

驻极体电容式麦克风(咪头)基础知识

一、咪头的定义：

咪头是一个声-电转换器件（也可以称为换能器或传感器），是和喇叭正好相反的一个器件（电→声）。是声音设备的两个终端，咪头是输入，喇叭是输出。

咪头又名麦克风，话筒，传声器，咪胆等。

ECM（Electret Condenser Microphone）驻极体电容式麦克风的简称。

二、咪头的分类：

1、从工作原理上分：

炭精粒式

电磁式

电容式

驻极体电容式（以下介绍以驻极体式为主）

压电晶体式，压电陶瓷式

二氧化硅式等

2、从尺寸大小分,驻极体式又可分为若干种.

Φ9.7 系列产品 Φ8 系列产品 Φ6 系列产品

Φ4.5 系列产品 Φ4 系列产品 Φ3 系列产品

每个系列中又有不同的高度

3、从咪头的方向性，可分为全向（无向），单向，双向（又称为消噪式）

4、从极化方式上分，振膜式,背极式,前极式

从结构上分又可以分为栅极点焊式,栅极压接式,极环连接式等

5、从对外连接方式分

普通焊点式：L 型

带 PIN 脚式：P 型

同心圆式：S/A 型

三、驻极体传声器的结构

以全向 MIC,振膜式极环连接式为例

1、防尘网：

保护咪头，防止灰尘落到振膜上，防止外部物体刺破振膜，还有短时间的防水作用。

2、外壳：

整个咪头的支撑件，其它件封装在外壳之中，是传声器的接地点，还可以起到电磁屏蔽的作用。

3、振膜：是一个声-电转换的主要零件，是一个绷紧的特氟珑塑料薄膜（聚氯乙烯）粘在一个金属薄圆环上，薄膜与金属环接触的一面镀有一层很薄的金属层，薄膜可以充有电荷，也是组成一个可变电容的一个电极板，而且是可以振动的极板。

杜邦膜：FEP, PTFE, PFA, PET 等，FEP 是美国杜邦公司生产的一种特氟珑薄膜叫聚全氯乙烯，在驻极体传声器方面，主要用于电荷的存贮，因为内部有很多的势阱。

PPS 膜：是一种不能存贮电荷的薄膜叫聚苯硫醚，在驻极体传声器方面，主要用于背极式和前极式的振动膜片。

4、垫片：

支撑电容两极板之间的距离，留有间隙，为振膜振动提供一个空间，从而改变电容量。

5、背极板：

电容的另一个电极，并且连接到了 FET（场效应管）的 G（栅）极上。

6、铜环：

连接极板与 FET（场效应管）的 G（栅）极，并且起到支撑作用。

7、腔体：

固定极板和极环，从而防止极板和极环对外壳短路（FET（场效应管）的S（源极），G（栅）极短路）。

8、PCB 组件：

装有 FET，电容等器件，同时也起到固定其它件的作用。

9、PIN：有的传声器在 PCB 上带有 PIN（脚），可以通过 PIN 与其他 PCB 焊接在一起，起连接另外前极式，背极式在结构上也略有不同。

四、咪头的电原理图：

FET(场效应管)MIC 的主要器件，起到阻抗变换或放大的作用，

五、C₁是一个可以通过膜片震动而改变电容量的电容，声电转换的主要部件。

麦克风如何消除 2G 通话干扰？ 2G 的干扰主要是 217Hz 的干扰，增加 33pf 和 15pf 的电容进行滤波，33pf 的电容对 GSM900

C₁,C₂ 是为了防止射频干扰而设置的，可以分别对两个射频频段的干扰起到抑制作用。

RL:负载电阻，它的大小决定灵敏度的高低。

VS:工作电压，MIC 提供工作电压

:CO:隔直电容，信号输出端.

五、驻极体咪头的工作原理：

由静电学可知，对于平行板电容器，有如下的关系式： $C = \epsilon \cdot S/L$ ①即电容的容量与介质的介电常数成正比，与两个极板的面积成正比，与两个极板之间的距离成反比。

另外，当一个电容器充有 Q 量的电荷，那么电容器两个极板要形成一定的电压，有如下关系式： $C = Q/V$

②

对于一个驻极体咪头，内部存在一个由振膜，垫片和极板组成的电容器，因为膜片上充有电荷，并且是一个塑料膜，因此当膜片受到声压强的作用，膜片要产生振动，从而改变了膜片与极板之间的距离，从而改变了电容器两个极板之间的距离，产生了一个 Δd 的变化，因此由公式①可知，必然要产生一个 ΔC 的变化，由公式②又知，由于 ΔC 的变化，充电电荷又是固定不变的，因此必然产生一个 ΔV 的变化。

这样初步完成了一个由声信号到电信号的转换。

由于这个信号非常微弱，内阻非常高，不能直接使用，因此还要进行阻抗变换和放大。

FET 场效应管是一个电压控制元件，漏极的输出电流受源极与栅极电压的控制。

由于电容器的两个极是接到 FET 的 S 极和 G 极的，因此相当于 FET 的 S 极与 G 极之间加了一个 Δv 的变化量，FET 的漏极电流 I 就产生一个 ΔI_D 的变化量，因此这个电流的变化量就在电阻 RL 上产生一个 ΔV_D 的变化量，这个电压的变化量就可以通过电容 C₀ 输出，这个电压的变化量是由声压引起的，因此整个咪头就完成了声电的转换过程。

六、咪头的主要技术指标：

咪头的测试条件;MIC 的使用应规定其工作电压和负载电阻,不同的使用条件,其灵敏度的大小有很大的影响
电压 电阻

1、消耗电流：即咪头的工作电流

主要是 FET 在 VSG=0 时的电流，根据 FET 的分档，可以做成不同工作电流的传声器。但是对于工作电压低、负载电阻大的情况下，对于工作电流就有严格的要求，由电原理图可知

$$V_S = V_{SD} + I_D \times R_L \quad I_D = (V_S - V_{SD}) / R_L$$

式中 I_D FET 在 VSG 等于零时的电流

R_L 为负载电阻

V_{SD},即 FET 的 S 与 D 之间的电压降

V_S 为标准工作电压

总的要求 100μA < I_{DS} < 500μA

2、灵敏度：单位声压强下所能产生电压大小的能力。

单位：V/Pa 或 dBV/Pa 有的公司使用是 dBV/μBar

-40 dBV/Pa=-60dBV/ μ Bar

0 dBV/Pa=1V/Pa

声压强 Pa=1N/m²

3、输出阻抗：基本相当于负载电阻 RL(1-70%)之间。

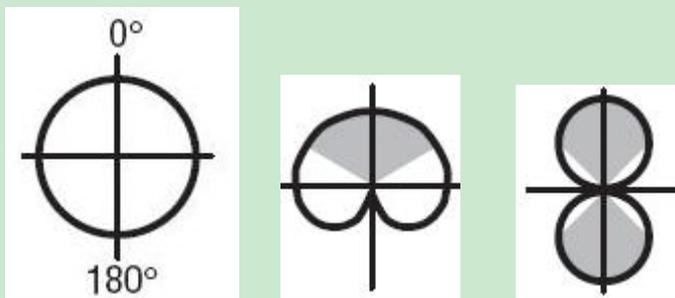
4、方向性及频响特性曲线：

a、全向（无向型）：MIC 的灵敏度是在相同的距离下在任何方向上相等，全向 MIC 的结构是 PCB 上全部密封,因此,声压只有从 MIC 的音孔进入，因此是属于压强型传声器。

频率特性图：

b、单向（心形、超心形、强心形）单向 MIC 具有方向性，如果 MIC 的音孔正对声源时为 0 度，那么在 0 度时灵敏度最高，180 度时灵敏度最低，在全方位上呈心型图，单向 MIC 的结构与全向 MIC 不同，它是在 PCB 上开有一些孔，声音可以从音孔和 PCB 的开孔进入，而且 MIC 的内部还装有吸音材料，因此是介于压强和压差之间的 MIC。

c、双向 消噪型：是属于压差式 MIC，它与单向 MIC 不同之处在于内部没有吸音材料，它的方向型图是一个 8 字型



频率特性：

5、频率范围：

全向： 50~12000Hz 20~16000Hz

单向： 100~12000Hz 100~16000Hz

消噪： 100~10000Hz

6、最大声压级：是指 MIC 的失真在 3%时的声压级,声压级定义:20 μ pa=0dB SPL

MaxSPL 为 115dB SPL A 为 A 计权

7、S/N 信噪比：即 MIC 的灵敏度与在相同条件下传声器本身的噪声之比，详见产品手册，噪声主要是 FET 本身的噪声。

七：MIC 的测试方法

手动测试仪表----HY 系列驻极体传声器测试仪

自动测试仪器----QY-A 系列（南京千越自动化设备有限公司自主研发）驻极体传声器测试仪

1.电流的测试:由测试仪上直接读取电流值(μ A)

2.灵敏度的测试:首先用标准话筒校准测试仪的声压级为94dB,然后把待测 MIC 放到已校准的声腔口上，用测试表笔测试 MIC 的两个极(注意两个表笔的方向)，注意 MIC 的工作电压和负载电阻，可以从测试仪上直接读取70HZ 和1KHZ 的灵敏度。

3.方向性测试:要在消声室内进行，B&K2012测试仪，B&K 旋转台测试。

4.频响曲线的测试:要在消声室内进行，B&K2012测试仪，B&K 旋转台测试。

5.S/N 的测试，首先测试 MIC 的灵敏度，然后在相同的条件下在消声室内测试 MIC 的噪声，注意最好使用干电池，

以减少因使用其它电源引起的测试误差，然后计算： $S/N = \text{灵敏度电平} / \text{噪声电平}$ ，再用对数表示。

6.最大声压级的测试,在消声室内，用 B&K2012测试仪测试，逐渐加大声压级，并观察失真值,当失真值等于3%时，这时候的声压级就是最大声压级，记做 MAXSPL。应大于115 dBSPLA

7.输出阻抗的测试方法

将声压加到传声器上，测量其开路输出电压，然后保持声压不变，在传声器的输出端并联一个电阻箱，调整其阻值，使输出电压为开路电压的一半，此时电阻箱的阻值即为传声器的输出阻值模值。

八、关于 MIC 在手机的应用

手机作为语言信息传递是手机功能的一部份,对于语言信息而言,MIC 是一个重要的部件,是语言信息的输入端。

(一)、结构要求方面的

1.MIC 与手机的安装结构相匹配，应根据手机对 MIC 的预留尺寸选择 MIC，(或根据 MIC 的系列尺寸设计手机外壳及 PCB)。

2.手机的外壳的开孔一般可以在 $\varnothing 0.8\text{--}\varnothing 1$ 之间，开孔过大，不美观，开孔过小，会影响 MIC 的灵敏度。MIC 在手机外壳应装到底，之间不应留有间距,因为留有间距相当于在 MIC 底部与外壳之间形成一个空腔，会对声音的某一些频率产生共振，从而改变了 MIC 的频响特性。

3.在手机或座机上使用 MIC 时,还要防止喇叭与 MIC 之间通过空间,内部或外壳产生回授自激啸叫,适当选择 MIC 的灵敏度和调节喇叭的音量可以消除空间回授.在喇叭和 MIC 与外壳接触面上加减振材料,可以消除通过机壳回授，手机内部割断音频的通道，防止声音从喇叭通过手机内部的音频通道回收到 MIC。

关于手机在使用状态下啸叫的原因：总的来说是一种闭环的自激现象，也就是说在手机使用时，从喇叭发出的信号经过一定的衰减之后翻过来又送回到 MIC，当回授的信号大于原先送入的信号时，这时音频回路的总的增益大于1时，就产生了啸叫，形成啸叫的途径大约又三种

(1) 喇叭发出的声音经过空间从机壳的外面回授到 MIC

(2) 喇叭发出的声音经过机壳的内部的声音通道或空间回授到 MIC

(3) 另一个途径是因为喇叭和 MIC 是装在同一个机壳上的，如果喇叭或 MIC 的减震效果不好的话，那么喇叭的振动，通过机壳传到 MIC。

另外 MIC 的前端如果有空腔的话，会对某一高频产生共振，从而产生高频啸叫。

解决的途径：

(1) 减少喇叭与 MIC 之间的耦合，在允许的范围内，尽量的减少喇叭的输出，减小 MIC 灵敏度，从而减少耦合

(2) 在手机内部尽可能的切断声音的通路，尽可能的把喇叭与 MIC 进行隔离。

(3) 喇叭与机壳的固定尽量加减振垫,以防引起机壳的振动

(4) MIC 的前端尽可能的不要留有空间,以防高频自激

4.MIC 与手机的连接。

手机与 MIC 的连接方式比较多,有直接焊接式:MIC 与手机直接焊接式,如 P 型 MIC 的 PIN 直接焊在 PCB 上.但要注意焊接时间和温度,容易通过焊接使 MIC 损坏或性能改变,不便于维修更换 MIC。目前较少使用.压接式:MIC 与手机的 PCB 通过导电橡胶或弹性金属簧片或弹性金属圆柱连接。例如 S 型 MIC 的连接各种胶套.使用组装方便,维修方便,但是价格较高(因为胶套较贵),有时会出现个别接触不良现象,使用较多。

导线连接式:

用导线或 FPC 连接 MIC 和 PCB,例如 L 型 MIC 通过导线或 FPC 连接到手机的 PCB 上,使用方便焊接对 MIC 无影响,价格合适接触良好,目前使用较多。

(二)、电气方面的要求

5.MIC 在手机上的使用条件应与 MIC 的灵敏度测试条件相一致,其中包括工作电压,负载电阻.另外在以下情况下还要对 MIC 的工作电流进行限定,例如有的手机给 MIC 的供电电压比较低,(1V),而负载电阻又比较大(2.2K),这是因为

6.话音频率:通常话音的频率是在300HZ-3KHZ 之间,通常手机对话音要求在300HZ 以下和3KHZ 以上迅速衰减,MIC 本身的频响是很宽的,例如从50HZ-15KHZ,可见全向 MIC 频响曲线,因此 MIC 本身无法完成这种衰减,这样选频功能必须由手机本身来完成(带通滤波器),只有正确的调试设置滤波参数.才能达到要求.

7.关于 MIC 在手机中的抗干扰(EMC)问题:

(1) 当手机处于发射状态下,整个手机是处于手机发射的强电磁场内,因此除了手机本身的防电磁干扰之外,对于 MIC 也提出了抗电磁干扰的问题.

通常措施:

- 1)使用金属铝外壳起屏蔽作用.
- 2)PCB 设计尽量加大接地面积,如同心圆式 MIC,或 P 型 MIC.
- 3)音孔由一个大孔改为多个小孔,
- 4)选用抗干扰性能好的器件,如 FET
- 5)减少外壳与 PCB 的封边电阻,提高抗干扰能力.

设计上

1)采用在 S-D 之间并接电容的办法,根据频率的不同并接不同的电容.通常对手机使用10P,33P 两个电容.分别针对 GSM 手机的两个频段,即900MHZ,1800MHZ

- 2)必要时可以在 S-G 之间并一个小的电容,提高抗干扰能力.

3)有时也可以利用 RC 滤波器设计

(2) 当 MIC 在用交流电源供电时, MIC 还必须抗工频干扰, 同样采用加强电磁屏蔽的方法来消除工频干扰

(3) MIC 还必须承受静电的干扰, 在 $\pm 10\text{kV}$, $\pm 12\text{kV}$ 静电放电各10次, MIC 能正常工作, 为了提到抗静电能力,必要时可以在 FET 的 G..D 之间加一小的电容,对 G.D 之间的静电起到泻放作用,在使用时,也可以在整机的 PCB 电路上,MIC 的输出端加一个稳压二极管,或是压敏电阻,起到对静电形成的浪涌电流的泻放作用,另外 MIC 的外壳应接地,可以起到对静电的屏蔽作用。

8.手机的音频 FTA 七项测试(AUDIO 测试)

(1)本音频测试遵循的规范为 GSM11.10

(2)测试表

| TEST ID | DESCRIPTION |
|---------|---|
| 30.1 | 发送灵敏度、频率响应:Sending sensitivity / Frequency Response. |
| 30.2 | 发送响度评定值:Sending loudness srating (SLR). |
| 30.3 | 接受灵敏度、频率响应:Receiving sensitivity /Frequency Response. |
| 30.4 | 接受响度评定值:Receiving loudness srating (RLR). |
| 30.5.1 | 侧音掩蔽评定值:Sidetong masking rating |
| 30.6.2 | 稳定度储备:Stability margin |
| 30.7.1 | 发送失真:Sending Distortion. |

(3)测试结果判定

发送灵敏度、频率响应:Sending sensitivity / Frequency Response。

发送频率响应曲线在模板内

发送失真:Sending Distortion. 在发送失真线之上

发送响度评定值:Sending loudness srating(SLR). SLR=8+/-3dB

接受灵敏度、频率响应:Receiving sensitivity /Frequency Response.

接受响度评定值:Receiving loudness srating (RLR).

侧音掩蔽评定值:Sidetong masking rating STMR= 13+/-5dB

稳定度储备:Stability margin 把手机打开, 面朝下放置在硬的水平面上, 测试过程中没有发现抖动信号的发生, 通过此项测试

(4)其中有五项与 MIC 有关

SLR 与 MIC 的灵敏度有关, 音频放大器有关,手机调制特性有关

Sending sensitivity/ Frequency Response 与 MIC 的灵敏度, 频响有关, 手机的滤波器有关, 加重特性有关, A/D 转换器有关。

Sending Distortion 与 MIC 的噪音有关, 放大器的噪声有关, 调制噪声有关, A/D 转换器有关, 还与 MIC 和整个系统的射频干扰能力有关。

Sidetong masking rating 与手机的 MIC, 放大器, 喇叭有关

Stability margin 与手机的接受和发射的稳定性有关

九、不同指向类型的 MIC 使用要求;

1. 全向 MIC 的使用: 使用在声源与 MIC 之间无固定方向的情况下, 要求 MIC 在各个方向上所接受的灵敏度都相同的情况下, 这时只要在 MIC 的音孔前外壳上开一个孔就可以了. 例如电话手柄, 手机, 免提耳机等等.

2. 单向 MIC 的使用: : 使用在声源与 MIC 之间有固定方向的情况下, 要求 MIC 在各个方向上所接受的灵敏度不相同的情况下, 声源与 MIC 之间的夹角为 0° 时 MIC 的灵敏度最高, 180° 时最低, 这时必须在 MIC 的音孔前后, 外壳上各开一个孔就可以了. 例如车载电话, 等等.

3. 消噪 MIC 的使用: 使用在声源与 MIC 之间有固定方向的情况下, 要求 MIC 在各个方向上所接受的灵敏度不相同的情况下, 声源与 MIC 之间的夹角为 0° 和 180° 时 MIC 的灵敏度最高, 90° 和 270° 时最低, 这时必须在 MIC 的音孔前后, 外壳上各开一个孔就可以了. 例如车载电话, 等等.

4. 在其它条件相同的情况下全向 MIC 的灵敏度最高, 单向 MIC 的灵敏度较低, 大约比全向 MIC 低大约 $6\text{--}8\text{dB}$, 而消噪 MIC 的灵敏度最低, 大约比全向 MIC 低大约 $10\text{--}12\text{dB}$ 左右.

十、MIC 的连接使用注意事项

1. MIC 的焊接, 对于 L 型和 P 型 MIC 的焊接, 因为 MIC 的体积小, 而且它的关键零件是塑料薄膜, 耐热能力较差, 因此在焊接时要特别的小心, 最好在可能的情况下加散热器, 详见产品规格书. 建议电烙铁温度为 $\Phi 9.7$ 的 $320\pm 10^{\circ}\text{C}$, $\Phi 6$ 的 $300\pm 10^{\circ}\text{C}$, 每个焊接时间不大于 2 秒。

2. 关于 S 型 MIC 与导电胶套的连接, 因为 MIC 与 PCB 连接是通过导电胶套连接的, 它们就有一个压力, 接触电阻, 和胶套压缩量之间的关系, 详见下图, 胶套的压缩量大约在 $0.2\sim 0.3$ 毫米之间, 这时 MIC 的压力大约是 $5\sim 8\text{N}$, 接触电阻应小于 0.1Ω , 所以在结构设计是应注意到这一点。

3. MIC 在使用设计时要注意 MIC 的极性, 电源的正极接 MIC 的 D, 电源的地接 MIC 的 S 极。

4. 在设计 PCB 时, MIC 的输出与下一级之间的接线越短越好, 信号线最好与一根地线并行. 如果可能的话音频信号线的两边最好有两根地线与之平行的走线。

十一、关于传声器的发展方向

- 1.小型化 微型化 主要为一些小型设备用,目前我司最小的 MIC $\phi 4 \times 1.1$ 的 MIC, $\phi 3 \times 1.1$ 的 MIC,
- 2.低噪声型, 主要为一些要求低噪声的设备使用,如助听器及低噪声要求的
- 3.低功耗型, 要求工作电流 $< 50\mu A$ 的,主要为电池供电的设备使用
- 4.高灵敏度的, 带有 IC 放大功能的(大约增益15dB)
- 5.数字化, 传声器内部带有 A/D 转换功能的数字化输出。
- 6.能耐回流焊的 MIC, 因为 MIC 的内部的关键部件是一个塑料薄膜。
- 7.它不能耐高温,因此现在的 MIC 都不能耐波峰焊和回流焊,选用特殊的材料研制能耐回流焊的 MIC, 将进一步扩大驻极体 MIC 的应用范围。
- 8.二氧化硅 MIC, 是另一类型的 MIC, 它与传统的 MIC 完全不同, 它是由半导体技术制作的, 它不但可以耐波峰焊和回流焊,而且热稳定性很好, 是很有发展前途的一种产品, 但目前价格较高。

七、辅料

干燥剂: (防潮)

- 1.白色粉末状的干燥剂成分是生石灰 CaO , 吸收了水分后, 部分变成了熟石灰 $Ca(OH)_2$, 当然就不纯了。
- 2.玻璃珠状的干燥剂成分是硅胶
分子式: $mSiO_2 \cdot nH_2O$