ICS 29.220.99
K 82

中国超级电容产业联盟
中国照明学会

团体标准

T/CSCI XXX-20XX T/CIES XXX-20XX

路灯用超级电容器总规范

Supercapacitor general specification for street lamps

20XX-XX-XX 发布 20XX-XX-XX 实施

中国超级电容产业联盟
中国照明学会 发布

前　　言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由湖南耐普恩科技有限公司提出。

本标准由中国超级电容产业联盟和中国照明学会归口。

本标准起草单位：湖南耐普恩科技有限公司、云南大学、辽宁博艾格电子科技有限公司、江苏开元太阳能照明有限公司、天津普兰能源科技有限公司、北京富润成照明系统工程有限公司、安徽朗越能源股份有限公司、宏力照明集团、深圳市超频三科技股份有限公司、北京新时空科技股份有限公司

本标准主要起草人：黄浩宇、吴文、王毅波、卢文、吴秋菊、王茂范、郑影、辛哲东、尹子军、吕国峰、刘卫红、闫石

路灯用超级电容器总规范

1 范围

本标准规定了路灯用超级电容器（以下简称“电容器”）的术语和定义、要求、检验方法、检验规则、包装、运输和贮存。

本标准适用于路灯用电容器单体和模块,适用于城市、乡村、居明区等道路照明，其它照明系统推荐使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。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 2900.41-2008 电工属于原电池和蓄电池

GB/T 191-2008 包装储运图示标志

GB/T 31485-2015 电动汽车用动力蓄电池安全要求及试验方法

GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范

QC/T 741-2014 车用超级电容器

T/CSCI003-2018 电池型超级电容器总规范

3 术语和定义

GB/T 2900.41-2018和T/CSCI003-2018界定的下列术语和定义适用于本文件。

3.1 路灯

采用了太阳能发电（充电）、电容器储能供电的光伏照明装置。

3.2 电池型超级电容器

正极和（或）负极中兼有双电层和氧化还原反应实现储能的超级电容器。

3.3 单体

电容器的基本单元装置。

注：包括电极、隔膜、电解质/液、极端和外壳等组成的不可分割的整体。

3.4 模块

由两个或两个以上电容器单体及其附件（如必要的均衡、管理系统、紧固件等）组合而成的组合体。

4 符号

下列符号适用于本文件。

A——电压保持率[单位为百分比（%）];

C——容量[单位为法拉（F）];

E——储存能量[单位为焦耳（J）];

m——质量[单位为千克（kg）]；

W——储存能量[单位为瓦时（Wh）]；

C_R——额定电容量[单位为法拉（F）]；

C_N——标称电容量[单位为法拉（F）]；

E_{dm}——比能量[单位为瓦时每千克（Wh/kg）]；

I_W——工作电流，其数值等于I_1（或为不低于型号产品标准规定的放电电流）；

I_{max}——最大工作电流，其数值等于5 I_1（或为不低于型号产品标准工作电流的5倍）；

U_R——额定电压[单位为伏特（V）]；

U_{min}——最低工作电压[单位为伏特（V）]；

U_{ocv}——端电压[单位为伏特（V）]；

I_1——1倍率充放电电流[单位为安培（A）]，其数值等于$C_N\times(U_R—U_{min})/3600$；

5　要求

5.1　电性能

5.1.1　外观

电容器按6.2.1试验时，外壳不应有变形及裂纹，表面无毛刺、干燥、无外伤、无电解液溢痕，且标志清晰、正确。

5.1.2　极性标识

电容器按6.2.2试验时，端子极性标识应清晰完整、准确无误。

5.1.3　外形尺寸及质量

电容器按6.2.3试验时，其外形尺寸及质量符合型号产品标准的规定。

5.1.4　储存能量及比能量

电容器按6.2.4试验时，储存能量应为标称能量的90%～120%，比能量不小于90wh/kg。

5.1.5　电容量

电容器按6.2.5试验时，单体容量应为标称容量的90%～120%。同时所有测试对象初始容量极差不大于初始容量平均值的5%。

电容器按6.2.5试验时，模块容量应为标称容量的90%～120%。同时所有测试对象初始容量极差不大于初始容量平均值的7%。

注： 极差是所有样本的最大值和最小值之差。

5.1.6　产品规格

表 1 产品规格参数对应表

LED光源	电性能		结构尺寸		
	电压 V	能量 wh	长 mm	宽 mm	高 mm
0至15W	≥5.4	≥150	≤121	≤138	≤70
15至30W	≥8.1	≥300	≤370	≤138	≤70
30至60W	10.8~27	≥600	≤370	≤300	≤70

注： 对于大功率灯具储能依次倍增。

5.1.7 电压保持能力

电容器按6.2.6试验后，电容器两端电压应不低于额定电压的95%。

5.2 环境适应性

5.2.1 高温性能

电容器按6.3.1试验时，其性能应满足下列条件要求：
——容量不低于初始值的85%；
——储存能量不低于初始值的90%。

5.2.2 低温性能

电容器按6.3.2试验时，其性能应满足下列条件要求：
——容量不低于初始值的70%；
——储存能量不低于初始值的50%。

5.3 循环寿命

5.3.1 高温负荷寿命

电容器按 6.4.1 试验时，其性能应满足下列要求：
——容量大于初始值的80%；
——无电解液泄露。

5.3.2 循环寿命

电容器按 6.4.2 试验时，其性能应满足下列要求：
——容量大于初始值的80%；
——无电解液泄露。

5.4 安全性能

5.4.1 电容器按 6.5.2 进行过放电试验时，应不爆炸、不起火、不漏液。
5.4.2 电容器按 6.5.3 进行过充电试验时，应不爆炸、不起火。
5.4.3 电容器按 6.5.4 进行短路试验时，应不爆炸、不起火。
5.4.4 电容器按 6.5.5 进行跌落试验时，应不爆炸、不起火。
5.4.5 电容器按 6.5.6 进行加热试验时，应不爆炸、不起火。
5.4.6 电容器按 6.5.7 进行挤压试验时，应不爆炸、不起火。
5.4.7 电容器按 6.5.8 进行海水浸泡试验时，应不爆炸、不起火。
5.4.8 电容器按 6.5.9 进行温度循环试验时，应不爆炸、不起火。
5.4.9 电容器按 6.5.10 进行低气压试验时，应不爆炸、不起火。
5.4.10 电容器模块按 6.5.11 进行测量绝缘电阻大于等于 200MΩ。
5.4.11 电容器模块按 6.5.12 进行测试防护等级不低于 IP66。
5.4.12 电容器模块按 6.5.13 进行测试外壳与灯杆等接地主体接触电阻不大于 4Ω。

6 测试方法

6.1 测试条件

6.1.1 预处理

如未特别指明，一般对电容器应先以型号产品标准规定的额定电流充电至额定电压，保持 30min，再用额定电流对电容器进行恒流放电直至其最低工作电压，并在 6.1.2 规定的环境条件下放置 24h，然后测量电容器的性能，以作为该产品试验后的对比依据（但应使试验前、后的测试环境保持一致）。本文件采用的充放电电流 $I=I_1$。

6.1.2 环境条件

除另有规定外，一切测量、试验和恢复均在下列环境中进行：

——温度：25℃ ± 5℃；

——相对湿度：25% ~ 85%；

——气压：86kPa ~ 106kPa。

6.1.3 测量仪器、仪表

测量仪器、仪表准确度应满足以下要求：

——电压测量装置：准确度不低于 0.5 级，其内阻至少为 1kΩ/V；

——电流测量装置：准确度不低于 0.5 级；

——温度测量装置：具有适当的量程，其分度值不大于 1℃，标定准确度不低于 0.5℃；

——计时器：按时、分、秒分度，准确度为 ± 0.1%；

——测量尺寸的量具：分度值不大于 1 mm；

——称量质量的衡器：准确度为 ± 0.05%以上。

6.2 电性能

6.2.1 外观

在良好的光线条件下，用目测法检查电容器的外观。

6.2.2 极性标识

用电压表检测电容器的极性，并用目测法检查电容器的极性标识。

6.2.3 外形尺寸和质量

用量具和衡器测量电容器的外形尺寸和质量。

6.2.4 储存能量及比能量

室温下，按照如下步骤测试电容器的储存能量和比能量：

a) 除另有规定，电容器按照 6.1.1 进行预处理；

b) 电容器以恒定电流 I 充电到额定电压 U_R；

c) 电容器以额定电压恒压充电 30min；

d) 以恒定电流 I 放电到最低工作电压 U_{min}；

e) 重复步骤 a) ~ c) 3 次，实时记录电压 U 和时间 t；

f) 分别按公式计算电容器单体 3 次放电能量和比能量，取其平均值。

$$W = I\int_{t(U_R)}^{t(U_{min})} U(t)dt / 3600 \quad \cdots\cdots (1)$$

$$E=3600\times W \quad \cdots\cdots (2)$$

$$E_{dm}=W/M \quad \cdots\cdots (3)$$

6.2.5 容量

按照 6.2.4 测得电容器的储存能量后，按公式计算电容器的容量：

$$C=\frac{2\times E}{U_R^2-U_{\min}^2} \quad \cdots\cdots (4)$$

6.2.6 电压保持能力

a) 除另有规定，电容器按照 6.1.1 进行预处理；

b) 电容器单体以恒定电流 I 充电到额定电压 U_R；

c) 电容器单体以额定电压恒压充电 30min；

d) 在实验温度条件下开路静置 72h 后，测量电容器单体端电压 U_{ocv}，按公式计算端电压与额定电压的比值为其电压保持能力。

$$A=\frac{U_{OCV}}{U_R}\times 100\% \quad \cdots\cdots (5)$$

6.3 环境适应性

6.3.1 高温性能

按照如下步骤测试电容器的高温特性：

a) 将恒温箱

b) 温度设定为 55℃或者企业规定的不低于 55℃的最高工作温度；

c) 将电容器置于此温度下的恒温箱中 16h；

d) 在此环境下按 6.2.4 和 6.2.5 对电容器进行检测。

6.3.2 低温性能

按照如下步骤测试电容器的低温特性：

a) 将恒温箱温度设定为-40℃或者企业规定的不高于-40℃的最低工作温度；

b) 将电容器置于此温度下的恒温箱中 16h；

c) 在此环境下按 6.2.4 和 6.2.5 的方法，测试电流为 I_1，对电容器进行检测。

6.4 寿命测试

6.4.1 高温负荷寿命

高温负荷前按 6.2.5 和 6.2.6 检测电容器容量和直流内阻。按如下步骤进行试验：

a) 将电容器放入 55℃或者企业规定的不低于 55℃的最高工作温度的恒温箱内，对电容器保持在 $0.95U_R$ 下进行浮充充电；

b) 当浮充时间达到 250h 时，将电容器从恒温箱中取出，在常温搁置 24h；

c) 按 6.2.5 和 6.2.6 检测电容器容量和直流内阻；若满足 5.4 要求，则跳转下一步，否则结束试验；

d) 重复步骤 a)～c) 4 次。

6.4.2 循环寿命

按如下步骤进行试验：

a) 用最大工作电流 I_{max} 对电容器充电到额定电压 U_R，静置 10s；

b) 以最大工作电流 I_{max} 对电容器放电到最低工作电压 U_{min}；静置 10s。

c) 重复步骤 a)～b) 2000 次。

d) 静置 12h；

e) 按 6.2.5 和 6.2.6 检测电容器容量；若满足 5.4 要求，则跳转下一步，否则结束试验；

f) 重复步骤 a)～e) 10 次。

6.5 安全性

6.5.1 一般要求

所有安全试验均在有充分安全保护的环境条件下进行，如果测试对象有附加主动保护线路或装置，应除去。

6.5.2 过放电

过放电试验按照如下步骤进行：

a) 电容器按 6.2.4 方法充电；

b) 电容器以 1 I_1（A）电流放电 90min；

c) 观察 1h。

6.5.3 过充电

过充电试验按照如下步骤进行：

a) 电容器按 6.2.4 方法充电；

b) 以 1 I_1 (A) 电流恒流充电至电容器电压达到企业技术条件中规定的充电终止电压的 1.5 倍或充电时间达 1h 后停止充电；

c) 观察 1h。

6.5.4 短路

短路试验按照如下步骤进行：

a) 电容器按 6.2.4 方法充电；

b) 将电容器正、负极经外部短路 10min，外部线路电阻应小于 5min；

c) 观察 1h。

6.5.5 跌落

跌落试验按照如下步骤进行：

a) 电容器按 6.2.4 方法充电；

b) 电容器正负端子向下从 1.2m 高度处自由跌落到水泥地面；

c) 观察 1h。

6.5.6 加热

加热试验按照如下步骤进行：

a) 电容器按 6.2.4 方法充电；

b) 将电容器放入温度箱：

——对于电容器，温度箱按照 5℃/min 的速率由室温下至 130℃ ± 2℃，并保持此温度 30min 后停止加热；

c) 观察 1h。

6.5.7 挤压

挤压试验按照如下步骤进行：

a) 电容器按 6.2.4 方法充电；

b) 按下列条件进行试验：

——挤压方向：垂直于电容器方向施压(参考图 1、图 2 所示)；

——挤压板形式：半径 75mm 的半圆柱体，半圆柱体的长度（L）大于被挤压电容器的尺寸；

——挤压速度：（5 ± 1）mm/s；

——挤压程度：电压达到 0V 或变形量达到 30%或挤压力达到 200KN 后停止挤压。

c) 观察 1h。

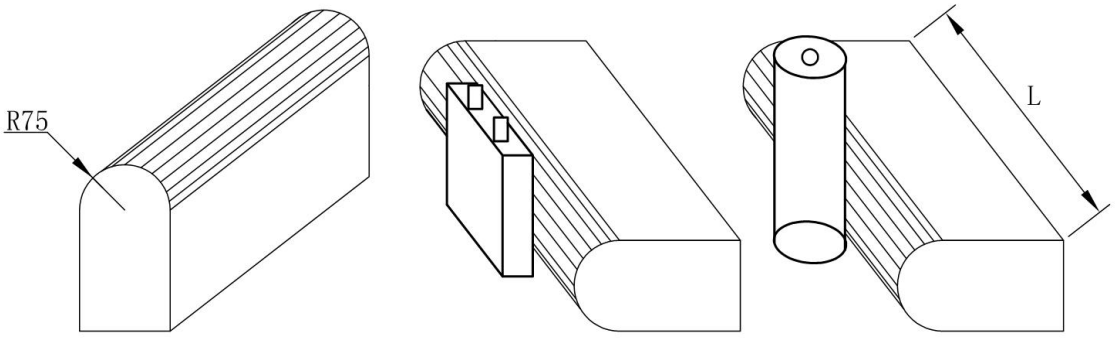


图1 电容器单体挤压板和挤压示意图

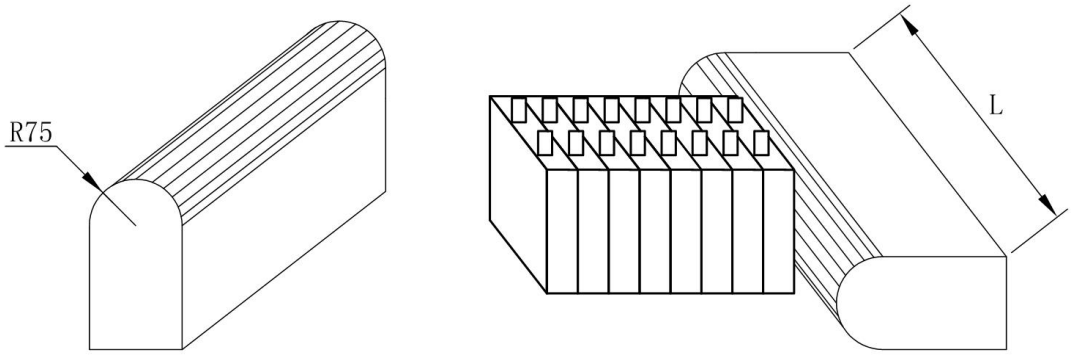


图2 电容器模块挤压板和挤压示意图

6.5.8 海水浸泡

海水浸泡试验按照如下步骤进行：

a) 电容器按 6.2.4 方法充电；

b) 将电容器浸入 3.5%NaCI 溶液（质量分数，模拟常温下海水成分）中 2h；

c) 水深应完全没过电容器。

6.5.9 温度循环

温度循环试验按照如下步骤进行：

a) 电容器按 6.2.4 方法充电；

b) 电容器放入温度箱中，温度箱温度按照表 2 和图 3 进行调节，循环次数 5 次；

c) 观察 1h。

表 2 温度循环试验一个循环的温度和时间

温度 ℃	时间增量 min	累计时间 min	温度变化率 ℃/min
25	0	0	0
-40	60	60	13/12
-40	90	150	0
25	60	210	13/12
85	90	300	2/3
85	110	410	0
25	70	480	6/7

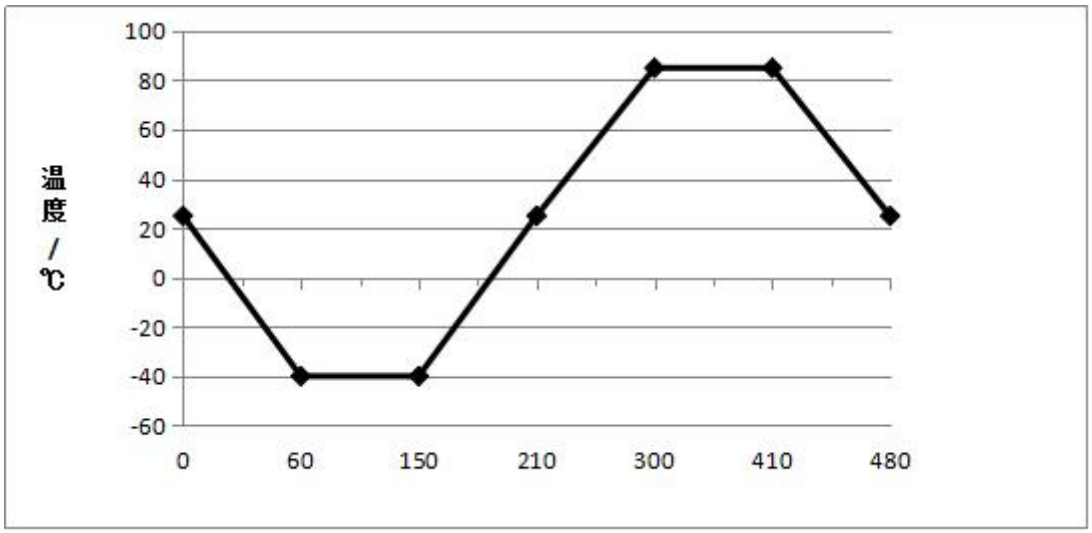


图3 温度循环试验示意图

6.5.10 低气压

低气压试验按照如下步骤进行:

a) 电容器按 6.2.4 方法充电;

b) 电容器放入低气压箱中，调节试验箱中气压为 11.6kPa，温度为室温，静置 6h;

c) 观察 1h。

6.5.11 绝缘电阻

绝缘电阻测量按照如下步骤进行:

a) 将万用表调至 MΩ档;

b) 将黑表笔连接电容器模组引出线线芯，将红表笔连接电容器模组对应引出线绝缘层;

c) 记录万用表上的读数。

6.5.12 防护等级

防护等级试验按照如下步骤进行

a) 柜体内在 20 毫巴的低压时不应进入灰尘；

b) 使试验样品至喷水口(喷嘴的喷水口内径为 12.5 mm)相距为 2.5m～3m, 水流量为 100 L/min (6000 L/h), 试验时间：按被检样品外壳表面积计算，每平方米为 1min（不包括安装面积）最少 3 min。

6.5.13 接触内阻

电容器模组与灯杆主体的接触内阻测量按照如下步骤进行：

a) 将万用表调至Ω档；

b) 将黑表笔连接电容器模组外壳导体端，将红表笔连接灯杆与电容器模组接触点灯杆导体端；

c) 记录万用表上的读数。

6.6 测试程序

按本程序进行的试验应连续进行。

6.6.1 电容器试验程序

电容器测试程序见表 3。

表 3 电容器单体试验程度

序号	试验项目	要求章条号	试验方法章条号	电容器编号
1	外观	5.1.2	6.2.1	1#~22#
2	极性标识	5.1.3	6.2.2	
3	外形尺寸、质量	5.1.4	6.2.3	
4	存储能量	5.1.5	6.2.4	
5	容量	5.1.6	6.2.5	
6	电压保持能力	5.1.7	6.2.6	
7	高温特性	5.2.1	6.3.1	1#，2#
8	低温特性	5.2.2	6.3.2	3#，4#
9	高温负荷寿命	5.3.1	6.4.1	5#，6#
10	循环寿命	5.3.2	6.4.2	7#，8#
11	安全性能	5.4	6.5	9#~22#

7 检验规则

7.1 检验规则及检验项目

检验分类、检验项目、样品数量和试验周期见表 4、表 5。

7.2 出厂检验

7.2.1 每批产品出厂前应在该批产品中随机抽样进行出厂检验。并按表 4、表 5 的规定进行。

7.2.2 在出厂检验中，若有一项或一项以上不合格时，应将该批产品退回生产部门返修普检，然后再次提交检验。若再次检验仍有一项或一项以上不合格，则判定该批产品为不合格。

7.3 型式试验

型式检验可选用某一规格为代表产品进行, 但是产品鉴定试验不可选用某一规格为代表产品进行。

7.3.1 型式试验的时机

a) 每两年一次；

b) 新产品投产和老产品转产；

c) 结构、材料、工艺有较大变动时；

d) 产品停产半年后再进行生产时；

e) 转厂；

f) 合同规定。

7.3.2 判定规则

在型式检验中，若有一项不合格时，应判定为不合格。

表 4 单体检验规则

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	样品数量	试验周期
1	外观	√	√	100%	—
2	标志	√	√	100%	—
3	外形尺寸及质量	√	√	2%	—
4	容量	√	√	100%	—
5	储存能量	√	√	100%	—
6	电压保持能力	—	√	每项按 2 只，安全性检验每项 1 只	每两年一次
7	高温特性	—	√		
8	低温特性	—	√		
9	高温负荷寿命	—	√		
10	循环寿命	—	√		
共需抽样 29 只电容器单体，其中 4 只为备份电容器单体。建议电容器为 3 个月以内的新电容器器。					

表 5 模块检验规则

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	样品数量	试验周期
1	外观	√	√	100%	—
2	标志	√	√	100%	—
3	外形尺寸及质量	√	√	2%	
4	容量	√	√	100%	—
5	储存能量	—	√	100%	—
6	高温特性	—	√	每项 2 组，安全性检验每项 1 组，共 15 组电容器模块	—
7	低温特性	—	√		
8	循环寿命	—	√		
共需抽样 19 组电容器模块，其中 4 组为备份电容器模块。建议电容器模块为 3 个月以内的新电容器模块。					

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 在电容器产品上应有下列标志

a) 制造厂名；
b) 产品型号或规格；
c) 额定电压；
d) 静电容量；
e) 极性符号；
f) 产品编号；
g) 商标。

8.1.2 包装外壁应有下列标志

a) 产品名称、型号规格、数量、制造厂名、厂址、邮编；
b) 出厂日期；
c) 每箱的净重和毛重；
d) 产品标准编号；
e) 表明防潮、不准倒置、轻放等标志。

8.2 包装

8.2.1 电容器的包装后放置在干燥、防尘、防潮、防振的包装箱内；外包装箱上标志包括“小心轻放”“向上”“防雨”“防晒”“重心”“禁止翻滚”；包装储运图示标志符合 GB/T191 的规定。

8.2.2 包装箱内装入随同产品提供的文件：

a) 装箱单（指多只包装）；
b) 产品合格证；
c) 产品使用说明书。

8.3 运输

8.3.1 电容器运输其荷电状态应低于 50%（或由型号产品标准提供的要求），在运输中不得受剧烈机械冲撞、暴晒、雨淋、不得倒置。

8.3.2 在装卸过程中，应轻搬轻放，严防摔掷、翻滚、重压。

8.4 储存

a) 电容器应存放在-20℃～40℃干燥、清洁、自然通风的地方；
b) 电容器应不受阳光直射，距离热源不得少于 2m；
c) 电容器正负极间不得掉入任何金属杂物，避免与任何液体或有害物质接触；
d) 电容器不得倒置及卧放，避免受机械冲击或重压；
e) 电容器可堆放的高度取决于包装箱的强度。一般规定，电容器的堆叠高度取决于包装箱的强度，纸质的包装箱堆放高度不宜超过 1.5m，木箱高度不宜超过 3m。