

# TMDD2003 型双量程高精度电流测量模块

文档版本: V1.1  
文档时间: 2022/11/08



- ◆ 直流电流测量全量程 0.1% 基本精度，五位半测量分辨率，小量程到大量程切换仅 5 $\mu$ S 延迟
- ◆ 可选通讯接口有串口，USB 和 RS485，能方便地和电脑、微机连接与通讯，实现智能仪表的设计
- ◆ 可设置的测量速度为 10-1000 次/秒，快速采样能对实时电流数据实现更有效采集
- ◆ 配有上位机软件，可供测量的远端显示、数据分析与保存
- ◆ 适合于大、小两种不同电流值系统的测量与应用
- ◆ DC 5V-24V 宽范围供电电源电压

## 目 录

1. 选型及基本参数 .....	2
2. 校准 .....	3
3. 接口与尺寸说明 .....	3
4. 通讯参数 .....	4
5. 应用信息与注意事项 .....	4
6. 质保与维修 .....	8

## 1. 选型及基本参数

TMDD2003	-R1	-R2	-C	-P
----------	-----	-----	----	----

TMDD2003: 产品型号定义;

-R1 (大量程值): 例如 5A、2A、200mA、500mA 可选;

-R2 (小量程值): 例如 5mA、2mA、500  $\mu$ A、200 $\mu$ A 可选;

-C (通讯接口选择): 可选为 USB、TTL (3.3V, 兼容 5V)、RS232、RS485 (注意: 这四种接口只能选择其中之一);

-P (通讯协议): 无: 为我司自定义通讯协议, -M 为标准 MODBUS 通讯协议, 具体通讯协议请参见公司网页: [www.tesoo.cc](http://www.tesoo.cc) 的“相关软件与下载”页面。

测量模块可选量程, 罗列如下:

R1 可选量程	满量程 <sup>[1]</sup>	基本精度 <sup>[2]</sup>	采样电阻/压降 <sup>[3]</sup>
5A	$\pm 5.0000A$	0.1% $\pm 5$ 字	0.02 $\Omega/\leq 0.2V$
2A	$\pm 2.00000A$	0.1% $\pm 5$ 个字	0.05 $\Omega/\leq 0.2V$
200mA	$\pm 200.000mA$	0.1% $\pm 5$ 个字	0.5 $\Omega/\leq 0.2V$
500mA	$\pm 500.00A$	0.1% $\pm 5$ 字	0.2 $\Omega/\leq 0.2V$

R2 可选量程	满量程 <sup>[1]</sup>	基本精度 <sup>[2]</sup>	采样电阻/压降 <sup>[3]</sup>
5mA	$\pm 5.0000mA$	0.1% $\pm 5$ 字	2 $\Omega/\leq 0.2V$
2mA	$\pm 2.00000mA$	0.1% $\pm 5$ 个字	50 $\Omega/\leq 0.2V$
200 $\mu$ A	$\pm 200.000\mu A$	0.1% $\pm 5$ 个字	500 $\Omega/\leq 0.2V$

型号举例: TMDD2003-2A-2mA-USB, 再如 TMDD2003-2A-200 $\mu$ A-TTL-M, 再如 TMDD2003-500mA-5mA-RS232-M, 再如 TMDD2003-5A-5mA-RS485-M 等, 通常 R1 和 R2 成 1000 倍和 100 倍比列关系。

注[1]. 满量程, 是指该档位定义量程; 对于 R2 量程, 提供 20%的超量程测量能力, 比如 2mA 档, 可允许测量最大值为 2.4000mA, 当前 R2 档位输入值大于满量程的 20%时, 将自动切换到 R1 档位;

注[2]. 基本精度, 是指本测量模块能够保证的精度值、 $\pm 5$  个字, 是指分辨率 (量程的最低有效位) 误差, 指本量程最低分辨率位 (有效位) 的整数, 比如 2A 档的分辨率为 0.01mA, 那么  $\pm 5$  个字也即  $\pm 5 \times 0.01mA = \pm 0.05mA$ ; 比如 R2 的 2mA 档在测量 1.00000mA 电流时, 测量读值将介于: “1.0-1.0 $\times 0.1\%$ -5 个字”mA 到 “1.0+1.0 $\times 0.1\%$ +5 个字”mA 之间;

注[3]. 压降, 不包括测量接入的外部引线压降;

外形尺寸 : 90mm $\times$ 40mm $\times$ 20mm (长 $\times$ 宽 $\times$ 高 (含器件高度))	定位孔间距 : 长度方向 84mm, 宽度方向 34mm, $\varnothing 3 \times 4$
质量 : 约 100g	工作电源 : DC 5V 至 24V, $\leq 0.6W$
工作湿度 : < 85%, 无凝露	工作温度 : -20 $^{\circ}C$ ~55 $^{\circ}C$

满量程指示: “OL”, 表述过量程“over load”状态

测量速度: 每秒 10 次至 1000 次, 默认 10 次/秒, 可通过通讯接口选择, 具体见通讯协议

## 2.校准

本表出厂前，在 55°C 环境下通电老化 48 小时，校准源为 DATRON 4700 系列校准仪。

由于本表在出厂前都是按照本公司的标准执行校准和测试，那么在售后的使用中，难免因工作条件的变化而使得零位或满度出现偏差，相关调校方法如下：

### a. 零位调准：

通电且预热 10 分钟后，将测量端子短路（要求将本模块测量端子近端直接短接，不可使用测量引线在远端短接），查看读数是否有为“00000”，假如读数并没有归零，可以调节电位器 3，是的读数为 0，或请按照通讯协议相关文档与说明进行校零操作；

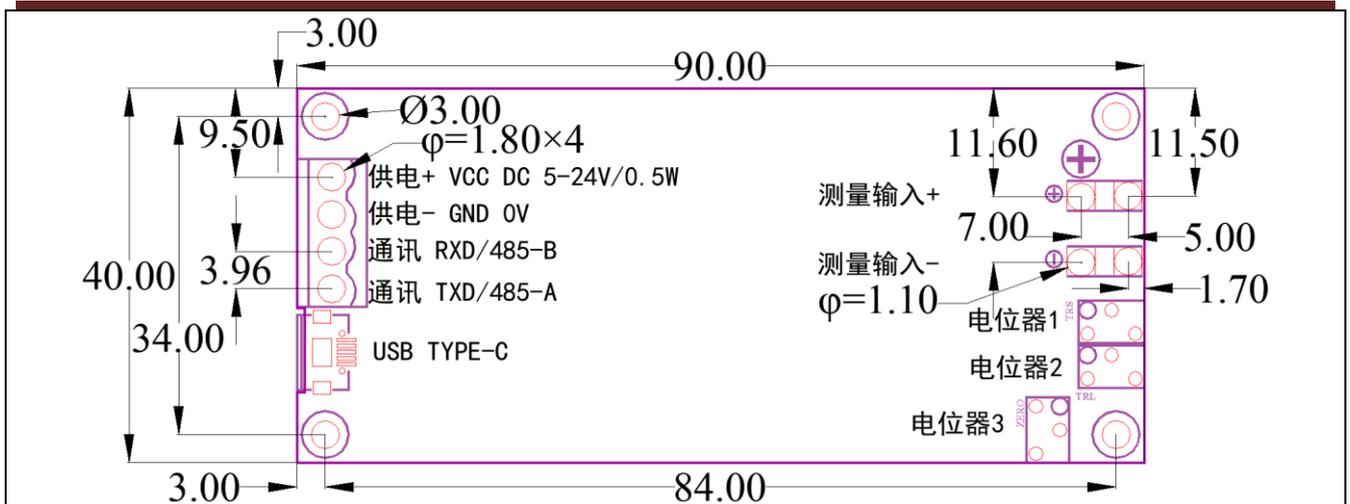
### b. 满度调准：

通电且预热 10 分钟后，将测量端子输入相应档位的半值标准电流，例如 200mA 档输入 100.000mA 同时查看显示值是否为“100.000”，假如不是，那么微调电位器 1 或电位器 2（根据 R1 和 R2 档位实际调整；

注意：本模块出厂精度保证，因此电位器仅仅作微调功能，调整幅度为相关档位满量程值的±1%，如 2A 档，调节范围为±20mA，零位调节为正负 10 个字；

## 3 接口与尺寸说明

脚位	功能	接口分类		
		UART-TTL 接口	RS232 接口	RS485 接口
供电+	供电正极	VCC	VCC	VCC
供电-	供电负极	GND	GND	GND
RXD/B	数据接收/RS485-B 线	RXD	RXD	485-B
TXD/A	数据发送/RS485-A 线	TXD	TXD	485A
USB	USB 接口	使用 TYPE-USB 接口，无 ID 脚位功能		
测量+	测量输入正极	本接口为电流测量输入接口，串入被测回路中，请根据被测电流的大小选择合适的导线		
测量-	测量输入负极			
电位器 1	R2 小量程档位校准调节，一般不需要调整该电位器（若采用软件校准的版本，则没有该电位器）			
电位器 2	R1 大量程档位校准调节，一般不需要调整该电位器（若采用软件校准的版本，则没有该电位器）			
电位器 3	零位调节电位器一般不需要调整该电位器			



备注:

- 供电电源最大不超过 28V，否则将损坏本模块；
- 本模块供电（含通讯接口）部分与测量部分之间是电气隔离的，隔离耐受电压为 1000V<sub>RMS</sub>；
- 可使用 USB 接口给本模块供电，且 USB 供电和使用 J1 接口供电两者不相互影响，取决于两者的实际接入电压。

## 4.通讯参数

a. 对于各通讯接口，默认通信相关参数如下：

接口/参数	波特率	数据位长度	校验	校验位	起始位	停止位
-UART-TTL-S						
-UART-TTL-M						
-RS232-S						
-RS232-M						
-RS485-S						
-RS485-M						
-USB-S						
-USB-M						

- 采样率，10 次/秒至 1000 次/秒；
- 和上位机或其他微处理器连接，收发采样数据；该功能便于用户在电脑上观察（特别是在多终端情况下）测量数据，进行数据统计，便于分析测量数据的变化方向，并能对测量的数据进行保存（按电脑时间），便于非现场观测的数据分析；
- 可定制的其他功能。

## 5.应用信息与注意事项

**注意：**本模块的由于从小量程到大量程的切换时间约为 5 μS，而大量程切到小量程的时间约为 2-3 个采样周期时间（具体与采样率设置有关系），采样率最高为 1000 次/秒，因此不适宜于一些瞬间的大电流尖峰的测量与捕捉，如当前处在小量程时，突然出现一个持续时间小于 5 个采样周期的大电流脉冲，这个尖峰

脉冲，由于模块自身的采样率关系，将无法被有效测量到，对于这些应用，则需要使用扩展系列超高速采样模块进行替代。

在现有的电子器件、产品或系统中，往往存在多种工作模式从而产生不同的工作电流，工作电流也就代表了不同工作模式的功耗，尤其使用电池供电的产品或系统，各种模式工作电流的测量是有重要意义的，比如产品出厂前的品质鉴定、电池供时电池有效工作时间的测算等等。

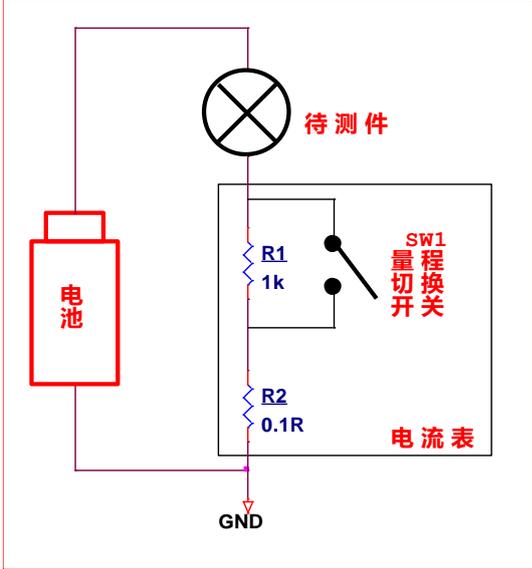
我们通常关注产品的在低功耗模式（如待机模式）或某运行模式的电流，而这两者往往一大一小，相差几个数量级，比如待机模式从几个微安到数百微安不等，而正常运行则可达到几百毫安到数安不等的电流。

现在某个系统待机为  $50\mu\text{A}$ ，工作模式为  $1\text{A}$ ，为了对这两种大小的电流进行测量，且测量精度达到 1%，常规来说，我们有两种手段，一个是使用能分辨到  $\mu\text{A}$  且量程可达到  $1\text{A}$  的电流表，那么我们需要一台能够测量和分辨为  $1.000000\text{A}$  的电流表，比如 Agilent 的 34401A。当然，一个档位即可完成，固然省事，但是对于待机电流，误差就会增加一些，毕竟存在测量噪声以及零位误差，假如噪声为  $1\mu\text{A}$  误差即是 2% 了，当然，一台 34401A 的价格也不菲。

因此，为了满足两者都达到 1% 的精度，我们另一种做法是，选择两个档位的电流表，同样是 Agilent 的 34401A，我们可以选择  $1\text{A}$  档位去测量工作电流，而选择  $2\text{mA}$  或者  $200\mu\text{A}$  档用来测量待机电流，这样就有足够的分辨率和测量精度了！当然，我们也可以选择两个单一量程的表头进行替换，实现两个档位的测量，这无疑是个好方法，既节省了成本，也获得了较高的精度。

因此在测试两种工作状态的电流时，我们需要做两件事，一个是切换待测件的工作模式，另一个就是切换电流表的档位。这个额外的操作看似简单，但引入另一个问题。

我们知道，电流表是串入被测回路中使用，而实际串入的是一个采样电阻，比如  $1\text{A}$  量程，我们通常会使用一个  $0.1\Omega$  的采样电阻，而  $200\mu\text{A}$  档则使用  $1\text{K}\Omega$  的电阻。故这里我们将讲述电流表的切换问题，实际应用中，电流表档位结构主要由下述三种结构，描述如下。

结构图	说明
 <p style="text-align: center;">图 5.1</p>	<p>结构模式 1 采样电阻 R1 和 R2 串联，SW1 作为档位切换开关，在切换时不会造成被测回路的断路；也即切换过程中，电流是接续的。如 Datron 的 1271 或者 1281 型万用表的电流档位采用的即是这种结构。</p>

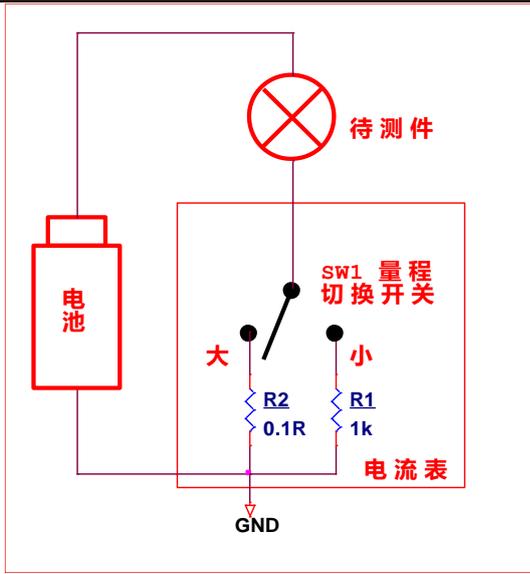


图 5.2

结构模式 2

采样电阻 R1 和 R2 独立，SW1（单刀双掷）作为档位切换开关，在切换时会造成被测回路的断路；也即是切换过程中，电流是不接续的，这样，会造成系统的掉电，甚至无法启动。

而前文所示的 Agilent 34401A 电流档位采用的就是这种结构。

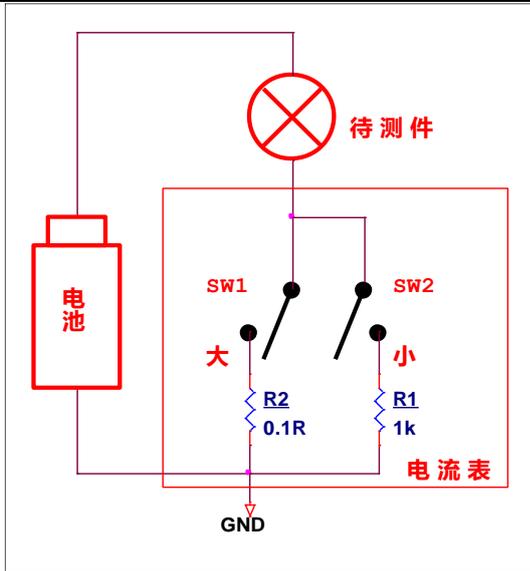


图 5.3

结构模式 3

采样电阻 R1 和 R2 独立，SW1 和 SW2 独立的两个档位切换开关，假如遵循先合上再断开的原则，那么和模式 1 一样，回路是不会出现断路状态的，否则将出现模式 2 那样出现断路。

若需要测量两个量程的电流，很多用户都会选择这种方式，将两市场上常见的单一量程的表头并在一起，用两个继电器进行切换，达到测量的目的。

因此，档位切换看着简单，在实际应用中，涉及的问题也不少。上面的三种结构，所使用的切换开关，一般都是继电器，而继电器的切换时间，一般都是 mS 级别，这已经够快了！

假如将切换档位这个过程嵌入到测试系统中，由测试系统自身控制完成，这无疑是完美的，毕竟不需要人去操作！否则，由人去进行操作，则过程就缓慢多了，若碰到错误的操作，或者切换不成功，那么效率就低多了，甚至得到错误的测试数据。当然，继电器的机械和电气寿命也是有限的，频繁地切换量程毕竟不是好事。

若一个待测系统需要实时监测其工作电流，而且监测本身是一个长时间的过程，比如老化测试，待测系统也可能在各种工作模式下随机切换，甚至可能出现突发模式，因此，上述三种结构无疑是满足不了的。也许你发现，第一种模式，大小两个量程的采样电阻是串在回路中，被测系统工作模式切换将不会受到制约。

这里涉及到一个问题，就是电流表量程不同，采样电阻也会是不同的，前文所述，2A 档，我们通常使用 0.1Ω 的采样电阻，当采样电阻流过 2A 的电流时产生 0.2V 的压降，故被测回路中额外损失了 0.2V 的电压，对于一个 3.3V 的供电系统，或许，0.2V 不算什么。

同样，200μA 档位，使用了 1KΩ 的采样电阻，流过 200μA 的电流，压降只有 0.2V。这只是事先设置好电流表档位的前提下，假如待测系统工作模式不确定导致工作电流大小随机出现，试想，若当前为 200μA 档，待测系统瞬间切换到正常工作模式下，工作电流比如需要 1A，那么 1A×1KΩ=1KV，这完全是不可能的发生的，结果将是系统无法正常切换到工作模式，或是被拖死。

有些电流表,为了应对可能出现的这种情况,会在测量输入端并一些旁路二极管(或可称之为保护结构),如下图

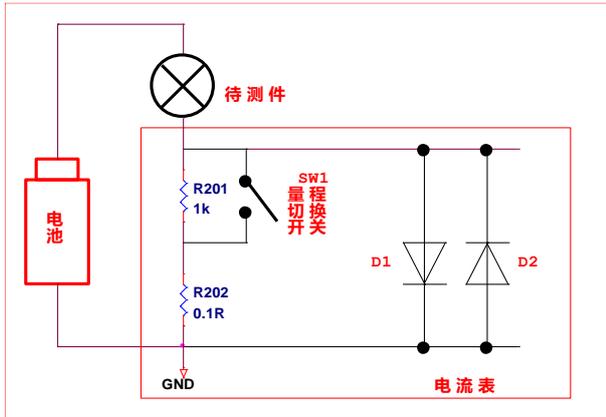


图 5.4

但是需要注意的是,对于一个 3.3V 的系统,假如回路中消耗了 0.7V 的电压,也即待测件只得到了 2.6V 的电源电压,这也许是致命的!何况有些是 1.5V 的系统电源。

因此榛硕的本测量模块旨在解决上述应用过程中所遇到的问题,为待测系统工作模式切换过程中的电流的持续可靠测量,提供了较为可行的解决方案。

本测量模块的特性主要由如下方面,

1	双量程设计	设计有大小两个量程, 量程范围可供任意选择和搭配
1	较高的电流分辨率	R1 量程可到 0.01mA, R2 可到 10nA, 为五位半分辨率
2	较高的采样率	最快可达到 1000 次/秒
3	极短的档位切换时间	从小量程到大量程切换时间, 小于 5μS (见图 5.5 和图 5.6)
4	较低的引入压降	采样电阻满量程输入压降为 0.1V, 板内最大引入压降不超过 0.2V
5	档位由电子开关切换	加快切换速度, 无机械寿命限制
6	多种通讯接口	USB, UART-TTL, RS232, RS485 四种通信接口可选
7	宽范围供电电源电压	可使用 DC 5V 到 24V 电源供电
8	测量、供电和通讯电气隔离	方便多个模块同时使用, 无回路干扰
9	空间体积小	高密度, 小尺寸 PCBA, 方便系统集成

模块的测试如图 5.5 所示, 驱动电源设置为 4.2V, 串入 R6、R3 和 R4 作为负载, R6 为 2Ω, R3 为 1Ω, R4 为 31.6KΩ (随机选取, 假设待机功耗 100μA 左右), Q1 为开关管 (大于 2A, 且导通内阻足够小即可), 使用 0-5V 脉冲信号驱动, 当 Q1 不导通时, CH2 电压将为电源电压, 如图 5.6 的 CH2 所示。

当 Q1 施加驱动信号, 则 CH2 电压将被拉低至 1.2V 左右, 也即 R6、R3 以及测量模块内阻 R2 的分压值, 即  $4.2V \times (R3 / (R6 + R2 + R3)) = 1.2V$ 。从图中可看出, 在 Q1 施加驱动信号 5μS 内, 测量模块即可将量程由小量程切换到大量程, 在实际应用中, 这能够保障待测件的有效供电。

当然, 这里存在最 5μS 的切换空挡, 这可能会造成待测系统供电出现压降, 因此为了保证供电电源电压不至于被拉低过多, 因此在待测件的供电输入端加上适当容量的电容是有必要的。此电容的大小, 计算方法如下: 假设正常模式的工作电流 (或切换工作模式瞬间) 电流为 2A, 允许最大压降为 0.4V, 切换时间为 5μS, 那么按照  $Q = It = CU$  推算,  $C = It / U = (2A \times (5 \times 10^{-6}) S) / 0.4V = 25\mu F$ 。也即, 只要保证有 25μF 的电容进行储能缓冲, 那么待测系统在工作模式切换时, 不至于出现断电情况。

在测量输入端, 也即采样电阻两端, 很多电流表都会并两个互为反向的二极管 D1 和 D2, 当然, D1 和 D2 一般会是一个到两个同向相串的二极管对。当电流在采样电阻上的所产生的压降大于 D1 或者 D2 的导通电压时。那么回路电流将额外多了一个从 D1 或者 D2 流通的回路, 这也使得采样电阻上的电压被限制在 D1 或者 D2 的导通电压, 比如单个二极管为 0.7V, 两个则为 1.4V, 这种结构, 即保护了采样电阻, 也为被测回路提供了一条压降比较大的流通回路, 从而有条件地使得模式切换过程中, 不会拖死或者启动不正常。

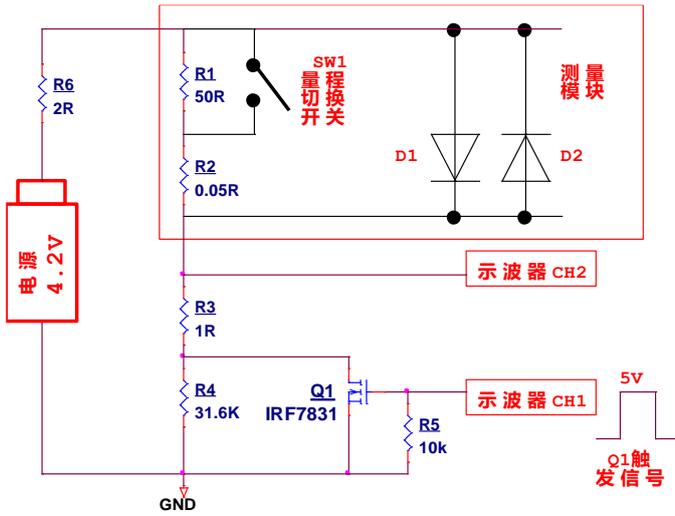


图 5.5 测试示意图



图 5.6 测试截图

## 6.质保与维修

对于所售出的本产品，本公司均经过逐一测试、校准。若出现人为或非正常使用导致的损坏的，请与本公司或代理商联系维修。

公司网址 : [www.tesoo.cc](http://www.tesoo.cc)

工程师 (龚): [gongsaiwei@126.com](mailto:gongsaiwei@126.com)

联系电话 : +86 13588344963

文档版本	版本时间	建立/修订者	更新原因
1.0	2018年5月23日	龚赛伟	新建
1.1	2022年11月8日	龚赛伟	更新图片，应用信息