

贵阳机场APOS300型自动气象站数据异常的分析与研究

郑迎宾

民航贵州空管分局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年8月12日; 录用日期: 2024年9月12日; 发布日期: 2024年9月20日

摘要

文章以贵阳机场APOS300型自动气象站某日数据出现异常情况为例, 从现象描述、排查处理过程等方面进行了详细的论述, 并根据本场自动气象观测系统的工作机制, 详细地分析了异常情况产生的原因。最后, 对现有自动气象观测系统外场设备接入的通信模式、防雷、传输质量提升提出了改进的思路和方法。

关键词

自动气象站APOS300, 数据异常, RS-485通信, 防雷, 上下拉电阻

Analysis and Research on Data Anomaly of APOS300 Automatic Weather Station at Guiyang Airport

Yingbin Zheng

Civil Aviation Guizhou Air Traffic Control Bureau, Guiyang Guizhou

Received: Aug. 12th, 2024; accepted: Sep. 12th, 2024; published: Sep. 20th, 2024

Abstract

This article takes the APOS300 automatic weather station at Guiyang Airport as an example of an abnormal data situation on a certain day and provides a detailed discussion on the phenomenon description, troubleshooting process, and other aspects. Based on the working mechanism of the automatic weather observation system in this field, the reasons for the abnormal situation are analyzed in detail. Finally, improvement ideas and methods for the communication mode, lightning protection and transmission quality improvement of the access to the existing field equipment of the automatic meteorological observation system are proposed.

Keywords

Automatic Weather Station APOS300, Data Anomaly, RS-485 Communication, Lightning Protection, Pull-Up and Pull-Down Resistors

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. 引言

贵阳机场东跑道 01R 端自动气象观测设备包含大气透射仪 TR30、云高仪 CBME80 和自动气象站 APOS300。APOS300 是一款应用于民用运输机场和通用机场的自动气象站，采用的是“气象传感器 + 数据采集器”的设计模式，使用 LogNet 或 CRBasic 软件可灵活配置多种类型的传感器，可以完成对风速、风向、温度、湿度、降水、气压等气象要素的自动探测和数据采集[1]。APOS300 如图 1 所示。

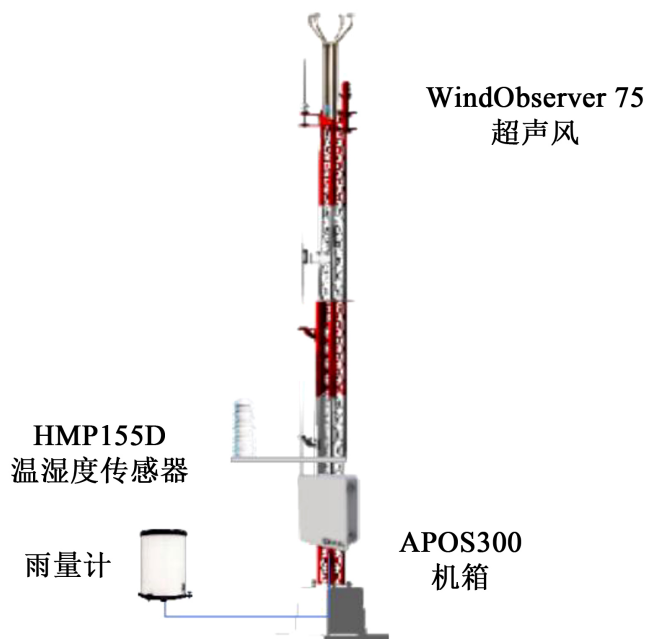


Figure 1. APOS300 automatic weather station

图 1. APOS300 自动气象站

APOS300 使用的数据采集器型号为 CR1000X。它数据采集系统的主要部分有一个中央处理单元 (CPU)，可接收模拟和数字测量信号输入，及模拟和数字信号输出，一个操作系统(固件)与板载时钟和 CRBasic 应用程序一起协调这些部件的功能。CR1000X 可以同时提供测量和通信功能，支持 PakBus、Modbus、DNP3、TCP/IP、FTP 以及 SMTP 通讯协议，其作用是将测量的风向风速、温度湿度、气压、雨量等气象要素采集处理后向外部输出(本场选择使用的输出信号为串口 RS-485)。

2. 故障现象描述

2024 年 7 月 31 日 08:05 (UTC 时间)，贵阳机场 01R 端气象自动站发出通信告警声音，终端监控软件

“通信线路监控”界面显示“01R 端自动站”的“有线线路状态”飘红(异常状态),且自动切换至无线线路,而同一网络线路进来的 01R 端云高仪和 01R 端大气透射仪通信状态为正常。

打开“自观设备巡检”界面,远程接收 01R 端自动站数据,设备输出信息包含大量乱码,如图 2 所示。但自观用户界面上 01R 端自动站数据(风向风速、温湿度、气压、雨量)未发生中断。

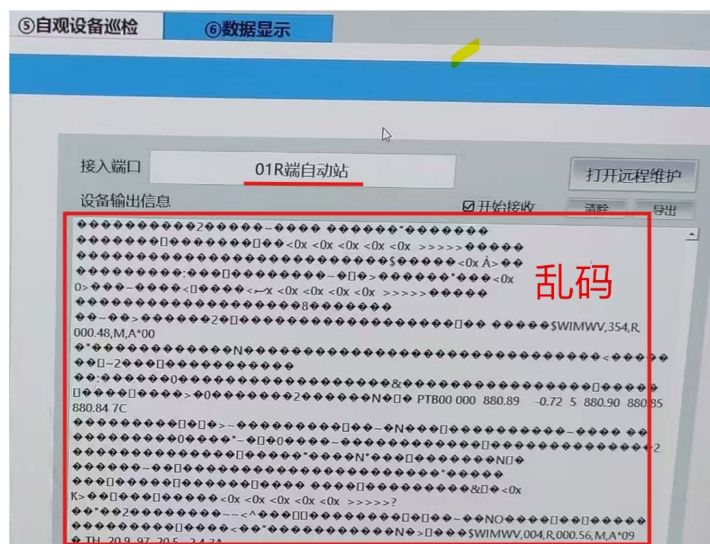


Figure 2. Automatic station data on the 01R terminal contains a large amount of garbled information

图 2. 01R 端自动站数据中含大量乱码信息

3. 排查分析过程

3.1. 检查网络通信状态

为分析排查故障,这里先介绍现 01R 端自动观测设备数据采集传输的线路,如图 3 所示。

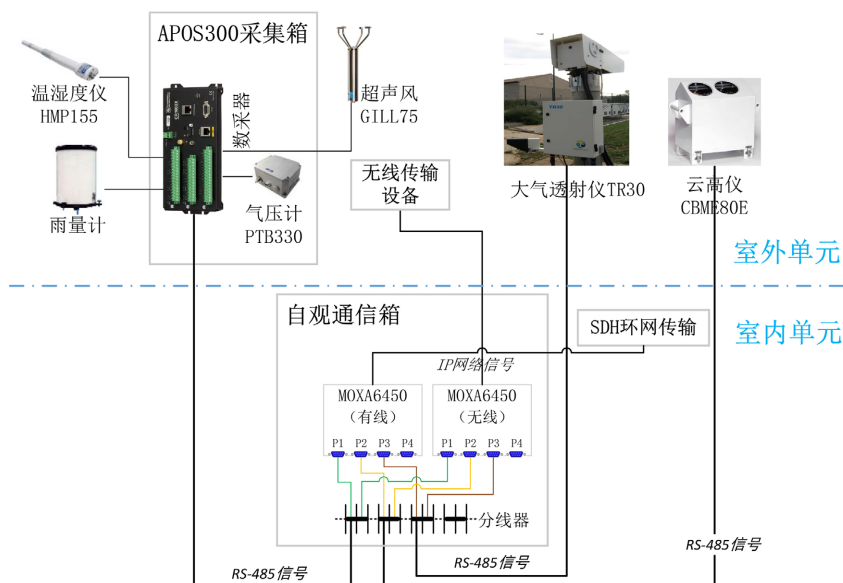


Figure 3. Data transmission line diagram of the automatic weather observation equipment at the present 01R terminal

图 3. 现 01R 端自动气象观测设备的数据传输线路图

从图 3 可知:

1) 01R 端各探测设备的通信传输方式均配备有线通信和无线通信。自观系统服务器已设置两种通信方式互为热备, 其中, 有线通信为主用, 在其故障后系统将自动切换使用无线通信。

2) 通信转换单元型号为 MOXA6450, 其作用是接入自动站(P1 端口)、云高仪(P2 端口)、大气透射仪(P3 端口)输出的 RS-485 信号, 集中转换为 IP 网络信号传输至自观网络。

用 ping 命令检查有线 MOXA6450 (IP 地址: 192.168.1.213)的网络通信状态, 回显通信畅通, 没有数据掉包情况, 这也可以从 01R 端云高仪和 01R 端大气透射仪的有线通信为正常状态来验证出来。

3.2. 检查历史记录

3.2.1. 检查原始数据的记录情况

检查当日“原始数据”文件“31_01R_2R_APOS300_ALLData.log”, 发现从 08:04:36 开始有乱码记录, 甚至在 08:12:21 之后出现了大量乱码, 这些乱码数据和自动站各传感器采集的数据均从无线 MOXA6450 的 P1 端口输入。

3.2.2. 检查正确数据的记录情况

检查当日“正确数据”文件“31_01R_2R_APOS300_RightData.log”, 发现系统接收的自动站各要素的数据量并未减少, 1 分钟共有 29 组数据(含每 3 秒一组风数据, 计 20 组; 每 15 秒 1 组气压数据, 计 4 组; 每 15 秒 1 组温湿度数据, 计 4 组; 1 组降水数据)。

综合以上分析, 得知:

1) 本场自动气象观测系统虽然接收了自动站大量乱码数据, 但各传感器探测到的数据量并未减少, 且各要素数值均能被完整地采集和记录, 这也验证了为什么用户自观界面上 01R 端自动站数据未发生中断。

2) 因故障告警时正处于打雷下雨的天气, 排查的方向将重点集中在外场的数采器和通信转换单元 MOXA6450 上, 推断其受雷击影响可能导致乱码产生。

4. 处置过程

为进一步查找故障原因、处置故障, 当班人员准备好数据采集器、MOXA6450 等备件进入飞行控制区开展排查处理。

1) 经现场检查, 有线通信 MOXA6450 (图 4 左边设备)中自动站对应的指示灯(P1 端口)状态异常, 为黄灯常亮状态; 无线通信 MOXA6450 的 P1 端口指示灯(图 4 右边设备)为黄灯一直频闪状态(表示在持续不断地接收数据); 正常时, P1 端口指示灯应为规律的黄灯间隔闪烁状态(约 3 秒频闪一次)。



Figure 4. MOXA6450 indicator light status
图 4. MOXA6450 指示灯状态

2) 拔下有线 MOXA6450 中 P1 端口对应的串口接头后, 联系室内协作人员检查实时数据接收情况, 发现乱码数据不再出现, 如图 5 所示。确认故障点为有线 MOXA6450 的 P1 端口。

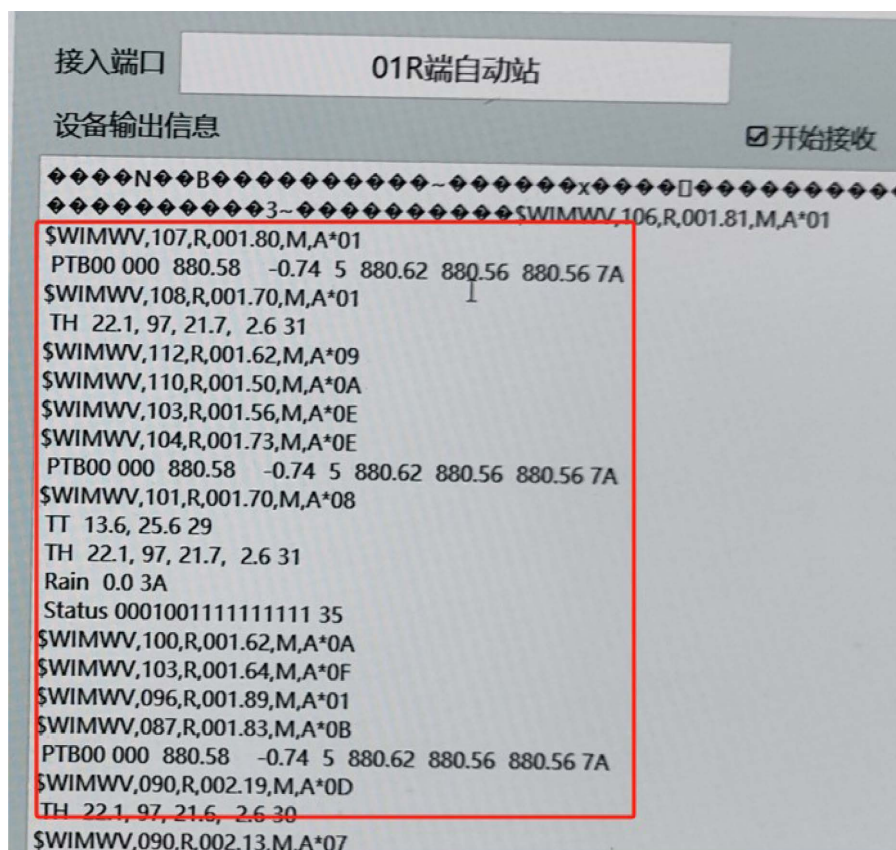


Figure 5. 01R terminal of the automatic station no longer appear garbled information
图 5. 01R 端自动站不再出现乱码

3) 将有线通信 MOXA6450MO 更换备件, 配置 P1 至 P3 端口的通信参数, 并设置网络参数及推送地址后, 恢复正常。

5. 原因分析

5.1. 用户界面数据不中断的分析

上文已从对历史数据的分析, 解释了自观界面上数据能正常显示的原因。这里再从本系统通信设置的机制上来验证历史数据的完整性和界面数据显示正常的情况。因受雷击影响, 有线 MOXA6450 的 P1 端口故障, 不能接收和传输自动站数据; 所以自观系统软件在判断自动站有线通信中断后, 自动切换至备用线路(无线 MOXA6450)来接收数据, 自观系统的接口程序将错误的信息(乱码)过滤后保留下了正常的的数据信息并向后台转发处理, 所以自观界面的数据暂时未发生中断。

5.2. 产生乱码的原因分析

因发生雷击, 感应雷电流经室外线缆传输至室内, 导致有线 MOXA6450 的 P1 端口内部保护电阻被击穿(如图 6 中红圈所示), 发生短路现象, 产生了大量干扰信息(乱码); 乱码经分线器反向传输至无线 MOXA6450 的 P1 端口, 叠加上室外采集器输出的正常探测的数据被自观系统接收。

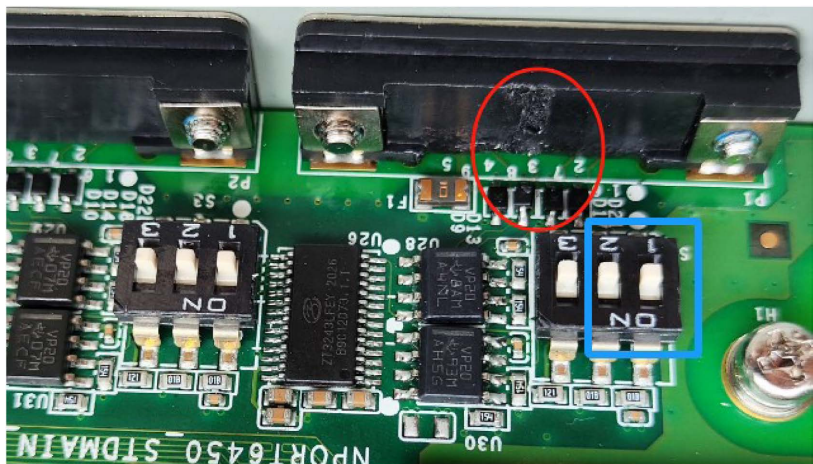


Figure 6. MOXA6450 P1 port protection resistor is broken down (at the red circle)
图 6. MOXA6450 P1 端口保护电阻被击穿(红圈位置)

6. 改进措施

6.1. 有线、无线信号独立接入

为避免单个通信线路受雷击或其他情况发生故障，而影响备用线路的情况，可对各站点通信线路进行技术改造。这里以介绍自动气象站通信改造为例，具体如下。

在室外自动站采集箱内将输出的通信线路一分为二，并增设信号隔离模块后，输出两路一样的 RS-485 信号。两路信号进入下滑台机房通信箱后再分别增加浪涌保护器及信号隔离模块，这样就可以使有线和无线两路通信保持相对独立，互不干扰。改造后的通信传输如图 7 所示。

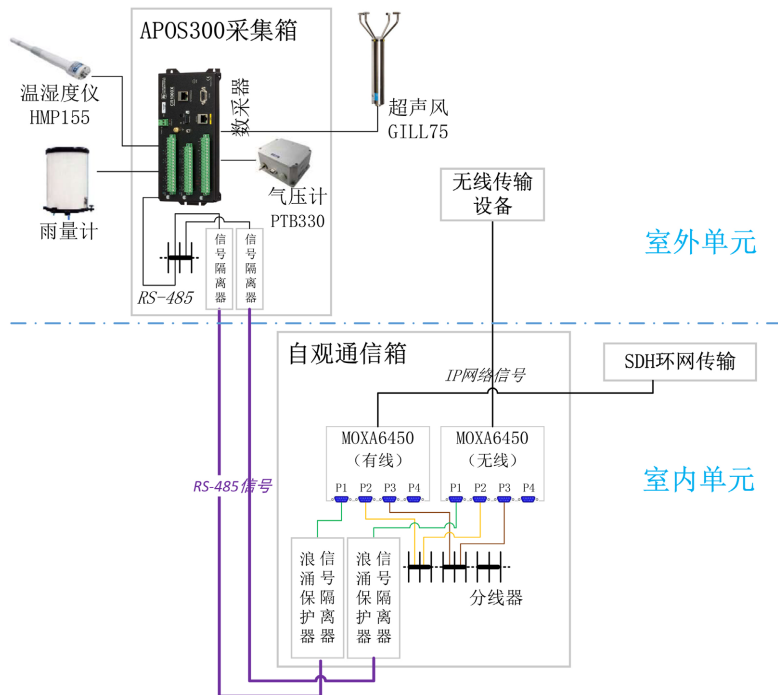


Figure 7. Wired and wireless independent transmission
图 7. 有线、无线独立传输

6.2. 防雷措施的优化或改造

6.2.1. 通信线缆的改造

将室外自动气象站至下滑台机房的双绞线缆改造成光纤线缆,可以避免因室外长距离双绞线缆接受感应雷击电流的可能性,避免了室内通信设备(如 MOXA6450)受雷击的影响[2],改造线路如图 8 所示。此类改造需要重新牵拉光缆,要综合考虑施工难度、机箱空间余度、增加传输节点等实际情况而定。

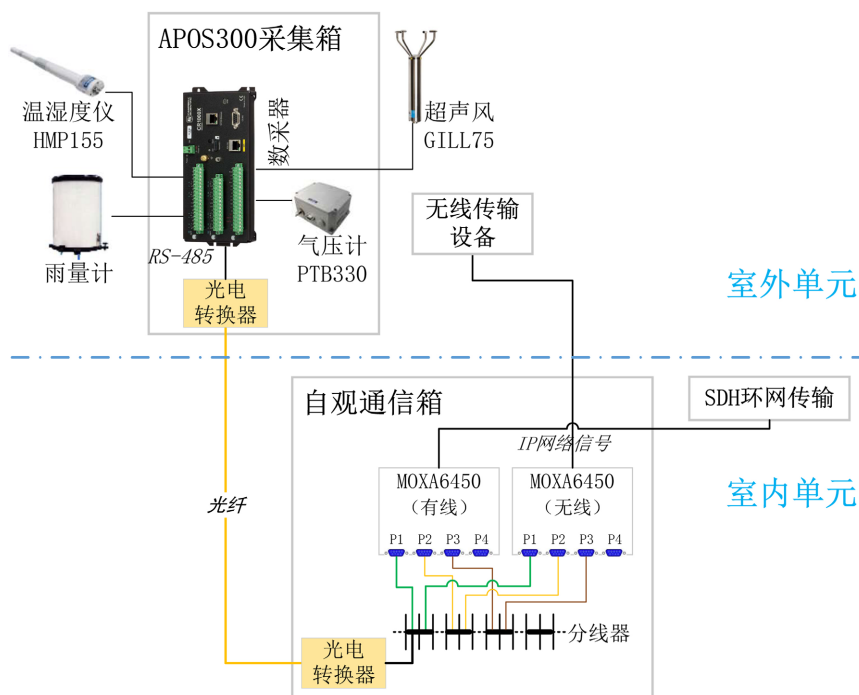


Figure 8. Communication line diagram of twisted pair cable converted into optical cable
图 8. 双绞线缆改造成光缆的通信线路图

6.2.2. 浪涌保护器的选择

本站外场设备间采用 RS-485 通信传输方式,其工作电压较低,为 5 V 左右,耐压能力也较低($-7\text{ V}\sim+12\text{ V}$),因此在雷雨天气中容易受到过电压和静电干扰。为了保护 RS-485 芯片和传输总线,需要采取适当的防护措施。本次故障中,原 RS-485 通信线路上已设置信号浪涌保护器(信号 SPD),但未有效起到防雷限压泄流的作用,导致后端的通信设备端口(P1 口)保护电阻过电压击穿。这也提醒我们,在选择信号 SPD 时,应当充分考虑适应场景,选对类型和型号[3] [4]。对于过电压较为敏感的终端设备,需要信号 SPD 有更快的响应时间和更好的限压能力,通常选择复合型的信号 SPD 来满足终端设备的保护要求。

图 9 是典型的信号 SPD 电路图[5] [6]。图中,气体放电管(GDT)为第 1 级保护;瞬态抑制二极管(TVS)为第 2 级保护,可以提供更低的限制电压和更快的响应时间,从而更好地保护终端设备。

1) 工作电压的选择

对信号 SPD 最高工作电压的选择由通信线路的工作电压来定。通常 SPD 的最高电压需大于通信电压的 1.2 倍。例如 RS-485 线路的工作电压一般为 5 V 左右,那么信号 SPD 的工作电压应选择 6 V 左右。

2) 保护能力的选择

SPD 的保护能力主要考虑限制电压和放电电流这两个参数。限制电压应不大于保护对象的耐压等级;标称放电电流应大于装设部位预期的最大电涌电流。表 1 中列举了几种信号线路 SPD 参数选择。

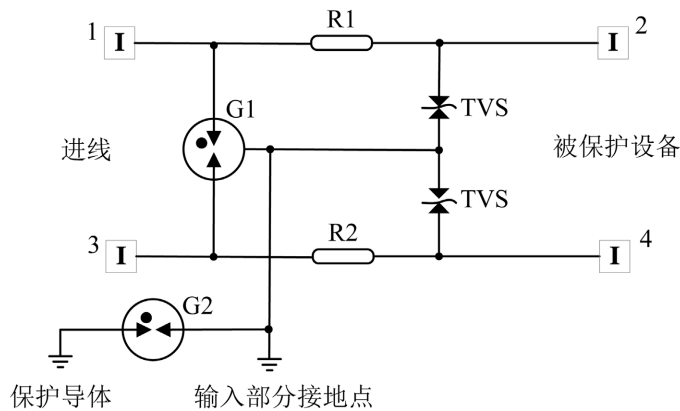


Figure 9. Typical signal SPD circuit (G1 and G2 are gas discharge tubes)
图 9. 典型信号 SPD 电路(G1、G2 为气体放电管)

Table 1. Example of signal SPD parameter selection
表 1. 信号 SPD 参数选择举例

参数	非屏蔽双绞线	屏蔽双绞线	同轴电缆
标称导通电压	$\geq 1.2 U_m$	$\geq 1.2 U_m$	$\geq 1.2 U_m$
测试波形	(1.2/50 μs , 8/20 μs) 混合波	(1.2/50 μs , 8/20 μs) 混合波	(1.2/50 μs , 8/20 μs) 混合波
标称放电电流/kA	≥ 1	≥ 0.5	≥ 3

注：U_m 为最大工作电压。

3) 多级防雷的设置

受线路的感应电压影响，当一级信号 SPD 与被保护设备的间距大于 30 m 时，应在被保护设备前端设置二级 SPD 进行防护[7]。

6.3. 提高 MOXA6450 串口 RS-485 通信的可靠性

在 MOXA6450 串口 P1~P4 中，我们用的是 RS-485 通信方式，其内部设有上下拉电阻(图 6 中蓝色方框开关 1 和 2)，用以提升 RS-485 通信的可靠性[8]-[12]。

上拉电阻：在某信号线上，通过电阻与一个固定的高电平 VCC 相接，使其电压在空闲状态保持在 VCC 电平，同时起限流作用，如图 10 中的 R_U。

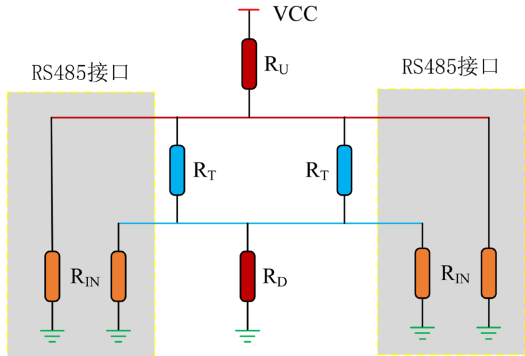


Figure 10. Pull-up resistor R_U and pull-down resistor R_D
图 10. 上拉电阻 R_U 和下拉电阻 R_D

下拉电阻：将某信号线通过电阻接在固定的低电平 GND 上，使其空闲状态保持 GND 电平，同时起限流作用，如图 10 中的 R_D 。

上下拉电阻在 RS-485 通信线路中主要有以下几处作用[13][14]：

1) 维持输入管脚的稳定态：防止输入管脚悬空时出现不定态，引起输出振荡；通过上下拉电阻，可以使输入管脚处于确定的高电平或低电平状态。

2) 提高驱动能力：当输出电平因后续电路影响而无法达到预定的高电平或低电平时，上下拉电阻可以帮助提高输出电平值。

3) 钳位作用：将不确定的信号通过一个电阻钳位在高电平或低电平，确保电路有一个稳定的电平状态。

4) 抗干扰作用：如提高总线的抗电磁干扰能力、抑制长线传输中的反射波干扰，以及为集电极开路或漏极开路输出提供必要的工作条件。

MOXA6450 串口开关 1 和 2 默认位于非“on”状态，数值为 150 k Ω ；当拨动开关 1 和 2 至“on”状态时，其值为 1 k Ω 。为提升 MOXA6450 串口 RS-485 通信的稳定性，可将上下拉电阻调整至 1 k Ω ，以更好地抗干扰和提高驱动能力。

7. 结论

针对贵阳机场 APOS300 型自动气象站数据出现异常情况，文章根据本场自动气象观测系统的工作机制、通信配置等详细分析了异常情况产生的原因，并从通信独立传输、防雷、提高 RS-485 通信可靠性方面提出了改进措施，具有实际应用及参考价值。

参考文献

- [1] 自动气象站 APOS300 用户手册[M]. 北京: 北京迈特力德信息技术有限公司, 2018.
- [2] 孟龙. 武汉天河国际机场自动气象观测系统防雷技术探讨[J]. 中国设备工程, 2024(13): 231-232.
- [3] 胡云. 电涌保护器的工作机制与应用分析[J]. 低压电器, 2013(9): 23-28.
- [4] 张少虎, 阳宏声. 信号 SPD 的选择[J]. 安全与电磁兼容, 2004(6): 49.
- [5] 张小青. 建筑物内电子设备的防雷保护[M]. 北京: 电子工业出版社, 1990.
- [6] 易秀成, 肖稳安. 电涌保护器的选型设计探讨[J]. 建筑电气, 2007, 26(8): 32-36.
- [7] 陈军. SPD 连接导线问题解析[J]. 电气应用, 2011, 30(10): 46-47, 56.
- [8] 赵亮, 张吉礼. 提高 RS485 总线通信可靠性的优化设计方法[J]. 大连理工大学学报, 2015, 55(4): 9-10, 393-398.
- [9] 张洁, 梅勇, 苗世洪, 等. 提高 RS-485 现场总线网络可靠性的措施[J]. 电工技术, 2004(1): 31-33.
- [10] 张芳娥, 衡君山, 甄焕强. RS485 总线网络可靠性研究[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(z3): 2458-2459.
- [11] 赵小兵, 周雪峰. 煤矿安全监控系统中 RS485 总线的抗干扰设计[J]. 工矿自动化, 2013, 39(2): 83-86.
- [12] 于月森, 叶王庆. RS-485 总线可靠性应用研究[J]. 微计算机信息, 2007, 23(23): 274-276.
- [13] 周杰, 周蕾, 成锡军. 老炼试验中上下拉电阻实例分析[J]. 电工与电子技术, 2023(1): 87-90.
- [14] 王鹏. 拉电阻在数字电路中的应用[J]. 河南机电高等专科学校学报, 2009, 17(3): 9-10.