文章编号: 1672-3031(2009) 01-0033-04

浅谈泥沙研究的困难

周志德
(中国水利水电科学研究院, 北京　100044)

摘要: 经历了一个世纪的泥沙研究仍有许多重要的问题未能彻底解决。本文从泥沙研究本身的几个特点进行了初步分析, 说明困难的原因, 以期进一步推动问题的解决。百家争鸣, 优胜劣汰, 是泥沙研究取得进步的一个必由之路。

关键词: 泥沙研究; 泥沙实体模型; 泥沙数学模型; 百家争鸣
中图分类号: TV142　　文献标识码: A

在 20 世纪, 泥沙研究有了长足进展, 对许多基本问题有了比较一致的认识。但是, 由于泥沙问题的复杂性, 以及泥沙研究受多种因素的限制(如研究经费的短缺), 泥沙研究目前仍处于"百家争鸣"的时代。看来, 这种状态还要持续相当长的时间。作者拟通过几个方面说明泥沙研究的困难。

1　长期性—以泥沙起动流速的研究为例

泥沙起动问题是泥沙运动理论的最基本问题之一。由于难度大, 虽经许多研究人员在 20 世纪进行了大量的系统研究, 至今仍未能获得完全统一的成果。现以窦国仁的工作为例, 说明研究的长期性。

1958 年, 窦国仁在苏联科学院物理化学研究所, 应用杰列金通讯院士的交叉丝方法, 进行了薄膜水的特性试验, 以求得对细颗粒泥沙起动流速研究的突破。

1959 年, 窦国仁在水科院河渠所, 利用长 13.0m 宽 0.5m 的水槽, 用 9 组泥沙(中径 0.004~ 24mm) 进行起动流速试验。

1960 年, 窦国仁发表了"论泥沙起动流速"[1], 首次提出了起动流速公式。

40 年后, 1999 年, 窦国仁发表了"再论泥沙起动流速"[2]。根据 30 多年间陆续进行的各种试验, 以及其他研究人员的许多试验资料, 对起动流速公式作了进一步的修改和完善。

窦国仁首先将薄膜水对泥沙颗粒起动的影响引入泥沙研究领域, 进行了长达 40 年的艰辛努力, 得出了较好的公式, 并得到了广泛的应用。但是, 目前在国内至少还存在几个有影响的起动流速公式, 要得到统一的结果, 还需要长期的努力。

造成这种情况的主要原因有: 对细颗粒泥沙黏结性问题的认识尚不一致, 还有很多环节需要进一步澄清; 起动流速公式属于半理论半经验的性质, 范围广泛, 详细而准确可靠的试验数据是决定公式可靠性的基础, 目前还缺乏这样的实测资料(实验室及天然资料)。

2　不准确性—以泥沙实体模型试验为例

近年来, 泥沙数学模型在解决我国泥沙工程问题时得到了广泛的应用, 并取得了不错的效果。但是, 由于泥沙工程问题都具有三维性质, 现有的泥沙数学模型尚难以很好地模拟三维问题, 因此, 泥沙实体模型在我国仍得到广泛的应用。

收稿日期: 2008-02-14
作者简介: 周志德(1933-), 山东安丘人, 教授级高级工程师, 主要从事泥沙工程学研究。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1971 年以来, 我国几个大型水利工程的泥沙问题都采用了泥沙实体模型进行研究, 并取得了较好的成绩。当时, 针对每一个工程的泥沙问题都用 3~ 5 个实体模型平行进行研究。表 1—4 列出了有关工程的泥沙实体模型[3]。

表 1　葛洲坝枢纽坝区模型(用 4 个模型研究坝区泥沙问题)

单位		长科院+ 南科院	南科院	武汉水院	长科院
模型比尺	平面	250	200	200	150
	垂直	100	100	200	150
模拟泥沙		悬沙	悬沙, 底沙, 卵石推移质	悬沙	悬沙, 底沙, 卵石推移质
模型沙	材料	滑石粉	电木粉	白土粉	精煤
	比重	2. 80	1. 48	2. 62	1. 35
时间		1971—1977	1973—1978	1972—1977	1979—1983

表 2　三峡枢纽工程坝区模型(用 5 个模型研究坝区泥沙问题)

单位		长科院	长科院	南科院	南科院	清华大学
模型范围		短模型	长模型	短模型	长模型	
模型比尺	平面	150	150	200	200	180
	垂直	150	150	200	200	180
模拟泥沙		悬沙, 底沙, 卵石推移质	悬沙, 底沙, 卵石推移质	悬沙, 底沙, 卵石推移质	悬沙, 底沙, 卵石推移质	悬沙, 底沙, 卵石推移质
模型	材料	精煤	精煤	电木粉	电木粉	塑料沙+ 煤粒
	比重	1. 35	1. 35	1. 48	1. 48	1. 05　1. 35
时间		1983—1995	1991—	1984—1990	1991—	1993—

表 3　三峡水库变动回水区重庆河段(用 3 个模型研究)

单位		长科院	清华大学	中国水科院
模型比尺	平面	300	300	250
	垂直	120	120	100
模拟泥沙		悬沙, 推移质	悬沙, 推移质	悬沙, 卵石推移质
模型沙	材料	塑料沙	塑料沙+ 核桃壳	电木粉+ 煤粒
	比重	1. 05	1. 05+ 1. 44	1. 45+ 1. 48
时间		1987	1985—1992	1986—1990

表 4　黄河小浪底枢纽(用 3 个模型研究)

单位		长科院	清华大学	中国水科院
模型比尺	平面	100	100	80
	垂直	100	100	80
模拟泥沙		悬沙	悬沙	
模型沙	材料	电厂煤灰	电厂粉煤灰	电木粉
	比重	2. 15	2. 15	1. 48
时间		1983—1995	1984—1993	1990—1992

注: 3 个模型都采用正态模型

从上面 4 个例子来看, 自 1971—1995 年长达 25 年的时段内, 对于重要的大型水利枢纽的同一个泥沙问题至少采用 3 个(甚至 5 个) 实体模型进行试验, 这种情况很可能是空前的。为什么会出现这种情况呢? 笔者无从得知当时采取这种办法的原委, 只能做一些推测。泥沙实体模型并不能作到完全相似, 而葛洲坝工程、三峡工程、小浪底工程都是非常重要的大型工程, 为保证成果更可靠, 同时用几个模型进行试验, 相互比照, 以求结果更接近实际。在模型试验过程中, 也曾出现过 2 个模型的成果相差较大的情况。通过有领导的相互探讨和调整, 使试验成果能比较接近, 以满足要求。但是, 更根本的原因恐怕还需要从泥沙实体模型本身的可靠性和准确性来探讨。包括因泥沙实体模型受许多因素的制约, 试验方法还不够完善, 许多方面还只能是近似的; “限于经费, 在模型沙的选用中往往降格以求, 未能满足现

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

有的相似要求”[4]。这些才是采用多个实体模型的真正原因。

总之,泥沙实体模型试验本身还不够成熟是问题的关键。如何通过积累的大量经验与资料,总结提高模型试验的理论与技术,使上述的同一工程同时做多个模型的空前情况成为绝唱,是当前需要认真对待的问题。

3　不确定性—以泥沙数学模型为例

随着计算机及计算技术的快速发展,泥沙数学模型也得到了长足的进展。当前,许多发达国家在解决工程泥沙问题时,基本上仅靠数学模型来解决问题。但是,目前泥沙数学模型的水平还不够高,特别是三维泥沙数学模型基本上还不能满足工程的要求。我国现在往往用几个泥沙数学模型计算同一个工程泥沙问题,以便相互对比,求得较为接近实际的成果。

表5是张仁教授的文章[5]中提到的三峡建库后长江中下游河道冲刷量比较。可以看出,宜昌至九江3年平均实测冲刷量几乎是10年平均计算冲刷量的2倍。分河段的冲刷量,有的河段相当接近(城陵矶至汉口),而有的河段甚至冲淤性质也不相符(汉口至九江)。造成这种情况有许多原因,其中泥沙数学模型本身的问题不容忽视。在以往的工作中也曾有过几个模型的计算结果出现性质上的差异。

表5　三峡建库后长江中下游河道冲刷量比较

河段	3年平均实测/亿m^3	10年平均计算/亿m^3
宜昌—九江	-1.65	-0.88
宜昌—城陵矶	-1.28	-0.89
城陵矶—汉口	-0.24	-0.16
汉口—九江	-0.14	0.17

注:-为冲刷,+为淤积

当前存在着许多泥沙数学模型,如何改进它们是需要认真研究的一个问题。

4　一点随想—百家争鸣,优胜劣汰

“物竞天择,优胜劣汰”,这是生物进化的规律。在学术界,通过百家争鸣,也是如此。兹以泥沙起动流速为例说明。

20世纪50—60年代,苏联的克诺洛兹(1958),我国的李保如(1959),郑兆珍及王尚毅(1963)分别建立了考虑附面层流层影响的起动流速公式。由于这些公式都没有考虑颗粒间黏结力的影响,而对于细颗粒来说,这种影响已不能忽视,只考虑附面层流层的影响,不能反映问题的全貌[6]。经过并不太长的时间,这些公式未经实用,就被人们忘却了。值得一提的是,在窦国仁1960年的论文发表后,有的研究人员仍未注意到颗粒黏结力对起动流速的影响,继续自己原有的研究路线,致使得出的研究成果作用不大。这是足以引以为鉴的。在泥沙研究发展的过程中,这类优胜劣汰的例子还可以举出不少。当然,他们对泥沙研究的发展还是有促进作用的。

5　任重道远,前途光明

20世纪是泥沙科学从初创到迅速发展的时期[7]。虽然存在上面提出的一些问题,但是生产实际的需要仍将进一步推动泥沙学科的发展。按年输沙量排列,全世界前5条河流依次是黄河,布拉马普特拉河,长江,印度河及恒河,可见我国河流泥沙问题的严重性。

另外,泥沙问题不仅仅包括河流泥沙问题,而且与许多环境问题有关。随着全球环境问题的日益严峻,泥沙对环境的影响也受到更多的关注。可以预期,在本世纪中,泥沙学科会有突破性的进展。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参　考　文　献:

[1] 窦国仁. 论泥沙起动流速[J]. 水利学报, 1960, (4): 22- 31.
[2] 窦国仁. 再论泥沙起动流速[J]. 泥沙研究, 1999, (6): 1- 9.
[3] 惠遇甲, 王桂仙. 河工模型试验[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.
[4] 林秉南. 我的认识[M]. 见: 三峡工程泥沙问题研究, 1996~ 2000, 第八卷. 北京: 知识产权出版社, 2002.
[5] 张仁. 长江三峡工程的泥沙问题[J]. 中国三峡, 2007, (1): 5- 9.
[6] 钱宁, 万兆惠. 泥沙运动力学[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
[7] 周志德. 20 世纪的泥沙运动力学[J]. 水利学报, 2002, (11): 74- 77.

Difficulties of sediment research

ZHOU Zhi-de
(*China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China*)

Abstract: Although much progress was achieved in sediment research in the 20th century, many basic problems remain unsolved. In this paper the major reasons of such slow development of sediment research are discussed. Taking the physical models and mathematical models dealing with threshold velocity of sediment particles as examples, some intrinsic properties of sedimentation are analyzed, which explain the difficulties in research. One of the basic measures to promote advancement of the research is to adopt the policy of "let a hundred schools of thoughts contend".

Key words: sediment research; sediment physical model; sediment mathematical model

(责任编辑: 李福田)

热烈祝贺《水利水运工程学报》创刊 30 周年

《水利水运工程学报》创刊于 1979 年, 值此创刊 30 周年之际, 衷心祝贺贵刊越办越好!

《水利水运工程学报》系国家水利部主管, 南京水利科学研究院主办的学术性科技期刊, 国内外公开发行。主要报道水利水电、水运、海洋工程和土木建筑等工程的规划, 可行性研究, 设计, 科研, 施工, 监理以及管理工作中的新理论, 新技术, 新方法和新材料等。该刊为全国中文核心期刊和中国科技核心期刊, 已被国内外多家检索机构和数据库收录, 如美国《剑桥科学文摘(自然科学)》(CSA(Natural Science))等, 深受水利水电、水运交通及海洋工程领域广大科技人员和院校师生的欢迎。

《中国水利水电科学研究院学报》编辑部

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net