

Beijing City Lab

Yang T, 2014, Spatial structure and functional location choice in the light of big data.
Beijing City Lab. Working paper #48

基于大数据的北京空间构成与功能区位研究

A Study on Spatial Structure and Functional Location Choice in the Light of Big Data

杨滔 副研究员

住房和城乡建设部城乡规划管理中心

【摘要】 大数据时代为研究城市空间形态与其功能的互动提供了新视角。本文以北京为案例，首先分析了百度地图中城市网络的空间构成，即个体空间之间的复杂关联，并根据功能分类，分析了百度的兴趣点的聚集模式。其次，本文重点研究了城市空间构成的模式与功能聚集模式之间统计意义上的相关性。基于此，本文认为不同的功能根据其规模大小、消费或服务人群、文化或品牌、运作方式等方面，采取不同的空间构成方式，并选择了不同空间区位，这些还体现在不同的尺度上。例如，小型偏盈利型的设施高度集中在不同尺度空间构成都良好的地段，称为活力中心；中型偏盈利型的设施则可分布在较大尺度空间构成良好的地方，称为一般中心；而大型偏盈利型的设施则可以分布在各种尺度空间构成都不好的地区，称为非空间的吸引点。在这种意义上，可解释为不同的功能聚集模式源于城市及其局部不同的空间构成方式。

【Abstract】 The availability of big data provides a new angle on investigating whether, and if so, how far urban spatial morphology intrinsically interacts with its functions. This article, using a pilot study of the Beijing city, first seeks to explore spatial configuration - the complex relations among individual spaces - of urban network collected from Baidu, and the aggregation patterns of Baidu's POI (Point of Interest) regarding functional classification. And then, it focuses the attention of conducting a statistical correlation between the configurational patterns of urban network and the aggregation patterns of functions. Based on these studies, it argues that the different functional points, according to their scales, client groups, cultures and management perspectives, adopt and adapt the differently structured layouts and meanwhile select the differently valued locations at different radii. For example, small commercial-oriented facilities tend to highly aggregate at the places well-structured at different radii, usually called the active centres; medium commercial-oriented facilities are more likely distributed at the well-structured sites only at the large radius, termed the generic centres; and large commercial-oriented facilities have higher possibility of being situated at the spaces that are not well-structured at any radii, and such space can be named non-spatial attractors. In this sense, the different functional aggregation patterns can be argued to more or less reflect, and even correspond to, the different ways of structuring spatial layouts at the levels of the whole city and its parts.

【关键词】 空间句法、构成、功能、多尺度模式、北京

【Key Words】 Space Syntax, Configuration, Functionality, Multi-scale Pattern, Beijing

一、问题的界定

中央城镇化工作会议提出“由扩张性规划逐步转向限定城市边界、优化空间结构的规划”、“严控增量，盘活存量，优化结构，提升效率”等政策方针^[1]；国土部门也提出“严格控制城市建设用地规模，确需扩大的，要采取串联式、组团式、卫星城式布局”等通知^[2]。其中提到的空间结构都涉及到城市的空间形态和功能构成，而这两方面之间的互动一直都是城市设计理论和方法的研究重点之一，属于“形式—功能”课题的一个子项。由于城市比较庞大而复杂，数据获取有限且昂贵，其空间形态和功能构成之间的关系并未得以充分的揭示。

然而，随信息与通信技术的高速发展，我们迎来了“大数据时代”，意味着我们可以或者即将能够处理大量复杂而彼此相关的数据，其特征是规模海量、种类繁多、以及更新迅速。根据《科学》(Science)杂志的报道，从 1986 年起，全球信息以每年 23% 的速度增加，普通电子计算能力以每年 58% 的速度增长，到 2007 年，全球 94% 的信息以电子的形式存贮^[3]。IBM 报道，2012 年每天产生的数据高达 2.5×10^{18} 比特，而世界 90% 的数据是最近两年内生成的，它们来自各种电子感应器、微型识别器、电子网络、电子社交帖子、电子多媒体、电子交易帐单、通讯、GPS 信号、遥感信息等，也与各种新概念密切相关，如云技术和物联网^[4]。这些大数据将会彻底改变城市研究的方法，并使得城市科学更加关注细微之处，促进新的工作模型出现^[5]。那么，“大数据”是否为研究“形式—功能”课题提供了新的思路？或是否有助于我们更好地去探索空间形态和功能构成之间的关系，从而为设计城市提供新的方法？

本文以北京为例，研究了百度的道路网和功能兴趣点 (POI) 大数据，前者代表北京城市空间形态构成，后者代表北京城市功能特征，以此初步探索北京的空间形态是怎样建构的，其功能在空间中的分布模式是什么样的，以及空间形态又是如何与功能特征相关联的。通过对这三个问题的研究，期望寻找新方法，可用于其它类似大数据的分析。下文分为三个部分：首先，基于空间句法的最新发展，讨论空间构成与功能，并分析北京的道路网形态特征；其次，基于 GIS 技术，分析北京兴趣点的分布密度，探讨北京城市功能的空间分布特征；最后，基于统计学方法，分析不同类型功能的空间区位选择、以及不同尺度的空间构成对那些功能的影响作用。

二、空间区位的形成

空间句法中的形态与功能

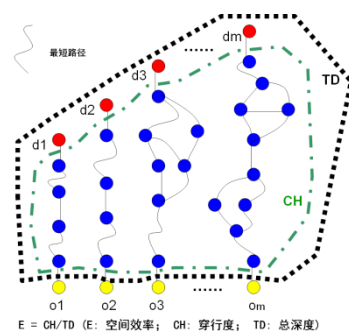
基于拓扑数学和网络理论，空间句法不仅提出了一种关于空间和社会的理论，而且逐步发掘了一系列方法，适用于处理巨大的空间数据。自从 1970 年代比尔·希列尔 (Bill Hillier) 教授创建空间句法理论和方法以来，他以及他同事们一直专注于研究空间形态与功能之间的关系，并提出了空间形态和行为模式之间的“一元性”互动的理论假设，即人们建构、使用、改造空间形态的活动本身就是行为模式，而这些行为模式的机制又构成在空间形态的建构逻辑^[6]。基于此，该理论认为空间不是静态的行为活动背景，而是人们活动本身所具备的内在空间性；因此，空间不再被视为一个个独立的元素，而是彼此相连的组织构成关系，体现在人们社会经济活动的彼此关联之中^[7]。针对这种理论假设，空间句法提倡四步骤的研究方法：空间表达、空间构成分析、空间模型、以及空间理论。空间表达指通过其几何特征和人们体验的方式将空间元素表现出来；空间构成分析指精确地定量描述空间元素之间的组织建构情况；空间模型指采用定性和定量的模型去描述、解释、并预测各种空间现象及其伴随的社会

经济现象；空间理论指建立空间与社会的理论，重点研究空间是如何通过建筑物和城市的建造和使用而成为社会经济活动必不可少的一部分。这四步骤强调理论源于对现象的实证性分析，以此发现空间构成与功能之间的关联。

空间句法采用了一系列变量去度量空间构成，其中两个最为重要的是整合度（Integration）和穿行度（Choice）。前者对应于图论中的接近度（Closeness），即图中任意一点到其他所有点的距离之和（或称之为总深度 Total Depth）的倒数^[8]；后者对应于图论中的之间度（Betweenness），即图中任意一点作为“桥”出现在最短路径中的次数^[9]。在已往的研究之中，整合度往往被认为可预测达到性交通潜力，而穿行度往往被视为可预测穿越性交通潜力^[10,11]。基于这两个变量，空间句法曾提出了一系列关于空间构成与功能的理论，例如自然出行的理论，即空间形态的组织构成方式在很大程度上会影响、甚至决定了人们自然而然的交通出行频率^[12]。最近，空间句法又提出了两个理论：无所不在的中心性^[13]和模糊边界^[14]。无所不在的中心性指城市各种规模的中心遍布在城市的各个角落，不是简单地体现为多中心，而是体现为复杂的中心性网络，其中包含多尺度的交织、镶嵌、互动、构成等，这被视为一种城市普遍性功能。模糊边界指良好城市的分区不是通过清晰不变的边界限定而形成，而是通过空间网络的多尺度分异而形成，从而保持了各个分区之间适度的可达性，使得分区边界随尺度的变化而变化，以适应不同尺度的社会经济的聚集。由此可见，在很大程度上，空间句法方法论的研究直接推动了其“空间构成—功能”理论的发展。

基于空间构成效率的空间区位

然而，整合度和穿行度本身一直都存在令人困惑的地方，属于网络科学的基础性研究领域，这不仅仅局限于空间句法领域。例如，拓扑数学研究表明，某些街道距离其他所有街道的总深度增加后，该街道被穿行的概率将随之提高；或简而言之，某些街道的整合度越高，其穿行度越低，这种现象令人费解^[15]。实际上，对于任意由 k 个节点构成的网络，其最短路径共有 $k*(k-1)$ 条（图一）；对于每条最短路径的起始点，它所获得的深度（Depth）比穿行度（Choice）多 1；对于整体网络而言，总深度等于每条最短路径中起始点的深度之和，而总穿行度也等于每个起始点的穿行度之和。因此，网络的总深度等于总穿行度与 $k*(k-1)$ 之和。这表明，整合程度越高的网络，其总体穿行度越低。这种特性并不是某些街道所特有的，而是网络系统本身所具备的。这给空间句法带来了更大的困惑，因为在以往的研究和实践中，基本的判断标准其实是空间系统应越整合越好，其穿行度越高越好。



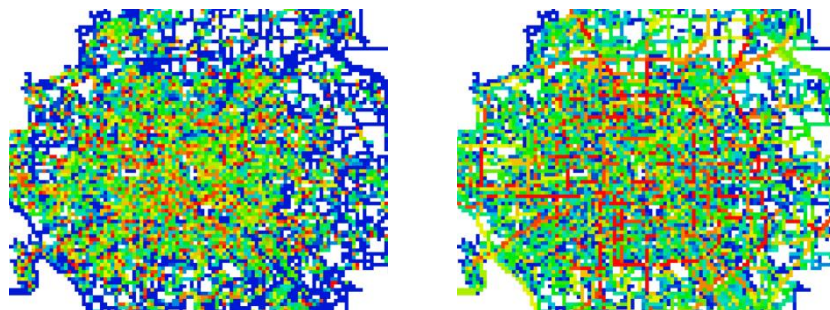
图一、穿行度、总深度和空间构成效率的关系

这种悖论的出现，需要我们对固有的思维范式做出突破。在以往的城市研究之中，我们反复地发现整合度（总深度的倒数）与穿行度之间的相关性并不高，然而并未深入地解释这个现象。于是，基于悖论，笔者认为总深度和穿行度反映了空间网络中两种相对的特征。对

于每个起始点而言，总深度代表了从起始点到达其他所有终点的出行过程之中所消耗的距离、能量、或者时间等，即总深度度量了系统中的出行成本。这也是常见的解释。而对于每对起始点和终点之间的空间点而言，穿行度计算了穿过这些空间点的次数或概率，即位于这些空间点的人们不需要出行，所能获得的与其他人相遇的次数或概率。这可以解释为他人出行为这些空间带来的收益。换言之，对于每个空间点而言，总深度代表它到达其他空间点所花费的成本，而穿行度代表其他所有出行对该空间点带来的收益。因此，对于整个拓扑系统而言，总成本和总收益应是相同的，类似于能量守恒定律。于是，可认为，每个空间点的收益与成本之商代表了该空间点的效率，且该效率是无纲量的，适用于比较规模不同的系统。在这种意义上，可称之为空间构成效率（Configurational Efficiency）。效率越高的空间，到达其他空间的距离越近，且获得的穿行次数越多，那么该空间的区位越好。在这种意义上，空间构成效率可被用于度量空间区位。从逻辑上，该变量解决了整合度与穿行度之间的悖论；并在世界 50 多个城市案例的研究中得以证实有效^[15]。此外，由于该变量与穿行度高度相关，也被用于标准化穿行度。

北京空间形态与中心区位特征

基于以上空间句法的最新进展，分析了百度地图上北京道路网结构，基本上以五环为研究边界；且分为 1 公里和 50 公里两种尺度，分别代表了局部和全局的空间构成效率，其中红色表示效率高，而蓝色表示效率低（图二 a 和 b）。首先，这两种空间构成效率的模式差异明显：局部空间构成效率高的场所（红色点）呈散点状分布，并未形成某种特殊的模式（图二 a）；而全局空间效率高的地方基本上构成了某种“环状”模式，并带有放射状的通道，基本符合我们对北京“环+放射”整体骨架的常识性认知（图二 b）。在一定程度上，这说明了两种空间区位模式：局部性中心呈离散型，且缺乏规律性，难以记住；而全局性中心则较为连续，形成了城市的整体骨架。



图二、北京局部空间构成效率模式（a）和全局空间构成效率模式（b）

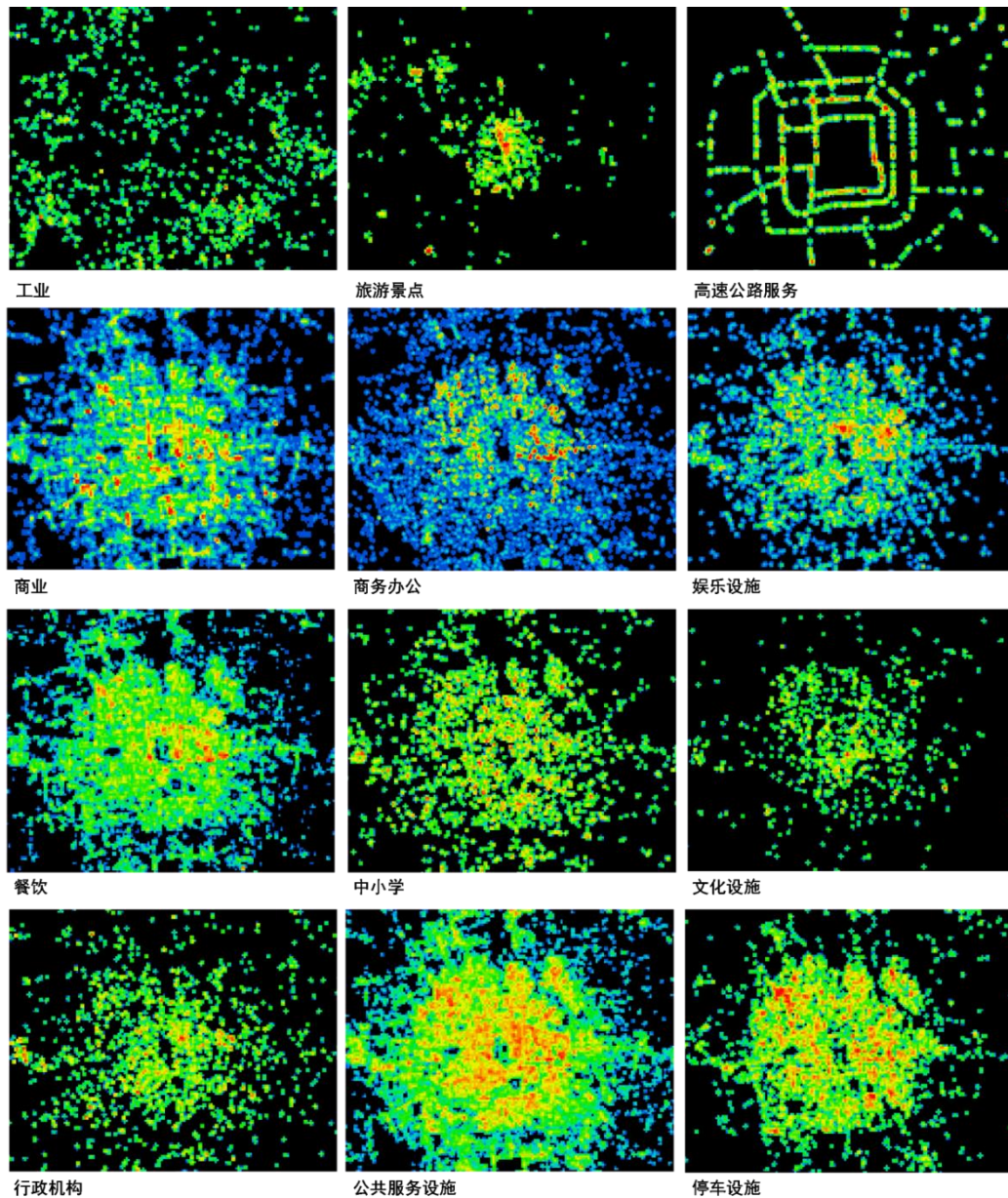
其次，城市中心聚集了更多的局部空间效率高的场所。三环以内，蓝色的空间较少，且从红色过渡到蓝色的中间色彩较为丰富。相对于城市边缘地区，不仅城市中心的局部空间构成效率偏高，而且其聚集等级层次变化更为丰富。这表明，各个局部中心之间的连通性更好，彼此交织成为局部效率更高的众多“子网络”。从局部空间构成效率的角度，这解释了为什么北京三环以内富有更多、更连续的活力中心，它们体现了其局部空间区位价值较高。

最后，全局空间构成效率高的地区则较为均匀地覆盖了整个北京城，且环形结构强于放射状模式。这表现为，从城市中心和边缘的角度来看，暖色的空间相对分布均匀，构成了联系整个城市的骨架，其中一些放射状通道则是橙色，而非红色。此外，东侧的环状结构更为明显；从数值上看，东三环的全局空间构成效率最高，东四环次之，看似这与目前北京 CBD 的位置有一定的契合性。这至少说明了 CBD 在全城的空间区位价值较高。

二、北京功能的空间分布模式

聚集、离散与层次

本节根据功能兴趣点数据 (POI)，研究北京城中功能的空间分布特征，作为空间构成效率分析的补充。首先，这些兴趣点根据其具体名称，分为了不同的类型，例如商业、公共服务、行政机构、停车场、旅游景点、工业、餐饮、娱乐、中小学、文化设施、商务办公、高速服务设施等；其次，采用 300 米*300 米为单元的网格覆盖在北京城上，计算每个单元内不同类型的兴趣点数量，赋值给这些单元，以计算某种类型的兴趣点密度；最后，根据其密度的高低，将这些单元赋予色彩，红色表示密度高，而蓝色表示密度低，从而近似地表达某种功能在空间中的分布模式 (图三)。



图三、北京功能的空间分布模式

大体来看，大部分类型功能从城市中心向边缘扩散开来，初步反映了一般性功能的中心

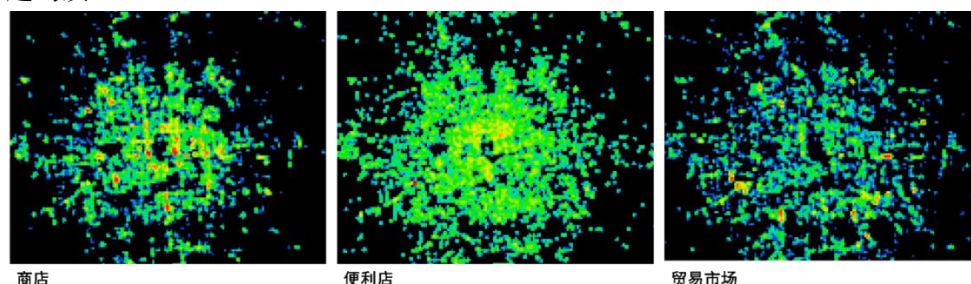
聚集效应。然而，工业、高速服务设施（包括出入口等）和旅游景点则呈现出不同的模式：工业在四环之外的密度更高，且较多聚集在南四环和东四环之外，这与工业园区有关，这说明了北京工业职能的外迁；高速服务设施沿环路和放射状高速分布，且二、三、四环的密度更高，在一定程度上，这反映了北京采用高速路模式解决城市中心交通的思路；旅游景点则几乎集中在二环以内的旧城，除了西北角的颐和园、圆明园、西山等，这表明了北京还是以历史景点旅游为主，二环到五环之间新旅游景点还有待开发。当然，这三种功能相对较特殊。

对于其他主要功能，虽大致体现了城市中心的聚集现象，然而其空间分布还是各不相同，且聚集或离散程度不一。商业、商务办公、娱乐、餐饮表现出更明显的非均质性分布，在某些地段高密度地聚集（暖色表示）；而公共服务、中小学、行政机构、文化设施、停车则分布得相对均匀些。这说明了偏盈利型的功能更强调其聚集效应，而偏公共型的功能则更强调其均好性效应。

然而，这两大类功能的空间分布还有其更为精细的特征。对于偏盈利型的，商业、娱乐、餐饮在旧城的密度仍然较高，具备城市级的聚集中心，且这些功能的聚集等级层次较为丰富，常常体现为从高密度聚集区逐步过渡到低密度区；而商务办公并未高密度地聚集在旧城，却聚集在 CBD、使馆区、望京、中关村等地，且缺少聚集等级层次，体现为商业办公尽可能地较高密度地聚集，其周边的商务办公密度则突然降低。对于偏公共型的，公共服务和停车场在四环以内的区域都有较高的密度，聚集等级层次也较为丰富，不过北城的密度高于南城，且停车场在 CBD 和城市边缘的密度偏低；行政机构和文化设施则偏向聚集在三环之内，平均密度明显低于公共服务，且聚集等级层次较为单一；中小学则分布得最为离散，且均匀，不过在四环之外的密度偏低，聚集等级层次也较单一。在很大程度上，这表明：越偏向公共型的功能，其分布越离散而均质，且聚集等级层次越单一；越偏向盈利型的功能，其分布越非均质，且聚集等级层次越丰富。

精巧的功能分布

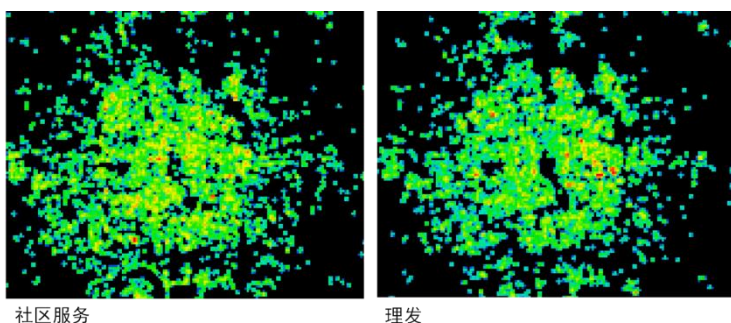
对较大类型的功能进一步细分，可发现更为精巧的功能分布特征。商业这一大类中，可提取商店、便利店、贸易市场这三小类（图四）。这三小类的空间分布差异显著。首先，商店非均质的聚集现象仍然很突出，且进一步向旧城中聚集，其中西单和王府井更为突出；除此之外，CBD、中关村、亮马桥、六里桥、大红门等也聚集了较多商店；相对商业这大类，聚集等级层次有所降低。其次，便利店的分布则较为均质，虽然旧城以北、北三环以南地区的密度较高；且聚集等级层次仍较丰富，体现了生活服务的多元化。最后，贸易市场则更多地聚集在四环之外，且南城的密度高于北城，聚集等级层次急剧减少。因此，规模越大的商业设施，其空间非均质聚集度越高；带有部分社区服务性质的中小型商业设施，其空间分布越均质。



图四、商店、便利店、贸易市场的空间分布模式

在公共服务这一大类中，提取了两小类，即社区服务设施和理发（图六）。虽然四环之

外社会服务设施的密度明显降低，然而四环之内社区服务设施分布大体均质，且聚集等级层次仍较丰富，折射出丰富的社区需求。相对而言，理发则表现出一定程度的非均质分布，在CBD及其周边的密度相对较高，且聚集等级层次较为单一。这也说明，公共服务设施中偏盈利型的部分也倾向于非均质聚集。



图五、社区服务设施和理发的空间分布模式

功能的空间混合

不过，以上功能的空间分布模式之间的相关性都不强，除了餐饮与理发的相关性超过了0.5（表一）。在很大程度上，这说明了这些功能的空间聚集或离散方式并不一样，将影响其功能混合的程度。然而，如果认为相关度0.3以上就表示功能分布模式之间有一定的联系，那么可发现餐饮与理发这两项功能比较有趣。餐饮与娱乐、停车场、公共服务、商业、便利店、商店、社区服务都有一定相关度；同时，理发则与社区服务、便利店、娱乐、停车场也都有一定关联度。这表明了这两项功能在空间上与其他一些功能存在某种非密切性的互动关系；特别是餐饮与某些盈利型和公共型的功能都有相关性。在很大程度上，这说明了至少餐饮对于促进北京城市功能混合和多元化起到了一定的黏合作用。此外，商业与公共服务、社区服务与便利店、公共服务与停车场都有一定的相关性。这也暗示了某些盈利型和公共型的功能彼此之间也存在空间互动关系，虽然这种关系并不明显；这两类功能出现在同一场所之中，也能增加城市活力。

表一 各种功能的空间分布模式的相关性（浅灰色标明较高的相关性；深灰表示中等程度的相关性；*代表某些功能及其细分功能之间的相关度，其值可忽视）

	商业	公共服务	行政机构	停车场	餐饮	娱乐	中小学	文化设施	商务办公	便利店	商店	贸易市场	社区服务	理发
商业	1.000													
公共服务	0.392	1.000												
行政机构	0.088	0.144	1.000											
停车场	0.216	0.316	0.085	1.000										
餐饮	0.393	0.404	0.145	0.449	1.000									
娱乐	0.194	0.227	0.130	0.226	0.457	1.000								
中小学	0.116	0.176	0.181	0.154	0.219	0.162	1.000							
文化设施	0.092	0.090	0.062	0.134	0.162	0.093	0.072	1.000						
商务办公	0.114	0.174	0.038	0.266	0.289	0.100	0.077	0.071	1.000					
便利店	*	0.262	0.157	0.181	0.339	0.226	0.212	0.029	0.072	1.000				
商店	*	0.177	0.050	0.196	0.383	0.158	0.069	0.101	0.134	0.135	1.000			
贸易市场	*	0.062	0.026	0.049	0.077	0.045	0.036	0.012	0.021	0.124	0.069	1.000		
社区服务	0.280	*	0.228	0.229	0.352	0.249	0.237	0.094	0.138	0.358	0.146	0.125	1.000	
理发	0.163	*	0.148	0.303	0.540	0.305	0.220	0.102	0.220	0.339	0.256	0.075	0.388	1.000

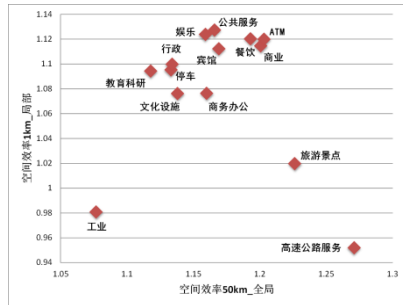
四、北京空间形态与功能的互动

功能的空间区位选择

那么，这些功能又是如何选择整体和局部区位的？对于每个功能兴趣点（POI），计算其周边60米以内空间构成效率的均值，包括1公里和50公里的数值，作为局部和全局的效率，赋给该兴趣点；对于每类功能，计算其局部和全局的平均效率，然而绘制坐标图，横轴为全局空间构成效率，纵轴为局部空间构成效率，以此去研究每类功能在两种不同尺度下

的空间区位特征。

初步分析表明：一般性的各种功能具备不同效率的空间构成，每种功能对应于不同尺度的空间区位（图六）。工业、旅游景点、高速公路服务仍然与其他功能的差别较大：它们局部空间效率都较低，即局部空间形态都未形成良好的结构；高速公路服务具备最高的全局空间效率，旅游景点次之，这说明了它们被较好地安排在城市整体骨架之中；而工业则具有最低的全局空间效率，这表明工业游离在城市整体骨架之外，空间上相对独立。



图六、一般性功能的两种尺度的空间效率模式

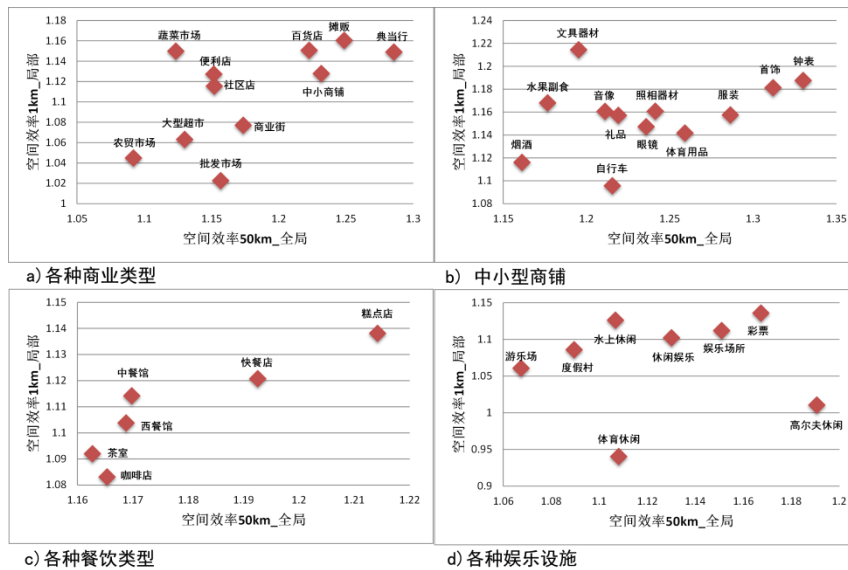
对于其他主要功能，大致分为两组：1) 商业、餐饮、ATM机、娱乐、宾馆和公共服务设施；2) 行政机构、停车场、教育科研、商务办公和文化设施。第一组功能具有较高的全局和局部空间构成效率，且绝大部分属于盈利型的，除了公共服务设施；其中ATM机、商业、餐饮具有更高的全局效率，意味这些功能更接近北京的整体空间骨架；而公共服务设施具有最高的局部效率，表明该功能更偏向局部的空间中心。这也说明了盈利型的功能出现在全局和局部区位良好的场所，且公共服务设施也靠近局部和全局性的中心地段。

第二组功能则具有相对较低全局和局部空间效率，且大部分属于公共型的，除了商务办公和部分商业停车场；在该组中，商务办公具有最高的全局效率和最低的局部效率，而教育科研具有最低的全局效率。在一定程度上，这说明了公共型的功能可以偏离城市的整体空间骨架；而商务办公需要考虑适当地靠近城市的整体区位格局，且不必靠近局部区位好的地段。

空间区位的精细组合

这些大类功能还可细分为次功能，研究其更为精细的空间构成，这将进一步阐明每类次功能都对应不同尺度的空间区位组合方式，而非某种统一的组合方式。这些组合方式也对应于某些非空间的影响因素。

首先，规模大小影响空间区位的组合。图七 a 显示了各种商业类型的全局和局部构成效率：1) 中小型规模的商业设施，如典当行、摊贩、百货店、中小商铺都具有较高的全局效率，同时也具有较高的局部效率；2) 服务于社区的商业设施，如蔬菜市场、便利店、社区点虽然全局效率不是很高，然而其局部效率较高，表明其位于局部的空间形态中心；3) 商业街的局部和全局效率都适中，并不很高，也非很低；4) 规模庞大的商业设施，如大型超市、农贸市场、批发市场的局部和全局效率都较低。这说明了：1) 越小规模的商业设施，越需要占据区位较好的地段，至少需要占据局部区位较好的地方；2) 越大规模的商业设施，越不需要依赖较好的区位，而越依赖其规模效益；3) 一般性的商业设施依赖于全局和局部区位都好的地段。

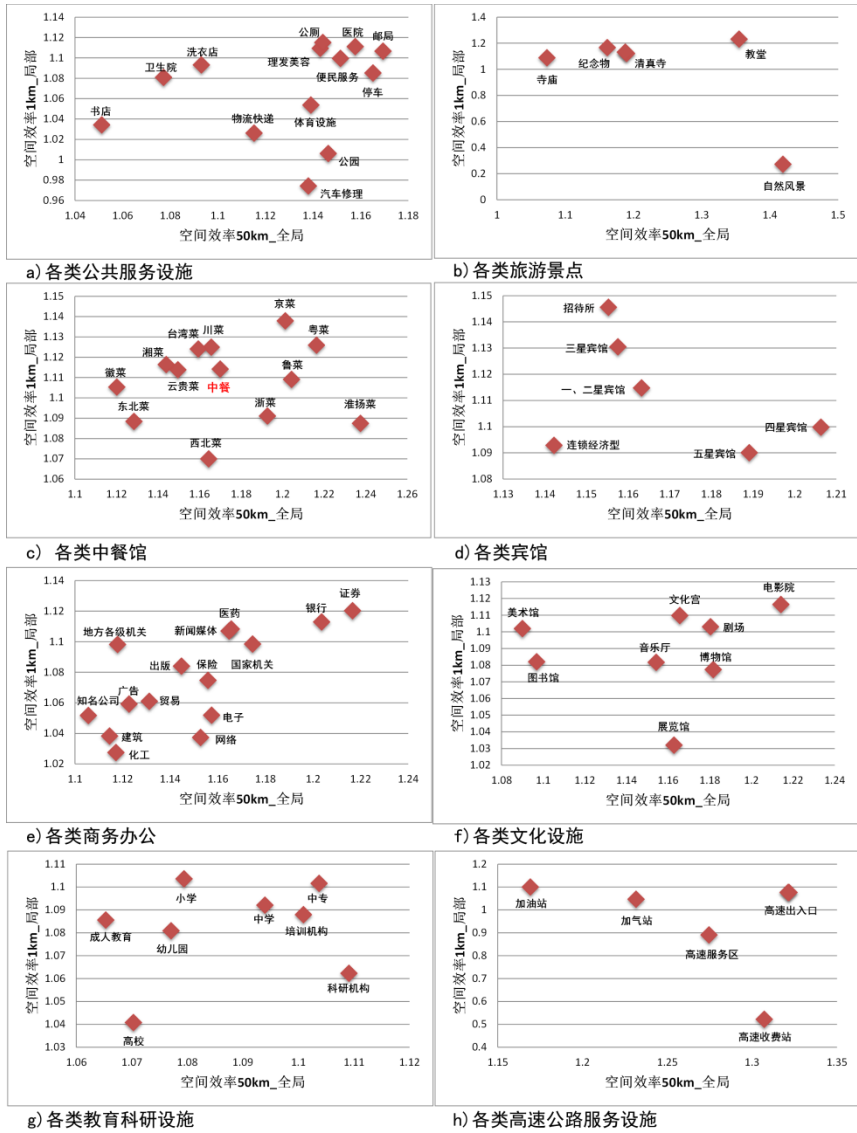


图七、各种商业类型 (a)、中小型商铺 (b)、各种餐饮类型 (c)、各种娱乐设施 (d) 的两种尺度的空间效率模式

其次，消费或服务人群影响区位的空间组合，这同时体现在盈利型和公共型的功能之中。图七 b 进一步展示了中小型商铺类型的全局和局部构成效率。钟表、首饰、服装具有较高的全局构成效率，偏向城市整体骨架；文具器材、水果副食具有较高的局部构成效率，而全局构成效率较低，它们面向局部中心；烟酒和自行车则具有较低的全局和局部构成效率，对整体或局部区位要求相对低些。相对于钟表、首饰和服装，文具器材和水果副食更贴近社区人群，因此后者也更靠近局部中心；而烟酒和自行车则更贴近固定消费人群，因此空间区位对它们影响小。

图七 c 表示了各种类型餐饮的情形。糕点店的全局和局部构成效率都最高，这也许与北方喜欢吃面食有关；快餐店也具有较高的全局和局部构成效率，也表明它往往位于城市整体和局部中心的结合部，贴近上班族；中餐馆比西餐馆的构成效率高，而茶室和咖啡店又比中西餐馆的构成效率低，这说明了西餐馆比中餐馆贴近固定人群，而茶室和咖啡店又属较安静的餐饮方式。当然，这些都只是相对而言，因为空间区位因素对餐饮类影响都较大，如茶室的全局构成效率还高于 1.16。图七 d 是各类娱乐设施。大部分娱乐场所的局部效率都较高，靠近城市局部中心，面向当地消费；高尔夫休闲则靠近全局效率较高的地方，而体育休闲则对空间区位的要求不高，这都也许与它们面向特定消费人群有关。

虽然公共服务设施的全局空间构成效率都低于商业或餐饮类，然而它们的区位组合也受服务人群的影响。如图八 a 所示，邮局、医院、公厕、停车、便民服务、理发美容都位于全局和局部效率较高的场所，靠近城市整体骨架和局部中心的结合地带，服务于社区内外的人群；洗衣店和卫生院则远离城市整体骨架，而靠近诸如社区中心的地方，更多服务于社区内部；汽车修理和公园则靠近城市整体骨架，而不靠近局部中心，服务于远足的人群；物流快递和体育设置则位于整体骨架和局部中心之间的地方，且书店则对空间构成效率的高低不敏感，它们都服务于特定人群。



图八、各类公共服务设施 (a)、旅游景点 (b)、中餐馆 (c)、宾馆 (d)、商务办公 (e)、文化设施 (f)、教育科研设施 (g)、高速公路服务设施 (h) 的两种尺度的空间效率模式

再次，文化或品牌影响区位的空间组合。图八 b 表达了不同类型的旅游景点。自然风景位于全局构成效率较高、而局部效率低的地方；寺庙和教堂则体现了东西方空间文化的差异，前者隐，后者显。图八 c 也显示了各类中餐馆的情形。北京餐馆的局部效率最高，与其北京当地文化有关；更多的全局构成效率高的餐馆看似都较为高档，而更多的局部构成效率高的餐馆则看似更早进入北京人的饮食文化之中。图八 d 是不同类型的宾馆。高档宾馆占据的全局区位较好，而低档宾馆占据的局部区位较好，反映了两种宾馆品牌的空间效益；连锁经济型的则位于全局和局部区位都不好的地段，说明这类宾馆不完全依赖空间区位，而靠其连锁文化效应。

最后，运作方式影响区位的空间组合。图八 e 是各类商务办公和行政机构。不同的办公场所对全局和局部的构成效率要求差异较大。银行和证券占据了全局和局部效率最高的地方；医药、新闻媒体、保险、出版所占据的地方也具有较高的构成效率；知名公司、建筑、化工则对两种尺度的构成效率要求不高；国家机关和地方机关具有类似的局部效率，都较高，

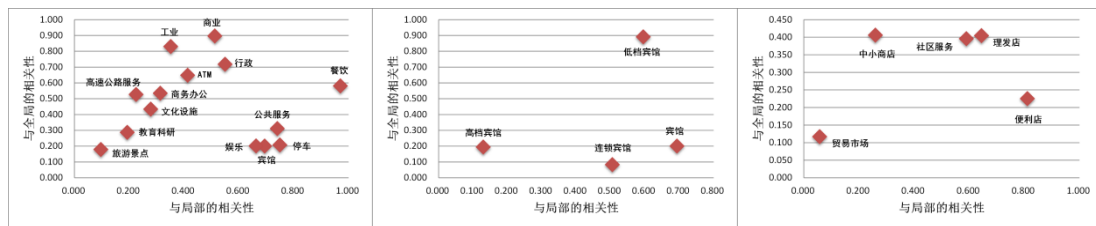
而国家机关的全局效率更高，这也许与地方机构包括部分面向街道的机构有关。

图八 f 显示了各类文化设施。电影院的局部和全局构成效率都最高，这与其市场经营有关；文化馆、剧场、博物馆、音乐厅的局部和全局构成效率都适中；展览馆则略微远离局部中心，而美术馆和图书馆则稍微远离城市整体骨架。这也体现了越偏市场运作的，越需要占据全局和局部区位较好的地段。图八 g 是各类教育科研机构。高校位于全局和局部效率都较低的地段；中小学、中专、培训机构、幼儿园、成人教育的局部效率都较高，表明它们靠近邻里社区中心；而科研机构的局部效率偏低，且全局效率最高。图八 h 显示了各类高速服务设施。虽然它们都有较高的全局空间效率（都大于 1.15），然而高速收费站和高速出入口占据了更为全局的咽喉要道，且高速出入口还重视其局部空间区位；加油站和加气站也较为重视局部空间区位，靠近局部中心。

空间形态的作用力

当上述各类功能一般性地占据或好或差的空间区位，并不意味着空间形态对功能的分布（如聚集或离散）有直接影响。只有分析每类功能的分布模式与空间构成的相关度，才能从统计的角度去探索空间形态是否直接作用于那些类型功能的分布。当相关度高于 0.5，可认为两者之间存在统计意义上的关联性。

空间形态对于盈利型的功能分布的确有明显的影响，同时也对某些公共型的有显著影响。图九（左）显示了各类功能与全局和局部空间构成效率的相关度。餐饮、商业、行政机构的分布模式同时受到了全局和局部空间构成的较大影响，其中餐饮的聚集更加受到局部空间构成影响，而商业的聚集则更加受全局空间构成的影响。娱乐、宾馆、停车设施、公共服务设施的分布模式则主要受到局部空间构成的影响，意味着这些功能的聚集与局部空间布局更为相关。工业、ATM、高速服务设施、商务办公的分布模式则主要受到全局空间构成的影响，这些功能的聚集与城市整体骨架更为相关。然而，全局和局部的空间构成对文化设施、教育科研、旅游景点的分布影响不显著，特别是对于后两者。这表示教育科研和旅游景点的聚集更多在于其本身品牌的吸引力等，而非空间形态的影响。



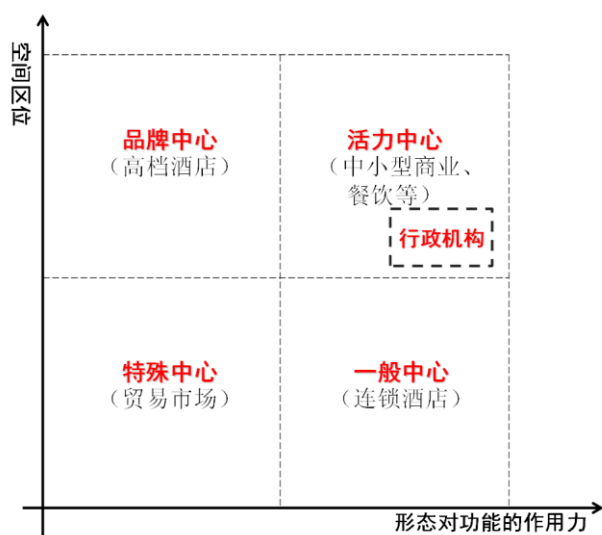
图九、各类功能（左）、各类宾馆（中）、某些商业/公共类（右）分别与两种尺度的空间效率的相关度

空间形态对于每种次级功能的影响也不一样。例如，图九（中）显示了不同类型的宾馆。低档宾馆受到局部和全局空间构成的影响，即这类宾馆的聚集取决于整体和局部空间布局的好坏情况；连锁宾馆更多地受到全局空间构成的影响；而高档宾馆则受空间构成的影响较弱，主要依靠品牌来吸引客户。图九（右）显示了一些商业类和公共类的功能。较小的商业设施，

如便利店，主要受到局部空间构成的影响，说明它们周边空间结构对于它们的成功更为关键；较小的公共服务设施，如社区服务和理发店，则同时受到了全局和局部空间构成的影响，不过显著程度一般；一般性的商业设施，如中小商店，主要受到全局空间构成的影响，城市整体空间骨架对它们来说更为重要；而大型商业设施，如贸易市场，则基本上不受空间构成的影响。

五、讨论

结合上一节对空间区位的讨论，可发现中小商店和低档宾馆不仅空间区位较好，而且与空间形态的相关度高；连锁宾馆的空间区位相对较差，而其相关度高；高档宾馆的空间区位相对较好，而其相关度低；贸易市场则不仅空间区位相对较差，且相关度低。因此，可认为城市活力中心（如中小商业区）的区位好、相关度高；一般性中心（如连锁酒店区）的区位一般、相关度高；品牌中心（如高档宾馆区）的区位好、相关度低；而特殊中心（如贸易市场区）的区位差、相关度低。这可称之为北京的“形态—功能性”中心体系（图十）。



图十、北京的“形态—功能性”中心体系

在这种体系之中，不同的功能对应于不同的空间形态和空间区位。一方面，全局形态对一般商业分布模式影响大，而局部形态对较小型的设施分布模式影响大；且北京的空间形态对行政机构的分布模式有一定的影响，体现了北京作为行政中心的特色（图二十三）。另一方面，越小型的盈利型设施，越靠近（全局或局部）空间区位较好的场所；而大部分公共型的（除了公共服务设施）稍微远离空间区位较好的地段。

在一定程度上，这导致了不同类型的功能形成了不同的聚集或离散模式。一般而言，盈利型的非均质聚集，其中大规模的更加非均质，小规模偏均质，聚集等级层次多；公共型偏均质离散，其中偏盈利型的非均质聚集，小规模聚集等级层次多。然而，盈利型与公共型的交织有助于功能混合；而在北京，餐饮是实现功能混合、多元化的媒介因子。

基于此，可认为不同的功能需要根据其规模大小、消费或服务人群、文化或品牌、运作方式等方面，去适应不同尺度的空间构成及其形成的空间区位；而大数据为我们提供了更为

细致的设计工具，使得合适的功能有可能更为精巧地体现在合适的空间形态之中，从而实现精细化设计和管理。

参考文献

- [1] 中央城镇化工作会议公报（简称公报）[N]. 人民日报, 2013. 12. 14.
- [2] 国土资. 关于强化管控落实最严格耕地保护制度的通知[R]. 国土资发[2014]18号, 2014.
- [3] Hilbert M, López P. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information[J]. Science 1 April 2011: Vol. 332 no. 6025 pp. 60-65.
- [4] Batson J, Jouzdani M. The Dawn of Big Data[R]. IBM, 2012.
- [5] Batty M. Editorial: Smart cities, big data[J]. Environment and Planning B: Planning and Design 39 1113.
- [6] Hillier B. and Hanson J. The Social Logic of Space [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- [7] Hillier B. Space is the Machine [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [8] Sabidussi G. The centrality index of a graph[J]. Psychometrika, 1966: 31, 581-603.
- [9] Freeman L. C. Centrality in social networks: Conceptual clarification[J]. Social Networks, 1979: 1(3), 215-239.
- [10] Hillier B, Iida S. Network and Psychological Effects in Urban Movement[C]. In: A.G. Cohn and D.M. Mark (Eds.): COSIT 2005, LNCS 3693, pp. 475-490.
- [11] Hillier B, Turner A, Yang T, Park H-T. Metric and topo-geometric properties of urban street networks: some convergencies, divergencies and new results [J]. The Journal of Space Syntax, 2010, V(1) 2, 258-279.
- [12] Hillier B, Penn A, Hanson J, Grajewski T, Xu J. Natural Movement: or. Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement [J]. Environment Planning B, 1993, 20(1) 29-66.
- [13] Hillier B. Spatial Sustainability in Cities: Organic Patterns and Sustainable Forms[C]. In: Koch, D. and Marcus, L. and Steen, J., (eds.) Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium. k01.1-20. Royal Institute of Technology (KTH): Stockholm, Sweden, 2009.
- [14] Yang T, Hillier B. The fuzzy boundary: the spatial definition of urban areas[C]. In: the Proceedings of 6th International Space Syntax Symposium, 2007, 091-16.
- [15] Hillier B, Yang T, Turner A. Advancing DepthMap to advance our understanding of cities: comparing streets and cities, and streets to cities[C]. In: Green, M and Reyes, J and Castro, A, (eds.) Eighth International Space Syntax Symposium. Pontificia Universidad Catolica: Santiago, Chile. 2012.