

环境学

基础实验与见习教程

HUANJINGXUE JICHU SHIYAN YU JIANXI JIAOCHENG

苏玉萍 主编



化学工业出版社

环境学

基础实验与见习教程

HUANJIANGXUE JICHU SHIYAN YU JIANXI JIAOCHENG

苏玉萍 主编



化学工业出版社

北京 100011

· 北京 ·

20.00元

全书共分为四章,系统地论述了环境科学研究的方法与技术,包括科学研究的方法与步骤、测量的基础知识、化学分析技术、显微分析技术、遥感技术、野外考察、社会调查、环境评价等;详细地介绍了数据表达与统计分析的方法;环境学基础实验与见习部分包括14个实验,内容涉及生态系统的组成与观察、能源与环境、固体废弃物处理与资源化、人为干扰下的环境质量、环境问题仲裁小组角色扮演。

本书可作为环境科学、生态学、环境工程等专业相应课程配套的实验与见习教材,也可供环境保护领域教育和科研工作者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境学基础实验与见习教程/苏玉萍主编. —北京:
化学工业出版社, 2009.2

ISBN 978-7-122-04688-8

I. 环… II. 苏… III. 环境科学-教材 IV. X

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第009313号

责任编辑:刘兴春

文字编辑:荣世芳

责任校对:凌亚男

装帧设计:关 飞

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 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张10 $\frac{3}{4}$ 字数222千字 2009年5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:20.00元

版权所有 违者必究

序

读了苏玉萍老师主编的“环境学基础实验与见习教程”后感到非常欣慰，作为“环境学”这门十分重要的基础课程，如何使学生能真正掌握知识？理论固然重要，但最终还是要通过实践予以证实，所谓“纸上得来终觉浅，须知此事要躬行”。

这本实验与见习教程中的实践部分包括 14 个实验和 4 项见习，内容面广又丰富，生态系统的组成观察、能源与环境、固体废弃物处理与资源化、人为干扰下的环境质量和环境问题仲裁小组角色扮演，这些内容能使学生在获得书本以外丰富的实践知识，并融入社会中。相信本书的编写和出版，对培养学生原创性的思考、科学的分析、巧妙的测量、准确的表达和团结协作等能力具有较好的效果。

是为序。

奚旦立

2009 年 1 月于上海

前 言

“环境学”作为高等学校环境科学专业的一门专业基础课程，目标是使该专业的学生，无论将来从事哪个领域的工作，在学习一开始就对复杂的环境系统有一个全局的概念，并对其后续专业课程的学习起到“引”与“导”的作用。笔者在多年的“环境学”课程教学实践中，深刻体会到该课程由于缺少相应的实验与见习环节，较难激发学生将理论知识应用于探究实践的热情，因此，十分有必要编写配套的实验与见习教材。2005~2006年，笔者赴美学习期间，观摩了美国高校开设的相关实验课程后，本着科学性、系统性和创新性的原则，编写了《环境学基础实验与见习教程》一书。

《环境学基础实验与见习教程》从环境学的基本概念和原理出发，以生态学和可持续发展理论为主线，力图给初涉环境科学领域的学生展示各种研究方法和技术的全景图，教材所选编的实验与见习项目，既有自然科学和技术科学的内容，又有社会科学和管理科学的内容，涉及微观、中观和宏观层次，以综合性和设计性实验项目为主，部分实验项目经过教学实践证明，对培养学生原创的思考、科学的分析、巧妙的测量、准确的表达和团结协作等能力具有好的效果。本教程适合于大学低年级还未有很强科学背景的学生，可作为环境科学、生态学、环境工程等专业相应课程配套的实验与见习教材，也可供环境保护领域教育和科研工作者参考。

本教程由福建师范大学教材建设基金资助，苏玉萍主编，各章节编写分工如下：第一章（苏玉萍）；第二章（苏玉萍、林佳，第四节、第七节、第八节；苏玉萍、钟厚璋，第五节、第六节；林曦、陈友震，第二节、第三节；丁莎、何灵，第一节、第九节）；第三章（苏玉萍、林佳）；第四章（苏玉萍、林佳、丁莎、何灵）。在本教程的编写过程中，得到了美国 NAU 大学 Nancy Collins Johnson 和 Thomas D. Sisk 教授大力的支持和帮助，在此致以衷心的感谢。

由于我们水平所限，实践经验不足，本教程中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2009 年 1 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 本实验课程教学的目标	1
第二节 本实验课程教学的要求	1
第二章 环境科学研究的方法与技术	3
第一节 科学研究的方法与步骤	3
一、科学研究的方法与步骤概述	3
二、科研论文的版式	4
第二节 关于测量的几个问题	6
一、测量的类型	7
二、测量的单位	8
三、抽样	9
第三节 化学分析技术	14
一、化学实验常用的仪器	14
二、化学基础实验技术	16
三、化学实验须知	26
第四节 显微分析技术	28
一、普通光学显微镜的使用	28
二、测微尺的使用	32
三、现代显微技术	33
第五节 遥感技术	34
一、电磁波频谱	34
二、遥感技术的种类	37
三、遥感器类型	39
四、3S 技术在环境科学中的应用	39
第六节 野外考察	40
一、野外考察方案的制订	41
二、地图学常识	42
三、野外考察的定位	45
四、野外考察方式的选择	46
五、野外考察常用仪器	47
第七节 社会调查	50

一、观察	51
二、非正式个人访谈	51
三、网络调查	51
四、问卷调查	52
第八节 环境评价	55
一、费用-效益分析	55
二、环境影响评价	58
第九节 图书馆和网络的使用	64
第三章 数据表达与统计分析	67
第一节 数据描述与实验结果的表达	67
一、数据的表达	67
二、数据的精度与误差	72
三、数据的处理及结果的表达	75
第二节 统计分析	79
一、概率及正态分布	79
二、假设检验	82
三、平均值差异的检验	84
四、方差分析	86
五、相关性分析	90
六、线性回归分析	93
七、回归分析的应用	96
八、非线性关系分析	96
九、Excel 软件的应用	101
第四章 环境学基础实验与见习	103
第一节 生态系统的组成观察	103
实验一 水体浮游植物观察与计数实验	103
实验二 小尺度植物多样性格局实验	107
实验三 区域小气候生物效应实验	110
见习 区域生物带野外考察	112
第二节 能源与环境	119
实验一 太阳能热水器设计实验	119
实验二 盐梯度太阳池设计实验	123
实验三 个人日常生活交通方式调查与分析	126
见习 区域火力发电厂（水力发电厂）考察	128
第三节 固体废弃物处理与资源化	129
实验一 废纸制备循环用纸实验	129
实验二 废干电池回收利用重金属实验	131

实验三 区域生活垃圾分类收集设计实验	133
见习 区域生活垃圾填埋场（焚烧场）考察	136
第四节 人为干扰下的环境质量	137
实验一 放牧对生态系统干扰实验	137
实验二 校园声环境调查与噪声的测量实验	140
实验三 区域农田化肥和农药的使用调查	143
见习 区域自来水厂（污水处理厂）考察	145
第五节 环境问题仲裁小组角色扮演	146
实验一 土地命运仲裁角色扮演	146
实验二 化工项目选址仲裁角色扮演	151
附件 1 小组行动计划表	154
附件 2 小组分析问卷	155
附件 3 小组任务报告	156
附件 4 小组角色扮演参考评分表	157
附录	158
附录 1 计量单位（摘自 GB 3100—1993）	158
附录 2 常见非法定计量单位和换算系数	160
参考文献	162

第一章 绪 论

第一节 本实验课程教学的目标

环境学是环境科学专业的一门专业基础课程，对学生后续专业课程的学习起到“引”与“导”的作用，其目标是使学生在掌握环境学的基本概念和基本理论的同时，理解和认识环境问题产生的原因和危害，培养学生保护和改善生存环境质量的决心，为学生今后从事公共服务、科研、教育、政府机关工作或继续研究生课程的学习打下基础。环境学基础实验与见习环节是环境学理论教学的必要补充和延伸，一定的实地考察和实验室的动手操作，不仅能提高学生观察、分析和解决问题的能力，还能加深学生对环境科学中重要理论的认识，加快他们对基础知识内化的速度。通过本实验与见习课程的学习，可以训练学生：①发现问题和提出问题的能力；②搜集资料和整理分析的能力；③野外考察和实验操作的技能；④社会调查和综合评价的能力；⑤数据处理和统计分析的能力；⑥实验报告和专业论文撰写的能力；⑦准确地表达和团结协作的能力；⑧创造性地解决问题的能力。

环境科学领域的专家和工作者的，就是利用这些能力和技能来发现、分析并解决环境问题的。

第二节 本实验课程教学的要求

(1) 在实验或见习前，应预习本实验和实习教程中相应的理论部分，明确实验和实习的内容和要求，并阅读相关参考文献，弄清实验的基本概念和方法，使实验与见习能顺利完成。

(2) 在实验或见习中，应遵守纪律，注意聆听指导教师的讲解，如果遇到问题，要及时向指导教师提出。在实验中，如果出现仪器故障，必须及时向指导教师报告，不可随意自行处理。

(3) 在实验或见习中，应认真地做笔记，正确地记录，并将实验和考察数据整理于专门的记录本上。

(4) 实验或见习结束，应按规定每人或每组及时完成并提交一份实验报告或见习报告。

1. 实验记录要求

(1) 观测的记录必须直接填写在设计的记录表格内，凡记录表格上规定填写的项目，应填写齐全，不得用其他纸张记录再转抄。

(2) 所有的记录与计算，建议用钢笔记载。字体应端正清晰，字高应稍大于格子的一半。一旦记录中出现错误，便可在留出的空隙处对错误的数字进行更正。

(3) 观测者读数后，记录者应立即回报读数，经确认后再记录，以防听错、记错。

(4) 禁止擦拭、涂改与挖补。发现错误应在错误处用横线划去，将正确数字写在原数上方，不得使原字模糊不清。淘汰某整个部分时，可用斜线划去，保持被淘汰的数字仍然清晰。所有记录的修改，均应在备注栏内注明原因（如测错、记错或超限等）。

(5) 在离开实验室前，和老师一起核对实验数据和结果，以便在完成最终的实验报告前，可以纠正之前可能犯下的错误。

2. 实验报告成绩的评定

实验报告成绩的评定主要基于以下几点：①提出问题和假设的创新性；②文献检索和分析的能力；③实验方案设计的科学性和合理性；④实验的完成过程和对实验结果的讨论；⑤运用统计和计算机软件等处理数据的能力；⑥报告格式规范，表达清晰，结论明确。

在现实中，通常没有唯一的正确答案，解决实际的环境问题，往往需要综合专业知识并发扬创新精神。

3. 实验报告的格式

编写一份完整的实验报告是环境科学工作者必须掌握的一项技能，这门课程要求学生掌握如何完成实验报告。实验报告应该包含详尽的内容，以便使未做过此实验的人能够仅根据实验报告的描述就能重复实验，而且报告能够作为其他课程或今后进一步研究的参考资料。

一份完整的实验报告参考格式

- 实验的题目
- 实验的日期
- 天气状况（按实验要求）
- 同组人员姓名及联系方式
- 理论辅导课的笔记
- 观察/实验的地点
- 观点、问题及假设
- 实验方法与步骤
- 数据统计处理
- 误差和结果分析
- 需要进一步探讨的问题

第二章 环境科学研究的方法与技术

第一节 科学研究的方法与步骤

环境政策和法规的发展，必须以准确的信息作为依据，这些信息来自可靠的观察和实验方法。同其他领域的科学家们一样，环境学家们遵循着同样的数据采集、统计和综合分析的科学方法：首先要对某一现象进行仔细的观察，提出假设，然后根据观察的结果，验证假设。

例如：你发现住宅东面的花朵比北面的长得好，并且东面的花朵有更长的光照时间，基于这些观察，假设“这些植物可能属于喜阳型”。为了检验所提出的假设，需要设计并完成一项研究，在这个例子中，可能需要在东面和北面，各栽种同等数量的植物，并且每边各用布遮挡一半数量的植物，如果假设是正确的，就会发现东面未遮挡的植株长得最大，而北面用布遮挡过的植株长得最小；接下来，需要收集和记录观察现象，如植物的大小和形态（高、宽、种子数量等），然后分析数据，验证假设。一个能准确解释大量的实验现象，并且经过反复严谨的试验所证实的假设即被称为理论。新创立的理论被众多的科学家反复检验，一段时间后，这些理论逐渐完善，或重新创建，或遭到反对。经试验而不断得到支持和巩固的理论，成为科学思维和科学进步的基础。人们经常将主流的理论视为“事实”，然而无论这些理论多难以推翻，它们都极少被直接证实，人们之所以接受它们，是因为有大量不同的证据来证实它们是对的。例如，板块构造学和进化论。

一、科学研究的方法与步骤概述

科学研究的方法与步骤，一般包括以下过程：通过观察现象，发现问题；进而提出一个假设或猜测问题的答案；设计一个可以验证的实验，通过仔细的观察、仪器测量或收集资料，来检验假设；利用图表和统计学方法，分析和表征数据，得出一个结论。如果结论与假设不符，则需要重新提出假设，重新设计实验来检验假设；如果得出的结论无法拒绝假设，继续通过重复实验，检验假设得出结论后，写成科学论文，交给同行评议；如果论文被接受，将发表于科学期刊，由科学群体进一步研究，通过科学的方法和步骤进一步证实。如果论文被拒绝，修改后再经同行评议通过后，发表于科学期刊，如果同行评议仍未通过，则需要通过重新观察现象，用科学的方法和步骤进行研究，如 2-1 图所示。以上步骤仅仅作为一个参考，

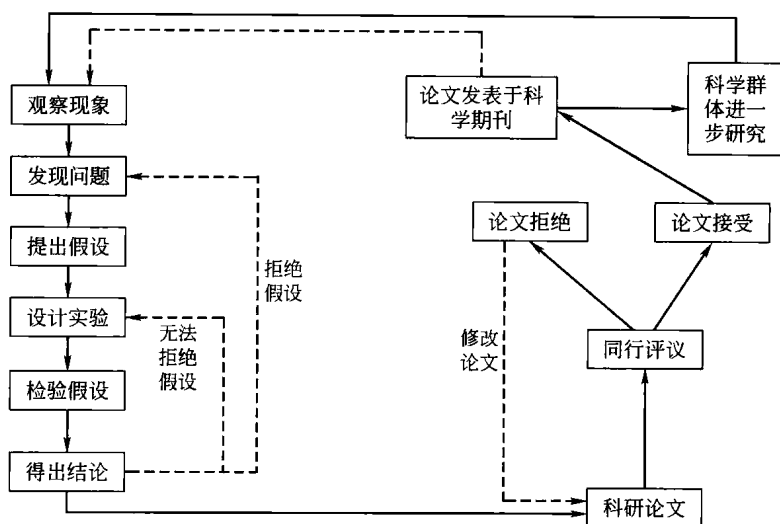


图 2-1 科学研究的方法与步骤

科学研究是一个不断探索发现的过程，具体的探究步骤视不同的研究领域而定。

二、科研论文的版式

从环境研究中获得的知识，应该要在其能影响环境政策和管理之前，顺利地得到共享，这个信息传递的过程，通常通过下列方式得以实现：①在经过同行评价的科学期刊上发表科研论文；②通过政府机构和咨询企业发布技术报告；③在报纸或杂志上发表科普文章。

每种类型的科学论文，都遵循一个略微不同的版式。在本实验与见习教程中，你会获得撰写技术报告和科技期刊文章的经验，并尝试撰写科普论文。

（一）科学期刊文章

科学研究的实验结果，常发表于科学期刊。国内权威期刊认可的文章版式及风格常常不同，因此在准备发表之前，要核查目标期刊认可的版式。科学期刊文章主要有以下部分。

1. 摘要

虽然摘要在第一页，但应该是最后写作的一个部分。在这部分应该简要且准确地表明实验的要点和主要目标，对所使用的方法做出简明的陈述，简要地描述由结果得到的主要结论，为读者提供关键结果（数量级、差额等）。记住，一份摘要要是整篇文章的概要。

2. 引言

引言部分不应该包括研究的方法、结果和结论的信息，而应该阐述研究中有关的定义以及背景资料，背景资料通常是对与实验有关的许多外部文献的一个回顾。

引言中的最后一个内容是假设或问题，“为什么要进行这个实验，以及希望得到什么结论”。

3. 方法

方法部分应该描述研究的地点，以及在研究中使用的材料和特定的技术。这个部分应该写得足够详细，使得他人能够重复该研究。大部分信息都在实验手册中，但是研究者需要以自己的语言来描述这些信息，包括任何与实验手册过程的不同之处，另外，科学名称、种属名称应该设为斜体。

4. 结果

这部分的目标是总结数据，而不是解释它们。结果部分要包含两个内容：一是以图表的形式呈现数据，所有的图片和表格都应该在文中提到；二是在图表中写出数据的说明，分析在所有表格中包含的模式和统计学的结果，而不解释这些模式的意义。

5. 讨论

讨论部分要阐述研究的结果。将讨论联系引言部分非常重要，在这部分回顾提出研究的总目标和在研究背景下的特定假设，研究者要分析所展示的数据是否支持引用文献的例子得出的期望，是否符合研究者对于这些系统如何运作所具有的知识。在讨论的结尾，应该说明实验设计的局限性，提出实验中出现的问题，以及在研究基础之上将来的研究方向。讨论是论文的要旨，在这个部分，给出充分的创造性和批评性的思考非常重要。

6. 参考文献

来自于其他作者或其他来源的有价值引证都要在参考文献部分列出。在文章中，如果做了一个需要有所引用的陈述，作者的姓名和年份需要在句尾插入，例如：Stoneman 湖分水岭每年接收了 18in (0.457m) 的降水 (Harmon, 1985)。如果有两个作者，要将他们都列出，例如：(Meyer and Daniels, 1995)。如果有超过 3 个的作者，列出第一作者，之后是 et al. 以及年份，例如 (Olson et al., 1985)。文章中所包含的所有参考文献，应该按字母顺序列出。不同参考文献的格式如下。

(1) 科学期刊文章

黄清辉，王东红，王春霞，等. 太湖梅梁湾和五里湖沉积物磷形态垂向变化. 中国环境科学, 2004, 24 (2): 147-150.

说明：

[序号] 作者姓名 (如果有超过 3 位的作者，列出前三位作者，之后是等). 文章题目. 期刊名, 年份, 卷 (期): 页码.

(2) 图书

金相灿，刘鸿亮，屠清瑛，等. 中国湖泊富营养化. 第二版. 北京：中国环境科学出版社, 1990: 25-28.

说明：

[序号] 作者的姓名（如果超过三位作者，列出前三位作者，之后是等），书名，版次（第一版不注），出版地：出版者，出版年：引文页码。

（二）科学技术报告

环境科学工作者通常撰写有关特定问题的科学技术报告，这些报告与科学期刊文章有许多相同点，但是他们的关注范围一般较小。技术报告有许多种格式，而且政府部门和咨询公司设定了他们自己的标准格式，但与期刊文章一样，主要包括摘要、问题的提出、方法的阐述、结论与分析以及参考文献。

1. 摘要

虽然摘要在文章的第一页，但是它应该是最后写作的部分。它应该简要且准确地表明研究的目标、方法、结果及结论。记住，一份摘要是整篇文章的概要。

2. 问题

在第1~3段内，提供背景知识以及描述提出的特定问题。

3. 方法

方法部分应该描述研究的地点，以及在研究中使用的材料和特定的技术。这个部分应该写得足够详细，使得其他人能够重复该研究。大部分信息都在实验手册中，但是研究者需要以自己的语言来描述这些信息，包括任何与实验手册过程的不同之处。科学名称、种属名称应该设为斜体。

4. 结论

用1~3段的文字，在所提出的问题背景下解释结果。一份标有圆点的列表，通常是突出研究结果的有效方法。

5. 参考文献

格式与科学期刊文章相同。

（三）科普文章

环境科学家能够通过大众传媒，有效地影响环境政策和管理的形成。这种形式的科学文章相比于期刊文章或技术报告来说，更能发挥个人的创造性。科普文章与期刊文章或技术报告有很多重要的相同特征，一份写得好的科普文章，要做到科学、严谨、简明，并且引用的资料有准确的来源。

第二节 关于测量的几个问题

测量是为了获得反映事物的当前状态或某些特征量的值，可以说，没有测量技术就没有科学技术，甚至可以说就没有知识。人类的知识水平被整个测量水平所限制着，我们对事物特征的定义、评价质量的过程、观察对象的代表性以及为了减少误差而采取的各种方法都是测量技术的一部分，并且测量技术影响着我们对自然的

解释。在环境科学及其他分支学科中，重视测量对于真正认识客观事物非常重要，本节主要讨论关于测量的几个问题。

一、测量的类型

任何变化的特征称为变量，土壤深度、压力、水的硬度、人口密度、微粒尺寸、叶子形状、矿石颜色、承载能力以及几乎所有的环境特征都是变量。评价一个变量的状况需要观察，然后进行测量。根据变量的类型，测量可以分为4种类型：名称量（nominal）、等级量（ordinal）、等距量（interval）和比率量（ratio）。

1. 名称量

名称量是最粗糙的一种测量方式，是通过观察就可以确定的简单无重叠特征组成的测量。例如，矿石可以分为石英、长石、方解石、云母和其他种类；气象学上的锋可以分为暖锋、冷锋、锢囚锋等。这些例子都是通过分析对象是否具有固定的属性区分出不同的种类和组别，这个测量方法跟重要性和质量无关，是测量的最简单方式。

2. 等级量

等级量是通过固定的顺序来测量的，一种类型用“第一”，另一种用“第二”，接着用“第三”。摩氏硬度计是等级量的一个很好的例子，通过与下列各种物质相比较，使得测量各种物质的硬度变成可能，下面这些物质按硬度由软至硬进行排列：①滑石；②石膏；③方解石；④萤石；⑤磷灰石；⑥正长石；⑦石英；⑧黄玉；⑨刚玉；⑩钻石；这个列表中顺序是最重要的。石膏（第二个）比滑石（第一个）硬，但并不是说滑石的硬度是石膏的2倍；方解石比石膏硬，但并不是说方解石比石膏硬的程度跟石膏比滑石硬的程度一样，换句话说，种类之间的程度是没有必要比较的。这种测量方法经常被用于分类社会调查的反应情况，居民可能会被询问下列哪个名词最能描述关闭交通后他们的感觉：①非常满意；②满意；③无关紧要；④不满意；⑤非常不满意。这里对于变量“对重新选择交通路线的满意程度”的测量是通过数值来表示的，但是如果尝试着运算这些数字，将会犯很大的错误，因为两个人选了②（满意）在程度上并不等同于1个人选了④（不满意）。

3. 等距量

等距量在连续的间隔间有相同的距离，因此计算是可能的，但等距量不能用来表示特殊状态不存在的零点。例如，当温度用摄氏度测量时， 0°C 并不表示温度是不存在的，而是表示温度在 -1°C 与 1°C 最精确的中点，因为零点已经固定（水的结冰点），我们不能说 10°C 比 1°C 的水温暖10倍，但是我们可以说 10°C 的水跟 0°C 的水的差别是 0°C 水与 1°C 水差别的10倍。

4. 比率量

比率量是测量的最高形式，它不但拥有相等的增量，还有一个真实的零点，因此能够使用数学方法进行运算。2kg的物质就一定是一定是1kg的2倍，当两者加起来就

是 3kg，而 0kg 就意味着没有质量。质量、长度、时间（除非时间表示公元前或者公元后）和其他所有由比率演化出来的尺寸都与此类似，这是环境科学研究中测量最大的共同点。

上述四种测量类型可以分成两组，第一组是名称量与等级量，第二组是等距量和比率量。名称量和等级量需要通过观察，识别一系列相互不同的种类，相比于观察的固定性，等距量和比率量具有一个牵强的标准，即单位，此外，等距量与比率量测量占据连续的比例，就是说，测量不只可以用 0、1、2、3…表示，而且能够用 1.5，2.3 或 3.7 表示，根据测量的精确度，等距量和比率量测量可以用 1.5、1.51、1.509 或 1.5092 来表示。

二、测量的单位

1. 测量单位的含义

等距量和比率量测量即所谓的物理量，一个物理量的值就是数值和单位相乘，即：

物理量=数值×单位

有些物理量的测量是关于一些有机物或者无机物的数量，例如橡树、田鼠、人、车等，那么单位就是与这些有机物或者无机物相关联的量词。然而，在许多情况下，我们只能把一个物理量跟一个单位联系在一起，一些特殊符号经常用来表示物理量，例如 *t* 用来表示时间，*l* 用来表示长度，*s* 用来表示距离，*m* 用来表示质量，*V* 表示体积，*ρ* 用来表示密度=质量/体积，但是物理量的数值和符号都不能决定单位的选择，人们会用不同的单位体系测量并进行物理量数值的转化。因此地球的半径可用 *R* = 6371km 或者 *R* = 3959mile 表示；一条小河的流速可以表示为 0.5m/s 或者 1.1mile/h。表 2-1 列出了这些物理量不同的单位表达。

表 2-1 长度、质量、时间的单位

单位系统	fpt	cgs	mks	其 他
长度[L]	英尺(ft)	厘米(cm)	米(m)	英里(mi)
质量[M]	磅(lb)	克(g)	千克(kg)	吨(t)
时间[T]	秒(s)	秒(s)	秒(s)	天(d)

2. 国际单位制单位

为了使单位规范化，国际单位制（SI）规定米、千克和秒作为力学的基本单位，研究工作尽可能使用这些国际单位，虽然其他单位也常常被使用。在其他学科领域，每个基本量都有对应的 SI 基本单位，例如：电流（*I*）SI 单位是安培（A）；热力学温度（*T*）SI 单位是凯文（K）；物质的量（*n*）SI 单位是摩尔（mole）；光强（*I_v*）SI 单位是坎德拉（cd）。

把基本的单位合并在一起，更复杂的单位就可以定义出来，于是所有物理量都可以通过基本的物理量和物理单位表示出来。表 2-2 给出一些例子。这些从基本的物理单位派生出来的单位被称为派生单位。然而，并不是所有的派生量都有单位，

对于所有的比率量、比例量、百分比量，如果是相同单位的两个物理量相除，从而产生无量纲的物理量，那就取消了单位。

需要注意的是一些特殊的单位和符号是由 SI 单位得来的。例如，牛顿（N）用来表示力，帕斯卡（Pa）用来表示压力，焦耳（J）用来表示功和能量。

附录中列出了常用物理量的 SI 基本单位和 SI 导出单位，以及与国际单位制单位并用的我国法定的计量单位。

表 2-2 一些派生单位的例子

物 理 量	公 式	度量公式	SI 单位
体 积	$V=l^3$	L^3	m^3
密 度	$\rho=m/V=m/l^3$	ML^{-3}	kg/m^3
速 度	$u=l/t$	LT^{-1}	m/s
加 速 度	$a=l/t^2$	LT^{-2}	m/s^2

三、抽样

如果测量值不能代表所研究的对象，那么无论进行怎样精确的测量都是无用的，为了解什么是“代表性”以及如何获得具有“代表性”的测量值，必须考虑抽样的方法。

1. 抽样的目的

要说明抽样的目的，先看下面几个例子：

- ① 通过从 30 个气象站获得的测量值，研究英格兰的气候。
- ② 通过网格法采集 30 个水样，考察某个湖泊水体富营养化程度。
- ③ 通过询问 300 名路人，调查交通噪声产生的影响。

在上述几个研究例子中，由于不可能获得研究对象的所有相关测量值，就采用了获取一定数量测量值的方法。虽然很难证明 30 个气象站的测量数据能揭示整个英格兰的气象状况，但在缺少大范围连续的气象测量数据时，这种抽样方法是达到研究目的的唯一可行方法；与此类似，由于成本、人员等条件的限制，不可能采集更多的水样，通过网格法采集的 30 个水样所得出的结论，可以用来推知整个湖泊水体富营养化程度；同样的，详细咨询 300 名路人可以获知人们对交通噪声产生影响的普遍反应。上述所有例子中，都从我们所感兴趣的较大群体中选取了一批样本进行详细研究，这个较大群体被称为总体。

2. 抽样的方法

(1) 主观抽样 主观抽样法是研究者根据主观意愿进行的抽样。例如，一个土壤学家要研究某个区域土壤重金属污染的状况，他可能只选择位于一条主干道边的 20 个暴露区，因为这些点位容易采集；一个考古学家可能花大量时间收集化石，但他抛弃所有残缺的或有瑕疵的标本，仅留下他认为完美的一些化石标本；一个调查者很可能只是站在繁华的街道旁，询问那些看起来较为友好的路人关于交通噪声产生影响的反应。上述这些抽样方法也许都有很好的理由来支持，但都存在着一个