

能见度传感器的应用与常见故障分析

刘绍国

中国民用航空华北地区空中交通管理局 北京 100000

【摘要】：气象光学视程、跑道视程、主导能见度等重要光学参数在民用机场运行中的空管保障工作和航班运行保障中发挥至关重要的作用。在北京大兴国际机场的空管运行中，LT31、FS11P、PWD 作为能见度传感器，它们通过不同的测量原理和各自独特的计算方法对机场环境内的能见度进行测量，测量结果也存在着一一定的差异，本文通过解读不同能见度传感器的测量方式与日常生产时实际案例分析，总结设备运行特点与排查故障的有效方法，提高空管气象工作质量，从而为大兴机场的安全高效运行提供保障。

【关键词】：自动气象观测系统；能见度传感器；跑道视程；大气透射仪

1 能见度与跑道视程

1.1 能见度

作为气象用语，当只讲能见度时是指：白天是指正常视力的人（视觉对比阈值为 0.05），在当时天气条件下，能从天空背景中看到或辨认出大小适度的黑色目标物的最大距离；夜间则是指假定总体照明增加到正常白天水平，适当大小的黑色目标物能被看到和辨认出的最大距离或中等强度的发光体能被看到和识别的最大距离。作为一般气象用语，可以给气象能见度一个简单的定义：用距离来表示大气浑浊程度的量称为能见度。《国际航空气象服务》中给出的航空能见度为下面的较大者：当在明亮的背景下观测时，能够看到和辨认出位于近地面的一定范围内的黑色目标物的最大距离；在无光的背景下，能够看到和辨认出 1000 坎德拉左右的灯光的最大距离。

主导能见度在民航气象工作中也是一项重要参数，主导能见度是指当能见度因方向而有不同时，选出某个方向能见度值为 L 的角度范围 a，并以能见度大于 L 的角度范围 b，当 $b \leq 180^\circ \leq a+b$ 时，L 即为所选定的主导能见度。

1.2 跑道视程

气象光学视程（MOR）指色温度为 2700K 时白炽灯发出的平行光束被大气吸收和散射后，光束率减至 5% 时所通过的距离。这个数值就是能见度的物理学的表达方式。

跑道视程（Runway Visual Range，简称 RVR）的定义是：在跑道中心线，航空器上的驾驶员能看到跑道面上的标志、跑道边界灯或中线灯的距离。一般来说，RVR 是指从航空器的接地地点看到的能见距离。能代表这个地点应当是在离跑道中线一侧不超过 120 米处。代表接地地带的观测，其位置应当沿跑道，离入口处约 300 米。代表跑道中间地段和较远地段的观测位置，应当位于沿跑道入口约 1000 米到 1500

米，但要距离跑道另一端 300 米。

2 能见度传感器

在北京大兴国际机场的运行中，测量能见度的设备主要由大气透射仪 LT31 和前向散射仪 FS11P 构成。透射型仪器根据光的透射系数来确定能见距离，后者则根据散射特性确定能见距离。

2.1 大气透射仪

LT31 采用测量发射机和接收机之间的水平空气柱的平均消光（透射）系数而计算出能见度，发射机提供光源，接收机由一个光检测器组成，用于检测接收到的光信号，输出测定透射系数，从而计算出气象光学视程。LT31 测量系统由一个 LT31 发射单元，一套 LT31 的光接收单元组成。系统示意图如图 1 所示。

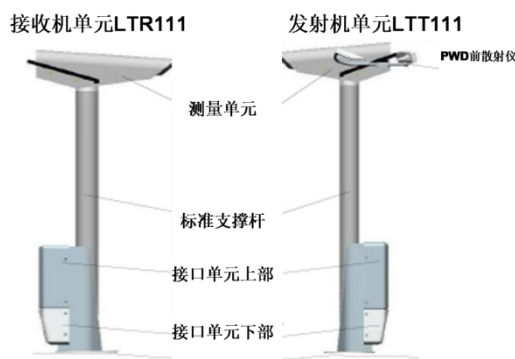


图 1 LT31 系统示意图

同时，在 LT31 的发射端配备了前向散射仪 PWD，PWD 的工作原理为通过测量散射系数从而估算出气象光学视程。对于 LT31 来说，PWD 的主要用途是“帮助”它自动校准。LT31 使用的自动校准方法，目的是利用前向散射传感器 PWD 测量原理上的优势来校准大气透射仪测量结果。在实践中 PWD 用于指出自动校准状况，即在高能见度情况下某个校准

系数被计算和应用于大气透射仪的测量结果。将 PWD 前向散射传感器集成到 LT31 大气透射仪系统中使其可以在安装地点进行自动校准。无论何时系统探测到一个自动校准状况，透射比测量结果都将重新校准。自动校准功能对所有由于窗口污染和对准质量偏差所导致的中长期漂移效应进行补偿。

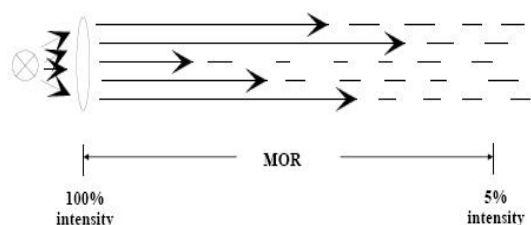


图 2 LT31 测量原理

LT31 自动校准有以下特点：只要符合校准条件，就会自动校准；对于传统的人工校准方法 LT31 严格按照条件再校准；减少了人工校准的误差率；即使 MOR < 10000 m 时安装和调试，LT31 也能校准；自动校准能够自动补偿防护窗污染误差。

2.2 前向散射仪

FS11P 是一个智能、多变量传感器自动天气观测系统。传感器结合了前散射能见度仪和即时天气传感器功能。专为跑道视程应用程序设计的能见度测量措施可以达到 75 公里的气象光学范围。FS11P 还可以测量液态和固态降水的强度与数量。FS11P 通过测量成 42° 角散射的红外光强度，来评估气象光学范围能见度。在经过对信号性质的仔细分析后，将散射测量转化为能见度。在降水情况下要进行特殊处理，FS11P 软件从散射信号的快速变化中来检测降水颗粒。水滴数据用于评估光学降水强度和降水量。

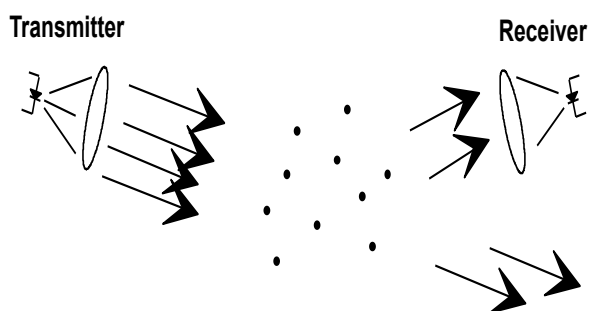


图 3 散射测量原理

FS11P 软件会独立计算来自不同信号采样的消光系数。这些信号来自于雨滴或其它散射介质。对于雨滴和其它散射

介质的消光系数被分别计算，然后利用加权来计算这些系数的总值和。MOR 是通过如下已知的 5% 比率的公式以及消光系数总和来计算的：

$$MOR = -\ln 0.05 / \sigma = 3 / \sigma$$

其中 σ 是消光系数。

气象散射仪具有如下特点：体积小，重量轻，方便安装且受安装基础影响较小；不能够进行自校准；前向散射仪的测量与消光系数的关系会取决于使能见度降低的天气现象的性质，在混合性天气现象中可能会不精确。

在大兴机场的自动气象观测系统中，每条跑道分别沿跑道起始端、中间端、结束端安装 3 套大气透射仪，在 35L 与 35R 跑道端各使用一套 FS11P 前向散射仪。管制员、气象预报员与气象观测员可以直接从系统界面上读取该跑道的能见度、跑道视程与天气现象，从而提升为机组和机场运行部门服务的质量，增强运行效率。

3 能见度传感器故障分析

3.1 一次 MOR 十分钟平均值较高的事件分析

某日，值班观测员反映报告 35L 跑道端 LT31 的 MOR 十分钟平均值偏高，机务维护终端报告 35L 的 LT31 窗口污染。值班机务员立即赶往现场，并清洁 LT31 发射机和接收机的镜头，清洁完毕确认报警消失，数据正常。MOR 十分钟平均值 900m、RVR 1500m，但该点的 MOR 十分钟平均值仍然偏高。机务员立刻检查设备情况，设备状态显示均正常，但观测员显示终端数据 MOR10A(十分钟平均值) 10000m、RVR P2000。随后机务员远程连接 LT31，此时相关数据则由 FS11P 提供。又对 LT31 进行校准，校准采用数据来源由 PWD 提供，LT31 数据采集达到 10 分钟平均值的要求后，断开远程连接，LT31 正常工作并提供数据服务。在查看历史记录时发现：

15:00 分 36L 的 MOR 十分钟平均值为 900m、RVR 为 1500m

15:02 分 36L 的数据上升至 MOR 十分钟平均值为 1800m、RVR P2000

15:22 分 36L 的数据 MOR 十分钟平均值 10000m RVR P2000

16:50 分所有点 MOR10A（十分钟平均值）及 RVR 的数据

地点	MOR 10A	RVR
35L	10000	P2000

MID1	1200	P2000
17R	1000	P2000
17L	1000	P2000
MID2	1200	P2000
35R	1300	P2000
19R	1200	P2000
MID3	1200	P2000
01L	1200	P2000
11L	1200	P2000
MID4	1200	P2000
29R	1200	P2000

此次时间的原因分析如下：

在发现 LT31 窗口污染后，未按规定执行窗口清洁后的校准工作；在完成设备维护工作后，未按规定持续关注数据的准确性；15:02 分以后，其他各点的 MOR 十分钟平均值显示均在 1000 左右，误将 36L 的 MOR 十分钟平均值 10000 认为成 1000，所以未及时发现 36L 的 MOR 十分钟平均值显示不正常；未及时与观测员一起对数据的准确性进行判断与关注。

3.2 前向散射仪常见故障

某日，在值班过程中发现系统显示界面中，35R 跑道天气现象报告降水，通过与观测员观测结果和云高仪、雨量筒显示数据进行对比后确认此端无降水，此时能见度很高，空气湿度在 40%~50%，降雨传感器显示“OFF”状态，天气现象传感器显示“RA”或者其他形式的降水现象，认定此现象为天气现象传感器误报的情况。

天气现象传感器的雨感器是一个电容传感器，当有雨滴落到其表面时，雨感器的电容介质发生改变，从而改变电容

值，天气现象报告随即改变。在实际情况中，由于空气湿度达到一个临界值，感雨器收到湿度的影响而改变了电容值，而误以为是降水落到电容上改变的电容值。这也是天气现象传感器误报降水的必要条件之一。从上可以看出，天气现象传感器误报降水的情况，是受到其他非散射光和空气湿度的影响的。当两种情况同时发生时，天气现象传感器就会误报降水现象。

通过结合前向散射仪的工作原理与环境条件，得出结论：当温度低于 0° 时，在降水检测中只使用光学测量。0° 以上时，DRD12（雨水检测器）检测用于交叉检测光学探测，在无降水时，前向散射仪报告降水时，故障的原因只能是这两种测量中的问题产生。可执行的排故操作有：检查在前向散射仪的附近是否有闪光灯；检查在采样范围内是否有外来物质，采样范围内的树枝或其他移动物体可能导致散射信号的突变；如果在 0° 以上发现故障，DRD12 不能正常工作；彻底清洁 DRD12 传感器表面。

4 结束语

随着我国民航事业的不断发展，空管运行在民航体系中发挥着十分重要的作用。北京大兴国际机场是世界一流机场，气象服务工作在大兴机场乃至全球民航系统也发挥着重要的作用。能见度传感器是为管制、机组、气象预报、气象观测、机场运行等重要岗位提供能见度和 RVR 的重要设备。为了保证上述重要参数的测量，对能见度传感器的维护自然成为气象保障人员工作的重点之一。这就要求气象机务人员加强责任意识，提升服务质量，严格执行设备维护维修制度，在日常工作中采取正确、高效地维护方法，降低人为方面对设备造成的影响。作为民航空管人，我们要时刻紧绷“安全”弦，居安思危、思则有备、有备无患。更要强化责任担当，充分理解和把握“六个起来”中所蕴含的安全理念与方法，安全护航、运筹帷幄，牢牢守住民航安全底线，共同守护祖国的蓝天。

参考文献：

- [1] 姜莉洋,江鹏飞.LT31、FD12P 能见度传感器在民航空管系统中的应用[J].气象水文海洋仪器,2016(2).
- [2] 田丽.大气透射仪与前散射仪在低能见度条件下的测量数据对比分析[J].气象水文海洋仪器,2009(3).
- [3] 曹敦波,范大伟,王雪文,杨洪儒,王楠.湛江机场自动气象观测系统工作原理及故障排查方法[J].气象水文海洋仪器 2018(9).