



引文格式: 丁华, 舒悦, 郎婷, 等. 陕北黄土高原丹霞地貌研究历程、热点与未来方向[J]. 西北地质, 2025, 58(2): 323-336. DOI: 10.12401/j.nwg.2025009

Citation: DING Hua, SHU Yue, LANG Ting, et al. Research History, Hotspot and Future Direction of Danxia Landform on Loess Plateau of Northern Shaanxi Province[J]. Northwestern Geology, 2025, 58(2): 323-336. DOI: 10.12401/j.nwg.2025009

陕北黄土高原丹霞地貌研究历程、热点与未来方向

丁华^{1,2,3}, 舒悦^{1,2,3}, 郎婷^{1,2,3}, 崔萃^{1,2,3}

(1. 长安大学建筑学院, 陕西 西安 710061; 2. 长安大学旅游规划设计研究所, 陕西 西安 710054;
3. 陕西省黄河科学研究院, 陕西 西安 710061)

摘要: 陕北黄土高原丹霞地貌景观带是目前国内已知规模最大的丹霞地貌景观带。基于 WOS、CNKI 等数据库, 笔者全面梳理了 1989~2023 近 35 年研究成果, 依托 CiteSpace 6.3.R1 软件, 构建了研究文献数量、研究机构、研究作者以及研究关键词等可视化知识图谱, 系统揭示了陕北黄土高原丹霞地貌研究历程和热点。研究发现: ①陕北黄土高原研究历程呈现由西南边缘地区逐步转向中部地区, 由零散研究或个案研究逐步向区域研究转变。②外文文献整体较少, 主要以国内文献为主。③对于陕北黄土高原丹霞地貌研究重视程度越来越高, 但研究团队、地域之间的合作较少。④研究早期以陕北黄土高原边缘的照金丹霞为主, 近期以延安丹霞地貌、靖边龙洲丹霞地貌、甘泉雨岔大峡谷等为主。⑤研究内容主要以“丹霞地貌分类”“景观特征”“沉积环境”“发育机制”等为热点。为进一步推动陕北黄土高原丹霞地貌的科学保护和合理开发利用, 未来应注重加强定量研究、深入揭示丹霞地貌形成机理、强化国内国际对比、保护利用协同推进等方面。

关键词: 丹霞地貌; 陕北黄土高原; CiteSpace 分析; 研究历程; 研究热点; 未来方向

中图分类号: P534.63; P931

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2025)02-0323-14

Research History, Hotspot and Future Direction of Danxia Landform on Loess Plateau of Northern Shaanxi Province

DING Hua^{1,2,3}, SHU Yue^{1,2,3}, LANG Ting^{1,2,3}, CUI Cui^{1,2,3}

(1. School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China; 2. Tourism Planning and Design Institute, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3. Shaanxi Yellow River Research Institute, Xi'an 710061, Shaanxi, China)

Abstract: The Danxia landscape zone of the Loess Plateau in northern Shaanxi is the largest known Danxia landscape zone in China. Based on WOS, CNKI and other databases, this study comprehensively combed the research results of the past 35 years from 1989 to 2023, relying on CiteSpace 6.3.R1 software, constructed a visual knowledge map of the number of research literature, research institutions, research authors and research key-

收稿日期: 2024-07-31; 修回日期: 2025-01-09; 责任编辑: 吕鹏瑞

基金项目: 国家自然科学基金项目“黄土高原狭缝式丹霞地质景观形成机制研究”(42077282)资助。

作者简介: 丁华(1973-), 女, 教授, 博士生导师, 博士长期从事地质公园开发和规划、城乡规划、乡村旅游等研究。E-mail: 1426493648@qq.com。

words, and systematically revealed the history of the research on Danxia landforms in the Loess Plateau of northern Shaanxi and its hotspots. The study found that: ① The research history of the Northern Loess Plateau of Shaanxi Province shows a gradual shift from the southwestern fringe region to the central region, and a gradual shift from piecemeal research or case studies to regional research. ② There is less foreign literature overall, and the main focus is on the domestic literature. ③ More and more emphasis is being placed on the study of the Danxia geomorphology of the Northern Loess Plateau of Shaanxi Province, but there is less cooperation between the research teams and the geographic regions. ④ Early research was dominated by the Zhaojin Danxia on the edge of the Loess Plateau in northern Shaanxi Province, and more recently by the Yan'an Danxia landform, the Longzhou Danxia landform in Jingbian, and the Yucha Grand Canyon in Ganquan. ⑤ The research content mainly focuses on "Classification of Danxia landforms", "Landscape characteristics", "Sedimentary environment", "Development mechanism" and so on. "and other hotspots. In order to further promote the scientific protection and rational development and utilization of Danxia landforms in the Loess Plateau of northern Shaanxi, the future directions should focus on strengthening quantitative research, in-depth revelation of the formation mechanism of Danxia landforms, strengthening the domestic and international comparisons, and synergistic promotion of protection and utilization.

Keywords: Danxia landform; loess plateau of northern Shaanxi; CiteSpace analysis; research history; research hotspots; future directions

丹霞地貌(Danxia landform)是发育于中生代至新近纪陆相相近水平厚层状紫红色砂岩、砾岩,由于地壳抬升、断裂切割、流水侵蚀、重力坍塌、风化剥落、化学溶蚀等多种地质作用而形成的丹崖赤壁及方山、石墙、石柱、峡谷、洞穴等地貌的统称(彭华, 2000; 彭华等, 2013; 郭福生等, 2020)。虽然中国丹霞地貌几乎均由中生代(尤以白垩纪为主)红层发育演化而来(齐德利等, 2005; Qi et al., 2005; 保广普等, 2019; 潘志新等, 2021),但在不同的地理环境下,因地质构造背景、岩石性质、内外动力作用等因素变化,所形成的丹霞地貌发育模式、景观类型、空间格局、形成机理都在一定程度上有所不同。经过统计(齐德利等, 2005; 黄进等, 2015a),丹霞地貌在中国广泛分布,丹霞地貌研究历经 90 多年研究历程,可划分为初创阶段(1928~1949年)、成型阶段(1950~1990年)、大发展阶段(1991~2009年)、国际化阶段(2009年至今)(齐德利等, 2009; 欧阳杰等, 2011; 闫罗彬等, 2023; 丁华等, 2023a; Leng et al., 2023)。到目前为止,现在已查明丹霞地貌 1 100 余处(欧阳杰等, 2011),分布于全国 28 个省(自治区、直辖市、特别行政区),相对集中分布在东南地区、西南地区 and 西北地区(黄进等, 2015b; 欧阳杰等, 2011; 闫罗彬等, 2023)。长期以来,研究的重心和中心多集中在中国的东南地区湿润-半湿润地带、西南湿润-半湿润地带,对于西北地区半干旱地区丹

霞地貌的研究较少(齐德利等, 2009; 丁华等, 2023a, 2023b),尤其是对于陕北丹霞地貌研究甚少。

2015年,全国开展了“西北地区重要地质遗迹调查”,陕西省地质调查院科研人员在陕北黄土高原地区发现了丹霞地貌的带状延展。经过测算,陕北黄土高原丹霞地貌景观带是由榆林市、延安市、铜川市、咸阳市、宝鸡市等地区串联起来的世界级丹霞地貌群,南北最长约为 770 km,东西宽约为 5~100 km,呈“S”形条带,总面积约为 30 773 km²(图 1),约有丹霞地貌经过 142 处,是中国最大的丹霞地貌景观带(洪增林等, 2023)。其中,府谷莲花辿、靖边龙洲丹霞、安塞阎山湾、安塞王家湾、志丹毛项沟、甘泉雨岔大峡谷等丹霞地貌区,这些丹霞地貌具有极高的科学研究价值和美学观赏价值(吕艳等, 2019; Leng et al., 2023),特别是沟谷型丹霞(以甘泉雨岔大峡谷为典型代表)、波浪型丹霞(以靖边龙洲丹霞为典型代表)、彩丘型丹霞(以府谷莲花辿为典型代表)等丹霞地貌和景观的发现,突破了以往对中国丹霞空间分布、构成、地貌类型、地貌演化的认识(丁华等, 2023b),也为丹霞地貌的研究提供了新区域和新领域,对于补充和完善中国丹霞地貌的研究具有非常重要的科学意义和研究价值。

因此,本研究以陕北黄土高原丹霞地貌景观带为研究范围,采用 CiteSpace 软件分析总结归纳陕北黄土

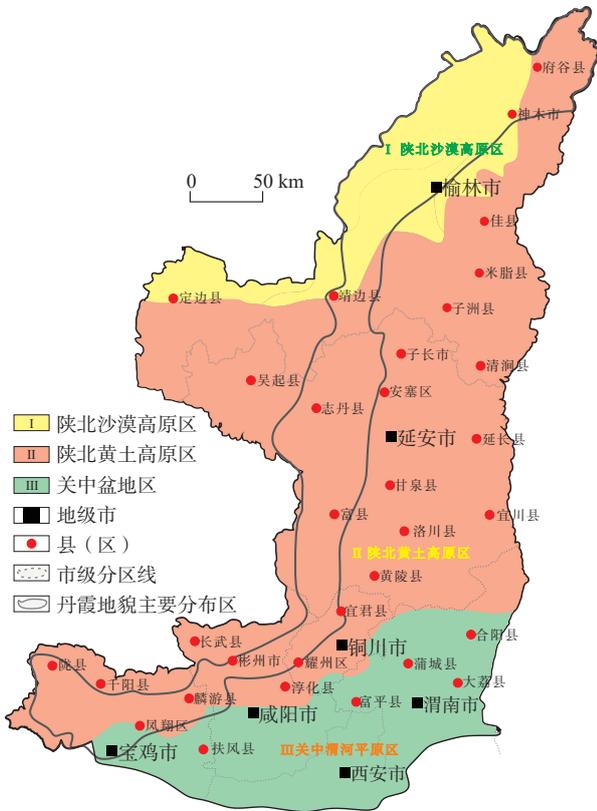


图1 陕北黄土高原丹霞景观带范围示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the scope of the Danxia landscape zone on the Loess Plateau in northern Shaanxi Province, China

高原丹霞地貌的研究历程和研究热点,并提出未来研究的重点方向,以期对未来陕北黄土高原丹霞地貌研究提供一定的科学参考和依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

基于“丹霞地貌”国内外研究,对WOS(Web of Science)数据库、CNKI(China National Knowledge Infrastructure)数据库、CSTJ数据库(China Science and Technology Journal Database)、CDDB数据库(China Dissertation Database)分别进行检索获取国外、国内研究原始数据。中国学者冯景兰、陈国达最早提出“丹霞层”“丹霞地形”的概念,曾昭璇首次使用“丹霞地貌”这一术语;学者们对中国丹霞地貌的概念定义(彭华,2002;赵汀等,2014;郭福生等,2020)、类型划分(彭华,2002)、空间分布(齐德利等,2005;欧阳杰等,2011;黄进等,2015a;闫罗彬等,2023)、景观特征(朱诚等,2000;张荷生,2007;郭福生,2011)、成因机制(朱

诚等,2015;章桂芳等,2018)、国内外对比(潘志新等,2018)、旅游开发(周学军,2003)等方面进行了多方位研究。2010年,“中国丹霞”成功列入《世界遗产名录》。国外没有正式统一使用“丹霞地貌”这一专用名词,使用较多的是“红层”“红层地貌”“红层地形”等术语,主要集中在欧洲、北美、西亚、北非、澳大利亚等各地区、各国该类景观特征、发育过程和机制、风化机理、地貌对比等方面,研究方法和技术手段上较先进(彭华等,2013;潘志新等,2018)。

鉴于国内外术语使用和研究的差异性,对WOS(Web of Science)数据库中,按照关键词、主题、摘要、全文等,第一层次输入“red bed”“red layer”“loess plateau”“North Shaanxi Province”及它们的组合等内容进行检索;其次,按照陕北黄土高原丹霞景观带的代表性地貌及景观,如“Yucha Grand Canyon”(or Ganquan Grand Canyon)、“Longzhou Danxia landform”等进行检索获取;这样先后多轮检索获得外文数据。在CNKI(China National Knowledge Infrastructure)数据库、CSTJ数据库(China Science and Technology Journal Database)、CDDB数据库(China Dissertation Database)中,按照关键词、主题、摘要、全文等,第一层次输入“陕北地区”“黄土高原”“丹霞地貌”“丹霞景观”“丹霞地质遗迹”及它们的组合等进行多轮检索;按照陕北黄土高原丹霞景观带涉及的榆林、延安、铜川、咸阳、宝鸡等地代表性地貌及景观,如照金香山、甘泉大峡谷、靖边龙洲丹霞、府谷莲花迪等进行多轮检索;经过多轮检索,获得相关中文数据。

在WOS数据库、CNKI数据库、CSTJ数据库、CDDB数据库中检索出246篇文献。为保证数据的精确性,人工剔除了报纸、年鉴、专利以及信息不完整、不符合学术论文规范的文献(含中文数据库检索到的英文文献等的无效数据),筛选合并后最终得到有效文献125条作为陕北黄土高原丹霞地貌的国内研究成果。其中,有101篇(占数据的80.80%)来自期刊,17篇(占数据的13.60%)来自硕博论文,7篇(占数据的5.60%)来自会议论文。

1.2 研究方法

CiteSpace是一种对文献结果进行定量分析的实用型文献分析软件。该软件是由美国德雷赛尔大学计算机与情报学教授陈超美博士基于Java语言开发、基于引文分析理论的信息可视化软件(李杰等,2016)。

该软件可通过文献的被引、合作网络、主题、领域贡献等分析来探究某个特定领域研究的知识背景和目前前沿话题,探测学科和领域的演变过程(Chen et al., 2006),并通过定量化与可视化相结合,将某领域一定时期内的研究现状、合作情况、热点主题等展现在图谱上(陈悦等, 2015; 王娟等, 2016)。本研究采用 CiteSpace 6.3.R1 软件绘制相应作者及机构共线图、关键词共线图、关键词聚类图谱、关键词时间线图以及关键词突现图谱,从文献计量学的角度分析陕北黄土高原地区丹霞地貌研究历程、研究热点与前沿动态。鉴于吴成基等(1989)在《黄土高原的基岩侵蚀初探》一文中提出到陕北黄土高原地区的基岩为第三系红层和中生界陆相碎屑岩,在沟谷处表现为黄土戴帽、红土(基岩)穿裙的特殊地貌景观(Wu et al., 1989),在本研究中被视为第一篇涉及陕北黄土高原丹霞地貌的研究,因此该软件运行时间跨度为 1989~2023 年(Slice Length=1)。

2 陕北黄土高原丹霞地貌研究历程

2.1 研究阶段

论文发表数量体现了研究学者对某个领域的关注度,也是对衡量某一时间段中这个领域发展趋势的一个重要指标。根据在 WOS(Web of Science)数据库、CNKI(China National Knowledge Infrastructure)数据库、CSTJ 数据库(China Science and Technology Journal Database)、CDDB 数据库(China Dissertation Database)等搜索 125 篇有关文献数据进行论文数量可视化研究(图 2)。可以清晰看出,陕北黄土高原地区丹霞地貌的研究可以分为明确的 3 个阶段:零散阶段

(1989~2011 年)、起步阶段(2012~2016 年)、发展阶段(2017 年至今)。

零散阶段(1989~2011 年):研究文献总体数量较少,共计 16 篇,占研究数据的 12.80%。这一时期的研究对象、研究内容较为零散,主要是从区域地貌研究视角揭示丹霞地貌的类型和景观。张哲夫(1993)在研究铜川市地貌时,提出丹霞地貌是该区重要的地貌类型,主要以“方山”为主,在玉华川上游最典型,以著名的唐代玉华宫遗址为代表。惠振德等(1994)提出陕西丹霞地貌以关中盆地西部和陕北盆地西部鼻状凹陷地带最为典型(榆林红石峡、彬县大佛寺、麟游千佛洞、耀县张阁老崖等),造型风景丹霞地貌有 26 处,以白垩系和第三系红色砂砾岩形成的峭壁丹崖、峰寨岩柱及洞府等为主,是喜马拉雅运动、新构造运动的改造和流水、重力、风化共同作用下形成。这也为后来研究陕北黄土高原丹霞地貌的类型及景观研究提供了理论基础。

起步阶段(2012~2016 年):文献数量整体呈上升趋势,共计 24 篇,占研究总数据的 19.20%,这一时期的研究成果主要围绕照金山丹霞的地质遗迹特征、地质公园建设、旅游发展展开。2012 年,铜川照金山丹霞地质公园成为第六批国家地质公园,为促进地质公园科学、持续开发建设,专家学者开始了一系列研究,如杨望墩(2013)研究了陕西耀州照金丹霞国家地质公园地质遗迹资源研究与建设构想。彭华(2013)的研究则将陕北红层归入丹霞,大大开拓了陕北丹霞的研究进展。2015 年,陕西省地质调查院科技人员在陕北延安、榆林等地发现了大规模的丹霞地貌,使得陕北黄土高原丹霞地貌受到了前所未有的关注。

发展阶段(2017 年至今):虽 2021~2023 年间发

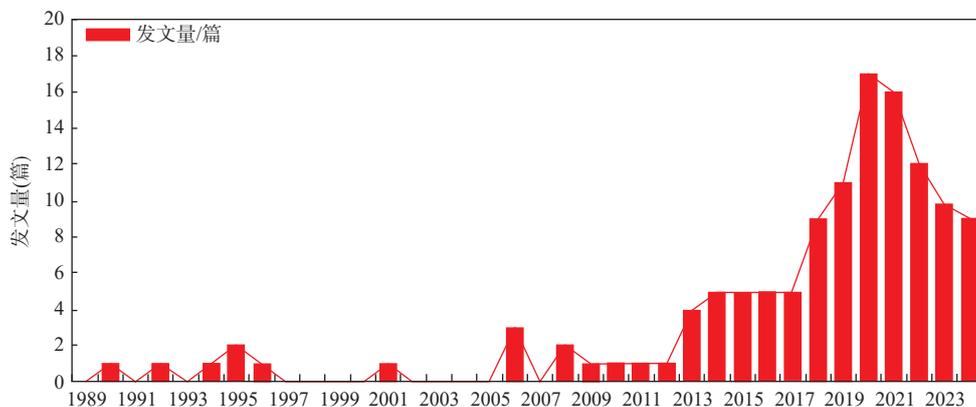


图2 历年文献发文章数

Fig. 2 Number of Literature Issued in Calendar Years

研究院机构发文量最多的是陕西省地质调查院, 发表文献共计 22 篇, 以其下属单位陕西省矿产地质调查中心发文量最多, 共计 20 篇。根据机构发文数据的整理, 列举出 Top5 的发文机构(表 1), 排在 Top5 机构之间的连线较少, 说明研究成果较多的机构彼此之间合作较少, 学术联系不紧密, 未能形成依托各机构的学术成果融合。

总的来看, 陕西省地质调查院、长安大学、陕西师范大学是研究陕北丹霞地貌景观带的主导力量, 以地质、地理、旅游等为专业基础, 体现了与研究地域的“近距性”; 同时, 也体现出跨区域研究较少、研究单位彼此之间的合作较少, 呈现学术界重视该主题研

究但学术交流不足的特点。

2.3 研究作者

对陕北黄土高原丹霞地貌研究作者看, 共有 184 位作者被纳入统计分析, 利用 Citespace 进行作者合作网络图谱分析(图 4), 节点代表发文作者, 节点的大小代表发文的次数, 节点越大该作者的发文量越多。作者之间的合作关系以节点之间的连线来体现, 连线越短说明合作越紧密。目前, 有多位研究作者的集群总体呈现大集中小分散的趋势, 以吴昊、李兴文、祝捷、李益朝、彭小华、唐永忠、杨望瞰、党晨等研究作者为中心展开合作的网络最为紧密(图 4)。根据数据整理列举出发文量位居 Top8 的作者(表 2)。其中, 吴昊是

表 1 1989~2023 年中国陕北黄土高原丹霞地貌研究高频发文机构 Top5 统计

Tab. 1 Top5 statistics of high-frequency issuing organizations for the study of Danxia landforms on the Loess Plateau of Shanbei, China from 1989 to 2023

序号	发文机构名称	发文量(篇)	起始时间(年)	与其他机构合作频次(次)	与Top10机构合作频次(次)
1	陕西省地质调查院	22	1995	10	6
2	长安大学	19	2010	12	2
3	陕西师范大学	13	1994	4	1
4	中国地质大学	11	2009	7	3
5	中国科学院	9	2007	9	4

CiteSpace, v. 6.3.R1 (64-bit) Basic
 May 23, 2024, 11:41:22 AM CST
 CNR: D:\Users\date for citespace\0420_118 篇丹霞地貌
 Timespan: 1989-2023 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
 Network: N=184, E=401 (Density=0.0238)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None
 Excluded:

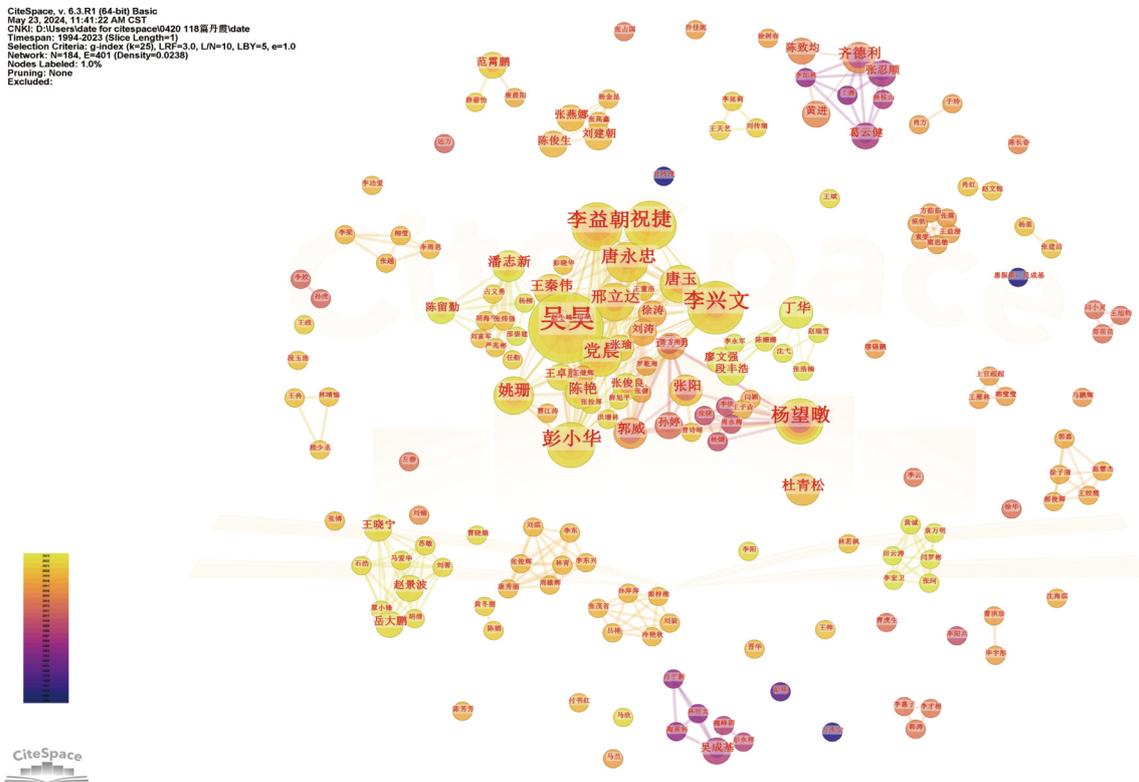


图 4 发文作者关系图谱

Fig. 4 Mapping of Author Relationships in Publications

本次统计范围内发文量最多的研究作者, 发文量为 18 篇, 与其他研究学者之间的合作最多。对于发文量位于 Top8 的研究作者和发文机构来看, 位居 Top8 的

研究作者有 7 位都来自陕西省地质调查院。说明研究成果突出的团队中研究作者联系是较为紧密的, 但也反映出研究成果较多的团队较为单一。

表 2 1989~2023 年中国陕北黄土高原丹霞地貌研究 Top8 发文作者统计

Tab. 2 Statistics of authors of Top10 publications on Danxia geomorphology research in the Loess Plateau of northern Shaanxi Province, China from 1989 to 2023

序号	作者	发文量(篇)	起始时间(年)	合作频次(次)	与Top10作者合作频次(次)
1	吴昊	18	2018	25	8
2	李兴文	13	2018	19	7
3	祝捷	11	2018	16	6
4	李益朝	11	2017	23	8
5	彭小华	9	2018	16	6
6	唐永忠	8	2018	11	5
7	杨望墩	7	2010	15	0
8	党晨	6	2020	13	7

3 研究热点与前沿

3.1 关键词共线

论文的关键词基本上是论文研究重点较为准确的高度概括。笔者利用 CiteSpace 软件对检索出的有效文献进行可视化计量研究。文献以 Refworks 格式导入该软件。时间模块(Time Slicing)的范围选择 1989~2023 年, 最小时间切片(Years Per Slice)设置为 1 年,

Node Types 选项设置成 Keyword, 生成的高频关键词共线图, 此图谱表示不同文献中的共线频次和关联对应, 并生成有 166 个节点, 411 条连线, 整体密度为 0.03 的关键词共线知识图谱, 表明各方向之间有着密切的联系(图 5)。图中, 节点代表着该研究领域的某一个关键词, 节点越大, 说明关键词出现的频率就越高, 关注度也就越高(王娟等, 2016)。中心性则能反映出关键词的核心程度, 节点的相关性越大, 中心性越高, 一般来说中心性 > 0.1 的, 则可以认为关键词在

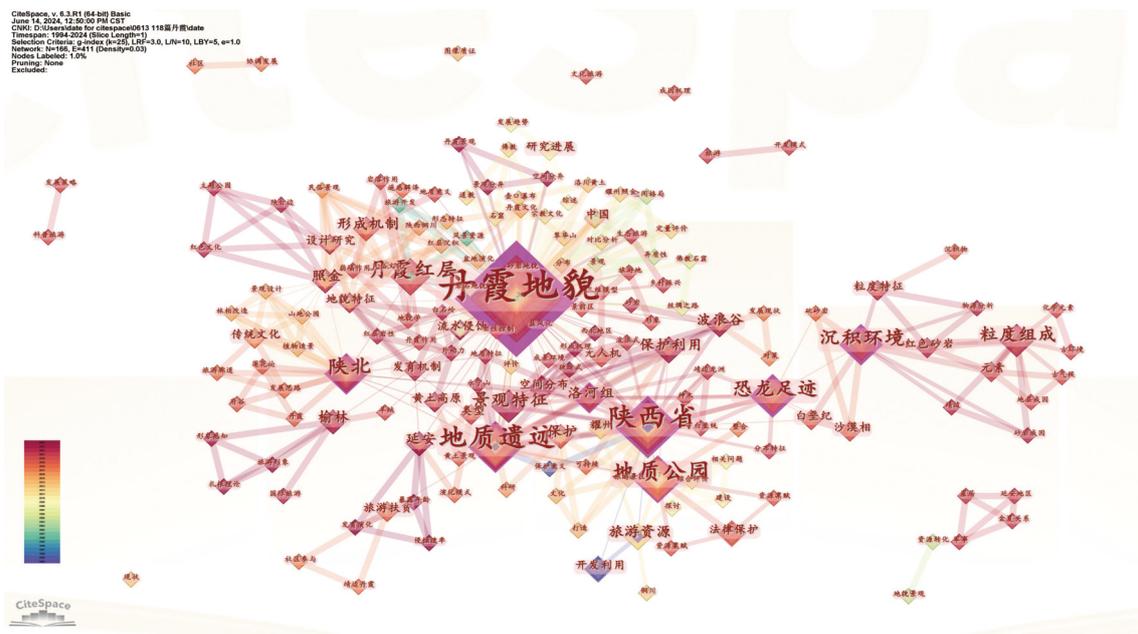


图5 关键词共线知识图谱图
Fig. 5 Keyword co-linear knowledge mapping diagram

这个领域的影响力越大(李想等, 2018)。

由于在检索文献时已经采用“陕北地区”“黄土高原”“丹霞地貌”“丹霞景观”“丹霞地质遗迹”等进行检索,故在对研究热点和重点进行深入分析的时候,首先去掉这些关键词。从关键词共线图可知,国内对于陕北黄土高原丹霞地貌的研究形成了较为紧密的网络结构,呈现出了以“丹霞红层”“沉积环境”“粒度组成”“景观特征”“地质公园”“恐龙足迹”等出现频率较大的关键词集群(表3),属于陕北黄土高原丹霞地貌研究的热点。

表3 高频关键词频次及中心性

Tab. 3 Frequency and centrality of high-frequency keywords

序号	关键词	频次(次)	中心性	出现时间(年)
1	丹霞红层	23	0.01	2000
2	沉积环境	21	0.25	2018
3	粒度组成	20	0.07	2020
4	景观特征	16	0	2021
5	地质公园	12	0.12	2010
6	恐龙足迹	5	0.21	2018

热点词的出现体现了研究机构及学者的关注方向。“地质公园”作为该研究领域的热点词出现,主要是围绕陕西省唯一国家级丹霞地质公园——铜川市耀州区照金丹霞国家地质公园开发建设展开。该地质公园地处鄂尔多斯盆地西南缘,是一处典型的西北“方山”型丹霞地貌,以白垩纪宜君砾岩构成的壮年期和幼年期的丹霞地貌(杨望曦等, 2017),这是2012~2016年主要的研究热点,研究学者以杨望曦等为主。

“沉积环境”“粒度组成”两个热点词往往相伴出现,体现出研究机构及学者探索研究陕北黄土高原丹霞地貌岩石的沉积成因,主要以岩石的微观层面进行定量研究,通过偏光显微镜、电子探针等技术手段(宋炎, 2018),研究丹霞地貌沉积物岩相、岩性、粒度、结构以及磁化率、化学组成等特征,为陕北黄土高原丹霞的成景岩石及环境提供科学依据(李东兴等, 2019; 王晓宁, 2021; 石浩等, 2022)。

“景观特征”作为研究区域的关键词,体现出丹霞地貌的地质遗迹景观特色和美学价值。吴昊等(2018)提出延安地区丹霞地貌主要以“沟谷型”丹霞为主,按照其形态特征细分为“天井式”“狭缝式”“巷道式”“宽谷式”等类型。彭小华等

(2021)提出延安丹霞地貌主要以负地貌“沟谷型”以及正地貌的“波浪型”、石崖(壁)、天生桥、石蘑菇等5种类型等地貌景观。潘志新等(2021)认为从区域性的群体地貌尺度来看,陕北地区丹霞地貌整体为高原—峡谷型景观;从单体地貌尺度来看,主要为沟谷—崖壁组合。丁华等(2023b)提出陕北黄土高原丹霞地貌主要以狭缝型沟谷丹霞、波浪型丹霞、彩色丘陵为特色,并以甘泉雨岔大峡谷为例,系统研究了狭缝型沟谷丹霞以负地形的波浪谷(波浪状凹槽与凸起间或分布)为主,为具有国际对比研究价值的黄土覆盖型丹霞。

“恐龙足迹”作为关键词主要与陕西省地质调查院和中国地质大学的唐永忠、邢立达等专家学者有关。2017年,在开展“神木市公格沟丹霞地质公园申报项目”野外调查中,发现了白垩系紫红色砂岩(距今约1.4亿a)存在多处恐龙足迹(唐永忠等, 2020),这在鄂尔多斯盆地东北部首次发现,也是中国历史上首次发现(唐永忠等, 2018; Xing et al., 2021)。恐龙足迹化石从早、中侏罗纪到早白垩纪均有分布,对中国白垩纪沙漠相恐龙动物群的类型及分布研究、古气候等具有重要价值和意义(石浩等, 2022)。

3.2 关键词聚类

对陕北黄土高原丹霞地貌的关键词进行聚类,是根据关键词之间的共线强度而进行再分类,将关联较为紧密的关键词聚成一类(图6),从而形成关注度较高的文献群。聚类模块值Q值等于0.652,大于0.3,可以判断聚类结果显著;聚落剪影度S值等于0.9464,大于0.7,可以证明该聚类是合理的。按照运算的规则,关键词组成了6个明显的聚类标签,聚类序号以#0开始,#5结束,分别为丹霞红层、景观特征、鄂尔多斯盆地西南缘、粒度组成、地质公园、形成机理以及其他。数字越小,则表示该聚类中包含的关键词数目越多。

CiteSpace关键词时间线图(图7),侧重勾画聚类之间和单个聚类中文献的时间跨度,从而呈现出该研究的热点和变化趋势,且提供模块数(Q值)和平均轮廓值(S值)两个指标作为评判图谱绘制效果的依据。一般认为 $Q > 0.3$ 聚类结果显著, $S > 0.5$ 聚类为合理的, $S > 0.7$ 聚类结果令人信服。文中Q值为0.652,S值为0.9464,可认为聚类结果显著与可信性,显示了前6个显著聚类,“#0 丹霞红层”“#1 景观特征”“#2 鄂尔多斯盆地西南缘”“#3 粒度组成”“#4 地质公

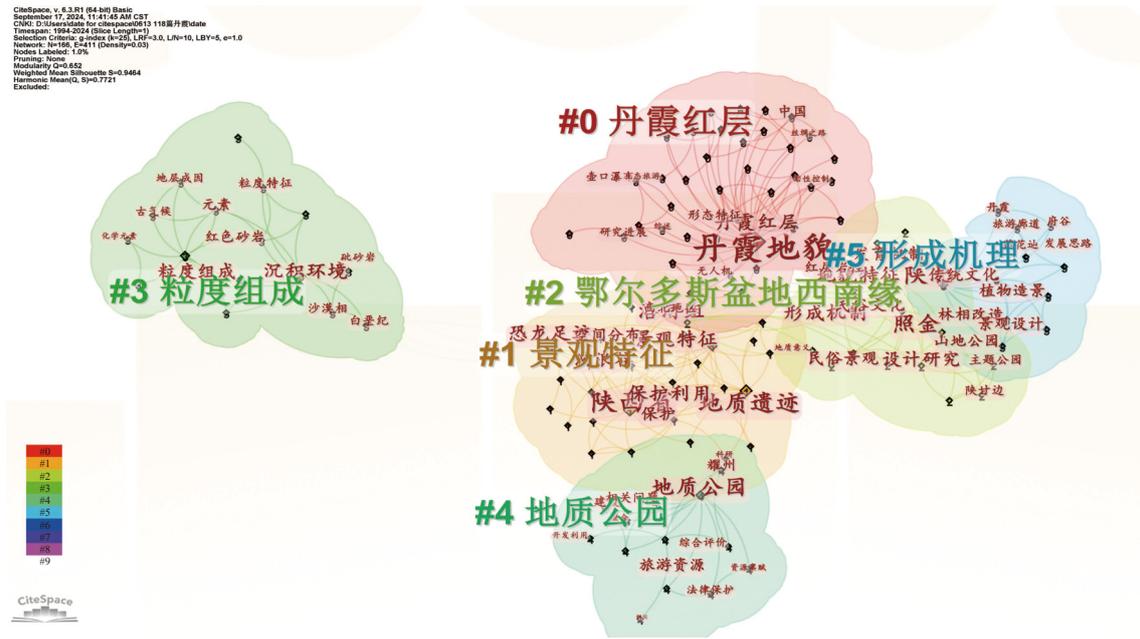


图6 关键词聚类图

Fig. 6 Keyword clustering map

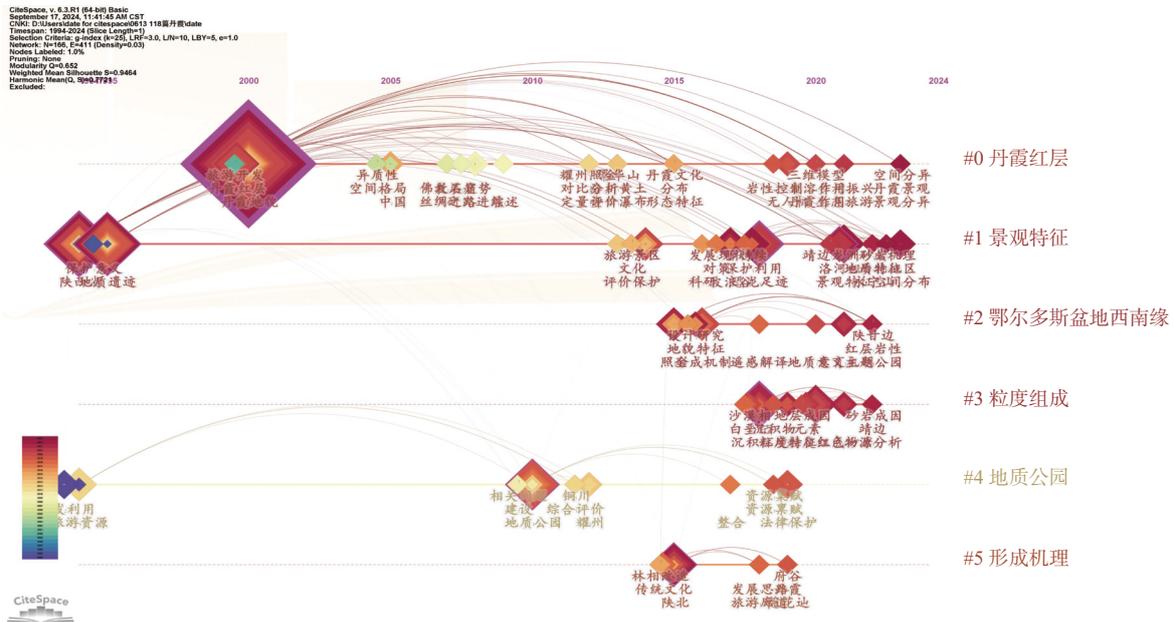


图7 关键词时间线图

Fig. 7 Keyword timeline graph

园”“#5 形成机理”6 个主题。基本与关键词聚类的结果相吻合。

根据聚类数据显示(表 4), 一般类团中的数量 <10 的类团, 聚类程度较差。聚类 Silhouette(聚类剪影)用来检测一个类团中的成员的紧密程度, 一般 >0.7 就说明它们的紧密程度良好, 说明聚类是成功的(李杰等, 2016)。

以上结果表明, 基于关键词聚类及关键词时间共线的研究热点, 两者基本吻合, 主要研究热点围绕丹霞红层、景观特征、鄂尔多斯盆地西南缘、地质公园、形成机理等研究上。

3.3 研究前沿

关键词突现是指在文献当中关键词短时间产生的较大的变化, 分析关键词突现可以识别该领域中新的

兴研究的发展趋势。笔者利用 CiteSpace 软件进行 Burstness(关键词突现)检测,最小持续时间设置为 1 年,“Year”表示对应节点出现的时间,“Strength”表示节点的突现强度,“Begin”和“End”表示节点

开始和结束的时间;按照关键词的突现强度(Strength)和关键词突现时间(Begin)进行排序,获得了 1989~2023 时间段内 22 个突发关键词和他们所持续的时间(图 8)。

表 4 不同聚类研究内容与特点

Tab. 4 Content and characteristics of different clustering studies

聚类编号	聚类名称	聚类数(个)	聚类剪影(相似度)	主要关键词
#0	丹霞红层	38	0.988	丹霞红层; 丹霞地貌; 陕西省; 景观特征; 遥感解译
#1	景观特征	28	0.854	景观特征; 陕西省; 洛河组; 保护利用; 空间分布
#2	鄂尔多斯盆地西南缘	20	0.869	鄂尔多斯盆地西南缘; 地貌特征; 设计研究; 形成机制; 红层沉积
#3	粒度组成	18	0.971	粒度组成; 元素; 沉积环境; 砂岩成因; 古气候
#4	地质公园	13	0.95	地质公园; 开发建设; 综合评价; 资源禀赋
#5	形成机理	11	0.983	丹霞类型; 景观特征; 发育演化; 演化模式

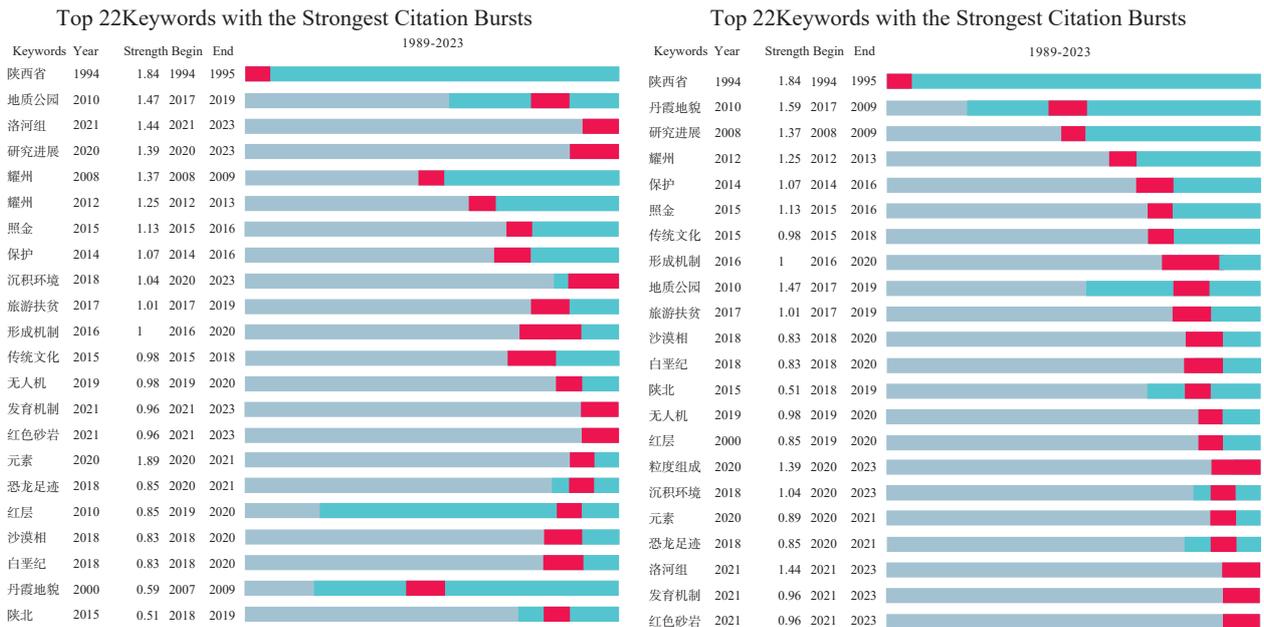


图8 关键词突现图

Fig. 8 Keyword burst map

1989~2023 年,突发关键词数量很多,且这 22 个关键词出现的时间范围都沿用至今。从突现强度来看,“陕西省”“地质公园”“洛河组”这 3 个关键词的突现强度最大,是这一领域的研究热点。从突现时间来看,国内研究主题的发展有明显的阶段性,但基本在 2016 年以后突现词变多。1989~2015 年整体论文数量较少,主要还是停留在陕西省丹霞地貌的发现上,并开始探究地质公园的景观资源和评价,但整体的研究对象、内容上还是趋于单一化。2016~

2023 年,突现词增多,“陕北地区”成为关键词,标志着对该区域的重视程度。“红色砂岩”“沉积环境”“白垩纪”“洛河组”“岩石粒度”“发育机制”出现频次和强度增加,成为最近时期的研究前沿。

4 未来研究方向

4.1 加强定量研究

从现有科研成果来看,陕北黄土高原地区丹霞地

貌研究主要通过实地踏勘与测量、电子显微镜或偏光显微镜对岩石成分、结构、构造进行研究,通过无人机航摄测量、遥感解译、DEM高程分析等揭示地貌演化阶段(高海峰等, 2019; 马爱华, 2020; 吴昊等, 2022), 相比较东南地区、西南地区丹霞地貌研究, 定量研究方法整体处于起步阶段, 需扩大应用范围和深度。未来应加强区域构造应力演化过程和应力场、岩石力学性质(如抗压、抗酸和冻融实验)、岩石暴露年龄、岩石侵蚀速率、水动力机制等定量研究, 并结合多学科进行丹霞地貌动态监测、植被特征、构建生物栖息地网络等研究方向, 为黄土高原丹霞地质景观科学保护和合理利用的措施和对策提供科学依据和关键技术支撑。

4.2 深入揭示丹霞地貌形成机理

陕北黄土高原丹霞地貌为国内外罕见的黄土覆盖型丹霞, 与广东仁化丹霞山等东南丹霞、赤水河古等西南地区丹霞不同, 也不同于天水麦积山等西北丹霞, 其演化模式和形成机理难以套用已有研究成果, 上覆黄土覆盖层沟谷演化和侵蚀对于黄土高原丹霞地貌的控制和影响包括哪些方面? 黄土高原白垩系丹霞地貌形成的主要营力和关键因素是什么? 这些问题均需要通过科学手段去揭示规律和形成机制、构建模型。未来应以“格局-侵蚀-演化-机制”为研究主线, 填补现有黄土高原丹霞地貌基础理论研究严重不足的空白, 也是对现有丹霞地貌研究的补充和完善。

4.3 强化国内国际对比

陕北黄土高原丹霞地貌及景观是国内外罕见的地质遗迹奇观。例如, 甘泉雨岔大峡谷更被称为“中国的羚羊谷”“黄土地缝奇观”, 兼具世界级科研价值和旅游价值。通过研究揭示黄土高原地区狭缝式丹霞地质景观的成景基础、控制构造、主导营力和影响因素, 进而提出地质景观形成机制, 可以为与美国羚羊谷等世界知名丹霞峡谷的国际对比研究提供范例。对于国内国际的丹霞地貌的对比研究, 还可以从红层的发育序列、构造环境、古地理环境、红层岩性和地貌发育等方面进行。

4.4 保护利用协同推进

在黄河流域生态保护和高质量发展新要求下, 地质遗迹景观的科学保护和合理利用显得极为迫切和更为必要。陕北黄土高原丹霞地貌及景观主要发育区是生态环境脆弱区或敏感区, 也是经济发展滞后区,

保护好丹霞地貌及景观是发展的基础, 是利用好丹霞地貌及景观科学处理地质遗迹景观保护与旅游发展的关系的关键。未来应基于保护与利用“双赢”目标, 研究丹霞地貌及景观保护痛点难点、生态承载力、旅游目的地建设等方面, 建立丹霞生态环境脆弱评价体系, 依据评价的结果和数据, 形成保护利用协同推进局面, 促进区域和谐、有序发展。

5 结论

(1) 本研究全面梳理了1989~2023近35年研究成果, 可以看出陕北黄土高原丹霞地貌研究历经了零散阶段、起步阶段、发展阶段3个阶段; 但外文文献整体较少。

(2) 区域上由西南边缘地区逐步转向中部地区, 由零散研究或个案研究逐步向区域研究转变; 研究早期以陕北黄土高原边缘的照金丹霞为主, 近期以延安丹霞地貌、靖边龙洲丹霞地貌、甘泉雨岔大峡谷等为主。

(3) 研究内容主要以“丹霞地貌分类”“景观特征”“沉积环境”“发育机制”等为热点。

(4) 为进一步推动陕北黄土高原丹霞地貌的科学保护和合理开发利用, 未来应注重加强定量研究、深入揭示丹霞地貌形成机理、强化国内国际对比、保护利用协同推进等方面。

参考文献(References):

- 保广普, 刘春娥, 黄广文. 青海丹霞地貌的分布、特征及演化[J]. 西北地质, 2019, 52(3): 199-208.
- BAO Guangpu, LIU Chun'e, HUANG Guangwen. Distribution, Characteristics and Evolution of Danxia Landform in Qinghai[J]. Northwestern Geology, 2019, 52(3): 199-208.
- 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. Citespace知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- CHEN Yue, CHEN Chaomei, LIU Zeyuan, et al. The methodology function of CiteSpace mapping knowledge domains[J]. Research in Science of Science, 2015, 33(2): 242-253.
- 党晨, 吴昊, 彭晓华, 等. 龙洲丹霞地貌地质遗迹保护利用建议[J]. 中国金属通报, 2020, (3): 182+184.
- DANG Chen, WU Hao, PENG Xiaohua, et al. Suggestions for the Protection and Utilization of Longzhou Danxia Landform Geological Heritage[J]. China Metal Bulletin, 2020, (3): 182+184.
- 丁华, 段丰浩, 陈姗姗, 等. 陕北甘泉丹霞峡谷群地质遗迹景观

- 特征与保护利用[J]. 地球科学与环境学报, 2023a, 45(2): 362-372.
- DING Hua, DUAN Fenghao, CHEN Shanshan, et al. Characteristics, Protection and Utilization of the Canyons of Danxia Landscape Geoheritages in Ganquan Area of the Northern Shaanxi, China [J]. *Journal of Earth Science and Environment*, 2023a, 45(2): 362-372.
- 丁华, 廖文强, 段丰浩, 等. 陕西省丹霞地貌景观特征、空间分布与形成机理初探[J]. 干旱区地理, 2023b, 46(4): 527-538.
- DING Hua, LIAO Wenqiang, DUAN Fenghao, et al. Characteristics, spatial distribution and formation mechanism of Danxia landform in Shaanxi Province[J]. *Arid Land Geography*, 2023b, 46(4): 527-538.
- 高海峰, 蒙利, 曹江涛, 等. 无人机倾斜摄影在靖边县龙洲丹霞地貌调查中的应用[J]. *陕西地质*, 2019, 37(2): 98-102.
- GAO Haifeng, MENG Li, CAO Jiangtao, et al. Application of UAV TILT photography to Longzhou Danxia Landform survey in Jingbian County[J]. *Shaanxi Geology*, 2019, 37(2): 98-102.
- 郭福生, 陈留勤, 严兆彬, 等. 丹霞地貌定义、分类及丹霞作用研究[J]. *地质学报*, 2020, 94(2): 361-374.
- GUO Fusheng, CHEN Liuqin, YAN Zhaobin, et al. Definition, classification and danxianization of Danxia landscapes[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2020, 94(2): 361-374.
- 郭福生, 姜勇彪, 胡中华, 等. 龙虎山世界地质公园丹霞地貌成景系统特征及其演化[J]. *山地学报*, 2011, 29(2): 195-201.
- GUO Fusheng, JIANG Yongbiao, HU Zhonghua, et al. Evolution and Genesis System Features of Danxia landform in Longhu World Geopark[J]. *Journal of Mountain Science*, 2011, 29(2): 195-201.
- 洪增林, 陕西红层与丹霞地貌 [M]. 西安: 西安地图出版社, 2023.
- 黄进, 陈致均, 齐德利. 中国丹霞地貌分布(上)[J]. *山地学报*, 2015a, 33(4): 385-396.
- HUANG Jin, CHEN Zhijun, QI Deli. Study on Distribution of Danxia Landform in China(first)[J]. *Journal of Mountain Science*, 2015a, 33(4): 385-396.
- 黄进, 陈致均, 齐德利. 中国丹霞地貌分布(下)[J]. *山地学报*, 2015b, 33(6): 649-673.
- HUANG Jin, CHEN Zhijun, QI Deli. Distribution of Danxia Landform in China (Last)[J]. *Journal of Mountain Science*, 2015b, 33(6): 649-673.
- 惠振德, 吴成基. 陕西风景地貌资源及开发利用[J]. *人文地理*, 1994, 9(2): 21-24.
- HUI Zhende, WU Chengji. The Landscape geomorphological resources in Shaanxi and their Development and Exploitation[J]. *Human Geography*, 1994, 9(2): 21-24.
- 李东兴, 马珂, 周雄辉, 等. 龙洲丹霞地貌沉积物粒度特征及其环境意义[J]. *宝鸡文理学院学报(自然科学版)*, 2019, 39(1): 80-88.
- LI Dongxing, MA Ke, ZHOU Xionghui, et al. The granularity characteristics and environmental significance of Danxia sediment in Longzhou[J]. *Journal of Baoji University of Arts and Sciences (Natural Science Edition)*, 2019, 39(1): 80-88.
- 李杰, 陈超美. CiteSpace 科技文献挖掘及可视化 [M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2016.
- 李想, 马蓓蓓, 闫萍. 《人文地理》1986—2015 年载文分析与研究热点[J]. *人文地理*, 2018, 33(1): 1-7+23.
- LI Xiang, MA Beibei, YAN Ping. Analysis of the published articles and hotspot domains in human geography from 1986 to 2015 [J]. *Human Geography*, 2018, 33(1): 1-7+23.
- 吕艳, 张茂省, 孙萍萍, 等. 延安地质遗迹特征及世界地质公园建设方案[J]. *西北地质*, 2019, 52(2): 27-36.
- LÜ Yan, ZAHNG Maosheng, SUN Pingping, et al. Geological Relics Characteristics and Preliminary Idea for Constructing World GEO-park in Yan'an[J]. *Northwestern Geology*, 2019, 52(2): 27-36.
- 马爱华. 陕西靖边龙洲白垩纪砂岩中上部地层理化特征与古沉积环境研究 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2020.
- MA Aihua. Study on the physicochemical characteristics and paleosedimentary environment of the middle and upper Cretaceous sandstone in Longzhou, Jingbian, Shaanxi Province [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2020.
- 欧阳杰, 黄进. 中国丹霞地貌空间分布的探讨[J]. *地理空间信息*, 2011, 9(6): 55-56+59+3.
- OUYANG Jie, HUANG Jin. Spatial distribution of Danxia landform in China[J]. *Geospatial Information*, 2011, 9(6): 55-56+59+3.
- 潘志新, 任航, 陈留勤, 等. 陕北丹霞地貌特征及国内外对比研究[J]. *地理科学*, 2021, 41(6): 1069-1078.
- PAN Zhixin, REN Fang, CHEN Liuqin, et al. Characteristics of Danxia landform in the northern Shaanxi and a comparison with other Danxia areas in and outside China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(6): 1069-1078.
- 潘志新, 任航, 彭华. 美国西部红层地貌发育及与中国东南部丹霞地貌的对比[J]. *地理研究*, 2018, 37(12): 2399-2410.
- PAN Zhixin, REN Fang, PENG Hua. Development of red bed landform in the western United States and a comparison with Danxia landform in southeast China[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(12): 2399-2410.
- 彭华, 潘志新, 闫罗彬, 等. 国内外红层与丹霞地貌研究述评[J]. *地理学报*, 2013, 68(9): 1170-1181.
- PENG Hua, PAN Zhixin, YAN Luobin, et al. A review of the research on red beds and Danxia landform[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(9): 1170-1181.
- 彭华. 丹霞地貌分类系统研究[J]. *经济地理*, 2002, 22(S1): 28-35.

- PENG Hua. Study on classification system of Danxia landform[J]. *Economic Geography*, 2002, 22(S1): 28-35.
- 彭华. 中国丹霞地貌研究进展[J]. *地理科学*, 2000, 20(3): 203-211.
- PENG Hua. A Survey of the Danxia Landform Research in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(3): 203-211.
- 彭小华, 吴昊, 李兴文, 等. 延安地区丹霞地貌类型及发育机制研究[J]. *干旱区地理*, 2021, 44(2): 418-426.
- PENG Xiaohua, WU Hao, LI Xingwen, et al. Danxia landform types and development mechanism in Yan'an City[J]. *Arid Land Geography*, 2021, 44(2): 418-426.
- 彭小华, 吴昊, 李益朝, 等. 陕西靖边龙洲波浪式丹霞地貌成因机理初探[J]. *地球学报*, 2020, 41(3): 443-451.
- PENG Xiaohua, WU Hao, LI Yichao, et al. A Preliminary Study on the Genetic Mechanism of Wavy Danxia Landform in Longzhou, Jingbian, Shaanxi Province[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2020, 41(3): 443-451.
- 彭小华, 吴昊, 张俊良, 等. 延安典型丹霞地貌景观特征及发育演化研究[J]. *地球学报*, 2024, 45(2): 252-264.
- PENG Xiaohua, WU Hao, ZHANG Junliang, et al. Study on Landscape Characteristics and Development Evolution of Typical Danxia Landforms in Yan'an[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2024, 45(2): 252-264.
- 齐德利, 于蓉, 张忍顺, 等. 中国丹霞地貌空间格局[J]. *地理学报*, 2005, 60(1): 41-52.
- QI Deli, YU Rong, ZHANG Renshun et al. On the Spatial Pattern of Danxia landform in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(1): 41-52.
- 齐德利. 近20年来中国丹霞地貌研究综述[A]. 中国地理学会百年庆典学术论文摘要集[C]. 中国地理学会, 2009: 81.
- 石浩, 岳大鹏, 赵景波, 等. 陕北靖边丹霞地貌区红色砂岩地球化学沉积特征与古环境研究[J]. *地质论评*, 2002, 68(1): 323-334.
- SHI Hao, YUE Dapeng, ZHAO Jingbo, et al. Geochemical characteristics and paleoenvironment of red sandstone in Danxia Landform area, Jingbian, Northern Shaanxi[J]. *Geological Review*, 2002, 68(1): 323-334.
- 宋炎. 丹凤地区铀矿床晶质铀矿及其放射性蚀变晕圈特征研究[D]. 南昌: 东华理工大学, 2018.
- SONG Yan. Study on the characteristics of uraninite and its radiohalo in the uranium deposits of Danfeng area[D]. Nanchang: East China University of Technology, 2018.
- 唐永忠, 邢立达, 李兴文, 等. 陕西靖边龙洲丹霞白垩纪恐龙足迹沉积环境[J]. *地质通报*, 2020, 39(4): 425-432.
- TANG Yongzhong, XING Lida, LI Xingwen, et al. The sedimentary environment of Early Cretaceous dinosaur tracks in Longzhou Danxia Landform of Jingbian County Shanxi Province[J]. *Geological Bulletin of China*, 2020, 39(4): 425-432.
- 唐永忠, 邢立达, 徐涛, 等. 陕西中鸡发现白垩纪恐龙足迹群[J]. *地质通报*, 2018, 37(7): 1193-1196.
- TANG Yongzhong, XING Lida, XU Tao, et al. Discovery dinosaur track fauna in Cretaceous from Zhongji, Shaanxi Province[J]. *Geological Bulletin of China*, 2018, 37(7): 1193-1196.
- 王娟, 陈世超, 王林丽, 等. 基于CiteSpace的教育大数据研究热点与趋势分析[J]. *现代教育技术*, 2016, 26(2): 5-13.
- WANG Juan, CHEN Shichao, WANG Linli, et al. The Analysis of Research Hot Spot and Trend on Big Data in Education based on CiteSpace[J]. *Modern Educational Technology*, 2016, 26(2): 5-13.
- 王冉, 嵇少丞, 林靖愉. 丹霞地貌概念释义[J]. *中国科技术语*, 2020, 22(3): 60-65+2+81.
- WANG Ran, JI Shaocheng, LIN Jingyu. On the Definition of Danxia Landform[J]. *China Terminology*, 2020, 22(3): 60-65+2+81.
- 王晓宁. 陕西靖边地区早白垩世红色砂岩物质组成与沉积环境[D]. 西安: 陕西师范大学, 2021.
- WANG Xiaoning. Material composition and sedimentary environment of Early Cretaceous red sandstone in Jingbian area, Shaanxi Province [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2021.
- 吴成基, 惠振德, 甘枝茂, 等. 黄土高原的基岩侵蚀初探[J]. *水土保持学报*, 1989, (3): 15-20.
- 吴昊, 李益朝, 王秦伟, 等. 陕北延安丹霞地貌类型特征及演化模式分析[J]. *矿产勘查*, 2018, 9(9): 1812-1819.
- WU Hao, LI Yichao, WANG Qinwei, et al. Characteristics of Danxia landform types and their evolution model in Yanan, Northern Shaanxi[J]. *Mineral Exploration*, 2018, 9(9): 1812-1819.
- 吴昊, 彭小华, 陈艳, 等. 陕北永宁山丹霞地貌造景地层地质特征[J]. *矿产勘查*, 2022, 13(5): 538-547.
- WU Hao, PENG Xiaohua, CHEN Yan, et al. The landscaping strata of the Danxia landform in Yongning Mountain, northern Shaanxi Province[J]. *Mineral Exploration*, 2022, 13(5): 538-547.
- 闫罗彬, 黄诚, 李宏卫, 等. 中国丹霞景观空间分异及其影响因素[J]. *地理学报*, 2023, 78(5): 1233-1253.
- YAN Luobin, HUANG Cheng, LI Hongwei, et al. Spatial differentiation of Danxia landscape in China and its influencing factors [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(5): 1233-1253.
- 闫颖, 杨望曦, 王子垚. 鄂尔多斯盆地西南缘丹霞地貌遥感影像特征[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2018, 49(5): 889-893.
- YAN Ying, YANG Wangtun, WANG Ziyao. Characteristics of Remote Sensing Images of Danxia Landform in Southwestern Margin of Ordos Basin[J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2018, 49(5): 889-893.
- 杨望曦, 郭威, 张阳, 等. 陕西耀州照金丹霞国家地质公园地质遗迹资源研究与建设构想[J]. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(5): 203-208.

- YANG Wangtun, GUO Wei, ZHANG Yang, et al. Geological relic resources and constructive visualization of Yaozhou-Zhaojin Danxia National Geopark, Shanxi[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2013, 27(5): 203–208.
- 杨望瞰, 靳雪, 张阳, 等. 陕西陈仓九龙山地质公园丹霞地貌类型及形成机制研究[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 45(9): 88–94.
- YANG Wantun, JIN Xue, ZHANG Yang, et al. On Danxia Landform type and Formation Mechanism of Jiulong Mountain Geopark in Shanxi[J]. *Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition)*, 2020, 45(9): 88–94.
- 杨望瞰. 鄂尔多斯盆地西南缘丹霞地貌形成机制研究[D]. 西安: 长安大学, 2017.
- YANG Wangtun. Study on Genesis of Danxia Landform in Southwest margin of Ordos Basin [D]. Xi'an: Chang'an University, 2017.
- 张荷生, 崔振卿. 甘肃省张掖丹霞与彩色丘陵地貌的形成与景观特征[J]. *中国沙漠*, 2007, 27(6): 942–945+1095.
- ZHANG Hesheng, CUI Zhenqing. Landscape Character and Forming of Danxia Landform and Color Hill in Zhangye of Gansu Province[J]. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(6): 942–945+1095.
- 张哲夫. 铜川市之地貌[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 1993, 23(5): 463–471.
- ZHANG Zhefu. Research on Geomorphology of Tongchuan[J]. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 1993, 23(5): 463–471.
- 章桂芳, 陈凯伦, 张浩然. 基于DEM的丹霞地貌演化阶段划分[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2018, 57(2): 12–17.
- ZHANG Guifang, CHEN Kailun, ZHANG Haoran. The evolution stage decision of Danxia landform based on digital elevation model (DEM)[J]. *Journal of Sun Yat-sen University (Natural Science)*, 2018, 57(2): 12–17.
- 赵汀, 赵逊, 彭华, 等. 关于丹霞地貌概念和分类的探讨[J]. *地球学报*, 2014, 35(3): 375–382.
- ZHAO Ting, ZHAO Xun, PENG Hua, et al. A Tentative Discussion on the Definition and Classification of Danxia Landform[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2014, 35(3): 375–382.
- 周学军. 中国丹霞地貌的南北差异及其旅游价值[J]. *山地学报*, 2003, 21(2): 180–186.
- ZHOU Xuejun. A study on North-South differences of the Danxia Landform Pattern and Its Tourism Values in China[J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(2): 180–186.
- 朱诚, 马春梅, 张广胜, 等. 中国典型丹霞地貌成因研究[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- 朱诚, 俞锦标, 赵宁曦等. 福建冠豸山丹霞地貌成因及旅游景观特色[J]. *地理学报*, 2000, 55(6): 679–688.
- ZHU Cheng, YU Jinbiao, ZHAO Ningxi, et al. Danxia Landform Genesis and Scenic Feature on Guanzai Mountain, Fujian Province[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(6): 679–688.
- Chen Chaomei. Citespace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, 2006, 57(3): 359–377.
- Leng Yanqiu, Lyu Yan, He Ming, et al. Geoheritage sites of Yan'an City for Geotourism in China's Middle Loess Plateau[J]. *Geoheritage*, 2023, 15: 73.
- Qi Deli, Yu Rong, Zhang Renshun, et al. Comparative studies of Danxia landform in China [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2005, 345(15): 337–345.
- Wu Chengji, Hui Zhende, Gan Zhimao, et al. Bedrock erosion in Loess Plateau[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1989, (3): 15–20.
- Xing Lida, Martin G L, Tang Yongzhong, et al. Unusual dinosaur trackway preservation as clues to paleo-landscape and behavior from the Lower Cretaceous Luohe Formation, Shaanxi Province, China[J]. *Geoscience Frontiers*, 2021, 12(2): 737–745.