

# 喀斯特地域多功能理论及研究展望

史莎娜<sup>1, 2</sup> 李晓青<sup>1</sup> 胡宝清<sup>21</sup>

(1. 湖南师范大学 地理科学学院, 中国湖南 长沙 410081;

2. 南宁师范大学 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室/广西地表过程与智能模拟重点实验室/地理与海洋研究院, 中国广西 南宁 530001)

**【摘要】:** 喀斯特地域多功能是喀斯特地域自然系统和人文系统内各要素相互作用结果。由于喀斯特地域系统的生态环境脆弱, 加上社会经济发展、人类活动对生态环境的干扰, 使喀斯特人地关系地域系统发生剧烈变化, 地域系统向多样化发展并产生一系列生态环境问题。因此, 开展喀斯特地域多功能研究具有重要价值。基于此, 文章通过分析国内外地域多功能理论研究成果和喀斯特人地关系地域系统的研究进展, 从“要素—结构—功能”的角度出发, 阐述喀斯特地域多功能的概念和内涵; 其次, 在现有研究的基础上, 分析喀斯特地域功能的类型与形成演变的机制, 梳理喀斯特地域多功能空间格局优化思路, 形成喀斯特地域多功能理论架构。最后指出, 未来我国喀斯特地域多功能研究的四个主要方向, 包括喀斯特地域多功能基础理论研究、喀斯特地域多功能综合评价方法、喀斯特地域多功能变化动态监测及优化情景模拟。

**【关键词】:** 喀斯特地域多功能 理论构架 分类评价 驱动机制 生态保障功能

**【中图分类号】:** F119.9 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2022) 02-0074-10

喀斯特地区生态脆弱、地表破碎度高、地域分异明显, 生态环境相比其他区域更易遭到破坏。随着人类对土地的不合理利用以及人类干扰强度的加大, 人地矛盾日益加剧, 表现出生态系统功能退化、水土流失严重、石漠化面积增加、资源衰竭、耕地减少、国土空间无序开发和空间结构失衡等严重问题<sup>[1, 2]</sup>。这些问题制约区域空间均衡发展, 阻碍着区域的经济、社会与生态系统的可持续发展, 对喀斯特地域国土空间开发利用产生不利影响。导致这些问题的主要因素之一就是喀斯特地区定位和内部地域功能的忽视。此外, 随着喀斯特地区社会经济发展和乡村振兴的需要, 对喀斯特地域多功能研究提出新的要求。因此, 对于生态脆弱的喀斯特地域多功能的研究应该给予更多的关注。

随着地域功能理论的形成, 地域功能及相关研究日益受到重视。近年来, 国内外学者开展了大量的地域多功能研究工作, 这些研究既有不同尺度的地域多功能研究<sup>[3, 4, 5]</sup>, 还有针对生态脆弱区域的喀斯特地域功能研究<sup>[6]</sup>。喀斯特地域功能研究一直受到国内外学者的广泛关注, 学者们从不同的角度和时空尺度开展了相关研究, 并取得了一定的研究成果。目前, 既有研究以喀斯特地

---

**作者简介:** 史莎娜 (1984—), 女, 湖南常德人, 博士, 高级工程师, 研究方向为自然资源利用与生态环境修复。E-mail: shishana@nnu.edu.cn; 李晓青 (1963—), 女, 湖南湘潭人, 硕士, 副教授, 研究方向为资源管理、区域开发与规划。E-mail: lixiaqing1919@126.com

**基金项目:** 国家重点研发计划项目 (2016YFC0502406); 国家自然科学基金项目 (41807522、41661021); 广西自然科学基金创新团队项目 (2016GXNSFGA380007); 广西壮族自治区八桂学者工程专项经费 (2019BG06); 广西高校中青年教师科研基础能力提升项目 (2022KY0380)

域生态系统服务功能及相关研究为主，包括喀斯特生态系统服务功能综合分类与评价<sup>[7]</sup>、单一生态系统功能评价与分析<sup>[8]</sup>、生态系统服务的自然和人为驱动因素分析<sup>[9]</sup>、生态经济复合系统及功能的分析评价<sup>[10]</sup>等。此外，还有学者开展了喀斯特土地系统功能分区与旅游资源分析与评价<sup>[11,12,13]</sup>等研究工作。

喀斯特地域多功能形成和变化过程受到自然和人文两个系统内各要素的综合影响，这些要素的变化决定了地域功能的变化。特别是喀斯特地域差异性、社会经济水平、政策制度的影响等，会导致地域多功能演变的复杂性加剧。因此，迫切需要探索相关理论指导喀斯特地域多功能研究、区域多功能定位及国土空间规划等实践工作的开展。基于此，本文在分析地域多功能理论及研究进展的基础上，理论解析喀斯特地域多功能内涵，构建喀斯特地域多功能分类指标体系，进一步分析喀斯特地域多功能变化的影响因素及变化机制，形成了喀斯特地区地域多功能研究的理论架构，并展望未来喀斯特地域多功能研究的主要内容，以期推进喀斯特地域系统的理论创新，拓展喀斯特地域多功能的研究领域，指导喀斯特地域功能格局优化及喀斯特地区城乡统筹、乡村振兴等相关实践工作。

## 1 地域多功能理论及研究进展

### 1.1 地域多功能的理论基础

现代地域功能理论学术思想萌芽于 19 世纪，在欧洲一些国家的区域研究和实践中认为不同区域应承担不同功能<sup>[14,15]</sup>，之后在 20 世纪的地理学和区域开发实践中地域功能理论得到了传承和发展<sup>[16]</sup>。地域功能学说属于区域在发展与实践中的理论创新<sup>[17]</sup>。在社会及自然科学里，功能有多种不同的意义<sup>[18]</sup>，在人地系统中功能指环境的潜力，可为人类活动提供物品、服务以满足人类的需求<sup>[19]</sup>。我国学者围绕国土开发保护的需求，在地域分异理论、人地关系理论和空间结构理论的基础上，自 2007 年起先后阐释了地域功能的概念，提出了区域发展空间均衡模型等，这些概念和模型的提出标志着地域功能理论的正式形成<sup>[20]</sup>。随后我国地理学者经过探索先后提出理论和应用研究为主体的研究框架，其中，理论研究包括地域功能生成机理、区域均衡以及空间结构等，应用研究包括地域功能识别、构建现代区域治理体系等，完成了从核心概念构建转变为系统学术思想探索的过程<sup>[16]</sup>。

地域功能是指一定地域在更大的地域范围内，在自然资源和生态环境系统中、在人类生产活动和生活活动中所履行的职能和发挥的作用<sup>[21]</sup>。地域功能理论是以陆地表层空间秩序为研究对象，重点研究地域功能的生成机理，以及功能空间的结构变化、相互作用、科学识别方法和有效管理手段的地理学理论<sup>[16,22]</sup>。人类赖以生存与发展的地域空间同时具有社会、经济、生态等多种功能<sup>[23,24]</sup>。不同学者在开展研究时，由于研究对象、目的、尺度、视角以及方法的差异，对地域功能的理解也存在一定的差异，如主体功能和非主体功能、具体功能、区域功能、空间功能等均属于地域功能研究的范畴。此外，与地域功能相关的概念还包括土地利用功能<sup>[25]</sup>、景观功能<sup>[26]</sup>、生态系统功能<sup>[27]</sup>、农业空间功能<sup>[28]</sup>、产业和旅游空间功能<sup>[29]</sup>等，这些功能是地域功能的某一部分或某一方面。随着地域功能研究的蓬勃发展，地域功能理论基础研究被越来越多学者所关注。

学者以功能区划理论为基础，为了开展县域尺度的多功能性诊断，提出地域多功能内涵，认为地域多功能既包括特定地域系统要素对自身需求的保障功能，也包括对其他系统的支撑、协作功能<sup>[30]</sup>，侧重体现地域的多种功能、综合功能。乡村地域是地域系统的重要组成部分，有学者基于地域多功能的内涵提出了乡村地域多功能的概念，并深入剖析了乡村地域多功能的内涵<sup>[31]</sup>。目前，地域功能理论体系已初步形成，但地域功能空间结构理论研究较为薄弱。不同区域自然禀赋和社会经济条件差异显著，呈现多种功能，虽然围绕地域多功能已经开展了大量理论研究，但多以乡村地域多功能为主，尚未建立适用于不同类型区域的地域多功能评价指标体系，难以支撑对未来地域多功能空间格局演化态势的判断。

### 1.2 地域多功能类型划分

地域功能类型是一个非常复杂的体系，包括自然生态系统服务类型、土地利用类型、人类社会活动的空间类型等<sup>[32]</sup>。由于社会需求具有多样性、土地利用具有多宜性以及区域发展目标具有多元性的特点，不同地域空间兼具多种类型的功能<sup>[33]</sup>。不同地域

由于自然资源禀赋和社会经济条件的差异，具有不同的功能，合理划定不同功能区，确定不同功能定位，形成合理的区域发展格局，是促进区域协调发展的科学依据<sup>[34]</sup>。地域功能类型与空间尺度和时间尺度相关，在时间上具有动态性，因此很难梳理一套完整的地域功能类型系统<sup>[35]</sup>。近年来，国内外学者开展了大量的地域多功能分类识别研究工作，由于研究视角不同，地域功能类型的划分也有所差异，主要包括城乡地域多功能分类（其中以乡村<sup>[36,37,38,39]</sup>研究为主，城市<sup>[4]</sup>为辅），土地利用多功能分类<sup>[11,40]</sup>，主体功能区划视角的主体功能<sup>[17,32]</sup>和具体功能<sup>[41]</sup>分类，地域系统内生态系统服务功能分类<sup>[42,43]</sup>，虽然有些功能并非完整意义上的地域功能，也尚未形成完整的地域多功能识别体系，但在功能分类、分区及识别指标体系筛选方面均取得了一定的进展。

关于地域多功能分类指标体系，近年来，在中国地域多功能性评价指标体系基础上<sup>[30]</sup>，开展了许多地域多功能分类的评价指标体系的研究<sup>[44,45]</sup>，其中以乡村地域多功能研究居多。不同学者根据研究内容的需要对地域多功能类型和指标体系进行了调整和补充，总体上，地域多功能类型主要分为生态保育功能（生态服务功能、生态功能）、粮食生产功能（农业生产功能、生产功能）、经济发展功能（非农业生产功能、工业功能）、生活功能以及社会保障功能等。目前，地域多功能分类研究工作以乡村地域多功能分类为主，研究尺度以县级及以上行政单元为主，乡镇及更精细尺度的研究较少。对于生态脆弱的喀斯特地域多功能分类识别研究相对较少。在喀斯特地区生态系统服务功能方面开展了较多的研究，其分类及分区评价指标体系、研究方法可为开展喀斯特地域生态功能分类与识别研究提供借鉴。

### 1.3 地域多功能时空变化机制

地域功能并非一成不变<sup>[46]</sup>。地域空间的功能复合性、分异性和动态性表明地域功能可能是变化的<sup>[47]</sup>。一个区域的发展、环境和生态系统的任何变化都会对其他区域产生影响<sup>[48]</sup>，从而导致地域功能发生变化。地域功能的形成和演变受地域系统不同组成要素的综合影响，不同地域功能的演变机制有所差异，自然环境和人文社会经济因素共同作用决定地域多功能的空间格局和演化趋势。其中，地质地貌、气候、土壤、水文、植被等自然因素是地域功能变化的内部驱动因素，社会发展、经济水平、科学技术、政策制度、文化教育等是外部驱动因素。单个因素在空间上的差异性，以及各要素在空间上的组合的差异性是地域不同地域功能形成的基础，各要素随时间变化的差异也影响着地域多功能的变化。

在一定时期内，不同空间单元地域功能的表现形式和作用强度具有一定的差异，地域功能形成的内在因素和影响机制十分复杂。地域系统中区域性要素和非区域性要素具有不同的要素适宜度，前者对后者的效率选择以及由此而生的分工专业化和聚集是主体功能区形成和发展的动力之源<sup>[49]</sup>。地域功能形成包括系统总效益最大化和空间结构最优两大内在机制<sup>[24]</sup>。地域功能是空间资源的双重价值在地域空间组合优化的结果<sup>[50]</sup>。在乡村地域系统中，自然资源禀赋、社会经济基础、生态环境状况、区域文化环境、政府宏观调控等因素综合决定了乡村地域多功能的空间格局和演化趋势，其中，地理环境起到基础性作用，但乡村内部自我发展能力的提升和外部社会经济因素的变化是主要驱动力<sup>[31]</sup>。

目前，地域多功能时空变化机制相关研究主要集中于地域多功能的时空分布格局，对于地域多功能时空变化机理分析仍较缺乏，且主要集中在乡村地域多功能变化<sup>[51]</sup>、土地利用时空变化<sup>[52,53]</sup>、生态系统功能变化<sup>[54,55]</sup>等方面。近年来，乡村地域功能时空变化研究逐渐深入，研究内容从单纯的空间分异和影响因素分析转向动态演化规律研究，但乡村地域功能演变的机理研究仍有待加强<sup>[45]</sup>。土地利用多功能受自然禀赋、社会经济条件和政策等因素的影响而产生时空变化<sup>[52,53,54,55,56]</sup>，国内外学者开展了较多土地利用多功能变化的研究并取得了较多成果，然而土地利用多功能变化的影响因素分析较少<sup>[57]</sup>，对土地利用多功能变化内在机理的探究更少。此外，学者们开展的生态系统服务功能变化特征以及影响因素的定量分析研究相对较少<sup>[58]</sup>。

### 1.4 地域多功能空间格局优化

地域多功能格局优化的基本手段是优化地域功能单元空间结构以及格局重构，主要体现在优化和调整原来的功能，以及引进新的功能类型或重构新的格局等，从而实现被破坏或受胁迫区域功能的改善，提升区域功能的稳定性和功能的基本生产力，将地域功能演化中人类活动影响因素导入到良性的循环。目前，地域多功能空间格局优化研究较少，且主要集中在乡村地域功能空

间优化调控<sup>[59,60]</sup>、土地利用空间格局优化<sup>[61,62]</sup>、生态空间优化调控<sup>[63,64]</sup>等方面。其中土地利用“三生”空间格局优化调控研究较多,有学者从“三生”空间角度开展乡村地域多功能优化。对于优化调控,多以经验总结和定性分析为主,提出优化建议和调控路径,对地域多功能水平及可控因素进行定量化评价,从而针对性制定空间优化布局方案的研究还比较少。

近年来也有学者基于国土空间“双评价”的方法开展地域功能优化分区研究,其中包括喀斯特地域多功能优化分区研究<sup>[65]</sup>,主要通过分析喀斯特地区资源环境承载力、开展国土空间适宜性评价,合理安排冲突空间,从而构建国土空间地域功能的综合优化分区格局。由于喀斯特地区生态环境复杂多样,体现区域特点的数据相对缺乏,在开展优化分区时未能充分考虑和区分喀斯特地域的特点。

## 2 喀斯特地域多功能的理论研究

喀斯特是困扰地质学、水文学、土壤学、生态学和环境科学等众多领域科研工作者的全球性问题<sup>[66]</sup>。目前,喀斯特地域多功能的理论研究相对缺乏,尽管有学者已经提出了喀斯特生态系统功能<sup>[67,68]</sup>、喀斯特土地系统功能<sup>[69]</sup>等概念,但这些功能都只能视为喀斯特地域多功能的一部分,不能视为喀斯特地域多功能整体。因此,本文试图在地域功能的内涵和理论研究的基础上,从喀斯特地域系统的“要素—结构—功能”分析喀斯特地域多功能的内涵、喀斯特地域多功能类型及喀斯特地域多功能形成与演变的驱动机制,从而建立喀斯特地域多功能的理论框架。

### 2.1 喀斯特地域多功能的内涵与属性

#### 2.1.1 喀斯特地域多功能内涵

喀斯特地域系统也是地域系统的主要组成部分,喀斯特人地关系地域系统包括地子系统和人子系统<sup>[70]</sup>,即自然子系统和人文子系统(图1)。喀斯特土地系统具备环境容量低、群落植被演替慢、生态环境系统敏感度高、稳定性差等一系列生态脆弱特征,是一种脆弱环境系统<sup>[71,72]</sup>。从组成要素看,喀斯特地域系统的组成要素包括地质(碳酸盐岩等可溶性岩石)、地貌、气候、水文、土壤等自然地理要素,以及人口、经济、技术、社会发展水平及政策等人文社会经济要素。喀斯特地貌主要由水文过程对碳酸盐岩的溶解作用形成,喀斯特土壤形成缓慢,发育程度弱<sup>[73]</sup>。在喀斯特地区水平方向岩石出露,土壤分布不连续,在垂直方向土壤、岩石、植被比例各不相同<sup>[74]</sup>。此外,经济社会的发展水平也影响着喀斯特地域多功能的实现程度,人类活动对喀斯特地区的自然和社会环境均产生较大影响。从结构上看,喀斯特地域系统的结构是指喀斯特地域系统内部各自然环境和人文社会经济组成要素之间相互联系和作用的方式。从功能上看,喀斯特地域多功能的内涵与喀斯特人地关系地域系统内涵有着密切联系,可以理解为喀斯特人地关系地域系统所具有的多种功能。喀斯特人地关系地域系统的功能是通过它在自然和社会方面对人类活动的影响效应来表现的,它与喀斯特地域系统的结构相互依存、相互制约,有什么样的结构就有什么样的功能<sup>[70]</sup>。

因此,喀斯特地域多功能可以理解为一定的阶段有喀斯特地貌分布的地域系统,在比其更大的地域系统空间之中,结合喀斯特地域系统特殊的地质地貌组合差异等属性与其他系统耦合产生的综合作用,这些作用不仅包括体现喀斯特生态系统特点的、为满足生态脆弱的喀斯特地域系统需要的石漠化控制和喀斯特地域的水土保持等功能,即自我恢复与保障功能,也包括提供多样性资源能力以及对其他地域系统所能提供的支持功能和其他喀斯特和非喀斯特地域系统的协作功能。喀斯特地域的功能由于自然环境的分异、人类活动强度的变化、社会经济发展水平的变化而呈现多样化,并且随时间在不断的变化之中。在一定时期内,合理的地域功能组合可促进区域发展,不合理的地域功能组合会导致区域生态环境失去平衡,区域发展受到阻碍。

#### 2.1.2 喀斯特地域多功能属性

喀斯特地域作为地域系统的一部分,其功能的基本属性也包括主观认知性、喀斯特地质与地貌组合类型差异性、喀斯特地域功能组成多样性、时间演化性和相互作用性五大属性<sup>[21]</sup>。其中主观认知性是指由于人类对喀斯特地域系统的自然资源和生态环

境认识不同,对喀斯特地域生产、生活活动的定位也不同,即使同一地域的功能识别,从不同视角也会有所差异,因此,喀斯特地域功能的确定具有主观认知的属性。喀斯特地质与地貌组合类型差异性是指喀斯特地域受以碳酸盐岩为主的岩石组合方式、喀斯特地貌类型等要素的地域差异的影响,不同地域功能在空间格局上呈现显著差异,在不同尺度下要素的组合方式也会有所变化,产生的地域功能会有所不同。喀斯特地域功能组成多样性是指不同的喀斯特地域自然环境要素和人文社会经济要素组合差异性,以及要素在喀斯特地域不同系统中所处的等级差异性,导致喀斯特地域具有多种功能,如特定的喀斯特地域系统可能同时提供石漠化控制和农产品生产多种功能。时间演化性是指喀斯特地域系统内部自然地理环境要素的组合关系、外部的社会经济发展水平以及环境的变化等会随着时间的推移发生变化,其中石漠化程度由于人类活动影响会随着时间的推移发生变化,从而导致对应的功能也发生变化。相互作用性是指喀斯特地域系统之间及与其他的喀斯特地域系统之间会产生相互作用和影响,从而导致地域的多种功能之间相互作用和相互影响,喀斯特地域系统中石漠化程度较严重的区域通常会制约各类功能的发展,石漠化程度较低或无石漠化的区域则可能有利于各功能协调发展。

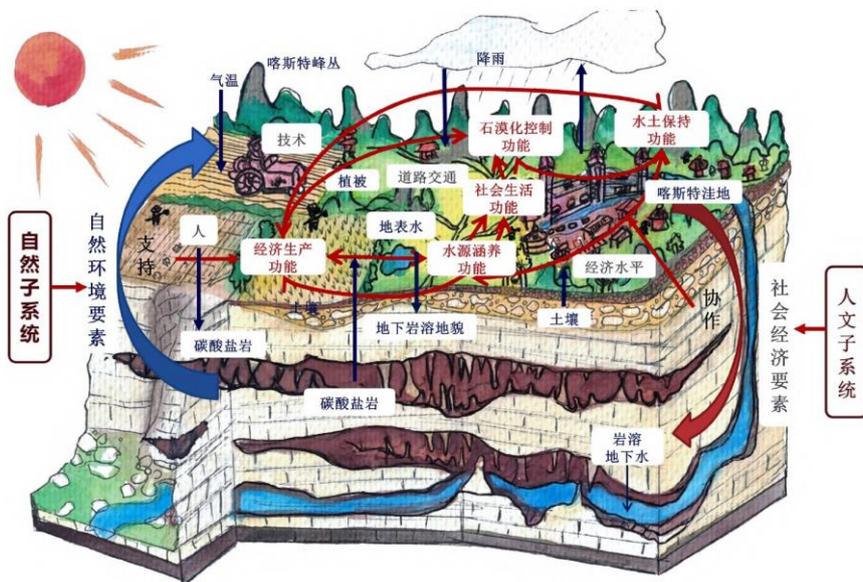


图1 喀斯特地域系统示意图

## 2.2 喀斯特地域多功能分类

喀斯特地域多功能分类是开展喀斯特地域多功能研究的基础,是对喀斯特地域所发挥的多种功能类型进行合理辨别与划分。合理地划分地域功能可揭示现有喀斯特地域存在的问题并确定其未来发展方向,在保护脆弱的喀斯特地域系统同时推动喀斯特地域社会经济发展。虽然,早在1993年就有学者对喀斯特人地关系地域系统功能类型进行了分析<sup>[70]</sup>,但迄今尚未建立完整的喀斯特地域功能分类体系。目前,喀斯特地域以生态系统服务功能研究为主,并且喀斯特生态系统服务分类多采用 Millennium EcoSystem assessment<sup>[76]</sup>、Costanza<sup>[76]</sup>、谢高地<sup>[77]</sup>等的方案,未能突出喀斯特生态系统的特殊性<sup>[68]</sup>。研究目的不同,喀斯特地区的生态系统服务功能分类应有所差异,生物多样性保护、水土保持、水源涵养、石漠化控制、固碳、产品提供等功能是喀斯特石漠化区域较为关键的生态功能类型,主要评价指标包括 NDVI、土壤保持量、降雨侵蚀力、土壤可蚀性、降雨量、蒸散量等<sup>[67,68,78,79]</sup>。

本文在借鉴乡村地域多功能分类体系的基础上,综合考虑喀斯特生态系统服务功能,将喀斯特地域功能分为生态保障、经济生产、社会生活三大功能类型和8个二级功能类型。建立喀斯特地域多功能分类评价指标体系。由于喀斯特地域多功能分类评价涉及自然、社会、经济等多类指标数据,其中社会经济数据多以行政区为统计单元,考虑到数据获取的限制,本文指标体系整体

---

适用于开展县域及以上行政单元的地域多功能分类评价，但其中生态保障功能的评价指标体系可适用于网格尺度。其中，生态保障功能是指特定的喀斯特地域提供生态系统调节、自我修复及多样性生物资源的能力，包括保持水土、防止发生或加剧石漠化等生态环境问题的能力。生态保障功能是喀斯特地域其他功能的基础，是主导功能，对喀斯特地区的其他功能起到重要的支撑和制约作用。经济生产功能是指特定喀斯特区域的综合经济实力、提供粮食生产和非粮农产品的能力，体现了喀斯特地域的资源供给能力和经济发展水平，是喀斯特地域人类生存的基本功能，也是喀斯特地域经济发展的必要功能。社会生活功能是指为人类提供居住场所和社会保障的能力，是人类的居住及生活空间的体现，代表了喀斯特地区的人口承载能力和社会发展水平，对维持喀斯特地区居民的生活和社会稳定起到重要的作用。

### 2.3 喀斯特地域多功能形成与演变的驱动机制

喀斯特地域生态系统脆弱，受外界干扰时极易发生变化，自然环境和人文社会经济驱动因素共同作用影响着喀斯特生态系统。喀斯特地质地貌、气候、土壤、水文、植被等自然因素是喀斯特地域功能变化的内部驱动因素，人口、社会发展、经济水平、科学技术、政策制度、文化教育等人文社会经济因素是外部驱动因素。两类因素共同作用使喀斯特地域的生态保障、经济生产和社会生活功能均处于不断变化之中。

#### 2.3.1 生态保障功能

喀斯特地域由于特殊的地质环境背景、地貌类型、岩石组合的影响，土层厚度、土壤性状均与其他区域呈现显著差异，且较易发生变化，是生态保障功能变化的主要因素。气候、土壤及水文等自然环境因素作为物质载体和内部驱动因素，其空间分布的差异引起资源或功能定向聚集，影响区域的资源环境承载力，使生态保障功能地域分异格局形成。喀斯特地貌较多的地区相比喀斯特地貌较少的地区，生态环境更为脆弱，更易发生水土流失，但降雨量的空间分布不均，地势的高低起伏，也会影响同一类型喀斯特地区生态保障功能的差异。

社会进步及经济发展水平的提高，使资源需求、资本投入和生产效率增强，进而引起生态保障功能的演变。随着喀斯特地区工业化、城市化的进程加快，资源的利用与开发强度提高，自然资源的过度开发、化学肥料的过度使用严重破坏生态环境，导致喀斯特地貌分布较多的区域更易发生水土流失、产生石漠化或石漠化加剧，从而使生态保障功能发生变化。

#### 2.3.2 经济生产功能

自然环境因素为喀斯特地区经济生产提供空间与生产资料，是地区经济发展的物质基础。自然环境中的土地、水、矿产、生物等基础要素地域分布的差异性会使资源型产业定向聚集，使地域经济生产功能产生地域分异。光照充足、降雨充沛，没有喀斯特地貌分布的区域相比有喀斯特地貌分布的区域可能具有更高的经济生产功能。但在地势较高的喀斯特地貌区，即使雨热充沛，也不利于机械化生产，农业生产难度大，农业生产水平可能较低。

社会经济发展水平影响资源需求和资本投入、生产效率和技术水平，农业生产投入、交通与区位条件、科技等因素的变动，是经济生产功能演变的主导因素。交通便利，有较高城镇化水平、喀斯特地貌较多的地区相比喀斯特地貌较少的地区，农业生产投入更大，但收益可能相对较低，经济生产功能提升速度也相对较慢。在喀斯特地貌分布较少的山区一般城镇化水平较低，人口较少，需求不足，交通和基础设施相对落后，经济发展和农业生产功能则提升缓慢。

#### 2.3.3 社会生活功能

自然环境因素为喀斯特地区居民提供居住空间和生活资料，是社会生活功能的物质载体，其地域差异会引起居住空间的定向聚集，使社会生活功能产生地域分异。喀斯特峰林相比喀斯特洼地区，适宜城镇建设的土地有限。但地势相对平坦、雨热充沛

---

且喀斯特地貌较少的区域相比喀斯特地貌较多的区域更适宜开展居民点和交通基础设施建设。

社会经济发展水平影响人口数量及由于人类活动引发的消费需求、城镇和基础设施建设。经济实力较强的喀斯特地区，人均收入和消费水平也较高，经济社会发展促进人口聚集，城镇建设加快，生活保障体系改善。人口稀少、喀斯特地貌较多的地区相比喀斯特地貌较少的地区，不利于交通和基础设施的完善，经济发展也会更为缓慢，人均收入水平更低，因此区域的社会生活功能水平相对较低。

自然环境因素在喀斯特地区地域多功能演变过程中处于基础地位，喀斯特地域功能的形成和演变过程受多种因素共同影响，不同喀斯特地域功能的演变机制有所差异，自然环境和人文社会经济因素共同作用决定喀斯特地域多功能的空间格局和演化趋势。单个因素在空间上的差异性，以及各要素在空间上的组合的差异性是喀斯特地域不同地域功能形成的基础，各要素随时间变化的差异也影响着喀斯特地域多功能的变化。总体而言，不同要素对于喀斯特地域不同类型功能变化的作用机制不同，在多种因素叠加之后对地域多功能的影响作用也不是这些因素简单的加和，喀斯特地域多功能的形成与演化不是任何一种地理环境要素和社会经济要素单独作用的结果，而是多种要素综合影响的结果，其中，喀斯特地质地貌因素作为区别于其他区域的根本因素，也是对其他因素产生制约影响的重要因素。

#### 2.4 喀斯特地域多功能空间格局优化思路

随着经济社会发展，喀斯特地域功能不断发生着变化，区域资源要素配置的不合理加剧喀斯特地域的人地矛盾。地域多功能空间格局优化旨在针对地域多功能演变规律及格局特征，分析引起喀斯特地域多功能变化的主要因素，针对不同类型喀斯特地域从可控因素调控、多类型开发利用模式及对应的措施和对策等方面提出优化调整方案。通过优化，可引导石漠化地区正向演替，促进生态环境改善，实现喀斯特地区地域生态保障、经济生产和社会生活功能的协调发展。

##### 2.4.1 主要驱动因素

已有研究成果表明，影响地域多功能时空变化的因素复杂多样，不同学者也从不同角度对这一问题进行了探讨，目前学术界普遍认为主要的影响因素包括地形起伏度、海拔、积温、土壤、植被、人口、产业、财政、区位条件等自然环境和人文社会经济驱动因素。本文综合考虑喀斯特地区的生态系统、社会经济发展特点，将影响喀斯特地域多功能变化的主要驱动因素界定为自然环境和人文社会经济驱动因素两类。

##### 2.4.2 主要可控因素

喀斯特地域多功能空间格局优化的路径包括对引起其变化的主要驱动因素进行调控。喀斯特地区的主要生态环境问题是石漠化与水土流失，自然环境驱动因素中的海拔、喀斯特地质地貌条件、气候等要素难以改变，最主要的可控因素是植被、土壤，通过改变喀斯特地区的植被覆盖度、土壤肥力，可改变喀斯特地区石漠化程度，提高生态保障功能水平。喀斯特石漠化的主要原因是人类活动的干扰，人口是社会经济影响因素中的主要可控因素，通过减少人口可实现区域居住生活功能区的变化，促进生态自我恢复，达到优化地域功能的目的。此外，政策、技术的支持也是可控因素，可以促进地域功能的改变。

##### 2.4.3 多类型优化模式

在分析可控因素的基础上，根据不同喀斯特地域的特点，提出对应开发利用模式。对于社会生活功能侵占生态空间的区域，关键在于保护生态环境，降低人类活动强度，可采用生态城镇综合保障模式，建立石漠化治理区，推进区域生态保护和修复治理，统筹生态保护与城镇建设。对于经济生产与生态保护存在冲突的区域，关键在于减少生产活动对环境的破坏，可采用绿色生态产业促进模式，对于石漠化严重的山区可进行农业结构调整，通过优化布局，利用有限空间，发展生态绿色农业。对于生活适

---

宜空间少、城乡建设布局零散的区域,可采用城镇化转移安置模式,将石漠化严重、资源环境承载力低、不适宜生活的区域人口迁出,实现生态自我恢复结合工程治理措施,减少石漠化面积。

### 3 结论与研究展望

#### 3.1 结论

通过对喀斯特地域多功能理论的梳理,提出喀斯特地域多功能内涵及分类评价指标体系的理论架构。喀斯特地域多功能的内涵是在系统分析喀斯特人地关系地域系统和乡村地域多功能理论的基础上提出的,是有喀斯特地貌分布的地域系统对自然环境和人类社会经济发展有利的各种综合作用。在参考喀斯特生态系统服务功能分类等研究成果的基础上,将喀斯特地域多功能中的生态保障功能进一步细分为生物多样性保护、水源涵养、土壤保持与石漠化控制功能,其中石漠化控制功能为喀斯特地区独有。喀斯特地域具有特殊的地质地貌背景,受喀斯特地貌类型、岩性组合等的影响,自然驱动因素较易发生变化,对地域多功能的变化也产生较大影响。同时,喀斯特地区社会经济水平发展相对缓慢,也直接影响地域多功能的结构和变化。喀斯特地质、地貌等内部自然环境因素和经济水平等外部社会经济因素共同作用决定喀斯特地域多功能的空间格局和变化趋势,而其中的可控因素主要包括植被覆盖度、土壤肥力、人口数量等,对喀斯特地域多功能空间格局进行优化的切入点是对这些可控因素的合理调控。

#### 3.2 研究展望

由于喀斯特地域的多功能性、生态保护的迫切性、社会经济发展需求的多元性以及学者研究视角的差异性,通过对当前研究成果的分析,认为在现有研究的基础上,未来有以下方面值得关注。

①喀斯特地域多功能基础理论研究。从喀斯特地域特点出发,以喀斯特人地关系地域系统理论为基础,梳理与集成地域多功能及喀斯特地域功能的研究成果,总结喀斯特地域多功能的主要理论,不断完善和深化喀斯特地域多功能研究的理论体系。探讨喀斯特地质地貌的区域分异规律与人类活动的空间分布规律,总结喀斯特地域功能形成、空间分布格局与演变的主要影响因素,探究各因素之间的相互联系相互作用的方式,确定喀斯特地域多种功能之间的相互作用机理。

②喀斯特地域的多功能评价方法。随着计算机技术的快速发展,机器学习、深度学习等研究方法逐步被用来开展功能的分类及分区研究。采用人工智能与深度学习等技术手段,使用高分辨率遥感影像、地理基础信息数据等多源数据融合,探索喀斯特地域多功能综合评价方法,是未来研究的重要方向。

③喀斯特地域多功能变化动态监测及优化情景模拟。建立喀斯特地域功能分类识别数据库,实现对喀斯特地域多功能时空变化的动态监测。构建基于不同功能和不同可控因素的多目标优化模型,进行喀斯特地域多功能空间格局优化模拟,构建生态宜居的喀斯特地域多功能空间格局,也是未来研究的重点。

#### 参考文献:

- [1]王强,伍世代,李永实,等.福建省域主体功能区划分实践[J].地理学报,2009,64(6):725-735.
- [2]谢敏.德国空间规划体系概述及其对我国国土规划的借鉴[J].国土资源情报,2009(11):22-26.
- [3]Mander U,Wiggering H,Helming K.Multifunctional Land Use:Meeting Future Demands for Landscape Goods and Services[M].Berlin Heidelberg:Springer,2007.

- 
- [4]Peng C B, Jin X G, Wong K C, et al. Collective human mobility pattern from taxi trips in urban area[J]. *PLoS One*, 2012, 7(4):e34487.
- [5]李广东, 方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析[J]. *地理学报*, 2016, 71(1):49–65.
- [6]莫世江, 任金铜. 贵州县域喀斯特生态服务功能分区方案分析[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(27):13481–13483.
- [7]Zhang M, Wang K, Liu H, et al. Effect of ecological engineering projects on ecosystem services in a karst region: A case study of northwest Guangxi, China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 183:831–842.
- [8]Luo M, Chen Z, Zhou H, et al. Identifying structure and function of karst aquifer system using multiple field methods in karst trough valley area, South China[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75(9):824.
- [9]吴松, 安裕伦, 马良瑞. 城市化背景下喀斯特流域生态服务价值时空分异特征: 以贵阳市南明河流域为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(9):1591–1598.
- [10]Luo K Y. Research on functional characteristics of Karst ecoeconomic compound system in Guizhou Province[J]. *Asian Agricultural Research*, 2011, 3(3):113–119.
- [11]王德光, 胡宝清, 饶映雪, 等. 基于网格法与 ANN 的县域喀斯特土地系统功能分区研究[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(2):131–136.
- [12]He F Y, Zhang Y, Peng P H. A study on measurement of tourism environmental carrying capacity of geoparks—A case study of Xinwen Karst World Geopark[J]. *Advanced Materials Research*, 2013, 726–731:4061–4064.
- [13]陈炜. 基于 TCM 和 CVM 方法的生态科普旅游资源价值评估——以桂林喀斯特世界自然遗产地为例[J]. *社会科学家*, 2019(1):69–75.
- [14]Stola W. An attempt at a functional classification on rural areas in Poland[J]. *A Methodological Approach, Geographia Polonica*, 1984, 50:113–129.
- [15]Bański J, Stola W. Transformation of the spatial and functional structure of rural areas in Poland[J]. *Rural Studies*, 2002(3):1–12.
- [16]盛科荣, 樊杰, 杨昊昌. 现代地域功能理论及应用研究进展与展望[J]. *经济地理*, 2016, 36(12):1–7.
- [17]陈小良. 市县层级地域功能分类与识别研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2013.
- [18]Wouter T. de Groot. *Environmental Science Theory. Concepts and Methods in a One World, Problem-Oriented Paradigm*[M]. Amsterdam: Elsevier, 1992.
- [19]Arlette J. Van der Kolk, Jos N. M. Dekker. Functions in integrated region-oriented environmental policy: A classification system[J]. *Land Use Policy*, 1999, 16:107–119.

- 
- [20]杨忍, 陈燕纯. 中国乡村地理学研究的主要热点演化及展望[J]. 地理科学进展, 2018, 37(5):601-616.
- [21]樊杰. 我国主体功能区划的科学基础[J]. 地理学报, 2007(4):339-350.
- [22]陆大道, 樊杰, 刘卫东, 等. 中国地域空间、功能及其发展[M]. 北京: 中国大地出版社, 2011.
- [23]刘彦随, 陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究, 2002, 21(3):324-330.
- [24]Barkmann J, Helming K, Müller K, et al. MultiLand: Multifunctional Landscapes: Towards an analytical framework for sustainability assessment of agriculture and forestry in Europe[R]. European Commission Research Programme: Environment and Sustainable Development, 2004.
- [25]B Schoßer, K Helming, H Wiggering. Assessing land use change impacts—a comparison of the SENSOR land use function approach with other frameworks[J]. Journal of Land Use Science, 2010, 5(2):159-178.
- [26]Louise Willemen, Peter H Verburg, Lars Hein, et al. Spatial characterization of landscape functions[J]. Landscape and Urban Planning, 2008, 88(1):34-43.
- [27]Rudolf de Groot. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multifunctional landscapes[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 75:175-186.
- [28]Potter C, Burney J. Agricultural multifunctionality in the WTO legitimate non-trade concern or disguised protectionism?[J]. Journal of Rural Studies, 2002, 18(1):35-47.
- [29]Berkel D B, Verburg P H. Sensitising rural policy: Assessing spatial variation in rural development options for Europe[J]. Land Use Policy, 2011, 28(3):447-459.
- [30]刘彦随, 刘玉, 陈玉福. 中国地域多功能性评价及其决策机制[J]. 地理学报, 2011, 66(10):1379-1389.
- [31]刘玉, 刘彦随, 郭丽英. 乡村地域多功能的内涵及其政策启示[J]. 人文地理, 2011, 26(6):103-106, 132.
- [32]樊杰. 中国主体功能区划方案[J]. 地理学报, 2015, 70(2):186-201.
- [33]谢高地, 鲁春霞, 甄霖, 等. 区域空间功能分区的目标、进展与方法[J]. 地理研究, 2009, 28(3):561-570.
- [34]樊杰. 解析我国区域协调发展的制约因素探究全国主体功能区规划的重要作用[J]. 中国科学院院刊, 2007, 22(3):194-201.
- [35]陈小良, 樊杰, 孙威, 等. 地域功能识别的研究现状与思考[J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(2):72-79.
- [36]Willemen L, Hein L, Martinus E F, et al. Space for people, plants, and livestock? Quantifying interactions among multiple landscape functions in a Dutch rural region[J]. Ecological Indicators Landscape Assessment for Sustainable Planning, 2010, 10(1):62-73.

- 
- [37] 乔伟峰, 戈大专, 高金龙, 等. 江苏省乡村地域多功能与振兴路径选择研究[J]. 地理研究, 2019, 38(3):522-534.
- [38] 徐凯, 房艳刚. 乡村地域多功能空间分异特征及类型识别——以辽宁省 78 个区县为例[J]. 地理研究, 2019, 38(3):482-495.
- [39] Plieninger T, Bens O, Hüttl R F. Innovations in land-use as response to rural change—A case report from Brandenburg, Germany[C]//ManderŮ, Wiggering H, Helming K(eds). Multifunctional land use—meeting future demands for landscape goods and services. Heidelberg:Springer, 2007:369-385.
- [40] 刘超, 许月卿, 卢新海. 生态脆弱贫困区土地利用多功能权衡/协同格局演变与优化分区——以张家口市为例[J]. 经济地理, 2021, 41(1):181-190.
- [41] 王传胜, 赵海英, 孙贵艳, 等. 主体功能优化开发县域的功能区划探索: 以浙江省上虞市为例[J]. 地理研究, 2010, 29(3):481-490.
- [42] Rudolf de Groot. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multifunctional landscapes[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 75:175-186.
- [43] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9):1740-1746.
- [44] 郑秋月, 姜广辉, 张瑞娟. 基于乡村地域功能导向的土地整治分区——以北京市平谷区为例[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(11):70-76.
- [45] 卓蓉蓉, 余斌, 曾菊新, 等. 中国重点农区乡村地域功能演变及其影响机理——以江汉平原为例[J]. 地理科学进展, 2020, 39(1):56-68.
- [46] 吴殿廷, 吴铮争. 主体功能区规划实施中若干问题的探讨[J]. 人民论坛, 2011(24):116-117.
- [47] 陈小良. 市县层级地域功能分类与识别研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2013.
- [48] 丁四保. 中国主体功能区划面临的基础理论问题[J]. 地理科学, 2009, 29(4):587-592.
- [49] 郝大江. 主体功能区演进机制研究——基于要素适宜度矢量分析视角[J]. 河北经贸大学学报, 2013, 34(4):31-35.
- [50] 姜安印. 主体功能区: 区域发展理论新境界和实践新格局[J]. 开发研究, 2007(2):15-17.
- [51] 李平星, 陈雯, 孙伟. 经济发达地区乡村地域多功能空间分异及影响因素——以江苏省为例[J]. 地理学报, 2014, 69(6):797-807.
- [52] 王枫, 董玉祥. 广州市土地利用多功能的空间差异及影响因素分析[J]. 资源科学, 2015, 37(11):2179-2192.
- [53] 甄霖, 魏云洁, 谢高地, 等. 中国土地利用多功能性动态的区域分析[J]. 生态学报, 2010, 30(24):6749-6761.

- 
- [54]刘璐璐, 曹巍, 吴丹, 等. 国家重点生态功能区生态系统服务时空格局及其变化特征[J]. 地理科学, 2018, 38(9):1508-1515.
- [55]陈瑜琦, 张智杰, 郭旭东, 等. 中国重点生态功能区生态用地时空格局变化研究[J]. 中国土地科学, 2018, 32(2):19-26.
- [56]杜国明, 孙晓兵, 王介勇. 东北地区土地利用多功能性演化的时空格局[J]. 地理科学进展, 2016, 35(2):232-244.
- [57]刘愿理, 廖和平, 李涛, 等. 山区土地利用多功能时空分异特征及影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2019, 35(21):271-279.
- [58]王秀明, 刘谓承, 龙颖贤, 等. 基于改进的 InVEST 模型的韶关市生态系统服务功能时空变化特征及影响因素[J]. 水土保持研究, 2020, 27(5):381-388.
- [59]何焱洲, 王成. 乡村生产空间系统功能评价与格局优化——以重庆市巴南区为例[J]. 经济地理, 2019, 39(3):162-171.
- [60]曲衍波, 王世磊, 赵丽莹, 等. 山东省乡村地域多功能空间格局与分区调控[J]. 农业工程学报, 2020, 36(13):222-232.
- [61]李益敏, 管成文, 郭丽琴, 等. 基于生态敏感性分析的江川区土地利用空间格局优化配置[J]. 农业工程学报, 2018, 34(20):267-276, 316.
- [62]柯新利, 郑伟伟, 杨柏寒. 权衡城市扩张、耕地保护与生态保育的土地利用布局优化——以武汉市为例[J]. 地理与地理信息科学, 2016, 32(5):9-13, 51, 2.
- [63]Vincent I. Evolutionary dynamics of urban landuse planning and environmental sustainability in Ngeri[J]. Planning Perspectives, 1999, 14:347-368.
- [64]关小克, 张凤荣, 王秀丽, 等. 北京市生态用地空间演变与布局优化研究[J]. 地域研究与开发, 2013(3):119-124.
- [65]李思楠, 赵筱青, 普军伟, 等. 西南喀斯特典型区国土空间地域功能优化分区[J]. 农业工程学报, 2020, 36(17):242-253, 314.
- [66]宋贤威, 高扬, 温学发, 等. 中国喀斯特关键带岩石风化碳汇评估及其生态服务功能[J]. 地理学报, 2016, 71(11):1926-1938.
- [67]凡非得, 罗俊, 王克林, 等. 桂西北喀斯特地区生态系统服务功能重要性评价与空间分析[J]. 生态学杂志, 2011, 30(4):804-809.
- [68]韩会庆, 苏志华. 喀斯特生态系统服务研究进展与展望[J]. 中国岩溶, 2017, 36(3):352-358.
- [69]胡宝清, 王德光, 苏广实, 等. 喀斯特土地系统科学理论、方法与实证研究——以广西都安为例[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [70]安裕伦. 喀斯特人地关系地域系统的结构与功能刍议——以贵州民族地区为例[J]. 中国岩溶, 1994(2):153-159.

- 
- [71]龙健, 李娟, 黄昌勇. 我国西南地区的喀斯特环境与土壤退化及其恢复[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5):5-8.
- [72]杨明德. 论喀斯特环境的脆弱性[J]. 云南地理环境研究, 1990, 2(1):21-29.
- [73]龙健, 江新荣, 邓启琼, 等. 贵州喀斯特地区土壤石漠化的本质特征研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3):419-427.
- [74]邸欣月, 安显金, 董慧, 等. 贵州喀斯特区域土壤有机质的分布与演化特征[J]. 地球与环境, 2015, 43(6):697-708.
- [75]Millennium Ecosystem Assessment(MA). Ecosystems and human well-being: The assessment series (four volumes and summary) [M]. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [76]Costanza R, d' Argo R, de Groot R, et al. The value of the World' s ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630):253-260.
- [77]谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式[J]. 植物生态学报, 2006(2):191-199.
- [78]张斯屿, 白晓永, 王世杰, 等. 基于 InVEST 模型的典型石漠化地区生态系统服务评估——以晴隆县为例[J]. 地球环境学报, 2014, 5(5):328-338.
- [79]佟思纯, 李卫正, 严陶韬, 等. 基于生态系统服务功能重要性评价的喀斯特宜林地识别[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(5):159-165.