

一、用途

HNY 型混凝土内埋式应变传感器，是由同济大学和我厂共同研制，并由我厂生产的产品之一，该产品具有以下用途：

1. 可测混凝土成型和养生过程中，由于混凝土受到水化热等不同的理化反应，将会使混凝土内部产生有害的预拉应变（应力）或预压应变（应力），即所谓混凝土的施工应变（应力）。
2. 可测钢筋混凝土成型、养生和施工全过程中混凝土内部应变，可进行长期的检（监）测。
3. 可测钢筋混凝土结构在不同外载（包括长期静载、短期动载和疲劳荷载）下的混凝土内部或内部相应钢筋位置上的应变（应力）。

二、HNY 型混凝土内部应变传感器的特点和主要技术指标

2.1 特点

本传感器是一种新型的混凝土内埋式应变传感器，针对混凝土受力机理和特点，必须达到输出灵敏度高（可测小应变），长期稳定性好（较高的绝缘程度、低的温度漂移和零点漂移等），合适的量程范围（可适应不同的混凝土强度），为此本传感器可良好的适应从混凝土浇筑养护、施工荷载的累积或教学科研和咨询项目中做混凝土内部应变（应力）长期全过程施工检（监）测，尤其是对重大建设工程（如大坝、大体积混凝土基础、大中型桥梁等等）作长期健康检（监）测的混凝土内埋式智能传感器，用其所获得的长期应变（应力）信息的观察与分析，用来确保工程的长治久安。

1

2.2 HNY 型应变传感器的主要技术指标，参见表 1。

HNY 型混凝土内埋式应变传感器主要技术指标 表 1

序号	技术指标	型 号		备注
		HNY-8	HNY-10	
1	外力测量范围 (kN)	0-3.0	0-5.0	
2	应变量程范围 ($\mu\epsilon$)	0-2100	0-2000	
3	输出灵敏度 ($\mu\epsilon/kN$)	700	400	
4	外形尺寸或直径 (mm)	$\Phi 8 \times 100$	$\Phi 10 \times 100$	
5	自重 (N)	0.15	0.25	含 1m 线
6	接桥方式	全桥		
7	桥路电阻 (Ω)	350		
8	准确度 (%) $\mu\epsilon FS$	$\leq \pm 0.2 \pm 3$		
9	零点漂移误差 (%) $\mu\epsilon FS$	$\leq \pm 0.1 \pm 3$		
10	重复性和迟滞误差 (%) $\mu\epsilon FS$	$\leq \pm 0.1 \pm 3$		
11	绝缘电阻 (M Ω)	>500		
12	供桥电压 (V)	≤ 10.0		
13	使用温度范围 ($^{\circ}C$)	-30~+80		
14	使用应变数放大器灵敏度系数 K	2.00		
15	引出线长度 (m)	1		根据用户需要增减
16	过载能力 (%)	± 120		

2

5.1 选用本传感器测试混凝土内部应变时，可根据不同的测试目的，正确选用合适的量程和相应的输出灵敏度，如仅测试混凝土从浇筑到养生全过程，则建议选用灵敏度更高的 HNY-8 型，如不计混凝土浇筑养护期应变过程，而主要为满足做教学或科研中需要进行荷载试验直至破坏的试验，则建议选用 HNY-10 型或直径更大的应变传感器。

5.2 埋设或安装本传感器时，一定要与被测点的方向一致，并且作可靠的固定，否则会带来测试方位误差。埋设时要注意对引出导线的全面保护。

5.3 每个传感器出厂时已连接 1m 长的导线作出厂标定和用户验收用，如用户需要加长输出导线长度，建议采用 RVVP4 \times 0.2 \times 16，如导线长度 $\geq 20m$ 时，将要参照有关应变数采系统的参数设置，给予导线阻值的修正。

5.4 为更精确测得混凝土养护全过程应变，用户应在相对应测点处辅以测温点，以便于作温度影响的精确修正。

5.5 本传感器如有损坏，请送回本厂检修，本厂对未经用户自行拆装，并外形完好的条件下，对出厂 18 个月内产品，实行质量三包。

六、参考文献

混凝土结构设计规范，GB50010-2002

传感器两端加大截面处各开两个 $\Phi 4mm$ 的定位孔，可供传感器与钢筋帮扎固定作传感器的正确定位使用。

3.2 工作原理

3.2.1 传感器的机电转换原理是首先采用粘贴在弹性元件上的电阻应变计的电阻效应，即如 (1) 式表示：

$$R = \rho L / F \quad (1)$$

式中： R ——金属丝栅的电阻值 (Ω)；

ρ ——金属丝栅的电阻率 ($\Omega/mm^2/m$)；

L ——金属丝栅的长度 (m)；

F ——金属丝栅的横截面积 (mm^2)。

3.2.2 然后利用电阻应变计灵敏度系数 K 值，来实现非电量的相对应变 (ϵ) 转换为电阻量的相对变化量之比的关系式，如 (2) 式表示：

$$K = (\Delta R / R) / (\Delta L / L) \quad (2)$$

式中： K ——电阻应变计的灵敏度系数；

$\Delta R / R$ ——电阻应变计电阻与相对变化的电阻之比；

$\Delta L / L$ ——被测试件受力后的相对变化量与标距长度之比

即 ϵ 。

3.2.3 再利用电阻应变电桥的桥臂加减特性，把非电量的应变转换为电压信号输出，其电阻应变电桥工作原理参见图 2 所示。

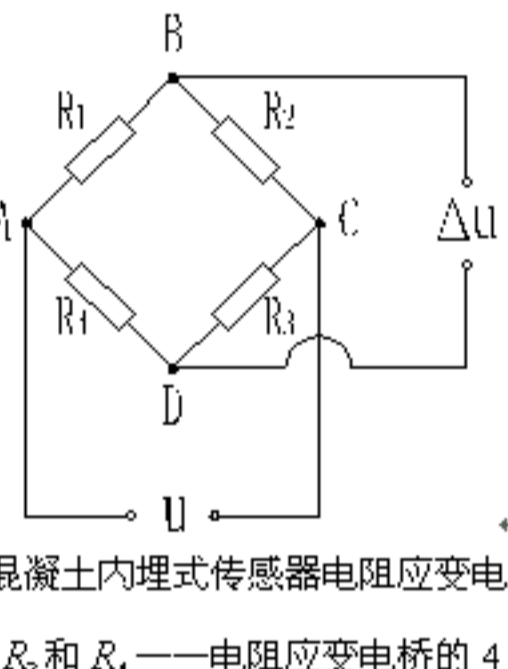


图 2 HNY 型混凝土内埋式传感器电阻应变电桥工作原理图

图中： R_1, R_2, R_3 和 R_4 ——电阻应变电桥的 4 个桥臂电阻 (Ω)

u ——电桥供桥电压 (V)；

Δu ——电桥输出电压 (mV)。

根据图 2 所示，可得出电阻应变电桥的电压输出关系式如 (3) 式所示：

$$\Delta u = uK(\epsilon_1 - \epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_4) / 4 \quad (3)$$

式中： u ——供桥电压 V(DC)；

$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ 和 ϵ_4 ——电桥 4 个桥臂相对应变；

K ——电阻应变计的灵敏度系数。

传感器采用全桥接法，又根据贴片在弹性体上的受力机理，且已知 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon$ ， $\epsilon_2 = \epsilon_3 = -\lambda\epsilon$ (其中 λ 为材料的泊松比)，此时其电压输出值 Δu 为：

$$\Delta u = uK\epsilon(1 + \lambda) / 2 \quad (4)$$

本传感器就是充分利用上述 (1) ~ (4) 式的相关关系，其输出灵敏度比半桥独立补偿电桥提高了 $2(1 + \lambda)$ 倍，且温度又得到了自动补偿的目的。

四、使用方法

4.1 传感器安装方法

传感器安装时，只需要用绑扎铁丝通过传感器两端的定位孔将其与被测钢筋测点位固定即可。

4.2 接桥方式

参照 HNY 型传感器引出导线上的标志或导线颜色，接到数采系统上的 A (红色)、B (黄色)、C (蓝色) 和 D (白色) 接线柱上即可。采用该接线方法时，若应变显示“正”，则被测点受拉，反之受压。

4.3 应变值的计算

本传感器是一种混凝土内埋式应变传感器，如果测算某测点或相应混凝土内部测点处的应变（应力），它是建立在任何一个复合材料（如混凝土与其中的钢筋），当受到外力，又处于弹性工作条件下，任何某测点处的应变处处相等的条件下，各自与不同的材料的弹性模量相乘 ($\sigma = E\epsilon$)，即为传感器埋入混凝土内部相应测点上的混凝土应力和钢筋的应力，但是在当混凝土或钢材处于非弹性范围时，则应考虑相应不同材料的“ $\sigma - \epsilon$ ”关系曲线再来确定相对应的应力状态。

五、混凝土内埋式应变传感器的选用和注意事项

本传感器在一般正常使用状态下，不需要作特别的维护保养，用户根据不同的检测目的选用不同量程的传感器，并严格按照本说明书要求使用，即可获得十分良好的使用效果，为更好地发挥本传感器的特点和作用，特列出如下注意事项：

三、HNY 型混凝土内埋式应变传感器的组成与工作原理

3.1 传感器的组成

HNY 型混凝土内埋式应变传感器，主要由下述几个部分组成，参见图 1。

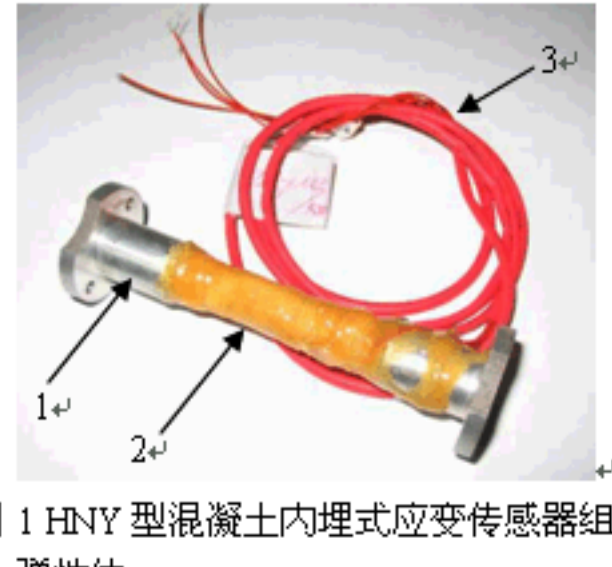


图 1 HNY 型混凝土内埋式应变传感器组成示意图

图中，1——弹性体；

2——自补偿电阻应变计；

3——引出导线。

3.1.1 弹性元件

本传感器采用了高性能铝合金作为弹性材料，因它具有弹性范围大，而且弹性模量低的特点，在同样的受力条件下它的输出应变大，从而输出灵敏度大。

3.1.2 敏感元件的选用、粘贴防潮密封和组桥部分

传感器的敏感元件，采用低蠕变、自补偿传感器用高精度胶基箔式电阻应变计，且经过严格的粘贴，又采用多道防潮密封工艺技术措施，然后组成全桥。

3.1.3 组桥和引出线部分

选用特制的可耐温的 4 芯屏蔽电缆引出线形成全桥形式输出端，可与各种不同型号的电阻应变放大器或应变数采系统相连使用。