



人类找北史

从罗盘到GPS，导航定位的过去与未来

作者：[美] 希瓦瑟·布赖 (Hiawatha Bray)

译者：张其成、张其成、张其成



Hiawatha Bray



You Are Here

From the Compass to GPS, the History and Future of How We Find Our Way

人类找北史

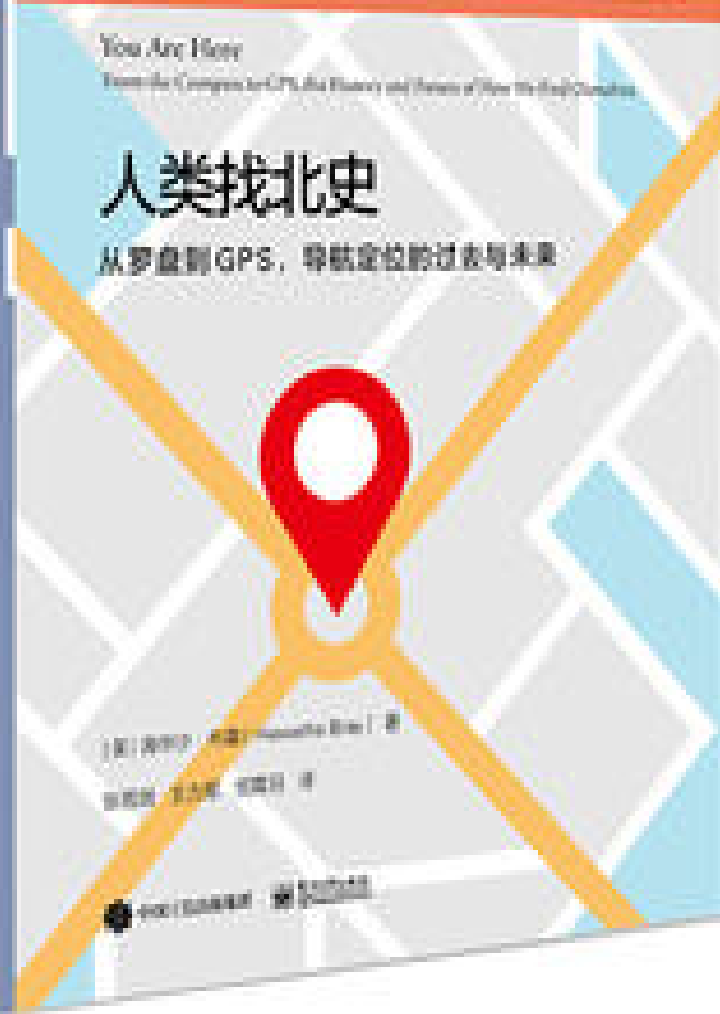
从罗盘到GPS，导航定位的过去与未来

作者：[美] 希瓦瑟·布赖 (Hiawatha Bray)

译者：张其成、张其成、张其成



中国地图出版社



Copyright © 2014 by Hiawatha Bray

本书中文简体版授权予电子工业出版社独家出版发行。未经书面许可，不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何内容。

版权贸易合同登记号 图字：01-2016-8058

图书在版编目（CIP）数据

人类找北史：从罗盘到GPS，导航定位的过去与未来/（美）海华沙·布雷（Hiawatha Bray）著；张若剑，王力军，党霄羽译.--北京：电子工业出版社，2018.1

书名原文：You Are Here: From the Compass to GPS, the History and Future of How We Find Ourselves

ISBN 978-7-121-32640-0

I.①人... II.①海...②张...③王...④党... III.①卫星导航-全球定位系统-通俗读物 IV.①TN967.1-49②P228.4-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第215669号

策划编辑：胡南

责任编辑：潘炜 文字编辑：杜皎

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：21 字数：300千字

版次：2018年1月第1版

印次：2018年1月第1次印刷

定价：68.00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：010-88254210，influence@phei.com.cn，微信号：yingxianglibook。

目录

[中文版序](#)

[引言](#)

[第1章 艰难前路](#)

[第2章 新潮澎湃](#)

[第3章 出去转转](#)

[第4章 长路漫漫](#)

[第5章 太空拾遗](#)

[第6章 意外收获](#)

[第7章 长焦镜头](#)

[第8章 自制地图](#)

[第9章 签了个到](#)

[第10章 现场实况](#)

[译后记](#)

中文版序

虽然人没到中国，只有我的文字到了这里，但我仍然感觉很棒。我只去过中国一次，兴奋之情难以言表。我真希望出版方能安排一次亚洲巡回售书活动，但是没有这种机缘。因此，就让我通过这些书页，和你们间接地碰个面吧。

得知这本书能出中文版，我非常高兴。毕竟，你们国家是指南针的发源地。而今天你们又有了绕着地球运转的新型指南针。在千禧之际，中国开始建造北斗卫星，这一卫星导航系统和我们国家的GPS不分伯仲。如今，14颗北斗卫星为亚洲数以百万计的人们提供准确的海路和陆路定位数据。或许等2018年35颗卫星全部就位，北斗卫星将达到国际标准，足以与GPS以及俄罗斯的格洛纳斯（GLONASS）系统媲美。

在我看来，这意味着我们人类已经掌握了在地球上导航的技术。然而，2014年3月，马来西亚航空公司从吉隆坡飞往北京的370航班莫名失踪，239人遇难，其中有152位乘客是中国人，而人们在一年多以后还没有找到飞机残骸。

为什么会这样？偶尔发生的空难在所难免，然而现代大型喷气式客机的失踪却原本可以防患于未然。但是马航等航空公司没有使用卫星无线定位系统，不能为雷达范围之外跨越大洋的飞机提供连续的定位服务。空难发生之后人们进行了改革，国际民航组织（International Civil Aviation Organization）正在制定新的标准，要求客机每15分钟就汇报一次自己的确切位置。

在过去的一年中，我发现人们还远远没有解决为街道地址定位这个平凡而至关重要的问题。虽然你我都能找到街道地址，但是全球还有数百万人居住在没有地址的社区。如果你的朋友连地址都没有，那么汽车上的GPS导航系统就不能为你进行智能导航。由于没有地址，你的朋友也很难收到信件或者为投票进行登记，也不能在银行开户。没有地址甚至可能是一件生死攸关的大事。埃博拉病毒在非洲国家利比亚肆虐的时候，由于缺乏街道地址，疫情追踪极为困难，也很难把医疗服务送到最需要的地方。

现在，技术专家和政府终于开始认真解决这个问题。犹他州的地址之家有限责任公司（Addressing Homes）以及爱尔兰的“定位无名地址”（Addressing the Unaddressed）已经开发出利用谷歌卫星图片和GPS接收器来为数以百万计的建筑分配地址的技术。这些先驱者们希望开发一种能够最终应用于中国、美国乃至全世界的统一的地址系统。

所以，你所读到的这本书并不是对人类导航系统的最终定论。不过，我相信这是一本有用的书，读者阅读本书会像我写作本书一样兴味盎然。

海华沙·布雷

引言

我想去找份波士顿地图，结果不出所料地迷路了。波士顿那些崎岖蜿蜒的街道有很多都没有任何标识，对准备不足的人来说就像是一个个圈套。幸运的是，我很快就用智能手机找到了路，来到了马萨诸塞州历史学会（Massachusetts Historical Society）所在的博伊尔斯顿大街（Boylston Street）上那些伟大的乔治亚复兴式（Georgian Revival）建筑前。

在历史学会的珍藏中，有一份破旧不堪的鞣制波士顿地图，由英国船长约翰·邦纳（John Bonner）绘制于1722年。它是第一份由印刷机印出的波士顿地图。为满足波士顿居民和过往旅客的需要，邦纳的作品及其修订本在随后的一个世纪里反复再版。

我没法在这份地图上找到历史学会或是它脚下的土地；在邦纳的时代，这里还是城市之外的一块盐碱滩。不过这幅地图确实详尽周密，邦纳的作品描绘了支撑波士顿海上贸易的几个港口和主要的地标建筑，包括教堂、初级中学和“感化院”（Bridewell）——也就是监狱。他还记录了42条大街、36条小道、22条巷子和3 000座房屋。我们无从得知他花了多长时间来搜集这些资料，但是邦纳在第一版地图发行时已经是80岁高龄，三年后他就去世了。

作为数条船的船东、四任妻子的丈夫、安妮女王战争（Queen Anne's War）的老兵，邦纳一定对艰苦的工作早已习以为常。那个时代的任何制图师都必须习惯这样的生活，他们很难获得精确的地理信息，用于获取信息的工具也很少见并且相当简陋。

可以肯定地说，现在的我们投入了前所未有的努力来绘制世界地图和局部地图。没多久以前，大块区域的地图靠的还是最简单抽象的感觉。而在今天，任何地图都充满了丰富可靠的细节。地图上的许多地方都被反复勘测了上千次，这些工作都是你我这样的普通人每天在不经意间完成的。

当我查询智能手机里的街道地图时，它也在读取我的信息，将我的活动发送到谷歌（Google）的数据库，也就是开发这款手机软件的互联

网公司。谷歌追踪了我去往历史学会的路途。它的服务器记录了我的每一次绕道和花在步行上的时间，将我的这次行程与几千个去往相同目的地的现存记录相比较。智能手机还能通过那些微弱的无线路由信号计算每一个发射机的位置，将这些信息用于地图绘制，其精度可以媲美卫星信号和航拍照片生成的地图。

在追踪我的过程中，谷歌可能并没有获得任何新的信息。然而每一个未曾出现过的互联网信号，每一次不合时宜的塞车都在为这张电子地图增添新的数据。记录我出行所花的时间也有其意义，因为去往某地的最快路径每天甚至每时每刻都在发生改变。谷歌给出的最佳路径和到达时间都是基于其历史数据算出的。如果周一下午4点或是周日中午出发，一般来说，去那儿要花多久？成千上万的智能手机每分钟实时上传的数据，让手机提供的定位信息更为精确。

著名阿根廷作家豪尔赫·路易斯·博尔赫斯（Jorge Luis Borges）曾经描述过某个王国的制图师制作了“一张整个国家那么大的地图，地图上的每个点都与这个国家的每一处恰好对应”。这种尺寸的地图显然只是个奇思妙想。不过说到点对点细节对应以表现真实世界，博尔赫斯的完美地图现在已是触手可及。飞机和卫星一寸寸地给全世界拍照，同时装备有雷达和激光测距仪的传感车在大街上穿梭往返，拍下我们的前门和车道上汽车的数量。

全人类中有三分之二的人手提包或口袋里都装着一个伪装成手机的定位传感器。这些人不知不觉地参与了每天勘测全世界的活动。我们都是自由制图师，继承了千年来那些更加聪明坚韧的专业制图师们的工作。

绘制地图十分重要，有时还非常危险。葡萄牙人费迪南德·麦哲伦（Ferdinand Magellan）没能完成第一次环球航行就死于非命；亨利·莫顿·斯坦利（Henry Morton Stanley）花了三年时间沿刚果河（Congo River）穿越非洲，他的探险队一半以上的成员死在了路上。

我们这些兼职制图师没有生命危险，只是有可能会失去隐私。我们口袋里的那些设备，在测量周遭环境的同时也在测量我们，生成关于我们时空方位的四维地图。我们一年到头的行动都被记录下来，揭示出我们生活的细节——政治倾向、宗教信仰，还有疑心病和坏习惯。

基本上都是谷歌这样的公司或是大型智能手机运营商在搜集这些信

息。了解了我们的品位和习惯后，他们就能有针对性地给我们的手机发广告了。2013年5月，美国国家安全局（US National Security Agency, NSA）前技术员爱德华·斯诺登（Edward Snowden）披露了一系列机密情报，揭露了美国情报机关也会调阅这些数据库材料，从而将数百万国民置于几乎从不间断的监视之下。NSA的举措也许减少了一点点恐怖袭击的风险，但是也在我们和政府间播下了不信任的种子。很多人都担心自己的手机成了一个电池驱动的告密者，通过记录行踪来泄露我们的秘密。

然而，人类在神秘莫测的定位技术上的胜利是个无与伦比的技术奇迹。在人类历史上的大多数时候，要找到远方的某地或某人就跟登月一样令人却步，没有目的地的准确地图，也没有水路和陆路的地图。就算有了这些，人们也缺乏可靠的导航工具来确保自己没走错。直到不久前的19世纪，我们的导航手段都还相当原始，地球上的大块区域还有待测绘。

到20世纪这一切都变了。随着物理学上的新发现以及战争和贸易的需求，革新的导航技术开始大量涌现。无线电台成为飞机和船只无形的灯塔。精确的平衡陀螺仪取代了磁罗盘成为方位仪，使得飞行器能飞水平直线。基于陀螺仪的惯性导航系统指引潜水艇在北极下方航行或是向莫斯科丢氢弹。苏联在空间探索方面突破性的进展教会了美国科学家如何用空间信号为地球上的船只和飞机导航。在努力揭开铁幕的过程中，他们发明了能给整个世界拍照的航天相机。一家收银机公司开发出一种新的计算机无线会话通路，几个波士顿企业家采用这个技术来测绘世界上最大的城市。廉价智能手机的发明使所有人都拥有了数码导航信标。

这是一本讲叙有关非凡成就的书。我们会看到那些才华横溢的人们不懈努力，受商业和军事等各个不同领域的需求驱使，为我们提供绝佳的地图、完美的导航系统和定位技术，从而让我们能够随时知道自己的精确位置。

第1章是从远古到19世纪末期的导航简史。有些惊人的突破很早就发生了，例如公元前3世纪希腊科学家只用阳光和木棍就算出了地球的周长。我们还能看到早期波利尼西亚水手使用贝壳和秸秆制作的地图，远航数百英里到南太平洋的岛屿上殖民。

第2章带我们来到20世纪晚期，我们会看到古列尔莫·马可尼

（Guglielmo Marconi）和其他先驱者如何意识到无线电作为导航工具的价值。无线电的出现恰好解决了一个新问题—如何帮助飞行员在黑暗多云的天空中寻路。对赢得第二次世界大战的盟军来说，利用无线电波从固体表面反射的特性所开发的新定位系统可能比原子弹更重要。

仅仅有无线电导航还不够，在第3章中我们会看到埃尔默·斯佩里（Elmer Sperry）、劳伦斯·斯佩里（Lawrence Sperry）和查尔斯·斯塔克·德雷珀（Charles Stark Draper）这样的工程师是怎样开发出基于陀螺仪的独立系统。陀螺仪是一种快速旋转的圆盘，能够神奇地保持恒定的空间朝向。有了陀螺仪，飞行器无需人工干预就能以水平直航线飞行，还能让飞行员在航空仪表的帮助下于夜晚或恶劣天气中保持航向。此外陀螺仪还使得能够“感知”船只或飞机每一个动作的惯性导航系统成为可能，该系统仅仅通过动作信息就能计算出船只或飞行器的精确位置。

最早的导航者通过规律运行的天体来定位。在第4章，一个美国科学家团队开发出一种新的天体导航技术。受苏联卫星发射的无线电信号启发，他们意识到卫星信号还可以用来为船只导航，甚至能指导飞弹瞄准。这就是子午仪（Transit）卫星—世界上首个卫星导航系统，而它绝非最后一个。第5章介绍了全球定位系统（GPS）—它比子午仪卫星导航系统更大更灵敏。出于战争目的制造的这种超精准卫星导航服务已经改变了数百万人的日常生活。

在第6章，我们将见证一个美丽的意外。数百万家庭和企业安装了Wi-Fi网络将计算机和智能手机接入互联网，却很少有人知道他们同时参与了全世界城市的再勘测。几个波士顿商人意识到每个Wi-Fi设备同时也能作为导航信标。当这个点子被证实可行，他们成为了全球最强大的技术公司的竞争对手。

在第7章，我们暂时将视角转到苏联。俄国人早就知道怎么干掉那些给军事基地和兵工厂拍照的美国间谍飞机。1960年U-2侦察机击落事件后，美国情报机关就被有效地致盲了。但仅仅数个月后，美国就发射了一颗间谍卫星在远离苏联飞弹射程外的位置拍照，范围覆盖数百平方英里。曾经是绝密的冷战技术，现在却为我们来年的度假计划提供精确的地图。

有人认为，地图绘制是个复杂的工作，最好留给专业人士去处理。果真如此吗？通过廉价的GPS单元和互联网地图服务，每个人都能校

正、增加地图细节或者重新绘制新地图，成为兼职制图师。在第8章，MapQuest和谷歌这样的公司将廉价的数字地图带给大众，同时提供个性化工具，让我们按照自己的想法去改进。我们还将看到自助地图如何成为了人权活动人士和救灾工作者的重要工具。

通过电子地图和带GPS的手机，我们能够轻易找到任何地方，而其他人也能找到我们。最后两章将讨论这种新的定位透明度有何意义。在第9章，我们将看到商人是怎样利用我们的行踪获利的。Foursquare等移动应用公司和流行APP说服我们共享位置信息，随后发送定位精确的广告。同时，像Point Inside和Wifarer这样的公司通过对机场、卖场和其他大型建筑的内部进行制图，解决了个人导航最后的挑战。

但是那些追踪我们位置的人不一定会请求许可。在第10章，我们会看到从FBI到本地学校董事会的各政府机关是如何监测市民动向的。通过我们汽车里的GPS追踪装置、无线通信公司乘乘提供的手机记录和车牌号的摄像记录，警方就像老大哥一样看着我们。虽然这可能是出于善意，但在不远的未来，如果政府机关能随时随地以低廉的代价追踪到每个人的位置，还有什么能阻止他们呢？

在这个满是位置感知技术的世界上，保护隐私是一项我们永远无法彻底解决的问题。但在需要导航定位的时候，有那么一颗自由运转的行星，它的每一个角落都已经被制了图、拍了照，即使是地球彼端的旅者也能够依靠这些技术来找到目的地。

这是一本关于我们怎么到这儿的书。

第1章 艰难前路

1620年11月8日，克里斯托弗·琼斯（Christopher Jones）船长65天来第一次知道了自己确切的位置。麻烦的是他和他的船本来要去哈得孙（Hudson River）河口，却出现在了偏北220英里的地方。琼斯花了整天的时间航向南方，希望能纠正之前的导航错误。汹涌的暗潮和犬牙交错的海岸线为每英里的海路平添了许多危险。当冬季与坏血病一起袭来时，商船五月花号（Mayflower）上的船员和乘客们终于看到了科德角（Cape Cod）。11月11日，琼斯将船驶入普罗温斯敦港（Provincetown Harbor），最初的美国移民得以登陆。

这是美国早期的一个宝贵回忆。五月花号的航程历史意义非凡，不过这种迷航事件在17世纪却很寻常。一群勇敢得有些鲁莽的旅行者踏上茫茫旅途，不知要如何到达所知甚少的目的地，甚至对旅途中自己的位置也仅有一点模糊的认识。去了什么地方的人要是还能回得来，那简直是个奇迹。事实上，很多人再也没法返回。

在人类历史上的大多数时期，无数人只在他们出生的那一小块地方生活。原因很多：贫穷、旅途中的危险以及快速廉价交通方式的缺乏。即使是没被这些困难吓倒的人们——商人、军人、探险家和朝圣者——也不得不面对一个实质性的问题：如何到达他们想去的地方。

五月花号起航的年代，人们已经在这个问题上取得了一些进展。琼斯船长与他的船员和乘客们信心满满地打算航行3 000英里海路去往目的地。可是这份信心的基础相当脆弱，五月花号的导航工具并不比两千年前腓尼基水手们在地中海上用的先进多少。

安全的旅程需要什么呢？作为视觉动物，我们优先用看到的東西来导航，即使要去的地方远在地平线外。因此很早就出现了地图——用于显示某地相对其他地方的距离和方位的图画。

为了绘制这种地图，也为了遵照这种地图旅行，人们首先需要找到一种在旅途中定位自己的方法，然后还必须能够确定自己的方向和速度。这些事现在看来非常容易，但人类为了探索导航的秘密，花了6 000年的时间。

地图是最初的导航工具，有可能在发明文字之前人类就已经开始使用地图了。绘制一小块地方的地图用不上什么先进的导航工具，只要对那块地方足够熟悉就可以了。4万年前的非洲岩画中就出现了对游牧定居点和畜栏的描绘。尽管存在争议，这些岩画也能算得上是地图了。2009年，萨拉戈萨大学（University of Zaragoza）的科学家们发现15年前发掘自西班牙某洞穴的一块岩石上有风化的纹路，纹路表现了附近的狩猎场和一条河。据研究人员推测，这些纹路可能有约14万年历史，是迄今发现的最古老的欧洲地图。

此后的地图用途更加具体。伊拉克北部发现的一块公元前2300年左右的砖面上刻有城镇、河流和山脉的景象，还标注了农田的大小。那个时代的这些地图显然是用于明确土地所有权和用途的，地图上甚至有测量者的记录，用来解决土地争端和征税。

早期地图中最引人注目的可能是太平洋殖民者制作的那些。拉皮塔人（Lapita）发源于非洲东南部，通过一个个岛屿殖民到了菲律宾和俾斯麦群岛。公元前1000年，拉皮塔人已经到了远东的斐济和萨摩亚。他们的后裔，也就是波利尼西亚人延续了航海的传统，一步步地穿越大洋。公元后的第一个千年，波利尼西亚人定居到了新西兰、复活节岛、夏威夷以及太平洋上的其他岛屿，彼此相距数千英里深海。这些航行鲜有人知，却属于人类史上最伟大的探险之列。

他们怎么能在连罗盘都没有的情况下完成这些惊心动魄的航程？海员们靠着大自然的风、海浪和野生动植物所提供的丰富而微妙的信息来导航。人类学家戴维·刘易斯（David Lewis）向现代波利尼西亚人学习了他们的传统导航技术，亲身体验了他们驾驭风浪的能力。多年的经验教会了他们如何从海浪的运动中感知自己的位置和方向。

马绍尔群岛的原住民用木棍和贝壳制成的三维海图来记录他们关于大海的渊博知识。贝壳表示岛屿，木棍的形状和位置则显示了附近水域波浪的情况。航海者行船时将木棍地图放在桌上用于导航，他操纵船只，让地图与波浪相符。不像其他地图，使用这种波浪海图更依靠航海者将抽象与现实对应的知识和能力。

虽然太平洋岛民们拥有精巧的导航手段，但其实在历史上大多数时期，地图的发展都受制于可靠导航工具的缺乏。要想精确地绘制地图需要知道自己和其他地方的确切位置，人类花了几千年的时间才掌握了这

项手艺。

但是我们不会原地踏步。旅行者们为了搞清楚他们要走的路发展出了很多方法。他们记录洋流和盛行风型，跟随同路者——鱼群、海龟或是鸟类——前往目的地。古代斯堪的那维亚人（**Norsemen**）携带鸟类航行，需要决定航向时便放飞这些鸟。如果鸟回来了，就继续航行；要是没有，就将航向调整到鸟飞走的方向。他们确信通过这种方式能够找到陆地。这个策略听上去很熟悉，因为《圣经》里的诺亚也是这样从方舟放飞他的鸽子和乌鸦的。

和今天的人们一样，古人也用来自太空的信号指引方向。人们很早就注意到太阳、月亮和星辰的规律运行。再愚钝的人也会注意到太阳总是从同一个方向升起，掠过天空然后在相反的方向落下。实际上可能正是太阳的这种运行规律给了人们最早的关于东和西的概念。太阳同时还定义了南与北：由于人类聚居地大多数集中在北半球，太阳通常在观察者的南方，因此正午时太阳达到天空中的最高点即正南方。

到了晚上，旅行者依靠其他更远的恒星来指路。若干个世纪的观察揭示了那些恒星的运行规律。在适当的时候，关于恒星的知识能够用来确定旅行者的纬度——他相对于赤道的南北向位置。

公元前3000年，古埃及学者就开始应用星体精确导航了。这多亏了一个幸运的意外：每年尼罗河的汛期都开始于同一天，天狼星也在这天的黎明前升起，很多年里这两件事都会同时发生，分毫不爽。事实上正是这个规律引导埃及发展出了我们今天使用的24小时和365天制历法。古埃及天文学家使用肉眼观测夜空，逐步完善了36个星座的星图。他们知道特定的星辰会在夜空中的哪些位置出现。通过这些知识，他们踏出了通向精密定位科学的第一步。

通过密切观察星座运行，人们发现有一些固定的点在任何时候都可用于定位。比如天文学家注意到有些星座从来不会消失于地平线外；它们以一个封闭的轨道运行。在轨道的轴心处，古天文学家发现了大熊座和小熊座。小熊座的帝星（**Kochab**）位于轨道的正中，它就是当时的北极星，为古人指出了正北方。

这个星体系统用于导航还不太完美，因为太阳和月亮的重力牵引造成了岁差，即地球轨道缓慢的前后摆动。数千年前就已经有人知道我们的大地是个球体；公元前450年左右，希腊数学家恩诺皮德斯

（Oenopides）就指出地球自转轴对轨道平面的倾斜角度大约为 23° 。正是这个倾角使得地球的两个半球周期性地朝向和背离太阳，从而产生了分明的四季。此外，地球并非完美球体，赤道附近比极地更厚。由于倾角的存在，太阳和月亮的引力在赤道附近不平衡。这就产生了岁差，生活在公元前130年左右的古希腊天文学家、数学家希帕克斯

（Hipparchus）率先观察到了这种缓慢的震荡。岁差的存在使得代表正北方的星辰以世纪为单位逐渐变化，整个循环的周期是26万年。帝星虽然曾经是北极星，并且很久以后还会再次成为北极星，但现在我们说的北极星却是430光年外的一个三星系统。

水手能用北极星和基础三角法得到离赤道的距离，这个距离的度量就是所谓的纬度。只需简单地假设北极星在北极的正上方，再测量北极星与地平线的夹角即可得到纬度。很多设备都可以完成这项工作，比如星盘，这种木头或金属制成的简易仪器，可以精确测量天体角度。还有一些更简单的方法也能测得纬度。曾经很流行的一个方法是在自己的牙齿和北极星之间拉上一根打结的线，这根线与地平线所成的角度就是纬度，比方说这根线与地平线成 40° 角，那么你就在北纬 40° ，费城的纬度。

在中世纪，欧洲海员经常要去到赤道的南边。在那里北极星隐藏在地平线以下，没法用来导航。而南极附近也没有一颗对应的星体。最接近的替代星体是南十字座，水手们试着用它来确定南半球的纬度。此外，他们还通过测量太阳与地平线所成角度来测定纬度。地球转轴倾角所造成的太阳相对于赤道的位置改变被称为赤纬（declination）。赤纬的存在导致太阳在天空中的轨迹在一年里的每一天都会发生规律性变化。用这样一个变动的恒星来测量纬度是否真的可靠呢？

答案是肯定的。8 世纪的一名穆斯林天文学家玛沙安拉（Msha'allah）发明了正午时通过测量太阳与地平线倾角来确定纬度的方法。要想在地球上的任何地方用这个方法精确测定纬度，还需要一份赤纬表，列出一年中每一天太阳与赤道的夹角。这本工具书直到7个世纪后才出现，作者是亚伯拉罕·萨库托（Abraham Zacuto），一位博学的西班牙犹太人。1473年，20岁的萨库托开始编写这套赤纬表，5年后才完成这项工作，而直到1496年，赤纬表才得到普及。这本《万年天体历》

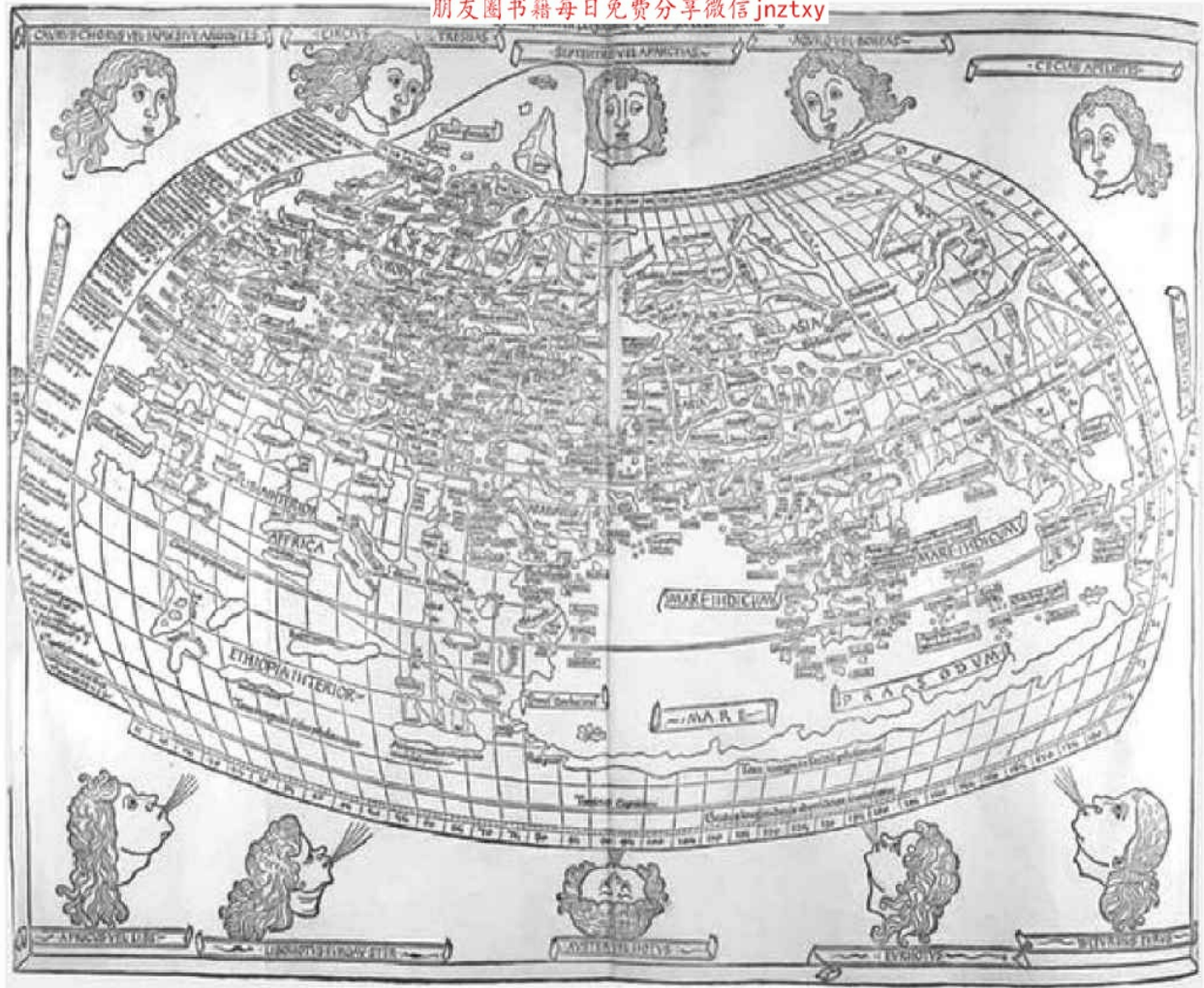
（Almanach Perpetuum）恰好在欧洲地理大发现时代出现。无论身处何

处，只要看得到太阳，任何一个有经验的航海家都能使用赤纬表测定纬度。

纬度的确定对导航和地图绘制至关重要。但是只知道我们离赤道多远还不够，精确的导航还需要我们东西向的位置——经度。

公元前2世纪的希腊数学家希帕克斯曾经提出，一份地图应当包括东西向彼此平行、从赤道到极地的纬线，以及南北向穿过纬线彼此并不平行的经线。这些经线在赤道处间距最大，在两极汇聚到一起。这样，地球就被经线和纬线包裹起来，地表的任何位置都能用这个网格来定义。

三个世纪后，古代最伟大的制图师克劳迪厄斯·托勒密（Claudius Ptolemy）基于这个原则创作了《地理学》（Geography），这份地图著于2世纪中期，随后的一千年中都未被超越。遗憾的是，托勒密创作的地图原件已经散佚。在印刷术发明以前，托勒密的著作都是由手抄本传播的，而只有很少的抄写员能够誊抄地图。罗马帝国衰落后，托勒密的地图和手稿就从欧洲遗失了。穆斯林学者在9世纪将文稿译成阿拉伯语，13世纪的拜占庭僧侣马克西穆斯·普拉努得斯（Maximus Planudes）又将其译成拉丁文，重新把这本书介绍给西方世界。学者们随后从托勒密的文稿中复原了那些失落的地图。



托勒密的地图

罕有著作像托勒密的作品那样对历史产生了如此重大的影响。在整个中世纪，欧洲的地图更多是神学和神话而非地理学的产物。人们试图找到基督教天堂和祭司王约翰（Prester John）国度的精确位置，后者是一个虚构的英雄，将会帮助基督教国家战胜伊斯兰教。与之相反的托勒密地图像一记耳光打醒了欧洲地理学者。他们惊奇于那些经纬线网络和对真实世界冷静客观的描述，惊叹两千年前地图是如此先进。与中世纪那些夸张不实的地图相比，托勒密的作品就像是电路图一样。即使并不完美，托勒密的地图也在相当程度上映射出了真实的世界。

托勒密描述的很多细节最后都被证明是错误的。最著名的一个错误就是他极大地低估了地球的周长——某种意义上这是个有益的误会，克里斯托弗·哥伦布（Christopher Columbus）因此确信他向西航行能够很

快到达亚洲。但是透过这些错误，托勒密展示了真正科学的地图绘制原则。

在这个时期，水手们掌握了一种简单而神奇的工具来帮助定向。这就是此后普遍存在的磁罗盘。

天然磁石曾经让学者们非常困惑。公元前585年，米利都（Miletus）的古希腊哲学家泰勒斯（Thales）最早提到这种东西。公元前2世纪的中国也有相关记载，秦始皇的皇宫大门就是由一块巨大的天然磁石制成，因其强大的磁力，没人能暗中携带铁质兵器通过这扇大门。1世纪，中国学者描述了一种磁石制成的勺子，这种勺子被用于占卜未来。没人能保证勺子占卜出的东西有用，但是这些神奇的勺子确实总是指向南方。古人没法知道，天然磁石受到的是整个星球磁场的影响。

天然磁石会赋予铁制品磁力。用天然磁石来磨铁，就会得到磁铁。当铁片足够小，小到可以浮在水面上时，这个小把戏就显得非常有用。1040年的一篇中国文献里描述了一种像纸一样薄的鱼形磁铁片，这种磁铁片可以漂浮在碗中的水面上。磁铁的“鱼头”总是指向南方，而“鱼尾”指向北方。到了1111年，另一部中国著作介绍了可靠的导航工具——指南磁针。这是最早提及罗盘的文献，而直到12世纪末期这种导航技术才传入欧洲。

装备上了罗盘，水手无需天体或地标的帮助就能弄清楚东南西北。罗盘极大地降低了远行的风险。在它得以普及前，冬季时船只无法离港太远，因为风暴天气下无法利用星体导航。罗盘让导航脱离了季节的限制。

除了罗盘、星盘这些纬度测量工具之外，水手们还用测速板来测量船只的速度。在一片木头上系上打结的长绳，隔一段时间就扔一段绳子到水里，由绳结经过水手手掌的频率就能得到精确的船速。

在浅海中航行时，还会用到测深索。测深索同样是打结的绳子，有配重的一端扔进海里。配重物底部被挖空，填入油脂或是软石蜡。当感到配重物触底时，水手就数绳结来确定龙骨下的水深。然后他把绳子收回，检查配重物。海床上有些东西会粘在配重物底部，可能是碎石、沙子或者海藻。很长的一段时期里，制图员们利用测深索来标出海岸线附近各个地方的水深和在海底找到的东西。这样，水手就能用测深索来确

定自己的船在海图上的位置了。

有了这些工具，航海者即使在恶劣的天气下远航也能时刻知道自己的位置。从最后一次精确的天体定位开始，他必须频繁使用罗盘、测速板来记录航向和速度的变量，通过这些数据来判断出自己的位置。这个过程就是所谓的“航位推测法”。我们后面会看到，大型喷气式客机至今仍然依靠改进后的“航位推测法”穿越太平洋。

尽管探险家们都需要罗盘，但是在相当长的时间里，却没人知道为什么磁针会指向北方。16世纪伟大的地图制作家杰勒德·墨卡托（Gerard Mercator）和同时代其他有学问的人一样，相信世界的两极存在着巨大的完全由磁石构成的岛屿，也就是黑岩（Rupes Nigra）。因为只有这样一块巨大的磁石才能吸引全世界的罗盘。直到墨卡托去世6年后的1600年，英国医生威廉·吉尔伯特（William Gilbert）才发现真相。

吉尔伯特是女王伊丽莎白一世的御医，获得任命的前一年，吉尔伯特用磁石雕刻了一些地球的模型。他发现，在这些“地球”表面移动磁针时，磁针就像是在真实的地球表面移动一样。比如说，磁针被放置在与磁球平行的位置时会指向“北极”，而当磁针指向下时会表现出“磁倾角（magnetic dip）”。磁倾角这个奇怪的现象是由另一位英国人罗伯特·诺曼（Robert Norman）在1581年发现的。诺曼发现，地磁场令罗盘指向北方的同时还会让它有一个向下的倾向。他算出这个倾角在71°左右。

吉尔伯特在他的地球模型上进行了磁倾角试验，得到了与真实地球类似的效果。他还做了进一步的试验，记录了在地球模型的不同位置磁针向下偏转的角度。他发现越靠近北极，磁倾角越大；靠近南极，则磁针也会相应倾斜。赤道附近，磁针不倾向南北极任何一方。通过这些证据，吉尔伯特得出了重要结论，认为北极并没有一个巨大的磁体，这个巨大的磁体其实就是地球本身。这是科学认识星球磁场的第一步。

罗盘因而成为了制图者至关重要的工具。在海岸线附近，船只的领航员可以用罗盘结合关键地标来精确定位。收集到足够多的这类罗盘与地标信息后，制图者就能够极大地提高沿岸地图的精度。地图上的海岸线终于不再是模糊不清的大块了。相对地，海图表现出了海岸线的所有细节——海湾、三角洲、沙堤、断崖还有海滩。在导航技术进步的同时，人们也制作出了更好的地图。

不过即使有了更好的技术，地图绘制也顶多算是真实地形的近似。

在托勒密的时代，制图师们就已经意识到他们不得不对真实性作出妥协。毕竟地图是要将一个球体的形貌展现在平面上，这种投影必然会有一定程度的失真。托勒密和他的继承者们发展出了多种投影方法来表现出几何体的部分形貌，但是都不可避免地会扭曲其他部分。比如说，如果一张世界地图的大陆尺寸比例严格符合真实大小，其大陆间的距离一定会存在问题。

到了16世纪欧洲人跨越大西洋去开拓新大陆的时候，他们最需要的就是那种能够准确便利地记录两地间固定航线的地图。使用这种地图，航海家在亚速尔群岛的圣米格尔（Sao Miguel）和巴西的托鲁斯镇（Touros）之间划上一条直线，只要他沿着这条线上的罗盘航向走就能到达目的地。然而当我们在这个球体表面航行2 600英里时，这条直线是不存在的。船的航路实际上是一条远比纸面上的直线艰险百倍的曲线——除非有人设计出一种能将罗盘方位精确投射成直线的地图投影法。

出生于德国的杰勒德·墨卡托在1569年完成了这项壮举，“墨卡托投影”让他成为了史上最著名的地图制作家。在墨卡托投影里，经线从北到南，相互之间等距；纬线与此垂直，从东到西。为了校正地球曲率，墨卡托的纬线分布并不均匀，靠近两极的地方纬线间距会变宽。

这种方法导致了一些副作用——地图上的赤道附近精度很高而两级附近失真严重，因此它们的相对大小变得非常夸张。例如，墨卡托地图上的格陵兰岛比整个欧洲还要大很多。对航海家们来说这其实无关紧要。墨卡托地图的失真让大陆看起来很滑稽，但也极大地简化了制定精确航线的任务。

罗盘并非永远精确。任何懂点行的航海家都能发现罗盘并不总是指向观测到的北极星方向。这是因为行星的磁场不是均一的。根据观测者位置的不同，磁场会有一些变化，这个现象被称为磁偏角（magnetic declination）。海员们很快就明白了不能只靠罗盘，还要将罗盘与传统星体导航方法相结合来判断方位信息。他们怀疑罗盘偏差有某种原理和规律，只要找到这个规律就能解决东西向定位的难题——经度

一些人认为早在1544年就有人发现了这个规律。为西班牙服务的威尼斯探险家塞巴斯蒂安·卡伯特（Sebastian Cabot）展示了一份亚速尔群岛附近某处的地图，在这个位置罗盘没有表现出任何偏向，符合北极星

的方向，指向真北（true north）。很多航海家为此欢欣鼓舞，觉得磁偏角能帮助测量经度。他们估摸着，当船向东或向西航行时，磁偏角将变得平滑而有规律。如果陆地或海上的旅行者仔细测定世界上多处地点的真北与磁北（magnetic north），他们就能制成磁偏表。这样不管航海家在什么位置，都能知道罗盘会怎么偏了。更重要的是，这张表还能用来算出精确经度。一位法国航海家声称磁偏角的1度可以换算成22½里格——约56英里。简单地数数罗盘上的磁偏角，就知道自己往东或是往西走了多远了。

很快航海家们就发现事情没那么简单。磁偏角的变化并未按东西向规律变化。实际上，航向北方后罗盘变得更不稳定了。然而，通过记录多处磁偏角变量，从而得到不同经度的磁偏表仍是可行的。

1698年，英女王玛丽二世资助了磁偏角表的制作工作。王室赞助了一艘小船，任命杰出的数学家和天文学家埃德蒙·哈雷（Edmond Halley）来领导这次远征。在历经两年的两次航程里，哈雷和他的团队仔细收集了大西洋上多个地区的磁偏数据，从北纬52°到南纬52°。这些资料就是最早的地磁偏角图。

哈雷的地磁偏角图及其后来者的作品为航海家们提供了极大的便利，方便他们校正罗盘读数。然而哈雷不久后就意识到磁偏角不能用来得出经度，原因早已在1634年就为英国数学家亨利·盖利布兰德（Henry Gellibrand）注意到。他发现地磁场不仅随地点发生变化，其强度还跟时间有关。通过历史记录，盖利布兰德发现伦敦的磁偏角在1580年时还是东偏11.3°，到了他那个时候已经变成了东偏4.1°。今天的我们已经知道磁偏角的变化是由于地磁场的倒转引起的。地磁场是由地核内巨量的液态铁产生的。这些一刻不息流动着的液态铁，因其自身的热效应和地球自转搅动产生了地磁场的变化。了解了这个过程，人们就能够精确地计算出不同位置的地磁偏角了。

哈雷不了解这些，不过他还是很很快就意识到亨利·盖利布兰德是对的。不管原因是什么，由于地磁变动的存在，磁偏角地图在使用时必须随时更新。更糟的是就算更新了，地磁偏角图还是无法提供一个用于计算经度的平均值。

让人恼火的是，每个航海家都知道怎么解决经纬线问题。方法很简单——只要有合适的工具。

地球是个每天绕其南北轴自转一次的类球体。我们的星球每天旋转 360° ，每小时 15° 。这意味着你可以通过某些参照点找到自己的东西向位置，只需回答出两个简单的问题：第一，你所在的位置是什么时间？第二，你的参照点是什么时间？

一个航海家能够从太阳的位置判断出当地的时间。假设当地时间是上午9点，如果他知道陆地上的某个位置此时正当中午，那么他就在这个位置偏西 45° 的地方。具体有多远则取决于纬度。在赤道，经度的 15° 大概相当于1 035英里那么远，每一度相当于69英里。经线收敛于南北极，所以纬度越高，相同经度代表的距离越短。幸运的是，只要知道纬度，就可以用一个简单的公式算出这个距离。航海家们已经把纬度弄得很清楚了，因而海员只需要弄明白经度，就能快速精准地找到他在任何一片大洋上的位置。

因此海员们需要一个能够工作数月、走时准确的计时器。它还必须能够承受海水的侵蚀、温度和湿度的极大变化，以及海上船只的颠簸。简而言之，古代水手需要一种优秀的防水腕表，就是我们可以随时去最近的沃尔格林（Walgreens）[\[1\]](#)买到的那种。但是16世纪的便携计时器在精确性和耐用性上还没达到航用标准。

这些困难并没有阻止欧洲的探险家和帝国功臣们。新大陆财富的诱惑是无法阻挡的。不过如果经度的问题能解决，他们的航行就能变得更快、更安全也更有利可图。

起初，科学家们向天空寻求答案。1610年伽利略发现了木星的4个明亮的卫星，他打算拿这个星体系统当计时器用。伽利略艰辛地记录下了这些卫星在地球的不同日期和时间里的动向。到1612年，他完成了记录，只要用望远镜观察到这些木星卫星的位置，就能得出具体的时间。由于这些卫星在地球上任何地方的观察者看来都一样，它们的位置可用于在不同城市中计时——无论是罗马、伦敦还是巴黎。

只要你在陆地上，这就是个绝妙的主意。但是在晃动的甲板上用望远镜观察木星卫星则是项充满挫折、令人沮丧的工作。此外，伽利略不久后就不得不面对宗教裁判所对他在天文学上异端观点的指控，也难怪他这个方法从未流行过。

另一个实用得多的天象计时器比木星卫星更近。1514年，一位纽伦堡的教士约翰内斯·维尔纳（Johannes Werner）提出经度可以通过对月

球位置的测量得到。记录一年里每一天月球和其他天体间距的表格，就能当计时器用。这种方法跟木星卫星的位置类似，但更易为水手们观察。

从这个观点的提出到真正有人实际做出尝试，历经了两个多世纪。1714年，大不列颠政府设置了巨额悬赏——价值相当于今天的数百万美元——征集一种能有效地在海上测量经度的方法。赏金数十年间无人领取——可见问题的难度。

1761年，一名英国圣公会的牧师内维尔·马斯基林（Nevil Maskelyne）接受了这个挑战。他的工作是建立在维尔纳的基础之上的。1766年，马斯基林发表了一份图表，显示出英格兰的格林尼治在1767年里每一天中太阳、月球、地球和许多其他星体的相对位置。有了这个表，几千英里外的海员可以用六分仪测出月距，进而算出格林尼治时间，再将结果与马斯基林的表进行对照。马斯基林和他的同事们制作的这个表成为了新的主流航海历。它每年发行，成为了全世界航海家不可或缺的指南。它还让格林尼治成为“本初子午线”，大多数海员以本初子午线为基线计算经度。

这个看月亮计时的方法还不够精确，有人找到了更好的计时方式。英国木匠和自学成才的钟表匠约翰·哈里森（John Harrison）在他83年的人生中，大约有40年是在设计一种能够在航行中准确计时的工具。他在1755年制成的H4航海時計（H4 marine chronometer）几乎是一个工程学上的奇迹，能够在航行中运行数月而误差不过几秒钟。

哈里森的发明正好是当时的航海家们需要的东西。然而实际上过了一个世纪，航海時計仍然不是人人都能用得上的工具。因为与早期大型计算机一样，航海時計非常昂贵。许多航海家一直到19世纪中期都在使用月相计时法，精确的船钟那时才变得相对便宜。

当航海家们解决了经度的问题后，制图师就能为大块的陆地绘制精确地图了。他们想到的方法类似于古人曾经用过的三角测量法。这个方法可以用来测量你到远处地标的距离以及该地标的经纬度，而无须亲身前往。首先在地上画一条线并精确地测量其长度和方向。在线的两端设置某种观测设备，用观测设备瞄准所测地标，再测量地标到线两端的角。有了这些数据，就可以算出此处到地标的距离和它在地球表面的位置。

17世纪末，意大利地理学家乔瓦尼·卡西尼（Giovanni Cassini）来到法国，在国王路易十四的支持下，开始使用三角测量法第一次对整个国家进行系统测绘。这项工作持续了一个多世纪，卡西尼家族的三代人参与其中。最终于1793年完成之后，法兰西地图的精度成为了一个新标准，其他国家纷纷效仿。

自18世纪起，人们开始认真对待科学地绘制全球地图这件事。在太平洋，英国航海家詹姆斯·库克（James Cook）测绘了新西兰的海岸线以及澳大利亚的东海岸。在印度，英国军人和探险家们在绘制印度次大陆地图的工作中疲于奔命，用了接近150年的时间。在北美，年轻的乔治·华盛顿勘测了弗吉尼亚殖民地的山丘和溪谷；此后，美国的第三任总统托马斯·杰斐逊（Thomas Jefferson）派遣梅里韦瑟·刘易斯（Meriwether Lewis）和威廉·克拉克（William Clark）绘制这个新生国家的国内地图。渐渐地，人类描绘出了这个世界真实的样貌。

那时的制图师们还在各自为战。不同的国家使用不同的方法和标准来绘制自己的地图，结果直到19世纪末期都还没办法拼出一张完整、连贯的世界地图。1891年，德国地理学家阿尔布雷希特·彭克（Albrecht Penck）提出要将地图绘制规范化。在瑞士的伯尔尼（Berne）举办的国际地理学大会上，彭克提出了“国际的世界地图”，计划用标准化的标志、颜色，尤其是比例尺来绘制世界地图。比例尺是地图上的长度与真实长度的比例，假如一张地图的比例尺是1: 24 000，那么地图上的一英寸就相当于真实世界中的24 000英寸或2 000英尺。地图在这种比例尺下将会显示海量的细节。但是在当时的技术手段下，这根本不实际。彭克建议的比例尺是更易处理的1: 1 000 000。这张地图上，一英寸等于真实世界的100万英寸，即15.8英里。地理学家们没有用彭克提出的浮夸名称，而是将这张地图命名为百万地图（Million Map）。

尽管这个计划的吸引力显而易见，但仍被搁置了很多年，最终于1913年这个不祥的年份真正开始，历经两次世界大战和一次全球性的经济衰退。美国在第二次世界大战后接手这个计划，然后终于在1987年彻底放弃了它。

在那个时候，全世界的政府和商业机构已经把整个地球都绘成了地图，拍成了照片。虽然世界上许多地方的地图仍未达到彭克所期望的精度，但是其精密程度已经超出了五月花号船长的想象。有了今天的导航

技术，我们已经不太可能真正迷路了。

20世纪初以来，人类几乎可以到达世界的任何一个角落。对于1900年的旅行者来说，导航的问题看上去已经被彻底解决了。困扰克里斯托弗·哥伦布或五月花号船长的的问题已经有了明确的答案，但是新世纪也向导航技术提出了许多令人生畏的新挑战。

如何为水下500英尺的船只提供导航？怎样指引位于3万英尺高空，油料刚好够用的飞行器到达目的地？给一个可能在地球上任何位置的人发送紧急消息应该用什么手段？新的交通和通信技术与战争的需要产生了很多新问题，也带来了解决这些问题的工具。我们将视角集中在这些工具中最关键的那一种——无形的电磁信号，它为飞机、船只和人类的脚步提供指引，可能还引导了致命的武器。

书籍免费分享微信 jnztxy 朋友圈每日更新

^[1] Walgreens是一家美国连锁零售企业。——译者注

第2章 新潮澎湃

1944年6月19日，詹姆斯·范艾伦（James Van Allen）站在美国军舰华盛顿号（USS Washington）[\[1\]](#)的舰桥上。一波日本轰炸机飞过他的头顶，拼命想要干掉他。它们飞得很近——近到在轰炸机被撕成碎片，坠入太平洋之际，范艾伦都能看见其中一个飞行员的脸。

范艾伦和来袭的日军飞行员彼此都想要干掉对方，但他顽强地活到了2006年的91岁高寿，还成果颇丰。他发现了环绕地球的辐射带，它们被命名为范艾伦辐射带。他还负责了两打无疾而终的太空计划的监管工作，包括金星、木星和土星的登陆计划。然而，他所有其他成就的影响都不如在1944年救了他一命的那项技术。

范艾伦和美国海军对日本人使用了史上首个“智能”武器，一种不必命中就能摧毁目标的高炮炮弹。这种炮弹携带一个微型无线电系统，可以对附近敌机进行定位。当飞机进入杀伤半径，炮弹就会爆炸，用破片将敌机撕碎。在菲律宾海海战中，近炸引信重创日本空军，拯救了成百上千美国水兵的性命。

历经上千年磕磕绊绊的探索后，导航与定位的科学在20世纪已经相当接近完美了。通过一大堆新技术，人们能够轻松地寻路，找到任何目标的位置。在这些新技术里，最重要的当数无线电，也就是在自由空间中传播的电磁波。

一开始，无线电先驱们是想开发出一种快速廉价的通信方式，随后他们意识到了无线电作为导航工具的潜力。无线电信号就像灯塔一样，能够作为隐形的路标，指引船只和飞机安全入港。他们预见到无线电波会如光波一般从反射面上弹开，产生入射电波的反射波，就像是池塘里的涟漪。无线电接收器捕捉到反射波后，就能精确定位远处的目标，无论是最后进场的商务班机，还是进攻美国舰艇的日本轰炸机。

后来我们在建造运行于绕地轨道的人造卫星时，为其配备了与超精确原子钟耦合的无线电设备。今天，这些人造卫星向某个士兵乃至学童手里的廉价电子设备发送无线电信号，慢慢地使导航变成一项落伍的技术。

对无线电的掌握始于19世纪，科学家们那时开始理解电和磁的性质。然而在真正理解和实际应用无线电之前两百年，也就是17世纪初，欧洲就有人开始研究无线电了。

电学研究的一个重要突破出现在1800年，意大利科学家亚历山德罗·伏特（Alessandro Volta）发明了蓄电池。与只能产生短暂静电脉冲的简易手摇发电机不同，这些浸在盐溶液中的铜锌板只要接上线就能持续提供电流。

20年后，荷兰科学家汉斯·克里斯蒂安·奥斯特（Hans Christian Oersted）注意到当他将电池接入电路中时，附近罗盘的磁针朝向会发生改变。当电路断开时，罗盘磁针又重新指向磁北。他意外地发现了电流会产生磁场。

11年后，英国物理学家迈克尔·法拉第（Michael Faraday）在另一个方向取得了突破性进展。法拉第发现在一段线圈内移动磁铁时，导线中会产生电流。他很快发表了这项成果，这个成就让法拉第成为了现代发电机的先驱。

奥斯特和法拉第将电与磁结合了起来，另一位更伟大的苏格兰科学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦（James Clerk Maxwell）则诠释了这个结合。从19世纪60年代开始，麦克斯韦用数学证明论证了电、磁和光的相互关系，将电、磁、光统一为一组在真空中以光速传播的物理现象，我们现在称之为电磁波谱。麦克斯韦方程（Maxwell's equations）中预言的这种电磁波虽然已经相当为人熟知，但在当时还未被发现。

接下来的数十年中，科学家填上了麦克斯韦光谱中的空白，发现了红外光、紫外光、X射线和伽马射线。而其中对导航技术最有帮助的发现来自于德国物理学家海因里希·赫兹（Heinrich Hertz），他用一种新的方式验证了麦克斯韦方程。1887年，他使用通电装置在两段导线间的空白位置点燃电火花，当装置启动时，房间另一端的检测器中也相应出现火花。赫兹得到了电磁波，并且穿过空气将它发射到了几英尺外的地方。他随后算出电磁波是以近似光速的速度传播的。

赫兹认为自己的试验虽有启迪作用但是缺乏实际意义，从未探索过它的应用价值。他1894年死于下颌脓肿，英年早逝的赫兹当时只有36岁。赫兹去世的消息震惊了学界，讣告和赞颂一并传开，一名年轻的意大利发明家这个时候注意到了赫兹的工作。古列尔莫·马可尼

（Guglielmo Marconi）获悉赫兹的电火花试验后，迅速抓住了与赫兹失之交臂的东西。如果能够不依靠电线发送电火花信号穿过房间，那么这个原理也能用来发送电报。只要经过适当的改进，将信息发送得更远也是可能的——甚至可以发到数英里之外。

说马可尼发明了无线电，就好似说哥伦布发现了美洲。当那个伟大的意大利航海家抵达时，新大陆已经有很多人居住。同样地，在马可尼之前也有很多人尝试过开发一种无线通信手段。

马可尼的成就在于制造出了可以远距离发送信息的无线电装置。没接受过多少科研训练的马可尼是位实干家，也是位不知疲倦的试验者，他尝试了各种办法来改进覆盖范围。1895年试验有了突破，当他偶然将天线接地构成接地电路时，发报机的覆盖范围大大扩展，马可尼终于成功将电报发送到了几英里外。

意大利的政府和商界低估了马可尼的工作，但是英国人瞧出了便宜。马可尼不久便赢得了英国邮局首席电气工程师威廉·普利斯

（William Preece）的支持。电报和电话服务在美国从一开始就属于私营企业业务范围；而在大洋另一边的英国，直到20世纪80年代这些业务才私营化。在此之前，英国的电信网络都是由政府垄断经营，管理这项业务的机构同时也负责递送邮件，而普利斯正是邮局的首席工程师。所以，普利斯在公开演讲中将马可尼和他的发明展示给伦敦人后，欧洲和美国的科学精英都注意到了他们。

在这之后的好几年里，马可尼和他的同事们逐步改进无线电报系统的覆盖范围和发送速度。他在1903年首次成功地把电报从英国发送到北美，那时的信号质量极差，故障也是常事。到了1907年，马可尼才成功建立了跨越大西洋的商业化无线电通信服务——从爱尔兰到加拿大的新斯科舍（Nova Scotia），相距近2 000海里。两年后，马可尼获得了诺贝尔物理学奖。

从赫兹最初的火花间隙试验到跨越大西洋的电报服务，历经了近20年。随后创新的节奏大大加快了。研究人员很快意识到无线电可以用作优秀的导航工具。定点发射的无线电波以直线传播。如果有人知道了发射天线的位置，那么就能瞄准信号源，跟它回家。

1902年美国工程师与发明家约翰·斯通（John Stone）获得了美国首个无线电定向装置的专利。1906年，他成功说服了美国海军试用这种设

备。它被安装在美军舰只黎巴嫩号（USS Lebanon）上。这艘普通的船在美西战争中为战舰运煤，随后转为泛用货船。

斯通的定向装置让人大失所望。他的定向方法需要至少两个指向信号源的天线组成阵列，当天线旋转时，用不同天线接收到的信号差异来聚焦到信号源。由于一个设计失误，斯通的定向天线被固定在了黎巴嫩号上，要想瞄准信号源就不得不整船转向。这就像是让航海家只能把船首对准北方才能得到精确的罗盘读数一样。更糟的是，即使黎巴嫩号对准了信号源，船上的其他电子设备引起的磁场扰动也会造成严重误差。斯通的电信生涯长路漫漫、卓尔不群，但他的定向装置确实失败了。

美国和欧洲的一些发明家也发布了自己的无线定向装置。美国工程师李·德富雷斯特（Lee De Forest）的定向系统在1904年获得专利，他发明的电子管是消费性电子工业的开端。然而最后还是几个意大利人在巴黎做出了能可靠地检出无线信号的灵活系统。1907年，工程师埃托雷·贝利尼（Ettore Bellini）和亚历山德罗·托西（Alessandro Tosi）开发出一套定向接收器，包含一对固定天线和一个带电线圈，带电线圈可以旋转对准接收无线信号的方向。该线圈与一个类似罗盘的360°刻度盘相连。操作员转动线圈找到信号的最大值。此时，刻度盘指针就对准信号源。

有了贝利尼-托西系统，再也无需移动整艘船或者是沉重的天线阵列了。这大大简化了定向装置的安装和操作。还在自行开发定向系统的马可尼及其团队立刻意识到了贝利尼-托西系统的优越性。1912年，他买下了相关专利，投入到改进这个系统的工作中。

英国人亨利·约瑟夫·朗德（H.J.Round）就被分配了相关任务，他毕业于帝国理工学院，于1902年加入马可尼公司。1907年他发现特定的硅化合物在通电时会发亮。由此朗德无意中发现了发光二极管的基础原理，尽管当时没人注意到。发光二极管现在被普遍用于从智能手机到电视机的几乎所有电子产品。

1914年7月第一次世界大战爆发时，朗德正在研究无线通话。他告诉《纽约时报》，当年10月马可尼公司开发出一套系统，能够将声音传递到40~60英里内的任意地点。意大利海军同意购买该系统，这样军舰即使正在作战也能通过声音通信了——在当时这是重大的革新。朗德还声称马可尼公司已经能够提供英国和美国间的无线电话服务，然而战时

审查制度叫停了这项实验。朗德不久后加入了英国军队，服役于军事情报部门。当时所有人竞相开发军用无线定位方式，丰富的技术经验让他得心应手。

这是飞机占据主导地位的首场战争，精确导航的难度和重要性很快凸显。怎样才能让侦察机或轰炸机找到任务目标然后返航，无论白天黑夜，天气好坏？一个显而易见的办法是沿着高速路、铁轨或者河流低飞，但这根本解决不了问题。反光的铁轨即使在晚上也很容易从空中看到，铁轨因此成为了优秀的导航工具。但是铁轨上也很方便调动防空武器。只要瞄得够准，一颗步枪子弹就能击坠当时还很脆弱的飞机。

在西线，高度就是生命。在夜晚飞行或在云层间穿行能提升存活概率；全天候的爬升操作能力则意味着更有效的进攻。战争各方都在寻求更有效的导航系统。

然而导航援助来得很晚，有些基础工具都很难获得，比如一张好地图。在战前，飞行员们就发现传统地图并不适合在飞机座舱中使用。因为这些地图经常被风撕碎或刮走，此外飞行员还希望地图上标有易于在空中辨认的地面目标，像是教堂尖顶或是大型厂房。他们还需要提前预警飞行危险，比如电线。英国和法国在1914年前取得了航空地图上的重大进展，包括德国在内的其他国家则相对落后了。

像水手一样，飞行员也能用“航位推测法”通过自己的速度和方向来有限地导航。直到19世纪30年代都还没有任何一种仪器能够用来精确测量飞机的速度。磁罗盘也被证实在飞机上并不可靠。飞机的金属组件——诸如发动机和炸弹——会扰乱地磁场。扰乱效应是可以抵消的，这个问题在金属制造的船舶上已经解决了。然而当时的罗盘设计都是针对船只的，只能在水平面上对地磁场作出反应。飞机在转弯时会向左或右倾斜飞行，罗盘就会离开水平面。标准的航海罗盘在飞机转弯时会乱转，使得飞行员没法用它定向。在接下来的战争中，双方工程师都针对这个问题开发出了相应的航空罗盘，但是都没有彻底解决问题。

在这样的状况下，无线电导航看上去大有前途。贝利尼-托西接收器组成的网络能够接收到飞行员发送的信号，算出他的位置再将位置信息发回给飞行员。当时的无线电装置重量超过70磅，而同时代的早期飞机只能堪堪带动乘员与弹药，可用于短航程小飞机的成熟无线电定位系统在当时根本不现实，这些飞行员不得不继续靠地图、摇摇晃晃的罗盘

以及肉眼观察来给自己引路。

没过多久，无线电导航装置总算安在了更大的飞行器上——史上第一款空中轰炸载具。20世纪战争的特色之一便是空投大量的高爆物。第一次世界大战中的第一次轰炸发生在1915年2月19日，带来了异样的恐惧。从英国东海岸上空飞过的那些飞行器在此前从未出现过，不像日后的战争中那些快速利落的飞机，德国人派出的是有战舰大小的齐柏林飞艇（Zeppelin），这些硬式飞艇由氢气提供浮力。

2月19日的空袭杀死了4个人，向数百万人散播了恐惧。齐柏林飞艇打击的目标没有多少军事价值，轰炸更像是一次心理上的震慑。强如大英帝国也没法在空袭中保护自己的本土。

德国人计划继续加强空袭，却在投送齐柏林飞艇到目标区域这个问题上受挫了——经过数百英里的飞行，其中大半是海路，飞行员往往会迷路。

再来看看第一次空袭，飞艇从汉堡出发，其中两艘在北海高度飙升，然后往西跑到了荷兰的海岸线附近。在这段旅程里，导航员只需敏锐的视力和一张不错的地图。他们越过150英里空空荡荡的水面，抵达英国的东南海岸。其间飞艇部队指挥官像旧时代的水手一样靠罗盘读数和航位推测法估计自己的位置。由于缺乏可靠的飞行速度测量方法，齐柏林飞艇的速度是根据飞过经精确测距的地面所需的时间在德国测量的。艇长们由此获知他们在无风的天空中能飞出45~60节。

但是多少都会有一点风。一点点的微风就足以影响那些笨重大气囊的速度或是航向。虽然现在的气象服务已经相当完善，可以得到详尽的风速和风向，但那可是1915年。在这种情况下，飞行员只好贴着北海海面飞，从波浪的规模和形状来判断风速和风向。

结果这次轰炸更像是个猜谜游戏，而非严格执行的空袭。头两艘袭击者本来是要轰炸位于英格兰东北方的亨伯河口（Humber）。其中一艘飞艇的艇长，观察波浪得知他们被吹到了南边，只好就地攻击了海滨城市大雅茅斯（Great Yarmouth）。而第二艘飞艇的艇长则迷路了，随机轰炸了不少地方——主要是些没有关灯的本土村庄。这艘飞艇的指挥官自己都不知道炸了什么，直到几天后他读到英国新闻上对此次突袭的报道。

显然，如果飞行员无法较为准确地定位并从空中打击特定目标，空袭就只能造成恐慌。第一次世界大战时期的技术离这些要求还有不少距离，事实上再过60年真正的精确轰炸才成为可能。在当时，使用传统导航工具和早期无线电的德国飞艇部队已经尽力了。

1915年春，德国人在博尔库姆岛（Borkum）和诺德霍尔茨（Nordholz）以东70英里的地方各建造了一个无线电站。导航员从而可以使用无线电定位装置来校准方位。起初，飞艇导航员向陆基无线电站发送定位请求来定位。每个无线电站对信号源定向，再通过三角测量法来算出飞艇的位置，随后将位置信息发送给飞艇。德国人还对信息进行加密以防被敌人截获。但正是这些定位信息将飞艇位置暴露给了英国人，他们同样使用三角测量法定位。

在之后的战争中，德国人使用了更安全的陆基无线电发送方式，将无定向信息发往所有方向。他们还用一圈定向天线以特定顺序发送无线电脉冲，顺序由罗盘指向决定。在飞艇上，导航员有一块经特别校准的表，表上显示的是罗盘指向而非时间，与无线电站的定向脉冲同步。

导航员在第一次收听到无定向信号时启动他的表，在第二次接收到来自特定方向的无线电信号脉冲时停下表，表上显示的指向就是发送这个脉冲的天线朝向。另一个无线电站再重复上述程序，导航员就得到两个站的天线朝向，而这两个朝向交汇的点就是飞艇的位置。新方法安全多了，因为飞艇是被动接收信号，无需发送信号暴露自己的位置。

但是无线电定位仍然时常出错。接收信号的质量参差不齐，导航员经常误读信息导致飞艇飞向错误的方向，而且离位于德国的无线电基站越远，定位的精确度就越低。

此外还有其他问题。防空武器的进步让飞艇不得不飞得更高——有时会飞到2万英尺的高度。在这个高度已经看不清地面，而稀薄的空气又是如此的刺骨严寒；飞艇的导航罗盘有时候会冻上，派不上一点用场，艇员还会因缺氧眩晕，无力保持正确航向。

当然，恶劣天气的威胁一直都存在，而缺乏可靠的天气预报让情况雪上加霜。1917年10月19日，一支11艘飞艇的轰炸编队成为了北海上突如其来强风的牺牲品。大多数飞艇被吹离航线；4艘解体或是意外进入法国领空被击坠。第五艘紧急着陆在德国，但是离目的地足足有200英里。

当飞艇跌跌撞撞地赶往预定目标时，预定目标往往比那些飞行员更清楚飞艇的位置，这都是已升任英国工程部队上校的朗德的功劳。他曾被派遣去法国建立无线电站网络监听德国。接收到的无线电通信拷贝后转送到“40号房间”（Room 40）——皇家海军的解码中心，这个部门在整场战争中卓有成效地完成了对敌人的解码工作。

即使有些信息无法解读，朗德的网络也被证明极有价值，因为每个无线电站都采用了贝利尼-托西无线电定向系统。一台贝利尼-托西装置就可以找到无线电信号来源的方向，而将两台以上的装置安装在不同位置，就能算出来源的位置。只要在地图上从接收站画两条指向来源的直线，直线相交处便是信号源。

有了贝利尼-托西无线电站组成的网络，英国就能画出德国部队调度和机场位置的无线电地图，而且还每周更新。他们甚至能确定飞行中的飞艇位置，向即将被空袭的城市发出预警。这个系统效果如此之好，皇家海军进而要求朗德在英国东海岸再建立一个类似的网络，以监听从北海上来的德国无线电通信。无线电定向装置在这里以惊人的方式展现了自己的价值。

英国希望用当时世界上最强大的皇家海军封锁德国迫使其投降。在战前，德国建造了一支强大的海上力量，但是在全方位的海战中还是无法抵挡英国海军。他们另辟蹊径，依靠潜艇——U艇（U-boat）——来强化封锁力量，U艇击沉了数百艘为英国运送食物、燃料和武器的船只。但这还不够，德国人希望能引诱一部分英国船只进入北海，通过潜艇和水面舰艇的联合攻击摧毁它们。

1916年5月30日，皇家海军的监听网络截获了一道发自德国威廉斯港（Port of Wilhelmshaven）的无线电通信。英国的首任海军军务大臣——海军上将亨利·杰克逊爵士（Admiral Sir Henry Jackson）为此很困扰。“当时是战争中一个非常重要、胶着的时刻，”杰克逊在1920年如此写道，“我因为某些原因正盼着德国舰队在那个星期离港出海。”“40号房间”拦截到的信息表明18艘德国U艇已经于数周前离港，但是并未像往常一样出现在贸易航路上攻击商船。皇家海军怀疑这些U艇被派去协助德国舰队发动突袭。

当天的晚些时候，朗德的无线电站接收到的电信显示了新信息。发出上一则无线电通信的舰艇，在发出信息后向北航行了几英里。“显然

这艘船和其舰队已经离开了威廉斯港一带，开始进入亚德河（Jade River），准备出海。”杰克逊写道。他决定派联合舰队出海，尝试接触德国舰队并对其采取行动。

第二天，英国舰队已经在路上了。然而令人难以置信的是，稍后发给舰队指挥官——海军上将约翰·杰利科（John Jellicoe）的一份情报错误地断言德国舰队仍然在港。杰利科3小时后在海上遭遇了德国人，他对无线电拦截的信心也就此破灭。

双方舰队在丹麦的日德兰半岛遭遇，这是第一次世界大战中规模最大的海战，也是史上规模最大的海战之一。激烈的战斗过后，“40号房间”截获的情报表明，德国舰队准备突围回到安全的威廉斯港。情报中甚至包括了德国人的航线和速度。杰利科本有机会拦截他们，获得一场决定性的胜利。但是由于之前的事件，他不再信任这些情报资料，而这次的情报是对的。

表面上看，英国失去了在日德兰攫取胜利的机会——德国以损失11艘战舰的代价击沉了皇家海军的14艘船；英国损失了超过6 000名水兵，而德国只有2 500名水兵阵亡，德国舰队没有受到重创。但是英国达成了他们的战略目标。日德兰海战控制住了德国水面舰艇的活动，使得英国的封锁力量空前强大。封锁导致了德国经济的崩溃和饥荒，也是它输掉“一战”的主要原因。

到战争结束时，各方已经极大地改进了无线电导航与定位设备。然而这些系统尽管在战时很合用，却无法满足新生的民航业对精确导航的需要。

战争催生的飞机制造厂一年可生产数千架飞机；这些公司想要维持业务，制造货运和客运飞机。此外，还有几千个熟练的飞行员想要继续驾驶飞机。如果飞机能够成为更安全可靠的旅行方式，潜在的客户是很多的。航空公司只需要头一个吃螃蟹的人——一位勇敢的大款，支持这种危险的新科技并且付得起钱。最终他们找到了美国邮政服务公司

（US Postal Service）。

在19世纪到20世纪早期，那时的邮政服务公司还是美国邮政部，这个政府机构在美国的交通基础设施建设领域非常重要。美国宪法第一条规定国会“要建立邮局和驿路”——不仅要建收集和分拣邮件的基础设施，还要打造投递邮件所需的道路。从一开始，邮局就在全美的公路网

络建设中扮演了重要角色。此后，它仍以列车递送邮件的方式，间接支撑了新生的铁路工业，更是为美国造船师提供津贴，帮助他们造出足以媲美欧洲最高水平的船只。

莱特兄弟发明飞机后不到10年，邮政长弗兰克·希契科克（Frank Hitchcock）就急于建立空运邮件的新业务。1911年9月23日，在纽约长岛的花园都市地产公司（Garden City Estates），希契科克将一袋邮件交给厄尔·奥文顿（Earle Ovington），这名飞行员立刻起飞来到5英里外的米尼奥拉（Mineola），将邮包从他的座舱里投到地面。这是第一件正式的航空邮件。

把一袋邮件空运到5英里外的地方实在有点浪费。在这种距离上，一辆汽车或是一匹快马能干得一样好。只有长途航空邮件才经济实惠，比如始于1918年的美国最早的正式航空邮件业务——纽约到华盛顿间200英里的空中驿道。再远些就更好了——比如纽约到芝加哥的700英里。

麻烦还是出在寻路上。在白天，如果天气好且没人试图把飞机打下来，事情还算好办。而要是在多云的天气或者夜间飞行，那对飞行员来说就会相当危险。然而因为骄矜自负或是上级命令，飞行员总是一次又一次地冒险。第二助理邮政长奥托·普雷格（Otto Praeger）会解雇那些不愿意勉强的飞行员。受雇于1918年的40名最早的航空邮递员，到1925年时只剩下9个还活着，这一点也不意外。

书籍免费分享微信 jnztxy 朋友圈每日更新

普雷格的冷酷造成了极高的事故率，但是他确实有他的道理。顾客付了航空邮件的钱，飞机就无论如何都得飞。列车是当时主要的城际邮件递送方式，它就会不分昼夜地运行，无论天气如何。如果飞机因天气或是黑夜而耽搁，那空运的速度优势就荡然无存。美国邮政局在1919年9月启动了纽约与芝加哥间的航空邮件服务。但是由于飞机经常不能飞，航空邮件的高昂费用显得没有说服力——每盎司8美分，是铁路一等件标准收费的4倍。

1925年，几个芝加哥银行家向普雷格的继任者保罗·亨德森反映了这个问题。对他们来说，无论走空运还是铁路，从纽约出发的邮件都是在银行下班之后才到。如果芝加哥和纽约之间的支票能够连夜空运，在第二天早上到达，这些支票就能早一天结算，银行也能早一点见到钱。

为此，银行家很乐意支付额外的邮资。

亨德森当时已经在着手准备一个解决方案——点亮一条空中通路。1923年，邮政部门开始建立一些50英尺高的塔台，塔台间距约3英里，布满芝加哥到怀俄明的夏延（Cheyenne）之间的900英里路程。这是横贯北美大陆的空中通路的重要组成部分，当时的飞机飞完全程需要大概10小时。每个塔台上都有明亮的乙炔灯，每分钟旋转6圈。沿途建有5个大机场，30个应急简易机场，全都灯火通明。

接下来的日子里，芝加哥—夏延航线可以昼夜不停了。1924年，芝加哥—克利夫兰线也得以开通。到了1925年，亨德森与银行家们会面后没多久，芝加哥—纽约的空中通路也被点亮。邮件在美国最大的两个城市间一夜可达，从东海岸到西海岸也不过是一天半的时间，这段路程换成铁路运输则需要4天，美国邮局的航空邮件业务开始盈利。

不久后，国会通过了凯利法案（Kelly Act），要求邮局将航空邮件业务交给私营公司承包。由这条法案诞生了美国的民航产业。瓦尼航空（Varney Air Lines）、罗伯逊飞机公司、皮特凯恩航空（Pitcairn Aviation）、移民航空（Colonial Airlines）、国民航空（National Air Transport）、西部航空（Western Air Express）这些公司纷纷成立，开展航空邮件业务。多年后，这些公司经过一系列并购，成为了人们所熟悉的美国联合航空（United Air Lines）、美国航空（American Airlines）、东方航空（Eastern Air Lines）、环球航空（Trans World Airlines）和三角洲航空（Delta Airlines）。

国会决定将空运货物和旅客都划归自由企业业务。同时由联邦政府负责航空运输的全局管理。1926年的航空商事法（Air Commerce Act）规定由联邦政府建立连接全国城市的空中通路网络，为飞行员提供导航系统和相应帮助。

那些空中通路照明系统很快就显得不够用了，在下雪、大雨或是多云天气它们几乎看不见。一位飞行员开玩笑说：“能看见灯说明你不需要它们，需要的时候你就看不见了。”“一战”中的那种无线电信标可能是个办法，它们在战争中远未发挥出潜力。在欧洲，无线电定向服务已向公众开放。那时的飞机还很小，运力有限，飞机上没有足够的空间安装沉重的定向设备以锁定陆基无线电发射机。早期的飞机使用更小更轻的无线电收发装置作为替代方案。飞行员需要定位时发送定位请求，两

个或多个陆基无线电站接收请求后，对飞机进行定向。陆基无线电站的技术人员通过多个无线电站相对于飞机的方向得出飞机的位置，然后再将位置信息发送给飞行员。到1925年，英国、法国、比利时和荷兰的无线电网络都已经覆盖全国；多国系统整合后，飞行员能够轻松地在其帮助下穿越国境。

1926年，美国商务部长赫伯特·胡佛（Herbert Hoover）开始推动取代乙炔灯塔的无线电导航系统建设。美国军方当时已经有了一套不完善的无线电导航系统。受德国人在1907年的研究成果启发，军方的导航系统使用成套的天线，这些天线向特定方向发送无线电信号，彼此成直角。比如说，一套天线向正北和正南方发送信号，另一套则发送到正东和正西方。发射机的覆盖范围约为200英里。

无线电发射机以摩尔斯电码反复发送同一个字母。导航时，其中一台发射机发送字母A，用摩尔斯电码表示就是一点一横，另一台发送字母N——一横一点。两个无线电站同步发送信号，使得其中一个信号恰好在另一个信号的短暂间隙出现。这样，如果飞机无线电接收机收到的两个信号强度一样，飞行员就会听到两个摩尔斯电码音合并而成的稳定音调。如果两个音量大小不一，他就知道自己不在两个无线电站的中线上，需要向左或向右调整以回到航线。飞行员还需注意合并信号是变强还是变弱。如果变弱，说明飞机正在远离信号站；要是信号加强，那么飞机正在向信号站飞去。在这个正着迷于无线电与航空奇迹的国家，飞行员“航向正确”（on the beam）迅速成为一个熟语。

这样的信号站可以在四个方向上为飞机导航，因此被称为“四航路无线电导航台”（four-course radio range）系统。不像照明塔台，这些信号站不分昼夜地工作，任何天气都能生效，也不需要向地面发送信号寻求定位。这套装备既便宜又够轻，还能帮飞行员找到路。

民航企业极度需要更可靠的导航方式，所以他们乐于看到要求联邦政府修建空中无线电高速通道的计划。时任商务部长，而后成为总统的赫伯特·胡佛支持政府在国家航空系统中占主导地位。私企可以从事相关业务，但是由华盛顿制定安全标准并建立全国空路网络。航空公司只需为每台飞机的无线电定位设备买单，政府则负责运营昂贵的无线电站，例如1931年从旧金山到纽约的21个无线电站。

20世纪30年代，原始无线电定位系统有了极大的改进，飞行员不用

再听无线电信号了，他只要瞥一眼仪表盘上的一对指针就能知道飞机航向是否正确。

虽然这种导航系统已经比它的前辈们优秀了很多，但是还远远未臻完美。低频无线电信号易受静电干扰，容易失真，信号也特别难以越过山地，因为无线电波会在陡坡上反射开。有时飞行员以为自己在朝无线电站飞，结果却一头撞上山壁。1936年12月到1937年2月，一个月里就有5起班机撞山事件。即便如此，搭配上罗盘、地图和肉眼的四航路导航系统仍是一项巨大的成就。它成为了第二次世界大战后美国主要的航空导航系统。

早期的无线电导航方式主要是接收由发射机直接发送的无线电波。然而，有些技术人员预见到非直射无线电波可能更有用。

他们明白，无线电波和可见光一样，属于电磁波谱的一部分，可见光从物体反射进眼睛，因此能被我们看见。可见光能做到的事，无线电波怎么就不行？诚然，向物体比如某建筑物表面发射无线电波，一部分的电波会反射开。我们的眼睛能通过反射的可见光来看见物体，同样，合适的无线电接收机也能通过反射的无线电波“看见”它。

古怪的发明家尼古拉·特斯拉（Nikola Tesla）几乎立刻想到了这个点子。关于无线电，特斯拉在1900年的《世纪杂志》（Century Magazine）中写道：“我们能用无线电发射站，在世界上任何位置制造电场效应，以此获知移动物体的相对位置或是行进路线，比方说一艘船经过的距离或是它的速度。”近20年后“一战”正酣时，特斯拉提出，这样的无线电探测系统可以用来搜索并击沉那些战果累累的德国U艇。

特斯拉仅仅是构思了无线电探测器，而德国发明家克里斯蒂安·候斯美尔（Christian Hülsmeyer）真的做了一个。1904年在科隆的莱茵河畔，候斯美尔展示了“电动镜”（Telemobiloscope），这可能是首台无线电探测装置。电动镜向河里来来往往的船只发射会反射的无线电波，它还有一个接收装置来接收反射波，当有另一艘船只进入探测范围时就启动电铃。这个装置相当简陋，但是足以帮助船只在大雾笼罩的港口避免碰撞事故了。

出乎候斯美尔意料之外的是，德国海军和商船都对这项发明不屑一顾，认为它太贵了。候斯美尔最后放弃了这个计划，直到“二战”证明了无线电探测技术的价值，年迈的发明家才受到重视。

18年后，两位美国海军的研究人员在波托马克河（Potomac River）上测试木壳蒸汽轮船经过时高频无线电通信设备的表现。发射机和接收机分别设在河的两岸，当轮船从它们之间经过时，会使无线电信号短暂地中断，艾伯特·霍伊特·泰勒（Albert Hoyt Taylor）和利奥·克劳福德·扬（Leo C.Young）由此想到，这种无线电设备可以用作警戒装置，防止敌军舰艇在夜晚或大雾天气潜入美国港口。

和德国人一样，美国海军也对这个计划不感兴趣，不过还是继续支持无线电研究。19世纪30年代，泰勒和扬的工作重新焕发活力。那时的科学家已经能以调谐脉冲波的方式发送无线电波了。这种信号跟早期的连续信号不同，在两次脉冲之间有一定时间间隔，以便反射波到达接收机。这意味着可追踪物体的精度和范围都得到了提升。1934年，泰勒、扬以及另一名研究者罗伯特·莫里斯·佩奇（Robert Morris Page）在美国海军研究实验室（US Naval Research Laboratory）制造了一台脉冲无线电系统，能够探测到经过的飞机。

美国人有很多竞争对手。全世界的科学家都明白无线电探测的潜力所在，德国、意大利、法国和苏联都在开发原型系统，而英国人率先完成了关键性突破。受“一战”中齐柏林飞艇轰炸造成的巨大破坏影响，英国军方负责人认为，未来的战争将由更优秀的飞机和威力更强的炸弹主导。1933年，德国人选出了好战的总理阿道夫·希特勒，加强英国的防空能力就显得尤为重要。1935年1月，英国空军部成立了一个专门研究空袭应对策略的委员会。

英国国家物理实验室无线电部门的负责人罗伯特·沃森-瓦特（Robert Watson-Watt）也被委派了这项工作。政府方面一开始想要研究可以击落飞机的电磁“死光”，沃森-瓦特很快就因其不切实际终止了这项研究。他认为开发能够探测出来袭飞机的无线电设备方为正道。1935年2月的一项试验结果显示无线电探测设备大有可为，沃森-瓦特从此开始负责实用性无线电探测设备计划。

计划耗时良久，进展艰难。首先，这个设备必须尽可能小和轻，方便安装在飞机上，这样才能用来搜索敌方飞机和船只。其次还有波长的问题。波长是两个波峰间的距离，以米而非英尺为单位。19世纪30年代的无线电波长长达数十米，而这样的长波易受大气层干扰而失真。发送长波需要大型天线，如此庞大的设备并不适合安装在飞机上。更糟的

是，长波对远处目标的回波不足以形成清晰的映像。如果数架飞机成密集编队飞行，那么回波在像电视一样的阴极射线管上就会显示出一大团无法分辨的图像。

这些问题可以通过发送波长更短、频率更高的无线电波——微波无线电来解决。微波信号不易受大气层干扰，更难以屏蔽，还方便在飞机上安装设备。同时微波提供的映像细节更佳。装备了微波雷达的防空网络能在攻击群中定位单架飞机。

在5年时间里，沃森-瓦特及其团队投入了所有资源来解决雷达问题。他们一点点地缩短波长，开发更轻更小的无线电设备以装在飞机上。1937年，英国政府开始建设海岸警戒雷达（Chain Home），这个岸基雷达监测站组成的网络将在接下来的战争中证明它的重要性。“二战”爆发前的一个月，空军开始在战斗机上安装机载雷达。

然而，包括英国人在内的所有雷达开发者，都漏了一样东西，那就是实用轻便的微波无线电检测器。这一状况在1940年2月21日得以改变，伯明翰大学的约翰·兰德尔（John Randall）和亨利·布特（Henry Boot）成功试验了20世纪最伟大的发明之一——谐振腔磁控管（cavity magnetron），一种新的电子管。这种电子管有足够的能量发射无线电波，而最重要的是它产生的无线电波波长是厘米级，而非以往的米级——第一台谐振腔磁控管的波长是9.5厘米。谐振腔磁控管批量生产也相对容易，适合大批大批地装在飞机、船只和防空武器上。

不幸的是，当时的英国工厂已经在满负荷生产其他战争装备。而谐振腔磁控管的表现还不够完美，这是当时不稳定的电力供应造成的。英国亟须解决现有问题，然后再开始规模化生产谐振腔磁控管。

针对这种情况，一个英国科学家团队在1940年9月经加拿大来到华盛顿，参与了“二战”中最重要的秘密任务之一。这些科学家由牛津出身的化学家亨利·蒂泽德（Henry Tizard）爵士派遣，他当时还在英国一个分管防空的政府委员会中担任主席。他们带去了英国军事科技皇冠上的明珠——包括了新型塑胶炸药、瞄准镜、潜艇探测器、原子弹早期研究和喷气式引擎雏形的资料，最后还有一个谐振腔磁控管，这是当时世上仅有的12个中的一个。

蒂泽德计划（Tizard Mission）达成了一个史无前例的协议。英国向美国开放他们非凡的科学知识宝库，而美国则要派出最好的科学家来完

善这些技术，将成果规模化生产后，还要大量供应给英国。当时，美国还在保持中立，大多数的美国人竭力反对卷入另一场欧洲战争。而富兰克林·德拉诺·罗斯福（Franklin D.Roosevelt）政府则坚定地站在英国一边，决定要在法律允许的范围内全力帮助英国战胜德国。此外，英国的回报也非同寻常，特别是谐振腔磁控管。美国工程师也在努力攻克微波无线电探测问题，取得了一些进展。然而，谐振腔磁控管比他们掌握的技术要领先了很多年。

交易就这样完成了。战争爆发前，麻省理工大学成立了一个新的辐射实验室（Radiation Laboratory）。它成为美国无线电探测技术的研发中心，在战争中这个实验室时有实用之作。当美国人在该领域取得世界领先地位后，也是用这个实验室为其成果命名。英国称之为RDF，缩写与“一战”中的无线电定向装置（radio direction finding gear）一样，以迷惑敌方间谍。美国海军少校塞缪尔·M.塔克（Samuel M.Tucker）和F.R.弗思（F.R.Furth）叫它雷达（radar），也就是无线电探测与测距

（Radio Detection and Ranging）的缩写。英国在1943年7月接受了这个缩写。

雷达技术改变了战局，它让盟军军舰、飞机和防空武器能够预先发现来袭的敌人，并以极高的精确度倾泻火力。有了毫米级雷达设备，目标小如深夜里的德国U艇潜望镜也会被找出来，飞机和军舰就可以在袭击者开火前摧毁它。不过雷达也不是万能的。使用雷达需要高强度训练。海浪很容易被误判成上浮的潜艇，有时候鸟群会被当成来袭的机群。

实际上在大西洋海战中，另一种无线电探测技术应用得更频繁。追踪盟军补给船队的德国潜艇会向基地和其他U艇发送无线电信息进行例行通信。装备有HF/DF或称“高频无线电测向仪”（huff-duff）系统的盟军军舰能够对这种信号定向，即使信号持续时间很短。驱逐舰随后赶到潜艇所在位置尝试击沉或者至少吓走U艇。同时，补给船队得以改变航线规避袭击。

HF/DF系统是对雷达的极大补充。首先，它的探测范围比雷达大得多。其次它还是个被动探测系统，不发出会惊动敌人的无线电波。德国人后来开发出当盟军船只用雷达扫描时会发出警报的探测器。这种警报装置对HF/DF系统没用，因为HF/DF系统只接收而不发送无线电波。

轻量的微波雷达、HF/DF系统、远程侦察机以及对德国海军加密无线电报的成功破解，这些因素结合在一起夺走了德国U艇战术最后的生存空间。随着雷达变得更小更轻，它们赋予武器以惊人的精确性，就像菲律宾海战中，撕碎了那么多日本飞机的近炸引信高炮炮弹。

和谐腔磁控管一样，近炸引信的概念也是英国人的创意。出于对德国人轰炸的畏惧，以及对自身防空能力不足的认识，皇家航空研究院（Royal Aircraft Establishment）急需新的解决方案。其中最有创意的两个办法来自新西兰裔科学家，1939年时任英国防空实验研究院（Air Defence Experimental Establishment）首席科学官的威廉·布特门特（William Butement）。布特门特提议他的同事们研究一种能够在接敌时用雷达追踪目标的高射炮炮弹。当炮弹距敌机足够近时，地面上的人员通过远程控制引爆炮弹，通过弹片云杀伤敌机。

这个点子给人的感觉就像是鲁布·戈德堡（Rube Goldberg）的作品一样，根本行不通。不过布特门特的第二个点子管用得多，虽然它非常难以实现。他提出要在炮弹里安装一个微型雷达。这个雷达持续发射信号，同时其接收机接收无线电回波。接收机如果检测到附近存在目标，比如敌机，就会引爆炸弹。在同事的帮助下，布特门特完成了这种自引爆炮弹的基础电路设计。

卡内基研究所（Carnegie Institution）的物理学家梅尔·图夫（Merle Tuve）在雷达研发中扮演了重要角色，他在1939年对布特门特的工作还一无所知，但那时他已经开始研究用于高射炮弹的近炸引信了。图夫考虑过两种方案——由敌机阴影引爆的光电型引信，或依赖于无线电反射波的引信。

在微芯片出现以前，这样的引信都得用上玻璃真空电子管。而主要问题就是这种电子管能否受得了炮管中发射的冲击。图夫团队的理查德·罗伯茨（Richard Roberts）给普通电子管加上一块铅，再把电子管悬挂起来，向铅块里射了一发子弹。电子管毫发无损，罗伯茨算出在这个过程中它经受了5 000倍的重力加速度。他还测试了电子管附上铅制半球体的表现，它们从屋顶被扔到一块钢板上。这一次，电子管承受了2万倍的重力加速度，仍然正常工作。罗伯茨的研究表明，制造雷达制导的炮弹没那么难。然而当图夫团队试射原型弹时，他们还是失败了。奇怪的是，玻璃电子管并未受损，只是其中的导线都已经被破坏了。

这种引信的潜力吸引他们继续试验。1940年末，蒂泽德计划将布特门特基于无线电的近炸引信设计带给了美国人。确认其可行性后，美国政府在这个项目上投入了数十亿美元。1942年，该项目从卡内基研究所移交至图夫的母校——巴尔的摩的约翰·霍普金斯大学。图夫成为这所大学新成立的应用物理实验室（Applied Physics Laboratory, APL）的首任负责人。战后，这间实验室还完成了定位科学领域的另一项重要研究。

图夫有几个特别出色的下属——包括詹姆斯·范艾伦（James Van Allen），以及来自布鲁克林的数学家米尔顿·弗里德曼（Milton Friedman）。弗里德曼后来成为诺贝尔奖获得者，以及20世纪最具影响力的经济学家，他后来发现自己为分析原型弹的性能设计的统计方法同样适于分析收入分配数据。有了这些天才的参与，APL团队推动着项目稳步前进。范艾伦解决了导线问题，他发现需要固定的并非导线本身，而是维持其位置不变的金属件。为此他设计了另外一种弹簧状的支撑结构，希望弹性能够吸收发射时产生的冲击力。这个设计确实起作用了。

美国海军是美国生产的高炮炮弹的主要客户，这种炮弹被用于对付太平洋上的日本飞机。但是要获得海军的采购订单，这种新型炮弹必须被证明确实可靠。APL团队必须证明每批炮弹中，至少有一半能够表现良好。这个标准看似很低，但是考虑到一场常规战斗可能就会消耗数千发的高炮炮弹，海军的这个要求已经够高了。

1942年秋，美国参战后一年左右，图夫的团队达成了50%目标。新型炮弹开始大规模生产，起初每天的产量只有400发，到战争结束时这个数字变成了7万。范艾伦和他的一些同事被派到美军舰队的一些船上，训练枪炮官们使用新型炮弹。由于老兵们不太信任从没试过的新武器，他们颇费了些口舌。更糟的是到了1943年，库存中最早生产的一些炮弹故障率突然飙升，其原因是雷达系统的电池没电了，导致全舰队换掉了250万发炮弹的电池，范艾伦领导了这个大工程。

1944年中，范艾伦站在华盛顿号的舰桥上时，这种采用了近炸引信的炮弹确实极大提升了高射炮的战斗力。近炸引信如此有效，以至于美军联合参谋长团极力避免德国和日本得到这种技术。为此，近炸引信弹最初只在海上用，主要用于太平洋战场。

直到1944年6月德国启用新的轰炸战术，近炸引信才登上欧洲战场

的舞台。这一次，炸弹的携带者是V-1无人巡航飞弹。数百枚V-1侵入英国南部，以极小的代价杀死了数千名平民。英国战斗机打下了几百枚，由于飞弹无人操纵，击落它们相对容易。但是飞弹的数量太多了。而如果被击坠到英国国土上，它实际上也完成了使命，坠落的残骸仍然会造成可怕的破坏。为了将V-1击落在海上，英国将高射炮转移到了海岸地区，但是效果并不好。首相温斯顿·丘吉尔恳求罗斯福总统的帮助。作为回应，美国打出了两记重拳：最新的防空雷达系统，用于提升英国高炮命中率，以及近炸引信高炮炮弹。

战局几乎瞬间逆转。新的火控雷达和近炸引信高炮炮弹对付V-1轻而易举。在最后一次大规模陆基V-1对英国的袭击中，德国人发射了104枚飞弹，高炮射下了其中的68枚。战斗机、阻塞气球和自身故障干掉了其余的V-1，只有4枚漏网。

未命中的近炸引信炮弹都掉进了英吉利海峡，没有被敌人获取的风险。但军方仍不愿冒险在陆地上使用近炸引信。直至1944年秋，当德国人开始用V-1轰炸比利时的重要港口安特卫普时，高射炮才装备上近炸引信炮弹以提高命中率。

1944年9月，德国人在阿登高地上发起最后一次大规模攻势，此时所有限制终于解除。战役的早期，美国军队几乎被敌方完全压制，只能回以装备了近炸引信的反步兵炮弹。这些炮弹并非在击中地面后爆炸，而是在敌方步兵集群的上空爆炸，散布致命的碎片云。

近炸引信炮弹是否是德国战败的主要原因之一，史学家仍有争议。乔治·巴顿将军（General George Patton）曾说过：“这种有趣的引信帮我们赢得了突出部战役（Battle of the Bulge）。”还有一些史学家认为这种炮弹确实有用，但还远未到起决定性作用的程度。

图夫相当确定自己工作的重要性，这令他良心不安。“我们的工作本意是研发对空武器，随后它被用来杀伤人员，这苦果难咽，”他在1967年的访谈中说道，“我从未去过德国。那儿有太多太多的孤儿是我欠下的债。”

马可尼利用那个美丽的意外将无线电从科学发现转化为重要的通信与导航工具，其后50年“二战”结束。在早期航空中，无线电的覆盖范围分散，时常中断，因此科学家着手寻求其他不依赖于陆基发射站无线信号或人造卫星的独立导航系统。它是某种快速转动的轮子，能够指引旅

者回家。

[\[1\]](#) 华盛顿号**BB-56**，第二艘北卡罗来纳级战列舰，**1940**年下水，**1947**年退役。——译者注

第3章 出去转转

1958年8月3日，威廉·安德森（William Anderson）准确地知道了自己所处的位置。

考虑到他正以每小时不低于20英里的速度在地球上最差的环境——北冰洋中航行，这的确很了不起，而且他还不是在洋面上航行。美国海军上校威廉·安德森和他的115个同事乘坐的潜艇美国军舰鹦鹉螺号（USS Nautilus）[\[1\]](#)正在洋面以下400英尺处，被封锁在巨大的难以穿越的冰层下面，伸手不见五指。

在东部时间8月3日上午11点15分，安德森和他的船员们抵达了北极，成为有史以来第一艘到达那里的船只。问题是，他们怎么知道自己到达目的地了呢？

这并不是一个简单问题，许多次去极地的尝试都充满争议。一代代的美国小学生学到的都是罗伯特·皮尔里（Robert Peary）和他的非裔美国同事马修·亨森（Matthew Henson）于1909年首次到达北极。但是今天有许多历史学家认为他们未达原定目的地，原因是导航系统不够精确，记录有错误。类似的怀疑也毁坏了美国飞行员理查德·伯德（Richard Byrd）的名誉，1962年，理查德·伯德宣告是他首次驾驶飞机飞越极地。

伯德和皮尔里至少可以利用太阳、月亮和星星指引方向，但是这些向导对于水下的潜艇一点用都没有。出于同样的原因，鹦鹉螺号也无法接受无线电信号的指引，再说，那种地方也绝不会有无线电信号。还有，没有哪一个极地探险家可以用得上磁罗盘，因为靠近极地的时候，磁罗盘就靠不住了。然而，世界上第一艘核潜艇载着它的船员们在什么也听不到，什么也看不见的情况下，在海底航行了5天，航程长达1 800多英里。当鹦鹉螺号离开格陵兰岛海岸，再次露出海面时，离预定地点仅差几英里。另一艘核潜艇美军潜艇鳐鱼号（Skate），于1959年3月重复了鹦鹉螺号的航行。鳐鱼号准确地北极浮出水面，并且通过天文导航精准地确定了它的位置。

这些具有历史意义的航行壮举，靠的不是复杂的电子系统，而是最

原始的工具——轮子。

轮子是人类最早的发明之一，它的历史至少有6 000年，自从诞生以来就一直被用于运送旅客和货物。然而，直到19世纪，一种叫作回转轮的轮子才被人们所认识，并用来帮助导航。

钟摆先于导航轮而出现。1851年，法国物理学家让·傅科（Jean Foucault）成功地阐述了地球围绕南北轴进行自转的理论，到19世纪中期，几乎人人都同意这一观点，但是傅科设计了一种装置来对它进行观察。他在巴黎先贤祠（Panthéon）的屋顶上悬挂了一个巨型钟摆，让它来回摆动。大家都以为它将保持固定的摆动方向，摆啊摆，不断地摆，然而这种常识性的预设是错误的。时间一小时一小时地过去了，钟摆相对于地面的位置发生了变化，并且随着时间的推移不断变化。

你可以设想一下，钟摆在一个钟面上方摆动，起初是沿着6到12这一直线摆，但是慢慢地它会转到沿1和7这一直线摆，再往后是2和8，3和9，以此类推，直至转了一整圈。如果巴黎在北极——北纬90°的地方，循环一圈需要24小时。钟摆的位置越往南循环一圈需要的时间越长，在巴黎（北纬48.87°）需要32小时，在赤道上（纬度为零），钟摆几乎没有变化。2001年，来自索诺马州立大学的几个科学家在南纬90°，也就是南极，挂起了一个钟摆，循环一圈用时24小时50分钟，方向是逆时针的。

傅科的实验告诉我们钟摆的弧线并不会改变方向。早在几个世纪前，艾萨克·牛顿就在他的惯性定律里为我们回答了这个问题。钟摆一旦受力开始运动，就会按照相同的方向不停摆动，除非有外力改变它，而傅科摆根本不受任何外力的影响。

钟摆在摆动的同时，它下面的星球本身也在移动。在北极或者南极，这种移动理论上与地球的自转轴同步。在两极之间的地带会稍稍发生偏移，因为安装钟摆的建筑会随地球的自转而东移。你要是从北极到赤道设置一连串的钟摆，越往南的钟摆完成一周循环的时间越长。在赤道上，钟摆与地球以同样的速度向东转，应该不会有明显的位置偏移。

傅科想出了一个很聪明的办法，让地球的自转真实可见。但他还要一个更好的办法。由于纬度不同，钟摆给出的结果也不同，这一事实一直困扰着他。为此，傅科积极寻找一种仪器，让钟摆与地球的自转在任意纬度下都能同步。

傅科找到的是一个由一位德国科学家在几十年前研制的高速旋转地球仪。约翰·冯·波伦伯格（Johann Gottlieb Friedrich von Bohnenberger）是图宾根大学的数学兼天文学教授，他于1817年搭建了一种仪器，以象牙球为主要部件，这个象牙球可以围绕中轴自转。球体上安装有一套圆环，又叫平衡环，它可以让象牙球自由地朝各个方向转动。一旦球体开始旋转，象牙球就不会移到平衡环的内部。而球体所围绕的轴永远指向同一个方向，只有用力猛推才能改变它的位置。傅科马上就领会了波伦伯格这个仪器的重要性，而德国科学家则简单地把它称为“那台机器”。正如傅科的钟摆，旋转的圆面是用来展现惯性的，但它也可以用来探测行星的自转。

傅科版的波伦伯格机拿轮子取代了象牙球，做成一个中心穿了轴的圆盘，平衡环依旧保留，让圆盘和其旋转轴可以指向任意方向。此外，他还增加了一个显微镜，使用者可以测量旋转轴任何微小的指向变化。傅科缺少一种可以让圆盘高速旋转好几分钟的办法，他也深知以那个时代的技术，任何的变化极其微小所以很难被捕捉到。

现在的问题就是让圆盘旋转起来，观察其结果。果然，旋转轴只要有极其微小的指向变化，显微镜就可以随时探测到，这时是没有给圆盘施加任何外力来改变方向的。事实上，旋转轴始终指向同一个方向，即使有一点点移动，那也是别的因素造成的。这主要归功于里面安装的那个可自由移动平衡环，即便星球在自转，轮依然稳定转动。

傅科把这个新机器命名为陀螺仪，希腊语的意思是旋转和可视之物。事实上，它是一个“展示旋转”的机器，设计它的目的就是让人一看就明白地球的自转。不像钟摆，陀螺仪不受纬度位置的影响，不管在地球上的哪个位置都一样工作。

有一个和傅科一样机敏的人很快认识到，他这玩意儿能应用于多项巧妙的科学实验。几个世纪以来，航海家们一直受困于磁罗盘的不可靠。在19世纪，由于造船商放弃了木质船体，代之以钢铁船体，这个问题就更恶化了，钢铁船体扰乱了地球的磁场。虽然有多种方法可以弥补这一缺陷，帮助船员重新校准船上的罗盘，但效果不尽完美，甚至船上某种货物的变化都能改变罗盘的性能。陀螺仪是一个通用的解决方案，它是一种新的罗盘，不管船体的材料是不是钢铁，不管它的支撑物是什么，就算把它放进船员的口袋里，它都永远指向正确的方向。陀螺仪罗

盘无论如何都一直指向同一个方向。

更重要的一点是，陀螺仪罗盘可以通过增加转轴的重量来加以修正。陀螺仪的转轴只要一受力，就会发生和外力方向成 90° 的自转，这一现象被称作进动。在慢慢平衡重量的同时，陀螺仪产生进动直至它的轴指向北极。但是这里所说的北极是真正的北极，地理学意义上的北极，不是磁罗盘所找到的那个北极。除了与地理上的极地位置不同以外，地磁极还随地球磁场的改变在不断移动变化。航海家越靠近地磁极，磁罗盘的读数越不精确。陀螺仪罗盘可以弥补磁罗盘的这两大缺陷——它可以指向真正的北极，而且精确度不受磁场波动的影响。

虽然傅科明白了他那发明的价值，但他从来没有得到任何现金收入，要怪就怪当时缺乏技术将傅科摆投入使用。在整个航行过程中，陀螺仪罗盘得一直旋转，不能停下来，但是在19世纪50年代，没有一个人能想出一个好办法让陀螺仪不停地旋转。在那10年里，科学家们曾设计让电动机来完成这个任务，后来又设计让陀螺仪通过压缩空气的恒定喷射来发电。100年以后，科学家们干脆把转盘给去掉了，取而代之的是利用激光光束维持自转的陀螺仪。对傅科来说一切都来得太晚了，他于1868年就去世了。又过了40年，陀螺仪才被一个非同一般的人物实际用作导航辅助设备。

赫尔曼·安舒茨·肯普夫（Herman Anschutz-Kaempfe）生于1872年，他在大学里研究的是艺术史和药品学，后来逐渐迷上了一个异乎寻常的、毫无实用性的行当——极地探险。他并不孤单，在19世纪末和20世纪初，一大群有抱负的人，包括弗里德约夫·纳森（Fridtjof Nansen）和罗伯特·皮尔里，都争着想成为第一个到达北极的人。一些人靠徒步前去，一些人想坐船前去，他们的船经过特别的加固，可以边走边破冰。据1902年的一份报纸记载，安舒茨提出了一个激进的替代方案，早在美国军舰鸚鵡螺号那次航行之前50多年，他就主张靠近北极最好的方法是走下面，乘坐潜艇冰下航行。

那时的潜艇技术整体上还很粗糙，航行也是非常折磨人。由于鸚鵡螺号上安装有核反应器，所以它可以潜入水中好几个月，一天可以航行好几百英里。航行的途中，船员们也比较舒服；核反应器可以为供暖系统和空调系统提供充足的电能，蒸馏系统可以稳定供应饮用水、洗澡水和做饭用水；船员们的呼吸也没有一点困难，这得益于核动力用电解装

置把海水转化成氧气。

20世纪早期的潜艇都没有这些便利设施，就连鹦鹉螺号也没有配备声呐设备，方便航海员识别海底的障碍物，也没有闭路摄像头来监控冰下。不过克虏伯造船厂的船舶工程师们向安舒茨保证他们可以建造一艘能够去极地走一遭的潜艇。去北极的航行既让人遭罪又危险，但不是说不能去。

然而，安舒茨在维也纳地理协会的一次会议上提出自己的计划时，在场的一位听众大喊：“这个计划不错，但是你打算怎样为潜艇把握方向？”封闭在十几英尺厚的冰层下面，潜艇上的指挥官们如何能知道该向哪个方向航行，或者说他们怎能知道船确实到达了北极？

那个年代潜艇经常浮出水面，一方面让船员们呼吸一下新鲜空气，一方面为柴油机上的电池充电，有时也会迅速浮上水面让导航员看一看太阳或星星或者是附近海岸上的航标，计算出他们所处的位置和前进的方向。磁罗盘的帮助不是很大，把它们放在露出海面的船上都很难操控，搁在潜艇上就更靠不住了，那些特制的钢管有效地影响了地球磁场。

安舒茨在傅科所用的陀螺仪上看到了解决的办法。陀螺仪罗盘可以可靠地把握使用者的方向，指向正北，安舒茨不是第一个考虑到用陀螺仪为潜艇导航的人。1888年，一艘以电池为动力的船加入了法国海军，它的名字叫吉姆诺特（Gymnote），是第一艘代表一个国家入水的潜艇。这艘潜艇还进行了多项革新，其中就有潜入水中时使用陀螺仪掌控方向。此设备的表现不尽如人意。而安舒茨很自信自己能够做得更好。

他的信心终于得到了证明。1903年，这位自学成才的工程师，在慕尼黑附近一个湖上对陀螺仪罗盘进行了初次试验。1904年，他又在一艘德国军舰上试验了一个早期的模型。1905年，安舒茨创办了一家新公司经销他的发明。那时他已经不把去北极旅行放在心上了，安舒茨意识到他发现了一个相当好的商机，可以大赚一笔，因为不管是军舰还是商船都对他的发明视若珍宝，那时它已改名叫陀螺仪罗盘。

1908年，德国舰队的一艘旗舰——德意志号战舰安装了由安舒茨公司生产的陀螺仪罗盘。经过28天的试验，舰长对这个新仪器的表现大加赞赏，它也因此成为了全世界都可以合法使用的导航仪。生产陀螺仪罗盘马上就成为了有利可图的大买卖，连对罗盘略知一二的美国企业家都

被吸引过来。

埃尔默·斯佩里（Elmer Ambrose Sperry）于1860年出生在纽约中部的辛辛那图斯镇，他是一个从不听人劝的企业家兼发明家。到1930年去世时，埃尔默·斯佩里已经在美国获得了400多项专利，所涉及的范围很广，从矿山机器到电动机，从发电机和照明设备到化工原料，当然最终也发展到了陀螺仪罗盘。

埃尔默第一次注意到陀螺仪罗盘是在1907年，他给儿子爱德华、劳伦斯和埃尔默买了几个玩具版的陀螺仪罗盘。受到激励的他去研读了最新的试验报告，全是关于陀螺仪在欧洲进行的试验，也包括用陀螺仪来稳定汽车或轮船的尝试。

回想一下，一只正在旋转的陀螺仪受到外力的作用，会产生与受力方向成 90° 的进动，同时转子的动量反作用于外力。在20世纪早期，德国和英国的科学家就认识到这种物理特性可以成为晕船者的福音。

设想一下，一个带底座的大陀螺仪装在船上，它的转轴朝天，让陀螺仪的转盘与甲板平行。现在把陀螺仪放入装有万向架的支架里，支架可以在甲板上左右来回移动。如果巨浪打在轮船的一侧，很自然地它就会左右摇摆。当那个力传给旋转的陀螺仪，就会使平衡环产生进动，随它的动量倾斜，反作用于船体的晃动。如果陀螺仪转盘足够重，转速足够快的话，它的惯性就会吸收晃动的力，从而稳定船身。

埃尔默是第一个计划制造供汽车用的回转稳定器的人。1907年他递交了一份专利申请书，就是关于这样一个奇妙的装置的。他计算了一下，一个200磅的陀螺仪产生的动量足以抵消一个4吨重的物体摇晃所产生的动量。斯佩里获得了这个专利，但是装有回转稳定器的汽车并没有出现，因为低重心的四轮汽车无需借助外力也能和地面保持垂直。

大海上的轮船就是另一回事了。就商用船舶来说，在恶劣的天气条件下，船身左右晃来晃去，对于船员来说很危险，对于乘客来说简直就是灾难。就世界各国的海军来说，船身的稳定关系到国家的安全。20世纪初，一场空前的海军军备竞赛展开了，在英国、德国、美国和日本，一大批重甲巨炮的战舰下水了。如果船上那些12英寸的炮不能命中目标，这些巨大的舰船就并不稀奇。不过只要船身不摇晃，精准射击也不难做到。

在这种情况下，德国工程师恩斯特·奥托·施利克（Ernst Otto Schlick）说服本国海军对陀螺稳定性产生兴趣也就难度不大了。同时，也就是1908年，埃尔默针对美国海军市场推出了一款很有竞争力的产品，这款产品明显好于施利克的产品。斯佩里回转稳定器不会等到轮船开始摇晃，相反，它采用一个较小的、灵敏度高的陀螺仪，发出船体开始摇晃的信号。这样一个电动机就被激活，启动大得多的主陀螺仪，先于船体摇晃而产生进动。结果，埃尔默回转稳定器反应更加迅速，船只航行也更加平稳。

在完善他的回转稳定器的同时，斯佩里把注意力转向了陀螺仪罗盘——一款更具商业吸引力的产品。在摇晃的甲板上生存，这一点水手们可以学会，但是精确的航行才是最基本的。那年，埃尔默去欧洲访问的时候已见过安舒茨·肯普夫，由于德国人对科学和工程学的理解不够，这次出访给他的印象并不深刻。如果这个业余人员都可以制造中等水平的陀螺仪罗盘，埃尔默心想他可以做得比这好得多。

美国海军眼看就要订购安舒茨公司的陀螺仪了，埃尔默的到来让他们多了一个选择美国产品的机会。1911年春，美国海军对埃尔默的罗盘进行海上试验，其表现令人相当满意，埃尔默也因此获得了6个罗盘的订单，年底交货。

埃尔默的陀螺仪罗盘在美国和英国取得了专利权，并着手向全球主要海军发售，包括德军。1914年5月，战争爆发的前几个月，德国的帝国海军得到了一个斯佩里陀螺仪罗盘。对于海军来说，获得关键技术的设备再锁定一家供应商，很可能是一种谨慎的做法。毕竟，美国在这个时候还是中立国，乐意把它的技术既卖给英国，也卖给德国。然而，对安舒茨·肯普夫来说，比这个外国对手少做一笔生意都是莫大的耻辱。安舒茨·肯普夫认定，埃尔默的产品侵犯了他的公司在德国和英国的专利权，他在这两个国家对埃尔默提起诉讼。

不出所料，诉讼一直拖到第一次世界大战开始。斯佩里在英国胜诉，在德国败诉。鉴定证人——一个瑞士老专利监督员——的证词也有利于斯佩里，要不是德国的民族主义占上风，有利于安舒茨·肯普夫，斯佩里未必败诉。可最终的结果对他影响不大。由于英国的战时封锁，斯佩里无法把产品卖往德国。英美两国急于购买，战后，战胜的协约国获得了德国全部的专利权，确保了对斯佩里的裁决没有被强制执行。

埃尔默还率先提出在飞机上使用陀螺仪罗盘的想法。埃尔默再次从回转稳定器的理念入手。回转稳定器是一种能使飞机沿直线水平飞行的机器，即便遭受突如其来的大风也能保持直行。他早期的一些试验都以失败告终，1912年，在众多航空专家的簇拥之下，斯佩里又进行了一次试验，其中有他的好友格伦·寇蒂斯（Glenn Curtiss）。格伦·寇蒂斯是那个时代在美国最受尊崇的航空企业家，其知名度仅次于怀特兄弟。还有一个寇蒂斯的朋友，名叫华盛顿·欧文·钱伯斯（Washington Irving Chambers），他是一位美国海军上校，负责海军航空研究。另外，还有劳伦斯·斯佩里，他是埃尔默·斯佩里20岁的儿子，这个人健壮、易冲动，天生就是一块飞行员的料。1910年的夏天，父母不在家时，劳伦斯在室内制作了双翼飞机的机翼，这架双翼飞机差不多有一人大。他所用的胶水需要高温烘干，于是劳伦斯拨旺家用炉的炉火，直至把炉子烧裂。机翼太大，不能从门口出去，劳伦斯就在墙上挖开一个洞。

忍无可忍的父亲把劳伦斯打发到亚利桑那一所寄宿学校，在学校里劳伦斯表现很好，就是航空瘾没有戒。埃尔默决定，要是儿子执意要去天上飞，最好还是去格伦·寇蒂斯的眼皮子底下干。同时，兴许劳伦斯还能帮他父亲设计和测试需求非常之大的航空稳定器。

在1912年到1914年期间，斯佩里家研发出了第一套自动驾驶系统。这套系统的核心就是两套陀螺仪，一套负责防止飞机左右摇摆，一套防止飞机上下倾斜。飞机一旦背离了正确的航线，装在平衡环上的陀螺仪就会始终指向同一个方向，让飞机围绕陀螺仪转动。接着动态平衡仪就会切断电源，激活气动泵来调整飞机的操纵面——副翼和飞机方向舵——使飞机与陀螺仪保持一致。

1913年的下半年，在加利福尼亚州的北岛，劳伦斯选定的新机器准备试运行。试验飞机就是一艘早期的“飞船”，能够降落在水面上。尽管劳伦斯确信稳定器已经就绪，但是他的首席试验飞行员帕特里克·贝林格却没有准备好。一有背离航线的迹象，贝林格就抓住控制杆，反应比陀螺仪还快。一个11月的星期天上午，劳伦斯偷偷出来上了飞机，独自一人起飞。劳伦斯躺在飞机的地板上，保证一眼就能看见他的陀螺仪，他轻推驾驶杆和方向舵，刻意让飞机偏离航线。一次又一次，飞机自行纠正了航线。

地面上观看的人们根本看不到飞行员，好像是飞机自己在飞，确实

也是这样。飞机在水面上方滑行的时候，劳伦斯走到机翼上展示无人驾驶的效果。机身重量的分布不均几乎没有给陀螺仪添麻烦，陀螺仪几乎立即稳定了机身。1914年6月，由法国陆军部赞助的巴黎航展上，劳伦斯做了同样炫酷的展示，斯佩里飞机稳定控制器赢得了5万法郎的奖金，同年的下半年，又捧回代表美国航空科学进步的最高奖——罗伯特·J.科利尔杯。

第一次世界大战的爆发，使得对斯佩里陀螺仪罗盘和回转控制器的需求大增，每艘战舰都需要它，但是飞机用稳定控制器的销售却没有取得成功。第一代原始战机的飞行员看重的是灵敏度与可操作性，不看重稳定飞行的性能。1916年，法国军队购置了40套飞机稳定控制器，但很少用于战斗中。

斯佩里家和美国军队从长计议，他们意识到自动驾驶飞机也许会发展成为飞弹——一种低速移动的炮弹，可以飞行几百英里，然后落在敌方城市，飞行员几乎不需要冒任何风险就可把炮弹送到敌方上空。携带炸弹的无人机在斯佩里的陀螺仪的操纵下，对敌人进行轰炸。劳伦斯·斯佩里的这一概念在美国取得了专利，1917年，斯佩里陀螺仪获得美国海军的一份合同，把几架水上飞机改装成“航空鱼雷”。

此项技术的进展极其艰难，让飞机飞得直、飞得平是远远不够的，飞机必须被弹射到空中，就像现代的喷气式飞机从航空母舰的甲板上起飞一样，但是不需要人来控制。发射后，飞机必须按预定路线飞行，到达既定高度，飞行一定距离后，关掉发动机，落到地面上。这件事很难办，英国发明家已经在1916年到1917年间进行过类似的研究，经过多次失败以后，最终还是选择了放弃。

斯佩里的海军团队的12次发射尝试也好不到哪里去，可是有一个关键地方他们却取得了成功。1918年3月16日，一架试验飞机从弹射器上起飞，上升到纽约市阿米蒂维尔的上空，按照预定计划飞行了1 000码后直入大南湾，和预先设想的一样精确。

第一次动力飞行以后的15年时间里，斯佩里一家制造并且试飞了一架完全自动化控制的飞机，飞机由他们的陀螺仪来稳定机身和把握方向。一切都更加精准了，也更加令人恐怖——他们制造出了第一颗导弹。

参加第一次世界大战的士兵太幸运了，斯佩里家和海军部队谁也没

能制造出可以飞行几百英里并命中目标的航空鱼雷。他们的研究一直持续到战后，但是到1922年这个项目就被美国海军搁置了。同期与其展开竞赛的一个陆军项目也好不到哪里去，于1920年停工了。不过，飞弹的概念却保留了下来，最终达到成熟。在两次世界大战之间的几年里，英国、美国和德国的研究员们继续进行试验。第一颗可以使用的飞弹——德国V-1，注定要成为一项制造恐怖的技术。在1944~1945年间，1.2万多艘由陀螺仪掌控方向的巡航导弹带着不知多少吨烈性炸药飞向伦敦和安特卫普，炸死了成千上万无辜的平民。

抛开这种原先难以预料的破坏力，单说这个陀螺系统。在商用航空中，陀螺仪基本保障了飞机的安全与利润。定向陀螺仪不受杂散磁场的影响，成为了磁罗盘的重要补充。其他的以陀螺仪为基础的设备保护了飞行员，避免飞行员自身的感觉给他们带来最致命的危险。

那时的人们仍然相信“跟着感觉飞”，毫无疑问他们不记得有多少飞行员这样死于非命。许多早期的飞行员，自以为凭感觉可以精准地把握飞机的航向，即便是在黑暗中或者是恶劣的天气条件下。他们依靠人体的感觉系统去感知飞机是在上升还是下降，左转还是右转。这些胆大自信的飞行员屡屡被烧死、摔死或者是淹死，最终认识到被自己的感觉欺骗了，但为时已晚。

有一个美国空军军医大卫·迈尔斯（David Myers），把探索其原因作为己任。迈尔斯怀疑，肯定是在飞行的过程中有什么东西扰乱了人的平衡感。陆地生物的平衡感是以内耳中液体的流动为基础来协调的。迈尔斯感到很惊讶，如果飞机的移动严重欺骗了人的平衡系统，那么技术再高的飞行员也会完全失去方向。

1926年，迈尔斯让几个部队飞行员坐在椅子上，椅子可以很容易地围绕中轴旋转，就像理发店的椅子。然后迈尔斯蒙上飞行员的双眼，转动椅子。几圈过后，迈尔斯轻轻地让椅子停下来，而没有告诉椅子上的飞行员。此时，他问飞行员椅子是否还在转。一遍又一遍，飞行员一直认为椅子还在转，而睁开双眼，他们才发现自己正静静地坐在椅子上。迈尔斯还发现，靠改变旋转的速度，他可以让许多飞行员认为椅子停下了，而实际上椅子依然在转。现在结论很明显了，一阵恶劣的天气或者是低能见度过后，多数飞行员已搞不清楚他们是来还是去。更糟糕的是，他们真想不到自己竟然还蒙在鼓里，依然对他们的技术极度自信，

直直飞向残酷的尽头。

这个试验让迈尔斯和部队里的一个同事威廉·奥克尔（William Ocker）上尉深信飞行员需要能够确认飞机飞行状态的仪器。奥克尔对他的假说进行了测试，他在转椅上安装一个不透明的箱子，椅子上的人正好可以把头放进去，确保他看不到周围环境。箱子里，他可以看到两件简单装置，一个是磁罗盘，一个是由埃尔默·斯佩里研发的基于陀螺仪的装置，名叫转弯倾斜指示器。椅子向左或者是向右转时，转弯倾斜指示器平衡环陀螺仪就产生进动转一个90°的弯。进动就会拉动连接指示盘的弹簧，告诉椅子上的人椅子在转弯，不管他靠经验能不能感觉到。测试椅子的飞行员不再需要去猜他们是否在转弯，看一眼就明白了。

奥克尔和迈尔斯已经证实，安全的飞行要求飞行员彻底抛弃他们那靠不住的感觉，得靠仪器的帮助。确实，他们的研究表明有了足够可靠的仪表，飞行员就不需要去看陆地上的标志了。相反，运用一个多功能仪表，他就可以在任何天气条件下，随时在两地飞来飞去。

可是，他们首先需要一个比较好的仪表。磁罗盘的稳定性依然是一个问题，转弯倾斜指示器的作用也太有限了。飞行员们需要一个设备，能够告知他们飞机相对于地平线的位置，他们还需要知道机翼是否倾斜，机头的倾角是太高、太低，或者是正好。换句话说，他们需要一个类似于“人造地平仪”的设备，就像一个名叫弗勒里艾（Fleuriais）的法国海军上将于1885年为飞行员们研发的那个比空气还轻的气球——用电动气泵让陀螺仪持续旋转，陀螺仪的侧面画一条线作为地平线，确保气球飞行员清楚他们的飞行器相对于地面的方位。

弗勒里艾的陀螺地平仪不太好使。然而，到20世纪20年代末，斯佩里家的工程师们在劳伦斯的带领下，装配了一款人造地平仪，可靠性很高，几乎可以察觉到每一架飞机的下降动作。另外，他们还设计了一个混合解决方案，来解决磁罗盘的不稳定性，让出海的轮船可以依靠陀螺仪罗盘解决问题。然而飞机却遇到了一个更加棘手的问题：对于陀螺仪罗盘来说，飞机转向以后，指针指回北方需要一段时间。对于缓慢行驶的轮船来说，这个时间差关系不大，但是如果飞机的陀螺仪罗盘指数长时间不精确，可就不一样了。这一延迟就使得陀螺仪罗盘不如磁罗盘那么靠得住了。

斯佩里的工程师们给出了一个折中的解决方案。飞机将配备磁罗盘，起防护和平衡作用，来抵消飞机金属构件的影响。这样当飞机水平直线飞行的时候，可以有保证地指向磁北。除了磁罗盘，再装一个简单的定向陀螺，在磁罗盘的帮助下，指向磁北。这种陀螺仪装在平衡环上，不管飞机怎么移动，都会指向北方。定向陀螺是测量方向的基本工具，磁罗盘则用于在必要的时候修正陀螺仪。

1929年，盲飞成为现实。9月24日，美国陆军中校詹姆斯·杜利特尔（James Doolittle），在纽约长岛的米切尔空军实验基地，登上了大陆NY-2号双翼飞机，同行的还有副驾驶本·凯尔西。凯尔西虽然坐在了这架两座飞机上，但他根本没有触一下驾驶盘。杜利特尔，一个闻名世界的飞行比赛选手，曾在马萨诸塞技术学院获得了航空学博士头衔，这次由他一个人来驾驶飞机。驾驶舱用一个不透明罩罩住，这次飞行，杜利特尔打算全程只使用无线电信号和仪表盘上的仪表进行导航。

他做到了。飞行持续了15分钟，杜利特尔突然升到1 000英尺的高空，围绕场地转了一圈，对准跑道，落地，杜利特尔自认为他的表现还算可以。没有任何问题，飞机正面朝上，机上人员依然活着。杜利特尔成为第一个完全靠电子和机械工具导航进行盲飞的飞行员。自从怀特兄弟首次离开地面以来，这一次很可能就算航空史上最重大的进步了。又过了13年，日本偷袭珍珠港后4个月的时候，杜利特尔指挥了美军第一次空袭东京。因为这一壮举，他赢得了一枚荣誉勋章，入选美国战斗英雄名人堂。

对于美国人来说，杜利特尔空袭是一次深得人心、值得宣扬的胜利，但没有一点点军事价值。相比之下，自从杜利特尔1929年盲飞以来，几乎每一架飞机的建造都得益于那次盲飞的经验。飞行员们至今仍旧使用那一套工具来确定方向，并且安全返回地面。

这些工具包括第2章介绍的无线电信号，如四路无线电导航系统。无线电波可以提供外部的导航数据源，为驾驶舱工具所提供的信息作补充。可是飞行员们心里开始感到纳闷，不靠外界的帮助，是否一样可以航行？难道工程师们就不能制造一个机器来完善航位推测法这种古老的航海技术？掌握了飞机起飞时的准确信息后，这样一款机器就可以计算出飞机起飞后速度上和方向上所有的变化。这样一来，不需要任何外部的帮助，也可以计算出飞机在任何时候的位置。

早在可以飞离地面的飞机发明之前，至少有一个人已经想到了这种可能性。1873年，一个名叫约翰·约瑟夫·墨菲（John Joseph Murphy）的爱尔兰人给《自然》的主编写了一封信，对查尔斯·达尔文的一封信作出回应。《自然》从那时到现在一直是世界主流科学期刊之一。伟大的生物学家已经察觉，有一部分动物被带到远离家的地方，还可以找到回家的路，甚至把它们装在箱子里运出去，不让它们看到路，它们也能找回来。达尔文认为动物和人类一定都对家拥有一种与生俱来的能力，不需要看得见的线索就可以到达目的地。墨菲不同意他的看法，认为动物有这一特性，人类没有。他又说，可是，对这一成功之举，人类有可能进行模仿。

“如果一个皮球被悬挂在火车车厢顶部，任它摇晃，”墨菲写道，“火车开动的时候，皮球就会遭受冲击开始摇晃。皮球受到的冲击力的大小、方向，取决于车厢开始移动所用力量的大小、方向。”火车的每一次移动，都会以一种特定的方式去扰动悬挂着的皮球，至于何种方式，取决于移动的方向和加速度。现在假设有这么一个机器，与一个高度精确的钟表相连，可以记录每次冲击的方向与力量。墨菲断定，根据这些数据计算出火车在途中任意时候的准确位置，这是有可能的，根本不需要任何外部的指引。火车的方向可以从一个符合标准的圆形刻度盘上读取，另一个刻度盘用来显示走过的距离有多少英里。

墨菲只是想到机械装置也能比得上动物这种非凡的导航技术，他本人并没有制造的打算，认为机械装置这样精致的仪器不被看好，当然在1873年那个时候也没有可用的组件。然而他的信足以说明完全自动驾驶机这个概念远远早于斯佩里或杜利特尔。

20世纪早期，至少有5个自动驾驶设备在不同的国家申请了专利，没有一个投入使用，但它们的基本概念是相同的。先从一套加速计说起，把这种简单的仪器安装在车辆上用来测试其加速度，不管朝东南西北哪个方向，也不管是向上还是向下，加速计都可以进行探测。只要车辆有移动，加速计就以与产生加速度的力成比例的电子信号作为回应。

有些情况下，加速计会给出误导性的数据。比如说，一架正在起飞的飞机，高度升高时的加速度很容易被误当作前进的加速度，干扰了原本系统的正确性。为了避免这种情况发生，加速计必须安放在一个稳固的平台上，确保同地球表面平行。平台上还要安装可以自由摆动的平衡

环，配备一对陀螺仪。陀螺仪转动时，其惯性可以稳定这个平台，确保加速计水平恒定。这样一来，就有可能通过整理来自加速计的数据，计算出车辆在任何时候所处的位置。

实际上，这种设备是用来测量车辆在惯性状态下的各种变化的。没有忘记吧，牛顿定律是这样说的：任何物体都会保持静止状态，直到外力迫使它改变运动状态为止；任何物体都会保持匀速状态，直到外力迫使它改变运动状态为止。自带导航设备的车辆通过探测其所有的惯性变化，来跟踪车辆的位置。因此这一概念就被命名为惯性导航。

有个曾做过演员的第一次世界大战期间的飞行员约翰·玛丽亚·博伊科（Johann Maria Boykow）接纳了这一思想。1911年，博伊科还是一个演员时，就建立起了惯性导航设备可以制造的理论。到20世纪20年代，他成立了一个公司，研发飞机用自动驾驶仪，同时没有放弃对自动驾驶仪的研究。1930年，他测试了一个样机，远远算不上完美；确实，从柏林机场出发才三个小时，机器就显示飞机已抵达澳大利亚。

1934年，在他临死之前不久，一个很有远见的年轻工程师韦恩赫尔·冯·布劳姆（Wernher von Braun）联系到了博伊科，布劳姆正从事一个与火箭相关的德国军用项目。这批火箭有一个致命的缺陷，就是发射后摇摇晃晃不稳定，还没有方向，最后坠落到地面。冯·布劳姆想要了解一下，博伊科的导航系统是否可以让德国火箭直正飞行。博伊科的设备被安装到了德国的A-3火箭上，可是这套系统根本不成功，所有的A-3试验全部以失败告终。博伊科的一个同事认为，基本思想是合理的，就是那个时期的技术有限。这个观点貌似合理。

德国人继续试验其他的火箭导向方式，其中最为有效的，当属一款用无线电发射制导信号的系统。可是德国军方领导们不喜欢这个想法，因为一旦敌人算出有关的无线电频率，他们就可以发射干扰信号，让火箭的飞行脱离控制。火箭的设计者们最终引入了一个以陀螺仪为基准的系统，这个系统由西门子电子公司的工程师们设计。系统自成一体，因此不会受到干扰，不是真正意义上的惯性导航系统。它是唯一可以保证导弹在发射时直线飞行，升空后弧线飞行，最后落在几百英里之外的系统。火箭上预装了一个制导翼，让火箭在大方向上对准它的大目标——多半都是伦敦城。

在整个第二次世界大战期间，德国人共发射了大约3 000枚这样的

火箭，其名字叫V-2。它们对战争的结果几乎影响不大，但是却让5 000人丧生。与V-1相比，V-2是更加让人闻风丧胆的武器。V-1巡航导弹飞行速度慢、响声大，防空人员既能看见，又能听到，导弹多数在北海的上空就被击落。但是V-2一吨重的弹头从56英里的高空以超音速砸向目标，在没有征兆的情况下很难防范。

由于德国人的残暴，V-2的攻击力对防止德国人的最终失败没有起到多大作用，倒是同盟军看到了这种武器的巨大潜能。要是德国人能够更早将其投入战场，投入数量更多一点的话，他们也许能够改变战争的结果，尤其是如果能进一步提升这种导弹的精确度和弹头的威力。

美国和苏联都太想利用德国在火箭技术方面取得的成果了，尤其是正当两国关系恶化的时候。美国拥有原子弹，而苏联通过对以前的盟友美国进行了一次成功的间谍活动，俄国人过了几年也有了自己的原子弹。携带原子弹弹头的V-2型导弹，因为有效载荷可观，将会是一种威力巨大的武器。

然而，V-2火箭只能容纳一吨的弹头。降落在广岛的原子弹“小男孩”，重量是V-2弹头的5倍，这种重量的导弹从未发射过。同样重要的是，当时的原子弹可以夷平一个城市，但对于钢筋混凝土和埋在地下的军事目标，效果却差得很远。广岛的原子弹产生的能量相当于1.8万吨烈性炸药产生的能量，但它还不足以破坏一个坚固的军事设施，除非原子弹被放在离目标几英尺的地方。而在未来的美苏战争中，这样的原子弹需要从几千英里以外的地方发射。

那是一个巨大的挑战。相当于在苏联选一个地方，画一个半径为100英尺的圆——相当于一个足球场的长度，然后设计一个可以从美国本土起飞的导弹，绕地球半圈，落在苏联这个圆圈里。正如第二次世界大战时期的德国人一样，美国的导弹制造者们小心翼翼地使用无线电信号来修正导弹的飞行路线。这种信号不仅易遭受干扰，而且极难与跨度如此之大的导弹保持无线电联系。工程师们需要一套可以自己找到路的惯性导航系统，一旦升空以后就不怎么需要人的帮助。很可能这是自几个世纪之前开始追求精确计算地球经度以来，导航领域最令人望而却步的挑战了。然而美国科学家们，还有正在相反方向搞研究的苏联人，他们解决了这个难题，在很短的时间内取得了惊人的进步。

他们充分得到了德国人的帮助。美苏俘获了十几个第三帝国的火箭

科学家并且多数表示愿意为曾经的敌人效力。在美国的德国科学家，主要在位于亚拉巴马州亨茨维尔市的美国陆军红石兵工厂（Redstone Arsenal）工作。在那里他们戏剧性地提高了早期美国导弹的精确度。

关于自成一体的导弹系统，最重要的工作是在麻省理工学院的仪器实验室和在洛杉矶的北美航空公司的自动化控制分部完成的。这两个实验室的工作促成了惊人的成果，其中就包括鹦鹉螺号的航海成功和探月太空飞船的航天旅行。

然而，惯性导航系统的开创者们首先得克服一个巨大的困难——所有人都认为这样的设备不可能生产得出来，而且不是因为缺乏合适的技术。有个世界顶尖水平的理论物理学家坚持认为惯性导航违背自然法则。

一个乌克兰科学家名叫乔治·伽莫夫（George Gamow），他在约瑟夫·斯大林手下捡了一条命，后来移居美国，他在发展关于宇宙起源的大爆炸理论中起了主要作用，也在导航史上起了主要作用。伽莫夫坚持认为，在阿尔伯特·爱因斯坦的相对论理论的框架下，惯性导航仪肯定不能运行。

爱因斯坦的理论有个令人不解的结果，那就是加速度和万有引力作用之间的等效性。当你踩下汽车油门时，有一股力量在向后推，让你的背部紧贴椅背，引起这个加速度的力与把你朝地心向下按的地球引力是很难区分的。

在惯性导航设备的内部，你就像被绑到一把椅子上，放进一个没有窗户的箱子里，你会感觉有股力在向后推，箱子可能是在向前移。另一方面，你也许觉得是仰面躺着，你感觉到的力是向下的引力。没有外界信息帮助你辨认重力的方向，即科学家们所熟悉的“当地垂线”，你不会知道你感觉到的到底是加速度还是重力。同理加速计也会被弄糊涂，因此决不能指望用它做导航的向导。物理学家很快认识到这种思想所包含的意思，1942年，一本物理学入门课本公开宣布，爱因斯坦的理论“给飞机的盲导造成了实际困难，因为根据这一理论建构一个指示真垂线的设备是毫无可能的”。

伽莫夫进一步发展了这一理论，写了一篇名为“垂线，垂线，谁真正搞清楚了垂线？”的报告来嘲讽惯性导航的思想。他对这一思想的轻视尤其用心险恶，因为伽莫夫坐在美国空军顾问的交椅上，任务就是研

究飞机导航的问题。有这样一个杰出人士的反对，惯性导航想要胎死腹中也不难。

这种情况终究没有发生，部分原因要归功于一个合群、坚韧、博学的人，他来自密苏里，名叫查尔斯·斯塔克·德雷伯（Charles Stark Draper）。德雷伯生于1901年，15岁进入密苏里大学，后来又转到斯坦福大学，他于1922年在那里获得了心理学学位。由于心血来潮，德雷伯乘坐汽车横穿全国，后来他参观了麻省理工学院的校园，出于喜欢这个地方就留在了这里，直到1987年逝世，一共待了65年。

在麻省理工学院，德雷伯获得了机电工程的硕士学位和物理学博士学位。痴迷航空的他太想加入陆军航空兵团了，但由于有晕机的毛病被拒绝了。不过德雷伯仍旧考得了私人飞机驾照，致力于航空研究。

他所进行的研究，其中有一个回报就是Mark14型瞄准器。这种瞄准器是在斯佩里陀螺仪公司和麻省理工学院的学生们帮助下，由德雷伯设计的。配有Mark14瞄准器的枪不直接瞄准敌机，而是有一个陀螺仪瞄准系统自动移向目标，开枪后子弹就应声到了飞机跟前。1942年，首次交付使用的战斗中，配有Mark14的枪支登上美国军舰南达科他号战舰，击落32架日本飞机。到战争结束时美国已生产了8.5万多个瞄准器。

那时候，德雷伯正全心研究惯性导航系统。他确信相对论问题是可以战胜的，这很大程度上要归功于马克斯·舒勒（Max Schuler）——陀螺仪罗盘的发明者安舒茨·肯普夫的表兄弟。早在伽莫夫举起他的大旗之前，舒勒就设计出了一种精明的解决方案。

舒勒构想了一个长长的钟摆，挂在位于地球表面的支承物上，一直延伸到地心。挂钟摆的支承物固定在一辆移动的车上，车可以在地球表面向任何方向移动。不管车如何移动，钟摆的远端始终停留在地心，上面的支承物始终与地表平行。一个惯性导航系统固定在这样一个钟摆上，将会一直与地垂线在一条直线上。这样它就可以将地球引力的影响与加速度的影响区分开，以利于准确计算车辆所处的位置。

尽管这样一个钟摆永远不可能建起来，但是这一原理可以引入惯性导航装置里面，让安放陀螺仪的平台自我调整，永远与地表保持平行。每次起航时，平台都要保证在地垂线上。随着车辆的移动，平台的方位将沿地球的曲面变化，但是加速计所产生的数据可以用来追踪平台相对于地心的位置变化，固定在平台上的发动机就会不断重新校直，确保平

台永远与地心成一条直线。

这一技术就是著名的舒勒摆，后来的一系列实验都证实了它的有效性。它不是一个完美的解决方案，因为地球重力场[2]远远不能达到统一，但是改进后的地球重力场测量方法可以弥补这一差异。舒勒摆打破了伽莫夫的断言——惯性导航在理论上是成立的，只不过是太难罢了。

有了这种知识武装头脑，德雷伯安排了一次绝对机密的会议，只有惯性导航系统的高层研究人员才可参加，会议还邀请了大理论家伽莫夫。德雷伯相信在解决这一问题上所取得的明显进步，将远胜于一切理论上的争辩。最后，伽莫夫再也不出爱因斯坦那张牌了，他甚至没有出现在会议上。军方人士都心照不宣地承认了这是一个错误，继续投入到惯性导航的研究当中。

回报指日可待了。人工航位推算法的精度依赖的是时间、速度和航行距离的准确度，同样，惯性导航系统的精度受限于加速计和陀螺仪的准确性。自动控制小组和麻省理工学院的研究人员需要的是一个飞行10小时后距预定目标偏差不超过一英里的控制系统，因为一枚炸弹从美国飞到苏联的时间就是10小时。1947年，德雷伯计算出，陀螺仪的精度需要达到那时可达到精度的100倍。

困难一步步向顽强的奋斗低下了头。起初，德雷伯和自动控制小组相互妥协，制作了一个半自动的导航仪，靠旧日的天文导航进行修正。机器中含有可识别特定星星的光学系统，运用这些数据来实现更准确的定位。同时，工程师们忙于完善陀螺仪，研发浮在加压气体或者是浓稠的电加热液体之上的陀螺仪，以便有个缓冲。这种设备太灵敏，稍有弄脏就会损坏，于是他们就想到在一个没有灰尘的“干净的屋子里”进行集成，这就是今天的微芯片工厂的早期版本。慢慢地、稳步地，陀螺仪逐步符合了德雷伯预先制定的标准。制作不需要任何外界辅助的纯惯性导航系统，随之成为了可能。

1953年2月，一架B-29轰炸机从位于马萨诸塞州贝德福德的汉斯科姆（Hanscom）空军基地起飞，中途未作停留一直飞到洛杉矶。导航不是由人进行的，在12小时中，飞机飞行了2 250英里，由空间惯性设备（Space Inertial Reference Equipment, SPIRE）掌舵。这一设备重达2 700磅，是德雷伯在麻省理工实验室的产品。这一纯粹依赖惯性的导航仪的首次测试获得了全面胜利。除了一个事先计划好的路线修正，

SPIRE不需要任何帮助，完全靠自己识别路径——没有无线电的输入，也没有对星星的观测。德雷伯，这位优秀的工程师，有力地驳斥了大理论家伽莫夫。

SPIRE测试是秘密进行的，保密的理由充分，因为其军事意义十分重大。这是一个自成一体的系统，用于轮船和飞机的长距离导航十分理想。要是鹦鹉螺号的航海之旅放到六年之后进行的话，惯性系统就可以引导潜艇在水下航行几千英里，到达目的地，误差只有几英里。同样的技术还可运用于海面战舰和远程轰炸机。

总之，有了惯性导航系统，就可以制造能打击千里之外目标的导弹。德国的V-2火箭仅仅能精确到4英里之内，飞行距离只有200英里。一枚导弹从美国的腹地发射到苏联要飞行5 000多英里，要是以V-2的准确度为标准的话，这枚导弹很容易就会偏离目标100英里开外，即便使用了核弹头，打击成果也不理想。惯性系统可以大大降低失误率，即便是绕地球飞行半圈后仍能到达离目标一两英里的地方。这样的精确度不可能马上实现，但是到20世纪70年代，美国和苏联都在制造的导弹制导系统，理论上可以精确到900英尺之内。

这是一个惊人的成就，同时对一些人来说，也是一个令人恐怖的成就。超精确的洲际弹道导弹，非但不能使世界成为一个安全的地方，反而有可能加剧核大战的危险，鼓动美苏政客们以为先发制人就可以摧毁对方的导弹。老一代的导弹精确度不足以走出坚固的发射井，毫无实验的意义。然而，新一代的导弹，如美国的民兵III型和MX型导弹、苏联的SS-18s导弹，就可胜任这一任务。一些谋士建议，只要美苏两国有一方先动手，事情就成了。

不知是领导英明，还是运气好，苏联垮台了，冷战结束了，最坏的情形没有发生。可是，消灭远敌的技术既已发起，那就为日后的运用提供了样板，中东最近使用无人机打击恐怖分子据点的争议之举就是明证。

与此同时，惯性导航还被大量用到非军事领域，例如太空飞船登陆月球，还有麻省理工学院的德雷伯实验室为阿波罗登月计划设计的惯性导航系统。几乎就在同时，惯性系统进入了民用市场。近十年时间里，它们越做越小，价格也降了不少——只有10万美元左右，这对于商用航空来说是一个不错的消息。多年来，他们一直靠削减机组人员的数量来寻

找节约资金的办法。早期的喷气式飞机按惯例只带四个机组人员——一个驾驶员和一个副驾驶员，一个飞行工程师负责发动机及其他机械系统，一个导航员给他们指正确的方向，国际航空标准要求跨洋飞行机上必须有一个导航员。随着飞机的可靠性和自动化程度不断提高，飞行工程师的任务渐渐显得有点多余。现如今，只有极少数人仍然在老式的货运飞机上坚守岗位。

航空公司很早就开始换掉导航员。20世纪60年代初期，美国环球航空公司就开始在其飞机上安装多普勒雷达，这种新式雷达可以利用地面的无线电回波计算出飞机所处的位置，驾驶员和副驾驶使用起来也比较方便。这种发明让好几百个导航员岗位消失了，其余的事情都由惯性导航系统来干。

书籍免费分享微信 jnztxy 朋友圈每日更新

波音747成为第一批标配惯性设备的商用飞机——实际上，三个设备中有两个是备用的。这套系统名叫旋转木马（Carouse），由通用汽车公司的德尔科电子产品分公司生产。这套系统让驾驶员和副驾驶把预定航线标记为一系列航点，就像天空中的面包屑。然后旋转木马引导飞机飞向目的地，中途只需击中一个接一个的点就行，驾驶员和副驾驶看都不用看。

早期的商用系统正如军用系统一样，靠的都是传统的旋转陀螺仪。最后，这项技术被一种新的陀螺仪借用过去，这种陀螺仪使用两道激光代替了旋转盘。这两道激光的频率在车辆的移动过程中稍有改变，就会以数字的形式立即体现出来。起先这种陀螺仪不如传统陀螺仪靠得住，后来成为了惯性导航系统的标准。

在惯性导航的基础上，人们发明了第一项全自动的指路技术。尽管它足以引导潜艇到达北极，但是对于横跨大西洋或者是对准莫斯科的核弹头导弹，还不够完善。航位推测法是由导航员人工进行的，不可避免的细小错误悄悄进入惯性导航系统的计算当中，随着时间的推移可靠性越来越差。惯性导航足以用于大多数目的，但是为了更进一步的精确，科学家们又一次仰望天空——得意洋洋的敌人会不会给我们送来意想不到的大礼？

[1] 美国鹦鹉螺号核潜艇（**USS Nautilus SSN-571**）是世界上第一艘核动力驱动的潜艇，**1952年6月**开工建设，**1954年**下水，它宣告了核潜艇的诞生。鹦鹉螺号核潜艇的命名是为了纪念儒勒·凡尔纳小说《海底两万

里》中的鹦鹉螺号潜艇。鹦鹉螺号核潜艇总重**2 800**吨，比旧式潜艇大得多。艇长**97.5**米，宽**8.4**米，吃水**6.7**米，水上排水量**3 700**吨，水下排水量则达**4 040**吨。——译者注

[2] 地球重力场：地球对表面物体具有吸引力，重力加速度是度量地球重力大小的物理量。按照万有引力定律，地球各处的重力加速度应该相等。但是由于地球的自转和地球形状的不规则，造成各处的重力加速度有所差异，与海拔高度、纬度以及地壳成分、地幔深度密切相关。——译者注

第4章 长路漫漫[1]

在1957年晴朗的秋夜，如果你在恰当的时间看向恰当的地方，就可以看到它。当然，要抬起头来。它在你上方很远很远的地方。借着报纸和杂志的帮助，你知道晚上什么时间观察最合时宜，你还可以猜测应该凝视哪一片夜空。如果你猜中了——世界上许多人都猜中了——你会看到它在黑暗中闪闪发光，翱翔天际。

如果有一台专业爱好者会用的那种收音机，你还能得到更多信息。全世界无线电爱好者们几乎连头都不抬，一步都不离开他们的地下室、阁楼还有无线电广播室。他们只是稍微动动手，把电台调到正确的频率——20兆赫。

这就是WWV的频率。WWV是一家由政府运作的广播站，位于马里兰州的格林贝尔特。这家电台从1920年起就全天候不间断专门播放准确的时间信号。科学家、企业家、陆军和海军都照着WWV来校准自己的钟表——这家电台的功能就是这个。在1957年年底，调频20兆赫有了另外的节目。在某个时间，WWV会沉默几分钟，把发言的机会留给伴侣号（Sputnik）人造卫星。

世界上第一颗人造卫星是苏联在1957年10月4日发射的，它有节奏地每秒钟发出电子信号的嘟嘟声，直到21天后电池失效。伴侣号人造卫星本身太小了，肉眼观测不到，地球上的观察者们看到的是反射自100英尺长的运载火箭的阳光。

共和党总统艾森豪威尔（Dwight Eisenhower）起初对此事的回应只是耸了耸肩。美国也在努力经营自己的卫星项目，预备在1958年进行第一次发射，只不过俄国人先达到了这个目标。然而国会中那些愤怒的民主党人不肯耸耸肩就算了，焦躁的专栏作家们也觉得不能对此一笑置之。几天之内，整个国家已经几乎陷入了恐慌之中。沮丧的人们瞠目结舌地看着那枚闪烁的火箭，想象在不久的将来，苏联人就可能把某种致命武器送上轨道。美国的死敌已经占据了制高点。

甚至连苏联人也没有完全明白他们完成了怎样的壮举。他们当然不知道他们为人类创造了一个在地球上准确定位的方法。伴侣号不仅仅是

第一颗卫星，它还是第一颗导航卫星。建造它的苏联人没有预料到这一点，然而一群富于开创精神的美国人迅速地走进了这扇由苏联人无意中打开的大门。

伴侣号人造卫星是在周五发射的，这让整个世界有时间在周末好好回味苏联科技史上的这一里程碑。在下一个周一上班的时候，威廉·吉耶尔（William Guier）和乔治·维芬巴赫（George Weiffenbach）已经很难把话题转移到其他事情上去了。

吉耶尔是西北大学理论物理学博士，维芬巴赫此时也即将获得美国天主教大学物理学博士学位，两个人都在马里兰州劳雷尔的约翰·霍普金斯大学应用物理实验室工作。这间实验室成立于日本偷袭珍珠港事件之后，此实验室的科学家和工程师们专注于国防领域的应用研究。拥有核武器的俄国人把卫星发射到了位于美国腹地上方的轨道中，有了向越过美国腹地的轨道上投递目标的能力，这本应吸引应用物理实验室的全部注意力。

但是实验室的科学家们在周末没有考虑这个问题。三天的时间过去了，伴侣号人造卫星发着嘟嘟的声音，但是应用物理实验室还没有收听。“我们越讨论这个问题，就越是迫不及待地想要收听这个信号。”吉耶尔和维芬巴赫在40多年之后回忆说。

维芬巴赫有一台正合用的收音机。两位科学家只要把频率调整到20兆赫，在卫星经过的时候就能轻而易举地收到信号，还能顺便收听WWV的时间信号——格林贝尔特就在区区12英里之外。我们的耳朵无法捕捉频率高达20兆赫的声音，因此，科学家们利用一种叫作差频振荡器的东西让频率降低到人耳能够感知的范围内。有几个晚上，WWV暂停广播时间信号，让无线电业余爱好者们能够听到纯粹的伴侣号人造卫星信号。在大多数情况下，卫星和安装在地面的发射机是同步运行的，科学家们很容易就能录下两种重叠的信号。

然而，这两种信号并没有完全重叠。相对于WWV电台精确、固定的声音来说，苏联的信号听起来有些跑调。毕竟WWV立于马里兰州的大地上，而伴侣号人造卫星正在我们的头顶以1.8万英里/小时的速度盘旋。

这种差异的产生是因为多普勒效应——运动会影响声音的频率。对于坐火车的工程师来说，火车的鸣笛声是不变的，而对于站在铁轨边上

的人来说，火车的鸣笛声是变调的。同样，移动的物体发出的无线电波的频率也会发生改变。

应用物理实验室已经在第二次世界大战期间通过近炸引信的开发，证明了多普勒效应的应用价值，这在第2章我们已经讲过了。每个近炸引信炮弹都配备了一个小型的发射机，可以向目标发射会反射的无线电波。炮弹上还有一个简易接收器，用来接收这些电波。由于多普勒效应，反射电波的频率会随着炮弹逐渐靠近而升高。如果这个炮弹没有击中目标，而是从其旁边飞过，频率就会开始下降。近接信管会检测到这种变化并引爆炸弹，击落没有直接中弹的飞机。

吉耶尔和维芬巴赫注意到伴侣号人造卫星经过时，频率在500赫兹到1 500赫兹的区间内变化，他们意识到通过测量多普勒频移，可以非常精确地计算出卫星的轨道。然而，在他们的工作完成之前，伴侣号人造卫星上面的无线电就没电了。在11月，苏联又发射了第二颗人造卫星，伴侣号II。更妙的是，这颗卫星同时在两个不同的频率上进行广播，这使得科学家们能够算出无线电波因经过电离层发生的失真。电离层是大气层中充满带电粒子的一个分层，将电离层失真纳入考虑后，应用物理实验室的科学家们对于卫星位置的计算就会更加精确。

最终，应用物理实验室的科学家们能够预测出接收到伴侣号II卫星信号的时间。这证明他们仅靠无线电信号就算出了卫星的轨道。这个成就颇具价值，证明不仅只有俄国人从伴侣号II的发射中获得了好处。

然而，这件事余韵未了。在1958年3月17日，吉耶尔和维芬巴赫被叫到了APL研究中心主管弗兰克·麦克卢尔（Frank McClure）的办公室，去回答一个问题。麦克卢尔问，如果通过无线电信号就能计算出伴侣号II的位置，那么你们是不是通过同样的信号也能计算出地球上任何一台无线电接收器的位置呢？事后看来，这个想法简直是显而易见的，但是当时吉耶尔和维芬巴赫却没有想到这一点。尽管如此，他们还是为这个问题所折服。“我们没有充分意识到我们正在做的事情的价值。”他们说。然而麦克卢尔却意识到了。这位加拿大裔化学家是导弹固体燃料专家。他的专业让他在海军的一个新部门——特别项目办公室（Special Projects Office, SPO）大受欢迎，这个部门致力于把导弹安装到船上。

美国在第二次世界大战末期缴获的德国V-2火箭的导弹技术，在20世纪40年代是最先进的。然而如第3章所述，这些导弹的动力不足以携

带当时体型巨大的原子弹——将长崎夷为平地的钚弹重达1万磅。战争结束之后，美国军方觉得远程导弹没有前途，转而开发能够向莫斯科空投核弹的新型战略轰炸机。

在20世纪50年代，随着相对轻量级的氢弹及其动力更强的运载火箭的开发，这个倾向有所改变。艾森豪威尔政府致力于建造一批能够摧毁数千英里之外的城市的核导弹。这一计划会花掉数十亿美元的联邦资金，美国的陆海空三军都想分上一杯羹。到了1955年，艾森豪威尔总统决定，美国应该有四个相互独立的导弹项目。空军拿到了其中的三个项目，陆军拿到了第四个。

所有这些导弹都像老式的V-2火箭一样，采用的是液体燃料。然而海军一点都不想使用液体燃料火箭。当然，在海上发射液体燃料火箭在技术上完全没有问题，早在1947年海军就已经从中途岛号航空母舰上发射了V-2火箭。不过，液体燃料是甲板上的梦魇。这些液体会腐蚀金属，释放出有毒的气体，还可能造成严重的火灾或者大爆炸。在1949年的一次测试中，人们模拟了船上V-2燃料爆炸的情景，海军被这次测试吓坏了。此后的许多年里，他们致力于开发基于德国V-1系列的巡航导弹。巡航导弹基本上就是个喷气式无人机，只是比一般的喷气式飞机速度更慢，航程更近，也不会造成使用者的伤亡。

1955年，新上任的海军作战部长阿利·伯克（Arleigh Burke）持不同观点。伯克组建了特别项目办公室与美国陆军共同开发使用液体燃料的朱庇特弹道导弹（Jupiter）。与此同时，美国海军开始为海上部署开发更加安全的新型固体燃料。1956年，SPO的官员得出结论，海军取得的成绩超过预期。他们获准开发一种名为北极星（Polaris）的新型导弹。这种导弹使用固体燃料，比朱庇特导弹更小、更轻，但是能够由潜艇从水下发射。北极星弹道导弹能运载能量30倍于广岛原子弹的氢弹，并且将其投射到1 200英里之外。

麦克卢尔非常了解新型导弹计划，他曾经领导过一个SPO的小组，协助开发安全、燃烧稳定的固体火箭燃料。麦克卢尔还意识到，在海上发射远程导弹存在一个至关重要的问题——导弹如何找到目标？

曾经重创过伦敦的V-2系列导弹是一种笨重的恐怖武器，用于将一吨高爆物发射到200英里内的某处。只要它配备的原始的陀螺制导系统以大致正确的方向发送V-2导弹——能穿越英吉利海峡——然后落在英

国的随便什么地方，德国的工程师们就会觉得大功告成了。

把导弹发送到1 000英里之外的地方就是另一回事了。随着导弹航程的增加，对精确制导的要求也在提高。瞄准的时候只要差了一度，运行60英里之后导弹就会偏离轨道1英里。导弹飞得越远，与轨道偏离得就越远。在飞行了1 000英里之后，导弹可能会偏离目标16英里。鉴于氢弹的破坏力巨大，海军的规划人员也不是非要那么高的精确度不可。只要导弹降落在距目标两英里之内，就算是可以接受了。超过了这个范围，他们就没有把握导弹能完全摧毁目标，即使是核武器也不行。

关于如何为这种武器导航，海军已经有了一个大致的想法，因为他们在给核潜艇编队导航的时候曾经处理过类似问题。常规潜艇在海面上航行的时间更长，因此船只使用的常规导航技术也能用于潜艇导航。然而，核潜艇的问题在于，它很少在海面上航行。核反应堆不需要空气就能发电，驱动潜艇的动力装置和电子设备，还能剩下足够的能量从海水中制造新鲜的氧气和饮用水。因而核潜艇一次下潜可能会航行数月，仅受限于食品的供应和船员的忍耐力，完全由惯性导航系统引导。

然而惯性导航系统的表现虽然对于一般潜艇来说还差强人意，但是对于导弹来说还不够精确。除非北极星导弹的惯性导航单元将其发射点纳入程序，否则它不可能达到需要的精度。纳入发射点对于陆基洲际导弹来说轻而易举，因为每个发射井的位置都精确到了平方英寸，并且这些发射井不会移动。而在北极星所在的潜艇上，制导系统将从潜艇的惯性导航系统获得位置数据。潜艇在大海里航行了几星期或者几个月后，由于惯性导航的测量单元积累起来的误差，潜艇位置的精确度已经不足以用来发射导弹了。

当然，潜艇可以浮上水面，以日、月、星的方位确定自己的位置，但是潜艇一旦浮上水面就容易被敌军击中。海军开发出了一种潜望镜，可以从海水中伸出来，让艇长能够看到星辰的微光，同时又不让大块头的潜艇被人发现。但是海军发现相对于潜望镜高昂的维护费用，它的精度不尽如人意。而且这几种导航方法在云层覆盖时都毫无用处。另一个选择是陆基无线电导航系统，例如罗兰-C（LORAN-C，远程导航系统），只要在海面上伸出一截无线电天线就可以检测到位置，然而，罗兰系统并非全球通用，实际上，在载有北极星的潜艇巡航的北纬地区，罗兰网络常常无法使用。

换句话说，美国海军需要全新的定位方式。麦克卢尔在海军中的朋友们正为这个问题寝食不安。而麦克卢尔意识到他的两个研究人员或许无意中发现了这个问题的答案。

麦克卢尔告诉吉耶尔和维芬巴赫，如果他们能够基于无线电信号的多普勒频移算出卫星的位置，那么反向运算也是可行的。一旦卫星的位置已知，只要在卫星经过上方时将无线电接收机调频到卫星信号的频率，地面或海上的人就能以百英尺级的精度对自己进行定位。装配有这种系统的潜艇可以定期从水中伸出天线来校正其惯性导航系统。

即使天线只在水面上暴露很短一段时间，潜艇也可能被雷达探测到。但是潜艇可以自行选择何时伸出天线，使用声呐确保附近没有敌军军舰。在接收卫星信号几分钟之后，潜艇的导航员就得到了潜艇的精确位置，可以用来为瞄准莫斯科的北极星导弹提供制导了。

麦克卢尔的想法让吉耶尔和维芬巴赫大吃一惊——他们根本没有想到这一点。然而，几十年前就已经有人想出过类似的办法，只是它在当时根本无法实现。

那时美国内战结束了没多久，离飞机的发明还有好几十年，更别提送什么东西上轨道了，美国参议院专职教士兼牧师爱德华·埃弗雷特·黑尔（Edward Everett Hale）就已经想到了这个点子。黑尔是一位畅销短篇小说作家，在1869年出版的《砖月》（The Brick Moon）一书中，他提出了一个富有远见的建议。

你可以用一把巨大的玩具枪从格林尼治瞄准北方和上方发射豌豆，如果发射得足够快，也足够远，就足以让它在上升的能量耗尽后不会落回地球，而是从北极外空经过。如果你给了这颗豌豆足够的能量，能让它飞越半个地球而不和地球接触，这颗豌豆就永远不会碰到地球了。它将靠着它冲出大气层，摆脱地球引力的那股力量，继续在北极上空、在斐济岛上空、在南极和格林尼治上空绕着地球旋转。如果我们在这颗豌豆绕着地球轨道旋转的时候看到它，只要我们知道轨道的高度，我们就可以利用这颗豌豆来测量经度，同理可适用于土星环。

“但是豌豆太小了呀！”

“是的，”Q说道，“但是我们可以造一颗大豌豆呀！”

黑尔对无线电没有概念，他只是提议地球上的人们通过观测他称之

为“砖月”的东西来获知自己的方位。不过，黑尔可能是想出利用人造卫星来导航的第一人。

将近90年后，麦克卢尔、吉耶尔和维芬巴赫可以尝试把这个想法付诸实施了。“这一想法给了实验室一个千载难逢的机会。”麦克卢尔在一份交给APL负责人拉尔夫·吉布森（Ralph Gibson）的备忘录中这样写道。“第一，实验室肯定会因此跻身太空科研领域；第二，这一想法提出的问题具有实际的军事意义；第三，这肯定也是海军面临的难题，正好符合本实验室与海军的合作关系；第四，这对特别项目办公室意义重大，它是唯一我们有密切接触的海军项目，而海军恰好有足够的资金支持这个大计划。”

APL的数学家理查德·克什纳（Richard Kershner）曾与海军合作开发北极星弹道导弹系统，他被派去负责领导人造卫星导航系统的开发工作。克什纳和他的团队提出一个方案，让卫星保持经南北极的轨道循环运行，每次循环大约108分钟。地面站点将使用吉耶尔和维芬巴赫首创的技术，计算每颗卫星的确切轨道，将数据发送给卫星，卫星会将这些数据储存在电子设备之中。每颗卫星以两个不同的频率不断广播其轨道位置数据。装有接收装置的轮船或者潜艇接收到信号，并把这些数据输入计算机。使用两种不同的频率，计算机能够消除因电离层带来的失真，清楚地得到卫星信号的多普勒频移信息。广播内容包括卫星轨道数据，能够告知计算机卫星所在的位置，经过几分钟的测量之后，计算机得出多普勒频移，从而推算出潜艇相对卫星的位置。

克什纳的团队估计，这一系统的精度能达到1/10海里——大约600英尺。如果北极星的制导系统能够以这种精度“获知”自己的发射地点，它就可以让弹头落在预期目标的半英里范围之内。

1958年4月4日，APL的负责人吉布森把这一想法透露给了海军军械局。海军方面很感兴趣，但是不愿意首付100万美元建造这颗卫星。10月份，资金到位了，但提供方并非海军。美国国防部高级研究计划局提供了一笔款项——多年后，也是这一部门提供了互联网研究的种子基金。

至此为止，卫星计划有了一个名字——子午卫星（Transit）——计划从1959年8月开始，在极地轨道投放3颗重达270磅的卫星，此时距苏联发射伴侣号人造卫星还不到两年。尽管进度有所滞后，一颗卫星在7

月的实验室试验中解体，这一系列中的第一颗卫星——子午卫星1A，于9月17日在卡纳维拉尔角搭乘火箭托尔-艾布尔1号（Thor-Able 1）被发射了出去。倒计时归零，火箭离开了发射架，子午卫星1A上的发送装置随着卫星爬升发送信号。接下来就什么都收不到了。子午卫星1A失踪了，三级助推器故障让它落回了地上。这种结局让人失望，但是也并不意外。时值1959年，在那个年代，许多卫星都难以发射成功。

4月13日，子午卫星团队准备再用子午卫星1B试试。这次卫星进入了轨道，但是轨道高度比科学家们预期的低得多。得克萨斯、新墨西哥、华盛顿州、加拿大和英国的追踪站都能收听到令人安心的无线电信号，证明这颗卫星运转正常。唯一的问题是，当科学家们试着用吉耶尔-维芬巴赫的方法来确定卫星的位置时，他们发现结果常常会误差两到三英里。“那颗卫星在天上到处乱窜。”吉耶尔说。

APL忽视了行星重力场的巨大影响。对于来往于城市之间的人来说，在地球上任何地方重力感觉上都是一样的，但是实际却并非如此。地壳的起伏与地质构造的变迁会导致重力场强度的变化。很快大家就明白，太空科学家们要想能够准确预测卫星轨道——或者核弹头的飞行路径——他们需要一张精确的重力地图。

子午卫星定位系统原计划于1962年即第一艘装有北极星的核潜艇下水两年之后投入运行。实际上，解决重力问题花费了他们很长时间。在1960年6月至1961年11月之间，又有4颗子午卫星被发射到了太空。这些原型卫星设计的目的不是为海军提供导航服务，而主要被用来测绘地球的重力不规则区域。艾萨克·牛顿早就猜测，地球远非完美的球形，它的形状是扁球体——和完美的球体相比，地球两极附近比较扁，而赤道附近比较厚。子午卫星的观测证实了牛顿的理论，并将之变得更加精确。美国早期卫星先锋1号（Vanguard I）的研究者们得出结论：地球实际是梨形的，北半球比南半球略长一些。对于子午卫星1B轨道的预测证实了这一点。考虑了地球的梨形对重力产生的影响，科学家们能得出一个更加准确的预测结果。到1964年底，子午卫星的研究者们已经精于此道，现在他们可以把卫星的位置精确到300英尺之内。这些信息会发送到卫星，接着传回地球，足够进行非常精确的导航了。

在1963年底，第一颗子午卫星全面投入运行，并且在次年投入到海军的实际工作中。不幸的是，子午卫星5BN-2在轨道上运行了几个月之

后就损坏了。后来这个问题反复出现，早期的子午卫星运行经历了一连串的失败。子午卫星5BN-3在发射时坠毁。至于子午卫星的下一系列——代号为“奥斯卡”（Oscar）的卫星，头9颗都在运行的头几个月甚至几星期内坠毁，而第10颗只有部分功能正常。APL的工程师们指责在印第安纳波利斯的海军航空设备建造有问题。APL接管了第二批奥斯卡卫星的建造工作，随后，美国无线电公司（Radio Corporation of America, RCA）获得了建造卫星的订单。APL和RCA的合作是个正确的选择，他们建造的奥斯卡卫星在轨道上运行的平均寿命为14年。

1967年，美国政府解密了子午卫星，批准将这项技术用作商用。次年，像美格（Magnavox）这样的公司把子午卫星接收装置卖给商船，每台价格在5万美元左右。到1968年，有4颗子午卫星在轨道上运行，足以确保大多数情况下船只的接收范围内至少有一颗卫星。最终，该系统使用了6颗卫星组成的“星座”。

在1981年，美格公司推出了MX4102，一款价格便宜到业余水手也用得起的子午卫星的接收器。5年后，退役的美国海军陆战队员泰迪·西摩（Teddy Seymour）成为第一个独自驾船环游世界的黑人。“现在有两种东西我离港必带，”西摩后来这样写道，“那就是卫星导航仪和M&M的花生豆。”

美国人因军事目的发明了子午卫星技术，又将这颗卫星开放给了全世界，现在世界上任何海军和陆军都能使用这颗卫星。当阿根廷和英国为福克兰群岛的控制权开战的时候，两个国家都利用了子午卫星的导航资源。

虽然子午卫星的技术非常有用，但是它有着非常严重的局限性。首先，子午卫星并不是总在信号范围内。一艘船只可能在子午卫星翩然经过之前，已经在海上等了好几个小时。对于一艘只需每星期校正惯性导航测量单元的潜艇来说，这并不是一个致命的问题，但是这意味着卫星无法提供实时导航服务。此外，子午卫星是一个二维导航系统。根据多普勒效应，接收器可以计算经度和纬度，但算不出高度。用户可以知道他在东西南北方向的位置，但是却不知道他在多高的海拔。

对于船员们来说这个问题并不重要，然而对于制导轨道的计算来说，高度是极端重要的。事实证明，子午卫星通过为制导程序提供导弹发射的确切位置来提高它的精确性，而能在飞行过程中实时定位的导弹

对精确度的要求会更高。为了达到这个目的，导弹需要不间断的三维导航数据信号流。这种导弹环游半个世界之后也能击中目标，误差不过几英尺。

民用导航也需要三维卫星导航技术。商船和游艇都已经采用了子午导航系统，但是这种二维导航技术对航空业却没什么吸引力。一颗能够测出经度、纬度和海拔的卫星对于像罗兰那样的陆基无线电导航系统来说是绝佳的补充。

但是卫星导航系统的下一个飞跃是被冷战中最奇特的武器项目所推动的，该计划意在把火箭装在铁路上。

由于担心苏联正在开发强大而精准，足以打击美国陆地导弹发射井的导弹，1960年左右，美国国防部考虑建造新一代使用固体燃料的“民兵”洲际导弹，这种导弹小到可以装在改装过的列车车厢中。在最危险的那些年头，搭载导弹的车厢遍布美国的铁路网络，当时的美国总统认为，苏联发动突然袭击的可能性非常之高。数以百万计的火车分布在数千英里的铁轨上，苏联人永远无法获得所有导弹的位置。这种藏踪匿迹的方法与海军将核弹载于核潜艇如出一辙，敌人无法找到它，因而它坚不可摧。

然而，这些可移动的民兵导弹必须能够瞄准。与固定瞄准的导弹不同，它们需要从一百万个不同地点中的任意一处进行发射，在发射之前就必须把位置数据编写到每颗导弹之中。要是由子午卫星系统来完成定位就需要一个小时或更久，对导弹部署来说这太慢了。而且装有导弹的火车可能行驶在高山地区或者高原地区，这些地方当然都不是在海平面上，因而海拔数据——子午卫星无法提供的第三个维度——是至关重要的。

这个计划要求对现有导航方式做出极大的改进，需要一种能够在数秒内提供高精度三维定位信息的技术。这种导航系统比起作为其雏形的导弹计划高明许多。因此肯尼迪政府放弃车载核弹的计划，开始研发淘汰掉子午卫星系统的天基导航技术。

两位杰出的工程师着手负责这一项目，一位来自美国海军，一位来自美国空军。40年后，这两个人为谁才是对太空导航系统贡献最大的人相持不下。但是对于全世界数亿人来说，重要的是他们的新发现使得人们能够在任何时间、任何地点确定自己的位置——尤其是在性命攸关的

时候。

[\[1\]](#) 此处作者用了双关语。**In Transit**字面意思是“在途中、在路上”，而**Transit**也是子午号卫星的名字。——译者注

第5章 太空拾遗

飞机声救了她一命。

1997年的1月，51岁的凯伦·纳尔逊（Karen Nelson），南达科他州一家养老院的厨师，犯了一个错误，那就是不该冒着狂风暴雪驱车回家。纳尔逊的车陷入了雪窝里，积雪越来越厚，她被困在了车里，外面的温度降到了零下20度。

车上只有几条毛毯、一个睡袋和一部手机。她给当地的警察局打了求助电话，救援就在路上——或者说一直在路上，前提条件是有人知道该去哪儿救援。纳尔逊对她所处的位置认识模糊，当地的路标被大雪给盖住了。尽管纳尔逊的手机有好多优点，可就是缺少为自己准确定位的办法。事实上，回到1997年，谁的手机也没有这一功能。

现如今，几乎每一部手机都可以做得到这一点。对于这个世界上数以百万计的人来说，我们的手机已经成为我们的私人导航员，可以为我们带路，走上几千英里也不会出现差错，更能够在生死攸关的时候为我们准确定位。正是像纳尔逊那样惊恐万分、处于绝望境地的人们，促使这一切成为现实。

纳尔逊在车里待了40个小时，她的手机靠车上的电池供电，电池也快没电了。在她的头顶上方，一架搜救飞机冒着大雪飞来飞去，纳尔逊和飞行员通了话。飞行员建议她仔细听飞机发动机的声音，听到飞机经过时，立即打开汽车的双闪灯。终于，她听到了飞机的嗡嗡声，打开灯，看着灯在闪烁。不一会儿灯就灭了，是电池没电了。可是纳尔逊的时机掌握得正好，她被找到了，雪地车很快把她带到了安全的地方。

纳尔逊是幸运的。对于其他携带早期手机的迷路者来说，救援到达得太迟了。2000年1月，特里·艾伦·佩迪戈（Terry Allen Pedigo）在休斯敦的一场足球赛中突然晕倒了，佩迪戈的儿子一把抓过父亲的手机，拨打911。一英里半处有一个消防站，本来他们5分钟就可以抵达现场。然而，911调度员无法知道这一情况——佩迪戈的儿子不知道他父亲所在体育场的街道地址。最后，援助人员12分钟后赶到，反应算相当快了，但还是没能挽救佩迪戈的生命。

卡拉·古铁雷斯（Karla Gutierrez）那段伤感的故事上了美国各大报纸的头条。2001年2月份，古铁雷斯把车意外开进了佛罗里达收费高速公路旁的水渠里，古铁雷斯一把抓起手机，拨打911乞求帮助。然而，她不知道自己所处的位置。汽车慢慢地沉入水底，在三分钟的通话时间内，调度员通过询问古铁雷斯来试图获得她的位置线索，在这之后，古铁雷斯那头就没声音了。

在这一区域四处搜索的警察，无意中发现了古铁雷斯的车失控后打滑的痕迹。他们在水下发现了汽车，这时距离打电话的时间已过去了50分钟。

1997年，大约2.25亿美国人拥有手机，那个数字还以每年25%的速度在增长。最终，大部分美国人都用上了手机，并且把大量的生命都花在了手机上。然而，上个世纪90年代末，美国人的手机可能救不了他们的命，因为那时还没有一个十拿九稳的办法，来给打电话的人定位。

当时，大多数固网系统采用的是数字交换系统，数字交换系统可以迅速识别一个电话的来源，如用户拨打911时，交换中心立即收到了打电话人的电话号码，并把它传送到自动定位识别（简称ALI）数据库，这个库就可以提供电话的物理地址。即便是拨打电话的人伤病较重，无法提供自己的位置，救援人员也可以找到他。

当时的手机就没有这种功能。从它的定义来看，移动电话及其使用者总是处于移动的状态，这样手机号码就不是与固定的物理位置相对应的。然而，每部手机又都是一个小小的归航信标，公司可以大致知道手机所处的位置，这也是为什么你的手机不管走到哪儿都能使用的原因。手机在开机状态下，可以发射信号，被最近的手机信号塔接收，通知手机公司的计算机网络，你的手机目前正在某一个信号塔的服务范围之内，比如在芝加哥的国家大道，或者是在纽约的帝国大厦。电话打入的时候，信号就会被正确地接入附近的信号塔。

可是，这样的网络只能大概确定你的物理位置。你的孩子给你打电话不存在任何问题，但是在紧急情况下需要及时帮助就不行了。如果你生命垂危的时候求助电话是通过半英里以外的手机塔传输的，要及时找到你就得看运气了。

人人都知道这个问题可以得到解决。1991年，我们亲眼看到了对这个问题的解决办法在伊拉克的沙漠里得到了验证。“沙漠风暴”[\[1\]](#)是GPS

在军事领域的首次登场。**GPS**是一个沿轨道运行的无线电台网，士兵们根据由它发射的信号可以横穿荒漠，精准度相当高。平民百姓也可以使用**GPS**，花上几百美元，任何人都可以在体育用品商店买到一个接收器。

如果基础电子元件可以压缩到一块硅片上，那么**GPS**的价格就可以降下来，这项技术也就可以添加到任何手机上，且花费也不高，仅有几美元。到那时，你就可以拥有一部不管走到哪里都能知道自己位置的手机，不仅可以发布求救信号，而且可以为营救人员绘制路线图。对于未来的凯伦·纳尔逊们来说，救援几分钟后就可赶到，而不必等上几小时。

上世纪90年代中期，成千上万的徒步旅行者和背包客依靠手持**GPS**设备穿行在荒郊野外。车载**GPS**导航系统于1995年首次出现，逐渐发展成为豪华车上的常见用品。然而还是将**GPS**植入数以亿计的普通手机这个决定，把这项技术由昂贵的珍品变成日常的必需品。在人类历史上，普通人首次拥有了一部可以给自己定位的廉价设备，告诉自己怎么到达想去的地方。我们可以即时知道自己的确切位置，并且定位还不会间断，这一事实不可逆转地改变了我们的生活、工作和出行方式。

随着惯性导航和子午卫星的诞生，为了满足美国军方在冷战中能够对地球上任何地方进行毁灭性打击的要求，**GPS**应运而生。子午仪卫星定位系统率先出现，可是它的局限性太明显，五颗卫星的系统根本无法同时覆盖整个地球。此外子午仪卫星导航系统只能提供经纬度信息，不足以让移动中的民兵系列导弹对准目标。美国空军想把这些导弹部署到分布在全美各地的火车上，要想让它们准确对准目标，发射人员需要知道目标的三维方位——纬度、经度和海拔高度。

要想准确计算这三者的数据，仅有无无线电信号还不够。一位在麻省理工学院受过培训的优秀工程师伊凡·格廷（Ivan Getting）想出了一个解决办法，此人从事过高射炮瞄准雷达的研究，曾利用它击落多枚德国V-1巡航导弹。1960年，格廷在国防合约商雷神公司[\[2\]](#)任副总裁，主管工程设计与研究。他和一个名叫谢普·阿金（Shep Arkin）的同事一起设计了一种方法，将四个不同的无线电设备位置固定，用于传输时间信号。无线电波几乎是以光速传播的，即便如此，信号传送几千英里还是得有一个过程。接收器获取无线电时间信号后，计算获取时间与真实时

间之间的差距。两个无线电信号用来计算纬度和经度，只有加上第三个信号才有可能测量高度。每一个无线电设备的信号难免有细小的错误。格廷和阿金发现，可以再用一个无线电信号来计算错误的数量并把它们过滤出来，使得最终的定位更加准确。

格廷的这一方法在别的方面取得了丰厚回报。子午仪卫星定位系统采用单颗卫星的办法只适用于卫星经过头顶时，使用的时间比较集中。新方法运用一个无线电网络，任何时候都可以接入。新方法还有一个优点，就是计算定位所需的时间大幅减少，即便是导弹已经发射升空，还可以使用接收到的无线电信号进行导向，精准地对准目标。

格廷的这个系统就是洲际导弹精确控制系统（Mobile System for Accurate ICBM Control），简称为MOSAIC。这一想法打动了空军的领导层，但是他们决定放弃“移动的民兵”计划，使得这一想法暂时搁置了一段时间。那以后不久格廷离开了雷神公司，去加利福尼亚的埃尔塞贡多成立了航空航天公司（Aerospace Corp.），一个由联邦政府出资的非营利性公司，为美国空军进行前沿的太空研究。航空航天公司应空军的要求，处理了大量的工程项目，从洲际弹道导弹的设计，到登月项目等关键技术的研发。

尽管在新企业事务繁忙，格廷对MOSAIC这一概念仍旧热情不减，甚至变得更加热衷了。原先的想法以陆基无线电发射器为特点，这个办法也可以适用于置于卫星上的无线电发射器。格廷设想建立一个围绕地球转动的卫星星座，其中卫星众多，几乎每一个人的头顶都有四颗卫星可用。就子午仪卫星定位系统来说，每颗卫星都会定期接收到从地面站发来的无线电波，计算出卫星的正确位置。这些卫星又把位置数据连同正确的日期发送回地球。设计得当的接收器接收到数据后，就可以计算出自己在地面的位置。由于这些卫星始终在信号范围内，所以在地球上任何地方、任何时间，用不了几分钟就可以定位。运用圈内的四颗卫星，不仅可以准确定位经纬度，还能定位高度。这样一套系统既可以为海面上的舰船和地面上的部队进行导航，还可以为空中的飞机进行导航。

目前这还算不上是一个多聪明的想法，但是是一个海军很愿意探索的项目。1962年，海军与航空航天公司敲定合同发起621B计划，一项设计新的太空导航系统的深度研究计划。它是今天GPS的第一步，起点中

的起点。

空军后来才加入这一阵营。到621B计划发起的时候，美国海军已经把第一颗子午仪卫星送入轨道，整个系统于两年后的1964年开始运行。可是，海军科学家们意识到了子午仪卫星定位系统的局限性——华盛顿海军研究实验室的罗杰·伊斯顿（Roger Easton）最清楚这一点。

像格廷一样，伊斯顿也是一位卓越的科学家。他曾参与卫星跟踪系统（Minitrack）的研发，所谓的卫星跟踪系统，其实就是跟踪由海军工程先锋号发射到太空中的一套卫星系统。他还领导了海军太空监视系统的设计，这个系统几乎能够跟踪太空中每一个人造天体。太空监视系统现在仍然在使用，由美国海军进行操控。

1964年，伊斯顿提议对子午仪卫星定位系统进行一次重要的升级。他提议不要只用四五个卫星，而是将24颗卫星，送到8 000英里高的轨道上。每条轨道的运行时间大约是8小时，各颗卫星被送往几个不同的轨道平面组成一个卫星网，这样不管在任何时候、地球上的任何地点，总有那么几颗卫星在我们的头顶。伊斯顿这一最有创意的想法，还包括在每一颗卫星上都配备一些原子钟，这些计时器以前还从未去过太空。由于海军的导航需要特别的精确，所以有必要配备原子钟。

抛开它那令人遐想的名字不说，原子钟其实不含任何放射性物质。但是在量子力学的微观层面上，这些原子钟存在大量的原子活动。那就是20世纪30年代，科学家们一直想要却得不到的东西——一种客观的、绝对的时间测量方式。在那个时候之前，人类还是靠地球的自转来测量时间。一天就是地球自转一周所用的时间，一小时是一天的 $\frac{1}{24}$ ，一秒是一小时的 $\frac{1}{3\,600}$ 。实际上，旋转的地球本身就是一只巨大的钟。

可是到了19世纪末，像出生在加拿大的美国人西蒙·纽科姆（Simon Newcomb）这样博学多才的科学家们，已经开始意识到地球这个计时器会渐渐慢下来，就像老式的怀表一样。其他天体的引力，比如说月球，长期吸引着我们地球，地球上的潮汐就是月球引力的结果。同是这股引力，它轻轻地踩压我们地球的制动踏板，结果一天的时间越来越长，春天是这样，其他季节也不例外。现在地球自转一周比二百年前多用大约两毫秒。

普通人根本不必为此事而操心，但如果你是一个物理学家或者是工程师，时间以百万分之一秒来计算，那就需要绝对始终如一的钟表。我

们地球的运动太不规律了，不能作为衡量时间的标准，拿什么来取代它呢？理想的标准本质上是周期性的，准确性相当高，永远不发生变化。

20世纪30年代，哥伦比亚大学的物理学家伊西多尔·拉比（Isidor Rabi），在原子层面寻找解决方案。拉比意识到围绕原子核旋转的电子，如果向其施加一定量的无线电波，其能态就会发生改变。这些电子就好像是一种新的钟摆，随无线电波同步来回摆动。与标准钟摆不同的是，电子的律动不受摩擦力、热力、重力和其他物理力的影响。

致力于原子钟的工作，在第二次世界大战期间中止了，但是到1948年，美国国家标准局（National Bureau of Standards）以氨分子为基础制作了第一个原子钟。这个钟表给大家留下深刻印象的同时，氨气中的氢原子和氮原子之间的相互作用却限制了其精度。科学家们用铯取得了不错的效果，铯是一种色白质软的金属元素，类似于汞。铯电子接收到特定频率（9,192,631,770Hz）的微波能量时，能量状态将会发生相应的改变，同时释放出相应频率的能量。由此，原子钟诞生了。

这些原子钟设定了一个新的计时标准。1967年，全球标准制定机构国际计量大会（General Conference on Weights and Measures）对秒做出了重新定义，将改变铯电子能量状态所需的频率定为一秒。从那时起，全世界各官方计时组织，如美国国家标准局，开始采用新的标准，称作协调世界时（Coordinated Universal Time）。

铯原子钟特别精确，最好的铯原子钟一亿年才慢一秒。由于这些钟表被调到了铯原子的超高速振动，所以时间可以被细分到十亿分之一秒。如此的精确程度，使得原子钟在20世纪的地位等同于1761年约翰·哈里森（John Harrison）的高精度怀表——哈里森这一计时器曾改变了航海术。

铯原子钟的高精确度，使得测量由距离远而引起的细小时间变化成为了可能。这种性能被用在了远距离无线电导航系统罗兰上，尽管这种系统在美国和加拿大已被GPS所取代，但还有少数国家仍在使用，比如说苏联。一种升级版的导航系统在第二次世界大战中首先被同盟国所使用，添加了原子钟的罗兰越发精确。

罗兰用的是多重的无线电发射器网链，一个做主发射器，另外二到五个做副发射器。每个主机就同一个信号要发射好几遍，每次发射所产生的延迟时间都能精确到微秒。每个远距离无线电导航系统链上的延迟

都是唯一的，不会更改，比如说，为美国五大湖区船只服务的主发射器，两次发射之间的延迟不多不少是89 700微秒。

主发射器发出信号时，同一链上的副发射器要准确地在相应的微秒后重复发射。使用罗兰接收器的导航员，收到这些信号和延迟的时长。延迟的时长是主机与二次发射之间的时长，以微秒计。由于每一系列信号采用的是事先定好的延迟方式，接收者就明白他听的是哪条链上的信号，从而运用所听到的信号计算出接收器与每一个发射器之间的距离。结果就用图表上的一条直线来代替，把每一个发射器传来的信号都进行计算以后，就得出多条位置线，其交点就是你所处的位置。

早期的罗兰使用者需要做大量的手工计算，后来计算机版的系统出现后，直接能够得出经纬度。其结果相当准确，足以满足大多数导航需求——从0.1海里到2.5海里都可用。

罗兰的准确性依赖于超精确度的无线电发射。如果无线电信号以接近光速传播——相当于1/1 000秒传播186.4英里，超过了远距离无线电导航系统的计时范围，远距离导航系统就没有一点用处了。这种精度的信号需要用原子钟来计时，原子钟可以把每一秒精确地分成10亿个计时单位。

考虑到要对子午仪卫星定位系统进行升级，伊斯顿认识到，基于太空的导航系统必须像罗兰那样精确。于是，他提议在他的卫星上搭载原子钟。以前还从未有人这样做过，但是，在20世纪60年代，电气工程师们在探索如何把更多的科学设备塞进重仅几百磅的太空卫星里时，奇迹般地把原子钟微型化了。伊斯顿正确地预测到了原子钟会很快被缩小后入轨。

然而，美国海军和伊斯顿都没有那份耐心，在他们的观念里，研发原子钟还不如对精确度不高的计时器进行试验，那样可以学到很多知识。等到有合适的原子钟可用时，他们已经使用上了靠一块石英振动的表。这就是现如今市面上那些廉价石英晶体表的前身，这些石英计时器虽然不像原子钟那样精确，但是它们足以很快让技术转化为样机。

1964年，伊斯顿和他在海军研究实验室的同事们开始建造一颗名为“时间导航”（TIMATION）[\[3\]](#)的卫星，来对他的导航概念进行试验。卫星从建造到发射花了3年时间，但是TIMATION很快就证实伊斯顿的路走对了。在1967年10月进行的试验中，科学家们就靠处理由卫星发出

的无线电时间信号，精确地找到了他们在地球上的位置，误差不超过1/3海里。把接收器搬到船上或飞机上，这套系统仍可以照常工作。第二颗TIMATION卫星于1969年被送入轨道，虽然实践证明其准确度不够，因为它的电子电路受到了宇宙辐射的破坏，但仍然展现出了伊斯顿基本概念的用处。如果对卫星进行升级，采用原子钟的话，效果会更好，可以将飞机或导弹引向距目标几英尺的范围之内。

空军621B计划的研究小组也独立得出了相似的结论。从1964年到1966年，格廷的航空航天公司的工程师们，针对卫星导航这一概念进行秘密研究，并且得出结论，认为装载原子钟的卫星网是前进的方向。1969年，美国空军与4家主要的国防合约商签订合同，开始设计可以实际运用的系统。

同时，格廷努力争取白宫的支持，并获得成功。1969年2月，人类登月成功的前几个月，尼克松政府正就民用太空计划积极寻找一些新的任务，希望从另一方面来证明美国的科技实力。一个由副总裁斯皮罗·阿格纽（Spiro Agnew）领衔的小组成立，主要任务是选择下一个重大的太空探索目标。航空航天公司的科学家们提议建立一套可以民用的全球导航系统，同受保护的超精确军用系统严格区分开。这个小组并未引起人们的注意。“这是一个把人类卷入太空的计划，阿格纽委员会正在更大程度上挖掘这个计划的宣传价值……”格廷后来这样写道。而NASA承诺要建造可以反复使用的航天飞机。对于白宫来说，621B计划只不过是纸上谈兵。

美国空军并没有被困难吓倒，他们于1968年到1971年间，对这一概念进行了多次试验。他们把实实在在的气球当作“卫星”，向地面上的接收器发出精确的时间信号。尽管使用的是原始的工具，研究人员仍能够计算出方位，并且能精确到50英尺。正如海军对罗兰进行的试验，空军的实验无疑证明了其基本思想是站得住脚的。

美国陆军也采纳了这一思想，从太空中测量方位。1964年到1969年间，美国陆军发射了一系列西科尔美国测地卫星，意思是距离连续校正（Sequential Correlation of Range, SECOR）。西科尔无意为行客提供导航帮助，而是要成为一个测绘高质量地图的工具。西科尔将向地球上的接收器发射无线电信号，其中3个接收器有确切的位置，还有一个接收器被放到未测量过的区域。有了这些信号的传输，地理学家们就可以计

算出第4个接收器相对于其他3个接收器的方位。西科尔精确地为太平洋诸岛定了位，这些岛屿在过去从未被准确地纳入地图。

陆军、海军和空军各自都在自己的空间导航系统上花销不菲。在五角大楼的规划人员眼里，这似乎是一种令人发指的浪费，特别是时值花费高昂的越战。很明显一个系统就可以让所有的军事武装都受益，陆军、海军和空军都可以使用。可是，国防部没有人打算选定一个统一的方法。

1972年11月，事情终于起了变化，美国空军空间导弹系统机构的领导肯尼斯·舒尔茨（Kenneth Schultz）中将，在为621B计划挑选新领导人的过程中，选定了布雷福德·帕金森（Bradford Parkinson），此人是一位陆军上校，在越战中驾驶AC-130武装直升机完成了26项战斗任务。更为重要的是，帕金森获得了斯坦福大学的太空航行工程学的博士学位，做过美国空军学院航天工程系的系主任。

帕金森招募一流的工程师组成了一个团队。同样重要的是，他能跟五角大楼负责国防研究和国防工程的主任马尔科姆·柯里（Malcolm Currie）说上话，柯里是美国国防部最有影响力的人之一。1973年春，深入听取了帕金森的介绍后，柯里明白了卫星导航的巨大军事潜能。审查委员会由柯里坐镇，其组成人员是来自海陆空三军的军官们，尽管他们曾经投票叫停了空军这一计划，但是这项工程远未结束。柯里命令帕金森重新开始，这一次要设计一个可以同时赢得海陆空三军支持的系统。

新企业于1973年美国劳工节[\[4\]](#)周末开始运行，尽管柯里要求进行联合开发，可空军仅仅是作为一个部门参加一下会议。自从帕金森接管了空军工程以后，遇事一直与海军科学家商量。他这个小组的全体成员，看到帕金森把海军的TIMATION技术中最吸引人的特征引入他们的系统，都感到很高兴。

最为紧要的是把原子钟嵌入卫星。1972年，一家名叫Efratom Elektronik的德国公司，发布了第一块又小又有弹性，可以载入轨道的原子钟，海军研究实验室要在下一颗TIMATION卫星中嵌入两块这样的钟。除此以外，美国劳工节委员会选择了一种与伊斯顿的提议类似的轨道配置。由24颗卫星组成的网络将长期盘旋在我们的上空，每颗卫星的周期是11小时58分。它们将被送往3条圆形轨道，每条轨道8颗卫星，每

颗卫星相对于地球赤道有63度的倾角，围绕地球的南北方向高速运转。在它们的下面，地球则是由东向西围绕地轴旋转。在轨的卫星网与旋转的地球是同步的，因此几乎在地球上每一个地方，其上空总有几颗卫星。伊斯顿计划后来经过修改，覆盖效果更好了，轨道变为了6条，每条轨道上4颗卫星，但是基本原理没有变化。

引入了这么多的TIMATION技术有助于把海军也纳入这个系统，甚至还有陆军的一份。亚利桑那州西南巨大的尤马试验场（Yuma Proving Ground）将作为测试这套系统的地面场地。只用一套系统就满足了海陆空三军的使用需求，国防部最终也准备入伙。1974年5月，这套系统承担起了NAVSTAR全球定位系统的任务。其实，NAVSTAR并不是一个缩略词，只不过是五角大楼有人觉得这样好听罢了。

头两颗NAVSTAR卫星实际上是TIMATION系列的后两颗。

TIMATION III，现在被重新命名为导航技术卫星I（Navigation Technology Satellite, NTS），于1974年7月升空。它的两对铷原子钟是首次被送上轨道的原子钟，可是没有取得成功。卫星姿态控制系统的内部小故障让卫星过度暴露在太阳光下，引起原子钟过热。

朋友圈每日书籍免费分享微信 shufoufou

3年后，导航技术卫星II——TIMATION家族的最后一颗卫星，携带一对铯原子钟飞入轨道，它是离地球这么远的位置上最为精确的计时器。NTS II可以说是第一颗真正的GPS卫星，尽管它还远远不能投入到实际运用当中。不过，它精确的无线电信号为建立可以使用的系统提供了必要的基本数据。

NTS II最关键的发现之一就是证实了阿尔伯特·爱因斯坦的一个比较奇怪的预言。爱因斯坦的广义相对论和狭义相对论认为，虽然时间对人类来说似乎是不间断的，也是无法改变的，可实际上时间是完全可以改变的。比如说，一个坐在火车上的人和一个坐在公园长椅上看火车跑的人，前者的时间要过得慢一些。此外，爱因斯坦还认为，飘浮在太空中的人时间要比地球上的人过得快，因为越靠近地球的磁场，时间越慢。

这种差异实在太小了，人类单靠自己永远也不会注意到，然而，一只可以精确到一亿分之一秒的原子钟，不费吹灰之力就能测量出来。果然，搭载在NTS II上的铯原子钟，围绕地球以每小时1.7万英里的速度飞奔时，走慢了一点点；另一只钟在远离地球的高度速度快了许多。这对

高精度度、高预见性的钟，每天总共快大约38微秒。爱因斯坦的预言又一次被证明是正确的。

这不仅仅是一个古怪的理论见解，它还为我们建造GPS系统提出了一个关键的挑战。正如前面所提到的，GPS接收器使用由卫星发出的时间信号来计算位置，如果那个时间不准，那么最终的定位可能会偏差数英里。用户必须至少接收4颗卫星的信号才能得到可靠的定位，但是如果4颗卫星都发出错误的时间信号，那么系统将无法行使其职能。

NTS II试验无疑要求GPS必须对爱因斯坦效应进行弥补。每一颗卫星在发射之前，它的钟都要进行调整，弥补高度和高速带来的相对论效应。这样的调整大大降低了出现错误的可能，但是每颗卫星细小的轨道变化也会引起计时的变化。在轨的小钟稍有不完善也可能随时会引起一些错误，使问题复杂化。因此必须每天由地球上超精确的原子钟发出时间信号，对整个卫星网升级一次。

这样每天进行升级，让每颗卫星每天都能清楚自己相对于地球的确切位置，并由一个朝向地球的雷达网协助将其位置固定下来。另外，各卫星的信号不间断地被散布在全球的地面站所收集。运用类似于约翰·霍普金斯大学的科学家们于1957年跟踪苏联人造卫星的方法，美国空军就能始终清楚每颗卫星在太空中的位置。这种位置数据和原子钟的校正信号，每天都会发往GPS星座的卫星。

考虑到GPS系统本身固有的复杂性和其相对不算多的预算（150万美元启动经费），加上它也不像阿波罗计划那样有一本“不言自明的剧本”，如此一来完成GPS网络花费了两倍于把一个人送上月球所用的时间，也就不足为奇了。

对于一些人来说，过程也未免太长了。

1978年9月，圣地亚哥的上空，一架赛斯纳172小型飞机误入了一架波音727喷气式客机的航线。结果，两机相撞，机上人员全部遇难，连同下方城市里的7人，一共有144人死亡。

这起事故绝对算得上是一次恐怖事件了，杰拉尔德·奥尼尔（Gerald O'Neill）认为，要是给飞机装上比较好的导航设备，这类事故完全可以避免。像GPS的开发人员一样，奥尼尔也把研究方向转向了太空。奥尼尔这个干尽十足的飞行员，过去是普林斯顿大学的一个物理学教授，极

力提倡人类移居太空。奥尼尔认为他可以建立一个价格相对便宜，使用不算复杂，基于太空的导航系统。他提议，在定点于美国上空的三颗通信卫星上安装异频雷达收发机，使用其服务的用户，需携带可向卫星发射信号的设备。卫星把信号转发给塞满超级计算机的地面站，这些计算机计算出用户的方位，以时间信号的方式将方位信息发给卫星，再由卫星转发给用户。

奥尼尔为这一想法申请了专利，并将之转化为商业成果：吉奥星公司（Geostar Corp）。他募集了几百万资金，申请了必要的无线电频率牌照，并把他的无线电异频雷达收发机装载到通信卫星上。到1988年，几千套吉奥星跟踪设备投入使用，有许多运输公司利用这一系统为其贵重货物定位。早期的吉奥星接收器价值4 000美元，但是像其他电子设备一样，随着时间的推移，价格也逐渐走低。奥尼尔估计，总有一天吉奥星方位探测器将和高度计一样普遍运用于飞机上，它们对飞机方位的精确测量，将会避免类似于圣地亚哥上空的灾难再度发生。

奥尼尔太不幸了，他的公司一头撞进了一个强劲对手的怀里。圣地亚哥有一个那时还看不到任何前途的初创公司，名叫高通公司（Qualcomm Inc.），该公司开发了一款更加高精尖的系统——全线路。到1991年，吉奥星申请了破产。次年，奥尼尔死于白血病。高通公司则继续发展，成为全球主要的手机芯片生产商。同时，它成为了将GPS技术置于成千上万裤子后袋的领军者。

然而，政府首先得把GPS卫星网建立起来。1978年到1985年间，空军将10颗第一代卫星送入轨道。这些名为“Block I”的卫星，其主要用途只是让工程师们测试所需软硬件，以使系统能够正常工作。可是一切都进行得不是很顺利。1981年5月，美国众议院军事委员会通过投票表决，彻底裁撤了这一项目，害怕卫星网最终建成后价格太贵。后来这笔钱又重新进入预算当中。1981年，早期的一颗卫星在一次未成功的发射当中被损坏了。

五角大楼决意不白花一分钱。连同GPS设备，后来的“Block I”卫星都装有能够探明空中核爆炸位置的传感器和向五角大楼转发信息的无线电系统。GPS卫星能够很完美地完成这一任务，因为它们的轨道线路可以让它们大面积监测地球表面。这些“核探测（NUDET）”传感器依然是今天的GPS卫星的标准配置。

空军希望于1987年开始发射功能更强大的“BLock II”卫星。但是，1986年1月，挑战者号航天飞机在卡纳维拉尔角上空爆炸，7名宇航员丧生，美国的太空计划也因此而严重受挫。GPS的运输任务一直靠航天飞机往返于地球和外太空之间。事故的主要原因是固态火箭推进器上面的一个廉价橡胶圈破裂，这次事故揭示出了航天飞机的脆弱，也揭示出了依靠它们进行卫星发射给国家安全带来的风险。美国空军对这一计划重新进行了定位，改用不载人的三角洲火箭助推器进行运载。这次战略上的改变又耽误了两年，直到1989年才又发射了GPS卫星。

尽管有种种挫折，但早期的GPS网络仍然帮助实现了许多工程学上的壮举。1983年5月，一架属于国防合约商罗克韦尔国际公司

（Rockwell International）的私人喷气式飞机，从爱荷华州的锡达拉皮兹市（Cedar Rapids）起飞，飞到巴黎，成为第一架只靠GPS导航横跨大西洋的飞机。由于没有完善的GPS网络，卫星的覆盖范围有限，因此飞机在出了卫星覆盖的范围之后，只能在佛蒙特州、纽芬兰省、冰岛和英国降落。结果，这次飞行用了4天时间。但是，当佩刀客机[5]降落在布尔歇机场（Le Bourget）时——也就是查尔斯·林德伯格[6]单人飞越大西洋后降落的机场——它的前轮停在了离预定停机位20英尺之内的地方。

第一次横跨大西洋的飞行是由一架私人飞机完成的，这太惹人注目了。虽然GPS是一个军用项目，但它一直打算用于民用。“与GPS的诸多前身不同，GPS从一开始就配置了双系统.....”合作开发人员布雷福德·帕金森和斯蒂芬·鲍尔斯（Stephen Powers）这样写道。

冷战悲剧的余波过后，一场事故渐渐被人忘却。1983年9月1日，一架大韩航空公司的波音747从美国阿拉斯加的安克雷齐（Anchorage）起飞飞往韩国首尔。大韩航空007号班机（KAL Flight 007）由该公司最有经验的两名飞行员驾驶，竟然迷失了方向，简直太不可思议了。这架飞机误入了苏联的领空后，立即被一架战斗机击落，269名乘客和机组人员全部遇难。

它是冷战最丑陋的时刻之一，暴怒的美国军官纷纷谴责苏联人是冷血杀手，愤慨的俄国人坚持认为这架飞机负有间谍任务。这一事件直接促使罗纳德·里根总统向全世界宣告，为了避免灾难再次发生，正在开发的军用GPS技术一旦卫星网络投入运行，将同时用于民用。

我们永远也不会知道KAL007要是装了GPS会不会躲过此劫。如今

的飞机的导航系统简直是太出色了。先有多普勒雷达，它可以通过反射地面上的雷达信号，来识别飞机的方位。随着多普勒雷达于20世纪60年代初期开始安装在飞机上，各航空公司陆续摒弃在国际航班上使用专职导航员这一惯例。飞行员和副驾驶员无需特别帮助就能找到路，走遍全世界。后来又出现了惯性导航系统，波音747是首次使用惯性导航仪的商用飞机，实际上为了过载保护，一架飞机装有3个惯性导航仪。实践证明，只要操作正确，这套系统就十分精确，也极其可靠。国际民航组织调查的结论是，KAL007出错是因为机组人员设置系统有误。惯性导航仪本来应该把飞机导向空中那一系列预先编入程序的航点，每一个点都正好位于苏联领空之外。只有把手拧错方向，导航仪才会不顾航点跟随指向那个方向的磁罗盘，把苦命的飞机带入那片危险的区域。要是机组人员仔细审视过仪器，或者使用多普勒系统再次确认过方位，他们很可能会及时发现错误，可是他们没有。如果他们早就有了GPS系统，也许也能免于一死。

撇开飞机坠毁的原因不说，里根关于GPS技术的提议，表面上看来是宽宏大量的表现，实则是一个再聪明不过的宣传妙计了。GPS卫星网原本就一直朝着民用的方向进行设计，准备无条件向商用导航仪开放。事实上，事故发生两年前的一份联邦公报就已公布了一则通告，说网络完善后“将向全球范围的公民团体、商业团体开放，但仅限于国家安全方面的考虑”。

然而，军方起初对于自己是否该慷慨大方持谨慎态度。将军们对GPS的能力大加赞叹，GPS的表现越出色，他们也越是担心给地球上每一个人提供超精确的导航方式所带来的危险。公众使用海军的子午仪系统一点危害都没有。那套系统可以给导航人员自身位置提供一个精确的定位，但是导航人员在行进的过程中，系统不能不间断地提供更新，他只能走一段再定一下位，中间这一段就只能依靠精确度不太高的导航助手了。

相比之下，使用GPS卫星，用户就可以每隔一秒更新一次位置信息。给自我制导炮弹或者是巡航导弹输入一串GPS数据，它就可以在飞行的过程中不断自行调整，直至命中目标。给定目标的经纬度，炮弹可以在离正中心几英尺的范围内着陆。武装了如此精确制导的武器，美国军队用少量的飞机和炸弹就可以完成使命。汤姆·朗斯登（Tom

Longsdon），一个从事GPS研究20余年的工程师，经过计算得出，由于其极高的精度，单个GPS制导武器的威力相当于5~15颗无任何制导的炮弹。

但是，如果任何人都可以进入GPS系统，那么外敌也可以制造制导武器，使用美国人自己的卫星制导系统，对准美国的目标扔炸弹。

五角大楼针对把两套GPS导航系统设计为一套的想法进行了抨击，要求对官方通道进行加密，不允许民用用户进入，以其精确的定位来为武器和部队进行制导。另外再分出一个民用通道，其精确度要远逊于军用通道，但足以满足船长与卡车司机的日常使用需求。

每颗GPS卫星都要以不同的无线电频率不间断发射信号，一种叫“粗捕获码”，简称C/A码，以一个频率进行发射，用于民用；另一种叫“精准码”，简称P码，用于军用。P码导航的效果更精确，因为P码通过两个无线电频率同时发射。

回到威廉·吉耶尔和乔治·维芬巴赫学习跟踪苏联人造卫星发出的无线电信号那个时代。他们发现电离层——一层充满带电的亚原子粒子的大气层——往往使传入的信号发生畸变。苏联人发射伴侣2号的时候，在卫星上放了两个无线电。约翰·霍普金斯大学的那个团队，通过对比两种信号，很快发现他们可以校正大气层引起的畸变，更加快速地对卫星进行定位。P码系统也能解决这一问题，军用GPS接收器可以接收两种码的信号，并且自动对电离层效应进行调整。结果，军用接收器比民用的粗集码接收器定位明显要精确得多。军用级别的GPS接收器有望把导航的精确度控制在20米范围之内，也就是大约66英尺。

即便如此，民用GPS的设计者们也算做得不错了。研究人员发现，尽管存在大气层畸变现象，民用GPS系统仍可以精确到20~30米之内，于是GPS的设计者决定将其隐瞒不讲。1989年，随着首批Block II卫星的发射，这一计划正式开始实施，Block II为网络的全面运行奠定了基本框架，卫星的设计很巧妙，可以进行自我破坏，故意把错误添加到粗集码信号当中，谎报星载原子钟的时间和卫星在太空中的精确位置。多亏这个被称为“选择可用性”的骗人把戏，民用GPS设备只能精确到100米即330英尺之内——也就是一个足球场的长度。

这种精度对于大多数民用来说足够用了。让帆船回到300英尺之内的母港，剩余的这段路程船长用眼就完全可以导航了——当然是在天气

晴朗、阳光明媚的时候。如果在天空漆黑、天气恶劣的情况下，你驾驶着一艘5万吨的货船，穿过桑迪岬海峡（Sandy Hook Channel）进入纽约港，300英尺之内的路程要是走错，那就不应该了。

美国海岸警卫队可就不能接受了。海岸警卫队负责保证美国各大港口之间的安全畅通，这个联邦政府机构希望民用GPS和军用GPS一样精准。于是海岸警卫队发明了一个战胜选择可用性的办法——一套名为差分全球定位系统的导航系统。

这个政府机构建造了十几个无线电发射器，分别准确地对应几个地方，包括全国各大港口和内陆水域，像五大湖区和密西西比河等。每个发射器都发出各自的位置信息，类似于纠正卫星错误信息的信号。差分GPS接收器把补充信号与标准的GPS信号结合起来，产生的定位信息要远比民用GPS精确，事实上经常还好于军用GPS，能把用户所处的方位锁定在30英尺之内。对于这种干扰，美国空军可就不高兴了，但是美国海岸警卫队有船舶公司和美国国会做后盾。除此以外，海岸警卫队还证明降低GPS的精度是徒劳的——一个有决心的敌人完全可以找到绕过选择可用性的办法。“秘密泄露了……”空军少校史蒂夫·加布里埃尔于1993年对记者说，“如果你制造导弹，就不难理解其原理。”

海岸警卫队不是唯一寻求改进民用GPS精度的美国政府分支机构。联邦航空管理局（FAA）也希望在恶劣天气条件下，将超精确卫星导航作为飞机着陆的理想工具。

全球主要的飞机场都使用仪表着陆系统（Instrument Landing System），简称ILS，这是一项价格高昂、使用复杂的服务，由基于陆地的无线电信标发展而来，至于什么是无线电信标，前几章已有过介绍。一个接受过仪表着陆培训的飞行员，通过察看机载仪表或视频监视器，就可以为他所驾驶的飞机确定正确的方向和降落速度，即便是在黑夜或者是天气不好的时候也能安全着陆。可是几百个小飞机场缺少ILS系统，增加了小型飞机操作的危险性。如果GPS系统可以精确到几英尺之内，让飞行员一看就明白自己的高度和方位，它也许可以取代ILS。然而民用GPS还不够精确，在此种情况下，军用GPS也不行。然而，正如海岸警卫队的猜测，利用二次发射的无线电信号对民用系统进行修正，系统的精度可以大幅提高。

联邦航空管理局开发的版本叫作广域扩增系统（Wide Area

Augmentation System），简称WAAS，它使用地面站来接收GPS信号，修正其中不准确的部分，然后把修正后的数据发送给美国上空与地球旋转同步的通信卫星。飞机运用输入的GPS信号和WAAS卫星数据结合而成的无线电进行导航，定位可以精确到6英尺。这项服务形成于90年代中期，从此广受业余飞行员和私人飞机操作员的欢迎。2009年下半年，一家名为地平线航空公司（Horizon Air）的地方运输公司，成为首家使用WAAS导航的商业航空公司。2012年，公司宣布将在整个飞机队上安装这项技术。

在1990年到1991年海湾战争中，受限于民用GPS的精度，就连美国陆军都感到恼火。那个时候只有16颗卫星在轨，但足以成为引导步兵部队穿过伊拉克沙漠的关键工具了，问题在于军用级别的GPS装置供应不足。为了能使部队使用上这项技术，美国军方竭尽全力购置了几千套民用GPS装置，当时这些装置多为背包客、狩猎者和土地测量员所使用，选择可用性使得民用装置远不及军用GPS精确。终于，五角大楼在1990年8月下令关闭选择可用性，民用GPS装置立马就和军用GPS一样精确了。但好景不长，随着萨达姆·侯赛因于1991年7月被稳稳地击败，选择可用性又复活了，民用GPS又恢复到了原先的平庸水平。到1993年12月，24颗GPS卫星全部到位，可以为全球范围内的民用用户提供服务了。1995年4月，安全的军用版本也宣告全面运行。

90年代时，对于大多数消费者来说，GPS仍旧像科幻小说一般；对潜在的商业用户来说，其价值有限。高精度的GPS技术对于土地测量员和货运公司来说简直就是天赐之物，使用GPS引导的拖拉机进行精细耕种与收割的农民也受惠于此。90年代中期，车载导航系统尚处于研发阶段，但由于五角大楼的选择可用性，当时的车载导航仪无法提供带转弯提示的行车路线——在今天看来，这是理所当然的功能。

靠这项技术营利的商业企业，受到五角大楼政策的约束，也是一筹莫展。同时，俄国人正在为这项技术开发自己的版本，他们的系统名叫格洛纳斯（GLONASS）。他们的网络由24颗人造卫星组成，1995年完成组网工作，和美国的GPS有许多共同之处。GLONASS全世界所有人都可以使用，每颗卫星都是同时发射军用与民用两种信号，且民用信号的准确度相当惊人，可以精确地找到用户所处的位置，误差不过60英尺。有一点很大的不同是，俄国人从来不用为选择应用性而烦恼。

GLONASS可以相当快速地给民用用户定位，比起故意胡说八道的GPS要快得多。

由于后苏联时代经济犹如一团乱麻，缺乏维护的GLONASS土崩瓦解。本世纪初，在弗拉基米尔·普京的领导下，俄罗斯经济终于有了点起色。今天，GLONASS处于全面运行状态，它不仅独立发展成了一项很有价值的服务，还成为了GPS的备用系统。有许多设备，像苹果的iPhone 4S和iPhone 5，可以同时利用GPS和GLONASS的卫星信号进行定位，定位精度要好于单一系统。20世纪90年代的衰退，依然有碍GLONASS成为GPS的主要竞争对手，尽管它的民用服务不存在任何失真现象。

欧洲的许多国家也向GPS的统治地位发起挑战，它们不想在卫星导航服务上完全依赖于美国。1999年年初，欧盟宣布要建立一套新的网络，名叫伽利略（Galileo）。伽利略系统有军用的成分，适合欧盟的陆海空军使用，但主要还是为民用和商用而设计的。

伽利略系统提供两种级别的系统——一种是免费服务，可以测量用户的方位，精确到3英尺；一种是收费服务，服务对象是需要超高精度的方位数据的商业企业，如土地测量和矿业公司。这些用户付费以后才能使用系统，但是相应地，他们能够测量的精度能精确到一英寸。不像美国的GPS网，伽利略的两种服务都不包含选择可用性。事实上，欧洲人决定建造伽利略系统，很大程度上是害怕美国会在军事冲突时将GPS降级，或者完全关闭其民用入口。法国总统雅克·希拉克（Jacques Chirac）告诫说，没有自己的卫星系统，欧洲连美国的附庸国都算不上。

美国太想保持它在太空导航方面的统治地位了，为此游说欧洲各国的领导人放弃建立伽利略系统的想法，但最终还是无功而返。美方只得勉强说服欧洲人修改他们的系统，保证其与GPS彼此协作，保证其军用频率不与GPS冲突。

到1996年，美国政府认定选择可用性带来的更多是烦恼，而不是价值。1996年，克林顿政府宣布将关闭选择可用性，可是时间未定。担心来自GLONASS和伽利略系统的竞争是决定关闭的原因之一，关闭的时间最终落在了2000年5月1日。美方决定不向进入民用GPS系统的用户收费，此举进一步削弱了伽利略系统的地位。欧洲要求用户为其精确定位

服务付账，而GPS的全部费用由纳税人来出。

全世界有许多商业GPS用户，害怕未来发生冲突的时候，美国会对这项服务的准确性进行干预。2001年9月11日发生恐怖袭击过后，接连又爆发了伊拉克战争和阿富汗战争，但选择可用性一直没有再重启。2007年，美国官方承诺选择可用性将永不恢复使用。事实上，2014年美国发射的新一代的GPS卫星，直接不含选择可用性这一功能，连必要的硬件都没有安装。

去除选择可用性不仅对导航员来说是一件好事，对世界人民来说，能说出几点几分，也是一种恩赐。你手机屏幕上所显示的时间是极其准确的，并且还通过手机的无线电路与最近的基站连接，不断进行更新，这设计的初衷并不是要让你摘下手腕上的手表。在你行进的途中，蜂窝系统需要把通话从一个蜂窝（基站覆盖区域）迅速切换到下一个蜂窝，中途不掉线。蜂窝系统并不是一直处于运行状态，当电话网络以1/1 000秒的速度将无线电数据包进行同步时，蜂窝系统才运行。换句话说，每个蜂窝的数字钟必须与一个高度精确的母钟同步。固定电话服务的原理也是如此，一根光纤同时传送几百个通话，每个通话就是一波激光脉冲，每一波激光脉冲必须与这根线上的其他脉冲完全同步，才能保证每个通话顺利通过。

电话系统并不是唯一依靠超精确时间标准的系统。美国电气系统所使用的交流电频率是60赫兹，如果发电厂的发电机哪怕是停上短短的1秒，都可能会损坏远在居民家里、办公室和工厂里的电器设备。还有，一天要处理上百万次交易的银行及其他金融机构，也使用高精度的时间标准来标定每一笔买卖。

美国海军于1903年开始通过电报机传输精确的时间，国家标准局于1923年开始通过无线电来传输时间。但是在跟踪苏联人造卫星时，电离层引起的畸变把极其细微但影响深远的偏差带入了信号之中。在太空时代的早期，科学家们认识到，通过在轨卫星传输时间信号，结果会精确许多。

GPS正好是他们心目中的理想系统，它自身的运行就需要不间断地向地面的GPS接收器传输准确的时间。系统的控制中心不间断地对卫星的原子钟进行升级，确保其精确度。在地球上，无论你走到哪儿，都可以轻而易举地通过无线电与头顶的卫星取得联系，这在选择可用性的年

代是无法办到的。关闭了选择可用性，恢复了GPS时间信号的精确性后，全球对时间要求严格的企业都可以通过GPS来校准时间了。今天，这些在轨的卫星成了全球最基本的精确计时标准。

最终，民用GPS服务的高精度，同样也对计时员和导航员很有帮助。对于喜欢使用GPS定位跟踪装置的背包客、狩猎者和土地测量员来说，这的确是个好消息。到2000年，一个普通的GPS装置几百美元就可以买到，可那时还没有多少人需要知道自己所处的经纬度，甚至连这样的机会也没有，这就是为什么全世界只有400万普通民众拥有GPS设备。这个数字还算可观，可离大众化还有很长的路要走。

就在那年，将近1.1亿美国人有了手机，这个数字8年间增长了10倍。遍布全国的手机网络建设和不断走低的手机价格，极大地引起了消费者的兴趣。然而，手机给立法和紧急服务带来了一个令人意想不到的问题——正如凯伦·纳尔逊的遭遇一样。

由于使用手机的人越来越多，在危急时刻为呼救者定位也越来越艰难了。一项研究报告表明，在洛杉矶25%的911拨打者由于伤势过重而无法说清自己所处的位置，或者连身在哪儿都不知道。有无数手机救命的故事，但也有相当数量令人惋惜的传闻——呼救者不能被准确定位，导致施救延误。

联邦通信委员会的监管层看明白了事情发展的方向。数以千万计的美国人依赖上了手机，可手机与911救助专线不兼容（911只能显示固定电话的街道地址），除非做出改变，否则处于危险边缘的人们将无法获救。因此在1994年只有2 400万美国人拥有手机的时候，联邦通信委员会就宣布，全国的无线设备持有者必须设法打通与911救助专线的联系。也就是说，手机拨打911时，同时得包含准确的手机物理定位信息，进而定位到使用者。

这在技术上是一个巨大的挑战，但并非没有可能。完全可以对各基站发出的信号进行三角测量，从而计算出一部手机的准确位置，前提条件是手机的信号可以达至三个基站。手机信号到达基站A、B、C的时间差哪怕仅有短短的千分之几秒，都能把手机定位到150英尺的范围之内。这种方法被称作时间到达延迟，简称TDOA，正是许多美国主要移动电话公司所选用的方法，如美国电话电报公司（AT&T Inc）和T-Mobile。这一办法很有吸引力，部分原因是它让消费者不必更换现有的

手机——所有必备软硬件都已安装在了信号塔里。

另有一部分工程师转向了价值好几十亿美元的GPS卫星系统。一部集成了GPS接收器的手机，可以被一路跟踪，其精确程度是TDOA根本无法与之比拟的。在这种思想的驱使下，一位波士顿的专利代理人罗伯特·腾德勒（Robert Tendler），于1997年试着推销自己的FoneFinder手机。FoneFinder是一款标准的低价手机，内置一个GPS设备，有一个独特的红色紧急按键。按下按键，就自动拨通了911，同时GPS装置会测定用户的方位。然后这个GPS装置自带的语音合成器，会把手机所处的经纬度合成电子声，并大声播报，另一端的紧急情况调度员迅速将其记下，再将这些数据输入一个映射数据库，查出准确的街道地址。

FoneFinder是最早将GPS与移动电话技术融合在一起的尝试之一，作为一个很有价值的人造物品，它在史密森学会[\[7\]](#)赢得了一席之地。然而，作为一款商业产品，它彻底失败了。完善这项技术的斯蒂芬·波兹纳（Stephen Poizner）作为一个发明家默默无闻。在后来的生活中，波兹纳进入政界，当选为加利福尼亚州的保险业监理专员，再后来竞选州长没有成功。波兹纳先前作为一个高科技企业家的那段经历几乎不为人们所记得，尽管他所创立的SnapTrack公司，对现代导航的意义，可以说和斯佩里陀螺仪或德雷伯实验室同等重要。正是SnapTrack公司弄清了怎样把完全成熟的GPS系统塞入手机中——一项改变了我们方位感的成果。

据波兹纳自己讲，这个技术不好卖。“1995年的时候真的很难为手机内置GPS技术募集风险投资，”波兹纳回忆道，“人们对此充满疑虑。”手机生产商们不想因为个别系统而大幅增加一个手持设备的成本。SnapTrack公司的工程师们只得把所有的GPS电子元件放到一个芯片上，甚至将一套电路放在现有的芯片上。

波兹纳将自己的成功归因于雇用了一批有天分的科学家和工程师，其中首席技术官诺姆·克拉斯纳（Norm Krasner）是一个处理码分址（Code Division Multiple Access, CDMA）无线电信号的专家，CDMA是GPS卫星发射它们的方位和计时数据所使用的技术标准。CDMA信号很弱，克拉斯纳研发的芯片和天线可以探测到这些信号，也可以置入低功率的手机，造出这样的手机需要有一种近乎奇迹的工程技术。SnapTrack芯片依靠蜂窝网络的帮助可以放大微弱的GPS信号，这种混合

的方法被叫作辅助全球卫星定位系统（Assisted GPS）。所有的手机信号塔，都把来自卫星的时间和方位数据转发到手机。这就保证了数据能够快速传输，让手机在几秒之内就能计算出自己的方位，而不需要几分钟。

SnapTrack还得另外克服一个困难：联邦通信委员会（FCC）。1996年，FCC公布了其最早的911紧急救援标准时，仍然坚持认为电话网络能够为老式电话定位。这对TDOA定位系统来说没有一点问题，因为技术已经储存在了手机塔里。然而，GPS系统需要人人再购买一部新手机。FCC后来让步了，认识到了大多数手机用户每隔一两年都要更换新手机。

现在，手机厂商们可不敢小瞧SnapTrack公司，因为公司将自己的技术授权给了摩托罗拉和德州仪器（Texas Instruments）等芯片制造商。转折点出现在2000年，日本大型手机运营商NTT DoCoMo成为全球第一家销售带GPS功能手机的企业，手机使用的就是SnapTrack技术。短短几个星期，SnapTrack公司就被手机芯片巨头高通公司以10亿美元的价格收购。

高通公司设计出了基于CDMA技术的手机，使用和GPS卫星相同的传输无线电信号方法。而且SnapTrack公司的工程师同时也是CDMA专家，随着高通公司把SnapTrack公司的技术直接植入其标准手机芯片组，基于CDMA技术的手机很快在GPS集成领域取得了领先地位。美国四大电信运营商之二——美国电话电报公司和T-Mobile美国分公司，运用的是几乎全球通用的GSM蜂窝技术，只要稍作改进，GPS就可以植入GSM。另外两个美国电信巨头威瑞森无线电通信公司（Verizon Wireless）和斯普林特（Sprint）运行的是基于CDMA的网络，很快采用了高通公司的SnapTrack技术。到2001年，这几个公司已售出上千部支持GPS功能的手机。

这一系列变化不会立即明显波及普通用户。早期的GPS手机使用的技术，仅仅是在紧急情况下把赶赴现场的急救员指向呼救者所处的位置，手机中不含手机用户可用来跟踪自己方位的应用软件。

没多久，许多像欧文（总部在加州的移动网络公司）这样的公司纷纷开发出了便于消费者使用的导航程序，在最廉价的低功率手机上也能运行。用户只需把目的地键入手机，转发到一个远程计算机上，计算机

经过计算得出最佳路线，导航程序AtlasBook再通过手机的数据连接功能，将路线图返回手机，还会模仿真人的声音发出具体的行车指令。

到2004年，美国人购买了2 500万部具有GPS功能的手机，大多数是通过威瑞森无线通信和斯普林特公司购买的。这些手机大部分是最简单的那种翻盖式移动电话，只要签订两年使用合同就可免费得到。这些手机运行应用程序的能力很有限，但是都可以处理像Atlasbook这样的简单导航程序，Atlasbook是威瑞森无线通信以VZ导航员为品牌名而上市销售的。

智能手机的出现，重新定义了人们对便携导航设备的期待，消费者也逐渐习惯了把手机当作口袋里的电脑。尽管美国电话电报公司和T-Mobile公司拒绝承认GPS是最符合联邦通信委员会911标准的技术，但这两个公司还是把GPS作为必备的功能添加到它们的手机当中了，好让迷失方向的行人得到帮助。美国电话电报公司发售了最早的iPhone手机，真正开创了智能手机的新时代。具有讽刺意味的是，第一代iPhone手机由于缺少GPS而饱受诟病，苹果公司试图植入一项技术来弥补这一缺陷，使用本地Wi-Fi路由器的信号来确定手机的位置。这就相当于他们面带愧色地做出了让步，承认了在现有技术设备的条件下，定位及导航服务已经成为最基本的服务。

从那以后所有的iPhone手机都带有GPS功能，其他的手持设备竞争对手，如RIM公司的黑莓手机也不落其后。谷歌公司于2008年发布了安卓（Android）操作系统，作为谷歌手机的操作系统，坚持给所有的手机都搭载GPS功能。一年后，谷歌公司在其安卓系统里添加了带操作提示的导航系统供人们免费使用，不需要下载第三方应用程序，也不再需要支付月费。2012年，苹果公司终于赶上了潮流，也在升级后的iPhone软件里加入了免费的导航系统。

根据市场研究公司ABI咨询公司的研究，美国人在2011年购买了2.28亿部手机，其中2.21亿部具有GPS功能，占比超过了90%。全世界的手机销售量是16亿部，其中6.19亿部具有GPS功能，占比将近40%。

GPS的成功意味着投资取得了丰厚的回报。根据安东尼·拉索（Anthony Russo）讲，美国政府花费了196亿美元，用于建造GPS卫星和确保系统正常运行的地面站，这还不包括发射卫星入轨的数十亿美元的花费。安东尼·拉索自从20世纪70年代就任职于美国交通运输部，负

责监督基于太空的导航系统，所以精于此道。直到今天，GPS的价值依然明显，一份调查报告表明，这项技术现在每年能为美国带来960亿美元的经济收益，这还不包括它对美国军方和世界其他地方的重要价值。

开发出了如此改变生活方式的技术，谁应该获得嘉奖？那得看你问的是谁。如今GPS已经成为现代生活中不可或缺的工具，依然健在的创造者们对谁的功劳更大而争论不休。

一方面，空军工程师布雷福德·帕金森把海陆空三个项目拼凑成一个联合项目，GPS才得以升空。他所做的工作得到了美国国家工程学院（National Academy of Engineering）的认可，学院于2003年向帕金森和航空航天公司的总裁伊凡·格廷颁发了德雷伯奖（Charles Stark Draper Prize）——美国国家工程学院最著名的奖项，奖励他俩构思并创造了GPS系统。两人于2004年再次得到嘉奖，入选国家发明家名人堂

（National Inventors Hall of Fame）。另一方面，是美国海军工程师罗杰·伊斯顿将许多想法付诸实践。伊斯顿的TIMATION卫星运用的一些概念，最终成为GPS的关键特征，比如其中的基于太空的原子钟。

许许多多的人认为伊斯顿也应该受到嘉奖，伊斯顿本人也认为他的功劳最大。“我实在想象不到，没有TIMATION，GPS能够取得什么进展，”伊斯顿于2008年说，“从根本上说，它们属于同一套系统。”布什政府承认伊斯顿说得有道理。2004年，伊斯顿被授予国家技术奖

（National Medal of Technology）——美国政府的最高发明奖，以奖励他在研发GPS中所做的贡献。2010年，他也和帕金森和伊斯顿一样入选了国家发明家名人堂。

帕金森可就不高兴了。“他坚持认为GPS本质上就是TIMATION，”帕金森于2008年接受记者采访时说，“据我所知，那绝对是谎言，实在是厚颜无耻。”

当然，帕金森和伊斯顿所做的贡献都至关重要。是伊斯顿第一个把原子钟送入太空；而帕金森领导了此项工程，战胜了竞争对手，平息了海陆空三军之间的内战，征服了对此项目毫无兴趣，曾差点把整个项目取消的国会。

就这样，伊斯顿和帕金森开发出了一种让我们所有人都成为导航员的技术。可是，把世界装入我们的口袋这一艰巨任务还没有完成。GPS系统本身只是给出一些经纬度数据。可对于人类而言，世界是一个由河

流和森林、街道和高楼组合而成的图片。一些人用数字来描述世界，可大多数人看到的世界是一幅幅的图画。GPS是一种新式的罗盘，但是要真正利用好它，我们还需要一种新式的地图。

[1] 1991年1月17日，巴格达时间凌晨2时40分左右，以美国为首的驻海湾多国部队向伊拉克发动了代号为“沙漠风暴行动”的大规模空袭。——译者注

[2] 雷神公司（**Raytheon Company**）是美国的大型国防合约商，超过90%来自国防合约。根据**Defense News** 2005年的数据雷神是世界第五大国防合约商。——译者注

[3] “TIMATION”方案采用12~18颗卫星组成的全球定位网，卫星高度约1万千米，轨道显圆形，周期为8小时，并于1967年5月和1969年11月分别发射了两颗试验卫星。它基本上是一个二维系统，不能满足空军飞机和导弹在高动态环境下的工作。——译者注

[4] 美国劳工节是每年9月的第一个星期一。——译者注

[5] 佩刀客机（**Sabreliner**），1952年诞生于北美航空工业公司（**NAA**），称为**NA.286**“佩刀客机”，1958年9月16日首飞，在美国空军服役。第一架民用机型于1963年4月获得型号合格证。——译者注

[6] 查尔斯·奥古斯都·林德伯格（**Charles Augustus Lindbergh**，又译林白，1902年2月4日-1974年8月26日），美国飞行员与社会活动家，首个进行单人不着陆的跨大西洋飞行的人。——译者注

[7] 史密森学会（**Smithsonian Institution**）是唯一由美国政府资助、半官方性质的第三部门博物馆机构，由英国科学家詹姆斯·史密森（**James Smithson**）遗赠捐款，根据美国国会法令于1846年创建于美国首都华盛顿。——译者注

第6章 意外收获

早在宝洁公司开始用无线电卖肥皂之前，工程师就在利用无线电来帮助游客寻路。我们前文讲到，政府和企业在水电导航网络和天基GPS无线电上投入了许多资金，后者已经开始取代前者。一个世纪以后，由于机缘巧合，另一种新的无线电导航系统出现了。正如以前的无线电导航系统，这种系统造价数十亿美元。然而，数以百万计的普通人每次花费100美元左右，就完成了这项投资。这些人在当地的电子市场中买了一个Wi-Fi路由器。

波士顿一家叫Skyhook的小公司做出了自GPS诞生以来，陆地导航系统领域的最大突破。这家公司找出了一种方式，通过调节无线路由信号来为地球上的大部分地区进行导航。Skyhook的Wi-Fi测试人员绘制出了世界上各大城市的交通地图。一台配备Wi-Fi的笔记本电脑或者智能手机，即使没有GPS功能，也可以使用Skyhook软件找到自己的位置，或者找出距离最近的旅馆、医院或是快餐店。

Skyhook能在GPS失灵的情况下工作，比如在城市大楼的夹缝中，或者是在混凝土的墙壁内，这些地方微弱的卫星信号无法穿透。Wi-Fi并不能取代GPS的定位，当能收到卫星信号的时候，GPS能提供更精确的方位。与之不同的是，Skyhook把GPS和Wi-Fi数据服务结合起来，在给定的时刻，选择两者之中提供的数据最准确的那个。Skyhook非常成功，于是苹果公司把这家的技术置入了初代iPhone，英特尔公司把这项技术添加到了笔记本电脑芯片之中，索尼则使其成为掌机的一部分。

谷歌也意识到了Wi-Fi定位技术极具吸引力，但是谷歌想要自己决定技术的走向。他们推出了自己的定位技术，这些技术可能侵犯了全世界无数用户的隐私。

先不管这种争议意味着什么，这种强大的技术出身却很卑微。Skyhook的创始人特德·摩根（Ted Morgan）与他的商业伙伴迈克·谢安（Mike Shean）既不是领航员，也不是工程师。他们从失败企业的残骸中把Wi-Fi导航创意打捞出来，将之销售出去，而这一构想与帮人寻路

毫不相干。在那个时候，没人认为Wi-Fi本身是一个让数十亿人联上互联网的便捷之选，最初人们用它来改进一种最没有浪漫情调的小机器——收银机。

如今你可以走进任何一家苹果商店，向任何一位店员购买iPhone，并且马上完成付款。接待你的店员可以使用平板电脑进行支付，店内也接受信用卡付款，因为平板电脑通过Wi-Fi与苹果的零售系统相连。苹果的粉丝把这一系统看作天才的创举，但其实这种方法的原型在1986年俄亥俄州的代顿市（Dayton）就已经诞生了。

朋友圈每日书籍免费分享微信 shufoufou

NCR公司现在位于佐治亚州，NCR这3个字母就是它的正式名称，最初是“全国现金出纳”（National Cash Register）的缩写。很长一段时间以来，这家成立于1879年的公司在收银机市场独占鳌头，超市和百货商店使用这种笨重的、不时发出咔嗒声的机器处理收银事宜。我的年纪足够大，还能带着温情回忆起它们当年的盛况，要是你年纪不到40岁，那就只能在维基百科的图片上看看它们了。

和大多数铁锈地带[\[1\]](#)的工业公司一样，NCR公司没有坐等电子产品淘汰自己的核心产品。在上个世纪50年代，这家公司已经成为了一家主要的电脑制造商，开始生产电子收银机，即“销售点终端”（point of sale terminal）——基本上就是给数码收银机装上了微处理器芯片。从超市到汽配店，任何零售商都可以根据需要对POS机终端进行编程。POS机还可以与任何零售商的计算机网络连接起来，让管理者能够即时访问重要的销售数据。

理论上来说，POS终端是一个伟大的创举，但是NCR的工程师对早期计算机网络设备的局限性感到恼火。公司的零售客户必须在昂贵而繁琐的电缆上砸下大笔的投资，此外，零售商常常会“刷新”自己的商店，比如改变货架、通道和收银机的布局。这意味着必须为POS终端铺设新的网络电缆——没人想花这些钱。

但是，如果你可以随心选择终端的安装位置呢？如果你在每台POS终端中植入一台无线电装置，它就可以把销售数据传到中央计算机。零售商随时可以重新布局，并任意移动终端的位置。

NCR并未计划要做出一种能够挂在皮带上的便携终端，但是它迈出了关键的第一步。

NCR很快发现，创造一种新的无线技术所需的不只是几个软件 and 一把烙铁。他们还需要一些硬件——一些电子设备。电磁波谱的范围有限，最常用的频率在3 000赫兹（每秒发生的次数）到3 000亿赫兹之间。各类企业以及各级政府都在使用这些频率，从军事通信到警察用的无线电，再到商业电台。这意味着并非每个人都能获得自己想要的频率。

美国政府在1934年成立了联邦通信委员会，在美国各地区为特定的频率颁发许可证，分配有限的无线电频段。一纸广播许可证可谓价值连城。当美国在2009年把模拟电视信号转为数字电视信号后，许多频段空了出来。联邦政府把这些频段拍卖，用于移动电话网络。此次拍卖总价为196亿美元。

无线电的频段并不是总能卖出这么高的价钱。实际上，一些频段一开始就作为“垃圾频段”被预留出来，分配给了会发射无线电波的工业、科研和医疗设备的企业。例如微波炉曾是工业工具，其后进入家用范畴，以2 400兆赫的微波加热食物。人们认为，如果其他广播服务在同样的频段进行，其频率就会被数以百万计的厨房中传来的信号不断干扰。肯定没有人会想要这样嘈杂的、被污染的频率。

事实上还真有人想让这些频段派上用场。在上个世纪70年代末期，FCC的工程师迈克尔·马库斯（Michael Marcus）认为，有关部门让好好的频率白白浪费了。他决定要实现一个想法，这个主意一开始是由一位古怪的天才和一位好莱坞明星在20世纪初想出来的。这个构想就是建造使用多个频率的无线电装置。发射机和接收器可以经常性地从一个频率跳到另外一个频率，在同步系统的辅助下，确保两者在同一频段。这个点子让传奇人物尼古拉·特斯拉在1903年获得了专利。

几年后，女演员海蒂迪·拉玛（Hedy Lamarr）申请了属于自己的专利。虽然与米高梅公司签有合同，但自从和某位奥地利军火商婚姻失败之后，拉玛就有了时间涉猎自己感兴趣的技术问题。她和一个朋友，一位叫乔治·安太尔（George Antheil）电影音乐作曲家一起为无线电导航的鱼雷设计了跳频系统^[2]，让鱼雷免遭敌人的阻塞信号的干扰。到20世纪50年代，美国军队部署了跳频即“扩频”无线电。这项技术直到1976年还是军事机密。过了三年，把扩频技术商业化的尝试还是不多。

然而马库斯意识到这项技术可以将FCC的“垃圾”频段点石成金。就

拿被微波炉使用的2 400兆赫的频率当例子。实际上这个频率包含了许多不同的频率，无线电可以迅速地跳频以有效地屏蔽干扰。一度被认为毫无价值的频率现在和其他频率一样有了价值。

FCC通过拍卖这些频率的许可证为美国财政部带来了数十亿美元的收入。马库斯有一个更加激进的想法——他提出要把这些频率白送出去。公司将获准制造播送这些免费频率的低功率短程无线电广播设备，不需要联邦政府许可。仅仅是把无线电频率授权给大众这个想法，就已经激怒了FCC中的一些官僚，他们想要把马库斯从这个部门排挤出去。然而，马库斯的坚持赢得了FCC决策层的支持。1985年，他们发布了一项命令，最终认可了马库斯的计划。三个无线电频段——900兆赫、2 400兆赫和5 700兆赫成为了开放领域的频率。

NCR工程师很快就认识到FCC的礼物价值几何。他们现在可以利用免费的无线电频段来建立无线数据网络。1987年，在荷兰乌德勒支的NCR的研究中心，工程师们建造了一种装置，能够以97 000比特/秒的速度收发数据——足以开发更好的收银机了。但是还有更厉害的产品。第二代装置以每秒50万比特的速度发送数据，显然新一代的无线技术速度还有可能变得更快。

在1998年春天，NCR准备开始设计一款商业产品——一种不仅可以装在POS终端，还能安装在个人电脑上的电路板。然而，该公司再次上演了“标准战争”，结果用户们选择了有线的计算机网络。当时有两种技术在争夺主导权——一种是IBM公司开发的令牌环网（Token Ring）技术，另一种是3Com公司开发的以太网技术。以太网技术最终成为全球标准技术，一直沿用到今天。但是曾经有许多年，由于缺乏统一的标准，网络无谓地变得复杂又昂贵。

NCR有了一个更好的主意。它说服电气和电子工程师学会（Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE）为无线计算机网络设定全球统一的标准。不管由哪个公司来制造，按照标准制造的设备应该相互兼容，开箱即用。

没等IEEE完成这项工作，1990年，NCR就推出了它的第一款无线网络产品WaveLAN，这种插入式网卡每个售价1 350美元，大部分人都买不起。不过NCR公司的目的达到了，很多公司看到了无线上网的好处。

然而这项技术没能推广开。1994年，卡内基·梅隆大学——位于匹兹堡，以计算机程序专业而闻名——让情况发生了改变。在美国国家科学基金会（National Science Foundation）的资助下，大学购进了WaveLAN的网卡和电信巨头AT&T的无线接入点。AT&T在1991年斥资74亿美元收购了NCR公司。这项技术被称作安德鲁无线网以纪念安德鲁·卡内基（Andrew Carnegie），在19世纪，正是这位钢铁大亨创建了这所大学。该无线网络的数据连接覆盖了这所大学的7座教学楼。几百名学生和研究人员不用数据线就能从某台电脑上访问网络或者数据库，这是有史以来第一次。一开始，由于WaveLAN的零部件造价高昂，只有少数人用得起。到1998年，卡内基·梅隆大学扩大了安德鲁无线网的覆盖面，使之能够覆盖整个校园，用于笔记本电脑的无线网卡的价格也降到了350美元左右。

由于IEEE的要求，无线网卡的价格越来越便宜。7年之后，在1997年年底，工程师们终于确定了无线数据网络的标准。新标准的名字十分粗陋——IEEE 802.11。不过对于工程师和芯片制造商来说，叫什么名字都一样。有了通用的标准，任何公司都可以生产兼容的无线设备，产生了价格下降的良性循环，仅仅依靠这个技术就吸引了数以百万计的用户。要是名字好听点那就更妙了。在1999年，无线网络公司的一个联盟想到了一个好名字——Wi-Fi，这个词并没有特殊的意义，但是它朗朗上口、押韵易记。此外，这个名字还没有被注册。于是Wi-Fi就横空出世了。

这是成功的第一步，但是这项新技术还需要有一个拥护者，一家能够用资本和声望来支持无线网络的公司。1999年7月21日，无线网在纽约市登台亮相。史蒂夫·乔布斯，苹果公司首席执行官，将他们公司最新的笔记本电脑穿过一个呼啦圈，此时这台电脑正在从网上载入页面。Macworld展会上成千上万的人爆发出热烈的笑声。他们明白这个场景的含义——瞧，我们没用电线。苹果公司的新笔记本电脑内置了Wi-Fi。

在得克萨斯州的奥斯汀，迈克尔·戴尔（Michael Dell）快气疯了。这个人创建的公司个人电脑领域是全世界的领头羊，他也充分意识到了无线网络的潜力。他原本希望戴尔公司率先在笔记本电脑上运用这种技术。虽然晚了一步，但戴尔并没有落后太多。其他个人电脑行业的制

造商也紧随其后。几个星期之内，所有公司都提供了Wi-Fi安装选项。

于是，良性循环开始了。2005年，根据研究公司ABI提供的资料，电子公司生产了超过1亿个无线网卡。一年以后，产量翻了一倍。2009年，网卡的产量达到了4.75亿，而在2012年，这个数字超过了15亿。这些年来，Wi-Fi芯片的价格已经低廉得让每种智能设备都用得起——电视游戏机、电子书阅读器、智能手机。消费者和企业安装了数以亿计的Wi-Fi路由器，将设备通过热点连上家庭或者商业数据网络以及因特网。

大多数人都没有认识到，每个热点都是一个导航的灯塔。只要为每个热点找到经纬度位置，任何Wi-Fi设备都是一个无线电罗盘。你原本以为发明GPS的人会想出这个主意，然而，想到这个主意的人，用特德·摩根的话来说，是“没有科学头脑的波士顿傻瓜”。

摩根和谢安是eDocs公司比较成功的两个高管人员，这是一家帮助客户建立电子计费系统的公司，位于马萨诸塞州。在2003年，eDocs公司被以1.15亿美元价格收购的前一年，这两个营销高管决定自立门户。成立新公司的灵感来自于他们共同的经历——频繁的商务旅行。在工作之余的一两个小时空闲里，他们都会打开笔记本电脑，连接附近商用或者民用的Wi-Fi热点，打发打发时间。摩根和谢安发现热点随处可见，让人难以置信。“你可以到任何一个停车场，打开笔记本电脑，找到一个开放的Wi-Fi信号，查收电子邮件。”摩根回忆说，“我们这样做的次数越来越多，搜索要花的力气越来越小……我们直观地看到了Wi-Fi月复一月的增长。”

这对于这两位雄心勃勃的商人来说，无异于盛情的邀请。Wi-Fi成为了一个价值数十亿美元的生意。与其他无线技术不同，Wi-Fi是自由的，不需要FCC的批准，任何想出好办法的人都可以开疆拓土。

起初，谁都不知道该如何从Wi-Fi中获取利润。后来摩根读到了关于“网状网络”[\[3\]](#)的一些介绍，他找到了Wi-Fi范围有限这一主要缺点的症结。一般来说，Wi-Fi的范围有几百英尺，家用和小型企业办公使用已经足够了。然而，一些雄心勃勃的商人和社会活动家有更高的要求。他们认为，Wi-Fi能够以低廉的价格，绕过大型电信公司或者电视公司提供的服务，在几乎任何地方建立高速网络连接。公司、非营利机构或者地方政府无需花费数百万元购买铜缆或者光纤，就可以以低廉的成

本，建立覆盖整个地区的无线网络。

当然，Wi-Fi信号的范围不足以覆盖整个城市，连覆盖一个社区都做不到。然而，一些工程师找到了权宜之计——可以给Wi-Fi路由器编程，让信号从附近的其他路由器中转。按照这种方式，许多路由器会形成一个强大而松散的网络。这种无线网络和手机系统的功能如出一辙。用少量路由器就能覆盖面积很广的范围。Wi-Fi用户只要在这个范围内就不会失去联系。无论他们走到哪里，都能连上网络。

到21世纪中期，Wi-Fi也许会成为大城市中最廉价高效的互联网服务方式。为此，社会活动家和急需选票的政治家以及雄心勃勃的科技公司结为同盟，建议在费城、休斯敦、旧金山和波士顿建立覆盖全市的Wi-Fi网络。

摩根和谢安意识到他们也许能拿到小型因特网提供商的订单，这些供应商无法在资金上与电信和电视巨头们花在有线宽带网络升级上的数十亿美元竞争。如果摩根和谢安开发出必要的软件，无线网络就能够以比这低得多的价格提供具有竞争力的产品。这两个人都不是工程师。“我是做产品和销售的那种人，迈克也是，”摩根说，“我们只是对这方面有兴趣，就投入进去，自己钻研。”最后，能够覆盖全市的Wi-Fi网络没有搞出什么名堂，设计师们发现建造这样的网络比他们想象的要昂贵得多，复杂得多。至于摩根和谢安，他们花了6个月，试图说服因特网服务商，但是一单都没有卖出去。

然而他们的工作并不是毫无收获。为了证明自己的想法，这两个人做了大量的“沿街扫描”的工作——开着一辆配有笔记本以及相应软件的车上街，探测附近的Wi-Fi热点。沿街扫描的软件配有GPS传感器，能够显示沿街扫描者的方位，并且能够辅助定位多个热点的相对位置。摩根和谢安在弗雷明汉（Framingham）的湖畔一边玩地滚球一边进行头脑风暴的时候，灵光一闪想到一个点子。他们意识到，既然利用GPS可以定位这些信号，那么没有GPS的时候呢？是不是也可以利用这些信号找到自己的位置？

答案无疑是肯定的。沿街扫描软件原本就能够利用热点进行定位，但只是为了建立免费的因特网接入点的数据库，帮助路上需要快速连接网络的人。摩根和谢安希望把Wi-Fi信号当作归航信标来使用。

每台无线设备，例如每台手机，都会广播一个特殊的数字标识符，

这种标识符叫作媒体存取控制，即MAC地址（Media Access Control）。标识符的格式是这样的：00：16：B4：CF：61：1F。全世界数以百万计的Wi-Fi路由器都有各自独一无二的MAC地址，这就是精确地图的素材。

你不需要知道每个Wi-Fi信号的确切位置。相反，制图人员只要开着配有测绘装置的汽车，测量出每个无线信号的强度和方向。这些因素会随着汽车在道路上的行驶不断改变，Wi-Fi信号的数量也会发生变化。在人烟稀少的地方，沿街扫描装置也许只能收到一个路由器的信号，也许连一个都收不到。在城镇中，天线能够接收从不同方向传来的不同强度的多个Wi-Fi信号。这套制图系统包括一个能够精确定位沿街扫描车辆的高质量的GPS系统，将GPS系统得到的车辆位置与Wi-Fi信号强度和方向及其MAC地址相匹配。根据摩根的说法，结果产生了某种Wi-Fi的“指纹”，能把用户定位到几十英尺的范围内。

摩根和谢安为软件设计了一个方案。但是由于他们都不是程序员，因而把写代码的工作外包给了乌克兰的公司。更大的问题是，怎样才能沿街扫描整个城市的道路。起初他们尝试雇用波士顿的出租车司机，只要他们在后备厢里安装Skyhook的定位工具，照常营运，就付给他们20块钱。一切都自动进行——早上安装设备，晚上回收设备，积累数据。

他们很快就遇到了问题。出租车司机晚上从来不如约碰面，或者干脆偷走设备、玩失踪。摩根和谢安还发现出租车司机在城市道路探测方面不占优势，他们是靠习惯开车的，每天都去同样的地方，待在主干道上。如果把任务交给城市的出租车司机，波士顿的大部分地区永远都没法完成测绘。

他们还尝试了与拖车司机合作，也遇到了同样的问题，外加还需要在几十个城市与数百家拖车公司交涉。警察更别提了，他们整天都在同一个地区巡逻。无处不在的物流公司或许是更好的选择。然而，摩根与谢安和UPS快递、联邦快递以及美国邮政公司都没能达成协议。

绝望的摩根把他的苦恼向时卡·高希（Shikhar Ghosh）倾诉，后者是最早的互联网公司公开市场（Open Market）的创始人之一。高希立刻看到了这个问题的解决方案：雇几个人开车把波士顿的每条街都走一遍。高希认为这最多需要三四个月。摩根表示怀疑，但是很快就打消了疑虑。“我们付钱给两个人，对他们说你们能开多远就开多远，他们花

了三周就把波士顿市中心的所有地方走了一遍。”

摩根又惊又喜。在每个大城市建立无线地图远比想象中容易得多，也便宜得多。

Skyhook的创始人在美国各地轻而易举地找到了热心的司机。然而，一天摩根在9号公路上行驶的时候，一个严重的问题出现了。9号公路是从东向西贯穿马萨诸塞州的主要干道——至少摩根认为自己是在马萨诸塞州。而他的定位软件显示他正在马里兰州的巴尔的摩

（Baltimore）。要么就是摩根穿越了几百英里，要么就是软件出现了严重的问题。

答案显而易见：原先在巴尔的摩定位的热点现在在马萨诸塞接通了。这个热点的主人搬到了海湾州，带走了他的路由器及其独一无二的MAC地址。摩根的地图软件认为这个路由器在巴尔的摩，并由此确定这个热点范围内的人也都在巴尔的摩。

这是一个重要的问题，因为每年有数以千计的家庭和企业连同路由器一起迁徙。摩根的一个早期投资者诺基亚公司甚至委托了喷气推进实验室（Jet Propulsion Laboratory）来研究这个问题。这些聪明的科学家们宣称摩根的计划注定要失败。每年都有这么多的路由器搬家，想靠Wi-Fi导航是不可能的。

摩根和谢安想到了一个解决办法。这个系统需要定期在每个城市重新开车探测，来更新地图。在探测过程中，他们会从路由器那里搜集许多位置经年不变的信号，同时还搜集从全新的路由器或者是变了位置的路由器传来的信号。软件通过登记探测到信号的日期和时间，识别新的信号和旧的信号，并且增加旧信号的权重。如果软件发现周围有5个路由器3年来持续不断地从波士顿的碧肯丘（Beacon Hill）附近发出无线信号，就可以证明无线信号的持有人在波士顿。如果第6个路由器是新来的，并且其MAC地址来自芝加哥，那么这个信号就会被忽略。

开发这种软件难度很大，但是他们雇用了程序员来解决这个问题。在2004年初，他们的无线定位系统（Wi-Fi Positioning System, WPS）能稳定地在20米即60英尺的范围内进行定位，足够帮助游客找到感兴趣的地点，比如附近的旅店或者取款机。摩根和谢安的新公司Quarterscope Solutions在手机行业展览会上宣告成立，并且获得了“最具创新性的技术”奖项。

第二年，Quarterscope更名为Skyhook无线公司（Skyhook Wireless），其W P S系统开始发售，其早期客户包括纳什维尔（Nashville）的CyberAngel，一家经营笔记本电脑防盗业务的公司。有了WPS系统，配有CyberAngel的笔记本一旦被盗，就可以传送其位置信息，让警察能够有更大概率来追回这台笔记本。Skyhook也吸引了投资者的关注。该公司创业之初就从诺基亚以及波士顿的风投基金CommonAngels获得了180万美元的起步资金，又在2005年从贝恩资本（Bain Capital Ventures）和芯片制造商英特尔公司等集团获得了650万美元的投资。

现在该让WPS成长起来了，这意味着寻找更多、更大的客户。摩根尤其渴望签下谷歌的合同。2005年，他开始和搜索公司的高管们讨论他的想法。为什么不用WPS为游客提供本地化的搜索结果呢？例如一个在芝加哥过夜的销售人员，可能会打开谷歌搜索引擎查找日本餐厅。装配了Skyhook的WPS，谷歌会立刻知道这位销售人员身处北密歇根大街的丽思卡尔顿酒店，进而提供附近5家寿司店的店名、电话号码和方位。为了展示这一构想，Skyhook开发了Loki，这个程序可在任何装有Windows系统的笔记本电脑中添加WPS技术。为谷歌建立的这一演示版本，目的是表明浏览器应该有其方位，后来，任何对这项技术感到好奇的人，都可以拿到免费的共享版Loki。

这项技术起了作用，但没有被谷歌所用。到2007年，谷歌与Skyhook已经交恶。根据Skyhook的某份起诉谷歌的文件，谷歌要求Skyhook将其Wi-Fi地图数据库移交。除了运行这个系统的软件之外，数据库是Skyhook最有价值的资产，摩根不想把它拱手让人。“Skyhook越来越怀疑谷歌的动机，于是拒绝把这些高度机密的信息提交给谷歌。”法庭的文件上这样写道。在几个月之后，基于自身编写的数据库，谷歌发布了自己的Wi-Fi导航服务，这种做法注定会给谷歌带来大量的麻烦。

同时，在2007年年初迈克·谢安与鲍勃·博彻斯（Bob Borchers）的会谈中，Loki的产品结出了硕果。博彻斯是一位斯坦福大学毕业的工程师，也是苹果公司的高管。会谈当时似乎没有什么结果，但是6个月之后，摩根接到了博彻斯的电话。博彻斯问，是否能在Mac笔记本上演示Loki。他没有说得很详细，但是摩根明白，很快高管们就会在苹果的例

会上把这个新的产品创意推荐给史蒂夫·乔布斯。

在几个月以前，Skyhook就为苹果的Mac开发了一个Loki的版本，但是博彻斯觉得还不够好。他曾经见过作为火狐浏览器插件的Loki，但是他担心乔布斯拒绝接受一款不在苹果自己的浏览器Safari上运行的浏览器插件。

“我几乎是求着他迅速做了一个Safari的端口，”现为风投公司Opus Capital普通合伙人的博彻斯说，“因为我知道如果我用火狐浏览器来展示这款软件，它是不会受欢迎的。”

与此同时，摩根和谢安决定，要让乔布斯看到这项技术的极致。谢安设法弄清了常务会议将在哪个度假村举行。他乘飞机带着Skyhook的设备到了那个地方，租了一辆车，开车把整个地区走了一遍，确保这个地区的地图完整准确。

演示获得了巨大的成功。几天以后，摩根在手机上收到了语音信息，听了几秒钟之后，他就点击了删除键。显然，这个电话是恶作剧。他知道迈克的一个朋友是配音演员，能够模仿乔布斯的声音。幸运的是他又考虑了一下，迅速撤销了删除。事实上，乔布斯确实亲自致电了摩根，因为他相信Skyhook可以解决苹果公司最新产品iPhone存在的棘手问题。

鉴于今天的iPhone功能表现卓越，人们很容易忘记在2007年6月上市的时候，初版iPhone的缺陷多么惊人。当时数百万台手机都置入了GPS技术，方便人们使用逐向导航。威瑞森无线通信公司这家电信巨头甚至在其最便宜的手机中也配备了GPS，只要与之签定两年的合同，就可以免费获得这款手机。然而最初的iPhone标价600美元，却连GPS都没有。

这是个技术问题。苹果公司已经决定由AT&T公司作为苹果手机在全美唯一的运营商，合作一直持续到2011年，此后威瑞森通信公司获许出售苹果手机。AT&T的手机网络是依据全球移动通信系统GSM的标准建立的。这个选择是有道理的，GSM至今还是全球最常见的蜂窝网络，覆盖率超过3/4。威瑞森通信公司采用的是不常见的替代系统，叫作CDMA2000或者CDMA。

正如在第5章讲到的，在1996年，FCC规定，在电话使用者面临致

命危机的时候，手机要有可以将位置发送给911紧急救援服务的功能。这意味着需要增加一项让手机迅速计算出其精确位置的技术。高通的反应是在其CDMA手机卡芯片中增加了GPS功能。这就好像是让手机免费获得了一个先进的导航系统。到2000年年中，在威瑞森通信公司和Sprint公司生产的数百万台廉价手机上，GPS成为了标准配备，另外一些主要的手机公司则使用CDMA标准。

GSM芯片制造商并没有急着把GPS功能加入他们的芯片中，而是增加了一个单独的芯片，这大大增加了手机的成本。为了给911电话定位，AT&T选择了一种不同的定位技术，即通过附近信号塔的信号强度来计算手机的位置。虽然这种方法不像GPS那么精确，但是在危急关头，这个办法非常有效。

苹果原本可以在初版的iPhone里增加此后每个版本的手机都有的GPS功能。然而博彻斯认为，他们的犹豫有其充分的理由。首先，从GPS卫星传来的微弱信号很难穿透墙壁。苹果的工程师认为在室内GPS的价值有限，而苹果用户大部分时间都待在室内。

然而苹果公司主要关心的还是延长iPhone可充电电池的寿命。GPS消耗的电量很大。增加必要的芯片将大大缩短电池寿命，尤其在用户任GPS服务一直运行的情况下。其他智能手机，例如黑莓，更换电池非常容易，而iPhone的电池问题非常敏感，因为它的电池是内置于设备的，只有受过训练的技工才能更换。对于iPhone的用户来说，电池损坏是一个重要问题。

因此初版的iPhone没有GPS功能。在其他方面高度评价iPhone的批评家们对于卫星导航的缺失颇有微词，因为卫星导航到2007年已经成为常用工具。苹果知道iPhone也必须配备像样的导航功能，而Skyhook对此已经有了软件方案，可以安装到已经投入市场的数百万台苹果电脑上。

在数日之内，摩根和乔布斯碰了面。几个月之后，他们签署了一项协议。Skyhook在2008年1月就出现在了iPhone上。

和苹果公司签约后，Skyhook一鼓作气，签下了许多著名的客户。GPS芯片制造商Broadcom同意将Skyhook的技术整合到其产品中；高通为其带有GPS功能的手机增配了Skyhook技术，这样他们的产品，即使是在室内或者其他微弱的GPS卫星信号难以到达的地方，也能够提供位

置数据。

摩根还希望从与谷歌的间接关系中获利。2005年，谷歌买下了加州的一家小型手机软件开发公司，这家公司叫安卓。这一举动震惊了电信业界。在两年的封闭研发之后，2007年，谷歌宣布，它正将安卓开发成一个成熟的智能手机操作系统。安卓将能够与苹果最新的iPhone产品相抗衡。此外，这款软件将会免费授权给任何手机制造商，令他们能够迅速涌入市场，制造精巧而廉价的手机。

尽管第一款安卓手机T-Mobile G1没有获得成功，但摩托罗拉没有退却，于2009年12月发布了一款功能更强大的手机Droid，它光滑、轻便，还装有谷歌的安卓系统的改进版本。摩托罗拉在手机市场上已经有5年没有获得成功了，这次它热切希望能够成功。Droid的独家供应商威瑞森通信公司受够了客户放弃AT&T公司转而使用iPhone。他们和摩托罗拉共同努力，在大型节日宣传活动以及大制作的科幻电影风格的电视广告上投入了1亿美元。广告传递的信息十分直白——我们的手机比iPhone更智能、更优秀。

这个说法存有争议，但结果不容置疑。根据电信行业分析公司Flurry的报告，威瑞森无线在销售开始的头一个星期就卖出了25万台Droid，在头75天内卖出了超过100万台手机。即使是初版的iPhone卖得也没有这么快。

Droid是第一个引起市场注意的安卓手机，更多的安卓手机陆续出现。摩根希望使用Skyhook技术的手机越多越好。Skyhook已经开发出了下一代软件，名叫XPS，使用混合方法来进行定位。这款软件可以自动追踪Wi-Fi信号，但是由于GPS提供的位置更加准确，在能够收到卫星信号的时候，XPS就会锁定卫星信号。如果卫星信号或者GPS的电波都不在手机能够接收的范围内，XPS就会使用最后的一招，对附近的信号塔传来的信号进行三角测量，从而估计自身的位置。

为了不过分依赖与苹果的关系，摩根希望使用这项技术的安卓设备越多越好。尽管和安卓的母公司谷歌的讨论没有什么结果，Skyhook仍然有理由抱有期望。谷歌开源了安卓系统，允许手机制造商进行实质性的修改。基于兼容性的考虑，谷歌设立了几个安卓手机制造商的基础标准。摩根认为，谷歌已经留有足够的余地，可以让安卓手机的制造商们再增加一项Skyhook的技术。

与此同时，谷歌正在开发自己的导航服务。和Skyhook一样，谷歌也决定把GPS和Wi-Fi的位置结合起来。它未能与Skyhook达成协议，于是开始创建自己的Wi-Fi地图。谷歌不会却步于扫描每个城市的每条街所需的巨额成本——2008年，谷歌公司收入接近220亿美元，它付得起。

谷歌为测绘全球地图投入了数百万美元。2004年，谷歌收购了澳大利亚的因特网地图公司Where 2科技公司，还收购了美国卫星摄影公司Keyhole。到2005年2月，Where 2升级后更名为谷歌地图；Keyhole公司的细节照片则被用于创建谷歌地球（Google Earth），这是一个数字化的地球，用户可以自由缩放，几乎能鸟瞰行星表面的任意位置。

谷歌花了大笔的资金，及时更新地理资源。对于谷歌地图来说，这意味着维持一支装备有GPS设备、相机和激光测距仪的车队。他们开着车走遍美国和全世界，生成测绘地点丰富的3D图像。谷歌开始使用这些图片来创建一种新型的数字地图，让用户能够看到当地的街景。用户可以虚拟地在街道上散步，他所看到的和他亲自去当地看到的一模一样。

从2007年5月开始，新推出的街景服务受到了宅在家里的探险家们的欢迎，但是也遭到了隐私斗士的攻击。街景小车也拍到了一些人，他们之中的一些人不喜欢把自己的活动暴露给全世界。在美国、欧洲和亚洲，街景服务所到之处，诉讼和政府的隐私调查紧随其后。谷歌做了一些让步——删除敏感图像，开发出一种技术，将人脸变成无法辨认的模糊色块。谷歌的目标是绘制能展示全世界街道实景的地图，而这些问题是公司前进道路上的小麻烦。

谷歌的街景汽车上路后，顺便承担了一些其他任务。谷歌在车上安装了Wi-Fi无线设备，来收集Skyhook已经搜集到的数据。到2008年10月底，谷歌已经把基于Wi-Fi的位置信息添加到了智能手机的谷歌地图里。

一年之后，谷歌宣布未来的安卓手机将免费提供全程道路导航。这对于像Navteq和TomTom这样的导航巨头来说是个噩耗，他们的收入大部分来自用户订阅的导航服务。但是谷歌本质上是一个广告公司，它需要的是用户的关注，而不是现金。公司很乐意送出宝贵的导航数据，只要用户通过谷歌来获取就行。

和Skyhook的服务一样，谷歌的导航系统混合了GPS、Wi-Fi和信号塔定位。谷歌是否侵犯了Skyhook的专利是一个尚无定论的问题——这个问题需通过联邦法院来解决。然而早在Skyhook提起专利诉讼之前，谷歌的Wi-Fi制图行为导致了这家公司的历史上最大的丑闻。

丑闻始于德国。在这个国家，纳粹统治的历史形成了重视个人隐私的传统。装有数码相机的谷歌街景车，很早就遭到了德国公民和政府官员的冷遇。作为应对措施，谷歌允许德国人选择让他们的私人住宅在照片上无法辨认。在840万德国家庭中，大约有25万户做出了这种选择。

像德国外长吉多·韦斯特维勒（Guido Westerwelle）这样的政治家们仍旧对街景怀有敌意。德国的隐私保护相关部门仍旧把怀疑的目光投向这项服务。除了公司的联邦数据保护部门之外，德国的16个州，每个州政府都有一个类似的机构。

在汉堡的这个机构在2010年4月联系谷歌，要求公司提供街景汽车搜集到的全部信息。谷歌公司尽量大事化小，但是德国当局却对它的回应感到震惊和愤怒——谷歌公司从未告知他们拍摄德国家庭的街景车也在拦截Wi-Fi信号。德国联邦的隐私专员彼得·沙尔（Peter Schaar）要求谷歌删除它搜集的所有数据。

谷歌的全球隐私顾问彼得·弗莱舍（Peter Fleischer）在博文中写道，公司以前之所以没有把其行为上报德国当局，是因为这些数据和街景风波没有关系，也因为其他像Skyhook这样的公司，也做了同样的事，却几乎没有引起什么抗议。不过，弗莱舍承认：“事后看来，更大的透明度会带来更好的结果，这是很明显的。”

看来弗莱舍这话说得真心实意。因为在几天之内，谷歌就向公众作出了惊人的忏悔。这家公司的Wi-Fi绘图程序比它原先承认的更具侵略性。谷歌不是简单地把数以百万计的路由器的ID编码和位置定位到地图上，而是拦截和记录了用户传输的数据——他们的电子邮件、银行记录、访问的网站——大量的数据文件被捕获并存储在了谷歌的数据库。

“很简单，这是一个错误。”谷歌高级副总裁艾伦·尤斯塔斯（Alan Eustace）承认道。2006年的测试程序中包含了一组能够捕获Wi-Fi数据的代码，只能在实验室使用。当谷歌开发为真实世界制图的Wi-Fi软件时，也在其中包含了这组实验性的代码。这样会出事的。然而无意中在连续4年的时间里挖掘了超过600G的Wi-Fi数据，这已经不能用“错误”来

形容了。

的确，Skyhook也从数百万的Wi-Fi路由器里搜集了数字ID。但是Skyhook用的方法让人生动地联想到浸会教堂的礼拜，牧师喊“哈利路亚”，教众齐呼“阿门”。Skyhook的探测器会向附近的Wi-Fi路由器发送无线信号，范围内的路由器回以含有路由器ID码的信号。这种方法的优点是路由器回复的“阿门”里并不包含主人的个人通信。Skyhook收到的是路由器独有的代码，没有其他信息。

相比之下，谷歌让街景汽车开过全世界的城市的大街小巷，挖掘任何能获得的Wi-Fi信息。他们不仅获取了绘制Wi-Fi地图必需的数字ID，也获得了无数的个人信息碎片。这些信息大部分是毫无意义的，明智的Wi-Fi用户会激活路由器的加密软件，为传输数据加密。谷歌所使用的Wi-Fi探测软件Gstumbler会自动放弃加密的数据，但是会保留所有未加密的数据。由于这些信息是被一辆正在行驶的汽车搜集的，因此大部分都是不完整的碎片，几乎没什么价值。但是，谷歌仍有很大概率捕获信用卡账户、银行账单和其他敏感信息。事实上，加拿大的隐私部门发现，街景汽车复制了加拿大公民的全名、电话号码、街道地址以及完整的电子邮件信息。

无论谷歌的动机是什么，街景Wi-Fi的不当行为演变为了全球性的惨败。有十几个国家的政府机构发起了调查，判定隐私法是否受到了侵犯。美国的FCC开始调查此事，欧盟和亚洲的执法机构也采取了同样的举动。韩国政府、澳大利亚政府、新西兰政府都认为谷歌侵犯了隐私法，2011年3月，法国判处谷歌10万欧元的罚金。2013年3月，谷歌在美国的38个州以及哥伦比亚特区总共为街景事件的诉讼支付了700万美元。

对于一个非官方座右铭是“不作恶”的公司来说，整件事就是一场痛苦的公众羞辱。2010年5月，谷歌宣称街景车将不再捕捉Wi-Fi的测绘数据。

那个时候，谷歌已经在全球招募了一支大军来绘制Wi-Fi地图——数百万带着安卓手机的人。所有的安卓手机都同时包含Wi-Fi和GPS的芯片，能够在蜂窝网络中持续通信。谷歌只需要一款软件，让每部手机都能探测到传入的Wi-Fi信号，将之与手机的GPS位置匹配起来。它的工作原理和街景车一样，只是不捕获用户的个人数据。只拦截Wi-Fi路

由器的数字ID。

谷歌避免任何可能侵犯安卓用户手机隐私的迹象。设置新手机的时候，用户会被询问是否愿意把位置数据透露给谷歌，他们可以拒绝提供数据，也可以在改变主意后随时中止。所有传入的数据都是匿名的，所以即使是谷歌也不知道谁的手机正在提供信息。甚至手机的数字ID也被加密，无法读取。谷歌只知道安卓手机在某个经度和纬度正在接收附近三个路由器的信号。采集了足够多的这样的数据，你就可以绘制地球上任何城市的地图。

也就是说，只有安卓手机在使用谷歌的Wi-Fi定位系统。如果一个手机制造商转而使用另外的Wi-Fi测绘技术，例如Skyhook，谷歌就无法继续获得稳定更新的Wi-Fi数据流。其地图的准确性将会下降，并且最终变得无用。

在摩根看来，谷歌的高管们担心的事在2010年4月底发生了——当时在线新闻服务网站“商业内幕”（Business Insider）宣称，摩托罗拉会用Skyhook的技术来取代谷歌为安卓提供的Wi-Fi测绘系统。谷歌的管理层对这一新闻感到惊慌，他们的反应是积极反击，这可能威胁到Skyhook的生存。Skyhook的回应是与之在马萨诸塞州联邦法院对簿公堂。

根据Skyhook提交给马萨诸塞州法院的文件，它与摩托罗拉的交易始于几个月之前。Skyhook花了将近4年，耗资150万美元，想要与摩托罗拉达成协议，将其Wi-Fi定位服务置入摩托罗拉的手机。Skyhook在2009年就签下了协议，接着又花了好几个月进行设计，对安卓手机上的Skyhook导航进行测试。

正如上面提到的，尽管安卓是一个开源操作系统，但不符合谷歌官方兼容标准的手机或者平板电脑就不能拿到安卓的官方认证，并且无法获准进入安卓市场——谷歌的在线应用商店。这是给任何不符合标准的产品死亡之吻。

Skyhook宣称，摩托罗拉进行了安卓的官方标准测试，核对了谷歌官方兼容标准的法律条文，并且判定Skyhook符合其要求。虽然Skyhook的产品是收费的，而谷歌是免费的，但是摩托罗拉认为Skyhook性价比更高，因为他们发现这一系统的导航结果比谷歌更加准确。

摩托罗拉的计划是让自己有别于其他安卓手机制造商。摩托罗拉的设备完全符合谷歌的标准，但是功能更多，比普通安卓手机表现更加优秀。

直到2010年4月，Skyhook和摩托罗拉达成协议的消息才传到谷歌的联合创始人拉里·佩奇（Larry Page）那里，令谷歌的高管感到惊愕，此时消息已经公布一个月了。根据谷歌提交给马萨诸塞州法庭的电子邮件，这个时候佩奇写信给高级副总裁乔纳森·罗森伯格（Jonathan Rosenberg）和艾伦·尤斯塔斯要求弄清Skyhook正在采取什么行动。李（Lee）回信说：“我们对此高度关注，因为我们需要搜集Wi-Fi数据，来维持并改进我们的Wi-Fi定位服务（尤其是在街景Wi-Fi数据收集中断之后）。”换句话说，安卓手机数据对于Wi-Fi测绘系统的生死存亡至关重要，Skyhook的进展意味着严重的威胁。当然，谷歌只需从Skyhook那里获取这项技术的使用许可。他们可以出钱买这项技术，但这个想法不受欢迎，因为谷歌的安卓系统是免费的。李写道，谷歌不希望在这样一个至关重要的服务上依靠外部公司。“依靠他们带来的风险是难以想象的。”关于Skyhook，他这样写道。

谷歌的定位技术团队已经拉响了全面警报，接二连三地向摩托罗拉发送信息，安排面对面的会议，旨在说服摩托罗拉，谷歌的Wi-Fi地图和Skyhook一样好，甚至更好。此外谷歌还告诉摩托罗拉的首席执行官桑贾伊·杰哈（Sanjay Jha），在摩托罗拉手机上使用Skyhook的定位服务违反了安卓使用许可。谷歌要求摩托罗拉在问题解决前不得把这些受到影响手机运送给零售店或者是移动运营商。

谷歌坚称，它所做的是为了顾客和软件设计师的利益。在配备了Skyhook的安卓手机上，任何基于位置的手机应用都会利用Skyhook系统提供的数据，因而提供驾驶导航的第三方应用就会依赖Skyhook提供的位置数据。然而，Skyhook系统的大部分数据都是使用Wi-Fi而非更加准确的GPS来确定位置。谷歌认为，这会降低依靠Skyhook定位功能的应用的准确性。

这次轮到摩托罗拉惊慌了。公司已与零售商和无线运营商订立合约。在竞争激烈的手机行业，任何延时都会造成数百万的损失。另外这也不公平。摩托罗拉在英国的工程师刚刚从其竞争对手——韩国的三星公司那里购买了新手机。三星公司和摩托罗拉一样，已经悄悄地签下协

议，用Skyhook取代安卓的定位系统。但是和摩托罗拉不同，三星已经开始发售手机。

谷歌公司又一次打盹了。Skyhook与三星公司在2010年4月签下协议，但是在3个月之后，也就是7月初才宣布。到6月底，三星在欧洲已经开始销售。一位愤怒的摩托罗拉高管询问，为什么单单摩托罗拉被问责。斯蒂芬·迈克唐纳（Stephen McDonnell），负责维护谷歌关系的摩托罗拉高管，要求谷歌放弃问责基于Skyhook的手机，让摩托罗拉获得和三星公司同等的地位。

谷歌断然拒绝。相反，谷歌联系了三星公司，要求其停止销售配有Skyhook的手机。三星和摩托罗拉有两个选择。他们可以无视谷歌的要求，继续出货。然而，手机将不能作为真正的安卓手机出售，这会让手机的吸引力大大减弱。或者他们可以把Skyhook软件连根铲除，继续使用谷歌的定位服务。

三星和摩托罗拉选择了后者。这是廉价、简单、迅速的解决方案。然而对于特德·摩根来说，这是一个重大的挫折。Skyhook在同一天发起两项诉讼作为回应。在州法院，摩根指责谷歌利用其庞大的市场力量，非法破坏Skyhook与三星和摩托罗拉之间的合同。在联邦诉讼上声称，谷歌的Wi-Fi测绘侵犯了Skyhook公司的4项专利。在2013年3月，两个专利案件被并案处理，在2014年的某天进行审理。

在案件宣判之前，你的智能手机可能都已经被淘汰三次了。这对于谷歌公司来说不成问题，因为它有足够的资金来支持它度过这段时期。而小小的Skyhook公司经不起等待。它必须继续寻找需要把位置信息添加到数字设备里的合作伙伴。

这些设备大多不是电话。“我毫不怀疑，每部电话、每台笔记本电脑、每台平板、每部数码相机、每个电子书阅读器在未来的3~4年里都会有Wi-Fi定位功能。”摩根说。Skyhook——或者谷歌——可以把这些设备变成个人的导航系统。

也许这太私人了。因为这些产品可以追踪我们的一举一动，不管我们是否喜欢。

^[1] 铁锈地带：某些工业衰退的地区。例如美国五大湖地区、中国东北老工业基地、德国鲁尔区、伦敦工业区等。——译者注

[2] 跳频技术是在同步且同时的情况下，收发两端以特定形式的窄频载波来传送信号的技术。——译者注

[3] 一种在网络节点间通过动态路由的方式来传送资料与控制指令。这种网络可以保持每个节点间的连线完整，当网络拓扑中有某节点失效或无法服务时，这种架构允许使用“跳跃”的方式形成新的路由后将信息送达传输目的地。——译者注

第7章 长焦镜头

在7万英尺的高空，即使是正午也能看到深蓝色的天空和天际的群星，往下看，视线所及的大地方圆数百英里。只要使用合适的相机，就能拍到下方那些房屋、工厂和高速路，甚至是军事基地与核导弹的照片。

弗朗西斯·加里·鲍尔斯（Francis Gary Powers）就有这种相机，然而在1960年5月1日，他选的拍摄地点太糟了——在苏联城市斯维尔德洛夫斯克（Sverdlovsk）的上空，鲍尔斯第28次飞他的那架洛克希德U-2间谍飞机，也是最后一次。

鲍尔斯看到一道橘红色的闪光，感受到空气猛烈地一震，接着他的飞机就开始解体。驾驶舱撕裂后，鲍尔斯被甩到空中，与解体中的U-2飞机仅以氧气管相连。他撕开束缚，打开了降落伞。鲍尔斯有一根用来自杀的毒针，以避免活着被俘，他一点也不想使用它，也没能打开自毁装置毁掉飞机上的绝密胶卷和摄像设备。

苏联政府抓住了鲍尔斯，找到了完整的非法照片，这些都是美国违反国际法使用间谍飞机刺探苏联的现行证据。这是冷战中美国最大的耻辱之一。更糟的是，刺探对象还是货真价实的眼中钉。美国再也不敢用U-2侦察苏联了，其军事首脑无法获得信息，失去了最可靠的情报来源。

然而这并不长久。8月19日，事件发生后不到5个月，鲍尔斯因间谍罪被莫斯科法庭判以10年监禁。同一天，美国空军中校哈罗德·米切尔（Harold Mitchell）在夏威夷以西300英里处驾驶一架改装的C-119货机冲向一个太空舱，这个太空舱挂在降落伞下，材质是金属和陶瓷。两次尝试失败后，米切尔在8 500英尺的高度钩住了它，完好无损地回收了一个太空舱——这是载人航天的先决条件。

自1957年苏联的伴侣号成功发射，美国的航天项目就落了下风。这次回收太空舱或多或少算是个值得夸耀的事。参与项目的科学家、工程师和飞行员都被塑造成太空时代的英雄。他们获得授勋，公开表彰，还

作为电视节目的嘉宾接受采访。

这都是他们应得的荣誉，但是只有很少的人知道真正的原因。发现者14号的再入式太空舱装满了苏联的太空照片，这些照片涵盖了苏联140万平方英里国土的信息，比针对苏联的全部24次成功的U-2任务完成的还要多。这些照片中就包括了鲍尔斯被派去拍照的那个军事基地的照片。“发现者”只是它在公共消费预算上的名字。项目真正的代号是科罗娜（Corona）——中情局出资建造的世上第一颗照相侦察卫星。

有一些记者和情报专家猜到了发现者计划的真正意图，苏联也清楚，还强烈谴责了这个计划。但是除此之外他们毫无办法。他们没法打下一颗卫星，也找不到这样做的法律基础。苏联自己的伴侣号卫星，也就是首颗人造卫星，就在未经许可的情况下从美国和许多其他国家上空经过。这就成了一个国际法中至今仍然成立的先例——太空中没有国界。

长远来看，包括俄国人在内的很多人都将从科罗娜计划以及后续的许多更强大的侦察卫星中受益。卫星摄影与航拍结合起来，使地图的精确性和实用性达到了前所未有的程度。

远在飞机或航天技术发明之前，人们就已经明白它们的测绘潜力。法国的蒙戈尔菲耶兄弟（Montgolfier brothers）在18世纪80年代发明的热气球是首个人造航空器。1794年，法国革命军曾用热气球送侦察员上天，观察敌军部署。拿破仑时代，热气球仍被用于军事侦察，在1798年法国对埃及的入侵中就用到了间谍气球。但是情报的价值取决于视野好坏和观察员的判断，观察员要坐上系绳热气球飞离地面数百英尺，然后从天上把写好的观察报告扔到地面上。

19世纪20年代发明的摄影术使准确、客观的影像成为可能。但是早期照相技术太复杂、太原始，不适合在空间有限的气球上用。直到1858年，法国摄影家加斯帕尔·费利克斯·图尔纳雄（Gaspard Felix Tournachon）才拍下了第一张航拍照片，拍摄的是巴黎郊外一个名叫佩蒂特比塞特（Petit Bicetre）的村庄。

19世纪50年代，法国陆军军官艾梅·洛瑟达（Aime Laussedat）开发出用于“摄影测量法”的工具，摄影测量法是将照片转译为精确地图的新技术。将多个地点的地标照片拍下之后，他能通过摄影测量法计算出目标的精确位置。10年后在巴黎，洛瑟达的设备已可以在屋顶上使用，无

需搬上热气球。通过航空拍摄与摄影测量法，无需派遣一组组的测量员便可精确测绘大块地域。

这样的地图需要收集上百万张航拍照片，远远超过了系绳热气球的收集能力。对大块区域进行航空拍摄仍然相当困难。美国内战期间，北军组建了一支热气球部队，以侦察南军的部署状况。他们的空中观察员没用照相机，而是使用铅笔在纸上画速写来记录看到的信息。由于效果非常不理想，北军最后在1863年放弃了侦察气球。

莱特兄弟在1903年发明飞机后，空中侦察才算自立门户。有动力的飞机能够在较低的高度飞水平直线，是完美的摄影平台。同时，相机技术也更先进了。曾用于捕获光学影像的玻璃或金属板如今已被又轻又柔韧的摄影胶片取代。为航空拍摄特制的新一代相机有多个镜头，可以提供地面的立体图形。这些相机能给出多个地标的高度和深度，大大简化了制图程序。

不幸的是，航空制图的专门技术出现在了最坏的年代。1914年8月，欧洲战争爆发时大多数人都以为这场战争会是1870年普法战争的翻版——丑陋又野蛮，但是最多几个月就会结束。但事实上，它演变成了那个时代最残酷的血战，一场持续了4年之久的大屠杀。重机枪、毒气尤其是射速高达每分钟若干发的高精度后装火炮，这些新技术的应用使得“一战”变得特别血腥。这些巨大、快速的火炮杀死的人远超任何其他武器。其可怕精确性的一个原因就是空中有着弹点观察员，他们辅助瞄准，确保炮弹能够造成最大的伤害。

在战争爆发以前，欧洲的军事专家们就意识到飞行器将会永久改变未来的战争。“如同火炮与步枪，飞机已成为军队不可或缺的装备。”在看到它们在1910年的一场军事演习的表现后，法国将军皮埃尔·奥古斯特·罗克（Pierre-Auguste Roques）这样断言。在英国和德国，飞机也表现不凡。

但是并非人人都对飞机抱有好感。1912年，“一战”中英国的最高指挥官道格拉斯·黑格（Douglas Haig）将军，在一场本国的军事演习中被詹姆斯·格里尔森（Sir James Grierson）将军击败，后者使用飞机追踪了黑格的所有行动。尽管如此，黑格坚持认为空中侦察在实战中意义不大。1913年，他在参谋学院中告诉学生：“我希望你们中不会有人蠢到觉得用飞机进行空中侦察会有什么用。指挥官侦察情报只有一种方式，

那就是派遣侦察骑兵。”在法国也有一个这样的人，菲尔德·马歇尔·费迪南德·福熙（Field Marshal Ferdinand Foch）与黑格持同样的观点。这两个人在战争爆发后迅速清醒，成为了空中侦察的狂热支持者。

空中侦察者极大提高了火炮轰炸的杀伤力，因为航拍照片能够为炮手准确地指出目标所在。这些飞机成了敌军极力想要击落的目标。1915年，德国人首次制造了专门用来击坠航拍飞机的战斗机福克尔·艾因德克尔（Fokker Eindecker）。协约国也制造了自己的战斗机，天空从此变成了杀戮场。到1917年时，一名侦察飞行员上天后通常活不到3周。英国在仅仅一个月内就损失了200名飞行员。

然而由于空中侦察获取的信息确实价值非凡，空战仍在继续。战争结束时，四分之一的参战飞机都是装备有相机的侦察机。它们拍下了数以百万计的照片——炮位、补给仓库以及敌军的集结度。观察员学会了在飞行中冲印相片，这样回程时相片就已备好。飞机一降落，观察员就把冲印好的照片交给通讯员，带给情报人员进行分析。1918年，美国侦察机在按下快门后的20分钟内就能将敌方目标的照片带到指挥官面前。

战后，制图师们仍然需要航拍照片。美国陆军工程兵团（US Army Corps of Engineers）和美国地质调查局（US Geological Survey）在20世纪20~30年代是美国陆军航空勤务队（US Army Air Service）所拍照片的主要客户，战后的预算削减让后者大伤元气。乔治·戈达德（George Goddard）这样的航空拍摄先驱们发明了适用于夜间拍摄的新方法，以及能拍摄红外光而非可见光的胶片。红外胶片即使在大雾或沙尘天气也能拍出干净、清晰的照片。

在20世纪30年代重创了美国经济的大萧条为航空拍摄带来了意外的转机。罗斯福政府的新政包括了大量的基础设施建设计划，例如田纳西河谷管理局的水电站坝和人工湖网络建设。水电站为美国中部的数百万人提供可靠的电力供应，但建设工程需要对该地区的地质状况有更加深入的了解。而在1937年，美国本土有46%的区域尚未得到精确测绘。

航拍照片经摄影测量法分析能够快速提供所需地图，成本也够低。许多新政补贴的项目雇用了飞行测量员来拍这些照片。到1938年6月，美国本土有160万平方英里被拍了照，约为国土面积的一半。

但是当美国在1941年加入“二战”时，美国的空中照相侦察技术比之1914年并没有完善多少。预算削减使得军方的空中侦察行动所剩无几。

美国陆军航空队在1938年成立了一所摄影学校，但是只提供空中摄影技术的训练，而没有解读照片训练。陆军航空队甚至没有独立的空中侦察部队，指挥侦察行动的是轰炸机司令部。

就和“一战”时一样，美国的空中侦察能力逐渐提高，而且再次受益于英国的经验。美国参战时，英国已与德国交战两年。盟军发展出了高效的拍照和分析系统，能够拍下数百万平方英里的照片，还能迅速分析照片，找出有军事价值的信息。这是一项工作量非常大的情报工作。地中海战区的盟军照相侦察中心成为了当时世界上最大的照片冲印中心，每天要用掉2万加仑的水和600加仑冲印药，每月消耗掉的相片纸多达31吨。

在“二战”中每次重要行动里，空中侦察都起到了至关重要的作用。比方说，在侦察机的辅助下，英国和美国轰炸机在欧洲的敌占区一共投下了270万吨炸弹。它们在袭击中拍下了不计其数的照片，让决策者能够评估轰炸的效果，还能用来识别额外目标。

这些战地照片至今仍有价值，它们救了很多人的命。一家名叫“航拍照片数据库”（Luttbilddatenbank）的德国公司保留着这些照片资料，用来定位战争后遗留的未爆炸弹。据估计，约有一半的炸弹被投下后没有爆炸，它们仍是潜在的致命杀手。仅仅柏林一地就有约1.5万枚哑弹尚未找到。航拍照片数据库将许多战时拍摄的照片数字化，以精确定位未爆炸弹的可能位置。

对史学家和考古学家来说，“二战”中的航拍照片也非常有价值。人类第一次从空中拍下了那么多地方的照片。这些照片上经常可以看到有几百年历史的农庄、城镇和城堡，它们的存在早被遗忘，只有空中视角方可一目了然。有时候，这些照片还记录下了炮击或轰炸对这些地点的破坏。在这种情况下，航拍照片就是这些地方存在过的唯一证据。

到战争结束时，地球上的很多区域都有了航拍照片，这些照片的细节空前丰富。德国人拍的照片几乎涵盖了整个欧洲大陆，包括从俄罗斯到乌拉尔山脉的地区在内；美国人在欧洲和太平洋地区拍下的照片覆盖了160万平方英里的地域。

战后，美国人又一次搁置了空中侦察技术。但是从1946年开始，美国与前盟友苏联日渐疏远，又开始针对苏联及其卫星国家的边境进行飞行侦察。飞机主要收听苏联的无线电信号，测试苏联防空雷达的分辨能

力。他们有时候会给苏联人“挠痒痒”，故意侵入苏联领空一段距离。这些空中间谍记录下苏联空防如何应对入侵的无线电通信。这就是早期的高科技信息战，但绝非不流血的战争。到冷战结束时，美国损失了约40架飞机，超过200名美国人死于侦察飞行。

绕着苏联边境飞，拦截无线电通信是一回事；深入腹地拍摄照片就是另一回事了。1944年签署的《芝加哥公约》（Chicago Convention）确定，一个国家对其领空享有主权。任何国家都可以对未经授权侵入领空的军用飞机使用武力。结果在冷战早期，照相侦察机几乎没什么用。实际上，1947年成立的CIA在前3年并没有专业的照片情报部门。

与苏联的不和很快就让空中侦察重新成为国家重点项目。苏联的独裁者约瑟夫·斯大林缔造了一个可能是史上最为隐秘的帝国。关于苏联的军事、经济以及工业基础设施，即使是最平常的信息，外界也几乎不可能获得。要获取苏联的报纸、书刊和关于他国的政府公文只能依靠间谍活动。而两次世界大战已经证明了这些情报是了解敌人军事能力的最佳渠道。

美国及其盟友极度渴望获得这些情报。1948年，苏联人在东欧大部分地区推行了共产主义。同年2月，为了用饥饿迫使该地区的美国、法国和英国驻军投降以完全控制整座城市，斯大林封锁了苏联占领下的西柏林。封锁持续到了1949年5月，虽然最终失败了，这一事件却让斯大林的野心暴露无遗。

作为回击，美国从1949年春开始派遣侦察机进入苏联领空，估测苏联的军事准备情况。早期的行动针对苏联远东地区，如千岛群岛和海参崴。这些大胆的行动引发了苏联的积极反击，战斗机从苏联基地起飞，想要击落这些入侵者。然而依靠速度和高度，在被俄国人抓到之前，美国人一次又一次地逃脱到国际空域。

这些行动非常危险，但很快美国不得不面对更高的风险。1949年9月3日，一架美国侦察机从日本经常规飞行降落在阿拉斯加的艾尔森空军基地（Eielson Air Force Base）。飞机装备了空气过滤器，可以捕获核爆释放到大气中的放射性粒子。这种预防措施看上去并无必要，因为美国情报部门估计苏联在20世纪50年代中期以前不会拥有核武器。然而，对这架飞机过滤器的检测发现了自然中并不存在的放射性尘埃。美国的核科学家确认了此事——俄国人引爆了一枚核弹，时间比美国的估

计早了5年。科学家推测，这枚核弹应该是在8月末的核试验中引爆的，美国人在几天后找到了它的放射性残骸。

我们现在知道，俄国人在制造核弹上获得了很多“帮助”。他们的间谍渗透了美国的原子弹项目，为苏联提供了很多相关技术细节，也省去了大把时间。但最重要的还是美国忽略了这一事实。美国情报部门不仅错估了苏联核弹项目的进度，甚至没能事先发现苏联的核试验。

1941年12月7日，日军偷袭珍珠港；1945年8月，美国人回敬了两枚原子弹。当时的美国总统哈里·杜鲁门（Harry Truman）不得不考虑到苏联突袭的可能性，苏联凶狠的袭击也许会将珍珠港的偷袭战术和广岛与长崎的毁灭性武器结合起来。苏联有多少核武器？他们有多少能投送核弹的远程飞机？他们能用载有核弹头的导弹从几千英里外打击美国吗？在缺乏确实数据的情况下，杜鲁门只能做最坏的打算。他从这一策略得出了一个冷酷的推论：美国的防御能力将不足以应付可能到来的威胁。缺乏情报的军事决策者不得不斥巨资抵御想象中的危险。这种浪费的策略与国内需求争夺政府资源，加重了纳税人的负担。长此以往，美国经济可能会崩溃。

这些担忧促使杜鲁门政府和艾森豪威尔政府采取了一系列的措施，让非法的航空拍照侦察贯穿了20世纪50年代的始终。那时的侦察机主要是改装的B-47喷气式轰炸机，这种巨大的后掠翼飞机航程很远，也有足够的速度摆脱苏联拦截机。然而情报专家知道他们还需要一些更好的工具，某种几年来呼之欲出的东西。

有着MIT物理学学位的理查德·莱格霍恩（Richard Leghorn）是一名空军侦察机飞行员，他曾在太平洋上拍下了位于比基尼环礁的美国核试验现场照片。这种武器惊人的破坏力让莱格霍恩确信，美国决不能任由拥有核武器的敌人突袭。面对咄咄逼人的苏联，莱格霍恩认为美国最好的防御措施就是空中侦察，确保苏联不可能秘密做好突袭准备。1946年12月，莱格霍恩在波士顿大学的一次演讲中承认侵犯苏联领空是非法的，所以他主张开发一种专业的侦察机，这种飞机的飞行高度特别高，速度特别快，很难被发现，同时也能在苏联反应过来之前逃离对方空域。

1951年，莱格霍恩被派往位于俄亥俄的赖特-帕特森空军基地（Wright-Patterson Air Force Base），参与设计用于拍摄苏联照片的侦察

机。他采用了一些大胆的创意，比如使用现代无人侦察机的先驱——第一代巡航导弹史纳克（Snark）。

曾经有一个滑稽的计划，试图让盛行风吹动气球进入苏联领空收集情报。1956年，这个代号为吉尼翠斯（Project Genetrix）的计划还真的实行了。和之后的U-2事件一样，吉尼翠斯计划惨遭失败，一些气球在路上解体，苏联很快展出了气球的残骸以羞辱美国。不仅如此，这些气球的侦察效果也非常糟糕——升空的516个气球中，最后只回收了47个。所拍摄到的照片中，包括了苏联境内100万平方英里的森林、山脉和沙漠，只有很少的照片具有军事价值。吉尼翠斯计划远未能提供足够的资料来证实苏联的负面宣传形象，这个计划后来被废止了。

莱格霍恩的最佳选择是一种新型载人侦察飞行器。他意识到，在喷气式战斗机的时代，这种飞机只需一种防御方式——高度。只要飞得够高，高到7万英尺以上，就没有战斗机打得着这种飞行器。美国花了很长时间来达到这个高度，而那个时候，他们的间谍飞机早已销声匿迹。

莱格霍恩最初想要改装堪培拉轰炸机（Canberra），这是一种能够飞得很高的英国双发动机战术轰炸机。事实上，冷战中美国一直在使用装备了相机的堪培拉轰炸机进行侦察作业。但是空军坚持保留那些让堪培拉更重、巡航高度更低的改动。

莱格霍恩在1953年退役。他在赖特-帕特森空军基地的继任者接受了他的空中侦察理念，继续开发更轻、更高的解决方案。他们找到了洛克希德飞机公司的著名工程师凯利·约翰逊（全名Clarence L. “Kelly” Johnson）和他的臭鼬工厂（Skunk Works），他们是一群激进的飞机设计师，创造了20世纪最杰出的一些作品。臭鼬工厂的代表作品包括双机身P38闪电战机（P-38 Lighting）和F-104——第一款速度达到两倍音速的战斗机。这个团队开始了理想间谍飞机的研发工作。

约翰逊及其团队从1954年开始这项工作。他们从F-104战斗机的机身开始，给它加上了常见于无动力滑翔机的细长机翼。结果这种飞机非常难以操作，但是其巡航时间能够达到12个小时，高度可达7万英尺。他们预期在这个高度，苏联雷达无法检测到这种细长、脆弱的飞行器。

空军不想要这种样子古怪的飞行器，但是宝丽来即时摄影技术的发明者——总统顾问埃德温·兰德（Edwin Land）认可它的潜力。兰德说

服了艾森豪威尔总统支持这个计划。艾森豪威尔命令空军为这种飞行器的研发提供技术支持，但是项目要在CIA的控制下运行。“我想让它成为民用设施，”艾森豪威尔说，“如果美国军人飞越苏联领空，那就是法律意义上的战争行为，我一点也不想发起战争。”为避免新飞机暴露其真实目的，它被赋予了一个与军事毫无关联的名字——U-2，U是“多功能”（utility）的缩写。

1956年7月4日，CIA的飞行员赫维·斯托克曼（Hervey Stockman）驾驶U-2进入苏联领空，这是U-2的首次侵入飞行。他在东柏林高度飙升，然后进入波兰，接着来到俄罗斯，这条航线经过了明斯克和列宁格勒——今天的圣彼得堡。飞机的表现完美无瑕，只是不够隐秘。斯托克曼惊讶地看到苏联战斗机从下方的空军基地起飞，徒劳地提升高度，试图把他打下来。这些战斗机全都失败了。无论如何，这种状况很好地解决了U-2隐匿性不足的问题。俄国人打不到这种飞机，但是他们无疑能找到它。

在6天里，美国就向苏联派了4架次U-2，只在苏联提出正式抗议后有所收敛。然而这短短几天收集到的照片看上去已经证实了危机确实存在。

两年前，俄国人已经炫耀过了他们的新型远程轰炸机“野牛”（Bison）[\[1\]](#)，这种飞机表现出了足以向美国城市投掷核弹的能力。从那以后，CIA和空军方面就急于弄清楚苏联究竟有多少架这种飞机。到1956年，空军估计俄国人拥有100架左右“野牛”，足以对美国发动毁灭性的打击。

U-2的侦察飞行带来的照片却讲述了另一个故事。U-2拍下了苏联9个主要空军基地的照片。那儿没有伪装，所有东西都放在露天里，连将核弹装上飞机弹仓的装载池都一览无遗。那些轰炸机里面一架“野牛”都没有。

CIA的分析人员意识到“野牛”就是个纸老虎。苏联造了一两架原型机，但是并没有进行量产。偷袭的威胁突然就这样戏剧化地消散了。美国可以无视苏联轰炸机的武力威胁了，浪费在防御措施上的大笔预算也能用到更合适的地方。

几年后，艾森豪威尔在回忆录中写道：“也许好消息和坏消息，也就是苏联有什么和没什么同等重要。U-2带来的情报剥夺了赫鲁晓夫最

有力的武器——国际勒索。他利用的是自由世界对苏联的情报缺乏和由此而来的恐惧。”总统科学顾问詹姆斯·基利安（James Killian）认为，U-2收集到的情报为美国节省了数十亿美元的国防支出。

尽管U-2所拍的照片价值巨大，但获取这些情报要冒的风险仍让艾森豪威尔发愁。如果苏联派遣间谍飞机入侵美国领空，他就能理直气壮地下达命令击落它们，这对苏联来说也是一样。在余下的任期中，艾森豪威尔非常谨慎，只有在可能获取最有价值的情报时，才会派遣飞机入侵苏联领空。例如，1959年7月9日的代号“着陆”（Touchdown）行动首次拍下了几个铀矿和钚矿的照片，这些矿物是制造核武器必需的。

同年9月，苏联最高领导人尼基塔·赫鲁晓夫在总统度假地戴维营访问了艾森豪威尔。这是一次相对友好的访问，暗示了外交关系的缓和。赫鲁晓夫绝口不提U-2的入侵，艾森豪威尔由此推断苏联已经默许这些行动了。也许他们意识到让美国偷偷看一眼铁幕背后有助于降低战争爆发的风险。实际上，赫鲁晓夫告诉他的儿子谢廖加，当时就算他仅仅是抱怨一下U-2的事，艾森豪威尔都会察觉到苏联的虚弱和无能为力。赫鲁晓夫决心用更果断的措施解决此事。

他确实这样做了，不到一年后，最后一架U-2在苏联领空迎来了它不体面的落幕。弗朗西斯·加里·鲍尔斯的最后一程是美国侵入苏联领空的最后一次照相侦察行动。假如没有U-2，苏联的军事行动对美国来说就是隐形的，美国受到突袭的风险也会因此倍增，而美国对并不存在的威胁反应过激的风险也同样会增加。

然而窥视苏联的一扇窗关上了，他们就再开一扇。回到1946年，道格拉斯飞行器公司（Douglas Aircraft Co.）的智囊团“兰德计划”（Project RAND）发布了一项研究，预测美国将能在1951年把人造卫星送上轨道，所需资金约为1.5亿美元。报告的作者认为，这笔钱会花得非常值。“装备了合适仪器的人造卫星是20世纪最有效的科研工具，”这项研究称，“美国的人造卫星将点燃人类的想象力。其造成的影响力将不下于原子弹的爆炸。”尽管该研究将注意力集中在卫星的科技挑战而非军事应用上，但仍然简要地提到了卫星作为侦察平台，可以用来测量轰炸的精确度，以及确认敌方目标所在位置的气象状况。

1951年，已经独立的兰德公司更进一步，在一项报告中，他们声称可以建造带有摄影机的人造卫星，从苏联头顶发送图像回美国。但这些

图像的质量恐怕不尽如人意。当时最好的视频技术也只能分辨出直径大于200英尺的目标。然而，报告指出这些相对粗糙的图像也能提供有价值的情报。更具体的报告发布于1954年，断定美国空军能够——也必须——建造一颗视频侦察卫星。报告还认为，到1960年整个系统可以就绪，耗资约1.65亿美元。空军同意了，在1956年成立了一个项目，来建造并发射这颗卫星。

有些艾森豪威尔政府的官员担心这颗卫星的法律含义。一个国家能否合法地发射卫星——军用间谍卫星——到经过另外一个国家领空的轨道上？而且政府给航天计划的优先度不高。即使1957年CIA警告说苏联可能已经准备要发射卫星，政府仍然漠不关心。国防部长查尔斯·威尔逊（Charles Wilson）说他不在乎俄国人会不会抢先发射卫星。

所以政府一点也不着急。1955年，政府宣布计划将要发射一颗科研卫星，这颗卫星是国际地球物理年（International Geophysical Year）计划的一部分，该科研计划有近70个国家参加，日程表从1957年中一直排到了1958年末。美国海军领导这个卫星项目，代号为“先锋”。政府希望这颗科研卫星能够成功发射，成为太空无国界的一个先例。与此同时，空军的间谍卫星计划暂时搁置了。

苏联在1957年10月发射的伴侣号治好了艾森豪威尔的自大病，同时也打消了他对触犯国际法的顾虑。苏联先行，道路通畅。伴侣号发射后，艾森豪威尔与助理国防部长唐纳德·夸尔斯（Donald Quarles）讨论了如何发射间谍卫星。

在这个时期，兰德公司已经厌倦了之前那个发送视频信号的计划。他们认为即使给卫星装备上最好的设备，它所能提供的画面质量也还是太低，几乎没什么用。但是还有别的办法——虽然很复杂，技术要求也很高，但确实可行。卫星可以使用一种特殊的胶片，这种胶片能够抵御太空中的低温与辐射。经相机处理，曝光过的胶片进入可与卫星分离的罐状容器。卫星收集到足够的照片后，就将罐子发射回地球以备回收。这些图像能够显示出直径最小40英尺的目标——清晰度也不算多高，但比先前的视频系统可清晰多了，对于辨认大型兵工厂和轰炸机与导弹这样的大型武器系统来说，已经完全够用。

1958年2月，美国政府在CIA的帮助下开始建造基于胶片的间谍卫星系统，当时的CIA还在运作U-2项目。对公众来说，这个人造卫星项

目名为“发现者”，目的是为了科学研究。而对CIA来说，它的名字是“科罗娜”，可能得名于CIA官员所钟爱的一个雪茄品牌。

当时苏联已经发射了两颗伴侣号系列卫星，而美国还一无所成。美国的第一颗卫星是先锋1号，发射于1958年3月17日，它仅有3磅，还没有一个保龄球重。间谍卫星比这要重得多。美国需要大得多的火箭助推器，才能带动这么重的载荷。他们还需要能适应严苛的太空环境的相机和胶片。此外，还要设计出一种再入式太空舱，将曝光后的胶片安全地带回地球。他们没有计算器或是个人电脑的帮助，只能靠笔、纸还有计算尺来完成这一切，而且必须要快。

1959年2月，发现者1号在加利福尼亚的范登堡空军基地（Vandenberg Air Force Base）发射。这将是首颗位于越极轨道的人造卫星，由北向南绕地球转动。这是侦察卫星的完美轨道，因为在地球自转时，它每次环绕都会经过地球上不同的地区。

第一颗发现者是一次试验，它并未搭载相机或胶片。在接下来的16个月中，CIA又发射了12颗发现者卫星，全部失败。有时候是因为火箭故障，卫星未能进入轨道。而更常见的问题是瞄准和发射再入式太空舱的复杂系统射偏了，那些胶片再也无法找到。这是个令人沮丧和精疲力竭的工作，但是已经没有回头路可走。艾森豪威尔极度渴望窥探苏联，他决心致力于推进这个计划。

他押对了宝。1960年8月科罗娜计划首次成功发射后，美国在1960年至1972年间发射了131颗科罗娜卫星。对于冷战中的美国军事决策者来说，它们拍摄的照片至关重要。

先前他们已经证实苏联并没有建造大量瞄准美国的核导弹。约翰·F.肯尼迪（John F.Kennedy）对于这个“导弹差距”（missile gap）的预告帮他在大选中击败了艾森豪威尔的副总统理查德·尼克松。这些卫星也给了军备控制条约更多可能性。定期经过的侦察卫星让美国领导人深具信心——俄国人没法偷偷违反条约。

冷战中，美国没有公开讨论过间谍卫星的使用，以免泄露其优秀的细节。然而俄国人无疑很了解它们。科罗娜计划首次成功发射后的几个月后，俄国最负盛名的将军——“二战”英雄格奥尔基·朱可夫（Georgi Zhukov）公开谴责了这种来自太空的间谍行为。到1963年，俄国人也有了自己的间谍卫星，双方的领导人都不再发表关于这个话题的言论。

科罗娜卫星也有其局限性——每颗卫星的寿命都很短，这是由其携带的胶片所限制的。早期的卫星只能分辨直径大于40英尺的目标。虽然分辨率随时间有所改善——后期的版本能够辨认只有3英尺大小的目标——那些照片还是会丢失一些关键细节。最糟的是，当决策者看到科罗娜卫星收集的照片时，已经过去了很多天。比方说，1967年一颗科罗娜卫星拍到苏联军队在捷克斯洛伐克的边界附近集结。当胶片回到地球，经过显影、分析，提交给约翰逊政府时，俄国人已经侵入了。

美国需要的是兰德公司最初的点子——通过电子设备采集图像，尔后将图像信号直接发送回地球的那种卫星。1976年以后，多亏了一项技术突破，这种卫星才成为可能，该技术日后获得了诺贝尔奖，重构了全球的工业。

1969年，贝尔实验室（Bell Labs）的两名科学家威廉·博伊尔（William Boyle）和乔治·史密斯（George Smith）正在研究计算机的电子存储设备。他们提出了“电荷耦合装置”（charged coupled device, CCD）的概念，这是一种新型硅芯片，表面覆有数千个微小的像素点。CCD上的每个像素都能记录一个光子，将其变成电荷。这些累积的电荷可以被转化为一串数字信号，表明每个像素上光的强度。计算机再将这些数字转换成图像。

在当时，很多人使用宝丽来相机照相，这种相机拍下的照片1分钟内就能看到，被称为“即时摄影”。而博伊尔和史密斯要将真正的瞬时显影献给世界——这种设备能够在照相后的一两秒内给出图像。

数码照片技术最后让宝丽来公司破了产。同样的命运也在等待着影像巨头伊士曼柯达公司（Eastman Kodak Co.），讽刺的是，正是柯达公司在1975年生产了世界上第一款商用数码相机。CCD和其后续技术在几乎所有的摄影操作中取代了胶片。高分辨率的即时成像技术现如今到处都是，特别便宜；高清照相机现在是无数手机的标配。

70年代中期，人们还没做好迎接数码影像技术的准备。然而从1960年就开始管理间谍卫星的美国国家侦察局（National Reconnaissance Office, NRO）却已经等不及了。有了CCD技术，再也不用等卫星的胶片罐装满，也没有了回收太空舱的风险，更无须冲印然后逐级传达。美国可以建造新的人造卫星，在拍照数分钟后就能将图像发回地球。这还算不上实时成像，因为数据经无线信道传输还需要一些时间，但已经相

当接近实时成像了。

1976年，第一颗应用了这种技术的卫星上天。这颗卫星有校车大小，名叫KH-11，即使经过了许多年的改进，它的基础设计还是没多大变化。其核心是一台巨大的反射望远镜，类似于美国国家航空航天局的哈勃太空望远镜。捕获到的图像聚焦于高分辨率的CCD装置上，经数字化，转发给支援卫星网络，再将这些数据发送到地球。

NRO没有提供关于KH-11画面质量的细节。但是经外部专家估计，这种卫星的最新版本KH-12，能够分辨直径仅有10厘米即4英寸大小的物体。

这样出色的精确度一点也不便宜。NRO并未公布这些卫星值多少钱，但是前密苏里州参议员基特·邦德（Kit Bond）在2009年给当时的国家情报局局长丹尼斯·布莱尔（Dennis Blair）去信抱怨说，这种卫星仅仅一颗就比海军最新的尼米兹级航空母舰还要贵，而这种战舰价值63.5亿美元。

由于高昂的价格，美国无法运营理想数量的卫星。因为覆盖范围不足，地球上的很多区域还在卫星的视野之外。而这些卫星之所以那么贵，是因为它需要超高光学清晰度的设计和大量额外的火箭燃料。有了额外的燃料，地面上的控制者就可以调整卫星的轨道，拍摄地球不同部分的影像。

但是在很多情况下，这些价值不菲的卫星并非唯一选择。对于卫星照片仅有的客户，也就是美国军事和情报部门来说同样如此。商用制图师、土地开发商、石油勘探公司和政府民生部门都为能够拍摄高质量航拍照片的公司提供了大量业务。类似的卫星照片服务也有了现成的市场。

美国并不愿意分享自己最高质量的卫星照片或是照片拍摄的技术，不过NASA早已在探索卫星照片的民用价值。发射于1960年的第一颗气象卫星泰罗斯1号（Tiros I）会拍摄云型照片，将之发回地球。泰罗斯1号使用了曾被CIA拒绝的视频技术，这种图像对间谍卫星来说太过模糊。只要看一眼泰罗斯1号拍的照片就能明白为什么：照片模糊不清，无法显示有军事价值的目标。但是对于分辨迫近的飓风来说，它已经完全够用了。NASA接连发射了一系列泰罗斯和雨云（Nimbus）卫星，持续改善画面质量。现在在役的静止环境观测气象卫星（Geostationary

Operational Environmental Satellites, GOES)能够分辨直径1千米大小的目标,足以在没有太多干扰的情况下观测天气形势。

1972年,美国发射了地球资源卫星(Earth Resources Technology Satellite, ERTS-1),这颗卫星的设计目的是拍摄地球的照片,为环境研究、土地使用管理和城市规划服务。这个概念在1965年被提出,但是遭到了情报部门的反对。作为气象卫星,ERTS-1拍摄的照片对科学家和公众开放。这种新型卫星使用了更好的成像技术,提供的分辨率可达80米即262英尺。这远远够不上军用级别,但是已经比公众此前能够获得的卫星照片清晰太多。

军事和情报部门的一些人试图阻止ERTS-1的发射。他们害怕这颗卫星拍摄的照片会暴露太多美国的卫星技术,从而帮助苏联找到伪装其行动的办法。而政府中的另外一些人坚持认为卫星的科研和商业价值大于它的风险。内务部公开宣称将要独立建造一颗这样的卫星以辅助管理国内的自然资源,希望通过这种方式迫使这个问题快点解决。即使内务部既无预算也无技术,民意仍然促使NASA最终开始了行动。

最后,ERTS-1更名为陆地卫星1号(Landsat 1),遂了支持者的愿,发射升空。其后40年间,Landsat系列卫星拍摄了数百万张地球表面的照片,全世界的科学家、商人和政府部门为这些照片买单,就连俄国人最后也成了主要客户之一。该系列最新的一颗卫星Landsat 7在1999年进入轨道。每16天,它就能拍下地球表面积四分之一的照片,分辨率能够达到15米即50英尺,跟早期的科罗娜间谍卫星差不多。

从早期开始,Landsat的支持者就希望卫星影像能投入商业运行。他们盼着私营企业会愿意花钱买这种照片,解决一部分项目经费,减少纳税人的负担。里根政府甚至尝试将Landsat系统私有化,但其所需的巨额经费和政治争端还是让此事不了了之。后来,NASA和美国地质调查局共同管理这个系统。GPS卫星网络出现后,美国政府放弃了让Landsat自负盈亏的想法。Landsat 7的每张照片曾标价600美元,而2009年以后,所有的Landsat照片全部免费。

其他的政府就没有这么慷慨了。20世纪80年代,法国政府在比利时和瑞典的航天研究部门的帮助下发射了自己的照相卫星。此外,法国还成立了视宝公司(SPOT Image),这是一家出售卫星照片的商业企业。1986年SPOT刚刚起步时,照片标价155美元以上。美国那时已经在卖

Landsat照片了，但是SPOT的策略不一样。法国卫星采用的技术类似于美国的KH-11系列，只是清晰度高得多，分辨率可达10米即33英尺——比较早的科罗娜卫星要好。这些照片足以用于军事目的，而任何人或是国家都可以用信用卡购买。

视宝公司让美国情报部门寒了心，但是后者没法阻止其他国家拍摄、售卖间谍照片。毕竟是美国的Landsat开了先河。此外，SPOT还为美国的情报部门带来了意想不到的好处，因为他们非常乐意把照片卖给CIA或是五角大楼。虽然美国的间谍卫星非常强大，但是数量太少，经常无法在合适的位置拍摄海外的重要行动。SPOT给了美国一双额外的眼睛。

SPOT在1991年的海湾战争中证明了它对于美国的价值。法国卫星和相对原始的Landsat拍摄的照片被用来为伊拉克和科威特的边远区域重测地图。照片还能在联军之间分享，因为和KH-11卫星的高清照片不同，SPOT和Landsat的照片不是机密资料。此外视宝公司同意不向伊拉克政府出售照片，确保了萨达姆·侯赛因（Saddam Hussein）在美国的“左勾拳（left hook）”行动之前不会得到预警。这次美军经由沙特阿拉伯发起的大举进攻，歼灭了科威特境内的伊拉克部队。

这场战争后，乔治·H.W.布什（George H.W.Bush）总统签署了一项法案，意在发展美国的商用卫星影像产业，保持美国的技术领先地位，并与SPOT这样的海外对手竞争。1992年，世界映像公司（Worldview Imaging）成为法案下第一个获得许可的公司，这家公司位于加利福尼亚的奥克兰，创始人是瓦尔特·斯科特（Walter Scott），劳伦斯利弗莫尔实验室（Lawrence Livermore Laboratories）的一位科学家，曾参与核导弹防御系统项目。

同时代的其他商用卫星照片企业多由雷神公司和洛克希德·马丁等大型国防合约商投资，而世界映像却从硅谷的风投资本那里获得了启动资金。电子设备的价格跳水让制造卫星变得相对便宜，在法国的商用航天公司发展的同时，美国和俄国也在发射更便宜的卫星。1997年，世界映像的第一颗卫星发射，发射火箭由苏联的一枚洲际导弹改造而成。这颗晨鸟1号卫星（Early Bird 1）可以分辨3米即10英尺大小的目标——如果发射后没有发生故障的话。

4年后，世界映像发射了更先进的快鸟卫星（QuickBird），这颗卫

星一直使用到了今天。快鸟卫星的分辨率可达60厘米即24英寸，对商业应用来说完全足够，还能胜任大多数的军事用途。其后，这家公司更名为数字地球（DigitalGlobe），又发射了两颗分辨率更高的卫星。

斯科特希望私营公司成为他的主要客户，但实际上数字地球的主要业务来自美国政府，从救灾规划到伊拉克战争与阿富汗战争都在其业务范围内。原因之一是数字地球的3颗卫星覆盖范围广，反应迅速。由于数字地球在11个国家建有地面基站，它的卫星几乎能够在20分钟内拍下并发送全球任意地点的照片。在全球45%的地区，可以做到实时拍摄。

数字地球虽然相当成功，但它也有一个势均力敌的对手——地球之眼公司（GeoEye）。这家总部位于弗吉尼亚的公司在1997年发射了第一颗卫星。2006年，地球之眼并购了另一家卫星公司Space Imaging，获得了这家公司的Ikonos卫星，这颗卫星发射于1999年，是第一颗分辨率达到1米即3英尺的商用卫星。地球之眼在那时还发射了另一颗分辨率为16英寸的卫星。与数字地球一样，地球之眼的主要资金也是来自于美国政府的订单。2012年年中，由于军费预算削减导致卫星图片采购量锐减，这两家公司宣布了合并计划。

在数字地球、地球之眼和视宝这三巨头，以及其他数百家航天图像公司的努力下，整个地球都已经被拍成了精度可观的照片。这些照片制成的高精度地图，为我们展现了前所未有的、细节化的世界。但是我们最近才知道，制图太重要，不能完全交给制图师。今天的互联网数字地图让业余制图师相比专业人员拥有了两项优势——人多势众，无处不在。

^[1] “野牛”即米亚-4战略轰炸机，在1954年“五一节”首次公开出现。——译者注

第8章 自制地图

直至最近，大名鼎鼎的朝鲜卫星图片上还几乎什么都没有。那是些夜间的图片，由气象卫星或专供出租的商用太空摄像头拍摄，网上现成的图片很多。在这些图片上，凭借其外围闪耀的灯光就可以认出哪是国界，周围多如繁星的灯光让几百英里长的国界线跃然显现。韩国、中国、日本和俄罗斯全都灯火通明，坐落在它们中间的是朝鲜，这个和印尼差不多大小的国家，则被淹没在一片黑暗之中。对比鲜明的图片全面反映出了朝鲜的极度贫困。

当然也有白天照的图片，可是这些土褐色的、光秃秃的照片没有多少内容，除了情报分析师或者是军事规划人员，几乎激不起其他任何人的想象力。2013年1月，情况发生了变化，互联网搜索公司谷歌，用一张逼真的新地图，将这个以神秘闻名的国度公之于众。地理爱好者可以从地图上读出首都平壤的大街名，可以清楚地看到巨大的国家领导人纪念碑矗立在那儿。他们甚至可以看到集中营——四个朝鲜的监狱，因其残忍而臭名昭著，无数人在那里受尽煎熬，直至送命。

朝鲜政府如偏执狂一般，不放弃自己的孤立处境，也不派大量的工人去绘制新的全国地图，与世界各国分享。新的细节图都是由市民自愿提供，他们将卫星图片与脱北者的目击实录结合起来，制作出新的朝鲜地图。不管隐居的朝鲜领导人愿不愿意，新的朝鲜地图正在重新绘制，作为现如今全球性事业的一部分，动员业余地图制作员来更新和完善我们的世界地图。

谷歌的尝试是建立在别人的工作之上的，在此之前，人们填补朝鲜的地图的空白已有多年了。例如，乔舒亚·斯坦顿（Joshua Stanton），他曾于1998年至2002年以一个美国陆军军事检察官的身份在韩国服役，现在在华盛顿当律师。令斯坦顿感到惊奇的是，他发现大部分韩国人对朝鲜侵犯人权的报道漠不关心或者是持怀疑态度。就算他们真的听到了这类事情，也认为纯属宣传而不予考虑。斯坦顿还感觉，像大赦国际（Amnesty International）之类的国际人权组织，也没有对这一问题引起重视，于是他决定做点这方面的事情。2004年，斯坦顿开通了一个博

客，名为“一个自由的朝鲜（One Free Korea）”，跟踪朝鲜践踏人权的行为。从2006年开始，他将卫星图片和难民报告结合，来确定朝鲜战俘集中营的位置，并在他的网站上展示这些图片。“找来找去，最全面的集中营地图，当属我网站上的那个了。”斯坦顿说。

还有一个长期关注朝鲜问题的观察员叫柯蒂斯·梅尔文（Curtis Melvin），他2007年就开始在他的朝鲜经济观察网站（North Korea Economy Watch）上发布朝鲜地图。梅尔文是乔治梅森大学（George Mason University）的一名经济学博士研究生，此人声称，谷歌地图上许多关于朝鲜的数据，都是以他2007年到2009年所做的数据为基础的。“我能认出来，因为他们现在还在上传一些错误数据，都是我那时发布的。”他说。

除了最狂热的朝鲜问题爱好者们，普通人并不熟悉斯坦顿和梅尔文。是谷歌公司的参与，才使全世界人民充分认识了这一堪比游击战的地理活动。自助式地图制作已不再是只有内行才懂的业余爱好。正如维基百科一样，许许多多的人不时为数字地图提交更正与补充信息，指引我们游遍全球。与此同时，一个由全球业余地图制作者组成的网络，正在从零开始制作一套完整的全球地图，进展相当顺利。遇到自然灾害或者是人为引起的灾难时，现场急救员等一些积极分子总会配备新的数字助手宝库，他们携带着升级到最新版的危险区地图，引起了世界人民的关注。这些业余地图师中，只有极少数人拥有地理学学位，大多数人还不会操作平板绘图仪或测量经纬仪，更别提靠绘制地图维生。然而，有了新的数字工具，他们可以在地图上留下自己的印记。

其实，我们很多人每天在这样做，只是还没有意识到。你口袋里的智能手机知道你在哪儿，并且不断地播送你的方位信息，这一切都归功于GPS。有一百部这样的手机躺在州际公路上奔驰的汽车里，运用这一百部手机的方位数据，苹果公司、谷歌公司和其他的软件供应商，就可以在早高峰时生成一幅精确度非常高的交通地图。通过千百万个用户，就可以绘就全美交通图，或者全世界各大城市的交通图。同时，每部手机的Wi-Fi芯片搜索着附近的无线热点，通过GPS确定方位。只要数量足够多，其结果就是一幅Wi-Fi地图，只要是GPS信号可以到达的地方，它就可以指引旅客们穿梭于城市里的摩天大楼之间。

今天，人海地图和重新绘制的全球地图，正一点一点不断地更新和

提高我们的世界观，这种巨大的转变之所以成为可能，还得归功于数字计算。对于我们大多数人来说，地图就是印在纸上的一幅图，或者是显示在屏幕上的一幅图。然而，图片传递信息的能力无可比拟，看一眼就能获得大量的信息，正是它的这种能力蒙蔽了我们的双眼，让我们忽视了其本质。说到底，地图就是一个数据库——信息的直观描述以电子表格的形式呈现，效果同样不错。

这种比喻有点透过现象看本质的味道。几个世纪以前，人们就对地理有一个数字的概念，知道地球上的每一个点都可以用经纬度来描述。比如说埃菲尔铁塔位于法国巴黎，更具体一点就是北纬48.8584度，东经22.946度。同样，每个人、每个地方，甚至是地球上的一切，都有自己的坐标。除此之外，地图上的每一个对象都包含着重要的意义，也都可以用数字来描述。某个城市的某一片区拥有10万人口，平均年龄42岁，居民中32%为黑人，38%为西班牙裔，30%为白人。很可能53%的人车龄不足5年，40%的人车龄超过5年，7%的人根本没有车。

由于这些特征属于某一特定地区的人群，现在你就可以绘制一幅那一地区的地图，以数据的形式反映人种与种族的构成、居民的年龄、机动车的使用状况等。参照这一地图，城市规划师就可以更好地决策，决定投入多少钱来援助年长的市民，或者是判断升级道路、购买新的公交车充实公交系统，能否提升效率。政治家使用这幅地图，可以有依有据地估算，如何才能最大限度地赢得该地区的选票。

这种将地理信息与同一地区各种有关人文、自然或事物的数据相结合的图片，就叫作主题地图。人类制作这样的地图已有好几个世纪的历史了，其原因不言自明——主题地图可以让你对一个地区一目了然。

要制作一幅主题地图，必须从一幅相当精确的地理地图入手，在地理地图上再盖一层与地理相关的数据，这些反映局部世界的真实数据，与特定的地区相关。例如，对于坐着帆船四处周游的人来说，风向是至关重要的数据。著名的天文学家埃德蒙·哈雷（Edmond Halley）收集了大量测量风的数据，数据采集于各大洋不同的方位，然后誊到地图上。

17世纪，欧洲的学者们知晓了收集、整理数据的价值，开始整理各种类型的数据。随着他们的数据库不断丰富，地理意义变得更加精确，地图制作师们选取与地理相关的有价值的信息，一层一层绘制到越来越多的地图上。德国的地图制作人奥古斯特·克罗默（August Crome），于

18世纪后半叶创作了一幅欧洲经济地图，标明了欧洲的主要工业品产地。1798年，一位名叫瓦伦丁·西曼（Valentine Seaman）的内科医生，创作了很可能是第一幅描述一种病的发病率及其传播的地图——应该是黄热病，因为当时在下曼哈顿区黄热病呈蔓延之势。1801年，第一幅较大的地质学地图问世，即英格兰及威尔士地质学地图。1854年，英国的内科医生约翰·斯诺（John Snow），因为他的伦敦霍乱爆发图，在全国范围内家喻户晓。通过把受害家庭及其附近的饮用水源制成地图，斯诺证实了霍乱病是通过一口公用水井的水传播的，水井被人类排泄的废物所污染。

没有一个人对主题地图的价值表示怀疑，只是它们的花费不菲。制作一幅主题地图需要几个月甚至几年的努力，才能把所需的数据整理出来，并准确地放到地图上，多数人会打退堂鼓的。把多种主题汇集到一幅地图上就更难了。人们为了一些特殊的目的创作出多种多样主题地图，但是付出的辛苦太多了，并且总是受限不能发挥出其全部潜能。

20世纪60年代，随着数字计算机成为一项可行的技术，情况发生了改变。罗杰·汤姆林森（Roger Tomlinson）是一位移居加拿大的英国地理学家，由于政府官员们迫切要制作第一幅完整的储量地图，来了解全国的自然资源储量，于是和他取得了联系。他们的目标是绘制一套覆盖100万平方英里土地的地图，要在地图上显示耕地、森林和野生动植物的生息环境。可是，手工制作这样的地图需要500个熟练的地理学者工作3年的时间。

汤姆林森突然想到，所有相关的信息都可以以数字的形式储存到一个数据库，正如地图的地理信息一般。一套数字代表麦地，另一套数字代表松林。将资源代码与相应的经纬度数据联系起来，你就可以将你的加拿大地图建入计算机的内存。这样一幅地图就可以随用户的需要而定制。如果有人想要一幅英属哥伦比亚的原始森林主题地图，计算机只需将必要的数据组合在一起，打印成地图即可。如果有人要研究那一地区的水路，计算机就会提取一幅不显示森林、只显示湖泊与河流的地图。

加拿大的官员们签收了汤姆林森的这一计划，它后来成为了首个用电脑处理的“地理信息系统”，简称GIS。这么好的想法一定会推而广之，哈佛大学的计算机图形处理实验室正于60年代中期创作自己的GIS软件。一个程序专业的大学毕业生杰克·丹杰蒙德正在准备创办ESRI公

司，一个主要销售GIS软件的商业零售商。

几乎就在同时，美国人口统计局认识到，利用经计算机处理的街道及建筑地图，未来的人口统计速度将大幅加快，费用大幅降低。于是人口统计局开发出了DIME，也就是用数字来代表占美国人口60%的276个人口密集区。这个数据库于20世纪80年代进行了显著的升级。后来人口统计局和地质测绘局开发出了TIGER，TIGER是一款全美数字地图，包含上千个县市和几十万条街道与房屋的精确位置数据。TIGER属于公共版权，因此任何地图制作者都可以使用它的数据，在此基础上自制美国地图——几乎每一个地图制作者都用过。

在众多的地图制作者中，有一个公司叫GeoSystems Global of Lancaster，位于宾夕法尼亚州。这个从芝加哥印刷公司R.R.Donnelly公司独立出来的公司，从19世纪80年代开始就一直使用GIS技术，专门为企业印制主题地图。到20世纪90年代，GeoSystems公司也像Delorme、MapInfo公司和令人尊重的地图公司Rand McNally一样，发布了许多地图，以数字的形式刻录在光盘上。然而，GeoSystems公司比它的竞争对手们抢先一步，将GIS与新的全球计算机网——互联网结合，制作出了一种全新的地图。

那时候，纽约市的一个居民如果想从他在黑人居住区的公寓去皇后区的一个朋友家，他可以先在薄薄的纸质地图或笨重的道路图上，用铅笔描画一下线路，或者眯起眼睛仔细查看密密麻麻的手写说明。相比之下，GeoSystems的GIS软件可以制作一幅纽约市的街道地图，添加与地理相关的数据到起点与终点，计算出两点之间的最短路线，几秒钟后就将结果展示出来。出行的人可以将结果打印出来，然后上路。

GeoSystems把它们这套基于互联网的服务叫作MapQuest。于1996年发布后不出几个月，就吸引了成千上万的用户，成为早期人们最喜爱的网站之一。GeoSystems靠在网站上刊登广告来创收，也向其商业用户出售高级MapQuest服务。非商业用户也可以获取所有他们想要的地图，几秒钟就可以生成，而且还是免费的。2000年，美国在线（AOL），那时美国的一个主要互联网服务提供商，以11亿美元的价格收购了MapQuest。

包括微软在内的好几个公司，纷纷发布了类似于MapQuest的服务，但没有一家像谷歌那样取得了成功。2004年，谷歌公司收购了澳大利亚

一家专门从事地图制作的创业公司，公司的名称是W here 2 Technologies。谷歌轻松将W here 2 Technologies公司的天才雇员招至麾下，特别是公司的创立者，来自丹麦的拉尔斯和延斯·拉斯马森兄弟（Lars and Jens Rasmussen）。在谷歌公司充足的资金支持下，拉斯马森兄弟把他们原先的产品嵌入了谷歌地图，成为一项杰出的在线地图服务，超过了美国在线的MapQuest，成为互联网领域最受人喜欢的地理服务。

要想了解谷歌地图的强大之处，访问它的网站是没有用的，要去访问像热布卡（Zipcar）之类的公司，热布卡公司运用谷歌地图显示其车辆的位置信息，便于管理。或者去看看网上无数的个人网站和博客，人们用谷歌地图把自己的家、最喜欢的度假地和教会野餐地连接到了网上。

谷歌公司并不满足于把所有的地理信息免费公布到其网站上，而是扩展其通道，让其他成千上万的网站，通过一款名为谷歌地图应用程序接口（Google Maps Application Programming Interface, API）的软件与其连接。谷歌地图免费向网站开发者开放，相当数量的许可代码进入了谷歌的地图服务器。网站开发者可以使用API生成一个“mashup”——也就是把两个或者多个网站的数字数据合并成一个新的、实用的网站。地图就是这项工作理想的原材料——“它在哪儿？”是人类最喜欢问的问题之一。有了谷歌地图的API，一个网站就很容易把嵌入式地图纳入其中，不论你想去公司总部、最近的分支机构还是两周后将要举行婚礼的教堂，它都可以为你指明道路。

网站开发人员纷纷迷上了谷歌的这项服务。2012年，谷歌公司估计有80万个网站在利用谷歌地图的API。虽然大多数人还分不清API与猿（ape），但这些人注意到了一些做得不错的地图出现在众多他们所喜爱的网站上，每个网站都突出显示了谷歌品牌，这是最有效的广告方式。一般情况下，只有访问MapQuest网站时，才会看到MapQuest地图。谷歌的地图则随处可见，慢慢地谷歌地图从MapQuest那儿分得了一部分市场份额。到2012年4月时，谷歌地图成为美国最大的在线旅游网站，仅当月访问量就达790万人次。MapQuest远远落后于谷歌列第二位，其总访问量是2 950万次。

地球依旧在自转，谷歌地图的发布丝毫没有将其改变——在谷歌诞

生之前，一直是由MapQuest提供互联网地图服务。谷歌公司成立后不出几个月，就发布了第二款地理产品：谷歌地球。

这第二款产品的灵感几年前就在硅图公司（Silicon Graphics Inc.）的实验室里产生了。今天，人们只知道SGI以成功地生产出了制作逼真3D图片的计算机而著称。这种3D不是你在电影院戴上浓黑的墨镜看的那种，这种3D图片好像要从电脑屏幕上跳出来似的。SGI主要从事3D制作，就像你在一些好的电脑游戏中看到的那种。图片本身并没有跳出屏幕，只是我们人进入了一个视觉场景，由那里的物体来控制深度与广度。现如今，我们的家用电脑和游戏控制器就可以显示这样的图片，不是什么难事。然而，在20世纪80年代和90年代的大部分时间里，几乎所有的计算机图形都是平贴在电脑屏幕上的，是一些死板的二维图片。

SGI的工程师们为此做了大量的工作，是他们的努力使公司成为了明星公司。1991年拍摄的电影《终结者2》中可以变形的液态金属机器人杀手，和1993年拍摄的电影《侏罗纪公园》中让人信以为真的恐龙，都是由SGI的机器制作的。SGI的好日子慢慢过去了，没过几年，价格低廉的家用电脑就和公司昂贵的工作站一样强大了。可是，菲尔·凯斯林（Phil Keslin）、近井·奥哈扎玛（Chikai Ohazama）和马克·奥班（Mark Aubin），SGI的工程师三人组很快转而致力于研发一款消费产品，这款产品要求具有同类型的图形处理能力。

最新的SGI计算机可以生成会动的3D图片，为了展现这一非凡的能力，三人一直在找寻一种最能说明问题的方式。最终，他们制作了一套演示程序，向大家展示了一张从太空中拍摄的地球图片。展示从上帝之眼的视角开始，镜头逐渐下移，离地球越来越近。这些取自商用卫星和航拍照片的图片稳步放大，逐步靠近地球，目标对准了阿尔卑斯山脉的马特洪峰，地面上是一台任天堂游戏控制器。镜头还在拉近，进入了游戏控制器的内部，一直到SGI公司设计的图形芯片。然后，整个过程又倒过来演示了一遍，镜头再次拉远，越来越高，最后回到太空当中。

那些看过演示的人无不对此惊叹不已，但它究竟可以用来干什么？对于凯斯林、奥哈扎玛和奥班来说，答案就在于其非凡的能力能够实时反映不断变化的地球全貌，还能拉近镜头近距离观察。他们甚至还有更疯狂的想法：能不能让人也像软件程序一样观察世界？三位SGI的工程师把阿维·巴尔-泽埃夫（Avi Bar-Zeev）也吸纳进组里，阿维是迪士尼公

司开发虚拟现实软件的老设计师，四人一起围绕他们的想法开始创业。

他们的奋斗引起了约翰·汉克（John Hanke）的注意。约翰·汉克是一位自学成才的电脑程序员，曾在美国驻缅甸的驻外事务处服役过一段时间。汉克在得克萨斯大学修得文科学位，在加利福尼亚大学伯克利分校取得了MBA学位，掌握了开创新事业的诀窍。1996年，汉克和几个同学一起开了个公司，运用复杂的3D图形制作了一款基于互联网的冒险游戏，为后来广受欢迎的游戏《魔兽世界》（World of Warcraft）开创了先河。后来汉克把公司给卖了，于1998年又开了一家在线游戏公司，2000年又把这家公司也卖了。

汉克当时正准备再创办一家新企业，看了SGI的演示后，获悉演示程序的制作者们打算创办一家新公司，他便迫不及待抓住了此机会。汉克和他的新伙伴们于2001年成立了Keyhole有限责任公司，以美国政府的系列间谍卫星KH的代码而命名。Keyhole公司的启动资金有部分来自风险投资公司In-Q-Tel，这家风险投资公司是中央情报局为了资助企业利用其产品服务于国防而建立起来的。然而，“起步时总是很艰难，”汉克说，“因为作为一个初创的小企业，我们还没有资格放飞我们自己的飞机，发射我们自己的卫星。”不过公司尽自己的财力从各种渠道搜集了大量的航拍图片和卫星图片。

经过不懈的努力，一款名为EarthViewer的程序诞生了，用户能够观看动态的地球图片在电脑屏幕上流畅地滚动，就像在看大片。图片是真实的图片，拍自太空或者是飞机上，这些照片向人们揭示了下边地球上的许多细微之处，有陆地，也有建筑物，有时还有地球上的人们。

企业及政府机构使用EarthViewer的年费是599美元，普通消费者可以购买简化版，价格大约是80美元。然而，Keyhole公司最有影响力的客户是规模较大的电视网。在美国去伊拉克参战时，只要你打开电视机，看到的全是来自EarthViewer的战争场面图片。

这些令人叹为观止的图片打动了许许多多的人，其中就有谷歌公司的领导们，他们于2004年收购了Keyhole公司，马上把EarthViewer简化版的价格大幅削减为30美元。这家搜索公司的最终目标，是把在线航拍地图的价格降为零，谷歌公司还决定进一步提升EarthViewer的质量。在资金匮乏的初期，Keyhole公司把资金主要投向价格高昂的高分辨率图片，美国等部分地区使用高分辨率图片，其他地区则使用低分辨率图

片。谷歌公司的联合创始人塞奇·布林（Sergei Brin）则对此不能认同。“塞奇的反应是，我不明白为什么我们要自己限制自己，”汉克回忆道，“我真的认为我们应该统统使用高分辨率图片，我们应该覆盖全世界。”

从那时起，谷歌公司花费了相当长的时间来锐化图片。例如，2008年，公司帮忙筹措资金，发射了一颗新的照相勘测卫星，由商业卫星公司地球之眼来执行。这颗卫星能够拍摄小到1.5英尺大小的物体，如此清晰的图片让美国军方和情报系统成为了其主要客户。这些图片也使谷歌的地图得到了大幅改进，不过只有谷歌的地图得到了改进。谷歌的现金注入换取了独家使用卫星图片进行地图制作的权利。MapQuest和微软等公司只能到别处去购买照片。

2005年4月，就在谷歌地图发布后的两个月，谷歌公司就把Keyhole公司的卫星图片和航拍图片添加到其服务之中。搜索用户也不再受制于老式道路缩略图和路标，只需轻轻一点“卫星”图标，谷歌立即展示这一地区的鸟瞰照片，照片由航拍图片砌合在一起，与下层的地图完全吻合。

将地球的航拍图片用于在线服务，这并不是第一次。微软公司的TerraServer项目于1998年就开始出售由俄罗斯卫星拍摄的图片。可是在TerraServer提供静态图片的同时，谷歌地图已经在全面探索21世纪的台式电脑和宽带互联网的强大之处。用户可以放大镜头，近距离观察目标，或者是将镜头拉回来，观看更大的范围，还可以向东南西北任意方向滑动图片。这些图片在屏幕上的滑动都是一闪而过，就好像是计算机真的在地球上空滑翔。那时候没有哪一个在线地图服务可以与之匹敌。而且谷歌地图所提供的这些非同寻常的服务都是免费的。

两个月之后，谷歌公司又发布了一款改进版的Keyhole Earth-Viewer供用户免费下载，并且更名为谷歌地球。这次的软件是一个地球的三维模型，由数十万张航拍照片和卫星照片组成，运行在用户的电脑上而不是网上。用户同样能够将图片放大和缩小，甚至可以旋转图片，但这一次他好像把整个世界握在了手心里。

并不是人人都为之惊叹。巴里·迪勒（Barry Diller）——一个为福克斯（Fox）和美国电视网的建设出过力、领导过在线搜索服务Ask.com的传媒巨头，认为谷歌地球只不过是耍了一个小花招。“从那么高的高

度，看到你家的房子和其他建筑就像牙签一般，那又能怎样？”他问。

实际上，只有迪勒一个人持怀疑态度。自谷歌地球发布以来，下载量已经超过了10亿次，其视觉吸引力实在令人难以抵御。用户不仅可以从太空中观看自己家的房子，还可以观看大峡谷、帕特农神庙和中国的万里长城——想看哪个地方就可以看哪个地方，简直就是栩栩如生、活灵活现。

另外，谷歌地球还允许用户自定义地图，定制自己喜欢的地方或项目。汉克的团队开发出了Keyhole标识语言（Keyhole Markup Language, KML），这是一套简单的代码，用来突出显示谷歌地球和谷歌地图上的一些位置和物体。KML听起来非常非常像HTML，都是制作网页的标准语言，这并非巧合，它们在结构上和语法上十分相近。而且和HTML一样，KML也简单易用。一个小孩子只要学会了必需的HTML语言，就完全可以制作出一个像样的网站来，同样，谁都可以运用KML语言拼凑出一幅简单的谷歌地图。你甚至连语言都不用学，谷歌已经制作了一些自动化工具，制作地图的过程简单到只需拖动鼠标指针，点击按钮。通过这一系列动作，最终生成一个KML文件，用户可以将其保存，也可以分享给朋友们、同事们。KML用户甚至还可以制作一部像电影一样的短片，自动在屏幕上作横向滚动，让你的眼睛跟着去旅行，再加上音乐声轨就更完善了。

运用KML，学童也可以制作谷歌地球覆盖地图，显示春假期间在劳德代尔堡市（Fort Lauderdale）举行聚会的好地方；参加过越战或伊拉克战争的老兵，可以标出他战斗过的地方；研究民权运动的历史学家可以制作一幅重大斗争事件的游览图。运用他们手中那简单的工具添加新的地标，谷歌地球和谷歌地图为新式地图的制作奠定了基础——快速的、简单的制图手段将有助于解决争端，挽救生命。

天灾人祸过后，紧接着一个国家的地图就得重新绘制，拖延不得。在军事危机发生的过程中，像2011年推翻利比亚独裁者穆阿迈尔·卡扎菲（Muammar Gaddafi）时，外国政府和救援机构需要升级到最新的地图来跟踪了解难民的动向。飓风或地震过后，建筑物倒塌，道路严重毁坏，这一地区现有的地图通常是没有用的。救援人员多数对这一地区不熟悉，迫切需要准确的地图能及时赶到。

制作此类地图的活动被人们称为“危机地图制作”，直到最近它依然

是政府和资金雄厚的国际组织的地盘。例如，2003年起联合国开始执行卫星应用服务项目（UNOSAT），研发人道主义快速制图服务，这一机构主要向全球各地因自然灾害或军事冲突而遭受严重破坏的地区，派遣地图制作专家小组。这个机构在重新绘制地图的艰苦斗争中，要用到大量价格昂贵的资源，包括商用卫星图片和无人机拍摄到的照片。到2012年，联合国的这一服务项目所生成的危机地图，已被运用到200多起紧急情况当中，包括利比亚危机和2011年日本地震和海啸。

另一个危机地图的主要来源是英国的救助组织MapAction，该组织使用一个小型的数据中心，中心拥有高端的地图制作软件。计算机经过专门改装，重量轻，性能高；打印机能迅速打出上百张纸质地图，供现场急救员使用。MapAction接手的第一项救灾任务是在2004年的12月，那一次组员们被派到了亚洲，应对致使23万人丧生的印度洋地震和海啸。从那以后，这个机构已经对十几次危机作出响应，涉及范围很广，从中国的地震到菲律宾的台风。

虽然这些服务所起的作用至关重要，但他们只依靠专业人士，影响实在有限。一队技术高超的地图制作者，用不了几天就可以完成一大堆任务。但是，也许遍布各地的业余选手能完成的更多。

2003年，帕特里克·迈耶那时还是哥伦比亚大学国际争端解决中心（Center for International Conflict Resolution）的一位研究员，他建议将可及时升级的地图作为强有力的工具来为和平解决地区争端服务，正如非洲之角问题一样。救助人员、警察或者军队士兵可以把发生的暴力事件报告中心办公室。事件所发生的地点作为新的层添加到地图上，出事的准确地点一目了然。将所有事件都标在地图上，维和人员一眼就可以认出哪里是最危险的热点地区，从而迅速作出反应，合理配置兵力。

针对这一系统，迈耶设计了一个基本界面，但他的计划没有奏效。他既缺钱又缺工具，现有的地理程序不是太贵就是太复杂，他所需要的软件必须既便宜又简单。

迈耶盼望已久的工具包终于在2008年逐步凑齐，正值东非肯尼亚大选激烈争夺的余波尚未平息之际。在为时两个月的暴动与种族暴力活动中，多达1 300人丧生。肯尼亚律师奥瑞·奥克洛（Ory Okolloh）被暴力事件给吓破了胆，于是她在博客上发布了一条消息。“由于和解的进程已经在基层展开，事件的真相势必会水落石出，”她写道，“想找点活干

的伙计们——只要是有点技术的都行——谁愿意来做混合地图？利用谷歌地图，把发生暴力和破坏严重的地区做成地图。”

人们纷纷响应，其中有一人叫埃里克·赫斯曼（Erik Hersman）。此人生在美国，长在苏丹和肯尼亚，在奥克兰工作，做网站顾问。奥克洛的建议深深地吸引了赫斯曼这一终身的地图制作爱好者。而且，赫斯曼还认为将发生在肯尼亚的暴力事件形象化，是引起全世界人民关注的最好方法。“我们认识到了地图让我们理解事物的速度加快，比单单的信息列表直观。”

赫斯曼与一对移居国外的肯尼亚电脑程序员大卫·考比亚（David Kobia）和朱利安娜·罗蒂奇（Juliana Rotich）进行合作，两天后，他们设计了一个网站，从肯尼亚居民那里收集关于暴力事件的报道，然后将信息显示在地图上。有权使用联网电脑的信息提供者，可以键入包含城镇名称、日期与时间的报道。几分钟之内，报道就会出现在地图上。

这一小组把他们的新系统命名为Ushahidi——斯瓦里语的意思是“目击证据”。在肯尼亚危机余波尚未平息之际，哈佛大学肯尼迪政府学院（Kennedy School of Government）的一项研究表明，Ushahidi所提供的暴力事件实时信息，比其他任何媒体渠道的信息都要好。Ushahidi所收集的信息可以帮助肯尼亚居民避开危险区域，确保肯尼亚的政治领导人准确把握肯尼亚街头与乡下的真实态势，也改变了各国政府和联合国对危机严重性的认识。后来，Ushahidi进行了升级，可以接收手机短信，在发展中国家手机要比个人电脑普遍得多，便携得多。有了短信支持，灾难的目击者就可以在现场立即编辑短信了。

Ushahidi小组继续对软件进行升级，使其成为一套完备的系统，任何组织都可以用它进行实时报道，不断升级地图。帕特里克·迈耶早在2003年就在梦想这样一款使用简单、功能强大的地图制作工具，于是他加入了这个团队，主管危机地图的制作。自那时起，一些积极分子和救助组织使用Ushahidi跟踪了十几起事件，既有各种自然灾害，也有争夺异常激烈的印度大选和阿富汗大选。

也许Ushahidi最显著的成绩出现在2010年恐怖的海地地震过后。地震造成了30万人死亡，30万人受伤，100万人失去家园。全世界的救助机构纷纷火速派遣救援人员赶赴受灾岛屿，可是破坏实在是太严重了，当时这一国家的地图常常无法使用。迈耶号召志愿者们，根据新闻报道

的信息、幸存者的信息和地面救援人员的信息，运用Ushahidi快速编纂新的地震区地图。全世界的志愿者们组成了“危机救援营”，数千条求救请求经分类整理形成了信息集。海地的电信公司迅速开通一个专用号码，让人们向危机救援营发送短信，并通过当地的电台、电视台播放这一号码。由于40%的海地人拥有无线电话，危机救援营的志愿者很快就收到了上千条求救请求。

接收到的短信报告被分配给各组的工作人员，各组工作人员再进行总结，然后在地图上与相应的地点联结。侨居海外懂震区当地语言的海地人，应招翻译了大量短信，其余短信则由志愿者借助软件翻译成英文。翻译工作完毕后，下一步就是从短信中搜寻出街道名称和对地标建筑的描述，这样各项报道就可以添加到地图上了。这实在是一项令人沮丧的任务，因为在海地有许多地方没有街道铭牌，有一些地方又有好几个名字，再加上短信中存在拼写错误，志愿者只得根据意思进行猜测。

然而，志愿者们并没有气馁，因为乞求食物与医疗救助的哀伤短信不时鞭策着他们。志愿者们一共处理了1万多条短信，大多数短信从接收到翻译再到添加到地图上，前后用时不到两分钟，确保了救助工作者能几乎立即收到求助信息。另外，在危机期间，一大批救助机构也依靠Ushahidi地图及报告开展救助。美国海军陆战队和联邦紧急事务管理（Federal Emergency Management Agency）的官员们曾说过，地震刚结束的那段时间，Ushahidi所提供的数据是最合用的。

从海地灾难起，全世界各救助机构、各位政治活动家，都在使用Ushahidi地图为救灾助一臂之力。2010年，俄罗斯的消防志愿者使用它把野火的进程做成地图；路易斯安那州的环保人士制作了一幅Ushahidi地图，跟踪墨西哥湾漏油事件所造成的影响；2012年，热门网站《赫芬顿邮报》（Huffington Post）与Ushahidi合作，把美国总统大选期间选民的评论做成了地图。

有了Ushahidi这样的工具，我们人类的需求与关切，就能轻而易举地作为新的图层放在我们的世界地图上面，尤其地图本身就是易修改的数字文件格式。然而，抛开表面现象，这些地图终究还是被强大的机构所控制——政府，还有像谷歌这样的大公司，他们花费了上百万美元来建设庞大的地理数据库。

接下来，有了Ushahidi这种制作价格不算太贵的数字工具，有决心

的业余爱好者们就有可能重起炉灶绘制整个国家的地图了，制作属于每一个人的新地图。2004年，一个名叫史蒂夫·克斯特（Steve Coast）的英国软件企业家，想要把自定义的地图嵌入自己的网站。令他大吃一惊的是，制作地图的数据贵得离谱。

如果克斯特想要制作一幅美国地图，他可以免费从TIGER数据库下载信息，修改成合乎需要的形式。那是因为TIGER与大多数由美国政府创造的知识产权一样，属于公有领域，任何人都可以免费使用。在其他许多国家可就不是这样了，包括英国。英国的全国地图和地方地图，都是由地形测量局（Ordnance Survey）这家政府机构来筹办。地形测量局成立于18世纪，专门为英国军方提供地理数据，它制作的地图，在全球范围内丝毫不亚于其他任何地图。可是，其原始数据是受版权保护的，地形测量局靠向地图制作商出卖数据，可为英国政府的财政创收上百万英镑。

克斯特为此感到很愤慨。英国公民纳税支持地形测量局的工作，为什么使用测量局的数据库还得交钱？可是，克斯特的抱怨一点作用都不起，如果他想要使用地形测量局的地图，照样得付钱。

不行就制作自己的地图。克斯特认识到了手持GPS设备具有记录旅客行踪的功能。用户可以把他的行踪数据上传到电脑，与纸笔记录相结合，详细记录旅途中所遇到的街道、建筑、公园或者是各种公共纪念场所。这样一来，他就有了属于自己的精确行踪图，包括所到之处每一事物的精确位置。GPS设备和个人电脑使得这一过程变得如此简单，人人都可以做。

克斯特开始动手了，他制作了必需的软件工具，购置了GPS设备——那时的GPS设备价值好几百美元，个头比砖头还大——并且安装到笔记本电脑上，把这一套设备打包装进背包里，然后蹬着自行车上路，穿行在伦敦市中心的大街小巷。一点一点，小块的地图拼成了一个整体。

克斯特不光是在蹬他的自行车，蹬自行车的同时，还把他的思想传递给愿意听他讲的人。他给他的地图取名为开放式街道地图

（OpenStreetMap, OSM），是一场制作新式地图的运动，由志愿者来绘制，众人免费使用。而且，开放式街道地图不会止步于绘制新的英国地图，克斯特决定要让它覆盖全球。

那就意味着要寻求帮助，大量的帮助。即使参与者为他们的付出挣不到一分钱，克斯特也相信他们会勇往直前。“我认为我还年轻，还很天真无邪……”他说。克斯特为热心于地图事业的人士建立了一个互联网邮箱列表，他还创办了一个类似于维基百科的网站，一个自己动手的专业知识数据库，里面全是业余爱好者自己用到的地理知识。克斯特反复演讲，不仅去技术大会上讲，也去软件用户小组会议上讲，每两个星期还要去当地一家啤酒吧，一边开怀畅饮，一边大讲业余地图绘制的威力，一讲就是几个小时。

渐渐地，和克斯特一起干事业的不列颠小伙子数量不断增加。其中有好多人是受到了免费计算机操作系统Linux的激励。由于汇集了分散在全球各地的上千个志愿者，Linux系统一度被人嘲笑为专供业余人士使用的拼装软件。今天，世界上最大的公司都在使用它，许多政府机构也在使用它。他们还从维基百科那里得到了启示——维基百科是很不错的在线百科全书，由业余专家利用空余时间写作编纂而成。

以同样的方式，OSM将对所有人全面开放，供自由使用、下载或复制，甚至是以营利为目的的企业也可以不付版税就重新制作地图，用户只需标注OSM是源地图。如果他们对地图作了添加或是改进，将有义务把新数据与其他OSM用户分享。

一幅精确的伦敦地图一步一步成形了。同样重要的是，克斯特的思想迎合了别国人民的愿望，特别是地图数据被政府垄断的那些国家，也多少迎合了那些热衷于“到此一游”的爱好者，供他们在新地图上留下自己的标记。用户即使没有配备GPS装置或笔记本电脑这样昂贵的设备，也一样能有所贡献。一次，要对某一地区的基本道路网格进行地图绘制，志愿者们只带了铅笔和纸，漫步在这一区域做详细记录。这些技术不高的地图制作者，通过正确记录街道的名称和地标的名称，来尽自己的一分力量。

到2007年，全球大约有1.6万人在为OSM做贡献。当然，这个数字还远远不够。可到那个时候，英国的大部分地区地图已经绘制完毕，荷兰地图也基本就绪，北美的一部分地区和南非也基本绘制完成，然而，全球大部分地区依然是空白。可奋斗的脚步没有停，随着更多的志愿者加入，绘制的速度还在不断加快。

OSM在英国的成功，迫使英国政府重新考虑它的地图版权政策。

2007年下半年，地形测量局提供了一个新的应用程序界面，让用户在自己的网站制作自定义地图。2010年，英国政府作出了更大的让步，通过互联网进入绝大多数的OSM已不再需要付费了。

改变大受欢迎，此时为此而做出贡献的人也已遍布全球各大洲，OSM正全速滚滚向前。在世界上许多地方，OSM地图带来的好处不亚于谷歌的奉献。其中一个原因就是有商用搜索引擎雅虎的推波助澜。雅虎公司把自己的地图服务，包括卫星图片和航拍照片，全部捐献了出来，同意让OSM志愿者无偿使用它的卫星图片，引导他们绘制自己的地图。有了使用卫星图片的权利，OSM志愿者的工作速度大大提高，同时也吸引了一大批新人加入。到2013年上半年，全球有100万人申请成为OSM的注册用户，其中约有30万人为地图贡献了最新的数据。

2007年，美国在线MapQuest的一位高管说，OSM志愿者所做的贡献给他留下了很深的印象，但是他又说，他的公司还要继续向信誉良好的商业图资公司购买制作地图的数据——包括Tele Atlas，荷兰的一家图资公司，后来被一家车载GPS导航设备制造商TomTom公司收购；还有Navteq，一家芝加哥图资公司，现在为手机制造商诺基亚所有。

然而，到2010年，MapQuest的高管们逐渐改变了论调。那年，公司在英国发布了一项新的服务，用来显示OSM的图资数据。另外，MapQuest公司的母公司美国在线拨款100万美元，助其升级它的美国地图。从那以后，MapQuest引进了许多基于OSM的地图，包括大多数欧洲国家、日本、加拿大和美国地图。同年，OSM从谷歌最大的竞争对手之一——微软那里取得了支持。微软西雅图软件公司雇用了克斯特来管理其地图制作服务——Bing Maps，同时把Bing的卫星图片和航拍图片库逐步捐赠出来，以帮助OSM志愿者制作更好的地图。

不过，这些行动没有哪一个能对谷歌在线地图的统治地位构成实质性的威胁。谷歌的所作所为改变了政策的走向。2011年12月，这家大公司宣布，由于一些主要网站用户流量大，其应用程序接口不再免费使用。成千上万大大小小的网站都在使用应用程序接口，每天访客不足2.5万的网站才可以免费使用这项服务。从今往后，流量大的网站以2.5万人次为界限，每超1 000人次收费4美元。

谷歌公司的管理层也许以为，他们不费吹灰之力就找到了一个增加收入的好办法。可是，谷歌地图的一部分最大的商业用户，却不认同这

种想法，尤其他们得知OSM在美国的覆盖范围到2012年已足以替代谷歌地图。而且出于合同与惯例的考虑，OSM的地图一直是免费的。

突然间，OSM拥有了一批很有实力的新伙伴，比如说苹果公司。苹果公司一直在其iPhone手机上使用谷歌的地图服务，已有些年头了。但是，谷歌公司的智能手机操作系统安卓成为了苹果的竞争对手，两个公司为此翻了脸。苹果公司把谷歌地图赶出去，新开发出自己的地图产品。苹果地图从多种渠道获取信息，包括TomTom这样的商业机构，也使用OSM的数据。社交网站Foursquare为了帮助人们掌握朋友们的行踪，也把OSM地图嵌入了它的软件。在线百科全书维基百科在它的智能手机客户端应用软件也采用了OSM地图。

客户们纷纷逃离谷歌倒向了OSM，引起了谷歌的恐慌，急忙把提价调了回去。“虽然其地图应用程序接口对大多数网站是免费开放的，但是一些开发商担心存在隐性的花销.....”产品经理托尔·米切尔（Thor Mitchel）在公司的地理开发者博客上，发了这样一个帖子。谷歌公司把每千位用户4美元的价格降为50美分，这一决定也许止住了客户的进一步流失，可是，谷歌公司处理问题上的粗心，使得昔日鲜为人知的竞争对手声望大增。OSM虽小，但是其主要客户稳定有力，无疑OSM的实力是实实在在摆在那儿的。

从这一点来看，谷歌也早就认识到克斯特所考虑的事情。2008年，谷歌公司发布了一款任何人都可以修改和更正谷歌在线地图的软件——谷歌地图制作器（Google Map Maker），随着这款软件的发布，公司开始大力招募业余地图制作者。不得已，谷歌也开始采取众包的形式，把地图制作包了出去。到2008年，公司依旧只提供22个国家的地图和2000万千米的公路地图——相当于1 240万英里。听起来似乎也不少，但这仅仅是一小部分，还有相当多的工作需要做。

到2012年，谷歌地图覆盖了187个国家和4 200万千米的公路，即2600万英里。增加的数据中有许多是来自俄罗斯和中国这样的政府机构。而在非洲和中东，大多数升级来自使用谷歌地图制作器的志愿者。“确实，大的增长来自用户的贡献——确实是当地的专家帮我们摆脱了困境.....”谷歌的地理空间专家埃德·帕森斯说。例如，摩洛哥的卡萨布兰卡在2008年几乎是一片空白，因为摩洛哥政府不能为谷歌提供应有的地图。相反，其市里的居民利用业余时间独立完成了这一任务，分

文未取。

在卡萨布兰卡及其周围地区，谁的地图好谁受益，谷歌公司靠不断改进地图，出售地图的使用权获利，却不需要与人分享财富。谷歌牢牢掌控着其所有地图的版权，就连由用户贡献而生成的地图，不论整体还是部分，统统由谷歌掌控没有例外。谷歌靠地图制作获利，没有受到一丁点儿束缚，但是又不需要分给业余地图作者一分钱，虽然他们为改进地图而辛勤工作。相比之下，所有的OSM地图都以开放版权的形式出版，任何个人和企业都可以尽情复制、修改或者再利用OSM的产品，只需注明是OSM及其贡献者的功劳即可。

似乎没有人在意谷歌是不是赚了大钱，只要它能做出更好的地图。OSM的成功形成了良性的竞争，就像是为善意的争论提供了好的素材。究竟哪一种模式下产生的地图好，是谷歌的巨资商业运作，还是OSM未经培训的业余兵团？

谷歌由于资金充裕，还可以直接使用最新的、锐度最高的卫星图片，在质量上取得了全面领先，OSM暂时还无法与之比拟，加之，谷歌也学会了依靠好心的陌生人来打磨它的地图。世界很大，但也是由众多小地方组成的——十字路口、铁路交会点、露天市场和城市街区等。在这些地方，最好的地图制作者还是那些眼光敏锐、勤于思考、善于笔记的普通人。

第9章 签了个到

现在，几乎所有的智能手机应用都想要获取我们的一个信息——我们的经纬度。不管是正经的应用还是个打发时间的小玩意儿，不论是游戏、社交网络服务、电子烹饪书还是视频编辑程序，只要第一次打开应用，它总是会请求“使用你的位置信息”。平心而论，你不过是被请求提供自己的位置信息，但不是共享一次，而是随时——还可能会一直持续下去。这个请求让人心烦，但是绝大多数使用智能手机的人不太关心自己的隐私，很可能就按下了“OK”。按下按钮的那一刻，他们就“签到”了。

这个词起初是在社交网络应用Foursquare上火起来的，人们通过这个应用告诉朋友们自己去了最喜欢的餐馆、一家潮流夜店或是纽约肯尼迪机场的捷蓝（JetBlue）航站楼。使用Foursquare签到的用户约有3 000万人。据皮尤研究中心（Pew Research Center）的2012年互联网与美国生活项目（Internet&American Life Project）报告所述，美国3/4的智能手机持有者会使用手机搜索与自己位置有关的信息——驾驶方向、晚餐建议、最新天气情况还有距离最近的ATM。提供这些服务的公司必须首先知道手机的位置，而大部分的人很高兴地同意了。为了换取需要的信息和性价比，我们中的大多数人愿意签到。

早期互联网的提倡者宣称网络空间将与现实的距离和位置无关。在互联网上，没人知道你在丹佛还是丹麦，即使有人恰好知道你的位置，也什么事都不会发生。只要有台高端电脑，接上高速宽带，任何地方的任何人都能与最强大的跨国公司竞争，或是挑衅最专制的政府。1996年，曾为Grateful Dead乐队作词的约翰·佩里·巴洛（John Perry Barlow）在他著名的乌托邦式宣告中唱道：“我们这里是一个无所不在，又并不存在的世界，它不是躯壳的寓所……你们关于产权、表达、身份还有迁移的法律概念和条文与这儿无关。”

当然，互联网终究还是建立在现实世界之上的。它需要线缆与计算机组成的庞大网络，这些可都是真正的实体。互联网的运行还依赖有血有肉的人类，而每个人都在这个星球上有自己特定的位置。对于使用互

联网的几十亿人来说，同样如此。我们都在这儿——对每个人来说，“这儿”的具体位置可以用经度、纬度和海拔来定义。

另一方面，我们的位置还可以由互联网协议地址（Internet Protocol, IP）来确定。每台上网的设备都有一个IP地址，这串数字告诉互联网上的其他机器如何联络你的设备，发送e-mail信息、网页和推文。某些设备，如大公司里的服务器，有永久的“静态”IP。而占绝大多数的，数以亿计的个人电脑、平板电脑和手机都被分配了临时的“动态”IP。这意味着你的智能手机的IP地址每天都会变。看起来这简直是定位追踪的灾难，就像是某个用户每天都从纽约搬家到托皮卡再到巴吞鲁日。但其实没那么糟。标准网络诊断程序能够追踪任意两个互联网地址之间的数据流通。诊断测试还能显示出数据经过的路由器的IP地址和实际地址。追溯这条信息，就能大致明白它从哪儿来。

比如说，我正用来写书的这台计算机现在的IP地址是76.119.24.212。如果我把这行数字输入提供IP地址查找服务的网站，它就会告诉我，我正通过康卡斯特公司（Comcast）的一台位于马萨诸塞州昆西某处的服务器上网，定位可能具体到街道名。但是这一描述还不够详细，昆西可是有着9.2万的人口。计算机科学家还有其他的高级IP地址测试方法，可以进一步缩小我的位置范围到半英里左右。但是对于实际位置的粗略估计对很多销售人员来说已经非常够用了。你可能会注意到，在互联网浏览器里看到的广告经常就是几英里或几个街区外的商户。如果你到了另外的城市，广告会变成与新的位置相关。然而，待在美国浏览海外的网站，你还是会收到美国的广告，因为广告服务器从你的IP地址得知你还在海的这一边。

上网设备的便携化进一步加强了定位功能的重要性。家用上网设备的位置确实是有价值的信息，对于销售人员来说尤其宝贵。成功的营销人员不会试图将廉价的麦酒卖给住在波士顿灯塔山（Beacon Hill）[\[1\]](#)的人，那只是在浪费公司的资金。这种移动端的定位信息越来越受到重视。每时每刻，我们周围都有着一个巨大的信息矩阵。一旦我们开始移动，这些信息的价值及其关联信息也会随着我们的位置发生变化。例如，密歇根大道（Michigan Avenue）上一家精品店的手袋打折信息，可能会对几英里外芝加哥南边的海德公园（Hyde Park）的一名女士有一定的吸引力。而当她正好经过这家店时，手机通知她这条消息，那这买

卖就非做不可了。

在这位女士坐上车开往回家的路上，手机会密切关注她的行程。每一秒，手机的GPS芯片都会测量速度、方向和位置。它还会将这些数据上传到远程地图服务器。在她周围，不计其数的其他手机也在做同样的事。通过所有这些数据得出的结果，她的手机会显示出高峰期的拥堵程度，帮助她选择一条替代路径。

在精确得不可思议的导航功能的帮助下，我们漫步在城市中。在大多数情况下，我们并不需要这些功能，我们可能只是动身去工作、购物或是做礼拜。即便如此，我们的导航应用和其编写者还是想要知道我们在哪儿。

不管是走还是停，想要知道某人位置最容易的办法就是去问。比方说，像亚马逊（Amazon）这样的在线零售商知道你的地址，因为它需要把商品送到你家。这种最简单的定位方法永远不会过时。早期的移动广告商采用了同样的策略。在2000年，一家名为Vindigo的互联网公司开始为手机用户提供餐馆评议和购物建议。他们没有使用任何新奇的定位技术。客户需要输入自己的当前位置来查找这些信息。Vindigo的服务器会为客户列出附近的可选商户。

那时手机定位服务刚刚起步，这片市场上的先行者往往活不长。Vindigo在2004年被一家日本公司并购，新东家4年后放弃了这项业务。若非与另一项技术的出现有关，Vindigo的一生本该只是个平淡无奇的故事，然而它的前员工丹尼斯·克劳利（Dennis Crowley）在其后的职业生涯中扮演了重要角色。

克劳利在2001年的互联网泡沫事件[\[2\]](#)期间离开了这家公司。失业几个月后，他去了纽约大学的狄徐艺术学院（Tisch School of the Arts），在那儿他参加了互动电信研究生课程。喜欢社交的克劳利与研究生同学亚历克斯·雷纳特（Alex Rainert）想出了一个实现Vindigo初衷的点子。与其将购物和用餐信息发送给某个位置的用户，何不让这个用户和正好在附近的其他用户取得联系呢？这种服务能够让用户很容易地与朋友们保持联系，还能让人们快速地形成新圈子。

2004年，克劳利和雷纳特将他们的点子变成了产品——一个名叫Dodgeball的免费手机服务。即使是最简陋的手机也能使用这项服务，因为它通过短信实现。用户可以在Dodgeball的网页上注册，再创建一个朋

友列表，这些朋友同样是Dodgeball的注册用户。假如这个用户打算去看波士顿红袜队的比赛，他就可以编写一条含有“@”符的短信“@芬威球场”，来告知他的朋友们。Dodgeball的服务器会将这条信息转发给这名用户的朋友们。如果这些朋友还有其他朋友也是Dodgeball的用户，而“朋友的朋友”在离芬威球场10个街区的范围内，那么他们也会收到这条信息。这个功能会扩展用户的社交圈，让其更容易交到志趣相投的朋友。

Dodgeball上线几个月后，就在美国的几个主要城市拥有了几千名用户。但这个发展速度还不是特别快，因为Dodgeball使用的短信输入方式是个问题。这项技术在其他国家以及日后的美国非常流行，但在2004年，大多数的美国人都不会发短信。而且，如果一名Dodgeball用户要从一家酒吧喝到另一家，那他就得记得一直发短信，更新自己所在的位置。

这家公司后来引起了谷歌的注意，当时的谷歌正在寻求进入社交网络服务领域的途径。谷歌在2005年5月并购了Dodgeball，交易总额并未公布，一份报告估计约为3 000万美元。克劳利和雷纳特留下来继续管理公司业务，但并不长久。尽管谷歌投资了这家公司，但是对它的业务似乎并没有太大兴趣。2007年4月，在把Dodgeball卖给谷歌后不到两年，这两位创始人离开了。“谷歌没有如同我们期望的那样支持Dodgeball，这不是秘密，”克劳利说，“整个事件让我们非常沮丧。”谷歌让Dodgeball苟延残喘，直到2009年上半年终止了它的业务。谷歌的高级技术副总裁杰夫·休伯（Jeff Huber）认为这个概念一直没能火起来。“可能在曼哈顿它能行，”他说，“但是在芝加哥、圣路易斯、丹佛或是世界上的其他地方，它不管用。”

Dodgeball产生问题的一个可能的原因就是它赖以生存的技术相对原始。由于设计于智能手机时代以前，Dodgeball的服务要求用户手动输入自己的位置。2009年，谷歌用Latitude取代了Dodgeball，这是一个安卓手机应用，可以自动追踪手机的位置，并将位置信息与用户的朋友和家人共享。

在Dodgeball登场5年后，手机已经非常善于找到自己的位置了。最简单的无线电话同时也是一个定位信标，它能向附近的基站表明自己的存在。人们早就可以粗略地估计电话所在的位置，只要识别出与这台电

话进行通信的基站就行。在1999年，美国公司Spotcast Communications就曾使用这个粗糙但可行的办法向香港的电话用户发送广告。用户每次打电话时都会收到一条10秒的音频广告。Spotcast会识别电话使用的基站，再把对应于电话大致所在地的广告发给用户。这种定位非常粗疏，因为电话可能在离基站一到两英里内的任何位置。

到2009年，移动电话的定位精度大大提升了。理论上，如同台式机一样，只需知道IP地址即可定位一台电话的大致位置。而实际上有效的办法还有很多，这都是联邦通信委员会的功劳。第5章中已经提到，1996年FCC因担心没法找到使用手机求救的遇险者，发布了要求手机运营商想办法定位手机位置的规定。运营商找到了3个解决方案。其中最精确的方案需要为每个手机安装GPS芯片，可以将求救者的位置确定到30英尺的范围内。日本的手机运营商NTT DoCoMo率先使用这种方式，在2000年推出了第一款安装了GPS芯片的手机。然而增加GPS芯片与其说是为了公众安全，不如说是为了利益。DoCoMo的用户可以获取行程地图，但要支付每月4美元、每次使用10美分的额外费用。

为手机加入GPS功能会大大加速电量的消耗，尤其后来的GPS能够在1分钟左右的时间内从至少4个卫星获得遥测方位。而且GPS功能在室内没什么用，在室外又会被树木或者较高的建筑物阻挡信号。然而一些手机运营商如威瑞森无线通信还是第一时间认定，GPS是遵从FCC规定的最佳方案，开始为旗下所有手机安装GPS芯片。

在那时，几乎所有的智能手机和很多便宜得多的非智能手机都有内置的GPS功能。FCC刚刚发布规定后，还有一些公司如AT&T，寻求更简单的定位解决方案。他们无法摆脱固有的归航信标概念，但利用“抵达时距”（time distance of arrival）大大改善了它。在该方法中，手机与两个或更多基站交换信号。每个基站都有一台计算机，可以算出手机回应信号所需的时长，这个结果就表明基站到手机的距离。基站还可以进一步算出手机所在的方向。抵达时距可以将手机的位置确定到150英尺内，虽然精度不如GPS，但是在大多数的紧急情况下已经够用了。而且由于不需要安装GPS芯片，这个方法适用于任何手机。同时它还不会对手机电池造成额外负担，因为所有工作都是由手机公司的计算机完成的。

接下来就是第6章介绍过的，由Skyhook创始人构思出的Wi-Fi技术

了。苹果和谷歌这样的公司按照这个概念记录了数以百万计Wi-Fi热点的位置，每一个都有独一无二的数字码。当手机位于几个热点范围内时，它就会被定位到一个100英尺左右的区域。Wi-Fi测绘在Wi-Fi热点不多、人烟稀少的地方没什么用。但是大多数的美国人生活在城市里，这让Wi-Fi定位服务成了GPS的一个基本上靠得住的替代品。

不管这些定位方法都有什么样的支持者和反对者，它们都提供了海量的精确定位信息，在联用几种方法时效果更好。打开苹果或安卓手机的定位功能，可能会有好几个定位工具开始工作，取决于在特定环境下哪些方法能够产生更好的结果。如果去了没有GPS信号的地方，手机就会试试Wi-Fi定位。谷歌关闭Dodgeball的决定无疑是正确的。取代它的Latitude无需用户输入地址或是附近的地标名称。手机已经知道自己的精确位置了，只需触摸屏幕，这些信息就可以与他人共享。

虽然在谷歌的经历让丹尼斯·克劳利倍感挫折，但是他明白Dodgeball的结束不算太大的损失。“它真是糟透了。”他随后承认。虽然他离开了谷歌，加入了一家手游公司，但是克劳利仍未放弃在如苹果的iPhone这样的可定位设备上开发社交定位软件的想法。

于是诞生了Foursquare，由克劳利和印度裔软件工程师纳文·塞尔瓦杜莱（Naveen Selvadurai）共同开发的手机应用。Foursquare的用户无需手动输入位置，手机就已经明确了自身的经纬度。它的数据库还含有成千上万的相关地点信息——餐馆、酒吧还有夜店。这个应用会列出附近的相应地点。如果一名用户想要晚上跟朋友好好聚一聚，他可以随便找个集合地点，用手指轻触“签到”，在Foursquare上的酒友们就知道去哪儿找他了。

对于社交达人来说，这个应用方便而有趣。手机的定位功能也使得Foursquare用起来特别轻松。但是人们还是可以用很多别的办法来保持联系——例如打电话。只有改变数百万人的习惯，使人们确信这个手机应用才是保持联系的最好方式，Foursquare才能算是火起来了。因此，克劳利和塞尔瓦杜莱让它成了一个游戏。在某个特定地点签到最多的Foursquare用户会成为那里的“市长”。这个“市长”有什么好处呢？首先，他会得到一个卡通徽章，以及向该地点的其他常客吹牛的权利。然后，Foursquare还与当地商户合作，为签到者提供折扣与特殊商品。

在上线后的两年内，Foursquare就有了超过600万注册用户，每天使

用量达到150万人次。一开始，用户完全是因为想要成为某个地点的市长而签到，那可能是一家用户最爱的餐厅、一处公共地标或是一个地铁站。2010年在费城，互联网开发者安德鲁·米格莱斯（Andrew Miguelez）就向著名地标佩恩码头（Penn's Landing）的市长宝座发起了猛烈冲击。“我与另外一个每日签到的人陷入了激烈的战斗，”米格莱斯说，“市长头衔在我们两个之间变来变去，因为有时候其中一人签到更早，或是在周末还去签到。”这样激烈的竞争时有发生，有的用户甚至会作弊，在远离某地点的位置签那个地点的到。Foursquare不得不用软件分辨和撤销不正当签到。

2013年初，Foursquare已经有了3 000万注册用户，其中有一半是在前一年注册的。自其成立以来，所有用户一共签到了超过30亿人次。签到不仅对用户的朋友们很有价值，对Foursquare来说，这些记录更是有利可图。有了这些签到数据，Foursquare就能追踪每个用户的活动，不仅了解用户在真实世界中的动向，还能从经济活动上对其进行追踪。用户的规律签到信息会留下他的足迹，商人追踪签到足迹，不仅可以知道他经常光顾哪些商店，还能知道附近的哪家商户能够吸引他。

零售商们还能从签到大数据里知道更多。比方说，他们可能会发现经常在美术馆签到的Foursquare用户，同时也喜欢去高端服装店购物。于是喜欢艺术的用户在打开这个应用时就会收到来自Lord&Taylor或是其他连锁服装店的广告。Foursquare在其短暂的生命中没赚到什么钱，虽然他们确信这种精确定位的广告业务能带来丰富的现金流。Foursquare的社交网络竞争对手也这么想，迅速加强了各自的地点登录功能。Facebook的几十亿用户以及Twitter的5亿用户也都能在发布的信息里附上精确的位置。

定位广告的实现方式还有很多。最简单的方案就是我们熟悉的台式电脑广告。有了IP地址，广告网络就能迅速地找到用户的大致位置——纽约、芝加哥或是斯波坎——然后在浏览器里显示出当地相关的横幅广告。手机广告网络也采用了同样的技术。很多人使用的免费手机应用往往以横幅广告盈利，这种广告有一些就会显示本地商户的商品。

然而最前沿的定位营销远远超越了这种简单的手段。收集到足够的定位信息后，公司能够了解到的远不止客户的行踪。大卫·彼得森（David Petersen）是感知网络（Sense Networks）的CEO，这是一家分

析定位大数据以研究用户购买行为的公司。每当智能手机的用户下载了要求位置信息的应用，信息就将被匿名地提供给感知网络。这家公司会持续追踪每个手机独有的数字ID，无需了解用户的私人信息就能知道一切。“知道人们去了哪儿，就知道了无数别的信息。”彼得森说。显然，这包括营销线索——例如你常去的店。“基于手机以往的位置，我们能分出谁去沃尔玛，谁去塔吉特（Target）。”感知网络对数据的挖掘不止于此。你多长时间出一次城？出城的时候都去哪儿了？你常去度假休闲，还是去工厂或者办公楼群？感知网络知道答案。

通过汇集、分析数百万智能手机用户的定位信息点，彼得森的公司得以将消费者分成不同类别，比如说商务旅行者、大学生或者狂热的赌徒。假设一家广告商想要将业务覆盖到一百万个热爱运动的智能手机用户，那么感知网络已经通过追踪他们所去的地点做好了准备。感知网络并不知道他们是谁，只有他们手机的数字ID，而这些手机很快就会收到一连串超级碗（Super Bowl）广告或是运动服折扣券。

有了智能手机的定位功能，广告商已超越了地理界限。他们开始发送超本地化广告，这些广告不是为某座城市，而是为一个城市群量身定制。这种概念被称为“电子围栏”，这个名字不太吉利，会让人想起被监视居住的犯人所戴的一种脚链。最初，这种东西被用于限定其使用者的活动范围，它会发送无线电信号到一个连接上电话线的盒子。如果此人离开了该栋建筑物，信号就会减弱，盒子则自动拨号给警方。有了GPS和移动电话技术，新型脚链能提供更大的自由度。某项判决可能会允许犯罪嫌疑人去工作、去教堂或是去本地的超市，每一个许可的地点都在法庭的计算机系统上记录在案。脚链上的GPS数据会确保嫌疑人不会惹麻烦，否则就会向警方发送警报，报告使用者非法去了当地的地下酒吧。

电子围栏还有些守法方面的用途。一家名为Life360的公司用它帮助父母标记自己的孩子。这项服务从孩子的手机获取定位信息，然后发送孩子何时到家或是到学校的数据信息——还包括了他们何时离开。孩子在上午10点一离开学校，父母立刻就能知道。2012年末，Life360已经有了约2 500万用户。

营销人员使用电子围栏概念时，他们无意限制我们的行动。他们希望我们经常出去走走，从那些我们会花钱的地方经过。他们并未建立藩

篱，而是拉起了一片绊网。目的是观察到我们接近某个想要做买卖的商户，然后发一条消息催我们购买。“在四年前，我们也许是最早大规模开展这种工作的公司。”Placecast的CEO阿利斯泰尔·古德曼（Alistair Goodman）说。这是一家位于旧金山的公司，是电子围栏业界的佼佼者。“我们注意到了现实世界和虚拟世界正要发生的冲突。”古德曼在2005年成立了Placecast，他确信FCC的911法令和手机价格跳水会将定位销售带给大众。“连我80岁的父亲都告诉我他得去置办一部手机，”古德曼说，“我就知道这一切就要到来。”

星巴克、K-Mart或是地铁连锁餐厅这样的零售商通过Placecast的商家提醒（ShopAlerts）服务来发送广告。这家公司还与美国移动运营商AT&T和欧洲手机公司O2有合作关系。Placecast在美国和英国的电子围栏广告受众为1 000万人。这些潜在的消费者都是自愿接收广告的——Placecast采用选择加入原则。比方说，一个喜欢吃三明治的人可能会要求路过地铁商铺群时收到一条相关信息。

古德曼明白，没人喜欢一直被短信骚扰。由于每个街区都有咖啡店和快餐店，生活在电子围栏的世界里很快就会让人难以忍受。因此Placecast执行了“广告频次限定”策略。就算附近有很多有吸引力的商家，用户在一周内收到的广告也不会多于5条。注册用户也不必拥有一台有GPS功能的智能手机。“GPS能以50英尺或更高的精度将你定位”到一家当地商铺，古德曼说，但是“你实际上并不需要那么高的精确度”。对于电子围栏来说，即使是通过附近信号塔进行的粗略的三角定位都已经完全够用了。在美国和英国，Placecast于26.2万个左右的地区建立了电子围栏。这家公司声称，订阅了商家提醒服务的用户，每两人中就有一人在收到提醒后去了某家商铺，而22%的用户最后付钱买了东西。在这些付了钱的人里面，有一半的人在手机提醒之前并未计划要买点什么。

与其他类型的定位广告一样，Placecast的电子围栏系统也是匿名的，确保这家公司无法获得它所追踪用户的个人信息。定位数据将会保存30日，供营销专家分析，随后即被删除。工商业组织定位营销协会（Location-Based Marketing Association）的创立者阿西夫汗（Asif Khan）曾提到，Placecast以及同业的其他公司曾饱受保护敏感数据之苦。然而阿西夫汗认为并非所有的消费者都关心此事；给他们特价，他

们就让你画上靶心。“没人在乎隐私，只要得到想要的。”

然而广告商不常用到电子围栏。手机电池续航有限可能是一个原因。电子围栏要求持续计算手机的位置，这会缩短电池使用时间。“电池耗竭问题已经存在很多年了。”古德曼承认，然后补充说他们公司已经开发出更有效率的定位算法。硬件制造商们也一直在想要解决这个问题。在2013年2月，智能手机的一个主要芯片制造商博通公司

（Broadcom）发布了一种新的GPS芯片，在用户需要逐向导航时全速运行，在后台运行或是用于电子围栏时会转入节电模式。

就算电子围栏变得更节能了，它仍然不算是一个有效彻底的推销策略。“我们发现它并不是真的十分管用。”感知网络的大卫·彼得森说，因为“我们人类不会真正自发地消费”。至少不会冲动购买贵重商品。提醒某人附近的店里肥皂正在半价销售，那他可能会去买。但是很少有人开下高速路走进卖场，根据手机提示购买半价平板电视。即使是低价销售，一台不错的电视也要数百美元。这种消费人们会好好考虑，计划一番。因此，正如彼得森所说，电视以及许多其他大件超出了电子围栏的能力范围。

一种更有前途的定位策略将目标锁定在导航领域的最前沿——建筑内空间。在土木工程革新的一个世纪之后，这个星球上的几乎每平方英尺都已被测绘制图。然而，走进购物中心或是机场时，人们还是很容易迷路。GPS在这种地方没什么用，因为卫星信号很难穿墙。购物者们需要的正是一张好地图，或者一个好应用，一个能够显示出成千上万个这种地点内部地图的应用。这个问题曾经难住了几十个公司，从制图巨头谷歌到新兴小公司Wifarer和Point Inside。他们的工作现已取得成功。在美国的主要机场、博物馆或是大型卖场，你的手机基本都可以显示出它的内部地图。

以谷歌为例，在全球它已经为超过1万个大型建筑制成内部地图，并且还鼓励房产开发商提供他们的建筑平面图。这些信息就显示在谷歌地图的标准界面上。试着打开这个地图应用，找到芝加哥的奥黑尔机场，如果你放大候机楼，就会看到每条走廊上都有那些商店的名字。成立于2009年的Point Inside公司位于华盛顿特区的贝尔维，它提供的产品更为详细。这家公司绘制了数百个大型商铺的内部地图，可以通过一个免费应用获取。Point Inside应用并非简单地显示出建筑平面图，它还可

检索。输入“沃尔夫冈·普克”（Wolfgang Puck），你就会得到这家连锁餐饮在奥黑尔机场内的4家分店的列表，以及它们的营业时间、菜肴描述，当然还有去那儿的地图。

去沃尔格林药店买药的人们再也无需询问抗过敏药在哪个货架了。Aisle411公司有一个专门为此准备的智能手机应用。这家位于圣路易斯的公司已为美国的全部7 900家沃尔格林零售店绘出地图。在用户去药店以前，打开Aisle411应用，通过手机的定位功能，就能看到最近的沃尔格林药店列表。用户可以选择其中一个，再点进去搜索抗过敏药，然后就会出现一个该店的简图，还有几个指针指向其中的一些区域：儿童抗过敏药、为游客准备的旅行医药包、眼睛或喉咙的专用药等。着急的客人进门就能知道自己想要的药品在哪儿。这个应用还有菜谱规划功能。点开一种食材——比方说鱼，再选择一种烹饪方式——烧烤，这个应用就会显示从一些烹饪网站搜集到的菜谱。它还能提取整个食材列表，然后它的定位软件就能告诉你具体该在哪家商店里买到这些食材。如果Aisle411能与大型连锁超市签约，就能证明这真的是个便利的功能。

Aisle411应用同时也有室内电子围栏功能。通过测量商店中一些Wi-Fi路由器的信号强度和方向，这个应用可以算出用户的位置，精确到几英尺内——足以得知他是否正沿着饮料通道闲逛。如果本周正好有可口可乐的特价，他的手机就会在他看到那排棕色瓶子时做出提示。

书籍免费分享微信 jnztxy 朋友圈每日更新

另一家室内导航的新兴企业叫作Wifarer，使用室内Wi-Fi制图来提供逐步的购物指导。这项功能在一些位置可用，包括波士顿的保诚中心（Prudential Center）。Wifarer允许游客输入建筑内的特定地标名来寻路——比如说一家书店。Wifarer应用通过Wi-Fi三角测量法来找到并显示用户在卖场地图上的位置，再以虚线标出通往目的地的路径。

还有一个创意购物软件Shopkick，使用声波导航为用户在像是百思买（Best Buy）这样的大型零售店里指路。人耳无法听到它的高频声波，但是智能手机听得很清楚。进店时打开Shopkick，购物者就能获得折扣或是其他优惠。他们还获得许诺，只要去店内的特定区域购买特定商品，比如手机或是家用游戏机，就能得到更多优惠。Shopkick能立即知道他们是否照做了。通过分析声波，这款应用能够将店内购物者的位

置定位到几英尺内。

在几年内，每个大型公共场所的内部地图很可能可以达到街道地图的那种精度。我们在去往美食街的路上再也不必担心迷路了，这无疑是个好事。但是这种接近完美的导航能力也有其代价。我们时时刻刻都能知道自己的精确位置，但是其他人同样可以，无论我们愿不愿意。

^[1] 灯塔山是波士顿最好、最昂贵的街区，州政府所在地。——译者注

^[2] 互联网泡沫一般指的是1997年到2001年间，欧美及亚洲股票市场中互联网相关企业股价的快速增长。在此期间，西方国家的投机者纷纷参与该领域的投机，然而大部分的投资都失败了。——译者注

第10章 现场实况

要是你需要什么人来帮自己维护公民自由权，可能会想到某个约翰·格里沙姆（John Grisham）小说中的人物——才华横溢、能说会道，还有个常春藤名校的法律学位。但是，那些害怕干预型政府不间断监控的公民不得不退而求助于不那么受人尊敬的斗士——曾因毒品交易获罪的华盛顿某夜店老板安托万·琼斯（Antoine Jones）。

2005年，琼斯差点再次入狱。他和几个同伙在一次城市与联邦联合毒品突击搜查中被捕，警方缴获了100公斤以上的可卡因和85万美元现金。这是该市史上最大的一次缴获。正是对GPS技术的巧妙应用使得这一切成为可能。然而正是这项定位技术，使得本该一锤定音的案件败诉。它成为隐私权保护的一个新的判例，说明使用了新定位技术的政府监视我们的程度是受到限制的。

但是这些限制来自法律、法规或民愤，而不再受技术阻碍。在前面的章节中，我们了解到人类已经从本质上解决了定位的难题。利用手机、Wi-Fi、GPS卫星以及清晰的航拍照片和卫星照片，人类在史上首次做到了让任何人都能找到自己在哪儿，找到自己与其他人或地点在地球上的相对位置。然而政府机关或是其他机构想要追踪我们也同样容易。指引我们找到超市的那台手机同时也在持续传输我们的精确位置。而且手机还有另外一些更精确、更隐蔽的定位方法作为补充。

人类自古拥有消失的能力。只要搬到另外一块大陆或是另一座城市，一个人就可以有效地从熟人的视野中消失。他能摆脱过往错误的巨大包袱，开始一段新生活。但是现在不行了。有了社保号、信用卡和驾照，在20世纪，一个人几乎不可能再隐姓埋名。政府和公司能够追踪我们的资金、雇主、过往居住地和开过车的VIN（Vehicle Identification Number）码。

曾经，我们至少可以到处转转，享受探索未知的乐趣。不是坐在飞机上的那种，而是坐在车里、搭乘巴士，或是干脆步行。至少在行动上，我们还有隐私和自由。但这一切也已成往事。手机只要开着就一刻不停地发送我们的位置；交通灯、收费站和巡逻车都已安装传感器，辨

别进入感知范围的车辆；员工和学生携带的ID卡静静地发送无线信号，报告人们的行动。我们再也无法悄悄地上下班、去购物或是散散步了。

然而尽管看起来我们在不停抱怨，但还是不太介意自己的位置隐私。我们喜欢让手机告诉我们新闻标题和天气，因为手机知道我们在哪里；我们开过高速路收费站时仅需稍作减速，因为车里的无线电应答器已自动付费。假如这个应答器还告诉州公路管理处，我们将会于周一上午9点35分朝波士顿东行或是朝伍斯特西行会怎么样？手机制造商、广告商和政府对我们行踪的掌握超过了合理的程度吗？这很有可能。毕竟这里面有太多利益，并且我们无处可藏。

“地理空间数据对数据分析来说是一块大蛋糕。”中学辍学、后来成为IBM顶级研究员的杰夫·乔纳斯（Jeff Jonas）说，因为它太有用了。从一方面看，它能帮我们找到镇上最好的墨西哥餐厅，或是最近医院的急诊室。然而，对于那些研究个人行动大数据的组织来说，数据分析还能派上更大的用场。比方说，研究者发现，如果连续三个月追踪某人的手机使用模式，就能以93%的准确率预测他将会去哪儿。

警方能够使用这种预测方法，比主要嫌疑人提前一个小时到达潜在的犯罪现场。他们同样也能搜索数百万条手机定位信息，预测政治异见者的行动。这种持续追踪其他人位置的能力“正在改变我们现有的隐私的概念”，乔纳斯说，“监视社会不仅必将实现、无法逆转，甚至更糟。监视社会势不可当。”

由于我们对位置的掌控，人们已无法真正地藏踪匿迹。为了保留最后的一缕遮羞布，我们不得不求诸法律。我们也许可以迫使那些一直盯着我们的眼睛挪开，至少是挪开一会儿。又或者技术还能再救我们一次——通过那些无需掀开我们的遮羞斗篷，就能享受定位系统便利的发明。

对于那些寻求法律保护的人来说，琼斯案的结果虽然可能不完全令人满意，但也还不错。最高法院的判决，仍然在政府可以监控我们到何种程度这一问题上留有疑问。而且，刑事检察官不是唯一想要知道我们去哪儿了的人。正如我们在前面章节中看到的，位置信息可以带来利益，而企业对定位信息的滥用也许会带来与激进政府的恼人侵扰同样的伤害。

事实上，大多数定位系统正是由公司而非好事的官僚或秘密警察拥

有和运营的。手机运营商必须追踪我们的位置，以便和我们保持联络。然而，苹果、谷歌和微软这些开发了手机操作系统的公司，也同样保留了关于我们动向的历史记录，并且在持续增加，以获取利益。

我们还被手机上安装的第三方应用跟踪定位。一份2013年2月的研究报告发现，苹果和安卓手机的前50个最热门应用中，有一半会自动发送用户的位置信息。打开热门游戏《愤怒的小鸟》（Angry Birds），游戏的设计者罗维奥（Rovio）就能用手机的GPS和Wi-Fi找到你在哪儿。这些信息对于定向广告非常有用。但是在2012年，麻省理工学院的研究者们发现，即使用户不玩《愤怒的小鸟》了，这个程序仍然会在后台运行，继续报告用户的行踪。

此外还有那些经营个人信息的信息掮客，比如Acxiom，这家公司拥有约5亿人的个人信息，其中包括1.9亿的美国人。Acxiom知道这些人的年龄、种族、性别、体重、身高、婚姻状况、教育程度，甚至还有政治倾向，这些都是基于公开的数据源采集到的信息得到的。从警方到商业机构，任何人都可以购买这些信息，再将它们与定位追踪结合起来，成为对我们生活的一个综合调查。正如约翰·吉利奥姆（John Gilliom）和托林·莫纳汉（Torin Monahan）在他们的著作《监管》（SuperVision）中所述，“对我们中的大多数人来说，监视并非来自一个决心要支配、控制自己人民的国家，而是来自政府、媒体、单位、朋友、家庭、保险公司、银行和自动数据处理系统的一个混乱的集合。”

然而，乐于监控的政府其常规监视的威胁是最值得警惕的。不管谷歌知道你的多少事，它至少没有什么顶级监狱。而这正是美国政府在2005年追踪琼斯时为他预设的下场。在那一年，联邦地方法院出具了一份搜查令，允许联邦毒品调查人员在以琼斯妻子的名字注册、实际由琼斯驾驶的一辆吉普车上安装GPS定位装置。该设备可以将车辆定位到100英尺内的范围。所有这些数据——多达2 000页——在为期四周的时间里经由当地的手机网络被发送给警方。这些定位数据显示琼斯是藏毒窝点的常客。

即使有了这么充分的证据，琼斯案在2007年的一审结果仍然悬而未决。琼斯从未被发现过持有毒品，也没人看到他去过贩毒窝点，这一事实难住了陪审团。政府手里只有一些共同被告的证词和GPS数据。一审陪审团认为这不足以定罪。但是二审陪审团被证据说服了。琼斯因共谋

分销可卡因被认定有罪，并被判处终身监禁。

这事本来就这样完了，然而琼斯向哥伦比亚特区联邦上诉法庭提出了上诉，并且赢得了三法官陪审团一致通过。那项允许安装GPS设备的搜查令有效期是10天，但是政府人员直到11天后才安装设备，之后它持续运行了28天。上诉法庭认为，这些错误将一次目标明确的侦查任务变成了无休止的非法调查，因而侵犯了宪法第四修正案（Fourth Amendment）关于过度搜查和没收的禁令。

联邦政府诉请美国最高法院进行裁决，声称搜查令有效期过期并非GPS监控的阻碍。毕竟GPS传感器仅仅定位了在公共道路上行驶的车辆，而个人在公共空间的出行不属于隐私范畴，否则以此推论，警察无权尾随在街道上徘徊的可疑人员，除非请求对方的许可，或是拿到法院的证明。“任何人，当他在公共道路上行动时都应已确知，他的行动会被轻易地观察到。”奥巴马政府在上诉要点中辩称。政府说，琼斯“必须意识到，任何一个邻居都能观察到他频繁造访华盛顿堡（Fort Washington）藏毒点的举动”。要是邻居能够弄清楚这个，政府无疑也可以，在一点高科技的帮助下。

最高法院没被说服。2012年1月，最高法院一致判决，认定在吉普车上安装GPS设备属于宪法第四修正案中描述的搜查类型。因此，除非有合规的搜查令，否则不能实行GPS监控。由于最初的搜查令已经过期，由此取得的任何证据都不能用于起诉琼斯先生，有罪裁定是无效的。

公民自由主义者并不完全满意助理法官安托南·斯卡利亚（Antonin Scalia）、联合审判长约翰·罗伯茨（John Roberts）、助理法官安东尼·肯尼迪（Anthony Kennedy）、克拉伦斯·托马斯（Clarence Thomas）和索尼娅·索托马约尔（Sonya Sotomayor）撰写的多数意见书。斯卡利亚与他的4个同事宣布，自调查人员对琼斯的车辆动手的那一刻起，该GPS设备的安装就已经属于非法搜查了。这辆车是琼斯的财产，入侵这辆车并安装追踪设备侵犯了宪法第四修正案赋予琼斯的权利。

4位法官赞同斯卡利亚的意见书，并且想要更进一步。以助理法官塞缪尔·阿利托（Samuel Alito）为首的法官们认为，调查人员在无搜查令的情况下电子追踪了琼斯的活动近一个月，仅仅这一行动就已经违宪。阿利托的论证是基于1967年的一则著名判例。在卡茨诉合众国案

（Katz v.US）中，一位赌注经纪人上诉成功，法院撤销了其非法经营赌博业务的罪名。卡茨被抓获是因为FBI窃听了 he 用来下注的公用电话。法庭判决以7比1裁定该罪名无效，因为FBI并未取得搜查令。美国政府辩称，电话是在公用电话亭里打的，因此并不需要搜查令。法庭不同意这个说法，认为即使是在使用公用电话时，卡茨也享有“隐私权的合理期待”，即不被政府部门监听、自由通信的权利。

卡茨案为调查人员树立了一个新标准。只要公民能够合理地认定自己的行为是私密的——无论是在家、在男厕所还是在公用电话亭——政府就不能在没有搜查令的情况下对其监控。在琼斯案中，阿利托和他的4名同事希望沿用这一更为严厉的标准。对公民行为的任何长期监控都必须取得搜查令，因为人们可以合理地期待自己的日常行动属于隐私。某些车辆有内置的GPS跟踪装置，以便在车辆被盗后将其找回。政府部门可以激活这样的系统，用它在几天或数周里追踪车辆，而无需物理意义上地侵犯嫌疑人的私人财产。根据斯卡利亚的判决，这种策略是被允许的，因为并未发生真正的侵权。但是对阿利托来说，仅仅是监视本身就已构成推翻裁定的充分理由。

“对某人在公共道路上相对短期的监视符合我们的社会对合理隐私的期望。”阿利托写道。换句话说，便衣警察无需搜查令就能在数小时或几天内跟踪你在公共空间的行动。“但是在调查中使用GPS长期监控是对合理隐私期望的严重侵犯。”阿利托补充道。

判决撤销了琼斯的罪名。美国司法部可以将案件再审，使用其他没有瑕疵的证据。他们确实这么做了，采用了来自私营监控网络的证据。有了传票之后，政府获取了琼斯多达5个月的手机信息记录，包括拨打的电话号码、打电话的时间、持续的时长，以及可能最有用的手机位置。由于前述的卡茨案判决，警方在监听任何人的电话时都必须有搜查令。为了获得这一纸令状，警方必须出示“合理根据”——表明嫌疑人可能罪行的明确证据。而调阅手机使用记录的传票要比搜查令好弄得多。调查人员只需告知法官，他们确定手机记录包含“与现行罪案调查实质相关”的信息。

警方充分利用了这个更简单的标准。2012年，在马萨诸塞州众议员爱德华·马基（Edward Markey）的要求下，美国的众手机公司披露，在2011年里他们已将用户的手机记录移交执法部门130万人次。换句话

说，相当多的联邦、州和地方警察局每天都要调阅手机记录将近3 600人次。

有了几个月乃至数年的手机定位数据，警方就能更精确地追踪某人的行动。调查人员甚至可以先于目标到达预定地点。正如我们前面提到的，只需3个月的定位数据，研究者就能以惊人的精确度预测一个人接下来的行动。同我们在第9章中看到的互联网营销人员一样，调查人员也能将定位信息与警方档案或从商业信息掮客处买到的资料结合起来，重建出一个人生活的几乎每个方面——包括他可能存在的非法毒品交易窝点。

检察官在一审中没有使用琼斯的手机记录，因为吉普车的GPS记录更为精确。然而要证明琼斯频繁造访吸毒窝点，手机记录已经足够了。再结合当地监控摄像头拍到琼斯的吉普车去这些地点的录像片段，以及前面提到的共同被告的证词，检方认为已经足以定罪。毕竟检察官可以调集司法部门的所有资源，而琼斯则沦落到要自己为自己辩护的田地。尽管如此，在2013年3月，琼斯还是赢得了又一次的未决审判，陪审团宣布审判陷入了僵局。琼斯仍被拘留，而联邦检察官仍要继续努力。

在某些案件中，警方无需依靠手机公司的用户记录。他们会构建自己的手机系统，引诱人们使用。警方从19世纪90年代起就已开始使用一项名为黄貂鱼（Stingray）的技术，它能创建虚拟的信号塔，以帮助调查人员锁定附近无线电话的位置。从原理上讲，这个概念很简单。你的手机所发送的每个信号都会宣示自己的位置，并告知附近的手机信号塔。黄貂鱼系统是一种便携设备，可以很方便地安装在车里。它会拦截附近手机的呼入信号，同时发回确认信息，欺骗手机使其相信黄貂鱼就是合法的信号塔。黄貂鱼会记录该手机的基本信息，包括其独有的数字ID，还会测量该手机发送的信号强度。随后载有黄貂鱼系统的车辆来到另一个地点，重连嫌疑人的手机，重新计算信号强度。在若干地点重复这一过程，黄貂鱼系统就能将手机定位到几码的范围内。显然响应黄貂鱼系统的手机并不只有嫌疑人的那一部，恰好在附近的其他手机也会被追踪。执法人员声称他们会删除无关信息以保护未受调查者的隐私。

黄貂鱼系统已经投入使用将近20年，使用者有联邦调查局和其他执法机构，包括洛杉矶警察局、迈阿密警察局和亚利桑那州的吉尔伯特市警察局。这项技术直到最近才引起了公众的注意，这得归功于丹尼尔·

大卫·里格麦登（Daniel David Rigmaiden），此人在2010年被联邦检察官诉以税务诈骗。里格麦登的笔记本电脑被调查人员以黄貂鱼系统定位追踪，这台电脑安装的数据调制解调器与手机网络连通。

里格麦登提出，他应被授权接触黄貂鱼的技术细节，以此来合理质疑这些证据的有效性。里格麦登认为使用黄貂鱼系统对其追踪已构成了需要搜查令的调查行为——而FBI没有搜查令。FBI不想公布黄貂鱼系统的技术细节。该部门坚持认为通过移动数据调制解调器追踪里格麦登的位置无需搜查令，因为手机位置信息不属于合理隐私期望的范畴。现在里格麦登案仍然悬而未决。它的最终决议将会告诉我们，警方在追踪犯罪嫌疑人时能够走多远。

要是警察可以追踪我们的手机，他们就能追踪我们的车，追踪我们的车牌号。如果你认为这种打击罪犯的方式局限明显，技术含量低，再好好想想吧。全美国的警察在可以记录车牌号的数字系统的帮助下，追踪数以百万计的车辆。一项2009年的调查显示，在100多名执法人员中，有37%的人所在部门都曾使用过车牌识别系统（license plate recognition system, LPR），另外还有1/3的部门正计划启用这个系统。

在车牌识别系统中，警方在主要街道、十字路口甚至巡逻车上安装摄像头。这些摄像头清晰地拍下经过车辆的牌照。计算机可以很轻松地识别这些加大加粗的字母和数字。系统会记录获取图像的时间，在GPS接收器的帮助下，它能找到每台被扫描过的车辆的位置。实际上，LPR系统也提出了和其他常规监控方式同样的问题。它特别适于警方在案情调查中标记特定的车牌号，在公共道路上行驶的车辆的车牌号也并非隐私。然而，当摄像头遍布每个主要路口和巡逻车上时，司机们就被有效地置于警方的常规监控之下了，无论他们是不是犯罪嫌疑人。所有这些资料都是可以长期储存的——这种事经常发生。而这意味着警方无需特别程序就能追踪你的行动，找到你最爱去的地方。他们只需检索车牌号追踪数据库就能看到，在过去的6个月里你开车去过哪儿。

加利福尼亚的圣迭戈县（San Diego County）的LPR系统从2010年起运行，已存储了超过3600万车次的扫描结果，14倍于该县的车辆数。一名撰写相关报道的记者发现，他自己的车牌号在13个月里被扫描了24次。当地警方声称他们利用这些信息破获了一大堆重大案件，从肇事逃逸到谋杀，不一而足。“我已经数不清有多少次我们是因为能回

溯、查明位置信息才得以破案。”圣迭戈县埃斯孔迪多（Escondido）警察局的斯科特·沃尔特斯（Scott Walters）中士说。有些执法机构将扫描记录保留一到两年，而圣迭戈县警察局打算无限期保留这些LPR数据。“除了罪案调查员之外，没人会接触这些数据，”少尉警官格伦·詹南托尼奥（Glenn Giannantonio）说，“所以真的没必要删掉。”

隐私权倡导者担心LPR系统让政府能够永久存储所有驾驶者的往来记录。“那太可怕了，”美国公民自由联盟（American Civil Liberties Union）在圣迭戈县和因皮里尔县的法务总监大卫·洛伊（David Loy）说，“我认为没人想要这样的世道。”洛伊和其他公民自由主义者欢迎限制LPR数据存储期限为10日的法律——足以辅助近期罪案调查，又防止了对公民的随意长期监视。

令人惊讶的是，虽然GPS追踪和手机记录数据挖掘遭到了法律和立法反对，LPR监控引发的争议却相对较少，这可能是因为没多少人了解它。在有人提起诉讼或是某个支持隐私权的国会议员提交规范其实施的法案前，全美国的警察还是会继续使用车牌识别系统记录你的行动，不管你喜不喜欢。

尽管政府部门在监控方面的努力广受非议，得克萨斯州圣安东尼奥市的公立学校在维护一项更普及、更具入侵性的监控手段时境遇却要好得多，那就是射频识别（radio frequency identification, RFID）。这种技术的原理可以追溯到“二战”时期的罗伯特·沃森瓦特——我们在第2章中介绍过的英国雷达先驱。沃森瓦特意识到，要在满天快速飞行的军机中分辨敌我是非常困难的。因此他设计了一个敌我识别系统（Identifying Friend or Foe, IFF）。一台陆基无线电发射机以特定频率发射无线电波，英国飞机装有专门的无线电设备以接收这些信号，并立刻回复确认识别的信号。IFF系统就是在今天的民航班机上帮助地面管制员识别飞机的异频雷达收发机的前身。

RFID是这个系统微型化的现代版本。微芯片与天线相连，嵌入ID卡或是包装。这套设备在进入发射某种无线信号的“读取器”范围之前是惰性的。入射信号激活RFID芯片，芯片以一个特定编号响应。这个事先储存在数据库中的编号对应于特定物体或人。因此，当超市仓库中的RFID读取器接收到一盒意面酱的RFID芯片编号时，它就会告知仓储计算机这盒意面酱已经到货。

有了RFID系统，仓库工作人员无需在新货到达时手动输入数据。只要在每个装卸区装上RFID读取器，货品就会在入库时自动登入，出库进店时自动登出。希望控制人力成本的零售商如沃尔玛，非常依赖这套系统；制造商如飞机生产商波音公司和空中客车公司同样如此，它们使用RFID标签来追踪大量的备件库存。RFID还简化了许多人的日常事务。在波士顿，通勤者们使用嵌入RFID的卡片来付公交车费，只需在检测器前挥一挥这张卡。无数人使用基于RFID的“EZ Pass”系统来支付高速通行费，“EZ Pass”系统会识别司机，每月向他发送账单。还有很多单位发放RFID身份卡，用来刷卡进门，确认员工上班。

坦率地说，RFID在定位追踪方面达到了最精细的水平，虽然使用它的本意并非如此。以EZ Pass收费系统为例，它的设计目的是提高通行速度、缩短人工缴费所需的时间。然而，每当装有EZ Pass的车辆通过电子收费站时，它的行程就被记录在数据库中。警察或者律师在有传票的情况下可以例行检查这些记录，记录可以在刑事调查中提供不在场证明，或是向离婚律师证明你那晚并没有在办公室工作到很晚。在更精细的层面，零售商为店里的每一件商品附上了RFID标签，作为精确追踪库存的手段。有些公民自由主义者担心，这是监控我们生活方方面面的第一步——比如说，织入衣服的RFID芯片将持续地报告我们的行踪。

RFID业内高管表示他们对我们的行踪不感兴趣。然而，在凯瑟琳·阿尔布雷克特（Katherine Albrecht）和利兹·麦金太尔（Liz McIntyre）于2005年出版的《间谍芯片》（Spychips）一书中，他们揭露的出自美国公司的文件表明这些公司至少考虑过这个问题。如在2001年，IBM申请了一项专利，涉及使用RFID标签在“卖场、机场、火车站、公交车站、电梯、火车、飞机、厕所、体育场、图书馆、剧院、博物馆等区域”内部追踪个人。IBM并未彻底执行这个理念，至少目前还没有。

在一些应用场景中，RFID被用来追踪持有者的下落。有时候这是一种不精确的软定位。使用RFID名牌打卡上班，公司就会有你的出勤记录。然而这并不意味着你在建筑内部的行动也会被持续监控。

大多数RFID标签是被动的。因为没有电池为芯片供电，它们无法独立发射无线电信号。这些被动标签只有在接近RFID读取器时才会被激活。当芯片靠近读取器时，它会从入射无线电信号获取能量——足以

支持它应答自身的编号。由于读取器的入射信号很微弱，被动RFID芯片只会在足够接近读取器时响应——通常是若干码或是两三英尺。

坦率地说，RFID标签没法持续追踪你在大型建筑物内部的精确位置。在大多数情况下，也没这个必要。只要在每个重要房间的门口摆上一台读取器就行了。这样，某个工作人员进入了副总裁办公室或是保险库，银行的安全系统就会立刻得知。

RFID系统也可以变得特别具有侵入性，如果在每个房间都安置读取器，甚至包括那些员工需要一点隐私的地方的话。早在2004年，一家名为伍德沃德实验室（Woodward Laboratories）的公司推出了iHygiene，这是一款用于快餐店洗手间的RFID自助肥皂分发器。iHygiene会检测所有使用洗手间的员工的RFID名牌。如果该员工没有使用肥皂洗手就离开洗手间，iHygiene会通过Wi-Fi向餐厅经理的电脑发送信号。令人欣慰的是，这款产品从没流行过。另一种RFID更具侵入性，添加一块电池后，就能得到一个主动的标签，能将信号发送到数十英尺外。被动芯片只会在接近读取器时报告携带者的位置，而主动RFID芯片的范围则广得多，它能让员工时刻处于公司的雷达范围内。

医院率先使用了主动RFID系统对人和设备持续定位，然而结果却是毁誉参半。RFID信号经常远没有广告吹的那么精确，因此被标记的人或设备往往无法被精确定位。主动标签里的电池还必须经常更换——这项工作常被忽略。很多医院认为这项技术过于昂贵。此外还有来自员工的阻力，很多雇员抱怨说他们并不想在一个被“老大哥（Big Brother）”持续监看的环境里工作。

不同于医院，在学校里，很多家长乐于将他们的孩子置于持续监看之下。主动RFID系统逐步配置到了校园里。学校向孩子们发放装有加强芯片的ID标志，这些标志会向装在学校大门或是校车入口的读取器发送信号。当学生通过门禁时，校方人员就能知道他或她在正确的时间到了正确的位置。这个系统还能给家长发送电邮，告知家长孩子已按时到校。

“我们不想让它变成老大哥。”卡约德·阿拉德苏伊（Kayode Aladesuyi）说，他是佐治亚州玛丽埃塔市（Marietta）StudentConnect有限公司的CEO，这家公司是校园RFID系统的供应商。“我们希望它能服务于家长，提高孩子的教育质量，确保孩子的安全。”比方说，如果有

个孩子下了校车，但是在几分钟后都没有进入学校建筑，校方人员就会立刻收到警报。阿拉德苏伊还举了一个事例，曾有低龄学童被遗忘在校车上，因为司机没弄清到底有几个孩子上了车。据阿拉德苏伊所说，安装了RFID的校车就能确保这种事绝不会发生。联用RFID和追踪校车本身的GPS系统，校方管理者和家长可以知道孩子在上放学路上的精确位置。

在得克萨斯州圣安东尼奥市的约翰·杰伊中学（John Jay High School），RFID作为保护学生和增加经费的措施很受欢迎。国家补助基于出勤率发放，以前需要靠点名来得到出勤率，如果有个孩子因迟到错过了点名，学校得到的预算就会减少。而确保每个来学校的孩子都被点到了名，一所学校每年能够增加数千美元的经费。有了RFID系统，这一切变得简单：只要孩子走进大门，他就登入了系统。

为了获得更多经费，该地区有两所学校自2012年秋季起使用RFID系统。管理人员没想到会有来自学生和家长的反对，尤其忽视了埃尔南德斯（Hernandez）一家，这家人都是虔诚的基督教原教旨主义者。通过对《启示录》（Book of Revelation）的解读，二年级生安德烈娅·埃尔南德斯（Andrea Hernandez）相信RFID标签正是《启示录》第13章中的“兽的印记”（the mark of the beast）。这里的兽是该章节中描述的两个渎神之敌中的一个，它会在所有人的手或额头打上印记。拒绝印记的人无法买卖任何东西，这让人特别难以抗拒印记。接受兽的印记就是对上帝的敌人宣誓效忠，而拒绝它则意味着经济和社交上的放逐。在第14章中，信徒们被警告如果接受了这个印记就会“必饮神怒之酒，此酒斟于神忿之杯中，纯一不杂；他将在圣天使与羔羊面前，于火和硫黄中受苦”。

这看起来不像是一张塑料ID卡能承受的意义。但是埃尔南德斯一家确信要求佩戴RFID标签就是要给安德烈娅打上兽的印记。他们拒绝了。可能是因为狂热的宗教信仰在得克萨斯州并不罕见，学校董事会做出了实质性的让步。他们同意为安德烈娅提供不含RFID芯片的ID标志，使她的行动不受追踪。对于埃尔南德斯一家来说学校的让步还不够，他们说即使没有芯片，佩戴这种标志也可能暗示他们赞同学校的这一举措，而他们实际上仍然认为学校这样做是有罪的。安德烈娅被学校警告，如果她再不照做就会被开除。埃尔南德斯家将此事诉诸法律，在

2012年11月赢得了一项针对该学区的临时禁令。2013年1月，一位联邦法官判决安德烈娅必须佩戴标志或是转学。之后她转去了圣安东尼奥另一所不用RFID标志的中学。

但安德烈娅后来还是回到了约翰·杰伊中学。2013年7月，该学区宣布停用这种标志，因为RFID系统没有达到他们的预期效果。这算不上是隐私权的一次重大胜利，因为学校代之以遍布校园的摄像头——足足200个。

大部分学生和家长不像埃尔南德斯一家那样因狂热的宗教信仰而反对RFID，但他们还是从公民自由组织那里获得了一些支持，包括电子前线基金会（Electronic Frontier Foundation）、电子隐私信息中心（Electronic Privacy Information Center）和美国公民自由联盟（American Civil Liberties Union）。这些组织担心常规监视是对学生们人格的践踏，学生们或许会因为担心监控的存在而放弃向学校辅导员寻求帮助；即使在学生离开校园后，不法分子可能还能使用RFID读取器监控他们。

可能最麻烦的地方就在于，这种常规监控的方式会使得年轻人和成年人一样习惯于接受类似的入侵性监控。“不管初衷如何，学生们接收到的信息就是要合作并习惯于这种延伸控制，”两位批评家写道，“我们可以用学术语言说，监控对于这些学生已经‘常规化’了——它变得随处可见、无需置疑甚至不值得去注意。”

实际上，多种位置感知技术的普遍应用，使得只有自己知道自己行踪的世界变得难以想象。即使是才华横溢、富于奉献精神的数据隐私专家，多部计算机安全专著的作者布鲁斯·施奈尔（Bruce Schneier）也不得不承认这点。“互联网就是监控的国度，”施奈尔悲叹，“不管我们承认不承认，也不管我们喜不喜欢，我们都被时刻追踪着。”警方和营销公司共同努力，收集关于我们的一切重要信息，包括我们现在的位置、未来两小时可能会去的地方以及他们觉得合适的一切。“欢迎来到这样一个世界，你正在计算机上做的或已经完成的所有事都被记录在案、相互对照、仔细研究并从一家公司传到另一家，而这一切你并不知情，也没给予许可，”施奈尔说，“并且政府也可以随时调阅，无需批准。”

无论如何，现在还不到绝望的时候。位置隐私权，也就是保护某人的行踪不被公开的权利，在所有的政治立场中都不乏支持者。2013年，

共和党和民主党在国会两院提出议案，要求警方必须取得许可证明后方可电子追踪公民的位置和行动。这条新法涵盖范围包括实时位置追踪，获取手机历史记录中的位置信息时也需要许可。

执法部门警告说过于严厉的标准会让他们陷入被动。在国会听证会上的证言中，国际警长协会（International Association of Chiefs of Police）、警方调查行动委员会（Police Investigative Operations Committee）的主席彼得·A.莫达费里（Peter A.Modafferi）援引了一则案例。纽约市罗克兰县的毒品侦查人员收到线报，有人在非法经营制毒厂。这则消息不足以立案调查。然而依据嫌疑人的手机运营商提供的位置资料，侦查人员可以找到毒窟的所在地并将之监视起来。监控提供了证据，足以让警方取得一纸搜查令。莫达费里声称在这个案例中，在无证状况下访问嫌犯的位置数据是非常关键的。“在获取一个人基本、有限的历史位置信息时要求合理根据，会显著地提高破案与追求正义的难度。”莫达费里说。这当然是有可能的。很多立法者害怕这样的可能：执法机关能够随意获取每个公民的位置和动向的详细信息。

在国家层面上也有此类活动。2013年，得克萨斯和马里兰州的立法机关通过了一些法案，要求执法机关在获取公民位置信息前拿到窃听类型的合理根据证明。然而，另外50条不同的法律标准忽视了个人位置隐私。美国需要一个统一的联邦标准。它的涵盖范围应包括在持续追踪公民位置时的实时数据获取，以及通过手机运营商或追踪用户位置的技术公司如谷歌和苹果，去访问历史位置信息。

我们也需要更好地监管私营业务中的位置信息收集。明尼苏达州的一名民主党人、参议员阿尔·弗兰肯（Al Franken）起草了位置隐私保护法案（Location Privacy Protection Act）。这项法案要求移动通信设备上的任何软件都必须在记录用户的位置前明确地取得用户许可。因此，一个应用要想追踪你，就必须先请求你同意。此外，该法案还要求软件开发商在向其他公司提供用户的位置信息时也必须取得他的许可。

仅仅依靠法律也是不够的。我们最好是为基于位置的系统加入内建的隐私保护功能。EZ Pass帮助无数人快速通过收费站，但是同时也会记录简·多伊（Jane Doe）在上周二晚于马萨诸塞州收费公路上向西行驶这一事实。然而这个系统并不需要知道用户的身份。安德鲁·布隆伯格（Andrew Blumberg）是得克萨斯大学奥斯汀分校的数学助理教授，他

提议将该系统重新设计成储值服务。不再向EZ Pass用户的家中发送账单，而是将通过收费站与有一定金额的账户联系起来。收费公路管理局可以立刻从每个用户那里拿到钱。用户需要定期为账户充值，他们可以选择去银行或是零售店充值，但是布隆伯格更喜欢另一个点子，那就是匿名的“电子钞票”服务，就像充满争议、很少用到的比特币系统。如果EZ Pass服务接受比特币，用户就能使用任何一台电脑为账户充值，在某种程度上这能避免留下他或她的个人信息。

即使忽略几乎没人使用比特币这一事实，这个EZ Pass的修改版也很难符合警方和国土安全局的要求。他们已经习惯了使用EZ Pass来追踪不法分子，不会想要一个更没用的修改版。而且执法机关的工作人员也不是唯一习惯了这个系统的人，司机们也同样养成了习惯。大多数的人已经接受了牺牲一点隐私来换取效率和便利。

即使EZ Pass系统看起来不太可能会有这样的改动，但还是存在其他保护司机隐私的办法。早在2005年，布隆伯格和几个同事就曾提出，确实有充分的理由在所有的车辆上安装无线电应答器，它们可以帮助政府管理交通并追踪危险的司机。这些应答器也能用于自动缴费，就像EZ Pass一样。但是应答器同时也会是隐私权的噩梦，它能让政府有效地追踪每个乘车出行者的每段旅程。但是这样的系统完全可以做到对车辆匿名追踪，这样警方和高速路管理部门就能在得到有效信息的同时不必得知司机的个人信息——除非他们非要这样做不可。

布隆伯格计划让每辆车的应答器每过几秒钟就发送一组不同的识别码，这些识别码来自一个识别码文库。在一般情况下，想要知道某个识别码代表的司机信息是不可能的。然而有关部门可以通过追踪车辆的位置和速度来检测交通状况，就像谷歌和苹果的做法那样。

假设一名司机闯了红灯。安装在交通灯上的数据捕获装置会记录下这辆车在这个时刻发送的识别码。警方可以查找特征码对应的个人身份，并开出一份交通罚单。然而在闯过红灯的几秒钟后，司机的识别码就变了。警方无法追踪司机在闯红灯之前或是之后的行动。这样的系统可以满足政府的公共安全目标，也能保护公民不受持续监控的威胁。

其他的研究者，如IBM的杰夫·乔纳斯正致力于前景更为广阔的解决方案，使人们可以在分享自己的位置信息的同时对其进行模糊处理。用户可以得到地理定位指导信息，但是信息的供应商不会获得用户的具

体位置。比如说，如果我要求谷歌地图告诉我一家饭店的方向，谷歌就需要一个起始点来提供指导。在过去，谷歌会首先通过GPS和Wi-Fi追踪来找到我的经纬度。在更注重隐私的系统中，这个具体位置信息会由一组计算机生成的表示我的大略位置的密码所取代。“他们会知道我在一家三明治店附近，但是他们不知道精确的位置。”乔纳斯说。这个系统会加密用户的具体位置数据，让精确追踪一个不情愿的用户成为不可能的任务。

乔纳斯的系统还不够完美，而就算他做到了，这也不太可能解决所有问题。手机运营商需要知道客户的位置来转接电话，执法机关总是能得到这些信息。但是将匿名技术与更严格的法律限制结合起来，我们每个人都能保留一个定位隐私的保护茧。

这种办法可能会有效，但需要付出不断提高警惕的代价。这真是个讽刺性的逆转。在人类历史的大多数时间，人们相对来说很容易迷路；如何与其他人保持联系，了解他们的动向是个巨大的挑战，人们用了好几千年才解决这个问题。在过去的那个世纪里，我们终于达成了目标，但这个成功是有代价的。地图上的地标曾是山脉、大洋和摩天大楼。而在今天的地图里，主要的地理特征就是我们自己——数十亿人的精确位置，我们的每次移动都被记录在案，并被无数双眼睛观察。更高明的技术和更完善的法律保护我们免遭警方密探和营销公司的暴行。但是我们再也不会被忽视，他们总会知道上哪儿去找我们，也会一直如此。

译后记

感谢序言·东西文库为我们带来的精彩之作，感谢东西文库的主编丁诗颖把这一项目交给我负责。全书引言及第一、二、三、八、十、十一章由张若剑翻译；第四、六、九章由王力军翻译；中文版序、第五、七章由党霄羽翻译。本书的校对、统稿、联系作者等工作由党霄羽执行。

党霄羽