

卢舟,王凡,王舜,等. DNQ3 型能见度仪故障分析及校准方法研究[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(2): 114 - 118.

DNQ3 型能见度仪故障分析及校准方法研究

卢舟^{1,2}, 王凡², 王舜², 刘钟中³, 刘志鹏³, 余菁力³

(1. 气象防灾减灾湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410118; 2. 湖南省临澧县气象局, 湖南 临澧 415200;
3. 湖南省常德市气象局, 湖南 常德 415000)

摘要: 为有效提高国家地面气象观测站能见度仪观测数据准确性和设备运行稳定性, 对能见度仪开展日常维护、核查校准、数据质控和故障修复等工作显得尤为重要。该文通过对 DNQ3 型前向散射能见度仪硬件结构和基本工作原理的介绍, 以及对一些典型故障进行分析, 总结出能见度仪的检测维修流程, 归纳了对应的故障解决措施, 凝练出该型能见度仪的核查校准和疑误数据质控方法, 为一线业务人员开展能见度仪常规维护、故障排查、运行监控等提供借鉴。

关键词: 能见度仪; 检测流程; 典型故障; 核查校准; 数据质控

中图分类号: P415.3⁺3 **文献标识码:** B

Research on Fault Analysis and Calibration Method of DNQ3 Visibility Meter

LU Zhou^{1,2}, WANG Fan², WANG Shun², LIU Zhongzhong³, LIU Zhipeng³, SHE Jingli³

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation in Hunan Province, Changsha 410118, China; 2. Linli Meteorological Bureau of Hunan Province, Linli 415200, China;
3. Changde Meteorological Bureau of Hunan Province, Changde 415000, China)

Abstract: In order to effectively improve the observation data accuracy and equipment operation stability of the visibility meter in the national ground meteorological observation station, it is particularly important to carry out daily maintenance, verification and calibration, data quality control and fault repair of the visibility meter. By introducing the hardware structure and basic working principle of DNQ3 forward scattering visibility meter, and analyzing some typical faults, this paper summarizes the detection and maintenance process of the visibility meter, summarizes the corresponding troubleshooting measures, and summarizes the verification calibration and suspected error data quality control method of the visibility meter. It provides reference for frontline service personnel to carry out routine maintenance, troubleshooting, and operation monitoring of visibility meter.

Key words: visibility meter; detection process; typical faults; verification calibration; data quality control

0 引言

能见度是反映某个时间段内大气透明度和环境空气质量的重要参数之一。能见度观测分为人工目测和自动仪器观测, 常用的能见度自动观测仪器有前向散射式能见度仪、透射式能见度仪等^[1]。

随着地面气象观测自动化进程全面推进, 从 2013 年开始湖南省各地区国家气象观测站(以下简称“国家站”)陆续安装了 DNQ3 型前向散射能见度仪, 能见度观测由人工观测转变为仪器自动化观测。能见度仪的安装大大减轻了基层观测业务人员的工作量, 观测精准度和频次得到极大提升。从

收稿日期: 2022 - 04 - 23

第一作者简介: 卢舟(1990—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事气象装备技术保障工作, E-mail: 494256382@qq.com。

资助项目: 常德市气象局 2021 年度科研课题: 区域自动站供电及通讯系统改良方法研究; 湖南省气象局 2023 年创新发展青年专项(CXFZ2023 - QNZX09): 自动气象站改良关键技术研究。

基层台站长期使用的实际情况来看,能见度自动观测设备还存在定期校准不及时、缺乏有效数据质控方法、特殊观测设备抢修无条理等问题。本文基于DNQ3 型前向散射能见度仪的硬件结构和工作原理,分析能见度仪的硬件检修流程和核查校准方法,详细介绍了一些常见的典型故障,归纳总结出相应的故障排查方法,以期提高业务人员的维修效率,确保能见度仪持续稳定观测。

1 能见度仪结构及工作原理

1.1 能见度仪结构

DNQ3 型能见度仪是凯迈(洛阳)环测有限公司生产的自动观测能见度智能设备。它既可以单独与微机终端连接组成能见度自动观测系统,也可以作为国家气象观测站、交通气象站等自动气象站的子采集系统进行数据采集^[2]。

该 DNQ3 型前向散射能见度仪包含传感器、供电系统、通讯系统、采集器 4 个主要组成部分及避雷针、连接线缆等配件。其中,传感器包括接收器、发射器和控制处理器^[3];供电系统包括供电电源、变压器、充放电控制器、蓄电池、空气开关、电源防雷器和信号防雷器等;通讯系统主要包括串行通信

接口、信号格式转换器等。其外观结构示意图和内部硬件组成图如图 1、图 2 所示。

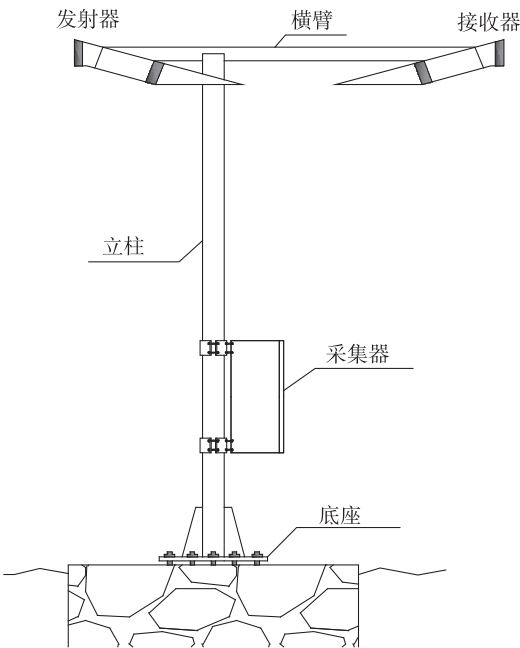


图 1 DNQ3 型前向散射能见度仪结构示意图
Fig. 1 Structure diagram of DNQ3 forward scattering visibility meter

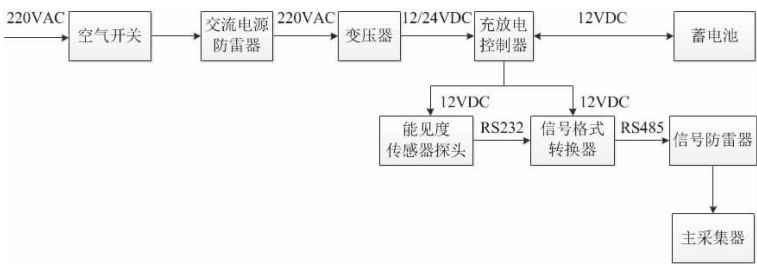


图 2 DNQ3 型前向散射能见度仪硬件组成图
Fig. 2 Hardware composition diagram of DNQ3 forward scattering visibility meter

1.2 能见度仪工作原理

散射和吸收导致了大气中光的衰减,而光经由各种颗粒产生的散射现象是影响能见度的主要因素,所以通过测量散射系数可估算出气象光学视程(MOR)^[4]。前向散射能见度仪的发射器与接收器的安装位置之间需要有一定距离并成一定角度(图 1),取前向散射角在 25°~45°之间。此时,同一散射角的散射强度与消光系数成正比,且散射消光比对采样区大气浓度和粒径分布变化不敏感,前向散射光越强消光系数越大,气象光学视程越小,反之亦然。接收器只能接收到采样区大气的前向散射光,通过测量散射光强度可获得散射系数,从而估算出消光系数。根据柯西米德定律,气象光学视程

的计算公式为^[5]:

$$MOR = \frac{-\ln(\varepsilon)}{\sigma} \tag{1}$$

式中:MOR 为气象光学视程,ε 为对比阈值,σ 为消光系数。根据世界气象组织对能见度的定义取 ε 值为 0.05 计算能见度,此时有:

$$MOR \approx \frac{2.996}{\sigma} \tag{2}$$

通过式(2)即可计算出气象光学视程。

发射器的红外发光管不断发射红外光束,接收器将采样区内大气前向散射光汇集到光电传感器的接收面上,并将光信号转换成与能见度成反比的电信号,如图 3 所示。数据处理单元对电信号进行

处理后计算散射光强,进而反演出当前的气象光学视程。

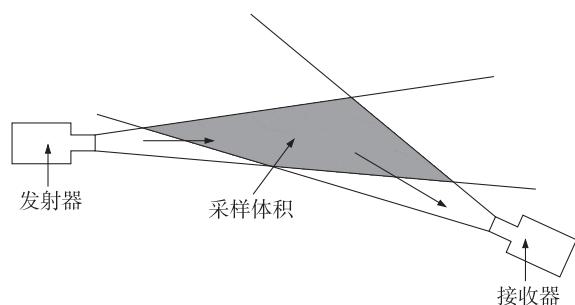


图 3 DNQ3 型前向散射能见度仪光学原理示意图

Fig. 3 Optical principle diagram of DNQ3 forward scattering visibility meter

2 能见度仪故障检测和处理流程

能见度仪故障主要表现为数据缺测、数据偏低或持续不变、异常跳变等,通过查询数据、对比自动观测和人工观测值、现场硬件检测等方法能判断出能见度仪的故障原因。在日常值班过程中业务人员应定时查看地面综合观测业务软件 ISOS 中的能见度数据,并将自动观测数据与人工观测数据进行对比,初步判断自动观测数据是否有疑误;当数据缺测时软件会直接显示斜杠。或者通过台站视频监控系统,对能见度实况数据进行基本判断。

根据能见度仪的组成结构,对其开展故障检测可分别从供电系统、传感器探头、通讯系统、连接线缆 4 个方面着手^[6-7]。

(1)供电检测主要分为 220 V 交流供电和 12 V 直流供电检测,重点检查空气开关、变压器、充放电控制器的输入输出以及传感器探头供电电压、信号格式转换器供电电压。正常情况下,交流电输入输出应在 220 V 左右,直流电输入为 12/24 V、输出为 12 V。

(2)检查传感器探头信号线红蓝和白蓝之间的电压值,红蓝之间电压在 -8 V 左右,白蓝之间电压在 -6.89 V 左右,根据实况能见度值的不同可能有所差异。

(3)检查信号格式转换器闪灯情况,正常情况下 PWR 灯常亮、TXD 灯 1 min 闪烁 1 次、RXD 灯不亮。

(4)最后检查供电和通信连接线缆是否有松动、断路、接触不良等情况。

同时还可通过观察机箱内闪灯情况来判断各

模块是否正常工作。正常情况下,变压器 DC OK 灯常亮,充放电控制器 INFO 绿灯常亮、BATTERY 绿灯常亮或持续闪烁。若出现闪灯异常说明对应模块存在故障。能见度仪故障硬件检修流程如图 4 所示。

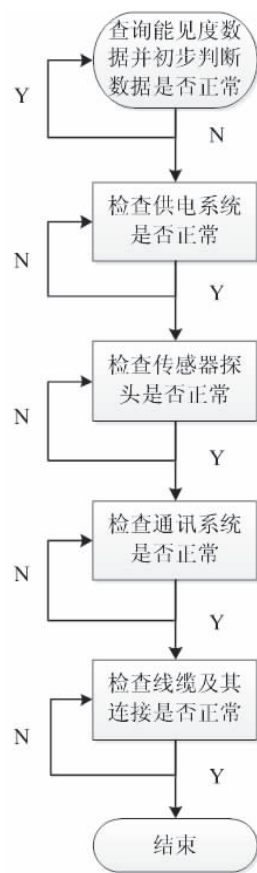


图 4 能见度仪故障硬件检修流程

Fig. 4 Hardware maintenance process of visibility meter fault

3 典型故障分析

3.1 能见度数据缺测

能见度仪数据缺测主要有供电故障、传感器损坏 2 方面原因。当观测场停电或遭遇雷雨天气供电线路空开跳闸时,若蓄电池电量用尽,能见度仪会停止工作造成数据缺测;机箱内充放电控制器故障负载端无输出时,也会导致能见度仪停止工作,此时能见度数据缺测。传感器损坏主要原因是长期在野外使用,原先密封的前端电路板箱体和镜头处进入水汽,传感器数据采集出现异常或缺测。

3.2 能见度数据偏低

能见度仪数据偏低主要是由传感器镜头出现污垢、传感器探头硬件故障、供电变压器损坏等原因造成。

3.2.1 传感器镜头不干净 2021 年 9 月 29 日上

午,临澧国家站业务人员发现能见度数据偏低,人工观测能见度值接近 30 000 m,而自动观测能见度值仅在 20 000 m 左右,初步判定数据偏低为能见度传感器发射端镜头上有污垢造成,17 时整点过后对能见度仪传感器发射端镜头进行清洁处理,18 时能见度数据为 29 200 m,与实况基本一致,数据恢复正常。

3.2.2 传感器硬件故障 2020 年 9 月中旬,汉寿国家站业务人员发现能见度仪数据与人工观测值相比持续偏低,现场清洁传感器镜头后仍无法恢复。2020 年 9 月 18 日 10 时更换传感器探头后,15 时能见度数据达到 30 000 m,与实况一致,恢复正常,表明数据偏低是能见度仪传感器不正常导致。

3.2.3 变压器损坏 2021 年 9 月 4 日,临澧国家站业务人员发现能见度数据持续偏低,保持在 3500 m 左右,天气实况为晴天间多云,与人工观测值对比相差较大。通过测量电压发现机箱内变压器输出空载为 22.8 V,但输入到充放电控制器后为 0 V,判断变压器损坏,更换变压器后,21 时能见度数据为 8000 m,与常德地区其他国家站能见度数据接近,仪器恢复正常。

3.3 能见度数据持续不变

2020 年 12 月 3 日 08 时,常德国家基本气象观测站业务人员发现能见度数据从 2 日 23 时开始一直处在 30 000 m 不变,当日天气实况为小雨,且自动观测值与人工观测值对比相差较大,现场测试供电及通信均正常,初步判断为能见度仪传感器故障。16 时整点后更换传感器,能见度数据恢复正常,可见能见度探头异常时其值也为 30 000 m。

2021 年 1 月 7 日,临澧县 04 时左右开始降雪,08 时该站业务人员发现能见度数据持续 2 个时次为 30 000 m,与人工观测能见度相差较大,到现场后发现能见度仪发射端和接收端均被积雪堵住,清理后能见度数据恢复正常,可见能见度探头两端被堵死时其值也为 30 000 m。

3.4 能见度数据异常跳变

在日常观测过程中,能见度数据出现异常跳变的情况较为普遍,主要表现为能见度数据骤降,这种情况大多数是由飞鸟、蜘蛛或其它昆虫出现在采样区导致的,可采取在发射端、接收端、基座、支架等位置放置硫磺、驱虫剂或安装驱虫设备等方式解决,减少此类现象的发生。

4 能见度仪核查校准及数据质控

4.1 能见度仪核查校准

能见度仪核查主要需要使用堵头、散射板和衰

减模块等装置^[8],可分别检查能见度仪的量程上限(30 000 m)、中值(1000 m)和低值(100 m)。

(1)在接收端安装堵头或遮挡物,完全阻挡前向散射光进入接收端,模拟能见度极好天气情况,待能见度数据稳定后,输出值应为设备量程上限。

(2)取下堵头,在发射端安装散射板,进入接收端的前向散射光较强,模拟能见度极差天气情况,待能见度数据稳定后,输出值应在 90 ~ 110 之间。

(3)将散射板和衰减板分别安装在发射端和接收端,有前向散射光进入接收端但光强较弱,模拟能见度一般天气情况,待能见度数据稳定后,输出值应在 900 ~ 1100 之间。

若能见度仪的低值和中值输出均在正常范围内,则认为能见度仪工作正常,反之,则应对能见度仪进行校准。将散射板安装在能见度仪发射端,输入 CALI_OPEN 命令,进入校准模式,稳定 10 min 后,输入 CALI_OUT 命令,检查 R_CALI1,如果该值超出正常低值范围则需进行校准操作,输入 CALI_DO 命令,返回 OK 即完成对能见度仪低值的校准,输入 CALI_OUT 命令,查看 R_CALI1,其值应在 90 ~ 110 之间;将散射板和衰减板分别安装在发射端和接收端,稳定 10 min 后,对 R_CALI2 值进行检查,如果该值超出正常中值范围则需进行校准操作,校准方法和低值校准方法类似;最后输入 CALI_CLOSE 命令结束校准操作。

4.2 能见度数据质控

自动观测能见度数据主要分为 1 min 平均能见度、10 min 平均能见度以及 10 min 滑动平均能见度。现有质控方式为国家、省、台站 3 级质控,省级质控主要通过 MDOS 系统对能见度数据使用界限值检查等简单方法进行质控^[9],台站级质控主要包括主采集器嵌入式软件质控、业务软件质控以及人工质控,针对能见度的质控方法较少,很多疑误数据无法有效筛查。

对台站级质控而言,可采取内部一致性检查、空间一致性检查、时间一致性检查对能见度数据进行检查。

(1)采用内部一致性检查主要是检查能见度数据与本站相对湿度、风速、降雨量等气象要素的一致性。孟凯等、吴建军等^[10-13]统计得出,对于能见度 ≤ 500 m 的大雾天气现象,相对湿度至少在 82% 以上,风速 $< 4.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;强降雨若造成低能见度 ($V \leq 500 \text{ m}$) 必须达到一定的雨强,分钟降雨量至少要达到 0.4 mm。

(2)时间一致性检查可针对能见度数据出现短

时“跳变”、持续不变或偏低等情况,采用人工观测对比法、瞬时变化速率检查法进行分析。

(3)空间一致性检查主要是在天气形势和环流背景一致的情况下,采用多站数据对比、曲线对比等方法对能见度数据进行检查。以常德地区为例,用其他国家站的能见度数据、多站平均能见度与可疑能见度数据进行对比,经过数据分析发现,当二者之间差值超过一定比例时可判定为错误数据。

当确认能见度仪故障或数据异常,有备份站记录代替时,正点能见度数据可用备份记录代替;目前大部分国家站均无备份站,所以按缺测处理^[14-15],在此期间应恢复定时正点能见度人工观测,并将数据录入地面综合观测业务软件。当视程障碍现象综合判识出现明显错误时,能见度记录仍以自动观测为准,允许二者不匹配。遇较大降水或较大降水结束后一段时间,可能引起能见度突变骤降,可查看这一段时间的天气现象实况或分钟降水数据,结合天气实况,经观测业务人员人工质控判定是否按正常处理。

5 小结

通过统计分析常德地区国家站能见度仪典型硬件故障发现,该设备供电系统中的变压器故障率相对充放电控制器、蓄电池而言较高,可更换为质量更好的变压器,确保能见度仪供电稳定;同时也存在因未按业务规范要求维护导致能见度仪数据持续偏低的情况,主要原因是能见度仪发射端和接收端镜头有污垢;能见度仪传感器探头也偶尔出现硬件故障,导致观测数据与实况不符,持续在 30 000 m。从能见度仪工作状态监控和数据质控的角度看,DNQ3 型前向散射能见度仪在镜头污染、供电电压偏低、防堵塞等报警功能方面还需完善,针对数据异常特别是蜘蛛、鸟类等导致的能见度骤降情况需要改进算法,提高台站级仪器端的疑误数据识别率。

下一步,还需大量收集故障现象、分析疑误数据,统计出可供内部一致性检查的精准要素阈值、可供空间一致性检查的异常能见度瞬时值变化速率等参数,将这些参数应用于业务软件中的质控模块,形成有效的能见度质控方法,为实际业务工作提供更好的维护维修、数据质控指导。

参考文献

- [1] 中国气象局气象探测中心. 新型自动气象站实用手册[M]. 北京:气象出版社,2016.
- [2] 中国气象局. 地面气象自动观测规范(第一版)[M]. 北京:气象出版社,2020.
- [3] 沈耀文,沈龙喜. 浅谈凯迈 DNQ3 能见度仪供电方式的改装[J]. 现代农业,2017(9):92-93.
- [4] 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.
- [5] 王敏,张世国,汪玮,等. 前向散射式能见度仪示值对比及标定方法研究[J]. 气象科技,2017,45(2):217-222.
- [6] 程倩倩,梁春荣,唐国敏,等. 前向散射能见度仪故障实例分析[J]. 气象研究与应用,2016,37(4):99-101.
- [7] 刘杨,刘文爽,金铁军. 前向散射式能见度仪的常见故障及维修维护[J]. 黑龙江气象,2019,36(4):38-39.
- [8] 李生慧,徐泽东,代永光,等. 前向散射式能见度仪现场核查方法与应用[J]. 科技与创新,2021(7):45-47.
- [9] 王立俊,江益,王旭,等. 基于 CIMISS 的能见度质控应用研究[J]. 计算机应用与软件,2020,37(10):47-51.
- [10] 孟凯,曲晓黎,赵娜,等. 能见度气象监测数据质量检查方法初探[J]. 干旱气象,2014,32(5):862-865.
- [11] 吴建军,袁成松,周曾奎,等. 短时强降雨对能见度的影响[J]. 气象科学,2010,30(2):274-278.
- [12] 李薇,苏宇,王文兵,等. 山区公路雾天分布特征及相关性研究[J]. 中低纬山地气象,2020,44(2):9-16.
- [13] 郭洁,李牧原,周国兵,等. 重庆市一次严重雾霾过程的阶段性特征及成因[J]. 中低纬山地气象,2019,43(2):17-23.
- [14] 肖路,袁乙木,罗宇昂,等. DNQ1 型前向散射式能见度仪的安装和维护维修方法[J]. 气象水文海洋仪器,2020,37(1):76-78.
- [15] 王芬芬. 前向散射能见度仪数据缺测故障分析[J]. 气象水文海洋仪器,2020,37(3):107-109.