

# 边疆山地城市群交通网络的时空演化 以滇中城市群为例

刘安乐<sup>1</sup>, 杨承玥<sup>1</sup>, 明庆忠<sup>\*2,3</sup>, 毛昕<sup>4</sup>

(1. 六盘水师范学院 环境与资源科学系,中国贵州 六盘水 553004; 2. 云南财经大学 旅游文化产业研究院,  
中国云南 昆明 650221; 3. 旅游产业发展云南省哲学社会科学研究基地,中国云南 昆明 650500;  
4. 云南师范大学 旅游与地理科学学院,中国云南 昆明 650500)

**摘要:**以滇中城市群为实证,分析了1990年代以来交通网络规模与交通等级、交通网络结构形态演化特征,选择1996、2007、2013年三个时间节点,将滇中城市群交通网络发展分三个发展阶段,并探讨滇中城市群交通网络可达性演化特征。结果表明:①滇中城市群交通网络空间结构形态经历了“点一线结构”、“放射状结构”、“网络化结构”三个阶段,并呈现一体化结构演化的发展态势;②1996—2013年间,可达性总体空间格局变动较小,呈现出以昆明主城区为中心向外围区域递减的圈层空间格局,可达性变化与高等级路网格局密切相关;③中心城镇的可达性水平均有大幅度的提升,各节点间可达性水平差异不断缩小,且呈收敛趋势;④第二阶段(2007—2013年)可达性水平改善程度高于第一阶段(1996—2007年),且城市群边缘中心节点可达性水平提升较大。

**关键词:**新型城镇化;城市群交通网络;时空演化;空间格局;实证研究;滇中城市群

中图分类号 F512;U113;K928.5 文献标志码 A 文章编号 1000-8462(2016)04-0070-08

DOI:10.15957/j.cnki.jndl.2016.04.010

## Urban Agglomerations Transportation Network Space-Time Evolution in the Frontier Mountainous Area—A Case of Urban Agglomerations in the Central Yunnan

LIU An - le<sup>1</sup>, YANG Cheng - yue<sup>1</sup>, MING Qing - zhong<sup>2,3</sup>, MAO Xin<sup>4</sup>

(1. School of Environment and Resource Sciences, Liupanshui Normal University, Liupanshui 553004, Guizhou, China;  
2. Tourist Culture industry in Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, Yunnan, China;  
3. Philosophy and Social Research Base of Tourism Industry Development in Yunnan province, Kunming 650500, Yunnan, China;  
4. School of Tourism and Geographical Science, Yunnan Normal University, Kunming 650500, Yunnan, China)

**Abstract:** Coupling the New-type Urbanization and regional transportation network has given rise to a numbers of regional urban agglomeration. The temporal evolution of urban agglomeration transport network is the important factor and the main basis to the development of regional transportation improvement and urban agglomeration, urban agglomerations in the central Yunnan as a typical representative of the frontier mountainous, the research of the transportation network evolution and the rapid development of urban agglomerations has great significance in other areas. Taking center Yunnan urban agglomeration as a case, analyzed the features of the traffic network scale and levels, traffic network morphology evolution since the 1990s, selected 1996, 2007, 2013 three time node, divided the development urban transportation network in Yunnan into three development stages, and discusses urban agglomerations in the central Yunnan's accessibility of the transportation network evolution characteristics. The results showed that: 1) Urban agglomeration in the central Yunnan transportation network space structure form has experienced a "point-line structure", "radial structure", "network structure" three stages, and showed the development trend of integration structure evolution; 2) 1996-2013, the change about accessibility of the overall spatial pattern is small, appeared the spheres of space pattern that Kunming urban area as the center to the periphery area was decreasing, accessibility change is closely related to the high grade road network pattern; 3) The center of the town's accessibility level have greatly ascend, accessibility level differences between each node was narrowing, and showed a trend of convergence; 4) The second stage (2007-2013) the

收稿时间 2015-09-28;修回时间 2015-12-19

基金项目 国家自然科学基金项目(41361037);六盘水师范学院自然科学青年项目(LPSSY201505)

作者简介 刘安乐(1988—),男,湖北黄冈人,硕士,讲师。主要研究方向为旅游交通与区域旅游开发管理。E-mail:liuanle34@163.com。

※通讯作者 明庆忠(1963—),男,湖北黄冈人,博士,教授。主要研究方向为区域研究与旅游规划。E-mail:mingqingzhong01@163.com。

improved degree on accessibility level is higher than the first stage (1996-2007), and the level of accessibility of urban fringe center node has great promotion.

**Key words:** new-type urbanization; urban agglomerations transportation network; space-time evolution; spatial pattern; empirical research; urban agglomerations in the central Yunnan

交通网络是指一定区域内根据通行的需要,由各种交通线路组成的相互连接、成网状分布的道路系统<sup>[1]</sup>。任意一条交通线路的新建或者改善(包括线路里程增长、路面等级速度提升和线路优化等)必将引起区域交通网络结构及其服务区的变化,同时也会引起区域内交通网络中节点之间通达性的变化,进而推进区域交通网络演化。在新型城镇化背景下,区域交通网络的发展改变了现代城镇时空距离,随着高速交通网线的快速扩展,区域一体化发展趋势日益强化,交通方式及网络格局的改变已经催生了大量区域性城市圈(群)或城市带形成,交通一体化已经成为区域城镇发展特别是城市群形成的重要因子,交通作为区域联系的纽带逐渐被学者所重视。滇中城市群作为云南交通发展的核心,是云南以至于中国西南综合实力较强的区域性城市集群,其交通网络演化研究对城市群快速发展具有十分重要的意义。

Gutierrez J、Gonzalez R 等对欧洲高速铁路网、公路网的改变引起的欧洲各城市可达性变化进行了研究<sup>[2-3]</sup>; Adelheid Holl 以西班牙为例,发现交通可达性的提升与国家高速公路建设规模密切相关<sup>[4]</sup>; Murayama Y 通过对 19 世纪上半叶至 20 世纪初近 50 年来日本铁路建设与城市可达性的演变的探究,认为交通网络的改善是区域城市体系构建的重要因子<sup>[5]</sup>; 曹小曙等分析了 1978 年到 20 世纪末近 20 年以来东莞市交通网络的演化<sup>[6]</sup>; 金凤君等以中国铁路交通为对象,探究了近 100 年来铁路网络发展引起交通可达性空间格局的变化,结果表明:铁路交通可达性提高受制于路网的扩展和优化<sup>[7]</sup>; 吴威等以长三角地区为例探究了 1980 年代以来的综合交通可达性及其时空演化<sup>[8]</sup>; 蒋海兵分析了 1996—2011 年京沪高铁影响下的区域可达性空间格局演化的特点<sup>[9]</sup>; 徐昀等探究了江苏省高等级公路交通网络的演变,并分析其对内部交通可达性的空间分异效应<sup>[10]</sup>; 刘安乐等以云南为个案探究了省域交通网络可达性的空间演化格局及其旅游效应<sup>[11]</sup>; 王国明、刘承良、程钰以城市群为案例探究了城市群交通网络空间分异特征<sup>[12-13,16]</sup>。通过梳理发现:区域交通网络演化研究取得较为丰硕的成果,

研究成果侧重于从可达性的角度探究交通网络空间格局及其发展演化;研究区域及尺度上,经济较发达的地区(如欧洲、我国东部省市)研究成果较多,但是对城镇化水平较低和经济较为落后的区域研究甚少,特别是边疆山区城市群交通网络演化缺乏研究。本文选择滇中城市群为研究对象,探究滇中城市群交通网络时空演化阶段特征,为区域交通规划、城市群建设和山区发展提供理论参考。

## 1 研究区域概况

滇中城市群位于 101°E~104.5°E、24°N~26.5°N 之间,东西宽 422km,南北长 415km,国土总面积  $9.6 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,约占全省的 24%。地处云南高原核心地带,东部与贵州省交界,北部与四川省相接,西部和南部分别与大理州、普洱市、红河州、文山相连,年均温 15~18℃,气候四季如春。由于交通建设投入不足和受特殊地理条件影响,长期处于半封闭状态,到 1990 年代,滇中城市群通车里程仅为  $1.9 \times 10^4 \text{ km}$ ,历史上交通运输十分落后<sup>[11]</sup>。随着国家实行西部大开发战略、面向西南开放重要桥头堡建设滇中城市群一体化,高速公路网络初步形成,主要铁路骨架不断拓展,滇中城市群交通网络日益完善,目前,已形成了以昆明为中心,以公路交通为主体、铁路交通为辅的城市群交通网络(表 1)。

## 2 研究方法与数据

### 2.1 交通网络规模

区域交通规模是衡量交通网络结构优化程度的基础条件,交通网络规模大小很大程度上反映出区域交通网络建设与发展水平。一般而言,交通规模优劣可以用区域交通网络里程数和区域交通网络密度两个指标来衡量,交通建设里程反映了区域交通网线拥有量,交通网络密度反映了区域交通发展的水平高低,而且在一定程度上反映了区域交通规模的合理性。

$$L = \sum_{i=1}^n l_i \quad (1)$$

$$D_i = \sum_{i=1}^n L_i / S \quad (2)$$

式中: $L$  表示区域交通网络里程数; $l_i$  为第  $i$  种(包括

表1 滇中城市群主要交通线路概况  
Tab.1 Overview of main traffic lines in the central Yunnan urban agglomerations

市州	线路类别	交通路网干线
		主要交通线
昆明市	铁路	沪昆铁路、成昆铁路、南昆铁路、内昆铁路、昆丽铁路、昆玉铁路、沪昆高铁(昆明段)(在建)、云桂高速铁路(昆明段)(在建)
	高速公路	京昆高速、沪昆高速、汕昆高速、广昆高速、渝昆高速、杭瑞高速、昆明绕城高速、昆香高速、昆河高速、昆建高速、昆曼高速
	其他交通	昆明长水国际机场
曲靖市	铁路	贵昆、南昆铁路、沪昆高速铁路(曲靖段)(在建)
	高速公路	昆曲高速、曲陆高速、曲胜高速
	国道	国道213、国道320、国道324、国道326
玉溪市	铁路	昆玉铁路、玉蒙铁路
	高速公路	昆玉高速、玉元高速、玉江高速、通建高速
	其他交通轴线	国道213、国道323、省道102、省道202、省道213、省道218、省道307
楚雄州	铁路	成昆铁路、广大铁路
	高速公路	昆楚高速
	其他交通轴线	川滇公路、楚墨公路、安楚公路

数据来源:依据云南省交通厅最新数据整理。

铁路、公路)交通网络里程;  $D$  为交通密度;  $S$  为区域面积。一般而言,  $L$  和  $D$  值越大, 其交通规模就越大, 交通网络质量就越高。

## 2.2 交通等级结构

交通等级结构是指在区域交通路网系统中不同等级道路所占比重, 它是指示区域交通网络发展质量优劣的重要指标, 可以反映区域交通网络等级结构合理性程度。对于区域交通网络建设而言, 高等级交通网线是构建区域交通网络骨架, 道路网络等级结构是否合理, 直接影响区域交通网络功能的发挥。通常, 在路网等级结构中高等级交通网线比重越高, 交通网络质量就越高。

## 2.3 交通网络结构形态

区域交通网络结构形态反映了交通网络的空间结构形态与组织结构的演变过程, 是交通网络各构成要素在空间上的投影形式。通常情况下, 交通网络结构形态越趋于复杂、网络化程度越高, 其交通网络水平就越高。

## 2.4 交通网络可达性

交通网络可达性评价方法中, 根据网络结构的不同可以分为拓扑网络和几何网络两类, 其中拓扑结构通过建立逻辑网络结构, 计算拓扑距离研究个体的可达性; 而几何网络则是建立空间网络, 计算几何距离研究个体的可达性, 具体计算方法包括加权距离法、累积机会法、重力模型法以及效用法等, 这些方法各有优缺点及适用尺度。对于区域道路交通网络可达性研究而言, 交通节点几何距离比拓扑逻辑关系显得更加重要, 因此, 选择几何网络结构的加权平均旅行时间度量方法研究滇中城市群

交通网络结构可达性显得更加合理, 其表达式为:

$$A_i = \sum_{j=1}^n (T_{ij} \times M_j) / \sum_{j=1}^n M_j \quad (3)$$

式中:  $A_i$  为  $i$  地的可达性值;  $T_{ij}$  为研究单元  $i$  到  $j$  的最短行车时间;  $M_j$  为站点  $j$  的分级权重, 权值取各节点相应年份的 GDP 总值。

为了更好地反映各节点可达性水平的相对高低, 采用可达性系数表达, 公式为:

$$C_i = A_i / (\sum_1^n A_i / n) \quad (4)$$

式中:  $C_i$  为  $i$  地的可达性系数;  $n$  为节点个数。

依据上述模型和滇中交通发展历史阶段特征, 选取了 1996、2007 和 2013 年三个等时间截面, 通过 ArcGIS10.0 网络分析模块测算出滇中城市群不同时间断面 42 县级行政区的中心节点城市与其他节点城市之间的最短路径(最短旅行时间  $T_{ij}$ ), 随后根据公式 1 计算出各节点城市与其他节点城市的可达性值。

## 2.5 数据来源及处理方法

本研究以滇中城市群为研究区域, 以滇中城市群 42 个县级行政单元为对象, 以 2013 年行政区划为基准, 以《中国交通地图册》(中国地图出版社, 1997 年, 2008 年, 2014 年) 为底本, 运用 ArcGIS10.0 矢量化得到 1:50 万交通网络图。公路可达性行车速度依据《中华人民共和国公路工程技术标准(JT-GB01-2003)》, 并结合边疆山地的区域特点, 拟对其公路交通时速进行重新设定, 铁路数据根据铁道运营最新时刻表确定。其他交通数据均来自相应年份《云南省统计年鉴》。

表2 各等级公路设计速度

Tab.2 The design speed of class highway

等级	1996年(km/h)	2007年(km/h)	2013年(km/h)
高速公路	70	90	100
国道	50	55	60
省道	40	45	50
县乡道	30	30	30

### 3 滇中城市群交通网络演化分析

#### 3.1 交通网络发展阶段

依据滇中城市群孕育和发展的重要时间节点,选取了1996、2007和2013年3个时间断面(图3),将1990年代以来的滇中城市群交通网络发展分三个发展时期,即低等级公路为主导阶段(1990年代初—1996年),交通路网快速发展阶段(1997—2006年),交通高等化、高速化发展阶段(2007—2013年)。

低等级公路为主导阶段(1990年代初—1996年):建国以后,滇中交通建设有了较大的改善,国家公路干线基本建成,但是由于自然条件及资金不足等原因,交通建设速度较慢。虽然1990年代中期提出“昆楚玉曲城市带”的概念,并修编了《昆楚玉曲城市群规划》,但是城市群内部交通网络建设仍然不尽如意。以1996年为例,滇中城市群境内只有“昆楚高速”和“昆玉高速”两条高速公路,二级以上公路里程不到650km,不到公路总里程的2%,铁路线路少、电气化水平低,水运等其他交通方式结构更加单一<sup>①</sup>。整体上,低等级公路是构成滇中城市群交通网络的主体,低等级公路网主导了这一阶段区域交通运输的发展格局。

交通路网快速发展阶段(1997—2006年):滇中城市群交通网络建设快速发展是这一时期最重要的特征。10多年来,滇中铁路建设取得较大成果,南昆电气化铁路与广大(广通—大理)铁路建成通车、盘西铁路实现电气化改造;同时公路交通网络建设顺利推进,特别是高速公路的快速发展,建成楚(楚雄)大(大理)高速、昆(昆明)石(石林)高速、昆(昆明)曲(曲靖)高速、昆(昆明)元(元江)高速、曲(曲靖)陆(陆良)高速等多条高速公路,实现主要国道、省道干线等级高等化改造。截至2006年,滇中城市群二等以上公路里程达1 367km,以昆明为中心的放射状交通路网骨架雏形基本形成。

交通高等化、高速化发展阶段(2007—2013

年):这一时期,最重要的特点就是交通网络高等化和高速化。借助建设面向西南开放重要桥头堡战略与滇中产业聚集区战略机遇,滇中城市群加快交通一体化进程,高等级公路快速发展,截至2013年,滇中城市群通车里程高达 $7.3\times10^4\text{km}$ ,其中高速公路1 406km,投资新建及改造二等以上公路3 000多km,公路路网密度进一步加大,极大地完善了滇中交通网络化结构。目前,滇中城市群42县市(区)中心城镇、经济较为发达的工业小镇及旅游小镇均有高等级公路贯通,区域内所有乡镇均有三级以上公路通车。同时,结合国家西部大通道建设及“泛亚铁路”建设,昆玉铁路(设计时速160km/h)建成通车,昆明至曲靖城际列车开通并成功运营,昆明至玉溪、楚雄城际列车即将开通运营,此外云贵高铁、沪昆高铁均开工建设,预计2017年全面建成通车,加快了滇中城市群轨道交通网络高速化步伐。滇中城市群形成了以高速公路为骨架的“一环、八出口”公路网络格局和以昆明为中心的“一心,五轴”铁路交通网络格局<sup>[14]</sup>,建成了中国西南部地区唯一的国家门户枢纽机场——长水机场,开通国际国内航线319条,极大地增强了滇中城市群快速交通运行能力。

#### 3.2 交通网络规模及等级结构演变特征

1990年代以来,滇中城市群加快交通网线建设步伐,交通规模迅速扩大,交通路网等级结构质量快速提高,交通网络空间结构形态呈现网络化发展态势。

##### 3.2.1 交通网络规模演变特征

从图1可以看出,1990年代以来,滇中城市群交通建设里程、交通网络密度均有大幅提升,交通网络密度均高于全省平均水平,且差距不断扩大,交通网络质量显著提高。其中,1990年滇中城市群通车里程仅为 $1.9\times10^4\text{km}$ ,到2013年,通车里程达 $7.3\times10^4\text{km}$ ,实现年均增长12.3%;1990年滇中城市群交通网络密度仅为 $0.205\text{km/km}^2$ ,到2013年,交通网络密度增长至 $0.762\text{km/km}^2$ ,约是1990年的3.7倍。

##### 3.2.2 交通网络等级结构演变特征

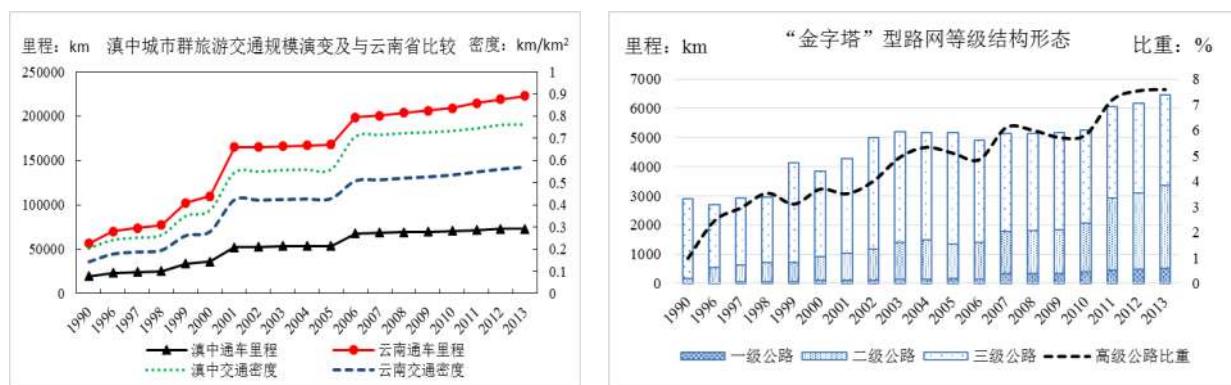
滇中城市群交通规模取得较大发展的同时,高等级公路比重显著提高,交通网络等级结构日趋合理,区域交通网络等级结构日趋完善,通网络质量有较大提升。从图1(右)可以看出,1990—2013年

<sup>①</sup> 数据来源于《云南统计年鉴》(1997)。

期间,滇中城市群高速公路快速发展,实现从无到有,截至2013年,滇中城市群等级公路里程达63 580km,高速公路里程达1 454km。高等级公路比重由1990年的0.998%增长至2013年的7.575%,增长近26.3倍。

### 3.3 交通网络结构形态演化特征

通过对1990年代以来滇中城市群交通网络结构形态特征分析,结合滇中城市群交通网络发展阶段重要节点(1996、2007和2013年)综合交通网络图,并绘制滇中城市群交通网络拓扑结构简图(图2)。发现滇中城市群交通网络空间结构形态表现出从“点一线结构”到“放射状结构”到“网络化结构”的演化轨迹特征。结合滇中城市群未来发展趋势,认为在未来近15年的时间内,滇中城市群交通网络进一步完善,交通空间结构网络化结构特征更加明显,区域整体路网等级结构日趋成熟,滇中城市群交通网络结构形态进入“一体化结构”阶段(图2d)。



数据来源:根据《云南省统计年鉴》(1990—2014年)整理。

图1 1990—2013年滇中城市群交通规模演变及等级结构演化

Fig.1 Traffic scale and hierarchical structure evolution in the central Yunnan urban agglomerations during 1996–2013

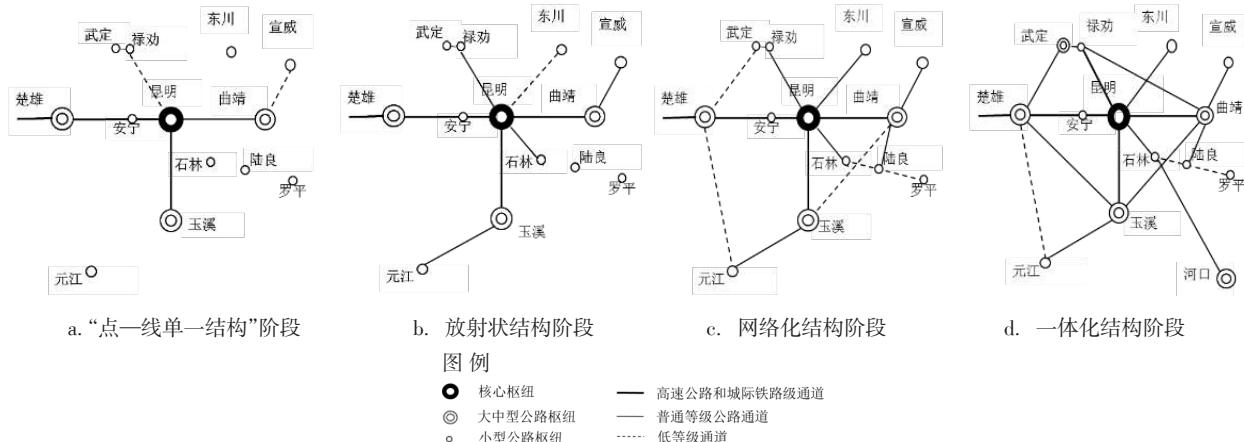


图2 滇中城市群交通网络拓扑结构演化简化图

Fig.2 Traffic network topology evolution in the central Yunnan urban agglomerations during 1996–2013

### 3.4 交通网络可达性演化特征

#### 3.4.1 交通网络可达性空间格局特征

运用公式3分别计算出滇中城市群42个县级中心节点1996年、2007年和2013年的加权平均旅行时间,采用ArcGIS 10.1的简单克里金插值法得出可达性格局图(图3)。

①滇中城市群可达性空间格局总体呈现出以昆明主城区为中心向外围区域递减的圈层空间格局,可达性等值线呈现出以昆明为中心,略向曲靖、玉溪与楚雄弯曲的不规则“星形”延伸。从1996、2007和2013年3个时间断面看出:可达性低值一直位于昆明、玉溪、曲靖、楚雄等滇中城市群四大中心城市毗连县区及其连接轴线辐射区域。其中,由于昆明主城区(包括五华区、盘龙区、西山区、官渡区和呈贡区)、红塔区、麒麟区和楚雄市是滇中城市群四大中心节点和城市群区域发展中心,高等级交通网线较多,一直是滇中城市群可达性最优区域;而大姚、永仁、姚安、双柏、新平、会泽、宣威以及东南

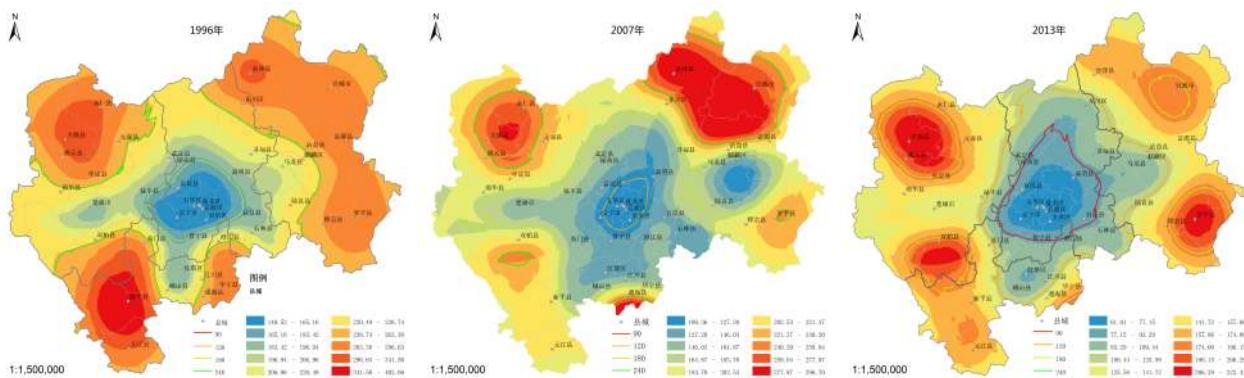


图3 1996—2013年滇中城市群交通可达性格局

Fig.3 The spatial-evolution of road accessibility in the central Yunnan urban agglomerations during 1996–2013

部的罗平等滇中城市群边缘县区由于和昆明、楚雄、曲靖和玉溪四大中心节点相距较远,加上高等级交通线路建设相对滞后,一直是城市群交通可达性较差的区域。

②将高等级交通格局图与可达性格局图叠加发现,滇中城市群可达性等值线分布格局与高等级交通线空间分布具有明显的一致性,高等级交通网建设对可达性水平的提升有着显著作用。1996年滇中城市群仅有昆楚、昆玉两条高速公路,导致滇中城市群可达性等值线表现出向楚雄与玉溪弯曲格局特征;随着昆大铁路和昆明到周边等多条高速公路建成通车,2007年可达性等值线进一步向楚雄、玉溪、曲靖弯曲,并且可达性等值线低值范围迅速扩大,由于曲—陆高速的建设,在麒麟区与陆良县之间形成可达性低值中心;由于昆明—昭通高速公路、昆明至曲靖城际列车及昆明至玉溪铁路开通,极大地改善了昆明至玉溪、曲靖特别是到城市群北部的可达性水平,2013年可达性等值线呈现出明显向南北拉伸略向东部突出格局特征。

#### 3.4.2 中心城镇交通可达性系数演化特征

依据公式(4)计算出滇中城市群42个中心城镇可达性系数,由于可达性系数消除了年份可达性差异的影响,采用标准差、偏态系数可以反映出不同时间断面可达性分布的聚集性<sup>[15]</sup>(表3)。

表3 滇中城市群中心城镇交通可达性系数演化特征

Tab.3 The evolution characteristics of major cities' traffic accessibility coefficient in central Yunnan urban agglomerations

时间	1996年	2007年	2013年
极差	0.8011	1.0515	1.2963
标准差	0.2287	0.2770	0.3616
偏态系数	0.0131	0.4903	0.4160

从表3可以看出,1996—2013年可达性系数极

差和标准差均为递增的趋势,偏态系数整体上表现出阶段性波动上升趋势,其中,2007年相对于1996年偏态系数值显著上升,2013年相对于2007年偏态系数略有下降。说明滇中城市群中心城镇可达性水平整体上表现出不均衡性,但这种不均衡性出现减弱的趋势。分析原因认为:第一阶段(1996—2007年)滇中城市群高等级路网骨架刚刚建成,只有昆明主城区、红塔区、麒麟区和楚雄市等中心城市可达性水平显著改善,中心城镇可达性不均衡性趋势加强;第二阶段(2007—2013年)滇中城市群交通网络结构进一步发展,形成了较为完善的高速路网,各节点可达性都显著提高。

#### 3.4.3 交通网络可达性动态演化特征

①1996—2013年间,滇中城市群中心城镇的可达性水平均有大幅度的提升,各节点间可达性水平差异不断缩小,且呈收敛趋势(表4)。

从表4可以看出,滇中城市群可达性总时间由1996年的158.575h下降至2013年的87.169h,总体约缩减71.4h,可达性平均时间由3.776h减少到2.075h,可达性值差异系数不断减小,呈现收敛趋势。

②由于滇中城市群交通建设战略布局差异,不同时间段交通可达性改善程度及空间格局演化特征不同,对比两个时间段可达性水平演变差异,发现第二阶段可达性水平改善程度高于第一阶段可达性水平程度,其中,第一阶段(1996—2007年)11年间加权旅行时间减少33.195h,年均变化率为1.903%。第二阶段(2007—2013年)6年间加权旅行时间减少38.211h,年均变化率为5.08%。造成这种差异主要是因为第一阶段虽有多条高等级公路建成,极大地改善了滇中城市群可达性水平,但是新建高等级交通网线仅仅连接城市群中经济较为

表4 1996—2013年滇中城市群交通可达性水平演化

Tab.4 The evolution of the accessibility of urban agglomeration in central Yunnan urban agglomerations during 1996—2013

	加权旅行时间(h)			加权旅行时间变化(h)					
	1996	2007	2013	1996—2007年		2007—2013年		1996—2013年	
				变化值	年均变化率/%	变化值	年均变化率/%	变化值	年均变化率/%
合计	158.575	125.380	87.169	33.195	1.903	38.211	5.08	71.406	3.492
平均值	3.776	2.985	2.075	0.790	1.903	0.910	5.08	1.701	3.492
差异系数	0.279	0.270	0.258						

发达的中心城市,边缘小城镇并没有高等级的连接,因此可达性整体水平提升相对较小;第二阶段是滇中城市城市群交通结构网络化阶段,城市群内高等级路网基本形成,城市群边缘中心节点可达性水平提升较大,导致城市群可达性水平提升明显高于第一阶段。

从空间格局(图4)上看:第一阶段(1996—2007年)可达性变化值整体上呈现出自南向北逐渐减小,并且在官渡区至永仁县间形成“东南—西北向凹陷带”空间格局特征。分析原因可知,该阶段昆明至曲靖、石林、元江和曲靖至陆良高速公路建成,使得滇中城市群南部可达性水平显著提升,而同时期城市群中心至西北部、东北部交通线路改善较小,因此南部可达性水平优化程度高于北部地区;同时,由于昆明至永仁县间交通线路结构及等级提升较小,形成凹陷带。第二阶段(2007—2013年)可达性变化值空间分布呈现出北部高、东南部及西部低的趋势,滇中城市群东北部可达性变化幅度变大。该时期,昆明至昭通高速公路建成通车,极大地改善了城市群东北部可达性水平。

#### 4 结论

本文通过对1990年代以来的滇中城市群交通网络演化特征分析,得出以下主要结论:

第一,1990年代以来滇中城市群交通网络发展阶段可划分为低等级公路为主导阶段、交通路网快速发展阶段、交通高等化发展阶段等三个阶段。交通建设里程、交通网络密度均有大幅提升,交通网络规模迅速扩大。高等级交通网线比重显著增加,交通网络等级结构日趋合理,区域交通网络等级结构日趋完善,交通网络质量显著提高。

第二,滇中城市群交通网络空间结构形态表现出从“点—线结构”、“放射状结构”到“网络化结构”的演化轨迹特征。结合滇中城市群未来发展趋势,认为在未来近15年的时间内,滇中城市群交通网络结构形态进入“一体化结构”阶段。

第三,1996—2013年间,可达性空间格局总体变动较小,呈现出以昆明主城区为中心向外围区域递减的圈层空间格局,且可达性等值线分布格局与高等级交通线空间分布具有明显的一致性;从中心

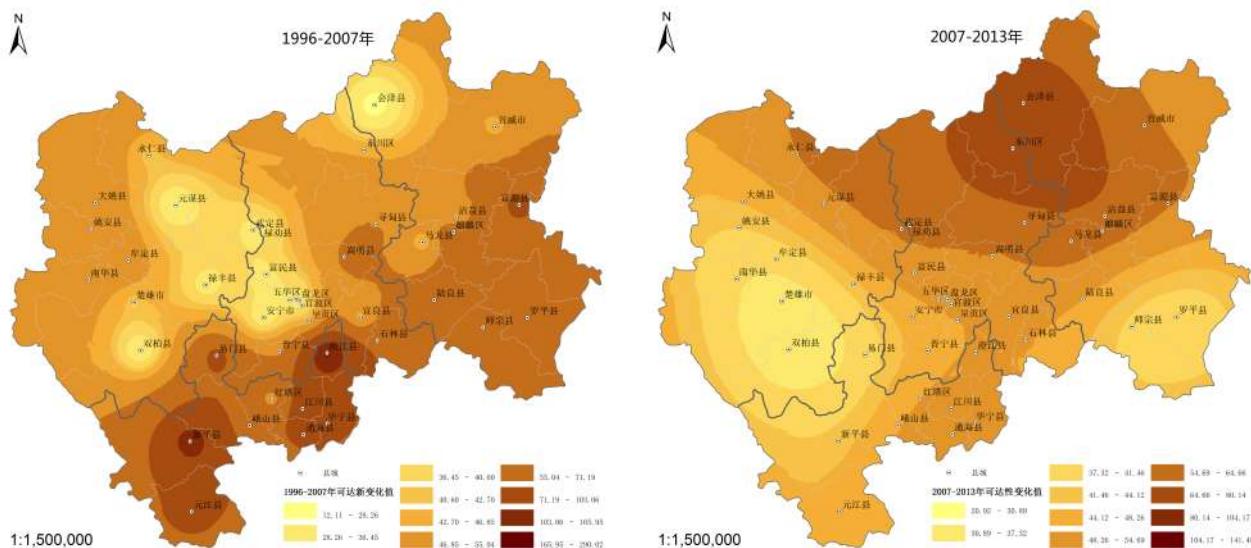


图4 滇中城市群可达性阶段演化空间格局

Fig.4 The change of road accessibility values in the central Yunnan urban agglomerations during 1996—2013

城镇的可达性水平均有大幅度的提升,各节点间可达性水平差异不断缩小,且呈收敛趋势。

第四,由于滇中城市群交通建设战略布局差异,不同时间段交通可达性改善程度及空间格局演化特征不同。第二阶段可达性水平改善程度高于第一阶段可达性水平程度,且城市群边缘中心节点可达性水平提升较大;第一阶段可达性变化值整体上呈现出自南向北逐渐减小,并且在官渡区至永仁县间形成“东南—西北向凹陷带”空间格局特征,第二阶段可达性变化值空间分布呈现出北部高、东南部及西部低的趋势。

此外,本文通过对非边疆山区交通网络演化的已有研究成果<sup>[6,8,16-17]</sup>发现,边疆山区城市群交通可达性除了具有非边疆山区的核心—外围的分异共性特征外,还具有明显的特殊性。①从空间分布上看,非边疆山区交通可达性一般呈现正态分布,极化效应不明显,而边疆山区城市群交通可达性呈现非正态分布特征,可达性极化效应明显;非边疆山区交通可达性分布普遍表现出双核心或者多核心格局特征,边疆山区城市群交通可达性呈现典型的单核格局特征。②可达性水平上,边疆山区城市群可达性平均水平显著落后于非边疆山区。③从影响因子上看,非边疆山区交通可达性水平一般与经济区域发展的支撑能力呈现极强的耦合性,而边疆山区城市群交通可达性与区域经济发展支撑能力、地理区位以及地形地貌因素均表现出较强的耦合性。

## 参考文献:

- [1] 沈惊宏,陆玉麒,兰小机,等.区域综合交通可达性评价——以安徽省为例[J].地理研究,2012,31(7):1 280–1 293.
- [2] Gutierrez J, Urbana P. Accessibility in the European Union: The impact of the trans-European road network[J]. Journal of Transport Geography, 1996, 4(1):15–25.
- [3] Gutierrez J, Gonzalez R, Gomez G. The European high speed train network: Predicted effects on accessibility patterns [J]. Journal of Transport Geography, 1996, 4(4):227–238.
- [4] Holl A. Twenty years of accessibility improvements. The case of the Spanish motorway building program [J]. Journal of Transport Geography, 2007, 15:286–297.
- [5] Murayama Y. The impact of railways on accessibility in the Japanese urban system [J]. Journal of Transport Geography, 1994, 2(2):87–100.
- [6] 曹小曙,阎小培.经济发达地区交通网络演化对通达性空间格局的影响:以广东省东莞市为例[J].地理研究,2003,22(3):305–312.
- [7] 金凤君,王姣娥.20世纪中国铁路网扩展及其空间通达性[J].地理学报,2004,59(2):293–302.
- [8] 吴威,曹有挥,梁双波.20世纪80年代以来长三角地区综合交通可达性的时空演化[J].地理科学进展,2010,29(5):619–626.
- [9] 蒋晓威,曹卫东,罗健,等.安徽省公路网络可达性空间格局及其演化[J].地理科学进展,2012,31(12):1 591–1 599.
- [10] 徐昀,陆玉麒.高等级公路网建设对区域可达性的影响——以江苏省为例[J].经济地理,2004,24(6):830–833.
- [11] 刘安乐,明庆忠,杨承玥,等.区域交通可达性时空格局演化及旅游效应[J].地理科学研究,2014,03(4),46–54.
- [12] 王国明,李夏苗,杨波,等.城市群城镇交通网络特性研究[J].计算机工程与科学,2012,34(12):174–182.
- [13] 刘承良,余瑞林,熊剑平,等.武汉都市圈路网空间通达性分析[J].地理学报,2009,64(12):1 488–1 498.
- [14] 陈金山,陆立峰,李波,等.滇中城市群城乡客运一体化线网布局结构分析[J].交通科技与经济,2012,14(5):105–107.
- [15] 姚士谋,等.中国的城市群[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1992.
- [16] 程钰,刘雷,任建兰,等.济南都市圈交通可达性与经济发展水平测度及空间格局研究[J].经济地理,2013,33(3):59–64.
- [17] 吴威,曹有挥,曹卫东,等.长三角地区交通优势度的空间格局[J].地理研究,2011,30(12):2 199–2 208.