



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 37833—2019

---

## 航天器安全防护通用要求

General requirements for safety protection of spacecraft

2019-08-30 发布

2020-03-01 实施

国家市场监督管理总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、缩略语 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 缩略语 .....	1
4 一般要求 .....	1
4.1 环境 .....	1
4.2 厂房设施 .....	2
4.2.1 电源设施 .....	2
4.2.2 吊装设备 .....	2
4.2.3 其他要求 .....	3
4.3 地面支持设备 .....	3
4.4 人员 .....	3
4.5 多余物和污染物控制 .....	4
4.6 静电防护 .....	4
4.7 设计安全 .....	4
4.8 发射场安全 .....	4
4.9 安全管理 .....	4
5 详细要求 .....	5
5.1 总装 .....	5
5.1.1 通用要求 .....	5
5.1.2 仪器、部件总装 .....	5
5.1.3 电缆敷设 .....	5
5.1.4 电连接器插拔 .....	6
5.1.5 推力器及管路总装 .....	6
5.1.6 蓄电池总装 .....	6
5.1.7 可展开部件总装 .....	7
5.1.8 舱体对接、开合舱板 .....	7
5.1.9 光学部件总装 .....	8
5.1.10 热控产品总装 .....	8
5.1.11 火工装置总装 .....	8
5.1.12 放射性产品总装 .....	8
5.1.13 精度测量 .....	9
5.1.14 质量特性测试 .....	9
5.1.15 检漏测试 .....	9
5.1.16 吊装 .....	10

5.1.17	厂房内转运	10
5.1.18	包装及存贮	11
5.1.19	装卸和运输	11
5.2	电性能测试	11
5.2.1	通用要求	11
5.2.2	测试电缆	11
5.2.3	测试实施	11
5.3	环境试验	12
5.3.1	通用要求	12
5.3.2	真空热试验	12
5.3.3	力学环境试验	12
5.3.4	磁试验	13
5.4	发射场	13
5.4.1	总装和电性能测试	13
5.4.2	推进剂加注	13
5.4.3	发射场转运	14
5.4.4	发射塔架作业	14

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出并归口。

本标准起草单位:北京卫星环境工程研究所、中国空间技术研究院通信卫星事业部、清华大学。

本标准主要起草人:易旺民、张彬、卫月娥、刘玉刚、冯伟、万毕乐、邢帅、钟红仙、边玉川、代卫兵、张立伟、刘广通、李长勋、唐晓强、李斌、刘福全。

# 航天器安全防护通用要求

## 1 范围

本标准规定了航天器总装、测试、试验及发射场工作阶段安全防护的一般要求和详细要求。

本标准适用于卫星、载人飞船、空间站、空间探测器等航天器的总装、测试、试验以及发射场工作阶段的产品及人员安全防护,微纳卫星等可参照执行。

## 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 2099.1 家用和类似用途插头插座 第1部分:通用要求

GB/T 6067.1—2010 起重机械安全规程 第1部分:总则

GB 11930 操作非密封源的辐射防护规定

GB/T 29083 航天器易燃、易爆、有毒物品及放射源的安全性要求

GB/T 29085—2012 卫星防污染技术要求

GB/T 32301—2015 航天器包装、运输通用要求

GB/T 32304—2015 航天电子产品静电防护要求

GB 50016 建筑设计防火规范

## 3 术语和定义、缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**多余物 foreign object debris**

产品中存在的由外部进入或内部产生的与产品规定状态不符的物质。

#### 3.1.2

**保护件 protective part**

装配、测试、运输过程中为了保护航天器产品,所需附加装配的零、部件。例如:堵盖、保护帽等。

### 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ESDS:静电放电敏感(的)(electrostatic discharge sensitive)

OSR:光学太阳反射镜,又称二次表面镜(optical solar reflector)

## 4 一般要求

### 4.1 环境

#### 4.1.1 总装、测试和试验区应符合如下要求:

- a) 温度为  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度为  $30\% \sim 60\%$ ;
- c) 洁净度优于 100 000 级;
- d) 照度不低于  $300\text{ lx}$ ;
- e) 噪声不大于  $60\text{ dB}$ ;
- f) 有防静电设施;
- g) 有机物污染按专用技术文件要求执行。

4.1.2 管路焊接间应符合如下要求:

- a) 温度为  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度为  $30\% \sim 60\%$ ;
- c) 洁净度优于 10 000 级;
- d) 照度不低于  $300\text{ lx}$ ;
- e) 有防静电设施。

4.1.3 总装、测试、试验厂房周围环境应符合如下要求:

- a) 无强电磁干扰,远离高压输电线 50 m 以上;
- b) 无强振动源,远离交通主干线 50 m 以上。

4.2 厂房设施

4.2.1 电源设施

4.2.1.1 动力电源

动力电源应符合如下要求:

- a) 单项交流电源电压为  $220\text{ V} \pm 22\text{ V}$ ,频率为  $50\text{ Hz} \pm 2\text{ Hz}$ ,采用单相四线制;
- b) 三相交流电源电压为  $380\text{ V} \pm 38\text{ V}$ ,频率为  $50\text{ Hz} \pm 2\text{ Hz}$ ,采用三相五线制;
- c) 动力电源供电能力应大于最大用电负荷能力的 1.5 倍。

4.2.1.2 稳压电源

稳压电源应符合如下要求:

- a) 交流电源稳压器输出的电压稳定度应优于  $\pm 1\%$ ;
- b) 应具备能满足使用需要数量的 UPS 电源。

4.2.1.3 地线

地线应符合如下要求:

- a) 厂房内应具备良好的接地线,接地电阻不大于  $1\ \Omega$ ;
- b) 保护地线、信号地线应与动力电源零线分开设置,禁止连接。

4.2.1.4 配电盘使用的插座

配电盘使用的插座应符合 GB/T 2099.1 规定,并满足如下要求:

- a) 单项交流电源插座为左零、右火、中地;
- b) 三相交流电源插座相序一致。

4.2.2 吊装设备

4.2.2.1 起重设备应符合 GB/T 6067.1—2010 中第 3 章~第 10 章的规定。

4.2.2.2 吊车应有快慢控制装置。

4.2.2.3 用于航天器翻转的吊车应采用双钩分动形式,双钩间距不小于 1.5 m。

4.2.2.4 起吊时,吊钩与航天器之间应有绝缘措施,吊钩处应采取防滴油措施,并定期进行清洁处理。

#### 4.2.3 其他要求

4.2.3.1 工作区及厂房应符合 GB 50016,并按消防条例的规定配置消防器材。

4.2.3.2 在要害部位应安装自动报警装置和视频监控系统。

#### 4.3 地面支持设备

地面支持设备应符合如下要求:

- a) 在设计地面支持设备时,应充分考虑使用工况并留有一定安全裕度;
- b) 地面支持设备对航天器产生的附加载荷不应超过设计规定值;
- c) 地面支持设备的关键功能或部件应采取冗余设计,冗余设计的分系统或部件应以物理方式分开,确保一个系统或部件失效后不影响正常工作;
- d) 地面支持设备的电气系统应保证电力传输、信号传输和控制性能的准确、可靠,防止由于机械损伤导致的电气设备产生危险;
- e) 地面支持设备的供电系统中有触电危险部位应涂有安全色并有警告标识;
- f) 有电气系统的地面支持设备应有指示总电源通断状况的信号,必要时还应设置故障信号或报警信号,信号指示应设置在操作人员视力、听力可及的位置;
- g) 在地面支持设备的系统控制回路中,安全关键功能的执行应经操作人员确认或启动;
- h) 对于可靠性和安全性要求较高的功能,应权衡硬件实现与软件实现的利弊,做出妥善决策;
- i) 当存在超载可能时,应设防超载的安全装置;
- j) 在距离地面支持设备 1 m 处,噪声应低于 60 dB,超标时应有消声、隔声等保护措施;
- k) 对于可能引起危险的操作或部位应设计安全标识,并在明显位置标记;
- l) 作业环境存在易燃、易爆、有毒物品或放射源时,使用的地面支持设备应满足 GB/T 29083 的要求;
- m) 地面支持设备的软件应有检测功能,自动检测、记录所有系统故障及系统运行情况;
- n) 地面支持设备的软件应有权限控制功能、日志记录功能,具有产品翻转、移动等功能的地面支持设备的软件还应具有急停功能;
- o) 与航天器接触面应有安全保护措施,避免航天器损坏;
- p) 在满足功能和性能的前提下,地面支持设备可采用商用化设备、零部件、元器件等;
- q) 一般在地面支持设备明显部位设置产品铭牌,铭牌内容一般应包括产品代号、名称、额定载荷、最大包络尺寸、自重、制造日期、制造单位,用电设备还应标明额定功率和额定电压,必要时应写明简要注意事项等;
- r) 地面支持设备在其使用寿命内,应进行维护、保养、检定、校准及安全检查。

#### 4.4 人员

工作人员应符合如下要求:

- a) 进入厂房洁净区时,应穿戴洁净工作服、工作帽、工作鞋;
- b) 在航天器上直接操作的人员,禁止佩戴手表、手镯、戒指、项链、耳环等个人物品,衣服口袋内不得装有手机、钥匙、硬币、打火机等物品;
- c) 触摸航天器热控涂层、光亮表面、太阳翼电池片等产品时,应戴洁净手套,有特殊要求时应戴口罩;

- d) 进入载人航天器的测试人员、航天员应由专人辅助和引导,舱内作业人员的着力点位置应符合专用技术文件的要求。

#### 4.5 多余物和污染物控制

多余物、污染物控制应符合如下要求:

- a) 进入净化厂房的人员、产品、设备应经净化处理;
- b) 工作前应检查生产工具和工作台、梯、专用设备等,确保其清洁;
- c) 产品进入总装后,一般不允许在航天器上对产品进行机械加工,如在特殊情况下需要在航天器上进行机械加工时,应采取工艺防护措施,严防金属屑或其他多余物残留在航天器上;
- d) 在拆装零(部、组)件时,标牌、标签、线头及辅料等应及时清理,确保清洁,防止污染;
- e) 对静电和污染防治要求较高的产品只有在必要操作时方可从专用贮存容器中取出,且用完后应及时放回容器。

#### 4.6 静电防护

航天器总装、测试和试验作业场地应根据航天产品静电防护需求进行识别,对设定为防静电的工作区进行标识,防静电工作区的静电防护应符合如下要求:

- a) 防静电工作区应按照 GB/T 32304—2015 中 5.3 和专用技术文件要求进行设置;
- b) 防静电工作区应设置专用入口,并在入口处配置人体静电综合测试仪,人员通过静电测试合格后方可入内;
- c) 进入防静电工作区的人员应穿戴防静电工作服、工作帽、工作鞋;
- d) 凡与 ESDS 产品接触的人员应佩戴防静电腕带,并与人体皮肤紧密接触,腕带应与防静电地线连接;
- e) 航天器在总装、测试、试验时应可靠接地,搭接阻值不应大于  $1\ \Omega$ 。

#### 4.7 设计安全

设计安全防护应符合如下要求:

- a) 航天器设计时,应考虑产品在生产、集成、试验等研制过程的安全性;
- b) 工艺方法应确保安全,不得使用禁用工艺,使用限用工艺时应履行审批手续;
- c) 工艺设计时,应进行充分的安全风险分析与危险源辨识;
- d) 工艺文件中针对安全风险应设置安全注意事项提醒,并规定相应安全防护措施;
- e) 对于有特殊防护要求的部位应设计专用保护件。

#### 4.8 发射场安全

发射场安全防护应符合如下要求:

- a) 试验队进场前应组织进场人员的技术安全教育;
- b) 试验队应识别发射场工作期间各阶段技术安全控制点并制定控制措施;
- c) 进场前应对参试的测试设备、地面工装进行复检,确保测试设备和地面工装技术状态符合试验安全要求;
- d) 试验队应配备各类安全防护用品,主要包括防静电用品、微波防护用品、高空作业防护用品、液体推进剂防护用品和用具等。

#### 4.9 安全管理

安全管理要求如下:



- a) 从事航天器总装、测试和试验的人员应经过安全培训,考核合格后方可上岗;
- b) 对于国家规定的特种设备作业岗位人员,应取得相应主管部门颁发的特种设备作业证;
- c) 航天器总装、测试和试验单位应有健全的安全生产管理体制;
- d) 厂房内和航天器上的危险部位应设置醒目的安全标识;
- e) 航天器总装、测试和试验厂房内严禁使用明火,工作中使用的易燃品进入厂房后,应放置于安全地点,并由专人负责保管,且有明显标识;工作结束后剩余的易燃品应及时清离厂房。

## 5 详细要求

### 5.1 总装

#### 5.1.1 通用要求

航天器总装过程应符合如下要求:

- a) 航天器总装前应配置安全员,提前知悉总装过程安全防护要点;
- b) 总装工具应有专用工具箱并定置摆放,由专人保管,使用前、后认真清点,不得有缺失或多出现象,带入航天器舱内的工具应进行登记,出舱时核销;
- c) 高处作业或有物品脱落风险时,操作人员应采取安全防护措施,对工具、紧固件、辅助材料等采取防脱落措施;
- d) 航天器上或舱内装配需要辅助照明时,应使用不超过 36 V 的安全灯;
- e) 总装直属件、紧固件应按照工艺配套领取,装配前和拆卸后仔细清点,确保数量正确;
- f) 作业前应熟悉工艺和设计文件,规划好待装产品最佳的安装路径;
- g) 应按照工艺文件规定进行紧固件的安装,禁止随意操作和凭经验强力装配;
- h) 待装产品装配前,应检查航天器上对应安装位置处及其周围无任何干涉装配的线缆、非金属及金属碎屑、毛刺以及其他异物,必要时可对安装位置表面覆盖工艺防护膜保护;
- i) 总装使用的保护件应有明显区分标识,并形成清单,在航天器发射前应拆除全部保护件。

#### 5.1.2 仪器、部件总装

仪器、部件总装应符合如下要求:

- a) 提前规划装配工具在航天器上的装配操作空间及活动路径,确认操作空间满足总装操作安全要求,必要时可对操作邻近区域的凸出设备进行防护;
- b) 紧固件装配过程中,操作人员应控制装配工具的回转空间、装配动作幅度及速度,以防磕碰航天器上设备;
- c) 在抵近天线、光学敏感器件等凸出部位以及在复杂狭小空间内装配时,操作人员应关注自身运动时的安全性,防止人体碰撞产品;
- d) 设备超过 20 kg(含)时应采用辅助装配工装(吊具、末端执行器等)进行装配。在设备吊装或机器人装配抓取时的起升、平移、下落过程,应监视控制装配作业安全间隙,严防发生磕碰。

#### 5.1.3 电缆敷设

航天器电缆敷设应符合如下要求:

- a) 电缆自由端(如:电连接器、导线端头)应独立采取绝缘保护措施;
- b) 电缆敷设前电连接器应用防静电保护盖或防静电材料包裹保护;
- c) 电缆敷设路径应避开发热源(如:加热片)等热控元件;
- d) 电缆在分支点、穿舱点、跨舱点或经过设备及支架棱边位置处应进行防护,电缆安装完毕后,应

检查、确认无电缆堆积和电缆端自由活动等情况；

- e) 电缆自由端应错位焊接,避免焊点集中电缆束同一部位,电缆束应避免焊点部位进行绑扎固定,以免焊点受力;
- f) 采用绑扎带进行电缆绑扎固定时,应注意绑扎工具的操作空间和操作的力度,防止绑扎带突然断裂而造成用力失衡损伤产品;
- g) 电缆敷设和固定时,电缆弯曲半径应符合专用技术文件要求,防止电缆损伤。

#### 5.1.4 电连接器插拔

电缆电连接器插接和拔离应符合如下要求:

- a) 未经许可,加电测试期间不得进行电连接器插拔操作;
- b) 插接前,应检查待插电连接器两端代号一致,电连接器表面无镀层脱落、无锈蚀、尾罩无松动,电连接器无变形、无裂纹、无螺纹磨损,接口内无多余物,锁紧装置完整无损;
- c) 插接蓄电池电缆电连接器时,一般应先插接蓄电池相连电缆远端电连接器,再插接蓄电池相连电缆近端电连接器;拔离时,应先拔离蓄电池相连电缆近端电连接器,再拔离蓄电池相连电缆远端电连接器;
- d) 插拔时,应握住电连接器本体,禁止抓住尾罩外的电缆束或导线进行操作;
- e) 插拔时,如发现操作超出正常用力或有阻碍等异常感觉,应停止操作并进行状态检查,待故障排除后方可进行再次插拔;
- f) 电连接器插拔前,应检查确认电缆束的绑扎、固定状态不影响电连接器的插拔操作,且电缆末端留有足够的插拔余量,必要时可打开附近电缆绑扎、固定点,待插拔结束后重新进行绑扎、固定;
- g) 有力矩安装要求的电连接器,安装时应使用力矩扳手拧紧或专用工具拧紧,操作过程应避免磕碰或损伤电连接器;
- h) 电连接器插接后,应将锁紧装置锁紧,如不能锁紧,应停止操作并检查原因,锁紧后应保持其尾罩出口电缆束、导线成自然伸展状态,不应扭曲或拧转;
- i) 在进行产品电连接器测试(导通、绝缘等)时,严禁使用表笔或铜丝直接进行检查;
- j) 分离脱落型电连接器在插接和锁紧过程中,如发现异常现象,应采用绳索或拉钩的机械分离方式将头座分离,并进行故障定位和排除;在进行插头脱落试验时,应采取安全防护措施,避免插头分离时掉落损伤产品;
- k) 在不通视工况下进行电连接器插拔时,宜使用具有可视功能的设备(如:微型摄像头、内窥镜等)对插拔过程进行操作监视和状态检查确认;
- l) 发射前,未插接的空电连接器应按专用技术文件要求进行保护处理。

#### 5.1.5 推力器及管路总装

推力器总装过程应符合如下要求:

- a) 推力器总装前,应确认其阀口、喷口均安装有保护帽(螺塞)、保护盖;
- b) 推力器总装时,应按照工艺文件和图样要求,核对推力器的安装极性标识;
- c) 推力器总装时,禁止装卡把扶喷管喉部、喷口及阀口邻近部位;
- d) 严禁磕碰划伤推力器阀口外套螺纹及密封面、喷管外表面;
- e) 推力器及管路总装时,应严控多余物;
- f) 除非特殊规定,对于预装催化剂的单组元推力器,禁止喷口轴线矢量方向高于水平面。

#### 5.1.6 蓄电池总装

蓄电池总装应符合如下要求:

- a) 对于单体极柱外露带电的蓄电池,应有可靠的绝缘防护措施;
- b) 除非特殊规定,蓄电池应处于安全荷电状态进行总装;
- c) 蓄电池总装前,应首先检查确认蓄电池各附属线缆自由端无金属裸露部位,且电池间各连接电缆处于良好绝缘保护状态;
- d) 装配工具使用前应进行绝缘防护处理,输送及夹取位于单体间的紧固件时,应使用经绝缘防护处理的夹取装置,以免紧固件异常掉落、触碰极柱打火;
- e) 蓄电池接地阻值测量时,严防表笔误触碰蓄电池极柱及插针;
- f) 蓄电池底座与航天器舱板间用薄膜绝缘时,应控制蓄电池底板抵近舱板安装面的对接速度和接触角,对接速度应按最低限速,接触角应为零度或接近零度,以确保装配贴合过程柔顺平稳;
- g) 蓄电池上电连接器进行插拔操作时,应注意连接器的插拔顺序,插接时一般应最后插接功率插头,拔离时一般应最先拔离功率插头。

### 5.1.7 可展开部件总装

太阳翼、天线等可展开部件总装应符合如下要求:

- a) 太阳翼、天线等可展开部件应用专用的吊具或辅助工装进行装配;
- b) 太阳翼操作时,应佩戴口罩和手套,禁止裸手触摸太阳翼电池片;
- c) 正样太阳翼安装到位后,抵近太阳翼操作时应佩戴口罩;
- d) 在固定与太阳翼、天线等可展开部件相邻的电缆、多层隔热组件时,应根据太阳翼和天线的展开包络空间,合理预留电缆自由端的余量,明确电缆及多层隔热组件的固定位置,防止在展开或收拢过程中发生挤压、刮蹭、拉拽等问题;
- e) 太阳翼、天线等可展开部件在展开、驱动前应解除锁紧状态,收拢前应解除闭锁状态;
- f) 除非特殊规定,太阳翼、天线等可展开部件的转运、运输均应在锁紧状态并与工装牢固固定,安装应在锁紧状态并与工装牢固固定或重力卸载情况下进行,展开试验应在重力卸载情况下进行,以避免重力对活动机构的铰链、活动机构造成破坏;
- g) 太阳翼、天线等可展开部件在生产、运输、存放、安装、测试和试验过程中,应控制环境湿度,确保满足专用技术文件要求;
- h) 太阳翼、天线等可展开部件展开或收拢过程应设置安全隔离区,试验过程中其运动包络范围内应无障碍物;
- i) 太阳翼、天线等可展开部件展开试验时,火工品起爆过程中,现场人员应避开火工品工作方向。

### 5.1.8 舱体对接、开合舱板

舱体对接和开合舱板应符合如下要求:

- a) 舱体对接、合舱板前应对舱内进行检查,确认舱体内及对接面无多余物、产品状态满足操作要求;
- b) 舱体对接过程中,在距离对接面约 500 mm 时,操作人员应扶持舱体,防止舱体发生晃动,必要时安装导向装置引导舱体的对接;
- c) 在对接、分解全过程中,应设观察岗,负责监视舱体各部位的干涉情况;
- d) 舱体对接、合舱板前应先规划跨舱电缆的工艺安装方案,并在舱体或舱板贴近被对接面适当距离时,进行跨舱电缆的处置,同时在实施过程中,监视电缆的状态变化,防止挤压电缆;
- e) 在开舱、分解舱体时,应提前知悉跨舱电缆、管路等装配情况,制定电缆、管路断开处置的时机和要求,实施过程中,应关注跨舱电缆的状态,严禁拉拽或者压破;
- f) 舱体分解、开舱板前,应提前知悉紧固件的安装状态,紧固件拆除后应清点数量,并检查航天器上紧固件拆除情况,确保紧固件全部拆除;

- g) 舱体分解、开舱板时,若发现操作开合的施力明显大于正常状态,应暂停相应操作,再次复核图样、文件和实物状态,确保所有连接均拆除后方可继续进行操作。

#### 5.1.9 光学部件总装

光学部件总装应符合如下要求:

- a) 光学部件的光学敏感部位应采用保护罩或保护膜进行防护,除必要操作或试验拆除保护件外,光学部件的光学敏感部位在发射前应一直处于保护状态;
- b) 光学部件周围线缆、多层隔热组件应通过热控销钉、点胶等方式牢靠固定,不得出现局部边、角翘起等现象,以免干扰光学部件工作视场;
- c) 对处于裸露状态光学敏感部位进行操作时,应佩戴洁净口罩以及防静电手(指)套,严禁裸手触碰光学敏感部位;
- d) 除非特殊规定,禁止强光直接正对光学敏感镜头照射,对敏感部位拍照时,禁止使用闪光灯。

#### 5.1.10 热控产品总装

热控产品总装应符合如下要求:

- a) 对于污染敏感产品包覆的多层隔热组件,应进行真空烘烤除气处理;
- b) 多层隔热组件在制作、保存、安装过程中,禁止对多层隔热组件进行小角度对折、揉搓等操作,以免破坏多层隔热组件表面膜的性能;
- c) OSR片、镀金膜、热控涂层等对污染敏感航天器上产品应通过保护板或保护膜进行防护,严禁裸手触摸;
- d) 加热片粘贴前应进行外观检查,确认无缺陷,加热片粘贴后,应检查贴合状态,确认贴合紧密、平整,表面无气泡等,加热片加压固化时,操作用力应均匀,不得滑动加热片;
- e) 测温、控温等热控元器件的引线应符合一线一标识的要求,不得反复折弯引脚,对单点引出多根导线的热控元器件,在焊接时,除确认标识外,在焊接后应进行阻值的交叉测量。

#### 5.1.11 火工装置总装

火工装置总装应符合如下要求:

- a) 火工装置操作人员应经过安全培训,并掌握本岗位的安全操作规程及相关安全知识,经考核合格后持证上岗;
- b) 存放、运输、安装和检验过程中,火工装置应装上红色短路保护插头;
- c) 火工装置总装前,应进行阻值测试和绝缘阻值测试,测试时发火端禁止站人;
- d) 火工装置的测试应使用专用的测试仪表,测试电压不应大于 100 V,测量电流应小于 30 mA 或电发火元件最大不发火电流的 10%,取二者中的较小值,测试完毕,应连接短路保护插头;
- e) 测试时火工装置的工作方向严禁站人,测试完毕,应及时连接短路保护插头;
- f) 火工装置领出库房后,应及时安装,遇计划调整一般应及时退回火工装置库房;
- g) 火工装置安装时,操作人员应佩戴防静电腕带,防静电腕带应与人体接触良好,并可靠接地;
- h) 火工装置安装时,航天器上各系统均不得加电,且航天器应可靠接地;
- i) 安装过程中,操作人员身体应偏离火工装置轴线方向进行操作,产品的工作方向严禁站人;
- j) 火工装置安装过程中应轻拿轻放,严禁撞击、磕碰等危险动作,火工装置安装后,严禁对产品进行敲打、切割、打孔等危及安全的作业。

#### 5.1.12 放射性产品总装

放射性产品总装应符合如下要求:

- a) 涉源作业人员、管理人员应经过相应专业培训和考核,取得相关资格证书,持证上岗;
- b) 放射源应贮存在专用铅罐中,存放在专用库房内;
- c) 作业现场应设置安全隔离区,对不同级别的辐射危险区采取相应的警示、监控措施;
- d) 对真实放射源产品总装前,应进行操作演练;
- e) 涉源作业人员在试验前应穿戴铅服等防护用品,并正确佩戴辐射剂量笔;
- f) 工作现场的放射性安全浓度应符合 GB 11930 的规定,试验或者操作中应随时进行辐射剂量监测;
- g) 相关涉源作业人员健康记录及辐射剂量记录应完整、清晰。

#### 5.1.13 精度测量

精度测量应符合如下要求:

- a) 测量设备、工装及附件应提供标定数据,并在有效检定期内使用;
- b) 测量过程中涉及高空作业时,操作人员应采取安全措施,设备及相关附件应采取防脱落措施;
- c) 使用激光类测试设备进行作业时,应防止激光光源等直接照射人眼,必要时可粘贴警示标识;
- d) 邻近航天器作业时,应锁紧测试设备支架,确保支撑稳固,防止发生倾覆;
- e) 航天器上精测用靶标、立方镜和精测基准应安装牢靠,确保不发生松动和脱落;
- f) 航天器上测量用的靶标、标识、保护罩,在发射前应拆除,特殊情况不能拆除时,应确认其不会对航天器正常工作造成影响;
- g) 需要安装精度测量专用工装时,应确保专用工装不会划伤或磕碰航天器上的产品。

#### 5.1.14 质量特性测试

质量特性测试应符合如下要求:

- a) 供气、供液的压力设备应符合专用技术文件要求,工作安全可靠,压力表和安全阀应定期校验合格,并在有效期内使用;
- b) 气路、液路使用的导管耐压不应小于最大工作压力的 2 倍,接头连接应可靠,漏率满足专用技术文件要求;
- c) 设备所用气源应经过净化处理,所用的过滤器、干燥剂应按规定进行定期更换;
- d) 最大载荷和偏心力矩不得大于设备最大允许值;
- e) 质量特性测试前,应检查设备工作台面无多余物、受试产品与试验设备可靠连接;
- f) 质量特性测试时,产品测试工作包络空间内不得有影响测试的障碍物;
- g) 测试过程中,需对航天器进行直接操作时,应对测试台进行辅助支撑、锁紧等保护措施;
- h) 测试完毕后,待测试台完全停转后,操作人员方可靠近航天器进行后续作业。

#### 5.1.15 检漏测试

检漏测试应符合如下要求:

- a) 检漏测试选用的检漏介质不得对航天器产生污染;
- b) 密封检漏场所应有独立通风系统;
- c) 增压超过 10 MPa 以上时,应在航天器周围设立明显标识和隔离措施,禁止无关人员进入;
- d) 充压设备应有过压保护装置,确保不得超过额定允许压力;
- e) 气瓶使用期间应有防倾倒措施,对于有压力容器和压力管道的部位应按规定设立危险点并定期进行相关检查和检定;
- f) 检漏测试设备的压力表应符合其最高工作压力不超过其满量程的 3/4;
- g) 检漏测试设备的调压器应满足最高输出压力为工作压力的 2 倍;

- h) 在对管路接头进行操作时,应先行泄压;
- i) 高压系统的使用应制定安全操作规程并执行;
- j) 高压装置增压和保压检漏期间,不得并行开展与试验无关的操作;
- k) 气体充、放气过程应按照规定控制充、放气速率,在充压时应控制产品温度低于温度上限,在放气时应控制产品温度高于环境露点;
- l) 检漏过程中,应控制管路、阀体与堵头、测试管连接时的多余物。

#### 5.1.16 吊装

吊装应符合如下要求:

- a) 航天器吊装作业应专设指挥人员,指挥人员上岗符合 GB/T 6067.1—2010 中 12.5 规定;
- b) 吊车司机应符合 GB/T 6067.1—2010 中 12.3 规定,并取得上岗资格;
- c) 航天器吊装安全性要求应符合 GB/T 32301—2015 中 4.3.4 的规定;
- d) 起吊的总载荷严禁超过起吊设备的额定载荷;
- e) 两台起吊设备联合吊装时,应估算每台起吊设备按比例所吊装载荷,确保吊装过程中吊索保持垂直状态,所受载荷不应超过各台起吊设备单独吊装操作时的额定载荷;
- f) 吊装航天器时,应使用专用吊具、转接件等工装,并且不超过所用工装的额定载荷和适用工况;
- g) 吊装前应确认起吊载荷的质量及质心,调整起吊装置,选择合适的起吊系挂位置,保证载荷起吊时均匀平衡,无倾覆风险;
- h) 在悬停时吊车司机严禁离开控制器或驾驶室;
- i) 吊装航天器进行移动前,应确认吊运通道无障碍物,且吊高超过 1.8 m 时,应至少系 2 条牵引绳,并有专人牵引;
- j) 吊装完毕后,起吊设备应按规定停放在相应区域,确保吊钩下方无航天器产品;
- k) 航天器翻转应使用专用翻转设备或吊具,且使用吊车双钩(主、副吊钩)翻转;
- l) 翻转前,应对吊具、翻转支架的连接部位进行检查,确认连接牢靠;应对航天器顶部进行检查,确认无多余物和未固定的零部件(如:电缆自由端);
- m) 航天器(舱段)翻转时,应确认航天器(舱段)质心水平投影始终处于吊点包络水平投影范围之内;
- n) 当吊装航天器离地面超过 2 m 后,方可进行翻转作业,翻转过程中应有专人监视产品与周围环境干涉情况,确保航天器最低点距离地面的距离始终不小于 1 m;
- o) 除非特殊规定,航天器翻转速度应满足如下要求:
  - 1) 整器翻转速度不超过  $30^{\circ}/\text{min}$ ;
  - 2) 舱段翻转速度不超过  $60^{\circ}/\text{min}$ 。

#### 5.1.17 厂房内转运

厂房内转运应符合如下要求:

- a) 航天器转运时,应专设指挥人员和安全员,分别负责现场指挥和产品安全监视;
- b) 航天器在厂房内转运应使用专用转运工装,转运速度不大于  $30\text{ m}/\text{min}$ ;
- c) 航天器转运前,应由专人进行转运通道尺寸和产品转运时最大包络尺寸核查,并确定转运路线;无特殊情况,转运通道距离产品最大包络尺寸不应小于 500 mm;
- d) 产品转运路线和方案确定后,一般不应临时更改转运路线或方案;
- e) 转运过程中,航天器与地面应保持有效的静电泄放通道,有特殊要求时,应按专用技术文件要求进行;
- f) 航天器通过自动转运设备进行转运时,操作人员应熟悉转运设备的“急停”等功能操作,转运过

程中操作人员不得离开控制器,并与现场指挥人员、安全员保持通畅沟通。

### 5.1.18 包装及存贮

包装及存贮应按照 GB/T 32301—2015 的规定执行,并符合如下要求:

- a) 航天器装入包装容器时,确认航天器许可的行进方向与包装箱行进方向一致;
- b) 具有密封舱的航天器装入包装容器时,应保证密封舱与包装容器内压力平衡;
- c) 特殊情况下,航天器不能使用包装容器运输时,航天器应穿防护衣,防护衣内层应为防静电材料,外层应为防水防尘材料;
- d) 航天器长期存贮时,一般应使用专用容器,并应可靠接地,装在航天器上的火工装置、蓄电池、有特殊要求的有效载荷在存贮前一般应拆下,按照专用技术要求进行单独存贮。

### 5.1.19 装卸和运输

装卸和运输应按照 GB/T 32301—2015 规定执行,并符合如下要求:

- a) 厂房外对航天器或对装有航天器的包装箱进行吊装时,应按照专用技术文件进行,当风速大于 8 m/s 或雨天时,应停止吊装作业;
- b) 公路运输时,应根据运输包装容器的包络尺寸设计合理的运输路线,并确认通行路线满足包装容器的通行要求,必要时在运输前按照包装容器的包络进行模拟运输。

## 5.2 电性能测试

### 5.2.1 通用要求

电性能测试应符合如下要求:

- a) 航天器测试应设立技术安全管理组,负责测试全过程技术安全控制管理要求的制定、安全措施落实和检查等;
- b) 测试人员应经过专业培训,明确本岗位技术职责和安全控制点;
- c) 在各阶段测试前,技术安全管理组应对测试场地的供配电设施、移动电源转换器(电源接线板)、航天器和地面设施的接地等进行技术安全检查;
- d) 对大功率辐射装置进行测试时,航天器附近应有醒目的警示标识,并设置安全封闭区域;
- e) 在超高频、微波辐射场地的作业人员,应穿防微波工作服、戴防微波眼镜。

### 5.2.2 测试电缆

电性能测试电缆应符合如下要求:

- a) 航天器供电用的地面电缆,应选用大接点的电连接器,相应的供电导线应降额使用,导线的电流降额系数应小于 0.5,保证供电负载端的电压满足要求;
- b) 测试电缆敷设时,应进行相应固定,悬挂电缆固定时,应避免电缆下垂对电连接器的作用力;
- c) 在电缆沟/电缆槽进行敷设时,应注意防潮,不能强力拖拽、磨损电缆;
- d) 经过人员、产品进出通道的电缆应采取防踩踏、碾压等保护措施;
- e) 测试电缆、转接电缆在插接前应进行检查、确认,在确认无误后方可使用,确认的内容包括电连接器型号、规格、电缆接点导通/绝缘性能,尤其是供电电缆接点;
- f) 所有测试电缆连接的正确性应经过确认后方可加电测试。

### 5.2.3 测试实施

电性能测试实施过程应符合如下要求:

- a) 测试过程中各项操作应有依据,操作应听从指挥口令,指挥口令、操作内容应按照测试细则进行,口令和回令应清楚、准确、规范;
- b) 从地面测试设备发送给航天器的控制命令,应有软件系统设置的命令提示或确认操作;
- c) 涉及危险或有约束条件的控制命令,应通过软件控制或条件判别、硬件加锁等方法建立禁止、使能机制;
- d) 火工装置相关的指令应通过软件设置禁止和授权控制,使用时先解禁、授权再发指令,指令发送完毕后再设置禁止;
- e) 测试过程中,应对航天器的关键部位和重要测试现场(如:活动部件的转动功能测试)进行现场实时监视,记录测试现场情况;
- f) 测试过程中,确定航天器安全状态参数,并进行实时监控,如:高压气瓶的压力及温度、火工装置点火电源的通断状态、供电母线电压和电流等。

### 5.3 环境试验

#### 5.3.1 通用要求

航天器环境试验应符合如下要求:

- a) 试验场所应配备降低或消除危险有害因素的装置并进行主动监测,具有超标预警功能;
- b) 试验仪器、设备应在二级以上(含二级)计量部门鉴定合格,并在有效期内使用;
- c) 试验中有毒物品应尽量采用试验性能相同且毒性尽可能小的物品或模拟件替代;
- d) 低温环境下使用的吊具,其金属焊缝和非金属材料的负载试验应在低温下进行,保证其低温使用的性能;试验设备和仪器的启动、参试电缆的通电和试验开机,均应经过技术安全管理小组检查,确认合格后方可进行,试验开机应进行相应审批;
- e) 在接通试验电源前,应对试验过程所使用的电气设备的电缆进行匹配检查,确认无问题后方可接通电源。

#### 5.3.2 真空热试验

航天器真空热试验应符合如下要求:

- a) 航天器真空热试验工况应按照专用技术文件执行,符合产品高低温试验需求;
- b) 热试验系统应具备加热器电流限制、温度报警等功能;
- c) 试验过程值班人员应定期巡视设备,如发现安全问题应及时处置并上报,如发生氧气浓度低于19%等报警情况,操作人员应迅速撤离现场,如果发生操作人员晕倒的情况,应立即启动应急救援预案开展救援,救援过程中确保救援物品穿戴正确;
- d) 热沉预冷时,应先打开放空阀,向低温系统输入液氮时应缓慢进行,贮液容器、管路增压时应有专人进行监控;
- e) 在液氮管路的接口下方,不得敷设电缆、安放仪器和站人,在下方工作时应有防护设施;
- f) 打开热试验容器大门后,如容器内有害气体检测浓度超标,应采取换气措施,直至合格后方可进入容器内作业;
- g) 真空热试验污染物控制应按照 GB/T 29085—2012 中 5.6 执行。

#### 5.3.3 力学环境试验

航天器力学环境试验应符合如下要求:

- a) 振动台额定推力应大于根据运动部分总质量及试验加速度要求所估算的推力;
- b) 振动台额定静载能力应大于试验件及夹具的质量之和,如不能满足此要求,应采用弹性支撑,



并且弹性支撑位移变化量应大于振动台的最大位移；

- c) 振动台最大位移应大于试验条件规定的位移要求；
- d) 振动台使用频率范围应能满足试验条件所规定的频率上、下限要求；
- e) 振动台水平滑台的抗倾覆力矩应大于试验件横向振动产生的倾覆力矩；
- f) 试验时,需要安装悬吊保护带时,保护带总的许用拉力应大于试验件起吊时的载荷,并有一定的安全裕度,保护带安装后,应保持松弛,正常试验过程中不应应对试验件产生附加力；
- g) 航天器带液体工质和高压设备参加试验时,应做好对试验设备和人员的安全防护；
- h) 噪声试验混响室应有换风系统,试验完成后应对氧气含量进行测定,符合要求后人员方能进入。

#### 5.3.4 磁试验

航天器磁环境试验应符合如下要求：

- a) 磁试验转台的承载能力应大于试件和辅助工装的总质量；
- b) 磁试验过程中,试件尺寸应小于磁试验设备的磁场均匀区尺寸；
- c) 磁试验设备应选择在非地磁场异常波动期间使用；
- d) 磁试验数据采集过程中,操作人员不应靠近磁强计。

### 5.4 发射场

#### 5.4.1 总装和电性能测试

发射场总装、电性能测试应按 5.1 和 5.2 的规定执行。

#### 5.4.2 推进剂加注

##### 5.4.2.1 航天器加注前状态

航天器加注前状态应符合如下要求：

- a) 推进系统气密性检查应合格；
- b) 推进系统相应的阀体状态设置应符合专用技术文件的要求；
- c) 航天器应接地良好,接地电阻不大于 1  $\Omega$ ；
- d) 航天器上已安装火工品的火工装置应处于安全保护状态,防止意外起爆；
- e) 航天器上应已采取推进剂泄漏防护措施,防止泄漏推进剂对产品产生污染或腐蚀。

##### 5.4.2.2 加注场地和设备

加注场地和设备应符合如下要求：

- a) 推进剂加注应在加注间进行,加注间应与其他厂房隔离；
- b) 加注间的电气设备应全部采用防爆型；
- c) 加注间应有防火逃逸门,配备有良好的通风设备；
- d) 加注设备间地面应为耐酸碱水泥砂浆地面；
- e) 加注设备应可靠接地,接地电阻小于 1  $\Omega$ ；
- f) 有充足的水源、喷淋设施和畅通的排水地漏；
- g) 有检测有毒气体的检测设备；
- h) 备有消防器材；
- i) 防护用设备在有效期内且运转正常。

#### 5.4.2.3 加注人员

加注操作人员应符合如下要求：

- a) 加注操作人员应经专门培训,考核合格后持证上岗;
- b) 实行岗位责任制,应有专人指挥,无岗位人员禁止进入现场;
- c) 加注作业人员应按规定穿戴经检查合格的防护用品;
- d) 加注人员操作前应经静电释放装置释放人体静电。

#### 5.4.2.4 加注操作

加注操作应符合如下要求：

- a) 加注前应对加注厂房相关设施和设备进行技安检查,并进行加注充气与消防救护演练;
- b) 加注前应制定应急预案,在加注过程中如果出现泄漏或其他事故,应按专门技术文件要求采取紧急措施,保证人员的安全;
- c) 不同属性推进剂不可同时加注,应按照专用技术文件规定顺序加注;
- d) 现场不准同时存放不同属性的推进剂,加注管路及加注设备禁止混用;
- e) 加气过程中应随时监测气瓶壁面温度,温度不应超过专用技术文件规定的温度值;
- f) 加注完毕后,航天器上加排阀应按专用技术文件的要求进行防松处理;
- g) 加注清洁后产生的废液均应经专业处理,不应随意排放。

#### 5.4.2.5 推进剂安全监测

推进剂安全监测应符合如下要求：

- a) 航天器在加注和加注后停放期间应进行推进剂浓度的安全监测;
- b) 航天器加注期间或加注后,发射场应有相应事故抢险、救护及消防保障;
- c) 加注时应对现场进行安全监测,在航天器内部及其毗邻区域设置监测点并连续监测;
- d) 加注时,当航天器外部的监测点推进剂含量超过安全值时,加注人员应采取防护措施,当航天器内监测点推进剂含量不断增长时,应向现场指挥人员报告,并立即停止加注,查找故障;
- e) 加注后应对航天器内监测点进行定期监测,当监测点测量值连续增加并超过安全值时,应立即采取紧急措施,确保人员安全;当不具备航天器内监测条件时,应对航天器毗邻区域的环境进行定时监测。

#### 5.4.3 发射场转运

航天器发射场内转运应符合如下要求：

- a) 转运应选择天气条件适宜时进行,避免产品(包装箱)在天气高温时候转运;
- b) 转运前应对转运路线进行检查,清除一切障碍物,转运前 2 h 进行复查;
- c) 转运时所经线路禁止其他车辆通行,产品运输车前面应设置安全开道车,开道车应有标杆,标杆高度至少比产品(包装箱)高出 100 mm;
- d) 产品转运速度应按照 GB/T 32301—2015 中 5.6.1 规定执行;
- e) 转运过程中航天器与运输车应接地,产品运输车应配有接地拖链;
- f) 转运过程中,沿途应有人员观察、护送;
- g) 航天器吊装上塔应选择风速条件适宜时进行;
- h) 航天器上塔吊装过程中应有接地措施,接地电阻小于 10  $\Omega$ 。

#### 5.4.4 发射塔架作业

发射塔架作业应符合如下要求：

- a) 进入发射场坪禁止携带与工作无关的物品；
  - b) 上塔人员应佩戴安全帽,高空作业人员应系安全带；
  - c) 塔上作业人员应服从塔上统一指挥,在指定区域工作；
  - d) 进入航天器、火箭整流罩内部的人员、工具应进行登记管理；
  - e) 航天器系统人员进整流罩工作时,应由运载火箭系统现场值守人员告知整流罩内的安全控制部位,并进行安全监督；
  - f) 运载火箭系统人员进整流罩工作时,应由航天器系统现场值守人员告知航天器外表的安全控制部位,并进行安全监督；
  - g) 在塔架上使用(含整流罩内、航天器内)的工具和零部件应采取防脱落措施；
  - h) 航天器上塔架后,应对工作间环境和整流罩内推进剂浓度进行定时检测；
  - i) 临射前,按规定时间,所有人员撤离到指定的安全位置。
-