

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.01.023

IEC与GB防雷标准中建筑物直击雷防护对比分析

丁伟

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 对比分析了《建筑物防雷设计规范》(GB 50057)和《Protection Against Lightning》(IEC 62305)在建筑物防直击雷方面内容。从雷电流参数和防雷方法的角度介绍了两者的对应关系,对比了两者在防雷等级分类,风险评估,防雷装置措施等方面的异同。解释了GB 50057在建筑物防雷分类中所隐含的风险评估。对GB 50057是否适合“走出去”进行了讨论和分析,并提出了相关建议。

关键词: 防雷标准;风险评估;防雷装置;直击雷

中图分类号: TM862

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)04-0110-05

Comparison and Analysis of IEC and GB Lightning Protection Standards on Direct Lightning Flash Protection

DING Wei

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: Comparison and analysis are presented between Code for design protection of structures against lightning (GB 50057) and IEC 62350 on structures direct lightning flash protection. A corresponding relationship between two standards is made by analyzing lightning current parameters and protection measures. Comparison is described from structures classifications, risk assessment, lightning protection system etc. It introduces the hidden risk analysis of structures classifications in GB 50057. This paper discusses the reason why GB 50057 can be used in the international engineering project, and some proposals are submitted.

Key words: lightning protection standard; risk assessment; lightning protection system; direct lightning flash

标准是一个国家软实力和硬实力的综合体现。国家提倡大力推动中国标准“走出去”,让更大范围的国际市场接受和采用中国标准。但现阶段中国标准“走出去”还存在着许多困难。“中国标准”的整体形象还没有深入国际市场,在涉外工程中,更多的是适应国际市场的标准要求,较少推广自身的技术标准。国外工程师对于中国标准还缺乏了解和信任,不清楚中国标准的适用范围及与国际权威标准的差异。因此中国标准“走出去”,首先要将国内标准与国际权威标准进行对比分析,找到异同,分析中国标准的理论体系能否满足国际权威标准的要求。

建筑物的防直击雷设计广泛应用于各类工程中。《建筑物防雷设计规范》(GB 50057,以下简称GB)一直是在国内工程中防雷设计所遵循的标准;《Protection Against Lightning》(IEC 62305,以下简称IEC)是由国际电工委员会(International Electro Technical Commission)发布的一套防雷标准,得到了广大国家和地区的认可,在电气工程界有着广泛的影响。本文着重针对直击雷的防护,对比两套标准的异同,并提出一些看法和建议。

1 IEC标准与GB标准的对应关系

1.1 标准的结构内容

现行的《Protection Against Lightning》(IEC 62305)标准为2010年发布的标准第二版,共分为4个部分^[1~4]。分别是:

1)《General Principles》(IEC 62305-1-2010)。

收稿日期: 2015-11-01

作者简介: 丁伟(1987),男,江西吉安人,工程师,硕士,主要从事变电设计及研究工作(e-mail) dingwei@gedi.com.cn。

2)《Risk Management》(IEC 62305-2-2010)。

3)《Physical Damage to Structures and Life Hazard》(IEC 62305-3-2010)。

4)《Electrical and Electronic Systems Within Structures》(IEC 62305-4-2010)。

第一部分总体概述了雷电流参数,雷电的损害,及防雷等级(LPL),防雷方法等。第二部分系统介绍了如何采用风险评估的方法对潜在雷电风险进行估算和划分。第三部分建筑物的物理损害与人员伤害将防雷装置系统(LPS)分为四个等级,并与各防雷等级相对应,见表 1;并介绍了外部与内部的各种防雷装置及相应要求,其中外部防雷装置包括接闪器、引下线和接地装置,内部防雷装置包括等电位联结和电气绝缘。第四部分主要介绍了防雷击电磁脉冲的内容。与直击雷相关的内容主要在第一,第二和第三部分。

表 1 IEC 中防雷等级(LPL)与 LPS 的对应关系

Table 1 Relation Between Lightning Protection Levels (LPL) and Class of LPS in IEC

LPL 等级	LPS 分类
I	I
II	II
III	III
IV	IV

《建筑物防雷设计规范》(GB 50057—2010)自 2011 年 10 月开始实施,长期以来该标准及其之前版本一直受到国内广大电气设计人员的广泛使用和关注。该标准主要章节安排有:建筑物的防雷分类,防雷措施,防雷装置和防雷击电磁脉冲。与 IEC 的体系不同,由于没有系统的风险评估,GB 标准直接将建筑物根据其重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性和后果分为三类(具体分类见 GB 50057 第 3 章),每一类建筑物对应一类防雷措施及要求。根据雷电流参数,可以将 GB 中建筑物的分类与 IEC 中的 LPL 相对应^[5]。

1.2 对应关系

GB 和 IEC 规范中对于雷电流参数的定义都参照了 CIGRE 提供的累计分布函数,将可能出现的雷击分为三种,分别是短时首次雷击,首次以后的短时后续雷击,长时间雷击。这三种雷击的雷电流参数,GB 和 IEC 标准存在着对应关系。如首次正

极性雷击的雷电流参量和长时间雷击的雷电流参量值具体见表 2~表 3。

表 2 LPL(IEC)与建筑物防雷等级(GB)的首次正极性雷击的雷电流参量

Table 2 First Positive Impulse of LPL(IEC) and Structures Classifications(GB)

雷电流参数	LPL(IEC)/建筑物分类(GB)		
	I/一类	II/二类	III, IV/三类
幅值 I/kA	200	150	100
电荷量 Q_s/C	100	75	50
单位能量 $W/R(MJ/\Omega)$	10	5.6	2.5
时间参量 $T_1/T_2(s/s)$	10/350	10/350	10/350

表 3 LPL(IEC)与建筑物防雷等级(GB)的长时间雷击的雷电流参量

Table 3 Long Stroke of LPL(IEC) and Structures Classifications(GB)

雷电流参数	LPL(IEC)/建筑物分类(GB)		
	I/一类	II/二类	III, IV/三类
时间 T/s	0.5	0.5	0.5
电荷量 Q_1/C	200	150	100

从雷电流参数可以看出,GB 标准的一类建筑物对应着 IEC 标准 LPL 的 I 级,二类建筑物对应 II 级,三类建筑物对应 III, IV 级。

IEC 和 GB 标准均将滚球法作为防雷保护的推荐计算方法。它是基于雷闪数学模型(电气-几何模型),其关系式如式(1)。

$$h_r = 10 \cdot I^{0.65} \quad (1)$$

式中: h_r 为滚球半径,也即雷闪的最后闪络距离(m); I 为最小雷电流幅值(kA),即比该电流小的雷电流可能击到被保护的空間。

对于最小滚球半径,GB 标准的建筑物防雷分类和 IEC 的 LPL 存在着对应的关系,如表 4 所示。

表 4 LPL(IEC)与建筑物防雷等级(GB)的滚球半径

Table 4 Rolling Sphere Radius of LPL(IEC) and Structures Classifications(GB)

雷电流参数	LPL(IEC)/建筑物分类(GB)			
	I	II/一类	III/二类	IV/三类
滚球半径/m	20	30	45	60

由于 GB 标准的建筑物与 IEC 的 LPL 有着对应关系,不同等级建筑物和不同 LPL 的防雷措施的要求也可以对应比较。在海外工程中输出 GB 标准也是有理论依据可循,因为在雷电流参数和防雷方法

上两个标准是一致的。

2 风险评估

IEC 标准采用系统的风险评估方法来决定建筑物采用何种等级类型的防雷措施^[6]。GB 标准的建筑物防雷分类虽然没有以风险评估为分类基础,但实际上也隐含考虑了风险分析。

2.1 IEC 标准中的风险评估方法

IEC 62305-2 专门对防雷的风险评估进行了系统的解释说明。其理论体系和评估方法较为复杂,但评估结构严谨,条理清楚。评估原则,总结起来是建立在下列计算公式的基础上:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x \quad (2)$$

式中: R_x 为每种类型风险的风险值,各种类型的风险需首先判断雷闪是落在建筑物上还是其附近,然后分别考虑受损对象是人、动物,建筑或内部电气电子系统的失效; N_x 为年预计雷击次数,包括雷击落在建筑物本身或其附近或在建筑物进户线路上,和建筑所在地的雷电气象条件以及建筑物的自身结构尺寸等特性有关; P_x 为由于雷击事件对建筑或者建筑内的事物或人产生损害的概率,即每种类型风险发生的概率,这个值跟防雷装置的选用有关; L_x 为每种类型风险对应的损失,为年平均相对损失率,可分为:人员的伤害率,对公众服务的损失率,珍贵文化遗产的损失及经济损失。该值与建筑物的类别、作用有关。

对于风险评估,IEC 中的评估步骤如下:

- 1) 确定构成风险的元素 R_x 。
- 2) 通过式(2)计算已确定的风险元素风险值 R_x 。
- 3) 将各类 R_x 相加得到总风险 R 。
- 4) 确定容许风险 R_T 的最大值。
- 5) 比较风险 R 与和容许值 R_T ,若 $R > R_T$ 说明实有风险大于容许的风险,有必要增加或改善保护措施,以降低相应的 P_x 值,并随之减少了相应项的 R ,使累加的 R 减少,直到满足 $R < R_T$ (说明采取的保护措施已经足够)。

其中,容许风险值 R_T 是由权力机构负责鉴别并确定的,代表性的容许风险值见下表。

式(2)中的 N_x 、 P_x 、 L_x 值的确定需要用到许多指定的常数或系数。这些系数值和 R_T 值的大小必须协调好,否则 R 和 R_T 相差太悬殊就成为不可比的。

表5 典型的容许风险值 R_T

Table 5 Typical Values of Tolerable Risk R_T

损失类型	R_T (1/年)
人员死亡或永久性伤害	10~5
对公众服务的损失	10~3
文化遗产的损失	10~4
经济损失 1	10~3

注1: 经济损失允许值如不能确切计算时再采用该值。

因此 R_T 的确定是很不容易的,上面提到的几种损失类型因为涉及到人员伤亡或社会、文化方面,需要由代表公众利益的权力机构来决定。那些与财产损失有关的需要进行经济技术比较,由设计单位会同业主决定(在国外,一般也有保险公司介入的),IEC 标准中对经济比较也有专题介绍。因此风险评估中各个系数和 R_T 值并不是一成不变,而是需要根据当地的运行经验和实际情况调整。如文化遗产的损失 R_T 在 IEC 2006 版的值为 10^{-3} ,在 2010 版本中修改为 10^{-4} 。

IEC 这套风险评估方法已在欧美等具备使用条件的国家使用,IEC 也开发了相应的评估软件。

2.2 GB 标准中的风险分析方法

GB 规范对于建筑物的分类考虑了我国工程人员的使用习惯和我国实际情况,沿用了该规范以往的做法,不考虑以风险作为分类的基础。在规范正文中也没有风险评估的内容。但实际上 GB 建筑物分类中也隐含了风险分析。

GB 中第一类防雷建筑和部分第二类防雷建筑物是属于预期风险不可避免的场合或者功能作用特别重要的建筑,这类建筑是肯定需要采取较高等级防雷措施的。在 IEC 62305-2 中也有如下描述:当预期风险是不可避免时,可以不管风险评估的结果如何而决定提供防雷。

对于 GB 中第二类,三类一些难于直接判断采用何种防雷措施的建筑物其实是根据风险分析来划分的,这点在规范正文部分中没有提及,现将大致分析思路描述如下。

与 IEC 风险管理一样,选择防雷装置的目的是将防直击雷的建筑物年损坏风险 R 减小到可接受的最大风险值,即 $R \leq R_T$ 。GB 中, R_T 值没有像 IEC 那样分类,而是直接取 10^{-5} ,该值在 IEC 标准中对应的是人员死亡或永久性伤害的风险类型(表5)。

以这个值作为所有不同类型建筑的评判标准,实际上较 IEC 更为严格。与 IEC 风险评估式(2)类似的有:

$$R = NP \tag{3}$$

$$P = P_r W_r (1 - E_i E_s) \tag{4}$$

$$\eta = E_i E_s \tag{5}$$

式中: N 为建筑物的年预计雷击次数; P_r 为建筑物自身保护程度系数,即雷击到建筑物的雷会产生损害的概率,该值取决于建筑物的结构,用途等; W_r 为类似于式(2)中的 L_x ,表示雷击后果的系数。

E_i 为防雷装置截收雷击的概率,由于采用滚球法,根据式(1),滚球半径对应着最小雷电流幅值 I ,该值表示雷电流大于 I 的概率; E_s 表示小于雷电流参量最大值的概率。因此式(5) η 表示的是防雷装置截收雷电的概率,即雷电装置的效率。根据本文第 1 章,第三类建筑物雷电流参量对应着 IEC LPL 的 III, IV 级,最小雷电流值(滚球半径)对应着 IV 级。由此可根据 IEC 62305-1:2010 中表 5 数据, $E_i = 0.84$, $E_s = 0.95$, $\eta = 0.84 \times 0.95 = 0.8$ 。

定义 N_T 为建筑物可接受的年允许遭雷击次数,则有:

$$N_T = R_T / P_r W_r = 10^{-5} / P_r W_r \tag{6}$$

结合式(3)~(6)及 $R \leq R_T$ 有:

$$N \leq \frac{N_T}{1 - \eta} \tag{7}$$

GB 标准中对一般建筑物和公共建筑物所用的 $P_r W_r$ 值在条文说明中有定义,见下表。

表 6 $P_r W_r$ 值
Table 6 Value of $P_r W_r$

损失类型		$P_r W_r$	$N_T = 10^{-5} / P_r W_r$
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}

以公共建筑物为例, N_T 值 1×10^{-2} 代入式(7),若假定为第三类建筑物,则 $\eta = 0.8$, $N \leq 0.05$;若假定不采取任何防雷措施,则 $\eta = 0$, $N \leq 0.01$ 。因此当 $0.01 \leq N \leq 0.05$ 是,为第三类防雷建筑物;当 $N > 0.05$ 时,该公共建筑物为第二类防雷建筑物。年预计雷击次数 N 的取值可根据 GB 50057 附录 A 计算。

通过以上论述并对比 IEC 风险评估的内容,可

得到以下:

1) GB 标准中建筑物分类隐含考虑了风险分析,但仅体现在第二类防雷建筑物和第三类防雷建筑物中。

2) GB 标准将各类风险因素简化为一般建筑物和公共建筑物两类。而 IEC 标准对于风险因素的分类,损失的分类计算都有严谨的体系。

3) GB 标准其中仅采用了一般建筑物和公共建筑物的 $P_r W_r$ 值作为计算风险的要素,通过防雷装置的效率来反推年预计雷击次数 N 。这样在实际工程中,仅通过计算年预计雷击次数 N 就可以判定建筑物需要采用的防雷等级。

3 外部防雷装置及其他

3.1 外部防雷装置

直击雷的防护主要靠外部防雷装置,通常由接闪器、引下线和接地装置构成。

对于接闪器的布置,GB 标准主要是采用滚球法和网格法进行设计。IEC 标准中还增加了保护角法,并且规定当建筑物高度超过滚球半径时不能采用保护角法。GB 标准在条文说明中提到“保护角是以滚球法为基础,以等效面积计算而得,使保护角保护的空間等于滚球法保护的空間;但在具体位置上它们的保护范围有明显的矛盾。为避免以后再应用上的争议,故本规范不采用保护角法”。

在防侧击雷方面,IEC 规定当建筑物高度超过 60 m 时,在建筑物 80% 高度以上部位设侧面接闪器,其网格大小按照建筑物防雷等级设置。GB 标准是按照建筑物分类对应的滚球半径来采取防侧击雷措施的,与 IEC 规范有所不同,如第一类建筑物在 30 m 以上就需采取防侧击雷的措施,第二类建筑物在 45 m 以上时需采取措施。从采取措施的范围比较,GB 标准较 IEC 更为严格。

对于引下线的布置,IEC 标准规定了 A 型, B 型两种接地装置。A 型接地装置指与引下线相连的水平接地体或垂直接地体,接地装置不构成环形。B 型接地装置的类型同 GB 标准中的接地装置,即为环形接地体或基础接地体。A 型接地装置的适用范围十分有限,仅适用于土壤电阻率低的地区和较矮的建筑物(如家庭住別墅)或某个独立的防雷装置。另外 IEC 标准和 GB 标准对于引下线的最大间距也有规定,GB 标准在制定时也是向 IEC 标准靠

拢,但考虑到我国工业建筑的柱距一般为6 m,因此规定值为6的倍数,与IEC标准有一些差异。

IEC标准与GB标准中有关外部防雷装置的主要差异对比总结如表7所示。

3.2 其他

IEC标准对防雷装置的施工、巡查、维护及试验也给出了指导建议。并针对不同的LPL,不同类型的建筑物,有不同的巡查和维护要求。GB标准侧重于设计环节,无此部分内容。

表7 外部防雷装置参数比较

Table 7 Comparison of External Lightning Protection System

防雷等级	I	一	II	二	III	三	IV
防雷装置参数							
网格/m	5×5		10×10		15×15		20×20
滚球半径/m	20	30		45		60	
保护角/(°)	25		25		25		25
引下线间距/m	10/12		15/18		20/25		

注:保护角大小为接闪器高度等于滚球半径时的值;引下线间距中左侧为IEC的值,右侧为GB的值。

IEC标准指出在巡查中需要重点关注以下事宜:接闪器、接地装置及其连接处有无腐蚀情况,接地装置的接地电阻,接地装置之间及建筑物等电位连接的情况。

IEC强调防雷装置的设计和建造的各阶段应与建筑物总体的设计和施工阶段相互协调,在防雷装置的设计时,设计人员就应当了解建筑物的基本功能、结构设计以及现场的土壤情况等基本信息。设计与业主、职能部门、施工人员等需进行充分的协商。在建筑物的建造阶段,就应对建成后无法接触的防雷装置部件进行检查。

4 结论

通过对IEC 62305和GB 50057中防直击雷的内容进行对比分析,有以下总结和建议。

1)两个标准的雷电流参数一致,且均推荐采用滚球法作为防雷设计,因此GB标准的建筑物防雷等级与IEC的LPL存在对应关系。两者的防雷装置要求也大致相同。

2)IEC标准有严谨的风险管理体系,防雷装置的选取设计需根据风险评估的结果,但其评估过程和参数较为复杂。特别是IEC标准中评估参数的取

值是否符合中国国情还未能有验证。我国建筑物防雷设计有自己成熟的体系,在标准编制中需要考虑到延续性,另外即使采用IEC的风险评估方法,也需要补充我国以前的损失数据。现阶段完全采用风险评估的方法来进行防雷设计在我国还很难实现。

3)GB标准在建筑物分类中已隐含了风险分析,相比IEC标准做了一些简化。这种分类操作简单实用,符合我国国情,也适用在风险数据不完善的地区。

4)GB标准正文部分没有介绍风险评估的内容,在建筑物分类的章节中只列举了建筑物名称,没有对划分原则进行阐述,建议增加此部分内容,这样保护措施的选用有了基础,并能帮助工程人员对建筑物进行合理分类。另外在正文中体现风险管理概念能让从业人员提高风险意识,推动各建筑主管单位重视风险管理,从现在起保留好雷电损害的数据,这样才能逐步向IEC标准靠拢,使防雷措施的选取更为科学经济。

5)建议GB标准增加一般建筑物和公共建筑物的 $P_r W_r$ 值的取值依据说明。标准附录中只是提及这个参数值是通过验算和对比的,这个值是建筑物风险分析的依据,应给出具体的取值依据。

GB标准的体系结构虽然与IEC标准有差异,但两者的防雷参数,方法,防雷装置的设计大体是一致的。由于GB标准不采用系统的风险评估作为防雷的分类依据,更方便在一些发展中国家和地区实施推广。GB 50057具备中国标准“走出去”的条件,本文的目的除了讨论这两本防雷标准外,也希望能够抛砖引玉,有更多的工程师将我国的标准与国际权威标准进行对比分析,提高我国标准质量,推动中国标准“走出去”。

参考文献:

- [1] IEC 62305-1-2010, Protection Against Lightning-Part 1: General principles[S].
- [2] IEC 62305-2-2010, Protection Against Lightning-Part 2: Risk Management[S].
- [3] IEC 62305-3-2010, Protection Against Lightning-Part 3: Physical Damage to Structures and Life Hazard[S].
- [4] IEC 62305-4-2010, Protection Against Lightning-Part 4: Electrical and Electronic Systems Within Structures[S].
- [5] GB 50057—2010, 建筑物防雷电设计规范[S].
GB 50057—2010, Code for Design Protection of Structures Against Lightning[S].

(上转第95页 Continued on Page 95)

针对目前海外项目的具体情况, 由于设计合同的约定, 在运用规范时应在中美规范中按更高的要求选用。而作为工程总承包方, 设计院又往往面临尽量降低成本的巨大压力。鉴于此, 在满足结构安全适用性的前提下, 本文对海外电站项目钢结构的防火设计提出如下建议:

1) 针对主厂房(包括燃机房、汽机房等), 建议按照 NFPA 850 的要求执行, 不可燃物受到防火保护的前提下, 可不对整个结构进行防火涂装, 而是根据《火力发电厂与变电站设计防火规范》, 对主油箱附近构件和电缆夹层的承重结构进行规定小时数的防火涂装。

2) 针对集控楼, 建议按照 NFPA 5000 里关于建筑物层数、面积、灾害等级等特征决定具体耐火极限小时数, 进而确定梁、柱、楼板的具体时限要求。

3) 针对电厂其他建构筑物, 如栈桥、转运站

等, 建议按照 NFPA 850 和《火力发电厂与变电站设计防火规范》的要求执行, 不对整个结构进行防火涂装。

参考文献:

[1] GB 50017—2003, 钢结构设计规范[S].
 [2] GB 50016—2006, 建筑设计防火规范[S].
 [3] GB 50229—2006, 火力发电厂与变电站设计防火规范[S].
 [4] ROGER L, BROCKENBROUGH, FREDERICK S. Merritt. 美国钢结构设计手册[K]. 上海: 同济大学出版社.
 [5] ASTM E119: Standard Methods of Fire Tests of Building Construction and Material[S].
 [6] NFPA 5000: NFPA 5000® Building Construction and Safety Code® 2009 Edition[S].
 [7] NFPA 850: NFPA® 850 Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations 2010 Edition[S].

(责任编辑 郑文棠)

(上接第 91 页 Continued from Page 91)

[15] DNV-OS-J101, Det Norske Veritas: Offshore Standard. Design of Offshore Wind Turbine Structures[S]. 2008.
 [16] DNV-OS-J101, Det Norske Veritas: Offshore Standard. Design of Offshore Wind Turbine Structures[S]. 2009.
 [17] DNV-OS-J101, Det Norske Veritas: Offshore Standard. Design of Offshore Wind Turbine Structures[S]. 2010.
 [18] DNV-OS-J101, Det Norske Veritas: Offshore Standard. Design of Offshore Wind Turbine Structures[S]. 2011.
 [19] DNV-OS-J101, Det Norske Veritas: Offshore Standard. Design of Offshore Wind Turbine Structures[S]. 2011.
 [20] DNV-OS-J101, Det Norske Veritas: Offshore Standard. Design of Offshore Wind Turbine Structures[S]. 2013.
 [21] DNV-OS-J101, Det Norske Veritas: Offshore Standard. Design of Offshore Wind Turbine Structures[S]. 2013.
 [22] KLOSE M, AMOL Mulve, MARC Mittelstaedt. Grouted Connections-offshore Standards Driven by the Wind Industry[C]// The Twenty-second International Offshore and Polar Engineering Conference, 2012.
 [23] LOTSBERG I, BERTNES H, LERVIK A. Joint Industry Project-capacity of Cylindrical Shaped Grouted Connections with Shear Keys[R]. Norway: Technical Report No. 2011 - 1415, Rev. No. 05. Det Norske Veritas, 2012.
 [24] 龙驭球. 弹性地基梁的计算[M]. 北京: 人民教育出版社, 1981.

(责任编辑 黄肇和)

(下转第 114 页 Continued from Page 114)

[6] 汪猛, 容浩. 小议 IEC 防雷标准中直击雷的防护[J]. 电气应用, 2005(12): 20-23.
 WANG Meng, RONG Hao. Discussion of Direct Lighting Flash in Code for Protecting Against Lightning[J]. Electrotechnical Application, 2005(12): 20-23.
 [7] 蒋麦占. 如何处理《建筑物防雷规范设计规范》和 IEC 标准的关系(上)——不能回避规范的适用范围和防雷风险管理[J]. 电气工程应用, 2007(2): 5-11.
 JIANG Maizhan. How to Deal with The Relationship Between <Code for Design Protection of Structures Against Lightning> and IEC Standard(Part 1)-Scope of Application and Risk Management[J]. Application of Electrical Engineering, 2007(2): 5-11.

(责任编辑 郑文棠)