



# 中华人民共和国汽车行业标准

QC/T 741-201x  
代替 QC/T 741-2006

## 车用超级电容器

Ultra-capacitor for Electric Vehicles

(征求意见稿)  
(本稿完成日期 2012/07/08)

201x-xx-xx 发布

201x-xx-xx 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 前 言

本标准依据 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准代替 QC/T 741-2006。与 QC/T 741-2006 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了水基超级电容器、有机超级电容器、单体、模块、比功率、标称容量、标称能量、比能量、比功率、最大比功率等的定义，修改了超级电容器的定义（见第 3 章）；
- 增加了最低工作电压、电容器的标称容量、储存能量、比能量、电容器单体质量、内阻、最大比功率等的符号，修改了额定电压和电容器 1 倍率充放电电流的符号或定义；
- 删除了 2006 版中的第 4 章分类与型号（见 2006 版第 4 章）。
- 增加了对于超级电容器模块的要求、试验方法、检验规则（见 5.2, 6.3 和第 7 章）；
- 删除 2006 版中的“大电流放电能力”和对应的试方法（见 2006 版 5.7 和 6.8），并参照 IEC 62576 增加了“最大比功率”及其计算方法（见 5.1.7 和 6.2.7）；
- 修改了循环耐久能力的判定条件（见 5.1.11, 2006 版 5.11）和对应的试验方法（见 6.2.11, 2006 版 6.12）；
- 删除单体耐振动要求和试验方法，增加模块的耐振动性要求和试验方法，（见 5.2.9, 6.3.9 和 2006 版 5.12, 6.13）；
- 增加了过充电、过放电、短路、跌落、挤压、海水浸泡、温度冲击等安全要求及对应的试验方法（见 5.1.12, 5.2.8），将加热试验的温度提高到  $130^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ （见 6.2.12.5, 6.3.8.4 和 2006 版 6.15）；
- 修改了内阻的测试方法（见 6.2.6, 2006 版 6.7）；
- 修改了出厂检验时单体静电容量和内阻的抽样规则改为 100%检验，同时将储存能量改为型式检验的检验内容（见表 4, 2006 版表 1）。

本标准由全国汽车标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：

本标准主要起草人：

本标准于 2006 年首次发布，2012 年第一次修订。



# 车用超级电容器

## 1. 范围

本标准规定了电动道路车辆用超级电容器（电化学电容器）的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于电动道路车辆（包括电动汽车、电动摩托车等）用超级电容器（以下简称电容器）。

## 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 2900.41-2008 电工术语 原电池和蓄电池

GB/T 19596 电动汽车术语

## 3. 术语、定义

GB/T 2900.41-2008 和 GB/T 19596 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**超级电容器 ultracapacitors**

一种介于普通电容器和蓄电池之间的电化学储能器件，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。

### 3.2

**能量型超级电容器 high energy density ultracapacitors**

设计目的为高能量应用的电容器。

### 3.3

**功率型超级电容器 high power density ultracapacitors**

设计目的为高功率应用的电容器。

### 3.4

**水基超级电容器 inorganic electrolyte ultracapacitors**

采用水溶液作为电解液的超级电容器。

### 3.5

**有机超级电容器 organic electrolyte ultracapacitors**

采用有机溶液作为电解液的超级电容器。

### 3.6

**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。

### 3.7

**模块 module**

由多个电容器单体及其附件组合而成的组合体。

### 3.8

**额定电压 rated voltage**

电容器的最高工作电压。

### 3.9

**静电容量 capacitance**

电容器储存电荷的能力，单位为法拉（F）。

### 3.10

**标称容量 nominal capacitance**

由企业提供的电容器静电容量，单位为法拉（F）。

## 3.11

**储存能量 energy**

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（Wh）。

## 3.12

**标称能量 nominal energy**

由企业提供的电容器储存能量，单位为瓦时（Wh）。

## 3.13

**比能量 energy density**

在一定的放电制度下，电容器单位质量所获取的电能，单位为瓦时每千克（Wh/kg）。

## 3.14

**内阻 internal resistance**

电容器中电解质/液、电极、隔膜等电阻的总和，单位为欧姆（ $\Omega$ ）。

## 3.15

**标称内阻 nominal internal resistance**

由企业提供的电容器内阻值，单位为欧姆（ $\Omega$ ）。

## 3.16

**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，然后在室温条件下开路静置 72h 后，电容器的端电压与额定电压的比值。

## 3.17

**比功率 power density**

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）。

## 3.18

**最大比功率 maximum power density**

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的。

## 3.19

**室温 room temperature (RT)**

$25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

## 4 符号

下列符号适用于本文件。

$U_r$ —额定电压（V）；

$U_{min}$ —最低工作电压（V）；

$C$ —电容器的静电容量（F）；

$C_N$ —电容器的标称容量（F）；

$I_1$ —电容器 1 倍率充放电电流(A)，其数值等于  $(C_N \times (U_r - U_{min}) / 3600)$

$W$ —储存能量，单位为瓦时（Wh）；

$E_{dm}$ —比能量，单位为瓦时每千克（Wh/kg）；

$M$ —电容器单体质量，单位千克（kg）

$R$ —内阻，单位为欧姆（ $\Omega$ ）；

$P_{dm}$ —最大比功率，单位为瓦每千克（W/kg）。

## 5 要求

## 5.1 单体

### 5.1.1 外观

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

### 5.1.2 极性标识

电容器按 6.2.2 检验时，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 检验时，其外形尺寸及质量符合企业提供的技术条件。

### 5.1.4 静电容量

电容器按 6.2.4 检验时，静电容量应为标称容量的 80%~120%。

### 5.1.5 储存能量

电容器按 6.2.5 检验时，储存能量应为标称能量的 80%~120%。

### 5.1.6 内阻

电容器按 6.2.6 检验时，内阻应不大于其标称内阻。

### 5.1.7 最大比功率

电容器按 6.2.7 检验时，最大比功率应不小于其标称值。

### 5.1.8 电压保持能力

电容器按 6.2.8 试验后，电容器两端电压应不低于额定电压的 80%。

### 5.1.9 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：

- 静电容量不低于初始值的 80%。
- 储存能量不低于初始值的 80%。

### 5.1.10 低温特性

电容器按 6.2.10 试验时，其性能应满足下列条件要求：

- 静电容量不低于初始值的 60%；
- 储存能量不低于初始值的 50%；

### 5.1.11 循环寿命

电容器按 6.2.11 试验时，其性能应满足下列要求：

- 能量型超级电容器静电容量大于初始值的 80%，且内阻小于初始值的 2 倍；
- 功率型超级电容器静电容量大于初始值的 90%，且内阻小于初始值的 1.5 倍；
- 无电解液泄漏。

### 5.1.12 安全性

5.1.12.1 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；

5.1.12.2 电容器单体经 6.2.12.2 过充电试验后，应不爆炸、不起火；

5.1.12.3 电容器单体经 6.2.12.3 短路试验后，应不爆炸、不起火；

5.1.12.4 电容器单体经 6.2.12.4 跌落试验后，水基体系的电容器应不爆炸、不起火，有机体系的电容器应不爆炸、不起火、不漏液；

5.1.12.5 电容器单体按 6.2.12.5 加热试验时，应不爆炸、不起火；

5.1.12.6 电容器单体经 6.2.12.6 挤压试验后，应不爆炸、不起火；

5.1.12.7 电容器单体经 6.2.12.7 针刺试验后，应不爆炸、不起火；

5.1.12.8 电容器单体经 6.2.12.8 海水浸泡试验后，应不爆炸、不起火；

5.1.12.9 电容器单体经 6.2.12.9 温度冲击试验后，应不爆炸、不起火、不漏液。

## 5.2 模块

### 5.2.1 外观

电容器模块按 6.3.1 检验时, 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。

### 5.2.2 极性标识

电容器模块按 6.3.2 检验时, 端子极性标识应清晰完整、准确无误。

### 5.2.3 外形尺寸及质量

电容器模块按 6.3.3 检验时, 其外形尺寸及质量符合企业提供的技术条件。

### 5.2.4 静电容量

电容器模块按 6.3.4 检验时, 静电容量应为标称容量的 80%~120%。

### 5.2.5 储存能量

电容器模块按 6.3.5 检验时, 储存能量应为标称能量的 80%~120%。

### 5.2.6 内阻

电容器模块按 6.3.6 检验时, 内阻应不大于其标称内阻。

### 5.2.7 循环寿命

电容器模块按 6.3.7 试验时, 其性能应满足下列要求:

- 能量型超级电容器模块的静电容量大于初始值的 80%, 且内阻小于初始值的 2 倍;
- 功率型超级电容器模块的静电容量大于初始值的 90%, 且内阻小于初始值的 1.5 倍;
- 无电解液泄漏。

### 5.2.8 安全性

- 5.2.8.1 电容器模块经 6.3.8.1 过放电试验后, 应不爆炸、不起火、不漏液;
- 5.2.8.2 电容器模块经 6.3.8.2 过充电试验后, 应不爆炸、不起火;
- 5.2.8.3 电容器模块经 6.3.8.3 短路试验后, 应不爆炸、不起火;
- 5.2.8.4 电容器模块按 6.3.8.4 加热试验时, 应不爆炸、不起火;
- 5.2.8.5 电容器模块经 6.3.8.5 挤压试验后, 应不爆炸、不起火;
- 5.2.8.6 电容器模块经 6.3.8.6 针刺试验后, 应不爆炸、不起火;
- 5.2.8.7 电容器模块经 6.3.8.7 海水浸泡试验后, 应不爆炸、不起火;
- 5.2.8.8 电容器模块经 6.3.8.8 温度冲击试验后, 应不爆炸、不起火、不漏液。

### 5.2.9 耐振动性

电容器模块 6.3.9 经耐振动性试验后, 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。

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

#### 6.1.1 一般条件

6.1.1.1 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, 并在下述环境条件下放置 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)。

#### 6.1.1.2 充放电电流

除另有规定外, 本标准适用如下充放电电流:

- 能量型电容器： $I=5I_r$ （或企业提供的不低于  $5I_r$  的电流）；
- 功率型电容器： $I=40I_r$ （或企业提供的不低于  $40I_r$  的电流）。

### 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： $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 相对湿度：25%~85%；
- 大气压力：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  $1\text{k}\Omega / \text{V}$ ；
- 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  $1^{\circ}\text{C}$ ，标定准确度不低于  $0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- 计时器：按时、分、秒分度，准确度为  $\pm 0.1\%$ ；
- 测量尺寸的量具：分度值不大于 1mm；
- 称量质量的衡器：准确度为  $\pm 0.05\%$  以上。

## 6.2 单体

### 6.2.1 外观

用目测法检查电容器单体的外观。

### 6.2.2 极性标识

用目测法检查电容器单体的极性标识。

### 6.2.3 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。

### 6.2.4 静电容量

按照如下步骤测试电容器单体的静电容量：

- a) 电容器单体以恒定电流  $I$  充电到额定电压  $U_R$ ；
- b) 电容器单体以恒定电流  $I$  放电到最低工作电压  $U_{\min}$ ；
- c) 重复步骤 a) -b) 3 次，记录电容器电压从额定电压的 80% 至最低工作电压  $U_{\min}$  的放电时间  $t$ ；
- d) 按公式 (1) 计算每次循环电容器单体的静电容量，取其平均值。

$$C = I \cdot t (0.8U_R - U_{\min}) \quad (1)$$

### 6.2.5 储存能量

按照如下步骤测试电容器单体的储存能量和比能量：

- a) 电容器单体以恒定电流  $I$  充电到额定电压  $U_R$ ；
- b) 恒压 30min；
- c) 电容器单体静置 5s 后，以恒定电流  $I$  放电到最低工作电压  $U_{\min}$ ；
- d) 重复步骤 a) -c) 3 次，实时记录电压  $U$  和时间  $t$ ；
- e) 分别按公式 (2)、(3) 计算电容器单体的储存能量和比能量，取其平均值。

$$W = \frac{I \cdot \int U dt}{3600} \quad (2)$$

$$E = W / M \quad (3)$$

### 6.2.6 内阻

按照如下步骤测试电容器单体的内阻：

- a) 电容器单体以恒定电流  $I$  充电到额定电压  $U_R$ ，记录该时刻为  $t_0$ ；
- b) 电容器单体以恒定电流  $I$  放电到最低工作电压  $U_{\min}$ ，记录  $t_0+10\text{ms}$  时的电压  $U_i$ ；

- c) 重复步骤 a) -b) 3 次,;
- d) 按公式 (4) 计算第 3 次循环的直流内阻, 作为电容器单体的内阻。

$$R = (U_R - U_i) / 2I \quad (4)$$

### 6.2.7 最大比功率

在按照 6.2.6 中的方法测试得出电容器单体的内阻后, 按照公式 (5) 计算电容器单体的最大比功率。

$$P_{dm} = \frac{0.25 U_R^2}{RM} \quad (5)$$

### 6.2.8 电压保持能力

按照如下步骤测试电容器的电压保持能力:

- 电容器单体以恒定电流  $I$  充电到额定电压  $U_R$ ;
- 电容器单体以额定电压恒压充电 30min;
- 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。

### 6.2.9 高温特性

按照如下步骤测试电容器的高温特性:

- 将温度箱温度设定为 55°C 或企业规定的不低于 55°C 的最高工作温度;
- 将电容器置于此温度下的温度箱中 6h;
- 在此环境下按 6.2.4 和 6.2.5 对电容器进行检测。

### 6.2.10 低温特性

按照如下步骤测试电容器的低温特性:

- 将温度箱温度设定为 -20°C 或企业规定的不高于 -20°C 的最低工作温度;
- 将电容器置于此温度下的温度箱中 16h;
- 在此环境下按 6.2.4 和 6.2.5 对电容器进行检测。

### 6.2.11 循环寿命

6.2.11.1 试验应在 25°C ± 5°C 的环境温度下进行。

6.2.11.2 按如下步骤进行试验:

- 用恒定电流  $I$  对电容器单体充电到额定电压  $U_R$ , 静置 5s;
- 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。
- 重复步骤 a) -b) 2000 次。
- 静置 12h;
- 按 6.2.4 和 6.2.6 检测电容器静电容量和内阻; 若满足 5.1.11 则跳转下一步, 否则结束试验;
- 重复步骤 a) -e)  $n$  次。能量型超级电容器  $n=5$ , 功率型超级电容器  $n=25$ 。

### 6.2.12 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。

#### 6.2.12.1 过放电

按如下步骤进行试验:

- 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压;
- 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) 过放量达到标称容量的 50%;
- 观察 1h。

#### 6.2.12.2 过充电

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 对电容器单体充电至其电压达到额定电压的2倍或者过充量达到标称容量的100%停止充电；
- c) 观察1h。

#### 6.2.12.3 短路

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 将电容器单体经外部短路 10min，外部线路电阻应小于  $5\text{m}\Omega$ 。

#### 6.2.12.4 跌落

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 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；
- c) 观察 1h。

#### 6.2.12.5 加热试验

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 将电容器单体置于温度箱内，温度箱按照  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  的速率升温至  $130^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，并保持此温度 30min；
- c) 观察 1h。

#### 6.2.12.6 挤压试验

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 按以下条件进行试验：
  - 挤压方向：垂直于蓄电池极板方向施压（参考图 1 所示）；
  - 挤压板形式：半径 75mm 的半圆柱体，半圆柱体的高度大于被挤压电池的尺寸；
  - 挤压程度：电压 0V 或挤压力达到 100kN（以最先达到为准），保持 10min。
- c) 观察 1h。

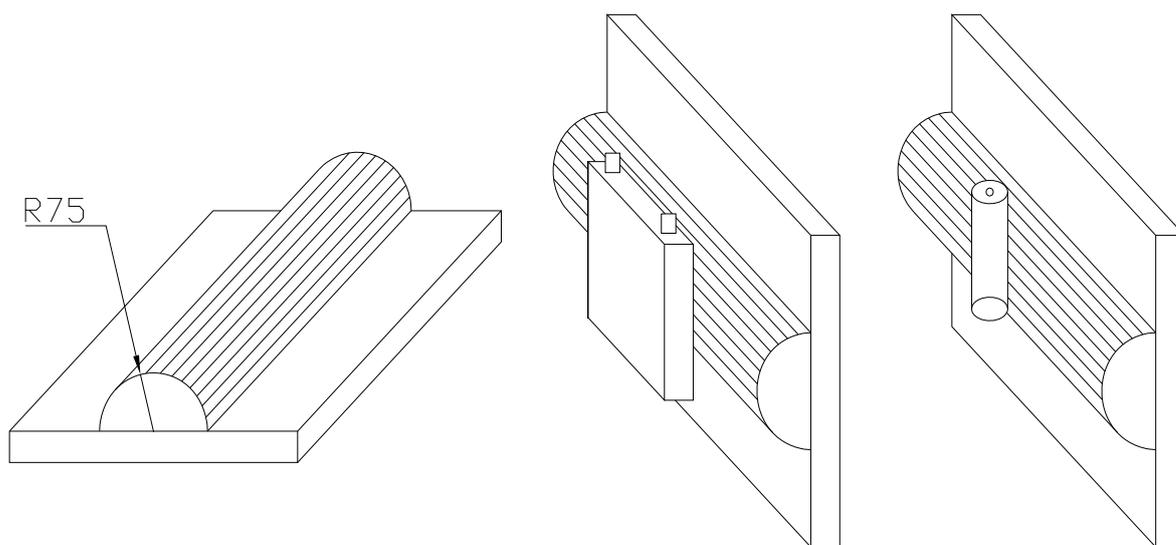


图 1 电容器单体挤压板和挤压示意图

### 6.2.12.7 针刺

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 用  $\phi 5\text{mm} \sim \phi 8\text{mm}$  的耐高温钢针（针尖的角度  $60^\circ$ ，针的表面光洁、无锈蚀、氧化层及油污）、以  $20\text{-}30\text{mm/s}$  的速度，从垂直于蓄电池极板的方向贯穿（钢针停留在电容器单体中）；
- c) 观察 1h。

### 6.2.12.8 海水浸泡

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 将电容器单体浸入 3.5%NaCl 溶液（重量百分比，模拟常温下的海水成分）中 2h，或直到所有可见的反应停止。水深必须足以完全没过电容器单体。

### 6.2.12.9 温度冲击试验

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器单体以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 将电容器单体在室温下稳定后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下表 1 进行调节，温度冲击循环次数 5 次；
- c) 观察 1h。

表 1 热冲击温度和时间

温度 ℃	时间增量 min	累计时间 min
25	0	0
-40	60	60
-40	90	150
25	60	210
85	90	300
85	110	410
25	70	480

## 6.3 模块试验

要求每个模块由 5 个或以上电容器单体串联组成。

### 6.3.1 外观

用目测法检查电容器模块的外观。

### 6.3.2 极性标识

用目测法检查电容器模块的极性标识。

### 6.3.3 外形尺寸及质量

用量具和衡器检查电容器模块的外形尺寸和质量。

### 6.3.4 静电容量

按照如下步骤测试电容器模块的静电容量：

- a) 电容器模块以恒定电流  $I$  充电到额定电压  $U_k$ ；
- b) 电容器模块以恒定电流  $I$  放电到最低工作电压  $U_{\min}$ ；
- c) 重复步骤 a) -b) 3 次，记录电容器电压从额定电压的 80% 至最低工作电压  $U_{\min}$  的放电时间  $t$ ；

d) 按公式 (6) 计算每次循环电容器模块的静电容量, 取其平均值。

$$C = I \cdot t(0.8U_R - U_{\min}) \quad (6)$$

### 6.3.5 储存能量及比能量

按照如下步骤测试电容器模块的储存能量和比能量:

- 电容器模块以恒定电流  $I$  充电到额定电压  $U_R$ ;
- 恒压 30min;
- 电容器单体静置 5s 后, 以恒定电流  $I$  放电到最低工作电压  $U_{\min}$ ;
- 重复步骤 a) -c) 3 次, 实时记录电压和时间  $t$ ;
- 分别按公式 (7)、(8) 计算电容器模块的储存能量和比能量, 取其平均值。

$$W = \frac{I \cdot \int U dt}{3600} \quad (7)$$

$$E = W / M \quad (8)$$

### 6.3.6 内阻

按照如下步骤测试电容器模块的内阻:

- 电容器模块以恒定电流  $I$  充电到额定电压  $U_R$ , 记录该时刻为  $t_0$ ;
- 电容器模块以恒定电流  $I$  放电到最低工作电压  $U_{\min}$ , 记录  $t_0+10\text{ms}$  时的电压  $U_i$ ;
- 重复步骤 a) -b) 3 次,;
- 按公式 (4) 计算第 3 次循环的直流内阻, 作为电容器模块的内阻。

$$R = \frac{(U_R - U_i)}{2I} \quad (9)$$

### 6.3.7 循环寿命

6.3.7.1 试验应在  $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  的环境温度下进行。

6.3.7.2 按如下步骤进行试验:

- 用恒定电流  $I$  对电容器模块充电到额定电压  $U_R$ , 静置 5s;
- 以恒定电流  $I$  对电容器模块放电到最低工作电压  $U_{\min}$ ; 静置 5s。
- 重复步骤 a) -b) 1000 次。
- 静置 12h;
- 按 6.3.4 和 6.3.6 检测电容器静电容量和内阻; 若满足 5.2.7 则跳转下一步, 否则结束试验;
- 重复步骤 a) -e)  $n$  次。能量型超级电容器  $n=5$ , 功率型超级电容器  $n=10$ 。

### 6.3.8 安全性

所有安全试验均在有充分环境保护的条件下进行, 如果有主动保护线路, 应除去。

#### 6.3.8.1 过放电

按如下步骤进行试验:

- 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压;
- 对电容器模块恒定电流  $I$  放电直至某一电容器单体电压达到 0V 继续强制放电, 至 (0V 后的) 过放量达到标称容量的 50%;
- 观察 1h。

#### 6.3.8.2 过充电

按如下步骤进行试验:

- 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压;
- 对电容器模块充电至其电压达到额定电压的 2 倍或者过充量达到实际放电容量的 100% 停止充电;
- 观察 1h。

#### 6.3.8.3 短路试验

按如下步骤进行试验:

- a) 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压;
- b) 将电容器经外部短路 10min, 外部线路电阻应小于  $5m\Omega$ 。

#### 6.3.8.4 加热试验

按如下步骤进行试验:

- a) 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压;
- b) 将电容器模块置于恒温箱内, 按照  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速率升温至  $130^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 并保持此温度 30min,
- c) 观察 1h。

#### 6.3.8.5 挤压试验

按如下步骤进行试验:

- a) 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压;
- b) 按以下条件进行试验。
  - 挤压方向: 与电容器模块在整车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, 则垂直或平行于电容器单体排列方向施压。(参考图2所示)
  - 挤压板形式: 半径 75mm 的半圆柱体, 半圆柱体的高度大于被挤压电池的尺寸, 但不超过 1m。
  - 挤压程度:
    - 电压 0v
    - 变形量达到 30%
    - 挤压力达到电容器模块重量的 1000 倍或达到 500kN 中较大值, 保持 10min;
- c) 观察 1h。

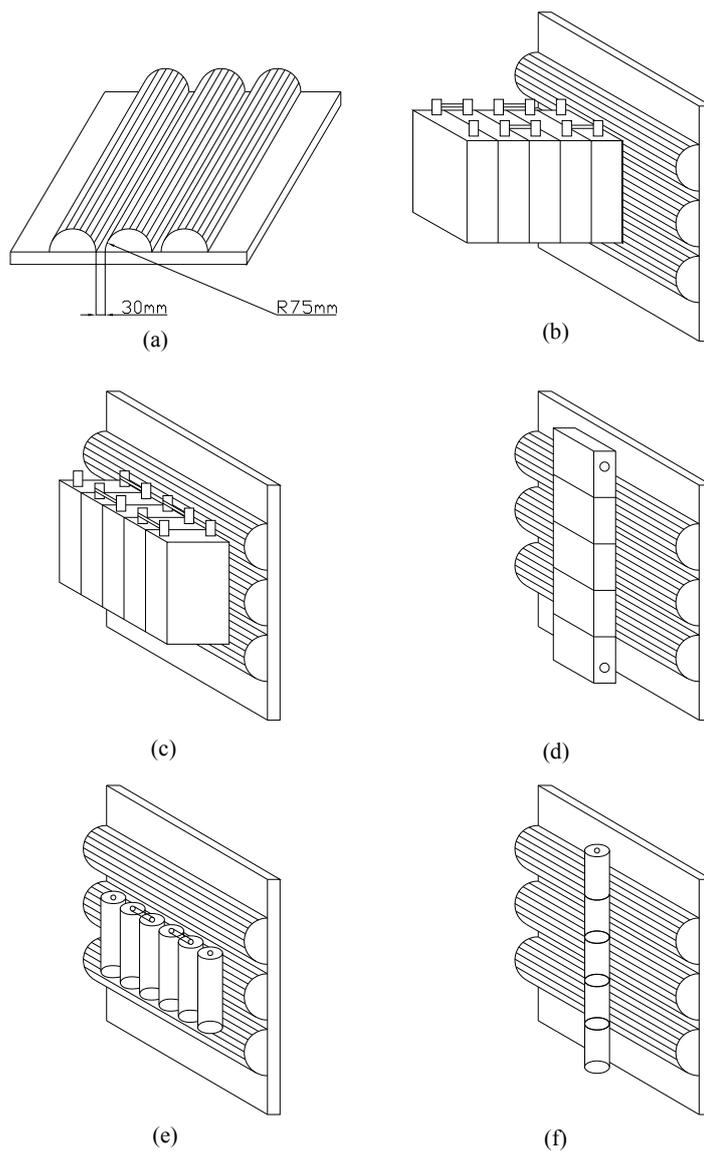


图 2 电容器模块挤压板和挤压示意图

### 6.3.8.6 针刺

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 用  $\phi 6-10\text{mm}$  的耐高温钢针、以  $20-30\text{mm/s}$  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 3 所示）；
- c) 观察 1h。

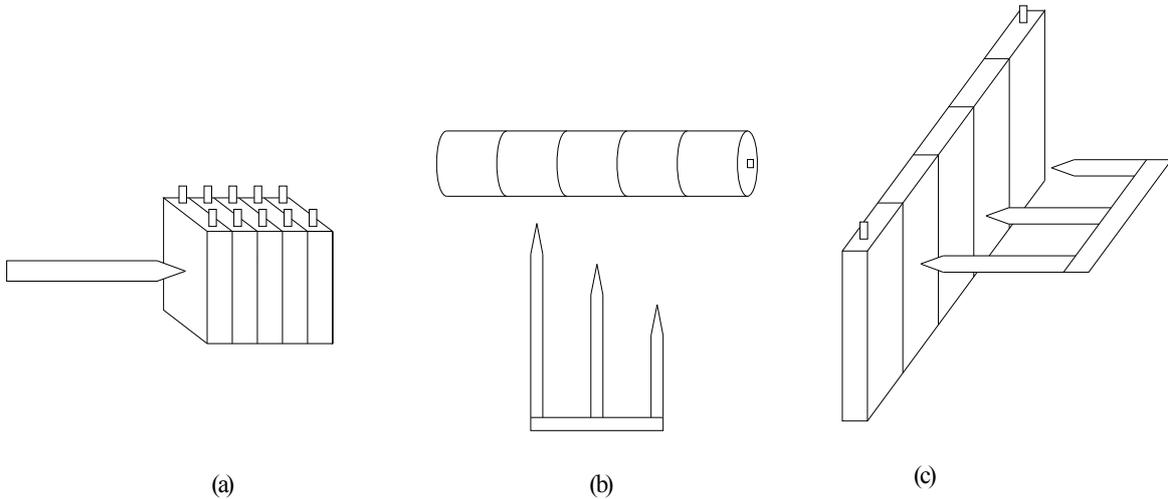


图 3 针刺示意图

6.3.8.7 海水浸泡

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 将电容器模块浸入3.5%NaCl溶液（重量百分比，模拟常温下的海水成分）中2h，或直到所有可见的反应停止。水深必须足以完全没过电容器模块。

6.3.8.8 温度冲击试验

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 将电容器单体在室温下稳定后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；
- c) 观察 1h。

6.3.9 耐振动性

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器模块以恒定电流  $I$  充电至额定电压；
- b) 将电容器模块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/s<sup>2</sup>；
  - 振动时间：1h；
  - 扫频循环：10 次。

6.4 试验程序

- 6.4.1 按本程序进行的试验应连续进行。
- 6.4.2 电容器单体试验程序见表 2。
- 6.4.3 蓄电池模块试验程序见表 3。

表 2 电容器单体试验程序

序号	检验项目	要求章条号	检验方法章条号	电容器单体编号
1	外观	5.1.1	6.2.1	1 <sup>#</sup> ~24 <sup>#</sup>
2	极性	5.1.2	6.2.2	

3	外形尺寸和质量	5.1.3	6.2.3		
4	静电容容量	5.1.4	6.2.4		
5	储存能量	5.1.5	6.2.5		
6	内阻	5.1.6	6.2.6		
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	高温特性	5.1.9	6.2.9		1#-2#
10	低温特性	5.1.10	6.2.10		3#-4#
11	循环寿命	5.1.11	6.2.11	5#-6#	
12	过放电	5.1.12.1	6.2.12.1	7#-8#	
13	过充电	5.1.12.2	6.2.12.2	9#-10#	
14	短路	5.1.12.3	6.2.12.3	11#-12#	
15	跌落	5.1.12.4	6.2.12.4	13#-14#	
16	加热	5.1.12.5	6.2.12.5	15#-16#	
17	挤压	5.1.12.6	6.2.12.6	17#-18#	
18	针刺	5.1.12.7	6.2.12.7	19#-20#	
19	海水浸泡	5.1.12.8	6.2.12.8	21#-22#	
20	温度冲击	5.1.12.9	6.2.12.9	23#-24#	

表3 电容器模块试验程序

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

## 7 检验规则

### 7.1 检验规则及检验项目

检验分类、检验项目、要求章条号、试验方法章条号、样品数量和试验周期见表 4 和表 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 和表 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。型式检验共需抽样 25 只电容器单体和 16 组电容器模块，其中 4 只为备份电容器、2 组为被备份电容器模块。

#### 7.3.1 在下列情况下进行型式试验

- 新产品投产和老产品转产；
- 结构、材料、工艺有较大变动时；
- 产品停产半年后再进行生产时；
- 转厂；
- 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	静电容量	√	√	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	
7	最大比功率		√		
8	电压保持		√		
9	高温特性		√		
10	低温特性		√		
11	循环耐久能力		√		
12	安全性		√		

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	静电容量	√	√	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 组电容器模块	
7	循环耐久能力		√		
8	耐振动性		√		
9	安全性		√		

## 8. 标志、包装、运输、贮存

### 8.1 标志

#### 8.1.1 在电容器产品上应有下列标志：

- 制造厂名；
- 产品型号或规格；
- 额定电压；
- 静电容量；
- 极性标志；
- 产品编号；
- 出厂日期。

#### 8.1.2 包装箱外壁应有下列标志：

- 产品名称、型号规格、数量、制造厂名、厂址、邮编；
- 每箱的质量；
- 产品标准编号；
- 表明防潮、不准倒置、轻放等标志。

### 8.2 包装

#### 8.2.1 电容器的包装应符合防潮防振的要求。

#### 8.2.2 包装箱内应装入随同产品提供的文件：

- 装箱单(指多只包装)；
- 产品合格证；
- 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。

#### 8.3.2 在装卸过程中，应轻搬轻放，严防摔掷、翻滚、重压。

### 8.4 贮存

#### 8.4.1 电容器应存放在-20℃~40℃干燥、清洁、自然通风的地方。

#### 8.4.2 电容器应不受阳光直射，距离热源不得少于 2m。

#### 8.4.3 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。

#### 8.4.4 电容器不得倒置及卧放，避免受机械冲击或重压。