

# 实验二 电阻应变片的粘贴、组桥及传感器的标定

## 一、实验目的

- 1、掌握应变测量的贴片方法与组桥方式与
- 2、掌握基于虚拟仪器技术的应变测量方法和应变式传感器的标定技术。

## 二、实验设备

Labview2010 软件、USB-6009 数据采集卡、普通计算机、动态电阻应变放大仪、等强度悬臂实验梁、1Kg 砝码和导线若干。

## 三、实验原理

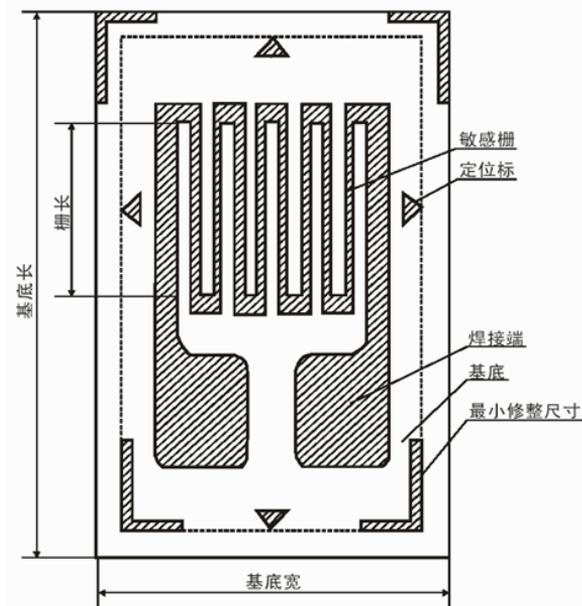


图 2-1 电阻应变计主要结构及各部分名称

在电阻应变计的各种安装方法中，粘贴法应用最多。应变计粘贴质量的好坏，是决定应变测试成功与否的关键因素之一，因

此，粘贴时必须严格按照粘贴的工艺流程进行操作。

一般的应变计粘贴和防护的工艺流程如下：

(1)应变计选择→(2)胶粘剂选择→(3)构件打磨→(4)表面清洗→(5)画线定位→(6)应变计清洗→(7)涂敷底胶→(8)应变计粘贴→(9)加热固化→(10)贴片质量检查→(11)引线连接→(12)质量检查→(13)质量检查→(14)性能测试→(15)防护处理。下面介绍一下一些常用工艺的具体内容。

#### (1)应变计的准备

应变计的准备是指应变计的选择、应变计检查和应变计表面处理。应变计的选择我们在前面已经做了专门介绍，这里仅介绍其它两方面的内容。

##### a. 应变计检查：包括外观检查和阻值检查

外观检查主要查看基底和盖层有否破损，敏感栅有否锈斑，引线有无折断的危险，敏感栅排列是否整齐，有无短路、缺口、断栅、划伤和变形，基底是否有气泡、皱折、坑点存在。

测量电阻应该精确到  $0.1 \Omega$ 。

##### b. 应变计表面处理

应变计在使用前，要用脱脂棉浸无水乙醇擦洗，注意两面都要清洗，对没有盖层的应变计，要顺着敏感栅的方向轻轻擦洗，洗净后用红外线灯或其它烘干装置烘干备用。

#### (2)粘贴表面的处理

为了使应变计粘贴牢固，需要对粘贴表面进行机械、化学处理，处理范围约为应变计面积的 3~5 倍。

首先除去油污、锈斑、氧化膜、镀层、涂料等，根据试件材料选用粒度为 220~400#的砂纸进行打磨，并打出与贴片方向呈  $45^\circ$  角的交叉条纹，然后用浸有丁酮或丙酮的脱脂棉球清洗打磨部位，并用无水乙醇清洗至棉球上不见任何污渍为止。注意，擦洗时要沿单一方向进行，不要来回交替擦拭。清洗干净的表面要避免再次污染(如用嘴吹气)及手触摸，待溶剂挥发表面完全干燥

后立刻贴片。

为保证应变计粘贴位置的准确，可用无油圆珠笔芯或划针在贴片部位轻轻划出定位线。划线时，线不能划到应变计贴片部位下面，避免对应变计产生损伤。经过划线的试件表面需用丙酮、无水乙醇、丁酮、三氯乙烷、异丙醇等溶剂对贴片试件表面单项清洗，并及时擦干或烘烤干，避免表面有油污残留或溶剂残留，对贴片质量产生致命性影响；贴片时，尽量保证应变计的位置准确，刷胶均匀性，胶量控制适量等；然后盖上聚四氟乙烯薄膜，用手指均匀挤压应变计，排除多余胶液和气泡，同时，轻轻拨动应变计，调整应变计位置，使其定位准确，真实反映测量点的应变。

### (3)底胶处理

许多粘结剂要求涂底胶，并经适当的热固化处理。底胶面积约为应变计面积的 1.5 倍。

底胶一般采用与贴片胶相同的粘结剂，厚度应控制在 0.01~0.03mm 并按相应的固化参数进行充分固化。

在满足粘合和绝缘强度的前提下，粘结层(包括底胶)越薄越好，因为这样可以保持较强的传递应变能力，减少胶层的不均匀性，降低蠕变和灵敏系数分散。有些粘结剂不需要涂刷底胶，如 502,101 等，这些粘结剂的粘结力强，绝缘强度高，蠕变小，特别适合制造传感器和精密应力分析。

### (4)应变计粘贴

应变计粘贴是整个贴片过程中最关键的步骤，对测试精度有绝对影响。粘贴前，对所需的工具、量具(如镊子、刀片、玻璃板)用丙酮清洗干净，戴上洁净的细纱手套，用化妆笔在试件表面贴片部位和应变计基底上分别涂刷粘结剂，稍稍晾干，待胶液略有发粘时，将应变计的中心线对准试件的定位线准确的贴上，盖上一层聚四氟乙烯膜，沿应变计轴线方向用手指滚压 3~4 次，排净气泡并挤出多余胶液，按所用粘结剂的要求自然干燥适当时间后

揭掉聚四氟乙烯薄膜。注意，带有引线的应变计要从无引线的一端开始揭起，用力方向尽量与粘贴表面平行，以防将应变计带起。

粘贴完毕后，要对应变计进行认真检查，发现基底有损坏，敏感栅有变形、断路、短路，贴片位置不正确，有气泡，局部没贴上，绝缘强度不够等问题，应及时排除，或铲除重贴。

#### (5)固化

目前国内外常用的粘结剂大多数都需要加热固化。温度、时间和压力是固化的三要素，这三者都应严格按粘结剂的相应固化工艺规范加以保证。

应变计的加压一般是在其上依次铺垫聚四氟乙烯薄膜、硅橡胶板，再用夹具或压块加压，对复杂型面，可用专门夹具加压，砂袋、捆扎加压也常常被采用。

为有效地消除内应力，一般在卸压后将温度升到高出加压固化温度 30℃左右，保温 1~2 小时进行稳定化处理，具体的贴片固化参数可参考相应的贴片胶介绍，如 H-610，贴片工艺为：初固化，加压 0.1~0.3MPa，升温至 135℃，保温 2 小时，然后降温到室温卸压，再升温至 165℃，保温 2 小时，后降到室温即可。

#### (6)粘贴质量检查

加温固化后，对应变计的粘贴质量要作认真检查，检查项目有：

- a. 应变计粘贴前后阻值的变化；
- b. 绝缘电阻；
- c. 片内是否有残余的气泡；
- d. 贴片位置准确与否；
- e. 有否断路、短路或敏感栅变形。

#### (7)性能测试

##### a.加载性能测试

传感器装夹准确，无松动现象；加载点精准，无移位，最好是点对点加载；加载仪器自动加载，测试仪器采用自动巡检方式，

减少人为因素的影响；线路连接完好，无接触不良、虚焊等现象。

### b.温度性能测试

模拟环境的温度设备控温精度要高，符合传感器测试要求，无温度梯度、瞬变等现象；根据传感器体积大小确定保温时间，必须使被测传感器内部温度均匀、恒定，达到要求的温度值，避免在传感器弹性体内部产生温度台阶；湿热条件下的测试，必须使周围环境的温度、湿度达到规定的要求。

### c.环境要求

室内环境条件必须达到国家标准要求，减少环境对传感器的影响。

## (8)防护处理

应变计防护的根本途径，是利用一定的材料或介质将应变计连同其附件与恶劣环境隔开，所以首先在应变计安装和使用过程中，谨慎、细心地操作，保持不用手直接接触就是一种有效的防护措施；其次就是利用涂敷保护层来进行防护，应变计的防护一般可选用 AZ-709 胶，对裸露部分进行防护，要求涂刷均匀，然后覆盖南大 703、704、D04 等硅橡胶即可。

应变测量是研究构件应力状态的重要手段，通过应变测量还可以了解构件的变形。应变测量的方法也可以推广到与应变有密切关系的其他机械量测试。

本次实验用的应变测量虚拟仪器硬件组成如图 2-2 所示。



图 2-2 应变测试系统硬件结构

电阻应变片将被测对象的变形转换为电阻值的变化，根据测试的具体要求可以选择不同种类的电阻应变片和不同的布置与组桥方式。本次实验用四片型电阻应变片，平行粘贴在纯弯曲变形构件距中性层距离相等的上下两面，如图 2-3 所示。

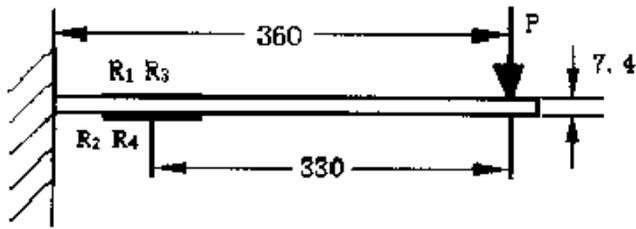
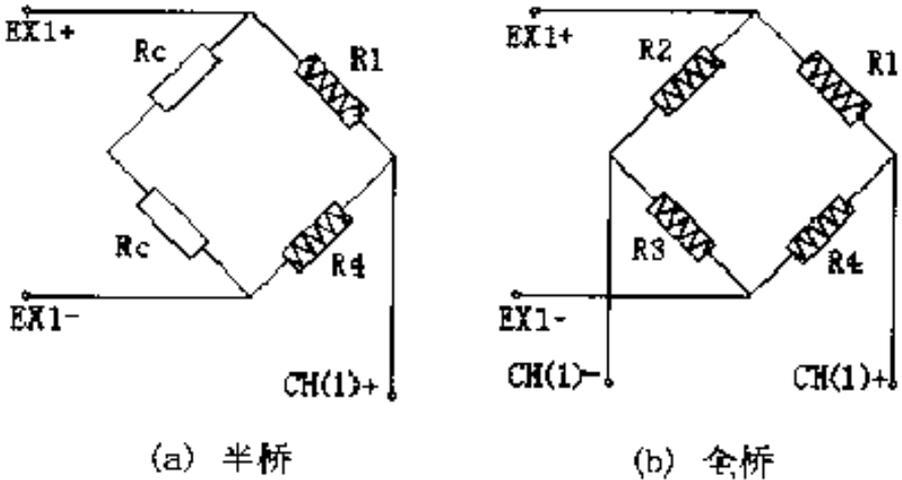


图 2-3 应变测试悬臂梁结构

半桥测量时用图中应变片 R1 和 R4 接入电桥相邻两臂组成应变测试电路，如图 2-4(a)所示。图中  $E_x$  是应变桥放大仪提供的可调激励电压； $R_c$  是应变桥盒提供的组桥电阻。



(a) 半桥

(b) 全桥

图 2-4 应变测试电路

全桥测量电路如图 2-4(b)所示，图中  $E_x$  意义与图 2-4(a)相同。

当变形构件产生变形应变  $\varepsilon$  时，应变片的电阻变化率为：

$$\frac{\Delta R}{R} = K\varepsilon$$

式中， $K$  为应变片的灵敏系数。

半桥测量的电压信号为：

$$V_{sg} = \frac{\Delta R}{2R} V_{EX} = \frac{1}{2} K\varepsilon V_{EX}$$

全桥测量的电压信号为：

$$V_{sgf} = \frac{\Delta R}{R} V_{EX} = K\varepsilon V_{EX}$$

求出构件应变后，根据它的几何尺寸和材料力学公式，很容易得到它的挠曲轴表达式和挠度值。可以自行构建一个 VI 用于完成这一转换。

#### 四、实验内容和要求

- 1、根据要求利用应变放大仪和数据采集卡进行等强度梁应变的系统硬件组成系统；
- 2、运用 LabVIEW 设计出可用的测量程序，进行应变采集、数据处理和记录。测量时逐个加砝码(每个 500 克)，观察应变值随时间变化的曲线，读取应变值并记录数据。
- 3、提交采集程序的前面板和后面板
- 4、填写应变实验数据记录表并完成实验报告。

序号	砝码重量(kg)	电压值(mV)	测试应变值 $\mu\varepsilon$	放大仪应 变值 $\mu\varepsilon$
		全桥		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				