



安徽理工大学

ANHUI UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

研究生课程

试验设计与分析

主讲 闵凡飞 教授

材料科学与工程学院

2020年5月

第四章 试验结果的分析

-图表分析

4.4 试验结果的图表表示法

1. 列表法

表格是表示试验数据不可缺少的基本工具。

列表法就是将试验数据列成表格，将各变量的数值按照一定的形式顺序一一对应起来。

试验数据表可以分为两大类：记录表和结果表示表。

试验数据记录表是试验记录和试验数据初步整理的表格，它是根据试验内容设计的一种专门表格。

表中数据可分为三类：原始数据、中间和最终计算结果数据。

试验数据记录表应在试验正式开始前，根据试验内容和条件有计划地列出，从而使试验的进行有计划，而且不易遗漏数据。

试验数据记录表注意事项：

- 1、试验数据记录表中要列出详细的试验条件；
- 2、记录试验日期；
- 3、记录表不建议用三线表，以避免记录数据的混杂；
- 4、记录表中要清楚地列出记录数据的名称，符号和单位。
- 5、必要时在表外加表外附加说明。

2004年3月10日

催化剂效果数据

Ni 催化剂:

| 样品名称 | 样重 | 水重 | 200-400℃ | 干基200℃ | 200-400℃ |
|------|---------|-------|----------|--------|----------|
| 0# | 9.8316 | 6.029 | 2.077 | 3.6046 | 73.79% |
| 1# | 9.6495 | 5.643 | 1.882 | 3.5265 | 76.81% |
| 2# | 10.410 | 6.129 | 2.049 | 3.662 | 73.90% |
| 3# | 9.2499 | 5.904 | 1.892 | 3.4409 | 72.91% |
| 4# | 9.9712 | 5.676 | 1.971 | 3.7252 | 68.85% |
| 5# | 10.1575 | 5.755 | 1.998 | 3.8968 | 68.55% |

试验结果表示表：通常试验结果表示表要注意以下几个方面：

- 1、试验结果表示表通常由表号、表名、表头和数据资料组成，必要时可以在表外加表外附加说明；
- 2、通常采用三线表表示；
- 3、表格设计要简明合理、层次清晰，以便于阅读和使用；
- 4、数据表的表头要列出变量的名称、符号和单位，如果表中的所有数据的单位都相同，这时单位可以在表的右上角标明；
- 5、要注意有效数字位数，应注意与试验精度相匹配，同一变量应保持有效数字位数相同；
- 6、试验数据较大或较小时，要用科学计数法。

表 5-5 生物质原样的微晶参数

| 样品名称 | $d_{002} / 10^{-1}\text{nm}$ | $L_c / 10^{-1}\text{nm}$ | $L_a / 10^{-1}\text{nm}$ | $d_v / 10^{-1}\text{nm}$ | $L_v / 10^{-1}\text{nm}$ |
|------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| GR | 3.93 | 23.71 | 15.34 | 5.35 | 20.43 |
| WS | 4.02 | 23.69 | 14.42 | 5.47 | 20.42 |
| CS | 3.99 | 27.88 | 13.80 | 5.47 | 18.07 |

Table 1
Cd²⁺ transport and co-transport experiments for various ionic strengths.

| Column experiment (No.) | Conditions (mg L ⁻¹) | Ionic strength (mM) | Bulk density (g cm ⁻³) | Porosity (cm ³ cm ⁻³) | Seepage velocity (m day ⁻¹) | pH |
|-------------------------|--|---------------------|------------------------------------|--|---|-------------|
| 1 | 10.00 Cd ²⁺ | 0 | 1.52 | 0.34 | 1.4 ± 0.01 | 5.61 ± 0.01 |
| 2 | 10.00 Cd ²⁺ | 0.225 | 1.56 | 0.32 | 1.5 ± 0.05 | 5.60 ± 0.02 |
| 3 | 10.00 Cd ²⁺ | 0.45 | 1.52 | 0.30 | 1.6 ± 0.05 | 5.60 ± 0.02 |
| 4 | 10.00 Cd ²⁺ | 0.9 | 1.52 | 0.35 | 1.4 ± 0.02 | 5.60 ± 0.01 |
| 5 | 10.00 Cd ²⁺ + 100.00 kaolinite colloids | 0 | 1.57 | 0.31 | 1.6 ± 0.03 | 5.59 ± 0.02 |
| 6 | 10.00 Cd ²⁺ + 100.00 kaolinite colloids | 0.225 | 1.56 | 0.32 | 1.6 ± 0.01 | 5.60 ± 0.02 |
| 7 | 10.00 Cd ²⁺ + 100.00 kaolinite colloids | 0.45 | 1.57 | 0.31 | 1.6 ± 0.02 | 5.60 ± 0.01 |
| 8 | 10.00 Cd ²⁺ + 100.00 kaolinite colloids | 0.9 | 1.56 | 0.31 | 1.6 ± 0.02 | 5.61 ± 0.02 |

表 1 生物质样品工业分析及元素分析结果 w/%

| 样 品 | C _{ad} | H _{ad} | N _{ad} | O _{ad} | S _{ad} | M _{ad} | V _{ad} | FC _{ad} | A _{ad} |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| GR | 40.46 | 6.19 | 1.94 | 51.33 | 0.08 | 8.64 | 68.74 | 13.09 | 9.54 |
| WS | 39.90 | 6.02 | 0.21 | 53.77 | 0.10 | 9.42 | 67.14 | 13.39 | 10.29 |

表 1 煤泥水中固体颗粒的粒度组成

Table 1 Particle size distributions of solid particles in coal slurry water

| 粒级/ mm | 产率/ % | 累计产 率/% | 灰分/ % | 累计灰 分/% |
|---------------|----------|------------|----------|------------|
| 0.500 ~ 0.125 | 0.91 | 0.91 | 7.36 | 7.36 |
| 0.125 ~ 0.075 | 1.82 | 2.73 | 10.83 | 9.67 |
| 0.075 ~ 0.045 | 7.18 | 9.91 | 17.43 | 15.30 |
| <0.045 | 90.09 | 100 | 53.29 | 49.53 |
| 合计 | 100 | | 49.53 | |

2. 图示法

形象直观，便于比较，容易看出数据中的极值点、转折点、周期性、变化率等特性，试验结果的图示法可以为下一步数学模型的建立提供依据。

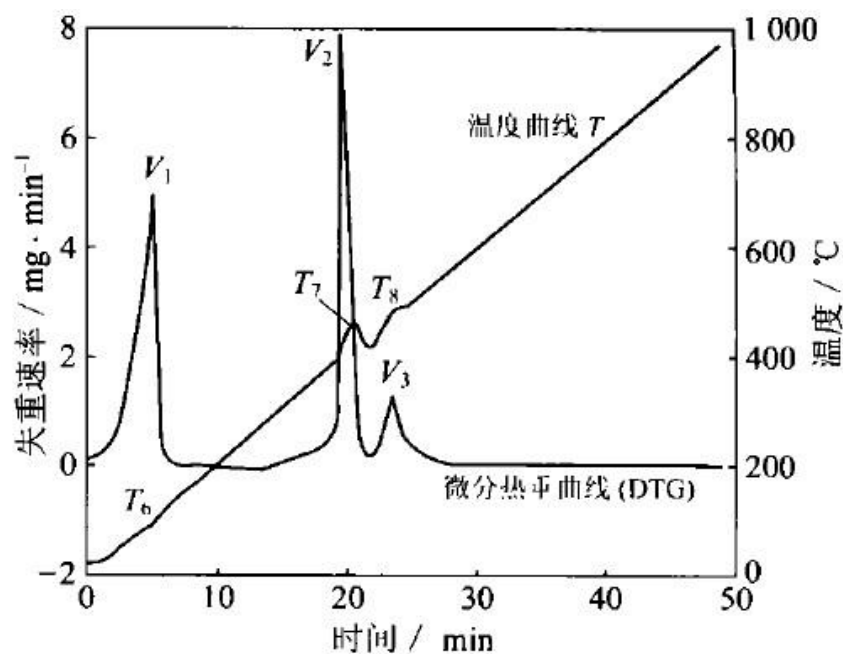
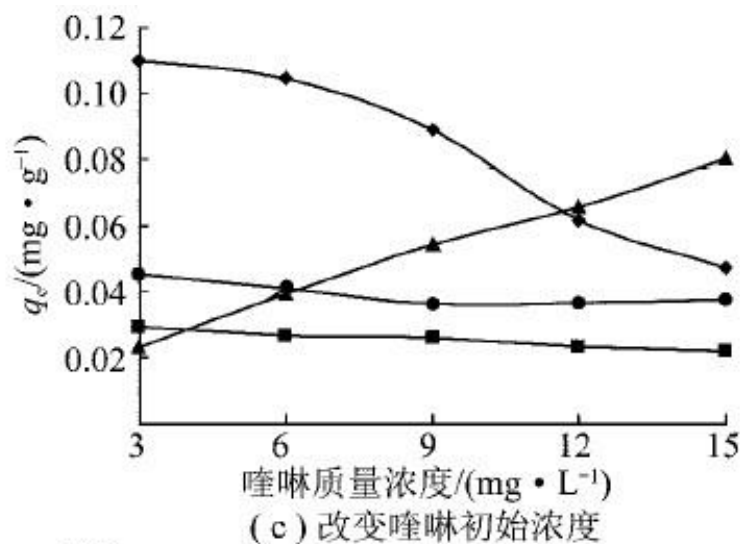
根据图形的形状可以分为线图、柱形图、条形图、饼图、环形图、散点图、直方图、面积图、雷达图、气泡图、曲面图等。

图形的选择取决于试验数据的性质，一般情况下，计量性数据（需要测量工具测量，连续型）可以采用直方图和折线图等，计数性和表示性状的数据（计件和计点，离散型）可以采用柱形图和饼图等，如果表示动态变化情况，则使用线图比较合适。

1、常用数据图

1) 线图

它可以用来表示因变量随自变量的变化情况。它可以分为单式和复式两种。



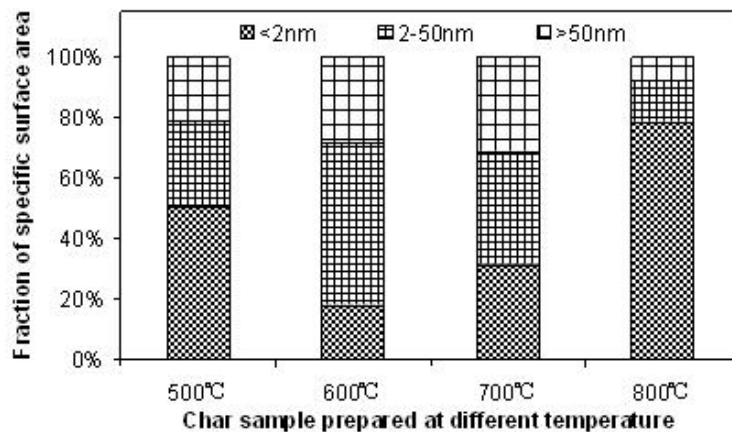
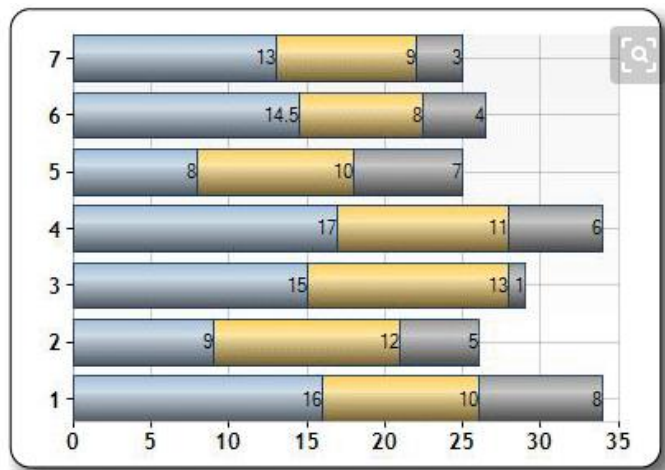
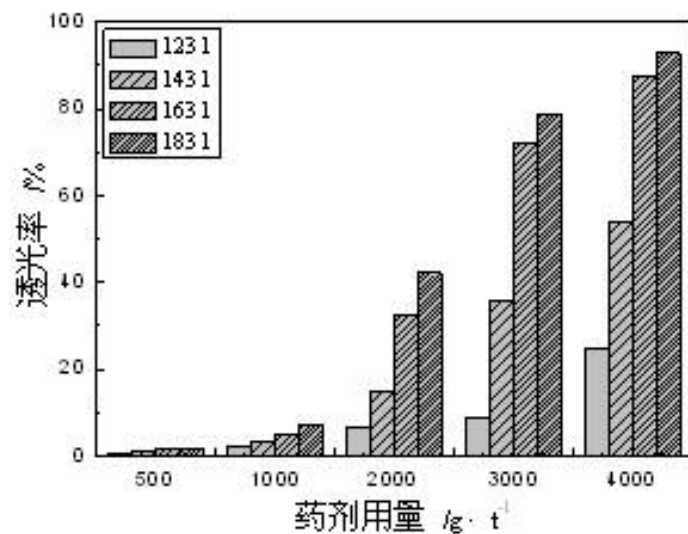
2) 条形图

用等宽长条的长短或高低来表示数据的大小，以反映各数据的差异。

条形图可以横置或纵置。

通常一条轴为数值轴，用于表示数量性的因素或数量，另一条为分类轴，常表示属性因素或变量。

分单式和复式两种。

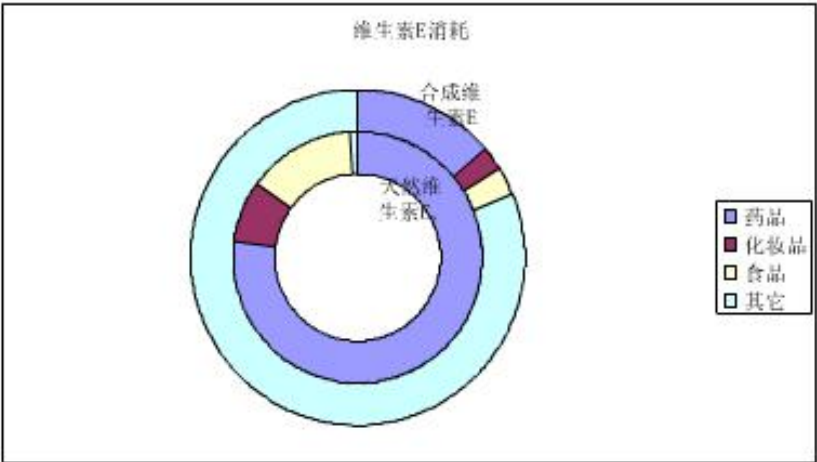
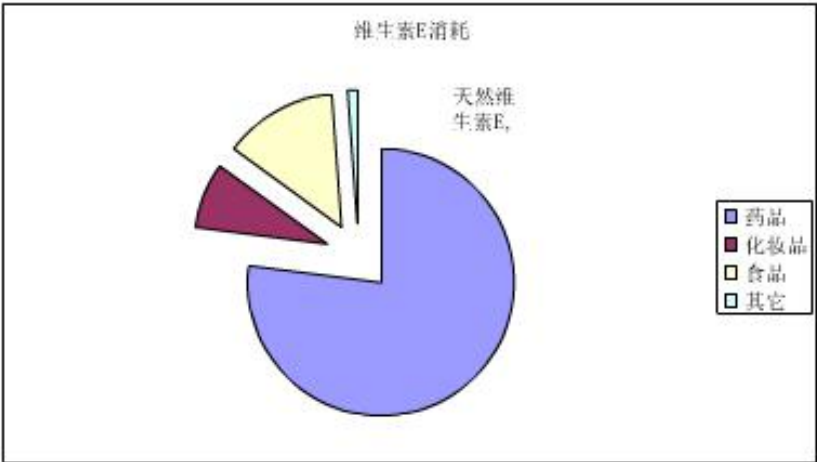
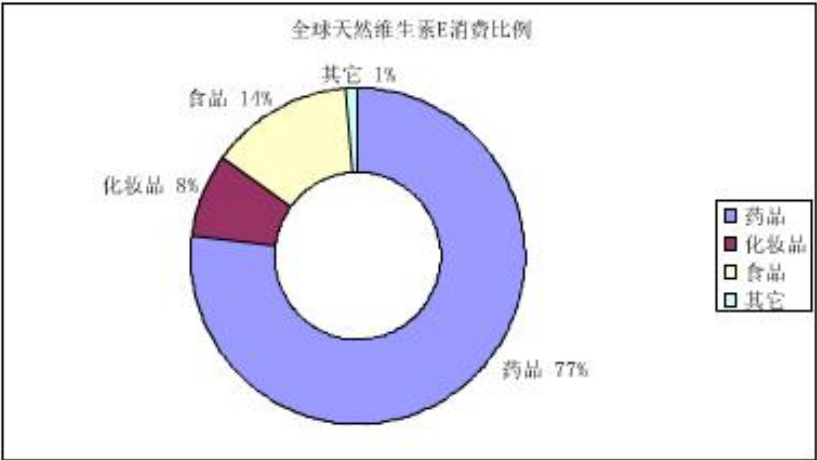
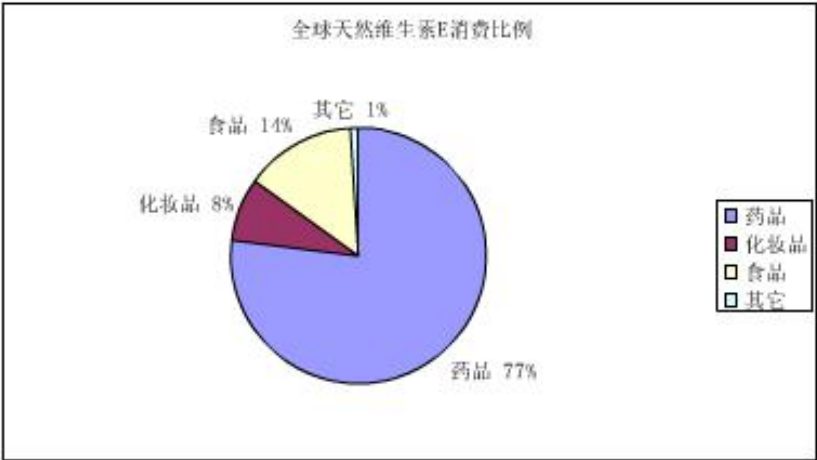


3) 圆形图和环形图

圆形图也称饼图，它可以表示总体中各组成部分所占的比例。

以扇形面积的大小来分别表示各项的比例。

环形图，总体中的每一部分的数据用环中的一段表示。环形图可以显示多个总体各部分所占的相应比例，从而有利于比较研究。



4) XY散点图

用于表示两个变量间的相互关系，从散点图可以看出变量关系的统计规律。

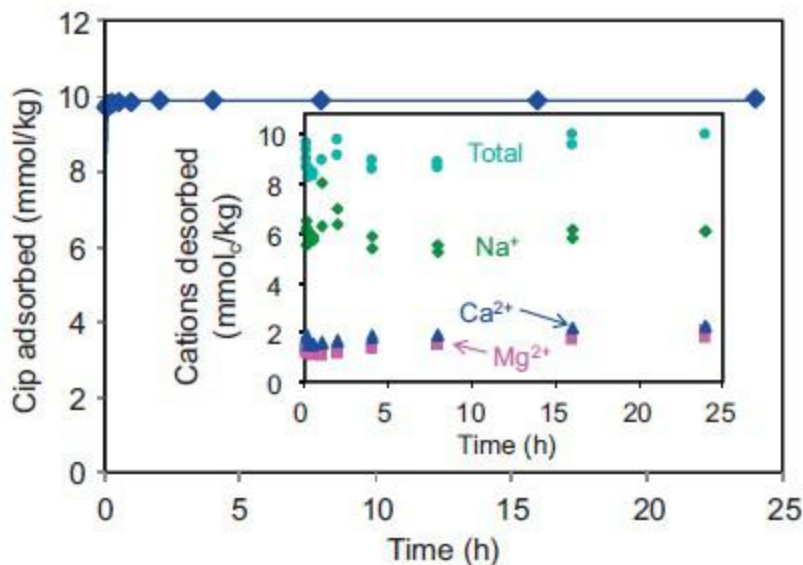


Fig. 2. Cip adsorption kinetics. The line is a pseudo-second order fit to the observed data. The inset shows desorption of exchangeable cations accompanying Cip adsorption.

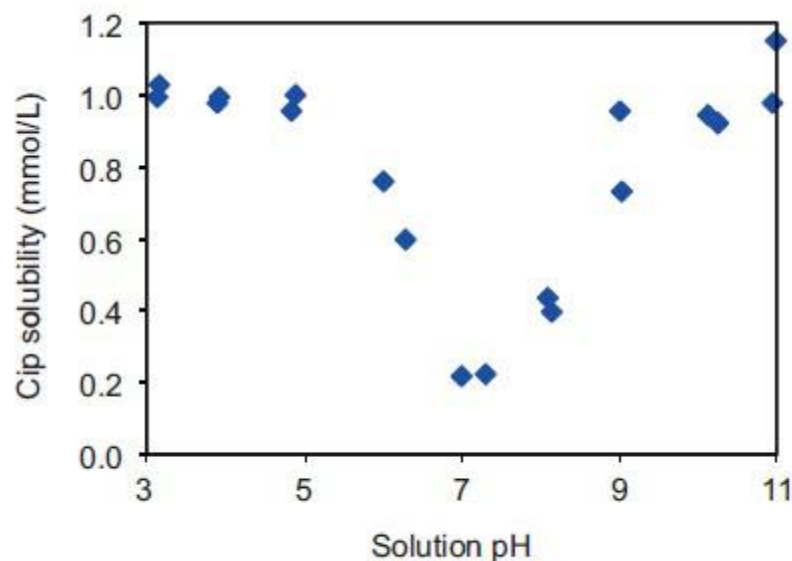


Fig. 5. Cip solubility as a function of solution pH.

绘制图形应注意的几点

- 1) 绘制线图时，应尽量使曲线光滑；
- 2) 定量坐标轴，其分度不一定要从零开始，主要考虑让图充满绘图区。
- 3) 定量绘制的坐标图，其坐标轴上必须标明该坐标所代表的变量名称、符号及所用的单位，一般用纵坐标代表因变量。
- 4) 图必须有图号和图名，以便于引用，必要时还应有图注。

2、坐标系的选择

选用坐标系的基本原则如下：

1) 根据数据间的函数关系。

(1) 线性函数： $y=a+bx$ ，选用普通直角坐标系。

(2) 幂函数： $y=ax^b$ ，因为 $\lg y = \lg a + b \lg x$ ，选用双对数坐标系可以使图形线性化。

(3) 指数函数： $y=ab^x$ ，因 $\lg y$ 与 x 呈线性关系，故采用半对数坐标。

2) 根据数据的变化情况

(1) 若试验数据的两个变量的变化幅度都不大，可选用普通直角坐标系。

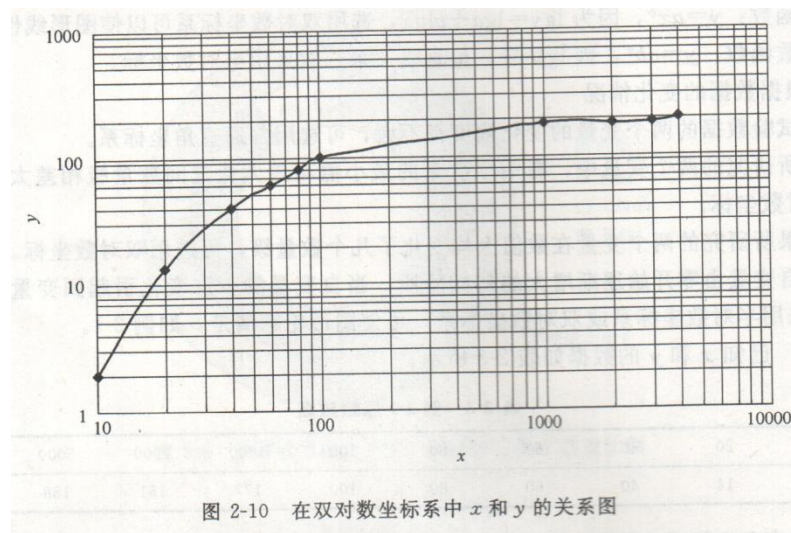
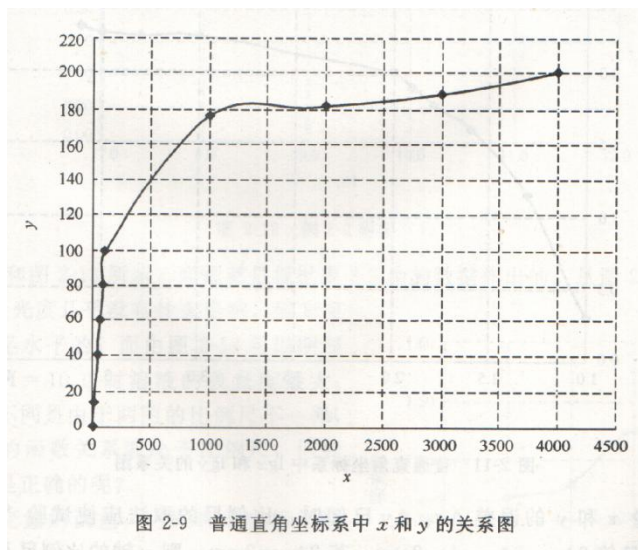
(2) 若所研究的两个变量中，有一个变量的最小值与最大值之间数量级相差太大时，可以选用半对数坐标。

(3) 若所研究的两个变量在数值上均变化了几个数量级，可选用双对数坐标。

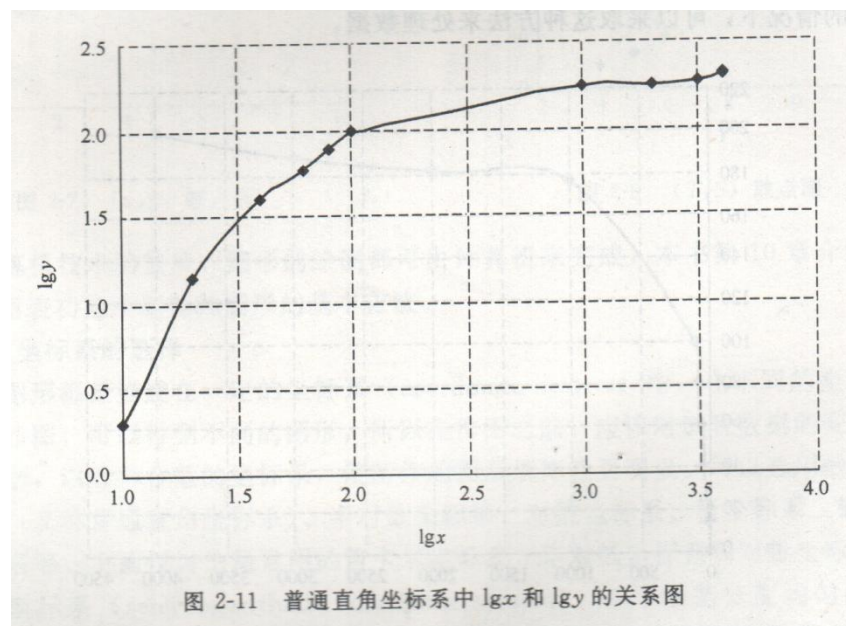
(4) 在自变量由零开始逐渐增大的初始阶段，当自变量的小变化引起因变量极大变化时，此时采用半对数坐标系或双对数坐标系。

实例：已知 x 和 y 的数据如下表

| X | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 |
|---|----|----|----|----|----|-----|------|------|------|------|
| Y | 2 | 14 | 40 | 60 | 80 | 100 | 177 | 181 | 188 | 200 |



| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| lgx | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 3.0 | 3.3 | 3.5 | 3.6 |
| lgy | 0.3 | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.3 |



3、坐标比例尺的确定

坐标比例尺是指每条坐标轴所能代表的物理量的大小，即指坐标轴的分度。基本方法如下：

- 1) 在变量 x 和 y 的误差 Δx , Δy 已知时，比例尺的取法应使试验点的边长为 $2\Delta x$, $2\Delta y$ ，而且使 $2\Delta x=2\Delta y=1\sim 2\text{mm}$ 。若 $2\Delta y=2\text{mm}$ ，则 y 轴的比例尺 M_y 应为：

$$M_y=(2\text{mm})/(2\Delta y)=1/\Delta y(\text{mm})$$

例如：已知质量的测量误差 $\Delta m=0.1\text{g}$ ，若在坐标轴上取 $2\Delta m=2\text{mm}$ ，则

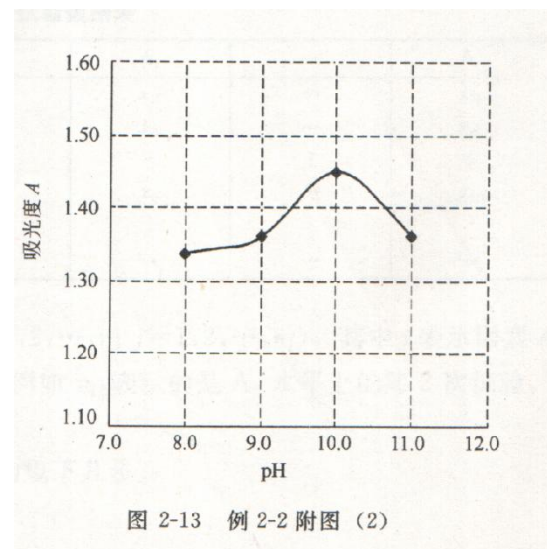
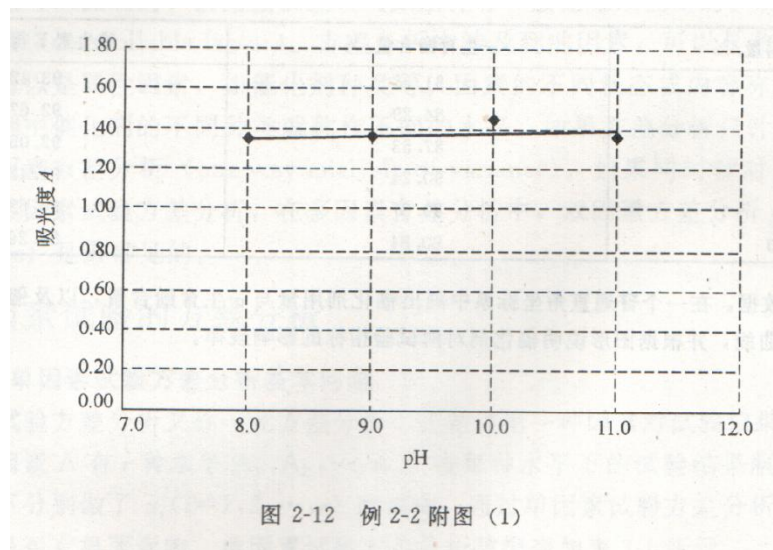
$$M_m=2\text{mm}/0.2\text{g}=10$$

即坐标轴上 10mm 代表 1g 。

- 2) 如果误差未知，坐标轴的分度应与试验数据的有效数字位数相匹配，即坐标读数的有效数字位数与试验数据相同。

- 3) 推荐坐标轴的比例常数 $M = (1, 2, 5) \times 10 \pm n$ (n 为正整数)，而3、6、8等的比例常数不可使用。
- 4) 纵横坐标之间的比例不一定取得一致，使曲线的坡度介于 $30 \sim 60^\circ$ 之间。

实例：研究PH值对某溶液吸光度A的影响，已知PH值的测量误差 $\Delta PH = 0.1$ ，吸光度A的测量误差 $\Delta A = 0.01$ 。在一定波长下，测得PH值与吸光度A的关系数据如下表所示，试在直角坐标系中绘出两者之间的关系曲线。



确定坐标系适宜的比例尺：

设 $\Delta \text{PH} = 2$ $\Delta A = 2\text{mm}$

所以横轴比例尺为： $M_{\text{PH}} = 2\text{mm} / 0.2 = 10(\text{mm} / \text{单位PH值})$

纵轴比例尺为： $M_A = 2\text{mm} / 0.02 = 100(\text{mm} / \text{单位吸光度})$

由此可知，图2—13的比例尺比较合适。

操千曲而后晓声
观千剑而后识器

你的进步，我的快乐！

