

# 秦岭构造带对陕西气候和生态环境的控制作用

黄建军

(陕西省地质调查院, 陕西 西安 710065)

**摘要:**通过分析地质构造的生态学涵义,指出构造运动既是地球大循环的动力起源,也是生态环境生物小循环的物质基础与空间载体,揭示了地质构造影响生态环境的一般规律,进而得出地质构造是区域生态环境形成机制的决定性因素。基于波浪镶嵌构造学说所揭示的构造运动规律,探讨秦岭构造带对陕西气候和生态环境的控制作用。结果表明:秦岭在构造上的特殊位置导致了秦岭地区构造运动显著而复杂,从而形成中国大陆中东部气候的南北分界线,形成陕西特殊的天气系统、气候综合效应,进而在秦岭形成区成为联系广泛、成分极为复杂的生物多样性中心;构造运动规律与生态环境区域差异性之间存在一定耦合规律,波浪镶嵌构造学说揭示的构造运动规律成为揭示区域生态环境分异规律和生态环境问题形成机制的有效途径。

**关键词:**秦岭构造带;生态环境;气候;波浪镶嵌构造;耦合关系;陕西

**中图分类号:**X141;P542

**文献标志码:**A

## Control of Qinling Tectonic Zone on Climate and Eco-environment in Shaanxi

HUANG Jian-jun

(Shaanxi Geological Survey, Xi'an 710065, Shaanxi, China)

**Abstract:** According to the ecological connotation of geotectonic, tectonic movement is not only the dynamic source of geological cycle, but also the base and spatial carrier of the specific biological recycle of eco-environment. The general rules of geotectonic effect on eco-environment were explained, so that the geotectonic was the decisive factor for formation mechanism of regional eco-environment. Based on tectonic movement rules proposed by hypothesis of wavy mosaic structure, the control of Qinling tectonic zone on climate and eco-environment in Shaanxi was discussed. The results show that the special position of structure causes the prominent and complicated tectonic movement in Qinling, and the boundary between northern and southern climates in the middle-eastern of China forms, and the special weather system and climate effect in Shaanxi are also found, so that extremely complicated biodiversity center is found in the forming area of Qinling; there is a certain coupling relation between tectonic movement and regional difference of eco-environment, and the tectonic movement rules proposed by hypothesis of wavy mosaic structure are effective to analyze the differentiation rules of regional eco-environment and formation mechanism of related ecological environmental problems.

**Key words:** Qinling tectonic zone; eco-environment; climate; hypothesis of wavy mosaic structure; coupling relation; Shaanxi

## 0 引言

陕西省南部的秦岭山地在地质构造上位于华北

与华南两大联合镶嵌地块之间的构造活动带,其南北两侧在古地理、古气候、古生物、沉积地层、岩浆活动、成矿类型等诸多方面有着显著的差异。有关秦

岭山地区构造和生态环境分异地位上的研究持续不断<sup>[1-4]</sup>。关于秦岭山地生态因子演替与分异以及生态类型综合评价的研究也取得了初步成果<sup>[5-8]</sup>,秦巴山地生态系统类型的多样性与新构造运动造成的复杂地貌形态之间的关系逐渐清晰。但新构造运动与土壤的关系及新构造抬升与黄土区域侵蚀强度的关系还存在一定争议,不同尺度和强度的构造运动对区域生态环境主要因子和整体性影响规律的研究相对缺乏。本文分析了波浪镶嵌构造中有特殊地位的秦岭构造结对陕西气候和生态环境的影响机制,来探寻构造与生态环境耦合关系的规律性认识。

## 1 地质构造与生态环境耦合关系

### 1.1 地质构造的生态学涵义

地球内部的热能、重力能以及地球旋转能等都会引起地壳运动,这种运动必然引起地质构造的变动。按照耗散结构理论,构造运动代表着生态环境的另一大能量来源——地球内能。地球内能给生态环境输入负熵,与太阳能一起维持着地球表面生态环境有序结构。构造运动把自身的动能和热能转化为生态环境中生态因子空间和时间上结构分异和物质循环的势能,使地球表面的太阳能进行了再分配,从而起到进一步调整系统物质流和能量流的流通方式以及输入、输出与储存比例的作用。因此,构造运动既是地球大循环的动力起源,也是生态环境生物小循环的物质基础与空间载体。

### 1.2 构造影响生态环境的一般规律

由于地球构造演化及全球性构造活动决定了海陆分布格局,而海陆分布则影响地球表面水分循环与热量传输方向和强度,所以地质构造在很大程度上决定了区域热量和水分的分布格局,决定了区域气候的大陆性与海洋性程度。同时,区域性构造运动也基本决定了区域地貌格局、地表组成、成土过程、降水强度、太阳辐射和温度梯度、地表植被类型、土壤侵蚀方式等。因此,地质构造是区域生态环境形成机制的决定性因素(图 1),地质构造与生态环境的关系也应作为陕西生态环境研究的重点。

## 2 秦岭构造带对陕西气候和生态环境的影响

陕西现代显著的大陆性季风气候特征以及秦岭以北所呈现出的干旱化趋势主要是由不同尺度的构造运动所决定的。按照波浪镶嵌构造学说<sup>[3]</sup>,中国地质构造特征主要表现为 NE 向环太平洋构造活动

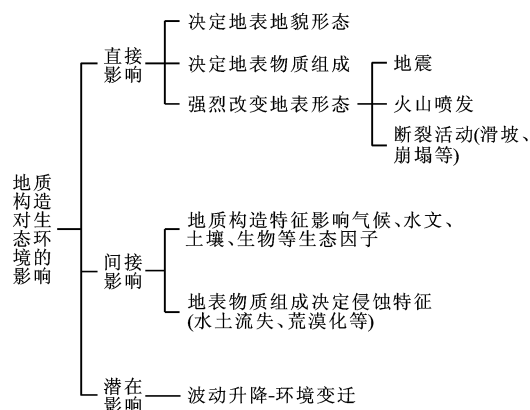


图 1 构造对生态环境影响的一般规律

Fig. 1 Rules of Geotectonics Effect on Eco-environment

带各分带同 NW 向特提斯构造活动带各分带的交织,其结果编织成斜方网格状的中国构造网<sup>[9]</sup>。构造网上任何部位均兼具环太平洋和特提斯构造的双重特性。构造带与构造带的交织形成构造网结,称为构造结,是构造活动的强烈部位,秦岭恰恰位于中国构造网的腹心地带;地块带与地块带的交织形成构造网眼,称为地块,是构造活动缓和部位;构造带与地块带的交织则显示出构造带的单一优势构造方向,形成构造网线,称为构造段,其构造活动性介于地块和构造结之间。陕西位于中国构造网的中部,为环太平洋构造活动带的 3 条分带,自东南向西北分别为渤海—川滇地块带、燕辽—太行—龙门山构造带、松嫩—陕甘宁地块带;特提斯构造活动带的 3 条分带自西南向东北分别为柴达木—四川地块带、祁连—秦岭—大别构造带、准噶尔—河淮地块带的交织部位,在陕西中部形成秦岭构造结。

秦岭从太古宙起便因处于华南与华北地壳做天平式摆动的支点带上而具有很强的构造活动性;此后,它交替受到环太平洋和特提斯两个系统地壳波浪的多次冲击,叠加了多次构造运动的印记,喜马拉雅运动以来主要是张、压作用相间而造成的半地垒—半地堑式地块波浪。从晚第三纪以来,秦岭再次以特提斯构造波系为主导,与喜马拉雅造山运动相一致或稍晚一些的构造运动一起使秦岭地带进一步遭受挤压而抬升。第四纪早期,秦岭并未达到现今的高度,也不是气候上的分界线,甚至关中地区在气温稍高的暖湿期还可能发育了具有亚热带特点的阔叶林<sup>[10-11]</sup>;到了晚更新世时,秦岭已经基本上上升到现今的高度,其以北的气候渐趋干凉,从而成了中国中东部地区亚热带和温带的分界线。

### 2.1 秦岭构造带对气候的影响

秦岭构造带对气候的影响主要是对低层气流的

动力作用和机械阻滞作用。气流穿越山脉,在迎风坡沿坡爬升,水汽冷却而凝结,云量及降水较多;在背风坡气流下沉,降水较少。秦岭在冬季有效阻隔了中国北方盛行的极地大陆气团冷空气,对气候的影响主要表现在温度差异上。在极地大陆气团控制下,陕西秦岭冬季南北气温相差 $3^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ <sup>[12]</sup>,特别是当强冷空气过境时,这种阻滞效应更为明显,南北温差可超过 $10^{\circ}\text{C}$ 。夏季中国盛行热带海洋气团,由于大陆上基本都为热低压,南北气温相差不大,所以秦岭的屏障作用主要表现在降水的差别上。

同时,秦岭的构造隆升不仅使各种气象要素在同一海拔高度上的水平分布南北差异大,而且垂直变化也有差异。秦岭以北的极端最低气温远比秦岭以南低,说明秦岭以北气候大陆性远比秦岭以南强,使得秦岭以北季风气候大陆性增强,秦岭以南季风气候大陆性减弱。西安与汉中纬度只相差 $1^{\circ}14'$ ,汉中还在西安以西,但西安大陆度(气候受大陆影响的程度)却比汉中大 $10\%$ <sup>[13]</sup>。另一方面,从秦岭山麓到山顶,大陆度有所减少,从这个意义上说,凸出山峰具有气温年度差异较小的海洋性气候特征。这就加强了中国北亚热带西部(具体表现在秦岭南坡海拔800 m以南的陕西地区)的气候特征,使其与同纬度中国大陆东部靠近海洋地区具有基本同样的水热指标,并且典型性和稳定性比同纬度中国大陆东部地区还要强,陕西最南部的河谷和坝子甚至具有中亚热带生态环境的水热组合特征<sup>[14]</sup>。

根据天气动力学原理,气流翻越山脉后将产生振动波,当具备一定湿度条件时,即可产生降水,并且山体越高大,产生的背风波动越强。陕西降水的水汽输送主要靠低层偏南气流,而3 000 m以上的秦岭山脉则对此气流有强烈动力扰动作用。在山脉平均高度以上的地方,山脉背风面出现降水峰值偏南;低于山脉平均高度的地方,山脉背风面出现降水峰值偏北。秦岭北侧夏季的大范围大雨、暴雨是大尺度自南向北的暖湿斜升气流、自北向南的干冷气流与较小尺度的背风扰动共同作用的结果,在两种不同尺度系统的共同作用下产生较强的上升运动,加大了陕西的降水效率,但这种波动效应同秦岭南坡和延安南侧为上升运动区,而与关中为下沉运动区的分布一一对应,即上升运动对应于降水峰值区,下沉运动对应于降水谷值区。关中地区位于秦岭山脉的背风面,地势较低,几乎不产生气流波动效应,因此,在7月雨季波动效应产生的降水量最少,但关中地区西部由于被三面山地围陷,也可产

生较强的背风波动作用。关中地区以北地势逐渐增高,背风波动产生的降水量也逐步升高,在秦岭北侧约一个半纬距附近(延安南部地区)出现了一个降水次峰值区。

秦岭是新构造运动强烈隆升形成的半地垒—半低洼山地,东南暖湿气流被逐级抬升,从而使该地区成为陕西的多降水区。由于秦岭北仰南倾的构造特征,气流越过秦岭主脊后处于强烈下沉区,降水急剧减少,所以秦岭南部长江水系流域总面积虽只占全省总面积的35.4%,但有效受雨面积大,年径流量占全省的73.4%。秦岭以北黄河流域面积约占全省总面积的62.6%,但年径流量仅占全省的26.6%。秦岭对气候的多种作用是导致陕北和关中大部分地区资源性缺水的根本原因。同时,由于陕甘宁地块向东南倾斜和渭河断陷盆地北仰南俯,并分裂成许多较小的断块,其中大多数断块也向南倾俯(例如骊山和沁水倾斜断块),所以造成秦岭以北主干河流的支流普遍北长南短<sup>[3]</sup>,秦岭以北大范围水系向关中地区汇集在一定程度上弥补了关中地区的水资源量<sup>[15-16]</sup>。

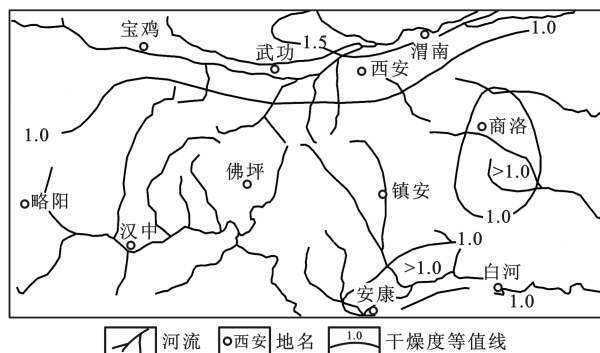
## 2.2 秦岭构造结X型构造格架的气候综合效应

地质界普遍将秦岭—淮河一线作为中国气候的重要分界线,是暖温带和北亚热带气候的分界线。同时,由于中国降水主要受太平洋东南暖湿气流的影响,专家们普遍认为降水、温度等气候指标主要表现为自东南向西北的梯级式下降,但局部矛盾显而易见。研究发现,上述现象是秦岭构造结两个斜向的构造隆升带交织叠加后形成的X型构造格局所制约的X型地形特征造成的。

干燥度是蒸发力和降水量的比值,通常以干燥度1.0、1.5、2.0、4.0作为湿润、半湿润、半干旱、干旱和干燥气候的界限。黄土高原的干燥度除五台山小于1.0,为湿润气候外,其余各地的干燥度都大于1.0<sup>[13]</sup>。2.0等值线大致从长城沿线一带通过,此线以南属半干旱、半湿润气候;山西高原绝大部分、陕北高原北部、甘肃六盘山以西属于半干旱气候;陇东、关中西部、陕北南部、晋中南山区是黄土高原湿润状况最好的地区,年干燥度小于1.5,属半湿润气候。秦岭北麓的干燥度除华山小于1.0外,基本上都大于1.0,秦岭南坡的干燥度基本上都小于1.0(图2)。

以往的研究都认为近EW向秦岭是湿润气候与半湿润气候的分界线,但对于下列干燥度的分布却无法解释:离海位置相对更远的汉中干燥度小于1.0,是湿润气候,而位置偏东的安康、白河、商州、山





图件引自文献[13], 有所修改

图 2 秦岭地区干燥度分布

Fig. 2 Distribution of Aridity in Qinling

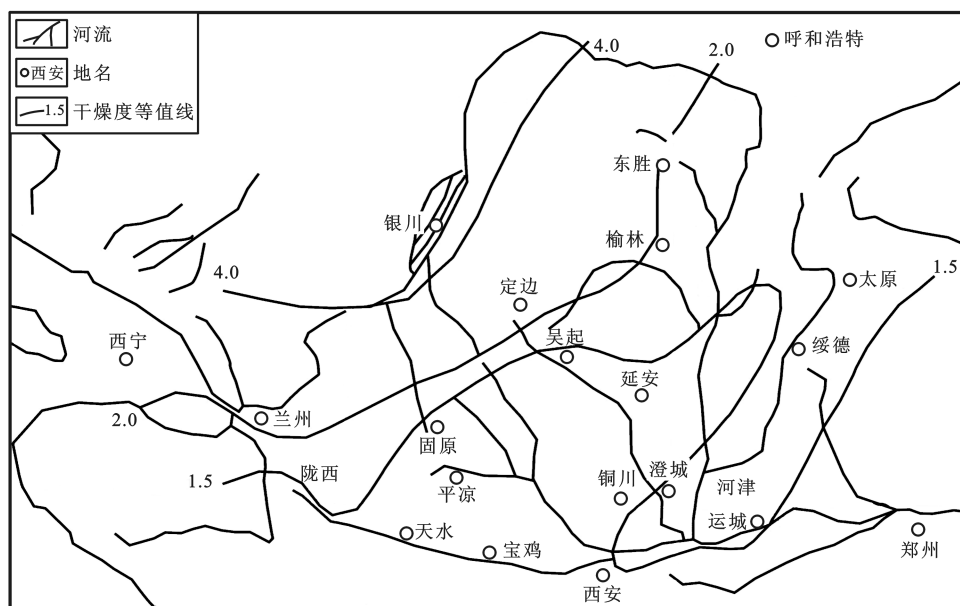
阳等地区干燥度大于 1.0, 是半湿润气候; 离海位置相对更远的宝鸡干燥度小于 1.5, 位置更西更偏北的陇东、陕北南部干燥度都小于 1.5, 是半湿润气候, 而渭南、潼关、三门峡、渑池等地区干燥度接近或大于 1.5, 是半干旱气候。而如果从秦岭构造结的 X 型现代构造地形来看, 这个问题可以迎刃而解。

影响陕西及其周边地区降水的东南暖湿气流首先遭受秦岭构造结东南翼东秦岭一大别构造段的抬升, 在其迎风坡河南鲁山、栾川形成降水中心, 接近 1 000 mm; 陕西南部陕豫过渡的商洛等地区则由于山体相对西部较平缓且有低矮垭口, 使得南北气流易于交流而难以形成锋面, 同时由于该地区是夏季副热带高压控制下中国华北反气旋下沉气流补偿区, 所以形成秦岭主脊以南相对高温少雨区, 年降水

量不超过 750 mm。暖湿气流翻越高大的秦岭山脉后, 形成强烈气流下沉区, 因而在渭南、潼关一带形成明显焚风效应, 高温少雨。这股气流随同东来气流受关中北山阻碍, 首先向新构造抬升较弱的关中西部移动, 在宝鸡一带受秦岭构造结西北翼抬升的影响, 其降水量远高于关中东部, 年降水量 701 mm。秦岭中西部的佛坪、宁陕、留坝、汉中等地区由于背依高大的秦岭构造结中心强烈隆起区, 形成陕西一个较强的降水中心, 年降水量约 900 mm。青藏高原东侧两支西风气流附合, 在低空形成准静止锋, 多雨带沿邛崃山—龙门山东麓经北川、青川、广元进入陕甘南部, 暖湿气流爬上秦岭构造结西南翼, 雨量增加。因此, 略阳、留坝等秦岭西部地区雨量较多, 虽然在陕南偏西部位, 但却比秦岭东部降水量大。陕西凤县及甘肃两当等地区由于处在秦岭构造结西南翼局地地形背风坡, 并且处在青藏高原四周垂直环流下沉补偿区的少雨带边缘, 所以降水量比其东面和南面相邻山区少。陕西南部北山一带是东南暖湿气流谐振的又一抬升区, 但由于多低山且没有形成显著纬向阻挡, 所以除在黄土高原南部形成一个半湿润区外, 干燥度在总体上呈现由东南向西北增加的趋势(图 3)。

### 2.3 秦岭构造带对侵蚀地貌形成和侵蚀堆积规律的影响

由于秦岭新构造运动的间歇式北仰南俯的掀斜上升, 其南坡被一系列 NE 向和 NWW 向深断裂分



图件引自文献[13], 有所修改

图 3 黄土高原地区干燥度分布

Fig. 3 Distribution of Aridity in Loess Plateau

割成斜阶状的北仰南俯半地垒—半地堑山地,形成大小不等的半地堑盆地,于第四纪中期堆积了老黄土,为现代侵蚀提供了适宜的物质来源。秦岭山脉主要横向河流通常切割纵向延伸的中、新生代红色盆地,这些盆地的两侧常存在一系列峡谷。作为嘉陵江源头的东河以及嘉陵江的一些支流穿过甘肃徽县红色盆地,并切穿盆地两侧的一系列峡谷;丹江流经洛南红色盆地,然后穿过一系列峡谷,最终流过商南红色盆地;汉江两次流过安康红色盆地,形成了一个巨大的弓形曲线,汉江支流任河和金钱河与丹江支流(如老君河、武关河和清油河)都切过新生代红色盆地或侏罗系含煤盆地。在晚第三纪,进一步的构造运动使得块状断裂活动发生强化,秦岭地区这一古老准平原的北侧上升得越来越高,向南倾斜得越来越厉害,倾斜运动速度大于渭河支流的下切速度;古老的秦岭准平原河流几乎都向南流,这些支流在地块倾斜或断裂作用时期的进一步侵蚀形成许多巨大的横向河谷,并具有许多作为先成河流的深切曲流。汉江的主要支流还在以前形成和新近形成的盆地中填满了晚第三纪沉积,并在形成的泛滥平原上迂回流动,而且于上升隆起时期流经这些盆地,形成了许多切入红色地层的深切曲流。秦岭山地尤其是秦岭构造结第三纪末期至第四纪以来为强烈隆升区,上升速率为每年 0.7~1.0 mm,形成了中国大陆东部最宏伟的山脉。秦岭强烈隆升,深切曲流在穿过那些红色盆地时产生强大的侵蚀动力,由此形成了陕南几个重点水土流失区。陕西商洛地区强度、极强度和剧

烈侵蚀区面积占总面积的 63.5%,陕西略阳水文站监测到的多年平均侵蚀模数高达每年 7 740 t·km<sup>-2</sup>,已超过渭北黄土高原大部分地区和陕北部分地区。

2.4 秦岭构造结成为区域生物多样性中心

秦岭在晚第三纪以来强烈的构造活动性体现最明显的地区是秦岭构造结地区。强烈隆升的山体使其成为中国南北重要的自然分界线以及暖温带半湿润季风气候区与北亚热带湿润气候区的分界线,同时,秦岭构造结是落叶阔叶林植被带与常绿阔叶、落叶阔叶混交林植被带的分界线,是古北界动物区系与东洋界动物区系的分界线;另一方面,强烈隆升的山体使西北风不便南去,东南暖润气流被阻滞,亚热带季风气候特征在陕西得以北延,使秦岭构造结成为中国种子植物泛热带分布属和热带分布属的北界。由于秦岭北仰南俯以及形成的盆岭相间的构造格局在山脊峰顶便于青藏高原、蒙古和新疆以至于中亚的内陆成分的纳入,秦岭内部山谷低地可以保存若干古老南迁植物成分,秦岭北部由于山地而加大了大陆性,旱生及中旱生内陆植物成分有可能就地繁衍。此外,由于秦岭是中国大陆中心部位的构造结,生态环境整体性沿波密带(构造活动带)走向延伸,表现为水热因子和物种的生态幅沿构造带长距离基本保持一致,所以物种和基因也多沿波密带走向进行远距离交流。秦岭处于中国构造网的腹心地带,使其与中国西南、东南、华北、西北动植物区系分布产生了广泛的发生学联系(表 1)。这是秦岭生态系统复杂、生态类型多样的根本原因。

表 1 秦岭构造结中心太白山动植物区系组成

Tab. 1 Composition of Fauna and Flora of Taibai Mountain in Qinling Tectonic Knot

| 种子植物<br>区系名 | 世界<br>分布属 | 泛热带<br>分布属     | 热带美洲和热带<br>亚洲间断分布属 | 东半球热带<br>分布属 | 热带亚洲至<br>大洋洲分布属 | 热带亚洲至热带<br>非洲分布属 | 热带亚洲<br>分布属 | 北温带<br>分布属 |
|-------------|-----------|----------------|--------------------|--------------|-----------------|------------------|-------------|------------|
| 植物属数        | 67        | 70             | 7                  | 9            | 9               | 12               | 10          | 185        |
| 种子植物<br>区系名 | 中亚<br>分布属 | 东亚—北美<br>间断分布属 | 东半球温带<br>分布属       | 温带亚洲<br>分布属  | 地中海、西亚<br>分布属   | 东亚分布属            | 中国分布属       |            |
| 植物属数        | 5         | 52             | 75                 | 20           | 9               | 75               | 22          |            |

注:数据根据文献[11]整理;古北界、东洋界、广布种等兽类分布种数量分别为 23、22 和 10 种;古北界、东洋界、广布种等鸟类分布种数量分别为 67、63 和 40 种。

3 结 语

(1)地球构造演化及全球性构造活动决定了海陆分布格局,而海陆分布则影响地球表面水分循环与热量传输的方向和强度,因此,地质构造在很大程度上决定了区域热量和水分的分布格局,决定了区域气候的大陆性与海洋性程度。同时,区域性构造

运动也基本决定了区域地貌格局、地表组成、成土过程、降水强度、太阳辐射和温度梯度、地表植被类型、土壤侵蚀方式等。地质构造是区域生态环境形成的控制性因素。

(2)构造运动规律与生态环境区域差异性之间存在一定耦合规律。波浪镶嵌构造学说揭示的构造运动规律成为揭示区域生态环境分异规律和生态环

境问题形成机制的有效途径。

(3) 陕西位于波浪镶嵌构造中国构造网的中部, 在中部形成秦岭构造结。秦岭在构造上的特殊位置导致了秦岭地区构造运动显著而复杂, 从而形成中国大陆中东部气候的南北分界线, 形成陕西特殊的天气系统及气候综合效应, 进而在秦岭形成区成为联系广泛、成分极为复杂的生物多样性中心。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 王 战, 张维吉, 李 侠, 等. 东秦岭波浪状构造演化 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1993.  
WANG Zhan, ZHANG Wei-ji, LI Xia, et al. The Evolution of Wavy-tectonic Movement in East Qinling Mountains [M]. Xi'an: Northwest University Press, 1993.
- [2] 王宗起, 闫全人, 闫 臻, 等. 秦岭造山带主要大地构造单元的新划分 [J]. 地质学报, 2009, 83(11): 1527-1546.  
WANG Zong-qi, YAN Quan-ren, YAN Zhen, et al. New Division of the Main Tectonic Units of the Qinling Orogenic Belt, Central China [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(11): 1527-1546.
- [3] 张伯声. 张伯声地质文集 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1984.  
ZHANG Bo-sheng. Geological Collection of ZHANG Bo-sheng [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1984.
- [4] 张伯声, 王 战. 从波浪状镶嵌构造学说观点看陕西 [J]. 陕西地质, 1989, 7(2): 1-6.  
ZHANG Bo-sheng, WANG Zhan. Overview of Shaanxi Province from the Viewpoint of the Crustal-wave Mosaic Structure Hypothesis [J]. Geology of Shaanxi, 1989, 7(2): 1-6.
- [5] 刘护军. 秦岭的隆升及其环境灾害效应 [J]. 西北地质, 2005, 38(1): 89-93.  
LIU Hu-jun. Uplift and the Environmental Disastrous Effects in Qinling Mountains [J]. Northwestern Geology, 2005, 38(1): 89-93.
- [6] 薛祥煦, 张云翔, 毕 延, 等. 秦岭东段山间盆地的发育及自然环境变迁 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.  
XUE Xiang-xu, ZHANG Yun-xiang, BI Yan, et al. The Development of Basins and Evolution of Environment in East Qinling Mountains [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996.
- [7] 李 成. 中国克山病的构造环境机理研究: 以陕西病区为例 [D]. 西安: 西北大学, 2001.  
LI Cheng. Study on Mechanism of Tectonic Environment of Keshan Disease in China: Taking Inpatient Area in Shaanxi as an Example [D]. Xi'an: Northwest University, 2001.
- [8] 黄建军. 陕西生态环境问题及其威胁研究 [J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2002, 32(2): 194-198.  
HUANG Jian-jun. A Study on the Ecological Problems and Their Dangers in Shaanxi Province [J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2002, 32(2): 194-198.
- [9] 王 战. 地质哲学的理论与实践 [M]. 北京: 地震出版社, 2010.  
WANG Zhan. Theory and Practice of Geological Philosophy [M]. Beijing: Seismological Press, 2010.
- [10] 李健超. 秦岭地区古代兽类与环境变化 [J]. 中国历史地理论丛, 2002, 17(4): 33-44.  
LI Jian-chao. The Transition of Ancient Beasts and Environment in Qinling [J]. Collections of Essays on Chinese Historical Geography, 2002, 17(4): 33-44.
- [11] 李家骏. 太白山自然保护区综合考察论文集 [M]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1989.  
LI Jia-jun. Collection on Comprehensive Investigation in Taibai Mountain Nature Reserve [M]. Xi'an: Shaanxi Normal University Press, 1989.
- [12] 宋佃星. 秦岭南北气候变化响应与适应研究 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2012.  
SONG Dian-xing. Research on Response and Adaptation to Climate Change Between the North and South Sides of Qinling Mountains [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2012.
- [13] 陈明荣. 秦岭的气候与农业 [M]. 西安: 陕西人民出版社, 1988.  
CHEN Ming-rong. The Climate and Agriculture in Qinling Mountains [M]. Xi'an: Shaanxi People's Press, 1988.
- [14] 齐增湘, 熊兴耀, 徐卫华, 等. 基于 GIS 的秦岭山系气候适宜性评价 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2011, 37(3): 321-324.  
QI Zeng-xiang, XIONG Xing-yao, XU Wei-hua, et al. Evaluation of Climate Suitability in Qinling Mountains Based on GIS [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2011, 37(3): 321-324.
- [15] WANG W K, LI J T, FENG X Z, et al. Evolution of Stream-aquifer Hydrologic Connectedness During Pumping: Experiment [J]. Journal of Hydrology, 2011, 402(3/4): 401-414.
- [16] WANG W K, LI J T, WANG W M, et al. Estimating Streambed Parameters for a Disconnected River [J]. Hydrological Processes, 2014, 28(10): 3627-3641.