

\*\*\*\*\*  
综合  
治  
理  
\*\*\*\*\*

# 金沙江流域输沙特性分析

潘 久 根

(四川联合大学·成都市·610065)

**摘 要** 金沙江是长江上游河流泥沙的主要来源。通过对金沙江流域主要控制水文站径流泥沙资料的统计分析,论述了金沙江河流泥沙的来源和沿程分配、输沙量的年内分配和年际变化、径流量和输沙量的关系,以及泥沙形成的原因。为研究金沙江流域的水土流失和泥沙输移规律,合理地开发和利用其水土资源提供了科学依据。

**关键词:** 金沙江 流域 输沙特性

## Study on Sediment Transport Characteristics in Jinsha River Basin

*Pan Jiugen*

(Sichuan United University, Chengdu 610065, PRC)

**Abstract** Jinsha river is a main sediment source in the upper reaches of the Yangzi river. Through statistical analysis to water and sediment data of major hydrological control station in Jinsha river basin, the sediment transport characteristics of the basin which include sediment sources and distribution, annual variation and annual distribution of sediment discharge, the relationship between runoff and sediment discharge, and the genesis of sediment are discussed. It provides a scientific basis for the rule of soil erosion and sediment transportation researching, and soil and water resources reasonable developing and utilizing in Jinsha river basin.

**Keywords:** Jinsha river; basin; Sediment transport characteristics

长江干流上游自青海玉树至四川宜宾称金沙江,流经青、藏、川、滇四省区,全长 2 290km。流域面积 50 万 km<sup>2</sup>,恰为三峡水库集水面积的一半。河口(宜宾)多年平均流量 4 920m<sup>3</sup>/s,年径流量 1 550 亿 m<sup>3</sup>,是黄河的 3 倍,水量充沛且稳定。河道落差大而集中,干流落差达 3 280m,可开发水能 7 512 万 kW。水能条件之优越为世界所少有。规划中在干流上拟建的 500~1 500 万 kW 级装机容量的巨型电站就有向家坝、溪落渡、白鹤滩、虎跳峡等。加上支流雅砻江的水能资源,全流域水电可开发容量占全国的 1/4 左右,是我国拟开发建设的最大水电基地。目前正建的规模仅次于三峡电站装机容量 330 万 kW 的二滩电站就位于金沙江的最大支流——雅砻

江上。但是,金沙江却又是长江上游泥沙最多的河流,是三峡水库入库泥沙的主要来源。研究金沙江流域的泥沙输移特性和水土保持,是该流域水电资源开发中的重要问题,对于减少三峡水库入库泥沙、充分发挥三峡电站效益十分重要。

## 1 来沙的沿程变化及地区分布

金沙江干流及主要支流(集水面积大于 5 000km<sup>2</sup>)控制水文站分布示意图见图 1。根据实测水文资料,分析计算得各站历年同步系列的径流量和悬移质输沙量特征值成果表如附表。

从附表可以看出,金沙江上游(雅砻江汇口以上)地区来沙量较少。干流渡口站集水面积占全流域面积的 56.9%;多年平均径流量占全流域的 35.5%;其多年平均悬移质输沙量仅为全流域的 16.8%。干流上各站的多年平均含沙量均在 1.00kg/m<sup>3</sup> 以下。多年平均输沙模数从最上游直门达站的 70.5t/(km<sup>2</sup>·a)依次渐增至渡口站的 151t/(km<sup>2</sup>·a),均小于 200t/(km<sup>2</sup>·a)包括金沙江最大支流雅砻江在内,金沙江上游地区集水面积为 414 501km<sup>2</sup>,占流域面积的 82.9%;多年平均径流量为 1 110 亿 m<sup>3</sup>,占全流域的 73.3%;其多年平均悬移质输沙量为 8 070 万 t,占全流域的 31.5%。

平均含沙量为 0.724kg/m<sup>3</sup>。平均输沙模数为 195t/(km<sup>2</sup>·a)。该区内除支流雅砻江、安宁河下游和干流河谷地区为沟蚀、重力侵蚀的强度流失区,是金沙江上游泥沙的主要来源,其余绝大部分地区由于自然植被较好,有茂密的原始森林和广阔的天然牧场,人烟稀少,人类活动影响不大,水土流失较少。输沙模数远小于长江上游地区的平均输沙模数。

附表 金沙江干流及主要支流控制站径流量、悬移质泥沙特征值统计表

序号	河名	站名	集水面积		多年平均径流量		多年平均输沙量		多年平均含沙量	多年平均输沙模数
			(km <sup>2</sup> )	占流域%	(亿 m <sup>3</sup> )	占流域%	(10 <sup>4</sup> t)	占流域%	(kg/m <sup>3</sup> )	t/(km <sup>2</sup> ·a)
1	金沙江	直门达	137 704	27.5	124	8.16	971	3.79	0.783	70.5
2	金沙江	巴塘	187 873	37.5	272	17.9	1 450	5.66	0.533	77.2
3	金沙江	石鼓	232 651	46.5	413	27.2	2 180	8.52	0.528	93.7
4	金沙江	渡口	284 540	56.9	539	35.5	4 290	16.8	0.796	151
5	雅砻江	小得石	118 924	24.4	503	33.1	2 810	11.0	0.559	236
6	安宁河	湾滩	11 037	20.8	72.3	4.76	973	3.80	1.35	822
7	龙川江	小黄瓜园	5 560	1.11	8.20	0.54	435	1.70	5.30	782
8	金沙江	龙街	423 202	84.7	1 180	77.6	9 560	37.3	0.810	226
9	金沙江	巧家	450 696	90.2	1 230	80.9	16 600	64.8	1.35	368
10	牛栏江	大沙店	10 870	2.17	38.2	2.51	1 170	4.57	3.06	1 080
11	金沙江	屏山	485 099	97.0	1 430	94.1	24 400	94.2	1.71	503
12	横江	横江	14 781	2.96	89.6	5.88	1 280	5.00	1.43	866

金沙江下游(雅砻江汇口以下)集水面积 85 379km<sup>2</sup>,占全流域面积的 17.1%;多年平均径流量为 405 亿 m<sup>3</sup>,占流域总径流量的 26.6%;多年平均悬移质输沙量计 17 600 万 t,占流域总输沙量的 68.5%。平均含沙量 4.33kg/m<sup>3</sup>,为上游地区的 6 倍。平均输沙模数计

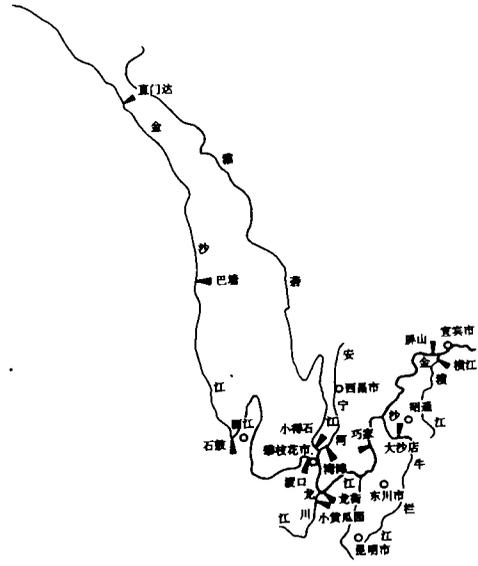


图 1 金沙江流域控制站示意图

2 060t/(km<sup>2</sup>·a),约为上游区的11倍,远大于长江上游地区的平均输沙模数。可见,金沙江的泥沙主要是产生在下游区,并主要来自渡口、雅砻江汇口至屏山的干流区间。下游较大支流如龙川江、牛栏江和横江流域的输沙模数均在1 000t/(km<sup>2</sup>·a)左右,属中度水土流失区。扣除这些支流流域,干流区间(包括众多小支流)集水面积为54 168km<sup>2</sup>,仅占全流域面积的10.8%;多年平均径流量为269亿m<sup>3</sup>,占流域的17.7%;多年平均输沙量为14 700万t,竟占了全流域的57.0%。多年平均含沙量计5.46kg/m<sup>3</sup>。多年平均输沙模数达2 710t/(km<sup>2</sup>·a),其中干流河谷地区的输沙模数在3 000t/(km<sup>2</sup>·a)以上,是长江上游水土流失最严重的地区。

## 2 来沙量在时间上的变化

### 2.1 年际变化

根据金沙江干流出口控制站屏山站的历年径流量、输沙量过程线图(图2)显示,历年输沙量的变化与径流量的变化过程相似,并呈不规则周期变化。该站多年平均径流量为1 430亿m<sup>3</sup>,占长江上游(宜昌以上)的32.5%;最大年径流量发生于1965年,其值为1 940亿m<sup>3</sup>,占长江上游该年径流量的44.1%;最小年径流量发生于1959年,其值为1 160亿m<sup>3</sup>。最大、最小年径流量之比为1.67。历年径流量系列的变差系数 $C_v=0.16$ 。径流量的年际变化小,水量比较稳定,这是金沙江水能资源开发的有利条件之一。金沙江的输沙量年际变化比径流量大。屏山站多年平均悬移质输沙量为24 400万t,占长江上游(宜昌以上)多年平均输沙量53 000万t的48.7%。历年最大年输沙量发生于1974年,其值为50 100万t,为长江上游该年输沙量的77.2%。是年,金沙江(屏山+横江)的年输沙量达54 300万t,比宜昌站多年平均输沙量53 000万t还大。历年最小输沙量发生于1975年,其值为12 600万t。最大、最小年输沙量之比为3.987。历年输沙量系列的变差系数 $C_v=0.34$ 。

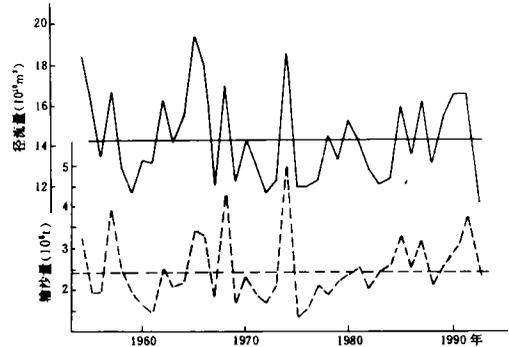


图2 屏山站径流量悬移质输沙量过程线

### 2.2 年内变化

分析代表站屏山站多年平均月、年径流量、输沙量资料,绘制其多年平均流量及输沙量年内分配如图3。该站历年汛期(6~10月)的平均径流量占年径流量的74.9%。其中7~9月经流量占年径流量的53.9%,8月经流量最大,占年径流量的19.0%。输沙量的年内分配更不均匀。历年汛期(6~10月)的平均输沙量占年输沙量的95.4%,其中7~9月的输沙量即占全年输沙量的76.8%,7、8月输沙量最大,均占27.9%。1974年大沙年,汛期来沙占全年的97.0%,7~9月即占全年输沙量的83.3%。

## 3 水沙关系分析

对于确定流域而言,降雨、径流是影响来沙变化的主要因素。图2已经显示,屏山站历年的水沙变化过程基本相应。进一步对该站历年的水沙资料进行回归分析表明,年径流量与年输沙

量的关系更为密切。点绘其关系图见图 4,其相关系数  $r = 0.81$ ,关系点据比较集中。

将屏山站历年(1954~1992 年)的径流量、输沙量分别累加,然后点绘逐年累积径流量——输沙量关系图(图 5)。其关系基本为一直线。但从图中可以看出,1982 年以后的关系点据的分布趋势有转折变化。若将 1983~1992 年 10 年平均年径流量和平均年输沙量与 1954~1982 年 29 年的相应值比较,前 29 年的平均流量为 1 430 亿  $m^3$ ,平均年输沙量为 23 800 万 t。后 10 年的平均年径流量为 1 420 亿  $m^3$ ,平均年输沙量为 26 800 万 t。两时段平均年径流量相近,而 1983~1992 年 10 年中平均增加年输沙量 3 000 万 t,平均含沙量由 1.66 $kg/m^3$  增至 1.89 $kg/m^3$ 。这表明 1982 年以后从金沙江进入长江的泥沙比以前还有所增加,从客观上反映了金沙江流域的水土流失有系统增加的迹象。

### 4 泥沙成因浅析

金沙江的泥沙主要来自下游干流区间,主要受以下因素的影响。

#### 4.1 气候因素

金沙江下游干流区间属大陆性亚热带气候。因大气环流和地形条件的制约,冬春季节受干燥而强劲的西风气候的影响,夏秋季节,为潮湿而多雨的西南季风所控制,干湿季分明。干季(11~4 月)多晴天、风速大、蒸发强、湿度小;雨季雨量充沛、降水集中。在地形条件下,垂直气候明显,常形成一种控制面积小、历时短、强度大的局部性暴雨。地区内气候的另一影响因素是气温的时空变化大,高山寒冷,最低温度低至  $-25^{\circ}C$ ;河谷地区干燥炎热,

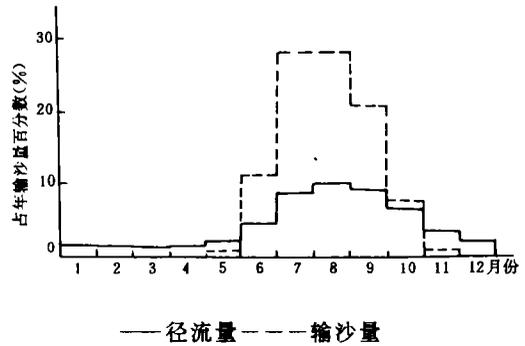


图 3 屏山站多年平均径流量、输沙量年内分配

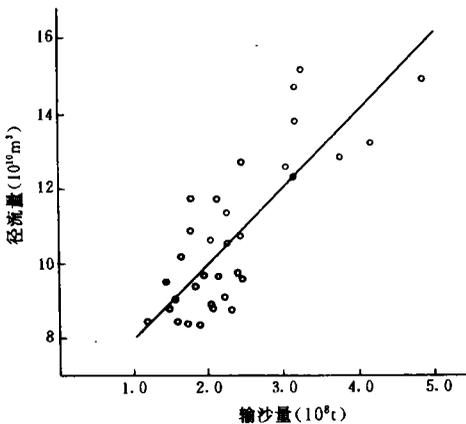


图 4 屏山站汛期(6~10 月)径流量——输沙量关系

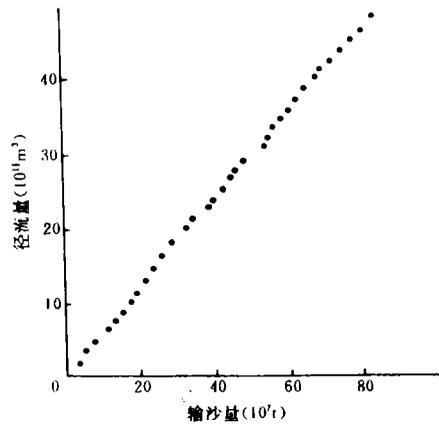


图 5 屏山站累积年径流量——输沙量关系

最高温度可达 $45^{\circ}\text{C}$ 。同一高程,气温的日变差可达 $15^{\circ}\text{C}$ 。温湿的强烈变化,又激发了地表的风化剥蚀作用,加速了松散碎屑物质的积累过程。

#### 4.2 地貌、地质和地震作用

该区域在地貌上多处于西部高原向东部丘陵山地的过渡地带。地面切割强烈,山高谷深,河流两岸地形陡峭,河道坡度大。受重力作用,地表径流引起强烈的片蚀和细沟侵蚀,河流形成下切和溯源。区内地质构造和地层复杂,断裂构造发育。在强烈、频繁的地震作用下,破坏山体稳定,使岩层变得更加松散、破碎,节理、裂隙更加发育,塌方、滑坡、泥石流等不良地质现象频频发生。大量固体物质堆积于坡脚、沟道和沟口,为河流泥沙提供了来源。区内东川小江地区就是国内外闻名的泥石流高发区。

#### 4.3 人类活动影响

该地区人口稠密,人均耕地少,人类活动频繁。不适宜的经济活动,如滥垦、滥伐、滥牧,使生态环境受到严重破坏。不合理的工程设计施工、开采、爆破等破坏了地表的均衡结构。山地环境恶变,加剧了本地区的水土流失。东川小江地区严重泥石流的形成,除受特定的地质构造等条件影响外,与东川铜矿的开采也有关系。历代掠夺式的砍伐树木烧炭炼铜,致使森林砍伐殆尽,变成一片荒山秃岭。加上开矿弃碴,水土流失和人类不合理的社会经济活动,导致了泥石流的发展过程。

金沙江下游干流区间是长江上游水土保持重点防治区之一,水土保持工作正在开展,通过综合治理,土壤流失面积将得到控制,地面侵蚀量减少。由于影响金沙江流域河流泥沙变化的主要因素是气候和地质地貌等条件,短时间不可能变化。因此,今后一段时期金沙江干流的河流泥沙还不会有显著的变化。泥沙问题仍将是金沙江流域水利水电工程建设中需要研究和解决的重要问题。

#### 参 考 文 献

- 1 刘毅,张平.长江上游重点产沙区地表侵蚀及河流泥沙特性.水文,1991,(3)
- 2 余剑如,史立人,冯明汉,李仁华.长江上游的地面侵蚀与河流泥沙.水土保持通报,1991,(1)
- 3 李崇准,辜胜阻.长江上游水土流失特点及防治对策探讨.水土保持通报,1992,(3)
- 4 杨意诚.三峡水库来水来沙条件的分析研究综述.水文,1995,(1)