

长江三峡水利枢纽布置及施工组织设计

水利部长江水利委员会 《人民长江》编辑部

1 枢纽布置及主要建筑物

三峡水利枢纽坝址和坝线经长期研究和比较,已选定三斗坪坝址上坝线,在已建成的葛洲坝水利枢纽上游约 40km。见长江三峡水利枢纽施工总体布置图。

三峡枢纽主要建筑物包括拦河大坝、水电站、通航建筑物三大组成部分。泄洪坝段位于河床中部,两侧分设左右两个坝后电站(另在右岸预留一个地下电站位置),永久通航建筑物布置在左岸。

三峡水利枢纽为一等工程,主要挡水建筑物大坝及电站厂房、永久船闸、升船机均按一级建筑物设计。大坝设计洪水标准为千年一遇重现期洪水,校核洪水标准采用万年一遇重现期洪水加大 10%。坝址地震基本烈度为Ⅵ度,一级建筑物地震设防烈度采用Ⅶ度。

1.1 大坝

三峡工程拦河大坝选用混凝土重力坝,坝顶高程 185m,最大坝高 175m,大坝轴线全长 2 335m(从右岸非溢流坝段至升船机左侧非溢流坝段)。

泄洪坝段居河床中部,前缘总长 483m,共设有 23 个深孔和 22 个表孔,两者相间布置。深孔尺寸 7m×9m,孔底高程 90m;表孔净宽 8m,堰顶高程 158m。下游采用鼻坎挑流消能。泄洪设备最大泄洪能力为 10 万 m³/s,枢纽总泄洪能力为 11.6 万 m³/s。

为满足第三期施工导流要求,在泄洪坝段内布置 22 个导流底孔。另为满足枢纽排漂和电站排沙需要,泄洪坝段左侧的厂坝导墙和右侧纵向围堰内,各布置有 2 个 7m×12m

的泄洪排漂孔,孔底高程为 133m;左、右岸厂房坝段共设 7 个 4m×7m 的排沙孔,其中 5 孔进口底高程为 75m,2 孔进口底高程暂定 100m。

1.2 水电站

三峡水电站厂房采用坝后式,分设于泄洪坝段左、右两侧电站坝段坝后。左岸厂房布置 14 台水轮发电机组,右岸厂房布置 12 台机组。机组单机容量为 70 万 kW,电站总装机容量 1 820 万 kW。机组段长度为 38.3m,相应左岸厂房全长 643.6m,右岸厂房全长 584.2m。另右岸预留 6 台地下厂房位置,其进水口将提前与工程同步建成。

水电站采用一机一管的引水方式,进水口底高程为 110m,引水钢管直径 12.4m,采用浅槽背管式布置。

1.3 通航建筑物

三峡工程通航建筑物包括双线五级梯级船闸和一线一级垂直升船机。施工期另设一线一级临时船闸。

(1) 永久船闸

为满足年单向下水货运量 5 000 万 t 的要求,永久船闸采用双线,因其最大水头达 113m,经比较采用五级连续梯级布置方案,闸室有效尺寸为 280m×34m×5m(长×宽×坎上水深),包括引航道在内,线路全长为 6 442m。上、下游引航道外侧均设有土石隔流堤,可通行万 t 级船队。

永久船闸位于新鲜、坚硬、完整的花岗岩体内,两船闸间保留岩体隔墩,并采用钢筋混凝土薄衬砌墙结构型式。由于船闸最大挖深达 170m,设计采用合理开挖边坡,加强表面

排水,设两侧排水幕和锚杆、锚索加固等措施,以保证高边坡稳定的方案。

船闸输水系统采用双边输水的长廊道、四区段、等惯性、分散出水、盖板消能的方案。

船闸运行采用单向过闸方式,一线上行,一线下行。船队过闸间隔时间为 60min,船舶过闸总历时 180min,其中进出首末级船闸的历时为 141min。

(2) 升船机

三峡升船机主要用于客轮快速过坝,并便于尽可能将客货船舶分流,保证永久船闸货运能力。

升船机由上游引航道、上闸首、升船机主体、下闸首及下游引航道组成,全线总长约为 5 000m。升船机采用钢丝绳卷扬全平衡一级垂直提升型式。承船厢有效尺寸为 120m×18m×3.5m,一次可通过一条 3 000t 级的客货轮。

三峡升船机的规模属世界水平,设计中尽可能采用较成熟的常规技术。升船机最大提升高度 113m,承船厢悬吊总重量 11 800t,由平衡重全部平衡。主机提升力主要用于克服各种阻力和厢内水深误差,为 600t。主提升机系统由 8 台双筒 6 绳卷扬机组成,直流调速型驱动电机总功率为 1 280kW。保证升船机运行安全的关键是防止断钢丝绳和船厢漏水,为此设计中留有足够的安全裕度(钢丝绳安全系数大于 8),并设有断绳保护、补水、制动、锁定等安全装置和监测保护系统。

客轮过坝间隔时间,单向运行时为 42.0min,迎向运行时为 73.0min。

(3) 临时船闸

临时船闸系为满足施工期通航要求而设置,位于左岸电站以左,与升船机并列,共用上下游引航道。

临时船闸为一线一级,按川江目前最大的 3×1 000t 船队设计,船闸闸室有效尺寸为 240m×24m×4m。单向过闸间隔时间为 43.5min,迎向过闸间隔时间约 80.5min,年

下水通过能力为 900~1 100 万 t。

临时船闸停止运用后,所在坝段将改建为 2 个冲沙孔,孔口尺寸为 8m×12m,底高程 110m,用于下游航道冲沙和辅助泄洪之用。

1.4 枢纽建筑物工程量

三峡水利枢纽初步设计主要工程量列表如下:

枢纽工程主要建筑物工程量

项 目	土石方开挖 /万 m ³		土石方 填筑 /万 m ³		混凝土 /万 m ³	钢筋 /万 t	钢材 /万 t
	明挖	洞挖					
大 坝	576	0.7			1 485.7	10.75	2.99
水电站	1 714	0.7	209		292.6	9.83	12.86
航 运	5 663	149	551		565.8	14.48	10.35
导 流	2 155		2 172		370.5	0.37	1.88
合 计	10 108	152	2 933		2 714.6	35.43	28.08

2 水电站机电设备

三峡水电站额定水头为 80.6m,最大水头 113m,最小水头 71m(初期运行水位时为 61m),加权平均水头 90.1m。

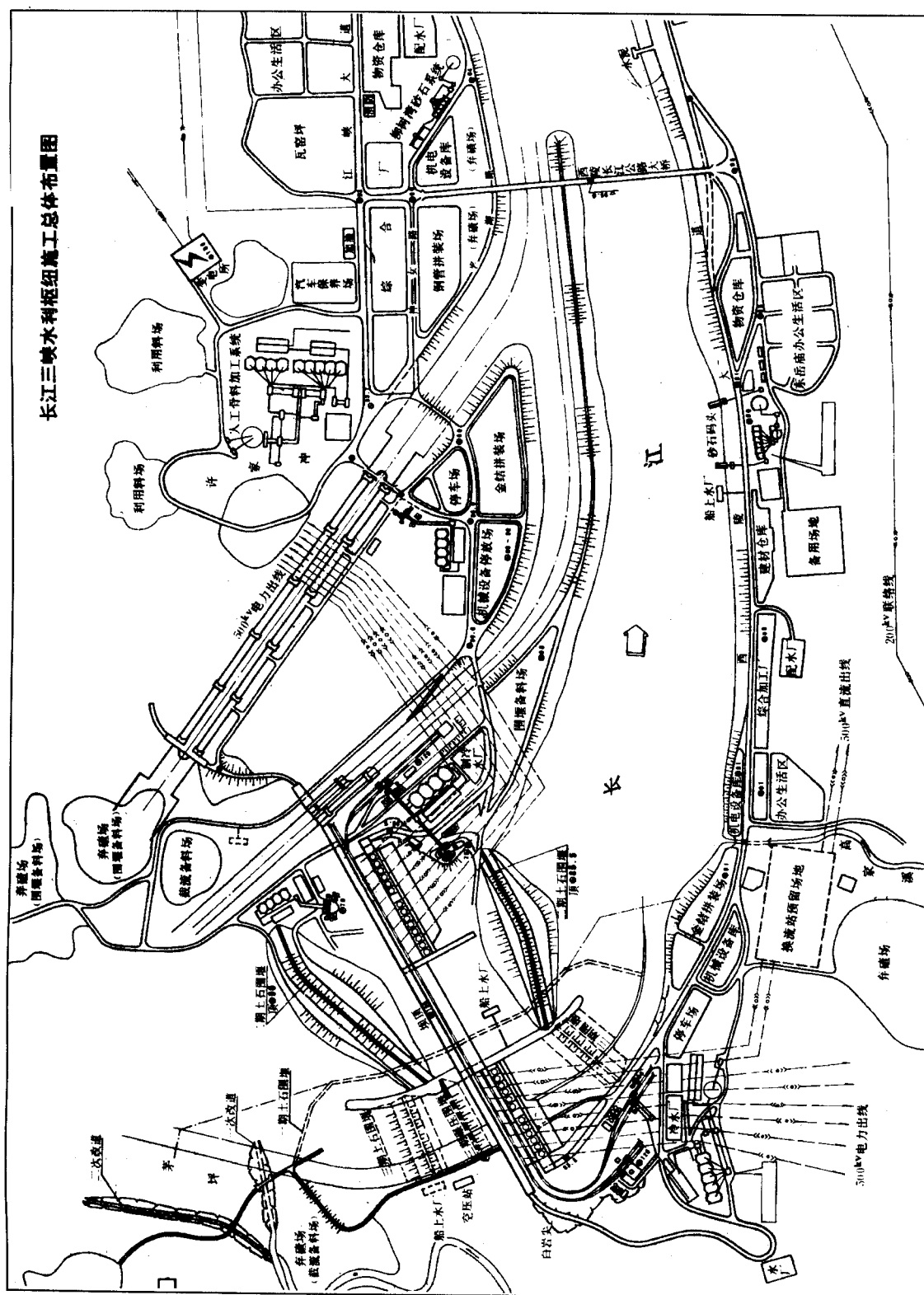
三峡水电站对电力系统安全运行有举足轻重的影响,机组选择首先应保证运行安全可靠,同时应使参数和性能指标先进。

水电站机组单机容量采用 70 万 kW,水轮机选用混流式,额定出力 71.0 万 kW,转轮直径 9.85m。水轮发电机额定容量为 70.0 万 kW,视在功率 77.77 万 kV·A,采用伞式结构,冷却方式采用空冷或半水冷。

三峡水电站将以 500kV 交流和 ±500kV 直流输电线向华中、华东、川东送电。推荐右岸直流换流站与 500kV 交流开关站结合的方案。电站出线共 14 回,其中 500kV 交流 13 回(左岸 7 回,右岸 6 回),直流 ±500kV 出线 1 回。

三峡水电站左、右岸电厂 500kV 母线不连接,分开运行;左、右岸电厂 500kV 母线亦

长江三峡水利枢纽施工总体布置图



可分二段运行。

发电机与变压器的组合方式,采用装有高压断路器的联合单元接线。500kV 侧接线采用 3/2(即一倍半)接线方式。

电站主变压器采用三相双线卷强油循环水冷或风冷升压变压器,额定容量 78 万 kV · A,运输重量约 326~356t。

高压电气设备,左岸电厂选用 SF₆ 全封闭组合电器(GIS);右岸电厂,除主变压器高压侧的断路器等设备采用 SF₆ 全封闭组合电器外,其余一倍半接线部分,选用户外开闭式电器。

3 施工组织设计

3.1 施工导流

三峡工程施工导流方案选定三期导流、导流明渠通航的方案。

第一期导流围护右岸。在后河上、下游及沿中堡岛左侧修筑第一期土石围堰,在其围护的一期基坑内开挖导流明渠,修建二、三期兼用的混凝土纵向围堰,以及第三期上游碾压混凝土围堰基础。一期导流期间,江水及船舶航行仍通过主河槽。

第二期导流围护左岸。修建二期上、下游横向土石围堰拦断大江(主河槽),江水自导流明渠下泄,船舶航运通过导流明渠及左岸临时船闸。在二期上、下游横向围堰及混凝土纵向围堰围护的二期基坑内修建左岸大坝及电站。

第三期导流再围右岸,修建三期上、下游土石横向围堰,封堵明渠,并在土石围堰围护下修建三期碾压混凝土围堰。水库蓄水前,江水经由泄洪坝段内的 22 个 6m×9m 导流底孔通过(孔底高程为 56.5m)。三期碾压混凝土围堰建成后,水库可蓄水至 135m 高程,实现初期通航、发电,江水由导流底孔及永久深孔通过。三期上下游围堰与混凝土纵向围堰形成三期基坑,进行右岸大坝和电站的施工。

导流明渠轴线全长 3 407m,可同时满足导流及通航要求,明渠采用复式断面,底宽

350m。其中,右侧高渠宽 100m,底高程 58m,左侧低渠底高程自上至下分别为 58m、50m、45m、53m。经 1/100 水工整体模型试验验证,流量 20 000m³/s 以下时,长航船队可顺利通过明渠。

三峡工程二、三期共用的纵向围堰及三期上游挡水发电的围堰采用碾压混凝土重力式结构,其它均采用土石围堰型式。三峡围堰工程中,以二期上横围堰及三期上游挡水发电的碾压混凝土围堰最为重要。特别是二期上横土石围堰施工时最大水深达 60m,最大高度 82.5m,施工难度最大。三期上游挡水发电的碾压混凝土围堰最大高度 124m。此二围堰均需在一个枯水季节内建成。经进一步设计优化并采取了一系列有效措施,认为虽然施工难度大,但可以按期建成。

3.2 施工期通航方案

长江是我国最重要的水运交通干线,三峡工程施工期通航的基本要求是应尽量减少对通航的影响,保证长江航运基本畅通。三峡工程施工期通航运量(以 2000 年左右为预测水平年)为:下水货运量 1 550 万 t,客运量 250 万人次。

一期导流期间,主河槽仍可通航。三期导流水库蓄水至 135m 后,永久通航建筑物已启用,故三峡工程施工通航主要是研究解决二期导流期间自大江截流至蓄水前约 6 年时间的船舶过坝问题。

鉴于施工通航方案与工程枢纽布置、施工导流方案、施工总布置和总进度密切相关。

初步设计推荐经建委会审定的施工通航方案是明渠结合临时船闸实现施工通航的方案。即,右岸导流明渠除满足导流要求外,宽度由 250~300m 扩至 350m,满足 20 000m³/s 流量以下时船舶可通过明渠;另在右岸设一线一级临时船闸辅助通航。升船机在第 11 年投入运行,尽可能保证长江航运不中断。

3.3 施工进度和工期

三峡工程施工分三期实施。包括施工准

备期在内,枢纽工程施工总工期 17 年,第一批机组发电的工期为 11 年。自 1993 年起算,1997 年实现大江截流,2003 年第一批机组发电,2009 年枢纽工程完工。

(1) 施工准备及一期工程施工共 5 年

三峡工程从 1993 年开始施工准备。第一年的主要任务,是为 1993 年 10 月一期围堰下河和 1994 年全面开始土石方开挖和填筑工程作好准备,包括施工征地,场地平整,施工交通,施工用电、风、水供应,以及建立初期施工通讯。本期工程共需 5 年,主要任务除施工准备工程外,主要进行一期围堰填筑,导流明渠开挖,修筑混凝土纵向围堰,以及修建左岸临时船闸,并开始左岸永久船闸、升船机及左岸部分电站坝段的施工。

(2) 二期工程施工 6 年

本期工程施工任务包括修筑二期围堰,进行左岸大坝及电站建设,开始并完成部分机组安装,同时继续进行并完成永久船闸、升船机的施工。本期期末在导流明渠内修建三期围堰,第 11 年(即 2003 年)6 月,大坝临时蓄水至 135m 高程,永久通航建筑物启用,10 月电站第一批机组发电。

(3) 三期工程施工 6 年

本期主要进行右岸大坝和电站施工,并继续完成全部机组安装任务。

上述工期虽然工程规模巨大,施工任务艰巨,但经过精心组织,采用大规模机械化施工方案,工期是可以保证的。

三峡水电站装机规模大,单机容量也大,加快装机进度可增大施工期间的发电量,取得巨大的经济效益,因此,下阶段将进一步研究加快装机进度。目前暂按第 11 年投产 2 台,以后每年投产 4 台安排装机进度。葛洲坝二期工程施工曾有年装机 6 台的记录,因此在资金和机组供应有保证的前提下,采取一些措施,三峡电站加快装机进度是可能的。

3.4 施工总布置

三峡工程施工期物资的运输总量约为

4 000 余万 t,其中外来商品材料约 1 400 万 t。除利用现有水运、公路交通外,将修建一条宜昌至工地的一级全封闭高级公路,实现以公路为主、水运为辅的对外运输方案。

三峡施工工区布置中,充分考虑了利用葛洲坝已建生产、生活设施作为后方基地,根据地形条件、分期施工需要,左、右岸分别进行了生产企业和交通、生活设施的全面规划。其中左岸工区占地面积约 9km²,右岸占地面积 6km²。估算工程施工高峰劳力约 2.5 万人,生活、办公用房共约 60 万 m²。

4 工程概算

三峡水利枢纽可行性研究报告,按 1990 年价格水平和当时的政策规定、标准和定额,估算的枢纽工程静态投资为 297.86 亿元。

初步设计报告编制阶段,根据枢纽工程设计的成果和相应工程量,如仍以 1990 年价格和当时的政策规定、定额、标准编制的枢纽工程概算,其静态投资为 296.72 亿元,与可行性报告数额十分接近;以 1992 年的价格水平,以及 1992 年底以前的政策规定、标准和定额,枢纽工程的静态投资为 378.82 亿元,较可行性研究报告数额增加 27%。

长委会根据审查的要求,于 1993 年 6 月中再次提出了初设修改的枢纽工程概算(送审稿),经概算专家组第二次审查会议确认:按 1993 年 5 月末价格,三峡枢纽工程初设概算的静态投资可按 495 亿元控制,另加茅坪溪淹没区防护工程投资 5.9 亿元,共为 500.9 亿元。

沙特阿拉伯花巨资改造污水排放系统 据英刊《水与废水处理》1995 年特刊报道,科威特的 Mohamed Abdulmohsen Kharaft 公司与沙特阿拉伯签订一项价值 2 400 万美元的改造布赖代附近 al Rass 的污水和雨水排放系统的合同。整个工程包括一座污水处理厂、一条输电干线、总长 30km 的自流排水管道及 500 多个进入孔。这项工程预计在 1997 年 7 月完成。