

# 基于陆路交通的丝绸之路经济带可达性与城市空间联系

曹小曙<sup>1,3,4</sup>, 李 涛<sup>2</sup>, 杨文越<sup>3</sup>, 黄晓燕<sup>1,4</sup>, 殷江滨<sup>1,4</sup>, 刘永伟<sup>3</sup>, 梁斐雯<sup>3</sup>,  
王武林<sup>3</sup>, 王妙妙<sup>3</sup>, 陈慧灵<sup>3</sup>, 张百献<sup>3</sup>

(1. 陕西师范大学交通地理与空间规划研究所, 西安 710062; 2. 广东财经大学地理与旅游学院, 广州 510320;  
3. 中山大学城市与区域研究中心, 广州 510275; 4. 陕西师范大学西北国土资源研究中心, 西安 710062)

**摘 要:**对丝绸之路经济带交通网络及城市空间联系进行分析是实施丝绸之路经济带战略和推进沿线区域合作共赢的基础工作。本文基于GIS空间分析技术,研究了丝绸之路经济带栅格可达性空间格局,并依托陆路交通网络进行了城市空间联系状态模拟。结果显示:丝绸之路经济带内城市可达性空间分布呈现出集聚分布的特点,具有明显的“走廊”空间特征。城市节点平均可达性时间为16.25 h,可达性在2 h以内的区域仅占全区总面积的10.60%,可达性最差的区域大都为荒漠地区,最差可达性高达171 h;西安作为门户城市,承担了中国西北五省与丝绸之路经济带有关国家、地区和城市之间的联系。中亚国家内部及其与外部国家城市之间的空间联系较为薄弱;丝绸之路经济带正在发育形成4条轴线,在未来丝绸之路经济带战略推进过程中,应实施“点—轴”带动,协同推进重点发展走廊和中心城市培育工作。

**关键词:**陆路交通;可达性;城市空间联系;丝绸之路经济带

## 1 引言

1877年,德国地理学家李希霍芬提出了“丝绸之路”概念(郭爱君等, 2014)。“丝绸之路”作为一个历史概念,自古就是东西方文明交流和经贸合作的通道和桥梁(胡鞍钢等, 2014)。在当今全球化背景下,“丝绸之路”作为连接亚、欧、非三大洲和太平洋、印度洋和大西洋的战略大通道,被认为是“世界上最长、最具有发展潜力的经济大走廊”。丝绸之路经济带的提出,是统筹国内国际两个大局、深化与丝路沿线国家经贸、人文、科技等多领域合作交流,助推“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴中国梦实现的重大战略举措。丝绸之路经济带属于跨国经济带的范畴,交通线、城市节点及其联系构成了经济带的基本形态。对丝绸之路经济带交通网络及城市空间联系进行分析就成为科学规划、实施丝绸之路经济带战略和推进沿线区域合作

共赢的基础工作。

自丝绸之路经济带战略提出以来,“丝绸之路”相关问题逐渐成为近年来多学科领域的研究热点。基于地理学范畴,国内对“丝绸之路”问题的研究主要集中在资源环境基础、产业发展基础、城市发展等3个方面。在资源环境基础方面,中国科学院地理科学与资源研究所课题组对丝绸之路经济带内的生态环境、资源分布、城市化和经济发展现状进行了系统研究,提出了丝绸之路经济带可持续发展的模式和路径(中国科学院地理科学与资源研究所课题组, 2014);李泽红等(2014)、于会录等(2014)对丝绸之路经济带资源和生态环境格局进行了分析,并据此提出了资源合作开发模式和跨国共建生态环境的行动计划。在产业发展基础方面,董锁成等(2014)对丝绸之路经济带经济发展格局进行了分析,并提出了符合经济带区情特色和地缘政治经济要求的可持续发展模式。郭鹏等(2014)则对丝

收稿日期:2015-05;修订日期:2015-05。

基金项目:国家科技支撑计划课题(2013BAJ13B04);国家自然科学基金项目(41171139, 41130747)。

作者简介:曹小曙(1970-),男,甘肃灵台人,博士,博导,教授,主要从事地理与规划研究, E-mail: caoxsh@mail.sysu.edu.cn。

引用格式:曹小曙,李涛,杨文越,等. 2015. 基于陆路交通的丝绸之路经济带可达性与城市空间联系[J]. 地理科学进展, 34(6): 657-664. [Cao X S, Li T, Yang W Y, et al. 2015. Accessibility and urban spatial connections of cities in the Silk Road Economic Belt based on land transportation[J]. Progress in Geography, 34(6): 657-664.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2015.06.001

绸之路经济带沿线旅游业发展模式进行了系统论述。在城市发展方面,基于城市等级规模体系分析的研究有:冯朝阳(2014)对新丝绸之路经济带中国段的的城市等级规模分布进行了系统分析;贾百俊等(2012)则对丝绸之路中国段沿线城镇发展的动力机制进行了分析;Rykov等(2015)还对新丝绸之路形成背景下哈萨克斯坦城市群发展空间组织进行了研究。此外,相关学者还对丝绸之路经济带中国段的的城市经济联系空间格局进行了系统分析(高新才等, 2014; 袁丹等, 2014; 冉淑青, 2015)。

从上不难看出,目前从交通和城市联系角度出发对丝绸之路经济带的系统研究还较少,且已有研究多是对丝绸之路经济带中国段范围的分析,缺乏从整体角度对“丝绸之路经济带”跨国范围的系统分析。“政策沟通、设施联通、贸易畅通、资金融通和民心相通”是推进丝绸之路经济带的具体合作内容,基础设施互联互通和城市联系在其中发挥着重要作用。据此,本文在对丝绸之路经济带研究范围进行界定的基础上,基于陆路交通网络对丝绸之路经济带可达性和城市空间联系格局特征进行分析,并提出相关政策建议。

## 2 研究区域与数据来源

### 2.1 研究区域

截至目前,丝绸之路经济带并没有一个统一的

精确空间范围。从国内现有研究来看,较多将“一带一路”统一考虑并将其范围界定为包括东南亚、南亚、西亚/中东、中东欧、中亚、蒙古和俄罗斯、中国等65个国家所组成的区域(王娇娥等, 2015)。实际上,在整个“丝绸之路经济带”版图上,中亚、东欧、西亚共同构成了丝绸之路经济带的中部核心地区,是丝绸之路经济带战略推进的重点,同时中国的西北五省也是建设丝绸之路经济带的重要依托。据此,从资源互补性、地缘影响力以及数据可获得性出发,本文以中国西北五省区和中部核心地区作为丝绸之路经济带研究范围,包括中国(西北五省)、中亚、西亚、东欧以及南亚等30个国家,总面积约3922万 $\text{km}^2$ ,总人口近22亿(图1)。

### 2.2 数据来源

本文中的空间行政边界矢量数据来自1:400万中国基础地理信息数据(中国部分)和DIVA-GIS地理信息数据(国外部分);人口数据来源于《中国城市统计年鉴》(2012年)和哥伦比亚大学地球观测系统数据与信息中心(<http://sedac.ciesin.columbia.edu/>);道路数据(包括铁路、高速公路、国道、省道、干线公路、地方公路、轮渡)来源于世界分国地图(中国地图出版社)的矢量化,包括土耳其分册(2014年),中亚五国分册(2012年),中东分册(2014年),阿富汗、巴基斯坦分册(2014年),乌克兰分册(2014年),欧洲分册(2013年);水系数据来源于全球土地覆被数据,分辨率为300 m。

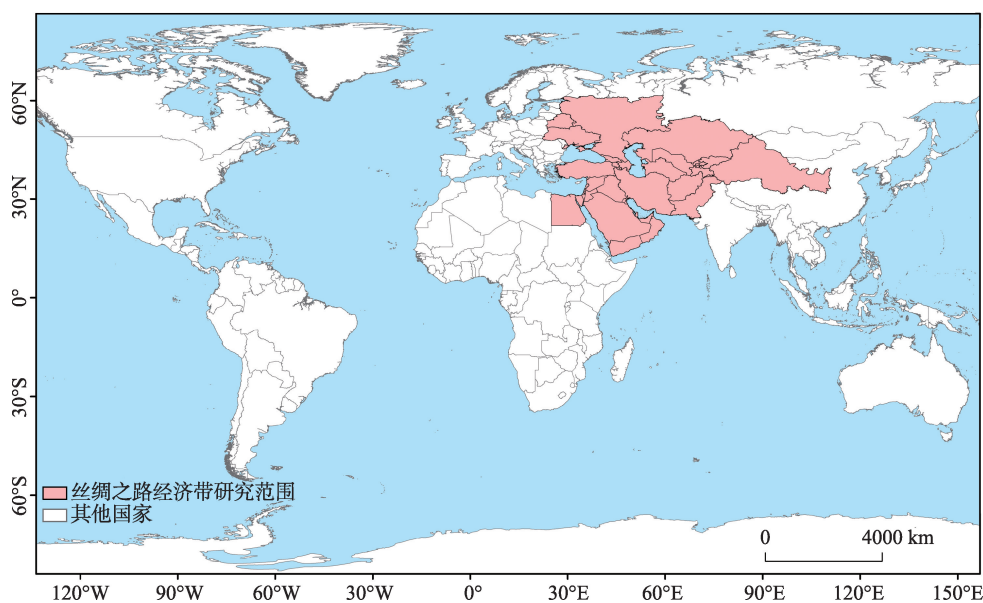


图1 丝绸之路经济带研究范围

Fig.1 Study area of the Silk Road Economic Belt

3 研究方法

3.1 栅格可达性

基于 ArcGIS Desktop 10.1 软件平台,首先对图形数据进行投影变换,以统一空间参照系统 Mercator 投影,对数据信息分层矢量化,存储于地理数据库。

将研究区域和道路数据进行栅格化处理和分分析,得到丝绸之路经济带时间可达性结果,具体处理步骤为:第一,对研究区域内部陆地、道路和水域地理要素进行栅格化处理并分等级赋值,分别设定时间成本值。考虑到本文的研究尺度并参照相关研究的处理方法(王振波等, 2010),选定栅格大小为 1 km×1 km。具体设定如表 1 所示。其中道路分为铁路、高速公路、国道、省道、干线公路、地方公路和轮渡。参考相关文献赋值标准 (王振波等, 2010; 潘竞虎等, 2012)以及本文研究目的,采用如下标准:铁路 90 km/h,高速公路 100 km/h,国道 80 km/h,省道 60 km/h,干线公路 100 km/h,地方公路 50 km/h,汽车轮渡 35 km/h。

根据成本值,从基础数据库中提取空间要素,分别建立不同等级道路、陆地和水域等 9 个矢量要素层,赋予成本属性后,将矢量数据转换为栅格数据,对各层时间成本值栅格数据进行空间叠加得到时间成本栅格图层。选取丝绸之路沿线 1144 个城市单元具体位置点,建立 Point 对象图层,在 Arc-Map 中运行 Cost Distance 命令,计算得到各个城市节点的成本加权距离。

3.2 城市空间联系

鉴于难以获取丝绸之路城市间 O-D 数据,本文尝试运用重力模型方法对“丝绸之路经济带”国家范围内的城市空间联系格局特征进行模拟 (顾朝林等, 2008)。即:

$$T_{ij}=K\frac{P_iP_j}{d_{ij}^b}$$

(1)

式中: $T_{ij}$ 是研究范围内城市*i*和城市*j*之间的联系引力; $P_i$ 和 $P_j$ 为相应城市的质量,本文用人口规模表示; $d_{ij}$ 为两城市间的路网实际时间距离; $b$ 为距离摩擦系数,指示的是引力的距离衰减速度, $b$ 越大,则

距离衰减效应越强,反之则较弱。顾朝林等(2008)的研究指出, $b$ 值的大小指示了引力作用范围的尺度差异, $b$ 值越大,引力分布体现的是越大尺度上的空间相互作用状态; $b$ 值越小,则引力分布揭示的是越小尺度上的空间相互作用情况。据此,考虑到丝绸之路经济带跨国尺度特征,为了反映各个国家内部中心—外围城市体系模式,本文取 $b=2$ 近似地揭示跨国尺度上的城市体系空间联系状态。

4 丝绸之路经济带可达性空间格局

利用栅格可达性方法计算了丝绸之路经济带城市节点可达性和省(州)行政单元整体可达性,结果分别如图 2 和图 3 所示。丝绸之路经济带可达性空间格局呈现出以下特征:

4.1 城市可达性空间格局呈“走廊型”空间分布态势

从可达性空间分布来看,丝绸之路经济带的城市可达性具有明显的空间差异,呈现出沿带内交通干线延伸的“走廊”型分布特征,在主要交通道路沿线地带,构成可达性最优区域,外围地区可达性处于较低水平。究其原因,这主要与丝绸之路经济带发育形成的沿路经济和城市化空间格局特征直接相关(中国科学院地理科学与资源研究所课题组, 2014)。可达性较好地区主要呈现出沿南北两条走廊呈带状延伸特征,北部一条沿陇海—兰新一哈萨克斯坦北部—俄罗斯境内,另一条从北线阿拉木图分支,沿塔什干、阿什哈巴德、德黑兰、巴格达、一直到达安卡拉、伊斯坦布尔等地。进一步观察图 2 可以发现,带内东部地区交通指向性更为明显,包括了中国境内的关中城市群、宁夏沿黄城市群、天山北坡城市群,境外的哈北部城市群、费尔干纳城市群等地区。西部区域可达性较好区域主要集中分布在莫斯科、圣彼得堡周边区域、黑海和波罗的海沿岸国家、地中海东部国家的城镇密集地区。可达性水平最差的区域在中国主要分布在新疆南部、甘肃、青海北部等地区,境外主要分布在哈萨克斯坦西南部和南部地区、乌兹别克斯坦西北部地区、土库曼斯坦西北部地区、阿富汗南部地区、沙特阿拉

表 1 主要的空间对象时间成本赋值

Tab.1 Main spactial factor cost

空间对象	陆地	水域	铁路	高速公路	国道	省道	干线公路	地方公路	汽车轮渡
速度/(km/h)	5	1	90	100	80	60	100	50	35
时间成本/min	12	60	0.67	0.6	0.75	1	0.6	1.2	1.71



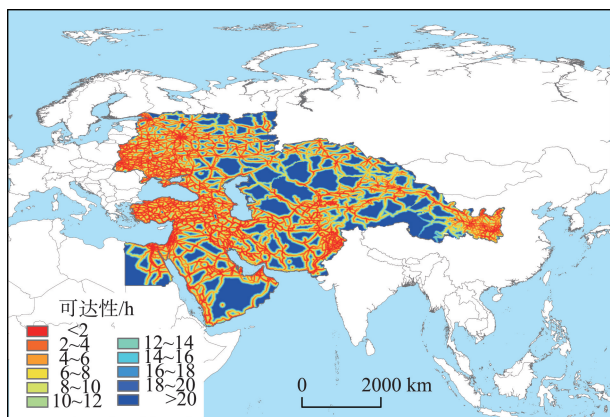


图2 丝绸之路经济带城市可达性

Fig.2 Accessibility of cities in the Silk Road Economic Belt

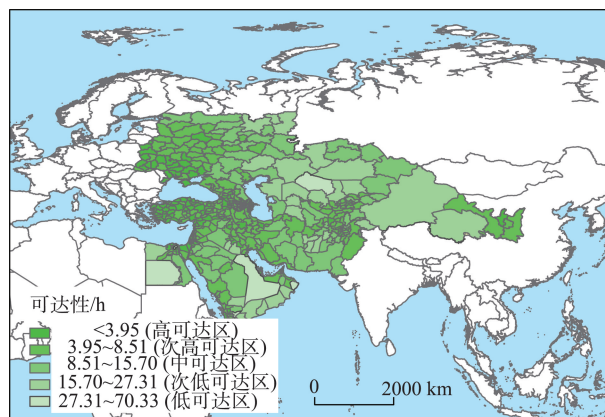


图3 丝绸之路经济带省(州)行政单元可达性区域类型

Fig.3 Accessibility grade of cities at the provincial (state) level in the Silk Road Economic Belt

伯南部地区和埃及东部地区,大都为荒漠边缘地区,最差可达性值高达171 h。

#### 4.2 城市节点可达性总体上处于较低水平

分别以2,4,6,8,10,12,14,16,18,20 h分界点将研究范围内城市可达性划分为11个等级,并统计各等级区域占全区面积的比重,以揭示城市节点可达性总体水平(图4)。从可达性时间段分布来看,最大可达性值达到了171 h,平均可达性值为12.65 h,变异系数为1.035;观察可达性值累计分布可以发现,城市可达性值在2 h以内的区域仅占全区总面积的10.60%。除20 h以上时段外,可达性在2~4 h时段所占比重为14.39%、在4~6 h时段所占比重为12.44%。与此相对应,城市可达性相对较差的地区分布最广,超过20 h以上的地区占全区总面积的比重达20.17%。由此可见,丝绸之路经济带城市可达性总体上处于较低水平。

#### 4.3 省(州)行政单元整体可达性呈现出两头高中间低分布态势

为从宏观上把握丝绸之路经济带内不同区域

的整体可达性差异,对行政单元整体可达性进行分析。通过统计省(州)行政单元内栅格可达性的平均值来表征整个行政单元的可达性水平。采用自然断裂法将省(州)域行政单元可达性分为5级(图3)。

整体上省(州)行政单元可达性呈现出高低相间的空间分布特征。其中,高可达性区域基本上集中分布在丝绸之路经济带东西两端,包括中国的陕西、甘肃和宁夏地区;西部区域可达性较好区域主要集中在莫斯科、圣彼得堡周边区域、黑海和波罗的海沿岸国家、地中海东部国家的城镇密集地区。此外,高可达区和次高可达区在巴基斯坦伊斯兰堡至卡拉奇城镇密集地区、埃及尼罗河沿岸及三角洲地区、沙特阿拉伯中部城镇密集地区也有分布。整体可达性大于15.70 h的次低可达区和低可达区呈岛状分布于其间,如中国的新疆和青海;在中亚地区形成了低可达性的塌陷地带,如哈萨克斯坦克孜勒奥尔达州、卡拉干达州和科斯塔奈州等地。低可达性区域还包括沙特阿拉伯东部省(Ash-Sharqiyah)、埃及的埃及瓦迪杰迪德省等地区。

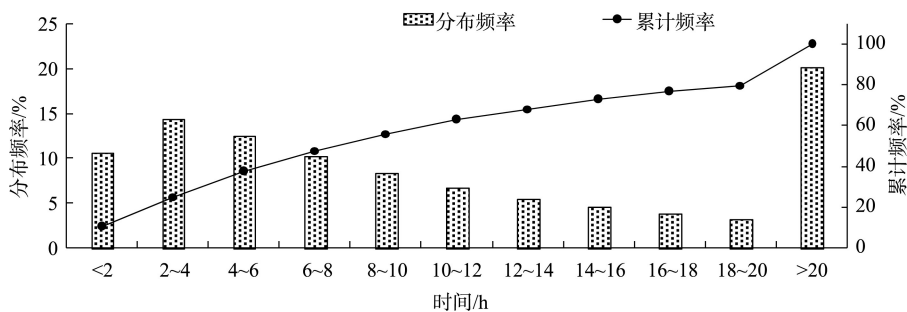


图4 丝绸之路经济带城市可达性时间分布频率与累计频率

Fig.4 Frequency distribution and cumulative frequency of accessibility of cities in the Silk Road Economic Belt



#### 4.4 可达性空间格局呈现出明显的集聚特征

为了揭示丝绸之路经济带内可达性分布空间关联特征,本文引入ESDA的全局Moran's  $I$ 指数和局域Getis-Ord指数来刻画可达性集聚特征(潘竞虎等,2012)。计算结果表明,丝绸之路经济带省(州)域行政单元整体可达性呈现出明显的空间集聚特征。全局自相关统计显示Moran's  $I$ 为0.1844, $Z$ 分值较高,为24.3986且大于2.58,检验结果显著表明了省(州)行政单元间存在很强的空间集聚效应。进一步进行局域Getis-Ord系数分析,结果显示 $z$ -score为负值,且检验结果显著,说明丝绸之路经济带内大部分地区表现为整体可达性低值关联集聚。

从图5可以看出,可达性热点区域分布呈现出明显的块状分布,这与前述行政单元整体可达性空间分布特征是一致的。冷点区集中分布在丝绸之

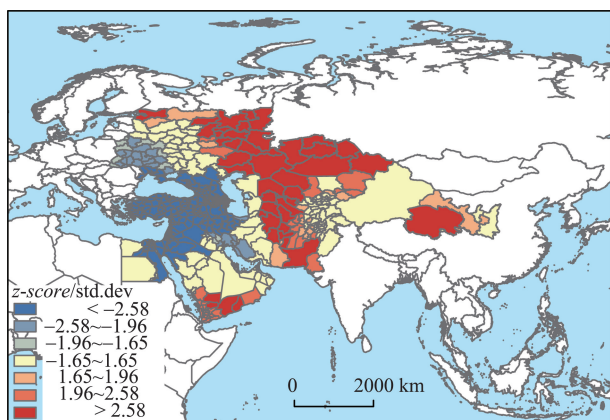


图5 省(州)行政单元整体可达性热点区分布

Fig.5 Hot spots of accessibility at the provincial (state) level

路经济带西部里海和地中海沿岸地区,表明这一地区及其周边地区可达性水平均处于较高水平。热点区集中分布在中亚地区,表明中亚和其周边地区可达性水平均处于较低水平。

## 5 城市空间联系

利用一般重力模型对丝绸之路经济带内城市空间联系特征进行模拟,在可视化城市空间联系特征时,剔除次要城市联系数据,仅选取第一等级和第二等级城市间联系进行展示<sup>①</sup>,以准确揭示丝绸之路经济带内主要城市之间的空间联系状态(图6)。

由图6a所知,丝绸之路经济带内第一等级城市联系主要包括莫斯科、开罗、巴格达、德黑兰、卡拉奇和拉合尔之间的联系。其中,巴基斯坦的卡拉奇和拉合尔、埃及开罗和伊拉克的巴格达、巴格达和伊朗的德黑兰之间的城市联系最为紧密。需要注意的是,中国西北五省在第一等级城市空间联系的辐射范围之外。图6b表示的是第一等级与第二等级城市之间的空间联系状况,不难发现,基于现有的研究范围,西安作为一个主要的节点凸显出来,这表明中国西北五省与丝绸之路经济带其他国家、地区和城市之间的联系主要是通过西安而进行。此外,还可以看到无论是中亚内部、还是中亚国家与区内其他国家城市之间的联系都很弱,究其原因,与经济发展和交通基础设施发展水平较低有关。

结合丝绸之路经济带可达性空间格局和上述城市空间联系特征的分析,发现丝绸之路经济带正

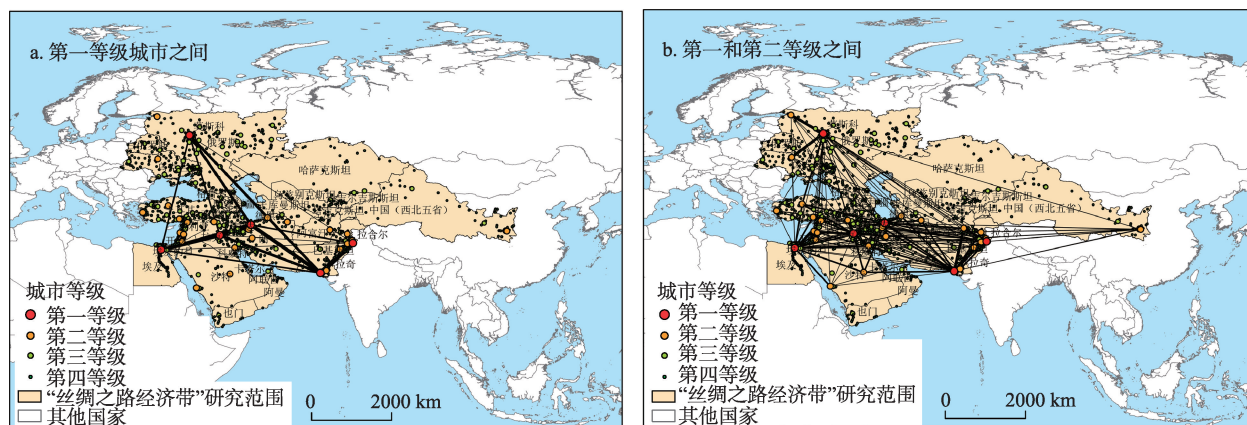


图6 丝绸之路经济带不同等级城市之间的空间联系

Fig.6 Spatial relations of cities of different grade in the Silk Road Economic Belt

<sup>①</sup>此处城市等级表示城市空间联系潜力等级,即对丝绸之路经济带各城市的吸引力进行汇总,将其作为城市综合联系潜力指数,并根据该指数进行等级划分,以此表征丝绸之路经济带的城市空间联系潜力等级。

在发育形成4条轴线(图7),即:陇海—兰新—哈萨克斯坦北部走廊,东起陕西西安,经阿拉山口、哈萨克斯坦阿拉木图、阿斯塔纳,西到俄罗斯的莫斯科和圣彼得堡,是新亚欧大陆桥组成部分,重点核心城市包括阿拉木图、阿斯塔纳、莫斯科、圣彼得堡、明斯克和基辅等;陇海—兰新—跨国西南部走廊,经乌鲁木齐、库尔勒、喀什到达地中海,重点核心城市包括塔什干、阿什哈巴德、德黑兰、巴格达、安卡拉和伊斯坦布尔等;南疆—巴基斯坦走廊,经乌鲁木齐、库尔勒、喀什直通巴基斯坦伊斯兰堡进而延伸至瓜德尔港,此轴线与新疆南疆地区发展紧密联系,同时与“21世纪海上丝绸之路”相交汇,重点核心城市包括伊斯兰堡、拉合尔和卡拉奇等;中亚跨国走廊,贯穿中亚五国和阿富汗,重点核心城市包括比什凯克、杜尚别、喀布尔等。

在未来丝绸之路经济带战略推进过程中,应实施“点—轴”带动,协同推进重点发展走廊和加强中心城市(城市密集地区)的培育。重点在以下两方面:一是围绕陇海—兰新—哈萨克斯坦北部走廊,陇海—兰新—跨国西南部走廊,南疆—巴基斯坦走廊,南疆—跨国南部走廊四条主要发展轴线进一步完善基础设施。在丝绸之路经济带内,东西向之间的联系相对便捷。南北向之间的联系较为薄弱,特别是东欧国家与西亚国家之间的联系,因此,应加强南北向通道建设。二是着力培育城市密集地区和中心城市,发挥二者辐射拉动作用。重点建设以阿斯塔纳为核心的哈中北部城市群、以阿拉木图为核心的伊犁河谷—哈东南城市群、以塔什干为核心的费尔干纳城市群、以伊斯坦布尔和安卡拉为中心

的地中海城市群、以莫斯科为核心,辐射明斯克、基辅等波罗的海城市群;引导培育以德黑兰和巴格达为核心的中东城市密集地区。稳步发展以西安为中心的关中城市群、以乌鲁木齐为核心的北疆城市群,注重实施区域带动,发挥二者与国内其他核心城市群联动作用。

## 6 结论与讨论

本文在界定丝绸之路经济带研究范围基础上,基于陆路交通网络数据,分别运用GIS栅格成本加权距离算法和一般重力模型测算了丝绸之路经济带可达性和城市空间联系状态。得出的结论主要有:

(1) 丝绸之路经济带可达性水平较低,城市节点平均可达性时间为16.25 h,整个经济带内56.02%的城市可达性在10 h以内,可达性在2 h以内的区域占全区总面积的10.60%。从可达性空间分布来看,丝绸之路经济带的城市可达性具有明显的空间差异,在空间结构上呈现出“走廊”型空间特征,高可达性区域基本上沿南北两条走廊呈带状延伸。可达性最差区域大都为荒漠边缘地区,最差可达性高达171 h。

(2) 省(州)行政单元整体可达性呈现出两头高中间低分布态势,具有很强的空间集聚效应。冷点区集中分布在丝绸之路经济带西部里海和地中海沿岸地区,表明这里可达性水平高,且其周边地区可达性水平也同样高。热点区集中分布在中亚地区,表明这里可达性水平低,且其周边地区可达性水平也较低。

(3) 城市空间联系分析表明,在第一等级城市间联系中,巴基斯坦的卡拉奇和拉合尔、埃及开罗和伊拉克的巴格达、巴格达和伊朗的德黑兰之间的城市联系最为紧密。中国西北五省在第一等级城市空间联系的辐射范围之外。第一等级与第二等级城市之间的联系表明,西安作为主要的节点凸显出来,说明西安作为门户城市,承担了中国西北五省与丝绸之路经济带其他国家、地区和城市之间的联系。无论是在中亚内部、还是中亚国家与区内其他国家城市之间的联系都很弱,究其原因,与经济发展和交通基础设施发展水平较低有关。

(4) 结合丝绸之路经济带可达性空间格局和上述城市空间联系特征可以发现:丝绸之路经济带正

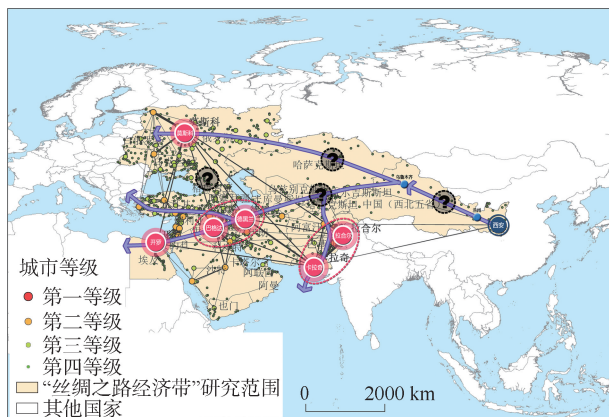


图7 丝绸之路经济带点轴发展分析

Fig.7 "Pole-Axis" pattern of development in the Silk Road Economic Belt



在发育形成4条轴线,即:陇海—兰新—哈萨克斯坦北部走廊;陇海—兰新—跨国西南部走廊;南疆—巴基斯坦走廊;中亚跨国走廊。在未来丝绸之路经济带战略推进过程中,应实施“点—轴”带动,协同推进重点发展走廊和加强中心城市(城市密集地区)的培育。

城际人流、货流、信息流决定了城市空间联系结构特征,限于O-D数据获取困难的原因,本文仅用一般重力模型模拟了丝绸之路经济带内的城市空间联系,未来可基于实际的O-D流进行实际验证。此外,从战略推进重点地区、互补性等方面出发,在对丝绸之路经济带中部核心区的可达性和城市空间联系探讨的基础上,未来研究可将研究范围扩展到整个经济带,以全面反映丝绸之路经济带的整体可达性空间格局。

#### 参考文献(References)

- 董锁成, 黄永斌, 李泽红, 等. 2014. 丝绸之路经济带经济发展格局与区域经济一体化模式[J]. 资源科学, 36(12): 2451-2458. [Dong S C, Huang Y B, Li Z H, et al. 2014. Economic development patterns and regional economic integration modes for the Silk Road Economic Zone[J]. Resources Science, 36(12): 2451-2458.]
- 冯朝阳. 2014. 新丝绸之路经济带城市规模与空间分布及其演化研究[J]. 新疆农垦经济, (6): 32-38. [Feng C Y. 2014. Xin sichouzhilu jingjidai chengshi guimo yu kongjian fenbu jiqi yanhua yanjiu[J]. Xinjiang State Farms Economy, (6): 32-38.]
- 高新才, 杨芳. 2015. 丝绸之路经济带城市经济联系的时空变化分析: 基于城市流强度的视角[J]. 兰州大学学报: 社会科学版, 43(1): 9-18. [Gao X C, Yang F. 2015. Analysis of temporal-spatial changes of urban economic ties on the Silk Road Economic Belt: from the perspective of urban flow intensity[J]. Journal of Lanzhou University: Social Sciences, 43(1): 9-18.]
- 顾朝林, 庞海峰. 2008. 基于重力模型的中国城市体系空间联系与层域划分[J]. 地理研究, 27(1): 1-12. [Gu C L, Pang H F. 2008. Study on spatial relations of Chinese urban system: gravity model approach[J]. Geographical Research, 27(1): 1-12.]
- 郭爱君, 毛锦凰. 2014. 丝绸之路经济带: 优势产业空间差异与产业空间布局战略研究[J]. 兰州大学学报: 社会科学版, 42(1): 40-49. [Guo A J, Mao J H. 2014. A strategic study on the spatial diversity and distribution of the competitive industries on the Silk Road Economic Belt[J]. Journal of Lanzhou University: Social Sciences, 42(1): 40-49.]
- 郭鹏, 董锁成, 李泽红, 等. 2014. 丝绸之路经济带旅游格局与国际旅游合作模式研究[J]. 资源科学, 36(12): 2459-2467. [Guo P, Dong S C, Li Z H, et al. 2014. Research on spatial distribution and international cooperation model of tourism industry in Silk Road[J]. Resources Science, 36(12): 2459-2467.]
- 胡鞍钢, 马伟, 鄢一龙. 2014. "丝绸之路经济带": 战略内涵、定位和实现路径[J]. 新疆师范大学学报: 哲学社会科学版, 35(2): 1-10. [Hu A G, Ma W, Yan Y L. 2014. Connotation, definition and passage of "Silk-road Economic Belt" strategy[J]. Journal of Xinjiang Normal University: Edition of Philosophy and Social Sciences, 35(2): 1-10.]
- 贾百俊, 李建伟, 王旭红. 2012. 丝绸之路沿线城镇空间分布特征研究[J]. 人文地理, 27(2): 103-106. [Jia B J, Li J W, Wang X H. 2012. A study on the spatial distribution characteristics of towns along the Silk Road[J]. Human Geography, 27(2): 103-106.]
- 李泽红, 王卷乐, 赵中平, 等. 2014. 丝绸之路经济带生态环境格局与生态文明建设模式[J]. 资源科学, 36(12): 2476-2482. [Li Z H, Wang J L, Zhao Z P, et al. 2014. Environment patterns and ecological civilization modes in the Silk Road Economic Zone[J]. Resources Science, 36(12): 2476-2482.]
- 潘竟虎, 从忆波. 2012. 中国4A级及以上旅游景点(区)空间可达性测度[J]. 地理科学, 32(11): 1321-1327. [Pan J H, Cong Y B. 2012. Spatial accessibility of scenic spot at 4A level and above in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 32(11): 1321-1327.]
- 冉淑青. 2015. 丝绸之路经济带城市群经济联系强度空间分异[J]. 淮阴工学院学报, 24(1): 54-59. [Ran S Q. 2015. Spatial differentiation of economic relation intensity of city group on the Silk Road [J]. Journal of Huaiyin Institute of Technology, 24(1): 54-59.]
- 王姣娥, 王涵, 焦敬娟. 2015. "一带一路"与中国对外航空运输联系[J]. 地理科学进展, 34(5): 554-562. [Wang J E, Wang H, Jiao J J. 2015. China's international aviation transport to the Belt and Road Initiative area[J]. Progress in Geography, 34(5): 554-562.]
- 王振波, 徐建刚, 朱传耿, 等. 2010. 中国县域可达性区域划分及其与人口分布的关系[J]. 地理学报, 65(4): 416-426. [Wang Z B, Xu J G, Zhu C G, et al. 2010. The county accessibility divisions in china and its correlation with population distribution[J]. Acta Geographica Sinica, 65(4): 416-426.]



- 于会录, 董锁成, 李宇, 等. 2014. 丝绸之路经济带资源格局与合作开发模式研究[J]. 资源科学, 36(12): 2468-2475. [Yu H L, Dong S C, Li Y, et al. 2014. Resource cooperation development modes in the Silk Road Economic Zone based on resource distribution patterns[J]. Resources Science, 36(12): 2468-2475.]
- 袁丹, 雷宏振. 2014. 丝绸之路经济带经济联系与协调发展的社会网络分析[J]. 云南财经大学学报, (4): 61-67. [Yuan D, Lei H Z. 2014. Analysis on the social network of the economic ties and the coordinated development of the Silk Road Economic Belt[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics, (4): 61-67.]
- 中国科学院地理科学与资源研究所课题组. 2014. 丝绸之路经济带可持续发展模式探析[J]. 中国国情国力, (10): 24-26. [Research Group of Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research. 2014. Sichouzhilu jingjidai kechixufazhan moshi tanxi[J]. China National Conditions and Strength, (10): 24-26.]
- Rykov P V, Zehong L. 2015. Development of urban agglomerations of the Republic of Kazakhstan in conditions of the formation of the New Silk Road[J]. Journal of Resources and Ecology, 6(2): 101-105.

## Accessibility and urban spatial connections of cities in the Silk Road Economic Belt based on land transportation

CAO Xiaoshu<sup>1,3,4</sup>, LI Tao<sup>2</sup>, YANG Wenyue<sup>3</sup>, HUANG Xiaoyan<sup>1,4</sup>, YIN Jiangbin<sup>1,4</sup>, LIU Yongwei<sup>3</sup>, LIANG Feiwen<sup>3</sup>, WANG Wulin<sup>3</sup>, WANG Miaomiao<sup>3</sup>, CHEN Huiling<sup>3</sup>, ZHANG Baixian<sup>3</sup>

(1. Institute of Transport Geography and Spatial Planning, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. School of Geography and Tourism, Guangdong University of Finance & Economics, Guangzhou 510320, China; 3. Center for Urban & Regional Studies, SunYat-Sen University, Guangzhou 510275, China;

4. Northwest Land and Resources Research Center, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

**Abstract:** Analyzing accessibility and urban spatial connection of the Silk Road Economic Belt is the basis for implementing the strategy of the Silk Road Economic Belt and facilitating cooperation and achieving mutual benefits of the region along the economic belt. Based on GIS spatial analysis technology, the spatial pattern of raster grid accessibility for the Silk Road Economic Belt is studied and the states of urban spatial relation are simulated using land transportation network in this research. The result shows that the spatial distribution of urban accessibility in the Silk Road Economic Belt presents clear spatial characteristics of aggregated distribution along the main corridors. Average accessibility of urban nodes as measured by travel time is 16.25 hours, and the areas accessible within 2 hours occupies 10.6% of the total area. Most of the areas with the lowest accessibility are found in the margins of the deserts, with the worst accessibility of 171 hours. Xi'an as the gateway city connects the five provinces of Northwest China and other countries, regions, and cities of the Silk Road Economic Belt. The spatial connections of Central Asian countries within national boundaries and with cities outside are relatively weak. The Silk Road Economic Belt is forming four main axes. In the future strategic development of the Silk Road Economic Belt, it should consider to implement a "point-axis" growth structure to drive the development of corridors and central cities (dense urban area).

**Key words:** land transportation; accessibility; urban spatial connection; the Silk Road Economic Belt