



中国联通 eSIM 通信模组技术白皮书 (V1.0)

中国联通

2019 年 4 月

目录

1	范围	4
2	缩略语	4
3	eSIM 产业发展	4
4	eSIM 模组概述	5
4.1	eSIM 模组功能架构	5
4.2	eSIM 模组分类	6
4.2.1	触发方式分类	6
4.2.2	应用场景分类	6
4.2.3	通信制式分类	6
4.3	eSIM 模组业务流程	7
4.3.1	A 类模组业务流程	7
4.3.2	B 类模组业务流程	8
5	eSIM 技术要求	9
5.1	总体要求	9
5.2	eSIM 通信能力要求	9
5.2.1	通信制式要求	9
5.2.2	移动性要求	10
5.3	协议要求	10
5.3.1	通信协议要求	10
5.3.2	IP 协议栈要求	10
5.4	设备管理功能	10
5.4.1	IMEI 要求	10
5.4.2	升级功能要求	10
5.4.3	调试功能	10
5.4.4	FOTA	11
5.5	LPA 技术要求	11
5.5.1	LPA 基本要求	11
5.5.2	LPA 功能要求	11
5.5.3	LPA 与 eUICC 接口	12
6	eSIM 模组硬件要求	14
6.1	eUICC 卡	14
6.2	封装要求	14
6.3	接口要求	14
6.3.1	电源接口	14
6.3.2	控制信号接口	14
6.3.3	UART 接口	15
6.3.4	天线接口	15
6.3.5	GND 接口	15
6.3.6	USB 接口	15
6.3.7	PCIe 接口	15
7	eSIM 模组软件要求	16
7.1	AT 指令	16

8	稳定性要求.....	16
8.1	温度特性要求.....	16
8.2	稳定性要求.....	16

1 范围

本白皮书规定了中国联通基于 GSMA SGP.22 标准进行 profile 下载的 eSIM 通信模块的功能要求（包括通信能力要求、设备管理要求、LPA 功能要求）、硬件要求（包括 eUICC 卡要求、封装要求和接口要求）、软件要求和稳定性要求。

2 缩略语

缩略语	英文	中文
CI	Certificate Issuer	可信证书发行方
eSIM	Embedded SIM	嵌入式客户识别模块
eUICC	Embedded UICC	嵌入式通用集成电路卡
EUM	eUICC Manufacturer	eUICC 制造商
EID	eUICC ID	eUICC 识别码
FOTA	Firmware Over-The-Air	远程固件升级
IMEI	International Mobile Equipment Identity	国际移动设备识别码
ISD-R	Issuer Security Domain-Root	eUICC 根安全域
LPA	Local Profile Assistant	本地 Profile 管理助理
LPD	Local Profile Download	本地配置文件下载
LUI	Local User Interface	本地用户界面

3 eSIM 产业发展

目前移动通信系统主要使用 2FF-4FF 等尺寸的可插拔式 SIM 卡，随着技术发展，消费类市场以智能穿戴设备为代表的新型终端产品出货量持续增长、物联网领域的车载设备、工业互联网设备等连接数快速增加，对智能卡提出了更高要求：要求智能卡具备更高的物理电气特性(如环境温度、湿度等)；要求智能卡有更长的使用寿命和更高的可靠性；要求智能卡的物理连接触点更加可靠和更耐磨损；某些应用场景要求智能卡能够远程配置、远程激活、并通过空中接口灵活更换用户身份等。在诸多需求的推动下，GSMA 主导提出了 eSIM 技术体系，引导 SIM 卡向电子化发展，以更加灵活的管理 SIM 卡订购和使用、并满足一些应用场景和使用环境下对终端尺寸、价格和物理/电气特性等所提出的特殊要求。

过去两年以来，全球 eSIM 生态系统有了长足的发展。参与到 eSIM 产业发展的企业

类型更为广泛。车联网、消费电子、工业互联网和 M2M 领域成为 eSIM 发展的热门行业，所有移动行业利益相关者都在大力支持技术开发，并推出一系列商用产品和解决方案以满足 eSIM 早期的市场需求。

4 eSIM 模组概述

4.1 eSIM 模组功能架构

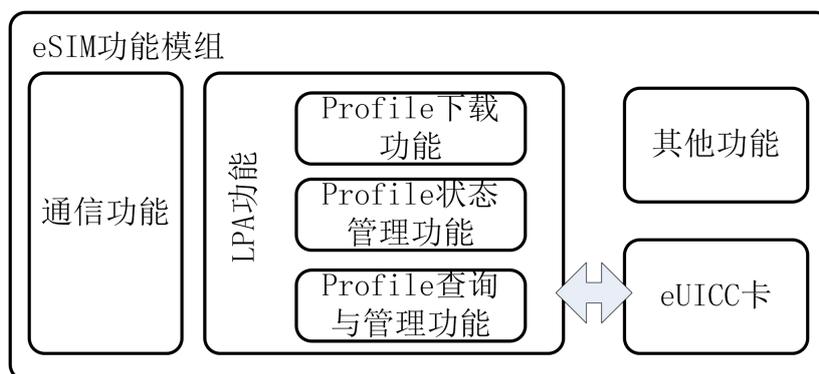


图 4-1 eSIM 模组逻辑功能架构

eSIM 模组由通信功能模块、LPA 功能模块、其他功能模块和 eUICC 模块组成。其中各部分功能如下：

通信功能：负责数据空口传输；

LPA 功能：LPA 负责 Profile 的下载、状态管理、信息查询等功能；

其他功能：根据模组的应用场景和业务需求不同，模组可能支持的其他功能，如定位功能等；

eUICC 模块：用户身份识别模块，负责网络接入鉴权。

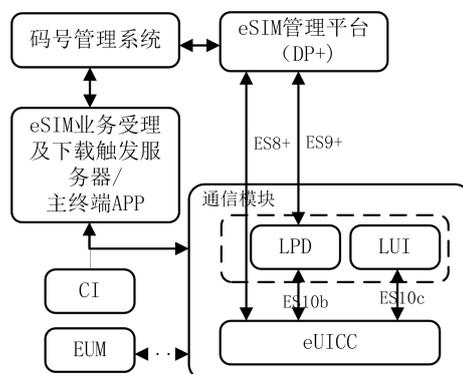


图 4-2 eSIM 远程配置架构

上图为 eSIM 远程配置架构：eSIM 管理平台负责 Profile Package 的生成、存储、保护、传递以及绑定；LPA 负责本地 Profile 下载；主终端或 eSIM 业务受理及下载触发服务器提供

用户界面和码号订购。

4.2 eSIM 模组分类

4.2.1 触发方式分类

根据 eSIM profile 下载触发方式的不同，可将 eSIM 模组分为两类：应用于广覆盖、低功耗场景下的物联网模组，其终端大部分时间处于无人值守状态，所以以被动接受远程管理的 push 模式为主进行 profile 下载；应用于车联网等有人机交互场景下的模组，其终端通常由用户使用，或在业务流程中有主终端（手机、PC、Pad 等）的配合，业务模式中须尊重用户意愿和需求，因此以用户主动申请远程管理的 pull 模式为主进行 profile 下载。以上两种 profile 下载触发方式对应的业务领域、业务模式均有较大差别，因此本技术白皮书将 eSIM 模组分为两类，分别论述其所对应的 eSIM 业务流程和技术要求：

- A 类模组：以 push 的方式进行 profile 下载，主要应用于低功耗广域物联网领域；
- B 类模组：以 pull 的方式进行 profile 下载，主要应用于车联网等智慧互联领域。

4.2.2 应用场景分类

根据应用场景，可以将 eSIM 模组分为消费级模组、工业级模组和车规级模组，不同类别模组的工作和存储温度如下：

- 消费级模组：应能在 $-20^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ 范围内正常工作， $-45\sim95^{\circ}\text{C}$ 的范围内存储；
- 工业级模组：应能在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 范围内正常工作， $-45\sim95^{\circ}\text{C}$ 的范围内存储；
- 车规级模组：应用能在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ 范围内正常工作， $-45\sim95^{\circ}\text{C}$ 的范围内存储。

4.2.3 通信制式分类

模组所支持的通信制式不同，能达到的上行速率和下行速率不同，根据模组所支持的通信制式将模组分为以下几类：

- 5G 模组：支持 5G-NR 的多模模组；
- 4G 模组：支持 FDD-LTE 的单模或多模模组；
- 3G 模组：支持 WCDMA 的单模或多模模组；
- NB-IOT 模组：支持 NB-IoT 的单模或多模模组；
- eMTC 模组：支持 eMTC 的单模或多模模组。

4.3 eSIM 模组业务流程

4.3.1 A 类模组业务流程

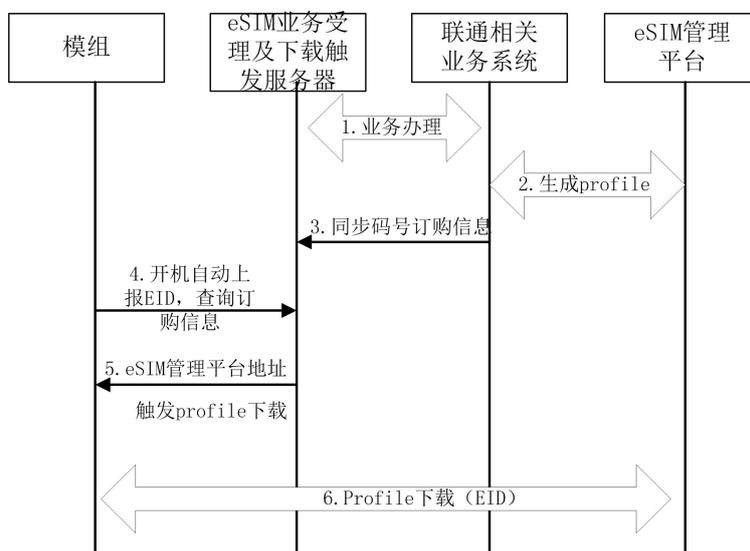


图 4-3 A 类模组业务流程

上图为 A 类模组码号下载流程，行业终端长时间工作于无人值守状态，无法由用户触发进行码号下载，因此需要由 eSIM 业务受理及下载触发服务器触发模组进行 profile 下载，具体流程为：

1. 业务办理：行业用户通过 eSIM 业务受理及下载触发服务器连接到联通相关业务系统进行业务办理；
2. Profile 生成：业务办理成功后，eSIM 管理平台生成 profile；
3. 码号订购信息同步：业务系统将订购信息同步至 eSIM 业务受理及下载触发服务器；
4. 业务订购信息查询：模组开机后，周期性自动连接到 eSIM 业务受理及下载触发服务器，通过 EID 查询是否有业务订购信息；
5. profile 下载触发：eSIM 业务受理及下载触发服务器将 eSIM 管理平台地址告知模组，并触发模组进行 profile 下载；
6. profile 下载：模组连接到 eSIM 管理平台进行 profile 下载。

其中 eSIM 业务受理及下载触发服务器，主要用于业务订购发起和触发 A 类模组连接到 eSIM 管理平台进行码号下载，具体功能为：

- 业务订购发起功能：负责连接到中国联通相关业务系统，进行业务订购；
- 订购信息同步功能：通过订购同步接口同步订单数据，同步数据包括 EID、IMEI、激活码、订购时间；
- 下载触发功能：为模组提供基于 HTTP/TCP/UDP 的 eSIM 查询和触发、下载接口，

并记录下载过程日志和下载结果；

- 管理与配置功能：基本配置管理、日志查询、订购记录、下载记录。

4.3.2 B类模组业务流程

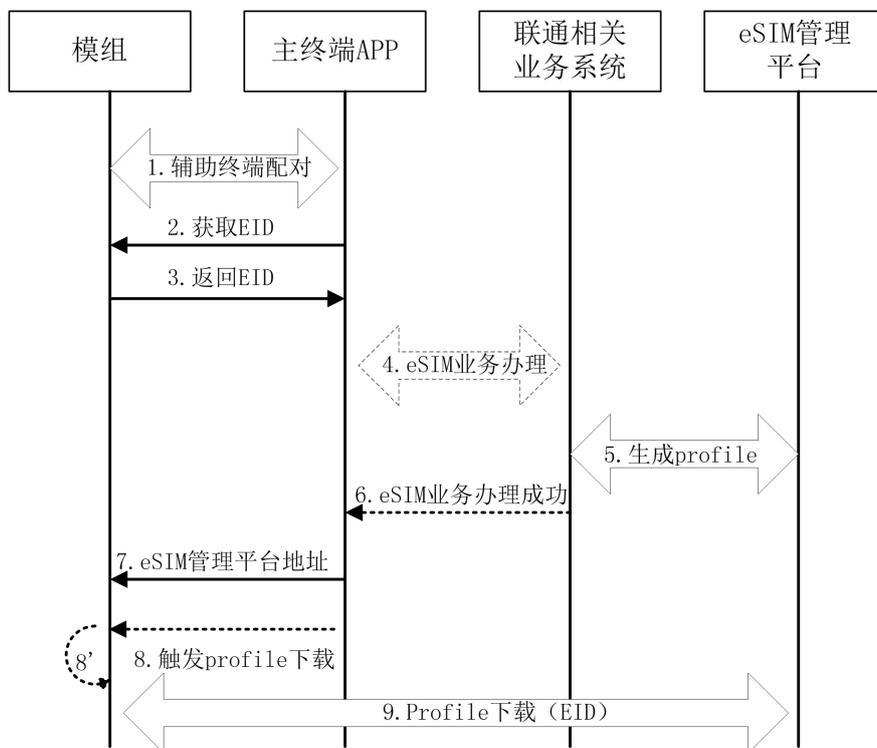


图 4-4 B 类模组参考业务流程

上图为 B 类模组码号下载参考流程，根据具体实现方式不同，模组码号下载流程可能不同。模组为“哑终端”，不具备人机交互界面，因此需要主终端向用户展现管理界面，并为模组提供网络连接，以进行 profile 下载，其主终端形态可以为智能手机、平板电脑等，并配有相应的应用程序，与模组侧 LPA 配合，连接到联通业务系统进行码号订购，并触发模组完成码号下载。B 类具体业务流程为：

1. 主终端配对：模组与主终端进行配对，可通过模组所在终端的蓝牙、WIFI 等通信模块与主终端进行配对；
2. 获取 EID：主终端向模组获取 EID，用于 profile 订购和查询；
3. 返回 EID：模组将 EID 返回给主终端；
4. eSIM 业务办理：主终端通过手机营业厅等业务受理入口连接到联通业务系统，进行码号订购；业务办理也可以在线下营业厅办理，如为线下办理，则主终端通过 EID 向 eSIM 管理平台查询是否该模组是否有待下载 profile；
5. profile 生成：业务订购成功后，eSIM 管理平台生成 profile；
6. 业务办理成功通知：联通业务系统通知主终端业务办理成功；

7. eSIM 管理平台地址下发：主终端将 eSIM 管理平台地址告知模组；
8. profile 下载触发：主终端触发模组进行 profile 下载，或者由模组所在终端的 APP 触发模组进行 profile 下载；
9. profile 下载：模组通过主终端连接到 eSIM 管理平台进行 profile 下载。

5 eSIM 技术要求

5.1 总体要求

要求支持 eSIM 模组应符合 GSMA SGP.21 RSP Architecture v2.2 规范中 4.5 节，以及 GSMA SGP.22 RSP Technical Specification Version 2.2 附录 C 对于 eSIM 终端的要求（本技术白皮书的 eSIM 模组对应于 SGP.22 标准的 companion device，本技术白皮书的主终端和 eSIM 业务受理及下载触发服务器对应于 SGP.22 标准的 primary device）。

5.2 eSIM 通信能力要求

5.2.1 通信制式要求

eSIM 模组通信制式可以为支持 WCDMA、FDD-LTE、5G-NR-TDD/FDD、NB-IoT、eMTC 五种通信制式中一种或多种的单模或多模模组，支持各通信制式模组的工作频段见下表：

表 5-1 eSIM 模组频段要求

	工作频段	上行频段 (MHz)	下行频段 (MHz)	双工模式	要求
5G	n78	3300 – 3800	3300 – 3800	TDD	必选
LTE	B3	1735-1765	1830-1860	FDD	必选
LTE	B8	909-915	954-960	FDD	必选
LTE	B1	1940-1955	2130-2145	FDD	可选
WCDMA	B1	1940-1955	2130-2145	FDD	必选
NB	B3	1735-1765	1830-1860	FDD	必选
NB	B8	909-915	954-960	FDD	必选
eMTC	B3	1735-1765	1830-1860	FDD	必选

要求支持 5G-NR 的 eSIM 模组同时支持 FDD-LTE，其选网优先级为 5G NR->FDD-LTE；

要求同时支持 FDD-LTE 和 WCDMA 的多模模组，其选网优先级为 FDD-LTE->WCDMA；

推荐 B 类模组支持蓝牙或 WIFI 通信，与主终端进行交互。对于不支持蓝牙或 WIFI 的终端，可在 eUICC 卡中预置初始号码，通过蜂窝网络完成 profile 下载。

5.2.2 移动性要求

- a) 要求 eSIM 模组支持系统内小区重选和切换；
- b) 对于支持多种通信制式的 eSIM 模组，要求支持异系统小区重选和切换；
- c) 要求支持 5G-NR 的 eSIM 模组支持 5G-NR 与 FDD-LTE 异系统间小区重选和切换。

5.3 协议要求

5.3.1 通信协议要求

- a) 要求 eSIM 模组支持 TCP 协议或 http 协议；

5.3.2 IP 协议栈要求

要求 eSIM 模组支持 IPv4 单栈、IPv6 单栈、以及 IPv4v6 双栈。

5.4 设备管理功能

5.4.1 IMEI 要求

要求模组支持 IMEI，作为物联网模组的标识码。

5.4.2 升级功能要求

- a) 要求模组支持通过 UART、USB 或 PCIe 接口进行固件升级；
- b) 升级失败后，要求模组具备恢复功能。

5.4.3 调试功能

要求模组支持调试功能，对外提供标准调试接口，外界设备可以通过调试接口对模组进行调试。

5.4.4 FOTA

- a) 模组可选支持远程升级功能；
- b) 升级失败后，要求模组具备恢复功能。

5.5 LPA 技术要求

5.5.1 LPA 基本要求

- a) 要求 A 类 eSIM 模组具备且仅有一个 LPA 功能实体，B 类模组 LPA 可选在模组固件或终端 MCU 中实现；
- b) 要求 eSIM LPA 功能只能由 LPA 自身发起，禁止由其他进程直接发起 Profile 的激活、去激活、删除等 eSIM 操作；
- c) 要求 LPA 能够访问 eUICC 的 ISD-R。

5.5.2 LPA 功能要求

- a) 要求 LPA 支持查询 eUICC 卡的唯一标识 EID；
- b) 要求 LPA 支持添加 Profile 功能：
 - 要求 A 类模组支持通过 EID 向 eSIM 业务受理及下载触发服务器查询是否有下载任务，获取 eSIM 管理平台地址，进行双向认证，触发 Profile 下载流程并完成下载；
 - 要求 B 类模组支持将 EID 上报给主终端，通过主终端订购 eSIM 业务，从主终端获取 eSIM 管理平台地址，进行双向认证，触发 Profile 下载流程并完成下载。
- c) 要求 LPA 支持 Profile 的本地管理功能，包括：获取 Profile 列表并读取相关信息、激活指定 Profile、去激活指定 Profile、删除指定 Profile、eSIM 空间重置；
- d) 要求 LPA 支持对 Profile 编辑、删除等敏感、关键操作提供安全保护机制；
- e) 要求支持以下 CAT 机制：
 - TERMINAL PROFILE
 - SET UP EVENT LIST
 - REFRESH with UICC Reset or eUICC Profile Switch mode
 - SEND SHORT MESSAGE ENVELOPE (SMS-PP DOWNLOAD)

0/1	-	-	-	-	-	-	-	存在后续块/最后块
-	0	0	-	-	-	-	-	未加密
-	-	-	1	0	-	-	-	命令Data字段的BER-TLV格式
-	-	-	-	-	-	-	1	GlobalPlatform AmdA Case 4 命令
-	-	-	-	-	X	X	-	RFU

5.5.3.3 接口功能要求

要求 LPA 与 eUICC 间各接口遵从 GSMA SGP.22 RSP Technical Specification V2.2 中 5.7 节对 ES10x 接口功能的要求。接口通过将各功能命令编码后填入表 5-2 提供的 APDU 格式中的 Data 字段，生成相应的 APDU 命令并发送至 eUICC 实现。

- a) 要求支持 (ES10b) PrepareDownload，用于在 eSIM 管理平台认证通过后，由 LPA 发起 Profile 数据下载流程；
- b) 要求支持 (ES10b) LoadBoundProfilePackage，用于在 Profile 下载流程中，向 eUICC 传输分块的 Bounded Profile Package 数据包；
- c) 要求支持 (ES10b) GetEUICCChallenge，用于 RSP 各流程双向认证流程中，LPA 向 eUICC 获取 challenge 随机数；
- d) 要求支持 (ES10b) GetEUICCInfo，向 eUICC 获取 eUICC 信息；
- e) 要求支持 (ES10b) AuthenticateServer，通过此接口向 eUICC 传送验证 RSP 服务器身份认证信息；
- f) 要求支持 (ES10c) GetProfilesInfo，向 eUICC 获取已安装的 Profile 数据列表，列表中除 Profile 信息之外还应包含 Profile 激活状态、相关元数据信息；
- g) 要求支持 (ES10c) EnableProfile，将指定的 Profile 数据设为“激活”状态，可以使用 ISD-P AID 或 ICCID 识别目标 Profile；
- h) 要求支持 (ES10c) DisableProfile，将指定的 Profile 数据设为“去激活”状态，可以使用 ISD-P AID 或 ICCID 识别目标 Profile；
- i) 要求支持 (ES10c) DeleteProfile，对指定的 Profile 数据进行“删除”操作，可以使用 ISD-P AID 或 ICCID 识别目标 Profile；
- j) 要求支持 (ES10c) GetEID，获取 eUICC 的 EID。

5.5.3.4 LPA 与 eSIM 管理平台接口

要求 LPA 与 eSIM 管理平台接口遵从 GSMA SGP.22 RSP Technical Specification V2.2 中 5.6 节 ES9 接口的功能要求，要求支持的具体功能描述如下：

- a) 要求支持 InitiateAuthentication，用于 LPA 向 eSIM 管理平台请求初始认证，LPA 将

- 从 eUICC 获取的数据信息通过此接口发送至 eSIM 管理平台进行认证；
- b) 要求支持 GetBoundProfilePackage，用于由 LPA 向 eSIM 管理平台请求完成 Profile 的绑定，eSIM 管理平台在绑定完成后通过该接口将 Profile 数据包发送至 eUICC；
 - c) 要求支持 AuthenticateClient，用于 LPA 向 eSIM 管理平台请求 eSIM 证书认证，LPA 将从 eUICC 获取的 EUM 证书、eUICC 证书、TransactionID 通过此接口发送至 eSIM 管理平台进行认证；
 - d) 要求支持 HandleNotification，用于在 LPA 成功执行 Profile 状态变更后，将操作成功通知消息上发至 eSIM 管理平台；
 - e) 要求支持 CancelSession，用于在 RSP 流程中用户通过 LPA 发起的操作取消行为。

6 eSIM 模组硬件要求

6.1 eUICC 卡

要求 eSIM 模组中集成的 eUICC 卡为不可拆卸设计，且满足《中国联通 eSIM 卡总体技术规范》中对 eUICC 模块的要求，并通过中国联通 eSIM 平台认证。

6.2 封装要求

eSIM 模组的封装方式可以为 LGA、LCC、miniPCle 和 M.2。

要求工业级和车规级模组采用 LGA 封装方式。

6.3 接口要求

6.3.1 电源接口

- a) 要求模组支持射频电源输入接口；
- b) 要求模组支持基带电源输入接口；
- c) 要求模组支持 RTC 电源接口。

6.3.2 控制信号接口

- a) 要求模组支持关机接口（power_on）；

- b) 要求模组支持休眠/唤醒控制接口；
- c) 要求模组支持唤醒主机接口；
- d) 要求模组支持系统重启接口（reset）；
- e) 要求模组支持网络状态指示接口。

6.3.3 UART 接口

- a) 要求模组支持至少一路两线 UART 接口，具体要求参加表 6-1；

表 6-1 UART 接口要求（2 线）

接口名称	I/O	功能描述
UART_TXD	O	数据发送接口
UART_RXD	I	数据接收接口

6.3.4 天线接口

- a) 要求模组支持主天线接口；
- b) 要求 3G、4G、5G 模块支持分集天线；
- c) 模组可选支持 GNSS 天线接口。

6.3.5 GND 接口

要求模组支持接地接口。

6.3.6 USB 接口

要求 3G 模组和 Cat6 及以下 4G 模组至少支持一路 USB2.0 接口,且满足 universal Serial Bus Specification, Revision 2.0 规范中对 USB 接口的定义。

要求 Cat6 以上 4G 模组至少支持一路 USB3.0 接口,且满足 universal Serial Bus Specification, Revision30 规范中对 USB 接口的定义。

6.3.7 PCIe 接口

要求 5G 模组支持 PCIe 接口，具体要求参见下表：

表 6-3 PCIe 接口要求

接口类型	接口名称	接口说明	接口特性
PCIe	PCIE_CLK_REQ	PCIe 时钟请求信号	O
	PCIE_HOST_RST	PCIe 重置信号	O
	PCIE_HOST_WAKE	PCIe 唤醒信号	I
	PCIE_CLK_P	PCIe 参考时钟信号	O
	PCIE_CLK_M	PCIe 参考时钟信号	O
	PCIE_TX_P	PCIE_数据发送信号	O
	PCIE_TX_M	PCIE_数据发送信号	O
	PCIE_RX_P	PCIE_数据接收信号	I
	PCIE_RX_M	PCIE_数据接收信号	I

7 eSIM 模组软件要求

7.1 AT 指令

要求模组支持 3GPP 27.007 R13 中的标准 AT 指令。

8 稳定性要求

8.1 温度特性要求

要求支持 eSIM 功能的模组能够在-45~95℃的范围内存储。

对用于消费级应用的模组应能在-20~60℃ 范围内正常工作；

对用于工业级应用的模组应能在-40~85℃范围内正常工作；

对用于车规级应用的模组应能在-40~125℃范围内正常工作。

8.2 稳定性要求

支持 eSIM 功能的模组应能够经受随机震动、冲击、盐雾及沙尘环境，能够在低温及高温环境中工作及存储，并需要遵循集成该模组的终端所在行业的对应行业标准可靠性要求。