

设计性实验指导书

实验名称：压杆稳定实验

实验项目性质：设计性实验

所涉及课程：材料力学

计划学时：2 学时

一、实验目的

1. 观察并用电测法确定两端铰支撑条件下细长压杆的临界力 P_{ij} 。
2. 理论计算两端铰支撑条件下细长压杆的临界力 P_{ij} 并与实验值测试值进行比较。

二、预习与参考

1. 课前预习实验指导书。
2. 认真观察记录实验过程，培养科学的实验态度。
3. 独立完成实验报告。回答思考题内容。

三、设计指标

1. 用百分表测定细长压杆的临界载荷；
2. 观察压杆的失稳现象；
3. 用应变电测法测定两端铰支细长压杆的临界压力 F_{cr} 以验证欧拉公式。

四、实验（设计）仪器设备和材料清单

1. 拉压实验装置一台。
2. 矩形截面压杆一根（已粘贴应变片）。
3. 静态数字电阻应变仪一台。

五、实验原理（设计要求）

压实验装置见图 5-1，它由座体 1，蜗轮加载系统 2，支承框架 3，活动横梁 4，传感器 5 和测力仪 6 等组成。通过手轮调节传感器和活动横梁中间的距离，将已粘贴好应变片的矩形截面压杆安装在传感器和活动横梁的中间，见图 5-2，压杆尺寸为：厚度 $h=3\text{mm}$ ，宽度 $b=20\text{mm}$ ，长度 $l=350\text{mm}$ ，见图 5-3 (a)，材料为 65Mn，弹性模量 $E=210\text{GN/m}^2$ 。

对于两端铰支的中心受压的细长杆，其临界压力为

$$P_{ij} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l^2}$$

式中： l — 压杆长度； I_{\min} — 压杆截面的最小惯性矩。

假设理想压杆，若以压力 P 为纵坐标，压杆中点挠度 f 为横坐标，按小挠度理论绘出的 P - f 曲线图，见图 5-4。当压杆所受压力 P 小于试件的临界压力 P_{lj} 时，中心受压的细长杆在理论上保持直线形状，杆件处于稳定平衡状态，在 P - f



图 5-1

图 5-2

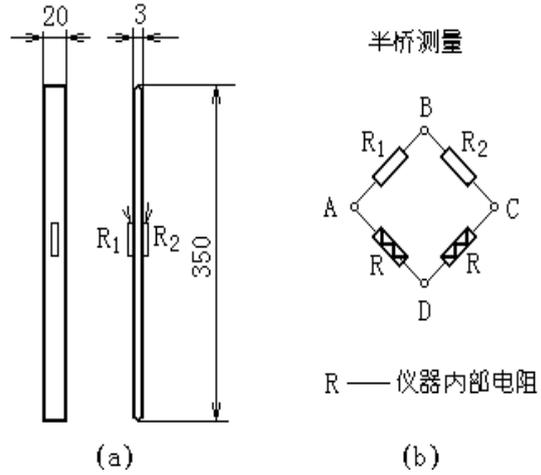


图 5-3

曲线图中即为 OC 段直线；当压杆所受压力 $P \geq P_{lj}$ 时，杆件因丧失稳定而弯曲，在 P - f 曲线图中即为 CD 段曲线。由于试件可能有初曲率，压力可能偏心，以及材料的不均匀等因素，实际的压杆不可能完全符合中心受压的理想状态。在实验过程中，即使压力很小时，杆件也会发生微小弯曲，中点挠度随压力的增加而增大。见图 5-5，若令压杆轴线为 x 坐标，压杆下端点为坐标轴原点，则在 $x = \frac{l}{2}$ 处

横截面上的内力为

$$M_{x=\frac{l}{2}} = Pf, \quad N = -P$$

$$\sigma = -\frac{P}{A} \pm \frac{My}{I_{\min}}$$

横截面上的应力为

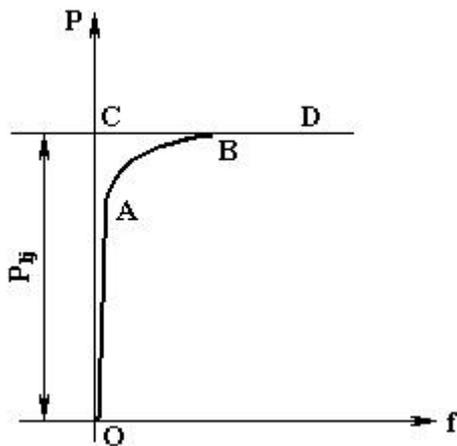


图 5-4

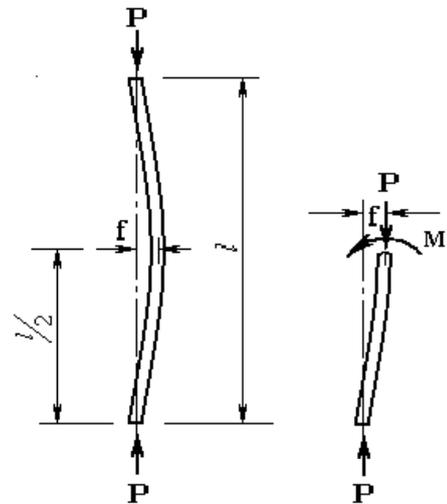


图 5-5

在 $x = \frac{l}{2}$ 处沿压杆轴向已粘贴两片应变片，按图 5-3 (b) 半桥测量电路接至应变仪上，可消除由轴向力产生的应变，此时，应变仪测得的应变只是由弯矩 M 引

起的应变，且是弯矩 M 引起应变的两倍，即

$$\varepsilon_M = \frac{\varepsilon_d}{2}$$

由此可得测点处弯曲正应力

$$\sigma = \frac{M \frac{h}{2}}{I_{\min}} = \frac{Pf \frac{h}{2}}{I_{\min}} = E\varepsilon_M = E \frac{\varepsilon_d}{2}$$

并可导出 $x = \frac{l}{2}$ 处压杆挠度 f 与应变仪读数应变之间的关系式

$$f = \frac{EI_{\min}}{Ph} \varepsilon_d$$

由上式可见，在一定的力 P 作用下，应变仪读数应变 ε_d 的大小反映了压杆挠度 f 的大小，可将图 5-4 中的挠度 f 横坐标用读数应变 ε_d 来替代，绘制出 $P-\varepsilon_d$ 曲线图。当 P 远小于 P_{lj} 时，随力 P 增加应变 ε_d 也增加，但增加的极为缓慢（OA 段）；而当力 P 趋近于临界力 P_{lj} 时，应变 ε_d 急剧增加（AB 段），曲线 AB 是以直线 CD 为渐近线的，因此，可以根据渐近线 CD 的位置来确定临界力 P_{lj} 。

六、调试及结果测试

1. 实验步骤

- (1) 将压杆安装在两端铰支承中间；
- (2) 接通测力仪电源，将测力仪开关置开；
- (3) 按图 5-3 (b) 半桥测量电路将应变片导线接至应变仪上；
- (4) 检查应变仪灵敏系数是否与应变片一致，若不一致，重新设置；
- (5) 在力 P 为零时将应变仪测量通道置零；
- (6) 旋转手轮对压杆施加载荷。要求分级加载荷，并记录 P 值和 ε_d 值，在 P 远小于 P_{lj} 段，分级可粗些，当接近 P_{lj} 时，分级要细，直至压杆有明显弯曲变形，应变不超过 $1000\mu\varepsilon$ 。

2. 结果处理：

- (1) 根据实验设计实验数据记录表格；
- (2) 绘制 $P-\varepsilon_d$ 试验曲线，确定临界力测试值 P_{lj} ；
- (3) 计算两端铰支的临界力值 P_{lj} 的理论值，与实测值进行比较，求出差异大小并分析原因。

七、考核形式

1. 实验考核办法

一般课程实验考核，采用日常考核、操作技能考核和评阅实验报告等多种形式。

日常考核的主要内容：预习情况、实验原始记录、数据分析与处理能力和出勤率。

操作考核的主要内容：实验原理、实验理论、实验技术和实验方法，实验仪器设备的操作技能、实验常见问题的分析与处理。

2. 实验成绩评定

(1) 课程实验成绩按教学大纲要求按比例归入课程总成绩。

(2) 课程实验旷到一次者，成绩以不及格论。课程实验成绩不合格者，不得参加该门课程的考试。

(3) 考核成绩，可按优、良、中、及格、不及格五级记分制进行评定，但在计算成绩时，需按以下办法转换成百分制。

优秀：90~100分；良好：80~89分；中等：70~79分；及格：60~69分；不及格 60分以下。

(4) 课程实验成绩不及格者必须重修，重修学生所发生的耗材等费用自理。

(5) 在评阅实验报告时指导教师若发现有抄袭作弊现象，上报院教学指导小组，学院对当事人按学籍管理办法处理，实验成绩以不及格论处。

八、实验报告要求

试验报告应包括：试验名称、试验目的、仪器设备名称、规格、量程，试验记录及结果。

九、思考题

1. 临界载荷是在什么情况下测得的。
2. 当第四种标准支承模式中变上端为固定、下端为铰支时，其欧拉公式计算的理论值是否变化，试验值是否变化？
3. 失稳后，变形与载荷是否还是线性关系？
4. 压杆临界力测定结果和理论计算结果之间的差异主要是由哪些因数引起的？

记录表

序号	载 荷		读数应变 ($\mu\varepsilon$)	
	P	ΔP	ε_{Pd}	$\Delta\varepsilon_{Pd}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

注：表格可根据需要添加