

中国漏刻

华同旭

著

安徽科学技术出版社

田漏



内 容 提 要

漏刻是中国古代最重要的计时仪器之一。它的发展史体现了古代中国人对高精度测时的执著追求和科学精神。

本书在前人研究的基础上,从理论和实验两方面对中国漏刻发展史和计时精确度以及有关问题进行了系统、深入的研究,解决了长期悬而未决的最重要的问题,纠正了一些公认的结论;对研究中国古代科技史、科技发展特性及其与思想文化的关系有重要意义,并为古代中西科技史对比研究提供了新的材料。

全书共分四章。第一章探讨了中国漏刻高精度发展的原因。第二章为中国漏刻发展简史,并且:1.通过对出土文物的研究,否定了若干过去的结论;2.研究了影响漏刻计时精确度的主要因素及古人的解决措施;3.推导了漏刻流量计算公式,通过理论计算与实验结果的比较,说明了以前计算公式的错误。第三章介绍研究各种典型漏刻计时精确度的实验方法及其结果,模拟复制的几种漏刻。第四章介绍经实验证明可以消除粘滞系数对流量的影响,并给出了理论解释,指出古人在实际中已能做到这一点。

中 国 漏 刻

华同旭 著

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市九州大厦八楼)

安徽新华印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 8 插页: 5 字数: 170,000

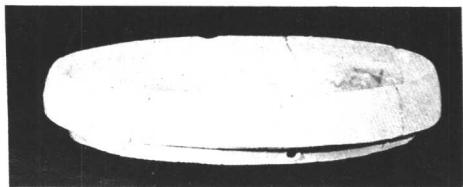
1991年 2月第1版 1991年 2月第1次印刷

印数: 00,001-1,000

ISBN 7-5337-0560-8/O·21

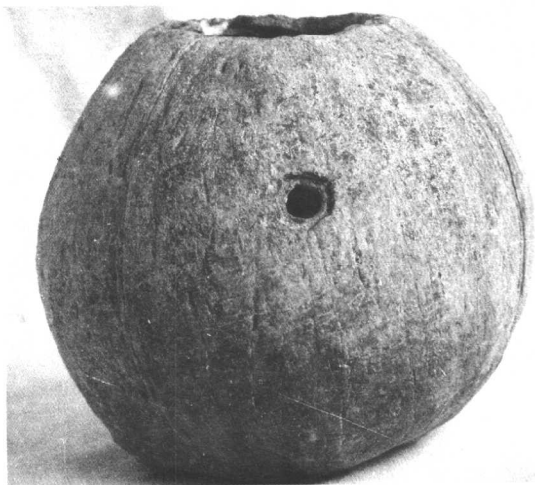
定价: 6.20元

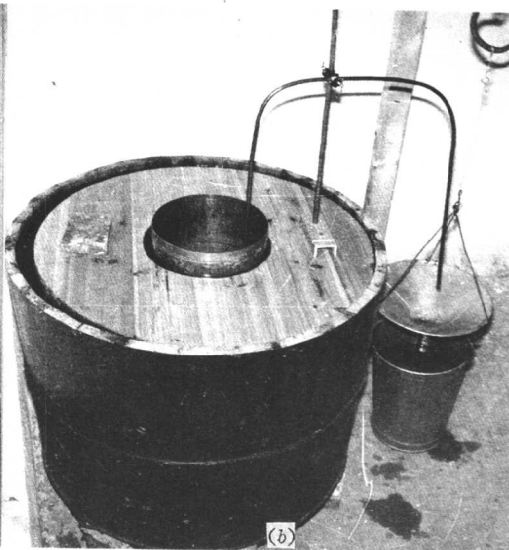
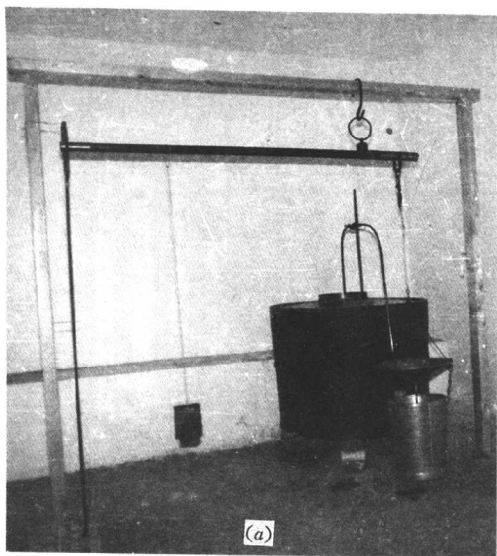
照片 1 漏盘



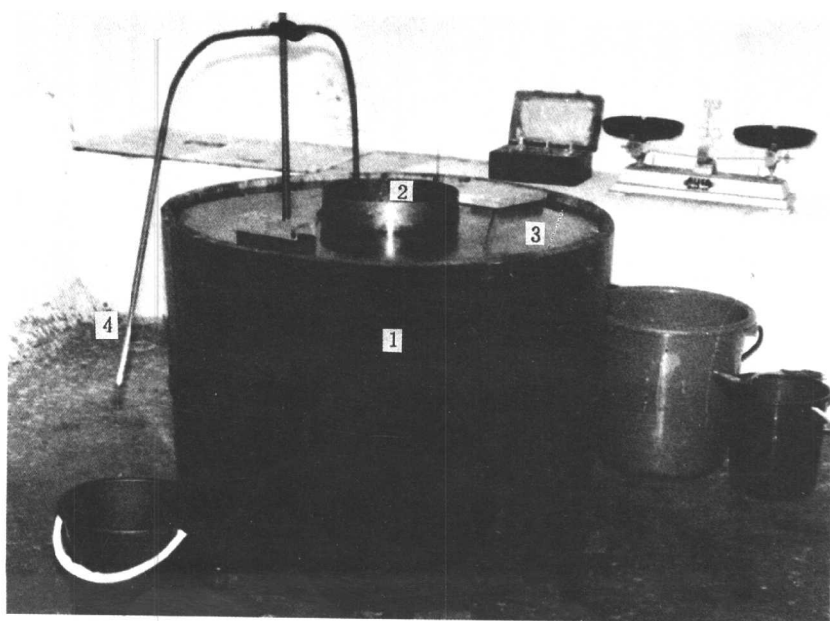
照片 2 漏壺

照片 3 宋代帶孔椰壳
(泉州出土)



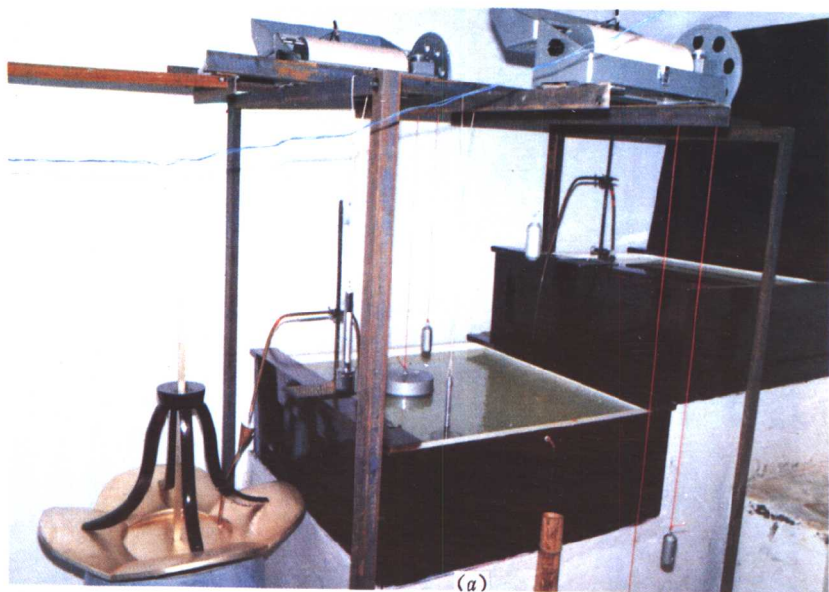


照片 4 秤漏实验装置

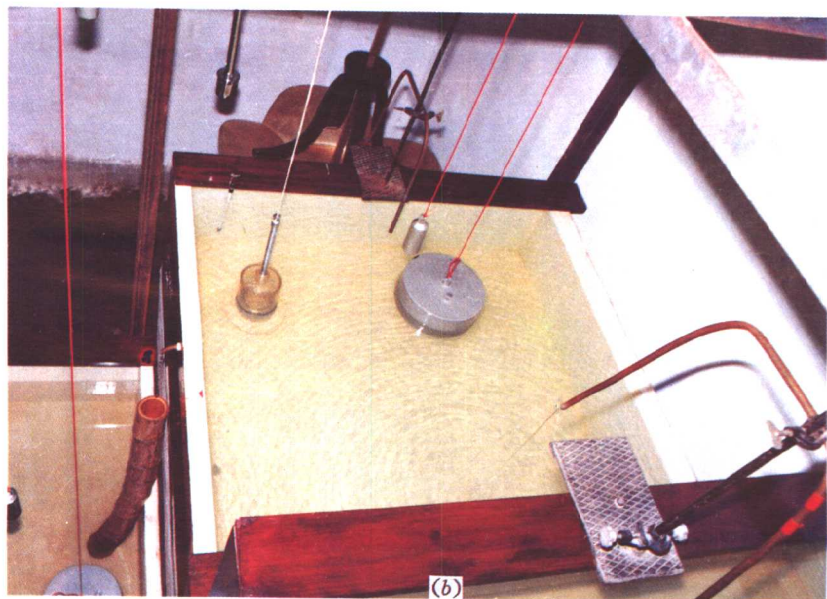


照片 5 秤漏实验装置(用天平称量)

1. 水柜; 2. 铜盆; 3. 水拍; 4. 渴乌

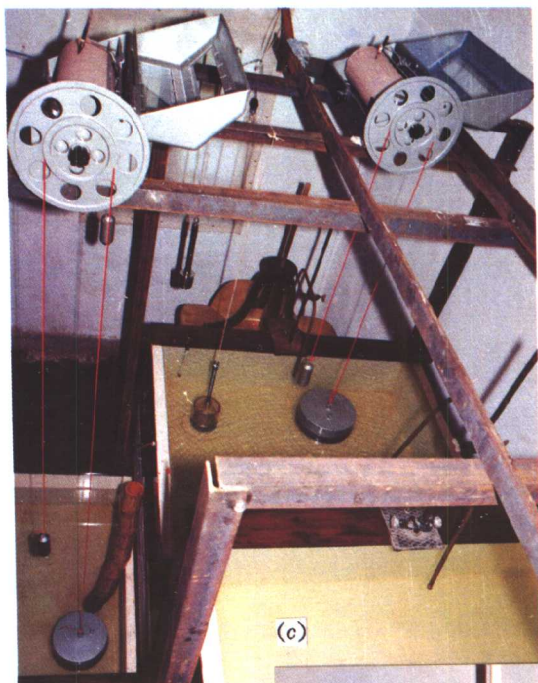


(a)



(b)

照片 6 燕肃莲花漏实验装置



序 一

在人类社会文明发展的洪流中，科学和技术发展的波澜历历可鉴。时间计量，作为科学实验和技术应用的一个基本条件，为测量和认识一切物质运动所必需。一个发展中的社会，在科学研究和创造的实践中，必须发展计时技术；在生活、生产、军事、政务等组织活动中，也处处对计时技术提出越来越高的要求。

在古代计时史中，漏刻占有中心地位。漏刻与杆影测时相结合，直接促成了日用计时和科学计时体制的建立。漏刻的研究，对于研究古代天文学和相邻学科的发展，对于追溯和探索人类文明的进程，无疑都是很有意义的。

华同旭在《中国漏刻》一书中，博采古代和近代的文献、文物，“钩玄提要，细大不捐”，并且结合了大量的复制、模拟试验，为我们勾画出我国古代漏刻的结构、性能和沿革的整体图案。这部著作，正如一位前辈专家所指出：资料翔实，内容丰富，有理有据，令人信服。

作者融考证、实验、复制、分析于一炉，规模之大，在天文学史研究中显示了自己厚重而鲜明的特色。书中创造性的篇什甚丰。如其中关于各类漏刻的复原；关于漏刻的计时精度不受温度变化影响的分析，……皆发前人之未发。

作者风华正茂。本书通篇文风严谨，文体顺畅，实为近年来我国天文学史这株大树上的茂枝硕果。笔者在此怀着欣喜的心情，作序如上。

王绶琯

1989年11月·北京

序 二

很高兴地得知《中国漏刻》一书即将出版，在学术著作出版困难的年头里，这真是一个令人惊喜的消息。

华同旭同志穷六年之功，完成了一项中国科技史研究领域特别艰难的课题，其结果就是本书。

漏刻在中国已有几千年的历史。一直到近代钟表在中国流行之前，漏刻始终是中国的主要计时器具。它在科学研究和社会生活中有着极重要的作用。千百年来它经历了不断研究、改进和发展，形成了一部丰富的漏刻发展史。近几十年来，漏刻虽然退出了计时的领域，但是又作为文物而继续被人们反复地研究着。

就漏刻研究而言，古人是在实践中研究的。由于他们的科学知识受到历史的局限，所以，他们虽然能以坚毅的精神，通过几年、几十年，乃至多少代的努力，摸索出漏刻运行中许多宝贵的经验规律，但是在理论认识上不可能有太深的深度。近几十年科技史家的现代科技知识，自然比古人要高出不知多少倍。但是他们没有古人的工作环境和条件，大多只能从物理学理论上进行推演。间或也做少量实验，实验品却是珍贵的文物，允许动手运行的已属凤毛麟角，如想按照古代那样作一些较长时间的运行，那是根本不可能的事。而短暂的临时性的实验，与古代实际运行状态相比，差别之大是可想而知的。因此，在现代科技史家的笔下，漏刻问题常常引起百家争鸣，总难统一。即如一个水的温度和漏刻运行速度究竟关系如何的问题，就打了长达几十年的笔墨官司，似了犹未了。

可是，在重大的科学问题上是不允许有什么不了了之的，人们总希望这些官司有个明确的结果。那么，出路何在呢？当然，最好的办法，是让一个现代科学家回到古人的工作环境和条件中去，进行实验和分析，这样才能得出科学的、有实验根据的结论。这就使人们提出了模拟实验的方法。

可是，这个方子虽然好开，却乏人照此行事。第一，文物界有规矩，他们所收藏的文物是不可能让人较长期地反复折腾的。第二，既然不能用传世文物做实验，就只能制造复制品了。这件事之繁难同样也是不小的。从申请制作经费开始，就够人折腾一通。有了经费，就得设计、备料、寻求加工者、搬运、求找安置仪器进行实验的房子，等等。一系列的琐事莫不要花费人们巨大的精力。第三，就算万事已经具备，可以开始做实验了，这时又有个保持漏刻运行稳定和排除外界干扰的问题。而这又是一件非同小可的事。对于古人来说，守护漏刻，是一个重要的行业。他们有足够的物质条件和充裕的人手来分班作业，尽量排除干扰。现代，当社会上弥漫着个人经济利益第一的风气的时候，从事漏刻模拟实验这种又繁又苦、又单调又无经济效益的工作，只有甘当“傻子”的人才肯。由于以上种种原因，长期以来模拟实验只能是一个设想，而种种研究上的矛盾也只好任其自然。漏刻问题就成了摆在科技史家面前的一大难题。

令人欣喜的是，不计私利、踏实苦干的“傻子”在我们的神州大地上还是大量存在着。有一些年轻的“傻子”进入了科技史研究领域。1982年，中国科学技术大学自然科学史研究室招到了一位富有献身精神的研究生华同旭。他以百折不回的气概踏入了这个被前人视为畏途的古代漏刻模拟实验研究领域。他的坚韧不拔，追求科学真理的精神感动了他的周围。中国科技大学的有关领导、兄弟系科、他的老师和同学们、有关的加工厂，以及本来与漏刻问题全无牵涉的巢湖水文分站的全体工作人员，等等，都对他的工

作给予支援和帮助。终于，前后花了6年时间，进行了多项模拟实验，完成了以实验研究为基础的中国漏刻的系统研究。

果然，事实胜于雄辩，实践是检验真理的唯一标准。从他的研究报告中可以看到，他的实验的确解决了许多长期争论的问题。比如说，他竟出人意料地证明了，在一定条件下，漏水的流量是可以与温度无关的。这在以往仅从流体力学理论研究漏刻的前人那里，是根本不可想象的。

华同旭从硕士生到博士生的6年学习生涯是很艰苦的。他的一家人曾经分居三地，由此而产生的生活上、经济上的困难是可以想象的。他为复制古代漏刻、安排模拟实验等等要经历种种办事上的磨难，这也是每个普通的科技人员都可以体会得到的。这些都不必细说。单说他在实验过程中的艰辛，就足以令人极为感动。为了保持实验过程的连续和环境的稳定，他曾在炎热的夏天呆在闷湿难忍的半地下室里，足不出户，饮食都由同学们送到门口，如此生活了有几十天之久。又如，他在实验中发现，人在室内稍有震响，比如，脚步略重一点，马上就会影响漏水的流量。所以，他的一举一动都得异常小心。这种对行动的高度控制给人带来的精神紧张和意志磨练也是非常突出的。而且这种日子并不是一两天，而是要接连好几十天！对于一个热爱生活的年轻人来说，要坚持这样长时间的磨练，的确确实需要极其坚强的意志和高度的为科学献身的精神。

华同旭的辛勤劳动换来了丰硕的成果。他的博士论文得到了国内许多专家、权威的肯定和赞扬，并以优异的成绩通过了答辩。现在，他把这篇博士论文加以系统的整理，成为一部完整的著作，呈献给广大的读者。读者由此可以亲自来判断，本书的成绩究竟如何。所以，我们不必对本书的成果一一多加赞扬。我们只想强调一点，那就是，华同旭的事迹再一次证明了，不畏艰难、踏实苦干的精神乃是科学工作者取得重大成就的必要条件。我们必须

提倡和鼓励这种精神。

值此机会，我们也要对安徽科技出版社出版本书一事表示我们的钦佩和感激之情。

众所周知，这几年的出版形势对于学术著作是大为不利的。学术著作的出版印数少，赔钱多。强大的经济压力使许多出版社对学术著作的兴趣急剧下降。在这种情况下，安徽科技出版社断然决定出版本书，表现了杰出的事业眼光和勇气。出版是发展我国的科学文化，进行四化建设所不可缺少的一项事业。从社会总体来说，学术著作出版的兴旺和水平关系到我们民族未来的兴衰和强弱。在当今国际上的激烈竞争中，智力和学术因素正在起着越来越大的作用。与科技和教育日益受到战略性重视的国际趋势相适应，学术著作的出版在国际上也是越来越兴旺。在这种情况下，我们如果有意无意地忽略了学术著作的出版工作，那就要犯巨大的战略性的错误。

可喜的是，现在已经有相当多的出版社怀着高度的社会责任感，组织出版学术著作。安徽科技出版社出版本书和其他多种学术著作的努力，正是出版界具有远见的战略行动的一个组成部分。我们衷心地希望，这种行动会越来越声势浩大，并且取得越来越丰硕的成果。

薄树人

1989年11月

序 三

我们中国科技大学自然科学史研究室建立近10年，发表学位论文近30篇，华同旭的博士论文可以称为最佳论文。这部书就是在这篇博士论文基础上写成的。这篇论文从结果来说，一举解决了中国古代时间计量技术史的主要问题，证明了中国古代在精密计量方面有些项目处于世界领先地位；从方法上说，充分体现了在科学史研究中运用实验手段的重要性。这两方面，正是本人步入科学史界后始终怀抱的信念。

10多年前，我以一个物理学者转而搞中国科学史，同“之乎者也”打交道，是“四人帮”发动“评法批儒”的结果。1974年底在中国科技大学，由任知恕、钱临照等老先生主持评注《梦溪笔谈》，意在避免极左思潮的干扰，反映科学史研究的学术水平。我参加了这项工作，拜识了钱老并承受指教。我的第一个科学史研究课题就是“沈括的刻漏和妥法”，这项入门训练形成了后来的论文《沈括的天文研究（一）——刻漏和妥法》。事实上，连同后来的论文（二）和（三）一起，三篇文章的内容早在1975年天津天文史交流会上就由张永谦和孙显元代我宣讲了。1978年我首次参加科学史界的学术活动，那是厦门第二次天文史交流会。我的关于刻漏的意见没有引起什么反响，我深感不作实验解决不了问题。1979年除夕我在毛允清同志的协助下，完成了沈括浮漏的模拟实验，1980年3月成都天文学史交流会我宣讲了《刻漏精度的实验研究》一文。此后是人们对刻漏问题的长期沉默，直到1988年孙鲁的实验在湘潭实验物理学史会议上发表，这中间发表的文章都是1980

年以前的工作。沉默的原因也许是人们需要思索，也许是我的文章仍然缺少说服力，这种必要的说服力终于由华同旭的工作补上了。

1980年10月中国科技史学会第一次代表大会在北京召开，钱临照先生被推举为首届理事长。我有幸身临盛会。一回合肥我立即与自然辩证法教研室主任陈光同志商议，创议在科大建立自然科学史研究室，我二人联名上书学校领导。教务长任知恕热情支持这项创议，敦请钱老出来牵头，研究室就成立了。我与陈光建议的建室基本方略是招收研究生，历史证明这是个正确的方略。同旭是第二届报考的硕士研究生。在研究生教育方面，我主张立足于我校实际，扬长避短，开辟运用实验方法的研究方向。同旭的论文安排由外聘的导师薄树人教授指导。薄先生支持搞实验的想法，并建议就以漏刻作为课题。后来，薄先生第一批获得博士生导师资格。同旭的工作也进展得颇有眉目，他又很想深造。于是就把他从硕士生直接推荐为博士生了。这期间他的学业得到本室师生一致赞誉，获得了郭沫若奖学金。1988年论文完成，在评审意见和答辩过程中，30多位专家教授一致给予高度评价，甚至还有使用“划时代”一词的评语，当然是限于“漏刻”一事。毕竟，我不能不说，同旭为我们研究室争得了荣誉。

在此，我不避“王婆卖瓜”之嫌，要借机向读者表白我对科学史学科的看法。

科学是人类探索、积累、传授知识的事业。求知本是人之天性。猿猴也有求知天性，而人的求知不同于猿猴者，则在于人用语言文字手段把大量由个体人求得的知识汇集传授给后代的个体人，这就是教育。科学事业也是教育事业，二者不可分割。人类能把群体的求知成果注入个体的头脑，人便与动物区分开了。因而，科学史和教育史就是人类整体造就自身的历史。现代人类的智能水平已经很高了，可是这个造就自身的过程，仍决然地以更

大规模进行而不见尽头。人们自然会要求以高度自觉性理解和掌握这个过程，这就是科学史学科的任务。科学史以实在的人类智能总和及其形成过程为对象，是一门理论性很强的求实的科学。只要科学事业不停止发展，科学史就总有事情可作。

还得说明一点：一般人对“史学”概念的理解倾向于是搞过去的事。其实，在中国古代史官掌管的事包括过去、现在和未来。保存档案是史官的事，记录正发生的事是史官的事，预测未来也是史官的事。在国外，新闻记者，时事评论家，如报道中印边界战争的马克斯威尔，也被叫做历史学家。“史”应该是管全过程的，要预测未来不能不研究过去和现在，研究过去和现在的最终目的也是预测未来。

目前，中国科学史界以较多的精力研究较远的古代，这是因为中国古代的许多重要问题还未解决。中国古代科学又有其特殊性，它在源流、传统上是与现代科学迥然不同的。现代科学源于欧洲，人类历史上的东西两大文化是差异很大的体系。这个事实正好为史学提供了比较研究的最好的材料。从原则上说，比较是一切科学的第一步，对于最复杂的事物，如人类历史，几乎是唯一的一步，因为历史不象物理学的对象那样可以简易地在实验室中复现。实证的研究也只好限于比较不同历史现象的异同了。依我之见，中国古代科学发展的路线是一条现实的、合理的、有效的路线，古希腊的科学倒是个超常的、奇特的现象。假如人类的历史能在许多星球上独立发生的话，走中国路线者应为大多数，希腊式的发展会很稀少。我不赞成《河殇》的思想，仅以近代中国科学落后于西方而否定其整体是没有道理的。且不论落后的社会和政治的原因。仅就整个科学文化体系的内在因素而言，一个阶段的落后也不足以否定其总体优势。比方有一项体育竞技，要求在前50米的长度上赛跑，而在50米处要求负重物到终点，短跑健将在前50米当然占先，可是举重能手却会在后50米赶上去。要想预

测科学的未来不能忘记东方学术，这是许多现代学者已经提出的意见。但是要紧的是我们总得先对这个被冷落了东方学术取得清楚的了解，然后才可以说三道四。

以本书内容为例，10年前没有哪本书和文章讲过中国古代有什么精密的时间计量，所有的钟表技术史著作都不把中国漏刻当一回事，甚至还有外国人写出“中国人由于时间观念不强，所以在计时技术方面也没有什么重要成果”这样无知的语言。本书以如山铁证驳倒了这类偏见。的确，中国古代抽象讨论时空概念的文章不多，但也不是没有，更多是进行实际测量，以致世代相承，绵延不断，锲而不舍，孜孜不倦，追求精密性的执著心态令人敬服。不了解这些而侈谈中国古代时空观，显然是不行的。

类似事例还有。“仪器”和“机器”是科学技术中最常见的词语，可是“仪”、“机”二字在汉语中演化的历史却不清楚。近来我们才发现：“仪”这个字在春秋战国时代曾被用于射箭的弹道学抛物线校正器的命名，然后它经过天文方位测量转到了一般的现代意义的科学仪器。“仪”字含意的变化，代表着中国古代精密定量科学的发展史；“机”字更富含思想性内容。日本入下间赖一说“机”字起源是织布机，他说错了。“机”的早期实指有轴杠杆，后来用于弩的触发器，即扳机。这个字很早就与信息和控制的概念密切相关，表达“见微知著，以小制大”的信念，是中国的“人定胜天”这一伟大信念的理论基础，是指导生命科学和人文科学的重要原则。在针灸、击技、兵法等著作中到处贯穿着我们称之为“机发论”的思想。讨论中国古代的科学观、技术论，只限于使用“机械论”、“有机论”这些翻译来的概念，那也是远远不够用的。

上述概念问题的发现不能仅靠钻故纸堆和坐而论道，读书和讨论当然也不可或缺，但是不动手做实验，就很难作出这些发现。有时影响是潜在的，但无疑是起作用的。我室的漏刻研究以及与

此同步进行的浑仪研究都是动手做实验，一个对应于时间，一个对应于空间。在实验中我们形成着、发展着对古代科学活动的形象思维。我室的另一支力量，以张秉伦先生为首的生命科学史研究队伍也一样动手做实验，他的“秋石方复原”就是很好的例子，他用铁的实证否定了李约瑟的“秋石为性激素”之说。还有他的肤纹学，用实验澄清了对一些古代生命信息知识的误解，不但涤除了历史覆盖在我国古代科学成果上的尘埃，还做出了长足的发展，形成了新的科学前沿领域。我们的“机发论”不能不说受到了张秉伦先生的生命科学史成果的重要启发。此外，动手做实验可以使科学史研究生体验科学研究的实际，如同作家之体验生活，免于成为“空头”科学史家。

以我在中国科技大学10年来从事科学史研究和教学的实践为依据，我可以说，科学史是极其丰富生动、趣味无穷的学科。我成了科学史迷，同旭也是科学史迷，不然他也作不出这种好成绩。在某一次争论中，我曾不无动情地说过：

“科学史是纵览古今，兼治文理，横参中外，汇通天人的大学科。”

这不是狂言，而是自我警惕，自我鞭策。面对如此博大的科学领域，不能稍有轻慢。如此重大的学科不是一两个人匹马单枪可以毕其功于一役的。我们必须努力！

这就是我的专业思想的表白，权作本书之序。望博雅君子不吝指正。

李志超

1989年11月13日·合肥

目 录

序一.....	王绥琯
序二.....	薄树人
序三.....	李志超

第一章 绪论.....	1
-------------	---

第二章 漏刻发展简史及其有关问题.....	19
第一节 漏刻起源	19
第二节 先秦漏刻	22
第三节 汉代漏刻	30
第四节 魏晋隋唐漏刻	61
第五节 宋辽金元漏刻	82
第六节 明清漏刻	114
第七节 影响漏刻精确度的几个主要因素及古人的解决方法.....	120
第八节 漏刻流量的物理计算	129

第三章 漏刻精确度的实验研究.....	145
第一节 西汉铜漏	145
第二节 单级受水型浮箭漏.....	153
第三节 多级补偿式浮箭漏.....	157
第四节 秤漏.....	169