

团 体 标 准

T/CICEIA XXX-XXXX

无人机用二冲程往复式内燃机 铝合金缸体

Two stroke reciprocating internal combustion engine for unmanned aerial vehicles
Aluminum alloy cylinder

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国内燃机工业协会 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缸体一般结构	2
5 技术要求	2
6 试验方法	4
7 检验规则	8
8 标志、包装、贮存和运输	9
图1 带燃烧的缸体一般结构.....	2
图2 不带燃烧室的缸体一般结构	2
图3 立式镶嵌示意图	5
图4 目镜视野示意图	5
图5 两刻度线重合目镜视野示意图	5
图6 镀层厚度读数时目镜视野示意图	6
图7 硬度测量时压痕示意图	6
图8 缸体燃烧室容积测试示意图	7
图9 图样有特殊规定的燃烧室容积测试示意	7

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。

本文件由中国内燃机工业协会提出。

本文件由中国内燃机工业协会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：临沂市铸信机械有限公司、天津大学、天津内燃机研究所（天津摩托车技术中心）、重庆宗申航空发动机制造股份有限公司。

本文件主要起草人：李浩、王廷高、秦静、丁倩岚、田阳波。

本文件为首次发布。

无人机用二冲程往复式内燃机 铝合金缸体

1 范围

本文件规定了无人机用二冲程往复式内燃机铝合金缸体的一般结构、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、贮存和运输。

本文件适用于螺旋桨式无人机用净功率不大于100kW的二冲程往复式内燃机的铝合金缸体（以下简称“缸体”）。

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 包装储运图示标志

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 1031 产品几何技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值

GB/T 1173 铸造铝合金

GB/T 1184 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 1800.2 产品几何技术规范（GPS）极限与配合 第2部分 标准公差等级和孔、轴极限偏差表

GB/T 1883.1 往复式内燃机 词汇 第1部分：发动机设计和运行术语

GB/T 1958 产品几何技术规范（GPS）几何公差 检测与验证

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 5678 铸造合金光谱分析取样方法

3 术语和定义

GB/T 1883.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 扫气口宽度 scavenging port width

垂直于缸体轴线方向，扫气口两边缘的最大距离。

3.2 扫气口高度 scavenging port height

沿缸体中心线方向，以裙部法兰面为基准面，到扫气口最上边缘的垂直距离。

3.3 排气口高度 exhaust port height

沿缸体中心线方向，以裙部法兰面为基准面，到排气口最上边缘的垂直距离。

3.4 排气口宽度 exhaust port width

垂直于缸体轴线方向，排气口两边缘的最大距离。

4 缸体一般结构

缸体一般结构见 图1 和 图2 所示。

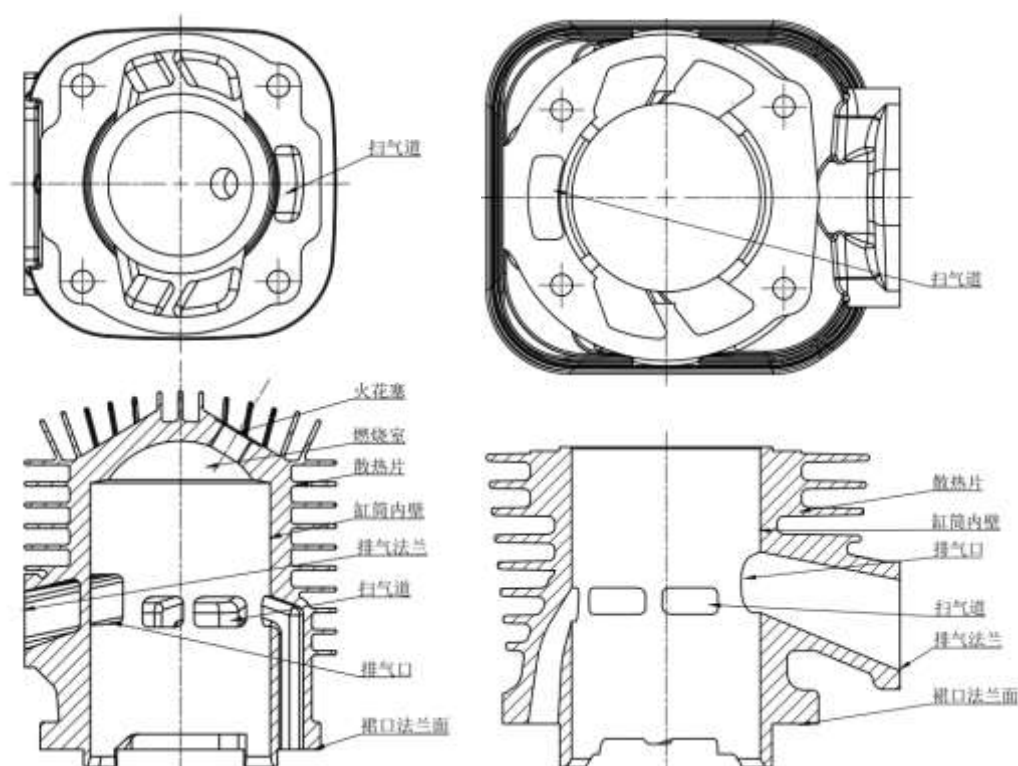


图1 带燃烧的缸体一般结构

图2 不带燃烧室的缸体一般结构

5 技术要求

5.1 总则

缸体应按经规定程序批准的产品图样和技术文件的要求制造，并应符合本文件的规定。

5.2 铸锭要求

5.2.1 铸锭表面应整洁，不应有霉斑、熔渣及外来夹杂物，允许有轻微的夹渣及修整痕迹或因浇注收缩而引起的轻微裂纹存在。

5.2.2 铸锭的横截面上针孔度等级一般不应低于三级。

5.2.3 铸锭的横截面上显微组织一般不宜低于三级。

5.2.4 铸锭断口应致密，不应有严重缩孔、熔渣、夹杂物、炉渣、含铁杂物和未熔化的结晶硅及明显偏析。

5.3 外观

5.3.1 缸体应表面清洁和外观完好，无碰伤、划伤、压伤、疏松、孔洞、砂眼、缩孔、裂纹、毛刺、飞边、锈蚀和变形等缺陷。

5.3.2 缸体表面颜色应当一致，不能有影响外观质量的斑纹。

5.3.3 缸体散热片不应有穿透性的欠铸或冷隔。

5.3.4 缸体缸筒内壁的气孔、针孔、疏松（蚯蚓线）按照供需双方技术要求规定执行。

5.4 一般要求

5.4.1 缸体宜采用 GB/T 1173 规定的 ZL107 压铸，或其他力学性能相当或更优的铝合金铸造。

5.4.2 缸体的毛坯件应进行T6时效处理，处理后的机体硬度应达到HBW90~130。

5.4.3 缸体缸筒内壁宜进行表面处理，如镀铬、镀陶（镍基碳化硅）等，表面处理缸筒内壁宜进行珩磨、搪刷、抛光等加工，缸筒内壁应具有储油润滑功能，且达到表面粗糙度要求。缸体缸筒内壁表面粗糙度宜低于 $0.8 \mu\text{m}$ 。

5.4.4 缸体缸筒内壁镀层厚度不宜低于0.02mm。当镀陶（镍基碳化硅）时硬度宜控制在 $500\text{HV}0.2 \sim 700\text{HV}0.2$ ；当镀铬时硬度宜控制在 $900\text{HV}0.2 \sim 1100\text{HV}0.2$ 。

5.4.5 缸体内孔直径尺寸公差等级宜不低于 GB/T 1800.2 规定的 IT7。如果分组，公差宜加倍。

5.4.6 裙部法兰面对缸体内孔轴线的垂直度公差等级应不低于 GB/T 1184 规定的 7 级。

5.4.7 缸体内孔表面圆柱度，裙部法兰面和排气口法兰面的平面度及螺栓孔轴线的位置度公差按产品图样规定。

5.4.8

以图1和图2缸体裙部法兰面为气口高度要求的基准面：缸体扫气口宽度公差宜为 $\pm 0.4\text{mm}$ ，扫气口高度公差宜为 $\pm 0.3\text{mm}$ ，排气口高度公差宜为 $\pm 0.3\text{mm}$ ，排气口宽度公差宜为 $\pm 0.4\text{mm}$ 。

5.4.9 缸体扫气道几何参数应符合供需双方技术协议或产品图样的规定。

5.4.10 缸体缸筒内壁不应存在裂纹，不允许有 $\geq 0.8\text{mm}$ 气孔，气孔要求应符合表 1 的规定。

表1 缸体缸筒内壁气孔要求

尺寸	允许数量	备注
$d < 0.2\text{mm}$	不限制	弥散性气孔
$0.2\text{mm} \leq d < 0.5\text{mm}$	4	每 $\text{cm}^2 \leq 2$ 个，总数量 ≤ 6 个
$0.5\text{mm} \leq d < 0.8\text{mm}$	3	

5.4.11 缸体气口宽度方向倒角尺寸应符合 $0.7 \pm 0.5\text{mm}$ ，垂直缸体中心线方向尺寸应 $\leq 1.2\text{mm}$ ，缸体气口高度方向倒角尺寸应符合 $0.5 \pm 0.5\text{mm}$ ，垂直缸体中心线方向尺寸应 $\leq 1\text{mm}$ 。

5.4.12 缸体珩磨后支撑率应符合以下要求： $R_z 2.0 \mu\text{m} \sim 5.0 \mu\text{m}$ ； $R_t \leq 15 \mu\text{m}$ ； $R_k 0.3 \mu\text{m} \sim 1.0 \mu\text{m}$ ； $R_{pk} < 0.5 \mu\text{m}$ ； $R_{vk} 0.8 \mu\text{m} \sim 1.6 \mu\text{m}$ ； $Mr1 < 7\%$ ； $Mr2 70\% \sim 85\%$ ；

5.4.13 缸体密封性：在0.3Mpa压力下不应漏气。

5.5 特殊要求

5.5.1 燃烧室容积应符合供需双方技术协议或产品图样的规定，其偏差值不宜超过 $\pm 0.2\text{mL}$ 或燃烧室按照产品图样的尺寸加工。

5.5.2 缸筒镀层结合力依照规定试验方法检验后无起皮或脱落现象。

5.5.3 缸体缸筒内壁的耐磨性应当满足内燃机正常的使用寿命要求。

6 试验方法

6.1 铸锭试验

6.1.1 铸锭外观应目视检验。

6.1.2 铸锭针孔度等级应符合 JB/T 7946.3 的规定。

6.1.3 铸锭显微组织检测，经制样和“粗抛—细抛—精抛”三阶段抛光后，在100倍显微镜下对比观察，参照资料性附录 A 评级。

6.1.4 铸锭断口应在锭长 $1/4$ 处由底部锯至不超过 $1/3$ 厚度后打断产生，断口组织应目视检验。

6.1.5 铸锭针孔度等级应符合 JB/T 7946.3 的规定。

6.2 缸体试验

6.2.1 外观

外观试验方法如下：

- a) 缸体外观采用目视检查或样板比对。
- b) 燃烧室形状应按供需双方确定的轮廓度要求和测量方法进行评价。

6.2.2 硬度

6.2.2.1 机体硬度

把热处理后的缸体的整圆部分制成光滑试样，依照 GB/T 231.1 的规定利用布氏硬度计进行测量，至少要测量5个点的硬度，并对其取平均值。

6.2.2.2 缸筒内壁镀层厚度、硬度

a) 在成品缸体缸筒内壁的整圆部分取合适大小的试样，用镶嵌机进行立式镶嵌（镀层垂直于 镶块），如图 3 所示。经打磨、抛光后，用维氏硬度计测量镀层厚度及硬度。

b) 镀层厚度测量时调节维氏硬度计焦距，如图 4 所示当目镜观测整个视野内最清晰后，再调节载物台观测镀层的最薄处，如图5所示将两刻度线调至重合后进行清零，如图 6 所示再将两 刻度线调至与镀层两边界相切后进行读数，即为厚度测量结果。

c) 镀层硬度测量时宜用 100g 载荷，应保证镀层厚度大于压 痕对角线长度的 1.5 倍。测量时压痕需在镀层中心，如图 7 所示。当压痕偏离中心或压痕附近 有裂纹时，测量结果需剔除。

d) 当测量结果较接近时，一般测量三个点取平均值作为测量结果。若测量结果差异较大时，至少测量 5 个值，去除最大值、最小值后再取平均值作为测量结果。

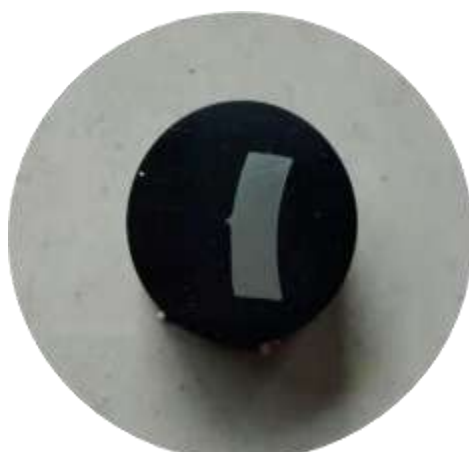


图3 立式镶嵌示意图

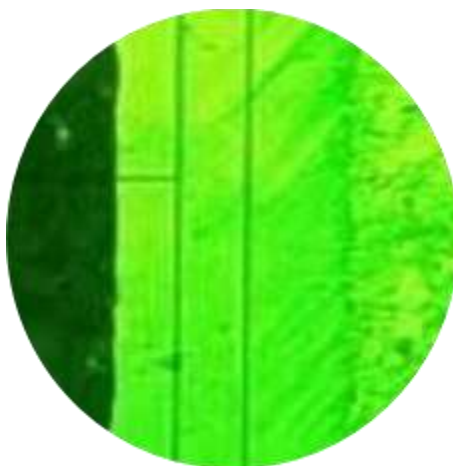


图4 目镜视野示意图

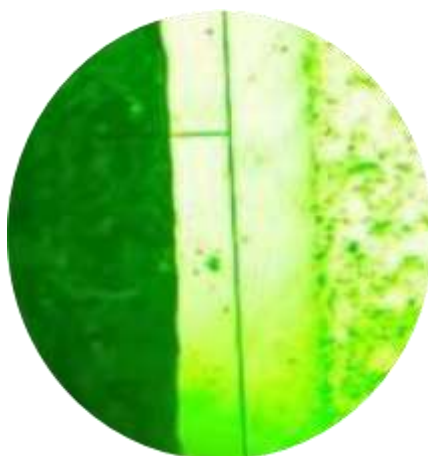


图5 两刻度线重合目镜视野示意图

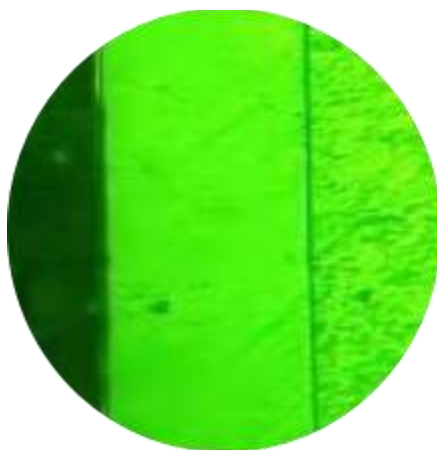


图6 镀层厚度读数时目镜视野示意图

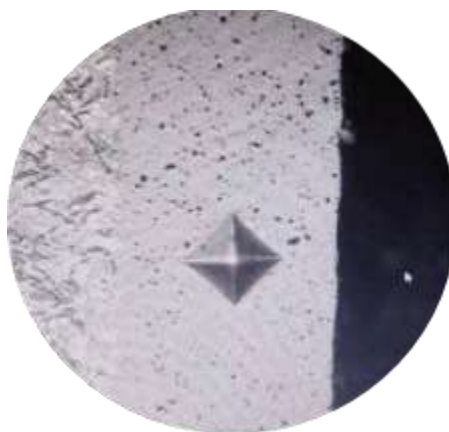


图7 硬度测量时压痕示意图

6.2.3 表面粗糙度

缸筒内壁表面粗糙度按 GB/T 1031 的规定测量，也允许用其他方法测量，结果有争议时，以表面粗糙度仪测量为准。每只缸体测量两处，取平均值。

6.2.4 形状及位置公差

a) 缸体内孔直径尺寸应测量上、中、下三个横向截面，其中上、下两个截面位置为活塞环行程的两个极限位置；每个截面测量直径的最大值和最小值均应在公差范围内；

b) 缸体内壁表面圆柱度测量部位宜取气口以上至燃烧室底部整圆部分；测量宜采用气动量仪测量或其它更高精度的检测设备测量。

c) 裙部法兰面对缸体内孔轴线的垂直度用三坐标测量，气口高度用深度卡尺测量，测量时需避开倒角。气口宽度用长爪卡尺测量，或用其他同等或更高测量精度的量具量仪测量。扫气道几何参数用扫描仪扫描。

d) 形状及位置公差依照 GB/T 1958 的规定进行测量。

6.2.5 缸筒内壁裂纹及气孔

缸筒内壁裂纹及气孔数量目测检查，气孔直径宜用菲林尺测量，结果应符合5.4.10的规定。

6.2.6 燃烧室容积

燃烧室容积测量一般方法：按规定要求安装火花塞，并将测量工装放入缸筒内。为防止气泡难以溢出，可将工装做成顶部凹形，如图 8 所示，并钻两孔，一孔用于注入液体，另一孔用于排出气体。用精度不低于0.05mL的滴管向工装孔内滴入适当的液体，液体可以使用煤油、水等，宜用水，直到恰好充满燃烧室，计算从开始至滴满时的刻度差值。

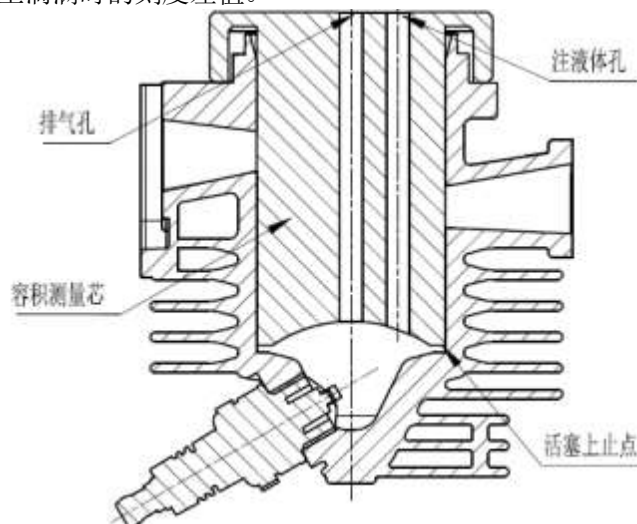


图8 缸体燃烧室容积测试示意图

燃烧室容积 V_c 按公式（1）计算。

$$V_c = V - V_1 - V_2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V ——开始至滴满时的刻度差值，单位为毫升（mL）；

V_1 ——工装容积即两孔的容积+凹面处的容积，单位为毫升（mL）；

V_2 ——活塞球头容积，单位为毫升（mL）。

当缸体图样要求※线以下测量燃烧室容积时（见图 9），测量方法如下：将透明的测量球头容积治具放入缸体内，用精度不低于0.05mL的滴管向注液体孔内滴入适当的液体，气体从排气孔排出，液体可以使用煤油、水等，宜用水，直到恰好充满燃烧室，滴入的液体体积即为燃烧室容积。

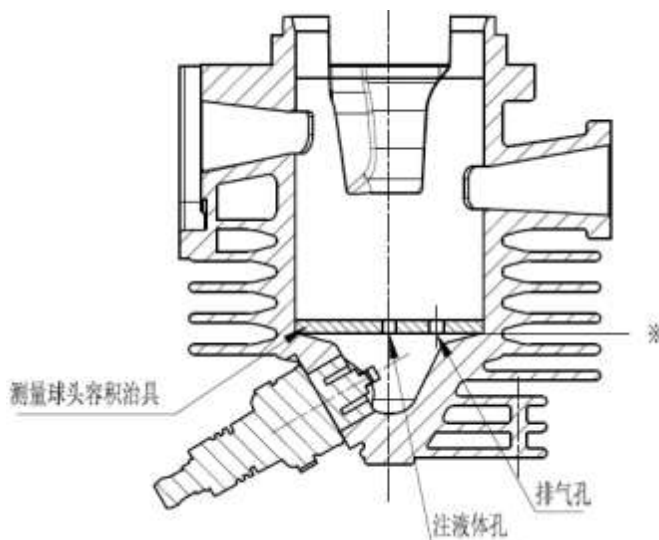


图9 图样有特殊规定的燃烧室容积测试示意

6.2.7 缸筒镀层结合力

6.2.7.1 钻孔法

钻孔法过程如下:

- a) 与铬层面垂直, 用 $\phi 6.5\text{mm}$ 的平钻头从铬层背面钻 $\phi 6.5\text{mm}$ 的盲孔, 孔底与铬层留 $1\text{mm} \sim 1.5\text{mm}$ 厚度;
- b) 将缸体置于托台, 再用 $\phi 6.3\text{mm}$ 的平头挤压棒插入此孔中, 用台虎钳或压力机对挤压棒慢慢 加压挤压, 直至挤压棒挤出镀铬面为止;
- c) 用同样的方法在不同部位制取三个观测试样;
- d) 用放大倍数不低于5倍的放大镜观察镀铬层圆周十二等分位置, 记录脱铬点长度 L_i 至 L_{12} 和 $L_{\max}$ 的尺寸;
- e) 按公式 (2) 求出平均长度。

$$\bar{L} = \frac{(L_1 + L_2 + L + L_{12})}{12} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $\bar{L}$ ——脱铬点平均长度, 单位为毫米 (mm);
- L_i ——观察点脱落长度, 单位为毫米 (mm), $i=1, 2, \dots\dots 12$ 。

- f) 检测工件应满足 $L \leq 0.5 \text{ mm}$, $L_{\max} \leq 1\text{mm}$ 为合格。

6.2.8 化学成分

一个熔炼炉次合金, 在浇注前或全部铸件浇注的持续时间的一半时浇注化学成分试样。合金化学成分光谱试样及取样方法按GB/T5678规定执行, 也可从铸件取样分析。当浇注持续时间超过4h, 在第二个4h的一半时另浇注化学成分试样进行分析, 以此类推。

6.2.9 气口倒角

气口倒角尺寸宜用轮廓仪测量, 结果应符合5.4.11的规定。

6.2.10 支撑率

支撑率宜用粗糙度仪测量, 结果应符合5.4.12的规定。

6.2.11 缸体密封性

缸体用打压工装0.3Mpa保压15秒, 缸体不应漏气。

7 检验规则

7.1 出厂检验

7.1.1 产品须经制造公司技术检验部门验收合格后方可出厂。

7.1.2 抽样检验产品质量时, 按20%抽检。

7.1.3 检验项目、项目分类按表 2 的规定, 其检查水平和质量水平 (AQL) 由供需双方确定。

表2 缸体出厂检验项目

序号	检验项目	项目分类	技术要求	试验方法
1	外观	B	5.3	6.2.1
2	镀层质量	A	5.4.4 、 5.5.2	6.2.2.2 、 6.2.7
3	形状及位置公差	A	5.4.5~5.4.8	6.2.4
4	材料成分报告	C	5.4.1	6.2.8
5	倒角	A	5.4.11	6.2.9
6	支撑率	A	5.4.12	6.2.10
注1：对序号1的检验可由供需双方确定标准样件。 注2：项目分类的重要性程度由高到低依次为A、B、C。				

8 标志、包装、贮存和运输

8.1 标志

8.1.1 缸体应在明显的位置标明以下内容：

- a) 制造公司商标或代号或客户提供的标志；
- b) 产品型号。

8.1.2 包装箱外表面应标明以下内容：

- a) 制造公司名称、公司商标和公司地址；
- b) 产品型号、名称；
- c) 产品数量；
- d) 如分组，应标明产品分组类别；
- e) 装箱年月日或生产批号；
- f) 其他警示标志，如“小心轻放”、“怕雨”等，图形标志按 GB/T 191 的规定执行；

8.2 包装

8.2.1 产品在包装前应清洗干净，保持干燥。

8.2.2 产品在包装箱内用条形插板分开、层与层之间用隔板分离。

8.2.3 产品在包装箱内位置固定、不得窜动，每箱总质量不得超过 50kg。

8.2.4 如需方同意，也可采用其它方式包装。

8.3 贮存

产品应存放在通风且无有害气体的库房内，并保持清洁、干燥，应保证半年内不出现斑点、锈蚀现象。

8.4 运输

产品在运输过程中应轻拿轻放，严禁抛扔、踏压、摔打、磕碰，并应防水。