

袁毅,毛倩,施倩雯,等. 两种翻斗式雨量测量仪器原理及常见故障分析[J]. 中低纬山地气象,2023,47(5): 102 - 106.

## 两种翻斗式雨量测量仪器原理及常见故障分析

袁毅<sup>1</sup>,毛倩<sup>2</sup>,施倩雯<sup>3</sup>,罗忠旭<sup>1</sup>,张欣<sup>1</sup>

(1. 贵州省大方县气象局,贵州大方 551600;2. 贵州省黔东南苗族侗族自治州气象局,  
贵州凯里 566000;3. 贵州省织金县气象局,贵州织金 552100)

**摘要:**通过对 SL3 - 1 型双翻斗雨量传感器和 DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪的结构、原理进行比较,结合 2 种雨量传感器常见故障,分析 2 种雨量传感器各自优势和不足,总结常见故障处理方法,为雨量观测仪器设计和气象站保障工作提供借鉴和参考。结果表明:2 种雨量传感器原理相同,校准和误差调节方法相似。SL3 - 1 型雨量传感器结构简易,便于维护,但不能及时发现堵塞、干簧管老化等问题;DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪具有自检功能,可实时监控传感器状态,及时发现故障并处理,有效提高观测数据质量,但其结构复杂,维护及故障处理难度较大。

**关键词:**SL3 - 1;DSDZ3;翻斗式雨量传感器;结构及原理;故障分析

**中图分类号:**P414.9<sup>+</sup>5 **文献标识码:**B

## Principle and Common Failure Analysis of Two Kinds of Tilting Bucket Rainfall Measuring Instruments

GUN Yi<sup>1</sup>, MAO Qian<sup>2</sup>, SHI Qianwen<sup>3</sup>, LUO Zhongxu<sup>1</sup>, ZHANG Xin<sup>1</sup>

(1. Dafang Meteorological Bureau of Guizhou Province, Dafang 551600, China; 2. Qiandongnan Miao and  
Dong Autonomous Prefect Meteorological Bureau of Guizhou Province, Kaili 566000, China;  
3. Zhijin Meteorological Bureau of Guizhou Province, Zhijin 552100, China)

**Abstract:** By comparing the sensor structure and principle of SL3 - 1 rain sensor and DSDZ3 intelligent tipper rainfall measuring instrument, combined with the common faults of the two kinds of rain sensors, the advantages and shortcomings of the two kinds of rain sensors are analyzed, and the common fault treatment methods are summarized, providing reference for improving the design of rainfall observation instruments and the weather station support. The results show that: the principle of the two rain sensors is the same, and the calibration and error adjustment methods are similar. The SL3 - 1 rain sensor is simple in structure and easy to maintain, but it can not find problems such as blockage and aging of reed tube in time. The DSDZ3 intelligent tipper rainfall measuring instrument has the function of self - check, which can monitor the state of sensor in real time, find and deal with faults in time, and improve the quality of observation data effectively, but its structure is complex and it is difficult to maintain and deal with faults.

**Key words:** SL3 - 1; DSDZ3; rain sensor; structure and principle; fault analysis

### 0 引言

短时强降水具有尺度小、发展快的特点,容易引起滑坡、山洪、泥石流、洪涝等灾害,威胁着人民

生命和财产安全<sup>[1]</sup>,有效且准确地监测降雨实况对防灾减灾具有重要意义。我国自 2001 年启动自动气象站建设布局以来,气象站已由地(县)级细化到乡镇,使气象资料具有更高的时空分辨率,大大提

收稿日期:2022 - 11 - 16

第一作者简介:袁毅(1997—),男,助工,主要从事综合气象业务和人工影响天气工作,E-mail:2761118029@qq.com。

高了中小尺度灾害性天气的监测预警能力<sup>[2]</sup>。SL3-1型双翻斗雨量传感器是目前地面自动观测中应用最为广泛的雨量传感器<sup>[3]</sup>,但该传感器在设计上存在一定缺陷。近年来,气象部门不断完善地面观测站网补短板工程建设,CAWSmart型智能自动气象站投入补短板站网建设中,气象站由自动化逐渐向智能化转变,DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪在补短板站网建设中得到广泛应用。

国内学者对SL3-1型双翻斗雨量传感器在故障成因、误差调节、改进设计等方面做了大量研究,杨银等<sup>[4]</sup>分析了SL3-1型双翻斗雨量传感器降水数据异常的3类故障,认为因日常维护不到位造成的故障占有故障的80%;李锐锋等<sup>[5]</sup>研究上下翻斗协调性造成的误差,认为增加上翻斗可以缩小不同雨强误差偏差;孟庆勇等<sup>[6]</sup>对SL3-1型双翻斗雨量传感器的各类故障和野外维护存在的问题进行分析总结,并提出改进措施和建议。DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪投入气象业务使用时间不长,相关研究较少,因此,本文结合工作实际,对2种类型的雨量传感器结构及原理进行比较分析,总结常见故障处理、误差调节、日常维护方法及注意事项,为从事雨量观测仪器设计和气象站保障工作的同行提供借鉴和参考。

1 传感器结构及原理

1.1 传感器结构

DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪(图1)的传感器型号为SL5-1型,与SL3-1型双翻斗雨量传感器(图2)结构相似。不同处在于SL3-1型双翻斗雨量传感承水器内使用防堵网,两根干簧管水平平行安装,切割的磁钢位于计数翻斗上;而DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪承水口使用塑料罩,在进水漏斗上增加了雨量模块,模块上有3个检测点,汇集漏斗内增加了探测片,一根干簧管垂直安装,切割的磁钢位于计量翻斗上,计量的同时也能计数。

1.2 原理

SL3-1型双翻斗雨量传感器与DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪原理相同,降水经过一个面积为314 cm<sup>2</sup>的承水器汇集,而后经漏斗进入上翻斗,上翻斗在降水重力作用下翻转,降水进入汇集漏斗后从汇集漏斗的节流管注入计量翻斗。当计量翻斗承受的降水量为0.1 mm时,计量翻斗把降水倾倒在计数翻斗,使计数翻斗翻转1次,与它相关的磁钢对干簧管扫描1次(DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪磁钢在计量翻斗上,计量计数一体),干簧管因磁化而瞬间闭合,从而产生1个开关信号,数据采集器

就自动采集存储0.1 mm降水量<sup>[7]</sup>。

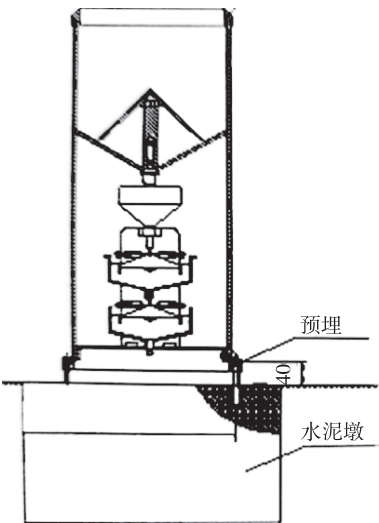


图1 DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪结构图  
Fig.1 Structure diagram of DSDZ3 intelligent tipper rain sensor

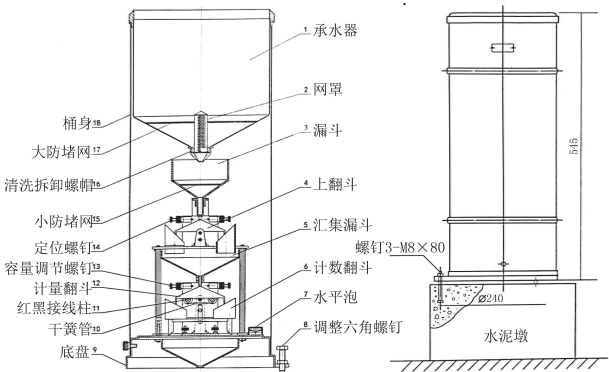


图2 SL3-1型雨量传感器结构及安装示意图  
Fig.2 Structure and installation diagram of SL3-1 rainfall sensor

2 传感器性能及技术指标

雨量传感器具有精准度高、稳定性强的特点,不仅能满足城市及郊区的观测需求,还能适应无人值守的野外环境。SL3-1型翻斗式雨量传感器与DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪测量的雨强范围为0~4 mm·min<sup>-1</sup>,分辨率均为0.1 mm,最大允许误差为±0.4 mm(≤10 mm)或±4%(≥10 mm)。2种雨量传感器与采集终端之间的信号传输方式不同,SL3-1型雨量传感器与采集器之间使用2芯线连接,磁钢扫描干簧管产生的开关信号通过2芯线直接传输至采集器;DSDZ3型智能翻斗式雨量测量仪与智能集成处理器之间增加了智能节点控制器,智能节点控制器与智能集成处理器之间采用RS485总线连接,磁钢扫描干簧管产生的开关信号经过雨量模块处理后,开关信号转换成数字信号输出。智能节点控制器是将智能传感器输出的信号转换为

无线信号的双向转换传输设备,当 RS485 总线中断时,智能节点控制器可以以无线信号的方式与智能集成处理器实现数据传输,因此,DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪保障性更高。

SL3-1 型翻斗式雨量传感器承水口与 DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪承水口使用的分别是防堵网和塑料罩。防堵网过滤通透性较强,而塑料罩与桶壁缝隙较小,容易被泥沙、尘土及其他异物堵塞。DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪雨量模块除了信号转换功能外,还具有降水检测功能(图 3 左,检测点 1、检测点 2 为存水检测点,检测点 3 为出水检测点)。插入汇集漏斗的探测片也是检测点(图 3 右),可以检测汇集漏斗内的存水量。所有检测点均采用电阻式检测,当存水或有水滴下落时,检测点的电阻发生改变,多个检测点动态监测,互相结合,从而实现对自身各个状态实时监测。工作人员可通过监控运维平台查看雨量传感器状态,及时发现故障并处理,有效提高观测数据质量,而 SL3-1 不具备此功能。

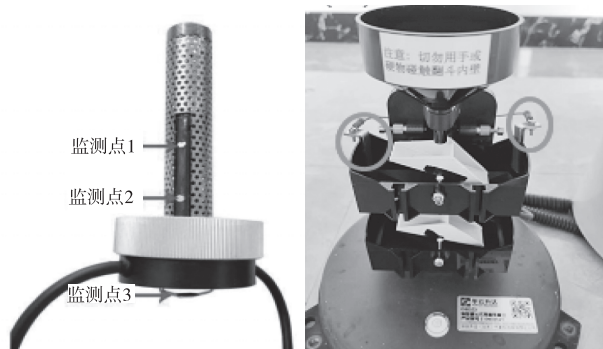


图 3 DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪、雨量模块(左)、探测片(右)

Fig. 3 Water socket of DSDZ3 rainfall, rain module (left), detection plate (right)

SL3-1 型翻斗式雨量传感器两根干簧管水平安装,且互相平行,磁钢在其下部对干簧管进行扫描;DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪只用一根垂直安装的干簧管,磁钢在侧面对干簧管进行扫描。SL3-1 型翻斗式雨量传感器干簧管下的磁钢接触面朝上,容易吸附掉落的金属屑导致计数误差<sup>[8]</sup>,而磁钢侧面扫描可以避免这一故障。SL3-1 型雨量传感器通过计量翻斗承水翻转带动计数翻斗上磁钢对干簧管进行扫描,若计数翻斗堵塞,计量翻斗和计数翻斗将不能翻转计数,而计数与计量翻斗一体设计则不会出现此情况。DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪出水漏斗的沿口较高,若出水口堵塞承水,则不能计数。此外,DSDZ3 型智能翻斗式雨

量测量仪在安装雨量外筒时如果操作不当,雨量模块与传感器之间的连接线可能会影响翻斗翻转,且雨水下落可能会滴在连接线上流走而不滴入漏斗中。由于雨量筒外筒不透明,维护人员不易发现。

### 3 常见故障处理

#### 3.1 常见故障类型

自动气象站通常安装在无人值守的野外,即使定期开展维护也难以避免出现故障。雨量传感器故障主要有堵塞、干扰、部件损坏、感应灵敏度下降等 4 类,其中堵塞现象最为常见。当雨量数据出现异常,排除采集器、通讯等外部因素后,先中断雨量传感器与采集器之间的连接,再对雨量传感器进行检查。

#### 3.2 故障排查及处理方法

3.2.1 SL3-1 型雨量传感器与 DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪常见故障排查处理方法 首先检查雨量筒清洁程度,承水器内过滤网及下方出水口是否被泥沙、树叶、昆虫等杂物堵塞,拿开外筒,检查内部接线是否正常,水流通路是否堵塞,如有堵塞需疏通后用清水洗净。

其次用螺丝刀或人为倒水检查各个翻斗转动的灵活性,检查是否有卡滞,不能用手触摸(翻斗通常会因锈蚀或小蜘蛛筑网而导致不能翻转)。使用万用表的导通档,用红黑笔分别接入信号线柱(DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪则接入翻斗脉冲输出的红、黑线端),拨动计数翻斗,查看导通次数与翻转次数是否一致。

最后检查干簧管玻璃体是否断裂,钢磁性是否正常。干簧管是雨量传感器的核心原件,细小而脆弱,氧化现象十分常见<sup>[9]</sup>。磁钢的磁性容易吸附金属屑,附着的金属屑可能会使干簧管开关产生误动作,从而导致雨量数据偏大或不规律。同时干簧管与磁钢间的相对距离应在 2 mm 左右<sup>[10]</sup>(DSDZ3 型间距 < 1 mm),相对位置不当也会导致计数误差。

若以上检查均无问题,则检查传感器与采集终端的连接是否正常。SL3-1 型雨量传感器可以直接利用万用表导通档检查雨量线,若不能发出蜂鸣声,则雨量线断路,更换雨量线或找到断接处将其接上即可。DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪可通过查看节点控制器指示灯进行判断。

3.2.2 DSDZ3 型雨量测量仪故障排查 DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪具有自检功能,输入自检命令可直接查看设备电路状态、翻斗状态、干簧管状态及雨量筒是否堵塞。自检方法:用调试线和 U 转串口线将电脑与智能集成处理器连接,打开串口调

试工具软件,设置通讯参数为:19200,N,8,1,点击打开按钮,当按钮由红色变为绿色,连接成功,发送AUTOCHECK, YTB R,000 自检命令,即可查看设备状态,分析故障所在。若发送命令后查看不到状态,可将调试线三芯端子取下,将红、黄、蓝线分别接入雨量传感器后排 3 (TX)、4 (RX)、5 (GND) 接线柱,接好后在电脑上打开串口调试工具软件,在下方空白栏输入 READDATE, TYBR,000 命令后,点击发送,查看读取到的状态自检信息是否正常,若读取不到,检查调试线自身和接线是否正常,若调试线和接线正常的话,问题则出在雨量模块上。

3.2.3 DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪雨量模块更换设置方法 常规检查可以排除雨量传感器的大多数故障,堵塞和干扰类故障通过疏通清洗排除干扰即可,若是部件损坏或灵敏度下降类故障,则需更换相应的部件。SL3 - 1 型雨量传感器的所有部件可以直接更换,而更换 DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪的雨量模块和节点控制器需要电脑进行设置。设置方法:将调试线连接电脑与智能集成处理器,打开串口测试工具,设置通讯参数,连接成功后,在工具栏点击智能站设备更换,选择更换翻斗雨量传感器,并按照图 4 步骤完成操作即可。



图 4 串口设置工具更换智能站设备界面

Fig.4 Interface for replacing intelligent station equipment with serial port setting tool

综合分析:以上方法为 2 类雨量传感器较为常见的故障处理方法,可为日常维护维修提供参考。导致雨量数据异常的原因很多,需要按照排查程序进行依次排查,找出导致异常的部位进行处理。DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪实现了雨量监测的自动化转为智能化,功能增加的同时,排查难度也增大。目前该仪器使用时间较短,遇到的故障较少,但随着使用年限增加,仪器零件老化,故障的概率也随之增加,维护维修方法还需不断总结。

4 校准与误差调节

4.1 校准

雨量传感器长时间运行会使采集准确度下滑,为确保观测数据准确可靠,需要定期对使用中的雨量传感器进行校准<sup>[11]</sup>,确定误差后对其进行调节,使测量误差控制在误差范围内。SL3 - 1 型与 DSDZ3 型 2 种类型的雨量传感器可采 JJS2 型雨量校准仪器校准,校准方法相同。校准前先检查翻斗是否处于清

洁无承水状态,如果翻斗内承水或有异物将会使校准误差增大。校准方法:将校准器与雨量传感器红、黑接线柱连接 (DSDZ3 型连接脉冲输出接线柱),向雨量校准器注入标准雨量,通过调节校准器上的雨强按钮,模拟大雨强 4 mm · min<sup>-1</sup> 和小雨强 1 mm · min<sup>-1</sup>,每种雨强重复测定 3 次<sup>[12]</sup>。标定完成后计算每种雨强的误差平均值,若误差平均值超出最大允许误差范围,则需对雨量传感器进行误差调节。

4.2 误差调节

雨量传感器调节首先要考虑上翻斗与计数翻斗之间的协调性,2 个翻斗翻转不协调或上下翻斗承水量不一致也会导致雨量偏大或偏小。具体调试方法:清除翻斗内沙尘或青苔,将定位螺钉调到适当位置,保证左右翻斗承水量相同。当误差值为正值时,顺时针 (向内) 旋转定位螺钉;当误差值为负值时,逆时针 (向外) 旋转定位螺钉。SL3 - 1 型翻斗式雨量传感器与 DSDZ3 型智能翻斗式雨量测

量仪调节圈数与误差关系如表 1 所示。

表 1 SL3-1 与 DSDZ3 型雨量传感器螺钉调节圈数与误差关系  
Tab. 1 Relation between Screw Adjustment Turns and Error of SL3-1 and DSDZ3 Rainfall Sensor

| SL3-1 型翻斗式雨量传感器 |         |        | DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪 |         |        |
|-----------------|---------|--------|-------------------|---------|--------|
| 左螺钉调节圈数         | 右螺钉调节圈数 | 误差改变/% | 左螺钉调节圈数           | 右螺钉调节圈数 | 误差改变/% |
| 0.5             | 0.5     | 3      | 0.5               | 0.5     | 5      |
| 1               | 1       | 6      | 1                 | 1       | 10     |
| 1.5             | 1.5     | 9      | 1.5               | 1.5     | 15     |

## 5 结论与讨论

本文对比 SL3-1 型、DSDZ3 型 2 种雨量测量仪器的原理及结构,结合日常故障情况,总结分析了 2 种雨量测量仪器设计上的优势和存在的不足,得出以下结论:

SL3-1 型双翻斗雨量传感器结构简易,便于维护,但干簧管和计数翻斗的设计存在缺陷,容易出现故障,且不能及时发现堵塞、干簧管老化等问题。DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪的出水漏斗沿口高,出水漏斗堵塞承水会影响计数翻斗,且雨量模块连接线容易造成干扰,导致数据误差。DSDZ3 型智能翻斗式雨量测量仪在 SL3-1 型双翻斗雨量传感器基础上进行改进,增加了仪器自检功能,有效提高观测数据质量,但其结构复杂,维护及故障处理难度较大。

随着气象科技的发展,气象观测由人工观测全面转为自动观测,观测仪器正逐步由自动化向智能化发展,开展新观测仪器的研究应用是气象业务发展需求,也是提升观测数据质量的重要手段。加强观测仪器定期维护,能有效提高观测数据质量,此外,还应该从观测仪器上分析总结故障原因,改进观测仪器设计,消除更多由于仪器设计不合理造成的故障,减小维护维修压力。

### 参考文献

[1] 覃靖,潘海,刘梅. 基于加密自动气象观测站的柳州市短时强降

水时空特征分析[J]. 中低纬山地气象,2022,46(2):93-97.  
[2] 周智晖,顾欣,陈杨,等. 近 10 a 黔东南区域站与国家站降水时空对比分析[J]. 中低纬山地气象,2021,45(5):88-93.  
[3] 刘宗庆,郑亮,陈涛. SL3-1 型双翻斗雨量传感器测量误差试验分析[J]. 气象科技,2020,48(5):635-639.  
[4] 杨银,杨玲君. SL3-1 型双翻斗式雨量传感器故障分析及排除方法[J]. 气象科技,2012,40(2):319-320.  
[5] 李锐锋,陈苏婷,张晋. SL-3 型双翻斗雨量传感器翻斗协调性误差分析[J]. 气象科技,2016,44(4):576-580.  
[6] 孟庆勇,丽东. SL3-1 型雨量传感器的构件改进和维护方法[J]. 气象科技,2014,42(4):597-600.  
[7] 李学行,胡禹,沈玉亮,等. 基层台站地面气象观测装备保障[M]. 北京:气象出版社,2020.  
[8] 周继先,聂云,孙璇棚,等. SL3-1 型双翻斗雨量传感器常见故障处理及误差调节[J]. 中低纬山地气象,2021,45(6):122-125.  
[9] 魏邦宪,杨云芸,苗婷,等. 翻斗式雨量传感器的改进方法[J]. 气象水文海洋仪器,2021(1):106-108.  
[10] 赵步达. 自动气象站 SL3-1 型雨量传感器特殊故障修复处理[J]. 气象科技,2013,41(3):591-593.  
[11] 邹超,杨恒祥,张正,等. 基于云技术的自动气象站现场校准[J]. 气象水文海洋仪器,2022(2):59-62.  
[12] 田世芹. JJS2 型雨量校准仪的使用方法及标校问题研究[J]. 气象水文海洋仪器,2019(4):20-24.  
[13] 陈立峰,何邦太,李全景. 称重式降水测量仪校准方法及不确定度评定[J]. 气象水文海洋仪器,2023,40(1):111-114.