

文章编号:1673-8411(2017)04-0077-05

防雷装置设计技术评价定量化模型探讨

黄岩彬,冯真祯,刘冰,林立

(福建省防雷中心,福建 福州 350001)

摘要:在分析防雷装置设计技术评价发展现状的基础上,应用层次分析、回归分析、数学建模方法,建立了可应用于防雷装置设计技术评价定量化的数学模型,用模糊隶属度函数、模糊统计试验方法对该模型评价结果进行判断,对于提升建设项目、被保护对象及设备的防雷安全性能具有积极的实践意义。

关键词: 防雷装置;设计技术;评价;定量化模型

中图分类号:P427.32

文献标识码:A

Discussion on quantitative evaluation model of lightning protection device design technology

Huang Yanbin, Feng Zhenzhen, Liu Bing, Lin Li

(Fujian Lightning Protection Center, Fuzhou Fujian 350001)

Abstract: Based on the analysis of the development of lightning protection device design evaluation, this paper applies step analysis, regression analysis, and mathematical modeling to establish a mathematical model which can be applied to the quantitative evaluation model of lightning protection device design technology. Furthermore, the evaluate results of the model are estimated by fuzzy membership function and fuzzy statistical test methods.

Key Words: Lightning protection device; design technology; evaluation; quantitative model

对新建建筑物的防雷设计进行审核与技术评价是保障建筑物自身防御雷电灾害能力的一项重要任务,在数字化、信息化不断发展的今天,越来越多的弱电、雷电敏感电子设备进入了工业控制、人民生活的各个角落,这些设备对雷电,特别是雷电所产生的电磁感应具有较弱的抵抗能力,在发生雷击事故后往往带来严重的后果和损失,对在建设项目的设计阶段做好防雷装置设计技术评价具有重要的实践意义。目前国内在防雷装置设计技术评价的研究比较少,主要集中在于对技术评价对象、内容方面,如刘晓东,冯旭宇等人对建设项目防雷设计技术评价的基本程序、评价原则和评价报告内容等做了研究^[1],李垂军,林政等人对智能建筑防雷设

计技术评价的内容做了讨论^[2]等,这些研究从综合防雷的角度出发,讨论了定性化的防雷装置设计技术评价模型与内容,国内目前还没有具体的一个防雷装置设计技术评价定量化计算模型。

从当前综合定性化防雷装置设计技术评价的研究现状出发,在借鉴各类标准规范的同时,探求着一种可以用于技术评价的数学模型,为防雷设计技术评价定量化提供理论支持,进而达到更精细分析建构物防雷装置安全性能的实践意义。

1 方法讨论

文中提出的是一种应用评价计算公式,在先对评价单元进行评分的基础上,通过公式的计算得出

最终评价分数,并对评价分数进行结果判定的方法。因此,这里需要进行理论探讨的部分有两块,即评价计算公式怎么确定、在得到最终的评价分数后,如何判断这个分数对应的评价项目防雷设计是否合格,或者说,它的合格程度如何。下文将对这两个探讨部分进行分析。

这里令评价最终评价得分用 F 表示。

1.1 评价计算公式的初步确立

一般地,在实际防雷设计技术评价的过程中,我们常涉及到的防雷设计评价单元有如下几个,即建筑物防雷类别、等级、接闪、引下、接地、竖井、等点位、SPD、供电、消控、安防、有线电视、幕墙、煤气管道、电话网络和均压环等,如果对每个评价单元以标准和规范为基础,建立相应的评价评分表格,通过这个表格,就可以得到各个单元的评价分数,这个是对每个独立单元的评价方法。

按照一般的评价思路,评价单元的分数应该是按照实际设计的得分值来计算的,即某单元设计合理或符合规范要求的得分值,这样的话最终评价得分 F 的值越大,表示其设计效果越符合要求。但是,由于并不是所有的评价项目都包括了上述的十六个评价单元,如果评价项目少,即使其设计很合理,总分值也比较低;如果评价项目多,设计有些不合理的也可能使总得分高,这样使得在处理最终评价得分 F 时,到底以多少分才算合格出现了困难;虽然可以采用“得分/总分”的方法将最终评价得分百分化,但在实际应用中我们又注意到,在某个评价单元的一张检查对照评价表格中,并不是所有的评价项目都包含了表格中的评价要素,如果继续使用得分值来确定评价结果的话,将无从下手。因此,采用了反相的评分方法,评价单元的评价得分表示的不是设计合理的得分,而是该单元中设计不符合规范标准要求的错误累计分数,最终的评价得分 F 也和上述的正面评价得分 F 的意义不一样,此时的 F 值越大,反而表示的是设计中存在不符合规范和标准的地方越多,项目防雷装置设计越不合理。在最后确定 F 的值到底多少时判定为不合格也有了比较合理的数值区间。

在实际研究中我们发现上述的评价单元可以划分为如下的两类,即一类包括建筑物防雷类别、等级、接地、等电位、均压环在内的单元,另一类包含其他的接闪+引下、竖井、SPD、供电、消控、安防、有线电视、幕墙、煤气管道、电话网络在内的单元,

其中第一类的评价单元设计的好坏对第二类评价单元的防雷功能有一定的影响作用,例如,如果等电位单元没设计好,不但等电位单元评分不高,而且它还会影响到第二类评价单元(接闪+引下、竖井、SPD、供电、消控、安防、有线电视、幕墙、煤气管道、电话网络)的防雷性能,因此,在实际确定评价公式过程中,我们有必要将这两类评价单元分开进行计算,这里采用的思路是,对第一类评价单元评分采用系数的形式,即扣分控制 ≥ 1.000 (例如某项目的某第一类评价单元扣分为 1.212),而第二类评价单元的得分采用实数的形式,即扣分控制 ≥ 0 (例如某项目的某第二类评价单元扣分为 4)。

这里令:

β_i 表示第 i 个第一类评价单元的评价扣分值,总共有 n 个第一类评价单元;

A_j 表示第 j 个第二类评价单元的评价扣分值,总共有 m 个第二类评价单元;

于是,评价公式可以表示为

$$F = \prod_{i=1}^n \beta_i \times \sum_{j=1}^m A_j$$

1.2 评价公式的进一步修改

在实际对第二类评价单元的防雷装置设计进行规范性对照评价过程中发现,同一个评价单元,对于不同用途和类型的建筑物来说,存在着一定的重要程度的区别。比如对于某网络信息中心,在涉及的第二类评价单元中,比较供电、消控、有线电视、电话网络这几个单元,对于其特殊的用途来说,供电系统和电话网络是最为重要的,当然并不否认消控系统的重要性,但要使消控系统没有发挥其防火功能的情况,那只有在消控系统遭受雷击灾害破坏其自动报警功能后同时发生火灾,这样的可能性是存在的,但概率很小,而供电系统、电话网络一旦遭受雷击而造成损害,对维持整个建筑功能具有较大的后果,有线电视相对上述三者来说又变得更加次要,因此,这几个二类评价单元存在一定的重要程度差别。

在实际中进行定量技术评价时,必须对各个第二类评价单元进行重要程度的排序,并将排序得到的结果以重要度系数的形式乘到单元评价分数中去,设第 j 个第二类评价单元的重要度系数为 α_j ,则最终评价得分 F 的计算公式应修改为:

$$F = \prod_{i=1}^n \beta_i \times \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot A_j$$

且应满足: $\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$

对于重要度系数 α_j 的确定方法,这里推荐使用层次分析法进行判定,在实际研究过程中,设计和采用了诸如归类修正法、专家评定法、组合赋权法等方法,限于篇幅关系,这里不做详细介绍。

技术评价的基础是各类的标准和规范,而在标准规范的相关条目中,对条目的重要程度是按“必须”、“不许”、“应”、“宜”、“建议”等字来分类的,一般在实际进行技术评价过程中,如果被评价项目出现了违反“必须”、“不许”、“应”这样条目的设计,按要要求要直接判定设计为不合格。而“宜”和“建议”的部分则在一定的程度上是可以斟酌,这时就出现了一个问题,在进行单元评分的时候,如果出现了“宜”和“建议”部分的设计错误可以按一定的分数扣除,但当被评价项目出现了违反“必须”、“不许”、“应”这样条目时,应该要扣除多少分数才能保证直接判定设计不合格呢?比较显然的方法是加大对“必须”、“不许”、“应”条目的扣分值,但这也不一定能保证最后的得分值刚好处于设计不合格的区间内。

为了满足这样的评价需求,这里引入了一个新的参量 θ ,设 θ 的原始值为 0,这样,当被评价项目中有违反规范、标准中“必须”、“不许”、“应”这样条目的设计时, θ 值在原有值的基础上加上 1,即 $\theta=\theta+1$,最终被评价项目中有多少处设计违反“必须”、“不许”、“应”的条目时, θ 的取值就等于违反的个数。

引入 θ 的目的在于,数学上有 $0^0=1$,而 $0^\theta=0$ ($\theta \geq 1$),如果我们在原有 F 计算式的基础上除以

0^θ ,即 $F = \frac{\prod_{i=1}^n \beta_i \times \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot A_j}{0^\theta}$,这样,如果被评价项目

没有出现违反“必须”、“不许”、“应”这样条目的设计时, θ 值是 0,这个时候 $0^0=1$,即分母为 1,这对 F 的值没有造成影响,而当被评价项目出现违反“必须”、“不许”、“应”这样条目的设计时, θ 值将大于等于 1,这时的 $0^\theta=0$ ($\theta \geq 1$),即分母值为 0, F 值将趋近于 $+\infty$,由于采用的是反相的评分法, F 越大越表示防雷装置设计越不合理,当 F 值趋近于 $+\infty$ 时,这个评价项目就属于设计不合格的项目。当然如果说 $0^\theta=0$ 作为分母会使整个式子失去意义,我们把换成一个无穷接近于 0 的数 ω ($\omega \rightarrow 0$),这样就不会出现使分母为 0 而式子没有意义的情况。

综上所述,通过分析最终确定的评价模型为

$$F = \frac{\prod_{i=1}^n \beta_i \times \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot A_j}{0^\theta} (\omega \rightarrow 0)$$

2 评价结果的合格程度判断

在算出某项目的防雷装置设计技术评价得分后,现在的问题就是如何确定并给出一直合理的数值 φ ,使得当 $F \geq \varphi$ 时,该项目防雷装置设计不合格;当时,项目防雷装置设计合格,以下就如何更科学合理的确定这个临界值 φ 做一定的研究和探讨,主要应用的是模糊数学隶属函数和模糊数理统计的相关内容。

2.1 模糊数学隶属函数方法

借鉴于隶属函数的思维方式,构造所示的一个坐标体系如图 1(a)。

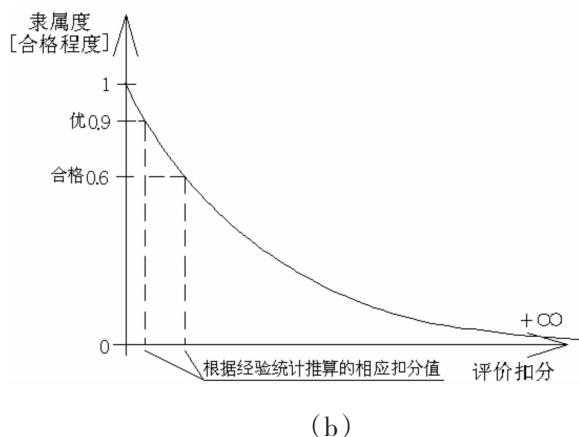
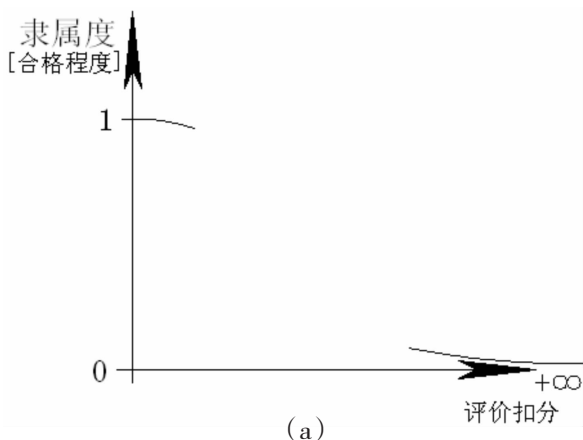


图 1 模糊隶属函数与评价结果

以评价扣分为横轴,以防雷装置设计的合格程度为纵轴建立坐标系,并规定,当设计完全符合要求时,此时的合格程度为 1,按照上文所述的理论,当评价扣分无限接近于 $+\infty$ 时,此时的合格程度无限

接近于 0, 这样我们就可以估计出这条隶属函数曲线应该就如图 1(b) 所示的形状。

图 1(b) 所示曲线可以用 $y = e^{-kx^b}$ ($k > 0$) 来表示, 这个关系式里有两个未知数, 需要用两个点来确定其中的 k 、 b 两个参数, 假设定义隶属度为 0.6 时对应的评价扣分值合格的临界值, 定义隶属度为 0.9 时对应的评价扣分值优秀的临界值, 而相应这两个点的横坐标(评价扣分)的具体值可以通过评价人员的经验进行大数的统计获得。

用这两个点代入 $y = e^{-kx^b}$ ($k > 0$) 中, 就可以得出整条曲线的表达式, 当利用评价表格对某项目进行评价并得到分数后, 只要代入 $y = e^{-kx^b}$ ($k > 0$) 中, 就可以得到它合格程度的隶属值, 并判断其属于那个区间, 完成最终的评价。

如果用降半正态分布来模拟这条曲线的话, 即令 $b=1$, 令合格分数线为 5 分, 则将 (5, 0.6) 代入曲线表达式中可以得到 $k=0.102$, 即此时的隶属函数表达式为 $y = e^{-0.102x}$ 。

当然, 这里对评价结果的正态分布假设、合格分数线为 5 分都是为了说明理论而作的一个假设, 具体实际情况如何, 还需要进行进一步的科学实验和统计确定其分布情况和合格分数线、优秀分数线来确定该表达式。

2.2 模糊统计试验方法

虽然应用回归隶属函数曲线的方法可以方便地计算出某个评价分数对应的合格程度, 但是隶属函数曲线方程的确定只是应用了两个点(合格点、优秀点)进行计算, 其中的函数精确度就有待考证, 因此, 这里引入了模糊数学中关于隶属函数确定的另一种方法——模糊统计试验法, 可以作如下设定:

$U=(0, +\infty)$ (单位: 分), A 是“设计合格”在上的模糊集, 作模糊统计数据收集, 邀请 50 位(越多越好)评价人员依据其评价经验给设计合格的扣分数作一个区间的估计, 比如说, 某评价人员认为设计合格的评价扣分数应该是 0.0 ~ 10.5 间, 记录为 (0.0, 10.5)。在收集到完整的 50 个数据区间后, 选取 $u_0=0 \sim 50$, 分别进行 u_0 对的 A 隶属频率的计算, (实际的计算并不需要 50 次, 因为其中数值较大部分的隶属频率基本为 0) 假设取 $u_0=15$, 在所得到的 50 个数据区间中有 35 个区间包含了 15, 那么 $u_0(15) = 35/50 = 0.7$, 以此类推。再将计算得出的结果应用

直方图的形式表示出来, 它的形状应该如下左图所示, 再应用统计曲线进行回归, 得到可能曲线形状, 于是在以后评价项目是否合格的过程中, 直接就可以把评价扣分数代入曲线中, 得出隶属度。

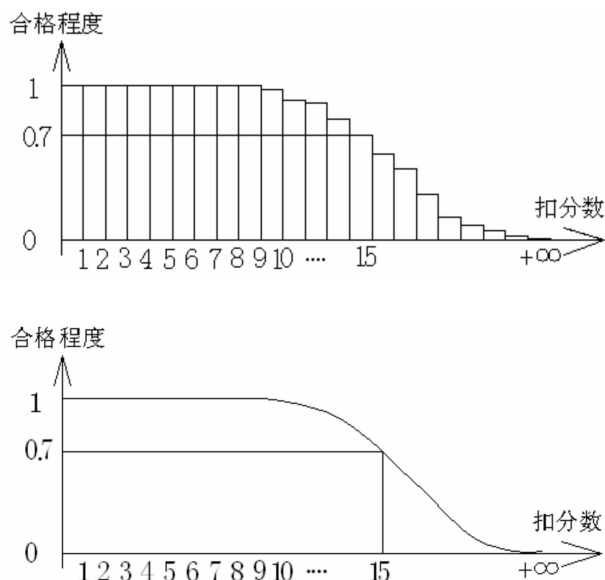


图2 模糊统计试验与评价结果

综合对比两种合格程度的确定方法, 用第二种方法所做出来的结果会和客观实际比较接近, 第一种方法由于只是应用了其中的某些数据而得出曲线方程, 这条曲线方程的客观程度比较低, 实际计算出来的结果会与客观情况有一定的偏差, 但是, 第一种方法却能使每一个扣分值都能对应着一定数值的合格程度, 而第二种方法的曲线在合格分数线前的扣分值都对应着 1, 也就是说, 如果要对整个评价项目的评价结果进行完全定量化的话, 第一种方法更合适, 而如果只是判断评价项目是否合格, 则选择第二种方法更为客观, 当然, 如果将两种方法糅合在一起进行评价应用, 也不失为一种新的更加客观合理的方法。

3 讨论

在讨论防雷装置设计技术评价发展现状的基础上, 从防雷装置设计技术评价系统工程的角度出发, 运用多种数学建模的思想和工具, 建立了适用于防雷装置设计量化技术评价的应用模型, 同时给出了两种适用于判断量化数值程度的思路, 具体讨论如下:

作为量化的风险评价模型, 文章所建立用于

防雷装置设计技术评价的公式满足防雷装置安全防护设计系统结构的要求,可以较为科学地对防雷装置设计进行定量评价,对于提升建设项目、被保护对象及设备的防雷安全性能具有积极的实践意义。

由于篇幅的关系,文章虽然给出了具体的量化评价模型,但由于该模型的具体计算需要建立在各个评价子项目评价表格及评分的基础上,这本身又是一个大的研究和整理内容,需要较大篇幅的介绍和讨论,因此文章没有给出具体的实践示例,拟在后期的研究和应用中进行完善和补充。

参考文献:

- [1] 刘晓东,冯旭宇.建设项目防雷设计技术评价探讨[J].电气应用,2008,(15):26-29.
- [2] 李垂军,林政,黎梓华.智能建筑防雷设计技术评价[J].气象研究与应用,2009,(3):73-75.
- [3] 黄岩彬.建筑物防雷装置施工图技术评价需规范的内容探讨[A].第七届中国国际防雷论坛组委会.第七届中国国际防雷论坛论文摘编[C].第七届中国国际防雷论坛组委会:, 2008:2
- [4] 范志强,兰建斌,黄岩彬.气象因子与森林火险等级预报[J].海峡科学,2009,(4):47-48.
- [5] 张立春,徐磊,赵文,李亚芬.建筑物防雷装置设计技术评价[J].内蒙古气象,2014,(01):38-42.
- [6] 黄声锦,蔡河章.建筑物防雷装置设计常见的问题分析[J].福建建筑,2012,(2):107-109.
- [7] 刘晓东,李松如,冯旭宇,邵程远.防雷装置设计审核竣工验收业务系统设计与实现 [J]. 计算机与现代化,2011,(8): 74-76,80.
- [8] 潘军,钟一帆,蒙剑.雷电技术在现代建筑中的应用[J].气象研究与应用,2008,29(3):49-54.
- [9] 邹兴奋,刘志辉,李可娟.建筑物防雷接地装置结构探析[J].气象研究与应用,2010,31(S2)
- [10] 黄剑钊.新型国家自动站现场总线 CAN 的研究及维护方法[J].气象研究与应用,2016,37(2):87-89.
- [11] 张娟,林卓宏,陈巧淑,等.自动气象站观测场防雷接地制式的技术分析[J].气象研究与应用,2012,33(4):69-71.
- [12] 姚家钊,陈华宣.基层气象台防雷问题浅析及解决方法[J].气象研究与应用,2009,30(1):78-81.
- [13] 黄仁立,罗晓军,周开春.防城港天气雷达楼雷击防护等级及防护设计[J].气象研究与应用,2014,35(4):111-114.
- [14] 黎锦雷,韦菊,杨玉静.新型自动气象站故障分析与排除[J].气象研究与应用,2015,36(4):102-104.
- [15] 傅俊霖,黄君健,何肖珍.防雷装置接地电阻的认识和探讨[J].气象研究与应用,2008,29(2):68-69.
- [16] 韩建海,吴松.一次风电场雷灾的特点及原因分析[J].气象研究与应用,2016,37(1):121-123.
- [17] 罗天龙.电涌保护器的简易检测方法[J].气象研究与应用,2013,34(2):92-94.
- [18] 杨仲江,卢燕,曹书华.用于防雷工程的电涌保护器的测试研究[J].气象研究与应用,2007,28(4):54-57.
- [19] 谭惠冰,杜建德,梁伟汉,等.电涌保护器(SPD)在低压电气系统中的设计[J].气象研究与应用,2013,34(4):92-97.
- [20] 林政,黎梓华,唐雷.浅谈如何利用法拉第笼原理防护雷电电磁脉冲[J].气象研究与应用,2009,30(1):83-84.