

(15) 437-442

秦岭水文特征及其对泥石流影响的初步分析

刘兴昌

P642.23

(西北大学城市与资源学系, 710069, 西安; 51岁, 男, 副教授)

摘要 通过对秦岭山地区域水文特征的分析, 指出秦岭泥石流的暴发期与该区降雨的年内集中期相一致, 其分布与暴雨中心密切相关。其中, 暴雨、连阴雨是产生泥石流的激发因素, 径流的汇集及河流洪水亦是导致泥石流发生的重要原因之一。

关键词 秦岭山地; 区域水文特征; 暴雨; 径流; 泥石流

分类号 X43

秦岭是横亘我国中部的巨型纬向构造褶皱断块山脉, 陕西秦岭为秦岭山脉的骨干。由于独特的区域地质构造和地理环境, 以及地震、冰川等的影响, 陕西秦岭历来就是崩塌、滑坡和泥石流的多发地区。本世纪80年代以来, 该区泥石流灾害频度明显加快, 危害亦越来越严重, 直接阻碍和制约着山地资源开发利用和当地社会经济发展。这种态势还在加剧。鉴于泥石流的发生、发展与区域水文特征密切相关, 因此, 区域水文特征就成为泥石流区域规律和减灾模式研究的重要内容之一。

1 秦岭山地水系的基本特征

秦岭山地的水系甚为发育, 且以主脊为界分属长江流域的汉江、嘉陵江和黄河流域的渭河、南洛河等4个水系。其中, 汉江水系集水面积占61.2%, 渭河水系占23.9%, 嘉陵江占8.9%, 南洛河占5.8%。

山地水系网络的形态、组成和河谷特征, 直接受地质基础和地貌形态的影响。因秦岭山体北仰南俯, 南北坡极不对称, 发育其上的水系亦呈明显的不对称性。从秦岭主脊到渭河平原, 最宽处不足40 km。山势陡峻, 峭壁林立。河流以短、直为主要特征, 多瀑布、急流和险滩。流程多在50 km以内, 比降10%以上, 水流湍急。沟谷形态为“V”、“U”型复式重叠, 下部多为“V”型, 中间常呈“U”型, 上部则较为宽敞。沿流程宽谷与曲流交替, 峪口一般狭窄。谷深坡陡, 两岸崩塌、滑坡严重, 块体运动强烈。峪道中大小石块充斥, 峪口山麓多形成洪积、冲积扇裙。渭南二华地区的石堤河、方山峪、仙峪等峪道颇为典型。秦岭南坡较为曲长, 从分水岭到汉江谷地长约100~150 km, 发育其上的河道长度多在100 km以上, 最长可达200 km。河流比降一般小于10%。支流众多, 河网结构复杂, 格状水系、树状水系、不对称水系等均有分布。河流常深切于基岩之中, 谷窄坡陡, 曲流发育。岩体风化强烈, 崩塌、滑坡较为频繁和剧烈。

2 秦岭山地的降雨特征

2.1 降雨丰富, 时空分布不均匀

秦岭位居北亚热带与暖温带气流交汇区, 由于地形的阻挡与抬升, 致雨条件优越, 降水丰富。大部区域年降水700~1 000 mm, 北坡平均700 mm左右, 南坡则多在800 mm以上, 为陕西降水最丰沛的地区(图1)。区域内的降水地域差异明显, 西部大于东部, 南坡多于北坡。南北坡年均降水量相差200~400

mm, 东西段年均降水量相差 300 mm 左右。

在垂直方向上,降水一般随高程而增加。海拔 500~1 300 m,年降水量 620~750 mm;海拔 1 300~2 200 m,年降水量 750~1 000 mm。南坡东段和北坡西段降水随高程增加的幅度,分别为 24 mm/100 m 和 31 mm/100 m,南坡西段和北坡东段的降水随高程平面增加的幅度分别为 12 mm/100 m 和 14 mm/100 m(图 2)。据陕西省气象局李兆元研究,南坡最大降水高度为 2 200 m,北坡为 2 300 m。

秦岭山地降水的年际变化较平稳,变差系数 C_v 值基本在 0.20~0.25 之间。但年内分布极不均匀,70%~80%的降水集中于夏秋两季,其中夏季占 35%~52%,秋季 26%~32%。冬春两季的降水量仅占 20%~30%,其中春季占到 20%~29%,冬季占到 0.5%~5.0%。

2.2 多暴雨和连阴雨

秦岭因受西太平洋副热带高压的影响,7月中旬,脊线徘徊于北纬 25°~30°之间,9月份,脊线又退回到北纬 25°以南。在此期间,青藏高原东麓的西北低涡和西南低涡又不断侵袭,加上中低层中小系统的辐合作用,常出现大面积的暴雨和连阴雨。

根据该区降雨资料分析,秦岭暴雨主要出现在 4~10月,7~8月最多,约占全年暴雨总数的 1/2~2/3。因地形影响,区域内形成了宁强、镇巴、紫阳和华山、太白等暴雨中心。南坡水汽补给充分,暴雨及暴雨日较多,北坡则明显减少。汉中地区每年都有暴雨,且来势猛,强度大。一般日降水强度达 80~120 mm,年均暴雨日 3~4.5 d。宁强、紫阳的暴雨日达 10 d 左右。北坡年均暴雨 0.8 次,日雨强超过 100 mm 的暴雨不多,且持续时间比南坡短。

连阴雨主要出现在 8 月及其以后,多持续 12 d 以内,北坡 10 d 左右,南坡 13 d 上下。

3 秦岭山地的径流特征

3.1 秦岭山地径流空间分布

陕西秦岭河流的径流丰富,年径流总量为 226.2 亿 m^3 ,占全陕西省径流总量的 40%以上。区内亦存在差异,最大值为最小值的两倍多。太白山高山区年径流深 600 mm 以上,宝鸡至眉县一带秦岭北坡年径流深为 650~740 mm。丹江和嘉陵江谷地年径流深在 250 mm 以下。其余地带为径流深中值区(图 3)。径流深分布与年平均降雨量的分布规律基本一致,也具有中部和中西部偏多、西部和东部较少的特点。径流模数与径流深的分布规律也与此基本一致。

秦岭山地山体高大,平均海拔 2 000 m 以上,中小河流山溪性特点显著,河槽深切且狭窄,调蓄地表径流的能力差,汛期河水陡涨陡落,流量过程线骤变。

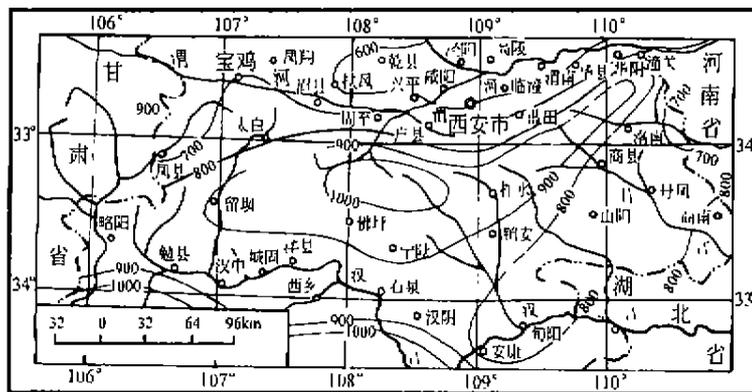


图 1 陕西秦岭山地年降水量分布

Fig. 1 Distribution of Annual Precipitation in Qinling Mountains

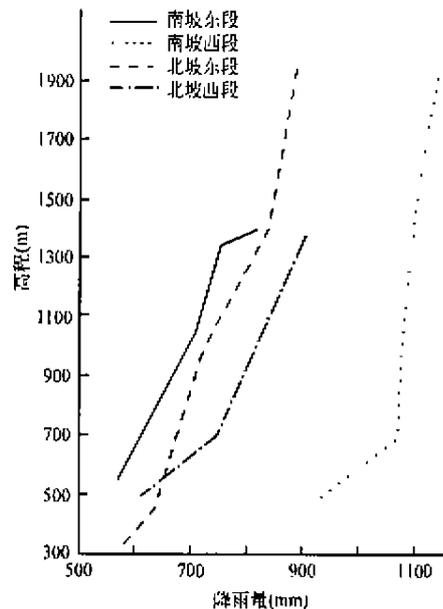


图 2 秦岭山地年降水量随高程变化

Fig. 2 Precipitation Change with Altitude in Qinling

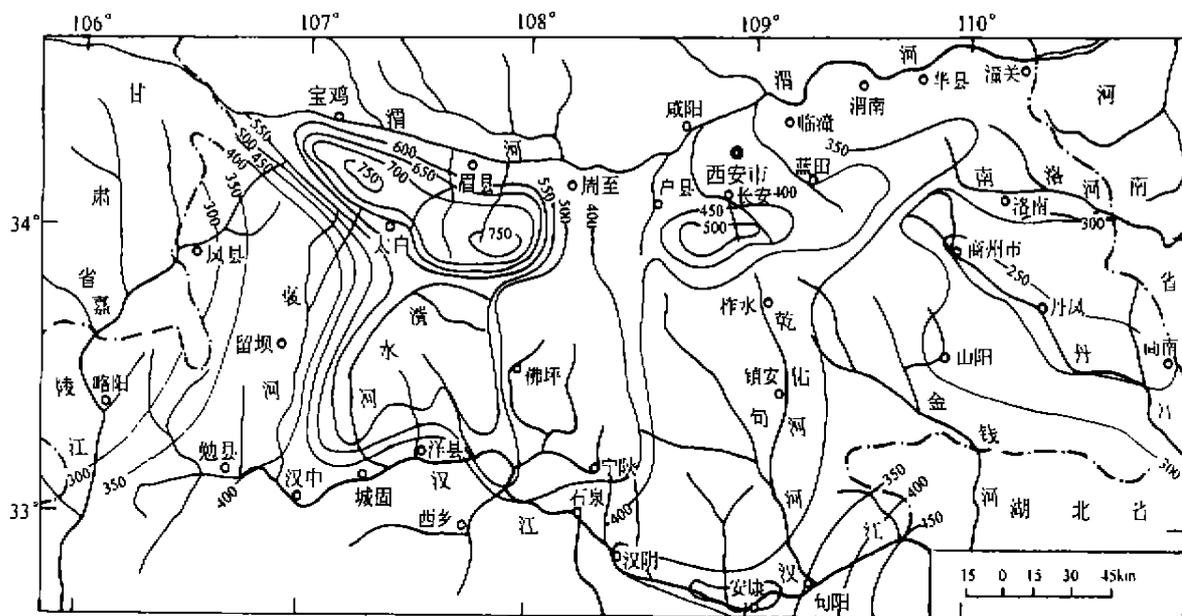


图3 陕西秦岭山地年径流深等值线图

Fig. 3 Runoff Deep Isogram in Qinling Mountains

表1 陕西秦岭主要河流年径流特征

Tab. 1 Runoff Characteristics of Main Rivers in Qinling

河流	测站	集水面积 (km ²)	年均流量 m ³ /s	年均径流 总量(亿 m ³)	平均径流深 (mm)	径流模数 (L/S · km ²)
嘉陵江	略阳	19 206	147.0	46.4	241.6	7.65
褒河	河东店	3 864	46.6	14.7	380.4	12.1
渭水河	升仙村	2 143	38.3	12.1	564.6	17.9
乾右河	青泥湾	1 377	15.0	4.73	352.4	10.9
金钱河	南宽坪	3 936	40.2	12.7	322.7	10.2
丹江	丹凤	2 766	21.4	6.75	244.0	7.74
南洛河	灵口	2 476	25.5	8.06	325.6	10.3
石头河	斜峪关	686	14.2	4.48	653.1	20.7
汤峪	漫湾村	122	2.79	0.88	721.3	22.9
黑河	黑峪口	1 481	21.9	6.91	466.7	14.8
洋峪	秦渡镇	566	9.2	2.90	512.4	16.3
灞河	罗李村	526	6.89	2.17	412.5	13.1
罗敷河	罗敷堡	122	1.32	0.417	341.8	10.8

3.2 秦岭山地地表径流的年内变化

经对秦岭山地各河流量过程线分析,从春季起各河流的径流量开始增加,6月份因大部地区进入雨季径流量继续增加。7月到秋季前半期(即汛期),降雨最多,河川径流量亦最丰富。据计算,各河汛期的径流量一般占年径流量的55%~60%左右。从秋季后半期起,河川径流量普遍减小,冬季仅占年径流量的0.1%~2.5%。大部河流径流量最大月出现在9月,次大月出现在7月,8月各河川径流量均较9,7月为小,形成相应的平水期。

3.3 洪水

洪水常溢漫河槽,酿成洪灾。根据各主要河流历年洪水资料分析,洪水主要出现在6~10月,以7月最多,8,9月次之。暴雨之后或连阴雨期间,各河的洪峰流量或洪水总量常达到较大值或最大值。

从各河流洪水过程线分析,汉江、渭河的洪水持续时间相对较长,汉江一次洪水一般持续10~25d,渭河和嘉陵江5~7d左右。而众多的中小支流,洪水过程线多呈尖瘦型,洪水来势猛烈,具有显著的山溪性河流特点,一次洪水历时几小时,1~2d,3~4d不等。但汛期中,连续性洪水可延至月余。南坡河流

的洪水过程线多呈双峰型,北坡则多为单峰型,且较南坡尖瘦。

4 秦岭山地水文特征对泥石流的影响

泥石流是山区特有的灾异现象,它暴发突然,运动快速,历时短暂,破坏力极强。其发生必须同时具备丰富的固体松散物料、陡峻的地形和充沛的水源等三大基本条件。当物料条件和地形条件同时满足时,水源(体)则成为泥石流的激发因素和动力条件。这里的水源(体),包括降水和径流,它不仅常把山体表层的风化物料运移至沟道中或山谷坡脚,又能使沟坡两岸处于平衡或极限平衡状态的崩塌、坍塌和滑塌(坡)体受到浸润,抗剪力学指标降低,从而导致失衡,继而发生泥石流。

4.1 降雨与泥石流

根据目前所掌握的秦岭山地泥石流资料分析,泥石流主要肇因于每年 7~9 月的暴雨、大暴雨和连阴雨。统计资料表明,该区泥石流发生的频率与暴雨、连阴雨的频率基本一致,但前者比后者的频率为低。汉中地区资料表明,当某地的降雨强度达 200 mm/d 以上时,滑坡、泥石流便大量发生。日降雨强度超过 200 mm 的年份,亦为泥石流的多发年份(表 2)。

表 2 汉中地区日降雨量(≥ 200 mm)与泥石流关系表*

Tab. 2 Relationship Between Dally Precipitation (≥ 200 mm) and Debrisflow in Hanzhong Area

日期	地点	日降雨量(mm)	发生泥石流数(处)
1962-07-17	宁强铁锁关	233.9	21
1965-07-11	镇巴渔渡	345.6	15
1967-07-15	镇巴观音寺	286.7	6
1968-09-02	镇巴气象站	253.3	6
1970-07-17	镇巴三元	290.7	8
1970-07-27	南郑新集	287.8	20
1970-08-05	城固朱砂沟	500.0	73
1981-08-15	宁强毛坝河	227.6	2 860
1984-08-03	留坝气象站	214.9	5
1992-08-01	略阳观音寺纪家沟	300.0	30

* 汉中地区滑坡工作办公室,汉中地区重点滑坡调查报告,1993

1981 年 7 月 24 日~8 月 25 日,陕西秦岭西部出现特大暴雨,7 月份降雨达 268.9 mm,8 月份降雨量为多年平均降雨量的 50%~82%。其中 8 月 13 日~24 日,降雨总量达 557.6 mm,日均降水 30~50 mm。位于暴雨中心的宁强、略阳、凤县、留坝一带,出现 24 h 降雨达 202.8~256.0 mm 的记录,致使大部土体、风化层以及新老滑坡体含水达到饱和或超饱和,因此产生了大面积滑坡和泥石流灾害。

表 3 资料表明,秦岭西部“81.8”中,凡是 8 月份降雨量超过 500 mm 的县份,均发生了重度或较重的泥石流灾害(凤县、太白县例外),其中 8 月 13 日~24 日集中降雨期的雨量占 8 月降雨量 75%以上的县份,基本上都属泥石流的重灾区或较重灾区。当 1 d 最大降雨量超过 100 mm 时,则多激发泥石流发生。

表 3 秦岭西部“81.8”期间泥石流灾害与降雨关系

Tab. 3 Relationship Between Precipitation and Debrisflow Disaster During “81.8”

项 目	凤县	略阳	留坝	太白	宁强	汉中	勉县	南郑
8 月份降雨量(mm)	410.4	689.9	662.6	509.6	672.3	451.6	608.0	503.8
其中:8 月 13 日~ 24 日降水量(mm)	344.1	584.9	561.9	377.6	529.6	357.1	453.1	397.3
占 8 月份%	83.1	84.8	84.8	74.0	78.8	79.1	74.5	78.9
1 d 最大降雨量(mm)	106.3	113.9	115.0	109.2	146.4	81.8	107.1	116.3
泥石流灾情	重	重	较重	较轻	重	较轻	重	较重

根据现场调查与降雨资料分析,泥石流普遍发生的时间,基本上都在 1 h 雨量峰值之后。这表明暴雨型泥石流在前期土体(岩体)含水达到饱和的情况下,其暴发与 1 h 雨强有关,且泥石流的发育程度和分布也与暴雨强度有密切关系。宝成铁路北段(黄牛铺、凤县、略阳)“81.8”中,连续降雨日期、连续降雨

累计量,以及短历时降雨强度等均明显超过其他年份,致大部土体(岩体)处于饱和状态,在一定雨量激发下,即产生泥石流。由于秦岭山地为暴雨多发区,且多暴雨中心,因而也成为泥石流的频发区,其类型基本上属暴雨型泥石流,且主要集中于每年的7~8月份。

泥石流的激发雨量与前期降雨关系密切,一般前期降雨量多,则所需的激发雨量小;前期降雨量少,则所需的激发雨量大。根据已发生的泥石流资料分析,当前7d降雨量累计是超过200mm,日降雨量大于30mm,泥石流暴发的激发雨量为80mm左右。当前4d降雨量超过100mm,日均降雨量大于25mm,泥石流暴发的激发雨量为140mm左右。当前3d降雨量超过200mm,泥石流暴发的激发雨量约60mm左右。宝天铁路段黄土区,只要1h雨量大于32mm,即可激发黄土泥流产生。

4.2 径流与泥石流

径流与泥石流的直接影响主要表现在对沟谷峪道中堆积物的浸润、冲移和搬运,也包括对岸脚的淘刷,致边坡失衡而滑塌等情形。造成泥石流暴发突然,运动快速的原因不仅由于沟底坡陡峻,而且径流也应达到一定的数量级,从而具有足够的潜能推移固体物质。暴雨固然可以直接激发泥石流,而径流的快速产生与汇集也常成为泥石流发生的重要因素。

径流的产生与汇集主要体现在径流系数上。1981年8月秦岭西部发生大面积灾害性泥石流,其主要原因之一就是各流域的径流系数高达0.64~0.97。经推算,“81.8”洪水前,汉江、嘉陵江流域的土(岩)体蓄水能力已达到或超过75%,大部降水转化为地表径流,因而形成了汇流时间短、传播速度快、峰高量大的历史罕见洪水(表4),并发生了大面积的滑坡、泥石流。

表4 汉江、嘉陵江流域“81.8”径流系数与洪峰流量*

Tab. 4 Runoff Factor and Flood Peak Discharge
in Hanjiang River and Jialingjiang River During “81.8”

河名	“81.8”洪水总量(10^9m^3)	径流深(mm)	径流系数	最大洪峰 m^3/s	重现期(年)
玉带河(铁锁关)	2.13	491.9	0.97	1 340	6
沮水(茶店)	7.87	467.6	0.86	3 750	83
汉江(武侯)	15.62	505.2	0.92	5 060	28
褒河(马道)	13.60	398.8	0.82	5 810	300
汉江(汉中)	37.37	400.6	0.79	8 320	50
嘉陵江(茨坝)	6.37	231.5	0.64	4 670	500
嘉陵江(谈家庄)	17.40	260.0	0.76	8 220	—

强大的地表径流,不仅使流域内的土壤侵蚀加剧,径流含沙量猛增,还能加重河谷两侧淘刷,造成山坡失稳下滑或崩塌,为泥石流的发生提供丰富的固体物料。“81.8”期间,许多泥石流就是由于坡脚淘刷发生山体滑塌后转化而成的。于是出现了“三灾”(洪水、滑坡、泥石流)并发的态势。由此可见,泥石流的发生,固然与降雨的历时、雨量、强度等密切相关,而径流汇集、沟谷洪水(洪峰、洪量、历时等)的影响亦十分重要。这一点在研究山地区域泥石流灾害时应予以足够的重视。

表5 “81.8”洪水泥沙统计

Tab. 5 Statistics of Flood and Sediment Content During “81.8”

河名	站名	流域面积 (km^2)	“81.8”输沙总量 (10^8t)	最大日输沙量 (10^4t)	侵蚀模数 (t/km^2)	多年平均输 沙量(10^4t)	多年平均侵蚀 模数 t/km^2
玉带河	铁锁关	433	97.1	35.1	22 425	41.6	956
汉江	武侯	3 092	1 644.4	558.1	5 318.2	268	844
漾家河	元墩	449	46.2	13.5	1 028.9	28.1	625
褒河	汉口	2 510	444.9	188.4	1 778.9	66.0	264
汉江	洋县	14 192	3 196.9	1 036.8	2 252.6	631.0	423
汉江	石泉	23 805	4 359.2	1 054.0	1 831.2	1 380.0	558
汉江	安康	41 439	4 058.4	864.0	979.4	2 680.0	646
嘉陵江	茨坝	2 752	2 203		8 005.0	91.3	269

5 结束语

秦岭山地地理位置特殊,山体高大且沿纬向延绵展布,多发暴雨和连阴雨,地表径流丰沛。河流深切,谷坡陡峻,崩塌、滑坡等重力侵蚀剧烈,沟谷两侧的固体松散物料丰富,致泥石流频繁发生。在泥石流活动中,区域水文特征对其暴发和分布有重要影响。

(1)秦岭山地年降雨的 55%以上集中在 7~9 月,且多以暴雨形式降落,泥石流亦多在此期间暴发,因此,秦岭山地的泥石流基本上属暴雨型。

(2)秦岭山地的泥石流分布暴雨高值区和暴雨中心基本一致,暴雨高值区、暴雨中心亦即泥石流频发区。

(3)泥石流暴发的激发雨量与前期降雨量密切相关。前期降雨量越充分,则泥石流暴发所需的激发降雨量越小,反之亦然。

(4)秦岭山地河流的山溪性特点显著,径流汇集快速,洪水峰高量大,对沟谷两侧冲蚀淘刷严重,常成为泥石流暴发的重要原因之一。

本文承蒙余汉章教授提出修改意见,特示感谢。

参 考 文 献

- 1 刘胤汉. 秦岭水文地理. 西安:陕西人民出版社,1983. 78~120
- 2 余汉章. 陕西水文. 西安:陕西科学技术出版社,1987. 304~316
- 3 蔡祥兴. 宝鸡—略阳铁路沿泥石流成因初步分析. 水土保持通报,1985,1(1):86~89
- 4 李昭淑. 陕西省泥石流灾害近期发展趋势和对策的研究. 陕西保险(特刊),1990,68~76
- 5 陈明荣. 秦岭的气候与农业. 西安:陕西人民出版社,1983. 80~91

责任编辑 徐象平

An Analysis on Hydrologic Characteristics and Its Influence Upon Debrisflow Disaster in Qinling Mountains of Shaanxi

Liu Xingchang

(Department of Urban and Resource, Northwest University, 710069, Xi'an)

Abstract The precipitation and runoff in Qinling Mountains of Shaanxi was plentiful, and landslide, debris flow happened frequently also. Annual rainfall characteristics, rainstorm and rainy weather exerted tremendous influence upon debrisflow. The run happening debrisflow was identical with the period of concentration of rain, and debris flow distribution was closely related with the centers of rainstorm. Rainy weather and rainstorm were the factor which causes debris flow to happen. The confluence of runoff and flood was another important factor causing debrisflow disaster.

Key words Qinling mountains; regional hydrologic characteristics; rainstorm; runoff; debrisflow