

绪 言

读书的根本目的，远不止于停留在获取书本知识上。书本上的内容都是前人知识和经验的总结，而一个自然科学工作者的价值就在于创造。读书仅仅是为这种创造提供必不可少的条件。正如马克思所说：“一切发现、一切发明，这种劳动部分地以今人的协作为条件，部分地又以前人劳动的利用为条件。”

人们通过读书掌握前人已经认识的自然规律，学会前人认识自然、思考问题的一些思维方法，以此使我们可以进一步去认识自然、发现前人没有认识到的自然规律，这一过程即创造。当我们回过头去看科学的发展史，便可以发现，在每一项创造性的工作中，实验科学都起到了十分重要的作用；每一次实验科学的进步、测试技术的发展都将促进自然科学的向前发展。从早期罗伯特·诺曼（Robert Norman）所著的《新奇的吸引力》一书中，就能清楚地看到实验与理论发展的关系。该书记述了地磁场和磁倾角的发现是基于一个小小的实验。书中写道：将一根磁针用绳子半悬在空中，发现磁针总是具有一个倾角，这就是磁倾角的发现；一个浮在水面上的磁针总是指向南北向，从而发现了地磁场的方向。这为当时在航海和长途旅行中判断方向提供了非常便利的方法。在此基础上，同时代的威廉·吉尔伯特（William Gilbert）成功地进行了磁石球实验，从而提出了地球是个大磁球的假说，进而建立了地球在自己磁力作用下进行自转的理论体系。

如果实验科学和理论科学的研究脱节，必将严重地影响理论科学的发展。科学上众多的发明发现都是以实验数据为依据的，任何一个新的理论如果仅是理论上的推导，往往会被人们看成一

个假说，而不予以重视、利用，即使这个假说具有闪光的思想也是如此。众所周知，爱因斯坦的广义相对论在现代科学发展中起着举足轻重的作用，可在提出当时，由于实验科学和测试技术的发展相对落后，使得这一理论被束之高阁长达 50 年之久。

人们的认识能力就个体而言是有限的。人们在认识自然的过程中，得出的一些定律、定理往往局限于所处时代科学技术和实验技术的发展水平以及个人的认识程度，因而带有很大的局限性。我们要学会正确地从前人那里继承知识的遗产，对一些错误的东西应该加以纠正而不能盲目地全盘接受，这样才能真正地站在前人的肩膀上看得更远、更深。理论科学的发展得靠充分发展的、完善的实验科学和测试技术的帮助。比如，当初伽利略 (Galileo) 用一个非常简单的重力实验纠正了以亚里士多德 (Aristotle) 为首的一些学者们笃信的错误定律——“物体在真空中的沉降速度随物体重量而变化。”再比如，早年一群英国细菌学家，用乙二醇做溶剂来溶解乙基间苯二酚作为空气杀菌剂，收到了非常满意的实验效果。由此便得出乙基间苯二酚是优良的空气杀菌剂的结论。但后来的实验表明，真正起杀菌作用的是乙二醇，而不是乙基间苯二酚。迄今为止，乙二醇仍是最好的空气杀菌剂之一。达尔文说过：“大自然是一有机会就会说谎的。”所以我们在学习前人总结的知识时，应该利用实验科学这个工具去重复一些自然现象，并仔细观察这些现象，分析其背后隐藏的深层问题，只有这样才能在前人工作的基础上得出真正的具有创造性的结论。否则，我们将永远停留在前人工作的水平上。英国哲学家培根 (Bacon) 在 1605 年出版的《学术的进展》一书中对实验方法和实验科学给予了高度评价。他预言实验方法和实验科学的运用会使将来产生许多伟大的技术发明。他写道：“一系列和一大堆的发明，而它将在一定程度上征服人类感到的贫乏和苦痛。”

因此，要想成为一个成熟的自然科学工作者必须具备两个条

件：一个是应具备坚实的理论基础，即通过学习继承前人的知识遗产，使自己真正站在前人的肩上看得更远、更深。这必须通过长期不间断的学习才能达到。一个是应具备一定的实验技能和从事科学实验的研究方法，即当具备了理论的基础再进行创造性工作时，实验技能和实验科学就会成为叩开自然奥秘“大门”的敲门砖。在我们探索自然科学的过程中，理论知识好像是“路灯”给我们指明方向，如不具备实验科学这个“敲门砖”，我们将永远徘徊在自然奥秘的门外。

实验科学从萌芽发展到今天，已形成一门严密的学科，要想掌握它，必须通过严格、系统的训练。每一个大学生在大学期间都必须认真地学习实验科学的基础知识，通过教学实验，认真、严格地训练自己的实验技能，不断提高自己的实验水平。这对每一个同学将来从事工作都将是非常有益的。

化工原理实验课正是化工类专业学生在学习化学工业各单元操作知识的同时开设的课程。它以化工单元操作为中心，在实验过程中大量采用具有工程或具有中间实验规模的装置和设备，基本上脱离了试管、烧杯等玻璃仪器；它所进行的实验项目，大都是在今后从事化工生产和进行科学研究中经常会遇到或需要解决的实际问题；它所得出的结论，对于化工设备的设计，具有极为重要的指导意义。化工原理实验课的实验目的、实验手段、测试方法、数据处理等也与一般化学实验不同，主要体现在以下两个方面：其一，通过实验再现化工过程的现象及其客观规律。通过观察分析这些现象，将书本知识的间接经验转变为我们的直接经验，以实践来印证理论与经验公式；熟悉单元设备的结构与性能，掌握其操作方法，从感性的角度来加深和强化对有关教学内容的理解，将所学的知识系统化，并学会其如何应用，这是学好该门课程的一个重要环节。其二，实验课程要求实验者完成实验方案的拟定，测试仪器的选择与正确使用，实验数据的测取与整

理，实验中矛盾现象的分析与故障的排除，实验结果的归纳与讨论，实验报告的编写等一系列任务。培养实验者提出问题与解决问题的能力，培养实验者从事自然科学工作的基本素质和工程观点，这是为学生今后参加工作，特别是进行科学研究打下基本功的重要步骤，也是该门课程的宗旨所在。

第 1 章 从事科学实验的基础知识

1.1 从事科学实验的基本态度——实事求是

进行化工原理实验同其他的科学实验一样，实验者必须首先具备实事求是的基本态度。这里所讲的实事求是就是要求实验者忠实地记录下实验中的一切情况，不能随意改动实验数据，因为这是我们取得的第一手资料，是从事实验研究的基础，也是实验取得成功的第一要素。

进行一项实验的目的是重复、模仿、强化一些自然现象，让实验者在这个过程中去认真深入地观察这些在自然界中容易被大家忽视，或者是瞬间即逝的现象，从而发现新的东西，揭示自然界的新规律。

在整个实验过程中，任何一个细微的变化，都可能导致新的发现，如果忽视对这些细微变化的观察，将给我们的实验带来无法弥补的后果。如果不能实事求是地记录、观察这些细节，那就丧失了实验的根本意义。在一些著名科学家的回忆录中，我们很容易发现，正是实事求是的实验作风和对实验现象认真细致的观察使他们最终取得了那些伟大成就。伦敦大学生物学教授林格（Sicleny Ringer）在一次做青蛙心脏实验时发现：正常情况下以消毒用的生理盐水作实验溶剂灌注离体的青蛙心脏，一般青蛙心脏可以跳动半小时左右。而这次用助手准备好的实验溶剂灌注离体的青蛙心脏时，青蛙的心脏却连续跳动了几个小时。林格从这一细节入手，发现原来助手准备的实验溶剂是自来水而不是消毒用

的生理盐水。深入研究表明自来水中的微量元素对离体动物的心脏有较好的保护作用。为此，一种以林格名字命名的生物溶液诞生了，该溶液对生物学的发展起到了重要的作用。再如，青霉素的发现更是如此。在弗莱明（*Alexander Fleming*）发现青霉素以前，与弗莱明同时代的生物学家有很多人都发现了一些同类的现象。其中在弗莱明之前，曾不止一次发现过同样现象而视而不见的斯科特在回忆录中写道：“当时仅是很讨厌这种现象，而视而不见这种现象。”这实质上就是斯科特犯了一种下意识的实事求是的错误，结果使他与一次伟大的发现擦肩而过。

在初学者中犯实事求是的错误，绝大部分不是故意的，而往往是自己犯了这种错误还不知道。例如，在实验过程中，如果出现数据有偏差或者实验数据与书上、文献上的数据不吻合时，首先想到的是怀疑自己的实验结果不对，并自行改动数据或者下意识地将偏高的数据（与文献数据比较）读低。这是不实事求是的典型例子。我们在实验过程中不能以任何理由来改动数据，也不要以书本上或文献上的数据来套实验数据，更不能以此为借口来改动数据。遇到实验数据有差异的情况只能先记录下来，然后找出造成差异的原因，通过实验方案的不断改进和重复实验来印证实验数据的准确性。

在实验过程中任何一点有意或无意的不实事求是的行为，哪怕仅仅是一个小小的随意改动，都将使实验丧失其意义，给实验者和他人带来损害。

1.2 从事科学研究的基本训练

1.2.1 基本实验技能的训练

首先要学会观察实验。这里提到的观察并不是人们通常所说

的看或者仅仅是注视。我们对科学实验的观察指的是专注的评审洞察，以积极探究的态度注视实验的进展。一个成功的自然科学工作者，除了要拥有扎实的理论基础和丰富的科学研究知识外，还必须拥有一双善于捕捉外界信息的敏锐眼睛。我们从事自然科学工作的目的是深入地认识自然、发现其规律，为我们改造自然所用。我们从事科学实验的目的是要重复、模拟、强化一些自然现象，给实验者更多的观察机会，以利成功地探究自然规律。而对实验过程的科学观察，则是获取信息的第一步，如果第一步的信息收集得不全、不准确，将会使后续的研究工作受到影响。观察力的强弱，并不是天生的，而是后天训练的结果。除此之外，一个人的观察力还同环境、观察者的心态等因素密切相关。

1.2.1.1 观察力与环境

20 世纪的某一天，在德国戈廷根（Göttinger）举办的一次集会上聚集了当时世界上最著名的四十余位心理学家。会议刚开始，便有一个人慌慌张张地跑进会场，紧接着一名持枪者尾随而至。两人在会场中搏斗了近 20 秒，又在一声枪响后突然相继跑出会场。原来这是大会主席有意安排的一个会议内容，他要求在场的心理学家们马上把刚才那两个人的衣着特征和搏斗时的环境状况记录下来，并据此回答相关问题。结果在这些专门研究人们的心理、观察力敏锐的心理学家交上来的 40 份答卷中，只有 1 份得了 80 分，14 份得 60~80 分，25 份不及格，并且半数以上的人虚构了较多情节。为什么对这一看似简单的事件观察后会得出如此不尽人意的答案呢？我们认为有 3 个原因：观察者在观察问题的时候，没有将注意力集中到所要观察的事物上；在突发事件的面前，没有保持镇定，致使对事件过程的观察不够全面，因此，细致的观察就是客观地要求观察者具有良好的观察心理，在观察过程中时刻注意瞬间即逝的突发现象；观察者对显

而易见的事物习以为常，视而不见，并且按自己的意愿虚构情节。这些是我们在实验观察中应该注意的问题。

再如，英国曼彻斯特（Manchester）市的一个医生为训练学生们的观察能力，在一次上课时，当着学生的面用手指蘸糖尿病人的尿样品尝，并马上露出痛苦难忍的表情。随后他要求学生也照着试一次。学生们痛苦难忍地照着做了一次，都表示糖尿病人的尿是甜的。可这时医生却笑着说：“我这样做是为了告诫你们观察细节的重要性，如果你们观察得仔细，就会注意到我伸进尿里的是拇指，舔的却是食指。”这个典型的例子说明：一个人观察问题的层面往往受环境因素的左右。当学生们看见老师将手指从尿样里拿出来放在嘴里并做出一副痛苦的表情时，注意力完全集中在老师的面部表情上，而忽视了对一些细节的观察。所以，我们在观察实验时，首先应尽量排除环境因素的干扰。其次，注意不要被实验中的表面现象（往往最突出）所迷惑。从做每一个教学实验入手培养自己良好的观察习惯，同时还应培养在短时间内将一件事情的发展过程记忆下来的能力。这种能力在现实生活中很容易培养，比如看到路上的一辆汽车行驶过来，强迫自己在一瞥之下记住车牌号、颜色、型号，这不会给我们的生活增添负担，却在无形中培养了我们的观察能力。

1.2.1.2 观察力与注意力

当一批学者到九寨沟考察时，鸟类学家看的是鸟，植物学家看的是植物，画家看的是风景。他们相互间都不可能很深入地说出别人观察到的东西。鸟类学家说不清植物的种属，画家说不清鸟类的种属，而没有背景知识的游客，只能说出一些表面观感。同游九寨沟可他们的收获却各异，这说明只有当所观察的事物同观察者注意力的集中点协调一致后才可能观察到事物的本质。怎样才能集中注意力呢？这就要求在进行一项观察以前必须有明确

的目标。对我们进行一项实验来说就是必须事先预习实验，明确此次实验的目的、任务和要求，决不能盲目动手，只有这样才能保证实验的质量。

1.2.1.3 观察与思考

思考是提高观察效率的保证。许多重大的发明、发现都起源于对细微现象的观察。在知识背景相同的前提下，一些人从这些细微的现象中有所发现，而另一些人却视而不见，两者的区别在于他们是否将观察问题同思考问题有机地结合起来。牛顿（Newton）能够从苹果落地联想到引力，结果发现了万有引力定律。在牛顿发现万有引力定律之前，成千上万的人（包括当时的许多著名学者）都发现过重物往低处落的现象，但却没有想到引力。这说明要想成为一个成功的科学工作者，除了要注意知识的累积和观察力的培养外，还必须学会思考。例如，药学家能从白鼠掉到四氯化碳溶液中未被淹死的现象受到启示，发明人造血液；化学家能从一支水银温度计破裂后改变化学反应速度的现象，发现水银可作为一种化学反应催化剂。这些例子都说明了思考的重要性。

1.2.1.4 观察不能带框框、主观臆断，防止受知觉定势的影响

“眼见为实”这是人们的口头禅。其实眼见未必为实，如大家熟知的《三国演义》中有一段这样的描写：当司马懿进兵斜谷看到诸葛亮大开城门，在城上敌楼前，凭栏而坐，焚香操琴时，马上想到诸葛亮平生处事谨慎、考虑周全，城门内外必有埋伏，于是急令退兵，结果大上其当。这是因为人们在观察客观对象时总是不自觉地、或多或少地受到心理上的一种倾向性的影响。所以，知觉到的东西往往为了迎合主观期待而变得不完全真实，于是发生期待知觉到什么，就会知觉到什么的怪现象。这种被称为

知觉定势的现象，很容易使人产生错误，尤其是那些主观武断的人更容易吃它的亏。

这类错误就是经验丰富的学者也会犯。例如，著名历史学家希罗多德（Herodotus）的著作中曾经记载着这样一个荒谬的事情：“溪水早上是温和的，中午是冷的，晚上又温和了。”这实际上是空气和水温差变化的原因。所以我们在观察一个对象时，要抛开固有的框框，不要总是把自己的观察仅限定在已有的知识范围内。尤其是当初学者做实验时，不要受书本知识和文献报道的影响，而应该去深入观察，不管什么细节都不放过，记录下来，在实验初期就摆脱知觉定势的影响，尽量全面、准确地提取第一手资料，这是实验成功的第一步，也是很多科学家成功的秘密。

洛克菲勒基金会医学科学会主任雷格说：“研究人员必须运用其绝大部分的知识和相当部分的才华，方能正确选出值得观察的对象。这是一个举足轻重的选择，往往决定几个月工作的成败，并往往能把一个卓越的发明家同……一个只是老实肯干的人区别开来。”^①

达尔文的儿子在谈到他父亲的成功秘密时也写到：“他渴望从实验中得到尽量多的知识，所以不让自己的观察局限于实验所针对的那一点，而且他观察到大量事物的能力是惊人的……他的头脑具有一种技能，对他做出新发现似乎是特殊可贵的有利条件。这就是从不放过例外情况的能力。”^②

自然规律在被发现以前，早已默默地与我们所在的空间共存，并发挥着它的作用。每一个从事自然科学工作的人都应时刻注意加强对观察事物的心理素质的培养和对观察力的培养。而对

① Gregg, Alan(1941). The Furtherance of Medical Research Oxford University Press, London, and Yale University Press.

② Darwin, F. (1888). Life and Letters of C. Darwin. John Murray, London.

思想活跃的年青人来说，更应该具有强烈的发现欲望，牢记自然规律与我们生活的空间共存这样一个事实，将隐藏在一些看似不引人注意的自然现象中的规律发现出来、开拓出来。

1.2.1.5 好奇心是成功的原动力

科学大师爱因斯坦曾说：“我没有特殊的天赋，我只有强烈的好奇心。”谁要是体验不到它，谁要是不再有好奇心，也不再会有惊讶的感觉，他无异于行尸走肉，他的眼睛是模糊不清的。”^①好奇心像是探照灯的光柱，它永远把探索的光芒投向科学的未知领域。一个科学家对自然的好奇心愈强烈，探索的光芒也就愈明亮。一切自然秘密都会暴露在好奇心的巨大视野之内。相反，一个科学家如果总是墨守成规，引经据典，对周围的一切事物都熟视无睹，习以为常，那么他的探索目光将会十分短浅，什么都发现不了，甚至连真理碰到鼻尖上，也不知道是什么东西。

大物理学家约里奥·居里就曾经犯过这样的错误。当年，他用 α 粒子轰击元素铍时，发现一种很强的射线。居里不加思索地认为，这是一种普通的 γ 射线。后来（1932年）年轻的核物理学家查德威克知道了这个现象，并且满怀好奇与疑问地重复了这一实验。在经过科学的分析和研究后，他大胆地指出，居里所认为的 γ 射线，正是中子。^②查德威克为此获得了诺贝尔物理学奖。而居里在每次回忆到这段历史时，都会后悔莫及地说：“我真蠢啊！”其实，居里并非愚蠢，而是丧失了进一步探索科学的好奇心的缘故。

德国有机化学之父李比希也曾经经历过终身遗憾的事情，他让元素溴的发现悄悄地从眼皮底下溜过去了。那是一次李比希从海

爱因斯坦：《爱因斯坦文集》第3卷，商务印书馆，1979年版，第45页。

② 塞格巴恩：《诺贝尔物理学奖》1981年第4、5期，第13页。

藻中提取碘的实验，他发现在提取碘后的母液中总是沉淀着一层深褐色的液体，并且具有刺鼻的臭味。对于这个奇怪的现象，李比希并没有引起足够的重视，而是随随便便地把这个瓶子贴上“氯化碘”的标签，就作了定论。但是，到了 1826 年，一个名叫波拉德的法国青年对这一奇怪的现象产生了兴趣。他首先猜测这可能是一种新的物质，接着又做了大量的分析工作，最后确认这种深褐色的沉淀物就是新元素——溴。波拉德发现溴后，李比希深感悔恨。为了吸取这次重大的历史教训，他特意把那张标签贴于床头并说：“以后我再也不凭空制造理论了。”^①

这些历史事实有力地说明了对科学的好奇心是多么重要的创造力品质。一个科学家如果丧失了好奇心，就等于丧失了最起码的科学创造力。

科学家的好奇心不同于儿童的好奇心。后者通常表现为对新事物的极度敏感，而前者则表现为“寻求其间并无明显联系的大量资料背后的那些原理”。^② 儿童的好奇心，出自于人类的天性；科学家的好奇心，则来自于对真理的追求，尤其当这种好奇心同科学的求是精神结合在一起的时候，将可能导致科学史上某些重大的科学突破。相反，“如果对所观察的事物只是好奇而不充分重视它，以为不值得做进一步的研究，那么就会失去一个重要的发现机会。”^③ 卡文迪什实验室的科学家们失去对正电子的发现机会就是对此的证明。

要做进一步的研究，首先就要解决实验事实同传统理论的矛

① 李比希 (J. Liebig)：有机化学的奠基人。他与维勒 (F. Wöhler) 对苯甲酰基 ($C_{14}H_{10}O_2$) 的研究报告，曾被认为是标志着有机化学进入一个新时代” (柏齐利乌斯语) 的成果。

W.I.B. 贝旨里奇：《科学研究的艺术》科学出版社，1981 年，第 65 页。

③ P.A.M. 狄拉克：《回忆激动人心的年代》，《科学与哲学》，1981 年第 6、7 期，第 211 页。

盾问题。诚如古人所云：“学贵知疑，小疑则小进，大疑则大进。”一般来说，当人们寻求真理的好奇心受到传统理论的压制时，好奇心会马上转化为对传统理论的怀疑精神。这种怀疑愈深刻、愈有力，对科学研究的方向和目标看得也就愈清楚、愈准确。

对科学的好奇心和怀疑精神在科学研究中既相辅相成，又对立统一。好奇心在实验领域搜寻有意义的目标，怀疑精神则在理论范畴为达到这一目标而扫清道路；好奇心孜孜不倦地纺织着新事物因果关系的网结，怀疑精神则铁面无私地涤荡旧理论体系中腐烂的线头；好奇心可以在争论的激流里淘出金沙，怀疑精神则可以在赞扬的歌声中辨别出伪科学的音符；好奇心可以激发热情，怀疑精神可以诉诸理性。感情和理智相结合，就构成了科学劳动中最完善、最理想的科学素养，就构成了科学创造的最适用、最有效的研究艺术^①。

1.2.1.6 怎样阅读科技文献

阅读科技文献同读书有很多相同之处。有关这个问题的讲座和文章很多，这里我们只想将古人总结的读书经验介绍给大家参考。

《朱子读书法》一书中就怎样读书写道：

“读书：始读，未知有疑；其次，则渐渐有疑；中则节节是疑。过了这一番，疑渐渐释，以至融会贯通，都无可疑，方始是学。”

又说：

“大疑则大进 无疑者需要有疑 有疑者需要无疑。”

1.3 怎样准备实验

这里所讲的怎样准备实验，主要是指怎样准备我们实验教学中的教学实验，希望能通过这些实验过程的训练，使同学们初步具备从事科学研究的基本素质。我们从以往的教学实践中总结出了称为“七步法”的实验准备方法。

1.3.1 明确实验目的

实验目的是一个很容易被同学们忽视的问题。如果这个问题模糊不清，必将影响整个实验的质量。要搞清实验目的，必须认真阅读实验指导书，并能将实验的主要目的用数学函数的形式表示出来，而不是只停留在文字的描述上。比如，流体力学实验，是要求同学们测定流体流过一根水平管时阻力的变化情况。在学习了流体力学知识后，我们知道，流体流动的阻力大小直接取决于流体流动过程中流动质点的运动状况（流体的流动状态）。而流体流动状态的表征参数是 Re （雷诺准数）流体产生的流动阻力的大小在管径、管长一定的情况下又与阻力系数 λ 相关。因此，流体力学实验的目的应该是通过实验寻找 $Re = kf(\lambda)$ 的变化规律。

1.3.2 实验模型

实验模型是指在明确了实验目的和研究对象后，利用已有的知识，从分析研究对象入手，找出所要研究的参数间的内在联系，并用数学函数的形式表达出来。

建立实验模型是对学生已学知识掌握程度的一个检验。同学们必须将所学的相关知识综合起来对一个实际的问题进行分析，才能找出实验要求中各参数间的内在联系。同时，建立实验模型

的过程也是同学们对所学知识的又一次巩固，对知识的活学活用有不小的帮助。例如，在流体力学实验中，我们明确了实验目的是寻找 $Re \sim kf(\lambda)$ 的变化规律，实验的研究对象也是水平管。在图 1-1 所示的流程中有

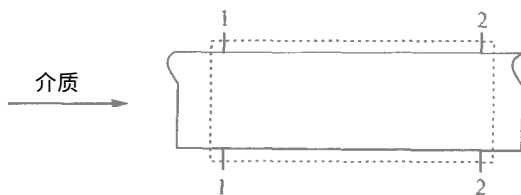


图 1-1 流体力学实验示意图

$$gz_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gz_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_{f_{1-2}}$$

因为 $d_1 = d_2$

所以 $u_1 = u_2$

且 $z_1 = z_2$

则有
$$\sum h_{f_{1-2}} = \frac{P_1 - P_2}{\rho}$$

而直管阻力可表示为

$$\sum h_{f_{1-2}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{u^2}{2}$$

所以
$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \lambda \frac{l}{d} \frac{u^2}{2} \quad (1-1)$$

从式 (1-1) 中可以看出，在 $Re (Re = \frac{du\rho}{\mu})$ 所涉及的 4 个

参数中，式 (1-1) 中已出现了 3 个，而实验过程中粘度 μ 不变。所以 (1-1) 式中包含了 Re 与 λ 的关系，即为我们的实验模型。

1.3.3 测量参数的推导

建立了实验模型后，我们还不能确定在实验中到底要测量哪些参数。虽然对一些非常简单的实验来说，有了实验模型后，一眼就能看出实验中应测量的参数，但是对于大多数的实验来说，必须对实验模型进行解析才能确定实验中的哪些参数必须测量。仍以流体力学的实验为例，其实验模型为

$$\lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{u^2}{2} = \frac{P_1 - P_2}{\rho}$$

因为
$$Re = \frac{du\rho}{\mu}$$

所以
$$u = \frac{Re\mu}{d\rho} = \frac{\mu}{d\rho} Re$$

将其代入式 (1-1) 有

$$\lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\mu}{d\rho} \right)^2 Re^2 = \frac{P_1 - P_2}{\rho}$$

故
$$Re = \sqrt{\frac{2d^3\rho}{\mu^2l}} \cdot \sqrt{P_1 - P_2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}}$$

如果管径 d ，介质密度 ρ 介质粘度 μ 均为常数，对于我们的实验装置则有

$$Re = K \sqrt{P_1 - P_2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \quad (1-2)$$

其中

$$K = \sqrt{\frac{2d^3\rho}{\mu^2l}}$$

从式 (1-2) 中我们可以看出, 要找到 $Re \sim \lambda$ 的变化规律有如下几个参数需要测量:

管长 l , 管径 d , 介质密度 ρ 介质粘度 μ 和管段 1、2 截面处的介质静压 P_1, P_2 。

1.3.4 确定测量参数

推导出来的实验中要测量的参数并不是每个都必须实际测量, 有一些参数的直接测量是非常困难的, 而有一些参数在理化数据手册上又容易查到或者需要通过间接的方法以测量其他参数来得到。所以, 我们必须找出真正有待测量的实验参数以及测量这些参数最合理的方案。

比如, 流体力学实验推导出来的测量参数有

$$l, \mu, d, \rho, P_1, P_2$$

其中, 介质粘度 μ 和介质密度 ρ 的测量相对较难, 而选择测量介质温度 T , 通过化工手册查出 μ 和 ρ 的实验方案比直接测量 μ 和 ρ 要简化得多。于是, 最后确定的测量参数为

$$l, d, P_1, P_2, T$$

1.3.5 拟定记录表格

拟定记录表格是保证实验质量的另一个前提条件。当确定了测量参数后, 就应该拟好一个正规的记录表格。只有将待测量的参数预先列在表格中, 才能保证实验中读取参数的完整性和一致性。

一个完整的记录表格中有两项最容易被同学们忽略, 第一是