中国电子工业标准化技术协会

中国超级电容产业联盟 发布

201X - XX- XXXX实施

201X-XX-XX发布

赝电容超级电容器总规范

Generic specification for pseudocapacitors

（征求意见稿）

T/CSCI XXXX—2017

中国超级电容产业联盟标准

T/CSCI XXXX—2017

目  次

[前言 II](#_Toc444594673)

[1　范围 1](#_Toc444594674)

[2　规范性引用文件 1](#_Toc444594675)

[3　术语和定义 1](#_Toc444594676)

[4　符号](#_Toc444594677) 3

[5　要求](#_Toc444594677) 3

[6　测试方法](#_Toc444594677) 6

[7　质量评定程序](#_Toc444594677) 15

[8　标志、包装、运输和储存](#_Toc444594677) 17

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》规定的规则起草。

本标准由中国电子技术标准化研究院提出并归口。

本标准主要起草单位：云南大学新型储能研究所。

本标准参加起草单位：上海奥威科技开发有限公司、中国科学院山西煤炭化学研究所。

本标准主要起草人：XX

赝电容超级电容器总规范

1. 范围

本标准规定了赝电容超级电容器的术语和定义、符号、要求、测试方法、质量评定程序、标志、包装、运输和储存。

本标准适用于赝电容超级电容器单体和模组。

1. 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，仅所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 29001.41-2008 电工术语 原电池和蓄电池。

IEC 62391-1-2015 电气和电子设备用双电层固定电容器. 第1部分: 通用规范（Fixed electric double-layer capacitors for use in electric and electronic equipment - Part 1: Generic specification）。

IEC 62576-2009 混合动力电动车用双电层电容器 - 电性能的测试方法（Electric double-layer capacitors for use in hybrid electric vehicles - Test methods for electrical characteristics）。

1. 术语和定义（引用术语和定义标准）

GB/T 29001.41-2008、IEC 62391-1-2015、IEC 62576-2009界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

* 1. 超级电容器 ultracapacitor

一种电化学储能器件，其至少有一个电极利用双电层或赝电容实现储能，在恒流充电或放电过程中的时间与电压的关系曲线通常近似于线性。

* 1. 双电层电容器 electric double layer capacitor

EDLC

通过在电极与电解液界面形成的双电层电容实现储能的超级电容器。

* 1. 赝电容超级电容器 pseudocapacitor

通过在电极表面或近表面快速氧化还原反应形成的赝电容（或称法拉第电容）实现储能的超级电容器，其储能时的氧化还原反应为准二维化学反应，无相变发生。

* 1. 单体 cell

电容器的基本单元装置，包括电极、隔膜、电解质/液、极端和外壳等。

* 1. 模组 module

由两个或两个以上电容器单体及附件组合而成的组合体。

* 1. 额定电压 rated voltage

*U*R

电容器的最高工作电压，单位为伏特（V）。

* 1. 最低工作电压 minimum working voltage

*U*min

电容器的最低工作电压，单位为伏特（V）。

* 1. 容量capacitance

*C*

电容器储存电荷的能力，单位为法拉（F）。

* 1. 标称容量nominal capacitance

*C*N

由企业提供的电容器容量，单位为法拉（F）。

* 1. 内阻internal resistance

*R*

电容器中电解质/液、电极、隔膜等的电阻与内部连接电阻的总和，单位为欧姆（Ω）。

* 1. 标称内阻 nominal internal resistance

*R*N

由企业提供的电容器内阻值，单位为欧姆（Ω）。

* 1. 电压降 IR drop

*ΔU*

在电容器放电开始时形成，是放电电流和电容器内阻的乘积，单位为伏特（V）。

* 1. 储存能量 energy

*E*

电容器自额定电压起进行恒流放电至其最低工作电压，所累积放出的能量，单位为瓦﹒时（W﹒h）。

* 1. 标称能量 nominal energy

*E*N

由企业提供的电容器储存能量，单位为瓦﹒时（W﹒h）。

* 1. 比能量 energy density

*Edm*

在一定的放电制度下，从电容器单位质量所放出的能量，单位为瓦﹒时每千克（W﹒h/kg）。

* 1. 比功率 power density

*P*

在一定的放电制度下，电容器单位质量所能输出的功率，单位为瓦每千克（W/kg）。

* 1. 最大比功率 maximum power density

*Pdm*

充满电的电容器单位质量所能输出的最大功率，单位为瓦每千克（W/kg）。该值通常利用电容器的内阻和额定电压计算得出。

* 1. 电压保持能力 voltage holding characteristics

将电容器恒流充电至额定电压，再以额定电压恒压充电30min，然后在环境试验规程条件下开路静置72h后，电容器的端电压与额定电压的比值。

* 1. 室温 room temperature

RT

250C±50C。

* 1. 爆炸 explosion

电容器外壳猛烈破裂，伴随剧烈响声，且有主要成份（固体物质）抛射出来（安全阀正常开启不包括在此内）。

* 1. 起火 fire

电容器任何部位燃烧（持续时间长于1s）。火花及拉弧不属于燃烧。

* 1. 漏液 leakage

电容器内部液体泄漏到电容器壳体外部。

1. 符号

下列符号适用于本标准。

*U*R -----额定电压，V；

*U*min -----最低工作电压，V；

*C* ----容量，F；

*C*N -----标称容量，F；

*R* -----内阻，Ω；

*R*N -----标称内阻，Ω；

*ΔU* -----电压降，V;

*I*1 -----电容器1倍率充放电电流，A，其数值等于*C*N×(*U*R-*U*min)/3600；

*E* -----储存能量，W﹒h；

*E*N -----标称能量，W﹒h；

*E*dm -----比能量，W﹒h/kg；

*M* -----电容器单体质量，kg；

*P*dm -----最大比功率，W/kg；

1. 要求
   1. 单体
      1. 外观

电容器按6.2.1试验时，外壳不得有变形及裂纹，表面平整、干燥、无电解液溢痕。

* + 1. 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。

* + 1. 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企业提供的技术条件。

* + 1. 储存能量

电容器按6.2.4试验时，其储存能量应为标称值的100%～120%。

* + 1. 容量

电容器按6.2.5试验时，其容量应为标称值的100%～120%。

* + 1. 内阻

电容器按6.2.6试验时，其内阻应不大于其标称值。

* + 1. 最大比功率

电容器按6.2.7试验时，其最大比功率应不小于其标称值。

* + 1. 电压保持能力

电容器按6.2.8试验后，其两端电压应不低于额定电压的80%。

* + 1. 高温性能

电容器按6.2.9试验时，其性能应满足下列条件要求：

-----容量不低于初始值的80%；

-----储存能量不低于初始值的80%。

* + 1. 低温性能

电容器按6.2.10试验时，其性能应满足下列条件要求：

-----容量不低于初始值的60%；

-----储存能量不低于初始值的50%。

* + 1. 循环寿命

电容器按6.2.11试验时，其性能应满足下列条件要求：

-----容量大于初始值的80%，且内阻小于初始值的2倍；

-----无电解液泄漏。

* + 1. 安全性
       1. 电容器单体经6.2.12.1过放电试验后，应不爆炸、不起火、不漏液。
       2. 电容器单体经6.2.12.2过充电试验后，应不爆炸、不起火。
       3. 电容器单体经6.2.12.3短路试验后，应不爆炸、不起火。
       4. 电容器单体经6.2.12.4跌落试验后，应不爆炸、不起火、不漏液。
       5. 电容器单体按6.2.12.5加热试验后，应不爆炸、不起火。
       6. 电容器单体经6.2.12.6挤压试验后，应不爆炸、不起火。
       7. 电容器单体经6.2.12.7针刺试验后，应不爆炸、不起火。
       8. 电容器单体经6.2.12.8海水浸泡试验后，应不爆炸、不起火。
       9. 电容器单体经6.2.12.9温度循环试验后，应不爆炸、不起火、不漏液。
  1. 模组
     1. 外观

电容器模组按6.3.1试验时，外壳不得有变形及裂纹，表面干燥、无电解液溢痕，且排列整齐、连接可靠。

* + 1. 极性标识

电容器模组按6.3.2试验时，端子极性标识应清晰完整、准确无误。

* + 1. 外形尺寸及质量

电容器模组按6.3.3试验时，其外形尺寸及质量符合企业提供的技术条件。

* + 1. 储存能量

电容器模组按6.3.4试验时，其储存能量应为标称值的100%～120%。

* + 1. 容量

电容器模组按6.3.5试验时，其容量应为标称值的100%～120%。

* + 1. 内阻

电容器模组按6.3.6试验时，其内阻应不大于其标称值。

* + 1. 循环寿命

电容器模组按6.3.7试验时，其性能应满足下列条件要求：

-----容量大于初始值的80%，且内阻小于初始值的2倍；

-----无电解液泄漏。

* + 1. 安全性
       1. 电容器模组经6.3.8.1过放电试验后，应不爆炸、不起火、不漏液。
       2. 电容器模组经6.3.8.2过充电试验后，应不爆炸、不起火。
       3. 电容器模组经6.3.8.3短路试验后，应不爆炸、不起火。
       4. 电容器模组经6.3.8.4跌落试验后，应不爆炸、不起火、不漏液。
       5. 电容器模组按6.3.8.5加热试验后，应不爆炸、不起火。
       6. 电容器模组经6.3.8.6挤压试验后，应不爆炸、不起火。
       7. 电容器模组经6.3.8.7针刺试验后，应不爆炸、不起火。
       8. 电容器模组经6.3.8.8海水浸泡试验后，应不爆炸、不起火。
       9. 电容器模组经6.3.8.9温度循环试验后，应不爆炸、不起火、不漏液。
    2. 耐振动性

电容器模组经6.3.9耐振动性试验后，壳体应无变形、开裂，电解液应无泄漏，并保持连接可靠、结构完好。

1. 测试方法
   1. 试验条件
      1. 一般条件
         1. 如未特别指明，一般应先以企业规定的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）。
         2. 充放电电流

充放电电流大小可以根据企业标准而定；

除另有规定外，本标准采用的充放电电流 *I* = 5*I*1。

* + 1. 环境试验规程

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%~75%；

——气压：86kPa~106kPa。

* + 1. 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1k电压测；

——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lmm；

——称量质量的衡器：准确度为±0.05%以上。

* 1. 单体
     1. 外观

用目测法检查电容器单体的外观。

* + 1. 极性标识

用电压表检查电容器单体的极性，并用目测法检查电容器单体的极性标识。

* + 1. 外形尺寸及质量

用量具和衡器检查电容器单体的外形尺寸和质量。

* + 1. 储存能量和比能量

在环境试验规程条件下，按照如下步骤测试电容器单体的储存能量和比能量：

1. 电容器单体以恒定电流 *I* 充电到额定电压 *U*R；
2. 电容器单体以额定电压恒压充电30min；
3. 电容器单体以恒定电流 *I* 放电到最低工作电压 *U*min；
4. 重复步骤 a)-c) 4次，记录电容器的实时电压（*U*）和时间（*t*）；
5. 分别按式（1）、（2）计算电容器单体每次放电的能量*E*和比能量*Edm*，取第2-4次的平均值。

*E* = *I* ………………………………（1）

*Edm* = *E*/*M* ………………………………（2）

* + 1. 容量

在环境试验规程条件下，按照如下步骤测试电容器单体的容量：

1. 电容器单体以恒定电流 *I* 充电到额定电压 *U*R；
2. 电容器单体以额定电压恒压充电30min；
3. 电容器单体以恒定电流 *I* 放电到最低工作电压 *U*min；
4. 重复步骤 a)-c) 4次，记录电容器的实时电压（*U*）和时间（*t*）；
5. 按式（3）计算电容器单体每次放电的容量*C*，取第2-4次的平均值。

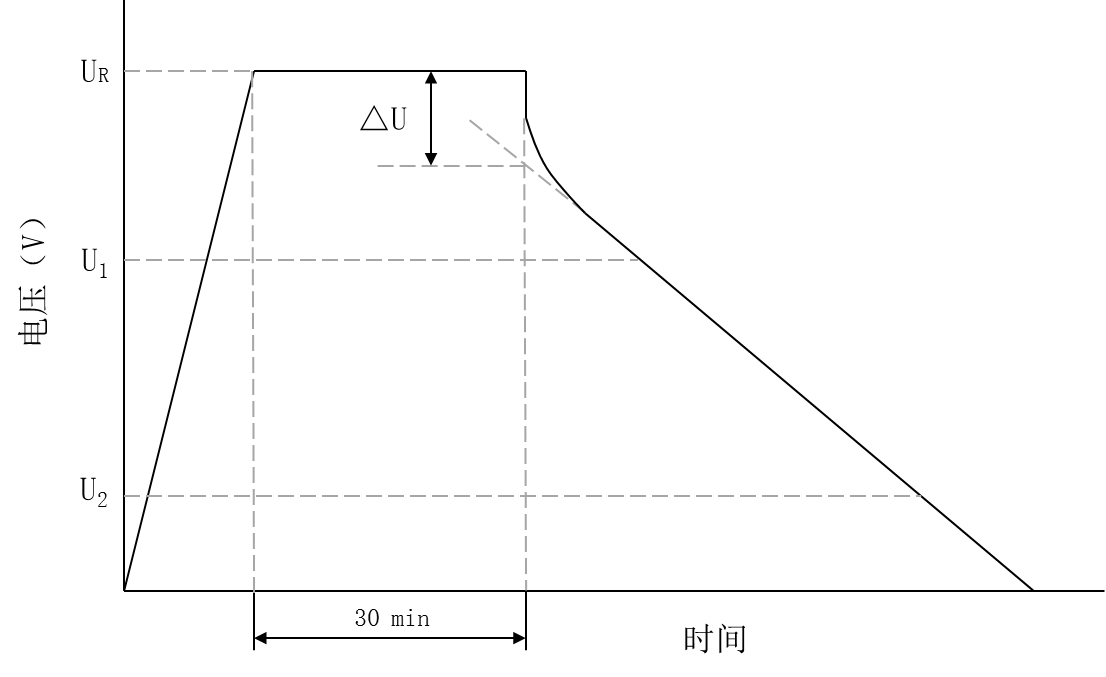
*C* = 2*E*/(*UR*2 – *Umin*2) ………………………………（3）

* + 1. 内阻

在环境试验规程条件下，按照如下步骤测试电容器单体的内阻：

1. 电容器单体以恒定电流 *I* 充电到额定电压 *U*R；
2. 电容器单体以额定电压恒压充电30min；
3. 电容器单体以恒定电流 *I* 放电到最低工作电压 *U*min；
4. 重复步骤 a)-c) 3次，运用最小二乘法从计算起始电压（*U*1 = 0.8*U*R）至计算结束电压（*U*2 = 0.4*U*R）进行直线拟合，获取该拟合直线在放电开始时的截止电压，该截止电压与恒压充电电压间的差额为*ΔU*（参考图1所示）；
5. 按式（4）计算电容器单体第3次放电的直流内阻*R*，作为电容器单体的内阻。

*R* = *ΔU*/*I*………………………………（4）



如果*ΔU* 超过充电电压的20%（即0.2 × *U*R），充放电电流可减小至 *I* 的1/2、1/5、或1/10。

**图1 电容器充放电的电压-时间特性**

* + 1. 最大比功率

在环境试验规程条件下，在按照6.2.6中的方法测试得出电容器单体的内阻后，按照式（5）计算电容器单体的最大比功率*Pdm*。

*Pdm*= ………………………………（5）

* + 1. 电压保持能力

按照如下步骤测试电容器的电压保持能力：

1. 电容器单体以恒定电流 *I* 充电到额定电压 *U*R；
2. 电容器单体以额定电压恒压充电30min；
3. 在实验温度条件下开路静置72h后，测量电容器单体的端电压，计算端电压与额定电压的比值为其电压保持能力。
   * 1. 高温性能

按照如下步骤测试电容器的高温性能：

1. 将温度箱温度设定为550C或企业规定的不低于550C的最高工作温度；
2. 将电容器置于此温度下的温度箱中6h；
3. 在此环境下按6.2.4和6.2.5对电容器进行测试。
   * 1. 低温性能

按照如下步骤测试电容器的低温性能：

1. 将温度箱温度设定为-200C或企业规定的不高于-200C的最低工作温度；
2. 将电容器置于此温度下的温度箱中16h；
3. 在此环境下按6.2.4和6.2.5对电容器进行测试。
   * 1. 循环寿命

在在环境试验规程条件下，按如下步骤进行试验：

1. 用恒定电流 *I* 对电容器单体充电到额定电压 *U*R，静置5s;
2. 以恒定电流 *I* 对电容器单体放电到最低工作电压 *U*min，静置5s；
3. 重复步骤 a)-b）2000次；
4. 静置12h；
5. 按6.2.5和6.2.6测试电容器的容量和内阻；若满足5.1.11则跳转下一步，否则结束试验；
6. 重复步骤 a)-e)直至电容器的容量和内阻不满足5.1.11。
   * 1. 安全性

所有安全性试验均在有充分环境保护的条件下进行。

* + - 1. 过放电

按如下步骤进行试验；

1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 对电容器单体以恒定电流 *I* 放电直至电压为0V后继续强制放电，至（0V后的）过放量达到标称能量的50%；
3. 观察1h。
   * + 1. 过充电

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 对电容器单体充电至其电压达到额定电压的1.5倍或者过充量达到标称能量的100%停止充电；
3. 观察lh。
   * + 1. 短路

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器单体正、负极经外部短路10min，外部线路电阻应小于5mΩ。
   * + 1. 跌落

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 电容器单体端子向下从1.5m高度处自由跌落到水泥地面上；
3. 观察1h。
   * + 1. 加热试验

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器单体置于恒温箱内，按照50C/min的速率升温至1300C±20C，并保持此温度30min后停止加热；
3. 观察lh。
   * + 1. 挤压试验

按如下步骤进行试验：

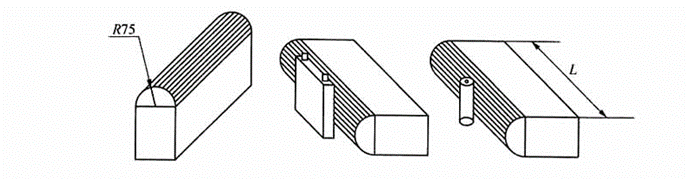
1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 按以下条件进行试验：

——挤压方向：垂直于电容器极板方向施压（参考图2所示）；

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

——挤压程度：电压达到0V或壳体破裂后停止挤压；

1. 观察l h。



**图2 电容器单体挤压板和挤压示意图**

* + - 1. 针刺

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 用Φ5mm~Φ8mm的耐高温钢针（针尖的角度60°，针的表面光洁、无锈蚀、氧化层及油污），以（25±5）mm／s的速度，从垂直于电容器极板的方向贯穿（钢针停留在电容器单体中），贯穿位置宜靠近电容器单体的几何中心；
3. 观察lh。
   * + 1. 海水浸泡

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器单体浸入3.5% NaCl溶液（质量百分比，模拟常温下的海水成分）中2h，或直到所有可见的反应停止。水深应完全没过电容器单体。
   * + 1. 温度循环

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器单体以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器单体放入一个自然或循环空气对流的温度箱中。温度箱试验温度按照表1进行调节，温度冲击循环次数5次；
3. 观察lh。

**表1 温度循环试验一个循环的温度和时间**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 温度，℃ | 时间增量，min | 累积时间，min |
| 25 | 0 | 0 |
| -40 | 60 | 60 |
| -40 | 90 | 150 |
| 25 | 60 | 210 |
| 85 | 90 | 300 |
| 85 | 110 | 410 |
| 25 | 70 | 480 |

* 1. 模组
     1. 外观

用目测法检查电容器模组的外观。

* + 1. 极性标识

用电压表检查电容器模组的极性，并用目测法检查电容器模组的极性标识。

* + 1. 外形尺寸及质量

用量具和衡器检查电容器模组的外形尺寸和质量。

* + 1. 储存能量和比能量

在环境试验规程条件下，按照如下步骤测试电容器模组的储存能量和比能量：

1. 电容器模组以恒定电流 *I* 充电到额定电压 *U*R；
2. 电容器模组以额定电压恒压充电30min；
3. 电容器模组以恒定电流 *I* 放电到最低工作电压 *U*min；
4. 重复步骤 a)-c) 4次，记录电容器的实时电压（*U*）和时间（*t*）；
5. 分别按式（6）、（7）计算电容器模组每次放电的能量*E*和比能量*Edm*，取第2-4次的平均值。

*E* = *I* ………………………………（6）

*Edm* = *E*/*M* ………………………………（7）

* + 1. 容量

在环境试验规程条件下，按照如下步骤测试电容器模组的容量：

1. 电容器模组以恒定电流 *I* 充电到额定电压 *U*R；
2. 电容器模组以额定电压恒压充电30min；
3. 电容器模组以恒定电流 *I* 放电到最低工作电压 *U*min；
4. 重复步骤 a)-c) 4次，记录电容器的实时电压（*U*）和时间（*t*）；
5. 按式（8）计算电容器模组每次放电的容量*C*，取第2-4次的平均值。

*C* = 2*E*/(*UR*2 – *Umin*2) ………………………………（8）

* + 1. 内阻

在环境试验规程条件下，按照如下步骤测试电容器模组的内阻：

1. 电容器模组以恒定电流 *I* 充电到额定电压 *U*R；
2. 电容器模组以额定电压恒压充电30min；
3. 电容器模组以恒定电流 *I* 放电到最低工作电压 *U*min；
4. 重复步骤 a)-c) 3次，运用最小二乘法从计算起始电压（*U*1 = 0.8*U*R）至计算结束电压（*U*2 = 0.4*U*R）进行直线拟合，获取该拟合直线在放电开始时的截止电压，该截止电压与恒压充电电压间的差额为*ΔU*（参考图1所示）；
5. 按式（9）计算电容器模组第3次放电的直流内阻*R*，作为电容器模组的内阻。

*R* = *ΔU*/*I*………………………………（9）

* + 1. 循环寿命

在在环境试验规程条件下，按如下步骤进行试验：

1. 用恒定电流 *I* 对电容器模组充电到额定电压 *U*R，静置5s;
2. 以恒定电流 *I* 对电容器模组放电到最低工作电压 *U*min，静置5s；
3. 重复步骤 a)-b）1000次；
4. 静置12h；
5. 按6.3.5和6.3.6测试电容器的容量和内阻；若满足5.2.7则跳转下一步，否则结束试验；
6. 重复步骤 a)-e)直至电容器的容量和内阻不满足5.2.7。
   * 1. 安全性

所有安全性试验均在有充分环境保护的条件下进行。

* + - 1. 过放电

按如下步骤进行试验；

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 对电容器模组以恒定电流 *I* 放电直至其中一电容器单体的电压为0V后继续强制放电，至（0V后的）过放量达到标称能量的50%；
3. 观察1h。
   * + 1. 过充电

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 对电容器模组充电至其电压达到额定电压的2倍或者过充量达到标称能量的100%停止充电；
3. 观察lh。
   * + 1. 短路

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器模组正、负极经外部短路10min，外部线路电阻应小于5mΩ。
   * + 1. 跌落

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 电容器模组端子向下从1.2m高度处自由跌落到水泥地面上；
3. 观察1h。
   * + 1. 加热试验

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器模组置于恒温箱内，按照50C/min的速率升温至1300C±20C，并保持此温度30min后停止加热；
3. 观察lh。
   * + 1. 挤压试验

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 按以下条件进行试验：

——挤压板形式：半径75mm的半圆柱体，半圆柱体的长度大于被挤压电容器的尺寸，但不超过1m。

——挤压方向：与电容器模块在整体布局上最容易受到挤压的方向相同。如果最容易受到挤压的方向不可获得，则垂直于电容器单体排列方向施压（参考图3所示）。

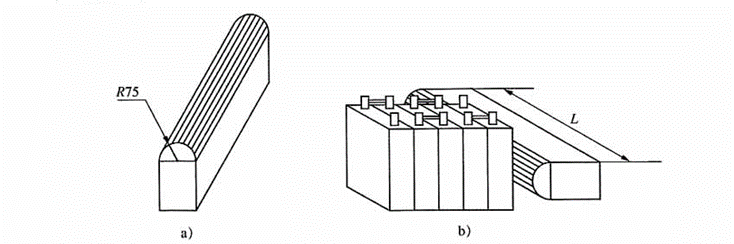
——挤压程度：电容器模块变形量达到30%或挤压力达到电容器模块质量的1000倍和表2所列数值中较大值。

**表2 挤压力选取表格**

|  |  |
| --- | --- |
| 挤压面接触单体数n，个 | 挤压力，k N |
| 1 | 200 |
| 2 ~5 | 100×n |
| ﹥5 | 500 |

——保持10min。

1. 观察l h。

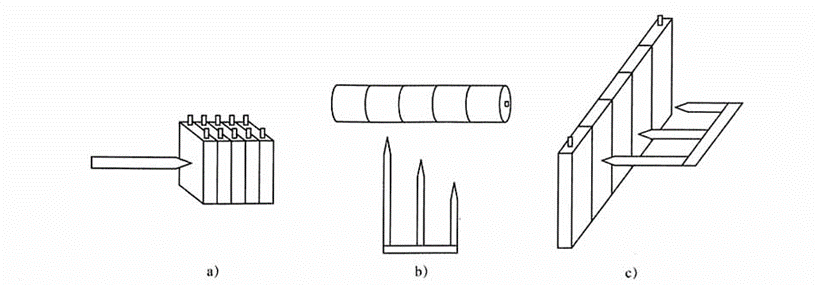


**图3 电容器模组挤压板和挤压示意图**

* + - 1. 针刺

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 用Φ6mm~Φ10mm的耐高温钢针以（25±5）mm／s的速度，从垂直于电容器极板的方向，直至贯穿3个电容器单体（钢针停留在电容器中）（参考图4所示）；
3. 观察l h。



**图4 针刺示意图**

* + - 1. 海水浸泡

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器模组浸入3.5% NaCl溶液（质量百分比，模拟常温下的海水成分）中2h，或直到所有可见的反应停止。水深应完全没过电容器模组。
   * + 1. 温度循环

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器模组放入一个自然或循环空气对流的温度箱中。温度箱试验温度按照表1进行调节，温度冲击循环次数5次；
3. 观察lh。
   * 1. 耐振动性

按如下步骤进行试验：

1. 对电容器模组以恒定电流 *I* 充电至额定电压 *U*R；
2. 将电容器模组紧固到振动试验台上，并按照以下条件进行振动试验：

——振动频率：10~55Hz；

——振动方向：上下单振动；

——最大加速度：30m／s2；

——振动时间：3h；

——扫频循环：10次。

1. 振动试验过程中，观察有无异常现象出现。
   1. 测试程序
      1. 测试要求

按本程序进行的测试应连续进行。

* + 1. 电容器单体测试程序

电容器单体测试程序见表3。

**表3 电容器单体测试程序**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 要求章条号 | 检验方法章条号 | 单体编号 |
| 1 | 外观 | 5.1.1 | 6.2.1 | 1号~24号 |
| 2 | 极性 | 5.1.2 | 6.2.2 |
| 3 | 外形尺寸和质量 | 5.1.3 | 6.2.3 |
| 4 | 容量 | 5.1.4 | 6.2.5 |
| 5 | 内阻 | 5.1.5 | 6.2.6 |
| 6 | 储存能量 | 5.1.6 | 6.2.4 |
| 7 | 最大比功率 | 5.1.7 | 6.2.7 |
| 8 | 电压保持能力 | 5.1.8 | 6.2.8 |
| 9 | 高温性能 | 5.1.9 | 6.2.9 | 1号~2号 |
| 10 | 低温性能 | 5.1.10 | 6.2.10 | 3号~4号 |
| 11 | 循环寿命 | 5.1.11 | 6.2.11 | 5号~6号 |
| 12 | 过放电 | 5.1.12.1 | 6.2.12.1 | 7号~8号 |
| 13 | 过充电 | 5.1.12.2 | 6.2.12.2 | 9号~10号 |
| 14 | 短路 | 5.1.12.3 | 6.2.12.3 | 11号~12号 |
| 15 | 跌落 | 5.1.12.4 | 6.2.12.4 | 13号~14号 |
| 16 | 加热 | 5.1.12.5 | 6.2.12.5 | 15号~16号 |
| 17 | 挤压 | 5.1.12.6 | 6.2.12.6 | 17号~18号 |
| 18 | 针刺 | 5.1.12.7 | 6.2.12.7 | 19号~20号 |
| 19 | 海水浸泡 | 5.1.12.8 | 6.2.12.8 | 21号~22号 |
| 20 | 温度冲击 | 5.1.12.9 | 6.2.12.9 | 23号~24号 |

* + 1. 电容器模组测试程序

电容器模组测试程序见表4。

**表4 电容器模组测试程序**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 要求章条号 | 检验方法章条号 | 模组编号 |
| 1 | 外观 | 5.2.1 | 6.3.1 | 1号~10号 |
| 2 | 极性 | 5.2.2 | 6.3.2 |
| 3 | 外形尺寸和质量 | 5.2.3 | 6.3.3 |
| 4 | 容量 | 5.2.4 | 6.3.5 |
| 5 | 内阻 | 5.2.5 | 6.3.6 |
| 6 | 储存能量 | 5.2.6 | 6.3.4 |
| 7 | 循环寿命 | 5.2.7 | 6.3.7 | 1号 |
| 8 | 过放电 | 5.2.8.1 | 6.3.8.1 | 2号 |
| 9 | 过充电 | 5.2.8.2 | 6.3.8.2 | 3号 |
| 10 | 短路 | 5.2.8.3 | 6.3.8.3 | 4号 |
| 11 | 跌落 | 5.2.8.4 | 6.3.8.4 | 5号 |
| 12 | 加热 | 5.2.8.5 | 6.3.8.5 | 6号 |
| 13 | 挤压 | 5.2.8.6 | 6.3.8.6 | 7号 |
| 14 | 针刺 | 5.2.8.7 | 6.3.8.7 | 8号 |
| 15 | 海水浸泡 | 5.2.8.8 | 6.3.8.8 | 9号 |
| 16 | 温度冲击 | 5.2.8.9 | 6.3.8.9 | 10号 |
| 17 | 耐振动性 | 5.2.9 | 6.3.9 | 11号 |

1. 质量评定程序

本标准规定的检验包括出厂检验和型式检验，并分别规定电容器单体和模组的检验规则及项目。

* 1. 出厂检验
     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（按7.3的规定进行）。
     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。
  2. 型式检验

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。

* + 1. 在下列情况下进行型式试验。

1. 每两年一次；
2. 新产品投产和老产品转产；
3. 结构、材料、工艺有较大变动时；
4. 产品停产半年后再进行生产时；
5. 转厂；
6. 合同规定。
   * 1. 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。

* 1. 检验规则及检验项目

电容器单体和模组的检验规则及检验项目分别见表5和表6。

**表5 电容器单体检验规则**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 外形尺寸和质量 | √ | √ | 2% | — |
| 4 | 容量 | √ | √ | 100% | — |
| 5 | 内阻 | √ | √ | 100% | — |
| 6 | 储存能量 | — | √ | 每项2只，安全性检验每项1只，共21只电容器单体 | 每两年一次 |
| 7 | 最大比功率 | — | √ |
| 8 | 电压保持能力 | — | √ |
| 9 | 高温性能 | — | √ |
| 10 | 低温性能 | — | √ |
| 11 | 循环寿命 | — | √ |
| 12 | 安全性 | — | √ |

注：共需抽样25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。

**表6 电容器模组检验规则**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 外形尺寸和质量 | √ | √ | 2% | — |
| 4 | 容量 | √ | √ | 500只以下抽5只，500只以上抽10只 | — |
| 5 | 内阻 | √ | √ | 100% | — |
| 6 | 储存能量 | — | √ | 每项2组，安全性检验每项1组，共14只电容器模组 | — |
| 7 | 循环寿命 | — | √ |
| 8 | 耐振动性 | — | √ |
| 9 | 安全性 | — | √ |

注：共需抽样18组电容器模组，其中4组为备份电容器模组。建议电容器模组为3个月以内的新电容器模组。

1. 标志、包装、运输和储存
   1. 标志
      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) 容量：

e) 极性标志：

f) 产品编号：

g) 出厂日期。

* + 1. 包装箱外壁应有下列标志:

a) 产品名称、型号规格、数量、制造厂名、厂址、邮编；

b) 每箱的净重和毛重：

c) 产品标准编号；

d) 表明防潮、不准倒置、轻放等标志。

* 1. 包装
     1. 电容器的包装应符合防潮防振的要求。
     2. 包装箱内应装入随同产品提供的文件：

1. 装箱单（指多只包装）；
2. 产品合格证；
3. 产品使用说明书。
   1. 运输
      1. 电容器运输其荷电状态应低于50%（或由厂家提供要求)，在运输中不得受剧烈机械冲撞、暴晒、雨淋，不得倒置。
      2. 在装卸过程中，应轻搬轻放，严防摔掷、翻滚、重压。
   2. 储存
      1. 电容器应存放在-20℃~400C干燥、清洁、自然通风的地方。
      2. 电容器应不受阳光直射，距离热源不得少于2m。
      3. 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。
      4. 电容器不得倒置或卧放，避免受机械冲击或重压。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_