

ICS 29.240.01

K 44

备案号: 37381-2012

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1178 — 2012

---

## 1000kV 交流输电线路金具 电晕及无线电干扰试验方法

Corona and RIV test methods for fittings of 1000kV AC transmission line

2012-08-23 发布

2012-12-01 实施

---

国家能源局 发布



## 目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 电晕试验方法	2
5 无线电干扰试验方法	4
6 规定试验电压海拔修正	5
7 接收判据	5
8 试验报告	5
附录 A（资料性附录） 紫外成像仪的使用方法	6
附录 B（资料性附录） 等效场强计算方法	7
附录 C（规范性附录） 无线电干扰试验回路	9

## 前 言

- 本标准按照 GB/T 1.1—2009 进行编写。
- 本标准由中国电力企业联合会提出。
- 本标准由特高压交流输电标准化技术工作委员会归口。
- 本标准主要起草单位：国家电网公司、国网电力科学研究院、中国电力科学研究院。
- 本标准参加起草单位：国网交流工程建设有限公司、西安交通大学。
- 本标准起草人：万启发、田璐、谢梁、郑怀清、谷莉莉、陈海波、陈勇、李峰、徐涛、曹晶、谢天喜、谢雄杰。
- 本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

## 引 言

本标准是根据《国家能源局关于下达 2010 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2010〕320 号）的安排编制的。

本标准结合特高压交流试验基地和特高压交流试验示范工程的电力金具的电晕试验成果，借鉴了 500kV 及以下电压等级电力金具的试验经验，参考 GB/T 2317.2—2008《电力金具试验方法 第 2 部分：电晕和无线电干扰试验》和 IEC 61284—1997《Overhead lines-Requirements and tests for fittings》制定，为 1000kV 交流输电线路电力金具电晕和无线电干扰试验方法提供依据。



# 1000kV 交流输电线路金具电晕及无线电干扰试验方法

## 1 范围

本标准规定了 1000kV 交流输电线路金具的电晕及无线电干扰试验的试品布置、试验程序、规定试验电压修正、接收判据和试验报告的内容。

本标准适用于 1000kV 交流输电线路所使用的电力金具。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2314 电力金具通用技术条件（GB/T 2314—2008，IEC 61284：1997，MOD）

GB/T 2317.2 电力金具试验方法 第 2 部分：电晕和无线电干扰试验（GB/T 2317.2—2008，IEC 61284：1997，MOD）

GB/T 2900.19 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合（GB/T 2900.19—1994，IEC 60071-1：1993，NEQ）

GB/T 5075 电力金具名词术语

GB/T 6113.101 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备（GB/T 6113.101—2008，CISPR 16-1-1：2006，IDT）

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求（GB/T 16927.1—2011，IEC 60060-1：2006，MOD）

GB/T 24623 高压绝缘子无线电干扰试验（GB/T 24623—2009，IEC 60437：1997，MOD）

## 3 术语和定义

GB 2314、GB/T 5075、GB/T 2900.19、GB/T 2317.2 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**可见电晕 visible corona**

试品空气绝缘局部击穿而产生的气体放电现象，一般可用肉眼、望远镜或紫外成像仪观察到。

### 3.2

**电晕起始电压 corona inception voltage**

在试品上施加的电压逐渐升高直至试品上发生可见电晕时的电压。

### 3.3

**电晕熄灭电压 corona extinction voltage**

在试品上发生可见电晕后，逐步降低所施加的电压直至可见电晕消失时的电压。

### 3.4

**无线电干扰电压 radio-interference voltage**

试品产生电晕时对周围无线电接收设备造成干扰，干扰信号的强弱以无线电干扰电压衡量，单位为  $\mu\text{V}$ 。

在通信领域，通常用无线电干扰电平来衡量无线电干扰的强度，单位为 dB（分贝）。干扰电平和干扰电压的关系如下：

$$A = 20 \lg \frac{U}{U_0} \quad (1)$$

式中：

$A$ ——无线电干扰电平，dB；

$U$ ——实测的干扰电压， $\mu\text{V}$ ；

$U_0$ ——基准电压， $1\mu\text{V}$ 。

施加电压、无线电干扰电压和可见电晕之间的关系如图 1 所示。

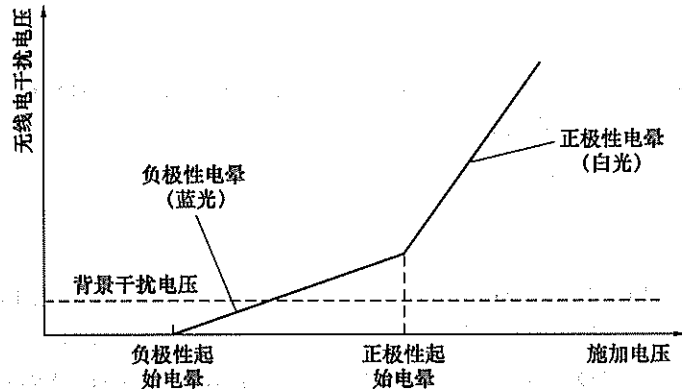


图 1 施加电压、无线电干扰电压和可见电晕之间的关系

3.5

规定试验电压 demand test voltage

金具电晕和无线电干扰试验的电压要求值，在此电压下，试验导线和金具上的场强值经修正后与实际工程输电线路最大场强值等效。

4 电晕试验方法

4.1 试品布置

试验是以单相来模拟三相输电线路，试验导线和金具上的场强值经修正后与实际工程输电线路在系统最高运行电压下最大场强值等效。

试品组装和布置时应根据金具组装图纸来进行，模拟导线和模拟横担应垂直布置，并力求接近实际线路的布置，应采取适当屏蔽措施以消除其他部位电晕对试品的影响。

对绝缘子的金具试验，应把绝缘子元件和金具组成完整的绝缘子（串）装置，金具应安装在导线上，模拟横担的长度应大于绝缘子串长度的 1.5 倍。

金具试品参见图 2～图 4 进行布置，图 2～图 4 分别适用于悬垂装配试品、耐张装配试品和档中金具（如间隔棒、防振锤）的典型布置，试品布置的有关尺寸要求见表 1。

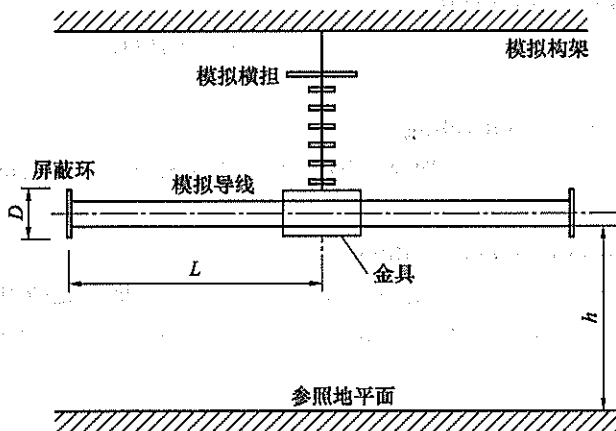


图 2 悬垂装配试品的典型布置



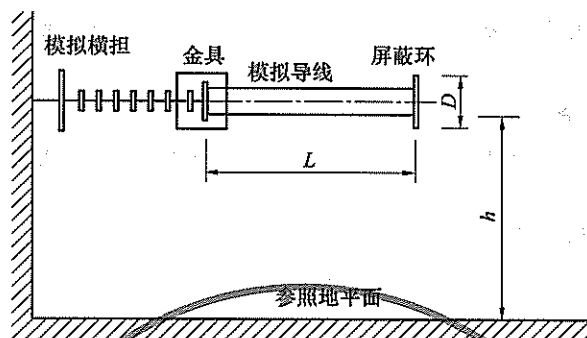


图3 耐张装配试品的典型布置

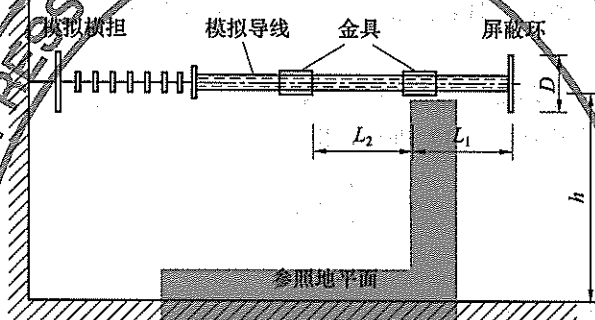


图4 档中金具的典型布置

表1 试品布置的有关尺寸要求

单位: m

$h$	$L$	$L_1$	$L_2$
$13 \times (1 \pm 5\%)$	$\geq 4D$	$\geq 3D$	$\geq 3D$

注:  
 $h$ : 试品离地高度;  
 $D$ : 屏蔽环或球的外径,  $D \geq 1.2$  倍分裂导线分裂圆直径;  
 $L$ : 金具与屏蔽环之间的距离;  
 $L_1$ : 金具与屏蔽环之间的距离;  
 $L_2$ : 金具之间的距离。

试验时, 应将试品按装配图成组(套)安装, 一般应将试品逐组(套)试验, 也可以多组(套)试品一起试验, 但试品的布置应符合表1的规定。

平行于导线的墙面与试品间的距离  $s$  应满足:  $s \geq 2h$ 。

#### 4.2 试品要求

试品应无明显损伤, 试验前可用无毛干布将试品擦拭干净。

#### 4.3 仪器设备

观测电晕可用肉眼、望远镜和紫外成像仪; 记录电晕可使用紫外成像仪。电源及测量设备应满足 GB/T 16927.1 的要求。

#### 4.4 试验方法和试验程序

用肉眼、望远镜观察可见电晕, 试验应在黑暗条件下进行, 观测者需在黑暗条件下停留 15min 以上, 以适应黑暗条件下的观测; 紫外成像仪可用于在晴天非黑暗条件下进行可见电晕电压试验, 方法参照附录 A 进行。

试验时逐步升高施加在试品上的电压, 直至观察到试品第一个电晕点的产生, 维持 5min, 并记录该电压作为电晕起始电压; 然后逐步降低施加在试品上的电压, 直至试品上的最后一个电晕点消失为止,

维持 5min，并记录该电压为电晕熄灭电压。上述试验重复 3 次，取其平均值作为该试品的电晕起始电压和电晕熄灭电压。

#### 4.5 电晕试验规定试验电压值

电晕试验规定试验电压值一般可由下述方法计算，也可由场强等效电晕试验法（参见附录 B）计算确定。

电晕试验的规定试验电压值为

$$U_0 = 1.1k_1k_2k_3U_{\max} \quad (2)$$

式中：

$U_{\max}$ ——系统运行最高相电压，635kV；

$k_1$ ——悬挂高度修正系数，如表 2 所示；

$k_2$ ——位置修正系数，档中金具和耐张金具取 1.0，常规线路悬垂金具取 1.05，紧凑型线路悬垂金具取 1.1；

$k_3$ ——气象修正系数，在环境温度为 10℃~40℃、相对湿度为 20%~70%的条件下，只作空气密度修正，气象修正按式（3）进行，即

$$k_3 = \frac{p_1}{p_0} \times \frac{273+t_0}{273+t_1} \quad (3)$$

式中：

$p_0$ ——标准大气压强，101.3kPa；

$p_1$ ——试验时的大气压强，kPa；

$t_0$ ——标准温度，20℃；

$t_1$ ——试验时的温度，℃。

表 2 悬挂高度修正系数  $k_1$

导线高度 m	8	10	13	15
悬挂高度修正系数	0.92	0.96	1.00	1.05

## 5 无线电干扰试验方法

### 5.1 试验布置和试品要求

无线电干扰试验布置应符合 4.1 的规定，试品应符合 4.2 的规定。

### 5.2 仪器设备

无线电干扰试验回路按照附录 C 执行，应符合 GB/T 24623 的要求，所用仪器应符合 GB/T 6113.101 的有关规定，电源及测量设备应满足 GB/T 16927.1 的要求。

### 5.3 试验程序

无线电干扰试验，应进行背景干扰测量，背景干扰应在试品未施加电压的条件下对试验回路进行测量。原则上，背景干扰电压不高于试品干扰电压的 30%。

首先在试品上施加规定试验电压的 110%，并维持 5min，然后降到规定试验电压的 30%，再逐级升高电压，直到规定试验电压的 110%。而后再逐级降低电压至规定试验电压的 30%。在第二次降压过程中同时记录施加电压和无线电干扰电压值，由此可做出一条干扰电压和施加电压的关系曲线。通常每级电压为规定试验电压值的 10%。

### 5.4 无线电干扰试验的规定试验电压

无线电干扰试验的规定试验电压值为

$$U_0 = 1.1k_1k_2k_3U_{\max} \quad (4)$$

式中:

悬挂高度修正系数  $k_1$ 、位置修正系数  $k_2$ 、气象修正系数  $k_3$  计算方法同 4.5。

## 6 规定试验电压海拔修正

当金具用于海拔高于 1000m 地区时, 位于低海拔地区的试验室应将规定试验电压  $U_0$  乘以海拔修正系数  $k_H$ :

$$U_H = k_H \times U_0 \quad (5)$$

$$k_H = \frac{1}{1.1 - 0.1H} \quad (6)$$

式中:

$H$ ——海拔高度, km。

## 7 接收判据

在规定试验电压下, 试品不应有可见电晕, 在 0.5MHz 的测量频率下无线电干扰电压应不大于 800 $\mu$ V。

## 8 试验报告

试验报告至少应包括以下内容:

- a) 试品名称、型号、规格。
- b) 试验时的气象条件 (温度、湿度、气压等)。
- c) 试品布置。
- d) 测试仪器的型号和不确定度。
- e) 可见电晕试验结果:
  - 1) 电晕起始电压;
  - 2) 电晕熄灭电压;
  - 3) 起晕位置。
- f) 无线电干扰试验结果:
  - 1) 测量频率;
  - 2) 背景干扰水平;
  - 3) 施加电压程序;
  - 4) 无线电干扰电平。

## 附录 A

(资料性附录)

## 紫外成像仪的使用方法

利用紫外成像仪进行 1000kV 金具的可见电晕试验, 试品布置和试验设备依据标准第 4 章的相关要求, 测量仪器采用的紫外成像仪的增益应在 0—100% 区间内可调, 镜头应有足够的变焦放大倍数, 一般不小于 15 倍光学变焦。

试验时, 观测者应站在安全位置, 为了获得较好的试验结果, 选取与试品水平距离 20m 处。将紫外成像仪镜头对准试品, 增益调为 60%, 并在显示屏上看到试品。逐步升高施加在试品上的电压, 直至观察到试品电晕的产生 (显示屏上试品表面喷射状雪花点), 维持 5min, 并记录该电压作为电晕起始电压; 然后逐步降低施加在试品上的电压, 直至试品上的电晕消失为止, 维持 5min, 并记录该电压为电晕熄灭电压。为了便于分析, 录像记录整个试验过程。紫外成像仪典型电晕放电图谱如图 A.1、图 A.2 所示。

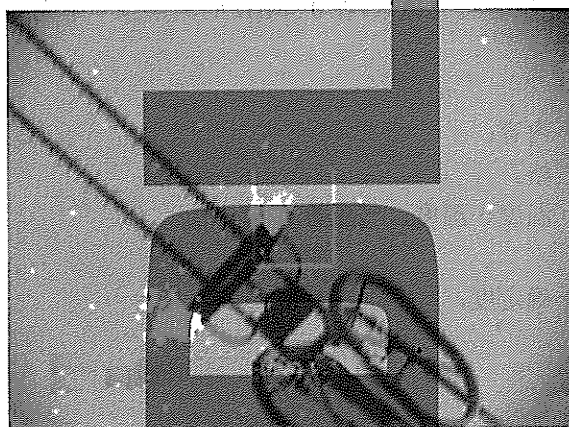


图 A.1 紫外成像仪典型电晕放电图谱 (一)

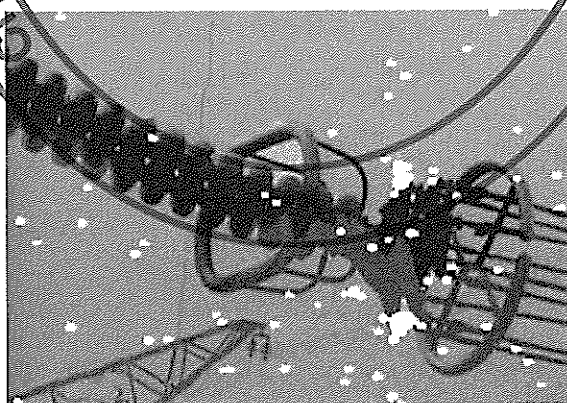


图 A.2 紫外成像仪典型电晕放电图谱 (二)

## 附录 B

### (资料性附录)

### 等效场强计算方法

场强等效电晕试验法是基于在试验场无法布置与实际线路同等条件进行电晕试验而提出的一种电晕试验方法。

场强等效电晕试验法的规定试验电压值  $U_0$  中, 场强等效修正系数  $k_e$  是考虑了实际线路与试验布置存在悬挂高度、位置、相间和周边金具影响所带来的场强差异, 通过建立实际线路真形塔、金具及相关元件的仿真计算模型, 计算被测试品表面的最大场强, 并根据试验布置建立试验构架、金具及相关元件的仿真计算模型, 计算对应的试品表面的最大场强, 从而将两者的最大场强相比得到场强等效修正系数  $k_e$ 。

场强等效修正系数  $k_e$  反映了实际线路与试验布置存在的场强分布差异, 可以修正试验布置存在的悬挂高度、位置、相间和周边金具对电晕试验的影响, 不仅能代替常规法中悬挂高度修正系数  $k_1$  和位置修正系数  $k_2$ , 同时也考虑了跳线、相间和周边金具等影响因素。

得出场强等效修正系数  $k_e$  后, 可计算电晕试验电压值  $U_0$ , 作为试验场布置进行实际线路的电晕试验的规定试验电压。

电晕试验的规定试验电压值  $U_0$  为

$$U_0 = k_a k_e k_3 U_{\max}$$

式中:

$U_{\max}$ ——系统运行最高相电压, 635kV;

$k_a$ ——安全裕度系数, 为实际工程中金具起晕场强  $E_1$  (根据 PEEK 公式,  $E_1$  一般约为 30kV/cm) 与该工程所确定的控制场强  $E_c$  的比值  $E_1/E_c$  (特高压试验示范工程建设中  $E_c$  一般选在 20kV/cm~23kV/cm 范围);

$k_e$ ——场强等效修正系数, 为系统运行最高相电压峰值下实际线路金具表面最大场强  $E_1$  与试验布置金具表面最大场强  $E_2$  的比值  $E_1/E_2$ ;

$k_3$ ——气象修正系数, 在环境温度为 10℃~40℃、相对湿度为 20%~70%的条件下, 只作空气密度修正, 气象修正与式 (3) 相同。

场强等效电晕试验法的算例:

此处以零海拔地区特高压交流 1000kV 输电线路悬垂复合绝缘子均压环的电晕试验为例, 计算采用有限元方法, 以实际结构参数建模。

首先根据 1000kV 输电线路悬垂复合绝缘子均压环在实际工程中的布置形式, 建立实际尺寸的三维计算模型, 如图 B.1 所示。

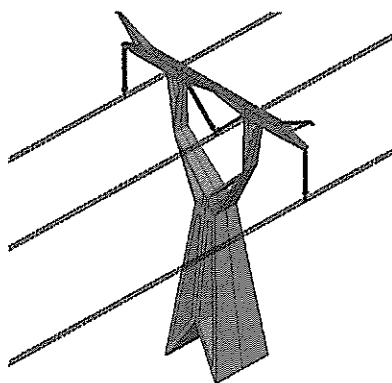


图 B.1 1000kV 输电线路悬垂复合绝缘子均压环实际线路计算模型

计算模型中包括杆塔、导线、均压环、联板等。依据均压环在实际工程中的运行状态加载峰值电压 898kV，运用三维有限元数值计算方法对均压环及其周围空间中的电场分布进行仿真计算，并获得实际布置形式下均压环表面的最大电场强度  $E_1=17.63\text{kV/cm}$ ，此值应低于该工程所要求的控制场强。

其次根据 1000kV 输电线路悬垂复合绝缘子的均压环在电晕试验场的布置形式，建立实际尺寸的三维计算模型，如图 B.2 所示。计算模型中包括构架、导线、均压环、联板等，并加载相同的峰值电压 898kV，运用三维有限元数值计算方法对均压环及其周围空间中的电场分布进行仿真计算，获得试验布置形式下均压环表面的最大电场强度  $E_2=19.67\text{kV/cm}$ 。

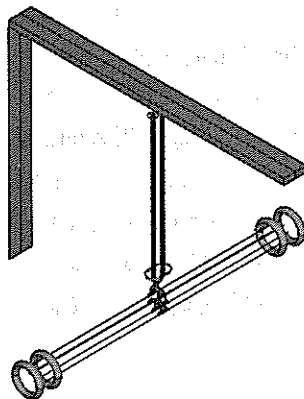


图 B.2 1000kV 输电线路悬垂复合绝缘子均压环电晕试验计算模型

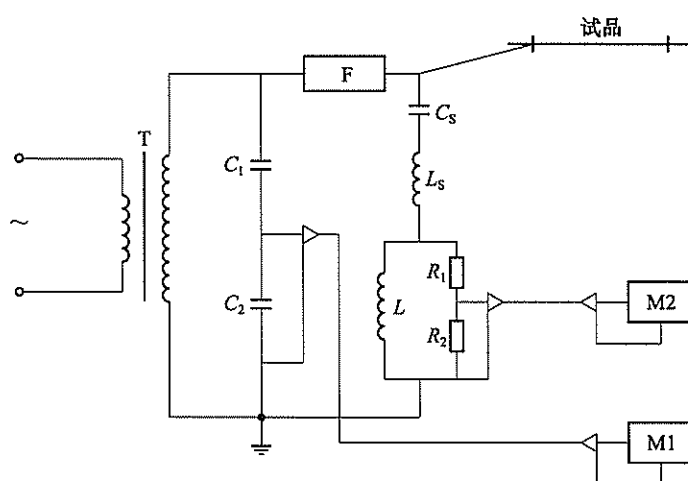
将  $E_1$  与  $E_2$  相比可得到两种布置形式下的场强等效修正系数  $k_e=0.8963$ 。

应用式  $U_0=k_a k_e k_3 U_{\max}$ ，代入场强等效修正系数  $k_e=0.8963$ ，系统最高运行相电压  $U_{\max}=635\text{kV}$ ，气象修正系数  $k_3=1$ ，并乘以安全裕度系数  $k_a$ ，可得到均压环的规定试验电压值  $U_0$ 。若在此电压下，试品无可见电晕，可判定该均压环电晕试验合格。

附 录 C  
(规范性附录)  
无线电干扰试验回路

无线电干扰试验回路如图 C.1 所示, 主要参数如下:

- a) 测量频率:  $f = 0.5\text{MHz} \pm 0.1\text{MHz}$ ;
- b) 等效电阻:  $R_L = (R_1 + R_2 \parallel R_M) = 300\Omega$ , 其中  $R_M$  为仪器 M2 内阻;
- c) 调谐阻抗:  $Z_S$  为由电感器  $L_S$  和电容器  $C_S$  组成的串联调谐回路阻抗, 在测量频率下  $Z_S + R_L = (300 \pm 40)\Omega$ , 相角不超过  $20^\circ$ 。



T—试验变压器; F—滤波器; M1—电压测量仪器; M2—无线电干扰测量仪器;  
 $R_1$ —275 $\Omega$ 电阻;  $R_2$ —匹配电阻;  $C_1$ 、 $C_2$ —分压器;  $L$ —并联电感

图 C.1 无线电干扰试验回路图











中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
**1000kV 交流输电线路金具  
电晕及无线电干扰试验方法**  
**DL/T 1178—2012**

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京博图彩色印刷有限公司印刷

\*

2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月北京第一次印刷  
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1 印张 21 千字  
印数 0001—3000 册

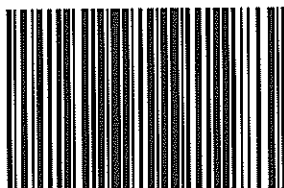
\*

统一书号 155123·1253 定价 **9.00** 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.1253

上架建议：规程规范/  
电力工程/输配电

