

甘肃省城市空间引力网络结构时空演变分析

赵飞翔, 杨清

(甘肃农业大学财经学院, 兰州 730070)

摘要: 城市是区域发展的重要载体,对城市发展水平进行研究,可以更好地掌握区域发展的本质与方向。基于传统引力模型,借助甘肃省14个城市人口、经济、社会、生态、交通等方面相关数据,构建引力模型测度2012年与2022年甘肃省各城市间引力强度与单城市相对引力强度,并对城市空间引力网络结构的演变进行分析。以甘肃省“一核三带”区域战略为依据,研究认为:兰州市引力强度核心地位显著;酒泉-嘉峪关市区域已成为引力强度副中心;省内不同城市间引力值差异显著;城市空间引力网络结构由无规律逐渐演变为“钟摆型”结构。各城市发展需根据城市间引力与城市质量等实际情况制定发展策略,解决河西走廊经济带与黄河上游生态功能带发展落后的现状。

关键词: 引力模型; 区域经济; 城市关联度; 城市发展

中图分类号: F29 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)10-0159-08

“十四五”规划纲要提出了优化城市群内部空间结构,构筑生态和安全屏障,形成多中心、多层次、多节点的网络型城市群^[1],从宏观的角度提出要注重经济发展过程中的城市群建设,形成经济网络。城市群是经济发展过程中的产物,也是促进城市发展的一种方式。目前,全球化和信息化的进程不断加快,城市想要发展,就必然要合理利用不同区域之间的区位优势,加强协调与规划,在这个过程中,更要加强城市之间的联系,促进城市间的信息流、物流、商流、资金流等进行融合与碰撞。通过建立功能完整、互补互利的城市群来实现区域经济发展。

城市间引力值是城市群之间综合联系与发展能力评价体系中的重要内容之一。其有助于正确认识区域内部城市的关联程度,对促进城市高质量发展和调整城市空间功能有着重要意义^[2]。对引力值的测定能够体现不同城市经济水平之间的差异,明确城市群发展的重心,在建设区域经济圈的过程中,有助于明确发展方向,制定发展过程中的差异化政策。综合来说,中国已建成了京津冀、长三角和粤港澳三大城市群,内部形成了不同性质和类型的强经济流^[3],为后续城市群发展做出典范,也提供了参考。而现有关于城市间引力值的研究,也多集

中在经济发展水平较高的成熟型城市群,对于西部处于发展建设中的城市群研究较少。西部城市空间引力联系强度网络的演变,是地区改革的风向标,也是社会全面综合进步的指示器,对西部地区引力网络的研究,可帮助识别热点区与冷点区,从而扶持中国整体区域发展^[4],因此对西部区域空间引力网络研究是很有必要的。从研究角度来说,引力值的测定多用经济型指标测定,包括经济规模、固定资产等因素^[5],尽管经济因素是城市发展的核心,但发展过程中仍然需要结合多方因素进行判定,综合评价城市的发展阶段和水平。在此基础上对多维度的城市空间引力网络整体结构进行研究,可从中分离出城市发展的核心因子,进一步探究影响区域经济增长的要素与不同要素的驱动力大小^[6],优化引力网络,加强经济联系。从现有研究结果来看,城市群内的引力网络规律会呈现若干层级,形成“核心-边缘”网络结构^[7],但针对不同城市,规律性并不完全一致或显著。每个地区城市群发展的方式可以是单核心、双核心或多核心的,需要联系城市特征、所处地段找准定位,错位发展^[8]。所以掌握网络结构的演变情况,能够更有针对性地实现对不同城市发展规律与路径的探索,此外,较多研究采用单一年份的截面进行城市联系度的评价,

收稿日期: 2024-11-22

基金项目: 甘肃省基础研究计划——软科学专项资助项目(22JR4ZA090)

作者简介: 赵飞翔(1998—),女,甘肃张掖人,硕士研究生,研究方向为农业管理;通信作者杨清(1980—),女,甘肃武威人,博士,副教授,研究方向为区域与生态经济。

可能存在片面化的问题,且不易找出发展规律与方向。

鉴于此,本文以甘肃省 14 个市(州)为研究区域,结合包括人口、经济、社会、生态、交通、教育等多个方面的指标,以 2012 年与 2022 年为研究年份,对甘肃省城市空间引力的网络结构及演变过程进行测度与分析,其中,为消除区域地形因素的影响,城市间距离采用城市间飞行距离与公路运输距离的平均值作为测量指标,增强数据结果的准确度。从多角度对于甘肃省城市间引力值测度并进行演变分析,能够探究对发展中城市群建设的经验,同时丰富对西部落后区域发展的空间结构研究。

1 模型选取与研究设计

1.1 城市引力模型

测定城市间联系度与空间引力结构采用引力模型,引力模型建立在牛顿万有引力模型的基础上,包含两个维度的数据,即城市质量和城市距离,可借助引力值分析经济体联系与要素流动情况,而经济体之间的要素流动又可比作物体之间的引力与斥力,模型中城市质量与距离是关键因素,因此引力模型的应用与区域增长极与地形存在关联。一般情况下,存在中心城市,且其余城市与中心城市间环绕周围的区域引力网络较完整,而甘肃省地形狭长,中部区域较窄,东西部距离大,中心城市兰州处于区域中部,很难构成完整的空间引力网络,因此对于甘肃省空间引力网络的研究可更好地显示发展的现状与潜力。

城市引力模型的基本公式为

$$G_{ij} = k \frac{m_i m_j}{d_{ij}^b} \quad (1)$$

式中: G_{ij} 为城市 i 与城市 j 之间的引力值; m_i, m_j 为城市 i 与城市 j 的城市质量的乘积; d_{ij} 为城市 i 与城市 j 之间的距离; b 为距离衰减指数; k 为引力系数,一般情况下, k 取值为 1, b 取值为 2。

通常,城市质量测定的是一座城市的综合实力,受到多方面的社会性因素影响。需通过建立多方位的评价指标体系来确定城市质量数值,提升城市质量的准确度。城市质量计算公式为

$$m_i = \sum_{f=1}^n \omega_{if} p_{if} \quad (2)$$

式中: ω_{if}, p_{if} 为 i 城市中第 f 种影响城市质量的指标因子的权重与指标量化值。

受地形因素影响,甘肃省城市间不同交通工具运输距离与时长差异较大,因此,对于城市距离指

标的取值,采用直线飞行距离即城市空间距离与公路运输距离的算数平均值。计算公式为

$$d_{ij} = \frac{h_{ij} s_{ij}}{2} \quad (3)$$

式中: h_{ij} 与 f_{ij} 分别为 i 城市与 j 城市的公路最短可达距离与飞行距离。

综合以上城市质量以及城市间距离的计算公式,可得到城市间引力的计算公式为

$$G_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^n \omega_{if} p_{if} \sum_{h=1}^n \omega_{jh} p_{jh}}{\left(\frac{h_{ij} s_{ij}}{2}\right)^2} \quad (4)$$

引力模型呈现结果能够显示城市之间的相互作用程度,更加明显地看出单个城市的影响力与聚集、扩散效应的发挥程度,无法准确判断区域经济增长重心及城市群的发展城市。因此,在此基础上,计算各城市的引力值总量 F 与引力值相对值 H ,以刻画和反映单个城市的实力强弱以及城市的层次排名。 i 城市的引力值总量 F_i 为城市 i 到区域内其他所有城市间的引力值总和,计算公式如下:

$$F_i = F_{ij} + F_{in} + \dots + F_{im} \quad (5)$$

式中: F_{in} 为城市 i 与城市 n 之间的引力值。

城市 i 的相对引力值 H_i 为城市 i 的引力值总量与区域中城市引力值总量最大值的比值。计算公式为

$$H_i = \frac{F_i}{F_{\max}} \quad (6)$$

1.2 指标体系构建

城市间引力值依据式(1)可知由城市质量与城市间距离平方比值计算得到,城市间距离这一指标较稳定,变动范围小,因此,对城市间引力结构影响更大且更需要注意的因子是城市质量。城市质量从本质来说反映的是单个城市的综合实力,综合实力强的城市易形成区域增长极,对周边区域有更强的影响力,能够更好地发挥增长极效应,建立起城市群,带动省份整体发展。由于城市的综合实力涉及城市的多方面建设,所以,在计算城市质量时,从人口、经济、社会、生态、交通、教育 6 个方面建立指标体系。人口是城市发展的基本要素,城市拥有一定的人口规模,才具备城市建设的条件,实现更高的城市化率,从而吸引更多的外来人口流入,同时有助于引入资金与消费,提升城市整体水平。社会因素是居民生活条件提升的关键,社会水平高,医疗卫生条件较好,基础设施完善,可提升居民生活幸福度和城市吸引力。生态环境也是人口是否

选择流入以及创造良好生活环境的重要因素,交通与教育影响着城市间的物资、人才的流动,同样是城市综合实力的体现。

本文所用模型涉及的城市质量与城市间距离指标体系下含多个指标,所涉及的城市质量指标体系中都包含多个不相同类型的指标,部分为极大指标,若直接利用原始指标进行分析,就会过于突出较大型指标的作用,削弱指标体系中其他指标的影响,为避免这种情况出现,保证结果的准确性,因此采取熵值法计算指标权重。构建的城市质量指标体系及权重如表 1 所示。

表 1 城市质量指标体系

计算目标	一级指标	二级指标	权重
城市质量	人口	年末常住人口/万人	0.016 5
		城镇化率/%	0.017 5
	经济	地区生产总值/亿元	0.018 4
		地均 GDP/亿元	0.019 4
		城镇居民可支配收入/元	0.020 4
		城市社会消费品零售总额/亿元	0.021 4
		进出口商品总额/亿元	0.022 4
	社会	每千人医疗床位数/张	0.023 4
		供水管道密度/($\text{km}\cdot\text{km}^{-2}$)	0.024 3
	生态	绿化覆盖率/%	0.113 7
		空气质量好于 2 级天数/天	0.114 6
	交通	公路里程数/km	0.115 6
		居民汽车拥有量/万	0.116 6
		邮政业务总量/万元	0.117 6
教育	普通高等学校毕业生数/人	0.118 6	
	R&D 经费支出/万元	0.119 6	

1.3 数据来源

甘肃省 14 个市(自治州)相关数据皆来源于《甘肃发展年鉴 2013》《甘肃发展年鉴 2023》及相应年份的《甘肃省统计公报》。各城市间公路最短可达距离来自高德地图导航最短陆运交通里程数,空间距离采用中国城市距离网站内对应航线图数据,部分无航线城市数据利用高德地图直线测距工具测量得到。

2 结果分析

2.1 城市质量数据

城市质量值可体现城市的发展情况以及综合实力,对城市质量的把握和分析能够客观评价城市发展的水平,探索未来的发展路径,形成综合性强的发展体系。从数据来看,甘肃省各市城市质量差距较大,城市实力强弱分化严重,存在明显的区域增长极。如表 2 所示。

由表 2 可知,甘肃省各城市质量存在数值差距较大,区域聚集特征明显,城市质量较高的区域

表 2 甘肃省各市城市质量值

城市	2012 年	2022 年
兰州	9 946.112	14 710.970
嘉峪关	638.580	1 178.524
金昌	775.757	1 435.470
白银	1 731.719	2 348.648
天水	2 627.419	4 102.783
武威	1 987.079	3 117.656
张掖	2 130.237	2 548.655
平凉	1 733.084	2 655.731
酒泉	2 447.871	3 473.745
庆阳	2 150.878	3 469.927
定西	1 671.836	2 409.055
陇南	2 282.837	3 296.018
临夏	996.757	1 622.218
甘南	1 372.134	1 979.276

集中于甘肃省西部以及资源禀赋较高的城市。其中,兰州城市质量远高于其他城市,呈现明显的省会资源聚集情况。从绝对值层面来说,2012 年,城市质量最高的兰州与最低的嘉峪关差值为 9 307,2022 年,二者差值达到 13 532.4,由此可见,兰州在近年来的发展速度远高于低位城市。在研究区间内,兰州市城市质量基数大,增加值高、依赖资源禀赋发展的城市呈现发展后劲逐渐衰弱的情况。

对比 2012 年与 2022 年甘肃省城市质量数值得知,2022 年各城市的质量都有一定幅度的上升,嘉峪关市与金昌市较 2012 年城市质量增长比重较大,分别增加 84.5%和 85%,在其余城市中,有 7 个城市增长比重超过 50%,大部分都集中在兰州周边。从城市质量值的层面来看,甘肃省实行的“四强”政策具备充足的现实依据。证实了“强省会”政策培育区域增长极,给予资源政策偏向,对周边城市有较深的影响,同时能够更好地发挥增长极效应,反作用于政策落实,突出了政策优势在区域发展中的重要地位。另外,资源禀赋差、位置偏离省会城市的区域增长比例过小,如张掖在 10 年间城市质量提升比例不到 20%,远低于甘肃省城市质量增长平均值 52.7%,很可能成为阻碍整体区域经济提升的短板,需要给予更多的支持措施。

2.2 城市间引力值

城市间引力是基于城市基本发展情况与二城市间的距离所得出的,能够反映城市的经济影响力以及两种城市之间关联度的指标。所体现的是城市间的空间联系强度与要素关联度^[9]。对于实现要素跨区域流动、加强城市分工及优化城市发展格局有着重要的意义。2012 年与 2022 年城市间引力值数据中,较大值同样呈现区域范围内聚集的特征。如表 3 和表 4 所示。

表 3 2012 年甘肃省城市间引力值

城市	兰州	嘉峪关	金昌	白银	天水	武威	张掖	平凉	酒泉	庆阳	定西	陇南	临夏	甘南
兰州	—													
嘉峪关	13.72													
金昌	66.55	3.05												
白银	3 540.30	2.49	13.58											
天水	346.82	1.85	5.53	43.75										
武威	311.22	6.38	208.42	65.91	19.09									
张掖	95.71	29.16	46.51	18.06	10.13	78.98								
平凉	204.96	1.20	3.71	26.74	128.83	11.90	6.67							
酒泉	54.81	4 330.10	12.78	10.06	7.30	26.37	133.68	4.78						
庆阳	127.26	1.22	3.40	24.93	70.81	11.15	6.42	236.67	4.84					
定西	1 804.30	1.78	7.06	136.76	134.82	28.57	11.28	69.62	7.14	33.53				
陇南	165.85	1.37	3.60	18.09	157.74	11.94	7.11	34.53	5.40	21.99	40.76			
临夏	834.43	1.19	5.08	52.98	28.15	22.99	8.53	12.90	4.76	9.73	59.04	17.27		
甘南	382.06	1.40	4.14	29.88	29.94	14.99	8.03	12.34	5.56	9.25	35.70	34.92	168.85	—

表 4 2022 年甘肃省各城市间引力值

城市	兰州	嘉峪关	金昌	白银	天水	武威	张掖	平凉	酒泉	庆阳	定西	陇南	临夏	甘南
兰州	—													
嘉峪关	37.44													
金昌	182.14	10.42												
白银	7 101.80	6.24	34.09											
天水	801.00	5.32	15.98	92.65										
武威	722.22	18.47	605.10	140.24	46.76									
张掖	169.37	64.38	102.96	29.30	18.92	148.26								
平凉	464.55	3.40	10.52	55.58	308.28	28.61	12.23							
酒泉	115.04	11 340.00	33.55	19.37	16.18	58.71	226.97	10.40						
庆阳	303.66	3.64	10.14	54.56	178.39	28.23	12.39	585.08	11.09					
定西	3 845.40	4.74	18.83	267.26	303.37	64.59	19.44	153.73	14.60	77.94				
陇南	354.18	3.64	9.63	35.42	355.63	27.04	12.28	76.39	11.07	51.23	84.80			
临夏	2 008.60	3.57	15.31	116.94	71.55	58.71	16.60	32.16	10.99	25.54	138.46	40.58		
甘南	815.12	3.73	11.05	58.46	67.44	33.92	13.85	27.27	11.39	21.51	74.20	72.73	396.40	—

从城市间引力值数据中可以看出,2022 年城市间引力值总体上相较于 2012 年有了普遍的提升,在上述两个年份中,较大的几个数据集中在兰州及嘉峪关与周边城市之间。2012 年,城市间引力值大于 500 的数据仅有 4 个;2022 年,引力值大于 500 的数据增加至 8 个。在 10 年间,城市间引力值虽然有一定的提升,但提升的区域范围与数值都有限,至 2022 年,城市间引力值有一半以上未超过 100,数值最大的两组为兰州-白银和嘉峪关-酒泉。

近年来,甘肃省实施“强省会”战略促进商贸物流、人才等资源等要素流通,消除二元结构的措施初显成效,对周边城市产生了一定的扩散效应。兰州的城市质量提升幅度越大,陆运可达距离越短,与周边城市间的引力值就会相应提升,与此同时,也能够帮助更多的资源流入水平较弱的城市,实现协调发展^[10-11]。此外,酒泉、嘉峪关区位优势显著,工业基础雄厚,形成的强引力联系在一定程度上缓解了距离省会城市距离较远区域的不平衡发展情

况。从全局看,仍然存在一些城市间引力极低的城市发展困难,处于城市发展过程中的“孤岛”状态。

2.3 城市引力值总量

将单个城市对甘肃省内其他所有城市间的引力值求和作为该城市的引力值总量,引力值总量能够更好地体现一座城市在省内的经济地位以及与其他城市之间的资源交换与联系程度^[12]。区域经济发展过程中,城市与城市间的要素交换与分配是十分重要的一环,其越开放、与其他城市之间的引力总量越高,越易于获得更多的发展机遇和资源。如图 1 所示。

结果显示,甘肃省内各城市引力值总量在研究区间内增加绝对值均在两倍以上,各城市引力值总量在位次方面基本不变,2012 年金昌引力值总量为甘肃省内最低,2022 年金昌引力值总量位次反超张掖市。综合来看,城市间引力值总量数值差距大,极化现象明显。引力值总量排名较后城市与其余城市间的引力值普遍较低,在发展资源、城市空间

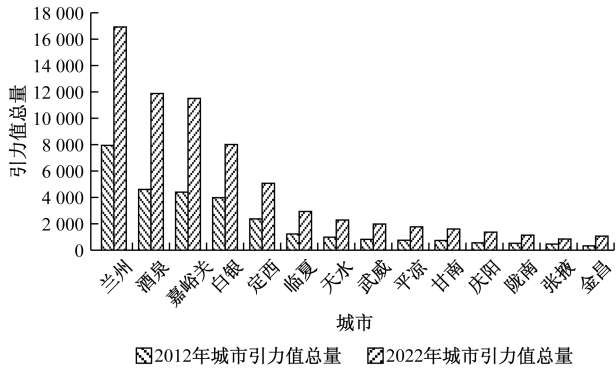
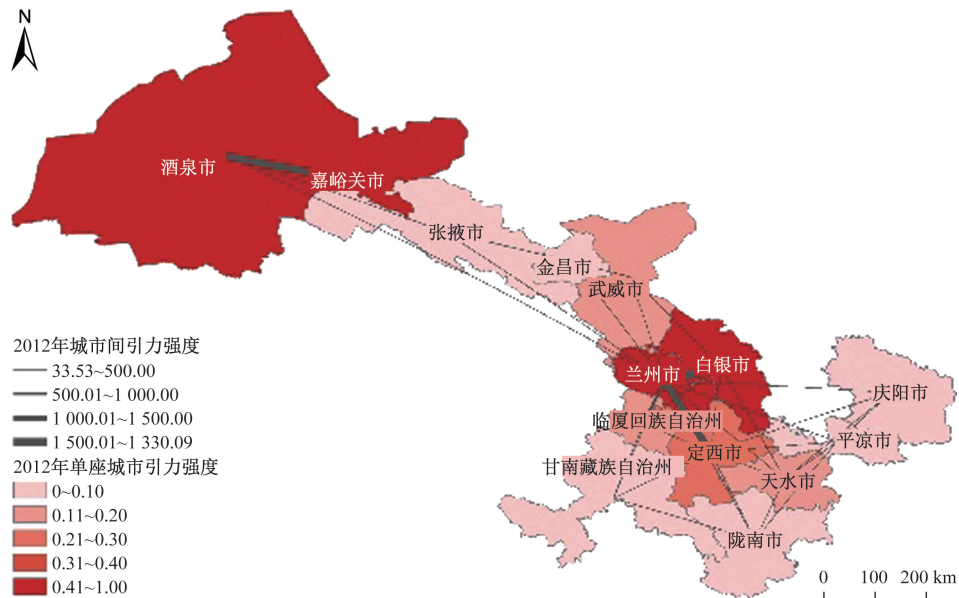
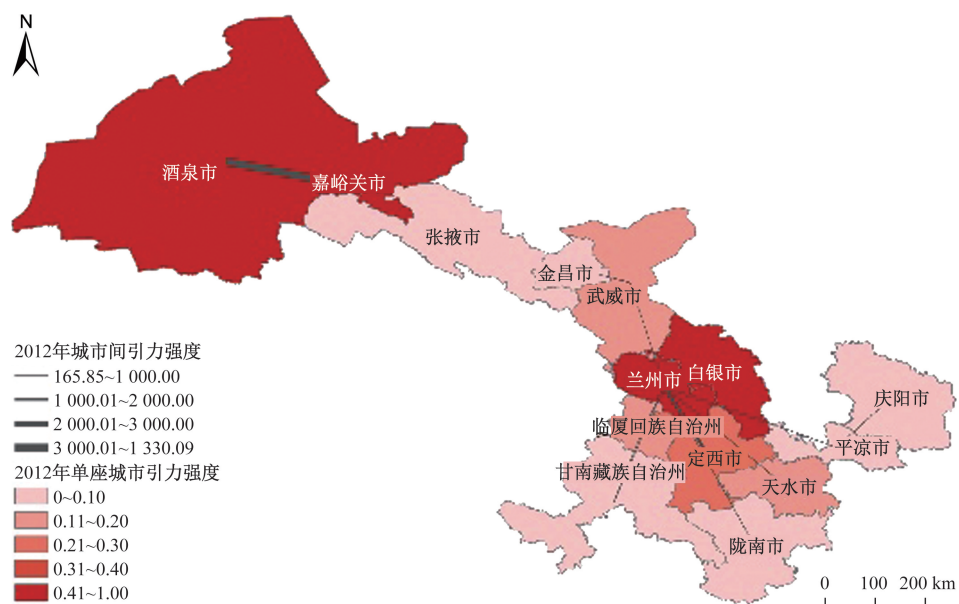


图1 甘肃省城市引力值总量



基于审图号为GS(2024)0650号标准地图制作,底图无修改

图2 甘肃省城市空间引力结构整体网络(2012年)



基于审图号为GS(2024)0650号标准地图制作,底图无修改

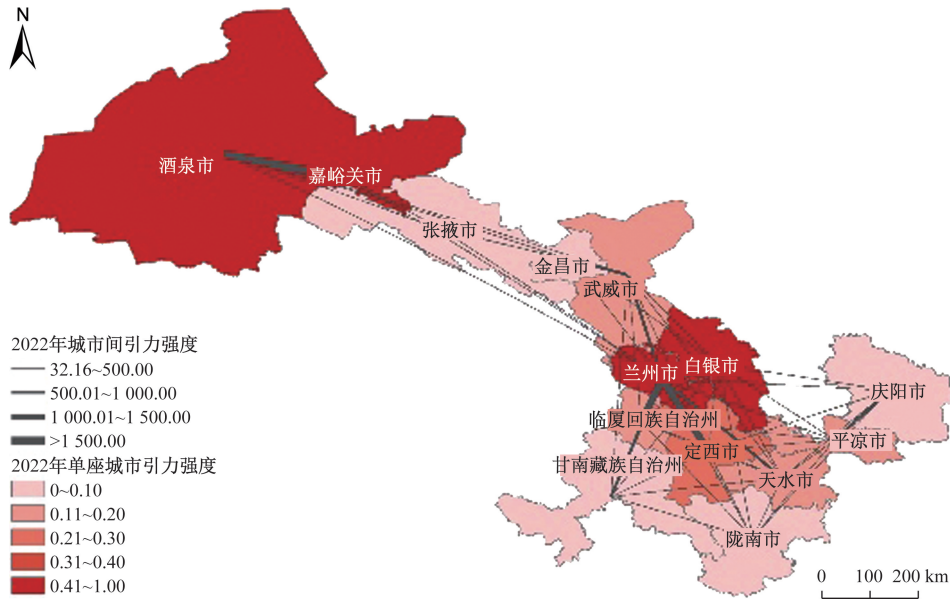
图3 甘肃省城市空间引力结构主干网络(2012年)

联系及政策等方面都存在短板,是区域发展不平衡的关键点。

2.4 城市空间引力结构时空演变

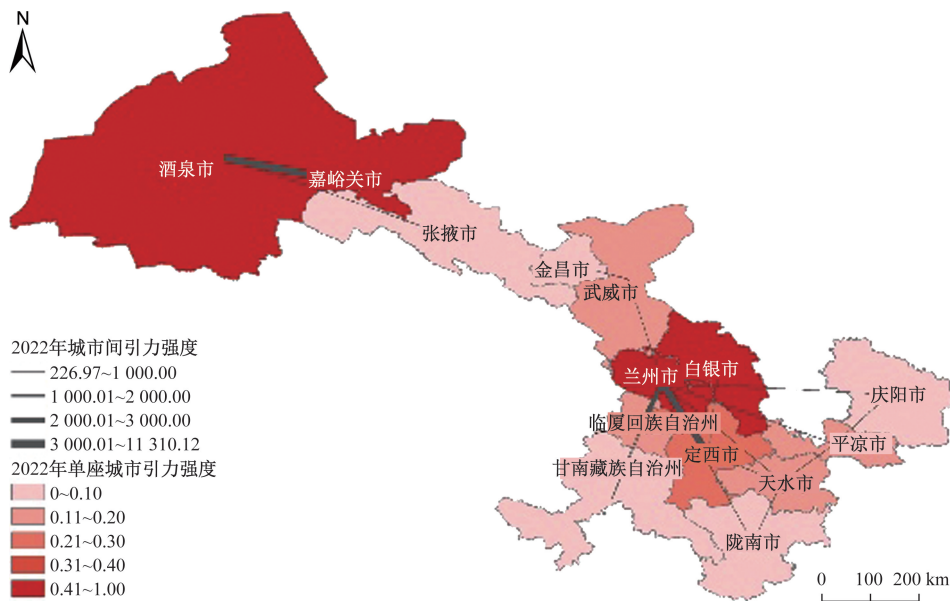
为体现甘肃省在研究区间内的空间引力网络结构以及演变情况,根据引力模型中城市间引力值与单座城市相对引力值,运用 Arcgis 软件得到2012年和2022年甘肃省城市空间引力的网络结构。如图2~图5所示。

从2012—2022年,甘肃省城市间引力值网络更加密集,远距离城市之间的引力强度有所上升。在地理位置方面,引力值网络集中于酒泉-嘉峪关-兰州



基于审图号为GS(2024)0650号标准地图制作,底图无修改

图4 甘肃省城市空间引力结构整体网络(2022年)



基于审图号为GS(2024)0650号标准地图制作,底图无修改

图5 甘肃省城市空间引力结构主干网络(2022年)

与周边城市两个区域内。引力网络以兰州市为中心,向周围地区辐射,酒泉与嘉峪关在西部地区单独形成强引力区域,兰州向周围辐射范围略大,酒泉-嘉峪关辐射范围较小。

2012年,兰州与周边城市形成散射状网络结构,除了定西与白银外,与其他城市间的引力强度线条稀疏。2022年,兰州与东南部城市间引力强度增加,构成较为明显的“钟摆型”网络结构,兰州与西北部城市之间的引力强度网络也更加密集。

2012年,酒泉-嘉峪关区域与其他城市间未形成明显的引力强度网络,尤其与省内东南部城市之间引力强度近乎为零。2022年,该区域逐步与河西走廊经济带城市建立联系,金昌、武威成为沟通节点,再由中西部城市与省内边缘城市之间建立引力网络,形成借助中部地区城市辐射整体区域的引力强度格局。

由图3和图5可以看出,2022年,兰州与陇东南经济带之间的主干引力网络密度有所提升,与河

西走廊经济带之间引力网络结构更密集,但还未形成较稳健的引力空间联系。研究区间内,酒泉-嘉峪关与南部城市及省会城市周边区域之间引力网络处于断裂状态,2022年,此区域与张掖建立了主干引力联系,但仍然未改变断裂的情况。总体来说,在城市空间引力强度方面,相较2012年,2022年网络密集、节点增加,经济支撑点变多,缓解了区域经济发展的结构性问题,但引力强度较大的两个区域之间还未形成有效的联系网络,存在明显断裂点,核心区域引力辐射范围还有很大提升空间。

研究区间间隔前后,甘肃省单座城市引力强度整体结构没有较大变化,城市层级划分非常明显,单座城市引力强度小于0.1的城市数为5,占比为35.7%,大于0.41的城市数为4,占比28.6%,整体城市引力强度偏低。

酒泉市-嘉峪关市与兰州两个区域形成了明显的区域双核心格局,前者的影响范围较小,相邻的张掖城市引力强度与嘉峪关、酒泉数值产生断层。兰州在政策与资源加持下,与周边经济区形成稳健引力联系,兰州相邻城市的引力强度在2012年大部分处于平均水平,在2022年相邻城市引力强度全部高于0.1。较2012年,平凉引力强度由最低层级提升至中间层级,证实了甘肃省培育省会增长极对相邻城市具备辐射效应。

张掖、金昌等5座城市在研究区间内单城市引力强度始终处于最低层级,城市引力强度低于0.1,造成较为严重的局部塌陷问题。总体上,甘肃省形成了双中心带动,区域网络逐渐完整的引力空间结构,但单城市引力强度平均值与省会城市差距过大,仍有提升空间。需要合理利用两个区域的现有优势,加大辐射范围,推动节点城市与经济中心城市建立联系^[13],加强中部与东南部边缘城市的发展,更好地构建区域经济一体化的高质量发展格局。

3 结论

本文从人口、经济、社会、生态、交通、教育方面对2012年与2022年甘肃省城市空间引力网络结构进行测定与分析,得出以下结论。

(1)甘肃省城市空间引力结构网络演变符合“一核三带”的区域发展趋势,目前,兰州市核心地位稳定,西临夏一小时核心经济圈初步形成,省会增长极对陇东南经济带的辐射作用显著,兰州周边城市质量上升比重较高。河西走廊经济带与生态功能带地区城市发展水平不高,存在个别城市10年内城市质量上升幅度远低于平均值,是阻碍整体区

域发展的核心问题。

(2)城市间引力值数值最大的两组为兰州-白银和酒泉-嘉峪关,城市间形成较强的引力联系,兰州对周边城市引力值相对较高,有助于带动其他城市发展,酒泉-嘉峪关较为独立,与其他城市间引力值极小。

(3)城市间引力值总量两极分化明显,在10年的发展中,总体位次基本不变,兰州和白银、酒泉和嘉峪关借助二城市之间的强引力联系处于高位次。

(4)酒泉-嘉峪关区域在2022年与中部城市之间引力值有所提升。兰州对周边城市的带动作用更加明显,呈现“钟摆型”网络结构。目前兰州成为引力强度区域核心,酒泉-嘉峪关为区域副核心,引力强度层级划分明显。

目前研究方向多集中于打造“强省会”城市方面,兰州获得了更多的资源与政策偏向,但对于建立增长极的区域影响程度重视度不足,且除了兰州周边城市,甘肃省其他城市的发展路径不够明确。通过以上结论,本研究认为:持续培育兰州市成为“强省会”城市以及区域增长极,进一步发挥兰州市对周边城市的带动作用,在交通、资源、政策方面给予更多的支持。强化兰州市与其他城市间分工交流,提升引力强度,建立高质量引力联系,借助兰白经济体的优势,贯彻落实“一核三带”中河西走廊经济带与黄河上游生态功能带的发展,发挥区域功能、以更广泛的角度看待区域发展,形成共同发展格局,均衡资源水平。此外,合理利用酒泉-嘉峪关城市副中心的支撑作用,增加中部城市与其他城市引力强度,解决区域引力塌陷问题。解决部分城市发展困境,创造多层次、多方面的引力联系,建立更多节点城市,形成稳定的“钻石型”网络空间结构。

参考文献

- [1] 国家发展改革委.“十四五”规划《纲要》解读文章之19[EB/OL].(2021-12-25)[2024-11-02].https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gifzgh/202112/t20211225_1309707.html.
- [2] 韩健可,毛蒋兴.基于引力模型的广西城市空间联系研究[J].城市建筑,2024,21(5):128-131.
- [3] 李砚忠,苗源源.基于引力模型的京津冀城市群协同发展比较研究[J].北京交通大学学报(社会科学版),2022,21(3):78-91.
- [4] 董宝玲,白凯,马静,等.黄河上游省区旅游经济网络结构时空演变及影响因素——以宁夏回族自治区为例[J].西北大学学报(自然科学版),2024,54(4):615-626.

- [5] 潘林伟, 刘倩. 成渝地区双城经济圈空间网络结构的时空演变[J]. 中国市场, 2024(9): 18-21.
- [6] 吴江, 韩申山, 惠群, 等. 长三角城市群经济联系空间格局及异质性分析——基于交通要素视角[J]. 资源开发与市场, 2025, 41(1): 102-112.
- [7] 盛广耀. 城市群网络联系的幂律分布规律与层级结构特征[J]. 区域经济评论, 2024(4): 110-118.
- [8] 周园, 曹威威, 杨迅周, 等. 基于改进引力模型的黄河下游沿岸城市空间联系特征分析[J]. 地域研究与开发, 2021, 40(6): 63-68.
- [9] 丁倩, 刘桂云, 傅海威. 基于引力模型与空间自相关的长三角港口一体化空间联系研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2024, 37(5): 54-61.
- [10] 曾灿程. 基于城市质量与引力模型的区域空间结构研究[C]//中国城市规划学会. 人民城市, 规划赋能——2023中国城市规划年会论文集(14区域规划与城市经济). 上海: 同济大学, 2023: 9.
- [11] 陈正婷. 武汉城市圈城市收缩演变及其引力特征研究[D]. 武汉: 湖北大学, 2023.
- [12] 马立呼, 潘玉君, 华红莲, 等. 基于修正引力模型的成渝城市群相互作用空间格局研究[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2022, 36(3): 77-85.
- [13] 王萌, 王艳. 基于综合引力模型的交集城市发展模式研究[J]. 荆楚理工学院学报, 2021, 36(6): 27-33.

Spatiotemporal Evolution Analysis of Urban Spatial Gravitational Network Structure in Gansu Province

ZHAO Feixiang, YANG Qing

(College of Finance and Economics, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Cities are important carriers of regional development, which can play a leading role in regional coordinated development, and the study of urban development level can better grasp the essence and direction of regional development. Based on the traditional gravitational model, a gravitational model was constructed to measure the gravitational strength between cities and the relative gravitational strength of a single city in Gansu Province in 2012 and 2022 with the help of relevant data of population, economy, society, ecology and transportation in 14 cities in Gansu Province, and the evolution of urban spatial gravitational network structure was analyzed. Based on the regional strategy of “one core and three belts” in Gansu Province, the study concludes that the core position of gravitational strength in Lanzhou is significant, and it has a driving effect on the surrounding cities. The Jiuquan-Jiayuguan area has become the sub-center of gravitational intensity, which has not had an obvious driving effect on the surrounding cities. There are significant differences in gravitational values among cities in different regions of the province. The gravitational network structure of urban space has gradually evolved from irregular to “pendulum-shaped” structure. The development of each city should formulate development strategies according to the actual situation of inter-city gravity and urban quality, so as to solve the current situation of backward development of the economic belt of the Hexi Corridor and the ecological function belt of the upper reaches of the Yellow River.

Keywords: gravitational model; regional economy; city relevance; urban development