



穿越 → 迷雾

计算机的迷雾

李忠◎著

- 你苦恼于枯燥的计算机知识吗？
- 你知道计算机是怎么工作的吗？
- 你真正了解计算机吗？
- 这本通俗易懂、平易近人、妙趣横生的书，会带你穿越萦绕在脑海中的种种迷雾，为你揭开蒙在计算机上的层层神秘面纱。



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

穿越计算机的迷雾

李忠 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书从最基本的电学知识开始,带领读者一步一步、从无到有地制造一台能全自动工作的计算机。在这个过程中,读者可以学习到大量有趣的电学、数学和逻辑学知识,了解到它们是如何为电子计算机的产生创造条件,并促使它不断向着更快、更小、更强的方向发展。通过阅读本书,读者可以很容易地理解自动计算实际上是如何发生的,而现代的计算机又是怎么工作的。

以此为基础,在本书的后面集中介绍了现代计算机的组成和主要功能,以及计算机核心与外部设备的接口,并对以操作系统为核心的软件进行了介绍。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

穿越计算机的迷雾 / 李忠著. —北京: 电子工业出版社, 2011.1

ISBN 978-7-121-12427-3

I. ①穿… II. ①李… III. ①电子计算机—普及读物 IV. ①TP3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 228526 号

策划编辑: 董亚峰

责任编辑: 徐 萍

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 720×1 000 1/16 印张: 16.75 字数: 328.3 千字

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 · 定价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

欢迎来到计算机的世界！

这是一本在若干年前就应该写成的书。之所以一直没有写成，主要是因为两个原因：第一，我是个懒惰的人，总以为往后有的是时间和机会来做这件事情，但却从来不曾有过；第二，我和你一样，每天都得吃饭，因为不像其他动物一样有毛，所以还得买衣服穿。总之，为了衣食住行而挣钱是需要浪费一个人很多时间的。（这段话还没写完，我那两个要好的哥们儿周世峰和张勇又打电话让我去吃饭和游泳。尽管我百般推辞，最终还是去了。你看看，要想抽出哪怕是一点点时间来干些正事儿，是多么的不容易呀！）

我从小就没有当作家的梦想。我的梦想仅仅是让星期天快点到来，这样我就能痛痛快快地下河摸鱼。尽管小时候我是一个淘气包，但还是干了一些正事儿。5岁的时候，我二姐在家门前的桃树下放了一张桌子，当时正值春天满树桃花盛开的季节，她在纸上画了一朵桃花，让我照着她的方法去画。尽管我进步很快，但很快我就觉得这没有上树掏鸟、下河摸鱼洗澡有意思。

后来我又练习书法。教会我干这事儿的，又是我二姐，甚至我第一次刷牙也是她教的。除此之外，她做得最多的还是在我干了坏事之后，在妈妈面前告我的状。

等到我不再觉得用竹竿捅马蜂窝有意思的时候，又在大哥的影响下迷上了无线电。那时除了做功课之外，看电路图、装调收音机成了我的全部爱好，这样一直持续到毕业之后走上社会。迷上电子计算机是后来的事情，本来我学的不是计算机专业，也并不知道这世界上还有这玩意儿，学习它完全是我的好朋友张辉撺掇的结果。

我基本上属于这样一种人：如果我对一个核桃感兴趣，我一定会想办法把它砸开，看看它里面到底是怎么回事儿。于是我找了一大堆计算机专业教材来学习，但很快我就不得不放弃了。原因很简单，第一，这些教材太多，太深奥，我实在读不下去。我读的第一本书是《数字逻辑和逻辑电路》，这还不错，能够看明白（真是庆幸，好在我还学过无线电）。但是很不凑巧的是，我读的第二本书是《离散数学》，这本书我看了5页就再也看不下去了。我比较有自知之明，知道趴在这些知识上打瞌睡是一种不敬的行为，所以只能将其束之高阁。第二，我接触的是现实的计算机，看到别人在键盘上敲些东西就能调出一些有意思的画面，感到很羡慕，但是自己却做不到。为了也有这些本事，我就在这些专业教材里找啊找，但是我发现那里根本不涉及这些现实的内容。后来我才知道，计算机的原理和它的具体

实现之间还是有相当的距离的。

看来我需要找一些难度适中的入门书来看看，这些书既能讲清楚计算机到底是怎么工作的，又不会深奥到学完之后可以到中科院上班的程度。但非常遗憾的是，这也并不容易。如果你对此没有体会，可以看看下面一段话，这还是从一本据说是非常初级的入门书中摘抄下来的：

“中央处理部件 CPU 是微机的核心部件，由控制器和运算器组成，负责控制整个微机自动、连续、协调地完成算术和逻辑的运算。”

作为一本书的开篇，这段文字让人在读完之后越发糊涂。一本书如果浅显到如此肤浅的程度，那它离成为一本天书就不远了。说实话，我也是从那个时候开始才知道，这个世界上最抽象的学问除了哲学之外，还有计算机。

所幸的是，我毕竟是走过来了。但是这段艰难的学习历程我一生都不会忘记。若干年后，当我回想起这段时光的时候，我唯一的想法和愿望就是我要自己编写一本通俗易懂的计算机入门书籍——既不会深奥到让人觉得面目可憎、难以卒读，又不完全是在肤浅的层面上夸夸其谈。

关于本书的内容

这是一本有关电子计算机工作原理的入门读物，侧重于那些摆在办公室和家里的个人计算机。要想知道计算机是怎样工作的，最好是从头开始了解它为什么要像现在这样工作。所以这本书的目标是带领读者从头开始，从无到有地构建一台现代的计算机。现代计算机是在电走进人类的生活之后才出现的，并且从此以后一发不可收拾地进化着，就像你平时所坐的椅子：一开始叫板凳，只有四条腿和一块木板；接着人们发现后背没有支撑坐着太累，于是带靠背的椅子出现了；再后来，当人们斜躺在椅子上的时候发现要么手没处放，要么木板太硬硌屁股，从此椅子就有了扶手和柔软的垫子。

所以，像介绍椅子的发展史一样详细地为你介绍现代计算机的发展过程，直到你读完后能够对计算机的工作原理“再明白不过”，这就是本书的任务。不过需要说明的是，这不是一本严格意义上的计算机发展史或者和计算机有关的人物传记，也不是一本生硬的教科书（至少我的本意并不希望它生硬）。书店里充斥着大量这样的书籍，在互联网上你可以轻易搜索到不计其数有关它们的主题和内容。这本书不准备重复这些，重复这些东西对于学习计算机知识没有太大裨益，而且这确实是相当乏味的工作，只能使许多人昏昏欲睡。

尽管我已经说过，这是一本入门读物，但并不是在肤浅的层面上向大家介绍计算机的内幕。它讲述了计算机世界里最底层、最核心的秘密，但是并没有拘泥于通常只有专家们才会注重的技术细节（打个比方说，椅子上的螺钉应该采用哪种材料来制造才是最好的）。如果非要这样做的话，这本书就不是现在的一本，而是有相同厚度的几十本书了。

谁适合阅读本书

任何一个作者都希望拥有大量的读者，甚至希望最好是每个中国公民人手一本。遗憾的是这种愿望不可能实现，一是因为没有哪本书能迎合所有人的喜好；二是有些人，比如我的妈妈和我的岳母，以及我那一岁多的女儿，她们不读书。

所以，这本书是否适合你，这是一个大问题。为了节约你的时间（这样你就可以有更多的时间浪费在浩如烟海的书堆里，寻找那本你心目中的最爱），我得让你知道这本书是否适合你读。

这本书对于它潜在的读者没有太多的限制，如果你已经从那位严肃的校长手里拿到了初中毕业证，而且还有些使用计算机的经验，这就足够了。当然，前提是你愿意知道这些东西，喜欢一页一页地听我在书里面唠叨。当放完牛、干完农活、下了班、泡完吧、跳完舞、打完保龄球、在歌厅里喊过了之后，如果头脑还算清醒，还有那么点闲心的话，可以拿出来翻翻。

我知道有很多人并不是真的想从事计算机方面的工作，他们只是觉得好奇，希望多了解一些有趣的知识；而另一部分人则怀揣着在这个行业里有所作为的梦想。总体上，这两个群体都能从本书中找到他们所要的东西，但是对于后者，仅仅有这本书是不够的。尽管学习《离散数学》不那么容易，但是，要想有一个强健的体格就不能挑食，对吗？所以，我希望这本书能够像一个站在计算机科学大门口的仆人，把那些喜欢学习的人拉进来，并将那些已经进来的人朝正确的方向推一把。

致谢

在一本书的前言部分里说一些客套话或者对同事和朋友以及家人表示感谢已经成了一种堪称经典的固定模式。我不想坏了这个规矩，但的确是真心实意的。

首先要感谢的是现在正捧着这本书的人——也就是你，谢谢你能给我捧场，但我更希望你把它买下来，而且只有在看到你捧着它走出书店我才放心。

感谢我的父母和家人，是我的妻子一直给予我鼓励和支持，并坚持阅读……哦，很遗憾，事实上除了第1章外，她再也没有读过这本书。这不能怪她，她已经做了她力所能及的——分担家务、照顾孩子、使每天的生活正常进行。所以，她理应得到我的感谢。

感谢吴昊和张辉，没有他们俩在学生时代的影响，我不会进入计算机行业。我为我们三个人兄弟般的情谊感到自豪。我们在学生时代以及步入社会之后所经历过的种种有趣的事情已经可以写一本书了——只是现在肯定不行。

我还想提一下三个长春人周世峰、张勇和张树雨，我们在同一个单位里共事，有着兄弟般的情谊。他们仨对我写书的进度是那么的关注，使我不得不在这里表示感谢。至于他们的动机，据周世峰老弟自己供称，是因为他们居委会的大妈又跟他要糊墙纸了。

同样是兄弟和朋友，少一个都不行，所以我还得提一下我老家的朋友李文行，还有在北京工作的朋友龙浩，他们也是我亲密的兄弟，虽然他们并不知道我在写作，但是我不想让他们怪我。从另一方面来说，有这么多兄弟也的确值得在这里炫耀一下。

感谢我那些全国各地、各行各业的网友们。这些可爱的朋友们在网上阅读我的作品，为我提供各种各样的意见和建议，邀请我方便的时候和他们一起把酒言欢，共论天下之事，甚至希望我在书中加上这样一段话：“哦，这里还要提到柳小民，柳小民对本书没有任何贡献，这里提到他是因为他希望在这本书里看到自己的名字。”

谢谢我的女儿，谢谢她让我和她的妈妈看成不成电影、没时间旅游，和代表着资本主义腐朽生活方式的浪漫情调决裂，而且还得是发自内心深处、心甘情愿的。她虽然不懂事，甚至还不知道“爸爸”意味着什么，但并不妨碍她让我在充满了欢乐的家庭氛围中从事这本书的写作。作为一个父亲，当然很想知道自己在女儿心目中的位置，现在就是一个机会：

“宝宝，你喜欢妈妈还是喜欢爸爸？”

“喜（欢）妈妈。”

“……”

李忠，2006年12月8日星期五

电子邮件：leechung@126.com

本书博客：<http://blog.163.com/leechung@126>

目 录

| | |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 了解计算机，要从电开始 | 1 |
| 1.1 有的东西能导电，而有的则不能..... | 2 |
| 1.2 电的老家是原子..... | 2 |
| 1.3 为什么有些东西可以导电..... | 6 |
| 1.4 电流是怎样形成的..... | 8 |
| 1.5 电路和电路图..... | 12 |
| 第 2 章 用电来表示数 | 16 |
| 2.1 怎样用电来代表一个数字..... | 17 |
| 2.2 古怪的二进制计数法..... | 21 |
| 2.3 二进制数就是比特串..... | 25 |
| 2.4 用开关来表示二进制数字..... | 26 |
| 第 3 章 怎样才能让机器做加法 | 30 |
| 3.1 我们是用十进制做加法的..... | 30 |
| 3.2 用二进制做加法其实更简单..... | 31 |
| 3.3 使用全加器来构造加法机..... | 33 |
| 第 4 章 电子计算机发明的前夜 | 38 |
| 4.1 电能生磁..... | 39 |
| 4.2 继电器和莫尔斯电码..... | 41 |
| 4.3 磁也能生电..... | 44 |
| 4.4 电话的发明..... | 46 |
| 4.5 爱迪生大战交流电..... | 48 |
| 4.6 无线电通信的开端..... | 53 |
| 第 5 章 从逻辑学到逻辑电路 | 59 |
| 5.1 逻辑学..... | 59 |
| 5.2 数理逻辑..... | 71 |
| 5.3 数字逻辑和逻辑电路..... | 76 |
| 第 6 章 加法机的诞生 | 89 |
| 6.1 全加器的构造..... | 89 |
| 6.2 加法机的组成..... | 93 |

| | | |
|---------------|-------------------------|-----|
| 第 7 章 | 会变魔术的触发器 | 96 |
| 7.1 | 不寻常的开关和灯..... | 96 |
| 7.2 | 反馈和振荡器..... | 97 |
| 7.3 | 电子管时代..... | 101 |
| 7.4 | 记忆力非凡的触发器..... | 106 |
| 7.5 | 触发器的符号..... | 110 |
| 第 8 章 | 学生时代的走马灯 | 112 |
| 8.1 | 能保存一个比特的触发器..... | 112 |
| 8.2 | 边沿触发..... | 116 |
| 8.3 | 揭开走马灯之谜..... | 118 |
| 8.4 | 这个触发器很古怪..... | 120 |
| 第 9 章 | 计算机时代的开路先锋 | 122 |
| 9.1 | 纯电子化的计算时代..... | 122 |
| 9.2 | 晶体管时代..... | 124 |
| 9.3 | 新材料带动技术进步..... | 129 |
| 第 10 章 | 用机器做一连串的加法 | 134 |
| 10.1 | 把一大堆数加起来..... | 134 |
| 10.2 | 轮流使用总线..... | 138 |
| 10.3 | 简化操作过程..... | 140 |
| 10.4 | 这就是传说中的控制器..... | 144 |
| 第 11 章 | 全自动加法计算机 | 150 |
| 11.1 | 咸鸭蛋坛子和存储器..... | 150 |
| 11.2 | 磁芯存储器..... | 156 |
| 11.3 | 先存储, 后计算..... | 159 |
| 11.4 | 半自动操作..... | 163 |
| 11.5 | 全自动计算..... | 167 |
| 第 12 章 | 现代的通用计算机 | 169 |
| 12.1 | 更多的计算机指令..... | 170 |
| 12.2 | 当计算机面临选择时..... | 174 |
| 12.3 | 现代计算机的大体特征..... | 178 |
| 12.4 | 为什么计算机如此有用..... | 181 |
| 第 13 章 | 集成电路时代 | 184 |
| 13.1 | 电子管和晶体管时代..... | 184 |
| 13.2 | 集成电路时代..... | 187 |
| 13.3 | 流水线和高速缓存技术..... | 193 |



| | | |
|---------------|----------------------|------------|
| 13.4 | 掌上游戏机和手机就是计算机 | 197 |
| 第 14 章 | 核心与外部设备间的接口 | 199 |
| 14.1 | 计算机同外部的接口 | 200 |
| 14.2 | I/O 接口 | 204 |
| 14.3 | 中断和直接存储器访问 | 207 |
| 14.4 | 键盘 | 210 |
| 14.5 | 显示器 | 214 |
| 第 15 章 | 计算机的启动过程和操作系统 | 225 |
| 15.1 | 打开电源并启动计算机 | 226 |
| 15.2 | 各种各样的辅助存储设备 | 229 |
| 15.3 | 启动操作系统 | 236 |
| 15.4 | 操作系统的功能 | 238 |
| 第 16 章 | 办公、娱乐和程序设计 | 242 |
| 16.1 | 用于写文章和排版的文字处理软件 | 242 |
| 16.2 | 压缩和解压缩 | 244 |
| 16.3 | 图像、音乐和视频 | 246 |
| 16.4 | 计算机语言和编译软件 | 249 |
| 16.5 | 计算机病毒也是软件 | 255 |



第1章 了解计算机，要从电开始

这是一本讲述计算机奥秘的书，我想我亲爱的读者已经准备好痛痛快快地开始了。但是，哎呀，我也知道在开篇部分先给大家灌输电学方面的知识可能不是个好主意，然而没有办法，这是必须的。计算机的工作需要电力，只有打开电源，它才会亮起来，才会听你的指挥，也才会呈现出你想要的结果。相反，如果没有电，无论你怎么心烦意乱，它都无动于衷。这意味着，要想知道计算机是怎么造出来的，又是如何工作的，你必须先和电交朋友，了解它的性格和脾气。

电是人类最好的朋友之一，尽管我们了解它，并学会与之友好相处只是最近几个世纪的事情，而且这个过程也不是那么一帆风顺。电给我们带来了光和热，以及可以用来同情古人的文明（非常遗憾，从现在开始再过几百年，你我也必将成为令人同情的古人），也导致了电子计算机的产生。可以说，如果没有电，我这一生中决不会想到应该写这样一本书，而科学家们也许正躺在风和日丽的沙滩上想：既然可以训练猴子上树帮我们摘椰子，为什么不把它们训练成会跑善算的猴子计算机？

时至今日，电对于大多数人来说还是相当神秘的，尽管它一直就在你的身边为你服务。它点亮电灯，以免在漆黑的夜晚你毫无道理地用额头和膝盖去揍无辜的石头；或者让你能够坐在电视机前，愤怒地抱怨那些无休止的广告。要是突然有一天没有了电，你一定会觉得生活不便、世界黯淡，不知道该如何继续下去。虽然电是如此的有用，我们也是如此的离不开它，但是大多数人对它并不了解，甚至对这个朋友还心存恐惧。社会在不断进步，人们也越来越忙，甚至忙到学会了对大多数事情习以为常而不去深究其中的奥妙。要是对你宠信有加的老板今天早上在电梯里一句话也没跟你说，你可能会为这事儿琢磨一上午，但如果被电了一下，却从来不会想：“电怎么这么厉害？老子今天倒要看看这是怎么回事儿！”

在电与人类的关系方面，过去和现在的情况始终是——就拿电灯来说——先有了电，于是才有了电灯。电灯为什么要这样构造？那是因为我们发现只有这样构造，电才能为我们发光。不了解电，你永远也不会明白电子计算机为什么非得是这个样子，它到底是怎么工作的。不过你也不用害怕，毕竟这只需要一些基本的电学知识就够了，怎么说也比训练一只猴子计算机来得容易。那么，让我们现在就开始吧！

1.1 有的东西能导电，而有的则不能

电学是我们身边的科学，所以就连我那一岁多的女儿偶尔也会聚精会神地盯着电视机，看那上面不断变化的图像，或者笨拙地玩弄她的电动玩具。也许正是因为人们对电的依赖性太强了，我才会在网上看到有人说：“唉，明天又停电，什么事也做不成，只好躺在床上看一天电视了。”

要输送电，通常只能借助于电线，而不是一车一车地往家里拉，这是小孩子都知道的。根据我们在日常生活中得到的经验，电只能通过金、银、铜、铝、铁、锡、铅等物质来传播，而对于干燥的木头、纸张、塑料、陶瓷等物质则不行。这基本上属于常识，回忆一下，你是否在家中遭到过电击？那并不是因为你碰到了插座的外壳或者电线的外皮，而是因为你不小心接触了里面的金属，最讨厌的是那天为什么没有停电。

生活在现今这个时代还是很幸福的，电线哪里都有，随处都能找到。有一次手头上的电线用完了，出去买又太远。于是我就找啊找，很快找到一根。你知道我是在哪里找到的吗？说出来不怕你笑话——垃圾堆！想想几个世纪以前电学刚刚起步的时候，普通人根本不知道电线为何物。为了做实验，大师们都得自己想办法制作电线，现在看起来还真有些艰苦卓绝的味道。

像金银铜铁铝那样能导电的物质叫导体，而通常情况下不导电的物质叫绝缘体。但也不总是这样，有时候，像木头这样的东西，在被雨水淋湿之后也会导电。可见导体和绝缘体之间的界限并不是十分绝对。人体也能导电，和淋湿的木头差不多。有时候当人触了电，那一声怪叫就是明证。

尽管看不见，但几乎所有人都会“感觉”电更像非常微小的颗粒，它们可以在导体中游走。看起来这是一种人人都会有的直觉，不管是谁，在他安静下来认真思考这件事情的时候，都会想到这一点。原则上这种认识并没有错，从18世纪以来，科学家们就在思考和研究这件事情，并把这种非常微小的粒子起名叫电子。

你可以随意想象电子在物体里穿行的样子，比如你可能认为它是一束束地在导体里面游动，导体有空隙而绝缘体没有，所以绝缘体不能导电。但需要指出的是，实际情况并非这样。要弄清楚这一点，需要了解世间万物的微观构造。

1.2 电的老家是原子

理论上任何物质都是可以无限地分割的。比如一根铅笔，你把它从中间折断，折断后所余下的两段又可以再从中间折断，你可以不停地分割下去。这个分割的过程一旦开始，你就不可能停下来，因为不管每一段有多短小，它依然是实际存

在的物质，而只要是物质就必然可以被拦腰劈成两半。

所有物质都可以无限分割，这只是一种理论上的假设，在意念上——也仅仅只是在意念上它才是正确的。没有谁能够把物质无休止地分割下去，因为找不出那样薄的刀片，而人的眼睛也看不清太小的东西（能够将物体无限放大的显微镜还没有制造出来，估计是永远也造不出来了）。

“分割”是一种非常粗暴的行为，常常带有破坏性。当你分割一头牛后，它再也不能喷着响鼻站在牛圈里吃草，也不能下地干活，只能拿到熙熙攘攘的市场上任人挑选，最后可能会变成你今天中午吃的一碗牛肉面。与分割不同，远在古代就有人通过观察发现很多物质自然就能分解成细微的组成部分。比如空气，尽管看不见，但是它能飞沙走石，也能在我们的身体里进进出出，让我们活着感觉到它必定是以非常微小的颗粒组成的。再比如糖块，平时它是固体，硬硬的，即便是碾成粉末，那也是看得见的小颗粒。但如果将它丢进水里，它就会消失得无影无踪。当水蒸发掉之后，它又变成了可以用手捏起来的糖（真是奇怪，连味道都没有变）。这意味着，像糖这样的东西应该是由非常细小的微粒组成的，这些微粒太小，人的眼睛看不见。

事实上，不仅仅是空气和糖，世界上所有的东西都是由肉眼看不见的微粒组成的，包括你自己和眼前正在看的这本书。与分割不同，“组成”意味着某种东西是由另外一些东西相互结合在一起形成的，就好比一支铅笔，它是由铅笔芯、圆木组成的，它们都能单独存在，并有各自的用处。

那么，组成所有物质的最小微粒究竟是什么呢？不同的人有不同的回答，下面就是一些答案。

父亲：噢？好小子，你居然想到了这个问题……去问你的老师吧！

母亲：我已经够忙的了，你能不能去干点别的？

同事：大哥，你是不是小学没毕业啊？！

我的女儿：zzzzzzzzzzzzzzzzzzzdgvvvn8jfgggggggggN M FV（我一岁半的女儿显然希望通过计算机键盘用长篇大论来发表她的观点，但是我只保留了第一行，因为我觉得这一行对于阐明她的理论来说已经足够充分了）。

物理老师：物质都是由原子构成的。物质不同，构成它的原子也不同。

这难道就是结论吗？

在古代没有原子的概念，但只要思想是一样的，采用什么表达方式和什么术语都无所谓。在国内，这种思想可以追溯到春秋战国时代；而在西方，第一个具有这种思想的则是古希腊人德谟克里特。

德谟克里特绝对是一个伟大的人。但是，哎呀，但凡伟大的人都很奇怪。这个败家的人游历过很多地方，为的是增长见识、开阔视野（而他的确见多识广，生性乐观豁达）。他到过的地方很多，甚至远到埃及、印度等这些地方他都去过，



就这样花光了祖上留给他的大量财产，活生生地证明了“知识就是金钱”这句话果然不假，千真万确。

德谟克里特活着的时候距离我们现在足足有两千多年。那个时代好像没有什么好发明的，伟大的人通常都以伟大的思想见长。他研究过很多东西，包括数学、动物解剖、社会伦理、政治和教育，等等，也写过不少作品，但遗憾的是大都失传了。他的很多思想（比如关于原子的思想）对后世产生了很大影响，连马克思都称赞他是“有经验的自然科学家和希腊人中第一个百科全书式的学者”。

在他关于原子的思想里，整个世界只有两样东西：原子和除了原子之外的“什么也没有”，也就是所谓的“虚空”。原子是不可再分的，它组成了五颜六色、形态各异的世间万物，而且它们都待在虚空中。

注意，这基本上符合我们的直觉，因为你的目光所及之处，差不多就是他所说的“有”和“没有”。尤其可贵的是，他还意识到原子在数量上是无限多的，万物之所以各不相同，是因为组成它们的原子在数量、形态和排列方式上存在着差异。德谟克里特关于原子的思想在很大程度上是错误的，但是，哎呀，他生活在什么时代，再看看你自己又生活在什么时代，特别是你还能知道他、记住他，这很能说明问题。

显然，用原子的眼光来审视我们的生活是很奇特的：我们都由原子组成，放眼望去，哪里都是原子。人们吃原子、喝原子、享受原子，甚至有些不文明的人在公共场所随地吐原子——当然，这实际上是由数不清的原子形成的特殊物质，也就是我们平时称之为“痰”的东西。但是，你大可不必惊恐到这样的程度：连吃东西的时候都不敢用力嚼，生怕原子们被你咬疼。事实上，无论怎样粗暴地对待它们都没有关系，因为它们没有生命。

德谟克里特之所以非常有名气，很大一部分原因是他那朴素的原子思想与现代的科学发现比较接近。但是在他活着的时候，大部分人对他的说法持怀疑态度。不过这还算好的，要说糟的，那就是他也拥有很多敌人，这些人反对他的说法，觉得这完全是胡说八道。用他们的话说，德谟克里特是一个疯子，就爱胡说八道。真正完整意义上的、科学的原子理论，是在18世纪的时候，由一个名叫道尔顿的人完成的。

道尔顿的故乡在英国，他1766年出生于一个清贫的织布工家庭，唯一的优势就是——用一些传记作家的话来说——从小就聪明过人，12岁的小小年纪就当上了当地一所小学的校长。不过同时作家也不疑惑地写道：“这也许说明了道尔顿的早熟，也说明了那所学校的状况，也许什么也说明不了。”

道尔顿患有色盲症——也就是不能像正常人那样分辨颜色的疾病，比如会将红色看成黑色。他是当时基督教新教的一个派别——贵格会的教徒，每次去做祈祷的时候都穿着色彩鲜亮的红色长袍。作为一名保守、稳重的贵格会成员，这是



极不恰当的。道尔顿不是精神病人，所以他意识到自己在色彩分辨上存在问题。

这种毛病不会要人的命，但却让人觉得烦恼。想想看，如果有一天你在厨房里一不小心把手指当成豆角切了个小口子，而你恰好又不知道自己患了色盲症，在发现自己的血液竟然颜色发黑的时候，你该是多么的惊恐啊！尽管极少有人知道，但是色盲症事实上还有另一个名称：道尔顿症。这是因为道尔顿自己就是个色盲，一般来说，人类总是倾向于热心研究发生在自己身上的各种怪异之事，于是他就这么干了，而且是第一个研究色盲的人。

1808年，道尔顿写了一本叫做《化学哲学的新体系》的书，这本书足足有900多页，终于使他出了名。在这本书的前面，说明了差不多是现代概念上的原子。没有人能创造原子，它一直就存在着，从世界开始的那一天。“创造或者毁灭一个氢原子，”他写道，“也许就像向太阳系引进一颗新的行星或毁灭一颗业已存在的行星那样不可能。”

在我们身边有着数不清的东西——简直是数不清，大小不同、形状各异、黑白分明；有的赏心悦目，有的面目可憎；沁人心脾的很多，臭气熏天的也不少。别的不说，光是整个地球上有多少种动植物，也从来没有哪一个人能说得清。很显然，这个五彩缤纷的大千世界是不可能只用同一种类型的原子组成的。道尔顿研究了不同类型原子之间的相对大小，以及它们各自的性质和相互之间结合的方法，尽管在他那个时代，已经知道的原子类型还很少。比如，他当时就认为我们平时喝的水（无论一碗还是一滴）是由氢原子和氧原子按1:7的比例构成的。他的观点当然并不十分准确，因为我们现在已经知道，这个比例实际上是2:1。

原子不是靠你用小刀就能分割出来的，从世界存在的那个时候它就一直在那里。你可能很想知道的是，原子到底有多大？答案是大约等于1mm的 $1/10\,000\,000$ 。要想在头脑中对此有个概念，你可以试着将1mm放大，一直放大到差不多等于笔直修一条从东到西横贯中国的公路。那么，一个原子的直径就和一个汽车轮子的直径相当。因此我们不得不说，原子实在是太小了。

尽管在原子是否存在的问题上所有人都达成了一致，但始终还是没办法看见原子。人们承认它，只是因为越来越多的实验表明它肯定是存在的。一开始，人们觉得原子有可能是方的，像砌墙用的砖。这听起来似乎有些道理，因为它能很好地解释为什么像金属和钻石这样的东西竟然有那么高的硬度。然而更多的科学家则倾向于认为它更像一个实心球——一个密度很大的固体。

时间过得可真快，到20世纪初，人们已经普遍知道原子并不是个实心球，它实际上还具有更小的组成部分。原子内部绝大部分都是空的，在它的中央有一个非常微小的核心，由数量不等的质子和中子聚集在一起组成，称为原子核。在原子核的外面，是围绕着它的核外电子，简称电子。

说实在的，对于原子内部的世界是什么样子，大多数时间我们只能依靠想象，



这的确是一件遗憾的事情。但是就算你能观察到它，那也会觉得它其实没什么意思：它很空旷，尽管它有一个原子核和一些核外电子，但这些东西相对于原子内部的巨大空间来说实在是太微不足道了。那里基本上没有什么东西，没有餐馆、没有网吧，更没有足球比赛和花果山水帘洞（所以就连孙悟空可能也不愿意去，虽然以他的神通来说，到这样的地方应该没问题）。你所能看到的，也许只是电子在离你非常遥远的地方呼啸而过——如果那里有风的话。不过那里当然没有风，也不可能有空气，因为在我们的现实生活中，空气和风实际上也是由原子组成的，而你此时此刻正在原子内部逗留访问。

我们知道，原子有很多种，光是你现在看的这本书，它所使用的原子起码就有 10 来种。看起来这并不算多，可是你要知道，迄今为止人类只发现了百十来种原子，正是它们组成了这个五彩缤纷的大千世界。没错，原子们真是太能干了。

通常，一个原子不同于另一个原子的原因，是它们原子核内的质子数不同。比如，组成氢气的氢原子只有一个质子，是所有原子中最简单的；组成铁丝或铁块的铁原子却有 56 个质子。前面已经说过，目前已知的原子有一百多种，这就意味着，就最复杂的原子来说，它的质子数会达到一百多个。

不同的原子具有不同的性质和特点。用一本科普书上的话说，“质子数决定了原子的身份，电子数则决定了原子的性情。”但是由于我们一般接触不到单个的原子，所以也就无法确切地感受到这一点。

1.3 为什么有些东西可以导电

到现在为止我们已经用了大量的篇幅来披露原子的内幕，希望人类不会因为好奇心的驱使前去参观而带来环保问题。说实在的，我们已经离题太远了，在这一节里，我想从另外一个角度重新探讨一下导体和绝缘体。

研究原子是单调和枯燥的工作，甚至有些无聊，所以我们通常认为这是物理和化学家们的工作，自己则跑去喝茶、看电视、钓鱼或者到演唱会现场给歌星们助兴。我们不喜欢原子，但是却喜欢原子组成的大西瓜、大米饭、炸小黄花鱼、垃圾食品（我们大家心里跟明镜似的，却管不住自己的嘴）和汽车。看得出这绝对是一种细活儿，大自然是怎么做到的呢？

没有用来把原子们粘在一起的胶水，在原子一级的微观世界里是没有胶的。非常明显，同时也非常关键的是，如果没有办法把原子们结合到一起，它们就只能像沙子一样什么也形成不了，永远都只能是一盘散沙。不过，作为也是由原子组成的你，既然能够有机会在这里探讨这个问题，说明大自然早就找到了解决的办法。

奥秘就在于要形成物质，原子们必须依靠共用外层电子的方法来抱成团。在

物质里，原子们密密麻麻地挤在一起，一个原子会有一个以上的邻居，而它的邻居们也一样拥有别的邻居。当共用发生的时候，每个原子外层的电子会定期到别的原子那里待一会儿。这有点儿像两个无聊的邻居，今天你住我家，我住你家，明天再换回来，就这样不停地折腾，也不知道为什么。由于电子和原子核之间有引力作用，所以当电子在原子之间共用时，电子充当了原子之间的黏合剂。

在原子那里，它们之间的黏合剂是它们各自最外层的电子，具体方式就是电子共用。共用通常只发生在相邻的原子之间，但这也不可能是随随便便就可以的，不同的原子，也会在“邻居”的类型和数量上有所挑剔。在生活中，你也不是和所有人都能称兄道弟。俗话说“人以类聚、物以群分”，就是这个道理。

从大的、看得见的宏观层面上来说，物质分为两大类型。第一种类型的物质，它们的共同特点是由同一种原子结合而成。比如金、银、铜、铁、锡、铝和钠等，它们都是分别由相应的金、银、铜、铁、锡、铝和钠原子组成的。从现在开始起，当你神气活现地把金戒指戴在手上的时候，别忘了正是因为有不可胜数的金原子愿意手拉手聚在一起，才成就了脸上那灿烂而自信的笑容。

第二种类型的物质，其组成方式较第一种类型复杂，但在生活中更常见，包括所有的动植物、食品、纸张、化工原料等，包括你自己躯体上的每一个组成部分。我们平时喝的水，它是无色透明的，也没有难闻的怪味儿（如果不是这样，而你又喝了它，随后所发生的一切我们称之为坏肚子）。但是有可能不知道的是，这种你天生就离不开的东西却是由两种表面上看起来极不相干的东西结合而成：氢和氧。氢和氧平时是气体，它们分别由氢原子和氧原子组成。特别是氧气，你根本就离不开它，为了依靠它活命，你说话和唱歌的时候必须换换气儿，即使是在睡着的时候，你那令人不爽的鼾声也表明它依旧在你的身体里进进出出。但是当氢气和氧气混合起来燃烧的时候，氢原子和氧原子就会通过共用电子形成水。

再比如我们平时吃的盐，你简直想不到它居然是由两种极其危险的物质构成的，即钠和氯，所以食盐在化学上又称为氯化钠。钠是一种金属，呈银白色，可以导电。奇怪的是同样属于金属，它却非常软，可以用小刀切成片。最麻烦的是它对于我们生活的环境非常恐惧（我们呼吸的空气中有21%是氧气，它很容易就能与钠打起来生成一块氧化钠的东西），所以只好将它放在煤油里——也只能待在这里，要是你把它丢进水里，那可就太危险了，它会在水面上打转，并“滋滋”地使劲儿叫唤——很像一种燃放之后会在地上打转的烟花发出的声音——总之简直让人不知所措，如果更严重的话，还会爆炸，给你整整容；而氯气呢，则是有毒的气体。总之，如果你吃了一块钠，或者吸入了过量的氯气，通常的结局只能是伸腿瞪眼、四脚朝天、呜呼哀哉。有句话叫“吃饱了骂厨子”，但是你瞧，如果饭菜里不放盐，情况也好不到哪儿去。

原子之间通过共用电子来形成各种各样的物质，这并不是一件轻而易举、稀

