

百问

三峡

本书编委会　编



科学普及出版社
·北　京·




安纪工程
民生工程
科技工程
题"百问三峡"
徐匡迪
二〇二三年五月

编 委 会

中国科学院院士（按姓氏笔画排序）

王光谦　王思敬　邓起东
刘昌明　陈祖煜　张楚汉
周孝信　傅伯杰

中国工程院院士（按姓氏笔画排序）

丁一汇　孙　伟　汪应洛
吴中如　沈国舫　孟　伟
张勇传　张建云　范维澄
林浩然　钟登华　钱七虎
唐明述　崔俊芝　葛修润
魏复盛

知名学者　厉以宁　张　柏



图书在版编目（CIP）数据

百问三峡 /《百问三峡》编委会编．—北京：科学普及出版社，2012.10
ISBN 978-7-110-07842-6

Ⅰ．①百… Ⅱ．①百… Ⅲ．①三峡水利工程—问题解答 Ⅳ．① TV632-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 220412 号

出 版 人 苏 青
策划编辑 苏 青 颜 实
审 读 金维克 王明东
责任编辑 郑洪炜 李 洁
封面设计 水长流文化
责任校对 林 华 孟华英
责任印制 王 沛

出版发行 科学普及出版社
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
投稿电话 010-62176522
网 址 http://www.cspbooks.com.cn

开 本 880mm × 1230mm
字 数 220 千字
印 张 7
印 数 1-50000 册
版 次 2012 年 10 月第 1 版
印 次 2012 年 10 月第 1 次印刷
印 刷 北京华联印刷有限公司
书 号 ISBN 978-7-110-07842-6/TV · 7
定 价 18.00 元

（凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换）

序

三峡工程
——一座科技创新的丰碑

三峡工程是新中国最伟大的工程科技成就之一，是一面为人民服务的旗帜，是一座工程科技创新的丰碑。

三峡工程是开发和治理长江的关键性骨干工程，具有防洪、发电、航运、水资源配置、节能减排与生态环保等多种综合效益。作为当今世界上最大的水利水电工程，面临着一系列前所未有的世界级科技难题。面对这些难题，三峡工程建设者坚持以创新驱动发展，从论证、设计、施工到运行，处处都闪耀着工程建设者科技创新的智慧，取得了一系列重大成就，走出了一条有三峡特色的自主创新之路。有这么几个方面的特点，给我们以深刻的启示：

第一，原始创新。如在大坝混凝土施工中，首次使用了性能优良的Ⅰ级粉煤灰和高效减水剂，使优选出的大体积混凝土配合比单位用水量达到世界领先水平；首创混凝土骨料二次风冷技术，创立了一整套大容量、多方位、全过程的综合混凝土温控生产体系；在双线五级船闸建设中，取得了控制爆破、岩体锚固、船闸输水、超大规模人字门制造安装等几十项技术突破；在两次大江截流中，针对水深、堤头坍塌严重的难题，创造性地采用了深水平抛垫底措施；在围堰防渗施工中，引进了国际最先进的防渗墙设备，结合自行开发的新设备与新工艺，探索出世界领先水平的水下防渗施工技术；等等。

第二，集成创新。三峡工程涉及水文、气象、地质、水工、泥沙、航运、生态环境、金属结构、机电设备、电力系统、工程管理等专业领域，每一领域又包含了众多学科，是一个庞大的系统工程。广大科技人员创造性地将各种先进技术进行集成整合和交叉融合，有针对性地用于解决三峡工程建设中的一系列难题，高效率地加快了工程建设进度，并在这一过程中推动了许多新的工程技术的深入发展。

第三，引进消化吸收再创新。坚持把开放市场与引进技术结合起来，成功地实施了工程技术的引进、消化、吸收、再创新。例如，在大型水轮发电机组设计制造过程中，通过引进再创新，在一个较短的

时期内，掌握了70万千瓦大型水轮发电机组设计制造的关键技术，实现了大型机电装备国产化，跨越了与国外30年的技术差距。这种开放市场、引进技术和自主创新有机结合的方式，被称为“三峡模式”。

第四，协同创新。三峡工程建设充分发挥了社会主义制度集中力量办大事的优越性，广泛开展了全方位的大协作。强大的集中领导，高超的统筹协调，以工程业主为轴心，国内外设计、科研、教育、生产、管理单位协同作战，联合开展科技攻关，贯穿了三峡工程建设和运行的全过程。以三峡工程设计方案的比选为例，全国有数十家单位、数万名科技人员参与了相关科研和设计工作，完成各类科研成果和设计报告数万份。如永久船闸上引航道的布置方案，就采用了数值分析、模型试验和原型观测相结合的综合研究方法，经过了多家科研单位的平行研究和十多种方案的比选。

第五，工程管理。三峡工程创造了独特而有效的建设管理体制、移民工程体制、投资融资体制、监管稽察制度、质量检查制度和对口支援制度，保证了整个工程的按时、保质、保量完成。三峡工程还同步推进管理信息化，开发了在国际工程项目管理领域处于领先水平、具有自主知识产权的“三峡工程管理信息系统（TGPMS）”和“电厂运行管理信息系统（ePMS）”，有效地促进了整个工程建设进度、质量、安全和投资的精确控制。

第六，战略决策。三峡工程的决策过程从提出构想到投入运行，纵贯时间之长，横跨地域之广，涉及层级之全，参与人数之多，面临课题之丰，世所罕见。党和政府对于这个事关经济社会发展全局的战略性工程，深入研究科学技术问题，还持之以恒地不断破解与之相关的生态、经济、社会、文化问题，使三峡工程成为民主决策、科学决策的典范。

“更立西江石壁，截断巫山云雨，高峡出平湖。”从百年前孙中山提出兴建三峡工程的宏伟设想开始，建设三峡、开发长江一直是历代中国人的梦想。为了三峡工程，多少仁人志士前赴后继、艰苦奋斗；百万移民顾大局、识大体，搬出了世代居住的家园；无数的科技工作者将心血铺洒在这片热土上；全国各路建设大军创造了一个个人间奇迹。三峡工程的建成和运行，极大地振奋了民族精神，是全国人民的骄傲。在这里，谨向三峡工程建设者致以崇高而深切的敬意！

周济

中国工程院院长

2012年8月



目录

序　三峡工程——一座科技创新的丰碑　周济

第一篇 百年追梦



三峡工程的由来

1. 大江何日安澜？ 2
2. 是谁最早提出兴建三峡工程的设想？ 5
3. 国民政府为兴建三峡工程做了哪些工作？ 7
4. 何谓“萨凡奇计划”？ 8
5. 三峡工程如何提上新中国的议事日程？ 10
6. 为什么说三斗坪坝址是“上帝赐给中国的好坝址”？ 12
7. 三峡工程经历了怎样漫长的论证？ 14
8. 三峡工程研究论证期间是如何对待不同意见的？ 16
9. 兴建三峡工程是怎样最终决策的？ 18

第二篇 众绘宏图



三峡工程概览

10. 三峡工程与三峡枢纽工程是一回事吗？ 22
11. 三峡工程是世界上最大的水利水电工程吗？ 23



12. 三峡工程作为长江防洪关键工程，它的关键性在哪里？ 24
13. 葛洲坝工程与三峡工程是什么关系？ 25
14. 三峡水库有什么特点？ 27
15. 三峡水库有哪几个特征水位？ 28
16. 国家是怎样组织三峡工程建设的？ 30
17. 三峡工程共花了多少钱？ 32
18. 三峡工程是一项很划算的工程吗？ 33
19. 三峡工程建设管理有哪些创新？ 34

第三篇 壁立西江



三峡枢纽工程

20. 三峡枢纽工程有哪些主要建筑物？ 38
21. 长江水是怎么通过三峡大坝的？ 39
22. 三峡枢纽工程会消耗长江水吗？ 40
23. 三峡大坝是什么样的坝？它有多大、多重？ 41
24. 三峡大坝是用哪些材料建成的？ 42
25. 三峡大坝是在江水中建起来的吗？ 44
26. 三峡工程导截流的围堰拆除到哪里去了？ 47
27. 三峡大坝从左岸有裂缝到右岸无裂缝的奇迹是怎样创造的？ 49
28. 怎样诊断三峡大坝的“健康”状况？ 51
29. 三峡大坝的“寿命”有多长？ 53
30. 三峡大坝是如何考虑战时防空问题的？ 55

31. 三峡水电站是当今世界上最大的水电站吗？ 57
32. 船舶通过三峡大坝时“爬楼梯”“坐电梯”是怎么回事？ 58
33. 万吨级轮船可以从上海直达重庆吗？ 61
34. 有多少人参加了三峡枢纽工程建设？ 63
35. 70 万千瓦水轮发电机组有多大？安装质量怎么样？ 64
36.“三峡模式”如何推动民族制造业实现跨越式发展？ 66
37. 三峡枢纽工程在保证工程质量方面有哪些重大创新？ 68
38. 三峡枢纽工程建设有哪些科技创新？ 70

第四篇 感动中国



三峡移民工程

39. 为什么说三峡移民工程是三峡工程建设中的重点和难点？ 74
40. 三峡库区百万移民搬迁安置难题是如何破解的？ 75
41. 三峡移民搬迁到了哪里？生活如何？ 77
42. 三峡移民工程搬迁了多少工矿企业？ 79
43. 国家是如何对三峡库区移民搬迁安置资金进行监管的？ 80
44. 为什么要对口支援三峡库区移民？效果如何？ 81

第五篇 电耀中华



三峡输变电工程

45. 三峡水电站是怎样利用长江水发电的？ 86
46. 三峡电如何惠及半个中国？ 87

47. 三峡输变电工程有什么特点？ 90
48. 三峡工程电力外送为什么采用超高压输电技术？ 91
49. 三峡输变电工程对环境有哪些影响？ 93
50. 为什么说三峡水电站是我国电网中的骨干电源？ 94
51. 三峡输变电工程建设有哪些科技创新？ 96

第六篇 国是民生



三峡工程的运行和效益

52. 三峡工程具有什么样的综合功能和效益？ 100
53. 如何处理三峡工程的发电效益与防洪、抗旱等效益之间的矛盾？ 103
54. 为什么把防洪作为三峡工程的首要功能？ 105
55. 三峡水库是怎样进行防洪调度的？ 109
56. 三峡工程如何应对“百年（千年、万年）一遇”的大洪水？ 110
57. 有了三峡工程，长江中下游防洪就可以高枕无忧了吗？ 113
58. 三峡大坝本身能够抵御多大的洪水？ 115
59. 汛期洪峰到来时，三峡水库为什么不一次性蓄水至 175 米？ 116
60. 能否准确预测三峡水库洪峰到来的时间和大小？ 118
61. 三峡工程上游发生“百年一遇”洪水时，水库的回水会淹没重庆市主城区吗？ 119
62. 三峡工程怎样在枯水期为长江中下游补水？ 120
63. 三峡水库在蓄水过程中是否会造成下游地区缺水？ 121
64. 三峡水电站能发多少电？ 122
65. 什么条件下三峡水电站能够满负荷运行？ 123
66. 三峡水库蓄水后宜昌至重庆的航运有哪些变化？ 124
67. 三峡工程会成为第二个三门峡工程吗？ 126

第七篇 江河不老



三峡工程的生态与环境

68. 三峡工程对生态与环境主要有哪些影响？ 130
69. 怎样对三峡工程的生态与环境进行监测？ 132
70. 三峡水库的运行对长江入海口有什么影响？ 133
71. 三峡水库淹没的珍稀植物会灭绝吗？ 135
72. 三峡工程对长江鱼类有什么影响？ 137
73. 三峡工程对中华鲟有什么影响？ 139
74. 三峡水库蓄水后会产生新的滑坡吗？ 141
75. 三峡水库蓄水会不会诱发地震？ 143
76. 汶川大地震与三峡水库蓄水有关吗？ 145
77. 三峡水库会产生温室气体吗？ 147
78. 三峡水库蓄水后对气候有影响吗？ 149
79. 近年来长江流域发生的地区性高温、大旱、洪水和“旱涝急转”等与三峡工程有关吗？ 150
80. 为保持三峡水库“一盆清水”，国家采取了哪些污染防治措施？ 152
81. 三峡水库会发生水华吗？ 155
82. 三峡水库蓄水前是如何对淹没区进行清理的？ 156
83. 怎样处理三峡水库的漂浮物？ 158
84. 三峡水库“清水”下泄对长江中下游有什么影响？ 160
85. 三峡水库运行调度是怎样考虑生态与环境需求的？ 162
86. 三峡工程运行后重庆港会不会被淤成“死港”？ 164

第八篇 峡江礼赞



文物保护和自然人文景观

87. 三峡坝区和库区的文物是如何进行保护的？ 168
88. 三峡库区地下文物发掘取得了哪些重要成果？ 170
89. 三峡库区完成了哪些地面文物的保护工作？ 172
90. 三峡水库蓄水后，三峡风光依旧迷人吗？ 175
91. 巴东县神农溪还有裸体纤夫拉纤吗？ 178
92. 秭归县九畹溪漂流依旧惊险刺激吗？ 180
93. 丰都鬼城隐没于三峡水库之中了吗？ 182
94. 彩云环绕的白帝城是否旖旎依旧？ 184
95. 大宁河“小三峡”的自然风光为何更胜往昔？ 186
96. 永没水下的白鹤梁石刻为什么变得“寻常可见”？ 188
97. 奇峰飞阁的石宝寨如何变为高峡平湖中的巨型盆景？ 190
98. 张飞庙怎样实现了整体搬迁？ 192
99. 几经迁建的屈原祠如何“落户”凤凰山？ 194
100. 观赏三峡工程全景的最佳位置在哪里？ 197

■ 附录　三峡工程大事记 200
■ 跋　中国科学院和三峡工程　白春礼 202
■ 编后记 206



第一篇

百年追梦
三峡工程的由来

长江，孕育华夏文明的母亲河。千百年来，以她生生不息的律动，带给两岸无尽福泽与蓬勃生机。但同时，桀骜不驯的江水也给她滋养的生灵带来一次次灾难深重的洪患梦魇。驾驭洪魔、治水兴邦，成为沿江人民的千年企盼和不懈追求。

1919年，革命先行者孙中山在勾勒建国宏图时，把目光投向三峡。从那时起，在三峡江段筑坝治水、通航发电的构想，令无数仁人志士心驰神往。

新中国成立后，三峡再次跃入伟人的视野。共和国第一代领导人毛泽东，为它写下“更立西江石壁，截断巫山云雨”的激扬文字；改革开放的总设计师邓小平，为它作出“看准了就下决心，不要动摇”的果敢决断；江泽民总书记上任后的第一次外出视察，即踏上三峡工程的坝址；胡锦涛总书记把三峡工程与载人航天、探月工程、青藏铁路同提并列，载入共和国的时代精神史册。

追梦近百年，论证半世纪，建设十七载，伴随着中华民族走向复兴的脚步，伴随着改革开放与现代化建设的历史进程，一个民族除害兴利、治水兴邦的百年企盼终于成为现实。

本篇将带您穿越历史的时空，探寻三峡工程从最初设想到动工兴建那漫长而曲折的历史轨迹。

1

大江何日安澜？

长江发源于青藏高原唐古拉山脉主峰格拉丹冬雪山西南侧，干流自西向东流经 11 个省（自治区、直辖市），沿途汇集了 7000 余条支流后，浩荡而去，注入东海。

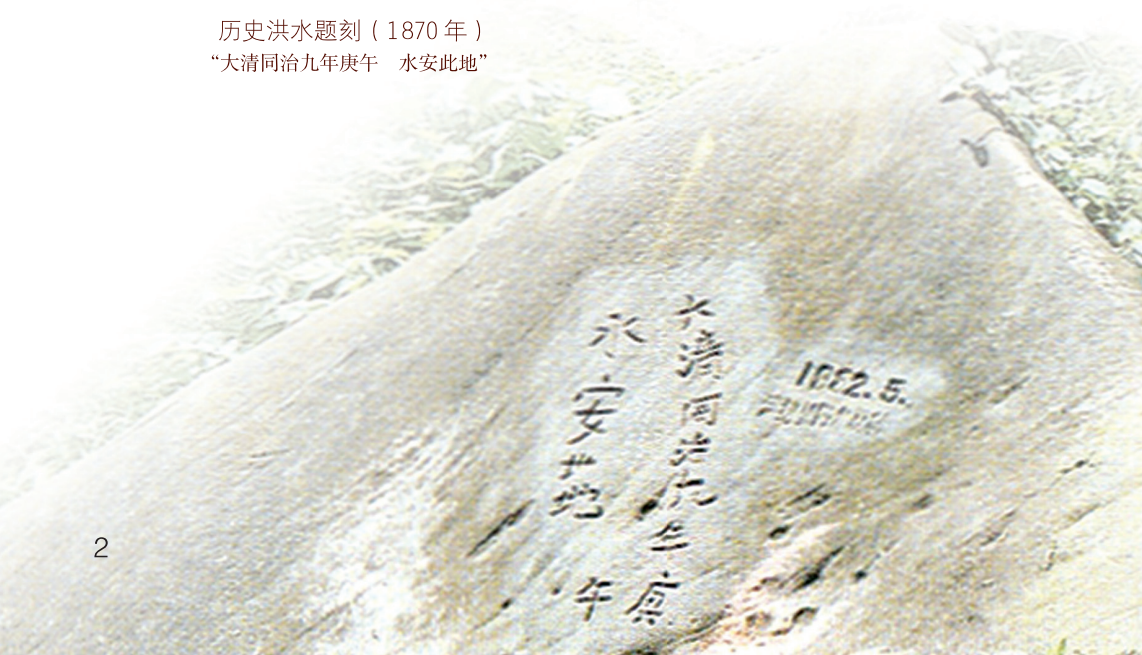
长江总长度 6363 千米，其中：

上游：从源头至湖北省宜昌市三峡出口的南津关，长度为 4512 千米，占总长度的 70.9%；

中游：从南津关至江西省湖口，长度为 955 千米，占总长度的 15%；

下游：从湖口至长江入海口，长度为 896 千米，占总长度的 14.1%。

长江是我国第一大河，世界第三大河。流域面积达 180 万平方千米，约占我国陆地总面积的 1/5，涉及 19 个省（自治区、直辖市），汇集了超过全国 1/3 的人口，创造了全国近 40% 的国内生产总值（GDP）。长江多年平均年入海量 9560 亿立方米，相当于 20 条黄河，约占全国河川径流总量的 36%。



历史洪水题刻（1870 年）
“大清同治九年庚午　水安此地”

长江流域是人类居住时间最长的地区之一，与黄河流域共同孕育了灿烂辉煌的华夏文明。由于有了长江的灌溉滋养，这里土地肥沃、物产丰富，既有不知饥馑的天府之国，又有水道纵横的鱼米之乡，自古即为中国经济、文化发展的重心。

不过，在中华民族的历史上，长江一直交替扮演着两种角色：既有渔歌帆影的恬静安然，又有洪水肆虐的汹涌狂暴。长江流域的季风气候为这里的雨季带来大量降水，上游暴雨形成的洪水，因中下游河道泄洪能力不足，又没有足够的拦蓄洪区，就会造成中下游堤防溃决，洪水漫流成灾。自汉初至清末的 2000 多年间，长江平均每 10 年发生一次大水灾；1788 — 1870 年不到 100 年间，长江接连发生 3 次超过百年一遇的特大洪水。这条孕育文明的大江，仿佛高悬头顶的达摩克利斯之剑，威胁着两岸人民的生命财产安全。

中华民族 5000 年的文明史也是一部治水史。兴水利，除水害，历来被视为治国安邦的大事。长江流域水利兴起较早。早在新石器时代，长江流域的先民就开始了筑堤、开沟、引灌的历史。公元前 256 年，秦国蜀守李冰主持修建都江堰水利工程，使成都平原成为“水旱从人”的天府之国。



1931 年武汉市汉口地区整个市区被淹，这是中心区中山大道一段灾情

鸦片战争以后的旧中国，国运羸弱，水利失修，江河变迁，水患频仍。1860 年，洪水大量涌入洞庭湖，湖南遭灾严重。1870 年，洪水再次为患，宜昌以下“尽成泽国”，江汉平原与洞庭湖区一片汪洋，淹没范围 4 万～ 5 万平方千米，相当于 10 个青海湖。这次大洪水经过宜昌站的洪峰流量高达 10.5 万立方米每秒，如果按一个壮劳力挑水 50 千克计算，每秒钟的来水就足够 200 多万人挑。1931 年和 1935 年，长江又发生两次大洪水，死亡人数均达 14 万余人，对长江中下游造成极其严重的破坏。



1935 年长江发生大洪水，沙市中山公园受淹情景

“万里长江，险在荆江”。自湖北省枝城到湖南省城陵矶的长江河段，因流经荆州地区而称荆江。荆江全长 347 千米，河道形状变化大，蜿蜒曲折，有“九曲回肠”之称，因泄洪不畅，是长江防洪重点。荆江大堤位于荆江北岸，始建于 345 年（东晋永和元年），至 1954 年形成现在的荆江大堤。大堤上起江陵县枣林岗，下抵监利县城南，长 182.35 千米，与荆南大堤一道，直接保护着两岸 1500 万人口和 2300 万亩良田，以及许多城镇和其他重要资源的防洪安全，是长江防洪的重点确保堤。矗立在荆江大堤上的万寿宝塔，寄托着人们镇锁江流、降伏洪魔的美好愿望。随着泥沙淤积，荆江河床不断抬高，这座建成 400 余年的宝塔，塔身已深陷荆江大堤堤面 8 米以下。长江在荆江河段已成为一条悬河，荆江大堤的堤面与荆州城内的三层楼房房顶处在同一水平线上。每年冬春将近 3 个月的时间里，荆江两岸都要组织 50 万～ 70 万劳力挑土修堤（当地人称挑大堤），成为荆江两岸人民的沉重负担。

肆虐的洪水是中华民族的心腹大患。整个长江流域的经济社会要发展，解决洪水问题是头等大事。大江何日安澜？治水如治国，任重道远。

是谁最早提出兴建三峡工程的设想？

2



孙中山

兴建三峡工程的设想，最早是由孙中山先生提出来的。

1919 年，孙中山以英文发表了《国际共同发展中国实业计划——补助世界战后整顿实业之方法》（简称《实业计划》）一文，在这篇文章中提出在三峡河段修建闸坝、改善航运并发展水电的设想，这是我国兴建三峡工程设想的最早记载。之后，朱执信、廖仲恺等人将其译成中文，改名为《建国方略》，这是我国兴建三峡工程设想的最早中文文献。摘引原文如下：

自宜昌而上，入峡行，约一百英里[①]而达四川之低地，即地学家所谓红盆地也。此宜昌以上迄于江源一部分河流，两岸岩石束江，使窄且深，平均深有六寻[②]，最深有至三十寻者，急流与滩石，沿流皆是。

改良此上游一段，当以水闸堰其水，使舟得溯流以行，而又可资其水力。其滩石应行爆开除去，于是水深十尺[③]之航路，下起汉口，上达重庆，可得而致。



《建国方略》

1924 年 8 月 17 日，孙中山在广州国立高等师范学校作《民生主义》演讲，再次谈到三峡水力资源的开发时指出：

像扬子江上游夔峡[④]的水力，更是很大。有人考察由宜昌至万县一带的水力，可以发生三千余万匹马力[⑤]的电力，像这样大的电力，比现在

① 1 英里 =1.6093 千米
② 英寻，1 英寻 =1.8288 米
③ 英尺，1 英尺 =0.3048 米
④ 即瞿塘峡
⑤ 1 马力 =0.7355 千瓦

各国所发生的电力都要大得多，不但可以供给全国火车、电车和各种工厂之用，并且可以用来制造大宗的肥料。

孙中山关于开发三峡水力资源、振兴实业的伟大构想，激励着一批又一批有志之士为民族振兴、国家富强不懈奋斗。这一设想提出 90 年后，三峡大坝屹立在神州大地上，一代伟人的美好愿望终于实现！



长江三峡地理图

知识链接 长江三峡

长江三峡是瞿塘峡、巫峡、西陵峡的总称，上起重庆市奉节县白帝城，下至湖北省宜昌市南津关，全长 192 千米。三峡雄奇壮美，幽深秀丽，奇峰竞起，千姿百态，令人目不暇接，是我国十大自然风景区之一，也是世界著名的山水画廊。三峡大坝坝址位于西陵峡中段三斗坪，三峡工程因此而得名。

国民政府为兴建三峡工程做了哪些工作？

3

1932 年 10 月至 1947 年 5 月，国民政府断断续续为三峡工程做了一些工作。

1932 年 10 月，国民政府组织开展了三峡水力开发的第一次科学考察，选出黄陵庙、葛洲坝两处低坝坝址，推荐在葛洲坝修建水头（落差）12.8 米、装机容量 30 万千瓦的水电站，并设置船闸。由于当时力量所限，对两个坝址均未进行地质钻探。1933 年 5 月，国民政府交通部批复称：“所呈计划尚属详明，应予存案备查。”

1944 年 4 月，时任国民政府经济顾问的美籍专家潘绥（G.R.Passhal），提出了《利用美贷修建中国水力发电厂与清偿贷款方法》的报告（简称《潘绥报告》），建议在三峡修建一座坝高 120 米、总装机容量 1050 万千瓦的水电厂；同时建造一座年产量 500 万吨的氮肥厂，利用三峡廉价的电力，生产化肥向美国出口，偿还贷款。同年 9 月，美国著名坝工专家萨凡奇（J.L.Savage）受国民政府资源委员会邀请，考察了西陵峡下半段，于同年 10 月提出了轰动世界的“萨凡奇计划”。

“萨凡奇计划”提出后，国民政府启动了实施三峡工程计划的筹备工作：

先后成立了全国水力发电工程总处和三峡勘测队，三峡工程被明确为全国水电的第一优先项目。

1945 年 10 月，国民政府代表访问美国，商议美国贷款问题。

1946 年春，资源委员会与美国垦务局签订了三峡工程设计合同。先后共有 54 位中国技术人员赴美国垦务局参加了三峡工程的设计工作。随后，全国水电总处和扬子江水利委员会先后进行了一些地质勘探和地形测绘工作。

1947 年 5 月，由于国内局势变化，国民政府明令中止了三峡水力发电计划。



1946 年，中美设计人员在美国丹佛商讨三峡工程设计工作

4

何谓“萨凡奇计划”？

1944年10月，萨凡奇提出了《扬子江三峡计划初步报告》（简称《报告》），也就是轰动世界的“萨凡奇计划”。

萨凡奇，美国垦务局设计总工程师，享誉世界的坝工专家。他一生钟情于大坝的设计和建造，参与设计了60多座大坝，其中不乏世界著名大坝。

1944年5月，受国民政府资源委员会邀请，萨凡奇来中国勘察西南地区的水力资源。在看了《潘绥报告》后，萨凡奇决意亲自前往三峡考察。同年9月，萨凡奇前往三峡进行了为期10天的考察，《报告》即是这次考察的成果。同年10月，美国白宫以中国将修建世界上最大水利水电工程向新闻界透露了这一考察成果，一时在国际社会引起巨大轰动。



萨凡奇考察三峡

《报告》中译本共16节，约3万字，主要内容有：

坝址选择：拦河坝坝址选择在湖北省宜昌上游5～15千米的范围内，即南津关坝址。

开发方案：主要枢纽工程有大坝、水电站厂房、船闸等。大坝采用混凝土重力坝，最大坝高225米。水电站总装机容量1056万千瓦。另设通航建筑物，船闸容量及设备均以能航运万吨船队为目标。工程建设拟分5期进行。

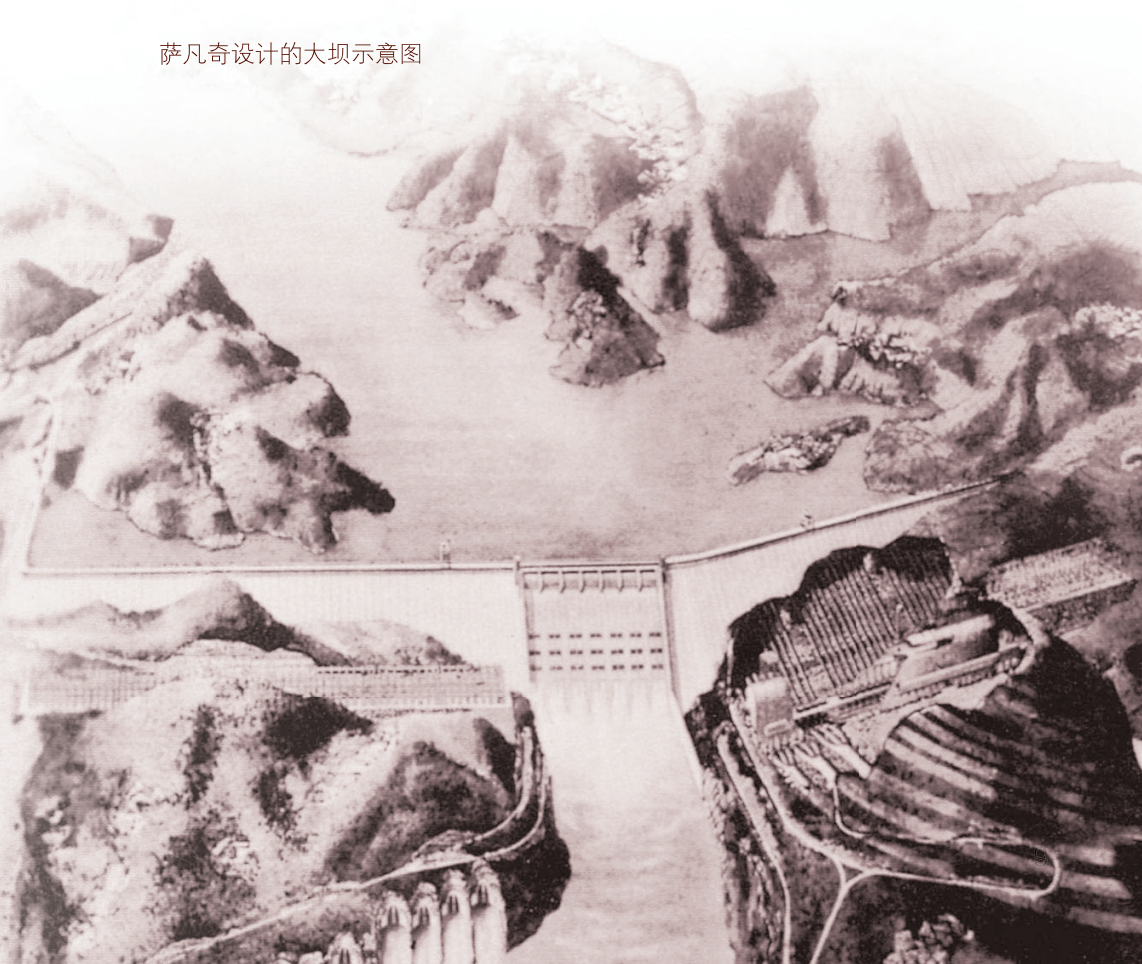
工程效益：工程以发电为主，兼有灌溉、防洪、航运、供水及游览等效益。

萨凡奇为自己的计划激动不已，曾写道：

扬子江三峡为一杰作，关系中国前途至为重大，将鼓舞华中、华西一带工业之长足进步，将有广泛的就业机会，提高人民之生活水准，将中国转弱为强。为中国计，为全球计，实现此一计划实属必要之途也。

应当说，“萨凡奇计划”是第一个比较具体的、具有兴利除害综合效益的三峡工程计划。计划因中国内战的爆发而搁置，萨凡奇对此深感失望，曾说：“如果上帝给我时间，让我看到三峡工程变为现实，那么我死后的灵魂会在三峡得到安息。”

萨凡奇设计的大坝示意图



5

三峡工程如何提上新中国的议事日程？

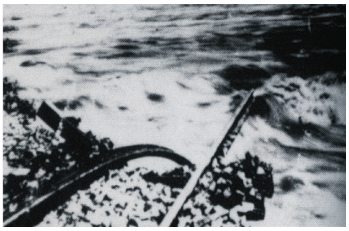
1949 年汛期，新中国即将诞生之际，长江发生了大洪水。这年大水，长江中下游湘、鄂、赣、皖、苏 5 省受灾农田达 181.4 万公顷，受灾人口 810 万人，死亡 5.7 万人。洪灾所到之处，摧毁了房屋、道路，疾病蔓延，饿殍无数，灾后城乡满目疮痍，哀鸿遍野。同时，洪水造成中下游多处堤防溃决成灾，长江堤防千疮百孔，荆江大堤险象环生。虽然在解放军与沿江老百姓的共同努力下，这次抗洪取得了胜利，但长江中下游特别是荆江地区的防洪形势由此显得极为严峻而紧迫。

新中国成立后，为加快长江治理开发，1950 年 2 月，长江水利委员会（简称长江委）在武汉成立。此后至 1952 年年底，长江委主要开展了两方面工作。一是规划、设计和兴建了荆江分洪工程，作为长江防洪的应急措施。该工程 1952 年 4 月 5 日开工建设，30 万军民奋战 75 天，以神奇的速度于 6 月 20 日胜利完工。二是在大量勘察基础上，研究了长江防洪治本工程方案，认识到三峡工程是对中下游防洪最有效的工程，对防止荆江地区发生毁灭性灾害尤其具有不可替代的作用。



荆江大堤的一段

1953 年 2 月，毛泽东在听取长江委负责人汇报时，提出了“毕其功于一役”，先修三峡工程的想法。



1954 年长江洪灾，京广铁路中断 100 天

1954 年汛期，长江中下游发生了新中国成立后最严重的洪水灾害。为保住荆江大堤，先后 3 次启用了荆江分洪区。为保住武汉市，先后 12 次人工扒口分洪。尽管如此，长江与汉江干堤仍有 60 多处溃口，武汉市被洪水围困 100 天，京广铁路 100 多天不能正常运行，淹没耕地 2300 万亩，因灾死亡 3.3

万人。严峻的防洪形势再次敲响了警钟：防洪是治理长江首要而紧迫的任务。于是，中央人民政府要求加快长江流域规划和三峡工程研究，并决定在长江委的基础上成立长江流域规划办公室。

从1955年开始，长江流域规划办公室在30多个部门和单位的大力协同下，在苏联专家协助下，经过历时3年的长江流域规划和三峡工程勘测、科研与设计，于1957年年底，完成了《长江流域综合利用规划要点报告》，明确了三峡工程是长江流域规划中的关键性骨干工程。

1956年夏，毛泽东主席畅游长江，写下《水调歌头·游泳》，“更立西江石壁，截断巫山云雨，高峡出平湖。神女应无恙，当惊世界殊”，伟人心中构架了三峡工程的宏伟蓝图。

1958年1月，中共中央南宁会议期间，毛泽东主席听取了有关负责同志对兴建三峡工程的不同意见，提出了“积极准备，充分可靠”的方针。

1958年2月26日至3月5日，周恩来总理率中央和有关地方负责同志、中国和苏联专家共100多人，冒着严寒实地考察了荆江河势和两岸大堤、三峡工程坝址和库区，并听取了各方面意见。

1958年4月5日，中共中央成都会议通过了《中共中央关于三峡水利枢纽和长江流域规划的意见》（简称《意见》），这是中共中央下发的关于三峡工程的第一个重要文件。《意见》中关于三峡工程的主要内容是：

从国家长远的经济发展和技术条件两个方面考虑，三峡水利枢纽是需要修建而且可能修建的，但是最后下决心确定修建及何时开始修建，要待各个重要方面的准备工作基本完成之后，才能作出决定。现在应当采取积极准备和充分可靠的方针，进行各项有关工作。

至此，兴建三峡工程正式提上了新中国党和政府的议事日程。



毛泽东主席诗词《水调歌头·游泳》

6

为什么说三斗坪坝址是“上帝赐给中国的好坝址”？

万丈高楼平地起，必须有牢固的地基。

1954 年春天，长江委对长江上游进行了地质勘察，目的是为三峡大坝选一个理想的坝址。1958 年，周恩来总理召集了 100 多位专家考察三峡坝址。经多次勘测、研究和论证、比选，最终于 1979 年把三峡大坝的坝址选定在三斗坪。

三斗坪几乎集中了国内外高坝坝址的所有优点：

三斗坪拥有建筑混凝土高坝最理想的地质岩体——花岗岩。三斗坪坝址的花岗岩，质地坚密，岩体完整，抗压强度达到了每平方厘米能经得起 1 吨的重压，且几乎不透水，在国内外的高坝坝址中非常少见。

整个长江干流上，类似三斗坪这样的好基岩还有不少，但并非所有拥有好基岩的江段都适合建坝：在宜宾以上建坝不能有效解决长江中下游的防洪问题，自宜昌以下进入江汉平原，修坝又会淹没

三峡大坝坝址原貌

大片地区，所以只有从宜宾到宜昌这一段适宜建坝。而在这 1000 多千米的江段上，仅有三斗坪拥有良好的花岗岩基岩，条件可谓得天独厚。

三斗坪位于一个稳定性较高的地块上。以坝址为中心，半径 320 千米范围内近 2000 年历史记载证明，属典型弱震环境。经国家地震权威部门鉴定、核准，坝址区地震基本烈度为Ⅵ度，相当于对房屋造成轻微破坏的强度。

三斗坪坝址河谷开阔，河床右侧有个中堡岛，便于大坝、水电站、船闸等枢纽建筑物布置，有利于施工中的导流和截流，还能够保证施工期长江干流航运不断航。

凡是到三斗坪坝址查勘过的国内外工程地质专家也都不约而同地称赞三峡坝址是一个难得的好坝址。国际著名工程地质学权威——奥地利的缪勒教授，在查勘了三斗坪坝址后，赞叹地说：“三峡坝址是上帝赐给中国人的一个好坝址。”



三斗坪江段中堡岛岩芯



7

三峡工程经历了怎样漫长的论证？

由于三峡工程规模巨大、技术复杂、涉及面广、影响深远，事关我国经济发展大局和国家安全，所以必须审慎决策，因之从20世纪50年代开始至1992年4月3日全国人大通过《关于兴建长江三峡工程的决议》，三峡工程经历了40余年的漫长论证。

1953年2月，毛泽东提出“毕其功于一役”，先修三峡水库的想法后，在不到5年的时间里，他先后6次与有关部门研究三峡工程和长江水利建设问题，并决定由周恩来总理联系苏联专家来华援助。

1956—1960年，先后有126位苏联专家来我国协助、指导工作。

1958年年底，长江委基本编制完成《三峡水利枢纽初步设计要点报告》。1960年3月，初步设计各阶段的主要工作完成。进入20世纪60年代后，由于国家经济发生困难和国际形势严峻等原因，三



苏联专家在三峡进行地质勘察



20世纪50年代我国科技人员进行坝址地质勘察

峡工程建设被暂时搁置。

1979 年，国家的工作重心转向经济建设，原水利电力部向国务院再次提出兴建三峡工程的建议。1980 年，邓小平视察了三斗坪坝址、葛洲坝工地和荆江大堤，并听取了关于三峡工程的汇报。1982 年，邓小平对是否兴建三峡工程果断表态：“看准了就下决心，不要动摇！”

长江委于 1983 年编制了正常蓄水位 150 米（指以吴淞口为零点海拔高程为 150 米）方案的可行性报告。1984 年 4 月，国务院原则批准该方案。这就是通常所说的“150 方案”。同年 9 月，重庆市提出将三峡工程正常蓄水位提高到 180 米（也称“180 方案”），以便万吨级船队可直达重庆市。与此同时，社会各界对三峡工程也提出各种意见和建议，还有一些专家和社会知名人士对兴建三峡工程提出异议或者认为应该缓建。中共中央、国务院十分重视这些意见，于 1986 年 5 月下发了《中共中央、国务院关于长江三峡工程论证有关问题的通知》，决定由水利电力部广泛组织各方面专家，进一步论证修改原来的三峡工程可行性报告。

1986 年 6 月至 1989 年 2 月，原水利电力部组织了各方面专家 412 位，组成了 14 个专家组，对三峡工程的可行性进行进一步论证（也称重新论证）。根据近 3 年的论证成果，重新提出的三峡工程可行性研究报告总的结论是：“三峡工程对四化建设是必要的，技术上是可行的，经济上是合理的，建比不建好，早建比晚建有利。”推荐的建设方案是：“一级开发，一次建成，分期蓄水，连续移民。”

在进一步论证的同一时期，我国政府还聘请了加拿大扬子江联营公司（CYJV），按照国际通行标准开展平行论证研究。他们的总结论是：三峡工程效益巨大，技术、经济和财务方面都是可行的，建议早日兴建。

1991 年 8 月，国务院三峡工程审查委员会原则通过了重新提出的三峡工程可行性研究报告。1992 年 1 月，国务院原则同意该报告。1992 年 2 月，中央政治局常务委员会原则同意该报告。1992 年 4 月 3 日，全国人大七届五次会议经过表决，通过了《关于兴建长江三峡工程的决议》。1994 年 12 月 14 日，经过 40 余年反复论证的三峡工程正式开工。

8

三峡工程研究论证期间是如何对待不同意见的？

三峡工程是中华民族的百年大计、千年大计，国家本着“如临深渊，如履薄冰”的态度来对待方方面面的问题，历来十分重视各种不同意见。

早在1958年1月，毛泽东主席就听取了有关负责同志对兴建三峡工程的不同意见，提出了“积极准备，充分可靠”的方针。1958年2月26日至3月5日，周恩来总理率中央和有关地方负责同志、中苏专家共100多人，冒着严寒实地考察了荆江河势和两岸大堤、三峡工程坝址和库区，并听取了各方面意见。

1983年，国务院原则批准了三峡工程正常蓄水位为150米的可行性研究报告，有的全国人大代表、全国政协委员、专家学者提出了一些不同意见，党中央、国务院十分重视，于1986年5月决定：

进一步论证修改原来的三峡工程可行性报告。要注意吸收有不同观点的专家参加，发扬技术民主，充分开展讨论，得出有科学根据的结论意见。

在广泛征求意见，深入研究论证的基础上，重新提出三峡工程可行性报告。

围绕三峡工程的不同意见大致可以分为两种：一种是总体上不赞成兴建三峡工程，主要认为三峡工程解决不了长江中下游的防洪问题；三峡工程规模巨大、技术复杂、难题很多，依靠我国的科学技术还难以解决；三峡工程需要的投资巨大，我国的国力难以承担；在长江支流上修建水库和加高加固荆江大堤能够替代三峡工程等。还有一种是总体上赞成兴建三峡工程，但对诸如泥沙、地质、大坝施工、水库移民、正常蓄水位、生态与环境、财务分析与经济评价等某一个专题有不同意见。

三峡工程论证聘请了412位高水平专家，组成了14个专家组，每个专家组中都聘请了持有不同意见的专家。论证领导小组办公室还收集了国内外报刊上发表的对三峡工程的各种不同意见，前后汇编成8册供论证使用；同时还收集了第六届全国人大、全国政协第



三峡工程论证期间不同意见汇编

二、第三、第四、第五次会议上代表议案、委员提案中对三峡工程的各种不同意见，分别汇编成册，印发给参加论证的每位专家。

在论证过程中，各专家组在本专业范围内独立负责开展工作，并对不同意见进行反复调研、充分讨论后，提出本专题论证报告，每位专家要签名负责。仍然有不同意见的专家，可以不在论证报告上签名，提出的书面意见，作为专题论证报告的附件一并上报国务院。共有 9 位专家在 5 个专题论证报告上没有签名。1990 年 7 月，时任国务院总理李鹏等听取三峡工程论证成果汇报时，把这 9 位专家全部请到了中南海，并安排他们发言，认真听取他们的意见。

正是因为有了不同意见，才使得根据论证成果重新提出的《长江三峡工程可行性研究报告》更加细致、精确和稳妥。在三峡工程建设过程中，针对不同意见，设计、科研部门都进行了论证、计算和复核。正是因为各界人士的不同意见和认真对待这些不同意见，才有了今天的三峡工程。

特别要强调的是，正是因为听取了各方不同的意见，现在实施的方案较原方案相比，在防洪、发电、航运等方面的效益大大提高。三峡工程蓄水运行至今，主要工程问题均在初步设计预计范围内，工程的实际表现已在一定程度上回答了规划论证阶段的各种疑虑。

9

兴建三峡工程是怎样最终决策的？

1990 年 7 月，国务院召开了三峡工程论证汇报会，决定将重新编制的《长江三峡工程可行性研究报告》提交国务院三峡工程审查委员会审查。

审查工作自 1990 年 12 月开始，1991 年 8 月结束，共召开了三次会议，并组织专家赴现场进行了实地考察。在审查期间，专门针对地质与地震，水文与防洪，发电与电力系统，航运与泥沙，机电设备，工程规模、枢纽建筑物与施工，移民，生态与环境，投资估算、经济评价与资金筹措，综合 10 个专题，组织 163 名专家进行预审，提出预审意见。在此基础上，形成审查意见。

审查意见的主要结论是：兴建三峡工程的效益是巨大的，特别是对防御长江荆江河段的洪水灾害是十分必要和迫切的；技术上是可行的，经济上是合理的；我国国力是能够承担的，资金是可以筹措的；无论是从发挥三峡工程巨大的综合效益，还是从投资费用和移民工程的需要来看，早建都比晚建有利。



全国人大七届五次会议投票现场

在全国人大七届五次会议期间，李鹏总理提交了《国务院关于提请审议兴建长江三峡工程的议案》，邹家华副总理作了《关于提请审议兴建三峡工程议案的说明》。1992 年 4 月 3 日，会议对关于兴建三峡工程的决议进行表决。表决结果为：赞成 1767 票，反对 177 票，弃权 664 票，有 25 名代表未按表决器。

赞成票占全部票数的67.1%，超过半数。15时21分，全国人大委员长万里庄严宣布：《关于兴建长江三峡工程的决议》通过。兴建三峡工程决议的通过，充分体现了决策的科学化、民主化。

在新华社关于决议表决通过的新闻报道中这样写道：

掌声里，许多人流下了激动的泪水。

掌声里，人们知道，在共和国年轻的历程里，她的最高权力机关专门对某项建设工程作出决策，这是第一次。它意味着一个中国人做了70年的梦会在不远的将来成为现实。

投赞成票的，投反对票的，投弃权票的，包括未按表决器的，都在这神圣的殿堂里表示了自己的意见，他们都有一颗中国心，都是对国家、对民族、对历史负责的。

全国人大七届五次会议通过《关于兴建长江三峡工程的决议》



第二篇

众绘宏图

三峡工程概览

这是世界水电建设史上从倡议到建成历时最长的水利水电工程：从孙中山提出设想到完建历经近百年风雨。

这是世界上混凝土工程量最大的水利水电工程：若用工程浇筑的混凝土砌成1米厚、1.5米高的墙，可以从北极连到南极。

这是世界上移民规模最大的水利水电工程：实际移民130万，意味着每千名中国人中就有一个三峡移民。

这里有世界上装机容量最大的水电站、规模最大的升船机、泄洪能力最大的泄洪闸、级数最多且总水头最高的内河船闸……

放眼世界，从大海深处到茫茫太空，人类改造自然的努力从未止步，工程科技成就浩若繁星。三峡工程无疑是这浩瀚星河中卓异超群、幻化出灿烂光彩的那一颗。

本篇将带您鸟瞰三峡工程，领略这人类造物史上的鸿篇巨制，众志绘就的恢弘画卷。



10

三峡工程与三峡枢纽工程是一回事吗？

人们常常把“三峡枢纽工程”简称为“三峡工程”，实际上三峡工程包括枢纽工程、移民工程和输变电工程。

枢纽工程：由挡水泄洪建筑物（大坝）、发电建筑物（左、右岸电站，地下电站和电源电站）和通航建筑物（五级船闸、垂直升船机）组成，共开挖土石方1.2亿立方米，浇筑混凝土2807万立方米，还安装了34台水轮发电机组以及17.1万吨闸门、启闭机等金属结构。

移民工程：搬迁安置城乡移民130万人，迁建10座县城、2座城市、114座集镇，复建房屋5055万平方米，迁建工矿企业1632户，还复建大量公路、桥梁、输变电线路、通信广播线路等。

输变电工程：由变电站、500千伏超高压交流和直流输电线路、交直流换流站等组成，是跨越千里的超高压输变电工程，共建设500千伏交流线路6519千米，变电总容量2275万千伏安；±500千伏直流线路2965千米，换流站总容量1800万千瓦。

知识链接

左岸，右岸

河流的左岸、右岸是指：面向河流下游，左手侧为左岸，右手侧为右岸。

电源电站

电源电站指专门用于保证三峡水电站内部机电设备安全用电的电站。

三峡工程是世界上最大的水利水电工程吗？

11

单就坝长、坝高、库容（水库容量）等单项指标来看，三峡工程都不是世界最大的，但其综合规模却堪称世界之最。

三峡工程的世界之最

从工程规模来看，三峡枢纽工程的混凝土浇筑总量达 2807 万立方米，是世界上规模最大的混凝土建筑物。

枢纽工程最大泄洪流量超过 10 万立方米每秒，泄洪水流总功率逾 1 亿千瓦，是世界上规模最大的。

三峡水电站共安装水轮发电机组 34 台，总容量达 2250 万千瓦，是当今世界上装机容量最大的水电站。

三峡工程双线五级连续梯级船闸（简称三峡船闸）是目前世界上级数最多、上下游水位落差最大（113 米）、输水系统承担的水头最大（45.2 米）的内河船闸。24 扇大型人字闸门，号称“天下第一门”。

垂直升船机提升高度 113 米、提升重量 15500 吨，可通过 3000 吨级船舶，也是世界上最大的。

三峡工程水库移民达 130 万人，举世罕见，是世界上水库移民最多的水利水电工程。

三峡输变电工程中，通过消化吸收和再创新，实现了直流输电工程规模最大、直流工程技术水平世界最高、单个换流变压器容量最大、直流输电运行经济指标世界最优。

从综合效益来看，三峡工程可以保护荆江两岸江汉平原和洞庭湖区1500万人民的生命财产安全、2300万亩良田免遭洪水灾害；可将其强大电力送往华中、华东、广东和川渝等地区，惠及半个中国；可使川江成为黄金水道，促进长江航运事业和西南地区经济社会快速发展；可为长江中下游抗旱提供补水，对保证长江中下游人民生产生活作用巨大。此外，三峡工程还具有节能减排与生态环保效益。

据此，可以说，三峡工程是世界上综合规模最大和功能最多的水利水电工程。

12

三峡工程作为长江防洪关键工程，它的关键性在哪里？

三峡工程在长江综合防洪体系中的关键性体现在三方面：一是三峡工程所处位置关键；二是在控制洪水来源方面，关键时刻可以错峰；三是在控制致灾洪水方面，关键时刻可以削峰。

从三峡工程所处位置方面来看：三峡工程位于宜昌以上西陵峡口，扼长江上游洪水进入中下游平原的咽喉，能对长江上游洪水进行有效的控制和调节。三峡工程所处位置关键，具有不可替代性。

从控制洪水来源方面来看：长江中下游洪水主要由上游的金沙江、岷江、嘉陵江和中下游的洞庭湖水系、鄱阳湖水系组成。其中长江上游洪水是长江中下游洪水的主要来源，如1931年、1935年、1949年和1954年几个大洪水年，宜昌60天洪量，分别占荆江洪量的95%，城陵矶洪量的61%～80%，汉口洪量的55%～76%。因此，控制长江上游洪水对长江中下游防洪至关重要。三峡工程位于宜昌以上西陵峡口，扼长江上游洪水进入中下游平原的咽喉，能对长江上游洪水进行有效的控制和调节。通过三峡水库拦蓄，错开上中游洪峰，避免洪水叠加，确保中下游防洪安全。

从控制致灾洪水方面来看：不是所有洪水都会造成洪灾，只有一部分洪峰流量很大、超过河道安全泄量的洪水才会造成洪灾。据调查分析，在现有堤防情况下，荆江河段安全泄流量为6万～6.8万立方米每秒（加临时分洪措施为8万立方米每秒），城陵矶附近河段安全泄流量约为6万立方米每秒，汉口河段约7万立方米每秒，鄱阳湖口河段为7.5万～8万立方米每秒。因此，长江特大洪水年的洪量绝大部分可以通过河道下泄，只有超过河道安全泄量的部分洪量才需要三峡水库拦蓄，通常叫作“削峰”。例如1870年同型上游来的洪水洪峰流量为11万立方米每秒，荆江河段安全泄量只有6万～6.8万立方米每秒，加临时分洪也只有8万立方米每秒，因此三峡水库需削减3万立方米每秒洪峰流量，这部分洪峰流量虽然很大，但历时短，洪量并不太大。所以，三峡水库防洪库容相对于长江洪水总量来说虽不大，但足以削减洪峰，在防洪关键时刻发挥作用。

葛洲坝工程与三峡工程是什么关系？

13

葛洲坝工程位于三峡出口南津关下游 2 千米处，被称为三峡工程的配套工程，也可称之为三峡工程的重要组成部分，其主要任务是利用两坝之间的 20 余米水头发电，同时改善两坝之间 38 千米的航道条件，对三峡电站尾水（水库上游的水经过水轮发电机发电后流向下游的水）进行“反调节”，也就是减轻三峡电站日调节带来的水位上下变幅过大对航运的不利影响。即在三峡大坝至葛洲坝大坝之间形成的葛洲坝水库，可以维持一个较为稳定的水位，有效改善此江段航运。另一方面，有了三峡工程，也能提高葛洲坝电站保证出力，增加发电量。



三峡水利枢纽与葛洲坝水利枢纽地理位置

按照长江流域规划，葛洲坝工程是三峡工程的下一个梯级工程，也是长江干流的最后一个梯级工程，宜在三峡工程开工 5 年后开始修建，但为什么实际上葛洲坝却先于三峡工程兴建，而成为“万里长江第一坝”呢？

1959 年，正当长江流域规划办公室对三峡工程的设计和勘探紧锣密鼓地进行时，国际和国内形势发生了变化。苏联撤走包括援建三峡工程专家在内的援华专家，国内遭受连年自然灾害，导致经济调整，三峡工程的准备工作被迫推迟。但长江水患的威胁却没有消

失，华中地区能源不足的矛盾日益突显，为了防洪，为了解决日益增加的用电需求，人们再次将目光投向了三峡。

在三峡工程尚未具备上马条件的情况下，1970 年 5 月，湖北省向中央建议先兴建葛洲坝工程。中央在研究了葛洲坝工程与三峡工程的关系，并听取了对先兴建葛洲坝工程的不同意见后，于 1970 年 12 月 26 日批准兴建葛洲坝工程，并指出，兴建葛洲坝工程，是有计划、有步骤地为建设三峡工程作实战准备。

1981 年开始发电、通航，1989 年全部建成的葛洲坝工程，不仅有效缓解了华中地区电力紧缺的局面，显著改善了三峡江段的航道条件，还在科学技术方面取得了巨大成就，培养锻炼了一支科研、勘测、规划、设计、施工、运行管理队伍，为建设三峡工程积累了宝贵经验，并作了实战准备。

葛洲坝工程的提早修建，是特定历史条件下的产物，使后来三峡工程的施工在葛洲坝水库中进行，主要不利影响是增加了大江截流的难度和深水围堰的工程量。



葛洲坝水利枢纽航摄
图中大坝右侧为上游，左侧为下游

知识链接 保证出力

指水电站在多年运行期间所能提供的具有一定保证率的电力。或者说，是相对于设计保证率的供水期的平均出力。

三峡水库有什么特点？

14

国际上通常按库容衡量一座水库的大小。三峡水库校核工况下总库容为 450 亿立方米（对应校核洪水位 180.4 米，即大坝防御“万年一遇”加 10% 洪水时的库水位；正常蓄水位 175 米时，库容为 393 亿立方米），在我国排名第一，在世界居第 23 位（世界上最大的水库是乌干达的欧文瀑布水库，其库容达 2048 亿立方米）。

三峡水库具有以下显著特点：

三峡水库是一个典型的狭长河道型水库。从三斗坪坝址到水库末端的重庆江津区花红堡，三峡水库全长 667 千米，平均宽度仅为 1576 米。这种水库十分有利于汛期冲沙、汛后蓄水的“蓄清排浑”运用方式，有利于水库的长期运用。



三峡库区航拍

三峡水库虽大，但与浩荡东去的长江水量相比，其总库容仅占三峡坝址年径流量的 8.7%，所以只能对水库上游的长江来水在季节之间进行调节，属于季调节水库。三峡水库里的水每年可以更换 13 次之多，对保护水质十分有利；其用于防洪的库容为 221.5 亿立方米，可以产生巨大的防洪效益。

由于汇入三峡水库的大小支流众多，三峡水库干支流库岸总长度达 5711 千米。

三峡水库位于我国中西部的人口密集区，因水库蓄水而须搬迁安置的城乡移民达 130 万人，这在国内外水利水电工程建设史上是前所未有的。因此，使三峡库区移民安稳致富的任务十分繁重。为了保证位于人口密集区的三峡水库成为“一盆清水”，库区水污染防治和生态与环境保护是一项长期的艰巨任务。

三峡水库两岸是地质灾害多发区。总体看，90.2%的库岸稳定性是好的和比较好的，但在水库蓄水至 175 米后，占 9.8%稳定性差和较差的库岸，要经历一个 5 ～ 8 年的库岸再造、重新稳定期。库区地质灾害防治任务也十分繁重。

15

三峡水库有哪几个特征水位？

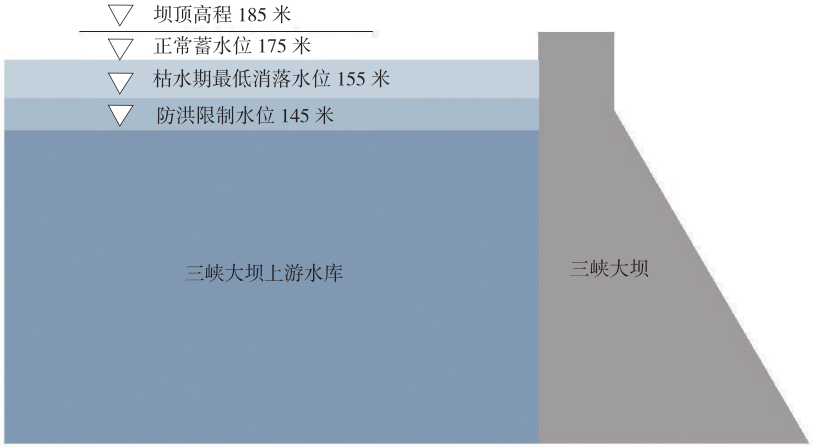
三峡水库有几个重要水位，它们在水利水电工程的专业术语中，被称为特征水位，本书中经常提到的有：正常蓄水位、枯水期最低消落水位和防洪限制水位。三峡工程的水位实际上就是高程，即相对于基准点的一个高度，三峡工程采用的是以上海吴淞口海平面为零点的“吴淞高程”。

正常蓄水位（即大坝设计水位）：指三峡水库在正常运用情况下，为充分发挥防洪、抗旱、发电、航运、供水与补水、节能减排与生态环保等综合功能和效益而蓄到的最高水位。三峡工程的正常蓄水位为 175 米，蓄水至 175 米时三峡水库的总库容为 393 亿立方米。

枯水期最低消落水位：指三峡水库在正常运用情况下，允许枯水季节消落（下降）到的最低水位。这是为最大限度地发挥水库综合效益而设置的一个兴利水位。水库蓄水若低于这个水位，导致水位落差过小，将明显影响发电效益，同时也影响抗旱、航运等效益的发挥。三峡水库的枯水期最低消落水位为 155 米。

防洪限制水位：指三峡水库在每年汛前必须要降低到的水位，也是汛期防洪运用时的起调水位。三峡水库的防洪限制水位是 145

三峡水库特征水位示意图



米，至正常蓄水位 175 米之间的库容为防洪库容，共有 221.5 亿立方米。由于防洪是兴建三峡工程的首要任务，因此，人们也形象地将三峡水库的防洪库容称为“黄金库容”。

三峡水库内的水位每年都要有规律地升降。在汛期（6—9 月），水库一般维持在防洪限制水位（145 米）运行，以留出防洪库容调节可能发生的洪水。当入库流量有可能对下游安全造成威胁时，水库拦蓄洪水，水位抬高。洪水过后，水库水位及时降低至防洪限制水位，以迎接下一次可能发生的洪水。从汛末 9 月开始，拦蓄多余来水，使水库水位逐渐升高至正常蓄水位（175 米），以保证航运、发电、供水与补水、节能减排与生态环保等效益的发挥。在次年 4 月底以前，水库尽可能维持在较高水位运行，随着大坝下泄流量大于上游流入水库的流量，水库水位逐渐降低，5 月底降至枯水期最低消落水位（155 米）。进入 6 月后，及时降低至防洪限制水位，迎接汛期的到来。从防洪限制水位 145 米到正常蓄水位 175 米之间的库岸带，专业名词叫作“消落区”，每年都会在汛期出现。

一般的综合利用水库，枯水期最低消落水位（兴利水位）会低于防洪限制水位，而三峡水库却相反。这是因为三峡水库的首要任务是防洪减灾，发电兴利等功能是次要的。所以，在汛期到来之前，为最大限度地容纳洪水，要舍弃兴利，将水位降至 145 米，腾出库容迎接洪峰，保证下游人民生命财产的安全。为了保证工程安全，还有一个校核洪水位。校核洪水位是水库在非常运用情况下，允许临时达到的最高洪水位，是确定大坝坝顶高程及进行大坝安全校核的主要依据。

相对于规划设计阶段，三峡水库正式运行后，确定防洪限制水位的外部条件发生了较大变化，如：三峡水库上游形成了水库群，具备了与三峡水库联合调度的条件；中长期水情预报成果的准确度大大提高，短期预报更加精准；入库泥沙和水库泥沙淤积明显少于设计预期。这意味着国家可以在研究确保长江中下游防洪安全的前提下，适当提高防洪限制水位，以更大限度地发挥三峡工程的综合效益。

16

国家是怎样组织三峡工程建设的？

为了确保三峡工程的顺利进行，党中央、国务院对三峡工程的建设给予了高度重视。1993 年 1 月，国务院成立了国务院三峡工程建设委员会（简称国务院三峡建委），作为三峡工程高层次决策机构。国务院三峡建委主任由历届国务院总理或副总理兼任，成员为国务院相关直属部门、湖北省人民政府和重庆市人民政府、长江委、中国三峡集团、国家电网公司的负责人。

在国务院三峡建委下设办公室，作为国务院三峡建委的日常办事机构，主要负责国务院三峡建委重大决策的贯彻落实，履行三峡工程建设过程中组织协调、保障服务及监督检查等政府职能（包括稽察、验收等）。

成立中国长江三峡工程开发总公司（2009 年 9 月更名为中国长江三峡集团公司，简称中国三峡集团），作为三峡枢纽工程的项目法人，全面负责三峡枢纽工程建设和经营、所需资金的筹措、使用、债务偿还以及枢纽建成后的运营，此外还负责移民工程所需资金的筹集及还贷；国家电网公司负责输变电工程的建设以及跨区联网工程的管理及所需资金。三峡工程建设中，采取了适应社会主义市场经济的建设管理体制，实行了国际上通行的以项目法人负责制为中心的招标承包制、合同管理制、项目监理制的工程建设管理体制，以确保质量，控制进度和投资。

国务院三峡建委专门成立质量检查专家组，聘请了中国科学院和中国工程院院士等权威专家，负责三峡枢纽工程全面的质量检查，从最高层面监督三峡枢纽工程质量。

三峡库区移民工作，在国务院三峡建委的领导下，采取“中央统一领导、分省（直辖市）负责、县为基础”的管理体制，实行开发性移民方针，动员全国对口支援三峡库区，由湖北省、重庆市及其下属的三峡库区各县（市、区）按照“资金和任务双包干”的原则组织实施。

三峡工程的设计总成单位为长江委，负责三峡枢纽工程和移民工程的规划与设计。

实践证明，三峡工程的这一建设体制，理顺了政府、企业和市场之间的关系，为三峡工程建成世界一流工程提供了最坚实的组织与制度保障。

在国家组织建设过程中，按照全国人大批准的三峡工程建设方案进行，也就是我们常说的“一级开发，一次建成，分期蓄水，连续移民”。

一级开发：在湖北省宜昌市三斗坪至重庆河段，实行一级开发，中间不再在长江干流上修建水利水电工程。

一次建成：三峡枢纽工程大坝、水电站、船闸等建筑物均一次建成。

分期蓄水：三峡水库分期蓄水至正常蓄水位 175 米。2003 年围堰期发电蓄水位为 135 米；2006 年初期运行水位为 156 米，2008 年开始 175 米试验性蓄水，2010 年 10 月蓄水至 175 米正常蓄水位。

连续移民：三峡库区移民分期分批连续进行，与枢纽工程进度相衔接。

17

三峡工程
共花了多少钱？

三峡工程投资分别按静态投资、预计动态投资和实际动态投资来统计。

静态投资：是按照 1993 年 5 月末价格水平，国家批准的三峡工程初步设计概算投资（未计入物价上涨和贷款利息）。

预计动态投资：三峡工程是逐年进行的，投资也是分年投入。预计动态投资是考虑物价上涨和贷款利息等综合因素后预计的工程投资。

实际动态投资：是三峡工程实际完成的动态投资。

三峡工程投资情况表　　单位：亿元

项目 / 投资	枢纽工程	移民工程	输变电工程	合计
静态投资	500.9 *	400+130.04	322.74	1353.68
预计动态投资	2039		589	2628
实际动态投资	约 1730		360	约 2090

*不含地下电站，下同。

三峡枢纽工程和移民工程按计划于 2009 年如期完成，枢纽工程静态投资控制在国家批准的概算 500.9 亿元之内。移民工程，根据移民搬迁安置出现的新情况、新问题和政策调整，在工程建设期间，移民搬迁安置规划作了相应调整，在原 400 亿元的基础上，调增静态投资 130.04 亿元，移民静态总投资为 530.04 亿元。由于工程进展顺利，电站提前一年发电，加上严格资金管理，注意节约，实际动态投资合计约 2090 亿元，比预计的节省约 538 亿元，其中枢纽工程和移民工程约 1730 亿元，较预计节省了约 300 亿元。

三峡工程的资金通过以下几种主要渠道筹集：三峡工程建设基金、国家开发银行贷款、三峡债券、出口信贷等。

三峡工程是一项很划算的工程吗？

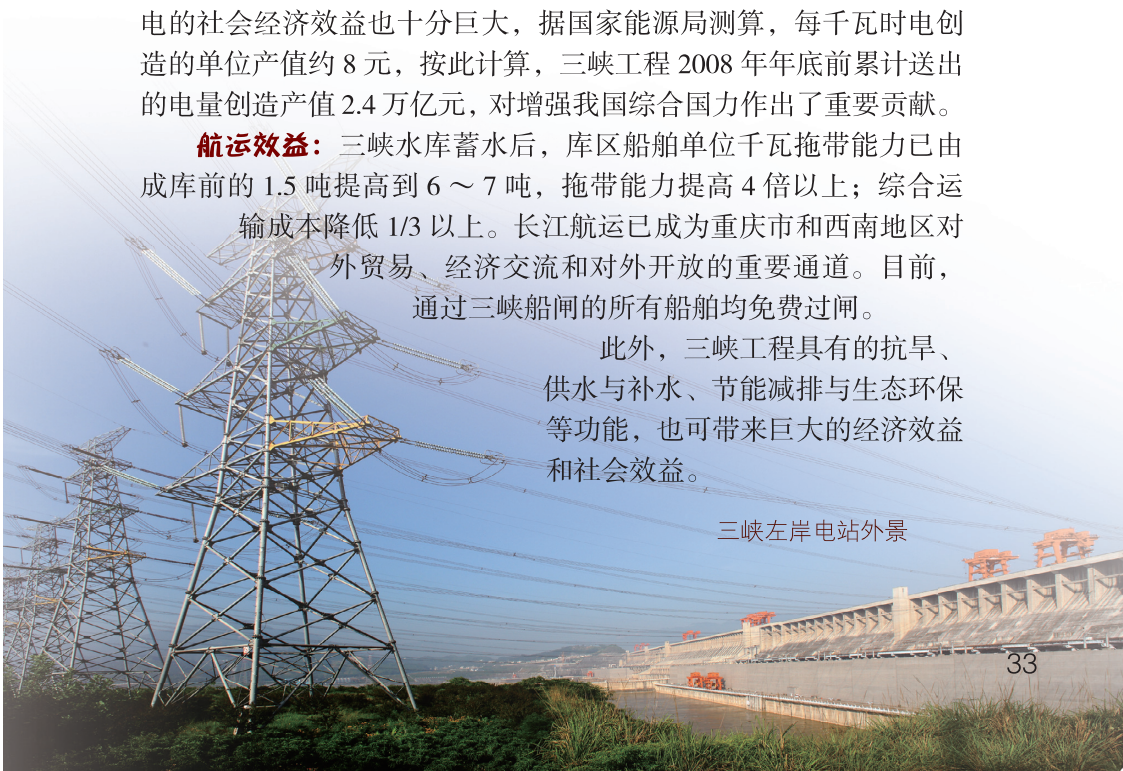
2009年三峡工程建成，枢纽工程连同移民工程预计总投资2039亿元，实际总投资约1730亿元。人们不禁会问：如此巨大的投资能收回来吗？其实，三峡工程具有十分显著的经济效益，巨大的投资不但能够在短时期内收回来，而且还是一项很划算的工程。

防洪效益：据长江委调查测算，单是2010年汛期防御7万立方米每秒的洪水，已建的三峡工程发挥的防洪作用，直接经济效益就达266.3亿元。而1998年长江流域大洪水，给长江中下游造成经济损失达1660亿元，已接近三峡工程的总投资。三峡工程只要防御一次类似的大洪水，就等于收回了投资。

发电效益：三峡水电站多年平均年发电量为882亿千瓦时，按目前上网电价每千瓦时0.25元计算，全年发电收益可达220亿元。据此推测，可在2014—2015年收回三峡工程总投资。三峡工程发电的社会经济效益也十分巨大，据国家能源局测算，每千瓦时电创造的单位产值约8元，按此计算，三峡工程2008年年底前累计送出的电量创造产值2.4万亿元，对增强我国综合国力作出了重要贡献。

航运效益：三峡水库蓄水后，库区船舶单位千瓦拖带能力已由成库前的1.5吨提高到6～7吨，拖带能力提高4倍以上；综合运输成本降低1/3以上。长江航运已成为重庆市和西南地区对外贸易、经济交流和对外开放的重要通道。目前，通过三峡船闸的所有船舶均免费过闸。

此外，三峡工程具有的抗旱、供水与补水、节能减排与生态环保等功能，也可带来巨大的经济效益和社会效益。



三峡左岸电站外景

19

三峡工程建设管理有哪些创新？

创新是一个民族进步的灵魂。三峡工程把创新贯穿在三峡工程建设的每一个环节中，管理创新尤显光彩夺目。

三峡枢纽工程和输变电工程建设管理体制中有以下创新：

建设管理体制创新

在计划经济体制下，我国的大型水利水电工程一直采用“指挥部”、“大会战”的方式组织工程建设。其最大弊端是施工单位既代表国家法人又是工程承包人，责任不清，建管脱节，致使有些工程出现投资“无底洞”、工期“马拉松”。

早在三峡工程施工准备阶段，国务院就决定三峡工程要按照社会主义市场经济的办法组织建设和运营。工程建设严格实行以项目法人负责制为中心的招标承包制、合同管理制和项目监理制。

融资机制创新

三峡工程融资机制的创新，是社会主义制度能够集中力量办大事的充分体现。中央政府开征三峡工程建设基金和电网建设基金，使三峡枢纽工程、移民工程、输变电工程有了稳定的资金来源。中国三峡集团还利用葛洲坝水电站收益、三峡水电站建设期收益、国内银行贷款、出口信贷、发行企业债券等方式筹措资金；枢纽工程发挥效益后，还利用资本市场开展多元化融资等。在 17 年的建设过程中，每年所需要的建设资金都能够及时到位，保证了三峡工程顺利建成。

投资控制创新

采用“静态控制、动态管理”的投资管理模式：与计划经济体制下若干年调整一次工程概算的管理模式有着本质的区别，是一个科学、合理、客观、公正的管理模式。

编制项目法人执行概算：执行概算分为单项执行概算和总执行概算，是具体实施“静态控制、动态管理”的一项重要举措。

推行限额设计：由设计单位按照总执行概算投资，控制技术设

计和施工图设计投资，从设计源头上严格控制不合理变更，以控制静态投资。

严格招标及合同管理：遵循“公开招标、公开竞标、公正评标、集体决策”的原则，优选施工队伍、设备及产品；对实施过程中的质量、工期、造价进行严格控制，形成承包单位对项目法人负责，项目法人对国家负责的工程建设管理体制。

三峡移民工程建设管理体制实行“中央统一领导、分省（直辖市）负责、县为基础”的管理体制，实行开发性移民方针，动员全国对口支援三峡库区，由湖北省、重庆市及其下属的三峡库区各县（市、区）按照“资金和任务双包干”的原则组织实施。

三峡工程建立了全方位的资金监督体系。国务院三峡建委派出稽察组对枢纽工程、移民工程、输变电工程进行例行稽察和专项稽察。国家审计部门定期开展审计。纪检、检察、银行等部门组成移民资金监督网，对移民工程资金定期检查和监控。通过完整的监督体系对资金使用情况进行综合监控，保证了建设资金使用的规范和效益。

实践证明，正是有了这些管理上的创新，克服了以往大型水利水电工程建设存在的问题，确保了三峡工程建设的顺利实施，为建成世界一流工程打下坚实基础。

第三篇

壁立西江

三峡枢纽工程

历17载风雨，三峡枢纽工程终于破浪而出，壁立西江。这其中，攻克了多少技术难关，又凝聚了多少人的智慧与汗水！

导流截流，规模与难度堪称世界之最，大江两易其道，才有了三峡大坝的昂然而起。在施工期仍然保证大江分洪与通航功能的发挥，其复杂性远非伊泰普等著名大坝可比。给混凝土“夏吃冰棍，冬穿棉袄”，是许许多多这样精益求精的呵护，造就了三峡右岸“无裂缝大坝”的奇迹。世界上装机容量最大的水电站，令人引以自豪的不仅是它的规模，更有“三峡模式”助推民族制造业跨越发展的睿智与胆识。三峡船闸和垂直升船机，“爬楼梯，坐电梯”的过坝体验，为长江这条“黄金水道”平添别样情趣。

本篇将带您近距离感受三峡枢纽工程，看横跨两岸的大坝与激流如飞的大江起舞，听水电协奏的交响与千里江陵的汽笛共鸣。



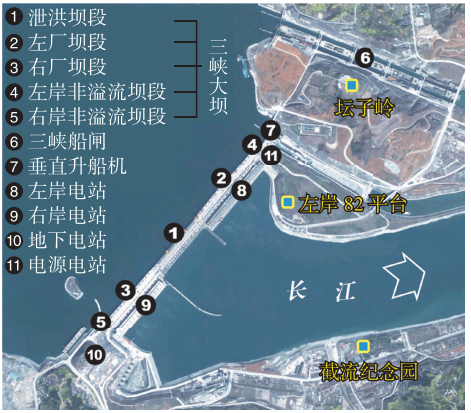
20 三峡枢纽工程有哪些主要建筑物？

三峡枢纽工程的主要建筑物包括三大部分：

挡水泄洪建筑物：三峡拦河大坝（通常简称三峡大坝）。

发电建筑物：三峡水电站。

通航建筑物：包括双线五级连续梯级船闸（简称三峡船闸）和垂直升船机。



三峡枢纽工程平面示意图

从长江左岸至右岸三峡枢纽建筑物的布置是：三峡船闸，垂直升船机，左岸非溢流坝段和电源电站、左岸电站，泄洪坝段，右岸非溢流坝段和右岸电站，右岸地下电站。

三峡大坝为混凝土重力坝，最大坝高 181 米（坝顶高程 185 米，坝基高程 4 米）；坝轴线全长 2309.47 米。大坝由非溢流坝段、厂房坝段和泄洪坝段组成，非溢流坝段用来挡水，厂房坝段用来发电，泄洪坝段用来泄洪。

三峡水电站包括左、右岸 2 个坝后式水电站、1 个地下水电站和 1 个电源电站。2 个坝后式水电站分别位于左、右两侧厂房坝段紧靠大坝的下游，地下水电站位于河道右岸的山体中，电源电站位于河道左岸的山体中。三峡水电站总装机容量 2250 万千瓦，其中，单机容量 70 万千瓦的水轮发电机组 32 台（左岸电站安装有 14 台，右岸电站安装有 12 台，地下电站安装有 6 台）；电源电站安装 5 万千瓦水轮发电机组 2 台。

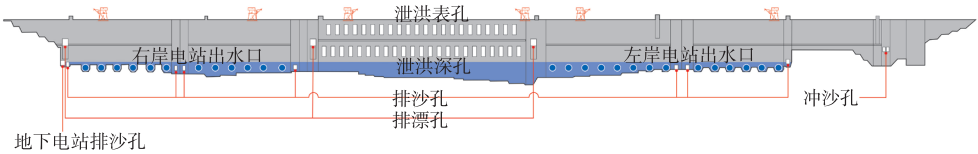
三峡船闸和垂直升船机均位于左岸，船闸上游和下游水位的最大落差达 113 米，三峡船闸能够保证船舶安全顺畅地从上游驶向下游，或从下游驶向上游。垂直升船机是船舶来往于大坝上下游的快速通道。三峡船闸设计通过能力为年单向 5000 万吨，垂直升船机每次可通过一艘 3000 吨级船舶。

长江水是怎么通过三峡大坝的？

21

浩荡东去的长江水，是通过布设在三峡大坝上的许多孔洞，流向大坝下游的。

三峡大坝共布设有89个孔洞，不同位置的孔洞，其功能各不相同。其中，泄洪坝段分两层布设有45个孔洞，包括22个表孔和23个深孔，主要用于泄洪；大坝左右侧的厂房坝段布设有38个孔洞，包括26个进水孔与发电机组对应，用于水轮发电机组发电。3个排漂孔、2个冲沙孔和7个排沙孔，主要用于各种漂浮物的下泄和冲沙；右岸的地下电站布设有6个孔洞，为6台发电机组的进水孔。



三峡大坝孔洞示意图（从下游向上游看）

为了利用长江水流的能量，通过三峡大坝的水一般都要经过水轮发电机组发电后，再流向大坝下游。根据三峡水电站的设计方案，每台机组正常发电时约需过水流量 950 立方米每秒，所有机组同时发电所需的水流流量约为 3.1 万立方米每秒。

每年 10 月至来年 5 月是枯水期，长江上游的来水流量一般均小于 3.1 万立方米每秒，此时，除通过三峡船闸的极少部分水量外，上游来水全部通过水轮发电机组发电后流向下游。

每年 6 月至 9 月的汛期，三峡水库下泄流量要服从防洪调度需要。当上游来水流量大于 3.1 万立方米每秒时，部分流量通过水轮发电机组发电后流向下游，超过机组发电所需的流量，要在保证下游防洪安全的前提下，根据防洪调度指令，或蓄在水库内，或通过泄洪坝段泄向下游。

22

三峡枢纽工程会消耗长江水吗？

有人怀疑三峡枢纽工程会消耗长江的水量，其实，三峡枢纽工程防洪、发电和航运功能的发挥，都不会消耗长江水量。

防洪：三峡水库汛期把大于下游安全泄量的洪水暂时拦蓄在水库内，洪峰过后，再安全地泄向下游，不消耗通过大坝的水量，只是改变了这些水量流向下游的时间，并通过拦蓄调度，把洪水变成了资源。

发电：三峡水库蓄水后，大坝上游水库内的水位高于下游水位，水库内的水通过水轮发电机流向下游时，仅仅是把水流具有的势能转换成电能，水量没有任何损失。

航运：三峡船闸是利用闸室内水位的升降，保证船舶能够顺利地从三峡大坝上游驶向下游，或者从下游驶向上游。船舶通过三峡船闸的过程，也就是使水库内的水逐级流向下游的过程，也不会消耗水量。

三峡大坝泄洪气势如万马奔腾



三峡大坝是什么样的坝？它有多大、多重？

23

三峡大坝是一座混凝土重力坝，坝轴线总长 2309.47 米，坝顶高程 185 米，坝基新鲜花岗岩岩面最低高程 4 米，最大坝高 181 米，相当于 60 层楼房的高度；坝顶最大宽度 22.60 米，坝底最大宽度 126.73 米。大坝横剖面的形状近似直角梯形。

混凝土重力坝是依靠自身重量及其与地面的摩擦力抵抗水库上游水的压力荷载，以维持自身稳定的大坝。经过计算，三峡大坝正常蓄水 175 米时，整个大坝将承受约 2000 万吨的水压力。

三峡大坝的重量，主要包括混凝土、发电机组设备、各种金属埋件和闸门等金属结构的重量，总计约为 4000 万吨，相当于 5 个半埃及胡夫大金字塔的重量。



24

三峡大坝是用哪些材料建成的？

——三峡大坝是混凝土重力坝，它是用什么材料建成的呢？

——在各类建筑书刊中，人们经常会碰到一个由“人工石”组成的字——“砼”（读音“同”），其实它代表的意思就是混凝土。三峡大坝的坚固和安全，就与这个“砼”字有关。

三峡大坝混凝土，其原材料都是经过严格优选出来的，这也是三峡大坝坚固可靠的秘诀。这些优选的原材料主要有：骨料、水泥、粉煤灰、拌和水、外加剂。

骨料：是混凝土中的主要材料，约占混凝土体积的80%，是大坝的主体。骨料分为粗骨料——石头、细骨料——沙。三峡大坝的骨料，来源于大坝基坑、船闸和料场开挖出来的新鲜花岗岩，具有较高的抗压强度。由人工砂石料开采加工系统用机械破碎成不同粒径的人工骨料，提供工程使用。

水泥：是大坝骨料的黏合剂，只有它的加入才使骨料由一盘散沙，成为坚如磐石的混凝土坝体。三峡大坝使用的水泥，很有讲究。首先它是低热或中热水泥，这类水泥具有以下优点：一是低发热性，可降低大坝内部混凝土的水化热温度；二是具有微膨胀性，可减少混凝土干缩裂缝。

粉煤灰：是大坝混凝土中的掺和物。粉煤灰本是火电厂燃烧发电后生成的废料，掺加粉煤灰可取代部分水泥并减少水泥硬化过程中的发热量。利用粉煤灰的微珠效应，可大大改善混凝土拌和物的和易性，而且还可降低混凝土用水量，方便混凝土的振捣施工。

拌和水：也是混凝土成分之一。没有水的参与就不会使水泥发生化学变化，水泥就不会成为黏合剂。水在混凝土中的作用，很像一句成语“成也萧何败也萧何”，水少了拌和不成混凝土，水多了

混凝土强度降低。如何少用拌和水而且不会影响混凝土的强度与和易性呢？这就需要掺加外加剂。

外加剂：三峡大坝主要采用了减水剂和引气剂两种外加剂。别看外加剂掺加的分量仅占混凝土水泥重量的百分之几，甚至千分之几，但是作用非凡。三峡大坝选用了与其他原材料有良好适应性，且减水率在 18% 以上，其他指标满足国标一等品的高效减水剂。这是降低混凝土用水量的一个非常重要的措施，为配制高强度性能的大坝混凝土创造了条件。引气剂的作用，是利用在混凝土中生成互不贯通的微小气泡，增强抗冻融系数来提高混凝土的耐久性，可以达到延长大坝使用寿命的效果。

三峡大坝混凝土原材料优良，完全可以担当历史赋予的使命。另外，三峡大坝不同部位，还会根据功能进行强化处理，比如大坝泄洪坝面的混凝土中掺入了钢纤维，增加抗冲耐磨性能；通过大坝的发电水流采用压力钢管，进入水轮发电机组发电，避免了有压力的江水直接冲刷混凝土，保证大坝的安全。


粗骨料（大中石）


粗骨料（小石）


细骨料（沙子）


水泥

三峡大坝的主要材料



粉煤灰


减水剂


引气剂

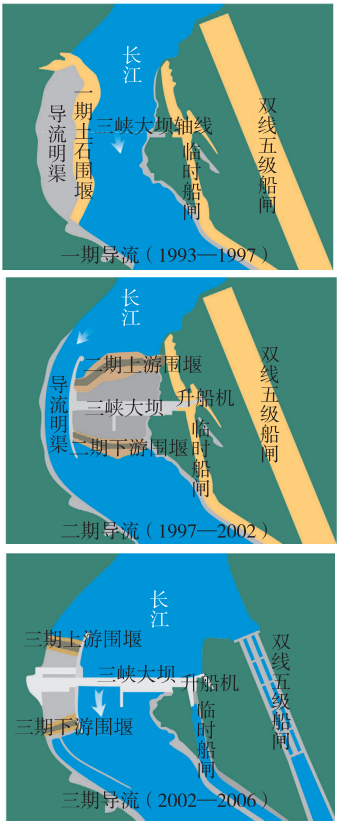

拌和水

25

三峡大坝是在江水中建起来的吗？

三峡大坝横亘于长江之中，说它是在江水中建起来的，听起来不错。但是，为了保证大坝混凝土浇筑质量以及混凝土与地基新鲜岩石的结合质量，大坝是不能在江水中直接施工的，而是必须在没有水的条件下施工。从这个意义上讲，三峡大坝不是在江水中直接建起来的。

在水利水电工程建设中，为了修建大坝，一般需先用围堰把将要建大坝的位置全部或部分围起来（在水利水电行业中，围堰是指临时挡水的坝，围堰围护成的封闭范围称为基坑），同时让江水“改道”，流向预先建好的泄水通道，这一过程在水利水电行业中被称为“施工导流”。在围堰基坑内将存留的江水抽干，开挖到新鲜坚硬的岩石，作为大坝的地基，再在地基上浇筑混凝土大坝；如果大坝需要分期施工时，必须经过多次导流，才能建成完整的大坝。为了统筹解决好大坝施工导流过程中的江水宣泄、通航等关系，一般需进行施工导流方案选择和规划。



导流示意图

三峡大坝坝址河谷开阔，宽达 1000 多米，中堡岛将长江分为左侧的大江和右侧的后河，方便江水改道，有利于进行分期导流；由于长江为我国的水运交通动脉，施工期间通航问题至关重要，不能断航；另外三峡大坝坝址位于葛洲坝水库中，水深达 60 多米，江底有厚达 10 余米的粉细砂；这些都是三峡大坝施工导流规划中必须考虑的重点和难点。经过多种技术方案比较，三峡工程施工导流采用“三期导流、明渠通航”的施工方

案，在整个建设过程中“三围长江，两改江流”。



一期土石围堰及基坑施工实景



1997 年 11 月 8 日，三峡工程大江截流实景

第一期导流围右岸（1993 年 10 月至 1997 年 11 月）：在中堡岛左侧，后河上、下游及沿中堡岛左侧修筑一期土石围堰，形成一期基坑。在围堰保护下，把基坑内的江水抽干，挖除中堡岛扩宽后河，修建混凝土导流明渠、浇筑混凝土纵向围堰等。一期土石围堰束窄河道约 30%，此时大江承担泄洪及通航任务。

第二期导流围左岸（1997年11月至2002年11月）：1997年11月8日进行了壮观的大江截流，迫使长江水从右侧一期导流期间已经建设好的导流明渠流向下游；在大江上修筑二期上、下游土石横向围堰，与一期修建的混凝土纵向围堰形成二期基坑；把基坑中的江水抽干后，在围堰保护下，修建三峡大坝的泄洪坝段、左岸厂房坝段及电站厂房等。此时江水由导流明渠宣泄，船舶从导流明渠和左岸临时船闸通行。

第三期导流再围右岸（2002 年 11 月至 2006 年 6 月）：2002 年，当二期基坑内的左侧大坝建好后，拆除二期上、下游土石围堰，开始由左侧这部分大坝挡水。再在右岸的导流明渠内进行三期明渠截流，修筑三期上、下游土石围堰，在上游土石围堰保护下迅速浇筑较高的三期碾压混凝土围堰。由三期碾压混凝土围堰、混凝土纵向围堰与三期下游土石围堰形成三期基坑。把基坑中的江水抽干后，在三期基坑内修建大坝右岸厂房坝段及右岸电站厂房和右岸非溢流坝段。此期长江水改由左岸电站机组和泄洪坝段预留的导流底孔、泄洪深孔宣泄，船舶先从临时船闸、后从五级船闸通行。

三峡工程于2003年6月按时蓄水至135米，开始初步发挥防洪、发电和航运效益。2006年5月三期基坑内，右岸大坝浇筑到高程185米，同年6月份爆除三期碾压混凝土围堰，大坝全线挡水。2009年三峡工程全部完建。

需要特别一提的是两次截流和二期围堰防渗墙工程。

三峡大江截流最大水深60米，截流流量8480～11600立方米每秒，截流施工最大日抛投强度19.40万立方米，同时，截流期间长江仍需通航，这在世界截流工程中是少有的。明渠截流设计流量为9010～10300立方米每秒，总落差达4.11米，最大流速逾8米每秒，同时明渠底部为人工浇筑的混凝土河床，特别光滑，不利截流材料的稳定。这些因素导致两次截流施工难度非常大。

二期围堰防渗墙最大深度达73.5米，截水面积8.345万平方米，施工时间短，围堰基础地质条件复杂，存在许多难以攻克的地质问题。围堰在上游水压力作用下会产生变形，设计采用塑性混凝土以适应变形。施工采用综合方法，取得了圆满的效果。

三峡枢纽工程三期导流和两次截流，其规模、难度和复杂程度堪称世界之最。三期导流的顺利实施，保证了三峡枢纽工程所有建筑物都能在干地上施工，顺利建成三峡大坝，确保了施工期长江航运通畅。使三峡大坝横贯长江，让“截断巫山云雨，高峡出平湖”的愿望变成现实，这是中华民族治水史上的一次壮举。为纪念三峡大坝的截流壮举，2005年9月26日，在三峡大坝下游建成了截流纪念园。

建设中的三期土石围堰



三峡工程导截流的围堰拆除到哪里去了？

26

围堰在三峡工程建设中，功不可没。围堰阻挡住了滔滔江水，保证了混凝土大坝在干地环境下施工。大坝建起来了，围堰功成名就，甘当“无名英雄”，消失得无影无踪。那么，围堰究竟拆到哪里去了，是否被淹没在江水中，成为障碍物，阻碍航运，影响发电呢？

三峡工程围堰的建筑材料主要是土石材料，少部分是混凝土，三个施工阶段共有三次围堰挡水和拆除施工。三峡工程主要围堰的工程量、拆除量和拆除后的高程见下表。

三峡工程主要围堰的工程量和拆除量

围堰名称	围堰工程量（万立方米）	拆除量（万立方米）	围堰拆除后顶高程（米）
一期土石围堰	325	325	全部拆除并挖深
二期上游土石围堰	583	403	57
二期下游土石围堰	449	397	50（中部） 53（两侧）
三期上游碾压混凝土围堰	168	18	110
三期下游土石围堰	164	164	全部拆除
合　计	1559	1307	—

从表中可以知道拆除量小于工程量，说明围堰开挖后的剩余部分会留在江水中。围堰拆除方式有多种。土石围堰水面以上部分的土石料直接挖走，水面以下部分的土石料采用船舶水下挖掘运走，有混凝土心墙的部位先爆破，然后运走。三期碾压混凝土围堰采取“一次爆破，整体倾倒”的方式，爆破下来的混凝土块体倾倒在围堰的上游侧江底，永久淹没在水库中，实测爆破倾落的混凝土块堆积体最高高程不到 100 米。

围堰拆除后残余堰体部分或爆破倾倒在江底的混凝土块体顶高程，必须经过专门研究和设计（如上表中的围堰拆除后顶高程一栏数字），以满足不影响发电和通航的要求。

二期土石围堰拆除爆破实景



三峡大坝从左岸有裂缝到右岸无裂缝的奇迹是怎样创造的？

27

在国内外水利水电工程建设中，历来有混凝土大坝“无坝不裂”之说。这是由于大体积混凝土在凝固过程中会产生热量，导致大坝内部温度升高。当外界环境温度较低时，大坝内外部的温度差形成的拉力会破坏混凝土，产生温度裂缝。温度裂缝分为表面裂缝和深层裂缝，一般表面裂缝危害性较小，深层裂缝危害性较大，需分类进行专门处理。

事实上，即使发生深层温度裂缝，只要处理得当，大坝依然能安全运行。例如，美国的德沃夏克大坝曾出现深达 80 多米的深层温度裂缝，裂缝处理后，大坝至今已安全运行近 20 年。

三峡大坝混凝土工程量大，浇筑高峰年的年混凝土浇筑量均在 400 万立方米以上。如此高强度的混凝土浇筑，三峡大坝会出现裂缝吗？

三峡工程左岸大坝（泄洪坝段上游面），曾经出现过少量表面温度裂缝，裂缝宽度一般为 0.1 ～ 0.3 毫米，最宽为 1.25 毫米，深度一般小于 2 米，大部分裂缝需要用放大镜才能看到。对于这些裂缝，采取了以化学灌浆为主的“五道防线”综合处理措施。处理完工后，经监测，裂缝处于闭合状态，大坝运行状态安全。在总结左岸大坝施工经验的基础上，右岸大坝混凝土施工采取了更加周密的温控措施，三峡右岸大坝自 2006 年建成后，至今尚未发现混凝土表面温度裂缝。

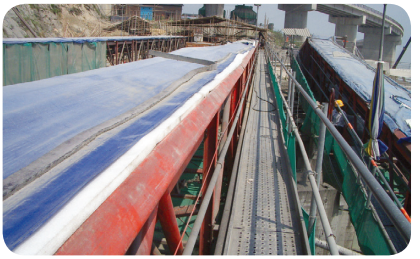
三峡大坝施工中采取的主要温控措施，形象地被人们比喻为“夏吃冰棍，冬穿棉袄”。

“夏吃冰棍”指的是夏季（25 摄氏度以上的高温季节）拌和混凝土时加入冰屑，配合负温风冷骨料（用 –10 摄氏度左右的冷风对骨料进行冷却）等措施，拌和出 7 摄氏度低温混凝土，浇筑时混凝土温度低，会使大坝混凝土内部温度降低，减小与外界环境温度差，避免产生温度裂缝。夏季施工的混凝土不光吃冰棍，还有其他待遇。吃了冰棍的混凝土坐在皮带机上，要在遮阳棚的保护下，运往浇筑

现场。并在四周有喷雾降温的环境下，经过振捣施工才成为大坝的一部分。

“冬穿棉袄”指的是冬季（5摄氏度以下的低温季节）来临之前，给一年以内拆除模板的坝段，在混凝土表面覆盖保温被、泡沫塑料板等保温材料。一到冬季，符合条件的坝段“穿”上色彩鲜艳的保温服，很是壮观，为色彩单调的冬季增加了靓丽的景色。“冬穿棉袄”其实质是防止混凝土表面因为外界环境温度骤降而发生温度裂缝，确保大坝混凝土质量。

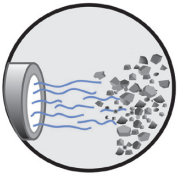
“夏吃冰棍，冬穿棉袄”，虽然比一般混凝土施工增加很多费用，但正是这种讲科学、肯投入的做法，以及严格而周密的温控措施，才创造了三峡右岸大坝混凝土无裂缝的奇迹。



为供料皮带机搭设的遮阳棚



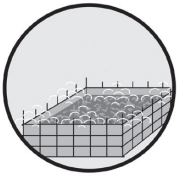
骨料预冷砸石测温



用-8摄氏度和-14摄氏度的冷风对混凝土骨料两次降温

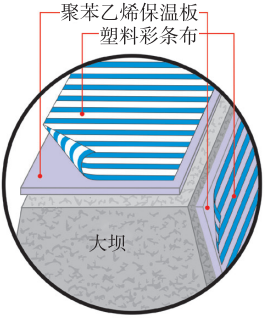


搅拌时加入厚度2毫米左右的薄冰片



浇筑中在现场喷雾，以形成局部小气候，降低仓面温度

夏季混凝土温控三部曲



冬季混凝土保温措施

怎样诊断三峡大坝的“健康”状况？

28

我们可以把三峡大坝当成生命体来看待，看其是否健康，要看他的肌体和各个器官是否正常，通过定期检查，查看肌体和各个器官的各种指标是否在正常范围，用数据来说明健康如何。

三峡大坝的“肌体”是混凝土，“器官”是各种闸门、孔洞、廊道和设备等。一座健康的大坝，其位移、变形、渗漏、泄流孔抗冲刷能力等都应当在设计允许范围之内，各种闸门、设备外形完整，符合设计要求，并能正常启闭。

三峡大坝在运行过程中的“健康”状况是依靠埋设在坝体内外的各种监测仪器来诊断的。据统计，仅三峡大坝坝体内就布设了监测点约 5000 个，形成了“天罗地网”，对大坝的变形、渗流、应力应变等进行监测，能随时对大坝的工作状态和安全状况作出评价。通过对三峡大坝“健康”状况的监测分析、作出诊断，可以及时发现问题并采取措施保证三峡大坝正常运行。

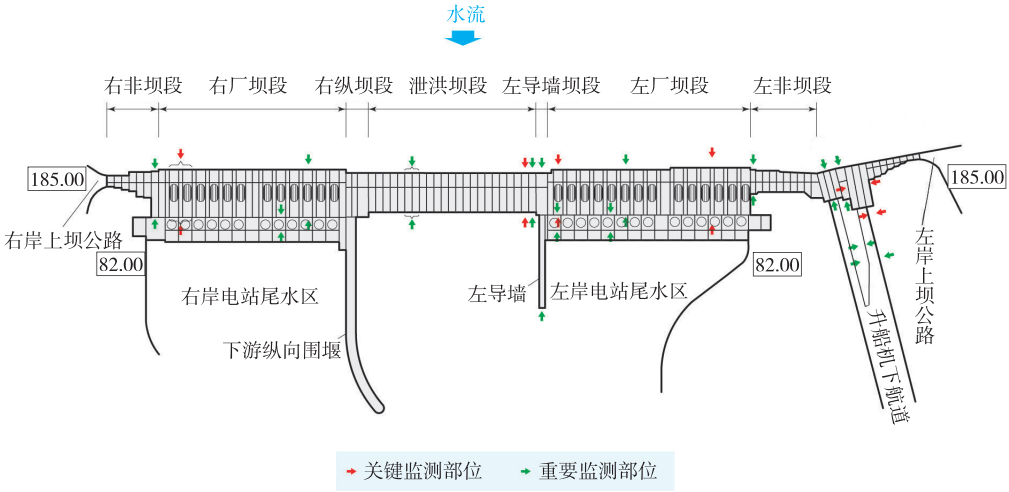
让我们先来看看三峡大坝混凝土的“健康”状况。三峡大坝在建设过程中对混凝土原材料优中选优，拌和出的混凝土全部合格，浇筑工艺精细规范，凝固后混凝土的容重、密实性、抗压和抗拉强度、抗渗性等指标的合格率为 100%。同样，各种闸门、孔洞、廊道和设备等“器官”的合格率也是 100%。因而，三峡大坝的“肌体”和“器官”都是健康的。

三峡大坝的“健康”状况，是通过埋设在坝体内外的各种传感器和监测仪器的自动观测和人工巡视来进行诊断的。诊断三峡大坝的“健康”状况是一项长期任务，由专门机构、专职人员来承担。

一座大坝的漏水量是衡量其安全度的标志性数据，目前三峡大坝坝基总渗水量为 524 升每分，较蓄水前仅增加了不足 80 升每分。我们知道，农民在井中打水的水桶的容量是 25 升左右，仅相当于每分钟 21 桶水量。对于一座蓄水量近 400 亿立方米、坝高 180 余米、长 2000 余米的大坝来说，漏水量极其微小。

蓄水后，大坝坝基水平位移不超过 1 毫米，坝顶水平位移不超过 17 毫米。也就是说，大坝挡水后，坝基只向下游移动了不足坝高 1/18 万的距离，坝顶只向下游移动了不足坝高 1/1 万的距离。三峡大坝稳稳地屹立在三斗坪。

三峡大坝已历经 175 米正常蓄水和泄洪的考验，多年的监测结果表明，大坝的各项“健康指标”都在正常范围之内，三峡大坝一直是很健康的。



三峡枢纽工程安全监测布置示意图（不含船闸）

三峡大坝的“寿命”有多长？

29

三峡工程举世瞩目，人们会问：三峡大坝的“寿命”有多长？

人是个生命体，有一定的寿命。生命死亡了，寿命就结束了。三峡大坝是由混凝土、金属结构组成的非生命体，包括可维修和不可维修两部分。可维修部分，包括进出水孔口、水轮发电机组、闸门等，真正不能维修的部分主要是大坝混凝土。那么，什么是三峡大坝的“寿命”？是指可维修部分功能丧失的“寿命”，还是指大坝混凝土“死亡”的“寿命”？专家们在讨论水工建筑物设计规范时，针对是否需要规定混凝土重力坝的“设计寿命”，意见分歧较大。

混凝土大坝建设的历史，应追溯到19世纪混凝土的发明问世，此后，混凝土就成为大坝建设的重要材料，出现了以混凝土为主要材料的坝型，如混凝土重力坝、拱坝等。19世纪以来，全世界已经建成的混凝土大坝数以万计，还没有一座是因为混凝土损坏而废弃的。所以，我们很难根据已有大坝，来推算三峡大坝的“寿命”。

人们出于对三峡工程的关心，对于三峡工程的“寿命”众说纷纭，有100年、200年、500年等各种说法。三峡大坝的“寿命”到底是多少？我们就尝试来回答这个问题。

一个人的寿命长短，是由先天基因和后天的身体状况以及客观环境等因素决定的。三峡大坝的“寿命”，主要取决于大坝混凝土质量。因为进出水孔口、水轮发电机组、闸门等可维修的部分，每年都会进行监测、维护和维修，有些部件根据损坏情况可以进行更换，“他们”都是可以通过“器官”维修和移植而无限持续下去的。

三峡大坝混凝土的原材料是优良产品，大坝的施工是严格按照规范和施工程序进行的，施工质量100%合格。其中，检验混凝土质量的一个重要指标是强度和耐久性。

混凝土强度指标，包括抗拉、抗压和抗剪强度等，三峡大坝的

混凝土强度指标 100% 合格，一个产品质量合格的混凝土，强度不会因为工程建成而停止，反而会增长。著名的美国鲍尔特拱坝由于在施工中严格控制质量，经 70 年左右的运行，大坝完好如初。最近经美国垦务局质量检查，发现混凝土强度还在增长。

混凝土耐久性指标，包括抗溶蚀、抗冻性和碳化等指标，三峡大坝的混凝土耐久性指标 100% 合格。三峡大坝混凝土的抗冻性指标为 150 ～ 250 次，表示混凝土的耐久性至少可以经得起 150 ～ 250 次的冻融考验。三峡大坝位于亚热带气候的宜昌三斗坪，气候较温暖，出现冻融循环的机会很少，因此，从混凝土耐久性的角度来看三峡大坝的“寿命”，可以预计将超过 150 年。

三峡大坝的“寿命”，与三峡水库泥沙淤积和抗震性能有没有关系呢？三峡工程在论证期间，针对泥沙淤积影响三峡水库“寿命”进行了充分研究和论证，提出了“蓄清排浑”水库运行方式确保水库长期利用的对策措施，得到了葛洲坝工程近 30 年和三峡水库 2003 年蓄水以来运行实践的检验。因此，通过“蓄清排浑”的运行调度，三峡水库可以长期使用。另一方面，三峡大坝建立在坚硬、完整的花岗岩地基上，三峡地区属于弱震地区，地震基本烈度是Ⅵ度，而三峡大坝按照Ⅶ度的地震烈度设防，因而，三峡大坝具有较强的抗震能力。

根据以上分析，三峡大坝的“寿命”远在百年以上。实际上，三峡大坝的实际使用“寿命”还可以通过维护和维修来“延年益寿”。2000 多年前李冰兴建的都江堰水利工程，之所以到今天仍然发挥作用，造福人民，根本原因就是“岁修”，每年都对都江堰工程进行维护和维修。古人通过“岁修”延长了都江堰工程的“寿命”。我们今天的科技人员应用现代技术，设专门机构不间断地进行监测巡视，及时维护保养或更换，使大坝的各个部位始终处于健康状态。这样三峡大坝完全可以长期运行下去，像千年工程都江堰一样，持续不断地发挥其综合效益。

三峡大坝是如何考虑战时防空问题的？

30

三峡工程拥有一个库容为393亿立方米（正常蓄水位）的大水库，一万一发生战争，三峡大坝会不会因遭受袭击而溃决？一旦大坝溃决，会不会使下游发生无法抵御的洪水灾害？这是社会各界十分关心的问题。那么，三峡工程是如何考虑战时防空问题的？

对三峡大坝战时防空问题的研究，早在20世纪60年代初期已经开始。1964年10月，当我国原子弹的蘑菇云升起在罗布泊上空的时候，科研人员就获得了大坝核爆试验的第一手资料。

三峡大坝是一座坚固的混凝土重力坝，大坝设计时，已采取了一些有利于提高大坝抗爆能力、减轻破坏程度的工程措施。三峡大坝对常规武器和一定当量核武器的袭击，有较强的抗御能力。三峡大坝战时防空问题研究的重点，是如何对付大当量核武器的袭击。对于三峡工程本身来说，对付大当量核武器袭击最有效的手段，是在短时间内将水库内的水位从高水位降低到低水位，也就是通常说的放空水库。



三峡大坝深孔和表孔同时泄流实景

三峡大坝泄流能力很大，特别是设置了许多低高程泄洪孔，在低水位时仍有相当大的泄流能力；在汛期，防洪限制水位为145米时，根据需要，还有进一步降低库水位的措施。防空专家指出，现代战争总是有征候可察的，这就为三峡工程在必要时降低库水位赢得了时间。

当发现有战争征兆时，可事先进行预警放水。大量试验表明，三峡水库水位从 175 米降到 145 米（相应的库容为 170 亿立方米），最长只需要 7 天，比国内一般大型水库快得多，必要时还可降到 130 米（库容 103 亿立方米），从而使溃坝影响大大减轻。

防空专家假设了最不利的情况，即三峡大坝遭受大当量核武器袭击，瞬时彻底破坏，水库蓄水下泄，造成水灾的影响范围究竟有多大？有关单位花费了 8 年时间，进行了多次三峡大坝溃坝水工模型试验，揭示了溃坝洪水演进的基本规律，研究了相应的减灾措施。最重要的是，得出了两个规律性的认识：一是三峡大坝上下游的峡谷对溃坝水流有相当的约束作用，限制了溃坝泄流量，延缓了下泄时间。通俗地说，由于峡谷的约束，溃坝洪水必须“排着队”才能流出三峡。二是溃坝水流总量是水库内蓄存的水量，基本上是一个定量的水量；如果事先放空水库，可把溃坝水量减少到最小水量。



三峡工程溃坝试验

在最不利的情况下，即三峡水库蓄满时（水位 175 米，此时库容 393 亿立方米）大坝瞬时彻底破坏，溃坝洪水的演进过程表明，灾害影响范围为荆州以上的局部性灾害。淹没范围仅相当于 1954 年大洪水淹没范围的 4% 左右，远小于历史上大洪水造成的损失。实际上这种情况几乎是不可能发生的。有人说溃坝洪水灾害将影响到武汉甚至更远，是缺少科学根据的。

三峡水电站是当今世界上最大的水电站吗？

三峡水电站总装机容量为2250万千瓦，是当今世界上装机容量最大的水电站，多年平均年发电量882亿千瓦时。

三峡水电站建成前，世界上装机容量最大的水电站是伊泰普水电站，该电站位于南美洲巴拉那河上，由巴西、巴拉圭两国合建。1991年该水电站建成时，安装了18台单机容量70万千瓦的水轮发电机组，设计总容量1260万千瓦，年均发电量750亿千瓦时。2001年，该水电站扩建了2台单机容量70万千瓦的水轮发电机组，总装机容量达1400万千瓦；按原设计条件推算，年均发电量为833亿千瓦时，但伊泰普水电站历史上实际最高年发电量曾达到947亿千瓦时，这一发电量较目前三峡水电站略高。

以后随着长江上游水电站群的建成，实行联合调度，三峡水电站年发电量会进一步提高，预计将达到1000亿千瓦时。届时，三峡水电站不光装机容量世界第一，发电量也将世界第一。

三峡电站进水口



船舶通过三峡大坝时“爬楼梯”“坐电梯”是怎么回事？

三峡大坝上下游之间水位的最大落差达 113 米，船舶从下游驶往上游（或从上游驶往下游），必须通过三峡船闸或垂直升船机。人们形象地比喻船舶通过三峡船闸过坝是“爬楼梯”，船舶乘垂直升船机过坝是“坐电梯”。

三峡船闸全景



三峡船闸有南北两线，相当于公路上的双车道，一线上行一线下行。每线船闸有5个闸室、6道人字闸门；相邻闸室地面高程相差22.6米，5个闸室呈楼梯状布置。上游是第一闸室，下游是第五闸室。



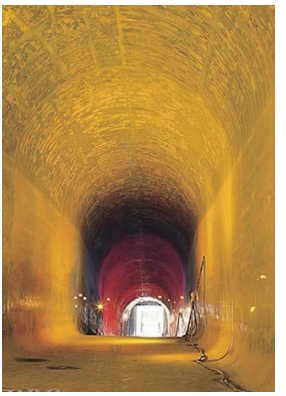
三峡船闸人字闸门

船舶是如何通过三峡船闸的呢？

假如船舶要从下游驶向上游——船舶驶入第五闸室后，关闭下游人字门，通过地下输水系统，第四闸室往第五闸室内充水，当两个闸室内水面齐平时，打开上游人字门，船舶驶入第四闸室。依此类推，船舶就好像爬过一级又一级楼梯一样，通过第一闸室，驶向大坝上游航道。船舶下行的过程相反。三峡船闸单个闸室净宽34米、长280米，是世界上最大的闸室，可同时容纳6艘3000吨级船舶。一艘船通过三峡船闸大约要3个小时。



三峡船闸鸟瞰图



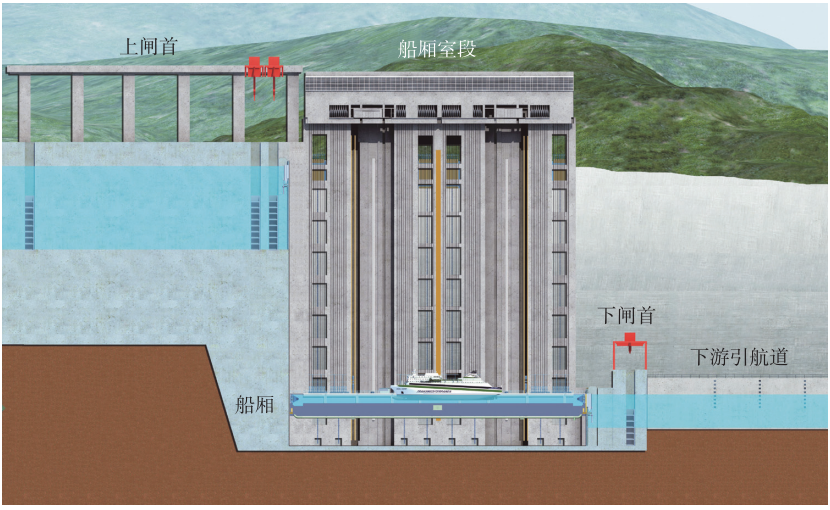
船闸地下输水廊道

三峡垂直升船机是客轮和特种船舶的快速过坝通道，垂直升船机就像我们日常乘坐的电梯，容纳船舶的承船厢就像电梯的轿厢。承船厢内部净长 120 米、宽 18 米、水深 3.5 米，可容纳一艘 3000 吨级船舶，承船厢自重加上船舶和厢内水体的总重达 15500 吨，是当今世界上提升高度和总重量最大的垂直升船机。

船舶是如何通过垂直升船机过坝的呢？

假如船舶要从大坝下游驶向上游——当船舶驶入承船厢，关闭承船厢下游闸门，承船厢通过爬升装置上升，直到承船厢内水位与上游水库水位齐平时，打开承船厢上游闸门，船舶驶出承船厢进入上游航道。船舶从上游向下游行驶，与其过程相反。一艘船“乘坐”垂直升船机过坝，约需 40 分钟。

目前，垂直升船机正在建设之中，预计 2015 年投入运行。



升船机运行示意图

万吨级轮船可以从上海直达重庆吗？

33

三峡水库蓄水至175米后，万吨级轮船并不能从上海直达重庆，但万吨级船队每年至少有半年时间可以从上海直达重庆。

万吨级船队和万吨级轮船是两个截然不同的概念。万吨级船队是将一艘具有足够马力的轮船和若干艘驳船（能够装载货物而没有动力的船）用钢丝绳连接在一起，组成能够装运1万吨货物的船队，吃水深度为3米左右。而万吨级轮船是指一艘能够装载万吨货物的轮船，吃水深度为9米左右。受长江中下游水深限制，目前三峡下游长江干流宜昌到武汉段可通行1500（枯水期）～3000吨级船舶，武汉至南京段可通行5000吨级船舶，南京以下可通行2.5万吨级船舶。因此，受长江



2003年6月16日，三峡船闸试通航成功



通航后的三峡船闸

天然航道限制，万吨级轮船不能从上海直达重庆。

行驶在武汉至重庆间的万吨级船队，多为“品”字形编队。即用9艘1000吨驳船，或5艘2000吨驳船，或3艘3000吨驳船，配上一艘2000多马力的顶推轮船编队组成。船队宽度为31.2～32.4米，长度为196～264米，吃水深度为2.8～3.3米。三峡船闸单个闸室的净空尺寸（实际使用空间），就是按照一次能够通过一个万吨级船队或6艘3000吨级船舶设计的。

重庆至宜昌660千米范围内，历史上原有急流滩、险滩、浅滩共139处，需利用绳索将船拉过险滩的绞滩站25处，单行航道段46处。20世纪80年代葛洲坝水库建成后，虽淹没了30余处滩险，但仅改善了滩多流急的三峡江段约110千米的航道，尚有约550千米航道处于天然状态，只能行驶1500吨级船队，严重阻碍了长江上游航运事业和西南地区经济社会的发展。三峡工程建成后，淹没了上述所有滩险。重庆至汉口航道，一年中有半年以上时间可满足万吨级船队对航道尺度的要求。经三峡水库调节，每年枯水季节平均下泄流量为5500立方米每秒，比建库前天然情况下增加2000～3000立方米每秒，使中游航道水深平均增加约0.5米，保证了万吨级船队的通行。

需要着重指出的是，三峡工程蓄水通航后，运输方式已发生重大变化，大型货船（有自航能力的单个船舶）已成为重庆至汉口间水运的主力。据统计，在三峡过闸船舶总数中，船队数量所占比例越来越小，已从2003年的35%下降到2007年的15%；运能比例也由70%下降到10%以下。这是因为大型货船比船队在机动性、安全性等方面具有更大的优势。

有多少人参加了三峡枢纽工程建设？

三峡枢纽工程17年（1993—2009年）建设过程中，直接参加三峡枢纽工程建设的人员最多时近4万人。这些人员不光是施工单位，还包括现场的建设单位、设计单位、监理单位和服务人员。

三峡枢纽工程虽然工程量巨大，工期紧迫，但由于施工设备、技术和管理水平的提高，所以直接参与建设的人员并不多。与20世纪80年代的葛洲坝工程相比，三峡枢纽工程混凝土量是葛洲坝工程的2.5倍，但直接参建人员仅相当于葛洲坝工程的40%。

考虑到三峡工程由枢纽、移民和输变电三大工程组成，在三峡工程建设过程中，还曾有上万人参与三峡工程设计和研究，数百家单位提供材料、机电设备和金属结构制造，涉及的人员总数达数十万至数百万人。如果我们把视角再拉远一些，从三峡工程最早提出设想到完建的近百年间，有多少人为它殚精竭虑，奉献了智慧与汗水，实在难以统计。因此，三峡工程是中华民族集体智慧的结晶，是一幅众手描绘的宏伟画卷。

三峡工程开工典礼



35

70万千瓦水轮发电机组有多大？安装质量怎么样？

三峡水电站共安装了32台额定容量70万千瓦的水轮发电机组，该机组是当今世界最大的水轮发电机组。那么，70万千瓦水轮发电机组的规模到底有多大？

从发电效益看，一台水轮发电机组的额定出力为每小时发电70万千瓦时（每秒钟发电486千瓦时），如果一个家庭一年使用1500千瓦时电量，那么一台机组一个小时的发电量相当于467个家庭一年的用电量！

从机组重量来看，机组由进水口压力钢管、蜗壳、导水机构、基础环、座环、转轮、尾水管等构成的水轮机，和由上下机架、发电机定子、转子等组成的发电机，以及将水轮机发电机连接起来的机组主轴构成，这些部件个个都是“巨无霸”，最大单件的总重量达460吨，一台机组的总重量达7000吨，相当于法国巴黎埃菲尔铁塔所用钢材重量的总和。仅发电机转子的吊装，就需要2部1000吨以上的桥式起重机同步起吊才能胜任。

从机组的尺寸来看，机组的进水钢管直径达12.4米，相当于三层楼房的高度！水轮机和发电机的连接主轴的直径达到了3.8米，发电机定子内直径超过18米。2011年4月15日，三峡建设者在右岸地下电站正在施工中的28号机组的基坑内，举办了一场由160人参加，历时1个小时的庆祝“五一国际劳动节”的合唱音乐会。

外形和重量如此巨大的庞然大物，其安装精度要求却是以零点几毫米甚至微米计！如此高的安装精度对我国大型水电机电安装建设者的技术水平和能力是一个重大考验。以水轮机和发电机的连接件主轴的安装为例，主轴安装垂直度的设计要求为0.2毫米，然而，三峡电站左右岸电站全部机组主轴的垂直度精度达到0.01毫米，远小于一根头发丝的直径（0.06～0.1毫米）！

高精度的机组安装得到的回报是机组较高标准的运行稳定性和机组运行寿命的延长。以机组顶盖振动为例，在机组稳定性试验

中，机组在稳定运行区运行时的水轮机顶盖垂直振动大约50微米，在国际允许值40～140微米范围内，水平振动值约25微米，在国际标准20～40微米范围内。数字是枯燥的，举一个形象例子，在厂房中，如此巨大的设备按照常理，机组运转起来，应该机声隆隆，厂房颤动；然而，三峡电站水轮发电机组运行时，声音却不大，几乎感觉不到振动，曾经有一个试验，将一枚1元的硬币竖立在运行中的水轮机顶盖上，硬币纹丝不动。

水轮发电机组定子基坑内现场音乐会



“三峡模式”如何推动民族制造业实现跨越式发展？

三峡工程的成功经验——开放市场、引进技术、消化吸收与自主创新有机地结合起来，被称为“三峡模式”。

三峡工程安装有 32 台 70 万千瓦大型水轮发电机组，机组尺寸和容量大，水头变幅宽，是当今世界上最先进的水轮发电机组，设计和制造难度为世界少见。三峡工程建设之前，我国只能设计制造 30 万千瓦的水轮发电机组，为了既确保三峡工程的质量达到一流，又不失时机地提升民族工业制造水平，国家决定在采购国外先进设备的同时，引进关键技术、消化吸收再创新，为特大型水轮发电机组国产化创造条件。

三峡建设单位（即三峡工程业主——中国三峡集团）以市场为导向，进行国际招标，搭建了国际化竞争平台。在左岸 14 台机组招标文件中明确提出了“三个必须”：投标者必须与中国制造企业联合设计、合作制造；必须向中国制造企业全面转让核心技术，培训中方技术人员；必须保证 14 台机组中的最后 2 台以中国企业为主制造，中国企业分包份额不低于合同总价的 25%。为确保核心技术转让完全到位，三峡建设单位专门列支了技术转让费。



三峡工程右岸电站水轮发电机组招标采购合同签字仪式

通过上述举措，哈尔滨电气集团公司和东方电机有限公司等国内制造企业完整地引进了核心技术，不但在三峡左岸机组制造中的实际份额达到50%以上，后4台机组还以上述两家为主制造，形成了自主创新能力，为自主设计制造奠定了基础，具备了与国际水电设备制造企业同台竞争的能力。



三峡水轮机制作现场

在三峡工程右岸电站12台（套）水轮发电机组中，哈尔滨电气集团公司和东方电机有限公司各自承担了4台（套）水轮发电机组的设计制造任务。依托三峡工程，两家国内制造企业成功走出了“技术转让—消化吸收—自主创新”三大步，用7年的时间顺利完成了从左岸机组分包商到右岸机组独立承包商的重大角色转变。这种转变，标志着我国水电重大装备实现了30年的大跨越，标志着国内特大型水轮发电机组设计与制造能力已达到世界先进水平，我国自主设计、制造、安装特大型水轮发电机组的时代已经开始。这种转变，使三峡工程右岸机组的整体价格大幅下降，与完全引进国外产品相比，节约投资10%以上。

此外，三峡枢纽工程在500千伏主变压器、高压开关电器、水电站监控与调度计算机系统和设备等重大装备的国际招标中，同样通过技术转让，使大批国内企业在引进消化吸收的同时，提高了自主创新能力，达到了国际先进水平。中国厂商自主设计制造的70万千瓦水轮发电机组、高压开关电器、大型主变压器开始广泛应用于三峡右岸电站、右岸地下电站、向家坝电站、溪洛渡电站等。

37

三峡枢纽工程在保证工程质量方面有哪些重大创新？

三峡枢纽工程千年大计、国运所系，质量责任重于泰山。在保证三峡枢纽工程质量方面进行了多项重大创新。

质量管理体系创新：一般大型水利水电工程建设，实行业主、施工和监理三级质量管理体系，三峡枢纽工程属于特大型工程，工程质量更加重要并受世人关注，故专门设立了质量总监办公室，负责全面协调和质量监督工作，形成了四级质量管理体系。为了对工程质量进行全面的检查和监督，国务院三峡建委成立了代表国家的质量检查专家组，由中国科学院院士、中国工程院院士和权威专家组成，钱正英院士为首任组长，具有很高的权威性。质量专家组卓有成效的工作，对保证三峡枢纽工程质量起到了重要的指导和监督作用。

为了使三峡枢纽工程建设的每一个单元工程都达到一流质量，成立了水文气象中心、安全监测中心、混凝土和原材料试验中心、测量中心和金属结构检测中心五大中心，加强质量检验和检测。对设备制造实行“监造”，聘请了“洋”监理对国外机电设备制造厂商进行“监造”。

质量文化创新：不留工程隐患，是三峡工程质量的最低标准，也是三峡工程建设的最高原则。三峡工程实行“质量一票否决制”。工程施工中，一旦发现质量问题，不论大小，都要执行“三个查清”：查清原因、查清处理措施是否落实、查清责任人或单位是否受到了教育或处罚。并要记入施工单位的档案中，定期予以评定；对发生工程质量缺陷或事故而隐瞒不报的施工单位，进行严厉处罚，并取消其今后的投标资格。

三峡工程建设始终坚持“零质量事故、零安全事故”的双零目标，把质量和安全放在首位。随着工程建设质量的提高，又进一步提出“零质量缺陷”、“零安全违章”的更高要求，努力争创“一流的工程、一流的质量、一流的管理”。

质量标准创新：三峡枢纽工程建设为了达到一流质量，结合工

程实际和通过实验研究，参照国际、国内规范和标准，制定了适用于三峡枢纽工程建设的《三峡工程质量标准》。它源于规范，又高于规范，是一流工程质量目标的具体量化和重要体现，做到了一流工程“有法可依”。国家已将《三峡工程质量标准》确定为三峡枢纽工程验收文件之一。

管理手段创新：三峡枢纽工程建立了现代化的信息管理系统，与各参建单位共同建立了一套完整的工程质量信息即时反馈系统。质量管理部门可以随时检查和抽查工程质量，发现问题或苗头及时采取有效措施加以解决或纠正，加快了工程质量信息的反馈速度，增强了控制力度，极大地提高了工程质量管理和控制水平。

三峡枢纽工程在质量管理上实行了一系列创新，保证了整个工程质量总体优良。国务院三峡工程质量检查专家组第 15 次到三峡工地现场检查后认为：三峡右岸大坝是没有裂缝的混凝土重力高坝，创造了世界奇迹。目前，三峡枢纽工程已历经水库蓄水和泄洪的考验，枢纽建筑物、基础的变形、应力以及渗流等各项测值均在设计允许范围内，建筑物运行性态正常，为我国今后大型或特大型水利水电工程建设，在质量管理上积累了丰富经验。



质量检查专家组在工地

38

三峡枢纽工程建设有哪些科技创新？

三峡工程规模巨大、技术复杂。工程建设面临着一系列前所未有的世界级难题，必须依靠中国人自己的力量自主创新、攻坚克难。

在17年工程建设中，三峡工程建设者通过原始创新、集成创新、引进消化吸收再创新，解决了一系列重大技术问题，取得了丰硕成果。其中集成创新贯穿了三峡工程论证、设计、施工的全过程。

截至2011年年底，三峡枢纽工程获得了20多项国家科技奖励、200多项省部级科技奖励和700余项专利，建立了100多项工程质量和技术方面的标准。这些科技创新成果有力地促进了我国重大水利水电工程建设、机电设备制造安装、生态环境保护和信息技术应用等领域的科学发展和技术进步。

水利水电工程技术方面：首创了混凝土骨料二次风冷技术，创立了一套大容量、全方位、全过程的综合混凝土温控生产体系；在两次大江截流中，针对流量大、水深、进占堤头坍塌严重的难题，创造性地采用了深水平抛垫底措施。在围堰防渗施工中，通过技术集成，探索出具有世界领先水平的水下防渗施工技术。在大坝混凝土施工中，大体积混凝土单位用水量显著减少，达到世界领先水平。在三峡船闸建设中，取得了直立高边坡开挖、岩体锚固、船闸输水、超大规模人字闸门安装等几十项国内领先的技术成果。

机电设备制造与安装技术方面：通过引进、消化、吸收和再创新，掌握了水轮机水力设计、定子绕组绝缘、发电机全空冷与蒸发冷却等具有自主知识产权的核心技术，实现了70万千瓦大型水轮发电机组的全部国产化，跨越了与国外30年的技术差距。

生态环境保护技术方面：成功培育出世界上第一尾全人工繁殖中华鲟鱼苗；制定了高精度洪水预报与生态联合调度规程；建立和运行了跨地区、跨部门、跨学科的“长江三峡工程生态与环境监测系统”，为工程建设、运行中的环境保护与资源管理决策提供了科学依据和技术支撑；通过数学模拟计算、实体模型试验和原型监测

分析，成功提出了泥沙问题的解决方案。

信息技术应用方面：成功开发了在国际工程项目管理领域处于领先水平、具有自主知识产权的“三峡工程管理信息系统（TGPMS）”和“电厂运行管理信息系统（ePMS）”等。

三峡枢纽工程在科技创新上的成功探索和实践，不但保证了三峡枢纽工程的顺利建成，还使我国由水电大国跃升为水电强国。

知识链接 洪水预报

依据已知的信息（降雨、蒸发、水位、流量、冰情等）对未来一定时期内的洪水状态（流量、水位、冰情、旱情等）作出定性或定量的预测，称洪水预报。洪水预报内容一般包括洪峰水位（或洪峰流量）、洪峰出现时间、洪水过程和洪量等。

第四篇

感动中国
三峡移民工程

当即将起航的江轮汽笛鸣响，当肩背手提的乡亲匆匆走过身旁，他停下脚步，向身后的故乡投去深情一望，把这片生养他的土地，在记忆中珍藏。130万三峡移民，有过多少次这样的回望！

三峡移民工程，关系着三峡工程的成败。移民规模之庞大、情况之复杂、时间之紧迫、任务之繁重，为世界水库移民史上所罕见。如何攻克这一“世界级难题”？历时8年的移民试点，新中国历史上第一次为一个单项工程的水库移民而立法，开发性移民和对口支援的创举……所有这些努力，成为开启一个个移民难题的钥匙。但最为宝贵的那枚钥匙，藏在三峡移民的心中——“舍小家，顾大家，为国家”。正是顾全大局、舍己为公、万众一心、艰苦创业的移民精神，为三峡移民工程奠定了成功的基石。

“携囊捧土跪桑田”。血色青岩，根须眷恋。巫山思念，神女流盼。他乡无恙，千里婵娟。本篇将带您循着三峡移民的脚步，踏上百万移民那段不平凡的旅程。


祝外迁移民一路平安

39

为什么说三峡移民工程是三峡工程建设中的重点和难点？

三峡工程成败的关键在于移民，百万移民搬迁与安置也就成为三峡工程建设中的重点和难点。

移民数量大：三峡水库移民人数达 130 万，意味着每千个中国人中就有一个三峡移民，这在世界水库移民史上绝无仅有。要使移民同意搬迁、愿意搬迁，并找到新的安居地，使其生产生活水平不下降并随社会发展同步提升，是一项十分艰巨的任务。

涉及范围广：三峡水库淹没涉及湖北省、重庆市 20 个区县，2 座城市、10 座县城、114 座集镇，淹没陆域面积 632 平方千米。长江干流和支流两岸 47 万亩良田沃土和 3473 万平方米各类房屋被淹，大量公路桥梁、港口码头、输电通信广播线路等基础设施被淹，1632 家工矿企业被淹。三峡移民工程不仅是单个家庭的搬迁安置，还须对该地区进行经济结构重组和社会重建，这使得三峡移民成为一个庞大而复杂的系统工程。

环境容量不足：三峡库区山高坡陡，耕地不足，人多地少的基础性矛盾长期存在。大片土地被淹没后，城镇、企业搬迁和基础设施重建占地，耕地进一步减少，使得环境容量不足的矛盾更加突出，必须对农村移民实行外迁安置。三峡库区 70% 是国家级连片贫困区，经济不够发达，产业基础薄弱，移民搬迁后，安稳致富的任务十分艰巨。

时间跨度长：三峡百万移民从 1993 年开始大规模实施，至 2009 年完成全部搬迁安置任务，时间长达 17 年。这期间，国家经济体制由计划经济向社会主义市场经济转变，经济快速发展，有关政策进行了调整，必须着力解决移民搬迁安置过程中出现的新情况、新问题。

三峡库区是地质灾害多发区和水污染防治重点区，必须采取切实有效措施，加大资金投入，才能保证三峡水库蓄水后库区人民生命财产安全和三峡水库“一盆清水”。

基于以上原因，移民搬迁安置涉及国家、地方、移民群众以及安置区老居民等多方面的利益调整，只有本着对国家、对历史、对移民高度负责的精神，才能完成这项难上加难的任务。

三峡库区百万移民搬迁安置难题是如何破解的？

40

三峡库区百万移民搬迁安置工作1993年开始大规模实施，至2009年年底提前一年完成了130万移民的搬迁安置任务。其间，还保证了三峡工程135米、156米和175米试验性蓄水的按期实现。这一难题是如何破解的呢？

三峡工程动工前的1985—1992年，进行了8年开发性移民试点，为大规模移民和制定移民条例积累了宝贵经验。

党中央、国务院为三峡移民确立了开发性移民方针，受到了广大移民群众的赞同和支持。他们紧紧抓住千载难逢的搬迁机遇，在保护好生态环境的前提下，充分合理地利用当地的自然资源和劳动力资源，着力进行产品、产业、所有制结构调整，解放和发展生产力，努力提高生产、生活水平和科技文化素质，并逐步增强自我积累和可持续发展能力，做到了“搬得出、稳得住、逐步能致富”。

国务院颁布了《长江三峡工程建设移民条例》，这是我国第一次针对一项特大型水利水电工程水库移民颁布的法规性文件，第一次提出了要维护移民的合法权益，使三峡移民工作走上法制化轨道。

实行了“中央统一领导、分省（直辖市）负责、县为基础”的管理体制，既保证了中央政策的贯彻执行，又充分发挥了地方政府的积极性。

实行了移民任务和移民资金切块包干的原则，也就是通常所说的“双包干”，还实行了移民资金“静态控制、动态管理”，这对于保证每项移民工程的进度、质量和投资控制起到了重要作用。

1997年，成立了重庆直辖市，占三峡库区移民85%的原四川省库区各县划入重庆市，这是开发大西南、保证三峡移民工程顺利进行的重大举措。

编制了分县、分省（直辖市）移民搬迁安置规划，这是一个指令性文件，库区各区县都严格按照既定目标完成了艰巨的移民任务，从而保证了总任务提前一年顺利完成。

为了使移民安稳致富和保护库区生态与环境，1999年实行了“两

个调整”和“两个防治”。“两个调整”主要指农村移民 19.6 万人需要进行外迁安置的政策调整以及受淹工矿企业搬迁政策调整（详见第 42 题）。“两个防治”主要指地质灾害防治和水污染防治。这些措施保证了农村移民和工矿企业的顺利搬迁以及库区人民群众生命财产安全，保证了三峡水库“一盆清水”。

针对移民搬迁安置中出现的新情况、新问题和新土地法的出台，2006 年适时调整了移民搬迁安置规划和概算，增加了移民经费。

建立了移民资金监督网，实行了移民工作稽察、审计、移民工程质量检查和综合监理的监督体系，做到政策透明、政务公开。从而保证了移民资金使用安全，有效防止了腐败，及时纠正了移民工作中的不合规做法，保障了移民群众的合法权益。

推行了移民工程“五为主”的工作机制，即农村移民安置以乡镇政府为主，城市、县城迁建以区（县）政府为主，集镇迁建以镇政府为主，工矿企业迁建以企业法人和主管部门为主，专业设施复建以项目法人和主管部门为主。这样的工作机制调动了有关各方面的积极性，形成了举全区（县）之力共同做好移民工作的新局面。

党中央、国务院号召全国 20 个省、自治区、直辖市，10 个大中城市，中央 40 个部（委）、局对口支援三峡库区移民，进一步促进了库区产业发展，推动了移民的搬迁安置。



雄伟的三峡大坝就在眼前，正是为了它的早日建成，2001 年 5 月 14 日，重庆三峡库区云阳县故陵镇 1024 名移民远离故土，踏上了外迁江苏如东县的旅途

宣传移民，关心移民，形成了为世人称颂的三峡移民精神——顾全大局的爱国精神，舍己为公的奉献精神，万众一心的协作精神，艰苦创业的拼搏精神。正是由于广大移民群众付出的艰辛和奉献，使三峡工程 2009 年按期完工，2010 年 10 月开始全面发挥显著的综合效益。

三峡移民搬迁到了哪里？生活如何？

三峡移民搬迁安置是按照分期蓄水、连续移民、与三峡枢纽工程二期进度相衔接的原则组织实施的。

三峡库区城镇移民，全部由旧城镇搬迁到新城镇，仍然从事自己原来的职业。三峡库区建成整体搬迁的新县城8座，建成部分被淹、部分搬迁的城市2座和县城2座，建成整体搬迁、部分被淹和部分搬迁的新集镇106座。由于新城镇规模扩大，环境优美，基础设施较为完善，子女上学、看病就医较为方便，绝大多数移民的生活水平好于搬迁前水平。但新城镇占地范围内的农民转为城镇居民后，少数移民由于文化水平低、缺少经营能力和一技之长，生活水平较搬迁前有所下降；还有少部分原来以门面经营商业为生的“纯居民”，由于新城镇的门面房数量和面积均较旧城镇扩大了8～10倍，营业额和利润下降，使其生活水平较搬迁前也有所下降。



奉节老城

奉节移民新村

三峡库区农村移民的安置在1999年前以就地后靠为主，这种方式成本低，且符合移民“离土不离乡”的愿望。但后靠安置也带来一定负面影响，如土地面积不足，人地、人水关系紧张，毁林开荒、水土流失等。1999年国家对农村移民安置政策作出重大调整，把本地安置与异地安置、集中安置与分散安置、政府安置与自找门路安置结合起来，鼓励和引导更多的农村移民走出库区外迁安置。三峡库区共外迁农村移民19.6万人。湖北省的外迁农村移民，全部安置在本省非库区农村。重庆市的外迁农村移民，除在本市非库区农村安置外，还外迁到上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、湖北、湖南、广东、四川11个省（市）的农村进行农业安置。



外迁移民赴广东

11个省（市）选择了自然条件较好、经济相对发达、土地容量较为充裕、民风淳朴的村、组，作为外迁移民的安置点。坚持了以农为本的原则，外迁移民承包的耕地、自留地、宅基地不低于当地农民的平均水平，并积极帮助和引导他们以市场为导向发展生产。

三峡库区外迁农村移民的生产条件和生活水平，绝大多数较搬迁前有所提高。就地后靠的农村移民，由于采取“坡地改梯地”、建设田间蓄水池、种植适销对路产品、发展高效生态农业和设施农业等措施，多数农村移民收入增加，生活水平较搬迁前有所提高，但也有少数的耕地较少的农村移民生活水平较搬迁前持平或略有下降。国家有关部门正在积极采取措施，使百万移民都能够安稳致富。

三峡移民工程搬迁了多少工矿企业？

三峡水库淹没线以下需要搬迁的有1632户工矿企业。其中大型6户，中型26户，小型1600户。

三峡库区的小型企业普遍规模小，产品雷同，多为小水泥厂、小化肥厂、小造纸厂、小酒厂、小机械厂、小印刷厂等。多数小型企业管理落后、设备陈旧、污染环境、产品销路不畅，经济效益很差，平均资产负债率达113%，亏损企业占70%以上。如果原样搬迁，势必丧失机遇，浪费移民资金，形成新的亏损源和污染源。

1999年国务院三峡建委决定调整淹没工矿企业迁建政策，把搬迁与企业结构调整相结合，着力点放在结构调整、改进质量和提高效益上。实行了破产关闭一批，扶优扶强一批，与对口支援名优企业合资合作一批的“三个一批”政策。

在优惠政策引导和鼓励下，1632家搬迁工矿企业，依法破产、关闭1102家，保留530家，合并重组为406家。对于破产关闭企业的职工，库区各级政府妥善安置，使他们的基本生活得到了保障。经过关停并转的搬迁企业，保存了活力，焕发了青春。

例如，重庆市涪陵区的太极集团，其前身是涪陵中药厂，靠职工用手工制作中药丸经营。搬迁新厂后，引进人才和新药急支糖浆，逐渐发展壮大，成功上市，成为拥有几十亿资产的集团企业。

再如，湖北省兴山县的兴发化工集团，其前身是兴山县化工厂，主要生产黄磷。移民补偿资金9000万元后，搬迁发展为兴山化工总厂，又发展为上市的兴发化工集团，产品已达10余个系列50多个品种，畅销30多个国家，年销售收入近百亿元。



外迁江苏南通的三峡库区移民

43

国家是如何对三峡库区移民搬迁安置资金进行监管的？

三峡库区移民搬迁安置所需资金，实行“静态投资，动态管理”的投资管理模式。按照国家批准的初步设计概算和 1993 年 5 月价格水平，确定三峡移民搬迁安置静态投资为 400 亿元，后来根据移民搬迁安置出现的新情况、新问题和政策调整，新增静态投资 130.04 亿元，静态总投资为 530.04 亿元，按照静态投资进行包干控制。动态管理，即考虑物价上涨等因素，得出动态投资，按项目动态投资进行拨款。三峡库区移民搬迁安置资金支付的总动态投资为 856.53 亿元。

三峡移民搬迁安置费用除勘测规划费、科研费、滑坡处理监测费、50% 的基本预备费，合计 30.94 亿元由中央根据移民工作实际需要统筹安排使用外，其余的费用按照移民数量和淹没实物数量的多少切块给湖北省、重庆市包干使用，其中重庆市约占 85.5%；湖北省约占 14.5%。

移民补偿资金的每一元钱都对应有移民搬迁安置的规定任务，任何损失和浪费都会影响移民搬迁安置任务的完成和移民政策目标的实现，都会损害移民的合法权益。因此为管好用好移民补偿资金，建立移民资金监督体系十分重要和必要。

三峡工程库区的移民资金监督体系（移民资金监督网），是由纪检监察部门牵头，移民、审计、检察、银行等部门参加的，省（直辖市）、地、县三级的移民资金监督网。他们的主要做法是：一是定期或不定期地开展联合检查，使移民资金管理的各项政策、法规，真正贯彻落实到基层；二是严肃查处违法、违纪案件，维护移民资金管理政策、法规的严肃性。通过他们的工作，违规违纪比例逐年下降，违法案件大量减少，为移民任务的顺利完成，发挥了不可替代的作用。

为什么要对口支援三峡库区移民？效果如何？

三峡工程是全国人大批准建设的国家重点工程。三峡库区20个区县中，多数地处贫困山区，是连片的国家级贫困县，移民数量大，安置任务艰巨。做好三峡库区移民工作，不仅是湖北省、重庆市的任务，还需要全国人民的大力支持。1992年，国务院办公厅发出了《关于开展对三峡工程库区移民工作对口支援的通知》。随后，国务院针对对口支援三峡工程库区移民工作，出台了一系列优惠政策，明确了对口支援工作的方针是：优势互补，互惠互利，长期合作，共同发展。

全国有20个省（自治区、直辖市），10个大中城市，中央40多个部（委、局）等承担了对口支援任务。一大批名优企业和名牌产品落户三峡库区，有的在库区独资办厂，有的与库区搬迁企业合作或合资办厂，使库区建立起信息、建材、家电等全新的支柱产业。



新建三峡金盆小学



杭州娃哈哈集团对口支援库区建设

例如，浙江省对口支援涪陵区后，杭州娃哈哈集团与该区 3 家濒临破产的搬迁国有企业合资，成立了涪陵分公司，不但妥善安置了搬迁企业职工，还成为涪陵区的利税大户，跻身重庆市工业企业 50 强。娃哈哈集团还对口支援湖北省宜昌市，成立了宜昌分公司，不但安置了移民就业，也成为宜昌市的利税大户，既支援了库区，又壮大了自己。

国家部（委、局）和有关省、自治区、直辖市，对库区经济发

展给予政策支持，无偿支援区、县建设希望学校、医院、敬老院、图书馆（室）、福利院、广电中心、科技中心、培训中心等社会公益机构和道路、桥梁等基础设施。

截至 2010 年年底，对口支援方共投入资金 898.08 亿元，其中经济合作类项目到位资金 858.02 亿元，无偿援助社会公益、基础设施类项目到位资金 40.06 亿元。援建希望小学 380 所，对口支援项目安置移民 2.9 万人次，安排移民劳务 9.5 万人次，培训移民各类人才 4.4 万人次，干部交流 903 人次。

对口支援三峡库区移民，中华民族创造了国内外工程移民史上的奇迹，充分体现了我国社会主义制度的优越性。它是一段史诗，更是一曲壮歌。三峡库区为感谢支援省市的无私援助，所有新县城都有以支援省市命名的街道：广东路、上海大道、辽宁市场、江苏路……每一个地名，都凝聚着同胞的深厚情谊。



湖北省巴东新城及大桥

第五篇

电耀中华

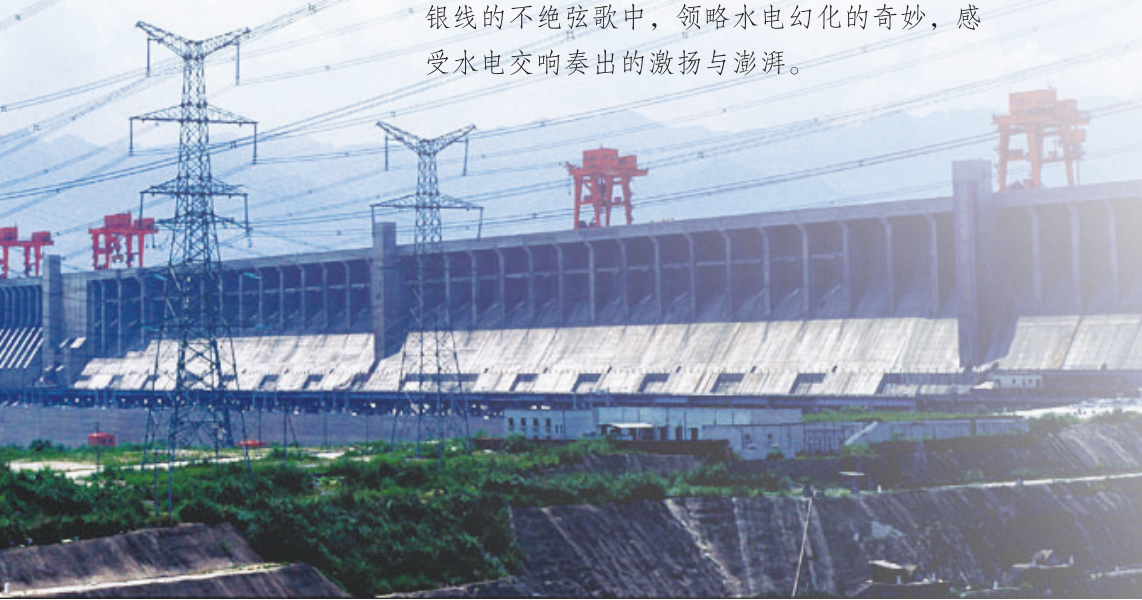
三峡输变电工程



当世界上一些发达国家的水能资源已几近全部开发的时候，中国，这个拥有世界最大水资源蕴藏量和可开发量的国家，水电能源的开发利用率却只有1/3。“滚滚长江向东流，流的都是煤和油”，在能源危机和环境危机日益凸显的今天，水电作为唯一一种技术经济上可以大规模利用的可再生清洁能源，其开发应该引起我们的足够重视。

三峡水电站每年882亿~1000亿千瓦时的强大电能，通过三峡输变电工程搭建的电力“高速公路”，跨越千里输送到华中、华东、华南和川渝地区，惠及半数国民。三峡水电站和三峡输变电工程的建成和运行，奠定了以三峡电力系统为中心的全国联网格局。

水漾于斯，势能滂沱。铁塔展翼，银线翔天。本篇将带您走近三峡输变电工程，在千里银线的不绝弦歌中，领略水电幻化的奇妙，感受水电交响奏出的激扬与澎湃。



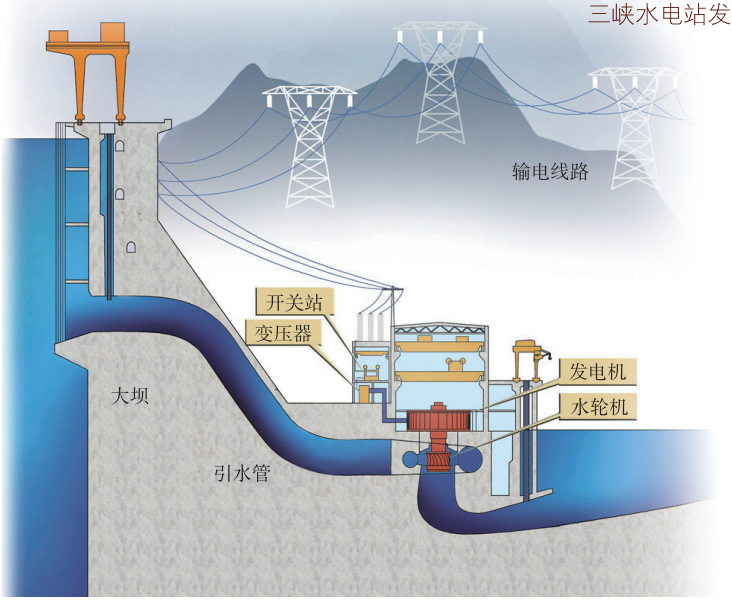
45

三峡水电站是怎样利用长江水发电的？

在大坝建成、水库蓄水后，大坝上游水库内的水位与下游的水位，形成了一定的水位差。上游水库里一定流量的水流，通过机组进水口、压力钢管冲动位于坝后较低位置的水轮机，带动发电机转动发出强大的电力。水电站发电的过程是水的势能通过水轮机转变为动能，再通过发电机转化为电能的过程。

结合三峡水电站的具体情况，三峡水库的水从水电站进水口流入内径为 12.4 米的引水管，进入水轮机之中。含有强大势能的水流以巨大的冲击力使水轮机以每分钟 75 转（有 4 台机组 71.4 转）的速度转动起来，带动同一根主轴上的发电机也以同样的速度运转，发电机即可发出强大的电力。当水库上下游水位差在 78 ～ 113 米变化时，三峡水电站平均每 5.3 ～ 3.7 立方米水就可以发 1 千瓦时的电能，年发电量可达 882 亿 ～ 1000 亿千瓦时。

三峡水电站发电原理图



三峡电如何惠及半个中国？

三峡水电站发出的强大电力通过三峡输变电网络送往华中、华东、南方和川渝电网，直接受益的地区有华中、华东、华南和川渝地区，受益人口超过全国人口的一半。



三峡电站输电范围图

图中内圈表示输送半径为 500 千米，外圈表示输送半径为 1000 千米

三峡输变电工程包括高压输电线路及塔架、升（降）压站、换流站等成套工程设备。三峡输变电工程最远输电距离达 1300 千米，而三峡发电机组发出的电力是 20 千伏的交流电，电压等级较低。要想远距离输送，必须通过变电站把电压升高，并采用超高压输电技术。交流电升压后直接输送的技术是超高压交流输电技术。为进一步减少远距离输电的线路损耗，提高输电系统稳定性，另采取了一



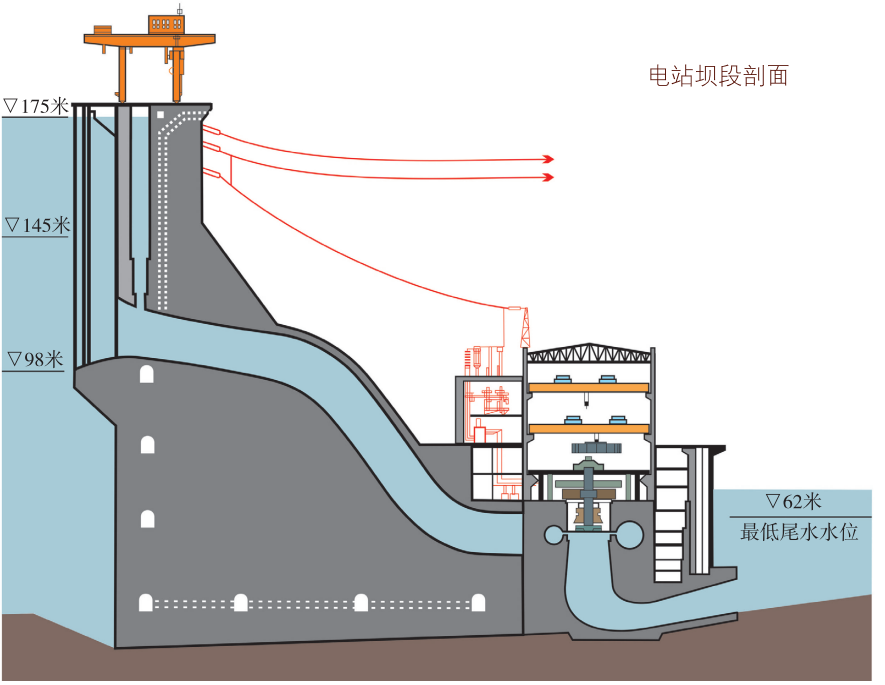
三峡电输送示意图

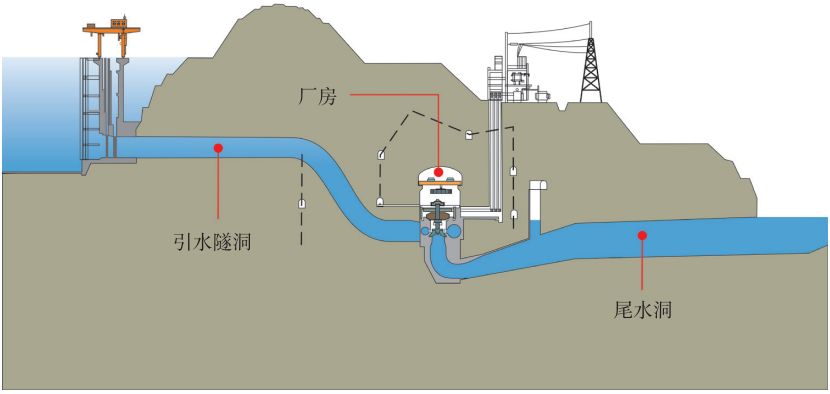
项先进技术，即超高压直流输电，通过换流站把超高压交流电转换成超高压直流电，在用电地区再通过换流站将直流电重新转换成交流电。

设立送电通道：根据三峡供电用电地区的规划，三峡输变电工程的输电线路共有交直流 16 回（交流输电线路的 3 根导线或直流输电线路的 2 根导线组成的每一个输电通道称为 1 回），输往指定的电网。

升压输送：把 20 千伏的交流电送到升压变电站成为 500 千伏的超高压交流电。

电站坝段剖面





地下电站剖面

送往华中和川渝电网的电力，通过 500 千伏超高压交流输电线路，直接送往用电地区。

送往华东和南方电网的电力，要先送往换流站，把超高压交流电转换成 ±500 千伏超高压直流电，再通过直流输电线路，远距离送往用电地区。

三峡水电站输送电力的地区，多为经济发达地区，长期承受缺电之苦。三峡输变电工程的建设，将源源不断的三峡电能输往这些地区，极大地缓解了电力供应的紧张局面，为国民经济发展提供了强有力的能源支撑，对实现我国能源合理配置具有显著的经济效益和社会效益。截至 2011 年年底，三峡水电站从 2003 年首批机组发电以来，共累计发电 5307 亿千瓦时，送往各电网比例为：华中电网 38.3%（含少量送往川渝电网电量）、华东电网 41.0% 和南方电网 20.7%。

知识链接 超高压

在电力传输领域，“高压”的概念是相对的，也是在不断调整的。目前对电压等级范围的划分规定为：35 千伏及以下电压等级称为配电电压；110 ~ 220 千伏电压等级称为高压；330 ~ 750 千伏电压等级称为超高压；1000 千伏及以上电压等级称为特高压。750 千伏是什么概念呢？就是相当于我们家里所用 220 伏电压的 3400 多倍。

三峡输变电工程有什么特点？

47

三峡输变电工程是世界上覆盖面积最广、受惠人口最多、建设规模最大的输变电工程。其中，最大输电距离达 1300 千米。沿线山地约占 60%，地形、地貌、气象、环境条件复杂。跨越县级行政区划 163 个，跨越长江、汉江等大型通航河流 164 次，跨越高速公路、铁路等骨干交通线路和高等级电力、通信线路 500 余次，施工难度在我国前所未有。

为了提高输电线路输送功率（同样线径和材质的输电线路，其输送功率与电压的平方成正比）、减少输电过程中线路损耗，经过我国电力系统权威专家的论证，三峡输电工程采用了当时具有国际先进水平、我国已完全掌握的 500 千伏超高压交流输电技术和 ±500 千伏超高压直流输电技术。三峡输电工程共通过 16 回 500 千伏超高压输电线路将三峡电站的电力送往华中电网的龙泉、江陵、葛洲坝、宜都、荆门 5 个交直流变电站，除部分电能在华中电网、川渝电网消纳以外，大部分电能通过换流技术将交流转变成直流后，经过 ±500 千伏超高压直流输电线路送往华东电网和南方电网。



三峡输电设备检修

超高压跨越千里的三峡输变电工程的建成，标志着一个巨大的三峡电网在我国中部崛起。三峡输变电工程运行以来，安全稳定，可靠性高，确保了三峡水电站发出的清洁能源“送得出、落得下、用得上”，为我国经济社会平稳较快发展，提供了有效的能源支撑。

三峡工程电力外送为什么采用超高压输电技术？

三峡工程是治理开发长江的关键性骨干工程，除具有巨大的防洪、抗旱、航运和生态与生产生活补水功能外，还具有巨大发电效益——设计多年平均发电量达 882 亿千瓦时。如何将强大的三峡水电站的电力经济、高效地输送到我国负荷中心，超高压输电技术（包括交流和直流）是最好的选择。

根据电工理论，为了输送一定的功率，输电线路的输电损耗与输电线路电流的平方成正比，与输电电压的平方成反比；线路电压降与输电线路电流成正比，与输电电压成反比。因此，为了提高电力传输功率、减少输送线路的功率损耗和电压降，大功率超高压远距离输电技术已成为电力输送的首选。根据国际大电网（CIGRE）的数据，340 千伏和 500 千伏线路推荐输送容量为 600 兆瓦和 1200 兆瓦。因此，从 20 世纪 80 年代起，我国已逐步建立起省域和跨省域的交流 500 千伏超高压输电骨干网（与之相应的城域电网一般采用 220 千伏及以下电压等级），三峡电力外送也采用了 500 千伏的超高压交流输电技术。

高压输电线



采用超高压直流输电技术具有以下优点：

(1) 远距离输电的经济性。与相同输送功率的交流线路相比，铜芯铝线省1/3，钢材省1/2～1/3，输电走廊占地省1/5，输电综合造价是交流线路的1/3；综合考虑交流变电站和直流换流站的造价，一般认为600千米（交流线路等价距离）以上，直流输电技术优于交流输电技术，而且随着技术的发展，这一距离还在进一步减小。

(2) 有利于提高区域电网互联的稳定性。直流输电系统的投入不会增加原有电力系统的短路电流容量；不受系统稳定极限的限制；自身的调制功能，可以增加抑制交流系统振荡的阻尼，提高电力系统暂态和动态稳定水平；能够通过换流站的无功功率控制调节交流系统电压。

(3) 直流输电工程的一个极发生故障时另一个极能继续运行，且可充分发挥其过负荷能力，即可以不减少或少减少输送功率损失。

(4) 输送功率的大小和方向可以快速控制和调节。

(5) 没有磁感应损耗和介质损耗，基本上只有芯线电阻损耗，绝缘电压相对较低。

三峡输变电工程对环境有哪些影响？

三峡输变电工程对环境的影响可分工程建设期环境影响和输变电运行期环境影响。前者是常规工程施工所遇到的环境问题，只要按照国家现行法律法规，严格执行环保“三同时”（指防止污染的措施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用）规定，即可获得较圆满的结果。而后者是输变电工程不同于其他工程，自身特有的对环境的影响，如工频电场、静电感应、工频磁场、电磁感应、无线电干扰、电视干扰、噪声等。工频电场、磁场、无线电干扰虽然会对人们的生活环境和生活质量产生一定的影响，但其随距离延长而衰减得很快，对输电线路来讲是一个狭窄条带，对于变电站和换流站来讲是一范围有限的点式区域。通过采取杆塔、导流、对地高度等一系列措施，三峡输变电工程产生的电场强度、磁感应强度、噪声和无线电干扰等均远小于标准限值。

电力设施在周围环境中所产生的工频电场、工频磁场，频率只有 50 赫兹、60 赫兹，是由电压感应出的感应电场和电流感应出的感应磁场。随着距离增大而迅速衰减，影响范围非常小。

世界卫生组织“国际电磁计划”研究自 1996 年 5 月开始至今，集中对电磁场产生的健康影响进行了全面评估，认定了输电线和配电线周围的极低频场在科学意义上的无害性，这与美国等国的研究结论一致。

50

为什么说三峡水电站是我国电网中的骨干电源？

三峡水电站和三峡输变电工程的建成和运行，对实现“西电东送、南北互供、全国联网”的国家能源战略目标具有重大意义，奠定了我国以三峡电力系统为中心的全国联网格局，使三峡水电站成为我国电网中名副其实的骨干电源。



电网互联示意图

从地理位置上看，三峡水电站恰好位于西电东送、南北互供的中心，可以东联上海、西接川渝、北达京津、南至广州，是全国联网的中枢和最为理想的能源基地。

从电力特性上看，三

峡水电站发出的电力不仅清洁环保、价格低廉、保证率高，而且调峰能力以及与火电互补能力很强，因此，三峡水电站对提高电网运行的经济性、安全性、灵活性和可靠性都具有重要意义。

巨大的三峡电力系统在我国中部崛起，北联华北电网和西北电网，东联华东电网，南联南方电网，使我国互联电网的规模仅次于横跨美国、加拿大和墨西哥的北美联合电网。巨大的联网效益日益得到发挥，标志着我国建设和管理大电网的能力和水平已跃居世界前列。



三峡输电出线

自 2003 年以来，我国电力负荷持续快速增长，煤、电、油、运全面紧张。三峡水电站发电以后，国家电网公司充分发挥三峡水电站的作用，利用三峡输变电系统西电东送的能力，合理调度三峡及四川水电，与华东、南方电网火电充分进行了互补交换，有效缓解了电力供应的紧张局面，三峡水电站作为我国电网骨干电源的重要地位得到了验证。

三峡工程输电线

51

三峡输变电工程建设有哪些科技创新？

我国通过三峡输变电工程建设，技术水平产生了质的飞跃，高山大河、沟壑天险再也无法阻挡输变电工程大军前进的步伐。输变电工程的设计、施工、管理均跃居世界领先行列。

在交直流线路架设方面，应用了合成绝缘子、大容量大截面导线、配套金具、防振防冰技术、数字地形与地貌模型、新型张力放线及动力伞放线、同塔双回紧凑型铁塔，还实现了输电线路三峡船闸和长江大跨越。



湖北龙泉换流站

在交流输变电设备制造方面，达到了国际先进水平。应用了国产化计算机监控和保护、500 千伏静止无功补偿和磁控型可控电抗器；建成了跨区电网动态稳定监测预警系统、当今世界上最大的互联电网在线仿真系统和全国 70 多个水电站水调自动化系统。

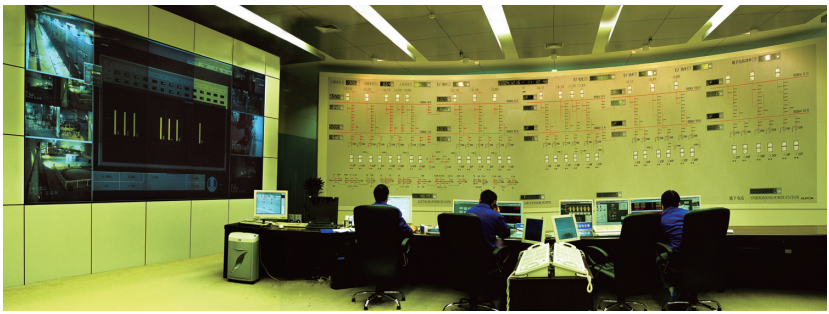
在直流输电技术和设备制造方面，距三峡水电站 100 千米范围内，建成了 4 座换流站，堪称世界上规模最大的直流送端系统，跨越千里把三峡电力送往华东和南方电网，其技术、设备和运行水平均达到国际先进水平。上述创新，都是拥有自主知识产权的创新，使我国 ±500 千伏直流输电技术和设备制造，实现了由完全依赖进口到全面国产化的跨越。



三峡左岸电站过电压保护 GIS 室

三峡输变电工程于 2011 年 1 月荣获“2010 年度国家科学技术进步一等奖”。共累计完成 130 余项国家和行业重点科技

攻关项目，实现重大自主技术创新 20 多项，获国家级科技进步奖 3 项、授权专利 119 项，攻克了一系列关键技术难关，先后颁布国家和行业技术标准 27 项。在三峡输变电工程建设中，还应用了我国独创的电力系统安全稳定控制理论和方法，研究制定了全国电网的调度体系和调度原则，建设了规模最大、技术最为先进的电力调度通信系统，大大提高了我国驾驭大电网的能力和水平。



三峡电站中控室



江苏政平换流站

第六篇

国是民生

三峡工程的运行和效益





2010年，当一场超过1998年长江大洪水的洪峰呼啸而至，科学调度的三峡工程防洪体系，以大音希声的淡定伏波安澜，立下抗洪首功，向世人展示了“长缨在手，敢缚苍龙”的气度。

作为当今世界上承担综合功能任务最多的水利水电项目，三峡工程在防洪、发电、航运、水资源配置、节能减排与生态环保等方面的综合效益正初步显现：镇锁洪魔，护佑荆江两岸；水力发电，构筑能源动脉；改善航运，畅通“黄金水道”；供水补水，涵养流域生态……三峡工程所发挥的效益，惠及民生所系的方方面面。

楼船箫鼓，帆影婆娑。一江春红，静流入歌。本篇将带您摇开青碧的水影，体味三峡工程带给这条大江的改变。

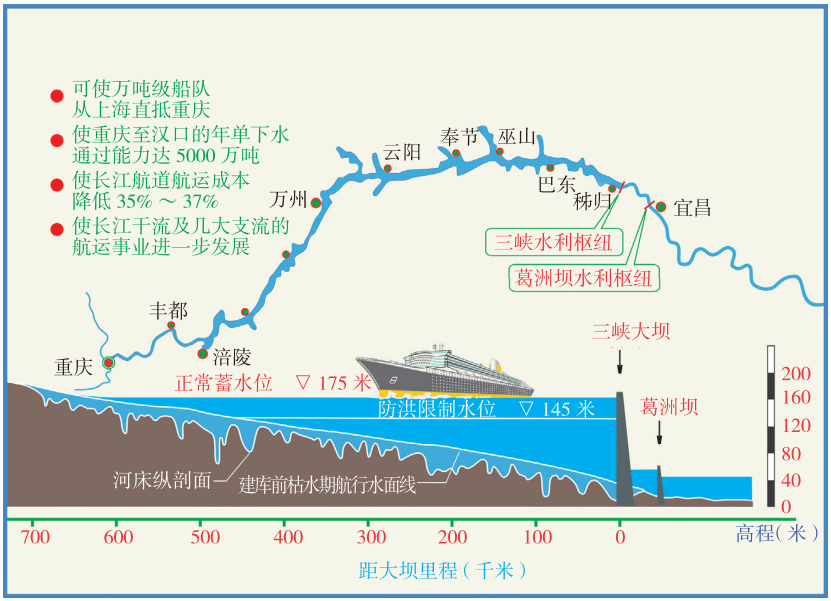
三峡工程具有什么样的综合功能和效益？

三峡工程是治理开发长江的关键性骨干工程，也是世界上承担综合功能任务最多的水利水电工程，通过科学调度，可以发挥巨大的防洪、发电、航运、水资源配置、节能减排与生态环保等综合效益。

防洪、抗旱、供水三项功能具有不可替代性：三峡工程建成后，江汉平原最薄弱的荆江河段防洪标准从十年一遇提高到百年一遇，可有效保护 1500 万人口和 2300 万亩耕地。三峡枢纽工程从 2003 年运行以来，多次进行防洪调度，成功发挥了拦洪错峰的作用。2010 年汛期，三峡枢纽工程经受了第一次较大洪水的考验，最大入库洪峰流量达 7 万立方米每秒，经水库削峰后仅以 4 万立方米每秒下泄，确保了长江中下游防洪安全。汛期累计拦蓄洪水 266 亿立方米。2011 年，北半球多个国家和地区发生罕见旱情，我国长江中下游部分地区遭遇了百年一遇的大面积干旱，三峡水库累计向下游供水 220 亿立方米，有效改善了中下游生活、生产、生态用水和通航条件，为缓解特大旱情发挥了重要作用。

航运、渔业、旅游三项功能虽可替代但极为重要：三峡工程蓄水后，改善了长江川江（重庆市至湖北省宜昌市之间的长江河段）660 千米河道通航条件，万吨级船队可从上海直达重庆，船舶运输成本降低 1/3 以上，使长江成为名副其实的黄金水道。自 2003 年三峡船闸通航以来，通过三峡船闸的货运量逐年增长，至 2011 年，累





三峡工程航运效益

计通过的货运量达 5.4 亿吨。其中，2011 年货运量已突破 1 亿吨。长江航运业的蓬勃发展，有利于东西部经济社会协调发展。三峡水库蓄水后，库区及上游经济鱼类资源增加，2011 年实施的水库生态调度，促进了中下游经济鱼类繁殖，为发展渔业、改善环境、增加就业和提高民众生活质量带来有利影响。三峡工程蓄水后，原有三峡美景并未受太大影响，又增添了高峡平湖等新景观。三峡坝区成为中外游客重要的旅游目的地，游客数量连年攀升，2011 年达到



175 万人次。三峡工程正发挥其工业旅游典范效应，带动长江三峡旅游，进而促进长江黄金旅游带形成。在支持沿江旅游服务业发展，增加就业、促进产业结构调整的同时，改善环境。

发电功能虽可替代但效益无可比拟：三峡电站总装机容量达 2250 万千瓦，约占 2010 年全国电力和水电装机容量的 2.3% 和 10.5%；多年平均发电量 882 亿千瓦时，分别约占 2010 年全国总发电量和水电发电量的 2.1% 和 12.9%。截至 2011 年年底，三峡电站累计发电量已超过 5307 亿千瓦时，分送华东、华中、南方和川渝电网，为国民经济发展注入了强大动力。三峡电站的建成，还促进了全国电力联网，对获得地区之间的错峰效益、水电站群之间的电力补偿调节效益和水电火电容量交换效益、保证电力的可靠性和稳定性发挥了积极的作用。

自 2003 年水库初期蓄水、首批机组发电、三峡船闸试通航以来，三峡工程初步设计的运行条件已发生深刻变化，三峡工程效益的发挥正逐步实现“两个转变”：

工程功能由被动发挥向主动发挥转变：在时间上，不仅关注雨情和水情，也关注长期的气候变化；不仅关注汛期的防洪问题，也关注枯水期的抗旱和供水问题。在空间上，不仅关注枢纽上游 100 万平方千米流域面积，也关注下游 80 万平方千米流域面积；使流域梯级水库群信息共享，科学测报，统一联合调度。

工程任务从重点发挥向全面发挥转变：从最初重点关注防洪、发电、航运三大功能发挥，扩展到防洪、抗旱、供水、航运、渔业、旅游、发电七项功能全面发挥。通过统筹三峡枢纽的防洪调度、抗旱调度、供水调度、航运调度、生态调度、泥沙调度、发电调度七个调度，充分发挥枢纽的防洪、发电、航运、水资源配置、节能减排与生态环保等综合效益。

知识链接　“十年一遇”“百年一遇”……

水利水电行业常提到“十年一遇”、“百年一遇”、“千年一遇”或“万年一遇”洪水，这都是水文统计学的概念。当上游来的洪水流量发生的概率为10%时，习惯上称其为十年一遇洪水；当洪水流量的概率为1％时，称其为百年一遇洪水；以此类推。

如何处理三峡工程的发电效益与防洪、抗旱等效益之间的矛盾？

三峡工程的发电效益与防洪、抗旱、航运、供水与补水效益等存在一定的矛盾。如何解决这些矛盾，有两条基本原则：一是强调社会责任，二是讲究科学调度。

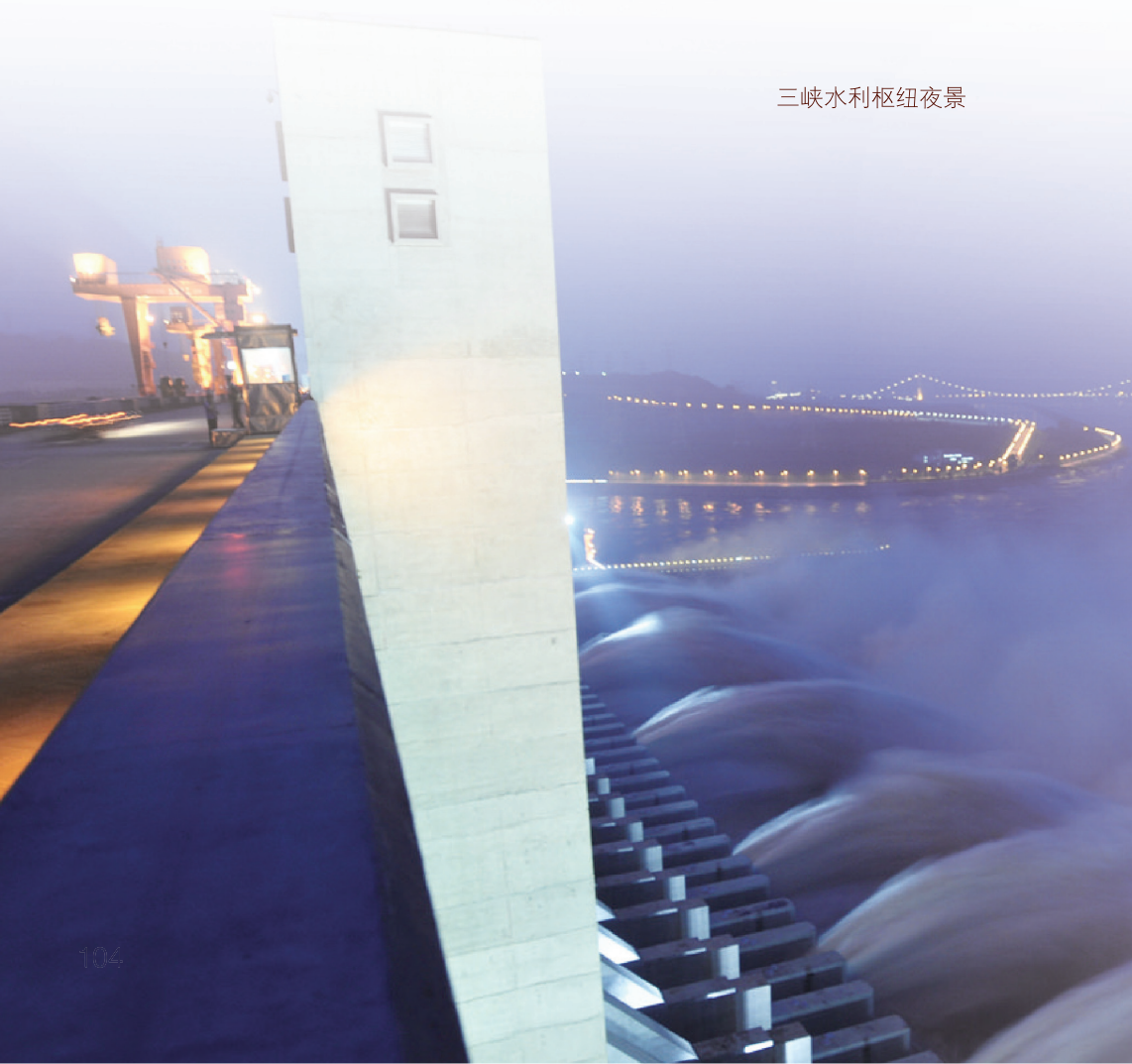
社会责任大于天，经济效益服从社会效益。三峡工程是一个民生工程，兴建三峡工程的首要任务是防洪。作为三峡工程运行企业的中国三峡集团始终把防洪放在第一位，以保证中下游防洪安全为己任，汛期严格执行国家防汛抗旱总指挥部（简称国家防总）和长江防汛抗旱总指挥部（简称长江防总）的调度命令，当防洪、抗旱、航运、供水与补水等社会效益与发电效益发生矛盾时，必须保证社会效益。

讲究科学，对水库进行科学调度，化解或减少矛盾的产生。实际上早在三峡工程初步设计和运行调度规程中已充分考虑并协调了诸多效益的关系，一一进行了规定，保证了三峡工程运行后，各种效益都能充分有序地发挥作用。如果发电效益与其他效益发生矛盾，社会效益排在首位，对其他效益按保证民生效益最大化的原则，进行科学调度，使各种效益相得益彰。

知识链接 水库调度

水库调度指运用水库的调蓄能力，按来水蓄水实况和水文预报数据，有计划地对入库径流进行蓄泄调节。在保证工程安全的前提下，根据水库承担任务的重要性，按照综合利用水资源的原则进行调度，以达到防洪、兴利（发电、航运、供水等）以及生态环境保护等多目标优化，最大限度地满足国民经济各部门的需要。

现阶段执行的“145 米—175 米—145 米”水库调度方案，就是考虑了上下游各种因素而确定的。进入 9 月中旬，三峡水库开始蓄水，10 月底蓄水至正常蓄水位 175 米。12 月至次年 3 月，长江上游来水量逐渐变小，为了保证大坝下游航道畅通、下游地区枯水时段的用水需求，三峡水库的下泄流量大于上游来水量。此时，水库水位降低，发电水头也在减小，水轮发电机组的发电量也随之逐渐减少。这一过程有力地说明，三峡工程是在确保了防洪、航运、供水和补水效益的前提下，兼顾了发电效益。



三峡水利枢纽夜景

为什么把防洪作为三峡工程的首要功能？

54

三峡工程在防洪、发电、航运等方面都有具体的效益，但防洪是兴建三峡工程的首要任务和功能。这是由长江中游防洪的严峻形势和三峡工程在长江防洪体系中的重要地位所决定的。就三峡工程的必要性和不可替代性来说，需要从江湖的历史演变中加以认识。

沧海桑田的变化，是地球表层运动的规律。现代长江和三峡的形成就是一个生动的例证。长江三峡的形成，是20世纪以来地质界研究的热点。曾经众说纷纭，直到最近十多年，由于宜昌地质矿产研究所和其他机构的大量工作，才大体上取得了共识。

长江在三峡以上，有100万平方千米的流域面积，主要是从昆仑山以南到巫山以东的山区，形成金沙江、雅砻江、大渡河和嘉陵江等支流，总称为川江水系或称古金沙江水系。在喜马拉雅运动和青藏高原崛起以前，现三峡筑坝处的黄陵背斜是古金沙江水系和古长江水系的分水岭，金沙江水系向南流入红河，黄陵背斜以西包括香溪的峡江水系是古金沙江的东支，向西流入金沙江。古长江发源于黄陵背斜的东侧。青藏高原的崛起，带动了我国西南地区的抬高，横断山脉形成后又封锁了古金沙江水系的南下，造成金沙江、雅砻江和大渡河相继从南向转为东向，峡江水系也逐渐从西向掉头向东，黄陵背斜两侧的古金沙江和古长江两大水系，不断地从西和东两个不同方向延伸和侵蚀分水岭，直至距今大约70万年，开始贯通黄陵背斜，形成现在的三峡景观。古金沙江水系即现在的川江水系成为现代长江的上游，古长江成为现代长江的中下游。川江水系的合并，使现代长江与古长江相比，长度增加2倍，流域面积增加1倍多，成为浩浩荡荡的大江。但上游山区暴雨形成的川江洪水，经三峡奔腾而下，进入古长江河道也就是现代长江的中下游河道时，必须有一个调蓄洪水的处所。

在东汉以前的漫长时期，长江出三峡后，首先进入云梦泽。江水漫流于云梦泽的湖沼湿地，河湖不分，逐渐沉积为荆江三角洲。南宋以后，荆江三角洲继续扩大，成为江汉平原，在其南侧形成现

在的荆江河道。江汉平原形成后，随着土地的围垦开发，江堤逐渐连接加固，到明朝嘉靖年间，形成现在的荆江大堤。从此，调蓄长江洪水的云梦泽，演变为荆江大堤保护的江汉平原，云梦泽成为中国历史地理中的一个古迹。

随着云梦泽的消亡，荆江南岸的洞庭湖逐渐形成和发展。当云梦泽存在的时候，洞庭地区是一片河网湖沼平原，现在称为洞庭水系的湘、资、沅、澧四水，在东汉以前是分别流入长江的支流。到东晋南北朝时，由于江汉平原的扩展和云梦泽的萎缩，长江水位逐渐抬高，洪水开始侵入洞庭地区，逐渐形成洞庭湖。1860 年和 1870 年的长江两次特大洪水，使荆江南岸堤防决口，并冲出了长江洪水进入洞庭湖的两大通道：藕池河和松滋河。入湖洪水同时带入大量泥沙，在洞庭湖的发展中孕育了它的消亡。据 1825 年的图志测算，当时洞庭湖的面积约 6000 平方千米，容积约 400 亿立方米。以后湖底不断淤高，大片洲滩露出水面，土地被围垦开发，洞庭湖的面积和容积都迅速缩小。1949 年，湖面积减为 4350 平方千米，容积减为 290 多亿立方米；1983 年，湖面积继续减为 2691 平方千米，容积减为 170 多亿立方米。昔日八百里洞庭的大湖景观，已被大片圩垸林立的平原分割成三个由洪道相连的湖泊。洞庭湖随云梦泽之后，也在走向萎缩以至消亡。

到三峡工程论证时，荆江两岸的江汉平原和洞庭地区，人口已达 1500 万，耕地 2300 万亩，成为我国重要的工农业生产基地。面对洞庭湖的不断萎缩，长江中游洪水如何调蓄，已成为自清代以来的治江难题。在中华人民共和国成立前的 100 年，除了努力培修堤圩外，别无他法。新中国成立后，人们尽了最大努力加高加固堤防圩垸，使荆江河道的泄洪能力（包括向洞庭湖分洪）达到 6 万多立方米每秒，加上平原临时分洪和防汛抢险，可勉强抵御 8 万多立方米每秒的洪峰。但据近 800 多年的历史记载，荆江洪峰来量超过 8 万立方米每秒的有 8 次，其中 1870 年达到 10.5 万立方米每秒。如果再遇这样的洪水，荆江南岸的堤防势必漫溢溃决，洪水将横扫洞庭湖的圩垸。由于洞庭湖分蓄洪水的能力比 1870 年大大降低，北岸荆江大堤仍有溃决危险。万一荆江大堤决口，洪流将以十几米的水头直泻江汉平原，武汉市将受到严重威胁。总之，无论荆江南溃或

北溃，都将造成不堪设想的灾害，不仅是湖北和湖南两省的毁灭性灾害，也将影响全国的经济大局。这种危险随着洞庭湖的萎缩而日益加剧。

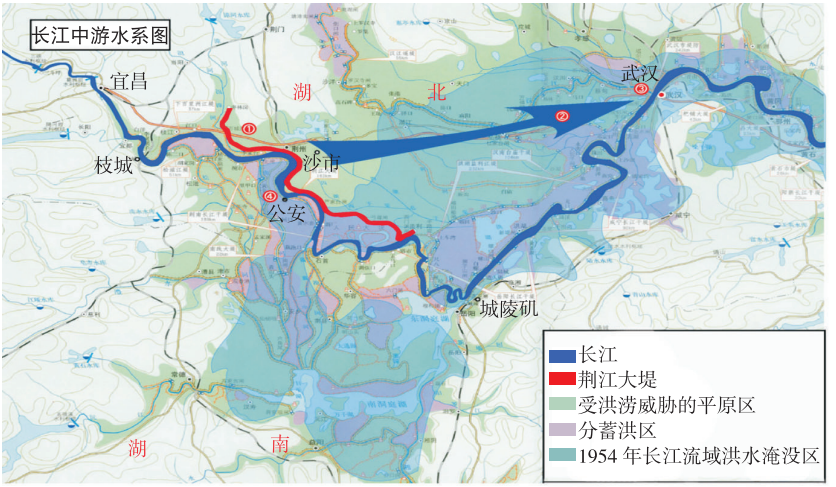
“万里长江，险在荆江”，其防洪标准只有十年一遇，在全国七大江河中标准是很低的，与其保护的工农业精华地区的重要地位极不相称。据历史资料统计，自西汉初年至清末的2000多年间，共发生较大洪水214次，平均每10年一次。汛期荆江河段的洪水，成为洞庭湖区和江汉平原的严重威胁。例如最近发生的1998年洪水，发生在三峡工程建设期间，洪峰次数多、水位高、持续时间长，近700万军民在长江两岸大堤上用血肉之躯严防死守，虽使大洪水造成的灾害最大限度地减小，但仍然造成358.6万亩农田受灾，212.85万间房屋倒塌，3004人死亡，直接经济损失约1660亿元。



1998年长江发生洪灾时的嘉鱼县乡村



1998年湖北省荆州郝穴荆江大堤上被洪水淹没的镇江铁牛



长江中游水系图

经过几十年的研究，最后认为，只有以三峡工程调节川江的洪水，才能保证长江的长治久安。三峡工程正建在当年川江水系和古长江的分水岭黄陵背斜处，其意义在于：运用现代科学技术，修建一座人工水库，控制和调节川江洪水，以淹没几十万亩山区土地的代价，获得近 400 亿立方米的库容，其中防洪库容 200 亿多立方米，超过洞庭湖的容积，以此换取 2300 万亩平原耕地的安全。依靠现代科学技术，可以控制水库的蓄泄，其调控洪水的能力和可靠性将远远超过洞庭湖的自然分洪，并大大减少进入洞庭湖的泥沙，从而延长洞庭湖的寿命；依靠现代的科学技术，可以控制水库的淤积，从而长期保持三峡工程的有效库容；依靠现代科学技术，可以开发巨大的水能资源，使水电的产出补偿投入，从而使水库建设在经济上成为可行；依靠现代的科学技术，可使水库建设不致妨碍航运，而且还可适当改善航运。

纵观长江中游人与河流的发展史，我们只能求助于现代科学技术，才能在江河演变中争取主动，使人与长江和谐发展。因此将防洪功能作为三峡工程的首要功能。

三峡水库是怎样进行防洪调度的？

根据《中华人民共和国防洪法》的规定，凡承担防洪任务的水库，汛期防洪限制水位以上的防洪库容，由国家或省级防汛部门负责调度。

三峡工程是长江中下游防洪的关键工程，科学的调度原则是，必须统筹兼顾干支流、上下游和左右岸。在每年汛期，三峡水库要提前腾出防洪库容，其 221.5 亿立方米防洪库容由国家防总和长江防总负责调度。

按目前的调度规程，防洪调度权限划分的具体规定为：当汛期三峡水库上游来水不超过 25000 立方米每秒，可以保证荆江河段的水位和流量安全时，原则上由水库管理单位负责调度，此时水库水位不超过防洪限制水位 145 米；当上游来水超过 25000 立方米每秒，荆江河段起点——枝城流量小于 56700 立方米每秒时，原则上由国家防总授权长江防总负责调度；当枝城流量超过 56700 立方米每秒，长江防总提出调度方案上报国家防总，由国家防总下达调度命令。

“万里长江，险在荆江”。枝城是荆江河段的起点，荆江河段的安全泄量是 56700 立方米每秒。按照枝城的洪水流量制订防洪调度方案，下达调度命令，是为了保证江汉平原和洞庭湖区的防洪安全。

56 三峡工程如何应对“百年（千年、万年）一遇”的大洪水？

三峡工程具有防洪库容 221.5 亿立方米，防洪效益及其连带的环境保护效益十分显著。如遇“百年一遇”、“千年一遇”、“万年一遇”洪水时，三峡工程经过科学调度，可以充分发挥防洪功能，使长江中下游的防洪险情减少或者化险为夷。而遭遇超过“万年一遇”的极端大洪水，则需要考虑确保大坝的安全。

防洪首要功能：可使荆江河段防洪标准从“十年一遇”提高到“百年一遇”。遇到类似 1998 年洪水或百年一遇（洪峰流量超过 8.37 万立方米每秒）洪水时，经三峡水库调蓄后，可控制枝城流量不超过 56700 立方米每秒（这是沙市或荆江大堤安全通过的流量），沙市水位不超过 44.5 米，可不启用荆江分洪区和其他分蓄洪区。此时，三峡水库的最高蓄水位仅为 166.70 米，滞蓄洪水量为 143.3 亿立方米，尚有一定备用防洪库容。



三峡工程使荆江河段能承受百年一遇洪水

减少洪灾损失功能：遇百年一遇洪水，三峡工程可确保长江中下游安澜。遇百年一遇以上洪水，三峡水库的泄洪要始终控制沙市水位不超过 45 米。遇千年一遇（洪峰流量超过 9.88 万立方米每秒）洪水，三峡水库蓄水位最高蓄至 174.69 米，滞蓄洪水量为 220.0 亿立方米，三峡工程与荆江分洪区和其他分蓄洪区联合，可保障荆江堤防安全。遇 1870 年大洪水（洪峰流量超过 10.5 万立方米每秒），通过三峡工程与荆江等多个分蓄洪区的调度，可避免江汉平原发生毁灭性灾害。

错峰调节功能：经过水库调度，可避免武汉市汛期同时遭受长江和汉江等洪水袭击，提高了武汉市防洪调度的灵活性，对武汉市防洪起到保障作用。2010 年汛期，三峡水库 7 次防洪运用，累计拦蓄洪水 266.3 亿立方米，错开与汉江洪峰交汇时间，减少经济损失 266 亿元。

遇“万年一遇加 10%”校核大洪水（洪峰流量超过 12.43 万立方米每秒），三峡大坝仍可确保安全。但这样的大洪水，在三峡历史大洪水调查中，从未发生过。

上述这些看似枯燥无味的数据，是 60 多年间我国几代水利水电专家研究并经过实践检验而得出的成果，是保障长江中下游人民生命财产安全的“密码”。这些调度经验和成果使三峡工程成为安全镇守长江洪水的雄关。



黄陵庙 1870 年特大洪水痕迹
经长江委历史洪水调查时测定，洪水痕迹高程为 81.16 米



云阳县张飞庙水文题刻

1870 年洪水量 10.5 万立方米每秒，超过千年一遇洪水。此题刻为云阳县令所刻，后经长江委历史洪水调查时测定并补刻洪水高程“150.35”

知识链接 沙市水位

防汛指挥机关以沙市水文站测定的洪水水位作为荆江河段防汛调度的依据。当汛期沙市水位达到 43.5 米时，称为警戒水位，标志着长江中下游进入抗洪状态；沙市水位达到 45 米时，称为保证水位，此时应考虑使用荆江分洪区分流洪水；当遇到百年一遇洪水时，沙市水位控制在 44.5 米，标志着荆江地区防洪进入紧急状态。

有了三峡工程，长江中下游防洪就可以高枕无忧了吗？

长江中下游防洪问题并不是有了三峡工程就可高枕无忧。虽然，三峡工程防洪效益十分显著，但只是解决了最为迫切的荆江河段的防洪安全问题。有了三峡工程，出现百年（千年甚至万年）一遇的大洪水时，三峡工程可使长江中下游避免发生毁灭性灾害。但要解决好整个长江中下游的防洪问题，不能单靠一个三峡工程，必须有一整套防洪体系，在上下游采取综合措施加以治理。

上游治理措施

在长江干支流广大地区进一步搞好水土保持，加强长江中上游防护林体系建设，防止水土流失；对主要支流开展治理，在干支流上兴建水库。

中下游治理措施

加强中下游堤防建设：堤防永远是长江中下游防洪的基础设施，长江干流堤防总长约3600千米，堤防维护是一项长期而繁重的任务，不能有丝毫松懈。

加强分蓄洪区建设：现在遍布长江中下游的分蓄洪区都是已开垦利用的农业发达地区，随着经济的发展和人口的增长，运用分蓄洪区的损失也会越来越大。应尽早完善分蓄洪区管理，制定相应的政策和条例，使区内的生产生活适应防洪要求，在需要分洪时群众能及时转移并保障安全。

中下游河道整治与洞庭湖治理：河道整治工程是长江中下游防洪工程的重要组成部分，必须统一规划，通盘安排，逐步实施。洞庭湖的治理，应当继续加强重点堤防建设，加快分蓄洪圩垸的安全建设和澧水洪道与南洞庭洪道的整治，加强湖区排涝设备的更新改造与电网建设。

防洪体系措施

加强防洪管理和非工程防洪措施，如制定并严格执行长江中下游防洪的有关政策、法规与法令，建立防洪基金，实行防洪保险等。继续加强防汛预警、预报通信系统的现代化建设，应用高新技术手段研究、提高预报准确性和延长预见期，继续强化由各级行政首长负责的防汛指挥和抢险系统。另外，还须加强长江水系中小型支流和水库的治理与改善。



三峡大坝本身能够抵御多大的洪水？

58

有些读者可能把三峡大坝本身能够抵御多大洪水而不垮坝与三峡工程具有的防洪功能当作是一回事，实际上，它们是有所区别的。

一般在谈到三峡大坝抵御百年一遇、千年一遇洪水问题时，往往是指三峡大坝的防洪功能。

打铁还需本身硬。三峡大坝在设计洪水标准时就考虑了在保证其自身安全的前提下抵御多大的洪水。三峡枢纽工程为一等工程，其主要建筑物（包括三峡大坝）为一级建筑物。其设计标准是：在遇到千年一遇洪水时，三峡大坝仍能正常运行。在遇到万年一遇加10% 校核洪水时（这是长江历史上从未发生过的洪水），坝前水位180.4 米，距坝顶 4.6 米，大坝仍能安全、正常宣泄洪水。在设想最极端情况下，当洪水超过校核洪水 12.43 万立方米每秒，三峡大坝即便发生漫坝，在相当长的一段漫坝时间内也不会垮塌。

三峡大坝是混凝土重力坝，目前世界上尚未有混凝土重力坝发生漫坝后垮塌的先例，就这一方面讲，三峡大坝是可以抵御任何大洪水而自身“安然无恙”的。

三峡大坝泄洪

59

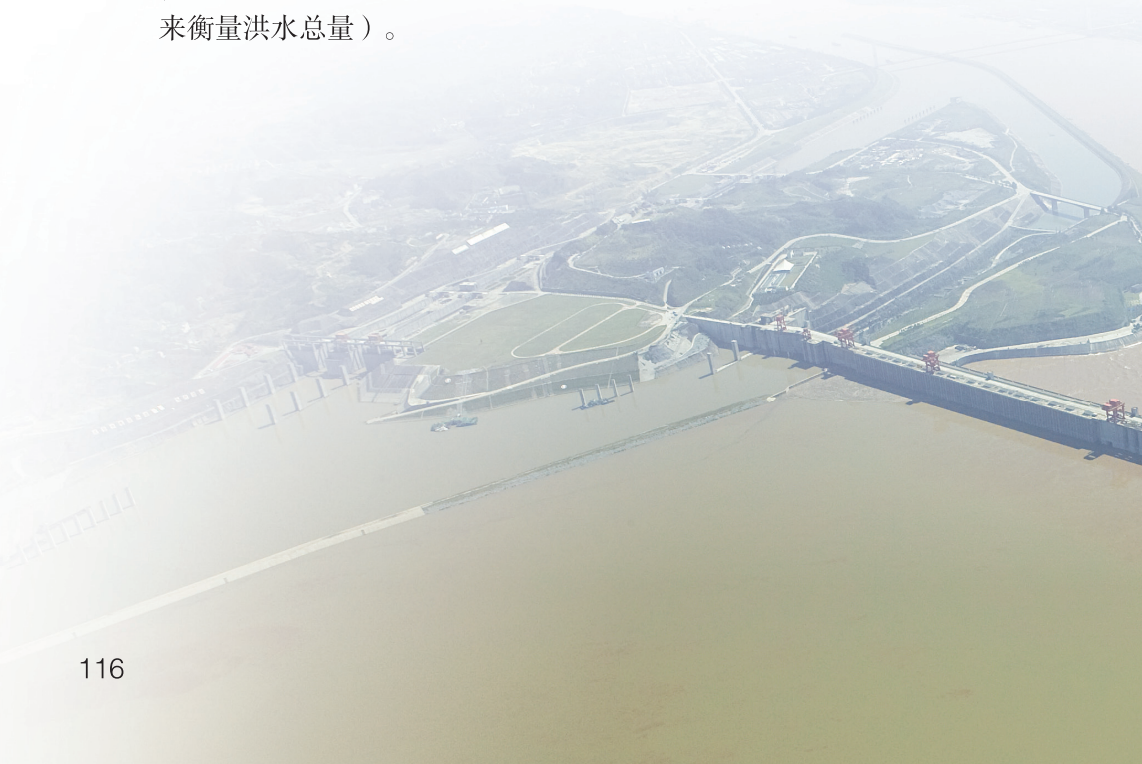
汛期洪峰到来时，三峡水库为什么不一次性蓄水至175米？

有的读者会问，三峡工程运行后，既然三峡水库正常蓄水位是175米、防洪库容有221.5亿立方米，那么，汛期洪峰到来时，为什么不一次性就蓄到175米，把洪水都拦蓄在水库里呢？这样下游不是更安全了吗？

如果三峡水库上游每年汛期只来一次洪峰，而且该次洪峰的洪水总量不超过221.5亿立方米，是可以一次性蓄水到175米，最大限度地把洪水拦蓄在水库里的。

如果三峡水库的库容足够大，能够拦蓄一个汛期的全部洪水，也是可以一次性蓄水到175米的。

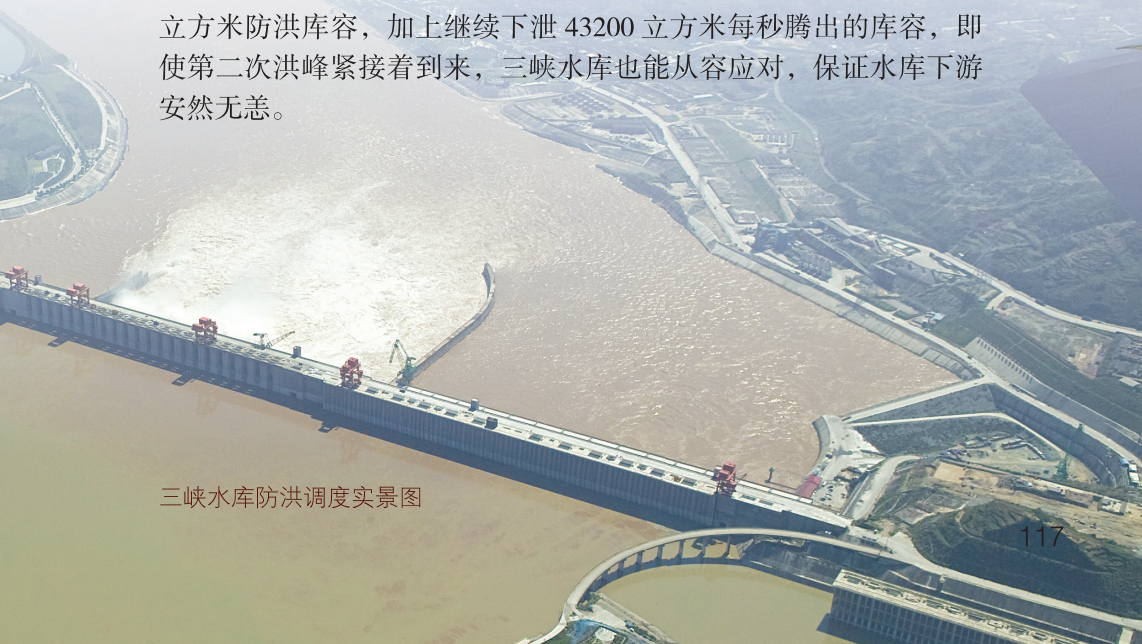
而现实是，三峡水库防洪库容只有221.5亿立方米，在大多数的情况下，仍然拦蓄不了整个汛期的全部洪水；每年汛期上游会来多次洪峰，大多数情况下，较大洪峰的一次洪水量一般都超过221.5亿立方米（水利水电行业一般以7天、15天、30天、60天洪水量来衡量洪水总量）。



1931 年、1935 年、1954 年、1998 年、2010 年 5 次大洪水宜昌水文站实测的 7 天洪水总量

时　间	最大洪峰流量（立方米每秒）	7 天洪水总量（亿立方米）
1931 年 8 月 7 日至 13 日	64600	350.4
1935 年 7 月 2 日至 8 日	56900	283.3
1954 年 8 月 2 日至 8 日	66100	385.3
1998 年 8 月 7 日至 13 日	63200	350.4
2010 年 7 月 20 日至 27 日	70000	288.0

上表仅仅是 5 个大洪水年一次洪峰的 7 天洪水总量，它们均超过了三峡水库的防洪库容 221.5 亿立方米，1954 年汛期这样的洪峰为 3 次，1998 年汛期甚至达到 8 次之多。因此，可以明显看出，当洪峰到来时，三峡水库绝不能采用一次性就蓄水到 175 米的防洪运用方式，而只能把超过水库下游安全泄量的洪水拦蓄在水库里，才能保证长江中下游防洪安全。譬如，一旦再遇到类似 1998 年 8 月 7 日至 13 日洪水，三峡水库拦蓄 2 万立方米每秒，下泄 43200 立方米每秒，7 天只需拦蓄 121 亿立方米洪水，下泄 229.4 亿立方米洪水，就完全可以保证水库下游的防洪安全。此时，三峡水库尚有 100 亿立方米防洪库容，加上继续下泄 43200 立方米每秒腾出的库容，即使第二次洪峰紧接着到来，三峡水库也能从容应对，保证水库下游安然无恙。



三峡水库防洪调度实景图

60

能否准确预测三峡水库洪峰到来的时间和大小？

依靠现代科技手段，可以准确预测进入三峡水库洪峰的时间和大小。

现在整个长江流域，从沱沱河长江河源到长江入海口，天上有气象卫星监测、地上有星罗棋布的水文站，奠定了准确预测洪峰的基础。

气象部门预报长江洪水采用卫星和雷达等高科技手段，大大提高了降水预报的精确度。

为了取得更精确的短期预报，中国三峡集团设立有一整套水文水情监测系统，整个长江上游有集雨面积 100 万平方千米，该系统已覆盖其中 60 万平方千米，加上长江委水文局建立的近 200 个洪水观测点，覆盖了整个长江流域主要干支流，构成了长江洪水短期预报系统。当前，水文测验和水情预报已经做到了监测自动化、传输数字化、统计分析网络化，能够快速准确地预报上游洪峰流量和时间。

例如，2010 年 7 月上旬，水文气象部门提出，三峡水库可能出现超过 1998 年 63600 立方米每秒的洪峰流量。7 月 14 日，气象会商确认三峡水库上游将形成一次较大洪水的预报结论。7 月 17 日，长江委水文局预报 20 日长江上游将发生一次较大洪水，洪峰流量在 6 万～ 7 万立方米每秒。7 月 19 日，长江委水文局再次预报三峡水库 20 日将出现 70500 立方米每秒的入库洪峰流量。7 月 20 日 8 时，三峡水库实际入库洪峰流量为 7 万立方米每秒，同预报的流量仅差 0.7%。

由此可见，现代科技手段使我们能够准确预测进入三峡水库洪峰的时间和大小，为迎接洪峰的到来做好准备，为三峡工程成功抵御 7 万立方米每秒洪峰创造了条件。

三峡工程上游发生“百年一遇”洪水时，水库的回水会淹没重庆市主城区吗？

三峡水库调度规定：三峡水库在枯水期蓄水至正常蓄水位175米，而在汛期，水库水位降低至防洪限制水位145米运行。当汛期百年一遇洪水进入三峡水库时，在保证下游防洪安全的前提下，经过三峡水库调蓄，三峡大坝坝前最高蓄水位是166.7米，此时回水末端在重庆市主城区下游约20千米的南岸区生基塘（地名），回水高程192.8米，自此地以上与天然洪水位重合。此时重庆市主城区江段洪水位是194.3米，与天然时水平一样，而重庆市主城区都在200米高程以上，不受三峡水库回水的影响，其洪水完全可以正常宣泄。所以，百年一遇洪水不会淹没重庆市主城区，也就不存在以牺牲重庆为代价来保护中下游地区的情况。



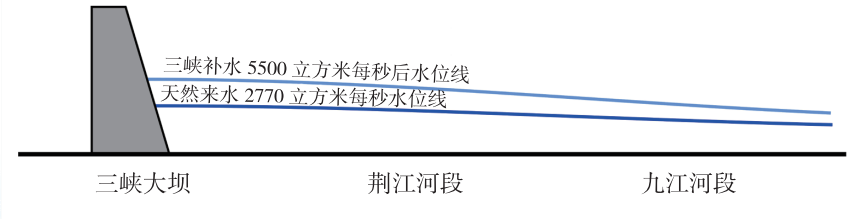
重庆朝天门远景

62

三峡工程怎样在枯水期为长江中下游补水？

长江中下游每年 12 月至来年 3 月是枯水期，天然情况下，多年平均流量为 3500 立方米每秒。在此期间，沿江生产生活用水紧张，荆江下半段的浅滩航道几乎每年都出现碍航现象，长江口海水倒灌加剧，不但给人民生活带来不便和困难，还严重影响沿江经济社会的快速发展。三峡工程自 2003 年开始蓄水以来，在每年枯水期都为长江中下游及时供水和补水。

三峡水库的供水和补水要讲究调度科学，并不是想放就放、想放多少就放多少，要考虑河道、堤防等各方面的关系。三峡水库供水和补水的调度原则是，控制葛洲坝下游庙嘴（地名）水位不低于 39 米，即下泄流量不低于 5500 立方米每秒，使三峡工程下泄流量比天然情况下增加约 2000 立方米每秒。从而可以有效保障枯水季节下游人民生活用水、工农业生产、航运和生态用水需求。在下游需要抗旱补水的特殊情况下，还要增大下泄流量。例如，2006 年长江中下游的大旱中，三峡水库加大了下泄流量，以 6000 立方米每秒为下游补水，有效缓解了旱情。



三峡工程补水对长江中下游水位影响示意图

在长江枯水期，三峡水库的补水大大缓解了中下游生产生活用水紧张的局面，改善了枯水期中下游航运条件，使宜昌至武汉航段年通过能力提高 200 万～ 300 万吨，运输成本下降 10% 左右，还在减少长江口海水倒灌等方面发挥了重要作用。

三峡水库在蓄水过程中是否会造成下游地区缺水？

在正常年份，三峡水库从每年 9 月中旬开始蓄水。此时汛期刚刚结束，上游来水量较大，蓄水从 145 米开始至 10 月下旬蓄水至 175 米正常水位。在此期间不会造成下游地区缺水。

如果遇到特殊年份，比如枯水年，原则是在三峡水库蓄水过程中，一定要保证大坝下游生活、生产、生态与环境保护和航运用水的需求。如果来水少于预定流量，将停止蓄水。必要时不但停止蓄水，还将向中下游进行补水。

例如：

2009年三峡水库175米试验性蓄水从9月15日开始，到11月24日蓄至最高水位171.43米，没有能够达到正常蓄水位175米。主要原因是蓄水期间长江中下游出现了旱情，三峡水库从10月19日起加大了下泄流量，即使不蓄到正常蓄水位175米，也要保证三峡水库下游地区用水需求。

64

三峡水电站能发多少电？

专家们曾经算过一笔账，从青藏高原奔向东海的万里长江，其水能资源如不加以利用，等于每年有 5.6 亿吨煤白白流入大海。三峡水电站运行后，可以对其中 1/10 的水能资源进行利用，将流走的长江水能资源变成源源不断的清洁能源。

三峡水电站总装机容量 2250 万千瓦，而三峡水电站每天的发电量，是根据上游来水情况而变化的。在汛期 6 月至 9 月来水量较大，这个时候发电量也较大。当 34 台机组全部满负荷运行时，每天发电量 5 亿多千瓦时，每台机组每天可发电 1600 多万千瓦时、每秒钟可发电约 190 千瓦时。在非汛期 10 月至次年 5 月，来水量较小，水库按照发电、航运及下游用水的需要进行调度，长江最枯来水期间，每天机组运行台数最少为 7 台，平均每天发电量约为 1 亿千瓦时。三峡水电站年平均发电量 882 亿千瓦时。今后，随长江上游水电站群的建成，可以更有效利用长江洪水资源，增大洪、枯水期发电量，三峡电站年发电量有望突破 1000 亿千瓦时。



三峡左岸电站厂房

什么条件下三峡水电站能够满负荷运行？

水电站发电的原理，是通过水轮机和发电机组将水的势能转变为电能。水轮发电机组要达到额定出力必须同时满足两个条件，一是发电的水头（落差）不低于额定出力的水头；二是水流通过水轮机要达到一定的流量。以 70 万千瓦水轮发电机组为例，满负荷运行时的发电水头不能低于额定水头 85 米，流量不少于 950 立方米每秒。此时全电厂出力为 2250 万千瓦，通过水轮机宣泄约 3.1 万立方米每秒的流量。

三峡水电站的满负荷运行，指左、右岸电站和右岸地下电站 32 台 70 万千瓦水轮发电机组以及电源电站 2 台 5 万千瓦水轮发电机组全部运行，同时每台机组都达到额定出力。

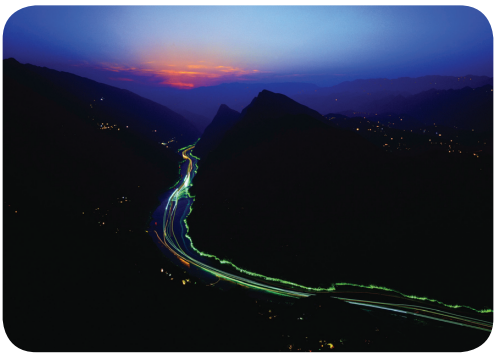


66

三峡水库蓄水后宜昌至重庆的航运有哪些变化？

兴建三峡工程之前，宜昌至重庆660千米航道，有急流滩、险滩、浅滩共139处，用卷扬机拉动船舶驶向上游的绞滩站25处，单向航行航段46处，一年中有大半年不能夜航，“自古川江不夜航”的说法由此而来。葛洲坝水库虽然淹没了30余处滩险，但仅改善了滩多流急的三峡江段约110千米的航道，尚有约550千米航道处于天然状态。

三峡水库蓄水后，一年中有半年以上时间万吨级船队可以从汉口直达重庆。扩大了汉口至重庆间航道通过能力，可满足长江上中游航运事业快速发展的需要。蓄水通航以来，汉口至重庆间的航运货运量增长迅猛。2011年总过坝货运量已突破1亿吨，是三峡蓄水前最高年货运量的5倍、平均年货运量的10倍。



峡江夜航



夔门夜航景色

运输方式发生了显著变化。三峡工程建成蓄水后，三峡库区航运条件显著改善，集装箱运输和滚装船运输等新型运输方式快速增长。大型货船取代船队成为水运主力，船舶大型化、标准化进一步提升了运输能力。

大幅度降低了运输成本。2007年重庆地区每吨千米货物水运价格约0.03元，而铁路为0.16元，公路为0.48元，水运

优势十分明显，将蓄水前不少货主弃水走陆的倾向扭转为弃陆走水。同时，由于船舶运输耗油量降低，节能减排效应十分明显。2003—2011 年，9 年过坝货运量累计为 5.4 亿吨，节省柴油约 164 万吨，减少排放二氧化碳约 165 万吨。

提高了库区航运的安全性。据统计，库区长江干线发生水上交通事故和重大交通事故的件数，分别只相当于蓄水前的 32.9% 和 5.8%，沉船数是蓄水前的 32.2%，直接经济损失降为蓄水前的 45.9%。整个航运安全效益十分显著，彻底改变了“自古川江不夜航”的状况。

三峡工程对航道条件的改善，促进了重庆市及西南地区的经济发展和长江航运事业的发展，长江航运已经成为该地区对外贸易、经济交流和对外开放的大通道，宜昌至重庆航道成为了真正的“黄金水道”。

峡江信号台



三峡工程会成为第二个三门峡工程吗？

三门峡工程是兴建在黄河干流上的第一个大型水利枢纽工程，由于对水文、地质、泥沙等问题认识不足，导致排沙设计不合理。1960 年 9 月，三门峡水库开始蓄水后，泥沙迅速淤积，水库库容急剧减少，危及关中平原。为解决这一问题，20 世纪 60—80 年代，对三门峡工程进行了两次改建，增设了排沙口。

由于长江泥沙的长期淤积，古代的云梦泽已经消亡，成为今天的江汉平原；洞庭湖也正在逐步萎缩。那么，代替它们调蓄长江洪水的三峡水库会不会被泥沙淤积而失去其防洪与兴利功能呢？会不会成为第二个三门峡呢？

水库湖泊淤积的速度与水体的含沙量密切相关（每立方米水中所含的泥沙的重量称为含沙量）。三峡工程蓄水前，长江干流宜昌水文站观测到的多年平均含沙量为 1.2 千克每立方米，而黄河干流的多年平均含沙量为 35 千克每立方米，是长江平均含沙量的近 30 倍。长江的含沙量虽然不算大，但由于长江的年径流量很大，所以其每年总的输沙量还是相当可观的，在宜昌站每年平均达 5.4 亿吨，泥沙的淤积问题不容忽视。

三峡工程吸取了三门峡工程的教训，把泥沙问题作为关键技术



大坝泄洪实景

问题之一进行了深入研究，探索出解决泥沙问题的有效途径。

我国泥沙专家给三峡工程设计了“蓄清排浑”的运用方式。每年主汛期7—9月，进入三峡水库的水量占全年来水量的52.3%，而来沙量却占全年来沙量的78.2%，即汛期来水含沙量大（俗称为“浑水”），枯期来水含沙量小（俗称为“清水”）。每年汛期三峡水库水位保持在防洪限制水位145米运行，既能发挥防洪效益，还能使一年中含沙量最大的洪水顺畅地排往下游。汛后水中的含沙量小了，水变清了，9月中下旬三峡水库开始蓄水，至10月末蓄到正常蓄水位175米。三峡水库汛期利用大坝的泄洪坝段和排沙孔，排出“浑水”（实际上是排沙），汛后蓄满“清水”，这种运用方式就叫作“蓄清排浑”。

根据 20 世纪 90 年代以来的泥沙实测成果，在上游不建设任何水库的最不利情况下，数学模型计算结果表明，三峡工程运行 100 年后，水库内的泥沙淤积和冲刷基本达到平衡，防洪库容仍能保留 90%，兴利调节库容仍能保留 95%。也就是说，三峡工程完全能够长期运用下去。实际情况是，由于上游兴建水库，拦沙作用明显；上游水土保持、天然林保护、退耕还林工作的加强，使植被增加，水土流失减轻，所以 20 多年来，上游来沙量日趋减少。三峡工程从 2003 年蓄水至今，泥沙淤积问题好于预期，年平均来沙量约 2 亿吨，仅为建坝前多年平均来沙量的 40%，将更有利于三峡工程的长久运用。

有了“蓄清排浑”的运用方式，有了葛洲坝等工程的成功实践，可以肯定地说，三峡工程绝不会成为第二个三门峡工程。



第七篇

江河不老

三峡工程的生态与环境





任何水利水电工程的建设都会对生态与环境有所扰动，三峡工程亦不例外。三峡工程的建设与运行使部分耕地和珍稀植物被淹，局部水体的自净能力减弱，使库区和长江中下游的水生态发生了改变。

但同时，三峡工程对改善生态与环境所作出的巨大贡献，也应得到更加客观的认知和评价：通过筑坝治水减少或杜绝洪涝和干旱造成的生态灾难和人民生命财产的损失，这就是最大的生态效益。此外，三峡工程对减轻洪水对长江中下游平原生态与环境的破坏、减缓洞庭湖的淤积萎缩等，也产生了重大而积极的影响。巨大的减排效益，对减缓全球气候变暖有很大作用。

科学、客观地认识三峡工程带给生态与环境的利与弊，并通过积极努力将负面影响降到最低，无疑将更有利于充分发挥三峡工程的生态与环保效益，实现人水共赢、可持续发展的目标。

人工繁育的中华鲟奔游向海，诉说着故乡大江的动人故事；异地再生的疏花水柏枝含露，吟唱着古老三峡的崭新乐章。本篇将带您走进三峡生境，切身感受中华民族为谱写人水和谐新篇章所作出的不懈努力。

68

三峡工程对生态与环境主要有哪些影响？

任何水利水电工程对生态与环境的影响都是有利有弊的。规模巨大的三峡工程呢？经过设计过程中的反复论证，加上大坝蓄水后几年来的严密观测，可以得出这样的结论：总体来看利大于弊。

三峡工程对生态与环境的影响有利有弊，且影响的时空分布不均匀。其影响自工程准备期开始，会持续很长时间。有些影响如施工的影响只在一定时期内发生作用，而有些影响如泥沙淤积等则长期存在，并具有累积性。不同时段受影响的因子和强度不同，年内各月影响变化与水库水位调控密切关联。在空间分布上，有利影响主要在中游，而不利影响主要在库区，但主要的不利影响大多数在采取对策和措施后可得到减免。

有利影响主要有：

(1) 可有效控制长江上游洪水，提高长江中下游特别是荆江河段的防洪能力，有效地减免洪涝灾害带来的生态与环境的破坏，减缓洞庭湖的泥沙淤积和萎缩。

(2) 提高长江中下游的抗旱能力，大旱之年能为中下游提供生活供水和生态补水。有利于珍稀特有鱼类越冬，减少上海市饮用水源受咸潮影响时间。

(3) 增加长江中下游枯水期流量，有利于改善枯水期水质和增加航道水深，并可为南水北调提供水源条件。

(4) 三峡水电站利用水能资源发电，与燃煤发电相比，可年均减少排放6435万吨二氧化碳、77万吨二氧化硫、37万吨氮氧化物（2010年折算数）。

(5) 三峡水库成为深水航道，航运成本与能耗大大降低，拖载能力大大提高，成为典型的节能减排“绿色航线”。

不利影响主要有：

(1) 水库淹没耕地、移民和城镇迁建，会加剧库区人多地少的矛盾，并由此可能加剧植被破坏和水土流失。

(2) 建库前库区工业和生活废水年排放量已超10亿吨，沿江城镇的局部江段已形成了较严重的污染带。建库后，库区水体流速减缓、复氧和扩散稀释能力下降，水体的自净能力减弱，若不加强污染源治理，将加重局部水域污染。

(3) 改变库区及长江中下游水生生态系统的结构和功能，一些珍稀、濒危物种的生存条件受到影响，对四大家鱼（青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼）的自然繁殖可能会带来不利影响。

(4) 三峡水库运行后，长江中下游河道出现冲淤变化，上游重庆市江段部分泥沙淤积。

(5) 清水下泄影响了堤防安全。

为了把不利影响降到最低限度，国家采取了多种有效措施。比如，外迁了 19.6 万农村移民，依法破产关闭了 1102 户污染严重的受淹企业，每个城市、县城、集镇都建设了污水处理厂和垃圾填埋场，实施了工矿企业准入制度，工矿企业生产废水必须达标排放，水库内（包括支流）严禁网箱养鱼；水库蓄水前进行了严格的库底清理，因此从未发现鼠疫、霍乱病例和血吸虫宿主钉螺的存在；对濒危生物（包括植物和水生生物）采取了效果显著的抢救措施，建立了生态环境监测网。

监测成果显示：三峡库区及相关区域的生态环境质量总体良好。水库水质基本稳定在Ⅱ、Ⅲ类水平（经过自来水厂的处理可供饮用），目前出现的生态与环境现象未超出环境影响预测的范围。

但也应该意识到：三峡工程对库区的不利影响及其防治，是一项长期而艰巨的任务。需要针对库区特殊的生态与环境保护要求，制定相应的发展和考核目标，建立生态补偿机制，走出一条生态环保与经济社会发展的双赢道路。

69

怎样对三峡工程的生态与环境进行监测？

自1996年开始，三峡工程建立了一个规模庞大的跨地区、跨部门、跨学科的生态与环境监测网络。其目的是为了解并掌握三峡工程运行后生态与环境变化的时空规律，验证与复核环境影响评价结果，落实工程运行中的生态与环境保护对策与措施，以充分发挥三峡工程对生态与环境的有利影响，减免不利影响，使受工程影响地区的生态与环境向良性循环发展。

三峡工程生态与环境监测系统的范围在地域上覆盖了自上游库区、中下游直至入海口的可能受工程影响的地区。该监测网包括气象观测、大气监测、噪声监测、水质监测、水文泥沙监测、水生生物监测、地震观测、库岸稳定观测、人群健康调查与观测、土地资源观测、陆生动植物及物种资源观测、水土流失监测、河口生态监测以及遥感监测等内容。

长江三峡工程生态与环境监测系统正式启动以来，对重要的生态环境因子进行了定期和不定期监测，取得了大量数据与成果。自1997年开始，每年由环境保护部汇总监测结果后，向国内外发布《长江三峡工程生态与环境监测公报》，把三峡工程对生态与环境的有利影响和不利影响如实地公之于众，至今已历时15年。

三峡水库的运行对长江入海口有什么影响？

70

三峡水库运行后，长江的来水来沙发生变化，崇明岛和滩涂的淤长速度会不会减慢？长江入海口江段的盐水入侵（海水倒灌）将发生怎样的变化？

长江入海口江段，上起江苏省江阴县鹅鼻嘴，下至上海市崇明岛以东约 57 千米的鸡骨礁，全长约 232 千米。该段一方面有长江径流下泄，另一方面又有海水随潮上溯，是淡水和盐水交汇混合的地方。上海市就位于该段长江的南岸。

崇明岛和沿海滩涂的淤长速度减慢问题

三峡水库运行后，长江水流输送到长江入海口的泥沙主要由三部分组成：

三峡水库下泄的悬移质泥沙（约为入库悬移质泥沙总量的 32%）；

冲刷下游河床补给的泥沙；

长江中游以下各支流来沙。

经测算，三峡水库蓄水后，每年输送到长江入海口的泥沙量比蓄水前减少约 50%，崇明岛和沿海滩涂的淤长速度也相应减慢。不过崇明岛和沿海滩涂淤长速度虽有所减缓，但对稳定河槽和维护入海口拦门沙有利，对发展长江口航运事业有利。

长江入海口江段的盐水入侵问题

长江河口段的水质状况一般以水体的氯度（氯化物含量）为标准。当氯度达到 0.1 克每千克时，表明水体已受到盐水入侵。国际和国内公共给水标准规定，饮用水的氯度一般不允许超过 0.25 克每千克。

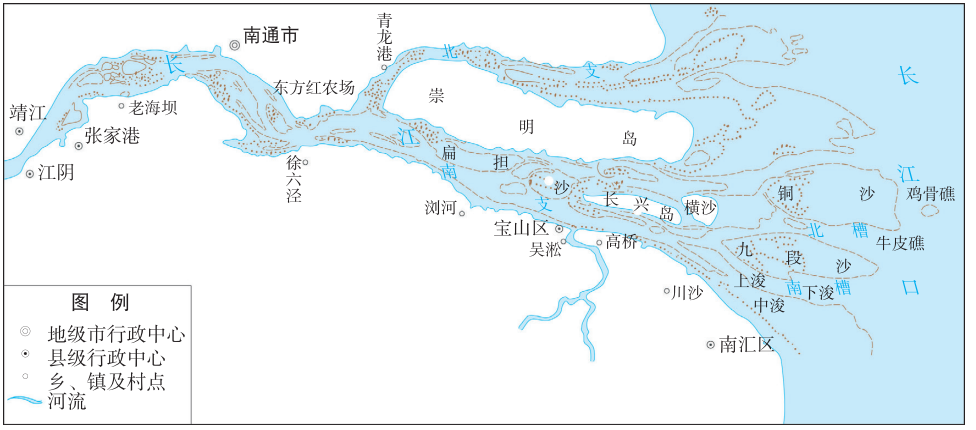
三峡水库蓄水前，长江入海口江段盐水入侵一般发生在枯水季节，即从 12 月初至翌年 3 月底，吴淞站氯度观测结果表明，枯水季节大于 0.1 克每千克的时间可达 40% 以上。

三峡水库运行后，通过水库调节，每年 12 月到翌年 3 月，将使枯水季节平均流量从建库前的 3500 立方米每秒，提高到 5860 立方米每秒，可使长江河口段枯季平均下泄流量增加 2360 立方米每秒，根据吴淞站观测资料计算，氯度大于 0.1 克每千克的时间比天然情况下约减少 50%。

每年 4 月至 9 月上旬，三峡水库下泄流量与天然情况相近，对长江入海口江段的盐水入侵没有影响。

关键在每年 9 月中旬至 10 月中旬的三峡水库蓄水期间，下泄流量有所减少。但是观测结果证明，当江水流量大于 2 万立方米每秒时，氯度值出现大于 0.1 克每千克的概率极小，因此对长江口盐水入侵影响不大。当遇到特枯水年时，江水流量小于 2 万立方米每秒时，为了有效减少长江口盐水入侵的影响，三峡工程将进行生态补水。

总之，三峡水库运行后，至 2011 年监测结果表明，三峡工程没有加重长江入海口的盐水入侵，而是减少了盐水入侵时间，减轻了盐水入侵的危害。



长江入海口示意图

三峡水库淹没的珍稀植物会灭绝吗？

三峡水库蓄水后，库区内直接受淹没影响的陆生植物物种有 120 科、358 属、560 种，除荷叶铁线蕨和疏花水柏枝外，其他均为淹没区外分布比较广泛的物种，不会因水库蓄水的影响而灭绝。

三峡工程蓄水前后，对珍稀植物采取了四种保护措施。

设施保存：利用低温冷藏技术保存植物种子，确保物种安全。
植物园保存：将物种迁栽至植物园进行保护。
原产地保护：对物种未被淹没的种群在原产地进行保护。
回归自然保护：对物种进行人工繁殖后，移栽回自然环境。

荷叶铁线蕨：是分布于重庆市万州、石柱淹没线附近的珍稀植物，是我国二级保护植物，它与大西洋亚速尔群岛产的肾形铁线蕨有亲缘关系，在亚洲大陆仅存于此。它在研究植物区系、地理分布及亲缘关系等方面有重大价值；全草还有清热解毒、利尿通淋的药

荷叶铁线蕨在武汉植物园迁地保护后生长情况



用价值；植株形态别致，可供观赏。已在万州区新乡三道河村建立一个 2 平方千米的物种保护点，保护点内禁止采挖，同时采用分枝或孢子繁殖，进行人工栽培。

疏花水柏枝：论证期间的调查认为仅分布在秭归、巴东、巫山县的长江两岸，是三峡峡谷地带特有植物，种源数量极少，分布狭窄，是我国的稀有种，国家级保护对象。已在秭归县一处集中 200 多株树木的产地设立保护点，研究采用多种繁殖手段扩大种群数量。

科研单位已分别在湖北省和重庆市库区多处建立了三峡库区珍稀植物繁育基地，以上两种珍稀植物均在该基地成功繁殖和栽培。更为可喜的是，自 2007 年以来，又陆续在葛洲坝下游胭脂坝、关洲等多处江心小岛发现有 10 万余株疏花水柏枝野生种群。



疏花水柏枝移栽到武汉植物园两年后的生长情况



疏花水柏枝原产地环境

三峡工程对长江鱼类有什么影响？

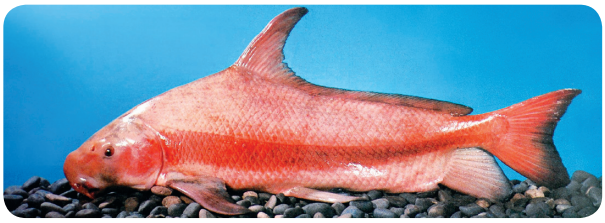
长江水域共有鱼类370种，鱼类资源丰富。其中，长江上游，包括各支流及其河源段共有鱼类230种，而仅限于上游水域的特有种类有103种；三峡库区有上游特有种类47种，其他鱼类和长江中下游鱼类共有140种。三峡工程建成后对库区及上下游鱼类会产生不同影响。



白鲟（长江特有鱼类）



达氏鲟（长江特有鱼类）



胭脂鱼（珍稀鱼类）

对大坝上游鱼类的影响

三峡建坝后，在660余千米长的水库内，流速减缓，泥沙沉积，饵料生物组成发生较大变化，使原来适应激流环境的鱼类不能适应缓流环境，从而在水库内消失或变得少见。总的来说，三峡工程将上游特有鱼类的栖息地面积缩小约1/4，使约40种鱼类受到不利影响。

而上游的四大家鱼，将上溯至干、支流回水区以上的河段繁殖，形成新的产卵场，随着亲鱼数量增多，产卵规模相应增大，四大家

鱼产量将增多。

三峡水库蓄水后，原来是库区内主要经济鱼类的河鲶、长吻鮠、圆口铜鱼、吻鮈等，因水文条件改变，种群数量将会减少。代之而起的将是鲴亚科、鲌亚科的种类，其资源将会有较大增殖。鲤鱼在上游有较大的种群量，成为水库捕捞的主要对象之一。



青鱼



草鱼



鲢鱼



鳙鱼

对大坝下游鱼类的影响

从三峡工程 2003 年蓄水以来，经过多年的监测观察，三峡工程对长江中下游鱼类的不利影响是有限的，鱼类减少的主要因素是酷捕滥捞、环境污染及水上事业的发展。

三峡工程建成以来的监测表明，尚未发现因为水库建设导致珍稀特有鱼类灭绝，库区鱼类群落结构正在变化过程中，大坝上游四大家鱼数量增加，特有鱼类数量下降；大坝下游四大家鱼数量减少；长江珍稀特有鱼类人工研究、增殖放流已取得初步进展，长江上中游建立的水生生物自然保护区，对减缓或补救三峡工程的不利影响具有重要意义。

三峡工程对中华鲟有什么影响？



中华鲟

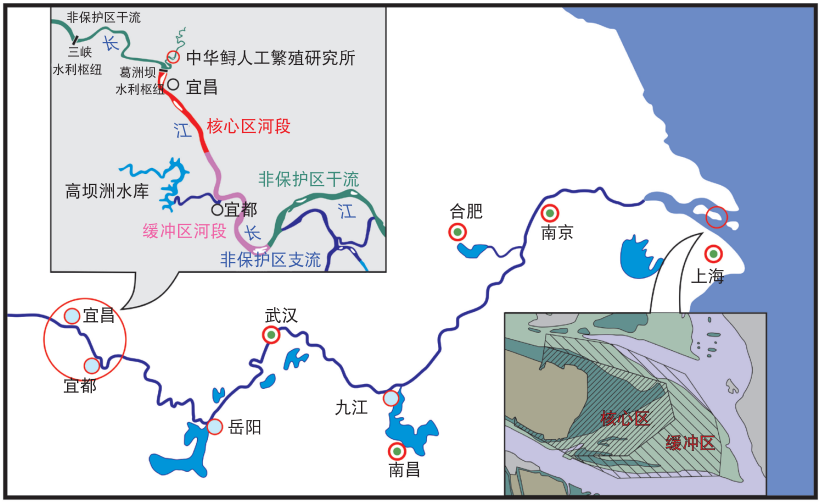
中华鲟是一种出生在长江、成长在大海的大型洄游鱼类，属鲟形目鲟科，是1.4亿年前和恐龙同时代的生物，素有“活化石”或“水中大熊猫”之称，是国家一级保护动物。

葛洲坝工程1981年1月大江截流后，阻断了中华鲟自长江口至金沙江的洄游路线，对中华鲟产卵产生了直接影响。建在葛洲坝上游的三峡工程对中华鲟的影响主要体现在水文情势变化方面，影响是间接的。

国家为了保护珍贵的中华鲟，采取了三方面措施：

明令禁止捕捞：1988年国家颁布了《野生动物保护法》，中华鲟被列入国家一级保护名录，严格禁捕。

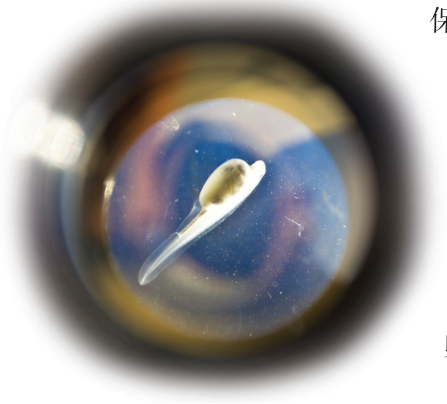
加强中华鲟人工繁殖等方面的科学研究：为保护中华鲟，我国科研机构进行了长期深入的科研工作，1981年为保护中华鲟专门成立了中华鲟研究所。此外，国家还在中国科学院水生生物研究所、



中华鲟保护区示意图

长江水产研究所等开展了大量科研工作。1983 年人工繁殖成功，并将幼鲟放流入长江，至 2011 年年底，放流入长江的中华鲟已达 600 多万尾；1985 年采用人工合成激素代替雄鲟脑垂体给雌鲟催产研究成功；2009 年以人工繁殖出的子一代中华鲟雄鱼和雌鱼，在人工养殖条件下发育到性成熟，又通过人工繁殖获得了“子二代”中华鲟。“子二代”中华鲟的繁殖成功，标志着人类找到了不依赖稀有的野生亲鱼就能把中华鲟长期保存下来的有效途径，同时能使野生中华鲟的自然产卵行为免受人工捕捞的惊扰，从而更好地保护野生中华鲟资源。

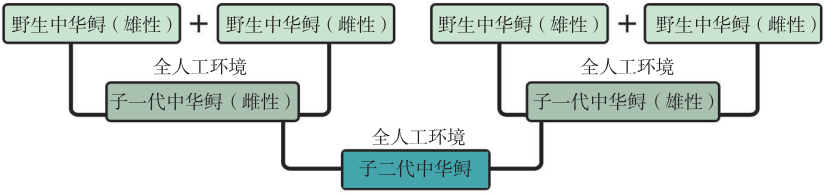
设立自然保护区：在长江口崇明岛东部裕安乡至陈家镇乡，约 3 千米滩涂水域建立了中华鲟幼鲟自然保护区；在葛洲坝大坝下游 15 千米江段范围内建立了中华鲟自然保护区。



刚刚破膜而出的子二代幼鲟

非常可喜的是，在葛洲坝大坝下游至虎牙滩之间已有中华鲟在此江段天然产卵，监测表明，10 余年来每年都有繁殖行为发生，2011 年繁殖行为和产卵数量明显增多。

三峡工程建成后，根据观测，长江口崇明岛地区的中华鲟幼鱼资源，已经接近或达到葛洲坝建坝前水平。

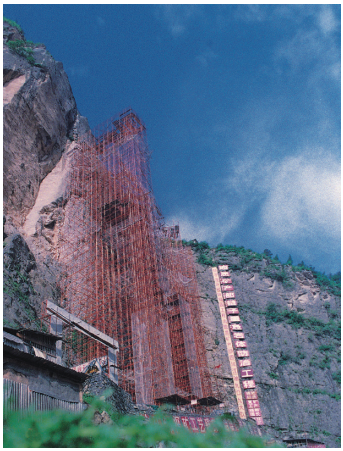


中华鲟子二代谱系

三峡水库蓄水后会产生新的滑坡吗？

74

世界各国的建坝实践表明，大型水库蓄水初期，是局部库岸的不稳定期，是地质灾害的集中发生期。保证居住有百万移民的库区免受地质灾害的威胁，是三峡工程建设中的一项重要工作。



链子崖危岩体治理

与地震相比，滑坡具有较大可控性：

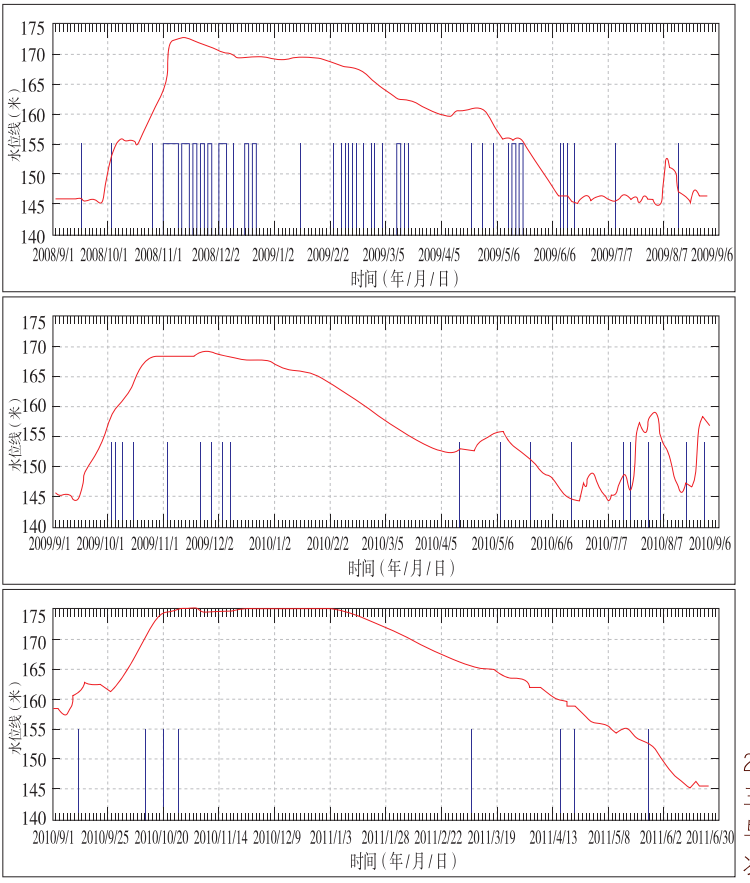
相当多的滑坡是可以预测预报的。地震多发生于地壳深处，然而，滑坡却不同，它的发生部位均在地壳的浅表层，最大深度也就是五六十米。滑坡发生前相当长的一段时间，即可通过肉眼和仪器发现地表和地下的异常变位。

中、小规模的不稳定边坡是可以通过工程措施予以加固，从而确保其稳定的。

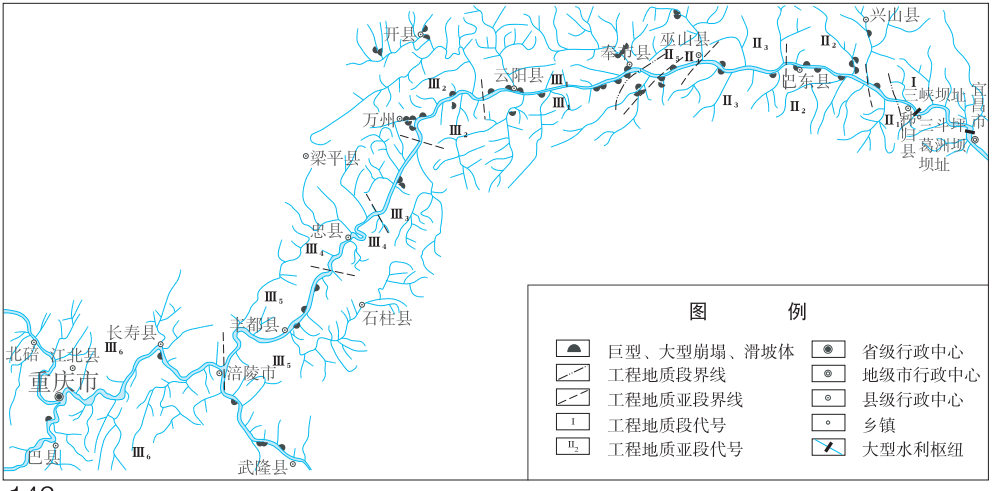
2000—2001 年，国土资源部编制了《三峡库区地质灾害防治总体规划》，地方政府积极开展工程治理和搬迁避让，还建立了较为完善的三峡库区地质灾害监测预警系统，及时预报可能发生的地质灾害。设立专项资金对三峡水库蓄水至 135 米、156 米水位时，必须防治的地质灾害进行了治理。

2001 年以来，已经实施完成了 430 个滑坡、崩塌治理工程项目，21 个县级以上城市和 69 座乡镇 302 段库岸防护工程项目。建成了专业监测和群测群防相结合的监测预警体系，完成了 28 个县（区）级监测站的专业能力建设和县（区）、乡、村组三级群测群防监测体系建设。开展了 255 处重大地质灾害点的专业监测。对 3049 处地质灾害隐患点进行群测群防监测，覆盖人口达 59.5 万。175 米试验性蓄水以来，三峡库区共发生地质灾害 378 起。滑坡崩塌总体积约 3.2 亿立方米，塌岸 57 段总长约 25.1 千米。紧急转移群众超过 10482 人，至今没有灾害造成死亡的报道。

附图示 2008 年、2009 年和 2010 年滑坡发生频次，可见，随着时间的推移，滑坡次数明显减少，三峡库岸趋于稳定。



2008—2010年三峡水库蓄水与滑坡发生频次统计关系图



三峡库区滑坡分布示意图

三峡水库蓄水会不会诱发地震？

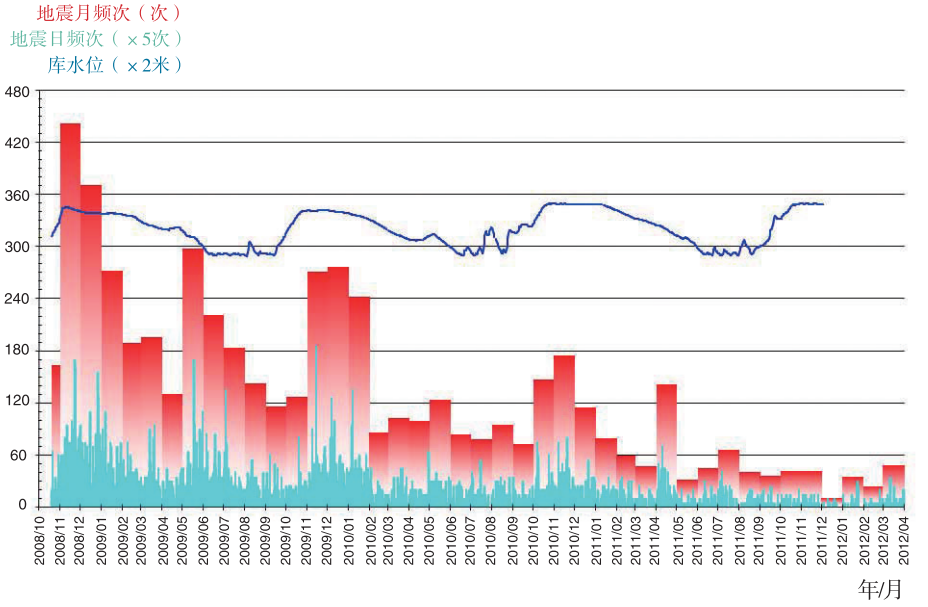
自然界原发地震的震源多在地下十几千米至几十千米，其释放的能量极其巨大，因此造成了地面强烈运动。因水库蓄水而使坝区、水库库盆或近岸范围内发生的地震，叫作水库诱发地震。显然，触发水库诱发地震的能量和原发地震相比，是微不足道的。因此，全世界尽管有近 20 万座大坝，但有关水库诱发地震的案例也不足几十个。其中 1964 年印度科依那坝的 6.4 级地震是至今报道的最强烈的一次水库诱发地震。

三峡工程大坝的坝高 181 米，混凝土重力坝 4000 万吨，水库内还蓄有 393 亿吨水；加之库区内有断层交会，三峡水库蓄水后会不会诱发地震呢？这是人们十分关心的问题。地震地质专家论证后认为，三峡水库蓄水后存在诱发弱地震的可能。

三峡工程论证时，地质与地震专家组确认，综合三峡坝区的岩石类别、地质构造及岩溶地质等条件分析，可能发生诱发地震的地点有：距坝址 18 千米的仙女山—九畹溪断裂交汇处、52 千米的建始—秭归盆地西延断裂交会处，经国家地震局确认，发生诱发地震的上限为 5.5 级，影响到三峡坝址的地震烈度不超过Ⅵ度，三峡大坝等枢纽建筑物均按Ⅶ度设防。研究认为，三峡水库诱发地震不会对大坝安全造成任何影响。

我国自 1959 年开始对三峡工程水库诱发地震开展研究，在三峡坝区和库区设立了 7 个地震监测台，已连续观测了 50 多年，取得了丰富翔实的地震活动实测资料。1997 年三峡水库蓄水前，又委托国家地震局地震研究所，建立了三峡工程水库诱发地震监测系统，取得了连续的观测资料。

从 2003 年 6 月三峡开始蓄水至今，已历时 8 年多，接近和达到正常蓄水位已 3 年。附图记载了这 3 年的地震活动。三峡库区共记录到不少微小地震，其中 3 级以上地震共 4 次，最大的一次发生在秭归县屈原镇（2008 年 11 月 22 日），为 4.1 级。水库诱发地震的震级和烈度均没有超出论证预测的范围。



三峡水库第三期蓄水以来水库地震活动发展和逐步平息过程图

近几年监测资料表明，水库蓄水初期地震活动现象有所增多，随库水位升高和时间推移已逐步调整，2010 年以来呈现出明显衰减趋势，渐趋平息，已与蓄水前天然状态相近。

汶川大地震与三峡水库蓄水有关吗？

2008 年 5 月 12 日汶川大地震发生后，有人猜测这次大地震与三峡水库蓄水有关。其实，只要了解了汶川地震的成因，就能知道这种猜测是毫无科学根据的。

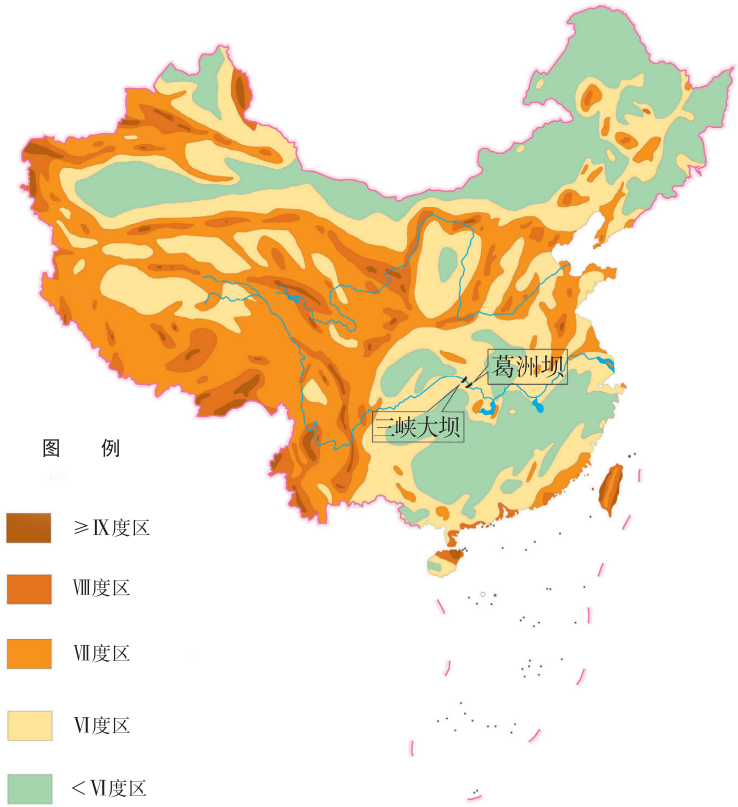
我国的地震主要发生在 4 个地区的 23 条地震带上。4 个地区是：

东南部的台湾和福建沿海地区，属于环太平洋地震带；

华北的汾渭河谷、河套盆地、山东中部和京津唐华北平原、胶辽和渤海地区；

西北部的新疆、甘肃和宁夏地区；

西南部的青藏高原和其边缘的四川、云南两省西部地区。



中国地震烈度区划示意图

其中，第 4 个地区是我国最大的一个地震区，也是地震活动最强烈、大地震频繁发生的地区。在 20 世纪多次发生 7 级以上大地震，进入 21 世纪以来的四川西部汶川大地震、青海省玉树地震，都位于这一地区的地震带上。

汶川大地震是由于印度洋板块向亚洲板块挤压，迫使青藏高原不断隆起并向东缓慢移动，遇到四川盆地这一稳定地块的阻挡，在高原东缘形成龙门山断裂带和挤压带，构造应力在该带长期积累，最终在龙门山断裂带的映秀—北川断裂和前山断裂（灌县—安县断裂）上突然释放造成的地震。震源深度为 19 ～ 20 千米，为浅源地震，持续时间又长，北东向地表断裂长达 240 千米，因此破坏性巨大。沿地表断裂带及震中区范围内的县城、集镇受灾最为严重。这次大地震是发生于四川西部龙门山断裂带的典型的构造地震。三峡水库末端距离汶川 700 多千米，且处于完全不同的地质构造带和地震构造区，可以肯定地说，汶川大地震的发生与三峡水库蓄水没有关系。

另一方面，按照国内外水库诱发地震震例统计，水库诱发地震的离岸最大距离都在 10 千米范围内，可见水库对周围环境的影响范围有限。三峡水库自蓄水以来发生的诱发地震震中离岸距离主要分布在距离库岸几千米范围之内，没有超过 10 千米的诱发地震发生。所以，四川汶川地震的发生与三峡水库可以说毫无关系。

三峡水库会产生温室气体吗？

77

温室气体指大气中具有温室效应的某些微量气体，有二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和氟氯烃、臭氧、水蒸气、二氧化硫以及一氧化碳等30余种。一般来说，这种气体能让太阳的短波辐射自由通过，同时吸收地面和空气放出的长波辐射（红外线），从而造成地球表面的温度升高。这些气体来源于天然水体、陆地生态系统和人为排放。其中二氧化碳、甲烷和氧化亚氮是大气中最主要的，也是受人类生产与生活活动影响最大的温室气体。

要产生温室气体必须有碳源。根据《联合国气候变化框架公约》中的定义，所谓碳源，是指向大气中释放二氧化碳的过程、活动或机制。

水库温室气体的效应，是相比于其筑坝蓄水前原始土地利用状态下的温室气体通量水平而言的。对于水库生态系统而言，水库中碳的来源主要有以下几种途径：

(1) 水库蓄水后淹没大量储存在植被和土壤中的碳。
(2) 从上游汇入到水库中的有机物（含来自于自然农田生态系统或是城市中的污水）。
(3) 水库中生长和死亡的浮游植物和水生生物。
(4) 生长于消落带的植被并再次被淹没。
(5) 流域内受侵蚀土壤所带来的碳。

水库内温室气体的产生源于植物、藻类等的光合作用和浮游生物、菌类等微生物的呼吸分解作用，以及一些含碳物质的化学反应所致，是由气体产生过程和传输过程共同决定的。

从三峡水库的特点来看。三峡水库蓄水前，淹没区域森林覆盖率小于 20%，且在水库蓄水前进行过大规模的库底清理，相应地可能分解产生二氧化碳的碳源很少。

据我国专家初步监测，三峡水库的温室气体排放系数约为 14 克二氧化碳当量每千瓦时，远低于巴西热带水库 160 克二氧化碳当量每千瓦时的平均排放系数以及我国煤电 1303 克二氧化碳当量每千瓦时的排放系数。所以，三峡水库温室气体排放量极小，不会对大气构成危害。

知识链接 二氧化碳当量

为了比较不同温室气体排放量而使用的一种共同的单位或标准，即以二氧化碳排放量为标准，把其他温室气体或温室气体的混合物，依其造成的导致气候变化的辐射强迫量大小，化成具有相等效能的二氧化碳排放量。

78

三峡水库蓄水后对气候有影响吗？

研究表明，三峡水库蓄水后，对大范围气候没有影响，对于库区局部地区气候会有一定影响。根据《长江三峡水利枢纽环境影响报告书》，对温度、湿度、风速、雾日的影响范围，两岸水平方向最大不超过 2000 米，垂直方向不超过 400 米。

由于三峡水库是典型的河道型水库，所以，虽然对周围地区气候有一定调节作用，但影响范围不大。其中：年平均气温变化不超过 0.2 摄氏度，冬春季月平均气温可增高 0.3 ～ 1 摄氏度，夏季月平均气温可降低 0.9 ～ 1.2 摄氏度；极端最高气温可降低 4 摄氏度左右，极端最低气温可增高 3 摄氏度左右。

年降水量增加约 3 毫米。平均风速将增加 15%～ 40%，因建库前库区平均风速仅 2 米每秒左右，故建库后风速仍不大。

雾一般形成于气温较低、湿度较大的条件下，因此，川江上冬雾多于夏雾。但在水库蓄水后，冬季气温略有增高、湿度减小，对冬雾的形成不利，所以冬雾有所减少。但在秋季尤其是深秋时节，雾日略有增加。

2003 年三峡水库蓄水以来的监测结果表明，水库对局地气候的影响与环境影响报告书预测的十分吻合，影响的范围和程度有限。

79

近年来长江流域发生的地区性高温、大旱、洪水和“旱涝急转”等与三峡工程有关吗？

2006年、2010年年初的西南地区高温、大旱和年中的重庆主城区大洪水，2011年年中长江中下游发生的“旱涝急转”等极端天气现象，恰巧发生在2003年三峡工程蓄水之后。有人质疑旱情和洪水是三峡工程蓄水造成的。

近年来，国内外极端天气事件的发生有常态化的趋势，这与全球气候变暖直接有关，而与三峡工程没有关系。

2006年、2010年年初的西南地区高温、大旱，其主要原因有两点：一方面是在全球气候变暖的大背景下发生的，另一方面是大尺度的大气环流异常（尤其夏季风异常）造成的。正是由于这种大气环流异常的影响，当时不仅重庆市，包括川东很大范围都出现了高温、干旱的天气特征。有人认为三峡大坝像一堵墙，截断了通往川渝的水汽。实际上三峡大坝最高处仅181米（坝顶高程185米），而大气环流的垂直高度超过3000米甚至达1万米，三峡大坝根本无法阻挡或阻断大气环流。国内外相关研究资料表明，世界各国的水坝建设史上，至今还没有哪座水坝阻断大气环流，改变某一地区大气候的先例。

2010年汛期重庆主城区大暴雨，其成因与2007年7月特大暴雨类似。一方面是高纬度冷空气活动频繁，另一方面是低纬度副热带高压较往年偏弱，使得西南气流以低空急流冲向长江中游，重庆市主城区恰位于这支急流的出口处，即处于暴雨降落区，暴雨也就造成了洪水。那么形成降雨的大气水分是从哪里来的呢？与降雨密切相关的大气中水分的循环有两种。一种是外循环，即按水汽从降雨区以外随大气环流输送进来的；另一种是内循环，即在局部区域内，水汽随大气局地环流进行输送。内循环水分的增加或减少，对于外循环来说是微不足道的。外循环对降雨的影响占95%以上，内循环对降雨的影响仅占不足5%。其实，三峡水库及周边大范围地区降雨的水汽主要来自印度洋和太平洋及其周边地区，三峡水库水

体面积仅 1084 平方千米，而太平洋、印度洋水体面积是以亿平方千米计，其面积相差达几千、几万倍。因此，把三峡水库与周边地区的极端天气事件联系起来，是缺少科学根据的。

2011 年年初，长江中下游地区发生了近 60 年来最严重的冬春持续干旱；6 月份以后，这一地区又遭受暴雨洪涝灾害，大旱之后接着大水。人们普遍疑问，是什么原因导致长江中下游地区的旱涝急转？这一过程与三峡工程有关吗？

从大气环流和水汽条件分析，旱涝急转主要有以下几个原因：进入 6 月，西太平洋副热带高压位置和强度转换快；南海季风由弱转强，青藏高原对流活动异常活跃并东移；长江中下游水汽输送和水汽收支状况发生根本性转变。

我国属于典型的东亚季风气候，受到周边海温变化和青藏高原积雪变化的影响很大，两者的温差会影响季风的强度，导致暖湿气流往北推进程度的变化，从而决定雨带的南北移动。比如说，青藏高原积雪的状况对亚洲甚至北半球都有影响，三峡水库的影响和它比起来，简直就是微乎其微。三峡水库是 2003 年 6 月开始蓄水的，但长江流域从 1999 年开始就从多雨期转变为少雨期。十几年来，长江流域中下游的降水量由原来的年均 1250 毫米减少到 1100 毫米，减少 10% ～ 12%，主要的降雨带向北移动到黄淮地区。研究表明，一个地区发生暴雨，需要从比它大十几倍乃至更大面积的地区收集或获得水汽。因此，三峡水库不能左右比它面积大很多倍的地区的旱涝过程。长江中下游的干旱和洪涝，是大范围大气环流和海洋温度异常的结果，而绝不是三峡水库带来的问题。再从全球范围来看，2011 年其他国家和地区也出现了一些气候异常现象。6 月之前，欧洲和美国中部一些地区也出现了严重的、持久的气象干旱，德国、法国和英国等国家经历了历史上少见的持续性干旱。受同样大气环流影响，6 月 21 日西太平洋沿岸地区普降暴雨，日本九州部分地区当日雨量超过 1000 毫米。

所以说，2011 年长江中下游地区的旱涝急转与三峡工程没有关系。

可以肯定地说，今后再发生类似前述的大尺度范围的高温、干旱、暴雨、旱涝急转等异常天气事件，都不会是三峡工程造成的。

80

为保持三峡水库“一盆清水”，国家采取了哪些污染防治措施？

三峡水库2003年6月蓄水至135米水位，就开始形成了水库。要保证三峡水库成为“一盆清水”，必须首先治理进入水库水体的3个主要污染源：工业废水和固体废物，生活污水和垃圾，船舶油污水和垃圾。因为三峡水库蓄水后，水库内水流的速度减缓很多，如不抓紧进行污染源治理，超量的废污水势必使水库内的水质变差。

三峡水库蓄水前，从三斗坪坝址到重庆市主城区的长江干流，沿江各个县城和集镇，生活污水和部分工业废水直接排入长江。船舶垃圾沿江随意丢弃的现象尚未得到有效控制。国家环境监测总站监测结果表明，2000年三峡库区长江干流水质以Ⅲ类为主。

按照2001年11月，国务院批准的《三峡库区及其上游水污染防治规划》，在下述四方面采取了污染防治措施来保持三峡水库“一盆清水”。

生活污水处理：三峡库区20个区、县、市，已建成并运行城市污水处理厂4座，城镇污水处理厂33座，沿江重点集镇和小集镇污水处理设施91座，扩建污水处理厂17座，总处理规模278万吨每日。

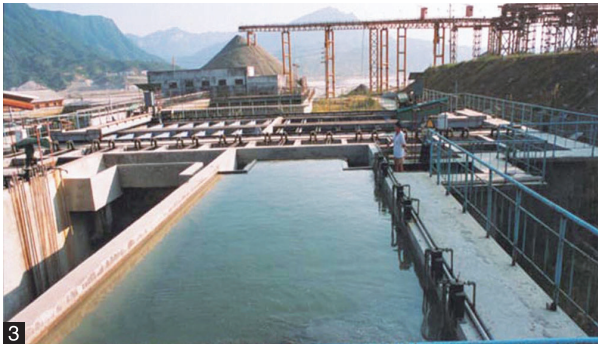
库区上游干流及主要支流，已建成并运行沿江城市污水处理厂109座，总处理规模355.5万吨每日。

生活垃圾处理：三峡库区已建成并运行城市垃圾处理厂8座、县城垃圾处理厂16座、集镇垃圾处理厂113座，总处理规模9540吨每日。

工业废水和固体废物处理：在2003年之前，三峡库区已彻底关闭所有规模以下的造纸（年制草浆3.4万吨以下、年制木浆5万吨以下）、制革（年产皮革10万张以下）、农药、染料等污染严重的企业，关闭年产5万吨以下的小啤酒厂、年产1万吨以下的小白酒厂。小氮肥企业已通过技术改造和进步，实现污水零排放。按







1. 污水处理厂的曝气池
2. 万州明镜污水处理场
3. 库区污水处理厂

照《规划》规定，所有工业企业，工业废水都要实现达标排放，固体废物都要按规定处理和堆存。

船舶油污水和垃圾处理：三峡库区船舶按要求安置油水分离装置，库区船舶油污水处理率达 90% 以上，达标排放率达 82% 以上。设置了船舶废弃物接收装置，并设立库区船舶垃圾接收点 7 处，垃圾接收船 6 艘，油污水接收船 1 艘，油污水和垃圾接收单位 14 家。

水库库底在每次分期蓄水前，均按有关规定进行了严格清理，并通过了国家验收。

环境保护部发布的《长江三峡工程生态与环境监测公报》中显示，自 2006 年以来，三峡水库总体水质已达到Ⅱ～Ⅲ类标准，库区长江干流近年总体水质为优，是“一盆清水”。

为了进一步加大水质治理力度，2011 年 1 月，国家发展与改革委员会、环境保护部等七部委联合下发了《三峡库区及其上游流域

水污染防治“十二五”规划编制大纲》，在三峡库区规划了下述污染防治任务：淘汰落后产能、升级改造生产工艺、处置工业三废、综合整治矿石开采区和受污染支流，以及加强水源涵养区的生态保护和水土保持等。随着规划污染防治措施的落实，“十二五”期间，三峡水库的总体水质将力争全部达到Ⅱ类标准，三峡水库会继续保持“一盆清水”。



三峡水库蓄水前后
万州区平湖对比



三峡水库会发生水华吗？

81

水华是淡水水体中营养物质增加导致的藻类大量生长繁殖的一种自然现象，它会使水体呈绿色、褐色或蓝绿色。它的发生说明水体已经富营养化，会导致水中溶解氧下降，水质恶化，甚至丧失水体应有的功能。水华的爆发需具备三个条件：

充足的营养盐（氮、磷、硅等）；

缓慢的水流流态；

适宜的气候条件（水温、光照等）。

三峡水库蓄水前，库区干流及部分支流水体内营养物质水平虽然较高，但由于天然条件下河流流速较快、水体滞留时间短，不易发生水华现象。三峡水库蓄水后，水位抬升，库区水深增加，库区干流水体流速减小，但由于三峡水库的峡谷特征，干流水体流速与湖泊相比仍比较大，水流输移特征明显、水体滞留时间短，加上蓄水后，库区生态环境经过治理，干流水质良好，因此在库区干流并没有水华出现。但在部分库湾及支流区域，由于水体流速较小，输移作用差，水体滞留时间长，水体内营养盐含量高，当水温和光照达到一定条件时，就有可能爆发水华现象。近些年监测结果表明，三峡水库部分支流或库湾易在 3—7 月期间出现短时水华现象，总体尚不严重，且其产生及消亡都比较突然，与水动力条件关系密切。有关三峡水库库湾及支流其确切的生消机理尚在不断深入研究中。

控制水体营养盐水平、切断藻类营养物质供应、生物治理等多项措施，是三峡水库正在积极采取的水华防治措施。但水华防治是世界性难题，今后还要继续加强研究，采取更有效的综合防治措施，构建长期有效的防治机制。



2008 年香溪河水华

82

三峡水库蓄水前是如何对淹没区进行清理的？

为了使三峡水库成为“一盆清水”，有效减少甲烷等温室气体的产生，保护水库下游人群健康、航运安全和三峡工程运行安全，三峡水库在各阶段蓄水前，分别按照有关技术要求和规范进行了大规模库底清理，并通过了国务院三峡工程验收委员会的验收。

对三峡水库库底清理工作，国家高度重视，专门颁布了技术要求和规范：《长江三峡水库库底建（构）筑物、林木、易漂浮物清理技术要求》、《长江三峡水库库底卫生清理技术规范》、《长江三峡水库库底固体废物清理技术规范》。为一个大型水库的库底清理颁布相关技术要求和规范，这在我国还是第一次，对保证库底清理质量起到了重要作用。

2002 年 1 月 20 日，重庆奉节旧县城三峡清库第一爆



建筑物清理：全部拆除淹没区内的所有房屋，并就地摊平，拆除前后，投放灭鼠药；对产生污染的医院、传染病院、化工等生产车间、仓库等建筑物，进行无害化处理后拆除。

构筑物清理：拆除或炸除各种输电等杆线设施，港口码头等地面构筑物，地面以上残留高度均小于 0.5 米；封堵、填塞采矿用的井巷工程、水井、地窖等地下构筑物。

林木和农作物清理：齐地砍伐所有树木，运出淹没区；就地烧毁残留的枝杈、落叶，农作物残留的秸秆等易于漂浮的物质，为避免发生火灾，烧毁时采取防火措施。

库底卫生清理：对传染病疫源地，医疗卫生机构工作区及医院垃圾，厕所、粪池、化粪池、沼气池、牲畜栏、屠宰场、兽医站、生活污水沟（坑）、坟墓等，在蓄水前进行清理和无害化处理。

固体废物清理：将生活垃圾、有害工业固体废物、危险固体废物、堆存危险固体废物原址被污染的土壤等，运出175米水位淹没区并进行清理和无害化处理。

从对沿江生活垃圾的清理，可以看出三峡库区库底清理是十分认真和彻底的。沿江城镇附近均堆放有大量生活垃圾，有的堆存时间长达上百年。清理前，对典型垃圾堆进行了钻孔取样，以鉴定其组成、堆龄及有无毒性，凡是 15 年以内的和有毒有害垃圾，均须运至非淹没区并进行无害化处理，据此逐堆做出清理方案并严格执行。

库底清理前，以区、县为责任单位，在调查清楚需要分类清理对象的基础上，按照技术要求和规范，都编制了库底清理设计；对重点清理对象，编制了专题设计。每一个区、县的库底清理设计，都附有该区、县库底清理分类项目清单，对每一个项目都实行质量进度和投资“双包干”。

库底清理任务完成后，先由区、县验收组自验，再由省、市验收委员会初验，再由国务院三峡工程验收委员会终验。验收完全合格并经国务院三峡工程建设委员会批准后开始蓄水。由此可见，三峡水库蓄水前对库底的清理是十分严格和彻底的，为国内外大型水库蓄水前库底清理树立了典范。

怎样处理三峡水库的漂浮物？

三峡库区山高坡陡，历史上每逢汛期暴雨，会冲毁一些房屋、树木和农作物，还会将岸边成堆的垃圾冲入江中，连同江中塑料袋、泡沫塑料等形成大量漂浮物，厚者高达数米。

三峡水库的漂浮物主要是农作物秸秆和生活垃圾。漂浮物的数量呈季节性变化，每年 10 月至次年 5 月的非汛期漂浮物较少；每年 6—9 月的主汛期，由于暴雨的冲刷，漂浮物增多。水库漂浮物如不及时打捞，不仅影响水电站和船闸的安全运行，还会破坏水质、影响景观。

按照水库调度要求，当进入三峡水库的洪峰流量小于 45000 立方米每秒，航道没有封航时，沿程还可以打捞一部分，未打捞的漂浮至坝前，由专门设计制造的漂浮物打捞船进行打捞；当洪峰流量等于或大于 45000 立方米每秒，航道封航时，沿程无法下水打捞，大量漂浮物直冲坝前，大大增加了坝前打捞漂浮物的难度和工作量。2010 年汛期，长江上游发生 7 万立方米每秒大洪水，坝前聚集的漂浮物总体积约 24 万立方米。

300 立方米清漂船在大坝前进行清漂作业





库区清漂作业

三峡水电站高度重视三峡水库漂浮物问题，采取了预防、沿程打捞和坝前集中打捞等措施。早在 2003 年蓄水至 135 米时，库区地方政府就组建了专业打捞队，承担三峡库区漂浮物打捞任务，以小型机驳船人工打捞为主，及时将沿途的漂浮物打捞上岸。为了彻底解决漂浮物打捞难题，2009 年以来，不断更新打捞设备。库区一些区县陆续配备了少量小型机械化清漂船；水库管理部门还建造了世界上容量最大的 300 立方米清漂船，该船采用双船体、双主机、双 360 度全回转推进器结构，打捞效果十分明显，并将再建造三艘机械化清漂船，进一步提高三峡坝前的清漂能力。现在的三峡水库漂浮物清漂效果十分显著，再也不会出现当年葛洲坝电站汛期漂浮物在坝前堆积如山的现象。每到汛期，大坝前清漂工作 24 小时作业，保证 2 天之内清理干净，不允许有成片的漂浮物聚集。

打捞上岸的漂浮物一般有两种处理办法。一是采取填埋处理；二是进行漂浮物综合无害化处理。2010 年，能够处理漂浮物的水泥窑生产线在秭归县正式投产。该生产线将漂浮物进行预处理后作为水泥窑的燃料，每天可处理漂浮物 1200 立方米，既提供了相当于 20 吨标准煤的热能，又避免了填埋处理的二次污染。现有关单位又在研究漂浮物中塑料等各类有机物的二次利用问题，三峡水库漂浮物变废为宝的时间指日可待。

84

三峡水库“清水”下泄对长江中下游有什么影响？

这里所说的“清水”，不同于前面“一盆清水”的概念，而是指三峡水库下泄水流的含沙量小于天然情况下含沙量的水。三峡水库运行初期，上游来的泥沙有大部分淤积在水库中，只有少部分随下泄水流排出水库，这就是“清水”下泄的成因。

对于“清水”下泄问题要辩证地看，“清水”下泄有利有弊。

三峡水库“清水”下泄的有利影响：

“清水”下泄将河道冲深，泄洪能力随之加大，对长江中下游防洪总体是有利的；

“清水”下泄使进入洞庭湖的泥沙减少，有助于缓解洞庭湖的泥沙淤积，延长洞庭湖“寿命”；

“清水”下泄将河道冲深，消除了盐渍化对农田的威胁；

对稳定长江口河槽和维护入海口拦门沙有利，促进长江口航运事业发展。

三峡水库“清水”下泄的不利影响：

使河道变深，相同流量时的长江水位比原来降低，使原有浅滩航道的局部水深可能达不到航行标准；

对三峡水库下游局部地段堤防的堤脚造成冲刷，如不及时治理，有可能出现崩岸险情；

长江中游沿江地区河道下切，部分饮用水和灌溉用水的取水口取不到水，必须向下延伸。

“清水”下泄问题在三峡工程论证阶段已经很受重视。从1982年起，长江委就开始对葛洲坝工程运行后的“清水”下泄进行观测，摸索总结出比较有效的对策。

大自然有很强的自愈能力，“清水”下泄不可能永久进行下去。葛洲坝水库初期蓄水时，坝下到枝江60余千米的长江干流两岸河床遭到了冲刷，根据多年来的实际河道测量，2003年三峡水库蓄水前已经达到了动态平衡，不再发生明显冲刷。三峡水库的“清水”下泄也会像葛洲坝工程一样，持续一定时间后，也将会达到动态平衡。

对于“清水”下泄带来的问题，只要及时制定并采取有效对策，就能趋利避害将不利影响减少到最低程度。目前对于长江出现崩岸险情已制定了应急预案。“清水”下泄对长江中下游影响的处理，国家有关部门已纳入计划，正投入资金，实施关键性河势控制工程和重点河段整治，及时加固大堤及护岸工程，保持河势稳定，以确保堤防安全、航道通畅和居民饮水安全。

85

三峡水库运行调度是怎样考虑生态与环境需求的？

三峡水库在运行调度中考虑了生态与环境保护的需求，已取得初步成效。

在汛期，三峡水库实施科学的防洪调度，可以避免特大洪水泛滥对长江中下游地区经济社会的巨大影响及导致的生态灾难与环境破坏。2010 年 7 月在洪峰流量达 7 万立方米每秒的防洪调度中，三峡水库有效削减洪峰 3 万立方米每秒，将 76 亿立方米洪水拦蓄在水库中，使下游安然无恙，避免了百万人上大堤“严防死守”，避免了大洪水泛滥可能带来的灾难损失。

在蓄水期，三峡水库实施了下游生态与环境保护需求的补水调度。例如，考虑到葛洲坝下游每年10—11月中华鲟产卵需求及中下游湖泊生态保护需求，三峡水库将开始蓄水时间提前到9月份，并要求均匀缓慢减少下泄流量，分阶段规定最小下泄流量，尽量减少蓄水过程中对下游生态环境的影响，避免在中华鲟产卵期、中下游湖泊退水期削减较多水量；综合考虑了中下游航运、生活生产、河口压咸、生态用水需求。

在枯水期，三峡水库实施了库区库岸稳定、下游生态、航运需求的运行调度。三峡水库在175米蓄水后的水位消落阶段，严格控制日水位下降幅度。如2008年试验性蓄水规定，在库水位消落过程中，日下降幅度按不超过0.6米控制；对于经受初次蓄水的库岸（如2008年156米以上库岸），更要求尽量减缓下降速率。三峡水库在秋冬枯水季节实施补水调度，加大下泄流量，从4000立方米每秒提高至5000～6000立方米每秒，仅2009—2010年的枯水期，即累计补水141天，补水总量达到了139.7亿立方米。

另外，每年的 4 月底到 7 月是长江“四大家鱼”的产卵期，长江干流是“四大家鱼”的主要天然原产地，其自然繁殖离不开特定的水文条件，如持续的涨水过程、一定的水流流速、18 摄氏度以上的水温等。为促进长江中游“四大家鱼”的自然繁殖，2011 年 6 月三峡工程还实施了为期 4 天的三峡水库生态调度试验及同步监测。

通过调度，每日日均出库流量增加2000立方米每秒左右。调度期间，出库流量从12000立方米每秒左右逐步增加到19000立方米每秒左右。监测结果表明，本次生态调度使中下游流量、水位持续上涨4～8天，与“四大家鱼”自然产卵时间相吻合，促进了“四大家鱼”产卵行为。

为了更好满足三峡水库对生态建设与环境保护的需求，将进一步开展长江中下游不同年份、不同季节生态环境流量需求研究和三峡工程生态调度技术研究。更长远的调度设想是，研究三峡工程、葛洲坝工程与上游干支流水库的联合调度，统筹考虑，更多地满足生态与环境保护的需求，寻求三峡工程防洪、抗旱、发电、航运、供水与补水、节能减排与生态环保等综合效益的最大化。

三峡工程运行后重庆港会不会被淤成“死港”？

三峡工程设计论证期间，关于泥沙问题，人们最关心的是重庆港是否会被淤成“死港”。

为了研究库区泥沙问题，国内有关科研单位先后建立了5座泥沙物理模型，开展了库区河势变化规律、三峡船闸和垂直升船机引航道泥沙淤积及整治措施等研究。

重庆港区的泥沙淤积问题，始终是三峡工程泥沙科研的重点课题之一。三峡工程论证和初步设计期间，清华大学、中国水利水电科学研究院、长江科学院、南京水利科学研究院四家单位，模拟重庆港区江段河势，各自独立地进行了泥沙物理模型试验。结果表明，航道与港区演变的总规律是基本一致的：重庆港和航道在一般年份均能满足通航要求，但丰沙年后又遇枯水年的水位消落期，航道宽



重庆港

度变窄，须采取疏浚挖泥措施。

三峡水库运行后，重庆港区的泥沙问题更加清楚。从 2002 年 12 月至 2011 年 12 月的监测资料上看，重庆主城区河段泥沙冲刷量略大于淤积量。该河段没有出现严重的碍航问题，一些重点河段的局部地带曾出现航道水深不足、航道宽度变窄、航槽移位等现象，如猪儿碛、九龙滩等河段。这些局部碍航问题，可以通过航道部门适时地疏浚、加强运营管理和优化水库调度等措施予以解决。

今后 20 年，我国将在重庆上游的长江干流和雅砻江、岷江等一系列支流上，开发建设数十个大型水库，长江的泥沙问题总体上更趋于乐观。三峡水库运行 100 年后，泥沙淤积量可比不建库至少减少 60%，对改善港区、航道的泥沙淤积的影响，将起重要作用。对于局部出现的淤积问题，可以通过优化水库调度，结合港口改造，实施整治和疏浚措施加以解决。

三峡工程运行后，重庆港不仅不会被淤成“死港”，反而会随着长江航运事业的蓬勃发展，成为长江上游航运的中心。



第八篇

峡江礼赞

文物保护和自然人文景观

三峡自古就是早期人类和巴楚先民频繁活动的场所，后更成为中原连接西南的咽喉要冲。大量人类文化与文明活动的文物遗存，构成了延续至今的历史文化宝库。

三峡水库蓄水后，难以估量的丰富遗存或将永没水下。为确保这些中华民族的文化密码不致失落，数千位文物考古专家历时十余年，实施了波澜壮阔的抢救保护工程，取得了具有重大历史意义的丰硕成果，在中国乃至世界文物保护史上写下令人赞叹的精彩华章。

三峡水库蓄水后，一些自然人文景观被淹没或被搬迁，或许少了些湍流激荡、历史沧桑，但高峡平湖横空出世，又为“百里画廊”平添别样风采。

水痕婉转，遗存陆离，沧桑磨洗，民族记忆。丰都鬼城，奉节白帝，仙袂飘举，方桃譬李。本篇将带您拾缀古老三峡的文化珍存，纵览水库蓄水后出现的鬼斧神工的地理奇观和焕然一新的人文新景。



87

三峡坝区和库区的文物是如何进行保护的？

我国是世界四大文明古国之一，地面和地下都遗存有大量文物，这些历史文物是我们中华民族的宝贵遗产，是中华民族灿烂文化的见证。尤其是三峡库区，早在200万年以前，已居住着中国最古老的“巫山人”，积淀着丰厚的巴楚文化，蕴藏着大量的地下、地面文物。

为最大限度地减少因三峡水库蓄水而给文物保护工作带来的损失，按照《中华人民共和国文物保护法》，根据文物的重要等级，地下文物有的实行发掘保护，有的原地保护；地面文物有的实行搬迁保护，有的原地保护，有的留取资料。

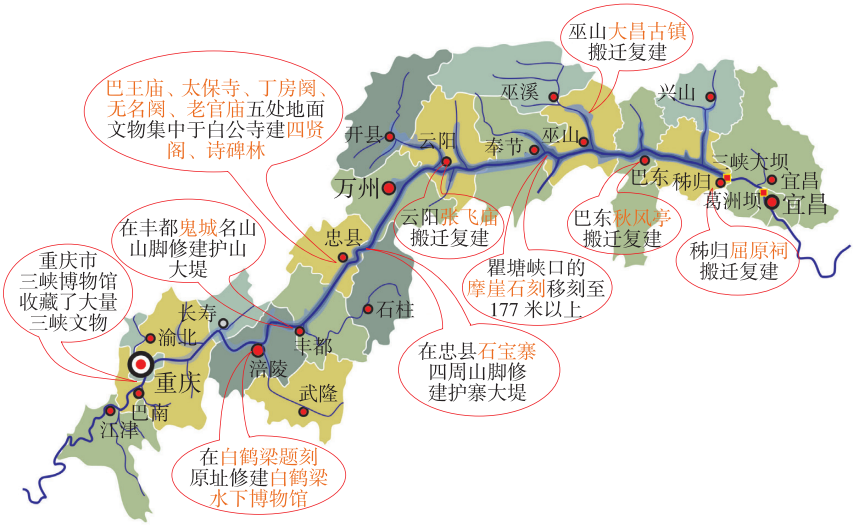
在三峡工程坝区（三峡水利枢纽所在范围），中堡岛位于三峡大坝的坝轴线上，在修建一期导流工程中，必须予以挖除。为配合中堡岛地下文物抢救性发掘，工程建设单位两次推迟进场施工时间，保证了中堡岛地下文物抢救性发掘工作于1994年汛前圆满完成，取得了丰硕成果。

在三峡工程库区（三峡水库淹没范围地区），从1958年起，为配合三峡工程前期论证工作，中国科学院考古研究所，湖北、四川两省的文物考古机构和长江流域规划办公室（水利部长江水利委员会的前身）考古队，陆续进入三峡库区，进行了多次调查和发掘。

1993—1994年，国家文物局组织有关单位，按照“保护为主，抢救第一，合理利用，加强管理”的方针，对三峡库区的地面、地下文物进行了全面调查、勘探，还进行了小规模试发掘，为编制三峡库区文物保护规划奠定了坚实基础。

中国历史博物馆和中国文物研究所在湖北省、重庆市文物保护规划的基础上，编制了《三峡工程库区文物保护规划》。

三峡水库淹没区和移民迁建区共规划文物保护项目1087项（湖



三峡库区部分重点文物保护示意图

北库区 335 项、重庆库区 752 项），其中需要保护的地面文物 364 项，需要保护的地下文物 723 处，规划勘探面积 3163 万平方米，发掘面积 187 万平方米。

1996—2007 年年底，全国 20 多个省、自治区、直辖市 70 多个单位的文物专家、科研和考古工作者，10 多所高等院校的教授和专家学者，共计 1000 多人云集三峡库区，投入举世瞩目的文物抢救保护工程。他们不怕艰苦，不辞辛劳，顶烈日，冒严寒，为了保护和抢救中华民族绝无仅有的文化遗产，用心血和智慧，应用现代科学技术手段，在中国乃至世界的文物保护史上，写下了令人赞叹和敬佩的篇章。经过他们的艰苦努力和创新，圆满完成了新中国成立以来范围最广、规模最大的文物保护工程——三峡库区文物保护规划规定的地面文物保护和地下文物发掘任务。

重庆市三峡博物馆、湖北省博物馆和宜昌市博物馆以及有关市县文物收藏单位收集和珍藏了许多三峡坝区和库区的珍贵文物。

88

三峡库区地下文物发掘取得了哪些重要成果？

三峡库区地下文物保护抢救工作取得了具有历史意义的丰硕成果，其完成的工作量之大、涉及地域之广在世界上是少有的。浩瀚的发掘，艰辛的劳作，获得了重大的、足以载入史册的发现。

最大的收获是补充、完善了三峡库区历史文化序列，使距今 10 万年以来的历史文化脉络比较清晰地展现在世人面前，还使三峡库区从旧石器时代考古的空白区变成旧石器时代考古的富集区，从而展开了一幅可与黄河流域历史文化相媲美的长卷。



重庆市巫山县大溪遗址发掘现场



大溪遗址出土的陶器

三峡库区新石器时代遗址有 84 处，这些发现充分证明早在新石器时代，三峡地区已经是中原文化与南方文化相互交融的重要地区。

巴人是三峡地区的先民，但是巴人在战国时期以前的历史也始终是个谜。这次发掘已经发现夏商至西周时期的巴人遗址和墓地 100 多处，还发现了大量巴人的建筑、冶金铸造、盐业、窑业遗址，

使巴人历史文化从夏、商、西周到战国，形成了不间断的完整序列，为研究巴人经济、社会、文化，打开了神秘之门。

巴东县旧县坪遗址的宋代官府区、居民区、宗庙区和墓葬区，在国内第一次全面揭示了宋代县城面貌和布局，是我国城市考古学研究的新突破，被列入“2002年全国十大考古新发现”。

这次考古发掘还发现了许多有关民间习俗的小事。例如，在重庆市万州区曾家溪一座东汉砖室墓内的右墓壁上，发现了一块将“富贵”二字倒砌着的文字砖，显然是寓意着“富贵到了”，说明早在东汉时期，我国民间就有了将吉祥字倒贴的习俗。



兵书宝剑峡悬棺出土的巴式矛

再一个收获是出土了大批珍贵文物。现已出土各类文物标本24万余件，其中珍贵文物1.3万余件。柳林溪遗址距今7000～6000年的太阳人石刻，朝天嘴遗址距今7800～6900年的小口罐，香溪发现的越王州勾青铜剑，中堡岛遗址的石环、玉璜、宋代瓷器，小么姑沱遗址的六朝时期石羊，属国家一级文物的东汉“鎏金四神铜棺饰”，还有乌杨阙、鸟形尊、三羊尊、虎钮錞于、粉青凤耳瓶、蟠璃纹提梁壶等，都具有极高的历史和学术价值。



柳林溪遗址出土的大溪文化时期透雕石人

在大规模发掘过程中，不断完善了考古学理论和方法，加强了重大课题研究，加大了创新型科技考古力度。库区各区县都建设了文物库房，出土文物保管条件显著改善；完善并规范了文物管理制度，保证了出土文物安全。

89

三峡库区完成了哪些地面文物的保护工作？

三峡库区对364处地面文物进行了保护，其中搬迁保护133处，原地保护87处，留取资料144处，完成了规划的地面文物保护任务。所有地面文物保护项目均实行业主负责制、招标承包制、合同管理制、项目监理制、竣工验收制，保证了项目的进度、质量和投资控制。

搬迁保护是对完全被淹没的地面文物，按照原材料、原结构、原工艺的原则，搬迁复建到淹没线以上。搬迁保护又分为：

复建后的古民居群与三峡大坝遥相呼应



整体搬迁保护：凡是整体结构较为完整的庙宇、祠堂、塔亭、桥梁、民居等古代建筑，整体搬迁复建到与原来环境相似的地方。如云阳县张飞庙、忠县汉代双阙、巫山县大昌镇古民居群、巴东县秋风亭，秭归县屈原祠、江渎庙和新滩古民居等。

局部搬迁保护：一些整体结构不完整，而部分构件特别精美的古代建筑，采用局部搬迁保护。如云阳县老城墙、石柱县禹王宫、秭归县胡家大屋、兴山县吴宜堂老屋等。

凿石搬迁保护：三峡两岸有历史意义的石刻、题记、石窟造像等，将其切割下来，易地镶嵌或陈列展览进行保护。如奉节县瞿塘峡口的摩崖石刻集历代名人的名句和手笔，是十分珍贵的地面文物。为了保护好这些文物，文物工作者在高高的脚手架上，把每一



块石刻精心完整地凿下来，再镶嵌在177米高程以上，仍然可供游人观赏。

原地保护是在原地采用钢筋混凝土筑堤或加固山体等工程措施进行的保护。如涪陵白鹤梁枯水石刻、涪州城墙，奉节白帝城、耀奎塔，忠县石宝寨，南岸区弹子石大佛，万州区钟楼等。



古栈道

留取资料保护是对一些不需要搬迁保护的文物点，采取照相、测量绘图、拓片、模型复原、记录等手段，取齐资料，为今后展览或研究提供原始依据。如古栈道、纤道等。

三峡库区地面文物保护还在重庆市三峡博物馆、秭归县新县城凤凰山、兴山县新县城古夫镇、巫山县大昌古镇、云阳县新县城磐石城、丰都县文物复建区、忠县新县城等地，集中复建完成了各类文物建筑。一大批具有三峡地区传统风貌的汉代双阙、摩崖造像、碑碣、诗文题刻等都得到妥善保护，保存了峡江古民居建筑，展现了三峡库区古民俗文化和历史风貌，已成为三峡库区旅游的精华之地。一批重点地面文物保护项目已成为旅游、文物保护开发项目，发挥了较好的社会效益和经济效益。

三峡水库蓄水后，三峡风光依旧迷人吗？

古老而神奇的长江三峡是大自然赋予人类的鬼斧神工之作，是天然而成的绝美山水画廊。自 2003 年 6 月三峡水库开始蓄水后，人们难免质疑：三峡的美景是否将不复存在？

2010 年 10 月 26 日，三峡工程成功实现试验性蓄水 175 米目标。这个疑团，终于有了明晰的答案——原有风光依然迷人，新增景观更添姿色。蓄水后的三峡，仍旧是一幅旖旎壮丽的山水画卷。

三峡水库蓄水至 175 米后，雄奇险峻的瞿塘峡和幽深秀丽的巫峡水位升高 50 ～ 60 米，水面上升和变宽可能使峡谷感减弱，但峡谷两岸高达 1000 ～ 1500 米的山峰并没有明显变矮。人们仍然需要引颈仰视才能一睹神女的风采。乘船进入两峡峡谷中，仍然给人以“峰与天关接，舟从地窟行”的感觉。虽然瞿塘峡入口处的“孟良



巫峡风光



西陵峡风光

梯”、“古栈道”等景观已被淹没，但“粉壁墙”上的摩崖题刻“夔门天下雄”、“瞿塘天下险”等，已被原样移刻在177米高程以上，游客仍可尽情观赏。

以迤逦秀美著称的西陵峡分为东、中、西三段，西陵峡的东段和中段的下半段在三峡大坝下游，不受蓄水影响，保持了原汁原味的峡谷风貌。三峡蓄水后，西陵峡西段水位升高近90米，其间的牛肝马肺峡、兵书宝剑峡下部已被淹没，峡谷感有所减弱。但是原来只能远远仰望的牛肝马肺峡，现在和游人们更亲近了。同时，“牛肝马肺”和“兵书（即巴人悬棺）”已被取下，存放于秭归县凤凰山公园。

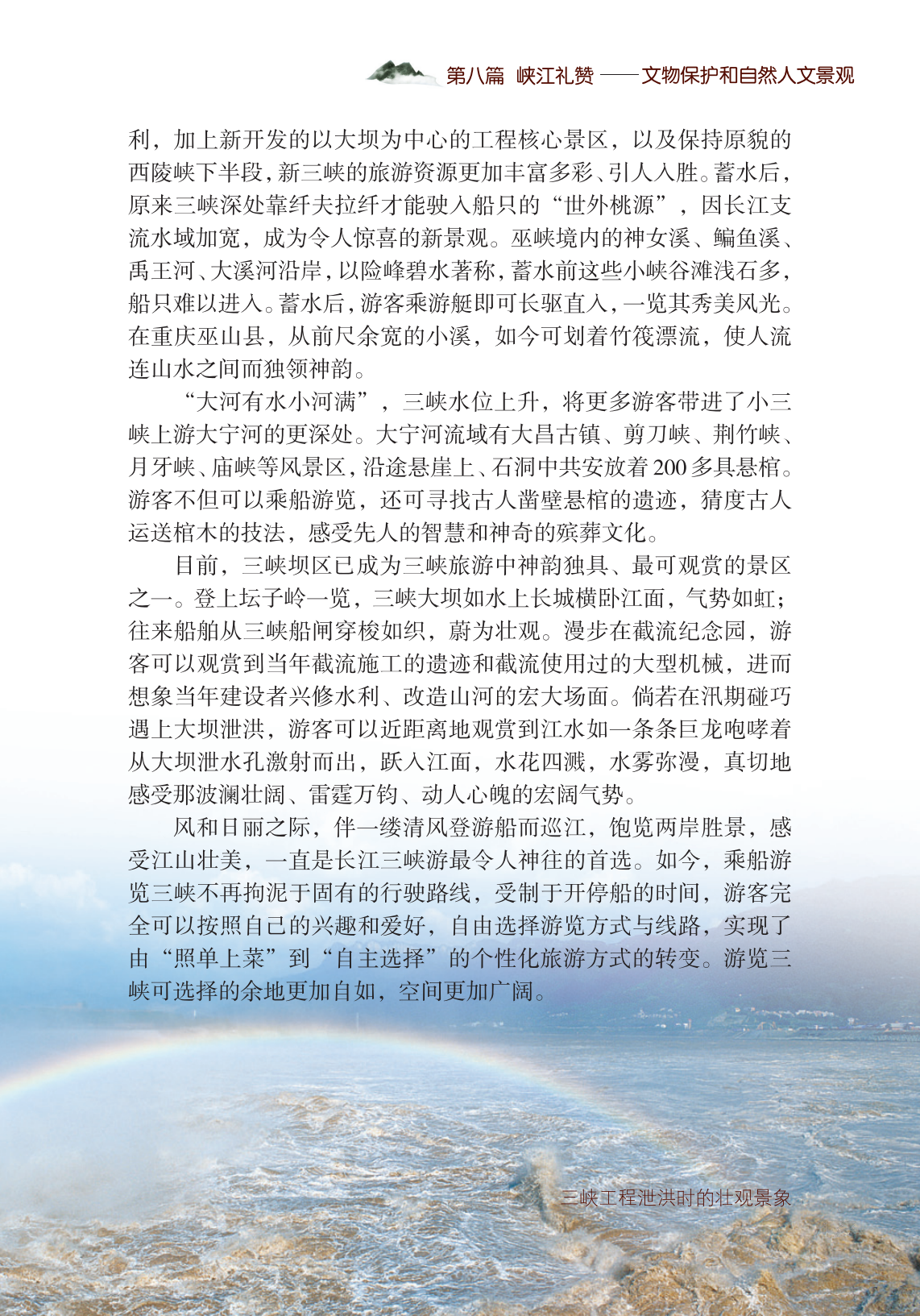
三峡水库蓄水后，在百里三峡画廊中，三峡大坝造就的高峡平湖横空出世，使三峡雄姿另添别样风采。三峡水库回水至重庆，平均水深50多米，平均宽度达1576米，水流由急变缓，江面由窄变宽，由激流险滩到高峡平湖，是三峡风景最直观的变化。三峡库区周边旅游景点十分集中，自然风光以溪流、幽谷见长，人文景观以土家民俗、纤夫文化最为浓郁。蓄水之后从水路到达这些景点十分便

利，加上新开发的以大坝为中心的工程核心景区，以及保持原貌的西陵峡下半段，新三峡的旅游资源更加丰富多彩、引人入胜。蓄水后，原来三峡深处靠纤夫拉纤才能驶入船只的“世外桃源”，因长江支流水域加宽，成为令人惊喜的新景观。巫峡境内的神女溪、鳊鱼溪、禹王河、大溪河沿岸，以险峰碧水著称，蓄水前这些小峡谷滩浅石多，船只难以进入。蓄水后，游客乘游艇即可长驱直入，一览其秀美风光。在重庆巫山县，从前尺余宽的小溪，如今可划着竹筏漂流，使人流连山水之间而独领神韵。

“大河有水小河满”，三峡水位上升，将更多游客带进了小三峡上游大宁河的更深处。大宁河流域有大昌古镇、剪刀峡、荆竹峡、月牙峡、庙峡等风景区，沿途悬崖上、石洞中共安放着200多具悬棺。游客不但可以乘船游览，还可寻找古人凿壁悬棺的遗迹，猜度古人运送棺木的技法，感受先人的智慧和神奇的殡葬文化。

目前，三峡坝区已成为三峡旅游中神韵独具、最可观赏的景区之一。登上坛子岭一览，三峡大坝如水上长城横卧江面，气势如虹；往来船舶从三峡船闸穿梭如织，蔚为壮观。漫步在截流纪念园，游客可以观赏到当年截流施工的遗迹和截流使用过的大型机械，进而想象当年建设者兴修水利、改造山河的宏大场面。倘若在汛期碰巧遇上大坝泄洪，游客可以近距离地观赏到江水如一条条巨龙咆哮着从大坝泄水孔激射而出，跃入江面，水花四溅，水雾弥漫，真切地感受那波澜壮阔、雷霆万钧、动人心魄的宏阔气势。

风和日丽之际，伴一缕清风登游船而巡江，饱览两岸胜景，感受江山壮美，一直是长江三峡游最令人神往的首选。如今，乘船游览三峡不再拘泥于固有的行驶路线，受制于开停船的时间，游客完全可以按照自己的兴趣和爱好，自由选择游览方式与线路，实现了由“照单上菜”到“自主选择”的个性化旅游方式的转变。游览三峡可选择的余地更加自如，空间更加广阔。

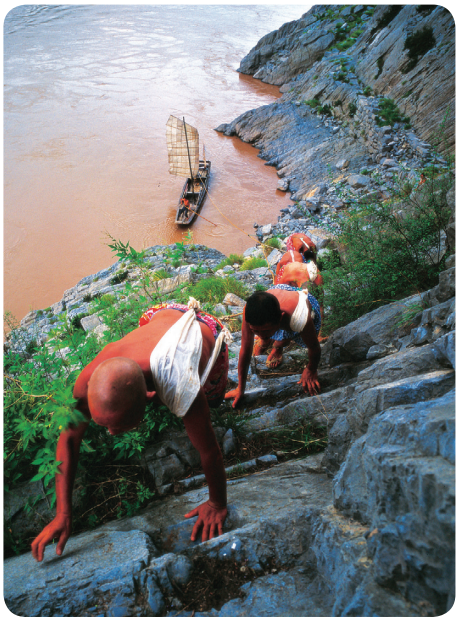


三峡工程泄洪时的壮观景象

91

巴东县神农溪还有裸体纤夫拉纤吗？

在机动船尚未大发展之前，千百年来的三峡江段，木船往上游行驶时，每遇浅滩或急流滩，必须依靠纤夫拉纤才能艰难地上行。这种现象一直延续到20世纪60年代初，以后随着绞滩站的设立和船舶航运技术的进步，这种现象逐渐消失，长江干流再也见不到纤夫拉纤，但在巴东神农溪仍有留存。



拉船的纤夫

神农溪发源于神农架主峰，由北向南穿行于深山峡谷之中，在巴东县境内的西壤口汇入长江。神农溪两岸崇山峻岭，过去陆路交通条件不好，水上运输成为必须。而神农溪的滩多水急河段，行船需要纤夫拉纤助力。纤夫多是家境贫寒之人，穿衣拉纤衣服破损很快，觉得可惜；再者拉纤时频繁下水，穿衣脱衣很麻烦。更重要的是，纤夫所穿衣服多是自家土布缝制，湿水之后变硬，贴在身上易将皮肤磨破。因此，除了在港口停靠外，千百年来深山峡谷中的纤夫裸体拉纤已相沿成习。

神农溪的裸体纤夫是三峡古老拉纤文化的活化石，他们原始、野趣、淳朴、憨厚。20世纪80年代葛洲坝工程建成，三峡航道水深增加，山区公路修建，交通运输条件大为改善，木船和纤夫逐渐消失。巴东神农溪开始从事旅游开发时，裸体拉纤成为当时一个奇特的旅游文化亮点。游客乘坐纤夫们当年拉货的“豌豆角”木船，

从神农溪入江口逆流而上。纤夫一路拉纤，在浅滩和水流湍急之处，用自己手中的纤绳维护游客的安全。随着神农溪旅游知名度的增加，游客数量倍增，考虑到女性游客的大量增加，纤夫拉纤便穿起了短裤，只在为摄影家等特殊游客表演时才脱去衣服拉纤。这时的裸体拉纤已多是商业性表演了，原始意义上的纤夫拉纤已经逐渐淡出了历史舞台。



秭归县九畹溪漂流依旧惊险刺激吗？

九畹溪，古名为聚鱼坊，位于三峡大坝长江上游南岸 20 千米处，入江口正对牛肝马肺峡，传说是伟大的爱国诗人屈原魂归故里所在地，《离骚》“余既滋兰之九畹”就在此处。

九畹溪全长 46 千米，两岸风景奇特秀丽，大部分地区人烟稀少，生态环境良好。2000 年年初，秭归县开发了九畹溪 7.2 千米的漂流。一经推出，就以其惊险刺激吸引了国内外广大游客。2003 年三峡大坝蓄水后，下段约 7 千米湍急的溪流成为深水库湾，被辟为休闲观



九畹溪风光

光河段，漂流上移到 145 米水位之上的二期探险漂流河段。该河段长约 6 千米，水位落差达 80 多米，水势更快更急，险滩也更多，比以前更惊险、更刺激。下水漂流前，导游总会叮嘱大家：“穿好衣，戴好帽，漂流途中勿脱掉；若翻船，请大叫，岸边水手速赶到……”



九畹溪漂流

二期漂流河段起漂时的一段，水流较缓，滩短且稀，游客还能从容地欣赏沿岸的景色。越往下漂，水势愈急，流速增大，险滩增多，冲滩激起的浪涛一遍遍把人全身浇透，每个人都只能全神贯注于突然袭来的惊涛骇浪，只有在冲滩后给橡皮艇倒水时才有机会看一看同行的伙伴和两岸的山峦。而此时的九畹溪溢满了一浪盖过一浪的惊叫和欢笑声，正所谓“胆大者一路欢笑，胆小者一路尖叫”。过悬棺后，护漂水手明显增多，他们一再提醒游客保持平衡和镇静，抓牢艇上索套。最后 3 千米漂流河段滩连着滩，急湍似箭，猛浪若奔。游人漂流其间，不得喘息之机，刚刚才被巨浪浇透，下一波浪又劈头盖脸袭来。此时只有抓牢索套，任由橡皮艇迎着巨浪一路闯关夺隘而下。在漂过最惊险的那处长滩后，游客竟不知身在何处，难辨南北东西。

九畹溪漂流就像循序渐进、精心设计的精彩流程，水流由缓而急，险滩由稀而密。人的胆量也变得越来越大，人水相长，人水相戏，其乐无穷，最终把人水相搏的境界推上极致，使游人尽兴忘返。

丰都鬼城隐没于三峡水库之中了吗？

在重庆市丰都县有一座闻名中外的鬼城，位于长江北岸老县城东北的平都山上。因此，人们通常也用“鬼城”来代指丰都老县城，谓之“鬼城丰都”。三峡水库蓄水至175米时，淹到了丰都鬼城的山门，原鬼城山门外的一部分已永没于水下，但山上的景点并未受到影响。

丰都是如何成为“鬼城”的呢？

平都山又叫名山。山上林木葱郁，峦峰起落，是道家七十二福地之一。相传汉代有阴长生、王方平两位道人曾在这里修道炼丹，白日“升天而成仙”。到了宋代，人们误将两人的姓合在一起称为“阴王”，此后以讹传讹，衍化为“阴间之王”。既有“阴王”，阴曹地府也就相应而生。宋代以来，人们在平都山麓和山上先后建起了玉泉殿、牛王殿、天子殿、大雄殿、阴阳界、鬼门关、地藏殿、十五殿等70多座大小道观及殿宇，于是平都山及丰都老县城俨然成了真正的“鬼城”。迷信的说法也随之而来，传说人死以后阴魂都要到丰都鬼城来报到，在这里接受阎王爷的审判，判定功罪善恶，若是好人就转世再生，恶人就永堕地狱。我国不少古代小说，如《西游记》、《说岳全传》、《聊斋志异》中，都有丰都鬼城的故事，



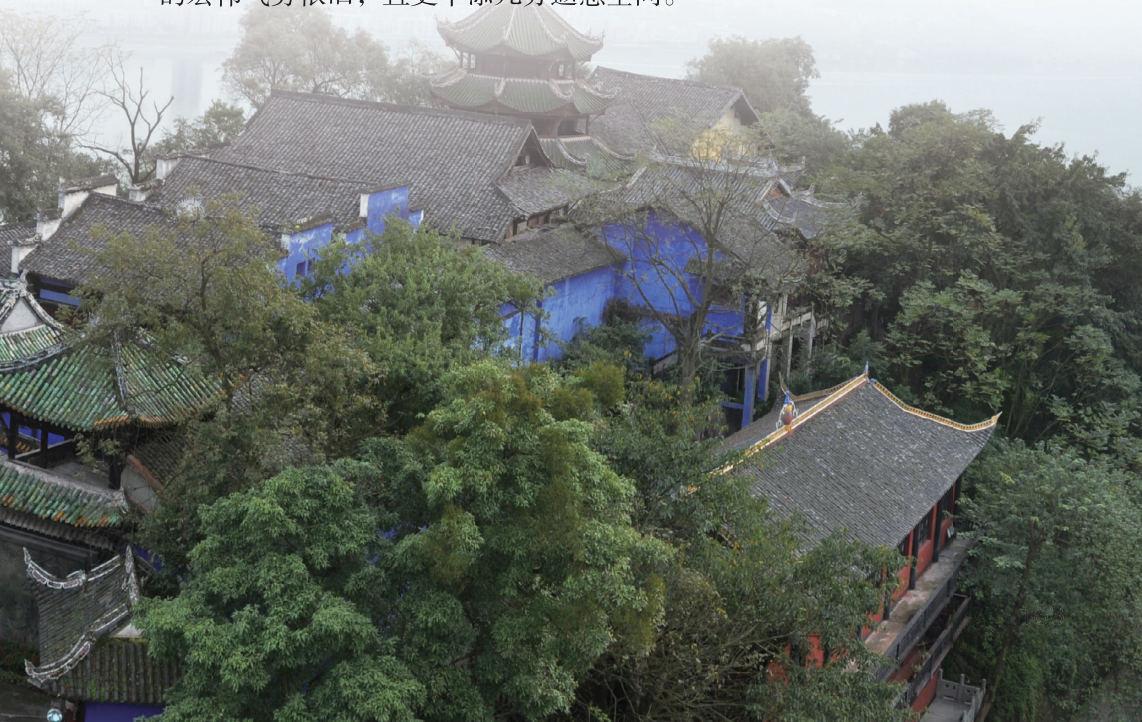
鸟瞰名山

使得“鬼城”之名在民间广为流传，丰都因此以凝聚最丰富的中国鬼文化、聚集大量的阴曹地府建筑而名扬天下。

鬼城的道观、殿宇多已毁废，仅存残垣废墟。1982 年以来，当地政府陆续将平都山上的主要建筑天子殿、大雄殿、阴阳界、鬼门关、望乡台、黄泉路等修葺一新。山顶的天子殿（俗称阎王殿）是山上的最大建筑物，殿内阴森恐怖，寒气逼人。殿中有六槽、十帅、四大判官等鬼神像。两侧为十八层地狱，各种鬼神千姿百态、奇形怪状，各种阴间酷刑令人魂飞魄散、心生恐惧。天子殿楼上为凌虚阁，阁内塑有阴、王两人对弈像。楼为六角形，高五层，为平都山上最高最美的建筑。

这些亭台、楼阁、鬼蜮被人称为“阴曹地府”，实为人间所假想的“阴曹”的各种建筑物、鬼神像。其意是在宣传因果报应，劝人弃恶行善。单从建筑学的观点来看，这些道观殿宇，建筑宏伟、气象森严，是重庆市三峡库区独具特色的建筑群。

三峡水库处于正常蓄水位 175 米时，只淹到名山脚下，山上的“阴曹地府”等景点都不会受任何影响。据测量，名山鬼城大门处的地面高程 155 米，名山山顶阎王殿高程 288 米。每年三峡水库蓄水至 175 米高程时，丰都鬼城三面环水，成为“鬼岛”。不仅名山的宏伟气势依旧，且更平添几分遐想空间。



彩云环绕的白帝城是否旖旎依旧？

94

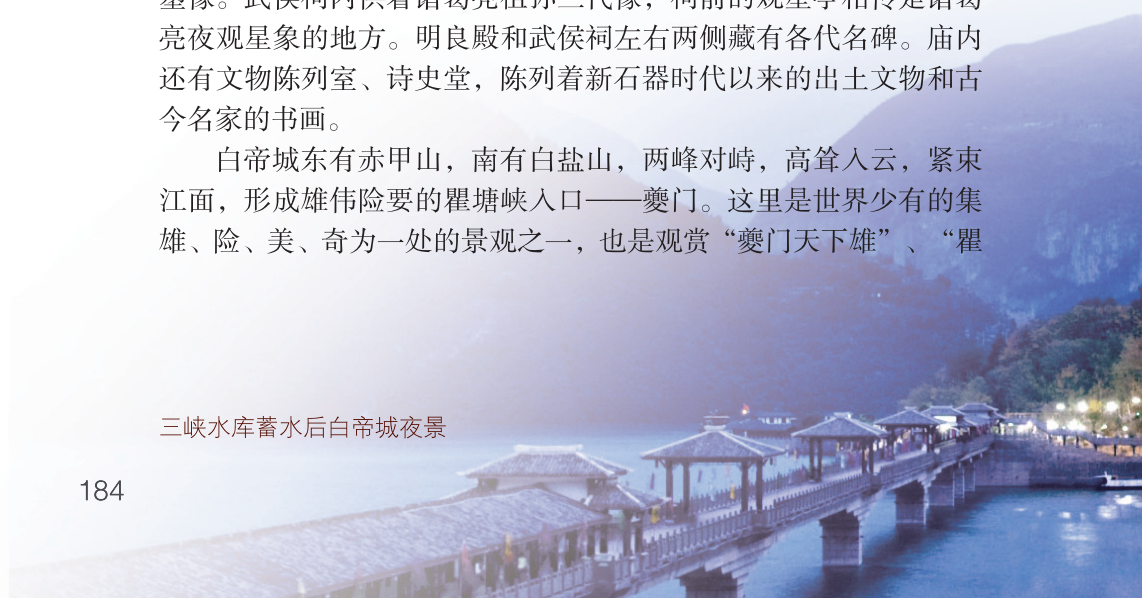
唐代大诗人李白的“朝辞白帝彩云间，千里江陵一日还”诗句中的白帝城，建在高程 248 米的白帝山山顶上，三峡水库蓄水至 175 米时，对白帝城没有影响。

白帝城位于奉节县城城东的瞿塘峡口长江北岸，东临夔门，枕依高峡，俯视大江，扼渝东三峡门户，是个“一夫当关，万夫莫开”的战略要地。西汉末年，公孙述割据四川，因见此地一口井中常有白色烟雾升腾，形似白龙，故自称白帝，并于此建都，将紫阳城改名为白帝城。三国时期，蜀王刘备伐吴，兵败彝陵，退守白帝城，病逝永安宫。诸葛亮即于此受命托孤。

由于公孙述的王号系擅自僭越所致，并非汉室正统所封，故明正德八年（1513 年），四川巡抚林俊毁公孙述像，另祭祀江神、土地神和马援像，改称白帝庙为“三功祠”。明嘉靖十二年（1533 年），四川安抚司副使张俭又毁三功祠，改塑刘备、诸葛亮像，更名“义正祠”。后又添供关羽、张飞像，改义正祠为“明良殿”。但普通百姓仍习称其为“白帝庙”，于是形成了白帝庙内无白帝、所祭祀皆蜀汉人物的格局。

现在白帝庙内的明良殿、武侯祠、观星亭等建筑，皆为明清时代所建。明良殿是庙内主要建筑，内有刘备、诸葛亮、关羽、张飞塑像。武侯祠内供着诸葛亮祖孙三代像，祠前的观星亭相传是诸葛亮夜观星象的地方。明良殿和武侯祠左右两侧藏有各代名碑。庙内还有文物陈列室、诗史堂，陈列着新石器时代以来的出土文物和古今名家的书画。

白帝城东有赤甲山，南有白盐山，两峰对峙，高耸入云，紧束江面，形成雄伟险要的瞿塘峡入口——夔门。这里是世界少有的集雄、险、美、奇为一处的景观之一，也是观赏“夔门天下雄”、“瞿



三峡水库蓄水后白帝城夜景

塘天下险”的最佳地点。历代诗人李白、杜甫、白居易、刘禹锡、苏轼、黄庭坚、范成大、陆游等都曾登白帝，游夔门，留下大量诗篇。故白帝城又有“诗城”之美誉。



1997 年白帝城航拍



白帝城近景

三峡水库蓄水前，白帝城三面环水、一面傍山，夔门涛声震天、气象萧森。三峡水库蓄水后，白帝城成为“孤岛”，城下江宽水阔、波平如镜、深不可测，多了些许壮观和宁静，也多了几分朦胧和缥缈。远远望去，绿树红墙掩映，楼台亭阁点缀，愈见风姿凌空之壮丽；清晨遥看，朝霞似锦缭绕，旭日如彩回环，更添仙山琼阁之秀美。

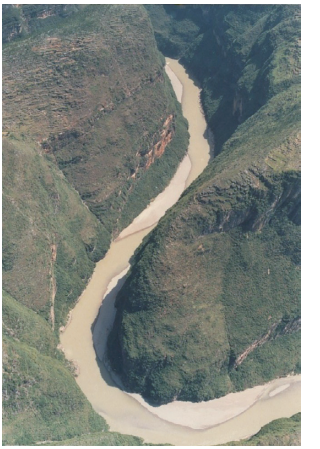
为了加固白帝城山体，国家投资 1000 多万元，对白帝城山体四周进行了护坡治理，给白帝山罩上一个巨大而稳固的“围腰带”。为了方便游客进入白帝城参观，在孤岛与江岸间架设了一座仿汉代景观桥——风雨廊桥。游客到白帝城旅游只需通过廊桥即可步行到达景点。

白帝城是一个集旖旎自然风光和悠久历史文化于一体的绝佳旅游景点，雄奇的山川和丰富的文物交相辉映，相得益彰，令人流连忘返。



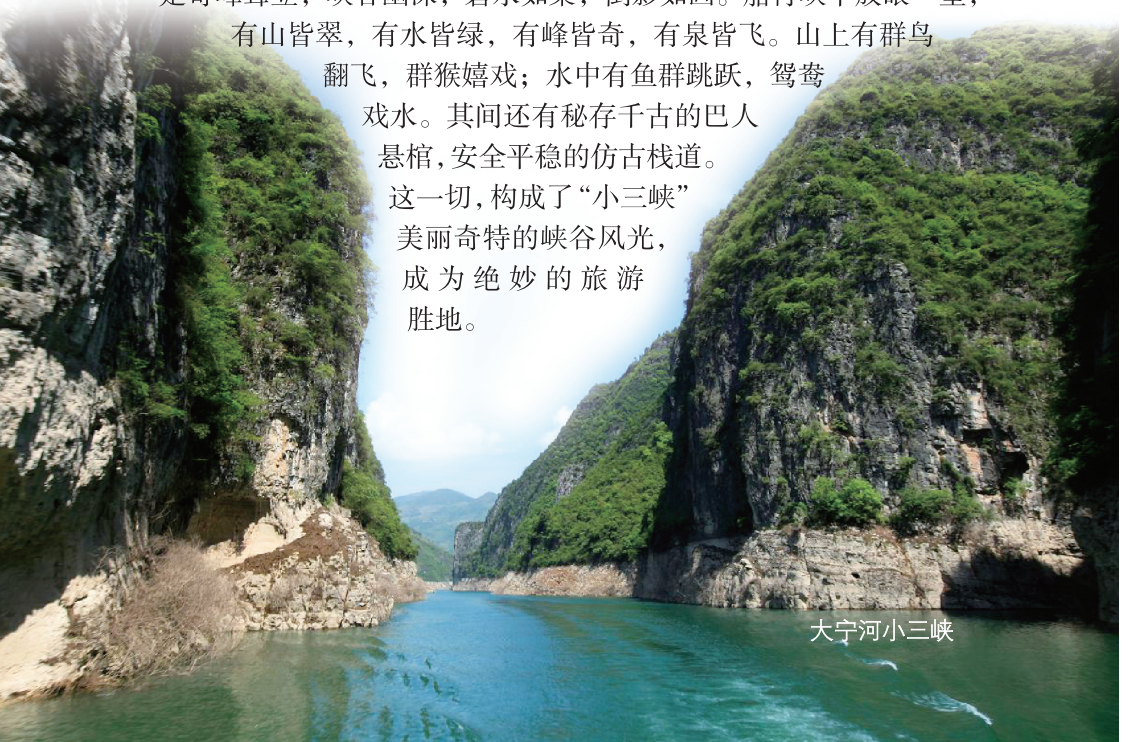
大宁河“小三峡”的自然风光为何更胜往昔？

巫山“小三峡”是长江支流大宁河流经巫山县境内的龙门峡、巴雾峡、滴翠峡三段峡谷的总称。这三个峡谷酷似长江三峡，因此被人们誉为“小三峡”。“小三峡”南起大宁河口，北至大昌镇涂家坝，全长 50 千米，是国家首批 5A 级旅游景区。



巫溪大宁河

三峡水库蓄水至 175 米后，“小三峡”水位在原来基础上抬高了 80 多米，马归山等部分景点被淹没了。但由于“小三峡”两岸奇峰异石基本在海拔 1000 米以上，故而三峡蓄水对“小三峡”景观并无根本性的改变。如今的“小三峡”，仍旧是奇峰耸立，峡谷幽深，碧水如染，倒影如画。船行峡中放眼一望，有山皆翠，有水皆绿，有峰皆奇，有泉皆飞。山上有群鸟翻飞，群猴嬉戏；水中有鱼群跳跃，鸳鸯戏水。其间还有秘存千古的巴人悬棺，安全平稳的仿古栈道。这一切，构成了“小三峡”美丽奇特的峡谷风光，成为绝妙的旅游胜地。



大宁河小三峡

因为蓄水，“小三峡”一线形成了大宁湖、琵琶湖、双龙湖和大昌湖四大湖泊。景区中，峡中套湖，湖峡相连，峡隐湖现，相映成趣。宽阔的湖面成为千帆竞渡、碧波泛舟和水上竞技的好去处。原大昌河谷地带已形成 11.8 平方千米的大昌湖，宽阔的湖面波光粼粼，一些小渔船和成群的飞鸟在水上自由摇曳，一片祥和。因为蓄水，“小三峡”旅游的淡季已不复存在：春赏山花烂漫，夏游青翠欲滴，秋品红叶似火，冬观鸳鸯戏水。同时，人们出游的方式已开始由过去的观光浏览向休闲度假转变。



小三峡中的客船

蓄水前的大宁河“小三峡”是一条清澈见底的小溪，其 40 多道激流险滩礁石密布，落差大者高达数米。江水至此，激浪翻滚，如沸如泄。船行其间，稍一不慎，就触礁搁浅。而当山洪暴发时，又必须禁航。三峡水库蓄水后，巫山县淘汰了原来的人力柳叶舟和小型机动船，打造了多艘豪华游船，游人乘船游览殊为便捷。原来只可远观的绝壁悬棺、两岸的奇花异树和在树上攀爬的猕猴可以近距离地看得更真切了，原来深藏不露的一些峡谷景观也纷纷褪去神秘的面纱，呈现在世人眼前。



小三峡风光

大宁河支流马渡河下游的三撑峡、秦王峡、长滩峡，即“小小三峡”，就是因为水位上升而新形成的一景。这三个峡谷各长 5 千米，与“小三峡”相比，其水道更为狭窄，山势更为奇峻，峡谷更为幽深。“小小三峡”内，奇峰多姿，山水相映，风光旖旎。两岸悬崖对峙，壁立千仞，天开一线，幽、秀、翠、美、怪、奇皆集于此，像一处玲珑奇巧的峡谷盆景，有着挡不住的诱惑。山岩上倒悬的钟乳石，如猪似狗，像龙若蛇，奇形怪状，煞是好看。石上长满了青苔花草，往下流淌着珠帘般的水滴，真是“两岸无石不奇秀，悬岩有水尽飞花”。置身其间，如入仙境。

“小小三峡”旅游既能乘坐柳叶小舟，摇橹拉纤，擦着河底卵石迎着激浪缓缓而上，饱览两岸秀美风光；也可以乘坐橡皮艇，挥动三尺银桨，顺流而下，尽情领略水花飞溅、有惊无险的漂流。

96

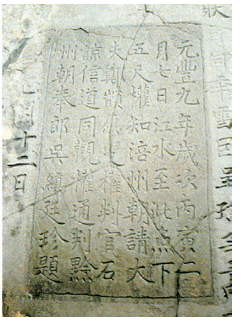
永没水下的白鹤梁石刻为什么变得“寻常可见”？

白鹤梁是位于重庆市涪陵区城北江中的一道天然石梁，是全国重点文物保护单位，堪称世界上最古老的水文站。其走向与长江流向平行，东西长 1600 余米、南北宽 10 ～ 15 米，以 14.5 度的坡度向主流方向倾斜，梁脊只比多年平均枯水位高出 2 米。因此，常年淹没于水下，只有在长江枯水年冬春季节交替的低水位时，才会露出水面。

白鹤梁“寻常看不见，偶尔露峥嵘”。从唐代起至民国年间，趁梁脊出水之机，人们陆续在梁的斜面上刻鱼镌字，形成了鱼形图案与文字题记纵横交错的枯水石刻群，统称为白鹤梁石刻。

白鹤梁上刻着历代名人真迹，如黄庭坚、晁公道、黄寿、朱昂、吴革、刘甲、庞公孙、王士贞等，共 300 多人题写的诗词，达 3 万多字。颜、柳、黄、苏皆备，篆、隶、行、草并呈，有很高的艺术价值。北宋大书法家黄庭坚题写的“元符庚辰涪翁来”，更是令人惊叹。





白鹤梁枯水石刻（右图为 1086 年枯水位记录）

白鹤梁文字题刻共有 165 段，其中水文题刻 108 段，记录了自唐朝广德元年（763 年）以来 1200 余年间 72 个年份的历史枯水位，水文工作者据此推算出远期 1200 多年以来，以 1140 年的枯水位为最枯水位，“水去鱼下十尺”，为 136.99 米；近期 200 多年来，以 1915 年、1937 年的枯水位为最枯水位，为 137.9 米。

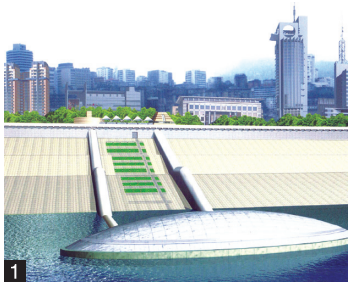
白鹤梁共刻有石鱼 18 尾，其中可作为水文标志者 3 尾。其一尾刻于唐朝广德元年之前，是白鹤梁上最早的石刻，被称为“唐鱼”。另两尾是清康熙二十四年（1685 年）所刻的“清代双鲤”。这 3 尾石鱼刻于白鹤梁较低的位置，枯水季节石鱼一旦出水便预示着农业将获得丰收，故有“石鱼出水兆丰年”之说。

白鹤梁的这些石鱼和文字题刻，规模宏大，历史久远，系统地反映出 1000 多年来长江上游枯水年代水位演化的规律。因此，白鹤梁被认为是我国最古老的枯水水文站，也被誉为“世界第一古代水文站”。

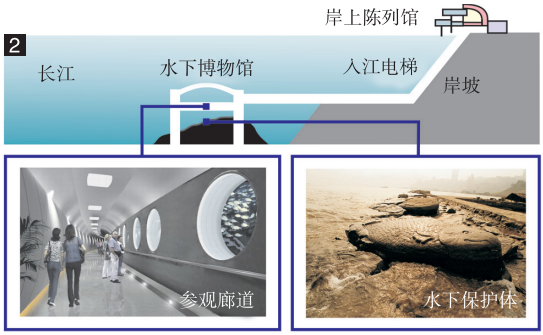
三峡工程蓄水至正常蓄水位 175 米时，白鹤梁将淹在水下 30 多米的深处。因此，如何保护白鹤梁的珍贵石刻，也就引起世人的关注。从 1993 年起，专家先后提出过“水晶宫”、“就地保护、异地陈展”、“无压容器”等方案。国家文物局最后采用了葛修润院士提出的“无压容器”方案，即建造专门的水下博物馆。该方案在保护壳体内注有清水，抵消了外部水体压力。该馆于 2003 年开始施工，2009 年 5 月 18 日建成开放。

人们要想近距离观赏石鱼和石刻，通过电梯进入水下博物馆的环形走廊，走廊一侧有 23 个直径 80 厘米的圆形水下视窗，从视窗可以观赏水中的石鱼和石刻，还能通过电脑触摸屏调集与眼前景观相关的录像资料。

白鹤梁石刻保护，将被水库淹没的、难得一见的珍贵文物，变成了可以随时欣赏、长期完好保存的展品，这不能不说是三峡文物保护工作中具有突出创意的一大成果。



1. 白鹤梁石刻水下博物馆效果图
2. 白鹤梁石刻水下博物馆示意图



奇峰飞阁的石宝寨如何变为高峡平湖中的巨型盆景？

从忠县县城顺江下行 45 千米，长江北岸有一孤峰拔地而起，山峰不大，却四壁如削。紧贴崖壁，有一座似塔非塔、似亭非亭的古建筑巍然屹立在大江岸边，这就是川江著名胜地之一的石宝寨。石宝寨始建于明万历年间，经康熙、乾隆年间修建完善，是国家级文物保护单位。



蓄水前的石宝寨

石宝寨主体建筑由古寨门、寨身塔楼和寨顶古刹三部分组成，共 12 层，高 56 米。寨门为砖石结构，高 6 米余，上嵌“小蓬莱”三字。塔楼是通往寨顶古刹的通道，依山而建，山下 9 层，山上 3 层，错落有致。山下 9 层只有三个立面，另一面紧贴巨石，塔楼亦微微倾向山体。山上 3 层又名魁



星阁，塔楼为完整的四面，向山体后退，大半已支撑于山顶石台之上。从远处眺望，12 层楼重檐高耸，浑然一体。石宝寨正是由于寨楼和魁星阁独具匠心的艺术造型和高超的环境处理手法而闻名遐迩的。塔楼高 45 米，竟然全为穿斗式木架构承重，无一铁钉，这也充分显示了古代匠人的伟大创造力。

塔楼自底至顶，有一条迂回曲折的转梯相连。每层石壁上均有题咏。塔楼临江一面设有 1 ～ 3 个直径 1 米的圆窗和许多小方孔窗。登楼途中，游客既可驻足欣赏石壁题咏，又可凭窗远眺气象万千的长江。上到 9 层，即至山顶。出楼一望，山顶是一个 1200 平方米的石坝。坝上有红墙碧瓦的天子殿，供奉有玉皇大帝坐像。

石宝寨寨门地面高程为 173.5 米，玉印山山顶高程约 210 米。三峡水库蓄水至 175 米后，淹没至寨门口。为了抢救这一极具价值的文物，1992 年以来，来自全国的专家对石宝寨进行考察、论证，并提出保护方案。经过专家反复论证，选定了“护坡围堤”方案：即在寨楼不动的前提下，沿山体周围修筑一圈护坡，在护坡上修建 1 米高的围堤，把整个山寨围起来。2005 年 12 月开工，2009 年 4 月竣工并开放。

现在的石宝寨四面环水，就像一个巨型盆景，镶嵌在高峡平湖之中，景色更为迷人。

蓄水后的石宝寨



98

张飞庙怎样实现了整体搬迁？

张飞庙又名张桓侯庙，位于云阳老县城对岸的飞凤山麓，始建于蜀汉末期，已有 1700 多年历史，是国家级文物保护单位。



张飞庙原貌

张飞庙会聚了历代能工巧匠建筑艺术的精华，整个庙宇坐岩临江，依山就势，庙宇建筑与山水园林浑然一体。既有北方建筑雄奇的气度，又有南方建筑俊秀的质韵，素有“巴蜀胜境”之美称。张飞庙的主要建筑和雕塑群是围绕着张飞的传说布局建造的，张飞爱憎分明的性格、赤胆报国的精神、横扫千军如卷席的英雄气概都得到了形象的再现。

张飞庙不但建筑独特，而且蕴藏着深厚的古代文化内涵。张飞庙收藏有汉唐以来的石刻、木刻、字画 600 余件及新石器时期以来的其他文物千余件。名家圣手，流派纷呈，各领风骚，不少为国内外所罕见，具有很高的历史、艺术和科研价值，所以张飞庙又有“文藻胜地”之盛誉。

值得一提的是，老张飞庙内镶嵌有一块刻石，上书：“大清同治庚午洪水至此”。据长江水利委员会历史洪水调查时测量，1870 年当地的最高洪水位是 150.35 米，这是一个珍贵的历史洪水记录，和紧邻于三峡大坝的黄陵庙洪水刻痕相互印证。

张飞庙建筑物高程在 130 ～ 160 米之间，三峡水库蓄水至 175

米后将全部被淹没。按照三峡库区文物保护规划，对张飞庙实行了整体搬迁保护。设计单位对张飞庙的所有砖木结构的古建筑进行了实地测绘，对每根梁、每根柱、每块木刻等都进行了编号，细心地进行了拆除。共拆除各种建筑构件 13.1 万件，木刻 193 件，石碑、石刻 178 件。经过地质勘探和环境评估，在云阳县新县城对面长江南岸的龙宝村狮子岩下选定了新址，其地形、地貌、周围环境，以及与云阳县新县城的相对位置，都与老张飞庙极其相似。老张飞庙于 2002 年 10 月闭馆，经过 9 个多月的紧张施工，与老张飞庙一模一样的“新”张飞庙于 2003 年 7 月开馆。“新”张飞庙开馆后，云阳县的居民、村民成群结队地前来祭拜，国内外的游客络绎不绝地前来参观，他们都交口称赞中国政府重视文物保护，把张飞这位“移民”，连同他的“家”，搬迁安置得如此精妙绝伦。



新张飞庙

几经迁建的屈原祠如何“落户”凤凰山？

伟大的爱国诗人屈原，诞生在湖北省秭归县屈原镇乐平里，因年代久远，屈原故居未能保存。屈原祠是屈原故乡人民为纪念这位伟大爱国诗人而修建的，不是屈原的故居。我们现在所称的“屈原祠”，是 20 世纪 70 年代因兴建葛洲坝工程，搬迁到秭归老县城以东向家坪重建时给定的名。

最早的屈原祠修建于唐元和十五年（820 年），祠址位于秭归县老县城东 2.5 千米长江边的屈原沱，当时命名为“楚三闾大夫屈先生祠堂”。200 多年后，北宋元丰三年（1080 年），宋神宗下旨封屈原为“清烈公”。秭归人民募捐款项，对祠堂进行修缮，并更名为“清烈公祠”。

在此后的几百年里，数代王侯、知州曾多次维修、重修清烈公祠，并晓谕州民：“岁以五月五日致祭。”在清末至民国的百余年里，灾荒、匪患以及兵乱不断，清烈公祠成了路人进出川江的寄宿地。新中国成立后，两次对清烈公祠进行维修。

1997 年的屈原祠





屈原祠旧照

20 世纪 70 年代，葛洲坝水利枢纽工程动工兴建，坐落在屈原沱的清烈公祠迁建于秭归老县城以东的向家坪。1982 年 6 月完成迁建时，定名为“屈原祠”。

因三峡工程蓄水至 175 米会淹没到屈原祠山门内的第三级台阶，且屈原祠所在地有潜在滑坡隐患，屈原祠再次迁建。国家文物局把屈原祠列为三峡库区地面文物保护重点项目。湖北省文物局确定另择新址仿古新建。经过比选，湖北省文物局最后选定了秭归县新县城茅坪镇以东、与三峡大坝遥相呼应的凤凰山作为屈原祠新址。

老屈原祠倚山面江，掩映于苍松翠柏、青青橘园之间，其建筑由山门、东西厢房、屈原铜像、东西碑廊、纪念馆、屈原墓 6 个部分组成，建筑面积 1500 平方米，是清烈公祠的 5 倍。整座屈原祠有 5 个平台，层层递进，暗合“上下求索”。

2006 年 11 月，屈原祠重建工程启动。新屈原祠占地面积 19402 平方米，总建筑面积 5806 平方米。其主体建筑采用石木结构，由山门、前殿、大殿、偏殿、屈原墓、享堂等组成，其中屈原墓、名人石刻、山门等均从老屈原祠迁移而来。新屈原祠的装饰、灰塑、彩绘等，都继承了老屈原祠的地域特色和传统工艺。

这次搬迁重建，山门保留了屈原祠原貌，巍峨壮丽，而“低头深思，顶风徒步”的屈原青铜塑像为新设。山门正中“屈原祠”三个大字仍为郭沫若所题。

2010 年 6 月 16 日（农历端午节），新屈原祠对外开放，屈原祠在凤凰山永久定居了。站在凤凰山屈原祠前，游人会感觉到一股浩然正气在心胸荡漾，凛凛英风扑面而来。屈原的爱国主义诗篇将与山川共存，与日月同辉，光照千秋，流芳百世。



复建后的屈原祠

观赏三峡工程全景的最佳位置在哪里？

100

登顶坛子岭，左携三峡大坝，右揽双线五级船闸，极目远眺，烟波浩渺的高峡平湖、修葺一新的屈原祠、拔地而起的秭归新县城、彰显神话色彩的黄牛岩、古老的黄陵庙……尽收眼底。



登顶坛子岭远眺三峡大坝

坛子岭位于三峡坝区内，海拔高程 262.48 米，是三峡坝区范围内的海拔制高点，因其山体形状酷似四川人做泡菜用的坛子倒扣在山顶上而得名。坛子岭景区是国家首批 5A 级景区，首批全国工业旅游示范点，也是三峡坝区最早开发的景区，于 1997 年正式开始接待中外游客。

关于坛子岭，流传着一个美丽的故事。相传当年大禹治水三过家门而不入，在神牛帮助下打通夔门，推开了200千米水道，川江的百姓感恩不尽，用巨舟载着美酒前来犒劳。行至三斗坪时，却见那神牛腾云而去，在对面的山上化成了巨岩，后被百姓称为黄牛岩。那大禹也追踪神牛远行。人们深受感动，久久不肯离去，令巨舟在江中守候，结果巨舟化成一座小岛——中堡岛。船上的那坛美酒幻化成了流传至今的坛子岭。据说，每逢晴朗天气，微风拂过，峰间江中，酒香醺醺，还真的令人心醉。老百姓为纪念大禹治水，还在黄牛岩下建立了黄陵庙。

大江奔流，不舍昼夜。千百年来，中华儿女为了根治长江水患，筚路蓝缕，祈福上苍。坛子岭不仅是一个“坛子”，更是一种历史性的象征，它见证着峡江千百年的巨大变迁，也铭刻着沿江人民的千年夙愿。坛子岭，它见证了三峡大坝崛起的过程，也铭刻着几代三峡建设者的大坝之梦。

大禹治水的神话，三峡大坝巍峨的雄姿，历史与现实交相辉映。坛子岭，它不仅是鸟瞰三峡工程的制高点，更是我国水利水电建设

史上一个新的起点。它见证着中华民族治水历程和华夏民族文明的悠久历史。

三峡工程建成后，三峡建设者在坛子岭的坛体四面设计了一组大型浮雕，名曰“润生源浮雕群”。浮雕气势磅礴，用艺术与浪漫的手法，浓缩了中华民族千年治水史，展现了中华民族与水相斗、相斥到和谐相处的场面。浮雕正面，三个雄壮的男子携手在水流中旋转，形同水轮机涡壳，表现了万物以水为生的强大力量。浮雕背景有传说中帮助大禹治水，后来化为巫山十二峰的十二位仙女，还有三峡大坝建设和库区移民的场景等。相对应的下游浮雕上有植物、动物、鱼类等，还有东方明珠、上海码头、外滩大楼、巴楚乐舞、大足石刻等形象，反应了三峡工程对生态环境、沿江经济发展及旅游业等的促进作用。背面一块浮雕是传说中黄牛助大禹治水合力开峡的景象，峡石和流水向两侧展开，下面有纤夫、船夫、埋葬水难者的白骨塔、漂在水患中的孩童房屋等，场面十分悲壮。

阳春三月、晚秋气爽，湖光山色，如梦如痴、如影如幻。远山、细雨、寥廓的江面、一丝丝晨雾……站在坛子岭上，一幅绝美的山水画顿生眼前。游者定可体会到“有雨趣而无淋漓之苦”的美妙心境。

炎炎夏日，滔滔洪水在大坝前稍事歇息，就瞬时冲出泄洪孔。夕照下的泄洪景观，煞是壮观。斜阳，经过升腾的泄洪水雾折射后，一道道彩虹，环绕坝前。仙境、神韵，游者瞬时不知所措。

大江安澜，千年企盼。站在坛子岭上，您又何曾忆起那惊心动魄的洪灾，裹挟着风雷，一路狂奔，以迅雷不及掩耳之势撕裂着沿江大堤，冲毁郁郁葱葱的田园和繁华的城镇……

站在坛子岭上，您又哪能忘记严峻的洪灾考验、威胁着新生的共和国政权。“治水如治国”，历史的重任也再次垂青这个新生的共和国。共和国领袖们责无旁贷、义无反顾地迎接了这一挑战，开启了治理长江的新时代。



站在坛子岭上，您或许想起三峡工程论证的漫漫长路，想起大江截流、老泪纵横的建设艰辛，想起荆江河段桀骜不驯的洪水滋养着江汉平原生生不息的人民和沿江的欢歌笑语，想起三峡百万移民的奉献与慷慨，不曾想起“长江黄金水道”、“水上高速公路”……

“神女应无恙，当惊世界殊。”伟人的夙愿，民族的福祉，是兴建三峡工程的必然。三峡工程，改变了历史，创造了历史。站在坛子岭上，长江洪灾那悲壮的历史渐行渐远，三峡工程崛起于眼前，崛起于大江之上，崛起于世界水利水电工程文明史上。

三峡工程，是 20 世纪中国人自行设计、建设的最大民生工程，是中华民族复兴的基础性工程。它是时代的标杆，是时代的音符，它奏响了中华民族崛起的最强音。三峡大坝、电站、船闸……从设想、设计、施工和管理每一个历史阶段，都展现了中国人独立自主和开拓创新的精神。

三峡工程，不仅是造物者的伟大杰作，它所缔造的三峡精神，正激励着一代又一代中华儿女为大江安澜、江河长青而不懈奋斗。

大江奔流，滔滔东去，流过三峡，流过荆江，流向远方，它诉说着历史，也吟颂着未来。

三峡大坝，巍巍雄姿，它遥看长江的安澜与巨变，也祝福着民族的兴盛与和谐！

美哉，长江，青春常在。

壮哉，三峡工程，与天不老！



坛子岭

附录　三峡工程大事记

1. 1919 年，孙中山撰写《实业计划》一文，最早提出了兴建三峡工程的设想。
2. 1932 年 10 月至 1947 年 5 月，国民政府先后为三峡工程开展了一些前期工作，包括考察、勘察等。1944 年 10 月，美国坝工专家萨凡奇提出了著名的“萨凡奇计划”。
3. 1958 年 4 月，《中共中央关于三峡水利枢纽和长江流域规划的意见》下发，兴建三峡工程正式提上了新中国的议事日程。
4. 1979 年 9 月，三斗坪坝址被推荐为三峡枢纽工程大坝坝址。
5. 1985 年至 1992 年，三峡工程库区移民进行开发性移民试点。
6. 1986 年 6 月至 1989 年 2 月，国家有关部门组织 412 位专家，组成 14 个专家组对三峡工程可行性进行进一步论证（也称重新论证）。
7. 1992 年 4 月 3 日，全国人大七届五次会议以 1767 票赞同、177 票反对、664 票弃权、25 人未按表决器的结果，通过了《关于兴建长江三峡工程的决议》。
8. 1993 年 1 月，国务院决定成立国务院三峡工程建设委员会。国务院总理李鹏任主任委员。
9. 1993 年 8 月，国务院发布《长江三峡工程建设移民条例》。
10. 1994 年 12 月 14 日，三峡工程在三峡大坝坝址举行开工典礼。

11. 1997 年 3 月，重庆市长寿区至万州区 500 千伏线路工程奠基，三峡输变电工程从此拉开序幕。
12. 1997 年 11 月 8 日，三峡工程实现大江截流，中共中央总书记江泽民、国务院总理李鹏出席截流仪式。
13. 1999 年 6 月，国务院三峡工程建设委员会决定成立三峡枢纽工程质量检查专家组，定期对三峡枢纽工程施工质量情况进行检查 。
14. 2001 年 5 月，重庆库区首批 221 户，1024 名移民跨省远迁江苏省如东县。
15. 2002 年 12 月，100 多个对口支援三峡库区和捐赠项目在重庆签约，并开始执行。
16. 2003 年 6 月至 7 月，三峡工程初期蓄水至 135 米、三峡船闸通航、首批机组发电，建设中的三峡工程初期效益显现。
17. 2006 年 5 月，三峡大坝全线达到坝顶 185 米设计高程。
18. 2007 年 12 月，三峡输变电工程全面竣工。
19. 2008 年 10 月，三峡工程左右岸电站 26 台机组全部投产运行。三峡工程转入以运行为主的新阶段。
20. 2009 年年底，完成最后一批三峡库区移民搬迁安置任务，至此搬迁安置移民约 130 万人。
21. 2010 年 10 月，三峡工程试验性蓄水成功蓄至正常蓄水位 175 米设计高程，开始全面发挥防洪、抗旱、发电、航运、供水与补水、生态环境保护、渔业、旅游等综合效益。

跋

中国科学院和三峡工程

在科学普及出版社的组织下，一些从事三峡工程建设的工程师、科学家和科普作家，联合编写了《百问三峡》一书，值得祝贺！《百问三峡》采用问答的形式，用简洁的语言，深入浅出地解读三峡工程，回答社会和科技界关注的问题，为的是使广大读者进一步了解和认识三峡工程，我认为这是很有意义的一件事情。

长江、黄河都是中华民族的母亲河，是中华文明的摇篮和发祥地。然而，长江也是一条洪水泛滥、灾害频发的河流，中游的荆江河段，两岸堤防高出堤外地面几米到十几米，成了“悬河”，像一把高悬的利剑，威胁着两岸人民的生命和财产！据历史记载，从汉代到清末的2000年间，长江发生的大洪灾就有214次。进入20世纪，1931年和1935年的两次大洪水，淹没了大批良田，死亡人口达二十几万之多。长江洪水造成的灾难之大，成为中华民族的心头之患！

为治理长江水患，千百年来我国人民不懈努力，历尽了艰辛，付出了血汗。早在民国初期，伟大民主主义革命先行者孙中山先生就设想要修建三峡工程，但囿于历史条件，这只能是一个理想。新中国成立后，党和政府一直把修建三峡工程作为一件大事来办，为工程的决策和建设倾注了心血。1956年，毛主席写下了“更立西江石壁，截断巫山云雨，高峡出平湖”的壮丽诗篇，描绘了三峡工程的宏伟蓝图；1982年，小平同志就兴建三峡工程指出：“看准了就下决心，不要动摇！”1989年，江泽民同志担任总书记不久，就将三峡工程提上议事日程。从1993年三峡一期工程开工建设后，几届国家总理都亲自担任国务院三峡工程建设委员会主任，主持三峡工程建设。在以胡锦涛为总书记的党中央领导下，2008年三峡工程开始175米试验性蓄水，并于2010年10月26日成功蓄水至

175 米水位。这是一个有历史意义的日子。从这一天起，以防洪、发电和航运为主要功能的三峡工程，多种效益开始全面显现。三峡工程的建成运行，从一定意义上说，寄托了中国人民除害兴利、治国安邦的百年梦想，成为中华民族发愤图强、走向复兴的象征和标志！

三峡工程的建成将大大提高长江防洪能力，使荆江河段的防洪标准从十年一遇提高到百年一遇。这里的 1500 万人口、2300 万亩耕地，乃至整个长江中下游地区的防洪安全得到了有效保护，中华民族的心头之患得以解决。三峡工程的另一项功能是水力发电。作为世界上最大的水利水电工程，三峡每年可以提供近 1000 亿千瓦时的电力，对保障国家能源安全、改善电力结构、减少温室气体排放、保护地球环境，以及应对全球气候变化等，都将作出贡献，可谓受益匪浅！三峡大坝、船闸、水库对长江航运也贡献巨大。据本书作者介绍，2011 年三峡工程过坝货物总量超过 1 亿吨，而在之前，坝址的年水运总量最大也只有 1000 万吨左右。因此可以说，三峡水库改善了长江干流的通航条件，使其成为名副其实的“黄金水道”。

三峡工程从提出设想，到方案设计、科研攻关，到重新论证、反复考察，再到最终决策，历经半个多世纪，有成千上万各界人士参与，积累的文献资料堆积成山。从专家、学者到社会公众，从基层工程师到国家最高领导人，从国内机构到国外组织，从赞同意见到不同声音，方方面面的观点都参与了决策，其中一些问题的研究与争论至今尚未停止。三峡工程的决策过程长，涉及的学科广、人数多，研究讨论的范围广，说明在党和政府的领导下，工程决策科学民主。在上述决策过程中，中国科学院的许多研究所和科学家参加了讨论和论证，就大坝建成后库区耕地淹没及人口和城镇的迁移与迁建、长江中下游水生生态系统和流域生物多样性的改变、珍稀与濒危物种的生存危机、库区地质灾害及库区水环境的变化等方面开展研究，并及时提出了建议。大坝建成后，又适时安排了项目，对库区环境、滑坡、崩塌等实际问题进行监测和研究，为三峡工程的正常运行积极服务。

中国科学院作为国家科研机构，坚持面向科技前沿、面向国家需求。创新科技、服务国家、造福人民，始终是我们的天职。早在

20世纪50年代，我院老一辈科技工作者就参与了三峡工程有关方面的研究、设计、论证。进入新世纪，随着三峡工程防洪减灾、水力发电和内河航运等功效不断发挥，堤岸保护、防洪抗旱、生态补水、水环境保护、水产养殖、观光旅游、经济发展、民生改善等多重功能也逐渐显现，三峡工程的效益实现了最大化，但也出现了一些新问题和新矛盾。中国科学院将一如既往，继续支持三峡工程，本着科学的态度，坚持辩证的立场，动员全院的力量，关注、研究和解决工程运行和发挥综合效益中出现的新矛盾、新问题，从科学层面为三峡工程的安全运行和效益发挥保驾护航。

我们相信，事关国计民生的三峡工程，在党中央的领导下，在全国人民的支持下，必将在经济、社会、生态等诸多方面造福长江流域，惠及子孙后代，中国科学院应当继续为此作贡献。是为跋。

白春礼

中国科学院院长

2012年8月



编后记

如果作一项公众调查:“用一句话概括出你们眼中的三峡工程。”得到的答案可能千差万别：民族工程、强国标志、科技结晶、形象工程、人水矛盾……虽说“仁者见仁智者见智”，但在中国工程史上，如三峡工程这样集各种评价于一身的，确属少见。

当三峡工程已经成为一个社会话题，当我们每个人都有意或无意地谈起这个话题，发表自己的观点，向三峡发问，向社会发问的时候，我们是否也曾经问过自己：“你是否真的了解三峡工程？是否理性、客观地走近它，读懂它？”

《百问三峡》正是编写者为使公众了解一个真实的三峡工程而作出的努力。其实，在编写出版过程中，本书的参与者也同样经历了一个重新认识三峡、阅读三峡的过程。任何一个人，都不要说他“读懂三峡”了吧，这样一幅恢弘画卷，写满民族沧桑，凝聚历史哲思，是值得我们反复揣摩的……

由于三峡工程的复杂深奥、涉及学科领域众多，编写者虽竭尽努力，但难免有疏漏。期待读者教正！

在此，深深感谢路甬祥、徐匡迪、周济、白春礼院士为本书题写书名、题词、作序、作跋。

感谢陈仲原、陆纲、肖佳法、陶景良、李明、李廷福、周亚玲、郑坤、黄正平、张爱忠、郑斌、王连生、田宗伟、刘涛、彭雄才、孙荣刚、陈伟、黎明、张地继、马宁、邓立中、陈永柏、杨生春、李智、刘玉山等为本书提供了大量图片。

感谢在本书编写过程中给予大力支持的诸多单位和个人，他们如那些为三峡工程默默奉献的人一样，为本书的面世提供了无私的帮助。

最后，深深感谢您——亲爱的读者！感谢您的关注，并期待您的批评与指正。

