



中华人民共和国国家标准

GB/T 34870.1—2017

超级电容器 第1部分:总则

Super capacitors—Part 1: General



2017-11-01 发布

2018-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 使用条件	4
5 分类	4
5.1 概述	4
5.2 按电极分类	4
5.3 按原理分类	4
5.4 按电解质分类	4
6 质量要求和试验	4
6.1 试验分类	4
6.2 试验条件	5
6.3 试验项目	5
6.4 试验方法	7
7 安全要求	17
7.1 外壳连接的安全要求	17
7.2 其他安全要求	17
8 标志	17
8.1 单体	17
8.2 模组	17
8.3 包装箱	18
9 包装、运输与储存	18
9.1 包装	18
9.2 运输、储存与安装	18
10 环境保护	18
10.1 防止化学物质对环境的污染	18
10.2 电磁兼容性	19
10.3 噪声	19
参考文献	20

前 言

GB/T 34870《超级电容器》拟分为以下 4 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：双电层超级电容器；
- 第 3 部分：混合型超级电容器；
- 第 4 部分：电池电容器。

本部分为 GB/T 34870《超级电容器》的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电力电容器标准化技术委员会(SAC/TC 45)归口。

本部分起草单位：西安高压电器研究院有限责任公司、宁波中车新能源科技有限公司、安徽华威新能源有限公司、山东精工电子科技有限公司、南通江海电容器股份有限公司、中车青岛四方车辆研究所有限公司、中国电力科学研究院武汉分院、国网浙江省电力公司绍兴供电公司、西安西电电气研究院有限责任公司、深圳市三和电力科技有限公司、西安西电电力电容器有限责任公司、惠州亿纬锂能股份有限公司、合容电气股份有限公司、思源电气股份有限公司、厦门法拉电子股份有限公司、江苏雷特电机股份有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、上海皓月电气有限公司、安徽铜峰电子股份有限公司、上海永锦电气集团有限公司、国网安徽省电力公司电力科学研究院、河北旭辉电气股份有限公司、国网四川省电力公司电力科学研究院、莱茵技术(上海)有限公司。

本部分主要起草人：贺满潮、阮殿波、元复兴、房金兰、杨恩东、宋文权、倪学锋、王勇、许立志、江钧祥、赵鑫、贾华、田恩文、陈晓宇、吕韬、闫新育、袁中直、李祥元、刘强、张晋波、刘菁、黄顺达、葛绍志、徐柏榆、许峰、鲍俊华、赵福庆、王玉平、陶梅、李瑞桂、张宗喜、张腾、施兵。

超级电容器 第1部分:总则

1 范围

GB/T 34870 的本部分规定了超级电容器的术语和定义、使用条件、分类、质量要求和试验、安全要求、标志、包装、运输与储存以及环境保护等要求。

本部分适用于包括双电层、混合型、电池电容等类型的超级电容器。

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。

IEC 61373:2010 铁路应用 机车车辆设备 冲击和振动试验(Railway applications—Rolling stock equipment—Shock and vibration tests)

IEC 62391-1:2015 电子及电气设备用固定式双层电容器 第1部分:总规范(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 电特性的试验方法(Electric double-layer capacitors for use in hybrid electric vehicles—Test methods for electrical characteristics)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电容 capacitance

C

贮存电荷的能力。

注:改写 GB/T 2900.16—1996,定义 2.3.1。

3.2

额定电容 rated capacitance

C_R

设计电容器时所规定的电容。

注:改写 GB/T 2900.16—1996,定义 2.3.3。

3.3

超级电容器 super capacitor

一种电化学储能器件,介于普通电容器和蓄电池之间,其至少有一个电极利用双电层实现储能,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。在本标准中,“电容器”一词是当不需要特别强调“超级电容器”时的用语。

3.4

双电层超级电容器 electric double-layer super capacitor

电极采用高比表面积材料作为主要材料,通过极化电解液形成双电层来储能,无法拉第反应,在恒

流充放电过程中的时间与电压的关系曲线近似于线性,最低工作电压为 0 V。

3.5

混合型超级电容器 hybrid super capacitor

一极是双电层、另一极是非双电层的不对称型超级电容器。

3.6

水系超级电容器 inorganic electrolyte super capacitor

采用水系溶液作为电解液的超级电容器。

3.7

有机系超级电容器 organic electrolyte super capacitor

采用有机系溶液作为电解液的超级电容器。

3.8

单体 cell

电容器的基本单元,由电极、隔膜、电解质/液、引出端子和外包装构成的组装体。

3.9

模组 module

由两个或两个以上电容器单体及其附件构成的组合体。

3.10

额定电压 rated voltage

U_R

设计时所规定的电容器的最高工作电压。

3.11

最低工作电压 minimum operated voltage

U_{min}

设计时所规定的电容器的最低使用电压。

3.12

储存能量 storage energy

W

电容器自额定电压起所储存的能量。

3.13

额定能量 rated energy

W_R

设计时所规定的电容器的储存能量。

3.14

质量能量密度 mass energy density

E_{dm}

额定能量与电容器质量之比。

3.15

体积能量密度 volumetric energy density

E_{dv}

额定能量与电容器体积之比。

注:电容器的体积由外壳尺寸(不含个别突出部分)测量确定。

3.16

内阻 internal resistance

R

一个有效电阻,当串联连接于一个理想电容器、其电容值与所探讨的电容器的电容值相等时,在规定的运行条件下,其产生的损耗功率与在电容器内消耗的有功功率相等。

[GB/T 17702—2013,定义 3.35]

3.17

标称内阻 nominal internal resistance

R_N

设计时所规定的电容器内阻标称值。

3.18

电压保持能力 voltage holding characteristics

电容器充电至额定电压后,在开路状态下维持电压的能力。

3.19

质量功率密度 mass power density

P_m

电容器单位质量所能输出的功率。

3.20

最大质量功率密度 maximum mass power density

P_{dm}

充满电的电容器单位质量所能输出的最大功率。

注:该值通常利用电容器的内阻和额定电压计算得出。

3.21

体积功率密度 volumetric power density

P_v

电容器单位体积所能输出的功率。

3.22

最大体积功率密度 maximum volumetric power density

P_{dv}

充满电的电容器单位体积所能输出的最大功率。

注:该值通常利用电容器的内阻和额定电压计算得出。

3.23

充放电电流 charging and discharging current

I

电容器充电或放电时的电流值。

3.24

泄漏电流 leakage current

保持电容器额定电压所需要的电流值。

3.25

上限温度类别 upper temperature category

电容器设计时所规定的最高环境温度。

3.26

下限温度类别 lower temperature category

电容器设计时所规定的最低环境温度。

4 使用条件

海拔不大于 2 000 m。

温度类别为：

- a) $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (双电层型电容器)；
- b) $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (混合型电容器)；
- c) $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (电池电容型电容器)。

非正常使用条件由购买方和制造方进行协商,非正常使用条件包括以下情况：

- 非正常的机械撞击和振动；
- 冷却空气中含有腐蚀性和微小颗粒；
- 冷却空气中含有尘埃,特别是导电性尘埃；
- 爆炸性灰尘或气体；
- 油、水蒸气或腐蚀性物质；
- 原子辐射；
- 非正常储存或运输温度；
- 非正常湿度(热带或亚热带地区)；
- 温度(超过 5 K/h)或湿度(超过 5%/h)过度和快速变化；
- 海拔超过 2 000 m；
- 超强电磁场；
- 密封装置(空气流动性差)。

5 分类

5.1 概述

超级电容器按不同方式可以分为不同的种类。

5.2 按电极分类

按电极分为对称电容器和不对称电容器。

5.3 按原理分类

按原理分为双电层超级电容器和混合型超级电容器等。

5.4 按电解质分类

按电解质类型可分为液体电解质和固体电解质。

6 质量要求和试验

6.1 试验分类

试验分为例行试验和型式试验。

应对每只产品进行例行试验,若有一项或一项以上不合格,则判定该产品为不合格。

当材料、工艺、产品结构或所选用的配套设备有所改变,且其改变有可能影响产品的性能时,应进行型式试验。在型式试验中,若有一项不合格时,应判定为不合格。

6.2 试验条件

6.2.1 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:

- a) 温度:25 °C±5 °C;
- b) 相对湿度:25%~85%;
- c) 大气压力:86 kPa~106 kPa。

除非制造方和购买方另有协议,当必须校正时,校正时的参考温度为 20 °C。

如未特别指明,一般应先以制造方规定的电流对电容器进行恒流放电直至其最低工作电压,并在上述环境条件下放置 24 h,然后测试电容器的性能,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)。

6.2.2 测量仪器、仪表

测量仪器、仪表准确度应满足以下要求:

- a) 电压测量装置:准确度不低于 0.5 级;
- b) 电流测量装置:准确度不低于 0.5 级;
- c) 温度测量装置:具有适当的量程,其分度值不大于 1 °C,标定准确度不低于 0.5 °C;
- d) 计时器:按时、分、秒分度,准确度为±0.1%;
- e) 测量尺寸的量具:分度值不大于 1 mm;
- f) 称量质量的衡器:准确度为±0.05%以上。

6.2.3 充放电电流

除另有规定外,本部分充放电电流按恒定电流 I 选取,方式如下:

- a) 混合型电容器: $I=5I_1$ 或 $8C$ (或制造方提供的不低于 $5I_1$ 的电流),取其中较大者;
- b) 双电层电容器: $I=40I_1$ 或 $66C$ (或制造方提供的不低于 $40I_1$ 的电流),取其中较大者;
- c) 电池电容器: $3C$ 。

注 1: C 表示电容充放电时电流大小的比率,3C 就是 3 倍电流放电。

注 2: 模块的测试电流可根据并联数进行倍乘。

注 3: I_1 电容器 1 倍率充放电电流, $I_1=C_R \times (U_R - U_{\min}) / 3\ 600$ 。

6.3 试验项目

单体试验项目如表 1 所示。

表 1 单体试验项目表

序号	检验项目	条款	例行试验	型式试验	样品数量/只
1	外观及标志检查	6.4.1.1	●	●	全检
2	外形尺寸及质量检验	6.4.1.2	●	●	全检
3	电容测量	6.4.1.3	●	●	全检

表 1 (续)

序号	检验项目	条款	例行试验	型式试验	样品数量/只
4	内阻测量	6.4.1.4	●	●	全检
5	最大质量功率密度测量	6.4.1.5		●	2
6	短路放电试验	6.4.1.6		●	2
7	电压保持能力试验	6.4.1.7	●	●	2
8	高温老化试验	6.4.1.8		●	2
9	高温特性试验	6.4.1.9		●	2
10	低温特性试验	6.4.1.10		●	2
11	恒定湿热试验	6.4.1.11		●	2
12	循环寿命试验	6.4.1.12		●	2
13	过放电试验	6.4.1.13		●	2
14	过充电试验	6.4.1.14		●	2
15	跌落试验	6.4.1.15		●	2
16	穿刺试验	6.4.1.16		●	2
17	挤压试验	6.4.1.17		●	2
18	加热试验	6.4.1.18		●	2
19	海水浸泡试验	6.4.1.19		●	2
20	温度循环试验	6.4.1.20		●	2
21	阻燃试验	6.4.1.21		●	2

模组试验项目如表 2 所示。

表 2 模组试验项目表

序号	检验项目	条款	例行试验	型式试验	样品数量/只
1	外观及标志检查	6.4.2.1	●	●	全检
2	外形尺寸及质量检验	6.4.2.2	●	●	全检
3	电容测量	6.4.2.3	●	●	全检
4	内阻测量	6.4.2.4	●	●	全检
5	极对壳交流电压试验	6.4.2.5	●	●	全检
6	短路放电试验	6.4.2.6		●	1
7	电压保持能力试验	6.4.2.7	●	●	1
8	循环寿命试验	6.4.2.8		●	1
9	过放电试验	6.4.2.9		●	1
10	过充电试验	6.4.2.10		●	1
11	穿刺试验	6.4.2.11		●	1
12	挤压试验	6.4.2.12		●	1

表 2 (续)

序号	检验项目	条款	例行试验	型式试验	样品数量/只
13	振动试验	6.4.2.13		●	1
14	加热试验	6.4.2.14		●	1
15	海水浸泡试验			●	1
16	温度循环试验			●	1

注：表 1 和表 2 中，为减少样品数量，在试验性能满足试验项目要求、制造方允许的情况下，可用进行过非破坏性的样品进行其他项目试验。

6.4 试验方法

6.4.1 单体试验

6.4.1.1 外观及标志检查

在良好的光线条件下，用目测法检查电容器单体的外观，外壳不得有变形及裂纹，表面平整、干燥，无电解液溢痕。

用目测法检查电容器单体的标志，标志应清晰完整、准确无误。

6.4.1.2 外形尺寸及质量检验

用量具和衡器检查电容器单体的外形尺寸和质量，符合制造方提供的技术条件。

6.4.1.3 电容测量

6.4.1.3.1 电容

按照如下步骤测试电容器单体的电容：

- 电容器单体以恒定电流 I 充电到额定电压 U_R ；
- 电容器单体以恒定电流 I 放电到最低工作电压 U_{\min} ；
- 重复步骤 a)~b) 3 次，记录电容器电压从额定电压的 90% 至最低工作电压 U_{\min} 的放电时间 t ；
- 按式(1)计算每次循环电容器单体的电容，取其平均值。

$$C = I \cdot \frac{t}{0.9U_R - U_{\min}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- C —— 电容，单位为法拉(F)；
 I —— 充放电电流，单位为安(A)；
 t —— 充电时间，单位为秒(s)；
 U_R —— 额定电压，单位为伏(V)；
 U_{\min} —— 最低工作电压，单位为伏(V)。

电容偏差应不超过额定电容的 $\pm 10\%$ 。

6.4.1.3.2 储存能量

按照如下步骤测试电容器单体的储存能量和质量能量密度：

- 电容器单体以恒定电流 I 充电到额定电压 U_R ；

- b) 恒压 30 min;
- c) 电容器单体静置 5 s 后,以恒定电流 I 放电到最低工作电压 U_{\min} ,实时记录电容器电压 U 和时间 t 波形,重复步骤 a)~c)3 次;
- d) 分别按式(2)、式(3)和式(4)计算电容器单体的储存能量、质量能量密度及体积能量密度,取其平均值。

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

$$E_{dm} = \frac{W}{M} \dots\dots\dots(3)$$

$$E_{dv} = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

W ——储存能量,单位为瓦时(W·h);

I ——充放电电流,单位为安(A);

U ——电容器电压,单位为伏(V);

E_{dm} ——质量能量密度,单位为瓦时每千克(W·h/kg);

E_{dv} ——体积能量密度,单位为瓦时每立方米(W·h/m³);

t ——放电时间,单位为秒(s);

M ——电容器单体质量,单位为千克(kg)。

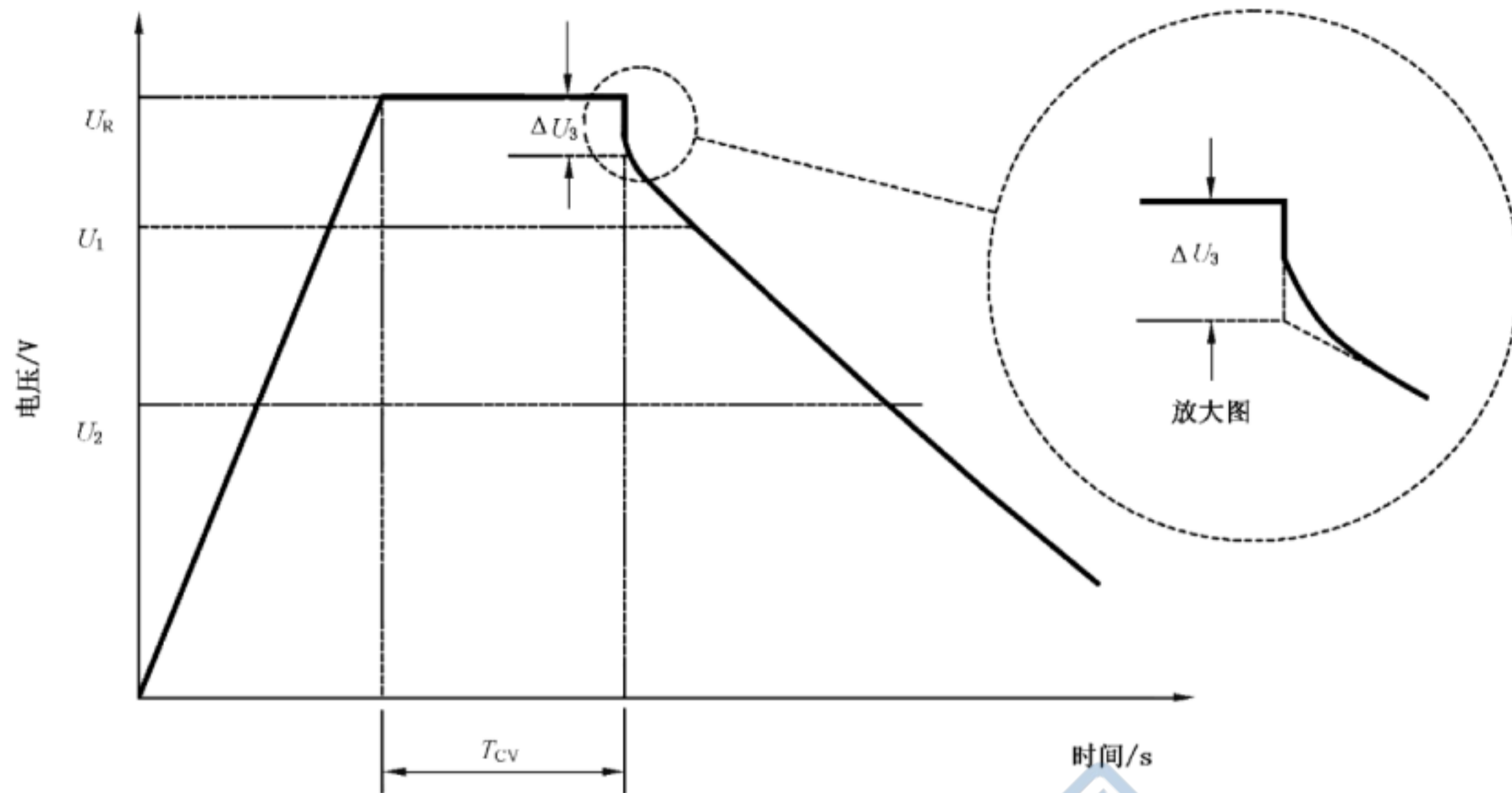
储存能量应为额定能量的 80%~120%。

6.4.1.4 内阻测量

按照如下步骤测试电容器单体的内阻:

- a) 除非另有规定,电容器用直流电源充电至 U_R 并保持 30 min;
- b) 除非另有规定,电容器充电后在规定的温度环境中适宜的时间达到热平衡;
- c) 电容器的内阻应按照 IEC 62576:2009 的 4.1.1~4.1.4 中的规定及下列 d)和 e)项的规定测量;
- d) 除非另有规定,否则测量温度应为 25 °C ±5 °C;
- e) 电压降特性测量:下降至 0.3 U_R ;
- f) 电容器的内阻应按照 IEC 62576:2009 的 4.1.6 中规定及下列规定计算:
 —— ΔU_3 :使用最小方格法应用直线从计算起始电压 U_1 ($U_1 = 0.9U_R$)到计算结束电压 U_2 ($U_2 = 0.4U_R$)接近于电压降特性。在放电开始时间获得截距(电压值)。 ΔU_3 是截距电压值与恒压充电设定值之间的电压差额。

在内阻测量过程中电容器端子间电压-时间特性如图 1 所示。



说明:

- U_R —— 额定电压,单位为伏(V);
- U_1 —— 计算起始电压,单位为伏(V);
- U_2 —— 计算结束电压,单位为伏(V);
- ΔU_3 —— 电压降,单位为伏(V);
- T_{CV} —— 恒压充电持续时间,单位为秒(s)。

图 1 内阻测量中电容器端子间电压-时间特性

内阻应不大于其标称内阻。

6.4.1.5 最大质量功率密度测量

在按照 6.4.1.4 中的方法测量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质量功率密度。

$$P_{dm} = \frac{U_R^2}{4RM} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- P_{dm} —— 最大质量功率密度,单位为瓦每千克(W/kg);
- U_R —— 额定电压,单位为伏(V);
- R —— 内阻,单位为欧姆(Ω);
- M —— 电容器单体质量,单位为千克(kg)。

最大质量功率密度应不小于其标称值。

6.4.1.6 短路放电试验

将电容器以恒定电流 I 充电至额定电压 U_R ,恒压 1 h,在 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下放置 1 h。将超级电容器经外部短路 10 min,外部线路电阻应小于 $5\text{ m}\Omega$,记录短路放电电流值和实际电阻。

试验时和试验后,样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.1.7 电压保持能力试验

按照如下步骤测试电容器的电压保持能力:

- a) 电容器单体以恒定电流 I 充电到额定电压 U_R ;
- b) 电容器单体以额定电压恒压充电 30 min;
- c) 在试验温度条件下开路静置 24 h 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。

试验后,电容器两端的电压应不低于额定电压的 85%。

6.4.1.8 高温老化试验

将超级电容器在 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下,保持额定电压储存 1 500 h,然后在室温下放置 24 h,测试其电容、储存能量和内阻,测试值应达到规定值:

- 电容不低于初始值的 80%;
- 储存能量不低于初始值的 80%。

至少每周测试一次。

6.4.1.9 高温特性试验

按照如下步骤测试电容器的高温特性:

- a) 将温度箱温度设定为上限温度类别或制造方规定的不低于上限温度类别的最高工作温度;
- b) 将电容器置于此温度下的温度箱中 6 h;
- c) 在此环境下按 6.4.1.3.1 和 6.4.1.3.2 对电容器进行检测:
 - 电容不低于初始值的 80%;
 - 储存能量不低于初始值的 80%;
 - 内阻小于初始值的 2 倍。

6.4.1.10 低温特性试验

按照如下步骤测试电容器的低温特性:

- a) 将温度箱温度设定为下限温度类别或制造方规定的不高于下限温度类别的最低工作温度;
- b) 将电容器置于此温度下的温度箱中 16 h;
- c) 在此环境下按 6.4.1.3.1 和 6.4.1.3.2 对电容器进行检测:
 - 电容不低于初始值的 70%;
 - 储存能量不低于初始值的 70%;
 - 内阻小于初始值的 2 倍。

6.4.1.11 恒定湿热试验

将超级电容器在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、90%~95%RH 条件下储存 240 h,然后在室温下放置 24 h,测试其电容、泄漏电流和内阻,测试值应达到规定值要求,且电容器性能无变。

试验时和试验后,样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.1.12 循环寿命试验

6.4.1.12.1 环境温度

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

6.4.1.12.2 试验步骤

按如下步骤进行试验:

- a) 用恒定电流 I 对电容器单体充电到额定电压 U_R , 静置 5 s;
- b) 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 5 s;
- c) 重复步骤 a) ~ b) 2 000 次;
- d) 静置 12 h;
- e) 按 6.4.1.3.1 和 6.4.1.4 检测电容器电容和内阻, 若满足:
 - 混合型超级电容器电容大于初始值的 80%, 且内阻小于初始值的 2 倍;
 - 双电层超级电容器电容大于初始值的 90%, 且内阻小于初始值的 1.5 倍;
 - 无电解液泄漏。

则跳转下一步, 否则判定为不合格并结束试验;

- f) 重复步骤 a) ~ e) n 次。混合型超级电容器 $n=5$, 双电层超级电容器 $n=10$ 。

6.4.1.13 过放电试验

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) 对电容器单体以恒定电流 I 放电直至电压为 0 V, 继续强制放电, 过放量达到额定容量的 50%;
- c) 观察 1 h。

试验时和试验后, 样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.1.14 过充电试验

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) 对电容器单体充电至其电压达到额定电压的 1.2 倍停止充电;
- c) 观察 1 h。

试验时和试验后, 样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.1.15 跌落试验

试验按如下步骤进行:

- 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 1.5 m 高度处自由跌落到水泥地面上;
- c) 观察 1 h。

试验时和试验后, 样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.1.16 穿刺试验

试验按如下步骤进行:

- a) 对电容器单体以恒定电流 I 充电至额定电压;
- b) 用 $\phi 5$ mm ~ $\phi 8$ mm 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 20 mm/s ~ 30 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)。

试验时和试验后, 样品应不爆炸、不起火。

6.4.1.17 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：垂直于电容器引出线方向；
 - 挤压板形式：半径 75 mm 的半圆柱体，半圆柱体的长度大于被挤压电容器的尺寸；
 - 挤压程度：电压达到 0 V 或单体破裂后停止挤压。
 - c) 观察 1 h。
- 试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.1.18 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 °C/min 的速率升温至 130 °C ± 2 °C，并保持此温度 30 min；
 - c) 观察 1 h。
- 试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.1.19 海水浸泡试验

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) 将电容器单体浸入 3.5% 氯化钠 (NaCl) 溶液 (重量百分比，模拟常温下的海水成分) 中 2 h，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。
- 试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.1.20 温度循环试验

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温度箱中。温度箱试验温度按照下表 3 及图 2 进行调节，温度冲击循环次数 30 次；
 - c) 观察 1 h。
- 试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

表 3 热冲击温度和时间

温度 °C	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

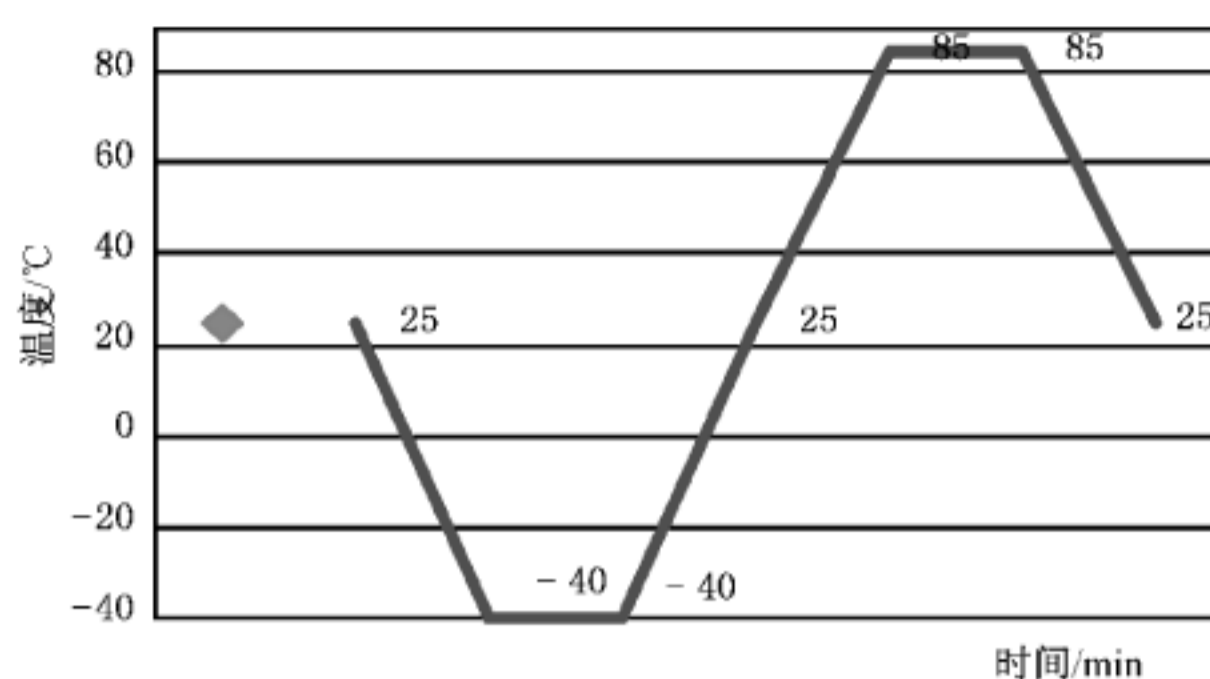


图2 温度循环试验中温度与时间关系图

6.4.1.21 阻燃试验

电容器单体燃烧试验应按照 IEC 62391-1:2015 的 5.20 中规定进行。

电容器单体应保持在火焰中最佳促进燃烧的位置。每一个电容器应仅只暴露于火焰一次。试验的严酷等级(火焰暴露时间)应由制造方给出。任何电容器单体的最大燃烧时间不应超过 30 s。

试验时和试验后,样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.2 模组试验

6.4.2.1 概述

要求每个模组由 6 个或以上电容器单体串并联组成。

6.4.2.2 外观及标志检查

在良好的光线条件下,用目测法检查电容器模组的外观,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。

用目测法检查电容器模组的标志,标志应清晰完整、准确无误。

6.4.2.3 外形尺寸及质量检验

用量具和衡器检查电容器模组的外形尺寸和质量,符合制造方提供的技术条件。

6.4.2.4 电容测量

6.4.2.4.1 电容

按照如下步骤测试电容器模组的电容:

- 电容器模组以恒定电流 I 充电到额定电压 U_R ;
- 电容器模组以恒定电流 I 放电到最低工作电压 U_{\min} ;
- 重复步骤 a)~b)3 次,记录电容器电压从额定电压的 90% 至最低工作电压 U_{\min} 的放电时间 t ;
- 按式(6)计算每次循环电容器模组的电容,取其平均值。

$$C = I \cdot \frac{t}{0.9U_R - U_{\min}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

电容偏差应不超过额定电容的 $\pm 10\%$ 。

6.4.2.4.2 储存能量

按照如下步骤测试电容器模组的储存能量和质量能量密度：

- a) 电容器模组以恒定电流 I 充电到额定电压 U_R ；
- b) 恒压 30 min；
- c) 电容器模组静置 5 s 后，以恒定电流 I 放电到最低工作电压 U_{min} ，实时记录电压 U 和时间 t 波形；
- d) 重复步骤 a)~c) 3 次；
- e) 分别按式(7)、式(8)、式(9)计算电容器模组的储存能量、质量能量密度及体积能量密度，取其平均值。

检验时，储存能量应为额定能量的 80%~120%。

$$W = \frac{I \cdot \int U dt}{3\ 600} \dots\dots\dots(7)$$

$$E_{dm} = \frac{W}{M} \dots\dots\dots(8)$$

$$E_{dv} = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(9)$$

6.4.2.5 内阻测量

按照如下步骤测试电容器模组的内阻：

- a) 除非另有规定，电容器用直流电源充电至 U_R 并保持 30 min；
- b) 除非另有规定，电容器充电后在规定的温度环境中适宜的时间达到热平衡；
- c) 电容器的内阻应按照 IEC 62576:2009 的 4.1.1~4.1.4 中的规定及下列 d) 和 e) 项的规定测量；
- d) 除非另有规定，否则测量温度应为 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ ；
- e) 电压降特性测量：下降至 $0.3U_R$ ；
- f) 电容器的内阻应按照 IEC 62576:2009 的 4.1.6 中规定及下列详细规定计算：
 —— ΔU_3 ：使用最小方格法应用直线从计算起始电压 U_1 ($U_1 = 0.9U_R$) 到计算结束电压 U_2 ($U_2 = 0.4U_R$) 接近于电压降特性。在放电开始时间获得截距(电压值)。 ΔU_3 是截距电压值与恒压充电设定值之间的电压差额。

在内阻测量过程中电容器端子间电压-时间特性如图 1 所示。

内阻应不大于其标称内阻。

6.4.2.6 极对壳交流电压试验

试验电压应施加在连接在一起的端子与外壳之间，历时 1 min。试验电压值为 3 000 V。

试验应无击穿或闪络。

6.4.2.7 短路放电试验

按如下步骤进行试验：

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

试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.2.8 电压保持能力试验

按照如下步骤测试电容器的电压保持能力：

- a) 电容器模组以恒定电流 I 充电到额定电压 U_R ；
- b) 电容器模组以额定电压恒压充电 30 min；
- c) 在试验温度条件下开路静置 24 h 后，测量电容器模组的端电压，计算端电压与额定电压的比值为其电压保持能力。

试验后，电容器两端的电压应不低于额定电压的 85%。

6.4.2.9 循环寿命试验

6.4.2.9.1 环境温度

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

6.4.2.9.2 试验步骤

按如下步骤进行试验：

- a) 用恒定电流 I 对电容器模组充电到额定电压 U_R ，静置 5 s；
- b) 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 5 s；
- c) 重复步骤 a) ~ b) 1 000 次；
- d) 静置 12 h；
- e) 按 6.4.2.3.1 和 6.4.2.4 检测电容器电容和内阻；若满足：
 - 混合型超级电容器模组的电容大于初始值的 80%，且内阻小于初始值的 2 倍；
 - 双电层超级电容器模组的电容大于初始值的 90%，且内阻小于初始值的 1.5 倍；
 - 无电解液泄漏。

则跳转下一步，否则判定为不合格结束试验；

- f) 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 $n=10$ 。

6.4.2.10 过放电试验

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器模组以恒定电流 I 充电至额定电压；
- b) 对电容器恒定电流 I 放电直至某一电容器模组电压达到 0 V，继续强制放电，过放量达到额定容量的 50%；
- c) 观察 1 h。

试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.2.11 过充电试验

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器模组以恒定电流 I 充电至额定电压；
- b) 对电容器模组充电至其电压达到额定电压的 1.5 倍或者过充量达到实际放电电容的 100% 停止充电；
- c) 观察 1 h。

试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.2.12 穿刺试验

试验按如下步骤进行：

- a) 对电容器模组以恒定电流充电至额定电压；
- b) 用 $\phi 6\text{ mm} \sim \phi 10\text{ mm}$ 的耐高温钢针、以 $20\text{ mm/s} \sim 30\text{ mm/s}$ 的速度，从垂直于电容器极板的方向，直至至少贯穿 3 个电容器单体（钢针停留在电容器中）；
- c) 观察 1 h。

试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火。

6.4.2.13 挤压试验

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器模组以恒定电流 I 充电至额定电压；
- b) 按以下条件进行试验：
 - 挤压板形式：半径 75 mm 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 1 m；
 - 挤压方向：与电容器模组在使用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；
 - 挤压程度：挤压力达到下列情况之一，保持 10 min；电容器模组变形量达到 30%，或挤压力达到电容器模组质量的 1 000 倍，或达到 500 kN 中较大值。
- c) 观察 1 h。

试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.2.14 振动试验

除非另有规定，否则振动试验应按 IEC 61373:2010 中的 1 类 A 级进行。

振动试验后，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。

6.4.2.15 加热试验

按如下步骤进行试验：

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

试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.2.16 海水浸泡试验

按如下步骤进行试验：

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

试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

6.4.2.17 温度循环试验

按如下步骤进行试验：

- a) 对电容器模组以恒定电流 I 充电至额定电压；
- b) 将电容器模组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 3 进行调节，温度冲击循环次数 30 次；
- c) 观察 1 h。

试验时和试验后，样品应不爆炸、不起火、不漏液。

7 安全要求

7.1 外壳连接的安全要求

电容器外壳应备有供连接用的螺栓(如适用时)，使电容器金属外壳的电位得以固定，并能承受对壳击穿时的故障电流。

7.2 其他安全要求

当国家有关安全规则有特殊要求时，购买方应在询价时予以说明。

8 标志

8.1 单体

每一电容器单体的铭牌上均应给出下列资料：

- a) 制造商(公司名缩写)或注册商标；
- b) 额定电压(V)；
- c) 电容(F)；
- d) 极性标志；
- e) 产品编号；
- f) 生产日期。

注：对于小电容器单体，如果不能在铭牌上标出上列所有的项目时，有些项目可在说明书中给出。

8.2 模组

每一电容器模组的铭牌上均应给出下列资料：

- a) 制造商(公司名缩写)或注册商标；
- b) 产品型号或规格；
- c) 电容(F)；
- d) 额定电压(V)；
- e) 极性标志；
- f) 产品编号；
- g) 生产日期；
- h) 防止触电。

8.3 包装箱

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；
- b) 每箱的质量；
- c) 标明防潮、不准倒置、轻放等标志，按企业产品说明书进行。

9 包装、运输与储存

9.1 包装

9.1.1 电容器

电容器的包装应符合防潮防振的要求。

9.1.2 包装箱

包装箱内应装入随同产品提供的文件：

- a) 合格证；
- b) 使用说明书；
- c) 装箱单(多只包装时)。

9.2 运输、储存与安装

9.2.1 运输

电容器运输时的荷电状态应低于 $50\%U_R$ ，在运输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。

9.2.2 储存

电容器应存放在 $-30\text{℃} \sim 40\text{℃}$ 干燥、清洁、自然通风的地方。

电容器应不受阳光直射，距离热源不得少于 2 m。

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。

电容器不得倒置及卧放，避免受机械冲击或重压。

9.2.3 安装

电容器应放置在能使电容器损耗所产生的热量以对流、传导和辐射的方式得到充分散发的地方。受到来自太阳或任何高温表面的辐射，电容器温度将会增高。

根据冷却空气温度、冷却效率以及辐射的强度和持续时间，可能需要采取下列的预防措施之一：

- 防止电容器受到辐射；
- 选择为用于较高工作空气温度而设计的电容器或使用额定电压高于规定电压的电容器。

10 环境保护

10.1 防止化学物质对环境的污染

超级电容器如果含有会污染环境或有其他危险的物质，则应按照相关规定在该设备和器件上标有

相应的标志。购买方应告知制造方这些相关规定。

当电容器是用不允许扩散到环境中的材料浸渍时,必须按照国家在这方面法律上的要求,采取预防措施。

10.2 电磁兼容性

超级电容器工作中产生的电磁干扰应符合购买方对环境电磁干扰的有关要求。

10.3 噪声

超级电容器工作中产生的噪声应符合购买方对声环境质量的有关要求。



参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.16—1996 电工术语 电力电容器
- [2] GB/T 17702—2013 电力电子电容器
- [3] GB/T 21563—2008 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验
- [4] QC/T 741—2014 车用超级电容器
- [5] IEC 61881-3:2012+A1:2013, Railway applications—Rolling stock equipment— Capacitors for power electronics—Part 3: Electric double—layer capacitors
- [6] IEC 62813:2015, Lithium ion capacitors for use in electric and electronic equipment —Test methods for electrical characteristics
- [7] UL 810A:2008, Electrochemical Capacitors





中华人民共和国
国家标准
超级电容器 第1部分:总则
GB/T 34870.1—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

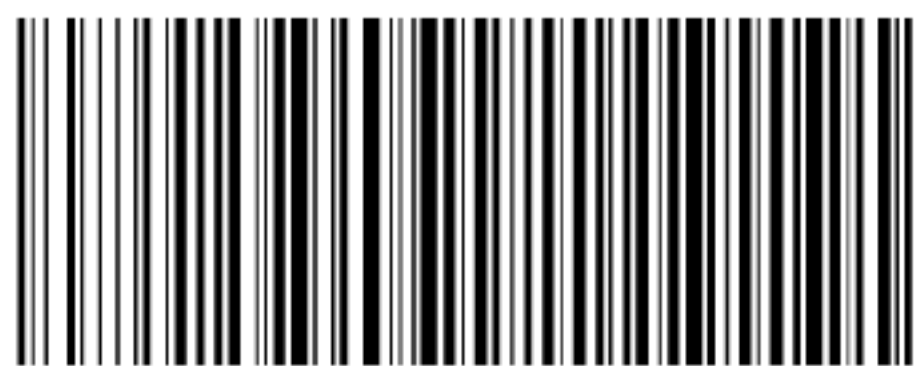
服务热线:400-168-0010

2017年11月第一版

*

书号:155066·1-58127

版权专有 侵权必究



GB/T 34870.1—2017