

秦岭—黄淮平原交界带河流水沙关系分析^{*}

管 华

(河南大学地理系 开封 475001)

提 要 对秦岭—黄淮平原交界带河流水沙关系及其成因的分析表明,水沙年际变化趋势具有 2 个特征:各站径流过程曲线和输沙过程曲线走势大致相同;各站水沙变化趋势基本一致。年内水沙关系具有 3 个特征:相关曲线呈顺时针绳套关系;上半年内同流量的含沙量 1~4(5)月小于 5(6)月,呈现出逆时针型的相关趋势;5~6 月份月平均径流量明显减少,而月平均含沙量明显增加。

关键词 秦岭—黄淮平原交界带 水沙关系 成因

分类号 《中图法》P322.5

河流水沙关系是反映河流径流量和泥沙含量匹配关系的指标,不同类型水沙关系的河流,有着不同的泥沙沉积特征。研究河流水沙关系,对揭示河流泥沙时空变化规律和来源,分析河流泥沙沉积特征和河道整治措施均有重要作用。秦岭—黄淮平原交界带作为从山地向平原的过渡地带,其河流水沙情势与两侧自然地理系统有较大的差异^[1],这势必影响到河流水沙关系,使之与两侧的山地和平原有不同的表现。

1 河流水沙年际变化趋势

1.1 水沙年际变化的时段划分

秦岭—黄淮平原交界带内各河径流量和输沙量的年际变化较大,其中后者的年际变化较前者更大(表 1)。位于秦岭—黄淮平原交界带西北部的伊洛河黑石关站的最大年径流量与最小年径流量的极值比为 5.73,最大年输沙量与最小年输沙量的极值比为 45.41;位于交界带中部的北汝河紫罗山站的年径流量极值比为 10.30,年输沙量极值比为 70.96;位于交界带南部的溱头河芦庄站的年径流量极值比为 33.08,年输沙量极值比为 442.73。

河流年径流量和年输沙量的过程线波动较大,极不平稳(图 1)。例如,1951~1980 年间黑石关站年平均径流量和年平均输沙量分别为 $34.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $2\,040.0 \times 10^4 \text{ t}$,以它们作水平线,年径流量过程线与均值线相交 8 次,年输沙量过程线与均值线相交 6 次,分别平均每 3.75 年和每 5 年相交 1 次,并且年径流量和年输沙量

表 1 秦岭—黄淮平原交界带代表站极值径流量和输沙量
Table 1 The extreme discharge and sediment hydrography in the joint zone between Qinling and Huanghuai Plain

项 目	黑石关	紫罗山	芦 庄
最大年径流量(10^8 m^3)	95.41(1964)	13.58(1964)	4.40(1975)
最小年径流量(10^8 m^3)	12.30(1972)	1.23(1966)	0.133(1966)
年径流量极值比(%)	7.76	10.96	33.08
最大年输沙量(10^4 t)	10400(1958)	738(1975)	48.7(1965)
最小年输沙量(10^4 t)	229(1972)	10.4(1972)	0.110(1966)
年输沙量极值比(%)	45.41	70.96	442.73

大于、小于均值的年份大致相同。图 1 中点子跳跃于均值线的上下,为非平稳随机过程,据其难以明显地看出年径流量和年输沙量的变化趋势。为了分析二者年际变化的基本规律,特作出年径流量和年输沙量的累积曲线 $\sum Q-t$ 、 $\sum Q_s-t$ 及二者的双累积曲线 $\sum Q-\sum Q_s$ (图略),这些曲线由数条线段所构

^{*}国家自然科学基金资助项目(49070028)。
收稿日期:1998—04—22;改回日期:1998—07—16。
©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

成, 并且它们的分断处基本相同。

河流径流量的年际变化有丰水期、平水期和枯水期之分, 河流输沙量的年际变化有多沙期、平沙期和少沙期之分。

黑石关站的年径流和年输沙过程大致可分为 3 个时期: 第一阶段, 1951~1958 年, 为丰水多沙期, 年平均径流量为 $39.87 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年平均输沙量为 $4\,182.25 \times 10^4 \text{ t}$, 分别是多年平均值的 1.3 倍和 2.1 倍; 第二阶段, 1959~1967 年, 为水平平沙期, 年平均径流量为 $35.38 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年平均输沙量为 $1\,849.44 \times 10^4 \text{ t}$, 若剔除径流量特别大的 1964 年的影响, 年平均径流量为 $27.88 \times 10^8 \text{ m}^3$, 更加接近多年平均值 $30.56 \times 10^8 \text{ m}^3$; 第三阶段, 1968~1980 年, 为枯水少沙期, 年平均年径流量为 $21.49 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年平均输沙量为 $714.31 \times 10^4 \text{ t}$, 分别是多年平均值的 70.3% 和 36.1%。由此可见, 黑石关站的年径流量和年输沙量有逐渐减少的趋势。

紫罗山站年径流量和年输沙量系列较短, 但据其仍可看出水沙年际变化的大概趋势。紫罗山站 1975 年前, 各年的经流量和输沙量变化较大, 但平均状况接近于平均值, 1959~1967 年期间的年平均径流量为 $5.20 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年平均输沙量为 $119.82 \times 10^4 \text{ t}$, 分别是多年平均值 $4\,755 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $80.5 \times 10^4 \text{ t}$ 的 68.6% 和 66.4%。

芦庄站的年径流量和年输沙量变化幅度不大, 在 $0.133 \times 10^8 \text{ m}^3 \sim 4.40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $0.11 \times 10^4 \text{ t} \sim 48.70 \times 10^4 \text{ t}$ 之间, 虽然如此, 仍可分出 3 个阶段: 第一阶段, 1958~1962 年, 为枯水少沙期, 年平均径流量为 $0.87 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年平均输沙量为 $3.49 \times 10^4 \text{ t}$, 分别是多年平均值的 67.7% 和 22.5%; 第二阶段, 1963~1971 年, 为丰水多沙期, 年平均径流量为 $1.41 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年平均输沙量为 $23.79 \times 10^4 \text{ t}$, 前者为多年平均值的 1.10 倍, 后者为多年平均值的 1.53 倍; 第三阶段, 1972~1980 年, 为枯水少沙期, 年平均径流量为 $1.40 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年平均输沙量为 $13.88 \times 10^4 \text{ t}$, 前者是多年平均值的 1.09 倍, 后者占多年平均值的 89.56%。若剔除发生特大暴雨洪

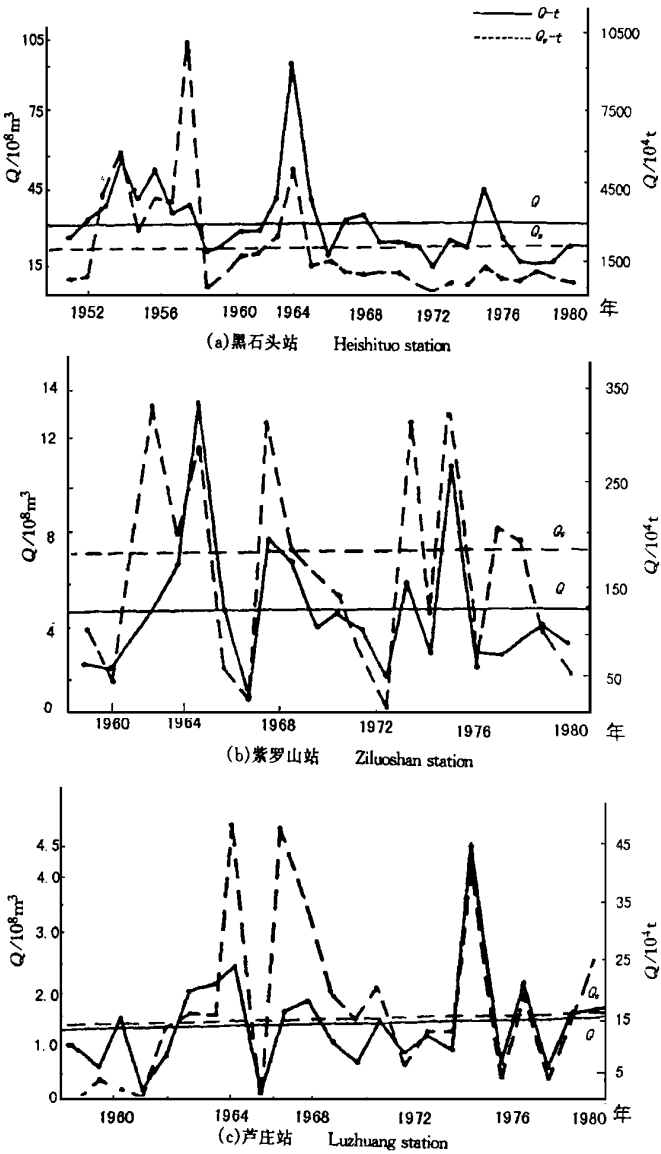


图 1 秦岭—黄淮平原交界带年径流量(Q)和年输沙量(Qs)过程线
Fig. 1 The discharge(Q) and sediment(Qs) hydrography in the joint zone between Qinling Mountains and Huanghuai Plain

水的 1975 年,则年平均径流量为 $1.01 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年平均输沙量为 $10.41 \times 10^4 \text{ t}$, 分别占多年平均值的 88.78%和 72.71%。

1.2 水沙年际变化的特征和成因

由对 3 个站水沙年际变化规律的分析可以看出,秦岭—黄淮平原交界带河流水沙年际变化的突出特征,是水沙变化趋势基本一致。这一特征有两个方面的表现:第一,各站的年径流过程和年输沙过程大致相同。由图 1 可知,黑石关、紫罗山、芦庄 3 站的年轻流过程线和年输沙过程线的趋势十分接近,峰谷出现年份相同。影响河流泥沙量的因素很多,如地表组成物质、降水特征、流域植被状况、河道变化及水土保持措施及其实施情况等,然而决定河流输沙量的主要因素是径流量的多少。相关分析结果表明,年径流量与年输沙量的相关系数黑石关站为 0.61,紫罗山站为 0.71,芦庄站更达 0.91。影响河流径流量的因素也很多,如前期降水量、降水特征、地下水补给条件、水系特征、蒸发量、流域下垫面因素等,然而决定径流量的主要因素当属降水量(图 1 和图 2),3 站年降水量和年径流量的相关系数均 > 0.77 ;第二,各站之间的水沙变化趋势基本一致。由图 1 可知,黑石关、紫罗山、芦庄 3 站的水沙过程线有着相似的周期,皆以 1959 年或 1960 年、1965 年或 1966 年、1972 年为谷现年份,1964 年或 1965 年、1967 年、1975 年为峰现年份,其余年份为过渡时期。因而,3 站水沙年际变化的阶段应有相同的划分方案。各站之间的水沙变化趋势只所以基本一致,其主要原因是秦岭—黄淮平原交界带面积较小,地表形态较为相同,各流域均自西向东倾斜,常处于同一降水系统的控制之下,降水的多年变化规律较为一致(图 2),从而形成了相似的水沙年际变化规律。

2 河流年内水沙关系特征

由黑石关、紫罗山、芦庄 3 站的多年平均月径流量和多年平均月含沙量的相关曲线(图 3,图中数字 1~12 表示月份),可以得出秦岭—黄淮平原交界带内各河年内水沙关系有以下 3 个特征。

2.1 相关曲线呈顺时针绳套关系

由图 3 可知,3 站的多年平均月径流量(Q_m)和多年平均月输沙量(P_m)相关曲线呈顺时针的 S 型绳套曲线,上半年河流含沙量逐月递增,下半年逐月递减,夏季最大,春秋居中,冬季最小;在相同的流量下,上半年河流含沙量大于下半年河流含沙量。7~8 月正值多雨季节,降雨强度和径流量均为全年最大,面状侵蚀和沟状侵蚀均较严重,产沙量大,因此,此两个月的径流量和含沙量相关点子位于绳套曲线的的右上方。冬季(12、1、2 月)降水稀少,地表径流量小,加上土层冻结,因而河流含沙量最小。春秋季节降水、地表径流居中,因而此时的河流含沙量也居于冬季和夏季之间。由于秦岭—黄淮平原交界带秋雨较多,地表土层湿润,春季少雨,地表土层干燥,秋季地表土层抗蚀性较春季大,因而秋季河流含沙量比春季大。上述河流水沙顺时针绳套关系具有普遍性^[2,3]。

2.2 上半年内同流量的含沙量 1~4(5)月小于 5(6)月

在上半年,同流量的含沙量黑石关站是 1~4 月小于 5~6 月,紫罗山站是 1~5 月小于 6 月,只有芦庄站是 1~4 月大于 5~6 月。这是因为虽然 1~4(5)月本区的降水量较小,土层干燥,植物叶面覆盖条

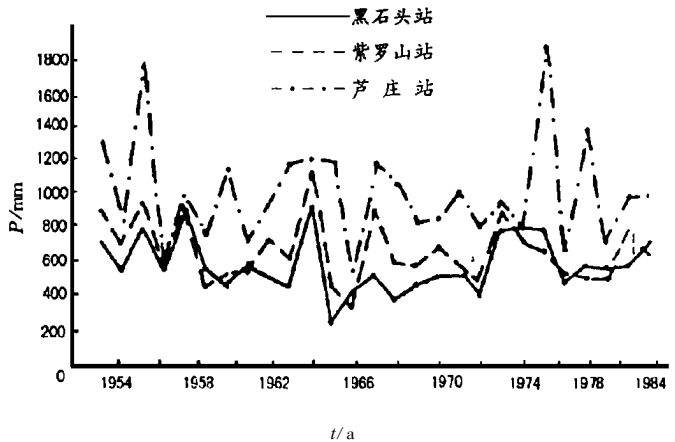


图 2 秦岭—黄淮平原交界带年降水量(P)过程线
Fig 2 The precipitation(P) curve in the joint zone between
Qinling Mountains and Huanghuai Plain

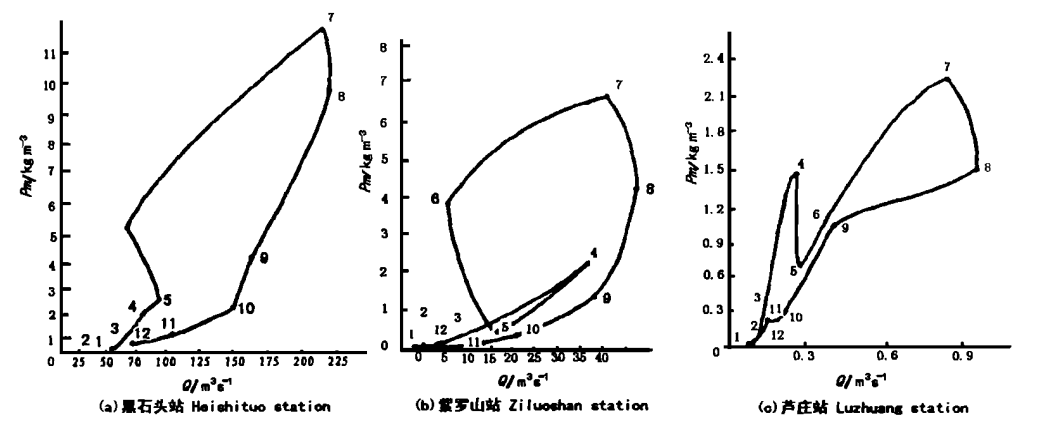


图 3 秦岭—黄淮平原交界带月径流量(Q_m)和月含沙量(P_m)相关曲线

Fig 3 The discharge-sediment correlations (Q_m-p_m) in the joint zone between Qinling Mountains and Huanghui Plain

件较差,有较强的面状侵蚀,但是降水量相对于 5~6 月小得多,径流量也较为贫寡,产沙量不大;而 6 月已进入本地的汛期,降水量和径流量远大于 1~5 月,降水强度也明显增大,有较强的面状侵蚀和沟状侵蚀,产沙量较大。位置较为偏南的芦庄站雨季来的较早,1~4 月仍有较大的降水量和降水强度,土壤侵蚀较为严重,5~6 月土壤湿度明显增大,加之较大的植被覆盖度,土壤侵蚀反而较轻。

2.3 北部和中部 5~6 月份月平均径流量明显减小,而月平均含沙量明显增加

5 月与 6 月相比较,黑石关站和紫罗山站的月平均流量明显地是前者大于后者,而月平均含沙量却是前者远远小于后者。形成这种特征的原因,主要在于 6 月的降水量和降水强度大于 5 月。黑石关站多年平均月降水量 5 月为 42.7 mm,6 月为 58.5 mm;紫罗山站 5 月为 53.1 mm,6 月为 61.7 mm。各年最大短历时暴雨量和最大长历时暴雨量出现次数,6 月份明显多于 5 月(表 2)。因此,6 月的面状侵蚀要强于 5 月。由此而形成的产沙量的差异,使得 6 月的含沙量显著大于 5 月。5~6 月的此种水沙关系特征系多年平均状况,在个别年份如遇特殊情况,则水沙相关曲线就会出现异常的变化。例如,黑石关站和紫罗山站的 1963 年皆是 5 月平均降水量和降水强度大于 6 月的平均降水量和降水强度。从这些特殊年份的水沙关系曲线(图略)可以看出,不仅 5 月的月平均径流量大于 6 月,而且含沙量也大于 6 月,流量和含沙量出现了相同的变化趋势。

表 2 秦岭—黄淮平原交界带不同历大暴雨量出现次数

Table 2 The numbers of maximum storm at different duration in the joint zone between Qinling Mountain and Huanghui Plain

历时	1h	3h	6h	12h	24h	48h	72h	1d	3d	7d	15d	30d
黑石关 5 月份	3	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1
黑石关 6 月份	1	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	7
紫罗山 5 月份	1	1	1	1	1	1	0	3	1	1	1	0
紫罗山 6 月份	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	5	7

参 考 文 献

1 管华. 秦岭—黄淮平原交界带河流水沙迁移变化规律研究、地域研究与开发, 1996, (1): 64~69

2 史运良, 杨戈, 任美镔. 长江中下游的逆时针型水沙关系分析. 地理学报, 1986, 41(2): 157~167

3 任美镔, 史运良. 黄河输沙及其对渤海、黄海沉积作用的影响. 地理科学, 1986, 6(1): 1~12

1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

作者简介 管华, 男, 40 岁, 副教授, 曾在《资源科学》、《水文地质工程地质》和《灾害学》等刊物上发表论文 40 余篇, 主编、参编《自然地理界面理论与实践》等著作 4 部。

ANALYSIS ON RIVERS' DISCHARGE-SEDIMENT CORRELATIONS IN THE JOINT ZONE BETWEEN QINLING MOUNTAINS AND HUANGHUI PLAIN

GUAN Hua

(*Department of Geography, Henan University, Kaifeng 475001*)

Abstract

Rivers' discharge-sediment correlations are the judging indexes of the matching relations of rivers' discharge and sediment. The study of the correlations is significant to light the sources, distributional laws of time and areas and depositional features of rivers' discharge and sediment, and is helpful to make the measurements of realigning rivers. Using the methods of statistics, this paper analyses the features and its causes of formation of rivers' discharge-sediment correlations ($Q_m - P_m$) in the joint zone between Qinling mountains and Huanghui plain. There are tow features about annual variation of discharge and sediment; the trends of the discharge hydrography and sediment hydrography of one river are similar; the trends of discharge and sediment variation of all rivers are similar too. There are three features about annual discharge-sediment correlations; the correlation diagram shows clockwise correlations; in the first semiyear, the silt content under the same discharge at January to April (May) is less than that at May (June) and shows counterclockwise correlations; from May to June, the discharge decreases obviously, but the sediment increases clearly.

Key Words the joint zone beteeen Qinling mountains and Huanghui plain, discharge-sediment correlations, causes of formation.