

GK429BEM

应变量变送器

使用说明书

V1.0

【产品说明】

<1> 适用范围

GK429BEM 型产品是一种模块化的将电阻应变式传感器的输出信号转换为以 mV/V 为量纲的数字信号的模数转换装置, 主要适合在以电阻应变式传感器作为一次元件的各种称重、测力 (拉力、压力、剪力、扭力等)、压强自动控制装备中作为电信号测量与数字转换部件。

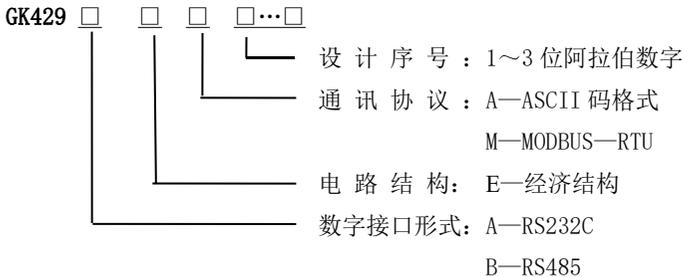
GK429BEM 的供电为 DC24V, 提供 5V/60mA 的传感器激励电源与参考电压输入端, 通过数字通讯接口输出测量数据。

为了安全、正确地使用本产品, 充分发挥本产品的作用, 请您在使用本产品之前务必详细阅读操作手册。

<2> 主要功能和特点

- 针对广泛应用的电阻应变式电桥设计, 测量信号输入端为差分输入。
- 数字输出以 mV/V 为量纲, 与电阻应变传感器输出的量纲一致, 可实现系统的无实物校准。
- 半双工 RS485 通讯接口, 配置 MODBUS-RTU 通讯协议。
- 采用比率测量原理, 准确度高, 互换性好。
- 内置可配置的通用滑动平均型数字滤波, 强度分为 8 级, 以方便应用。
- 通过寄存器读写进行工作参数配置, 以选择最适用的性能。

<3> 型号/规格



<4> 主要技术参数及性能指标（表 1-1）

表 1-1 主要技术参数与性能标准

模拟输入性能	
测量范围	$\pm 4.0 \text{ mV/V}$ （相当于 $\pm 20.0 \text{ mV}$ ）
零点失调范围	$\pm 2.0 \mu\text{V/V}$ （常温，相当于 $\pm 10.0 \mu\text{V}$ ）
零点温度漂移	$\leq 0.1 \mu\text{V/V/}^\circ\text{C}$ （相当于 $0.5 \mu\text{V/}^\circ\text{C}$ ）
量程误差	$\leq 0.1\% \text{FS}$
量程温度系数	$\leq 20 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$
非线性	$\leq 0.015\% \text{FS}$
AD 转换速率	80 (Hz/s)
噪声 $\mu\text{Vp-p}$	0.80
数字输出性能	
满量程输出码值	± 20000
波特率	9600
通讯协议	MODBUS—RTU
工作条件	
环境温度	$-25^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$
环境湿度	20 ~ 85 % RH (非冷凝)
工作电压	$\text{DC}24\text{V} \pm 25\%$
供桥电源	5V/60mA

<5> 外形尺寸

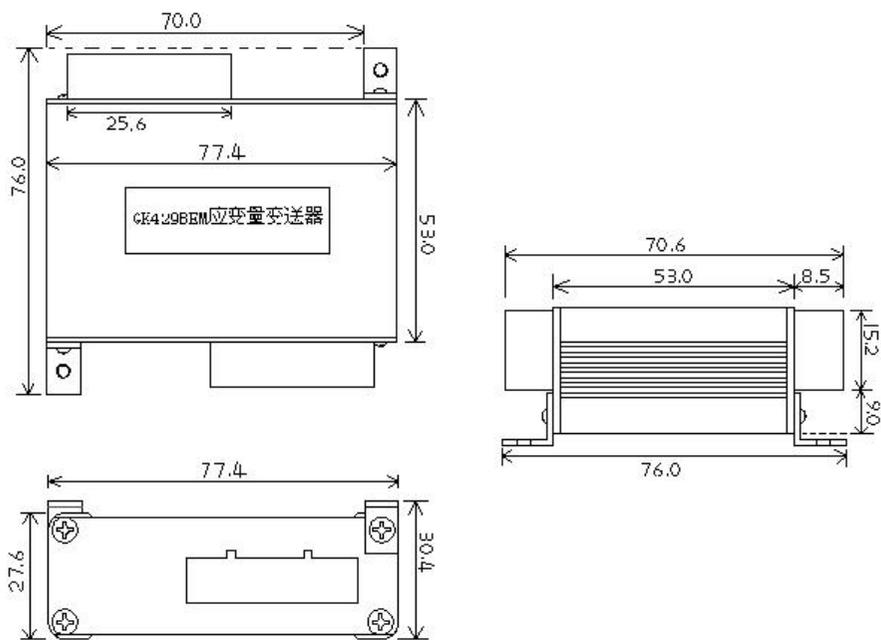


图 1.1

<6> 输入/输出接线端口

表 1-2 输入接线端口

EX+	SIG+	SIG-	EX-	PE
激励正	信号正	信号负	激励负	传感器屏蔽

表 1-3 输出接线端口

485_A	485_B	CON	24V+	GND
RS485_A	RS485 B	通讯方式选通	24V 电源正	24V 电源负

【MODBUS 串行通讯协议】

<1> 适用范围与目的

本通信协议详细地描述了GK429BEM型变送器在MODBUS通讯模式下信息交换和数据传送的格式与内容，以便二次开发和使用。

通信协议的作用使信息和数据在上位机主站和子站之间有效地传递，包括：

- 1) 允许主站访问和设定所有子站的设置参数；
- 2) 允许主站访问所有子站的数据。

<2> 传送模式

MODBUS协议包括ASCII和RTU两种模式。本协议采用MODBUS-RTU模式，

波特率：9600；

数据位：8位；

校验方式：无校验；

停止位：1位

<3> MODBUS数据包结构描述

每个MODBUS 数据包都由以下几个部分组成：

- 1) 地址域
- 2) 功能码域
- 3) 数据域
- 4) 校验域

<3.1> 地址域

MODBUS的子站地址域长度为一个字节，有效的子站地址范围为1-32。地址255为广播地址。子站如果接收到数据包中的地址与自身地址或广播地址相符合，应当执行数据包中所包含的命令。子站所响应的数据包中包含同样的地址域。用户如果忘记子站地址，可以使用广播地址进行通讯来重新设置子站的地址。

<3.2> 功能码域

MODBUS包裹中功能码域长度为一个字节，用以通知子站应当执行何操作。子站响应数据包裹中应当包含相同的功能码字节（有关GK429的功能码参照表2-1）。

表2-1 功能码

功能码	含义	功能描述
0x03	读取多个寄存器	获得子站内部一个或多个寄存器值
0x10	设置多个寄存器	将指定值写入子站内一个或多个寄存器内

<3.3> 数据域

MODBUS 数据域长度不定，依据其具体功能而定。MODBUS 数据域顺序为高位字节在前，低位字节在后。举例如下：

某 16 位寄存器的数值为 0x12AB，则数值发送顺序为

高位字节= 0x12

低位字节= 0xAB

<3.4> 校验域

MODBUS-RTU模式采用16位CRC校验，发生器多项式为 $(X^{16}+X^{15}+X^2+1)$ 。发送设备应当对数据包中的每一个数据都进行CRC16计算，最后结果存放入检验域中。接收设备也应当对数据包中的每一个数据（除校验域以外）进行CRC16计算，将结果与校验域进行比较。只有相同的数据包才可以被接受。

<3.5> 异常响应

如果主站发送了一个非法的数据包给子站或者是主站请求一个无效的寄存器时，就会产生异常响应。异常响应由子站地址、功能码、故障码和校验域组成。当功能码的高比特位置为1时，说明此数据包为异常响应。故障码的含义参照表2-2。

表2-2 故障码含义

故障码	名称	说明
0x01	非法功能码	询问表2-1中功能码是不允许的操作,如果访问功能码不在表2-1中装置不响应
0x02	非法寄存器地址	数据域中的寄存器地址无效
0x03	非法寄存器数量	数据域中的寄存器数量超出范围,(包括等于0时)
0x04	无效操作	寄存器操作无效

<4>数据

<4.1> 寄存器列表

数据与寄存器对应关系见表 2-3, 本产品中, 所列寄存器地址与 MODBUS 报文实际访问地址是一致的。

表 2-3 寄存器地址与数据对照

寄存器地址	数据						
	类型	名称	数据格式	单位	范围	默认值	定义
40000	RO	输出码值 (Ne)	INT32	0.1 μV/V	0~±FS		见 4.2.1
40002	RO	输出力值 (Fe)	INT32	自定义	0~±Max		见 4.2.4
40004	RO	状态字	UINT16	无		0	见 4.2.9
40005 ~ 40015	RO	预留	UINT16	无			
40016	RW	量程 (SP)	float	mV/V	0.9~3.9	2.0	见 4.2.2

40018	RW	力值零点 (Nz)	INT32	同 Ne	0~±FS	0	见 4.2.5
40020	RW	最大称量码值 (Nm)	INT32	同 Ne	±(1000~ FS)	20000	见 4.2.6
40022	RW	最大分度数(n)	INT32	同 Ne	1000~ 20000	20000	见 4.2.7
40024	RW	预留	UINT16	无			
40025	RW	滤波强度	UINT16	无	0~7	4	见 4.2.8
40026	RW	预留	UINT16	无			
40027	RW	通信地址	UINT16	无	1~247	1	见 4.2.10

<4.2> 数据描述

<4.2.1> 输出码值 (Ne)

以分度码数 (d) 形式输出的测量值，最大数值为±「满量程 FS」，工厂出厂校准条件下每个数码代表的输入信号（以下简称分度值）为 0.1 μV/V，通过设置「量程 SP」可选择适用的分度值。

<4.2.2> 量程 (SP)

模拟输入信号的测量范围值（正向值与负向值相同），计量单位为 mV/V，取值范围范围为 0.9-3.9。工厂校准时量程值取 2.0。

<4.2.3> 满量程 (FS)

量程的上限值。当模拟输入信号恰好为满量程时，其输出数码 (Ne) 恰好为额定值。以 H 型产品为例，工厂校准的量程值取 2.0，当输入信号等于 2.0mV/V 时，输出数码恰好为 20000。

<4.2.4> 输出力值码 (Fe)

经用户力值（或重量）校准后的，以适当的力值或质量单位为量纲的，表示测量值的数码。可通过对“力值零点 (Nz)”，“最大称量码值(Nm)”，“最大分度数(n)”的设置来校准力值码，其关系如下：

$$\text{输出力值 (Fe)} = (\text{输出码值 (Ne)} - \text{力值零点 (Nz)}) \times \text{最大分度数 (n)} / \text{最大称量}$$

码值 (Nm)

<4.2.5>力值零点 (Nz)

用户指定的作为力值测量参考零点的输出码值。

<4.2.6>最大秤量码值 (Nm)

用户指定的最大秤量时对应的输出码值的净增码数。

<4.2.7>最大分度数 (n)

用户指定的当外加实际负荷恰好为额定负载时的输出力值码 (Fe)。

<4.2.8>滤波强度 (FL)

移动平均滤波器的滤波效果，取值范围为0-7，所代表的用于计算平均值的数据个数见表2-4。

表 2-4 滤波强度

取值	0	1	2	3	4	5	6	7
数据个数	1	2	4	8	16	32	64	128

<4.2.9>状态字 (ST)

变送器数据状态标识，见表 2-5。

表2-5 状态字定义

BIT 位	定义
BIT15 (或 7)	预留
BIT14 (或 6)	
BIT3 (或 5)	0: 正常状态 1: 传感器接线故障
BIT2 (或 4)	0: 正常状态 1: 数据故障

注：未标注位无定义

<4.2.10>通讯地址 (AD)

多机链接时用于激活通讯的本地地址，可设置，其取值范围为1—247。

<5>应用事项说明

<5.1>量程（SP）与满量程（FS）

本产品出厂时已经过精密校准：当「量程 SP」设定为“2.0”，输入 2.0mV/V 信号时的「输出码值 Ne」恰好等于 20000 码值，这时，「输出码值 Ne」的计量单位（分度值）为 $0.1 \mu\text{V}/\text{V}$ 。

实际应用中，如果传感器的实际灵敏度存在误差而不等于 2.0mV/V，只需按照实际灵敏度值设置「量程 SP」即可完成误差修正，使得实际载荷的增量恰好等于传感器额定载荷时，「输出码值 Ne」增量恰好等于「满量程输出 FS」码值 20000。例如，假设某一额定载荷为 300kg 的传感器的实际灵敏度为 2.015mV/V，希望载荷增加 300kg 时「输出码值 Ne」变化量为 20000，如果「量程 SP」保持为工厂出厂校准时设置的标称值 2.0mV/V，将产生约 0.7%-0.8% 的误差（约 150 码），如果将「量程 SP」修改为实际值 2.015mV/V，即可将误差修正至 0.1% 以下（约 20 码）。

<5.2>将量程（SP）设置为虚拟值以获得适用的输出码值

实际应用中，常常希望「输出码值 Ne」即为载荷值，这时可以计算一个虚拟的量程值 SPx，然后将「量程 SP」设置成虚拟量程值 SPx，即可获得适用的「输出码值 Ne」，量程值 SPx 的计算方法如下：

$$\text{SPx} = \text{传感器实际灵敏度} \times \text{满量程输出码 (FS)} / \text{所需输出码}$$

例 1：如前述额定载荷为 300kg、实际灵敏度为 2.015mV/V 的传感器，希望载荷增量 300kg 时的「输出码值 Ne」增量为 15000，计算虚拟量程值 SPx：

$$\text{SPx} = \text{传感器实际灵敏度} \times \text{满量程输出码 (FS)} / \text{所需输出码} = 2.015 \times 20000 / 15000 = 2.6867$$

将「量程 SP」设定为“2.6867”即可。

例 2：假设额定载荷为 15kg、实际灵敏度为 1.782mV/V 的传感器，希望载荷增量 15kg 时的「输出码值 Ne」增量为 15000，计算虚拟量程值 SPx：

$SP_x = \text{传感器实际灵敏度} \times \text{满量程输出码 (FS)} / \text{所需输出码} = 1.782 \times 20000 / 15000 = 2.376$

将「量程 SP」设定为“2.376”即可。

<5.3>利用应变测量值获取传感器灵敏度值

实际应用中，常常遇到传感器实际灵敏度未知的情况，这时可利用本变送器进行实测，测量方法如下：

1) 连接本变送器，保持（或恢复）工厂出厂校准状态， $SP=2.0$ ；

2) 将传感器按照实际工作状态安装，保持空载，读出此时的「输出码值 N_e 」，记为 X_o ；

3) 向传感器加载至额定载荷，读出此时的「输出码值 N_e 」，记为 X ，传感器实际灵敏度 (S) 为：

$$S = (X - X_o) \times \text{分度值}$$

当因条件限制只能部分加载时， $S = (\text{额定载荷} / \text{已知实际载荷}) \times (X - X_o) \times \text{分度值}$ 。这时可能产生附加误差，误差大小与已知实际载荷大小相关，已知实际载荷越小产生的附加误差越大。

<5.4>微调测量误差

实际应用中如「输出码值 N_e 」实际输出值与期望值之间出现误差，可通过微调「量程 SP」进行修正，微调步骤如下：

1) 读出并记录当前的「量程 SP」值（记为 SP_y ）和空载时的「输出码值 N_e 」输出值（记为 X_o ）；

2) 向传感器施加满足准确度要求的已知量值的负载，读出其「输出码值 N_e 」输出值（记为 X_m ）；

3) 计算修正后的「量程 SP」值 SP_c ： $SP_c = SP_y \times (X_m - X_o) / \text{已知负载的期望值}$ ；

4) 「量程 SP」设定为 SP_c 。

例如，假设有某一额定载荷为 300kg 的传感器，「量程 SP」设置为 2.0mV/V，希望载

荷增加 300kg 时「输出码值 Ne」变化量为 20000，实际测量时，空载输出为-1000，加载 200kg 时的输出为 12433，而加载 200kg 载荷的期望值应是 13333，计算修正后的「量程 SP」值 SPc:

$$SPc = SPy \times (Xm - Xo) / \text{已知负载的期望值} = 2.0 \times (12433 - (-1000)) / 13333 = 2.015$$

即将「量程 SP」值由原来的 2.0 修改为 2.015 即可消除误差。

<5.5>确定输出力值 (Nz) 的零点

按应用状态安装传感器，参照表 1-2 连接，通电预热数十分钟，保持力值测量机构空载，记录当前的输出码值 (Ne)，然后向力值零点 (Nz) 单元写入与记录值相等的值，再读出输出力值 (Fe)，该值为 0 即完成力值零点的确定。

<5.6>确定最大秤量码值 (Nm)

方法一，全负荷实物校准法：第一步先完成<5.5>确定输出力值 (Nz) 的零点的设置，然后向承载器加载，载荷等于已确定的最大秤量 (Max)，记录此时的输出码值 (记为 Nm[^])，最后计算最大秤量码值 (Nm)：

$$\text{最大秤量码值 (Nm)} = \text{记录的输出码值 (Nm}^{\wedge}\text{)} - \text{力值零点 (Nz)}$$

方法二，部分负荷实物校准法：当不启用全负荷校准时，应施加尽量大的部分载荷校准，此时：

$$\text{最大秤量码值 (Nm)} = (\text{最大秤量} / \text{部分载荷}) \times (\text{记录的校验输出码值} - \text{力值零点 (Nz)})$$

当因条件限制只能部分加载时，校准结果可能产生附加误差。

方法三，无实物校准法：在传感器灵敏度已知的条件下可计算最大秤量码值，此时先向量程 (SP) 单元写入传感器灵敏度，然后计算最大秤量码值：最大秤量码值 (Nm) = (最大秤量 / 传感器额定负载) * 20000。

<5.7>确定最大分度数 (n)

第一步，确定力值测量装置的最大秤量 (Max)，一般可按下式计算：

$$\text{Max} = (50\% - 80\%) \times \text{传感器额定负载} - \text{测力机构承载器附加力}$$

例如，传感器额定负荷为 200kg，承载器附加力为 25kg，最大秤量的可选范围为 75kg

—135kg，通常选 100kg 为宜（当然，选 80kg、120kg 等也是可以的）。

第二步，确定分度值：分度值指任意两个相邻输出力值码的差值（可理解为每个输出码对应的力值），在上例中有两种分度值可选——0.1kg 与 0.01kg，看起来选 0.01kg 能够输出更精细的数码，其实由于自然界干扰、机械机构稳定性、噪声、传感器误差等因素影响输出数码会不停的跳动，可用的不动码并不一定比选 0.1kg 时实用。

第三步，计算最大分度数（n）取值：最大分度数=最大称量÷分度值，例如上例中分度值选 0.1 时最大分度数为 1000，分度值选 0.01 时最大分度数为 10000，同样，最大称量选 80kg，分度值选 0.01kg，最大分度数就应是 8000。

第四步，核对计算结果：必须满足最大分度数 \leq 最大称量码值，否则应重新选择分度值或最大称量。

第五步，写入相应单元。若不满足第四步的要求时，写入后不响应。