

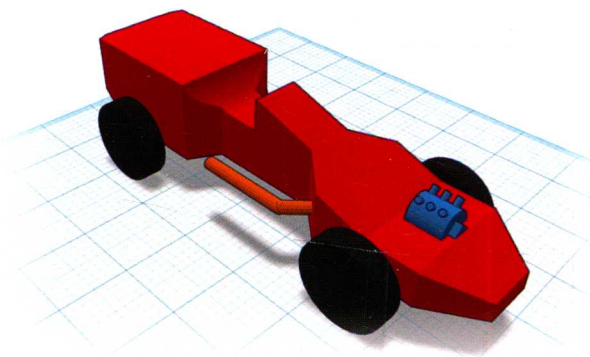


《3D打印就这么简单》作者James Floyd Kelly最新力作，全面、系统讲解3D建模和打印的基础知识及实践

从实际应用角度，深入浅出地阐释3D打印是什么，可以做什么，怎么做



3D打印
技术丛书



*3D Modeling and Printing
with Tinkercad*

Create and Print Your Own 3D Models

3D建模与打印

用Tinkercad设计并打造自己的3D模型

[美] 詹姆斯·弗洛伊德·凯利 (James Floyd Kelly) 著

江涛 译



机械工业出版社
China Machine Press

3D Modeling and Printing with Tinkercad
Create and Print Your Own 3D Models

3D建模与打印

用Tinkercad设计并打造自己的3D模型

[美] 詹姆斯·弗洛伊德·凯利 (James Floyd Kelly) 著
江涛 译



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

3D 建模与打印: 用 Tinkercad 设计并打造自己的 3D 模型 / (美) 凯利 (Kelly, J. F.) 著; 江涛译. —北京: 机械工业出版社, 2015.10

(3D 打印技术丛书)

书名原文: 3D Modeling and Printing with TINKERCAD: Create and Print Your Own 3D Models

ISBN 978-7-111-51780-1

I.3… II. ①凯… ②江… III. 立体印刷 - 计算机辅助设计 - 应用软件 IV. TS853-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 243830 号

本书版权登记号: 图字: 01-2014-4442

Authorized translation from the English language edition entitled 3D Modeling and Printing with TINKERCAD: Create and Print Your Own 3D Models by James Floyd Kelly, published by Pearson Education, Inc, publishing as Que, Copyright © 2014 by Pearson Education.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanic, including photocopying, recording, or by any information storage retrieval system, without permission of Pearson Education, Inc.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2016 by China Machine Press.

本书中文简体字版由美国 Pearson Education 培生教育出版集团授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

3D 建模与打印

用 Tinkercad 设计并打造自己的 3D 模型

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 刘诗灏

责任校对: 董纪丽

印 刷: 北京瑞德印刷有限公司

版 次: 2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 186mm×240mm 1/16

印 张: 15.25

书 号: ISBN 978-7-111-51780-1

定 价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

华章 IT
HZBOOKS | Information Technology



相信大多数人都或多或少听说过“3D 建模”和“3D 打印”，但是由于专业或者生活圈子的不同，很多人对这两个概念并不是很清楚。幸运的是，有 James Floyd Kelly 这样一位拥有英语和工业工程双学位的作家，他不仅通晓专业知识，还能将其中生涩难懂的部分像讲故事一样娓娓道来。因此，本书适用于任何专业背景的读者，不管你是否曾经接触过 3D 方面的知识，本书都会给你焕然一新的感觉。

关于 3D 建模，有不少大众熟知的软件，如 AutoCAD、3Ds MAX、MAYA、Rhino（犀牛）、UG、Solidworks、Creo 等，但这些软件都需要购买才可以正常使用。而且这些软件相对来说比较专业，需要用户有一定的专业知识，因此虽然使用人数较多，但也仅局限于小众群体之中。本书所介绍的 Tinkercad，打破了人们长期以来对建模软件的认识，相比于之前所说的软件，Tinkercad 总的来说有几个突破性的特点。

首先，Tinkercad 并不需要下载安装。这对于零基础的建模爱好者来说，无疑是天大的福音。在译者所在的论坛当中，50% 以上的问题均来自新手的软件安装过程。耗时漫长的安装、复杂的参数设置，以及较高的购买价格，在很大程度上打击了初学者的自信心。因此，Tinkercad 基于网页的使用方式，可以很好地弥补这一缺陷。新手只需在网页上输入指定的网站，就可以开始 Tinkercad 的建模工作。不需要下载，不需要安装，不需要购买，就是“输入网站→使用”这么简单。因此，在任意一台联网的电脑上都可以正常使用 Tinkercad。除此之外，它还可以在 iPad 等移动设备上使用，使用方法和电脑类似。

其次，Tinkercad 的使用极为简便。与那些专业级的建模软件不同，Tinkercad 中并没有太多的命令，而且命令的使用也不难——但这并不影响 Tinkercad 的建模效果。这是由于 Tinkercad 是一款免费的、面向普通大众的建模软件，因此它的建模命令被设计得更为精简易用。有效地组合这些命令，就能创建出那些精美的模型。

作为一项近年才开始逐渐升温的技术话题，3D 打印已经开始受到越来越多的关注。3D 打印是什么？可以做什么？怎么做？这是人们普遍关心的 3 个问题。因此本书便从实际应用的角度进行了回答。

3D 打印指的就是一种快速成型技术，简单来说，就是只要有物体的数字模型，就可以创建一个真实的模型实物。以前的产品由于加工方法上的种种不足，在外形设计上存在着一定的限制。但是对于 3D 打印来说，并不存在这个现象，模型设计成什么样，就能制作出什么样的物体。

此外，3D 打印还有一个好处就是解放了人们的制作能力。在高度工业化的现代社会，所有商品几乎都在工厂进行批量式的加工，小到一枚螺钉，大到汽车、飞机，均是如此，而个人如果要想自己制作东西会格外困难。但是 3D 打印的到来，无疑解放了这种个人式的生产力，只要掌握熟练建模技术，便可以通过“建模→打印”的方式制作出所需的物品，如宠物狗的狗牌之类的物品。

目前市面上有不少 3D 打印方面的书籍，但很少有书会介绍如何正确使用一台 3D 打印机，或者联系提供 3D 打印服务的机构来获取我们所需的模型。不得不说，本书作者 James Floyd Kelly 填补了这项空白，也为国内众多 3D 打印厂商提供了另外一种发展的思路。

译者同样出身于机械工程专业，也十分热衷于 3D 建模与 3D 打印，因此经常流连于各大技术论坛，对于一些前沿的业界信息与专业名词，颇有自己的一番见解。在得知本书作者就是《3D 打印就这么简单》的作者之后，很有受宠若惊的感觉，能有幸翻译 James Floyd Kelly 的精心著作，深感荣幸。

对于国内读者而言，无论是从使用方式还是从操作习惯来说，Tinkercad 都可能稍显陌生。这是由于像 AutoCAD、3Ds MAX 之类的建模软件早已深入人心；而 Tinkercad 在使用性能上仍和这些软件有不小差距。虽然目前有这些不足，但不可否认的是，Tinkercad 所代表的“大众化、简单易用”的原则，是未来建模软件的大势所趋，而且随着 iPad 等各类移动设备的不断更新与普及，这种趋势只会愈加明显。

江涛

2015 年 6 月 13 日于长沙

欢迎来到 Tinkercad 的世界!

大概 20 多年前,那时我还在大学里面学习工程学。其中有一门课是我们这个专业的学生所不得不学的,我记得那是一门绘图课程。它要求我们用一种特殊的铅笔(不是常见的 2s 铅笔)和一些三角板、直尺之类的工具,来手绘出生活中各种常见物体的形状。刚开始我们都会找些简单的东西来画,像立方体、金字塔之类的画得缓慢但用了很高高级的绘画技巧。现在想来,这确实是一门很有趣的课,但同时也很乏味。有些时候我可以通过橡皮擦来搞定一些错误,但更多的时候还是推倒了重来更简单,尤其是在画一些复杂的图纸时,只要前面有一两个尺寸在测量上出现了差错,整张图都将难以为继。

就在这门课程临近结束的时候,导师告诉我们下学年学校将会开设一门特别的课程,名字叫做 CAD,即计算机辅助设计(Computer Aided Design),也有人称之为计算机辅助绘图(Computer Aided Drafting)。他补充道,选那门课的学生应该已经掌握了一些基本的专业知识,于是教授就贴了三张巨大的图纸在墙上,用作测试用的例题。这三张图每一张都完整地显示了一个大立方体的向视图,有俯视图、主视图、左视图等。而这个大立方体的每一个面又都由九个小面组成,就像是一个魔方,如图 0-1 所示。

可根据图纸来看,又有些许不同,它好像缺少了几个小的立方体。这就展现出了一幅奇怪的景象:一个大的立方体,在每一个面上都少了几个小的立方体。学生们有 60 秒的时间通过这仅有的主视图、俯视图和左视图来画出这个 3D 的立方体模型。我知道教授正在测试我们的空间想象能力:根据这三个投影视图,在脑海中

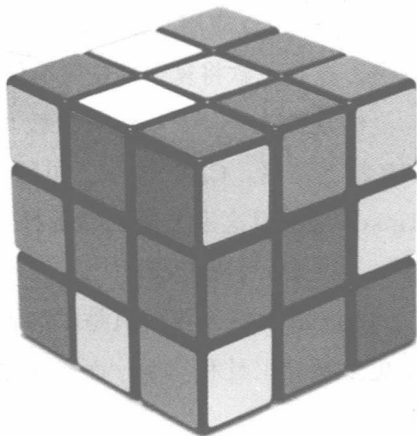


图 0-1 魔方

构建出物体的 3D 模型，并把这种想象体在纸上画出来。

我没有参加这项测试，因为我对这门课程不感兴趣。但是后来听那些选了 CAD 课的同学说，这门课十分有趣，而且很有挑战性（这种说法足以形容绝大多数工程专业的课程）。主要内容就是在电脑屏幕上画各种东西，先通过捕捉并定义出物体的特征点，然后再用线将点连起来。听起来好像很难，而且很费时间，但同时也很无聊……但大多数学生还是说这比在初级水平课上用手画要快得多，

今天的 CAD 应用软件比 20 年前的可要先进得多。现在的应用软件功能非常强大，可以帮你做很多工作（像画一个完美的圆，一段精确长度为 1.275 英寸的线段），并且允许你在电脑屏幕上建立一个尚未真实存在的物体的 3D 模型。

很多人都说要学会 CAD 软件很难。但在过去的几年时间里，我试着去自学很多 CAD 软件，虽然也获得了成功，但有些时候确实很让人沮丧，掌握它们也确实需要花费大量的时间。直到不久前，任何人想要通过操作这些软件来建立 3D 模型，都必须付出时间和汗水，有时还要为这些软件付一笔实际的费用，如果他们的学校或者工作场所没有提供的话。

但是现在，不再是这样了。今天的一些 CAD 应用可以说是为初学者量身打造的，而且较之早期的版本，也更为亲民并减少了用户的不适应感。它们只需要更少的时间就能熟练掌握，而且在很多情况下都是免费使用的。在这些新式的 CAD 应用中，有一款就是 Tinkercad。

我第一次接触 Tinkercad 还要追溯到 2012 年，那是在 Maker Faire 的网站上（www.makerfaire.com）。我一下子就被它的各种特点给吸引住了：令人印象深刻而有趣；它仅需连接互联网并使用浏览器操作；它的操作就像是往屏幕上拖放一些乐高积木；同时它是免费的。于是我就注册了一个账户，并开始使用 Tinkercad，在这个过程中我发现这确实是一款很棒的 CAD 应用。虽然目前它功能有限，但是对 CAD 应用新手来说完全足够了。总而言之，这是一款将复杂工具简单化，使之适于任何人的优秀 CAD 应用。

你现在打开的这本书会教你学习 Tinkercad。主流的商业 CAD 应用软件 Autodesk 360 的制造者，CAD 软件公司巨头——Autodesk（www.autodesk.com），于 2013 年收购了 Tinkercad。但这家公司仍然选择让它保持免费，这对于发现这款简易 CAD 应用的人们来说，无疑是一个好消息。

Autodesk 并不仅仅只是收购了 Tinkercad，这家公司在继续改进着这款应用，为它添加了更多新的工具和功能，而且通过开通博客和创立论坛的形式为广大用户提供免费的在线服务。

如果你是 CAD 应用方面的新手，那这本书正适合你；如果你知道 CAD 应用的重要性，

但是不知道该从何学起，那这本书也适合你；也许你是一台崭新的 3D 打印机的拥有者，并且想快点开始设计并打印自己的塑料模型——如果真是这样，那 Tinkercad 就是你设计生涯的完美起点（如果你不是很了解 3D 打印机，但是想知道更多关于它的信息，请翻阅第 8 章）；如果你已经发现了 Tinkercad，但是在入门的过程中遇到了一点小麻烦，这本书同样适合你。本书会展示如何建立一个个神奇的 3D 模型，展示从开始到结束都要用到哪些知识。希望在学完这本书之后，你们能有足够的信心去探索 Tinkercad 所介绍的新功能，或是进而去掌握一款更为强大的 CAD 软件。

使用 Tinkercad，是一种体验电脑辅助设计和 3D 建模最为简单的方法。你们将要学习一项新的技能……而这个过程将会很有趣。现在就来开始第 1 章吧！

致谢 *Acknowledgements*

我喜欢写一些能帮助他人的书籍，尤其是帮助那些年轻的读者。我算得上是一个“万事通”（什么都略懂一点，但是什么都不精），而且我也经常自学一些能让我感兴趣的新事物。这就意味着我自己所掌握的信息通常都是含糊、晦涩或不完整的……有些时候更是这三种情况的叠加。因为这个原因，当我把我的知识写成书的时候，我会尽我所能让我自己和读者能够理解。

在本书的写作过程中，有几位朋友在关键时刻为我提供了无私的帮助、反馈和支持，有时甚至是一帮再帮。

首先，我要诚挚感谢的是 Rick Kughen，是他在早期策划中发现了我这本书的潜力，然后一再给出建议，提议什么内容可以保留，什么内容又该删去，因此才造就了本书的精简实用。

接下来我要感谢的就是我的技术编辑，Ralph Grabowski。所谓技术编辑就是不时指出我的技术错误，并提醒我哪里少了操作步骤，或者在进行描述时是不是应该更加详细的人。而 Ralph 绝对是一个称职的技术编辑，在指出本书的错误与操作建议方面付出了极大的努力，因此如果本书还有任何其他的错误，那一定是我的错，与 Ralph 无关（请将你发现的错误发送电子邮件至 feedback@quepublishing.com）。

此外我还想再感谢另外的 5 个人，他们是：Laura Norman，策划编辑 William Abner 和 Todd Brakke，主编 Kristy Hart，以及帮助我组织整理的项目编辑 Besty Gratner。所以如果你喜欢这本书，那这份荣誉与谢意应该极大地归功于这些人。

最后，我一定要感谢自己的妻子的支持与耐心，同时感谢我的两个孩子，是他们让我得以有时间去关注这些新鲜事物并能最终完成写作。

Contents 目 录

译者序

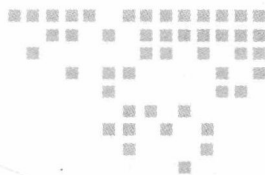
前 言

致 谢

第1章 建模很有趣	1
1.1 什么是 3D 建模	1
1.2 你在哪里见过 3D 建模	5
1.3 为什么说 3D 建模很有用	7
1.4 我们能用 3D 模型做什么	8
第2章 3D建模的基础	10
2.1 什么是基准轴	10
2.2 什么是基准平面	14
2.3 了解什么是旋转	16
第3章 向Tinkercad问声好吧	18
3.1 发现并启用 Tinkercad	19
3.2 Tinkercad 导航	23
3.3 改变一个 3D 模型的特性	27
3.4 观看学习教程	30

第4章 学习建模的基本知识	32
4.1 创建火箭发射平台	32
4.2 创建火箭的主体部分	40
4.3 创建火箭的尾翼部分	42
第5章 组装模型	53
5.1 组装火箭发射平台	54
5.2 组装火箭主体	67
第6章 一个特别的Tinkercad例子	79
6.1 脑洞大开的创意	80
6.2 创建基本的标签形状	81
6.3 添加修饰点缀	94
6.4 添加凸起的文本	97
6.5 改进建议	101
第7章 另一个特别的Tinkercad例子	102
7.1 构思创意	103
7.2 创建物体的模具	110
7.3 创建模具的部件	113
7.4 完成模具的制作	117
第8章 打印3D模型	125
8.1 什么是3D打印机	126
8.2 创建STL文件	129
8.3 熔化打印用的塑料	133
8.4 移动打印喷嘴	134
8.5 使用软件控制3D打印机	137
8.6 3D打印的总结	140

第9章 更多的Tinkercad使用技巧	142
9.1 使用“镜像”特征	142
9.2 导入你自己画的草图	150
9.3 使用“模型生产器”工具	155
9.4 接下来做什么	158
第10章 在哪里可以找到现成的模型	159
10.1 欢迎访问 Thingiverse	159
10.2 其他的 3D 模型资源库	168
第11章 Tinkercad的应用扩展	169
11.1 寻找 3D 打印服务	170
11.2 将你的模型导入《我的世界》	174
第12章 将现实物体转换为3D模型的特殊应用	180
12.1 将现实物体转换为数字模型	180
12.1.1 拍照	182
12.1.2 在 123D Catch 中编辑你的 3D 模型	188
12.1.3 保存为 STL 文件	191
12.2 提升你的 3D 建模技巧	193
附录A 更多免费的CAD应用	194
附录B 一个额外的例子	198
附录C 走近123D Design	215



第 1 章

Chapter 1

建模很有趣

内容简介:

- 什么是 3D 建模
- 你在哪里见过 3D 建模
- 为什么说 3D 建模很有用
- 我们能用 3D 模型做什么

你对 3D 建模这个词熟悉吗？如果你的回答是肯定的，那就请直接跳转到下一章去吧。不过我仍然希望你能在本章多花上一些时间，哪怕是随便翻翻，因为本章介绍了大量的 3D 建模例子，而且各有不同之处，或许你就能够在其中发现一些新的和能让你感到有趣的东西。

如果你对 3D 建模这个词不是很熟悉，那当你看完这一章的时候就不会再感觉陌生了。你所打开的这本书将会指导你怎样去掌握一款好玩（并且功能强大）的建模软件，即 Tinkercad。Tinkercad 的操作不仅好玩，而且十分简单，但是在你对它进行操作之前，我们最好还是先了解一下它能够用来做什么吧（当然也包括它不能用来做什么）。

本书很有趣，内含大量的动手实例。不过就好比一个人在学会跑步之前，首先得学会走路，不是么？因此本章在教学上的目的就是——帮助你站起来，并学会走路。OK，开始上路吧……

1.1 什么是 3D 建模

请先花一点时间看看图 1-1 所示的玩具车（如果你身边有一辆现成的玩具车，那最好不

过，请把它拿过来吧)。

请仔细观察这辆车，看看它有哪些特点。我们可以看到这辆车有 4 个轮子，它还有着 一个前部、一个后部和两个侧部，它的长度比宽度要大，而它的高度和宽度差不多，我们可能仍然需要一把尺子才能得到它们准确的尺寸数值。当然它也有一个确切的重量，它可能是塑料或是金属做的，也可能两种材料都有。

有一件事是可以肯定的：那就是这辆车是一个实实在在的物体，并且能够被拿起来观察。我可以从下面观看它的底盘，也能转动它的轮胎，还可以将它放在地板上来回滚动。总之这辆车是真的，是可以将它捧在手里的有形实体。

现在，再请看看同样的一辆玩具车，如图 1-2 所示，并将其与图 1-1 中的进行比较。对于这辆车，你能分辨出什么样的细节呢？



图 1-1 一辆放在我手上的玩具小车

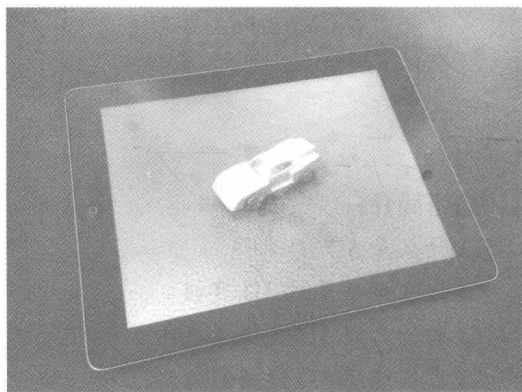


图 1-2 一辆放在我平板电脑里的玩具小车

图 1-2 所示的这辆车是平的，因为它显示在我的电脑屏幕上。我无法将它捡起来并进行观察，就像我对真的玩具车所做的那样。我也不知道这辆车到底有多重，又是用什么材料做的。它看起来几乎毫无用处，除了像图片一样躺在屏幕里之外，难道不是吗？我照样可以拿一把尺子去量取它的高度或是宽度，但是却无法保证这些数据是可信的。请看看图 1-3，你可以看到我放大了这辆玩具车：因此它们的高度和宽度就相应地发生了改变。

真车和屏幕中的车之间存在着许许多多的不同，但是其中最为主要的一个差别就在于二者之中有一个是占用真实的、实际的物理空间，而另一个却几乎不占用任何空间，硬要说有的话也只是我平板电脑数据存储器中的几个字节。

这二者之间的另一种差异就是其中一辆是真的，而另一辆却只是汽车的一种表现形式。尽管它看起来很像一辆真的玩具车，但更多的

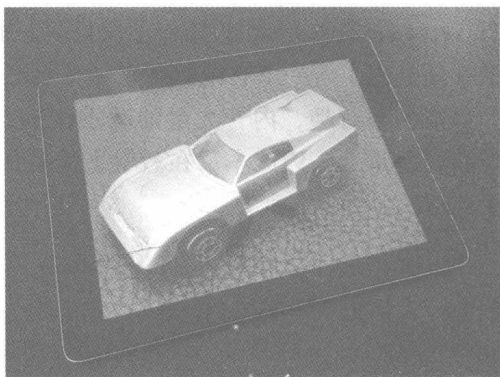


图 1-3 我把图中的玩具车放大了

只是一个电脑上的复制品，仅仅是一个数字模型罢了。

对于模型这两个字来说，有很多种不同的定义，其中我最青睐于“参照实物制作出来的仿制品”这一种定义。也许你曾经见到过那些拼接或是用胶水粘起来的飞机和汽车模型，这些就是根据庞大的实物而制作出来的微缩模型。举个例子来说，如果老师要求一个学生去制作一个埃菲尔铁塔的模型，那么这个学生就不会真的去操场上建造一座真正的、完全尺寸的埃菲尔铁塔复制品。相反，这个学生可能会选择用牙签或是纸板去搭建一座较小的埃菲尔铁塔的模型。通过这个例子我们可以知道，现实世界的物体可以被仿制，并按比例缩小到我们所需的大小，这样就能将它们放进爸爸妈妈的车里，从家中带到学校里去。

关于模型，另一件颇有意思的事情就是，它们可能比实物还要更早被制作出来。像福特或丰田的汽车工程师在设计新车的时候，就经常先制作出一个黏土模型，当然会比日后的真车小得多。

通常这种黏土模型只会有真车的一半大小，或者更小。对于汽车设计者来说，先制作出一个黏土模型有着诸多好处，不仅能大大降低测试汽车外形^①的成本，也利于更直观地观看整个汽车。如果模型通过了各种测试，那么更大、更优秀的真车款式就会被确定下来，并最终投入生产供人们消费和驾驶。

这种根据某一实物（或是在原实物基础之上的某个改进方案）来创建模型的过程，就称之为——没错，你猜对了——建模。建模这个词意味着制作能代表某个真实物体的仿制品，这个真实物体可能是一辆车、一个玩具、一栋建筑，或是其他什么别的东西。

但如今，“建模”只是“3D 建模”这个词的半个组成部分。幸运的是，3D 这个词对我们人类来说很好理解。3D，就如你所知，表示 3 个维度（3 Dimensional），除此之外还有其他的几种维度是你需要了解的。一个空间中的点，称为 1 维，即 1D。而一个点是没有长度、宽度或者高度的，它只是一个点罢了；而任何具备了长度和宽度的物体，我们就称之为 2 维，即 2D。2D 的典型例子就是你的书桌桌面，桌面是平的，而且拥有长度和宽度。如果你放一张纸在你的桌上，并在上面画一个方块，那这个方块就是 2D 的，它没有高度。



提示 一个画出来的 2D 物体，从严格意义上来讲还是有高度的，只是这个高度很难被测量到。当你用笔在纸上画方块的时候，会沿着笔迹留下铅笔的铅屑或钢笔的墨水渍，这些东西都是具有高度的。只是相对于长度与宽度尺寸而言，要显得微不足道。因此画出来的方块也可以勉强称为 3D 物体。通常情况下，这种高度我们选择忽略不计，所以一个画上去的物体就直接被认定为 2D 物体。

你也许已经察觉到了，所谓 3D 物体，就是具备长度、宽度和高度 3 个方向尺寸的物体。如果环顾下四周，你就会发现三维物体无处不在，像椅子、茶杯、背包、书等各种东西。总而言之，你就生活在三维世界中！

① 主要是根据空气动力学检测汽车车身流线。——译者注

有趣的是，有时一个 2D 物体会表示出 3D 物体。请看图 1-4，图中所示是画出的一个放置在平面上的方块。这个方块之所以看着很像真的 3D 物体，是因为它是通过 3D 方法绘制的。这种看起来很有立体感的视图，就叫做“正交视图”^①，该视图能让你从某个特定的视角观察模型，以反映出物体两面或者更多面的情况。

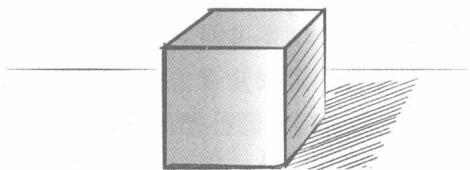


图 1-4 这个方块仍是一个 2D 物体

现在事情就变得有意思了：就如你在图 1-4 中所看见的方块一样，一个 3D 物体并不一定就是真正的实物。你可以将一个实物放在手上仔细端详，想一想本节开头的那辆玩具小车，你能拿着它在手中翻转看它的底部，也能把它放在地板上滑来滑去，你甚至可以把它丢到一杯水中看它是不是会浮起来（当然最好别这么做）。

现在再回过头来看一看图 1-4 中所示的方块吧。你能把它转过来看看它的底部是什么吗？不能。你能把它像骰子一样丢到地板上滚来滚去吗？不能；你能把它丢到一杯水中吗？不能。你只能把画着方块的纸丢到水中，而不是那个方块本身。

那幅图中的方块是静态的，你不能把它放在手里，而且你也不太可能把它转过来看看那没显示出来的背面。但是如果你能呢？如果你能旋转它，而且能把这张图片转换成一个真实存在的物体，并真的将它捧在了手上呢？

所以到目前为止，关于这个方块的最大问题就是它只能作为一张图画存在于纸上。那是否存在某种技术，能够将这种平面图画以我们所需的方式旋转起来呢？

幸运的是，这种技术是存在的。只要利用某些软件就能让你（或是其他掌握了该项技术的人）在电脑屏幕上绘制所需的模型，并任意地旋转、观察它们。这些软件能让你随意收缩、放大模型，改变它们的外观，或是按你自己脑子里的想法对它们进行重建，就像 3D 模型一样。

如果你用这款软件来重建埃菲尔铁塔，你就无需再用牙签去搭建一个模型，取而代之的是你会在自己的电脑屏幕上或是平板电脑上获得一个可供旋转、放大、缩小的埃菲尔铁塔模型，它足够小以至于对你的电脑或者平板屏幕来说正合适。你还可以根据自己的突发奇想来改变它的外观。一个缩小的模型可能不会具有像实物那样繁杂的细节，但这并不影响辨认，如图 1-5 所示，你仍然可以一眼就看出来它是什么。

^① 或称“正等轴测图”。——译者注