

分类号 _____
U D C _____

密级 _____
编号 10741



硕士学位论文

论文题目： _____ 基于生态位理论的甘肃省城市
_____ 生态经济系统发展差异性研究 _____

研究生姓名： _____ 李昆鹏 _____

指导教师姓名、职称： _____ 赵煜 副教授 _____

学科、专业名称： _____ 数理统计学 _____

研究方向： _____ 生态统计分析 _____

提交日期： _____ 2020年6月8日 _____

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 李昆鹏 签字日期： 2020.6.8

导师签名： 赵煜 签字日期： 2020.6.8

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定，同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分內容。

学位论文作者签名： 李昆鹏 签字日期： 2020.6.8

导师签名： 赵煜 签字日期： 2020.6.8

**Study on the difference of urban
Eco-economic system in Gansu province
based on Niche theory**

Candidate : Li Kunpeng

Supervisor: Zhao Yu

摘要

我国自改革开放以来,经过四十多年时间的发展,各地区城市蓬勃发展、综合实力全面提升,进入 21 世纪后,全国范围内的城市规模及城市数量急剧增加,在城镇化发展越来越快速的同时,也对城市的管理提出了更高的要求。十九大报告在总结以往实践经验的基础上提出的“十四条坚持”,是构成新时代坚持和发展中国特色社会主义的基本方略,其中明确地提出“坚持人与自然和谐共生”、“实行最严格的生态环境保护制度”。社会生活中处处包含着社会单位与其生存环境之间的关系,这种关系同生态学所研究的生态系统模型非常相似,因此对社会个体和群体的发展变动以及社会学的相关内容,都可以运用生态学的相关理论和方法进行研究,这已经在很多学者的研究中体现了出来。而生态位就是每个个体或群体在其所处环境中所占的地位和影响力的大小,人们将生态位的概念不断发展拓新,最终引入到城市各方面的发展中。

论文以甘肃省 14 市(州)各方面发展情况为研究对象,收集利用 2017 年甘肃省城市经济、人口、生态环境、社会服务和基础设施方面的数据,在深入分析国内外城市发展研究现状基础上,立足于城市生态经济系统,以城市生态文明理论、生态经济学理论为指导,基于生态位理论,结合分形法、熵权法、泰尔指数测算方法和统计分析法,研究甘肃省城市生态经济系统发展的差异性。首先,在生态经济学视域下对甘肃省城市生态经济发展概况进行了介绍;其次,结合生态文明理论和城市生态位理论,构建一个甘肃省的城市生态位评价指标体系,对甘肃省城市生态经济系统的差异性进行评价分析;然后以生态位理论为基础,用城市分形理论和泰尔指数测算方法,进一步分析甘肃省城市生态经济系统的差异性,对各个层次的城市生态位构建提出建议,以期相关部门的决策提供量化的依据。

关键字: 甘肃省 生态经济系统 生态位 差异性

Abstract

After more than 40 years of development since China's reform and opening up, cities in various regions have developed vigorously and their comprehensive strength has been enhanced comprehensively. In the 21st century, the cities' scale and number in China are increasing rapidly, and the process of urbanization is accelerating, which require higher requirements for the renewal and management of urban functions. On the basis of summarizing past practices, the report of the 19th CPC national congress puts forward the "14 Points of adherence" that constitute the basic strategy for upholding and developing socialism with Chinese characteristics in the new era. Social life everywhere contains the relationship between social units and their living environment, which is very similar to the research contents of ecology. Therefore, relevant theories and methods of ecology can be used to study relevant contents of sociology, and this phenomenon has been reflected in the research of some scholars. Niche theory is the threshold value of each organism in the environment, and the concept of niche is constantly expanded and eventually introduced into the development of cities.

Taking the development of 14 cities in Gansu province as the research object, this thesis collects and uses the data of urban economy, population, ecology, environment and infrastructure in Gansu province in 2017. Basing on the following evidences, which contain the deep analysis on the basis of urban development and research status at home and abroad, the urban Eco-economic system, the theory of Ecological economics, the instruction of urban Ecological civilization theory, the Ecological niche theory, the Fractal method, the Entropy weight method, Thayer index measurement and Statistical analysis method, this thesis will study the

differences of the urban Ecological system and Economic development of Gansu province. Firstly, the development of Urban ecological economy in Gansu province is introduced from the perspective of Ecological economics. Secondly, based on the theory of Urban niche and Ecological civilization, the Evaluation index system of urban Niche in Gansu province is constructed, and the difference of urban Eco-economic system in Gansu province is evaluated and analyzed. Thirdly, based on the Niche theory, the difference of urban Eco-economic system in Gansu province is further analyzed by using the urban Fractal theory and the Thayer index method, and suggestions will be put forward for the construction of urban Eco-economic system at various levels, so as to provide quantitative basis for the decision of related departments.

Keywords: Gansu province; Eco-economic system; Niche; Differences

目录

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 1 绪论 | 1 |
| 1.1 选题背景..... | 1 |
| 1.2 研究目的和意义..... | 2 |
| 1.3 研究内容与框架..... | 2 |
| 1.4 国内外研究现状..... | 4 |
| 1.5 主要创新点和不足之处..... | 5 |
| 1.5.1 论文可能的创新点..... | 5 |
| 1.5.2 论文不足之处..... | 6 |
| 2 相关理论与方法 | 7 |
| 2.1 相关理论..... | 7 |
| 2.1.1 基础理论..... | 7 |
| 2.1.2 生态位理论..... | 8 |
| 2.1.3 分形理论..... | 9 |
| 2.2 研究方法..... | 11 |
| 2.2.1 统计分析方法..... | 11 |
| 2.2.2 综合评价方法..... | 12 |
| 3 甘肃省城市生态经济系统发展概况 | 13 |
| 3.1 甘肃省城市空间分布特征..... | 13 |
| 3.2 甘肃省城市生态经济系统发展特征..... | 14 |
| 3.2.1 城市发展的阶段性特征..... | 14 |
| 3.2.2 生态环境子系统发展特征..... | 15 |
| 3.2.3 社会经济子系统发展特征..... | 16 |
| 3.2.4 城市发展的差异性特征..... | 17 |
| 3.3 甘肃省城市生态经济系统发展中的问题..... | 19 |
| 4 甘肃省城市生态经济系统差异性测度与分析 | 21 |
| 4.1 生态经济系统发展的综合评价与分析..... | 21 |
| 4.1.1 指标体系的构建..... | 21 |
| 4.1.2 生态经济系统生态位测算模型..... | 24 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 4.1.3 生态经济系统生态位测算及特征分析..... | 26 |
| 4.2 城市生态经济系统发展的分形特征分析..... | 29 |
| 4.2.1 规模结构的分形特征..... | 29 |
| 4.2.2 空间结构的分形特征..... | 32 |
| 4.3 城市生态经济系统发展差异性分析..... | 35 |
| 4.3.1 基于生态位的泰尔指数测算模型的构建..... | 35 |
| 4.3.2 基于生态位的泰尔指数测算及特征分析..... | 37 |
| 5 结论与建议..... | 39 |
| 5.1 研究的主要结论..... | 39 |
| 5.2 对城市模块发展的建议..... | 40 |
| 5.3 对区域模块发展的建议..... | 41 |
| 参考文献..... | 43 |

1 绪论

1.1 选题背景

城市是个高度发达、高度精密的系统，与其他形式的系统相比，城市在自身发展的过程中，能够有效率的吸引外部资源，如技术人才、资本投资等，使得它的发展相比于其他系统更加快速和稳健，进而促进周边城市、省份甚至国家的共同发展。建国以后，甘肃省的发展速度有所提高，尤其是改革开放以来的三十多年，经济实力有了质的飞越，但由于各种不利因素的限制，如经济基础的薄弱、生态环境的破坏，使得甘肃省相比于同时期其他地区的城市化进程较慢，所以需要进一步促进甘肃省城市发展机制的完善^[1]。而且甘肃省的社会主义市场经济体制正处于发展的关键时期，因此有必要对甘肃省城市生态经济的发展和城市之间的差异进行分析，理顺城市发展之间的脉络，避免城市在发展过程中对生态环境的破坏，促进甘肃省社会经济的可持续发展，促进甘肃省城市整体生态经济系统的发展。

十八大、十九大的顺利召开，颁布了多项关于环境发展、保护生态的政策，保护环境、文明发展的理念早已成为共识，进而推动了治理污染、可持续发展的力度，因此所谓的发展已经不是传统意义上的发展，而是立足于生态环境的、各个方面协调可持续的发展。在符合甘肃省整体利益的大前提下，如何提升甘肃省城市体系的整体实力，协调各市（州）的发展，把握城市生态经济系统内经济发展、社会服务、环境保护等方面的进度，如何在当前的背景下理出甘肃省城市生态经济系统的优势和不足，进而规划健康的全面发展的脉络，以促进甘肃省城市生态经济系统的健康发展、全面协调可持续发展，成为当下全民关注的焦点，而这也正是本论文尝试解决的问题。

论文正是在这种背景下，通过对生态经济系统和城市生态位进行文献梳理与研究，结合多学科理论，并利用基于生态位理论的城市生态经济评价体系，对甘肃省 14 市（州）的生态经济系统的运行状况进行测算，并研究其差异状况，剖析差异背后的深层原因，并提出可行性建议。

1.2 研究目的和意义

作为丝绸之路经济带的重要枢纽，甘肃省是西部地区的重要省份，是国家向西开放的重要门户，在对其发展现状认识的基础上，选用合理的统计学方法，结合城市学、经济学、生态学，对甘肃省城市生态经济系统的发展进行深入研究和剖析，具有明显的理论意义、现实意义。

理论意义：城市生态经济系统是一个结构复杂、要素繁多的综合性系统，它的发展和完善需要多种学科、多种理论的支持。其中的城市学发展时间相对较短，并且理论基础体系尚不健全，从整体上研究城市的运行的机制还不够完善，而城市生命周期理论面临同样的困难，理论滞后于发展，其各个子系统也在完善的进程中。论文通过运用生态学和经济学的理论知识，立足于城市生态经济系统，构建了基于生态位理论的甘肃省生态经济系统指标评价体系，将城市生态位的相关理念引进到城市发展测算中来，丰富了城市学的研究内容^[2]。

现实意义：对甘肃省城市生态经济系统的研究，有助于全面了解各个城市的发展现状，掌控每个区域、每个行业的发展潜力，剖析出各城市之间、各区域之间发展的差异性，为解决影响发展的不利因素、促进各城市的积极发展做好铺垫；其次，对甘肃省城市发展的差异性进行研究，可以使其重视自身问题，制定合理发展战略，促进甘肃省城市的全面发展。

城市发展中不断出现的各种问题，引起了各方的重视，民众、学者们关于保护环境、可持续发展的呼吁经常出现，发展模式也在不断的完善进程中，因此同过去相比，发展的概念、模式都已发生变化，它是新时期立足于生态环境的、各个方面协调可持续的发展。纵览以往关于区域差异、城市发展方面的研究，很多是立足于经济方面的发展差异的研究，对生态环境和生态经济系统方面的研究较少，而生态位理论能够把对城市发展和生态经济系统的研究很好的结合起来，是对于该方面的理论研究的有效补充。故本文拟立足于生态位理论、城市学理论、分形理论、空间分布相关理论，结合经济学的相关差异指标，分析甘肃省城市发展的差异性，并提出可行性建议。

1.3 研究内容与框架

根据研究的思路，本研究的主要内容包含三大部分：

第一部分，主要包括选题背景、研究的目的与意义、研究内容、研究思路和可能的创新点、不足之处，以及对国内外有关城市发展、生态位等理论和实证研究做出研究述评，确立本文的研究切入点。

第二部分，对甘肃省城市生态经济系统发展的差异性，从多个角度展开分析：

①概括介绍甘肃省城市发展的总体特征，并用描述统计的方法分析了甘肃省总体特征，如经济发展状况、生态环境状况，以及各个城市、各个区域发展的差异性特征，并运用生态位态势理论，简单分析甘肃省城市生态经济系统的各个子系统发展状况，定量剖析甘肃省城市生态经济系统的特征。为甘肃省城市生态经济系统的发展评价提供可借鉴的依据。

②甘肃省城市生态位的测算与特征分析。在分析了生态位评价作用、评价指标体系构建原则、评价指标的筛选方法、评价因子的选取的前提下，本研究试图构建一套科学性、可操作性强的城市生态位评价指标体系，以期有效测度甘肃省各城市间的生态位大小，并利用生态位分析发展的差异性，然后从《中国统计年鉴》《甘肃发展年鉴》等文献资料中搜集该生态经济系统的相关数据，将数据处理后代入生态位的计算公式中，对甘肃省城市生态经济系统的各个指标进行测度，然后对甘肃省各个城市的生态经济状况进行测算分析^[3]，定量剖析甘肃省城市生态经济系统的特征，为最终章节提出有针对性的建议对策提供现实依据。

③甘肃省城市生态经济系统发展差异性测算及特征分析。首先运用分形理论及其数学模型，结合空间关联性理论，分别对甘肃省城市体系的规模结构和空间结构进行定量的测算分析，总结其城市差异性的分形特征，以进一步分析其差异性。然后，利用熵权法、泰尔指数测算法等方法对甘肃省 14 个市（州）的生态经济系统运行状况进行测算，根据测算结果分析其差异性。

第三部分，结论与建议。根据生态位分析、规模和空间结构分析、经济状况分析的最终结果，总结甘肃省城市生态经济系统发展中所要解决的问题，结合甘肃省地域分布状况和国家相关条例规范，剖析甘肃省城市体系发展的合理性，并提出甘肃省城市发展和生态经济系统发展的一些建议。

本论文的研究框架图如下：

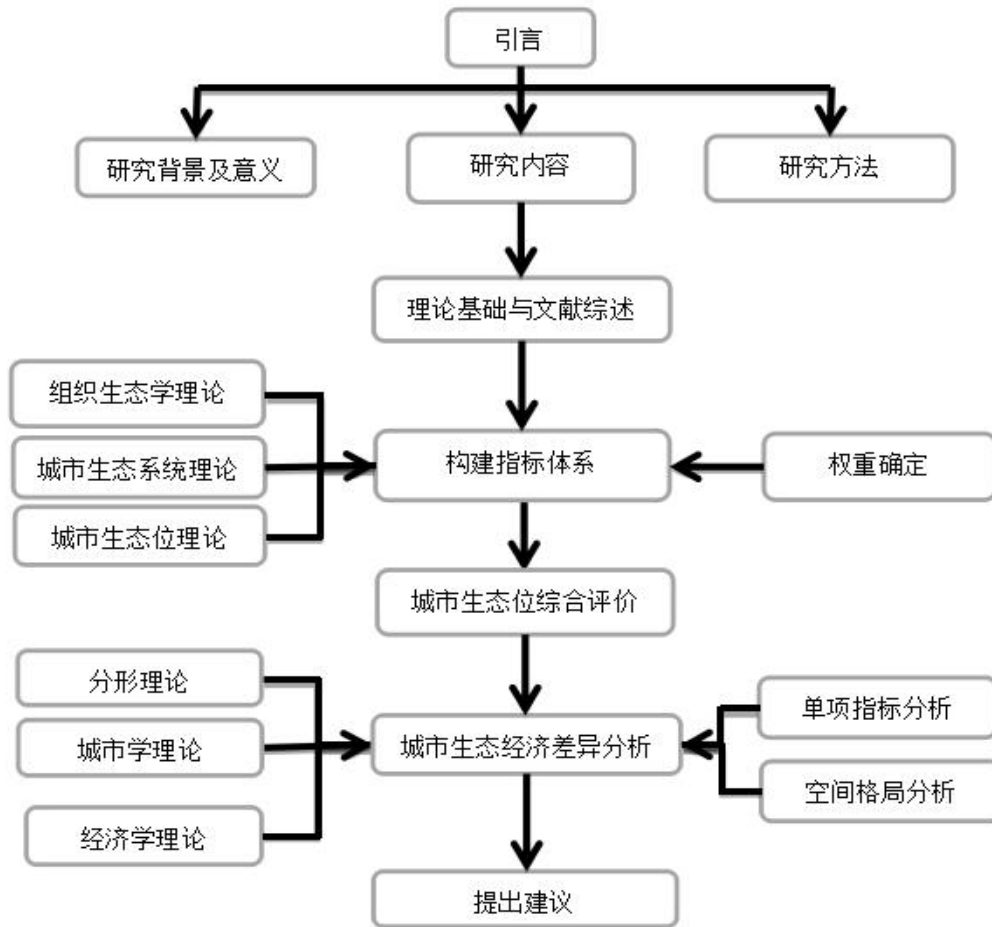


图 1.1 研究框架图

1.4 国内外研究现状

二十世纪九十年代以来，我国由于受到政策、环境等因素的影响，中西东三个区域的经济的发展差异剧烈增大，许多学者开始研究区域发展差异的现象。①在区域划分和地域划分方面^[4]，多数学者的研究区域跨度很大，有学者研究中国三十省份的发展差异状况^[5]，有学者研究东、中、西三大地带的差异状况，或者东南、东北和西部三大区域的差异状况^[6]，又或是南北区域的差异状况。就最小研究单元方面，有研究县域发展差异的，这有研究更小地域单元发展差异性的^[7]。②在指标选取方面，有基于单一测度指标 GDP(GNP)或人均 GDP(GNP)的研究^[8]，也有基于综合指标体系的研究，此外还有将人均 GDP 指标与其他指标共同考察的研究，如胡鞍钢的研究中，以人均 GDP 指标为主^[9]，以人文发展指标为辅；还有部分学者研究能源消耗与供给指标、经济发展指标、生态环境指标等。③在时间

长短方面,有的学者研究建国以来区域发展差异状况,并随时间变化的趋势^[10],有的学者研究改革开放后区域差异状况^[11],还有学者研究1984年以来区域差异状况^[12]。在时间的连贯性和间断性方面,有学者研究的内容是连续时间段的,有学者研究非连续时间段内的,还有学者研究的是连续时间与间断时点的组合^[13]。之所以研究样式如此多样化以至于没有统一的标准,大部分归因于资料年限的限制,也有的是因为研究者的具体研究目的不同。④在研究所用的测算方法方面,多数人利用统计分析方法、归纳演绎方法来分析地区差异性状况和未来变化趋向,进而分析差异性演变的规律性。分析总体差异性时,多数学者用到的统计方法有离均差系数、加权离均差系数、标准差、基尼系数、变异系数、加权变异系数、洛伦茨曲线和集中指数^[14];分析区域间差异时,有学者用多种方法作衔接,有学者用多种方法交叉验证分析^[15]。

近年来,在研究地区差异变动的主要因素时,学术界开始尝试运用一些新的研究方法,并对差异性形成的原因和来源进行解释。例如林毅夫等在研究差异状况时将基尼系数进行分解^[16];魏后凯等分析产业部门的差异性时将其构成进行分解,在研究地区差异性,将地理构成进行分解。

当研究区域经济差异状况时,在空间分布特征的分析方面,有许多实用的可视化方法。如测度区域经济差异时用的地图演示法^[17],该方法将空间均值和地理信息系统相结合,在保证准确性的同时又兼具简单直观的优点,在研究区域差异性的领域内具有直观性优势。特别是空间表现上,将两种要素直接进行比较,如GDP重心空间轨迹与经济要素等,来分析区域经济差异的原因。此外还有地图研究法等^[18],在研究经济差异的时空特征方面具有明显的优势。论文在前人研究的基础上,对甘肃省城市生态经济系统发展的差异性进行多角度的分析,并在微观层面进行深层次的研究。

1.5 主要创新点和不足之处

1.5.1 论文可能的创新点

第一,本文将一般的城镇体系结构分析方法与生态学理论和经济学相结合,从甘肃省城市生态经济系统的差异性入手,从微观层面,结合多种理论(城市学

理论、空间分布相关理论、经济学理论、分形理论），引入多个数学模型（态势理论模型、生态位测算模型、分形模型和生态位泰尔指数模型等），从多个角度（14市（州）之间、三大区域之间、五个维度之间作纵向和交叉对比分析）研究分析，对缺乏研究基础的甘肃省城市生态经济系统发展进行了系统的分析和测算，得出可靠的定性研究的结论，为更深层次的定性分析做好了铺垫。

第二，泰尔指数加权方法的创新。泰尔指数经常作为衡量个体或者地区的收入差距的指标。它有两种加权方法，即GDP加权法和人口加权法，而本文使用生态位加权法，GDP代表地区的经济水平，生态位代表地区的发展地位，具有一定的相似性、可替代性。甘肃省是我国大陆内部干旱半干旱地区的典型欠发达地区，对其城市生态经济系统的发展道路的探索是有意义的，用陈规理论的新使用方法对这种探索的尝试，能为同类型相似欠发达地区的发展提供一些参考。

1.5.2 论文不足之处

第一，在初步构思论文时，笔者尝试收集最近三十年来甘肃省城市生态和经济等方面发展的基本数据，利用时间序列对甘肃省城市发展的差异性和空间演化特点进行分析，但是因为多种原因未能如愿，几经波折后所得数据非常有限，最后只能从其他方面研究。这也是在对甘肃省城市生态经济系统的发展进行分析时，有待于进一步深入研究的地方。

第二，在构建城市生态经济系统指标体系时，考虑数据覆盖范围和可得性，本文选取的都是客观性指标，如人均收入、土地面积等，未考察如政府管理效率、服务能力等软指标，而这些软指标在时刻影响着城市的发展进程。因此，在之后的研究中，还需要进一步完善指标体系的构建。

2 相关理论与方法

2.1 相关理论

2.1.1 基础理论

(1) 生态文明理论

生态文明理论是人类取得的物质与精神结晶的总和，即人类遵循人、自然、社会相互和谐发展的客观规律，贯穿于社会建设、经济建设、生态建设、政治建设、文化建设全过程所取得的成果，它是工业文明之后的又一个文明形态，代表了人类文明发展到一个新的阶段，同时反映出了社会的文明进步状态^[19]。在 20 世纪七八十年代，世界范围内掀起了一个关于“增长的极限”的讨论，加上“能源危机”的冲击和各种环境问题的出现，各种关于生态保护的运动逐渐兴起。所以联合国在 1972 年 6 月，于斯德哥尔摩召开了历史上第一次关于环境保护的会议，正是在这样的背景中立案并顺利通过了著名的《人类环境宣言》，进而开始了全人类一起保护环境的运动，同时意味着环境保护运动由群众组织的运动上升到了政府引导的运动^{[20][21]}。

(2) 城市生态系统理论

城市生命体必须生存在自然环境以及社会环境中，一旦脱离该环境便不能存活，同时在它依赖栖息的环境当中，它需要不断地同周围的生存环境产生物资交换、能量流动和信息交流。城市与其所处的环境具有密切的功能联系，可看作一个整体，即城市生态系统^[22]。该系统的特征主要有以下四种：第一，城市生态系统是以人为主体的生态系统，同时也是人工生态系统；第二，城市生态系统虽然复杂，但是很脆弱，容易因为外界的冲击而瘫痪；第三，城市生态系统是不完全的生态系统，它必须依赖于外界；第四，城市生态系统内的能量流动具有多向性、特殊性^[23]。

(3) 生态经济系统理论

生态经济系统是一个复合系统，具有多种组成要素，概括来说可分为两大类，分别是社会经济系统和生态环境系统，这两个子系统相互作用、相互混合、相互

交织，都由若干个要素或子系统组成，其中社会经济系统包含人口、科技、经济等要素，生态环境系统包含环境、资源等要素，这些要素或子系统都是生态经济系统的组成部分。城市生态经济系统最基本的要素是经济实力、人口结构、环境保护、基础设施建设、社会福利共五个方面，它具有独立的生态经济综合体系特征、结构和功能，有其自身的物质运行、大部分能量转换、信息传递和价值传递等运动规律，不同于个体的生态系统和经济系统^[24]。生态经济学的主要任务是揭示生态经济系统的变化和发展规律，并以此规律指导人类生态经济的实践。

(4) 生态学态势理论

即在人们所生活的自然环境和社会系统中，个体或者生物圈都具有两种属性：状态属性和潜力属性。状态属性即为“态”，是指物种单位的当前状态，是过去生长、学习和与周围自然环境相互作用的结果，潜力属性即为“势”，是指物种单位的发展潜力及其对周围环境的影响和控制程度。因此，在一个特定的城市系统中计算一个城市的生态位，需要从多方面考察，如城市发展的现状、它的发展潜力、其对周边环境的影响力和控制应力等。

2.1.2 生态位理论

Johson 在 1910 年第一次使用了术语 niche，但是他并没有把它定义得很清楚，也没有把它作为一个概念。美国生态学家格林奈尔将生态位定义为一个分布单元，而且该分布单元内只包含着一个物种。这是生态位概念的第一次完整定义，它也被称为空间生态位^[25]。后来的研究者做出了多项类比，如把一个企业在城市系统的地位与一个物种在自然中的地位进行类比，进而把该企业定义为一个生态位；把人类社会系统类比为自然生态系统，进而把某种社会现象用生态位来定义等。基于上述优势，随着研究的进行，生态位的理论拓展和完善进程很快，在 20 世纪下半叶，生态位理论被应用到很多社会领域，有很多衍生新概念被定义出来，如企业生态位等。生态位理论引入城市发展发生在 20 世纪 80 年代，进而在 1983 年著名生态学家奥德姆将扩展生态位理论引入城市研究中。

我国学者在这方面也做了大量研究和拓展，尤其是城市生态位理论。在 1988 年，王如松^[26]重新定义了城市生态位，即“一个城市提供给人们的或可被人们利用的各种生态因子和生态关系的总和”^[27]，其中生态因子包含水、食物、土地等，

生态关系包含生产力水平、环境容量等。在 2000 年, 罗小龙等利用生态位态势理论做出系统分析, 并应用生态位理论对城乡结合部进行了实证研究^[28]。在 2004 年, 胡春雷等在将城市生态位与自然生态位进行比较的研究中, 提出城市生态位也应包括城市的态和城市的势^[29]。在 2008 年, 汪清蓉等研究珠江三角洲旅游城市的发展状况时, 利用生态位理论, 构建生态位评价指标体系, 并对相关指标进行测算, 根据生态位理论将研究对象划分为 3 类, 分析出各类城市的态和势^[30]。在 2014 年, 段祖亮等采用城市生态位宽度模型与重叠度模型, 以研究分析天山北坡城市群生态位大小、结构变化以及相互作用关系^[31]。在这些学者的研究结论中, 我们可以得出, 城市在城市生态经济系统中, 生态位的选择及演化影响深远, 直接关系到城市未来的发展。根据生态位理论, 城市可看作特殊的有机生命体, 它不同于一般自然系统, 需要同外界进行资源交换和信息交流, 根据生态位态势理论, 城市生态位的态势不仅体现该城市的现状以及其对人类社会活动的潜在影响, 也体现出该城市的各个方面在发展中的优劣势。

尤其是最近十几年来, 众多学者的努力, 使生态位理论愈发完善, 在外延方面也作了卓有成效的成果, 为生态位理论的发展和完善打下了坚实基础。因此生态位理论也成为地理、经济等许多学科发展借鉴的理论与方法, 与其他众多学科做到了互相印证、共同完善^[32]。限于篇幅和目前开展的主要工作, 本文将重点研究生态位在城市生态经济系统中的进展。

2.1.3 分形理论

分形理论是一种全新的方法论、世界观, 是现代数学中一个重要的基础研究方向。分形理论认为某个特定的环境中, 或者在某个特定的过程中, 整体中的某一部分, 如信息交流、形态结构、能量流动等, 会表现出某种相近的特征。而且空间维数是可以发生变化的, 既能连续, 又能离散^[33]。

古希腊数学家欧几里得被称为“几何之父”, 他用简单的直线和圆, 成功解释自然社会中的复杂现象, 和许多人类世界中现象, 被后人认作是几何学的奠基者。后来很多数学家也大都在欧几里得构建的理论中研究有关的问题, 但却不质疑该理论的可疑之处。对待那些在研究中不符合该几何理论的现象, 他们选择忽视, 或者认为是“特例”而略过。终于在 19 世纪, 数学家 Kael Weierstrass、Georg

Cantor 和 Henri Poincare 打破传统几何原理框架, 并得出全新理论, 在某个方面上更正了该几何原理的缺陷。

运用改良的几何学, 许多学者取得丰硕的成果。如开普勒解释了行星轨迹是椭圆型, 而非旧几何学中的圆形; Edmond Halley 用给出椭圆的方程; 牛顿发现万有引力定律; 牛顿-莱布尼茨发明了微积分学。受新几何学的影响, 物理学也取得巨大的进步, 拉普拉斯曾运用微积分计算出了每个粒子的运动速度和精确位置。但随着理论的完善, 有学者发现无法用该理论描述自然界中的一些现象, 如闪电轨迹、海岸线的边缘, 许多物体都是不规则、不对称的, 与直线和圆的轮廓相去甚远。而且, 在数学上卡尔·维尔斯特拉斯发现了一条“不可描述”曲线, 它没有光滑点、而且处处都是拐点, 即这条曲线是连续的, 但处处不可导。面对这些不规则的物体和现象, 如何用几何学来描述它们, 成为研究探讨的中心。

终于在 1967 年, 曼德勃罗特正式提出了分形几何的概念^[34], 并在《科学》杂志上发表了一篇名为《英国海岸线有多长》的论文; 然后他的两项研究《分形元素: 形态、机遇和维数》、《自然中的分形几何》分别在 1977 年和 1982 年发表, 书中系统地论述了分形的思想内容、方法意义, 意味着分形理论的初步形成。

分形理论是一种重要理论工具和哲学方法, 它让人类客观认识自然界, 对研究非线性领域产生了重大的影响^[35]。英国数学家 K.Falconner 在《分形几何的数学基础及应用》一书中, 对分形作出较为细致的概括, 是种与生物学中对“生命”定义相似的方法, 给出了分形具有以下性质^[36]: ①分形集的结构精细化, 可以精细到任意小尺度; ②分形集不能用几何语言描述, 它既不是点的轨迹, 也不是方程解集; ③在某种条件下, 分形具有自相似性; ④分形维数大于欧式拓扑维数时, 可以计算分形集的复杂组成; ⑤分形是由简单规则迭代产生, 一般不复杂。

由于对复杂问题的解决非常有效, 分形理论的研究应用涵盖非常大的领域。又因分形理论刚开始作为解决地理问题的方法, 所以对地理学影响较大, 是其作为非线性研究的重要方法^[37]。目前在城市地理领域研究中, 国外学者的研究颇多, 他们的城市地理分形研究主要以城市个体为对象, 研究城市发展要素和演化机制等问题。在国内, 分形研究的突出领域是城镇体系。我国于 20 世纪 90 年代初着手该领域的研究工作。陈彦光、刘继生等学者在基础理论方面取得较大的成果^[38]。陈勇、陈嵘等在实证分析方面研究较多, 例如城市规模、空间分形特征^[39]。刘继

生、陈彦光等在方法探讨方面成果较多，他们曾先后研究出一整套城市分形维数及其测算方法，对空间结构、等级结构的研究作用很大，比如空间关联函数法、回转半径法、Pareto 公式法、信息熵替代法、网格计数法和以及分形结构因子^[40]等。

在城镇体系研究中，分形理论优点颇多，比如科学的描述体系空间，清晰的刻画城镇规模特征，复杂的结构能数理化地展示出来，而且在分析研究过程中能理出优化城镇体系发展的方法。由以上分析可得，分形理论方法在城镇体系领域中已经是较为完善的理论体系。

2.2 研究方法

在论文写作过程中，通过查图书馆数据库、中国知网、维普网和其他相关网站查阅大量的文献和国内外收录的相关研究数据，通过仔细研读并分类、归纳、整理与综合认真分析相关前言成果和研究动态，理顺了相关理论的脉络，为接下来的论文研究打好了良好的理论基础。

2.2.1 统计分析方法

(1) 统计分析与比较分析相结合

对已经获取的各种数据及资料进行数理统计和分析，构建数学模型并运用相关公式进行计算、分析并得出结论，这个过程称为统计分析法。而比较分析法也称对比分析法，通过比较客观事物或指标数据，进而达到从本质上认识事物和规律并做出正确评述的目的。本研究在撰写过程中，通过对甘肃省 14 个市(州)的相关年份资料的搜集整理，利用生态位理论、生态位态势模型以及熵值法、分形理论等分析方法和数学工具来分析研究目标的数据特征；利用比较分析的方法，进行多角度比较，进而形成一套可靠的分析流程，为甘肃省城市生态经济系统的差异性分析提供依据。

(2) 系统分析法

它是指将要研究的对象看成一个复合的系统，该系统一般包含多种要素，由若干子系统构成，子系统之间相互联系、相互作用，根据子系统的性质和特征，总结复合系统的特征，并找出系统快速合理发展的一种分析方法^[41]。用系统分析

法研究复合系统内部子系统关系及其整体特征,已经是近年来的研究趋势^[42]。本文利用系统分析法,将甘肃省城市群看作一个复合系统,通过研究其各个子系统的发展关系和整体特征来研究城市发展问题,进而得出甘肃省城市生态经济系统的发展规律。

2.2.2 综合评价方法

(1) 熵值法

评价指标的客观正确赋权对评价结果具有重要意义,而熵权法具有客观赋权的特点,可以最大限度地减少在确定权重过程中人为的影响。熵值法在确定权重时采用了数学方法,可以尽可能地减少人为因素。1948年由 Shannon 提出信息熵的概念,最初用来测度系统信息量的多少^[43],有很多优点,比如客观性较强,从信息源的不稳定性着手,采用数学方法,完全依据原始数据进行计算进而表征系统的无序性。

(2) 分形测算法

分形理论应用领域非常之广,对于解决复杂问题非常有效。它在城镇体系研究中应用较多,且优势突出,在城镇体系研究中,能对城镇体系空间、规模等方面的复杂特征进行调理地描述工具,科学地刻画,结合分析结果找出优化城市发展的方法。由此可见在城镇体系研究中,分形理论已经相当的完善^[44]。

(3) 泰尔指数测算法

它是研究测度不平等度方面的重要衡量方法,泰尔(1967)利用熵的概念来处理收入的不平等问题,从而解决了不可分解的问题。它有两种加权方法,分别是 GDP 加权法和人口加权法^[45],这里使用 GDP 加权法。

3 甘肃省城市生态经济系统发展概况

甘肃省地处中国西北部，地域辽阔，介于北纬 32°11′~42°57′ 东经 92°13′~108°46′ 之间，东临陕西省，南接四川省，西靠青海省、新疆省，北连内蒙古、宁夏省。根据甘肃省第二次全国土地调查，2017 年度土地变更调查，截止 2017 年 12 月 31 日，全省土地总面积 4258.89 万公顷，占中国总面积的 4.72%，其中宁夏回族自治区飞地 5322.53 公顷。全省土地和矿藏资源较为丰富，各类矿产 119 种，总面积 42.59 万平方公里，城市人口密度为 4049 人/平方公里。下辖兰州市、嘉峪关市、白银市等 12 个地级市和甘南、临夏 2 个自治州。

3.1 甘肃省城市空间分布特征

甘肃省深居我国西北干旱地带，在中国地理形状上是经度跨越最大的一个省份，东西蜿蜒 1600 多公里，从空间分布状况来看，甘肃省各城市的分布主要有以下特征：

一是分布在河流附近。例如兰州、庆阳、平凉等城市，这些城市属于黄土高原地区，多分布在河谷阶地，如黄河、渭河、大夏河等。而酒泉、金昌、武威、张掖、嘉峪关这些城市属于河西走廊地区，多分布在河流流域的绿洲中心地带，如石羊河、疏勒河和黑河流域^[46]。

二是在交通线路附近聚集。东南方向有兰州市、天水 and 定西市，西北方向有嘉峪关、武威市、金昌市、张掖市和酒泉市，以兰州为中心分布在陇海—兰新铁路沿线附近。

三是分布于资源开发带附近。河西走廊地区的嘉峪关市和金昌市，均是属于资源开发而发展起来的的城市，其中嘉峪关市内铁矿资源较多，如镜铁山铁矿，金昌市镍矿资源颇丰，如龙首山镍矿，这两个城市皆因矿藏资源而闻名于国内外。另外白银市和张掖市的矿藏资源也很丰富，如白银市拥有 30 多种矿藏资源，如有色金属和煤炭、石膏等^[47]。张掖市是全省重化工基地，庆阳市也拥有丰富的矿产和能源资源。甘肃省各城市沿河流、资源点和交通铁路线分布的特点，形成了以兰州市为中心的“十字形”城市群分布特征^[48]。

3.2 甘肃省城市生态经济系统发展特征

3.2.1 城市发展的阶段性特征

由于生产条件不佳、交通不便、自然环境限制较大，一直以来甘肃省的社会发展状况不佳，经济发展速度迟缓，人口规模较小。1941年甘肃省第一座城市兰州市建立，这种情形才缓和下来，1949年新中国建立以后，甘肃省的经济发展速度开始缓慢提升，但是起伏波动较大。建国初期，国家推行重点工程建设，甘肃省经济得到较大提升，改革开放后在短期内又得到了一次迅速增长，经济的增长拉动了生产、扩大了内需，又导致资源的集聚，甘肃省的城市化迎来了契机，进而城市化水平大幅度提升；但国家经济政策环境在70年代有所起伏，导致甘肃省的城市化进程受到些许影响。直到改革开放以后，甘肃省的城市发展才算步入正轨，其中城镇化率具体数值见图3.1。

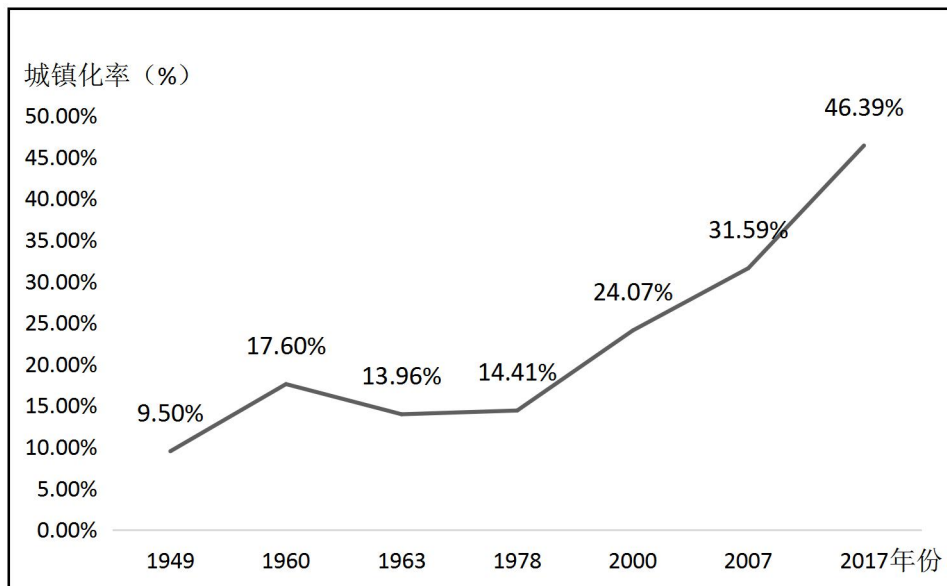


图 3.1 1949-2017 年甘肃省城镇化率变化图

根据上图所示，可以将甘肃省城市发展状况分为如下几个阶段：

第一，迅速增长阶段（1949年至1960年）：在这一时期，甘肃省社会生产力快速发展。经过三年调整，我国开始实施“五年计划”，在这期间，甘肃省新设立了许多新城市，如天水市、白银市、平凉市、临夏市、张掖市、合作市等，城市迅速发展，例如城镇化率由原先的9.5%提高到了17.6%，但是资源利用、科技水平、生态环境等发展缓慢。

第二，急速缩减阶段（1961年至1963年）：在这一时期，全国开展大跃进运动，甘肃也受到影响，就业短缺，人民生活艰苦，食品供应奇缺，为了解决这种问题，甘肃省缩减了城市数量，缩减城市人口，城镇化率也骤降至到13.96%，资源利用、科技发展等也受到较大冲击。

第三，缓慢增长阶段（1964年至1978年）：在这一时期，“文化大革命”在全国开展，而且国家实施严格的城乡分离政策，甘肃省的工场大面积停产、倒闭，城市发展几乎停滞。全省城市数量缩减至5座，分别为兰州市、嘉峪关市、金昌市、玉门市和天水市，但城镇人口规模缓慢回升，城镇化率小幅度提升。

第四，恢复发展阶段（1979年至2000年）：在这一时期，党中央召开十一届三中全会，随着改革开放的不断进行，经济发展较快，国家也恢复了城市的审批和设立工作，城镇数量迅速增加。甘肃省设立14座城市，另外还有230个建制镇，城镇化率提升很大，达到24.07%，资源利用、科技水平等发展有所提升，生态环境开始受到破坏。从总体看来，甘肃省城市发展仍然比较缓慢。

第五，飞速发展阶段（2001年至2007年）：在这一时期，甘肃省城市化水平的提高很大，经济、人口、城市规模和数量都很大提升，到2007年，城镇化率达到31.59%。经济、社会、基础设施都得到大幅度发展。

第六，平稳发展阶段（2008年至2017年）：在这一时期，受到国际金融危机的影响，甘肃省积极调整经济结构，转变经济发展模式，积极响应国家号召，扩大内需，带动了城镇化的快速推进。良好的城市发展环境，使得资源利用效率、科技水平得到较大幅度提升，如已经发现的各类矿产种类达到119种，但是，生态环境遭受破坏，生态足迹已经高于生态承载力，节水造林、垃圾回收等生态保护等措施陆续得到有力度的执行。

3.2.2 生态环境子系统发展特征

新中国建立后，特别是改革开放以来，甘肃省开始向国家重化工工业基地的方向转变。从工业化进程和经济发展的方面来看，甘肃省为这种转变做出重大调整，在大规模的资源开发的同时还着手高度集中式布局，毫无疑问，这个调整为甘肃省的飞速发展打下了坚实的基础，但同时也对甘肃的生态环境保护工作带来沉重的负担。各种自然灾害频发，如2017年全年全省发生地质灾害479起，其

中特大型灾害 6 起，大型 14 起，中型 120 起，小型 339 起，共造成 339 人死亡，10 人受伤，直接经济损失 4.87 亿元。

当前甘肃省城市生态环境主要表现有以下四个特征：第一，森林覆盖率较低，水土流失严重；第二，森林大面积砍伐，土地沙漠化和盐渍化严重；第三，水资源不足且存在污染现象，2017 年全省共设 68 个地表水考核断面，检测结果为马莲河、葫芦河等水质呈现不同程度的污染状况；第四，草地退化严重，严重影响当地牧民的生活水平，同时也会加剧土地沙化和盐渍化^[49]。

在全省生态环境发展不好的状态下，甘肃省城市与城市之间的生态环境差异性也很明显，比如在空气质量好坏的差异性如下图 3.2 所示。

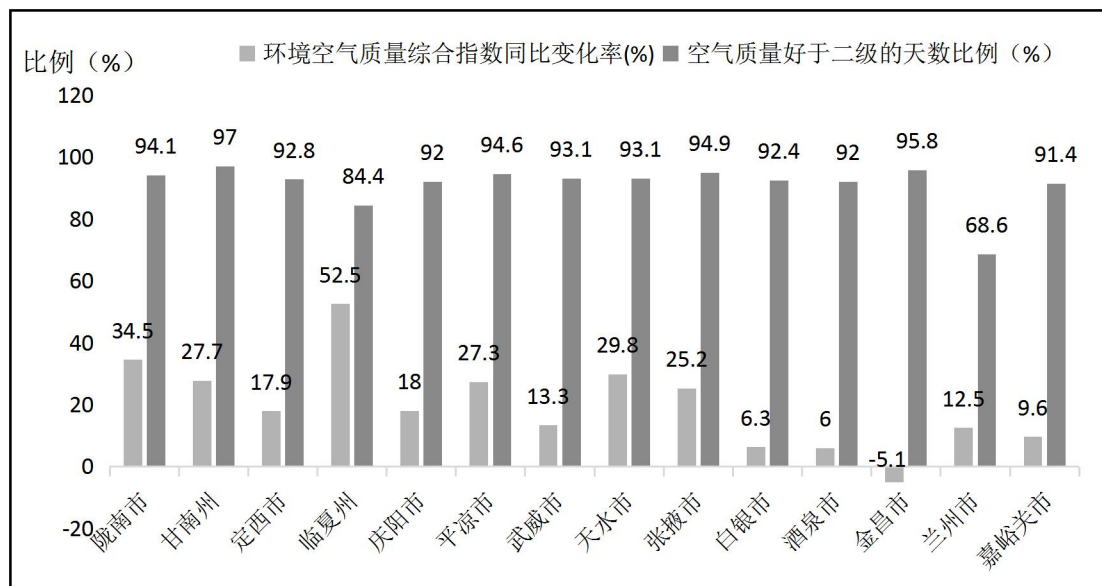


图 3.2 2017 年甘肃省城市空气质量好于二级的天数比例

从图中可以看到，兰州市和临夏州的空气质量好于二级的天数比例最低，说明这两个城市的空气质量不好，需要加强环境保护类措施的力度，而甘南州和金昌市的比例最高，说明它们的空气质量相对较好，在环境保护这方面所做的工作相当到位。由此说明，甘肃省城市生态环境子系统发展状况不好，且城市间的环境质量也存在不小的差距，应当引起相关部门的重视。

3.2.3 社会经济子系统发展特征

在城市发展的自然过程中，其表现形式往往是以农村劳动力等经济要素向城镇汇集，其本质上始终是生产力的发展，进而产业结构的根本性调整，最后带动农村剩余劳动力向非农业部门转移的过程^[50]。

自改革开放以来,甘肃省经济发展速度较快,经济综合实力提升很大。初步估算,2017年全省7677.0亿元生产总值,比上年增长3.6%。其中,第一产业增长率增加5.4%,产业增加值1063.6亿元,第二产业增长率下降1.0%,第三产业增长率增长6.5%。产业结构比为13.85:33.38:52.77。按年末常住人口计算,人均29326元生产总值,比上年增长3.0%。具体状况见下表3.1。

但国民经济发展中还存有诸多问题:一是经济结构还有不合理的地方,国有经济结构不易调整而且进展不大,非公有制经济发展速度依然较慢^[51];二是能源利用效率较低,节能减排的工作仍然很难完全执行;三是区域发展进程不一致,城市与城市间发展差异较大,如下图3.3所示。

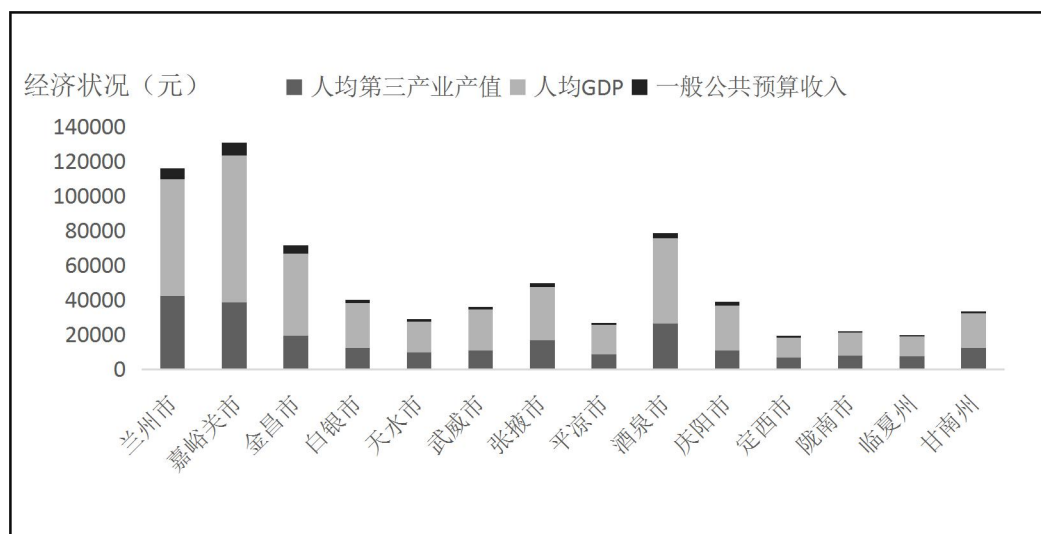


图 3.3 2017年甘肃省城市经济发展的差异性

从图中可以看到,2017年甘肃省城市人均第三产业产值最高的是兰州市和嘉峪关市,最低的城市是定西市、陇南市和临夏州,而对这四项经济指标的累加值进行比较后得出,数值最高的依然是兰州市和嘉峪关市,最低的依旧是定西市、陇南市和临夏州,说明甘肃省城市经济系统的发展非常不平衡,城市经济发展的差异性较大,需要对甘肃省经济的发展和布局做出适当的调整。

3.2.4 城市发展的差异性特征

改革开放以来,经过几十年的发展,甘肃省整体实力有了很大的提升,但是区域之间、城市之间发展很不平衡,如下图3.4所示:

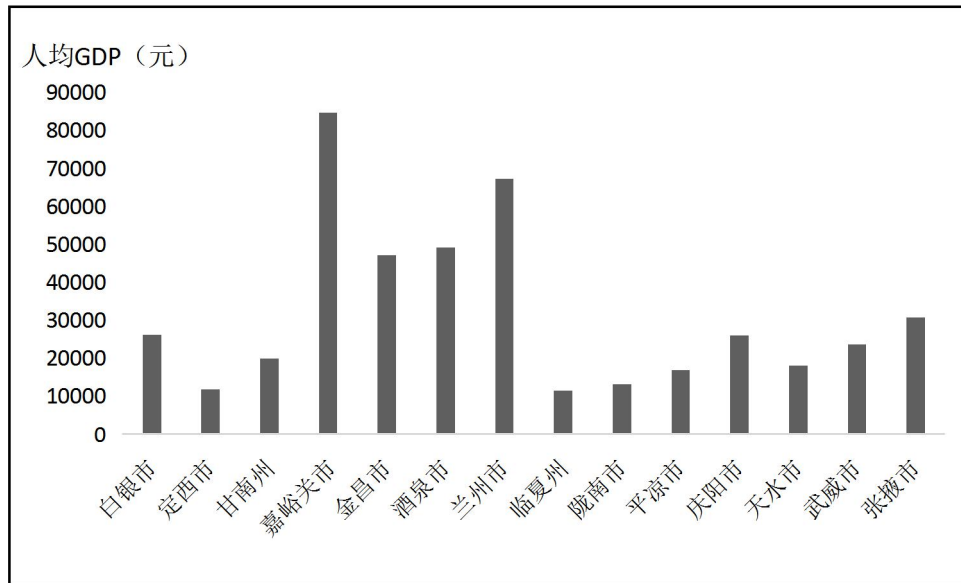


图 3.4 2017 年甘肃省 14 市（州）人均 GDP 值

从图中可以看出，2017 年甘肃省城市的人均 GDP 发展水平很不平衡，数值最高的是嘉峪关市，为 84667 元，数值最低的是临夏州，为 11411 元，彼此差距很明显，说明城市之间的发展很不平衡。而在环境保护方面，差距同样很明显，如下图 3.5 所示：

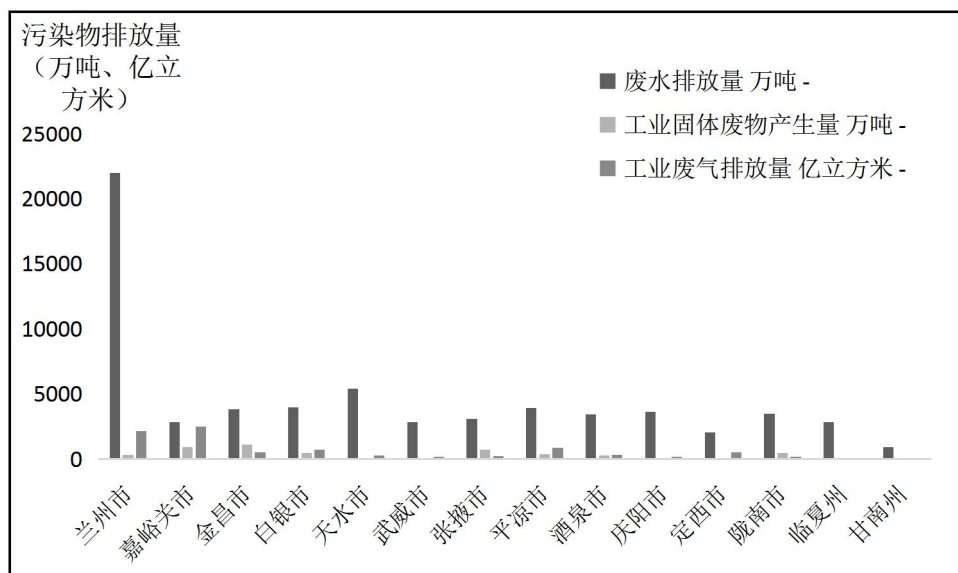


图 3.5 2017 年甘肃省 14 市（州）环境污染状况

从图中可以看出，2017 年甘肃省 14 市（州）环境污染状况差异较大，兰州市最为甘肃省省会城市、区域核心城市，各种污染物的排放量也是最高的。定西市

市、甘南州的污染排放量最少，生态环境相对较好，还能看出城市之间污染物的排放量差异很大，地区生态环境的发展很不平衡，环境治理的布局需要合理规划。此外，甘肃省城市在各个方面的差异如下图 3.6 所示：

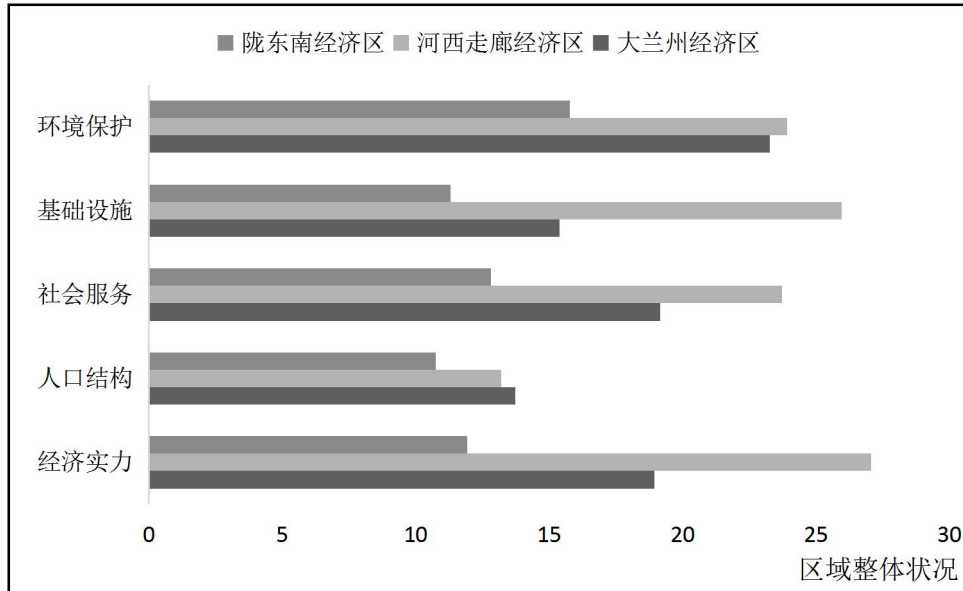


图 3.6 2017 年甘肃省区域差异状况

由上图可以看出，2017 年 14 市（州）中，在城市发展的五个方面经济实力、人口结构、社会服务、基础设施、环境保护上，河西走廊经济区和大兰州经济区的整体数值都较高，而陇东南经济区的数值较低，发展比较落后。应该是兰州市、嘉峪关市、酒泉市在经济发展方面实力突出，带动了区域整体数值的提高。其中兰州市处于经济领先地位，由前面的分析知其环境保护方面较差，应当注意环境与经济的协调发展。

3.3 甘肃省城市生态经济系统发展中的问题

新中国建立以来，甘肃省经过几十年的发展，城市经济实力、城市布局等诸多方面取得了巨大的成果，城市化进程有了很大提升，特别是最近十几年来，国家颁布实施了多项政策，如西部地区大开发等战略，也促进了甘肃省城市全面发展的飞速提升。但是与同时期其他区域城市相比，甘肃省城市生态经济系统发展还面临着以下诸问题。

(1) 城市产业结构单一且不均衡。城市在发展过程中，资源消耗过多、环境破坏严重，使得甘肃工业行业的发展布局受到限制，而且资源密集型、劳动密

集型行业较多,所以长期以来,甘肃省经济发展的支柱都在于工业发展,最近几年来,存在资源浪费、过剩产能等情况。第三产业发展面临较大的压力,提升相对较慢,而且对资源和环境的负担依然居高不下,在此同时,一些典型的矿产资源城市例如金昌、嘉峪关和白银市,面临着产业单一问题,随着近些年资源的枯竭,这些城市的发展能力受到严重的限制。

(2) 城镇化水平低于全国平均水平。无论在数量上还是质量上,甘肃省的城镇化水平都远远低于同时期其他地区,并且在全国范围内也是靠后的存在,这种状况严重影响甘肃省生态经济系统的发展。

(3) 规模体系、空间分布有不合理的地方。在现今甘肃省的城市发展体系中,多数城市都存在发展规模小,空间布局乱的区域,而且省内处于增长极位置的城市较少,辐射效应弱,同时部分城市的建造不合理,某些地区的行业之间有不和谐的因素,这样容易造成城市之间的不良竞争,使得城市体系的建设工作在开展中有很多困难,拖慢区域整体经济实力的提升速度和整体上构建合理发展体系的布局,进而对甘肃省整体发展造成不利影响,使得城市在发展过程中愈发难以聚集资源,也就无法发展成为区域发展的中心。

此外,甘肃省各城市之间的联系也存在一些不合理的地方,如:兰州作为甘肃省的中心城市,辐射效应仍然较弱。属于兰州市辐射范围的二线城市并不多;城市之间的交通网络不发达。这是城市与城市间、城市与外界交流的一个重要障碍;城市之间的功能联系普遍很弱等。

综上所述,可以看出甘肃省经过改革开放以来三十多年的发展,经济实力得到明显的提高,但还需要有侧重、有计划地解决一些问题,才能使甘肃省生态经济系统快速完善起来。本文通过对甘肃省城市生态经济系统发展以及城市间的差异性进行分析,发现其发展过程中的问题,剖析其深层原因,对当前正处于改善体质结构、优化资源倾斜方向、全面发展提升的甘肃省来说,正是关键所在。

4 甘肃省城市生态经济系统差异性测度与分析

城市在城市生态经济系统中可看作一个生命有机体,如同物种在生物群落中一样,他们的生命都经历了同样的过程,在这个生存过程中,每一个城市都存在一个适合其发展的功能位置和时空位置,都存在同系统中的其他城市之间的功能联系,这种联系同自然界的有机个体或物种之间的相互作用一样。因此,论文立足于城市生态经济系统,以生态经济学理论、城市生态文明理论为指导,基于生态位理论,结合分形法、熵权法、泰尔指数测算方法和统计分析法,对甘肃省城市生态经济系统的发展差异性进行分析。

4.1 生态经济系统发展的综合评价与分析

4.1.1 指标体系的构建

(1) 指标选取及说明

本文在深入分析国内外城市发展研究现状的基础上,立足于城市生态经济系统,结合生态位理论、城市生态经济系统评价指标体系的现有构建经验,遵循科学性等原则,从影响城市发展的诸多要素入手,将影响城市发展的测算指标分别划分到经济实力方面、人口结构方面、社会服务方面、基础设施方面、环境保护方面中。同时考虑到指标数据的复杂性,为保证数据之间不相互影响,论文选用的都是处理过的,如比重数据、人均数据等,见下表 4.1。

表 4.1 甘肃省城市生态位指标体系

| 要素层 | 指标层 | 指标属性 |
|------|-------------|------|
| 经济实力 | 人均第三产业产值 | + |
| | 在岗职工平均工资 | + |
| | 人均 GDP | + |
| | 人均固定资产投资额 | + |
| | 人均社会消费品零售总额 | + |
| | 人均城乡居民储蓄存款 | + |
| | 人均一般公共预算收入 | + |

| | | |
|--------|------------------|---|
| | 人均城镇居民可支配收入 | + |
| | 农民人均纯收入 | + |
| 人口结构 | 15-64 岁所占人口 | + |
| | 总抚养比 | + |
| | 城镇化率 | + |
| | 城市人口密度 | + |
| 社会服务 | 人均社会服务民政经费 | + |
| | 人均邮电业务总量 | + |
| | 万人拥有文化事业机构数 | + |
| | 万人拥有 R&D 人员数 | + |
| | 万人拥有卫生机构床位数 | + |
| | 万人拥有卫生机构人员数 | + |
| | 万人拥有养老服务机构数 | + |
| 基础设施 | 万人拥有公园面积 | + |
| | 万人拥有公共厕所数 | + |
| | 万人拥有城市园林绿地面积 | + |
| | 人均年末实有道路面积 | + |
| | 万人拥有城市道路照明灯 | + |
| | 万人拥有城市排水管道长度 | + |
| | 城市用水普及率 | + |
| | 城市燃气普及率 | + |
| | 人均清扫保洁面积 | + |
| | 万人拥有市容环卫专用车辆设备总数 | + |
| 环境保护 | 空气质量好于二级的天数比例 | + |
| | 人均工业固体废物综合利用量 | + |
| | 万人拥有废水治理设施数 | + |
| | 人均全年供水总量 | + |
| | 人均废水排放量 | - |
| | 人均工业固体废物产生量 | - |
| | 人均工业废气排放量 | - |
| | 人均日生活用水量 | - |
| 人均耕地面积 | + | |

| | |
|---------------|---|
| 人均草地面积 | + |
| 人均水域及水利设施用地面积 | + |
| 建成区绿化覆盖率 | + |

注：“+”表示生态位正向指标值，“-”表示生态位负向指标值。

第一，经济实力指标，即衡量城市的经济发展实力的指标。城市的发展速度受经济发展速度的影响，城市的经济基础发展水平较高，城市建设当中才会有更多的可动用资金。论文选取多个指标，从多个方面考察城市的经济实力，用到的指标主要有人均第三产业产值、人均城乡居民储蓄存款、人均 GDP、在岗职工平均工资、人均城镇居民可支配收入、人均社会消费品零售总额、人均一般公共预算收入、人均固定资产投资额等。

第二，人口结构指标，即衡量城市人口发展的指标。城市人口结构特征和规模分布判定城市人口发展水平的标准，城市或者区域人口资源的质量也是影响综合实力判定的重要因素，而城市人力资源的质量和数量也体现出城市的竞争力强度。论文分别从城市人口密度、城镇化率、15-64 岁所占人口比、总抚养比四个方面进行考察。

第三，社会服务指标，即衡量城市中社会服务和生活环境质量的指标。城市的生活环境质量和水平是城市安稳和发展的重要因素，是城市发展水平和文明程度的重要判定标准。论文分别从人均养老服务机构数、人均卫生机构人员数、人均卫生机构床位数、人均文化事业机构数、人均邮电业务总量、人均社会服务民政经费、人均拥有 R&D 人员等方面进行考察。

第四，基础设施指标，即衡量城市基础设施建设的指标。城市基础设施建设是城市系统各方面发展的基础，它体现城市的设施水平和发展程度，是促进城市和谐发展的重要措施。论文分别从人均清扫保洁面积、排水设施、交通设施、生活设施、能源设施等方面进行考察。包含指标有人均年末实有道路面积、城市用水普及率、人均全年供水总量、人均城市排水管道长度、城市燃气普及率、人均市容环卫专用车辆设备总数、人均废水治理设施数、人均公共厕所、人均城市道路照明灯数等。

第五，环境保护指标，即衡量城市环境保护力度和进展的指标。生态环境直接影响着城市的管理布局，进而影响城市生态经济系统的发展。论文分别多方面考察环境保护，主要有生态环境状况、环境质量、空气质量、环境治理等方面，

具体包括人均废水排放量、人均工业废气排放量、空气质量好于二级的天数比例、人均工业固体废物产生量、人均日常生活用水量、人均城市园林绿地面积、人均公园面积、人均建成区绿化覆盖率、人均水域及水利设施用地面积、人均耕地面积、人均草地面积、人均工业固体废物综合利用量。

(2) 指标数据预处理

为了保证数据可靠性、科学性，论文数据来源于《中国城市统计年鉴》、《甘肃发展年鉴》、甘肃自然资源网，部分数据来源于甘肃发展统计公报，并经过筛选和简单的处理。由于数据量纲不同，计算时不能直接带入，否则会对结果产生影响。为消除原始数据的量纲影响，论文对其进行标准化处理，方法如式(4-1)所示：

$$\begin{aligned} \text{正向指标: } X'_j &= X_j / X_{\max} \\ \text{逆向指标: } X'_j &= X_{\min} / X_j \end{aligned} \quad (4-1)$$

式中： X_{\max} 表示城市某个指标 j 的最大值， X_{\min} 表示城市某个指标 j 的最小值， X'_j 表示城市第 j 个指标的量纲化后的数值， X_j 表示城市第 j 个指标的原始值。

4.1.2 生态经济系统生态位测算模型

(1) 生态位的态和势

根据城市生态位态势理论，将城市在各方面的生态位看成城市在方面同自身所处的环境相互作用、相互影响而形成的结果，代表城市的生存位置和作用。城市在各维度生态位包括两个方面的特征：状态属性和潜力属性，状态属性即为“态”，潜力属性即为“势”，态和势的结合即为生态位宽度。论文的生态位态势模型主要参考了朱春全的评价模型，公式如下：

$$N_i = \frac{S_i + A_i P_i}{\sum_{j=1}^n (S_j + A_j P_j)} \quad (4-2)$$

式中 A_i 、 A_j 为量纲转换系数， N_i 为指标体系中第 i 个因子的生态位， P_i 为该因子的势， S_i 为该因子的态， S_j 为第 j 个因子的势。

根据生态位态势理论模型和朱春全的评价模型，可知城市生态位的态值和势

值越大, 则获取和吸引资源越多, 资源利用率越高, 生态位大小越接近于 1, 进而发展得到的收益也越大, 发展超过其他单位的数值越高, 在城市生态经济系统内的影响力越广; 当生态位宽度越小, 在城市发展过程中能够获取的资源越有限, 作用空间越小, 资源利用率越低, 进而差距越拉越大^[52]。

(2) 指标权重确定方法

因为权重是相对于该指标体系而言的, 所以指标权重的大小值是一个相对量。因此如何对评价指标客观赋权, 将直接影响评价结果的准确性。而熵值法在赋权过程中能尽量减少人为因素的影响, 完全依据原始数据计算, 是一种客观赋权法。统计学家 Shannon 在 1948 年定义信息熵, 用来测算系统信息量。熵值法的客观性强, 对于信息源系统, 能够客观的衡量其无序性。方法如下:

先计算 P_{ij} 值, 即第 j 项指标下第 i 个城市指标值的比重

$$P_{ij} = X'_{ij} / \sum X'_{ij} \quad (4-3)$$

再计算 e_j 值, 即第 j 项指标的熵值

$$e_j = -(1/\ln m) \sum P_{ij} \ln P_{ij} \quad (4-4)$$

最后计算 a_j 值, 即第 j 项指标的权数

$$a_j = (1 - e_j) / \sum (1 - e_j) \quad (4-5)$$

(3) 计算步骤

第一步, 用熵值法计算各指标的权数值。

第二步, 利用公式 (4-2), 得到每个要素的生态位。将每个指标 2017 年的增长率作为“势”, 每个指标数据标准化后的值作为“态”, 运用公式得出每个方面的生态位。

$$N_i = \frac{a_i(S_i + A_i P_i)}{\sum_{j=1}^n a_j(S_j + A_j P_j)} \quad (4-6)$$

第三步, 计算综合生态位。

$$M = \sum_{i=1}^n N_i / n \quad (4-7)$$

式中, M 表示城市综合生态位, N_i 表示城市第 i 个因子的生态位, n 表示因子的个数。

4.1.3 生态经济系统生态位测算及特征分析

(1) 城市生态位指标权重测算结果

利用前文给出的熵值法计算公式，将 2017 年甘肃省 14 个市（州）的各方面指标原始数据带入公式（4-1），再运用公式（4-3）、（4-4）、（4-5），分别计算 2017 年甘肃省 14 个市（州）各指标权重，结果见表 4.2。

表 4.2 甘肃省城市生态位各指标权重

| 要素层 | 指标层 | 指标权重 |
|------|------------------|--------|
| 经济实力 | 人均第三产业产值 | 0.1132 |
| | 在岗职工平均工资 | 0.0015 |
| | 人均 GDP | 0.0623 |
| | 人均固定资产投资额 | 0.0747 |
| | 人均社会消费品零售总额 | 0.0383 |
| | 人均城乡居民储蓄存款 | 0.0022 |
| | 人均一般公共预算收入 | 0.0053 |
| | 人均城镇居民可支配收入 | 0.0161 |
| | 农民人均纯收入 | 0.0159 |
| 人口结构 | 总抚养比 | 0.0113 |
| | 城镇化率 | 0.0119 |
| | 城市人口密度 | 0.0132 |
| | 15-64 岁所占人口 | 0.0072 |
| 社会服务 | 人均社会服务民政经费 | 0.0114 |
| | 万人文化事业机构数 | 0.0310 |
| | 万人拥有 R&D 人员 | 0.0630 |
| | 万人拥有卫生机构床位数 | 0.0115 |
| | 万人拥有卫生机构人员数 | 0.0057 |
| | 万人拥有养老服务机构数 | 0.0143 |
| 基础设施 | 人均邮电业务总量 | 0.0124 |
| | 万人拥有公共厕所数 | 0.0405 |
| | 人均城市园林绿地面积 | 0.0135 |
| | 万人拥有市容环卫专用车辆设备总数 | 0.0343 |
| | 年末实有道路面积 | 0.0155 |

| | | |
|------|---------------|--------|
| | 万人拥有城市道路照明灯数 | 0.0181 |
| | 万人拥有城市排水管道长度 | 0.0126 |
| | 城市用水普及率 | 0.0012 |
| | 城市燃气普及率 | 0.0063 |
| | 人均清扫保洁面积 | 0.0536 |
| | 人均公园面积 | 0.0205 |
| | 空气质量好于二级的天数比例 | 0.0013 |
| | 人均工业固体废物综合利用量 | 0.0248 |
| | 万人拥有废水治理设施数 | 0.0134 |
| | 人均全年供水总量 | 0.0166 |
| | 人均废水排放量 | 0.0148 |
| 环境保护 | 人均工业固体废物产生量 | 0.0735 |
| | 人均工业废气排放量 | 0.0269 |
| | 人均日生活用水量 | 0.0051 |
| | 人均耕地面积 | 0.0208 |
| | 人均草地面积 | 0.0198 |
| | 人均水域及水利设施用地面积 | 0.0224 |
| | 建成区绿化覆盖率 | 0.0221 |

(2) 城市生态位计算结果

根据表 4.1 所示的城市生态位评价指标体系表, 根据生态位态势模型计算出 2017 年各指标态势值, 同时量纲转换系数为 1, 将数据带入公式 (4-6)、(4-7), 可得出 2017 年甘肃省 14 个市(州)的综合生态位, 具体数值及排名结果见表 4.3。

表 4.3 2017 年甘肃省各市（州）生态位排序表

| 城市 | 经济 | 名次 | 人口 | 名次 | 基础 | 名次 | 社会 | 名次 | 环境 | 名次 |
|------|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 兰州市 | 0.0102 | 2 | 0.0095 | 1 | 0.0112 | 4 | 0.0125 | 1 | 0.0042 | 14 |
| 嘉峪关市 | 0.0121 | 1 | 0.0082 | 14 | 0.0166 | 1 | 0.0111 | 2 | 0.0065 | 7 |
| 金昌市 | 0.0073 | 4 | 0.0079 | 13 | 0.0093 | 6 | 0.0096 | 3 | 0.0059 | 8 |
| 白银市 | 0.0047 | 8 | 0.0079 | 8 | 0.0046 | 10 | 0.0068 | 11 | 0.0046 | 12 |
| 天水市 | 0.0049 | 6 | 0.0098 | 2 | 0.0142 | 3 | 0.0058 | 14 | 0.0048 | 11 |
| 武威市 | 0.0044 | 11 | 0.0090 | 6 | 0.0098 | 5 | 0.0077 | 10 | 0.0070 | 4 |
| 张掖市 | 0.0058 | 5 | 0.0066 | 11 | 0.0089 | 7 | 0.0091 | 6 | 0.0070 | 5 |
| 平凉市 | 0.0044 | 10 | 0.0065 | 9 | 0.0059 | 8 | 0.0066 | 13 | 0.0042 | 13 |
| 酒泉市 | 0.0076 | 3 | 0.0072 | 10 | 0.0041 | 11 | 0.0088 | 7 | 0.0133 | 1 |
| 庆阳市 | 0.0048 | 7 | 0.0087 | 5 | 0.0038 | 12 | 0.0083 | 9 | 0.0088 | 2 |
| 定西市 | 0.0032 | 13 | 0.0080 | 3 | 0.0029 | 13 | 0.0067 | 12 | 0.0080 | 3 |
| 陇南市 | 0.0032 | 12 | 0.0075 | 4 | 0.0056 | 9 | 0.0087 | 8 | 0.0053 | 9 |
| 临夏州 | 0.0030 | 14 | 0.0079 | 7 | 0.0026 | 14 | 0.0092 | 5 | 0.0053 | 10 |
| 甘南州 | 0.0045 | 9 | 0.0082 | 12 | 0.0165 | 2 | 0.0094 | 4 | 0.0067 | 6 |

(3) 甘肃省城市生态位特征分析

根据表 4.3 的结果，可知甘肃省城市各维度生态位强度特征如下：

第一，从经济实力生态位来看，选用表征经济实力方面的这些指标，如表 4.1 所示，能够很好的测算出城市在经济实力方面的生态位大小。根据表 4.3 生态位数值结果，对比各城市经济实力生态位数值的大小，可知嘉峪关市排行最高，接下来分别为兰州市和酒泉市，它们一般公共预算收入、人均社会消费品零售总额、人均第三产业值、人均固定资产投资额数值较高，说明这些方面发展较好，为城市发展提供了良好的保障；而定西市、临夏州、陇南州是排在后三位的城市，其中定西市、临夏州，指标排名均靠后，说明这些城市经济基础和发展环境等要素需要改善。

第二，从人口结构生态位来看，能够很好的表征城市人口发展能力好坏的是表示劳动力结构和人口聚集能力的指标。兰州市作为甘肃省整体发展和区域发展的核心，人口基数最大；天水市和定西市分别位于第二和三位，其人口结构、人口规模都占据有利地位；而城市人口发展能力较为落后的城市为酒泉市、金昌市

和平凉市，三个城市在该方面的发展有待提高。

第三，从社会服务生态位来看，表征城市服务和生活环境的考察指标主要包含在通信、卫生、科技、教育、文化等方面。由表 4.3 可知，兰州市依然排在第一位，表明其社会服务发展的强度最大；其次为嘉峪关市、金昌市，表明这社会服务发展的强度次之；排在末尾的是平凉市和天水市，说明其社会生活环境、福利水平待遇较差，在卫生、教育等方面落后于其他城市，需要改善。

第四，从基础设施生态位来看，体现城市的基础设施建设情况的指标主要从人工绿化、能源设施、生活设施、交通设施等方面考察。嘉峪关市和甘南市分别为前两位，表明它们的基础设施建设较好，为经济发展提供了保障；兰州整体设施建设很好却不在前位，应该人口基数大的原因。定西市、临夏市、庆阳市落后于其他城市，说明这三个城市在该方面的实施上还需加大力度。

第五，从城市环境维生态位来看，从环境质量、环境治理、土地面积、空气质量等方面进行考察生态环境的发展。酒泉市、庆阳市、定西市排名前三位，表明它们的自然生态环境维护工作较为完善，为城市的进一步发展提供了环境保护；而兰州市的经济实力生态位排名第二，环境保护生态位排名末位，表明该城市在经济发展过程中，环境保护工作的力度还不够，应加强其环境保护措施的广度和深度。

由以上分析可知，在生态位综合评价方面，各个城市之间的综合生态位差异较大，兰州市、嘉峪关市作为甘肃省内的核心发展城市，综合实力都很高，临夏州、定西市起步较晚，发展较慢，实力相对不足。城市中五个方面的生态位之间也有差异，说明城市在经济实力方面、人口结构方面、社会服务方面、基础设施方面、环境保护方面也不均衡。

4.2 城市生态经济系统发展的分形特征分析

4.2.1 规模结构的分形特征

(1) 规模结构分形测算模型的构建

规模分布是指，某区域内人口规模的分布为层次等级分布，城市的规模分布具有分形特征。对于甘肃省内的 14 个市（州），首先设一个人口尺度 k 值，它

是度量城镇规模大小的划分标准，然后按照规模的大小将这 14 个市（州）排序，分别标注顺序为 $(1, 2, \dots, n)$ ，令 $N(k)$ 表示城市人口数大于 k 值的数量，则它们满足以下关系式：

$$k^{-D} \propto N(k) \quad (4-8)$$

由 Hausdorff 维数的基本含义，我们可得上式 $N(k)$ 与 k 值的关系是个分形模型， D 在模型中表示分形维数。而哲夫定义的这种城镇规模分布法是普遍适用的，在模型意义上满足分形理论且满足幂定律：

$$\frac{P_1}{k^q} = P(k) \quad (4-9)$$

对上式进行数学转换可得：

$$\ln P(k) = \ln P_1 - q \ln k \quad (4-10)$$

式子中，哲夫维数 q 与豪斯道夫维数 D 的乘积为 1，即 $q = 1/D$ ， k 表示为城市人口规模排序值； $P(k)$ 代表城市规模；则 P_1 为最大规模； q 为常数，它的大小与发展规模和城市条件有关。

D 值大小有以下含义：当 D 值变大时，表示规模较大的城镇数发展速度慢于规模较小的城镇，城镇分布将有集中的倾向；当 D 值变小时，表示规模较小的城镇数发展速度慢于规模较大的城镇，城镇分布将有分散的倾向^[53]，（详见表 4.4）。

表 4.4 分形维数 D 值大小及意义

| D 值 | 分布特征 | 意义 |
|-------------------------|------|-------------------------|
| $D = 1$ | 最优分布 | 区域内城市数目等于规模最大与最小城市的人口比值 |
| $D > 1$ | 集中分布 | 城市规模分布趋向正态分布，人口分布波动较小 |
| $D < 1$ | 分散分布 | 首位度城市的特点太过明显，人口分布波动较大 |
| $D \rightarrow +\infty$ | 理想分布 | 城市规模分布相同 |
| $D \rightarrow 0$ | 理想分布 | 区域内只有一个城市 |

(2) 规模结构的分形测算及特征分析

选取 2017 年甘肃省 14 个城市（地市、州）各城市的年末人口作为城镇规模的描述指标，见表 4.5。

表 4.5 甘肃省各个城市的人口数（2017 年）

| 城市 | 人口数（万人） | 序号 | 城市 | 人口数（万人） | 序号 |
|-----|---------|----|------|---------|----|
| 兰州市 | 372.96 | 1 | 武威市 | 182.53 | 8 |
| 天水市 | 333.98 | 2 | 白银市 | 172.93 | 9 |
| 定西市 | 280.84 | 3 | 张掖市 | 122.93 | 10 |
| 陇南市 | 262.31 | 4 | 酒泉市 | 112.36 | 11 |
| 庆阳市 | 225.66 | 5 | 甘南州 | 71.62 | 12 |
| 平凉市 | 211.28 | 6 | 金昌市 | 46.92 | 13 |
| 临夏州 | 204.41 | 7 | 嘉峪关市 | 24.98 | 14 |

利用哲夫公式和 2017 年甘肃省各市人口数量，做出甘肃省 14 个市（州）的规模分布散点图，如下图所示。

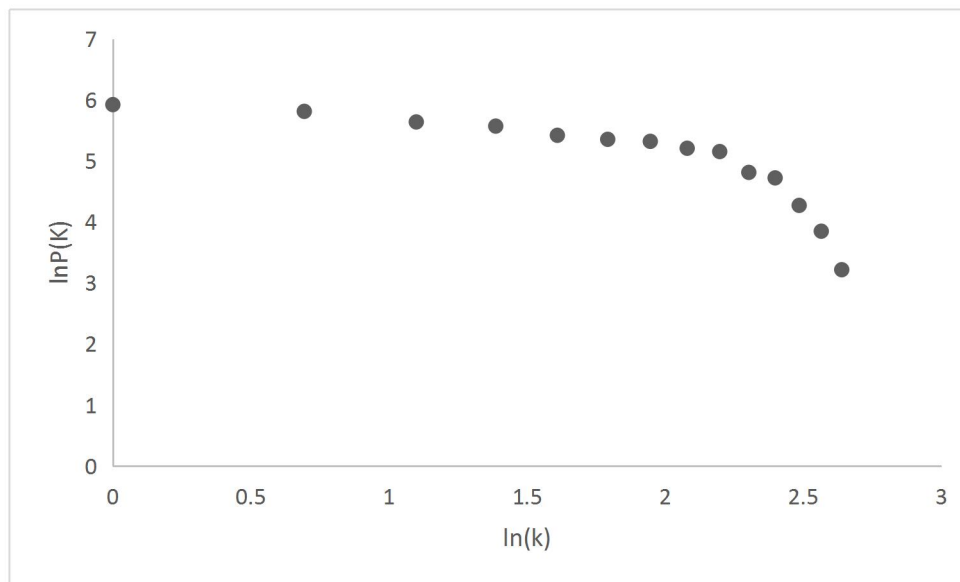


图 4.1 甘肃省城市规模分布双对数坐标图

城市在生态经济系统内的规模分布符合分析特征和随机特征，所以一般定义一个范围，只有在这个范围内对分形的刻画才是有意义的，可见对这个范围进行科学的划分是至关重要的，而这个范围就是无标度区，这也是它的定义所在。

如下图 4.2 所示，双对数坐标图中的第二个点和第十二个点之间有明显的线性趋势，由标准误差线也能画出，根据软件显示的数据，选定区域 $[(0.693, 5.812), (2.485, 4.271)]$ 为无标度区，并进行回归分析。

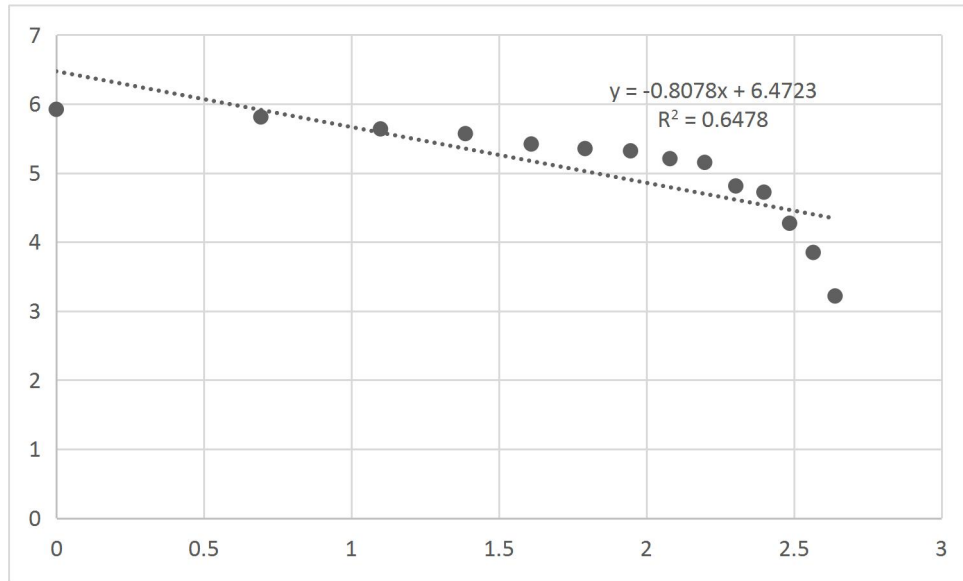


图 4.2 规模分布无标度区间的线性回归拟合分析图

无标度区回归结果为：

$$\ln P(\hat{k}) = 6.4723 - 0.8078 \ln(k) \quad (4-11)$$

在该回归方程中，相关系数 R^2 为 0.6478，相关性较好。常数 q 的值为 0.8078，所以分维值 $D = 1/q = 1.2379 > 1$ ，因此可得，较为集中是甘肃省 14 个市（州）规模分布的主要状态，同时，其中的中等城市发展较为充分，数量较为突出。人口分布差异程度较大，说明近年来甘肃省相关组织颁布的《甘肃省人口发展规划（2016—2030 年）》等一些措施在控制人口过程中发挥了积极作用，使得城市群的发展模式日渐成熟。

4.2.2 空间结构的分形特征

(1) 空间结构分形测算模型的构建

人类所进行的不间断的经济发展、人口繁衍等过程，就是区位选择的过程，在这个过程中，人类依赖的生产、繁衍环境的规模结构和空间结构也是不断变化的，反应了人类各种活动的区位特点、城镇发展的空间相互功能联系。有关研究已经证明^[54]，城市系统中各个城市间地理关系，在某种程度上就代表着他们的空间结构，而且在一定条件下，城市群中各个城市的空间分布相互影响，这种影响作用是客观存在的，所以从理论上来说，这种说法是成立的。论文将城市群中各个城市之间的相互影响、空间作用关系运用分形理论进行模拟，建立如下模型：

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln(C(r))}{\ln(r)} \quad (4-12)$$

式中 $C(r)$ 表示系统内部个体间的空间相关系数，可以用阶跃函数 H 来计算它的大小：

$$C(r) = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N H(r - d_{ij}), (i \neq j) \quad (4-13)$$

$$H(r - d_{ij}) = \begin{cases} 1, d_{ij} \leq r \\ 0, d_{ij} > r \end{cases} \quad (4-14)$$

式中 r 为距离标度， d_{ij} 为城市 i 与城市 j 间的距离，通常表示为欧氏距离， H 为阶跃函数。在该空间结构特征计算模型中，距离标度 r 的大小有实际意义， r 值分布于最大值和最小值间， $r \rightarrow 0$ 仅表示一种倾向。在计算时，出于简便性考虑， $C(r)$ 值用以下方式计算：

$$C(r) = \sum_{i,j=1}^N H(r - d_{ij}), (i \neq j) \quad (4-15)$$

因为城市空间分布标度值不变，所以有：

$$r^D \propto C(r) \quad (4-16)$$

城市空间结构的均衡性大小用关联维数 D' 值衡量，关联维数 D' 值通常分布在 $0 \sim 2$ 的范围内，当 D' 值趋于 0 时，表示系统中的个体之间关联性越大，分布越集中；当 D' 值趋于 2 时，表示系统中的个体之间关联性越小，分布越均匀。

(2) 空间结构的分形测算及特征分析

对于甘肃省城市之间的空间距离，采用前人的研究成果^[55]，将甘肃省 14 个市（州）之间的欧式距离汇聚成表 4.6：

表 4.6 甘肃省 14 市（州）之间的欧氏距离 单位：10km

| | 嘉峪关 | 酒泉 | 张掖 | 金昌 | 武威 | 白银 | 兰州 | 定西 | 临夏 | 甘南 | 天水 | 平凉 | 陇南 | 庆阳 |
|-----|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 嘉峪关 | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| 酒泉 | 2.2 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| 张掖 | 21.3 | 19 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 金昌 | 35.3 | 33.1 | 14.1 | 0 | | | | | | | | | | |
| 武威 | 41.4 | 39.2 | 20.2 | 7 | 0 | | | | | | | | | |
| 白银 | 61.3 | 59.2 | 40.4 | 27.4 | 20.5 | 0 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|--|--|--|--|--|
| 兰州 | 62.4 | 60.3 | 42 | 30.2 | 23.3 | 6.6 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| 定西 | 70.4 | 68.3 | 49.9 | 37.4 | 30.5 | 10.4 | 8.3 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 临夏 | 62.7 | 60.8 | 43.8 | 34.3 | 27.8 | 16.1 | 9.6 | 14.3 | 0 | | | | | | | | | | |
| 甘南 | 67.3 | 65.4 | 49 | 40 | 33.6 | 21.1 | 14.5 | 16.7 | 5.9 | 0 | | | | | | | | | |
| 天水 | 86.6 | 84.5 | 66.1 | 53.6 | 46.6 | 26.3 | 24.2 | 16.2 | 26.6 | 25.4 | 0 | | | | | | | | |
| 平凉 | 85.8 | 83.6 | 64.6 | 51 | 44.4 | 24.9 | 26.4 | 18.7 | 32.8 | 34 | 13.8 | 0 | | | | | | | |
| 陇南 | 91.9 | 90.0 | 72.7 | 61.8 | 54.9 | 36.2 | 31.7 | 25.9 | 29.2 | 25.1 | 15.1 | 28.8 | 0 | | | | | | |
| 庆阳 | 91.9 | 89.7 | 70.7 | 56.7 | 50.6 | 32.2 | 34.7 | 27.4 | 41.6 | 42.9 | 21.5 | 8.9 | 35.8 | 0 | | | | | |

把 $r=5(50\text{km})$ 作为计算步长的标度, 计算出每个标度 r 值所对应的空间相关函数 $C(r)$, 这样在 r 值变化时便在坐标系中得到了许多坐标点 $(r, C(r))$ 。

表 4.7 标度 r 及其对应的关联函数 $C(r)$

| | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| r | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| $C(r)$ | 1 | 7 | 14 | 20 | 29 | 40 | 53 | 59 | 66 |
| 序号 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| r | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| $C(r)$ | 70 | 76 | 78 | 85 | 90 | 97 | 98 | 101 | 106 |
| 序号 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 30 | |
| r | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | |
| $C(r)$ | 111 | 114 | 116 | 116 | 117 | 119 | 120 | 120 | |

根据上表, 对 r 、 $C(r)$ 分别取对数, 在坐标系中做出其 $x-y$ 散点图, 再线性回归模拟成函数。如下图 4.3 所示:

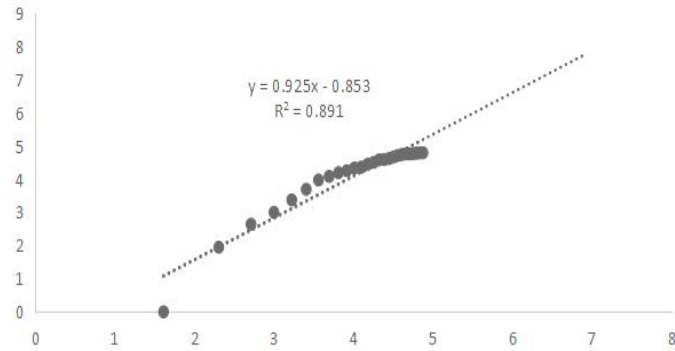


图 4.3 标度 r 及其对应的关联函数 $C(r)$ 的模拟函数

由标准误差线得出第二号点和第二十七号点为无标度区间,对无标度区间中的点进行线性拟合,得到拟合关系 $\ln C(\hat{r}) = 0.925 \ln r - 0.853$, 决定系数为 $R^2 = 0.891$, 拟合效果较好,根据关联维数基本模式可知,城市体系空间关联维数 $D' = 0.925$ 。

因为空间关联维数 D' 值满足 $0 < D' = 0.925 < 1$, 所以甘肃省 14 个市(州)之间的空间关联程度较强,空间分布趋于集中。体现出城市之间资源利用、经济交流、人口流动等各种功能联系的障碍较少,更有利于城市生态经济系统的完善和发展。但是因为部分城市比较聚集,而这些城市的人口基数又比较大,如大兰州经济圈的兰州市、白银市,才会计算出这种结果,所以各区域之间、城市之间要加强功能联系,多交流、多合作,促进甘肃省整体的发展。

4.3 城市生态经济系统发展差异性分析

通过上述实证研究,论文得出了甘肃省城市生态经济系统运行的整体生态位体征、空间结构特征和规模分布特征,以及经济实力、人口结构、社会服务、基础设施、环境保护五个方面的城市生态位特征,但是对于甘肃省经济实力具体有什么发展特点,城市间经济差异、区域间经济差异有什么分布特点等问题却没做好细致的研究。作为城市生态经济系统的一个重要发展特征,对甘肃省整体的进步有着至关重要的作用,论文有必要继续分析其城市发展差异性特征。

4.3.1 基于生态位的泰尔指数测算模型的构建

在学者研究国民收入分配问题时,如何既能分析收入问题又能够阐述收入分

配是否公平的现象成为了一个难点。为了解决这个难点，很多学者做了大量的研究，1907年统计学家洛伦兹总结了洛伦兹曲线理论，1912年经济学家基尼又提出了基尼系数理论，用来研究国民收入分配的差异问题，基尼指数越大，则分配的差异性越大。但是随即又面临另一个问题，就是差异的不可分解性，它无法表示组内与组间差异的缺陷使得它又颇受质疑。

为了解决差异性分解的问题，1967年泰尔在运算中带入了熵的概念，解决了这个难点，由此也可得出泰尔系数相较于基尼系数的优势，这个优势也使得这个方法在测度不平衡的领域内成为不可或缺的存在。它有两种加权方法，即GDP加权法（以GDP比重进行加权）和人口加权法（以人口比重进行加权）^[56]，这里使用GDP加权的理论，但是在计算中用生态位宽度替代GDP进行加权。GDP代表地区的经济水平，生态位代表地区的发展地位，具有一定的相似性、可替代性，代替后的泰尔指数公式为：

$$Theil_{eco} = \sum_{i=1}^n p_i (y_i / u) \lg(y_i / u) \quad (4-17)$$

式中： $Theil_{eco}$ 为城市生态位泰尔指数； y_i 为*i*城市的生态位； p_i 为*i*城市的人口占全部人口的比重； u 为人口加权的均值生态位； n 为研究的城市数目。

根据论文需要及《甘肃省“十三五”西部大开发实施意见的通知》（甘政办发〔2017〕92号），争取国家支持兰州—西宁城市群、关中—天水城市群建设，形成城市群、经济区组团发展的格局，巩固发展区域优势产业，形成优势互补、特色鲜明的城市生态经济系统发展格局，进而将甘肃省城市生态位区域划分为大兰州经济区、河西走廊经济区和陇东南经济区，本节分析三大区域之间的差距和区域内部差距。其中大兰州经济区包括兰州市、白银市、定西市、临夏市、甘南市五个城市及其辐射范围，河西走廊经济区包括酒泉市、嘉峪关市、张掖市、金昌市、武威市五个城市及其辐射范围，陇东南经济区包括天水市、平凉市、庆阳市、陇南四个城市及其辐射范围。

生态位泰尔系数 $Theil_{eco}$ 及空间分解的计算公式如下：

$$\begin{aligned} Theil_{eco} &= T_{inter} + \sum T_{m(intra)} \\ T_{inter} &= \sum \lg[(Y_m / Y) / (X_m / X)] \\ T_{m(intra)} &= \sum \lg[(y_j / Y_m) / (x_j / X_m)] \end{aligned} \quad (4-18)$$

式子中： $Theil_{eco}$ 等于区域间差异与区域内差异之和， $T_{m(intra)}$ 是第 m 个区域区域内部的生态位差距， $T_{(inter)}$ 是三大区域之间的生态位差距； Y 表示全省生态位总量， $Y = \sum Y_m$ ， $X = \sum X_m$ ， $Y_m = \sum Y_j$ ， $X_m = \sum X_j$ ， $j \in m, m = 1, 2, 3, 4$ ， j 表示属于第 m 个区域的 j 个城市（地市、州）。

4.3.2 基于生态位的泰尔指数测算及特征分析

按照表 4.1 所建立的城市生态位各维度评价指标体系，用 2017 年甘肃省各市（州）要素层的生态位数据计算城市生态位泰尔指数，利用公式（4-8）、（4-9），计算得出各市（州）要素层生态位泰尔指数值，具体数值结果及排名见表 4.8、表 4.9。

表 4.8 甘肃省各市（州）要素层生态位泰尔指数表

| 要素层 | Theil (eco) | 排序 | Theil (eco)均值 |
|------|-------------|----|---------------|
| 经济实力 | 5.691 | 2 | |
| 人口结构 | 6.466 | 1 | |
| 社会服务 | 4.726 | 3 | 4.453 |
| 基础设施 | 4.644 | 4 | |
| 环境保护 | 1.900 | 5 | |

根据表 4.8 可知甘肃省城市生态经济差异特征为：甘肃省城市生态经济系统总体的泰尔指数值为 4.453，说明其五个要素层的差异较大，其中人口结构泰尔指数值为 6.466，排在第一位，说明在五个要素层的差异中，人口结构方面的差异性是最小的；差异值排在前三位的分别是人口结构、经济实力、社会服务，这三个要素的生态位泰尔指数值较大，体现出这三个要素层在总体差异中所占比重较小；排在后两位生态位泰尔指数值的分别是 4.644 和 1.900，体现城市基础设施和环境保护的差异性较大，特别是环境保护层面，在所选取的五个要素层中差异最大，且与其他生态位泰尔指数值差距很明显，表明甘肃省城市环境发展的不平衡，环境保护工作力度和覆盖面都急需改善。

表 4.9 甘肃省城市三大区域生态位泰尔指数表

| 区域 | $T_{m(intra)}$ | 差异贡献率 | T_{inter} |
|---------|----------------|-------|-------------|
| 河西走廊经济区 | 0.317 | 0.411 | |
| 陇东南经济区 | 0.171 | 0.025 | 0.455 |
| 大兰州经济区 | 0.493 | 0.534 | |

根据表 4.9 可知，甘肃省城市生态经济系统中泰尔指数生态位特征如下：大兰州经济区的泰尔指数生态位差异占甘肃省城市整体生态位差异的贡献份额最大，是影响总体差异的决定因素。说明大兰州经济区内的不平衡，发展模式需要改进，进而使核心城市作为增长极的辐射作用更明显，使其周边城市利用这份核心城市的带动作用，减轻发展压力，突破发展障碍，使城市较好较快发展。陇东南经济区的泰尔指数生态位差异占甘肃省城市整体生态位差异的贡献份额最小，仅为 2.5%，可以看出该区域内部差异在总体差异中处于相对较轻的位置，区域内部城市发展比较平衡，侧面反映出其整体实力相对大兰州经济区、河西走廊经济区较慢，经济发展没有明显的核心区，缺乏增长极城市的带头辐射作用，应当提升发展较好的城市作用和影响地位，加强经济带建设，促进陇东南城市带发展。

5 结论与建议

当今城市在发展过程中并不再同以往一样，模式已经变化，从对资源的恶性掠夺转化为可持续性发展，兼顾协同合作、全方位发展文明发展等理念，这种现象被称作城生态经济系统全面发展格局。甘肃省的 14 个市（州）在发展过程中普遍较落后于同时期我国其他地区的城市发展进程，原因主要是缺乏大中城市的帮持，难以同大中城市形成优势互补、功能联动的发展关系。

5.1 研究的主要结论

通过对甘肃省城市生态经济系统发展差异性的研究，得出以下结论：

第一，在生态位综合评价方面，各个城市之间的综合生态位差异较大，兰州市、嘉峪关市作为甘肃省内的核心发展城市，综合实力都很高，临夏州、定西市起步较晚，发展较慢，实力相对不足。城市中五个方面之间的生态位也有差异，说明城市在经济实力方面、人口结构方面、社会服务方面、基础设施方面、环境保护方面也不均衡。比如嘉峪关市经济实力生态位为 0.0121，在甘肃省 14 市（州）中排在第一位，而人口结构生态位为 0.0082，排在最后一位，天水市人口结构生态位为 0.0098，在甘肃省 14 市（州）中排在第二位，而社会服务生态位为 0.0058，排在第十四位，这些城市在不同方面的排名差异都比较大，说明城市内部的发展很不平衡，城市发展布局有不合理的地方。

第二，在规模结构、空间结构方面，甘肃省 14 个城市规模分布的主要状态是较为集中，其中的中等城市发展较为充分，数量较为突出，城市的空间关联程度较强，空间分布趋于集中。体现出城市之间资源利用、经济交流、人口流动等各种功能联系的障碍较少，所以各区域之间、城市之间要加强功能联系。

第三，在城市生态位泰尔指数方面，五个要素层的差异较大，其中环境保护层面，在所选取的五个要素层中差异最大，且与其他生态位泰尔指数值差距很明显，表明甘肃省城市环境发展的不平衡。大兰州经济区的泰尔指数生态位差异占甘肃省城市整体生态位差异的贡献份额最大，差异贡献率是 0.534，是影响区域发展差异的决定因素。陇东南经济区的泰尔指数生态位差异占甘肃省城市整体生态位差异的贡献份额最小，差异贡献率是 0.025，该区域内部差异在总体差异中

处于相对较轻的位置，区域内部城市发展比较平衡，侧面反映出其整体实力相对大兰州经济区、河西走廊经济区较慢，缺乏增长极城市的带头辐射作用。

5.2 对城市模块发展的建议

通过论文以上分析，根据城市形成、演化、发展的规律和趋势，从整个城市系统的整体功能出发，从甘肃省每个城市的发展特点出发，将甘肃省 14 个市(州)划分为以下四类：第一类是兰州市和嘉峪关市，第二类是金昌市、张掖市和酒泉市，第三类是白银市、天水市、武威市、平凉市、庆阳市、甘南州，第四类是定西市、陇南市、临夏州。

第一类，兰州市和嘉峪关市：通过第四章的分析，兰州市是省会城市，嘉峪关市亦是甘肃省城市发展的另一个核心之处，论文得出这两个城市的生态位数字都比较大，说明他们城市化程度很高，资源利用比较充分，在甘肃省城市群发展中处于绝对优势地位，对于周边城市的发展既是机遇亦是挑战。所以站在甘肃省整体发展的角度，可以将这两市作为生态经济系统的关注点，进一步加大帮持力度，利用优势，吸引资源，充分发挥其增长极作用，加强城市之间的功能联系，充分发挥带头示范的作用，减小核心城市通周边的发展差距，进而带动甘肃省整体的发展，加速甘肃省城市生态经济系统的完善进程。

第二类，金昌市、张掖市和酒泉市：这三个城市均分布在河西走廊地区，张掖市有着悠久的历史、灿烂的文化 and 人文景观，是全国历史名城，旅游资源丰富；金昌市为新兴资源型城市，自然资源丰富；而酒泉市是河西五市商贸中心，有很好的外部发展环境和内部条件。所以这三个城市之间的发展比较复杂，合作与竞争，互补与互斥都有。所以，引导这三个城市的发展时，要根据他们各自的优势点和不足点，找准各个城市的各自定位，特别之处特别对待，集中资源发展优势产业，兼顾与嘉峪关市功能联系、资源互补，进而更快的发展起来。

第三类，白银、天水、武威、平凉、庆阳、甘南：他们的生态位宽度都较小，在发展过程中，来自周边城市的经济冲击、社会影响比较大，而且同层内还存在竞争关系。其中，距离兰州市空间距离较小的城市，可以依据增长极城市的帮持影响，距离较远的城市，例如天水、甘南等则没有这种外部优势环境。白银市和武威市条件较好，应充分利用扩散效应，加强与增长极城市在各方面的交流，借

机拓展生态位强度,获取更多的资源。同时两城市要利用自身的相对优势,进行差异化定位,加强与兰州市的深度合作。天水市、平凉市、庆阳市与甘南州经济相对落后,应加强与其他市的深度合作并集中资源发展经济,实现快速发展。

第四类,定西市、陇南市、临夏州:在经济发展、交通条件、基础设施等方面的弱势明显,在发展竞争中将要面对很多来自于周边城市的压力,阻碍了城市的发展。这三个城市在城市发展方面,应充分利用良好的区位条件,提高城市利用和获取资源的能力,进而拓展生态位宽度,加强与区域中心城市在城市发展各方面的深度合作,巩固城市的发展成果,以实现城市较快的发展。

5.3 对区域模块发展的建议

参考部分文件如《中共中央国务院关于深入实施西部大开发战略的若干意见》、《西部大开发“十三五”规划》等文件的精神,结合区域发展战略、西部大开发战略,积极响应国家“五横两纵一环”的号召,加快包昆通道、陆桥通道等重要交通线和节点城市的建设,推进酒泉—嘉峪关、兰州—西宁、关中—天水等经济区协同发展。加快国家城市群的建设,促进大兰州、陇东南、河西走廊三大经济区的发展。

第一,大兰州经济区。以白银市、兰州市、兰州新区为核心地区,以定西、临夏等重要城市为节点,以交通网络和沿黄经济带为轴线,构建大兰州经济区。强化区域内交通网络的管理,加快区域内交通基础设施的进程,构建出区域内交通便捷、安全高效的立体交通格局,强化大兰州经济圈内经济的组团发展。

第二,河西走廊经济区。加快酒嘉一体化、金武一体化进程,前者以酒泉市、嘉峪关为重点,推进同城化和一体化模式发展。发展壮大新能源、装备制造、现代高载能等特色产业。后者以金川、凉州为重点,推进金昌、武威城市组团的形成,进而实现区域产业一体化,以发展经济为第一目标,统筹全面发展格局,使之成为区域内有色金属工业和新材料基地的典范。

第三,陇东南经济区。促进形成天水经济区、平庆组团、陇南经济区发展模式的完善。统筹区域各个城市快速发展的同时,提升组团城市在区域内的作用和影响地位,推进各个组团城市在区域发展中的进程,加强区域内连接带的建设,如泾川与宁县连接带、平凉与庆阳发展链、“天成徽1小时经济圈”,加强优势

产业的吸引资源能力和典范带头作用，部分地区加重特色生态旅游区的建设力度，完善生态系统安全预警功能，实施灾害防治工程，促进该区域全方位发展的续航和突破。

基于以上分析，在甘肃省生态经济系统的完善过程中，不但要掌握每一个城市的优势，还要兼顾其劣势，在全面了解的基础上，用其优势特点来吸引外部资源，用其首位度产业的影响去带动周边相关产业的发展，并统筹区域资源的分配机制，不落下每个产业，不放过每次机会。同时各市（州）都应从全省整体出发，从城市生态经济系统差异性入手，着眼于不同发展特点，逐步对城市生态经济系统内的生态环境、经济发展、规模结构、空间结构以及社会功能分工等要素，调节筑牢国家生态安全屏障。为了甘肃省整体利益和各市（州）自身的长远利益，统筹兼顾，端正思想，以提升生态经济系统的整体实力为目标，使全省城市成为一个真正的整体，共同发展进步，最终促进甘肃省城市生态经济系统的健康发展、全面协调可持续发展。

参考文献

- [1] 张美晶. 基于生态位理论的东北主要城市竞争力比较研究[D]. 天津理工大学, 2016.
- [2] 杜飞. 基于生态位理论的甘肃省城市竞争力分析[D]. 兰州财经大学, 2018.
- [3] 唐振海. 基于生态位的区域物流竞争力研究[D]. 长安大学, 2016.
- [4] Guoying Long, Mee Kam Ng. The political economy of intra-provincial disparities in post-reform China: a case study of Jiangsu province[J]. *Geoforum*, 2001, 32(2).
- [5] 徐全勇, 黄威义. 我国三大地带乡镇工业区域差异的成因及其协调发展研究[J]. *经济地理*, 1997(03): 20-23.
- [6] 王小华. 收入结构变迁、支农政策引导与农村消费困境摆脱——一个时空和区域差异的对比研究[J]. *金融理论与实践*, 2013(11): 1-7.
- [7] 程丽香. 东南沿海县域中等收入阶层消费差异比较分析[J]. *中共福建省委党校学报*, 2009(11).
- [8] 陈效述, 王林海. 遥感物候学研究进展[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(1).
- [9] 刘生龙, 王亚华, 胡鞍钢. 西部大开发成效与中国区域经济收敛[J]. *经济研究*, 2009(9): 94-105.
- [10] 张聚华. 区域经济非均衡状态下的可持续发展研究[D]. 天津大学, 2003.
- [11] 杨少梅. 河北省农村经济区域差异与协调发展研究[D]. 河北农业大学, 2003.
- [12] 刘文旭. 改革开放以来中国区域经济差异周期波动性研究[C]//地理学核心问题与主线——中国地理学会学术年会暨中国科学院新疆生态与地理研究所建所五十年庆典. 2011.
- [13] 胡慧玲. 甘肃省区域旅游效率评价与空间差异研究[D]. 西北师范大学, 2015.
- [14] 李锋, 王银锋, 师志云, 王利新, 崔洁, 魏军. 运用标准差指数和变异系数指数评价实验室内不同血细胞分析仪检测结果的一致性[J]. *中华临床实验室管理电子杂志*, 2016, 4(01): 37-42.
- [15] 顾宗武. 安徽省区域经济差异研究[D]. 同济大学, 2008.
- [16] 刘权夫. 区域增长理论与发展策略研究[J]. *东方企业文化*, 2010(04): 89.
- [17] WANG Yang, CHEN Yaning, LI Zhi. Evolvement Characteristics of Population

- and Economic Gravity Centers in Tarim River Basin,Uygur Autonomous Region of Xinjiang,China[J].Chinese Geographical Science,2013,23(06):765-772.
- [18]刘荣添. 冲突与协调[D]. 华侨大学, 2006.
- [19]朱芷娴. 生态文明时代乡村建设的基本对策分析[J]. 环渤海经济瞭望, 2018, 000(007):99.
- [20]薛妮. 海南生态文明建设中的法律保护[J]. 山西省政法管理干部学院学报, 2018, 031(001):19-21.
- [21]尹伟伦. 产学研合作引领生态修复产业创新发展[J]. 中国科技产业,2016(01):76.
- [22]Hamilton D K.Organizing government structure and governance functions in metropolitan areas inresponse to growth and change a critical overview[J].Journal of Urban Affairs,2000,22(1):65-84.
- [23]彭思红. 城市绿化中绿地的功能与规划[J]. 现代农业科技, 2013(14).
- [24]Newman P.Changing patterns of regional governance in the EU[J].Urban Study,2000,37(5-6):895-909.
- [25]FRANCIS J. GREENE,PAUL TRACEY,MARC COWLING. Recasting the City into City - Regions: Place Promotion, Competitiveness Benchmarking and the Quest for Urban Supremacy[J]. Growth and Change,2007,38(1).
- [26]王如松. 城市生态位势探讨[J]. 城市环境与城市生态, 1988(01):20-24.
- [27]唐睿. 基于企业生态位理论的 TPL 竞争策略研究[D]. 西南财经大学, 2010.
- [28]罗小龙, 甄峰. 生态位态势理论在城乡结合部应用的初步研究: 以南京市为例 [J]. 经济地理, 2000(5):55-58.
- [29]胡春雷, 肖玲. 生态位理论与方法在城市研究中的应用[J]. 地域研究与开发, 2004, 23(2).
- [30]汪清蓉, 余构雄. 区域旅游城市生态位测评及竞合模式研究——以珠江三角洲为例[J]. 旅游学刊, 2008, 23(3).
- [31]段祖亮, 张小雷, 雷军等. 天山北坡城市群城市多维生态位研究[J]. 中国科学院大学学报, 2014, 31(4):506-516.
- [32]刘柳生, 黄毅, 黎盼. 基于分形理论的城市 PM2.5 浓度尺度效应研究——以长沙市为例[J]. 住宅与房地产, 2017(12):12-13+36.

- [33] 王晓红. 分形理论在防伪印刷技术中的应用[J]. 出版与印刷, 2001 (04) : 51-54.
- [34] 朱晓华. 关于海岸线长度不确定性问题的研究[J]. 2000, 17 (1) : 23-25.
- [35] 刘柳生. 基于分形理论的城市 PM_{2.5}浓度尺度效应研究[D]. 吉首大学, 2017.
- [36] 王希曼. 基于分形理论的卫星状态异变特征提取算法研究[D]. 电子科技大学, 2015.
- [37] 吕鑫淼. 基于分形理论的非线性模拟电路软故障诊断方法研究[D]. 哈尔滨理工大学, 2017.
- [38] 陈彦光, 刘继生. 地理学的主要任务与研究方法--从整个科学体系的视角看地理科学的发展[J]. 地理科学, 2004, 24(3).
- [39] 陈勇, 陈嵘, 艾南山, 李后强. 城市规模分布的分形研究[J]. 经济地理, 1993(03):48-53.
- [40] 刘继生, 陈彦光. 交通网络空间结构的分形维数及其测算方法探讨[J]. 地理学报, 1999, 66 (5).
- [41] 王静. 皖南国际旅游文化示范区品牌体系构建研究[D]. 上海师范大学, 2015.
- [42] 石丹. 基于生态位的区域旅游竞合发展理论与应用研究[D]. 吉林大学, 2014.
- [43] 饶运清, EFSTATHIOU Janet. 基于信息熵的制造系统复杂性测度及其在调度中的应用[J]. 机械工程学报, 2006 (07) : 8-13.
- [44] 伍笛笛. 基于分形理论的四川城镇体系及城市群研究[D]. 西南交通大学, 2008.
- [45] 王圣云, 罗玉婷, 韩亚杰, 李晶. 中国人类福祉地区差距演变及其影响因素——基于人类发展指数(HDI)的分析[J]. 地理科学进展, 2018, 37 (08) : 1150-1158.
- [46] 陈昌毓. 河西走廊实际水资源及其确定的适宜绿洲和农田面积[J]. 干旱区资源与环境, 1995 (3) : 122-128.
- [47] 刘晓荣. 甘肃省城市竞争力的评价及时空演变研究[D]. 重庆大学, 2017.
- [48] 陈兴鹏, 庞丽, 张艳秋. 甘肃城镇体系地域空间结构研究[J]. 人文地理, 2005(03):73-77.
- [49] 李文卿, LIWen-qing. 甘肃生态环境建设与区域经济可持续发展[J]. 兰州大

- 学学报(社会科学版), 2005, 33 (3) :15-18.
- [50]王波. 吉林省农村城市化模式的选择[D]. 吉林农业大学, 2003.
- [51]饶斌. 甘肃省生态环境与经济发展耦合关系的空间差异研究[D]. 2010.
- [52]Brezis E,Krugman P.Technology and the life cycle of cities [J].Economic Growth,1997,(2):369-326.
- [53]付建新. 基于分形理论的青海省城镇体系结构研究[D]. 青海师范大学, 2010.
- [54]韩建江. 基于分形理论的珠江—西江经济带城镇体系结构研究[D]. 广西师范学院, 2016.
- [55]魏彦强. 新时期甘肃省城镇化发展研究[D]. 兰州大学, 2009.
- [56]刘岩岩. 我国财政分权体制对高等教育财政支出及其区域均衡性影响的研究[D]. 浙江财经大学, 2017.

附录

附表 1 2017 年甘肃省城市经济实力数据

| 城市 | 第三产业 产值 | 人均 GDP | 固定资 产投资 额 | 社会消费 品零售总 额 | 城乡居民 储蓄存款 | 一般公 共预算 收入 | 城镇居 民可支 配收入 | 农民人 均纯收 入 | 在岗职 工平均 工资 |
|------|------------|-----------|-----------------|-------------------|--------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|
| 单位 | 万元 | 元 | 亿元 | 万元 | 万元 | 万元 | 元 | 元 | 元 |
| 属性 | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 兰州市 | 15807120 | 67269 | 1315.35 | 13587245 | 27269741 | 2342001 | 32331 | 11305 | 72286 |
| 嘉峪关市 | 968747 | 84677 | 147.51 | 643826 | 1493150 | 183664 | 36491 | 17796 | 75988 |
| 金昌市 | 920910 | 47177 | 93.07 | 890608 | 2107921 | 222173 | 34672 | 13291 | 61136 |
| 白银市 | 2119323 | 26150 | 308 | 2071921 | 4342038 | 299441 | 27465 | 8263 | 60464 |
| 天水市 | 3235540 | 17979 | 667.35 | 3131097 | 8507539 | 446700 | 24612 | 7065 | 57322 |
| 武威市 | 1997338 | 23617 | 323.67 | 1920464 | 5719770 | 286177 | 25572 | 10596 | 61170 |
| 张掖市 | 2063737 | 30729 | 245.59 | 1730520 | 3959955 | 263250 | 23309 | 12612 | 67974 |
| 平凉市 | 1870055 | 16825 | 424.44 | 2098139 | 5488322 | 275895 | 25415 | 7611 | 61615 |
| 酒泉市 | 2963793 | 49200 | 598.81 | 2076397 | 5147173 | 345025 | 32478 | 15764 | 60662 |
| 庆阳市 | 2458578 | 26031 | 403.46 | 2389481 | 6997771 | 467845 | 27476 | 8116 | 68699 |
| 定西市 | 1906200 | 11693 | 358.68 | 1261366 | 5374675 | 228135 | 22543 | 6855 | 61813 |
| 陇南市 | 2111369 | 13113 | 400.83 | 1071177 | 5296946 | 261686 | 22185 | 6386 | 54566 |
| 临夏州 | 1581559 | 11411 | 175.1 | 907636 | 3949375 | 168858 | 19380 | 6203 | 57822 |
| 甘南州 | 887561 | 19828 | 213.54 | 486270 | 1550421 | 85508 | 23012 | 6998 | 68792 |

附表 2 2017 年甘肃省城市人口结构数据

| 城市 | 15-64 岁所占 | | | | |
|------|-----------|--------|-------|-------|--------|
| | 年末常住人口 | 人口 | 总抚养比 | 城镇化率 | 城市人口密度 |
| 单位 | 万人 | 万人 | % | % | 人/平方公里 |
| 属性 | + | + | + | + | + |
| 兰州市 | 372.96 | 272.26 | 36.99 | 81.02 | 7313 |
| 嘉峪关市 | 24.98 | 18.45 | 35.39 | 93.45 | 1819 |
| 金昌市 | 46.92 | 35.18 | 33.37 | 70.09 | 3614 |

| | | | | | |
|-----|--------|--------|-------|-------|-------|
| 白银市 | 172.93 | 123.91 | 39.56 | 49.32 | 4445 |
| 天水市 | 333.98 | 235.56 | 41.78 | 40.14 | 11602 |
| 武威市 | 182.53 | 135.33 | 34.88 | 39.72 | 10197 |
| 张掖市 | 122.93 | 91.99 | 33.63 | 45.76 | 1235 |
| 平凉市 | 211.28 | 151.66 | 39.31 | 39.72 | 1291 |
| 酒泉市 | 112.36 | 84.24 | 33.38 | 60.27 | 1654 |
| 庆阳市 | 225.66 | 159.72 | 41.28 | 37 | 8145 |
| 定西市 | 280.84 | 201.56 | 39.33 | 34.33 | 5819 |
| 陇南市 | 262.31 | 185.25 | 41.60 | 32.48 | 4178 |
| 临夏州 | 204.41 | 134.97 | 51.45 | 34.47 | 6342 |
| 甘南州 | 71.62 | 50.45 | 41.96 | 34.01 | 4615 |

附表 3 2017 年甘肃省城市社会服务数据

| 城市 | 邮电业务总量 | 社会服务民政经费 | 文化事业机构数 | 拥有 R&D 人员 | 卫生机构床位数 | 卫生机构人员数 | 养老服务机构数 |
|------|---------|----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 单位 | 万元 | 万元 | 个 | 人 | 张 | 人 | 个 |
| 属性 | + | + | + | + | + | + | + |
| 兰州市 | 1438029 | 167106.4 | 687 | 22742 | 29164 | 44089 | 31 |
| 嘉峪关市 | 82328 | 8896.4 | 95 | 1206 | 2268 | 3416 | 8 |
| 金昌市 | 88478 | 25421.7 | 161 | 2305 | 2750 | 4564 | 6 |
| 白银市 | 249581 | 101793.8 | 538 | 1655 | 8433 | 12271 | 15 |
| 天水市 | 435433 | 163028 | 446 | 3622 | 15180 | 22382 | 6 |
| 武威市 | 260760 | 94265.9 | 379 | 2075 | 9899 | 13545 | 26 |
| 张掖市 | 193264 | 64436.1 | 418 | 2059 | 9017 | 10950 | 36 |
| 平凉市 | 282600 | 114277.1 | 413 | 481 | 13069 | 15938 | 18 |
| 酒泉市 | 255480 | 54593.8 | 558 | 1372 | 7119 | 9596 | 19 |
| 庆阳市 | 367663 | 123644.3 | 571 | 1940 | 10255 | 13457 | 31 |
| 定西市 | 348617 | 149122.6 | 548 | 674 | 16314 | 16438 | 36 |
| 陇南市 | 337391 | 152299 | 640 | 418 | 10961 | 17474 | 2 |
| 临夏州 | 367741 | 163840.5 | 472 | 252 | 9842 | 10313 | 4 |

| | | | | | | | |
|-----|--------|---------|-----|-----|------|------|---|
| 甘南州 | 119375 | 57503.4 | 329 | 177 | 3034 | 5972 | 3 |
|-----|--------|---------|-----|-----|------|------|---|

附表 4 2017 年甘肃省城市基础设施数据

| 城市 | 公园面积 | 公共厕所 | 城市园林绿地面积 | 年末实有道路面积 | 城市道路照明灯盏 | 城市排水管道长度 | 城市用水普及率 | 城市燃气普及率 | 清扫保洁面积 | 市容环卫专用车辆设备总数 |
|------|--------|------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|--------|--------------|
| 单位 | 公顷 | 座 | 公顷 | 万平方米 | 盏 | 公里 | % | % | 万平方米 | 台 |
| 属性 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 兰州市 | 1898.3 | 601 | 9262.3 | 4537 | 114714 | 3016 | 98.78 | 95.24 | 4106 | 2683 |
| 嘉峪关市 | 531 | 138 | 2696.4 | 433 | 27731 | 487 | 100 | 100 | 591 | 82 |
| 金昌市 | 452.6 | 70 | 1434.5 | 485 | 24201 | 102 | 100 | 80.05 | 768 | 65 |
| 白银市 | 423.1 | 120 | 1987.1 | 632 | 13203 | 236 | 100 | 83.7 | 715 | 137 |
| 天水市 | 386.2 | 109 | 1947.4 | 645 | 13526 | 356 | 99.01 | 81.81 | 473 | 141 |
| 武威市 | 221 | 28 | 791.5 | 539 | 14250 | 210 | 99.04 | 94.8 | 547 | 350 |
| 张掖市 | 108 | 84 | 2191.1 | 609 | 13525 | 279 | 100 | 100 | 720 | 42 |
| 平凉市 | 323.7 | 23 | 1890.1 | 684 | 19815 | 464 | 97.18 | 87.52 | 600 | 31 |
| 酒泉市 | 303 | 111 | 1669 | 455 | 14414 | 306 | 100 | 100 | 455 | 60 |
| 庆阳市 | 23 | 135 | 789.3 | 335 | 8022 | 241 | 100 | 89.48 | 291 | 156 |
| 定西市 | 164 | 51 | 578.2 | 282 | 6752 | 150 | 98.37 | 75.35 | 173 | 36 |
| 陇南市 | 63.7 | 51 | 222.8 | 175 | 4439 | 120 | 96.17 | 87.01 | 100 | 50 |
| 临夏州 | 32.7 | 51 | 193.8 | 260 | 32166 | 175 | 100 | 58.77 | 348 | 115 |
| 甘南州 | 17 | 32 | 133 | 153 | 2415 | 66 | 76.39 | 99.17 | 112 | 31 |

附表 5 2017 年甘肃省城市环境保护数据

| 城市 | 建成区绿化覆盖率 | 空气 | 工业固体废物综合利用 | 废水治理设施数 | 全年供水总量 | 废水排放量 | 工业固体废物产生量 | 工业废气排放量 | 人均日生活用水量 | 耕地面积 | 草地面积 | 水域及水利设施用地 |
|------|----------|-------------|------------|---------|--------|-------|-----------|---------|----------|-------|--------|-----------|
| | | 质量好于二级的天数比例 | | | | | | | | | | |
| 单位 | % | % | 万吨 | 套 | 万立方米 | 万吨 | 万吨 | 亿立方米 | 升 | 万公顷 | 万公顷 | 万公顷 |
| 属性 | + | + | + | + | + | - | - | - | - | + | + | + |
| 兰州市 | 30.93 | 68.6 | 282.24 | 76 | 26385 | 21961 | 320.58 | 2160 | 161.3 | 28.08 | 75.88 | 1.22 |
| 嘉峪关市 | 39.41 | 91.4 | 583.08 | 1 | 1730 | 2862 | 927.61 | 2526.5 | 79.6 | 0.7 | 0.76 | 0.16 |
| 金昌市 | 37.08 | 95.8 | 168.46 | 21 | 2766 | 3853 | 1150.88 | 526.62 | 238.4 | 11.12 | 14.67 | 1.46 |
| 白银市 | 32.51 | 92.4 | 311.76 | 68 | 2002 | 3963 | 505.88 | 722.59 | 96.5 | 51.91 | 100.54 | 1.85 |
| 天水市 | 38.68 | 93.1 | 20.46 | 35 | 3268 | 5428 | 28.16 | 307.13 | 105.3 | 53.22 | 14.75 | 1.4 |
| 武威市 | 26.08 | 92.8 | 49.03 | 23 | 2544 | 2870 | 57.3 | 173.99 | 100.9 | 44.63 | 98.24 | 3.79 |
| 张掖市 | 53.71 | 94.9 | 580.84 | 62 | 2694 | 3121 | 746.24 | 240.02 | 163.3 | 31.26 | 200.32 | 16.03 |
| 平凉市 | 39.36 | 94.6 | 223.32 | 68 | 1695 | 3933 | 375.52 | 864.61 | 96.3 | 40.18 | 9.95 | 1.15 |
| 酒泉市 | 37.21 | 92 | 120.34 | 53 | 2431 | 3435 | 303.65 | 339.51 | 95.9 | 26.08 | 442.19 | 36.18 |
| 庆阳市 | 30.42 | 92 | 18.7 | 14 | 842 | 3628 | 21.07 | 179.25 | 78.8 | 69.27 | 102.49 | 1.07 |
| 定西市 | 25.66 | 92.8 | 23.26 | 39 | 760 | 2062 | 31.48 | 525.9 | 54.7 | 80.71 | 51.58 | 2.15 |
| 陇南市 | 14.18 | 94.1 | 9.53 | 53 | 642 | 3490 | 488.79 | 169.49 | 78.1 | 55.57 | 37.48 | 2.54 |
| 临夏州 | 11.98 | 84.4 | 8.95 | 30 | 1730 | 2851 | 8.95 | 97.74 | 74.8 | 27.3 | 24.59 | 2.13 |
| 甘南州 | 9.27 | 97 | 27.38 | 12 | 305.5 | 934 | 52.5 | 26.04 | 91.8 | 13.23 | 232.49 | 3.13 |