

# LT31大气透射仪能见度数据异常分析

刘晓明, 孙建杰, 安志强

民航新疆空管局, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2021年10月29日; 录用日期: 2021年11月30日; 发布日期: 2021年12月8日

---

## 摘要

本文介绍了大气透射仪工作原理, 根据历史能见度数据及设备诊断信息, 详细分析了乌鲁木齐机场LT31大气透射仪能见度数据在低能见度向高能见度转换缓慢并且偏低的原因, 并说明了处理结果, 以对从业人员提供参考。

## 关键词

大气透射仪, 能见度, 自动观测系统, 自动校准

---

# Abnormal Visibility Data Analysis of Transmissometer LT31

Xiaoming Liu, Jianjie Sun, Zhiqiang An

Meteorological Center of Xinjiang Air Traffic Management Bureau, Urumqi Xinjiang

Received: Oct. 29<sup>th</sup>, 2021; accepted: Nov. 30<sup>th</sup>, 2021; published: Dec. 8<sup>th</sup>, 2021

---

## Abstract

This paper introduces the working principle of transmissometer. According to the historical visibility data and equipment diagnostic information, it analyzes the reasons why the visibility data of Urumqi airport's transmissometer LT31 changes slowly from low visibility to high visibility, and explains the processing results, so as to provide reference for practitioners.

## Keywords

Transmissometer, Visibility, AWOS, Automatic Calibration

---

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

自动气象观测系统(AWOS, 以下简称自观系统)是机场必备的运行保障设备, 其提供的气象数据是机场运行决策的重要依据。尤其是低能见度情况下, 自观系统输出的能见度数据直接关系到飞机能否正常起降。乌鲁木齐地窝堡国际机场的自观系统由芬兰维萨拉公司生产, 在 2016 年进行了升级改造, 改造后跑道两头接地端及中间端, 三个位置使用的能见度探测设备都为大气透射仪, 其中跑道 07、25 方向两端的设备型号为 MITRAS, 中间型号为 LT31。安装在中间端位置的 LT31 能见度值通常比安装在跑道两端的 MITRAS 低, 特别是在恶劣天气下, LT31 的能见度数据从恶劣天气恢复速度比 MITRAS 慢得多。本文从设备结构原理对此问题进行分析。

## 2. 大气透射仪工作原理

大气透射仪主要由发射机、接收机和数据处理单元组成, 其工作原理为发射机发射一道光束至接收机中, 该光束通过一定距离的大气中会形成衰减, 接收机收到光束后对衰减后的光束进行测量和计算, 从而得出大气透射率, 进而计算出光学能见度值[1]。其中大气透射仪发射机和接收机窗口距离称之为基线距离。

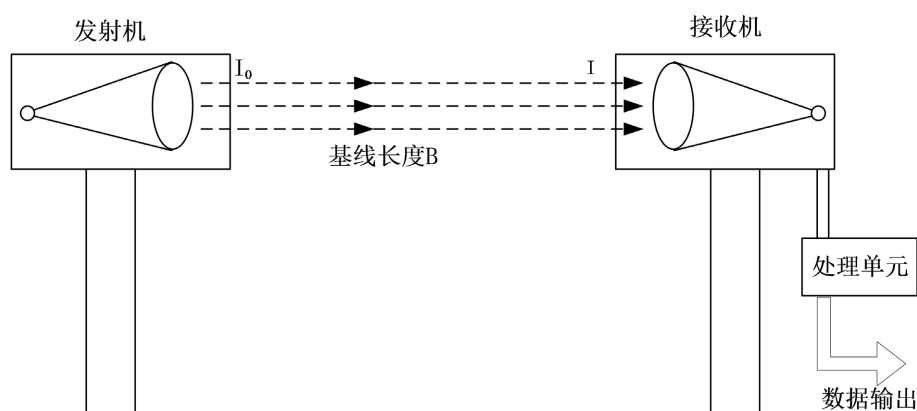


Figure 1. Structure diagram of atmospheric transmittance instrument

图 1. 大气透射仪结构图

如图 1 所示, 发射光强为  $I_0$ , 接收光强为  $I$ , 基线长度为  $B$ , 大气透射率  $T = I_0/I$ , 由朗伯比尔定律可得:

$$\text{消光系数 } \sigma = -\ln T/B。$$

求出消光系数, 即可由阿拉德定律和柯西米德定律计算出光学能见度[2]。

## 3. 能见度数据不一致问题

同一条跑道不同位置的能见度数据本应具有较好的一致性, 在实际使用中发现, 在低能见度向高能见度转换时, LT31 数据转好速度要比 MITRAS 数据缓慢。具体表现为 MITRAS 数据迅速上升, 符合当时天气条件, 而 LT31 数据明显偏低。

以 2018 年 11 月 11 日至 13 日时段的能见度数据为例，将这一时段数据按天气条件变化划分为 5 个阶段，选取跑道 07 方向 MITRAS 大气透射仪与跑道中间位置 LT31 大气透射仪能见度数据进行比较分析 (图 2)。

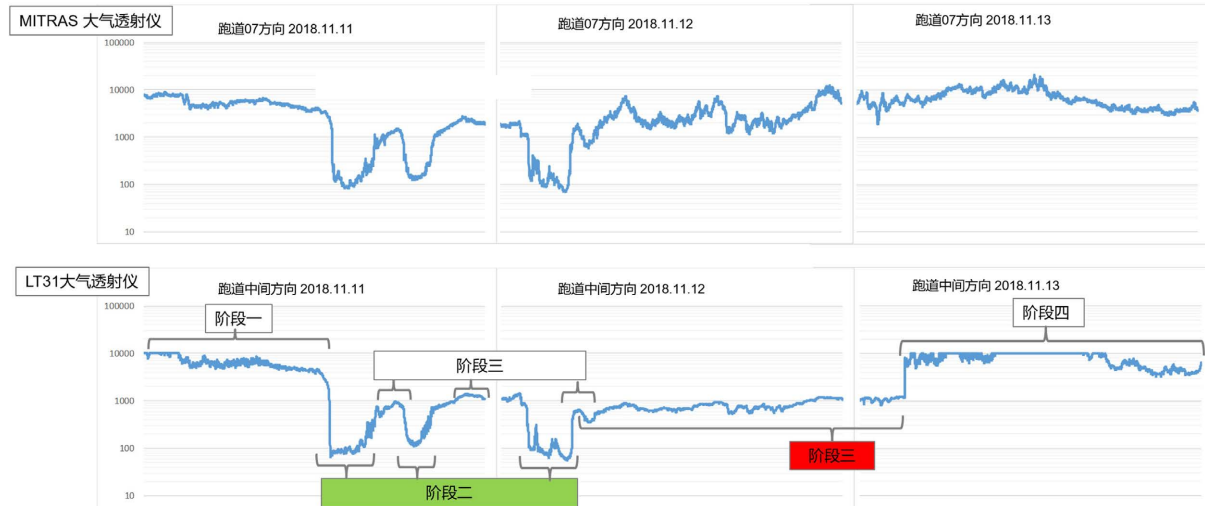


Figure 2. Visibility curve  
图 2. 能见度曲线图

第一阶段，天气晴好，能见度在 5000~10,000 米范围，LT31 与 MITRAS 数据表现一致；

第二阶段，天气条件变坏，能见度迅速降至 50~500 米，所有低能见度值 LT31 都可以正常报告，LT31 与 MITRAS 数据表现一致性较强；

第三阶段，在天气转好后，能见度在 1000 米左右，LT31 不能完全恢复到正常值，整体数据表现偏低；

第四阶段，天气持续转好，能见度在 1000~10,000 米范围，这一阶段持续了将近 1 天时间跨度，包括了白天和黑夜，这个区间能见度波动较大，但仍是晴好天气，LT31 能见度数据明显低于实际能见度值；

第五阶段，天气条件持续良好，能见度保持在 5000 米以上，由于 LT31 数据输出上限为 10,000 米，而 MITRAS 无此限制，在进行数据分析时，能见度超过 10,000 米时认为数据一致，这一阶段 LT31 执行了自动校准，数据恢复正常，与实际能见度相符，与 MITRAS 数据一致。

从数据表现上看，LT31 数据异常主要出现在能见度由差转好阶段。本文试图通过从以下两个方面进行分析找出问题所在。

#### 4. 能见度数据异常分析

MITRAS 和 LT31 同为维萨拉公司产品，LT31 为 MITRAS 升级换代产品，也是目前国内民用机场使用最多的大气透射仪[3]。MITRAS 和 LT31 虽然基本原理相同，但设备光源、镜头窗口形状、基线长度、自动校准方式、内部诊断等方面均不相同。

##### 4.1. 窗口污染补偿功能对比分析

如下图 3，MITRAS 大气透射仪窗口为倾斜窗口，窗口面积较大，其污染补偿模式为窗口下端污染检测灯，发射检测光，经窗口多次折射后，由位于窗口上光接收器接收污染检测光，从而计算出窗口污染系数。LT31 为“V”字型窗口，其窗口面积较小，污染检测灯发射灯光，穿过“V”字型窗口后，由

接收器接收。由于结构不同，LT31 的窗口更容易受到污染影响。并且 MITRAS 通常安装基线长度为 50 米，LT31 为 30 米。MITRAS 采样范围更大，受局部干扰影响更小。LT31 基线短，受到窗口污染影响更加敏感。

从上面能见度转换的五个阶段来看，在第四阶段，天气条件良好，LT31 数据持续比 MITRAS 低，明显为 LT31 测量的原始透射率偏低，受窗口污染补偿影响更大。

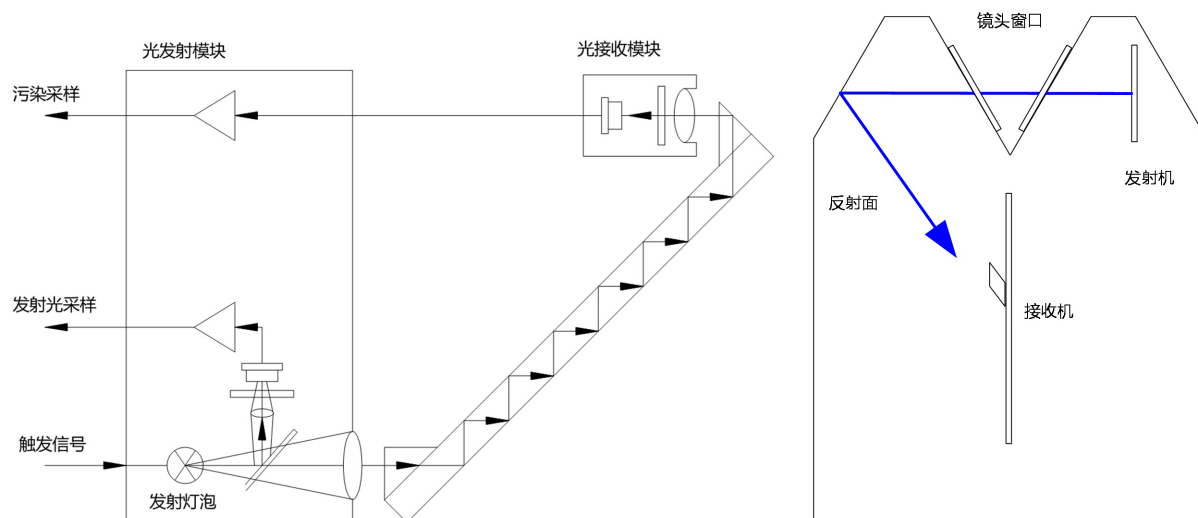


Figure 3. Comparison of MITRAS and LT31 pollution shots

图 3. MITRAS 和 LT31 污染镜头对比

经与维萨拉公司沟通，对 LT31 大气透射仪固件版本进行更新，主要更新内容涉及窗口污染补偿的两个参数，具体命令如下：

```
CONF WINDOW.OVERALLWINCORRFACVARIATION 0.0005。
```

```
CONF WINDOW.TEMPWINCORREF 1.0。
```

在 LT31 设备固件版本升级后，经过一个冬天的测试，能见度回升速度明显好转。

#### 4.2. 自动校准功能分析

MITRAS 和 LT31 都具备自动校准功能，MITRAS 自动校准条件为一分钟内测量的平均透过率超过 0.998，自动校准模式开启。LT31 使用前散射仪做为外部校准数据源，条件为集成的前散射仪输出的能见度值大于 4000 米，天气现象代码小于 10，并且能见度稳定 5 分钟。LT31 自动识别合适的条件，自动检测校准漂移并相应调节传感器设置[4]。

从第五个阶段来看，LT31 进行自动校准后，系统也可以恢复正常运行。同时经过试验，在数据异常时，人工进行校准，系统也可以恢复正常。可以判断是系统内部的参数经过一段时间产生了漂移，并且未被正常修正。

LT31 带有先进的自诊断功能，可以判断所有功能元件的状态信息。此外，自诊断功能还可以帮助确定可能的技术故障。它能记录特殊运行状态、仪器告警的历史，通过 DUMP 命令即可查看到这些诊断信息(图 4)。在每次数据异常时，都对 DUMP 信息进行收集，对 DUMP 信息进行分析后，发现了异常参数。基本校准参数 BaseCalFact 每经过一段时间运行即增加了 11%左右，该参数为每一次进行人工校准后，系统会根据基线长度，计算的一个校准参数，存入 LT31 系统内。同时发现该参数与 DUMP 信息中对准损失系数具有相同的幅度，推断有 LT31 具有对准漂移的情况。

**December 3<sup>rd</sup> 2018:**

0y3m11d00:12:49 70380924 S BASE-CALIBRATION BY PWD(MOR 17772.048828): RefTM 0.995607 **BaseCalFact 1.13847e-06** MainOffsetCalTemp 1.75 Rec1Offset 1549.5 trmwincalfact 8.52067e-06 recwincalfact 8.18891e-06

**January 21<sup>st</sup> 2019:**

0y1m21d00:17:52 74700624 S BASE-CALIBRATION BY PWD(MOR 7740.182129): RefTM 0.989942 **BaseCalFact 1.15194e-06** MainOffsetCalTemp 6.75 Rec1Offset 1581 trmwincalfact 8.5057e-06 recwincalfact 8.24353e-06

**March 13<sup>th</sup> 2019:**

0y0m1d20:55:25 78946392 S BASE-CALIBRATION BY OBS(MOR 2500.000000): RefTM 0.969185 **BaseCalFact 1.21226e-06** MainOffsetCalTemp 9.31 Rec1Offset 1560.58 trmwincalfact 8.6433e-06 recwincalfact 8.26804e-06

0y0m0d00:01:20 79108311 S INLINE-CALIBRATION BY OBS(MOR 3500.000000): RefTM 0.977891 **BaseCalFact 1.25883e-06** MainOffsetCalTemp 9.31 Rec1Offset 1560.58 trmwincalfact 8.86358e-06 recwincalfact 8.51673e-06

**Figure 4.** DUMP information**图 4.** UMP 信息

再对 LT31 对准信息进行检查, LT31 要求对准信号达到 60%以上才能够正常工作。对准信号低于 60%, LT31 会发出告警信息。LT31 具有自动对准功能, 经过查看 DUMP 信息系统仍然可以完成自动对准和并且信号值可以达到 70%, 满足系统需求。LT31 自动对准是通过发射机和接收机内部的步进电机来调节光学镜头的上下和左右角度, 来寻找信号最大值, 来完成自动对准, 其上下调节的角度非常小, 且在维萨拉公司建议在安装时, 发射机和接收机在一条水平线上。因 LT31 经过一段时间, 对准损失系数会形成固定幅度的变化, 怀疑为机械形变引起的对准损失。

在对 LT31 安装工艺进行检查, 发现 LT31 基础发生沉降, 发射机与接收机基础高差为 15 厘米。与上述判断一致。在对 LT31 发射机基础调整后, 发射机与接收机高度相同, LT31 数据恢复正常, 并且在 2019 年、2020 年冬季第能见度天气条件下进行多次检验, LT31 低能见度数据转换情况正常。本次情况为 LT31 基础虽然发生沉降, 内部参数会随时间漂移, 但 LT31 系统本身并未产生告警, 设备维护人员无法直观判断故障点。

## 5. 结束语

跑道视程(RVR)是机场运行标准的重要指标之一, 而能见度值是估算跑道视程的重要参数, 能见度是否准确直接影响航班起降正常率。大气透射仪 LT31 设备本身具有先进的自诊断功能, 本文中的 LT31 大气透射仪能见度异常情况, 系统没有任何告警, 这就要求设备维护人员熟练掌握设备结构原理及各项参数范围。本文通过对两种大气透射仪窗口污染补偿模式、自动校准模式和诊断信息进行分析, 得出 LT31 大气透射仪由低能见度向高能见度转换缓慢的原因在与窗口污染未被正确校正及基本校准参数的漂移。根据这一结论, 升级 LT31 固件, 调整污染补偿参数, 及调平大气透射仪发射机和接收机高度, 解决了 LT31 输出能见度异常问题。

## 参考文献

- [1] 程绍荣, 魏全忠, 吕军. 一种实用型大气透射式能见度仪的研制[J]. 光电工程, 2011(2): 144-150.
- [2] 傅刚, 李晓岚, 魏娜. 大气能见度研究[J]. 中国电力教育中国海洋大学学报, 2009, 39(5): 855-862.
- [3] 孙慧洁. 能见度测量仪器综述[J]. 气象水文海洋仪器, 1994(1): 32-40.
- [4] 自动观测系统技术手册[Z]. 芬兰: 维萨拉公司, 2016.