

黄河下游防洪减淤对洪水水沙搭配的要求*

梁志勇¹ 刘继祥² 张厚军²

(中国水利水电科学研究院¹ 北京 100038; 黄河水利委员会勘测规划设计研究院² 郑州 450003)

〔摘要〕 本文总结了以往对黄河下游河道冲淤临界条件的研究情况,分析了下游河道淤积严重的水沙搭配情况;利用 1960~1999 年 422 场洪水资料建立了黄河下游 4 个河段洪水排沙比与综合水沙与边界系数的关系,该系数包括流量、含沙量、洪峰流量变幅、洪水沿程衰减系数、洪水历时、平滩流量、前期累积淤积量等因素;利用 4 个河段的冲淤临界条件勾画出了 4 个河段洪水冲淤调整与来水来沙搭配之间的关系;该关系可为小浪底水库调度决策以及黄河下游治理提供参考。

〔关键词〕 水沙搭配 冲淤临界条件 综合水沙与边界系数 黄河下游 防洪减淤 泥沙运动 河床演变

〔中图分类号〕 TV 〔文献标识码〕 A 〔文章编号〕 1000-7857(2004)08-0027-04

CRITICAL BETWEEN SCOUR AND SILTATION FOR FLOOD SEASONS IN THE LOWER YELLOW RIVER

LIANG Zhi-yong¹ LIU Ji-xiang² ZHANG Hou-jun²

(1.China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;

2.Reconnaissance, Planning, Design and Research Institute of Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: The channel bed of the lower Yellow River changes tremendously during flood seasons because of great sediment. Critical conditions between scour and siltation are distinct in different river reaches. The paper summarized previous researches on the critical conditions for the lower Yellow River, analyzed statistically the hydrological data of 422 floods from 1960 to 1999 and set up critical equations for the 4 river reaches. The critical relations between flow discharges and sediment concentration for the 4 river reaches are

*“十五”国家科技攻关课题“维持黄河下游排洪输沙基本功能的关键技术研究”。

在;它本身的客观性受整个测量系统的约束,其自身没有所谓完全确定、可测量的属性。因此,偏振仪记录的不是未经测量对象的状态,而是测量后受过测量“污染”的整个系统显示的一种结果。

物理实在论是站在量子理论对立面的角度,从哲学的高度对它进行审查,它是一种世界观和哲学倾向,当然它也与一定的实验相联系,而且它的这些观点可以预设实验的设计和表述方式中。实验对贝尔定理的否定,摧毁了我们原先认同的客观内在的假定,在哲学上的震动非常深远。与此同时,实验与量子力学解释的一致又增强了我们对量子力学的信心。

就对本体论的震动来说,测量意味着客体不可避免地会受一种干扰。宏观状态下,这种干扰只不过被看成对于具体、确定的事物产生的干扰,原则上可以经过调整设得非常小,而且在任何情况下都能估计和纠正。以致测量之后,我们可以准确地推导出被观察的物体所发生的一切。如果这是事物的真实状态,就能毫不犹豫地说,在对物体的观察之前和以后,物体实际具有一组完全的动力学属性(如位置、动量和能量)。于是,原子的微观特征在与宏观事物比较时,并不因尺度差异而危及它的实在性地位。然而根据哥本哈根学派的解释,测量事件是量子事件向宏观世界中的一次不可逆放大。这就在认识论上打破了原先的直观观念。

实验结果有力地证明,我们必须在独立存在的信念世界中建立一个相关量子模型。实验客体之间,客体与仪器之间,甚至客体与整个实验装置之间存在着某种纠缠效应(entangled effect)。观测仪器和被测对象组成一个按照量子力学所涉及的无形整体或互相补充的系统。从哲学上看,客体的孤立存在和量子现象的模糊性是量子力学解释和局域实在观争论的根源。

参考文献(Reference)

- [1]美·雅默. 秦克诚译. 量子力学的哲学[M].北京:商务印书馆, 1989
- [2]Bohr N. Atomic Theory and the Description of Nature [M]. Cambridge: Cambridge University Press. 1934
- [3]Bohm D. Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables[J]. I and II "Physical Review, 1952, Reprinted in Wheeler and Zurek, 1983
- [4]Fine A. Hidden Variables, Joint Probabilities, and the Bell Theorems. [J]. Physical Review Letters, 1982b
- [5] Redhead, M. Nonlocality and Peaceful Coexistence [J]. In: R Swinburne (ed.). Space, Time and Causality, Dordrecht: Reidel, 1983
- [6]Shimony A. Contextual Hidden Variable Theories and Bell's Inequalities [J]. British Journal for the Philosophy of Science, 1984b

(责任编辑 王宏章)

shown as Fig.4, which indicates that the river channel would be scoured when flow is relatively clear, and filled when flow is relatively muddy. These relations may be used in the regulation of Xiaolangdi Reservoir in order to mitigate sedimentation for the lower Yellow River.

Key Words: critical between scour and siltation, the Yellow River, critical flow and sediment relation, fluvial process, combination of water with sediment

CLC Number: TV **Document Code:** A **Article ID:** 1000-7857(2004)08-0027-04

黄河下游河道是一条地上悬河,是水流携带泥沙长期冲淤变化的结果。洪水携带大量泥沙进入下游河道,不仅会淤积下游河道,也会冲刷下游河道。如果我们知道什么样的洪水能够冲刷下游河道、什么样的洪水能够使下游河道淤积,了解下游各个河段之间冲淤调整的关系,并能够通过水库的联合调度,运用并施放需要水沙搭配的洪水,那么就有了减少或控制黄河下游河道泥沙淤积的办法,这将有利于黄河下游河道的防洪减灾。

从防洪减淤的角度来讲,黄河下游河道的关键问题有两个:一是如何减少泥沙淤积总量、减缓泥沙的淤积速率;二是在淤积总量或淤积速率降低的同时,如何使泥沙淤积的部位更加合理,有利于下游河道的长期运用。

什么样的洪水会使下游河道冲刷、会使下游河道淤积?什么样的水沙搭配的洪水能够既使下游河道淤积总量较少又使淤积的沿程分布比较合理呢?本文统计分析了黄河下游40年的水沙资料,指出了淤积较为严重的水沙搭配条件;建立了黄河下游4个河段排沙比与综合水沙系数(除水沙系数外又引入了洪峰流量变幅、衰减系数和洪水持续时间等)的关系,得到4个河段泥沙冲淤的临界水沙条件;勾画出下游4个河段冲刷与淤积变化与来水来沙搭配的关系,进而提出了有利于下游河道防洪减淤的水沙搭配条件。

1 下游河道淤积严重的水沙搭配

以往研究^[1-8]表明以下几点。(1)黄河下游艾山以下河道水沙搭配关系相对稳定,具有明显的“大水冲刷、小水淤积”特性;艾山以上河道水沙搭配关系较不稳定,存在“多来多淤多排、少来少淤(或冲刷)少排”的现象。

(2)黄河下游河道冲淤临界流量与含沙量成某一比例关系,一般为含沙量越大,冲淤临界流量越大。(3)若以来沙系数或水沙系数来代表水沙搭配,则有“相对清水冲刷、相对浑水淤积”的冲淤特性。因此对于黄河下游河道而言,水少沙多的相对浑水是淤积严重的水沙搭配。

水少沙多的相对浑水既有流量较大的大水,也有流量较小的小水。根据1960~1996年水沙资料统计:黄河下游花园口以上河段淤积5.86亿t,花园口—高村河段淤积37.24亿t,高村—艾山河段淤积22.33亿t,艾山—利津河段淤积18.85亿t;而其中的407场次洪水下,黄河下游花园口以上河段淤积17.36亿t,花园口—高村河段淤积30.67亿t,高村—艾山河段淤积2.39亿t,艾山—利津河段冲刷10.52亿t。由此可见,高村以上河段以洪水淤积为主,洪水淤积量48.03亿t,占高村以上整个淤积量43.10亿t的111%;高村以下河段则以非洪水淤积为主,非洪水淤积量49.31亿t,占高村以下整个淤积量41.18亿t的120%。

根据1960~1999年水沙资料统计:在高村以上河段的洪水淤积中,最大日均含沙量超过300kg/m³的高含沙洪水

淤积42.28亿t,占据了主要部分,为洪水淤积量54.96亿t的77%;日平均含沙量大于80kg/m³而最大日平均含沙量小于300kg/m³的较高含沙洪水淤积28.86亿t,也占据了相当部分,为洪水淤积量54.96亿t的53%。二者合计71.14亿t,为高村以上洪水淤积量的129%。因此,高含沙洪水与较高含沙洪水是造成下游高村以上河道淤积的主要部分。

综上所述,高村以上河道淤积较为严重的水沙搭配是高含沙和较高含沙洪水,即流量较大但含沙量更大,这时高村以上河道多淤、高村以下河段少淤;高村以下河道淤积较为严重的水沙搭配是非洪水期的水沙情况,即含沙量较小但水量更小,冲刷距离有限;这时高村以上河道往往为冲刷,而高村以下河道则为淤积。

以上只是一个初略的大致平均的定性分析,还远远没有达到定量的程度。随着黄河下游水沙资料的日益丰富、研究手段的不断提高,以及小浪底等水库联合水沙调度的需要,急需提出在现状河道边界条件下,下游河道减淤对不同洪水水沙搭配的具体要求,以便处理好水库拦沙与下游减淤的关系、有利的水沙搭配与当前下游河道过洪能力不足的关系。为了便于找出水沙搭配与下游河道减淤的关系,下文先建立河段排沙比(河段出口输沙量与进口输沙量之比)与水沙搭配的关系,再找出冲淤与水沙搭配的关系。

2 下游各河段排沙比与水沙搭配、边界因素的关系

基于非饱和输沙理论并考虑到洪水特征以及前期边界条件的影响,排沙比的关系式可写为^[9]

$$\lambda_s = g\Phi + h$$

其中,综合水沙与边界参数

其中Q和S分别为三黑小(代表三门峡、黑石关、小董3个站)洪水平均流量和含沙量, $Q_{\max}$ 为三黑小洪水日均最大流量, $Q_{\text{出}}$ 为出口日均流量, T 为洪水持续时间, Q_{p0} 和 Q_p 分别为统计开始年份和当前年份的平滩流量, ΔW 为河段累积淤积量, $\alpha, \beta, \gamma, n, a, b, c, d, e, f, g, h$ 分别为指数或系数。

上述关系中不仅考虑了水沙搭配与洪水特征,同时也考虑了河道边界条件的影响,另外在考虑水沙参数时,已经隐含了一些河道边界因素的影响(如水沙关系中包含了边界对输沙的影响、流量的沿程衰减中也隐含了边界条件对洪水传播的影响等)。

沙搭配及洪水特征的影响, $\frac{Q_p - Q_{p0}}{Q_{p0}}, \Sigma \Delta W$ 代表了前期河道边界条件、累积淤积量的影响。

根据1960~1999年汛期洪水资料分别建立了三花段

表 1 不同河段排沙比关系式的系数与指数

	三花段	三高段	三艾段	三利段
$\frac{1-\beta}{\alpha\gamma-1}$	1.05	1.00	0.90	0.80
N	0.90	0.90	1.09	1.23
a	2.0	0.5	1.6	1.6
b	0	0	1.8	1.8
c	0.25	0.30	0.60	0.60
d	2.5	0.8	0.3	0.1
e	0.2	0.008	0.005	0.01
f	0.3	0.1	0.3	0.3
g	0.002850	0.008962	0.001339	0.0004854
H	0.3083	0.1457	0.05426	0.01203
相关系数	0.97	0.99	0.98	0.98

(三黑小—花园口)、三高段(三黑小—高村)、三艾段(三黑小—艾山)和三利段(三黑小—利津)排沙比与综合水沙系数的关系,各河段排沙比公式的系数、指数如表 1 所列。

表 1 的资料范围为:三黑小洪水平均流量 850~6530m³/s,三黑小日均最大含沙量 0.1~517kg/m³,洪水平均含沙量 0.06~367kg/m³,三黑小最大日均流量与平均流量之比 1.00~2.77,洪水历时 3~16d。

3 各河段冲淤与水沙搭配关系

根据上节建立的排沙比公式以及上下段排沙比的关系,可得到排沙比等于 1 时各河段的冲淤临界条件下三黑小洪水平均流量与平均含沙量的关系线(如图 1 所示),计算时其它因素如最大日均流量与平均流量之比等都暂取平均值,图中还对不同水沙搭配、不同河段进行了分区。可以看出,在给定情况下有以下不同之处。(1)当三黑小洪水平

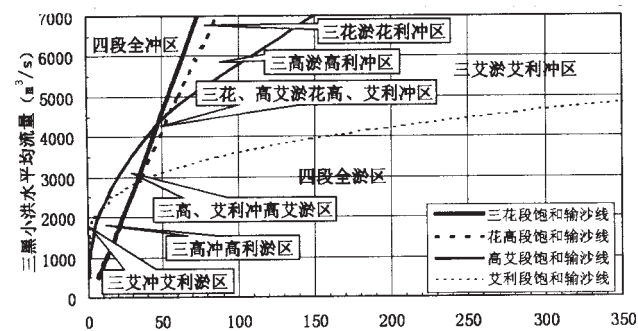


图 1 其它参数均值情况下三黑小水沙搭配与下游河段冲淤分区

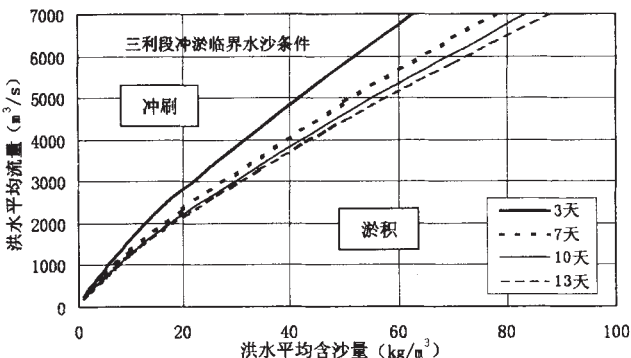


图 2 三黑小—利津河段不同洪水历时冲淤临界水沙关系

均流量在 3 000m³/s 左右、平均含沙量在 30kg/m³ 稍多时,下游三高段、艾利段基本上处于冲淤平衡或临界状态,而高艾段处于淤积状态。(2)根据三黑小水沙搭配,可将 4 个河段分为 5 类 10 个区域:一类为四河段全冲区,这时流量相对较大,为“相对清水”冲刷区;二类为四河段全淤区,此时含沙量相对较大,为“相对浑水”淤积区;三类为上冲下淤区,在含沙量小于 40kg/m³ 时随着流量的增加,依次为三艾段冲刷艾利段淤积、三高段冲刷高利段淤积、三花段冲刷花利段淤积(隐含)3 个区;四类为上淤下冲区,包括三花段淤积花利段冲刷、三高段淤积高利段冲刷、三艾段淤积艾利段冲刷 3 个区;五类为冲淤交替区,包括三高段冲刷、艾利段冲刷、高艾段淤积和三花段淤积、高艾段淤积、花高段冲刷、艾利段冲刷两个区。如三黑小流量在 5 000m³/s 左右、含沙量在 80kg/m³ 左右时,处于上冲下淤区的是三高段淤积高艾段冲刷区,即在这种水沙组合情况下三高段表现为淤积,而高利段则表现为冲刷。

图 2 为以洪水持续时间 T 为参数,取其它参数平均值时三利段洪水平均流量与平均含沙量的关系,从中可以看出,洪水持续时间的影响是明显的。洪水历时越长,同样含沙量条件下相对应的冲淤临界流量越小,如三黑小含沙量 50kg/m³ 时三高段 3d 冲淤临界流量为 6 000m³/s 左右,而 10d 的冲淤临界流量只需要 4 500m³/s 左右。

对洪峰最大流量与平均流量之比、流量沿程衰减的影响等,也可以做出类似分析(如图 3、4 所示)。从中可以看出:(1)洪水最大流量与平均流量之比较大时冲刷区域范围增加,有利于河道的输沙和冲刷;(2)流量沿程衰减系数较大,即衰减较小时冲刷区域较大,这有利于河道的冲刷。

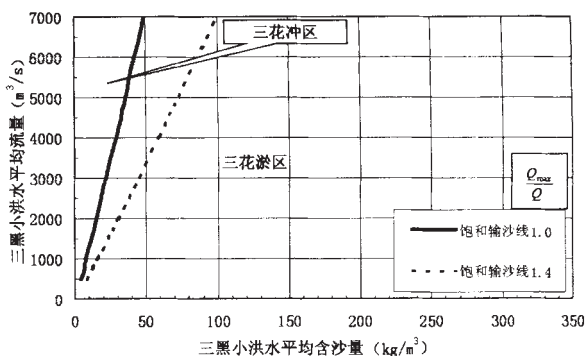


图 3 三黑小—花园口河段不同 $\frac{Q_{max}}{Q}$ 冲淤临界水沙关系

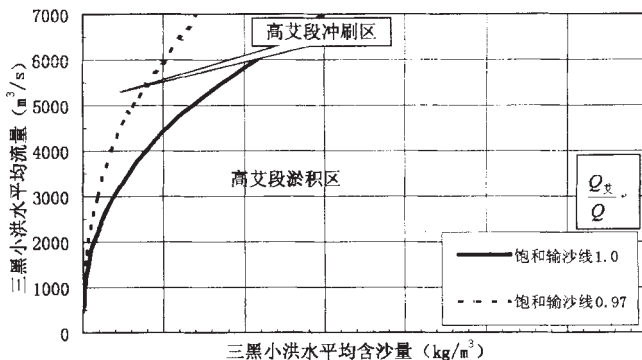


图 4 高村—艾山河段不同 $\frac{Q_{衰}}{Q}$ 冲淤临界水沙关系

(下转第 64 页)

《科技导报》理事会人员名录

名誉理事长:

周光召 中国科协主席、院士
韩启德 全国人大常委会副委员长、中国科协副主席、院士
王 选 全国政协副主席、中国科协副主席、院士
程 路 全国工商联副主席

理事长:

冯长根 中国科协书记处书记兼科技导报社社长、主编

(以下均按姓氏笔画排序)

副理事长:

王永民 北京王码电脑有限公司总裁、教授级高工
王柯敏 湖南省科技厅厅长、教授
匡镜明 北京理工大学校长、教授
杜玉波 北京航空航天大学党委书记、教授
张育林 解放军装备指挥技术学院院长、教授、少将
姜澄宇 西北工业大学校长、教授
徐井宏 清华紫光股份有限公司董事长
袁家军 中国空间技术研究院院长、研究员
潘留仙 湖南涉外经济职业学院常务副院长、教授

常务理事:

王海波 河北省农林科学院副院长、研究员
王渝生 中国科学技术馆馆长、研究员
牛政斌 中国科技会堂党委书记、总经理
严陆光 中国科学院电工研究所研究员、院士

严纯华 北京大学教授
杨 卫 清华大学教授、院士
杨海成 中国航天科技集团公司副总工程师、教授
贺福初 军事医学科学院副院长、研究员、院士、少将
彭克刚 北京时代佳音广告公司总经理

理事:

卫民堂 西安交通大学出版社社长、教授
王子桓 西安生命源生物工程有限公司总经理
李 敏 河北省万全县人民政府县长
乔少杰 北京航空航天大学出版社社长、总编辑
苏 丹 长沙市商业银行建湘支行行长
肖锦清 哈尔滨工程大学出版社社长、教授
罗 勇 中国气象局国家气候中心副主任、研究员
杨振江 河南省新华书店南阳市店总经理
张 骏 西北工业大学研究生院副院长、教授
张懋兰 河北北方学院院长
郁文贤 国防科技大学科研部副部长、教授
郑胜国 河北省秦皇岛市直属机关印刷厂厂长
贾 清 北京计然电子科技有限公司总经理
聂 锐 中国矿业大学管理学院院长、教授
贾纬民 精碳伟业(北京)科技有限公司董事

秘书长:

陈家俊 科技导报社副社长

副秘书长:

苏 青 科技导报社副社长、副主编

(上接第 24 页)

Sciences. 2001

[3] Report of the Consultative Group on High-Energy Physics [R]. June 2002

[4] JLC Roadmap Report Draft for General Release.Feb[R]. 2003

[5] Particle Physics Experiments at JLC. 2003

[6] A Global Accelerator Network: ICFA Task Force Report [R]

[7] Understanding Matter, Energy, Space and Time :The Case for the e+e- Linear Collider. February 2003

[8] DOE/NSF High -Energy Physics Advisory Panel Subpanel on

Long Range Planning for U.S. High -Energy Physics. January 2002

[9] TeV-Energy Superconducting Linear Accelerator.2001

[10] J Rogers. Cornell University Accelerator R&D.2002

[11] R Bacher. DESY Germany. The Global Accelerator Network. 2002

[12] 日直接观测到电荷宇称失衡现象[N]. 科技日报,2002-03-01

[13] 科学家说: 宇宙间可能存在全新的未知粒子. 新华社,2003-08-19

(责任编辑 肖庆山)

(上接第 29 页)

因此,有利于防洪减淤的水沙搭配按优先程度分别如下。(1)四段全冲区、艾利段冲刷区要求洪水平均流量在 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 以上,随着含沙量的增大所要求的洪水平均流量也要相应增加,而随着其它参数的变化所要求的洪水平均流量也会有一定的变化。(2)其它水沙条件:一定的洪峰变化幅度、较小的流量沿程衰减、较长的洪水历时、较大的平滩流量,都将有利于河道的输沙。(3)边界条件:前期冲刷较少时也将有利于河道的冲刷。

最后,笔者要特别指出:本文提出的排沙比公式可以用于黄河下游河道;得出的排沙比关系以及冲淤临界水沙条件基本反映了黄河下游河道的实际情况,可为黄河下游河道治理以及小浪底等水库的水沙联合调度运用提供参考;本文的研究方法和有关计算公式也能够用于其它多沙河流。

参考文献(Reference)

- [1]尹学良.黄河下游河道的改造问题[A].见:河床演变河道整治论文集.北京:中国建材工业出版社,1978
[2]钱宁,张仁,周志德.河床演变学[M].北京:科学出版社,1987
[3]梁志勇等.黄河下游断面形态与水沙关系及其数学模拟方法[J].地理研究,1993(2)
[4]齐璞等编.黄河高含沙水流运动规律及应用前景[M].北京:科学出版社,1993
[5]刘继祥等.黄河下游河道冲淤特性研究[J].人民黄河,2000,(8)
[6]李国英.黄河调水调沙[J].中国水利,2002(11)
[7]梁志勇等.冲积河流冲淤临界流量的探讨[J].水力发电学报,2003,(3)
[8]梁志勇等.渭河与黄河下游冲淤特性研究[J].人民黄河,2003,(10)
[9]梁志勇等.黄河下游河道洪水冲淤临界水沙条件[J].中国水利水电科学研究院学报,2004(1)

(责任编辑 王宏章)