

长江三峡工程运行实录

2016 年

中国长江三峡集团公司

批准：卢 纯

审定：王 琳 张 诚

审核：张曙光 胡兴娥 李平诗

校核：王 海 陈 磊 王晓健

编写：张地继 孙志峰 耿 峻 周 曼 王 琳（三峡电厂）

刘 亮 杨 捷 杨 霞 简铁柱 赵明亮 胡 挺

张 旭 何燕强 蔡小龙

	.....	I
1	.....	1
1.1	.....	1
1.2	.....	2
1.3	.....	2
1.4	.....	4
2	.....	5
2.1	.....	5
2.2	q	

2016年是三峡工程175m试验性蓄水的第9年。这一年，中国长江三峡集团公司紧密服务国家长江经济带发展战略，认真贯彻落实“生态优先，绿色发展”理念，充分发挥三峡工程保护长江中下游生态环境的作用，加大珍稀鱼类资源保护科研投入，生态修复持续向好。三峡工程实现安全度汛及175m试验性蓄水等关键目标，三峡船闸过闸货运量再创历史新高，三峡升船机通过试通航前验收并顺利进入试通航阶段。三峡工程的防洪、发电、航运和水资源利用等综合效益得到有效发挥。

2016年汛期，长江中下游地区遭遇了自1998年以来最严重的洪涝灾害，通过科学调度三峡水库实施拦洪错峰调度，避免了长江1号与2号洪峰叠加遭遇，避免了荆江河段超警和城陵矶地区分洪，为中下游地区的防汛减灾和城市排涝发挥了关键作用；汛末，三峡上游来水严重偏枯，三峡水库起蓄水位较往年同期偏低5m以上，在没有降低对中下游地区供水标准的前提下，连续第7年实现175m蓄水目标；枯水期，三峡水库为下游累计补水170天，补水量217.6亿 m^3 ，改善了枯水期中下游沿江地区的生产、生活和航运条件。

2016年，三峡工程枢纽建筑物监测值均在设计允许范围内，各建筑物工作性态正常；三峡船闸保持了“安全、高效、畅通”运行，全年累计过闸货运量1.2亿t，再创历史新高；三峡升船机于9月18日顺利进入试通航阶段；三峡电站全年发电935亿 $kW\cdot h$ ，截至2016年底，三峡电站实现连续安全生产3790天；三峡水库来沙和库区泥沙淤积比初步设计预测值大幅减少；库区地震处于工程前期预测的范围之内；近坝库岸整体稳定性较好；库区水质总体稳定，干流水质总体为Ⅱ到Ⅲ类；三峡工程坝前全年累计清漂5.9万 m^3 ，实现无害化处理。三峡工程全年没有发生质量、安全、环保事故。

1

1.1

自 2003 年蓄水以来，三峡枢纽建筑物、基础及工程边坡变形、渗流渗压、应力应变等相关指标监测值均在设计允许值范围内，工程运行正常。

三峡大坝为混凝土重力坝，坝顶轴线总长度 2309.47m，坝顶高程 185m，最大坝高 181m，泄洪坝段建基面最低高程 4.0m，最大底宽 126.73m，泄洪坝段及厂房坝段坝顶宽度分别为 40m 及 40.5m。

2016 年蓄水前后，三峡混凝土重力坝坝基水平位移变化较小，坝基垂直位移变化在 0.28mm ~ 5.66mm 之间；目前坝基累计水平位移在 -0.62mm ~ 4.39mm 之间，累计垂直位移在 2.94mm ~ 30.57mm 之间；相邻坝段沉降差在 2.0mm 以内，坝基无不均匀沉降。坝顶呈现向下游方向位移增大，位移变化在 -0.59mm ~ 19.90mm 以内；年度内坝顶向下游最大累计水平位移为 29.17mm，年变幅最大为 28.53mm。坝体向下游位移量在低温季节水位抬升期间增量增加，在高温季节水位回落期间增量减小。大坝变形规律正常。

2016 年蓄水前后，坝基总渗流量增加 50.72L/min；年度内坝基总渗流量小于 400L/min，总体上呈逐年减小趋势，渗流量远小于设计值；各坝段实测扬压力均小于设计值。

2016 年，三峡枢纽泄洪设备设施仅在 6 月 26 日开启 1 孔深孔短时泄洪，泄洪时间为 5.32h。截止 2016 年 12 月 31 日，泄洪深孔累计启闭 2960 次，累计运行 136589.34h；排漂孔累计启闭 312 次，累计运行 14707.78h；排沙孔累计启闭 33 次，累计运行 617.17h；表孔累计启闭 133 次，累计运行 1764.93h。

1.2

三峡电站由左、右岸电站、地下电站和电源电站组成，总装机容量 22500MW。

三峡 700MW 水轮发电机组蜗壳规模大(平面最大宽度 34.38m，容积约 6000m³)，水轮机蜗壳进口钢管直径大(12.4m) 进口断面设计内水压力高(1.395MPa，含水锤压力)，运行水头变幅大。实测机组蜗壳钢板应力多在 150MPa 以内，蜗壳与砼开合度变化在 6.0mm 以内，蜗壳外包砼钢筋应力多在 50MPa 以内，机组蜗壳运行安全平稳。

地下电站主厂房洞室断面为直墙曲顶拱型，顶拱高程 105.30m，吊车梁以下厂房跨度 31.00m，吊车梁以上厂房跨度 32.60m。厂房最大高度 87.30m，主厂房全长 311.30m，其中机组段长 231.30m，安装场布置在机组段右侧，长 80.00m。地下厂房围岩变形基本稳定，拱顶围岩变形在-0.65mm~2.07mm 之间，边墙围岩变形在 16.21mm 以内，蓄水对围岩变形影响很小；地下水位一般低于测压管口，蓄水对地下水位基本无影响。

1.3

三峡通航建筑物包括双线五级船闸和垂直升船机。

两线船闸中心线间距 94m，中间岩石隔墩底宽 57m；每线船闸均布置 6 个闸首、5 个闸室，船闸主体建筑物长 1621m，第一闸首为重力式挡水结构，高程与大坝相同，为 185m。闸室的有效尺寸均为 280m×34m×5m(长×宽×槛上最小水深)，船闸高边坡最大开挖高度达 170m。

2016 年蓄水前后，船闸一闸首基础水平位移量变化在±0.3mm 以内，挡水前沿渗流量增加 2.58L/min，基础扬压力系数小于设计

值。各闸首向闸室中心线累计水平位移 6.80mm，水流向累计水平位移 4.78mm；船闸南、北线基础排水廊道渗流量分别为 340.44L/min、434.02L/min。船闸高边坡的位移年变化在 0.5mm 以内；南、北坡最大累计水平位移分别为 77.18mm、58.43mm，边坡岩体变形稳定。船闸建筑物工作性态正常。

2016 年，三峡船闸全年共运行 11094 闸次，过闸船舶货运量 1.1983 亿吨。自 2003 年 6 月对社会船舶开放以来，截至 2016 年底，三峡船闸已累计运行 127152 闸次，累计通过货物约 9.8 亿 t。

垂直升船机是三峡工程的通航设施之一，其主要作用是为客货轮和特种船舶提供快速过坝通道。升船机布置在三峡大坝左岸，位于双线五级船闸右侧，由上游引航道、上闸首、船厢室段、下闸首和下游引航道等部分组成，从上游口门至下游口门全线总长约 7300m。升船机过船规模为 3000 吨级，承船厢及其设备（含水）总重量约 15500t，船厢有效水域 120m×18m×3.5m（长×宽×水深），最大提升高度 113m，上游通航水位变幅 30m，下游通航水位变幅 11.80m，是目前世界上技术难度和规模最大的升船机工程。

1995 年 4 月，国务院三峡建设委员会研究决定升船机工程缓建；2008 年，升船机续建工程恢复施工；2016 年 5 月，三峡直升船机通过国务院长江三峡工程整体竣工验收委员会枢纽工程验收组组织的试通航前验收；2016 年 9 月 18 日进入试通航。

截至 2016 年 12 月 31 日，三峡升船机运行安全、有序，累计运行 274 厢次，通过各类船舶 278 艘次，通过旅客 2467 人次，通过船舶货运量 27889t。

截止 2016 年底，垂直升船机监测情况如下：

上闸首基础最大水平位移 4.39mm，位移基本稳定，仅随气温有所波

动；坝顶位移多向上游，呈周期性变化，目前坝顶累计位移为-2.45mm（升左1）和-0.83mm（升右2）。基础灌浆廊道排水幕处扬压力系数为0.05，在设计范围内。

升船机塔柱位移变化主要受温度和外荷载变化影响，呈周期性变化规律。4个塔柱175m和196m X（水流向）、Y（左右岸）方向的位移相对下部高程大。机房196m底板垂直位移随温度变化，船厢底板与机房196m底板均无不均匀沉降。目前船厢室底板累计沉降在3.49mm~4.53mm之间，机房196.0m底板累计沉降在39.45mm~40.84mm之间。

实测纵梁应力大部分在50MPa以内，主要随温度呈年变化，与温度负相关；其它部位钢筋应力均较小，且基本稳定。实测塔柱平衡重导轨及牛腿一二期混凝土间开度较小，基本不受温度影响，表明一二期混凝土结合良好，没有裂缝。

1.4

大坝防渗轴线全长1840.00m，坝顶高程185.00m，芯墙底座建基面高程为81m，最大坝高104m。2016年蓄水前后，茅坪溪防护坝基础垂直位移变化在0.5mm以内，目前基础沉降在16.90mm~23.02mm之间；蓄水前后，坝顶水平位移变化在2.19mm~9.58mm之间；坝顶垂直位移变化平均为2.51mm；目前，坝顶累计水平位移最大为94.55mm，累计沉降225.72mm。

蓄水前后，混凝土沥青芯墙前后有70m左右水头差，芯墙防渗性能良好；年度内坝基最大渗流量为2470.3L/min，目前坝基渗流量2131.1L/min，小于设计值。

茅坪溪防护坝工作性态正常。

（注：目前测值系2016年12月底测值）

2

2.1

2016 年长江上游流域平均降水量为 1035.7mm，较历年同期正常略偏多。各子流域/区间面雨量在 862.2mm（嘉陵江）-1301.4mm（雅砻江）之间，降水时空分布极为不均。从时间分布上看，阶段性偏多偏少转变特征明显：1 月偏多 4 成，2 月基本正常，3 月偏多 6 成，4-5 月偏多 1-2 成，6 月偏多 3 成，7 月基本正常，8 月偏少 3 成，9、10 月基本正常（东少西多特征异常显著），11 月偏多 5 成，12 月偏少 1 成。从空间上看，总体表现为西部、南部偏多，东部、北部偏少：金沙江中下游偏多近 3 成，岷沱江、乌江、宜宾-重庆偏多 1-2 成，重庆-万州、万州-宜昌基本正常，嘉陵江偏少 1-2 成。2016 年长江上游流域降水有以下几个特点：

(1)暴雨强度大，降水极值多。6 月 30 日，长江上游 11 个流域(区间)有 8 个流域（区间）同时出现 20mm 以上降水，为当年最强降水过程，其中区间东段达 80mm 以上，为建库以来极值。11 月 6~8 日，受高空低槽、中低层切变线和地面冷空气共同影响，长江上游流域（含金沙江）普降中到大雨，局部大到暴雨，重庆-万州区间单日面雨量 31.1mm（7 日）三日累积雨量 67.2mm（6-8 日）均为 1961 年以来 11 月该区间雨量极值。

(2)涝旱转换快，阶段性特征明显。2016 年上半年，长江上游流域降水频繁，降水明显偏多；7 月中旬-8 月，长江上游流域大部，尤其是嘉陵江流域持续高温少雨，涝旱急转，水库蓄水较少，导致部分地区无水可用，江河来水偏少，部分河道水位创历史新低。

(3)第一场强降水和最后一场强降水强度大。第一场强降水出现在 5 月 6 日，与历年平均时间基本吻合，但降水强度大，单日有 5 个流域（区间）同时出现 20mm 以上降水，其中 3 个流域（区间）降水在 30mm 以上，为历年 5 月上旬最强降水过程。最后一场强降水出现在 11 月 6~8

日，较历年同期偏晚一个月左右，重庆-万州区间单日面雨量 31.1mm（7 日）、三日累积雨量 67.2mm（6-8 日）均为 1961 年以来 11 月该区间雨量极值。

(4)秋季降水分布极为不均。9 月份长江上游流域降水总量较历年同期基本持平，但西多东少特征极为突出：西部的金沙江、岷沱江降水偏多 4-6 成，发生较明显的秋汛；东部的嘉陵江、宜宾-重庆、乌江和三峡区间高温少雨，干旱持续发展。

2-1 2016 mm

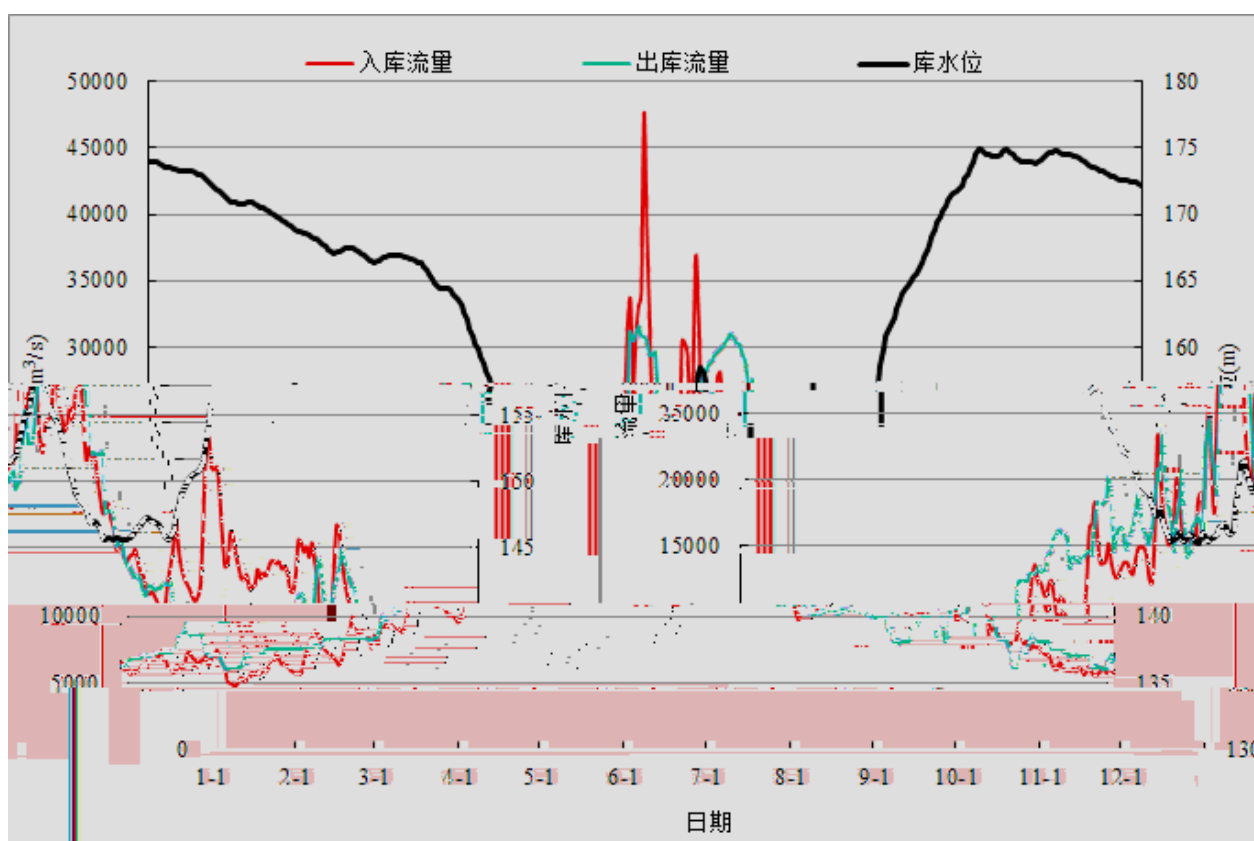
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2016	2015
	18.2	16.9	47.3	76.8	116.4	194.4	205.0	115.3	127.5	64.8	42.0	11.0	1035.7	954.6
	12.9	15.1	29.8	60.5	101.4	148.6	192.9	171.6	120.6	68.5	27.0	12.4	961.3	961.3
%	41	12	59	27	15	31	6	-33	6	-5	55	-11	8	-1

2016 年，三峡水库年来水总量 4086 亿 m^3 。年最大入库流量 50000 m^3/s ，出现在 7 月 1 日 14 时；最小入库流量 4700 m^3/s ，出现在 2 月 12 日 14 时。从分月来看，1~6 月来水总体偏多，7~11 月持续偏少，12 月略偏多。

2-2 2016 1 12

	m^3/s	1877 1990 m^3/s	%	2003 2015 m^3/s	%
1	6420	4350	47.59	4930	30.22
2	5990	4000	49.75	4420	35.52
3	7500	4500	66.67	5190	44.51
4	10200	6720	51.79	7150	42.66
5	13300	12000	10.83	10400	27.88
6	21000	18600	12.90	16300	28.83

7	26800	30000	-10.67	26900	-0.37
8	19000	28200	-32.62	22900	-17.03
9	14500	26600	-45.49	23300	-37.77
10	13600	19800	-31.31	14500	-6.21
11	10200	10700	-4.67	8960	13.84
12	6270	6030	3.98	5830	7.55



2-1 2016

2.2

2015年10月28日三峡水库蓄水至175m后，根据来水情况及航运、发电、供水等需求逐步消落水位。2016年消落期间，三峡水库开展了补水调度和生态调度，汛前，三峡水库为应对可能出现的98+洪水，于6月5日提前5天消落至汛限水位，提前腾出防洪库容全面备汛。

(1) 补水调度

消落期间,三峡水库平均入库流量 $8680\text{m}^3/\text{s}$,平均出库流量 $9790\text{m}^3/\text{s}$,平均增加下泄流量 $1110\text{m}^3/\text{s}$,累计向下游补水170天,补水总量217.6亿 m^3 。三峡水库枯水期补水调度有效改善了中下游地区的通航条件,平均抬高葛洲坝下庙嘴站通航水深约1.1m,同时也为沿江生产、生活和生态用水提供了重要保障。

(2) 生态调度

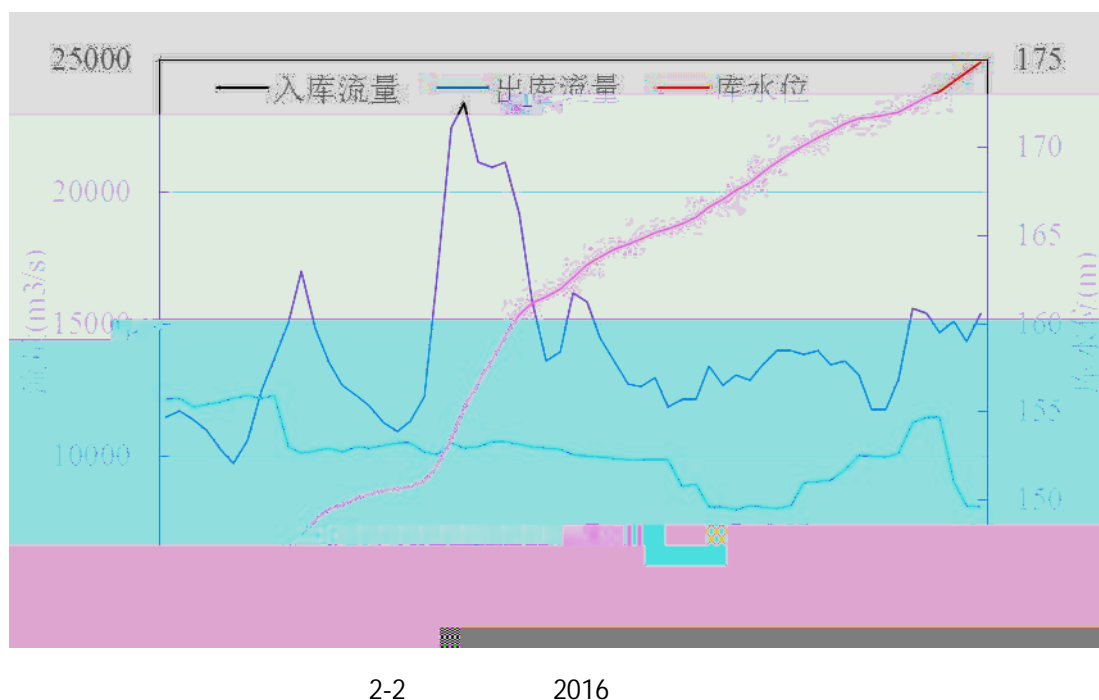
2016年6月9日~11日,三峡水库开展了防洪和促进四大家鱼繁殖综合调度。调度期间,三峡出库流量在6月8日 $14600\text{m}^3/\text{s}$ 的基础上,6月9日~11日三峡出库流量分别按16900、18300、 $20800\text{m}^3/\text{s}$ 控制,维持3天的上涨过程,流量涨幅均值为 $2070\text{m}^3/\text{s}$ 。期间,宜昌站平均水温为21左右。后期由于来水减少,为避免库水位破下限,生态调度结束。此次生态调度有效促进了四大家鱼繁殖,据监测,宜都断面的产卵规模增加到1.1亿粒。

2.3

2016年汛期,三峡水库自7月份以来来水持续偏枯,7月份月均流量 $26800\text{m}^3/\text{s}$,较多年均值偏少10.7%;8月份月均流量 $19000\text{m}^3/\text{s}$,较多年均值偏少32.6%。汛期最大入库流量 $50000\text{m}^3/\text{s}$,出现在7月1日14时。为减轻长江中下游的防洪压力,根据长江防总调度令,三峡水库实施了典型的城陵矶补偿调度,累计拦蓄洪水3次,拦蓄洪量97.76亿 m^3 ,最高蓄洪水位158.5m。

7月份防洪调度过程中,三峡水库3次减小出库流量,成功削减洪峰流量为 $50000\text{m}^3/\text{s}$ 的长江“1号洪峰”,控制最大下泄流量 $31000\text{m}^3/\text{s}$,削峰率为38%,实现了长江“1号洪峰”与长江中下游形成的“2号洪峰”错峰,避免了城陵矶站超保证水位、沙市站超过警戒水位。

“1号洪峰”过后，又结合实时水雨情和中下游地区的防汛形势，连续多次减小三峡水库出库流量，最小减至 $20000\text{m}^3/\text{s}$



(1) 9 月份蓄水

9 月份，三峡平均入库流量 $14500\text{m}^3/\text{s}$ ，在 1882 年有实测资料系列中排倒数第五位，较初步设计多年均值 ($26600\text{m}^3/\text{s}$) 偏少 45.5%，较三峡蓄水以来均值 ($23300\text{m}^3/\text{s}$) 偏少 37.8%。尤其是 9 月上旬三峡水库平均入库流量仅 $11700\text{m}^3/\text{s}$ ，为 1882 年有实测资料以来同期最低值。根据国家防总批复意见以及长江防总调度令，9 月上旬三峡水库日均出库流量按 $12000\text{m}^3/\text{s}$ 控制，三峡库水位从 9 月 1 日 147.35m 逐步降低。9 月 10 日开始蓄水时，三峡库水位为 145.96m ，较 2010~2015 年同期偏低 6m 以上。9 月份蓄水期间，三峡日均出库流量按 $10000\text{m}^3/\text{s}$ 控制。9 月下旬，三峡水库出现了一次涨水过程，最大入库流量 $23600\text{m}^3/\text{s}$ (23 日 2 时)。利用此次涨水过程，三峡水库于 9 月底蓄水至 161.97m 。

(2) 10 月份蓄水

10 月份，三峡水库来水相对均匀，平均入库流量 $13600\text{m}^3/\text{s}$ ，较初步设计多年均值 ($19800\text{m}^3/\text{s}$) 偏少 31.3%，较蓄水以来均值 ($14500\text{m}^3/\text{s}$) 偏少 6.2%。根据实时水雨情，三峡水库调度统筹兼顾水库蓄水与下游供

3

3.1

3.1.1

2016年，三峡电站发变电设备运行情况良好。2016年6月26日，三峡电站34台机组实现当年全部并网运行。全年全电站34台机组全部运行累计674.25h，全电站大于2000万kW运行累计683.72h，全电站2250万kW设计额定出力运行累计211.70h。

3.1.2

2016年，三峡枢纽度汛情况总体比较平稳。除在6月26日短时开启12号深孔泄水外，其余泄洪设施设备未开启。

3.1.3

2015-2016年度岁修，三峡电厂共完成25台机组检修，其中专项处理2台、C修18台、D修5台；集中实施了2台机组推力头与镜板联结改进、3台机组转轮探伤与缺陷处理、2台机组接力器密封更换、3台机组调速器系统管道密封更换、4台机组平压管更换、5台机组上挡风板支撑加固、1台ALSTOM机组磁极极间连接拉紧螺杆固定块背部加装绝缘堵板、8台主变及并联电抗器瓦斯继电器更换等主要技改项目。

2016-2017年度岁修，发变电设备主要是专项处理2台次（29F、30F机组推力头与镜板联结专项处理）、C修18台次、D修6台次、日常维护8台次，另安排右岸15B油中总烃增长检查处理，8F、10F机组调速器与发电机励磁改造等项目。

3.2

2016 年，三峡电站积极采取节水增发、节能降耗措施，通过合理安排运行方式、根据水位变化精准调节机组出力、及时清漂、降低厂用电率与变损率等方式，进一步提高三峡电站的发电效益。

2016 年，三峡电站发电量 935.33 亿 kW·h（其中电源电站发电量为 4.75 亿 kW·h），完成全年计划发电量（890 亿 kW·h）的 105.09%，较去年同期多发电量 65.25 亿 kW·h，未发生设备责任导致的弃水损失电量。三峡电站全年累计向八省二市送电 930.32 亿 kW·h（其中河南 67.43 亿 kW·h，湖北 176.89 亿 kW·h 湖南 98.24 亿 kW·h 重庆 39.80 亿 kW·h 江西 68.37 亿 kW·h 浙江 74.91 亿 kW·h，江苏 91.19 亿 kW·h，上海 130.27 亿 kW·h 安徽 29.31 亿 kW·h 广东 153.91 亿 kW·h）。2016 年，三峡电站参与电网调峰日数为 295 天，最大调峰 837.7 万 kW，促进了电网安全稳定运行。。

全年安全生产态势良好，未发生电力安全事故、设备事故、火灾事故及人身伤害等各类安全事故；地下电站发生 1 起一类非停事件，左岸电站、右岸电站、电源电站实现“零非停”，连续两年创历史最好水平。截至 2016 年 12 月 31 日，三峡电站实现连续安全生产 3790 天，创国内 70 万千瓦水轮发电机组电站连续安全运行天数的新纪录。

4

4.1 2016

2016年，三峡船闸保持安全、高效运行，全年共运行11094闸次，通过船舶4.3万艘次，通过旅客47.4万人次。过闸船舶货运量达到1.1983亿t，与去年同期相比增加8.4%；主要设备完好率100%，实现了“安全、高效、畅通”的通航目标。

自2003年6月18日向社会船舶开放以来，截止2016年底，三峡船闸年均通航率为94.6%，高于84.1%的设计指标，相当于每年多运行900小时；累计运行12.7万闸次，通过船舶72.5万艘次，旅客1181.3万人次，通过货物9.8亿t，2011年过闸货运量首次突破1亿t，2016年三峡船闸双向过闸货运量首次均超过5000万吨的设计指标。三峡船闸连续13年实现安全、高效运行，促进了长江航运的快速发展和沿江经济的协调发展。

2016年通过三峡船闸船舶的总额定吨为17292万t，过闸货船平均单船额定吨位达到4000t；总实载吨为11983万t，平均载重系数为0.69；总额定吨、平均单船额定吨、平均载重系数较2015年略有增加。

三峡升船机于9月18日进入试通航，截至2016年12月31日，三峡升船机运行安全、有序，累计运行274厢次，通过各类船舶278艘次，通过旅客2467人次，通过船舶货运量27889t。

4-1 2016

		2016		
		5571	5523	11094
		21553	21526	43079
		225361	248374	474095
		419326	420394	839720
	t	6515185	54680300	119835485

积极总结生产管理经验，编制完善相关制度。完成三峡标准《水利枢纽建筑物护坡维护管理规程》等四项规程编制工作，已颁布实施；完成《三峡船闸中长期检修规划(2017-2026)专题研究报告》编制工作；《三峡枢纽通航建筑物检修管理办法》等 7 项与枢纽航运相关的管理办法已全部完成；初步完成《三峡升船机运行管理手册》编制；积极参与行业标准《混凝土维修技术规程》、《混凝土结构工程防水加固灌浆技术规程》的编制工作。

4.2.2

2016

4.3

2017

根据交通运输主管部门批复，2017 年北线船闸计划性停航检修将于 2017 年 2 月 2 日（正月初六）开始施工，工期 40 天。本次计划性停航检修项目以必须停航且排干闸室状态下实施的水下部位和关键运行设备设施为主，重点开展以下工作：

（1）八扇人字门专项检修，二扇人字门常规检查处理，反弧门系统检查与处理，闸室水下部位标志线清洗、换损，闸室及廊道金属结构检查与处理。

（2）输水廊道检查与缺陷处理，结构缝、层间缝渗漏检查与处理。

（3）闸室、水泵井、水位计井、人字门等部位的清淤、杂物清理及拦污栅维护，排水泵房水位计套管换新。

（4）泄水箱涵渗漏及上游进水口检查。

（5）液压及电气系统检修；

（6）人字门油缸总成更换及送厂检修等

（7）人字门，反弧门防腐检查等

（8）闸室及廊道金属结构检查与处理。

本次计划检修与历次检修相比，检修规模大（需完成 4 个闸首、8 扇人字门的专项检修）、工期长、单线运行通航保障压力大等，为保障检修工作如期进行，检修专用设备和备品备件购置等大量的准备工作需提前进行。2016 年底，本次计划检修涉及的九个项目检修队伍和设备、材料已落实，检修技术要求和方案已完成编审，人员培训基本结束，检修各项准备工作已按计划完成。

4.4

2016 年，三峡集团提前谋划、精心开展各项三峡升船机试通航准备

工作。组织运行管理人员提前介入安装调试，积累了一定的适合三峡升船机的操作、维护经验；从管理层面、操作维护、工作流程等方面，初步构建了三峡升船机运行管理制度体系。积极参与三峡升船机建设工作，提出了完善需求；完成桥涵标建设，进行上下游引航道通航水流条件观测、引航道水位实时监测数据接入集控室等，满足了升船机安全运行管理需求；与交通运输主管部门通力协作，协调完成通航配套设施建设，使船舶调度、监管等具备试运行条件；科学筹划实船试航，协调完成了第一阶段试航工作，在此期间，干散货船、旅游客船、集装箱船和商品汽车滚装船等 4 类、共 8 艘船舶，圆满完成了 21 个测次的实船试航测试工作；为顺利进入试通航奠定了基础。在各方通力协作下，三峡升船机于 9 月 18 日顺利进入试通航第一阶段，每天 8：00-17：00 运行。试通航期间，完成了承船厢防撞装置防撞试验和通航净空高、夜航、大风工况测试等实船试航工作。夜航测试后，于 11 月 18 日升船机进入试通航第二阶段，每天 24 小时运行。积极配合交通主管部门针对 1888 艘平面尺度满足升船机要求的船舶，完成了船艏与防撞装置匹配性校核，其中 1550 艘可通过升船机。部分船舶公司已针对因船艏形状不能通过升船机的船舶，积极开展船艏形状改造研究；为升船机高效运行创造条件。截至 12 月底，完成了升船机主体工程全部设备设施的查验工作，并对查验过程中发现的问题安排了整改。

5

5.1

5.1.1

2016年，三峡坝区污水处理厂共处理污水153.66万m³，排放口污水指标基本达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)对应的一级B排放标准。年底完成了出水一级A排放标准的升级改造工作并进入试运行，进一步提升了污水排放标准。

5.1.2

2016年三峡枢纽管理区产生生活垃圾约1450t，建筑垃圾2560t，全部运往风箱沟生活垃圾填埋场进行卫生填埋。2012年改造后，填埋场有效库容20.4万m³，使用年限50年，防渗工艺采用1.5mm高密度聚乙烯HDPE土工膜和GCL钠基膨润土垫，并配套建设了渗滤液调节处理池。

2016年产生医疗废物2155kg，由宜昌市危险废物集中处置中心收集处理。三峡坝区急救中心的医疗废水经过预处理后接入坝区污水处理厂处理排放。

5.1.3

2016年，三峡特有、珍稀植物研究取得一系列技术成果，获得国家发明专利3项。国家一级珍稀濒危植物荷叶铁线蕨、红豆杉、伯乐树等取得不同研究进展，红豆杉采用种胚和茎段作为外植体成功诱导出乳白色愈伤组织和不定芽；伯乐树成功诱导出丛生芽；荷叶铁线蕨成功获得了孢子体，孢子体萌发形成组培苗；在组培炼苗研究试验中，香果树、蓝莓、金线莲、石斛、大花惠兰等多种珍稀植物完成了室外炼苗移栽工作，组培苗移栽成活达4000多株，组培苗移栽成活率达到80%以上，目前组培苗长势

良好。

截止 2016 年底完成了 356 种 1.7 万余株三峡特有、珍稀植物引种工作，通过传统繁殖方法繁育海栎木槿、七叶树、厚朴、青檀等实生苗 5000 株；采用激素处理红豆杉插穗方法，扦插繁殖红豆杉 200 余株，并总结了一套红豆杉扦插繁殖培育的技术方法。

5.1.4

2016 年三峡坝区水土保持项目主要包括：三峡升船机下游引航道覃家沱以下左岸边坡防护整治工程，地下电站进水口右侧水库边坡防护整治工程，长江珍稀鱼类保育中心生态湿地及水保绿化工程等。枢纽管理区水保设施由专业化公司管理，对护坡、挡土墙、截排水沟等进行定期检查维护，确保了水土保持设施功能的有效发挥，生态保护效果明显。

5.1.5

2016 年三峡坝区环境质量持续向好。三峡坝区长江干流江段水质优良，干流断面与近岸水域年度水质符合 Ⅱ 类水质标准，三峡枢纽水厂水源水符合《地表水环境质量标准》要求，出厂水与管网末梢水均符合《生活饮用水卫生标准》要求。环境空气质量总体良好。枢纽管理区建立了空气监测实时发布系统，监测项目包括 PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO 等，统计显示，2016 年优良天数 287 天，优良率 78.6%。

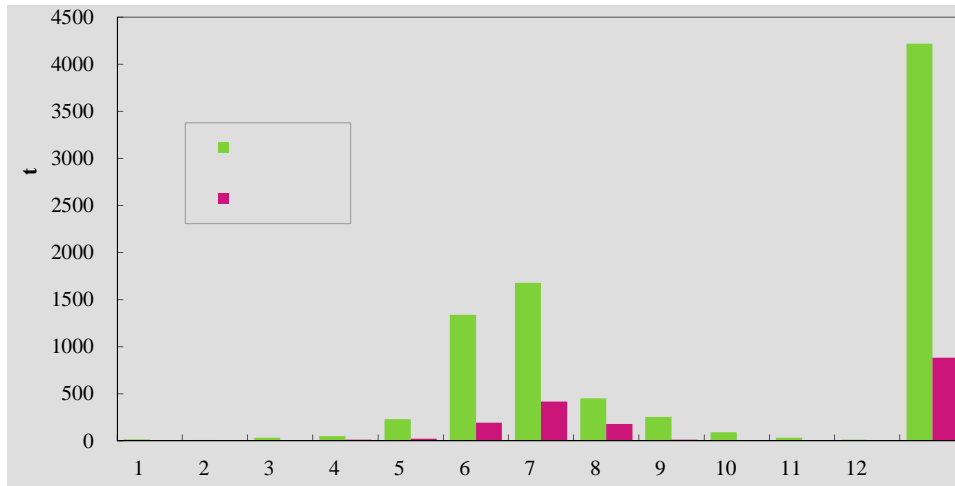
5.2

5.2.1

2016 年，以朱沱站、北碚站和武隆站为入库水文站，三峡入库输沙量为 0.422 亿 t，较多年均值（1956 年～2016 年）偏少 89%。

黄陵庙水文站位于三峡枢纽下游，距三峡大坝 12km，是三峡水库出

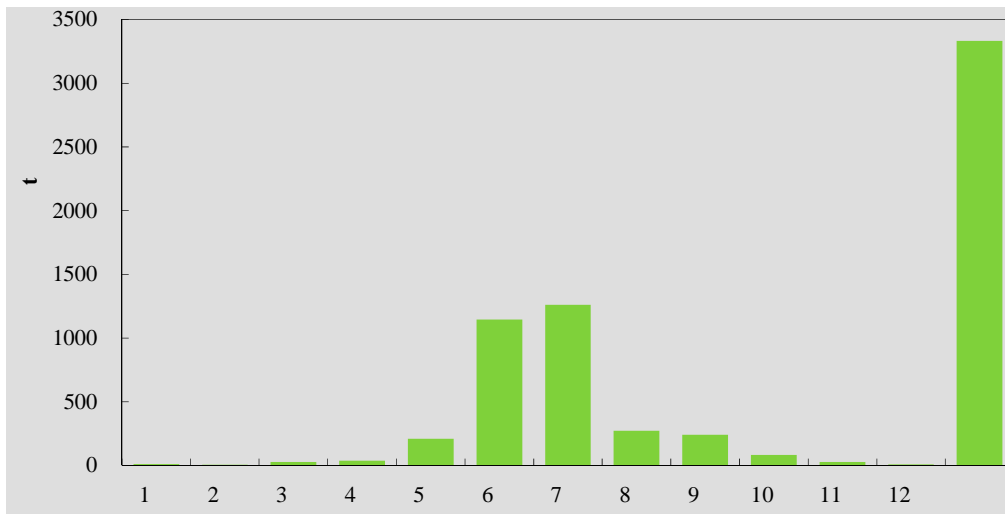
库控制站。黄陵庙水文站 2016 年输沙量为 0.0884 亿 t。2016 年宜昌站输沙量为 0.0847 亿 t。三峡水库 2016 年逐月出入库沙量如图 5-1 所示。



5-1 2016

5.2.2

由于三峡入库泥沙较初步设计值大幅减小,三峡库区泥沙淤积大为减轻。根据三峡水库入库与出库沙量之差,在不考虑区间来沙的情况下,2016年,三峡库区泥沙淤积 0.333 亿 t,水库排沙比为 20.9%。2003 年 6 月~2016 年 12 月,水库淤积泥沙 16.380 亿 t,近似年均淤积泥沙 1.206 亿 t,仅为论证阶段的 40%左右,水库排沙比为 24.1%。三峡水库 2016 年逐月淤积量如图 5-2 所示。



5-2 2015

5.2.3

三峡水库 175m 试验性蓄水后，回水末端上延至江津附近（距大坝约 660km），变动回水区为江津至涪陵段，长约 173.4km，占库区总长度的 26.3%；常年回水区为涪陵至大坝段，长约 486.5km，占库区总长度的 73.7%。

三峡水库蓄水运用以来，2003 年 3 月至 2016 年 11 月库区干流累计淤积泥沙 14.680 亿 m^3 ，其中变动回水区（江津至涪陵段）累计冲刷泥沙 0.678 亿 m^3 ；常年回水区淤积量为 15.358 亿 m^3 。

2016 年库区干流段累计淤积泥沙 1598 万 m^3 （含库区河道采砂的影响）。其中，变动回水区冲刷 1429 万 m^3 ，常年回水区淤积泥沙 3026 万 m^3 。

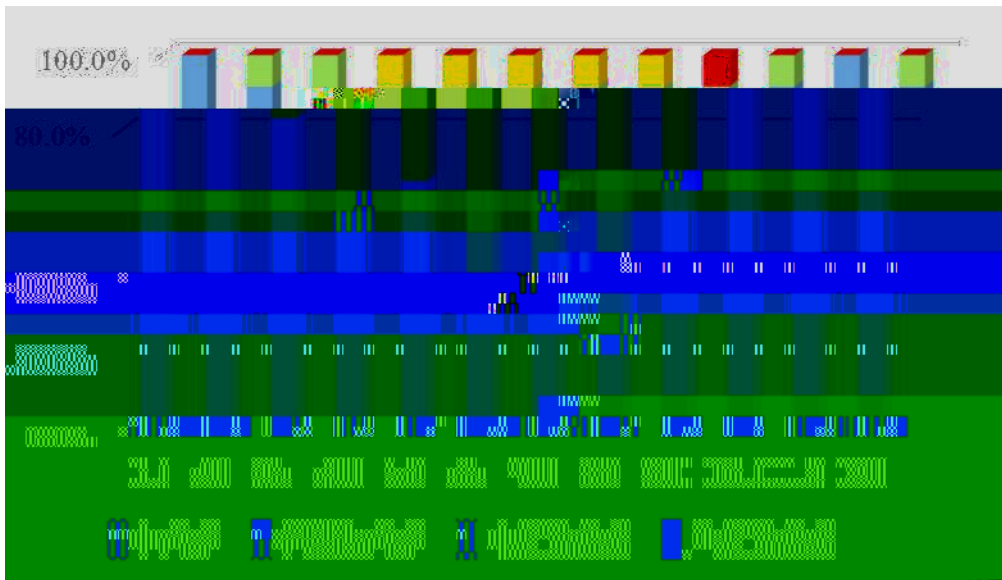
5-2 m^3

	-	-	-	-	-	-	-		
2015.10 -2016.11	-0.107	-0.015	-0.021	-0.143	0.039	0.253	0.010	0.302	0.159

2003.03	-0.375	-0.141	-0.162	-0.678
-2016.10				

5-3		2016		
2016	71%	25%	3%	1%

2016年，除1月、11月库区主要支流水体均为中营养状态外，其他月份部分支流出现富营养状态，富营养状态所占比例范围为8.3%-75%。



5-3 2016

5.3.2

2016年度，库区支流典型水华（一般指持续时间1周以上、覆盖范围2km以上河段并对水体造成一定影响的水华）累计发生7次，涉及河流4条，分别为苕溪河、小江、草堂河、童庄河。苕溪河3月-9月连续发生水华（苕溪河因其河口与长江交汇处建有坝顶高程175.3m的调节坝，其常年最低水位173m，与长江干流长期处于隔绝状态，为非天然河流），且优势藻种不断演替，分别出现硅藻-蓝藻-隐藻、硅藻、蓝藻水华；小江

5-6 月发生蓝藻、绿藻-蓝藻水华；草堂河 5 月发生硅藻水华；童庄河 3 月发生甲藻水华。

2016 年度，库区支流水华优势种单一优势藻种为主，主要有硅藻、蓝藻、绿藻；多种优势种共存的复合类型较为常见，主要有硅藻-蓝藻、硅藻-绿藻。

总体来看，支流水华发生时段和部位较往年基本一致。

5.4

(1) 子二代中华鲟全人工繁殖继续成功。通过科学调控，成功促使 3 尾雌性中华鲟亲鱼性腺发育至 IV 期以上水平。12 月进行全人工繁殖，成功获得鱼卵 15 万粒，孵化出苗 3.75 万尾。

(2) 中华鲟后备梯队遗传管理得到优化。对全部子一代中华鲟后备梯队进行了 DNA 检测，实现遗传谱系的管理。在 DNA 检查过程中，优化中华鲟遗传标记全序列分析技术，增筛出 26 对清晰的微卫星遗传标记，遗传谱系分析的精准度进一步提升；目前已初步分离出 54 个与性腺发育及性别决定机制相关的基因。上述相关技术的突破，使得中华鲟繁殖梯队的管理更加精细，子二代中华鲟遗传多样性更加有保障。

(3) 中华鲟单性繁殖研究取得新突破。在成功掌握同源精子诱导中华鲟雌核发育技术的基础上，2016 年利用异源的西伯利亚鲟精子诱导中华鲟雌核发育获得成功，孵化出中华鲟雌核苗种。这一技术的掌握，使极端情况下濒危鱼类的保护有了技术支撑。

(4) 长江中上游标志性物种驯养繁殖技术进一步成熟。圆口铜鱼、长鳍吻 是长江中上游珍稀特有鱼类国家保护区标志性物种，三峡集团中华鲟研究所自 2014 年率先突破其人工驯养繁殖技术以来，截至目前，圆口铜鱼繁殖孵化率达 85.6%，产后亲鱼成活率达 95%，苗种成活率达 82%；长鳍吻 孵化率达 66.3%，产后亲鱼成活率可达 95%，苗种成活率达 53%。

个监测点，截至 6 月，监测证实 23%的放流鱼种到达长江河口，其中游速最快仅 13 天。证明放流的中华鲟对自然种群有较为重要的补充作用。

(7) 珍稀鱼类放流质量进一步提升

2016 年 4 月，在宜昌将筛选的 2020 尾子二代中华鲟放归长江，此批鱼种系 2009 年以来 5 个年份全人工繁殖获得，不仅规格大，且年龄梯队和遗传多样性方面刷新中华鲟放流记录。对补充野生中华鲟种群数量，改善种群遗传多样性具有重要意义。中华鲟研究所目前为 2009 年禁止中华鲟科研捕捞以来国内唯一一家能够连续多年不间断实现中华鲟放流的单位。

春、秋两季，在宜宾放流达氏鲟等 7 种珍稀特有鱼类，合计 17.5 万尾。其中包括 10cm 规格的圆口铜鱼 2212 尾，长鳍吻 209 尾，开创了两种鱼类规模放流的先河。12 月下旬，乌东德放流站在云南禄劝放流长薄鳅、齐口裂腹鱼、白甲鱼、鲈鲤共计 4.4 万尾。

5-4

	(1cm 5cm)	(10cm 35cm)	(1)		
1984 1990	1476000	8500	347		1484847
1991 1995	1350000	34000	10	16	1384026
1996 2000	1410000	154100	110	14	1564224
2001 2005		183612	1000	2	184614
2006 2010		385413	758	3	386174
2011 2012		1110	1058		2168
2013			8034		8034
2014			2000		2000
2015			3005		3005
2016			2120		2120
	4236000	766735	18442	35	5021212

5.5

2016 年，三峡坝前漂浮物全部被打捞上岸并运送至华新水泥厂进行了无害处理，全年坝前清漂量 5.9 万 m^3 ；四艘机械化清漂船、两艘清漂转运和靠泊趸船、三峡清漂码头及附属设施、坝前拦漂排等相关设备设施运行良好。

5.6

2016 年 1 月 1 日 0 时~12 月 31 日 24 时，三峡重点监视区记录到 M0 级以上地震 371 次，其中 M0.0-0.9 级地震 320 次，M1.0-1.9 级地震 44 次，M2.0-2.9 级地震 7 次，最大为 2016 年 11 月 18 日巴东县东 口镇 M2.6 级地震，强度属于微震级别。总体来讲，2016 年重点监视区监测到的地震震中位置没有大的变化，巴东库段的地震依然以非构造地震居多；秭归库段仙女山断裂带北段的地震以构造地震居多，该地区构造地震数目较前两年有所增加，但强度不高，属小震、微震级别。

5.7

5.7.1

长江珍稀鱼类保育中心位于原三峡大坝右岸渣场，占地面积约 27 万 m^2 ；其中建筑占地面积约 4.2 万 m^2 ，分别为前水处理区，科研养殖区，试验工作区（包括科研人员工作、试验以及科普展示三个功能）；水保绿化及人工湿地面积约 22.8 万 m^2 ；养殖水体约 18000 m^3 ，其中流水养殖约 15000 m^3 ，循环水养殖约 3000 m^3 。

长江珍稀鱼类保育中心定位为长江珍稀鱼类繁育保护研究基地，长江流域珍稀鱼类种质资源库，水工程与鱼类保护科普教育基地。近期重点保育和研究中华鲟、圆口铜鱼、长鳍吻 等 10 种珍稀特有鱼类，中长期将

长江上游江段的贝氏哲罗鲑、齐口裂腹鱼等 22 种中小型珍稀特有鱼类纳入保护范围。

该中心于 2013 年 11 月开工建设，截至 2016 年底已完成前水处理区主体构筑物、科研养殖区主体建筑的施工，人工湿地具备试验性排水条件。

5.7.2

陆生珍稀植物繁育中心位于三峡右岸高家溪武警检查站附近，总面积约为 48.1hm²。主要功能区包括苗圃科研楼、温室大棚及苗木地栽区等。苗圃科研楼总建筑面积约 4230m²，主要功能为苗圃科研实验、办公及生活配套等；温室大棚总建筑面积约 1 万 m²，由苗床区、地栽区、过渡区及配套管理用房等组成，可满足约 20 万株组培苗过渡驯化的使用需求；苗木地栽区可种植约 10 万株珍稀苗木，主要用于种植珙桐、红豆杉、杜仲、紫楠、三峡槭、马褂木等 18 种珍稀乔灌木。

陆生珍稀植物繁育中心定位为长江流域特有珍稀植物调查、收集、研究与保护基地。近期重点开展红豆杉、珙桐、荷叶铁线蕨、疏花水柏枝、宜昌黄杨、丰都车前、鄂西鼠李、巫山类芦等特有珍稀植物研究与保护工作。

该工程于 2016 年 8 月开工，2016 年底基本完成主体框架及屋面结构浇筑施工。

6

6.1

2016 年，三峡枢纽管理区地理信息系统完成了土地、房产、供水、供电、交通、消防、绿化、环保、船闸辅助、公众服务等专题子系统的开发建设，实现系统整体上线应用，标志着“数字坝区”信息化管理平台全面

运行。“数字坝区”地理范围从三峡枢纽管理区延伸至三峡专用公路，业务覆盖土地房产、供水供电、安全防护、生态环境、通航设备、公众服务等各方面资源管理，为三峡枢纽管理区提供了全方位、规范化、精细化的信息化管理支撑。各子系统包括的主要内容如下。

土地管理：三峡枢纽管理区和三峡专用公路范围内的所有宗地的分布、边界和面积、土地证书等基本信息，以及宗地的变更历史信息。

房产管理：三峡枢纽管理区内的小区、房屋建筑及重点楼栋房间基本信息和用房分配信息，并启用了公寓管理功能，细化房屋附属资产管理工

供水管理：三峡枢纽管理区内的 2 座水厂、1 座污水处理厂的基本信息，以及三峡坝区 DN200 及以上沿线给排水管网、1 千多个供水设备设施的分布情况和基本信息、运行维护信息，并启用了水处理月报统计功能。

供电管理：三峡枢纽管理区内的所有变电站的基本信息、站内和供电线路上的 2 千多个设备设施的基本信息、运行、检修、维护保养信息，以及三峡坝区供电线路的分布情况，并启用了值班记录、电量计算、工作票及供电移动巡检功能。

交通管理：三峡枢纽管理区和三峡专用公路范围内的桥梁、隧道、专用公路及相关的各类交通设备设施的基本信息和检测维保信息，并启用经常性检测、交通事件、道路故障功能。

消防管理：三峡枢纽管理区内的所有消防安全单位、楼宇消防建筑、工程消防建筑的信息，所有消防设备、应急救援点以及应急储备点的分布情况和基本信息，并在建管中心大楼启用了消防移动巡检和消防事务记录功能。

绿化管理：三峡枢纽管理区内种植的 400 多种植物及 250 多种苗圃植物的种植地块、全景图片、生长过程等信息和养护管养信息，并启用了管

养登记功能。

环保管理：三峡枢纽管理区内的 2 个空气监测点及 14 个水质监测点的基本信息及实时监测数据，并启用了空气监测数据自动获取以及水质监测数据按月录入功能。

船闸辅助管理：三峡船闸的全部设备设施的分布情况和基本信息、检修维护信息，并关联主要设备的备品备件和图纸资料等信息，通过对船闸每日通航运行数据的持续跟踪管理，为船闸通航管理提供不同维度的对比分析统计功能。

公众服务：整合了“数字坝区”公众宣传服务及“三峡小微”和“三峡大坝”微信公众号的相关内容，增加三峡效益、影视三峡、三峡画册、趣味问答、地图导览等公众服务模块，并启用地图导览功能，使公众快速了解三峡大坝旅游公共服务咨询，吸引更多的公众全面了解三峡工程的权威信息。2016 年“三峡小微”累计关注用户新增 16654 名；“三峡大坝”累计关注用户新增 18471 名。

6.2

6.2.1

在线诊断是指依靠在线监测与趋势分析等系统，对设备运行参数进行综合分析，以准确判断设备运行状态，为设备稳定运行和检修策略提供技术支持。2016 年，三峡电厂进一步深化运用在线诊断方法，同时积极开展电站智能化建设研究，为在线诊断的深化运行搭建更高层次的技术支持平台。

6.2.2

2016 年，三峡右岸电站 19 号发电机推力头镜板工作镜面气孔状缺陷处理工作中创新引入激光熔覆技术。相对于传统焊接方法，激光熔覆能保

证熔覆层与基体材料较高的冶金结合强度，缺陷概率较小，可以调配不同的材料硬度匹配基材，并且其热影响区小，与传统的氩弧焊相比有技术优势，保证了 19 号发电机推力头镜板的成功修复。

6.2.3

2016 年，三峡电厂联合研发出悬挂浮动复合磁组和自动伸缩式柔性履带轮专利技术，并以此为基础创新开发水电站巨型压力钢管内表面自动旋附行走探损检测系统，该系统可通过联动协调分工作业，对压力钢管内表面任意部位清理、摄像、显示并储存，并为扩展探伤、焊接和防腐功能创造了条件。该系统在三峡电站 6 台机组压力钢管检测工作中的成功应用，填补了巨型压力钢管内表面全方位快速检测的技术空白，大大减少了原始的搭设脚手架的工作量和人工装备投入，更是为检查的安全性提供了保证。

6.3

根据三峡船闸通航的新形势和检修工作特点、难点，三峡集团加强技术创新，研制了大型船闸人字门同步顶升装置、船闸载人升降车、船闸地下输水廊道斜井段检测小车、闸室组合交通梯等一系列快速检修的工装、设备等，其中人字门同步顶升装置采用的是液压顶升、机械保顶的一体式同步顶升系统，具备一体化的结构设计，保顶装置位于油缸内部，保顶区域和顶升区域一致，大大简化了现场的施工工装和设备布置。保顶系统独立于顶升系统，通过程序控制实现在任何工况下及时跟进保顶，确保在整个施工过程中的人字门安全，提升了工作效率。持续完善检修工艺，对人字门顶枢轴、AB 拉杆轴、液压启闭机油缸联门轴等优化调整，提高了检修工效；先后取得十余项专利成果应用于船闸检修。