

未来城市形态的三个推测

迈克尔·巴蒂

梁佳宁 译

龙瀛 校

The Shape of Future Cities: Three Speculations

Michael BATTY

(Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, London W55RF, UK)

Translated by LIANG Jianing¹, proofread by LONG Ying^{1,2,3}

(1. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Hang Lung Center for Real Estate, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3. Key Laboratory of Eco-Planning & Green Building, Ministry of Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract World population has grown dramatically since the Industrial Revolution began 250 years ago. Cities are key elements in this growth, but by 2100, we will all be living in cities of one size or another. Here we speculate what this world will look like. First, the Industrial Revolution represents a clean break from a past composed of hardly any cities to one which is completely dominated by cities. Second, cities will continue to change qualitatively as they get larger but size limits will emerge. Third, cities will no longer be classified by their size but by their internal dynamics.

Keywords technology; the Fourth Industrial Revolution; future; cities

作者简介

迈克尔·巴蒂，伦敦大学学院高级空间分析中心。
梁佳宁，清华大学建筑学院；

龙瀛，清华大学建筑学院，清华大学恒隆房地产研究中心，清华大学生态规划与绿色建筑教育部重点实验室。

摘要 自 250 年前工业革命开始以来，世界人口急剧增长。城市是这一增长的关键因素，而到 2100 年，我们都将生活在不同规模的城市中。文章将推测世界未来的模样：第一，工业革命标志着世界从过去没有城市彻底转变为由城市主导；第二，随着城市规模的扩大，城市将继续发生质的变化，但城市规模会出现上限；第三，城市将不再依据规模，而是按其内部动态网络和相互作用进行分类。

关键词 技术；第四次工业革命；未来；城市

大约 1.2 万年前的最后一个冰河时代结束以来，人类逐渐从狩猎采集的游牧生活转向定居的农业生活。又经过大约 6 000 年，第一批城市出现了，但直到公元前，世界上也只有约 5% 的人口生活在我们认为是城市的地方。在大部分人类历史进程中，人口仅以每年几百万的速度缓慢增长，直到 15~17 世纪欧洲文艺复兴开始，才有迹象表明人口数量以指数级增长 (Wiki, 2022)。但人口的确爆发式增长了，这是由于当时工业革命催生了许多城市，这些城市仿佛工业皇冠上的宝石，新技术在城市被发明并传播。解释工业革命的起源并不容易，比如工业革命为什么没有更早地发生在中国、希腊和罗马帝国。但毫无疑问的是，18 世纪中叶时西欧的条件适合创新，这些创新产生了一系列的新技术，反过来，这些新技术使许多人的生活人类史上首次超过勉强维持生计的水平。现在看来，这场革命的

发生越来越标志着与过去的彻底决裂，下文将进行更详细的阐述。

以蒸汽动力发明为基础的第一次工业革命，使人们能够打破以往任何时候都存在的距离约束。不断增长的城市人口首次可以住在离工作地更远但仍然属于城市的地方，并享受更宽敞的空间和更顺畅的交通。城市规模也首次超过以往技术制约下的一百万人口上限。第一次工业革命后，多种新型的制造机器面世，而到 19 世纪末，第二次工业革命对机械与电力进行融合，汽车以及各种通信设备（如电话和无线电技术）应运而生，让人们能够轻松地进行远距离交流。第二次工业革命也打破了交流必须进行物理移动的障碍，并很快衍生出第三次工业革命，即以计算机的发明为标志的数字革命。而当下正在进行的第四次工业革命中，信息和数字技术渗入各种机器以及人类自身，并为地球建立起一层数字表皮（digital skin），帮助我们能够随时随地与任何人进行交流。

克劳斯·施瓦布（Klaus Schwab）将工业革命划分为上述的四次（Schwab, 2016），并指出每一次工业革命并不是抵消或取代前者，而是由此前历次工业革命累积而成的。总之，每一次工业革命都从既有创新中发展，并从内外部对其进行全面更新。第三次和第四次工业革命尤其如此，它们以信息流补充能量流。此外，其他未来学家在描述这些革新时也使用了类似的术语。阿尔文·托夫勒（Alvin Toffler）所说的“第三次浪潮”（Third Wave）（Toffler, 1980），与施瓦布提出的“第三、第四次工业革命”概念一致，而丹尼尔·贝尔（Daniel Bell）等学者所说的“后工业”（post-industrial）一词也适用于当下，即第一、第二次工业革命以来的世界（Bell, 1974）。

显而易见，历次工业革命代表着一系列没有停止迹象的技术创新，并且正在加速发展，以至于一些人推测其发展可能会达到一个极限，一个奇点（singularity），一个我们不仅难以掌握且无法预测的临界点（Kurzweil, 2005）。这些相互交织的变革浪潮的后果之一是，它们正在增加城市和社会的复杂性，使追踪它们对城市和社会系统的影响变得越来越难。正如远古城市是像“台形遗址”（tell）一样层层堆叠而成的，本世纪的城市也正在被一层又一层的新信息技术累积塑造。但不同的是，这些新技术正在频繁地更新换代，使我们很难清晰地剥离塑造城市的技术层。

在这场技术漩涡中，城市成为其中的关键点。在第一次工业革命之前，城市是少数的存在，而非普遍现象。即使在 1750 年左右第一次工业革命开始时的英国，居住在城市的人口比例也只有 20% 左右。250 年后的今天，这一比例已超过 90%，而剩余 10% 的人口尽管在地理上并不生活在城市（city），也是高度城市化的，参与城市化的活动。现在全世界居住在城市地区（urban areas）的人已接近 60%，到本世纪末，大多数人都将生活在大大小小的城市中（Batty, 2011）。从这个角度看，城市的概念似乎有些过时并且存在问题，主要原因是城市被最广泛认同的定义之一是物理的，过去的城市边界往往是基于人口密度划分的硬性边界，而这样的边界显然是非常模糊的。在工业革命发生以及铁路和汽车等新交通技术出现之前，城市的硬性边界往往与城墙相关，用于抵御敌人（并留住城市人口），并且在当时，划定城市与周边农村和农业腹地的边界要明确得多。

从这个与前工业化时代彻底决裂的论述出发，本文提出了对未来城市的三种推测，下面将依次讨论。

1 推测一：在完全城市化的未来，城市的概念将消失

可以说，城市的概念将逐渐被视作一个早期的人造物。随着数字革命的步伐不断加快，我们都将具备一种使用地球上迅速建立的数字表皮与任何人交流的手段。本世纪结束前，通信方式将会实现完全的全球化。这种全球化可能会遇到地方性的反对，但数字技术的发展不太可能减缓，而且我们可以调整全球网络，以应对合理的、对城市生活仍必要的地方问题。

随着我们适应更快、更频繁的技术革命，第一次工业革命引发的急剧变革或不连续性将更加清晰，其中，城市的概念是我们理解这一变革的核心。因此，我们的第一个推测是，城市的概念将会消失，虽然城市化的地区仍会像过去一样存在隔离和聚集，名义上的城市概念依然存在；但就功能而言，城市的概念会消失。事实上，“城市”（city）一词很可能被纳入“城区”（urban）一词，尽管城区是一个侧重于城市化进程的概念，一般用于定义人口在城镇、城市等密集地区的聚集方式。在许多关于城市以及城市化过程特点的定义中，术语“城市”和“城区”之间存在内在的循环性。在此背景下，有两种反作用力主导着城市的生长，第一种是世界总人口，它为不同规模的城市提供了总额极限，第二种是不同规模城市的分布，通常遵循一个规律，即随着城市的发展，大城市数量会减少；也就是说，由于资源有限，小城市比大城市数量多得多，并不是所有的城市都能发展为大城市。

在一个只由城市组成的世界中，不同规模的城市人口总和等于世界人口，我们可以将总人口定义为 P 。城市人口的分布可以按其人口大小排序为 $P_1 > P_2 > P_3 \cdots > P_R$ ，注意其分布符合一个广为接受的模型，即城市位序规模法则（rank-size rule）或齐普夫定律（Zipf's Law），表述为 $P_r \propto r^{-1}$ ，其中 P_r 是排名为 r 的城市人口数。我们推测，当整个系统即全世界由城市组成时，这种模型仍适用，我们可以将最小的城市人口数作为一个人口单位，即有 $P_R \propto R^{-1} \propto 1$ 。分布可列为 $P_r = Rr^{-1}$ ，其中最大规模的城市人口是 $P_1 = R$ ，总人口可以计算为 $P = R \sum_{r=1}^R r^{-1}$ 。这种关系与系统中的实际总人口无关，可以进一步缩放。但是，它的确取决于该系统中的城市数量，即 R 。因此，任何缩放都必须在幂律关系的形式、参数以及最大和最小城市的实际规模之间进行权衡（Batty, 2021）。

推测一还与这样一个事实有关，即随着城市规模变大且城市之间开始融合，历史上使用不同的后缀“polis”对其进行分类。康斯坦丁诺斯·道萨迪亚斯（Constantinos Doxiadis）定义了一个详细的序列（Doxiadis, 1968），从最小的定居点——小村庄（hamlet）、村庄（village）……城镇（polis），到最大的定居点——大都市（metropolis）、大城市连绵区（megalopolis）……普世城（ecumenopolis）（Batty, 2018）。但现在最常用的术语是“大城市连绵区”（megalopolis），最初由帕特里克·盖迪斯（Patrick Geddes）提出，简·戈特曼（Jean Gottmann）将其大致定义为“……非常大的城市，即一个拥有数百万人口的扩展城市地区”，他认为美国的东北沿海地区即符合该定义（Gottman, 1961）。事实上，自戈特曼的研究后，“巨型城市”（mega city）一词常被用来指代巨大的城市群，例如连接香港、深圳、广州与珠海和澳门的大湾区，以北京和上海为核心的城市群，而其他，如西北欧的大部分地区和美国的东北沿海地区都属于这种多中心的发展模式。

最后一个佐证推测一的事实是，未来城市的生长可能存在未知的极限。尽管城市规模变得更大，但最大的城市在规模上相对其他城市在下降。随着城市相互融合，由此产生的城市群的功能与单个中心城市非常不同，当城市变大时，其大小、规模和交通方面可能会产生我们难以想象的质变。目前我们在工作日的可移动距离仍存在相当大的限制，但显而易见的是，在一个全球互联的世界中，不同的移动方式可能会共同改变物理位置的基础。

2 推测二：随着城市规模变大，城市会发生质变

历史上最大的城市与小城市存在质的不同，但要成为一个大城市，其必须首先成为一个小城市。这意味着，城市增长的每一刻都会有微妙的变化发生，使人们以不同的方式交流互动。最明显的变化发生在人们潜在相遇的模式。在一个人口为 P 的城市中，人与人之间共有 P^2 个潜在的联系，随着城市规模变大，这个数字会呈指数增长。这被称为梅特卡夫定律（Metcalf's Law），它与网络的力量有关。但实际上，大多数潜在的联系都无法被利用，因为这个数字太大了，更接近真实的情况是，联系数量以一个远小于2的指数增长。即便如此，这仍会导致联系数量 Y 的超线性增长，它比潜在联系总量小得多，更接近 $Y = kP^{1.2}$ ，正如路易斯·贝当古（Luis Bettencourt）等人对各种城市属性（如个人收入）与城市规模之间的关系所证明的（Bettencourt et al., 2007）。

这意味着随着城市的生长，城市会产生规模经济（economies of scale），即阿尔弗雷德·马歇尔（Alfred Marshall）在19世纪末提出的“集聚经济”（agglomeration economies）。其背后隐含的关系属于异速生长科学（science of allometry）的内容，常被用于研究生物系统的大小和新陈代谢的关系。而其应用于城市时，如个人收入等属性与城市人口呈超线性关系，则意味着如果希望增加个人收入，就需要扩大城市规模。这个观点实际很深刻，因为它表明如果我们希望提高个人收入水平，就应该以生活在更大的城市为目标。用年轻人的话说，大城市很“酷”。然而到目前为止，我们还几乎没有意识到严格限制城市规模的后果，但在总人口有限的世界里，上述这些关系很可能会被打破。然而，这个新兴的世界中，城市具有固定的物理规模这一概念已不再成立，取而代之的认知是城市是其网络的函数。在这种情况下，规模经济更有可能与个人能够激活的网络规模有关。这表明只有当城市被分为与不同类型网络相关的群体时，才可能实现规模经济。因此，应在这个尺度而非城市尺度，将人口与其关键属性联系起来。即城市的未来将建立在城市之间相互融合的基础上，不会再有完全独立并独自运作的城市区域。

这类规模扩展还有另一个维度。城市实体基础设施往往与城市规模呈亚线性关系，但这并不意味着基础设施会产生规模不经济（diseconomies of scale）。例如，交通空间的面积与城市人口呈亚线性关系，意味着交通空间随着城市规模的扩大而得到更高效的利用，简言之，城市需要的交通空间更少。虽然推测二需要加以限定，因为城市的未来是由多种类型的网络组成的，并且技术创新是在比任何城市本身的物理范围更广泛的地区进行的，但是城市规模变大将产生质变这一概念必将持续成为城市未

来的重点。

3 推测三：城市既在空间中，也在时间中运作

许多决定城市如何运作以及我们如何在城市中活动的过程，都是瞬时动态的。但到目前为止，我们往往只依据空间上的规模和大小对城市进行分类，建立在与上文提到的道萨迪亚斯等学者有关的“城镇”（polis）的定义之上。然而，大多数存在于时空的物体都有容量限制，我们对未来世界人口增长的第一个推测是直接种群生长的方式来填充一个有容量限制的系统。常使用逻辑斯谛函数（logistic function，一个有最大值极限的指数函数）对其进行建模。它模拟了人口 dP 在 dt 时刻的变化即 $dP/dt = \beta P(1 - P/K)$ ，其中 P 是那一刻的总人口， β 是人口增长率， K 是容量极限，即系统处于稳定状态下不能通过的总人口。此系统显然是有容量极限的，因为 logistic 函数等式右侧的两个项相互制约。第一项是指数项，第二项是阻尼项，它与总人口接近极限值的程度有关。 t 时刻的总人口 $P(t)$ 可以推导为 $P(t) = KP_0 \exp(\beta t) / [K + P_0(\exp(\beta t) - 1)]$ ，其中 P_0 是起始人口数。

事实上，在城市中有许多这样的过程决定了事物如何增长和改变，但这些过程多与低频事件（如人口增长）相关，而非高频事件（如那些涉及精细尺度的交通流动过程）。精细交通流动图的复杂性很容易展示，因为许多这类要素流动的过程是并行运行的，并以或简单或复杂的方式相互关联，涉及将这些过程的要素彼此连接起来的网络。如果我们把时间范围从十年扩大到百年，那么，就有许多过程需要按照我们在第一个推测中说明的方式进行建模。推测一中隐含的彻底转变与未来城市可能出现的方式高度相关。到目前为止，我们已经假设了有限的增长，但在一个本质上不可预测的世界中，世界人口是否会在本世纪趋于稳定状态尚未可知。如果以随机的方式触发容量极限，可能会发生波动，产生像罗马俱乐部大约 50 年前预测的可怕的未来情景（Meadows et al., 1972）。

在动态方面，非常精细时间尺度下的变化和运动位于频谱（temporal spectrum）的另一端。智慧城市技术作为智能传感器不断嵌入建成环境中，为城市在不同领域的逐秒运行提供大量实时数据流。这些数据最终变成与低频变化一致的长期数据，但到目前为止，除了将数据用于性能监测，我们没有一套明确的理论指导我们还能如何使用这些数据。大部分数据仍然是信息尾气（information exhaust），其结构需要使用各种机器学习方法才能提取。

然而，从流动方程（flow equation）的角度阐明这些过程是可行的，并且有许多交通模型都专注于此，但我们还没有一个全面的视角将所有这些过程整合在一起。在扩展我们的推测时，在对未来城市形态的思考中，网络过程可能会变得越发重要。从前工业时代到后工业时代的巨大变化，不仅是从城市到城区或从少数城市到很多城市的转变，还是由城市以地理位置为主要特征的世界向以网络为主导的世界的转变——从行动到互动的转型。网络将定义未来城市，因为它们存在于集群（clusters）、弦（strings）、网格（lattices）和其他拓扑结构中，就传统的空间维度而言，它们不再彼此相邻。因此，

挑战在于建立一门城市科学，为我们对未来城市形态的理解提供坚实的共识。

参考文献

- [1] BATTY M. When all the worlds a city[J]. Environment and Planning A, 2011, 43(4): 765-772.
- [2] BATTY M. Inventing future cities[M]. Cambridge, MA: The MIT Press, 2018.
- [3] BATTY M. The size of cities[M]//GLAESER E, KOURTIT K, NIJKAMP P. Urban empires: cities as global rulers in the new urban world. London: Routledge, 2021: 210-228.
- [4] BETTENCOURT L M A, LOBO J, HELBING D, et al. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007, 104(17): 7301-7306.
- [5] BELL D. The coming of post-industrial society[M]. New York: Harper Colophon Books, 1974.
- [6] DOXIADIS C A. Ekistics: an introduction to the science of human settlements[M]. London: Oxford University Press, 1968.
- [7] GOTTMAN J. Megalopolis: the urbanized northeastern seaboard of the United States[M]. New York: The Twentieth Century Fund, 1961.
- [8] KURZWEIL R. The singularity is near: when humans transcend biology[M]. New York: Viking, 2005.
- [9] MEADOWS DH, MEADOWS DL, RANDERS J, et al. The limits to growth: a report for the club of rome's project on the predicament of mankind[M]. New York: Potomac Associates, Universe Books, 1972.
- [10] SCHWAB K. The fourth industrial revolution[M]. New York: Portfolio Penguin, 2016.
- [11] TOFFLER A. The third wave[M]. New York: William Morrow, 1980.
- [12] WIKI. Estimates of historical world population [EB/OL]. [2022-09-09]. https://en.wikipedia.org/wiki/Estimates_of_historical_world_population.

[欢迎引用]

迈克尔·巴蒂. 未来城市形态的三个推测[J]. 梁佳宁, 译. 龙瀛, 校. 城市与区域规划研究, 2023, 15(1): 228-233.

BATTY M. The shape of future cities: three speculations[J]. Journal of Urban and Regional Planning, 2023, 15(1): 228-233.