

# QJ

## 中华人民共和国航天行业标准

FL 1617

QJ 20282—2014

---

### 铝合金内衬复合材料气瓶通用规范

General specification for aluminum alloy liner composite vessels

2014—11—20 发布

2015—02—20 实施

---

国家国防科技工业局 发布

## 前 言

本规范由中国航天科技集团公司提出。

本规范由中国航天标准化研究所归口。

本规范起草单位：上海航天精密机械研究所。

本规范主要起草人：韦 超、张奎珍、李中权。

# 铝合金内衬复合材料气瓶通用规范

## 1 范围

本规范规定了铝合金内衬复合材料气瓶制造验收的要求、质量保证规定及交货准备等。

本规范适用于公称工作压力不超过 35 MPa，容积不超过 130 L，采用铝合金内衬，以碳纤维为增强材料的航天运载器用铝合金内衬碳纤维复合材料气瓶的设计和验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第 1 部分：试验方法（A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T 标尺）

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 678 化学试剂 乙醇（无水乙醇）

GB/T 686 化学试剂 丙酮

GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材

GB/T 3246.1 变形铝及铝合金制品显微组织检验方法

GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第 1 部分：无缝圆管

GB/T 4844—2011 纯氦、高纯氦和超纯氦

GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 9251 气瓶水压试验方法

GB/T 9252 气瓶疲劳试验方法

GB/T 12137 气瓶气密性试验方法

GB/T 13005 气瓶术语

GB/T 13277.1—2008 压缩空气 第 1 部分：污染物净化等级

GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法

GJB 150.3 军用装备实验室环境试验方法 第 3 部分：高温试验

GJB 150.4 军用装备实验室环境试验方法 第 4 部分：低温试验

GJB 1027 运载器、上面级和航天器试验要求

GJB 2662 航空航天用铝合金厚板规范

QJ 19A—1995 产品证明书的编写规定

QJ 2999 产品质量履历书的编写规定

## 3 要求

### 3.1 原材料

3.1.1 6061 铝合金、碳纤维、环氧树脂、固化剂等材料的质量证明文件应齐全。

3.1.2 用于内衬的 6061 铝合金应满足表 1 的规定，经承制方复验合格后方可使用。

3.1.3 用于气瓶复合层的碳纤维、环氧树脂及固化剂等材料应满足专用技术条件的规定，经承制方复验合格后方可使用。

表 1 原材料复验项目

序号	材料名称	执行标准
1	6061 H112 铝合金板材	GJB 2662
2	6061 H112 铝合金管材	GB/T 4437.1
3	6061 T6 铝合金棒材	GB/T 3191

### 3.2 内衬

#### 3.2.1 硬度

内衬硬度值不应小于 48 HRB 或 90 HBW。

#### 3.2.2 拉伸性能

内衬拉伸性能应符合以下要求：

- a) 抗拉强度： $R_m \geq 310$  MPa；
- b) 规定非比例延伸强度： $R_{p0.2} \geq 276$  MPa；
- c) 断后伸长率： $A \geq 12\%$ 。

#### 3.2.3 金相组织

内衬不允许存在过烧组织。

#### 3.2.4 尺寸

3.2.4.1 内衬的外形尺寸应符合设计图样和技术条件的要求。

3.2.4.2 柱形内衬的外形尺寸还应符合以下要求：

- a) 内衬筒体部分的平均外径应不超过公称外径的  $\pm 1\%$ ；
- b) 内衬筒体部分的圆度，在同一截面上测量其最大与最小外径之差，应不超过该截面平均外径的 2%；
- c) 内衬筒体部分的直线度应不超过筒体长度的 0.3%。

#### 3.2.5 表面质量

内衬表面质量应符合以下要求：

- a) 内衬的内、外表面不应有肉眼可见的尖锐表面压痕、明显突起、重叠、锈蚀、裂纹和夹杂；
- b) 瓶嘴处的密封面不允许有压伤、划伤、锈蚀等影响密封性能的缺陷；
- c) 颈部与肩部过渡部分、筒体与底部应圆滑过渡，不应有突变或明显皱折；
- d) 内衬的接口螺纹不允许有压伤、崩扣、断裂、锈蚀等缺陷。

#### 3.2.6 重量

内衬重量应符合内衬设计图样和技术条件的要求。

#### 3.2.7 容积

内衬容积应符合内衬设计图样和技术条件的要求。

#### 3.2.8 液压强度

在内衬水压试验全过程中，内衬和接头处不得有渗漏及明显变形。

#### 3.2.9 气密性

在内衬气密试验全过程中，内衬和瓶嘴处无气泡逸出。

### 3.2.10 爆破强度

内衬水压爆破试验充液压直至瓶体破裂，要求爆破压力不小于设计规定值。

## 3.3 气瓶

### 3.3.1 表面质量

气瓶表面质量应符合以下要求：

- a) 制造过程中不允许树脂等污染气瓶的内腔和密封面，不允许碰伤密封面；
- b) 缠绕层的外表面应平整，不应有纤维裸露、碳纤维断裂、树脂积瘤及碳纤维分层等影响性能的缺陷；
- c) 气瓶外表面若经打磨，其结构层纤维应无可见损伤；
- d) 接口螺纹不允许有压伤、崩扣、断裂、锈蚀等缺陷。

### 3.3.2 尺寸

气瓶几何尺寸应符合气瓶设计图样和技术条件的要求。

### 3.3.3 重量

气瓶重量应符合气瓶设计图样和技术条件的要求。

### 3.3.4 容积

气瓶容积应符合气瓶设计图样和技术条件的要求。

### 3.3.5 液压强度

气瓶液压强度应符合以下要求：

- a) 在水压试验压力下，保压不少于 5min，瓶体不应有泄漏或明显变形；
- b) 气瓶容积残余变形率应小于 5%。

### 3.3.6 密封性

气瓶密封性应符合以下要求：

- a) 气瓶瓶体和气瓶接管嘴处无气泡逸出；
- b) 在订购方对漏率有专门要求时，应对气瓶进行氦检。气瓶氦检漏率应不大于专用技术条件的规定。

### 3.3.7 多余物

气瓶内部应无锈斑、油膜、污垢、非挥发性残留物、颗粒物和塑料丝毛等多余物。

### 3.3.8 洁净度

气瓶内腔的洁净度应满足专用技术条件的规定。

### 3.3.9 环境适应性

#### 3.3.9.1 高温

在试验过程中，气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏。

#### 3.3.9.2 低温

在试验过程中，气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏。

#### 3.3.9.3 热真空

气瓶热真空应符合以下要求：

- a) 在试验过程中，气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏；
- b) 试验后，按 4.5.3.6 要求进行气瓶密封性试验，试验结果应符合 3.3.6 的要求。

#### 3.3.9.4 热循环

气瓶热循环应符合以下要求：

- a) 在试验过程中，气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏；
- b) 试验后，按 4.5.3.6 要求进行气瓶密封性试验，试验结果应符合 3.3.6 的要求。

#### 3.3.9.5 振动

气瓶振动应符合以下要求：

- a) 在试验过程中气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏；
- b) 试验后，按 4.5.3.6 要求进行气瓶密封性试验，试验结果应符合 3.3.6 的要求。

#### 3.3.9.6 加速度

气瓶加速度应符合以下要求：

- a) 在试验过程中气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏；
- b) 试验后，按 4.5.3.6 要求进行气瓶密封性试验，试验结果应符合 3.3.6 的要求。

#### 3.3.10 寿命

##### 3.3.10.1 充压贮存

气瓶在公称工作压力下充气保压，保压期间压降应满足专用技术条件的要求。

##### 3.3.10.2 水压疲劳寿命

气瓶水压疲劳寿命应符合以下要求：

- a) 在疲劳试验过程中，气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏；
- b) 按 4.5.3.11 进行水压爆破试验，爆破压力应不低于最小爆破压力。

##### 3.3.10.3 气压疲劳寿命

气瓶气压疲劳寿命应符合以下要求：

- a) 在疲劳试验过程中，气瓶不应出现任何可见损伤、变形和泄漏；
- b) 按 4.5.3.11 进行水压爆破试验，爆破压力应不低于最小爆破压力。

#### 3.3.11 爆破强度

气瓶实测爆破压力不低于最小爆破压力。

#### 3.3.12 无损检测

需要时，气瓶应进行无损检测。无损检测要求由承制方和订购方协商确定。

#### 3.4 产品保护

在制造验收过程中，产品保护要求如下：

- a) 在生产检验的周转运输过程中，气瓶所有接口和密封面应用专门的塑料堵头保护；
- b) 在生产检验的周转运输过程中，气瓶和转运工装的贴合部位应采取减振、防刮擦的保护措施，防止碰伤、磨损气瓶复合层。

#### 3.5 产品标志

在气瓶上清晰标记产品代号、批-件号。

### 4 质量保证规定

#### 4.1 检验分类

本规范规定的检验分类如下：

- a) 鉴定检验；
- b) 质量一致性检验。

#### 4.2 检验条件

##### 4.2.1 检验环境

除另有规定外，应在下列条件下进行检验：

- a) 温度：0℃～35℃；
- b) 相对湿度：不大于75%；
- c) 充压试验场地应符合有关压力容器试验安全要求。

##### 4.2.2 仪器、设备及夹具

仪器、设备及夹具应在下列条件下进行检验：

- a) 检验用的仪器和设备应经计量部门检定合格，并具有检定合格证书，且在有效期内；
- b) 检验用的仪器和设备精度一般不应低于被测允许误差的三分之一；
- c) 在环境适应性试验、寿命试验、水压爆破试验时，应设计专用试验夹具固定气瓶，真实模拟气瓶在运载器上的安装、受力状况。

#### 4.3 鉴定检验

##### 4.3.1 检验时机

出现下列情况之一时，气瓶一般应进行鉴定检验：

- a) 新研制的气瓶或转厂生产的首件/批气瓶；
- b) 气瓶的技术状态发生改变，包括结构、关键工艺和材料发生重大变化，可能影响气瓶的性能时；
- c) 要求进行环境适应性试验的气瓶，当环境试验条件改变时；
- d) 气瓶中断生产超过3a；
- e) 合同有规定。

##### 4.3.2 检验项目

内衬鉴定检验项目见表2；气瓶鉴定检验项目见表3。

表2 内衬检验项目

序号	检验项目	鉴定检验	质量一致性检验		要求章条号	检验方法章条号
			A组检验	C组检验		
1	硬度	●	●	—	3.2.1	4.5.2.1
2	拉伸性能	●	—	●	3.2.2	4.5.2.2
3	金相组织	●	—	●	3.2.3	4.5.2.3
4	尺寸	●	●	—	3.2.4	4.5.2.4
5	表面质量	●	●	—	3.2.5	4.5.2.5
6	重量	●	●	—	3.2.6	4.5.2.6
7	容积	●	●	—	3.2.7	4.5.2.7
8	液压强度	●	●	—	3.2.8	4.5.2.8
9	气密性	●	●	—	3.2.9	4.5.2.9
10	爆破强度	●	—	●	3.2.10	4.5.2.10

注：●必检项目；—不检项目。

表3 气瓶检验项目

序号	检验项目	鉴定检验	质量一致性检验		要求章条号	检验方法章条号
			A组检验	C组检验		
1	表面质量	●	●	—	3.3.1	4.5.3.1
2	尺寸	●	●	—	3.3.2	4.5.3.2
3	重量	●	●	—	3.3.3	4.5.3.3
4	容积	●	●	—	3.3.4	4.5.3.4
5	液压强度	●	●	—	3.3.5	4.5.3.5
6	密封性	●	●	—	3.3.6	4.5.3.6
7	多余物	●	●	—	3.3.7	4.5.3.7
8	洁净度	●	●	—	3.3.8	4.5.3.8
9	环境适应性	高温	●	—	3.3.9.1	4.5.3.9.1
10		低温	●	—	3.3.9.2	4.5.3.9.2
11		热真空	○	—	3.3.9.3	4.5.3.9.3
12		热循环	○	—	3.3.9.4	4.5.3.9.4
13		振动	●	—	3.3.9.5	4.5.3.9.5
14		加速度	○	—	3.3.9.6	4.5.3.9.6
15	寿命	充压贮存	○*	—	3.3.10.1	4.5.3.10.1
16		水压疲劳寿命	●*	—	3.3.10.2	4.5.3.10.2
17		气压疲劳寿命	○*	—	3.3.10.3	4.5.3.10.3
18	爆破强度	●	—	●	3.3.11	4.5.3.11
19	无损检测	○	○	—	3.3.12	4.5.3.12

注：●必检项目；○选做项目；—不检项目。

\*对同一气瓶进行检验时，充压贮存试验、水压疲劳寿命试验、气压疲劳寿命试验只能选择其中一个检验项目进行。

#### 4.3.3 检验数量

鉴定检验的样本数由承制方和订购方协商确定。

#### 4.3.4 合格判据

检验结果全部符合要求，则判定鉴定检验合格。

### 4.4 质量一致性检验

#### 4.4.1 分组

质量一致性检验分为A组检验和C组检验。

#### 4.4.2 A组检验

##### 4.4.2.1 检验项目

内衬的A组检验项目按表2的规定；气瓶的A组检验项目按表3的规定。

##### 4.4.2.2 抽样方案

###### 4.4.2.2.1 组批

内衬应成批提交验收，每批由同一设计，同一炉罐号材料，同一制造工艺和按同一热处理制度连续生产的内衬组成；气瓶应成批提交验收，每批由同一设计，用同一批次内衬、同一批次纤维和同一批次树脂材料，按同一制造工艺连续生产的复合材料气瓶组成。

#### 4.4.2.2.2 抽样

内衬和气瓶的 A 组检验均逐件进行。

#### 4.4.2.3 合格判据

合格判据按下列条件执行：

- a) 内衬的 A 组检验结果符合要求时为合格。内衬的 A 组检验不合格时，则判定该件为不合格。
- b) 气瓶的 A 组检验结果符合要求时为合格。气瓶的 A 组检验不合格时，则判定该件为不合格。

#### 4.4.3 C 组检验

##### 4.4.3.1 检验项目

内衬的 C 组检验项目按表 2 的规定；气瓶的 C 组检验项目按表 3 的规定。

##### 4.4.3.2 抽样

抽样按下列要求执行。

- a) C 组检验在 A 组检验合格的产品中随即抽取试样。
- b) 内衬 C 组检验中的内衬拉伸性能测试、金相组织分析可使用同一个内衬取样，每批随机抽检 1 个；内衬水压爆破试验从每批内衬中随机抽取 1 个试样。
- c) 从 A 组检验合格的气瓶中抽取不少于 3% 的气瓶用于 C 组的气瓶水压疲劳试验、气瓶水压爆破试验，不足 1 个时抽 1 个。

##### 4.4.3.3 合格判据

合格判据按下列条件执行：

- a) 内衬的 C 组检验结果符合要求时为批合格；C 组检验有不合格项时，允许从该批次内衬中加倍抽样重新进行 C 组全项检验，若仍有不合格项，则判定该批次内衬不合格。
- b) 气瓶的 C 组检验结果符合要求时为批合格；C 组检验有不合格项时，允许从该批次气瓶中加倍抽样重新进行 C 组全项检验，若仍有不合格项，则判定该批次气瓶不合格。

#### 4.5 检验方法

##### 4.5.1 检验介质及清洗剂

检验介质及清洗剂按下列条件执行：

- a) 试验用水：不低于 GB/T 6682—2008 中三级水等级；
- b) 试验用压缩空气：不低于 GB/T 13277.1—2008 中 3 3 3 等级；
- c) 试验用氦气：不低于 GB/T 4844—2011 中纯氦等级；
- d) 试验用气体过滤精度：不高于 5  $\mu\text{m}$ ；
- e) 试验用无水乙醇：符合 GB/T 678 要求；
- f) 试验用丙酮：符合 GB/T 686 要求。

##### 4.5.2 内衬

###### 4.5.2.1 硬度

硬度检验应按 GB/T 230.1 或 GB/T 231.1 的规定执行。

###### 4.5.2.2 拉伸性能

拉伸性能试验按 GB/T 228.1 的规定执行。在内衬筒体部位沿轴向对称截取两个试样。若内衬的尺寸不够制作平直试样，可将试样夹持端拉直或压直，不应加热或敲击，也可用同样工艺制造的长试件做试样，且在试验报告中注明试样制备的方法。

#### 4.5.2.3 金相组织

按 GB/T 3246.1 进行金相组织分析，分别在内衬的肩部、管嘴取样。

#### 4.5.2.4 尺寸

采用超声波测厚仪测量内衬壁厚；采用满足精度要求的量具检查内衬的外形及螺纹尺寸。

#### 4.5.2.5 表面质量

通过目视或借助放大镜、内窥镜或内窥灯对内衬的内、外表面进行检查。

#### 4.5.2.6 重量

用精度不低于 5‰的衡器对内衬进行称重。

#### 4.5.2.7 容积

用精度不低于 5‰的衡器，采用加注称重法测定气瓶容积。

#### 4.5.2.8 液压强度

内衬液压强度试验按 GB/T 9251 的规定执行。

#### 4.5.2.9 气密性

内衬按 GB/T 12137 中气泡法进行气密试验。

#### 4.5.2.10 爆破强度

内衬按 GB/T 15385 进行水压爆破试验。

#### 4.5.3 气瓶

##### 4.5.3.1 表面质量

通过目测法或借助放大镜检查气瓶瓶体表面。

##### 4.5.3.2 尺寸

采用满足精度要求的量具检查气瓶外形尺寸和接口尺寸。

##### 4.5.3.3 重量

用精度不低于 5‰的衡器对气瓶进行称重。

##### 4.5.3.4 容积

用精度不低于 5‰的衡器，采用加注称重法测定气瓶容积。

##### 4.5.3.5 液压强度

液压强度按下列条件进行：

- a) 按 GB/T 9251 进行液压强度试验，试验压力按专用技术条件的规定执行，在试验压力下保持 5min 后检查；
- b) 液压强度试验的同时，测定瓶体容积残余变形率。

##### 4.5.3.6 密封性

密封性按下列条件进行：

- a) 气密性：按 GB/T 12137 中气泡法进行气密检验；
- b) 氦检漏率：采用吸枪法或容器法对气瓶进行氦质谱检漏。

##### 4.5.3.7 多余物

通过肉眼或借助放大镜、内窥镜对气瓶的内腔进行多余物检查。

##### 4.5.3.8 洁净度

使用粒子判读仪检测气瓶内衬的洁净度，检测方法应符合相关技术文件的要求。

#### 4.5.3.9 环境适应性

##### 4.5.3.9.1 高温

高温试验按 GJB 150.3 及专用技术条件的规定执行，试验后观察气瓶外观质量。

##### 4.5.3.9.2 低温

低温试验按 GJB 150.4 及专用技术条件的规定执行，试验后观察气瓶外观质量。

##### 4.5.3.9.3 热真空

热真空试验按 GJB 1027 及专用技术条件的规定执行，试验后观察气瓶外观质量并按 4.5.3.6 测试。

##### 4.5.3.9.4 热循环

热循环试验按 GJB 1027 及专用技术条件的规定执行，试验后观察气瓶外观质量并按 4.5.3.6 测试。

##### 4.5.3.9.5 振动

振动试验按 GJB 1027 及专用技术条件的规定执行，试验后观察气瓶外观质量并按 4.5.3.6 测试。

##### 4.5.3.9.6 加速度

加速度试验按 GJB 1027 及专用技术条件的规定执行，试验后观察气瓶外观质量并按 4.5.3.6 测试。

#### 4.5.3.10 寿命

##### 4.5.3.10.1 充压贮存

充压贮存试验按专用技术条件的规定执行。

##### 4.5.3.10.2 水压疲劳寿命

水压疲劳寿命试验按下列条件执行：

- a) 气瓶按 GB/T 9252 进行水压疲劳试验。
- b) 压力循环频率不应超过 10 次/min，在公称工作压力的 90%~100% 期间保压不少于 1.2 s。
- c) 疲劳次数应符合专业技术条件的规定。在气瓶制造、试验过程中，所有试验压力不低于公称工作压力的检测项目也应一并计入疲劳次数。不足的疲劳次数通过零压力至公称工作压力的循环加载试验补齐。

完成上述试验后，按 4.5.3.11 进行水压爆破试验。

##### 4.5.3.10.3 气压疲劳寿命

气压疲劳寿命试验按下列条件执行：

- a) 在常温条件下，气瓶充气至公称工作压力，然后卸压至零压力。重复上述内容，直至达到专用技术条件要求的疲劳次数。
- b) 充气速度、放气速度、在公称工作压力的保压时间应符合专用技术条件的规定。
- c) 充压介质应符合专业技术条件的规定。
- d) 疲劳次数应符合专业技术条件的规定。在气瓶制造、试验过程中，所有试验压力不低于公称工作压力的检测项目也应一并计入疲劳次数。不足的疲劳次数通过零压力至公称工作压力的循环加载试验补齐。

完成上述试验后，按 4.5.3.11 进行水压爆破试验。

#### 4.5.3.11 爆破强度

试验按下列条件执行：

- a) 按 GB/T 15385 的规定，气瓶匀速加压至最小爆破压力，保压至少 5 s，然后加压直到爆破；
- b) 加压速率不超过 1.47 MPa/s。

#### 4.5.3.12 无损检测

气瓶无损检测方法由承制方和订购方协商确定。

### 5 交货准备

#### 5.1 封存、标志和包装

5.1.1 气瓶接嘴应加盖塑料堵盖。

5.1.2 包装箱有防潮标记、向上标记、堆叠层数标记及轻放标记等。

5.1.3 气瓶用专用包装箱单件包装。包装箱应结构可靠，并有防潮、隔振措施。

#### 5.2 运输和贮存

5.2.1 气瓶在运输和贮存中应避免紫外线或日光直接照射、避免淋雨及高温环境。

5.2.2 气瓶在运输和贮存中，严禁接触强酸、强碱，严禁碰撞。

#### 5.3 质量证明文件

5.3.1 每件气瓶提供产品合格证、产品证明书、产品履历书各一份，随气瓶流转。产品证明书填写要求按 QJ 19A—1995 的规定执行；产品质量履历书填写要求按 QJ 2999 的规定执行。

5.3.2 承制方提交产品的同时应提供双方技术协议中规定的各种检验、试验记录和质量证明文件的原件或复印件，所有检验报告及试验原始记录均应完整正确。

### 6 说明事项

#### 6.1 预定用途

本规范所规定的铝合金内衬复合材料气瓶拟用于导弹、运载火箭及航天器中存储高压气体。

#### 6.2 订购文件中应明确的内容

订购文件中应明确下列内容：

- a) 本规范的名称和编号；
- b) 检验抽样方案；
- c) 本规范中未规定的试验条件及方式；
- d) 气瓶结构尺寸、容积、质量及数量等。

#### 6.3 术语和定义

GB/T 13005 确立的以及下列术语和定义适用于本规范。

##### 6.3.1

**铝合金内衬碳纤维复合材料气瓶 carbon-fiber reinforced aluminum alloy liner composite vessels**

以无缝铝合金容器为内衬，在其外表面缠绕浸渍树脂基体的碳纤维增强层，经加温固化制成的气瓶。

##### 6.3.2

**内衬 liner**

能进行外表面纤维缠绕增强且能承受部分压力载荷的无缝容器。

##### 6.3.3

**最小爆破压力 minimum burst pressure**

气瓶设计时规定的水压爆破试验应满足的最低爆破压力值。

6.3.4

**疲劳寿命 fatigue life**

在瓶体破裂或泄漏之前，气瓶能承受的压力循环次数。

---

中华人民共和国航天行业标准  
铝合金内衬复合材料气瓶  
通用规范

QJ 20282—2014

\*

中国航天标准化研究所出版  
北京市丰台区小屯路 89 号  
邮政编码：100071  
中国航天标准化研究所  
印务发行部印刷、发行

**版权专有 不得翻印**

\*

2015 年 2 月出版  
定价：15 元