

利用计算机处理物理实验数据

前面所叙述的处理物理实验数据的方法，包括有列表法、作图法、最小二乘法等；其中最小二乘法较作图法准确、客观、无主观随意性，虽然它的计算较为繁琐，但是目前可以借助于计算机很方便地对数据进行处理（如进行线性拟合、曲线拟合等）。引入计算机处理物理实验数据这一现代化手段，在物理实验中可以利用微软、金山等常用办公软件中的电子表格软件，或者利用 OriginLab 公司(其前身为 Microcal Software 公司)的 Origin 软件，对复杂的物理实验数据进行处理，可以节省大量烦琐的人工计算和绘图工作，减少中间环节的计算错误，节省时间，提高效率。

作为 Origin7.0 软件，它的主要功能和用途有：对物理实验数据进行常规地处理和一般的数据统计分析，例如：求测量数据列的平均值和标准偏差、快速傅立叶变换、回归分析等等。此外，还可以用其对实验数据进行绘图（即利用图形来表示测量数据之间的相互关系）、用多种函数对实验曲线进行拟合等等。

下面简单介绍 OriginLab 公司 Origin7.0 软件的部分功能，以及该软件是如何对物理（或科学）实验数据进行处理和绘制图形的？

1. 利用函数表达式对整列数据进行赋值

在实验计算过程中，常常会遇到大量的重复计算问题，我们只需把准备处理或绘图的物理实验数据输入 Origin7.0 系统，然后将函数表达式（或计算公式）输入数据页的对话框中，就可以多次重复计算而得到所需要的因变量。

例 1. 给数据列的第 1~101 的数据格赋值，以表示出正弦函数 ($\sin x$) 从 $0 \sim 2\pi$ 的一个完整周期。

- # 用鼠标点击 B 列的最上部“B”处，选定整个 B 列；
- # 选择“Set Column Values”命令；
- # 在图 1.1 所示的对话框中输入函数表达式“ $\sin((i-1)*2*\pi/100)$ ”，其中 π 表示 π 值；
- # 修改 i 的起始点（1）和终点（101）；
- # 点击按钮“OK”，完成数据赋值；
- # 同样的方法，选定数据列 A，利用函数表达式“ $(i-1)*360/100$ ”，即可给自变量 x 赋值。

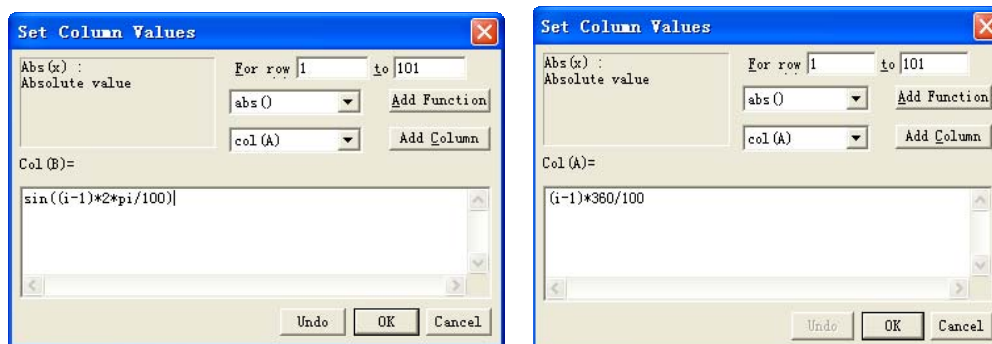


图 1.1 用函数表达式给数据列赋值

具体做法如下：选中一个数据列或数据列中的部分数据格（可用鼠标圈选），打开“Column”下拉菜单，选择“Set Column Values”（设置列值）命令，通过打开的对话框输入函数表达式对数据列进行赋值。其中可在数据格范围框中选择范围，在“Add Function”下拉框中选择函数表达式。该功能方便地完成绝大多数数据的计算和输入，是科学计算、绘图的一个常用功能。如图 1.1 所示。

2. 利用已有的数据文件读取物理实验数据

Origin7.0 除了可以导入以 Origin7.0 的二进制(.opj)方式保存的数据以外，还能够读取文本格式（ASCII）、Office 的 Excel 格式（.xls）和数据库文件（.dbf）的数据文件。

具体做法如下：

在 Origin7.0 所激活的数据页窗口，选择“File”下拉菜单中的“Import”命令，其下拉菜单显示了 Origin7.0 支持的数据格式，如图 2.1 所示。例如：若读取文本文件，就可以选用“Single ASCII”、“Multiple ASCII”或“ASCII Options”；

选择好相应的文件类型后，Origin7.0 将自动打开相应的对话框；

接着，选择文件所在的位置（目录路径）及文件名，单击“打开”命令按钮即可将数据导入数据页。

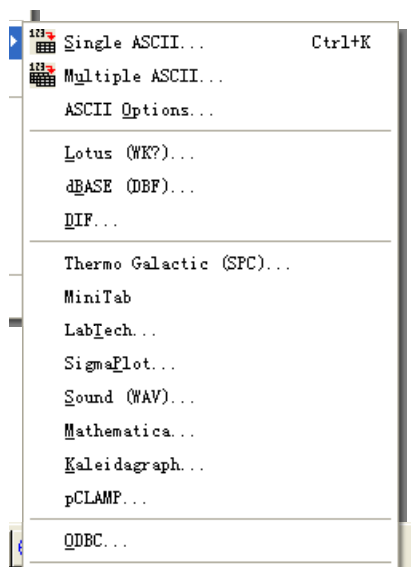


图 2.1 Origin 导入数据的类型

3. 利用统计功能计算物理实验数据的平均值和标准偏差

在物理实验数据处理和科技论文对实验结果的分析中，经常采用数据分析方法对实验数据进行处理。Origin7.0 软件提供了强大易用的数据分析（Data Analysis）功能，其中的数据统计功能是必不可少的手段之一。

例 2. 利用 50 分度的游标卡尺测量某圆环的外径，其测量数据如下：（单位：cm）

15.272, 15.276, 15.268, 15.274, 15.270, 15.274, 15.268, 15.274, 15.272,
试求其合成不确定度。

这里，对图 3.1 中的表格 Data1，需要说明的是：

利用上面所述的函数表达式对整列测量数据进行赋值操作，即可获得图 3.1 中所示的计算结果。

数据列 B 中的 0.0009 数值为数据列 A（测量数据）的平均值标准误差 SE（是由作者本人输入的）；

数据列 C 中的 0.002 数值为所用 50 分度游标卡尺的仪器误差；

而数据列 D 中的 0.0015 数值，即为利用函数关系式对其合成不确定度的计算。

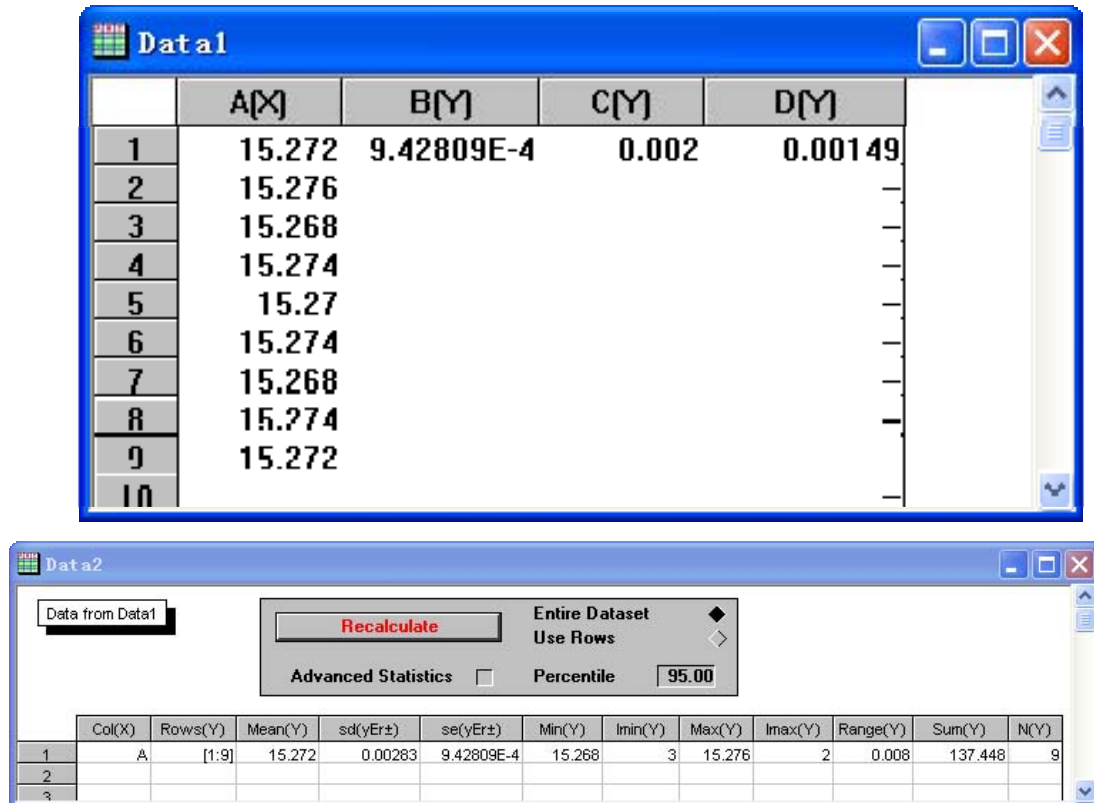


图 3.1 Data1 中 A 列的统计结果

具体做法如下：对数据页进行列统计，首先选中需要统计的整个数列或数列的一部分；打开下拉菜单“Statistics”的命令，选择“Descriptive Statistics”中的“Statistics on Columns”命令，即可实现对该列进行统计分析。该菜单命令会自动创建一个新的数据表，给出统计的结果，如图 3.1 所示，亦即平均值 (Mean)、最小值 (Minimum)、最大值 (Maximum)、值域 (Range)、和 (Sum)、数据点数 (N)、标准差 (Standard Deviation, Std, Sd) 和平均值标准误差 (Standard Deviation of the Mean, Se) 等参数。该标准差和标准误差列将作为直接绘图的误差棒。

而有关行的统计是与列统计的方法相类似的，这里就不再重复介绍了。

4. 利用拟合功能求解实验数据的直线拟合公式

对于许多物理实验数据或统计数据而言，为了描述不同变量之间的关系，进一步分析曲线特性，经常需要对物理实验数据进行线性回归和曲线拟合，找出相应的函数关系系数，以建立一个物理经验公式或数学模型。

Origin7.0 正好提供了强大的线性回归和曲线拟合功能，其中最具有代表性的是线性拟合和非线性最小平方拟合。大多数菜单拟合命令不需要输入参数，拟合将自动完成。有些拟合可能要求输入参数，但是也能根据拟合数据给出缺省值进行拟合。

例 3. 以铜电阻与温度的关系为例，用数显温度计和欧姆计测得一组数据，如下表所示（数据已经被输入 Origin）。已知 R 和 t 的函数关系为 $R = a + bt$ ，试利用最小二乘法，求出相应的关系系数 a 、 b 。

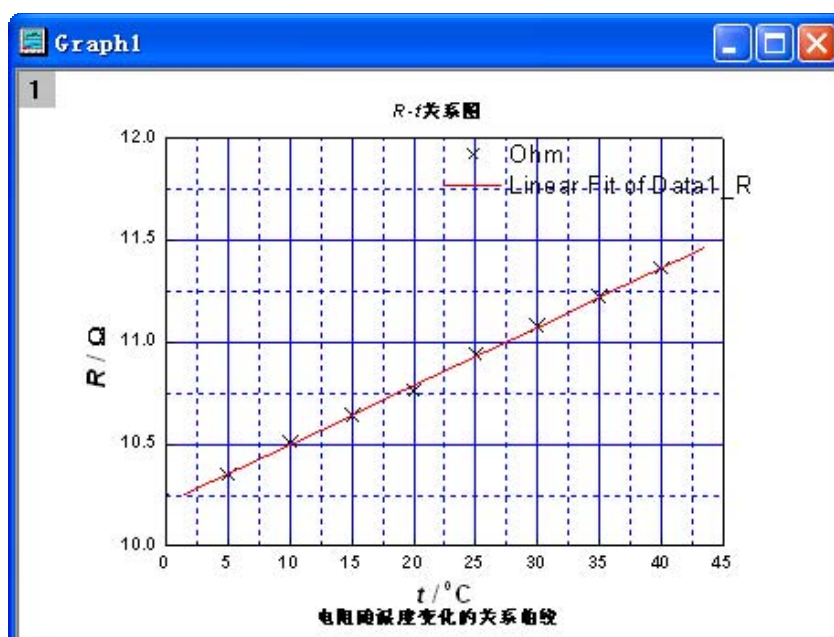
以线性拟合为例，如果绘图窗口被激活，那么选择相应的回归分析方法（线性拟合）后，则 Origin 将仅仅针对所激活的数据点（曲线）进行拟合。

以 X 作为自变量， Y 作为因变量，那么，其回归拟合的函数形式应为：

$Y = A + BX$ ，其中 A 、 B 为拟合参数，即 A 为直线的截距， B 为直线的斜率，它们是由最小二乘法确定的。

具体做法如下：首先激活需要进行直线拟合的绘图窗口，然后选择“Analysis”中的“Fit Linear”命令，那么 Origin 就可以实现对该数据点（曲线）的直线拟合。拟合完成后，Origin 将生成一个隐藏的拟合数据文件（数据列窗口），拟合好的直线（曲线）则存放在相应的绘图窗口里，所拟合的回归参数结果将显示在 Results Log 的窗口中，如图 4.1 所示。

	t(X) Degree Centigrate	R(Y) Ohm
1	5.0	10.35
2	10.0	10.51
3	15.0	10.64
4	20.0	10.76
5	25.0	10.94
6	30.0	11.08
7	35.0	11.22
8	40.0	11.36
9		



Parameter	Value	Error
A	10.20821	0.00995
B	0.02886	3.94118E-4

R	SD	N	P
0.99944	0.01277	8	<0.0001

图 4.1 线性回归拟合及其结果记录

在 Results Log 窗口中的每个条目都包含了进行直线拟合操作的日期/时间、文件位置、分析类型和最后的计算结果。其中：

- A 为截距及其标准偏差；
- B 为斜率及其标准偏差；
- R 为相关参数；
- N 为数据点数目；
- P 为相关参数 R=0 的概率值；
- SD 为拟合的标准偏差。

注意：由于 Origin 软件的设置原因，上述 Results Log 窗口中的 Error，在物理概念上应该理解为 Standard Error。

5. 二维数据点关系图形的绘制

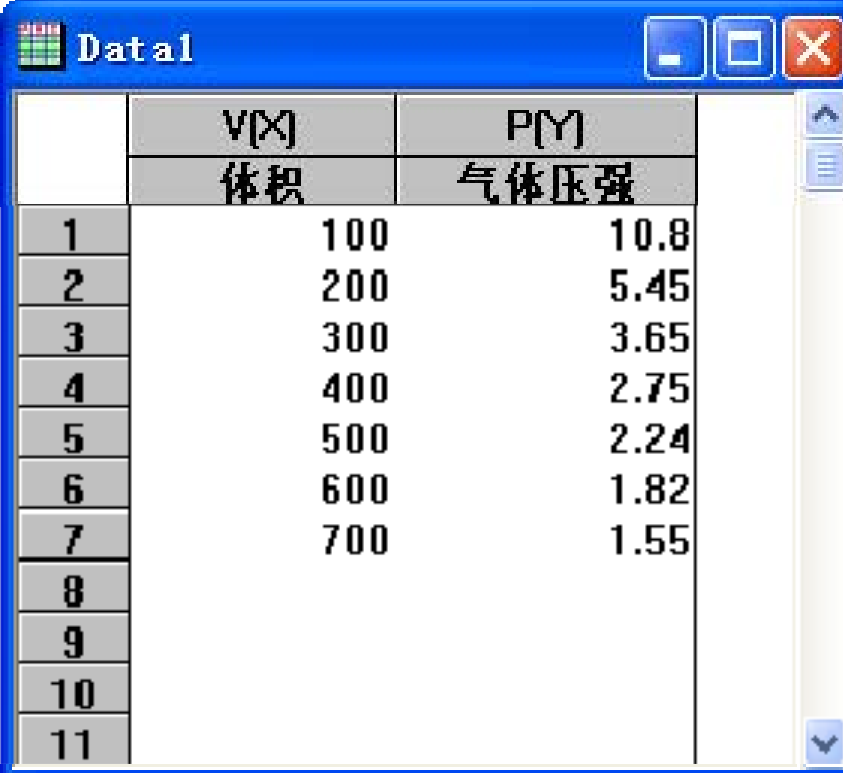
用图形方法显示数据关系比较直观，容易理解，因而在科技论文和实验报告中经常使用。数据曲线图主要包括二维和三维图，但在科技文章和实验报告中，绝大多数采用二维坐标。Origin7.0 的绘图功能非常灵活，功能十分强大，能绘制出数十种精美，可满足绝大多数科技文章和实验报告的绘图要求的二维数据曲线图，它是 Origin7.0 重要核心和特点之一。

Origin7.0 提供了相当多的绘图选项。最快捷的方法为选中需要对其作图的数列，然后单击工具栏上的绘图命令按钮。如果用这种方法选定相应的数据列数超过两列，Origin7.0 自动创建数据曲线组，增加诸如符号类型、颜色等属性，以便读者能够很方便地区分出各条曲线。

常用的二维绘图的图形样式有“Line”（线图），“Scatter”（散点图），“Line+Scatter”（点线图）等，可以随个人的兴趣而确定。

例 4. 温度为 20°C 时，对具有一定质量的某稀有气体的压强 P 和体积 V 进行测量，所得到的测量数据值如下表所示（数据已经被输入 Origin）。那么，根据所测量的数据可以对其作出 P - V 图，如图 5.1 所示。

具体做法如下：选定要绘制的数据页中的数据列，打开“Plot”下拉菜单，选择“Line”（线图）、“Scatter”（散点图）、“Line + Scatter”（点线图）其中之一，或者直接单击绘图工具条中相应的制图模板命令按钮，就可以制图了，如图 5.1 所示。在有多个 Y 数据列的情况下，可以为图形安排数个 Y，而在一个图形页面中显示出多组数据图。



	V(X)	P(Y)
	体积	气体压强
1	100	10.8
2	200	5.45
3	300	3.65
4	400	2.75
5	500	2.24
6	600	1.82
7	700	1.55
8		
9		
10		
11		

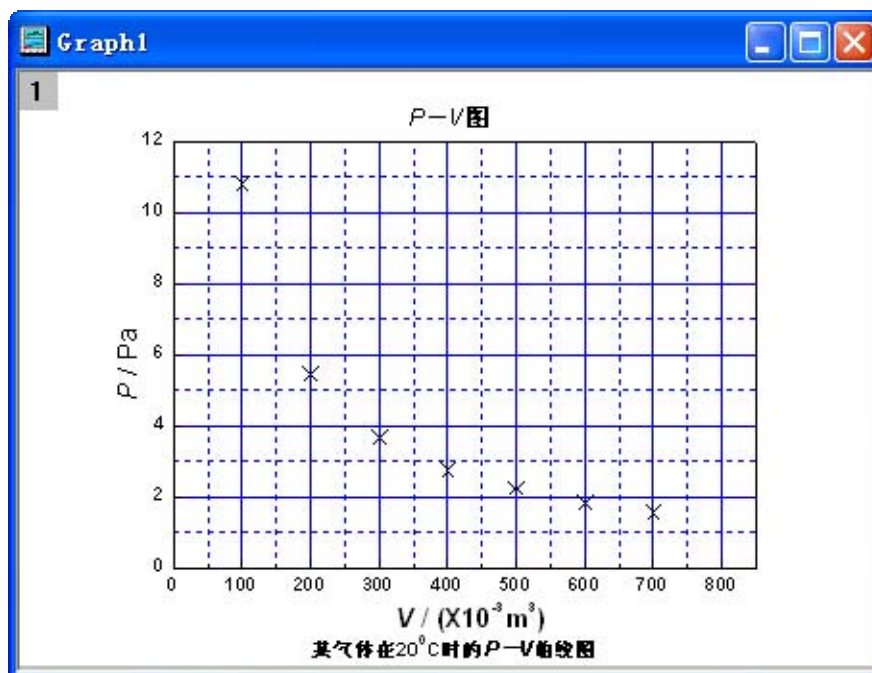


图 5.1 单击 Scatter 按钮制图窗口

6. 模板文档的保存

自己付出辛勤劳动的绘图风格是可以通过模板文件被保存下来的，该文件仅存储绘图的信息和设置，而不保存具体数据和曲线。在下次再创建类似的图形时，可以只选择数据列和绘图模板即可。

具体做法如下：选择 **File / Save template as**，打开“另存为”对话框，设置好名称、位置及类型等参数就可以把制好的绘图作为模板而保存下来。

模板的应用例子：如果数据列中两个因变量数列具有相同的自变量数列，那么使用 Origin 本身的双 Y 轴图形模板绘图比较理想。此时只需要选择 **Tools / Layer**，在 **Add** 选项卡上单击添加“右边轴”按钮即可完成。

本节的所有图表都是用 Origin7.0 软件工具来完成的，可作为计算机绘制图形学习的参考。同时，欢迎大家将绘图的体会和精彩的作品，以及使用技巧等贡献出来，供同学们参考学习。

以上仅简单地介绍了 Origin7.0 软件处理物理实验数据的一些基本功能。当然，它还有许多诸如三维图形绘制、非线性拟合和编程绘图等高级功能，有待于同学们在今后的学习、工作和实践中去逐步地具体掌握和应用。另外，由于 Origin7.0 是一个开放式的数据分析绘图软件，对其有兴趣的同学，今后还可以根据自己不同的工作需求，对 Origin7.0 软件进行二次开发。

参考文献

1. 郝红伟, Origin6.0 实例教程, 北京: 中国电力出版社, 2000 年
2. 叶卫平、方安平、于本方, Origin7.0 科技绘图及数据分析, 北京: 机械工业出版社, 2004 年
3. 缪强, 化学信息学导论, 北京: 高等教育出版社, 2002 年
4. 周剑平, 精通 Origin7.0, 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004 年

(复旦大学物理学系 马世红)