

Profibus通信闪断故障分析及处理

黄晶晶, 宋献进, 王磊

中国重汽集团有限公司 山东济南 250000

摘要: 针对现场Profibus通信闪断的故障, 从硬件、软件和电磁干扰等方向进行系统深入的分析, 结合多年的现场经验及实际验证, 总结出一套能快速排查并解决通信故障的系统方法, 为同行提供可借鉴的解决方案。

关键词: Profibus; 闪断; 故障诊断; 中继器; 波特率; 现场总线

1 序言

Profibus-DP网络是一种广泛应用于自动化系统监控层和底层数据通信与控制的现场总线技术, 是自动化技术发展的代表性控制网络, 但在实际运行过程中经常出现通信中断。如果是单独地出现从站掉站的情况, 相对比较容易处理, 一旦出现Profibus-DP网络通信闪断现象, 由于是非单个原因造成的闪断, 因此故障极其不易排查, 成为一直困扰此领域的难题。总结现有的处理方法, 结合笔者多年的现场经验, 并以现场中宽体生产线为例提出了一种可以快速解决闪断故障并查找干扰源或者故障点的方法。下面详细阐述排查过程, 并提出解决方案。

2 分析现场

梳理现场拓扑网络, 通过软件查现场网络拓扑图可以看出, 现场网络采用Profibus-DP网络: 总线结构、波特率93.75kB/s。确定各站点间总线长度, 查看电气原理图, 发现Profibus-DP网络分为两路, 一路站点地址为: CPU→5号站点→19号站点→26号站点→10号站点→6号站点→25号站点→9号站点→27号站点, 27号站点为终端, 总线长度71m; 另一路站点地址为: PLC→HMI→8号站点→13号站点→12号站点→16号站点→15号站点→4号站点→14号站点→24号站点→17号站点→18号站点→3号站点→7号站点→21号站点→22号站点→11号站点, 11号站点为终端, 总线长度151m。总线长度

还可以借助ProfiTrace (波特率 $\geq 500\text{ kB/s}$) 实现网络拓扑诊断, 其中26号、27号站点为机器人站; 12~19号、21号、22号和25号站点为SMC站点, 通信及电源接头为M12, 通信模块为EX260-SP1; HMI为西门子MP277触摸屏, 站点地址为30号站点, 波特率93.75kB/s; CPU为315-2DP, 型号315-2AH14-0AB0; 其余站点为西门子ET200站点, 型号6ES7 153-1AA03-0XB0, 通信接头为6ES7 972-0BB52-0XA0, 刀片压接接线。现场通信总线长度约222m, 总站点数量为25个, 当Profibus从站数量 > 32 个时, 需要加入RS 485中继器。

在使用或者调整时一定要确定所有硬件的基本接线及通信原理, 根据第一步的梳理, 现场的主要硬件为PLC、触摸屏、ET200、DP、M12通信及电源接头。同时要参照相关产品技术手册, 需要特别指出以下3点。

1) 区别西门子DP接头6ES7 972-0BB12-0XA0的终端电阻连接方式 (见图1) 与SMC EX260-SP1

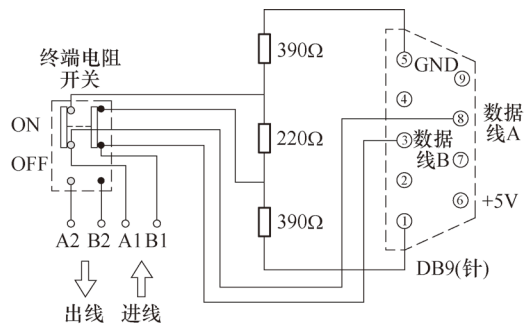


图1 西门子DP接头终端电阻连接方式

的终端电阻的连接方式（见图2）。西门子DP接头在ON位置代表A1与A2、B1与B2断开，进线A1、B1对地接390Ω接地电阻；西门子DP接头在OFF位置代表A1与A2、B1与B2连接。SMC阀岛A1与A2、B1与B2相连，终端电阻的接头ON/OFF位置代表是否在接终端电阻，终端电阻的作用为吸收反射波，因此在诊断站点时需要了解清楚各终端电阻的意义。

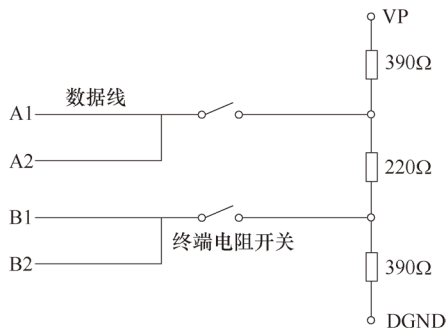


图2 SMC EX260-SP1终端电阻连接方式

2) 注意通信用配线使用对应Profibus-DP 的双绞屏蔽线的技术参数（见表1），特别是在使用年限较长及电磁辐射严重的场所，如焊装车间、腐蚀性强的化工车间等。

表1 Profibus-DP双绞屏蔽线的技术参数

电阻/Ω	导线间电容/ (pF/m)	导线电阻/ (Ω/km)	线径/mm	导线截面积/ mm ²
135~165	≤30	≤110	≤0.64	≤0.34

3) 在一个未接地结构中，注意网络所连接的从站中IM153-X的数量，使用一个电源可在Profibus-DP上最多运行18个节点，如果超过18个节点，则必须使用附加电源。

3 计算网络循环时间

现场站点I/O配置见表2。参照表2计算数据信息最短循环时间： $\Sigma TTC = (TSYN + TID1 + TSDR + Header + 输入点数 \times 11Bit + 输出点数 \times 11Bit) \times$

$Num1 + (TSYN + TID1 + TSDR + Header + 输入点数 \times 11Bit + 输出点数 \times 11Bit) \times Num2 + \dots + (TSYN + TID1 + TSDR + Header + 输入点数 \times 11Bit + 输出点数 \times 11Bit) \times Num8 = 9117Bit = 8.9033kB$ 。其中，TSYN为信息循环时间，按位计算；TID1为在主站的空闲时间，大小为75个时间位；TSDR为在从站的延迟时间，大小为11个时间位；Header为在请求和响应帧的报文头，大小为198个时间位。

表2 现场站点I/O配置（单位：个）

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
输入点数	8	10	4	4	6	0	8	10
输出点数	2	6	4	2	2	4	8	2
同站点数量Num	2	1	1	3	2	11	2	1

根据当前波特率设定93.75kB/s，传输9117Bit需要时间 $t = 1 \div 93.75kB/s \times 8.9033kB = 94.97ms$ 。通过硬件组态可以看出扫描周期的监视时间为150ms，来自通信的扫描周期负载占比为20%即30ms，因此如果传输所需的时间超过设定值，就可能存在数据丢失或者通信中断问题，这就需要在保证在一个扫描周期内完成数据传输。

调整时应注意如下几点。

- 1) 调整传输速率时需要根据现场的拓扑网络长度确定，波特率与传输距离对应关系参见表3。
- 2) 需要同时注意触摸屏在网络中的位置，修改触摸屏波特率，否则会造成通信错误。
- 3) 如果现场网络长度超过调整波特率允许传输的最大值，需要调整PLC参数设定或者同时调整PLC参数设定及波特率，或者采用中继器进行网络隔离及网络拓扑。
- 4) 该工作宜在无网络故障的情况下实施，便于观察效果；波特率最大可调整至500kB/s，根据现场确认传输9117Bit需要的时间为17.8ms。

表3 波特率与传输距离对应关系

波特率	9.2~93.75kB/s	187.5kB/s	500 kB/s	1.5MB/s	3~12MB/s
最大长度/m	1200	1000	400	200	100
传输9117Bit时间/ms	响应时间过长，不满足通信的时效性	47.5	17.8	5.8	现场硬件不支持高速通信
现场总线长度（222m）下可选择的波特率（可选择打√，否则打×）	√	√	√	×	×
RS485两个节点间的最大长度/m	10000		4000	2000	1000

4 诊断故障站点

故障诊断可以根据硬件诊断缓冲区的报警信息进行粗略判定, 哪些站点或者工位为经常掉站点, 这里提供如下几种诊断方法, 可快速锁定故障点。

(1) 第一种方法 通过降低波特率(见表3)来验证故障是否跟信号衰减有关, 这也是比较直接有效的方法。

(2) 第二种方法 通过网络隔离的方式实现, 即通过增加中继器的方式实现网络隔离, 判定故障或者干扰点处于哪个网络段。

在实施该方法时应注意以下几点。

1) 建议在隔离时采用二分法, 同时结合现场网络位置, 尽量不要增加现场网络线路长度。

2) 在进行网络隔离时注意各网络段终端电阻的位置。

3) 在网络隔离(见图3)时隔离网段只连接一条网络, 避免同源网络(见图4)相互干扰。

4) 注意RS485两个节点间距符合要求。

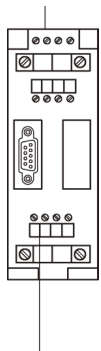


图3 网络隔离

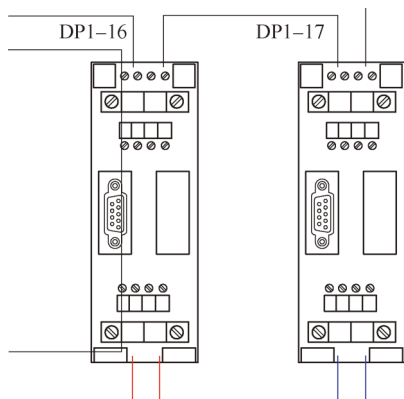


图4 同源网络（同色同源）

5) 注意RS485接地运行时, 所有节点接地运行并跨接M与PE; RS485不接地运行时, 所有节点不

接地运行并不跨接M与PE, 且RS485的电源也是不接地的。在不接地运行方式下, 通过中继器内置的22nF的电容与10MΩ的电阻组成的RC网络, 可以释放干扰电流和静态充电。

6) 在干扰严重的情况下, 确保每条总线链路首端和终端各有一个终端电阻, 特别是增加中继器后的第一个站点, 在实验室条件下, 可以只在终端设终端电阻。

(3) 第三种方法 采用万用表或者示波器测量, 主要测量位置点。

1) DP总线A/B相间短路, A或者B相对屏蔽层是否短路, 测量时建议采用二分法, 并注意图4中的同源网络干扰问题。

2) 测量A/B对屏蔽层电压, A相对地2V左右, B相对地2.4V左右, 实际数据传输时差分值在3V左右。需要注意以下几点: 第一点, 测量A/B相间短路时, 需要断开网络和断开终端电阻, 测量A/B相间电压时, 需要带电测量, 避免短路; 第二点, 区别测量电压值与利用ProfiTrace进行网络诊断时的电压值, 利用ProfiTrace测量计算的电压值比直接用万用表的测量值高; 第三点, 若A/B相对地短路, 则该相对地电压一般为0V。

3) 注意测量配电柜零地分离, 如条件允许, 则动力电缆的接地与控制系统的接地需要做到分离。

4) 测量各个站点对地电阻, 对地电阻应小于2Ω, 注意统计接地电阻异常点(站点电阻测量值见表4)。由表4可知, 8号站点地址电阻异常, 可以单独做接地, 如果故障不能消除, 则考虑ET200模块故障。

表4 站点电阻测量值

站点地址	PLC	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
接地电阻/ Ω	0.5	0.6	0.8	0.2	0.9	0.1	73.5	0.6	0.8	0.2	0.8	0.2	0.7
站点地址	15	16	17	18	19	21	22	24	25	26	27	30 (HMI)	
接地电阻/ Ω	0.4	0.3	0.3	0.5	0.6	0.3	0.4	0.2	1.0	0.2	0.9	0.3	

(4) 第四种方法 利用ProfiTrace进行网络诊断, 方便地排除故障站点, 可以对A/B相间微分电压(见图5)、掉站情况、网络结构及波形进行分

析,这里不作重点分享。以现场为例,现场9号站点的通信电压不稳定,容易造成数据丢失或者掉站,需要对9号站点的接头接线做重新连接紧固,可以考虑将DP接头更换为接线式6ES7 972-0BB12-0XA0,同时注意ET200站点是否损坏的情况。

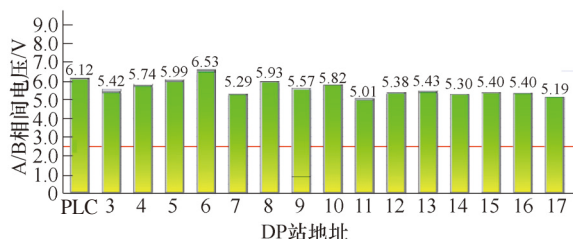


图5 A/B相间微分电压

(5) 第五种方法 通过从每个网段第一个站点开始逐个拔终端电阻(见图1、图2)的方式,注意各站点接头、模块的终端电阻意义,相当于从每个网段第一个站点开始,逐个站点短接,配合STEP7硬件诊断缓冲区,查看报警状态是否有所改善,注意通信接头的质量。

第一、第二种方法排除故障后,需要将网络恢复为原来的网络状态。第三、第四和第五种方法排除故障后,可以直接运行网络。

5 消除干扰

经过上述诊断,硬件和软件的故障都已消除,其他影响因素主要考虑现场环境的电磁干扰。消除电磁干扰主要考虑以下几种方式。

(1) 利用屏蔽减少电磁干扰 对于控制线路应使用屏蔽线缆,并做好屏蔽接地;对于强电流动力线,最好使用屏蔽电缆,并与控制线缆分隔、独立走线。

(2) 利用接地技术消除干扰 特别是涉及电动机接地、变频器接地和控制系统接地的情况,采用加入终端电阻吸收反射波的方法,一般网络第一个站点与最后一个站点需要接上拉电阻及下拉电阻。

(3) 利用布线方式降低干扰 主要是控制线缆和动力线缆线槽分离等。

(4) 利用滤波降低干扰 如果有条件,控制系统可采用净化电源及UPS,或者在动力系统增加滤波器,提高电源质量。

(5) 增加磁环以消除干扰 在DP线缆的接头位置加设磁环。

6 结束语

通过上述过程,对系统的硬件(涉及网络硬件结构、接线、硬件品牌型号和网络站点物理参数等)、软件(涉及参数设定、总线时间计算等)和电磁干扰(涉及接地技术、屏蔽等)问题做了深入分析,对解决现场DP通信报警、闪断等诸多问题,为同行提供了指导性的意见,并形成了系统方法。采用此系统方法,不仅大大提高了故障排查效率,而且提升了查找故障点的精准度。

参考文献:

- [1] 李钰靓,徐玉中,张利宏. PROTONS-M8卷烟机 PROFIBUS-DP网络闪断现象的分析与改进[J]. 自动化与仪器仪表, 2014 (11): 155-156.
- [2] 王亚敏. 基于PROFIBUS-DP的网络优化及应用[J]. 工业技术与职业应用, 2018, 16 (1): 10-11.
- [3] 姜永志. Profibus-DP通信故障的分析与处理[J]. 自动化应用, 2018 (1): 88-90.
- [4] 李伟. Profibus-dp 总线系统性能改善[J]. 测试与技术, 2018 (19): 71-72.
- [5] 周华英,贺云飞. Profibus DP现场总线通信故障分析及改善[J]. 汽车工艺与材料, 2017 (1): 10-15.
- [6] 梁红雨,李修成,陈楠,等. PROFIBUS现场总线故障分析与处理[J]. 吉林电力, 2016 (3): 48-49.
- [7] 于兴旺. Profibus-DP总线通信故障实例及分析方法[J]. 电气时代, 2015 (9): 104-105.
- [8] 毕延军,杨国新,官林祥. PROFIBUS-DP现场总线技术的网络优化[J]. 电气时代, 2018, 40 (1): 58-59.
- [9] 李晓堂,张宝文,马悦军. 制丝生产线PROFIBUS-DP网络闪断现象的改进[J]. 烟草科技, 2013 (10): 24-26.
- [10] 乔茜华,王成群,王永华. Profibus 网络丢站因素分析及工程解决方案[J]. 自动化仪表, 2015, 36 (5): 35-36.
- [11] 李旭. 电磁干扰的传播途径及抑制方法分析探讨[J]. 电子世界, 2018 (20): 204.

MW 20210518