

doi: 10.12029/gc20200622

何泽新,樊刘洋,卫晓锋,甘凤伟,李多杰,柴星. 2020. 基于地质建造和流域地貌的河北省承德蟠龙湖地区大比例尺地质遗迹调查[J]. 中国地质, 47(6): 1881-1893.

He Zexin, Fan Liuyang, Wei Xiaofeng, Gan Fengwei, Li Duo jie, Chai Xing. 2020. Large-scale survey of geological heritage in the Panlong Lake area of Chengde: based on geological formations and watershed landforms[J]. Geology in China, 47(6):1881-1893(in Chinese with English abstract).

## 基于地质建造和流域地貌的河北省承德蟠龙湖地区 大比例尺地质遗迹调查

何泽新,樊刘洋,卫晓锋,甘凤伟,李多杰,柴星

(北京矿产地质研究院 北京 100012)

**摘要:**基于地质建造分区和流域地貌演化理论,利用地质建造分析、DEM 数字地貌、遥感解译、无人机和野外路线调查等技术方法组合,快速查明了承德蟠龙湖景区地质遗迹单体 63 处,丰富了景区的地质旅游资源,提升了景区的科学内涵。地质建造决定基础地质大类地质遗迹的内在“基因”,是地貌景观大类地质遗迹形成的物质基础,并通过岩性和构造影响地质灾害大类地质遗迹的发育。流域地貌演化影响基础地质大类地质遗迹的出露情况;是塑造地貌景观大类地质遗迹形成的主要地质营力,影响地质灾害大类地质遗迹发育。将地质建造和流域地貌相结合的思路贯穿整个地质遗迹调查全过程,初步形成“圈定潜力区—摸清家底—探究规律—总结方法”的大比例尺地质遗迹调查技术方法流程。大比例尺地质遗迹调查的目标是力求打通地质遗迹调查与地方需求、旅游产业发展的“最后一公里”,为地质遗迹保护与开发利用、美丽乡村与特色小镇建设提供科技支撑。

**关键词:**地质遗迹;旅游产业;地质建造;流域地貌;大比例尺;地质调查工程;承德蟠龙湖;河北省

**中图分类号:** F968 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2020)06-1881-13

## Large-scale survey of geological heritage in the Panlong Lake area of Chengde, Hebei Province: Based on geological formations and watershed landforms

HE Zexin, FAN Liuyang, WEI Xiaofeng, GAN Fengwei, LI Duo jie, CHAI Xing

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012, China)

**Abstract:** Based on the geological formation zoning and watershed landform evolution theory and using a combination of technical methods such as geological construction analysis, DEM digital landforms, remote sensing interpretation, unmanned aerial vehicle and field route survey, the authors quickly identified 63 single geological heritages in Chengde Panlong Lake, and this enriches the geo-tourism resources of the scenic area and enhances the scientific connotation of the scenic area. Geological formation determines the inherent "gene" of the basic geological heritage, is the material basis for the formation of geological heritage of geomorphic landscapes, and affects the development of geological heritage of geological disasters through lithology and structure.

收稿日期: 2020-06-28; 改回日期: 2020-09-17

基金项目: 中国地质调查局“承德市国家生态文明示范区综合地质调查”项目(DD20160229-Z06)资助。

作者简介: 何泽新,男,1989年生,博士,高级工程师,主要从事生态地质与第四纪地质研究;E-mail: zexinhe@sina.com。

The evolution of watershed geomorphology affects the exposure of basic geological heritage; it is the main geological force that shapes the formation of geological heritage of geomorphic landscapes and affects the development of geological heritage of geological disasters. The idea of combining geological formation and watershed geomorphology runs through the whole process of geological heritage survey, and a large-scale geological heritage survey technical method flow of "defining the potential area-identifying geological heritage resources-inquiring laws-summary method" is initially formed. Large-scale geological heritage surveys strive to bridge the "last mile" of geological heritage surveys and local needs as well as the development of the tourism industry, and provide scientific and technological support for the protection and development of geological heritages and the construction of beautiful villages and characteristic towns.

**Key word:** geological heritage; tourist industry; geological formation; watershed geomorphology; large-scale; Panlong Lake of Chengde; geological survey engineering; Hebei Province

**About the first author:** HE Zexin, male, born in 1989, doctor, senior engineer, engages in research on ecological geology and Quaternary geology; E-mail: zexinhe@sina.com.

**Fund support:** supported by the "Comprehensive Geological Survey of Chengde National Ecological Civilization Demonstration Zone" project of China Geological Survey (No. DD20160229-Z06).

## 1 引 言

地质遗迹是在地球漫长演化的地质历史时期由各种内外力地质作用形成、发展并保存下来的珍贵的不可再生的地质自然遗产(地质矿产部,1995)。地质遗迹调查是地质遗迹保护与利用、建立地质公园的基础和前提,大力推动了中国地学旅游和生态旅游的快速发展(赵逊和赵汀,2003;李双应等,2004;李晓琴等,2005;王雷等,2015;陈安泽,2016)。中国的地质遗迹调查取得重要进展,一是在地质公园建设中开展的大量地质遗迹调查(李晓琴等,2004;武红梅和武法东,2011;武法东等,2011;陈安泽,2016),二是中国地质调查局和各省组织开展的地质遗迹调查(董颖等,2010,2014;周琦等,2018;董颖和曹晓娟,2019)。前人在地质遗迹分类(康宏达,1994;陈安泽,1998;李京森和康宏达,1999;陶奎元,2002;赵汀和赵逊,2009)、调查技术方法(郭建强,2005;张绪教等,2005;张国庆等,2009;赵璧等,2015;国土资源部,2017;董颖和曹晓娟,2019)、典型地质遗迹研究(贾丽云等,2012;陈安泽,2013,2017;张蕾等,2014)以及地质遗迹分布规律(李明路和姜建军,2000;叶张煌等,2012;刘持恒等,2016;李霄等,2019)方面取得了系列创新成果,为开展大比例尺地质遗迹调查奠定了较好的基础。

随着新时期社会经济的转型发展,地质遗迹调查成为地质工作支撑服务生态文明建设的重要内容(钟自然,2018;党丽娟和宋建军,2020),在围绕乡村振兴和脱贫攻坚、国家公园和自然保护地管

理、地学研学规划、地质特色小镇、地质文化村建设和自然类风景区规划建设等方面发挥越来越重要的作用(陈安泽和许涛,2017;郝爱兵,2018;赵洪飞等,2018;杜少喜等,2018;丁华等,2020)。然而,传统的小比例尺地质遗迹调查已经不能满足上述需求,开展大比例尺地质遗迹详细调查势在必行。小比例尺省域地质遗迹调查强调以资料搜集为主,而大比例尺地质遗迹调查是针对景区、村镇等某个小范围区域开展调查工作,已有地质资料的精度难以满足需求。因此大比例尺地质遗迹调查须以野外调查为主,需要针对重点目标区带着地质过程的时空思维进行深度“挖掘”调查;同时还需要关注地质遗迹的保护开发的技术经济条件,挖掘景区“小遗迹”的大价值。当前地质遗迹调查存在以下两个方面的问题:一是大比例尺(1:5万或1:1万)地质遗迹调查尚未形成完整的调查技术方法体系;二是地质遗迹调查涉及地球科学众多内容,传统的地质遗迹调查相对碎片化,缺乏整体性、系统性的基础理论和技术思路统领。因此总结提升地质遗迹调查的相关理论和技术思路十分必要。

蟠龙湖位于承德市宽城满族自治县西部,是因国家重点“引滦入津”水利枢纽工程潘家口水库的建成蓄水而形成的人工湖;景区位于燕山长城旅游带和滦河旅游带两大旅游廊道的交汇部位,是地质遗迹资源和人文历史景观资源高度富集区,区内有恰似桂林山水、漓江风光的“十里画廊”和喜峰口水下长城等核心景观,是承德市重点打造的精品旅游景区。本文基于地质建造和流域地貌分析,初步形

成“圈定潜力区-摸清家底-探究规律-总结方法”的大比例尺地质遗迹调查技术方法流程;利用该方法快速查明了蟠龙湖景区地质遗迹资源,解剖了蟠龙湖地区典型地质遗迹龙形水系的成因,探讨了地质建造与地质遗迹发育之间的关系,总结了地质遗迹发育规律。

## 2 基于地质建造和水系流域的大比例尺地质遗迹调查方法

按照理论主线-调查流程与方法-阶段目标-总体目标的格架,初步构建基于地质建造和水系流域的地质遗迹调查方法体系(图1)。以地质建造和水系流域共同影响地质遗迹发育作为理论指导,并且贯穿地质遗迹调查全过程。

### 2.1 理论基础

地质建造是指岩石的自然共生组合,其组成的各岩石之间在空间和时间上有密切的共生联系。地质建造包括岩石建造和构造建造,主要反映地球内部地质营力作用的结果。在中低纬地区,流域水系是地貌形成演化的主要外部地质营力,它深刻地影响地表岩石或沉积物风化、剥蚀、搬运和堆积过

程。地质建造和水系流域分别代表地球内部和外部地质营力影响地质遗迹的发育,同时也是串联各类复杂地质遗迹的两条主线。

地质建造对地质遗迹发育的影响主要体现在:地质建造决定基础地质大类地质遗迹的内在“基因”,决定地貌景观大类地质遗迹形成的物质基础,并通过岩性和构造影响地质灾害大类地质遗迹的发育。流域地貌演化对地质遗迹发育的影响主要体现在:水系流域影响基础地质大类地质遗迹的出露情况,是塑造地貌景观大类地质遗迹形成的主要地质营力;水系流域影响地形地貌,进而影响地质灾害大类地质遗迹发育。因此,地质建造和水系流域是控制水系地质遗迹发育、形成和演化的两个重要宏观因素,同时二者又相互作用,地质建造是水系流域发挥作用的物质基础,水系流域是地质建造后期改造的主要塑造动力。

### 2.2 方法与技术流程

调查流程与方法包括资料分析、遥感与DEM、野外调查和综合研究四个阶段,每个阶段都渗透着地质建造和水系流域影响地质遗迹发育的思想,确定明晰的目标。



图1 大比例尺地质遗迹调查方法技术路线框架图

Fig.1 Technical framework for large-scale geological heritage survey methods

资料分析:充分搜集已有的地质资料,对已有的地质资料和数据进行预研究,总结分析调查区地质建造特征,梳理区域地质历史演化过程和重大地质事件。根据已有的资料,利用第四纪地质和地貌学理论与方法,分析区域第四纪地质与地貌演化历史,初步总结流域地貌特征,注重厘定区域新构造运动与古气候事件。

遥感与DEM分析:充分发挥遥感解译的先导作用,解译调查区岩石地层、构造特征,初步圈定重要地质现象露头,从宏观角度进一步把握地质建造特征;利用遥感解译水系分布特征,从而快速把握调查区流域地貌特征。基于DEM开展数字地貌分析,快速把握流域地貌特征,重点分析地貌陡变带或河谷地带,例如利用DEM可以快速提取陡崖、夷平面、河流阶地等重要地貌景观。通过前期的资料分析、预研究和地质建造分析,结合遥感和DEM解译成果,基本可以初步圈定地质遗迹资源潜力区。

野外调查:根据地质建造划分调查区块,根据水系流域分布设计调查路线。野外首先查明各类地质建造特征,核实预研究成果,进行遥感解译验证;注重基础类地质遗迹的调查。其次要查明流域地貌特征,重点查明层状地貌和河流地貌发育规律,初步了解流域地貌演化过程,在此基础上开展地貌类地质遗迹和地质灾害地质遗迹详细调查。利用无人机技术对重要地质遗迹点进行全方位调查,多角度拍摄采集影像,构建三维实景模型,获取地质遗迹的完整数据信息。通过前期的预研究、遥感和DEM解译,以及野外路线调查基本可以查明调查区地质遗迹资源。

综合研究:综合研究的目的在于深度把握地质遗迹分布和演化规律,提升地质遗迹的科学价值,为后期的保护利用奠定基础。通过地质建造分析,重建区域地质演化历史,解剖区域重大地质事件,注重研究地质建造与地质遗迹分布的关系。通过流域地貌综合分析,总结流域地貌特征和演化过程,总结分析流域地貌演化与地质遗迹的关系。在此基础上提出地质遗迹保护与利用建议。

调查过程分为四个阶段目标,圈定地质资源潜力区、查明地质遗迹资源、研究地质发育规律,最终系统总结关键理论和技术流程,构建大比例地质遗

迹调查技术方法体系。

### 3 蟠龙湖地区地质背景

蟠龙湖地区大地构造上位于燕辽坳拉裂谷盆地东北部,高于庄期为长城纪最大海侵期,此期间燕山裂谷盆地的海域面积大幅度扩展(罗顺社和汪凯明,2010)。受到上述构造环境的影响,该区主要发育了中新元古界地层长城系和蓟县系(图2)。长城系为一套陆相-浅海相碎屑沉积,主要有常州沟组、串岭沟组、团山子组、大红峪组和高于庄组;蓟县系为一套以浅海相碳酸盐沉积为主,夹泥质沉积,主要有杨庄组、雾迷山组、洪水庄组和铁岭组。区内东南部分布有太古宙片麻岩。蟠龙湖地区主要发育北东和东西向构造,使整个地层呈北东向伸展,岩体、岩脉的长轴方向也呈北东向展布。区内的岩浆主要有中生界燕山期辉石闪长岩,以及侏罗系九龙山组和髫髻山组火山岩。蟠龙湖地区新构造运动强烈,主要表现为多期次构造抬升,区内地貌类型为中低山,滦河干流穿过蟠龙湖景区,形成蜿蜒曲折的深切河曲景观,东北部为滦河支流瀑河,河流两岸一般发育2~5级河流阶地。蟠龙湖地区地质构造和流域地貌复杂多样,是探索基于地质建造和流域地貌的大比例尺地质遗迹调查理想的试验区。

### 4 蟠龙湖地区地质遗迹资源特征

基于地质建造和水系流域的大比例尺地质遗迹调查方法,基本上查明了蟠龙湖重点区的地质遗迹资源63处,蟠龙湖景区整体上呈现为“龙形”河曲景观,发育丰富多样的地质遗迹(图3,表1),主要为喀斯特地貌景观、火山岩地貌景观,以及中新元古界地层剖面和古生物遗迹化石。按照国土资源部颁布的《地质遗迹调查规范(DZ/T 0303-2017)》中的分类方案,其中基础地质类32处,地貌景观类30处,地质灾害类1处(表1)。

基础地质大类包括地层剖面12处、构造剖面8处、重要化石产地9处、重要岩矿产地3处。蟠龙湖地层剖面界限清晰,出露较好,岩层层面构造丰富,主要有瘤状灰岩、波痕、泥裂等。该地区的构造走向为北东向,区域主干断裂主要为正断层,走向为北东向,断面倾向为北东;构造剖面主要位于蟠龙

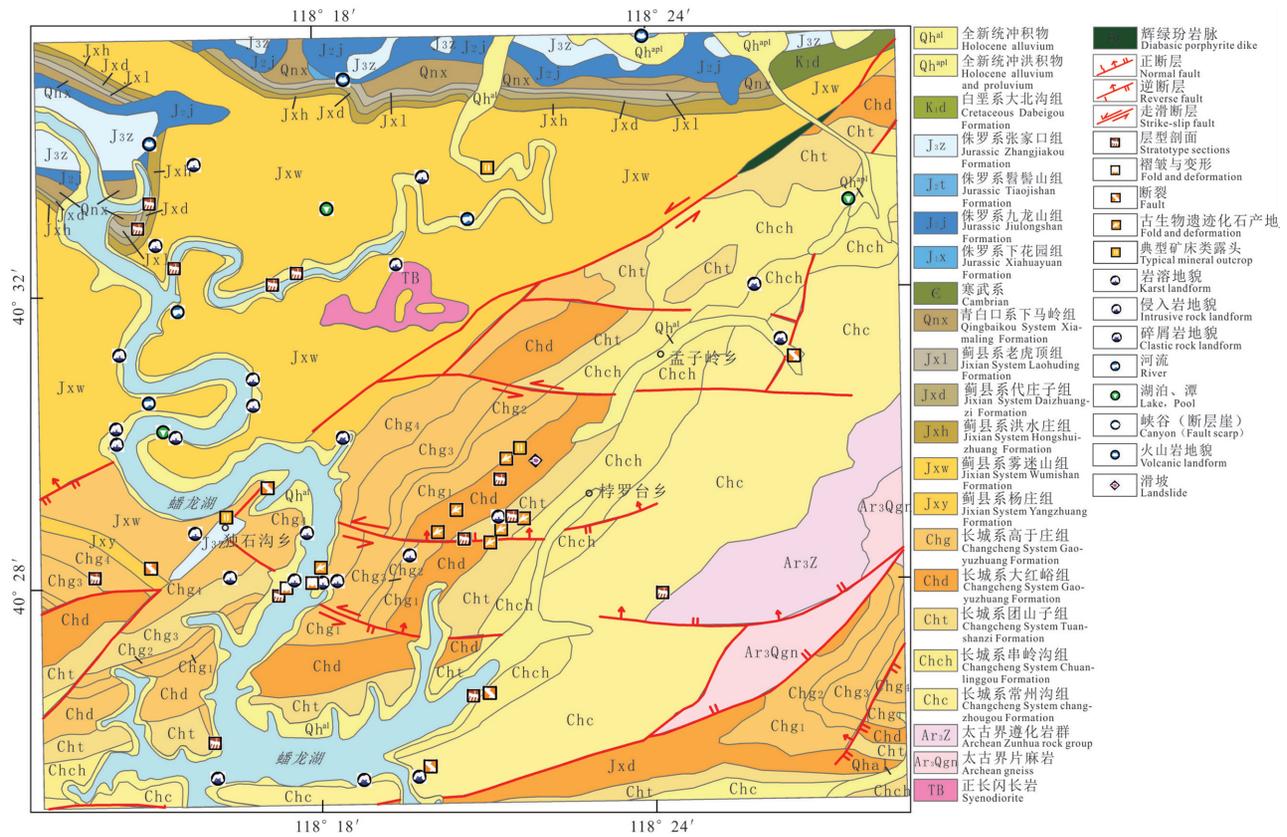


图2 承德蟠龙湖地区地质图与地质遗迹点分布图(据 1:25万承德幅地质图修改)

Fig.2 Geological map of Panlong Lake area in Chengde(modified from 1:250,000 Geological Map of Chengde Sheet)

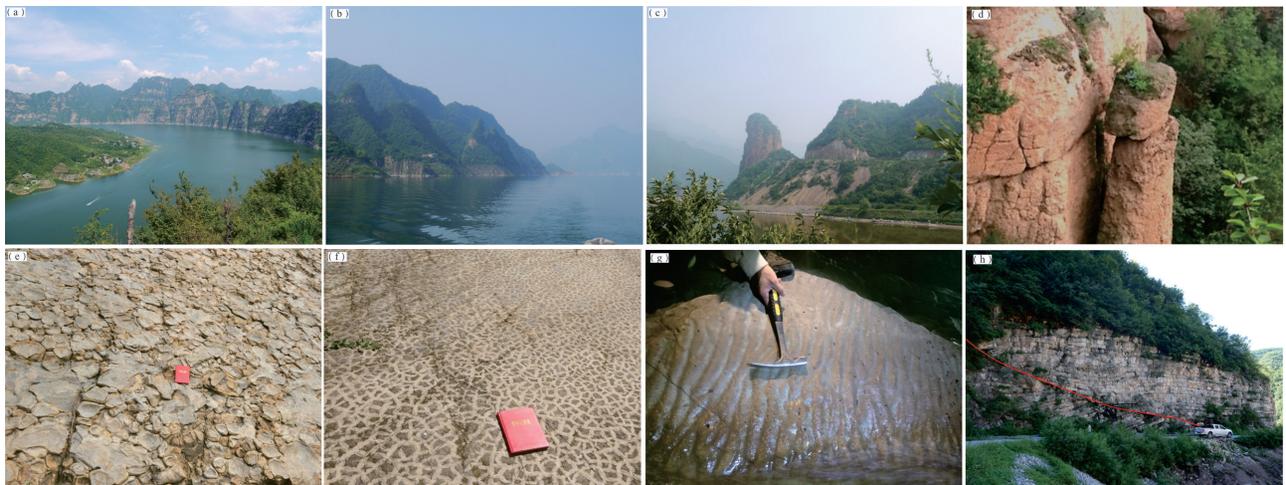


图3 蟠龙湖地区典型地质遗迹特征照片

a-喀斯特陡崖;b-喀斯特象形石;c-侵入岩象形石;d-火山岩象形石;e-球状叠层石;f-微生物席;g-波痕;h-断裂

Fig.3 Photographs of typical geological heritage in Panlong Lake area

a-Karst cliff;b-Karst pictographic stone;c-Intrusive rock pictographic stone;d-Volcanic rock pictographic stone;e-Spherical stromatolites;f-Microbial mat;g-Ripple Marks;h-Fault

表1 承德蟠龙湖地区地质遗迹单体名录表

Table 1 List of individual geological heritage in Panlong Lake area, Chengde

大类	类型	亚类	遗迹名称	主要地质遗迹内容
基础地质大类	地层剖面	层型(典型剖面)	椴罗台乡椴木峪村茶棚层型	大红峪组波痕、微生物席
			椴罗台乡百草林村层型	常州沟组韵律层理
			孟子岭王厂沟村层型	雾迷山组波痕
			孟子岭王厂沟村层型	雾迷山组对称波痕
			孟子岭王厂沟村层型	雾迷山组藻席、藻粒白云岩
			椴罗台乡椴木峪村周家庄层型	大红峪组对称波痕
			椴罗台乡椴木峪村层型	团山子组对称波痕
			独石沟乡石泉号村层型	团山子组泥裂和波痕
			独石沟乡燕子峪村层型	高于庄组瘤状灰岩
	塌山乡清河口村层型	铁岭组瘤状灰岩		
	塌山乡清河口村层型	铁岭组瘤状灰岩		
	潘家口水库城外满族村层型	常州沟组波痕		
	重要岩石产地	典型矿床类露头	化皮溜子乡北杖子村典型矿床类露头	铁岭组古油藏
			孟子岭乡商杖子村典型矿床类露头	高于庄组古沥青
	构造剖面	断裂	孟子岭乡南天门断裂	断裂和常州沟组紫红色陡崖
独石沟乡燕子峪村断裂			断裂和雾迷山组白云岩	
独石沟乡燕子峪断裂			断裂和张家口组角砾岩、凝灰岩	
褶皱与变形		城外满族村断裂	断裂和常州沟组长石石英砂岩	
		椴罗台乡新甸子村断裂、褶皱	断裂和常州沟组长石石英砂岩	
		独石沟乡大东裕村褶皱	褶皱与变形、高于庄组白云岩	
重要化石产地	古生物遗迹化石产地	独石沟乡小河口村褶皱	褶皱与变形、高于庄组白云岩	
		塌山乡清河口村褶皱与变形	褶皱与变形、串岭沟组页岩	
		孟子岭乡商杖子村古生物遗迹化石产地	团山子组微生物席	
		椴罗台乡椴木峪村古生物遗迹化石产地	大红峪组微生物席和波痕	
		椴罗台乡赵家庄古生物遗迹化石产地	大红峪组叠层石	
		椴罗台镇椴木峪村古生物遗迹化石产地	团山子组微生物席	
		椴罗台乡椴木峪村古生物遗迹化石产地	大红峪组微生物席和波痕	
		椴罗台乡椴木峪村古生物遗迹化石产地	大红峪组叠层石	
		独石沟乡蓝旗地村古生物遗迹化石产地	大红峪组微生物席	
水体地貌	河流	孟子岭乡小桑园村千鹤谷河流	高于庄组球状叠层石	
		塌山乡曝河口河流	高于庄组球状叠层石	
	独石沟乡贾家安村暖河塘河流	河曲、峡谷和阶地		
火山地貌	火山岩地貌	塌山乡小东山村东大顶、塌山火山岩地貌	河曲、峡谷、陡崖	
		化皮溜子乡化皮溜子村火山岩地貌	古河道、阶地、陡崖	
		塌山乡清河口村火山岩地貌	岩溶竖井	
地貌景观大类	侵入岩地貌	孟子岭乡王厂沟村侵入岩地貌	髻髻山组火山岩平顶山	
		孟子岭乡二道坡碎屑岩地貌	髻髻山组火山岩地貌象形石	
	碎屑岩地貌	孟子岭乡南天门村碎屑岩地貌	髻髻山组火山岩地貌凤凰山	
		独石沟乡大东裕村碎屑岩地貌	正长闪长岩地貌象形石	
		独石沟乡潘家口猴儿山	常州沟组波痕	
		潘家口水库城外满族村碎屑岩地貌	常州沟组石英砂岩陡崖	
	岩土体地貌	碳酸盐岩地貌	塌山乡湾子村碳酸盐岩地貌	杨庄组紫红色砂岩山体
			椴罗台乡椴木峪村碳酸盐岩地貌	常州沟组石英砂岩山体
			独石沟乡贾家安村碳酸盐岩地貌	常州沟组厚石英砂岩山体
			独石沟乡贾家安村碳酸盐岩地貌	雾迷山组白云岩洞穴蝙蝠洞
			独石沟乡贾家安村碳酸盐岩地貌	雾迷山组白云岩窟窿山
			蟠龙湖景区碳酸盐岩地貌	雾迷山组白云岩洞穴蟠龙洞
独石沟乡西安峪村碳酸盐岩地貌			雾迷山组白云岩峡谷仙居沟	
独石沟乡蓝旗地村碳酸盐岩地貌			雾迷山组白云岩象形石罗汉峰	
独石沟乡兰旗地村碳酸盐岩地貌			雾迷山组白云岩象形石帅盔峰	
独石沟乡兰旗地村碳酸盐岩地貌			雾迷山组白云岩象形石面壁石	
构造地貌	峡谷(断层崖)	独石沟乡小河口村碳酸盐岩地貌	雾迷山组白云岩陡崖十里画廊	
		独石沟乡燕子峪村碳酸盐岩地貌	高于庄组象形石金蟾望月、鹰嘴峰	
		独石沟乡燕子峪村碳酸盐岩地貌	高于庄组象形石神象峰	
地质灾害大类	地质灾害遗迹	孟子岭乡棒槌崖村岩溶地貌	高于庄组象形石猩猩望月	
		孟子岭乡九虎岭村断层崖	高于庄组象形石神龟石	
		独石沟乡贾家安村峡谷	高于庄组白云岩山峰	
		孟子岭乡商杖子村顺层滑坡	雾迷山组溶洞燕子峪洞	
			雾迷山组白云岩溶洞长虫洞	
			团山子组断层崖和老虎石	
			雾迷山组贾家安一线天	
			大红峪组顺层滑坡	

湖南部地区,主要为褶皱变形和断层。蟠龙湖地区的生物遗迹化石主要发育在大红峪组白云质砂岩、砂质白云岩和团山子组泥质白云岩中;大红峪组内发育有大量的生物遗迹化石,包括球藻类化石、微生物席、臼齿构造、柱状叠层石等,出露范围大,遗迹化石种类丰富,是研究古气候环境与古生物演化的理想地层;团山子组泥质白云岩中发育有球状叠层石、球藻化石、柱状叠层石等生物遗迹化石,其中球状叠层石在区域内较为罕见;大红峪组与团山子组大量的微生物席与波痕指示了当时的沉积环境为水动力较强生物较丰富的潮坪环境。该地区有多个古油藏剖面露头,典型的有铁岭组古油藏剖面、商杖子古油藏剖面,主要发育在白云岩的裂缝中。

地貌景观大类包括岩土体地貌21处,火山地貌3处,水体地貌4处和构造地貌2处。区内喀斯特地貌发育的地层主要有中元古代蓟县系雾迷山组厚层的灰色-深灰色中厚层燧石条带白云岩,长城系高于庄组中薄层状灰岩、砂质灰岩和长城系团山子组砂屑白云岩、砂质白云岩,地貌景观主要为碳酸盐陡崖、石林、溶洞和象形石;岩溶洞穴主要发育在雾迷山组和高于庄组地层,多发育窄条状管廊溶洞、厅堂规模不大。该地区北部在侏罗纪时期构造强烈,发生大规模的火山活动,形成大量的火山凝灰岩,部分地区断裂活动使岩浆上涌,形成沿断裂分布的火山岩;后期经过地壳的整体抬升,火山岩经过风化剥蚀形成现今的火山地貌,主要为象形石、山体和夷平面等景观。

## 5 典型地质遗迹龙形水系成因分析

在大比例尺地质遗迹调查过程中,需要选择具有重要科学意义和区域典型代表性地质遗迹开展深入的研究,深入挖掘地质遗迹的科学文化内涵,精讲“沧海桑田、海枯石烂、山崩地裂”的地质故事(郝爱兵,2018),以为景区旅游开发规划和科学普及提供科学依据。蟠龙湖是潘家口水库蓄水形成的人工湖,湖区水域面积74 km<sup>2</sup>,在空中鸟瞰整个湖面恰似一条舞爪摆尾、腾云欲飞的巨龙,故称“盘龙湖”,被誉为“中华大地上最具龙形的水系”(图4a)。因此,从地质学的角度查明蟠龙湖龙形水系的成因至关重要。

蟠龙湖龙形水系是由于滦河原有的深切河曲

在水库蓄水后水位大幅度升高后形成的(图4b)。滦河中游的深切河曲景观形成的地貌过程是揭示龙形水系成因的关键。滦河中游地区的深切河曲景观发育较为典型,下游可以延伸至迁安县城,上游到柳河口,值得关注的柳河发育显著的深切河曲景观与滦河中游的河曲景观可以很好的衔接,河曲地貌形态上是一个整体,因此初步推断柳河的形成可能与滦河中下游地区具有一致性,形成时代可能比柳河口以上的现代滦河上游地区要老。

通过对蟠龙湖地区贾家安剖面(图4c)和柳河的转西壶剖面(图4d)进行河流阶地研究,贾家安剖面发育5级河流阶地,T1到T3阶地为基座阶地,上部发育典型的冲积砾石层;T4和T5为侵蚀阶地,阶面地形平坦,上下游均有相同高度的地貌平台对比,T1之下可能还有被淹没的阶地;T5阶地之上发育海拔400 m左右的唐县期宽谷。柳河的转西壶剖面发育典型的4级阶地,其中T1为堆积阶地,其他均为基座阶地,发育较为典型的冲积砾石层,T4阶地规模较大,宽度可达500 m,在柳河河谷稳定发育,是阶地对比的标志地貌面;T4阶地之上发育海拔400 m左右的唐县期宽谷。对比前人研究成果(吴忱,1996)分析认为,蟠龙湖地区的龙形河曲景观形成于上新世至早更新世,该时期地壳长期保持稳定,河流以侧蚀作用为主,形成宽谷,河流在宽谷中形成曲流河;中更新世的燕山地区发生强烈的构造抬升事件,宽谷的中曲流河形态来不及调整,直接下切形成深切河曲景观;滦河中游和柳河深切河曲景观的河曲代表了燕山地区上新世至早更新世的构造稳定性,深切的幅度代表了中更新世之后强烈的区域地壳抬升,该构造地貌事件为区域地貌景观的形成演化奠定重要基础。因此蟠龙湖地区的深切河曲景观记录了区域地貌演化与新构造运动信息,具有重要的地貌学意义。

## 6 地质遗迹发育规律分析

地质建造控制蟠龙湖两岸地质地貌景观的发育,岩性组合和构造特征是影响地质地貌景观发育的两个主要控制因素。蟠龙湖地区北东东、北东向构造把该地区分割成多个北东向延伸的地质建造单元,每个地质建造单元的岩性组合和构造特征不同,地质地貌景观各具特色(图5,表2)。自北向南

主要地质景观岩性组合依次为髻髻山组-雾迷山组-杨庄组-高于庄组-大红峪组-团山组-串岭沟组-常州沟组。侏罗纪髻髻山组流纹岩在构造节理和重力崩塌作用的影响下,流域分水岭主要形成顶平身陡的山体,四周陡壁发育有较多奇峰怪石景观。雾迷山组为薄层泥质白云岩、硅质条带白云岩、藻白云岩,在大型褶皱产状相对平缓的核部、河流的侵蚀岸形成绵延几十里的“十里画廊”景观带,在构造节理和裂隙较为发育的地带,形成陡峭的亚喀斯特石林景观。杨庄组为紫红色砂质、泥质白云岩及灰白、灰紫色含砂燧石条带粉晶泥质白云岩,二者相间分布,在清水碧波和蓝天白云的映衬下形

成“彩色河谷”。高于庄组三段为深灰色泥晶白云岩、白云质灰岩,发育峰丛谷地喀斯特景观,较多奇峰怪石,形态各异,栩栩如生。大红峪组石英岩状砂岩、长石石英砂岩,形成于浅海环境,发育多种微生物席沉积构造。团山子组深色含铁白云岩及砂质泥晶白云岩,构造作用下形成单面山-陡崖景观组合,含铁白云岩风化后陡崖整体呈现浅紫红色。串岭沟组细砂岩、粉砂岩多发育对称波痕沉积构造。常州沟组浅粉色、紫红色石英岩状砂岩、砂砾岩发育“龙脊红崖”景观,山体北东向延伸约40 km,整体呈浅红色、紫红色,北侧产状大致60°,与山坡坡度基本一致,南侧为近直立陡崖,长城沿着区域

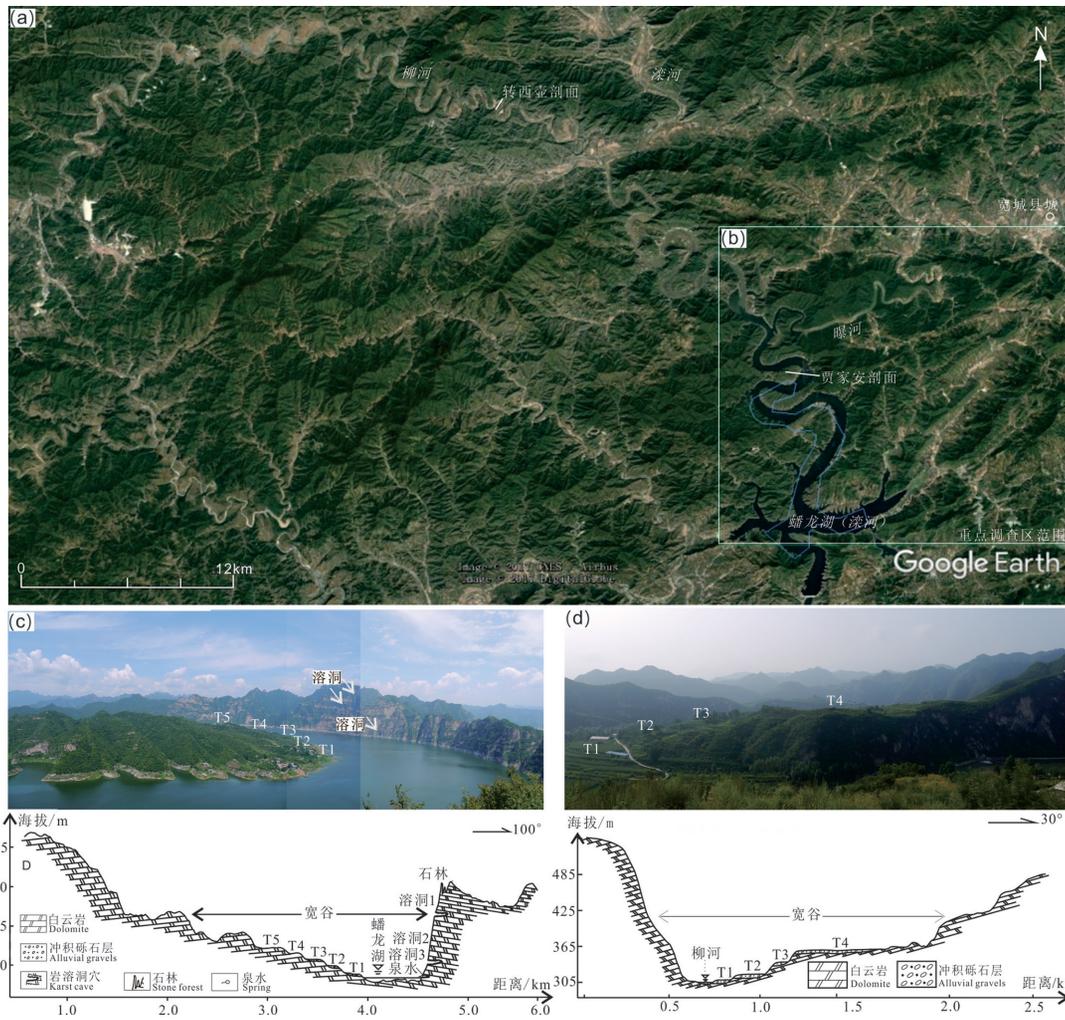


图4 蟠龙湖龙形水系与河谷剖面图

a—蟠龙湖龙形水系分布图;b—重点调查区;c—滦河贾家安河谷横剖面图;d—柳河转西壶河谷横剖面图

Fig.4 Panlong Lake dragon-shaped water system and transverse section of Luanhe River Valley

a—Panlong Lake dragon-shaped water system;b—Key survey area;c—Transverse section of Luanhe River Valley in Jiajiaan;d—Transverse section of Luanhe River Valley in Zhuanxihu

构造线方向绵延伸展,古人借助陡峭的山势修筑长城。岩性组合特征为蟠龙湖两岸地质地貌景观的发育提供了多样的物质基础条件,褶皱、节理等构造又增加了地质地貌景观的复杂性,河流地质作用提供了外部塑造动力,蟠龙湖两岸地形切割大,景观宏伟壮观。

### 7 结 论

(1)基于地质建造分区和流域地貌演化理论,结合遥感、DEM、无人机和路线调查等技术,初步探索形成了针对重要地质地貌景观区的大比例尺地质遗迹调查方法。提出地质建造决定基础地质大

类地质遗迹“有没有基因”,是地貌景观大类地质遗迹形成的物质基础;影响地质灾害大类地质遗迹的物化性质。流域地貌影响基础地质大类地质遗迹“露不露”;是塑造地貌景观大类地质遗迹形成的主要地质营力,影响地质灾害大类地质遗迹发育。

(2)查明了承德蟠龙湖景区地质遗迹单体63处,其中基础地质类28处,地貌景观类34处,地质灾害类1处。蟠龙湖景区整体上呈现为“龙形”河曲景观,发育丰富多样的地质遗迹,主要为喀斯特地貌景观、火山岩地貌景观,以及中新元古界地层剖面 and 古生物遗迹化石。总体上蟠龙湖地区地质遗迹资源丰富,类型多样,成因复杂,具备较高的科学

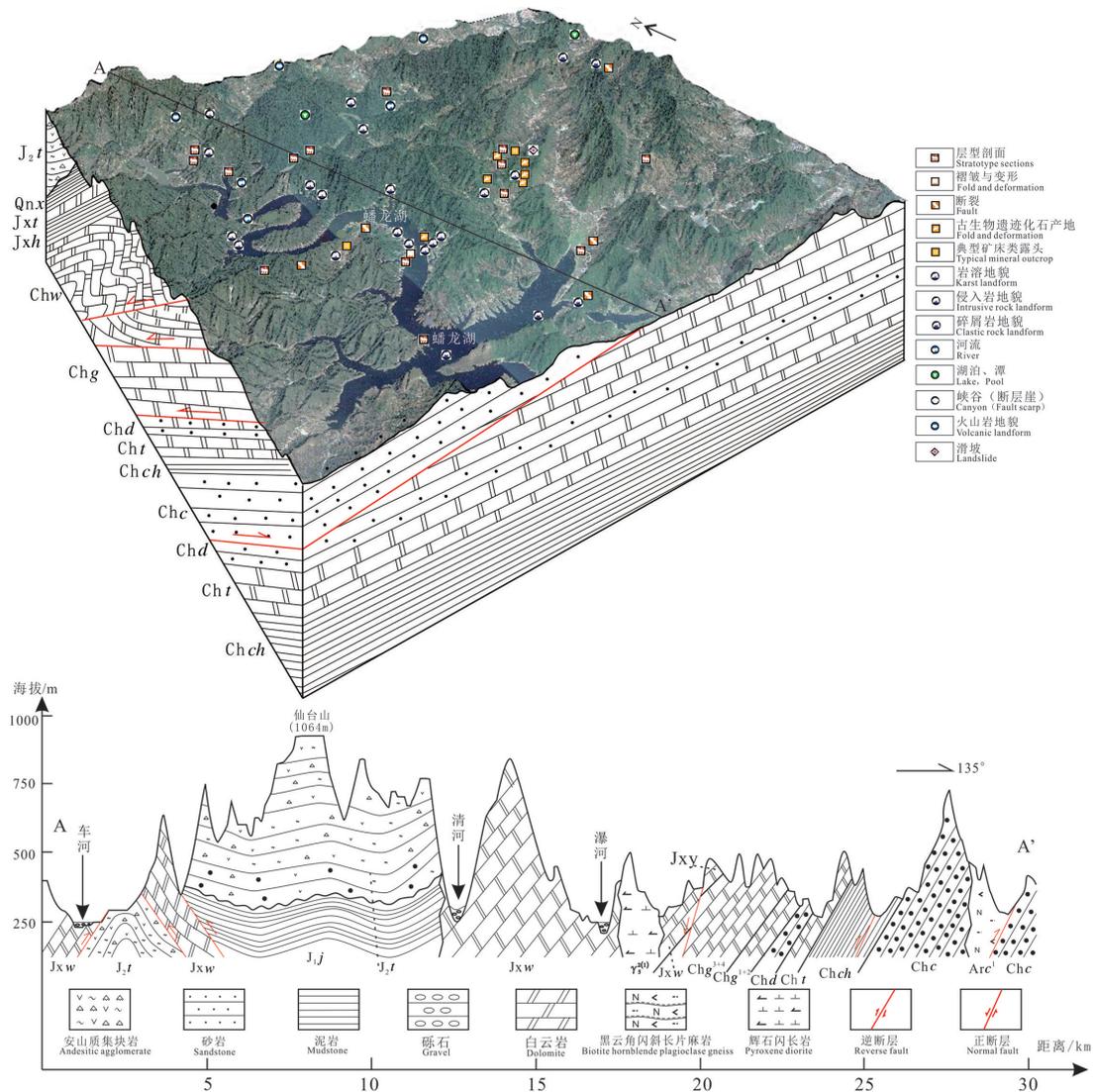


图5 蟠龙湖景区地质遗迹与地质建造发育关系

Fig.5 The relationship between geological heritages and development of Panlong Lake Scenic Area

表 2 蟠龙湖地质遗迹与地质建造关系分析  
Table 2 Analysis of the relationship between Panlong Lake geological remains and geological formation

地质建造	佛罗伦斯山组浅红色流纹岩、英安流纹岩及石英斑岩	雾迷山组薄层泥质白云岩、硅质条带白云岩、藻白云岩	杨庄组紫红色砂质白云岩、泥质白云岩及灰白、紫黑色含砂质白云岩	高干庄组一二段主要为薄层白云岩、三期为深灰色泥晶白云岩、三期为白云质灰岩、四期为白云岩、结块白云岩及湖青质白云岩	大红峪 陡石角砾岩、石英岩状砂岩、长石石英砂岩	团山子组深灰色白云岩及砂质泥晶白云岩	中岭组黑色、粉砂质页岩、粉砂质水云母页岩及细砂岩、粉砂岩	常州组浅灰色、紫红色石英岩状砂岩、砂砾岩、含砾粗砂岩	
景观	仙台山	十里画廊	亚喀斯特石林	彩色河谷	蜂巢岩地	微生物席	对称波痕	龙脊红崖	
特征	海拔 1064 m，整体为一个桌子状的山体，山顶平坦，四周为悬崖峭壁，远观为浅红色或黄色；四周陡壁发育有较多奇峰怪石景观；同时也是较好的观景点，可以俯瞰群山，观赏蟠龙湖	延绵近 5 km 左右的陡崖连接而成，陡崖均高约 200 m，顺着水平台发育有绿色灌木植物，薄层白云岩与绿帘角闪岩相辉映，远远眺望该景点犹如在眼前打开了一卷长轴山水画	主要发育在蟠龙湖凹岸陡壁处，石林整体呈垂直陡壁深发育，石柱之间为巨大裂隙；随着岩层产状的变化，石林的形态各异，岩层近水平，石林多为浑圆石柱状，岩层倾斜或直立，石柱为棱角钝状，且向南定向倾斜，植被一般顺着层理带生长	该河谷区水体淹没线范围出露的岩层为紫红色、浅灰色泥质白云岩，构造作用下发育了褶皱变形，形成岩层倾斜；水冲线高十米，之上为郁郁葱葱的植被；清水碧波-彩色河谷-绿色植被-蓝天白云浑然一体	兰旗地附近的小河沟蜂巢岩景观较为典型，发育有奇峰怪石，形态各异，栩栩如生，有圆锥型、神象山、鹰嘴峰、金狮望月等；该地区岩层发育有较多小褶皱变形；石林岩层发育有较多小型洞穴；石林崖壁上发育有水平带状的植被	呈不规则网状，网格直径 2-3 cm，微生物席条带一般宽 1-2 cm，为灰白色，扁平带状凸起不明显，发育在砂岩层内，浸透入岩层，整体形态和泥晶相似，在其上部岩层中发育有对称波痕，下部发育有球藻化石	山体延伸与区域北东向构造线一致，山体东南侧一般为近直立的悬崖，高差约 200 m，西北侧为缓坡，坡向与岩层倾向基本一致，构成构造单面山；团山子组含铁白云岩风化后陡崖整体呈现浅紫红色，山顶发育有象形石	对称波痕，在波痕的表面上偶见屈曲状的条状，波峰较圆滑，波峰岩石和波谷岩石均一，都为粉砂岩	山体北东向延伸约 40 km，整体呈浅红色、紫红色，山体北侧较陡，产状大致 60°，岩层产状与山坡基本一致，南侧为近直立陡崖，长崖沿着区域构造线方向绵延伸展
成因	1. 山体上部岩性主要为浅肉红色流纹岩、英安流纹岩、石英斑岩，岩性决定山体为浅红色； 2. 山体下部为九龙山组灰白色、灰绿流纹岩沉凝灰岩； 3. 主要发育于近水平或垂直的层理节理； 4. 长期的重力崩塌作用和风化作用	1. 该段岩层为雾迷山组薄层白云岩、硅质条带白云岩，风化后多为浅黄色； 2. 该段岩层产状近水平，有利于岩体的稳定； 3. 陡崖位于河流侵蚀凹岸，河流不断的侵蚀冲刷； 4. 薄层的泥质白云岩富含有机质，风化后为植被提供充足的养分	1. 薄层泥质白云岩，硅质条带白云岩，风化后多为浅黄色； 2. 在小区域上为一个构造穹隆，岩层产状近水平； 3. 石林的形成为垂直节理控制较为明显，岩层水平时一般形成塔状石林，岩层倾斜时一般形成簇状石林； 4. 薄层的泥质白云岩富含有机质有利于植被生长	1. 该河谷区水体淹没线范围出露的岩层为紫红色砂质白云岩，偶夹灰白色白云岩层，颜色深； 2. 受到区域北东向断裂的控制，流水沿着构造薄弱带侵蚀成河谷； 3. 由于水库水位的变化，形成与主河道锐角相交，且垂直区域地层产状和构造线	1. 岩体的延伸受到区域北东向断裂构造的影响；山体陡崖与地层走向线平行，导致东南侧岩层线为水平台，且发育有垂直节理； 2. 山体上部陡崖为抗风化能力较强的含铁白云岩和砂质泥晶白云岩，风化后呈浅紫红色，下部为砂质泥晶页岩，风化后为缓坡； 3. 长期的重力崩塌和风化作用	1. 山体的延伸受到区域北东向断裂构造的影响；山体陡崖与地层走向线平行，导致东南侧岩层线为水平台，且发育有垂直节理； 2. 山体上部陡崖为抗风化能力较强的含铁白云岩和砂质泥晶白云岩，风化后呈浅紫红色，下部为砂质泥晶页岩，风化后为缓坡； 3. 长期的重力崩塌和风化作用	1. 山体的延伸受到区域北东向断裂构造的影响；山体陡崖与地层走向线平行，导致东南侧岩层线为水平台，且发育有垂直节理； 2. 山体上部陡崖为抗风化能力较强的含铁白云岩和砂质泥晶白云岩，风化后呈浅紫红色，下部为砂质泥晶页岩，风化后为缓坡； 3. 长期的重力崩塌和风化作用	形成于浅海相的沉积环境，可以指示当时的风浪条件	1. 砂岩含铁比较高，整体上呈现紫红色； 2. 紫云-碧峰口逆冲断裂导致构造形成山，同时导致地层产状高角度单斜； 3. 地貌演化过程中河流强烈下切，同时伴随重力崩塌形成陡崖
照片									

价值和美学价值,为蟠龙湖景区规划开发、美丽乡村建设增添了地质之美和科学内涵。

(3)地质建造控制蟠龙湖两岸地质地貌景观的发育,岩性组合和构造特征是影响地质地貌景观发育的两个主要控制因素。岩性组合特征为蟠龙湖两岸地质地貌景观的发育提供了多样的物质基础条件,褶皱、节理等构造又增加了地质地貌景观的复杂性;在新构造抬升背景下河流地质作用为景观地貌的形成提供了外部塑造动力。地质建造和流域地貌是影响蟠龙湖地区地质遗迹发育的两条主线因素。

**致谢:**感谢中国地质环境监测院董颖主任在调查工作中给予的指导,感谢中国地质大学(北京)硕士研究生刘福珍、龚成强和史明震在野外调查过程中提供的帮助。

## References

- Chen Anze, Xu Tao. 2017. Significance, ideas and action suggestions of the construction of Towns with geo-cultural characteristics[C]// Annual meeting of Tourism Geology and Geopark Research Branch of Chinese Geological Society and International Academic Symposium of Tongren Geopark (in Chinese).
- Chen Anze. 1998. China's geological landscape theory[C]//Tourism Earth-Science's Theory and Practice: The 5th Proceedings of Tourism Earth Science. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Chen Anze. 2003. Classification of sandy gravel geomorphology and its status and function[C]//Tourism Earth-Science's Theory and Practice: The 9th Proceedings of Tourism Earth Science. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Chen Anze. 2007. Some problems of granite geomorphological landscapes[J]. Geological Review, 53(S1): 1-8(in Chinese with English abstract).
- Chen Anze. 2016. The establishment and development of tourism earth-science and geopark, and geoheritage resources in China: Celebrating the 60th anniversary of Chinese Academy of Geological Sciences[J]. Acta Geoscientica Sinica, (37):535-561 (in Chinese with English abstract).
- Dang Lijuan, Song Jianjun. 2020. Research on the demand of national geological survey in new era [J]. Natural Resource Economics of China, (1):43-49 (in Chinese with English abstract).
- Ding Hua, Zhang Mao Province, Li Xiaonan, Gou Qingqing, Sun Pingping. 2020. Geological culture village: Scientific connotation, construction content and implementation path[J]. Geological Review, 66(1): 180-188 (in Chinese with English abstract).
- Dong Ying, Cao Xiaojuan, Chen Zihui. 2014. Progress of national important geological remains investigation[C]// Proceedings of the 29th Annual Meeting of Tourism Geology and Geopark Research Branch of Chinese Geological Society and Beijing Yanqing World Geopark Construction and Tourism Development Seminar (in Chinese).
- Dong Ying, Cao Xiaojuan, Guo Xiangyan. 2010. Protection of geoheritages resources in China[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, (2):118-121 (in Chinese with English abstract).
- Dong Ying, Cao Xiaojuan. 2019. Innovation and application of survey and evaluation methods of national important geological heritage resources[J]. Management and Research on Scientific Technological Achievements, (3): 70-72 (in Chinese with English abstract).
- Du Shaoxi, Chao Zhongdong, You Jun, Yang Kejian. 2018. How to accurately support the "Rural revitalization strategy" in livelihood geology[J]. Mineral Exploration, 9(9):1834-1840 (in Chinese with English abstract).
- Guo Jianqiang. 2005. A preliminary discussion about survey and assessment of geological vestiges landscape[J]. Acta Geologica Sichuan, 25(2):104-109 (in Chinese with English abstract).
- Hao Aibing. 2018. Thinking on the transformation and upgrading of geological survey in the new era[N]. China Mining News, 2018-12-07(in Chinese).
- Jia Liyun, Zhang Xuiao, Yang Dongchao, Zhou Yiqun, Fan Kefeng, Zhang Jinzhe, Wang Xingmin, Gong Chen. 2012. Genetic classification of waterfalls in Yuntai Mountain World Geopark[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(2): 245-255 (in Chinese with English abstract).
- Kang Hongda. 1994. Classification of the causes of tourism geological resources in China[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 21 (6):54-55 (in Chinese with English abstract).
- Li Jingsen, Kang Hongda. 1999. Mapping, division and classification of tourist geological resources of China [J]. Quaternary Science, (3): 246-253 (in Chinese with English abstract).
- Li Minglu, Jiang Jianjun. 2000. The characteristic and protection of geoheritage resources in China[J]. Geology in China, 27(6): 31-34 (in Chinese with English abstract).
- Li Shuangying, Yue Shucang, Wu Yunxiao, Bo Lin. 2004. National geopark 's position and role in the development of tourism[J]. Journal of HeFei University of Technology (Social Sciences), 18 (1):52-55 (in Chinese with English abstract).
- Li Xiao, Chai Lu, Wang Xiaoguang, Zhu Qun. 2019. Distribution characteristics and tectonic actions of geological tourism resources in Longjiang Silk Road belt[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 33(2): 194-202(in Chinese with English abstract).
- Li Xiaolin, Qin Jianxiong, Yin Jicheng. 2004. Protection of geological relics in Longmen Mountains National Geopark[J]. Journal of Mountain Science, 22(1):13-17 (in Chinese with English abstract).

- Li Xiaoqin, Liu Kaibang, Li Jianxiong. 2005. Research on the development mode of ecotourism in Geoparks[J]. Journal of Southwest Minzu University (Humanities and Social Sciences Edition) 26(7):269–271 (in Chinese with English abstract).
- Liu Chiheng, Li Jianghai, Cui Xin, Xu Li, Fan Qingkai, Wang Hui, Zhang Hongwei. 2016. Geological heritage of Hoh Xil in Qinghai and its tectonic evolution[J]. Geology in China, 43(6): 2202–2215 (in Chinese with English abstract).
- Luo Shunshu, Wang Kaiming. Carbon and oxygen isotope composition of carbonatic rock from the Mesoproterozoic Gaoyuzhuang Formation in the Kuancheng area, Hebei Province[J]. Acta Geologica Sinica, 84(4): 492–499 (in Chinese with English abstract).
- Ministry of Geology and Mineral Resources of the People's Republic of China. 1995. Regulations on the Management of Geological Heritage Protection[S]. Beijing: Ministry of Geology and Mineral Resources.
- Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. 2017. Specification for Geoheritage Investigation (DZ/T 0303–2017), Beijing: Ministry of Land and Resources (in Chinese).
- Tao Kuiyuan. 2002. Study on the Evaluation System of Geological Relics Registration [M]. Beijing: China Agricultural Press (in Chinese).
- Wang Lei, Tian Mingzhong, Sun Hongyan. 2015. Major regional benefits of geological tourism of Chinese mountaintype Global Geoparks[J]. Mountain Research. 33(6):95–103 (in Chinese with English abstract).
- Wu Chen, Ma Yonghong. 1996. Palaeochannel and palaeodrainage patterns in the North China mountains [J]. Geographical Research, 15(3):33–41.
- Wu Fadong, Tian Mingzhong, Zhang Jianping, Wang Lulin. 2011. Resource types and construction features of Hong Kong National Geopark[J]. Acta Geoscientica Sinica, 32(6): 761–768 (in Chinese with English abstract).
- Wu Hongmei, Wu Fadong. 2011. The classification and assessment of geological heritage resources in the Qian'an– Qianxi National Geopark [J]. Acta Geoscientica Sinica, 32(5): 632–640 (in Chinese with English abstract).
- Ye Zhanghuang, Liu Jiaqi, Yin Guosheng, Wang Min. 2012. Record of geological events in mount Sanqingshan National Geopark in Jiangxi[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(2): 236–244 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Guoqing, Tian Mingzhong, Liu Siwen, Geng Yuhuan, Guojing. 2009. The method of investigation and evaluation of geological heritage resources[J]. Journal of Mountain Science, 27(3): 361–366 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Lei, Zhang Xujiao, Wu Fadong, Tian Jun, He Zexin, Yu Hang, Wang Chunlin, Liu Jianghong. 2014. Characteristics and genesis of landscapes in Wangmangling National Geopark, Shanxi Province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 35(3): 383–390 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Xujiao, Li Haixia, Wu Fang, Song Lifeng, Chen Weitao. 2005. The status and role of landscape and landform in the planning and construction of geoparks[C]// Proceedings of the Chinese Geological Society Tourism Geology and National Geopark Research Branch and the 20th Annual Conference of Tourism Geology and Geopark Academic Conference (in Chinese with English abstract).
- Zhao Bi, Xu Xinlei, Chen Gang, Li Jiangli. 2015. Discussion on the working methods of important geological remains investigation—Taking Mulan Mountain as an example [J]. Resources Environment & Engineering, 29(6):934–939 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Hongfei, Lu Ming, Zhao Xiaojing. 2018. Characteristics of geoheritage landscapes and its protection measures in Yuezhao Tourism Geo-culture Village, Liupanshui, Guizhou Province[J]. Guizhou Geology, 35(1):62–66 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Ting, Zhao Xun. 2009. Geoheritage taxonomy and its application[J]. Acta Geoscientica Sinica, 30(3): 309–324 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Xun, Zhao Ting. 2003. The process from the geoheritage conservation to the construction of World Geoparks[J]. Geological Review, 49(4):389–399 (in Chinese with English abstract).
- Zhong Ziran. 2018. More efforts to do traditional geology, more beautiful to construct blue streams and green hills[J]. Geological Review, 64(1):12–14 (in Chinese).
- Zhou Qi, Zhang Shijun, Yang Bing, Lei Zhiyuan, Chen Da, Chen Minghua, Liao Liping, Zhang Hui, Qin Yongjun. 2018. Implementation background, technology requirement, major achievement and its significance of tourism resources general survey in Guizhou Province[J]. Guizhou Geology, 35(2):145–152 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 陈安泽, 许涛. 2017. 地学文化特色小镇建设的意义、理念与行动建议[C]. 中国地质学会旅游地学与地质公园研究分会年会暨铜仁市地质公园国际学术研讨会.
- 陈安泽. 1998. 中国地质景观论[C]//旅游地学的理论与实践——旅游地学论文集第五集. 北京: 地质出版社.
- 陈安泽. 2003. 论砂(砾)岩地貌类型划分及其在旅游业中的地位和作用[C]//旅游地学论文集第九集. 北京: 地质出版社.
- 陈安泽. 2007. 中国花岗岩地质景观若干问题讨论[J]. 地质论评, 53(S1): 1–8.
- 陈安泽. 2016. 论旅游地学与地质公园的创立及发展, 兼论中国地质遗迹资源——为庆祝中国地质科学院建院60周年而作[J]. 地球学报, (37):535–561.
- 党丽娟, 宋建军. 2020. 新时代全国地质调查需求研究[J]. 中国国土资源经济, (1):43–49.
- 地质矿产部. 1995. 地质遗迹保护管理规定[S]. 北京: 地质矿产部.

- 丁华, 张茂省, 栗晓楠, 苟青青, 孙萍萍. 2020. 地质文化村:科学内涵、建设内容与实施路径[J]. 地质论评, 66(1): 180-188.
- 董颖, 曹晓娟, 陈梓慧. 2014. 全国重要地质遗迹调查进展[C]// 中国地质学会旅游地质与地质公园研究分会第29届年会暨北京延庆世界地质公园建设与旅游发展研讨会论文集.
- 董颖, 曹晓娟, 郭湘艳. 2010. 中国地质遗迹资源保护[J]. 中国地质灾害与防治学报, (2):118-121.
- 董颖, 曹晓娟. 2019. 全国重要地质遗迹资源调查评价方法创新与应用[J]. 科技成果管理与研究, (3)70-72.
- 杜少喜, 钞中东, 游军, 杨克俭. 2018. 民生地质如何精准支撑服务"乡村振兴战略"[J]. 矿产勘查, 9(9):208-214.
- 郭建强. 2005. 初论地质遗迹景观调查与评价[J]. 四川地质学报, 2(3):102-109.
- 国土资源部. 2017. 地质遗迹调查规范(DZ/T 0303-2017). 北京: 国土资源部.
- 郝爱兵. 2018. 新时代地质调查转型升级的思考[N]. 中国矿业报, 2018-12-07.
- 贾丽云, 张绪教, 杨东潮, 周轶群, 樊克锋, 张晋喆, 王兴民, 宫程. 2012. 云台山世界地质公园瀑布成因分类研究[J]. 地球学报, 33(2):245-255.
- 康宏达. 1994. 中国旅游地质资源的成因分类[J]. 水文地质工程地质, 21(6):54-55.
- 李京森, 康宏达. 1999. 中国旅游地质资源分类、分区与编图[J]. 第四纪研究, (3):246-253.
- 李明路, 姜建军. 2000. 论中国的地质遗迹及其保护[J]. 中国地质, 27(6):31-34.
- 李双应, 岳书仓, 吴云霞, 柏林. 2004. 论国家地质公园在旅游业发展中的地位与作用[J]. 合肥工业大学学报:社会科学版, 18(1):52-55.
- 李霄, 柴璐, 王晓光, 朱群. 2019. 浅析"龙江丝路带"地质旅游资源分布特征与构造作用[J]. 干旱区资源与环境, 33(2):194-202.
- 李晓琴, 刘开榜, 覃建雄. 2005. 地质公园生态旅游开发模式研究[J]. 西南民族大学学报(人文社科版), 26(7):269-271.
- 李晓琴, 覃建雄, 殷继成. 2004. 龙门山国家地质公园地质遗迹的保护[J]. 山地学报, 2004,22(1):13-17.
- 刘持恒, 李江海, 崔鑫, 许丽, 范庆凯, 王辉, 张红伟. 2016. 青海可可西里地质遗迹及其构造演化[J]. 中国地质, 43(6): 2202-2215.
- 罗顺社, 汪凯明. 2010. 河北宽城地区中元古代高于庄组碳酸盐岩碳氧同位素特征[J]. 地质学报, 84(4):492-499.
- 陶奎元. 2002. 地质遗迹登录评价系统的研究[M]. 北京: 中国农业出版社.
- 王雷, 田明中, 孙洪艳. 2015. 中国山地型世界地质公园地质旅游的主要区域效益[J]. 山地学报, 33(6):95-103.
- 吴忱, 马永红. 1996. 华北山地的古河道与古水系[J]. 地理研究, 15(3):33-41.
- 武法东, 田明中, 张建平, 王璐琳. 2011. 中国香港国家地质公园的资源类型与建设特色[J]. 地球学报, 32(6):761-768.
- 武红梅, 武法东. 2011. 河北迁安—迁西国家地质公园地质遗迹资源类型划分及评价[J]. 地球学报, 32(5):632-640.
- 叶张煌, 刘嘉麒, 尹国胜, 陈安泽, 王敏. 2012. 江西三清山国家地质公园内的重大地质事件记录[J]. 地球学报, 33(2):236-244.
- 张国庆, 田明中, 刘斯文, 耿玉环, 郭婧. 2009. 地质遗迹资源调查以及评价方法[J]. 山地学报, 27(3):361-366.
- 张蕾, 张绪教, 武法东, 田珺, 何泽新, 于航, 王春林, 刘江红. 2014. 山西王莽岭国家地质公园地貌景观特征及其成因研究[J]. 地球学报, 35(3):383-390.
- 张绪教, 李海霞, 吴芳, 宋利锋, 陈伟涛. 2005. 景观地貌在地质公园规划建设中的地位和作用[C]//中国地质学会旅游地质与国家地质公园研究分会成立大会暨第20届旅游地质与地质公园学术年会论文集.
- 赵璧, 徐鑫磊, 陈刚, 李姜丽. 2015. 重要地质遗迹调查工作方法讨论——以木兰山为例[J]. 资源环境与工程, 29(6):934-939.
- 赵洪飞, 鲁明, 赵小菁. 2018. 贵州六盘水月照旅游地质文化村地质遗迹景观资源特征及其保护[J]. 贵州地质, 35(1):62-66.
- 赵汀, 赵逊. 2009. 地质遗迹分类学及其应用[J]. 地球学报, 30(3): 309-324.
- 赵逊, 赵汀. 2003. 从地质遗迹的保护到世界地质公园的建立[J]. 地质论评, 49(4):389-399.
- 钟自然. 2018. 做好传统地质、建好绿水青山——在中国地质学会第十二次全国会员代表大会上的讲话[J]. 地质论评, 64(1): 12-14.
- 周琦, 张世俊, 杨兵, 雷志远, 陈大, 陈明华, 廖莉萍, 张慧, 覃永军. 2018. 贵州省旅游资源大普查实施背景、技术要求与主要成果及意义[J]. 贵州地质, 35(2):145-152.