

力学开放实验室的一项新实验——梁变形的综合实验

李尧臣

同济大学航空航天与力学学院，上海 200092

摘要：本文介绍了我部的力学开放实验室最新开发的实验项目——梁变形的综合实验。介绍了实验装置，以简支梁为例介绍了实验方法，分析了该项实验在培养学生动手能力以及发挥学生的创造性方面所起的作用。

关键词：开放实验，动手能力，简支梁，挠度

力学基础课程的教学改革已经进行了好多年，在研究高等院校学生培养的三要素——素质、能力、知识——的关系方面，教育界同仁们都会注意到这样一个现象：有些学生分数不见得很高，但能力很强；有些学生成绩很好，但能力不是像应有的那么强^[1]。即分数并不能说明一切。这里面有个知识活化的问题，用所掌握的知识来解决实际问题的能力，比仅仅是学习知识更重要。解决问题的方法之一，就是增加一些实验课程，提高学生的动手能力。以往的工程力学实验也和材料力学的实验内容相仿，也就是大纲中规定的几个常规实验，实验步骤都是设计好了的，多年运作万无一失，学生兴趣不大。而且对实验报告，大部分学生也只是机械的照抄。实验完成后，对于材料性质的一些概念、量级，材料力学中的一些原理和规律仍然一无所知。

建立开放实验室是一个好办法。设计一些能让学生开动脑筋的实验，只给出实验的目标和要求，而对于实验方法不作详细介绍，完全是让学生自己思考，想出办法来达到实验目标。根据这样的思想，我们最近开发了一项创新实验——梁变形的综合实验。它的特点在于：设备简单，操作简单，但变化多，实验过程比较自由。

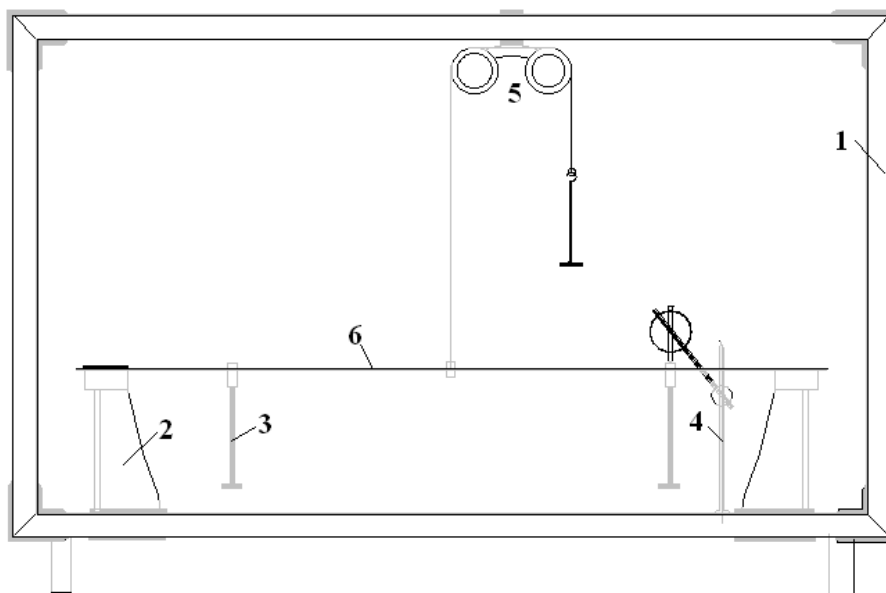


图1 梁挠度测试设备示意图

实验设备如图1所示，其主要部件说明如下：

1. 框架；
2. 支座3个，一个固定端支座，一个固定铰支座，一个活动铰支座。三个支座用蝶形螺栓连接在框架的下横梁上，它们之间的距离可以调整，以适应不同的梁的跨度；
3. 吊杆3个，上有刀口，下与砝码盘连接，用来在梁上施加荷载；
4. 百分表支座2个，可在下横梁上移动。百分表支架用磁性底座连接在支座上，用来测定梁的挠度；
5. 滑轮装置。安装在上横梁上，并配有吊杆、缆绳与夹持装置，用来给梁施加向上的荷载；
6. 钢梁，长600mm，宽250mm，厚6mm。
7. 钢片尺和游标卡尺，用来测量梁的尺寸。

这套设备可以测定梁的挠度，从而验证材料力学的若干原理。现以简支梁为例，计算简图如图2，取 $L = 500\text{mm}$ ， $a = 300\text{mm}$ ， $b = 200\text{mm}$ ，坐标 x 从梁左端算起。用吊杆和砝码施加集中荷载。

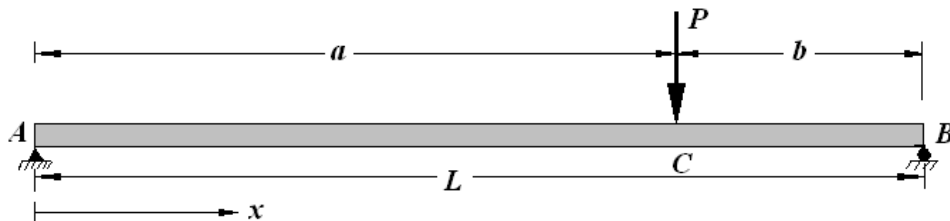


图2 简支梁

- (a) 验证挠度与荷载成正比。在 C 点挂上吊杆和砝码盘，用百分表在 $x = 100\text{mm}$ 处测定梁的挠度。在砝码盘中依次添加5N、10N、15N、20N的砝码。每增加一次荷载，在百分表处读挠度一次。考察挠度与荷载的关系，并用以下公式反算梁的弹性模量 E 。

$$y = \begin{cases} \frac{Pbx}{6LEI}(L^2 - b^2 - x^2), & 0 \leq x \leq a \\ \frac{Pbx}{6LEI}(L^2 - b^2 - x^2) + \frac{P(x-a)^3}{6EI}, & a \leq x \leq L \end{cases}$$

- (b) 验证梁的挠度曲线。用两个百分表，分别在 $x = 100\text{mm}$ 和 $x = 400\text{mm}$ 处测定梁的挠度。在砝码盘中添加10N的砝码。从两个百分表处读出挠度，用(a)中的公式计算这两点的挠度，并与测试结果比较。
- (c) 验证功的互等定理。在梁上取 C 、 D 两点，并设 $x_C = 250\text{mm}$ ， $x_D = 100\text{mm}$ 。用以上同样的方法，测定 C 点有 $P = 10\text{N}$ 荷载作用时 D 点的挠度和 D 点有 $P = 10\text{N}$ 荷载作用时 C 点的挠度，两挠度应相等。
- (d) 验证叠加原理。在梁上取 C 、 D 两点，并设 $x_C = 150\text{mm}$ ， $x_D = 100\text{mm}$ 。用以上同样的方法，测定 C 点有 $P = 10\text{N}$ 荷载作用时梁中点的挠度 y_1 和 D 点有 $P = 10\text{N}$ 荷载作用时梁中点的挠度 y_2 ，再测定 C 点和 D 点同时有 $P = 10\text{N}$ 荷载作用时梁中点的挠度 y 。验证 $y = y_1 + y_2$ 。

学生在做实验时，可以自由调整测点位置和加载点位置，可以变换梁的跨度。

利用框架上横梁的滑轮，还可以施加向上的荷载。此外该装置还可以构造出悬臂梁、外伸梁，以及若干种超静定梁如一端固定一端铰支的梁、连续梁等。除了以上4个测试项目外，学生还可自行开发出新的测试项目。

参考文献

[1] 隋永康，顶天立地——基础力学教师应当瞄准的目标，中国力学学会学术大会'2005(CCTAM 2005)论文摘要集，633-634.