

中华人民共和国国家军用标准

FL 0110

GJB 6190—2008

电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法

**Measuring methods for shielding effectiveness of
electromagnetic shielding materials**

2008—03—17 发布

2008—10—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

前 言

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本标准由中国航天科工集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国航天科工集团公司二院二〇三所。

本标准主要起草人：吴红森、沈 涛、韩玉峰、杨金涛、袁岩兴。

电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法

1 范围

本标准规定了 10kHz~40GHz 频率范围内电磁屏蔽材料屏蔽效能的测量方法。

本标准适用于金属网、导电薄膜、导电玻璃、导电布、导电介质板、导电橡胶板、表面涂覆或镀导电层的材料、导电衬垫等电磁屏蔽材料屏蔽效能的测量。通风波导屏蔽效能的测量亦可参照此方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准，然而，鼓励根据本标准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标准。

GB/T 12190 电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法

GJB 72 电磁干扰和电磁兼容性术语

3 定义

GJB 72 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

屏蔽效能 shielding effectiveness

在同一激励电平下，无屏蔽材料时接收到的功率或场强与有屏蔽材料时接收到的功率或场强之比，并以对数表示。

4 一般要求

4.1 测量条件

试验室环境要求：

- a) 环境温度：15℃~30℃；
- b) 环境相对湿度：小于 80%。

4.2 测量设备和设施

4.2.1 屏蔽室

屏蔽室用于 10kHz~40GHz 屏蔽效能测量。屏蔽室屏蔽效能应大于被测材料屏蔽效能至少 6dB。也可采用屏蔽半暗室或屏蔽全暗室。

屏蔽室测试窗为正方形，边长不小于 0.6m，适用频率范围为 10kHz~40GHz，方形孔中心距屏蔽室地面高度不小于 1m，方形孔边界距侧墙不小于 0.5m。方形孔边沿法兰宽度不小于 25mm，法兰应做导电处理。

如仅用于 1GHz~40GHz 屏蔽效能测量，测试窗尺寸可为 0.3m×0.3m，边界距侧壁不小于 0.1m，方形孔边沿法兰宽度不小于 25mm，法兰应做导电处理，应保证屏蔽室内天线边沿距侧壁不小于 0.1m。也可使用屏蔽暗箱。

4.2.2 法兰同轴装置

法兰同轴装置适用于 30MHz~1.5GHz 屏蔽效能测量，其技术指标如下：

- a) 特性阻抗：50Ω；
- b) 电压驻波比：小于 1.2；
- c) 传输损耗：小于 1dB。

法兰同轴装置的结构尺寸见附录 A，也可使用其它同结构类型法兰同轴测试装置。

4.2.3 测量设备

测量设备频率范围应满足测量频率要求，并满足动态范围要求。

4.2.4 测量天线

各频段推荐使用的天线见表 1。

表 1 各频段使用的天线

场型	频率范围	天线类型
磁场	10kHz~30MHz	环天线
电场	10kHz~30MHz	垂直极化单极天线
电场	20MHz~200MHz	双锥天线
电场	100MHz~1000MHz	偶极天线
电场	200MHz~1000MHz	对数周期天线
电场	1GHz~40GHz	喇叭天线

4.3 测量频率点要求

一般在每 10 倍频程内选择不少于 3 个频率点，并应避开屏蔽室的谐振频率点，谐振频率点的计算见附录 B。

4.4 屏蔽效能的计算

屏蔽效能按公式(1)~公式(4)计算：

$$SE = 20 \lg \frac{H_0}{H_1} \dots\dots\dots (1)$$

$$SE = 20 \lg \frac{E_0}{E_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$SE = 20 \lg \frac{V_0}{V_1} \dots\dots\dots (3)$$

$$SE = 10 \lg \frac{P_0}{P_1} \dots\dots\dots (4)$$

公式(1)~公式(4)中：

- SE ——屏蔽效能，单位为分贝(dB)；
- H₀ ——无屏蔽材料时的接收磁场强度，单位为安培每米(A/m)；
- H₁ ——有屏蔽材料时的接收磁场强度，单位为安培每米(A/m)；
- E₀ ——无屏蔽材料时的接收电场强度，单位为伏特每米(V/m)；
- E₁ ——有屏蔽材料时的接收电场强度，单位为伏特每米(V/m)；
- V₀ ——无屏蔽材料时的接收电压，单位为伏特(V)；
- V₁ ——有屏蔽材料时的接收电压，单位为伏特(V)；
- P₀ ——无屏蔽材料时的接收功率，单位为瓦特(W)；
- P₁ ——有屏蔽材料时的接收功率，单位为瓦特(W)。

5 平面屏蔽材料的屏蔽效能测量

5.1 屏蔽室法

5.1.1 试样要求

用屏蔽室法测量屏蔽效能的试样应满足以下要求：

- a) 试样的面积应大于屏蔽室测试窗的尺寸，试样表面应平整；

- b) 如试样表面不导电, 应将试样边沿不导电表面部分除去, 露出导电表面, 保证试样安装时试样四周边沿与测试窗有良好的导电连接。

5.1.2 测量配置

将试样放置在屏蔽室测试窗上时, 测试窗的法兰面上应安装导电衬垫, 导电衬垫的屏蔽效能应大于试样屏蔽效能 10dB 以上。试样的边沿用导电胶带封贴, 将试样贴在测试窗上, 用压力钳夹紧试样或用螺钉固定试样, 保证试样与屏蔽室测试窗良好的电连接, 避免因电接触不良引入测量偏差。

发射天线放置在屏蔽室外部, 接收天线放置在屏蔽室内部。屏蔽室内尽量不放置与测量无关的金属物体, 在测量过程中, 天线位置、仪器、屏蔽室内的其它物体, 位置保持不变。10kHz~30MHz 频段内测量磁场屏蔽时环天线采用共轴法布置; 10kHz~30MHz 频段内测量电场屏蔽时天线摆放采用垂直放置, 天线放置高度要保证天线杆底部与测试窗底部平行; 在 30MHz~40GHz 频段内, 测量天线应垂直极化放置, 发射、接收天线对准屏蔽室测试窗的中心; 在 200MHz~1000MHz 频率范围内, 优先选择偶极天线。天线距屏蔽材料的距离应符合表 2 的要求。

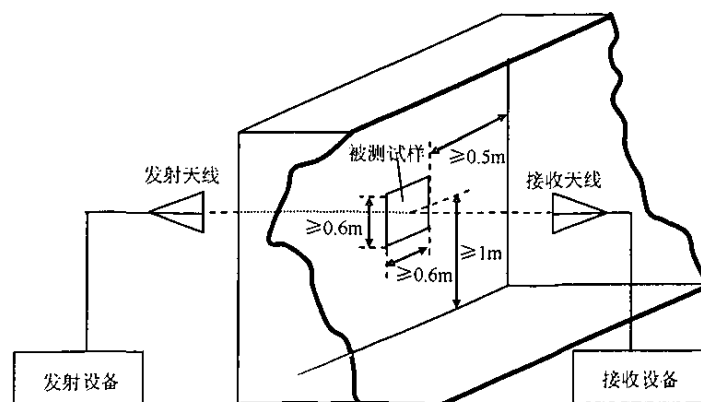
表 2 天线距屏蔽材料的距离

场型	频率范围	距离
磁场	10kHz~30MHz	0.3m
电场	10kHz~30MHz	0.3m
电场	30MHz~1000MHz	1.0m
电场	1GHz~18GHz	0.6m
电场	18GHz~40GHz	0.3m

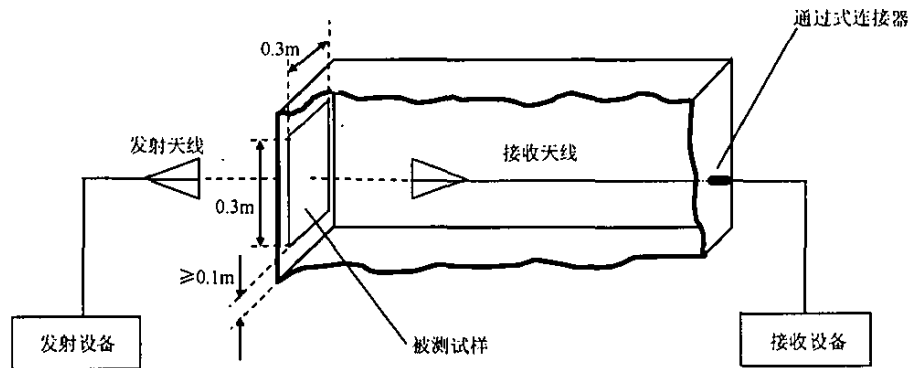
5.1.3 测量步骤

屏蔽效能测量步骤如下:

- 按图 1a) 或图 1b) 连接测量设备, 测量设备按说明书要求预热;
- 打开屏蔽室测试窗;
- 设置发射设备合适的输出幅度, 测量所有测试频率点无被测试样时接收设备的指示值;
- 将被测试样安装在测试窗上, 并把所有的压力钳(或专用螺钉)锁紧;
- 保持发射设备各频率点输出幅度与 c) 中相同, 记录所有频率点有被测试样时接收设备的指示值;
- 按 4.4 中公式计算各频率点被测试样的屏蔽效能。



a) 0.6m 窗口屏蔽效能测量



b) 0.3m 窗口屏蔽效能测量

图 1 屏蔽室法测量配置图

5.2 法兰同轴装置法

5.2.1 通则

用法兰同轴装置对材料的屏蔽效能进行测量时，常用的测量仪器有：信号源和接收设备、跟踪信号源和频谱分析仪、网络分析仪。

5.2.2 试样要求

用法兰同轴装置法测量屏蔽效能的试样应满足以下要求：

- 试样分基准试样和负载试样两种，基准试样与负载试样的厚度应小于最高测试频率波长的 1%。
- 基准试样与负载试样的材质应相同，其形状和尺寸见图 2。图 2a) 中基准试样分为两部分(画有网纹的部分)。测试时，中间圆形部分安装在测试夹具的中心导体上，环形部分安装在测试夹具的外导体法兰上。
- 基准试样和负载试样厚度应相等(当两种试样平均厚度之差小于 $25\mu\text{m}$ 时，本方法认为基准试样和负载试样厚度相等)。各自表面各点厚度之差应小于各试样平均厚度的 5%。

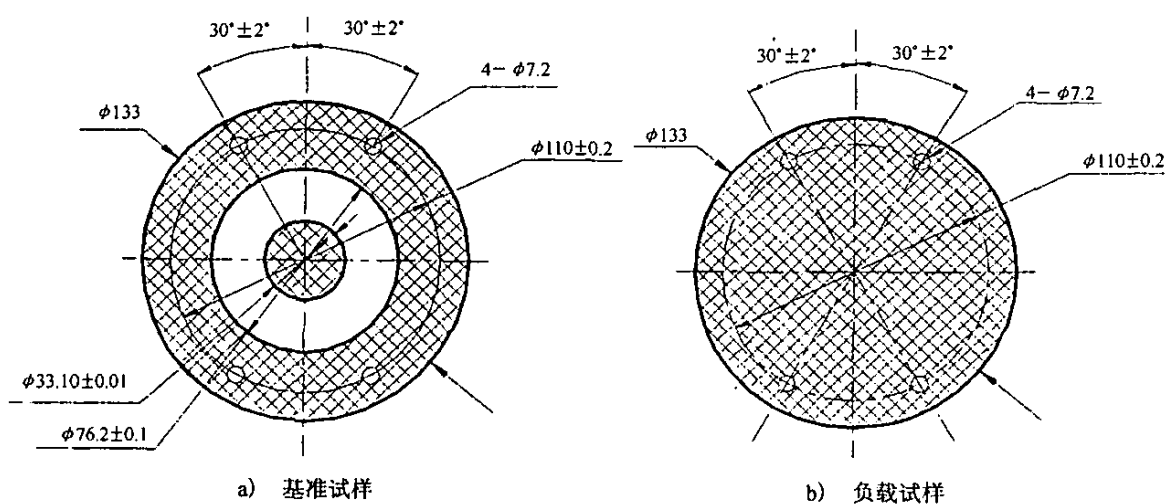


图 2 基准试样与负载试样尺寸

5.2.3 测量配置

5.2.3.1 点频测量

在法兰同轴装置中放置负载试样时，如果试样只有一面导电，应将导电面朝向信号源。测量系统配置如图 3 所示。

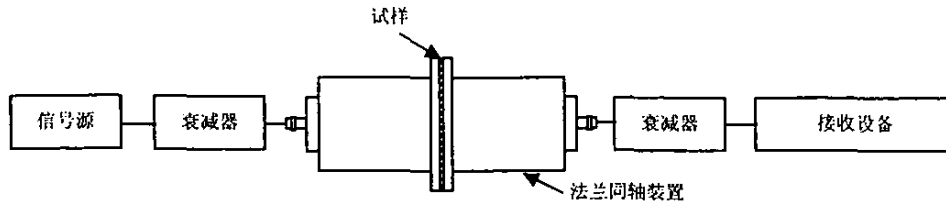


图 3 点频测量系统示意图

5.2.3.2 扫频测量

屏蔽效能扫频测量常用测量系统配置有两种，其中跟踪信号源/频谱仪测量系统见图 4，网络分析仪测量系统见图 5。

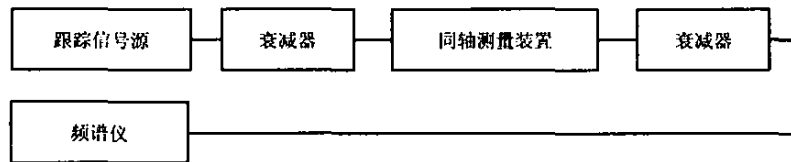


图 4 跟踪信号源/频谱仪测量系统示意图

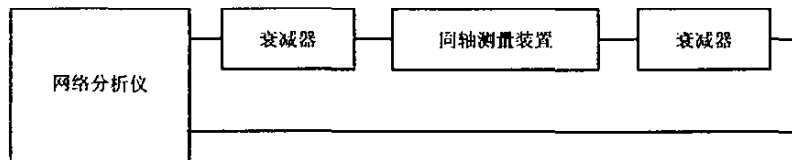


图 5 网络分析仪测量系统示意图

5.2.4 测量步骤

5.2.4.1 点频测量

点频测量步骤如下：

- 按图 3 所示连接测量设备，测量设备按说明书要求预热；
- 把参考试样装入法兰同轴装置中，用力矩改锥拧紧尼龙螺钉；设置发射设备合适的输出幅度，测量所有测试频率点无被测试样时接收设备的指示值；
- 取出参考试样，把负载试样装入法兰同轴装置中，用力矩改锥以 b) 中相同力矩拧紧尼龙螺钉；保持发射设备各频率点输出幅度不变，记录所有频率点有被测试样时接收设备的指示值；如果信号幅度大于噪声电平 6dB，记录频谱仪的读数；如果信号幅度不大于噪声电平 6dB，减少频谱仪的带宽以降低频谱仪的噪声电平，使频谱仪信号幅度大于噪声电平 6dB；
- 按 4.4 中公式计算试样各频率点的屏蔽效能。

5.2.4.2 扫频测量

扫频测量步骤如下：

- a) 按图 4 或图 5 所示连接各设备，组成测量系统，测量设备按说明书要求预热；
- b) 把参考试样装入法兰同轴装置中，用力矩改锥拧紧尼龙螺钉；调节网络分析仪(或跟踪信号源/频谱分析仪)输出电平，使网络分析仪(或跟踪信号源/频谱分析仪)上信号的动态范围大于试样的屏蔽效能估计值，记录网络分析仪(或跟踪信号源/频谱分析仪)的幅频曲线；
- c) 取出参考试样，把负载试样装入法兰同轴装置中，用力矩改锥以 b) 中相同力矩拧紧尼龙螺钉；保持网络分析仪(或跟踪信号源/频谱分析仪)输出电平不变，观察信号幅度，如果读数大于噪声电平 6dB，记录网络分析仪(或跟踪信号源/频谱分析仪)的幅频曲线；如果读数不大于噪声电平 6dB，减少网络分析仪(或跟踪信号源/频谱分析仪)的带宽以降低噪声电平，达到信号读数大于噪声电平 6dB 的要求；记录网络分析仪(或跟踪信号源/频谱分析仪)的幅频曲线；
- d) 基准试样与负载试样的幅频曲线在各频率点上的幅度值之差，即为试样在各频率点的屏蔽效能。

6 屏蔽衬垫的屏蔽效能测量

6.1 通则

屏蔽衬垫屏蔽效能测量频段为 20MHz~18GHz。屏蔽衬垫的屏蔽效能采用屏蔽室法测量，屏蔽室测试窗尺寸为 0.6m×0.6m。如屏蔽效能测量的频段仅为 1GHz~18GHz，屏蔽室测试窗的尺寸可为 0.3m×0.3m。在 20MHz~200MHz 频率范围内，优先选择双锥天线；在 200MHz~1000MHz 频率范围内，优先选择对数周期天线。

6.2 试样要求

屏蔽衬垫试样应满足以下要求：

- a) 试样长度应足够长，保证覆盖测试窗的边框，试样的厚度应均匀；
- b) 在测量之前，应清洗测试窗法兰面及金属盖板与被测衬垫接触的部分，除去表面的绝缘层，保证试样安装时试样与测试窗四周良好的导电连接；
- c) 将被测衬垫放置在测试窗法兰上，将金属盖板贴在上面，用压力钳夹紧盖板或用螺钉固定盖板，使被测衬垫产生规定的形变，保证试样与屏蔽室开口窗有良好的电连接，避免因导电接触不良引入测量偏差。

6.3 测量配置

发射天线放置在屏蔽室外部，接收天线放置在屏蔽室内部。发射、接收天线距被测屏蔽体为 1m。将发射、接收天线设置成垂直极化方式，并对准屏蔽室测试窗的中心。

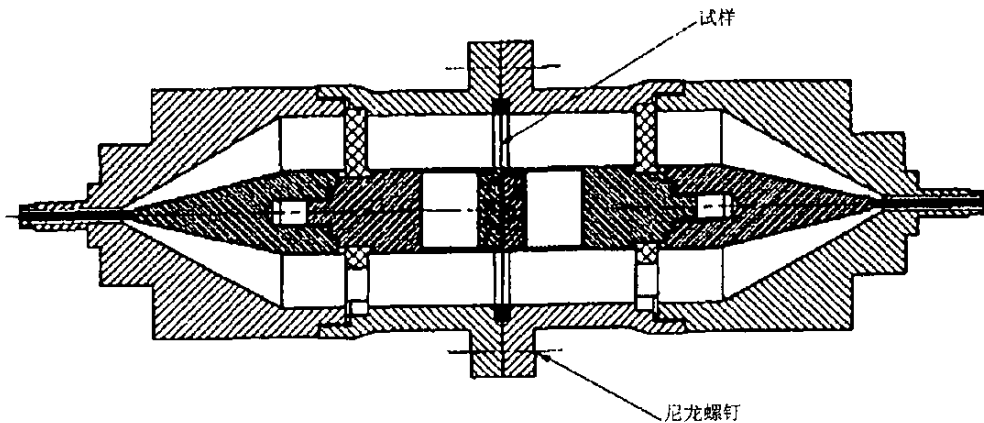
6.4 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 1a)或图 1b)连接测量设备，测量前设备按说明书要求预热；
- b) 打开屏蔽室测试窗；
- c) 设置发射设备合适的输出幅度，测量所有测试频率点无被测试样时接收设备的指示值；
- d) 把试样贴在测试窗上，并盖上金属盖板，并把所有的压力钳(或专用螺钉)锁紧；
- e) 保持发射设备各频率点输出幅度与 c) 中相同，记录所有频率点有被测试样时接收设备的指示值；
- f) 按 4.4 中公式计算被测试样各频率点的屏蔽效能。

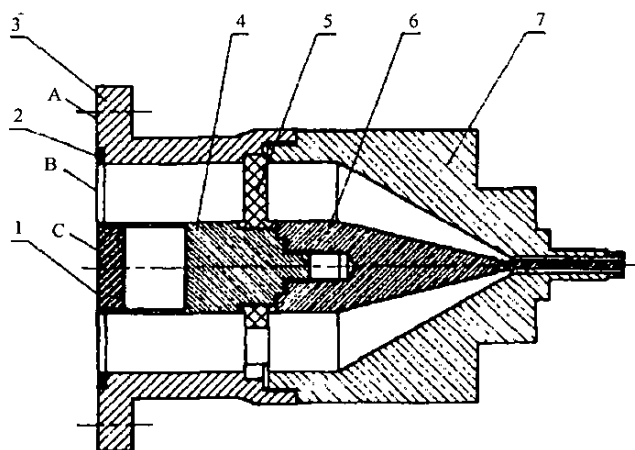
附录 A
(规范性附录)
法兰同轴装置结构图

图A.1和图A.2分别为法兰同轴装置的整体装配图和分体装配图；图A.3~图A.9分别为中心导体压块、外导体压圈、外导体法兰段、中心导体直线段、中心导体支撑块、中心导体锥形段及外导体锥形段零件图。



法兰同轴装置调整合适后，在固定法兰 $\phi 110$ 的中心圆上选两个适当位置装配 $\phi 4$ 圆柱定位销。法兰同轴装置需要配用两个N型同轴连接器，四个M6×20尼龙连接螺钉。

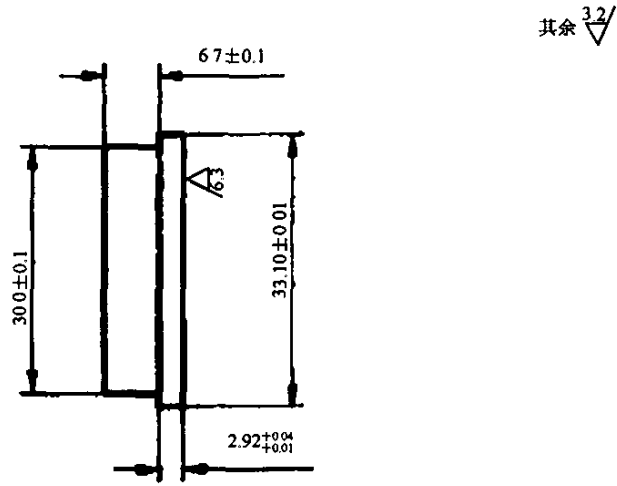
图 A. 1 法兰同轴装置整体装配图



- 1——中心导体压块，见图A.3；2——外导体压圈，见图A.4；3——外导体法兰段，见图A.5；
4——中心导体直线段，见图A.6；5——中心导体支撑块，见图A.7；6——中心导体锥形段，见图A.8；
7——外导体锥形段，见图A.9

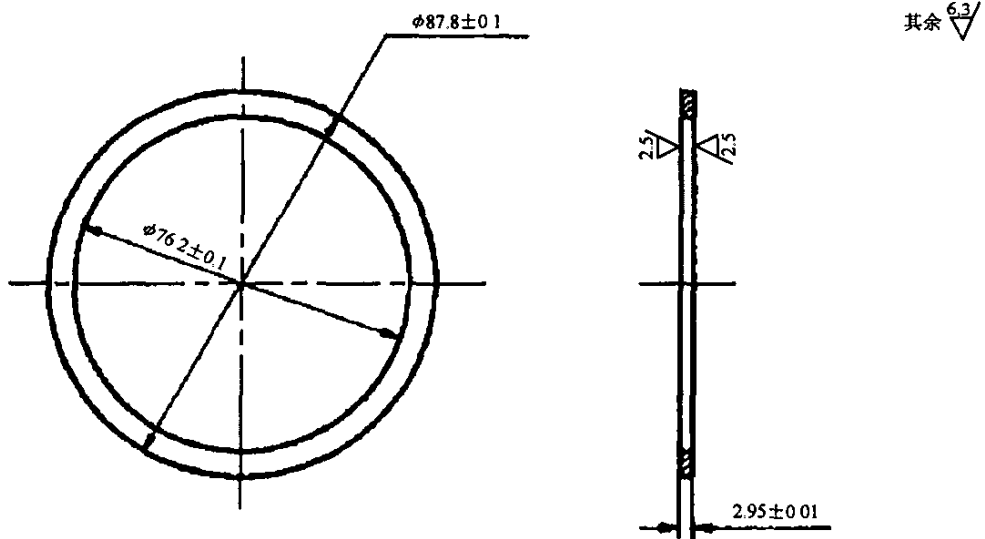
装配后，精加工B面，保证其相对于A的距离为 (0.03 ± 0.01) mm；装配后，精加工C面，保证与B面高度一致，允差为 ± 0.01 mm。

图 A. 2 法兰同轴装置分体装配图



材料：黄铜

图 A.3 中心导体压块



材料：黄铜

图 A.4 外导体压圈

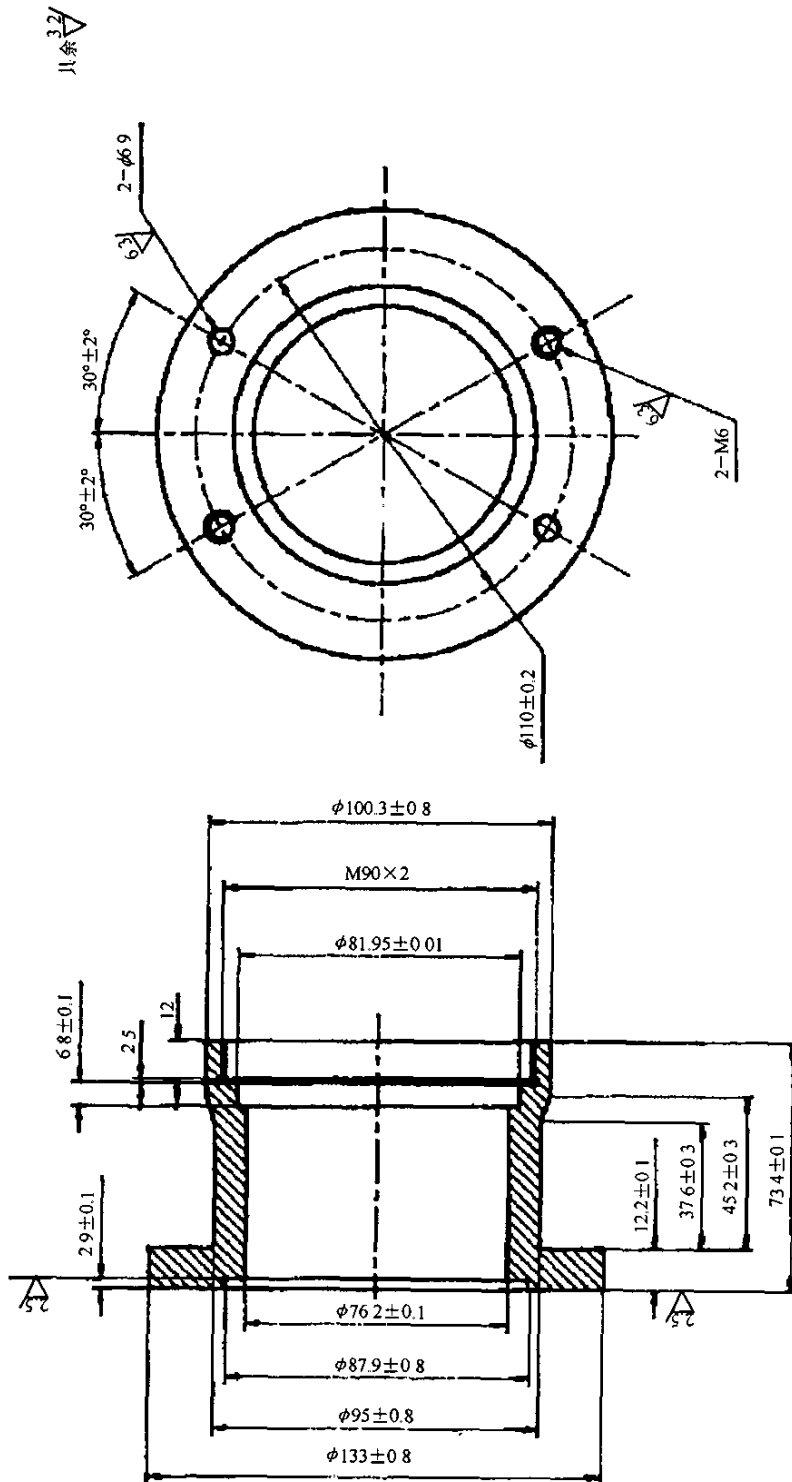
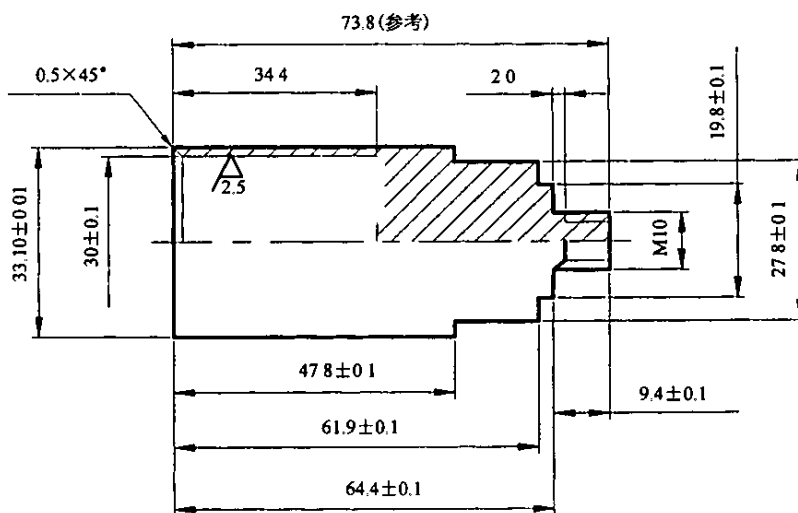


图 A 5 外导体压圈

- ① 材料: 黄铜;
- ② 锐边倒角: $0.5 \times 45^\circ$;
- ③ 外表面镀银, 厚度: $6 \mu\text{m}$ 。

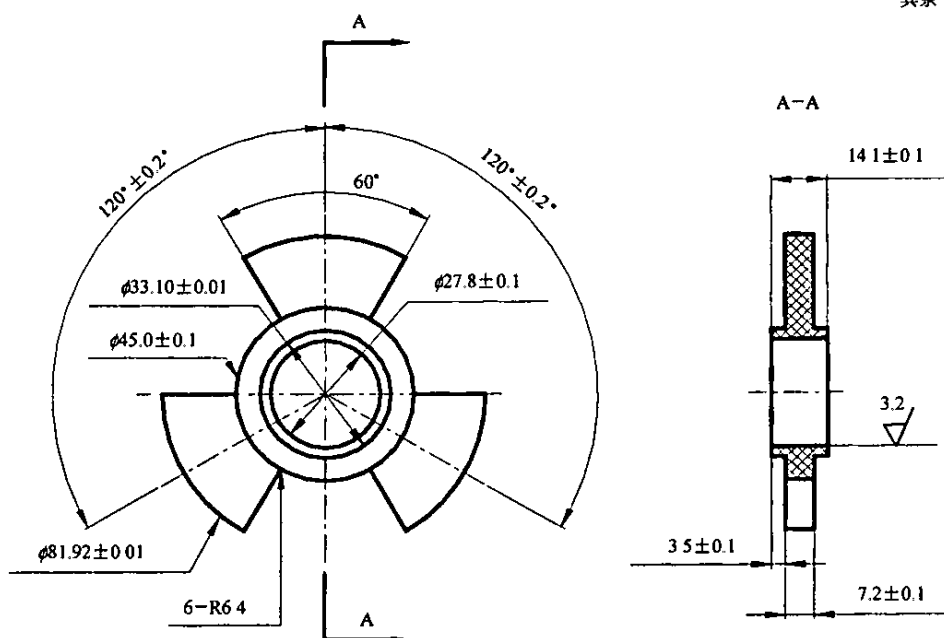
其余 $\sqrt{3.2}$



材料：黄铜

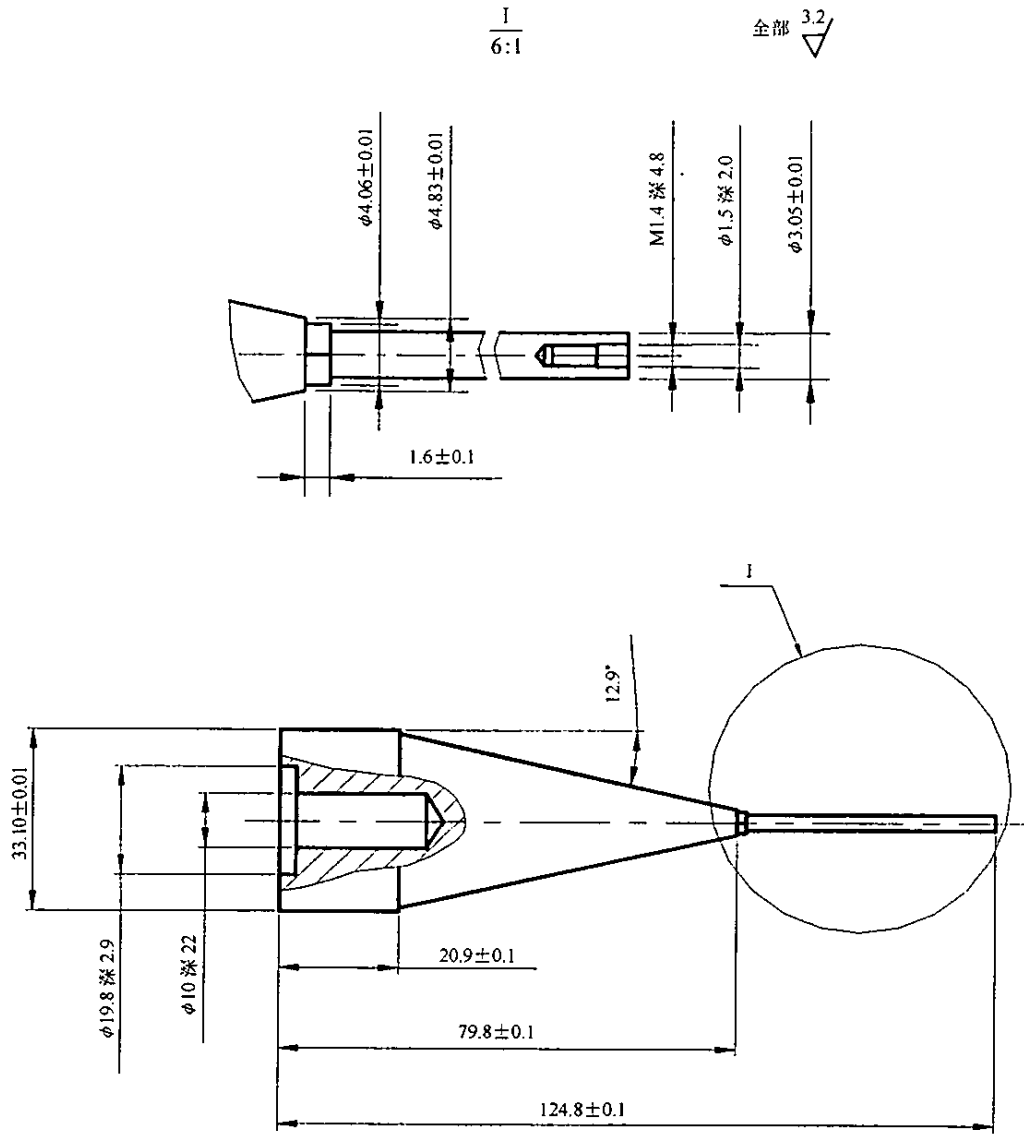
图 A.6 中心导体直线段

其余 $\sqrt{6.3}$



材料：聚丙烯

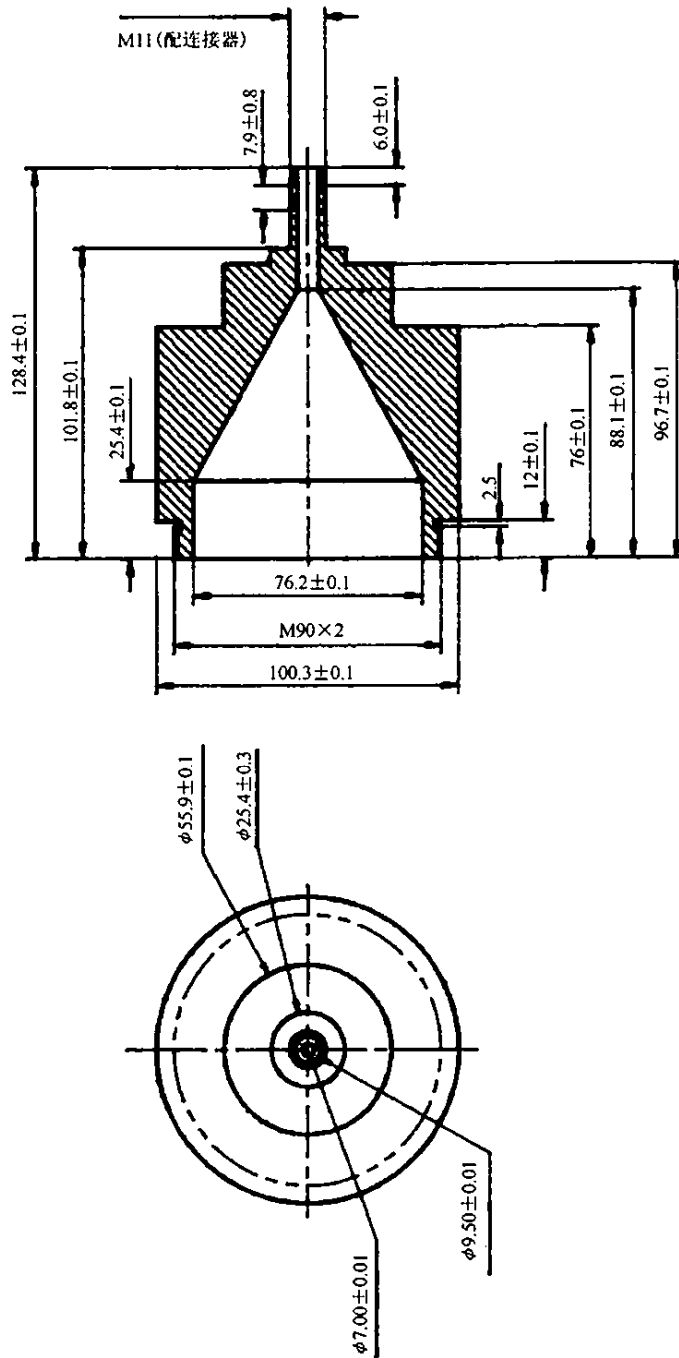
图 A.7 中心导体支撑块



- ① 材料：黄铜；
- ② 尺寸 124.8mm，留 1.3mm 装调。

图 A.8 中心导体锥形段

全部 $\frac{3.2}{\sqrt{A}}$



- ① 材料：黄铜；
- ② 锐边倒角： $0.5 \times 45^\circ$ ；
- ③ 外表面镀锌，厚度： $6\mu\text{m}$ 。

图 A.9 外导体锥形段

附录 B
(规范性附录)
屏蔽室谐振频率的计算

B.1 屏蔽室的谐振

由于屏蔽室谐振的影响,屏蔽效能测量结果会产生很大的变化,测量屏蔽效能应避开谐振频率点。

B.2 谐振频率的计算

谐振频率与屏蔽室的几何尺寸有关,平行六面体结构的屏蔽室谐振频率计算按公式(B.1):

$$f_{mnk} = 150 \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{k}{c}\right)^2} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

f_{mnk} ——谐振频率,单位为兆赫兹(MHz);

m 、 n 、 k ——为0、1、2、3..., m 、 n 、 k 只能有一个取0;

a 、 b 、 c ——为屏蔽室的边长,单位为米(m),且 $a \geq b \geq c$ 。

最低谐振频率计算按公式(B.2):

$$f = 150 \sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2 + \left(\frac{1}{b}\right)^2} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

f ——最低谐振频率,单位为兆赫兹(MHz)。

常见屏蔽室的最低谐振频率见表B.1。

表 B.1 常见屏蔽室的最低谐振频率

a m	b m							
	2	4	6	8	10	12	14	16
	f MHz							
2	106.1	83.9	79.1	77.3	76.5	76.0	75.8	75.6
4	83.9	53.0	45.1	41.9	40.4	39.5	39.0	38.7
6	79.1	45.1	35.4	31.3	29.2	28.0	27.2	26.7
8	77.3	41.9	31.3	26.5	24.0	22.5	21.6	21.0
10	76.5	40.4	29.2	24.0	21.2	19.5	18.4	17.7
12	76.0	39.5	28.0	22.5	19.5	17.7	16.5	15.6
14	75.8	39.0	27.2	21.6	18.4	16.5	15.2	14.2
16	75.6	38.7	26.7	21.0	17.7	15.6	14.2	13.3
18	75.5	38.4	26.4	20.5	17.2	15.0	13.6	12.5
20	75.4	38.2	26.1	20.2	16.8	14.6	13.1	12.0