

中国城市环线道路间距模型与案例

贾文毓

(山西师范大学城市与环境科学学院, 山西临汾 041004)

摘要: 通过对中国 16 座城市环路的分析, 总结出了中国城市环路间距原理: 中国城市环路由外而内的间距之比符合黄金分割数 ($\omega = 0.618033988\dots$) 或其倒数 ($1/\omega = 1.618033988\dots$)。根据间距比值可将中国环路分为 A、B、C 三种类型: A 型标准比值为 $1/\omega$; B 型标准比值为 ω ; C 型在纵(横)向上标准比值为 $1/\omega$, 在横(纵)向上标准比值为 ω 。通过实证分析, 中国城市环路间距之比基本符合这一原理。该原理适用于不同规模、不同性质和不同形态的城市环路。运用该原理可对中国城市环路进行规划建议和合理性评价。

关键词: 中国; 城市市区; 环路间距原理; 0.618 法; 斐波那契数列

1 引言

在城市发展研究和城市规划中人们早就开始关注环路建设问题。在古罗马时期由维特鲁特所绘制的“理想城市”中, 城市路网为放射弧形系统, 有 4 条环路^[1-2]; 在文艺复兴时期, 由 P. 菲拉锐特设计的“理想城市”有 2 条环路, 由斯卡莫齐设计的帕尔曼—诺伐城有 3 条环路^[3]; 19 世纪末, 霍华德所设计的“田园城市”也有 3 条环路。另外, 中世纪的耶路撒冷和巴格达城都修有环路, 法国拿破仑时期的卡尔斯鲁城由同心圆(意味着必有环路)构成^[4]。在中国城市路网设计中, 与环路相关的规划也不乏其例^[5-9]。因此可以说, 古今中外, 环路在城市建设中一直都是一个被人们关注的问题, 但已有的研究文献尚未涉及对环路间距比值的讨论。

随着我国城市化进程的加快, 城市环路由无到有, 从少到多。根据 2006 年版的《中国交通旅游地图册》^[10]和《中国公路铁路地图册》^[11], 中国有市区环路的城市共计 19 座, 各市区所拥有的环路条数分别是: 北京 4 条(因地图册上均未标注一环, 故实际为四环), 上海、天津、成都各 3 条, 石家庄、呼和浩特、沈阳、哈尔滨、郑州、武汉、合肥、昆明、广州、福州、济南、西安各 2 条, 长春、南京、乌鲁木齐各 1 条。显见, 有二环以上的城市皆为直辖市或省会城市。经翻检 2007 年版的《中国交通地图集》^[12]得知, 中国中小城市中有一环的城市是有的, 但没有发现有二环的城市。因此, 本文实际分析有环路的城市为 16 座。

本文主要研究中国城市环路间距问题, 将首先采用理想化方法构建中国城市环路间距模型, 之后对模型进行实证分析和案例佐证, 最后归纳提出中国城市环路间距原理。运用中国城市环路间距原理可望对中国城市环路进行规划建议和合理性评价。

2 中国城市环路间距模型的建立与分析

2.1 建立模型

2.1.1 基本前提假设 第一, 城市环路的第一环业已形成, 且呈圆形(不仅本文考察的

收稿日期: 2006-11-11; 修订日期: 2007-02-07

作者简介: 贾文毓(1960-), 男, 副教授, 硕士生导师, 中国地理学会会员, 主要研究方向为城市地理学与经济地理学。

E-mail: jwyxs@163.com; cyzy313@163.com

城市环路中有圆形者，而且方型与非规则型的最外环均有趋于圆形之势)；第二，城市市区在一个均质的平原上扩展，环路的第二环、第三环等将会依次出现；第三，城市环路间距之比符合黄金分割数或其倒数，以使环路间距优化。

2.1.2 标准模型设计 由前提假设“第一”知，所求解的环路间距应为第二环与第一环、第三环与第二环等的间距。

由前提假设“第二”知，毋庸考虑地形、河流、已有建筑物和道路对市区环路走向的具体影响，而只需考虑各环路在空间上应如何排布就行了。这样，各环路的间距大小就成了需要考虑的唯一因素。

在图1中，以图1a的O点为轴心，顺(逆)时针旋转线段OB一圈，则形成图1b。若将A、B两点所画出的圆视为城市的第一、二环路，则环路间距的确定就变成了线段OB上A、B两点之间距离的确定。

由于“城市环路间距之比符合黄金分割数或其倒数”，所以可采用优选法中的0.618法^[13]进行城市环路的空间位置选取。具体做法是：在线段OD(图2)上，确定B点的位置，并使A点处于OB的黄金分割点上。因为在线段OB上有两个黄金分割点(从O端看有一个黄金分割点，从B端看也有一个)，故可得到

如图2所示的城市环路间距的两个标准模型：在A型中， $AB/AO = 1.618$ ；在B型中， $AB/AO = 0.618 \approx 1/1.618$ 。在A型和B型中，若均有 $BC/AB = CD/BC = 1.618$ ，则第 n 环与第 $n-1$ 环的间距 (R_{n-n-1}) 通式分别为：A型， $R_{n-n-1} = 1.618^{n-1}R_1$ ($n \geq 2$, R_1 为第一环的半径)；B型， $R_{n-n-1} = 1.618^{n-3}R_1$ ($n \geq 2$, R_1 为第一环的半径)。

2.2 模型分析

2.2.1 标准模型的拓扑变换 在数学中，拓扑学所研究的是几何图形被弯曲、拉大、缩小或任意的变形下保持不变的一些性质—称为拓扑性质^[13]。保持拓扑性质的变形称为拓扑变换^[14]。若将图1b变为正方形和长方形(图3)，只要各环线不发生相交且其间距比值不变，即为一种拓扑变换。

容易证明，在图3中，若周长/面积一定且图3a中 $AB/AO = 1.618$ ，则图3b、图3c中的 $AB/AO = CD/DO = 1.618$ 。根据拓扑变换原理，图3a变为其他任何规则的或不规则的形状都是可以的。

2.2.2 标准模型的混合型 对图2所示的城市环路标准模型：A型和B型分别实施拓扑变换，使它们都变为长方形。再将二者结合起来，则可形成一种混合型结构C型(图4)：

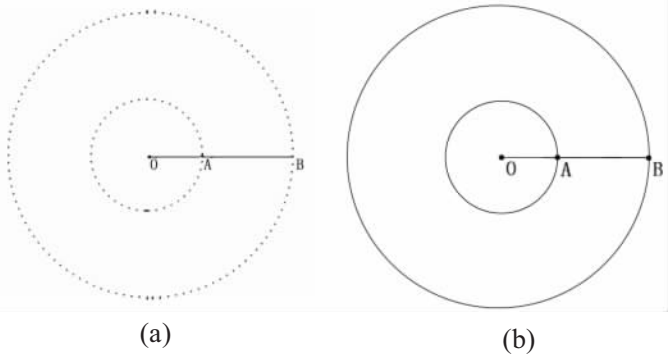


图1 线段旋转与圆的生成
Fig. 1 The park line segment and the circle lived

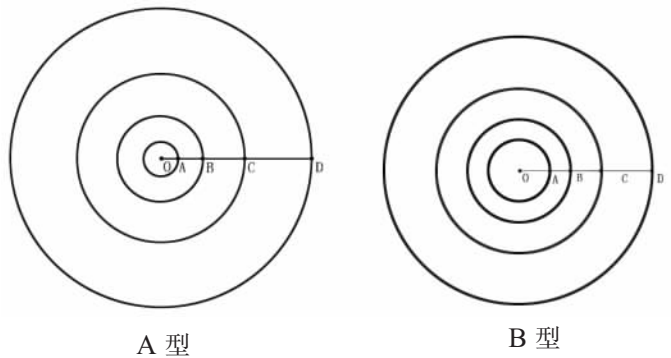


图2 城市环路标准模型
Fig. 2 The normal modern of urban ring roads

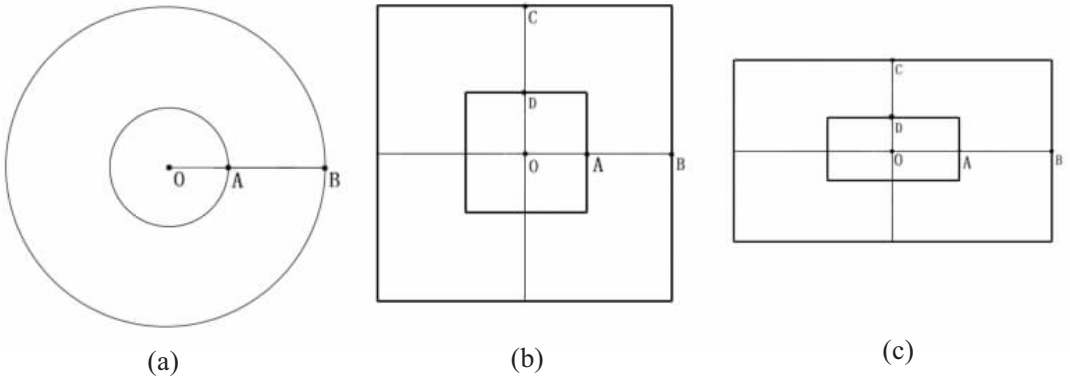


图 3 图 2b 的拓扑变换
Fig. 3 Topological transformation in Fig. 2b

在图 4a 中， $AB/AO = 0.618$ (B 型结构)， $CD/DO = 1.618$ (A 型结构)；在图 4b 中， $AB/AO = 1.618$ (A 型结构)， $CD/DO = 0.618$ (B 型结构)。

3 中国城市环路间距模型的实证分析

3.1 环路间距测算与分析

3.1.1 环路间距测算方法 将城市环路分为相对的规则型和非规则型。规则型指方型和圆型。其中，方型包括正方形和长方形，圆型包括(正)圆形和椭圆形。环路呈正方形的城市有北京、郑州、济南，呈长方形的城市有石家庄、呼和浩特、西安、福州；环路呈椭圆形的城市有沈阳、合肥，呈正圆形的城市有成都、昆明。环路呈非规则型的城市有天津、哈尔滨、广州、武汉、上海。

对中国城市环路间距的测算是在城市地图册上进行的。具体做法是：① 方型环路以第一环路的几何中心为交点，作平行于环路的“十”字形垂线。自交点起，在同一方向上，垂线与环路相交的相邻两点之间距离的均值即为环路间距；若环路仅有两环，则第一环的间距取几何中心到垂线与环路的第一个交点之间距离的均值。② 椭圆形环路以第一环路的几何中心为交点作垂线，并使垂线分别在长、短轴方向上延伸；接下来的“程序”则与方形环路相同。③ (正)圆形环路间距的确定以第一环路的几何中心为交点作“米”字形直线；自交点起，各方向上相邻两点之间距离的均值即为环路间距。④ 非规则型环路间距的确定可与(正)圆形环路相似，但需要作更多的直线。另外还有一种更简单的办法，即先用曲线仪分别求出各环路长度，并作为圆的周长，尔后通过圆的半径求解环路间距。

3.1.2 环路间距比的计算结果 求出环路间距后，由外而内可依次求出诸环路间距之比。结果如下(表 1~3)。

由于北京环路的第一环在各种交通(城市)地图册中均未标注，所以地图册中所说的环数应逐次降一级对待，即图中的第四环实为本文说的第三环。经计算，北京第四与第三环间距之比是：横向上为 1.7233，纵向上为 1.6292。

3.1.3 环路间距比计算结果分析 首先，由表 1~3 可知，无论规则型还是非规则型环

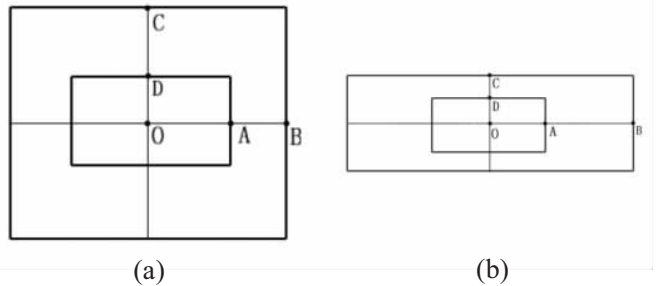


图 4 城市环路 C 型示意

Fig. 4 Diagram showing urban ring roads C

路，尽管环数多少有别，但其间距比值却基本围绕于0.6或1.6分布。这一特点在图5中表现得颇为明显。这说明中国城市环路间距之比与环路类型基本无关。

其次，在被分析的16座城市中，虽然城市的形态、规模、性质有异，但其环路间距比值大体分布于0.6或1.6附近。这表明，中国城市环路间距之比与城市的形态/规模/性质不存在明显的表现关联性。

第三，根据计算结果和图1的直观显示，我们可以提出如下假设：

中国城市环路间距之比，由外而内，其比值符合黄金分割数($\omega = 0.618033988\dots$)或其倒数($1/\omega = 1.618033988\dots$)。

3.2 环路间距模型案例

下面所附城市环路图由《中国交通旅游地图册》和《中国公路铁路地图册》扫描得来。需要指出的是，现实中的城市环路不可能与标准模型完全一致，但其间的吻合却是显而易见的。

3.2.1 A型环路案例 A型环路间距，由外而内，其标准比值为1.618。相比较时，第一环的值取其半径。由表1~3中的数据可知，第二与第一环路间距之比属于A型的城市有天津、哈尔滨、广州、武汉；北京的第五与第四环路(地图册上的标注)间距之比亦属于A型。

图6中的环路间距可由距离数据的均值求出，也可使用曲线仪先求出各环路的长度后再化为圆而求得。本文采用的是化圆法。其由外而内的间距比为1.6136，与标准值1.618相差0.27%。

3.2.2 B型环路案例 B型环路间距，由外而内，其标准比值为0.618。相比较时，第一环的值取其半径。由表1~3中的数据可知，第二与第一环路间距之比属于B型的城市

表1 方型环路第二与第一环间距之比

Tab. 1 Ratio of the second and the first ring spacing of the square type ring road

	北京	郑州	济南	石家庄	呼和浩特	合肥	西安	福州
横向	0.6985	0.6454	0.8571	1.5880	1.3000	0.9551	0.8542	0.6901
纵向	0.4490	0.6476	1.8889	3.0704	0.8200	1.6066	1.6364	0.6000

注：北京、郑州、济南为正方形环路，余者为长方形环路。

表2 圆型及非规则型环路第二与第一环间距之比

Tab. 2 Ratio of the second and the first ring spacing of the circular type and irregular type ring road

	沈阳	成都	昆明	天津	哈尔滨	广州	武汉	上海
均值	0.6727	0.6300	0.6793	1.6211	1.6136	1.6032	1.7298	0.6885

注：沈阳、成都、昆明为圆型环路，余者为非规则型环路。

表3 环路第三与第二环间距之比

Tab. 3 Ratio of the third and the second ring spacing of the ring road

	北京	天津	成都	上海	西安
横向	0.7000	1.6450	--	--	1.6585
纵向	1.2565	0.7500	--	--	1.5455
均值	--	--	0.7523	0.6885	--

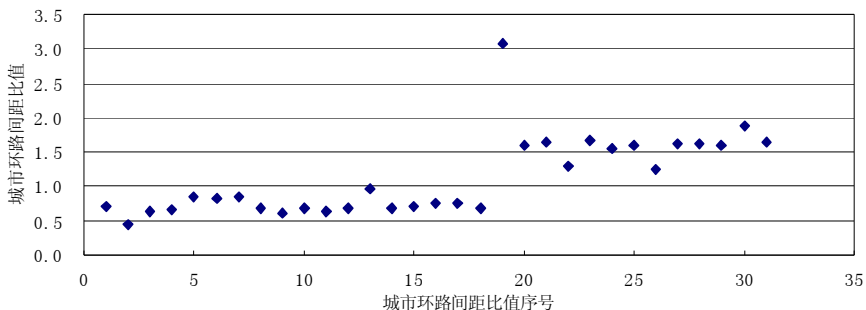


图5 环路间距计算结果散点图

Fig. 5 The scattered point diagram of computing result of the ring road spacing

有郑州、北京、福州、沈阳、成都、昆明、上海。

计算图 7 中的各距离数据易知，郑州环路由外而内的间距比，横向上为 0.6454，与标准值 0.618 相差 4.4%；纵向上为 0.6476，与标准值 0.618 相差 4.8%。

3.2.3 C 型环路案例 对于 C 型环路来说，相比较时，第一环的值也是取其半径。由表 1~3 中的数据可知，第二与第一环路间距之比属于 C 型的城市有济南、呼和浩特、合肥；第三环与第二环路间距之比属于 C 型的城市有天津、西安、北京（地图册上所标的第四环和第三环）。

由图 8 中的各距离数据易算出，就西安市的第三与第二环路的间距比而言，横向上为 0.73，与标准值 0.618 相差 18.1%；纵向上为 1.6585，与标准值 1.618 相差 2.5%。

4 中国城市环路间距模型的运用

4.1 中国城市环路间距原理

上文，首先构建了中国城市环路间距模型，并分析概括为 A、B、C 三种类型；接着对中国城市环路间距模型进行了实证分析，结果表明本文所给出的中国城市环路间距模型是正确的。至此，我们便可得到中国城市环路间距原理：中国城市环路由外而内的间距之比符合黄金分割数 ($\omega = 0.618033988 \dots$) 或其倒数 ($1/\omega = 1.618033988 \dots$)。根据间距比值可将中国

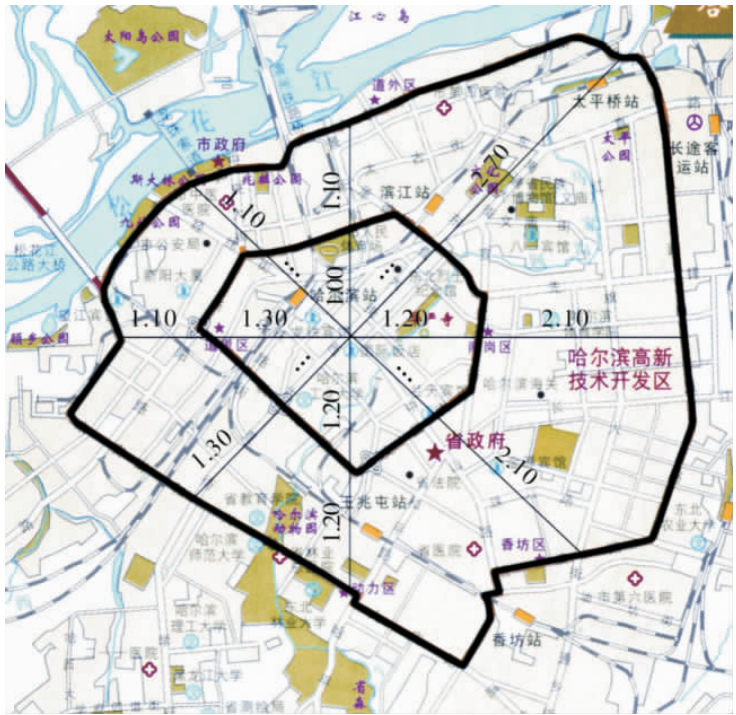


图 6 哈尔滨市环路

Fig. 6 The ring roads of Harbin urban district

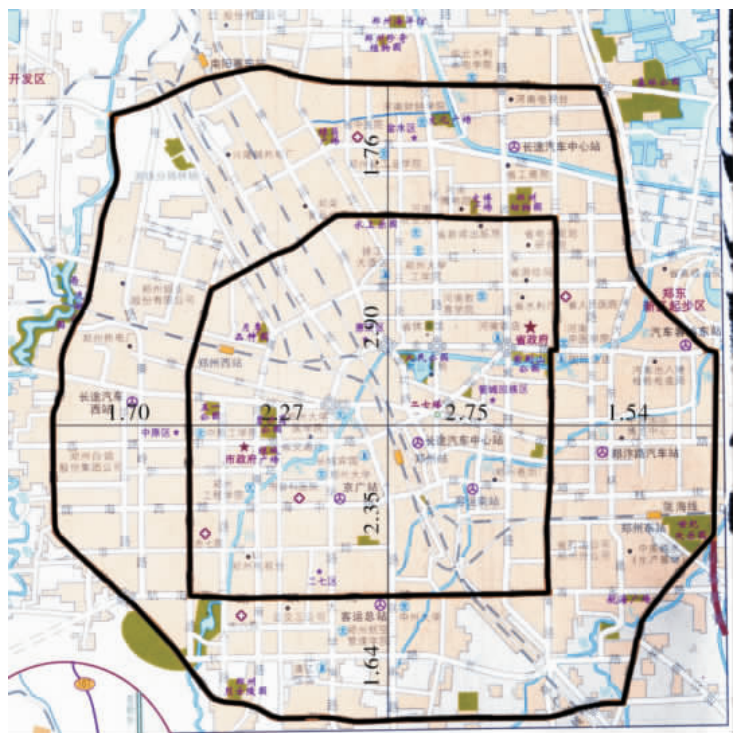


图 7 郑州市环路

Fig. 7 The ring roads of Zhengzhou urban district

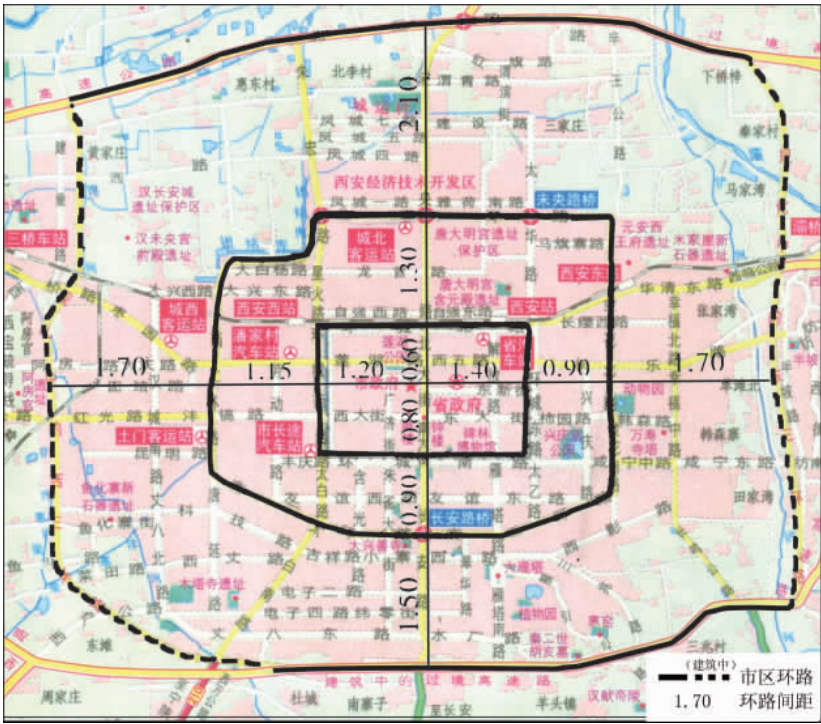


图 8 西安市区环路

Fig. 8 The ring roads of Xi'an urban district

环路分为 A、B、C 三种类型：A 型标准比值为 $1/\omega$ ；B 型标准比值为 ω ；C 型在纵（横）向上标准比值为 $1/\omega$ ，在横（纵）向上标准比值为 ω 。

4.2 中国城市环路间距模型的运用

由于“中国城市环路间距之比与城市的形态 / 规模 / 性质不存在明显的表观关联性”，所以对第二、三……环路的规划就变成一个单变量函数的求解问题。又由于“中国城市环路由外而内的间距之比符合黄金分割数 ($\omega = 0.618033988 \dots$) 或其倒数 ($1/\omega = 1.618033988 \dots$)”，故我们就需要找到一种方便的求解黄金分割的方法。数学上业已证明，0.618 法是近似黄金分割法的重要特例，不仅使用方便，而且效果较佳^[15, 16]。与 0.618 法相比肩的是斐波那契法^[17]。为了使中国城市环路间距原理更趋实用，特说明斐波那契法。

斐波那契法源自斐波那契数列。斐波那契数列指的是这样一种数列：

$$\{U_n\}: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, \dots \{U_{n+1} = U_n + U_{n-1}\}$$

该数列不仅在许多数学分支中有着广泛应用^[18]，而且在生物中表现明显^[19, 20]。其前项除以后项的值域为 $[0.5, 1.0]$ ， $\lim_{n \rightarrow \infty} U_n/U_{n+1} = \omega$ (ω 为黄金分割数)；后项除以前项的值域为 $[1.0, 2.0]$ ， $\lim_{n \rightarrow \infty} U_n/U_{n-1} = 1/\omega$ 。

考虑到城市环路间距要受到地形、河流与已有道路、建筑物等的影响，因此可以认为，对于 A 型和 B 型环路，当间距比值分别落在 $[1, 2]$ 和 $[0.5, 1.0]$ 之内时即可认为是合理的。

根据本文得到的中国城市环路间距原理，若某市区已有了一环路，则可以规划出第二条环路的基本走向或为 A 型，或为 B 型，或为 C 型。图 8 中，西安市区的第三条环路，无论是已修建成的部分还是已规划好而待修建的部分，与本文所归纳得出的中国城市环路间距原理所表达的规律都是相一致、相吻合的。

5 结论与讨论

5.1 结论

(1) 本文采用理想化方法构建了中国城市环路间距标准模型,并通过具体分析,对标准模型进行了分类,即分为A、B、C三种类型。

(2) 通过对中国16座城市中环路的考察,在理清、归纳事实的基础上,提出了关于中国城市环路间距之比符合黄金分割数($\omega = 1.618033988 \dots$)或其倒数($1/\omega = 1.618033988 \dots$)的假说。

(3) 在假说的基础上,通过对中国城市环路间距的实证分析,本文总结概括出了中国城市环路间距原理:中国城市环路由外而内的间距之比符合黄金分割数($\omega = 0.618033988 \dots$)或其倒数($1/\omega = 1.618033988 \dots$)。根据间距比值可将中国环路分为A、B、C三种类型:A型标准比值为 $1/\omega$;B型标准比值为 ω ;C型在纵(横)向上标准比值为 $1/\omega$,在横(纵)向上标准比值为 ω 。

(4) 为了使中国城市环路间距原理能更多地解释事实与更加趋于实用,结合斐波那契数列,本文给出了中国城市市区环线路间距之比的取值范围:A型为 $[1, 2]$,B型为 $[0.5, 1.0]$ 。

(5) 运用本文所总结出来的中国城市环路间距原理,可对我国城市环路进行规划建议和合理性分析。

5.2 讨论

除了上文所总结出来的几点结论外,还有待弄清的问题有:

(1) 中国城市环路间距原理是中国的特有现象还是举世皆然?

(2) 中国城市环形高速路的间距之比是否遵循同样的规律?

参考文献 (References)

- [1] Indra Kagis McEwen-Vitruvius: Writing the Body of Architecture. MIT Press, 2004.
- [2] Baldwin B. The Date, Identity, and Career of Vitruvius. In *Latomus*, 1990, 49: 425-434.
- [3] Lewis Mumford. Ni Wenyuan, Song Junling trans. *The City in History: Its Origins, Its Transformation and Its Prospects*. Beijing: China Industry Press, 1989. 274-276. [刘易斯·芒福德著.倪文彦,宋峻岭译.城市发展史:起源、演变和前景.北京:中国工业出版社,1989.274-276.]
- [4] Xiao Lichun. Geometrical thinking of urban planning. *Urban Planning Forum*, 2006, 166(6): 61-67. [肖立春.城市规划中的几何思维.城市规划学刊,2006,166(6):61-67.]
- [5] Xu Feng, Zhou Yixing. An application of within-district road network in Wuhan urban development strategy. *Modern Urban Research*, 2006, 21(9): 13-22. [许锋,周一星.环环相套放射式路网在武汉城市发展战略中的应用.现代城市研究,2006,21(9):13-22.]
- [6] Qiu Yinying, Zhou Jun. Systematic road of the city of Tianjin 2 takes advantage 4 fleetnesses roads traffic characteristic property and their effect counting layout to commodity net. *City*, 2006, 78(3): 39-42. [丘银英,周军.天津市“4个2”快速路系统的道路交通特性及其对商品网点布局的影响.城市,2006,78(3):39-42.]
- [7] Chen Feng. Orbit traffic structures Beijing city space structure. *Urban Planning Review*, 2006, (6): 36-39. [陈锋.轨道交通构建北京城市空间结构.城市规划,2006,(6):36-39.]
- [8] He Chongming. Network structure builds area central city traffic. *Urban Planning Review*, 2006, (7): 75-78. [贺崇明.区域中心城市交通网络的构建.城市规划,2006,(7):75-78.]
- [9] Wang Feng. Guangzhou city unobstructed plan of fleetness orbit and practice. *Urban Planning Review*, 2006, (7): 79-84. [王峰.广州城市快速轨道交通的规划与实践.城市规划,2006,(7):79-84.]
- [10] Huang Zhongmin (ed.). *Chinese Transportation Traveling Atlas*. Beijing: SinoMaps Press, 2006. [黄忠民主编.中国交通旅游地图册.北京:中国地图出版社,2006.]
- [11] Hunan Map Press. *Chinese Road and Railroad Atlas*. Changsha: Hunan Map Press, 2006. [湖南地图出版社编.中国公路铁路地图册.长沙:湖南地图出版社,2006.]
- [12] Hunan Map Press. *Chinese Transportation Atlas*. Changsha: Hunan Map Press, 2007. [湖南地图出版社编.中国交通

地图册. 长沙: 湖南地图出版社, 2007.]

- [13] Hu Zuoxuan, Deng Mingli. *The Thought of Mathematics in the 20th Century*. Jinan: Shandong Education Press, 1999. 359. [胡作玄, 邓明立. 20 世纪数学思想. 济南: 山东教育出版社, 1999. 359.]
- [14] Morris Kline (USA). *The Beijing University Math Department History of Mathematics Translation Group (trans.). Ancient and Modern Thought of Mathematics (No.4)*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1981. 260. [(美)克莱因 著. 北京大学数学系数学史翻译组 译. 古今数学思想(第四册). 上海: 上海科学技术出版社, 1981. 260.]
- [15] Liang Zongju. *Mathematics History Literary Quotation*. Shenyang: Liaoning Education Press, 1995. 202-212. [梁宗巨. 数学历史典故. 沈阳: 辽宁教育出版社, 1995. 202-212.]
- [16] Zhang Shunyan. *Mathematic Beauty and Reason*. Beijing: Peking University Press, 2004. 36-42. [张顺燕. 数学的美与理. 北京: 北京大学出版社, 2004. 36-42.]
- [17] Zhang Jingzhong (ed.). *Dictionary Sets of Mathematics (No.5)*. Taiyuan: Shanxi Education Press; Nanjing: Southeast University Press; Beijing: China Science and Technology Press, 2002. 33; 55. [张景中 主编. 数学辞海(第五卷). 太原: 山西教育出版社; 南京: 东南大学出版社; 北京: 中国科学技术出版社, 2002. 33; 55.]
- [18] Du Ruizhi (ed.). *A Dictionary of Mathematical History*. Jinan: Shandong Education Press. 477; 478. [杜瑞芝 主编. 数学史辞典. 济南: 山东教育出版社, 2000. 705.]
- [19] Thenoi Pappas (USA). Chen Yihong (trans.) *The Wonder of Mathematics*. Shanghai: Shanghai Technology and Education Press. 1999. 134-136. [(美)西奥妮·帕帕斯 著, 陈以鸿 译. 数学的奇妙. 上海: 上海科技教育出版社, 1999. 134-136.]
- [20] Liu Jie, Yuan Jun. *Chinese Eight Diagrams Medicine*. Qingdao: Qingdao Press, 1993. 475. [刘杰, 袁峻. 中国八卦医学. 青岛: 青岛出版社, 1993. 475.]

Modelling and Cases of Cities Ring Road Spacing in China

JIA Wenyu

(*Institute of Urban and Environment Science, Shanxi Normal University, Linfen 041004, Shanxi, China*)

Abstract: According to the analysis of ring roads in 16 cities, this paper presents a principle of ring road spacing between cities in China: The city ring roads in China accord with golden section number ($\omega = 0.618033988\dots$) or golden section number reciprocal ($1/\omega = 1.618033988\dots$) from the outside to ratio of the inner spacing. According to ring road spacing ratio China's ring roads can be divided into three ring types of A, B, C: A type standard ratio is $1/\omega$; B type standard ratio is ω ; and C type is $1/\omega$ in the upper standard of longitudinal direction (from south to north) ratio and ω in the upper standard of transverse direction (from east to west) ratio. Case analysis indicates that China's city ring roads spacing ratio accords basically with this principle. The principle applies to the city ring roads of different scales, characteristics and different forms. Applying this principle, it is possible to carry out planning and raise suggestions for China's city ring roads as well as their rationality appraisals.

Key words: China; urban area; principle of ring road spacing; 0.618 method; Fibonacci series