

【产品说明】

<1>适用范围

GK400 系列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高精度模数转换装置,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。

GK400 系列产品的供电为 DC24V,提供的 5V/60mA 的传感器激励电源与参考电压输入端,其输出端包括数字通讯接口与模拟信号输出。输入端与输出端、电源端之间实现了电气隔离,隔离电压为 1500V。

<2>特点

- 针对广泛的电阻应变计电桥设计,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。
- 有两种信号输出形式,同时提供数字输出信号与模拟输出信号。
- 内置高精度 A/D 转换电路,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 10 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。
- 满量程输出数码可配置为 20、10、4、2 万码,以适应不同的系统要求。
- 模拟输出范围可配置为正向、负向、绝对值、全量程,以适应不同的模拟测量要求。
- AD 转换速率可配置为 7.5、15、30、60、120Hz/s,以适应不同变化速度的信号采集。
- 标准的导轨卧式模块外壳,可方便的在电气柜中安装。

<3>型号/规格



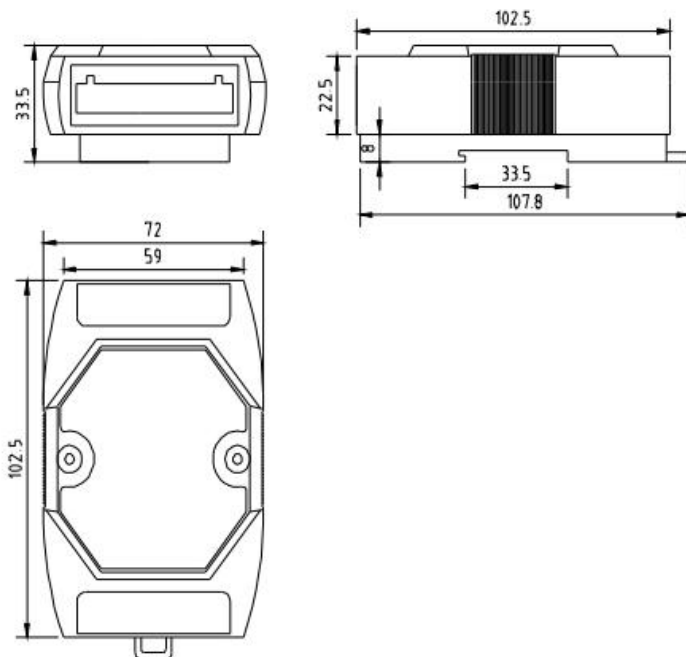
<4>主要技术参数及性能指标 (表 1-1):

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: $\pm 1.0\ \mu\text{V/V}$ (常温, 相当于 $\pm 5.0\ \mu\text{V}$)
零点温度漂移: $\leq 0.05\ \mu\text{V/V}/^\circ\text{C}$ (相当于 $0.25\ \mu\text{V}/^\circ\text{C}$)
量程误差: $\leq 0.1\%FS$
量程温度系数: $\leq 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$
噪声: $\leq 0.5\ \mu\text{V}_{\text{p-p}}$ (@AD 转换速率=7.5Hz/s)
非线性: $\leq 0.005\%FS$
模拟输出性能
零点误差: $\leq 4\ \mu\text{A}$ or 1mV (常温)
零点温度漂移: $0.1\ \mu\text{A}/^\circ\text{C}$ or $0.25\text{mV}/^\circ\text{C}$
量程准确度: $\leq 0.1\%$

量程温度系数: \leq ppm/ 25 ° C		
非线性: \leq 0.05%FS		
数字输出性能		
满量程输出数码: \pm 200000、 \pm 100000、 \pm 40000、 \pm 20000		
AD 转换速率: 7.5、15、30、60、120 (Hz/s)		
通讯接口		
通讯接口形式	RS485 (GK400B)	RS232 (GK400A)
波特率	9600 (M、C)、38400 (C)	9600、38400
通讯协议	M、C	A、C
通讯距离	\leq 1000m	\leq 1.5m
工作条件		
环境温度: $-25^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$		
工作电压: DC24V \pm 25%		
隔离电压: 1500V		
供桥电源: 5V/60mA		

<5>外形尺寸



<6>输入输出接线端口

表 1-2 输入接线端口

EX+	SN+	SN-	EX-	NC	SIG+	SIG-	SHLD
激励正	感应正	感应负	激励负	不连接	信号正	信号负	传感器屏蔽

表 1-3 输出接线端口

EARTH	24V-	24V+	NC	485 GND	485A	485B	NC	LOOP+	LOOP-
大地	24V 地	24V 电源	不连接	RS485 地	RS485A	RS485B	不连接	4-20mA 正	4-20mA 负

【MODBUS 串行通讯协议】适用于 GK400BIM 与 GK400BVM 型

<1>适用范围与目的

本通讯协议详细的描述了 GK400BIM 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。

通讯协议的作用使信息和数据在上位机主站和子站之间有效的传递，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从 1~247。子站如果接收到数据包中的地址域与自身地址相符合，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。

<3.2>功能码域

MODBUS 数据包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。子站响应数据包中应当包含相同的功能码字节。有关 GK400 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。故障码的含义参照表 2-2:

表 2-2 故障码含义

功能码	含义	功能描述
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	无效数量	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 寄存器列表

寄存器地址	数据					
	类型	名称	数据格式	单位	范围	描述
40000	RO	输出码值(Ne)	INT32	表 2-4	0~± FS	见 4.2.1
40002	RO	输出电流值(Id)	float	mA	3.8~22.0	见 4.2.2
40004	RO	状态字	UINT16	无		见 4.2.3
40005~40015	RO	预留	UINT16	无		
40016	RW	量程(SP)	float	Mv/v	0~3.9	见 4.2.4
40018	RW	模拟输出上限(I _{LN})	INT32	表 2-4	0~FS	见 4.2.5
40020	RW	模拟输出下限(I _{SN})	INT32	表 2-4	0~FS	
40022	RW	预留	UINT16			见 4.2.6
40023	RW	满量程输出(FS)	UINT16	无	1~4	见 4.2.7
40024	RW	ADC 转换速率	UINT16	无	1~5	见 4.2.8
40025	RW	滤波强度	UINT16	无	1~10	见 4.2.9
40026	RW	模拟输出类型	UINT16	无	1~4	见 4.2.10
40027	RW	通讯地址	UINT16	无	1~247	见 4.2.11

<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，只读(RO)，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）见表 2-4，通过设置「量程 SP」可选择适用的分度值。

表 2-4 校准条件下输出数码(d)及其灵敏度

校准条件下的满量程输出	200000d	100000d	40000d	20000d
校准条件下的分度值	0.01uV/V/d	0.02uV/V/d	0.05uV/V/d	0.1uV/V/d

<4.2.2>输出电流值(Id)

以数码形式输出的虚拟模拟输出电流值，单位为 mA，只读(RO)，「输出电流值 Id」为 20.0 时表示实际模拟输出电流为 20.0000mA（此时 GK400□I 型对应的实际模拟输出为 20mA，GK400□V 型对应的实际模拟输出为 5V），为 4.0 时表示 4.0000mA（此时 GK400□I 型对应的实际模拟输出为 4mA，GK400□V 型对应的实际模拟输出为 1V），依此类推，且输入信号的极性可设置（详见 4.2.10）。

当出现以下数值时，表示异常：

- 1) 「输出电流值 Id」为 22.0 表示数据差错（如 I_{LN} 小于 I_{SN} ）；
- 2) 「输出电流值 Id」为 21.0 表示 |「输出码值 Ne」| 大于「模拟输出上限 I_{LN} 」；
- 3) 「输出电流值 Id」为 3.9 表示 |「输出码值 Ne」| 小于「模拟输出下限 I_{SN} 」；
- 4) 「输出电流值 Id」为 3.8 表示传感器接线故障。

<4.2.3>状态字

变送器数据状态标识，只读（RO），定义见表 2-5。

表 2-5 状态字定义

BIT 位	定义
BIT15	预留
BIT14	
BIT13 ----- BIT4	备用
BIT3	0: 正常状态 1: 传感器接线故障
BIT2	0: 正常状态 1: 数据故障
BIT1	0: 正常状态 1: 模拟输出超下限
BIT0	0: 正常状态 1: 模拟输出超上限

<4.2.4>量程 (SP)

模拟输入信号的测量范围值（正向值与负向值相同），可读写（RW），计量单位为 mV/V，可设置的范围为 0—3.9，工厂出厂校准时设置为 2.0。

<4.2.5>模拟输出上、下限 (I_{LN} 、 I_{SN})

用「输出码值 Ne」表示的模拟输出信号的范围，可读写（RW），可设置，「模拟输出上限 I_{LN} 」表示模拟输出信号为 20mA（或 5V）时应对应的「输出码值 Ne」的绝对值；「模拟输出下限 I_{SN} 」表示模拟输出信号为 4mA（或 1V）时应对应的「输出码值 Ne」的绝对值。

注 1：取值范围不得超出 $0 \leq I_{SN} \leq I_{LN} \leq SP$ ，否则引起数据差错；

注 2：模拟输出类型设置为“4”时输出 4mA 对应的「输出码值 Ne」为 $-I_{LN}$ 。

<4.2.6>预留单元

试用期间保留单元。

<4.2.7>满量程输出 (FS)

输入信号增量恰好为「量程 SP」设置值时对应的「输出码值 Ne」增量，可读写（RW），可设置，其取值范围为 1—4，各取值所代表的满量程输出码值见表 2-6

表 2-6 满量程输出码值

本参数值	1	2	3	4
满量程输出码值	200000	100000	40000	20000

<4.2.8>ADC 转换速率

单位时间内的数据测量次数，可读写（RW），用户可设置，其取值范围为 1—5，各取值所代表的转换速率见表 2-7。

表 2-7 ADC 转换速率

本参数值	1	2	3	4	5
转换速率(次/秒)	7.5SPS	15SPS	30SPS	60SPS	120SPS

<4.2.9>滤波强度

内置数字滤波器的滤波效果，可读写（RW），用户可设置，其取值范围为 1—10，各取值所代表的用于计算平均值的数据个数见表 2-8。

表 2-8 滤波强度

取值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
数据个数	1	2	4	8	16	32	64	96	128	160

<4.2.10>模拟输出类型

模拟输出信号范围与输入信号范围的变换关系，用户可设置，其取值范围为 1—4，各取值所代表的模拟输入范围见表 2-9。

表 2-9 模拟输出类型

本参数取值	1	2	3	4
文字表述	正向	负向	绝对值	双向
输入信号	输出为 20mA 时	I_{LN} 对应值	$-I_{LN}$ 对应值	$ I_{LN} $ 对应值
	输出为 12mA 时			
	输出为 4mA 时	I_{SN} 对应值	$-I_{SN}$ 对应值	$ I_{SN} $ 对应值

<4.2.11>通讯地址

本地地址，可读写（RW），可设置，其取值范围为 1—247。

<4.3>应用事项说明

<4.3.1>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「满量程输出 FS」码值，这时，「输出码值 Ne」的计量单位（分度值）如表 2-4。

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。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，「满量程 FS」选“4”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）。

<4.3.2> 量程 (SP) 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 SP_x ，然后将「量程 SP」设置成虚拟量程值 SP_x ，即可获得适用的「输出码值 Ne」，量程值 SP_x 的计算方法如下：

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

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 30000，「满量程 FS」设置为 40000，计算虚拟量程值 SP_x ：

$$SP_x = \text{传感器实际灵敏度} \times \text{满量程输出码 (FS)} / \text{所需输出码} = 2.015 \times 40000 / 30000 = 2.6867$$

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，选择「满量程 FS」为 20000，计算虚拟量程值 SP_x ：

$SP_x = \text{传感器实际灵敏度} \times \text{满量程输出码 (FS)} / \text{所需输出码} = 1.782 \times 20000 / 15000 = 2.376$
将「量程 SP」设定为“2.376”即可。

<4.3.3> 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, $FS=200000$, $SP=2.0$;
- 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 Ne 」,记为 X_0 ;
- 3) 向传感器加载至额定载荷,读出此时的「输出码值 Ne 」,记为 X ,传感器实际灵敏度 (S) 为:

$$S = (X - X_0) \times \text{分度值}$$

当因条件限制只能部分加载时, $S = (\text{额定载荷} / \text{已知实际载荷}) \times (X - X_0) \times \text{分度值}$ 。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。

<4.3.4> 微调测量误差

实际应用中如「输出码值 Ne 」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 Ne 」输出值(记为 X_0);
- 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 Ne 」输出值(记为 X_m);
- 3) 计算修正后的「量程 SP」值 SP_c : $SP_c = SP_y \times (X_m - X_0) / \text{已知负载的期望值}$;
- 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,「满量程 FS」选“4”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 SP_c :
 $SP_c = SP_y \times (X_m - X_0) / \text{已知负载的期望值} = 2.0 \times (12433 - (-1000)) / 13333 = 2.015$
即将「量程 SP」值由原来的 2.0 修改为 2.015 即可消除误差。

<4.3.5> 输出电流值(I_d)、模拟输出类型与输入信号极性

本变送器能够以数码输出形式输出一个虚拟「输出电流值 I_d 」,其准确度与模拟输入性能一样,比实际模拟输出高得多。用户还可通过设置「模拟输出类型」参数值选择适用的模拟输入极性,其定义为:

- 1) 正向输入信号(「模拟输出类型」取“1”): 将正向输入信号变送为模拟输出,「输出码值 Ne 」等于「模拟输出下限 I_{SN} 」时输出 4mA (或 1V,下同),等于「模拟输出上限 I_{LN} 」时输出 20mA (或 5V,下同);
- 2) 负向输入信号(「模拟输出类型」取“2”): 将负向输入信号变送为模拟输出,「输出码值 Ne 」绝对值等于「模拟输出下限 I_{SN} 」时输出 4mA,等于「模拟输出上限 I_{LN} 」时输出 20mA;
- 3) 绝对值变送(「模拟输出类型」取“3”): 将输入信号取绝对值后($|0 \sim \pm FS|$)变送为模拟输出,「输出码值 Ne 」绝对值等于「模拟输出下限 I_{SN} 」时输出 4mA,等于「模拟输出上限 I_{LN} 」时输出 20mA;
- 4) 双向变送(「模拟输出类型」取“4”): 将输入信号($-FS \sim FS$)变送为模拟输出,负向信号的「输出码值 Ne 」绝对值等于「模拟输出上限 I_{LN} 」时输出 4mA,「输出码值 Ne 」等于 0 时输出 12mA (或 3V),正向信号的「输出码值 Ne 」等于「模拟输出上限 I_{LN} 」时输出 20mA。

<4.3.6> ADC 转换速率与噪声

为适用不同的应用场合,本变送器的 ADC 转换速率与滤波强度可选,但输入端噪声与两者关联,速率越低、滤波强度越强,噪声也就越低。表 2-10 列出了滤波强度为“1”时不同速率下噪声的典型值。

表 2-10 ADC 转换速率与噪声的典型值

转换速率(次/秒)	7.5SPS	15SPS	30SPS	60SPS	120SPS
噪声(uVp-p)	0.25	0.32	0.45	0.8	1.0

〈4.3.7〉 噪声、滤波强度与「输出码值 Ne」

如果设置「量程 SP」与「满量程输出码 (FS)」形成的灵敏度过高,因本变送器存在噪声而会造成「输出码值 Ne」的跳变,灵敏度越高跳动越大,形成一定范围的无效码,无效码范围大致为:无效码范围=噪声/(5×传感器实际灵敏度/所需码数)

因此在满足测量精度、响应时间要求的前提下应尽量选择较小的所需码数和较大的滤波强度。

〈4.3.8〉 ADC 转换速率、滤波强度与通讯

MODBUS 通讯模式下每读取一个测量数据的时间至少为 25ms,当总线上有 N 件变送器工作时,建议采用以下速率以确保每次都能读到刷新的数据:转换速率 $\geq 2/(N \times \text{数据读取时间}(s))$ 。

当实际选用的转换速率与通讯周期相差较大时,建议选择适当的滤波强度,使得:

数据个数 \geq 转换速率 $\times N \times$ 数据读取时间。

例如:总线上只有一件变送器,数据读取时间为 25ms,转换速率必须大于 80 次/秒,实际应选择 120,数据个数至少为 3 个,滤波强度取值“3”,实际数据个数为 4 个。

〈4.3.9〉 按空秤、最大秤量设置模拟输出电流

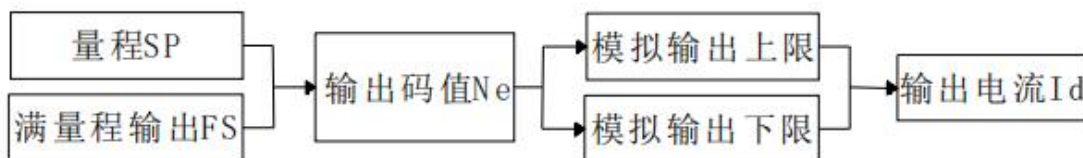
设置适用的「模拟输出上限 I_{LN} 」与「模拟输出下限 I_{SN} 」可使空秤时模拟输出电流恰好为 4mA,最大秤量时模拟输出电流恰好为 20mA,设置方法是:

保持空秤状态读出「输出码值 Ne」,记为 X_o ,加载至最大秤量读出「输出码值 Ne」,记为 X_m ,将「模拟输出上限 I_{LN} 」设置为 X_m ,「模拟输出下限 I_{SN} 」设置为 X_o 即可。

注:如果有条件计算出 X_m 与 X_o ,也可直接按计算值设置。

〈4.3.10〉 调试顺序

由于「输出码值 Ne」与「输出电流值 Id」受到「量程 SP」、「满量程输出 FS」、「模拟输出上限 I_{LN} 」和「模拟输出下限 I_{SN} 」的制约,即使输入信号不变,后四个数据的改变也会影响前两个数据的大小,其影响路径见下图:



所以,调试中改变某一设置后,还应按图中箭头方向调整其右边的所有数值方可得到正确的结果。