

# 中华人民共和国国家军用标准

FL 6102

GJB/Z 148A—2024

代替 GJB/Z 148—2006

## 军用电容器选择和应用指南

Guideline for selection and use of military capacitors

2025-01-07 发布

2025-03-01 实施



中央军委装备发展部 颁布

## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	3
4.1 电容器类型的选择	3
4.2 产品识别	3
4.3 列入本指导性技术文件的准则	3
5 详细要求	3
附录 A (资料性附录) 一般使用信息	4

## 前 言

本指导性技术文件代替 GJB/Z 148—2006《军用电容器选择和应用指南》。本指导性技术文件与 GJB/Z 148—2006 相比，主要有如下变化：

- a) 修改了常用电容器选择示例(见表 A.2)；
- b) 修改了各类电容器适用的主要场合(见表 A.3)；
- c) 增加了电容器适用于高压电路时需采取的防护措施；
- d) 删除了可变电容器的相关规定(2006 版 A.3.1.2)；
- e) 删除了 GJB 1520 涉及产品的相关规定(2006 版 A.3.2.4)；
- f) 删除了玻璃电容器的相关规定(2006 版 A.3.3)；
- g) 增加了高压多层瓷介电容器、单层片式瓷介电容器、多芯组瓷介电容器、板式阵列多层瓷介电容器、固体电解质铝固定电容器的相关规定；
- h) 细化了各类产品的潮湿工作条件；
- i) 补充了产品储存条件及储存期后复验的要求；
- j) 删除了云母电容器中“MIL—PRF—87164”的相关规定(2006 版 A.3.4.2)；
- k) 删除了 GJB 732、MIL—PRF—87217 的相关规定(2006 版 A.3.5.1、A.3.5.4)。

本指导性技术文件的附录 A 是资料性附录。

本指导性技术文件由中央军委装备发展部综合计划局提出。

本指导性技术文件起草单位：工业和信息化部电子第四研究院、中国振华(集团)新云电子元器件有限责任公司、成都宏科电子科技有限公司、成都宏明电子股份有限公司、北京七星飞行电子股份有限公司、株洲宏达电子股份有限公司。

本指导性技术文件主要起草人：刘学孔、张 波、吴晓东、王 珏、李 杨、易金峰。

GJB/Z 148 于 2006 年首次发布。

# 军用电容器选择和应用指南

## 1 范围

本指导性技术文件规定了军用设备设计和制造所选用的推荐类型电容器和军用设备所使用电容器的选择和应用指南。本指导性技术文件仅作为指南应用，不作为要求引用。本指导性技术文件中所有数据仅供参考。

本指导性技术文件中提及的电容器的要求在相应的规范中进行规定。

本指导性技术文件适用于下列用途：

- a) 为设计师选用电容器提供参考依据；
- b) 限制军用电容器的品种，减少使用的品种，以方便设备的战场使用及后勤保障；
- c) 概述军用设备中有关电容器的使用、选择和应用准则，为设计师在选用电容器时提供参考；
- d) 为编制军用设备采购用的推荐电容器手册提供参考。

## 2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本指导性技术文件的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单（不包括勘误的内容）或修订版本都不适用于本指导性技术文件，但提倡使用本指导性技术文件的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本指导性技术文件。

- |                |                           |
|----------------|---------------------------|
| GJB 63C—2015   | 固体电解质钽固定电容器通用规范           |
| GJB 191B—2009  | 含宇航级云母固定电容器通用规范           |
| GJB 192B—2011  | 有失效率等级的无封装多层片式瓷介固定电容器通用规范 |
| GJB 468A—2011  | 1类瓷介固定电容器通用规范             |
| GJB 603A—2011  | 有失效率等级的铝电解电容器通用规范         |
| GJB 733B—2011  | 有失效率等级的非固体电解质钽固定电容器通用规范   |
| GJB 924A—2012  | 2类瓷介固定电容器通用规范             |
| GJB 972B—2018  | 塑料膜介质非金属壳交直流电容器通用规范       |
| GJB 1214A—2009 | 含宇航级金属化塑料膜介质密封固定电容器通用规范   |
| GJB 1940A—2012 | 高压多层瓷介固定电容器通用规范           |
| GJB 2283A—2014 | 片式固体电解质钽固定电容器通用规范         |
| GJB 2442A—2021 | 有失效率等级的单层片式瓷介电容器通用规范      |
| GJB 2649A—2011 | 军用电子元件失效率抽样方案和程序          |
| GJB 4157A—2011 | 高可靠瓷介固定电容器通用规范            |
| GJB 6788—2009  | 含宇航级的多芯组瓷介固定电容器通用规范       |
| GJB 10175—2021 | 固体电解质铝固定电容器通用规范           |
| GJB 10176—2021 | 板式阵列瓷介固定电容器通用规范           |

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指导性技术文件。

### 3.1 环境温度 **ambient temperature**

物体周围空气、气体、液体等介质的平均温度。

3.2 阳极 anode

电容器的正极。

3.3 电容量 capacitance

外加一给定电压时，表征电容器储存电荷能力的参数。

注：单位为法拉(F)、微法拉( $\mu\text{F}$ )或皮法拉(pF)。

3.4 电容量允许偏差 capacitance tolerance

在标准(或规定)的环境条件下，制造厂所生产电容器的电容量与规定标称值的最大允许偏差。

3.5 失效率等级 failure rate level

按通用规范中规定的置信度和控制条件所验证的定量最大失效率，通常以每试验 1000h 的失效百分数为单位来表示(%/1000h)。

3.6 容抗 capacitive reactance

表征阻碍交流或脉冲电流通过电容器的能力，单位为欧姆( $\Omega$ )。

3.7 电容器 capacitor

本体部分由中间隔以绝缘材料(介质)的两个导电表面组成的电子元件。电容器能存储电能，隔离直流电流，或允许通过交流或脉冲电流，其通过程度取决于电容量和频率。

3.8 阴极 cathode

电容器的负极。

3.9 直流漏电流 DC leakage; DCL

在绝缘层两端施加某一直流电压时，流过或跨过固体或液体绝缘表面的，数值相对较小的杂散直流电流，单位为毫安(mA)或微安( $\mu\text{A}$ )。

3.10 介质 dielectric

电容器极板间的绝缘材料(如空气、纸、云母、陶瓷、油等)。

3.11 介质吸收 dielectric absorption

在材料体内由于电场作用产生且不返回到该电场的电荷所表征的一种不良介质特性。

3.12 介电常数 dielectric constant

电容器施加单位电压时，决定每个单位体积能贮存多少静电电能的介质材料的特性(即用给定介质填充的电容器的电容量与具有真空介质的相同电容器的电容量之比)。

3.13 介电强度 dielectric strength

介质材料不发生破坏的情况下单位面积能承受的最大电压(介电强度与材料的厚度和试验条件有关)，单位为伏特每平方米( $\text{V}/\text{mm}^2$ )。

3.14 损耗因数(损耗角正切) dissipation factor (DF)

电容器等效串联电阻与容抗之比。

3.15 电解质 electrolyte

在电容器两个电极或极板间传导电流的固体或液体溶液，至少有一个电极或极板被介质薄膜覆盖。

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

阻抗平方与电抗平方之差的平方根，单位为欧姆( $\Omega$ )或毫欧姆(m $\Omega$ )。

3.17 浸渍剂闪火点 flashpoint of impregnant

液体或固体浸渍剂加热使其充分蒸发而形成可燃性混合物所必须达到的加热温度。

3.18 阻抗 impedance (Z)

阻碍交流电流或脉冲电流通过电容器的总能力(阻抗是等效串联电阻和容抗的矢量和，即电压与电流的复数比)，单位为欧姆( $\Omega$ )。

3.19 感抗 inductive reactance

电容器工作在自谐振频率以上时，表征阻碍交流或脉冲电流通过电容器的能力，单位为欧姆( $\Omega$ )。

### 3.20 绝缘电阻 **insulation resistance (IR)**

被绝缘材料隔离的两个导体间的直流电阻，单位为欧姆( $\Omega$ )。

注：电容器通常进行两种绝缘电阻测试，一种试验是确定引出端之间的绝缘电阻，另一种测试是确定一个或多个引出端与外壳或绝缘套管之间的绝缘电阻。

### 3.21 功率因数 **power factor (PF)**

等效串联电阻与阻抗之比。

### 3.22 品质因数 **quality factor (Q)**

容抗与等效串联电阻之比。

### 3.23 射频干扰 **radio interference**

可能干扰电气或电子通信设备，或其他设备工作的不希望传导或辐射干扰，包括瞬时干扰。

### 3.24 纹波电压(或电流) **ripple voltage (or current)**

单方向电压或电流的交流分量(交流分量相对直流分量是较小的)。

### 3.25 稳定性 **stability**

电容器防止特性值和系数发生变化的能力。

### 3.26 浪涌电压(或电流) **surge voltage (or current)**

在电路某一点电压或电流的瞬时变化；由于电路不连续而导致的短时高电压或强电流。

### 3.27 温度系数 **temperatue coefficient (TC)**

温度变化 1K 导致的电容器容量变化量，温度系数可为正值、负值或零，通常用  $10^{-6}/K$  表示。

### 3.28 温度特性 **temperature characitance**

在一个不超出类别温度范围的给定温度范围内，所出现的电容量最大可逆变化。一般此变化表示为相对 25℃ 时电容量的百分比。

注：该术语主要适用于电容量随温度而线性和非线性变化，且不能精确地表示出来的电容器。

## 4 一般要求

### 4.1 电容器类型的选择和使用

#### 4.1.1 概述

在满足要求的前提下，任何具体设备中使用的电容器应选择最少类型的电容器。其次应考虑成本和可采购性。本指导性技术文件中列出的电容器符合推荐类型的所有准则(见 4.3 和表 A.1)，一般使用信息参见附录 A。

#### 4.1.2 可靠性

若作为设备要求的一部分，指明要使用规定了定量可靠性要求的、确立了失效率等级的电容器时，应从符合有失效率等级的规范的电容器中选择。

#### 4.1.3 合格货源

所需的电容器完成初步选择后，应参阅合格产品目录和具有供货资格的供应方的产品样本。

### 4.2 产品识别

本指导性技术文件所列电容器的型号命名，其识别方法见适用的规范。

### 4.3 列入本指导性技术文件的准则

列入本指导性技术文件的电容器类型应符合下列准则：

- a) 符合国家军用标准、军工行业标准的电容器；
- b) 军用设备中通常采用的最优的电容器类型；
- c) 生产过或正在生产的电容器；
- d) 预计研发的电容器。

## 5 详细要求

推荐电容器类型的详细要求见 GJB 63C—2015、GJB 191B—2009、GJB 192B—2011、GJB 468A—2011、GJB 603A—2011、GJB 733B—2011、GJB 924A—2012、GJB 972B—2018、GJB 1214A—2009、GJB 1940A—2012、GJB 2283A—2014、GJB 2442A—2021、GJB 4157A—2011、GJB 6788—2009、GJB 10175—2021 和 GJB 10176—2021。相关通用规范新版本发布后，推荐采用新版本的相关要求。

附录 A  
(资料性附录)  
一般使用信息

## A.1 范围

### A.1.1 总则

本附录的内容是用来帮助选择适宜的电容器(关于适宜的电容器类型的信息见相应的章条)。为了能正确选择所使用的电容器,使用者应尽可能多地了解可供选择的各种电容器,了解各种电容器的优缺点、在多种环境下的性能、内部结构、电容器对电路的影响、电路对电容器的影响,以及有关电容器失效方面的知识。

### A.1.2 电容器的使用

电容器作为一种储能元件,用于长时间内积累电能和长时间或短时间释放能量。RC 电路能够长时间的保持电路的偏置,而在滤波电路中,能抑制纹波电流,旁路(隔直)电容器用于在不阻碍交流的情况下防止直流通过,还用于在允许高频电流通过的同时削弱低频电流。电容器与电阻器组合用于降低触点飞弧引起的射频干扰,以及延长触点的使用寿命。

### A.1.3 电容器类型

在电子设备中广泛使用的电容器是云母电容器、电解电容器、塑料膜电容器、陶瓷电容器。这些电容器的体积、成本、电容量和一般性能相互都有差异。就某一特性而言,有些类型电容器比其他类型电容器好,但没有一种电容器的所有性能都是最好的。因此,电容器的选择取决于初始的和长期的工作环境要求,以及设计者所了解的其他多种因素。在最终决定使用何种电容器时,设计者应切实考虑到具体应用场合对电容器的所有要求,并将各种电容器的优缺点进行比较。表 A.1 列出了本指导性技术文件中所列的通用规范中规定的电容器类型的产品特点。表 A.2 提供了详细的电容器选择示例。

表 A.1 电容器类别

类别	标准编号	产品特点说明
陶瓷电容器	GJB 468A—2011	温度补偿(有和无失效率等级)
	GJB 4157A—2011	温度稳定和通用(高可靠)
	GJB 924A—2012	一般用途(有和无失效率等级)
	GJB 6788—2009	多芯组(一般可靠和高可靠)
	GJB 192B—2011	多层片式(有失效率等级)
	GJB 1940A—2012	高压多层(无失效率等级)
	GJB 10176—2021	板式阵列多层(无失效率等级)
	GJB 2442A—2021	单层片式(有失效率等级)
电解电容器	GJB 63C—2015	固体电解质钽(有和无失效率等级)
	GJB 733B—2011	非固体电解质钽(有失效率等级)
	GJB 603A—2011	非固体电解质铝(有失效率等级)
	GJB 2283A—2014	片式固体电解质钽(有失效率等级)
	GJB 10175—2021	固体电解质铝(无失效率等级)
云母电容器	GJB 191B—2009	高稳定性(有失效率等级和宇航级)
塑料膜电容器	GJB 972B—2018	直流或交直流(有失效率等级)
	GJB 1214A—2009	直流/交流和交直流密封(有失效率等级)

表 A.2 常用电容器选择示例

通用规范	详细规范	型号	结构(尺寸) mm	电容量和电压范围
GJB 468A—2011	GJB 468/8—2014	CCK401	树脂包封、单向引出 4.8×3.8×3.2	1pF~1000pF 50V、100V、200V
GJB 4157A—2011	GJB 4157/1—2011	CCS410805	无包封片式 2.00×1.25×1.40(0805)	1pF~1000pF 50V、100V
GJB 924A—2012	GJB 924/1—2011	CTK401	树脂包封、单向引出 5.08×5.08×3.20	4700pF~100000pF 50V
GJB 6788—2009	—	CCS4901	无包封水平堆叠 3.05×6.35×7.62	0.01μF~5.6μF 50V、100V、200V、 500V
GJB 192B—2011	GJB 192/1—2011	CCK410805	多层片式、无包封 2.00×1.25×1.30(0805)	1pF~22000pF 50V
GJB 1940A—2012	—	CC4801	树脂包封、单向引出 10.2×10.2×6.0	1pF~3300pF 1kV、2kV
GJB 10176—2021	—	CT4P/599	板式阵列、配套 GJB 599 电连接器 Φ17×3.0	1000pF 200V
GJB 2442A—2021	—	CTK1101	单层片式、P型引出端 0.38×0.38×0.07	8.2pF~240pF 50V、100V
GJB 63C—2015	GJB 63/1B—2011	CAK	金属壳密封、烧结阳极、极性、 带绝缘外套、轴向引出 Φ3.2×8.0	0.1μF~470μF 6.3V~100V
GJB 733B—2011	GJB 733/1—2011	CAK35	银外壳密封、烧结阳极、极性、 带绝缘外套、轴向引出 Φ5×14	1μF~1200μF 6.3V~125V
GJB 603A—2011	—	CDK11	金属外壳、带绝缘外套、极性、 非固体电解质、单向引出 Φ5.0×11.5	1μF~100μF 10V~63V
GJB 2283A—2014	GJB 2283/1—2011	CAK45	模压封装、片式、极性 3.2×1.6×1.6	0.1μF~100μF 4V~50V
GJB 10175—2021	—	CDG55	堆叠阳极铝箔、导电聚合物 电解质、模压封装 7.3×4.3×2.8	3.3μF~560μF 2V~35V
GJB 191B—2009	GJB 191/1—2011	CYK1	卡子结构、环氧树脂包封、 轴向引出 13.0×7.0×4.6	51pF~2000pF 100V~250V
GJB 972B—2018	—	CLK12	树脂包封、单向引出 19×15×25	0.001μF~0.47μF 63V~400V
GJB 1214A—2009	—	C9K41	金属壳密封、轴向引出 Φ12×22	0.01μF~1μF 50V~100V

## A.1.4 环境对电容器特性和寿命的影响

## A.1.4.1 概述

所有电容器的特性和寿命都依赖于所暴露的环境，各种环境对电容器的影响见 A.1.4.2~A.1.4.8。

#### A.1.4.2 温度

温度对电容器的影响如下：

- a) 介质工作温度与下列因素有关：
  - 1) 电容器所处的环境温度；
  - 2) 辐射或传导到电容器的热量；
  - 3) 电容器导体及介质按照  $I^2R$  的规律产生的内部发热；
  - 4) 电容器内部材料的物理结构和导热性；
  - 5) 通过传导和对流将内部热量传递到电容器壳体；
  - 6) 电容器壳体通过对流、传导和辐射形式散发的热量。
- b) 温度升高时绝缘电阻下降，功率因数随温度而变化的规律很复杂，对于极化介质电容器，温度—频率两种因素可造成功率因数增加。在低温下，这种情况不会显现出问题，因为内部热量会提高介质温度，同时降低功率因数。在高温下，功率因数的升高有可能导致热不稳定性，这一点必须注意；
- c) 极化介质电容器的电容量是温度、电压和频率的复杂函数；非极化介质比极化介质变化更小，值得注意的是，随着环境温度的降低，比较小的温度变化也能导致许多介质的电容量大幅降低。在上述温度下，功率因数的升高能显著提高介质温度，从而恢复失去的电容量；然而，必须考虑到的是，当电容器在低温条件下初始赋能时，电容量只能达到标称值的百分之几，若电容器会受内部发热影响时，必须考虑电容器的热时间常数。温度会导致内部尺寸变化，从而导致导体面积和导体间距离发生变化，会引起电容量变化；
- d) 每种介质材料的介电强度与材料和测试温度有关；
- e) 通常电容器的寿命会随温度上升而下降，电容器寿命与工作温度的关系是很复杂的，要根据寿命试验的数据确定。在缺乏数据的情况下，常用化学反应  $10^\circ\text{C}$  法则作粗略估计，该法则是每升高  $10^\circ\text{C}$ ，寿命折半，但此法则不适用于生产制造厂规定的温度范围之外，因为在极端温度下会发生性质完全不同的化学反应，在没有深入研究的情况下，此法则不适用于液体和气体介质；
- f) 工作温度和温度变化同样影响承载介质的机械结构，由于机械装置的温度特性，采用弹性材料或垫片密封的引出端有可能泄露。不同导热系数的材料膨胀或收缩，会引起连接处泄露。玻璃绝缘子引出端的电解效应随温度升高而增大，气体及液体内部压力的升高也可能引起泄露。由于温度下降导致的内部压力下降有可能引起内部飞弧；
- g) 如果电容器处在某个高温工作的元器件附近，还应考虑到浸渍剂的闪火点。

#### A.1.4.3 压力

压力对电容器的影响主要包括：

- a) 压力与温度、频率、湿度共同作用会对气体的介电强度产生影响。气密封电容器的引出端必须设计成能在要求的压力下工作；
- b) 压力与电容器通过对流耗散的热量有关；
- c) 降低压力有可能导致密封电容器泄漏。在长方体壳体中增加对卷绕电容器芯子组件的压力，使得导体间距离减小从而导致电容量增加。

#### A.1.4.4 冲击和振动

冲击和振动等会引起电容器内部微损伤或壳体裂纹，导致产品电容量下降，直流漏电流增大，严重时可导致产品击穿失效。适用时，电容器和安装支架应设计成能满足特定应用环境下的冲击和振动的要求。

#### A.1.4.5 潮湿

介质受潮能使电容器介电强度、寿命和绝缘电阻下降，并使功率因数上升。对于模压型电容器，长

期储存在潮湿环境中，经回流焊时易出现壳体开裂的“爆米花”现象。通常，在高湿度环境下工作的电容器一般应是气密封的，对非气密封的压力接触结构，湿度有可能导致高接触电阻或接触点断开。

#### A.1.4.6 老化

电容器老化通常用于描述瓷介电容器出现的电容量随时间呈对数关系减小的现象。正如人们所期望的，较稳定的介质有较低的老化率。

温度稳定型介质，例如 GJB 468A—2011 和 GJB 192B—2011 中规定的，在  $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$  的工作温度范围内温度系数为  $(0\pm 30)\times 10^{-6}/\text{K}$  的电容器，基本不会出现老化现象，然而，所有高介电常数的瓷介电容器都表现出老化特性。

通用型介质，尤其是工作温度范围在  $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$  内，电容量变化在  $\pm 15\%$  (或更大) 的介质，通常是高介电常数类的介质，这类介质在应用时的老化现象是需要引起关注的。

钛酸钡配方的高介电常数的陶瓷介质通常表现出一种现象，即居里点相变现象。简言之，当温度在  $120^{\circ}\text{C}$  及其以上时，组成陶瓷微观结品的细小晶体绝大部分是立方相对称结构，而当温度在  $120^{\circ}\text{C}$  以下时，这些晶体呈现四面体形状，结晶体相转换与老化之间的特定关系尚不能明确地理解，但已知的是结晶体相转换与老化是有直接联系的，当晶体从立方相变为四方相时，介质内部会产生压力，随后逐渐消除。这种电性能的“老化”现象似乎与压力消除的机械模型遵循同样的对数模式。每当电容器被加热至接近  $120^{\circ}\text{C}$  (居里点)，所有可能发生的电容量降低现象都会恢复。一旦冷却，老化循环将再次开始，这一恢复过程通常称为“去老化”。老化与去老化的整个过程是可预测的，并可能无限地重复。

另一个影响电容器老化的重要参数是施加的极化电压。施加电压的大小接近电容器额定直流电压时，电容量急剧下降；而撤去电压后，电容器无法恢复到初始的极化值。如果用一个已知其老化特征的电容器进行此试验，并将结果绘成曲线，此曲线与图 A.1 相似。

直流电压和随之而发生的电容器微观结构的介质极化起到了恢复介质中一些应力的作用。此作用使其老化曲线上的时间点大约提前了 15 倍。

大部分工业用最新通用型介质的老化率在  $1.5\%\sim 4\%$  不等。

总而言之，在处理瓷介电容器老化现象时，要注意以下几点：

- 老化的过程是可重复的和可预测的；
- 电容量的变化是逐渐减小，并与时间呈对数关系；
- 施加直流偏压可及时将曲线上的转折点前移。

温度循环和自身老化所引起的电容量巨大变化，也解释了工业中不常使用小容量偏差高介电常数瓷介电容器的原因。

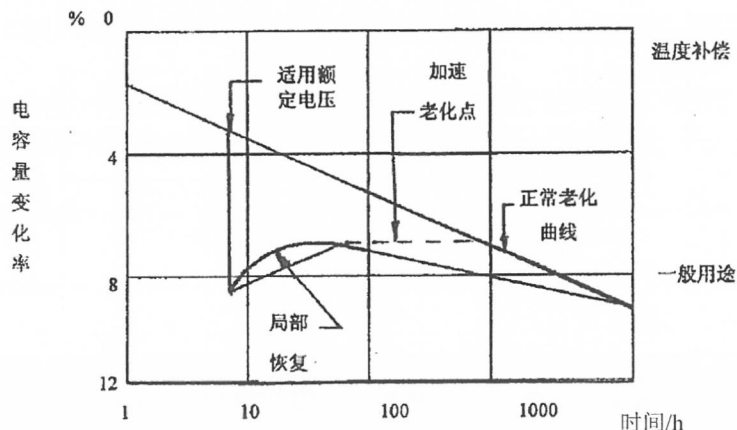


图 A.1 电容器老化曲线

## A.1.4.7 电容器试验

电容器的使用情况是很复杂的，正因如此，制造厂不能保证每个产品能够达到准确的最短寿命，其所能做到的仅限于按统计学原则，在给定的使用方的电路中或使用环境示例下，提供单个电容器的可能的最短寿命或可靠性。

## A.1.4.8 电容器误用

电容器所处的环境或工作条件与电容器设计和生产所预定的环境和工作条件不符时，电容器有可能失效。设计者必须对电容器固有的安全系数、需考虑增加的安全系数、以及电路和环境对电容器参数的各种影响有清楚的了解。仅仅掌握电容量和额定电压是不够的，重要的是，要了解环境因素对电容量变化的影响程度，电容器内阻随温度、电流、电压、频率的变化情况，高频电路中电容器在工作频段的S参数，以及所有这些因素对绝缘电阻、耐电压和其他基本电容器特性的影响，所有这些影响对电路不一定很重要，但其对电容量的影响是恒定的。

## A.1.5 主要用途

各种类型的电容器的主要用途见表 A.3。

表 A.3 电容器主要的应用

通用规范编号	应用												
	失效率等级	类型	限幅	隔离	旁路	耦合	滤波	调谐	温度补偿	校正	马达启动	定时	抑制噪声
GJB 468A—2011	×	瓷介	—	—	×	×	×	×	×	—	—	×	×
GJB 4157A—2011	—	瓷介	—	—	×	×	×	—	—	—	—	—	—
GJB 924A—2012	×	瓷介	—	—	×	×	×	—	—	—	—	—	×
GJB 6788—2009	—	瓷介电源开关	×	×	×	×	×	×	—	×	—	—	×
GJB 192B—2011	×	多层瓷介片式	—	—	×	×	×	—	—	—	—	×	×
GJB 2442A—2021	×	单层片式	×	—	×	—	×	×	—	—	—	—	—
GJB 1940A—2012	—	高压多层瓷介	×	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—
GJB 10176—2021	—	板式阵列多层瓷介	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
GJB 63C—2015	×	固钽	×	—	×	×	×	—	—	—	—	—	×
GJB 733B—2011	×	液钽	×	—	×	×	×	—	—	—	×	—	—
GJB 603A—2011	×	铝	×	—	×	×	×	—	—	—	×	—	—
GJB 2283A—2014	×	固钽片式	—	—	×	×	×	—	—	—	—	—	—
GJB 10175—2021	—	固体电解质铝	×	—	×	×	×	—	—	—	—	—	—
GJB 191B—2009	×	云母	×	×	×	×	×	×	—	—	—	×	—

表 A.3 (续)

通用规范编号	应用												
	失效率等级	类型	限幅	隔离	旁路	耦合	滤波	调谐	温度补偿	校正	马达启动	定时	抑制噪声
GJB 972B—2018	×	非金属壳塑料膜	×	×	×	×	×	×	—	×	×	×	×
GJB 1214A—2009	×	金属或陶瓷壳塑料膜	×	×	×	×	×	×	—	×	×	×	×
注：“×”表示适用。													

### A.1.6 电容器选择

#### A.1.6.1 选择因素

设计师针对某个特定用途选择电容器类型时，应考虑许多因素，一般首先考虑应用需求的最重要特性，然后选择和协调其他特性。电容器选择时需考虑的几个最重要因素及原因如下：

##### a) 温度影响：

- 1) 介电常数的变化引起电容量变化以及导体面积或间距变化引起电容量变化；
- 2) 通过绝缘电阻变化对漏电流的影响；
- 3) 发热对高温击穿电压和频率的影响；
- 4) 发热对额定电流的影响；
- 5) 油、气体或电解液从密封处泄漏。

##### b) 湿度影响：

- 1) 通过绝缘电阻变化对漏电流的影响；
- 2) 击穿电压；
- 3) 对功率因数或品质因数的影响。

##### c) 低气压影响：

- 1) 击穿电压；
- 2) 油、气体或电解液从密封处泄漏。

##### d) 外加电压影响：

- 1) 漏电流；
- 2) 发热及伴随的影响；
- 3) 介质击穿及对频率的影响；
- 4) 电晕；
- 5) 外壳或底座绝缘的影响。

##### e) 振动影响：

- 1) 机械振动引起的电容量变化；
- 2) 机械振动产生裂纹引起漏电流变化；
- 3) 电容器芯子、引出端或外壳发生机械变形。

##### f) 频率影响：

- 1) 频率变化引起阻抗变化；
- 2) 频率变化引起等效串联电阻变化，影响电容器功耗和发热；
- 3) 频率变化引起 Q 值变化；
- 4) 并联谐振频率与工作频率是否重合。

- g) 电流影响：
  - 1) 对电容器的内部温升和寿命的影响；
  - 2) 对绝缘电阻的影响。
- h) 寿命：
 

所有环境和电路条件对其都有影响。
- i) 稳定性：
 

所有环境和电路条件对其都有影响。
- j) 恢复：
 

电容量变化后，恢复到初始状态。
- k) 尺寸、体积、价格和安装方法。

#### A.1.6.2 电容器选择图表

表 A.1 和表 A.2 列出了每一通用规范包括的电容器类型和相应的产品示例，所列内容仅作为选择电容器时的参考。

#### A.1.7 注意事项

在选择和使用电容器类型时应考虑下列内容：

- a) 电路设计者为了设计出能在要求的时间内满意工作的电路，所使用的电容量允许偏差必须考虑：
  - 1) 符合规范规定的允许偏差；
  - 2) 电容量—温度特性变化；
  - 3) 电容量—电压特性；
  - 4) 恢复特性；
  - 5) 电容量—频率特性；
  - 6) 介质吸收；
  - 7) 电容量与压力、振动和冲击的关系；
  - 8) 电容器在电路中老化以及贮存条件。
- b) 如果此电容器会产生杂散电容和漏电流，则电容器引出端和外壳之间的电容量也需要考虑。制造厂通常会标识出连接到外导体的引出端，从而在电路中可以将这些影响降到最低；
- c) 可以用多种电容器组合来获得要求的电容量，从而来补偿电容量—温度特性造成的影响。在电路中也可用其他元器件对这一特性进行补偿；
- d) 施加于电容器的峰值电压不能超过相应规范规定的额定值。外加峰值电压、试验电压和击穿电压之间的安全系数是具有统计规律的。通常，可施加的峰值电压可能由于以下条件而降低：
  - 1) 老化；
  - 2) 温升；
  - 3) 介质面积增大；
  - 4) 外加电压频率较高；
  - 5) 压力减小；
  - 6) 潮气进入电容器。

在许多应用场合，应对电容器的电压进行降额，以使得电容器在要求的时间内提供预定的功能。需要强调的一点是，在电容器应用中出现的瞬态过电压不容忽视。
- e) 存在间歇失效或噪声的电路中不宜使用具有自愈能力的电容器，其工作时会产生较大的噪声。某些电容器在低压时不具有自愈能力；
- f) 电容器在电晕起始电压以上工作会降低其寿命并产生噪声。液体浸渍介质比固体介质的电晕起始电压更高；

- g) 由于电压的分配取决于电容器芯子和外壳之间的电容量以及外壳和底座之间的电容量,因此当电容器在高于大地电位的高压下工作,并且对地绝缘采用附加绝缘时,电容器的一个引出端应接在外壳上;
- h) 应根据电路的时间常数考虑充电和放电时的峰值电流;
- i) 应考虑内部发热和环境温度;
- j) 电容器的表面温升,其计算方法是施加于电容器的伏-安值乘以功率因数。同时也给出了电容器的功耗,功耗除以以平方英寸为单位的表面积和表面散热系数(近似值);
- k) 应考虑湿度、压力、腐蚀性大气、霉菌、振动和冲击等环境影响;
- l) 应考虑绝缘电阻,尤其是在高温下的绝缘电阻;
- m) 在直流电路中串联工作时,应考虑使用匹配电阻器;
- n) 大容量电容器的有效电感量可以通过并联小容量电容器来降低;
- o) 不同类型电容器的电感量差别是很大的;
- p) 因为电容器具有电感,并联在电路中每一次工作或瞬时工作时可能产生瞬时振荡;
- q) 不良的电接触在低压下可能开路或产生噪声;
- r) 电容器内储存的能量对人和设备是危险的,对此应采取适当防护措施;
- s) 充油或充酸性液体的电容器不能承受强机械应力,液体的溢出会毁坏电容器和邻近的元器件;
- t) 充满液体的电容器不能倒置,因其会导致内部电晕;
- u) 非气密封电容器可能因“呼吸”过程受潮;
- v) 用于交流或脉冲工作的电容器需有特殊的额定值和试验;大部分通用规范未规定这些额定值和试验;
- w) 当电容器使用电压超过 500V 时,为防止电容器引出端之间出现飞弧,需对电容器进行防护处理,如采用硅橡胶灌封或充惰性气体等防护措施。

## A.2 电容器的一般特性

### A.2.1 瓷介电容器的一般特性

#### A.2.1.1 GJB 468A—2011 1类瓷介固定电容器通用规范

##### A.2.1.1.1 使用

这些温度补偿型瓷介固定电容器,主要用于需要对其他元器件温度变化所引起的不良影响进行补偿的电路。瓷介电容器在相同的电容量和电压下比纸介质或云母电容器体积要小很多。可以用来替代电容量允许偏差大的云母和纸介质电容器。有引线瓷介电容器适合于印制电路的定位安装。

使用瓷介电容器可分别补偿电路中的由于温度所导致射频漂移、振荡频率漂移和中频漂移。频率均匀变化的中频级,可以在振荡电路中设计一个温度补偿电容器获得满意效果。由于温度变化所引起的射频电路的不良变化,不能在振荡电路中进行补偿,这种情况下,要求比较严格的调谐准确度时,就必须在每个电路中直接接入补偿电容器。

在采用可变电容器调谐的射频电路中,可以使用一个小容量的高补偿性能的并联补偿电容器。在调谐电路中,所需的总电容量能够由具有理想温度系数的补偿电容器提供。在振荡电路中,比较好的线性调谐能够通过调谐电路中串联和并联具有适当温度系数的电容器获得。

高绝缘电阻使这些电容器非常适用于电子管的阳极和栅极电路之间的耦合,非常小的漏电流和小体积使这些电容器适合晶体管电路,这些电容器也用于电路滤波和旁路。

如果可能,所选电容器的温度曲线要与稳定化处理后的线圈(或其他材料)的温度曲线正好相反,使用不同的电容量和温度系数的电容器进行综合补偿,比用单个电容器补偿的效果更好。要充分考虑补偿用元器件,和对元器件的补偿所需的位置空间,靠近发热晶体管导致的不良影响比邻近低温外壳的影响要大得多。

瓷介电容器对频率是很敏感的，不同的测试频率下，电容量和电容量偏差的测试结果是不相同的，特别精确的补偿用的电容器，要在推荐的频率下测试。

GJB 468A—2011 规定的有失效率等级的电容器，其失效率从 1.0%/1000h 到 0.001%/1000h，失效率等级是以 90%为置信水平，基于规定的寿命试验确定的，并以 10%的置信水平进行维持，在相应高试验温度下，施加 200%额定电压进行试验与施加额定电压进行试验相比较的加速因子为 8:1。

#### A. 2. 1. 1. 2 结构

最常用的温度补偿型瓷介电容器的结构是小型管状和方形结构，采用树脂、塑料或瓷介包封绝缘。由于结构材料具有分子极矩，有些混合瓷料的介电常数高达纸、云母和塑料膜的数百(甚至几千)倍，这就使瓷介电容器在所有高阻介质中具有最大的容量尺寸比。

#### A. 2. 1. 1. 3 介质强度

电容器本体作为大于 750V 的电位差的接触部分时，推荐使用附加绝缘。

### A. 2. 1. 2 GJB 4157A—2011 高可靠瓷介固定电容器通用规范

#### A. 2. 1. 2. 1 使用

该通用规范规定的电容器是高可靠、通用(BX 和 BR 特性)和温度稳定(BP 和 BG 特性)的有引线和无引线瓷介电容器，预定用于空间、导弹和其他高可靠应用场合，该通用规范规定的电容器可用于检测临界频率、定时电路、其他要求电容量绝对稳定的电路(BP 和 BG)、以及电容量随温度、电压、频率和寿命允许适当变化的电路(BX 和 BR)。该通用规范规定的电容器的寿命试验是在最高额定温度下，施加两倍额定电压进行，并假定在施加两倍额定电压进行的试验相对施加额定电压试验的加速因子是 8:1。

#### A. 2. 1. 2. 2 金属引出端

应注意片式电容器引出端有多种型式，其焊接的工艺要求也不尽相同，如选择不当，可能造成可焊性问题或造成隐患。

#### A. 2. 1. 2. 3 焊接

在焊接电容器时应注意：

- a) 焊接有引线电容器时，过热会损坏包封层或削弱电极与电极引出端或电极引出端与引线的连接；
- b) 焊接片式电容器时，温度突变，可能会使电容器本体产生微裂或碎裂，焊接时注意温度突变不能大于 150℃。

#### A. 2. 1. 2. 4 潮湿工作条件

瓷介材料是不吸水的，即使暴露在特别潮湿环境后也不吸潮，因此，这些电容器可以在相对湿度达 95%时工作于全温度范围，然而，引出端材料在潮湿环境下会发生离子迁移，从而可能导致电容器失效。

### A. 2. 1. 3 GJB 924A—2012 2 类瓷介固定电容器通用规范

#### A. 2. 1. 3. 1 使用

该通用规范规定的电容器预定用于要求尺寸小、电容量较大而且要求绝缘电阻高的电路，同样电容量和额定电压的瓷介电容器比纸介或云母电容器尺寸小得多。通用瓷介电容器不能作为精密电容器用，而适于在高频电路作为旁路、滤波和非关键耦合元件，这些电路允许电容量随温度发生适当的变化。这些电容器不宜直接用于频率检测电路，推荐的典型应用是：音频和射频的阻容性耦合、射频和中频阳极旁路、自动音量控制滤波、音量控制、天线耦合和音频线路板射频旁路。所有这些应用的共同点是，对损耗要求不严格，温度、电压和频率引起的适度变化不会影响电路的正常工作。例如，一台发射机用标称电容量 680pF 的电容器旁路 100MHz 的信号，此电容器呈现 2.34Ω 的容抗，此容抗相对发射机的电阻是很小的，若温度变化引起电容量变化百分之几，对 2.34Ω 容抗的影响是不明显的，也不会注意到 0.04 的损耗。

薄圆片形超小型电容器尺寸很小，由于结构原因其固有串联电感也很小，其引线的位置固定不变，能实现短间距低电感耦合，这些电容器适用于印制电路，高的绝缘电阻使这些电容器可用于电子管栅极电路，特别低的漏电流和小尺寸使其可用于晶体管电路。

在电路设计时，要考虑温度、电场强度、外加频率和白老化对介电强度的影响。

GJB 924A—2012 规定的有失效率等级的电容器，其失效率范围为 M、P、R 和 S 级，从 1.0%/1000h~0.001%/1000h。失效率定级是基于置信水平为 90%，并以 10%的置信水平进行维持，失效率是在最高额定温度下进行的寿命试验确定的。在最高额定工作温度下，施加 200%额定电压进行的试验数据与在额定温度下施加额定电压的试验数据比较，加速因子为 8:1。

#### A. 2. 1. 3. 2 潮湿工作条件

瓷介材料是不吸水的，即使暴露在特别潮湿环境后也不吸潮，因此，这些电容器可以在相对湿度达 95%时工作于全温度范围，然而，引出端材料在潮湿环境下会发生离子迁移，从而可能导致电容器失效。

#### A. 2. 1. 3. 3 结构

瓷介电容器由高温烧结覆有金属膜的瓷介质组成，金属膜是银(或银钯)，用压力接触或焊接将引线固定到电极，瓷介电容器要进行包封处理，以防止介质受环境影响和保护电容器的绝缘。圆片式电容器用绝缘树脂、塑料或陶瓷包封；薄片式超小型电容器可以浸渍、模压或装入成型的外壳，由于某些混合瓷料的介电常数达到纸介质、云母和塑料膜介质的几百倍(甚至几千倍)，这就使瓷介电容器在所有高阻介质中具有最大的容量尺寸比。

#### A. 2. 1. 3. 4 焊接

焊接引线应注意，过热会损坏包封层或削弱电极与引出端引线的连接，进行焊接时温度突然变化，可能使包封层或陶瓷介质碎裂，引线不能太靠近外壳，也不能将任何应力施加到壳体上，以避免包封层或陶瓷介质碎裂。

#### A. 2. 1. 3. 5 损耗因数(损耗角正切)

在推荐的应用情况下，损耗很小可忽略不计，功率因数随温度的增加而降低，在高于室温下工作，这个特性是有利因素。

#### A. 2. 1. 3. 6 外壳绝缘

外壳绝缘不能用于承受超过电容器额定电压 150%的电压，外壳与高电压接触时，要提供附加绝缘。

#### A. 2. 1. 3. 7 电容量与工作条件的关系

这种电容器的介电常数与电场强度极为相关，交流或直流电压变化可能使电容量产生较大的变化，介电强度可能随时间而降低，工作 1000h 后，介电常数有所降低，通常容量体积比越大，下降越多。介电常数与频率有关，随着频率的提高而降低，介电常数还随温度增加而降低。

#### A. 2. 1. 3. 8 银迁移

瓷介电容器的银电极暴露于高湿度和高直流电位时，可能发生银离子迁移，很短的时间后电容器就会短路，在贮存及使用期间应避免过度潮湿，因为电容器在潮湿环境放置后，包封材料可能吸收潮气，银可能发生离子迁移。采用钯银电极可以防止银迁移。

### A. 2. 1. 4 GJB 2442A—2021 有失效率等级的单层片式瓷介电容器通用规范

#### A. 2. 1. 4. 1 使用

该通用规范规定的片式瓷介电容器主要用于频率在 1GHz 甚至更高的带电或微带电路中。该通用规范规定的有失效率等级的电容器，其失效率范围为 M、P、R 和 S 级，从 1.0%/1000h~0.001%/1000h。失效率定级是基于置信水平为 90%，并以 10%的置信水平进行维持，失效率是在最高额定温度、最大额定电压下进行的寿命试验确定的。在最高额定工作温度下，施加 200%额定电压进行的试验数据与在额定温度下施加额定电压的试验数据相比较，加速因子为 8:1。

#### A. 2. 1. 4. 2 工作环境条件

设计者应对介电常数随温度、时间以及电场强度的变化而产生的变化予以慎重考虑，并应注意到绝

缘电阻会随着湿度和陶瓷片表面有机污染物而变化，尤其是绝缘电阻测量之前，应注意采取措施，保证严格彻底地清除掉电容器上的有机污染物。

#### A. 2. 1. 4. 3 电容器的高频性能

当产品预定用于 300MHz 以上电路中时，承制方应提供表征电容器高频性能的相关资料，如 S 参数。

#### A. 2. 1. 5 GJB 6788—2009 含宇航级的多芯组瓷介固定电容器通用规范

##### A. 2. 1. 5. 1 使用

该通用规范规定的瓷介电容器主要用于开关电源，通用(BQ、BR 和 BX 特性)瓷介电容器不用于高精度频率测量电路，而适用于在高频电路中作为旁路、滤波和不重要的耦合元件，所有这些应用的共同点是，对损耗要求不严格，温度、电压和频率引起的适度变化不会影响电路的正常工作。BP 特性的瓷介电容器用于关键的频率检测电路、定时电路和其他要求高稳定的电路。在最高额定工作温度下，施加 200%额定电压进行的试验数据与在额定温度下施加额定电压的试验数据相比较，加速因子为 8:1。

##### A. 2. 1. 5. 2 安装可靠性

该通用规范规定的电容器通常包含较大的陶瓷体，应注意控制温升和冷却时间，避免热冲击损坏。电容器应预热，最高预热温度应在焊槽温度以下 50℃以内。电容器预热和冷却时温度变化速率应不大于 4℃/s。

这种电容器通常体积较大，易受到热冲击和机械损伤，在强振动环境中需特别的安装工艺。

##### A. 2. 1. 5. 3 外壳绝缘

电容器外壳绝缘层使用时能承受的电压不得超过额定直流电压的 150%。要承受更高电压时，应配置辅助绝缘层。

#### A. 2. 1. 6 GJB 192B—2011 有失效率等级的无封装多层片式瓷介固定电容器通用规范

##### A. 2. 1. 6. 1 使用

该通用规范规定的片式瓷介电容器用于厚膜或薄膜混合电路，这些微电路用于滤波、旁路和耦合，允许电容量随温度、电压、频率和寿命变化，该通用规范所涉及的高频电容器主要用于高 Q 值的谐振电路，以及要求电容量相对温度、频率和寿命特别稳定的电路。

该通用规范规定的电容器内电极材料包括钽、钽—银、镍或其他适用材料，在较高可靠性要求的应用场合，推荐采用钽电极和钽—银电极作为内电极材料。

该通用规范规定的有失效率等级的电容器，其失效率范围从 1.0%/1000h~0.001%/1000h。失效率定级是基于置信水平 90%，并以 10%置信水平进行维持，失效率是以在最高额定温度下进行的寿命试验确定的。在最高额定工作温度下，施加 200%额定电压进行的试验数据相对在额定温度下施加额定电压的试验数据相比，加速因子为 8:1。

##### A. 2. 1. 6. 2 工作环境条件

设计者应对介电常数随温度、时间以及电场强度的变化而产生的变化予以慎重考虑，并应注意到绝缘电阻会随着湿度和陶瓷片表面有机污染物而变化，尤其是绝缘电阻测量之前，应注意采取措施，保证严格彻底地清除掉电容器上的有机污染物。

##### A. 2. 1. 6. 3 金属化引出端

应注意到电容器使用纯银引出端，在高湿度和直流电压同时作用下，引出端之间可能发生银迁移，使得电容器的瓷体两端形成漏电流通路，用 20%的钽与银形成的合金可以抑制银迁移趋势，用铅锡焊料整个包住银引出端也能抑制银迁移趋势，在铅锡焊料中加入约 3%的银，可减少银引出端在焊接过程中的银析出。

如果在镀金引出端表面上使用锡铅焊料，可能发生焊料脆化现象。可采用导电树脂粘接、金丝键合或者金锡合金焊接等方式进行安装。

#### A. 2. 1. 6. 4 安装对可靠性的影响

电容器安装在与其具有不同膨胀系数的基片上时，将影响电压温度特性、耐热冲击能力和可靠性，应注意选择基片材料。

#### A. 2. 1. 6. 5 焊接

3.2mm×1.6mm(英制：1206)以及更大尺寸的电容器不建议采用波峰焊。采用具有更高热转换率的液态金属的波峰焊是严酷的焊接方法，它主要用于不惧热冲击的表面安装元器件。当出现极限热冲击时，瓷介电容器表面和侧面会产生明显可见的裂纹。这些裂纹从端头沿电容器边缘延伸到(或靠近)引出端和陶瓷的介面。在大尺寸电容器上，这些表面裂纹可以成为椭圆形或圆形。裂纹最终会导致电容器的失效。

### A. 2. 1. 7 GJB 1940A—2012 高压多层瓷介固定电容器通用规范

#### A. 2. 1. 7. 1 使用

该通用规范规定的电容器主要应用于需要较小尺寸、较大电容量和较高绝缘电阻的电路中。通用(BR和BZ特性)瓷介电容器不用于高精度频率测量电路，而适用于在高频电路中作为旁路、滤波和不重要的耦合元件，所有这些应用的共同点是，对损耗要求不严格，温度、电压和频率引起的适度变化不会影响电路的正常工作。BP特性的瓷介电容器用于关键的频率检测电路、定时电路和其他要求高稳定的电路。

#### A. 2. 1. 7. 2 工作环境条件

电容器两引出端之间可能发生电压击穿或电容器上存在另一种潜在电压击穿的应用场合，应采用附加绝缘。

设计者应对介电常数随温度、时间以及电场强度的变化而产生的变化予以慎重考虑，并应注意到绝缘电阻会随着湿度和陶瓷片表面有机污染物而变化，尤其是绝缘电阻测量之前，应注意采取措施，保证严格彻底地清除掉电容器上的有机污染物。

#### A. 2. 1. 7. 3 金属化引出端

应注意到电容器使用纯银引出端，在高湿度和直流电压同时作用下，引出端之间可能发生银迁移，使得电容器的瓷体两端形成漏电流通路，用20%的钯与银形成的合金可以抑制银迁移趋势，用铅锡焊料整个包住银引出端也能抑制银迁移趋势，在铅锡焊料中加入约3%的银，可减少银引出端在焊接过程中的银析出。

#### A. 2. 1. 7. 4 安装对可靠性的影响

电容器安装在与其具有不同膨胀系数的基片上时，将影响电压温度极限、耐热冲击能力和可靠性，应注意选择基片材料。

#### A. 2. 1. 7. 5 焊接

3.2mm×1.6mm(英制：1206)以及更大尺寸的电容器不建议采用波峰焊。采用具有更高热转换率的液态金属的波峰焊是严酷的焊接方法，它主要用于不惧热冲击的表面安装元器件。当出现极限热冲击时，瓷介电容器表面和侧面会产生明显可见的裂纹。这些裂纹从端头沿电容器边缘延伸到(或靠近)引出端和陶瓷的介面。在大尺寸电容器上，这些表面裂纹可以成为椭圆形或圆形。裂纹最终会导致电容器的失效。

### A. 2. 1. 8 GJB 10176—2021 板式阵列多层瓷介电容器通用规范

#### A. 2. 1. 8. 1 使用

该通用规范规定的电容器主要用于电源滤波、抑制电磁干扰电路中，与按相应电连接器通用规范等标准生产的电连接器配套使用，起滤波作用。

#### A. 2. 1. 8. 2 结构

电容器为按照电连接器孔位排列规则设计的、各信号极与电连接器金属插针良好电气接触的、各信号极相对独立的电容器。

#### A. 2. 1. 8. 3 储存

BR、BX、BY特性电容器由于介质特性所致，电容量会随着放置时间延长而缓慢降低，对于超过

包装期六个月的电容器，使用前可将其在 125℃ 下不施加电压放置 1h~3h，常温恢复 24h 后复测对地电容量、损耗角正切、绝缘电阻和介质耐电压，若合格后，电容器可继续使用。

#### A.2.1.8.4 工作环境条件

电容器的电容量与温度、搁置老化和电场强度的变化相关，绝缘电阻会随湿度及陶瓷片表面有机污染物情况变化而变。同时，电容器测试及使用前应彻底地清除电容器上的有机污染物，尤其是在绝缘电阻测试之前。

#### A.2.1.8.5 焊接

电容器焊接前应充分预热至 150℃，手工焊接时，烙铁温度不宜超过 300℃；机器焊接时，峰值温度不宜超过 270℃，焊接时间不宜超过 3s。焊后应自然降温，以免电容器炸裂。

### A.2.2 电解电容器的一般特性

#### A.2.2.1 GJB 63C—2015 固体电解质钽固定电容器通用规范

##### A.2.2.1.1 使用

该通用规范规定的钽电解电容器预定用于滤波、旁路、耦合、隔直流和其他低电压电路，如晶体管电路，这些电路对稳定性、尺寸、重量和储存寿命要求较高。设计用于晶体管、定时、移相和电子管栅极电路时，应考虑所用电容器的直流漏电流和损耗系数。在低阻抗电路中并联工作，将增加电容器因直流浪涌电流失效的风险，使用者要注意并联电路中电容器贮存的能量，可能通过电路中的其他电容器放电。这种电容器的寿命主要取决于电压和温度，在最高额定温度 125℃ 下，不能在高于降额电压的电路中使用。该通用规范不是在 125℃ 下进行失效率试验，但需要进行 125℃ 的验证试验。

直流额定电压范围通常为 6V~100V，浪涌电压分别是 8V~130V，设计用于在 -55℃~85℃ 范围内额定电压下工作，在 85℃~125℃ 范围内按 GJB 63C—2015 中表 13 给出的值降额使用。失效率等级是以在 85℃ 下施加规定电压进行寿命试验确定的。失效率范围按 GJB 2649A—2011 从 1.0%/1000h~0.001%/1000h。指数分布的失效率定级是基于置信水平为 60%，并以 10% 置信水平进行维持；威布尔分布的失效率范围从 0.1%/1000h~0.001%/1000h，定级是基于置信水平为 90%。

这种电容器可做成有极性或无极性的，有极性电容器的外壳与负极同电位，只用于有极性的直流电路，无极性电容器用于电位变化的电路。

##### A.2.2.1.2 结构

固体钽电解电容器用多孔钽芯做阳极，阳极表面进行电化学处理转换为氧化钽作为介质，这些表面用半导体氧化物或导电聚合物覆盖，作为固态工作电解质。半导体氧化物与所有阳极钽芯的复杂表面相接触，并且能自愈修复钽氧化膜。

注：在高阻抗电路中，瞬时击穿（若存在）时电容器可以自愈，但在低阻抗电路中，介质瞬时击穿时，电容器没有自愈功能，低阻抗电路中较大的电流会导致电容器永久性损伤。

##### A.2.2.1.3 电压降额

在合理降额的情况下，这种电容器可工作在 -55℃~125℃ 温度范围内，125℃ 时的降额电压大约是额定电压的 66%。尽管这种电容器设计为在 -55℃~85℃ 温度范围内可以在额定电压下使用，考虑到使用过程中可能产生的高于工作电压的浪涌电压的冲击，一般要求至少进行 66% 额定电压的降额。当用于可靠性要求更高的电路或滤波电路时，一般要求进行 50% 额定电压的降额。实际使用时的降额要求可参考 GJB/Z 35 中的相关规定。

##### A.2.2.1.4 浪涌电流

在该通用规范中要求进行浪涌电流试验，以证明产品具有能够耐受快速开关条件时产生的高峰值电流的能力。经试验发现，浪涌电流试验对于剔除具有这种潜在失效机理的产品是十分有效的。浪涌电流试验的条件是可选的，具体在 GJB 63C—2015 中进行规定。

##### A.2.2.1.5 反向电压

在 25℃ 时，电容器能在短时间内承受的反向峰值电压为直流额定电压的 10% 或 1V（取较小者），在

55℃时为 7%或 0.7V(取较小者), 在 85℃时为 5%或 0.5V(取较小者), 在 125℃时为 1%或 0.1V(取较小者)。反向电压会对氧化膜介质产生不确定的损害作用, 因此应尽量避免。

#### A. 2. 2. 1. 6 允许纹波电流

只要不超过电容器的热耗散范围, 这种电容器可在外加纹波(交流)电压下工作, 总的热耗散范围取决于工作环境温度和工作频率, 例如, 任何电压的 10 $\mu$ F 电容器, 25℃下可承受 1.9V, 120Hz 的纹波电压; 125℃下可承受 0.75V, 120Hz 的纹波电压, 在承受 1000Hz 的纹波电压时, 允许的纹波电压必须按 120Hz 下允许的交流电压降低, 即在 25℃下, 频率为 1000Hz 时, 可承受的电压为 0.47/1.9 的 1.9 倍, 为 0.47V; 或在 125℃, 1000Hz 时, 0.47/1.9 的 0.75 倍, 为 0.19V。外加偏置直流电压与交流纹波电压之和应不超过在相应环境温度下的额定直流电压, 当直流电压为零或近似为零时, 可施加允许的交流电压, 只要反向交流峰值电压不超过允许的反向电压极限值即可。高频电容器(100kHz)的纹波电压受反向电压的限制更为突出。因为降额方式是热降额, 纹波电流的限制更为重要, 所以每个额定值、频率和环境温度绝对不能超过规定的最大值。

#### A. 2. 2. 1. 7 串联和并联网络

电容器串联使用时, 建议网络两端的最高电压不超过网络中所有电容器的最低额定电压, 或使用分压电阻器, 防止串联电容器中一个或多个电容器承受过电压。

为了获得比单个电容器更大的电容量, 通常会将电容器并联使用, 但峰值纹波电压和外加直流电压之和不得超过最低额定电压电容器的工作电压, 将电容器并联连接的导线应具有足够的载流能力, 使得有效电容量不会因连接线的串联电阻而降低。

#### A. 2. 2. 1. 8 与铝电解电容器比较

固体电解质钽电解电容器与传统非固体电解质铝电解电容器有几个方面不同: 无限长的贮存寿命、特别好的温度特性、完全没有电解质泄漏、较高的工作温度, 但是, 由于钽电容器一般比铝电容器价格高许多, 并且随着固体电解质铝电解电容器研制生产技术的不断成熟, 在性能特性和尺寸都能满足使用要求时, 可考虑使用铝电解电容器。

#### A. 2. 2. 1. 9 安装

该电容器需要承受 55Hz 以上的振动时, 要采取辅助安装方式。

#### A. 2. 2. 1. 10 提高可靠性

电容器的可靠性与温度、外加电压和电路阻抗有关, 降低温度和电压, 增加电路阻抗可以提高电容器的可靠性。

当电压或温度升高时, 电容器的直流漏电流就会增加; 同时直流漏电流增加的速度会高于温度和电压的升高速度, 当直流漏电流达到崩溃点并保持不变时, 电容器就永久性损坏, 因此, 电容器决不能在高于额定温度及该温度相应的额定电压的条件下工作。

电路阻抗的增加可降低直流漏电流, 推荐采用 3 $\Omega$ /V(或 1.5 $\Omega$ /V)的最小电路阻抗, 电容器可维持最佳可靠性。寿命试验中, 固体电解质钽电解电容器的电容量和损耗因子在长期试验中都是很稳定的, 因此不能用这两个参数来判定电容器是否失效。直流漏电流的变化是判定电容器状态的较好标志。

### A. 2. 2. 2 GJB 733B—2011 有失效率等级的非固体电解质钽固定电容器通用规范

#### A. 2. 2. 2. 1 使用

该通用规范规定的电容器限制使用于不超过 125V 直流电压的电路中, 主要用于低压电源滤波, 也用于耦合和旁路、电路隔离、调谐、定时、储能、功率因数修正和移相。这种电容器在 85℃以下时直流漏电流小且并不明显; 在常温下工作时, 与高质量的纸介电容器相比, 这种电容器的尺寸并没有小很多。这种电容器具有较大的电容量体积比, 或者说是所有介质类型的电容器中容量体积比最高的。

#### A. 2. 2. 2. 2 结构

该类电容器用烧结后的钽块作为阳极, 进行电化学处理后形成一层氧化钽作为介质, 电解质是液体, 一般为硫酸溶液, 电解液与阳极化钽块所有复杂的表面相接触, 外壳的内表面可能充有阳极化钽粉或其

他材料成为阴极，为防止电解液泄漏，一般在外壳顶部的聚四氟乙烯垫圈上套一个密封环，然后在外壳顶部用一个气密封金属玻璃粉绝缘子或非气密封弹性垫圈密封。

#### A. 2. 2. 2. 3 电压降额

正确降额的情况下，该类电容器可工作在 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$ 温度范围内， $125^{\circ}\text{C}$ 时的降额电压大约是额定电压的66%。

#### A. 2. 2. 2. 4 反向电压

全钽型电解电容器只能用于直流电路中，但能承受不高于3V的反向电压。无极性的电容器，可承受较高的反向直流或交流电压。一般非固体电解质钽电容器不能承受反向电压。

#### A. 2. 2. 2. 5 交流纹波电流

全钽型电解电容器的详细规范中会规定40kHz， $85^{\circ}\text{C}$ 下的额定交流纹波电流有效值。电容器需施加偏置电压，以保证施加在电容器上的负峰值不超过 $-3\text{V}$ ，同时施加的直流电压与交流纹波电压的正峰值之和不得超过电容器的额定直流电压。其他类型钽电解电容器不能承受或能够承受较小的纹波电流。

#### A. 2. 2. 2. 6 串联和并联应用

具有不同直流漏电流或电容量的钽电解电容器串联用于高电压电路时，需要在每个电容器两端并联一个电阻器进行分流。在应用频率下阻抗较高的电路中串联使用时，除非连接了分流电阻器，电容器两端电压不得超过其额定电压。

为了获得比单个电容器更大的电容量，通常会将电容器并联使用，但峰值纹波电压和外加直流电压之和不得超过最低额定电压电容器的工作电压，将电容器并联连接的导线应具有足够的载流能力，使得有效电容量不会因连接线的串联电阻而降低。

#### A. 2. 2. 2. 7 可靠性

该类电容器的失效率范围按GJB 2649A—2011从1%/1000h~0.001%/1000h。失效率定级是基于置信水平为60%，并以10%置信水平进行维持；失效率等级是以在 $85^{\circ}\text{C}$ 下施加额定电压进行寿命试验确定的。降低温度、减少外加电压、增加电路阻抗都可以提高电容器的可靠性。

#### A. 2. 2. 2. 8 安装

该电容器要承受55Hz以上的振动时，要采取辅助安装方式。

### A. 2. 2. 3 GJB 603A—2011 有失效率等级的铝电解电容器通用规范

#### A. 2. 2. 3. 1 使用

该通用规范规定的电容器预定用于对电容器无小尺寸要求和 unlimited 电容量超过标称值的滤波和旁路电路中，除钽电解电容器外，其他所有电容器中铝电解电容器是尺寸最小、重量和容量价格比最优的电容器类型。对极性电容器，外加交流峰值电压不得超过外加直流电压，外加交流峰值电压和外加直流电压之和不得超过直流额定电压。

该类电容器因为不能承受高海拔下的低气压和低温，因此不推荐用于航空设备中。因为长期降额可能需要重新老炼，因此铝电解电容器只能短期降额使用。即使采用防爆结构，在危险的压力下也可能发生爆炸，应采取措施保护周围的元器件。

该类电容器一般用于滤除低频、脉冲和直流信号分量，以及自偏置电路的阴极旁路器，该类电容器设计用于对电容量的准确度要求不是太高的电路。

在选择发射极的旁路电容器时，允许的偏置电阻与旁路电容器电抗之间的比例为10:1。当空间和能效允许时，在高精度放大器应用中，该比例可提高至20:1。

失效率等级是以在 $85^{\circ}\text{C}$ 下施加额定电压进行的寿命试验确定的，失效率范围按GJB 2649A—2011从1%/1000h~0.001%/1000h。失效率定级是基于置信水平为60%，并以10%置信水平进行维持。

#### A. 2. 2. 3. 2 结构

该类电容器的结构是将表面附着介质氧化膜三氧化二铝的铝箔缠绕在海绵状的衬垫上，铝箔厚度约为0.08mm~0.13mm，衬垫纸浸渍电解液并将阳极和阴极分开，电解液通常是硼酸、硼酸或乙二醇水

溶液，金属外壳包有绝缘外套，绝缘外套的绝缘电阻至少为  $100\text{M}\Omega$ 。

需要注意的是，绝缘电阻是指绝缘套的绝缘电阻，而非引出端和外壳之间的绝缘电阻。为保证电容器正常工作，各种类型的外壳都要与负极引出端等电位。

#### A.2.2.3.3 额定电压

铝箔上最初形成的氧化膜厚度决定了电容器可施加的最大峰值电压或浪涌电压，为保证良好的可靠性和长寿命，电容器的直流工作电压不能超过额定电压的 80%，这样就能保证浪涌电压不大于额定电压（一般浪涌电压选择在额定电压的 1.15 倍），施加浪涌电压的时间每 10min 不得超过 30s。

#### A.2.2.3.4 降额

最高工作温度为  $125^\circ\text{C}$  的电容器电压应降额使用，降额为 20%~33%，取决于其具体的额定电压。

#### A.2.2.3.5 密封

即使采用防爆结构，在危险的压力下也可能发生爆炸，因为气体压力或电极中释放的自由氧和氢闪火点燃，应采取措施保护周围的元器件。

大部分非固体电解质铝电解电容器为非全密封结构，随着使用时间的增加，电解液会逐渐减少直至干涸。期间电容器的电容量等性能参数，会随之发生衰退，直至失去电容器基本功能。因此，在长寿命高可靠工作场合，不建议选择此类电容器。

#### A.2.2.3.6 极性

无极性电容器可用于可能存在反向电压的电路中，极性电容器只能用于极性明确的直流电路，推荐峰值交流电压与外加直流电压之和不超过额定直流电压，峰值交流电压应小于外加直流电压，这样即使在负峰值电压下，也可保持极性不变，以避免电容器过热或损坏。

### A.2.2.4 GJB 2283A—2014 片式固体电解质钽固定电容器通用规范

#### A.2.2.4.1 使用

该通用规范规定的片式钽电容器主要用于厚膜或薄膜混合电路，或用于表面安装电路中，发挥滤波、旁路、耦合或其他作用，这些电路的交流分量相对额定直流电压是很小的，而且提供了防潮湿的附加措施。有失效率等级的电容器的失效率是按指数分布和威布尔分布两种分布建立的。

失效率等级是以  $85^\circ\text{C}$  下施加规定电压进行寿命试验确定的。失效率范围从 1%/1000h~0.001%/1000h。指数分布的失效率定级是基于置信水平为 60%，并以 10%置信水平进行维持；威布尔分布的失效率范围从 1%/1000h~0.0001%/1000h (1FIT)，等级的确定是基于置信水平为 90%。1FIT 是每  $10^9\text{h}$  发生一次失效。

#### A.2.2.4.2 结构

海绵状的钽极块作为电容器阳极，阳极表面经电化学处理形成钽氧化物作为介质，这些表面被覆半导体氧化物成为固体形态的电解质。

#### A.2.2.4.3 电压降额

$125^\circ\text{C}$  时的降额电压大约是额定电压的 66%。尽管这种电容器设计为在  $-55^\circ\text{C}$ ~ $85^\circ\text{C}$  温度范围内可以在额定电压下使用，但历史应用中要求至少进行 50%额定电压的降额。实际使用时的降额要求可参考 GJB/Z 35 的相关规定。

#### A.2.2.4.4 浪涌电流

在该通用规范中要求进行浪涌电流试验，以证明产品具有能够耐受快速开关条件时产生的高峰值电流的能力。经试验发现，浪涌电流试验对于剔除具有这种潜在失效机理的产品是十分有效的。浪涌电流试验的条件是可选的，具体在 GJB 2283A—2014 中进行规定。

#### A.2.2.4.5 安装

电容器设计采用回流焊或导电树脂固定到电路板。

#### A.2.2.4.6 工作环境条件

这种电容器不是气密封的或防水的。长期暴露在湿热环境中可能会导致电容器的直流漏电流增大并

最终发生失效。在没有完全干燥的情况下进行焊接时，会发生电容器本体开裂从而导致电容器失效。因此，此类电容器一般需进行真空包装和保存，在长期暴露后，使用前应按照环境要求采用承制方提供的预处理方式进行烘干处理。

#### A. 2. 2. 5 GJB 10175—2021 固体电解质铝固定电容器通用规范

##### A. 2. 2. 5. 1 使用

该通用规范规定的电容器以导电型固体聚合物为电解质的电解电容器，包括极性的和双极性的电容器。这种电容器主要用于滤波、旁路、耦合和储能等用途。

##### A. 2. 2. 5. 2 结构

该类电容器的结构是将表面附着介质氧化膜三氧化二铝的铝箔表面被覆导电聚合物阴极电解质后进行叠层，或者将铝箔进行卷绕后浸渍导电聚合物电解质。叠层式产品通常采用模压封装，为片式结构。卷绕式产品通常采用金属外壳封装，为引线型或焊片型产品。

##### A. 2. 2. 5. 3 电压降额

在合理降额的情况下，该类电容器可工作在 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$ 温度范围内， $125^{\circ}\text{C}$ 时的降额电压大约是额定电压的66%。尽管该类电容器设计为在 $-55^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 温度范围内可以在额定电压下使用，考虑到使用过程中可能受到高于工作电压的浪涌电压的冲击，一般要求至少进行66%额定电压的降额。当用于可靠性要求更高的电路或滤波电路时，一般要求进行50%额定电压的降额。实际使用时的降额要求可参考GJB/Z 35的相关规定。

##### A. 2. 2. 5. 4 浪涌电流

在该通用规范中要求进行浪涌电流试验，以证明产品具有能够耐受开速开关条件时产生的高峰值电流的能力。

##### A. 2. 2. 5. 5 交流纹波电流

固体电解质铝电解电容器的超低ESR决定了其可以耐受较大的交流纹波。通常详细规范中会规定100kHz， $85^{\circ}\text{C}$ 下的额定交流纹波电流有效值。电容器需施加偏置电压，以保证施加在电容器上的负峰值不超过0V，同时施加的直流电压与交流纹波电压的正峰值之和不得超过电容器的额定直流电压。

##### A. 2. 2. 5. 6 安装

电容器设计采用波峰焊、回流焊或导电树脂固定到电路板上。

##### A. 2. 2. 5. 7 工作环境条件

这种电容器属于潮湿敏感元件，在没有完全干燥的情况下进行焊接时，会出现电容器本体开裂从而导致电容器失效。因此，在使用此类电容器时建议按照环境要求采用承制方提供的预处理方式进行烘干处理。

#### A. 2. 3 云母电容器的一般特性

##### A. 2. 3. 1 GJB 191B—2009 含宇航级云母固定电容器通用规范

###### A. 2. 3. 1. 1 使用

该通用规范规定的云母电容器预定用于有可靠性要求等级的设备，有失效率等级的电容器失效率范围从1%/1000h~0.001%/1000h。失效率等级定级是基于置信水平为90%，在额定温度下施加150%额定电压相对额定温度下施加额定电压进行试验的加速因子为25:1。

###### A. 2. 3. 1. 2 结构

优质云母是最常用的材料，没有气泡并不易吸湿，介电常数为6.5~8.5，并能切为薄片，注意防潮可以保证能获得高容量稳定和低损耗，该通用规范规定的电容器通常采用两种方法成型，即为云母片通过被银云母工艺堆叠，或使用锡铅薄膜隔离云母片。该通用规范中规定的模压电容器是固定引出端电容器，引出端是用压板固定到云母堆，压板用焊料涂覆提高机械强度，模压外壳是用聚合物材料制造，具有高绝缘电阻、耐潮湿和耐透射的特点。模压外壳还可以为电容器提供耐冲击和振动的能力。

#### A.2.4 塑料膜介质电容器的一般特性

##### A.2.4.1 GJB 972B—2018 塑料膜介质非金属壳交直流电容器通用规范

###### A.2.4.1.1 使用

该通用规范规定的电容器设计用于要求在较宽的温度范围内，具有高绝缘电阻、低介质吸收或低损耗，且外加电压的交流分量比额定直流电压低的电路。

注：该类电容器允许的交流分量是：

- a) 交流电压峰值和直流电压之和不超过额定直流电压；
- b) 50Hz 交流电压不超过直流额定电压的 20%，120Hz 时为 15%，10000Hz 时为 1%。对于承受较大的瞬时或脉冲电流的应用场合，该类电容器通常不能保证满意地工作，所以，选用电容器时要留有充分的余量。

按该通用规范设计生产的电容器发生失效的可能性基本取决于电容器的使用方式，对于军用产品，由于只能使用能长期耐湿的电容器，这种电容器应灌封或包封到电路封装系统内使用，在任何情况下，采购部门均要明确自己的具体使用要求，若电容器不能灌封或包封到电路封装系统时，推荐使用 GJB 1214A—2009 规定的气密封金属化电容器。此外，该通用规范规定的电容器的寿命主要取决于工作温度 and 外加电压，且不能工作于高于额定电压和额定温度的电路。

聚乙烯对苯二甲酸乙二醇酯：该类电容器预定用于直流脉动电路或低频交流电路，不适合高频交流电路使用。该类产品类似于气密封纸介电容器，但要求在上限工作温度时有较高的绝缘电阻。

聚碳酸酯(PC)：该类电容器预定用于要求电容量随温度变化较小的电路，特别适用于调谐电路和精确定时电路。聚碳酸酯电容器由于材料供应问题，目前属于限制供应产品。目前多采用聚苯硫醚电容器替代使用。

聚丙烯：该类电容器的高频特性、温度稳定性较好，能够承受较高工作电压和较大工作电流，产品适合用于高频、直流、交流和脉冲电路中。

聚苯硫醚(PPS)：该类电容器能够提供相较于聚碳酸酯电容器非常小的直流特性。交流特性(绝缘电阻、损耗因数、电容量随温度变化量)的差异较小。聚苯硫醚电容器在许多应用场合是非常好的选择。当用于替代聚碳酸酯电容器时，需要对其进行评估，以确定其是否能够满足应用需求。

该通用规范规定的电容器失效率是在 85℃ 下进行试验确定的，失效率范围从 1%/1000h~0.001%/1000h。失效率等级定级是基于置信水平为 90%，并以 10% 置信水平进行维持；除非另有规定，在 85℃ 下施加 125% 或 140% 额定直流电压相对于 85℃ 下施加额定电压进行试验的加速因子为 5:1。失效判定是电容器发生致命失效或发生超出性能降低范围的失效。

###### A.2.4.1.2 结构

目前电容器结构使用塑料薄膜介质的发展趋势是小型化、电容量偏差小和工作温度高，塑料薄膜介质优于天然材料介质(纸和云母)的最大优点是，塑料薄膜是人工合成材料，可以满足特殊要求，如材料厚度和高耐热性，许多塑料薄膜电容器都不浸渍，而是缠绕后“干”式状态装入外壳内，塑料薄膜电容器绝缘电阻远大于纸电容器，因为该类电容器介质吸收较小，其耐湿性能也优于云母电容器。

有几种塑料薄膜用来作为电容器介质，这些材料可单独使用，也可以与其他塑料薄膜或纸组合使用，以便获得每种材料的综合性优越电特性，较常用的塑料薄膜是对苯二甲酸聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚丙烯和聚苯硫醚。正确地使用时，塑料薄膜电容器可以解决电容器存在的许多特殊的问题，对苯二甲酸聚苯乙烯膜做介质的电容器大概是最常见的塑料薄膜电容器。

金属化塑料膜电容器不同于传统的塑料膜电容器，具有金属箔(电容器的极板)的隔离层和塑料介质，构成电容器极板的金属利用金属化工工艺直接镀到塑料介质的表面，采用这种工艺，使其总体积与相同额定值的传统电容器相比有所减少，体积较小是金属化电容器最突出的优点。

金属化电容器另一个优点是，金属化的方法可以使电容器具有自愈能力，加于介质上的金属化膜是很薄的，若发生击穿，击穿点周围很小区域的薄膜烧毁并挥发，电容器还可以工作，但电容量略微减小。传统的塑料膜箔式电容器由于金属箔较厚，发生击穿时，击穿点周围有较大面积的塑料膜击穿，导致严重的碳化，最终发生永久性短路。

金属化电容器击穿有两种方式：

- a) 长期瞬时击穿导致最终完全击穿；
- b) 长时间的绝缘电阻突然降低，（低绝缘电阻期）偶然恢复到正常值。

金属化电容器的一般特性，除击穿外，就是绝缘电阻降低大约为  $10\sim 1$  数量级，其他特性均与传统塑料膜箔式电容器类似。

#### A. 2. 4. 1. 3 安装

该通用规范规定的电容器应采用支架或安装夹安装，若可能承受冲击和振动时，电容器应进行包封，使用支架或安装夹时，应注意保证电容器本体不会变形。

#### A. 2. 4. 2 GJB 1214A—2009 含宇航级金属化塑料膜介质密封固定电容器通用规范

##### A. 2. 4. 2. 1 使用

这种金属化塑料膜电容器主要用于电源滤波电路、旁路或其他已知交流电压分量，或对交流电压分量要求高的电路，本规范规定的电容器可用于要求容量偏差小，容量特别稳定，极高绝缘电阻和低损耗电路，这些电路的交流分量相对外加直流电压是较大的。

聚碳酸酯(PC)：该类电容器预定用于要求容量随温度变化低的电路，特别适用于调谐电路和准确定时电路。聚碳酸酯电容器由于材料供应问题，目前属于限制供应产品。目前多采用聚苯硫醚电容器替代使用。

聚丙烯：该类电容器的高频特性、温度稳定性较好，能够承受较高工作电压和较大工作电流，产品适用于高频、直流、交流和脉冲电路中。

聚苯硫醚(PPS)：该类电容器能够提供相较于聚碳酸酯电容器非常小的直流特性。交流特性(绝缘电阻、损耗因数、电容量随温度变化量)的差异较小。聚苯硫醚电容器在许多应用场合是非常好的选择。当用于替代聚碳酸酯电容器时，需要对其进行评估，以确定其是否能够满足应用需求。

该通用规范规定的电容器失效率是在最高额定温度和最高额定电压下进行试验确定的，失效率范围从  $1\%/1000h\sim 0.001\%/1000h$ 。失效率等级定级是基于置信水平为 90%，并以 10%置信水平进行维持；除非另有规定，在最高额定温度下施加 125%或 140%额定直流电压相对最高额定温度下施加额定电压进行试验的加速因子为 5:1。

##### A. 2. 4. 2. 2 结构

金属化塑料膜电容器不同于塑料箔式电容器，塑料箔式电容器有单独的金属箔(电容器的极板)和塑料介质，构成电容器极板的金属利用金属化工工艺直接施加到塑料介质的表面，采用这种工艺，使其总体积与相同额定电压和容量的箔电容器相比有所减少，典型的例子，一个  $1\mu F$ ，50V 的金属化聚碳酸酯膜电容器只有类似聚碳酸酯箔电容器尺寸的  $1/3$ 。

金属化电容器另一个优点是，金属化的方法可以使电容器具有自愈能力。一般电压击穿是通过介质上的小孔或薄弱点，击穿时的电流熔化掉击穿点周围的蒸镀金属层形成绝缘，自愈后这些小孔或薄弱点是由邻近故障区域的导电金属镀层的故障电流烧熔形成的，损坏的介质烧除后，电容器又能继续正常工作，此时有可能降低绝缘电阻，增加介质吸收，并不会明显改变电容量和损耗。只有电路有足够的能量，或电容器贮存有足够的能量，电容器才会发生自愈，要保证电容器能自愈推荐最小贮存能量是  $100\mu J\sim 500\mu J$ 。这种电容器限于使用在能提供足够能量烧除损坏的介质，和对瞬时击穿(烧除过程)很敏感的电路。传统的塑料电容器塑料膜金属箔较厚，发生击穿时，击穿点周围有较大面积的塑料膜击穿，导致严重的碳化，最终发生永久性短路。

金属化电容器击穿有两种方式：即，1)长期瞬时击穿导致最终完全击穿；2)长时间的绝缘电阻突然降低，（低绝缘电阻期）偶然恢复到正常值。金属化电容器的一般失效特性，除击穿外，就是绝缘电阻降低大约为  $10\sim 1$  数量级，其他失效特性均与传统塑料电容器类似。

**A. 2. 4. 2. 3 电晕防护**

工作电位高于壳体内邻近元器件的所有金属零件、滤波器、导体和附件，都应仔细地进行表面处理，以保证除去所有的尖角、锐缘，减少电晕放电的可能性，不能除去所有尖角、锐缘的部件，如导线，应以合适的方式放置，以防止人为的电晕放电。

**A. 2. 4. 2. 4 安装**

尺寸长度和直径为 35mm 和 17mm 及更大尺寸的电容器不能用引线安装，应该提供附加的安装方法，如切向支架。

---

中华人民共和国  
国家军用标准  
军用电容器选择和应用指南  
GJB/Z 148A—2024

\*

国家军用标准出版发行部出版  
(北京东外京顺路7号)  
国家军用标准出版发行部印刷车间印刷  
国家军用标准出版发行部发行  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 59 千字  
2025年2月第1版 2025年2月第1次印刷

\*

军标出字第 16530 号