

# Cause Analysis and Measures of the Camera Struck Repeatedly by Lightning in Security Monitoring System

Mingzuo Luo, Yi Deng, Xiaohong Wu, Genyuan Xu, Lei Shi, Chuan Sun

Ziyang Meteorological Bureau, Ziyang City  
Email: [laoluo35@sina.com](mailto:laoluo35@sina.com)

Received: Aug. 22<sup>nd</sup>, 2014; revised: Sep. 4<sup>th</sup>, 2014; accepted: Sep. 12<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper analyzes the lightning data of the security monitoring system in the scope of lightning site. The results show that the frequency of thunderstroke in the two years is up to 17 times at the range of 500 meters. Among them, there is only 1 time that the rolling sphere radius of lightning current is larger than the average distance from the lightning point. There are 15 times that lightning impulse electromagnetic induction intensity in LPZ0<sub>B</sub> area is not less than  $0.07 \times 10^{-4}$  T, which is 88.2% of the total amount, and there are 6 times that lightning impulse electromagnetic induction intensity in LPZ1 area is not less than  $0.07 \times 10^{-4}$  T, which accounts for 35.3% of the total amount. From the results, it is proved that the indoor and outdoor cameras are unlikely to suffer direct lightning flash strike, and in most cases cameras are subjected to inductive lightning, which is the main reason of the camera repeatedly struck by lightning. Therefore, the study has some guidance to the lightning protection of the security camera monitoring system.

## Keywords

Camera, Lightning-Point Average Distance, Lightning Electromagnetic Induction Intensity, Cause Analysis of Lightning Stroke, Lightning Protection Measures

---

# 安防监控系统摄像头屡遭雷击原因分析与措施

骆明佐, 邓逸, 吴小红, 许根源, 石磊, 孙川

四川省资阳市气象局, 资阳

Email: [laolu35@sina.com](mailto:laolu35@sina.com)

收稿日期: 2014年8月22日; 修回日期: 2014年9月4日; 录用日期: 2014年9月12日

## 摘要

本文分析了安防监控系统摄像头遭雷击现场范围内的闪电数据资料。结果显示, 500 m范围内两年遭雷击时的闪电次数达17次, 其中雷电流对应的滚球半径大于距雷击点平均距离的仅有1次; 雷电脉冲磁感应强度在LPZ0<sub>B</sub>区不小于 $0.07 \times 10^{-4}$  T的有15次, 占总的88.2%, 在LPZ1区不小于 $0.07 \times 10^{-4}$  T的有6次, 占总的35.3%。这说明室内外摄像头, 遭受直击雷的可能性较小, 大多数情况是遭受感应雷击, 是摄像头屡遭雷击的主要原因。这对安防监控系统的防雷具有一定指导作用。

## 关键词

摄像头, 雷击点平均距离, 雷电磁感应强度, 雷击分析, 防雷措施

## 1. 引言

资阳市烟草公司自迁到新办公位置以来, 安防监控系统于2013年、2014年连续两年在6月份遭雷击。2013年击坏摄像头7台, 随后由安装公司更换上新的摄像头后, 安防监控系统恢复正常运行到2014年6月又被雷击坏摄像头22台。鉴于这种情况, 经现场勘查后, 查雷电监测预警网系统得到其所在区域500 m范围内的闪电资料, 主要应用磁感应强度理论分析了安防监控系统摄像头屡遭雷击的原因。这对防雷具有重要参考和帮助作用。

## 2. 基本情况

### 2.1. 地理、地质和气象情况

烟草公司位于资阳市雁江区大迁大道公路旁的东侧谷地, 其东西方长约300 m、南北方长边宽约150 m、短边宽约100 m, 地形地貌属浅丘, 东南和东北面周围有山丘, 与山脚分别相距100 m和40 m, 距最近处约有5 m。在烟草公司东南面和东北面的两座山丘高分别约为60 m和50 m, 山丘上各设有一座40 m高的铁塔, 铁塔上架有110 kV的8回路高压线走廊。这高压线横跨在烟草公司所在区域位置的上空附近, 距烟草公司地面约100 m高(见图1)。用集思宝(Geo Survey) G310数据采集仪采集到烟草公司所在区域中点位置(邻近配电房)的纬度为 $30^{\circ}06'59.30''N$ , 经度为 $104^{\circ}36'52.43''E$ 。在雨停晴3天后, 用K-2127B多功能接地电阻测试仪选用温纳法测量土壤电阻率, 土壤性质为粘土, 经季节系数订正后为 $71.25 \Omega \cdot m$ , 属于土壤电阻率较小区域。查询30多年气象资料显示, 资阳市雁江区年平均雷暴日为 $37 d \cdot a^{-1}$ , 属中雷区[1]。近年来烟草公司屡遭雷击, 这表明烟草公司附近的高压线路及铁塔, 常使大气电场产生畸变, 引雷能力强; 雷电未被铁塔接闪带截闪时, 就会击中铁塔附近地面, 使得高架铁塔接闪带附近的地面落雷密度较该处平均落雷密度大[2], 说明烟草公司处于落雷区域, 雷雨季节时会时常发生雷击现象。

### 2.2. 各建筑物分布情况

烟草公司所在位置区域可划分为办公区、监控管理区和作业区。办公区有一座4层楼高的管理办公楼, 监控管理区有配电房、3层高的物流中心办公室和安防监控室, 作业区有10米高的仓库及分拣车间(见图1)。

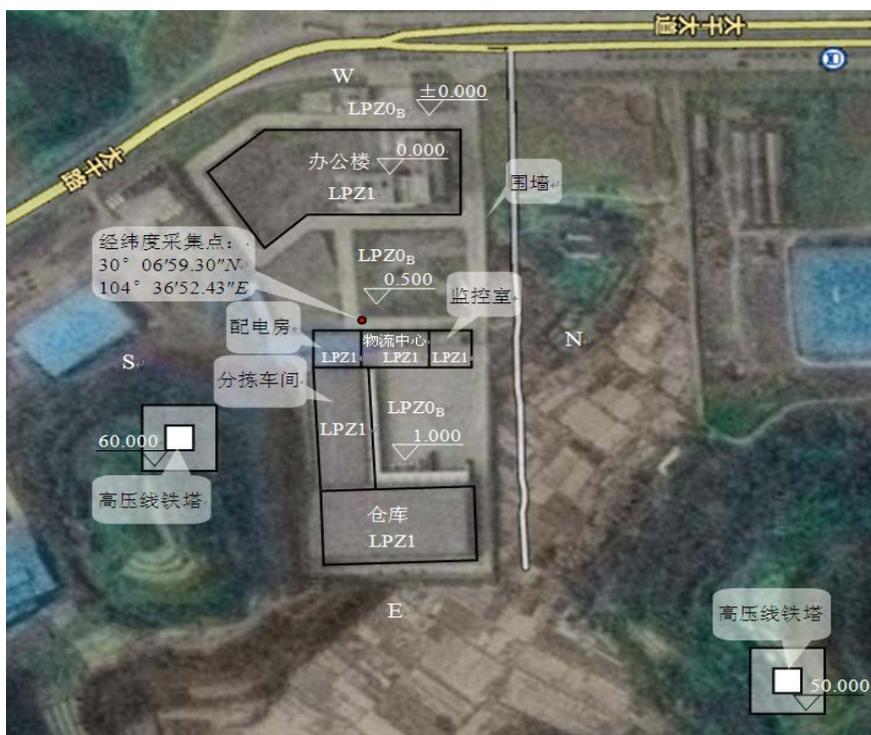


Figure 1. The layout of the buildings and lightning protection zone (Unit: metre/m)  
 图 1. 各建筑物位置分布与雷电防护区(单位: 米/m)

### 2.3. 防雷设施情况

现场勘查显示,烟草公司各建筑物设有较完善的防直击雷装置;这些建筑物楼顶易遭雷击的高处或拐角处均装有短接闪杆,并利用柱内钢筋或钢柱做引下线,采用建筑物基础钢筋网做雷电流的散流接地装置,没有发现这些防雷设施被直击雷电弧灼伤过的痕迹;机房、监控室、仓库和分拣车间的电源系统均设有 3 级 SPD、信息网络传输线缆为光缆入户、机房交换机安有信号 SPD,这些 SPD 均运行正常;电源线为非屏蔽线缆埋地在 15 m 以上引入配电房,室内布线大部分通过金属槽架分布,监控室内传输线布在金属线槽内,监控室各电子设备放在金属机柜内,机柜与墙相距 1 m;防静电地板金属骨架接地、机柜接地、槽架接地、直流工作接地、防雷电感应接地是通过等电位端子板共用同一建筑物基础钢筋地网;电源交流工作接地、防雷接地共用所在建筑物基础钢筋地网,除了光缆加强金属钢芯没有接地外,测得这些接地装置和设备设施的接地电阻为 1.0~1.2 Ω,共用接地系统较优良;防雷安全检测报告显示,各建筑物防雷类别为三类,这几部分的防雷装置符合国家标准技术要求。说明建筑物的防直击雷设施、电源系统和网络信号系统的防雷设置较完善。

现场调查发现,唯独从未申请过防雷安全检测的安防监控系统,其 49 台摄像头的室外端均(大部分布置在室外,少部分布置在楼房内)没有安装 SPD,仅在监控室信号处理器的接收端安装了几只二合一(电源与视频)SPD;2013 年室内数据分配器被雷击坏 2 台,2014 年监控室内的电子设备运行正常,未被雷击坏过;室外监控布线大部分敷设在围墙的上沿或建筑物的外墙上,为普通供电、数据采集传输线路,无屏蔽层,穿线管用的是 PVC 塑料管,不是金属管;在围墙上固定有竖向金属钢管( $\phi 50$  mm)支撑杆,高约 0.6 m,大部分摄像头、红外线感应器(见图 2)安装在其上(少数摄像头安装在楼房的外墙和内墙上),钢管上端焊有约 1.2 m 长的圆钢( $\phi 20$  mm)做接闪杆,在钢管支座端(下端)用截面 25 mm<sup>2</sup> BVR 多股铜芯黄绿相间软线与就近的接地装置相连。

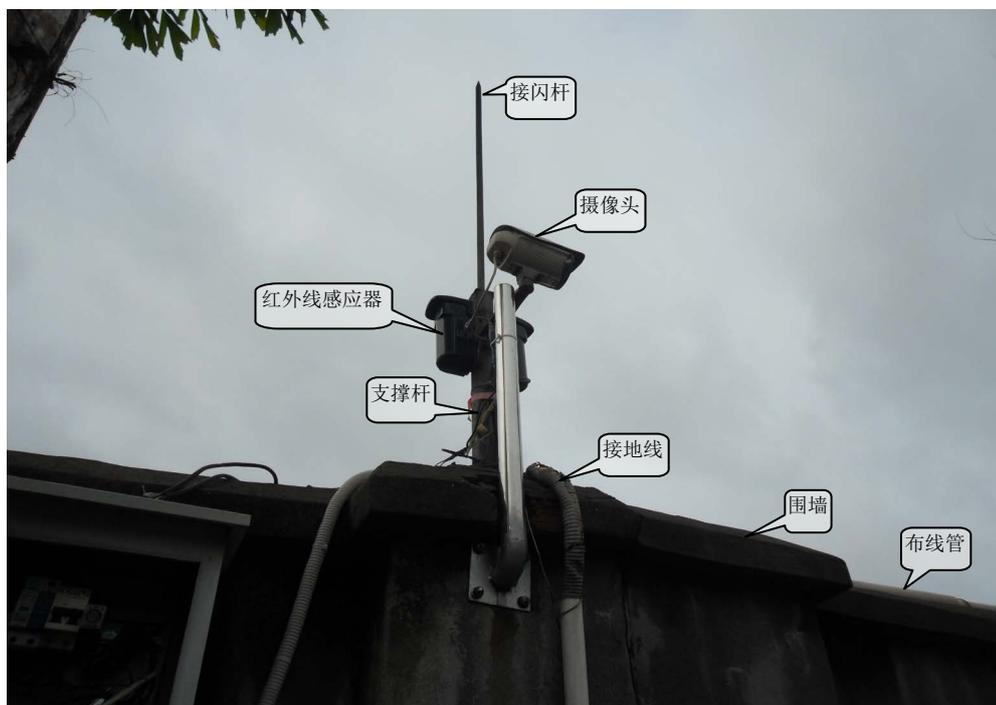


Figure 2. Camera, infrared sensors and air-termination rod  
图 2. 摄像头、红外线感应器和接闪杆

### 3. 雷击情况

2013年6月18~20日,资阳出现了局部强对流雷雨天气过程,造成烟草公司的安防监控系统遭雷击,被雷击坏室外云台摄像头5台,固定枪式摄像头2台,监控数据分配器2台。

2014年6月3日05~15时,资阳市雁江区局部出现了一次强对流雷雨天气过程,又造成烟草公司的摄像头被雷击坏。了解到约06时50分,公司周围电闪雷鸣后,监控室显示屏上大部分监控图像变黑消失。经检查发现49台监控摄像头就有22台被雷击坏,这次雷击还造成室内4台,交换机房内的1台也被击坏。

### 4. 闪电资料查询结果

查询四川省雷电监测网预警系统显示,2013年6月18日19时49分~20日23时43分,资阳市共发生落雷20,189次,其中雁江区5613次,简阳市13,740次,安岳县275次,乐至县561次,最大雷电流强度为135.8 kA。雷电资料实时定位系统显示,6月20日09时47分00.01秒~10时01分44.48秒期间,烟草公司所在位置配电房500 m范围内发生了13次雷电闪击(见图3),均为负极性的。用雷电定位显示监测系统的标尺工具测得这13次雷击点距烟草公司所在位置的配电房邻近点(烟草公司所在区域的中心点,下同)即经纬度采集点的距离见表2中距雷击点平均距离。其中ID为66,963的为此500 m范围的第一次雷电闪击,闪电强度为-18.0 kA,是此次闪电次数中较大的;ID为67,918的闪电强度为-19.1 kA,是13次闪电中最大的(见表1)。

2014年6月3日05时11分~15时01分,资阳市共发生雷电闪击350次。其中,雁江区318次,简阳市20次,安岳县9次,乐至县3次,最大雷电流强度为94.6 kA。雷电资料实时定位系统显示,6月3日06时50分52.53秒~06时52分10.69秒期间,烟草公司所在位置配电房500 m范围内发生了4次雷电闪击(见图4),均为负极性的。用雷电定位显示监测系统的标尺工具测得这4次雷击点距烟草公司所在

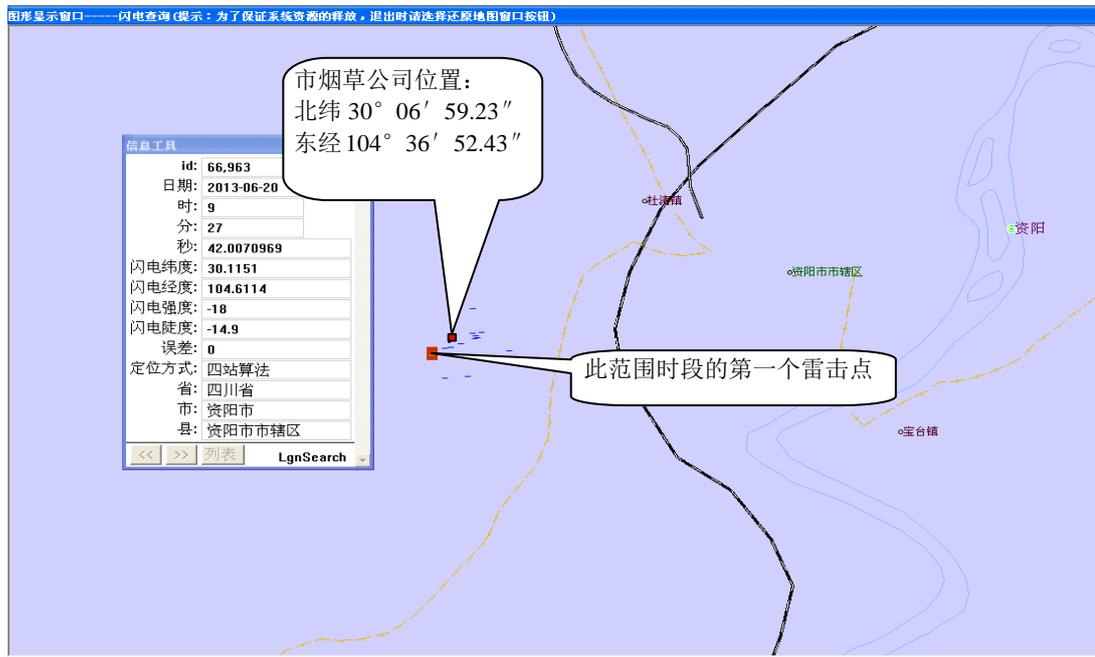


Figure 3. Lightning distribution within the range of 500 m for central position point in June 18-20, 2013  
图 3. 2013 年 6 月 18~20 日中心位置 500 m 范围内的闪电分布图

Table 1. The location, time and intensity of lightning stroke  
表 1. 雷电闪击的位置、时间和闪电强度

年份	ID	日期/d	时/h	分/min	秒/s	闪电纬度/°	闪电经度/°	闪电强度 i/kA
	66963	2013-6-20	9	27	42.0070969	30.1151	104.6114	-18.0
	67525	2013-6-20	9	39	18.0972833	30.1196	104.6154	-15.2
	67918	2013-6-20	9	50	5.4744966	30.1129	104.6126	-19.1
	68238	2013-6-20	9	58	56.4603835	30.113	104.6149	-18.5
	68239	2013-6-20	9	58	56.5278631	30.1155	104.6191	-11.8
	68351	2013-6-20	10	1	43.4801719	30.1158	104.6126	-5.5
2013	68352	2013-6-20	10	1	43.5034491	30.1172	104.6154	-5.3
	68353	2013-6-20	10	1	43.5590963	30.1162	104.6142	-7.8
	68354	2013-6-20	10	1	43.8194503	30.1168	104.6159	-7.2
	68356	2013-6-20	10	1	44.0420538	30.1173	104.6163	-9.2
	68357	2013-6-20	10	1	44.2843558	30.1159	104.6132	-8.3
	68358	2013-6-20	10	1	44.3640531	30.1167	104.6156	-4.5
	68359	2013-6-20	10	1	44.4789806	30.117	104.6157	-6.1
	1704	2014-6-3	6	50	52.5307765	30.11478	104.6142	-68.24366
	1705	2014-6-3	6	50	52.5884951	30.11615	104.6146	-32.97395
2014	1733	2014-6-3	6	52	10.6277614	30.11367	104.6151	-29.39227
	1732	2014-6-3	6	52	10.6945634	30.11334	104.6155	-35.16331



Figure 4. Lightning distribution within the range of 500 m for center location point in June 3, 2014  
图 4. 2014 年 6 月 3 日中心位置 500 m 范围内的闪电分布图

位置的配电房邻近点即经纬度采集点的距离见表 2 中距雷击点平均距离。其中 ID 为 1704 的为此 500 m 范围的第一次雷电闪击，闪电强度为-68.24366 kA，是 4 次闪电中最大的(见表 1)。这两次雷击事故的这 17 次雷电闪击因平均距离相对较近而威胁危害性较高，对烟草公司范围内未采取综合雷电防护措施的相关(如摄像头，见图 2)电子设备都会构成威胁。

## 5. 相关参数值的计算

烟草公司附近中心位置所在区域空间雷击点与屏蔽空间的平均距离  $s_a$ 、对应雷电流的滚球半径  $R$ 、雷电磁场强度、磁感应强度计算如下。

### 5.1. 平均距离的测量

在四川省 ADTD 雷电定位显示监测系统的闪电分布图上，用标尺测量工具直接测量各雷击点与烟草公司所在区域空间中心位置的平均距离见表 2。从表 2 中可以看出，烟草公司经纬度采集点(中心点)，距这 17 次雷击点的平均距离  $s_a$  最大的为 452 m，最小的为 39 m，均没有超过 500 m，与实际勘查的情况是相近的。

### 5.2. 实时雷电流对应的滚球半径

烟草公司区域空间各雷击点雷电流对应的滚球半径，由如下滚球半径公式计算。

$$R = 10(i_0)^{0.65} \quad [3] \quad (1)$$

式中， $R$  是雷电流对应的滚球半径，m； $i_0$  是闪电定位仪监测的实时闪电强度，A。

2013 年 6 月 18~20 日和 2014 年 6 月 3 日的这 17 次雷击雷电流对应的滚球半径见表 2。从表 2 中可以看出，这 17 次实时雷击雷电流对应的滚球半径大于距雷击点平均距离的仅有 ID 为 1705 的一次，其余的均小于平均距离，占总雷击次数的 94.1%，说明烟草公司各建筑物和监控设施遭直击雷的可能性较小，

**Table 2.** Lightning current corresponding to the rolling sphere radius, the average distance from the point of strike  
**表 2.** 雷击雷电流对应的滚球半径、距雷击点平均距离

年份	ID	闪电纬度/°	闪电经度/°	闪电强度/kA	滚球半径 R/m	平均距离 $s_a$ /m
2013	66963	30.1151	104.6114	-18.0	65.5	332
	67525	30.1196	104.6154	-15.2	58.6	363
	67918	30.1129	104.6126	-19.1	68.0	433
	68238	30.113	104.6149	-18.5	66.6	382
	68239	30.1155	104.6191	-11.8	49.7	452
	68351	30.1158	104.6126	-5.5	30.3	194
	68352	30.1172	104.6154	-5.3	29.6	120
	68353	30.1162	104.6142	-7.8	38.0	40
	68354	30.1168	104.6159	-7.2	36.1	138
	68356	30.1173	104.6163	-9.2	42.3	196
	68357	30.1159	104.6132	-8.3	39.6	136
	68358	30.1167	104.6156	-4.5	26.6	109
	68359	30.117	104.6157	-6.1	32.4	129
	2014	1704	30.11478	104.6142	-68.24366	155.6
1705		30.11615	104.6146	-32.97395	97.0	39
1733		30.11367	104.6151	-29.39227	90.0	363
1732		30.11334	104.6155	-35.16331	101.1	319

摄像头遭受感应雷击是毋庸置疑的了。

### 5.3. 实时雷电磁场强度和磁感应强度

由模拟实验显示：在没有屏蔽设施的条件下，使电子计算机元件失效的脉冲磁感应强度  $B_f = 0.07 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，使电子计算机元件损坏的脉冲磁感应强度  $B_d = 2.4 \times 10^{-4} \text{ T}$  [4]。

为了说明感应雷对摄像头敏感元件失效的重大影响，需对烟草公司室内外的摄像头所在区域空间的雷电磁场强度和磁感应强度分别进行计算。

#### 5.3.1. 雷击时室外摄像头的雷电磁场强度和磁感应强度

从上面安防监控系统的安装位置、布线的描述来看，2013年6月、2014年6月雷击事故的雷电击在烟草公司办公楼、分拣车间、仓库、配电房等各建筑物所在区域空间以外附近，因此室外摄像头相当于处在雷电防护区的LPZ0<sub>B</sub>区(见图1)内，雷电磁场强度没有采取相应措施来衰减。这些实时雷电各雷击点的无衰减磁场强度应按如下公式计算：

$$H_0 = i_0 / (2\pi s_a) \quad (2)$$

式中， $H_0$ 是无屏蔽时产生的无衰减磁场强度， $\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$ ； $s_a$ 是雷击点与烟草公司所有建筑物所在区域空间之间测量的平均距离(即到中心点距离)，m。在该区域空间内实时雷击对应的磁感应强度由下式计算：

$$B_0 = \mu_0 H_0 \quad (3)$$

式中， $\mu_0$ 是空气质介常数。室外摄像头在LPZ0<sub>B</sub>区无衰减磁场强度和磁感应强度计算结果见表3。从表3中可以看出雷电磁感应强度不小于  $0.07 \times 10^{-4} \text{ T}$  的有15次，占总的闪电次数的88.2%，其中最大的磁感

**Table 3.** Lightning current corresponding to the lightning magnetic field intensity and magnetic induction intensity in the LPZ0<sub>B</sub> zone and LPZ1 zone

**表 3.** 雷击雷电流对应 LPZ0<sub>B</sub> 区、LPZ1 区的雷电磁场强度和磁感应强度

年份	ID	闪电强度/kA	$H_0/\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$	$H_1/\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$	$\mu_0^* \times H_0/10^{-4} \text{ T}$	$\mu_0^* \times H_1/10^{-4} \text{ T}$
	66963	-18.0	8.628882457	5.170887394	0.108433735	0.064979287
	67525	-15.2	6.664339215	3.993628122	0.083746556	0.050185411
	67918	-19.1	7.020460538	4.207035045	0.088221709	0.052867162
	68238	-18.5	7.707765569	4.618904941	0.096858639	0.058042871
	68239	-11.8	4.15492993	2.489856005	0.052212389	0.031288453
	68351	-5.5	4.512124675	2.70390618	0.056701031	0.033978287
2013	68352	-5.3	7.02934332	4.212358083	0.088333333	0.052934053
	68353	-7.8	31.0352139	18.59795833	0.39	0.233708837
	68354	-7.2	8.303736161	4.976042362	0.104347826	0.062530793
	68356	-9.2	7.470538145	4.476745594	0.093877551	0.056256444
	68357	-8.3	9.713132556	5.820627984	0.122058824	0.073144168
	68358	-4.5	6.570616917	3.937464713	0.082568807	0.049479641
	68359	-6.1	7.525931418	4.509940203	0.094573643	0.05667358
	1704	-68.24366	56.56935325	33.89937887	0.710871458	0.425992158
2014	1705	-32.97395	134.5632599	80.63749481	1.690971795	1.013320645
	1733	-29.39227	12.88684589	7.722486581	0.161940882	0.097043628
	1732	-35.16331	17.54361944	10.51307409	0.220459624	0.132111185

\*注：考虑空气质介常数时取  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$ 。

应强度高达  $1.690971795 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，最小的也有  $0.052212389 \times 10^{-4} \text{ T}$ 。这说明感应雷对处在 LPZ0<sub>B</sub> 区的室外摄像头敏感元件的失效作用的几率非常大，是摄像头等弱电电子设备的主要损害源。

### 5.3.2. 雷击时室内摄像头的雷电磁场强度和磁感应强度

分布在烟草公司办公楼、分拣车间、仓库内的摄像头相当于处在雷电防护区的 LPZ1 区(见图 1)内，雷电磁场强度因建筑物柱内钢筋的屏蔽作用有一定量的衰减。其磁场强度应按下式计算：

$$H_1 = H_0 / 10^{SF/20} \tag{1}$$

式中， $H_1$  是需要屏蔽大空间内的磁场强度， $\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$ ； $SF$  是屏蔽系数，dB。这里取烟草公司附近发生雷击的频率为 25 kHz，建筑物柱内钢筋取直径为  $\phi 16 \text{ mm}$  的螺纹钢，柱间网格平均宽度取 4.5 m，则格栅形大空间的屏蔽系数采用下式计算：

$$SF = 20 \log \left[ (8.5/w) / \sqrt{1 + 18 \times 10^{-16} / r^2} \right] \tag{5}$$

式中， $w$  是建筑物格栅形大空间屏蔽的网格宽度，m； $r$  是格栅形屏蔽网格柱内网格钢筋导体的半径，m。在该区域空间内实时雷击对应的磁感应强度由下式计算：

$$B_1 = \mu_0 H_1 \tag{6}$$

室内摄像头在 LPZ1 区有部分衰减的磁场强度和磁感应强度计算结果见表 3。从表 3 中可以看出雷电磁感应强度不小于  $0.07 \times 10^{-4} \text{ T}$  有 6 次，占总的闪电次数的 35.3%，其中最大的磁感应强度高达 1.013320645

$\times 10^{-4} \text{ T}$ ，最小的也有  $0.031288453 \times 10^{-4} \text{ T}$ 。这说明感应雷对处在 LPZ1 区的室内摄像头敏感元件的失效作用的几率要小很多，对摄像头等弱电电子设备的威胁减弱不少，同时也表明格栅形大空间屏蔽层的屏蔽效益还是较高的，但仍然没有完全衰减到安全阈值，证明其磁场强度的残余量对室内摄像头敏感元件的失效作用仍然存在。

## 6. 摄像头遭雷击原因分析

由上述可以确定烟草公司各建筑物的防直击雷设施，电源系统和网络信号系统的防感应雷装置设置较完善；防雷安全检测报告显示，这些防雷设施均符合国家标准技术要求，未发生过雷击事故。但是，没有申请过防雷安全技术检测的安防监控系统的防感应装置设置不全面，考虑不周，仅在监控室内数据处理器收集端安装了部分二合一的 SPD，因此烟草公司安防监控系统连续两年在 6 月遭雷击。其雷击事故的原因分析如下：

1) 就烟草公司所在地理、地质等基本情况而言，烟草公司周围山丘上的两座铁塔与接闪带，引雷能力强，雷电流幅值不太大时附近地面落雷密度大，公司所处位置土壤电阻率较低，位于常落雷区域，是其遭雷击的重要原因。

2) 雷电资料实时定位系统显示，烟草公司中心位置周围 500 m 范围内，2013 年 6 月、2014 年 6 月出现雷击事故时的闪电有 17 次，用标尺测量距雷击点的平均距离与计算的实时雷电流对应的滚球半径相比，可以看出滚球半径大于平均距离的仅有一次，其余的均小于平均距离，占总次数的 94.1%。因此可以判定出摄像头遭直击雷的可能性很小，大多数是遭到感应雷击，是其遭雷击的主要原因。

3) 从雷电磁感应强度的计算结果来看，两年两个雷击事故 17 次闪电的雷电磁感应强度不小于  $0.07 \times 10^{-4} \text{ T}$  的有 15 次，占总的 88.2%，表明感应雷对处在 LPZ0<sub>B</sub> 区内的摄像头敏感元件的失效作用的几率非常大，是摄像头等弱电电子设备的主要损害源。

2013 年 6 月 18~20 日烟草公司雷击事故时出现了 13 次闪电，雷电流幅值均比较小，最大的仅有 19.1 kA，距雷击点平均距离最远的为 452 m，最近的也有 40 m，均大于其雷电流对应的滚球半径，且雷电磁感应强度在 LPZ0<sub>B</sub> 区最大的有  $0.39 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，在 LPZ1 中区最大的仅有  $0.233708837 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，虽然闪电次数较多，但每次闪电失效作用的电磁能量都相对较小，因此 49 台摄像头被雷击坏的仅 7 台。

而 2014 年 6 月 3 日烟草公司雷击事故时虽然只出现了 4 次闪电，但雷电流幅值均比 2013 年 6 月的较大，最大的就高达 68.24366 kA，最小的也有 29.39227 kA，距雷击点的平均距离最远的有 363 m，最近的仅有 39 m，只有 ID 为 1705 的平均距离小于其雷电流对应的滚球半径，其余的都大于滚球半径，且雷电磁感应强度在 LPZ0<sub>B</sub> 区最大的高达  $1.690971795 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，最小的也有  $0.161940882 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，在 LPZ1 区最大的有  $1.013320645 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，最小的也有  $0.097043628 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，尽管闪电次数比 2013 年 6 月那次雷击事故的次数少，但是每次闪电失效作用的电磁能量都很大，因此 49 台摄像头被雷击坏的就有 22 台，其中还包括室内的 5 台被击坏。这说明雷电流的幅值越大，滚球半径就越大，且它大于雷击点平均距离的，对摄像头的威胁就越大。

4) 综上所述可以得出这样的结论：烟草公司安防监控系统，依其重要性，又不按照防雷技术规范要求采取设置接闪器、引下线、屏蔽、等电位连接、合理布线、接地装置和 SPD 等综合防雷措施而仅选用部分防雷措施进行雷电防护，尤其是室外摄像头数据采集端接口处不安装 SPD，是其遭受雷击的根本原因。

## 7. 安防监控系统的防雷建议

烟草公司安防监控系统的防雷，应依其重要程度，按第三级[5]防雷安全防范系统进行雷电防护，宜

采取防直击雷、防闪电感应的措施，同时考虑到烟草公司的重要性的雷电活动规律的特点，还应采取防闪电电涌侵入的措施。

### 7.1. 摄像头的防雷

1) 当摄像头安装在直击雷非常防护区(LPZ0<sub>A</sub>)时，应采取直击雷防雷措施，在其附近设置接闪杆保护。接闪杆保护范围应按滚球法计算，滚球半径均取 45 m。

2) 接闪杆设置在摄像头安装杆上时，可利用钢管支撑安装杆作为引下线；在摄像头安装杆旁设置接闪杆时，摄像头的钢管支撑安装杆与接闪杆的安装杆(引下线)之间的距离应大于 3 m。摄像头连接电缆应敷设于安装杆钢管内，应采用双层屏蔽进行保护。屏蔽层应在钢管两端与钢管连接。摄像头的线路接口处应安装 SPD。

3) 室外摄像头安装杆接地装置的接地电阻不宜大于 4 Ω。

### 7.2. 传输线缆的防雷

摄像头的传输电缆宜采取带屏蔽层的电缆，或全线穿金属管敷设。金属屏蔽层或金属管应首尾电气贯通，电缆两端应分别接到前端和终端的接地装置或等电位连接带上。当线缆由室外引入室内，有可能通过 LPZ0<sub>A</sub> 区时宜全线埋地引入。在强雷暴活动区域，宜在埋地电缆上方架设屏蔽线。无法全线埋地敷设时，可架空布设，应采用钢筋混凝土杆和铁横担架线，并应使用金属铠装电缆或护套电缆穿钢管直接埋地引入，埋地长度不应小于 15 m。在入户处安装 D1 型 SPD。

### 7.3. 终端设备的防雷

1) 终端设备的监控室宜选在建筑物底层中心部分，设备与外墙结构柱之间的距离不应小于 1 m。终端设备为非金属外壳且处于磁场强度较高的环境中，应增设屏蔽措施。

2) 终端设备应采用等电位连接和接地措施。其工作接地应与所在建筑物的防雷接地、保护接地等共用接地系统时，其阻值以最小的为准。

3) 金属管线宜从建筑物的同一位置进入，并连接在与建筑物基础钢筋相连的总等电位连接带上；入户管线从不同的位置进入，应分别连接到不同位置上的等电位连接带上，并且这些不同位置的等电位连接带应连接在一起，宜使用环形等电位连接带。

4) 电子电气设备的外露导电部分(壳体、机架、箱体)、电气系统的保护线、电子系统的工作接地等均应通过连接导体连接到等电位连接网络。根据模拟或数字线路的情况，选用 S 型或 M 型等电位连接网络。等电位连接导体的截面积应符合规范技术要求。

5) 安防监控系统综合布线与电力线缆的净距离和墙上敷设的综合布线电缆、光缆及管线与其它管线的间距应符合规范技术要求。

### 7.4. SPD 的选择和安装

安防监控系统中，电气系统的 SPD 选择和安装应符合 GB50057-2010 和 GB/T18802.12-2006 的规定要求，电子系统信号网络的 SPD 选择和安装应符合 GB50057-2010 和 GB/T18802.22-2006 的规定要求。

## 8. 结束语

安防监控系统摄像头等敏感弱电电子设备屡遭雷击是由于安装在室外，处在落雷密度较大、雷击时的电磁场强度比较高的环境中产生热效应所致。磁感应强度达到  $0.07 \times 10^{-4}$  T 时，电子元件就失效。而烟草公司 500 m 范围内 17 次雷击时的雷电磁感应强度有 88.2% 的都超过了  $0.07 \times 10^{-4}$  T，在 LPZ0<sub>B</sub> 区和

LPZ1 区最高的分别达  $1.69 \times 10^{-4} \text{ T}$  和  $1.01 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，分别是最大容许失效阈值的 24 倍和 14 倍，如此高的磁场强度，必然对处于该环境中没有电磁场屏蔽和室外接口处没有安装 SPD 的摄像头，会因雷电电磁场感应产生的过电压或过电流而损坏。这足以说明摄像头遭直击雷的可能性很小，主要是遭受感应雷击。同时表明做好电磁场屏蔽和摄像头室外接口处安装 SPD，对防御感应雷击是非常重要的。

### 参考文献 (References)

- [1] 四川省住房和城乡建设厅 (2012) GB50343-2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范. 中国建筑工业出版社, 北京, 7.
- [2] 李伟, 董晓红, 骆明佐 (2012) 一个典型的雷电散击案例调查及应对措施. *高原山地气象研究*, **2**, 81-82.
- [3] 中国机械工业联合会 (2011) GB50057-2010 建筑物防雷设计规范. 中国计划出版社, 北京, 46-49.
- [4] 骆明佐 (2011) 石油管理站电子设备设施遭雷击分析. *高原山地气象研究*, **2**, 71-72.
- [5] 全国雷电灾害防御行业标准化技术委员会 (2013) QX/T186-2013 安全防范系统雷电防护要求及检测技术规范. 中国气象出版社, 北京, 2-3.