

SAN XIA GONGCHENG YUNXING HOU
NISHA CHONGYU YU TIAOKONG

三峡工程运行后 泥沙冲淤与调控

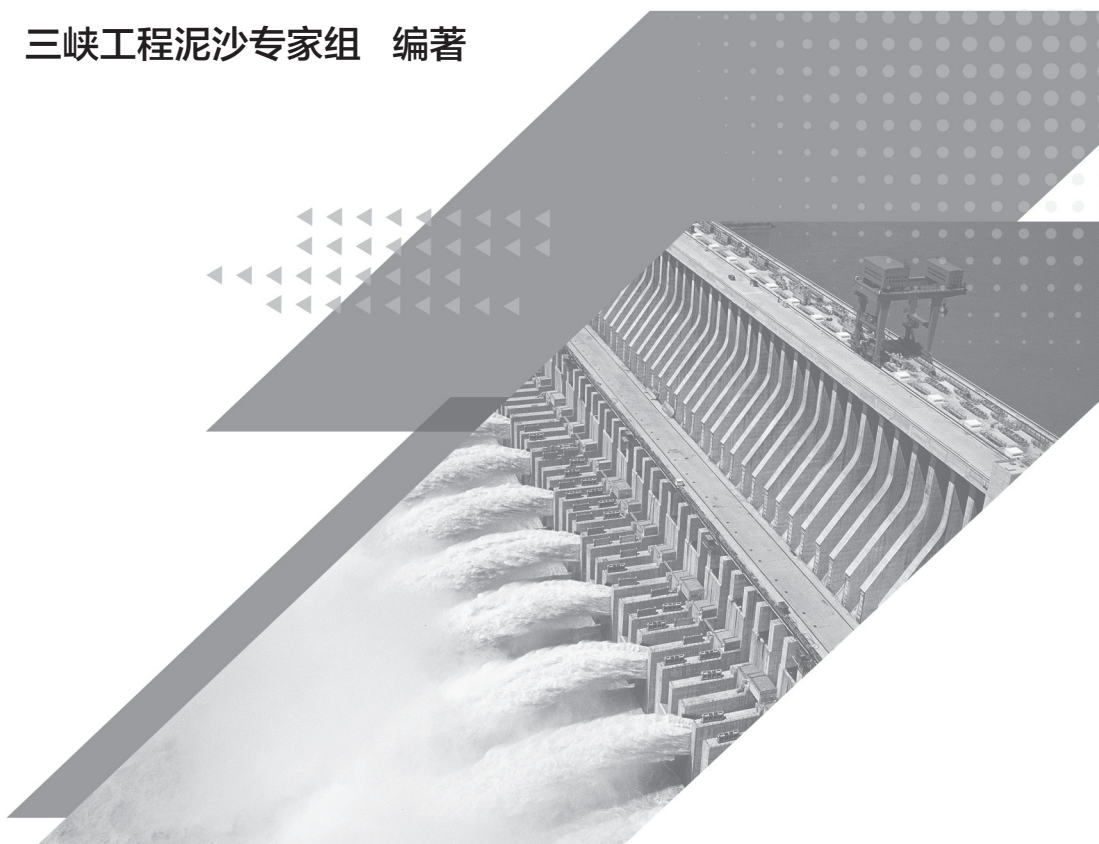
三峡工程泥沙专家组 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

三峡工程运行后 泥沙冲淤与调控

三峡工程泥沙专家组 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

三峡工程举世瞩目，泥沙问题是关系到三峡工程成败和效益发挥的关键技术问题之一。本书系统分析了三峡工程运行以来入库水沙变化、库区泥沙淤积、坝下游河道冲淤演变、江湖关系调整、航道演变及其治理、长江河口演变及水库运行方式优化等泥沙问题；总结了2003年三峡水库蓄水运用以来，特别是2008年175m试验性蓄水运用10年以来，三峡工程泥沙冲淤与调控的认识和经验；针对三峡工程面临的新情况、新问题和新需求，提出了今后三峡工程泥沙研究应关注的关键科技问题。

本书可供从事泥沙运动力学、河床演变与河道治理、水库调度、防洪减灾、长江治理等方面研究、规划、设计和管理的科技人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目（C I P）数据

三峡工程运行后泥沙冲淤与调控 / 三峡工程泥沙专家组编著. — 北京：中国水利水电出版社，2020.6
ISBN 978-7-5170-8853-0

I. ①三… II. ①三… III. ①三峡水利工程—水库泥沙—泥沙冲淤—研究②三峡水利工程—水库泥沙—洪水调度—研究 IV. ①TV145

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第171395号

书 名	三峡工程运行后泥沙冲淤与调控 SAN XIA GONGCHENG YUNXING HOU NISHA CHONGYU YU TIAOKONG
作 者	三峡工程泥沙专家组 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	清淤永业(天津)印刷有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 16.25印张 318千字
版 次	2020年6月第1版 2020年6月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	86.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言



泥沙问题是贯穿三峡工程论证、设计、施工、运行中的关键技术问题之一，关系到三峡工程设计成败和高效运行。三峡工程泥沙问题的研究与解决为工程在防洪、发电、航运和供水等方面巨大综合效益的发挥提供了重要科技支撑。2003年三峡水库蓄水运用以来，由于上游干支流水库群的建设，入库水沙条件发生了显著的变化，水库调度和坝下游河道冲刷演变等面临新的问题。同时，长江流域经济社会的快速发展，以及推迟长江经济带发展国家战略的实施，在防洪、发电、航运、供水和生态环境保护等方面对三峡工程综合利用提出了新的需求和更高的要求。从1993年开始，针对三峡工程在初步设计、施工建设和实际运行中面临的泥沙问题，三峡工程泥沙专家组组织国内相关单位开展了跟踪专题研究，并组织了专题调研与研讨会，在此基础上，本书系统总结了2003年三峡水库蓄水运用以来泥沙问题的研究成果，得到了以下认识和结论：

(1) 20世纪90年代以来，长江上游径流量变化不大，略有减少；受水利工程拦沙、降雨时空变化、水土保持、河道采砂等因素的综合影响，输沙量大幅减少，并在相当长时间内将保持较低水平的来沙量。三峡水库入库泥沙来源发生了显著变化，个别支流暴雨洪水时产沙量大且集中，成为入库沙量的重要来源。人类活动是导致长江上游近期平均沙量大幅减小的主要因素。

(2) 2003年三峡水库蓄水运用以来，截至2017年年底，水库总淤积量为16.691亿t，小于论证预测值，有效库容损失较小，仅占水库静防洪库容的0.56%。2008年175m试验性蓄水运用以来，水库淤积形态得到优化，重庆主城区走沙时间缩短，走沙期推后，

总体呈略有冲刷状态，对洪水位未产生影响。

(3) 2008年三峡水库175m试验性蓄水运用以来，在保证防洪安全的条件下，探索了汛期“中小洪水”调度、汛期动态水位调度、城陵矶补偿调度等调度方式，优化了三峡水库“蓄清排浑”的运行方式，充分利用了洪水资源，进一步拓展了三峡工程综合效益。这些调整使水库淤积相对有所增大，水库平均排沙比为17.3%，小于论证时的预测值33%，但水库淤积总体控制在允许范围内。

(4) 三峡水库出库泥沙量大幅减少，坝下游河道冲刷强度、冲刷范围和发展速度均超出论证预测，目前河道冲刷已发展到长江口。2002年10月至2017年11月宜昌至湖口平滩河槽冲刷泥沙量为21.24亿 m^3 。长江干流同流量下枯水位显著下降，但洪水位并未明显变化，坝下游河道河势总体基本稳定，局部河势调整剧烈。

(5) 2003年三峡水库蓄水运用以来，洞庭湖和鄱阳湖汛后枯水期提前了1个月左右、枯水位延续时间加长；三口洪道和两湖湖区均已出现了由蓄水运用前的累积淤积向趋势性冲刷的逆转，对江湖之间水动力联系产生的影响已初步显现。

(6) 三峡水库蓄水运用以来，库区和坝下游航道条件得到了显著改善，但变动回水区消落期局部卵石河段尚存在少量淤积引起的碍航问题，坝下游沙质河段滩槽变化显著，航道条件年际、年内变化较大，部分砂卵石河段（芦家河、枝江水道）“坡陡流急”现象有所加剧。

(7) 三峡工程运行后，长江口来沙量显著减少，对长江口演变的影响已初步显现，河床出现冲刷和演变调整。鉴于长江口情况较为复杂，影响因素多，应加强水文泥沙监测与研究。

本书分为9章，由三峡工程泥沙专家组和邀请的相关专家共同撰写完成，撰写分工如下：第1章由胡春宏执笔；第2章由王俊和许全喜执笔；第3章由方春明执笔；第4章由胡兴娥、刘亮和任实执笔；第5章由卢金友和姚仕明执笔；第6章由刘怀汉、杨胜发、

李明等执笔；第7章由李义天和孙昭华执笔；第8章由窦希萍、张志林、闻云呈等执笔；第9章由胡春宏执笔。三峡工程泥沙专家组成员谭颖教授级高工审阅了全文，提出了有益的修改意见，工作中得到了水利部三峡工程管理司的大力支持，在此表示感谢。全书由胡春宏和史红玲统稿，由胡春宏审定。

需要指出的是，三峡工程泥沙的冲淤变化及其影响是一个逐步累积的长期过程，具有偶然性和随机性。随着三峡水库的运行，三峡工程泥沙问题将不断发展变化，本书的研究内容属阶段性成果，其中所涉及的一些问题仍需要深入研究。书中存在的欠妥和不足之处，敬请读者批评指正。

三峡工程泥沙专家组组长

胡春宏

2019年8月

目 录



前言

第 1 章 三峡工程泥沙问题概论	1
1.1 三峡工程泥沙冲淤基本情况	1
1.1.1 水库“蓄清排浑”运用	1
1.1.2 水库泥沙淤积	3
1.1.3 坝下游河道冲刷	3
1.2 三峡工程泥沙问题第三方评估	4
1.2.1 主要评估结论	5
1.2.2 存在问题与建议	6
1.2.3 社会公众关注的若干问题	7
1.3 三峡工程未来面临的泥沙问题	9
1.3.1 三峡工程面临的新情况	9
1.3.2 三峡工程面临的新问题	12
1.3.3 三峡工程面临的新需求	17
1.4 三峡工程泥沙关键科技问题展望	18
1.5 小结	20
参考文献	21
第 2 章 三峡水库来水来沙变化与成因	23
2.1 长江上游水沙来源及其变化	23
2.1.1 泥沙主要来源区	23
2.1.2 水沙异源特征	25
2.1.3 水沙来源变化	25
2.2 三峡水库来水来沙变化	26
2.2.1 年际变化	26
2.2.2 年内变化	38
2.2.3 入库水沙特性	41
2.3 长江上游泥沙变化成因分析	43

2.3.1	水库拦沙	43
2.3.2	降雨（径流）变化	46
2.3.3	水土保持工程	51
2.3.4	河道采砂	55
2.3.5	泥沙变化成因	56
2.4	小结	59
	参考文献	60
第3章	三峡水库泥沙淤积与调控	62
3.1	三峡水库运行调度	62
3.1.1	水库运行调度情况	62
3.1.2	入库水沙情况	63
3.2	三峡水库泥沙淤积	64
3.2.1	库区泥沙淤积	64
3.2.2	重点河段泥沙淤积	65
3.2.3	坝区泥沙淤积	66
3.3	三峡水库排沙比变化	67
3.3.1	年排沙比变化	67
3.3.2	场次洪水排沙比	67
3.4	三峡水库泥沙调控措施	69
3.4.1	消落期库尾减淤调度	69
3.4.2	汛期沙峰排沙调度	70
3.4.3	泥沙调控措施的效果	72
3.5	三峡水库泥沙淤积与论证预测比较	73
3.5.1	水库淤积减轻	73
3.5.2	水库淤积形态改善	73
3.5.3	调度方式调整对水库淤积的影响	75
3.6	三峡水库泥沙数学模型改进	75
3.6.1	水库泥沙絮凝规律	75
3.6.2	水库泥沙数学模型改进因素与效果	76
3.7	小结	80
	参考文献	81
第4章	三峡水库运行方式优化与综合效益拓展	82
4.1	三峡水库运行环境变化	82
4.1.1	入库水沙减少	82

4.1.2	上游水库群逐步建成运行	83
4.1.3	水库综合需求不断提高	83
4.1.4	水沙预测预报水平不断增强	84
4.2	三峡水库运行方式与优化	85
4.2.1	三峡水库分期蓄水进程	85
4.2.2	初步设计的调度方式	86
4.2.3	分期蓄水进程优化	86
4.2.4	汛期优化调度	88
4.2.5	蓄水期优化调度	90
4.2.6	消落期优化调度	91
4.2.7	优化调度实践经验	92
4.3	三峡水库运行方式优化对泥沙冲淤的影响	94
4.3.1	洪水资源化利用对泥沙冲淤的影响	94
4.3.2	提前蓄水对泥沙冲淤的影响	95
4.4	三峡水库综合效益发挥与拓展	96
4.4.1	防洪效益	96
4.4.2	发电效益	99
4.4.3	通航效益	100
4.4.4	水资源利用效益	102
4.5	小结	104
	参考文献	105
第5章	三峡坝下游河道冲淤与演变	107
5.1	三峡坝下游水沙变化	107
5.1.1	长江中下游河道水沙变化	107
5.1.2	洞庭湖水系水沙变化	109
5.1.3	鄱阳湖水系水沙变化	110
5.1.4	汉江水沙变化	111
5.1.5	来水来沙变化趋势	111
5.2	三峡坝下游河道演变	112
5.2.1	坝下游河道长距离不平衡输沙特性	112
5.2.2	坝下游河道冲淤变化	114
5.2.3	坝下游河道演变主要特点	116
5.2.4	荆江三口分流道及口门附近干流河段演变	119
5.2.5	不同河型河道稳定性分析	119

5.3	三峡坝下游河道冲淤演变趋势	122
5.3.1	宜昌至大通河段冲淤变化预测	122
5.3.2	宜昌至城陵矶河段河道演变趋势	127
5.4	小结	129
	参考文献	130
第6章	三峡库区与坝下游航道演变与治理	132
6.1	三峡库区与坝下游航道冲淤演变	132
6.1.1	库区与坝下游冲淤情况	132
6.1.2	航道变化情况	133
6.2	三峡库区与坝下游航道变化与泥沙问题	134
6.2.1	库区航道变化与泥沙问题	134
6.2.2	坝下游航道变化与泥沙问题	142
6.3	三峡库区与坝下游航道泥沙治理措施	149
6.3.1	库区航道泥沙治理与维护措施	149
6.3.2	坝下游航道泥沙治理与维护措施	156
6.4	库区与坝下游航道泥沙问题	165
6.4.1	库区航道泥沙治理的关键问题与难点	165
6.4.2	坝下游航道泥沙治理的关键问题与难点	167
6.5	小结	168
	参考文献	169
第7章	三峡工程运行后长江与两湖关系调整	172
7.1	江湖关系内涵	172
7.2	三峡工程运行后江湖水沙情势变化	174
7.2.1	两湖来水来沙变化	174
7.2.2	长江干流冲淤及江湖分汇口水位变化	175
7.3	三峡工程运行后长江与洞庭湖关系变化	176
7.3.1	荆江三口分流分沙变化	176
7.3.2	湖区泥沙输移与冲淤变化	179
7.3.3	汇流特性及湖区水位变化特征	180
7.3.4	江湖关系调整引起的水安全水生态问题	182
7.4	三峡工程运行后长江与鄱阳湖关系变化	184
7.4.1	江湖水沙交换关系变化	184
7.4.2	湖区冲淤特征及成因	185
7.4.3	湖区水位变化引起的水生态问题	186

7.5 小结	186
参考文献.....	189
第8章 三峡工程运行后长江河口演变	192
8.1 长江河口自然条件	192
8.1.1 长江南京以下河段概况	192
8.1.2 长江口河段概况	193
8.1.3 长江口水文泥沙条件	194
8.1.4 长江口河道整治工程	196
8.1.5 长江口航道整治工程	198
8.2 长江南京以下河段河床演变	199
8.2.1 南京新生圩—六圩河口河段演变	199
8.2.2 龙潭水道演变	199
8.2.3 仪征水道演变	200
8.2.4 六圩河口—五峰山河段演变	201
8.2.5 五峰山—江阴河段演变	203
8.2.6 江阴—浏河口河段演变	204
8.3 长江口河床演变	204
8.3.1 白茆沙汊道段演变	204
8.3.2 南支主槽段演变	206
8.3.3 南港河段演变	207
8.3.4 北港河段演变	208
8.3.5 南、北槽河段演变	209
8.3.6 北槽演变	209
8.4 长江口主要滩涂演变	211
8.4.1 顾园沙演变	212
8.4.2 崇明东滩演变	212
8.5 长江口水源地盐水入侵	212
8.5.1 长江口水源地	212
8.5.2 长江口水源地盐水入侵情况	213
8.5.3 三峡工程对盐水入侵的影响	213
8.6 小结	214
参考文献.....	215
第9章 175m 试验性蓄水 10 年三峡工程泥沙冲淤变化	217
9.1 三峡工程水文泥沙概况	218

9.1.1	水库运行调度	218
9.1.2	长江上游水库群联合调度	218
9.1.3	水文泥沙原型监测	219
9.1.4	三峡水库蓄水运用以来泥沙冲淤变化	219
9.2	175m 试验性蓄水 10 年三峡水库进出库水沙特性	221
9.2.1	长江上游径流变化	221
9.2.2	长江上游泥沙变化	222
9.2.3	入库水沙情况	223
9.2.4	出库水沙情况	224
9.3	175m 试验性蓄水 10 年三峡水库泥沙冲淤变化	224
9.3.1	库区泥沙冲淤变化	224
9.3.2	库区重点河段泥沙冲淤变化	226
9.3.3	坝区泥沙冲淤变化	227
9.4	175m 试验性蓄水 10 年坝下游水沙变化与河道冲刷演变	227
9.4.1	坝下游水沙变化	227
9.4.2	坝下游河道泥沙冲淤变化	229
9.4.3	175m 试验性蓄水 10 年洞庭湖与鄱阳湖水沙变化	232
9.5	主要认识与建议	236
9.5.1	主要认识	236
9.5.2	建议	240
	参考文献	241
	附录 三峡工程泥沙专家组简介	243

三峡工程泥沙问题概论

泥沙问题是贯穿三峡工程论证、设计、施工、运行中的关键技术问题之一，关系到三峡工程设计成败和高效运行。2003 年三峡水库开始蓄水运用，2008 年汛后实施了 175m 试验性蓄水，至 2017 年已累计运行了 15 年，三峡工程在防洪、发电、航运、供水等方面发挥了巨大的综合效益^[1]。三峡工程泥沙专家组通过持续地对水文泥沙跟踪监测资料的分析和相关泥沙问题研究，对论证、初步设计和运行阶段开展的有关泥沙问题研究成果和工程措施效果等进行了初步检验，指导了三峡水库的优化调度运行，为三峡工程综合效益发挥和拓展提供了重要的科技支撑^[2-13]。

本章在系统总结和评估 2003 年三峡水库蓄水运用以来水库与坝下游河道泥沙冲淤基本情况、水库优化调度效果及存在问题的基础上，针对长江出现的新情况、新问题和新需求，结合今后需要高度关注的泥沙问题，包括三峡坝下游河道强烈冲刷问题、江湖关系变化问题、三峡工程泥沙冲淤与生态环境的问题，优化并探索水库“蓄清排浑”运用新模式等，提出了三峡工程需要重点研究的泥沙关键科技问题和应对的措施。

1.1 三峡工程泥沙冲淤基本情况

1.1.1 水库“蓄清排浑”运用

根据工程初步设计，三峡水库采取“蓄清排浑”运行方式^[14]，即：按 175.00m—145.00m—155.00m 调度，水库正常蓄水位为 175.00m，汛限水位为 145.00m，枯水期消落低水位为 155.00m。

水库实施分期蓄水，坝前水位逐步抬高。自 2003 年 6 月开始蓄水运用以

来, 水库经历了 3 个运行阶段: 2003 年 6 月三峡水库蓄水至 135.00m, 进入围堰发电期, 同年 11 月, 水库蓄水至 139.00m, 围堰发电期运行水位为 135.00 (汛限水位)~139.00m (蓄水位); 2006 年 10 月, 水库蓄水至 156.00m, 较初步设计提前 1 年进入初期运行期, 初期运行期运行水位为 144.00~156.00m; 2008 年汛后水库进入 175.00m 试验性蓄水期。初步设计提出: 2007 年水库初期蓄水至 156.00m, 初期蓄水的历时根据移民安置和库尾泥沙淤积情况相机确定, 暂定 2013 年水库最终蓄水至 175.00m, 在此 6 年期间, 观察重庆港区的泥沙冲淤情况和研究治理对策。鉴于工程建设和移民进度总体提前, 特别是入库泥沙大幅减少, 水库提前实施 175.00m 蓄水成为可能。通过预测三峡水库入库泥沙量的变化, 模拟库区泥沙淤积过程, 提出水库泥沙调控技术, 从而使重庆河段泥沙淤积控制在允许的范围内, 因此, 三峡工程泥沙专家组建议, 2008 年汛后水库开始实施 175.00m 试验性蓄水运用是可行的。建议得到了决策部门的采纳。2008 年和 2009 年水库最高蓄水位分别达到 172.80m 和 171.43m, 2010—2017 年连续 8 年平均实现了 175.00m 试验性蓄水目标, 具体情况见表 1.1。实测资料表明, 2008 年三峡水库提前 5 年实施 175.00m 试验性蓄水运用以来, 水库没有出现严重的泥沙淤积情况, 泥沙淤积量和淤积部位均调控在允许的范围内, 提前发挥了三峡水库发电和航运等巨大的综合效益, 并在水库调度运行等方面取得了许多宝贵的经验。

表 1.1 2003 年三峡水库蓄水运用以来历年特征水位和流量统计表

年份	汛前最低水位 /m	汛期水位 /m			汛期入库最大洪峰流量 / (m ³ /s)	汛期入库最大洪峰流量对应日期	汛期出库最大洪峰流量 / (m ³ /s)	汛期出库最大洪峰流量对应日期	汛后 9 月 10 日起蓄水位 /m	汛后最高蓄水位 /m	汛后最高蓄水位对应日期
		最低	最高	平均							
2003	135.07	135.04	135.37	135.18	46000	9 月 4 日	44900	9 月 5 日	135.21	138.66	11 月 6 日
2004	135.33	135.14	136.29	135.53	60500	9 月 8 日	56800	9 月 9 日	136.29	138.99	11 月 26 日
2005	135.08	135.33	135.62	135.50	45200	7 月 12 日	45100	7 月 23 日	135.50	138.93	12 月 15 日
2006	135.19	135.04	141.61	135.80	29500	7 月 10 日	29200	7 月 10 日	135.50	155.77	12 月 4 日
2007	143.97	143.91	146.17	144.70	52500	7 月 30 日	47300	7 月 31 日	144.84	155.81	10 月 31 日
2008	144.66	144.96	145.96	145.61	39000	8 月 17 日	38700	8 月 16 日	145.84	172.80	11 月 10 日
2009	145.94	144.77	152.88	146.38	55000	8 月 6 日	40400	8 月 5 日	145.67	171.43	11 月 25 日
2010	146.55	145.05	161.24	151.69	70000	7 月 20 日	41500	7 月 27 日	161.24	175.00	11 月 02 日
2011	145.94	145.10	153.62	147.94	46500	9 月 21 日	28700	6 月 25 日	152.54	175.00	10 月 31 日
2012	145.84	145.05	163.11	152.78	71200	7 月 24 日	45600	7 月 30 日	159.21	175.00	10 月 30 日
2013	145.19	145.06	155.78	148.66	49000	7 月 21 日	35700	7 月 25 日	157.28	175.00	11 月 11 日
2014	146.06	145.03	168.58	152.99	55000	9 月 20 日	45000	9 月 19 日	162.78	175.00	10 月 31 日
2015	149.00	144.94	166.46	150.40	39000	7 月 1 日	31000	6 月 30 日	156.00	175.00	10 月 28 日
2016	145.03	144.98	161.97	149.45	50000	7 月 1 日	31000	6 月 26 日	146.31	175.00	11 月 1 日
2017	145.35	145.35	157.10	150.3	32000	7 月 20 日	29400	7 月 12 日	153.50	175.00	10 月 21 日

针对长江上游干支流水库群陆续建成和运行、流域防洪能力增强、汛后同时集中蓄水等新情况，为满足水利和航运部门在坝下游供水、防洪、航运等方面对三峡水库调度提出的更高需求，在保证防洪安全和泥沙淤积许可的条件下，2009年三峡水库开始实施《三峡水库优化调度方案》，允许汛期水位上浮至146.50m，将水库蓄水时间由10月1日提前至9月15日，10月底可蓄至汛后最高水位。2010年开始实施水库汛期“中小洪水”调度，并采取了汛末提前蓄水与前期防洪运用相结合的方法，水库汛末蓄水时间进一步提前至9月10日。2011年开始，开展了水库生态调度试验。2012—2017年期间，根据来水来沙条件，三峡水库进行了库尾减淤调度和汛期沙峰排沙调度试验，以减少库尾淤积和增加水库排沙比。这些试验均取得了较好的效果，为三峡水库优化调度积累了有益的经验^[15-16]。

1.1.2 水库泥沙淤积

2003年6月至2017年12月，三峡水库入库悬移质泥沙量为21.93亿t，出库（黄陵庙站）悬移质泥沙量为5.23亿t，不考虑三峡库区区间来沙，三峡水库累计淤积泥沙量为16.70亿t，年平均淤积泥沙量为1.15亿t/a，水库年平均排沙比为23.9%。从库区泥沙淤积过程看，随着水库运行水位的逐渐抬高，泥沙淤积部位逐渐上移，排沙比也有所减小，2008年汛后三峡水库实施175m试验性蓄水运用以来，2009—2017年水库平均排沙比为17.7%。

从三峡水库干流库区泥沙淤积沿程分布情况来看，变动回水区冲刷泥沙量为0.74亿m³，常年回水区淤积泥沙量为15.58亿m³，总体上越往坝前，淤积强度越大。从库区泥沙淤积沿高程分布情况来看，泥沙主要淤积在145m高程以下，占总淤积量的92.5%，145m以上静防洪库容淤积量为1.25亿m³，占总淤积量的7.5%，占221.5亿m³水库静防洪库容的0.56%，表明水库淤积部位很有利，有效库容损失很小。

由于入库沙量减少、河道采砂影响以及采取水库泥沙减淤调控措施，库尾泥沙淤积状况良好，除局部淤积外，基本处于冲刷状态。三峡水库175m试验性蓄水运用后至2017年，重庆主城区60km长的河段内累计冲刷泥沙量为1789万m³（包括河道采砂），该河段没有出现累积性淤积，洪水位没有发生明显变化。

1.1.3 坝下游河道冲刷

2003年三峡水库蓄水运用以来，坝下游河道发生了自上而下的强烈冲刷，冲刷范围很快发展至长江口。实测资料表明，2003—2017年，宜昌至湖口河段河道平滩河槽累计泥沙冲刷量为21.24亿m³，年平均冲刷量为1.38亿m³/a。

冲刷主要集中在枯水河槽内，占总冲刷量的 92%。从冲淤量沿程分布情况来看，宜昌至城陵矶河段河床冲刷最为剧烈，平滩河槽累计冲刷量为 12.18 亿 m^3 ，占总冲刷量的 57%；城陵矶至汉口、汉口至湖口河段平滩河槽冲刷量分别为 3.92 亿 m^3 、5.14 亿 m^3 ，分别占总冲刷量的 19%、24%。175m 试验性蓄水运用以来，宜昌至城陵矶河段河床冲刷强度有所下降，城陵矶至汉口河段的冲刷强度则显著增大，冲刷强度呈向下游逐渐发展的态势。宜昌至武汉河段河道的实测冲刷量与论证时预测结果基本相当，武汉以下河道实测冲刷量和冲刷范围则明显超过预测值。湖口以下河段也发生了较为强烈的冲刷，实测资料表明，2001—2016 年湖口至江阴河段平滩河槽内累计冲刷泥沙量为 11.75 亿 m^3 ，其中，湖口至大通、大通至江阴河段冲刷泥沙量分别占 32% 和 68%。江阴至徐六泾河段（澄通河段）属近河口段，2001—2016 年澄通河段 0m 高程以下河槽累计冲刷泥沙量为 4.74 亿 m^3 。

特别需要指出的是，在三峡工程运行中出现的下列两个问题需重点关注和研究：一是修建大型水库后坝下游河道萎缩的问题，这是国内外修建水库都会遇到的问题。黄河小浪底水库运行后坝下游河道已出现河道严重萎缩，2002 年后通过水库调水调沙运用得到较好的解决；丹江口水库下游汉江河道也出现了十分明显的河道萎缩问题；三峡水库下游也可能出现河道萎缩，应加强监测研究，提出应对措施。二是三峡水库下游河道强烈冲刷、河势变化与调整趋势的长期跟踪监测研究问题，如上所述，三峡水库坝下游河道冲刷量远大于水库淤积量，冲刷量是三峡水库淤积量的近 3 倍，洞庭湖和鄱阳湖汛末枯水位大幅下降与三峡及其上游水库群运用的内在关系等，都需要加强分析弄清楚其内在机理。

1.2 三峡工程泥沙问题第三方评估

2014 年，中国工程院对三峡工程整体竣工验收进行了第三方评估工作，三峡工程泥沙专家组承担了其中泥沙问题评估课题，评估时段为 2003—2013 年，对三峡工程论证和初步设计中有关泥沙问题的结论、解决措施和运行后的实际情况进行了全面评估。其中，对论证和初步设计阶段有关泥沙问题的评估内容包括：三峡水库上游来水来沙、水库分期蓄水方案、水库淤积与库容长期使用、重庆主城区河段冲淤变化及对防洪的影响、水库变动回水区和港区及常年回水区泥沙淤积对航道的影响、坝区泥沙淤积及其影响、维持宜昌枯水位的措施、坝下游河床冲刷和对堤防安全的影响、坝下游河床演变对航道的影响、三峡水库运用对长江口的影响等 10 个方面。对水库调度运行相关泥沙问题的评估与分析内容包括“中小洪水”调度及其影响、汛末提前蓄水时间、水库其他调度调整、江湖关系变化及其影响、河道与航道整治工程及其影响、河道采

砂的影响等 6 个方面。并对社会公众关注的若干热点泥沙问题作了说明与分析。

1.2.1 主要评估结论

泥沙问题是三峡工程建设需要解决的关键技术问题之一。在三峡工程论证、设计、建设和运行的各个阶段，工程泥沙问题始终坚持原型监测调查与分析、泥沙数学模型计算与实体模型试验紧密结合的研究方法，对重大的工程泥沙问题组织多家单位参与进行系统、持续和平行的研究，以吸纳各种不同意见，多方比较，集思广益，形成较为全面的认识，为三峡工程建设规模、运行方式、有效库容长期保持等重大技术问题的解决提供了重要支撑。并在泥沙运动理论、模拟技术和调度运用等方面取得了一批高水平的研究成果。

评估认为，2003 年三峡水库蓄水运用以来，入库泥沙量大幅度减少，水库运行基本遵循“蓄清排浑”的原则，并根据实际情况，对水库运行调度方案进行了适当调整，水库实测泥沙淤积量明显小于论证和初步设计阶段的预测值，水库防洪库容损失率很小。目前水库泥沙淤积尚未对重庆主城区河段洪水水位产生影响，三峡库区航运条件得到明显改善，坝区泥沙淤积未对发电和引航道通航造成不利影响。坝下游河道冲刷不断向下游发展，冲刷速度较快、范围较大，局部河段河势调整剧烈，崩岸时有发生，江湖关系发生一定变化，但至今坝下游河道总体河势基本稳定，堤防工程基本保持安全稳定，未出现重大险情。三峡水库调节提高了坝下游河道枯水流量的航道水深，洲滩冲淤变化对航运造成的影响可通过航道整治工程、疏浚和水库调度等加以克服。长江入海泥沙大幅度减少，长江口河床冲刷逐渐显现，但长江口总体格局尚未出现显著变化。

评估表明，水库提前至 2008 年汛后实施 175m 试验性蓄水是合适的，淤积在有效库容内的泥沙量小于初设预测值，不仅提早发挥了三峡水库的综合效益，而且取得了许多宝贵的经验。水库汛期实施“中小洪水”调度提高了汛期水资源利用率，对水库淤积的影响是可以接受的，对坝下游河道长期演变和行洪能力可能有一定影响。

综上所述，三峡水库采用“蓄清排浑”的运行方式解决泥沙问题是正确的，2003 年三峡水库蓄水运用以来，三峡工程泥沙问题及其影响未超出原先的预计，局部问题经精心应对处于可控之中。今后，随着三峡水库上游干支流新建水库群的联合调度和蓄水拦沙，三峡水库入库泥沙量在相当长时段内将处于较低的水平，三峡水库的泥沙淤积总体上会进一步减缓，有利于水库有效库容的长期保持。从泥沙问题角度来看，三峡水库正式进入正常运行期是可行的。