全球移动通信频段解析：物联卡与模组选型实用指南

引言

在跨境物联网项目落地过程中，经常遇到这样一类现象：物联卡状态正常、设备硬件无故障，在大城市实验室测试联网一切稳定，但部署到郊区、野外、农村场景，就出现网络掉线、只能驻留2G、传输速率极低等各类异常。很多人会将问题归结为物联卡质量或者当地信号覆盖，而**真正的根源往往是物联网模组支持频段与当地运营商实际部署的移动通信频段不匹配**。

全球不同国家、不同大洲无线电频谱规划差异很大，不存在一款模组硬件可以适配世界全部国家。射频频段有明确的物理规律：频率越低，无线电波绕射、穿墙能力越强，传播距离更远，但带宽有限，峰值网速不高；频率越高，能够提供更大带宽、更高传输速率，但是信号衰减快，遮挡环境下覆盖能力较差。低频负责"保障设备能够连上网络"，中高频负责"提供高速的数据传输能力"。海外物联网选型，不能只关注城区主流频段，更要重视面向郊区、野外的低频广覆盖频段，这直接决定设备在真实业务场景下的可用性。

一、移动通信频段基础概念科普

1.1 频段编号命名规则

行业内有统一的频段标识规范，方便硬件厂商、运营商、平台厂商统一沟通：

1. LTE-4G频段，使用前缀 **B（Band）** 标识，例如B3、B8、B28；
2. 5G-NR新空口频段，使用前缀 **n** 标识，例如n3、n78；
3. 频谱资源支持重耕复用，同一段物理频率，既可以部署4G LTE网络，也可以部署5G NR网络。

1.2 FDD与TDD两种双工模式

移动通信分为FDD频分双工、TDD时分双工，二者工作机制不同，覆盖能力与适用场景差异明显，是物联网开发必须掌握的知识点。

- **FDD（频分双工）**：终端上行发送数据、基站下行下发数据，分别占用两套独立的频率资源，如同双向分离车道，收发可以同时进行。优点是网络覆盖距离远、移动场景稳定性好、时延低。全球绝大多数广覆盖低频，例如B3、B8、B20、B28均属于FDD模式，是海外物联网设备主要依赖的网络模式。
- **TDD（时分双工）**：上行、下行共用同一组频率资源，依靠时间时隙切换完成收发，类似单车道分时双向通行。优势是频谱利用率高，适合城市大流量扩容；缺点是覆盖半径相对有限，高速移动场景稳定性弱于FDD。东南亚广泛使用B40、B41等TDD频段作为城区容量补充。

> 业务提示：面向野外、车载、远程监测类物联网设备，优先依靠FDD低频；TDD更多作为城市补充，不适合用来做大范围农村区域覆盖。

1.3 频率分层与物联网业务场景

按照频率高低，可以划分为低频、中频、高频，不同频段适配不同业务：

频率区间	典型频段	核心特点	物联网适用场景
低频＜1GHz（700-960MHz）	B8(900)、B20(800)、B28(700-APT)	传播距离远、穿墙绕射强，带宽有限，速率中等	农村、野外、车载、地下设备，保障基础联网能力
中频1-3GHz	B1(2100)、B3(1800)	覆盖能力与网速均衡，全球	城市主力联网，海外物联网

		部署最为广泛	最核心频段
高频＞3GHz	B7(2600)、n78(3.5GHz)	网速高、用户容量大；遮挡环境衰减严重，覆盖半径小	城市热点高速数据传输，郊区基本无信号

通俗来讲，低频解决"设备有没有信号"，中高频解决"设备跑多快网速"。大量海外项目城区测试全部正常，野外部署就频繁掉线，本质就是模组缺失低频广覆盖频段。

1.4 5G FR1与FR2区分

- **FR1（Sub-6G，6GHz以下）**：当前全球物联网商用主流，覆盖性能优秀，本文表格中n78、n3均属于FR1。绝大多数海外物联模组，仅支持Sub-6G频段。
- **FR2（毫米波，24GHz以上）**：速率极高，但是覆盖距离仅有数百米，建设成本高，几乎不用于广域物联网业务，普通物联项目无需考虑毫米波频段。

1.5 全球硬件模组两大阵营

不同大洲频谱规划完全不一样，模组硬件射频滤波器出厂即固定，**无法通过刷机、升级固件修改硬件支持频段**。

1. **欧亚版本模组**：核心支持B1/B3/B7/B8/B28，欧洲区域额外增加B20；硬件不包含北美B2/B4/B5/B12/B66频段。欧亚模组拿到北美地区，只能回落至2G网络，无法接入4G。
2. **美洲版本模组**：核心支持B2/B4/B5/B12/B17/B66，无B20频段；不能直接拿到欧洲、亚太使用。

二、全球主流商用频段功能释义

频段	频率	双工模式	主要部署区域	业务作用说明
B1	2100MHz	FDD	亚太、欧洲	城市容量频段
B3	1800MHz	FDD	全球绝大多数国家	4G城市主力频段，海外物联网必选频段
B7	2600MHz	FDD	亚、欧、拉美	高速容量，覆盖距离近，主要用于城区
B8	900MHz	FDD	亚太、欧洲、非洲，北美无部署	广覆盖，郊区、穿墙能力强
B20	800MHz	FDD	仅限欧洲	欧洲农村低频，东南亚、蒙古不使用B20
B28	700MHz-APT	FDD	亚太、蒙古、东南亚、拉美	亚太农村黄金低频，缺失该频段郊区极易断网
B40	2300MHz	TDD	东南亚、南亚	东南亚主流TDD 4G扩容频段
n78	3300-3800MHz	TDD	全球主流5G	5G中频段主力，多数国家优先部署n78

> 重点提醒：蒙古、马来西亚、印度尼西亚等国家，**B28是郊区和农村必不可少的频段**。模组硬件不支持B28，在城市可以正常联网，一旦去往郊外，就会丢失4G网络，回落2G甚至直接脱网。

三、全球重点区域移动通信频段汇总

亚洲（蒙古、东南亚，国际物联卡高频使用区域）

国家	二位代码	2G GSM	4G-LTE FDD	4G-LTE-TDD	5G-NR
蒙古	MN	900,1800	B3,B8,B20,B28	-	n3,n78
中国	CN	900,1800	B1,B3,B5,B8	B38,B40,B41	n1,n3,n5,n8,n28,n41,n78,n79
越南	VN	900,1800	B1,B3,B7,B8	B40	n1,n3,n78
马来西亚	MY	900,1800	B1,B3,B7,B8,B28	B40	n28,n78
印度尼西亚	ID	900,1800	B3,B5,B8,B28	B40	n1,n3,n40,n78
泰国	TH	900,1800	B1,B3,B7,B8,B20,B28	B40	n1,n3,n78
新加坡	SG	900,1800	B1,B3,B7,B8	B40	n1,n78
菲律宾	PH	900,1800	B1,B3,B5,B7,B28	B41	n1,n3,n78
柬埔寨	KH	900,1800	B1,B3,B7,B8	B40	n78
老挝	LA	900,1800	B1,B3,B8	B40	n78
缅甸	MM	900,1800	B1,B3,B8	B40	n78
文莱	BN	900,1800	B1,B3,B7,B8	B40	n78
东帝汶	TL	900,1800	B1,B3,B8	B40	-
印度	IN	900,1800	B1,B3,B5,B8	B40,B41	n1,n3,n5,n78

欧洲（欧盟多数国家频谱趋同）

通用基准：2G GSM 900/1800；4G FDD：B1,B3,B7,B8,B20,B28；TDD：B38；5G主流 n1,n3,n78

国家	代码	4G-FDD	4G-TDD	5G-NR
德国	DE	B1,B3,B7,B8,B20,B28	B38	n1,n3,n78
法国	FR	B1,B3,B7,B8,B20,B28	B38	n1,n3,n78
英国	GB	B1,B3,B7,B8,B20,B28	B38	n1,n3,n78

意大利	IT	B1,B3,B7,B8,B20,B28	B38	n1,n3,n78
西班牙	ES	B1,B3,B7,B8,B20,B28	B38	n1,n3,n78

> 提示：B20属于欧洲专属低频，在东南亚、蒙古地区没有实际网络作用。

美洲（硬件与欧亚不通用）

国家	代码	2G	4G-FDD	4G-TDD	5G-NR
美国	US	850,1900	B2,B4,B5,B12,B17,B66	-	n2,n5,n66,n77,n78
加拿大	CA	850,1900	B2,B4,B5,B12,B17,B28	-	n2,n5,n66,n78
巴西	BR	850,900,1800,1900	B1,B3,B7,B28	-	n3,n78
阿根廷	AR	850,1900	B1,B2,B4,B7,B26,B28	-	n78

> 提示：出口北美市场，必须采购美洲版硬件模组；欧亚版模组缺少北美关键频段，无法接入本地4G网络。

大洋洲

国家	代码	4G-FDD	4G-TDD	5G-NR
澳大利亚	AU	B1,B3,B5,B7,B8,B28	B40	n1,n3,n5,n78
新西兰	NZ	B1,B3,B7,B8,B28	-	n1,n78

非洲典型国家

国家	代码	4G-FDD	4G-TDD	5G-NR
南非	ZA	B1,B3,B8,B20,B28	B40	n78
尼日利亚	NG	B1,B3,B8	B40	n78
埃及	EG	B1,B3,B8,B20	B40	n78

四、物联业务落地实操选型要点

1. **频段由射频硬件决定，软件无法修改**：模组支持的频段取决于硬件射频元器件，欧亚模组不能通过刷固件变成北美模组。项目前期选型阶段，就必须核对模组规格书，确认硬件完整覆盖目标国家全部关键频段。
2. **城区测试可用≠全国业务可用**：仅在大城市完成测试远远不够，B8、B28、B20这类低频广覆盖频段，决定设备在郊区、野外的生存能力。以蒙古为例，模组仅支持B3可以在乌兰巴托城区联网，但是乡村场景必须要有B28才能稳定4G驻网。
3. **平台数据库建议增加频段字段**：面向国际物联卡平台，可在套餐数据库新增两个业务字段：`lte_band`（该国家需要的LTE频段）、`nr_band`（该国家可用5G NR频段）。示例蒙古数据：`蒙古,MN,B3,B8,B20,B28,,n3,n78`，便于后台做业务校验与研发查阅。
4. **理性看待5G在物联网的价值**：多数海外物联网业务，优先保障4G网络稳定性。很多国家5G只覆盖主城区，郊区没有5G信号。虽然n78是全球主流5G中频段，但需要结合当地运营商实际部署情况评估。物联网多为小数据上报场景，大量业务使用4G Cat-1即可满足需求，不必盲目追求5G硬件。

5. **重视无线电合规认证**：除频段匹配之外，设备出口必须取得目标市场强制认证，例如欧洲CE、美国FCC，射频发射功率、射频参数需要符合当地无线电法规，避免出现无法入网、合规处罚风险。每个国家频谱规划由本国无线电机构管控，同一国家不同运营商部署频段也会存在差异。

五、常见网络故障排查思路

1. **大城市联网正常，郊外频繁掉线**：大概率缺失低频广覆盖频段（B28/B8/B20）；
2. **欧洲运行正常，到美国只能使用2G网络**：模组为欧亚版本，缺少北美B2/B4/B12等核心频段；
3. **可以注册网络，但传输速率很低**：高频容量频段缺失，设备只能驻留在窄带宽低频载波；
4. **同一张物联卡，A模组联网正常，B模组无法联网**：对比两款模组硬件规格书中支持频段清单。

免责声明

本文内容仅作为物联网业务选型参考资料。各国运营商频谱资源会持续调整优化，项目正式上线之前，务必查阅目标运营商官方频谱文档，以及对应物联网模组厂商的硬件规格说明书。