

龙毓骞论文选集

SELECTED PAPERS OF LONG YUQIAN



黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

龙毓骞论文选集 / 龙毓骞著. — 郑州: 黄河水利出版社, 2006. 10

ISBN 7-80734-128-9

I. 龙… II. 龙… III. 水利工程-文集
IV. TV-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 105077 号

组稿编辑 岳德军 13838122133 dejunyue@163.com

出版社: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码: 450003

发行单位: 黄河水利出版社

发行部电话: 0371-66026940 传真: 0371-66022620

E-mail: hhslebs@126.com

承印单位: 黄河水利委员会印刷厂

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 23.75

字数: 545 千字

印数: 1—1 000

版次: 2006 年 10 月第 1 版

印次: 2006 年 10 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-80734-128-9/TV·477

定价: 55.00 元



龙毓骞，男，1923年7月出生，黄河水利委员会教授级高级工程师。1944年毕业于原中央大学土木工程系，1947~1949年留学美国，在衣阿华大学获硕士学位，并继续在加利福尼亚大学学习。1949年底回国，先后在官厅水库，黄河水利委员会三门峡水库实验总站、水文处、水科所等单位工作，1983~1985年任黄河水利委员会总工程师。

序

黄河是世界上输沙量最多的河流,黄河的多沙、易淤、善变是历史上下游频繁决口和复杂难治的根源,其症结就是泥沙。自 1946 年人民治理黄河以来,一大批专家投身到泥沙的科研中来,为确保黄河下游岁岁安澜做出了突出的贡献,这其中包括一些放弃国外优越生活和工作条件的学者,龙毓骞同志就是其中杰出的代表。

龙毓骞同志 1944 年毕业于原中央大学土木工程系。1947~1949 年留学美国衣阿华大学并以优异成绩获得硕士学位,又在加利福尼亚大学师从世界著名的水利专家汉斯·爱因斯坦教授学习河流泥沙,掌握了最新的水利科技知识。新中国成立的消息传到美国后,龙毓骞同志与其他热血青年一道,马上起程回国。他放弃在大城市工作的机会,主动要求到水利工作的最前线去。他参加了官厅水库工程建设,进行过水库水文泥沙实验研究。1966 年调到黄河水利委员会后,先后在三门峡水库实验总站、黄委水文处、黄委水科所工作,并于 1983~1985 年担任黄委总工程师。从技术领导岗位上退下来后,他甘当铺路石,为科研做了大量基础性的工作,如组织编制了黄河一些水文站实测输沙资料数据库、三门峡水库运用研究有关资料数据库及下游河道断面资料数据库等。尤其难得的是,他把宝贵的经验无私地传授给身边的年轻人,为黄河泥沙科研培养了一批既熟练掌握计算机和外语,又精通河流泥沙研究的复合型人才,其中有些已成长为黄河科研的技术骨干。

龙毓骞同志的泥沙研究范围广泛,并在水库泥沙淤积和异重流的测验,水库水面蒸发、水温、汛情、波浪及塌岸等水库水文实验,黄河流域水沙变化,全沙输沙能力及下游河道冲淤量分析评价,光电颗粒计的研制,光电法泥沙颗粒分析等多方面研究中取得突出成就。鉴于他的勤奋和杰出贡献,1979 年被国务院授予“全国劳动模范”称号,1984 年被水利电力部授予“特等劳动模范”称号,1985 年被全国总工会授予“全国优秀科技工作者”称号并颁发“五一劳动奖章”。

在人民治理黄河 60 年之际,黄委的一些科技人员将龙毓骞同志多年撰写的文章加以整理,选择其中的主要部分结集出版,这是一件十分有意义的工作。该书的不少研究成果在今天仍然具有重要的学习和参考价值。我相信,该书的出版,不仅有助于青年学者了解 60 年泥沙研究的发展过程,增加对从事黄河科研工作重要性的认识并增强荣誉感,而且会对黄河科研工作起到积极的推动和指导作用。

李国英
2006年10月17日

前 言

多年来,我撰写的论文,包括与其他同志合作撰写的论文,共计 70 余篇。本书选入了一些有代表性的论文,共 29 篇。20 世纪 50、60 年代,我负责或参加编写的一些报告,多以单位名义提出,除个别论文外,其余均未收录。文选中的论文内容大体上可分为四个方面:关于水库淤积及异重流问题的论述,关于泥沙测验问题的见解,关于黄河输沙能力问题的讨论,以及有关黄河治理问题的一些意见等。此外,参加国际会议或进行国际交流的论文共 36 篇,其名称已列入国际交流论文目录,其中大部分论文的内容在本论文选的文章中已有所反映,除少数几篇外,其余未再选入。

通过对多泥沙河流水库的大量测验研究,以及学习他人的研究成果,使我对水库上下游河道的冲淤现象有了较清晰的认识。但是,从河床演变的角度来分析研究库区水流泥沙的运动规律和减少水库淤积,我认为还有大量的工作可做。野外的泥沙测验是认识河流自然规律的主要手段。但是,受自然及人为因素的影响,测验资料还不可避免地存在系统误差和随机误差。如何根据水流泥沙运动的特点并利用科学技术的发展来改进现行测验方法和工具,减少系统误差,提高所收集资料的准确度,使之能适应河流治理开发的要求,是需要我们思考和研究的一个问题。河流输沙能力是研究河流泥沙问题的一个最基本问题,我和其他同志试图利用野外实测资料来研究这一问题,提出了一些看法。为进一步深化我们的认识,还需要继续进行这方面的工作。黄河治理要求正确处理泥沙问题,而正确处理泥沙问题又与水资源开发利用密切相关。以水养河、以河输水、以水输沙,已成为人们的共识。如何在全流域节约和控制用水,如何进一步减少进入河道的泥沙并利用工程进行调节等,将是今后一项具有挑战性的任务。这些也是我从事多年工作的一些体会。编辑本文选的目的也是希望为后人提供一些继续工作的参考。

本文选出版前曾将有关论文选编成电子文档供使用参考。电子版除论文外还收入了少数资料,这些都是编辑过的数据库的一部分,为免于散失特将其主要部分收集在电子版内,这些集成的数据也仅供参考使用。因数量较多,此次编印的论文选中未将其全部纳入。文选中收集的论文,除最近几年的论文外,都是根据原报告重新编排的,其中附图也是重新扫描或从原报告的图中读出其趋势再重绘而得。

此次论文选的出版得到黄委薛松贵总工程师、刘晓燕副总工程师及梁国亭、张原锋、焦恩泽、缪凤举等教授级高级工程师的大力支持与协助,特在此表示感谢。

值论文集出版之际,我还想说明的是:本人之所以能对我们伟大的祖国做出一点微薄贡献,主要是得到老伴游素萍同志无微不至的关怀与对全部家庭生活的精心料理,使我能一心一意地投入工作。回顾一生,在业务上得到挚友钱宁的引导和同事们的无私帮助,特别是一些年轻同志在计算机和新技术的应用方面曾给我许多帮助,这些也是我取得一些成绩的重要因素。

龙毓骞

2006 年 8 月于郑州

目 录

序

李国英

前言

官厅水库泥沙测验工作	(1)
三门峡水库潼关河床高程变化的分析	(12)
潼关断面高含沙量河道异重流现象	(35)
黄河三门峡水库的泥沙问题	(47)
光电颗粒分析仪	(64)
三门峡水库泥沙问题的研究	(74)
输沙率测验误差的初步分析	(81)
黄河流域侵蚀、泥沙输移与沉积	(89)
我国河流泥沙问题和泥沙测验技术发展展望	(114)
黄河下游河道床沙组成实测资料分析研究	(135)
黄河流域水沙变化对三门峡水库及下游河道的影响	(144)
黄河输沙资料数据库	(169)
用黄河资料对输沙能力公式的验证之一	(173)
用黄河资料对输沙能力公式的验证之二	(191)
黄河下游输沙率修正方法和应用	(201)
三门峡水库改建与运用研究提要	(209)
三门峡水库的泥沙调节	(222)
Reservoir Sedimentation Data Collection Programs in China	(232)
三门峡水库水沙调节及其对下游河段的影响	(249)
输沙能力公式在黄河上的适用性	(275)
水库泥沙与实验研究	(283)
用全沙观点研究黄河泥沙问题	(286)
Range Survey of Deposition in the Lower Yellow River	(292)
黄河下游淤积量及分布与“二级悬河”问题的探讨	(306)
治黄研究几个应予重视和讨论研究的问题	(316)
Features of Sedimentation in Lower Yellow River	(320)
在黄河下游河道治理方略会议上的发言	(335)
Impacts of Management of Water and Sediment in the Reservoir on Sedimentation in Lower Yellow River	(341)
三门峡水库冲淤演变、潼关高程及水库运用	(351)
附录 1 作者简介	(366)
附录 2 参加国际交流的论文目录	(368)

官厅水库泥沙测验工作

1 基本情况

官厅水库以上流域面积约为47 000km²,坝址多年平均流量为43.2m³/s,年平均径流量为13.6亿m³,年平均输沙总量为7 000万t。最大洪峰流量达4 000m³/s;最大含沙量约400kg/m³。洪水主要来源于暴雨,上游多年平均降雨量300~400mm,而7、8月的雨量约占全年的53%,因此洪水多发生在7、8两月,其输沙量占全年总量的80%,汛期泥沙粒径较细而枯水时期较粗,以1954年为例,汛期小于0.01~0.02mm的泥沙一般占全部泥沙的40%~60%,而非汛期一般均在20%以下。

官厅水库以上永定河分为两大支流,其中约有70%的水量及80%的沙量来自桑干河流域,其余来自洋河流域,组成水库的另一分支为妫水河,其含沙量很小。水位较高时,妫水河河谷为水库主要蓄水区域。

官厅水库是综合利用水库。最高水位时总库容为22.7亿m³。1953年遇有记录以来第二大洪水,水库已起到拦洪作用。1955年8月起开始蓄水,年底开始发电。水库拦河坝顶高程为485m,河床以上最大高度为45m。输水道进口装置了1.75m×1.75m闸门8座,分两层排列。下层底部高程为444m,上层底部高程为456m。全部开放时最大泄量可达560m³/s。水电厂进口底部高程460m,最大泄量约为110m³/s。

工程完工后,自1953年起组织了下列几项水库泥沙测验工作:

- (1)在进出库河道上设立水文站,用水文测验方法求得水位、流量、含沙量的过程。
- (2)每年施测回水区域内地形及断面,并进行淤积泥沙的取样工作。
- (3)在水库内设置若干固定断面,施测流速及含沙量的分布,观察水流现象并取一部分沙样进行颗粒分析,施测时采取了固定垂线观测与横断面观测两种方法。

此外,还开展水库塌岸及水面蒸发观测,并逐步进行区间径流及其他项目的观测。准备通过水量平衡方法以求得水库区各项水文特征。

本文简略地介绍了泥沙测验的主要成果,着重对蓄水以后的淤积量及其分布等作了一些说明,并叙述异重流的一些实测现象。

2 水库淤积数据及其分布

根据官厅水库工程规划,在设计水库时预留9亿m³作为堆沙库容,3亿m³作为蓄水库容,10.7亿m³作为防洪库容,并计划在上游修建石匣里水库,拦滞一部分泥沙,在流域内推行水土保持工作以减少泥沙来量。

作者:官厅水库水文实验站(龙毓寿)。本文原刊载于《泥沙研究》1956年第2期,曾译成俄文在全苏联第3届水文会议上发表。

进库河道的水文要素变化过程可以 1956~1957 年过程线来表示,从进出水库河道的水文测验,可以计算每年淤积泥沙的重量,初步整理结果见表 1。

表 1 水库不同时期淤积量统计

时段			1953 年 6.21~12.31	1954 年 1.1~12.31	1955 年 1.1~12.31	1956 年 1.1~12.31	1957 年 1.1~9.31
运用情况			拦洪	拦洪、短期蓄水、 汛期前泄空	短期蓄水、汛期 前泄空,7 月以 后逐渐蓄水	蓄水	蓄水
进库	水量	百万 m ³	1 308.0	2 387.0	1 424.0	2 041.8	1 457.1
	悬移质输沙量	百万 t	113.6	144.4	29.8	83.4	50.7
出库	水量	百万 m ³	1 347.0	2 593.0	992.0	1 857.0	1 727.8
	悬移质输沙量	百万 t	63.2	72.7	7.6	10.0	1.4
淤积 量	数量	百万 t	50.4	71.7	22.2	73.4	49.3
	占总进库量百分数	%	44.4	49.8	74.6	88.0	97.2
	累计总淤积量	百万 t	50.4	122	144	218	267

淤积泥沙数量占总进库泥沙量的百分比逐年增长主要与水库运用条件有关。即使在蓄水运用时,由于洪水期间水库中形成了潜流型异重流,只要开放底孔闸门仍有一部分泥沙排出水库。如以同一时段资料计算洪水时期 1953~1955 年出库沙量一般占进库沙量 15%~38%。1956 年总计为 22.3%,1957 年为 20% 多。在拦洪运用时,由于水库经常泄空造成水力冲刷,促使大量泥沙排出水库,以 1953~1955 年资料统计约占总进库量的 22.9%。

曾用地形测量方法求得逐年各高程相应的水库容积,从而求出淤积体积。每年取表层淤积泥沙样品测定其容重,并按淤积分布分区平均,以淤积量加权计算,求得加权平均容重见表 2。

表 2 水库不同年份平均容重

时段	淤积体积 (百万 m ³)	表层淤积泥沙加权平均容量 (t/m ³)
1953.7~1954.3	28.3	1.40
1954.3~1955.3	51.7	1.35
1955.3~1955.5	22.4	1.08
1955.10~1956.10	86.8	1.10
1956.10~1957.10	46.3*	暂缺

注: * 系根据断面成果初步估计而得。

可见在水库正式进入蓄水运用以后,淤积泥沙的容重由于经常淹没而大大减小。当然,泥沙的固结作用将使淤积容重逐渐增加,因为没有进行过深层取样工作,所以目前还无法说明容重随时间增加的情况。同时也由于我们还没有比较适用的取样工具,所以求出的容重是不准确的,只能作为大致的参考。

水库淤积泥沙的分布主要受水库运用方式及水库水位、水库地形、进库水文泥沙的特性,以及潜流型异重流作用等因素的影响。1953~1955年7月拦洪运用时期水位变幅很大,水位较低时坝前即已发生淤积,随洪水拦蓄水位上涨,淤积亦向上游发展。水位降落时回水末端附近开始发生冲刷,一部分泥沙又被带入水库以内形成淤积。泄空以后淤积表面形成新的河槽,第二次洪水即沿新的河槽开始淤积。蓄水以后,水库水位变幅很小,在回水末端由粗粒泥沙造成的淤积逐渐形成三角洲,并逐年向上游、下游发展。坝址附近则由于异重流所挟带的泥沙到达坝前有时不能及时排走,也造成了永久淤积。1956年以后的淤积情况可代表蓄水以后的典型淤积分布。由于妣水河年输沙量很小,所以我们重点观测了永定河的淤积情况。由于淤积发展的结果,在妣水河口已淤成淹没沙丘,河口以内一段河床形成倒坡。造成这一现象主要是由于1955年以前水库泄空以后永定河河流改道直接绕经妣水河口附近,而当时河口正处于回水末端的缘故。

应当指出的是,1956年汛期后三角洲面上除表面有一些小的串沟以外,全部断面几乎趋向水平,而在1957年6月库水位降落以后又有较小洪水进入水库($100\text{m}^3/\text{s}$ 左右),因冲刷作用形成了新的河槽,如断面1031的情况。三角洲前坡部分,也就是形成异重流的潜没地点附近断面淤积最快。可以明显地看出,这一断面淤积的发展是随着主流位置的变化而变化的(如断面1019的情况)。在水库中部异重流一般比较稳定,虽然其主流一般是沿深槽前进,但断面其余部分也有异重流通过,因此在横向的淤积也是普遍发展的,但深槽部分淤积速率较其他部分为快(如断面1010的情况)。至于坝址附近,一方面由于库面逐渐狭窄,另一方面由于下闸门启闭的关系,异重流达到坝前以后,由于壅水而形成浑水水库。逐渐沉降固结,淤积表面比较平整,泥沙粒径很细,有絮凝现象,容重很小(如断面1000的情况)。这些情况说明了沿水库长度各区段受地形影响及异重流作用的淤积特征。

其次,从纵断面的发展可以看出,从1956年10月到1957年5月的枯水季节及凌汛期内所发生的淤积主要是在库首三角洲部分。这是由于这一季节中水位较高、凌汛时期含沙量较小、粒径较粗的缘故。汛期初库水位较低,洪水时期又发生了异重流,因此使三角洲向前发展较快。1957年共向前推进了3km。至坝址附近则由于1956年10月以后曾多次开闸排沙,以及由于泥沙沉降固结所以淤积表面曾一度降低,但由于1957年汛期异重流的作用,又造成了一些新的淤积。

淤积泥沙粒径沿库长的变化与前述纵断面的形态是相应的,即在三角洲面上粒径较粗容重较大,而在三角洲以下粒径较细容重较小,在三角洲前坡以下部分淤积泥沙中90%以上都小于 0.05mm ,换言之,绝大部分大于 0.05mm 粒径的泥沙都淤积在三角洲以上了,而在坝址附近甚至于大部分泥沙粒径都小于 0.02mm 。这一点也说明了造成这两部分淤积的过程是不同的;三角洲面上水库回水末端部分是由于流速逐渐减小而造成的重力沉淀,而三角洲以下主要是异重流挟带泥沙的沿程淤积。

从取样的结果来看,三角洲面上颗粒组成比较复杂,有垂直分层的现象。取样时三角洲滩地面上有一薄层细粒径的泥沙。这可能是 1956 年汛期以后水位较高时因回水作用所造成新的淤积,以及在主流两侧的回流部分较多的细粒泥沙因流速减小而产生的淤积。这些表层细粒泥沙,虽然数量较少,但在暴露固结以后往往具有一定的抗冲性质,对三角洲上新河道的形成将起一定的作用。

水库的回水受到各种水力因素如洪水、冰凌等的影响将呈现不同的变化,其中最主要的是淤积的影响,根据已有的资料,在水库末端由于淤积的发展,水位抬高了约 1.5m。图 1 举例说明回水线的变化,从中可以看出,由于淤积的发展使回水线抬高,但回水线的抬高又促使淤积向上发展,二者的作用将是互为因果的。

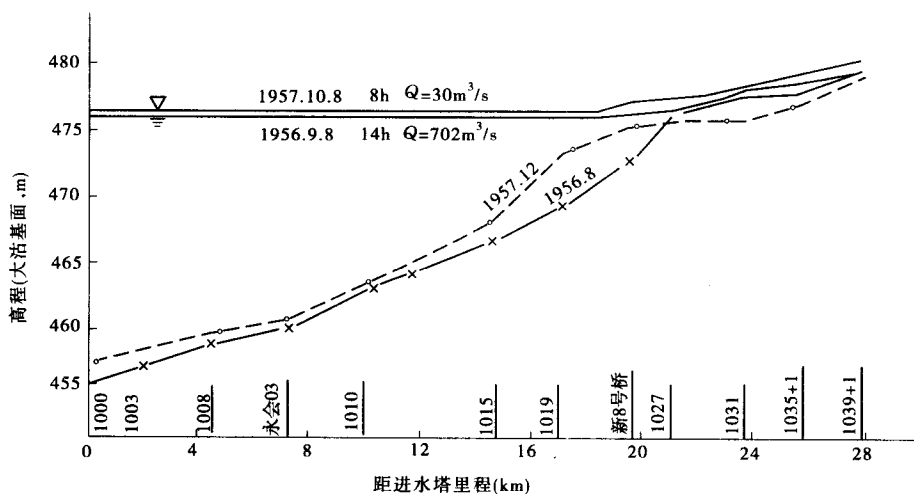


图 1 水库回水曲线变化图

3 水库异重流

3.1 官厅水库潜流型异重流发生的现象及其特征

在洪水时期,进库的流量和含沙量很大,泥沙粒径组成较细,在水库入口处因流速减小,其中粗泥沙开始沉淀而较细泥沙仍继续下行,水流含沙量较大,造成密度的差异,因此能形成明显的潜流,沿库底和深槽部分前进。

发生潜流时,水库进库部分表面往往有明显的清浑分界线。在潜入点附近往往有大量漂浮物受逆流的顶托聚集不散。分界线两侧常有翻花现象,这些都是水流发生潜流型异重流的明显现象。

根据已有资料可知,一般情况下潜流型异重流平均流速为 $0.2 \sim 0.6 \text{ m/s}$,最大流速可达 1 m/s 左右,平均含沙量 $30 \sim 75 \text{ kg/m}^3$,厚度 $0.6 \sim 3.0 \text{ m}$ 。

水库所发生的潜流型异重流,实际上是一种底层的不稳定、不均匀的浑水流。与进库洪峰相应,异重流在水库中各断面也经历发生与消落的过程,同时各个断面上异重流的厚度、流速也不相同。由于清水与浑水的密度差很小,所以有效重力的作用就特别小,而

相对的说来惯性的作用就变得十分显著。

图 2 表示水库中某一垂线上流速、含沙量沿水深的分布。这种分布的型式与天然河道的分布有显著的差别。但是值得注意的是,在稳定后异重流的主体虽属于紊流范畴,但其含沙量分布还有一明确的交界面,根据实测结果,上下层在 0.1m 以内含沙量就有很大的变化。

异重流通过各断面时受地形的影响流动的浑水面并不一定是水平的,而是顺着地形的趋势呈现高低不同,在凹岸浑水面较高;各断面上流速与含沙量的分布基本是相应的;最大流速多半发生在深槽部分,但有时也会出现在断面其他比较低凹的部分。图 3 的横断面分布说明了这一现象。

由于惯性作用,潜流型异重流在行进过程中遇到障碍物时由于动量改变将会引起局部浑水面壅高现象。例如,当其通过旧桥墩时往往在桥墩前部形成明显的浑水水带。到达坝址以后由于水库闸门启闭的关系,可能出现几种不同情况。有时异重流可保持畅流状态通过闸门排走,有时在到达坝址后,异重流被阻,在坝前形成壅水。短期内浑水面上升较高,但很快就会形成平整的浑水水带。如图 4 所示,到达坝址以后由于水闸门启闭的关系,可能出现几种不同情况。有时异重流可保持畅流状态通过闸门排走,有时在到达坝址后,异重流被阻,在坝前形成壅水。短期内浑水面上升较高,但很快就会形成平整的浑水面。图 5 说明一次洪水期间浑水水库的形成与沉淀过程。

当异重流前峰已到达坝前,浑水水库形成以后,泥沙开始沉降,浑水层含沙浓度逐渐增加,继续到达坝前的异重流由于其含沙浓度较小,往往在原来的浑水水库表面流过形成所谓中层水流如图 6 所示,因为此时浑水面坡度较小,异重流的动量在到达坝之前已逐渐削弱,因此就不可能再有显著的爬高现象。

3.2 异重流的运动规律

异重流从开始到消弱的过程与进库洪峰的持续时间有关,不过在水库中部各断面上平均流速与含沙量随时间的变化远较入库以前洪水的变化为缓。以 1956 年 8 月初一次洪峰所发生的异重流为例(见图 7、图 8),从异重流主流中各水力泥沙因素沿程及时间的变化中可以看出,异重流的主体系由约 95% 以上小于 0.02mm 粒径的泥沙与清水的混合悬液组成。同时在各个断面异重流的各项水力因素的过程与进库洪水流量及输沙率的过程是相应的。因此,可以认为异重流的发生将与进库水流的细颗粒(0.02mm)含沙量及流量有密切的关系。

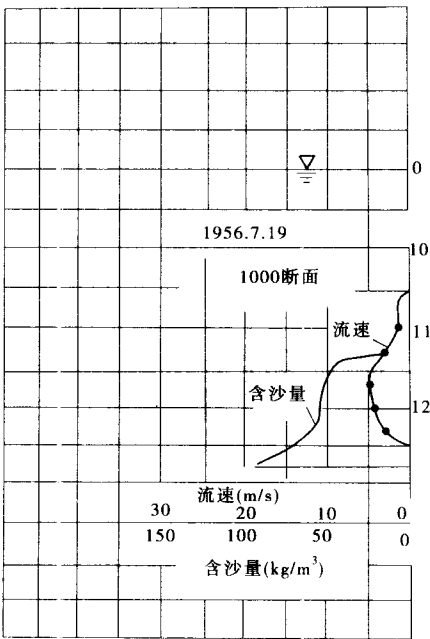


图 2 流速、含沙量沿水深的分布

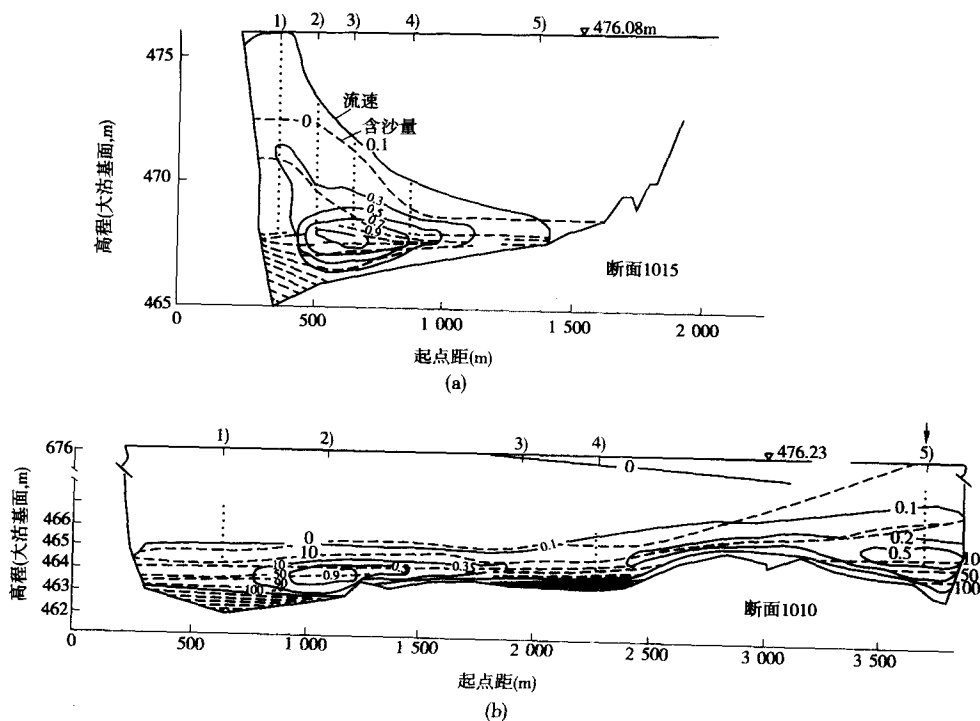


图3 横断面流速、含沙量分布图
虚线代表含沙量等值线；实线代表流速等值线

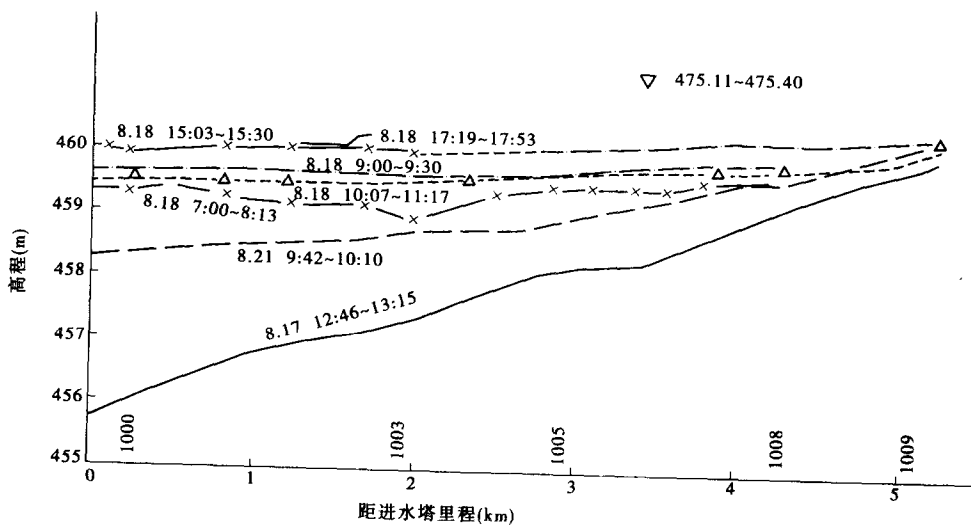


图4 浑水水库演变过程

从异重流沿程变化可以看出异重流具有缓变不均匀的特性。坝前所形成的浑水水库实际上是一种壅水曲线的表现,所以除异重流前峰的暂时局部的壅高以外,坝前深水面上

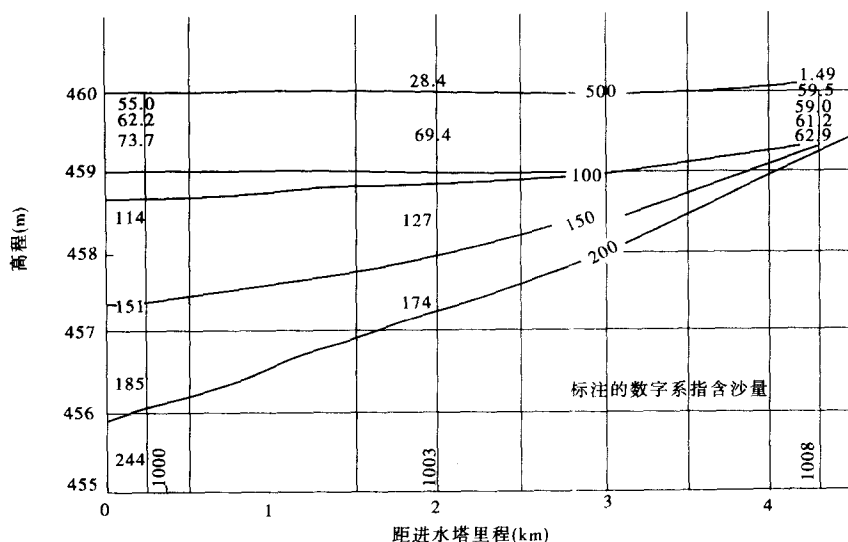


图5 浑水水库等含沙量线

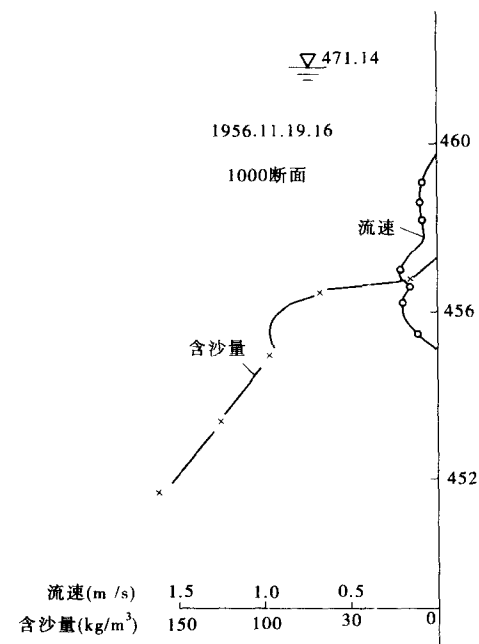


图6 浑水水库流速、含沙量垂线分布

升的高度应是异重流流量与较低部分的水库高程容积关系的函数。

实际观测发现在较小流量时进库部分所发生的异重流有时并不能到达坝前而在中途沿程造成淤积。

接近均匀流态的异重流中各水力泥沙因素之间的关系可以用下列形式来表达

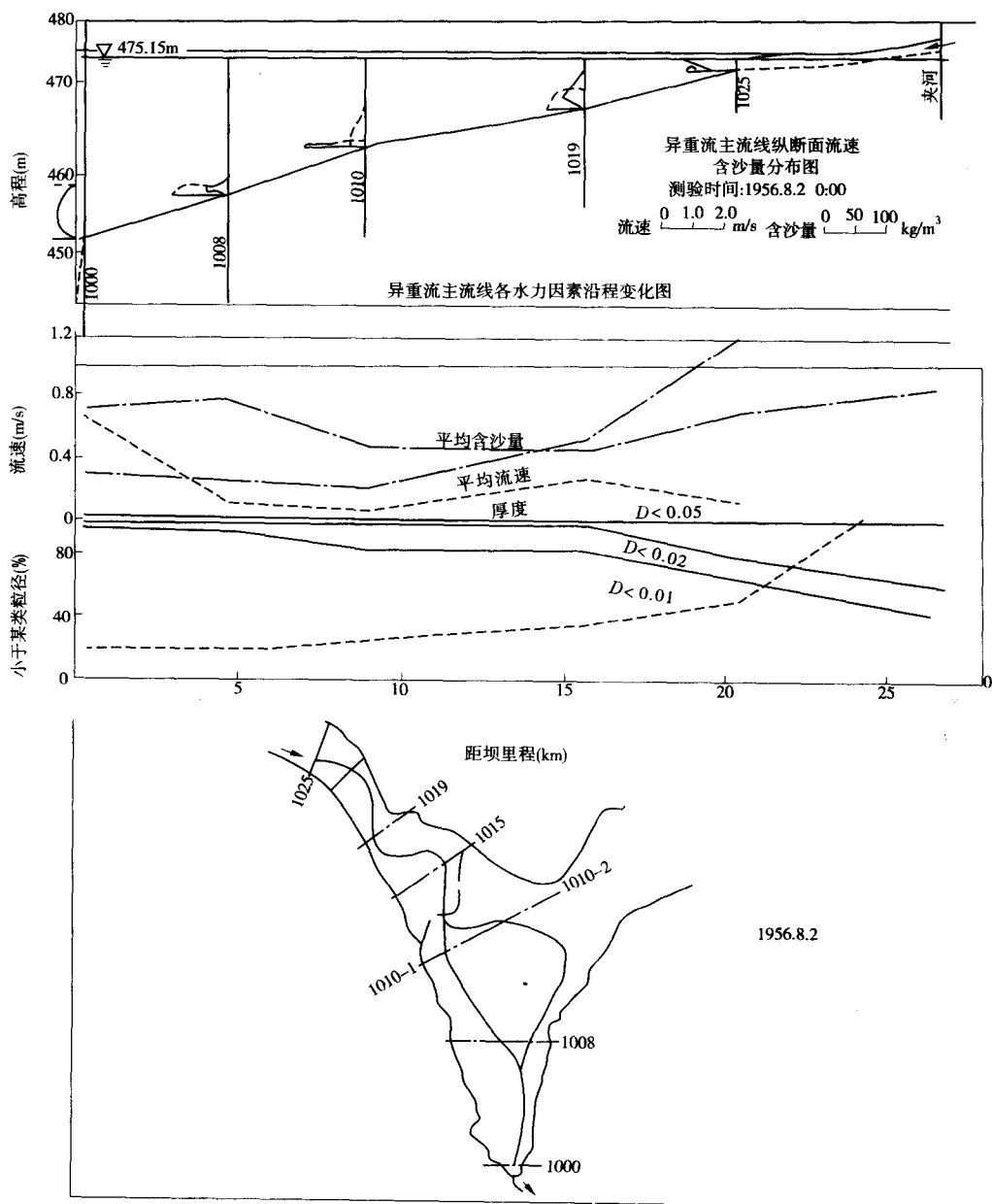


图7 水库异重流各水力因子沿程及随时间变化过程图

$$v^2 = \frac{8g}{\lambda_t} \left(\frac{\gamma' - \gamma}{\gamma} \right) R \sin \beta$$

式中 v ——异重流主体平均流速;

R ——水力半径;

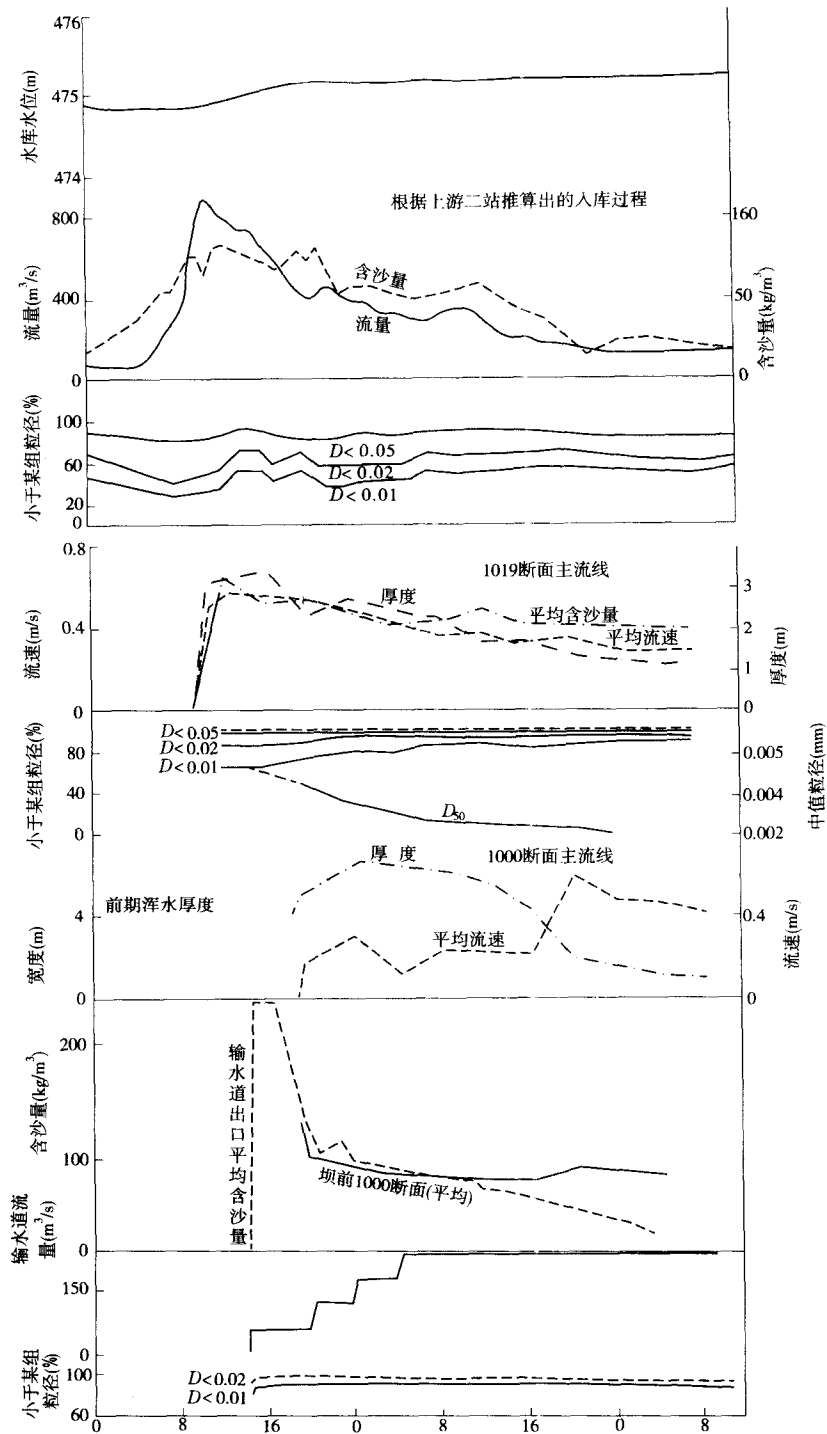


图 8 各水力因素综合过程线图

γ', γ ——异重流及清水的重率;

β ——底坡倾角,当坡度较小时即为比降;

λ_t ——总阻力系数,包含着底部及交面的阻力。

曾用实验资料验算证明天然情况基本上是符合这一规律的。

根据缓变不均匀流态所计算的总阻力系数 λ_t 平均约为 0.025。

3.3 异重流的泥沙粒径

异重流的泥沙粒径很细而均匀,不加分散剂进行分析时,其中值粒径在 0.008 ~ 0.015mm 之间,加分散剂后(矽酸钠溶液)中值粒径一般在 0.002 ~ 0.003 5mm。

异重流许多特性与泥沙的粒径很细有直接关系。由于粒径很细,所以异重流主体中上下含沙量均匀一致无显著差别。由于粒径很细而浓度很高,所以很容易发生絮凝作用,其在水中的沉降特性已不能由单独的沉速来代表。异重流中包含着大量细粒径是絮凝状态的泥沙,也使其物理性质如黏滞性等有很大的变化。不但改变了流动的性质而且也影响到其中所含较粗粒径泥沙的沉降。异重流的交界面之所以能够稳定可能也与这种特性有关。

细粒泥沙的絮凝特性与水中所含电解质的种类及含量有很大的关系。至于由于含沙量增加而引起的黏滞性变化则如图 9 所示。泥沙絮凝现象之所以重要,一方面固然是对异重流水力性质的影响,另一方面还在于一旦淤积以后容重极小,由实际资料大致判断一般流动层的下限也就是淤积表层(相当于容重 0.3 ~ 0.5 t/m³),而且固结的过程很缓慢。从坝前浑水水面的变化可以看出,在形成浑水水库的初期浑水面的下降速度约为 0.013 m/h,而后期仅为 0.002 m/h。

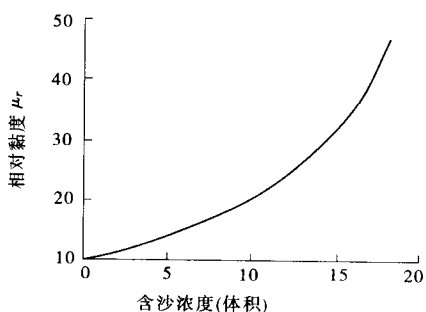


图 9 相对黏度与含沙浓度关系

我们目前所用的颗粒分析方法是泥沙沉降原理为基础的。实际上絮凝状态泥沙沉降情况与单独颗粒沉降不同。所以,用这样的分析方法所求得的结果不能表示接近于天然状态的泥沙粗度。

我们所进行的许多比较试验成果说明,粒径小于 0.01mm 的泥沙最易发生絮凝作用。而异重流中泥沙的粒径大部分(80% ~ 95%),小于 0.01 ~ 0.02mm。其余占 20% ~ 5% 的大于 0.1 ~ 0.02mm 的泥沙可以认为是被由细粒

泥沙与水的混合悬凝所挟带的物质。这也是异重流具有不同性质的一个特点。

3.4 异重流的排沙率

当闸门开启时根据发生异重流时期进出库的各种粒径输沙率可以计算同一类粒径进库输沙率之比。小于 0.02mm 粒径的输沙率比为 37% ~ 57%,小于 0.01mm 粒径的输沙率比为 44% ~ 66%。由于在洪水时期小于 0.02mm 的泥沙一般占进库总量的 40% ~ 60%。因此在洪水时期通过异重流排出水库的泥沙可达全部进库泥沙总量 20% 以上。当然闸门的运用方式将直接影响这一排沙百分比,因为如果闸门开启程度不足以使异重流保持畅流状态排出水库,则在坝前必将造成永久淤积使排沙百分比减小。另外,必须指

出的是,闸门开放后势必增加泄出的水量。当泄量超过排泄异重流的需要时势必排出一部分清水,而使出库含沙量降低,图9中的坝前一点与出库含沙过程线的比较可以说明这一问题。这一点说明了有效地利用底孔排泄异重流对减少水库淤积具有一定的意义,而最经济的底孔的操作运用方法又是一项值得观测研究的问题。

4 小结

根据官厅水库观测成果可以说明下列几个问题:

(1)水库淤积分布受水库运用情况、潜流型异重流作用、进库水文泥沙特性等因素的影响。特别是蓄水以后形成了三角洲,其淤积体积占整个淤积量的50%以上,侵占了有效蓄水库容,因此必须研究和预测三角洲的发展。

(2)潜流型异重流具有一般受重力作用水流的特征,具有一般水流相似的规律,官厅水库在洪水时期进库河道的水文泥沙特性适合于发生潜流型异重流,因此在运用水库时,应考虑充分利用异重流排沙以减少水库淤积。同时进行异重流的观测研究将对今后在多沙河道上新建水利枢纽的规划设计及运用提供资料。

由于各项测验和测量的精度较低,使用的仪器、测具也很简陋,因此现有测验资料还不能全面、精确地反映各种现象和问题,希望各方面同志能对我们目前所进行的各项观测工作提出批评和意见,以便进一步的改进,使观测资料能更好地为国民经济服务。