

雷电流温升与防雷引下线问题的探讨

郭帅

河南省现代防雷有限公司

DOI:10.12238/btr.v4i4.3797

[摘要] 雷电是雷云之间的电荷积累到一定条件后产生的放电现象。人类通过对雷电现象长期的观测,统计观测结果,形成一套完整的防雷理论体系。建筑物防雷装置从上到下为接闪器、引下线、接地装置三部分。防雷引下线是建筑物防雷装置的重要组成部分,引下线泄雷时急剧升温,因此对其直径和截面必须有严格的规定,否则将危害人类安全。本文研究温升和防雷引下线直径和截面的关系,为防雷引下线的合理选择提供了一些参考。

[关键词] 雷电; 引下线; 问题的探讨

中图分类号: TU97 **文献标识码:** A

Discussion on Lightning Current Temperature Rise and Lightning Protection Down-lead

Shuai Guo

He'nan Modern Lightning Protection Co., Ltd

[Abstract] Lightning is a discharge phenomenon caused by the accumulation of electric charges between thunder and clouds to a certain condition. Through long-term observation of lightning phenomenon and statistical observation results, a complete theoretical system of lightning protection has been formed. The lightning protection device of the building consists of lightning receptor, down-lead and grounding device from top to bottom. The down-lead of lightning protection is an important part of the lightning protection device for buildings. As the temperature of down-lead rises sharply during lightning discharge, its diameter and cross section must be strictly regulated, otherwise it will endanger human safety. In this paper, the relationship between temperature rise and the diameter and cross section of lightning protection down-lead is studied, which can provide some references for the reasonable selection of lightning protection down-lead.

[Key words] lightning; down-lead; Discussion on Problems

引言

国内防雷与接地工程相关的标准较多:由住房和城乡建设部组织制定的标准GB 50057《建筑物防雷设计规范》、GB 50343《建筑物电子信息系统防雷技术规范》、GB 50952《农村民居雷电防护工程技术规范》、GB/T 50065《交流电气装置的接地设计规范》等标准已在全国范围内得到了较广泛的使用,也取得了较好的使用效果;由IEC等国际标准转化的GB/T21714《雷电防护》、GB/T 33588《雷电防护系统部件》、GB/T 16895《低压电气装置》等系列标准也同时成为行业主流标准;同时还有中国气象行业QX系列标准等部委标准。这些不同管理部门编

制的标准适用范围互相覆盖,内容也有较多冲突之处。而且由于国际上行业发展速度较快,也造成新概念的生产和既有术语含义的变化。下面选择部分术语加以浅析。

1 防雷引下线的选择

1.1 引下线的材质

建筑物防雷装置中的接闪器将雷电吸引过来,经过引下线传至接地装置。通过大量实验表明,材质不同时,雷电流引起的温升不同,不同材质的温升依次为钢、铝、铜,因此,宜选用热镀锌圆钢或扁钢,优先采用圆钢。钢筋混凝土结构或钢结构建筑,一般优先利用自身的钢柱等作为引下线,并将建筑内所有金属部

件应与引下线及接地装置可靠连接,以形成电气通路。

1.2 引下线分流系数 k_c

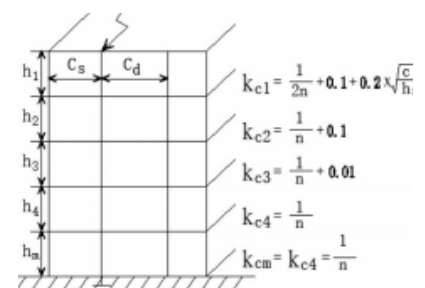


图 1

对于单根分流系数 k_c 计算如图1所示。图1中, $h_1 \sim h_n$ 为防雷引下线内各环节导体间的距离; c_s 、 c_d 为雷击处至临近

引下线之间的距离; 式中, c 取 c_s 、 c_d 最小值。一般情况下, 单根引下线时, kc 取1; 多根引下线不形成闭合环或两根引下线时, kc 取0.66; 引下线根数 $n \geq 3$, 当接闪器成闭合环或网状的多根引下线时, kc 取0.44。

实际建筑工程, 通过设置多根引下线, kc 取值并非单根引下线的简单计算, 当多根引下线构成闭合环形, 他们之间存在相互影响。IEC的TC8113/1984年1月文件中及其他资料, 定义雷电流有效长度的计算为 2ρ 。我国大部分地区混凝土电阻率为 $100\ \Omega\cdot m$, 雷电通过混凝土内钢筋散流的有效长度为20m, 那么散流作用按各方向20m计算。建筑物长度大于60m时, 设置三根引下线, 第一根引下线 $kc=0.44$, 剩余56%的雷电流经两根引下线, 每根分流28%, 此时单根28%雷电流分成两个方向, 每个方向有14%雷电流流入第一根引下线, 第一根引下线 $kc=0.44+0.14+0.14=0.72$ 。若是建筑物的长度小于40m时, 设置两根引下线, 和三根引下线分析一致, 得到 $kc=1.0$ 。

2 引下线规格和温升的关系

2.1 引下线直径的选择建筑物时

防雷装置中接闪器将雷电流引至建, 雷电流经过分流后流入建筑物内钢筋或者圆钢只有很小的一部分, 大量资料统计表明, 最终温度可按 $80^\circ C$ 考虑。起始温度取 $40^\circ C$, 温升 $40^\circ C$ 是一个相对安全值。本文以二类防雷建筑为例, 通过大量的实验表明, 引下线直径越小, 阻性越大, 雷电流引起的温升越高。一根 $\phi 10\text{mm}$ 计算后的温升为 $38.96^\circ C$, 小于 $40^\circ C$, 满足要求。实际工程中, 钢筋混凝土中都有多根钢筋并联组成, 经过一系列分流后, 每根钢筋的温升远远小于 $80^\circ C$ 。因此, 基于安全考虑, 《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010)规定, 混凝土中作为防雷装置的钢筋或者圆钢, 仅为一根时, 直径不应小于 $\phi 10\text{mm}$, 混凝土中其他有箍筋连接的钢筋构件作为防雷装置时, 截面积总和不得小于单根 $\phi 10\text{mm}$ 的截面积。

2.2 引下线截面和温升的关系

《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010)采用IEC-TC81新颁布标准, 制定

表 1

雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类(I类)	二类(II)	三类(III)
幅值 I_n/kA	200	150	100
波头时间 $T_1/\mu s$	10	10	10
半值时间 $T_2/\mu s$	350	350	350
电荷量 Q_s/C	100	75	50
单位能量 $W/R/(MJ/\Omega)$	10	5.6	2.5

表 2

雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类(I类)	二类(II)	三类(III)
幅值 I_n/kA	100	75	50
波头时间 $T_1/\mu s$	1	1	1
半值时间 $T_2/\mu s$	200	200	200
平均陡度 $I_n/T_1/(kA/\mu s)$	100	75	50

表 3

雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类(I类)	二类(II)	三类(III)
幅值 I_n/kA	50	37.5	25
波头时间 $T_1/\mu s$	0.25	0.25	0.25
半值时间 $T_2/\mu s$	100	100	100
平均陡度 $I_n/T_1/(kA/\mu s)$	200	150	100

出雷电参数见表1~表3。由表1~表3可知, 雷电流最大峰值出现在首次正极性雷击中, 最大陡度出现在首次负极性以后短时间雷击中。雷电流热效应定义为峰值电流流经导体电阻时产生的焦耳热。因此, 防雷引下线的截面积的计算, 取首次正极性雷电。本文以二类防雷为例, 由表1可知, 雷电流经过多根引下线后产生的单位能量为 $5.6k2c\text{MJ}/\Omega$, 钢筋表面流入混凝土产生的单位能量不应大于 $1.32\text{MJ}/\Omega$, 那么, 钢筋表面积总和不应少于 $(5.6 \times k2c / 1.32) = 4.32k2c$, kc 取值论文第1.2节已经进行详细说明。当引下线表面积总和小于 $4.32k2c$, 雷电流在钢筋表面产生的热量过大, 与其接触的混凝土无法完全吸收, 此时钢导体急速升温, 导体的热稳定受到影响, 将导致钢筋的机械强度降低, 更严重时, 钢筋导体会熔化甚至击穿。

3 结语

雷电流持续的时间一般可达到数百毫秒甚至1s以上, 峰值电流可达到数十至数百千安, 因此, 雷电伴随巨大的热量。本文通过雷电流温升这个角度, 对引下线直径和截面积的选择进行分析, 得

出引下线直径越小, 截面积越小, 温升越高, 对建筑物造成的损坏越大。因此, 《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010)中对引下线直径和截面的规格提出明确要求, 以保证建筑物的安全。实际工程设计中, 新建钢筋混凝土结构或钢结构建筑应充分利用自身的钢筋作为防雷引下线, 一方面有利于节约成本, 另一方面有利于降低分流系数 kc 的值, 从而减少流经引下线的雷电流, 进而降温升。本文从温升的因素对防雷引下线进行分析探讨, 希望对从事防雷行业的工作者起到一定的参考作用。

[参考文献]

- [1]林刚.雷电防护基础[M].北京:科学出版社,2016.
- [2]莫岳平.供配电工程[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [3]栗镨,刘凤姣,杨加艳,等.雷击建筑物地中电流分布特性分析[J].通讯世界,2015,(14):283-284.

作者简介:

郭帅(1987--),男,汉族,河南省巩义市人,本科,研究方向:气象、大气科学、雷电防护、雷电防护装置检测、防雷工程。