

电模拟平面問題主应力和测定仪的設計

蕭子良 譚忠棠

我們在決定依照А.К.Преке, 季鍾霖, 荆宝全等人的設計, 試制电模拟法确定平面問題的主应力和的仪器时, 无法找到所需的晒井流片。于是按照相同原理, 采用电子管綫路进行設計分压器。下文主要是叙述这种設計

基本原理

一稳定电流通过图 1 中等厚均匀导电板 S , 在边界上具有电位 $u_s = f(s)$, 从板中截出单元 $dx dy$, 通过单元垂直边的电流为 i_x 和 $-(i_x + \frac{\partial i_x}{\partial x} dx)$; 通过水平边的为 i_y 和

$(i_y + \frac{\partial i_y}{\partial y} dy)$ 。因为电路交点处电流和为零, 因此

$$i_x - (i_x + \frac{\partial i_x}{\partial x} dx) + i_y - (i_y + \frac{\partial i_y}{\partial y} dy) = 0, \quad (1)$$

但是

$$\left. \begin{aligned} i_x &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial u}{\partial x} dy; & i_x + \frac{\partial i_x}{\partial x} dx &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) dy \\ i_y &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial u}{\partial y} dx; & i_y + \frac{\partial i_y}{\partial y} dy &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial y} \left(u + \frac{\partial u}{\partial y} dy \right) dx \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中 ρ 是单位面积上的电阻; u 是模型內 (x, y) 点的电位。

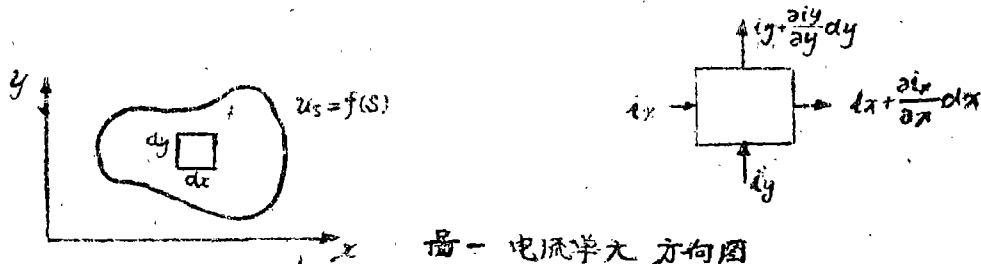


图 1 电流单元方向图

将公式 (2) 代入 (1) 中, 整理同类项并除以 $-\frac{dx dy}{\rho}$ 便可得到

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0,$$

这就表明电位是满足拉普拉斯方程的。

弹性理论平面问题的主应力和 $\Sigma = \sigma_1 + \sigma_2$ 同样满足拉普拉斯方程，它的边值可用光弹性实验方法给出，因为在自由边界上它的主应力之一为零，所以在自由边界上

$$(\sigma_1 + \sigma_2)|_s = (\sigma_1 - \sigma_2)|_s. \quad (3)$$

可见若将半导体纸切成与应力板形状一样，按公式(3)给出相应的边界电位分布，则测得模型内部各点的电位，便可得出相应的主应力和。

电模拟装置

模拟的基本要求就是形成电场（包括施加边界电位）和内部电位的测量。图2是电模拟线路简图。

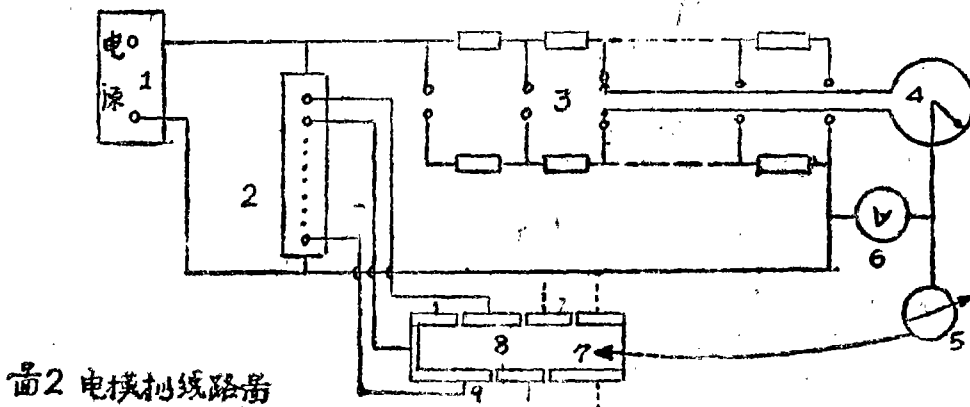


图2 电模拟线路简图

其中1.直流电源；2.分压器；3.补偿器；4.微补器；5.灵敏电流表（微安计）；6.伏特计；7.探针；8.模型；9.分布电位。

这里我们采用了300伏60瓦的直流电源1，补偿器3用上排15个10K欧姆电阻下排10个100欧姆电阻构成分线开关，微补器4用可连续滑动的100欧姆电阻组成。微补器上并联一伏特计6（量程50伏，能准确测量0.1伏）接地。除分压器2用于加边界电位外其它元件构成测量系统。

灵敏电流表5起着指示器的作用，当探针指到被测量点，调整补偿器3、4，使回路电流为零，则伏特计6上的读数即为该点的电位。

边界电位的分布，借助于绕电阻丝的“接触板”给出，这种“板”由高10—20毫米厚2毫米（长度依边界情况来确定）的铝板在其外部绕绝缘电阻丝制成，在“板”的一边去掉电阻丝绝缘，另一边按需要引出数条导线并与分压器相接。

分压器 2 的设计

硒整流器可以获得较大电流低电压, 从而要求分压准确到 0.2 伏是较容易的。电子管整流器则是获得高压小电流, 这样, 要求依 0.2 伏为间隔等分电压就较困难了。现在我们采用了电子管 (6H2H) 作阴极输出, 使电压降低, 以达分压目的。下面是计算。

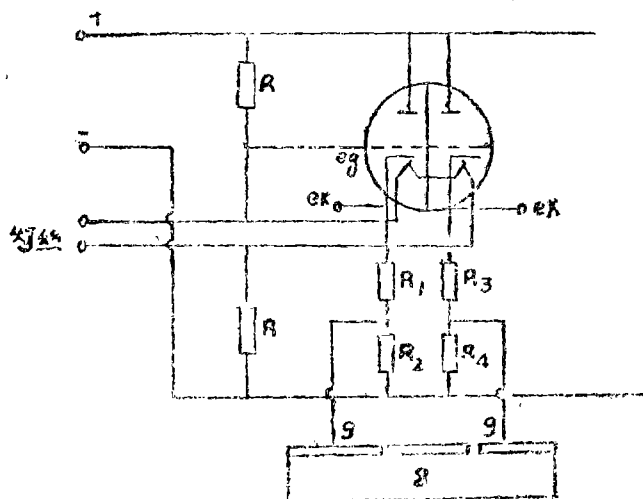


图3 阴极输出器

阴极输出的板极电流公式

$$i_p = \frac{E_b + \mu e_g}{r_p + (\mu + 1)R_k}$$

输出电压

$$e_k = i_p R_k = \frac{E_b + \mu e_g}{(1 + \mu) + \frac{r_p}{R_k}}$$

其中 r_p 为电子管内阻, R_k 为输出端电阻。

6H2H 的几个数据:

每个三极管的板极电流	2.3 毫安/伏
每个三极管的跨导 (S)	2 毫安/伏
每个三极管的放大因数 (μ)	97.5
板极电压	250 伏
栅极电压	负 1.5 伏

$$r_p = \frac{\mu}{S} = 48.75 \text{ K}$$

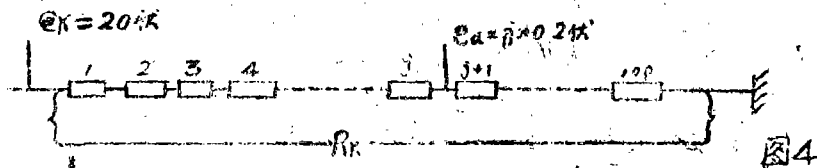
为了适合分压的需要, 我们取 $e_k = 20$ 伏, 栅压负 2 伏 (即 $e_g = 18$ 伏), 板极电压 280 伏 (即 $E_b = 300$ 伏), 此时 6H2H 的工作状态还是良好的 (属于特性曲线的线性部分)。

$$R_k = \frac{e_k r_p}{E_b + \mu e_g - (\mu + 1) e_k} = \frac{20 \times 48750}{300 + 97.5 \times 18 - 98.5 \times 20} = 11471 \text{ 欧姆 (取其近似 } 11.5 \text{ K)}$$

$$i_p = \frac{E_b + \mu e_g}{r_p + (\mu + 1) R_k} = \frac{300 + 97.5 \times 18}{48750 + 98.5 \times 11500} = 1.74 \text{ 毫安.}$$

$$\text{由 } \frac{R_o}{R + R_o} = \frac{e_g}{E_b} = \frac{18}{300}, \text{ 我们取 } R_o = 18 \text{ K, } R = 280 \text{ K.}$$

在输出端获得了电压20伏后, 我们把它分为100等分, 就产生100种不同的以0.2伏为间隔的电位。如每个电子管引一种电位, 就需要50个电子管(6H2 II是双三极管)。每个管的线路均类同。要输出电压等分100份, 只需等分 R_K 为100份如图4。



欲想得到 $j \times 0.2$ 伏电位, 在第 $(100 - j)$ 个分点处接一个线头出来即可。因此, 我们把50个电子管并联起来就可以同时获得100种以0.2伏为间隔的从0到20伏的不同电位。用上述方法, 我们曾做了两次阴极输出的试验, 结果是良好的。

补偿器的设计

分压器2用3电子管线路, 补偿器3也需要改装。

我们知道惠斯登电桥的线路如图5

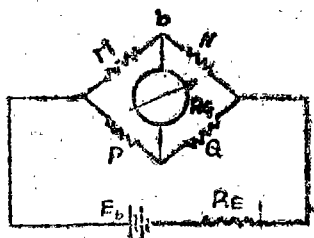


图5 惠斯登电桥

电模拟装置就相当于一个惠斯登电桥。图5中回路 $E_b a d c E_b$ 和 $E_b a b c E_b$ 分别相当于图2中回路 $1 - 2 - 8 - 1$ 和 $1 - 3 - 4 - 1$ 。

惠斯登电桥达到平衡, 亦即 b 、 d 二个支点在同一电位, 这时电流计 G 没有电流通过,

所必需的条件为 $\frac{M}{N} = \frac{P}{Q}$ 。在电模拟的装置回路

$1 - 2 - 8 - 1$ 中, P 是相当大的, 它包括电

子管的等效电阻 $R_p = \frac{300 - 20}{0.00174} = 161 \text{ K}$ 。因此, $\frac{M}{N}$ 的最大可能值位于 $\frac{16200}{115} = 1410$ 附近,

最小可能值位于 $\frac{161 \text{ K}}{15.1 \text{ K}} = 14$ 附近。为了调整补偿器时能适合 $10 < \frac{P}{Q} < 1450$, 我们采用上排15个10 K 欧姆, 下排10个100欧姆电阻构成分线开关, 微补器5用可连续滑动的100欧姆电阻组成。

参考文献

[1] A. K. 普莱斯, 季钟霖, 荆宝全: 电模拟法确定平面问题的主应力和。全国实验应力分析第一次报告会文献汇编, 第107页——第116页。