



三峡水利枢纽梯级调度通信中心
Three Gorges Cascade Dispatch & Communication Center

三峡水库试验性蓄水优化调度 研究与实践

三峡水利枢纽梯级调度通信中心
Three Gorges Cascade Dispatching and Communication Center

二〇一四年十月





1

前 言

2

水库优化调度研究及实践

3

泥沙优化调度研究及实践

4

生态优化调度研究及实践

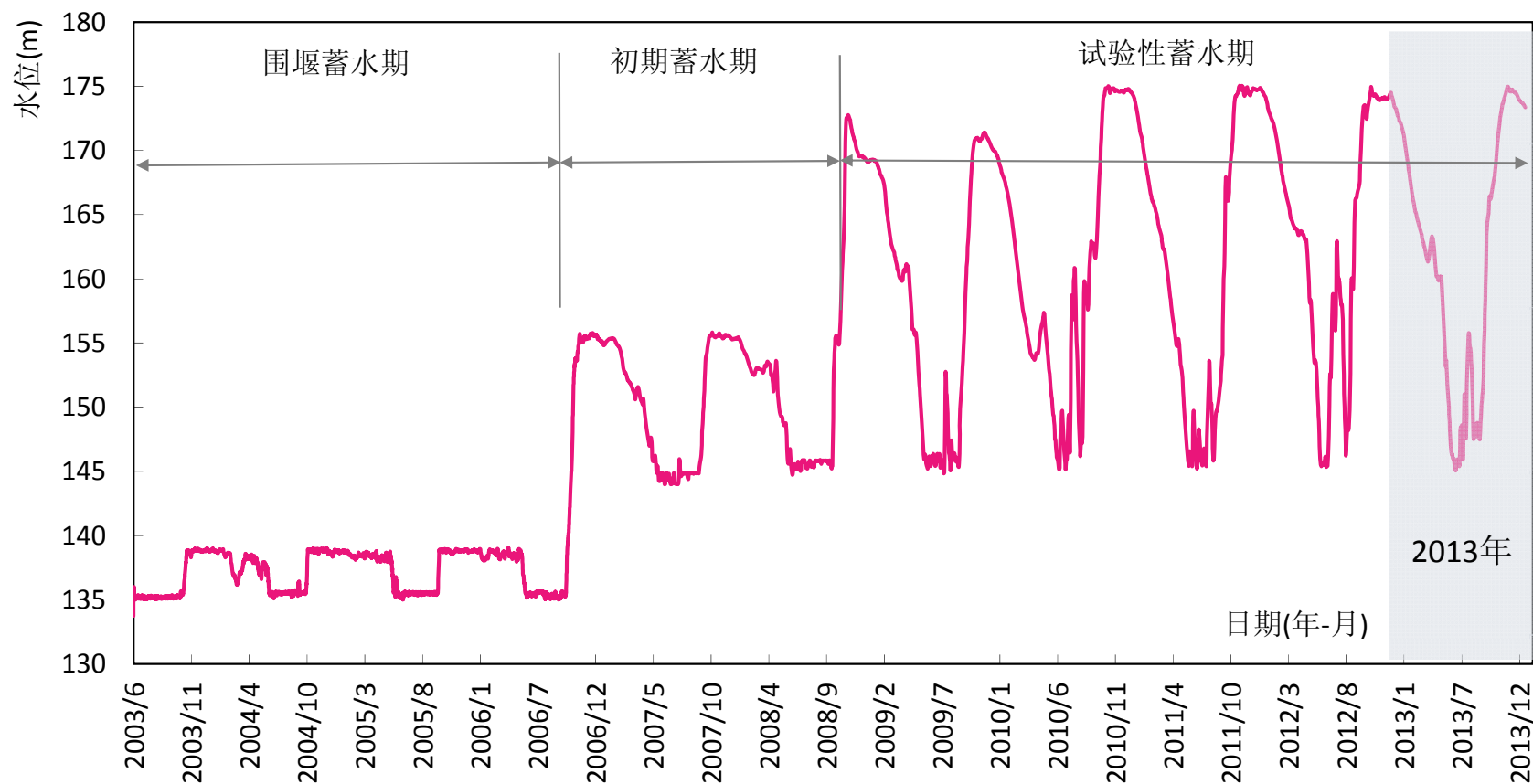
5

展 望



1

前 言



三峡水库自**2003年6月**蓄水至**135m**进入围堰发电期运行以来，枢纽工程建设、移民安置、地质灾害治理等各方面进度比初步设计均有所提前。**2006年10月**，三峡水库提前一年蓄水至**156m**，进入初期运行期。**2008年9月28日**，三峡水库开始**175m**试验性蓄水，较初步设计暂定的**2013年**蓄水至**175m**提前了**5年**。



1. 来水来沙减少

- 长江上游来水偏枯，2013年来水量较多年均值偏少11%；
- 来沙继续大幅减少，2013年入库沙量1.27亿吨，仅为初步设计的25%。

2. 上游水库建设

- 长江上游水库群总调节库容1000余亿 m^3 、预留防洪库容500余亿 m^3 ；
- 2015年前可投运且库容1亿 m^3 的水库近80座。

运行条件
与初步设计
相比

4. 预报水平提高

- 水情站网作为数据保障，自建遥测站617个；实时接收633个遥测站网数据；
- 汛期，三地五方的水情会商。
- 上游水库信息共享

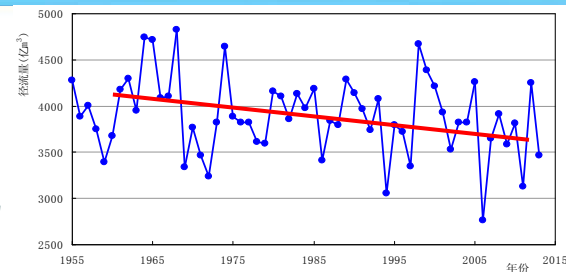
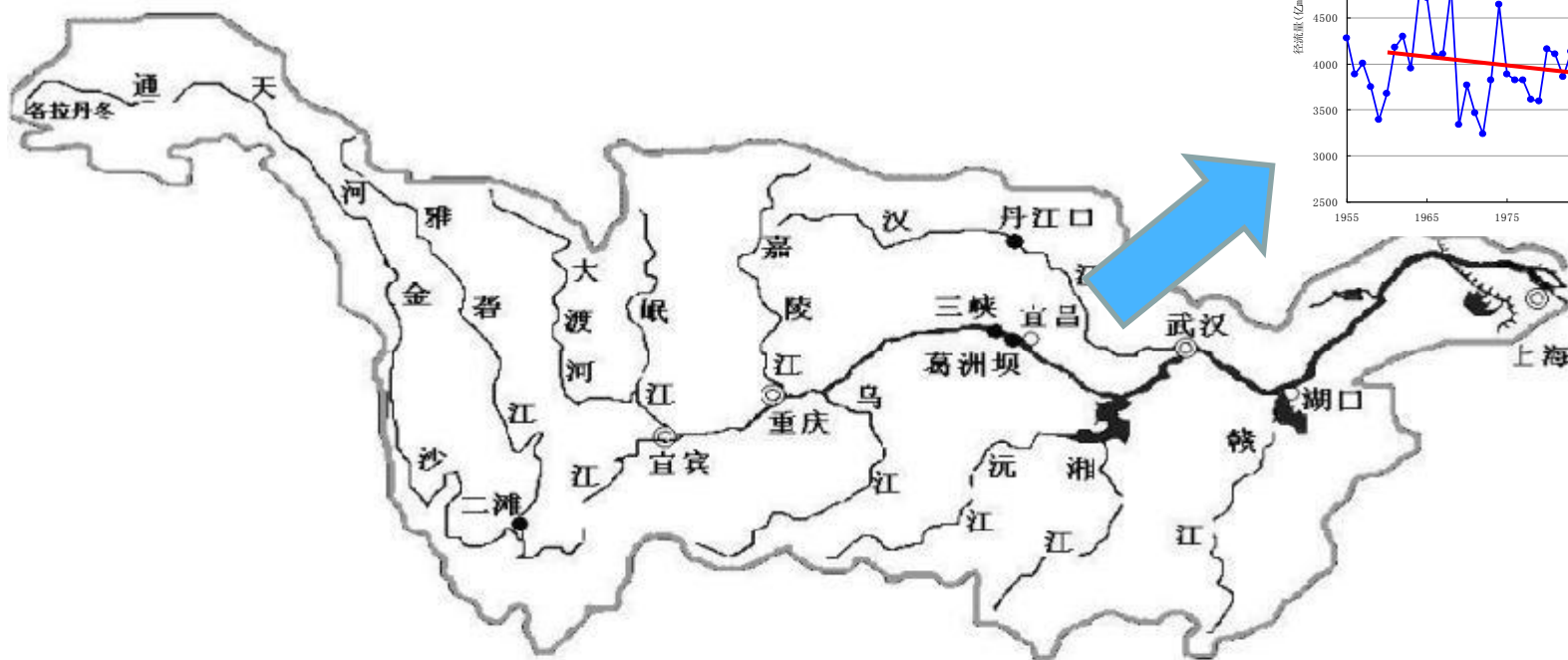
3. 下游用水需求提高

- 10月下泄由5500提高至8000
- 1-4月由5500提高至6000

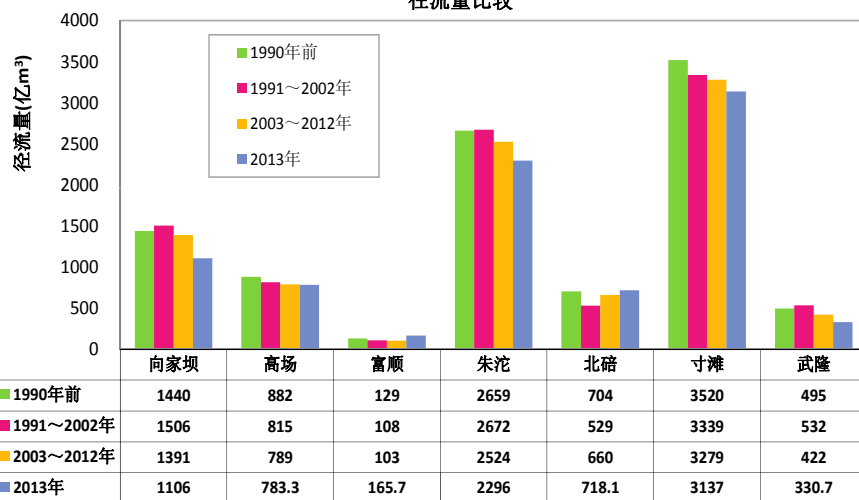
前言



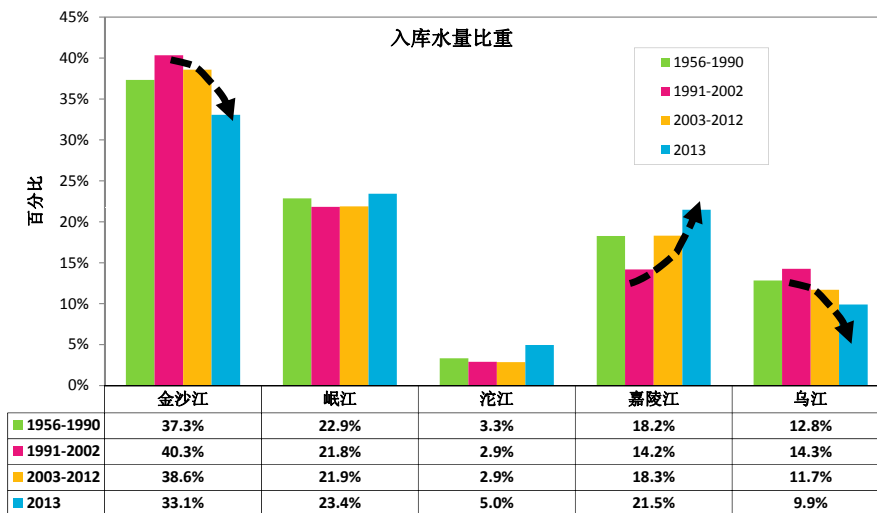
三峡水利枢纽梯级调度通信中心
Three Gorges Cascade Dispatch & Communication Center



径流量比较



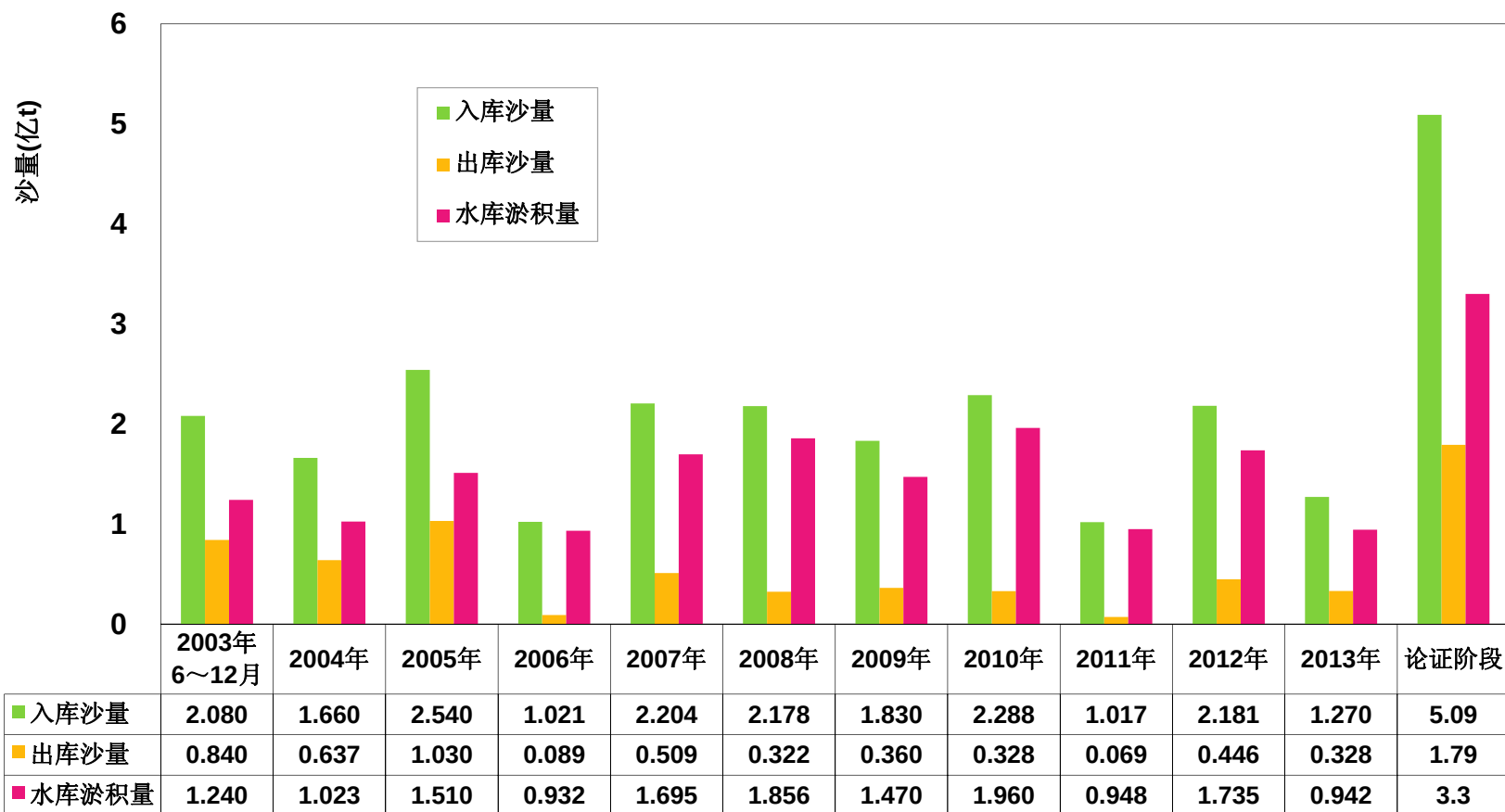
入库水量比重

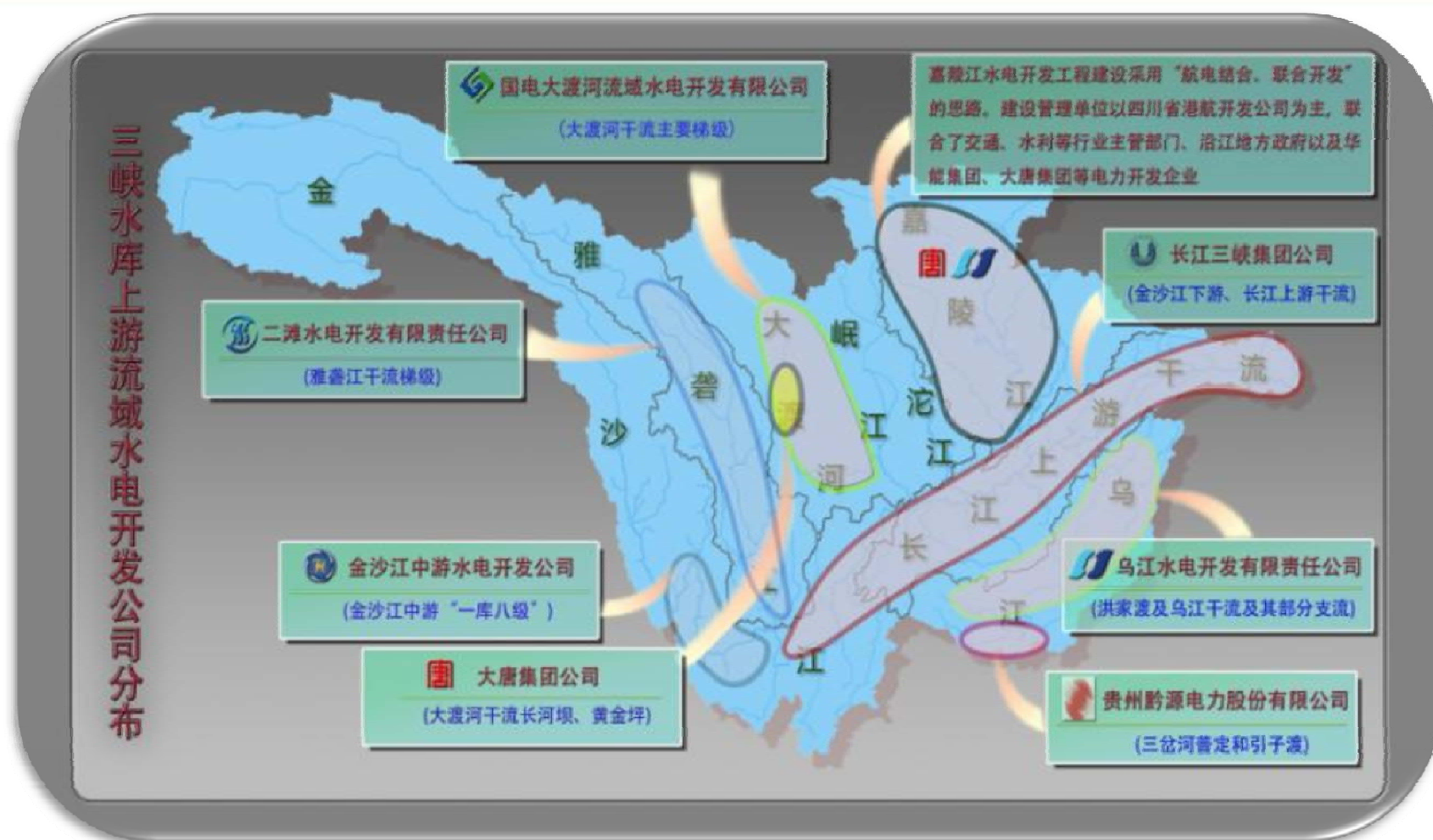




2013年，三峡水库泥沙淤积进一步减缓。

1.40亿t/a << 3.3亿t/a (论证)



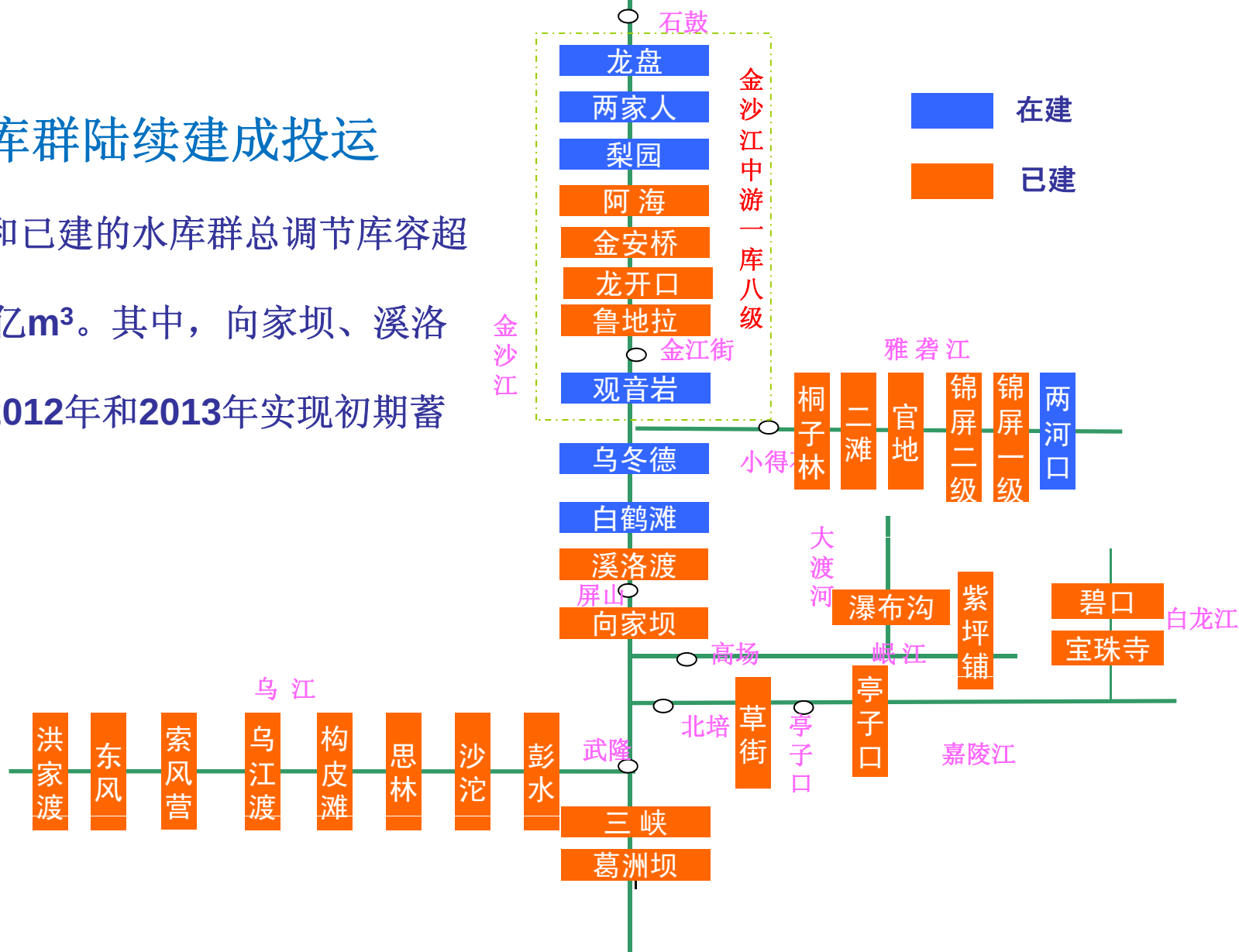


目前在全国范围内形成了十三大水电基地，水电能源丰富的长江上游流域拥有十三大水电能源基地中的**五个**：金沙江水电基地、雅砻江水电基地、大渡河水电基地、乌江水电基地、长江上游水电基地。



上游水库群陆续建成投运

目前在建和已建的水库群总调节库容超过了**1000亿m³**。其中，向家坝、溪洛渡分别于**2012年**和**2013年**实现初期蓄水。





各方面对水资源利用的需求提高

防洪、航运：中小洪水调度

供水：蓄水期和枯水期下泄标准提高

水文气象预报水平提高

水情遥测系统及报讯站网建设；

3天洪水预报精度可达93%以上

三峡满发流量提高

由 $25000\text{m}^3/\text{s}$ 左右提高至 $30000\text{m}^3/\text{s}$ 左右





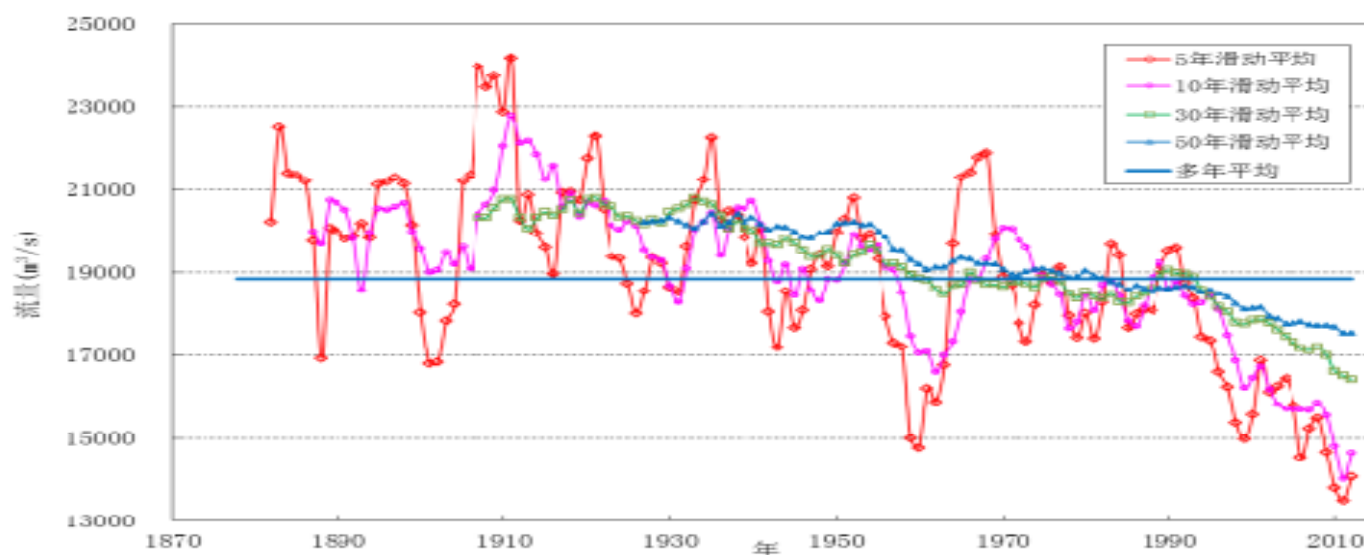
2

水库优化调度研究及实践



月份	多年均值 (1877-1990)	90年代以来 (1991-2013)	蓄水以来 (2003-2013)		2013年	
			值	较多年均值	值	较多年均值
8	27800	25500	23100	-16.90%	19300	-30.60%
9	26600	22100	22400	-15.80%	18900	-28.90%
10	19500	15300	14200	-27.20%	10400	-46.70%

- **蓄水以来：**8、9、10月份均不同程度减少，10月份减少较多，减少了接近30%，折合水量142亿m³。
- **2013年，**8-10月份入库较多年均值偏枯28%以上，为近几年特枯年份。





在考虑防洪风险、泥沙淤积等的基础上，采用**1991~2013年23**年来水资料，计算不同调度方式下三峡水库的蓄满率。根据目前下游的供水需求，**9、10**月份最小下泄流量按不低于**10000、8000m³/s**计算。则**9月10**日开始蓄水，**8**月底水位**150m**，**9月10**日**160m**，**9**月底水位**169m**的蓄水方式蓄满率为**95.7%**，较初步设计蓄水方式（**10月1**日从**145m**开始蓄水）可提高**52.2%**。



年份	8月底水位 (m)	开始蓄水		9月底水位 (m)	蓄水结束	
		时间	水位(m)		时间	水位(m)
2008	145.9	9月28日	145.27	150.23	11月4日	172.8
2009	146.5	9月15日	145.87	157.5	11月24日	171.4
2010	158.6	9月10日	160.2	162.84	10月26日	175
2011	150.0	9月10日	152.24	166.16	10月30日	175
2012	150.1	9月10日	158.92	169.4	10月30日	175
2013	150.0	9月10日	156.69	167.02	11月11日	175

- 蓄满的四年中，8月底水位均在150m以上，最高为158.6m；9月10日开始蓄水，对应水位在152—160m之间，最高为160.2m；9月底水位最高水位169.4m。
- 其中，2013年蓄水最为困难，到11月11日才蓄满。



□ 中小洪水调度

➤ (1) 调度需求

防洪：减少防汛成本，避免上游水库晒太阳，下游投入大量人力物力抗洪。

航运：25000~45000m³/s限制性通航，1882~2012年25000m³/s以上每年60天，通过中小洪水调度，实时控泄，可有效疏散积压船舶。

洪水资源化：1882~2012年宜昌站55000m³/s以上洪水平均每年出现天数仅1.3天；30000~55000m³/s区间的洪水平均每年出现天数多达30天以上。
中小洪水调度可有效提高洪水资源率。



➤ (2) 防洪风险

✓ 不降低水库防洪标准

利用为城陵矶预留的防洪库容，即中小洪水最高蓄洪水位155m。考虑上游建库后，三峡水库对城陵矶补偿调度控制水位可从155m提高为161m，中小洪水调度空间相应提高。

✓ 实测洪水计算

采用1882~2012年来水资料，若水库按照初步设计方式进行防洪运用，则拦蓄洪量排前三位的分别为1954年、1896年和1981年。蓄洪量分别为73.96、47.95、30.93亿 m^3 。按照最高蓄洪水位不超100年一遇调洪高水位171m反算，则三峡水库最高起调水位分别为164.7、165.6和167.6m。也就是说，当中小洪水最高蓄洪水位不高于164.7m时，遇实测最大洪水调洪水位不超171m。



➤ (3) 泥沙淤积影响

模型计算结果表明，2010～2012年由于中小洪水调度，库区泥沙淤积量分别增加了882、127、2289万t，分别占论证期间总淤积量的2.6%、0.4%和6.7%。

各年度实测库区总淤积量分别为1.96亿t、0.95亿t和1.75亿t，为论证阶段“60水沙系列”库区前10年年均淤积预测值的57%、27%和51%左右。

2010～2012年中小洪水调度对泥沙淤积影响 单位：亿t

	2010年	2011年	2012年	论证阶段 预测值
实际调度方式	1.96 (57%)	0.95 (27%)	1.75 (51%)	—
初步设计调度方式	1.87 (55%)	0.94 (27%)	1.52 (44%)	3.42



➤ (4) 调度实践

2008~2013年三峡汛期防洪调度统计

年份	最大洪峰 (m ³ /s) 及出现时间		最大下泄 (m ³ /s)	最大削峰量 (m ³ /s)	蓄洪次数	蓄洪量 (亿m ³)	6.10~蓄水前最高调洪水位 (m)
2008	41000	8月15日	39000	0	0	0	145.96
2009	55000	8月6日	39600	16300	2	56.5	152.89
2010	70000	7月20日	40900	30000	7	266.3	161.02
2011	46500	9月21日	29100	25500	4	187.6	153.84
2012	71200	7月24日	45800	28200	4	228.4	163.11
2013	49000	7月21日	35000	14000	5	118.37	156.04

✓ 效益：防洪：累计拦蓄洪水857.2亿m³

疏散积压船舶：2009-2013年疏散积压船舶超过1800艘次；

增发电量；抑制支流水华



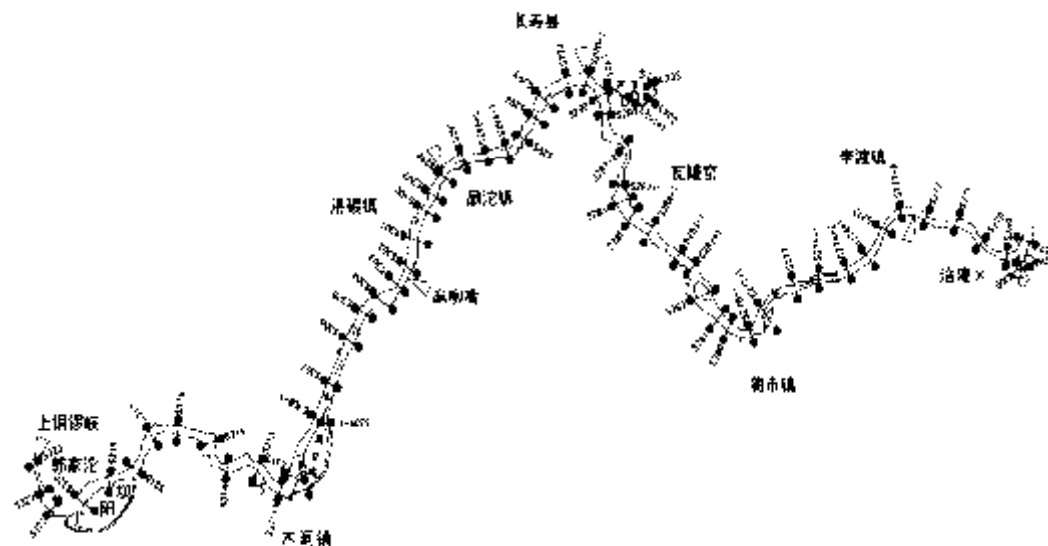
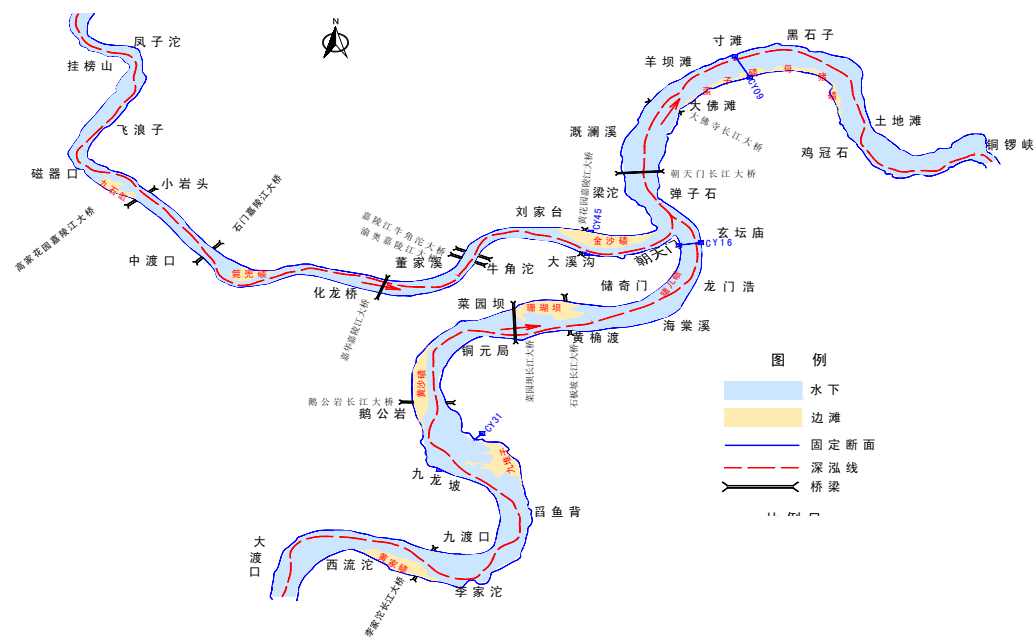
3

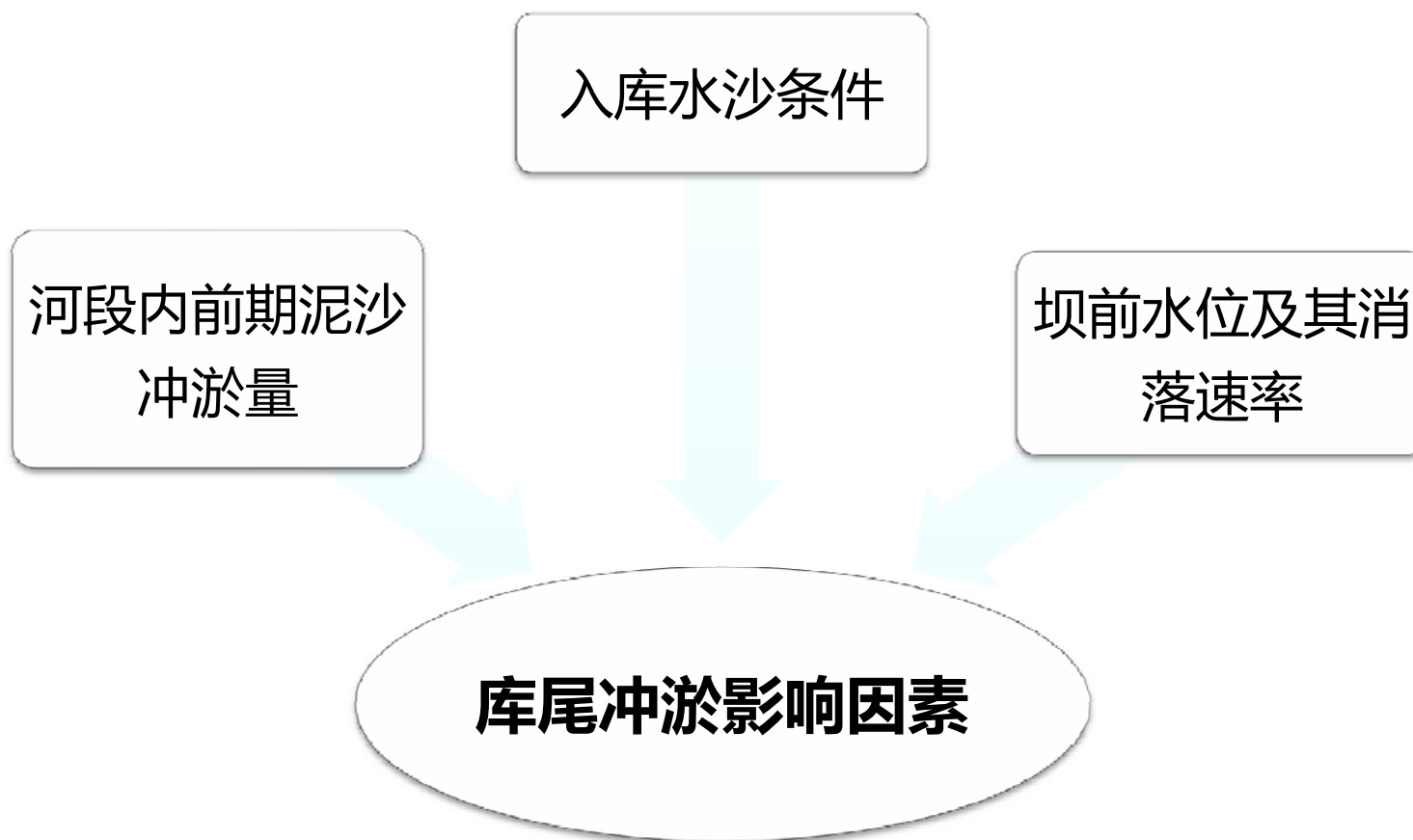
泥沙优化调度研究及实践

泥沙优化调度研究及实践-库尾减淤试验



三峡水利枢纽梯级调度通信中心
Three Gorges Cascade Dispatch & Communication Center







三峡水库蓄水运用以来，汛前集中消落期成为主要的走沙期。为增大消落期走沙能力，避免库尾局部河段淤积引起的碍航问题，对消落期减淤调度方式进行了研究。研究成果表明，当坝前水位从**160~162m**起调、寸滩流量**7000m³/s**以上，日降幅大于**0.4m**，库尾走沙效果良好。在此研究基础上，**2012、2013**年消落期，三峡水库开展了库尾减淤调度试验。



2012年

- 5月7日-5月18日，历时12天
- 寸滩平均流量 $6850\text{m}^3/\text{s}$
- 起始水位161.97，累计降幅5.21m，日均降幅0.43m

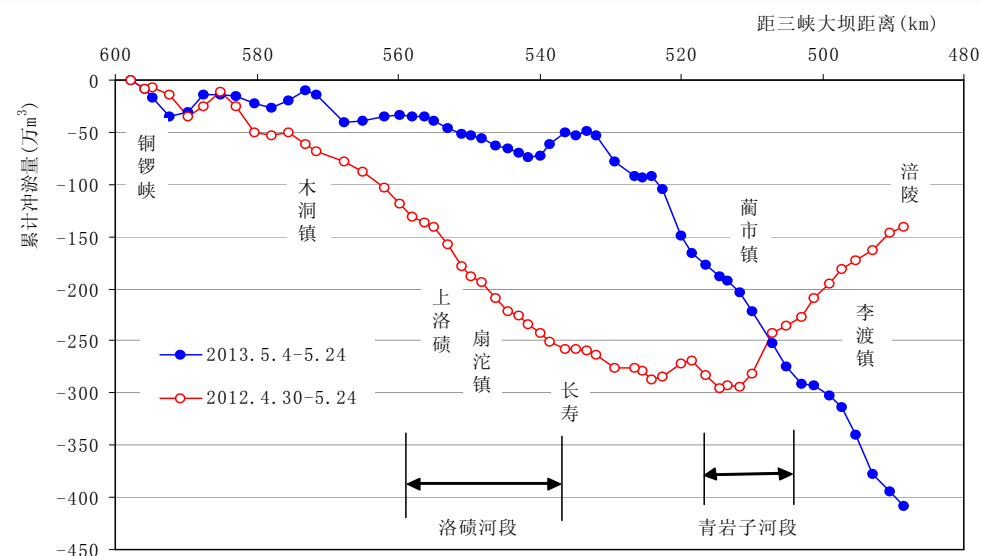
2013年

- 5月13日-5月20日，历时7.5天
- 寸滩平均流量 $6210\text{m}^3/\text{s}$
- 起始水位160.17，累计降幅4.43m，日均降幅0.59m



汛前消落期库尾减调度试验

成效较明显。



时段	铜锣峡~涪陵河段河床冲淤量 (万 m^3)	备注
2006.10~2008.11	1066.0	三峡工程初期蓄水期
2008.11~2009.04	563.0	2009年汛前消落期
2009.04~2009.11	-900.0	2009年汛期
2009.11~2010.04	-237.0	2010年汛前消落期
2010.04~2010.11	2523.0	2010年汛期
2010.11~2011.04	-748.0	2011年汛前消落期
2011.04~2011.11	414.0	2011年汛期
2011.11~2012.05	-862.0	2012年汛前消落期 (含减淤调度)
2012.05~2012.10	41.0	2012年汛期
2012.10~2013.06	-732.0	2013年汛前消落期 (含减淤调度)
2006.10~2013.06	1128.0	



洪峰与沙峰不同步的主要原因包括：

- ◆ **在水沙同源的情况下，由于区域产流产沙的不同机理。**
- ◆ **水沙异源，造成沙峰与洪峰不同步。**
- ◆ **水库内洪水演进与泥沙输移速度不同。**



三峡库区沙峰与洪峰异步传播特性

库水位抬高，洪峰传播速度加快

- ◆ 坝前水位低于155m，传播时间18~30h，平均约22h；
- ◆ 坝前水位155~165m，传播时间约18h左右；
- ◆ 当坝前水位165~175m，传播时间约12h左右。

沙峰传播时间：3~7天

沙峰排沙调度模式：“涨水面水库削峰，落水面则加大泄量排沙”

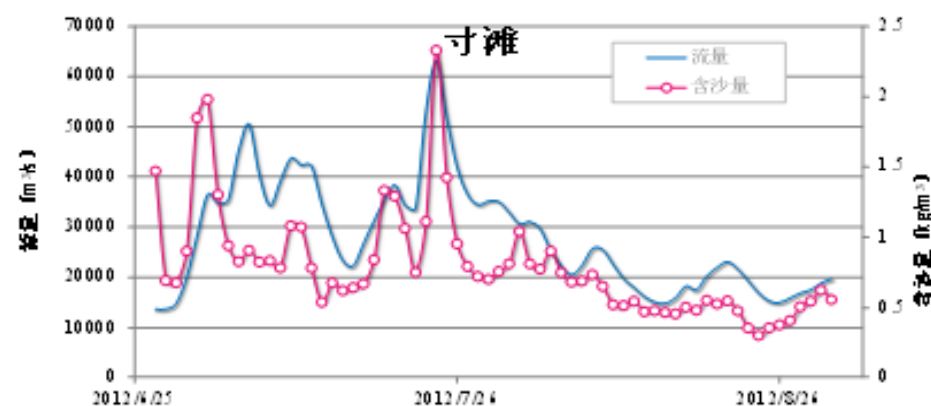


图4 2012年汛期寸滩站流量和含沙量过程线

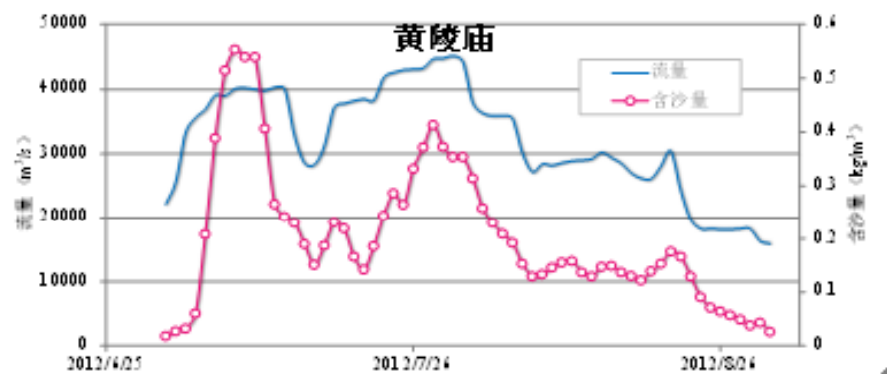
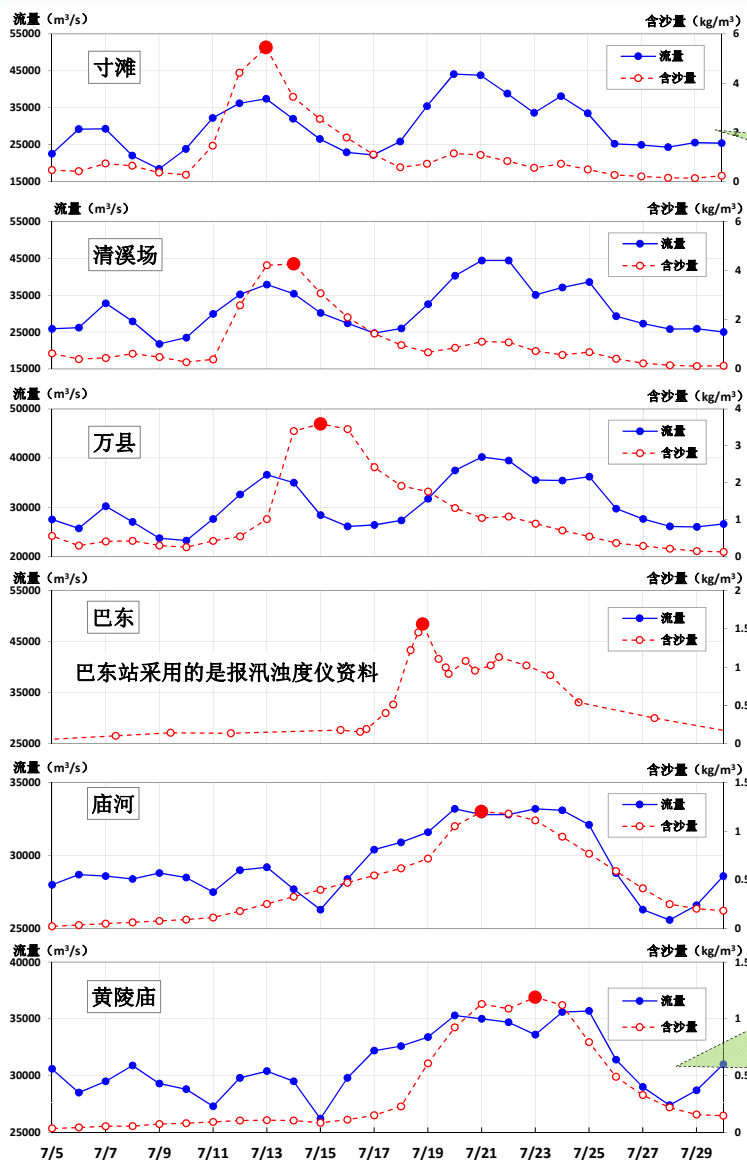


图5 2012年汛期黄陵庙站流量和含沙量过程线

泥沙优化调度研究及实践-汛期沙峰试验



三峡水利枢纽梯级调度通信中心
Three Gorges Cascade Dispatch & Communication Center



13日2时出现洪峰，峰值为 $39600\text{m}^3/\text{s}$ ，随后13日8时出现沙峰，峰值 $6.54\text{kg}/\text{m}^3$ ，沙峰滞后洪峰6小时。

根据泥沙预报，入库沙峰前锋预计于7月19日到达坝前。从7月19日12时起，三峡水库出库流量增加至 $35000\text{m}^3/\text{s}$ 。

由于下泄流量的增加，22日11时30分庙河出现沙峰，峰值 $0.95\text{kg}/\text{m}^3$ ，23日12时黄陵庙出现沙峰，峰值 $0.93\text{kg}/\text{m}^3$ ，



图 6 2013 年 7 月份黄陵庙站流量和含沙量过程线

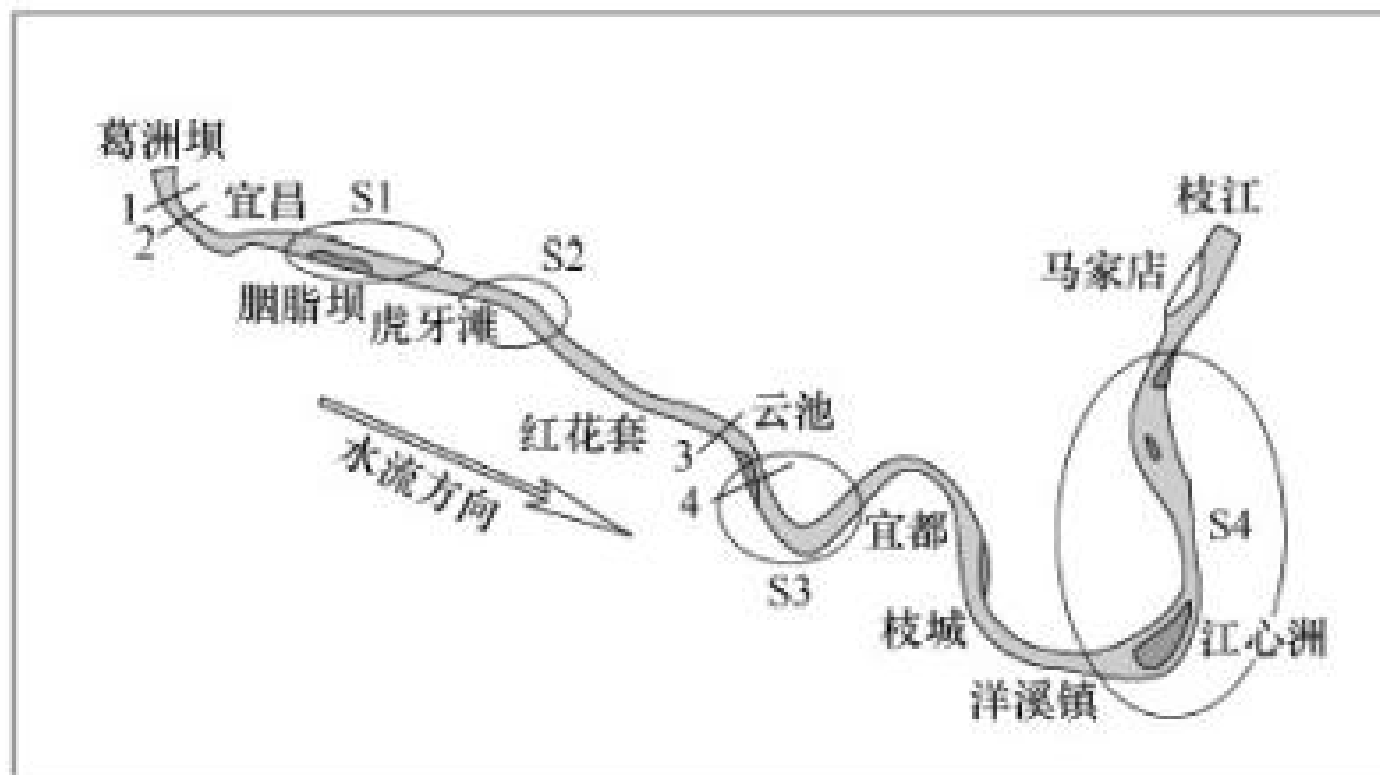
7月11~18日三峡入库沙量约5740万t，按照沙峰传播时间计算，7月19~26日三峡水库排沙约1760万吨，排沙比约27%，成功进行了水库沙峰排沙调度试验，有效减轻了水库泥沙淤积。

	入库沙量 (万t)	出库沙量 (万t)	水库淤积 (万t)	坝前水位 (m)	水库排沙比
2009年7月	5540	720	4820	145.86	13%
2010年7月	11370	1930	9440	151.03	17%
2011年7月	3500	260	3240	146.25	7%
2012年7月	10833	3024	7809	155.26	28%
2013年7月	10313	2812	7501	150.08	27%



4

生态优化调度研究及实践



长江四大家鱼产卵地



长江干流四大家鱼自然繁殖期为**4~7月**，水温达到**18℃**后（最适繁殖水温为**21~24℃**），水位上涨、流量增大、流速增加，刺激家鱼产卵。三峡水库蓄水以来，每年**4月底至5月初**，三峡水库坝前可能存在水温分层现象，下泄低温水可能使水库下游“四大家鱼”的产卵时间推迟；水库泄洪可能使下泄水流中造成氮气过饱和，使水库下游鱼类发生“气泡病”；每年四大家鱼产卵高峰的**5、6月份**，天然情况的涨水过程可能被水库调平均匀下泄发电，从而影响水库下游荆江河段“四大家鱼”产卵繁殖

为了减缓三峡水库对水库下游四大家鱼产卵繁殖的影响，开展有利于四大家鱼产卵繁殖的生态调度措施，必须首先确定四大家鱼产卵繁殖高峰期5月和6月生态水文目标。以宜昌水文站作为水文控制站，其水文变化过程能够反映三峡水库下游四大家鱼产卵繁殖水文条件，分析时段选择三峡水库蓄水前1982~2002年，具体水文指标主要包括：流量、水位、水温、含沙量以及涨水过程包括涨水次数、历时、涨水率等，以各指标的平均值作为各个指标的生态水文目标。

表· 5 四大家鱼产卵场 5、6 月份生态水文目标⁴

Tab5. Eco-hydrologic targets of spawning grounds of four major Chinese carps in May and June⁴

月份 ⁴	水文变量 ⁴	流量(m ³ /s) ⁴	水位(m) ⁴	水温(°C) ⁴	涨水 次数 ⁴	涨水历 时(d) ⁴	流量上涨率 (m ³ /s.d) ⁴	水位上涨 率(m/d) ⁴
	均值 ⁴	11200 ⁴	42.99 ⁴	21.4 ⁴	2.5 ⁴	5 ⁴	1560 ⁴	0.63 ⁴
5 月 ⁴	变化范围 ⁴	7400-16700 ⁴	41.25-44.63 ⁴	20-22.7 ⁴	1-5 ⁴	2-12 ⁴	660-2750 ⁴	0.32-0.95 ⁴
	生态水文目标 ⁴	8850-13600 ⁴	42.01-43.97 ⁴	20.66-22.12 ⁴	2-3 ⁴	3-8 ⁴	910-2200 ⁴	0.41-0.85 ⁴
	均值 ⁴	18300 ⁴	44.85 ⁴	23.6 ⁴	3 ⁴	5.5 ⁴	2140 ⁴	0.57 ⁴
6 月 ⁴	变化范围 ⁴	11600-22600 ⁴	41.53-46.78 ⁴	22.7-24.5 ⁴	1-5 ⁴	3-12 ⁴	1000-4130 ⁴	0.30-0.98 ⁴
	生态水文目标 ⁴	15500-21100 ⁴	43.40-46.30 ⁴	23.04-24.15 ⁴	2-4 ⁴	3-8 ⁴	1360-2930 ⁴	0.40-0.74 ⁴



三峡工程**2011**和**2012**年汛前开展了以促进四大家鱼自然繁殖为目标的生态试验性调度。

从四大家鱼产卵监测情况看，在水温条件满足四大家鱼产卵的情况下，**2011**年和**2012**年的三次生态调度过程中均监测到四大家鱼产卵现象。其中，**2011**年，宜都断面监测到了三次产卵，推算总卵苗数**1.31**亿粒；**2012**年，宜都断面监测到**6**次产卵，推算总卵苗数**5.15**亿粒。两年的生态调度试验对四大家鱼的产卵繁殖产生了积极的促进作用，凸显了三峡工程的生态效益。



5

展 望



长江上游及金沙江流域水能资源开发示意图





长江上游流域水库群联合调度内容

1. 联合防洪调度

统一调度和科学调配三库防洪库容确保防洪对象的安全

2. 联合蓄水调度

汛末协调好三库的蓄水对于来年的补水具有重要意义

3. 联合消落调度

主要涉及到消落时机、次序、控制水位、补偿流量

4. 联合发电调度

通过合理控制库水位，调蓄水量，增发电量

5. 其他联合调度

供水、泥沙、航运等方面



三峡水利枢纽梯级调度通信中心
Three Gorges Cascade Dispatch & Communication Center

THANKS

