

城市道路分级与设置条件研究

蔡 军, 刘 平, 张 奕

(大连理工大学建筑艺术学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 面对机动化和城镇化的快速发展, 中国正处于必须认真梳理城市道路分级与交通组织方式、并做出转变的关键时期。通过对比分析中国、美国、日本的道路等级划分理论及案例, 指出国内外道路分级存在较大差异且中国相关规范较为粗泛。通过对居住密度、出行方式、出行距离、土地利用、车流特征、道路线型等道路分级影响因素进行探讨, 建议中国城市道路划分为4个功能等级和7个设计等级, 并给出相应的设置条件建议。强调合理的道路分级既应保障城市跨区域交通高效的通过性, 也应为小尺度交通活动和城市土地利用提供便利、安全的可达性; 应将道路资源有效配置给公共交通、行人、自行车以及机动车, 从而优化交通结构、提高交通运行效率。

关键词: 交通规划; 道路分级; 道路功能; 交叉口

Urban Roadway Classification and Settings

Cai Jun, Liu Ping, Zhang Yi

(School of Architecture & Fine Art, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract: Facing rapid motorization and urbanization, it is critical for China to examine urban roadway classification and traffic organization, and make changes accordingly. By comparing related theories and practice of roadway classification in China, U.S. and Japan, this paper points out that roadway network classification in China is quite different from those in other countries and related specifications in China are relatively rough. Based on an analysis of influential factors on roadway classification including residential density, travel mode, travel distance, land use, traffic flow characteristics and roadway design, the paper proposes an urban roadway hierarchy including 4 functional levels and 7 design levels in China, along with corresponding setting suggestions. The paper further emphasizes that a reasonable roadway classification should not only guarantee effective passing of urban cross-regional traffic, but also ensure convenient and safe accessibility for small-scale transportation activities and urban land use. The paper also stresses that road resources should be effectively allocated to pedestrian, bicycle, automobile and public transit so as to optimize travel mode share and traffic flow efficiency.

Keywords: transportation planning; roadway classification; roadway functionalities; intersections

收稿日期: 2014-01-01

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“面向交通结构优化的支路网规划理论与方法研究”(51278075)

作者简介: 蔡军(1970—), 男, 山东平原人, 博士, 教授, 主要研究方向: 交通规划、路网规划。

E-mail: caimans@126.com

0 引言

城市道路按功能分级始于20世纪三四十年的欧美城市。1963年,《城镇交通》(Traffic in Towns)提出道路等级划分的基本原则,即以“集散性道路(Distributors Designed for Movement)”和“进出性道路(Access Roads to Serve the Buildings)”划分基于交通集散需要的道路系统和环境因素优

先的环境区。道路等级划分随后成为现代城市布局和路网规划的重要因素^[1]。美国机动化发展较早,成为最早采用道路分级的西方国家之一。

中国城市道路分级始于20世纪90年代初。《城市道路设计规范》(CJJ 37—90)(以下简称《设计规范》)将城市道路划分为快速路、主干路、次干路、支路4个等级,《城市道路交通规划设计规范》(GB 50220—95)

(以下简称《规划设计规范》)进一步深化了道路分级及设计要求。20世纪,中国城市道路功能分级仅停留在规划层面,且多体现于名称或宽度上。2000年以后,一些城市深化了道路分级,如上海市将城市道路划分为4类7个等级^[2]。文献[3]将支路划分为交通性支路、生活性支路和特殊支路,并对支路网的密度、红线宽度、车道宽度、隔离设施以及路侧停车等问题提出相关建议。道路等级体现了道路的功能分工,不同交通功能需要相应的道路设置条件予以保障。中国城市具有机动化水平提高带来的快速、长距离出行特点,也具有人口密度大、设施密集带来的慢速、近距离出行较多的特点。城市空间布局以及不断加剧的交通问题与城市道路分级、各级道路的设置条件相关。伴随机动化与城镇化的快速发展,中国已经到了必须认真梳理城市道路体系与交通组织方式,并做出转变的关键时刻^[4]。本文对美国、日本及中国道路分级进行对比分析,借鉴美国、日本成功经验对中国道路分级与设置条件提出建议。

1 美国、日本与中国城市道路分级比较

1.1 道路分级理论

1.1.1 美国

美国《道路出入口管理手册》(Access Management Manual,以下简称《管理手册》)将城市道路分为3个功能等级和7个设计等级(见图1),其中主干路包括快速路、战略性干路、主要干路、次要干路4个设计等级。美国各州的道路分类不尽相同,一般分为快速路(高速公路)(Freeway and Expressway)、主干路(Arterial)、次干路(Collector)、主支路(Main Branch Road)、次支路(Sub-branch Road)和地方道路(Local Road)6个级别。其中,快速路(高速公路)与其他道路相交全部为立体交叉口;主干路具有区域重要性,服务于大容量、长距离出行,以通过性交通为主,对连接主干路的出入口设置要求较高;次干路功能类似于主干路,服务于交通量较小、距离较短的出行,具有更多的出入口设置权限;主支路服务于主干路与地方道路之间的交通联系,交通量和出行距离适中,可以为周围用地提供直接出入口;次支路功能类似于主支路,交通量更小、出行距离更短,出入口设置权限更

高;地方道路为周边毗邻用地提供出入口衔接服务,为支路提供衔接点,通常交通量最小、出行距离最短^[5]。

《管理手册》指出,降低路网密度可以提高道路行程车速。如图2所示,方案A为交叉口间距1/8英里的双向6车道全开口道路,方案B为交叉口间距1/2英里的双向4车道定向开口道路。在相同条件下,方案B可以承担与方案A同样的交通量。在双向道路情况下权衡速度、周期长度、绿波效率(绿波带除以周期长度)等指标,采用60~120 s信号周期,车速取25~55英里·h⁻¹(约40~88 km·h⁻¹),则对应的主干路适宜间距为1.6 km(1英里),干路(含主干路、次干路)适宜间距为0.8 km(1/2英里)。但有研究指出,“降低路网密度可以提高道路行程车速”的理论并未考虑路网密度变化对路网容量的影响^[6],干路行车速度与通行能力的提高建立在取消相交道路直行交通的基础上。

1.1.2 日本

日本城市道路按照设计等级细分为自动车专用路、主要干线道路、干线道路、辅助干线道路、区画道路(支路)以及特殊道路6个级别。其中主要干线道路是城市道路主要骨架,承担城市出入和过境交通,以及城市功能区之间的交通;干线道路是在主要干线道路骨架基础上,形成路网框架和居住区外廓,承担中长距离交通;辅助干线道路为日本特有道路分类,其职能是联系居住区等地区内外交通,承担干线道路和区画道路间的集散交通;区画道路指形成街坊外廓的密集道路,承担沿线建筑和用地的进出性交通;特殊道路则承担公共交通以及步行和自行车等非机动车交通需求。

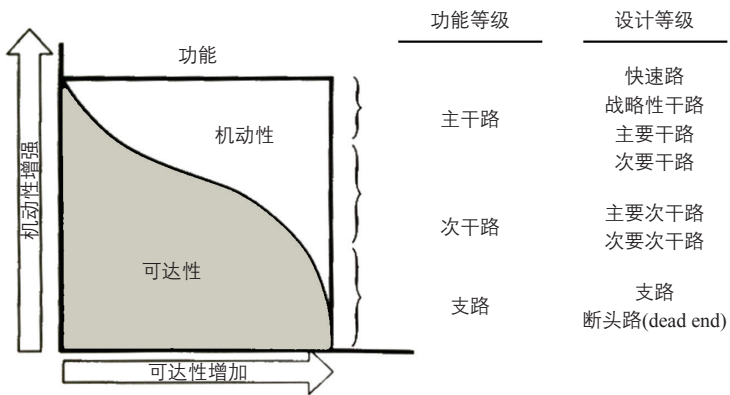


图1 美国道路分级体系

Fig.1 Roadway classification system in the U.S.

资料来源:文献[5]。

日本干路网间距考虑了人口密度、服务人口总量的影响,建议干路网间距为:高密度居住地区($300\sim 400\text{人}\cdot\text{hm}^{-2}$) $500\sim 700\text{m}$;中密度居住地区($200\sim 300\text{人}\cdot\text{hm}^{-2}$) $700\sim 900\text{m}$;低密度居住地区($100\sim 200\text{人}\cdot\text{hm}^{-2}$) $1\,000\sim 1\,300\text{m}$;都市商务地带(昼间服务人口 $1\,000\sim 3\,000\text{人}\cdot\text{hm}^{-2}$) $400\sim 700\text{m}$;商业、居住、工业混合地区($300\sim 400\text{人}\cdot\text{hm}^{-2}$) $500\sim 1\,000\text{m}$ ^[7]。

1.1.3 中国

《设计规范》将城市道路分为快速路、主干路、次干路、支路四大类,指出道路分类依据包括道路在路网中的地位、交通功能以及对沿线建筑物的服务功能等因素。《设计规范》中要求:快速路应与其他干路构成系统,并与城市对外公路有便捷联系,与快速路交汇的道路数量应严格控制;主干路上的机动车与非机动车应分道行驶,交叉口之间分隔机动车与非机动车的隔离带宜连续;次干路两侧可设置公共建筑物,并可设置机

动车和非机动车停车场、公共交通车站和出租汽车服务站;支路应与次干路以及居住区、工业区、市中心区、市政公用设施用地、交通设施用地等内部道路相连接,支路可以通过匝道或过渡段与平行的快速道路相接,但不得与快速路直接相接。当快速路两侧的支路需要连接时,应采用分离式立体交叉跨越或穿过快速路。

《规划设计规范》建议大城市快速路、主干路、次干路的合计路网密度为 $2.3\sim 3.1\text{km}\cdot\text{km}^{-2}$,三者的路网密度比约为 $1:2:3$;支路与支路以上(包括快速路、主干路、次干路)路网密度的比为 $1:0.8\sim 1:1$ 。同时,考虑了容积率与支路网密度的关系:在市区建筑容积率大于4的地区,支路网密度应为规范建议数值的2倍;市中心区建筑容积率达到8时,支路网密度宜为 $12\sim 16\text{km}\cdot\text{km}^{-2}$,即大城市支路网建议密度($3\sim 4\text{km}\cdot\text{km}^{-2}$)的4倍;一般商业密集地区支路网密度宜为 $10\sim 12\text{km}\cdot\text{km}^{-2}$ 。

1.1.4 对比分析

如表1所示,中国主干路、次干路与美国次干路、集散道路(支路)的相关要求基本一致,如美国次干路的车速要求与中国主干路基本吻合。

日本都市区内自动车专用路、主要干线道路、干线道路相当于中国的快速路、主干路、次干路。其居住区等区内道路为辅助干线道路,区画道路(支路)的功能相当于中国的居住小区级道路。日本路网规划思路采用居住小区路网集中化模式^[7](见图3a),其住区路网也考虑切断部分通过性道路、通过扩大街坊模式,减少交通对住区的干扰,其路网(见图3b, 3c, 3d)与中国居住小区路网模

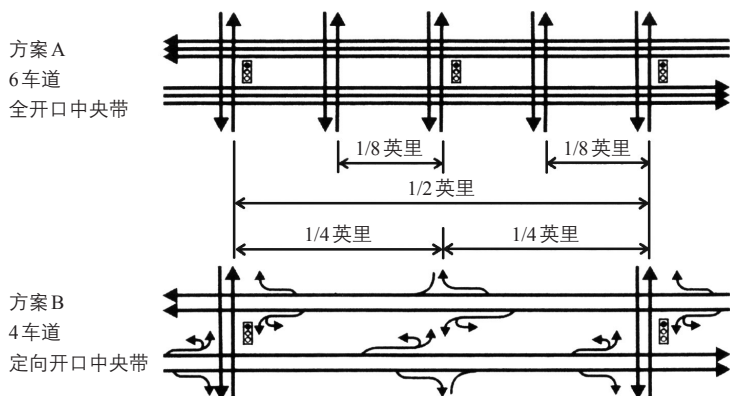


图2 交叉口间距分析

Fig.2 Analysis on intersection spacing

资料来源:文献[5]。

表1 中美城市道路分级比较

Tab.1 Comparison of roadway classification between China and U.S.

等级	美国					中国			
	快速路(高速公路)	主干路	次干路	集散道路(支路)	地方道路	快速路	主干路	次干路	支路
功能	通过性	城市内社区之间,以通过性为主,进出为辅	城市内社区之间,以通过性为辅,进出为主	聚集、分散交通,用地进出,社区联系	进出性	交通性	交通性为主,生活性为辅	交通和生活性并重	生活性
两侧用地出入控制	绝对禁止	禁止(只允许重要交通产生点)	限制(某些路段或车道限制出入口)	安全、有规律地控制出入口	安全出入	禁止(只允许重要交通产生点)	限制(某些路段或车道限制出入口)	安全、有规律地控制出入口	安全出入
车速要求 ¹⁾ ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	72~88	56~72	48~56	40~48	40	60~80 ²⁾	40~60	40	30

1) 美国为限制车速,中国为设计车速;2)《城市快速路设计规程》(CJJ 129—2009)、《城市道路路线设计规范》(CJJ 193—2012)规定快速路包括 $60\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $80\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $100\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 3个速度级别。

资料来源:文献[8]。

式类似。

美国、日本与中国均采纳了《城镇交通》提出的道路分级原则，即从居住类用地角度出发划分路网等级的设计思路。但是，与美国、日本相比，中国相关规范较为粗泛。美国道路分级采用功能分级和设计分级相结合的模式，细致的分级有利于不同类型道路规划设计要求的确定，以及城市交通组织的合理安排、城市路网的协同运行。日本基于居住密度、服务人口密度要素对干路网间距提出建议；中国仅基于容积率要素提出支路网密度的相关建议。容积率与居住人口、服务人口密度存在一定关系，但居住人口、服务人口是更直观反映交通需求的指标。

1.2 案例分析

城市道路分级尽管具有理论层面的界定，但美国《管理手册》指出“没有一条清晰的标准能判断道路是否是支路、次干路或是主干路”。因此，理论层面的道路分级及其关键参数控制与城市实际情况可能存在一定差异，还需要借助城市道路统计数据对国内外城市道路分级进行比较。

1.2.1 美国

以美国东南部城市迈阿密为例，根据不同路网密度选取3条主干路进行分析(见表2)。其干路间距统计值为800 m，在计入干-支十字型交叉口后，平均间距约为300~400 m。迈阿密有高密度(干路间距0.3~0.4 km)、中密度(干路间距0.8 km)和低密度(干路间距

1.6 km)三种路网体系(见图4)。高密度路网分布在迈阿密中心区；中低密度路网分布在迈阿密外围区，距中央商务区15~20 km，主要建成于1976年以后。迈阿密的中低密度路网是典型的现代道路分级与建设模式，在美国城市蔓延过程中起到推波助澜的作用，也因此饱受新城市主义拥护者诟病。

1.2.2 日本

大阪千里片区为典型的20世纪60年代规划新城(见图5a)。以大阪市西侧南北快速路为例，其沿线十字型交叉口统计见图5b。这些与快速路交叉的道路(不含快速路)平均间距为433 m，其中南部接近市中心区的路网间距为319 m，千里片区为655 m，千里以北为517 m。通过分析可知，所有十字型交叉口的间距为300~700 m。千里片区中的邻里单元基本采用了接近0.8 km间距的干路网。该片区的路网间距控制与前文提到的日本干路间距建议相吻合。

1.2.3 中国

北京是中国低密度大间距路网的典型代表；上海是高密度路网的典型代表。选取两个城市历史遗留因素较少、受规划思想影响较大的路网建设成熟区域进行分析(见图6)。北京北四环快速路以北、京藏高速与京承高速之间片区干路网密度(含快速路)为 $2.39 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ ，平均干路网(含快速路)间距0.84 km(见图6a)。四环快速路以北地区路网密度大于以南地区；北辰西部片区平均干路网间距约0.56 km，路网密度 $3.55 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ ；

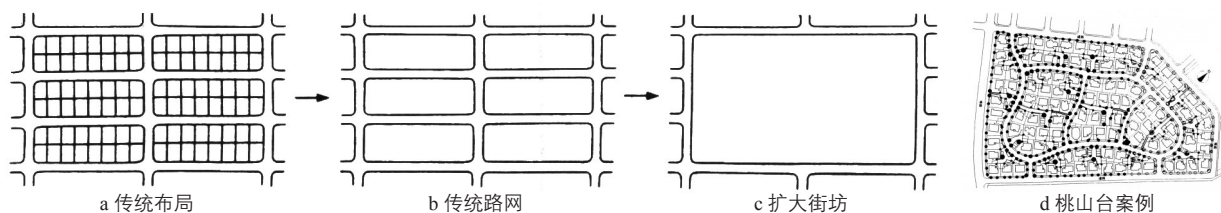


图3 日本居住区路网规划演变

Fig.3 Evolution of roadway network planning for residential communities in Japan

资料来源：文献[7]。

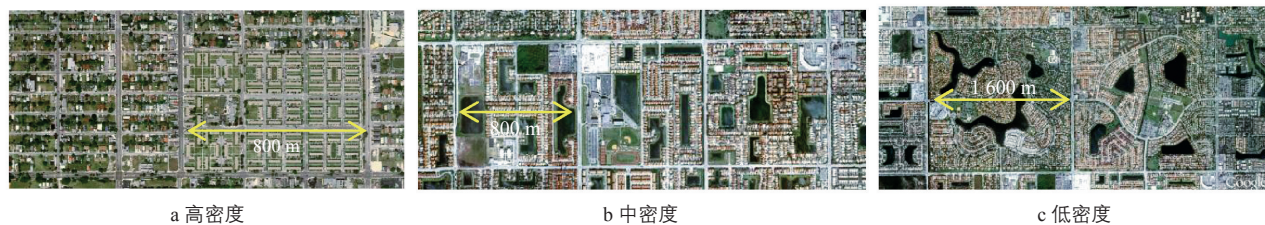


图4 迈阿密路网密度示例

Fig.4 Demonstration of roadway network density in Miami

资料来源：根据Google地图统计。

望京片区平均干路网间距约0.65 km，路网密度3.08 km·km⁻²。上海浦东片区干路网密度(含快速路)3.66 km·km⁻²，干路网(含快速路)间距400~600 m，平均间距0.55 km。与中国相关规范建议指标相比，北京案例的干

路网密度偏低，达到规范建议指标的下限；上海案例则略高于规范指标的上限。中心区路网密度一般高于全市平均值，按中心区考虑，上海案例干路网密度符合规范要求，北京案例则明显偏低。

表2 迈阿密案例道路统计指标
 Tab.2 Statistics on selected roadways in Miami

道路名称	统计路段长度/km	双向机动车道数/条	干-干交叉口		立体交叉口数量/个	干-支十字型交叉口(允许穿越和左转)		干-干、干-支十字型交叉口(允许穿越和左转)	
			数量/个	间距/m		数量/个	间距/m	数量/个	间距/m
NW27th Ave	7.90	6	10	790	1	18	438	28	282
NW8th St	8.13	4	9	903	0	15	542	24	339
NW7th St	4.93	4	5	986	0	7	704	12	410

资料来源：根据Google地图统计。



图5 大阪千里片区路网分析
 Fig.5 Analysis on roadway network in Senri, Osaka
 资料来源：a 来源于文献[7]，b 为根据Google 地图统计。

1.2.4 对比分析

干路交叉口密度,尤其是干-干交叉口密度,对干路交通运行影响巨大。选取北京、上海、东京、芝加哥与市中心相联系的典型主干路(见图7)进行分析,相关指标统计见表3~表6。以上海市交叉口间距为标准值(平均间距450 m),北京:上海:东京:芝加哥=1.98:1.00:0.84:0.69。北京为低密度路网,上海属中密度路网,东京、芝加哥属高密度路网。

干路与其他道路的联系,尤其是与支路的联系,也是影响干路可达性与通过性的关键要素。统计迈阿密、大阪、北京典型道路交叉口联系方向数量,并扣除所分析干路自身的直行方向,可得到所分析干路与其他道路的联系方向数量(见表7),单位干路长度的左右转联系方向数量(即交通联系密度)反映了干路的可达性。鉴于干路、支路均具有直接或间接服务城市用地的特点,且低等级干路与高等级支路的划分具有一定的模糊性,因此统计中包含干-干、干-支交叉口。其中,北京市奥林西路、龙腾街所在区域为中国典型的500 m间距干路网,工人体育场为北京典型的800 m间距干路网。可以看出,迈阿密的主干路具有更强的可达性联系,NW27th Ave主干路的左联系密度达 $30.70\text{个}\cdot\text{km}^{-1}$,大阪达到 $12\text{个}\cdot\text{km}^{-1}$ 以上,远高于500 m间距的中国路网模式。按长度加权平均,大阪干路的通过性联系为北京统计道路的1.70倍,迈阿密NW27th Ave达北京统计道路的3.76倍。

综合以上分析,理论层面的道路分级对干路间距的设置要求与实施层面的干路间距和交叉口设置存在一定差异。即便是迈阿密这一典型的符合美国道路分级与间距规范的城市,由于开发年代、土地利用等原因,干路实际间距与理论建议间距也有所不同。在干路与其他道路的联系层面,国内外案例也存在明显不同。因此,还需要进行更为深入的道路等级划分机理分析。

2 道路分级相关设计要素及影响指标

2.1 居住密度与干路网间距

对于一定人口规模的城市,人口密度越低,则用地规模越大,平均出行距离越长,长距离出行比例越大。为保障出行时耗的合理性,出行距离越长,出行速度要求越高、道路资源配置中高等级道路(主干路、快速

路)所占比例越大。

美国道路分级理念中的干路网间距以800 m为主,这与其城市人口密度(1950年平



a 北京四环北辰西路与望京片区路网

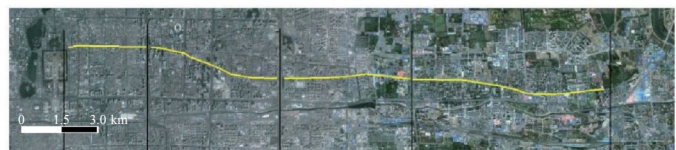


b 上海浦东片区路网

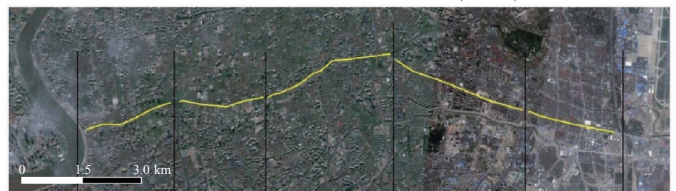
图6 北京与上海市案例路网示意

Fig.6 Demonstration of selected roadway network in Beijing and Shanghai

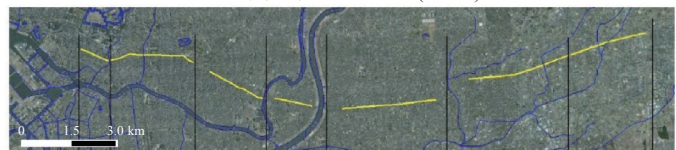
资料来源:百度地图。



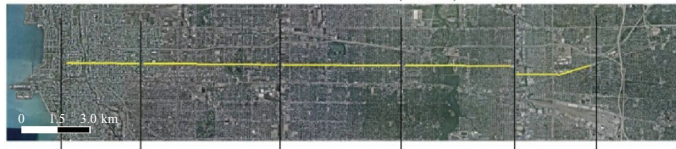
天安门 二环快速路 四环快速路 五环快速路 通州
a 北京市朝阳区内大街—朝阳北路(21 km)



外滩 南北高架 华山路 内环 中环 外环
b 上海市延安路—天山路(14 km)



银座CBD 浅草 上野 南千住 北千住 近郊区 草加市 越谷市 远郊区
c 东京市 Showa Dori(24 km)



CBD 联合中心 梅乌市 内环 贝尔武德 郊区
d 芝加哥市 Madison St(24 km)

图7 北京、上海、东京、芝加哥典型区域干路指标统计

Fig.7 Statistics on arterial roadway within typical districts in Beijing, Shanghai, Tokyo and Chicago

资料来源:根据Google地图统计。

均^[9]2 550人·km⁻², 1990年平均1 470人·km⁻²)、出行距离相协调。在人口规模相同的情况下, 美国城市占地面积为中国的4~5倍。居民平均出行距离一般与建成区面积的0.3次方成正比^[10], 若单次出行时耗一致, 美国所需出行速度为中国的1.5~1.6倍。若交通控制中信号周期长度接近, 美国与信号周期相匹配的干路网间距是中国的1.5~1.6倍。依

此推断, 中国的适宜干路网间距约为500 m。对于中国的居住区, 若容积率按1.5考虑, 每户按90 m²居住面积、2.5~3.5人计算, 单位面积居住人口约为416~583人·hm⁻²。参照日本建议“高密度居住地带(300~400人·hm⁻²)干路网间距500~700 m”, 中国适宜的干路网间距应接近日本建议路网间距的最小值, 即500 m左右。

表3 北京市典型区域干路指标统计
Tab.3 Statistics on arterial roadway within typical districts in Beijing

北京	合计	天安门	二环快速路	四环快速路	五环快速路	通州
路段类型		主干路	主干路	主干路	主干路	主干路
路段长度/km	18.74	2.77	4.66	4.48		6.83
干-干交叉口数量/个	21	5	6	4		6
干-干交叉口密度/(个·km ⁻¹)	1.12	1.80	1.29	0.89		0.89
干-干交叉口间距/m	892	554	777	1 120		1 140

资料来源: 根据Google地图统计。

表4 上海市典型区域干路指标统计
Tab.4 Statistics on arterial roadway within typical districts in Shanghai

上海	合计	外滩	南北高架	华山路	内环	中环	外环
路段类型		快速路下主干路	快速路下主干路	快速路下主干路	主干路	主干路	主干路
路段长度/km	13.51	2.28	2.14	3.38	3.47		2.24
干-干交叉口数量/个	30	7	5	5	7		6
干-干交叉口密度/(个·km ⁻¹)	2.22	3.07	2.33	1.48	2.02		2.68
干-干交叉口间距/m	450	325	428	636	694		373

资料来源: 根据Google地图统计。

表5 东京市典型区域干路指标统计
Tab.5 Statistics on arterial roadway within typical districts in Tokyo

东京	合计	银座CBD	浅草	上野	南迁住	北千住	近郊区	远郊区 草加市 越谷市
路段类型		快速路	辅助干路	主干路	主干路	主干路	主干路	主干路
路段长度/km	19.63	1.22	3.47	2.36	1.53	3.77	4.15	3.13
干-干交叉口数量/个	52	4	12	8	5	10	9	4
干-干交叉口密度/(个·km ⁻¹)	2.65	3.27	3.45	3.90	3.23	2.65	2.17	1.17
干-干交叉口间距/m	378	305	289	256	310	377	460	855

资料来源: 根据Google地图统计。

从学习国外经验到适应本土的过程中，中国经历了干路网间距从 800 m 降至 500 m 的演变过程。以图 6 为例，北京四环快速路以南的早期规划区域干路网间距(平均干路网间距 0.69 km)大于 20 世纪 80 年代末规划的望京(平均干路网间距 0.65 km)，而望京大于 21 世纪初建成的四环快速路以北的片区(平均干路网间距 0.56 km)。2003 年有学者建议将干路网密度增至 4~5 km·km⁻²(间距 400~500 m)^[11]。

2.2 出行方式与路网间距

文献[12]指出：1)不同交通方式的适宜出行距离不同，因此，适应不同交通方式特征的合理街区尺度不同；2)同一出行者或同一交通方式不同目的的出行距离不同，存在居民远距离出行和近距离出行对最佳路网间距要求的冲突问题。

步行、自行车、机动车具有不同的速度

和适宜出行距离：步行要求高密度路网、可无分级，其间距以建筑或建筑组群的尺度为判断标准；自行车(助动车)的速度仅为私人小汽车的 1/3~1/4，考虑绿波交通，自行车的适宜路网间距为 150~250 m。机动车中私人小汽车适宜的路网间距为 400~1 000 m(见图 8)；由于公共汽(电)车需要停靠车站而无法实现绿波，因此机动车路网间距以适于私人小汽车的路网间距为主。由于平面交叉路网难以满足不同交通方式的绿波组织，所以道路设计最终选择以机动车为服务主体的路网模式。

为保障机动车的效率，其他交通方式在道路分级中做出牺牲。在中国，宽而稀的道路、不合理的横断面与过街方式加大了行人过街难度；行人过街设施不足(中国城市部分路段的行人过街设施间距是国外类似区位或道路等级行人过街设施的 1.35 倍^[13])导致过街人流量的集中。为减少对行人的干扰，应

表 6 芝加哥市典型区域干路指标统计
Tab.6 Statistics on arterial roadway within typical districts in Chicago

芝加哥	合计	CBD	联合中心	梅乌市	内环	贝尔伍德	郊区
路段类型		主干路	主干路	主干路	主干路	主干路	
路段长度/km	22.07	3.19	5.82	5.16	4.60	3.30	
干-干交叉口数量/个	71	15	20	15	11	10	
干-干交叉口密度/(个·km ⁻¹)	3.22	4.70	3.44	2.91	2.39	3.03	
干-干交叉口间距/m	311	212	291	373	378	330	

资料来源：根据 Google 地图统计。

表 7 迈阿密、大阪、北京典型城市道路交通联系属性统计
Tab.7 Statistics on traffic connection of typical roadways in Miami, Osaka and Beijing

城市	道路名称	等级	位置	长度/km	干路通过性 (双向机动车道数量/条)	可达性联系/(个·km ⁻¹)			通过性联系/ (个·km ⁻¹)
						左右联系	左联系	右联系	
迈阿密	NW27th Ave	主干路	CBD 以西、南北向	2.15	6	62.33	30.70	31.63	13.95
	NW7th St	主干路	CBD 以西、东西向	2.11	4	45.50	13.27	32.23	2.84
大阪	Nagahori Dori	主干路	CBD 以南、东西向	3.11	6	28.30	12.86	15.43	6.43
	Yotsuhashi Suji	次干路	CBD 以南、南北向	3.10	4	30.32	12.26	18.06	5.48
北京	奥林西路	主干路	奥运场馆以西	4.25	6	17.41	8.00	9.41	4.47
	龙腾街	次干路	外围居住区	2.16	4	25.93	9.26	16.67	4.63
	工人体育场东路	主干路	三环快速路以西	4.37	6	15.56	5.49	10.07	2.52

注：一条道路与其他道路的联系包括左右转联系、直行通过联系。对于不禁左的双向交通的十字形交叉口，左转联系方向为 4 个、直行联系方向为 2 个、右转联系方向为 4 个；对于 T 字形交叉口，左转联系方向为 2 个、直行联系方向为 0 个、右转联系方向为 2 个，以此类推。将左右转联系统称为可达性联系，将直行穿越联系统称为通过性联系。日本为左行规则，方向已做调整。
资料来源：根据 Google 地图整理。

合理安排车行体系的横断面和交通组织,行人过街设施不足的实质是该义务的未充分履行。“中国式过马路”某种意义上是在“车行体系未履行义务”的情况下,行人向车行体系的集体抗议。自行车路网也因基于机动车的道路分级而失去应有的密度与便利。

低密度、大间距路网往往具有较高的机动车转向比例^[14],导致交通运输效率降低;大间距路网还会导致交通迂回,相比自行车和步行,个体机动交通方式的使用效用在一定程度上提高,导致交通结构的改变^[15];大间距路网的交通运输效率还会伴随交通量的加大而迅速下降^[16]。

2.3 用地开发与道路分级

道路交通量与道路两侧的用地性质、容积率及用地的交通需求密切相关。道路所服务区域的交通需求越大,意味着道路两侧进出交通量越大;道路所联系区域的用地之间交通联系越强,预示着该路段的交通量越大。低等级道路更大程度上服务于进出交通,而高等级道路主要服务于通过交通。图9显示了一条道路穿过4个不同类型区段,②、③区段比①、④区段更具有作为较高等级道路的条件,为降低进出干扰,后者的道路需要配置更多的进出辅助车道。现实中往往将这条道路划归为一个功能等级,但实际上其进出交通组织具有明显差异,需要相应的设计等级细分加以明确。然而,中国的路网分级并未有效体现道路功能与两侧用地可达性需求的关系。

横向交叉道路所应承担的交通不会因为高等级道路的切割而消失,最终仍会转移至高等级道路,这可能造成更大的交通影响。低等级道路的功能不是简单地为了保障高等级道路的车速、交通量而一味避让。对这一点认识的不足,是中国城市道路交叉口间距偏大、交通联系密度偏低的重要原因。合理路网等级结构的关键是在保障街区内交通安全的基础上,最大限度地挖掘道路设施的综合能力,并实现不同等级道路体系合理分工,这需要提升高等级道路的可达性与通过性。

2.4 车流特征与道路分级

快速路的车流具有车速高和连续性特征,任何车流不能与之平面穿越,需要设置立体交叉和严格的隔离设施,因此在道路等级划分时,快速路无争议地被划分出来。由

于信号控制,平面交叉道路体系具有间断性车流特征,其交通组织、信号控制、效果等存在较大差异,给平面交叉道路分级带来较大难度。

在其他条件一致的情况下,车道数多的道路可以承担更多的交通量。道路交叉口越少,干扰越少、速度越高,但交叉口过少意味着所服务区域面积的减少和对低等级道路依赖性的增加。交叉口数量具有在速度方面增强道路功能定位和在联系便利程度方面弱化道路功能定位的双重作用。实际上,高密度路网也可以实现较好的协同控制,例如大连市高尔基路(单向)、中山路(双向)核心城区段,通过合理的交通组织与管理,结合高密度路网,在保证车速的同时承担更多的交通量。此外,干-支十字型交叉口的交通协同控制机理已得到理论与仿真验证^[18]。可见,交通控制的协同性越好,道路运行速度越高。

综上,车道越多、交通协同性越好,交通承载力越大,其道路等级越高。然而,现有道路分级未能明确体现道路交通控制及其实施效果的影响,也未体现对需要协同控制的高等级道路及交叉口的相关设计要求。

2.5 道路线型与道路分级

居民出行利用一系列路段组成的路径,并期望该路径距离较短、节省时间。距离较短意味着较低的非直线系数。所服务的出行路径长、交通量大,则道路的等级高。道路线型直接影响设计车速;道路线型曲折意味着绕行距离增加和车速降低。在其他因素相同的情况下,长而顺的道路所服务的片区大,设计和实际运行速度高,道路等级也越高。因此,单条或多条道路组成的服务路径的非直线系数越低、长度越长,道路等级越高。

3 道路等级划分与设置条件建议

3.1 道路分级与设置条件

城市道路指非专属于某一单位或用地、或虽专属于某一单位但可用于城市交通,且符合城市交通运行条件的道路。道路分级应涵盖城市内的所有道路。建议根据使用权属将道路划分为城市道路、地方道路两大类。地方道路为专属于某一单位或用地的道路,只承担进出功能。

结合当前规范,借鉴美国道路分级经

验, 建议将城市道路划分为4个功能等级和7个设计等级(见表8)。综合考虑道路交通特征、交通控制方式及管制、适宜交通方式、道路与线型设计, 将道路划分为通过性道路和进出性道路, 前者包括快速路、主干路、次干路; 后者包括支路和地方道路。将干路、支路划分为主要与次要两个层次。明确主要支路属于服务于近距离、步行与自行车交通为主的通过性道路。新增交通控制和机动车畅行速度指标, 即相应级别道路在绿波协同控制和允许接入出入口干扰下、一般对应0.5~0.7饱和度应达到的速度。

由于居民出行距离多大于1 km, 若低等级道路能够完成自身任务, 则需要低等级道路与高等级道路之间的横向穿越, 不仅是简单的进出联系。纯粹的逐级衔接会造成交通量向高等级道路集聚, 而过多和不适宜的穿越会造成高等级道路效率降低, 二者均会导致路网整体效率下降。

传统道路分级通过减少与干路相交以及某些干扰联系方向达到提高干路车速和通行能力的目标。本文提出的道路分级要求通过协同绿波控制, 在尽量少切断横向道路的前提下提高干路的车速和通行能力。在交通控制层面, 高等级道路为保障自身运行效率, 具有控制本级及本级以上路网间距以及限制低等级道路进出口的权利, 还应满足同级路网间距内所阻断的次级道路所应承担的交通量不大于交叉口限制和间距控制带来的自身通行能力提升的要求; 同时与低等级道路衔接时, 为减少高等级道路之间的干扰, 高等级道路具有在自身道路空间内配置进入、离

开本级道路所需辅助车道空间的义务; 低等级道路不再一味为保障高等级道路的车速和通行能力而牺牲自身应有的通行能力。

3.2 支路加密与支路道路空间资源获取

支路加密有助于步行和自行车交通、近距离交通与干路体系的分离以及路网功能优化。大院式布局所形成的内部化、专属化道路和主干路的过量提供及其对出入口接入模式的限制是导致中国支路缺失的原因之一。对应美国、日本支路划分标准, 若不封闭管理, 中国的居住小区级道路以及组团级道路其实也是支路的一部分。同时, 由于小区级道路两侧大量停车以及高峰期间进出车辆, 小区级道路的安全系数降低。国外多将停车位安排在建筑后侧与干路平行的背街小巷路上, 背街小巷具有城市道路职能, 被计为支路。而中国多为与干路平行的退后红线场地上的带状停车位, 其停车通道具有一定的宽度, 但不具有城市道路职能, 不计为支路。中国并不缺乏可作为支路使用的空间资源, 而是缺乏有效的规划与交通组织。在道路面积相同的情况下, 文献[18]已构建了“单向平面分流体系”, 在理论与仿真层面建立“机动车支路+公交专用路+自行车道”的混合交通道路与单向机动车干路组成路网密度为2:1的等级体系。妥善组织干路、支路联系, 同时保障干路与支路的运行效率, 是详细规划中需落实的内容; 这就需要在详细规划层面编制更为深入的路网体系规划, 而不是停留在原则性的道路分析和示意性的流线分析层面。

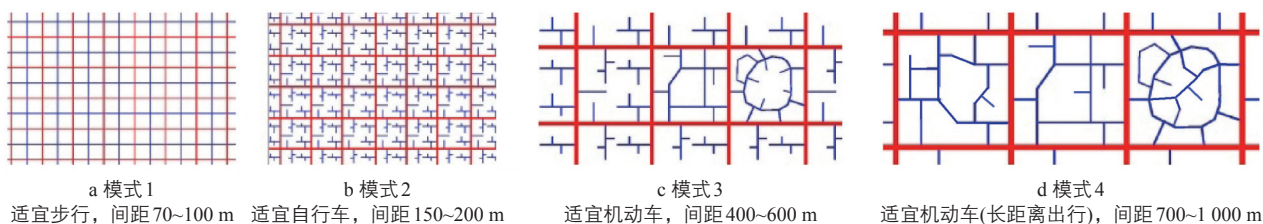


图8 城市路网组织模式分类

Fig.8 Classification of urban roadway network design

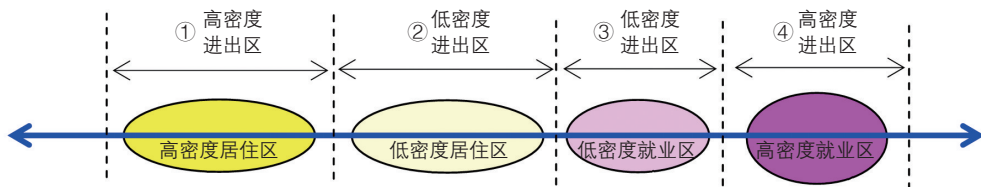


图9 道路与两侧用地的联系

Fig.9 Connection between roadway and roadside land-use development

表8 道路分级与设置条件

Tab.8 Roadway classification and settings

城市道路											地方道路
功能分级		快速路		主干路		次干路		支路		8	
		主要		次要	主要	次要	主要	次要			
		1	2	3	4	5	6	7			
交通特征	服务距离		远距离为主，中等距离为辅	中等距离为主，远距离为辅	中等距离为主，近距离为辅	近距离和中等距离为主		近距离为主，中等距离为辅	近距离为主	近距离为主，进出性为主	进出性为主
	机动车流量		特大	大	大或中等	大或中等	中等或小	小	很小	很小	
	机动车流特征		连续	间断							
	自行车流量		无	无或小	中	大		小		很小	
	步行流量		无	无或小	中	大		大或小			
	机动车畅行速度/(km·h ⁻¹)		≥50	≥40	≥35	≥30	≥25	≥15	≥12	≥10	
	行人过街设施		少	中	中	多	多	视具体情况			
交通控制与管制	绿波		无信号灯	绿波		绿波或部分绿波		少或无绿波		无绿波	
	干扰		极少	较少	少	中等	较多	多	很多		
	临时停车		不允许	有条件可允许		允许					
	路侧停车带		不允许		有条件可允许			有条件应允许			
	横向阻断流量		横向阻断后路网通行能力的提升大于被横向阻断的交通量					无			
交通方式	社会车辆	客车	有或无	有					限制大型客车		
		中型货车及以上	一般不限制	一般不限制	限制				无(特殊要求除外)		
	公共汽(电)车		BRT	BRT或常规公交		常规公交			无(特殊要求除外)		
	自行车		无	有或无	有				有或混合		
	步行		无	有							
道路与线型设计	出行路径长度		长			较长		中长	短	极短	
	机动车设计速度/(km·h ⁻¹)		60~80	60	50		30~40		20~30	15~20	
	线型与路径		顺				较顺		可曲折		
	公共汽车站		港湾			建议港湾			无		
	中央隔离带		必须		需要	可设置		一般不设置		不设置	
	直行机动车道数量/条		≥4	≥6	≥4	≥6	≥4	2~4	1~2		
	进出口转入、转出车道		须设置			可设置		有条件可设置		不设置	
			承担自身应配置的进出车道								
	交叉口间距控制允许模式		立交	干-支宜立交、干-干平交	干-支平交、干-干平交	与快速路立交，其他平交		向上跨两个功能级需立交	仅允许与上两级交叉		
与本级及本级以上路网间距/km			1.0~1.5	0.8~1.0	0.4~0.5	0.3~0.4	0.2~0.3	0.1~0.2			

注：无自行车的城市，自行车道配置依实际情况确定；需要特殊交通管制或具有特殊功能的道路依具体情况而定；车道较少的机动性联系通道，如接入建筑、道路或用地的匝道视具体情况确定；未达到绿波设置要求的道路视为交通控制不达标的该等级的“准”级别道路。

3.3 路网等级体系与公共汽车运行

目前的道路分级较少考虑公共交通运行需求。公交线路主要利用道路的边侧车道(公交专用车道也可设置在道路中央)运行。适于公共汽车运行的道路越密,公交可利用的边侧车道密度和中央车道密度越高。路网规划中,各等级道路的路网密度为关键控制指标;路网分级关键控制指标还包括适于公共汽车运行的道路的路网密度控制,这是保障公共汽车运行所需车道资源配置的关键。此外,道路分级应明确某些城市道路的公交客运走廊功能,提出相应的公交专用车道、公交信号优先对交叉口组织的相关要求等。

4 结语

不同国家、城市以及城市片区的交通需求及最佳交通组织模式是路网合理分级的关键。中国城市交通的核心问题之一是高密度、高混合度、多交通方式、较大城市规模下的近距离出行与长距离出行的矛盾。对于道路分级,重要的是在为城市跨区域交通提供高效“交通性”道路体系的同时,为小尺度交通活动和城市土地利用提供更具便利性、安全性的“生活性”道路体系。道路分级应考虑路网体系与交通需求的实质性对应,并以人为本,将道路资源有效配置给公共交通、行人、自行车以及机动车,并实现彼此间干扰最低化和相互促进作用最大化,兼顾不同交通方式、不同距离出行者的交通需求,从而优化交通结构和提升交通运行效率。建议在现有道路分级的基础上,增加道路功能与设计分级,并细化设置条件,以便结合城市不同区位,提出更具有针对性的交通需求、交通组织相关规划要求;道路分级还应关注公共交通体系运行对路网密度和公交优先措施的要求,促进公共交通良性发展与优先发展。

参考文献:

References:

- [1] 陈小鸿. 上海城市道路等级体系研究[J]. 城市交通, 2004, 2(1): 39-44.
Chen Xiaohong. Research on Classification System of Urban Roads in Shanghai[J]. Urban Transport of China, 2004, 2(1): 39-44.
- [2] 李开国. 支路规划设计若干问题研究[J]. 城市交通, 2013, 5(3): 32-36.
Li Kaiguo. Issues on Local Roads Planning

and Design[J]. Urban Transport of China, 2013, 5(3): 32-36.

- [3] 孔令斌. 高速机动化下城市道路功能分级与交通组织思考[J]. 城市交通, 2013, 11(3): 卷首.
Kong Lingbin. Functional Classification and Traffic Management of Urban Roadway under Rapid Motorization[J]. Urban Transport of China, 2013, 11(3): Editorial.
- [4] 刘冰. 浅议我国城市支路网的规划与设计[J]. 规划师, 2009, 25(6): 16-20.
Liu Bing. Local Street System Planning and Design[J]. Planners, 2009, 25(6): 16-20.
- [5] 美国交通运输委员会出入口管理分会. 道路出入口管理手册[M]. 杨孝宽, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
Transportation Research Board Access Management Committee. Access Management Manual[M]. Yang Xiaokuan, translated. Beijing: China Architecture & Building Press, 2004.
- [6] Transportation Research Board. Highway Capacity Manual[M]. Washington DC: National Research Council, 2000.
- [7] 日笠端. 都市計画(日)[M]. 东京: 共立出版株式会社, 1997.
- [8] 王建军, 王志平, 彭志群. 城市道路网络合理等级级配探讨[J]. 城市交通, 2005, 3(1): 37-42.
Wang Jianjun, Wang Zhiping, Peng Zhiqun. Discussion on Appropriate Grade Proportion of Urban Road Network[J]. Urban Transport of China, 2005, 3(1): 37-42.
- [9] 王春艳. 美国城市化的历史、特征及启示[J]. 城市问题, 2007(6): 92-98.
- [10] 我国大型城市轨道交通建设的必要性及其技术经济研究[R]. 建设部城市建设研究院、武汉公用事业研究所中国社会科学, 1990: 117-124.
- [11] 杨佩昆. 重议城市干道网密度: 对修改城市道路交通规划设计规范的建议[J]. 城市交通, 2003, 1(1): 52-54.
Yang Peikun. Discussion on Density of Urban Arterial Street Network[J]. Urban Transport of China, 2003, 1(1): 52-54.
- [12] 蔡军. 居民出行效率与合理路网间距的确定[J]. 城市交通, 2005, 3(3): 58-63.
Cai Jun. Efficiency of the Traveler and Reasonable Distance between Roads[J]. Urban Transport of China, 2005, 13(3): 58-63.

(下转第7页)