

文章编号:1673-8411 (2014) 03-0110-05

新建厂房防雷分析

唐 雷, 李垂军, 伍秀莲

(桂林市气象局, 广西 桂林 541001)

摘 要:通过检测验收工作过程中新建厂房防雷设施常出现的问题结合相关的基础知识,浅析新建厂房的雷电防护的特点及措施。

关键词:厂房;防雷设施;分析

中图分类号:P427.32

文献标识码:A

Analysis on lightning protection facilities of the new factory building

Tang Lei, Li Chui-jun, Wu Xiu-lian

(Guilin Municipal Meteorological Service, Guangxi Guilin 541001)

Abstract: Based on the common problems of lightning protection facilities of the new factory building during the acceptance and testing the working process and combined with the basic knowledge of related issues, the characteristics and the measures of the lightning protection of new plant are analyzed.

Key words: factory building; lightning protection facilities; analysis

1 引言

厂房类型相对复杂,防雷设施趋于多样化。很多厂房外观从上很难区分它们防雷设施的保护标准,只有通过它的用途和性质及一些特有的因素才能对防雷设施作出全面准确的定位。

2 不同类型厂房防雷的特点和特征

2.1 简单的手工组装车间

手工组装车间,只有小型设备并没有大型的动力设施,电源线路布置简单明了,没有布设专门的动力电源线路,机械设备没有要求专门等电位连接要求,小型动力设备只需通过照明电源线路的零线做好良好的保护接地即可。从上面的情况就可以看出,该厂房的等电位连接和雷击电磁脉冲防护就很简单,在车间总配电柜与总等电位箱作良好的等电位连接,并且与所有插座开关做好保护接地;同时在车间总配电柜电源线路路上安装浪涌保护器。

2.2 敞开式的物资配送车间

此种类型的厂房基本的防直击雷设施与手工车间无区别。区别在于厂房四周是开放式的,只有几根构造柱,便于车辆的进入及物资的搬运,厂内没有照明装置,唯一的动力装置是一台大型的行吊,行吊与车间连为一体,已经形成的良好的等电位连接。行吊采用精密的电脑控制,控制台设备及动力电源线路与行吊主体是相对独立的两个区间,但由于施工方的疏忽,在电源入口端没有预留配电柜,电源线从变压器直接就接到了设备前端,也没有给动力设备预留等电位连接端口,接地装置也是靠电缆中的地线来完成,而且距离很远,接地电阻值相差大,说明它们之间并没有良好的等电位连接。如果它们之间的某一方遭受雷击,就会产生电位差,造成人员和设备的损失。

2.3 标志明显的设备车间

该车间有巨大蒸汽锅炉,锅炉金属烟囱外置厂房,烟囱与锅炉相对独立。车间防直击雷装置及车

间内等电位连接装置、雷击电磁脉冲防护措施良好。但烟囱高度大大超过产房的高度,完全起到了独立避雷针作用,而且烟囱自生并没用地接地装置,只是固定安装在一个独立水泥桩上,烟囱与产房内锅炉设备是一根壁厚不到 2 毫米金属管道连接,接地电阻厂房能达到设计要求,烟囱相对独立时电阻超大,这样既不能形成良好的等电位连接,同时作为泄流的途径完全到不到规范要求。

2.4 典型的机械生产厂房

这类厂房大型机械设备众多,防雷设施也要求高。如桂林某轮胎生产车间,生产专业大型装载车、自卸车轮胎,设备磨具直径 10m 以上,厚度接近 1m,加上其他的辅助设备一起虽然不算很大,但是很特殊,它安装在水平面以下,形成一个巨大的坑,这样的设备在厂房里一排过去有 3、4 个中间也相对独立。这些设备的等电位连接装置和电源设备就需要在厂房建设初期就要在相对的位置预埋好,这个与普通的等电位连接和电源设备安装完全不相同。如果初期不预埋好,后期再来敷设安装起来就很困难,特别对于雷电流就近泄地的原则,雷击电磁脉冲的防御就不能很好的起到作用,从而影响设备的安全使用,严重的带来人员和设备的损坏,造成巨大的经济损失。

2.5 复合型厂房

这类厂房巨大,厂房内分为很多区,有生产区有组装区还有储存区。所有的区域连为一体。这样的厂房防雷设施的安装相对比较复杂的,因为每个分区的使用性质分别不同,分区内的设备、电源线路也不一样,防雷设施的要求也不一样,除了在相应的位置像机械厂房那样做好预留之外,还要考虑使用过程中的厂房使用性质的改变,这样的变动厂家是根据生产的需要来改变的,如果不在前期做好准备,后期要改变就比较麻烦,有可能还达不到相应的规范要求。如桂林某公司生产车间,由于建设工期长,建成使用时设备与设计之初变化较大,厂方根据实际情况对布局进行调整,一些生产车间和储藏车间进行了调换,调整后的储藏车间没什么大碍,生产车间就有问题。局部地方没有防雷设施相应的预留,电源线路可以临时调整,等电位箱没有预留,如果发生雷击时即便是安装有 SPD,雷电流也没办法下地或者短时间就近下地。

2.6 孵化型厂房

孵化型厂房常见于城市的工业园区,厂房的建

设方只是根据使用方的基本需求进行建筑物的主体建设,其他的项目要根据使用方的具体情况才能决定。这样的厂房建设周期相对较长,建筑物防雷设施相对简单,只有最基本的建筑物主体防雷保护设施,而其他的防雷保护设施只能等人员及设备全部到位了才能解决。因此要完善这个类型的厂房就需要双方间有良好的信息沟通,明确厂房的具体使用情况,确定具体防雷保护措施,做好预留工作。

2.7 区域性连锁厂房

区域性厂房相对较少,但地域特点很明显。如桂林某能源生产基地,该公司是个全国性的企业,全国各地分布有几家公司按统一的模式和布局,先期投入使用的公司区域年雷击次数很少,或者说基本就没有雷击出现,再加上一些其他的因素,没有出现遭受雷击的安全事故。因此,在桂林是也沿用了以前的模式,没有考虑桂林城市是雷击的高发区域。厂房并不是没有防雷设施,直击雷设施很完善,电源线路的布设很有特点,巨大的生产厂房电源主线路直接变压器双线引入,中间没有任何的电源控制柜,形成一个巨大的环形电网。这样布局简洁,电压稳定,根据需要在子线路,控制柜放在末端,使用方便。但是这样的布局也带来隐患,只要厂房内电源任何一个区域遭受雷击就会影响整个车间,而且控制柜布局是随意性的不固定,唯一的接地线就是随电缆管线敷设的地线,没有符合 SPD 装置安装的接地线。

3 不同类型厂房的防雷共性与差异

3.1 不同类型的厂房防雷共性:

所有类型的厂房都和其他建筑物相同,都需要安装防雷设施,包括防直击雷措施如接闪器、引下线、接地装置;防雷击电磁脉冲措施如屏蔽、接地、等电位连接和安装电涌保护器。

金属屋面作为接闪器的除第一类防雷建筑物外,并应符合下列要求:

(1)金属板之间采用搭接时,其搭接长度不应小于 100mm;

(2)金属板下面无易燃物品时,其厚度不应小于 0.5mm;

(3)金属板下面有易燃物品时,其厚度,铁板不应小于 4mm,铜板不应小于 5mm,铝板不应小于 7mm;

(4)金属板无绝缘被覆层。

3.2 不同类型的厂房防雷差异

表 1 各类防雷建筑物接闪器、引下线间距要求

建筑物防雷类别	滚球半径 $h_r(\text{m})$	避雷网网格尺寸 (m)	引下线间距 (m)
第一类防雷建筑物	30	$\leq 5 \times 5$ 或 $\leq 6 \times 4$	≤ 12
第二类防雷建筑物	45	$\leq 10 \times 10$ 或 $\leq 12 \times 8$	≤ 18
第三类防雷建筑物	60	$\leq 20 \times 20$ 或 $\leq 24 \times 16$	≤ 25

根据使用性质及要素，不同的防雷级别对建筑物防雷设施要求也不一样，因此不同类型的厂房防雷设施存在差异。

由于使用性质的不同，厂房内设备及线路的安装就根据实际情况而定，因此厂房内的防雷设施也会根据不同的设备及用途采取不同的保护方式。不同的程度精密及重要设备，就需要根据设备的实际情况在电源线路和信号线路使用电涌保护器进行多级保护。

4 影响不同类型厂房防雷设施的几个要素

4.1 环境和地域

厂房一般都处于城市的边缘，周围环境空旷且厂房密集，防雷级别相同的地域雷击概率也高于城市。从下表可以看到：

表 2 $P_r W_r$ 值

建 筑 物		$P_r W_r$	$N_T=10^{-5} / (P_r W_r)$
形 式	特 点		
一般建筑物	正常危险	0.2×10^{-3}	5×10^{-2}
公共建筑物	重大危险（引起惊慌、重大损失）	1×10^{-3}	1×10^{-2}

如果 R 值采用可接受的年最大损坏风险 $R_T=10^{-5}a^{-1}$ ，并使

$$N_T=R_T/(P_r W_r)=10^{-5}/(P_r W_r) \tag{1}$$

式中： N_T ——建筑物可接受的年允许遭雷击次数(次/a)

P_r ——概率值可以看作是一个系数，它表示建筑物自身保护的程度，主要取决于建筑物的特点，即它的结构、用途、存放物或设备。

W_r ——附加系数，它是考虑雷击后果的一个系数，后果越严重， W_r 值越大。

因此，防雷装置所需要的效率应符合下式：

$$\eta \geq 1-N_T/N \tag{2}$$

N ：年雷击次数。一般性的工业建筑物保护装置

的效率 η 值为 0.81，一般建筑物的 N_T 值为 5×10^{-2} 。将这两个数值代入公式(2)，得 $0.81 \geq 1-5 \times 10^{-2}/N$ ，所以 $N \leq 5 \times 10^{-2}/0.19=0.26 \approx 0.25$ 。这表明对这类建筑物如采用三类建筑物的防雷措施，只对 $N \leq 0.25$ 的建筑物保证 R_T 值不大于 10^{-5} 。当 $N > 0.25$ 时， R_T 值达不到（即大于） 10^{-5} ，因此对于年雷击次数 $N > 0.25$ 时，即使是可以按三类防雷要求的非生产性厂房，也需要升级按二类防雷要求来防护。

判断不同环境和地域厂房的防雷类别，可以由当地防雷中心进行雷击风险评估，根据当地气象台站提供的年平均雷暴日资料，利用相关数据计算出建筑物的年预计雷击次数，再结合厂房的具体使用性质，确定厂房在该区域内所需要的防雷保护级别。

4.2 外貌特征

4.2.1 标志明显的厂房

对于有高大金属罐、烟囱等一类明显特征的厂房，符合规范的等电位连接及共地这些方面的防雷措施尤其重要。有些高大的设备，通过一些管道线路与周围的设备、设施相连，甚至和整个厂区所有厂房都相连，但这些厂房和设备不一定都共用一个地网，防雷装置暂态电位升高使得它的各个部位与周围不共地的金属体之间出现暂态电位差，产生雷电反击，在发生反击后，被反击的金属体带上高电位，他又有可能继续对其周围的其他金属体反击，从而可能引发多个金属体之间的一系列反击，导致严重的设备损坏和人员伤亡。在许多情况下，暂态高电位还可以从雷击处通过一定的渠道传递到较远的地方去，在那里再引起反击，损坏设备。

为避免这样很多厂房形成的巨大厂区发生暂态电位差产生雷电反击，可以把厂区内相邻厂房的接地装置全部可靠焊接在一起，形成一个巨大统一的地网，这样厂区内所有建筑物都处在相同的电位，建筑物内所有设备、管道就近与等电位连接装置可靠连接。即便是某一座厂房出现雷击状况，由于所有厂房都处于相同电位，也不会形成电位反击。

4.2.2 无任何标志的厂房

近年来,出现了一种新形式的厂房,外观上看不到任何常规的防雷设施,建筑物屋面上没有避雷带和避雷网格,即使是明确了厂房的使用性质和雷电防护级别也看不出有任何的区别。这种建筑物采用

金属钢屋架,钢屋架上铺设一种夹有非易燃物保温层的双金属板作屋面。以下列举几种常用金属物的参数:

表 3 四种金属物的物理特性参数

参数	金属物体			
	铝	软钢	铜	不锈钢
γ (kg / m ³)	2700	7700	8920	8000
θ_s (℃)	658	1530	1080	1500
c_s (J / kg)	397×10^3	272×10^3	209×10^3	——
$c_w J / (kg \cdot K)]$	908	469	385	500

将上面相关的数值代入公式 3 得,雷击每库伦(C)能溶化以下的金属体积:铝,V/Q≈11.6mm³/C;软钢,V/Q≈4mm³/C;铜,V/Q≈5.5mm³/C。

$$\frac{\mu_{ac} \cdot Q}{\gamma} \cdot \frac{1}{C_w(\theta_s - \theta_u) + C_s}$$

(3)

- 式中:V——被溶化金属的体积(m³);
 μ_{ac} ——阳极或阴极表面的电压降 (V),采用 30V;
Q——雷电流的电荷(C);
 γ ——被溶化金属的密度(kg/m³);
 c_w ——热容量[J/(kg·K)];
 θ_s ——溶化温度(℃);
 θ_u ——溶化温度(℃);
 c_s ——溶化潜热(J/kg);

可以看出,只要上层金属板的厚度满足要求就可以,因为雷击只会将上层金属板溶化穿孔,不会击到下层金属板,而且上层金属板的溶化物受到下层金属板的阻挡,不会滴落到下层金属板的下方。要强调的是,夹层的物质必须是非易燃且选用高级别的阻燃类别。

由其他因素造成屋面使用的金属板的确达不到设计及规范要求,就需要沿建筑物屋面四周明敷避雷带,避雷带网格的大小按照不同防雷类别的规定严格敷设,同时避雷带要与屋顶的金属构架及引下线可靠焊接。

4.3 不可预见性

这类型的厂房多出现在复合型 and 孵化型厂房,偶尔也出现在连锁性厂房。对于这类型厂房,就需要对厂房未来有可能的生产及改进状况有一定的预判,根据这个判断在相应的区域做好预留。这些预

留对防雷电感应措施及等电位连接相当重要。

4.3.1 寄生电感

在建筑物内,保护装置总是需要与地相连才能在暂态抑制过程中发挥泄流与限压作用,保护装置的允许安装点与室内接地母线之间往往存在着一定的距离,在这段距离上的接地引线寄生电感是影响保护装置实际箝位限压效果的一个重要因素。如果接地引线寄生电感数值较大,则保护装置实际箝位电压也就较高,就会使其后面被保护电子设备无法耐受而损坏,因此,必须尽可能地减少接地引线的寄生电感,以求最大限度提高保护装置对雷电暂态过电压的防护可靠性。通常,减小寄生电感主要方式之一就是尽量缩短连接引线的长度。

4.3.2 接地连线

SPD 的连接线必须保持尽可能地短,以避免导线的阻抗和感抗产生附加的残压降,连接线的截面积和配电系统的相线(L₁,L₂,L₃)和零线(N)的截面积相同。电涌保护器接地线截面积应用公式为 SPD 接地线截面积是等电位连接排主接地线的一半;或者依据下表进行截面积的选择。

表 4 SPD 连接线和接地线线径的选择

	导线线径 (mm ² , Cu)		
主电路导线线径	≤35	50	≥70
SPD 接地线	≥16	25	≥35
SPD 连接线	10	16	25

接地和等电位连接 SPD 的接地线必须和设备的接地或系统保护接地可靠连接。在 TN 系统上,PEN/PE 导线必须和主接地排可靠连接,电力系统提

供的 PEN 导线不可以作为防雷保护的单一接地。如果系统存在雷击保护等电位连接系统,电涌保护器的接地线最终也必须和该等电位连接系统可靠地电气连接。根据上述规定,对于前面提到的使用环形电路的车间,供电电缆直接到设备前端,设备的放置随意性很强,而电缆外表属于绝缘体,如果没有提前的接电线预留准备,这些规定是无法达到的。

不可预见性对于厂房的建设的的确是一个比较纠结的问题。首先,建设方对于防雷的相关知识不一定都完全了解;其次,施工方即便对防雷相关知识有充分的掌握,但受到成本及其他因素的影响也必须按设计图纸来施工;第三,图纸的设计者也对工厂的未来发展方向也不一定有充分的了解,常常按常规设计出施工图纸。出现类似的状况,可由防雷中心技术人员与建设方及施工方进行良好的沟通后,根据建设方提供的厂房的发展规模及有可能使用的设备设施,结合现场实际情况,在不影响厂房安全生产使用的前提下,提出建议性的可行性方案。例如:在合理的距离和位置上,用 -40×4 的镀锌扁钢与不作为引下线的柱筋或钢柱可靠焊接,扁钢外端可不做等电位连接箱而平敷于构造柱表面的装饰层内,并做好明显的标示;扁钢柱筋或钢柱底部与水平地级连接,连接方式与等电位装置方法相同。这样一来,就可以根据未来发展的需要,在相应的地方及时设置等电位连接装置,方便设备及 SPD 就近接地连接。

5 小结

新建的厂房防雷工程是个系统工程,需要综合考虑建筑物的重要性、使用性质、雷电灾害、内部及外部防雷措施。通过了解厂房的特点及要素,就可以根据具体的情况确定具体的方案,应对具体的雷电防护措施,提高防雷设施的防雷减灾作用,从而减少

因雷击事故带来的影响,创造最大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] GB50057-2010, 建筑物防雷设计规范 [s]. 北京: 中国计划出版社, 2011: 10.
- [2] 黄海平.做好防雷减灾工作之我见 [J]. 气象研究与应用, 2005, 26 (1): 48-50.
- [3] 黄海平.从一次雷击事故看管理工作的重要性 [J]. 气象研究与应用, 2006, 27 (S2): 16.
- [4] 杨招绪.关于新旧《建筑物防雷设计规范》的对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3) .
- [5] 韦卓运, 黄海平.南宁市新建建筑物防雷设计质量低下原因分析及对策 [J]. 广西气象, 2006, 27 (12): 98-99.
- [6] 陆斌.雷电电磁辐射的危害及安全对策 [J]. 气象研究与应用, 2006, 27 (3) 2: 37-39.
- [7] 林海滨.完善建筑物内部防雷装置设计的实践经验 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (3): 56-58.
- [8] 黄文高.防雷工程施工监督应该注意的一些问题 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (1): 88-89.
- [9] 肖稳安, 张小青.雷电与防护技术基础 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 56-60.
- [10] 刘三梅.2012 年广东省雷电活动特征与雷电灾害损失浅析 [J]. 广东气象, 2013, 35 (5) .
- [11] 舒建军.2001~2010 年韶关市雷电灾害特征及防雷减灾对策 [J]. 广东气象, 2012, 34 (4) .
- [12] 卢炳源.番禺地区一次典型雷灾事故的原因分析及应对措施 [J]. 广东气象, 2013, 35 (3) .
- [13] 田军利.江门市城市区域的雷电灾害防护 [J]. 广东气象, 2009, 31 (6) .
- [14] 梅卫群江燕如建筑防雷工程与设计第二版 [M]. 北京: 气象出版社, 2004: 402-435.
- [15] 关象石.雷电电磁脉冲防护基本原理和初步实践经验 [J]. 工科物理, 1998, 1: 40.