

CAWS600 自动气象站故障分析及维修方法研究

李征宇 田倍齐 李英

宁夏回族自治区中卫市沙坡头区气象局

DOI:10.32629/etd.v6i7.18231

[摘要] CAWS600自动气象站作为地面气象观测的核心设备,其稳定运行直接影响气象数据的准确性与连续性。本文针对CAWS600自动气象站的常见故障类型,结合实际运维经验,从传感器、数据采集与传输系统、电源系统及软件系统四个维度进行故障原因分析,总结了传感器异常、数据采集器故障、通信模块失效及电源系统问题等典型故障的成因,并提出系统化的维修方法与预防措施。研究结果表明,通过故障定位标准化流程与分级维修策略,可有效提升设备故障处理效率,降低故障率,为气象观测业务的稳定开展提供技术支持。

[关键词] CAWS600自动气象站; 故障分析; 传感器故障; 数据传输; 维修策略

中图分类号: TN919.3 **文献标识码:** A

Research on Fault Analysis and Maintenance Methods of CAWS600 Automatic Meteorological Station

Zhengyu Li Beiqi Tian Ying Li

Meteorological Bureau of Shapotou District, Zhongwei City, Ningxia Hui Autonomous Region

[Abstract] As the core equipment for ground meteorological observation, the stable operation of CAWS600 automatic weather station directly affects the accuracy and continuity of meteorological data. This article focuses on the common types of faults in the CAWS600 automatic weather station, and combines practical operation and maintenance experience to analyze the causes of faults from four dimensions: sensors, data acquisition and transmission systems, power systems, and software systems. It summarizes the causes of typical faults such as sensor abnormalities, data collector failures, communication module failures, and power system problems, and proposes systematic maintenance methods and preventive measures. The research results indicate that by standardizing the fault location process and implementing graded maintenance strategies, the efficiency of equipment fault handling can be effectively improved, the failure rate can be reduced, and technical support can be provided for the stable development of meteorological observation services.

[Key words] CAWS600 automatic weather station; Fault analysis; Sensor malfunction; Data transmission; Maintenance Strategy

引言

自动气象站是现代气象观测体系的重要组成部分,CAWS600系列自动气象站以其高精度、高可靠性广泛应用于我国地面气象观测网络^[1]。随着设备运行时间的增加及复杂环境因素的影响,故障问题时有发生,导致数据缺失或异常,影响气象服务质量。因此,深入研究CAWS600自动气象站的故障模式与维修技术,对保障气象观测数据质量具有重要现实意义。本文基于CAWS600的硬件架构与工作原理,系统梳理故障类型,分析故障机理,并提出针对性的维修方法与优化建议。

1 CAWS600自动气象站系统组成与工作原理

1.1 系统组成

CAWS600自动气象站主要由传感器单元(温湿度、气压、风速风向、降水等传感器)、数据采集器(负责数据采集、处理与存储)、通信模块(GPRS/4G)、电源系统(太阳能电池板、蓄电池、稳压模块)及中心软件平台(数据接收与监控)五部分组成,可以对风向、风速、温度、湿度、气压雨量等进行自动观测,还可以通过选配辐射、日照、能见度、强风传感器等,来满足特殊环境和以应用为主的气象及气象相关服务^[2]。各单元通过RS485、CAN总线或以太网实现数据交互,形成闭环观测系统。传感器单元作为气象数据采集的核心前端,传感器单元包含多种高精度测量设备,可实时监测基本气象要素及扩展要素。

1.1.1 基本要素传感器: 温湿度传感器: 采用电容式湿度传

感与铂电阻温度测量技术, 温度测量范围 $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$, 湿度范围 $0\%\sim 100\%\text{RH}$, 数据输出频率 1Hz 。

气压传感器(如PTB220): 基于电容式压力感应原理, 测量范围 $500\sim 1100\text{hPa}$, 内置温度补偿模块消除环境温度对气压测量的影响。

风向风速传感器: 风速采用三杯式旋转结构, 风向通过格雷码编码器实现 16 方位角检测, 采样响应时间 $\leq 1\text{s}$ 。

雨量传感器: 采用翻斗式结构, 每斗容量 0.1mm , 测量范围 $0\sim 4\text{mm}/\text{min}$, 内置加热装置防止冬季结冰堵塞。

1.1.2 扩展要素传感器(可选配): 包括辐射传感器、能见度仪、 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 颗粒物传感器等, 通过标准RS485接口接入系统。数据采集与处理单元以工业级嵌入式采集器为核心, 负责传感器数据的采集、校验、存储与初步处理:

采集控制: 通过多通道模拟/数字接口与传感器连接, 支持定时采集和触发式采集(如降雨强度超阈值时加密采样)。

数据校验: 内置异常值检测算法, 对超出物理量程(如温度 $> 60^{\circ}\text{C}$)或突变数据(如风速 1 秒内变化 $> 10\text{m}/\text{s}$)进行标记, 自动采用前 3 次平均值替代或标记为无效值。

数据存储: 配置 4GB 容量存储器, 可保存至少 3 个月的原始数据(按 1 分钟采样间隔)和统计数据, 支持掉电数据保护(备用电池续航 ≥ 72 小时)。

协议转换: 将传感器输出的原始信号转换为标准化数据格式(如JSON、CSV), 供后续传输使用。

1.2 工作原理

传感器将气象要素物理量转换为电信号, 经信号调理电路放大、滤波后传输至数据采集器; 采集器按照预设采样频率(如 1 分钟/次)对数据进行A/D转换、质量控制, 并存储于本地SD卡; 同时, 通过通信模块将实时数据打包发送至中心平台, 平台对数据进行解码、入库与可视化展示。电源系统为各单元提供稳定直流供电($12\text{V}/24\text{V}$), 保障设备持续运行。

2 常见故障类型及原因分析

2.1 传感器单元故障

传感器故障, 主要表现为数据异常(如跳变、恒值、缺失)或无输出, 具体原因如下:

温湿度传感器故障: 电容式传感器易因结露、灰尘覆盖导致测量漂移; 线缆接头氧化或进水会造成信号短路/断路, 表现为数据恒为 -40°C (下限值)或 99.9°C (上限值)。

风速风向传感器故障: 杯形风杯卡涩(沙尘、结冰导致轴承磨损)引起风速偏低; 风向编码器接触不良(雨水锈蚀)导致风向跳变; 供电电压不足($< 10\text{V}$)时传感器无法启动。

降水传感器故障: 翻斗式雨量计因异物堵塞(树叶、昆虫)导致计量偏小; 磁钢与干簧管老化使脉冲信号丢失, 表现为“ 0 降水”但实际有雨; 翻斗轴倾斜导致计量误差超 $\pm 4\%$ 。

气压传感器故障: 内置气压传感器因温度补偿电路故障导致数据偏差 $> \pm 0.5\text{hPa}$; 采集器与传感器通信地址冲突(多传感器地址重复)引发数据混乱。

2.2 数据采集与传输系统故障

数据采集器故障: 核心板MCU程序跑飞(强电磁干扰或供电浪涌)导致采集器无响应, 需重新烧录固件; SD卡损坏(频繁掉电导致文件系统崩溃)引起数据存储失败, 表现为“历史数据缺失”; I/O接口损坏(雷击导致TVS管击穿)造成某一路传感器无数据, 需更换采集器主板。

通信模块故障: GPRS模块SIM卡欠费、APN配置错误导致数据上传中断; 天线接触不良或方向偏移引起信号强度 $< -90\text{dBm}$, 传输丢包率 $> 30\%$; 4G模块固件版本过低, 与运营商基站兼容性差, 表现为“周期性断连”。

2.3 电源系统故障

电源故障, 是导致设备整体瘫痪的主要原因: 蓄电池故障: 过度放电(连续阴雨天 > 7 天)导致蓄电池鼓包、容量衰减($< 80\%$ 额定容量); 正负极接线柱腐蚀(酸雾环境)引发接触电阻增大, 输出电压波动 $\pm 1\text{V}$ 。

太阳能充电故障: 太阳能板表面积灰导致充电效率下降; 控制器MPPT算法失效使充电电流 $< 0.5\text{A}$, 蓄电池无法充满。

稳压模块故障: DC-DC转换器老化导致输出电压纹波 $> 50\text{mV}$, 干扰传感器信号; 防雷模块因雷击失效, 触发过压保护, 切断供电。

2.4 软件与配置故障

中心平台数据异常: 采集器与平台通信协议不匹配导致数据解码错误; 平台IP/端口配置错误或防火墙拦截, 表现为“设备在线但无数据”。

采集器参数配置错误: 采样间隔设置过大(如 10 分钟/次)导致数据时间分辨率不足; 传感器校准系数输入错误引发系统性偏差。

3 故障诊断与维修方法

3.1 故障诊断流程

采用“分层定位法”逐步缩小故障范围:

初步判断: 通过中心平台查看设备状态(在线/离线)、数据曲线(是否连续)及报警信息;

现场排查: 观察电源指示灯(正常为绿灯常亮, 闪烁表示欠压); 用万用表测量蓄电池电压(正常 $12.5\sim 13.5\text{V}$, $< 10.5\text{V}$ 为欠压); 检查传感器线缆接头是否松动、氧化, 通信模块SIM卡是否插紧;

替换测试: 用备用传感器/模块替换疑似故障单元, 若数据恢复正常, 则定位故障点;

仪器检测: 使用示波器测量传感器输出信号(如风速传感器脉冲频率应与实际风速对应, $1\text{m}/\text{s}\approx 0.4\text{Hz}$); 用串口调试助手读取采集器内部日志。

3.2 针对性维修方法

3.2.1 传感器维修: 清洁与校准: 温湿度传感器用无水酒精棉片擦拭探头; 风速传感器拆解后清洗轴承并加注润滑脂; 降水传感器通过“人工注水测试”(注入 10mm 标准水量, 检查计量值是否为 $10\pm 0.4\text{mm}$), 超差时调整翻斗配重或更换干簧管。

接线修复:对氧化接头进行砂纸打磨,涂抹导电膏;断裂线缆采用热缩管绝缘处理,重新压接端子。

参数重置:通过采集器本地配置软件重新设置传感器地址、波特率(默认9600bps)。

3.2.2数据采集与传输维修:采集器修复:SD卡格式化或更换(建议使用工业级TF卡);通过JTAG接口重新烧录采集器固件;更换损坏的I/O模块(如RS485芯片MAX485)。

通信模块维修:重新配置APN参数(如中国移动CMNET);更换高增益天线(增益 $\geq 5\text{dBi}$)并调整方向(朝向基站);升级4G模块固件。

3.2.3电源系统维修:蓄电池维护:欠压蓄电池采用恒流充电(0.1C电流,如100Ah电池用10A充电)至14.4V后转浮充;腐蚀接线柱用小苏打溶液清洗,涂抹凡士林防锈。

太阳能系统优化:定期清理太阳能板表面灰尘(每月1次);更换老化的MPPT控制器,设置充电截止电压14.2V、放电保护电压10.8V。

防雷保护:更换失效SPD模块,确保接地电阻 $< 4\ \Omega$ (用接地电阻测试仪测量)。

3.2.4软件与配置维修:平台配置:在中心软件“设备管理”界面重新录入通信参数(IP:218.XXX.XXX.XXX,端口:8000);导入最新传感器协议库。

采集器配置:通过U盘导入配置文件,设置采样频率为1分钟,启用“数据补传”功能(支持断网后自动补传历史数据)。

3.3维修工具与备件清单

必备工具:万用表、压线钳、绝缘电阻测试仪;常用备件:保险丝(5A/12V)、蓄电池(12V/100Ah)、通信模块(HY814)。

4 故障预防与日常维护

4.1定期维护制度

日常巡检(每日):通过平台监控设备电压、数据完整性,发现“离线”“数据恒值”立即标记;

季度维护:现场清洁传感器、紧固接线端子、测量蓄电池容量(用放电仪检测,容量低于80%及时更换);

年度校准:使用标准设备(如精密露点仪、风洞校准装置)对传感器进行计量检定,出具校准证书,确保误差在允许范围内(如温度 $\pm 0.2\ ^\circ\text{C}$,风速 $\pm 0.5\ \text{m/s}$)。

4.2日常维护

雨量传感器:SL3型雨量传感器由承水器、上翻斗、计量翻斗、计数翻斗等组成。雨水由承水口汇集,进入上翻斗。上翻斗的作用是使降水强度近似大降水强度,然后进入计量翻斗计量,计量翻斗翻动一次为0.1mm降水量。随之雨水由计量翻斗倒入计数翻斗。在计数翻斗的中部装有一块小磁钢,磁钢的上面装有干簧开关,计数翻斗翻转一次,则开关闭合一次,由开关的闭合送出一个信号。输出信号由红黑接线柱引出。

方法:(1)断开通讯电缆,松开外壳螺钉,将外壳取下。(2)观察外壳是否有泥沙,如有,用清水冲洗干净(3)观察漏斗处是

否有泥沙阻塞,如有,用针状物通顺,但不能损坏过水通道,然后用清水冲洗干净。(4)将翻斗用清水轻轻刷洗干净,并将清洗后的翻斗背面用干净的布或面巾纸擦干净。(5)上述工作完毕,将外壳与底盘固定。(6)用清水轻轻倒入筒壳中,听内部有无翻斗声,如有则正常,如没有则没安装好,需重复上述步骤。(7)将电缆接好。(8)在冬季或长期不下雨时应将传感器外壳用塑料盖盖好,以防风沙堵塞传感器进水口。(9)长期运行时,请根据本地环境,定期用水冲洗翻斗内表面,确保翻斗的精度。

风传感器:风速传感器的感应元件为三杯式回转架,信号变换电路为霍尔开关电路。风杯转动时,万用表测量风速信号电压输出应为供电电压的一半(6V左右)。风向传感器的感应元件为风向标组件,风向信号电压随风向角度的增加而线性增大,也就是0-2.5V输出电压线性对应于0-360度。

(1)风向。仪器工作几年后,轴承会出现磨损情况。表现为风杯部分响应灵敏度降低。此时应将仪器送回厂家修理。轴承每年必须通过转动传感器的轴目测检查一次,检查时要先卸下风向标,正常情况下,轴应该转动灵活,无明显噪声^[3]。(2)风速。仪器工作几年后,轴承会出现磨损情况。风杯不能长期连续转动或较高的启动转矩。此时应将仪器送回厂家修理。每年必须通过转动传感器手柄目测检查一次。检查时要先卸下风杯。中心轴转动应当灵活润滑,感觉不到明显噪声^[4]。

5 结论与展望

CAWS600自动气象站的故障具有多样性(传感器、电源、通信等多单元涉及)与关联性(如电源故障可引发多传感器无数数据),需通过“分层诊断+替换测试”精准定位故障点。本文提出的维修方法(清洁校准、接线修复、固件升级等)与预防措施可有效降低故障率。

未来研究方向:结合人工智能技术对海量故障数据进行挖掘,建立“故障-原因”映射模型,实现故障的自动预测与定位;开发模块化、易更换的传感器组件,缩短维修时间(如“即插即用”式温湿度探头,更换时间 < 5 分钟),进一步提升气象观测系统的可靠性与智能化水平。

[参考文献]

[1]陈英,谢万银,徐彬,等.DZZ6型新型自动气象站结构特点及其优越性[J].甘肃农业,2014,(21):27-29+31.

[2]中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2021.

[3]崔辰,李京.DZZ5新型自动气象站系统结构及日常维护[J].科技风,2014,(02):58.

[4]王勇,李娟.CAWS600型自动气象站常见故障分析与处理[J].气象科技,2019,47(3):456-462.

作者简介:

李征宇(1999--),男,汉族,宁夏银川人,本科,助理工程师,研究方向:气象服务。