SM-2-12P 双路 SP6T

同轴矩阵开关

用 户 手 册



版本 V1.1

北京芯同汇科技有限公司

www.chipment.com

目　录

1　产品概述 2
1.1　产品简介及典型应用领域 2
1.3　技术指标 3
1.4 射频通道配置 4
2　功能与使用 6
2.1　外观与接口 6
2.2　串口控制指令 7
2.2.1　串口参数 7
2.2.2　指令集 7
2.2.3　应答定义 8
2.2.4　自动化集成与编程建议 8
2.2.5 系统集成注意事项 9
2.2.6　控制时序 9
2.2.7　交互示例 9
2.3　通信协议规范 11
2.3.1　应答帧结构与解析 11
2.3.2　错误码定义与恢复 11
2.3.3　状态查询能力 12
2.3.4　异常输入与边界处理 12
2.3.5　USB 接口与串口号识别 12
2.4　首次使用与快速操作指南 13
3　应用指南 14
3.1　应用领域 14
3.2　应用方案与典型拓扑 14
3.2.1　方案一：双端口器件自动轮测（2×6，VNA 端口扩展） 14
3.2.2　方案二：单台仪器扩展为 1×6 多通道（资源共享/巡检） 15
3.2.3　方案三：收发系统信道选择（发射/接收分时切换） 16
4　安全注意事项 19
4.1　射频功率限制与冷切换 19
4.2　电源与接口保护 19
5　保养须知 20
5.1　射频接头使用与保养 20
5.2　供电与接口 20
5.3　应用环境 20

1 产品概述

1.1 产品简介及典型应用领域

双路 SP6T 同轴矩阵开关是控制的多通道射频信号自动切换设备，面向多通道射频测量、射频器件与天线的轮换选通，以及自动化测试（ATE）系统。单台设备在金属屏蔽机箱内集成 2 个相互独立的单刀六掷（Single-Pole Six-Throw，SP6T）机电式同轴开关模块（记为开关 1、开关 2），每路包含 1 个公共端和 6 个掷位（J1～J6），整机共提供 14 个 50Ω SMA 射频接口、12 条可切换通路。

设备通过 Type-C 串口（USART）接入上位机或其他串口控制器，用户发送标准 ASCII 指令即可对内部 RF 通路进行毫秒级自动选通或切断，并可获得实时状态应答。通过软件控制信号路径切换，可替代传统测试中频繁的人工插拔电缆操作，在提升测试效率的同时，消除了人工插拔带来的接头磨损、重复性误差与相位不稳定性。

本设备为两台独立 SP6T 开关的台式集成，两路公共端在射频上彼此独立（开关 1 公共端为 IN 或 C、开关 2 公共端为 IN 或 C），机内不做跨路连接。用户可借助外部电缆或被测件，将其组建成“2×6 二端口多器件轮测”拓扑。

典型应用领域：

1. 产线自动化测试（ATE）：在 TR 模组、滤波器、功放、混频器、低噪声放大（LNA）及终端产线测试中，自动将仪器路由至多个被测件，或把单个 DUT 的多个射频端口切换至不同仪器，实现自动化测试；
2. 多器件特性轮测：对多只同型号双端口器件（如多频段滤波器、天线）只测量 S 参数，配合上位机脚本自动完成全部通道扫描；
3. 多天线系统（MIMO）与天线阵列测试：多副天线分时接入同一台仪器，进行驻波比、通道一致性等指标的顺序扫描与轮询监测；
4. 功率与信号巡检：多台发信机/信道输出分时接入一台功率计或频谱仪，轮流读取各通道功率；
5. 仪器端口扩展：将端口有限的单/双端口仪器（矢网、频谱仪、信号源）扩展为多通道测量系统，提高昂贵仪器的利用率；
6. 射频收发系统（TRX）通道路由：发射端多路 PA 选通与接收端多路 LNA 选通成对顺序切换，并支持旁路（Bypass）基线对比测试；
7. 长期可靠性与环境试验：配合高低温箱对多个器件定时循环巡检，监控指标随温度/时间的漂移；

8. 研发验证与教学：样机调试中快速切换不同天线/匹配方案对比，以及微波测量、自动测试系统课程的教学演示。

1.2 产品特点

1. 双路独立：每路 1 个公共端和 6 个掷位（J1～J6），两路可独立选通、独立复位；每路最多一条通路接通，复位状态下全部断开”。
2. 宽带低损：特性阻抗 50Ω；已在 DC～8GHz 频段逐通道实测（型号与射频器件面向 18GHz，8GHz 以上指标以实测为准），典型插入损耗 ≤0.3 dB（含测试电缆）。
3. 串口控制：Type-C（USB 虚拟串口），115200 bps、8N1、无流控；S1～S17 简洁指令集，带逐字节回显与应答，便于接入 Python、LabVIEW、MATLAB 等自动化环境。
4. 切换可靠：选通前自动复位，采用先断后通，内部为锁定型（脉冲锁存）结构，动作后无需持续供电，静态电流约 34 mA，功耗低、发热小。
5. 供电简单：DC 12V 直流圆口供电，拨动开关控制上/下电，红、绿指示灯分别指示电源与上电状态；金属外壳具备良好屏蔽。

1.3 技术指标

规 格	参 数
型号	SM-2-12P
射频通道	每路公共端 IN/C + 掷位 J1～J6，共 7 端两路，合计 14 个射频接口
射频接口	SMA-J（外螺内针），共 14 个
特性阻抗	50Ω
工作频率范围	DC～18 GHz
控制方式	串口指令（Type-C 接口，USART）
串口参数	115200 bps，8 数据位，无校验，1 停止位，无流控
供电	DC：12V（直流圆口）
工作电流	34mA 左右（静态电流）
外形尺寸	160 mm × 80 mm × 100 mm

参数实测

使用矢量网络分析仪（300kHz～8GHz）对单个开关选通通道进行 S21 插损测量。将矢网两

个端口分别接同轴开关的公共端 IN/C 与对应掷位，通过串口切换通道，典型值如下图 1-1 所示（1MHz～8GHz 全程扫描）。M1 在 1.75GHz 处为-0.07dB，M2 在 7.80GHz 处为-0.26dB（测试电缆损耗已经校准）。

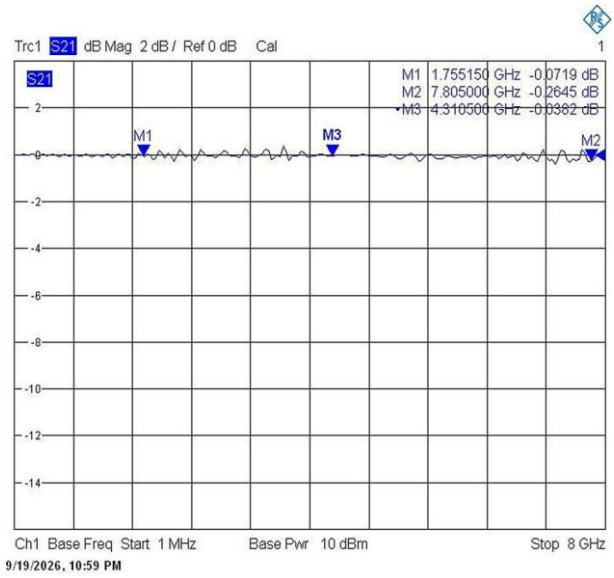


图 1-1　实测 S21 曲线（单级通路参数实测图）

双开关公共端口串联，实测 S21 曲线如下图所示：M1 在 1.75GHz 处为-0.25dB，M3 在 4.31GHz 处为-0.39dB。

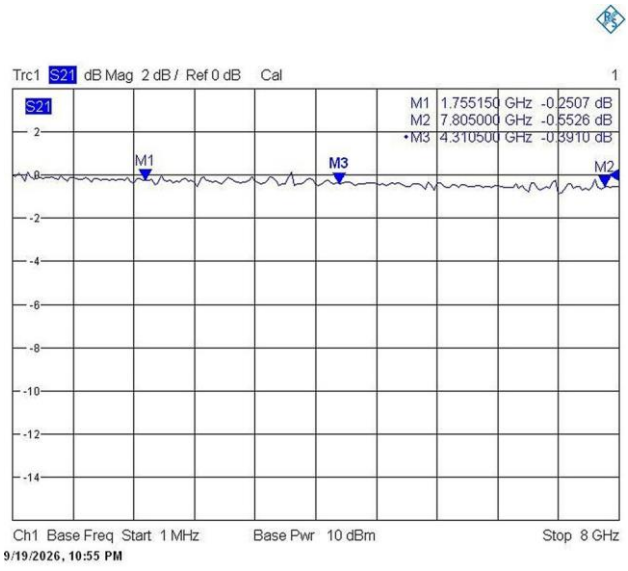


图 1-2　实测 S21 曲线（两级通路串联参数实测图）

1.4 射频通道配置

每路 SP6T 是“一进六出”的机电式同轴开关（射频端口双向，亦可反向作为“六进一出”使用）。任意时刻，每路公共端仅与 J1～J6 中的某一个掷位接通，其余掷位与公共端断开；复位时所有通道均断开，两路端口定义如下表。

开关	位置	公共端	掷位	选通指令	复位指令
开关 1	左侧	IN/C	J1～J6	S1～S6	S7
开关 2	右侧	IN/C	J1～J6	S11～S16	S17

工作过程：设备收到串口指令后，先对该路执行复位（断开全部通道），再将内部锁定型开关即保持在目标位置，随后返回应答。整条切换采用先断后通逻辑。

2 功能与使用

2.1 外观与接口

设备整机正面为双路射频面板，两个 SP6T 开关模块左右并排；背面为供电与控制接口。整机及各部位如下图所示。



图 2-1 设备整机正面图



图 2-2 设备整机背面图



图 2-3 设备整机图

射频面板俯视图如图 2-4 所示。左侧为开关 1（指令 S1～S7），公共端为 IN；右侧为开关 2（指令 S11～S17），公共端为 C。每个模块中央为公共端，周围六个掷位依次标注 J1～J6。

指令选通通道 1～6 时，公共端分别与 J1～J6 接通，且有且仅有一条通道与公共端通。

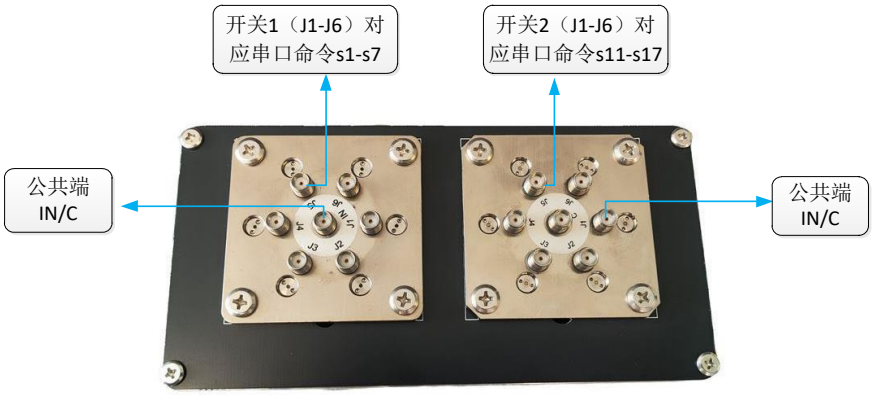


图 2-4 射频面板图（IN/C 公共端，J1～J6 掷位）

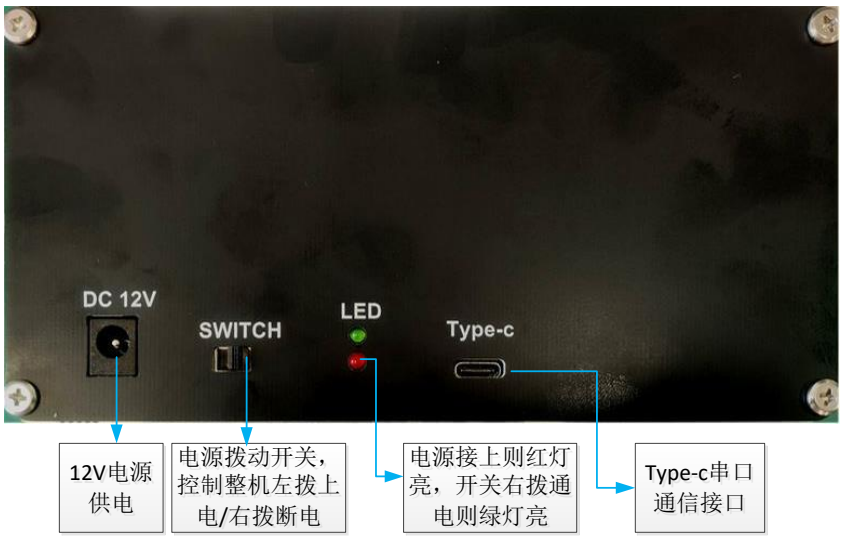


图 2-5　控制与供电端图

端面各部件说明如下：

标识	功能
DC：12V	适配器直流电源，输入圆口，接 DC 12V 供电
SWITCH	电源拨动开关：右拨上电（ON），左拨断电（OFF）
LED	红、绿状态指示灯各 1 只，电源接上红灯亮，switch 开关右拨通电绿灯亮
Type-C	串口通信接口，连接上位机发送/接收控制指令

2.2　串口控制指令

2.2.1　串口参数

项目	参数
物理接口	Type-C
波特率	115200 bps
数据格式	8 数据位、无校验、1 停止位（8N1），无流控
指令结束符	回车（CR，\r）或换行（LF，\n）
大小写	指令首字符 S 大小写不敏感
回显	对接收到的每个字节原样回显

2.2.2　指令集

指令以字母 S 开头，后跟数字编号，以回车或换行结束。指令集如下表。

指令	功能	应答
S1～S6	开关 1 选通通道 1～6（IN/C 分别与 J1～J6 接通）	+OK:S1Cn
S7	开关 1 复位（取消选通）	+OK:S1RST
S11～S16	开关 2 选通通道 1～6（IN/C 分别与 J1～J6 接通）	+OK:S2Cn
S17	开关 2 复位（取消选通）	+OK:S2RST

注：n 为实际通道号（1～6）。例如 S1 应答+OK:S1C1，S14 应答+OK:S2C4。

2.2.3 应答定义

应答内容	含义
+OK:S1Cn	开关 1 已选通通道 n
+OK:S1RST	开关 1 复位完成
+OK:S2Cn	开关 2 已选通通道 n
+OK:S2RST	开关 2 复位完成

2.2.4 自动化集成与编程建议

1. 上位机（Python/LabVIEW/MATLAB/C++等）集成时，建议遵循以下通用规则（与 2.2.4 节控制时序一致）：
   a) 一问一答：每发送一条指令，等待完整应答帧后再发下一条，不应连续灌指令。
   b) 帧判定：以行首+OK / -ERR 判定应答；本设备对接收字节逐字回显，指令文本同样会被回显，禁止以回显内容判断成败。
   c) 超时与重同步：建议读取超时设为 2s；超时后不要立即重试，先静默约 500ms 排空缓冲，再发送 S7/S17 回到已知断开态后重新同步。
   d) 并发保护：多线程程序应对串口写操作加互斥锁，同一时刻仅一个任务占用串口。
   e) 驱动封装：将指令封装为 select(通道)/reset(通道)等接口函数供测试序列调用，屏蔽协议细节，便于更换硬件时只改底层。
2. LabVIEW 集成要点：
   a) 用 VISA Configure Serial Port 配置 115200bps、8 数据位、1 停止位、无校验、无流控；
   b) 写指令时在结尾附加回车符（\r，即十六进制 0D）作为结束符；
   c) 写入后读取应答，用 Match Pattern 检索行首+OK / -ERR 并校验；
   d) 收到应答后再预留约 100～150ms，待机械触点稳定后再触发仪器动作。

首次联调/排查用交互脚本：逐条发送指令并实时打印全部回显与应答字节，便于直观核对设备行为。

2.2.5 系统集成注意事项

a) 冷切换原则："先断后通"（业界称 Break-before-Make，即切换瞬间新旧通路不同时接通，如 Mini-Circuits 开关产品所描述）只能避免新旧通路短时并接，并不能免除带功率切换的危害——触点拉弧仍会烧蚀镀层。任何切换都应先关闭/降低射频功率，再发指令。

b) 时序与稳定时间：从发送指令到收到应答约 100ms（含 100ms 驱动脉冲，应答在脉冲结束后发出）；收到+OK 后建议再预留约 150ms 机械稳定时间，再触发射频采样。整体节拍按"RF OFF→选通→等待→RF ON→测量"编排。

c) 路径校准与误差修正：测试链路中的电缆、转接件与开关都应纳入误差修正。可参考 Keysight《Calibrating Signal Paths in RF/Microwave Test Systems》（应用笔记 5989-3323EN）的方法要点：对信号路径做校准/表征时，开关状态、功率与频率设置必须与实际测试 DUT 时完全一致；校准参考面应延伸至 DUT 接口处。校准属于对仪器端口精度在 DUT 处的改善，不能替代仪器本身的校准。

d) 未用掷位端接：先确认本机掷位断开态特性（是否内置端接），必要时加 50Ω终端负载，避免源端开路敏感的仪器受损。

e) 电缆与接头管理：每根电缆两端标注起止端口；用 SMA 力矩扳手规范紧固；公母匹配、严禁强行对接。

f) 供电：使用符合要求的 DC 12V 电源适配器独立供电，避免与大数据量 USB 设备共用劣质集线器。

2.2.6 控制时序

选通通道（S1～S6、S11～S16）：先对该路开关执行复位，发送 100ms 控制脉冲，控制脉冲结束后，目标通路保持接通；

单路复位（S7、S17）：发送 100ms 复位控制脉冲，开关执行复位；

从发送指令到收到应答的时间约为 100ms（一次控制脉冲），上位机应在收到应答后再发送下一条指令。

2.2.7 交互示例

以 115200bps、8N1 连接后，典型串口交互如下（> 为上位机发送，< 为设备应答，实际使用时发送字节会被逐字回显）：

①开关 1 的公共端 IN/C 与通道 J1 连通，如图 2-6 所示。

> S1

< +OK:S1C1



图 2-6 串口命令 S1 对应的选通

②开关 2 的公共端 IN/C 与通道 J4 连通，如图 2-7 所示。

> S14

< +OK:S2C4



图 2-7 串口命令 S14 对应的选通

③开关 1 复位（取消选通）

> S7

< +OK:S1RST

④错误指令时的应答

> S8

< -ERR:RESERVED

> X1

< -ERR:BAD_CMD

> S20

< -ERR:BAD_NUM

2.3 通信协议规范

2.3.1 应答帧结构与解析

设备上行输出由“回显”与“正式应答”两类文本组成：回显对接收到的每个字节原样即时发出（见 2.2.1 表）；正式应答为一条完整应答帧，在该指令处理完成后返回（距发送约 100ms）。因此帧序固定为“先回显、后应答”，且回显不表示设备对指令的判定结果。

正式应答帧按开头分为两类：成功帧以“+OK:”起始，失败帧以“-ERR:”起始；其后为参数或错误码。

结束符：应答帧按行结束。帧尾具体采用 CR、LF 还是 CRLF，本手册未逐字节实测，开发时应以串口抓包为准；上位机解析应同时兼容三种情况。

推荐解析方式：以“行”为单位处理接收流——按 CR/LF 切分、丢弃空行与回显行，仅当某行以“+OK”或“-ERR”起始时记为一帧正式应答；读取超时建议设为 2s。

2.3.2 错误码定义与恢复

当前已实测应答的错误码共 3 个，定义与处置如下表：

错误码	含义	触发示例	处置与恢复
-ERR:RESERVED	指令命中固件保留编号	发送 S8	指令被拒绝执行；记录无效项，改正编号后重发
-ERR:BAD_CMD	指令前缀无法识别	发送 X1	同上；有效指令一律以字母 S 开头
-ERR:BAD_NUM	编号超出有效范围	发送 S20	同上；有效编号为 S1～S6、S7、S11～S16、S17

对设备状态的影响：错误指令被拒绝、不产生切换动作；拒绝时是否严格保持原通道状态未逐项实测，自动化流程不应依赖“状态未变”的假设——收到-ERR 后建议先发送复位指令（S7/S17）回到已知断开态，再继续原流程。

保留编号的边界：S8 实测返回 RESERVED；S9、S18、S19 等其他指令集之外的编号未逐一实测，其应答类型以实机确认为准。

频繁出错的处理：不要盲目重试；先静默约 200ms 排空读缓冲，再复位重同步（完整流程见 3.3 节）。

2.3.3 状态查询能力

现有固件不提供状态查询指令：指令集仅包含选通（Sn、S1n）与复位（S7、S17）两类指令，没有任何查询/回读类指令。

上位机应采用“推定状态”模型维护通道记录：以最近一条成功收到+OK 应答的指令推断当前通道。推定状态仅表示指令已被设备接受，不是触点实际位置的硬件反馈，异常情况下二者可能不一致。

建议做法：系统上电后先发送 S7、S17 建立已知基准态（双路全断开），此后每次收到成功应答即更新推定状态；程序重启、串口超时或收到-ERR 后，重新执行该基准化流程。

如应用必须取得触点位置的硬件级回读，请联系厂家确认后续固件是否提供查询指令（本手册对此不作承诺）。

2.3.4 异常输入与边界处理

连续 CR/LF 与空行：设备对连续换行、空行的处理未实测。上位机按行解析时丢弃空行即可，并避免向设备发送多余结束符。

异常字符：指令集之外的输入返回-ERR:BAD_CMD（如实测发送 X1）。建议发送前在软件层校验：以字母 S 开头、后接纯数字编号、编号在有效集合内、以单个 CR 或 LF 结尾。

超长指令与粘包：超出指令集长度的输入、或未按“逐条发送、逐条应答”节奏连续发送多条指令时，设备行为未实测。上位机严禁把多条指令拼为一帧发送，每条独立发送并等待应答。

大小写：指令首字符 S 大小写不敏感，驱动按习惯发送即可。

2.3.5 USB 接口与串口号识别

接口分层说明：设备对外的 Type-C 是物理连接器；设备内部由该连接器以 USB 转串口方式接至 MCU 的 UART。

电脑识别：设备在电脑上以 USB 虚拟串口（Virtual COM Port）形式出现。Windows 10/11 通常可自动枚举，在“设备管理器→端口（COM 和 LPT）”中出现条目（常见显示为“USB 串行设备（COMx）”，或按桥接芯片命名的“USB-SERIAL CH340（COMx）”等）。

串口号确认：插入设备前先记录端口列表，插入后对比新增的 COM 号；也可反复插拔观察端口增减来判断。Windows 下 COM 号可能变化，上位机建议提供端口配置项或按 VID/PID 与设备描述自动检索，不建议硬编码固定 COM 号。

占用冲突：同一串口同一时刻只能被一个程序打开；串口助手、自动化脚本与其他工具请勿同时连接。

2.4 首次使用与快速操作指南

本节面向首次使用的用户，按顺序完成下列步骤即可安全上电联调。

第 1 步（开箱清点）：对照随货装箱单核对物品（主机、DC 12V 电源适配器、Type-C 数据线等，以装箱单为准）；检查设备外观与射频接头无磕碰、无异物，接头针孔完好。

第 2 步（停电状态接线）：在电源断开状态下完成接线。射频侧按第 3 章所选方案接入电缆，暂不使用的端口建议加装 50Ω 端接；控制侧将 Type-C 数据线接入设备与电脑；供电侧接好 DC 12V 适配器（暂不插市电）。

第 3 步（上电）：适配器接入市电后，将拨动开关拨至接通（ON）位置，电源指示灯点亮（拨动方向以设备标贴及随货资料为准）。

第 4 步（连接电脑）：在“设备管理器→端口”中确认新增串口号，必要时安装桥接芯片驱动；打开串口助手或测试程序，按 115200bps、8 数据位、无校验、1 停止位、无流控配置，并以 CR 或 LF 作为指令结束符。

第 5 步（首条指令验证）：发送 S7，约 100ms 内应收到+OK:S1RST；再发送 S1，应收到+OK:S1C1。应答正确即通信与切换功能正常；无应答或报错时按第 6 章排查。

第 6 步（接入射频测量）：按第 3 章对应方案向通路加入信号。

第 7 步（安全断电）：先关闭射频信号源输出，再（可选）发送 S7、S17 使双路复位断开，然后将拨动开关拨回断电位置（或拔下适配器），最后断开 USB 线。

3 应用指南

3.1 应用领域

射频/微波开关矩阵是连接测试仪器与被测件（DUT）的“信号交换中心”。一套接线即可在多台仪器与多个被测件之间自动选通，避免频繁插拔电缆，并可将测试过程自动化，从而提高产线吞吐量与测试一致性。双路 SP6T 设备典型用于：

• 产线自动化测试（ATE）：在射频组件、模块及终端产线中，自动路由多个被测样机，实现无人值守批量测试。

• 多天线/MIMO 与天线阵列：对多个天线单元的驻波比、相位一致性等顺序扫描。

• 仪器端口扩展与资源共享：把 2 端口矢网、频谱仪等扩展为多达 12 通道测量，提高贵重仪器利用率。

• 高低温环境与老化（Burn-in）轮询：对箱内多个样品定时巡检 S 参数、监控热漂移。

• 多天线监测、卫星/天线监控及关键链路冗余备份。

3.2 应用方案与典型拓扑

本节按“拓扑连接—控制流程—注意事项”的组织方式（与国外主流开关矩阵厂商应用文档的编排惯例一致），结合本设备“双路独立 SP6T”的架构特点，给出五种典型应用方案。各方案均只使用第 2 章的串口指令即可实现，拓扑示意见图 3-1～图 3-5；三种基本架构的介绍可参见 JFW Industries《Supercharging a VNA with an RF Switch Matrix (VNA Port Extension)》、Mini-Circuits 应用笔记《Switch Matrix RF Signal Routing》与 Keysight 技术综述《RF and Microwave Switching Solutions》（5989-6031EN）。

3.2.1 方案一：双端口器件自动轮测（2×6，VNA 端口扩展）

拓扑：将矢量网络分析仪（VNA）的端口 1、端口 2 分别接开关 1 公共端 IN 与开关 2 公共端 C；被测件 DUT1～DUT6 的输入端、输出端分别接开关 1、开关 2 的 J1～J6（图 3-1）。测试时按通道号成对顺序切换两路（先发 Sn、再发 S1n，n=1～6；两路先后执行，非硬件同步），即可将 VNA 两端口依次路由至每只 DUT，完成 S11/S21/S12/S22 全参数轮测，全程免插拔。

该拓扑即业界通行的“VNA 端口扩展（VNA Port Extension）/2×n 阻塞型矩阵”接法：Mini-Circuits 在应用笔记《Switch Matrix RF Signal Routing》中给出了将二端口 VNA 经 2×n 矩阵轮测多只二端口器件的标准配置；JFW Industries 亦将“开关矩阵扩展 VNA 端口数”列为应对多端口测试的高性价比方案。

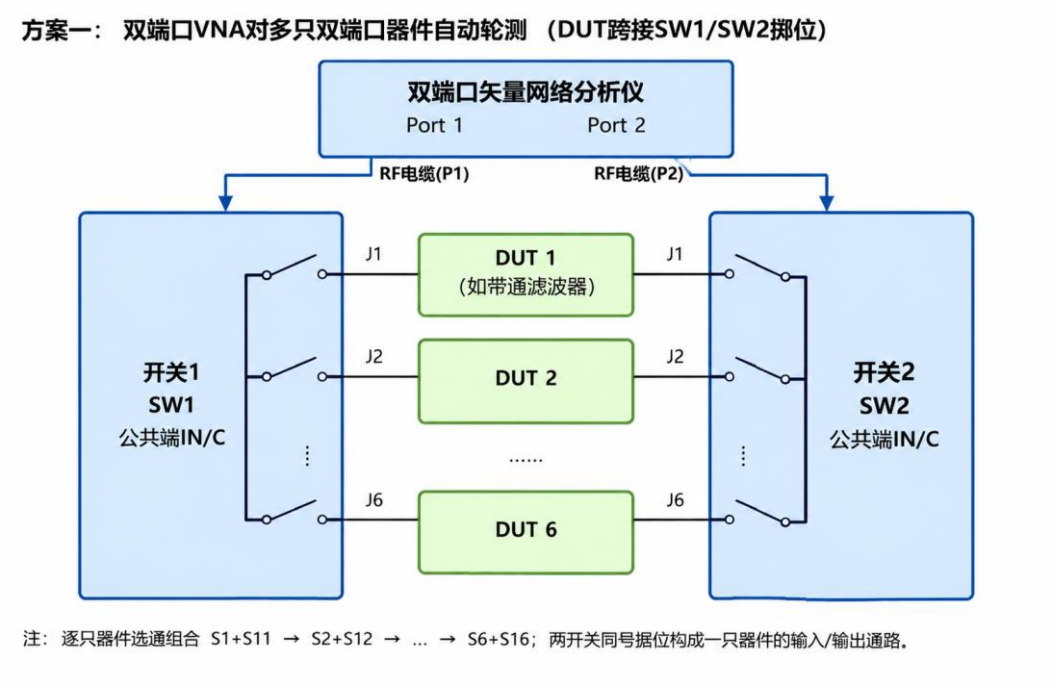


图 3-1　方案一拓扑：双端口器件自动轮测（2×6）

控制流程（每测 DUT n）：

• 确认矢网输出为关闭（RF OFF）状态（冷切换）；

• 发送 Sn，等待应答+OK:S1Cn；再发送 S1n，等待应答+OK:S2Cn——两路通道号必须一致；

• 打开矢网输出并触发扫描，保存该 DUT 的 S 参数；

• 关闭矢网输出，进入下一通道；全部测完后发送 S7、S17 复位收尾。

注意事项：

• 同步性：两条选通指令是两次独立事务，切换间隙存在“半连接”状态（一路已更新、另一路尚未更新），此期间禁止触发矢网扫描；建议以“两路均收到+OK”作为触发门控条件。

• 校准：建议将矢网校准参考面延伸至开关掷位端，或对 6 条通路分别做直通（Thru）归一化，以扣除测试电缆与开关自身的损耗。

• 功率：进入开关端口的射频功率不得超过厂家给出的额定值。

3.2.2　方案二：单台仪器扩展为 1×6 多通道（资源共享/巡检）

拓扑：将一台单端口仪器（信号源、频谱仪、功率计或综合测试仪）接某一路开关的公共端 IN（或 C），J1～J6 接 6 路信号或被测件，按 S1～S6（或 S11～S16）轮询分时选通（图 3-2）。适用于多路功率巡检、多器件单端口参数批量筛选等场景；也可让昂贵仪器在多个测试工位间共享，减少重复购置。国外同类产品的用法可类比：Keysight U1816A/C（USB 控制双 SP6T 同轴开关）的产品资料即将“为多天线端口无线模块扩展系统测试端口数”列为典型应用。

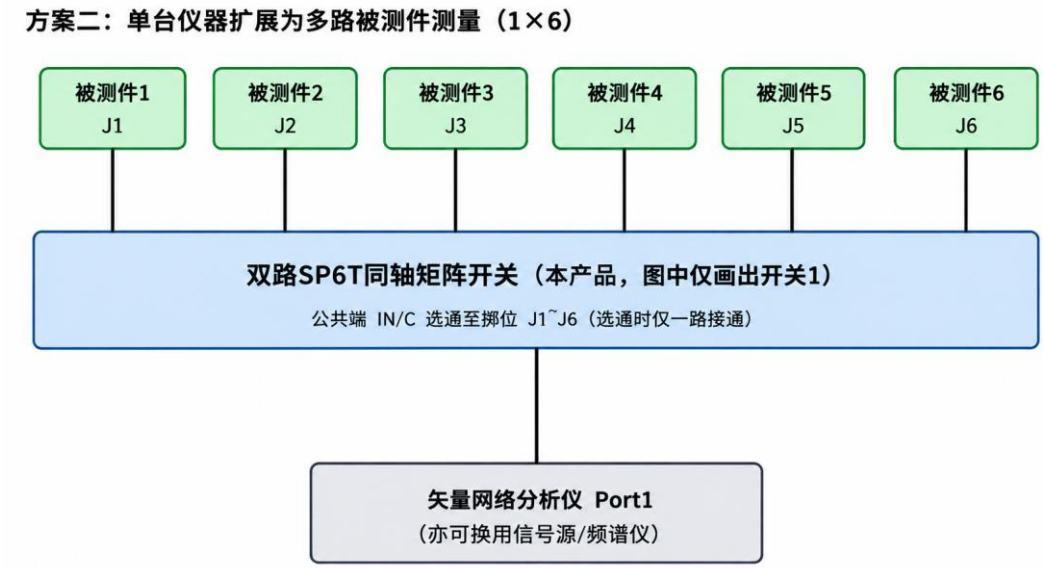


图 3-2　方案二拓扑：单台仪器扩展为 1×6 多通道

控制流程：

• 上电后先发送 S7（或 S17）复位，确认应答+OK:S1RST（或+OK:S2RST）；

• 依次发送 S1～S6（或 S11～S16），每次收到+OK 后再让仪器读数；

• 读数前等待仪器完成其平均/积分周期，避免把切换瞬态计入测量结果；

• 巡检结束发送复位指令，使公共端与所有掷位断开。

注意事项：

• 冷切换：功率巡检等场景中，切换前必须关闭被测信号源输出或将其降至安全功率，严禁带功率切换。

• 额定功率：进入开关端口的信号功率不得超过厂家额定值；较高功率信号建议先经外置衰减器。

• 未选通端口：本设备未选通的掷位与公共端处于断开状态。业界有“反射式（断开）”与“吸收式（内置 50Ω 端接）”两类产品（如 Pickering 端接式 SP6T 开关将未用信号端接至 50Ω）；本机是否内置端接以厂家规格为准，必要时对外接掷位端接 50Ω 终端负载。

3.2.3　方案三：收发系统信道选择（发射/接收分时切换）

拓扑：开关 1 用作发射链路选择——信号源接 IN，J1～J6 接 6 条发射支路；开关 2 用作接收链路选择——6 条接收支路接 J1～J6，公共端 C 接监测接收机/频谱仪（图 3-3）。两路同号成对顺序切换（先开关 1、后开关 2），即可建立“信号源→发射支路→被测系统→接收支路→监测接收机”的端到端通路。Mini-Circuits 双 SP6T 开关矩阵 RC-2SP6T-40 数据手册所列典型应用（5G 设备测试、自动化测试设备 ATE、冗余切换）与本方案一致。

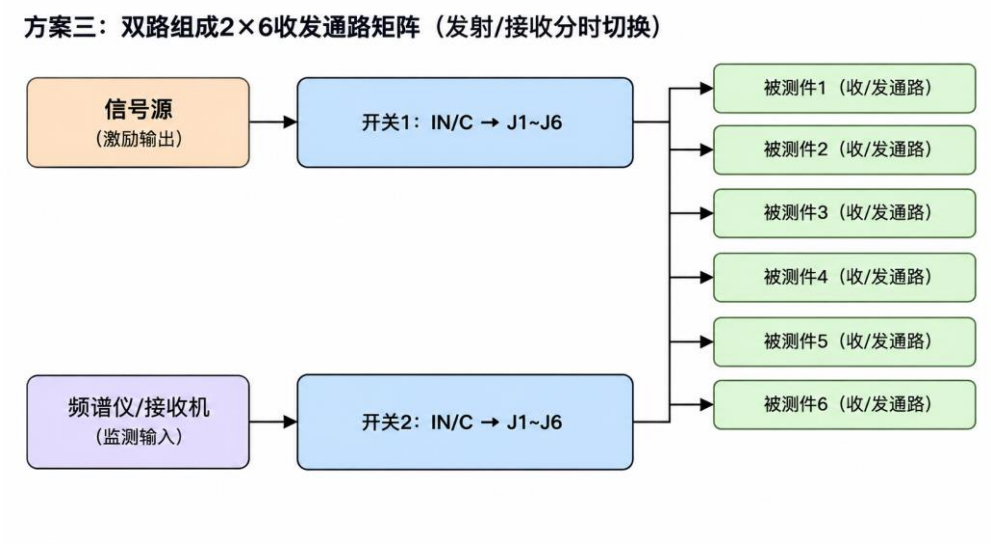


图 3-3　方案三拓扑：双路组成 2×6 收发通路矩阵

注意事项：

• 配对记录：发射/接收支路与通道号的对应关系应在软件中固化为对照表，防止错号连接。

• 冷切换：发射支路带有功放时，切换前必须关闭载波输出；进入开关两侧端口的功率均不得超过额定值。

• 时序：两路逐条下发、逐条等待应答，不要假设两路在同一时刻完成切换。

3.2.4　方案四：多天线轮询与驻波巡检

拓扑：仪器测量端口接公共端 IN，J1～J6 分别接 6 副天线的馈线；按 S1→…→S6 轮询，逐副测量 S11/驻波比（图 3-4）。开关 2 可同时用于第二组天线（合计 12 副），或保留备用。适用于多天线一致性筛选，以及老化试验中不开箱定时巡检（开关与仪器置于箱外，被测天线经穿箱电缆接入）。

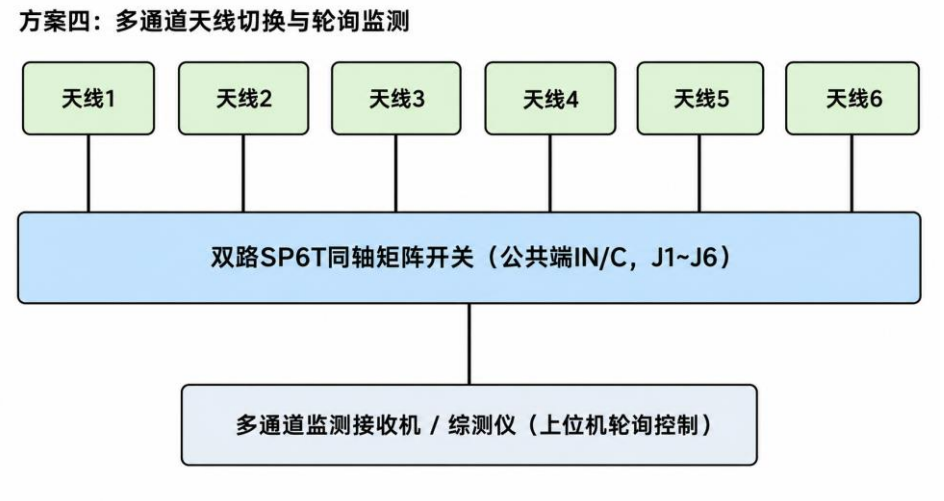


图 3-4　方案四拓扑：多通道天线切换与轮询监测

注意事项：

• 频率与功率：测量前确认开关频率范围覆盖天线工作频段（本机额定 DC～18GHz），进入端口的功率不超过额定值。

• 记录：长期定时巡检同样遵循“一问一答+超时保护”，并记录时戳与环境温度，便于漂移分析。

• 寿命：长期连续切换场景请向厂家确认机械寿命额定值，并据此安排维护周期。

3.2.5 方案五：链路选通与 Bypass 基线对比

拓扑：在被测链路组之外，将开关 1 的 J6 与开关 2 的 J6 用一条直通（Thru）电缆在机外短接，作为不含被测链路的“Bypass 基线”通路（图 3-5）。发送 S6+S16 时，信号经 J6—J6 直通线构成纯无源基线；发送 S1～S5 与 S11～S15 时，信号走被测链路。两组读数相减即可得到通路差值，用于对比调试。注意：该比较应在相同参考面并经校准/归一化的条件下进行；两条通路所在通道的插损与相位差异、端口失配及校准残余误差都会叠加进读数，差值仅是链路净贡献的工程近似；正式验收时建议对两条通路分别做直通（Thru）归一化后再比较。Keysight 在《RF and Microwave Switching Solutions》技术综述中，将“旁路（bypass）测量系统中的有源器件”列为机电式开关的典型应用之一。

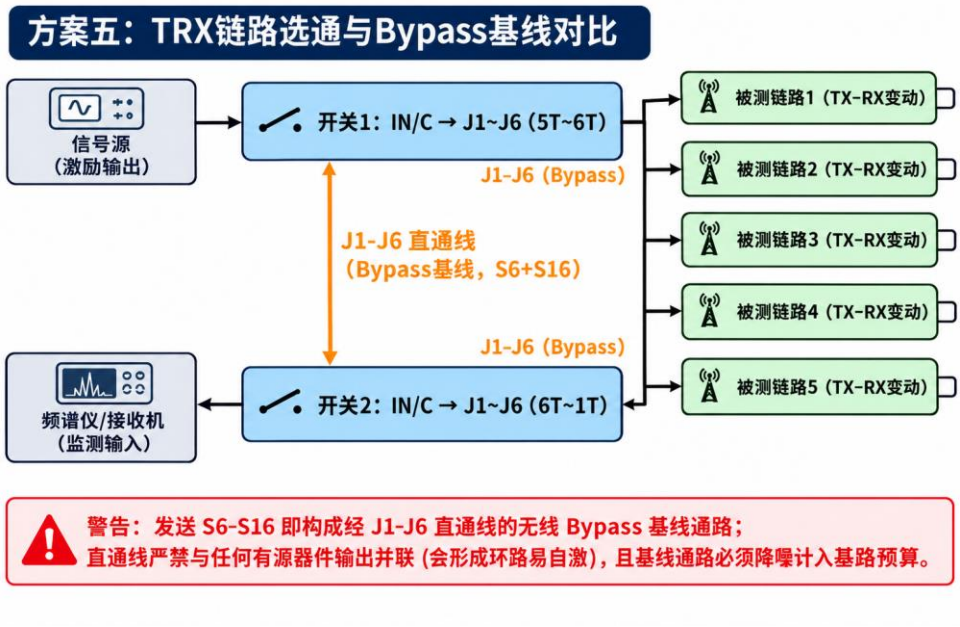


图 3-5 方案五拓扑：TRX 链路选通与 Bypass 基线对比

说明：直通线仅在 J1—J6 之间独立连接，严禁与任何有源器件的输出并联，否则可能构成环路并引发自激；系统任一时刻应仅存在一条选通路径。基线通路的电缆与开关损耗应计入链路预算；如需在有源器件不断电的情况下使用基线对比，请先由厂家或系统设计方评估环路增益与相位条件。

4 安全注意事项

使用前请通读本节。以下内容基于本设备结构（双路独立 SP6T 机电开关）与通用射频安全实践给出，各项额定参数以随货规格书为准。

4.1 射频功率限制与冷切换

严禁超出额定射频功率使用设备，额定值以随货规格书为准；超功率运行会烧蚀开关触点，造成插损、隔离度等指标永久劣化。

任何通道切换都应在射频功率关闭或降至安全水平后进行（冷切换）：“先断后通”机制仅避免新旧通路瞬时并接，不能替代冷切换。

大功率试验前，先在静态小信号条件下验证选通状态与连接关系，确认无误后再提升功率。

4.2 电源与接口保护

仅使用符合要求的 DC 12V 电源适配器；接电前核对电压等级与插头极性标识（以设备端面标识为准），严禁接入其他电压等级。

Type-C 接口仅用于串口通信；请使用带数据芯线的数据线，避免使用仅供电的“充电线”；插拔沿轴向，避免侧向受力。

射频端口属静电敏感部件：操作前释放人体静电（如佩戴防静电腕带）；端口不使用时加盖防尘帽；严禁将射频口与浪涌/静电试验源直接连接。

5 保养须知

5.1 射频接头使用与保养

本设备射频接口为 SMA-J 公头（外螺内针），应与 SMA-K 母头（外螺内孔）电缆配合使用，禁止公头与公头强行对接；

连接时对准螺纹后用手轻拧到位，可用力矩扳手按 SMA 规定力矩拧紧，不要过分用力以免滑丝、弯针；

SMA 接头正常插拔寿命有限，频繁插拔的场合建议加装转接器保护；

接头应保持清洁，定期用蘸酒精的棉签擦拭，不使用时加盖防尘帽。

5.2 供电与接口

仅使用 DC 12V 直流电源供电，极性与插头规格以端面标识为准，不得接入超范围电压；

Type-C 接口仅用于串口通信，插拔时沿轴向用力，避免侧向受力；

设备出现异味、异响或指示灯异常时应立即断开电源检查。

5.3 应用环境

在干燥、通风、无腐蚀气体的环境中使用和存放，避免雨淋、受潮及阳光暴晒；

运输时应置于原包装内，避免与硬物混装挤压；

冬季从室外进入温暖室内时，应待设备无结露后再通电；