

Views & Comments

## 中国城市基础设施的挑战

潘云鹤

Former Executive Vice President, Chinese Academy of Engineering

### 1. 引言

为满足人们日常生活、生产、娱乐的需要，在城市中建设了各种各样的基础设施，如商店、厂房、办公楼、住房、道路、管网等。城市人口的迅速增长和人们对美好生活的追求，导致了对公交、铁路、飞机、汽车和地铁的更大需求，生产、物流、运输和废物排放的更大规模，以及各种类型服务设施，如商场、银行、排污、通讯、数据中心、医疗和养老等设施的建立。于是，城市迅速扩张，城市物理系统变得愈加复杂。如果城市规划与管理不当，就必然会出现交通拥堵、环境污染、居民失业、建筑乏味及其他的“城市隐忧”。当前中国城市面临的问题主要源自在工业化、城镇化进程中，对城市物理系统复杂性的认识不足和管理不当。这一问题给中国当前经济社会的发展带来了很大的挑战。

### 2. 城市交通拥堵：现状及对策

#### 2.1. 城市交通的挑战

对正经历着城市化浪潮的国家来说，交通拥堵十分常见。然而，中国的交通拥堵尤甚。1990年中国私家车仅有80万辆，但到2012年这一数字已超过了9000万辆，增加了约110倍。私家车数量的急剧增加，导致了严重的城市交通拥堵(图1)。《中国新型城市化报告2012》指出，在北京，开车上班的平均时间是52 min，平均速度约为 $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  [1]。类似的情况也发生在中国的其他城市。

交通拥堵不仅造成时间的浪费，而且还导致燃料浪费、空气污染、噪声污染、交通事故等问题。相关研究表明：北京的拥堵成本约占北京市全年GDP的4.2% [2]，代价非常巨大。

#### 2.2 城市交通拥堵对策

目前，解决交通拥堵问题主要利用实时交通传感信息对车辆进行疏导和管理。当拥堵严重时，施行限行行政策。然而，这只是浅层和暂时的手段，并不能从根本上解决交通拥堵问题。为此，提出以下三个有效的解决方案。

(1)改善城市路网。中国城市路网的主要缺点是路网过稀且道路过宽，表1[3]列出了不同城市的路网比较。其中“北京新区”是指二环和三环以外的区域，该区每



图1. 北京上班高峰典型交通状况。

表1 不同城市的路网比较[3]

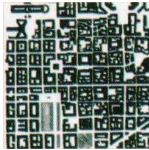
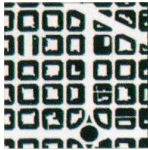
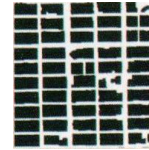
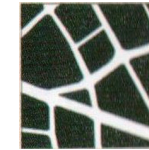
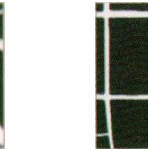

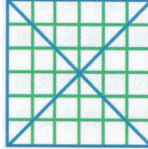
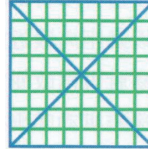
	Turin, Italy	Barcelona, Spain	Paris, France	Pudong, Shanghai, China	Beijing New Area, China
Urban street network					
Number of intersections per square kilometer	152	103	133	17	14
Average length between intersections (m)	80	130	150	280	400

表2 不同街区单位面积(每平方千米)道路比较[3]

Venue	New block in Beijing	Medium block	Dense block
	Distance between intersections: 500 m	Distance between intersections: 170 m	Distance between intersections: 130 m
Block type			
Motorized street description	Black line: 10-way motorized street Dark blue line: 6-way motorized street	Light blue line: 4-way motorized street Green line: 2-way motorized street	Light blue line: 4-way motorized street Green line: 2-way motorized street
Street length (by type)	Motorway: 32 000 m Bikeway: 8 000 m Walkway: 8 000 m	Motorway: 39 200 m Bikeway: 29 600 m Walkway: 29 600 m	Motorway: 472 000 m Bikeway: 37 600 m Walkway: 37 600 m
Population density (work + residence)	7 500 persons·km <sup>-2</sup>	15 000 persons·km <sup>-2</sup>	20 000 persons·km <sup>-2</sup>
Street cost	5 514 CNY per person	4 033 CNY per person	3 700 CNY per person

平方千米路口的平均数量为14个，上海的数量约为17个。相比而言，意大利都灵和法国巴黎类似，约为150个。因此，与其他大城市相比，中国城市街道具有路口较少、街道较宽的特点。比如：北京长安街有10~12车道，但路口很少。

如表2[3]所示，北京新街区路口之间的距离为500 m，而紧密街区则为130 m。紧密街区容易避让拥堵，因为一旦拥堵，车辆可以马上转到别的道路。不同街区的车道总长也存在很大差别：紧密街区的机动车道总长达每平方千米472 km，而在道路过宽且路网过稀的街区每平方千米机动车道总长只有32 km。这一差异解释了为什么紧密街区不易发生拥堵。北京新街区的人口密度为每平方千米7500人，远远低于紧密街区的每平方千米20 000人。因此，紧密街区有更强的人口承受力，这与紧密街区的人均城市街道成本远低于道路过宽街区的人均城市街道成本有关。综上，如果不从城市规划入手，仅靠控制交通和汽车，难以从根本上解决城市交通拥堵问题。

(2) 智能物流管理。中国物流量巨大。物流成本以平均每年高于12%的增长率迅速增长(图2)，造成了大量的尾气排放。另外，中国的物流成本非常高，分别占全年GDP和物价的18%和20%~40%；而欧美的这两

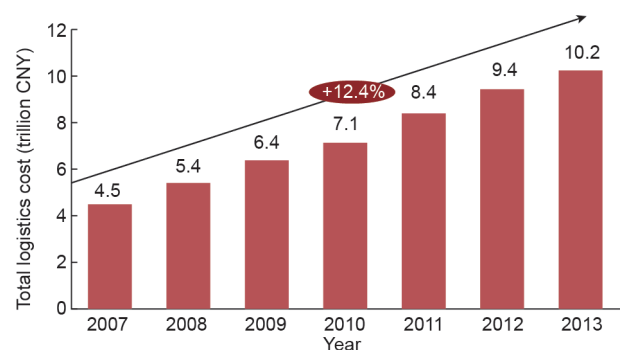


图2. 2007~2013年中国社会物流总费用情况。

个比例则是10%和10%~15%。

研究表明，货运车辆产生的颗粒物质和一氧化氮占全部车辆产生量的76%和36%。据统计，在中国有40%的卡车空驶在路上，从卸货到再次装载的平均等待时间是72 h。因此，在中国，一辆卡车的日均行驶里程只有300 km；在美国，这一数值则为1000 km。可见，中国的运输效率较低[4,5]。针对以上问题，中国传化集团分别从线上和线下两个方面着手，积极开展智能物流：线上做物流信息平台；线下做物流装卸转运中心。经过一段时间的发展，该公司将中国1200多万辆营运货车中的200多万辆(16.6%)纳入了物流信息系统。通过该系统，实现了全中国范围内的货运配套、产能调度和实时监控。

同时，在中国68个枢纽城市建造了物流装卸和转运中心，集中货与车、车与车的交接，以及提供各种服务设施。通过以上措施，配货时间从过去的72 h减少至9 h，空车行驶数量显著减少，运输成本降低约40%。可见，信息技术在物流及其相关的减排领域能够发挥巨大作用。

(3) **智能交通管理。**当前，多数国家通常采用的交通管理措施为交通信息显示和车量联网。然而，中国的研究人员根据电动自行车日益普及的现状提出了新的思路。与汽车相比，电动自行车在城市交通中具有许多独特优势。

由表3可见，电动自行车的占地面积仅为汽车的八分之一。因此，如果北京一半的汽车被电动自行车代替，交通状况就会有大的改善。其次，电动自行车在价格和环境污染方面都具有很大的优势。另外，电动自行车在城市中的行驶速度并不逊色于汽车。事实上，电动自行车的唯一缺点是在安全性和舒适度上不如汽车。但是，可以对电动自行车加以改造，加固、加罩，使它更加安全、舒适。这样的电动迷你车在未来可能会成为中国城市的主要交通工具。一位美国工程院院士针对中国城市的交通现状曾说：“如果将新能源技术和新的安全技术应用于中国的电动自行车，它将有大的发展前途，并可能取代城市汽车。”未来的电动迷你车可能又轻又小，有两个座位，以中等速度行驶，舒适又安全，并可能拥有一些汽车和电动自行车的特点。

表3 汽车和电动自行车不同方面的比较

	Car	Electric bicycle
Road area occupancy (length × width)	5 m × 1.8 m = 9 m <sup>2</sup>	1.8 m × 0.65 m = 1.17 m <sup>2</sup> (about 1/8)
Price	120 000 CNY	3 000 CNY (1/40)
Speed	120 km·h <sup>-1</sup>	20–40 km·h <sup>-1</sup>
Environmental pollution	Poor	Good
Comfort and safety	Good	Poor

表4 文献[3]中PM2.5来源分析

Sources	Nationwide PM2.5	Beijing PM2.5
Floating dust	34% (North China) 29% (South China)	17% (suspended) 7% (buildings)
Coal burning	10%–30% (in cities)	16.7% (in cities); 24.5% (outside cities) (The level outside the city is 47% higher than that in the city)
Industrial dust (steel, cement)	Increased by 32% (mainly cement, increased by 27%)	
Vehicle emissions	8%–30% 15% (North China) 20% (South China)	22%
Straw burning	5%–46% 14% (North China) 20% (South China)	9%

### 3. 城市 PM2.5: 源监测及对策

随着中国城镇化进程的加快，城市环境污染，如固体废弃物污染、水污染、空气污染和噪声污染等变得越来越严重。中国城市广泛采取垃圾分类处理技术，如分解、燃烧和循环使用，以解决垃圾问题。为解决水污染问题，各地采用综合防治的方法，如浙江省的“五水共治”工程，即治污水、防洪水、排涝水、保供水、抓节水。为减少空气污染，如PM2.5，中国政府通常采用部分企业暂停生产、民众放假和汽车限行的方法，如北京的“APEC蓝”计划。该计划是由中国政府在2014年秋天为在北京举行的APEC会议减少污染排放而采取的临时措施。这些措施在不同程度上都取得了成效。“APEC蓝”计划表明，PM2.5污染可以被快速减轻，但需要付出巨大的代价。APEC会议后，北京的PM2.5虽略有改善，但污染依然严重。

根治中国空气污染的首要要求是确定PM2.5的来源。然而，专家们对此各执一词。基于2013年相关报告[6]，对京津冀PM2.5污染的成因分析指出：浮尘占17%，燃煤电厂和供暖锅炉占30%，钢铁、水泥、石化等工业占25%，机动车占18%，生活占10%。然而，2014年由国务院发展研究中心和世界银行共同署名的《中国推进高效、包容、可持续的城镇化》联合报告[2]给出了不同的分析结果。如表4[3]所示，该报告指出，汽车尾气占PM2.5污染的22%；该报告的另一部分又指出，大量的新车贡献了空气中30%的PM2.5。

PM2.5分析数据的混乱由数据采样点过于稀疏造成。例如：北京只有大约四十个数据采样点，而杭州仅有十几个。因此，专家通常基于少数采样点的采样数据进行分析报告。然而，PM2.5的分布对时间和空间相当敏感。因此有必要对PM2.5进行高分辨率的实时监测。为此，下面列出三个对策用以比较。



(1)增加现有采样点数目。例如：将PM2.5采样点的数目增至数千个。然而，这一方案过于昂贵。

(2)招募志愿者。通过向志愿者发放便携式PM2.5检测设备，获得更广泛时间和空间范围内的PM2.5浓度数据的实时采集，以便进行数据分析。巴黎曾招用数百志愿者采集类似数据。

(3)设计新产品。向新设计的手机或汽车中嵌入PM2.5传感器。通过众包的方式，可以收集到大量的实时采集数据。这些数据可被用于分析个人健康、环境状况与城市空气污染间的关系。这是最佳的解决方案。目前，相关产品已被成功研究，并有望在中国内外广泛、成功地使用。

#### 4. 结束语

城市基础设施不仅面临着交通拥堵和空气污染的挑战，还面临着许多其他的挑战，包括：处理自然灾害、恐怖事件、城市安全，建立教育、科学、文化设施，建立能源与资源保障系统等。如今的城市不再是纯粹的人类与物理环境相互作用的二元结构，而是升级为人类与物理环境及网络空间中信息共同作用的三元结构(图3)。这一转变与大数据、物联网等的出现密切相关。现代城市是一个庞大且复杂的系统，要使其高效运行并为人们提供更好的服务，应对共附加一个“神经层”。这就是智能城市的目标，即城市的智能化发展。

中国目前正处于工业化、信息化、城镇化、农业现代化和绿色化共同发展阶段。智能城市的发展涉及独特的任务，包括城市建设、城市信息基础设施、城市产业发展、城市管理与服务、城市人力资源等方面的智能化发展。目前，从中国的发展路径看(图4)，第一步是创建各种智能应用中级系统，如智能医疗、智能电网、智能运输等。其次，这些中级系统都可以分别向上、向下深入拓展：向上通过大数据平台的发展，获取并结合隔离的数据，以利用大数据推动预测、决策与规划的智能化；向下通过物联网等建设，形成高效的传感器网络以感知城市。这些发展步骤将改善城市环境、交通、城管、

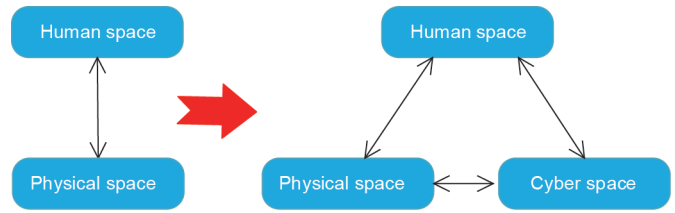


图3. 城市从二元结构升级为三元结构。

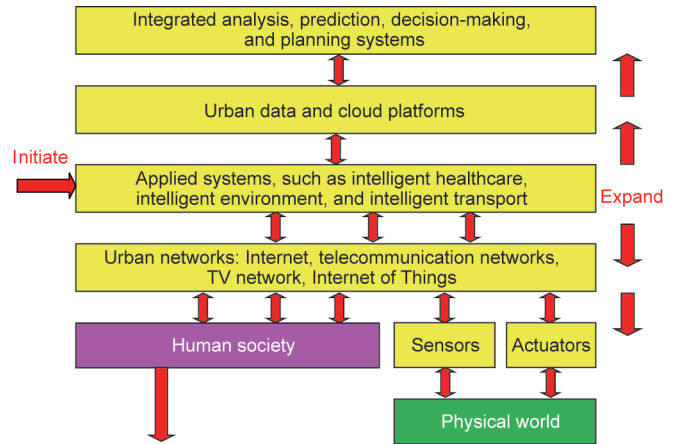


图4. 中国城市智能化发展路径。

人流、物流、信息流等，实现人、物理环境和信息的三元结构。

当前，中国已有300多个城市开始了智能城市的建设。我们相信，十年之后，中国城市将发展得更高效、更宜居、更绿色、更美丽。

#### References

- [1] Niu WY, Liu YJ. China's new urbanization report of 2012. Beijing: Science Press; 2012. Chinese.
- [2] Pan Y. "Beijing average running 15 kilometers per hour" will be changed? China Youth Daily. 2015 Sep 22; Sect.: 6. Chinese.
- [3] The World Bank, Development Research Center of the State Council. China: a new approach for efficient, inclusive, sustainable urbanization. Beijing: China Development Press; 2014. Chinese.
- [4] Economic Operation and Regulation Bureau of National Development and Reform Commission, Modern Logistics Research Center of Nankai University. Report of China logistics development (2011). Beijing: China Fortune Press; 2011. Chinese.
- [5] China Federation of Logistics and Purchasing. China logistics yearbook 2013. Beijing: China Fortune Press; 2013. Chinese.
- [6] Report of the CPPCC National Committee: Analysis of PM2.5 pollution in Beijing, Tianjin and Hebei Province. 2013. Chinese.