

数据可视化 设计指南

· 从数据到新知 ·

蓝星宇 著

电子工业出版社版权所有
盗版必究

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京•BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了数据可视化的基本原理和设计方法，适合初学者或希望系统学习数据可视化设计的读者阅读。本书特色：内容翔实，基于大量的中外案例，对数据可视化进行了多方位的解剖，展现了数据可视化的丰富性和趣味性；注重实践，提供了切实可行的工具、数据集和教程，供读者能够“在学中做，在做中学”；通俗易懂，将专业术语和学术成果转化为平实的语言，让知识不再“高冷”。

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

数据可视化设计指南：从数据到新知 / 蓝星宇著. —北京：电子工业出版社，2023.3
ISBN 978-7-121-45045-7

I. ①数… II. ①蓝… III. ①可视化软件—指南IV. ①TP31-62

中国国家版本馆CIP数据核字（2023）第024630号

责任编辑：石 倩

印 刷：

装 订：

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：720×1000 1/16 印张：18 字数：346千字

版 次：2023年3月第1版

印 次：2023年3月第1次印刷

定 价：109.00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）88254888，88258888。

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

本书咨询联系方式：（010）51260888-819，faq@phei.com.cn。

自序

对很多人而言，数据可视化可能是一个既熟悉又陌生的词。熟悉，是因为我们每天都在和数据打交道——我们会在起床时查看天气数据，会用手机和手环记录自己的健康数据，会用外卖软件查看骑手的骑行数据，会看股市和基金的数据，还会处理公司的业务数据……在这样一个信息化的时代，数据已经成为一种生活要素，甚至是生活方式。

以上的所有场景，无一不伴随着数据可视化。如果没有数据可视化，这些数据将停留在“数字”层面。设想一下，假如外卖软件只用文字显示骑手与你的距离，却没有显示地图，你在等餐时是否会焦虑一些？如果股市软件不显示K线图、不用红绿色展示涨跌，你在投资决策时是否会困难一些？因此，通俗地说，数据可视化就是一门让用户快速、准确地理解数据信息，进而对人产生价值的学问。

不过，尽管数据可视化已经无处不在，它作为一个特定的知识“领域”，或者说一项专门的“技艺”，却未必那么深入人心，这或许正是很多人对数据可视化感到陌生的原因。比如，在谈到“这张图是怎么画出来的？”“背后的设计逻辑是什么？”“这样的可视化是一个好设计吗？”“怎样才是最优的设计”这些问题时，你可能会迟疑或犹豫。事实上，在当今社会喷薄而出的数据洪流之下，我们对数据的掌控力和解释能力，还远远没有发展到足够纯熟的境地。其中，数据可视化是一个不可忽视的环节。

本书的副标题“从数据到新知”，正包含了我对数据可视化的理解和期许。这句话的英文翻译是“From Data to Knowledge”。Data指“数据”，它是我们从世界中取样、观测得来的“原材料”，是客观的、理性的。Knowledge指“知识”，是我们懂得的道理、发现的规律，也是我们行为和判断的依据。数据和知识之间并不

一定直接连通。有了数据后，我们首先需要对这些数据进行分析（如比较、取极值、算平均值等），才会产生“信息”（Information）。作为运算的结果，信息往往是事实性的。而在搜集了足够的信息后，信息之间可能会发生更深层的推理、整合，或者与我们脑中本身已经存在的信息产生对话，才会升华成“知识”（Knowledge）。

举个例子，我们在逛超市的时候，会浏览每种水果的价格，这些价格就相当于我们获得的原始数据。此时，如果我们只是匆匆一眼掠过，未加思考，那么这些数据也就只是停留在数字的层面了。相反，假设我们对价格进行对比，那么数据就会被加工为一些事实性的信息，比如“阳光玫瑰葡萄比一般的葡萄贵”“最贵的水果是榴莲”等。再进一步，如果我们在对比完价格之后，又对“贵的水果都有什么共性”进行推理，就可能得到“进口水果比本地水果售价高”这一知识，即我们对水果售价规律的一个认知。

我想，优秀的数据可视化应当有利于从数据到信息、再到知识的转化。我们所追求的可视化，应当不仅仅是把数据画出来，而是帮助挖掘和彰显数据中的价值。如何让数据变得更清晰、更有效、更能发挥价值？这将是贯穿全文的出发点，也构成了本书的基本底色。

在具体的章节设置和行文上，本书则受到了一些现实需求的驱使，在此也提前做一个说明。

其一，尽管数据可视化的需求很大，但用什么工具来制作可视化，如何成功地把图表画出来，依然是一个比较广泛的痛点。因此，本书提供了详细的案例教学（主要在第4章），从原始数据开始，一步步演示从数据到可视化的完整分析、绘图流程。同时，在选取案例时，尽量兼顾了不同的使用场景、数据类型，以及数据分析的需求。

当然，这一痛点之所以存在，还有一个重要原因，那就是数据可视化的跨领域特征非常明显，既与数据分析有关，又与设计、开发有关。相应地，数据可视化工具的种类非常繁多、用户形态也非常多样，既可能是办公人员，也可能是数据分析师、程序员、设计师、新闻记者。不同类型的用户，擅长的技能不同，习惯使用的工具也不同。这使得我们在做工具教学的时候，常常难以覆盖所有人的需求。因此，为了让更多的读者受益于本书的教学，本书在介绍可视化工具时，为这些工具设立了优先级：优先介绍的是大部分人最熟悉的办公软件（如Excel），其次是零代码、

好上手的在线工具（如 Rawgraphs），接着是设计类工具（如 Adobe illustrator），最后是编程类工具（如 Python、D3.js）。换言之，当低门槛方法存在时，就优先介绍低门槛方法。当免费工具存在时，就优先介绍免费工具。

因此，本书并不是一本专门讲解某一个工具 / 软件用法的工具书。如果你希望深入地掌握某个特定工具 / 软件（如 Tableau、Python、D3.js、Processing 等），阅读专门的工具教程是不错的选择，市面上也有诸多优秀的图书。

而本书的重点，更多偏重于数据可视化的设计原理。尽管也会涉及到可视化的“技术实现”，我认为根本的还是需要掌握“技”背后的“道”。一个掌握了很多工具的人，不一定能创作出真正好的可视化作品。相反，一个懂得判断什么是好的可视化的人，在使用工具时却能更聪明，也更审慎。因此，本书会较多地讲解可视化图表背后的原理、图表的类型，以及图表的设计要点，帮助读者理解可视化的底层逻辑，从而做到举一反三。在案例教学中，我也将对每一个步骤进行解释和阐发，即，为什么这一步骤是必要的，从而让读者更深入地理解可视化设计的迭代过程。

“技术焦虑”是可视化初学者常见的一大困惑。“我不会用设计软件”“我不会编程”，常常变成阻碍其学习可视化的绊脚石。因此，我也希望通过本书缓解一下读者的这类焦虑：可视化工具本身不是目的，学会所谓“高端”的工具也不是可视化的本质。找到最适合、最高效的工具，实现数据分析和价值挖掘，才是我们最终的目的。如果你可以用一些低门槛的工具就达成目的，为什么不先去试试呢？

其二，可视化是科学与艺术的结合体。艺术性的存在让可视化设计没有绝对的公式可言，并且有的时候非常依赖经验、感性和灵感。因此，根据我的观察，翻看设计案例是可视化创作中一个非常常见的需求。通过案例，你可以了解到某种图表的具体用法、判断它适合哪类数据集，还能学习他人的视觉表达技术和创意。当然，通过反面案例，你也可以避免自己重蹈覆辙。尤其是初学者，多看、多模仿是很好的入门策略。因此，本书在讲解过程中纳入了较多优秀的数据可视化案例，以期对书本内容有更形象、生动的阐发。希望阅读本书的你，也能有脑洞大开的感受。

好了，让我们一起踏上这段新奇的可视化之旅吧！

作者

目录

① 引言 我们为什么需要数据可视化 / 001

- 1.1 什么是可视化 / 001
- 1.2 数据可视化能做什么 / 007

② 图表纵览 认识可视化家族 / 015

- 2.1 视觉通道映射 / 015
- 2.2 按用途给图表归类 / 022
 - 2.2.1 比较 / 022
 - 2.2.2 趋势 / 042
 - 2.2.3 占比 / 052
 - 2.2.4 分布 / 058
 - 2.2.5 相关性 / 065
 - 2.2.6 层级 / 069
 - 2.2.7 关联 / 075
 - 2.2.8 逻辑示意 / 083
 - 2.2.9 地理 / 086
 - 2.2.10 复合目的 / 093
- 2.3 如何选取合适的可视化图表 / 103

③ 量体裁衣 选择可视化工具 / 115

3.1 哪些工具可以用于制作可视化 / 115

- 3.1.1 办公软件 / 116
- 3.1.2 在线平台 / 118
- 3.1.3 商业智能软件 / 122
- 3.1.4 设计软件 / 124
- 3.1.5 编程语言 / 126
- 3.1.6 专项工具 / 132

3.2 如何选取合适的工具 / 134

④ 案例实战 从数据到可视化 / 139

4.1 案例一：国际贸易 / 141

- 4.1.1 进出口总值增长情况如何 / 141
- 4.1.2 最重要的贸易伙伴都是谁 / 148
- 4.1.3 出口、进口的货物都是什么 / 164
- 4.1.4 哪些口岸最重要 / 171

4.2 案例二：大气污染 / 177

- 4.2.1 上海市的大气污染变化情况 / 177
- 4.2.2 污染和风力有关系吗 / 182
- 4.2.3 污染还和哪些天气指标有关系 / 185
- 4.2.4 城市 GDP、人口与污染程度有关系吗 / 191

4.3 案例三：企业概况 / 196

- 4.3.1 企业的发展历程是什么 / 196
- 4.3.2 企业的组织架构如何 / 200
- 4.3.3 企业的财务状况如何 / 206
- 4.3.4 企业的实际控制人是谁 / 211

4.4 案例四：歌词文本 / 215

- 4.4.1 周杰伦在唱什么 / 215
- 4.4.2 周杰伦真的很爱唱“离开”吗 / 223

4.4.3 哪首歌最积极，哪首歌最消极 / 227

4.4.4 消极的歌会更长吗 / 233

⑤ 精益求精 打磨可视化设计 / 236

5.1 数据的准确性 / 236

5.2 设计的可读性 / 245

5.3 传达的有效性 / 254

5.4 信息的完整性 / 267

后记 / 277

电子工业出版社版权所有
盗版必究

1 引言

我们为什么需要数据可视化

1.1 什么是可视化

广义地讲，可视化是一种把抽象的事物用图形、图像呈现出来的方法。之所以这样做，是因为人脑在漫长的演化中，形成了强大的图形、图像处理能力。我们对于图形、图像的感知速度要远远快于文字。换言之，在进行信息传输时，使用视觉化的图形往往能够化繁为简、一目了然，帮助人脑快速识别和理解事物。

例如，千万年前，我们的祖先就将动物和人的形状勾勒在洞穴中。这其实就是把当时的真实场景用符号化的形式“可视化”在墙上。尽管只是一些简单的图形，但是我们在看到这幅图时，仍然能够快速识别出先民的生活内容，甚至想象他们的生活氛围。这些历史深处的故事就这样通过图形的方式，穿越到你我面前（见图 1.1.1）。



图 1.1.1 阿尔塔米拉洞穴壁画，西班牙，距今至少 12000 年

再如，今天处处遍布城市空间的路标、图标，也是对抽象事物的“可视化”——当我们看到一个巨大的“P”字符号时，就知道表示停车场；当我们看到一男一女两个并排小人时，就知道表示洗手间。图 1.1.2 展示了一些常见的图标设计。可以看到，这些可视化都是对现实中复杂的事物、概念进行了提炼和总结，并最终转化为简单的图形，从而大大提升了信息的传达效率。

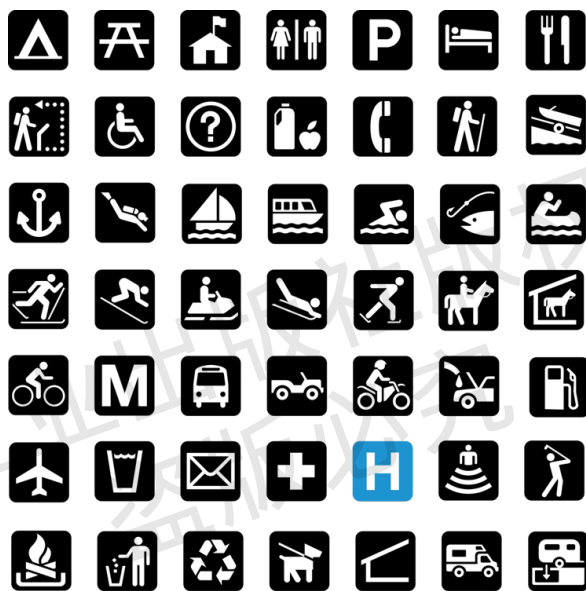


图 1.1.2 常见的图标设计

当然，今天人们常说的“可视化”，常常是更狭义的可视化，即特指对于**数据的可视化**。所谓数据，是指“通过观测得到的数字性的特征或信息”。与上文的两个例子类似，数据可视化具有使抽象数据具象化的能力（如无特指，后文中的“可视化”都指数据可视化）。

按此追溯，最早诞生的数据可视化形态是地图。我们的祖先从很早的时候就开始测绘山川、记录气象。人们将东、南、西、北这样抽象的方向概念，以及各个方向上观测到的事物绘制在一张图上，从而帮助记录、辨识自然环境。只不过早期的地图仍然以表意为主，很多时候并不符合科学规律（见图 1.1.3）。而从 15 世纪的大航海时代起，全球性的地理大发现使得地理数据得到极大丰富，地图也逐渐走向科学和精确。



图 1.1.3 《山海经》残片中的地图，现藏于韩国国立中央博物馆。

世界被理解为一个圆形，“中国”被绘制在最中心

随着启蒙时代的来临，理性和科学得到张扬，数学、物理、医学等领域取得显著进步。与此同时，数据的采集和分析也逐渐成为一种科学研究方法，这自然也带来了数据可视化大发展。值得注意的是，在以往，尽管地图作为一种数据可视化方法已经出现，但它仍然是一种比较具象的方法，比较写实，和绘画相对接近。18世纪以后，真正具有现代意义的、以抽象的几何形状组织起来的统计图表开始兴起。

例如，目前已知最早的柱状图、折线图、饼图都由苏格兰工程师、政治经济学家 William Playfair 绘制。图 1.1.4 展示了他于 1786 年绘制的折线图，对丹麦和挪威在 1700 年—1780 年间的进出口数据进行了可视化，黄线代表进口，红线代表出口。可以看到，数据被组织到了一个直角坐标系中（也被称为“笛卡儿坐标系”，由法国数学家笛卡儿于 1637 年提出），横轴表示时间，纵轴表示进 / 出口额。显然，这种把信息呈现在抽象几何空间的手法，已经与早期具象的、表意的地图大不相同。在经历了 17、18 世纪的积累和酝酿后，数据可视化在 19 世纪迎来了真正的爆发。因此，在许多可视化教学资料中，也把 19 世纪作为现代意义上数据可视化的开端。

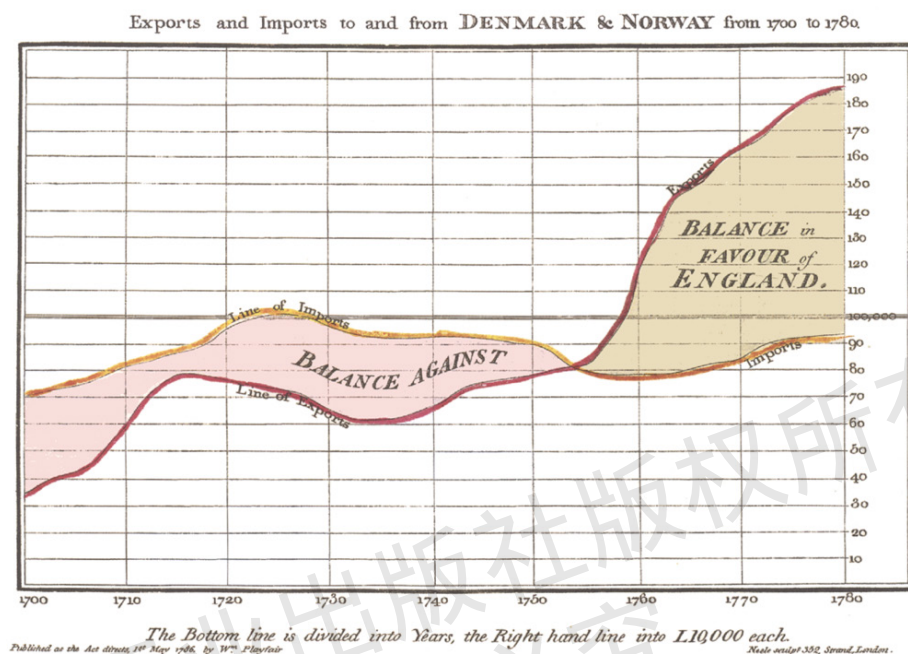


图 1.1.4 William Playfair 绘制的折线图（1786 年）

在 19 世纪，当时的自然和社会科学家已经可以比较熟练地运用各种数据图表来分析和解决问题。比如，19 世纪中叶，William Farr、John Snow 等人已经使用可视化来辅助分析欧洲的瘟疫随季节的变化情况，以及疫情在城市各个区域的分布等（见图 1.1.5）。

在经历了几个世纪的实践后，到 20 世纪中后期，一些系统性的可视化理论才有了显著发展。例如，法国著名制图师 Jacques Bertin 基于自己丰富的制图经历，总结了一系列可视化的规律和设计要点。如图 1.1.6 所示，虽然制图仍然是由手工完成的，但已经有较为规范化、标准化的工具和工艺流程。他于 1967 年出版的 *Semiology of Graphics* 一书，为当代可视化理论的形成打下了基础。

20 世纪 80 年代，以 William S. Cleveland 为代表的心理学家开始系统地评估可视化的有效性。同时，奠基性的可视化专著开始出现，如 Edward Tufte 的 *The Visual Display of Quantitative Information*，以及此后陆续出版的 *Envisioning Information*、*Visual Explanation* 等书。



图 1.1.5 William Farr 绘制的伦敦瘟疫死亡率变化与温度的关系（1852 年），现藏于大英博物馆。该图表的设计用到了极坐标系，数据绘制于圆上

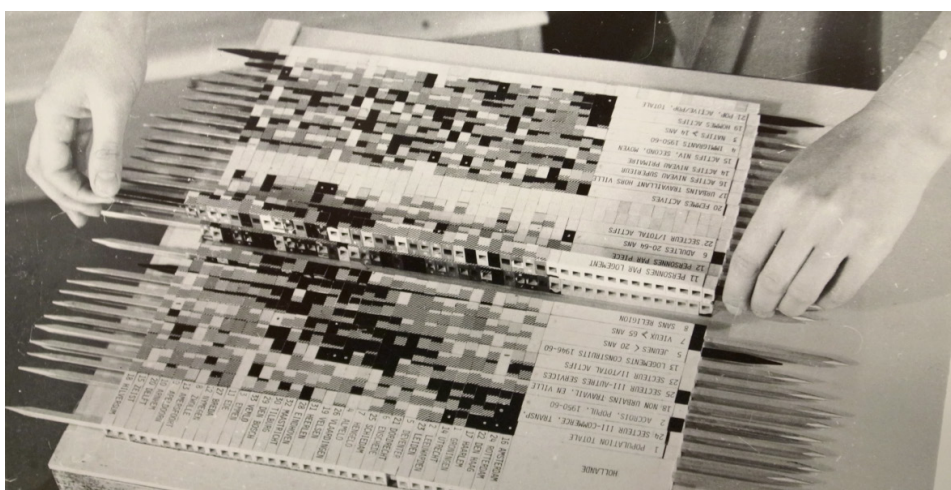


图 1.1.6 Jacques Bertin 时代的制图方法。Serge Bonin 拍摄，现藏于法国国家档案馆

进入信息时代，数据呈指数级爆发，真正渗透到各行各业。一方面，数据不再仅仅保存在纸张上，而是以电子化的方式存储于设备上，这使得数据的采集和录入更加便利。另一方面，由于人们的社会生活极强烈地与电子设备绑定，各种数据被不断上传、输送、下载，数据在高速交换中又不断产生新数据。在这样的滚雪球式的循环中，人们面临的往往不是数据的匮乏，而是如何从海量的数据中淘取价值，让数据为我所用。

信息革命也深刻地改变了数据可视化。首先，各种计算机软件和绘图工具的出现，使得可视化的制作门槛大大降低，人人皆可分析数据、可视化数据。可视化不再只存在于科学家的抽屉里，或是专业绘图师的作坊里，而是存在于每个人的电脑屏幕上（见图 1.1.7）。伴随计算机技术的蓬勃发展，带来了可视化的百花齐放，数据可视化的形态得到了极大丰富。除了静态的图片，还出现了可以交互的可视化网页、视频动画、AR、VR、3D 打印的可视化，等等。曾经被动的“读图时代”，走向了人与图的“互动时代”，数据可视化在数据挖掘、数据传达、艺术审美方面的价值得以进一步强化。



图 1.1.7 信息时代的可视化

1.2 数据可视化能做什么

具体而言，数据可视化的价值主要表现在以下几个方面。

第一，直观展示数据。

正所谓“一图胜千言”，可视化可以帮助我们更快速、更高效地理解数据，同时发现数据中的价值。

比如，柱状图可以帮助我们一眼看出取值的高低，折线图可以帮助我们了解事物发展的趋势，等等。尤其是，在数据规模特别庞大、数据维度多而复杂时，数据可视化“直观”的魅力更为突出。图 1.2.1 为 19 世纪的法国著名绘图师 Charles Minard 所绘，展示了拿破仑东征俄国却遭到惨败的历史故事。图中，线条的宽度表示拿破仑部队的士兵数量。橙色表示进入俄国时的兵力，黑色表示从俄国离开时的兵力。可以看到，拿破仑雄雄出征的大军，在回程时已经孱弱不堪。这张图表的设计可以说是十足发挥了可视化在辅助感知上的优势，仅用寥寥数笔就勾勒出了这场历史大败局。

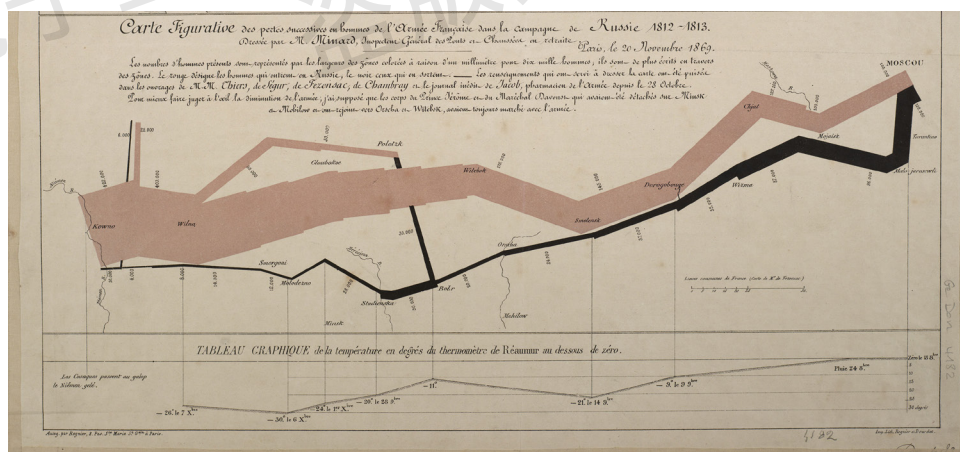


图 1.2.1 拿破仑东征图¹

再如，在新型冠状病毒感染疫情（以下简称“新冠疫情”）爆发初期，一些可视

1 Charles Minard, Carte figurative des pertes successives en hommes de l'armée française dans la Campagne de Russie 1812-13 (comparées à celle d'Hannibal durant la 2^e mée Guerre Punique), 1869

化设计帮助了人们理解疫情是如何传播的，以及为什么戴口罩、保持社交距离是必要的。例如，如图 1.2.2 所示，设计师通过动态图表直观地展现了一个专业的医学结论：如果我们可以通过一些手段在前期缓和疫情的传播速度，那么受感染的人数会大大减少（即实线变平），且医疗承载能力会随之提高（虚线上升）。

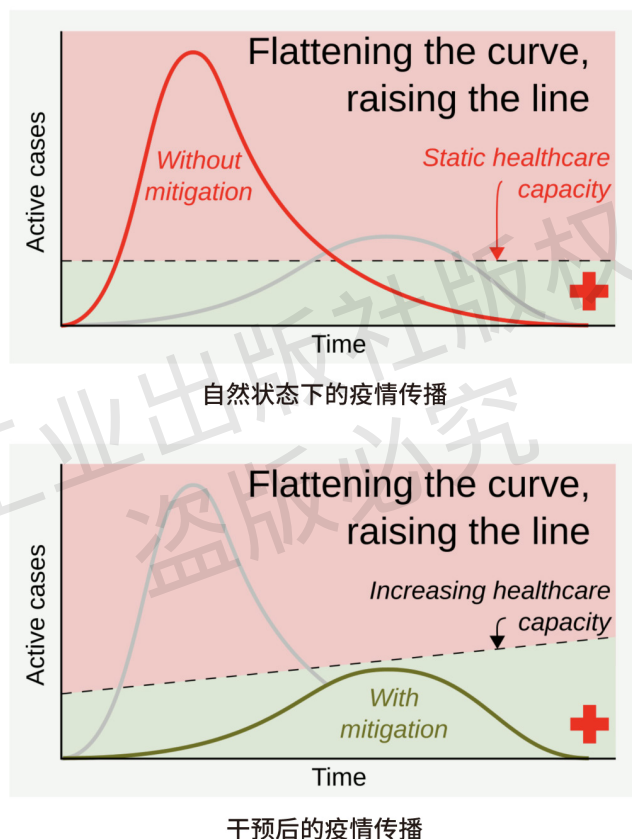


图 1.2.2 用可视化解释防疫的必要性。实线表示感染人数，虚线表示医疗能力¹

数据可视化也可以和各种各样的媒介叠加使用。比如，在观看游泳、跑步等体育赛事时，我们会见到一些文字、柱形被叠加在转播画面上，以此告诉观众每个运动员的实时信息。比如，在图 1.2.3 左图的例子中，数据可视化可以告诉观众各赛道运动员的国籍、实时速度和排位情况。在有些情况下，画面中还会加入第一名运动员与世界纪录的身位差距。可见，数据可视化可以用较为简单的视觉图形，传递给

¹ RCraig09, Flatten the curve, raise the line – pandemic (English), 2020

观众非常高密度的信息，并帮助观众更好地理解数据，做出判断和决策。

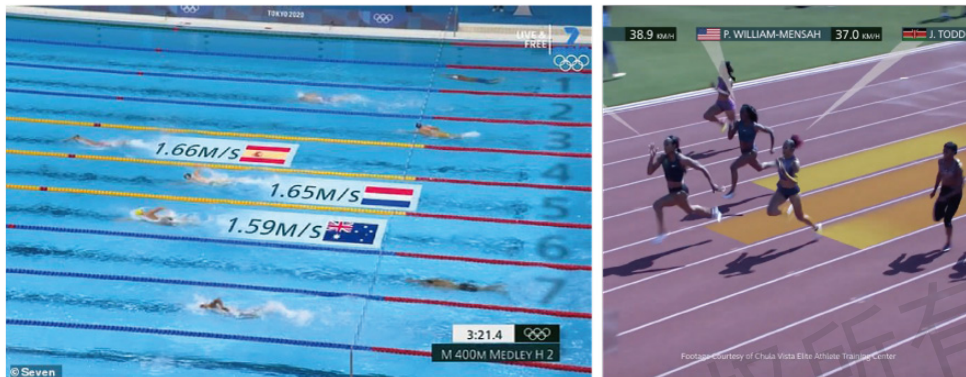


图 1.2.3 奥运会中的可视化。左：游泳比赛¹，右：短跑比赛²

第二，辅助数据分析和数据挖掘。

作为数据分析中不可或缺的一环，可视化可以帮助我们更好地理解数据中的模式、规律或异常。

比如，当我们在进行数据分析时，很重要的一步是计算一些基础的描述性指标，如平均值、标准差、皮尔森相关系数等。但是，单单借助这几个数值，往往无法理解数据的全貌，甚至还有可能误解数据。在一篇论文中（见本章参考资料[3]），研究者们曾讨论了一些案例（见图 1.2.4）。图 1.2.4 中展示了十余个由一列 x 和一列 y 构成的数据集。这些数据集 x 、 y 列的平均值和标准差都相同，且 x 、 y 列的皮尔森相关系数也相同。但是，如果用散点图将每一个数据点画出来，会发现这些数据集其实完全不同。可见，可视化可以帮助我们了解数据的真实形态。如果我们只看简单的统计指标而不进行可视化，则可能有以偏概全的风险。

再如，图 1.2.5 展示了统计学中经典的“辛普森悖论”。如果我们只看图 1.2.5 左侧的散点图，很可能认为数据呈现一个微弱的负相关关系（如回归线所示）。然而，

1 Jacob Kastrenakes, Colorful overlays will track athletes' speed during the 2020 Tokyo Olympics, 2019

2 Daily Mail Australia, 'It' s like a spoiler, during the race': Channel Seven sparks debate over 'annoying' new graphic showing the speed of swimmers at the Olympics – but some viewers say they love it, 2021

如果我们对散点的类别进行着色，并分别在各类别内部进行相关性检验，就会发现每个类别内部的数据之间其实呈明显的正相关关系（如图 1.2.5 右图所示的两条回归线）。假如没有可视化，我们很难发现并理解这样的数据“蹊跷”。

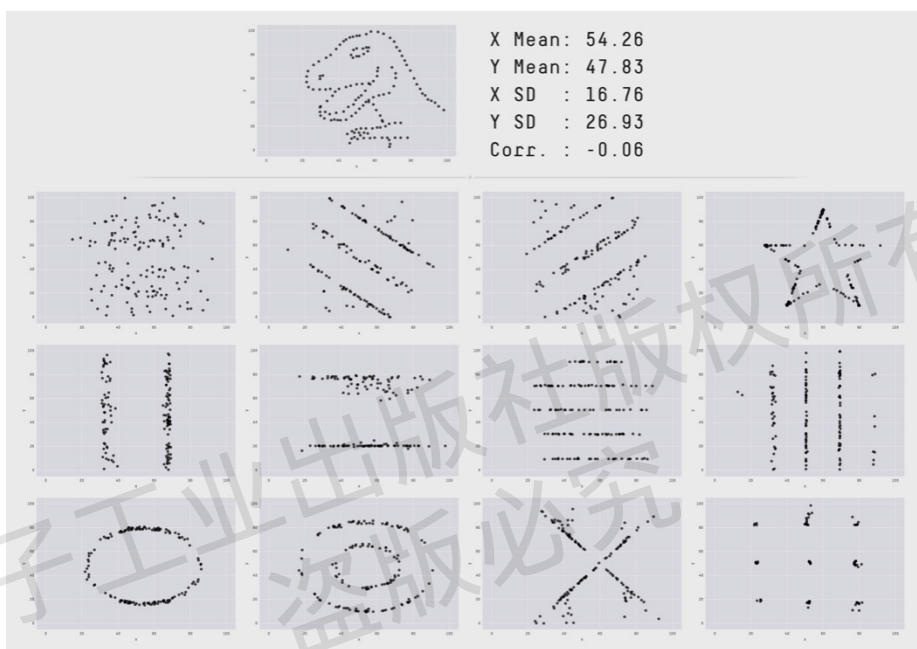


图 1.2.4 同样的统计指标，不同的数据

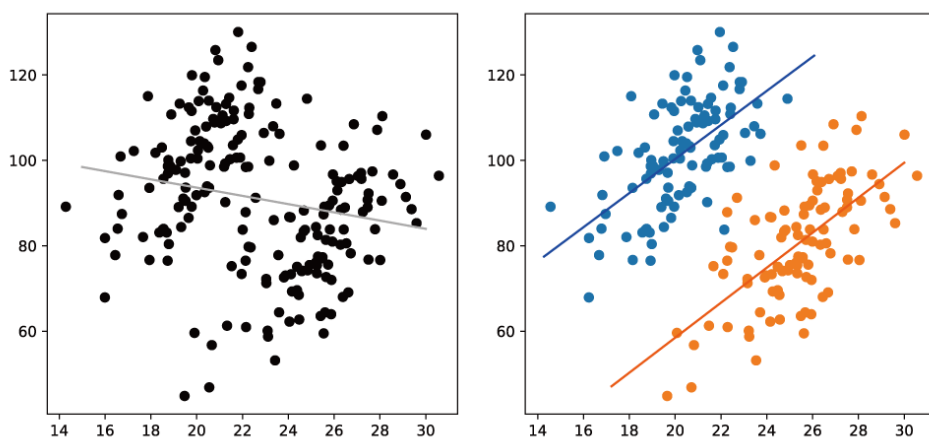


图 1.2.5 辛普森悖论

目前，鉴于数据可视化在各行各业的大量需求，使用数据可视化来辅助数据分析和挖掘已经发展为一门专业的学科，即“可视分析”。可视分析一般面向的是比较复杂的数据探索和挖掘需求，通过开发可视化的系统，来帮助用户实施特定领域的、较为完善的数据分析。例如，图 1.2.6 是一个专为分析微博事件而开发的可视分析系统（见本章参考资料 [4]），可以辅助用户进行微博转发行为、事件发展趋势、核心意见领袖等的分析。

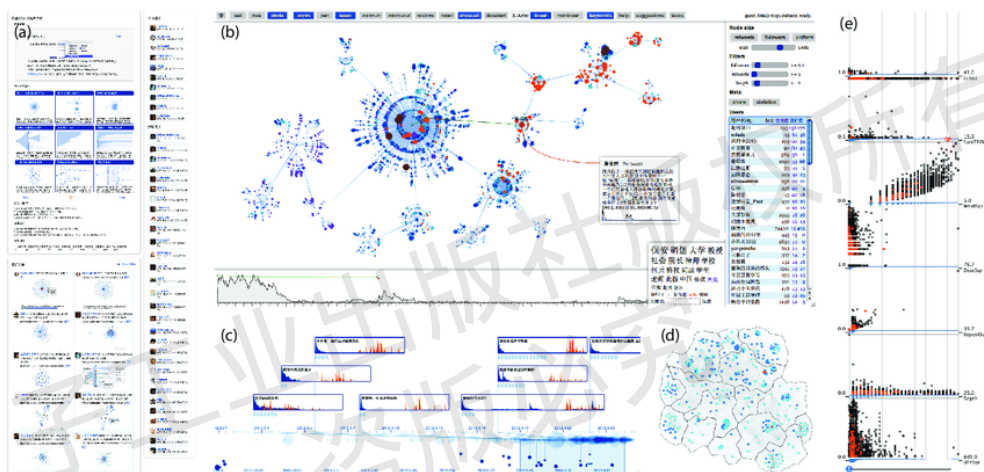


图 1.2.6 针对微博事件的可视分析

第三，带来美的感受。

数据的本质是数学，因而本身带有数学的规律、和谐之美。同时，可视化中视觉元素（如颜色、形状、布局）的运用也充满了艺术的想象空间。此二者的结合，使得可视化能够具备一定的审美价值。例如，图 1.2.7 采集了纽约证券交易所的实时声音数据，并对其进行可视化，将现实世界的忙碌和变幻转换为了数字化的图形。从审美的角度说，这幅图仅在视觉上就足够震撼、美妙。

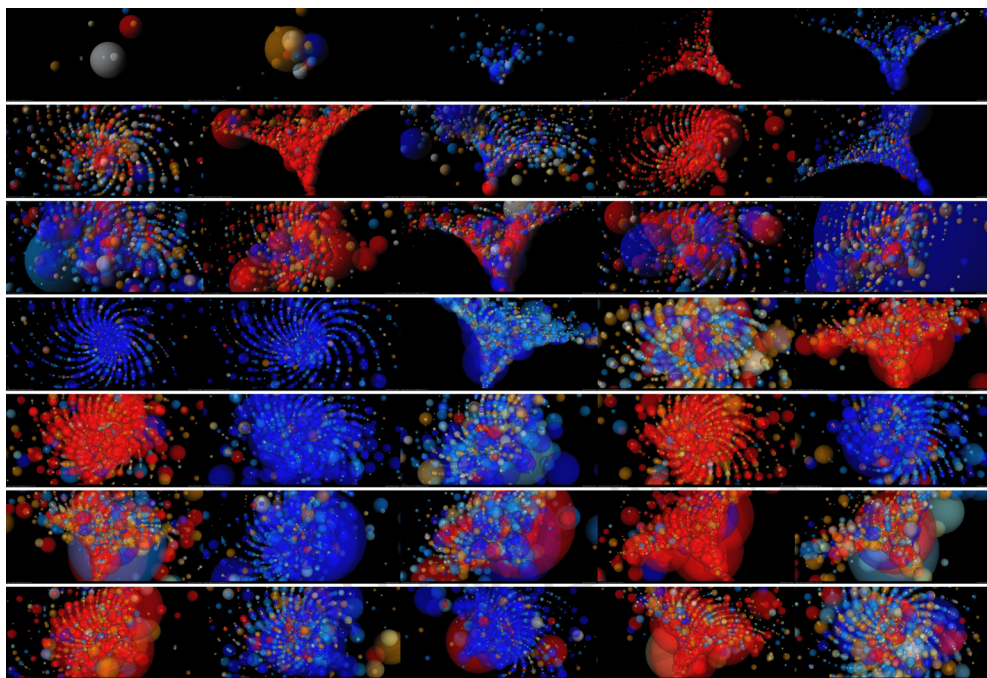


图 1.2.7 艺术可视化¹

值得一提的是，这种审美的感受以往主要来自视觉，即，人们从“看图”中获得审美的愉悦。如今，技术的发展正在将可视化的呈现方式拓展到多重感官的层面，如听觉、触觉，甚至味觉。以后，我们可能越来越多地通过声音、触摸等方式，与数据产生连接。如图 1.2.8 所示，Thudt 等人（见本章参考资料 [5]）招募了一批用户，让他们用串珠、泥巴、纸笔等物品，对自己的一些日常数据进行可视化，并产出了许多有趣而可爱的结果。例如，有一位参与者使用了不同的串珠来表示她一天中的活动和心情，还有参与者把可视化做成了项链，令人感受到可视化的人文之美。

¹ Kamila B.Richter, Emporium Spirit, 2005



图 1.2.8 实物可视化

综上所述，我们列举出了数据可视化的 3 种价值：**直观展示数据、辅助数据分析和数据挖掘、带来美的感受**。那么，这 3 种价值有先后之分吗？回答是肯定的。对于不同的用户来说，这 3 种价值确实可能有不同的排序。比如，对数据分析师而言，尽可能多地挖掘出数据中有用的信息是最重要的；对设计师而言，可视化的美感可能处于相对重要的位置。

不过，尽管在不同的场景中，三者有着不同的侧重点，我们仍然希望尽可能地兼顾好各个方面，实现可视化的“信、达、雅”。这就要求我们更系统地了解 4 个方面的知识。

(1) 理解数据和数据分析目标，选择合适的可视化手段。

(2) 寻求最优的可视化工具。

(3) 用这些工具顺利完成既定的数据分析和可视化目标。

(4) 优化可视化设计，最大化可视化的效能。

因此，接下来，本书将分 4 章详细介绍以上内容。

- 第 2 章主要介绍各种可视化图表类型，以及它们对应的数据分析任务。
- 第 3 章主要介绍各类可视化工具，以及读者应当如何选择最适合自己的工具。
- 第 4 章用 4 个具体的案例呈现从原始数据到可视化的完整流程。
- 第 5 章主要讲解可视化的设计准则，以及如何让数据的传达更加有效。

参考资料

- [1] Friendly M. A brief history of data visualization[M]//Handbook of data visualization. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008: 15–56.
- [2] 陈为, 沈则潜, 陶煜波, 等. 数据可视化 [M]. 第 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2019.
- [3] Matejka J, Fitzmaurice G. Same stats, different graphs: generating datasets with varied appearance and identical statistics through simulated annealing[C]// Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems. 2017: 1290–1294.
- [4] Ren D, Zhang X, Wang Z, et al. Weiboevents: A crowd sourcing weibo visual analytic system[C]//2014 IEEE Pacific Visualization Symposium. IEEE, 2014: 330–334.
- [5] Thudt, A., Hinrichs, U., Huron, S., & Carpendale, S. Self-reflection and personal physicalization construction[C]// Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2018: 1–13.