

从气象学的用途出发需要观测云量、云状和云底的高度，对天气观测来说，WMO 在 1995 年规定了明确的代码要求。它将给出从地面以上到各高度云的状况的最佳描述。从空间对云量和温度（由云顶的高度推断）进行观测，空间的测量也能用于跟踪云和天气的发展。

为了天气学、气候学、航空学的目的制定了准确度要求，这些要求在第 1 编第 1 章已有概述，至于云高对航空气象学的要求来说是最严格的。

### 15.1.4 观测和测量方法

#### 15.1.4.1 云量

大多数云量测量是通过目测进行的，器测方法正在发展，并且有一些已用于估测低云云量的业务应用中。目前正在研究可用于估测每层的云量和在观测点视野内总云量的方法。

总云量或总的云覆盖，指天空由所有可见云覆盖的部分，因而总云量的评估，在于全部可视天空中合在一起估计有多少被云覆盖。

部分云量指由每一种云状或每一层云覆盖的天空总量，就好像天空中只有这一种云状。部分云量的总和可以比总云量和八个八分量都多。

在 WMO（1995）的电码表 2700 中，给出了用于记录云量的度量法。把它改写成下表：

电码		
数字		
0	0	0
1	少于或等于 1 个八分量,但不是零	1/10 或更小但不是零
2	2 个八分量	2/10~3/10
3	3 个八分量	4/10

---

与地面相接的水滴或冰晶群体，称为雾——校注  
原文缺雨层云——校注

4	4 个八分量	5/10
5	5 个八分量	6/10
6	6 个八分量	7/10~8/10
7	7 个八分量或更大,但不到 8 个八分量	9/10 或更大,但并非 10/10
8	8 个八分量	10/10

9、天空被雾和/或其它天气现象遮蔽。

/云量难以辩认，其原因并非是雾或其它天气现象，或未进行观测。

#### 15.1.4.2 云底（高）

云底的高度借助于仪器来测量，目前器测云高已广泛地用于云高在业务上很重要的场合，然而估测云高仍很普遍。

在本章中描述了几种仪器用于常规业务：1986年WMO组织了一次几种仪器的国际比对，在WMO（1988）中载有报告，内容包括有用的仪器的准确度和性能。

器测云高对航空气象服务是十分普遍和重要的，在第 编第 2 章中进一步讨论。

#### 15.1.4.3 云状

目前，观测云状的唯一的方法是目测，云图指南和编码信息可从很多渠道获得，诸如WMO（1975、1987），以及国际气象机构的出版物。

### 15.2 云量、云高和云状的估计和观测

#### 15.2.1 进行有效的估计

用于观测云变化的地点应具备尽可能宽广的天空视野，且不应受固定照明对夜间观测的干扰。在夜间观测时，最重要的是观测员应有足够的时间来使眼睛适应黑暗视场。

当然，在估计云高时，有时会遇上很大的困难，特别在夜间，先前对云的发展过程的观测和对云结构的一般知识的了解，将有助于观测员得出最佳的可能结果。如果能获得（关于云的）飞机报告，也可作为参考。

#### 15.2.2 云量的估测

观测员对位于头顶和那些低仰角的云应给予同等的重视，有时云的分布非常不规则，把天空用互相垂直的两直径分成四个象限的办法是非常有用的。每个象限估测的量的总和取作整个天空的云量。

当由于雾、降雪等造成看不见天空时，或由于黑暗或外来照明使观测者无法估计云量时，就报告电码数字为9。在没有月亮的夜晚，通过参考天空中星体是否闪烁或完全被云所掩及的比例，尽管接近地平线的星体会被烟霾所遮挡，通常仍应有可能估计出总云量。

观测员也必须估测部分云量。有时，较高的云层会部分地被较低的云遮挡，此时，较高云层伸展的范围，在白天可以通过短时间注视天空而较有把握地作出估测，较低云层相对较高云层的运动可揭示出较高云层是否完全覆盖天空或仍有间隙。

值得注意的是每种不同云状的云量估测与总云量的估测是分别独立地进行的，部分云量分别估测的总和经常超出总云量和8个八分量。

#### 15.2.3 云高的估计

在没有配备测量设备的气象站，云高只能估计。在山区，任何比气象站周围的山峰低的云底的高度都可以通过与该地区等高线地图上标出地形特征的高度相比较而得出。用一个图详细标出山峰和陆地标志的高度和方位，作为永久性的指标对估计云高是很有用的。基于透视（原理），云好象静止在遥远的山上，观测员无需假设它反映云在观测地点上方的高度。在所有情况下，观测员必须根据云的形状和外观作出判断。

适合于温带地区各云属其地面以上云底高度的范围，在下表中给出，并可用作海拔高度不超过150m（500ft）的站参考。对于观测点位于相当大的海拔高度，或观测站在山止，位于气象站上空的低云云底的高度通常偏低。

温带地区地面以上各层云的云底高度

云属	通常云底高度范围*		有时观测到较宽的云底高度范围，或其它说明
	(m)	(ft)	
低云	地表以上—600	地表以上—2000	地表以上-1200 地表以上-4000
层云	300—1350	1000—4500	300—2000 1000—6500
层积云	300—1500	1000—5000	300—2000 1000—6500
积云	600—1500	2000—5000	300—2000 1000—6500
积雨云			
中云	(km)		
雨层云	地表以上—3	地表以上—10000	从天气角度考虑雨层云属于中云，尽管它可延伸到其它层次。高层云可能变厚而云底不断降低变成雨层云。
高层云	2—6	6500—20000	
高积云			
高云			从消散中的积雨云转化而成的卷云在冬季可出现在6km（20000ft）以下。卷层云可发展成高层云。
卷云			
卷层云			
卷积云	6—12	20000—40000	

\*对于海拔超过150m（500ft）的站，低云的云底通常偏低。

在其它气候区域，特别在干燥的热带条件下，云高可明显偏离于表中给定的范围。这类差异对云的分类产生疑问，并增加了云高估测的难度。例如，显著对流起源的热带积云，报告其云底远高于2400m（8000ft），甚至高达3600m（12000ft），并已由飞行观测确认。在这种情况下，值得注意的是地面观测员对云高的经常性的低估达到非常严重的程度。此类低估源于两个因素：既因为观测员认为积云是一种低云，其云底高度应低于2000m（6500ft），而且经常低于1500m（5000ft），也因为大气状况和云的外形结合在一起可能产生一种视错觉。

当夜晚直接估测云高时，成功主要取决于对云地外形的正确判断。一般气象知识和紧密监视天气对于判断云底高度是否无明显变化或已升高或降低是非常重要的。最困难的情况发生在当一大片高层云在夜间覆盖天空时，此时需要特别的仔细和丰富的经验。任何一大片这种逐渐降低的云层可能很难察觉，但是当它降低时，云底极少能保持均匀，而且经常总能分辨出小的反差，除非是在黑夜。

### 15.3 云量的仪器测量

尚无完全令人满意的地基业务性传感器用于测量总云量。从空载可见光波段的辐射仪，辅以红外图像的测量方法，可用来估测大范围的云量，尽管经常出现困难，例如，不能区分云和雾。对位于云幕仪测量范围内的低云量可以估测，即通过对精心确认的云层所占用时间的比率进行测量，并假设这

些时间的平均结果代表测量周围的空间状况。从天气学角度来说，在很多情况下这种方法是令人满意的。但对机场观测而言，在估测机场上的云量时，它可能导致明显的误差。对于美国的一些自动气象站，已经提出一种“群集”方法处理云幕仪的资料。

## 15.4 用探照灯测量云高

### 15.4.1 测量方法

如图 15.1 所示，在此方法中，通过从远处某点上的测高仪测量垂直指向的探照灯（我国常称为云幕灯——译注）光束在云底上形成的光斑得到仰角  $E$ ，若  $L$  是以米（英尺）为单位表示的探照灯与观测点之间已知的水平距离，则观测点上方云底的高度  $H$ （以米或英尺来表示）就可得出： $H=L \tan E$ 。

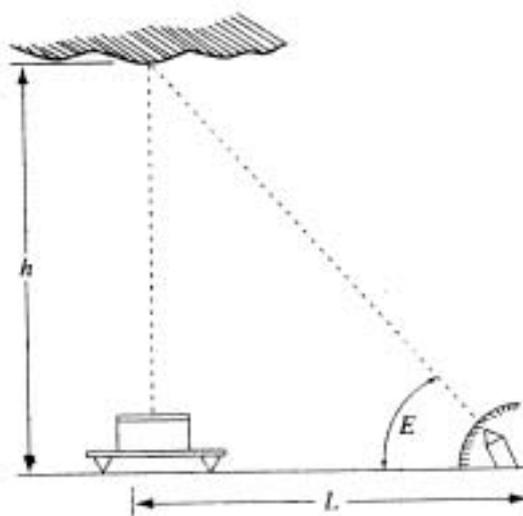


图 15.1——探照灯测云高的原理

探照灯和观测点之间的最佳距离为 300 米（1000ft），若间距远大于此值，则光斑不易识别；如果太近，则测量高度在超过 600m（2000ft）后其准确度将降低。通常可以接受的距离为 250—550m（800—1800ft）。

### 15.4.2 暴露状况和安装

在探照灯与测高仪之间有一条清晰的视线是合乎需要的。两者都需要安装在坚实、稳固的台座上。若探照灯和测高仪离地面的高度不同，则计算高度时必须加上订正。假如不可能获得一条清晰的视线，则插入其间阻挡探照灯光束的阻挡物到测高仪的距离不应超过 100ft。

### 15.4.3 误差来源

最大的误差是由于不能准确地测量仰角。由于垂直状态的小的误差而产生的高度误差不明显。

由于测量仰角的误差  $\Delta E$  而引起的云高的误差  $\Delta h$  为：

$$\Delta h = L \sec^2 E \cdot \Delta E \quad (15.1)$$

当  $E$  为  $0^\circ$  时， $\Delta h$  为最小，若  $L=1000\text{ft}(300\text{m})$ ，且  $\Delta E=1^\circ$ ，则  $h$  的值为  $1000\text{ft}(300\text{m})$  时， $\Delta h$  的值为  $17\text{ft}(6\text{m})$ ；当  $h=5000\text{ft}(1500\text{m})$ ， $\Delta h$  约为  $450\text{ft}(140\text{m})$ 。 $h$  的相对误差  $\Delta h/h$  为：

$$\Delta h/h = 2 \operatorname{cosec}^2 E \quad (15.2)$$

当  $E=45^\circ$  或  $h=L$  时，相对误差最小。

### 15.4.4 校准和维护

若有可能,应该每月检查一次光柱的聚焦和垂直性。因为灯丝在形状上可能会随时间有轻微变化,当灯泡更换后,必须对灯泡的位置进行校准,因为并非所有的灯泡都是完全一致的。

光束的垂直性必须在阴天的夜晚,借助于经纬仪进行检测。应分两处进行检测,一处是在测高仪的附近,另一处与探照灯保持同样的距离并垂直于探照灯同测高仪的连线(见图 15.2)。应尽可能精确地测量探照灯和其照在云底的光斑的方位角,也包括光斑的仰角,假如两个方位角之间读数之差为  $A$ ,仰角为  $E$ ,那么光束与垂直线的偏差角为:

$$= A / \tan E \quad (15.3)$$

如果从测高仪的方向来看 的值大于  $1^\circ$ ,或在另一个位置看时大于  $0.5^\circ$ ,就应重复进行这种校准,直至取得必须的准确度。

在阴天的晚上,通过观测探照灯上方最高的云底光斑的直径来检测和调整探照灯的聚焦。如有必要,焦距应调至使其在云底的光斑的直径最小。

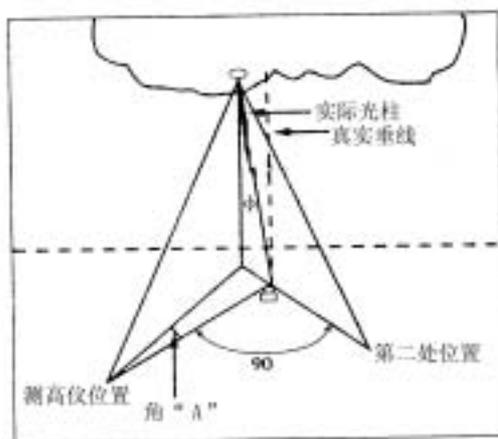


图 15.2 检查探照灯光柱的垂直性

## 15.5 气球测云高

### 15.5.1 测量方法

在白天,通过测定一只充满氢气或氦气的橡胶气球,从地面升至云底所经历时间来测量云高。把气球开始进入像雾一样的云层但未最终消失的点当作云底。

气球上升的速率主要由气球的净举力来决定,可通过控制气球里氢气或氦气的多少来进行调节。从施放到进入云底的飞升时间通过停表来测量。假如上升速率为  $n$  m/min,飞行时间为  $t$  min,则云底高于地面的高度为  $n \cdot t$  米。但此规则并不能严格遵从,因施放点附近的涡流可能干扰气球上升,并持续到施放后一段时间。通常停表在气球施放时启动。因此,在决定云高时,应从总时间中减去气球施放到脱离涡流这段时间。即使不考虑涡流的影响,气球的上升速率在最初的 600m(2000ft)左右也是非常多变的。

尽管有时可由测风气球在测量高空风时,附带测得中层云底的高度,气球测云高的方法主要用于低云。假如不能利用光学设备诸如双筒望远镜、望远镜或经纬仪,当判断云底高于 900m(3000ft)时,就不能采用此法测量云高,除非风非常小。强风时,气球在进入云层前就可能飞离并超过目测视野。

降水将减小气球上升的速率,除了轻微降水外,有降水时不应试图通过施放测风气球来测量云高。

在夜晚通过在气球下缚附一个电池灯或蜡烛灯笼，仍可用此方法来测量云高。

### 15.5.2 误差来源

使用气球测量云高要注意，因为气球的上升速率，尤其在开始的几百米，可能明显不同于假定的上升速率（归因于垂直气流、气球的形状、降水和湍流的影响）。

## 15.6 旋转光束云幕仪（RBC）

### 15.6.1 测量方法

旋转光束云幕仪的测量原理，包括测量在垂直平面内扫描光束的仰角，当一定比例的光被云底散射的瞬间，由离光源一已知距离处的垂直向上指向的光电管接收（图 15.3）。该设备由一个发射器、一个接收器以及一台记录设备组成。

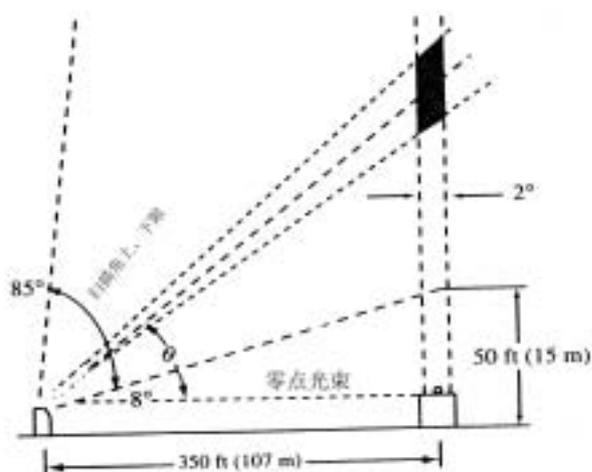


图 15.3 典型的旋转光束云幕仪

发射器发射发散不超过  $2^\circ$  的狭窄光束。发射的大部分辐射为近红外波长，即从  $1\ \mu\text{m}$  到  $3\ \mu\text{m}$ 。因而使用的波长比云中的小水滴还小。把光束调制到  $1\text{kHz}$  并在垂直弧面上从  $8^\circ$  至  $85^\circ$  来回扫描。这样，通过应用相位敏感检测方法，就能提高接收器的信噪比。

接收单元由一个光电管和一个视角限制器组成，限制器确保只有垂直向下的光才能照到光电管上。在记录设备中有一支笔，随着发射光束同步移动，当接受到云信号时进行记录。

### 15.6.2 暴露状况和安装

发射器和接收器必须分离  $100\text{—}300\text{m}$  安装在一个开阔的水平地面上，并固定在坚实、稳固的基座上，极其重要的是使发射器在与接收器位于同一平面上进行扫描。这一要求可通过对光学仪器的准确校准和夜晚在合适的条件下检查发射束平面来达到。

### 15.6.3 误差来源

使用旋转光束云幕仪测量云高而产生的误差可能是因为：

- (a) 光束宽度；
- (b) 光学校直不准；
- (c) 移动部分的机械公差；
- (d) 接收器的反应。

因为在大部分设计中，发射器和接收器间相交成锥形体积，对 500m 以上的云来说非常明显，光束宽度引起的误差通常最为严重。在 15.1.1 节中给出的云底定义，作为云幕仪的目标设计的依据并不合适。因此现行使用的算法是基于试验结果与同其他估测方法相比较的基础上而得出的。一些旋转光束云幕仪采用“阈值”方法来决定云的存在，而其它的则采用峰值讯号检测方案。在任何一种情况下，接收器的灵敏度都将影响所报告的云高。在某些情况下，可造成很大的误差以致超过所述的业务要求（Douglas 和 Offiler, 1978），这些误差通常随指示高度增加而增加。

旋转光束云幕仪对出现降水非常敏感。在中等或严重降水情况下，仪器可能指示错误的低云或根本不能探测云。在大雾状况下，光束有可能在低空即行消失，即使出现低云层时云幕仪也不能提供有用的云高信息。

与旋转光束云幕仪相比，激光测云仪已在使用并广泛见于报告中（WMO，1988）。在云底高达 500m 时，两种仪器显示出较好的一致性，但在有降水的情况下监测效率明显变差。

#### 15.6.4 校准和维护

用户通常能采取的维护措施是清洁发射器和接收器的窗口和更换记录纸。接收器和发射器的塑料窗口外侧必须每周清洗一次。使用一块柔软干燥的布，小心擦拭以防擦伤窗口。如果发射灯泡更换过，则一定要检查光学校直。如有必要应每年检查和调整发射器和接收器的水平。

### 15.7 激光云幕仪

#### 15.7.1 测量方法

激光云幕仪是通过测量一束相干光脉冲从发射器到云底再反射到接收器所需时间来确定云底高度的。激光器垂直向上发射的脉冲光束，如果在发射器的上方有云，光束就被组成云的水凝物散射，大部分辐射向上散射，但有一部分向下散射并聚集在接收器的光电检测器上。这种云幕仪（见图 15.4）由两部分组成：发射——接收组合器和记录设备。

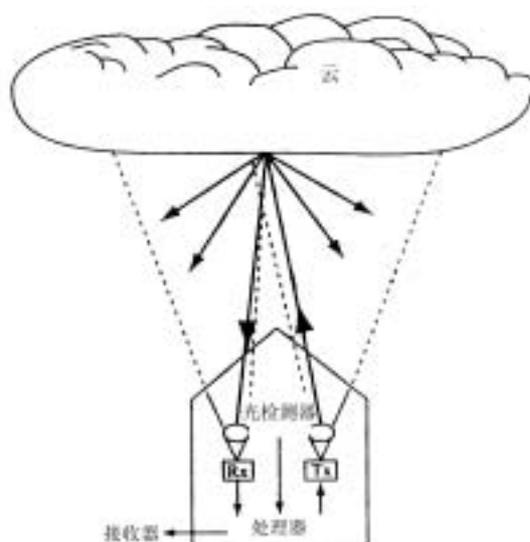


图 15.4 典型的激光云幕仪

发射器和接收器并排，连同信号检测与处理电子线路一起安装在一间单独的机柜里。激光源是一个砷化镓半导体激光器。它发生的持续时间为 110ns，频率为 1kHz、功率为 75W 的脉冲。激光辐射的波长为 900nm。发射器的光学部件，装置得使激光源和接收检测器置于一个传统的或牛顿式望远镜

系统的焦点上。透镜表面有一层合适的  $1/4$  波长的涂料，以减少反射并对波长为 900nm 的光线具有高透射率。发射器的透光孔采用抗反射的玻璃窗密封，在其内表面覆有涂料并与水平大约成  $20^\circ$  角以使雨水流走。

接收器的结构与发射器相似，除了光源由一个光敏二极管取代外，并附装一光学谱过滤片。过滤片把大部分背景漫射的太阳辐射阻挡在外。这样能提高在白天检测散射激光辐射的能力。

发射器光束呈典型的 8 分弧度发散度，接收器视野通常为 13 分弧度。发射器和接收器并排安置，使得发射光束和接收视野从安装部位上方的 5m 开始重叠，直到差不多 300m 完全重叠。

机柜内装有恒温控制加热器以防止在光学表面产生凝结现象，并使用干燥剂以减少机柜里的湿度。机柜顶部配备了一个带光学挡板的防护罩以阻挡直射阳光。

检测器的输出经电路处理单元后进入序列的距离门，每个距离门代表了最小可测高度增量。在每个距离门中激光每一次发射都出示了“有云”或“无云”的判断，一次扫描中激光器发射很多次。仪器具有一个阈值，使得它不能“看见”云或“看见”不存在的云的可能性微乎其微。后向散射到接收器的辐射通量随距离的平方成反比衰减。

有些激光云幕仪根据一定距离内的积分反射能量来估测垂直能见度。在 WMO 国际云幕仪比对试验（WMO，1988）期间进行的比对表明，在很多情况下报告的数值是不可靠的。并提出在能使用具有可信度的估测云高之前，必须进一步发展仪器的功能。

### 15.7.2 暴露状况和安装

该设备应安装在一个坚固的平台上并使其上方有一个围绕垂直轴约  $30^\circ$  的圆锥内的清晰视野。若需要也可安装在离地高度经过合适校准的屋顶位置上。尽管业务上使用的激光云幕仪已设计成对眼睛是安全的，还是应预防造成观测者直视发射光束的致因。

### 15.7.3 误差来源

有三个主要误差来源。

（a）射程误差：如果时间振荡器电路产生误差就会出现这种情况。在正常操作中，由于这种原因产生的误差可以忽略不计。

（b）发射器/接收器光束的垂直性：只要仪器定位使其光束校直到与垂直线的偏差好于  $5^\circ$ ，则这种原因产生的误差可以忽略。

（c）信号处理系统产生的误差：因为云底一般具有弥散性且其高度随时间、空间的变化较大，为此提出一种复杂的算法，根据返回的云信号来估测具有代表性的云底高度。在有雾（其上方有云或无云）或正在降水的情况下，可能产生严重的误差。因此具有能见度知识及降水情况用以评估云幕仪的信息是很重要的。在出现容易辩认的层状云（例如低的层积云）的情况时，测量误差只需由临界值算法决定，并且可假定与特制的云幕仪是一致的。

在业务使用中和在均匀云底条件下，激光云幕仪可以定期地与测风气球、飞机测量以及在夜晚与云探照灯测高相比较。不同制造商提供的激光云幕仪之间的相互比对已广泛开展。在 WMO 组织的国际云幕仪相互比对试验期间（WMO，1988），例如，不同型号的云幕仪相互比对并同旋转光束云幕仪（RBCs）和气球测高相比较。尽管早期的在 RBC 和新研制的激光云幕仪之间的比对结果表明，RBC

在中等的雨条件下表现优越，但是国际比对试验揭示，与其它可供选择的设备相比，采用当前技术的激光云幕仪属于能提供最准确、最可靠和最有效的云底高度的测量设备。

#### 15.7.4 校准和维护

大多数激光云幕仪通过内装设备具有监控发射功率和防范重大计时误差的能力。校准检查通常限于使用外接的高质量频率标准，检测主振动器的频率和稳定性以及检测发射器的输出功率。日常维护主要包括清洁暴露在外的光学器件和外罩，在配备有冷却风机时，更换空气过滤器。

#### 参考文献

- Douglas, H.A. and Offiler, D., 1978: The Mk 3 cloud base recorder: a report on some of the potential accuracy limitations of this instrument. *Meteorological Magazine*, 107, pp.23-32.
- World Meteorological Organization, 1975: *International Cloud Atlas: Manual on the Observation of Clouds and Other Meteor.* Volume I, WMO-No. 407, Geneva.
- World Meteorological Organization, 1987: *International Cloud Atlas. Volume II.* WMO-No. 407, Geneva.
- World Meteorological Organization, 1988: *WMO International Ceilometer Intercomparison (D.W.Jones, M. Ouldrige and D.J.Painting).* Instruments and Observing Methods Report No. 32, WMO/TD-No. 217, Geneva.
- World Meteorological Organization, 1990: *Guide on Meteorological Observation and Information Distribution Systems at Aerodromes.* WMO-No. 731. Geneva.
- World Meteorological Organization, 1995: *Manual on Codes.* WMO-No. 306, Geneva.