

# 泰芯 AH 性能测试方法



保密等级	A	泰芯 AH 性能测试方法	文件编号	
发行日期	2023-9-3		文件版本	V2.1

修订记录

日期	版本	描 述	修订人
2023-9-3	V2.1	增加各个信道实测的方法说明；	WY
2023-6-12	V2.0	增加基于仪器的测试项目；	WY
2022-7-24	V1.2.2	修改笔误；	WY
2022-2-18	V1.2.1	修改 logo；	XYJ
2021-7-22	V1.2	增加灵敏度测试说明；	WY
2021-7-3	V1.1	增加测试模式对测的说明； 增加板子底噪测试的说明；	WY
2020-11-10	V1.0	Initial version；	WY

泰芯保密文件

	珠海泰芯半导体有限公司 TaiXin Semiconductor Co., Limited	
---	--	--

版权所有侵权必究 Copyright © 2023 by TaiXin Semiconductor All rights reserved
--

## 目录

泰芯 AH 性能测试方法 .....	1
1 概述 .....	1
2 测试准备 .....	1
2.1 串口设置 .....	1
2.2 串口命令介绍 .....	2
3 测试项目 .....	3
3.1 基于仪器进行的测试项 .....	3
3.1.1 Tx 线缆单音测试 .....	3
3.1.2 Tx 线缆调制信号测试 .....	4
3.1.3 Rx 线缆灵敏度测试 .....	4
3.1.4 Rx 空口灵敏度测试 .....	5
3.1.5 用测试盒替代仪器进行测试 .....	5
3.2 不基于仪器的测试项 .....	5
3.2.1 Tx-Rx 对测 .....	5
3.2.2 背景噪声扫描 .....	7
3.2.3 各个信道实测 .....	9

# 1 概述

本文介绍了在有测试仪器或者没有测试仪器的情况下，如何测试方案板上 AH 模块的 Tx/Rx 性能是否正常。测试的结果可以作为方案板的性能改善的依据。

## 2 测试准备

### 2.1 串口设置

串口配置按照下图进行。

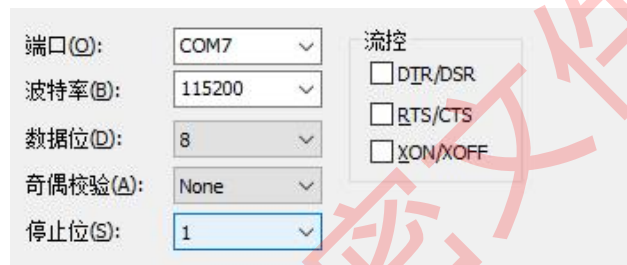


图 2-1 串口参数配置

另外，请注意选中新行模式，以 SecureCRT 为例：

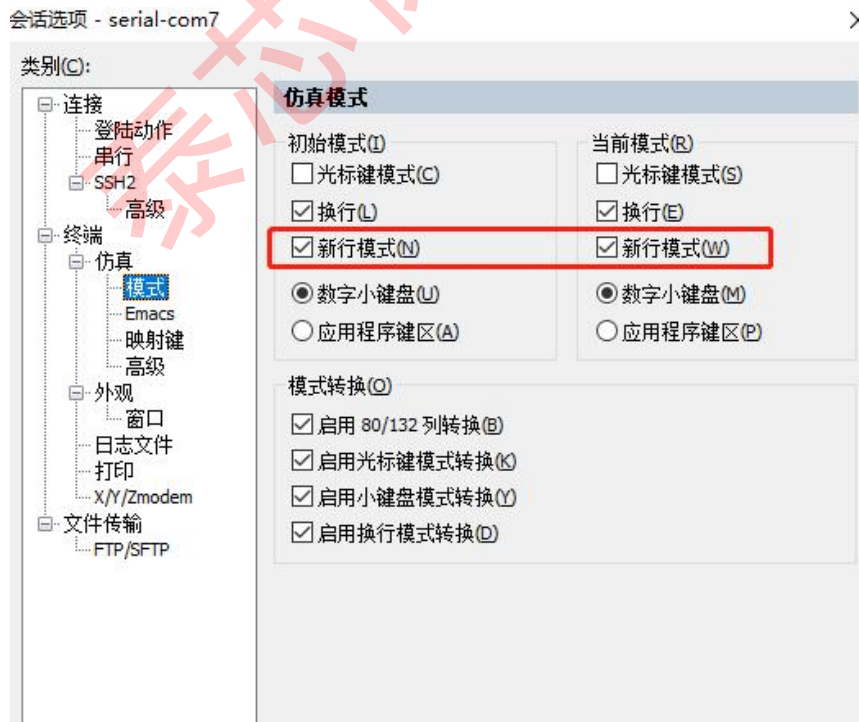
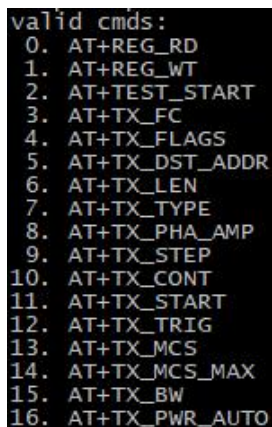


图 2-2 选中新行模式

测验是否串口正常方法，输入 AT+，会打印如下图所示：



```
valid cmds:
0. AT+REG_RD
1. AT+REG_WT
2. AT+TEST_START
3. AT+TX_FC
4. AT+TX_FLAGS
5. AT+TX_DST_ADDR
6. AT+TX_LEN
7. AT+TX_TYPE
8. AT+TX_PHA_AMP
9. AT+TX_STEP
10. AT+TX_CONT
11. AT+TX_START
12. AT+TX_TRIG
13. AT+TX_MCS
14. AT+TX_MCS_MAX
15. AT+TX_BW
16. AT+TX_PWR_AUTO
```

图 2-3 输入 AT+ 的回显

如果没有这个打印，说明串口输入不对，需要联系我司 FAE。

## 2.2 串口命令介绍

(1) 进入/退出测试模式

at+test\_start=1 或 0

进入测试模式后，默认是做 rx 模式；

此命令掉电不保存；

(2) 设置中心频点

at+lo\_freq=908000

单位是 KHz，908000 表示 908M，921500 表示 921.5M；

此命令掉电不保存；

(3) 设置带宽

at+bss\_bw=8 或 4 或 2 或 1

可以支持的 4 种带宽是 8M、4M、2M、1M，建议设置值跟方案实际情况保持一致；

此命令掉电保存，注意修改后注意还原；

(4) 设置进入/退出 Tx 模式

at+tx\_start=1 或 0

此命令掉电不保存；

(5) 设置 MAC 地址

at+mac\_addr=0

进入测试模式做 Rx 测试需要将 mac\_addr 设置为 0；

此命令掉电不保存；

(6) at+tx\_mcs=255 或 0~7 的任何一个值

默认的情况下 tx\_mcs=255，表示根据信道情况自动切换 mcs；设置成 0~7 的任何一个值表示固定成这个 mcs；

在测试模式下 255 会用 mcs7 发送，做 Tx/Rx 测试时建议设置 mcs=1，即固定为 1，避免 mcs7 在 Rx 性能不好的时候解不出来导致测试结果不对；

此命令会掉电保存，注意在测试完成后将 mcs 还原成 255，避免实际使用中固定成 mcs1，固定成 mcs1 会影响实际使用；

#### (7) 设置 Channel list

```
at+chan_list=9080, 9160, 9240
```

此命令为设置要使用的 channel 列表，单位为 100Khz，9080 表示 908M；根据方案实际情况设置；

此命令配置结果会掉电保存，注意测试后还原成原来的值；

#### (8) 启动背景噪声扫描

```
at+acs_start=1
```

此命令启动背景噪声自动扫描，可以看到各个 channel 背景噪声（bgr, backgroundrss）的最小值（min），平均值（avg），最大值（max）；

此命令掉电不保存；

## 3 测试项目

### 3.1 基于仪器进行的测试项

#### 3.1.1 Tx 线缆单音测试

1. At+test\_start=1 //进入测试模式
2. At+lo\_freq=915000 //这里以 915M 举例，建议覆盖工作频段的上下限
3. At+tx\_start=1 //使能 tx
4. at+tx\_type=S //S 表示 single tone，默认应该发出-500kHz 的信号，N 表示 Normal（调制信号）
5. at+tx\_cont=1 //连续发送，注意如果要修改 Tx 的参数，需要先退出连续发送

### 3.1.2Tx 线缆调制信号测试

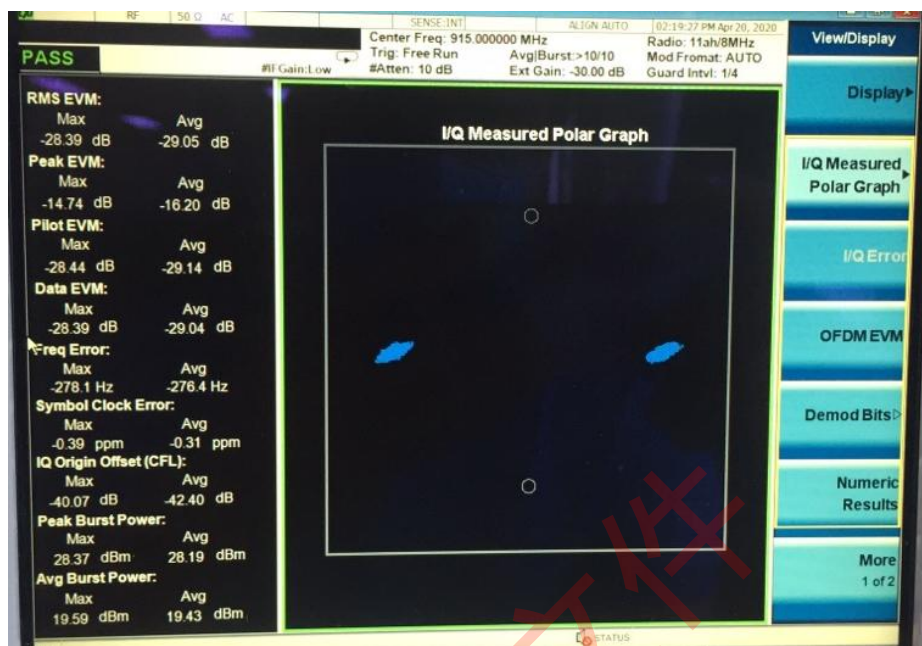


图 3-1 调制型号测试（频谱仪为 N9020，带 AH license）

测试命令：

1. At+test\_start=1 //进入测试模式
2. At+bss\_bw=8 //设置 bss\_bw，默认为 8M，也可以改为 2/4M；
3. At+lo\_freq=915000 //这里以 915M 举例，建议覆盖工作频段的上下限
4. At+tx\_pwr\_super=1 //将 superpwr 使能，在 mcs0 时可以输出 25dbm，在 mcs7 时可以输出 20dbm
5. At+tx\_mcs=0 //配置 tx-mcs，测试 mcs0 和 mcs7
6. At+tx\_start=1 //使能 tx

频谱仪操作

1. 按 mode 选择 wlan
2. 按 input，补偿-31db（因为要接 30db 衰减器，和大约 1db 线损）
3. 按 mode setup 选择 11ah 子模式
4. 修改 freq center 与 DUT 的 lo\_freq 一致
5. 选择测试项目为 modulation analysis，在 measure setup/advance 里面设置 search time 为 50ms（默认值太小，锁定不到，星座图会闪）

注意事项，

1. 频谱仪一定要连衰减器（30db），否则会烧坏仪器
2. 注意观察打印，看芯片温度是否比较高，如果比较高说明散热差；

### 3.1.3Rx 线缆灵敏度测试

测试命令

1. At+test\_start=1 //进入测试模式

2. `At+bss_bw=8` //设置 bss\_bw, 默认为 8M, 也可以改为 2/4M;
3. `At+lo_freq=908000` //这里以 908M 举例, 不能只测试一个点, 需要覆盖工作频段所有信道
4. `At+tx_start=0` //关掉 tx 测试模式, 默认是关的

信号源操作 (信号源为 E4438C, 带 AH license)

1. PC 通过网线连接到信号源, 在信号源的 utility 选项中查看信号源的 IP 地址, 通过 wlan 软件连接到信号源;
2. 加载 ah 的配置文件, 可以联系泰芯 FAE 获取;
3. 修改发包间隔不小于 1ms, 设置频点, 发射功率 (先设置为 -40dbm), bw, mcs 等参数, download 到信号源;
4. 观察到 DUT 收包成功后, 记录当前的收包个数, 做为每个周期的信号源的发包数;
5. 按 local 按键解除信号源的 remote 模式, 调试输出功率, 查看输出功率小到多少时, 收对的包减到信号源发包数的 90% (由于出错和漏包), 观察 rssi 和 evm; 通常 8M mcs7 的灵敏度在 -81dbm 左右, 8M mcs0 可以到 -95dbm; 如果实测值跟预期值相差比较大, 需要查原因;
6. 修改测试频点, 覆盖工作频段所有信道;

### 3.1.4 Rx 空口灵敏度测试

将 DUT (带天线) 放到屏蔽箱, 信号源也通过线缆接到内置于屏蔽箱的另一根天线, 用灵敏度测试的方法看工作频段的各个频点的灵敏度是否有异常。注意 DUT 的天线跟实际使用情况应该一致, 测试结果才比较接近正常使用情况。

### 3.1.5 用测试盒替代仪器进行测试

如果没有仪器, 可以用 AH 测试盒替代仪器, 进行线缆或者空口的性能测试, 具体方法可以参考测试盒的使用说明, 以及前面几个基于仪器的测试项;

也可以把测试盒当作一个 golden 的设备, 直接用串口来操作进行 Tx-Rx 对测 (下面章节有介绍)。

注意测试盒内部加了约 48db 的衰减 (文档和盒子上的标注可能不太统一, 实际是约 48db)。

## 3.2 不基于仪器的测试项

### 3.2.1 Tx-Rx 对测

在没有 AH 专用测试仪器的情况下, 为了方便方案板的测试, 排查 Tx 和 Rx 性能不好的问题, 可以考虑用两个方案板 Tx-Rx 对测的方式。

建议测试 Tx 方的时候确保 Rx 方是 ok 的, 反过来也是。



如果 Tx-Rx 方通过射频线缆连接，建议中间串 50db 左右的衰减器，如果不接衰减器，接收的能量会太大导致测试不准确；如果 Tx-Rx 方都接天线，建议两个样机间隔 1 米以上，避免太近导致接收能量太大。

Tx 方测试命令序列如下：

- a) `at+test_start=1` //进入测试模式
- b) `at+lo_freq=908000` //这里以 908M 举例，以实际 AH 模块的支持频点为准
- c) `at+bss_bw=8` //这里以带宽 8M 距离，以方案的实际使用带宽为准
- d) `at+mac_addr=0` //将 mac 地址清 0
- e) `at+tx_start=1` //使能 tx，进入 tx 模式
- f) `at+tx_mcs=1` //设置 mcs=1

Rx 方测试命令序列如下：

- a) `at+test_start=1` //进入测试模式
- b) `at+lo_freq=908000` //这里以 908M 举例，以实际模块的支持频点为准
- c) `at+bss_bw=8` //这里以带宽 8M 举例，以方案的实际使用带宽为准
- d) `at+mac_addr=0` //将 mac 地址清 0

结果分析：

(1)如果 Tx-Rx 两方的接收和发送都正常，打印如图 3-2a 和 3-2b 所示。

```
----- tx模式
test mode: tx
LO: 908000 KHz freq_dev= -1197
chip-temperature:46, vcc:3.34

tx subfrm = 853 发送的包数
tx fail= 11
tx PER = 1%
tx mcs = 1
tx bw = 8M
per误包率<5%表示对方收包和我方收应答都正常

rx subfrm = 966 收到对方包数，主要是应答包
rx err = 0
rssi = -31
agc = 7731
evm = -30
rssi和evm的情况

local: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 0 mac地址清成0了
```

图 3-2a Tx-Rx 都正常时的 Tx 方的打印

```
----- rx模式
test mode: rx
LO: 908000 KHz freq_dev= 1150
chip-temperature:45, vcc:3.43

tx subfrm = 0
tx fail= 0
tx PER = 0%
tx mcs = 0
tx bw = 2M

rx subfrm = 948 收到的对方的包
rx err = 0
rssi = -33
agc = 7312
evm = -31
rssi和evm的情况

local: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 0 AID=0
```

图 3-2b Tx-Rx 都正常时的 Rx 方的打印

- (2) 如果 Rx 方的收包数量很少，可能是 Tx 方的发送不正常；
- (3) 如果 Rx 方的收包是正常的，但是 Tx 方收到的应答包很少，说明 Rx 方的发送可能有问题；

- (4) 如果一方的发送能够确认是没问题的，但是对方的 rssi 和 evm 都不好，可能是这一方的接收性能有问题；
- (5) 可以用这个方法简单测试接收方的灵敏度（需要借助测试盒，可变衰减器和屏蔽箱，或者将发送端拉远，看接收端的信号 rssi 和 evm 的关系）；测试灵敏度的时候，先让 Rx 方 RSSI 在-40dbm 左右，记录一个打印周期的收包数（正常情况下应该全是对的），然后增加衰减器，看看 RSSI 小到多少时，收对的包（收到的包-收错的包）减到刚才信号大时记录收包数的 90%，观察 rssi 和 evm；图 3-3 是 AH 模块的线缆灵敏度测试值。空口的情况会通常恶化几个 db，如果恶化太多建议优化硬件设计。

测试频点 900MHz

BW	1M	2M	4M	8M
MCS				
0	-106	-103	-99	-96
1	-103	-100	-97	-94
2	-102	-99	-96	-93
3	-99	-96	-93	-90
4	-96	-93	-90	-87
5	-94	-90	-87	-83
6	-93	-89	-86	-82
7	-91	-87	-84	-81
10	-108	-	-	-

图 3-3 AH 模块的灵敏度测试值

### 3.2.2 背景噪声扫描

可以通过 `at+acs_start=1` 命令来扫描方案板 emi 带来的背景噪声 bgr。

通常是接天线进行 bgr 的扫描，因为天线可以收到方案板的 emi 噪声，射频线缆会屏蔽 emi 噪声，导致结果比天线要好很多。

测试时尽量远离板外干扰源，例如基站的干扰，和别的板子的干扰，如果有屏蔽箱就比较好。

输入 `at+acs_start=1`，可以看到串口回显为如图 2-5 所示。

Channel list 中所有的频点会进行全部扫描，每个频点的扫描次数决定于带宽，例如 8M 带宽会扫描 8 次，4M 带宽会扫描 4M 等；

Bgr 扫描结果可以看到 min / avg / max 几列，建议重点关注 avg，其次是 max；

通常 8M 带宽下，bgr-avg 在 <-90 算是比较 ok，如果 >-90 建议考虑整改硬件的 EMI；4M 的情况要在 8M 上-3db 来看，即 bgr-avg 在 <-93 算是比较 ok，如果 >-93 建议考虑整改；2M 的情况要在 8M 上-6db 来看，即 bgr-avg 在 <-96 算是比较 ok，如果 >-96 建议考虑整改；1M 的情况要在 8M 上-9db 来看，即 bgr-avg 在 <-99 算是比较 ok，如果 >-99 建议考虑整改。

```

acs started, scan time= 10ms
[26549]acs...
[26583]freq pri_chn bg_min bg_avg bg_max rxsync_cnt => noise factor
[26613]908000 0 -100 -97 -92 0 => -120
[26643]908000 1 -100 -95 -60 0 => -110
[26673]908000 2 -100 -97 -92 0 => -120
[26703]908000 3 -100 -93 -59 0 => -107
[26734]908000 4 -100 -96 -60 0 => -111
[26764]908000 5 -100 -97 -94 0 => -120
[26794]908000 6 -100 -91 -60 0 => -106
[26824]908000 7 -101 -96 -60 0 => -111
[26854]916000 0 -100 -97 -91 0 => -119
[26885]916000 1 -100 -96 -60 0 => -111
[26915]916000 2 -100 -97 -94 0 => -120
[26945]916000 3 -100 -97 -94 0 => -120
[26975]916000 4 -100 -95 -60 0 => -110
[27006]916000 5 -100 -94 -60 0 => -109
[27036]916000 6 -100 -97 -94 0 => -120
[27066]924000 7 -100 -97 -93 0 => -120
[27096]924000 0 -103 -98 -60 0 => -113
[27126]924000 1 -103 -99 -94 0 => -122
[27157]924000 2 -103 -97 -60 0 => -112
[27187]924000 3 -104 -98 -60 0 => -113
[27217]924000 4 -105 -96 -60 0 => -111
[27247]924000 5 -103 -99 -95 0 => -122
[27278]924000 6 -103 -99 -94 0 => -122
[27283]acs result: freq=916000, prichn=1 nf=-929
[27288]notify freq: 916000
[27290]acs done

```

图 3-4 acs 的扫描结果

举例说明一个 EMI 导致不好的方案板情况：屏幕机在点亮屏幕时和熄灭屏幕时的扫频结果相差很大，如图 3-5a 和图 3-5b 所示。

```

sta_list: no sta
acs started, scan time= 10ms
[855456]acs...
[855492]freq pri_chn bg_min bg_avg bg_max rxsync_cnt => noise factor
[855525]905000 0 -102 -93 -84 0 => -116
[855557]905000 1 -101 -96 -82 0 => -116
[855590]907000 0 -102 -97 -76 0 => -117
[855622]909000 1 -101 -97 -82 0 => -117
[855655]909000 0 -102 -94 -85 0 => -115
[855688]911000 1 -101 -94 -82 0 => -114
[855720]911000 0 -101 -96 -82 0 => -116
[855753]913000 1 -102 -97 -84 0 => -118
[855785]913000 0 -102 -97 -83 0 => -117
[855818]915000 1 -102 -97 -83 0 => -117
[855851]915000 0 -101 -97 -84 0 => -118
[855883]917000 1 -103 -98 -82 0 => -118
[855916]917000 0 -103 -99 -88 0 => -121
[855949]919000 1 -102 -98 -82 0 => -118
[855981]919000 0 -102 -97 -82 0 => -117
[856014]921000 1 -101 -96 -80 0 => -116
[856046]921000 0 -102 -96 -82 0 => -116
[856079]923000 1 -101 -96 -60 0 => -111
[856112]923000 0 -102 -98 -80 0 => -118
[856144]925000 1 -103 -98 -81 0 => -118
[856177]925000 0 -102 -98 -82 0 => -118
[856182]acs result: freq=917000, prichn=0 nf=-239
[856187]acs done
[857819]response bootd1 cmd:0, check:fd

```

图 3-5a 屏幕点亮的扫频情况

```

sta_list: no sta
acs started, scan time= 1[833656]acs...
[833657]freq pri_chn bg_min bg_avg bg_max rxsync_cnt => noise factor
[833692]905000 0 -103 -100 -99 0 => -124
[833725]905000 1 -103 -101 -99 0 => -125
[833757]907000 0 -105 -101 -100 0 => -126
[833790]907000 1 -103 -101 -99 0 => -125
[833822]909000 0 -103 -100 -99 0 => -124
[833855]909000 1 -103 -100 -99 0 => -124
[833888]911000 0 -103 -100 -99 0 => -124
[833920]911000 1 -103 -101 -99 0 => -125
[833953]913000 0 -103 -100 -99 0 => -124
[833985]913000 1 -103 -101 -99 0 => -125
[834018]915000 0 -104 -101 -98 0 => -125
[834051]915000 1 -104 -101 -96 0 => -125
[834083]917000 0 -103 -100 -99 0 => -124
[834116]917000 1 -104 -101 -100 0 => -126
[834149]919000 0 -105 -101 -99 0 => -125
[834181]919000 1 -105 -101 -99 0 => -125
[834214]921000 0 -103 -100 -99 0 => -124
[834246]921000 1 -103 -100 -89 0 => -122
[834279]923000 0 -103 -100 -99 0 => -124
[834312]923000 1 -103 -100 -73 0 => -118
[834344]925000 0 -103 -100 -99 0 => -124
[834377]925000 1 -103 -100 -88 0 => -122
[834382]acs result: freq=907000, prichn=0 nf=-231
[834387]acs done
[834829]
MAC STATUS:

```

图 3-5b 屏幕熄灭的扫频情况

这个 case 里面，开关屏幕时 bgr-avg 的值差别不太大，但是 bgr-max 的值相差很多，接近 15db，实际用仪器测试板子的 Rx 灵敏度也是差 15db，跟 bgr-max 的差别基本吻合。

所以这个 case 要建议查找点亮屏幕时的 EMI 源头以及如何规避。

### 3.2.3 各个信道实测

在屏蔽箱内测试背景噪声，是利用 AH 的测试模式进行的。测试模式下可能还不够接近方案真实的底噪情况，因为跟主控的接口没有完全动起来，主控那边可能也有些 EMI 会在真正的方案运行中才出来，所以可以考虑在实际的方案下，遍历各个信道进行测试，看每个信道运行的情况是否正常。由于这个测试不好在屏蔽环境测试，要先确认环境没有明显的干扰。

大概的测试思路是，拉一个方案需要的距离，可以不用特别极限，但是要足够远，信号不强了，例如 rssi-70dbm 左右，看每个信道的通信情况，可以用画面的流畅度，或者应用层统计的丢包率，评估每个信道是否能正常工作。如果发现有的信道正常，有的信道明显卡顿，可以做进一步分析，判断是外部环境噪声干扰导致的，还是板级噪声 EMI 导致的。如果是板级 EMI 导致的，可以看是否好消除。如果好消除尽量消除，使得可用的信道尽可能多；如果不好消除，可以考虑把这个信道从 chan\_list 中删掉（注意 AP 和 STA 的 chan\_list 要保持一致，同步删除坏信道）。

下面介绍正常方案中手动切信道，实现遍历信道测试的方法。通过下面两个 AT+命令：

1, AT+CS\_NUM=xxx: 手动设置切频的频点，以 700M 为基点，如果要设置频点为 906，就是=206，如果设置 922，就是=222；步进 1Mhz（因为协议定义的 bit 数只 8bit，所以只能表示 1M 步进）；设置 CS\_NUM 后，AP 会和 STA 沟通在 CS\_CNT 后一起切到 CS\_NUM 对应的频点；

2, AT+CS\_CNT=10: 手动设置切频的倒计时 beacon 周期数（默认 10 即可），设置在 10 个 beacon 周期后 AP 和 STA 同步执行切频，可以保持连线；

这两个命令都在 AP 端设置；都设置完后，过一会打印就可以看到切频成功了，再观察图像是否卡顿即可。