

团 体 标 准

T/CASMES 428—2024

商业卫星太阳电池阵通用规范

General specification for commercial satellite solar cell array

2024-11-25 发布

2024-12-01 实施

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
4.1 总则	2
4.2 组成结构	2
5 底片胶	2
4.3 材料	2
4.4 功能	2
4.5 质量 (mass)	2
4.6 尺寸与精度	2
4.7 标志	2
5 技术要求	2
5.1 外观	2
5.2 性能结构	4
6 检验规则	7
6.1 检验分类	7
6.2 检验条件	7
6.3 鉴定检验	7
6.4 交收检验	8
6.5 检验方法	9
7 交货准备	11
7.1 文件资料	11
7.2 包装和装箱	11
7.3 运输	11
7.4 贮存	11
7.5 标志	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由深圳市魔方卫星科技有限公司提出。

本文件由中国中小企业协会归口。

本文件起草单位：深圳市魔方卫星科技有限公司、西昌市卫星科技有限公司、重庆开拓卫星科技有限公司、深圳市鑫辉微电子有限公司。

本文件主要起草人：丁强强、张浩翔、陈骁、王语、曾买平、周晓倩。

商业卫星太阳能电池阵通用规范

1 范围

本文件规定了商业卫星太阳能电池阵的要求、检验规则及交货准备。

本文件适用于商业卫星太阳能电池阵（展开式和体装式的刚性基板太阳能电池阵）的设计、生产和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 191 包装储存图示标志

GB/T 2297 太阳能光伏能源系统术语

GB/T 6494-2017 航天用太阳能电池电性能测试方法

GB/T 12637-1990 太阳模拟器通用规范

GB/T 42633-2023 空间用太阳能电池通用规范

GJB 360B-2009 电子及电气元件试验方法

GJB 421 卫星术语

GJB 2042 卫星电源系统通用规范

GJB 2602A-2017 空间太阳能电池阵通用规范

GJB 2998-97 卫星产品标志

GJB 7358-2011 航天器吊装、翻转、停放、运输、贮存通用技术要求

GJB/Z 35 元器件降额准则

QJ 2172A-2005 卫星可靠性设计指南

QJ 2850A-2011 航天产品多余物预防和控制

QJ 3268-2006 导线端头处理工艺技术要求

QJ 20328-2014 航天器太阳能电池阵设计要求

QJ 20422-2016 航天组件环境试验方法

Q/T 1039-2004 航天器用低频电连接器灌封通用工艺规范

3 术语和定义

GB/T 2297和GJB 421确立的术语和定义适用于本文件。

3.1 太阳电池 Solar cells

利用太阳光直接发电的光电半导体薄片，又称为“太阳能芯片”或“光电池”。

3.2 玻璃盖片互联电池 Coverglass interconnected cells

焊接有互连片及旁路二极管并粘贴抗辐照玻璃盖片的太阳电池，简称“CIC 电池”。

3.3 太阳电池阵 Solar cell array

以串、并联方式组合的太阳电池组及其结构等所组成的发电装置。

4 一般要求

4.1 总则

基于刚性基板并包括展开式和体装式的商业卫星的太阳电池阵（后文简称为“太阳电池阵”）应符合本文件和专用技术文件规定的所有要求，并符合 GJB 2602A-2017 中的相关规定。本文件的要求与型号专用技术文件不一致时，应以型号专用技术文件为准。

4.2 组成结构

太阳电池阵应由太阳电池阵电路和基板（机械部分）组成，其中：

a) 太阳电池阵电路包括以下部分：

CIC电池：将光能转换为电能的主体器件，是太阳电池阵电路的关键组成部分；

隔离二极管：电池串正极和功率调节装置之间的电隔离元器件；

导线：功率及信号的传输通路；

电连接器：功率和信号对外输出的接口；

热敏电阻：太阳电池阵温度测量元器件；

电缆卡：板间电缆的绑扎固定装置。

b) 基板：太阳电池阵电路承载体。CIC电池通过胶粘贴装在基板正面，其他的太阳电池阵电路元器件通过胶粘或螺钉紧固的方式安装至基板正面或背面。CIC电池及基板参考结构如图1所示。

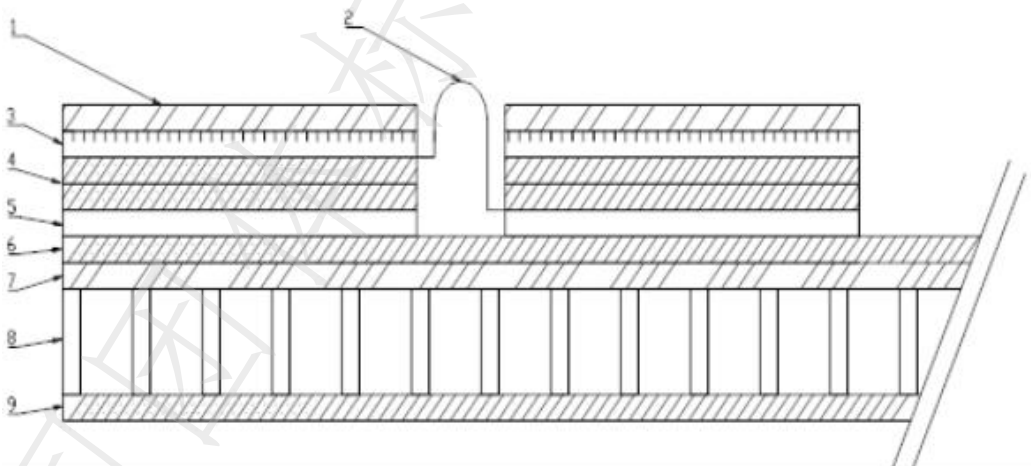


图 1 太阳电池阵 CIC 电池及基板结构示意图

标引序号说明：

CIC电池：

1——玻璃盖片

2——互连片

3——盖片胶

4——太阳电池

5——底片胶

基板：

6——表面绝缘材料：如聚酰亚胺薄膜

7——上蒙皮：如碳纤维蒙皮

8——基板主体：如铝蜂窝、铝板等

9——下蒙皮：如碳纤维蒙皮

4.3 材料

太阳电池阵材料选用应遵循以下一般原则：

- a) 优先选用飞行验证（使用）、性能稳定、成熟可靠、易于获取的材料，选用的材料应有严格、合理的质量保证措施；
- b) 选用非磁性材料；
- c) 选用满足耐空间环境的材料（如：耐太阳紫外辐照、耐粒子辐照、耐真空温度交变等），并符合QJ 20422-2016的规定；
- d) 对于低轨道商业卫星的太阳电池阵，选用防原子氧的材料；
- e) 选用的非金属材料在真空环境下的总质量损失（TML）应小于1%，收集的可凝挥发物（CVCN）应小于0.1%。

4.4 功能

在一定的光照条件下，太阳电池阵应具备将太阳光能转化为电能，为商业卫星提供电源的功能。

4.5 质量（mass）

太阳电池阵质量应满足型号专用技术文件要求，偏差应符合 GJB 2042 中的规定。

4.6 尺寸与精度

太阳电池阵的构造、外形尺寸、压紧点位置和形位精度应与商业卫星本体、电源系统需求相协调；太阳电池阵与展开机构等的安装孔位与形位精度应满足型号专用技术文件要求。

4.7 标志

在太阳电池阵侧边应用聚酰亚胺胶带粘贴产品标志。标志应包含以下内容：产品名称、型号和编号代码、生产批号与制造日期、生产厂名，并符合 GJB 2998-97 中的规定。

5 技术要求

5.1 外观

5.1.1 外观与多余物

太阳电池阵产品外观应满足以下要求：

- a) 产品内外无锡渣、阻焊剂、油污、油渍、多余导体、零部件、胶带以及其它与产品不相关的杂物，且表面应洁净无污染。太阳电池阵多余物控制应满足QJ 2850A-2011的规定；
- b) 太阳电池阵的标识应清晰可见，电连接器的代号标识齐全；
- c) 太阳电池阵除穿线孔外应无破损；
- d) 互连片、汇流条、旁路二极管、玻璃盖片、芯片等器件应无机械损伤；
- e) 导线、电连接器、隔离二极管、接地电阻等元器件应无机械损伤或锈蚀，固定应牢靠，无松动或脱胶；
- f) 电缆的绑扎或粘接应牢固，两个绑扎或胶点间的导线可通过 $\Phi 5\text{mm}$ 圆棒或存在减应力弯；
- g) 连接器外观良好，插针应无弯曲、变形、锈蚀。

5.1.2 基板

基板应满足以下要求：

- a) 基板正面（粘贴太阳电池的面）：粘帖单层0.05mm厚度的聚酰亚胺膜，膜与蒙皮无气泡，聚酰亚胺膜无破损，基板表面无残胶。聚酰亚胺膜表面应无制造缺陷、机械损伤和污染。碳纤维蒙皮表面无断丝、脱粘。蒙皮与埋件、蒙皮与胶膜、聚酰亚胺膜与碳纤维层压板之间无脱粘现象；
- b) 基板背面：碳纤维表面应光滑、平整、无尖锐毛刺；
- c) 平面度：整板的平面度优于0.8mm，任意200mm×200mm范围内的平面度应优于0.1mm，只允许轻微下凹，不允许上凸；
- d) 绝缘性：聚酰亚胺膜表面与基板绝缘电阻 $\geq 10\text{M}\Omega/250\text{VDC}$ ；背面埋件间导通电阻 $\leq 200\Omega$ （测钢丝螺套，无钢丝螺套则直接测量埋件本体）；
- e) 尺寸：基板全尺寸应符合图纸及接口数据单要求。螺纹孔螺纹止规不允许进入2牙，若螺纹小于3牙，止规不允许进入螺牙；
- f) 应有合适的内部出气通道，在真空高低温环境下不应因气体积聚或热应力造成结构损伤；
- g) 对于易吸湿的零部件应进行防潮处理。

5.1.3 CIC 电池

CIC 电池应满足下列要求，并符合 GB/T 42633-2023 中的规定。

5.1.3.1 破损变形

- a) 太阳电池原则上无裂纹，但以下情况可视为合格：无2mm×1mm以上或斜边超过1mm的崩边，电池裂片数一般不多于电池总数的1%，太阳电池不允许有横向（太阳电池长度方向）超过3mm，竖向（太阳电池宽度方向）超过5mm的暗裂，无电致不发光现象，单片电池片内细栅线累计断裂或失效累计长度不超过2根长细栅线的长度；
- b) 玻璃盖片原则上无裂纹，但以下情况可视为合格：无1mm×0.5mm以上的崩边及斜边大于1.5mm 的缺角，在崩边和缺角处应用盖片胶覆盖；无镀膜脱落现象；玻璃盖片裂片数不应超过盖片总数的2%；
- c) 旁路二极管原则上无裂纹、缺损、银层缺失等现象，但以下情况可视为合格：无斜边超过0.1mm 的缺角，旁路二极管无累计长度超过20mm的划痕或漏出衬底的划痕；
- d) 互连片无肉眼可见的歪斜、变形，无超过30° 的翘曲、弯折现象，减应力弯无机械损伤。

5.1.3.2 焊点

CIC 电池焊点应满足以下要求：

- a) 焊点大小合适且未超出互连片焊接区域，无脱焊、漏焊等焊接不良，无焊接裂纹；
- b) 焊点印记应均匀且清晰可见，单侧焊点面积应不低于单侧电极头横截面的60%。

5.1.3.3 位置度

CIC 电池互连片减应力弯不得搭在太阳电池、玻璃盖片或旁路二极管上，互连片减应力弯根部应距离玻璃盖片、太阳电池边缘 0.1mm~0.2mm，距旁路二极管边缘 0.1mm~0.3mm。

5.1.3.4 盖片胶

CIC 电池盖片胶应满足以下要求：

- a) CIC 电池盖片胶应完全固化，不可有水状未固化现象，不可有因胶水未固化而引起缺胶现象；

- b) CIC电池盖片胶应100%填充玻璃盖片与太阳电池贴合间隙,太阳电池与玻璃盖片贴合间隙盖片胶内不可有直径超过0.7mm的气泡,直径0.7mm以下气泡2cm²面积内不超过1个,旁路二极管和互连片区域直径0.7mm以下的气泡累计不能超过2个;
- c) CIC电池非四周区域不允许有缺胶现象,四周区域非胶水未固化类缺胶尺寸不允许超过3mm(长)×0.5mm(宽)。

5.1.3.5 错位

太阳电池盖片应100%覆盖太阳电池,不能出现玻璃盖片错位,太阳电池不能有裸露。

5.1.3.6 黑斑亮点

CIC电池黑斑亮点应满足以下要求:

- a) 焊点周边无宽度超过2mm的焊接黑斑,焊接黑斑以外的黑斑或条纹以CIC电池实测转换效率为判定依据;
- b) 无直径超过1mm的焊接亮点,直径1mm以下焊接亮点数量每片不可超过2个。

5.1.3.7 叠料

CIC电池互连片、旁路二极管不得出现两片及两片以上叠料现象。

5.1.3.8 间隙

CIC电池焊接成串后,单体电池之间的间隙为 $1\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$,单元串整体宽度不得大于单体电池宽度0.2mm。

5.1.4 电池电路

电池电路应满足以下要求:

- a) 太阳电池阵表面应无焊渣、胶黏剂、油污、水渍;
- b) 电池串粘贴于基板上时,固化后电池片间无底片胶溢出;
- c) 太阳电池阵表面应平整,个别单体电池凸出平面的高度一般不应大于0.5mm;
- d) 太阳电池布局、二极管安装和线缆的敷设应符合设计图样要求,太阳电池排列整齐,单体电池的粘贴位置与设计值错位不应大于0.1mm;
- e) 每片太阳电池与互连片若有4个以上焊点,其总焊点脱落数不应大于1,若少于4个焊点,则不应有焊点脱落;
- f) 太阳电池阵的功率线束可选择正负线绞合,以减少剩磁,信号线一般应与功率线束保持独立并绞合;若线束电缆不绞合,应减少线缆间距;
- g) 电池电路中所用的焊接方法应与太阳电池上下电极材料、电气互连材料以及特定的卫星环境相适应;
- h) 汇流条与线缆的焊点应光滑、光亮、无虚焊和无短路,互连片无烧蚀、无变形、无裂纹。汇流条上的焊点无脱落,导线无错接。

5.2 性能结构

5.2.1 强度

太阳电池阵的强度应满足以下要求:

- a) 在所有压紧点固支的状态下,太阳电池阵应满足正弦振动、随机振动、噪声、准静载荷试验条件下的强度要求,且安全系数不应小于1.5,强度裕度不应小于0.3;

- b) 在展开机构连接点单端固支的状态下,太阳电池阵应能承受太阳翼展开锁定的冲击载荷和航天器变轨的机动载荷,且展开机构连接处的强度安全系数不应小于1.5;
- c) 在各种力学工况下(如正弦振动、随机振动、噪声、准静载荷、冲击载荷、变轨机动载荷等),太阳电池片不应发生碎裂,电缆和接插件不应松弛和脱开。

5.2.2 刚度

太阳电池阵的刚度应满足以下要求:

- a) 在所有压紧点固支的状态下,太阳电池阵的模态频率应满足型号专用技术文件要求;
- b) 在展开机构连接点单端固支的状态下,太阳电池阵的模态频率应满足型号专用技术文件要求;
- c) 太阳电池阵在规定的各种环境试验条件下的最大变形量应满足型号专用技术文件要求;在规定的太阳电池阵最大变形量下,太阳电池片的许用弯曲变形应满足型号专用技术文件要求,不发生碎裂。

5.2.3 热性能

太阳电池阵的热性能应满足以下要求:

- a) 在满足使用要求的前提下,优先选用太阳吸收率与发射率之比尽量小的太阳电池,降低太阳电池的工作温度,即太阳电池吸收系数 α_s 应不大于0.92;
- b) 光照面与背光面之间应有良好的导热性,背光面应有较高的热辐射系数,即半球向辐射率 ϵ 应控制在 0.84 ± 0.02 。

5.2.4 电性能

太阳电池阵的电气性能应满足电源分系统要求,并符合 QJ 20328-2014 中第 7 章及以下要求:

- a) 空间环境条件下,寿命期间太阳电池阵在规定工作电压下的输出功率应符合型号专用技术文件要求;
- b) 太阳电池阵的剩磁矩应小于规定的指标要求,应考虑太阳电池电路布局时的电流走向,使整个太阳电池阵通过电流时所产生的磁场最大限度地相互抵消,以减小剩磁矩;
- c) 功率线缆的电阻值应符合型号专用技术文件要求;
- d) 太阳电池类型应符合使用寿命、功率、轨道粒子辐照等要求,在标准测试条件下的平均光电转换效率满足型号专用技术文件要求;
- e) 太阳电池阵电路模块输出端应串联二极管与母线隔离;隔离二极管的反向电阻不应小于 $10M\Omega$,最低反向耐压不小于母线电压的2倍,正向压降不大于1V;二极管的降额使用应符合GJB/Z 35要求;
- f) 功率线缆应采用双点双线。板间电缆规格、长度及安装形式应使板间电缆对太阳翼展开的影响尽量小。导线和电连接器的处理应符合QJ 3268-2006和Q/T 1039-2004中的相关规定,降额使用应符合GJB/Z 35中的相关规定;
- g) 互连片与汇流条应选择满足设计寿命要求的材料,有低的膨胀系数和高的导电率;每片太阳电池应使用至少两个互连片,或一片具有备份互连结构的整的互连片,保证备份连接;互连片与太阳电池片间单个焊点强度应大于 $0.83N/mm^2$,最小强度作用下焊点应无松动和脱开;互连片应有减应力弯;
- h) 电缆走向、屏蔽和接地应进行电磁兼容性分析,以满足电磁兼容要求。

5.2.5 绝缘

下列情形的绝缘电阻应满足在 250V 直流电压下不小于 $10M\Omega$:

- a) 隔离二极管、电连接器、电缆各接点与基板之间的绝缘电阻；
- b) 电缆、电连接器的各接点或导线间的绝缘电阻；
- c) 温度传感器、太阳敏感器对基板及相邻太阳电池电路间的绝缘电阻。

5.2.6 导通和搭接

太阳电池阵的导通和搭接应满足以下要求：

- a) 太阳电池阵的主要导电部件应与卫星本体主结构统一接地，基板结构不应作为主接地通道；
- b) 应提供 $10\text{k}\Omega\sim 90\text{k}\Omega$ 接地电阻，用于与卫星本体的高电阻接地；
- c) 太阳电池阵应至少有两个接地极；
- d) 采用铝蜂窝夹层结构的刚性板，其蜂窝芯应有良好的导电性，任意两点间电阻不应大于 $5\Omega/\text{m}$ 。

5.2.7 防静电放电

当太阳电池阵采用高压母线时，应采取措施防止二次放电，提高静电放电阈值电压和抗静电能力。

5.2.8 机械接口

太阳电池阵设计应满足型号专用技术文件中规定的以下要求：

- a) 压紧点数量、位置及外形尺寸要求；
- b) 展开机构安装位置精度及安装要求；
- c) 电缆的安装位置及安装要求；
- d) 转运、储存、热真空试验、组装和商业卫星总装时的地面支持设备的接口要求，包括太阳电池阵搬运工装、展开试验用的太阳电池阵吊挂或气浮装置的安装接口等的要求；
- e) 其他机构（如：闭索环导向支架）的安装位置及安装要求。

5.2.9 电接口

太阳电池阵的功率电连接器和信号电连接器的代号、规格和接点分配及热敏电阻阻值应符合型号专用技术文件要求。

5.2.10 热接口

太阳电池阵应满足热设计要求的热导率、热容、表面吸收率、表面发射率以及热控实施等。

5.2.11 寿命

寿命要求由商业卫星总体提出，一般包括储存寿命要求及使用寿命要求。太阳电池阵应在全寿命期内承受所遇到的各种载荷（包括环境），满足功能及性能要求。

5.2.12 可靠性

太阳电池阵的基板可靠性一般由安全裕度来保证，且产品应通过鉴定试验或分析验证来保证可靠度。电池电路的可靠性一般通过末期功率冗余，增加电路的并联数，降低元器件失效率并降额使用等措施，保证寿命末期输出功率的可靠性。可靠度不低于 0.99（置信度 $\gamma=0.6$ ），可靠性设计应符合 QJ 2172A-2005 中的规定。

5.2.13 环境适应性

太阳电池阵在全寿命周期内各种环境条件下的性能及功能应满足要求，环境条件由商业卫星总体提出，具体环境包括：

- a) 力学环境, 如: 准稳态载荷、振动环境(包括随机或正弦)、噪声等;
- b) 热环境, 如: 真空高低温循环等;
- c) 空间环境, 如: 原子氧、紫外辐照、真空、粒子辐射、微(低)重力等;
- d) 其他环境, 如: 腐蚀环境(对于沿海发射)、着陆环境、深空光照环境等。

6 检验规则

6.1 检验分类

本文件规定的检验分类如下:

- a) 鉴定检验 (见 6.3);
- b) 交收检验 (见 6.4)。

6.2 检验条件

6.2.1 防护要求

注意产品在运输、存储、转运及检验过程中的防护安全, 防碰撞、防跌落等人为安全因素。对有完整包装及静电防护要求的产品应注意不得随意破坏其包装完整性; 对需要拆封的及已拆封的产品, 应保证其所处环境符合相应要求。产品在做好相应包装、防护措施后, 方可脱离其环境控制。

CIC 电池、电池串需放置于氮气柜内保存, 干燥柜只能用于短期存放, 存放周期不可超过 1 周。电池串及电池阵在外界短期临时存放时, 应在电池串及电池阵上方盖上防静电布做好防尘处理, 并对该区域进行隔离。

6.2.2 检验环境

产品试验、检查时应保证其所处环境干净、整洁, 场地需具有良好的防静电措施。除了特殊规定外, 检验场地至少满足如下要求:

- a) 环境温度: $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: 30%~60%;
- c) 洁净度: 不低于 100 000 级;
- d) 压力: 一般为常压。

6.2.3 检验仪器和设备

检验用仪器和设备应经二级以上(含二级)计量部门检定合格, 并在有效期内使用, 检验用仪器和设备的量程和准确度应满足产品测试要求。

6.3 鉴定检验

6.3.1 通则

对于新设计的产品, 或当产品的生产厂家发生变化、材料或工艺发生重大变化、重要工艺的承制单位改变、产品使用范围扩大及其他技术状态发生重大改变时, 应进行鉴定检验。

6.3.2 检验数量

鉴定产品检验数量为 1 件。

6.3.3 检验项目

鉴定检验的检验项目见表 1。根据太阳电池阵采用的材料和工艺不同，可按照型号专用技术文件的规定对检验项目进行剪裁。

表 1 检验项目表

序号	检验项目	鉴定检验	交收检验	要求章条号	检验方法章条号
1	质量	●	●	4.5	6.5.2
2	尺寸与精度	●	●	4.6	6.5.3
3	标志	●	●	4.7	6.5.4
4	外观与多余物	●	●	5.1.1	6.5.5
5	基板	●	○	5.1.2	6.5.6
6	CIC 电池	●	○	5.1.3	6.5.7
7	电池电路	●	○	5.1.4	6.5.8
8	强度*	○	○	5.2.1	6.5.9
9	刚度*	○	○	5.2.2	6.5.10
10	热性能	●	●	5.2.3	6.5.11
11	电性能	●	●	5.2.4	6.5.12
12	绝缘	●	●	5.2.5	6.5.13
13	导通和搭接	●	●	5.2.6	6.5.14
14	防静电放电	●	●	5.2.7	6.5.15
15	机械接口	●	●	5.2.8	6.5.16
16	电接口	●	●	5.2.9	6.5.17
17	热接口	●	●	5.2.10	6.5.18
18	寿命	●	—	5.2.11	6.5.19
19	可靠性	●	—	5.2.12	6.5.20
20	环境适应性*	●	○	5.2.13	6.5.21

注：“●”为必检项目，“○”为订购方和承制方协商检验项目，“—”为不检项目；带“*”的检验项目可与太阳翼试验一起进行。

6.3.4 检验顺序

除型号专用技术文件另有规定外，一般检验顺序为先进进行基板、CIC 电池、电池电路的外观与多余物检验，然后依次进行机械/电/热接口、尺寸与精度、强度、刚度、电性能、绝缘、导通和搭接、防静电放电、热性能、环境适应性、质量、可靠性、寿命检验，最后进行标志检验。

6.3.5 合格判据

若表 1 规定的所有检验项目的检验结果均符合要求，则判定鉴定检验合格。若有不合格项目，允许在分析原因，采取措施或对产品进行修复，写出故障分析、归零报告并通过评审后对原来不合格项目再检验一次，当再检时不合格项目各项指标均符合要求，则判定鉴定检验合格，否则为鉴定检验不合格。

6.4 交收检验

6.4.1 检验数量

所有产品均应进行交收检验。

6.4.2 检验项目

交收检验的检验项目见表 1。根据太阳能电池阵采用的材料和工艺不同，可按照型号专用技术文件的规定对检验项目进行剪裁。

6.4.3 检验顺序

除型号专用技术文件另有规定外，一般检验顺序为先进进行基板、CIC 电池、电池电路的外观与多余物检验，然后依次进行机械/电/热接口、尺寸与精度、强度、刚度、电性能、绝缘、导通和搭接、防静电放电、热性能、环境适应性、质量检验，最后进行标志检验。

6.4.4 合格判据

若表 1 规定的所有检验项目的检验结果均符合要求，则判定产品交收检验合格。若有不合格项目，允许在分析原因，采取措施或对产品进行修复，写出故障分析、归零报告并通过评审后对原来不合格项目再检验一次，当再检时不合格项目各项指标均符合要求，则判定产品交收检验合格，否则为产品交收检验不合格。

6.5 检验方法

6.5.1 总则

太阳能电池阵按照以下方法进行测试或试验，检查其技术要求符合性，并符合 GB/T 6494-2017、GJB 360B-2009、QJ 20422-2016 和 QJ 2172A-2005 中的相关规定。

6.5.2 质量 (mass)

用符合相关详细规范要求的衡器对太阳能电池阵及其部组件进行称重。

6.5.3 尺寸与精度

用符合相关详细规范的准确度要求的量具进行测量。

6.5.4 标志

按型号专用技术文件规定用目视进行检查。

6.5.5 外观与多余物

按型号专用技术文件规定对太阳能电池阵的外观和多余物进行目视检验，目视检验前需先对太阳能电池阵表面进行清洁。

6.5.6 基板

用目视或放大镜检查基板外观的损伤和污染；用卡尺和塞规测量平面度和纤维束的公差；用湿海绵法或万用表或兆欧表检验绝缘电阻。

6.5.7 CIC 电池

用强光手电目视检查、显微镜检查 CIC 电池的外观，并参考 GB/T 42633-2023 中的相关试验方法。

6.5.8 电池电路

用强光手电目视检查或卡尺进行测量。

6.5.9 强度

检查设计分析文件的正确性并按照相关详细规范要求对太阳能电池阵进行力学试验。

6.5.10 刚度

检查设计分析文件的正确性并按照相关详细规范要求对太阳能电池阵进行力学试验。

6.5.11 热性能

利用热分析软件进行分析，并检查设计分析文件中的主要热设计参数。

6.5.12 电性能

太阳阵电性能测试的光源及所用的二级标准太阳能电池应符合相关详细规范要求。测试方法应按 GB/T 6494-2017 和 GB/T 12637-1990 规定的方法进行。

6.5.13 绝缘

用兆欧表或兆欧、万用二合一的万用表测试。

6.5.14 导通和搭接

用万用表测试。

6.5.15 防静电放电

检查设计文件中相邻电路之间的电压差，并通过静电放电试验测试放电值。

6.5.16 机械接口

用符合相关详细规范的准确度要求的量具检查各机械接口安装及配合尺寸。

6.5.17 电接口

用符合相关详细规范的准确度要求的量具检查电连接点的正确性。

6.5.18 热接口

用符合相关详细规范的准确度要求的量具测量温度传感器电阻阻值，并检查设计分析文件中的主要热设计参数。

6.5.19 寿命

检查设计分析文件的正确性。

6.5.20 可靠性

按照 QJ 2172A-2005 检查设计分析文件的正确性。

6.5.21 环境适应性

按照实际任务组件环境试验规范要求对太阳能电池阵进行试验，并符合 QJ 20422-2016 和 QJ 2172A-2005 中的相关规定。

7 交付文件资料、标志、包装、运输与贮存

7.1 文件资料

产品交付时，以下文件资料应完整、齐全、真实：

- a) 产品证明书；
- b) 产品履历书；
- c) 研制和质量报告；
- d) 检验报告；
- e) 产品数据包。

7.2 标志

包装箱外应按 GB/T 191 规定印有防潮、易碎、勿倒置等图形标志，并印有起吊点的标志以及外形尺寸、自重、净重等文字。包装箱外还应印有与产品相关的标志，符合 GJB 2998 的规定。

7.3 包装和装箱

- a) 太阳能电池阵应放在包装箱内贮存和运输，并采取适当的减振、防潮和防尘措施。贮存和运输时，太阳能电池阵的压紧点应与包装箱以机械连接方式牢固连接，箱内应放置足量的含水量小于4%的干燥剂。
- b) 太阳能电池阵的随箱文件应包含产品证明书、产品履历书、装箱清单。

7.4 运输

包装合格的产品应能经受汽车、火车或飞机的运输条件。在运输过程中应小心轻放，避免碰撞、敲击、日晒和雨淋。在运输中太阳能电池阵允许受到的冲击过载应不小于 3g（g 为重力加速度），并符合 GJB 7358-2011 的相关规定。

7.5 贮存

产品应贮存在温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 30%~60%、洁净度优于 100 000 级的室内或包装箱内，贮存时应以产品发生变形最小的状态存放。贮存期内，应按型号专用技术文件规定定期对太阳能电池阵进行无损检测，并将结果记录在产品履历书中。
