

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

移动通信基站用体声波滤波器性能要求与 测试方法

Performance requirements and test methods for bulk acoustic wave filters in mobile
communication base stations

（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

中国西部开发促进会 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 性能要求 1

 4.1 一般要求 1

 4.2 电性能要求 1

 4.3 可靠性要求 2

5 测试方法 2

 5.1 性能参数 2

 5.2 测试电路框图 2

 5.3 测试系统、仪器设备及测试盒 2

 5.4 电性能测试 3

 5.5 可靠性试验方法 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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

移动通信基站用体声波滤波器性能要求与测试方法

1 范围

本文件规定了移动通信基站用体声波滤波器的性能要求和测试方法。
本文件适用于工作频率在600 MHz至8 GHz范围内的移动通信基站射频前端用体声波滤波器。

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 4937 半导体器件 机械和气候试验方法

GB/T 42709.7—2023 半导体器件 微电子机械器件 第7部分：用于射频控制和选择的MEMS体声波滤波器和双工器

GJB 360B 电子及电气元件试验方法

GJB 548C—2021 微电子器件试验方法和程序

GJB 9889 薄膜体声波器件通用规范

3 术语和定义

GB/T 42709.7—2023界定的术语和定义适用于本文件。

4 性能要求

4.1 一般要求

本章节明确器件额定工作参数基准，作为电性能测试、可靠性试验的统一依据：

- a) 额定工作温度范围：-40℃~+85℃（工业级）、-55℃~125℃（车规级/高可靠级），具体应符合产品规范要求；
- b) 额定存储温度范围：-55℃~+150℃，具体应符合产品规范要求；
- c) 额定最大输入功率：应符合产品规范规定的高频侧最大输入功率值；
- d) 测试基准环境条件：环境温度 25℃±2℃，相对湿度 45%~75%，大气压力 86 kPa~106 kPa。

4.2 电性能要求

4.2.1 中心频率

按照5.4.1规定测试时，体声波滤波器的中心频率应符合GJB 9889相关规定。

4.2.2 带宽

按照5.4.2规定测试时，体声波滤波器的带宽应符合GJB 9889相关规定。

4.2.3 插入损耗

按照5.4.3规定测试时，体声波滤波器的插入损耗应符合GJB 9889相关规定。

4.2.4 平均插损

按照5.4.4规定测试时，体声波滤波器的平均插损应符合GJB 9889相关规定。

4.2.5 通带波动

按照5.4.5规定测试时，体声波滤波器的通带波动应符合GJB 9889相关规定。

4.2.6 阻带抑制

按照5.4.6规定测试时，体声波滤波器的阻带抑制应符合GJB 9889相关规定。

4.2.7 电压驻波比

按照5.4.7规定测试时，体声波滤波器的电压驻波比应符合GJB 9889相关规定。

4.2.8 品质因数（Q）

按照5.4.8规定测试时，体声波滤波器的品质因数应符合GJB 9889相关规定。

4.2.9 相位波动

按照5.4.9规定测试时，体声波滤波器的相位波动应符合GJB 9889相关规定。

4.2.10 群延时

按照5.4.10规定测试时，体声波滤波器的群延时应符合GJB 9889相关规定。

4.2.11 群延时波动

按照5.4.11规定测试时，体声波滤波器的群延时波动应符合GJB 9889相关规定。

4.3 可靠性要求

体声波滤波器应按5.5规定的方法进行可靠性试验，试验后器件应无可见机械损伤，电性能仍符合4.1的要求，且无失效（0 Fail）。具体试验项目及条件见5.5。

5 测试方法

5.1 性能参数

在相关规定的测试条件下，测试体声波滤波器的中心频率、带宽、插入损耗、平均损耗、通带波动、阻带抑制、电压驻波比、品质因数（Q）、相位波动、群延时、群延时波动、电压驻波比等电性能指标以及测试体声波滤波器的温度循环、热冲击、功率老化、静电放电敏感度、高温贮存寿命、无偏置高加速温湿度应力、振动（变频）、机械冲击、引线键合拉力、引线键合剪切、芯片剪切强度、可焊性、老练、密封等可靠性指标。

5.2 测试电路框图

滤波器的测试电路框图按图1规定。

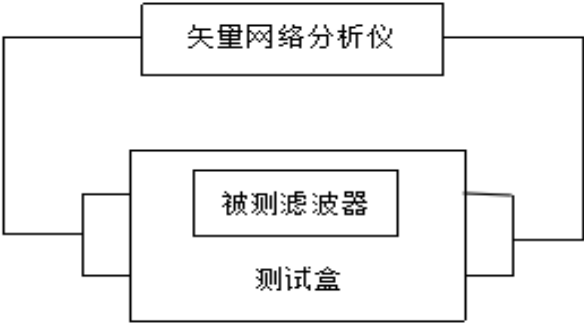


图1 滤波器电性能测试电路框图

5.3 测试系统、仪器设备及测试盒

测试系统应稳定可靠，测试端口匹配应符合要求。除另有规定外，测试系统阻抗为 $50\ \Omega$ ，测试系统应符合下列规定：

- a) 矢量网络分析仪：
 - 1) 具有良好的选择性，其频率范围、动态范围和分辨力等应能满足被测滤波器的要求；
 - 2) 有很好的频率线性特性，并有抑制本身固有互调产物的能力，必要时，具有时域分析功能。
- b) 滤波器测试盒：
 - 1) 应能方便地安装匹配用的阻抗元件，端阻抗应满足测试要求；
 - 2) 应能保证被测滤波器接地良好；
 - 3) 应能对被测滤波器的输入端和输出端进行有效的屏蔽和隔离。在未接入被测滤波器前，测试其传输损耗，应大于 $(A+10)\ \text{dB}$ （A为滤波器阻带衰耗要求的最大值和插入损耗之和）。

5.4 电性能测试

5.4.1 中心频率

中心频率按下列步骤进行测试：

- a) 按图1连接测试系统，并进行仪器预置；
- b) 使用仪器控制键，进入测试状态：
 - 1) 设置传输状态（ S_{21} ）；
 - 2) 设置对数幅度显示状态；
 - 3) 设置给定测试频率范围、线性扫频方式、适当的频率点数以及输出功率电平；
 - 4) 设置适当的接收部分中频带宽。
- c) 使用原配或同等级校准件对仪器进行全端口校准；
- d) 接入器件，设置仪器的参考值、参考位置以及标尺刻度等，将器件幅频响应曲线显示于屏幕上，对于有标志（MKR）和标志函数（MKR FCTN）功能的网络分析仪，利用标志和标志函数功能，屏幕上可自动显示出中心频率 f_c ；
- e) 选定参考电平点，并设置为 $0\ \text{dB}$ 基准，利用仪器的相应功能测出给定电平的两个频率点 f_L 、 f_H ，中心频率 f_c 按公式（1）计算：

$$f_c = (f_L + f_H) / 2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

f_c ——中心频率，单位为兆赫兹（MHz）；
 f_L ——给定X电平的下边界频率，单位为兆赫兹（MHz）；
 f_H ——给定X电平的上边界频率，单位为兆赫兹（MHz）。

5.4.2 带宽

带宽按下列步骤进行测试：

- a) 仪器设置同5.4.1中a)～c)；
- b) 接入器件，设置仪器的参考值、参考位置以及标尺刻度等，将器件幅频响应曲线显示于屏幕上，通过标志功能选定参考点，并设置为 $0\ \text{dB}$ 基准。用标志函数功能设置给定电平X，则标志函数将自动给出给定电平X的两个频率点 f_L 、 f_H ，屏幕上也将显示出相应电平的带宽 BW_X 。

5.4.3 插入损耗

插入损耗按下列步骤进行测试：

- a) 仪器设置同5.4.1a)～c)；
- b) 接入仪器，设置仪器的参考值、参考位置以及标尺刻度等，将器件幅频响应曲线显示于屏幕上，选定器件通带内的最大输出响应点或给定频率点，读出该频率点的IL。

注：此时IL值为负值，通常“插入损耗”是指该值的绝对值，即一个正值。

5.4.4 平均插损

平均插损按下列步骤进行测试：

仪器设置同5.4.1a)~c)；

接入被测滤波器，在规定的通带频率范围内，以适当的频率步进（如1 MHz或产品规范规定的步进）测量插入损耗值；

平均插损 IL_{avg} 按公式（2）计算：

$$IL_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n IL_i \quad (2)$$

式中：

IL_{avg} ——平均插损，单位为分贝（dB）；

n ——测量点数；

IL_i ——第*i*个频率点的插入损耗值，单位为分贝（dB）。

5.4.5 通带波动

通带波动示意图见图2，并按下列步骤进行测试：

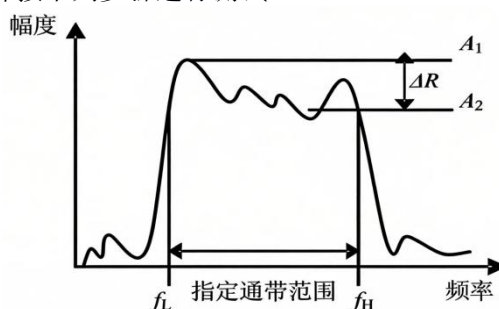


图2 通带波动示意图

- 仪器设置同 5.4.1a)~c)；
- 接入器件，设置仪器的参考值、参考位置以及标尺刻度等，将器件幅频响应曲线显示于屏幕上，按照器件要求，在需要测试的通带频率范围内（ f_L 和 f_H 之间通带范围），读取幅频响应曲线最高波峰电平 A_1 ，以及最低波谷电平 A_2 ；
- 定频带的通带波动 ΔR 按公式（3）计算：

$$\Delta R = A_1 - A_2 \quad (3)$$

式中：

ΔR ——通带波动，单位为分贝（dB）；

A_1 ——最高波峰电平，单位为分贝（dB）；

A_2 ——最低波谷电平，单位为分贝（dB）。

5.4.6 阻带抑制

阻带抑制按下列步骤进行测试：

- 仪器设置同 5.4.1a)~c)；
- 接入器件，使用仪器的参考值、参考位置以及标尺刻度等设置，将器件的通带和阻带频率响应显示在网络分析仪屏幕上；
- 通过标示功能，选定参考点 1 作为参考电平 A_p ，利用参考点 2，在器件频率响应的给定低端或高端阻带，测出最大旁瓣的最大输出电平 A_z ；
- 器件的阻带抑制 SS 按公式（4）计算：

$$SS = |A_p - A_z| \quad (4)$$

式中：

SS ——阻带抑制，单位为分贝（dB）；

A_p ——通带插入损耗，单位为分贝（dB）；

A_z ——阻带损耗，单位为分贝（dB）。

5.4.7 电压驻波比

电压驻波比按下列步骤进行测试：

- a) 按图 1 连接测试系统，并进行仪器预置；
- b) 使用仪器控制键，建立测试状态：
 - 1) 设置传输状态（ S_{11} ）；
 - 2) 方式设置为驻波（SWR）；
 - 3) 设置信号源为规定测试频率范围、线性扫频方式、适当的频率点数和输出功率。
- c) 为保证测试准确，应使用原配或同等级校准件对仪器进行全端口校准；
- d) 接入被测滤波器，仪器在适当的标尺状态下，屏幕上将以电压驻波比方式显示出测量数据曲线；
- e) 利用标志功能，给出所需测量频率范围。增大标尺分辨率，可直接读出滤波器在该频段的最大响应点的电压驻波比 A，由此可得该滤波器的输入端（ S_{11} ）电压驻波比小于等于 A；
- f) 同理，在 5.5.4 b) 中 1) 步骤中，设置反射状态为 S_{22} ，则可测得滤波器输出端（ S_{22} ）的电压驻波比。

5.4.8 品质因数（Q）

谐振频率按下列步骤进行测试：

- a) 仪器设置同 5.4.1a) ~c)；
- b) 用校准件进行双端口校准；
- c) 接入器件，将器件相位曲线显示于屏幕上，将测试数据保存为 S2P 文件；
- d) 利用软件将 S2P 文件中 S 参数转换为 Z 参数，品质因数 Q 值按公式（5）计算。

$$Q(2\pi f) = \omega |ds_{11}/d\omega| \times [1/(1 - |s_{11}|^2)] \dots\dots\dots (5)$$

5.4.9 相位波动

线性相位波动示意图见图3，按下列步骤进行测试：

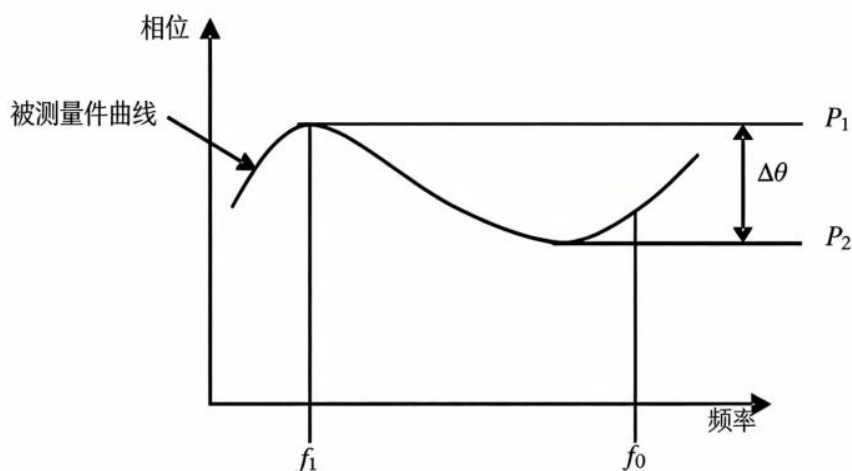


图3 线性相位波动示意图

- a) 按图 1 连接测试系统，并进行仪器预置；
- b) 使用仪器控制键，建立测试状态：
 - 1) 设置处于 S_{21} 状态；
 - 2) 设置“相位”显示相位曲线；
 - 3) 设置给定的测试频率范围、线性扫频方式，选取足够的频率点数及适当的输出功率。
- c) 采用校准件进行双端口校准；
- d) 接入器件，仪器在适当的标尺状态下，将显示出器件的相位曲线；
- e) 利用标志功能，给定不同频率点，可测得各频率点的相位；

- f) 利用标志功能,标志一个给定频率点的延迟时间为参考值,让相位频率特性曲线在通带内趋于水平。利用标志在给定的频率范围内(f_L 和 f_H 之间通带范围)测取响应不平度的最高波峰 P_1 的值和最低波谷 P_2 的值,则线性相位波动 $\Delta\theta$ 按公式(6)计算:

$$\Delta\theta = P_1 - P_2 \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$\Delta\theta$ ——线性相位波动;

P_1 ——响应曲线最高波峰的值;

P_2 ——响应曲线最低波谷的值。

5.4.10 群延时

按下列步骤进行测试:

- 按图1连接测试系统,设置仪器为S21群延时格式;
- 进行全端口校准;
- 接入被测滤波器,在规定的通带频率范围内,读取群延时响应曲线;
- 利用标志功能,读取指定频率点的群延时值。

5.4.11 群延时波动

群延时波动和群延时线性偏离按下列步骤进行测试:

- 按图1连接测试系统,并进行仪器预置;
- 使用仪器控制键,建立测试状态:
 - 设置传输状态(S_{21});
 - 设置“延迟”显示群时延响应;
 - 设置给定的测试频率范围、线性扫频方式、选取足够的频率点数及适当的输出功率(明确)。

注:必要时,可通过增加测试功率、减小中频带宽等方法降低群时延轨迹噪声。

- 采用校准件进行双端口校准;
- 接入器件,仪器在适当的标尺状态下,将显示出器件的群延时响应曲线;
- 利用标志功能,给出需要测试的频率范围。调整标尺分辨率,并调整参考值,可以直接从参考值读出器件的规定频率点 f_0 处群时延 t ,示意图见图4;

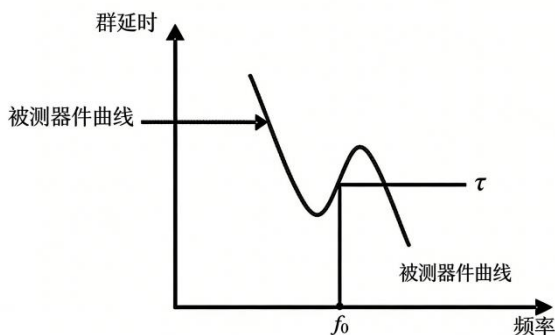


图4 群延时示意图

- f) 从给定频率范围内(f_L 和 f_H 之间通带范围)的群时延响应曲线最大点读出群时延 t_1 ,最小响应点的群时延 t_2 ,按公式(7)计算给定频率范围内的群延时波动 Δt ,示意图见图5;

$$\Delta t = t_1 - t_2 \dots\dots\dots (7)$$

式中:

Δt ——群延时波动,单位为纳秒(ns);

t_1 ——响应曲线最大点群延时,单位为纳秒(ns);

t_2 ——响应曲线最小点群延时,单位为纳秒(ns)。

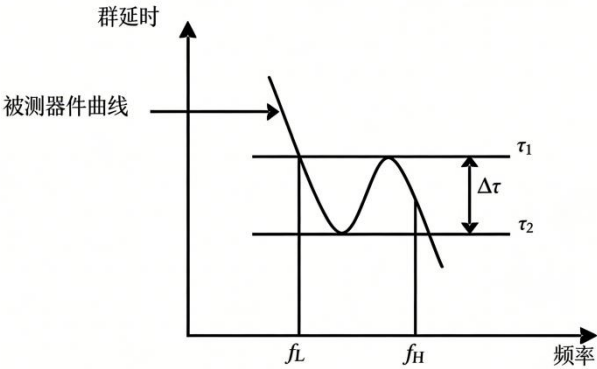


图5 群延时波动示意图

5.5 可靠性试验方法

5.5.1 温度循环

按GB/T 4937方法第25部分规定的方法进行试验，试验条件：-55℃~+125℃，700次循环；或-40℃~+125℃，850次循环；或其他符合GB/T 4937方法第25部分的试验条件。

5.5.2 热冲击

按GJB 548C—2021规定的方法进行试验，试验条件：-55℃~+125℃，驻留时间5 min，转换时间<1 min，700次循环。

5.5.3 功率老化

按GB/T 4937方法第23部分规定的方法进行试验，试验条件：在环境温度不低于最高工作温度的条件下，施加滤波器高频侧最大输入功率，持续时间不少于1000 h；或采用其他等效的高温加速功率试验条件。

5.5.4 静电放电敏感度

5.5.4.1.1 充电器件模式（CDM）：按 GJB 548C—2021 方法 3015 规定的方法进行试验，试验等级应符合产品规范要求；

5.5.4.1.2 人体模式（HBM）：按 GJB 548C—2021 方法 3015 规定的方法进行试验，试验等级应符合产品规范要求。

5.5.5 高温贮存寿命

按 GB/T 4937 方法第 6 部分规定的方法进行试验，试验条件：150℃，持续时间 1000 h。

5.5.6 高温高湿无偏置

按GB/T 4937方法第5部分规定的方法进行试验，试验条件：85℃，85% RH，持续时间1000 h。

5.5.7 无偏置高加速温湿度应力

按GB/T 4937方法第4部分规定的方法进行试验，试验条件：130℃，85% RH，96 h。

5.5.8 振动（变频）

按GJB 548C—2021方法2007规定的方法进行试验，试验条件：20 Hz~2 kHz（对数变化），每方向4次扫描，扫描时间>4 min，峰值加速度50 g。

5.5.9 机械冲击

按GB/T 4937方法第10部分规定的方法进行试验，试验条件：仅Y1方向，5次脉冲，脉宽0.5 ms，峰值加速度1500 g。

5.5.10 引线键合拉力

按GJB 548C—2021方法2011.2规定的方法进行试验，试验条件应符合4.2.10的要求。试验条件：环境温度，最小拉力15 g。过程能力指数 $P_{pk} \geq 1.66$ 或 $C_{pk} \geq 1.33$ 。

5.5.11 引线键合剪切

按GJB 548C—2021方法2019规定的方法进行试验，试验条件：封装前进行特性化测试。过程能力指数 $P_{pk} \geq 1.66$ 或 $C_{pk} \geq 1.33$ 。

5.5.12 芯片剪切强度

按GB/T 4937方法第19部分规定的方法进行试验，试验条件：最小剪切力 ≥ 2 kg。过程能力指数 $C_{pk} \geq 1.33$ 。

5.5.13 可焊性

按GB/T 4937方法第21部分规定的方法进行试验，试验后引线端应湿润良好，无失效。

5.5.14 老炼

5.5.14.1 应按以下规定进行试验，试验时，应采用下列细则：

- a) 试验条件：在最高工作温度、额定工作状态下测试；
- b) 试验时间：24 h。

5.5.14.2 试验后器件电性能应符合GJB 548C—2021相关规定。

5.5.15 密封

5.5.15.1 非气密封

裸芯片器件不进行密封验证。非裸芯片器件，应按GJB 548C—2021方法1014.2中试验条件C1进行密封验证。器件应无明显单个或连续气泡出现，符合GJB 548C—2021的相关规定。

5.5.15.2 气密封

对气密封器件，应按GJB 548C—2021方法1014.2的规定进行试验。试验时，应采用下列细则：

- a) 细检应按GJB 548C—2021方法1014.2试验条件：A1、A2或B进行；
 - b) 粗检应按GJB 548C—2021方法1014.2试验条件：C1进行。
-