

林承坤 著

长江三峡与葛洲坝的泥沙及环境

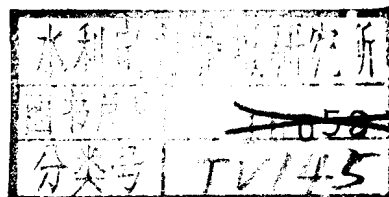


长江三峡与葛洲坝 的泥沙及环境

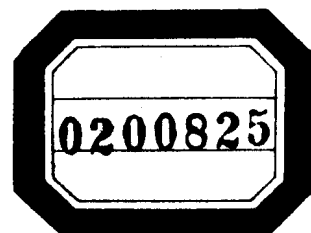
国家自然科学基金资助项目

1825

南京大学出版社



长江三峡与葛洲坝的 泥沙及环境



SEDIMENT AND ENVIRONMENT IN THREE GORGES
AND GEZHOUBA OF THE YANGTZE RIVER



006386 水利部信息所

林承坤 著

国家自然科学基金资助项目

南京大学出版社

1989·南京

每

2W50/18

长江三峡与葛洲坝的泥沙及环境

林承坤 著

•
南京大学出版社出版

(南京大学校内)

江苏省新华书店发行 江苏省阜宁县印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 8 字数: 198千

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数: 1—2000

•
ISBN 7-305-00399-9

K·46 定价: 5.50

前 言

本书是国家自然科学基金资助项目——“长江上游泥沙与三峡水库沉积”——的研究成果。内容包括长江三峡的泥沙与自然环境两个部分，前者重点是研究推移质泥沙的来源、数量、输移和沉积；后者则主要研究三峡三斗坪和葛洲坝坝区自然环境的特性与演变。

三峡推移质的研究从1960年开始，先后进行了七次野外调查和研究。1985年由国家自然科学基金的资助、并在现有的研究基础上，对三峡推移质泥沙进行全面深入的研究，同时开始对三峡东部自然环境进行了调查研究。参加1960年三峡水库卵石推移质来源的野外调查的有南京大学地理系地貌专业62届杨益轩等四位学生。参加1972~1973年葛洲坝卵石推移质野外调查与研究的有长江水利水电科学研究院陈怀汲、魏特、史立人、周学文等同志，以及南京大学地貌教研室张德懋同志。参加1981年葛洲坝沙砾推移质野外调查的有南京大学地貌教研室陈宝冲、尹国康同志，以及82届地貌与第四纪地质专业卢铁农等六位学生。参加1985年长江三峡推移质野外调查的有南京大学地理系地貌教研室何浩明、许定庆同志以及86届地貌与第四纪地质专业贺华中等三位学生。此外南京大学地貌教研室王宗汉同志协助进行部分沙样的颗粒分析。本书图件由江苏省石油化工设备配件公司张玉华同志清绘。对以上友人与学生诚挚的支持与帮助深表感谢。

林承坤

1988年8月30日

于南京大学

目 录

第一章 长江三峡推移质泥沙来源分析与数量计算的模式	1
一、流域地质地貌特性对推移质泥沙岩类与矿物组成的影响.....	1
二、推移质泥沙来源分析与数量计算模式的建立.....	3
三、模式的验证.....	5
四、泥沙来量计算模式在推移质研究中的意义.....	10
第二章 长江三峡卵石与粗砾推移质来源分析	12
一、流域地质地貌的基本特征.....	12
二、三峡卵石与粗砾推移质补给区与非补给区的分析.....	15
(一) 研究方法.....	15
(二) 卵石与粗砾推移质的补给区与非补给区.....	16
(三) 补给区与非补给区特性的分析.....	16
三、三峡卵石与粗砾推移质来源分析.....	17
(一) 推移质来量计算模式是否适用于长江上游与三峡的检查.....	17
(二) 三峡进口段卵石与粗砾推移质来源分析.....	17
(三) 三峡出口段卵石与粗砾推移质来源分析.....	18
第三章 葛洲坝与三斗坪卵石及粗砾推移质特性与数量计算	20
一、概述.....	20
二、葛洲坝与三斗坪卵石与粗砾推移质特性.....	21
三、葛洲坝与三斗坪卵石与粗砾推移质来源分析.....	25
四、葛洲坝与三斗坪卵石与粗砾推移质数量计算.....	26
五、验证.....	27
第四章 葛洲坝与三斗坪沙砾推移质特性与数量计算	30
一、葛洲坝与三斗坪沙砾推移质特性.....	30
二、葛洲坝与三斗坪沙砾推移质来源分析.....	38
三、葛洲坝与三斗坪沙砾推移质数量计算.....	40
(一) 葛洲坝沙砾推移质输沙量的计算.....	40
(二) 三斗坪沙砾推移质输沙量的计算.....	42
四、验证.....	42
第五章 磨损原理计算长江上游卵石与粗砾推移质的数量与分布	45
一、卵石与粗砾推移质在运动过程中的磨损.....	45
二、长江上游各主要测站的卵石与粗砾推移质数量计算.....	47

三、验证	49
第六章 长江三峡新滩与蒿子坪的巨型滑坡与岩崩	50
一、三峡新滩与链子崖巨型岩崩与滑坡	50
(一) 1985年6月12日新滩巨型滑坡概况	50
(二) 历史时期新滩与链子崖岩崩过程与特点	51
(三) 新滩巨型岩崩与滑坡的原因	53
(四) 链子崖古代巨型岩崩的原因	55
二、三峡蒿子坪山崩与山崩型泥石流	56
(一) 蒿子坪古代山崩与泥石流的考证	56
(二) 蒿子坪山崩的成因	58
(三) 蒿子坪山崩型泥石流的成因	59
第七章 长江三峡的泥沙与滩险	62
一、长江三峡水文、泥沙与河床的基本特性	62
(一) 三峡水文与泥沙的基本特性	62
(二) 三峡河床与葛洲坝库区航道的基本特性	62
二、长江三峡河道泥沙的运动	63
三、三峡的溪口滩	66
四、三峡的峡口滩	69
五、三峡的坠石滩	72
六、三峡的礁石滩	74
七、三峡滩险对库区航道的影晌	76
第八章 长江三峡黄陵背斜区产沙特性与数量计算	78
一、研究方法步骤	78
二、产沙区的划分与产沙模数的测定	78
(一) 区域地质概况与产沙区的划分	78
(二) 各产沙区代表性河流与溪沟产沙模数的测定	78
三、各产沙区自然地理因素分析	82
四、黄陵背斜区产沙量的计算	85
(一) 产沙量计算的经验公式	85
(二) 各亚区产沙量的计算	86
(三) 各亚产沙区不同粒径组产沙量的计算	86
(四) 验证	87
五、黄陵背斜区的产沙特性	87
第九章 长江三峡水利枢纽坝区自然环境的特性与演变	89
一、坝区自然环境的基本特征	89
(一) 地质特征	89
(二) 地貌特征	90
(三) 气候特征	92
(四) 径流特征	93
(五) 植被特征	94
(六) 泥沙特征	94
二、坝区自然环境的演变	96

(一) 森林覆盖率在锐减.....	96
(二) 产沙量在增长.....	96
(三) 河床与河谷平原沙石化在发展.....	96
(四) 溪口滩在发展.....	98
(五) 巨型岩崩与滑坡在发展.....	98
第十章 三峡三斗坪坝区自然环境的评价与保护.....	99
一、坝区自然环境对三峡水利枢纽影响分析.....	99
(一) 建坝有利的自然环境因素.....	99
(二) 建坝不利的自然环境因素.....	99
二、三峡坝区自然环境保护与治理的设想.....	101
(一) 大力加强自然环境保护.....	101
(二) 大力开展植树造林、提高森林覆盖率.....	102
(三) 在主要河流上兴建水库, 发挥水库的综合效益, 治理与改善自然环境.....	104
(四) 深入开展新滩与链子崖岩崩与滑坡的研究.....	104
参考文献.....	105
ABSTRACT.....	106

第一章 长江三峡推移质泥沙来源 分析与数量计算的模式

一、流域地质地貌特性对推移质泥沙 岩类与矿物组成的影响

1. 推移质泥沙的分类

推移质泥沙（简称推移质）粒径的大小极为悬殊，不同粒径的推移质，它们的岩类与矿物组成、来源、输移与沉积都有较大的差异。因此有必要采用一定的代数尺度，把推移质划分为若干级，每一级代表一类推移质，作为推移质第一级分类。为了把长江三峡推移质的研究成果，用于水土流失与自然环境变迁的研究，推移质第一级分类采用阿特堡的分类法，把推移质分为四类，即漂石推移质、卵石推移质、砾石推移质和沙推移质。然后再根据长江三峡推移质的特点，以及长江三峡与上游各水文站在过去泥沙测验中采用的推移质的分类法，对四类推移质，分别进行第二级分类。现将长江三峡推移质的分类列于表 1-1。

表 1-1 长江三峡推移质的分类

推移质 类别	漂 石			卵 石				砾 石			粗 沙				
	粗	中	小	极大	大	中	小	粗	中	细	粗	中	细	极 细	
粒径级 (mm)	>800	800~ 400	400~ 200	200~ 120	120~ 80	80~ 40	40~ 20	20~ 10	10~ 4	4~ 2	2~ 1	1~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.01	

2. 流域地质地貌特性对卵石推移质岩类组成的影响

卵石推移质的岩类组成与其流域的地质地貌特性、岩性分布密切相关。卵石推移质由各种岩类组成，所以可用岩类百分数来表示其岩类组成。在某河流断面上，采到的卵石推移质沙样，进行卵石的岩类鉴定，统计出各种岩类的重量或颗数，求出各种岩类的卵石占该沙样的重量或颗粒百分数，称为卵石推移质的岩类百分数（简称卵石岩类百分数），以该数值代表该采样断面所控制流域的卵石推移质的岩类组成。为了研究卵石推移质的岩类组成与流域地质地貌及岩类分布的关系，我们选用金沙江与黄柏河分别代表大小河流，研究它们的卵石推移质岩类与流域地质地貌特性的关系。

金沙江流域面积366 451km²，在石鼓以上，大部分流经青藏高原，受整体构造抬升运动，线性差异运动与新构造运动均较弱。河谷比降较小，河谷较开阔。所以河流侵蚀作用与重力侵蚀作用都不强烈。该流域主要分布有石炭系与二叠系的灰岩、白云岩，其次是泥盆系与侏罗系的页岩与砂岩，火成岩的分布面积积极小。石鼓以下的金沙江，因处在我国东部与西部发育的北东向及北西向两组构造相互交织的地区，又受到深处隐伏的南北向基底断裂的影响，新构造运动十分强烈，地震震级 $M \geq 8$ 级，属于强烈地震带^[1]。河流侵蚀作用与重力侵蚀作用均较强烈，河谷的比降较大，多呈V形河谷。石鼓以下的金沙江，地层比较齐全，主要分布的地层是火成岩，其中玄武岩地层的分布面积占73%，其次是石英岩与砂岩，灰岩的分布面积较小。从以上论述可以看出，石鼓以下的金沙江，由于流域中的内、外营力都较为

强烈,所以侵蚀作用也十分强烈,成为金沙江卵石推移质的主要补给区。反映在其河口段(屏山至宜宾)卵石推移质的岩类组成上,以火成岩卵石为主,占50.4%(其中玄武岩占37.3%),其次石英岩与石英砂岩占28.2%,灰岩只占3.0%^[2]。这些卵石的岩类组成,同石鼓以下的金沙江地区的地层分布基本上是一致的。其中玄武岩卵石占火成岩卵石的74%^[2],也同本区这些地层分布相吻合。以上研究表明,金沙江卵石推移质的岩类组成,主要决定于流域的地质地貌特性。

黄柏河流域面积1911km²,在宜昌市西面汇入长江。黄柏河在两河口有雾渡河(简称西支)汇入,西支的流域面积为565km²,主要流经黄陵背斜的北部,流域主要地层是前震旦系变质岩系,为一套中高级区域变质作用和受混合岩化作用的变质岩类组成,主要岩类有黑云斜长片麻岩,含石墨斜长质眼球状混合岩、混合花岗岩、角闪片岩、石英片岩等,此外在西支的下游,还流经震旦系至奥陶系的沉积岩地层分布区,其岩类有砂岩、石英砂岩与灰岩等。两河口以上的黄柏河干流(简称东支),流域面积为1171km²,主要流经黄陵背斜的东翼,流域内的地层是震旦系至泥盆系的沉积岩地层,所以岩类以灰岩为主,其次是砂岩、石英砂岩与白云岩等。此外东支西侧有一部分支流,发源于黄陵背斜北部的变质岩区,所以在东支流域内,还有少量黑云斜长片麻岩、混合岩、片岩等。东支与西支新构造运动和河谷地貌均有较大的差异。黄陵背斜在燕山运动以来不断抬升,背斜核部上升量大于两翼,在背斜核部又以北部的上升量为最大。横贯背斜核部北部的西支,新构造运动的上升量最大,河谷地貌又属于横谷,所以河流比降达21.7%。东支纵贯黄陵背斜的东翼,新构造运动的上升量比西支为小,河谷地貌又属于纵谷,所以河流比降只有3.76%。从东支与西支汇合后的黄柏河两河口卵石推移质岩类的统计资料表明(表1-7),虽然东支与西支均为黄柏河卵石推移质的补给区,而且东支的流域面积比西支大1.1倍,但是小溪塔的卵石推移质的岩类百分数中,来自西支各粒径级变质岩系的岩类,占29.2~57.2%,而来自东支的沉积岩系的岩类,却占42.8~70.8%,可见黄柏河的卵石推移质西支的补给量与东支相比较为接近。说明了黄柏河卵石推移质的岩类组成也取决于流域的地质地貌特性。

为了进一步阐明流域地质地貌特性与卵石推移质岩类的关系,我们调查了长江上游三个河段,并分别鉴定与统计出卵石推移质的岩类列于表1-2。这三个河段共同的特点是:首先各河段区间没有支流加入,其次各河段的河谷地质地貌基本相同,再次各河段均设置四个采样点,每个采样点鉴定卵石岩类的数目均为500颗。从表1-2可以看出,每个河段中不同采样点的岩类百分数较为接近,说明了河段区间内没有卵石推移质补给的情况下,该河段的卵石推移质只受上游河段的补给,所以各采样点的卵石推移质岩类,也只反映了上游河段输入的卵石推移质岩类。以上实例也表明了河流卵石推移质的岩类组成,决定了补给区的地质地貌特性。

3. 流域地质地貌特性对沙砾推移质岩石矿物组成的影响

砾石推移质主要由岩类组成,粗沙推移质除由岩类组成外,还有矿物。随着沙砾粒径的增粗,岩类所占的比重增大。沙砾推移质的岩矿组成,也同其流域的地质地貌特性有密切的关系。刘家湾溪在茅坪汇入长江三峡,流域面积5km²。该溪流经黄陵背斜南部,流域内主要岩性是石英闪长岩,其次是黑云母闪长岩。因该流域的闪长岩均属粗粒状结构,降水量又较充沛,年平均径流深度达800mm,因风化作用较为强烈,流域内形成平均厚度达50m的风化壳。所以在该溪的砾石推移质的岩矿组成以闪长岩类为主,其中石英闪长岩占55.8%,黑云母闪长岩占21.5%,以及由这两种岩石风化的岩屑占12.4%,石英、长石、云母、角闪

表 1-2

长江上游与金沙江三个河段卵石推移质岩类百分数统计

河 段	岩类百分数(%)			岩 类	砂 岩	石 英 砂 岩	花 岗 岩	玄 武 岩	酸 性 岩 浆 岩	中 性 岩 浆 岩	基 性 岩 浆 岩	灰 岩	变 质 岩	其 他
	采 样 点	距 河 床 地 貌 (km)												
金沙江	横江口	0	边滩	15.2	18.1	3.0	54.3	1.7	5.7	1.0	1.0	0	0	
	安边切坝	5.0	边滩	12.3	30.0	4.0	42.0	2.0	1.7	0.0	4.0	4.0	0	
	小滩坝	23.1	边滩	20.0	20.0	2.0	43.0	3.5	4.5	1.0	0	1.0	0	
	金沙江口	27.0	边滩	11.3	30.8	4.3	35.5	1.6	10.6	4.8	0	1.1	0	
	(平均)			14.7	24.7	3.3	45.0	2.2	5.6	1.7	1.3	1.5	0	
长江	泸州	0	边滩	8.2	25.2	16.4	27.6	0	3.6	6.6	2.6	7.8	2.	
	州州	18.5	江心洲	4.6	22.1	16.5	29.7	0	3.6	7.6	2.6	4.0	8.7	
	张湾	26.0	边滩	8.6	23.7	14.4	33.0	0	4.1	11.2	1.0	4.1	2.0	
	山溪口	37.5	江心洲	8.4	23.1	19.5	27.1	0	2.1	8.3	2.6	6.3	2.6	
	(平均)			7.5	23.5	16.7	28.7	0	3.4	8.4	2.2	5.8	3.8	
上游	罗家湾	0	边滩	3.0	23.0	18.0	22.0	1.0	12.0	5.0	2.5	8.5	5.0	
	水狮坝	21.0	江心洲	2.0	24.0	20.0	21.0	2.0	6.0	6.0	2.0	11.0	6.0	
	白沙坝	30.0	边滩	3.0	27.0	22.0	19.0	1.0	5.0	9.0	2.0	10.0	2.0	
	金刚沱	39.0	江心洲	5.0	24.0	22.0	19.0	2.0	8.0	6.0	1.0	12.0	1.0	
	(平均)			3.3	24.5	20.5	20.3	1.5	7.8	6.5	1.9	10.8	3.5	

石共占10.3%^[3]。在粗沙推移质的岩矿组成以矿物为主,其中石英占17.0%,长石占15.5%,云母占13.0%,角闪石占3%,由闪长岩类风化的岩屑占25.7%,闪长岩类和变质岩占25.7%^[8]。由此可见河流沙砾推移质的岩矿组成,也决定于流域的地质地貌特性。

二、推移质泥沙来源分析与数量计算模式的建立

1. 建立模式的基本假定

(1) 以上研究表明,河流推移质的岩石矿物组成,决定于流域的地质地貌特性,因此可以用干、支流及其汇合后的推移质岩矿百分数来建立推移质来源分析与数量计算的模式(简称推移质来量模式)。

(2) 河流推移质在输移与沉积过程中,存在着按粒径与比重的分选作用,但在推移质粒径分组的情况下,同一粒径级内的推移质,其大小差异不大,可以不考虑按粒径的分选作用。在长江上游与三峡地区,大多数卵石与砾石推移质的比重为2.65~3.20^[4],大多数粗沙推移质的比重和卵石与砾石相同^[8],所以也可以不考虑按比重的分选作用。

(3) 长江上游与三峡河床沉积物均主要由推移质沉积而成的,在长江宜昌水文站用底质采样器采到的砂砾沉积物,和在宜昌站下游4km的胭脂坝上采到的卵石沉积物,均可代表沉积的沙砾与卵石推移质。而在该站沙砾或卵石推移质采样器采到的沙样,均可代表沙砾或卵石推移质。对卵石与沙砾进行岩矿鉴定,分别计算出0.5~1mm粗沙,2~3mm砾石和20~40mm卵石的岩矿百分数列于表1-3^[8]与表1-4^[6]。两表表明,宜昌站的沙砾和卵石推移质同河床沉积的岩矿百分数均基本一致。因此可以用河床上采到的沙砾与卵石推移质的岩矿百分数,分别代表沙砾与卵石推移质的岩矿百分数。

(4) 推移质在运动过程中的磨损,主要决定于推移质的硬度与搬运距离。在推移质岩

表 1-3

宜昌水文站采样器实测沙砾同河床上沙砾的岩矿百分数比较^[3]

岩 矿 种 类		灰 岩	砂 岩	沉积岩	斜 长 石 花 岗 岩	石 英 闪 长 岩	火 成 岩	变 质 岩	矿 物 连 生 体	石 英	长 石	角 闪 石	其 他 矿 物
宜昌站河床上底 质采样器实测沙样	粒 径 2~3	21.3	24.1	7.8	0.7	0.7	4.0	0	14.5	9.6	7.3	0.5	9.5
“长江”73型沙推 移质采样器实测沙砾	(mm)	22.4	20.9	9.7	1.1	0.9	3.8	0	16.2	9.4	6.8	0.3	8.5
宜昌站河床上底 质采样器实测沙样	粒 径 0.5~1	16.7	9.0	1.2	0.7	1.3	3.8	0.6	5.7	28.8	24.7	7.2	0.5
“长江”73型沙推 移质采样器实测沙砾	(mm)	17.9	7.8	1.5	1.2	1.8	3.5	0.3	4.8	29.6	24.0	6.8	0.8

表 1-4

宜昌站采样品采到的卵石同沙洲的卵石岩类百分数比较^[5]

地 点	岩 类 (mm)	砂 岩	石 英 岩	灰 白 岩 与 云 岩	变 质 岩	长 江 三 峡 以 上		三 峡 黄 陵 背 斜		其 他
						岩 浆 岩	玄 武 岩	斜 长 岩	花 岗 岩	
胭脂坝沙洲	20~40	24.4	15.5	31.7	3.6	11.3	6.5	7.0	0	0
坎网式卵石推 移质采样器	20~40	24.8	26.6	28.6	2.3	6.0	3.4	8.0	0	0.9

类与矿物的硬度差异不大,搬运距离较为接近或搬运距离较短的情况下,磨损而改变推移质的岩矿百分数甚微,均可不考虑推移质磨损的因素对其岩矿组成的影响。

2. 模式的建立

设某河流可分为 $A, B, \dots, R, S$, 等 m 个补给区, m 个补给区均可成为该流域中次一级独立的流域(图1-1)。从 A 补给区输移出的推移质岩矿百分数为 $a_1, a_2, \dots, a_n$; $B, \dots, R, S$ 补给区输移出的推移质岩矿百分数分别为 $b_1, b_2, \dots, b_n$; $r_1, r_2, \dots, r_n$; $s_1, s_2, \dots, s_n$ 。这些补给区的推移质均汇入于 t 处, t 称为诸补给区的汇合区, t 区推移质岩矿百分数为 $t_1, t_2, \dots, t_n$ 。又设推移质从 A 补给区汇入 t 区的百分数为 x_1 ; B 区为 x_2 , $\dots$; R 区为 x_{m-1} ; S 区为 x_m 。根据上述的基本假定,用沙量平衡原理,对每一粒径组的推移质,均可建立下列关系式:

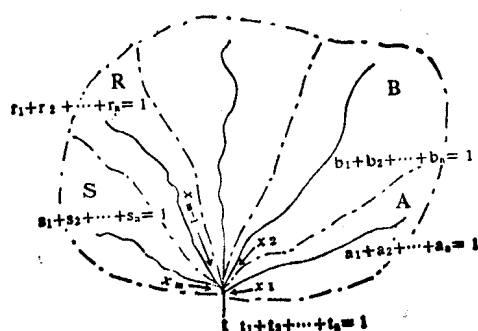


图1.1 河流推移质补给区结构示意图

$$\left. \begin{aligned} a_1 x_1 + b_1 x_2 + \dots + s_1 x_m &= t_1 \quad (\text{玄武岩或斜长石}) \\ a_2 x_1 + b_2 x_2 + \dots + s_2 x_m &= t_2 \quad (\text{灰岩或石英}) \\ &\dots\dots\dots \\ a_n x_1 + b_n x_2 + \dots + s_n x_m &= t_n \quad (\text{片岩或方解石}) \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

式中 $\sum_{i=1}^n a_i = 1.00, \sum_{i=1}^n b_i = 1.00, \dots, \sum_{i=1}^n s_i = 1.00,$

$$\sum_{i=1}^n t_i = 1.00, \sum_{i=1}^n x_i = 1.00$$

[illegible]

方程组(1.2)称为法方程,方程的个数与补给区的数目相等,由方程组(1.2)求得 $x_1, x_2, \dots, x_m$ 的一组最优解。由方程组(1.2)求得各粒径组的推移质汇合百分数 $x_1, x_2, \dots, x_m$ 后,则可用下式求得各补给区平均汇合百分数。

式(1-3)中 p_i 为汇合区 i 与某粒径组汇入百分数相应的推移质粒配。 p 为汇合区 i 的 K 组推移质粒配之和。 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ 为各补给区推移质平均汇入百分数。求出 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ 值,便可知道推移质的来源。若某一补给区推移质的数量为已知,则汇合区及其他补给区的推移质数量均可计算出来。若已知两个以上补给区的推移质数量,则可相互验证汇合百分数的计算是否正确。因推移质汇入百分数的计算模式是根据地质学原理采用补给区与汇合区岩类与矿物的分析与鉴定建立的,所以模式又称为岩矿分析法^{[8][9][4][5][6]}。

黄柏河的东支与西支在它们汇合后4.5km处,于1961年建成汤渡河水库,其控制流域面积1911km²,库容为6.47×10⁶m³。在东支于1967年建成东风渠水库,其控制的流域面积为937km²,库容2.5×10⁶m³。野外调查表明,汤渡河与东风渠两水库均形成了水库三角洲。卵

地 点	粒 径 组 数量(m^3/a) (mm)					合 计
	>200	200~120	120~40	40~20	20~5	
汤 渡 河 水 库	5 630	1 989	12 270	8 545	7 150	35 584
东 风 渠 水 库	760	394	7 640	6 600	4 780	20 174

有推移质均主要沉积在三角洲的库尾段。汤渡河水库的库尾段，位于东、西两支，在两河口汇合处的上游，两河之间隔有高度为80~180m的山脊（图1-2），所以来自东支与西支的卵石推移质，在库尾段沉积时，两者不相互掺混。因此根据汤渡河水库和东风渠水库的沉积体测量的数量及相应的粒配资料，分别计算得东支与西支以及它们汇合后的多年平均的卵石与粗砾推移质数量，列于表1-5^[7]。

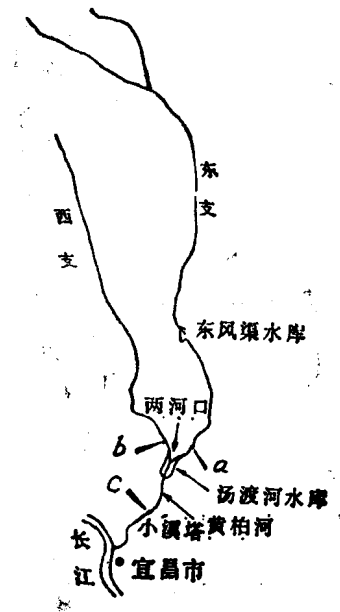


图1-2 黄柏河及其补给区采样点位置图

表1-5的卵石与粗砾推移质数量是通过测量求得，是可信的。因此进行模式的验证，只要用式1.2计算出东、西支的卵石与粗砾的汇入百分数，再用东支实测的卵石与粗砾推移质年输移量，求出黄柏河东、西两支汇合后的沙量，再用它与表1-5进行比较，便可验证用该模式计算卵石与粗砾推移质的精度。验证计算按下列的步骤进行。

首先，设置卵石与粗砾推移质的补给区与汇入区，设东支 x_1 ；西支为 x_2 ，汇入区——汤渡河水库下游的小溪塔为 t 。在补给区与汇入区均设置采样点，又设 a 为东支的采样点， b 为西支的采样点， c 为汇入区的采样点。补给区、汇入区与采样点的位置，均由图1-2所示。

其次，进行卵石与粗砾推移质采样，采样点 a, b, c 应选在未经人工破坏，推移质混合均匀，河流水动力条件都较为相似的地方。每一采样点确定3个取样坑，每坑取 1 m^3 。每坑样品全部过筛，分别称重，

取3个采样坑的平均值，求得该采样点的平均粒配。用同样的方法，求得黄柏河及其补给区采样点的平均粒配表（1-6^[7]）。

表 1-6 黄柏河及其补给区卵石推移质粒配

采样点 粒 配 (%) 粒 径 组 (mm)	东 支(a)		西 支(b)		汤渡河水库(c)	
	重量(%)	小于某粒径 的重量(%)	重量(%)	小于某粒径 的重量(%)	重量(%)	小于某粒径的 重量(%)
>200	8.8	100.0	31.8	100.0	15.8	100.0
200~120	2.0	96.2	10.4	90.0	5.6	84.1
120~40	37.9	94.2	30.4	79.6	34.5	78.5
40~20	32.7	56.3	12.6	49.2	24.0	44.0
20~5	23.6	23.6	15.4	15.4	20.0	20.0

第三，进行卵石与粗砾推移质的岩类鉴定。在各取样坑筛分后，对大于10mm的各粒径组的卵石在野外进行岩类鉴定。小于10mm的砾石与粗沙的沙样，因颗数较多，所以筛分后取部分沙样作室内岩矿鉴定。将鉴定后的卵石与粗砾的岩类分别称重，取3个采样坑的平均值，求得采样点每一粒径组岩类重量百分数。用同样的方法，求得黄柏河及其补给区采样点的岩类百分数（表1-7）。

表 1-7

黄柏河及其补给区卵石与粗砾推移质岩类百分数统计

岩 类	粒径组 (mm)														
	百分数 (%)														
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
砂 岩	6.1	0	4.7	58	0	4.6	8.3	3.1	5.9	9.2	3.0	5.2	10.3	0.8	5.7
红 砂 岩	1.5	0	1.5	0	0	0	9.0	0	5.3	3.5	0	0.4	0	0	0
石 英 砂 岩	34.7	11.7	12.2	40.7	9.5	16.9	28.8	5.2	22.1	21.9	4.9	20.4	20.1	1.1	22.3
灰 岩	29.1	14.8	11.5	29.8	13.9	12.4	9.2	8.7	9.6	20.6	4.1	19.0	15.9	10.1	12.2
白 云 岩	4.4	0	1.0	13.2	0	6.3	16.5	0	10.8	14.8	0	12.5	17.7	0	2.3
煤 石	1.3	0	5.9	2.4	0	1.2	3.5	0	2.1	2.1	0	1.2	0.6	0	0.4
页 岩	8.2	0	0.3	1.2	0	1.2	8.6	0	0.4	4.5	0	0.7	0	0	0
石 英 岩	12.2	0	5.7	4.3	0	2.0	9.3	2.8	7.4	16.2	2.1	11.4	3.1	0	2.0
变 质 岩	0	1.4	0.8	0	1.2	0.9	0	4.0	0.9	0	3.8	2.2	0	3.9	1.8
斜长花岗岩	1.3	11.5	15.6	1.2	14.9	14.6	2.2	20.1	9.2	1.5	20.1	5.7	10.7	24.1	15.0
石英闪长岩	0	1.4	1.1	0	2.3	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
角 闪 岩	0	2.2	1.3	0	2.1	1.4	0	0.5	0.3	0	4.2	3.4	0	1.9	1.8
混合花岗岩	0	7.3	5.4	0	7.3	5.2	2.5	10.7	6.5	2.4	13.0	1.8	3.5	13.7	12.0
混 合 岩	0	7.5	5.1	0	7.2	5.3	0	12.4	6.6	0	3.1	1.2	0	0.6	0.5
黑云斜长片麻岩	1.2	39.0	25.9	1.4	38.0	24.9	2.5	29.5	11.5	3.2	37.2	13.9	12.1	35.4	16.6
片 麻 岩	0	1.7	1.2	0	1.9	1.0	0	3.0	1.5	0	4.5	1.0	3.6	8.1	7.2
片 岩	0	1.5	0.8	0	1.7	0.9	0	0	0	0	0	0	2.4	0.3	0.2
合 计	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

第四, 计算卵石与粗砾推移质的汇入百分数。以表 1-7 的资料, 用式(1.2)计算出黄柏河的东、西两补给区卵石与粗砾推移质的汇入百分数(表 1-8)。

表 1-8

黄柏河诸补给区卵石与粗砾推移质的汇入百分数

粒径组 (mm)	卵石与粗砾推移质汇入百分数(%)	
	东 支	西 支
>200	15.9	84.1
200~120	26.0	74.0
120~40	62.6	37.4
40~0	74.4	25.6
20~5	65.0	35.0

第五, 计算黄柏河 t 处的卵石与粗砾推移质沙量, 并与实测的数量进行比较。东支卵石与粗砾推移质汇入百分数 x_1 为已知, 其数量已通过东风渠水库测量求得 (表 1-5)。因此可计算出黄柏河卵石与粗砾推移质沙量, 并列出汤渡河水库实测的沙量以资比较。这些计算结果均列于表 1-9。

表 1-9

黄柏河卵石与粗砾推移质计算值与实测值的比较

项 目 粒 径 组 (mm)	东支卵石与粗砾 汇入百分数(%)	东支卵石与粗砾 年输移量(m^3/a)	汤渡河卵石与粗砾 输移量(m^3/a)	
			计算值	实测值
>200	15.9	760	4 780	5 630
200~120	26.0	394	1 515	1 989
120~40	62.6	7 640	12 205	12 270
40~20	74.4	6 600	8 871	8 545
20~5	65.0	4 780	7 354	7 150
合 计		20 174	34 725	35 584

验证结果 (表 1-9) 表明, 用推移质来源分析与数量计算模式求出的卵石与粗砾推移质沙量 (简称计算值), 同汤渡河水库实测的沙量 (简称实测值) 比较表明, 计算值与实测值两者只相差 2.4%, 其中卵石推移质两者相差 3.7%; 粗砾推移质两者相差 2.8%。卵石与粗砾推移质计算达到这样精度是比较好的。验证表明了推移质来源分析与数量计算模式能用于宽粒配的卵石推移质数量的计算。

以上的研究成果与 70 年代的研究成果相比较^[6], 虽然都采用同样的计算模式, 都是计算黄柏河卵石与粗砾推移质数量, 但是这次的计算精度有了明显的提高。在 70 年代的研究中, 卵石与粗砾推移质总量计算值与实测值两者相差 13.1%, 其中卵石推移质相差 14.5%, 粗砾推移质相差 7.0%^{[6][7]}。这次研究精度提高的主要原因是推移质岩类划分上作了较大的改进, 岩类共分了 17 种, 而在 70 年代的研究中岩类只分了 6 种。此外在采样点位置的选择上也做了改进, 考虑到各采样点的动力条件相似, 故把各采样点设置在相同的地貌类型和相似的动力条件上, 可以减少因采样点动力条件差异而造成的偶然误差。做了这些改进后使推移质岩类划分更为准确, 采样点更具有代表性, 从而提高了卵石与粗砾推移质计算的精度。

2. 沙砾推移质计算的验证

选用刘家湾溪作为沙砾推移质计算的验证。刘家湾溪由南、北两支流组成, 北支流经黑云母闪长岩区, 流域面积 $0.8km^2$, 南支流经石英闪长岩, 流域面积 $4.2km^2$ 。在刘家湾溪溪口建水库拦沙, 在北支也建有水库, 通过溪口拦坝与北支水库淤积体的测量, 并同建库前地形图相比较, 求得刘家湾及其北支每年的沙砾推移质数量为 $15\ 800m^3$ 与 $2\ 383.5m^3$, 因岩性的差异, 决定了南北支沙砾推移质的岩类及矿种的差异。按照黄柏河采样的方法, 在南北支及溪口分别设置采样点, 挖坑采样, 作岩矿鉴定, 统计出各粒径组沙砾推移质岩矿百分数 (表 1-10)^[8]。

表 1-10

刘家湾溪及其补给区沙砾推移
质岩矿百分数统计

粒 径 (mm) 岩 矿 百 分 数 (%)		10~7			7~5			5~3			3~2		
		北支	南支	溪口	北支	南支	溪口	北支	南支	溪口	北支	南支	溪口
岩矿种类													
石 英 闪 长 岩		80.4	13.6	63.0	78.4	12.6	59.0	58.3	47.4	58.2	52.6	29.5	43.1
黑 云 母 闪 长 岩		11.1	81.8	28.5	9.0	76.2	27.1	13.2	18.7	11.8	14.2	18.6	18.5
变 质 岩		2.3	4.6	2.0	2.3	5.0	5.0	7.4	1.2	1.5	3.1	0.7	1.1
长 石 石 英 连 生 体		6.2	0	6.5	6.3	4.2	6.5	3.7	9.5	5.6	15.2	32.8	20.5
石 英 角 闪 石 连 生 体		0	0	0	0	0	0	8.1	19.5	12.8	1.1	3.6	1.7
长 石 角 闪 石 连 生 体		0	0	0	0	0	0	5.1	0	4.5	4.2	4.8	4.5
长 石		0	0	0	4.0	2.0	2.4	1.2	3.0	1.5	4.9	3.8	3.5
石 英		0	0	0	0	0	0	3.0	0	1.6	4.7	2.9	4.3
云 母		0	0	0	0	0	0	0	0.7	2.5	0	2.7	2.4
角 闪 石		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.4

粒 径 (mm) 岩 矿 百 分 数 (%)		2~1			1~0.5			0.5~0.25			0.25~0.1		
		北支	南支	溪口	北支	南支	溪口	北支	南支	溪口	北支	南支	溪口
岩矿种类													
石 英 闪 长 岩		29.0	21.4	24.7	15.2	3.1	16.0	1.8	0.8	2.0	1.5	1.3	1.8
黑 云 母 闪 长 岩		0	12.2	11.8	0	0	0	0	0	0	0	5.3	5.3
变 质 岩		1.3	0	2.0	2.8	1.3	1.8	2.2	0.2	1.8	2.2	0	2.0
长 石 石 英 连 生 体		22.7	24.8	24.7	14.3	4.6	14.4	4.7	0.9	2.8	9.7	9.2	9.5
石 英 角 闪 石 连 生 体		4.9	4.3	4.1	1.8	0.9	0.2	2.3	3.7	2.0	7.7	3.5	3.5
长 石 角 闪 石 连 生 体		3.0	5.6	5.1	15.2	3.1	18.0	5.5	4.0	5.9	12.5	5.2	8.4
长 石		10.8	2.1	10.3	23.7	20.0	19.0	29.6	10.9	16.6	19.7	10.7	20.7
石 英		9.8	12.2	6.7	22.9	5.3	22.0	31.9	14.2	30.4	31.7	19.2	30.9
云 母		6.6	17.4	9.6	4.1	61.7	8.6	13.7	55.8	20.8	7.5	38.8	11.7
角 闪 石		1.9	0	0.5	0	0	0	8.3	9.5	8.7	7.5	6.8	6.2

表 1-11

刘家湾溪沙砾推移质计算值
与实测值比较

项 目		北支沙砾汇入百分数 (%)	北支沙砾年推移量 (m ³ /a)	刘家湾溪沙砾年推移量(m ³ /a)	
				计算值	实测值
粒 径 (mm)	10~7	23.8	71.5	300.4	580.8
	7~5	27.8	117.0	420.9	992.3
	5~3	31.0	312.0	1006.5	1109.5
	3~2	38.0	425.3	1119.2	1128.3
	2~1	53.4	431.0	807.1	1045.1
(mm)	1~0.5	7.0	599.7	8567.1	8227.7
	0.5~0.25	17.1	297.0	1736.8	1926.1
	<0.25	16.0	131.0	818.8	790.2
总 计			2383.5	147761.9	15800.0

以表1-10的资料,用方程组(1.2)进行刘家湾溪沙砾推移质汇入百分数的计算。再用东支沙砾推移质的汇入百分数及其水库实测的沙砾推移质的年输沙量,计算出刘家湾溪口沙砾推移质的年输沙量,并将其与实测值相比较。这些计算结果均列于表1-11^[8]。

表1-11的验证表明,刘家湾溪沙砾推移质的计算值与实测值仅相差6.5%。这样的精度对于沙砾推移质来说也是比较好的。

四、泥沙来量计算模式在推移质研究中的意义

1. 用来量计算模式可以探明推移质的来源与计算推移质输沙量

由于现有的推移质计算公式的精度往往不能满足生产上的要求^[8]。在我国西南与长江上游的河流,不仅推移质泥沙问题比较突出,而且推移质的粒配很宽,以岷江都江堰为例,最大粒径可达510mm,最小的只有0.1mm,这种宽粒配的推移质泥沙的运动规律及其准确数量尚待进一步研究^[8]。采用来量计算模式计算葛洲坝的卵石推移质^[6]与沙砾推移质^[8]的输沙量,以及上述采用黄柏河与刘家湾溪的验证资料均表明,若采用本模式对卵石与沙砾推移质分粒径组计算,可以较准确地计算宽粒配的推移质输沙量。

2. 在未作推移质泥沙测验的河流上,可用本方法计算推移质输沙量

采用本方法计算河流推移质输沙量的特色之一是无需在河流上建站进行长期的推移质测验。只要求在一年内选择适当季节,进行一二次野外调查、采样与沙样的岩类与矿物鉴定;选某一补给区内修建时间较长的蓄水运用类型的水库,进行了淤积体的测量,并和建库前地形图进行比较,求得起始的推移质数量,在检查来量计算模式(1.2)的四个基本假定相符合的情况下,即可用式(1.2)计算出推移质的输沙量。因此本方法与泥沙测验方法相比较,不需建水文泥沙测验站,更无需进行多年连续的泥沙测验,就可求得水利、水电、水运、环境治理等工程所需的推移质输沙量资料。如果某些工程急需取得或补充这些方面的资料,则本方法可以及时地提供,从而为工程建设赢得时间。1972年葛洲坝工程停工修改初步设计时,卵石推移质特性与数量是该工程的重大技术问题之一。当时长江宜昌水文站尚未进行卵石推移质测验,为了给葛洲坝修改初步设计提供卵石推移质特性与数量资料,于1972年采用岩矿分析法只用了3个月就取得葛洲坝工程卵石推移质来源分析与数量计算的成果;在1973年又用了3个月对1972年的成果进行验证,结果表明1972年的成果是正确的^[6]。1973年宜昌水文站开始进行卵石推移质的测验,至葛洲坝大江截流时,积累了连续7年的卵石推移质测验资料,同1972年用岩矿分析法计算的卵石推移质数量相比两者只相差9.5%。实践表明,来量计算模式不但可以较准确地计算卵石推移质输沙量,而且具有较高的效率。

目前我国的河流只有屈指可数的几个水文站进行了推移质泥沙测验,大多数水文站均未做推移质测验。我国是一个多山的国家,山地面积占全国总面积的2/3,山地河流比降较大,多数河流都有推移质泥沙问题,在我国西南与南方的主要河流上,推移质泥沙问题又十分突出,如果在这些河流上开发与建设,急需推移质泥沙资料,则本方法可及时而准确的提供。

3. 可以取得推移质泥沙某些特性资料

应用本方法计算推移质输沙量,必须对补给区与汇合区进行地质地貌调查和做一系列的