

弦线波振动实验的一种新的数据处理方法*

A New Method of Treating Data in Chord Vibration Experiments

陈海波^{1,2}

CHEN Hai-bo^{1,2}

(1. 茂名学院技术物理系, 广东茂名 525000; 2. 广西大学物理科学与工程技术学院, 广西南宁 530004)

(1. Department of Physics, Maoming College, Maoming, Guangdong, 525000, China; 2. College of Physics Science and Engineering Technology, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China)

摘要:运用 Origin 软件对弦线波振动实验的数据进行线性拟合与作图, 并与传统的最小二乘法进行数据处理结果进行比较, 以验证 Origin 软件对弦线波振动实验数据处理的可行性. 实验表明, 通过 Origin 软件拟合的结果与所作图形均与传统的最小二乘法进行数据处理结果相吻合. 利用 Origin 软件处理数据与作图, 简洁、快速、直观、精确, 可以在教学过程中应用.

关键词:弦振动 数据处理 Origin 软件 最小二乘法

中图分类号: O435 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2007)03-0157-03

Abstract: The Origin software is applied in the data treating to line matching and making diagram in chord vibration experiments. The experiment result is subsequently compared with that of data treating by the traditional least square method to test the feasibility of Origin software treating data in chord vibration experiments. As a result, it is suggested that the experiment result chimes in with the results of data treating by the traditional least square method. The experiment is concise, rapid and precise with visual results, thus it can be applied in teaching process.

Key words: chord vibration, data treating, Origin software, least square method

对弦线波振动进行实验, 已有较多的研究^[1~4], 但对其数据处理的研究还很少. 弦线波振动实验数据处理的方法主要有最小二乘法、作图法等^[5], 但 these 方法都不可避免的要进行一系列的人为计算过程, 既费时又可能会存在计算误差. 本文运用 Origin 软件进行弦线波振动实验数据处理, 并与传统的最小二乘法进行数据处理的结果进行比较, 以验证 Origin 软件对弦线波振动实验数据处理的可行性.

1 弦线波振动实验

在一根拉紧的弦线上, 其中张力为 T , 线密度为 μ , 则沿弦线传播的横波应满足下述运动方程

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{T}{\mu} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}, \quad (1)$$

式中 x 为波在传播方向(与弦线平行)的位置坐标, y 为振动位移. 将(1)式与典型的波动方程

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = V^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (2)$$

相比较, 即可得到波长的传播速度 $V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$. 若波源的振动频率为 f , 横波波长为 λ , 由于 $V = f\lambda$, 故波长与张力及线密度之间的关系为

$$\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{T}{\mu}}. \quad (3)$$

收稿日期: 2007-03-28

作者简介: 陈海波(1977-), 男, 硕士研究生, 主要从事材料物理和实验物理的教学与研究工作.

* 茂名学院科研基金项目(203265)资助.

为了用实验证明公式(3)成立,将该式两边取对数,得:

$$\ln \lambda = \frac{1}{2} \ln T - \frac{1}{2} \ln \mu - \ln f. \quad (4)$$

由(4)式可得,若固定频率 f 及线密度 μ ,而改变张力 T ,并测出各相应波长 λ ,作 $\ln \lambda - \ln T$ 图,若得一直线,计算其斜值如为 $1/2$,则可证明 $\lambda \propto T^{1/2}$ 的关系成立.同理,固定线密度 μ 及张力 T ,改变振动频率 f ,测出各相应波长 λ ,作 $\ln \lambda - \ln f$ 图,如得一斜率为 -1 的直线就验证 $\lambda \propto f^{-1}$ 的关系.

本文实验所得原始数据如下.

(I) 线密度 μ , 频率 $f(100\text{Hz})$ 一定时, 波长 λ 与张力 T 的关系如表 1 所示.

表1 波长 λ 与张力 T 的关系

| 编号 | T (N) | λ (m) |
|----|---------|---------------|
| 1 | 0.42728 | 0.287 |
| 2 | 0.86828 | 0.414 |
| 3 | 1.30928 | 0.517 |
| 4 | 1.75028 | 0.599 |
| 5 | 2.19128 | 0.663 |
| 6 | 2.63228 | 0.724 |
| 7 | 3.07328 | 0.774 |

(II) 线密度 μ , 张力 $T(1.3093\text{N})$ 一定时, 波长 λ 与频率 f 的关系如表 2 所示.

表2 波长 λ 与频率 f 的关系

| 编号 | f (Hz) | λ (m) |
|----|----------|---------------|
| 1 | 45 | 1.076 |
| 2 | 60 | 0.788 |
| 3 | 80 | 0.605 |
| 4 | 100 | 0.495 |
| 5 | 125 | 0.398 |
| 6 | 150 | 0.333 |
| 7 | 175 | 0.279 |

2 数据处理

2.1 用 Origin 软件处理实验数据

Origin 软件中对实验数据进行的线性拟合是一种特殊的曲线拟合,即拟合函数为线性函数 $y = a + bx$. 根据给定的自变量 x 数列和因变量 y 数列的值,求出系数 a 和 b 的值. 因此,对于表1的数据取 $\ln \lambda$ 作为 y 列数据, $\ln T$ 作为 x 列数据,运用 Origin 软件作图,并运用软件提供的线性拟合菜单命令“Analysis|Fit Linear”,进行线性拟合,这时图中增加一条拟合的直线,如图1所示,同时,在项目管理器内自动产生一个名为“LinearFit”的工作表窗口,显

示拟合出来的 a 和 b 的值及相关系数 R 等结果,如表 3 所示. 同样,把表 2 数据中的 $\ln \lambda$ 作为 y 列数据, $\ln f$ 作为 x 列数据, Origin 软件线性拟合如图 2 所示,拟合结果如表 4 所示.

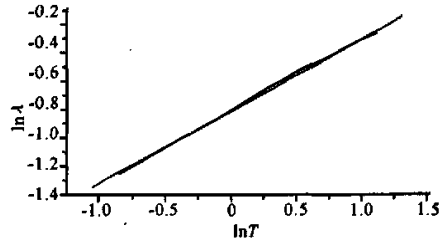


图1 $\ln \lambda$ 与 $\ln T$ 关系变化

—:原始数据;-----:拟合直线

表3 $\ln \lambda$ 与 $\ln T$ 关系变化用 Origin 软件线性拟合结果

| 参数 | Value 值 | 误差 | R | SD | N | P |
|-----|----------|---------|---------|--------|-----|---------|
| a | -0.81082 | 0.00534 | 0.99951 | 0.0121 | 7 | <0.0001 |
| b | 0.50723 | 0.00711 | | | | |

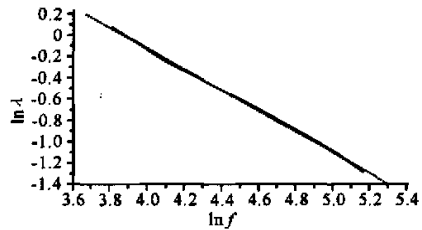


图2 $\ln \lambda$ 与 $\ln f$ 关系变化

—:原始数据;-----:拟合直线

表4 $\ln \lambda$ 与 $\ln f$ 关系变化用 Origin 软件线性拟合结果

| 参数 | Value 值 | 误差 | R | SD | N | P |
|-----|----------|---------|----------|---------|-----|---------|
| a | 3.76809 | 0.05885 | -0.99956 | 0.01552 | 7 | <0.0001 |
| b | -0.97344 | 0.01285 | | | | |

2.2 用最小二乘法处理实验数据

对表1的数据,令 $y = \ln \lambda, x = \ln T$,则 y 与 x 成线性关系,从而(4)式问题可用最小二乘法来处理.令 $y = bx + a$,则 $b = 0.5072$,从而验证 $\lambda \propto T^{1/2}$ 的关系成立.计算过程如下:

$$b = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} =$$

$$[-0.02861 - 0.38754 \times (-0.61425)] / (0.56310 - 0.15019) = 0.5072,$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = -0.61425 - 0.5072 \times 0.38754 = -0.8108,$$

相关系数

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{(\overline{x^2} - \bar{x}^2)(\overline{y^2} - \bar{y}^2)}} =$$

$$\frac{-0.02861 - 0.38754 \times (-0.61425)}{\sqrt{(0.56310 - 0.15019)(0.48364 - 0.3773)}} =$$

0.99948.

对于表2的数据,令 $y = \ln \lambda, x = \ln f$,则 y 与 x 成线性关系,从而(4)式问题可用最小二乘法来处理.令 $y = bx + a$,则 $b = -0.97349$,为-1左右,从而验证 $\lambda \propto f^{-1}$ 的关系成立.计算过程如下:

$$b = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} =$$

$$\frac{[-3.24118 - 4.55599 \times (-0.66688)]}{(20.96545 - 20.7570)} = -0.97349,$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = -0.66688 - (-0.97349 \times 4.55599) = 3.76833,$$

相关系数

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{(\overline{x^2} - (\bar{x})^2)(\overline{y^2} - (\bar{y})^2)}} =$$

$$\frac{-3.24118 - 4.55599 \times (-0.66688)}{\sqrt{(20.96545 - 20.7570)(0.64238 - 0.44473)}} = -0.99963.$$

3 结束语

从上面分析可以看出,用最小二乘法线性拟合

(上接第149页)

响了方程的预报效果.

进一步深入分析这两种预报结果的绝对误差,统计两种方法的预报绝对误差落在不同误差范围内的次数,预报绝对误差大于10mm的次数,粗糙集属性约简方法选取预报因子法的次数为11次,传统逐步回归法的次数为16次;而预报绝对误差小于5mm的次数,粗糙集属性约简方法选取预报因子法的次数为30次,传统逐步回归法的次数为18次.表明方程(6)预报误差大的次数明显少于方程(7),而预报误差小的次数又明显多于方程(7),方程(6)可以为降水预报提供一种更为可靠的预报参考.

4 结束语

本文将粗糙集理论中基于属性重要性的属性约简方法用于区域日平均降水量预报,通过分析属性的重要性,剔除不必要的因素,在不改变决策结果的前提下,选出相对较好预报因子组合,建立回归预报方程,通过对2006年5~6月广西东南部区域日降水量的业务预报试运行,结果表明,利用粗糙集属性约简方法选择预报因子方法建立的预报方程比传统的逐步回归方法的预报误差小,是降水预报服务

的结果与用Origin软件拟合的结果完全吻合,但是利用Origin软件进行拟合可以避免一系列的人为计算过程造成的误差,整个计算过程及作图完全由计算机进行,既简洁、快速、直观,而且更精确.在教学过程中运用此方法,学生更容易接受.

参考文献:

- [1] 刘东红.弦振动驻波分析[J].大学物理实验,2002,15(1),13-15.
- [2] 王武廷.对弦振动实验中振源的改进[J].大学物理,2004,23(5):30-32.
- [3] 郑连琴,溪海英.定滑轮对弦振动实验的影响[J].物理实验,2001,21(5),42.
- [4] 李尧,冯正南,卢海燕.弦振动实验装置的改进[J].大学物理实验,2004,17(4),56-57.
- [5] 徐志东,陈世涛.大学物理实验[M].成都:西南交通大学出版社,1999:129-130.

(责任编辑:韦廷宗)

可靠的参考依据,具有较好的业务应用前景.

参考文献:

- [1] PAWLAK Z. Rough sets; theoretical aspects of reasoning about data [M]. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1991.
- [2] CUI YUQUAN, SHI KAIQUAN. Function S-Rough sets and its applications [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2006, 17(2): 331-338.
- [3] ZHOU LEI, SHU LAN. Rough set model based on new set pair analysis [J]. Fuzzy Systems and Mathematics, 2006, 20(4): 111-116.
- [4] 阎维明, 乔亚玲, 何浩祥. 粗糙集理论在震害预测中的应用[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(3): 147-151.
- [5] 金龙. 神经网络气象预报建模理论与应用[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [6] 张文修, 吴伟志, 梁吉业, 等. 粗糙集理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [7] 瞿彬彬, 卢炎生. 基于粗糙集的属性约简算法研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(8): 30-33.
- [8] HU XIAOHUA, NICK CERONE. Learning in relational databases: a rough set approach [J]. Computational intelligence, 1995, 11(2): 323-338.
- [9] 侯利娟, 王国胤, 聂能, 等. 粗糙集理论中的离散化问题[J]. 计算机科学, 2000, 27(12): 89-94.

(责任编辑:韦廷宗)