



菲曼产品手册

IM19

惯性模组

V1. 3. 9

修订记录

Revisions	date	Sign off
V1.3.9	06-2023	ZJ
V1.3.8	04-2023	LQ
V1.3.7	10-2022	LQ
V1.3.6	07-2022	LQ
V1.3.5	06-2022	LQ
V1.3.4	05-2022	LQ
V1.3.3	04-2022	LQ
V1.3.2	04-2022	LQ
v1.3.1	02-2022	JL
v1.3	07-2021	LQ
v1.2	01-2021	LQ
v1.1	07-2020	LQ
v1.0	01-2019	LQ

目录

1. 产品简介	3
2. 技术规格参数	3
3. 硬件使用说明	3
3.1 模块电源参数	3
3.2 引脚描述	4
3.3 参考设计	5
3.4 封装尺寸	5
4. 软件开发说明	6
4.1 数据通信协议	6
4.2 配置指令集	10
4.3 配置指令集概览	10
4.4 指令详细说明	11
5. 倾斜测量模式配置流程	13
6. 农机定向模式配置流程	13
7. 手持倾斜测量模式配置流程	14
8. 倾斜测量模式实际使用流程	14
9. 焊接注意事项	15

1. 产品简介

IM19 惯性模组利用 MEMS 传感器和 GNSS 定位数据，可实现低成本、高精度的姿态测量和航位推算（Dead-Reckoning）。

2. 技术规格参数

IM19规格参数

陀螺仪	量程	$\pm 1000 \text{ deg/s}$
	零偏精度	$\pm 0.2 \text{ deg/s}$
	角度随机游走	$0.12 \text{ deg}/\sqrt{\text{h}}$
加速度计	量程	$\pm 8 \text{ g}$ （可调整至 $\pm 16\text{g}$ ）
	零偏精度	$\pm 5 \text{ mg}$
	角度随机游走	$0.02 \text{ m/s}/\sqrt{\text{h}}$
磁力计	量程	$\pm 500 \text{ uT}$
	分辨率	0.15 uT
	温漂	$0.027 \text{ uT}/^\circ\text{C}$
姿态精度	$\pm 0.05\text{deg}$	
姿态测量范围	$-90\text{deg}-90\text{deg}$	
航向精度	$\pm 0.5\text{deg}$	
速度误差	3cm	
惯性推估精度	$\leq 1\% * D$ （ 1σ 、车载）	
数据采样率	100Hz	
倾斜测量精度	$1\text{cm } 30^\circ$	
倾斜测量初始化	$1-2\text{s}$	
农机自动驾驶航向精度	0.5° （95%）	
功耗	$130\text{mA} * 3.3\text{v}$	
工作环境	-40°C to 85°C	
存放温度	-40°C to 90°C	
湿度	95% 非凝露	

3. 硬件使用说明

3.1 模块电源参数

电 源	MIN	TYP	MAX	UNITS
电源电压	3.0	3.3	3.6	V
供电电流	120	130	140	mA

3.2 引脚描述

管脚	网络	功能（所有端口逻辑电压为 3.3V）
1	BOOT	启动模式选择管脚，置高 BOOT 模式，悬空或置低正常启动
2	RESET	硬件复位管脚，内部上拉，拉低 10ms 以上复位模块
3	GND	电源地
4	GND	电源地
5	GPIO	输出 IO 口，可接有源蜂鸣器
6	3V3	处理器电源
7	UART2_TX	串口 2 发送，与 GNSS 板卡 RX 接口相连
8	UART2_RX	串口 2 接收，与 GNSS 板卡 TX 接口相连
9	GND	电源地
10	3V3	传感器电源
11	NC	悬空
12	NC	悬空
13	UART3_RX	串口 3 接收，可用于模块配置、消息输出及固件升级
14	UART3_TX	串口 3 发送，可用于模块配置、消息输出及固件升级
15	1PPS	1PPS 引脚，与 GNSS 板卡 1PPS 相连
16	UART1_TX	串口 1 发送，可用于模块配置、消息输出及固件升级
17	UART1_RX	串口 1 接收，可用于模块配置、消息输出及固件升级
18	GND	电源地
19	SWDIO	调试接口，悬空
20	SWCLK	调试接口，悬空
21	GND	电源地

3.4 封装尺寸

4. 软件开发说明

4.1 数据通信协议

4.1.1 MEMS 原始数据协议

IM19 模组可以输出 100Hz 的 MEMS 原始数据，协议采用小端模式（存储时低字节在低地址，传输时低字节优先传输），其中加速度计单位为：g，陀螺仪数据单位为：rad/s。

项目	内容	类型	相对位置
数据头	f	char	1
数据头	m	char	2
数据头	i	char	3
数据类型	m	char	4
字段 1	hhmmss.ss	double	5
字段 2	加速度 X 轴数据	float	13
字段 3	加速度 Y 轴数据	float	17
字段 4	加速度 Z 轴数据	float	21
字段 5	陀螺仪 X 轴数据	float	25
字段 6	陀螺仪 Y 轴数据	float	29
字段 7	陀螺仪 Z 轴数据	float	33
字段 8	保留字段	float	37
字段 9	保留字段	float	41
字段 10	保留字段	float	45
校验和	1-48Byte 求和	uint16_t	49
数据尾	e	char	51
数据尾	d	char	52

4.1.2 GNSS 原始数据协议

IM19 模组所输出的 GNSS 原始数据，源自 GNSS 接收机对模组的输出数据，其数据频率与 GNSS 接收机输出频率一致，一般为 5Hz。协议采用小端模式（存储时低字节在低地址，传输时低字节优先传输）。需要注意：模组对外输出的 GNSS 原始数据实时性较低，实时性要求较高的场合，请直接从 GNSS 接收机读取数据。

项目	内容	类型	相对位置
数据头	f	char	1
数据头	m	char	2
数据头	i	char	3
数据类型	g	char	4
字段 1	hhmmss.ss	double	5
字段 2	纬度(DEG)	double	13
字段 3	经度(DEG)	double	21
字段 4	高度	double	29
字段 5	北向速度	float	37
字段 6	东向速度	float	41
字段 7	向下速度	float	45
字段 8	北向位置方差	float	49
字段 9	东向位置方差	float	53
字段 10	高程位置方差	float	57
字段 11	保留	float	61
字段 12	保留	float	65
字段 13	双天线航向	float	69
字段 14	HRMS	float	73
字段 15	VRMS	float	77
字段 16	HDOP	float	81
字段 17	VDOP	float	85
字段 18	卫星数量	uint8_t	89
字段 19	解状态	uint8_t	90
字段 20	差分龄期	uint8_t	91
校验和	1-91Byte 求和	uint16_t	92
数据尾	e	char	94
数据尾	d	char	95

4.1.3 NAVI 惯性定位数据协议

IM19 模组输出的 NAVI 惯性定位数据是 MEMS 数据和 GNSS 数据的融合定位结果。数据包括了：经纬高、NED 速度 (m/s)、欧拉角(rad)、陀螺仪零偏(rad/s)、加速度计零偏(m/s²)。其中，经纬高可以根据欧拉角和指定的臂杆坐标进行映射，完成如倾斜测量等类似的功能。协议采用小端模式（存储时低字节在低地址，传输时低字节优先传输）。

项目	内容	类型	相对位置
数据头	f	char	1
数据头	m	char	2
数据头	i	char	3
数据类型	n	char	4
字段 1	hhmmss.ss	double	5
字段 2	纬度	double	13
字段 3	经度	double	21
字段 4	高程	double	29
字段 5	北向速度	float	37
字段 6	东向速度	float	41
字段 7	向下速度	float	45
字段 8	横滚角	float	49
字段 9	俯仰角	float	53
字段 10	航向角	float	57
字段 11	定位精度	float	61
字段 12	加速度计 X 轴零偏	float	65
字段 13	加速度计 Y 轴零偏	float	69
字段 14	加速度计 Z 轴零偏	float	73
字段 15	陀螺仪 X 轴零偏	float	77
字段 16	陀螺仪 Y 轴零偏	float	81
字段 17	陀螺仪 Z 轴零偏	float	85
字段 18	传感器温度	float	89
字段 19	状态字 STATUS	uint32_t	93
校验和	1-96Byte 求和	uint16_t	97
数据尾	e	char	99
数据尾	d	char	100

4.1.4 字符格式 NAVI 惯性定位数据协议

字符格式输出意义与 4.1.3 一致，输出为文本形式，校验方式与 NMEA0813 一致，语句结构如下，其中 HRms, NumSat, AgeDiff, NavMod 均为 IM19 解析到的 RTK 的相关定位信息。

\$GPFMI, Utc, Lat, Lon, Hgt, Roll, Pitch, Yaw, HRms, NumSat, AgeDiff, NavMod, Status*Checksum

4.1.5 惯性定位数据状态字说明

在 4.1.3 和 4.1.4 述表中，定义了状态字 STATUS，其具体含义如下：

NAVI 数据 STATUS 状态字			
序号	名称	字符位	含义
1	Finit	0X00000001	滤波器未初始化标志
2	Ready	0X00000002	滤波器收敛完成标志
3	Inaccurate	0X00000004	滤波器收敛过程中
4	TiltReject	0X00000008	倾角过大标志位
5	GnssReject	0X00000010	GNSS 定位数据差标志位
6	FReset	0X00000020	滤波器重置标志位
7	FixRlsStage1	0X00000040	倾斜测量安装角估计阶段 1
8	FixRlsStage2	0X00000080	倾斜测量安装角估计阶段 2
9	FixRlsStage3	0X00000100	倾斜测量安装角估计阶段 3
10	FixRlsStage4	0X00000200	倾斜测量安装角估计阶段 4
11	FixRlsOK	0X00000400	倾斜测量安装角估计完成
12	Direction1	0X00002000	初始化晃动方向 1
13	Direction2	0X00004000	初始化晃动方向 2
14	GnssLost	0X00010000	滤波器判定 GNSS 数据无效
15	FInitOk	0X00020000	初始化完成标志
16	PPSReady	0X00040000	收到 PPS 信号
17	SyncReady	0X00080000	模块时间同步成功
18	GnssConnect	0X00100000	模块解析到 RTK 数据

备注：

7-11： 模块支持对中杆标定补偿功能，通过标志位指示标定状态。

12-13： 初始化晃动方向标志位用于在初始化阶段指示用户需要转动对中杆。当设备没有经过室内或室外标定时，首次初始化前后晃动 3-5 秒后需要转动 90°继续前后晃动 3-5 秒以完成初始化。

16-18： 收到 1PPS 信号和有效的 RTK 数据后进行时间同步，**1PPS 信号默认下降沿有效，可通过指令修改。**

4.2 配置指令集

通过串口 1 或者串口 3 可以对模块进行配置，指令的结构为：

`AT+COMMAND[=][PARA1],[PARA2],[PARA3]\r\n`

其中，所有字母均为大写，[]内部为可选参数，除模块激活指令外，任何配置如果不进行保存，则会断电重置。默认波特率为：115200bps。对指令的基本响应为：

`\r\nOK\r\n\r\n` 或 `\r\nError\r\n\r\n`

4.3 配置指令集概览

指令概览	
AT+SYSTEM_RESET	模块复位
AT+SAVE_ALL	保存参数
AT+UPDATE_APP	更新固件，协议见附件
AT+UPDATE_BOOT	更新 Bootloader，协议见附件
AT+GNSS_CARD=OEM	设置板卡类型
AT+READ_PARA=SYSTEM/ALL	读取模块参数
AT+LOAD_DEFAULT	加载默认参数
AT+AUTO_FIX=ENABLE/DISABLE	倾斜测量应用中的安装角估计
AT+CLUB_VECTOR=X,Y,Z	设置位置映射向量
AT+NAVI_OUTPUT=UART1,ON/OFF/RATE	NAVI 惯性定位输出,频率可控,RATE=0-100
AT+NASC_OUTPUT=UART1,ON/OFF/RATE	字符类型的 NAVI 惯性定位输出,频率可控,RATE=0-100
AT+MEMS_OUTPUT=UART1,ON/OFF/RATE	MEMS 原始数据输出,频率可控,RATE=0-100
AT+GNSS_OUTPUT=UART1,ON/OFF	GNSS 原始数据输出
AT+LEVER_ARM =X,Y,Z	设置臂杆向量
AT+LEVER_ARM2 =X,Y,Z	设置臂杆向量，会自动根据安装角调整输入臂杆值
AT+CHECK_SYNC	查询 MEMS 时间戳是否与 GNSS 同步
AT+HIGH_RATE=ENABLE/DISABLE	高速率模式设置
AT+ACTIVATE_KEY=KEY	模块激活
AT+ALIGN_VEL=1.0	设置初始对准速度阈值
AT+VERSION	查询固件版本
AT+GNSS_PORT=PHYSICAL_UART2	设置与 GNSS 板卡通信的物理串口，保存重启后生效
AT+WORK_MODE=X	设置模块工作模式
AT+INSTALL_ANGLE=X,Y,Z	设置模块安装角度
AT+THIS_PORT	查询当前串口号
AT+FILTER_STOP=ENABLE/DISABLE	使得滤波器进入或退出停机模式
AT+LOOP_BACK=UARTn/NONE	UARTn 进入或退出回环模式
AT+FILTER_RESET	滤波器复位
AT+CHECK_CRC=N	计算 IM19 固件 CRC，用于核对固件，N 为固件大小
AT+CORRECT HOLDER= ENABLE/DISABLE	开启或关闭杆长补偿
AT+DISABLE_OUTPUT=UARTx	禁止串口所有消息输出

AT+CALIBRATE_MODE2=STEPx,LEVELx	开始工厂标定指令，细节参考 IM19 标定流程手册
AT+SET_CHECK_LEVEL=LEVELx	设置标定核对等级，细节参考 IM19 标定流程手册
AT+FACTORY_PARA_x=X,Y,Z	工厂参数恢复指令，细节参考 IM19 标定流程手册
AT+SET_PPS_EDGE=RISING/FALLING	设置 PPS 有效边沿

4.4 指令详细说明

(1) AT+GNSS_CARD=OEM

设置 GNSS 板卡的类型，主要有 4 种类型，主要是 Hemisphere 板卡、NOVTEL 板卡、UNICORE 板卡和通用类型板卡 OEM。

设置成 HEMI 板卡，输入 Bin3 消息。

设置成 UNICORE 板卡，输入 BESTPOSB、PSRVELB 和 GPGGA。

设置成 OEM 板卡，输入 GPGGA、GPRMC、GPGST 三种消息类型。

设置成 NOVTEL 板卡，输入 BESTPOSB、BESTVELB 和 GPGGA，设置速度为多普勒速度。

通用板卡 OEM 已经验证可支持板卡包括：思南板卡 Septentrio 板卡

注意:

1.模组需要的速度信息为多普勒速度,以避免速度延迟。

2.除设置成 OEM 板卡外，其他 GNSS 报文输入 IM19 后，IM19 可得到的时间均为 Tow 时间，由于 IM19 内部无法确定闰秒时间，所以 IM19 输出消息中的 UTC 时间均按照 18 秒做闰秒调整。如果使用 IM19 输出消息内的时间，建议结合 GNSS 板卡输出的真实闰秒时间，做时间调整。

(2) AT+AUTO_FIX=ENABLE

可以通过此指令来完成倾斜测量应用中的安装角估计。注意，此指令只有在滤波器收敛稳定后，处于 Ready 状态时，才会起作用。当估计完成时，自动返回 DISABLE 状态

(3) AT+CLUB_VECTOR= X,Y,Z

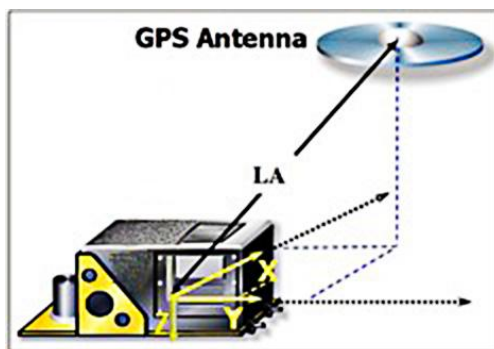
IM19 模组支持将 GNSS 天线相位中心位置根据当前姿态映射到任意指定位置。映射时需要设置映射向量，向量坐标系原点位于天线相位中心，坐标轴方向为 IM19 模块定义坐标系方向（章节 1.4）。

(4) AT+LEVER_ARM=X,Y,Z

(5) AT+LEVER_ARM2=X,Y,Z

一般来说，GNSS 天线相位中心位置与 MEMS 传感器坐标系原点无法重合，当存在转动时，GNSS 所测得的位置和速度严格来讲并不是 MEMS 传感器所感知的位置和速度变化，因

此，需要进行一个映射来解决这个问题。映射向量坐标系原点为 MEMS 传感器坐标系原点，坐标轴方向为 IM19 模块定义坐标系方向（章节 1.4）。如下图所示，需要设置天线到 IMU 坐标系原点的三维坐标 (X,Y,Z)，可通过此指令进行设置。注意：下图所示的 Z 轴，如果天线位于 IMU 上方，Z 值为负，天线位于 IMU 下方，Z 值为正。



通过 AT+LEVER_ARM 设置臂杆参数时，如果设置了安装角，应在旋转后的模组坐标系下设置臂杆参数。

通过 AT+LEVER_ARM2 设置臂杆参数时，会根据当前设置的安装角信息对臂杆参数进行旋转，因此，测量臂杆参数时应在模组默认坐标系下进行。

(6) AT+HIGH_RATE=ENABLE

高速率模式，在输出 NAVI 数据时为 100Hz，并且为实时性输出，但精度相对略差，建议在实时性要求高的应用场合设置为高速率模式，在测量应用场合取消高速率输出，此时输出的数据速率与 GNSS 速率一致。

(7) AT+LOOP_BACK=UART1

可以通过此指令使得串口进入回环模式，串口将返回接收到的数据，用于测试串口是否连通，此项配置不会保存，断电消失。

(8) AT+FILTER_STOP=ENABLE

可以通过此指令挂起滤波器，如果希望在没有开启倾斜测量等功能时，模组不工作，可以发送指令。如果 IM19 滤波器已经运行，会复位滤波器然后再进入挂起状态。

(9) AT+CORRECT_HOLDER= ENABLE/DISABLE

可以通过此指令来开启或关闭杆长修正，杆长修正主要针对天线相位中心测量不准确，杆长有误差的情况，开启后会在安装角估计时，同步估计杆长误差，如果杆长误差小于 5cm，则会进行杆长修正，但是，杆长修正量估计，容易受到对中杆形变影响，在估计时应注意晃动速度，速度应在 1m/s 左右。

(10) AT+WORK_MODE=x

设置模组工作模式，由于模组应用场合不同，所以工作模式也有所差异，固件出厂默认倾斜测量模式。

倾斜测量模式：x=152

车载推算模式：x=13

车载定向模式：x=72

手持倾斜测量模式：x=410

倾斜测量晃动+无感初始化模式：x=408，此模式下首次使用需要通过晃动完成初始化。

5. 倾斜测量模式配置流程

开机后请发送以下指令，如果 IM19 贴片在板子背面，在发送第 5 条指令前，请发送指令 **AT+INSTALL_ANGLE=180,0,0**。注意：下面所列出的指令中，通信串口、GNSS 板卡类型、LEVER_ARM 及 CLUE_VECTOR 请根据具体的硬件实施方式设置。

1. AT+NAVI_OUTPUT=UART1,ON
2. AT+LEVER_ARM=0,0,0
3. AT+CLUB_VECTOR=0,0,1.855
4. AT+GNSS_CARD=HEMI
5. AT+WORK_MODE=152
6. AT+SAVE_ALL

6. 农机定向模式配置流程

农机单天线测航向应用中,需要将模组 X 轴与前进方向对齐,如果模组安装方向与前进方向不一致,可以通过 AT+INSTALL_ANGLE 指令调整.农机定向模式基本配置如下,其中臂杆参数配置需根据实际情况设置.

注意:农机定向模式输出的 NAVI 消息中,加速度计零偏及陀螺仪零偏将被替换成算法补偿后的加速度及角速度,用于农机车辆控制.

1. AT+NAVI_OUTPUT=UART1,ON
2. AT+LEVER_ARM=0,0,0
3. AT+GNSS_CARD=HEMI
4. AT+WORK_MODE=72
5. AT+SAVE_ALL

7. 手持倾斜测量模式配置流程

手持倾斜测量模式首次使用需要在有 RTK 定位的环境下, 手持设备在空中绕 8 字估计初始参数, 首次估计完成保存后, 后面再次重启使用时, 不再需要画 8 字.手持倾斜测量模式基本配置如下.

1. `AT+NAVI_OUTPUT=UART1,ON`
2. `AT+LEVER_ARM=0,0,0`
3. `AT+CLUB_VECTOR=0,0,1.855`
4. `AT+GNSS_CARD=HEMI`
5. `AT+WORK_MODE=410`
6. `AT+SAVE_ALL`

8. 倾斜测量模式实际使用流程

设备开机, GNSS 板卡输出固定解, 时间同步后, 在这个阶段 IM19 输出定位状态: 未初始化状态。原地前后晃动对中杆, 晃动保证对中杆末端放置于地面不动, 晃动 1-2 来回后, IM19 输出定位状态: 初始化完成。

注意:

如果用户整机未在工厂内部进行了安装角标定, 首次使用初始化时需要根据 IM19 给出的提示转动 90°, 以完成初始化。如果设备持续使用, 可以保证不需要转动 90°即可完成初始化。未标定设备初始化需要转动的过程, 在产品使用寿命中, 最多需要 4 次。

9. 焊接注意事项

如果模组包装非密闭或没有防潮干燥剂，贴片前需要低温烘烤排除水蒸气，最少要 60 度烘烤 24 小时后才能上产线贴片。

8.1. 贴片需要高温烘烤，60℃、48H，烘烤结束后，请立即进行贴片。

8.2. 建议使用无铅免清洗焊锡膏，焊接完成无需清洗。

8.3. 无铅锡膏中合理的 Sn、Ag、Cu 金属配比能在表贴焊接时达到比较理想的应用温度、固化机制和机械性能的效果，比如良好的熔点，疲劳寿命，焊接强度等。

例如：千住无铅水溶性锡膏。

成分比列：A g 3.0 ± 0.1 / C u 0.50 ± 0.05 / S n。

熔化温度：217℃~220℃。

应注意，熔融温度幅度较大可能导致急剧融化和凝固引起立碑加焊。

8.4. 钢网厚度和锡膏量应考虑实际生产效果而定。

8.5. 强烈推荐热回流焊接对流式焊接炉。对流加热烤箱可以精确控制温度。无论材料特性、组件厚度和表面颜色如何，部件都能均匀加热。

8.5.1 预热阶段

在回流焊的预加热阶段，（模组）元器件和锡膏的线和球体（焊盘）得到烘烤加热，而器件其它残余湿度水分也将被干燥烘干。值得注意的是，这个阶段并不能代替贴片前 PCB 和物料的烘烤。

升温速率：max 3℃/S。如果温升过快，可能导致锡膏较大坍塌。

预热时间：60~120S。预热不足会产生较大的焊锡球。相反，预热过长，焊锡球将会聚集产生。

终止温度：150℃~200℃。温度过低，一些热熔量较大的区域将不会融化。

8.5.2 加热-回流焊阶段

液态温度 217℃ 以上。避免温度突然升高，引起物料塌陷。

超过 217℃ 的时间：40-60S。

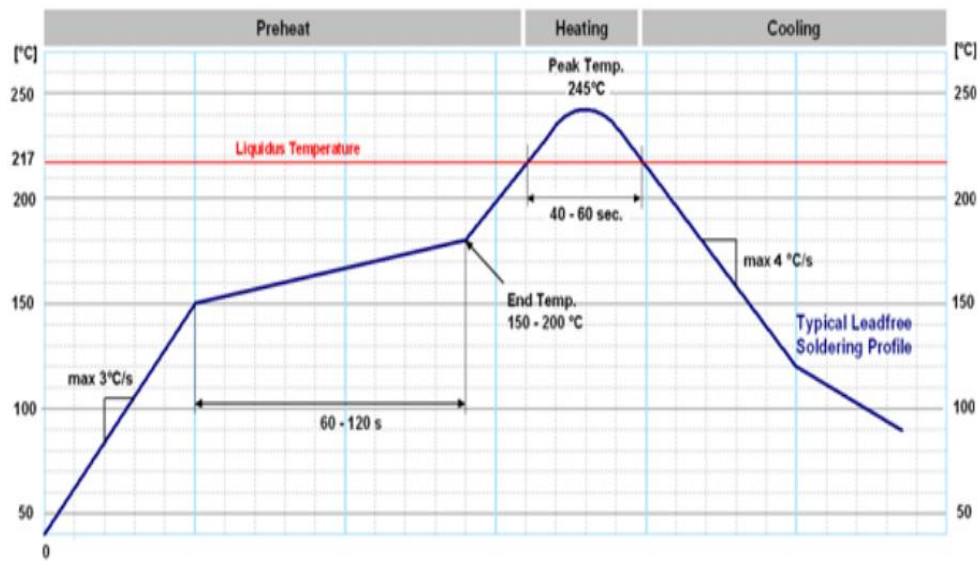
峰值温度：245℃。

8.5.3 冷却阶段

冷却控制主要避免焊料变的更脆和焊料可能的机械张力。

降温速率：max 4℃/S。

8.6. 炉温曲线示图



炉温曲线示图

注意：工厂选择的最终焊接温度取决于额外的外部因素，如焊膏的选择、基板的尺寸、厚度和性能等。