

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 8168—XXXX  
代替 JB/T 8168—1999

脉冲电容器及直流电容器

Pulse capacitors and DC capacitors

(报批稿)

(本稿完成日期：2020.02)

XXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

四川质安高电压工程技术研究中心

## 目 次

前言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 型号命名与产品分类.....	3
4.1 型号命名.....	3
4.2 产品分类.....	5
4.2.1 用途.....	5
4.2.2 充电工作模式.....	5
4.2.3 放电工作模式.....	5
4.2.4 使用场所.....	6
4.2.5 应用环境.....	6
4.2.6 外壳材质.....	6
5 使用条件.....	6
5.1 正常使用条件.....	6
5.1.1 海拔.....	7
5.1.2 环境温度.....	7
5.1.3 相对湿度.....	7
5.1.4 化学条件.....	7
5.1.5 机械条件.....	7
5.2 非正常使用条件.....	7
6 技术要求.....	7
6.1 外观及外形尺寸.....	7
6.2 电气连接.....	7
6.3 密封性能（如适用）.....	7
6.4 电容偏差.....	8
6.5 损耗角正切（ $\tan\delta$ ）.....	8
6.6 耐受电压水平.....	8
6.7 端子间的绝缘电阻或自放电时间常数.....	8
6.8 等效串联电感.....	8
6.9 等效串联电阻.....	9
6.10 耐久性能.....	9
7 试验分类.....	10
7.1 概述.....	10
7.2 例行试验.....	10

7.3	型式试验	10
7.4	验收试验	10
8	试验项目	10
9	试验方法	11
9.1	试验条件	11
9.2	外观及外形尺寸检验	11
9.3	密封性试验	11
9.4	电容测量	12
9.5	损耗角正切 ( $\tan\delta$ ) 测量	12
9.6	耐受电压试验	12
9.7	五次充放电试验	12
9.8	端子间的绝缘电阻或自放电时间常数测量	12
9.8.1	自放电时间法	12
9.8.2	泄漏电流法	13
9.8.3	高阻计直接测量法	13
9.9	等效串联电感测量	13
9.9.1	概述	13
9.9.2	放电电流法	13
9.9.3	差值法 (或称串联电容器法)	13
9.9.4	谐振频率法	14
9.9.5	差频电容法	14
9.9.6	仪器直接测试法	14
9.10	等效串联电阻测量	14
9.10.1	概述	14
9.10.2	对数衰减法	15
9.10.3	仪器直接测试法	15
9.11	耐久性试验	15
9.11.1	冲击电压、冲击电流、冲击分压、振荡电路用电容器的耐久性试验	15
9.11.2	直流高压及整流滤波用电容器的耐久性试验	15
9.11.2.1	直流高压用电容器的耐久性试验	16
9.11.2.2	整流滤波用电容器的耐久性试验	16
9.11.3	单次脉冲用电容器的耐久性试验	16
9.11.4	猝发脉冲用电容器的耐久性试验	16
9.11.5	连续脉冲用电容器的耐久性试验	16
10	安全要求	17
10.1	放电安全要求	17
10.2	外壳连接的安全要求	17
10.3	环境保护的安全要求	17
10.4	防爆要求	17
10.5	其他安全要求	18
11	标志	18

附录 A (资料性附录) 脉冲电容器耐久性试验数据表.....	19
图 1 产品型号组成形式.....	4
图 2 单次脉冲放电.....	5
图 3 猝发脉冲放电.....	6
图 4 连续脉冲放电.....	6
图 5 电容器短路典型放电电流波形.....	15
图 6 脉冲用电容器耐久性试验线路原理图 (单极性电源充电) .....	16
图 7 脉冲用电容器耐久性试验线路原理图 (双极性电源充电) .....	17
表 1 浸渍介质代号.....	4
表 2 极间主介质代号.....	4
表 3 端子间试验电压 (按主要用途) .....	8
表 4 端子间试验电压 (按充、放电工作模式) .....	8
表 5 电容器端子间的绝缘电阻或自放电时间常数.....	8
表 6 电容器的耐久性能 (按主要用途) .....	9
表 7 电容器的耐久性能 (按放电工作模式) .....	9
表 8 试验项目.....	11
表 A.1 脉冲电容器耐久性试验数据表.....	19

四川质安高电压工程技术研究中心

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 JB/T 8168—1999《脉冲电容器及直流电容器》。

本标准与 JB/T 8168—1999 相比，主要技术变化如下：

- 修改了部分术语和定义（见第三章，1999 年版的第三章）；
- 增加了型号命名与产品分类（见第四章）；
- 修改了电容偏差的要求（见 6.4，1999 年版的 5.2.5）；
- 修改了耐受电压水平的规定，分别按用途和工作模式进行分类（见 6.6，1999 年版的 5.2.4）；
- 增加了等效串联电阻的技术要求（见 6.9）；
- 修改了耐久性能的要求，分别按用途和工作模式进行了分类（见 6.10，1999 年版的 5.2.9）；
- 修改了等效串联电感测量的和试验方法（见 9.9）；
- 增加了等效串联电阻测量的型式试验项目和试验方法（见 9.10）；
- 修改了耐久性试验方法（见 8.11，1999 年版的 6.10）；
- 修改了标志的规定内容（见第十一章，1999 年版的第八章）；
- 增加了附录 A（资料性附录）脉冲电容器耐久性试验数据表（见附录 A）。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国电力电容器标准化技术委员会（SAC/TC 45）归口。

本标准起草单位：中国工程物理研究院流体物理研究所、西安高压电器研究院有限责任公司、桂林电力电容器有限责任公司、成都宏明电子股份有限公司、安徽铜峰电子股份有限公司、上海上电电容器有限公司、四川省绵竹西南电工设备有限责任公司、国防科技大学前沿交叉学科学院、中国电力科学研究院有限公司、厦门法拉电子股份有限公司、宁波新容电器科技有限公司、国网浙江省电力公司绍兴供电公司、西安西电电力电容器有限责任公司、宁国市裕华电器有限公司、无锡市锡脉电器有限公司、西安 ABB 电力电器有限公司、上海思源电力电器有限公司、宁波海融电器有限公司、来恩伟业（鹤壁）电子科技有限责任公司、新东北电气集团电力电容器有限公司、上海永锦电气集团有限公司、安徽华威新能源有限公司、无锡市电力滤波有限公司、山东泰开电力电子有限公司、绍兴市上虞电力电容器有限公司、无锡赛晶电力电容器有限公司、柯贝尔电能质量技术（上海）有限公司、西安华超电力集团有限公司、无锡宸瑞新能源科技有限公司、佛山市欣源电子股份有限公司、合容电气股份有限公司、上海东容电器有限公司、西安市西无二电子信息集团有限公司、南通攀帝电子科技有限公司、南通市林宇电子有限公司、陕西正泰电容器技术有限公司、国网四川省电力公司电力科学研究院、许继电气股份有限公司柔性输电系统分公司、四川省科学城久信科技有限公司、江苏普力讯电力科技有限公司、广东丰明电子科技有限公司、南通东福电气有限公司、北京中电北元电子科技有限公司、浙江台州特总电容器有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、广东捷威电子有限公司、智新电子（厦门）有限公司、安徽飞达电气科技有限公司。

本标准主要起草人：王凌云、刘菁、李兆林、高秀华、黄云锴、何红庄、高景明、邱林俊、贺满潮、陈绍义、李嵩、倪学锋、贾华、黄顺达、陈才明、李电、高琪、孙梅、卫中科、周立新、李怀玉、刘成荣、林浩、王崇祐、于智强、李建涛、杜夕山、哲东旭、陈林、鱼军寿、唐庆祝、王栋、江钧祥、孙晓武、赵鑫、李维维、朱文庆、宁小波、杨言孝、邓光昭、赵春生、戴永然、赵洋、曹路娅、李媛、王占东、付忠星、柴迪运、肖果、郭滨、卿燕玲、张晨萌、朱友谊、朱海林、朱严、韩坤、李凌飞、姚加超、

吴锋、尤松建、丁明俊、殷晓华、李志国、冒浩、李好群、李丹阳、欧名杰、谢万亮、梁亚苗、任新军、戴静、王勇平、胡忠胜。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 4704—1984、GB/T 4704—1992；

——JB/T 8168—1995、JB/T 8168—1999。

四川质安高电压工程技术研究中心

四川质安高电压工程技术研究中心

# 脉冲电容器及直流电容器

## 1 范围

本标准规定了脉冲电容器和直流电容器的术语和定义、型号命名与产品分类、使用条件、技术要求、试验分类、试验项目、试验方法、安全要求及标志等。

本标准适用于 1 kV~500 kV 的脉冲电容器和直流电容器。

本标准不适用于：

- 电力电子电容器（参见GB/T 17702）；
- 高压直流输电系统用直流滤波电容器（参见GB/T 20993）；
- 电子设备用固定电容器（参见GB/T 6346系列、GB/T 14759—2012）；
- 轨道交通 机车车辆设备 电力电子电容器（参见GB/T 25121系列）。

## 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 311.1 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则（GB/T 311.1—2012，IEC 60071-1：2006，MOD）

GB/T 2423.23 环境试验 第2部分：试验方法 试验Q：密封（GB/T 2423.23—2013，IEC 60068-2-17：1994，IDT）

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求（GB/T 16927.1—2011，IEC 60060-1：2010，MOD）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**脉冲电容器 pulse capacitor**

用于储存电能并能将其在很短时间内释放的电容器。

[GB/T 2900.16—1996，定义2.1.9]

### 3.2

**直流电容器 direct current capacitor**

用于直流电压下运行的电容器。

### 3.3

**电容器的额定电压 rated voltage of a capacitor**

$U_N$

设计电容器时所规定的电压。

[GB/T 2900.16—1996, 定义 2.3.5]

3.4

电容器的额定电容 **rated capacitance of a capacitor**

$C_N$  设计电容器时所规定的电容。

[GB/T 2900.16—1996, 2.3.3]

3.5

最大峰值电流 **maximum peak current**

$\hat{I}$

设计电容器允许正常使用的最大重复峰值电流。

3.6

单次脉冲 **single pulse**

在一段时间内, 充放电过程中出现的单次放电冲击。

3.7

猝发脉冲 **burst pulse**

在较短时间内, 集中出现多个放电冲击。

3.8

连续脉冲 **continuous pulse**

在一段时间内, 重复出现的放电冲击。

3.9

脉冲宽度 **pulse width**

在一个脉冲内, 某个电压 (电流) 到另一个相同电压 (电流) 经历的时间。

3.10

振荡电路 **oscillating circuit**

由电容器和电抗器为主体组成, 用于产生振荡电流的电路。

3.11

反峰电压率 **inverse peak voltage ratio**

放电时形成的振荡波中电压波的第一个反极性幅值与前一个幅值之比的百分数。

3.12

反峰电流率 **inverse peak current ratio**

放电时形成的振荡波中电流波的第一个反极性幅值与前一个幅值之比的百分数。

## 3.13

**自放电时间常数 self-discharge time constant**

电容器仅通过本身的绝缘电阻放电的时间，其值为绝缘电阻与电容值的乘积。

## 3.14

**等效串联电感 equivalent series inductance (ESL)**

一个有效电感，当串联连接于一个理想电容器，其电容与所探讨的电容器电容相等时，在规定运行条件下，其产生的感抗与所探讨的电容器内的感抗相等。

## 3.15

**等效串联电阻 equivalent series resistance (ESR)**

一个有效电阻，当串联连接于一个理想电容器，其电容与所探讨的电容器电容相等时，在规定运行条件下，其产生的损耗功率与在所探讨的电容器内消耗的有功功率相等。

## 3.16

**重复频率 repetition frequency**

电容器在单位时间内的充放电次数。

## 3.17

**振荡频率 oscillation frequency**

振荡放电时电压（或电流）的频率。

## 3.18

**储存能量 storage energy**

电容器实际储存的能量。

## 3.19

**额定能量 rated energy**

电容器在额定电压下所储存的能量。

## 3.20

**体积能量密度 volume energy density**

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。

## 3.21

**电容器的损耗角正切 tangent of the loss angle of a capacitor ( $\tan\delta$ )**

在规定的正弦交流电压、频率和温度下，电容器的等效串联电阻与容抗之比。

## 4 型号命名与产品分类

### 4.1 型号命名

脉冲电容器及直流电容器的型号由系列代号、浸渍介质代号、极间主介质代号、第一特征号、第二特征号共五个部分组成。其具体命名方法如图1所示。

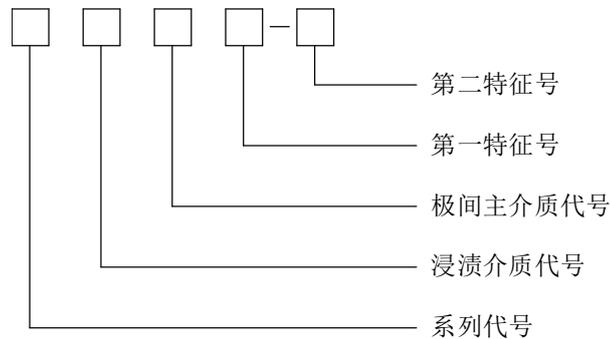


图 1 产品型号组成形式

系列代号用以表示电容器所属的系列：用字母M表示脉冲电容器；用字母Z表示直流电容器。浸渍介质代号用以表示电容器中浸渍介质的种类，其字母含义见表1。极间主介质代号用以表示电容器中极间主介质的形式和种类，其字母含义见表2。第一特征号表示电容器的额定电压，以千伏（kV）为单位。第二特征号表示电容器的额定电容，以微法（ $\mu\text{F}$ ）为单位。  
 注：制造方可根据需要在第二特征号后自行增加尾注号，以表示电容器的主要结构特征和使用特征。

表 1 浸渍介质代号

浸渍介质代号	字母含义	浸渍介质代号	字母含义
A	苯基甲苯	J	聚异丁烯
C	蓖麻油	K	空气
D	氮气	L	六氟化硫
E	环氧树脂	S	蜡（如石蜡、微晶蜡、白蜡）
F	苯基二甲苯基乙烷、苯基乙苯基乙烷	U	聚氨酯
G	硅油	Z	菜籽油

注1：当浸渍介质为几种浸渍介质的混合物时，采用其主要浸渍介质代号表示。  
 注2：当浸渍介质有多个共同点，且性能相近时，采用相同浸渍介质代号表示。

表 2 极间主介质代号

极间主介质代号	字母含义
F	膜纸复合
M	全膜
MJ	金属化膜
T	陶瓷

## 4.2 产品分类

### 4.2.1 用途

按主要用途分为：

- a) 冲击电压用电容器；
- b) 冲击电流用电容器；
- c) 冲击分压用电容器；
- d) 振荡电路用电容器；
- e) 直流高压设备、整流滤波装置用电容器。

### 4.2.2 充电工作模式

按主要充电工作模式分为：

- a) 脉冲充电型电容器；
- b) 直流充电型电容器。

### 4.2.3 放电工作模式

按主要放电工作模式分为：

- a) 单次脉冲放电用电容器，充放电状态不受上一个充放电状态影响的工作模式，如图 2 所示；
- b) 猝发脉冲放电用电容器，在较短时间内集中出现多个放电冲击，当前充放电状态不受上一次多个放电冲击影响的工作模式，如图 3 所示；
- c) 连续脉冲放电用电容器，具有重复频率指标并连续充放电运行的工作模式，如图 4 所示。

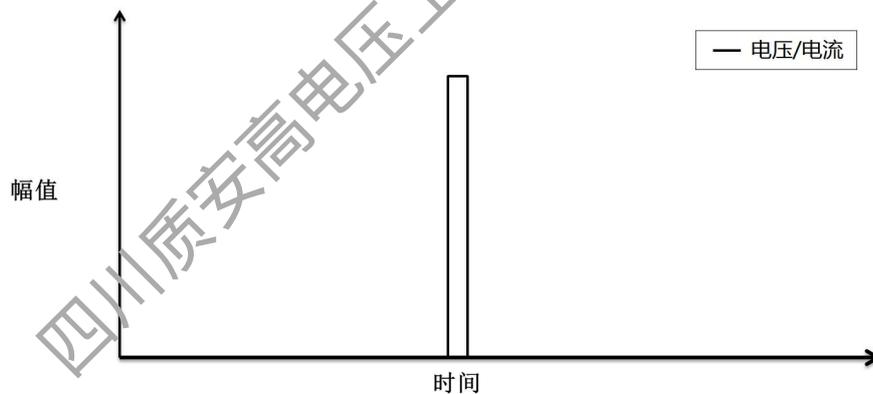


图 2 单次脉冲放电

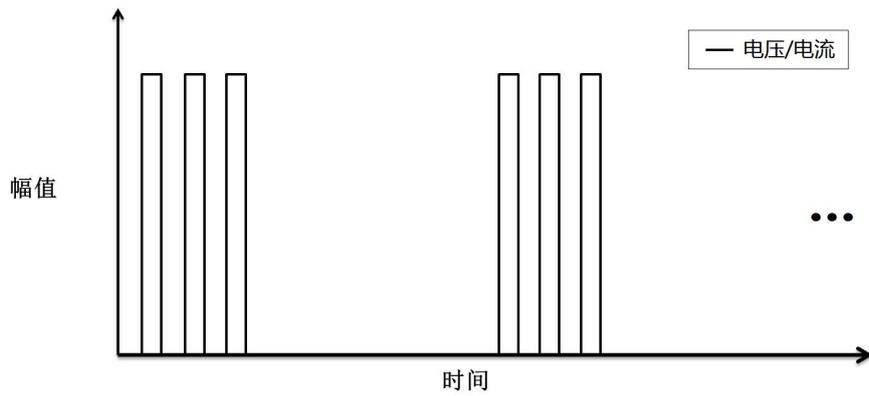


图3 猝发脉冲放电

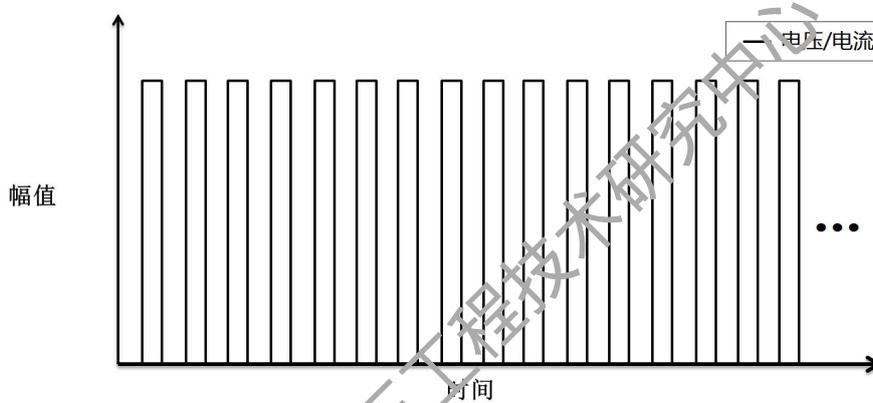


图4 连续脉冲放电

#### 4.2.4 使用场所

按使用场所分为：

- a) 户外；
- b) 户内。

#### 4.2.5 应用环境

按照应用环境分为：

- a) 大气环境；
- b) 绝缘气体；
- c) 绝缘液体；
- d) 真空环境。

#### 4.2.6 外壳材质

电容器的外壳材质分为金属与非金属两种。

### 5 使用条件

#### 5.1 正常使用条件

本标准给出的要求适用于下列条件下使用的电容器。

#### 5.1.1 海拔

安装运行地区的海拔应不超过1 000 m。

若海拔超过1 000 m，所有的外部绝缘要求应用GB/T 311.1中规定的海拔修正因数进行修正。

#### 5.1.2 环境温度

电容器可以运行的最低环境温度宜从-5℃、-25℃、-40℃、-55℃这四个优选值中选取。

电容器可以运行的最高环境温度宜从+40℃、+55℃、+70℃、+85℃、+105℃、+125℃这六个优选值中选取。

安装运行地区的环境温度优先采用下列温度类别：-5℃~+40℃，-25℃~+40℃，-40℃~+40℃，-40℃~+70℃，-55℃~+85℃。

如环境温度有特殊需求，由制造方与购买方协商确定。

#### 5.1.3 相对湿度

相对应不大于95%，特殊要求由制造方与购买方协商确定。

#### 5.1.4 化学条件

理化条件安装运行场所应无危害性气体及其他化学物质，应无易爆及易燃的危险源。

#### 5.1.5 机械条件

安装运行场所及装置应无剧烈的机械振动；  
特殊安装运行场所及装置由制造方与购买方协商确定。

#### 5.2 非正常使用条件

不符合5.1使用条件的电容器，由制造方和购买方之间协商确定。

### 6 技术要求

#### 6.1 外观及外形尺寸

电容器的外观及外形尺寸应符合产品技术条件的要求，且其金属件外露表面应有可靠的防腐蚀性。

#### 6.2 电气连接

电容器内部电气连接应牢固可靠。

#### 6.3 密封性能（如适用）

电容器应具有良好的密封性能，不应出现渗漏。

#### 6.4 电容偏差

电容实测电容与其额定电容之差，应优先允许偏差为±2%、±5%或±10%，如对电容偏差有特殊需求的，由制造方与购买方协商确定。

### 6.5 损耗角正切 ( $\tan\delta$ )

如对电容器损耗角正切有特殊要求的，由制造方与购买方协商确定。对电容器损耗角正切无明确要求的，由制造方确定。

### 6.6 耐受电压水平

电容器端子间的电介质应能承受表3或表4规定的直流试验电压，历时1 min。

当电容器存在多种用途和工作模式时，试验电压应当选择分类中较高的试验电压。

如对试验电压有特殊要求，试验电压由制造方与购买方协商确定。

凡出线端子均与外壳绝缘的电容器，其出线端子与外壳之间的绝缘应能承受的试验电压由制造方与购买方协商确定。

外壳材质为金属，出线端子与外壳相接时，其出线端子与外壳之间的绝缘应大于电容器端子间的试验电压，但最低不得低于3000V AC或4500 DC。

表3 端子间试验电压（按主要用途）

单位为千伏

主要用途	冲击电压	冲击电流	冲击分压	振荡电路	直流高压	整流滤波
试验电压	$1.2U_N$	$1.3U_N$	$1.1U_N$	$1.3U_N$	$1.2U_N$	$1.4U_N$

表4 端子间试验电压（按充、放电工作模式）

单位为千伏

充放电工作模式	脉冲充电	单次脉冲放电	猝发脉冲放电	连续脉冲放电
试验电压	$1.1U_N$	$1.1U_N$	$1.2U_N$	$1.4U_N$

### 6.7 端子间的绝缘电阻或自放电时间常数

电容器端子间的绝缘电阻或自放电时间常数应符合表5的规定。

表5 电容器端子间的绝缘电阻或自放电时间常数

额定电容	绝缘电阻 $R$ 或自放电时间常数 $RC_V$
$C \leq 1 \mu\text{F}$	$R \geq 1 \times 10^9 \text{ M}\Omega$
$C > 1 \mu\text{F}$	$RC \geq 1 \times 10^5 \text{ s}$

### 6.8 等效串联电感

电容器的等效串联电感值由购买方与制造方协商确定。

### 6.9 等效串联电阻

电容器的等效串联电阻值由购买方与制造方协商确定。

## 6.10 耐久性能

电容器的耐久性能由购买方与制造方协商确定，对电容器耐久性能无明确要求的，按主要用途或放电工作模式进行考核，应能满足表6或表7的规定。

表6 电容器的耐久性能（按主要用途）

用途	工作条件	耐久性能
冲击电压	在额定电压下，按规定的波形或电路参数充放电	充放电不低于 10 000 次
冲击电流		
冲击分压	承受峰值等于额定电压的规定波形的冲击波	充放电不低于 10 000 次
振荡电路	在额定电压下，按规定的衰减率和振荡频率作衰减振荡放电	充放电不低于 10 000 次
直流高压	在额定电压下连续运行	不低于 24 h。当有特殊要求时，由购买方与制造方协商确定。
整流滤波	一般在叠加有交流分量的直流电压下工作。脉冲电压的峰值不超过额定电压 $U_n$ ，交流分量的振幅值不超过 $0.15U_n\sqrt{50/f}$ ，其中 $f$ 为交流分量的频率，以 Hz 计。	长周期的断续运行（例如，每 24h 中运行 8 h），总运行周期数由购买方与制造方协商确定。
注 1：在规定的充放电次数或工作时间的后，电容器参数性能应满足购买方与制造方协商确定的技术要求。		
注 2：若需特殊要求的电容器，由制造方与购买方协商确定。		

表7 电容器的耐久性能（按放电工作模式）

主要放电工作模式	工作条件	耐久性能
单次脉冲放电	在额定电压下，按规定的波形或电路参数充放电。	充放电次数或工作时间由购买方与制造方协商确定，一般应不低于 50 次。
猝发脉冲放电	在额定电压下，按规定的波形或电路参数多次充放电。	充放电次数或工作时间由购买方与制造方协商确定，一般应不低于 1 000 次。
连续脉冲放电	在额定电压下，按规定的波形或电路参数作连续充放电。	充放电次数或连续工作时间由购买方与制造方协商确定，一般应不低于 10 000 次。
注：在规定的充放电次数或工作时间的后，电容器参数性能满足购买方与制造方协商确定的技术要求。		

## 7 试验分类

### 7.1 概述

电容器的试验分为：例行试验、型式试验和验收试验。

### 7.2 例行试验

例行试验由制造方对生产出的每台电容器进行试验。

### 7.3 型式试验

型式试验是在新产品生产出来时，或在生产中当产品的材料、结构或工艺有改变，且其改变有可能影响电容器某些性能时进行。对于经常生产的产品，虽没有上述改变，型式试验亦应每五年进行一次；对于不经常生产的产品，按购买方要求进行。

型式试验所用的电容器应为例行试验合格的电容器。

### 7.4 验收试验

验收试验主要是购买方在接收电容器时所需进行的试验，以确保所接收的电容器是合格品。

## 8 试验项目

试验项目如表8所示：

表 8 试验项目

项号	试验类别	试验项目	技术要求条号	试验方法条号	说明
1	例行试验	外观及外形尺寸检验	6.1	9.2	—
2		密封性试验（如适用）	6.3	9.3	—
3		电容测量	6.4	9.4	—
4		损耗角正切测量	6.5	9.5	—
5		耐受电压试验（干试）	6.6	9.6	—
6		五次充放电试验	6.2	9.7	直流电容器除外
7		端子间的绝缘电阻或自放电时间常数测量	6.7	9.8	可以在每批电容器中抽取部分电容器测量，抽测台数不少于该批电容器总台数的 5%，且最少为 3 台，抽测中如有不合格者，则该批电容器应全部进行测量
8	型式试验	五次充放电试验	6.2	9.7	仅针对直流电容器
10		耐受电压试验	6.6	9.6	对户外产品，应在淋雨状态进行
11		等效串联电感测量	6.8	9.9	—
12		等效串联电阻测量	6.9	9.10	—
13		耐久性试验	6.10	9.11	—
14	验收试验	电容测量	6.4	9.4	—
15		损耗角正切测量	6.5	9.5	—
16		耐受电压试验	6.6	9.6	所施加的试验电压应不超过额定电压

注：当验收试验有特殊要求时，由制造方与购买方协商确定。

## 9 试验方法

### 9.1 试验条件

除对特定的试验或测量另有规定外，电容器的一切试验及测量，均应在周围空气温度为+5℃~+35℃、相对湿度不大于85%的条件下进行。所测得的数据如需校正，则以标准大气条件（温度：+20℃，气压：101.3 kPa）为基准。

### 9.2 外观及外形尺寸检验

目测检查套管及箱壳，应无损伤、变形，无渗漏，金属件外表面油漆应完整、没有腐蚀。测量电气距离和外形尺寸，应符合产品技术条件的要求。

### 9.3 密封性试验

当浸渍介质为液体介质时，将未通电的电容器通体加热至各个部位温度均达到最高环境温度加5℃的温度，至少保持2h，不应发生渗漏。

当浸渍介质为固体介质时，是否进行此项试验由制造方确定。当密封性有特殊要求时，由购买方

与制造方协商确定。

当浸渍介质为气体介质时，密封性试验由购买方与制造方协商确定，试验方法可参照 GB/T 2423.23。

#### 9.4 电容测量

电容测量可在工频交流电压下用能排除由于谐波及测量电路内的附件所引起的误差的方法进行，测量电压方均根值应不大于 $0.1U_N$ ，也可采用仪器直接测量，测量系统的准确度应优于2%。

最终的电容测量，应在其他例行试验之后进行，外观及外形尺寸检验除外。

#### 9.5 损耗角正切 ( $\tan\delta$ ) 测量

损耗角正切测量可在工频交流电压下用能排除由于谐波及测量电路内的附件所引起的误差的方法进行，测量电压方均根值应不大于  $0.1U_N$ ，也可采用仪器直接测量，测量设备准确度应优于 10%。

#### 9.6 耐受电压试验

耐受电压试验按 GB/T 16927.1—2011 要求中的有关规定进行。

在试验电压下保持 1min，通过放电电阻放电。

在试验中不得出现永久性击穿和闪络；对于自愈式电容器，允许有自愈性击穿。

试验前后均应测量电容，两次测量值之差应在测量误差范围1%之内。对于全部元件并联的电容器，有内部熔丝熔断而电容器的电容仍符合 6.4 的要求时，可以作为合格品。

对于出线端子均与外壳绝缘的电容器，其出线端子与外壳之间的绝缘试验按照耐受电压试验方法进行。

对于要求在淋雨条件下使用的户外电容器，型式试验时，此项试验应在淋雨状态下进行，按 GB/T 16927.1-2011 中的湿试验进行。

#### 9.7 五次充放电试验

将电容器从低于或等于50%额定电压的数值开始升压，以适当的速度充电至额定电压，然后通过满足购买方规定电路放电，对于非常规试验条件，由制造方与购买方协商确定。

在此试验前后均应测量电容，两次测量值之差应在测量误差范围之内。对于全部元件并联的电容器，有内部熔丝熔断而电容器的电容仍符合6.4的要求时，可以作为合格品。对于自愈式电容器，电容变化应不超过 $\pm 1\%$ 。

#### 9.8 端子间的绝缘电阻或自放电时间常数测量

##### 9.8.1 自放电时间法

自放电时间常数等于测得的绝缘电阻与实测电容之乘积。将电容器充电至额定电压（冲击分压用电容器、单次脉冲电容器为 $0.8 U_N$ ），保持1 min，然后切除电源，让电容器自放电，经历一段时间后测量电压，绝缘电阻按下式计算：

$$R = \frac{t}{C \cdot \ln(U_0 / U_t)} \times 10^6 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R——绝缘电阻，单位为欧姆（Ω）；

- $t$ ——自放电经历的时间，单位为秒（s）；  
 $C$ ——电容器实测电容，单位为微法（ $\mu\text{F}$ ）；  
 $U_0$ ——自放电开始时的电压，单位为千伏（kV）；  
 $U_t$ ——自放电经历时间  $t$  的电压，单位为千伏（kV）。

### 9.8.2 泄漏电流法

将电容器充电至额定电压（冲击分压用电容器、单次脉冲电容器为  $0.8 U_N$ ），保持 1 min，测量电容器的电压及泄漏电流。绝缘电阻按下式计算：

$$R = \frac{U}{i} \times 10^6 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $R$ ——绝缘电阻，单位为欧姆（ $\Omega$ ）；  
 $U$ ——电容器上施加的直流电压，单位为千伏（kV）；  
 $i$ ——泄漏电流，单位为毫安（mA）。

### 9.8.3 高阻计直接测量法

使用高阻计将电容器充电至额定电压（冲击分压用电容器、单次脉冲电容器为  $0.8 U_N$ ），保持 1 min 及以上，当数值稳定后，读取测试值，高阻计的准确度应优于 10%。

## 9.9 等效串联电感测量

### 9.9.1 概述

等效串联电感测量，应根据电感量的要求，适当选择下述一种方法或其他行之有效的方法进行。测量时应采取措施，尽量减少附加电感。

### 9.9.2 放电电流法

用示波器测量电容器的放电电流振荡频率及对数衰减率，按下式计算电容器的电感：

$$L = \frac{1}{f^2 \cdot C \cdot (4\pi^2 + \delta^2)} \times 10^{12} - L' \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $L$ ——电容器的等效串联电感，单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）；  
 $f$ ——放电振荡频率，单位为赫兹（Hz）；  
 $C$ ——电容器实测电容，单位为微法（ $\mu\text{F}$ ）；  
 $\Delta$ ——放电对数衰减率， $\delta = \ln(I_1/I_2)$ ；  
 $L'$ ——外电路的附加电感，单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）。

### 9.9.3 差值法（或称串联电容器法）

用差值法（或称串联电容器法）测量电容器的等效串联电感。

将被测电容器 A 与同型号电容器 B 串联，接于充放电电路上，应使外电路电感与串联的电容器电感在同一个数量级上，尽量减少附加电感，并记录放电波形，然后将被测电容器 A 两端子短路，再测量放电波形。可按下式计算出被测电容器的等效串联电感：

$$L = \frac{1}{4\pi^2 C_B} \left( \frac{C_A + C_B}{C_A} \cdot T_{A+B}^2 - T_B^2 \right) \times 10^{12} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $L$ ——电容器的等效串联电感，单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）；
- $C_A$ ——被测电容器的实测电容，单位为微法（ $\mu\text{F}$ ）；
- $C_B$ ——串联的电容器的实测电容，单位为微法（ $\mu\text{F}$ ）；
- $T_{A+B}$ —— $C_A$ 与 $C_B$ 串联时的放电周期，单位为秒（s）；
- $T_B$ —— $C_A$ 被短接时的放电周期，单位为秒（s）。

#### 9.9.4 谐振频率法

测量电容器回路的谐振频率，然后按下式计算电容器的等效串联电感。

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 C} \times 10^{12} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $L$ ——电容器的等效串联电感，单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）；
- $f_r$ ——谐振频率，单位为赫兹（Hz）；
- $C$ ——电容器的实测电容，单位为微法（ $\mu\text{F}$ ）。

#### 9.9.5 差频电容法

分别用工频50 Hz及高频 $10^5 \text{ Hz} \sim 10^7 \text{ Hz}$ 电源测量电容器电容，按下式计算电容器的等效串联电感：

$$L = \frac{C_2 - C_1}{4\pi^2 f_z^2 C_2 C_1} \times 10^{12} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- $L$ ——电容器的等效串联电感，单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）；
- $C_2$ ——用高频电源测得的电容器电容，单位为微法（ $\mu\text{F}$ ）；
- $C_1$ ——用工频电源测得的电容器电容，单位为微法（ $\mu\text{F}$ ）；
- $f_z$ ——高频电源的频率，单位为赫兹（Hz）。

#### 9.9.6 仪器直接测试法

用相对误差不大于5%的测试仪器进行直接测量。

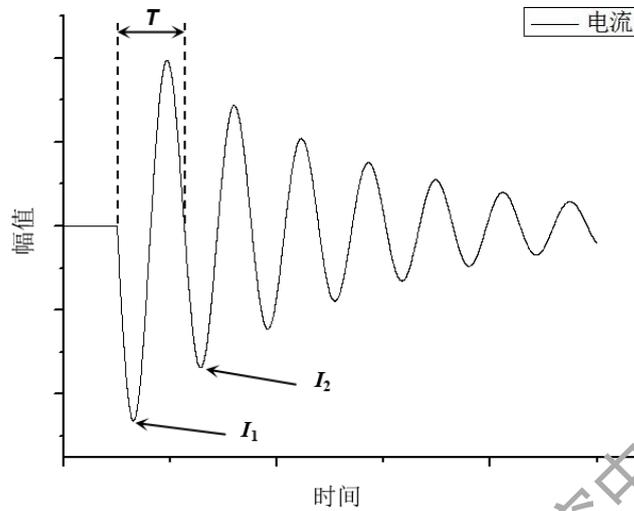
### 9.10 等效串联电阻测量

#### 9.10.1 概述

等效串联电阻测量用下列任一种方法进行。

#### 9.10.2 对数衰减法

等效串联电阻测量采用示波器测量电容器的短路放电振荡频率及对数衰减率，如图 5 所示，并按式 7 计算电容器的等效串联电阻。



$$R = \frac{2L}{T} \ln \frac{I_1}{I_2} - R' \quad (7)$$

式中：

$R$ ——电容器的等效串联电阻，单位为欧姆（ $\Omega$ ）；

$L$ ——电容器的等效串联电感，单位为亨（H）；

$T$ ——短路放电周期，单位为秒（s）；

$I_1$ ——放电波形第一峰电流值，单位为安（A）；

$I_2$ ——放电波形第二峰电流值，单位为安（A），其中  $I_1$  和  $I_2$  为放电周期内相邻并同极性电流的幅值；

$R'$ ——外电路的附加电阻，单位为欧姆（ $\Omega$ ）。

图 5 电容器短路典型放电电流波形

### 9.10.3 仪器直接测试法

可采用能够满足测试要求精度的仪器进行直接测量。

## 9.11 耐久性试验

### 9.11.1 冲击电压、冲击电流、冲击分压、振荡电路用电容器的耐久性试验

将电容器接在表6规定的工作条件的放电电路内，可参考图6或图7的试验线路进行，加压至额定电压，按规定的充放电时间间隔，充放电到10 000次。

试验前后及试验过程中均需测量电容器的电容，测得的电容之差应在协议允许范围内。

### 9.11.2 直流高压及整流滤波用电容器的耐久性试验

试验方法由制造方与购买方协商确定。如无有关协议，推荐使用下述试验方法。

#### 9.11.2.1 直流高压用电容器的耐久性试验

将电容器施加直流电压至额定值，历时 24 h。试验前后均测量电容器的电容和损耗角正切，测得

的电容及损耗角正切之差应在协议允许范围内。

#### 9.11.2.2 整流滤波用电容器的耐久性试验

将电容器施加直流电压至额定值，并叠加幅值为 20%额定电压值的 50 Hz 交流电压，历时 24 h。在试验前后均需测量电容器的电容和损耗角正切，测得的电容及损耗角正切之差应在协议允许范围内。

#### 9.11.3 单次脉冲用电容器的耐久性试验

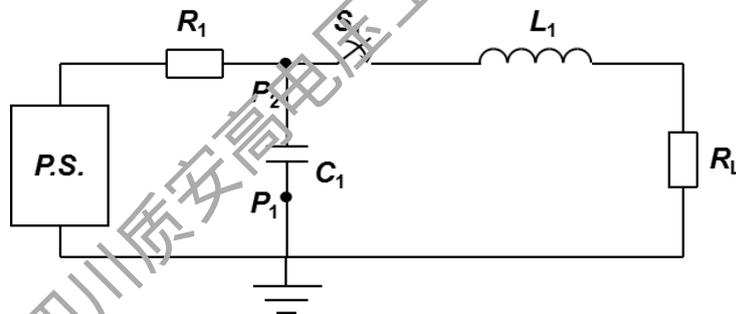
试验方法由制造方与购买方协商确定，如无相关技术协议规定，应将电容器接在表7规定的工作条件的放电电路内，可参考图6或图7的试验电路进行。

#### 9.11.4 猝发脉冲用电容器的耐久性试验

试验方法由制造方与购买方协商确定，如无相关技术协议规定，应将电容器接在表7规定的工作条件的放电电路内，可参考图6或图7的试验电路进行。

#### 9.11.5 连续脉冲用电容器的耐久性试验

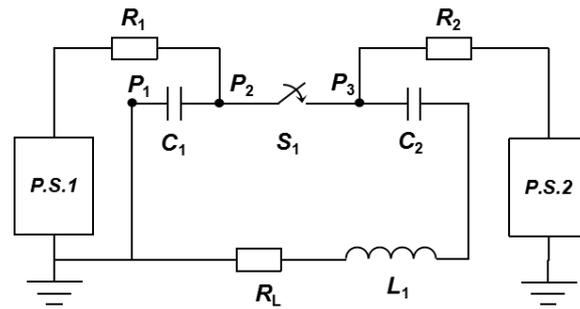
试验方法由制造方与购买方协商确定，如无相关技术协议规定，应将电容器接在表7规定的工作条件的放电电路内，可参考选择图6或图7的试验线路。在试验过程中，除规定工作电压、电容等参数外，应确定并记录充电时间、电压维持时间、最大峰值电流、反峰电流率、重复频率等，可参考选择表 A.1 脉冲电容器耐久性试验数据表。



图中：

- P.S. —— 充电电源；
- $R_1$  —— 充电电阻；
- $C_1$  —— 被测电容；
- $S_1$  —— 开关；
- $L_1$  —— 回路电感；
- $R_L$  —— 回路电阻；
- $P_1$  —— 电流监测点；
- $P_2$  —— 电压监测点。

图6 脉冲用电容器耐久性试验线路原理图（单极性电源充电）



图中：

$P.S._1$  —— 充电电源 1；

$P.S._2$  —— 充电电源 2；

$R_1$  —— 充电电阻 1；

$R_2$  —— 充电电阻 2；

$C_1$  —— 被测电容 1；

$C_2$  —— 被测电容 2；

$S_1$  —— 开关；

$L_1$  —— 回路电感；

$R_L$  —— 回路电阻；

$P_1$  —— 电流监测点 1；

$P_2$  —— 电压监测点 2；

$P_3$  —— 电压监测点 3。

图 7 脉冲用电容器耐久性试验线路原理图（双极性电源充电）

## 10 安全要求

### 10.1 放电安全要求

无论是在试验期间、使用期间或是放置期间，在接触电容器之前，必须将电容器进行可靠放电并接地。

当电容器为金属外壳时，用接地棒将电容器两极可靠放电后，将两极短接，并将两极分别与外壳短接，然后用裸铜线将电容器的各端子短接起来，与外壳相接后接地。

当电容器为非金属外壳时，用接地棒将电容器两极可靠放电后，将两极短接，然后用裸铜线将电容器的各端子短接起来后直接接地。

### 10.2 外壳连接的安全要求

为使电容器（如果是金属外壳）的电位得以固定，并能承受极对壳击穿时产生的故障电流，在金属外壳上应备有一个能承受故障电流的连接件，并有明显标识。

电容器试验后，必须用裸铜线将电容器的各端子间及与外壳间（如果是金属外壳）短接起来。短接线应一直保留到使用时拆除。

### 10.3 环境保护的安全要求

当电容器含有不允许扩散到环境中的材料时，按照相关法律执行，采取预防措施。

#### 10.4 防爆要求

当电容器有防爆要求时，由制造方与购买方协商确定。

#### 10.5 其他安全要求

当在所应用的安全规则方面有特殊要求时，购买方应在询价时予以说明。

### 11 标志

每台电容器的铭牌应标明下列内容：

- a) 名称；
- b) 型号；
- c) 额定电压，kV；
- d) 实测电容或额定电容及电容偏差， $\mu\text{F}$  或  $\text{mF}$ ， $\pm\%$ ；
- e) 环境温度；
- f) 编号；
- g) 制造年月或代码；
- h) 制造方的名称或商标；
- i) 最大峰值电流，kA（可选）；
- j) 体积能量密度，kJ/L（可选）；
- k) 重量，kg（可选）；
- l) 执行标准 JB/T 8168—XXXX。

四川质安高电压工程技术研究中心

