

川东褶皱山系“Ω 形地貌”特征、成因和演化

——以拟建华蓑山大峡谷地质公园为例

罗 培^{1,2}, 秦子晗², 孙传敏¹

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 630049; 2. 西华师范大学国土资源学院, 四川 南充 637002)

摘 要: 以华蓑山中段华蓑山大峡谷地质公园内的“Ω 形地貌”为例, 在野外调查和资料分析的基础上, 借助 DEM, 运用地貌学相关理论, 对川东褶皱山系“Ω 形地貌”特征、成因和演化进行了探讨。研究表明: 该地貌在平面上呈“Ω”字形, 发育于特殊的地质背景下, 特点是内腔宽大, 隘口窄小; 华蓑山老龙洞背斜、李子沿向斜, 近北东向和北西向两组节理以及走向断层——涂家院子 2# 逆断层是“Ω 形地貌”形成的构造背景; 风化作用、流水侵蚀和溶蚀作用, 是“Ω 形地貌”主要外营力; “Ω 形地貌”的形成过程分为 6 个阶段: 前期(构造隆起为主的阶段)、幼年期(自由沟渠阶段)、青年期(断层发育后顺坡向形成横向断层谷)、壮年初期(形成“Ω 形地貌”雏形)、壮年期(“Ω 形地貌”最终形成)、老年期。

关键词: 川东褶皱山系; Ω 形地貌; 特征、成因和演化; 华蓑山大峡谷地质公园

中图分类号: P931.2

文献标志码: A

考察发现, 在川东平行岭谷区的隔档式褶皱山系的山地两侧谷坡上, 常发育一种形态特殊的地貌, 无论是从卫星图片还是从地形图上观察, 均不同于一般沟谷, 酷似希腊字母“Ω”。为了研究的需要, 我们将该类地貌称之为“Ω 形地貌”。由于分布区域有限, 可达性差等原因, “Ω 形地貌”在国内外少有研究^[1]。该地貌在川东平行岭谷, 特别是华蓑山有多处出现, 其特征和成因既不同于普通的岩溶洼地, 也有别于一般的沟谷和峡谷地貌, 因此颇有研究的必要。由于该类地貌分布、形态及其与地质背景的关系具有一定的相似性, 因此本文以华蓑山中段华蓑山东侧部分“Ω 形地貌”为研究样本, 通过长期野外考察, 运用地貌形成的基本理论^[2-4], 吸收已有研究成果^[5], 借鉴前人地貌分析方法^[6-8], 对研究区区域地质构造、岩性特征, 以及地貌形成的外营力要素进行综合分析, 对该类地貌的形态特征、成因和演化过程进行科学探讨。

1 研究区概况

研究区位于四川省东部平行岭谷区, 华蓑山脉中段, 华蓑山主脉东侧, 地理位置 106°40′ ~ 106°54′ E, 30°07′ ~ 30°28′ N, 海拔 900 ~ 1 150 m。该区地质遗迹景观区域代表性强, 类型多样, 品位高, 主要地质遗迹资源包括地质剖面、古生物景观、地貌景观、水体景观、环境地质景观在内的 5 个大类, 拥有 100 多个具有较高科研、科普、观赏价值的地质遗迹景观点, 以及较为典型的“Ω 形地貌”景观, 并以其奇特性和科学价值被评价为拟建邻水大峡谷地质公园重要的地质遗迹景观^[9]。研究区现有标志性“Ω 形地貌”8 处(图 1), 其中位于拟建华蓑山大峡谷地质公园西北部的 3 处“Ω 形地貌”具有分布集中、形态相似、规模相当的特点, 极具代表性(图 2)。

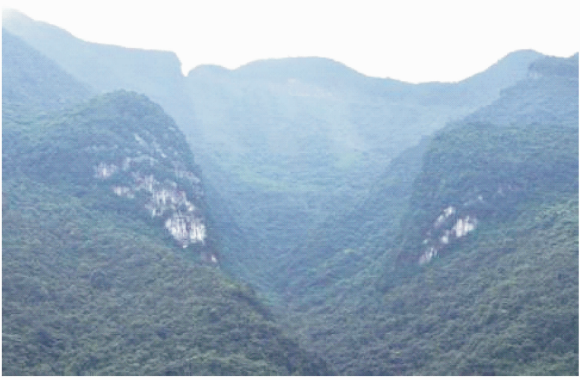
收稿日期 (Received date): 2013 - 10 - 11; **改回日期** (Accepted): 2014 - 03 - 15。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金青年项目(41101348)资助。[Supported by the National Natural Sciences Foundation of China Youth Project, No. 41101348.]

作者简介 (Biography): 罗培(1974 -), 男, 四川阆中人, 副教授, 主要从事地貌学和景观地学研究。[Luo Pei (1974 -), born in Langzhong of Sichuan Province, associate professor, engaged in geomorphology and landscape geoscience]



甘坝乡 1# “Ω形地貌” [No.1 “Ω-shaped” landform in Ganba town]



甘坝乡 2# “Ω形地貌” [No.2 “Ω-shaped” landform in Ganba town]



甘坝乡 3# “Ω形地貌” [No.3 “Ω-shaped” landform in Ganba town]



甘坝乡 4# “Ω形地貌” [No.4 “Ω-shaped” landform in Ganba town]



甘坝乡 5# “Ω形地貌” [No.5 “Ω-shaped” landform in Ganba town]



红岩乡 1# “Ω形地貌” [No.1 “Ω-shaped” landform in Hongyan town]



红岩乡 2# “Ω形地貌” [No.2 “Ω-shaped” landform in Hongyan town]



红岩乡 3# “Ω形地貌” [No.3 “Ω-shaped” landform in Hongyan town]

图 1 华蓑山大峡谷典型“Ω 形地貌”

Fig. 1 The typical “Ω-shaped” landscape in Huayishan grand canyon

2 “Ω形地貌”特征

2.1 分布特征

“Ω形地貌”在川东褶皱山系内的分布有一定的规律性。川东褶皱山系又称盆东平行岭谷,包括四川盆地内的华蓥、莹山及其以东地区,是四川盆地东缘主要山系;北起大巴山南麓,南到云贵高原北侧,北部为渠江上源地区,南部水系大多直接汇入长江,为中国北东走向山脉组合最整齐地区^[9],是世界上特征最显著的褶皱山地带,与美洲的阿巴拉契亚、安第斯-落基山并称世界3大侏罗山式褶皱山系。自西向东主要有华蓥山、铜锣山、明月山、铁锋山、木历山、挖断山、观面山、精华山、方斗山等多条山脉;西南则为华蓥山南延的九峰山、缙云山、中梁山3条支脉。在构造上表现为背斜和向斜相间分布,地貌上表现为山地和谷地彼此平行。“Ω形地貌”主要分布在华蓥山地两侧的斜坡之上,一部分分布在山地西北侧,另一部分分布于山地东南侧,连续排列方向北东向。考察发现,研究区所有“Ω形地貌”皆沿地层分界线分布,且有规模不等的断裂经过,

断裂的走向与“Ω形地貌”开口方向近垂直(图2)。

本文研究的3处“Ω形地貌”,分别为龙头桥洼地西北侧近邻水-华蓥边界附近的凉风垭、毛垭口和磨刀石沟上游,从图2可以看出,排列方向大致与华蓥山复式背斜延伸向一致。

2.2 形态特征

为了研究的需要,参考地貌研究的方法,我们以1#“Ω形地貌”为例,按照1:20 000实测地形图,生成DEM图,并根据研究需要,拟定了“Ω形地貌”结构组成(图3)，“Ω形地貌”各个部分分别由后坡、左坡、右坡、内腔、隘口组成。其上游大部分弧形山坡被命名为后坡,下游狭窄开口被命名为隘口;面向下游,隘口内左侧弧形坡被命名为左坡,右侧弧形坡被命名为右坡;隘口内部往往都有一面积较小的平缓谷底,向下游微倾,坡度明显小于隘口外斜坡;隘口内部的空间本文命名为内腔。

该地形整体似洼地,但一端有明显的开口,又似冰斗,却没有明显的岩坎和岩盆;隘口为一狭窄的开口,开口两边岩石耸立,犹如两扇耸立的大门;开口方向均为东南,方位大致为115°~121°;通过对同一水平面上内腔和隘口宽度的测量对比发现,内腔宽

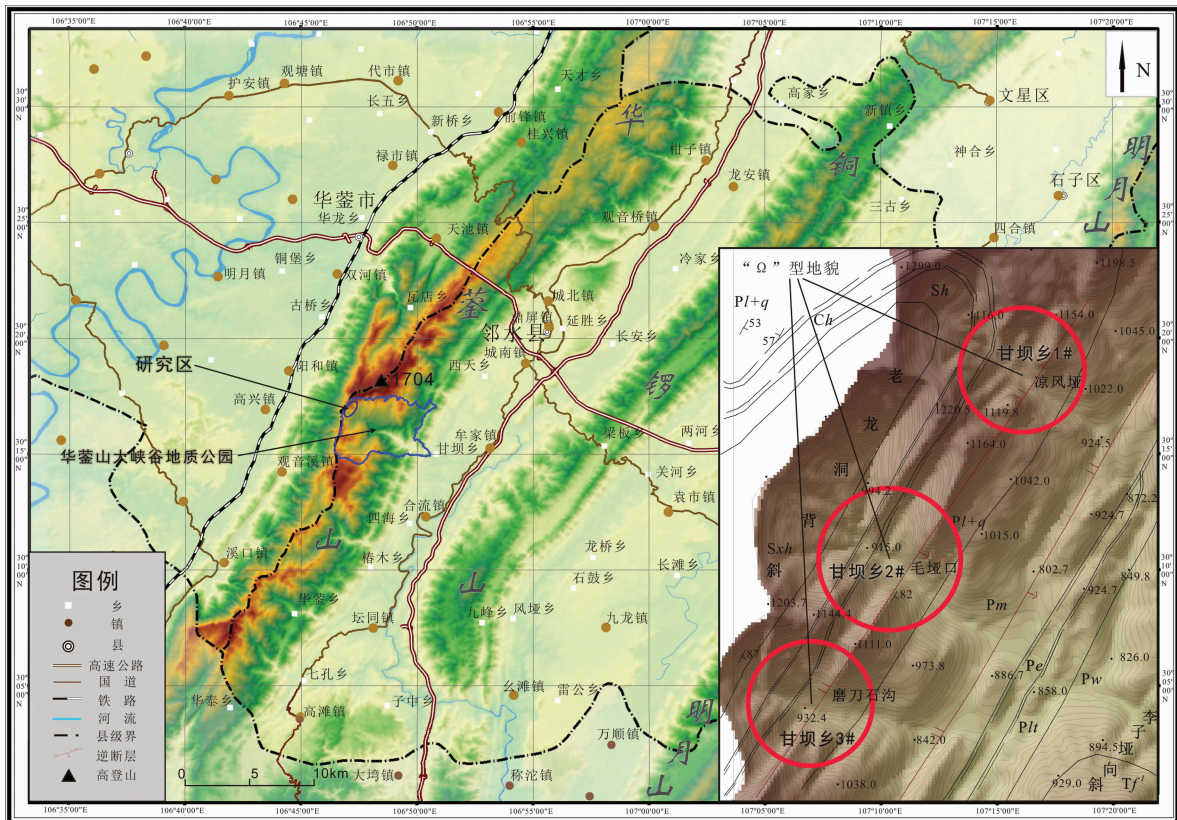


图2 “Ω形地貌”分布图

Fig. 2 Distributing graph of “Ω-shaped” landform

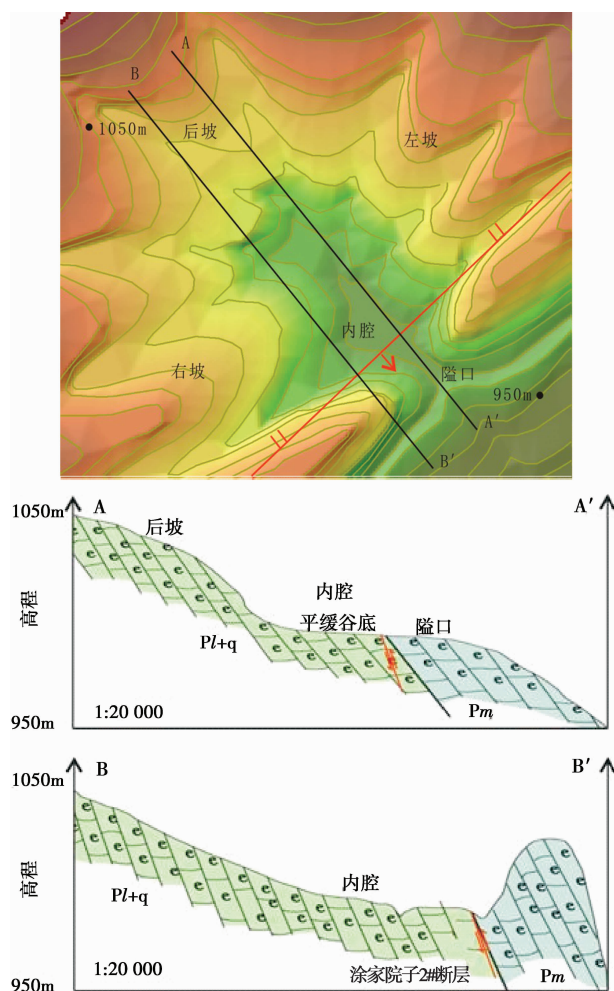


图3 1#“Ω形地貌”结构示意图

Fig.3 Structure schematic diagram of 1# “Ω-shaped” landform

度均比隘口宽大;后坡水平面上呈弧形,一般呈放射状分布多条沟谷,左坡和右坡一般至少有一条冲沟,延伸方向大致与隘口开口方向垂直;通过岩层对比,隘口处的岩石与后坡、左坡、右坡的岩石属于不同地层,岩性差异较大。研究区域内的3个“Ω形地貌”隘口处为浅灰-灰白色生物屑灰岩夹微晶灰岩、含燧石结核灰岩的茅口组地层,后坡及左右两坡为深灰色生物屑灰岩、泥灰岩夹少量硅质岩及泥岩的栖霞组地层;北东走向的涂家院子2#逆断层经过3个“Ω形地貌”隘口。甘坝乡1#、2#、3#处“Ω形地貌”特征见表1。

3 “Ω形地貌”成因背景

3.1 区域地质背景

3.1.1 地层岩性

地层上,研究区主要分布地层为志留系、石炭系

和二叠系,包括茅口组、栖霞组、梁山组、黄龙组、韩家店组和小河坝组^[10](图4)。

下志留统小河坝组(*S₄h*)为一套黄灰色细、粉砂岩夹页岩、砂质页岩,出露面积广泛。分布于“Ω形地貌”后坡的最上游,厚度180~480 m,侵蚀切割剧烈,多发育许多细小冲沟。

上志留统韩家店组(*S₅h*)为紫红、灰绿色泥岩,砂质泥岩夹细、粉砂岩及生物屑灰岩,区内出露厚度为85~105 m,分布于后坡中上游,厚55~59 m,侵蚀较为强烈。

黄龙组(*C₂h*)厚35~46 m,岩性以浅-灰色中厚-块状白云岩、角砾状白云岩和生物屑灰岩为主,间夹少量灰质白云岩,底部夹3层泥、页岩。角砾状白云岩主要分布在中部,生物屑灰岩则相对集中于上部。该组与下伏韩家店组、上覆梁山组均为假整合接触,但与韩家店组的假整合面不甚明显。“Ω形地貌”上游部分为黄龙组地层。

下二叠统梁山组(*P₁l*)在区内厚4.5~11.5 m,自南而北厚度变薄。在地貌上的表现形式往往是一条带状沟。岩性以灰白色粘土岩、页岩和灰黑色页岩、炭质页岩互层为主,间夹4层0.3~1.22 m的含硫铁矿结核微晶灰岩,顶部夹厚5~8 cm的薄煤层。该组为一套滨岸细碎屑岩夹碳酸盐岩建造,岩层倾向东南,倾角57°~69°,主要分布于地貌后坡下游及左右坡。

下二叠统栖霞组(*P₁q*)组地层厚238~252 m,岩性以深灰-灰黑色中厚-块状生物屑灰岩、富含有机质泥质微晶灰岩为主,偶见波状层理、脉状层理,后者风化后多具眼球状构造;底部夹黑色薄层硅质岩、硅质灰岩;底部和上部均夹黑色页岩;顶部夹深灰色含砂屑微晶灰岩,发育沙纹层理、波状层理和水平层理,下部燧石结核多于上部,中上部局部岩石颜色为灰-灰白色。本组为浅海陆棚较深水碳酸盐台地相沉积,与下伏梁山组黑色含煤岩系及上覆茅口组浅灰色块状灰岩均为整合接触,内岩层倾向东南,倾角55°~67°,主要分布于地貌后坡下游及左右坡。

下二叠统茅口组(*P₁m*)厚100~110 m,岩性以浅灰-灰白色中厚至块状夹薄层状生物屑粗~微晶灰岩为主,间夹少量微晶灰岩,中部偶见燧石结核或团块。该组地层岩性稳定,并以灰白色的外观为其特征,为浅海陆棚——开阔浅海碳酸盐台地相沉积。岩层倾向东南,倾角51°~63°,是构成“Ω形地貌”狭窄隘口的主要成景地层。

表 1 “Ω 形地貌”特征
Table 1 The feature of “Ω-shaped” landform

编号	开口方向	内腔、隘口宽度比 (同一水平面)	隘口岩性	后坡及左右坡 岩性	后坡坡度	平缓谷底 坡度	隘口底部 坡度
1#	121°	1.25 ~ 4.55	浅灰、灰白色生物屑灰	深灰色生物屑灰岩、泥	58.2°	11.5°	65.0°
2#	119°	1.20 ~ 3.85	岩夹微晶灰岩,含燧石	灰岩夹少量硅质岩及	51.4°	7.4°	57.1°
3#	115°	1.15 ~ 2.45	结核灰岩	泥岩	56.5°	9.4°	63.2°

注:内腔和隘口宽度测量的方向平行且与大致断层的走向一致;坡度取若干个测值的平均值。

“Ω 形地貌”隘口内部中上游主要为砂岩、泥页岩,与下游及隘口处的碳酸盐岩相比更易被侵蚀,同时以栖霞组和梁山组地层为主的左右坡多发育北东走向的槽谷,这就造成该地貌内腔宽阔,隘口狭小。

3.1.2 地质构造

1. 褶皱

研究区位于北北东向的老龙洞背斜东翼和李子垭向斜西翼的过渡地带。老龙洞背斜和李子垭向斜为华蓥山大背斜的从属褶皱构造,老龙洞背斜为华蓥山复式背斜中的主体背斜和高背斜,西与天池向斜左邻,与李子垭向斜右邻(图 2)。据 1:50 000 区调资料^[11]分析,高位的老龙洞背斜向低位的李子垭向斜过渡的斜坡倾向是影响该区域“Ω 形地貌”排列方向和开口方向的重要因素。

2. 断层

老龙洞背斜东翼和李子垭向斜西翼过渡区发育两条北北东走向的断层(图 2、图 4):涂家院子 1#逆断层和 2#逆断层,为典型的走向断层。

涂家院子 1#断层位于李子垭向斜北西翼上,地质公园西北部,全长约 6 km。断层走向北 30°东,倾向南东,倾角 80°。断层面清楚,表现为老屋基以南长达 5 km 的断层崖。断裂破碎带发育,表现为一深宽的沟谷地貌,带宽 20 ~ 50 m,带内岩石破碎,局部形成小型“断陷盆地”,偶见从地下向地表渗水的现象。本断层主要为发生于茅口组中的北东走向的逆冲断层,断层南东盘地层为茅口组 - 飞仙关组。岩层倾向南东(正常),倾角 10° ~ 85°(愈远离断层面,倾角愈小);北西盘主要为茅口组,倾向南东(正常),倾角 30° ~ 82°。涂家院子 2#逆断层位于 1#断层西部 0.25 km 处,发育在茅口组和栖霞组地层交界处,长约 2 km,走向 N27° - 30°E,倾向 117° ~ 120°,倾角 65°,断裂宽 0 ~ 3 m。涂家院子 2#逆断层沿北东向经过 3 个“Ω 形地貌”隘口处。据推测,2#逆断层逆向错动是“Ω 形地貌”隘口形成的重要条

件。

3. 节理

褶皱和断层的一个重要效应是产生大量的派生节理,它们能强烈切割岩层,促使岩石破碎,进而影响流水侵蚀和溶蚀作用的方向和效果。通过对“Ω 形地貌”区线性构造的解译和野外实地考察,共识别出 205 条节理,对其进行统计处理得到节理走向玫瑰花图(图 5)。调查发现,节理频率以断层附近最多,多为剪节理,走向多在 N8° - 33°E;张性节理在考察区域内发育程度不一,主要走向为 W33° - 72°N。剪节理的发育是“Ω 形地貌”内腔横向发育的主要构造因素,张节理决定了“Ω 形地貌”的隘口开口方向和排列方向,同时促进后坡的溯源侵蚀。

3.2 气象水文

3.2.1 气候

“Ω 形地貌”所在区域属亚热带湿润季风气候,冬暖夏凉,雨量充沛,四季分明^[12]。年平均气温为 11.6℃;最冷月为 1 月,平均温度 4.1℃,最热月为 7 月,平均温度 25.3℃,最高峰高登山年最高气温为 27℃,无霜期 290 d。其年平均降雨量 1 282.2 mm,多集中在 5—8 月。“Ω 形地貌”所在东部山区受东南季风影响,降水量随海拔增加而增大,增长率约为 50 mm / 100 m,总体降水量较为丰富。丰富而相对集中的降水成为“Ω 形地貌”后坡和左右两坡侵蚀作用的主要动力。东部海拔 500 m 以上的山区,每年均有降雪。多年相对湿度为 83%,10—12 月为最大,达 89%,7—8 月为最小仅 76%。

3.2.2 水文

该区域内无大河流经过,仅有横向溪沟发育,由南至北有卢家岩溪、桥坝河、干河沟、牛角湾沟,其中景区所属的卢家岩沟切割最深、流量最大,大气降水及涌出的泉水,主要由横向溪沟排泄,注入御临河(大洪河),最终注入长江。碑家桥洼地西北侧(“Ω 形地貌”周围)西北 - 东南向发育的溪流或槽谷决

定了该类地貌的上游侵蚀方向和隘口开口方向。“Ω形地貌”区域岩层倾陡,多为溪流、裂隙所分割,地下水顺倾斜方向向东南流动,或顺层面向深层流动,形成深层地下水。在背斜灰岩出露的地区,裂隙深而多,给地下水穿越岩层提供了通道,因而水多以裂隙、溶洞水出露地表,具有良好的储藏和承压条件,此类地下水均受大气降水补给,呈脉状埋藏于地下,含水层较厚,水量较大。丰富的地下水量是“Ω形地貌”内腔强烈的碳酸岩溶蚀作用的重要条件;地下水系的主体流向,最终控制“Ω形地貌”内冲沟的发育方向。

4 “Ω形地貌”形成过程推演

根据1:50 000区域地质资料中该区域内地质构造序次的分析结果,以及近年来川东褶皱山系的形成的研究成果^[5,9],按照地貌学的基本原理^[3],本文以1#“Ω形地貌”为例,将地貌的形成过程分为6个阶段(图6)。1. 前期(古新世—渐新世)^[10-11]:构造隆起为主的阶段;2. 幼年期(中始新世—渐新世)^[12,14]:隆起开始至断层形成前,老龙洞背斜东南翼发育自由沟渠为主的阶段;3. 青年期:断层发育后,进入顺坡向形成横向断层谷为主的阶段;4. 壮年初期:隘口形成为主的阶段,逐渐形成“Ω形地貌”雏形;5. 壮年期:“Ω形地貌”随着隘口加宽加深,“Ω形地貌”最终形成;6. 老年期:隘口进一步加宽加深,“Ω形地貌”特征逐渐消失,形成近似于流水侵蚀沟谷上游形态。

4.1 前期

关于川东褶皱带的形成时代和成因至今没有定论^[11,15-16],据1:50 000区域地质调查资料推断,喜马拉雅期是四川构造运动发展的重要时期,人们把发生在古近纪和新近纪之间的构造运动称为喜马拉雅运动I幕^[17],”Ω形地貌”所在的川东褶皱构造主要发生在这个时期,并且集中发生在古新世至渐新世。这一时期,川东沉积盖层全部隆升,基本构造轮廓形成。在以北西—南东向侧向水平挤压力为主,兼具南北反时针水平扭动力作用下,形成了自西向东的华蓥山复式背斜—邻水向斜—铜锣峡背斜—大盛场向斜等一级褶皱,以及华蓥山复式背斜中的天池向斜—老龙洞背斜—李子垭向斜—绿水洞背斜—碑石崖背斜等次级褶皱,发育于老龙洞高背斜向李子垭向斜过渡区的“Ω形地貌”的基本构造背景形成^[12](图2、图4)。

4.2 幼年期

喜马拉雅运动I幕中,在以北西—南东向侧向水平挤压力为主,兼具南北反时针水平扭动力作用下,区域内形成了NW—SE向及NE—SW向的剪节理和近S—N向或NNE向纵张节理。考察发现,研究区“Ω形地貌”所在的NE向断裂两侧均发育NW—SE向沟谷,且东南侧的沟谷多为断头谷,与西北侧的沟谷在延伸方向上具有继承性。由此可推断断裂及其明显的错动滞后于褶皱构造。在研究区,由于老龙洞背斜属于高背斜,而与其右邻的李子垭向斜位置较低,其过渡地带为一向东南倾斜的斜坡,在褶皱形成中及形成后,接受以流水侵蚀为主的地表侵蚀,这一时期主要形成大致与老龙洞背斜东南翼倾向一致的东南向顺向沟谷(图6A)。据推断这一过程主要发生在中始新世—渐新世。

4.3 青年期

在前期构造应力持续作用下,在发生的挤压变形基础上,产生的区域构造应力在与褶皱构造线一致的横向剪节理中快速释放,从而华蓥山断裂带和复式背斜中的重要断裂开始发育,其中对“Ω形地貌”形成产生重要作用的涂家院子2#逆断层也由此形成。由于涂家院子2#逆断层为走向断层,向西北逆冲,截断了幼年期老龙洞背斜东南翼上东南向顺向沟谷的流向,导致此类沟谷和沟渠在断层处改变侵蚀方向,在老龙洞背斜东南翼斜坡和断层间形成与断层走向一致的北东向或南西向的断层谷(图6B)。据在川东褶皱山系其他区域考察发现,这种断层谷较为典型,其共同特征是:断层谷并不统一向一个方向倾斜,谷底高低起伏,落差一般在10~45 m不等,低处往往发育落水洞,或在断层上有垂直于断层谷的小型隘口;而断层谷底较高的部位往往是谷内洼地或落水洞间的分水岭。由于未能见到岩层错动以外的断层特征,目前难以确定断层发生的地质年代。

4.4 壮年初期

逆断层在形成过程中,由于北西—南东向侧向水平挤压力和南北反时针水平扭动力作用,也形成了NW—SE向及NE—SW向的剪节理和近南北向或北东向纵张节理。NE—SW向的剪节理或北东向纵张节理,为断层逆冲隆起后两坡的崩塌奠定了构造基础,断层谷内和外侧的崩塌体和陡壁是这个结论的有力证据。在物理风化作用和流水侵蚀作用下,NW—SE向剪节理逐渐发育成小型的隘口,类似于一线天的隘谷,上游断层谷的流水除部分通过

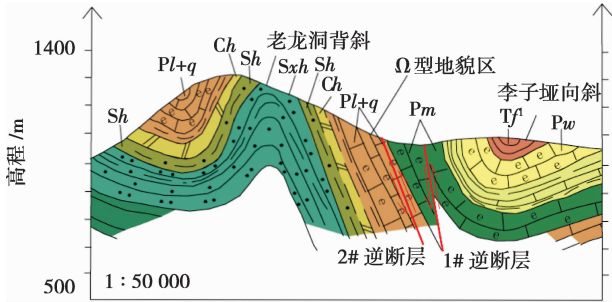


图 4 “Ω 形地貌”区地质剖面示意图

Fig. 4 The geologic profile diagrammatic map of “Ω-shaped” landscape district

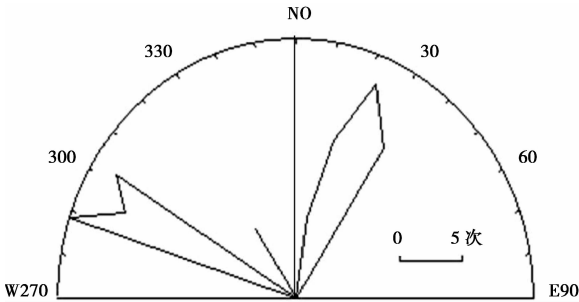


图 5 “Ω 形地貌”区节理走向玫瑰图

Fig. 5 The rose diagram of joints direction in “Ω-shaped” landscape district

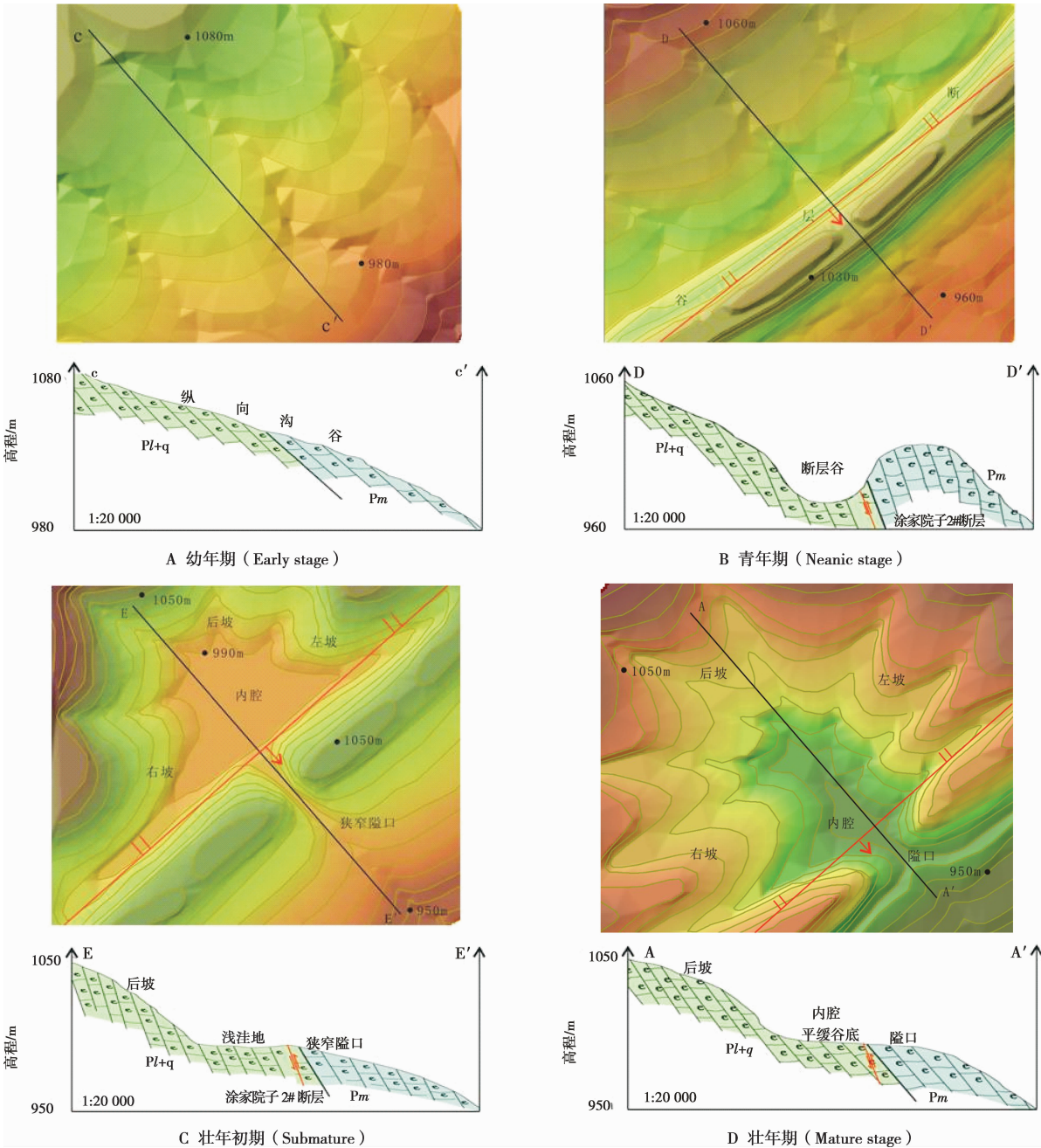


图 6 “Ω 形地貌”演化过程示意图

Fig. 6 The evolutionary procedure of “Ω-shaped” landscape

落水洞转入地下,大部分集中从隘口流出,谷内洼地逐渐演变成平缓的谷底。至此,“Ω形地貌”雏形形成,内腔放射状流向隘口的沟谷、隘口、后坡、左右坡和隘口内底部稍微平缓的洼地等几个结构组成部分已经初具形态(图6C)。

同时隘口处岩石陡立,岩溶水接触时间短,所以隘口形成以后,其两侧的旁蚀作用和溶蚀作用反而减弱,下蚀作用仍然强烈,最终导致隘口处形成较成年初期稍宽的U形深切槽谷,如一道耸立的大门,内腔宽阔,似漏斗、洼地或冰斗。此时就形成了的1#、2#、3#“Ω形地貌”的现代地貌形态(图6D)。

4.5 老年期

考察发现,由于侵蚀差异、岩性差别、发育时间长短等因素,各个“Ω形地貌”发育程度不同,有的“Ω形地貌”形态极为典型,有的在风化剥蚀、重力崩塌等作用下隘口不断扩大形成V形,其宽度接近甚至大于内腔宽度,“Ω形地貌”形态已接近普通的峡谷上游形态。

5 结论与讨论

1. “Ω形地貌”为川东褶皱山系的一种微地貌类型,均分布于斜坡地形上;其形成的内动力是褶皱、节理和走向断层构造,外动力主要是风化作用、流水侵蚀、溶蚀作用;形成特点是:“Ω形地貌”隘口附近均有逆冲断层经过,断层走向与斜坡走向一致,地貌区域内构造走向和倾向两个方向节理特别发育,断层上盘和下盘(隘口和“Ω形地貌”内腔)的岩性有明显差异,上盘抗侵蚀能力较下盘强。

2. 研究区内“Ω形地貌”的形成过程可分为6个时期(阶段):前期(古新世—渐新世,构造隆起为主的阶段)—幼年期(中始新世—渐新世,老龙洞背斜东南翼发育自由沟渠阶段)—青年期断层发育后,顺坡向形成横向断层谷)—壮年初期(“Ω形地貌”雏形形成)—壮年期(“Ω形地貌”的现代地貌形态最终形成)—老年期,青年期、壮年期和老年期年代目前无法判断,需进一步探讨。

3. 目前在川东褶皱山系的华蓥山、铜锣山、明月山中,共发现“Ω形地貌”20余处,分布较分散,可达性差,规模大小各异,在现有地貌学和专业教材中还未曾出现过相关研究成果,本文命名的主要依据是其平面象形特点,其形成要素和形成过程分析是基于对川东褶皱山的考察资料,前人对该褶皱区地

质构造、地层、地质演化的研究成果,以及《四川省区域地质志》(1991)^[17]、《四川省岩石地层》(1997)^[10]和1:50 000合流水幅地质图说明书及地质图件等地质资料^[12]。

4. “Ω形地貌”是川东褶皱山系中特有的地貌形态,是阻挡式褶皱和走向断层发育过程的地貌响应,对进一步研究川东侏罗式褶皱构造地貌具有一定理论意义,对丰富地学景观内容和地质遗迹资源体系具有实践意义。本文“Ω形地貌”形成阶段的地质年代推断仅限于本研究区内,不同区域的“Ω形地貌”各个阶段年代各有差异。该地貌的归类、成因分析和成景过程还需要在大范围调查和进一步研究基础做深入地分析。

参考文献(References)

- [1] Chen Lijiang, Xu Quanhong, Zhao Yanxia, et al. The development characteristics and geomorphologic age of Zhangshiyan landform[J]. Scientia Geographica Sinica, 2011, 31(8): 965–968 [陈丽江, 徐全红, 赵燕霞, 等. 嶂石岩地貌的演化特点和地貌年龄[J]. 地理科学, 2011, 31(8): 965–968]
- [2] Yang Jingchun, Li Youli. Principles of Geomorphology[M]. Beijing: Peking University Press, 2005. [杨景春, 李有利. 地貌学原理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.]
- [3] Wu Zheng. Introduction to Modern Geomorphology[M]. Beijing: Science Press, 2009. [吴正. 现代地貌学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2009.]
- [4] Cao Boxun. Geomorphology and Quaternary Geology[M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1995. [曹伯勋. 地貌及第四纪地质学[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1995.]
- [5] Yang Rong, Zunzhu Sangmu, Xu Changhai. Fault sliding analysis and paleostress reconstruction of Huayingshan faults to east Sichuan basin[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2010, (4): 97–100 [杨蓉, 尊珠桑姆, 许长海. 四川盆地东部华蓥山断裂滑动分析与古应力重建[J]. 内蒙古石油化工, 2010, (4): 97–100]
- [6] Wei Yuelong, Chen Weihai, Huang Baojian, et al. Geological relics formation mechanism and model of the lye national geopark, Guangxi[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(5): 580–594 [韦跃龙, 陈伟海, 黄保健, 等. 广西乐业国家地质公园地质遗迹成景机制及模式[J]. 地理学报, 2010, 65(5): 580–594]
- [7] Jiang Yongbiao, Guo Fusheng, Liu Linqing, et al. A study on genesis of danxia landforms in the Xinjiang basin, Jiangxi[J]. Tropical Geography, 2011, 31(2): 146–152 [姜勇彪, 郭福生, 刘林清, 等. 江西信江盆地丹霞地貌形成机制分析[J]. 热带地理, 2011, 31(2): 146–152]
- [8] Zhu Cheng, Peng Hua, Ouyang Jie. Age genesis and characteristics of Danxia landform of Fangyan in Zhejiang Province, China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2009, 29(2): 229–237 [朱诚, 彭华, 欧阳杰. 浙江方岩丹霞地貌发育的年代、成因与特色研究[J]. 地理科学, 2009, 29(2): 229–237]
- [9] Hu Zhaoqi, Zhu Guang, Liu Guosheng, et al. The folding time of the

- eastern Sichuan Jura-type fold belt; Evidence from unconformity [J]. *Geological Review*, 2009, 55(1): 32–42 [胡召齐, 朱光, 刘国生, 等. 川东“侏罗山式”褶皱带形成时代: 不整合面的证据 [J]. *地质论评*, 2009, 55(1): 32–42]
- [10] Gu Xueda, Liu Xiaohu. *The Rock and Stratum in Sichuan* [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1997. [辜学达, 刘啸虎. *四川省岩石地层* [M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1997.]
- [11] Yan D P, Zhou M F, Song H L, et al. Origin and tectonic significance of a Mesozoic multi-layer over-thrust system within the Yangtze Block (South China) [J]. *Tectonophysics*, 2003, 361: 239–254
- [12] Southeast Sichuan Geological Brigade of Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources. *The Geological map of People's Republic of China – The map area of Heliushui (1:50 000)* [M]. Chongqing: The Institute of Geology and Mineral Resources of Southeast Sichuan Geological Brigade, 1995. [四川省地质矿产局川东南地质大队. *中华人民共和国地质图说明书—合流水幅 (1:50 000)* [M]. 重庆: 川东南地质大队地质矿产研究院, 1995.]
- [13] Linshui Local Annals Compilation Committee. *Linshui county gazetteer* [M]. Beijing: Chinese Literature and History Press, 2010.
- [邻水地方志编纂委员会. *邻水县志* [M]. 北京: 中国文史出版社, 2010.]
- [14] Linshui County Land Bureau. *Linshui County land annals* [M]. Sichuan: Sichuan Science and Technology Press, 1997. [邻水县国土资源局. *邻水县国土志* [M]. 四川: 四川科学技术出版社, 1997.]
- [15] Feng Xiangyang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. A preliminary discussion on features and dynamics of sequence deformation in south China and neighboring areas [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2003, 24(2): 115–120 [冯向阳, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 华南及邻区有序变形及其动力学初探 [J]. *地球学报*, 2003, 24(2): 115–120]
- [16] Wang Y J, Zhang Y H, Fan W M, et al. Structural signatures and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Indosinian Xuefengshan tectonic belt, South China Block [J]. *Journal of Structural Geology*, 2005, 27: 985–998
- [17] Sichuan Bureau of geology and Mineral Resources. *Regional geology of Sichuan Province* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991. [四川省地质矿产局. *四川省区域地质志* [M]. 北京: 地质出版社, 1991.]

Characteristic, Formation and Evolution of “ Ω -shaped” Landform in Fold Cordillera of Eastern Sichuan:

A Case of the Huayingshan Grand Canyon Geo-park

LUO Pei^{1,2}, QIN Zihan², SUN Chuanmin¹

(1. College Of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Land and Resources College, China West Normal University, Nanchong 637002, China)

Abstract: A kind of landform in fold cordillera of eastern Sichuan basin, because of its plane shape looks like “ Ω ”, is called “ Ω -shaped” landform in this paper. These landforms are different from canyons, funnel and cirque, it is necessary for us to study them. Based on long-term field reconnaissance and analysis of the data, using geomorphology theory and DEM, taking the “ Ω -shaped” landform in Huayingshan grand canyon geo-park as an example. this paper research the feature, formation and evolution of the “ Ω -shaped” landform. Studies have shown that, firstly, the typical characteristic of “ Ω -shaped” landforms is that the indocile is wader than the port; secondly, the factors, such as Haying mountain compound anticline, two groups main joints, Tu-jia-yuan-zi 2# strike fault. etc, constitute the geologic background of “ Ω -shaped” landform; besides, weathering, fluvial erosion, and corrosion are main exogenic force of “ Ω -shaped” landform. According to the geomorphology research methodology, the evolution process of “ Ω -shaped” landform is divided into five stages in this paper, including: antecedent (tectonic upwarping), infancy stage (ditches developing on anticline), neanic stage (lateral ateral fault valley developing gradually with the ateral fault yielding), Submature (incipient “ Ω -shaped” landform begun to take shape), mature stage (poort developing tended to stagnation, endocoel continued to expand, “ Ω -shaped” landform formed finally.) and stage of old age.

Key words: fold cordillera of eastern sichuan basin; “ Ω -shaped” landform; characteristic, formation and evolution; Huayingshan Grand Canyon Geo-park