

机制专业实验指导书

汇 编

张学军 抄著
王圣雄等 编

西 安 工 业 学 院

一 九 八 九 年 元 月

前

教学实验不仅是帮助学生消化、理解课堂讲授中的难点，验证理论分析的正确性，更重要的是培养与锻炼实验研究能力和操作技能、独立分析解决问题的能力，是培养学生理论联系实际、独立工作能力的极为重要的教学环节。实验的质量与数量严重影响培养学生的质量，因此必须充分重视。要求学生在每一个实验前作好预习，实验时细心操作，认真思考，正确记录数据，最后要求认真写好实验报告。为了便于作好这项工作，本汇编编入了作为实验基础的“教学实验的一般工作程序”和“有效数字与数据表示方法”二章。

目前，我院机制专业教学实验系按课程设置，因此，本册编辑也按各课程（专业课和选修课）的实验分别编排。实验的项目及内容是根据各课程教学大纲所规定的必做及选做的要求并结合机制综合实验室的设备、仪器条件编写的。实验项目的选取，由各课程根据具体情况确定。本册因系按课程实验编辑，因此在个别地方在内容上稍有重复。

参加本书编写工作的人员有王圣雄（第一、二章）、张同治（第三章）、邹仁秀（第四章）、马志祥（第五章）、冀芳芳（第六、九章）、刘建设（第七、八、十章），全册由王圣雄主编。

限于编者的学术水平，错误和不妥之处在所难免，请读者提出批评指正。

编者 1989年五月

张学军

目 录

前言

第一章 教学实验的一般工作程序	(1)
第二章 有效数字与数据表示方法	(3)
§ 2.1 有效位数的意义	(3)
§ 2.2 古典“四舍五入”法则形成的舍入误差	(3)
§ 2.3 舍入法则	(4)
§ 2.4 有效数字的确定	(5)
§ 2.5 数据的表示方法	(6)
第三章 金属切削机床实验	(12)
§ 3.1 普通车床结构剖析	(12)
§ 3.2 滚齿机的调整	(13)
§ 3.3 机床几何精度检验	(21)
§ 3.4 车床主传动系统空载功率的测定	(32)
§ 3.5 机床静刚度实验	(39)
§ 3.6 主轴回转精度的测定	(44)
§ 3.7 机床低速平稳性实验	(49)
§ 3.8 机床热变形实验	(54)
§ 3.9 动力参数测量	(58)
§ 3.10 机床空运转实验	(64)
§ 3.11 机床振型的测定	(66)
§ 3.12 机床噪声测量	(71)
§ 3.13 测微平行光管的原理和使用	(76)
§ 3.14 光栅爬行测量仪原理及使用须知	(73)
§ 3.15 BP28型低频频谱分析仪简介	(30)
§ 3.16 精密声级计及其校准器	(85)
第四章 金属切削机床液压传动实验	(89)
§ 4.1 压力形成及液阻特性实验	(89)
§ 4.2 液压泵性能实验	(95)

§ 4.3	溢流阀静态性能实验	(99)
§ 4.4	节流调速性能实验	(102)
§ 4.5	液压元件拆装实验	(111)
§ 4.6	节流回路(节流调速及加载工作原理)实验	(111)
§ 4.7	调压及卸荷回路实验	(119)
§ 4.8	顺序动作回路实验	(120)
§ 4.9	双泵快速回路实验	(122)
§ 4.10	容积节流调速回路实验	(125)
第五章	金属切削原理与刀具实验	(129)
§ 5.1	车刀角度的测量	(129)
§ 5.2	切削层变形的观察与测量	(135)
§ 5.3	车削力的测量	(142)
§ 5.4	车削温度的测量	(143)
§ 5.5	刀具磨损及“V—T”关系	(153)
§ 5.6	滚刀的铲齿	(158)
第六章	机械制造工艺学实验	(163)
§ 6.1	车床静刚度测定	(163)
§ 6.2	加工精度统计分析	(166)
§ 6.3	镗杆的自激振动及消振	(171)
第七章	机械工程测试技术基础实验	(176)
§ 7.1	光线示波器的使用方法	(176)
§ 7.2	电桥和差动柱与动态应变仪的使用	(183)
§ 7.3	简支梁固有频率、阻尼比、幅频特性测量	(187)
§ 7.4	电感传感器及电容传感器特性实验	(190)
§ 7.5	同频检测实验	(194)
I	信号与噪声的合成及同频检测的排噪能力	(195)
I	频谱分析实验	(198)
§ 7.6	压电式加速度传感器	(200)
§ 7.7	压电式测力传感器的动态定标	(203)
第八章	控制工程基础实验	(208)
§ 8.1	系统特性模拟实验	(208)
第九章	《特种加工》实验	(217)

§ 9 · 1	电火花加工实验.....	(217)
§ 9 · 2	电火花强化实验.....	(219)
§ 9 · 3	微孔控制电火花线切割加工实验.....	(221)
§ 9 · 4	超声加工实验.....	(224)
§ 9 · 5	电解加工实验.....	(228)
§ 9 · 6	激光加工实验.....	(229)
第十章	激光测量实验.....	(235)
§ 10 · 1	激光光斑测量粗糙度实验.....	(235)

第一章 教学实验的一般工作程序

教学实验的全过程由三个阶段组成——准备阶段、实验阶段、结束整理阶段。

一、准备阶段

教学实验开始于阅读实验指导书。通过阅读实验指导书、教科书和有关的仪器说明书等参考资料后应达到下列要求：

1、了解本次实验的目的——解决哪些问题和要求——实验做完后反映在实验报告中应取得哪些结果。

2、了解实验系统的工作原理、结构框图、设备按装图和电气接线图。

3、了解实验对象的工作原理、结构和理论的性能估计。

4、了解本次实验中所用到的测试仪器的性能参数和使用方法。力求弄清主要测试仪器的的工作原理。

5、拟定实验操作步骤，设计数据记录表格或明确观察哪些现象。

在此基础上写出实验预习报告。预习报告应简明扼要突出反映“怎么做”？突出反映通过预习自己在上述五个方面的认识并落实在第五点上。不应大段的抄实验指导书、教科书、仪器说明书等参考资料。

预习工作最好在实验室内面对着实验仪器、设备进行。预习报告写好后应争取与实验指导教师进行讨论，考虑教师的意见对预习报告进行修改、补充后再进行实验。

二、实验阶段

此阶段又可分为三步：

1、检查准备阶段。进入实验室将此次实验要用的仪器、设备借出、安放妥当后，首先应对各台仪器、设备逐一进行通电检查，看看那些晶体管毫伏表、电子示波器、信号发生器、稳压电源等等是否处于正常的备用状态。如有异常情况应立即向实验指导教师报告。

各台设备、仪器检查完毕后，关掉电源。按预习报告中的按装和接线图进行按装、接线。完毕后，经实验指导教师检查无误方可开始试验。

2、实验进行阶段。即按原定实验操作步骤逐步进行实验的阶段。在此阶段内应注意，对要进行的实验的结果事先应有所估计。在实验过程中应将实测结果和理论分析结果不断地进行对比，注意两者之间有何异、同。如果差异显著，宜先找出差异产生的原因，是理论分析不可靠，还是实验过程中出现差错。把原因找到后再继续往下做。还应注意将记录到的每一个数据和它前后的数据相对比。注意有无“突跳”现象。如果发现此种现象也应进行分析，弄清是合理的还是不合理的。如果是后者，则应对此点重新进行测量。总之，在实验过程中，应对记录到的实验数据不断进行校核，发现问题及时解决。待到写实验报告时才发现，后果往往难于挽救。

另外，除非实验对象的输入——输出关系是线性的，否则，相邻两次输入信号之间的增量不应当都是相等的。在特性曲线曲率变化大的地方数据点宜取得密，曲率变化小

的地方数据点宜取得疏。

3、结束整理阶段。做完全部预定实验内容后应当将整个过程再回顾一下，看看有无遗漏，所取得的实验结果和观察到的现象是否都合理。而后将实验记录呈交实验指导教师审查、签字。待教师签字后方可切断电源。切断电源时应先关掉各台仪器、设备上的电源开关，再切断总电源，并拆下各条联结电线。不应先关总电源，再关各台仪器、设备上的电源开关，更不应只切断总电源。

最后整理、清点、归还所借用的实验仪器、设备、工具后退出实验室。

三、整理实验结果、写实验报告

不少同学对此工作不够重视，写出的实验报告马虎潦草，甚至互相抄袭，这是很可惜的。如果说前两个阶段是播种和耕耘，那么这一个阶段才是收获。同学们实验过程中取得的实验结果有待于通过写实验报告进行系统的整理并提升为理论认识。另外，大学是工程师的摇篮，大学的学习过程也就是完成工程师基本训练的过程。同学们应把写实验报告视为工程师完成一项实际工作后提交出的一份工作总结，一份技术文件。它符合一定的规范，达到一定的质量标准。应当通过写实验报告主动地培养自己具备工程师的职业习惯和风貌。

实验报告中一般应包括下列内容：

- 1、实验名称和目的
- 2、实验原理和设备
- 3、实验步骤和操作方法
- 4、实验结果的记录和整理
- 5、分析和结论

和写预习报告一样，实验报告应简明扼要，突出自己的实验结果和对这些结果的分析、讨论。教课书、实验指导书、仪器说明书中已有的资料一般只需引用其结果，必要时可注明其出处，略去其分析过程，以突出重点，缩短篇幅。实验报告中应有实验日期。

和写预习报告不同之处是实验报告应按正式技术文件的要求来写。文字应当用钢笔或圆珠笔写在学校规定的实验报告纸上。实验曲线应当用铅笔画在坐标纸上并光滑连接。画图时应当用直尺和圆规。字迹应清晰、工整。行文应力求准确、简洁、流畅、口语化；如为几个人同一组，则应列出同组人姓名。

第二章 有效数字与数据表示方法

§ 2.1 有效位数的意义

人们在进行生产与科学实验时, 需要把测试值记录下来并进行整理计算。究竟应该用几位数字表示所测得的数据和结果呢? 有人误认为小数点后的位数越多越准确。其实不然, 小数点后的位数不是准确性的标准, 它只与所采用的单位大小有关。例如 170.5cm 与 1.705m 的准确性是完全一样的。另外, 由于测量仪表的精度与实验观测者感官功能的限制, 测量的准确度是有限的。因而, 在计算过程中结果位数超出了测量所能达到的准确度的限度, 数据的精度将是虚假的。相反, 若写出数字的位数低于测得数据的位数时, 将降低数据的精确度。

实验数据有效位数的确定的正确作法是所取位数除末一位数字为测量时的可疑数或估设数外, 其余各位数字都是准确可靠的, 通常末一位可疑数字上下可以有一个单位的误差。这样的数字称作有效数字。

例如, 测长用的钢尺准确度为 1mm , 精确度为 0.5mm 。当用钢尺测得某一物体长度为 11.5mm 时, 前两位数字是准确的, 而第三位是估计值。此时, 该数称作三位有效数字。

当确定了有效数字的位数后, 在古典的数据处理中, 通常采用的是“四舍五入”法则。

§ 2.2 古典“四舍五入”法则形成的舍入误差

一个有效数字的有效位数指的是最高位数不为零的位数。一个数值如 5.337 , 若保留两位有效数字, 则通常是把第三位的数 (这里是 3), 按古典的“四舍五入”法则进行处理, 故舍去 3 , 而得 5.3 。

设某一数值要保留 n 位有效位, 则按古典的“四舍五入”法则对第 $n+1$ 位的数进行处理, 就必然会带来舍入误差 ε 。第 $n+1$ 位数及其相应的舍入误差, 如下表所示。

表 2-2-1

第 $n+1$ 位的数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
舍入误差 ε	0	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1

舍入误差 ε ，是一个离散型的随机变量。用大写字母 X 表示。

第 $n+1$ 位的数可能取值为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9。这十个数值可能出现的概率都是相等的。

$$P(X = 0, -1, -2, -3, -4, 5, 4, 3, 2, 1) = \frac{1}{10}$$

一个离散型随机变量 X 取 x_i 值的概率为 P_i 。这意味着在极多的 N 次实践中，大体上有 $N P_i$ 次的取值为 x_i 。从而极多次实践的取值总和大体为 $\sum_i N P_i x_i$ ，即极多次实践取值的平均值大体上为 $\frac{1}{N} \sum_i N P_i x_i = \sum_i P_i x_i$ 。我们把它叫做离散型随机变量 X 的数学期望值或均值。记作

$$\mu_x = E(X) = \sum_i P_i x_i$$

因此，古典的“四舍五入”法则的舍入误差 (ε) 的期望值 μ_x 为

$$\mu_x = E(X) = \sum_i P_i x_i = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$$

所以，古典的“四舍五入”法则的舍入误差的期望值等于第 $n+1$ 位单位的二分之一。

舍入误差是人为的引入误差。引入一种人为的误差总是希望它在多次实践中的均值基本上等于零才好。从上述的分析可以看出，古典的“四舍五入”法则并不具有所期望的性质。当第 $n+1$ 位出现了除 5 以外的其它数字时，其舍入误差在极多次实践中平均起来都可以抵消。只是在第 $n+1$ 位是 5 时，其舍入误差是 5，无法相消。这就是古典“四舍五入”法则的症结所在。

如果规定：当第 n 位上的数是偶数（包括 0）时，第 $n+1$ 位上的 5 予以舍去，此时舍入误差为 -5 ，单位是第 $n+1$ 的单位；当第 n 位上的数是奇数时，第 $n+1$ 位上的 5 就进入，使第 n 位增加 1 单位，此时舍入误差为 $+5$ ，单位是第 $n+1$ 的单位。由于第 n 位上出现偶数或奇数的概率各为二分之一，其相应舍入误差为 -5 或 $+5$ 的概率也各为二分之一。从而极多次实践平均起来可以相消。这样，就修正了古典的“四舍五入”法则，使其具有所期望的性质。

§ 2. 3 舍入法则

为了适应生产与科学技术工作的需要，我国科学技术委员会正式颁布了《数学修约规则》，通称为“四舍六入五单双”法则。概括说明：

四舍六入五考虑，五后非零必进一。五后皆零视奇偶，五前为偶应舍去，五前为奇则进一。

这一法则的具体运用，分述如下：

1、若被舍弃的第一位数字小于5，则其前一位保持不变，如23.2345只取三位有效数字时，其被舍弃的第一位数字为3，小于5，则有效数字应为23.2。

2、若被舍弃的第一位数字大于5，则其前一位数字加1。如23.2645只取三位有效数字时，其被舍弃的第一位数字为6，大于5，则有效数字应为23.3。

3、若被舍弃的第一位数字等于5，而其后的数字全部为零，则视被保留的末位数字为奇数或偶数而定进或舍。如23.350及23.250，只取三位有效数字时，则分别应为23.4及23.2。

4、若被舍弃的第一位数字为5，而其后的数字并非全部为零，则进一。如23.2501，只取三位有效数字时，则进一，成为23.3。

5、若被舍弃的数字包括几位数字时，不得对该数字进行连续的进位或舍弃，而应根据以上各条作一次处理。如2.154546，只取三位有效数字时，应为2.15，而不得按2.154546→2.15455→2.1546→2.155→2.16方法错误地连续进位至2.16。

6、整数的修约也应遵照上述规则进行处理。如23438，只取三位有效数字时，则应为23400或 2.34×10^4 。

§ 2.4 有效数字的确定

在测量过程中，对一次测量数据的有效数字位数，应与所用仪器的精度相一致。然而，在有效数字的运算过程中，必须遵循“先进舍，后运算”的原则。例如：

1、在加、减计算中，各数所保留的小数点后的位数，应与所给各数中小数点后位数最少的相同。

如将23.62，0.0033，1.643三数相加时，应根据上述取舍规则进行数据处理后再相加。应写成

$$23.62 + 0.01 + 1.64 = 25.27$$

2、在乘除计算中，应以有效数字最少的或百分误差最大的数字为准，对其它各数值按上述取舍规则处理后，再进行乘除运算，所得积或商的精确度也不应大于相乘、除各数值中精确度最小的数值的精确度。

如将0.0121，25.6432，1.0578三位数联乘时，应先舍弃或进位处理后，再进行联乘。写成

$$0.0121 \times 25.6 \times 1.06 = 0.323$$

3、在对数计算中，真数与对数的有效位数应相同。

如
$$n = \lg_a b$$

即对数 n 准确到几位，真数 b 亦可准确到第几位。

4、在计算均值时，若为四个或多于四个数相平均，则平均数的有效位数可增加一位。

5、对常数 π 、 e 及 $\sqrt{2}$ 、 $\sqrt{3}$ 等的有效数字位数，可以根据需要任意确定。

6、界限数值不得修约。

通常表示数量界限的方法，有以下几种：

1、不大于 A ，表示从 $0-A$ 范围内均为合格（包括等于 A ）。大于 A 者为不合格。如合金结构钢中，残余 Cr 、 Ni 含量规定为各不大于 0.35% 。上述 A 或 0.35% ，即为界限数值， $0-3.5\%$ 是非界限数值。

界限数值不得修约，主要应视有效数字后的数值的位数而定。若在界限数值后的第一位数出现任何非零的数，如 0.351% ，则认为不符合标准。

但是，若在界限数值后第二位数出现非零的数，则不在此限。如 0.3509% ，可视为 0.35% 。

2、不小于 A ，表示从 $A-\infty$ 范围内均为合格（包括等于 A ），小于 A 者为不合格。如 35 碳素结构钢的延伸率（ δ_5 ）规定为不小于 20% ，上述 A 或 20% 即为界限数值，大于和等于 20% 为合格范围，大于 20% 为非界限数值，可以修约。当出现 19.8% （ $< 20\%$ ）时，应视为不合格，不得修约成 20% 。

3、在 $A-B$ 范围内均值为合格（包括等于 A 和 B ），小于 A 或大于 B 者为不合格。如普碳钢 B2F 钢的含碳量为 $0.05-0.15\%$ ，上述 A 、 B 或 0.09% 、 0.15% 为界限数值。同理，若出现 0.039% ，不得修约成 0.09% ， 0.151% 也不得修约成 0.15% 。但是，当出现 0.1509% 时，按前述原则应视其为 0.15% 。

4、 $z \pm \frac{A}{S}$ 表示 $(z-B)-(z+A)$ 范围内均为合格，小于 $(z-B)$ ，大于 $(z+A)$ 者为不合格。如 $\phi 19$ mm 的热轧圆钢普通精度的允许偏差为 ± 0.5 ，其界限数值则为 $\phi 19 \pm 0.5$ ，即 $\phi 18.5-\phi 19.5$ mm。如果出现 $\phi 19.51$ mm 时，应判为超差。但是，如果出现 $\phi 19.509$ mm 时，应视为 $\phi 19.5$ mm。

§ 2-3 数据的表示方法

试验数据是实验信息与结果的记录，要准确、简明、形象地表示出来，通常有三种方法，即列表法、作图法和函数法。

一、列表法

列表法的优点在于，简单易作，简明扼要，便于比较。

一般常用的有统计式、定性式、定量式及函数式。后两种用的较多。

根据试验数据列表时，应注意以下几点：

1、表的名称与项目要简明，必要时可在表名下或表下加附注说明数据来源，编制

的表号应写表名之前；表中的项目应包括名称及单位。一般应采用符号表示之，表中主项代表自变量，副项代表因变量，习惯上常以 x 代表自变量， y 代表因变量。

2、数字的写法应注意整齐统一，正确。同一竖行的数字，小数点要上下对齐；数字为零时，要注意有效数字位数，如有效数为小数点后的两位，则应写为0.00；数字太大或太小时，为避免对有效数字位数发生误解，应乘数 10^n （ n 为正或负整数）表达小数点的位置。

3、有效数字应取舍适当。在表达函数形式的表中，一般均假定自变量没有误差，所以应尽量取整。因变量的位数则取决于试验数据本身的精确度。

4、列表时，自变量应取整数或其它较方便的数值，按递增或递减的顺序排列。自变量的间距一般应尽可能采用1，2，或5乘 10^n 的数值。间距的数值要选得适当，如过大，使用时需要的插值多，既不方便，又不准确；如太小，又过于繁琐。

如试验数据的自变数与因变数都不够规则，不便应用。可对数据先进行分度整理，一般常用的方法是图解法：先将未分度的原始数据描于坐标纸上，划出通过各点的光滑曲线，然后从曲线上读出自变数作等间距变化时的数值与相应的因变量值，再以此数据列表表示之。

二、作图表示法

作图法优点在于，形象简明，便于直观比较。

作图法的坐标有直角坐标、单对数坐标、双对数坐标、三角坐标、极坐标及立体坐标等。最常用的是直角坐标。

以直角坐标作图时，应注意以下几点：

1、坐标分度

横轴（ x 轴）代表自变数，纵轴（ y 轴）代表因变数。分度一般应采取1，2，4或5最方便，应避免使用3，6，7，和9。

坐标分度的起点不一定为零。通常应使图形占满整个坐标纸。

一般应使坐标纸的最小分格相应于试验数据的精确度。

可能时，应尽量将变数加以变换，使所得图形为直线或近似直线，便于使用。

两坐标轴所代表的项目名称、符号和单位应分别标出，坐标轴的分度也应适当地标明。

2、将试验数据在已作好分度的坐标纸上描点时，应能表示出试验数据的误差范围。

曲线①各矩形边长分别代表自变数与因变数的误差范围，其中心则为测量数据的平均值。（见图2-5-1）。

曲线②表明两变数的误差范围相同。描点为圆，其半径代表测量误差的范围，中心为测量数据的平均值。

曲线③表明自变数无误差，或误差可以忽略不计，只有因变数有误差，则描点时以一垂直线段表示之。线段长度表示因变数的误差范围。

如同一坐标纸内，描绘几条曲线时，不同曲线的描点应用不同画法予以区别。

3、根据各描点作曲线时，如数据过少不足以确定自变数和因变数间关系时，最好

将各点用直线连接，如描点足够多，描出光滑连续曲线，不必通过所有各点，特别是两端的描点，但是应使曲线尽可能地与所有各点相接近，并使两边的点数及点与曲线间距离乘积的总和近于相等。

以上所介绍的是按照逐个记取试验数据的作图方法，而在现行的试验装置中，很多已被自动记录仪器所取代，记录仪器所记录的曲线图形更能表现出曲线的完整、连续过程。使用自动记录仪器也要考虑分度问题，务必使自动描绘的曲线的幅值、位置和曲线展开程度便于阅读和分析。

此外，应对记录笔、记录纸的走速进行标定，以使记录图形的数据准确。在自动记录的图形中，因仪器启动、换向等而导致的过渡过程曲线部分不应选取，对于因走笔速度突然变化引起冲击而造成数据不准确也须注意。

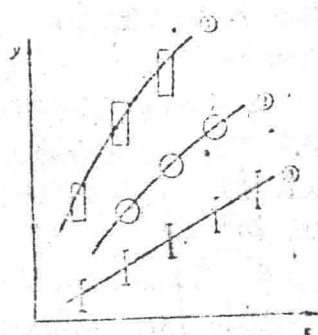


图 2-5-1

描点方法示意图

三、方程法

试验数据处理的方程法又称方程表示法，系将试验数据经作图法作出图形后，再根据图形数学处理定出图形的数学表达式，即用一个方程式或经验公式来表示所测得的一组数据。这样经数学处理所得的方程式或经验公式形式紧凑，便于数学运算，更能表明试验项目的内在规律。

一个理想的经验公式，既要求形式简单，使其所含常数项不宜过多，又希望能准确地代表一组原始数据。但在实际情况下，二者难以兼顾，有时不得不首先照顾必要的准确度而采取较为复杂的形式。

对于能代表一组试验数据的公式中，究竟有几个常数项事先是不必确定的，可先按下述的图解法检验公式中是否只有一个或两个常数项，若不能满足要求，则可进一步采用差分法来确定常数项多于两个的方程的次数。

(一) 图解法确定方程

能够使用图解法检验的，含有一个或两个常数的方程式，常有以下几个类型：

$$y = ax$$

$$y = a + bx$$

$$y = ab^x$$

$$y = ae^{bx}$$

$$y = e(a + bx)$$

$$y = ax^b$$

对于前两个类型的方程式，在直角坐标中的图形应为一直线，则当所绘图形为直线时，就可确定函数形式的类型。其它各式都是以指数形式出现的，若将它们进行对数运算，即

$$y = ab^x \quad \text{变为} \quad \lg y = \lg a + (\lg b)x$$

$$y = a e^{bx} \quad \text{变为} \lg y = \lg a + (b \lg e) x$$

$$y = e^{(a+bx)} \quad \text{变为} \lg y = (a \lg e) + (b \lg e) x$$

$$y = ax^b \quad \text{变为} \lg y = \lg a + b \lg x$$

则以上各式可有如下的新的函数关系：

$$Y = A + BX \quad (2-24)$$

这是一个直线方程。它说明：对于最后一个方程式，在 $\lg y - \lg x$ 双对数坐标图中成直线；而对于其余三个方程式，则在 $\lg y - x$ 单对数坐标图中成直线。至于这三个方程式属于哪个类型公式，则要用检验法确定。

举例：

试验得出如表 2-5-1 所列的一组 $x - y$ 数据，现假定这组数据可用下式表示：

表 2-5-1 一组试验数据的计算

x	0	0.5	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7
y	1.00	2.72	4.96	7.39	11.0	16.4	20.0	30.0
$\lg y$	0	0.43	0.70	0.87	1.04	1.21	1.30	1.48

$$y = a e^{bx}$$

则可求出各个对应的 $\lg y$ 值。

根据上列各数，在 $\lg y - x$ 坐标图上描点连线如图 2-5-2 所示，是为直线，故可说明所选的

方程式类型 $y = a e^{bx}$ 是适用于这组数据的。

在确定了公式以后，还需要计算出常数 a 、 b 之值。如果作图比较准确，可在所作图形相距较远的两点分别读取 x 、 y 或其对数的对应值，代入公式求解 a 、 b 即可。这种方法虽较粗略，但便于应用。若欲精细确定 a 、 b 之值，应采用最小二乘法计算，但较为复杂。

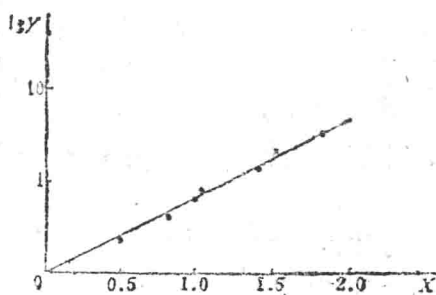


图 2-5-2 图解法检验方程式

(二) 差分法确定或检验方程式次数

当一组数据经图解法作图而不是直线，即不能用一次方程式所能表示，而需要用高次方程式表示时，用差分法来确定或检验方程式的次数就较为适宜。

例如，设经验公式能用下列多项式表示：

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

$$\text{则} \quad y + \Delta y = a + b(x + \Delta x) + c(x + \Delta x)^2 + d(x + \Delta x)^3$$

$$\Delta y = (b \Delta x + c \Delta^2 x + d \Delta^3 x) + (2c \Delta x + 3d \Delta^2 x) x$$

$$+ (3d\Delta z)z^2$$

因 Δz 为常数，故上式可写成：

$$\Delta y = A + Bz + cz^2$$

$$\Delta^2 y = D + Ez$$

$$\Delta^3 y = F$$

式中 A 、 B 、……、 F 均为新的常数。

由三阶差分 $\Delta^3 y$ 为常数，可见，原多项式中 z 的最高方次为 3 时，只求三阶差分，即得常数。同理，对于多项式

$$y = a + bz + cz^2 + \dots + qz^n$$

则第 n 阶差分 $\Delta^n y$ 应为常数；反之，若 n 阶差分为常数，则这组试验数据即可用 n 次多项式表示之。

实际上，试验所得的相邻两个 z 值之间的差值 Δz 并不一定都是常数。因此，要使差值 Δz 相同，就需要先根据实测数据描绘曲线，然后在 z 轴上取间距为 Δz 的等分，由此得出各个 z 值，再找出相应的各个 y 值，然后进行差分计算。

例如有下列一组实测数据：

$z = 0.5$	1.5	2.5	3.0	3.5	5.0	5.5	6.5
$y = 3.75$	8.05	15.7	20.8	23.1	33.2	63.3	37.6

根据上列 z 、 y 的对应数据，绘出曲线如图 2-5-3 所示。

今取 $\Delta z = 1$ ，从图上读取 z 、 y 的相应值，并求差分，即得表 2-5-2。从表中可以看出，这组数据因有二阶差分近似为常数，故可用

$$y = a + bz + cz^2$$

表示这组试验数据。

综上所述，只是讨论了在直角坐标中具有两个变量的多项式方程、幂函数和指数函数的图解计算法和差分法，而在试验和数据处理过程中，有时是需要用极坐标来表示的，如振动的幅相特性、噪声的指向性等。由测量数据整理出的曲线形式还有三角函数、双曲线函数等，对于这些图形所代表的函数关系，可查阅数学手册和其它参考资料的有关图表，从而判断试验数据所表示的函数类型。

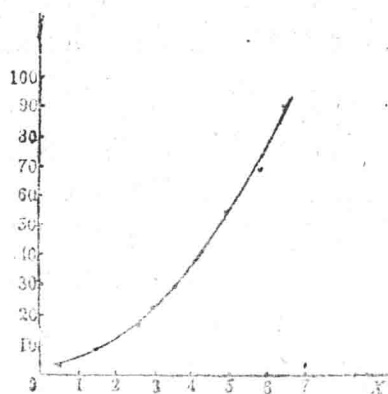


图 2-5-3
差分法计算用图之例

表 2-5-2 差分计算

x	0	1	2	3	4	5	6	7
y	4.0	5.8	11.6	21.5	25.3	53.2	75.2	101.1
Δy		1.8	5.8	9.9	13.8	17.9	22.0	25.9
$\Delta^2 y$			4.0	4.1	3.9	4.1	4.1	3.9

第三章 金属切削机床实验

§ 3.1 普通车床结构剖析

——现场教学

一、教学目的

● 通过对 CA6140、C620—1 和 C616 三种型号车床的结构剖析以对机床传动系统图、结构图和实物之间的相互关系建立完整的概念，深入地理解普通车床的传动结构和调整方法。并培养学生理论联系实际的工作作风。

二、教学内容及步骤

1、对机床的外形、总体布局以及对各部件进行观察分析，理解各部件的功用和结构特点。

2、主轴变速箱

① 结合传动系统图找出主轴箱中各传动轴和传动元件的位置，观察它们间的传动关系。

② 操纵正反手柄，观察有关部分的传动情况。掌握双向多片式摩擦离合器和制动器的工作原理和调整方法。

③ 利用手柄操纵主轴箱中各滑移齿轮变速组的移动，观察其传动原理。

④ 通过比较 CA6140 型和 C620—1 型机床，了解主轴箱体外循环润和体内循环润滑的优缺点。

⑤ 通过比较 CA6140 型和 C616 型车床，了解装入集中传动与分离式传动的优缺点。

⑥ 观察背轮机构和卸荷皮带轮结构。

3、学习挂轮架更换齿轮的安装与调整。

4、进给箱

观察基本组、增倍组、操纵机构，螺纹种类移换机构，以及光杠丝杠传动的操纵机构。

5、溜板箱

观察纵、横向机动进给及快速移动的操纵机构，光杠、丝杠进给的互锁机构，对开螺母机构。

6、拆装刀架部件，了解各零件的作用。

7、了解尾架快速紧固机构、套筒夹紧机构和横向位置调整机构的工作原理。

三、注意事项：

1、注意安全、爱护机床。观察过程中不得接通电源，防止任何物件掉入机床各箱体中。