

桥梁结构试验报告书

姓名：曹森茂

学号：060815

专业：桥梁工程

时间：2009-5-30

实验一 接桥方式和静态电阻应变仪的使用

一、实验目的和要求

- (1) 利用不同的电桥桥路组合进行应变测量，了解提高测量灵敏度和消除误差影响的方法，从而掌握用这种方法解决测量中的实际问题。
- (2) 了解温度效应，并懂得消除方法。
- (3) 熟悉静态应变仪的功能和使用。

二、实验仪器和设备

DH-3815 静态应变测试系统	1 套
贴有应变片的等强度梁	1 根
砝码 (40N)	1 组
电吹风	1 只
其他工具	若干

三、实验内容和步骤

1. 准备

- (1) 由指导老师介绍仪器的功能和使用方法。
- (2) 熟悉应变仪及其配套软件的使用方法。
- (3) 开机预热 10 分钟。

2. 静态应变测量

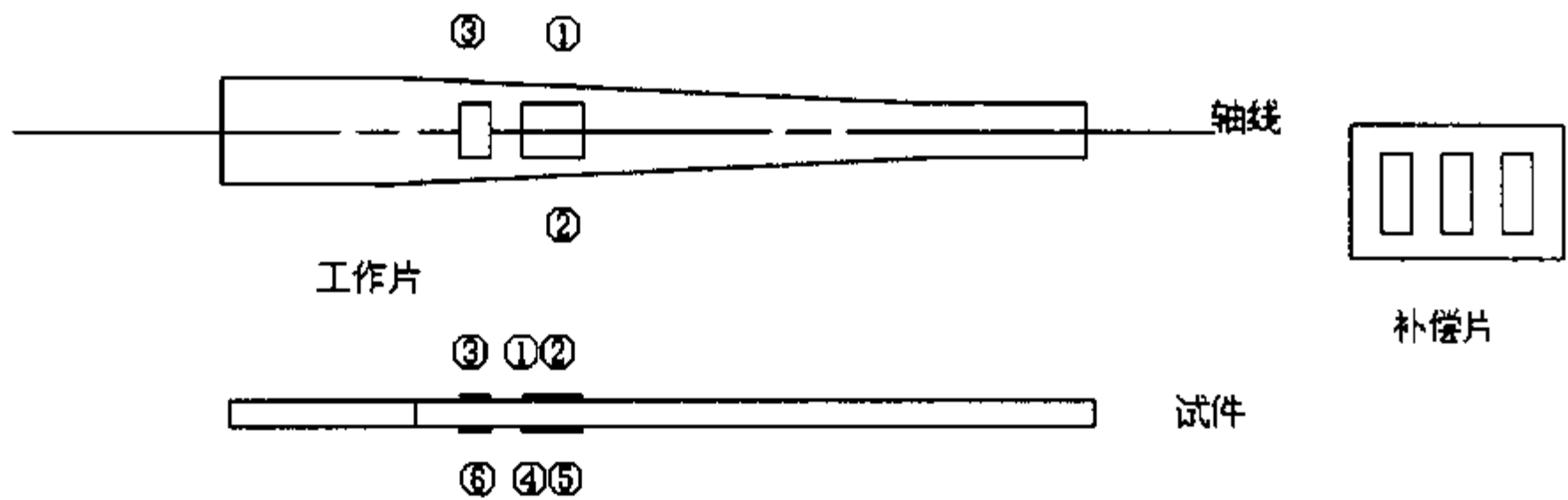
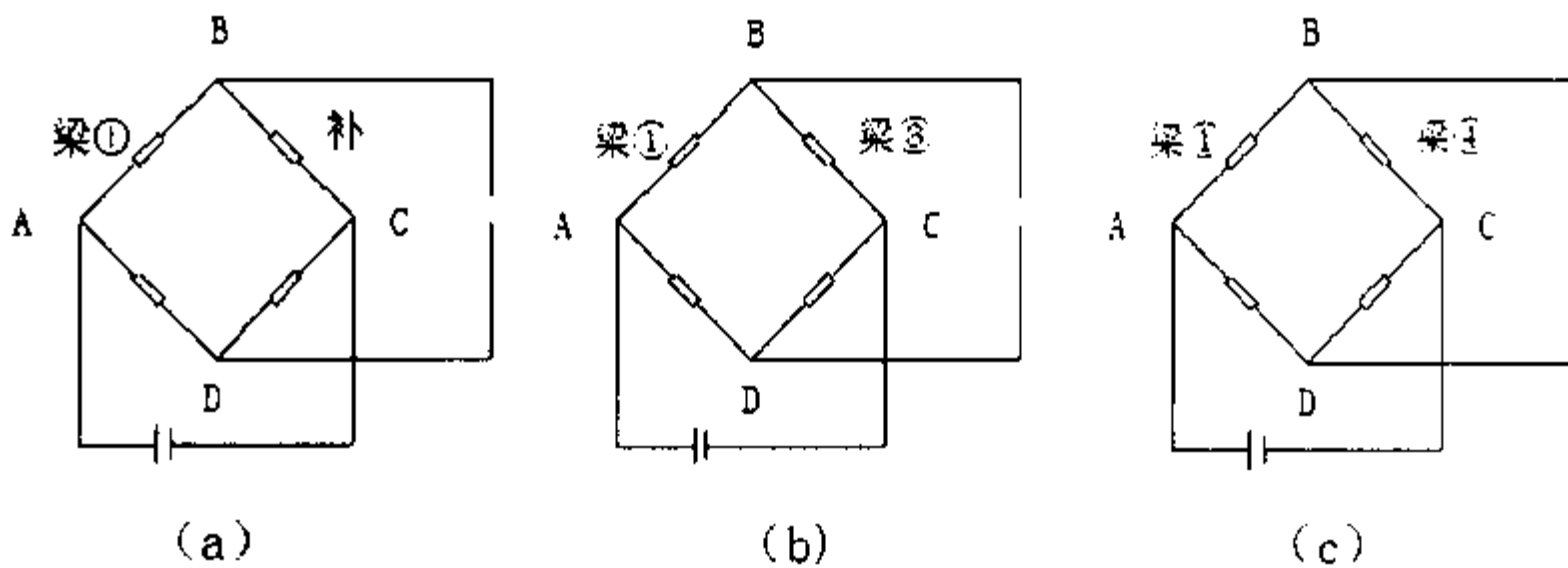


图 1-1



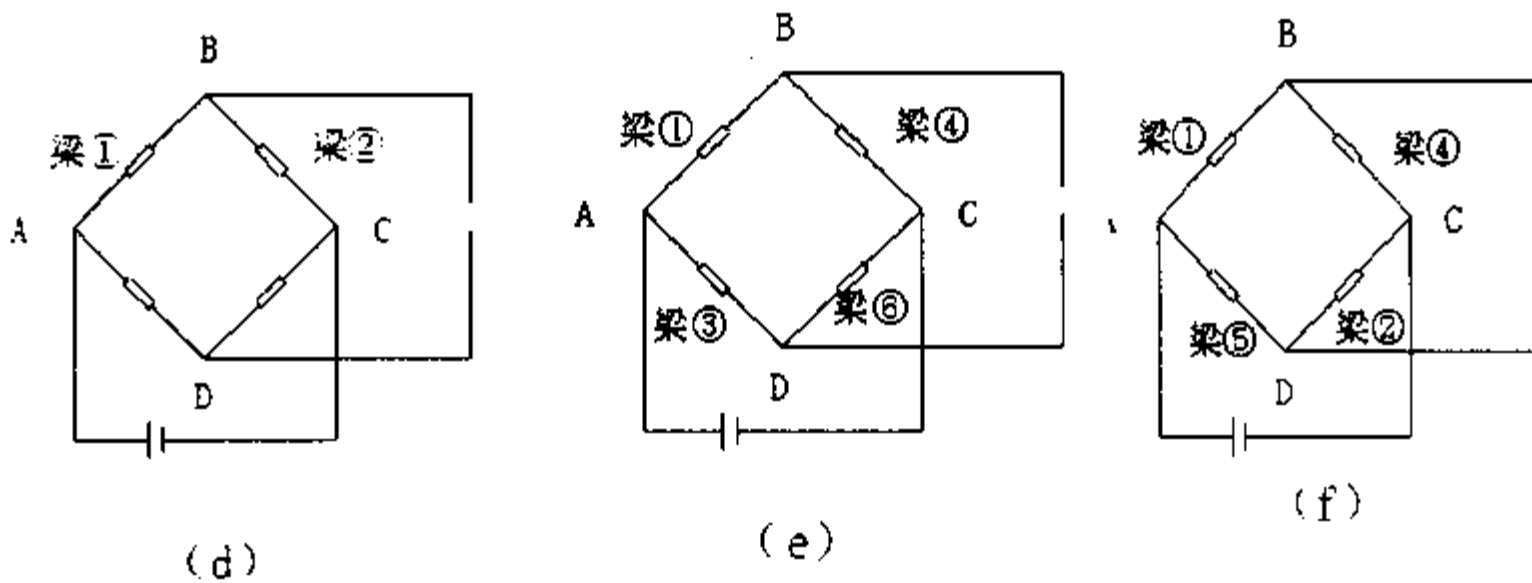


图 1-2 接桥方式

根据图 1-1 及图 1-2 进行以下操作。

(1) 半桥测量

具体连接形式见图 1-3。

① 按图 1-2 (a) 进行接线：应变仪接线柱+ E_g 、 V_i+ 两点接上纵向片（1 号片）， V_i+ 、0 接温度补偿片。每级加载 10N，每加载一级荷载记录一次读数（填于表 1-1 中），分四级加载至 40N。在分四级卸载至零，同样每级记录读数，并看其回零否。再重复二次。

将最后加载 40N 的读数再记录于表 1-2 的第一栏中。

② 按图 1-2 (b) 进行接线：应变仪接线柱+ E_g 、 V_i+ 接上纵向片（1 号片）， V_i+ 、 $-E_g$ 接上横向片（3 号片）。一次加载 40N，读取数据，记录于表 1-2 中的第二栏。

③ 按图 1-2 (c) 进行接线：应变仪接线柱+ E_g 、 V_i+ 接上纵向片（1 号片）， V_i+ 、 $-E_g$ 接下纵向片（4 号片）。一次加载 40N，读取数据，记录于表 1-2 中的第三栏。

④ 按图 1-2 (d) 进行接线：应变仪接线柱+ E_g 、 V_i+ 接上纵向片（1 号片）， V_i+ 、 $-E_g$ 接上纵向片（2 号片）。一次加载 40N，读取数据，记录于表 1-2 中的第四栏。

(2) 全桥测量

具体连接形式见图 1-4

① 按图 1-2 (e) 进行接线：应变仪接线柱+ E_g 、 V_i+ 两点接上纵向片（1 号片）， V_i+ 、 $-E_g$ 间接纵向片（4 号片）， V_i+ 、 $-E_g$ 间接下横向片（6 号片）， V_i+ 、 $+E_g$ 间接上横向片（3 号片）。一次加载 40N，读取数据，记录于表 1-2 中的第五栏。

② 按图 1-2 (f) 进行接线：应变仪接线柱+ E_g 、 V_i+ 两点接上纵向片（1 号片）， V_i+ 、 $-E_g$ 间接纵向片（4 号片）， V_i- 、 $-E_g$ 间接下横向片（2 号片）， V_i- 、 $+E_g$ 间接上横向片（5 号片）。一次加载 40N，读取数据，记录于表 1-2 中的第六栏。

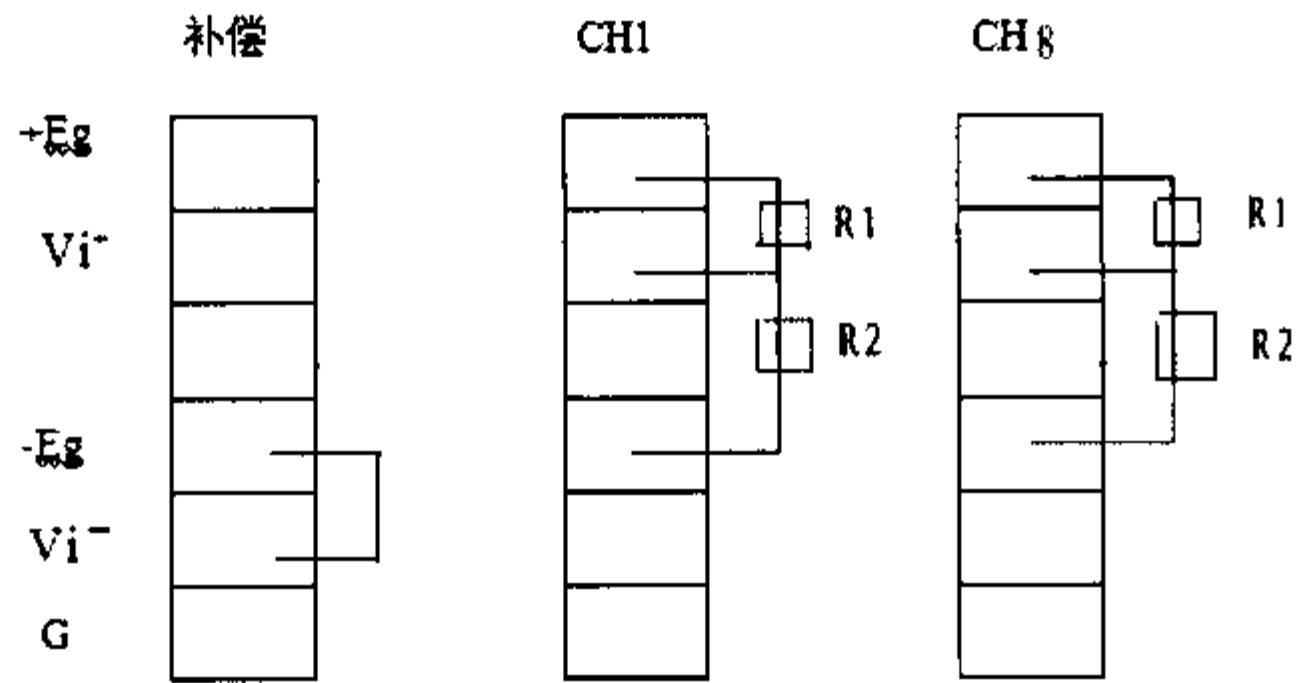


图 1-3 半桥测量连接形式

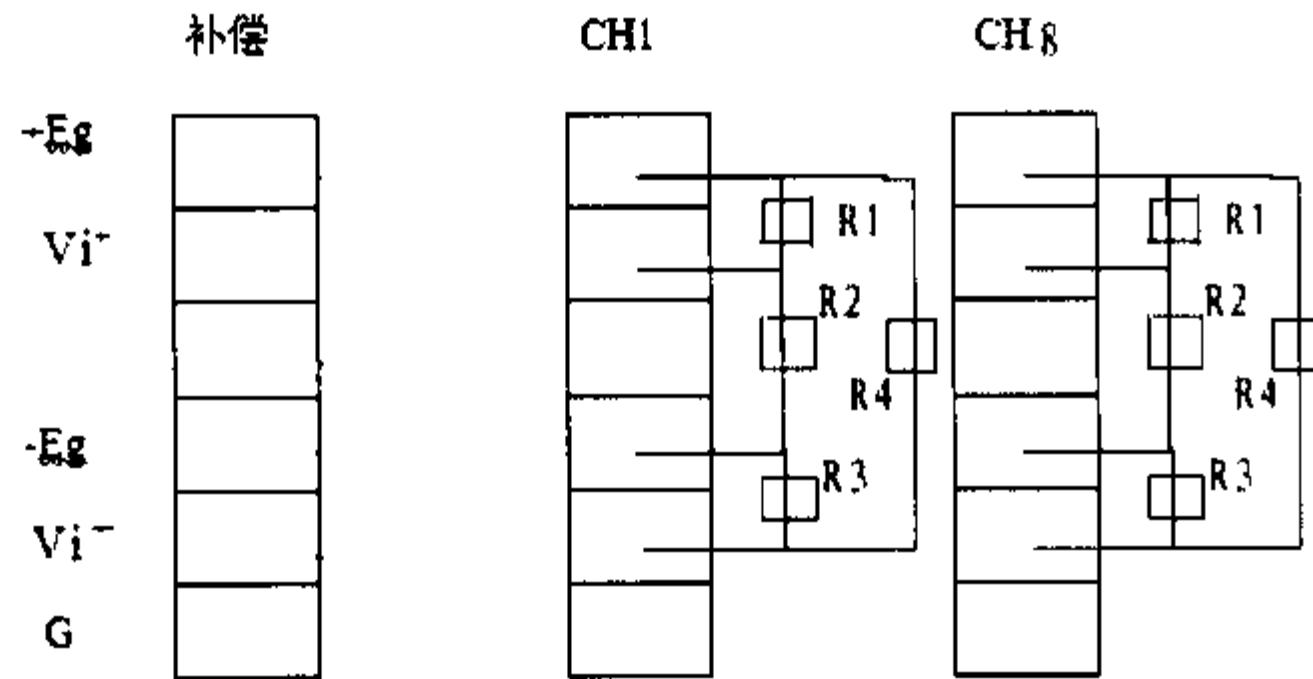


图 1-4 全桥测量连接形式

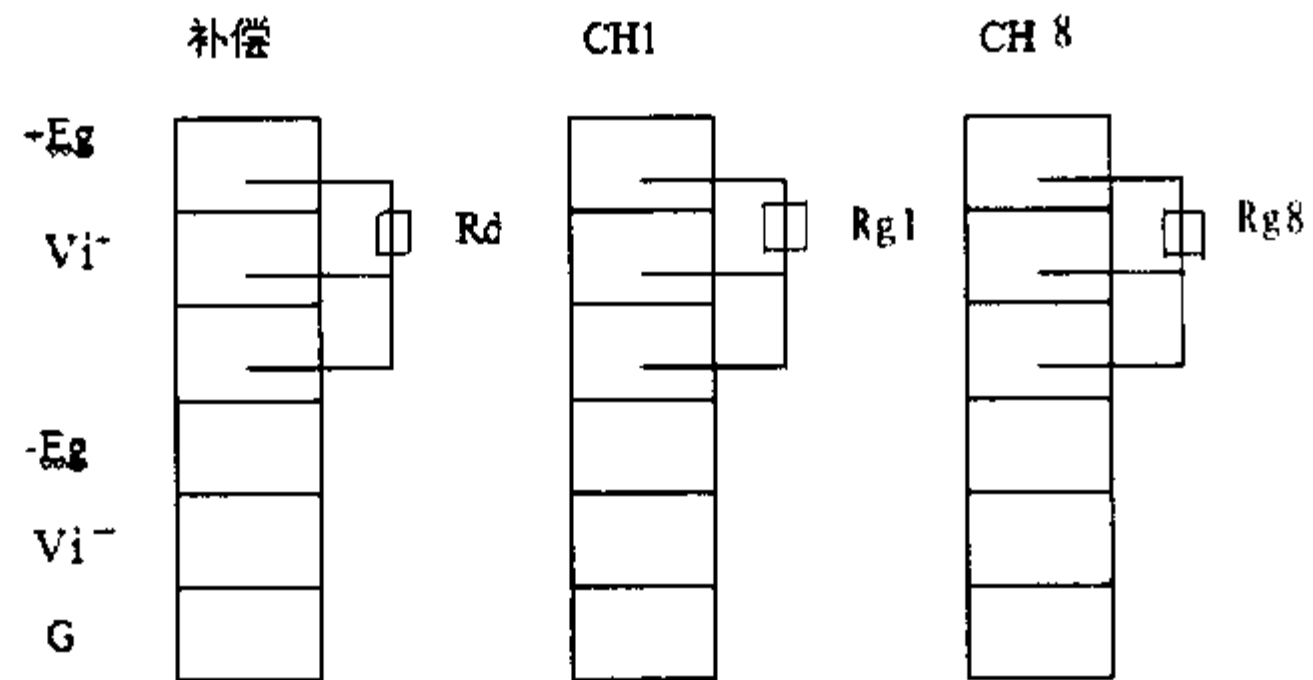


图 1-5 应变计的连接

3. 作一点（补偿片）补多点（工作片）测量
应变仪桥路方式为图 1-5。

将桥上的 6 个测点分别接到应变仪上作半桥测量：补偿通道接补偿片：通道 1~通道 6 分别接①~⑥工作片。一次加载 40N，读取各点的数据，记录于表 1-3。测量时重复 3 次，以取平均。

四、数据记录与处理

表 1-1 分级加载记录

应变($\mu\epsilon$) / 荷载(N)		工况				
		0	10	20	30	40
第一次	加载	0	134	264	395	520
	卸载	-19	95	232	338	520
第二次	加载	0	126	256	388	518
	卸载	-14	117	254	383	512
第三次	加载	-2	126	264	392	527
	卸载	0	129	262	393	527

表 1-2 不同的接桥方式的应变值

序号	接桥图式	应变读数($\mu\epsilon$)	桥臂系数	备注
a	图 1-2 接桥方式(a)	527	1	
b	图 1-2 接桥方式(b)	635	$1+\mu$	
c	图 1-2 接桥方式(c)	1058.3	2	
d	图 1-2 接桥方式(d)	0	0	
e	图 1-2 接桥方式(e)	1268	$2(1+\mu)$	
f	图 1-2 接桥方式(f)	2118	4	

表 1-3 作多点测量时各点的应变值

测点 / 应变值($\mu\epsilon$) / 荷载(N)		1			2			3			4			5			6		
		0	40	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0
1	加、卸载	0	537	0	0	536	0	0	-141	0	0	-548	1	-1	-549	7	-1	142	-3
	增量	537			536			-141			-548			-548			143		
2	加、卸载	0	538	0	0	538	0	0	-141	0	0	-540	0	0	-570	-30	0	147	0
	增量	538			538			-141			-540			-570			147		
3	加、卸载	0	541	0	0	537	0	0	-141	0	0	-543	0	0	-547	-2	0	147	0
	增量	541			537			-141			-543			-547			147		
平均值		538.67			537			-140.67			-543.67			-555			145.67		

五、实验报告

1、试述桥臂系数的物理意义

答：在机械应变测量中的惠斯顿电桥的输出电压和输入电压关系为：

$$V_{out} = \frac{1}{4}k(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4)V_m$$

如果各电阻应变计的阻值都一样，即 $R_i=R$ ，则有：

$$V_{out} = \frac{1}{4}Nk\varepsilon V_m$$

则式中 N 是电桥有源工作臂的数目，也称桥臂系数。电桥的输出电压与相邻两臂的电阻变化率之差，或相对两臂的电阻变化率之和成正比，桥臂系数 N 正反映了这一比例关系的大小，决定了输出电压的放大效果。

2、将附表 1-3 的数据自行对比，并与理论计算值对比，分析诸纵横向片间的差异的原因。

(1) 纵向应变

通过对表 1-3 各测点应变平均值的对比可以发现，测点 1 和 2 的数值很接近，测点 4 和 5 的数值也很接近，并且前两者的数值符号与后两者的符号恰好相反。这是由于 1、2、4、5 四个测点对应的是同一横截面位置处的纵向应变值，但是 1、2 号应变片测得的是拉应变故而是正，4、5 号应变片测得的是压应变故而是负值。

理论计算：

根据等强度梁的几何尺寸与材料属性对进行纵向应变理论计算：

梁的几何尺寸和材料的属性值为：

$b=4.58\text{cm}$ 、 $h=0.378$ 、 $L=30\text{cm}$

$E= 2.06 \times 10^5 \text{ MPa}$

$$M = F \cdot L = 40 \times 0.3 = 12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot \frac{h}{2} = \frac{6M}{bh^2} = \frac{6 \times 12}{0.0458 \times 0.00378^2} = 110022983.8 \text{ N/m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{110022983.8 \times 10^{-6}}{2.06 \times 10^5} = 5.341 \times 10^{-4} = 534.1 \mu\varepsilon$$

实测结果与理论结果差异在误差允许范围内。

(2) 横向应变

同样在表 1-3 中，测点 3、6 的应变测量值的绝对值接近，符号相反。这是因为，测点 3、6 所测的是同一横截面位置处的横向应变，但是，3 号应变片测得的是横向压应变，故而为负值，而 6 号应变片测得的是横向拉应变，故而取正值。

理论计算：

根据等强度梁的几何尺寸与材料属性对横向应变进行理论计算：

$b=4.58\text{cm}$ 、 $h=0.378$ 、 $L=30\text{cm}$

$E= 2.06 \times 10^5 \text{ MPa}$ ，泊松比 $\mu=0.27$ ：

$$\varepsilon' = \mu\varepsilon = 0.27 \times 534.1 = 144.2$$

实测结果与理论结果差异在误差允许范围内。

(3) 根据附表 1-3 的数据计算等强度梁材料的弹性模量和泊松比，并与理论值比较，讨论他们之间的差异。

a. 根据梁顶面实测应变值计算材料弹性模量 E 及泊松比 μ ：

梁顶面纵向拉应变 $\varepsilon = \frac{538.67 + 537}{2} = 537.8$

梁顶面横向压应变 $\varepsilon' = -140.67$

$$\text{弹性模量 } E = \frac{6M}{\varepsilon b h^2} = \frac{6 \times 12 \times 10^{-6}}{537.8 \times 10^{-6} \times 0.0458 \times 0.00378^2} = 2.046 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{泊松比 } \mu = \frac{|\varepsilon'|}{\varepsilon} = 0.262$$

b. 根据梁底面实测应变值计算材料弹性模量 E 及泊松比 μ

$$\text{梁底面纵向压应变 } \varepsilon = \frac{-543.67 - 555}{2} = -549.34$$

梁底面横向拉应变 $\varepsilon' = 145.67$

$$\text{弹性模量 } E = \frac{6M}{\varepsilon b h^2} = \frac{6 \times 12 \times 10^{-6}}{|-549.34| \times 10^{-6} \times 0.0458 \times 0.00378^2} = 2.002 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{泊松比 } \mu = \frac{\varepsilon'}{|\varepsilon|} = 0.265$$

而理论值为: $E = 2.06 \times 10^5 \text{ MPa}$, 泊松比 $\mu = 0.27$ 对比, 故而在误差允许范围内, 实验值与理论值接近相等。

(4) 简述温度效应及消除方法

接入电桥的电阻应变片的阻值随温度变化, 阻这一变化当然会引起电桥输出电压的变化, 一般每升温 1°C , 应变放大器输出的变量可达几十微应变, 即为温度效应。显然, 这是非受力应变, 需要排除, 这一排除温度影响的措施叫做温度补偿。

根据应变电桥的输出特性, 应用中用一片和工作片 (贴在梁上受力的应变片) 阻值、灵敏系数和电阻温度系数都相同的应变片, 把它贴在一块与被测试件材料相同而不受力的试件上, 并使它们处于同一温度场中, 电桥连接时使工作片和补偿片处在相邻桥臂中, 这样温度变化就不会造成电桥输出电压的非受力变化。

实际使用上, 补偿片可用单点补偿多点的办法, 具体补多少点要根据被测物的材料特性, 测点位置及环境条件决定。一般桥梁应变测量, 可以一补十。但在特别严格或特殊场合, 要求单独进行补偿。

温度补偿还可使用温度补偿应变片完成, 这种应变片采用一种经过特殊处理的温度系数极小的合金材料, 在一定温度下, 能不计温度效应的影响。