

BS21V100 射频 AT

测试指南

文档版本 00B02

发布日期 2023-12-28

前言

概述

本文档主要介绍 BS21V100 的射频非信令相关的测试指南和注意事项。

产品版本

与本文档相对应的产品版本如下。

产品名称	产品版本
BS21	V100


读者对象




本文档主要适用于以下工程师：

- 技术支持工程师。
- 软件开发工程师。

符号约定

在本文中可能出现下列标志,它们所代表的含义如下。

符号	说明
 危险	表示如不可避免则将会导致死亡或严重伤害的具有高等级风险的危

符号	说明
	害。
 警告	表示如不避免则可能导致死亡或严重伤害的具有中等级风险的危害。
 注意	表示如不避免则可能导致轻微或中度伤害的具有低等级风险的危害。
须知	用于传递设备或环境安全警示信息。如不避免则可能会导致设备损坏、数据丢失、设备性能降低或其它不可预知的结果。 “须知”不涉及人身伤害。
 说明	对正文中重点信息的补充说明。 “说明”不是安全警示信息,不涉及人身、设备及环境伤害信息。

修改记录

文档版本	发布日期	修改说明
00B02	2023-12-28	更新 “1.4.4 常发指令” 小节内容。
00B01	2023-11-01	第一次临时版本发布。

目 录

前言i

1 射频测试 AT 指令.....1

1.1 射频测试相关 AT 指令一览表1

1.2 通用 AT 指令2

1.2.1 进入 AT 模式2

1.2.2 退出 AT 模式3

1.3 BLE 射频测试相关 AT 指令描述4

1.3.1 BLE 测试建议流程4

1.3.2 BLE 注册回调4

1.3.3 常发指令5

1.3.4 常收指令6

1.3.5 常发常收停止指令7

1.3.6 BLE 复位指令.....7

1.4 SLE 射频测试相关 AT 指令描述8

1.4.1 SLE 测试建议流程8

1.4.2 SLE 使能指令8

1.4.3 SLE 注册回调9

1.4.4 常发指令9

1.4.5 常收指令11

1.4.6 常发常收停止指令12

1.4.7 SLE 复位指令.....13

1.5 射频单音13

1.6 自校准指令（可选）14

1.7 XO 32M 校准（可选）15

1.7.1 执行 CTRIM 校准指令15

1.7.2 CTRIM 校准值写入 EFUSE 指令16

1.7.3 读取当前 CTRIM 寄存器配置16

2 注意事项.....17

2.1 所有指令的参数输入格式必须为十进制.....17

2.2 所有指令返回值为十六进制.....17

2.3 所有参数的间隔符逗号为英文字符","18

2.4 串口回复说明18

2.5 星闪协议频点表.....19

Draft

1 射频测试 AT 指令

- 1.1 射频测试相关 AT 指令一览表
- 1.2 通用 AT 指令
- 1.3 BLE 射频测试相关 AT 指令描述
- 1.4 SLE 射频测试相关 AT 指令描述
- 1.5 射频单音
- 1.6 自校准指令（可选）
- 1.7 XO 32M 校准（可选）

1.1 射频测试相关 AT 指令一览表

指令	描述
a testsuite_sw_at	从 testsuite 进入 AT 模式（根据版本可选）。
AT+TESTSUITE	退出 AT 模式。
AT+BLEFACCALLBACK	注册 BLE 命令回调（没有相应退出操作）。
AT+BLETX	BLE 常发指令。
AT+BLERX	BLE 常收指令。
AT+BLETRXEND	BLE 常发、常收停止指令。
AT+BLERST	BLE 软件复位指令。

指令	描述
AT+SLEENABLE	SLE 使能指令（没有相应退出操作）。
AT+BLEFACCALLBACK	注册 SLE 命令回调（没有相应退出操作）。
AT+SLETX	SLE 常发指令。
AT+SLERX	SLE 常收指令。
AT+SLETRXEND	SLE 常发、常收停止指令。
AT+SLERST	SLE 软件复位指令。
AT+BTRFCALI	射频自校准指令。
AT+BTTXLO	射频单音指令。
AT+XOREGVAL	读取当前校准寄存器配置指令。
AT+XOCALI	晶体频偏校准指令。
AT+XOSETEFUSE	频偏校准值写 EFUSE 指令。

1.2 通用 AT 指令

说明

若当前软件版本同时支持 testsuite 模式和 AT 模式，则两种模式串口复用，需要通过以下两条指令相互切换，如果当前版本只支持其中一种模式，则忽略本章节。

1.2.1 进入 AT 模式

格式	a testsuite_sw_at
响应	[TEST_PASSED!] OK 或 [TEST_FAILED : ERROR CODE]
示例	a testsuite_sw_at
注意	上电时如果默认为 testsuite 模式，需要由 testsuite 模式切换到 AT

	模式，测试 AT 指令的前置条件。
--	-------------------

1.2.2 退出 AT 模式

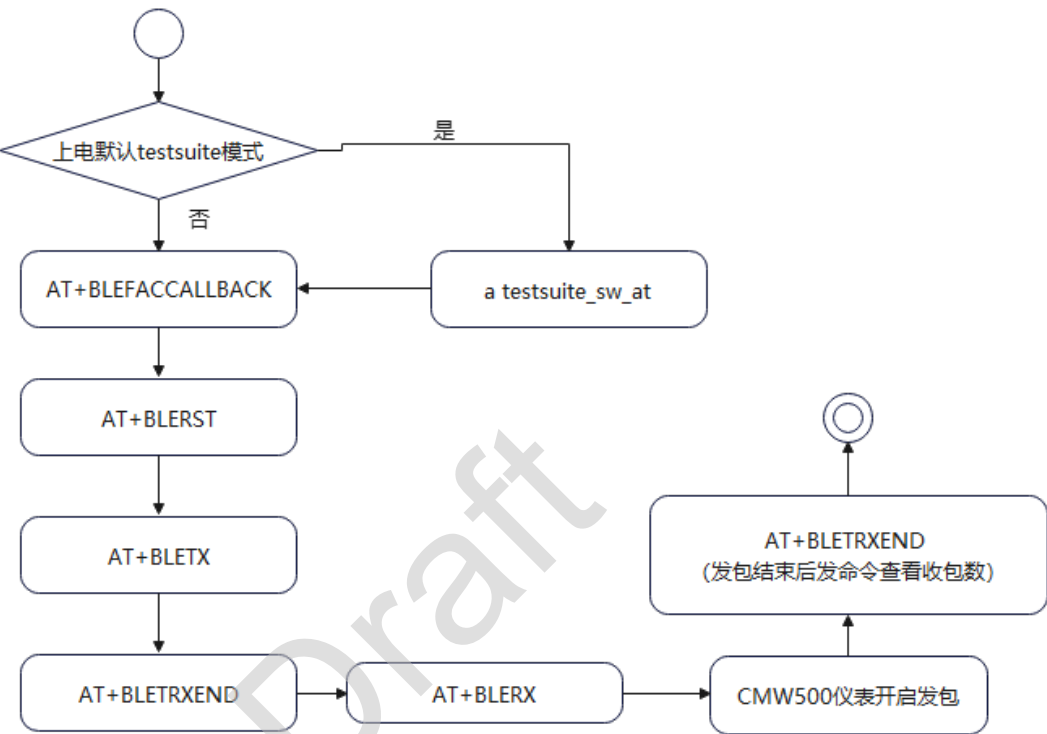
格式	AT+TESTSUITE
响应	OK 或 ERROR
示例	AT+TESTSUITE
注意	由 AT 模式切到 testsuite 模式。

Draft

1.3 BLE 射频测试相关 AT 指令描述

1.3.1 BLE 测试建议流程

图1-1 BLE 产测 AT 测试流程



1.3.2 BLE 注册回调

格式	AT+BLEFACCALLBACK
响应	OK 或 ERROR
示例	AT+BLEFACCALLBACK
注意	BLE 测试前先注册回调，没有相应退出操作，测试 BLE 指令的前置条件，上电后发一次即可，重复发易出现问题。

1.3.3 常发指令

格式	AT+BLETX=<freq>,<payload_len>,<payload_type>,<phy>
响应	OK status:0x0 或 ERROR
参数说明	<ul style="list-style-type: none">• <freq>: 发送频点 发送频率范围是 (2N+2402) MHz, 其中 N 即 freq, 范围 0 ~ 39, 频率有效范围为 2402MHz ~ 2480MHz。• <payload_len>: 包长度 37 ~ 255 Byte, 蓝牙 Core_v5.3 协议定义, 如图 1-2 所示。• <payload_type>: 发包模式 0: PRBS9 1: 11110000 2: 10101010 3: PRBS15 4: 11111111 5: 00000000 6: 00001111 7: 01010101• <phy>: PHY 类型 1: 1M PHY 2: 2M PHY 3: Coded PHY with S=8 data coding 4: Coded PHY with S=2 data coding
示例	AT+BLETX=0,255,0,1
注意	参数为十进制,中间 “,” 不可省略。

图1-2 BLE 非编码测试包结构

Depending on the test, the packet payload content may vary

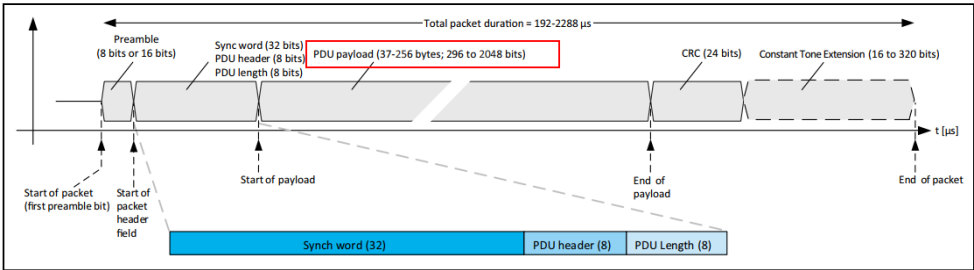


Figure 4.1: LE Test packet format for the LE Uncoded PHYs

1.3.4 常收指令

格式	AT+BLERX=<freq>,<phy>,<modulation_index>
响应	OK status:0x0 或 ERROR
参数说明	<ul style="list-style-type: none">• <freq>: 发送频点 发送频率范围是 (2N+2402) MHz, 其中 N 即 freq, 范围 0 ~ 39, 频率有效范围 2402MHz ~ 2480MHz。• <phy>: PHY 类型 1:1M PHY 2:2M PHY 3:Coded PHY with S=8 data coding 4:Coded PHY with S=2 data coding• < modulation_index >: 调制指数 0:Assume transmitter will have a standard modulation index 1:Assume transmitter will have a stable modulation index 2 ~ 256:Reserved
示例	AT+BLERX=0,1,0
注意	参数为十进制,中间 “,” 不可省略。

1.3.5 常发常收停止指令

格式	AT+BLETRXEND
响应	OK status:0x0, num_packets:0x3e8 或 ERROR
示例	AT+BLETRXEND 回复： OK status:0x0, num_packets:0x3e8 说明：在 RX 结束后发送收包指令得到回复 num_packets:0x3e8 说明收到 1000 包。
注意	停止 RX 时保证在仪表发完包后执行。 num_packet 在 RX 结束后关注， num_packet：收包数。 为避免丢包，停止 RX 时要保证在仪表完成发包后执行。

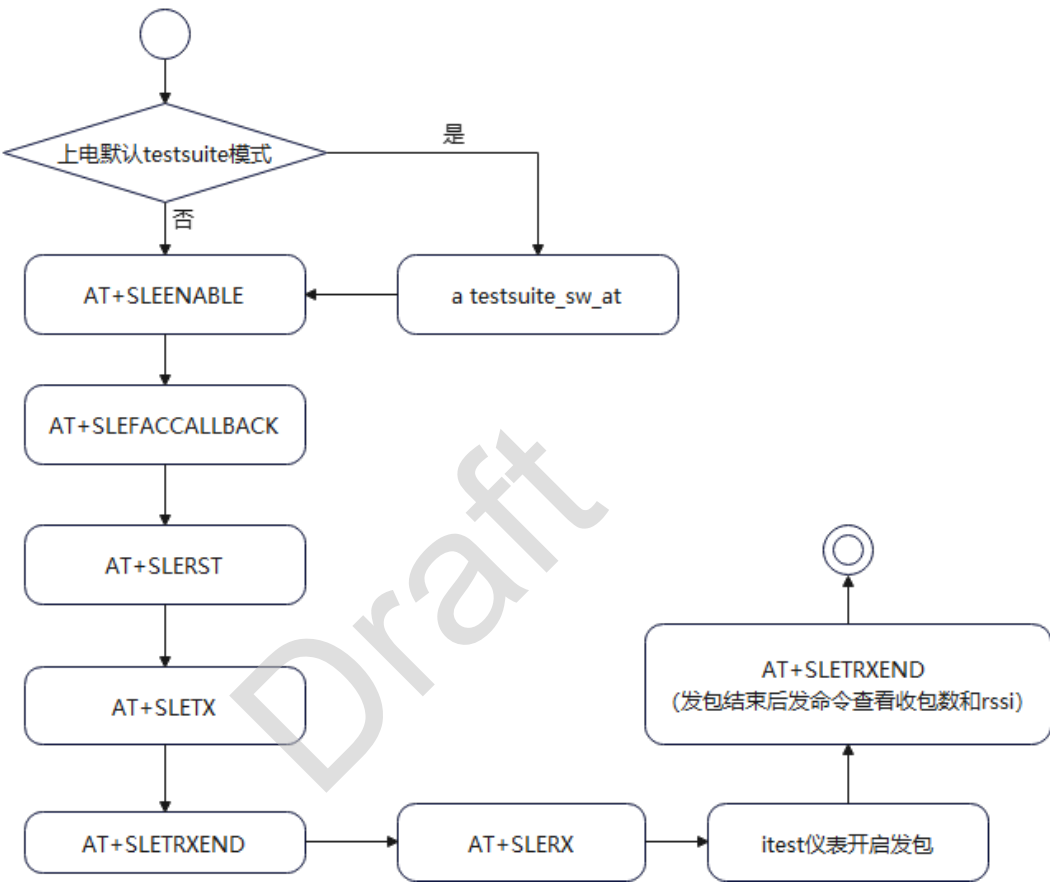
1.3.6 BLE 复位指令

格式	AT+BLERST
响应	OK status:0x0 或 ERROR
示例	AT+BLERST
注意	BLE 软件复位指令，在进行 BLE RF 测试前先发 BLE 复位指令 恢复软件状态。

1.4 SLE 射频测试相关 AT 指令描述

1.4.1 SLE 测试建议流程

图1-3 SLE 产测 AT 测试流程



1.4.2 SLE 使能指令

格式	AT+SLEENABLE
响应	[ACore] sle enable cbk in, result:0 [ACore] sle device discovery in, action:0 sle enable OK 或 ERROR
示例	AT+SLEENABLE

	回复： OK
注意	在进行 SLE 所有指令前，必须先执行 SLE 使能指令。 本使能指令没有相应退出操作，测试 SLE 指令的前置条件之一。 上电后发一次即可，重复发易出现问题。

1.4.3 SLE 注册回调

格式	AT+SLEFACCALLBACK
响应	[AT] sle factory register cbks. OK 或 ERROR
示例	AT+SLEFACCALLBACK
注意	SLE 测试前先注册回调，没有相应退出操作，测试 SLE 指令的前置条件之一。 上电后发一次即可，重复发易出现问题。

1.4.4 常发指令

格式	AT+SLETX=<freq>,<pwr>,<payload_len>,<payload_type>,<phy>,<format>,<TX_rate>,<pilot>,<polar>,<interval>
响应	OK general event report opcode[04] status:0 或 ERROR
参数说明	<ul style="list-style-type: none">• <freq>: 发送频点 0 ~ 78: 射频信道号依次对应对应 2402MHz ~ 2480MHz, 详见图 2-3 和图 2-4。• <pwr>: 发送功率

	<div><div>- GFSK: 0: -4dBm 1: -2dBm 2: 0dBm 3: 2dBm 4: 4dBm 5: 6dBm</div><div>- QPSK/8PSK: 0: -8dBm 1: -6dBm 2: -4dBm 3: -2dBm 4: 0dBm 5: 2dBm</div><div><div>• <payload_len>: 包长度 根据星闪协议, 包长范围是 0 ~ 255Byte</div><div>• <payload_type>: 发包模式 0: PRBS9 1: 11110000 2: 10101010 3: PRBS15 4: 11111111 5: 00000000 6: 00001111 7: 01010101</div><div>• <phy>: PHY 类型 0: 1M 1: 2M 4: 4M</div><div>• <format>: 帧类型 0: 无线帧类型 1</div></div></div>
--	---

	<p>2: 无线帧类型 2</p> <ul style="list-style-type: none">• <TX_rate>: 速率 <p>0: GFSK</p> <p>2: QPSK</p> <p>3: 8PSK</p> <ul style="list-style-type: none">• <pilot>: 导频 <p>0: 无导频</p> <p>1: 1:1</p> <p>2: 4:1</p> <p>3: 16:1</p> <ul style="list-style-type: none">• <polar>: 编码 <p>0: 无编码</p> <p>2: 3/4</p> <ul style="list-style-type: none">• <interval>: 间隔 <p>经验证间隔需要[6,255]（单位 125μs），payload length 为 255Byte 时，建议 interval 设置为 50。</p>
示例	AT+SLETX=0,5,255,0,1,2,2,0,0,50
注意	参数均为十进制,中间 “,” 不可省略。

1.4.5 常收指令

格式	AT+SLEX=<freq>,<phy>,<modulation_index>
响应	OK general event report opcode[05] status:0 或 ERROR
参数说明	<ul style="list-style-type: none">• <freq>: 发送频点 <p>0 ~ 78: 射频信道号依次对应对应 2402 ~ 2480 MHz，详见图 2-3 和图 2-4</p>

	<ul style="list-style-type: none">• <phy>: PHY 类型 0: 1M 1: 2M 4: 4M• <format>: 帧类型 0: 无线帧类型 1 2: 无线帧类型 2• <pilot>: 导频 0: 无导频 1: 1:1 2: 4:1 3: 16:1• <interval>: 间隔 经验证间隔需要[6,255]（单位 125μs），payload length 为 255Byte 时，建议 interval 设置为 50。
示例	AT+SLERX=0,0,0,0,50
注意	参数为十进制,中间 “,” 不可省略。

1.4.6 常发常收停止指令

格式	AT+SLETRXEND
响应	OK general event report opcode[06] status:0,num_packet:3e8,rsi:81 或 ERROR
示例	AT+SLETRXEND 回复: OK sle radio frequency tx rx end status:0x0,num_packet:0x3e8,rsi:0x81 说明：如仪表发 1000 包后发结束指令，测试 RX 的收报数为 1000 包（0x3e8），测试 RX 的接收能量 rssi 为-127dbm

	(0x81) 如果发 TX 后执行结束指令，则收报数为 0， rssi 为 0。
注意	此指令在执行 SLE RF TX、RX 后需要停止时执行。 rssi 和 num_packet 在 RX 结束后关注。 <ul style="list-style-type: none">• rssi: 接收能量值;• num_packet: 收包数。 为避免丢包，停止 RX 指令发送前要保证仪表已经完成发包

1.4.7 SLE 复位指令

格式	AT+SLERST
响应	OK general event report opcode[07] status:0 或 ERROR
示例	AT+SLERST
注意	软件复位指令。

1.5 射频单音

格式	AT+BTTXLO=<freq>,<mode>
响应	OK status:0x0 或 ERROR
	<ul style="list-style-type: none">• <freq>: 频点 0 ~ 78: 射频信道号依次对应对应 2402 ~ 2480 MHz, 详见图 2-3 和图 2-4

	<ul style="list-style-type: none">• <mode>: 开关 0: 发单音; 255: 停止单音; 其他值无效。
示例	<ul style="list-style-type: none">• AT+BTTXLO=4,0 说明: 在 (2402+4) MHz 发单音。• AT+BTTXLO=4,255 说明: 在 (2402+4) MHz 停止单音。
注意	发单音后不会自动停止, 测试 TRX 性能前需要手动发指令停止单音, 避免影响。

1.6 自校准指令 (可选)

格式	AT+BTRFCALI
响应	OK status:0 或 ERROR
示例	AT+BTRFCALI 说明: 执行自校准, 并将校准值写入 NV
注意	无参数, 执行结束后校准结果自动写进 NV 自校准环境约束: 1. 天线口负载 50; 2. 外界干扰需要小于 80dbm。

1.7 XO 32M 校准 (可选)

1.7.1 执行 CTRIM 校准指令

格式	AT+ XOCALI=<increase>,<step_num>
响应	xo_ctrim_reg_val:0x0 OK 或 ERROR
参数说明	<ul style="list-style-type: none">< increase >: 增加或减小电容值 1: 增加 0: 减小< step_num >: 电容值调整步进 取值范围[0,255], 默认 0 (十进制)
示例	<ul style="list-style-type: none">AT+ XOCALI=1,10 说明: 给电容增加 10steps, 具体效果通过发送单音或调制信号观测 返回值: xo_ctrim_reg_val:0x10 OKAT+ XOCALI=0,20 说明: 电容减少 20steps 返回值: xo_ctrim_reg_val:0x0 OK 说明: 电容在第一步增加 10 后减少 20, 超出范围, 默认为最小值 0。
注意	超出[0,255]的步进无效, 默认按照最大/最小配置寄存器, 校准时无特殊环境约束。 步进和电容变化非严格线性变化, 需要上位机程序使用二分法调整步进。

1.7.2 CTRIM 校准值写入 EFUSE 指令

格式	AT+ XOSETEFUSE
响应	efuse_val: 0x0 OK 或 ERROR
示例	AT+ XOSETEFUSE 返回值： efuse_val: 0x2 说明：当前寄存器配置的电容步进为 2，写入 EFUSE 成功后回读 EFUSE 值为 0x2。
注意	由于 EFUSE 只能写入一次,根据回报值 “efuse_val: 0x2 ”判断是否写入成功。

1.7.3 读取当前 CTRIM 寄存器配置

格式	AT+ XOREGVAL
响应	reg_val: 0x0 OK 或 ERROR
示例	AT+ XOREGVAL 返回值： reg_val: 0x0 OK 说明：当前 XO_CORE_CTRIM 寄存器值为 0x0。
注意	上电后默认从 EFUSE 中读出校准值应用到寄存器，若 EFUSE 为空，寄存器默认值为 0x0。

2 注意事项

2.1 所有指令的参数输入格式必须为十进制

2.2 所有指令返回值为十六进制

2.3 所有参数的间隔符逗号为英文字符","

2.4 串口回复说明

2.5 星闪协议频点表

2.1 所有指令的参数输入格式必须为十进制

例如当包长 0xFF 需输入 255 时：

- 正确示例： AT+SLETX=0,5,255,0,1,2,2,0,0,50
- 错误示例： AT+SLETX=0,5,FF,0,1,2,2,0,0,50

说明

参数必须是十进制。

2.2 所有指令返回值为十六进制

发送：

AT+SLETRXEND

回复：

OK

status:0x0, num_packet:0x3e8, rssi:0x81

📖 说明

测试 RX 的收报数为 1000 包 (0x3e8), RX 的当前接收 rssi 为 0x81, 即-127dbm。

2.3 所有参数的间隔符逗号为英文字符","

示例如下:

- 正确示例: AT+SLETX=0,5,255,0,1,2,2,0,0,50
- 错误示例: AT+SLETX=0, 5, 55,0,1,2,2,0,0,50

📖 说明

不识别中文字符逗号。

2.4 串口回复说明

图2-1 串口回复示例 1

```
AT+SLEFACCALLBACK␣  
[AT] sle factory register cbks.␣  
OK␣
```

图2-2 串口回复示例 2

```
AT+SLEENABLE␣  
[ACore] sle enable cbk in, result:0␣  
[ACore] sle device discovery in, action:0␣  
sle enable␣  
OK␣
```

📖 说明

- TRX 射频指令测试时, 串口回复重点关注 "status:0 "、"num_packets:3e8 "、"rssi:81 "等字样。

- 由于指令执行时序异步，“OK”和其他业务上报打印的先后顺序不是固定的。

2.5 星闪协议频点表

星闪协议拼点如图 2-3 和图 2-4 所示。

图2-3 2400MHz 频段不同带宽信道对应的射频信道中心频率和射频信道号 1

射频 信道 号	物理 信道 号	射频 信道 中心 频率 (MHz)	信道带宽			射频 信道 号	物理 信道 号	射频 信道 中心 频率 (MHz)	信道带宽		
			1MHz	2MHz	4MHz				1MHz	2MHz	4MHz
0	76	2402	Y ¹			40	38	2442	Y	Y	
1	0	2403	Y			41	39	2443	Y		
2	1	2404	Y	Y		42	40	2444	Y	Y	
3	2	2405	Y		Y	43	41	2445	Y		Y
4	3	2406	Y	Y		44	42	2446	Y	Y	
5	4	2407	Y			45	43	2447	Y		
6	5	2408	Y	Y		46	44	2448	Y	Y	
7	6	2409	Y		Y	47	45	2449	Y		Y
8	7	2410	Y	Y		48	46	2450	Y	Y	
9	8	2411	Y			49	47	2451	Y		
10	9	2412	Y	Y		50	48	2452	Y	Y	
11	10	2413	Y		Y	51	49	2453	Y		Y
12	11	2414	Y	Y		52	50	2454	Y	Y	
13	12	2415	Y			53	51	2455	Y		
14	13	2416	Y	Y		54	52	2456	Y	Y	
15	14	2417	Y		Y	55	53	2457	Y		Y

图2-4 2400MHz 频段不同带宽信道对应的射频信道中心频率和射频信道号 2

16	15	2418	Y	Y		56	54	2458	Y	Y	
17	16	2419	Y			57	55	2459	Y		
18	17	2420	Y	Y		58	56	2460	Y	Y	
19	18	2421	Y		Y	59	57	2461	Y		Y
20	19	2422	Y	Y		60	58	2462	Y	Y	
21	20	2423	Y			61	59	2463	Y		
22	77	2424	Y ¹			62	60	2464	Y	Y	
23	21	2425	Y			63	61	2465	Y		Y
24	22	2426	Y	Y		64	62	2466	Y	Y	
25	23	2427	Y			65	63	2467	Y		
26	24	2428	Y	Y		66	64	2468	Y	Y	
27	25	2429	Y		Y	67	65	2469	Y		Y
28	26	2430	Y	Y		68	66	2470	Y	Y	
29	27	2431	Y			69	67	2471	Y		
30	28	2432	Y	Y		70	68	2472	Y	Y	
31	29	2433	Y		Y	71	69	2473	Y		Y
32	30	2434	Y	Y		72	70	2474	Y	Y	
33	31	2435	Y			73	71	2475	Y		
34	32	2436	Y	Y		74	72	2476	Y	Y	
35	33	2437	Y		Y	75	73	2477	Y		Y
36	34	2438	Y	Y		76	74	2478	Y	Y	
37	35	2439	Y			77	75	2479	Y		
38	36	2440	Y	Y		78	78	2480	Y ¹		
39	37	2441	Y		Y						