

# Relationship between Water and Sediment in Historical Floods at Yunjinghong Gauging Station, Lancang River

Xiaorui Song<sup>1</sup>, Kaidao Fu<sup>2\*</sup>, Guoyi Huang<sup>2</sup>, Xinyi Xiang<sup>2</sup>, Peijia Wang<sup>1</sup>, Ting Dong<sup>1</sup>, Hongjun Lu<sup>1</sup>, Liyuan Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of International River and Eco-Security, Yunnan University, Kunming Yunnan

<sup>2</sup>Key Lab of International River and Transboundary Eco-Security of Yunnan Province, Kunming Yunnan

Email: \*kdfu@ynu.edu.cn

Received: Jul. 8<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jul. 24<sup>th</sup>, 2018; published: Aug. 1<sup>st</sup>, 2018

## Abstract

Investigation of historical flooding elements is a key point in hydrological surveys, aiming to explore historical hydrological regime out of the period of hydrological observation and provide data support and scientific basis for the construction and management of water conservancy projects. Based on flood data gauged at Yunjinghong hydrology station, Relationship between water level, discharge and sediment content was detected. Through the analysis and test of correlation, the relationship between water and sediment of the natural river in the flood season in the historical period was restored. Results in this work could be the foundation for recovering the information of historical flood with trace deposits.

## Keywords

Water Level, Discharge, Sediment Content, Correlation, Double Cumulative Curve

# 澜沧江允景洪水文站历史洪水水沙关系研究

宋晓瑞<sup>1</sup>, 傅开道<sup>2\*</sup>, 黄国益<sup>2</sup>, 向昕怡<sup>2</sup>, 王培家<sup>1</sup>, 董 婷<sup>1</sup>, 鲁洪均<sup>1</sup>, 王丽媛<sup>1</sup>

<sup>1</sup>云南大学国际河流与生态安全研究院, 云南 昆明

<sup>2</sup>云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室, 云南 昆明

Email: \*kdfu@ynu.edu.cn

收稿日期: 2018年7月8日; 录用日期: 2018年7月24日; 发布日期: 2018年8月1日

\*通讯作者。

文章引用: 宋晓瑞, 傅开道, 黄国益, 向昕怡, 王培家, 董婷, 鲁洪均, 王丽媛. 澜沧江允景洪水文站历史洪水水沙关系研究[J]. 地理科学研究, 2018, 7(3): 203-213. DOI: 10.12677/gser.2018.73024

## 摘要

历史洪水要素调查是水文调查工作的重点,旨在探寻水文观测期外的历史水文规律,为水利工程建设和管理提供数据支撑和科学依据。本研究以允景洪水文站历史年代汛期水位、流量和含沙量的实测数据为依据,建立关系曲线,通过对相关性的分析和检验,恢复历史时期天然河流汛期水沙关系,为后期通过洪水痕迹沉积物反演历史时期洪水要素奠定基础。

## 关键词

水位, 流量, 含沙量, 相关性, 双累积曲线

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在水文水利计算和设计过程中,常因观测序列不足的限制,遇到设计断面缺乏历史实测数据的情况,这时水文站的水位流量关系需要延长。或通过预报的洪水流量来推求水位,从而达到预报洪水的目的。洪水期作为河流的特殊时期,水位、流量均大于全年平均水平,对汛期水位、流量和含沙量的研究,为恢复无实测数据的河流水情研究提供了依据。

国内外针对水位流量、水沙关系的研究已有很多,方法趋于成熟,但针对实测数据有限的历史洪水研究较少。在20世纪80年代,杨玉荣[1]利用历史洪水调查洪痕和实测水位流量外延的方法恢复调查洪水洪峰流量;随后徐德龙[2]、温维超[3]沿用了该方法;李廷华[4]更是将该方法运用于允景洪水文站,通过洪痕调查、走访和实测的方式,恢复允景洪水文站历史洪峰流量。李万寿[5]等选用20世纪80年间的的数据,对于无实测数据的年份,选择插补延长流量和输沙量,以获取不同时段不同水文站的水沙关系并得出变化规律;邹高禄[6]等通过格兰吉尔因果分析得出对于景洪天然河道段面,来沙系数的大小不一定导致断面淤积增大的结论。李晓刚[7]等对汉江上游白河段万年尺度洪水水文学的重建过程中,运用天然河流的水位-流量关系验证了该河段全新世水文恢复的可靠性;黄春长[8]等通过现代天然河流的含沙量与水位关系恢复了黄河永和关段全新世洪水洪峰流量。谢悦波[9]等针对海河流域黄壁庄河段古洪水的研究中,运用了历史洪水水位-流量关系外延法推求古洪水流量获得可靠依据。但目前的研究大多是将水位流量、水沙关系割裂开的,对于水位与泥沙关系的研究较少,这不利于恢复无实测数据的历史水文信息。水文断面的水位、流量及泥沙含沙量的关系建立,不仅能减轻水文站的工作强度,还为万年尺度上的古水文学或无实测资料河流水文计算提供了帮助。

自20世纪90年代以来,随着澜沧江上水利工程的建设,河流的水位流量、水沙关系都发生了明显的变化,许多学者都将研究重点放在了电站建设对河流水情的影响上,周正道、周安辉、王亿春[10][11][12]等分析了电站建设对澜沧江水位流量、水沙关系的影响,但针对电站建设之前天然河流的研究较少,为此,本文针对澜沧江允景洪水文站1963~1985年汛期的实测数据,运用相关性分析的方法,分析了20世纪90年代以前具有实测数据时期,河流的水位流量、水沙关系,揭示了允景洪水文站天然河流时期水情要素变化的特点,为水文统计和生态环境建设提供依据。

## 2. 研究区域概况

允景洪站(100°47'E, 22°02'N)位于云南省西双版纳州景洪市内,海拔高程 533 m,于 1955 年 6 月设立,是目前澜沧江干流在我国境内的最后一个控制站,也是云南省内控制集水面积最大的测站(集水面积 141,779 平方千米),上游已建有漫湾、小湾、大朝山水电站等工程,断面的水文情势已发生颠覆性变化。该站地处低海拔河谷地区,常年气候温和,属热带和南亚热带湿润季风气候,兼具大陆性气候和海洋性气候的优点,日温差小,静风,基本无霜,一年内仅有干季和湿季之分。年均温 22.5℃,最高温度 41.1℃,历年最大温差 28.6℃,年均日照 1800~2300 h,年均风速 0.5~1.5 m/s,多年平均降雨量 1142 mm,其中 85%以上的雨量集中在 5~10 月。

允景洪测验断面位于景洪大桥上游 320 m,左岸为斜坡沙地,右岸为人工护堤。测验河段顺直长 700 m,上游较窄,且有一弯道控制,下游较宽,2 km 处有一沙洲,对中、高、低水具有较好的控制作用。河床由卵石、细沙组成,断面河床呈“W”型,实测最大水面宽 329 m,历年最大水位变幅 18.83 m,多年平均径流量 546.5 亿立方米,径流深 398.2 mm。允景洪站属一类精度水文站,现设有水位、流量、泥沙、水质、降水、蒸发、水温等七个测验项目,属国际报讯站之一。

## 3. 数据与方法

### 3.1. 数据来源

允景洪站作为天然河流且有实测数据的年份较短(1955~1993),由于历史条件限制,本文选取了 1963~1985 年间 8 年汛期(6~10 月)的实测数据进行分析(分别是 1963, 1968, 1970, 1972, 1974, 1977, 1980, 1985),剔除了 1966 年特殊大洪水年份和缺乏任一水情资料的年份。所选数据包括 8 年汛期的水位、流量、含沙量、过水面积等水情资料。

### 3.2. 分析方法

水文过程线法:水文过程线指的是水文要素随时间的变化过程。水位过程线指的是水位随年份的变化,包括最高水位、最低水位和水位的波动,描述的是水位变化趋势;径流、含沙量过程线同样也是表现二者的年际变化特征。影响曲线变化的主要因素包括人工测量误差、水文整编误差、气象因素等。

相关分析法:包括相关分析与回归分析。相关分析是对两个的数列,用数学方法测定一个反映它们之间变动的联系程度和联系方向的抽象化数值,即相关系数。回归分析是两个或两个以上有联系的数列中,确定一个为因变量数列,其他为自变量数列,为它们配合一定的数学模型,并用统计方法估计模型参数,得出回归方程,作为根据自变量值估计因变量值得依据。直线相关系数计算方式:设  $x$  和  $y$  为两个不分因变量和自变量的对等变量, $n$  代表成对数量值数目,则相关系数为:

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

$r$  值在+1 与-1 之间,其值越接近±1,表示两变量直线相关的程度越高,月接近零,则相关程度越低;正号  $r$  值表示两变量有同增同减的同方向变动关系,反之为—增—减的异方向变动关系。直线回归分析方法:直线回归的一般方程式是  $y = a + bx$ , 式中的  $x$  是自变量,  $y$  是因变量,称  $y$  倚  $x$  回归方程。在方程中,用最小平方法估计参数  $b$  的公式是:

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2)$$

直线斜率  $b$  如为正值，表示两变量有正比变动关系；如为负值，则表明有反比变动关系。在研究水位 - 流量、流量 - 含沙量的关系中，要分析二者之间的关系，就需要进行相关分析，确定水位、流量、含沙量之间是否存在对应关系。影响相关性的主要因素包括数据量的多少和集中程度、洪水的频次和峰值、降水的变率等。

双累积曲线法：双累积曲线是为了分析水文要素变化趋势最简单的方法，是两个变量连续累积值在坐标轴中的曲线。本文将采用了水位 - 流量、流量 - 含沙量双累积曲线，旨在分析其变化趋势。影响曲线变化的因素主要是洪水、降水的变化程度。

误差检验法：数据的选取和曲线的建立都会存在误差，误差会影响数据的可信度和精度，本文主要选用了相关系数检验、标准差、偏离系数和均方误差来检验合理性。

标准差：表示一组数据平均值分散程度的一种度量，通常以  $\sigma_y$  来表示，计算公式为：

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n y - y_1}{n-1}} \tag{3}$$

式中， $\sigma_y$  为含沙量的标准差， $y$  为年含沙量； $y_1$  为多年平均含沙量。

均方误差：

$$s_y = \pm\sqrt{1-r^2} \tag{4}$$

## 4. 结果

### 4.1. 水位流量关系

#### 4.1.1. 影响因素分析

汛期由于来水量大，对河床的冲刷也较严重，河流断面易因冲淤发生变化，因此，分析河流断面的变化是必要的。本文根据允景洪水文站实测水位面积绘制关系线，见图 1。8 年间水位面积关系曲线基本呈单一曲线，说明 60 年代~80 年代断面变化较小，无明显的冲淤变化。再根据计算同水位下过水面积的方法进行证明。由于测站每年实测的日期不一致，数据量也存在差异，故本文仅选取 4~9 m 水位的过水面积来说明冲淤变化，见表 1。以水位 5~6 m 为例，相应过水面积从 1963 年的 1582.5 m 到 1985 年的 1514.5 m，

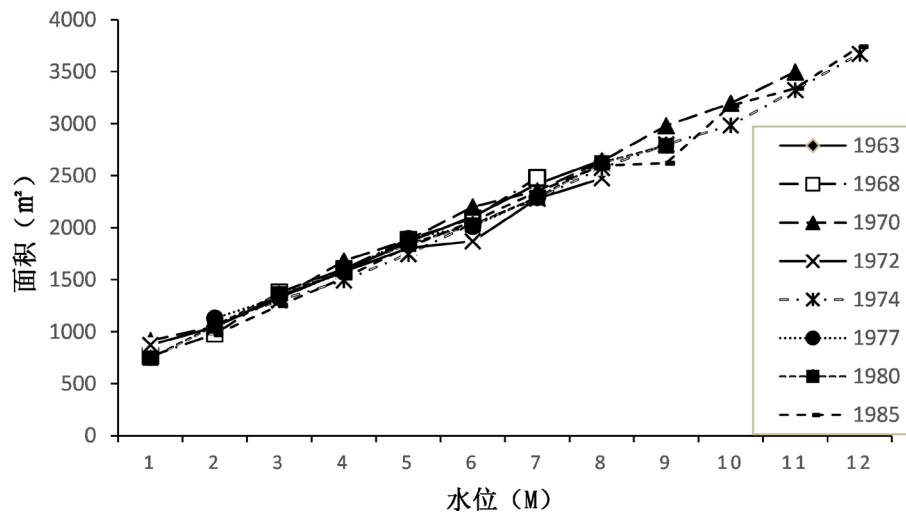


Figure 1. Curve of water level-sectional area of Yunjing Flood Station

图 1. 允景洪水文站水位 - 断面面积关系曲线

变化幅度较小，趋于稳定。

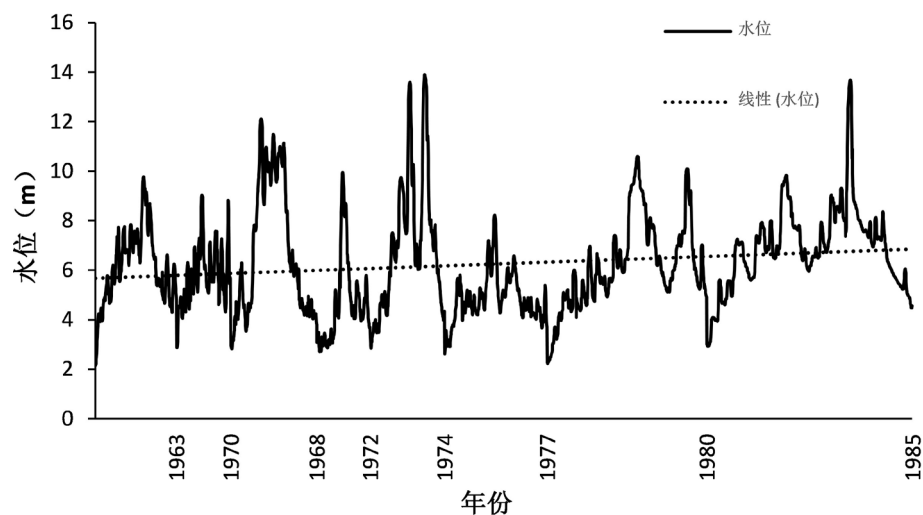
#### 4.1.2. 趋势分析

对于水位 - 流量的变化趋势分析，主要包括水文过程线和双累积曲线。根据 8 年的水位、流量数据分别绘出历年水位、流量过程线，见图 2、图 3，并根据极值比和变差系数(Cv)来反映。由图可知，8 年间水位整体呈上升趋势，平均变化率为 0.12%，汛期水位变幅较大，极大值为 13.9 m，出现在 1974 年，极小值为 2.15 m，出现在 1963 年，极值比为 5.5，变差系数(Cv)为 0.33。根据趋势线分析可得，水位虽有上升趋势，但趋势不明显。流量整体呈上升趋势，但趋势不明显，平均变化率为 0.22%，汛期因单次洪峰造成流量起伏较大，极大值为 10,400 m<sup>3</sup>/s，出现在 1985 年，极小值为 702 m<sup>3</sup>/s，出现在 1963 年，极值比为 13.8，变差系数(Cv)为 0.42。

**Table 1.** Cross-sectional area of each year under different water levels

**表 1.** 不同水位下各年断面面积

水位(m)面积(m <sup>2</sup> )	1963S	1968S	1970S	1972S	1974S	1977S	1980S	1985S
2-3	774	766	915	872			747	
3-4		979	1049	1045.5	1056.6	1130	1054.8	971.3
4-5	1326.3	1378.8	1317.1	1340.8	1301.3	1327.2	1364.2	1250
5-6	1585.5	1604.2	1680	1575	1492.5	1574.6	1601.4	1514.5
6-7	1865.5	1885.7	1882	1803.3	1747.3	1895.7	1843.8	1817.5
7-8	2107.9	2091.6	2200	1870	2038.6	2015	2025	2060.9
8-9	2418.3	2480	2354	2280	2280	2295	2290	2343.9
9-10	2646.7		2640	2475	2574.3		2622.7	2597.7
10-11			2981.8		2800		2790	2620
11-12			3196		2983.3			3175
12-13			3496.6		3322.5			3340
13-14					3671.7			3740



**Figure 2.** Trend of water level over the years

**图 2.** 历年水位变化趋势

### 4.1.3. 水位 - 流量关系分析

水位 - 流量双累积曲线指的是水位、流量累积值在坐标轴上的曲线，表明二者的趋势性变化。从图 4 可以看出，允景洪站双累积曲线呈直线，1972，1970 点据位于相关线以下，1977 位于相关线以上，其余 5 点均分布在相关线上，斜率无明显变化，说明水位流量关系趋于稳定。

根据实测数据点绘水位流量关系曲线，见图 5。可以看出，点群密集呈逆时针绳套曲线，这表明汛期洪水的涨落水与流量。在涨水时，断面流量大于同水位的稳定流量；落水时小于同水位的稳定流量，这一随时间而有规律的变化过程反映在水位流量关系上，曲线呈逆时针绳套曲线。除此之外，由图可以看出，允景洪站水位流量呈现明显的正相关关系，流量越大，水位越高。通过计算得出，60 年代平均水位流量相关系数为 0.982，为极强相关；70 年代平均水位流量相关系数为 0.986，为极强相关；80 年代平均水位流量相关系数为 0.971，为极强相关。80 年代相关性降低，与人类活动密切相关。由于洪水的扰动使得水位流量变幅较大，致使二者的相关性更强。针对相关系数误差的检验，60 年代为 0.15%，70 年代为 0.07%，80 年代为 0.14%，均小于 5%，表明相关系数可靠。

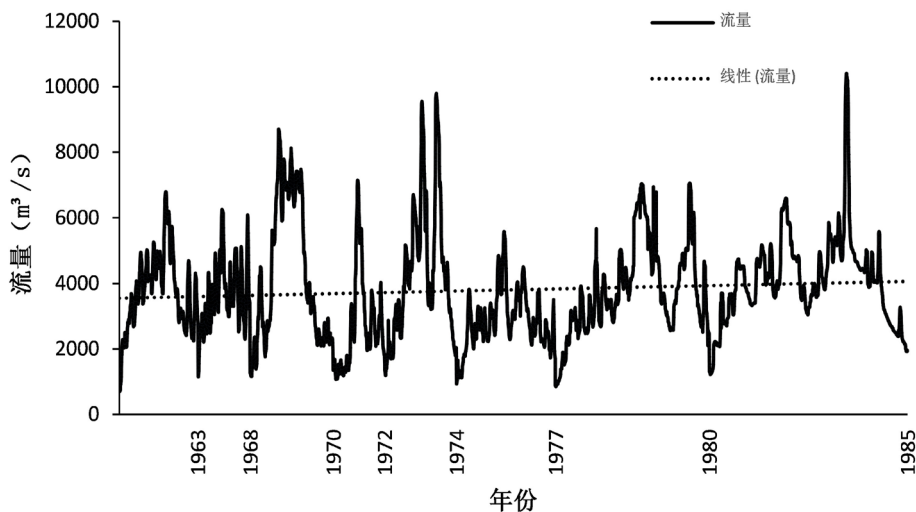


Figure 3. Trend of flow over the years

图 3. 历年流量变化趋势

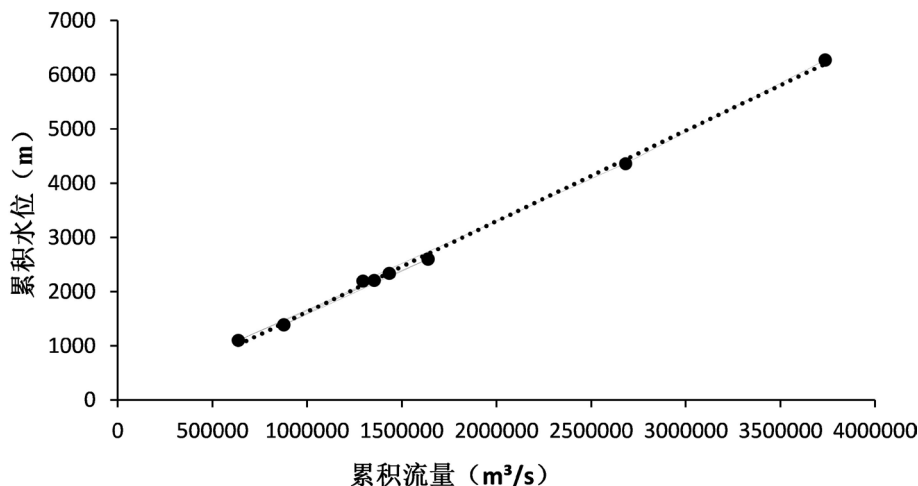


Figure 4. Double-accumulation curve of water level flow

图 4. 水位流量双累积曲线

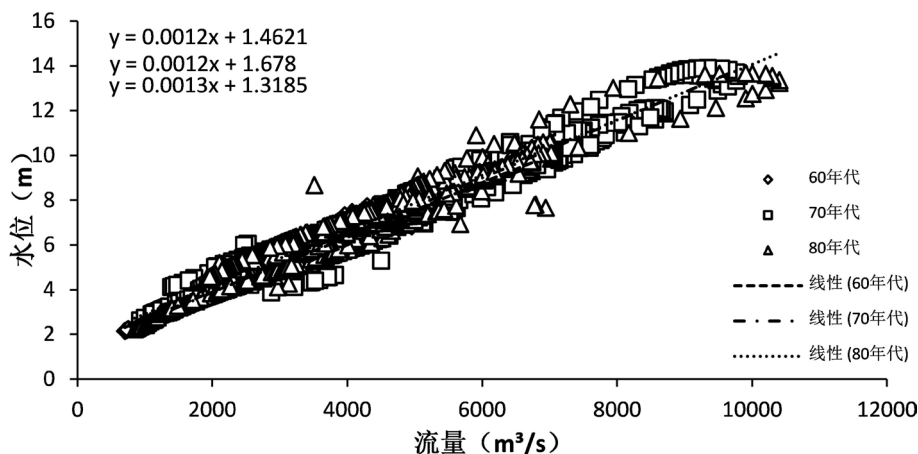


Figure 5. Relationship between water level and flow rate at each stage  
图 5. 各阶段水位流量关系曲线

Table 2. Regression equations of sediment concentration in each period  
表 2. 各时期流量含沙量回归方程

年代	X 流量(m <sup>3</sup> /s), Y 含沙量(kg/m <sup>3</sup> )	R
60	$Y = 0.0005X - 0.1096$	0.707
70	$Y = 0.0004X + 0.1055$	0.765
80	$Y = 0.0005X + 0.3645$	0.646

## 4.2. 流量含沙量关系

水沙关系是反映河流径流与泥沙匹配的关系指标。一般情况下，河流内的水沙关系呈明显的正相关关系，在水沙双累积曲线上标下为直线，若累积水沙关系在长时段中出现了明显的转折，说明水沙发生了趋势性变化。

### 4.2.1. 趋势分析

由图 6 可知，8 年间含沙量整体呈上升趋势，平均变化率为 7.9%，汛期含沙量变幅较大，极大值为 5.9 kg/m<sup>3</sup>，出现在 1985 年，极小值为 0.035 kg/m<sup>3</sup>，出现在 1963 年，极值比为 167.6，变差系数(Cv)为 0.6。根据趋势线分析可得，含沙量整体呈上升趋势。

### 4.2.2. 流量-含沙量关系分析

澜沧江景洪段属季风气候区，特定的气候条件决定了流域的输沙过程主要发生在汛期。根据 1965, 1968, 1970, 1972, 1974, 1978, 1980, 1985 年汛期的流量和含沙量数据，采用数理统计的方法，绘制汛期径流量与含沙量的关系图并进行分析，见图 7。各时期流量与含沙量相关方程见表 2。

由于沙量大部分集中在汛期，汛期沙多水多，所以水沙关系也较稳定。80 年代水沙关系较前两个阶段相关性有所下降，这与人类对自然景观和土地利用方式的改变有密切的关系。允景洪为少数民族聚居的地区，特殊的生产生活方式也会影响水沙关系。

水沙双累积是反映区域水沙系统变化的特征曲线，如果流域水沙特性发生趋势性变化，在累积水沙量关系上将表现出明显的转折，即斜率发生变化，可根据双累积曲线的年份确定下垫面受人类活动发生显著改变的时间点，偏移的程度反映人类活动的剧烈程度。允景洪站 60~80 年代水沙双累积曲线见图 8。

由图 8 可以看出，水沙关系在 1977 年到 1980 年间发生了较明显的变化，1977 年以前的点据集中，

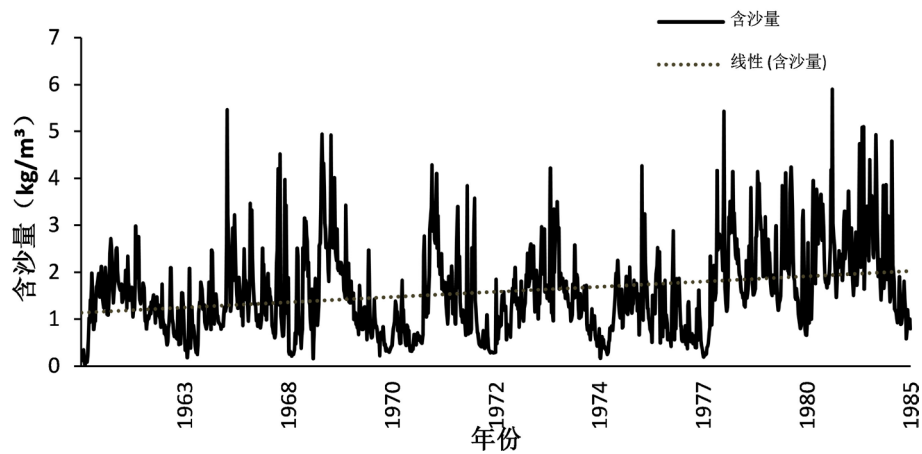


Figure 6. Trend of sediment concentration over the years  
 图 6. 历年含沙量变化趋势

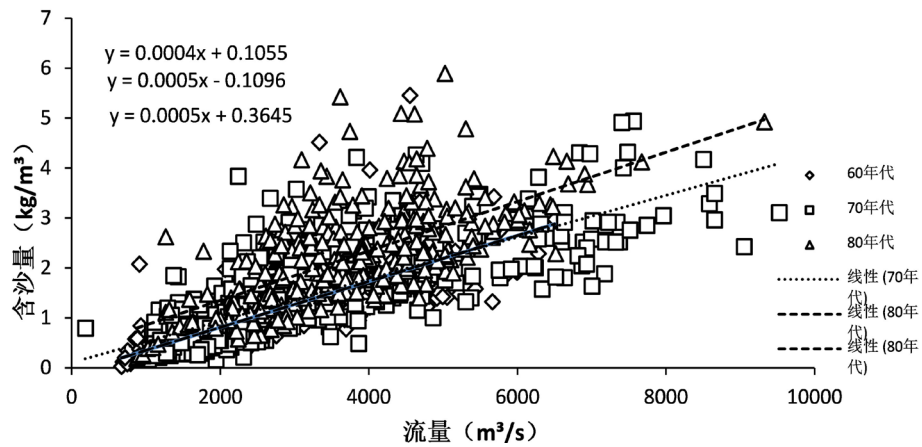


Figure 7. Curve of sediment concentration in runoff at each stage  
 图 7. 各阶段径流量含沙量关系曲线

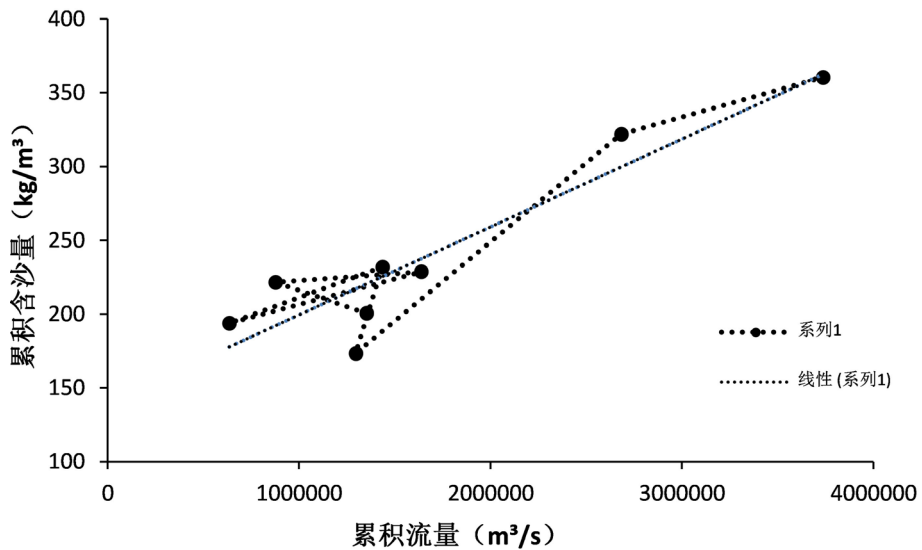


Figure 8. Double accumulated curve of sediment concentration  
 图 8. 流量含沙量双累积曲线



特别是1970年和1974年,说明在此阶段,径流量和含沙量主要受降雨的影响;1968,1972年偏向累积含沙量轴,说明此阶段流量减小,河流含沙量增加,这与植被破坏导致的水土流失有关;1963年1977年偏向累积径流量轴,说明这段时期河流径流量增大,这与洪水频率和强度有关。值得注意的是,1977年到1980年,累积曲线的斜率增大,由偏向累积流量轴逐渐偏向累积含沙量轴,说明这一时期流量和含沙量都发生了显著的变化,河流含沙量逐渐增加的同时流量减少,这与人类活动有关,包括灌溉、植被破坏等。继1980年后含沙量逐渐减少至相关线,这与洪水导致流量增加有关。

#### 4.2.3. 回归线误差

通过绘制的相关图判断允景洪站汛期流量含沙量的关系类型为线性关系,经过数值化处理,得出两者相应的数学表达式,见表2。

回归线的误差主要从离散程度、均方误差2方面考虑。

衡量一组数据平均值的分散程度,通常用标准差来表示。标准差的大小,代表数值与其平均值之间的差异、分散程度。通过分析计算,允景洪水文站60~80年代含沙量标准差分别为0.73,0.86,0.98。数值较小,充分说明系列的数值与其平均值之间的分散程度较小。

允景洪站汛期含沙量的均方误差如下:

60年代:0.52;70年代:0.55;80年代:0.75

允景洪站汛期流量与含沙量两个系列个误差项独立且服从正态分布,把均方误差的概念用于回归方程的误差估算上。在3个不同时期的回归方程的每个点上加上和减去一个均方误差,成为两条分布于线性趋势线上下的两条曲线,见图9。而实测点的误差落于该范围的概率分别为78.1%,79.9%,74.9%。大误差出现的可能性较小,且具有较高精度。

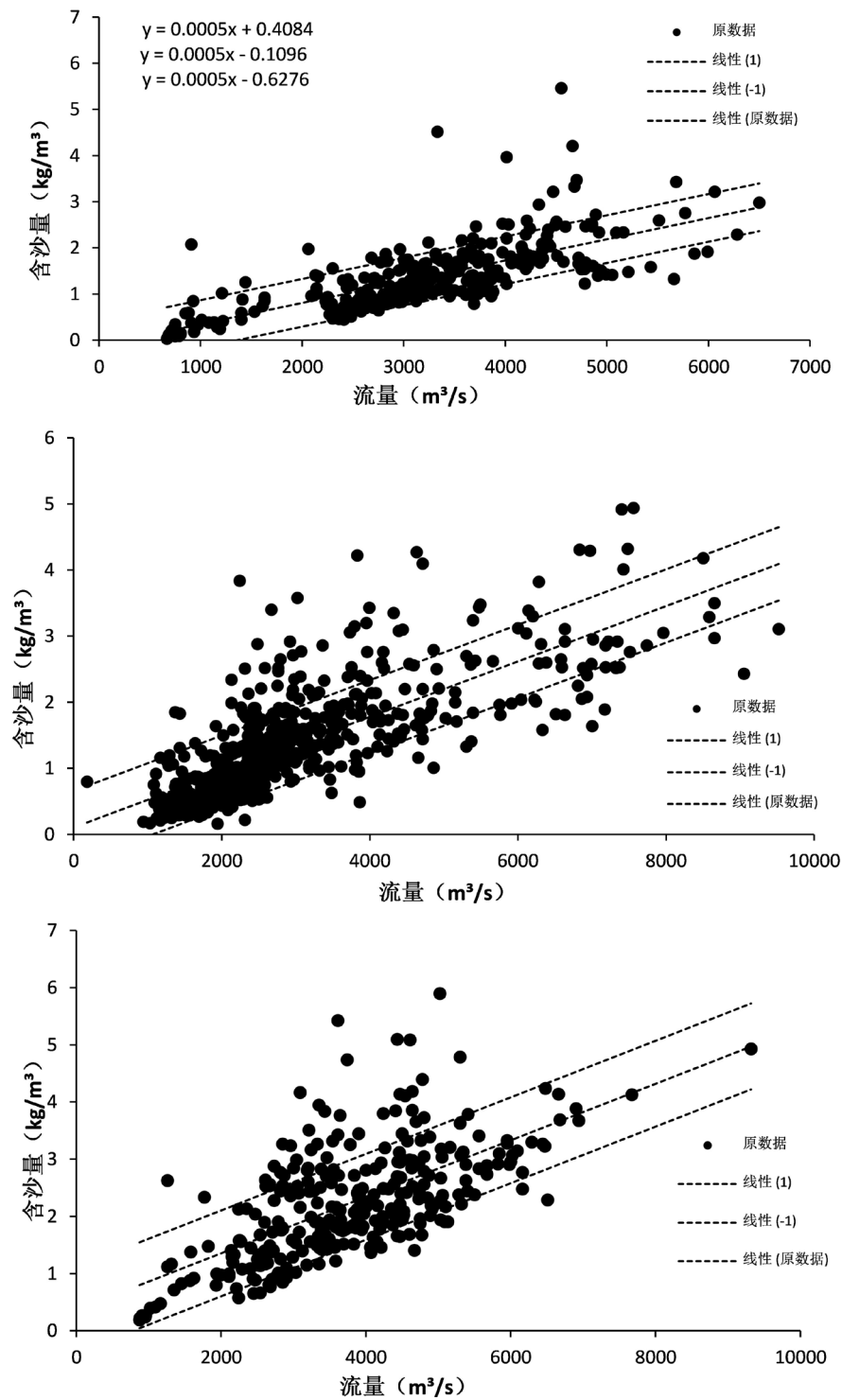
## 5. 讨论

河川水位、径流和泥沙是流域重要的水文特性,在水文预报、工程设计、河流形态和生态环境等方面具有重要的意义。在电站建成之前,澜沧江水文实测数据较少,特别是在允景洪水文站成立之前(1955年),实测数据的获取较困难,而汛期作为水情变化较大的时期,对于该时期水情要素变化的研究,对于水情要素的延长和变化过程的研究具有重要意义。除此之外,水文站对于流量和含沙量的观测较困难,特别是时间变化过程,建立水位-流量、流量-含沙量的关系,可以直观的通过水位观测获取流量和含沙量数据,有助于提高水文站的工作效率。

国内对于水位流量的研究主要集中在长江中下游、黄河、渭河等历史实测数据连续且丰富的地区,多以全年的实测数据为基础,点绘水位-流量关系。长系列的实测资料还可以分析气候变化对于流量变化的影响,阐述气候与水文因素之间的关系。水沙关系的研究中,大部分学者着重于流量、输沙量二者的年内和年际变化趋势和关系。

本文选取了澜沧江允景洪水文站60~80年代8年的水位、流量、断面、含沙量数据进行分析。分析主要分为两大块,即水位-流量关系和流量-含沙量关系。就水位-流量关系,点绘的水位流量曲线呈现明显的逆时针绳套曲线,正好说明汛期的水位流量关系受洪水涨落影响明显;对二者进行相关性分析发现呈极显著相关,特别是汛期致使水位流量的相关性更强。而通过双累积曲线可以看出,水位流量变化幅度不大,基本稳定。说明相关性分析结果可信度高。流量-含沙量关系的分析,用同样的相关性进行分析,结果显示相关性结果较理想,呈显著相关,对于曲线误差的分析,引入了均方误差,结果显示曲线较高的精度和可信度。

本文的创新点在于首次将水位、流量、含沙量的历史数据运用于澜沧江流域,且以汛期(6~10月)为研究时段,弥补了澜沧江流域历史水情要素的空白,且选择含沙量代替输沙量分析水沙关系,为历史洪



**Figure 9.** Relationship between runoff and sediment concentration in the 60~80 years  
**图 9.** 含外包线 60~80 年代径流量含沙量关系

水和古洪水的研究提供便利。但本文不足的地方在于实测数据选择的年份较少。接下来需要改进的地方，如水位 - 流量关系曲线呈逆时针绳套曲线可以考虑对洪水涨落率进行改正，并对曲线进行检验，继续提高曲线的精度；对于水位、流量、含沙量的趋势分析，可以引入 Mann-Kendall 秩次相关检验法。今后可

以继续延长水位-流量, 流量-含沙量关系的时间序列, 从而获得不同尺度上的水沙的变化。

## 6. 结论

本文选取了澜沧江允景洪站汛期水位、径流量、含沙量 8 年的数据, 运用相关性分析了水位 - 流量、径流量 - 含沙量的关系, 得出以下结论:

允景洪水文站 60~80 年代水位与过水断面面积呈单一直线, 表明该阶段允景洪站断面稳定, 冲淤保持平衡, 排除断面变化对水位流量关系的影响。但汛期允景洪水文站水位流量关系主要受洪水涨落的影响, 使得水位流量曲线呈逆时针绳套曲线, 二者也表现出了极强的正相关关系, 即流量越大, 水位越高。通过趋势分析, 水位、流量整体呈上升趋势; 水位流量双累积曲线呈直线分布, 斜率无明显变化, 说明水位流量关系稳定。

由于汛期水量增大, 带来大量泥沙, 使得水沙关系较枯水期或全年都较稳定。允景洪水文站汛期径流量与含沙量呈显著的正相关关系; 所有点据落于外包线范围内的概率大于 70%, 即大误差出现的可能性较小, 有较高的精度。但人类对自然景观的改变和土地利用方式的变化改变了植被覆盖, 影响水沙关系变化。

在实际的运用中, 通过水位 - 流量, 流量 - 含沙量的关系, 不仅能减轻水文站的观测难度, 还能为古洪水或无实测资料的历史洪水研究提供帮助。通过水位流量关系的外延, 可以恢复水文站附近古洪水的水位和流量; 验证古洪水研究中方法的可靠性; 通过水位含沙量的关系恢复古洪水洪峰流量等便利。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(41571032, 41561144012)。

## 参考文献

- [1] 杨玉荣. 宜昌站水文资料的推算和特性分析[J]. 人民长江, 1989(11): 38-44.
- [2] 徐德龙, 荣风聪. 大宁河巫溪站历史洪水分析研究[J]. 水利水电快报, 1999(2): 28-29.
- [3] 温维超. 大华电站水位流量关系的确定[J]. 云南水力发电, 2002, 18(s1): 25-26.
- [4] 李廷华. 景洪水电站历史洪水分析[J]. 云南水力发电, 2001, 17(1): 25-27.
- [5] 李万寿, 高小平, 孙胜利. 青海省境内黄河干流水沙量变化历史分析[J]. 水土保持通报, 2001, 21(2): 18-22.
- [6] 邹高禄, 罗怀良. 澜沧江河道冲淤变化与来沙系数的格兰吉尔因果分析[J]. 地理科学, 2004, 24(6): 698-703.
- [7] 李晓刚, 黄春长, 庞奖励, 等. 汉江上游白河段万年尺度洪水水文学研究[J]. 地理科学, 2012, 32(8): 971-978.
- [8] 黄春长, 李晓刚, 庞奖励, 等. 黄河永和关段全新世古洪水研究[J]. 地理学报, 2012, 67(11): 1493-1504.
- [9] 詹道江, 谢悦波. 古洪水研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [10] 周正道, 李云霞. 功果桥站水位-流量关系分析[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2012, 15(1): 107-110.
- [11] 周安辉. 澜沧江近 20 年泥沙变化特性分析[J]. 人民长江, 2012(s1): 114-115.
- [12] 王亿春, 胡云萍. 浅析澜沧江上游水利工程对景洪水文站水文要素的影响[C]//云南省水利学会. 2014 年度学术交流论文集: 2014 年卷. 城市: 出版社, 2014.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2168-5762，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[gser@hanspub.org](mailto:gser@hanspub.org)