

浅析建筑物防雷保护中四个问题

许 颖

(中国电力科学研究院, 北京清河, 100085)

Elementary Introduction to lightning protection of buildings

Xu Ying

China Electric Power Research Institute, Beijing 100085, China

Abstract : The paper contents: (1) The criterion of lightning protection is to get the best economical benefit. (2) Lightning protection technology is based on the practice experiments and tests. (3) Lightning protection is a systematic engineering and a comprehensive effect. (4) Basic parameters of SPD.

Keywords: Lightning protection Economical benefit SPD

[摘要] 本文内容: (1) 论述防雷保护归根到底是经济问题, 应该低投入高产出。(2) 防雷保护技术是由科学试验和实践经验建立的, 应重视本国、本行业、本地区实践经验总结和统计及分析, 来不断地修订、丰富充实“标准”、“规范”、“规程”。(3) 防雷保护是一个系统工程, 应综合治理。(4) 对 SPD 的作用和要求应合适。

[关键词] 防雷保护 经济效益 过电压保护器 (SPD)

近来, 建筑物防雷保护, 学术界思想很活跃, 《防雷世界》、《雷电保护与标准化》、《中国雷电与防护》三杂志对一些问题开展了讨论和争议, 如避雷针保护范围, 电缆段的雷电流分流、过电压保护器 (SPD) 的技术条件和检验方法…等等, 这是有益的。笔者认为, 这些问题的解决, 只能靠科学实验, 本国的实践经验统计和总结, 以及技术经济比较分析, 为什么? 笔者在本文中阐述如下理由。

1 防雷保护归根到底是经济问题

众所周知的，雷害是要造成损失的，包含经济损失。防雷保护是要减少雷害造成的损失，当然包括减少经济损失。但防雷保护是要经济投入的。从全国的多年的实践经验总结和统计分析，用数字说话，若得不偿失，是高投入低产出的落后决策，若是“标准”规定，是一种错误规定，五十多年来，电力系统防雷保护遵循这条《经济》原则不断地修订、丰富充实“标准”、“规范”、“规程”^[1、2]。

2 防雷保护技术是由科学实验和实践经验建立的

防雷保护技术源远流长，掌握了一些防雷保护设计规律。但雷电先导的形成和继续发展是复杂物理过程，至今对其了解和研究不够。所以在防雷计算应用中，各学者根据自己理解，使用各种不同的雷电放电简化模型。例如，现行使用的五花八门的雷电流波形，都不是自然雷电流的，是经假定加工处理的^[1、2、3、4]。

现在所有高压实验室冲击电压放电和冲击电流放电都难以逼真模拟自然雷电放电。即是世界上最高的（例如 6000kV 或 10000kV 的）冲击电压发生器做的雷电冲击波空气间隙放电距离，最长的，也只有 10m 左右。自然雷电放电最后一击距也在 30~60m 以上。所以国际上出现了很多（至少 5 种以上）不同的击距（计算避雷针保护范围计算中的几何击距，滚球半径，抛球半径）与雷电流之间挂钩公式。出现这种情况，实际是很多雷电放电物理过程和参数不“真知”，靠假设推断造成的^[1、2、3、5]。

现今防雷保护技术是由实践经验和科学实验成果建立的，是遵循着“实践、认识、再认识”规律发展和丰富。由各国的实践经验不同，所以各国防雷保护措施就不尽同。例如，避雷针（线）保护范围计算方法，国际上至少有 5 种以上。架空输电线路耐雷水平计算方法和雷电穿越避雷线绕击导线率计算方法，国际上至少也有 5 种以上。还有不少类似这样问题。笔者认为，中国建筑物防雷保护技术也是这样，不说 1949 年以前的防雷保护技术实践经验和科研成果，1949 年以后至今的，实践经验和科研成果也是非常丰富的。1949 年后，中国电工研究所、北京市建筑设计院和清华大学等单位组成了北京建筑防雷研究组，对建筑物防雷进行了大量调查、试验和研究。1959 年出版了《民用建筑物防雷保护》一书。后来总结了很多实践经验，包括天安门、人民大会堂等建筑物防雷技术经验。改版《建筑物防雷设计》，其中很多原理和原则，至今仍然有效。千万不要丢掉本国、本行业、本地区的实践经验，盲目强行推行外国的规定，这样会产生误导^[6]。国家标准化管理委员会国家标准技术审查部沈同主任最近在《雷电防护与标准化》2004 年第 1 期上《国家标准草案中存在的主要问题

及解决对策》一文中指出：“采（用国际）标（准）时未对国际标准全面研究”，（而是把）“采标仅仅是翻译工作”，“未认真分析与国内现状的差异等”，（标准的）“指标确立未经过严格论证”，“盲目照搬国外指标”。

3 防雷保护是一个系统工程，综合治理

防雷保护是一个系统工程，所采用的不少的措施，不光是有防雷保护作用而且还具有其他（如防工频干扰）安全运行效应。防雷保护系统，一般包括三个子系统，也即三道防线。

3.1 第一个子系统（第一道防线）—受雷（接闪器）、引流、接地散流防护系统

这一系统笔者在文^[5]中作了详细阐述。不重复，要特别指出的，这道防线的保护可靠性是远高于第二、第三防线。

3.2 第二个子系统（第二道防线）—阻塞侵入建筑物内的雷电波的防护系统

侵入建筑物内的雷电电磁脉冲（雷电侵入波）渠道有：一是沿各种金属导体（电源线、信号线、金属管道、接地引流线和接地极）。二是电容耦合通道。三是电感耦合通道。关于通过这条通道的进入建筑物内的雷电电磁脉冲（雷电侵入波）的原理、计算方法和试验，笔者在文^[2]附录 E《通信微波站的防雷保护》中详细阐述了。由于建筑物内的低压设备，尤以信息系统的绝缘水平低，给防雷保护带来困难一面，但因其体积小和功率小（相对于高压设备而言），容易采用金属屏蔽、均压、等电位以及光纤电缆等措施的有利一面。

笔者在文^[5]中曾提说：“对密闭在完全金属壳体（或金属网）内被保护物能提供完全保护。例如，人在金属壳体内或在停放的金属壳体汽车内，能安全免遭雷电伤害”。

笔者在文^[7]中介绍了《电缆段的雷电流分流的试验研究》的结果，并经电力行业五十多年实践证实：“火力发电厂烟囱附近的引风机及其电动机的机壳与主接地网连接，并应装设集中接地装置。引风机的电源线采用带金属外皮电缆，电缆的金属外皮与接地装置连接。机械通风冷却塔上电动机的电源线、装有避雷针（线）的架构上的照明灯电源线，采用直接埋入地下的带金属外皮的电缆或穿入金属管的导线。电缆外皮或金属管埋地长度，在 10m 以上，允许与 35kV 及以下配电装置的接地网及低压配电装置连接”。“直配旋转电机采用电缆段防雷保护接线”。这 4 种利用电缆的雷电流分流，达到了足够高的防雷保护可靠性。

信号线采用光纤电缆是有相当高的防雷保护可靠性。

3.3 第三个子系统（第三道防线）—限制被保护设备上的雷电过电压的防护系统

这第三道防护线，通常是 SPD 或与隔离变压器、或与退耦器组合。SPD 类似防洪中泄洪闸。

由上述三个子系统的三道防线构成一个完整的防雷保护系统。这三道防线各有其责，缺一不可，不存在谁代替谁的问题。

4 SPD 的作用和要求

笔者觉得，现在对 SPD 的作用和要求有炒作过热现象。对其作用和要求期望过高，有的厂商采用元件并联拼成，价格翻几番上去，这就提出，现在对 SPD 的作用和要求是否合适^[6]？

现有 SPD 结构是采用 MOV (MOR) (非线性电阻器或称压敏电阻)、放电间隙、充气管、闸流管、三端双向可控硅、抑制二极管等元件单个或几个元件组成。这些元件体积都很小，单个元件通流能量都很小。例如， $\phi 10\sim 25\text{mm}$ 的 MOV (MOR)，IEC 60099-4 (2001 版) 规定 $I_n=2.5\text{kA}$ 等级的大电流冲击为 $4/10\mu\text{s}$ 二次 25kA 。 $\phi 50\text{mm}$ 以上的，IEC 60099-4 (2001 版) 规定 $I_n=10\text{kA}$ 等级才 100kA 。如 SPD 要求 100kA ，势必如现在一些厂商做法，要将元件并联拼成。并联技术要求是很高的，做到电流分配均匀是有一定难度的。

如笔者在第 3 节中所述，把 SPD 看作是第三道防线中一个保护元件，像水库中一个泄洪闸。如架空低压入户电源线。在入户端安装 SPD，在 SPD 前头 1~2 杆，将绝缘子铁脚接地，接地电阻 10Ω 以下。对 SPD 要求就不会太高，选用 $I_n=2.5\text{kA}$ 等级的大电流冲击 25kA ，也就可以了。

对 SPD 的检验：一是保护水平；一是通流能量。

SPD 的保护水平的检验，用小型冲击电压 ($1.2/50\mu\text{s}$) 发生器和小型冲击电流 ($8/20\mu\text{s}$) 发生器就行，无争议不赘述。

现在有的规定，第 1 级 SPD 规定要用 $10/350\mu\text{s}$ 波形冲击电流来检验，第 2 级及以后的 SPD 用 $8/20\mu\text{s}$ 波形冲击电流来检验。为什么这样规定，解释说， $10/350\mu\text{s}$ 波形自然雷电流，从第 1 级到第 2 级将 $10/350\mu\text{s}$ 波形衰减后才成 $8/20\mu\text{s}$ 波形。不知这样的解释，有何实测依据？据笔者所知，将 $10/350\mu\text{s}$ 波形衰减到 $8/20\mu\text{s}$ 波形，冲击波行程距离远远大于现在的第 1 级 SPD 到第 2 级 SPD 的距离。还有， $220\text{V}/380\text{V}$ 低压架空线路，绝缘水平很低，要保持第 1 级 SPD 通过的电流是自然雷电原型波形，其幅值是相当低的。只要第 1 级 SPD 前面的杆塔线路绝缘闪络后，就不是自然雷电流原型波形。

SPD 的通流能量检验，早在上个世纪五十年代就证实过的，对 SicR (碳化硅非线性电阻阀片)，西方用 $4/10\mu\text{s}$ 100kA 2 次冲击，苏联和中国用 $18/40\mu\text{s}$ 20kA 20 次冲击，效应近似。笔者在文^[4]中介绍了，对 MOV (MOR) 通流能量，东方和西方试验都证明，是一条

安秒特性。用人工 $4/10\mu\text{s}$ 、 $8/20\mu\text{s}$ 、 $10/350\mu\text{s}$ 波形（笔者多次说过，这些都不是自然雷电流波形，都是人工冲击电流波形）冲击电流进行试验都可得到 MOV（MOR）安秒特性上各自一个点。所以笔者认为，建设部有关部门，通过对国内 SPD 制造厂实事求是调研，只要能量（kJ）够，应该是用什么波形都行，制订一个切合实际的人工波形。正如沈同主任指出的：标准的指标确定，应经严格论证，例如，MOV 的 SPD，仅从能量考虑，若 $10/350\mu\text{s}$ 10kA 一次能量等于 $8/20\mu\text{s}$ 100kA 一次能量话，笔者可以肯定说， $10/350\mu\text{s}$ 10kA 通过的 MOV 的 SPD，在 $8/20\mu\text{s}$ 100kA 就难通过，为什么？因为矛盾转化了，转到 MOV 的 SPD 的电阻片（MOR）边釉上， $\phi 10\text{-}25\text{mm}$ 的 MOV（MOR）是难通过 $8/20\mu\text{s}$ 100kA 的。需要全面地、严格地论证。

5 结论

(1) 防雷保护归根到底是经济问题。应从全国的多年的实践总结和统计分析，用低投入高产出还高投入低产出的判据来看“标准”、“规范”、“规程”中的规定是否正确？

(2) 防雷保护技术是由科学实验和实践经验建立的。推行的防雷保护技术应有本国本行业本地区的实践经验为基准。

(3) 防雷保护是一个系统工程、讲综合治理。

(4) SPD 的作用和要求应适当。

参考文献

- [1] 许颖：问题访谈，《防雷世界》，2004.1
- [2] 许颖：交流电力系统过电压防护及绝缘配合，中企协技术交流中心教材，2003
- [3] 许颖：防雷保护计算中雷电放电基本特性和参数《防雷世界》，2003.11
- [4] 许颖：WGMOA 的正名和新技术条件要求，《中国雷电与防护》，2003.2
- [5] 许颖：浅析避雷针（线）防直击雷作用，《防雷世界》2003.12
- [6] 刘继、张维钹、孙嘉平、邱传睿、刘炳文、赵建国：严防 IEC 建筑防雷标准中的一些错误和问题对我国防雷技术的误导（上、下）。《雷电防护与标准化》，2003.2 和 3
- [7] 许颖：电缆段的雷电流的试验研究《防雷世界》2004.1

作者简介：

许颖，男，1930 年生，汉族，江西省南昌市人，（正）高级工程师。长期从事电力系统过电压防护科研工作。