

# 北部湾城市群空间联系分析

朱士鹏<sup>1</sup>, 徐兵<sup>2</sup>, 毛蒋兴<sup>3</sup>

- (1. 六盘水师范学院 环境与资源科学系, 贵州 六盘水 553004;  
2. 广西华蓝设计有限公司, 广西 南宁 530001;  
3. 广西师范学院 资源与环境科学学院, 广西 南宁 530001)

**摘要:** 采用城市流和城市相互作用强度模型对北部湾城市群空间联系进行度量, 结果表明, 北部湾城市群城市流强度整体偏小, 城市对外服务功能较弱; 城市流强度南宁最强, 钦州、玉林、防城港次之, 北海、崇左最小; 南宁、钦州在北部湾城市群中发挥着重要作用, 是城市群中最为重要的两个节点; 城市空间联系不紧密, 城市群仍处于初期发育阶段。根据上述结论, 提出了加强北部湾城市群空间联系的建议。

**关键词:** 城市流强度; 城市相互作用强度; 空间联系; 北部湾城市群

**中图分类号:** F 293.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-988X(2013)06-0104-06

## Analysis on the spatial relation of Beibu Bay urban agglomerations

ZHU Shi-peng<sup>1</sup>, XU Bing<sup>2</sup>, MAO Jiang-xing<sup>3</sup>

- (1. Department of Environment and Resources Sciences, Liupanshui Normal College, Liupanshui 553004, Guizhou, China;  
2. Guangxi Burma Design Limited Company, Nanning 530001, Guangxi, China;  
3. School of Resources and Environmental Sciences, Guangxi Teachers College, Nanning 530001, Guangxi, China)

**Abstract:** The spatial contact of Beibu Bay urban agglomerations is measured by means of urban flow and intensity of urban interaction models. The results indicate that the intensity of urban flow of Beibu Bay urban agglomerations is overall small, the outward service function of cities is weaker; the intensity of urban flow of Nanning is the strongest, Qin Zhou, Yu Lin and Fang Cheng Gang take second place, the intensity of urban flow of Beihai and Chongzuo is minimal; Nanning and Qin Zhou play an important role in Beibu Bay urban agglomerations, and they are two most important nodes in urban agglomerations; urban spatial interaction is general, urban agglomerations is still at an early development stage. Finally, According to the above-mentioned conclusion, some suggestion are put forward to strengthen the spatial contact of Beibu Bay urban agglomerations.

**Key words:** intensity of urban flow; intensity of urban interaction; spatial contact; Beibu Bay urban agglomerations

城市群空间联系是我国城市地理学研究的热点课题之一, 从国内检索到的有关城市群空间联系的文献来看, 主要呈现两大特点: ① 研究方法上多运用城市流、城市空间相互作用强度等模型定量测度城市群空间联系<sup>[1-15]</sup>; ② 研究区域多集中于东

部及中部较发达区<sup>[1-13]</sup>, 对西部落后地区关注较少<sup>[14,15]</sup>。

北部湾城市群位于广西南部, 南邻北部湾海域, 是广西目前正着力打造一个沿海城市群。近年来, 随着中国-东盟自由贸易区的建立, 北部湾

收稿日期: 2013-03-29; 修改稿收到日期: 2013-09-28

基金项目: 广西壮族自治区自然科学基金资助项目(桂科青 0728046)

作者简介: 朱士鹏 (1977—), 男, 河南固始人, 讲师, 硕士。主要研究方向为城市与区域发展。

E-mail: zhushipeng1234@126.com

城市群已成为中国与东盟联系的前沿地带和桥头堡，地位十分重要。目前，有关北部湾城市群的研究较多，但关于该城市群空间联系的研究却较少<sup>[15]</sup>，且方法单一，未能准确反映城市群空间联系现状特征。因此，文中在前人研究的基础上，运用城市流及城市空间相互作用强度模型，从城市外向性和城市相互作用两个角度对北部湾城市群空间联系进行定量测度，以揭示该城市群空间联系现状，在此基础上，提出加强该城市群空间联系的建议，希望能为广西相关部门制定城镇体系规划及区域发展规划提供科学依据，弥补北部湾城市群空间联系研究的不足，同时为我国其他地区城市群的空间联系研究提供借鉴。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 区域概况

北部湾城市群以南宁为核心，包括南宁、崇左、防城港、钦州、北海、玉林6个城市，总面积7.27万km<sup>2</sup>。2010年底，该城市群总人口1962.92万，占全区总人口的42.5%；GDP总值4275.3亿，占全区的44.7%；建制镇308个，占全区的43.9%。北部湾城市群是目前广西发展水平最高，最具潜力的区域（《广西统计年鉴2011》）。

### 1.2 研究方法

利用城市流和城市相互作用强度模型对北部湾城市群空间联系进行定量测度，揭示城市群内各城市空间联系现状。

1.2.1 城市流模型 城市流强度( $F$ )的计算公式为<sup>[16]</sup>

$$F = E \times N, \quad (1)$$

其中， $E, N$ 分别表示城市外向功能量、城市功能效益。城市是否具有外向功能量 $E$ ，主要取决于某一部门从业人员的区位商 $q_{Lij}$ 。区位商表示为<sup>[16]</sup>

$$q_{Lij} = \frac{G_{ij}/G_i}{G_j/G}, \quad (2)$$

其中， $q_{Lij}, G_{ij}, G_i, G_j, G$ 分别表示 $i$ 城市 $j$ 部门从业人员的区位商、 $i$ 城市 $j$ 部门从业人员数量、 $i$ 城市从业人员总人数、广西 $j$ 部门从业人员数量、广西从业人员总人数。若 $q_{Lij} < 1$ ，说明 $j$ 部门在 $i$ 城市中相对于广西来说不是专业化部门，不能为城市外部区域提供服务，即外向功能量 $E=0$ ；若 $q_{Lij} > 1$ ，说明 $j$ 部门在 $i$ 城市中相对于广西来说是专

业化部门，能够为城市外部区域提供服务，即外向功能量 $E > 0$ <sup>[16]</sup>。

$i$ 城市 $j$ 部门的外向功能量 $E_{ij}$ 的计算公式为<sup>[16]</sup>

$$E_{ij} = G_{ij} - G_i \times G_j / G, \quad (3)$$

$i$ 城市 $n$ 个专业化部门总的外向功能量 $E_i$ 为<sup>[16]</sup>

$$E_i = \sum_{j=1}^n E_{ij}, \quad (4)$$

用 $i$ 城市从业人员人均GDP表示该城市的功能效率 $N_i$ <sup>[16]</sup>：

$$N_i = \text{GDP}_i / G_i, \quad (5)$$

$i$ 城市的城市流强度 $F_i$ 为<sup>[11]</sup>

$$F_i = E_i \times N_i = E_i \times (\text{GDP}_i / G_i) = (E_i / G_i) \times \text{GDP}_i = K_i \times \text{GDP}_i, \quad (6)$$

其中， $K_i$ 表示 $i$ 城市的城市流倾向度，反映 $i$ 城市总功能量中的外向程度<sup>[16]</sup>。

1.2.2 城市空间相互作用强度模型 城市空间相互作用强度模型计算公式为<sup>[17]</sup>

$$R_{ij} = (\sqrt{P_i W_i} \times \sqrt{P_j W_j}) / r_{ij}^2, \quad (7)$$

其中， $R_{ij}$ 为城市相互作用强度； $P_i, P_j$ 分别为城市 $i, j$ 的非农业人口； $W_i, W_j$ 分别为城市 $i, j$ 的GDP； $r_{ij}$ 为 $i, j$ 两城市间的实际公路里程。

### 1.3 数据来源

北部湾城市群6个中心城市的GDP、非农业人口、城市从业人员总人数、13个外向服务部门（交通运输仓储及邮政业、计算机信息传输及软件业、批发零售业、住宿餐饮业、金融业、房地产业、教育事业、居民服务及其他服务业、卫生保障及社会福利业、租赁及商务服务业、公共管理及社会组织、科技服务及地质勘查业、文化体育及娱乐业）的从业人员人数等数据来自《广西统计年鉴2011》及《中国城市统计年鉴2011》；我国部分城市群核心城市的GDP、建城区面积、非农业人口数据来自《中国人口和就业统计年鉴2011》；城市从业人员人均GDP由《广西统计年鉴2011》整理得出；城市间的实际公路里程采用广西公路客运线路实际运营里程。

## 2 北部湾城市群空间联系

### 2.1 城市流分析

2.1.1 城市的外向功能量 将获得的数据代入(2)~(4)式，计算北部湾城市群各城市的外向功能量(表1)。

表1 2010年北部湾城市群各城市外向功能量(万人)

Tab 1 The outward energy of cities in Beibu Bay urban agglomerations in 2010

	南宁	北海	防城港	钦州	玉林	崇左
交通运输仓储及邮政业	0.211 3	0.000 0	0.815 0	0.062 6	0.000 0	0.000 0
计算机信息传输及软件业	0.071 4	0.000 6	0.000 0	0.000 0	0.009 4	0.000 0
批发零售业	1.756 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
住宿餐饮业	0.464 4	0.097 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
金融业	0.350 0	0.088 0	0.000 0	0.000 0	0.011 8	0.000 0
房地产业	0.651 2	0.063 6	0.135 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0
租赁及商务服务业	1.210 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
科技服务及地质勘查业	0.938 6	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.063 1
居民服务及其他服务业	0.000 0	0.046 8	0.045 1	0.001 6	0.000 0	0.000 0
教育事业	0.000 0	0.000 0	0.000 0	1.099 1	1.627 5	0.000 0
卫生保障及社会福利业	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.295 2	0.112 0	0.000 0
文化体育及娱乐业	0.391 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
公共管理及社会组织	0.000 0	0.000 0	0.091 2	0.000 0	0.000 0	0.250 8
$E_i$	6.051 2	0.296 5	1.086 4	1.458 5	1.760 8	0.313 9

表1表明,从外向功能总量来看,南宁市的外向功能量为6.051 2,明显高于北海等其他城市,说明南宁已成为北部湾城市群集聚与辐射的中心,对该城市群的发展起到了辐射和带动作用;玉林、钦州、防城港3市的外向功能量次之,分别为1.760 8,1.458 5,1.086 4,说明3市的第三产业对区外有一定的影响力;崇左、北海2市的外向功能量较低,表明2市的对外联系较弱,这与崇左、北海分别作为中国-东盟联系的陆路通道门户、沿海开放城市的身份不相吻合。

从外向功能结构上看,南宁市外向功能量在批发零售业、租赁及商务服务业、科技服务及地质勘查业、房地产业、住宿餐饮业、文化体育及娱乐业、金融业等方面具有明显优势,但在居民服务及其他服务业、教育事业、卫生保障及社会福利业、公共管理及社会组织4个行业上的外向功能量为零,表明南宁市在教育事业发展上投入不足,公共管理与社会保障业的发展现状与其核心城市的身份很不相称,这在一定程度上限制了南宁市整体实力的进一步提升以及对周围地区辐射带动作用发挥;北海市外向功能量在计算机信息传输及软件业、住宿餐饮业、金融业、房地产业、居民服务及其他服务业5个行业上具有优势,但优势均不突出;防城港市外向功能量在交通运输仓储及邮政业、房地产业、居民服务及其他服务业、公共管理及社会组织4个行业上具有优势,尤以交通运输仓储及邮政业上的优势更为明显,说明交通运输仓储及邮政业的外向功能量是防城港市外向功能总量的

主要贡献者,这与防城港市作为区域深水港口城市,大力发展海洋运输、港口物流、仓储业有很大的关系;钦州、玉林2市均有4个行业的外向功能量大于0,共同点都在教育事业行业上具有突出优势;崇左市只有2个行业的外向功能量大于0,且较低,说明崇左市第三产业发展落后,对外服务能力很弱,不过已在科技服务、公共管理方面初现优势。

2.1.2 城市流强度 将获得的数据代入(5),(6)式,计算北部湾城市群各城市的城市功能效率( $N_i$ )、城市流强度( $F_i$ )、城市流倾向度( $K_i$ ),结果见表2。表2表明,北部湾城市群城市流强度整体偏小,说明各城市对外服务功能均较弱。根据表2中的城市流强度值( $F_i$ ),将北部湾城市群中心城市分为3类。

高城市流强度值的城市——南宁。南宁市城市流强度值( $F_i$ )为154.43亿元,远高于城市群内的其他城市,说明南宁市作为北部湾城市群的核心城市,对该城市群的发展起到了辐射和带动作用。

表2 2010年北部湾城市群各城市城市流倾向度及强度  
Tab 2 The degree of tendency and intensity of urban flow in Beibu Bay urban agglomerations in 2010

	$N_i$ /万元	$K_i$	$F_i$ /亿元	$K_i'$	$GDP_i'$
南 宁	25.52	0.086	154.43	0.704	1.000
北 海	33.81	0.025	10.03	0.205	0.223
防城港	35.96	0.122	39.07	1.000	0.178
钦 州	37.95	0.106	55.35	0.872	0.289
玉 林	30.80	0.065	54.23	0.529	0.467
崇 左	28.10	0.023	8.82	0.185	0.218

中城市流强度值的城市——玉林、钦州、防城港。城市流强度值( $F_i$ )分别为 57.31 亿元、55.35 亿元、39.07 亿元。玉林市借助距离珠三角较近的优势，主动接受来自珠三角的产业转移，经济发展较快；钦州、防城港市是新兴港口城市，临港工业、物流业等外向产业发展迅速，经济发展呈现良好的势头。

低城市流强度值的城市——北海、崇左。北海市是我国第一批沿海开放城市，由于未能抓住良好的发展机遇，经济发展水平不高；崇左市建市较晚，经济实力弱，第三产业发展水平低。

### 2.2 城市间相互作用强度分析

将北部湾城市群各城市的 GDP、非农业人口及城市间的实际公路里程数据代入(7)式，计算各城市相互作用强度值(表 3)。表 3 表明，① 南宁、钦州的相互作用强度总值分别为 353.34、296.55，明显高于区内其他城市，说明南宁、钦州对北部湾城市群内其他城市影响较大，是该城市群集聚与辐射的核心，在引领城市群发展方面发挥着重要作用。② 城市相互作用强度总值较小的为玉林、崇左，分别为 53.06、39.07。玉林市与其他城市联系较小的原因与其位置有关，即处于城市群的东部边缘，距离其他城市较远，受距离衰减效应的影响，与其他城市联系较弱；崇左市由于建市较晚，城市综合实力较弱，第三产业发展水平低，因此城市相互作用强度值较小。③ 钦州与防城港、钦州与南宁之间的相互作用强度值较大，说明南宁、钦州、防城港 3 市联系紧密。总体上看，北部湾城市群城市相互作用强度值不大，且经济总量较小，说明北部湾城市群城市空间联系不紧密，城市群仍处于初期发育阶段。

表 3 2010 年北部湾城市群城市相互作用强度值

Tab 3 The intensity of urban interaction of Beibu Bay urban agglomerations in 2010

	南宁	北海	防城港	钦州	玉林	崇左	合计
南宁	0.00	65.13	69.28	152.99	35.32	30.66	353.34
北海	65.13	0.00	18.73	46.32	10.58	1.84	142.61
防城港	69.28	18.73	0.00	90.78	2.69	2.83	184.32
钦州	152.99	46.32	90.78	0.00	3.59	2.87	296.55
玉林	35.32	10.58	2.69	3.59	0.00	0.87	53.06
崇左	30.66	1.84	2.83	2.87	0.87	0.00	39.07

依据表 3，将北部湾城市群各城市与其相互作用强度值最大的城市用直线连接起来，得到北部湾城市群最大引力联结线图(图 1)。图 1 表明，最大

引力联结线最多的城市是南宁，有 4 条，主要联结钦州、北海、崇左和玉林；钦州其次，最大引力联结线有 2 条，主要联结南宁和防城港。城市最大引力联结线越多、总作用强度值越大，说明该城市在城市群中的地位越重要。从表 3、图 1 可以看出，南宁、钦州是北部湾城市群中最为重要的 2 个节点，在引领城市群发展方面起着重要作用。

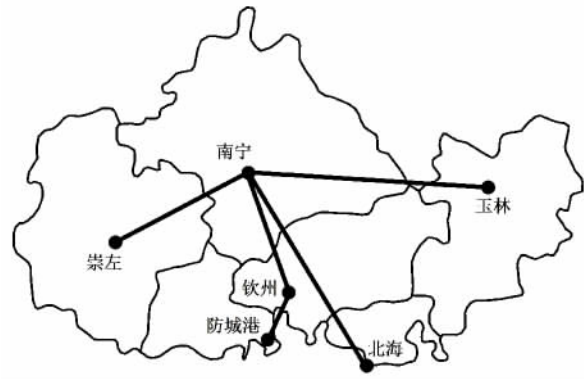


图 1 北部湾城市群城市最大引力联结线

Fig 1 The largest gravity line linking between cities of Beibu Bay urban agglomerations in 2010

### 3 加强北部湾城市群空间联系的建议

#### 3.1 强化南宁核心地位

由城市流强度及城市空间相互作用强度计算结果分析可知，南宁市是北部湾城市群集聚与辐射的核心，在引领该城市群发展方面发挥了重要作用，但是对于这个核心来说，却存在着规模小、辐射能力弱的问题(表 4)。从表 4 可以看出，南宁市与珠三角、长三角、辽中南、长株潭等城市群的核心城市相比，在经济规模、城市人口(非农业人口)等方面均有很大的差距。因此，南宁市今后应立足自身优势，重点发展铝加工、食品医药、旅游、机械制造、高新电子、精细化工等特色产品，通过发展特色产业促进城市综合实力快速提升及城市建设的快速推进，从而增强其对周围城市的辐射、带动能力。

#### 3.2 提高城市经济实力

由(6)式可知，城市流强度大小与城市 GDP 和城市流倾向度有关，二者之间的相对比例关系直接影响城市流的大小。利用式(8)式<sup>[16]</sup>对北部湾城市群 6 个中心城市的地区生产总值( $GDP_i$ )和城市流倾向度( $K_i$ )进行归一化处理，得到其相对值  $GDP_i'$ 、 $K_i'$ (表 2)，再利用表 2 中的  $GDP_i'$ 、 $K_i'$  值，绘出 6 个中心城市的城市流强度结构图(图 2)。

表4 我国部分城市群核心城市规模比较

Tab 4 The comparison of size among core cities of partial urban agglomerations in China in 2010

	广州	上海	沈阳	长沙	郑州	南宁
地区生产总值/亿元	9 879.40	1 6971.50	4 184.90	2 627.70	1 753.90	1 303.90
非农业人口/万人	664.28	1 228.63	427.01	189.52	220.85	137.67
建成区面积/km <sup>2</sup>	952.00	866.00	412.00	272.00	343.00	215.00

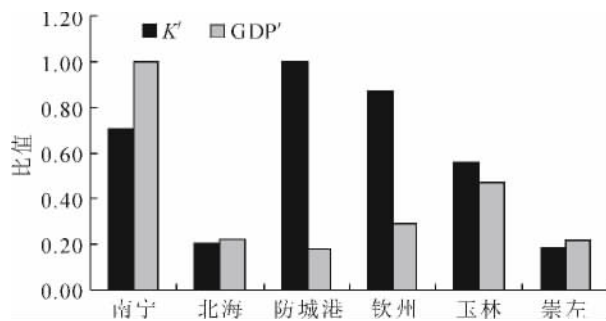


图2 北部湾城市群城市流强度结构

Fig 2 The structure on the intensity of urban flow of Beibu Bay urban agglomerations in 2010

$$GDP_i' = GDP_i / \max GDP_i,$$

$$K_i' = K_i / \max K_i \quad (8)$$

其中,  $\max GDP_i, \max K_i$  分别为北部湾城市群各市 GDP 及  $K_i$  的最大值。

从图2可以看出, 南宁城市流强度结构的显著特点是城市经济实力远大于城市流倾向度。南宁市作为广西的省会及东盟总部的所在地, 城市经济实力较强, 远超过北部湾城市群内的其他城市, 但城市流倾向度却小于防城港、钦州。从城市持续、健康发展的角度考虑, 未来南宁市应进一步加强教育事业、卫生保障、社会福利、公共管理、居民服务等行业的发展, 继续提高其综合服务能力。

北海、崇左城市流强度结构的共同特点是城市经济实力略大于城市流倾向度, 且经济实力、城市流倾向度均较低, 表明北海、崇左今后应进一步调整产业结构, 继续提高其综合实力, 同时, 加快外向产业的发展。对于北海市来说, 应立足港口和滨海旅游资源丰富的优势, 大力发展海洋运输、仓储物流、滨海旅游等外向型行业; 崇左市则应发挥中国—东盟陆路通道门户的优势和沿边优势, 大力发展边境出口加工、商贸物流和边境旅游, 在提高经济实力的同时, 增强其对外综合服务功能。

防城港、钦州、玉林3市城市流倾向度均大于其经济实力, 尤其是防城港、钦州2市, 城市流倾向度还高于南宁, 因此提高城市经济实力应成为防城港、钦州、玉林3市的当务之急。对于钦州、防城港来说, 应发挥良好的区位优势 and 港口资源优

势, 大力发展临港产业, 仓储物流业, 促进经济快速发展; 玉林市则应借助距离珠三角较近的优势, 进一步扩大对外开放, 主动接受来自珠三角及海外的产业转移, 重点发展服装、电子、精密机械、生物制药等产业。

### 3.3 培育增长极

城市流强度及城市相互作用强度计算结果表明, 钦州市在北部湾城市群中的地位仅次于南宁市, 已成为该城市群另一个重要的节点, 因此, 可选择钦州市作为北部湾城市群新的增长极进行培育, 通过新增长极的发展, 带动周围城市的发展。由城市相互作用强度计算结果可知, 南宁、钦州、防城港3市之间联系紧密, 因此, 可依托南宁、钦州、防城港3市及南防铁路, 重点打造南防铁路发展轴, 通过发展轴的“廊道效应”, 带动沿线地区快速发展。

### 3.4 完善基础设施, 加强城市空间联系

由表3可以看出, 北部湾城市群城市相互作用强度值不大, 说明该城市群城市空间联系不紧密, 因此, 今后北部湾城市群应加大基础设施建设, 尤其是北海—玉林、钦州—崇左高速公路建设, 通过完善基础设施, 促进城市之间的商品、人员、信息等快速流动, 从而加强北部湾城市群各城市之间的空间联系。

#### 参考文献:

- [1] 朱英明, 于念文. 沪宁杭城市密集区城市流研究[J]. 城市规划汇刊, 2002(1): 31-33.
- [2] 董青, 刘海珍, 刘加珍, 等. 基于空间相互作用的中国城市群体系空间结构研究[J]. 经济地理, 2010, 30(6): 927-928.
- [3] 李娜. 长三角城市群空间联系与整合[J]. 地域研究与开发, 2011, 30(5): 72-77.
- [4] 李平, 佟连军, 邓丽君. 辽中南城市群内在功能联系及优化建议[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(6): 42-45.
- [5] 叶磊, 欧向军, 卿圆圆. 长三角城市群的空间梯度分析[J]. 地理与地理信息科学, 2012, 28(1): 79-

- 83.
- [6] 陈群元, 宋玉祥. 基于城市流视角的环长株潭城市群空间联系分析[J]. 经济地理, 2011, 31(11): 1840-1844.
- [7] 李红锦, 李胜会. 基于扩展强度模型的城市群经济空间联系研究——珠三角城市群的实证研究[J]. 企业经济, 2011(11): 159-162.
- [8] 李俊峰, 焦华富. 江淮城市群空间联系及整合模式[J]. 地理研究, 2010, 29(3): 535-543.
- [9] 刘承良, 余瑞林, 熊剑平, 等. 武汉都市圈经济联系的空间结构[J]. 地理研究, 2007, 26(1): 197-208.
- [10] 姜博, 修春亮, 陈才. 环渤海地区城市流强度动态分析[J]. 地域研究与开发, 2008, 27(3): 11-15.
- [11] 胡晓红, 薛东前. 基于城市流理论的中心城市空间分析——以山西省为例[J]. 江西农业学报, 2009, 21(3): 161-164.
- [12] 曹红阳, 王士君. 黑龙江省东部城市密集区城市流强度分析[J]. 人文地理, 2007(2): 81-86.
- [13] 杨梅. 基于城市流视角的湖北城市经济功能联系实证研究[J]. 湖北行政学院学报, 2012(5): 44-48.
- [14] 董翰蓉, 张宇硕, 石培基. 兰州-西宁-银川城市带城市流强度分析及优化建议[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(12): 27-32.
- [15] 赵宇鸾, 林爱文, 骆建礼. 基于城市流强度的广西环北部湾城市群发展研究[J]. 山西师范大学学报: 自然科学版, 2008, 22(3): 89-93.
- [16] 朱英明. 城市群经济空间分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 77-86.
- [17] 许学强, 周一星, 宁越敏. 城市地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 150-154.
- (责任编辑 惠松骐)

(上接第 58 页)

- [6] CHEN C, HE D J, CHAN S, et al. Lightweight and provably secure user authentication with anonymity for the global mobility network [J]. *International Journal of Communication Systems*, 2011, 24(3): 347-362.
- [7] ZHU J, MA J. A new authentication scheme anonymity for wireless environments [J]. *IEEE Transactions Consumer Electronics*, 2004, 50(1): 230-234.
- [8] LEE T F, CHANG C C, HWANG T. Private authentication techniques for the global mobility network [J]. *Wireless Personal Communications*, 2005, 35(4): 329-336.
- [9] CHANG C C, LEE C Y, CHIU Y C. Enhanced authentication scheme with anonymity for roaming service in global mobility networks [J]. *Computer Communication*, 2009, 32(4): 611-618.
- [10] 刘聪, 魏福山, 马传贵. 具有匿名性的无线漫游认证协议[J]. 信息工程大学学报, 2012, 13(2): 161-167.
- [11] KHAN M A, KAUSAR F, MASOOD A. Modified anonymity authentication scheme with enhanced security for wireless communications [C]// *Proceedings of Information Security and Assurance* 2010. Berlin: Springer, 2010: 198-208.
- (责任编辑 惠松骐)