

水力学

实验教程

艾翠玲 编著

SHUILIXUE

SHIYAN JIAOCHENG

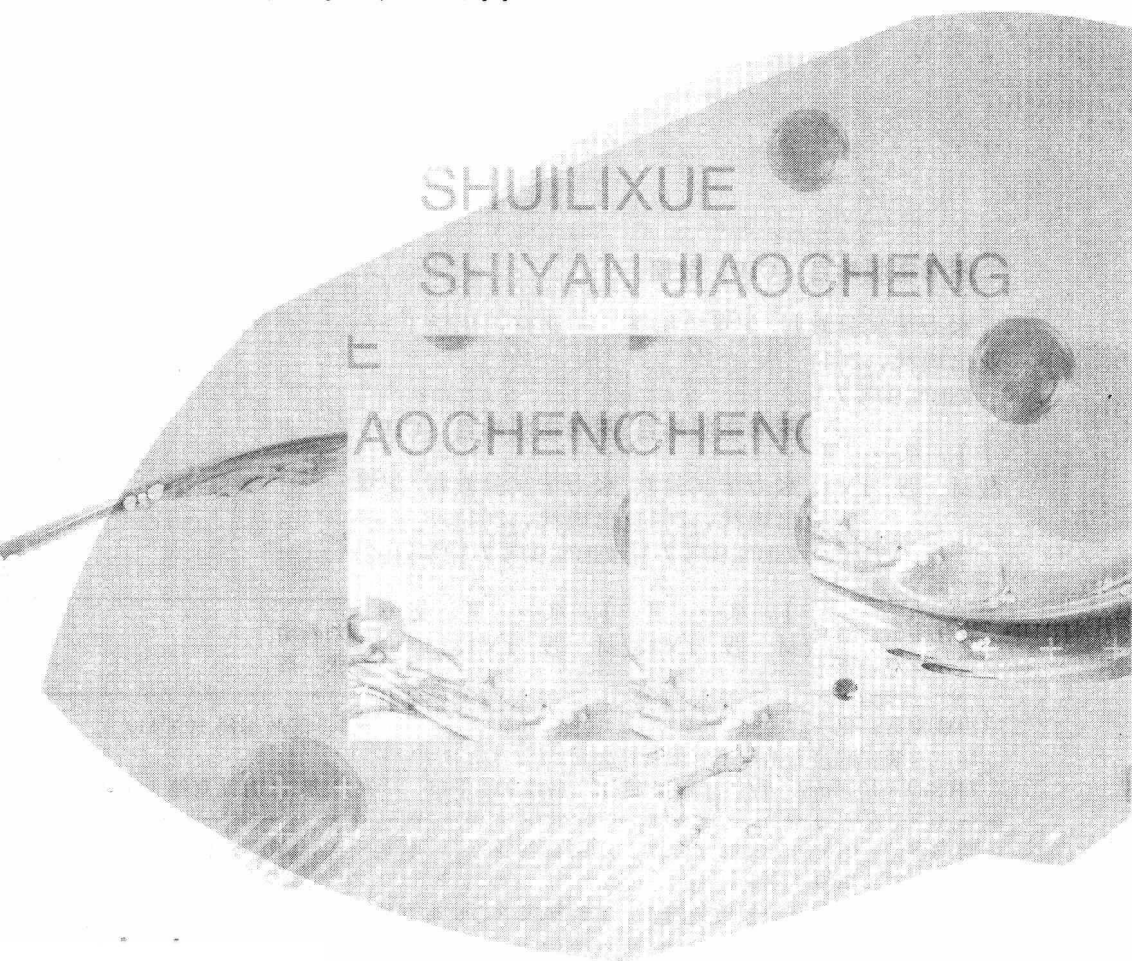


化学工业出版社

水力学

实验教程

艾翠玲 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本实验教材是在作者多年从事水力学理论教学和实验教学经验总结的基础上完成的。本书在编排上尽量做到由浅入深,介绍了水力要素的量测、现代量测技术、流动可视化技术等基础理论知识;在实验项目设计上具有较强的完整性、实用性、独立性、系统性、正确性和科学性,涵盖了水力学教学大纲要求的所有实验;共介绍 24 个实验,包括基本水力学实验、水流现象演示实验、管路阻力系数测定实验、消力池实验等内容。

本书适用于高等学校的水利、水电、土建、环境、化工等专业的师生参考,也可作为有关工程技术人员参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

水力学实验教程/艾翠玲编著. —北京:化学工业出版社, 2011. 8
ISBN 978-7-122-11922-3

I. 水… II. 艾… III. 水力实验-高等学校-教材 IV. TV131

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 144827 号

责任编辑:刘兴春
责任校对:宋 玮

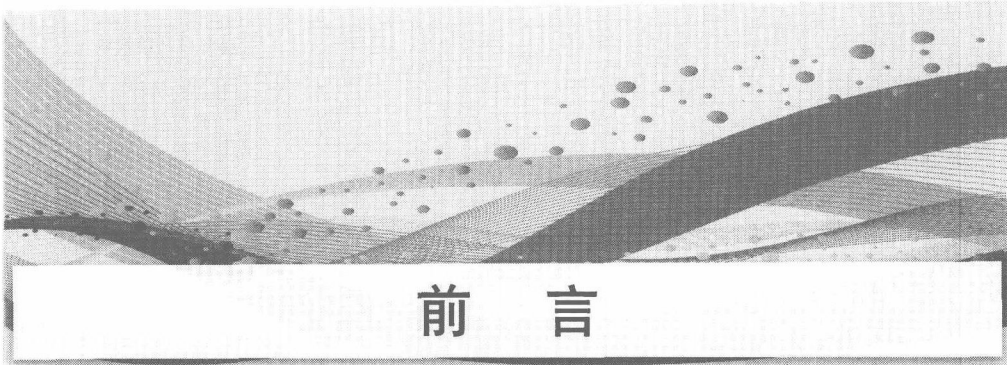
文字编辑:刘莉珺
装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:北京云浩印刷有限责任公司
710mm×1000mm 1/16 印张 11½ 字数 214 千字 2011 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究



前 言

水力学是工科高等学校一门重要的专业基础课程,水力学教学包括理论教学和实验教学两部分。水力学实验在水力学学科发展中占有很重要的地位,是整个水力学理论教学不可替代的环节。其重要性在于加强学生对水流现象的感性认识,验证所学理论,掌握基本的水力要素测试技术和方法,培养学生基本的实验技能和科学研究的严谨作风,为学生今后进一步深造和工作打下良好的基础。

目前,许多高校使用的是紧扣实验教学内容的实验报告,对实验中测试技术和方法总结介绍的不多,使得学生做完实验后,对实验印象不深,在今后的学习和工作中使用到实验知识时,一方面感到无从下手,另一方面感到无资料可查;同时随着高校教学改革的深入,特别是全国本科教学评估工作的进行,对水力学实验也提出了一些新的要求,如要求开设综合设计性实验和创新性实验等。

编著过程中始终贯彻理论联系实际、学以致用原则,注重实践创新,结合了水力学开放实验的特点,力求教材内容符合学生的认识规律,便于学生独立操作。

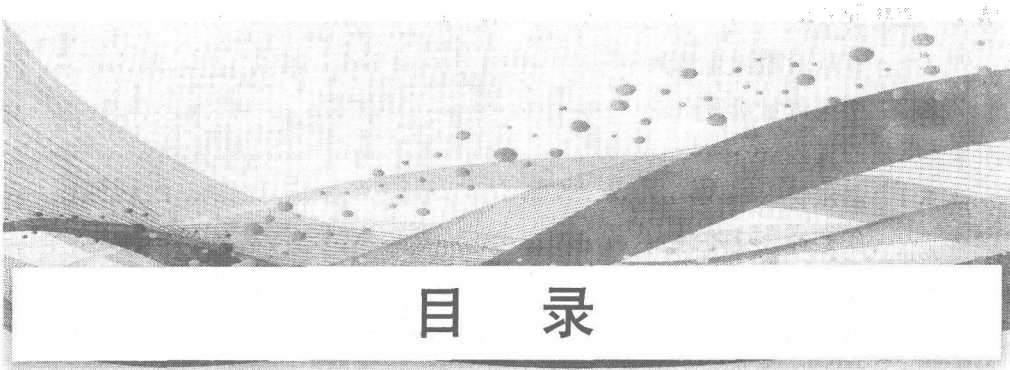
本实验教材是在作者多年从事水力学理论教学和实验教学经验总结的基础上完成的。本书在编排上尽量做到由浅入深,在实验项目设计上具有较强的完整性、实用性、独立性、系统性、正确性和科学性,内容涵盖了水力学教学大纲要求的所有实验。

此外,蔡丽云参与了绪论、水力要素的量测和实验 18、19、20 的编著;许俊鸽参与了水力要素现代量测技术和实验 16、17、24 的编著;郭锐敏参与了流动可视化技术简介和实验 11、12、13、14、15 的编著;韩云红参与了实验 1、2、3、4、5、6 的编著;何新宇参与了实验 7、8、9、10 的编著;侯宁宁参与了实验 21、22、23 以及附录的编著。邵享文对本书的审校做了大量的工作。本书参考了大量文献资料,并在文中做了相应的引用,在此一并表示感谢!

限于学术水平和实践经验,书中不全面及不当之处在所难免,敬请专家和读者给予批评指正。

编著者

2011 年 6 月



目 录

1 绪 论

1.1 水力学实验课程的任务和研究方法.....	1
1.1.1 水力学实验课程的任务.....	1
1.1.2 实验研究方法.....	2
1.2 量测的基本知识.....	2
1.2.1 量测的作用.....	2
1.2.2 量测的分类.....	2
1.3 实验的基本知识.....	4
1.3.1 数据收集.....	4
1.3.2 数据处理.....	4
1.3.3 实验报告的整理.....	8

2 水力要素的量测

2.1 水位的量测.....	9
2.1.1 测尺法.....	9
2.1.2 测针法.....	9
2.1.3 测压管法	11
2.1.4 自动跟踪式水位仪	12
2.1.5 钼丝水位计	13
2.1.6 水位传感器	14
2.1.7 电感闪光测针	14
2.2 流速与流向的量测	15
2.2.1 流速值的量测	15
2.2.2 流向的量测	27

2.3 流量的量测	27
2.3.1 有压管道流量量测	27
2.3.2 明渠流量量测	35
2.4 压强的量测	42
2.4.1 测压管	42
2.4.2 压差计（比压计）	44
2.4.3 微压计	46
2.4.4 压力表	47
2.4.5 压力传感器（非电量量测法）	48
2.4.6 电差压变送器	53

3 水力要素现代量测技术

3.1 激光多普勒测速技术（LDA）	56
3.1.1 系统组成	57
3.1.2 多普勒测速原理	59
3.1.3 装置与性能	60
3.1.4 散射粒子	60
3.1.5 信号的分析与处理	61
3.1.6 激光多普勒测速仪的主要用途	62
3.2 PIV 测试技术	62
3.2.1 PIV 基本原理	63
3.2.2 PIV 系统组成	64
3.2.3 示踪粒子的选择	66
3.2.4 PIV 应用实例——喷雾场的测量	67
3.2.5 PIV 的主要用途	67
3.3 相位多普勒测速技术（PDPA）	68
3.3.1 PDPA 系统的基本结构及光学模型	69
3.3.2 PDPA 系统的测量原理	70
3.3.3 PDPA 系统参数，技术指标及光学参数设置	72

4 流动可视化技术简介

4.1 水流显示方法	74
4.1.1 着色法	74
4.1.2 化学反应示踪法	75

4.1.3	悬浮物法	76
4.1.4	漂浮物法	76
4.1.5	空气泡法	77
4.1.6	氢气泡法	77
4.2	流动显示新技术简介	78
4.2.1	激光诱发荧光法	78
4.2.2	激光分子测速技术	79
4.2.3	发光压力传感技术(压敏涂层测压技术)	80
4.2.4	流动显示技术的发展趋势	81
4.3	计算流动显示技术(CFI)	81
4.3.1	光学流动显示方法	82
4.3.2	计算水力学结果的计算流动显示方法	83
4.4	高速摄影技术的应用	83
4.4.1	常用高速摄影机简介	84
4.4.2	高速单次拍摄	85
4.4.3	高速连续拍摄	86
4.4.4	应用实例	86

5 水力学实验

实验1	流体静力学实验	88
实验2	自循环静水压强传递演示实验	92
实验3	毕托管测流速实验	94
实验4	不可压缩流体恒定总流能量方程(伯努利方程)实验	97
实验5	不可压缩流体恒定流动量方程实验	100
实验6	雷诺实验	104
实验7	文丘里流量计实验	107
实验8	管路局部阻力系数测定实验	111
实验9	管路沿程阻力系数的测定实验	115
实验10	孔口与管嘴出流实验	118
实验11	水面曲线实验	121
实验12	堰流实验	125
实验13	自循环流谱流线演示实验	129
实验14	自循环流动演示实验	132
实验15	自循环虹吸原理演示实验	139

实验 16 水跃参数测定实验 141

实验 17 消力池实验 145

实验 18 渗流电模拟实验 149

实验 19 紊动机理演示实验 152

实验 20 空化机理演示实验 154

实验 21 自循环水击综合实验 156

实验 22 流线演示实验 159

实验 23 液体相对平衡实验 160

实验 24 水泵特性曲线测定实验 163

附 录

附录 1 水力学中常用物理量的量纲及单位 169

附录 2 不同温度下水的物理性质 170

附录 3 不同温度下水的饱和蒸汽压强水头值（绝对压强 mH_2O ） 170

附录 4 管壁的当量粗糙度值 171

附录 5 宽顶堰的淹没系数 σ 值 171

附录 6 常用管壁材料的弹性系数 E 值 171

附录 7 重力相似准则与黏滞力相似准则比尺 172

附录 8 土壤的渗透系数 K 值 172

参考文献

1

绪 论



1.1 水力学实验课程的任务和研究方法



1.1.1 水力学实验课程的任务

一切理论知识都来自于生产实践。人类通过生产实践,逐步了解自然现象的本质,经过总结提高,上升为理论,然后再指导实践。反复实践,总结提高的过程,就推动了科学的发展。水力学这门课程就是人类在长期与水害斗争中不断总结提高发展起来的。

但是自然界的水流现象是十分复杂的,受到多种因素的影响,例如天然河道中的水流,除受各种力的作用外,还受各种边界条件的影响,研究其运动规律时,若将各种因素全部考虑,不仅使问题相当复杂,有时甚至是不可能做到的。而水力学实验就是人为地排除某些干扰,抓住主要因素,忽略次要因素,控制或模拟水流的各种现象,进行理论验证和探索水流规律的一种特定的科学实践活动。因此,水力学实验课程的任务不仅是配合理论课讲解、巩固和验证所学的理论知识,更重要的是使同学受到基本实验技能的训练和进行科学实验能力的培养,包括智能、方法、态度和作风等方面的培养。

实验能力包括两个方面,即基本实验能力和创造性实验能力。基本实验能力,表现在一般的实验技能和操作技能方面;创造性实验能力,表现在实验的总体设计、实验方案的确定、综合分析和新知识的探索方面。所以说,实验能力不仅仅表现为会做实验,更重要的是实验前方案的确定、实验中的分析研究、实验后的综合提高等。

作为一名自然科学技术人才,不仅要掌握较深的理论知识,而且必须具有一定的动手能力,而动手能力的培养,课堂教学是无能为力的,如增强感性认识、培养科学态度、训练操作技能等一系列特殊能力的培养,只能通过实验课这一特殊的教学活动来达到。因此,实验教学在培养既有理论知识,又有实验能力的全面人才具

有极其重要的作用。



1.1.2 实验研究方法

按照运动的相对性理论,水力学实验研究的方法,大体可分为两类:一类是流体不动物体运动的研究方法,如船舶和飞机的航行阻力试验等;另一类是物体不动流体运动的研究方法,这种方法在水力学实验中得到广泛的应用,如研究水流的作用力、水流的能量转换、各种边界条件下的流态和水流通过各种建筑物的数量系数等。

由于水流运动的复杂性,水力学理论的发展在相当程度上取决于实验研究的水平,目前水力学教材中有很多系数(如流量系数、收缩系数、淹没系数等)和经验公式,这些都是实验研究的成果,这些成果解决了水利建设中大量的水力计算问题,但是并没有解决生产中所有的水力计算问题,因为系数和经验公式的适用范围有一定的局限性。至今水利建设中还有不少实际问题无法用理论公式进行精确计算,要解决这些生产问题,主要采用物体不动流体运动的研究方法,根据相似理论进行模型实验,预演未来的水流现象,通过观察进行分析研究,揭示未来水流中的内在规律,指导生产建设。



1.2 量测的基本知识



1.2.1 量测的作用

量测是一种认识过程,就是将被测量的物体与选用作单位的同类物理量进行比较,从而确定它的大小的过程。量测工作在科学技术领域和工业生产中是非常重要的工作,它是人们获得实践知识的重要手段,也是科学实验和工业生产中不可缺少的内容。

水力学实验,实质上就是对各水力要素进行一系列的定量研究工作,从一系列的量测数据中分析研究出水流运动各要素之间的内在规律,这样才能达到水力学实验的目的。



1.2.2 量测的分类

(1) 按照如何获得量测结果分类

按照如何获得量测结果的方法,把量测工作分为直接测量和间接测量。

① 直接测量 凡是用一种测量器具能够直接量测到待求物理量结果的测量方法,称为直接测量。例如,用测尺测量长度,用压力表测量压力,用浮子流量计测

量流量等。

② 间接测量 凡是不能用一种测量器具直接测得待求物理量的结果, 要根据直接测量的数据按照一定的函数关系, 通过计算才能求得待求物理量结果的测量方法称为间接测量。例如, 体积法测流量 (见图 1-1), 首先用直接测量法测出某时段内流入水箱内水体的体积, 然后根据流量定义: 流量=水体积/时间, 算出流量值。又如用 U 形管测量某液体密度 ρ' (见图 1-2), 此时水的密度 ρ 为已知值, 必须先用直接测量法测出 U 形管中 h 和 h' 值, 然后根据静水压强基本方程式, 由式 (1-1) 求出 ρ' 值。

$$\rho' = \frac{h}{h'} \rho \quad (1-1)$$

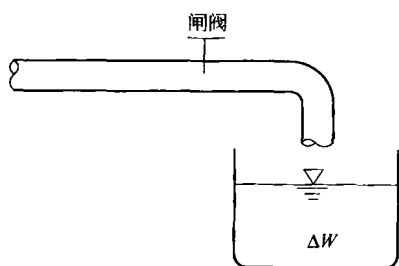


图 1-1 体积法测流量示意

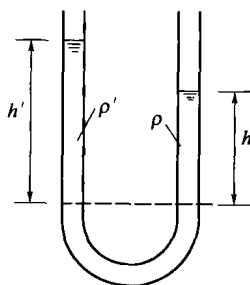


图 1-2 U 形管测液体密度示意

(2) 按照待求物理量在测量过程中是否变化分类

按照待求物理量在测量过程中是否变化, 把测量分为静态测量和动态测量。

① 静态测量 待求物理量在测量过程中不随时间变化, 或者变化很慢, 可以用普通测量器具进行测量的称为静态测量。一般水力学实验内容的各种水力要素 (水位、流速、流量等) 在不考虑脉动影响时, 都是静态测量, 为了提高测量精度, 常常对同一物理量进行多次测量, 取平均值, 所以静态测量又称重复测量。

② 动态测量 待求物理量在测量过程中随时间快速变化 (或周期性变化), 需要用特殊的仪器进行测量和记录, 例如, 紊流水流中的瞬时流速和瞬时压强等。因此, 动态测量又称过程测量或瞬时测量。

(3) 按照量测对象的特点分类

按照量测对象的特点不同, 把量测可分为明渠水力要素量测和管流水力要素量测。

① 明渠水力要素的量测 即对液体表面作用的是大气压强的流体水力要素的量测。一般情况下由于明渠流动处于敞开状态下, 量测设备的安装比较方便, 但由于水面波浪等外界干扰因素较多, 量测结果误差较大。如渠道、天然河道、水槽水力要素的量测。

② 管流水力要素的量测 即对液体表面作用的不是大气压强的流体水力要素的量测。一般情况下由于流体处于封闭状态下,量测设备的安装比较烦琐,但水力要素相对较稳定。如自来水管道内水流、水泵进出水管内流体等水力要素的量测。

1.3 实验的基本知识

实验是人们认识自然规律的手段,是科学研究的基础,是校验理论的主要途径。水力学实验教学的目的,除了培养能力,掌握量测技术外,主要是增加感性,加深对水流运动规律的认识,验证理论公式,测定经验系数等。为此每个教学实验都有它一定的目的,只要严肃认真,独立思考地完成每个实验的全过程,就能取得预期的效果。每个实验过程,大体分为以下5个步骤:a. 根据实验目的,对照实验仪器,设计实验方案(包括操作程序);b. 根据实验原理或基本公式,设计记录表格和计算表格;c. 按设计的实验方案进行实验,并将收集的数据记入记录表格内;d. 按规定要求进行数据处理,得出实验结果;e. 编写实验报告。

以上5个步骤中,a、b两个步骤,因实验内容和实验仪器的不同而有所变化,也是反映实验能力培养的重要内容,为了培养学生的实验能力,要求学生在每次实验预习阶段认真做好这项工作。下面主要介绍数据收集、数据处理和实验报告整理三方面内容。

1.3.1 数据收集

数据收集在实验过程中是一项非常重要的工作,它关系到整个实验的成败,因此,一定要高度认真、一丝不苟。获得数据的方法一般有两种。一种是直读式,就是从测量器具上直接读到数据。如测针测水位等,但是在直读时要细心看清测量器具的刻度分划值和单位,每次读数要读到最小分划值的下一位,若附有游标尺时,要注意游标尺的读法。另一种是自动显示或自动记录,此法在非电量的电测法中,广泛应用,如带显示器的涡轮流量计、光电流速仪等,它们显示出电脉冲数,然后由电脉冲数查率定曲线得到被测值,也有通过程序控制直接把电脉冲数转换成被测量值显示出来,也称为直读式,在动态测量中用示波器等自动记录变化过程,再从变化过程中找到某瞬时的被测量值。

1.3.2 数据处理

数据处理就是将收集到的数据按照一定规律和形式表示成实验的成果,其表示方法有以下3种。

(1) 列表法

将各变量之间的函数关系用表格的形式表示出来，实质上就是函数式的计算表格，所以又称为函数表。列表时应注意按自变量增大或减小的顺序排列，因变量与其一一对应，自变量间的差值要适宜，差值过大，使用时内插不准确，差值过小又会增大表格篇幅，表中应注明各变量的名称、符号和单位，必要时还要加上表注。

列表法的优点是简单易做，数据应用比较方便，在表中可以清楚地看出因变量和自变量的变化关系。例如表 1-1 表示纯水在一个标准大气压下的密度 ρ 随温度 t 的变化。

表 1-1 只是两个变量间的关系，在实际工作中，还有三个变量和四个变量间的列表法。

三个变量的列表法，将表格中的第一行表示一个变量，第一列表示另一变量，表中其他各行列皆为第三变量，例如表 1-2 中表示静水总压力 p 和水深 H 及受压宽度 b 的关系，由式(1-2) 列表，式中 ρ 为水的密度，等于常数 ($\rho=1000\text{kg/m}^3$)。

$$p = \frac{1}{2} \rho g H^2 b \quad (1-2)$$

表 1-1 纯水在标准大气压下的密度随温度的变化

温度 $t/^\circ\text{C}$	0	4	8	10	15	20	30
密度 $\rho/(\text{kg/m}^3)$	999.87	1000.00	999.88	999.73	999.13	998.23	995.67
温度 $t/^\circ\text{C}$	40	50	60	70	80	100	
密度 $\rho/(\text{kg/m}^3)$	992.24	988.27	983.24	977.81	971.83	958.38	

表 1-2 三个变量列表法

壁宽 b/m	1	2	3	4	5	6
水深 H/m	1	2	3	4	5	6
1	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5	29.4
2	19.6	39.2	58.8	78.4	98.0	117.6
3	44.1	88.2	132.3	176.4	220.5	264.8
4	78.4	156.8	235.2	313.6	392.0	470.4
5	122.5	254.0	381.0	508.0	635.0	762.0
6	176.4	352.8	529.2	705.6	882.0	1058.4

四个变量的列表法，一般由几张表格组成一组表格，列表时将变化范围小、连续性差的变量，按一定差值记在表格顶部，然后按三个变量的列表方法进行列表。

例如，水力学中的谢才-曼宁公式(1-3)，其中含 v 、 n 、 R 、 i 四个变量，列表时将 n 以一定差值放在表顶部，如 n 为 0.02、0.0225、0.025、0.030…按三变量

列成表 1-3 形式的表格。

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (1-3)$$

式中, v 为断面平均流速, m/s; R 为水力半径, m; n 为反映壁面粗糙对水流影响的系数, 称为粗糙系数或糙率; i 为明渠底坡坡度。

列表法最多只能用于四个变量的函数式, 所以有一定的局限性。

(2) 图形表示法

根据实验测得的数据点绘成曲线(或直线)图形, 表示变量之间的关系, 这种表示法的优点是变量间的关系明显直观, 数据应用方便, 并能显示出最大、最小和转折点等情况。所以对实验工作有启示作用, 根据实验数据作图, 一般要注意以下几点。

表 1-3 四个变量列表法

$n=0.0225$						
$R/m \backslash i$	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006
1	0.444	0.629	0.770	0.889	0.994	1.089
2	0.706	0.998	1.222	1.411	1.578	1.728
3	0.924	1.307	1.601	1.850	2.067	2.265
4	1.120	1.584	1.940	2.240	2.504	2.743
5	1.300	1.838	2.251	2.599	2.906	3.183
$n=0.025$						
$R/m \backslash i$	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006
1	0.126	0.179	0.219	0.253	0.283	0.310
2	0.201	0.284	0.384	0.402	0.449	0.492
3	0.263	0.372	0.456	0.526	0.588	0.645
4	0.319	0.451	0.552	0.637	0.713	0.781
5	0.370	0.523	0.641	0.740	0.827	0.906

注: 表中 v 的单位 m/s。

① 图纸的选择 常用的图纸有等分直角坐标纸、双对数坐标纸、半对数坐标纸, 究竟选用哪一种, 应根据实际情况而定。在图形中直线最容易绘制, 而且使用方便, 因此对于幂函数型曲线, 可采用双对数坐标纸; 指数型函数曲线, 可采用半对数坐标纸, 这样曲线图形就变成了直线图形, 其实质就是将幂函数和指数函数经过对数变换而成为直线函数。

② 纵横坐标比例尺的确定 一般以横坐标表示自变量, 纵坐标表示因变量。确定比例尺大小的原则, 是所有实验点都能在坐标轴上定出来, 并考虑实验点的精

度, 使在图纸上绘出的曲线(或直线)有接近于 1 的斜率, 或使曲线的坡度位于图纸上 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间, 为了符合上述要求, 根据实验数据采用不同的纵横比例尺进行试绘, 当符合要求后, 确定纵横比例尺。

③ 在坐标轴上要标注变量名称、符号、单位, 并将实验数据准确地点绘在图纸上, 若数据的种类或来源不同时, 要用不同的点符加以区别。

④ 根据实验点连曲线, 在连曲线之前, 要详细观察诸实验点的分布趋势, 然后绘出一条光滑曲线, 使位于曲线两边的实验点基本相等和两边实验点至曲线的垂直距离的总和大致相等。如在一张图纸上有几条曲线, 应分别用不同的线(如实线、虚线、点划线等)加以区别, 以免混乱。

⑤ 对图中不同线形和不同实验点符所代表的资料或来源应加以注释, 必要时对图还要加以简单的说明, 以便应用。

例如, 在一个标准大气压下测得水的运动黏滞系数 μ 随温度变化数据如表 1-4 所示。

表 1-4 标准大气压下水的运动黏滞系数 μ 随温度变化数据

温度 $t/^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
运动黏滞系数 $\mu/(10^{-2}\text{cm}^2/\text{s})$	1.794	1.310	1.010	0.804	0.659	0.556	0.478	0.416	0.367	0.328	0.296

用图形表示如图 1-3 所示。

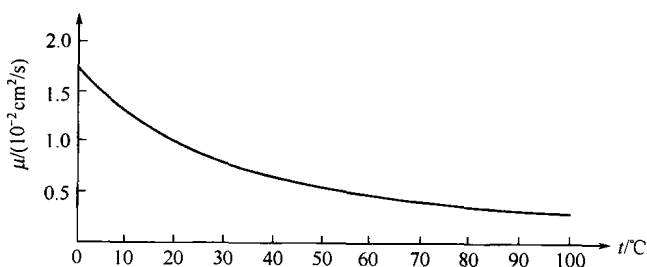


图 1-3 μt 曲线

图 1-3 表示法仅是两个变量之间的变化关系, 若在实际工作中遇到三个变量之间的关系时, 可以取其中的一个变量作为参变量, 对其他两个变量间的关系, 进行作图表示。

(3) 方程表示法

列表法和图形表示法, 往往就事论事, 不能深刻地反映变量间的内在联系, 为了克服这一缺点, 可采用方程表示法, 将实验数据中因变量和自变量间的变化关系, 用数学方程的形式表示出来, 称为回归方程(或经验公式), 回归方程有直线回归方程和曲线回归方程。



1.3.3 实验报告的整理

实验报告是实验成果的如实反映，因此要求在整理实验报告时，尊重科学，忠于原始观察资料，严禁任意修改数据，抄袭他人成果，对实验结果要进行分析判断，发现错误要重做。书写要工整，文句要简明，计算、绘图要准确，在报告上要写清实验名称，必要时在报告最后加以说明。

教学实验报告内容大体包括以下几个方面：a. 实验目的；b. 实验仪器（包括仪器编号、草图或剖面图）；c. 简述实验原理，列出所用公式，并根据公式设计出合理的记录表格；d. 水流现象的描述及实验原始记录；e. 按照要求进行数据处理；f. 分析实验结果，得出实验结论；g. 回答思考问题。

对于创新性、设计性实验报告内容大体包括以下几个方面：a. 研究内容概述；b. 研究方法介绍；c. 数据处理；d. 实验结果；e. 结果分析及建议；f. 参考文献。

2 水力要素的量测

水力学实验实质上就是对各水力要素进行实验性探究,因此,实验本身就不仅是定性地观察水流现象,更重要的是对各水力要素进行一系列定量测量工作,从一系列测量数据中分析研究出水流运动各要素间的内在规律,这样才能达到水力学实验的目的。

在水力学实验中,经常需要量测的量有水位、流速及流向、流量、压强等。本章主要介绍这些量的量测原理和基本方法。

量测方法可分为直接法和间接法。直接法就是根据被测量的基本定义,由测量数据直接决定该量的大小。例如,对恒定水位的测量,可把测尺插入水中,读出水面读数便可。间接法就是用测量的数据,经过一定的函数关系进行换算得到所求的量。例如,在测量经过某一断面的水量及经过的时间之后,用二者的商可算出流量。另外,间接测量还包括非电量的电测法、光学法等。

用来测量的仪器可分为动态与静态两种。静态测量仪器可用测量流体各种要素的时均值,动态仪器可以测量流体的瞬时值,例如流速、水位和压强等随时间变化的值。

2.1 水位的量测

在水力学实验和科研中,经常需要量测水位。随着水流运动状态的不同,水流表面的特性也有区别,测量时应针对不同的特点来选取比较合适的量测仪器和量测方法。

2.1.1 测尺法

直接用标尺插入水中或在玻璃水槽、玻璃测压管外面测取水位读数的方法称为测尺法(见图 2-1)。此法简单易行,但由于表面张力和水面波动的影响,精度较低。

2.1.2 测针法

量测恒定水位时,测针是应用最普遍的一种仪器,如图 2-2 所示为一种常用国