

Simdroid软件在杨氏模量测量实验中的应用研究

董雪¹, 孙景超¹, 李健¹, 吴迪¹, 赵培祥²

¹沈阳航空航天大学理学院, 辽宁 沈阳

²65529部队, 辽宁 辽阳

收稿日期: 2023年5月22日; 录用日期: 2023年7月21日; 发布日期: 2023年7月31日

摘要

文章以圆截面金属丝的应力与位移分析为例, 介绍了Simdroid软件在拉伸法测杨氏模量实验中的仿真应用。学生基于Simdroid仿真平台自主搭建实验模型, 并通过改变相关参数, 模拟真实的实验过程。在大学物理实验教学中恰当地应用虚拟仿真软件, 可以令学生加深对实验仪器和实验原理的理解, 获得良好的教学效果, 并提高学生的自主创新能力。

关键词

Simdroid软件, 杨氏模量, 大学物理实验

Research on the Application of Simdroid Software in Young's Modulus Measurement Experiments

Xue Dong¹, Jingchao Sun¹, Jian Li¹, Di Wu¹, Peixiang Zhao²

¹College of Science, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning

²Unit 65529, Liaoyang Liaoning

Received: May 22nd, 2023; accepted: Jul. 21st, 2023; published: Jul. 31st, 2023

Abstract

In this paper, the stress and displacement analysis of circular section were used as an example, and the simulation application of Simdroid software in the measurement of Young's modulus by the tensile method is introduced. Students build experimental models independently based on the

Simdroid simulation platform, and the real experimental process is simulated by changing the relevant parameters. The proper application of virtual simulation software in the teaching of university physics experiments can enable students to deepen their understanding of experimental instruments and experimental principles, obtain good teaching effects, and improve students' independent innovation.

Keywords

Simdroid Software, Young's Modulus, University Physics Experiments

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

物体的受力形变可分为弹性形变和塑性形变。固体的弹性形变又可分为纵向、切边、扭转、弯曲。弹性模量是反映材料形变与内应力关系的物理量，是工程技术中机械构件选材时的重要参量[1]。弹性模量是一个广义的概念，杨氏模量属于弹性模量中最为常见的一种，用来描述固体材料抵抗纵向形变的一种能力[2]。由于杨氏模量对工件选材起到重要的指导作用，以及该实验物理思想的优秀性，杨氏模量测量实验是高校中开设范围比较广的一个实验项目，其测量方法主要有拉伸法、弯曲法和振动法[3]。拉伸法测量杨氏模量研究的是拉伸正应力与线性应变之间的关系，但由于金属丝伸长量较小，以及金属丝受外力时存在弹性滞后效应，伸长量难以准确测量，因此用拉伸法测量杨氏模量具有较大的不确定性。将计算机软件模拟仿真软件引入实验教学，对教学过程具有极好的辅助性，能够弥补传统教学的缺陷与不足[4]，改变教学手段和方式。同时，自主设计仿真实验的教学模式可以开展启发式的教学，提高学生学习的积极性、主动性和自主性，从而提高教学效果。

Simdroid 是一款基于自主仿真内核开发的通用 CAE 平台，也是仿真 APP 的开发平台和运行平台。Simdroid 软件可创建结构力学、固体力学、流体力学、热力学单一物理场仿真工程或多物理场耦合仿真工程，且仿真开发环境提供了覆盖仿真全流程的建模仿真工具，仿真 APP 开发者可快速创建全参数化的仿真模型并完成计算。Simdroid 作为一款新型的功能强大的仿真分析软件，不仅在工程上有广泛的应用，应用到教学方面，也具有效果显著的辅助教学功能。本文以圆截面金属丝的应力与位移分析为例，介绍 Simdroid 软件在拉伸法测杨氏模量实验中的仿真应用。

2. 用拉伸法测杨氏模量的实验原理

对于圆柱形金属材料(例如钢丝)，设 L 为金属丝原长， S 为横截面积，沿长度方向施加力 F 后，其长度改变量为 ΔL 。根据胡克定律， $F = k\Delta L$ ，即在弹性限度内，物体的形变与引起形变的外力成正比，对于上述材料则有，劲度系数 $k \propto \frac{S}{L}$ ，写成等式则有 $k = E \frac{S}{L}$ ，这里的比例系数 E 在不超过材料的弹性限度范围内是一个常量，称为杨氏模量[5]。

如图 1 所示，若已知钢丝的直径为 D ，有 $S = \frac{\pi D^2}{4}$ ，则

$$E = \frac{4FL}{\pi D^2 \Delta L} \quad (1)$$

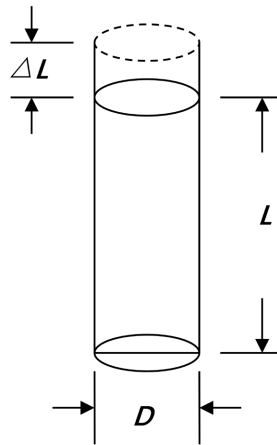


Figure 1. Deformation analysis of cylindrical material under tensile force
图 1. 圆柱形材料受拉力产生形变分析

钢丝伸长量 ΔL 很小，一般难以测量，多数实验室教学规程中采用放大法[6]进行形变量的测量，本文中采用光杠杆法测量[7]，原理图如图 2 所示。

当挂勾上增加砝码后，钢丝伸长量 ΔL 很小，因此，由于钢丝形变引起的光杠杆的倾斜角度 θ 也很小，可以近似认为 $\theta = \frac{\Delta L}{b}$ ， $2\theta = \frac{\Delta n}{B}$ ，

于是有

$$\Delta L = \frac{b\Delta n}{2B} \quad (2)$$

从而得到

$$E = \frac{8FLB}{\pi D^2 b \Delta n} \quad (3)$$

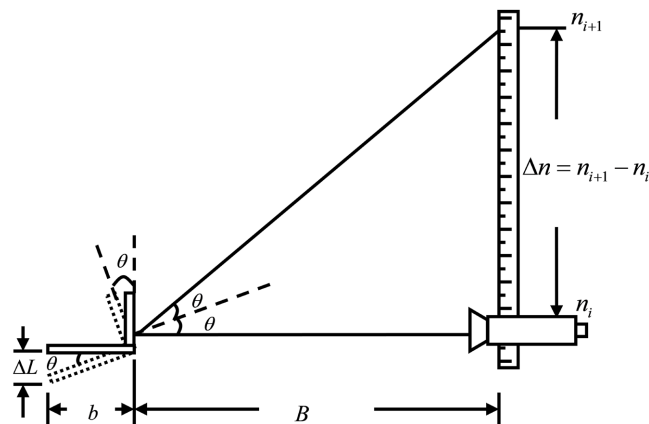


Figure 2. Schematic diagram of measuring ΔL by optical lever method
图 2. 光杠杆法测量 ΔL 的原理图

3. 圆截面金属丝的应力与位移分析仿真模拟

接下来以圆截面金属丝的拉伸仿真来演示 Simdroid 软件对于结构的仿真过程，并介绍其与拉伸法测

杨氏模量的结合，具体过程如下：

3.1. 前处理

(1) 新建分析：启动 Simdroid 仿真开发环境，选择“结构分析”，维度选择三维，输入名称并选择存储路径，完成新分析项目的创建。

(2) 定义参数：设置圆截面半径、圆柱体长度以及杨氏模量和泊松比。

(3) 建模：依照所定义的材料尺寸进行三维建模，主要操作是绘制草图并对生成的圆形进行纵向拉伸，生成圆柱体结构。

(4) 定义材料属性：定义材料固体属性为各向同性，可直接调用已设置的杨氏模量和泊松比参数。

(5) 网格剖分：对所建模型选择进行整体剖分，Simdroid 软件具有对模型中的复杂部分自动优化加密的功能，有利于后续分析的进行。

3.2. 加载和求解

受力分析选择通用静力分析，对材料进行常规约束，在 Z 轴方向加 100 N 载荷进行计算。

3.3. 后处理

(1) 设置绘图，在结果展示对话框中，选择绘制位移及应力的云图。

由图 3 可以看出，对于圆柱形的金属丝，当对它施加 Z 轴正方向的一个拉力时，离金属丝固定端越远，位移量越大。通过仿真过程，学生可以清晰地看出金属丝受拉力下各部位的位移变化。

同样，如图 4 所示，沿 Z 轴正方向，金属丝的应力改变量是均匀的，与理论相符。

(2) 利用 Simdroid 软件选点曲线功能可以输出一组圆柱拉伸改变量 ΔL 与 Z 轴坐标的对应值(见表 1)。

Table 1. The corresponding value of ΔL to the Z-axis coordinates

表 1. 金属丝拉伸改变量 ΔL 与 Z 轴坐标的对应值

Z 轴坐标(mm)	0	5.55	10.53	16.53	24.52
ΔL (10~4 mm)	0	1.35	2.53	3.98	5.92
Z 轴坐标(mm)	33.52	46.52	57.52	66.52	80
ΔL (10~4 mm)	8.11	11.28	13.96	18.37	19.44

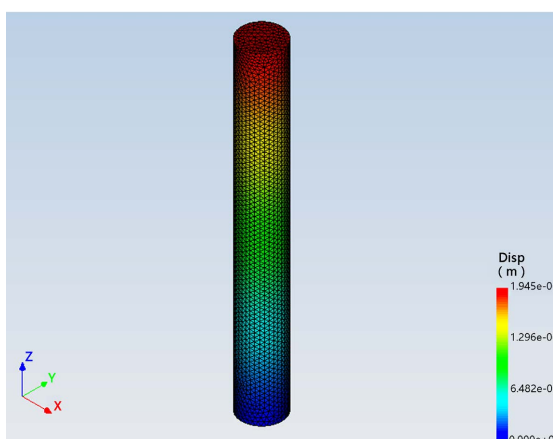


Figure 3. The wire displacement changes in the positive Z axis

图 3. 沿 Z 轴正方向金属丝位移改变

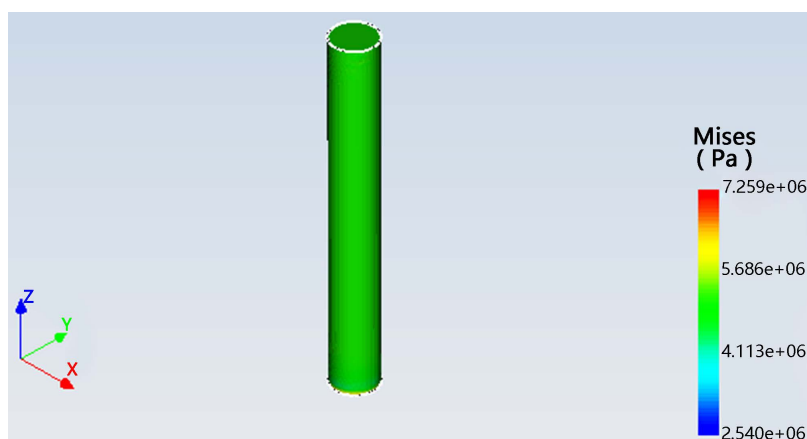


Figure 4. The wire stress changes in the positive direction of the Z axis
图 4. 沿 Z 轴正方向金属丝应力改变

4. 仿真过程在教学中的应用

把 Simdroid 仿真有机整合到大学物理实验的教学中，可以在多个方面收获一举多得的效果。

圆截面金属丝的应力与位移分析仿真属于 Simdroid 软件中的结构仿真，通过仿真过程给出了金属丝可视化的位移变化，使得学生对肉眼难以观察的微小量有了更为直观的获取。将该项仿真内容与杨氏模量的测量相联系，利用选点曲线功能，可以获得更加精确的 ΔL 值，有利于丰富数据处理。除此之外，学生还可以将自己线下实验中所求得的杨氏模量值作为参量进行建模，复原实验模型，进行仿真计算，从而衡量出自己线下实验所获取数据的精确性。对于一些在实验室中难以实施的极端情况，比如施加极大值的力，利用仿真实验则可以轻松展现出来，让学生对物理原理的认识更加深入。

对于学有余力的同学，可以将 Simdroid 模拟仿真作为科创的一大工具。学生在进行仿真过程中，通过自主操作，设置材料属性、建模和网格剖分，这个过程会进一步加深对实验原理的理解，从而快速且有效地提高学习效率和学习效果。学生还可以自主开发项目，不止局限于大学物理实验，其他学科同样适用，这些自主开发的工作对培养学生的独立思考能力、创新能力都具有不容小觑的作用。

5. 总结

随着计算机仿真软件的兴起，在传统实验基础上增加虚拟仿真软件的应用，可以增加学生的学习兴趣，提高学生对知识的掌握程度。本文以圆截面金属丝的应力与位移分析为例，将 Simdroid 软件应用在了拉伸法测杨氏模量实验中，收到了良好的教学辅助效果。学生自己动手搭建实验平台，模拟真实的实验环境，大大加深了学生对实验原理的理解，提高了学生对大学物理实验的兴趣。

基金项目

2021 年高等学校教学研究项目：课程重构中打造特色鲜明的大学物理实验“铭牌”；2021 年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究优质教学资源建设与共享项目：金课视角下基于跨校修读方式的研究性物理实验内容的多元考核探索与实践；2021 年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究一般项目：深化一流创新实践能力培养、构建多元考核物理实验教学模式；2022 年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究优质教学资源建设与共享项目：基于跨校修读的实践类课程创新教育引导及能力；2022 年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究优质教学资源建设与共享项目：在混合式实验教学中开展跨校修读的探索与实践；2022 年沈阳航空航天大学理学院教改项目：线上和线下混合式实验教学模式的探索和建设；

2023 年沈阳航空航天大学本科教学改革项目：《大学物理》中计算模拟教学内容建设和实践；2023 年沈阳航空航天大学本科教学改革项目：新工科背景下《大学物理实验》课程思政研究与实践；2023 年沈阳航空航天大学本科教学改革项目：基于通用仿真平台 Simdroid 辅助大学物理实验教学的研究与实践。

参考文献

- [1] 毛佳欣, 李盼, 余海森, 张玖琪, 丁益民. 利用 Tracker 软件改进拉伸法测金属丝的杨氏模量实验[J]. 物理通报, 2022(7): 125-128.
- [2] 徐龙道. 物理学词典[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 38-39.
- [3] 段阳, 杨浩林, 伍泓锦, 贾欣燕, 樊代和. 杨氏弹性模量测量实验综述[J]. 物理与工程, 2020, 30(3): 89-102.
- [4] 蒋逢春, 吴杰, 王海燕, 李俊玉. 大学物理实验及仿真翻转课堂的实践[J]. 物理通报, 2019(3): 80-82+90.
- [5] 徐世峰, 王珩, 孙景超. 大学物理实验教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019: 64-68.
- [6] 马堃. 基于拉伸法测量金属丝杨氏模量的实验研究[J]. 大学物理实验, 2020, 33(1): 17-20.
- [7] 骆敏, 黄嘉欣, 余观夏. 拉伸法测量金属丝杨氏模量实验仪器的改进[J]. 大学物理实验, 2020, 33(5): 92-94.