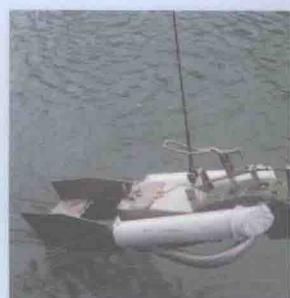


川江推移质泥沙观测技术研究

CHUANJIANGTUIYIZHINISHAGUANCEJISHUYANJIU

刘德春 周建红 编著

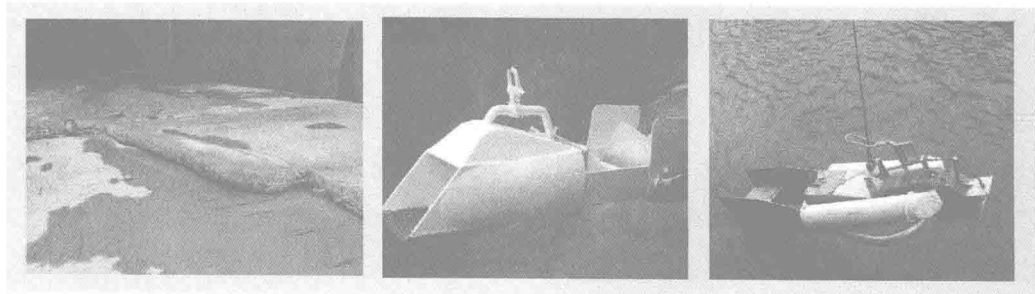


长江出版社

川江推移质泥沙观测技术研究

CHUANJIANGTUIYIZHINISHAGUANCEJISHUYANJIU

刘德春 周建红 编著



长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

川江推移质泥沙观测技术研究/刘德春,周建红编著.
—武汉:长江出版社,2012.12
ISBN 978-7-5492-1708-3

I. ①川… II. ①刘…②周… III. ①长江—推移质—
泥沙运动—水文观测—研究—四川省 IV. ①TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 306622 号

川江推移质泥沙观测技术研究

刘德春 周建红 编著

责任编辑:贾茜

装帧设计:蔡丹

出版发行:长江出版社

地 址:武汉市解放大道 1863 号

邮 编:430010

E-mail:cjpub@vip.sina.com

电 话:(027)82927763(总编室)

(027)82926806(市场营销部)

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

规 格:787mm×1092mm 1/16

16.5 印张 368 千字

版 次:2012 年 12 月第 1 版

2012 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5492-1708-3/TV · 209

定 价:48.00 元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

序

几乎所有的涉河工程均涉及泥沙方面的问题,譬如,水库库容的长期保持,水电工程的合理调度,浅滩航道的顺利通航,涉河桥墩的稳定校核,取水口的正确选址,港区船舶的正常进出,农业用水的长效输灌以及环境污染的有效治理等。我国幅员辽阔,江河湖库众多,水利资源十分丰富,涉河工程跬步可见。因此,泥沙输移量的预测,运动规律的研究一直为人们所高度重视。

“最可恶者莫如沙,而最可爱者亦莫如沙”。虽然推移质在天然河流中是绝对少量,但与悬移质相比,其“可恶”之处更加突出,“可爱”之处实难发现。大量的事实表明,推移质的危害性十分显著。推移质可成为大型水库的“永久居民”,蚕食库容;推移质集体输移形成“走沙水”碍航,甚至造成海损事故;推移质是水工建筑物及水轮机等磨损甚至损坏的重要原因,致使其无法发挥正常功能;推移质是水电站进水口的主要障碍,常需清淤才能正常运行;推移质淤积是浅滩、河口滩碍航的关键因素,常需疏浚、整治才能正常通航;就算是“高高在上”的铁路,也不得不给卵石让路(金沙江支流小江河床淤积抬高已淹埋初建铁路)。所以,人们致力于推移质输移规律研究,以削弱、避免推移质对涉河工程带来的危害。

相对于悬移质而言,推移质运动更让人捉摸不透。由于推移质运动影响因素的不确定性,运动形式的多样性和随机性,时空分布的非均匀性,组成排列的随机性,造成了推移质运动异常复杂。特别是目前推移质测验手段还未臻完善,测验技术还不很先进,测验精度还不理想,给推移质研究带来巨大困难。近一个世纪以来,国内外众多研究者致力于推移质研究,提出了数十家推移质泥沙起动、输沙率等计算公式,但仍未出现大家公认的能较准确计算各种河道特性的公式或方法,时有发出差一个数量级都不算错的感叹。

目前,推移质输沙量预测手段虽然有经验或半经验输沙率公式,河工模型和水槽试验,数学模型计算以及推悬比等等,但“实践是检验真理的唯一标准”,无论其他任何手段,如想高精度预测真实河道的输沙量,均需要实测资料的检验和修正,需要实测成果提供初始、边界等基础性条件,泥沙组成、形态和排列等,离开了实测成果,更是无依无据。故推移质测验的重要性是不言而喻的,是人们认识、研究泥沙运动规律必不可少的首要手段,是其他方法无法替代的基础性工作。

鉴于推移质运动的复杂性,至今推移质测验技术明显滞后于悬移质,许多技术问题有待

进一步研究和发展,本书对此方面进行了有益的探讨、总结与研究。本书汇集了推移质采样器研究制造、推移质泥沙测验和整编方法的研究与应用,并根据实际观测资料对推移质输沙特性进行了分析研究,涉及内容之翔实,采样器研制之系统,在国内外也较为少见。是一本理论与实践紧密联系的科技专著,是作者长期从事推移质泥沙测验研究的经验结晶。

由于我国系统介绍推移质测验方法的著作很少,本书的出版为我们提供了推移质泥沙测验方法的知识和实践经验,可引发人们对推移质测验技术和方法的研究热情,相信会推动相关学科基础理论和实用技术的向前发展。本人有幸先睹为快,受益匪浅,实为水利水电工程设计、河流泥沙研究等具有重大价值的参考书,对推移质泥沙测验技术的提升和发展有较大的促进作用。

教授、博士生导师

许光祥

2012年11月11日

前 言

我国江河治理和水利水电工程建设中泥沙问题十分突出,不仅多沙河流而且一些少沙河流的水资源开发利用都受到泥沙问题的制约。在流域和工程的规划设计中,都面临着如何处理好流域来沙,运用中如何调度水沙,以及如何控制泥沙不利的一面并发挥其有利作用的问题。由于泥沙引起很多生产问题,因此必须加强对河流泥沙的观测研究,才能为研究解决这些问题提供必要的资料。

人们认识研究河流泥沙运动的途径主要有以下三方面:一是收集大量的系统的野外实测资料,分析其变化探求其规律;二是进行概化模型和实体相似模型,研究水沙或边界条件改变以后引起的泥沙输移特性变化和河床变形规律;三是采用数学模型模拟河道演变,也可进行长期的冲淤计算,预估今后的发展。这三种途径,对解决泥沙问题而言都各有其局限性。实体相似模型试验受比尺限制,存在缩尺效应,还不能完全模拟在各种条件下的冲淤演变;而数学模型由于受河道水力学、泥沙运动力学等规律认识的局限以及数学手段的限制,还不能确切模拟天然河流复杂边界现场的水沙运行;收集野外第一手资料,则受测验手段制约,也无法在人工控制的条件下研究不同水沙条件对河道冲淤演变的影响。通过这三种途径相互结合,相辅相成,有可能得到较好的解决办法。事实上,采用数学模型、物理模型等研究河流泥沙问题能否取得成效的一个关键,就是所采用模型的基础是否符合根据大量野外观测所认识的该河流河床演变的物理图形,模型中一些特定系数也有赖于实测资料进行验证。室内实体模型也需要依靠野外实测资料进行率定。很明显,野外泥沙观测研究是一项基本工作,是人们认识泥沙运动规律的一个重要手段。

河流泥沙运动分为悬移质和推移质两种形式。由于悬移质泥沙粒径较细,运动速度与水流速度基本一致,经过近几十年发展,无论在测验仪器、测验方法或者悬移质输移理论方面都取得了很大进展,尤其在采样器研制和测验方法方面,已在一定程度上实现了标准化。而在推移质泥沙测验方面,由于推移质运动比较复杂,尽管人们经过不断探索和努力,先后提出了沙坡法、体积法,示踪法、岩性调查法、光测

法、器测法等测验方法,但受应用条件限制和测验工作量大等原因,这些方法能大量用于野外实际工作的不多。推移质泥沙测验已成为水文泥沙测验工作中较薄弱的环节。

长江是我国第一大河,长江上游干流上起沱沱河源头,下止湖北宜昌,长约4500km,其中宜宾至宜昌段长1045km,因其大部分在四川境内,故习称川江。川江河段从20世纪50年代就开始了推移质泥沙观测工作。由于推移质运动复杂而原有观测技术基础(如观测仪器设备和方法等)十分薄弱,故测验工作是在探索中前进,在反复实验、认识、不断创新中开展的,近几十年来,已收集了大量推移质实测资料。可以说,收集的推移质泥沙资料之丰富,在世界范围内也是罕见的。与此同时,也先后成功研制了适合长江上游川江河段测验需要的多种型号的卵石、砾石和沙质推移质采样器,并在推移质测验布置、资料整编和计算方法等方面取得了一批具有较高水平的研究成果。

鉴于推移质运动的复杂性和测验难度较大的原因,目前我国开展推移质泥沙测验的单位不多,国外更少。有关推移质测验技术方面的介绍多见于零星论文,或相关专著和教材的部分章节,很少见及这方面的专著。本书依托川江河段推移质泥沙测验工作,从推移质来源与堆积特征调查、采样器研制、推移质泥沙测验技术以及资料整理、整编方法等方面进行了系统研究,希望在推进推移质泥沙测验技术研究和河流推移质泥沙测验等方面起到抛砖引玉作用。

本书共八章。第一章为绪论,介绍了推移质运动的基本特点、危害性、推移质观测目的及主要研究成果。第二章从河道形态、来水来沙条件和河床冲淤变化等方面介绍了川江河道的基本特性。第三章介绍了现有推移质观测的主要方法及其适应条件。第四章从推移质颗粒几何形态、硬度等方面介绍了川江推移质泥沙的基本特征;根据实测和调查资料,分析了川江推移质来源以及推移质堆积形态与组成。第五章分析了推移质采样器的采样机理,介绍了为适应川江测验条件而研制的卵推、沙推和砾石采样器,以及各种采样器的水力效率、取样效率和应用条件。第六章重点分析研究了推移质断面输沙率测验的垂线布置原则以及垂线采样历时、重复采样次数的确定方法;提出了过程线法和水力因素法测次布置原则;探讨了单断关系法在推移质测验中应用,研究了缆道高悬点、无拉偏条件下开展推移质测验的可行性。第七章为推移质整编方法,推移质整编主要分输沙率过程线法和水力因素法,本书重点研究了水力因素法在卵石推移质整编中的适宜性问题。第八章从推移量年内、

年际变化,推移质输沙率与流量关系变化、推移质输沙率及颗粒级配沿程变化等方面对川江推移质的输沙特性进行了分析研究,并对峡谷壅水河段的推移质运动规律进行了探讨。

本书承蒙长江水利委员会水文局罗钟毓教高、重庆交通大学许光祥教授审阅,并提出了许多宝贵意见;此外,钟杨明工程师、李俊工程师、张劲松等参与了部分资料整理、分析,在此一并致谢。在本书的编写过程中,参考和引用了国内外许多文献,对这些文献的作者表示衷心的感谢。

本书有的内容已经公开发表在相关领域的科技刊物上,还有相当一部分内容为首次公开发表,限于作者水平、研究时间、研究资料等,书中一定还存在不少谬误,敬请批评指正。

编者

2012年10月

目 录

第一章 绪论

第一节	推移质泥沙运动特性	1
第二节	推移质泥沙观测目的	6
第三节	主要研究成果	7

第二章 河道基本特征

第一节	河道基本情况	11
第二节	气候特征	18
第三节	来水来沙特征	19
第四节	河道形态特征	28
第五节	天然情况下河道冲淤变化	33

第三章 推移质主要测验方法及适宜性评价

第一节	直接测量法	40
第二节	间接测量法	42
第三节	现有测验方法在川江河道的适宜性分析	51

第四章 推移质泥沙来源与堆积特征调查研究

第一节	推移质泥沙颗粒的基本特征	54
第二节	推移质泥沙来源	61
第三节	推移质泥沙堆积特征	73

第四节 床沙组成 83

第五章 推移质采样器研制

第一节 推移质采样器基本要求及主要参数率定方法 93

第二节 Y64 型卵石推移质采样器研制 96

第三节 Y80 型卵石推移质采样器研制 105

第四节 Y802 型砾石推移质采样器研制 118

第五节 AYT 型砾卵石推移质采样器研制 121

第六节 Y90 型沙质推移质采样器研制 139

第六章 推移质测验方法研究与应用

第一节 断面推移质输沙率测验研究 154

第二节 推移质测次布设方法研究 167

第三节 卵石推移质测验单断关系法研究 171

第四节 在缆道高悬点、无拉偏条件下开展推移质测验的试验研究 176

第五节 推移质泥沙测验方法 180

第六节 推移质测验资料计算与合理性检查 184

第七章 推移质整编方法研究与应用

第一节 资料收集与审查方法 187

第二节 水力因素法研究 188

第三节 推移质输沙率过程线法 200

第四节 多元回归分析在卵石推移质整编中的应用 202

第五节 砾石推移质整编方法研究 207

第六节 推移质泥沙颗粒级配整编方法 211

第七节 推移质年输沙量合理性检查方法 214

第八章 推移质输移特性研究

第一节 推移质泥沙观测基本情况 217

第二节 卵石推移质输沙特性分析 218

第三节 沙质推移质输沙特性 237

第四节 砾石推移质输沙特性 243

第五节 峡谷壅水河段推移质输沙特性 245

第六节 推移质输沙特性近期变化的原因分析 250

第一章 绪论

第一节 推移质泥沙运动特性

河流是水流与河床长期相互作用的产物,水流作用于河床,使河床发生变化;河床反过来又作用于水流,影响水流的结构和形态。水流与河床的相互作用是通过泥沙运动作媒介来实现的。有时河道输沙能力增强,水流攫取床沙引起河床冲刷,河床降低,水中含沙量增加,一些原静止的床沙起动而加入推移质的行列;而另一些时候则输沙能力减弱,一部分泥沙沉积下来或停滞于床面使河床淤高,或运行于床面而成为推移质,水中含沙量减少,而部分原运动的推移质停止而变为床沙。由于水流挟沙能力沿程变化,泥沙或悬浮在水中,或运行于床面,或停滞于河床。正是泥沙在这两个方面的相互转换,推动河流的生命永不停息的演进发展。

一、河流泥沙运动形式

河流中的泥沙可分为床沙、接触质、跃移质、层移质和悬移质。床沙是组成河床表面静止的泥沙,钱宁将接触质、跃移质和层移质称为推移质。悬移质是指悬浮在水中并在水流方向与水流以同样速度前进的泥沙。悬移质运动和推移质运动是河流泥沙运动的两种形式。需指出的是,由于推移质和悬移质、推移质和床沙之间均可相互转化,故在实践中要严格区分它们是很难的。

(一)悬移质运动

悬移质是指随水流运动悬浮前进的泥沙。水流中悬浮的颗粒在水深范围内都可以出现,但由于重力的作用,总是在床面附近的悬移质泥沙浓度最大,颗粒也较粗;近水面则相反。在一般水流条件下,由于参与造床作用的不同,悬移质泥沙又常分为浮沙和浮泥。在挟沙水流中,浮泥通常不参与或极少参与床沙交换,具有流域来多少排多少,一泻千里的特性,所以又称冲泻质。另一部分较粗的悬移质叫浮沙。浮沙和浮泥运动的能量都来自于水流的紊动动能,又都为漩涡所挟带前进,与水流速度基本一致。仅从悬浮角度是很难区分的,然而它们之间具有不同的特点:①冲泻质泥沙由于粒径细,颗粒间电化作用较强,具有絮凝性,一旦在床面沉积凝聚,它的起动流速或起动剪切力就比较大,而且沉积的时间越长,就越难起动,起动的流速也越大。浮沙正好相反,颗粒较粗,没有粘性或粘性很低,颗粒间的粘结力小,沉积物比较松散,它的运动状态受水流强弱的影响很大,频频与推移质泥沙和床面上较细的泥沙发生交换,这是浮沙最大的特点。②水流对它们的搬运能力——挟沙率不同,浮

沙的挟沙率取决于水力条件、床沙组成和上游来沙多寡;冲泻质的挟沙率决定于流域的产沙多寡,与水力和床沙条件关系不大。

(二)推移质运动

1. 接触质

当水流速度足以使河床上部分泥沙颗粒发生运动时,突出在床面上小颗粒泥沙所受到的拖曳力大于摩擦等阻力,泥沙开始向前滑动。在滑动过程中,由于河床表面高低不平,往往会转化为滚动。但无论是属哪一种形式,它们在运动过程中经常与河床保持接触,因此称为接触质。

2. 跃移质

当滚动的泥沙运动到某种有利的位置时,其所受上举力会突然加大,受到这种突然冲击力作用的泥沙,会从床面跳跃起来。泥沙离开床面后,与速度较高的水流相遇,并被该水流挟带前进;当它运动一段距离后,在重力或向下漩涡的作用下,又会回到床面上,这种泥沙称为跃移质。跃起的泥沙在落到床面时对旁边的泥沙颗粒有冲击作用,作用的大小则取决于颗粒的跳跃高度与水流速度。如沙粒跃起较低,由于水流临底处流速较小,泥沙自水流中取得的动量不大,在落回床面后就不会继续跳动。如沙粒跃起较高,自水流中取得的动量较大,在落回床面以后还可继续跃起。如沙粒自水流中取得很大的动量,则对于床面的冲击不但使自己反弹跃起,而且还使下落点附近的沙粒也同时跃起前移。

在流速较低时,对于同一种河床组成物质来说,其接触质或跃移质的运动范围,仅限于河床表面以上1~3倍泥沙粒径的区域内。

3. 层移质

由于河床由松散的泥沙颗粒组成,并不是一个密实体,水流拖曳力的作用并不局限于河床表面,而是可以深入床面以下。随着水流强度的不断增强,水流的作用不断向深层发展,当水流达到一定强度后,泥沙将成层移动或滚动,运动速度由上往下逐渐递减,如此运动的泥沙称为层移质。层移质一般较为少见,拜格诺曾对层移质运动作过详细的试验研究与理论分析。

二、悬移质运动与推移质运动的区别

虽然可以把河流泥沙分为悬移质、推移质和床沙,但从河床到水面,泥沙的运动是连续的。推移质的运动范围都在床面或床面附近(如2~3倍粒径)区域,其运动具有明显的间歇性,运动一阵,停止一阵,运动时为推移质,静止时为床沙。推移质与床沙不断交换,前进速度比底层水流速度要慢。推移质的间歇运动实质上是泥沙颗粒在不同时期,分别以推移质及床沙的面貌出现。推移质泥沙与悬移质具有不同的运动状态,遵循不同的运动规律,在靠近河床附近,各种泥沙在不断的交换,推移质和悬移质、推移质和床沙之间均可相互转化。在同一水流条件下,推移质中较细的部分与悬移质中较粗的部分,构成彼此交错状态,很难把他们截然分开。对同一条河流来说,由于不同河段有不同的水流条件,同一粒径的泥沙在某一河段可能是静止不动的床沙,在另一河段可能作推移质或悬移质运动。即使在同一断

面和同一粒径,在较弱的水流条件下表现为推移质,在较强的水流条件下表现为悬移质。因此,决定泥沙运动状态的除泥沙本身的粗细外,还有水流条件。图 1.1-1 为泥沙运动的物理模式。

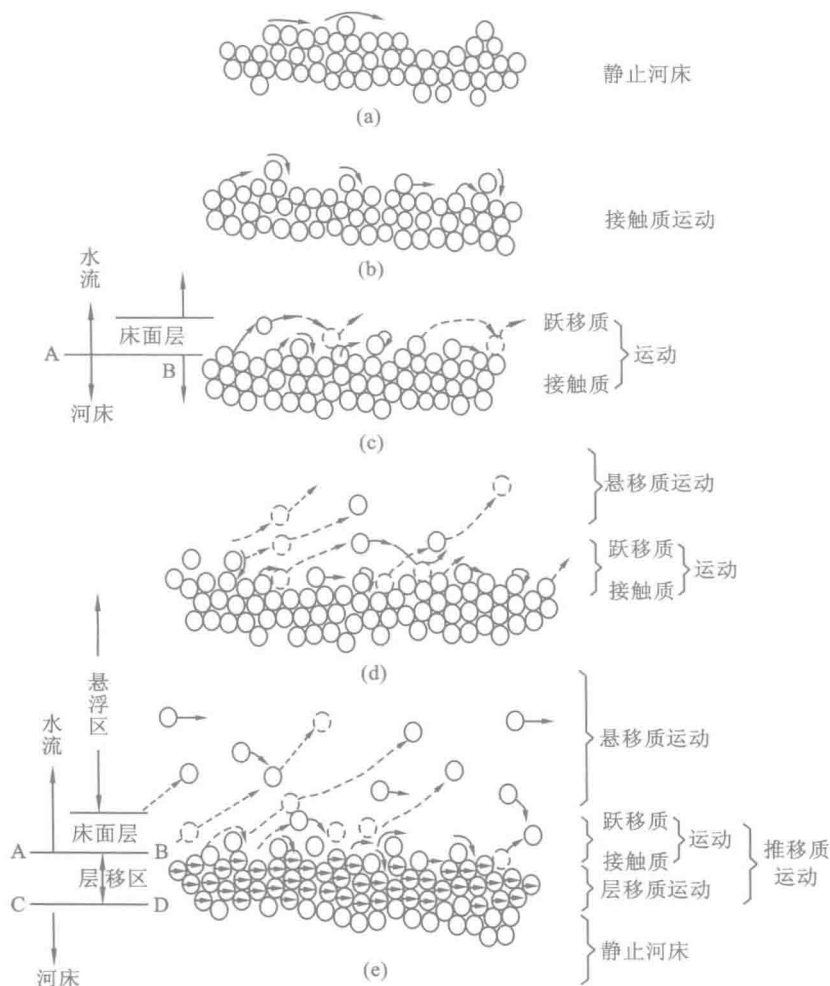


图 1.1-1 河流泥沙运动模式图

虽然推移质和悬移质之间存在着交换而没有明显的分界线,同一颗泥沙在一个时候可以以推移质的形式运动,另一个时候又可以以悬移质的形式运动,但实际上,它们之间存在着物理本质上的差别,主要表现在以下三个方面:

(1)运动规律不同。推移质运动取决于泥沙在床面附近的受力情况,而悬移质运动既与床面附近受力有关,又与水流对其悬浮作用有关。

(2)能量来源不同。推移质运动直接将水流的能量转化为推移质颗粒的动能,形成对水流的阻力;维持悬移质运动的能量来自于水流的紊动动能,紊动动能是水流势能转化为热能过程中的一种过渡形式,是水流已经消耗了的能量的一部分。悬移质通过影响水流的紊动

性质来影响水流的时均流速,对水流能量损失的影响是间接的。

(3)对河床的作用不同。推移质增加了河床表面的压力,加大了河床稳定;悬移质则增加了水流的容重,加大了水体的静压力。它们一个影响河床颗粒的本身,一个则影响颗粒的水体。

三、推移质运动的复杂性与危害性

(一)推移质运动的复杂性

影响推移质运动的主要因素有河段的水力条件(如流速、比降、水深等)、河床组成(床沙颗粒大小、形状、排列情况等)以及上游河段泥沙补给等。这些因素中,任何一项发生变化,都将引起推移质输沙率的改变。因此,要建立一个推移质输沙率与水力因子的单一关系比较困难。从实测资料中经常可以看到,在相同的水力条件下,输沙率可相差几倍、几十倍甚至上百倍。在推移质输沙率的变化过程中,往往可以看到,在不太长的时间间隔内,水力条件并无大的变化,而推移质输沙率可能发生急剧改变。

野外实测资料和试验研究结果表明,沿床面滚动、滑动、跳跃前进的推移质泥沙,其运动是一种随机现象,它们在床面上走走停停,并与床沙发生交换,在一定的水流条件下不存在一个动者恒动、静者恒静的分界粒径。因此,在某一瞬时,哪些性状的泥沙投入运动及其数量的多少带有很大的或然性。推移质泥沙运动具有间隙性,走走停停,走多久再停,停多久再走(时间随机性),是接触床面走(滑动、滚动),跳跃式走,或是成层结队运动(空间随机性),除了和床面水流强弱有关外,在很大程度上取决于它所处的环境状况(如床沙组成粗细、粒径级配成分和粗化细化程度等)。

此外,推移质输沙率变化与流速的高次方成正比,因此推移质输沙量主要集中在汛期,特别是几场大洪水过程中。河道上推移质输沙率横向分布也非常不均匀,一般是某一部位运动强烈,而在其他位置推移质输沙率却很小,甚至为零,均有明显的成带输移特性。

由于推移质运动复杂性,特别是推移质泥沙又主要集中在洪水期间输移,不仅水流浑浊,人们看不见摸不着,而且水势凶猛,故推移质泥沙监测难度很大。

(二)推移质运动的危害性

与大多山区河流一样,川江坡陡流急,产流汇流过程迅速,水位流量变幅大,水流挟沙能力变化急剧,构成河床的床沙多为砾石、卵石,颗粒粗、级配分布宽。这种宽级配推移质具有独特的输移特性,其输沙率与水流强度、来沙特性和床沙组成之间,形成相互反馈、错综复杂的关系。

推移质泥沙在天然河流中与悬移质相比较,虽然绝对数量相对较少,但推移质带来危害比悬移质有过之而无不及。推移质带来的常见危害有:①在水库库尾可以造成累积性淤积,积少成多,造成回水抬高、淤积上延、扩大淹没损失等不良恶果。与悬移质不同的是,推移质在水库淤积的持续时间很长,只要上游有推移质泥沙供应,即使悬移质淤积平衡后,推移质仍然会淤积。由于推移质淤积后不易被冲刷,尽管与悬移质泥沙相比,推移质总量通常不大,但其淤积造成的后果却比较严重。②在天然河道枯水期或水库水位消落期间,常发生推

移质淤积出浅碍航或者触沙搁浅、翻船等事故,“走沙水”更是推移质强烈运动而碍航的独特形式。③推移质泥沙通过冲排沙闸和廊道时,常可以把闸底板和廊道砸坏,严重影响泄水建筑物的正常运行。国内许多水电站,如黄河干流上的刘家峡、八盘峡、三门峡,长江流域的葛洲坝、二滩、龚嘴、映秀湾等工程,泄水建筑物包括电站机组均遭受泥沙磨蚀破坏,有的还特别明显。溪洛渡水电站截流导流洞运行一年后,发现 6 号导流洞地板冲蚀严重,钢筋裸露,进口地板冲蚀掉 30cm 左右(如图 1.1-2)。据观测,通过 6 号导流洞的卵石推移质每年约 24 万 t,可见卵石推移质的磨蚀作用不容忽视。④对于中小河流特别是西南地区上的一些低坝引水枢纽,一场洪水所挟带的推移质泥沙可将取水枢纽淤废或冲毁,这种情况已屡见不鲜,这些问题一旦发生都是很难处理的难题。⑤推移质是水电站门前清的主要障碍,常需清淤才能正常运行。⑥推移质淤积还是浅滩、河口滩碍航的关键原因,常需疏浚、整治才能正常通航。

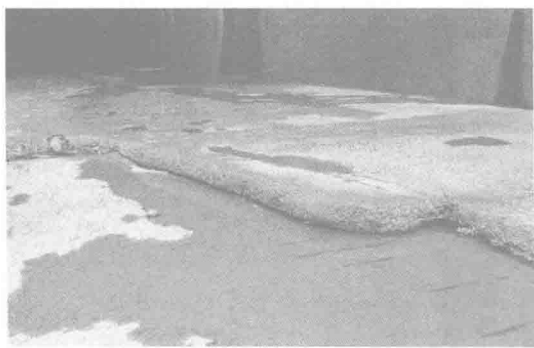


图 1.1-2 溪洛渡水电站 6 号导流洞磨蚀现象

为尽量避免或减轻推移质带来的危害,需在工程建设前或建设中弄清楚工程河段推移质输移量及其运动规律,以便采取适当的工程措施加以防治。目前,确定推移质输移量的方法主要有三种:水槽输沙试验、推移质输沙率公式计算和现场测验。

水槽试验很难模拟天然河道复杂的边界条件,如果把粒径缩小就成了沙质或沙砾床沙,这与天然卵石和卵石夹沙河床的环境状况是大不同的,特别是沙卵石推移质输移过程的许多复杂现象,如宽级配床沙颗粒在床面的不同排列状况及其对输沙率的影响,输沙率在时间上的强烈脉动和在空间上的不均匀、不连续等,卵、砾石复杂多变的形状等,都很难在水槽中重演,这就必然使水槽试验成果精度受到影响。在推移质输沙率公式计算方面,据不完全统计,目前各种公式已超过 50 个,这些公式多系依据水槽均匀流试验资料得出,且主要限于均匀沙,其中大部分属于 1mm 以下的中、细沙,难以全面反映天然河道复杂的边界条件、水流特性和宽级配沙卵石推移质运动的特点,因此常导致计算成果与实测结果相差很大。另外,河道上游水利工程拦沙以及河道采砂,也对推移质输沙率产生较大影响,但如何考虑这些影响,无论水槽试验或采用输沙率公式计算,目前还没有有效的解决方法。鉴于此,采用各种方法直接进行现场测验迄今仍然是确定推移质输沙率的一种不可替代的方法。

第二节 推移质泥沙观测目的

一、满足推算“全沙”输沙率的需要

所谓“全沙”是指包括悬移质和推移质在内的全部输沙率。全沙输沙率推算主要有两种途径：一是直接观测法，即分别施测悬移质和推移质，然后推算“全沙”；二是间测法，即根据实测悬移质输沙率和级配及床沙级配资料，由相关公式计算推求。由于推移质和临底悬沙测验上存在困难，以往国内外多采用间测法，但该法主要用于沙质河床，而川江为山区性河道，推移质主要为沙卵石，间测法显然不适合，故川江测站“全沙”均采用直接法施测。

二、为水利水电工程建设与运行管理提供基本资料

长江水量丰沛，含沙量小，但输沙量大，仅次于黄河、恒河(Ganges R.)和布拉马普特拉河(Brahmaputra R.)，居世界第四。表 1.1-1 是宜昌水文站在葛洲坝枢纽蓄水前后水沙特征值。除悬移质外，川江还有大量的卵石和沙砾推移质，葛洲坝枢纽蓄水前，宜昌站多年平均卵石输移量为 75.8 万 t，沙砾推移量为 874 万 t。三峡工程是世界罕见的大型多目标水利工程，具有防洪、发电、改善航运和供水等巨大综合效益。三峡工程运行后，长江大量泥沙将在水库内淤积，水库下游将发生冲刷。工程泥沙问题涉及水库寿命、库区淹没、变动回水区航道与港区演变、电站的正常运行，以及坝下防洪、航运等一系列重要而复杂的技术问题，是三峡工程建设和运行中的关键技术问题之一。这些问题涉及面广，影响复杂，在工程规划、设计施工到建成后运行管理的各个阶段，都需长期试验研究与验证，而这些需要坚实的实测泥沙资料作基础。

与悬移质不同的是，推移质在水库里总是要淤积的，而且持续时间很长，只要上游有推移质泥沙供应，即使悬移质淤积平衡后，推移质仍然会淤积。由于推移质淤积后不易被冲刷，尽管与悬移质泥沙相比，推移质总量通常不大，但造成的后果却比同等数量的悬移质淤积要严重得多。因此，人们十分看重推移质泥沙的测验和研究。

表 1.1-1

宜昌水文站水沙特征值表

统计年份	年平均径流量 (亿 m ³)	年平均悬移质输沙量 (亿 t)	最大流量 (m ³ /s)	最大年输沙量 (亿 t)	发生年份
1950—1980	4511	5.15	66800	7.54	1954
1981—2002	4353	4.59	70800	7.28	1981

三、保障港口、航道治理的有效性

长江是我国沟通东西的交通运输大动脉，川江是这个大动脉的重要组成部分。统计表明，在天然情况下，除汛期少数滩险因急流影响船舶上行外，妨碍航行的主要矛盾是枯水航道的弯、窄、浅。其中弯与窄是由山区河道边界条件复杂的特点造成的，而浅滩主要与泥沙冲淤变化有关。由泥沙冲淤变化形成的浅滩，一种来源于卵石运动，另一种来源于沙质运动。两者都具有汛期淤积，汛末或汛后冲刷的特点，若汛期淤积较多，汛末或汛后冲刷得不