

ICS 29.240.99

F 29

备案号: 57204-2017

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1652 — 2016

电能计量设备用超级电容器技术规范

Technical specifications of supercapacitors use in electric energy metering device

2016-12-05 发布

2017-05-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 技术要求..... 2

5 试验方法..... 5

6 检验规则..... 11

7 包装、运输和存储 11

附录 A（资料性附录） 超级电容器外形尺寸..... 12

附录 B（资料性附录） 超级电容器选用说明..... 13

DL / T 1652 — 2016

前 言

本标准依据 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。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电测量标准化技术委员会（DL/TC22）归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院、国网福建省电力公司、国网江苏省电力公司、国网浙江省电力公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司、锦州凯美能源有限公司、国网山东省电力公司、威胜集团有限公司。

本标准主要起草人：张蓬鹤、章欣、徐英辉、薛阳、杜新纲、葛得辉、周晖、赵兵、李学永、邵波、徐晴、李熊、仝晨华、常亮、格根塔娜、李先怀、郭红霞、成达。

本标准是首次发布。

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）。

电能计量设备用超级电容器技术规范

1 范围

本标准规定了电能计量设备用超级电容器的技术要求、试验方法、检验规则、包装、运输和存储的要求。

本标准适用于电能表用超级电容器，也可适用于用电采集终端用超级电容器。

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 2423.28—2005 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验T：锡焊

GB/T 2471—1995 电阻器和电容器优先数系

GB/T 2691—2016 电阻器和电容器的标志代码

GB/T 2693—2001 电子设备用固定电容器 第1部分：总规范

GB/T 5993—2003 电子设备用固定电容器 第4部分：分规范 固体和非固体电解质铝电容器

GB 8897.4—2008 原电池 第4部分：锂电池的安全要求

GB/T 18332.2—2001 电动道路车辆用金属氢化物镍蓄电池

GB/T 17215.211—2006 交流电测量设备 通用要求、试验和试验条件 第11部分：测量设备

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

IEC 62391-2: 2006 电子设备用双层固定电容器 第2部分：分规范 电力双层电容器 (Fixed electric double-layer capacitors for use in electronic equipment-Part 2: Sectional specification-Electric double-layer capacitors for power application)

3 术语和定义

GB/T 2693—2001 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 2693—2001 中的某些术语和定义。

3.1

超级电容器 supercapacitor

一种储能用电容器件，至少有一个电极利用双电层或赝电容实现储能，其恒流充电或放电过程中时间与电压关系曲线通常近似于线性。

3.2

额定电压 (d.c.) rated voltage (d.c.)

U_R

工作温度范围之间的任一温度下，可以连续施加在超级电容器上的最大直流电压或脉冲电压的峰值。

3.3

标称电容量 rated capacitance

C_R

DL / T 1652 — 2016

设计所确定的和通常在超级电容器上所标出的电容量值。

3.4

内阻 **internal resistance**

以等效串联电阻来表征超级电容器的内阻，包括交流内阻和直流内阻。

3.5

自放电 **self discharge**

充电一定时间后，超级电容器在开路状态下一定时间内电压保持的能力。

3.6

爆炸 **explosion**

在非泄压部位破裂，或有较多固体物质从超级电容器中冲出。

4 技术要求

4.1 超级电容器分类

4.1.1 按照使用场合分为：

- a) 2 类：主要应用于小电流、长时间放电的储能场合；
- b) 3 类：主要应用于大电流、短时间放电的供电场合。

4.1.2 按照工作温度范围分为：

- a) 普通型；
- b) 高温型；
- c) 低温型；
- d) 宽温型。

4.2 通用要求

4.2.1 优先值

标称电容量的优先数值宜从 GB/T 2471—1995 中选取。

4.2.2 标识

应至少含商标、额定电压、标称电容量、极性标识等内容。

4.2.3 代码

当电容量的数值、允许偏差或制造日期使用代码时，其方法应从 GB/T 2691—2016 中选取。

4.2.4 外形尺寸

超级电容器的外形尺寸应符合生产企业提供的技术条件，超级电容器的尺寸要求参见附录 A。

4.3 环境基本要求

4.3.1 温度范围

工作和存储的环境温度应符合表 1 的规定。

表1 环 境 温 度

类型	工作温度 ℃	存储温度
普通型	－25～70	－40℃～上限工作温度
高温型	－25～85	
低温型	－40～70	
宽温型	－40～85	

4.3.2 湿度范围

工作的相对湿度应符合表 2 的规定。

表2 相 对 湿 度

序号	条件	相对湿度 %
1	年平均	<75
2	30 天（这些天以自然方式分布在一年中）	95
3	在其他天偶然出现	85

4.3.3 大气压力

63.0kPa～106.0kPa（海拔 4000m 及以下），特殊订货要求除外。高海拔地区，超级电容器应满足在海拔 4000m～4700m 正常工作的要求。

4.4 电气要求

4.4.1 标称电容量允许偏差

电容量允许偏差宜从－10%～＋10%、－20%～＋20%、－10%～＋30%中选取。

4.4.2 额定电压

额定电压宜从 2.5、2.7、3.0、5.0、5.5、12V 中选取。

4.4.3 内阻

超级电容器的内阻不应大于器件手册标称值。

4.4.4 漏电流

超级电容器的漏电流不应大于器件手册标称值。

4.4.5 绝缘电阻

绝缘外套的绝缘电阻不应小于 100MΩ。

4.4.6 自放电

无外置模块的状态下，超级电容器自放电的截止电压不应低于额定电压的 80%。

DL / T 1652 — 2016

4.5 机械性能要求

4.5.1 引出端强度

引出端强度试验后，外观不应有任何机械损伤，引脚无折断。

4.5.2 机械振动

机械振动试验后，外观不应有任何机械损伤，电容量变化率不应超过±5%。

4.6 锡焊性能要求

4.6.1 耐焊接热

耐焊接热试验后，外观无损伤，标识清晰，电容量变化率不应超过±5%。

4.6.2 可焊性

可焊性试验后，浸渍过的表面上必须覆盖上一层光滑明亮的焊料层，只允许有少量分散的诸如针孔不润湿或弱润湿区域之类的缺陷，且这些缺陷不应集中在一块。

4.7 环境性能要求

环境性能试验后，应满足表 3 的规定。

表 3 环境性能要求

序号	试验项目	试 验 判 定
1	温度冲击	外观无损坏，无漏液，电容量变化率不应大于±10%
2	稳态湿热	外观无损坏，无漏液，电容量变化率不应大于±30%，内阻不应大于初始值的 4 倍
3	高温存储	外观无损坏，无漏液，电容量变化率不应大于±10%，内阻不应大于初始值的 2 倍
4	低温存储	
5	高温性能	外观无损坏，无漏液，电容量变化率不应大于±30%，内阻不应大于初始值
6	低温性能	外观无损坏，无漏液，电容量变化率不应大于±30%，内阻不应大于初始值的 4 倍

4.8 耐久性要求

4.8.1 循环耐久性

循环耐久性试验后，电容量变化率不应超过±30%，内阻不应大于标称值的 3 倍。

4.8.2 高温耐久性

高温耐久性试验后，电容量变化率不应大于±30%，内阻不应大于标称值的 4 倍。

4.9 安全性要求

安全性试验后，应满足表 4 的规定。

表4 安 全 性 要 求

序号	试验项目	试 验 判 定
1	非正常充电	不爆炸，不着火
2	挤压	不着火
3	针刺	
4	热滥用	不爆炸，不着火

5 试验方法

5.1 试验条件

除非另有规定，所有试验和测量应在以下大气条件下进行：

- a) 温度：15℃～35℃；
- b) 相对湿度：25%～75%；
- c) 大气压力：86kPa～106kPa。

在进行测量之前，超级电容器应在测量温度下存放足够时间（一般为 24h）然后测量超级电容器的性能，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）。

当按某一顺序进行试验时，上个试验的最后测量可以作为下一试验的初始测量。

在测量期间，不应使超级电容器受到气流、阳光直射或可能引起误差的其他影响。

除非另有规定，恢复应在试验用标准大气条件下进行，恢复时间应为 2h。

5.2 测量仪器

试验仪器仪表的准确度满足以下要求：

- a) 电压测量装置：准确度等级不低于 0.1 级，输入阻抗不小于 1kΩ/V；
- b) 电流测量装置：准确度等级不低于 0.1 级；
- c) 温度测量装置：具有适当的量程，分度值不应大于 1℃，标定准确度不低于 0.5℃；
- d) 测量尺寸的量具：分度值不大于 1mm；
- e) 计时器：按时、分、秒分度，准确度为±0.1%。

5.3 外观和尺寸检查

按照以下程序检查，应满足 4.2.4 的要求：

- a) 用目测法检查超级电容器的外观，外壳无明显损伤，表面平整、干燥，且标识清晰；
- b) 超级电容器的引线（端子）极性应正确，并应有正负极的清晰标识；
- c) 用量具检查超级电容器的外形尺寸，应符合器件手册的规定值。

5.4 电气性能试验

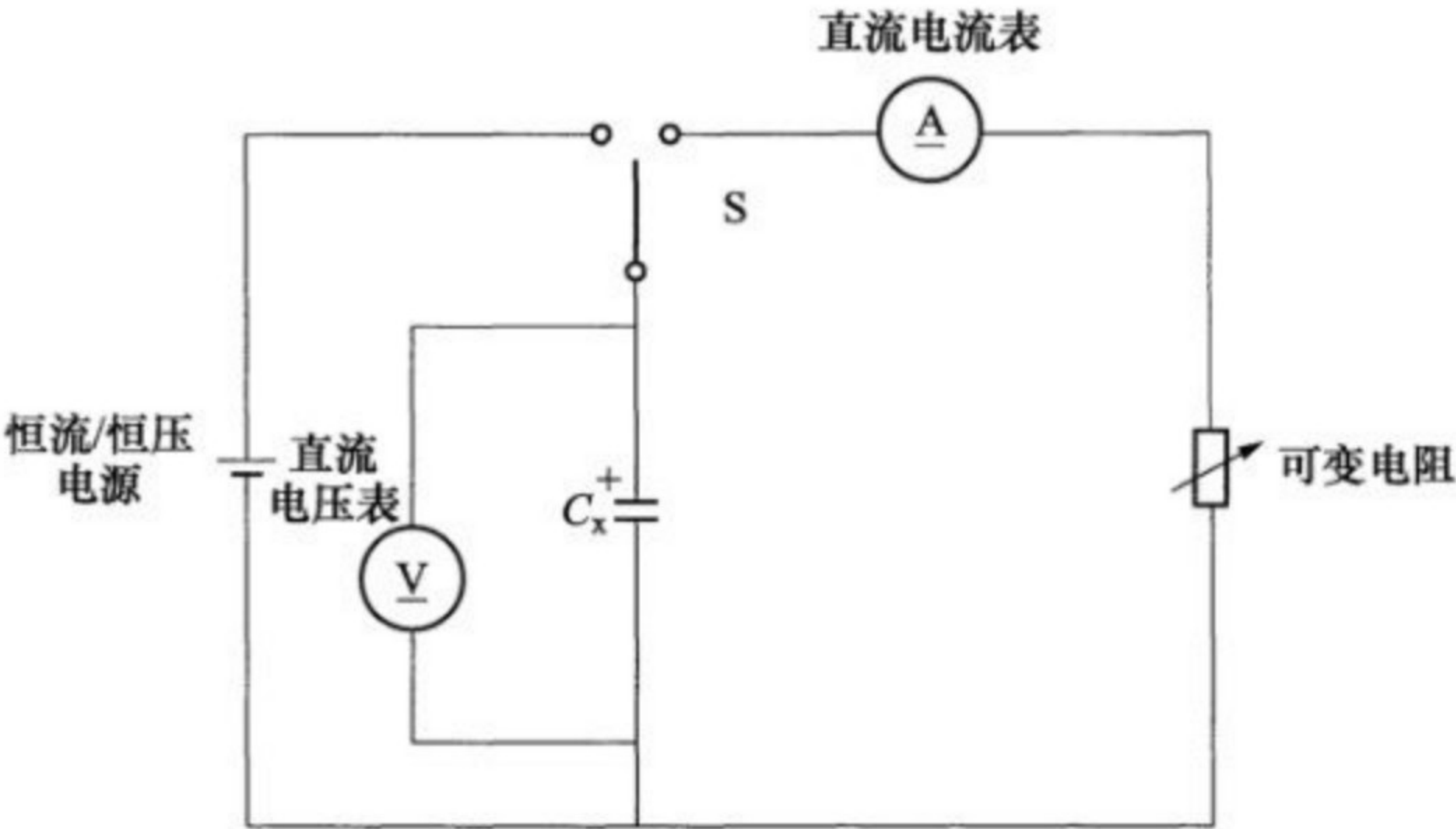
5.4.1 电容量

按照 IEC 62391-1: 2015 中 5.5.4.2 的方法，测量超级电容器的电容量，电容量允许偏差应满足本标准 4.4.1 的要求。电容量测试电路如图 1 所示。

按照以下方法进行测试：

- a) 设置恒流源的电压为超级电容器的额定电压；
- b) 设置测试电流 I ；

DL / T 1652 — 2016



说明：
S——转换开关；
Cx——测试电容。

图 1 电容量测试电路

- c) 以 I 恒流充电的方式对超级电容器进行充电，当电压达到其额定电压后，继续充电 30min；
 - d) 以 I 恒流放电的方式对超级电容器进行放电；
 - e) 根据图 2 测量放电过程中电压从 $80\%U_R$ 降至 $40\%U_R$ 的时间，按式 (1) 计算电容量。
- 计算公式：

$$C=I(t_2-t_1)/(U_1-U_2) \tag{1}$$

式中：
 C ——电容量，F；
 I ——测试电流，A；
 t_2 ——放电过程中达到 U_2 的时间，s；
 t_1 ——放电过程中达到 U_1 的时间，s；
 U_1 ——额定电压的 80%，V；
 U_2 ——额定电压的 40%，V。

注：2 类超级电容器 I 为 $0.4CU_R$ ；3 类超级电容器 I 为 $4CU_R$ 。

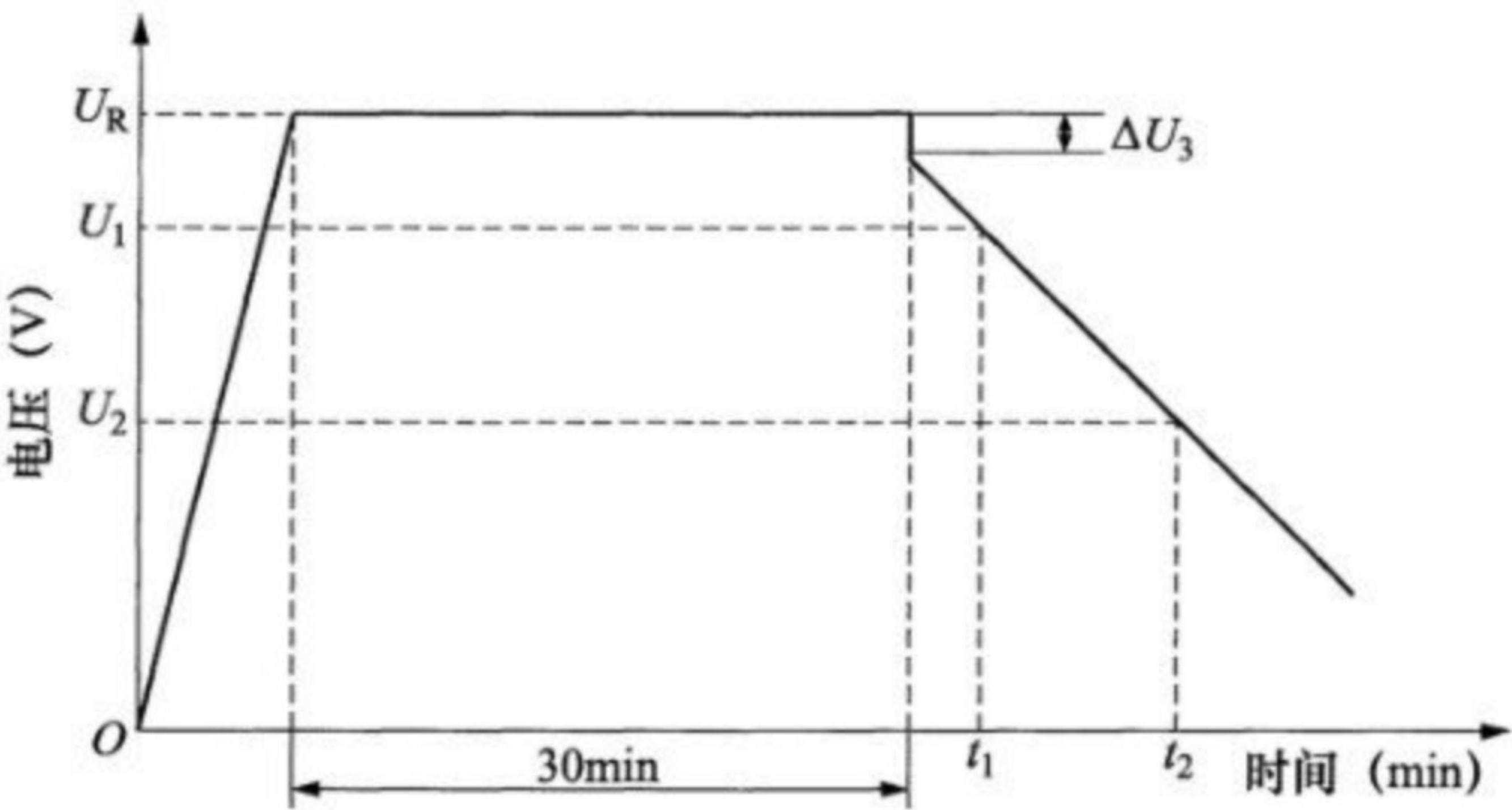


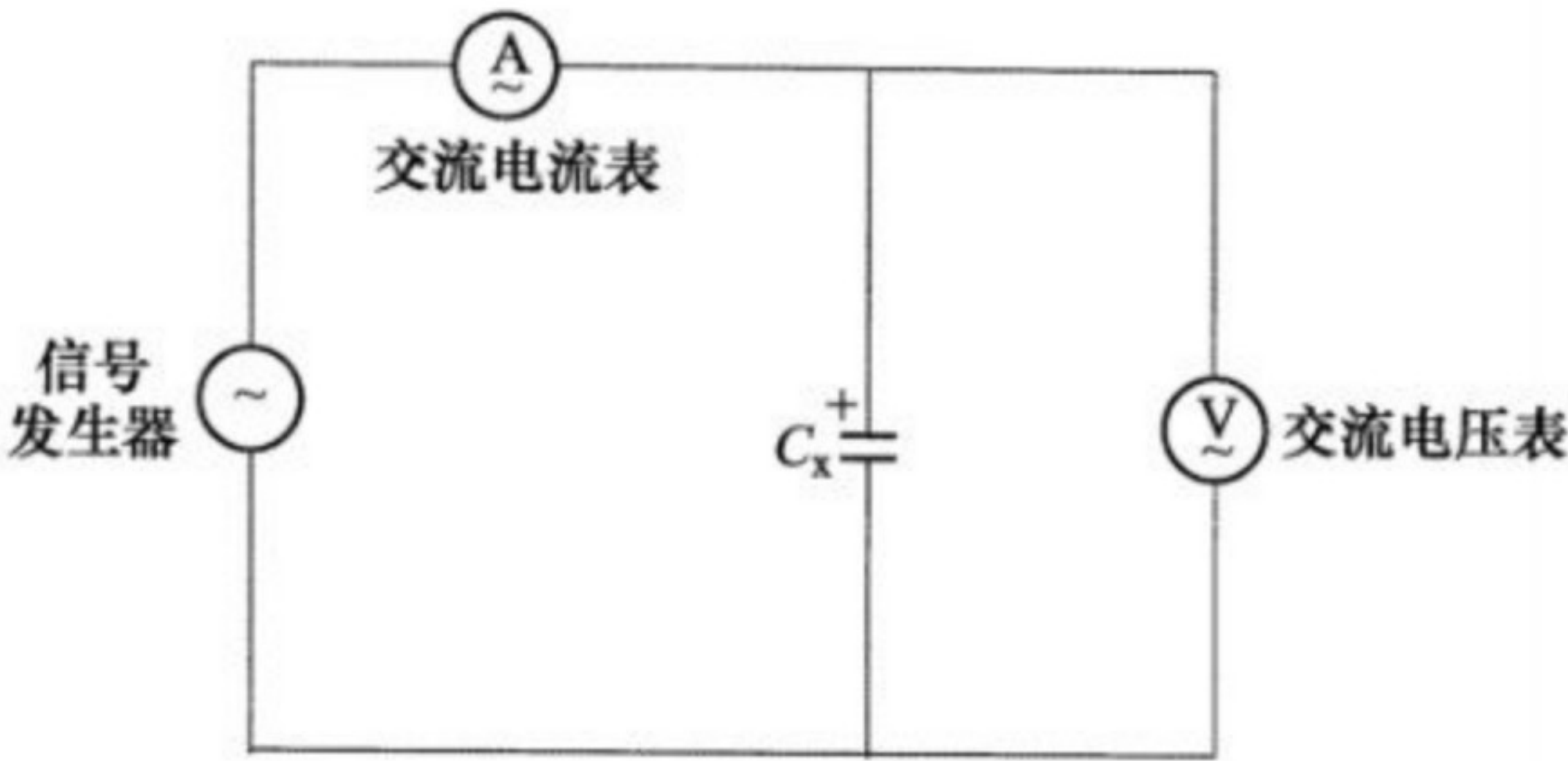
图 2 电压特性

5.4.2 内阻

5.4.2.1 交流内阻

按照 IEC 62391-1: 2015 中 5.6.2.1 的方法，超级电容器的交流内阻应采用本标准图 3 的电路进行

测量，测量电压的频率为 1kHz，测量电流为 1mA~10mA。



说明：
Cx——测试电容。

图 3 交流内阻测试电路

根据式（2）计算超级电容器的交流内阻，应满足本标准 4.4.3 的要求：

$$R_a = \frac{U}{I} \tag{2}$$

式中：
Ra——交流内阻，Ω；
U——电压，V；
I ——电流，A。

5.4.2.2 直流内阻

参照 IEC 62391-1：2015 中 5.5.5.2 的方法，采用本标准图 1 所示的电路图进行测量：

- a) 以 I 恒流充电的方式对超级电容器进行充电，当电压达到其额定电压后，继续充电 30min；
- b) 以 I 恒流放电的方式对超级电容器进行放电；
- c) 根据图 4 测量 10ms 内电压的瞬时变化值，按照式（3）计算直流内阻，应满足本标准 4.4.3 的要求。

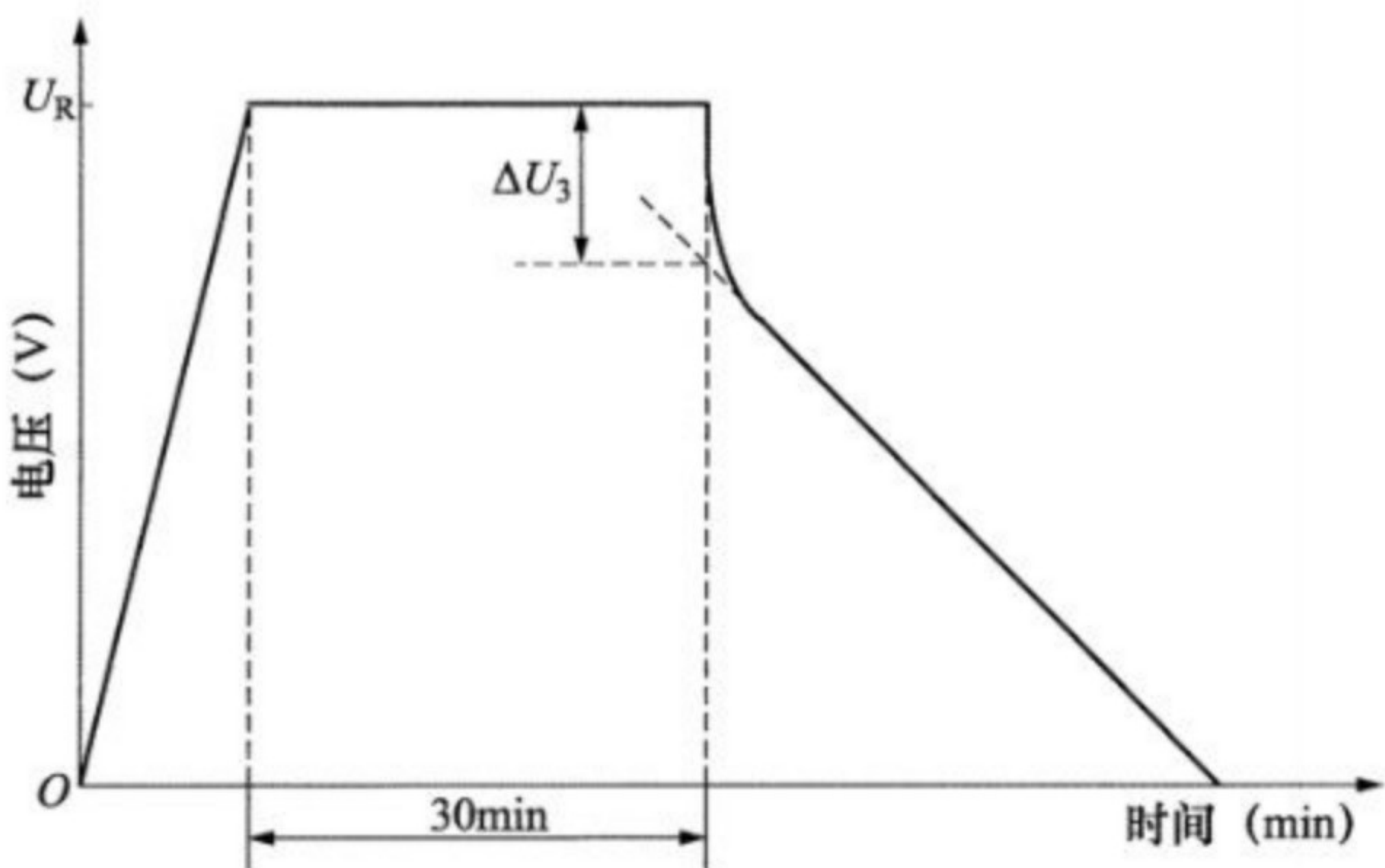


图 4 直流内阻电压特性

计算公式：

$$R = \frac{\Delta U_3}{I} \tag{3}$$

式中：
R ——直流内阻，Ω；

DL / T 1652 — 2016

ΔU_3 ——电压变化量，V；
 I ——放电电流，A。

5.4.3 漏电流

按照 IEC 62391-1: 2015 中 5.7.1 的方法，采用本标准图 5 测量漏电流。将超级电容器完全放电 2h，然后对其进行充电 30min，使超级电容器的电压达到或超过额定电压的 95%，充电 24h 后测量漏电流，应满足本标准 4.4.4 的要求。

5.4.4 绝缘电阻

按照 GB/T 2693—2001 中 4.5 的方法测量超级电容器绝缘外套的绝缘电阻，应满足本标准 4.4.5 的要求。
注：如无绝缘外套则不进行该项试验。

5.4.5 自放电

按照 IEC 62391-1: 2015 中 5.8.1 的方法，试验前将超级电容器完全放电 2h，然后对其充电 30min，使超级电容器的电压达到额定电压的 95%后，继续充电 8h，之后断开电源，2 类超级电容器测量 168h 后的额定电压，3 类超级电容器测量 24h 后的额定电压，按照本标准图 5 计算电压保持能力，应满足本标准 4.4.6 的要求。

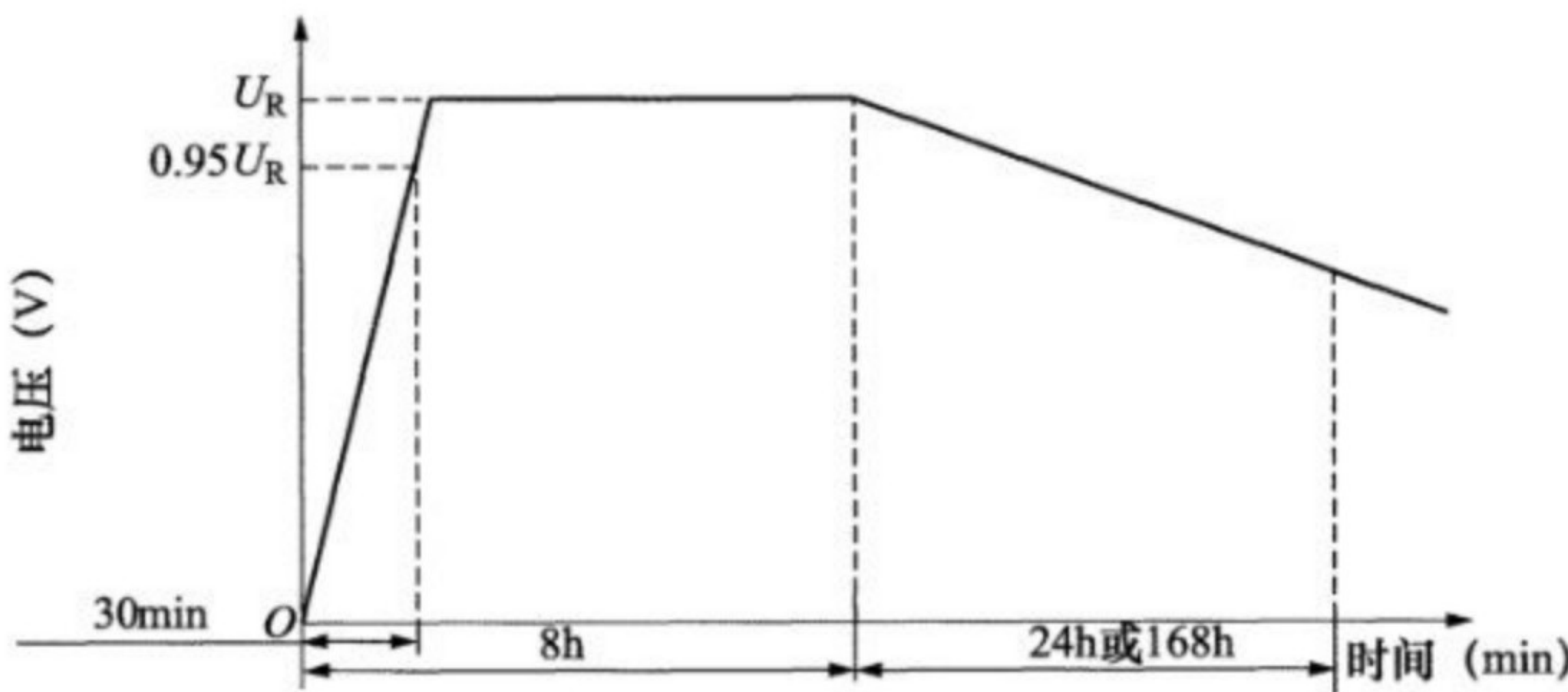


图 5 自放电试验

5.5 机械性能试验

5.5.1 引出端强度

引线式超级电容器引出端施加表 5 规定的拉力，持续 1min。施加表 6 规定的弯曲力，在引脚长度的 1/2 处向任意方向弯曲 90°并折回至初始位置，共进行 2 次。试验后应满足本标准 4.5.1 的规定。

表 5 引出端抗拉强度

引出端直径 mm	拉力 N
$0.4 < d \leq 0.5$	5
$0.5 < d \leq 0.8$	10

表6 引出端抗弯强度

引出端直径 mm	弯曲力 N
$0.4 < d \leq 0.5$	2.5
$0.5 < d \leq 0.8$	5

5.5.2 机械振动

按照 GB/T 17215.211—2006 中 5.2.2.3 的方法，超级电容器进行振动试验，试验后置于常温下 2h，应满足本标准 4.5.2 的规定。

5.6 锡焊性能试验

5.6.1 耐焊接热

按照 GB/T 2423.28—2005 中 5.4 的方法，将超级电容器的引脚浸渍于 260℃±5℃的焊槽中，持续 5s±1s，应满足本标准 4.6.1 的要求。

5.6.2 可焊性

按照 GB/T 2423.28—2005 中 4.6 的方法，将超级电容器的引脚浸渍于 235℃±5℃的焊槽中，持续 2s±0.5s，应满足本标准 4.6.2 的要求。

5.7 环境试验

5.7.1 温度冲击

试验应在下列条件下进行：

- a) 低温：下限工作温度持续 30min；
- b) 高温：上限工作温度持续 30min；
- c) 温度转换时间：2min~3min；
- d) 循环周期数：5。

试验后在室温下静置 16h，再进行电气试验，应满足 4.7 的规定。

5.7.2 稳态湿热

按照 GB/T 2693—2001 中 4.22 的试验方法，置于 40℃、90%RH~95%RH 环境中 240h，试验后在常温下静置 2h，再进行电气试验，应满足本标准 4.7 的规定。

5.7.3 高温存储

按照 GB/T 5993—2003 中 4.17 的方法，置于上限工作温度环境中 96h，试验后在常温下静置 2h，再进行电气试验，应满足本标准 4.7 的规定。

5.7.4 低温存储

按照 GB/T 5993—2003 中 4.18 的方法，置于-40℃环境中 96h，试验后在常温下静置 2h，再进行电气试验，应满足本标准 4.7 的规定。

DL / T 1652 — 2016

5.7.5 高温性能

按照 IEC 62391-1: 2015 中 5.17.3 的方法, 置于上限工作温度环境中 16h, 在此环境下, 应满足本标准 4.7 的规定。

5.7.6 低温性能

按照 IEC 62391-1: 2015 中 5.17.4 的方法, 置于下限工作温度环境中 2h, 在此环境下, 应满足本标准 4.7 的规定。

5.8 耐久性试验

5.8.1 循环耐久性

超级电容器置于 70℃ 环境下, 2 类超级电容器电流 I 为 $0.4CU_R$ 倍, 3 类超级电容器电流 I 为 $4CU_R$ 倍, 按照下列步骤进行试验:

- a) 用恒定电流 I 将超级电容器充电至额定电压 U_R ;
- b) 静置: 2 类静置 10s, 3 类静置 5s;
- c) 用恒定电流 I 将超级电容器放电至 $50\%U_R$;
- d) 静置: 2 类静置 10s, 3 类静置 5s;
- e) 重复 a) ~ d), 2 类 10 000 次, 3 类 100 000 次。

试验后应满足 4.8.1 的规定。

5.8.2 高温耐久性

将超级电容器置于其上限工作温度条件下, 施加额定工作电压 1000h, 应满足 4.8.2 的规定。

5.9 安全性试验

5.9.1 非正常充电

超级电容器与 $3U_R$ 直流电源同极性相接, 串联 10Ω 电阻, 测试 4h, 应满足 4.9 的规定。

5.9.2 挤压

按照 GB 8897.4—2008 中 6.5.3 的方法, 圆盘以 1.5cm/s 的初始速度对超级电容器进行挤压, 直至压力达到 13kN 立即释压, 观察超级电容器 6h。

试验后应满足 4.9 的规定。

5.9.3 针刺

按照 GB/T 18332.2—2001 中 6.7 的方法, 在环境温度条件下, 用直径 3mm 的无锈蚀钢针以 20mm/s~40mm/s 的速度穿刺超级电容器最大表面的中心位置, 并保持 1min。

试验中及试验后应满足 4.9 的规定。

5.9.4 热滥用

按照 GB 8897.4—2008 中 6.5.7 的方法, 超级电容器置于烘箱内, 以 5℃/min 的速度升温至 130℃, 并在此温度下保持 10min。

试验过程中应满足 4.9 的规定。

6 检验规则

6.1 出厂检验

由制造单位对所生产的每批产品按照本标准提供的试验方法进行检验，检验合格后出具质量合格证明，检验项目包括外观、尺寸、电容量、内阻。

6.2 型式检验

新产品定型或产品结构、工艺、主要材料发生重大改变时，按照 IEC 62391-2: 2006 中规定的样品数量、分组进行检验。按照本标准规定的试验项目、试验要求和试验方法开展检测。

7 包装、运输和存储

7.1 包装

超级电容器的包装应符合防潮、防振的要求，应提供该批次产品出厂检验合格证明。

7.2 运输

超级电容器在生产厂家充分放电后再运输，运输过程中，不得受剧烈机械冲撞、曝晒、雨淋、倒置。在装卸过程中，应轻搬轻放，严防摔掷、翻滚、重压。

7.3 存储

超级电容器应存放在规定的存储温度范围内、自然通风的地方，不应受阳光直射，远离热源，不得掉入杂物，禁止与液体或有害物质接触，避免受机械冲击或重压。

DL / T 1652 — 2016

附录 A
(资料性附录)
超级电容器外形尺寸

A.1 叠片式超级电容器外形图

叠片式超级电容器外形图如图 A.1 所示。

单位：mm

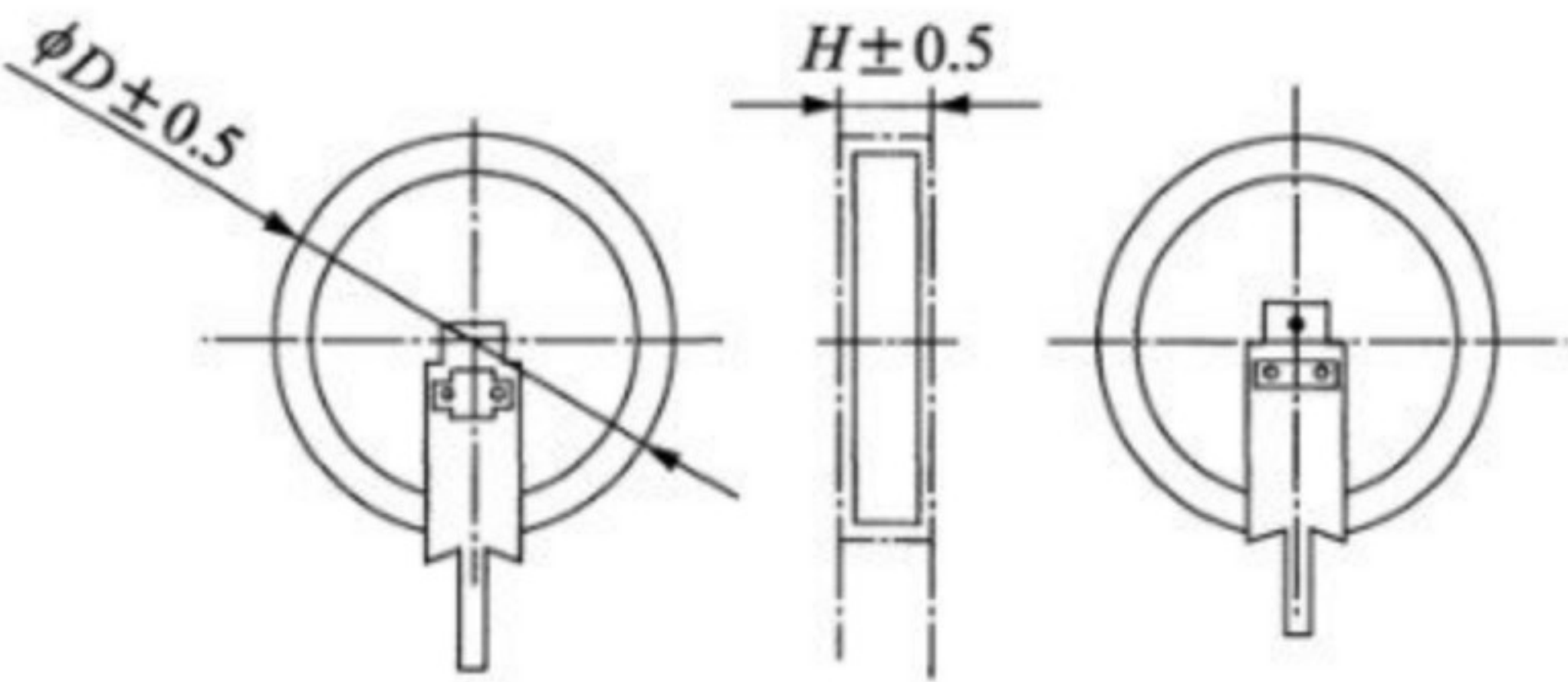


图 A.1 叠片式超级电容器外形图

A.2 圆柱形超级电容器外形图

圆柱形超级电容器外形图如图 A.2 所示。

单位：mm

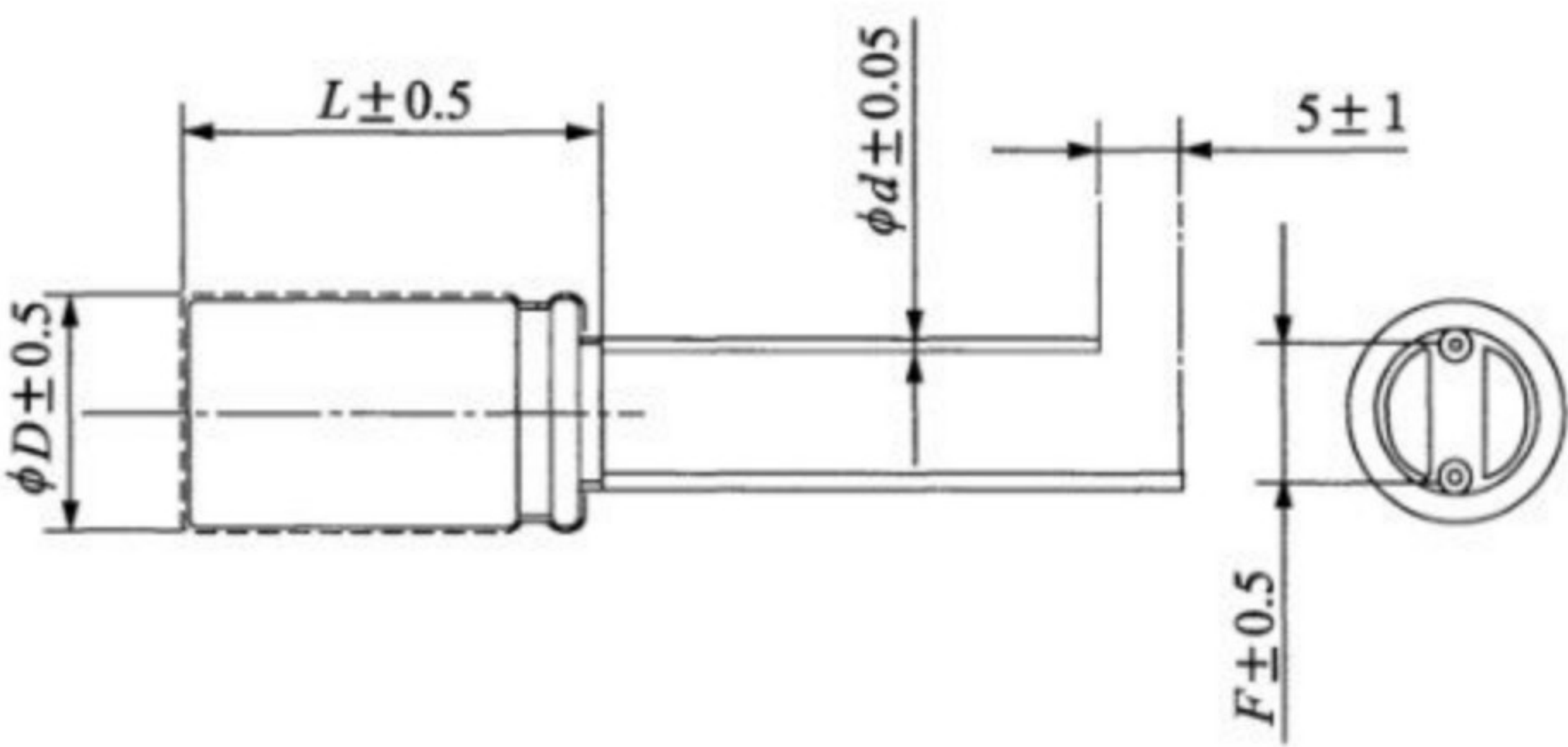


图 A.2 圆柱形超级电容器外形图

附 录 B
(资料性附录)
超级电容器选用说明

B.1 应用于小电流、长时间放电的储能场合

超级电容器电压保持较长时间时，应考虑超级电容器漏电流、自放电特性和内阻特性，在维持时钟运行过程中包含超级电容器本身电压降和时钟工作过程负载压降累加之和，设计中以高温条件下自放电特性为设计基准，容量设计冗余采用 70%初始容量值，宜选择纽扣型或叠层型结构具有低漏电能量型特征超级电容器。

B.2 应用于大电流、短时间放电的供电场合

超级电容器在使用过程中，直流内阻的存在导致可用放电能量的损失，尤其在大功率应用方面，要求超级电容器具有更低内阻特性，宜选择组合功率型产品，放电最大电流达到 10A 以上；需要考虑频繁充放电超级电容器发热问题，超级电容器周围应无发热元件，必要时采用强制散热方式。

B.3 应用注意事项

超级电容器在使用时应注意以下内容：

- a) 环境温度的升高或降低都会使超级电容器的容量、内阻、漏电流等性能变化，所以如果在低温或高温环境中工作，需要适当增加超级电容器的容量。
- b) 超级电容器上方空间应至少留 2mm 以上，保证防爆阀的正常开启。
- c) 超级电容器不应和周边的发热元件直接接触，必须留有散热空间。
- d) 超级电容器对应印刷电路板位置不宜放置其他器件或布线。
- e) 在使用前，应确认超级电容器的极性。
- f) 超级电容器不可应用于高频率充放电的电路中，高频率的快速充放电会导致超级电容器内部发热，容量衰减，内阻增加，在某些情况下会导致超级电容器性能失效。