

秦岭北麓峪道空间发育特征与水系承袭关系

申艳军^{1,2,3,4}, 马天驰⁴, 彭建兵^{1,2,3,5}, 钱会^{2,6}, 段丰浩^{1,2}, 徐盼盼^{2,6},
陈思维⁴, 王瑞^{2,7}, 宁奕冰^{1,2}, 穆青翼^{1,2}, 沈伟^{1,2}, 成玉祥^{1,2}, 师百垒^{1,2}
(1. 长安大学地质工程与测绘学院, 西安 710054; 2. 长安大学陕西省黄河科学研究院, 西安 710054;
3. 黄土科学全国重点实验室(筹), 西安 710054; 4. 西安科技大学地质与环境学院, 西安 710054;
5. 中国地质大学(北京)地质安全研究院, 北京 100083; 6. 长安大学水利与环境学院, 西安 710054;
7. 长安大学建筑工程学院, 西安 710054)

摘要: 秦岭北麓峪道深切秦岭主脉, 是洞察秦岭地质、地貌、生态与水文演化的“天然窗口”。据此, 本文利用Google Earth遥感影像、DEM数据及水系矢量数据, 结合ArcGIS、GlobalMapper等多模态空间识别与数据解译, 获得秦岭北麓峪道空间分布与发育特征, 并探究其与关中水系承袭关系。研究结果表明: ① 依据峪道地貌、长度、道路及水系提出峪道统计标准, 并结合等高线地形、数字海拔模型进行区划判读, 统计出峪道实际为206条; ② 基于遥感解译可视性和峪内存在水系原则, 抽取76条代表性峪道统计, 按照长度 ≥ 15 km、5~15 km、 < 5 km划分大、中、小型峪道, 西安段发育最为密集, 以中型峪道为主(44.74%); ③ 峪道走向多为 $N0^\circ \sim NE30^\circ$, 与汾渭断陷走向近似垂直; 峪口海拔呈正态分布, 集中于500~800 m之间; 峪道间距呈“大峪夹小峪”韵律分布; ④ 峪道中线海拔为600~1500 m, 坡度为 $0^\circ \sim 20^\circ$, 峪口宽度为30~90 m, 峪口形态多为“U”型、“V”型及倒梯形; ⑤ 秦岭北麓峪道与渭河水系具有密切承袭关系, “长安八水”之六发源于秦岭北麓, 呈“多源汇流”特点。研究结果可为秦岭标志性地理标签—峪道研究提供本底数据支撑。

关键词: 秦岭北麓; 峪道; 空间格局; 发育特征; 水系承袭关系

DOI: 10.11821/dlxb202501009

1 引言

秦岭是中国南北地理分界线、南北气候分区带、中央生态屏障带, 并发挥着水源涵养、调节气候、维持生物多样性等生态功能, 在自然地理与生态格局研究中占据重要地位^[1-5]。广义秦岭西起甘肃省临潭县北部的白石山, 东到河南伏牛山, 北为秦岭北麓坡脚线, 南至汉江区域, 东西绵延约1600 km、南北宽约200~300 km, 面积约40万 km^2 ^[6-7]; 狭义秦岭指陕西境内秦岭, 东西延展约400~500 km, 南北宽约100~150 km, 平均海拔1500~2500 m, 总面积约8万 km^2 。秦岭北麓系指以秦岭主脊为界, 北向延伸至渭河以南山麓坡底线, 覆盖秦岭山地与北部关中平原的交接过渡区, 横跨宝鸡、西安、渭南的广褒地带^[8]。

秦岭具有典型“北仰南俯”的断块构造特征, 因秦岭山脉的隆升受北缘汾渭断陷活动所控制, 上盘侧的渭河盆地强烈断陷推动下盘侧的北秦岭地块翘倾抬升, 导致秦岭山

收稿日期: 2024-02-22; 修订日期: 2024-11-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(42341101, 42341102); 中央高校基本科研业务费资助项目(300102263401)

[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.42341101, No.42341102; Basic Scientific Research Business Funds of Central Universities, No.300102263401]

作者简介: 申艳军(1984-), 男, 河南安阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事工程地质与生态地质研究。

E-mail: shenyj@chd.edu.cn

脉主脊偏于北麓,二者水平距离多不超过40 km,该区域山地短而陡峭、河流深切,形成了众多近似南北向的高山峡谷深切地貌,此类地貌统称为峪道^[9-12]。《说文解字》中将“峪”解读为“本义指山谷,引申义是山谷或峡谷开始的地方”。秦岭北麓是中国最典型的山地峪道地貌分布区,形成的“峪、峡、谷、沟、溪、瀑、泉”兼具的地貌形态综合体,成为秦岭最具标志性的“地理名片”^[13]。因峪道深切秦岭主脉,其生态地质环境变化具有典型的水平过渡性、垂向差异性,忠实记录了秦岭北麓自然、地貌、地质演变的历程,是观察秦岭生态交错带与地质过渡带的绝佳窗口,也是回溯研究秦岭生态地质演化历程的天然场所^[14]。此外,秦岭北麓峪道也扮演着关中城市群南向通道、水源供给、休憩康养等角色,被视为关中城市群的“后花园”。因此,峪道是秦岭北麓山水与文化的重要载体,开展秦岭北麓峪道研究对于推进秦岭生态环境保护具有重要的先导意义。

现阶段围绕秦岭北麓峪道系统化研究较少,主要集中于3个方面:① 峪道及峪内河流特征。周灵国等^[15]通过现场考察统计了秦岭北麓峪道自然与人文资源现状,按照行政区划统计各自区域内的峪道名称、数量及其生态地质概况;杨松茂等^[16]提出秦岭北麓“峪口型地域”概念,建议将峪口内峡谷地段和峪口外山前洪积扇地带的两个亚单元联结系统研究;张建等^[17]以秦岭北麓辋川河水生态修复治理为典型案例,统计了秦岭北麓水资源量及水生态评价指标,进而提出了辋川河生态修复优化治理方案。② 峪道类型化与分类化保护。王国今等^[18]对秦岭北麓河流管控体系方法探索,并建议按照全封闭保护型、封闭保护型、半封闭保护型及保护利用型4类进行生态保护级别划分;郭晓童等^[19]从生态保护视角对西安段峪道发育特征开展研究,并基于生态敏感性和建设适宜性原则提出了秦岭北麓峪道规划设计初步方案。③ 峪道文化与景观资源开发。龙小霞^[20]以秦岭北麓田峪河流域为对象,提出了田峪河流域以景观开发与生态环境平衡为目标的景观规划方案;薛妍等^[21]以曲峪金龙峡风景区为例,以峪道景观文化主题与景区空间景观规划设计为目标,提出以展示终南山隐逸文化的景观规划设计方案;张聪等^[22]针对景观格局破碎化生态问题,基于格局—过程耦合理论体系,提出了秦岭北麓涝峪段空间格局优化方法;滕欣等^[23]开展秦岭北麓太平峪峪口地域保护利用空间策略研究,提出秦岭北麓峪口型地域不同分区的保护利用方案;但整体而言,尚有下列问题未得到清晰解答:① 秦岭北麓究竟有多少条峪道?② 峪道具有什么样的空间分布格局?③ 秦岭北麓峪道具有哪些典型发育特点?④ 峪道与关中水系具有何种承袭关系?

为全面回答上述问题,掌握秦岭北麓峪道在区域尺度上空间分布格局、发育特征及水系承袭关系,本文基于Google Earth高清影像及全国第六级水系网矢量数据,同时利用ArcGIS、GlobalMapper进行峪道DEM海拔等数据处理及解译,识别并提取秦岭北麓具有代表性峪道基本参数、峪道空间分布规律、典型地形因子特征、发育形态特征及峪内水系状况,以期掌握秦岭北麓峪道的参数指标及峪道与渭河南岸水系关系,为秦岭北麓峪道空间格局、发育特征及水系承袭关系提供本底数据,同时可为相关部门后续开展峪道针对性保护提供策略参考。

2 研究方法

本文依据陕西省政府2020年颁布的《陕西省秦岭生态环境保护总体规划》进行确定研究范围,该《规划》中明确了秦岭生态保护区边界。其中,秦岭北麓系指秦岭分水岭以北的区域。同时参考陕西省地调院开展的《秦岭北麓国土资源卫星遥感监测关键技术研究》项目^[24]圈定的秦岭北麓范围予以校核。本文提取的数据包括卫星影像、海拔及水系3类矢量数据。其中,影像数据来自Google Earth公开数据,分辨率为0.1 m,采用两种

方式识别峪道：① 以近两年卫星影像且峪道辨识度高为优先级，同时通过多期次影像数据比对以解决天气原因导致识别度下降问题；② 选择不同季节影像进行对比校核，以解决季节性河流断流及植被覆盖影像解译效果问题。DEM海拔数据来源于NASA卫星数据，空间分辨率为5 m，主要服务于峪道峪口海拔及峪口剖面形态等数据提取；标准地图数据包则来自秦岭陕西段边界、界内省界及地市界等，省界、地市、河流等数据依据自然资源部标准地图服务中心网站（<http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/>）；秦岭边界数据参考省自然资源厅颁布的《陕西省秦岭生态环境保护条例》（2017年施行）；水系shp矢量数据文件来源于国家基础地理信息中心（<https://www.ngcc.cn/>），该数据网记录了不同年份及季节秦岭陕西段水系分布。

数据解译方法基于全国第六级水系矢量数据与地形地貌图对比完成，主要确定峪道空间分布特征、发育特征。其中，峪道空间分布特征包括海拔及坡度等；峪道形态特征包括峪道长度、走向及峪口形态等。数据解译流程为：首先，基于全国六级水系网shp矢量数据，对比Google Earth影像，沿峪道与水系汇流矢量路径进行勾画直至峪口冲积扇处结束，完成峪道矢量路径提取；而后，基于DEM海拔数据、Global Mapper对已确定峪道矢量路径、峪口剖面进行精确数据提取，获得峪道地形地貌、峪口剖面形态等。接着，借助ArcGIS软件对不同级别的峪道及河流信息提取，形成秦岭北麓峪道的DEM海拔、坡度及水系分布矢量图；最后，对秦岭北麓峪道海拔及坡度等进行属性重分类、几何要素计算、河网数据要素转栅格、栅格转点及多值提取至点等实现峪道水系数据提取。

3 秦岭北麓峪道空间格局特征分析

3.1 峪道数量考究

事实上，围绕秦岭北麓峪道数量尚未形成统一性结论。关于秦岭北麓峪道数量考究最早可追溯到清嘉庆年间（1812年）严如煜所著的《三省边防之备览》记载峪道72条，即“秦岭72峪”的初始来源^[9]。清朝同治年间（1862年）毛凤枝所著的《南山谷口考》记述道“潼关以西，渭水以南，山之大小，皆曰南山。东起潼关，西至宝鸡，凡南山谷口北向者，得一百五十”，秦岭北麓约有150条峪道^[10]。近年来，相关部门及学者围绕秦岭北麓峪道开展了数量考究，如2011年毛水龙在旅游行记《秦岭北麓峪沟口》中记录秦岭北麓峪道为293条^[30]；2018年周灵国等所著《秦岭七十二峪》一书，虽书名为“72峪”，但实际列述峪道为226条^[15]；2021年陕西省委政策研究所的《秦岭北麓生态建设情况调查报告》中统计秦岭北麓各类大小峪道为302条^[31]；2023年马国杰在《问道秦岭三百峪》中记载秦岭北麓峪道为317条。秦岭北麓究竟有多少条峪道？上述文献多未给出准确的统计标准及方法。

《秦岭北麓生态建设情况调查报告》提及了其沟峪数据统计方法，设定统计标准为：① 有明显进深、长度1.5 km以上；② 流域面积1 km²以上。本文综合前人数量考究成果，提出以下统计标准方法：① 峪道应与秦岭北麓山麓线相连，不包括峪中峪、山麓线外峪道；② 具有明显进深，长度一般应超过1.0 km；③ 具有典型的峪道地貌特征，即为“两侧山脊夹持的狭长山谷地貌”；④ 峪道应存在人行通道或水流通带，一般包含常流溪或季节性溪流。据此，本文以等高线地形和数字海拔模型进行区划判读，并结合现地逐峪校核，最终统计出秦岭北麓（陕西段）峪道为206条，按行政区划来看，宝鸡市35条，西安市88条，渭南市83条。秦岭北麓峪道数量及名录考究详细结果（按照县区一级统计）如表1所示。

表1 秦岭北麓峪道数量及名录考究一览表(由西至东)

Tab. 1 The list of number and valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains (from west to east)			
市名称及 总数量(条)	区/县名称	数量(条)	峪道名称
宝鸡市 (35)	陈仓(西)	8	仙龙峪、大水峪、马宗山峪、林光峪、黑湾峪、魏子峪、青沟峪、安平峪
	渭滨	11	晁峪、甘峪、太寅峪、清姜峪、濛峪、瓦峪、石坝峪、高家峪、茵香峪、洙峪、清水峪
	陈仓(东)	4	马尾峪、礮溪峪、伐鱼峪、雍峪
	岐山	2	同峪、麦李峪
	眉县	10	斜峪、铜峪、罗峪、红河峪、大黑峪、小黑峪、远门峪、滑峪、西汤峪、大镇峪
西安市 (88)	周至	23	泥峪、竹峪、车峪、强峪、稻峪、西骆峪、辛口峪、熨斗峪、虎峪、黑河峪、黄池峪、团标峪、马岔峪、嵯峪、塔峪、东观峪、闻仙峪、田峪、赤峪、大曲峪、小曲峪、耿峪、小耿峪
	鄠邑	23	柳泉峪、杏景峪、甘峪、马峪、石镜峪、涝峪、栗峪、直峪、皂峪、竹峪、暴峪、潭峪、曲峪、烧柴峪、化羊峪、黄柏峪、乌桑峪、鸽鹑峪、鸽鹑台峪、太平峪、神水峪、紫阁峪、子房峪
	长安	22	高冠峪、祥峪、泮峪、皇峪、白石峪、鸭池峪、子午峪、抱龙峪、天子峪、石砭峪、白蛇峪、康峪、太乙峪、蛟峪、土门峪、羊峪、小峪、白道峪、大峪、扯袍峪、虎峪、庠峪
	蓝田	20	峙峪、东汤峪、小洋峪、大洋峪、牛心峪、岱峪、辋峪、蓝峪、香咀峪、小峪、大峪、夹白峪、管草峪、赛峪、福朝峪、石沟峪、流峪、倒沟峪、峒峪、清峪
	渭南 (83)	11	爹峪(临渭西)、小峪(临渭西)、四峪、磨峪、黄谷峪、小峪(临渭东)、水峪(临渭)、爹峪(临渭东)、葫芦峪、黑掌峪、箭峪
渭南市 (83)	华州	22	黄鹿峪、核桃峪、西牛峪、东牛峪、西涧峪、东涧峪、处仁峪、里峪、桥峪、金堆峪、小峪、车夫峪、马峪、石堤峪、太平峪、水峪、潭峪、少华峪、小敷峪、迷糊峪、白崖峪、枸峪
	华阴	28	方山峪、太峪、葱峪、柳峪、罗敷峪、就峪、竹峪、桃峪、翁峪、台峪、黄峪、仙峪、华山峪、文仙峪、白马峪、牛心峪、皇甫峪、杜峪、小杜峪、西秦峪、东秦峪、宋峪、锁峪、芦金峪、小蒲峪、蒲峪、老虎峪、哲远峪
	潼关	22	翎峪、水峪、七岔峪、负陈峪、马驹峪、心车峪、潼峪、蒿岔峪、小麻峪、麻峪、太峪、玉石峪、立峪、善车峪、翟家峪、党家峪、马峰峪、小峪、桐峪、小猓峪、大猓峪、西峪

3.2 峪道规模划分及占比统计

为进一步探究峪道的空间格局特征，本文立足于遥感解译的可视性和峪内禀赋水系角度，从206条峪道中抽取代表性峪道开展统计分析，采用的3个控制性指标为：① 全国第六级水系网显示峪内存在明显非季节性溪/河流（常流溪/河）；② 非季节性溪/河流的流域面积> 50 km²^[17]；③ 峪内地貌呈现两侧山脊夹持峡谷的典型峪道形态。据此限定指标（即存在一定规模的常流河/溪峪道），结合野外调查与遥感数据解译结果，秦岭北麓具有的一定规模常流河/溪峪道共76条（图1），该76条峪道可较好反映秦岭北麓峪道的空间格局特征。

围绕秦岭北麓峪道规模划分研究，已有学者按照生态管理目标、河流管控及生态保护区级别等对峪道开展了等级划分^[13, 25]，本文综合前期相关研究^[13, 15, 25]，将峪道规模按照大型、中型、小型3级模式划分：① 大型峪道长度≥15 km，多贯通秦岭南北麓，峪内河流常年水量较大；② 中型峪道长度为5~15 km，峪道源头一般延伸至秦岭主脊，但未贯通秦岭主脊；峪内河流常年水量不大，多为小型河流或溪流；③ 小型峪道长度为1~5

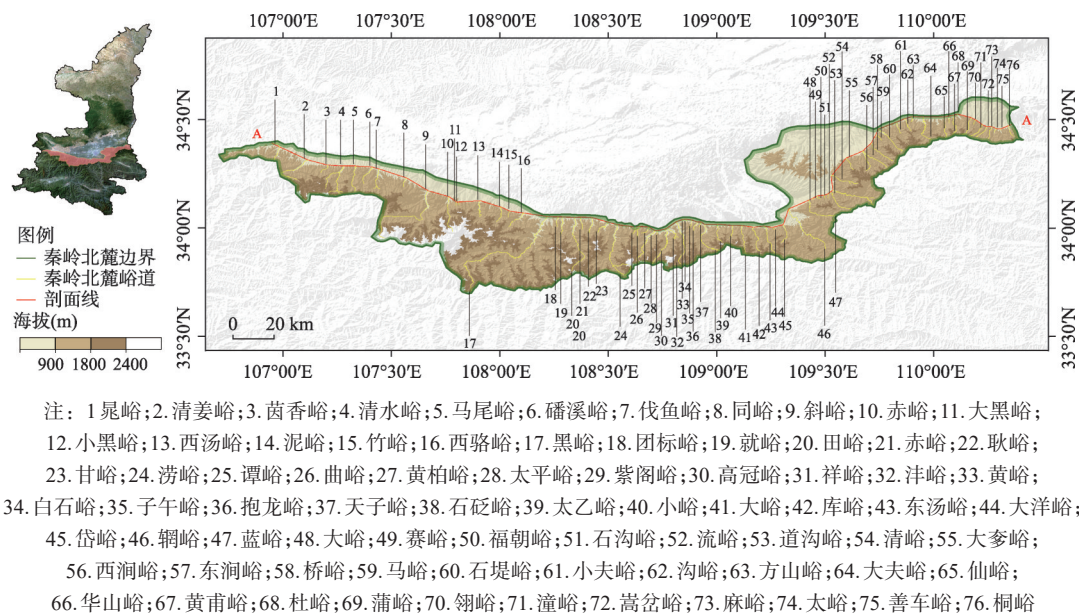


图1 秦岭北麓主要峪道空间分布格局

Fig. 1 Distribution of the main valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains

km, 峪道源头多为次主脊或山脊鞍部, 一般为小型溪流。据此标准统计上述76条峪道, 结果为小型峪道20条、中型峪道34条、大型峪道22条, 对应的占比分别为27.63%、44.74%、28.95%。同时, 对秦岭北麓峪道长度与峪口海拔分布状况进行统计(图2), 秦岭北麓峪道平均长度为13.23 km, 最大长度为93.51 km(黑河峪)。其中, 直接通达秦岭主脊峪道有42条, 小型、中型峪道长度标准差分别为1.17 km和3.31 km, 而大型峪道长度标准差较大(16.97 km), 系因其部分特大型峪道(黑峪93.51 km、斜峪50.75 km)贯通秦岭主脊连接秦岭南北麓边界所致。

对峪口海拔分布进一步分析发现, 峪口海拔总体呈现正态分布, 其值主要分布于500~800 m之间, 占峪道总数的78.95%。从西至东呈现中段海拔低、两侧海拔偏高, 其规律与秦岭北麓坡底线海拔变化一致。

3.3 峪道空间分布特征

3.3.1 峪道峪口间距统计分析 峪道峪口间距可反映秦岭北麓峪道发育密度状况(图3)。经核对峪道峪口间距发现, 秦岭北麓峪道整体间距主要分布于2~5 km区间; 而大、中、小型峪道间距呈现典型的“大峪夹若干条中小峪”的嵌套式韵律特征, 相邻大型峪道间分布2~3条中、小型峪道。其中, 大型相邻峪道间距多在20 km之内, 中型峪道间距在15 km之内, 小型峪道集中在5 km之内。按照行政区划观察峪道发育密度, 西安段峪道最为密集, 平均间距约3.6 km, 而宝鸡段峪道相对稀疏, 平均间距约8.8 km; 此外, 渭南东段(华阴—潼关段)峪道亦非常密集, 该区段峪道平均间距仅2.4 km。导致西安段、渭南东段峪道发育密集原因推测如下: ① 此两处属于汾渭断陷主断裂带上, 受秦岭北缘断裂、华山山前断裂牵引作用产生原生破断而形成峪道; ② 秦岭新生代晚期强烈隆升阶段产生的强烈拖曳作用造成临近秦岭北缘断裂带拉伸破断成峪; ③ 西安段发育岩性为广东坪岩组绿泥片岩、二郎坪岩群斜长角闪岩, 而渭南东段为太华岩群花岗片麻岩, 相对秦岭北麓主要岩性—酸性侵入岩(二长花岗岩)强度较低, 易在流水侵蚀作用下成峪。

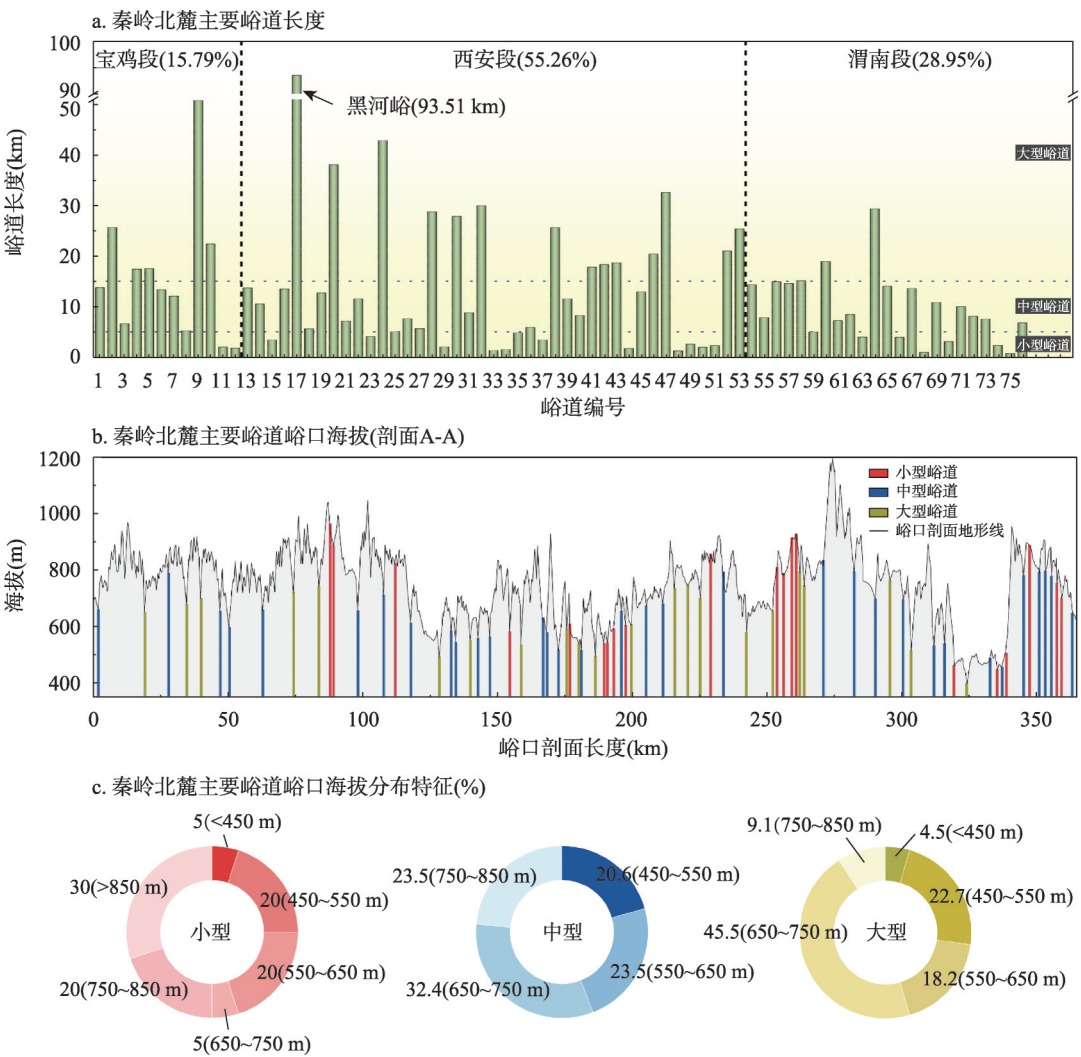


图2 秦岭北麓主要峪道长度及峪口海拔统计图

Fig. 2 Statistical map of the length of the main valley roads and the elevation of the Yukou at the northern foothills of the Qinling Mountains

3.3.2 峪道走向分布特征分析 秦岭北麓峪道走向在 $N0^{\circ}\sim NE30^{\circ}$ 之间有34条峪道，占总数的44.74%（图4）。从秦岭北麓峪道总体空间格局来看，峪道的走向与秦岭主梁走向呈近似垂直关系，以秦岭北麓西安段中部终南山为界，东西两侧峪道及大多干支流河道从峪道上源向正北走向聚拢，呈现向心状分布。

小型峪道主要分布于秦岭北麓西安及渭南段东部，走向主要分布于 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，占其总数的50%。中型峪道主要在 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，占其总数的29.41%，在其余走向上呈现较均匀分布，各区间分布1~5条峪道。秦岭北麓峪道可分为3段：① 宝鸡至西安段灞河峪道主要受秦岭“西高东地”总体地貌地势背景及鳌太山脉群区域太白山翘起影响，加以秦岭西部地质构造以右旋韧性走滑断裂为主，峪道及水系走向东向（41条）>西向（35条）；② 灞河至渭南段潼关区域峪道以华山山前断裂控制，断裂呈现“左旋走滑”的特点，峪道及水系走向以西向为主；③ 渭南段潼关以东，主梁至北麓山前冲洪积扇距离较短且峪道基本与主

梁垂直发育, 呈现东向偏移; 总体峪道路径呈现从秦岭主梁至峪口的条带状分布。

4 秦岭北麓峪道发育特征分析

秦岭北麓系中国最典型的山地峪道地貌分布区, 地貌要素齐全, 包括两侧山脊、峪道、峪口、山麓线及山前冲积扇区等。为进一步掌握秦岭北麓峪道发育特征, 现开展秦岭北麓峪道海拔、坡度、峪口宽度及形态等发育特征参数统计分析。

4.1 秦岭北麓峪道海拔发育特征

研究区内海拔范围跨度在300~3000 m (图5a), 其中600~1800 m区间面积占比最大, 为68.08%, 且每段海拔分布面积占比相差较小。<1200 m海拔范围内, 峪道走向路径的占比随海拔的上升而急剧增加, ≥1200 m的海拔范围内, 峪道海拔占比随海拔的增加而逐渐减小。

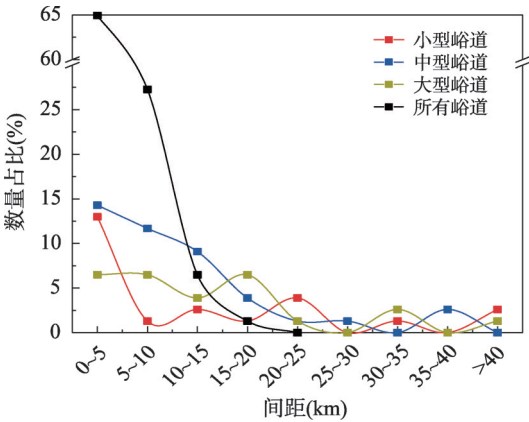


图3 秦岭北麓峪道峪口间距分布特征
Fig. 3 Distribution characteristics of the spacing between the Yukou at the northern foothills of the Qinling Mountains

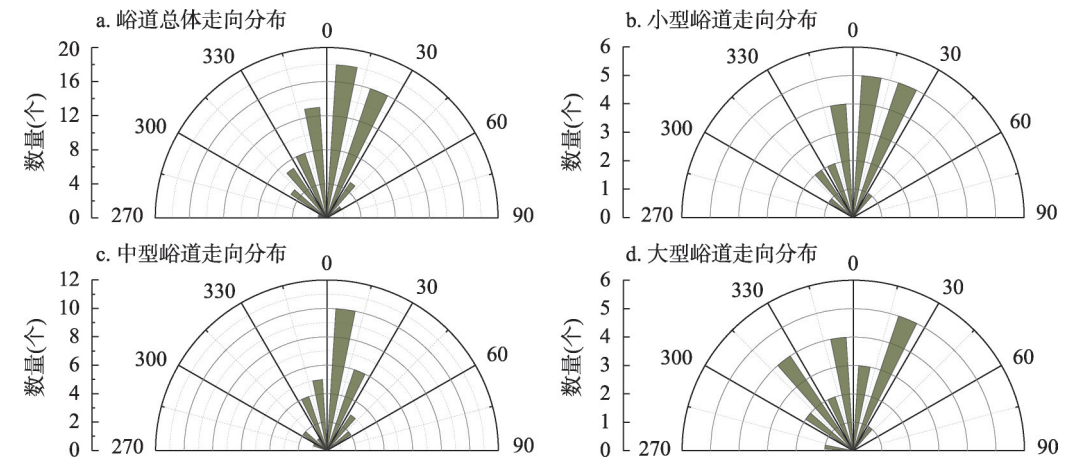


图4 秦岭北麓不同类型峪道走向特征统计
Fig. 4 Strike characteristics of different types of valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains

出现上述现象主要是因为秦岭北麓峪道峪口海拔主要分布于500~800 m, 而300~1200 m是峪道路径在峪口冲洪积扇局部区域内主要海拔区间, 导致区间内峪道路径海拔占比的急剧上升。同时, 研究区内高海拔区主要集中在西安段南部及太白山区域, 以大型峪道 (如宝鸡段斜峪、赤峪, 西安段黑峪、田峪等) 水系上游部分为主, 导致≥1200 m海拔区间峪道路径和研究区海拔占比的同时急剧下降。

秦岭北麓峪道坡降一般在1.05%~25.31%, 按照宝鸡、西安及渭南段峪道数量占比, 宝鸡段选择磻溪峪, 西安段选择子午峪、田峪及黑峪, 渭南段选择华山峪及黄甫峪, 分别提取不同规模典型峪道沿中线海拔数据 (图5b) 予以分析, 可得: 小型峪道坡降较大, 中型峪道坡降明显减小, 大型峪道坡降显著低于中、小型峪道, 这可能与峪道演化过程中区域岩性软硬差异受河流的侵蚀作用程度不同, 呈现峪道随规模增加由陡峭趋于平缓的特征。

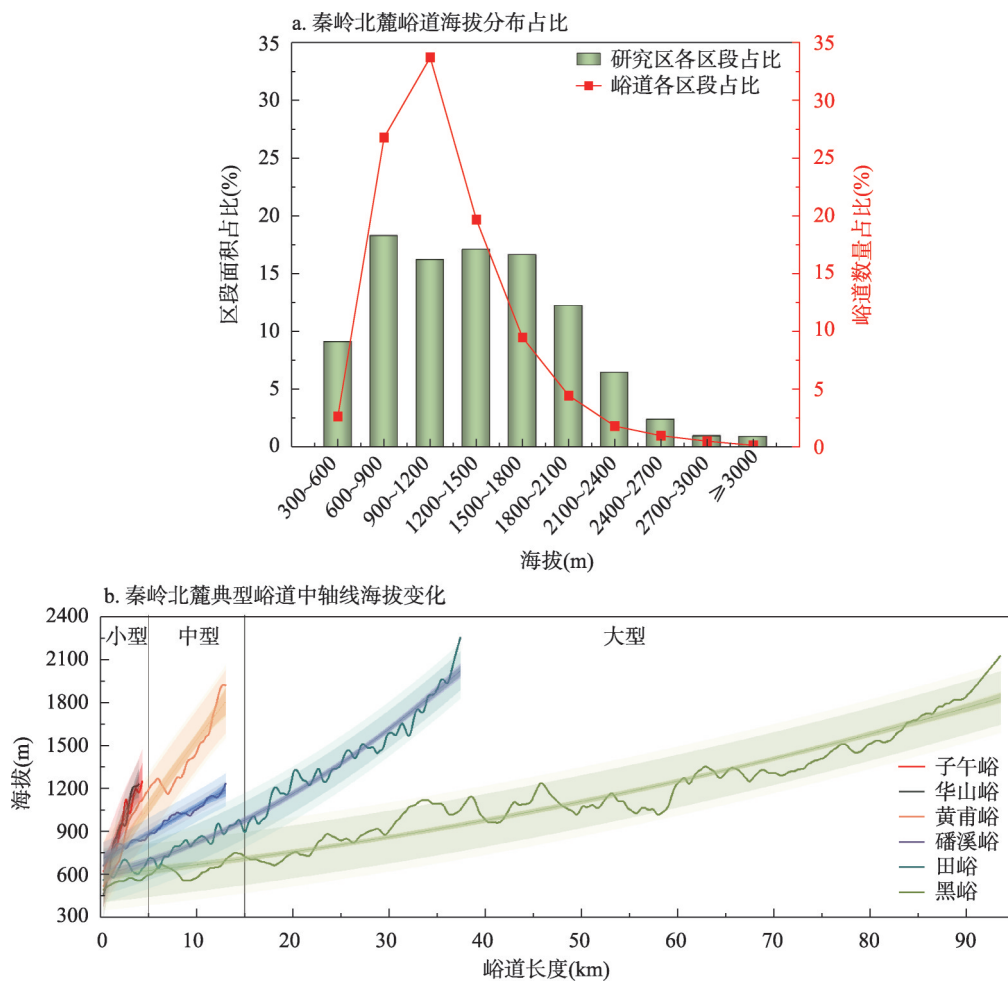


图5 秦岭北麓峪道海拔发育特征

Fig. 5 Elevation development characteristics of the valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains

4.2 秦岭北麓峪道坡度发育特征

从坡度发育特征分析 (图6a), 研究区与峪道路径坡度范围在 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 区间占比较大, 各坡度区间带面积占比较大为均匀, 总体呈现随坡度的上升而“先增后减”的趋势。结果表明, $4^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 为峪道发育分布高频坡度区间; 当坡度在 $> 12^{\circ}$ 时, 峪道坡度占比随坡度的上升而逐渐减小并趋于零 (图6b)。

通过分析发现, 出现上述现象的主要原因是秦岭北麓的坡度分布带具有较为明显的东西分异性, 研究区宝鸡与渭南段坡度主要集中于 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$, 西安段太白山至四方台区域坡度主要集中于 $16^{\circ}\sim 44^{\circ}$ 。同时, 秦岭地势的新构造运动是继承喜马拉雅运动的断块运动, 秦岭断块北部的北麓区域仰起, 向南麓俯倾^[26], 而峪道的形成受地质构造运动与水力剥蚀共同作用逐渐形成, 与秦岭北麓山地区域地形地貌有密切关联^[27]。坡度区间 $12^{\circ}\sim 44^{\circ}$ 内, 随坡度逐渐上升研究区各坡度带面积与峪道路径占比同时下降, 下降速率均呈“先快后慢”的变化趋势。

4.3 秦岭北麓峪道峪口宽度发育特征

从峪道规模分析峪口宽度, 秦岭北麓峪道总体峪口宽度一般 $> 20\text{ m}$, 均值 72.96 m ,

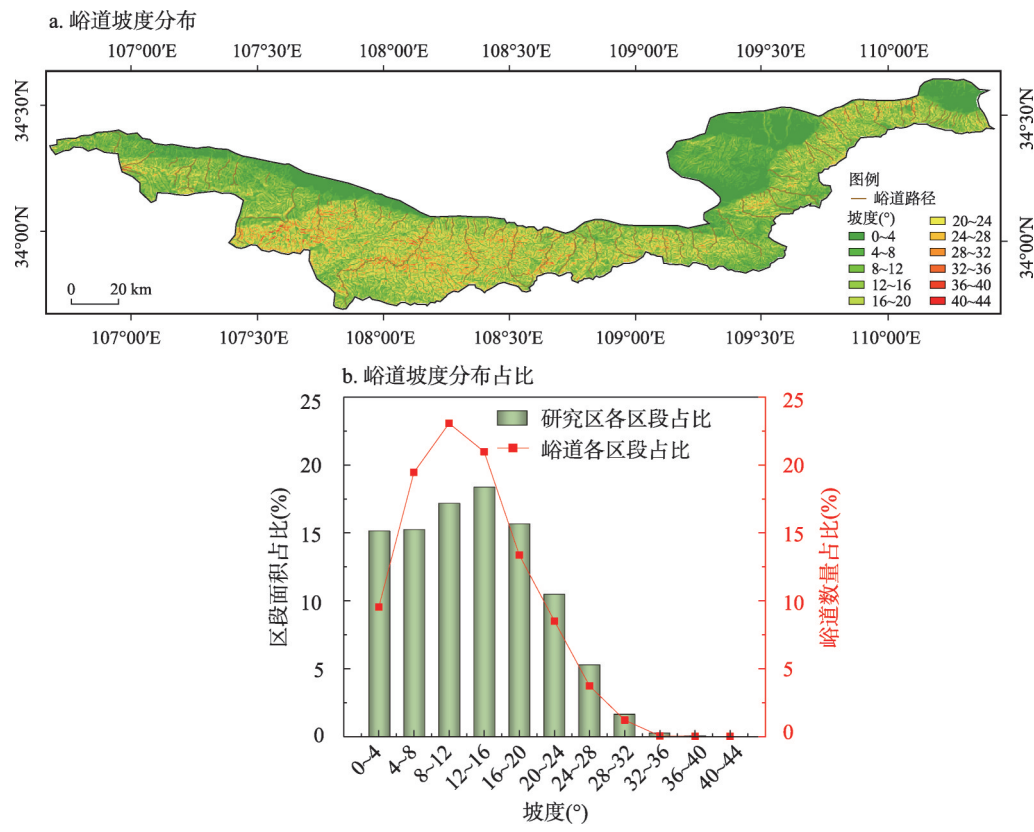


图6 秦岭北麓主要峪道坡度发育特征

Fig. 6 Slope development characteristics of the main valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains

峪口宽度主要集中于30~90 m，这与已有资料中^[9, 15]秦岭北麓峪道宽度一般不超过100 m吻合。

峪口宽度总体上随峪道规模的增加而增大，小、中及大型峪道峪口宽度均值和标准差分别为46.25 m、73.62 m、96.23 m和26.31 m、55.73 m、68.95 m（图7）。其原因为：① 随峪道规模的增加，峪口形态由宽谷期逐渐过渡至峡谷期，峪口在降水及河流长期侵蚀作用下不断变大；② 峪口宽度与人类工程活动关系密切，以赛峪、甘峪为例，其分别修建有赛峪、甘峪水库，其峪口宽度分别为64 m、130 m，导致其超过了中大型峪道宽度均值。③ 峪口宽度受到乡镇开发程度影响，部分峪道由于峪口处乡镇开发程度较高，峪口宽度远大于同规模峪道均值。

4.4 秦岭北麓峪道峪口形态发育特征

秦岭北麓峪道的峪口多呈“喇叭口”形态发育，即三面环山、一面处于地势低洼的开阔盆地或丘陵地带。秦岭北麓峪道峪口断面形态主要可分为似抛物线型（“U”型）、似倒三角形/漏斗型（“V”型）、似倒梯形3类（图8）。其中，“U”型峪道如黑河峪、太平峪、流峪等；“V”型峪道如马尾峪、团标峪、泮峪等，似倒梯形如大夫峪、华山峪、太乙峪等。“U”型峪口占峪道总数的64.47%，是不同规模峪道的最常见特征，“V”型、倒梯形及不规则形态峪口的峪道占比依次减小，且秦岭北麓渭南段内分布的倒梯形峪道峪口远高于宝鸡、西安段。

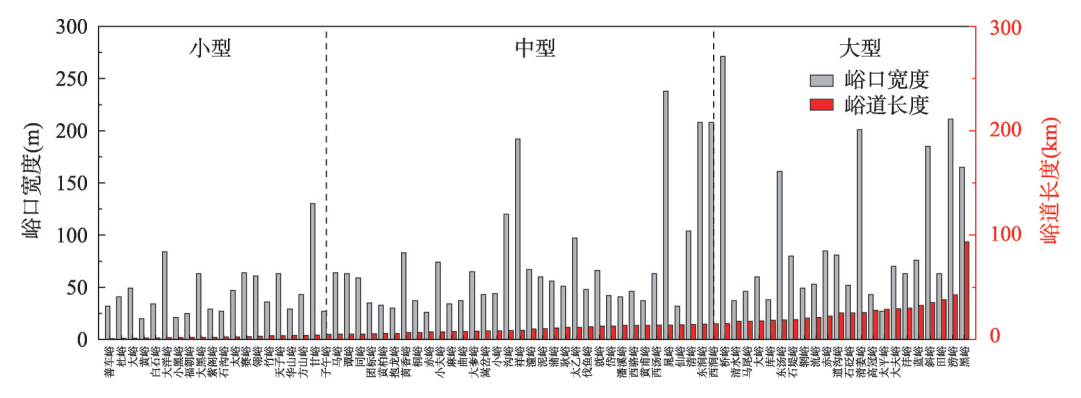


图7 峪道规模与峪口宽度对照图

Fig. 7 Comparison of the length of the valley roads and the width of the valley entrances

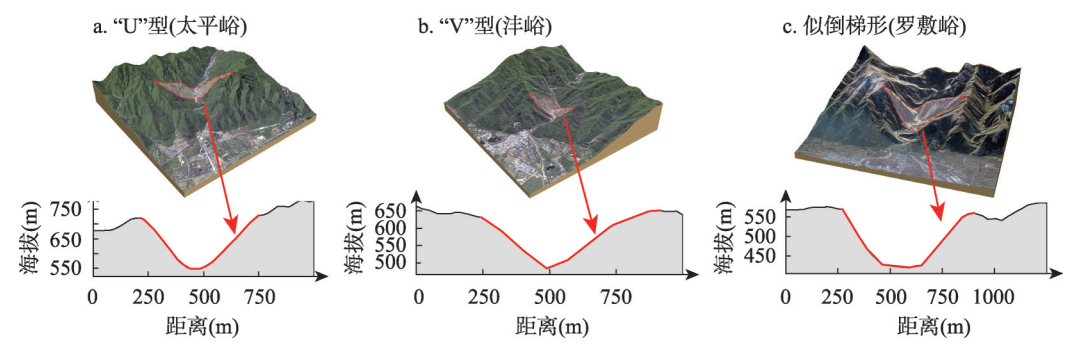


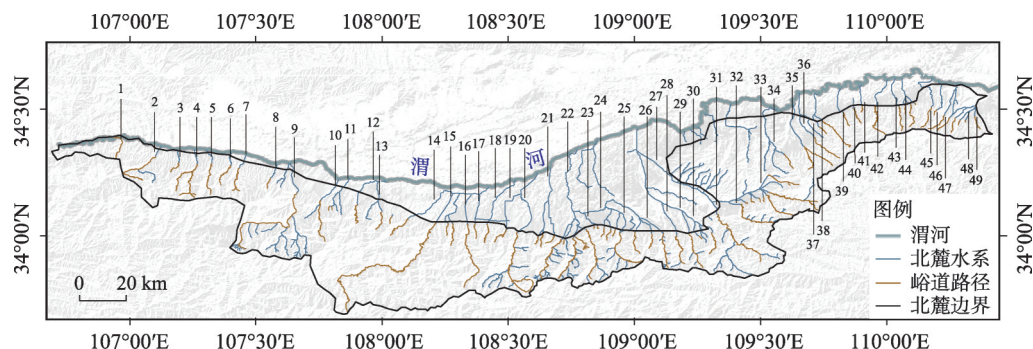
图8 秦岭北麓峪道峪口典型剖面形态特征

Fig. 8 Typical morphological characteristics of the valley entrances at the northern foothills of the Qinling Mountains

5 秦岭北麓水系与峪道承袭关系分析

秦岭是重要的水源涵养区、南水北调工程水源补给地，承担着中国“中央水塔”重要使命。秦岭陕西段水资源储量220多亿 m^3 ，占黄河总供水量33%、陕西水资源总量50%。其中秦岭北麓水资源储量40亿 m^3 ，占渭河水量的61%，对黄河流域径流量贡献比达38%。经调研统计发现：秦岭北麓有63条主要河流源自峪道并汇入渭河，约水资源量35亿 m^3 [28-29]。其中，峪道是山地的汇水区及河流发源地，峪口洪积扇区是地下水重要储存区。

从秦岭北麓峪道与水系承袭关系（图9）分析，① 秦岭北麓峪道形成主要受到两期次不同方向地质构造活动作用，同时伴随长期流水侵蚀下切山体，两者共同作用形成峪道。由于秦岭南北麓地形、降水量的时空变异、下垫面条件的明显差异，在长期流水侵蚀作用下形成以分水岭为界南北两组水系，其中，北麓短而陡峭，流水峡谷并排而立主要为渭河水系，流域面积约占秦岭全域的30%；② 秦岭北麓水系的形成与演化可分为山地区域和山前平原过渡区域，由于秦岭北麓区域断块北仰南俯的地形特征，北麓发育的河流具有长度短、坡降大、并排发育及近似垂直于秦岭主梁的特征，同时还存在部分“钓钩”型水系发育形态，峪道地貌往往是两侧山脊中海拔较低区域及河流汇水区。此外，由于秦岭独特的地理位置造就了秦岭北麓充沛的水汽条件，秦岭主脊海拔在2000~2800 m，最高主峰太白山海拔3700 m，巍峨高耸的山体对水汽形成显著的滞留作用，将大量水汽转化为降雨，长期的河流下切侵蚀作用产生峪道径流。



注: 1.晁峪河;2.清姜河;3.茵香河;4.清水河;5.马尾河;6.礮溪河;7.伐鱼河;8.同峪河;9.石头河;10.霸王河;11.沙河;
12.汤峪河;13.泥峪河;14.西骆峪河;15.黑河;16.田峪河;17.赤峪河;18.大耿峪河;19.甘峪河;20.涝河;21.新河;
22.沔河;23.金沙河;24.漓河;25.漓河;26.大峪河;27.灞河;28.库峪河;29.浐河;30.岱峪河;31.辋峪河;32.蓝桥河;
33.清峪河;34.沔河;35.赤水河;36.遇仙河;37.马峪河;38.石堤河;39.罗纹河;40.沟峪河;41.方山河;42.罗敷河;
43.柳叶河;44.长涧河;45.蒲峪河;46.翎峪河;47.晋沟河;48.西峪河;49.桐峪河。

图9 秦岭北麓水系与峪道承袭关系

Fig. 9 The relationship between the river system and the valley roads at the northern entrances of the Qinling Mountains

从秦岭北麓峪道与水系的承接关系来看, ① 秦岭北麓峪道作为其水系的源头, 发挥秦岭集水、储水、导水、净水及平衡水量水质的本底功能, 孕育秦岭北麓丰富的水资源储备。峪内的降水、地下水等水源的补给方式和水量, 直接影响着河流的流量和水位; ② 秦岭北麓水系是峪道地区生态环境的重要组成部分, 影响着秦岭生态屏障带功能的发挥。河流影响着峪道地区的生物多样性和自然景观, 其发育和演变也在一定程度上逐渐改变峪道的地形和地貌特征。

以秦岭北麓西安段为例, 不同河流峪道水系汇入河流径流量占比如图10所示。“长安八水”之六发源于秦岭北麓, 分别为涝河、沔河、漓河、漓河、灞河、浐河。经统计发现, 涝河以涝峪为主要源流, 占峪道汇入总径流量的83.5%; 沔河以石砭峪、沔峪、高冠峪、太平峪为主要源流, 共计占峪道汇入总径流量的72.5%; 漓河主要由秦岭北麓石砭峪汇入, 占峪道汇入总径流量的83.9%; 漓河以大峪为主要源流, 占峪道汇入总径流量的41.8%; 灞河以辋峪、蓝峪、道沟峪为主要源流, 共计占峪道总径流量的54.1%; 浐河以岱峪为主要源流, 占峪道汇入总径流量的55.4%, 而已有资料中灞河确定的三大源流为道沟峪、东汤峪、清峪, 这可能由于辋峪、蓝峪河流在山前平原过渡区汇入部分小型季节性溪流导致径流量计算值偏大。此外, 在西安段东部黑河由西骆峪、黑峪、团标峪、就峪、田峪、赤峪6条峪道汇集。宝鸡段与渭南段发源于峪道的秦岭北麓水系以一级、二级支流为主, 在山地区域河流直接沿峪道发育至山前平原过渡区, 再经过1~2条河流汇流至渭河, 构成了渭河主要水系。

秦岭北麓发源于峪道的渭河一级支流共计25条, 占峪道总数的32.9%, 主要分布于秦岭北麓宝鸡、渭南段, 水系网呈现以渭河为干流的“梳状”特征; 秦岭北麓西安段发育的水系网则呈现“多源汇流”特点。其中, 以沔河及灞河最具代表性, 分别由14和13条峪道汇集, 且漓河、漓河、浐河为上述河流的支流。

6 结论

本文以秦岭北麓区域为研究对象, 结合文献调研、GIS空间分析识别并解译峪道路径, 分析秦岭北麓峪道空间分布规律、地形因子特征及发育形态特征, 主要研究结论有:

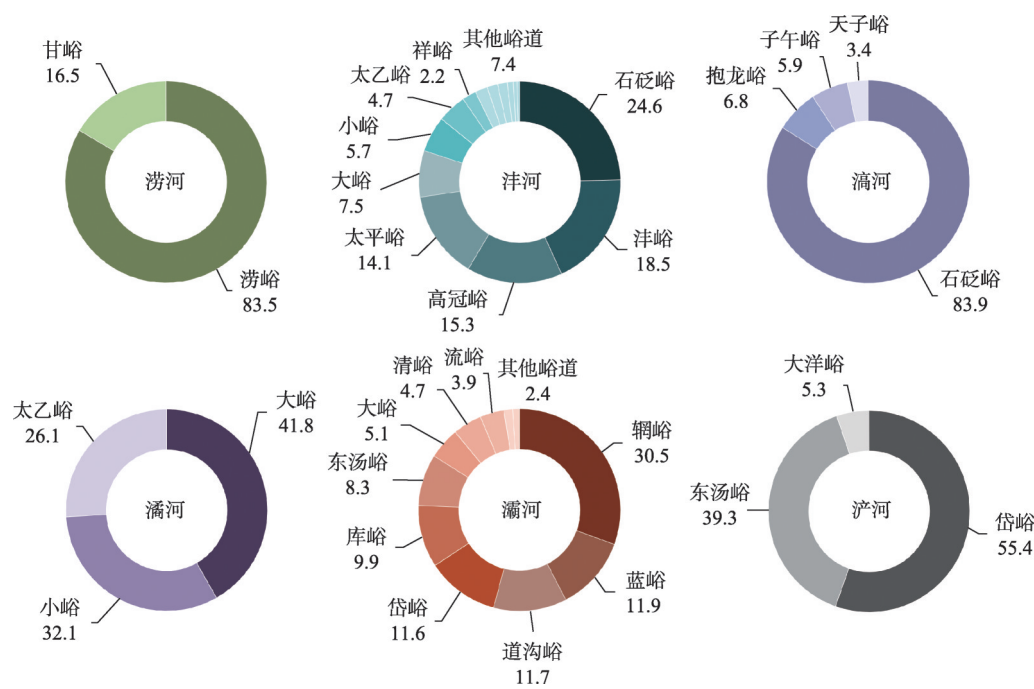


图 10 秦岭北麓西安段“六水”与峪道承袭关系及峪道径流量占比(%)
Fig. 10 The relationship between the "six water systems" and the valley roads in the Xi'an section of the northern foothills of the Qinling Mountains and the proportion of the runoff of the valley road channels (%)

- (1) 秦岭北麓按照规模划分为大型 ($\geq 15\text{ km}$)、中型 ($5\sim 15\text{ km}$)、小型 ($< 5\text{ km}$) 峪道, 分别占峪道总数的27.63%、44.74%、28.95%; 按区域划分, 由西至东宝鸡段、西安段、渭南段分布峪道数量分别占总数的15.79%、55.26%、28.95%。
- (2) 秦岭北麓空间分布按峪口海拔分布、间距、峪道走向分析发现, 秦岭北麓峪道峪口海拔的分布总体呈现正态分布, 主要分布于500~800 m区间; 峪口间距主要集中于2~5 km, 并呈现不同规模峪道的交错分布, 即两条大型峪道间发育2~3条中、小型峪道; 峪道走向主要分布于 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 方向, 占峪道总数的44.74%, 其他走向区间差异较小。
- (3) 秦岭北麓峪道地形地貌特征按海拔、坡度分析峪道路径分布规律为, 峪道海拔主要集中于600~1500 m, 当海拔 $< 1200\text{ m}$ 时, 峪道占比随海拔增加而增加, $\geq 1200\text{ m}$ 时随海拔增加而急剧减小并趋于零; 峪道坡度主要集中于 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$, 当坡度 $< 12^{\circ}$ 时峪道占比随坡度增加而增大, 当坡度 $> 12^{\circ}$ 时随坡度增加急剧减小。
- (4) 秦岭北麓峪道形态发育按峪口宽度与峪口发育形态规律分析: 峪口宽度大多以大型 $>$ 中型 $>$ 小型的发育特征, 部分峪道受人为工程扰动影响显著增大; 峪口形态依次以“U”型、“V”型及倒梯形为主。
- (5) 秦岭北麓峪道为水系发挥其水资源贮备功能, 而水系为峪道提供生态环境保障。渭河南岸众多河流大多以一级、二级支流汇入渭河, 水系形态呈现以渭河为干流的“梳状”特征; “长安八水”之六发源于秦岭北麓, 依据径流量占比大多以大型峪道为主要源流, 而中、小型峪道水系先汇入主源流再汇入渭河, 呈现多源汇流特点。

致谢: 感谢两位匿名专家对该文结构框架、数据处理及共享数据等提出的宝贵意见, 感谢Google Earth公开数据、NASA卫星数据、自然资源部标准地图服务中心网站 (<http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/>)、国家基础地理信息中心 (<https://www.ngcc.cn/>) 等提供的部分共享原始数据。

参考文献(References)

- [1] Guo Anlin, Zhang Guowei, Dong Yunpeng, et al. Qinling Mountains: A hot spot of Earth multi-spherical interaction. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2021, 51(6): 922-934. [郭安林, 张国伟, 董云鹏, 等. 秦岭: 地球多圈层相互作用的热点. *西北大学学报(自然科学版)*, 2021, 51(6): 922-934.]
- [2] Li Junyi, Fu Bojie, Sun Jiulin, et al. Ecological civilization construction at Qinling Mountains in the New Era. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(10): 2449-2463. [李君轶, 傅伯杰, 孙九林, 等. 新时期秦岭生态文明建设: 存在问题与发展路径. *自然资源学报*, 2021, 36(10): 2449-2463.]
- [3] Zhang Guowei. A discussion on basic features of tectonic development of lithosphere of the Qinling Belt. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 1991, 21(2): 77-87. [张国伟. 试论秦岭造山带岩石圈构造演化基本特征. *西北大学学报(自然科学版)*, 1991, 21(2): 77-87.]
- [4] Zhang Junhua, Zhu Lianqi, Li Guodong, et al. Spatial patterns of SOC/TN content and their significance for identifying the boundary between warm temperate and subtropical zones in China's north-south transitional zone. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(9): 2269-2282. [张俊华, 朱连奇, 李国栋, 等. 中国南北过渡带土壤碳氮空间特征及暖温带与亚热带界限. *地理学报*, 2021, 76(9): 2269-2282.]
- [5] Li Shuangshuang, Lu Jiayu, Yan Junping, et al. Spatiotemporal variability of temperature in northern and southern Qinling Mountains and its influence on climatic boundary. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(1): 13-24. [李双双, 芦佳玉, 延军平, 等. 1970—2015年秦岭南北气温时空变化及其气候分界意义. *地理学报*, 2018, 73(1): 13-24.]
- [6] Chen Yiping. Significance and strategies on the ecological civilization construction at Qinling Mountains. *Journal of Earth Environment*, 2019, 10(1): 1-11. [陈怡平. 大秦岭生态文明建设的意义与对策. *地球环境学报*, 2019, 10(1): 1-11.]
- [7] Li Dawei, Duan Keqin, Shi Peihong, et al. Vertical variation of precipitation in the central Qinling Mountains. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(7): 1762-1774. [李大伟, 段克勤, 石培宏, 等. 秦岭中部山地降水的垂直变化研究. *地理学报*, 2022, 77(7): 1762-1774.]
- [8] Ma Xinping. The timberline of Qinling Mountains and its response to climate change [D]. Xi'an: Northwest University, 2015. [马新萍. 秦岭林线及其对气候变化的响应[D]. 西安: 西北大学, 2015.]
- [9] Ma Guojie. Three Hundred Valleys of the Qinling Mountains: Research on Qinling Mountains from the Perspective of Tourism Psychology. Xi'an: Shaanxi Normal University Publishing House, 2023. [马国杰. 问道秦岭三百峪: 旅游心理视域下的秦岭调研. 西安: 陕西师范大学出版总社, 2023.]
- [10] Zhang Hongfei, Zhang Benren, Luo Tingchuan. Geochemical study of genesis and tectonic setting for Late Proterozoic granitoids, north Qinling, China. *Earth Science*, 1993, 18(2): 194-202, 248. [张宏飞, 张本仁, 骆庭川. 北秦岭新元古代花岗岩类成因与构造环境的地球化学研究. *地球科学*, 1993, 18(2): 194-202, 248.]
- [11] Shentu Bingming, Song Fangmin, Cao Zhongquan, et al. Preliminary study on Late Quaternary fault scarps on the northern piedmont of Qiling Mountain. *Seismology and Geology*, 1991, 13(1): 15-25. [中屠炳明, 宋方敏, 曹忠权, 等. 秦岭北麓晚第四纪断层陡坎的初步研究. *地震地质*, 1991, 13(1): 15-25.]
- [12] Meng Qingren. Origin of the Qinling Mountains. *Scientia Sinica (Terrae)*, 2017, 47(4): 412-420. [孟庆任. 秦岭的由来. *中国科学: 地球科学*, 2017, 47(4): 412-420.]
- [13] Zha Fangyong, Guo Wei, Zhang Jian, et al. Geological relic resources and the value evaluation of Qinling Zhongnanshan Global Geopark. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(2): 182-187. [查方勇, 郭威, 张健, 等. 秦岭终南山世界地质公园地质遗迹资源及价值评价. *干旱区资源与环境*, 2016, 30(2): 182-187.]
- [14] Liu Yinhan. Qinling Hydrogeology. Xi'an: Shaanxi People's Publishing House, 1983. [刘胤汉. 秦岭水文地理. 西安: 陕西人民出版社, 1983.]
- [15] Zhou Lingguo, Xie Wei. Seventy-two Valleys of the Qinling Mountains. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 2018. [周灵国, 谢伟. 秦岭七十二峪. 西安: 陕西科学技术出版社, 2018.]
- [16] Yang Songmao, Ren Yan. A study on development of "A real type of Yukou" at the north of Qinling. *Journal of Northwest University (Philosophy and Social Sciences Edition)*, 2009, 39(5): 55-59. [杨松茂, 任燕. 秦岭北麓“峪口型地域”深层次开发研究. *西北大学学报(哲学社会科学版)*, 2009, 39(5): 55-59.]
- [17] Zhang Jian. Investigation and study on the present situation of Qinling Beilu water system: Taking the ecological management of Suichuan River as an example [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2019. [张建. 秦岭北麓水系现状调查研究: 以辋川河水生态治理为例[D]. 西安: 西安理工大学, 2019.]
- [18] Wang Guojin, Zhang Jinming, Yue Bangrui. Exploration on the river control system of north Qinling Mountains during the urban ecological revival of Guanzhong city group. *Urbanism and Architecture*, 2018, 33: 11-15. [王国今, 张进明, 岳

- 邦瑞. 关中城市群生态复兴中的秦岭北麓河流管控体系探索. 城市建筑, 2018, 33: 11-15.]
- [19] Guo Xiaotong. Research on the planning and design of valley road in the view of the perspective of ecological protection: Taking Gaoguanyu in Xi'an section as an example [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2021. [郭晓童. 生态保护视角下的秦岭峪道规划设计研究: 以西安段高冠峪为例[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2021.]
- [20] Long Xiaoxia. Research on tourism landscape ecological planning & design of tianyu drainage area in Shaanxi province [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2007. [龙小霞. 陕西省田峪河流域旅游景观生态规划与设计研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2007.]
- [21] Xue Yan. Research on the space landscape planning and design of ditch-valley type scenic spots at the north of Qinling Mountains-JinLongxia hemit culture theme scenic spot as a case study [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2014. [薛妍. 秦岭北麓峪道型风景区空间景观规划设计研究: 以金龙峡隐逸文化主题风景区为例[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2014.]
- [22] Zhang Cong. Study on spatial pattern optimization of Laoyu in the piedmont of North Qinling Mountains based on the relationship of spatial pattern and ecological process [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2018. [张聪. 基于格局与过程关系的秦岭北麓涝峪段空间格局优化方法研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2018.]
- [23] Teng Xin. The study of protection and utilization of Yukou pattern area on Qinling north piedmont: Taking Taiping yu for example [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2016. [滕欣. 秦岭北麓峪口型地域保护利用格局研究: 以太平峪为例[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.]
- [24] Meng Li, Zhao Yanling, Hao Xuanjie. Application of remote sensing technology in satellite remote sensing monitoring of land and resources in the northern part of Qinling Mountains. Geology of Shaanxi, 2022, 40(1): 88-91. [蒙利, 赵燕伶, 郝旋捷. 遥感技术在秦岭北麓国土资源卫星遥感监测中的应用. 陕西地质, 2022, 40(1): 88-91.]
- [25] Wang Guojin. Study on dynamic mechanism of landscape evolution of Luoyu River in the piedmont of north Qinling Mountains [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2019. [王国今. 秦岭北麓骆峪河景观演变动力机制研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2019.]
- [26] Zhang Bosheng. The bearing of block faulting to stream development on both sides of the chinling ranges. Acta Geological Sinica, 1964, 44(4): 405-417. [张伯声. 在块断构造的基础上说明秦岭两侧河流的发育. 地质学报, 1964, 44(4): 405-417.]
- [27] Ma Zhizheng, Wei Xichang, Wei Hua, et al. The physiognomy of drainage basin of Niuxinyu river. Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition), 2004, 18(2): 93-97. [马志正, 魏西昌, 卫华, 等. 牛心峪河流域地貌研究. 山西师范大学学报(自然科学版), 2004, 18(2): 93-97.]
- [28] Shaanxi Provincial Development and Reform Commission, Shaanxi Provincial Department of Finance. Research on Comprehensive Management of Qinling Ecosystem. Beijing: China Development Press, 2018. [陕西省发展和改革委员会, 陕西省财政厅. 秦岭生态系统综合管理研究. 北京: 中国发展出版社, 2018.]
- [29] People's Daily Online. Why is Qinling the 'Central Water Tower'? 2023. <http://env.people.com.cn/n1/2023/0613/c1010-40011962.html>. [人民网. 秦岭为什么是“中央水塔”? 2023. <http://env.people.com.cn/n1/2023/0613/c1010-40011962.html>.]
- [30] Mao Shuilong. Yu Gully mouth at the northern foot of Qinling Mountains. Xi'an: Sanqin Publishing House, 2011. [毛水龙. 秦岭北麓峪沟口. 西安: 三秦出版社, 2011.]
- [31] Forestry Bureau of Shaanxi Province. Investigation report of ecological construction in the northern foot of Qinling Mountains 2021. https://lyj.shaanxi.gov.cn/zfxgk/zcjd/202112/t20211213_2203825.html. [陕西省林业局. 秦岭北麓生态建设调查报告2021. https://lyj.shaanxi.gov.cn/zfxgk/zcjd/202112/t20211213_2203825.html.]

Spatial development characteristics of the valley roads and inheritance relationship with water system at the northern foothills of the Qinling Mountains

SHEN Yanjun^{1,2,3,4}, MA Tianchi⁴, PENG Jianbing^{1,2,3,5}, QIAN Hui^{2,6}, DUAN Fenghao^{1,2},
XU Panpan^{2,6}, CHEN Siwei⁴, WANG Rui^{2,7}, NING Yibing^{1,2}, MU Qingyi^{1,2},
SHEN Wei^{1,2}, CHENG Yuxiang^{1,2}, SHI Bailei^{1,2}

(1. School of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Academy of Yellow River Sciences of Shaanxi Province, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 3. State Key Laboratory of Loess Science (Inpreparation), Xi'an 710054, China; 4. College of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 5. China University of Geosciences, Institute of Geosafety, Beijing 100083, China; 6. School of Water and Environment, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 7. School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: The valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains deeply cut the main chain of the Qinling Mountains, and are the "natural window" to gain insight into the geology, geomorphology, ecology and hydrological evolution of the Mountains. In this paper, the spatial distribution pattern and development characteristics of the valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains (Shaanxi section) were obtained by using Google Earth remote sensing image data, DEM elevation data and water system vector data, combined with ArcGIS, GlobalMapper multimodal spatial data identification and interpretation. The inheritance relationship between the valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains and the Guanzhong river system was explored. The following understandings were obtained: (1) According to the geomorphological characteristics of the valley roads, the length, pedestrian and water channel, the statistical standard of the valley roads was put forward. Combined with contour terrain and digital elevation model, the zoning interpretation is carried out, and the actual number of valley roads is 206. (2) Based on the visibility of remote sensing interpretation and the endowment water system in the valley roads, 76 representative valley roads were selected for statistical analysis. According to the length (≥ 15 km, 5-15 km, < 5 km), the large, medium and small valley roads were divided. The Xi'an section is the most densely developed mainly for medium valley road (44.74%). (3) The direction of the valley roads is mostly $N0^\circ - NE30^\circ$, approximately perpendicular to the strike of the Fenwei Fault. The elevation of Yukou is normally distributed, concentrated between 500-800 m. The spacing between the valley roads is the rhythmic distribution of "small valley roads in big valley roads". (4) The elevation of the middle line of the valley roads is mainly distributed at 600-1500 m, the slope is mainly concentrated at $0^\circ - 20^\circ$, the width of the valley entrances are mainly at 30-90 m, and the shape of the valley entrances are mainly U-shaped, V-shaped and inverted trapezoidal. (5) The valley roads at the northern foothills of the Qinling Mountains and Weihe water system have a close inheritance relationship. Six of the "Eight River Systems in Chang'an" originated from the northern foothills of the Qinling Mountains, characterized by multi-source confluence. The purpose of this study is to provide detailed background data for the study of the most iconic geological and geographical labels in the Qinling Mountains with valley roads.

Keywords: northern foothills of the Qinling Mountains; valley roads; spatial pattern; developmental characteristics; water system inheritance relationship