

计量仪表及罐区的防雷方式探讨

何岩明 中石化齐鲁分公司 (淄博 255400)

纪波峰, 纪纲 上海同欣自动化仪表有限公司 (上海 200070)

提 要: 计量仪表和罐区仪表大多露天安装, 极易受雷电侵害。文中叙述仪表防雷方法: 仪表信号线、电源线全部采用屏蔽电缆, 然后穿钢管保护, 钢管按规范要求接地, 尽量埋地敷设。如果再能实现室内安装, 则可做到三层屏蔽。文中介绍了等电位接地原理、实施方法和电涌保护器的合理选用, 多管齐下实现防雷。文中列举了布置在大厦内的计量仪表, 采用简易的方法成功防雷的实例。还列举了一个工业园区全部露天安装的几十套蒸汽流量计, 在全部电缆线没有钢管保护 (屏蔽) 的情况下, 普遍增设 TVS 电涌保护器; 在 220V AC 电源接入口, 增设定型 SPD, 成功实现防雷的实例。

关键词: 计量仪表 防雷 雷电电磁脉冲 屏蔽 等电位接地 电涌保护器 TVS

Discussion about metering instrument and lightning protecting in tank area

He yanming SINOPEC QILU branch (zibo 255400)

Ji bofeng, Ji gang shanghai tontion automatic instrument Co., Ltd (shanghai 200070)

Abstractor: Most of metering instruments are outdoor installation, and easy to be damaged by lightning. The lightning protection described in paper: signal cable and power supply cable use shielded cable, with pipe protection. Pipe ground well according to regulation and underground laying if possible. If indoor installation is possible, they have third protection. Some methods are introduced including equipotential ground theory, implementation method and choice of surge protection. And list a case of indoor installation instruments lightning protection with a easy method. In another case, tens of outdoor installation steam flowmeter in an industry park, their cable without pipe protection, to achieve lightning protection by add a TVS surge protector, and add a SPD device in 220VAC power port.

Key words: metering instrument lightning protection lightning electromagnetic pulse shield
Equipotential grounding surge protector TVS

1 引言

说到雷击, 人们马上会联想到大树被雷劈开, 建筑物被雷削去一只角的惨状。计量仪表也会因雷电而损坏, 而损坏的形式却与大树、房屋有很大的差异。

雷电是一种能量极高的大气物理现象。大气被击穿产生的放电, 形成强大的电磁脉冲, 进入电子信息系统, 导致很多仪表的损坏。

例如中石化某分公司, 在 2016 年 8 月 14 日的一天内, 就有多台仪表因雷电而损坏。损坏的仪表不仅有安装在现场的超声流量计、压力变送器、雷达液位计, 还有安装在控制室内的流量二次表、PLC 以及安全栅等。损坏的形式有的是智能化仪表的程序被冲掉, 有的是硬件损坏, 甚至印板、端子排被烧焦, 如表 1 所示。

表 1 2016 年 8 月 14 日雷击损坏的仪表统计

部门/装置	系 统 名 称	仪表名称	制造厂	损坏情况	处理方法
炼厂	进厂蒸汽总表	压力变送器	罗斯蒙特	输出>20mA	更换压力变送器
炼厂北气柜	储罐柜位指示	雷达液位计	德国 VEGA	表内电源防雷栅启动	恢复上电
炼厂第四循环水场	生活水线 FIQ-101/3	超声流量计	上海迪纳生	雷击损坏	整台仪表更换
炼厂第四循环水场	净化风线 FIQ-112	涡街流量计	大连	雷击损坏	整台仪表更换
炼厂三水源	高位水池 LI-1B 投入式液位计	3051 双法兰	罗斯蒙特	雷击损坏	更换变送器
炼厂二油品	消防水罐 LI-01	SWP-T80 数显表	上润	雷击损坏	更换数显表
炼厂二油品	2#火炬高压瓦斯线 FT1001	质量流量计	东风机电	雷击损坏	更换印板
炼厂二油品	3#火炬低压蒸汽线流量 526FIQ-01	流量计算机	博思达	雷击损坏	整台仪表更换
炼厂水源	二区低位	投入式液位计	北京固铂	雷击损坏	更换新表
橡胶厂罐区	外供氮气流量	流量二次表		信号输入通道坏	更换二次表
橡胶厂罐区	1.5MPa 蒸汽总表	流量二次表		温度输入通道坏	更换二次表
储运罐区	三台液位计	雷达液位计		主板损坏	更换变送器
储运罐区	603 泵房	PLC		雷击冲掉数据	重新编程

计量仪表的损坏不仅导致直接的经济损失,更重要的是影响生产的正常进行和管理的正常秩序。例如用于大宗原料、成品、能源贸易交接计量的计量器具,一旦因雷击损坏,轻则影响贸易交接的正常进行,如果表计损坏未及时发现,还会为交接中的一方带来重大的经济损失。因此,多年来,关于仪表防雷保护问题,一直受到人们的关注。

2 计量仪表防雷的特点

人们生产、生活中使用的电气电子设备千千万万,这些设备同样受到雷电的威胁,在各种不同的电子电气设备中,计量仪表更容易受到雷电的伤害,这是由于计量仪表的特点和所处的环境引起的。

2.1 电子式仪表能耐受的电压低

现代的计量仪表,大多以微电子器件为核心,能耐受的电压很低。例如以 CMOS 工艺制造的集成电路,电压超过 10V 就有被损坏的可能^[1]。

马路边上的路灯成千上万,为路灯供电的电源线,有很多是架空敷设,但极少被雷打坏,原因是路灯能耐受的电压、电流比微电子器件高得多。

2.2 露天安装的仪表更易受雷害

计量仪表的分布,大多较分散,安装场所很多是露天,例如一个蒸汽供热网,如果有 100 套蒸汽计量表,蒸汽流量计的安装地点可能就有 80 套是全露天或半露天。罐区的仪表大多也是露天安装。

与安装在钢筋混凝土大厦内的仪表相比,露天安装的仪表少了一层保护,所以更易受到雷电的伤害。

3 仪表防雷的主要方法

3.1 电磁屏蔽

直击雷产生的瞬间电压和瞬间电流非常巨大,电压可高达数万伏,电流可高达数万安^{[2][3]}。这些强大的电流首先被高大的建筑物、构筑物或设备上的接闪器(避雷针、避雷网)接闪,被引入大地,而导致仪表及电子设备损坏的还不是直击雷本身,而是巨大的闪电电流所产生的电磁脉冲。

IEC1312-1 定义的雷电电磁脉冲(LEMP),是作为干扰源的闪电电流和闪电电磁场^[4]。其中,闪电电磁场是无孔不入的,它不仅会直接侵入仪表,而且会在导线上、管道上以及其他导体上感应

电动势，进而侵入仪表。

侵入仪表的电磁脉冲，如果超过一定幅值，就会导致器件损坏甚至线路板、端子排烧毁，对于智能化仪表，常将存储器中的程序和数据冲掉。

电磁屏蔽是减少电磁干扰和防雷的基本措施。电磁屏蔽能减少交变电磁场对仪表的渗透，同时减小对仪表外部连接线上感应的电动势。

具体做法：

① 所有信号电缆均采用屏蔽双绞线。对电缆的屏蔽，国家石油和化学工业局于 2000 年发布的《仪表系统接地设计规定》(HG/T20513-2014)对屏蔽电缆的接地，原则上是规定一端接地，另一端悬空^[1]。

② 屏蔽电缆穿钢管保护或封闭的钢管线槽保护，尽量避免裸露于钢质保护管之外。

此保护管、走线槽必须中间连接良好，例如在两根钢管连接处，用电气专业的电气夹头和截面积为 1.5mm^2 的铜导线，将两段管子作电气连接。

此保护管、走线槽必须两端接地^[5]。

在 GB50343-2012 中，要求钢制保护管尽可能埋地敷设，以增强屏蔽效果。

③ 利用建筑物本身屏蔽。建筑物的墙壁、屋面内的钢筋，金属门窗等，进行等电位连接，并与防直击雷的接地装置相连，使之形成一个法拉第笼，从而形成对建筑物内的仪表电子设备及线路的外层保护^[6]。

有些控制室本身并不是钢筋混凝土结构，但在墙壁和屋面上用钢丝网作了屏蔽处理，也能收到很好的屏蔽效果。

3.2 等电位接地

在 GB50057 中对建筑物防雷做了具体的规定，按此标准建的覆盖面积很大的防雷接地网，安装在设备上、管道上的变送器、传感器、二次表的接地，与此公共接地网相连，实现等电位接地。

航空飞行器虽然没有接地，但由于它内部的电子设备和飞行器的金属外壳作了等电位连接，形成了一个等电位体，因此免受了雷电的影响^[1]。

经符合规范的屏蔽和接地处理的计量仪表，能基本预防雷电侵害。以上海的一幢 88 层大厦为例，就建筑物本身来说，有完善的防雷系统。可很好地抵御直击雷的侵袭。大厦内设有一百多套以流量计为主要设备的计量仪表以及计算机数据采集系统，仪表的全部 I/O 线、通讯线、电源线均采用双绞屏蔽电缆，并穿钢管保护，而且按规定接地，220V AC 电源从电气专业的配电箱引来。仪表系统未采用电涌保护器。仪表投运 17 年以来，未发生过一次雷电损坏事故。仪表的三层屏蔽如图 1 所示。

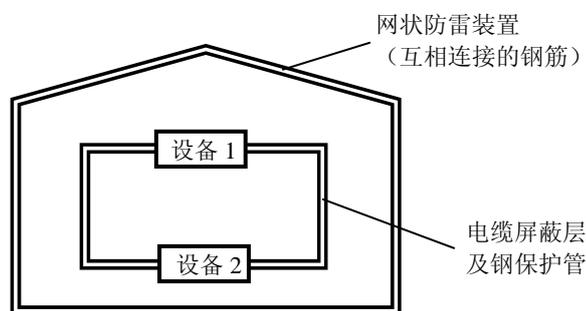


图 1 三层屏蔽示意

3.3 合理选用电涌保护器

电涌保护器 (SPD) 是一种抵制传导来的线路过电压和过电流的装置。包括放电间隙、压敏电阻、齐纳二极管或雪崩二极管、滤波器等。

前面所述屏蔽和接地措施是有效的。但屏蔽不可能做到天衣无缝，例如电源要从外部引入，在某些情况下和一些特定场合还无法完全消灭架空线。这与居民小区和马路边上，架空线仍旧很多的情况相似。这时必须借助于 SPD 对仪表及系统进行防雷保护。

有可能受到电涌伤害的部位很多，例如：电源、AI 口、DI 口，AO 口、DO 口、通讯口等，就象一台简单的蒸汽流量计，就有电源、流量信号输入口、压力信号输入口、温度信号输入口、4~20mA 信号输出口、通讯信号接口等 6 个口，如果每一个口都配备定型的 SPD，那就要增加很多设备和相应的投资。

每个口可能引入的电涌强度各不相同，对付电涌的方法也各不相同，所以要根据具体情况，采取适当的措施，既要有效又要经济合理。

在 SPD 的选型中，应根据实际需要和 SPD 的特点合理选择，特别要注意 SPD 的工作电压、负载电流与系统回路相匹配，其最大连续操作电压应略大于回路最大正常工作电压，负载电流应大于回路最大正常工作电流。确保 SPD 在回路中正常工作。对于本安回路需注意 SPD 是否有相应本安认证，其线路电阻值应足够小，能保证现场仪表电压能正常工作。对于加载通讯信号的回路需注意 SPD 带宽，确保正常信号通过^{[7][8]}。

GB50343 规定，机房内的 SPD 接地端，应采用截面积不小于 1.5mm² 的多股绝缘铜导线，单点连接到机房等电位接地端子排上。安全接地、屏蔽接地和 SPD 接地等，均应连接到等电位接地端子排上^{[9][10]}。

4 防雷系统改进的实例

江苏某热电公司，地处长江边上，配置有几十套蒸汽流量计，分布在一个工业园区，全部为露天安装。以前每年雷雨季节都有好几台仪表被雷打坏。因雷电损坏的仪表类型有：

- ① 3051TG 型压力变送器：输出部分坏；
- ② FT8600 型 GPRS 无线数据收发器：数字通讯口坏；
- ③ DY 系列涡街流量计：转换器内数据被冲；输出部分损坏；
- ④ FC6000 型流量演算器：I/O 口损坏。

笔者接受委托去现场进行调查和诊断，发现该热网的每一台流量计的 I/O 口信号线、数字通讯口信号线，已全部采用带金属屏蔽层的电缆，但电线保护管，全部采用 PVC 硬管，显然不符合规范要求。笔者建议委托方采取两项改进措施。其一是将全部电缆保护管改为钢管并将保护管按规定接地，而且尽量埋地敷设。其二是合理配置电涌保护器。

委托方考虑第一项改进措施工程量太大，对于此历史遗留问题，暂不实施。先实施第二项改进措施，如果效果不理想，再实施第一项改进措施。

在增设 SPD 的过程中，首先遇到的问题是在哪些节点设置 SPD，其次是选何种类型的 SPD。

因为每一个蒸汽流量计量表，就有流量输入信号、压力输入信号、温度输入信号、模拟输出信号、数字通讯口、电源接入口等多个节点，如果全面采用定型的 SPD，投资相当可观。经研究讨论，第一步采用简化方案，即在每套流量计的交流电源接入口，装设限压型 SPD，额定电压为 230V AC；各 I/O 口增 400W 双向 TVS 保护器。然后观察效果。由于 TVS 很便宜，固定在端子排上，也不困难，所以设备材料费一共没多少钱。

这项措施的效果十分显著，实施五年以来，再未发生过仪表因雷电而损坏。

关于 TVS，作如下补充。TVS (Transient Voltage Suppressor) 全称是瞬态抑制二极管，是雪崩二极管的一种，它工作在二极管的反向击穿区，当瞬间浪涌出现时，能以其瞬间翻转特性立即响应。将原来的高阻抗瞬间变为低阻抗。从而起到分流限压的作用，保护负载不被损坏。它具有箝位电压低和响应速度快的优点。箝位电压最低的一档仅 6V。

系列化的 TVS 产品，标称限压在 6V 到 440V 之间有几十档规格，瞬态功率有 200W、400W、500W、600W、1.5kW、3kW、5kW、15 kW、20 kW、30 kW 等多种。仪表的 I/O 信号线由于已经有金属屏蔽层保护，雷电电磁脉冲已被大大削弱，所以 TVS 用不着太大的瞬态功率。本实例中所使

用的 TVS 共两种规格:

- ① RS485 数字通讯口选用 6.8V、400W 双向 TVS;
- ② 其余 I/O 口选用 32V、400W 双向 TVS。

这两种 TVS 的外形尺寸如图 2 所示。

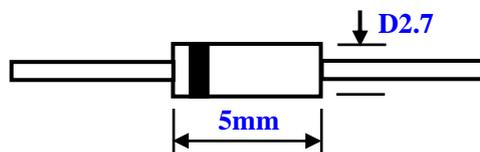


图 2 小功率 TVS 外形

在 SPD 的选用中, 响应时间必须比浪涌电流的上升速度快, 响应时间越短, 抵制浪涌瞬态电压的速度就越快。一般来说, SPD 响应时间应小于 10ns^[11]。

5 结束语

① 计量仪表在生产控制和管理中扮演着重要角色, 很容易受到雷电侵害。这些仪表一旦受损, 不仅直接经济损失可观, 更重要的是影响生产控制和贸易交接等, 造成不可估量的其他损失。

② 电子式仪表容易受到雷电伤害, 是因为它能耐受的电压很低, 雷电产生的电磁脉冲, 通过多种途径侵入仪表, 导致程序被冲或硬件损坏。

计量仪表容易受到雷电伤害的另一原因是它们的分散性布置, 甚至有很多为露天安装, 与安装在具有完善防雷措施的室内相比, 少了一层屏蔽。因而尤其需要重视防雷。

③ 屏蔽是仪表防雷的基本措施。

仪表防雷的三层屏蔽, 能有效地削弱雷电电磁脉冲对仪表系统的侵入。三层屏蔽不可偏废。

④ 等电位接地也是仪表防雷的重要措施, 应按国家相关标准实施。

⑤ 电涌保护器 (SPD) 有多种, 技术参数和价格差异悬殊。应本着安全可靠、技术先进、经济合理的原则选用。实践表明, TVS 在计量仪表的 I/O 通道防雷方面, 具有简单有效, 经济合理的效果。

参考文献

1. 徐义亨, 刘华美, 陈菁菁. 分散型控制系统的防雷. 石油化工自动化. 2003.4:1~2;7
2. GB50057-2010. 建筑物防雷设计规范
3. 张朝晖, 徐玮瑛, 胡彬. 雷电侵害仪表和控制系统的几种途径. 化工自动化及仪表. 2009.36(6): 89~92
4. IEC 62305-2: 2004. 防雷保护. 第 2 部分:风险管理.
5. 徐义亨, 一个实例给控制系统防雷带来的思考. 石油化工自动化. 2008.3: 28~29
6. 刘沙. 控制系统防雷浅谈. 石油化工自动化. 2008.3: 81~83
7. 梁东. 仪表系统的防雷保护. 石油化工自动化. 2004.6: 19~21
8. 徐伟. 有关抗浪涌措施的初步探讨. 石油化工自动化. 2001.3: 14~17
9. GB50343~2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范
10. CA 267-2000 计算机信息系统雷电电磁脉冲安全防护规范
11. 潘家利, 周茂华. 低压配电系统浪涌保护器及雷电浪涌保护. 广西气象. 第 23 卷 第 2 期, 2002.6
12. 王祥, 王朝晖. 石油化工行业电力电子系统防雷电要点. 石油化工自动化. 2008.3: 89~90

第一作者: 何岩明, 1966 年生, 在齐鲁石化计量中心能源管理科任科长, 计量工程师。

摘自《石油化工自动化》2017 年第 6 期