

RG50xQ&RM5xxQ 系列

软件热管理指导

5G 模块系列

版本：2.0

日期：2023-03-24

状态：受控文件



上海移远通信技术股份有限公司（以下简称“移远通信”）始终以为客户提供最及时、最全面的服务为宗旨。如需任何帮助，请随时联系我司上海总部，联系方式如下：

上海移远通信技术股份有限公司
上海市闵行区田林路 1016 号科技绿洲 3 期（B 区）5 号楼 邮编：200233
电话：+86 21 5108 6236 邮箱：info@quectel.com

或联系我司当地办事处，详情请登录：<http://www.quectel.com/cn/support/sales.htm>。

如需技术支持或反馈我司技术文档中的问题，请随时登陆网址：
<http://www.quectel.com/cn/support/technical.htm> 或发送邮件至：support@quectel.com。

前言

移远通信提供该文档内容以支持客户的产品设计。客户须按照文档中提供的规范、参数来设计产品。同时，您理解并同意，移远通信提供的参考设计仅作为示例。您同意在设计您目标产品时使用您独立的分析、评估和判断。在使用本文档所指导的任何硬软件或服务之前，请仔细阅读本声明。您在此承认并同意，尽管移远通信采取了商业范围内的合理努力来提供尽可能好的体验，但本文档和其所涉及服务是在“可用”基础上提供给您的。移远通信可在未事先通知的情况下，自行决定随时增加、修改或重述本文档。

使用和披露限制

许可协议

除非移远通信特别授权，否则我司所提供硬软件、材料和文档的接收方须对接收的内容保密，不得将其用于除本项目的实施与开展以外的任何其他目的。

版权声明

移远通信产品和本协议项下的第三方产品可能包含受移远通信或第三方材料、硬软件和文档版权保护的相关资料。除非事先得到书面同意，否则您不得获取、使用、向第三方披露我司所提供的文档和信息，或对此类受版权保护的资料进行复制、转载、抄袭、出版、展示、翻译、分发、合并、修改，或创造其衍生作品。移远通信或第三方对受版权保护的资料拥有专有权，不授予或转让任何专利、版权、商标或服务商标权的许可。为避免歧义，除了正常的非独家、免版税的产品使用许可，任何形式的购买都不可被视为授予许可。对于任何违反保密义务、未经授权使用或以其他非法形式恶意使用所述文档和信息的违法侵权行为，移远通信有权追究法律责任。

商标

除另行规定，本文档中的任何内容均不授予在广告、宣传或其他方面使用移远通信或第三方的任何商标、商号及名称，或其缩略语，或其仿冒品的权利。

第三方权利

您理解本文档可能涉及一个或多个属于第三方的硬软件和文档（“第三方材料”）。您对此类第三方材料的使用应受本文档的所有限制和义务约束。

移远通信针对第三方材料不做任何明示或暗示的保证或陈述，包括但不限于任何暗示或法定的适销性或特定用途的适用性、平静受益权、系统集成、信息准确性以及与许可技术或被许可人使用许可技术相关的不侵犯任何第三方知识产权的保证。本协议中的任何内容都不构成移远通信对任何移远通信产品或任何其他软硬件、设备、工具、信息或产品的开发、增强、修改、分销、营销、销售、提供销售或以其他方式维持生产的陈述或保证。此外，移远通信免除因交易过程、使用或贸易而产生的任何和所有保证。

隐私声明

为实现移远通信产品功能，特定设备数据将会上传至移远通信或第三方服务器（包括运营商、芯片供应商或您指定的服务器）。移远通信严格遵守相关法律法规，仅为实现产品功能之目的或在适用法律允许的情况下保留、使用、披露或以其他方式处理相关数据。当您与第三方进行数据交互前，请自行了解其隐私保护和数据安全政策。

免责声明

- 1) 移远通信不承担任何因未能遵守有关操作或设计规范而造成损害的责任。
- 2) 移远通信不承担因本文档中的任何因不准确、遗漏、或使用本文档中的信息而产生的任何责任。
- 3) 移远通信尽力确保开发中功能的完整性、准确性、及时性，但不排除上述功能错误或遗漏的可能。除非另有协议规定，否则移远通信对开发中功能的使用不做任何暗示或法定的保证。在适用法律允许的最大范围内，移远通信不对任何因使用开发中功能而遭受的损害承担责任，无论此类损害是否可以预见。
- 4) 移远通信对第三方网站及第三方资源的信息、内容、广告、商业报价、产品、服务和材料的可访问性、安全性、准确性、可用性、合法性和完整性不承担任何法律责任。

版权所有 ©上海移远通信技术股份有限公司 2023，保留一切权利。

Copyright © Quectel Wireless Solutions Co., Ltd. 2023.

文档历史

修订记录

版本	日期	作者	变更表述
-	2021-07-09	Floyd WANG	文档创建
1.0	2021-09-23	Floyd WANG/ Aydan DING	受控版本
2.0	2023-03-24	Aydan DING	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更新适用模块，修改 RG501Q 系列为 RG501-EU 并修改 RM502Q 系列为 RM502Q-AE（第 1.1 章）； 2. 增加 AT+QTHERMAL 及其子命令（第 2.4 章）； 3. 增加对 AT+QCFG="thermal5g/mdm"支持的适用模块的备注（第 2.6 章）； 4. 增加热管理机制中可使用的 AT+QTHERMAL 子命令的介绍（第 3.1 和 3.2 章）； 5. 增加 LTE MDM 热管理机制的描述（表 3 和第 3.4 章）； 6. 更新对 LTE PA 热管理机制的描述（第 3.3 章）。

目录

文档历史	3
目录	4
表格索引	5
1 引言	6
1.1. 适用模块	6
2 软件热管理 AT 命令详解	7
2.1. AT 命令说明	7
2.1.1. 定义	7
2.1.2. AT 命令语句	7
2.2. AT 示例声明	8
2.3. AT+QTEMP 查询温度值	8
2.4. AT+QTHERMAL 热管理机制拓展命令	9
2.4.1. AT+QTHERMAL="thermal_sensor" 查询指定温度传感器的温度	10
2.4.2. AT+QTHERMAL="thermal_level" 查询热管理等级	11
2.4.3. AT+QTHERMAL="urc_enable" 控制热管理等级 URC 上报	11
2.4.4. AT+QTHERMAL="pa_trigger" 设置 PA 的热管理机制	13
2.4.5. AT+QTHERMAL="mdm_trigger" 设置 MDM 的热管理机制	14
2.5. AT+QCFG="thermal5g/modem" 设置 PA 的热管理机制	15
2.6. AT+QCFG="thermal5g/mdm" 设置 MDM 的热管理机制	17
3 软件热管理机制	19
3.1. 5G NR Sub-6 GHz PA 热管理机制	19
3.1.1. 限制上行数据传输速率	19
3.1.2. 限制传输功率	20
3.1.3. 进入限制服务模式	21
3.2. 5G NR Sub-6 GHz MDM 热管理机制	21
3.2.1. 回退到 LTE	21
3.2.2. 进入限制服务模式	22
3.3. LTE PA 热管理机制	22
3.4. LTE MDM 热管理机制	22
3.4.1. 下线辅小区	22
3.4.2. 回退至 2RX	22
4 附录 术语缩写	24

表格索引

表 1: 适用模块	6
表 2: AT 命令类型	7
表 3: 软件热管理机制	19
表 4: 发射功率回退信息	20
表 5: 术语缩写	24

1 引言

本文档主要介绍了移远通信 5G RG50xQ 系列和 RM5xxQ 系列模块的软件热管理机制及相关的 AT 命令。当温度满足指定条件时，即可通过对应的热管理机制实现模块的热缓解。

1.1. 适用模块

表 1：适用模块

模块系列	模块型号
RG50xQ	RG500Q 系列
	RG501Q-EU
	RG502Q 系列
RM5xxQ	RM500Q 系列
	RM502Q-AE
	RM510Q-GL
	RM505Q-AE

2 软件热管理 AT 命令详解

2.1. AT 命令说明

2.1.1. 定义

- **<CR>** 回车符。
- **<LF>** 换行符。
- **<...>** 参数名称。实际命令行中不包含尖括号。
- **[...]** 可选参数或 TA 信息响应的可选部分。实际命令行中不包含方括号。若无特别说明，配置命令中的可选参数被省略时，将默认使用其之前已设置的值或其默认值。
- **下划线** 参数的默认设置。

2.1.2. AT 命令语句

前缀 **AT** 或 **at** 必须加在每个命令行的开头。输入 **<CR>** 将终止命令行。通常，命令后面跟随形式为 **<CR><LF><response><CR><LF>** 的响应。在本文档中表现命令和响应的表格中，省略了 **<CR><LF>**，仅显示命令和响应。

表 2：AT 命令类型

AT 命令类型	语句	描述
测试命令	AT+<cmd>=?	测试是否存在相应的命令，并返回有关其参数的类型、值或范围的信息。
查询命令	AT+<cmd>?	查询相应命令的当前参数值。
设置命令	AT+<cmd>=<p1>[,<p2>[,<p3>[...]]]	设置用户可定义的参数值。
执行命令	AT+<cmd>	返回特定的参数信息或执行特定的操作。

2.2. AT 示例声明

本文中的示例仅为方便用户了解 AT 命令的使用方法，不构成移远通信对终端流程设计的建议或意见，也不代表模块应被设置成相应示例中的状态。某些 AT 命令存在多个示例，这些示例之间不存在承接关系或连续性。

2.3. AT+QTEMP 查询温度值

该命令用于获取模块的温度值。

AT+QTEMP 查询温度值	
测试命令 AT+QTEMP=?	响应 OK
执行命令 AT+QTEMP	响应 +QTEMP:<sensor>,<temp> ... OK
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	/

参数

<sensor>	字符串类型。传感器类型。
"qfe_wtr_pa0"	4G/5G 低频段 ET PA 模块
"qfe_wtr_pa1"	4G/5G 中高频段 ET PA 模块
"qfe_wtr_pa2"	5G LB/MB GHz ET PA 模块
"qfe_wtr_pa3"	5G n41 PA 模块
"aoss0-usr"	常开子系统单元
"mdm-q6-usr"	DSP 处理器
"ipa-usr"	IP 加速器单元
"cpu0-a7-usr"	ARM 处理器
"mdm-5g-usr"	Modem 处理器 core1
"mdm-vpe-usr"	Modem 处理器 core2
"mdm-core-usr"	Modem 处理器 core3
"xo-therm-usr"	XO 晶体
"sdx-case-therm-usr"	BB 芯片
"ambient-therm-usr"	外部环境温度检测
<temp>	整型。温度值。单位：℃。

举例

```

AT+QTEMP                                     //查询模块温度值
+QTEMP:"qfe_wtr_pa0","35"
+QTEMP:"qfe_wtr_pa1","32"
+QTEMP:"qfe_wtr_pa2","30"
+QTEMP:"qfe_wtr_pa3","29"
+QTEMP:"aoss0-usr","31"
+QTEMP:"mdm-q6-usr","30"
+QTEMP:"ipa-usr","30"
+QTEMP:"cpu0-a7-usr","31"
+QTEMP:"mdm-5g-usr","30"
+QTEMP:"mdm-vpe-usr","30"
+QTEMP:"mdm-core-usr","30"
+QTEMP:"xo-therm-usr","29"
+QTEMP:"sdx-case-therm-usr","29"
+QTEMP:"ambient-therm-usr","29"

OK
    
```

备注

查询的温度为 0 °C 或-273 °C 时，表示当前传感器处于非活动状态，参数无意义。

2.4. AT+QTHERMAL 热管理机制拓展命令

该扩展命令用于配置模块软件热管理机制。

AT+QTHERMAL 热管理机制拓展命令

测试命令	响应
AT+QTHERMAL=?	+QTHERMAL: "thermal_sensor",<sensor> +QTHERMAL: "thermal_level" +QTHERMAL: "urc_enable", (支持的<enable>列表) +QTHERMAL: "pa_trigger",<level>,<trig>,<clr> +QTHERMAL: "mdm_trigger",<level>,<trig>,<clr>
	OK
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	/

2.4.1. AT+QTHERMAL="thermal_sensor" 查询指定温度传感器的温度

该命令用于查询模块支持的温度传感器名称以及查询指定温度传感器的温度。

AT+QTHERMAL="thermal_sensor" 查询指定温度传感器的温度

设置命令 AT+QTHERMAL="thermal_sensor"[,<sensor>]	<p>响应</p> <p>若省略可选参数，则查询模块支持的温度传感器的名称： +QTHERMAL: "thermal_sensor",<sensor1>,...,<sensorN></p> <p>OK</p> <p>若指定可选参数，则查询指定温度传感器的温度： +QTHERMAL: "thermal_sensor",<sensor>,<temp></p> <p>OK</p> <p>若有任何错误： ERROR</p>
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	/

参数

<sensorN> 字符串类型。温度传感器的名称。常用的传感器类型如下：

"pa" PA
"mdm" MDM

<temp> 整型。温度值。单位：℃。

举例

AT+QTHERMAL="thermal_sensor" //查询模块支持的温度传感器的名称

+QTHERMAL: "thermal_sensor","pa","mdm"

OK

AT+QTHERMAL="thermal_sensor","pa" //查询 PA 传感器的温度

+QTHERMAL: "thermal_sensor","pa",31

OK

2.4.2. AT+QTHERMAL="thermal_level" 查询热管理等级

该命令用于查询模块当前所有热管理机制的等级。

AT+QTHERMAL="thermal_level" 查询热管理等级

设置命令	响应
AT+QTHERMAL="thermal_level"	+QTHERMAL: "thermal_level",<thermal_mitigation>,<level> +QTHERMAL: "thermal_level",<thermal_mitigation>,<level> ... OK
	若有任何错误: ERROR
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	/

参数

<thermal_mitigation>	字符串类型。热管理机制。 "pa" PA 热管理机制 "mdm" MDM 热管理机制
<level>	整型。热管理机制等级。范围：0~3。详见第3章。

举例

```
AT+QTHERMAL="thermal_level" //查询模块当前所有热管理机制等级
+QTHERMAL: "thermal_level","pa",0

+QTHERMAL: "thermal_level","mdm",0

OK
```

备注

模块的温度越高，触发的热管理等级就越大。

2.4.3. AT+QTHERMAL="urc_enable" 控制热管理等级 URC 上报

该命令用于开启或者关闭热管理等级 URC +THERMAL: <thermal_mitigation>,<level>的上报。

AT+QTHERMAL="urc_enable" 控制热管理等级 URC 上报

设置命令

AT+QTHERMAL="urc_enable",<enable>]

响应

若省略可选参数，则查询当前配置：

+QTHERMAL: "urc_enable",<enable>

OK

若指定可选参数，则开启或关闭热管理等级 URC 上报：

OK

若有任何错误：

ERROR

最大响应时间

300 毫秒

特性说明

该命令立即生效；
参数配置自动保存。

参数

<enable>

整型。是否开启热管理等级 URC 的上报。

0 关闭。

1 开启。（开启后将在热管理等级发生变化时上报该 URC。格式为
+THERMAL: <thermal_mitigation>,<level>）

<thermal_mitigation>

字符串类型。模块支持的热管理机制。

"pa" PA

"mdm" Modem

<level>

整型。热管理机制等级。范围：0~3。详见第 3 章。

举例

AT+QTHERMAL="urc_enable"

//查询模块当前是否开启热管理等级 URC 上报

+QTHERMAL: "urc_enable",0

OK

AT+QTHERMAL="urc_enable",1

//开启热管理等级 URC 上报

OK

AT+QTHERMAL="urc_enable"

//查询模块是否已开启热管理等级 URC 上报

+QTHERMAL: "urc_enable",1

OK

+THERMAL: "pa",1

//当热管理等级发生变化时上报该 URC

2.4.4. AT+QTHERMAL="pa_trigger" 设置 PA 的热管理机制

该命令用于设置和查询 PA 的热管理机制。该命令同 **AT+QCFG="thermal5g/modem"**，详见第 2.5 章。建议客户使用 **AT+QTHERMAL="pa_trigger"**。

AT+QTHERMAL="pa_trigger" 设置 PA 的热管理机制	
设置命令 AT+QTHERMAL="pa_trigger"[,<level>,<trig>,<clr>]	响应 若省略可选参数，则查询当前配置： +QTHERMAL: "pa_trigger",1,<trig>,<clr> +QTHERMAL: "pa_trigger",2,<trig>,<clr> +QTHERMAL: "pa_trigger",3,<trig>,<clr> OK 若指定可选参数，则设置 PA 的热管理机制： OK 若有任何错误： ERROR
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	该命令重启后生效； 参数配置自动保存。

参数

<level>	整型。PA 热管理等级。每种热管理等级对应一组<trig>和<clr>。 1 Level 1，限制上行数据传输速率。（详见第 3.1.1 章） 2 Level 2，在 Level 1 的基础上，同步限制传输功率（详见第 3.1.2 章） 3 Level 3，进入限制服务模式（详见第 3.1.3 章）
<trig>	整型。触发温度阈值。当模块温度达到<trig>值时，将会触发对应的软件热管理等级（<level>）。 范围：0~120。单位：℃。 当<level>=1，<trig>表示触发限制上行速率的温度阈值。默认值：105。 当<level>=2，<trig>表示触发限制传输功率的温度阈值。默认值：110。 当<level>=3，<trig>表示进入限制服务模式的温度阈值。默认值：115。
<clr>	整型。终止温度阈值。当温度下降到<clr>值时，将会终止对应的软件热管理等级（<level>）。 范围：0~120。单位：℃。 当<level>=1，<clr>表示终止限制上行速率的温度阈值。默认值：100。 当<level>=2，<clr>表示终止限制传输功率的温度阈值。默认值：105。 当<level>=3，<clr>表示退出限制服务模式的温度阈值。默认值：110。

举例

```

AT+QTHERMAL="pa_trigger",1,105,100 //Level 1 通过限制上行速率的方式降低温度。若温度达到 105 °C 则限制上行速率；当温度降至 100 °C 时，则终止限制上行速率，从而终止 Level 1。

OK
AT+QTHERMAL="pa_trigger" //查询当前 PA 的热管理等级设置。
+QTHERMAL: "pa_trigger",1,105,100
+QTHERMAL: "pa_trigger",2,110,105
+QTHERMAL: "pa_trigger",3,115,110

OK
    
```

2.4.5. AT+QTHERMAL="mdm_trigger" 设置 MDM 的热管理机制

该命令用于设置和查询 MDM 的热管理机制。该命令同 **AT+QCFG="thermal5g/mdm"**，详见第 2.6 章。建议客户使用 **AT+QTHERMAL="mdm_trigger"**。

AT+QTHHERMAL="mdm_trigger" 设置 MDM 的热管理机制	
设置命令 AT+QTHERMAL="mdm_trigger" [<level>, <trig>, <clr>]	响应 若省略可选参数，则查询当前配置： +QTHERMAL: "mdm_trigger",1,<trig>,<clr> +QTHERMAL: "mdm_trigger",2,<trig>,<clr> +QTHERMAL: "mdm_trigger",3,<trig>,<clr> OK 若指定可选参数，则设置 MDM 的热管理机制： OK 若有任何错误： ERROR
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	该命令重启后生效。 参数配置自动保存。

参数

<level>	整型。MDM 热管理等级。每种热管理等级对应一组<trig>和<clr>。
1	Level 1（暂不支持）
2	Level 2，回退到 LTE 网络（详见第 3.2.1 章）
3	Level 3，进入限制服务模式（详见第 3.2.2 章）

<trig>	整型。触发温度阈值。当模块温度达到<trig>值时，将会触发对应的软件热管理等级(<level>)。 范围：0~120。单位：°C。 当<level>=1，<trig>表示触发 Level 1 的温度阈值。默认值：100。（暂不支持） 当<level>=2，<trig>表示回退到 LTE 网络的温度阈值。默认值：105。 当<level>=3，<trig>表示进入限制服务模式的温度阈值。默认值：110。
<clr>	整型。终止温度阈值。当温度下降到<clr>值时，将会终止对应的软件热管理等级(<level>)。 范围：0~120。单位：°C。 当<level>=1，<clr>表示终止 Level 1 的温度阈值。默认值：97。（暂不支持） 当<level>=2，<clr>表示终止回退 LTE 网络的温度阈值。默认值：98。 当<level>=3，<clr>表示退出限制服务模式的温度阈值。默认值：103。

举例

```

AT+QTHERMAL="mdm_trigger",2,105,98 //Level 2 通过回退 LTE 网络的方式降低温度。若温度达到 105 °C 则过回退 LTE 网络；当温度降至 98 °C 时，则恢复 5G 网络，从而终止 Level 2。

OK
AT+QTHERMAL="mdm_trigger" //查询当前 MDM 的热管理机制等级设置。
+QTHERMAL: "mdm_trigger",1,100,97
+QTHERMAL: "mdm_trigger",2,105,98
+QTHERMAL: "mdm_trigger",3,110,103

OK

```

备注

对于固件版本中包含 R13 字样的模块（如 RM502QAEAAR13A02M4G），暂不支持该命令。

2.5. AT+QCFG="thermal5g/modem" 设置 PA 的热管理机制

AT+QCFG="thermal5g/modem" 设置 PA 的热管理机制	
设置命令 AT+QCFG="thermal5g/modem"[,<level>,<trig>,<clr>]	响应 若省略可选参数，则查询当前配置： +QCFG: "thermal5g/modem",1,<trig>,<clr> +QCFG: "thermal5g/modem",2,<trig>,<clr> +QCFG: "thermal5g/modem",3,<trig>,<clr> OK 若指定可选参数，则设置 PA 的热管理机制：

	OK 若有任何错误： ERROR
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	该命令重启后生效； 参数配置自动保存。

参数

<level>	整型。PA 热管理等级。每种热管理等级对应一组<trig>和<clr>。 1 Level 1, 限制上行数据传输速率。（详见第 3.1.1 章） 2 Level 2, 在 Level 1 的基础上，同步限制传输功率（详见第 3.1.2 章） 3 Level 3, 进入限制服务模式（详见第 3.1.3 章）
<trig>	整型。触发温度阈值。当模块温度达到<trig>值时，将会触发对应的软件热管理等级（<level>）。 范围：0~120。单位：°C。 当<level>=1，<trig>表示触发限制上行速率的温度阈值。默认值：105。 当<level>=2，<trig>表示触发限制传输功率的温度阈值。默认值：110。 当<level>=3，<trig>表示进入限制服务模式的温度阈值。默认值：115。
<clr>	整型。终止温度阈值。当温度下降到<clr>值时，将会终止对应的软件热管理等级（<level>）。 范围：0~120。单位：°C。 当<level>=1，<clr>表示终止限制上行速率的温度阈值。默认值：100。 当<level>=2，<clr>表示终止限制传输功率的温度阈值。默认值：105。 当<level>=3，<clr>表示退出限制服务模式的温度阈值。默认值：110。

举例

AT+QCFG="thermal5g/modem",1,105,100 OK AT+QCFG="thermal5g/modem" +QCFG: "thermal5g/modem",1,105,100 +QCFG: "thermal5g/modem",2,110,105 +QCFG: "thermal5g/modem",3,115,110 OK	//Level 1 通过限制上行速率的方式降低温度。若温度达到 105 °C 则限制上行速率；当温度降至 100 °C 时，则终止限制上行速率，从而终止 Level 1。 //查询当前 PA 的热管理等级设置。
---	--

2.6. AT+QCFG="thermal5g/mdm" 设置 MDM 的热管理机制

AT+QCFG="thermal5g/mdm" 设置 MDM 的热管理机制	
设置命令 AT+QCFG="thermal5g/mdm"[,<level>,<trig>,<clr>]	响应 若省略可选参数，则查询当前配置： +QCFG: "thermal5g/mdm",1,<trig>,<clr> +QCFG: "thermal5g/mdm",2,<trig>,<clr> +QCFG: "thermal5g/mdm",3,<trig>,<clr> OK 若指定可选参数，则设置 MDM 的热管理机制： OK 若有任何错误： ERROR
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	该命令重启后生效； 参数配置自动保存。

参数

<level>	整型。MDM 热管理等级。每种热管理等级对应一组<trig>和<clr>。 1 Level 1（暂不支持） 2 Level 2，回退到 LTE 网络（详见第 3.2.1 章） 3 Level 3，进入限制服务模式（详见第 3.2.2 章）
<trig>	整型。触发温度阈值。当模块温度达到<trig>值时，将会触发对应的软件热管理等级（<level>）。 范围：0~120。单位：°C。 当<level>=1，<trig>表示触发 Level 1 的温度阈值。默认值：100。（暂不支持） 当<level>=2，<trig>表示回退到 LTE 网络的温度阈值。默认值：105。 当<level>=3，<trig>表示进入限制服务模式的温度阈值。默认值：110。
<clr>	整型。终止温度阈值。当温度下降到<clr>值时，将会终止对应的软件热管理等级（<level>）。 范围：0~120。单位：°C。 当<level>=1，<clr>表示终止 Level 1 的温度阈值。默认值：97。（暂不支持） 当<level>=2，<clr>表示终止回退 LTE 网络的温度阈值。默认值：98。 当<level>=3，<clr>表示退出限制服务模式的温度阈值。默认值：103。

举例

<p>AT+QCFG="thermal5g/mdm",2,105,98</p> <p>OK</p> <p>AT+QCFG="thermal5g/mdm"</p> <p>+QCFG: "thermal5g/mdm",1,100,97</p> <p>+QCFG: "thermal5g/mdm",2,105,98</p> <p>+QCFG: "thermal5g/mdm",3,110,103</p> <p>OK</p>	<p>//Level 2 通过回退 LTE 网络的方式降低温度。若温度达到 105 °C 则过回退 LTE 网络；当温度降至 98 °C 时，则恢复 5G 网络，从而终止 Level 2。</p> <p>//查询当前 MDM 的热管理机制等级设置。</p>
--	--

备注

对于固件版本中包含 R13 字样的模块（如 RM502QAEAAR13A02M4G），暂不支持该命令。

3 软件热管理机制

表 3：软件热管理机制

热管理机制	热管理等级			
	传感器	Level 1	Level 2	Level 3
5G NR Sub-6 GHz PA	qfe_wtr_pa0 ~ qfe_wtr_pa3	限制上行数据传输速率	限制传输功率（MTPL）	受限服务
5G NR Sub-6 GHz MDM	mdm-core-usr	-	回退到 LTE	受限服务
LTE PA	qfe_wtr_pax	限制上行数据传输速率	限制传输功率（MTPL）	受限服务
LTE MDM	mdm-core-usr	-	<ul style="list-style-type: none"> 下线辅小区 回退至 2RX 	受限服务

3.1. 5G NR Sub-6 GHz PA 热管理机制

3.1.1. 限制上行数据传输速率

上行限速降低了 PUSCH 传输速率的占空比，减少了 PA 的开启时间，通过降低发射功耗从而降低温度。

通过执行 **AT+QCFG="thermal5g/modem",1,<trig>,<clr>** 或 **AT+QTHERMAL="pa_trigger",1,<trig>,<clr>**，模块可基于指定的温度阈值，在一定周期内对上行数据传输速率进行限制。

以 **AT+QCFG="thermal5g/modem",1,105,100**（触发温度阈值为 105 °C，终止温度阈值为 100 °C）为例，热管理机制如下：

1. 模块传感器"qfe_wtr_pax0"~"qfe_wtr_pax3"中任意一个获取的温度值达到 105 °C（触发温度阈值）时，模块将进入 Level 1 并限制上行数据传输速率至 100 Mbps。
2. 模块每隔 15 秒检测一次温度，若温度持续高于 100 °C（终止温度阈值），则每次检测周期后降低 20 Mbps，直到降至最低值 20 Mbps，上行数据传输速率将保持在 20 Mbps。
3. 同时，上行数据会以 130 毫秒的发送期和 130 毫秒的停止期为周期间歇性发送，停止期内 PA 会进入短暂休眠以降低 PA 的发射功率。无数据传输时将关闭 PA。
4. 温度降至 100 °C 后，退出 Level 1 并不再限制上行数据传输速率。

备注

限制上行速率和间歇发送数据的原理是 UE 上报假的 BSR 给基站，由基站控制模块的上行信道速率。

3.1.2. 限制传输功率

限制 PA 功率可以减少 PA 的工作负载。

通过执行 **AT+QCFG="thermal5g/modem",2,<trig>,<clr>** 或 **AT+QTHERMAL="pa_trigger",2,<trig>,<clr>**，模块可基于设置的温度阈值，在一定周期内根据特定功率回退值对功率进行限制。功率回退为占空比模式，30 毫秒为半周期，占空比为 50 %。

发射功率回退信息如下表所列：

表 4：发射功率回退信息

参数类别	参数名称	参数值	备注
基准功率回退	P_backoff	3 dBm	
最大功率回退	Max_backoff	15 dBm	PA 功率回退（以 PA 正常功率为 21 dBm 为例）： 21 dBm、18 dBm、15 dBm、 15 dBm、15 dBm……
非回退持续时间	T_on	30 毫秒	
回退持续时间	T_off	30 毫秒	
回退持续周期	Step_timer	15 秒	

以 **AT+QCFG="thermal5g/modem",2,110,105**（触发温度阈值为 110 °C，终止温度阈值为 105 °C）、正常功率为 21 dBm 为例，热管理机制如下：

1. 模块传感器"qfe_wtr_pax0"~"qfe_wtr_pax3"中任意一个获取的温度值达到 110 °C 时，模块将进入 Level 2 并开始回退 PA 功率，由 21 dBm 回退至 18 dBm（初始基准功率回退值为 3 dBm），持续 30 毫秒（*T_off*）；之后将恢复为 21 dBm，持续 30 毫秒（*T_on*）；如此往复，持续 15 秒（*Step_timer*）。
2. 以 3 dBm 回退值持续 15 秒后，若温度持续高于 105 °C（终止温度阈值），则开始以 6 dBm 回退值开始新的回退周期，发射功率将按 30 毫秒周期，在 21 dBm 和 15 dBm 交替。
3. 以 6 dBm 回退值持续 15 秒后，若温度持续高于 105 °C，PA 功率将一直以 6 dBm 的回退值、以 30 毫秒为周期，在 21 dBm 和 15 dBm 交替。
4. 温度降至 105 °C 后，退出 Level 2 并不再回退发射功率。

备注

当软件热管理机制进入 Level 2 时，Level 1 仍然有效，即同时执行限制上行数据传输速率和限制传输功率。

3.1.3. 进入限制服务模式

当限制上行速率和降低发射功率仍然无法阻止模块温度继续升高时，模块会停止除紧急电话之外的所有服务，以保护硬件，避免高温损坏。

通过执行 **AT+QCFG="thermal5g/modem",3,<trig>,<clr>** 或 **AT+QTHERMAL="pa_trigger",3,<trig>,<clr>**，模块可基于设置的温度阈值进入限制服务状态，通过受限服务的方式降低模块温度。

以 **AT+QCFG="thermal5g/modem",3,115,110**（触发温度阈值为 115 °C，终止温度阈值为 110 °C）为例，当传感器"qfe_wtr_pax0"~"qfe_wtr_pax3"获取的温度值达到 115 °C 时，模块将进入 Level 3。此时，模块只能拨打紧急电话，不能使用其他功能。

备注

软件热管理机制进入 Level 3 后，只有当模块的温度低于 Level 1 的终止温度阈值（即"qfe_wtr_pax0"~"qfe_wtr_pax3"中任意传感器获取的最高的温度值降至终止限制上行数据传输速率的温度阈值以下），模块才能恢复正常工作。

3.2. 5G NR Sub-6 GHz MDM 热管理机制

3.2.1. 回退到 LTE

当模块处于 5G NSA 网络时，通过执行 **AT+QCFG="thermal5g/mdm",2,<trig>,<clr>** 或 **AT+QTHERMAL="mdm_trigger",2,<trig>,<clr>**，模块会按照设置的温度阈值回退到 LTE 以减轻 MDM CPU 的工作负载，达到降温的目的。

以 **AT+QCFG="thermal5g/mdm",2,105,98**（触发温度阈值为 105 °C，终止温度阈值为 98 °C）为例，当传感器"mdm-core-usr"获取的温度值达到 105 °C 时，模块将进入 Level 2，自动回退到 LTE 网络；当温度下降至 98 °C 时，模块退出 Level 2，并恢复 5G 网络。

备注

仅在 5G NSA 网络下才会回退到 LTE 网络，5G SA 网络下不会回退到 LTE 网络。

3.2.2. 进入限制服务模式

进入限制服务模式后，模块会停止除紧急电话之外所有服务，以保护硬件，避免高温损坏。

通过执行 **AT+QCFG="thermal5g/mdm",3,<trig>,<clr>** 或 **AT+QTHERMAL="mdm_trigger",3,<trig>,<clr>**，模块可基于设置的温度阈值进入限制服务状态，通过受限服务的方式降低模块温度。

以 **AT+QCFG="thermal5g/mdm",3,110,103**（触发温度阈值为 110 °C，终止温度阈值为 103 °C）为例，当传感器"mdm-core-usr"获取的温度值达到 110 °C 时，模块将进入 Level 3，此时，模块只能拨打紧急电话，不能使用其他功能。

备注

软件热管理机制进入 Level 3 后，只有当模块的温度低于 Level 1 的终止温度阈值，模块才能恢复正常工作。

3.3. LTE PA 热管理机制

LTE PA 的热管理机制和 5G NR Sub-6 GHz PA 热管理机制是相互独立的。LTE 网络下 PA 的热管理机制和 5G NR Sub-6GHz PA 热管理机制类似，详见第 3.1 章。具体的差异如下：

LTE 网络下限制上行数据传输速率最低降至 1 Mbps，限制传输功率是从模块的最大发射功率开始降低，最大降低 5 dBm。

3.4. LTE MDM 热管理机制

LTE 网络下 MDM 的热管理机制和 5G NR Sub-6 GHz MDM 热管理机制类似，详见第 3.2 章。具体的差异主要是触发 Level 2 时的机制。在 LTE 网络下，模块会通过下线辅小区和回退至 2RX 的方式使模块降温。

3.4.1. 下线辅小区

模块通过在 LTE 网络上报 CQI-0（表示下线辅小区），在 5G NR 网络上报 CQI-0 和 Rank 1 来减少载波聚合包络以降低功耗。

3.4.2. 回退至 2RX

将任何支持 4RX 的 CC 降低到 2RX，以降低射频收发器和 modem 基带的功率。

备注

若模块的接收天线配置为 2RX，则触发该机制时不再回退接收天线数量。

4 附录 术语缩写

表 5：术语缩写

缩写	英文全称	中文全称
5G NR	5 Generation New Radio	5G 新空口
BB	Baseband	基带
BSR	Buffer Status Request	缓存状态报告
CC	Component Carrier	分量载波
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
ET	Envelope Tracking	包络跟踪
LTE	Long-Term Evolution	长期演进
MDM	Modem	调制解调器
MT	Mobile Termination	移动终端
MTPL	Maximum Transmission Power Level	最大发射功率电平
NSA	Non-Standalone	非独立组网
PA	Power Amplifier	功率放大器
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel	物理上行共享信道
SA	Standalone	独立组网
TA	Terminal Adapter	终端适配器
UE	User Equipment	用户设备
UL	Uplink	上行链路
XO	Crystal Oscillator	晶体振荡器
URC	Unsolicited Result Code	非请求结果码