

TR30LED大气透射仪能见度异常的分析

郑迎宾, 董正洪

民航贵州空管分局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年7月25日; 录用日期: 2024年9月16日; 发布日期: 2024年9月26日

摘要

本文深入分析了贵阳龙洞堡机场东跑道中部TR30LED大气透射仪出现的能见度数据跳变及渐进式下滑问题。通过实地检查、详细的数据分析及故障排查, 揭示了导致这些问题的主要原因, 并提出了针对性的解决方案。TR30LED大气透射仪作为机场自动气象观测系统(AWOS)的核心组件, 其准确性与稳定性对于保障飞行安全至关重要。本文旨在为同类设备的维护与故障排除提供有益的参考和借鉴。

关键词

TR30LED大气透射仪, 能见度数据跳变, 渐进式下滑, 故障排查, 自动气象观测系统

Analysis of Visibility Anomaly of TR30LED Atmospheric Transmissometer

Yingbin Zheng, Zhenghong Dong

Guizhou Air Traffic Control Branch of Civil Aviation, Guiyang Guizhou

Received: Jul. 25th, 2024; accepted: Sep. 16th, 2024; published: Sep. 26th, 2024

Abstract

This paper provides an in-depth analysis of the visibility data jump and gradual descent issues that occurred with the TR30LED atmospheric transmissometer in the middle of the east runway of Guiyang Longdongbao Airport. Through on-site inspections, detailed data analysis, and troubleshooting, the main causes of these problems were revealed, and targeted solutions were proposed. As the core component of the Airport Automatic Weather Observation System (AWOS), the accuracy and stability of the TR30LED atmospheric transmissometer are crucial for ensuring flight safety. This article aims to provide useful references and guidance for the maintenance and troubleshooting of similar equipment.

Keywords

TTR30LED Atmospheric Transmissometer, Visibility Data Jump, Gradual Descent, Troubleshooting, Automatic Weather Observation System

Copyright © 2024 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. 概述

贵阳龙洞堡机场东跑道自动气象观测系统于 2020 年 3 月初开始建设, 2020 年 11 月 5 日正式启用, 系统配有三套法国 TR30 大气透射仪(简称: TR30LED)能见度传感器, 根据机场气象台建设指南安装在跑道 19 左、01 右以及中间端。TR30LED 作为该系统的重要组成部分, 通过提供准确的能见度数据, 对保障飞行安全起着至关重要的作用。然而, 在实际运行中, TR30LED 出现了能见度数据跳变或渐进式下滑等异常现象, 严重影响了数据的准确性和可靠性。因此, 本文对这些异常现象进行了深入分析, 并提出了相应的解决方案。

TR30LED 提供能见度测量的原始数据, 利用有线和无线 MOXA6450 串口服务器将测量数据传输至机房中央数据处理单元(CDU), 通过交换机将 CDU 处理好的数据提供给各用户, 如图 1 所示。

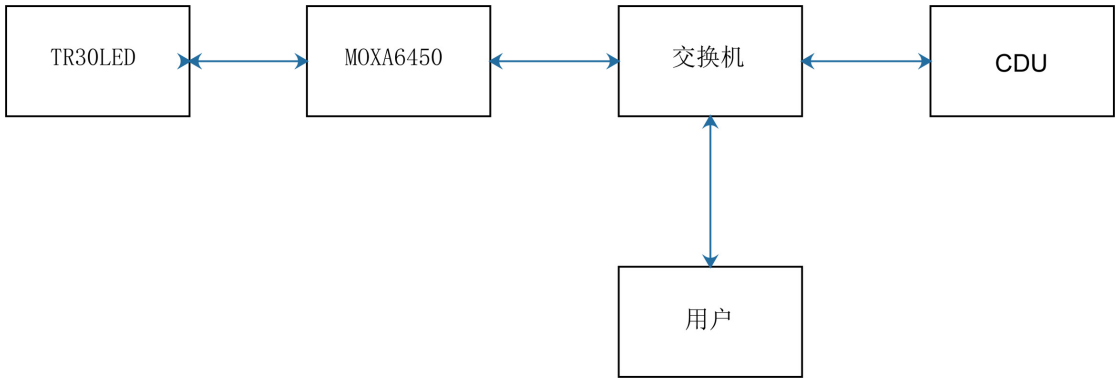


Figure 1. Visibility data transmission network topology
图 1. 能见度数据传输网络拓扑图

2. TR30LED 大气透射仪工作原理

TR30LED 通过 LED 模块提供平衡过的白光光源(2600 K 至 3700 K) [1], 其光源光谱分布图如图 2 所示, 并通过透镜汇聚成 $\pm 3^\circ$ 左右的光束从光发射机(Ex)发射, 光接收机(Rx)进行接收, 通过 CPU 估算由于散射和大气吸收造成的消光系数[2], 提供了估算能见度或气象光学能见度(MOR)的可靠方法。CDU 通过获取 MOR 值、背景光亮度值、跑道灯光级数来计算跑道视程 RVR 值。

3. 故障现象

3.1. 能见度数据渐进式下滑

2021 年 12 月 19 日、21 日、22 日, 机务员巡视检查发现贵阳龙洞堡机场东跑道中间端 TR30LED 在

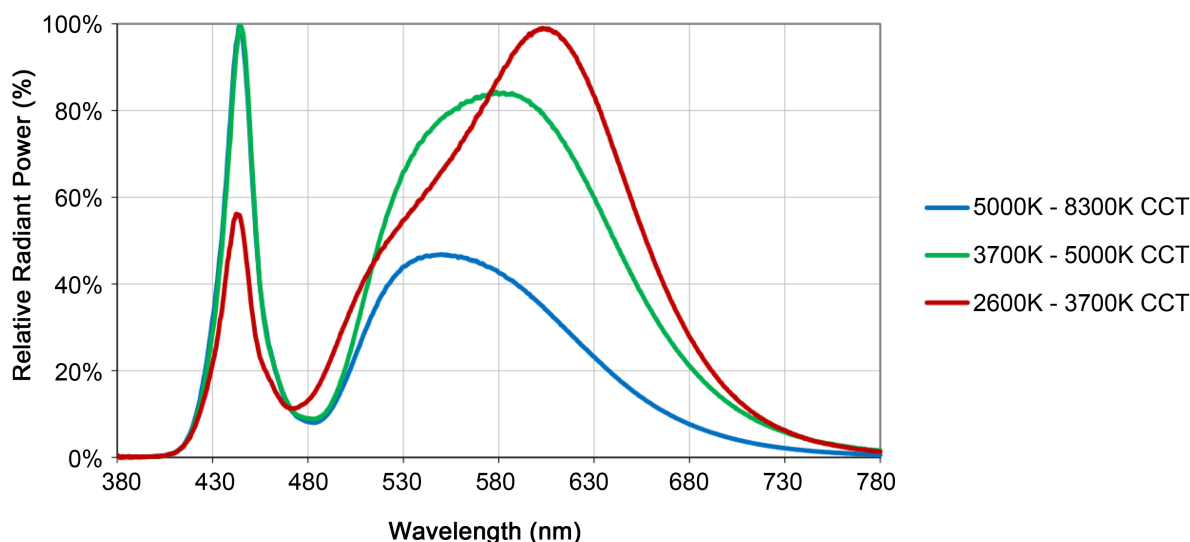


Figure 2. Spectrum distribution map of T LED light source

图 2. T LED 光源光谱分布图

每日约 16:20 以后探测的能见度会出现逐渐下降现象,能见度值从 10,000 米缓慢降至 3200 米左右,这与观测员观测的能见度值及其它端设备测量的能见度值相差较大。查看自动气象观测系统传感器监控窗口没有任何告警,状态码显示为 127,为正常状态。鉴于该监测点能见度数据常呈现渐进式下滑趋势,这一现象与本场内其它端大气透射仪测得的能见度数据产生不一致,构成数据冲突,如图 3 所示。尤其在恶劣天气条件下,此种数据不一致的情况无疑会影响跑道视程(RVR)的有效计算,致使自动气象观测系统输出的 RVR 值偏离真实情况,对飞行安全构成潜在威胁。即便在较为晴朗的天气里,此类数据不一致性也会显著加剧观测员的工作负担,迫使他们进行更为频繁的核对与调整,从而增加工作复杂度与强度。

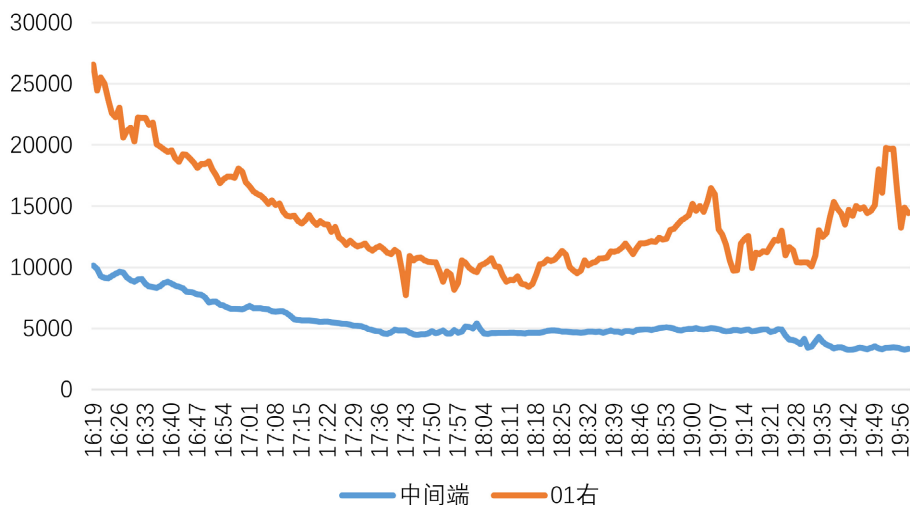


Figure 3. Line chart of visibility value change on December 19, 2021

图 3. 2021 年 12 月 19 日能见度值变化折线图

3.2. 能见度数据突降异常

2022 年 2 月 26 日,贵阳机场东跑道中间端 TR30LED 状态码间断性出现 S#105 状态码,发生数据中

断, 但数分钟后数据能够自动恢复正常[3]; 在首次出现此状态码之前能见度数据正常, 当自动恢复正常状态时, 能见度数据发生突降。

4. 原因分析及处理

针对上文中两种能见度异常变化现象, 分别开展原因分析和处置, 具体如下。

4.1. 能见度数据渐进式下滑分析与处理

4.1.1. 初步分析

首先, 维护人员可通过维护终端的监控界面查看设备的工作状态信息, 经检查显示为正常状态。其次, 维护终端上也可以通过远程接收设备的实时数据和状态码信息, 经接收查看反馈的状态码, 显示为正常状态(状态码为 127)。

4.1.2. 机械对准问题

针对能见度数据常呈现渐进式下滑趋势后, 维护人员到设备现场对设备的运行环境进行了排查, 检查中间端 TR30LED 接收机和发射机的镜头均无污染情况, 且光学测量通路上未有其他遮挡物。在对设备进行了能见度校准后, 数据恢复正常。接下来的第三天(21 日)和第四天(22 日), 数据依旧出现缓慢下降。对近日数据进行分析后发现, 能见度下降情况均出现在下午日落时分(16:20 左右)。在排除了因环境(如施工灰尘等)影响的原因后, 推测为傍晚时刻的日照减少了对立柱热膨胀产生温差变化, 如果恰好受到周围环境影响(比如风速过大或地基轻微震动), 就有可能造成机械对准出现细微变化, 此时设备不断对细微变化做出补偿算法, 数据就可能出现持续平滑(数值偏低)的情况。例如 2021 年 12 月 19 号、21 号、22 号这几天出现中间端能见度偏低时, 风速都有一些较为明显的变化, 如图 4~6 所示(图中, 灰色是中间端大透数据、蓝色是 19 左大透数据、黄色是 01 右大透数据、红色是风数据)。

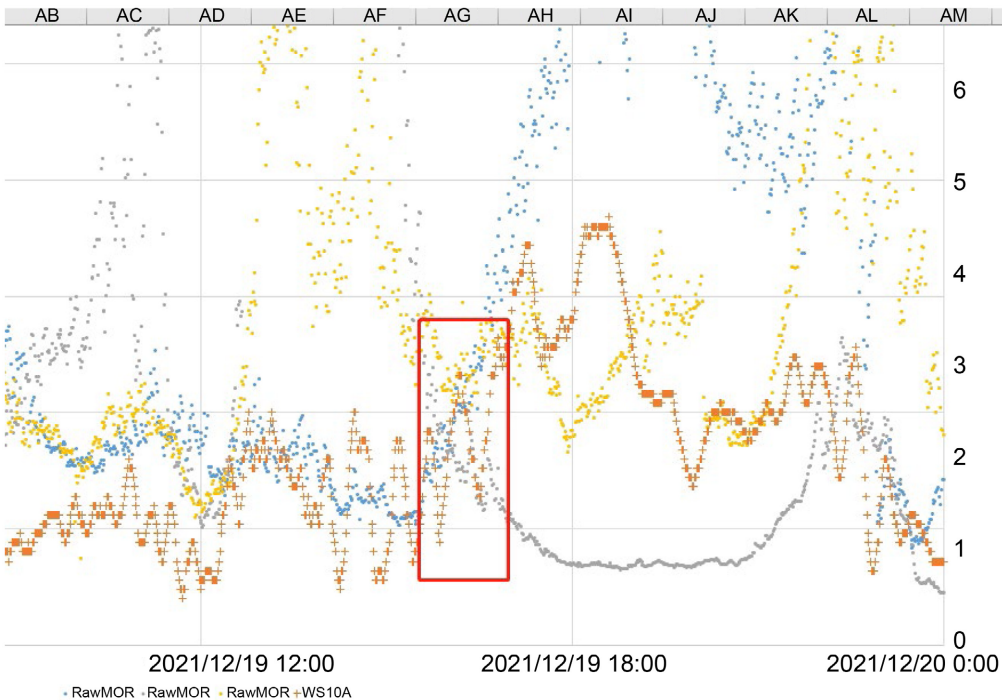


Figure 4. Data analysis chart on December 19, 2021
图 4. 2021 年 12 月 19 日数据分析图

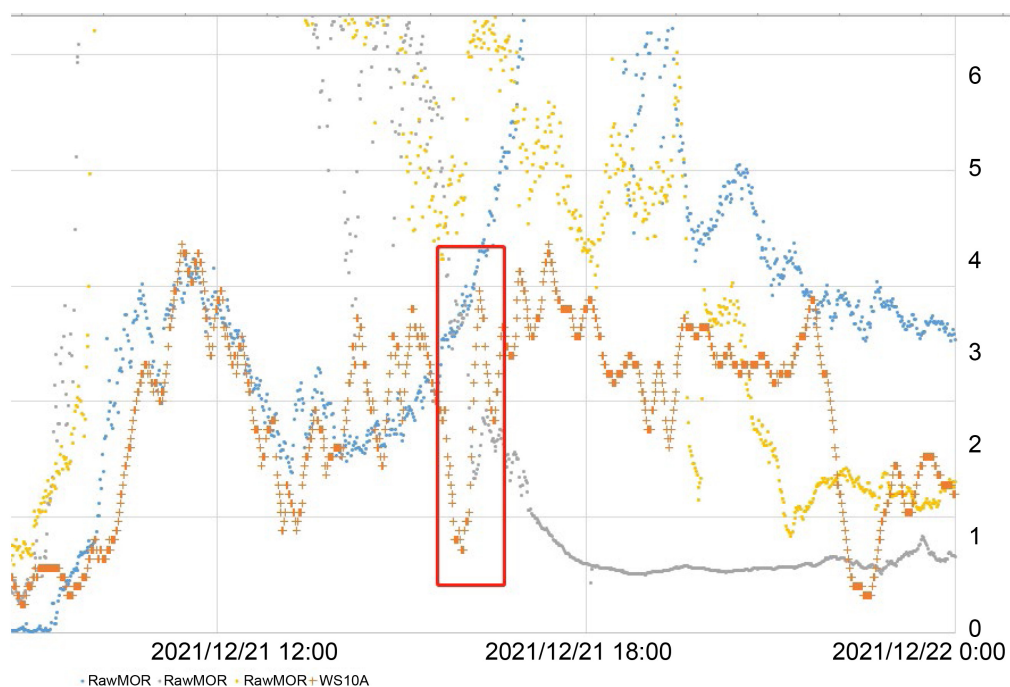


Figure 5. Data analysis chart on December 21, 2021

图 5. 2021 年 12 月 21 日数据分析图

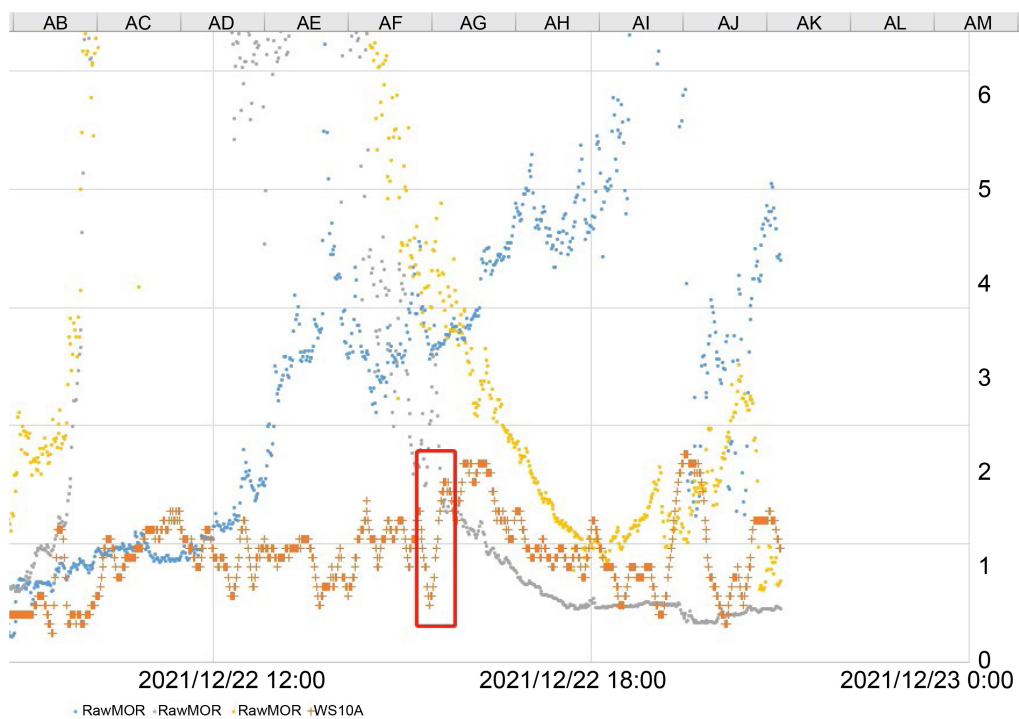


Figure 6. Data analysis chart on December 22, 2021

图 6. 2021 年 12 月 22 号数据分析图

因此推测设备的接收通量值(Rx Flux)可能处在临界状态, 两端立柱的机械对准出现异常。检查发现 TR30LED 当前的接收通量值为 106.8% (手册参考范围为 36%~120%之间), 但在接近 100%的时候最为可

靠[4]。因此,对设备进行细对准操作。

TR30LED 大气透射仪的细对准操作主要包括对发射机垂直位置细对准、发射机水平位置细对准、接收机垂直位置细对准、接收机水平位置细对准,以上对发射机和接收机的对准操作均需手动执行。经过此次细对准,将接收通量值从 106.8%调整到 98.5%,使得接收通量值被调整至更加可靠的范围内。做完细校准,TR30LED 稳定运行一段时间内未出现能见度数据渐进式下滑的现象。

4.2. 能见度数据突降异常分析与处理

4.2.1. 分析

2022 年 2 月 26 日开始,贵阳机场东跑道中间端 TR30LED 的测量值发生突降现象,检查状态码偶有 S#105 出现(105:表示有效数据小于 80%) [5],过几分钟后状态码便自行恢复正常(状态码为 127),但能见度值异常变低,不能恢复正常,如图 7 所示(能见度值在中断后由 9970 变为 3080)。

```
2022-02-26 13:55:29 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.21<SP>010840<SP>010580<SP>+10000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09953<SP>+221<SP>01.91<SP>C7<SP><CR><LF>
2022-02-26 13:56:28 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.22<SP>010960<SP>010570<SP>+10000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09896<SP>+227<SP>01.92<SP>D7<SP><CR><LF>
2022-02-26 13:57:27 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.29<SP>011230<SP>010660<SP>+10000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09925<SP>+230<SP>01.92<SP>C8<SP><CR><LF>
2022-02-26 13:58:26 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.22<SP>011000<SP>010740<SP>+10000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>10020<SP>+230<SP>01.92<SP>A5<SP><CR><LF>
2022-02-26 13:59:25 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.14<SP>010000<SP>010770<SP>+10000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>10150<SP>+230<SP>01.92<SP>AC<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:00:24 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.09<SP>009410<SP>010630<SP>009000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>10408<SP>+230<SP>01.92<SP>CB<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:01:23 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.14<SP>009970<SP>010540<SP>009000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>10483<SP>+222<SP>01.92<SP>D6<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:02:22 TR30<SP>V3.3<SP>105<SP>100.00<SP>010600<SP>011780<SP>+10000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09953<SP>+221<SP>01.92<SP>73<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:03:21 TR30<SP>V3.3<SP>105<SP>100.00<SP>011780<SP>011780<SP>+10000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09953<SP>+221<SP>01.92<SP>73<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:04:20 TR30<SP>V3.3<SP>099<SP>097.24<SP>003080<SP>009660<SP>003000<SP>009000<SP>+2000<SP>+2000<SP>10292<SP>+213<SP>00.00<SP>D3<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:05:19 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.68<SP>003670<SP>003630<SP>003600<SP>008000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09955<SP>+216<SP>00.00<SP>E5<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:06:18 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.68<SP>003670<SP>003650<SP>003600<SP>003600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09817<SP>+213<SP>00.00<SP>E2<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:07:17 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.59<SP>003530<SP>003630<SP>003500<SP>003600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09911<SP>+224<SP>00.00<SP>D7<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:08:16 TR30<SP>V3.3<SP>024<SP>097.53<SP>003430<SP>003590<SP>003400<SP>003500<SP>+2000<SP>+2000<SP>10005<SP>+224<SP>00.00<SP>C1<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:09:15 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.48<SP>003370<SP>003550<SP>003300<SP>003500<SP>+2000<SP>+2000<SP>10065<SP>+224<SP>00.00<SP>CD<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:10:14 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.46<SP>003340<SP>003520<SP>003300<SP>003500<SP>+2000<SP>+2000<SP>10048<SP>+223<SP>00.00<SP>C5<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:11:13 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.45<SP>003320<SP>003490<SP>003300<SP>003400<SP>+2000<SP>+2000<SP>10014<SP>+225<SP>00.00<SP>C2<SP><CR><LF>
```

Figure 7. Diagram of status code and visibility change after the device is offline

图 7. 设备离线后状态码及能见度变化图

维护人员前往现场检查,对设备进行重启并校准后,数据短暂恢复正常,但几小时后又再次出现 S#105 现象。根据手册指示,状态码 S#105 表示发射机硬件故障,故障点有可能是 LED 光源、发射通量测量板、发射测量板、线缆等。

4.2.2. 能见度数据异常突降的处置

因可能的故障点较多,分析图 7 可知,设备自动恢复以后,MOR 值远低于正常值,首先进行能见度校准,能见度能够恢复且值正常,但当第二次数据中断时,自动恢复以后同样出现 MOR 值异常,由 TR30LED 的测量原理可知,LED 光源最有可能导致能见度偏低,因此推测 LED 模块工作老化异常。于是,对 LED 光源进行了更换。

更换时的主要注意事项如下:1) 关闭 TR30LED 的发射机供电电源;2) 取下灯泡温度传感器及镜子组件时小心高温烫伤;3) 不要用手直接触摸 LED 灯泡(使用手套或垫布);4) 更换完毕后,需要进行能见度校准。

经更换 LED 光源后,故障情况依然未消除。2022 年 3 月 1 日,因无法确定某一个配件故障,根据故障代码提示,随后依次更换发射通量测量板、发射测量板,并做能见度校准后,设备短暂恢复正常。2022 年 3 月 2 日 7 时 50 分,设备再次出现离线且数据不能自动恢复。可见,前期的分析和处置未能找到故障的真正原因。

再次对历史告警记录进行深入分析,发现故障期间偶尔会出现 024 告警代码,如图 8 所示。图中 024 表示占空比超限(小于 45%,或大于 55%)。

因前期对状态码提示所涉及的所有配件进行了更换,现将排查的重点放在了线缆上。对设备原装的发射端供电线缆(红色)和发射端信号线缆(蓝色)进行重新拔插操作,发现重新拔插线缆后,设备能短暂输

```

2022-02-26 14:00:24 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.09<SP>009410<SP>010630<SP>009000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>10408<SP>+230<SP>01.92<SP>CB<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:01:23 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>099.14<SP>009970<SP>010540<SP>009000<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>10483<SP>+222<SP>01.92<SP>D6<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:02:22 TR30<SP>V3.3<SP>105<SP>100.00<SP>////////<SP>010600<SP>////////<SP>+10000<SP>////////<SP>+2000<SP>////////<SP>+221<SP>01.92<SP>73<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:03:21 TR30<SP>V3.3<SP>105<SP>100.00<SP>////////<SP>011780<SP>////////<SP>+10000<SP>////////<SP>+2000<SP>////////<SP>+215<SP>00.00<SP>74<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:04:20 TR30<SP>V3.3<SP>099<SP>097.24<SP>003080<SP>009660<SP>003000<SP>009000<SP>+2000<SP>+2000<SP>10292<SP>+213<SP>00.00<SP>D3<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:05:19 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.68<SP>003670<SP>003630<SP>003600<SP>003600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09955<SP>+216<SP>00.00<SP>E5<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:06:18 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.68<SP>003670<SP>003650<SP>003600<SP>003600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09817<SP>+213<SP>00.00<SP>E2<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:07:17 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.59<SP>003530<SP>003630<SP>003500<SP>003600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09911<SP>+224<SP>00.00<SP>D7<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:08:16 TR30<SP>V3.3<SP>024<SP>097.53<SP>003430<SP>003590<SP>003400<SP>003500<SP>+2000<SP>+2000<SP>10005<SP>+224<SP>00.00<SP>C1<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:09:15 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.48<SP>003370<SP>003550<SP>003300<SP>003500<SP>+2000<SP>+2000<SP>10065<SP>+224<SP>00.00<SP>CD<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:10:14 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.46<SP>003340<SP>003520<SP>003300<SP>003500<SP>+2000<SP>+2000<SP>10048<SP>+223<SP>00.00<SP>C5<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:11:13 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.45<SP>003320<SP>003490<SP>003300<SP>003400<SP>+2000<SP>+2000<SP>10014<SP>+225<SP>00.00<SP>C2<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:12:12 TR30<SP>V3.3<SP>099<SP>097.38<SP>003240<SP>003460<SP>003200<SP>003400<SP>+2000<SP>+2000<SP>09840<SP>+225<SP>00.00<SP>D8<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:13:11 TR30<SP>V3.3<SP>099<SP>097.45<SP>003330<SP>003450<SP>003300<SP>003400<SP>+2000<SP>+2000<SP>09823<SP>+221<SP>00.00<SP>D3<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:14:10 TR30<SP>V3.3<SP>024<SP>092.99<SP>001180<SP>002970<SP>001100<SP>002900<SP>01200<SP>+2000<SP>10046<SP>+220<SP>00.00<SP>CC<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:15:09 TR30<SP>V3.3<SP>024<SP>095.08<SP>001700<SP>002970<SP>001700<SP>002900<SP>01700<SP>+2000<SP>10114<SP>+215<SP>00.00<SP>CE<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:16:08 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.35<SP>003200<SP>002650<SP>003200<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>10042<SP>+219<SP>00.00<SP>BF<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:17:07 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.40<SP>003260<SP>002650<SP>003200<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09964<SP>+217<SP>00.00<SP>D4<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:18:06 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.45<SP>003330<SP>002630<SP>003300<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09992<SP>+215<SP>00.00<SP>D5<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:19:05 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.52<SP>003420<SP>002630<SP>003400<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09991<SP>+209<SP>00.00<SP>D6<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:20:04 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.44<SP>003320<SP>002630<SP>003300<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09772<SP>+212<SP>00.00<SP>CC<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:21:03 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.36<SP>003210<SP>002630<SP>003200<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09521<SP>+213<SP>00.00<SP>C3<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:22:02 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.34<SP>003190<SP>002620<SP>003100<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09290<SP>+212<SP>00.00<SP>C8<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:23:01 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.33<SP>003170<SP>002620<SP>003100<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>09049<SP>+212<SP>00.00<SP>C7<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:24:00 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.38<SP>003240<SP>002610<SP>003200<SP>002600<SP>+2000<SP>+2000<SP>08888<SP>+218<SP>00.00<SP>DA<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:24:59 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.46<SP>003340<SP>002940<SP>003300<SP>002900<SP>+2000<SP>+2000<SP>08887<SP>+220<SP>00.00<SP>DC<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:25:58 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.42<SP>003290<SP>003270<SP>003200<SP>003200<SP>+2000<SP>+2000<SP>08995<SP>+224<SP>00.00<SP>D6<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:26:57 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.40<SP>003270<SP>003280<SP>003200<SP>003200<SP>+2000<SP>+2000<SP>09123<SP>+224<SP>00.00<SP>C3<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:27:56 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.45<SP>003330<SP>003280<SP>003300<SP>003200<SP>+2000<SP>+2000<SP>09299<SP>+221<SP>00.00<SP>D1<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:28:55 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.49<SP>003380<SP>003280<SP>003300<SP>003200<SP>+2000<SP>+2000<SP>09495<SP>+220<SP>00.00<SP>D7<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:29:53 TR30<SP>V3.3<SP>024<SP>097.54<SP>003450<SP>003280<SP>003400<SP>003200<SP>+2000<SP>+2000<SP>09372<SP>+220<SP>00.00<SP>C8<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:30:52 TR30<SP>V3.3<SP>105<SP>100.00<SP>////////<SP>003410<SP>////////<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09372<SP>+216<SP>00.00<SP>77<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:31:51 TR30<SP>V3.3<SP>024<SP>097.54<SP>003450<SP>011150<SP>003400<SP>+10000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09273<SP>+218<SP>00.00<SP>C1<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:32:50 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.43<SP>003300<SP>006350<SP>003300<SP>006000<SP>+2000<SP>+2000<SP>09272<SP>+221<SP>00.00<SP>C5<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:33:49 TR30<SP>V3.3<SP>024<SP>094.01<SP>001390<SP>004680<SP>001300<SP>004600<SP>01400<SP>+2000<SP>09312<SP>+222<SP>00.00<SP>C9<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:34:48 TR30<SP>V3.3<SP>127<SP>097.36<SP>003210<SP>003240<SP>003200<SP>003200<SP>+2000<SP>+2000<SP>09029<SP>+222<SP>00.00<SP>C1<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:35:47 TR30<SP>V3.3<SP>024<SP>094.79<SP>001600<SP>003240<SP>001600<SP>003200<SP>01600<SP>+2000<SP>08922<SP>+222<SP>00.00<SP>CF<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:36:46 TR30<SP>V3.3<SP>105<SP>100.00<SP>////////<SP>002220<SP>////////<SP>002200<SP>////////<SP>+2000<SP>+2000<SP>+222<SP>00.00<SP>6F<SP><CR><LF>
2022-02-26 14:37:45 TR30<SP>V3.3<SP>105<SP>100.00<SP>////////<SP>002540<SP>////////<SP>002500<SP>////////<SP>+2000<SP>+2000<SP>+226<SP>00.00<SP>7B<SP><CR><LF>

```

Figure 8. Diagram of offline status code changes of the device

图 8. 设备离线状态码变化情况图

出数据, 经过多次插拔尝试, 锁定蓝色线缆存在接触异常情况。在剥开信号线缆进行检查后, 发现线缆其中的一根线芯出现断裂, 如图 9 所示。

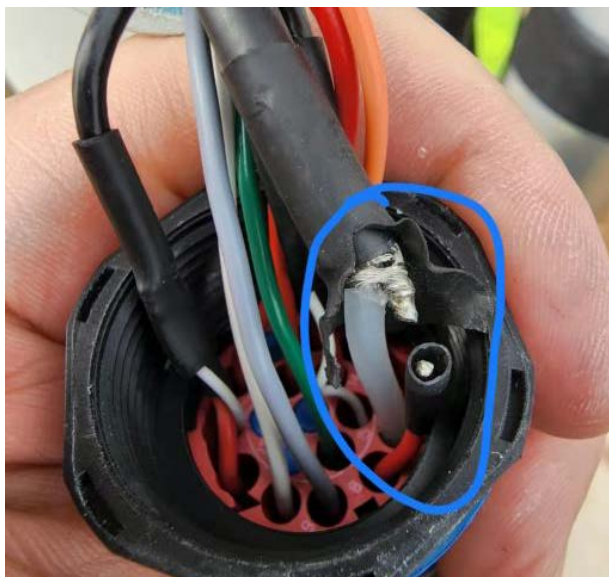


Figure 9. Signal cable at the transmitting end

图 9. 发射端信号线缆

因原设备配备的手册未有此线缆的介绍, 经进一步向法国厂家咨询, 确认信号线缆所断线芯为发射机测量单元与主板的通信线缆, 如图 10 所示的第 7 芯。蓝色线缆断裂导致 LED 光源信号缺失, 因此造成 TR30LED 的调制信号未被测量单元探测到, 所以出现了 024 状态[6]。

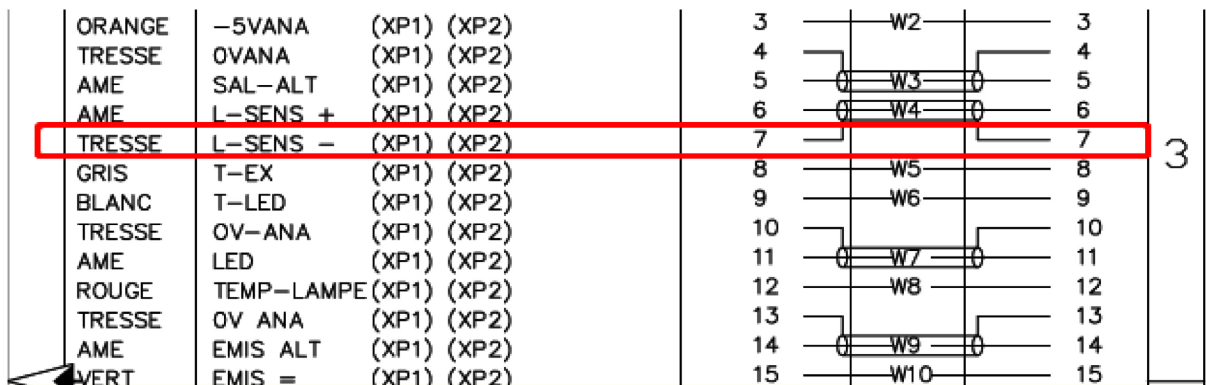


Figure 10. Signal cable core function definition
图 10. 信号线缆线芯功能定义

为了验证这一分析并恢复设备的正常运行，更换新的信号线缆，对 TR30LED 进行能见度校准，测量值恢复正常。在后期连续运行一段时间期间内，TR30LED 能持续稳定运行，未出现 105 和 024 状态码及能见度数据异常情况。

4.3. 两类能见度异常情况的联系

通过深入分析，我们发现上文中两种能见度异常情况实际为独立故障情况，但因发生时间的间隔较短，容易让维修人员产生误判，在处置的过程中就会产生干扰，误以为是同一个原因导致的故障。

这给维修人员做出了提醒：在实际维修工作中，要深入掌握设备的工作机制，才能快速地锁定故障范围，排除故障[7]；也提示维修人员在维修作业时，需按章操作、谨慎心细。在前期维护维修过程中，信号线缆可能存在接触不良，导致 LED 光源信号缺失，从而引起 TR30LED 探测数据时断时续。因本场 TR30LED 没有自动校准功能，所以当信号线缆恢复接触后，设备本身检测到有硬件的变化，配置参数会发生相应变化，能见度就不能够自动恢复正常数值，从而在表象上出现能见度突降的现象，需要进行手动校准才能恢复。而在后期处置的过程中，可能拉扯到信号线缆导致其彻底断裂，所以 TR30LED 数据中断后未能恢复。

5. 小结

导致 TR30LED 能见度数据出现异常现象的两大根源：设备内部工作的不稳定性和外部运行环境的动态变化。

首先，设备工作不稳定性问题主要聚焦于 TR30LED 的光学单元。具体而言，光学单元的性能波动，包括但不限于光源强度的非均匀变化、光接收器的灵敏度漂移以及光路系统的微小偏差，均可能引发测量结果的波动，从而导致能见度数据异常缓慢下降，且不能自动恢复。本文中因 TR30LED 的两根立杆因环境变化出现偏移，导致需要做对准操作，因此日常维护中需要定期检查 TR30LED 的 Rx Flux 值是否在合理的范围内。此外，因本场 TR30LED 没有自动校准功能，通信线缆的接触不良或者板件老化也会导致能见度异常。

其次，运行环境的变化也是不可忽视的因素。TR30LED 在测量过程中，其光路不可避免地会受到外界大气环境的影响。例如，光路上方突然出现的烟雾、尘埃等颗粒物，以及镜头附近移动的物体(如飞鸟、昆虫等)，均会改变光在传输过程中的吸收和散射特性，进而引起光通量的显著变化，最终反映在能见度数据的跳变上。因此，合理布局观测站点、定期清理光路，以及采用先进的数据处理算法来识别和过滤环境干扰，是减少此类影响的有效手段。

参考文献

- [1] 伊德日呼. LT31 大气透射仪能见度跳变故障案例分析[J]. 科技创新与应用, 2018(11): 107-108.
- [2] 邱尽梅. MITRAS 大气透射仪能见度跳变故障浅析[J]. 中国设备工程, 2017(16): 228-229.
- [3] 范晋军. LT31 大气透射仪在机场能见度测量中的应用研究[J]. 科技创新导报, 2015, 12(34): 35-36+38.
- [4] 王晶红. 大气透射仪 LT31 的测量原理及维护方法[J]. 电子技术与软件工程, 2014(21): 165.
- [5] 郭志萍, 赵刚. 大气透射仪自动校准原理及相关问题的分析讨论[J]. 中国新通信, 2018, 20(8): 210-211.
- [6] 倪春锋. 航空气象数据实时监测系统的设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2018(11): 129-132.
- [7] 宋中玲, 张静, 潘艳秋. 前向散射能见度仪的日常维护及常见故障处理[J]. 气象水文海洋仪器, 2016, 33(3): 109-113.