

中国水电顾问集团中南勘测设计研究院
HYDROCHINA ZHONGNAN ENGINEERING CORPORATION

组织编写

三峡工程永久船闸 混凝土质量与温度控制

SANXIA GONGCHENG YONGJIU CHUANZHA
HUNNINGTU ZHILIANG YU WENDU KONGZHI

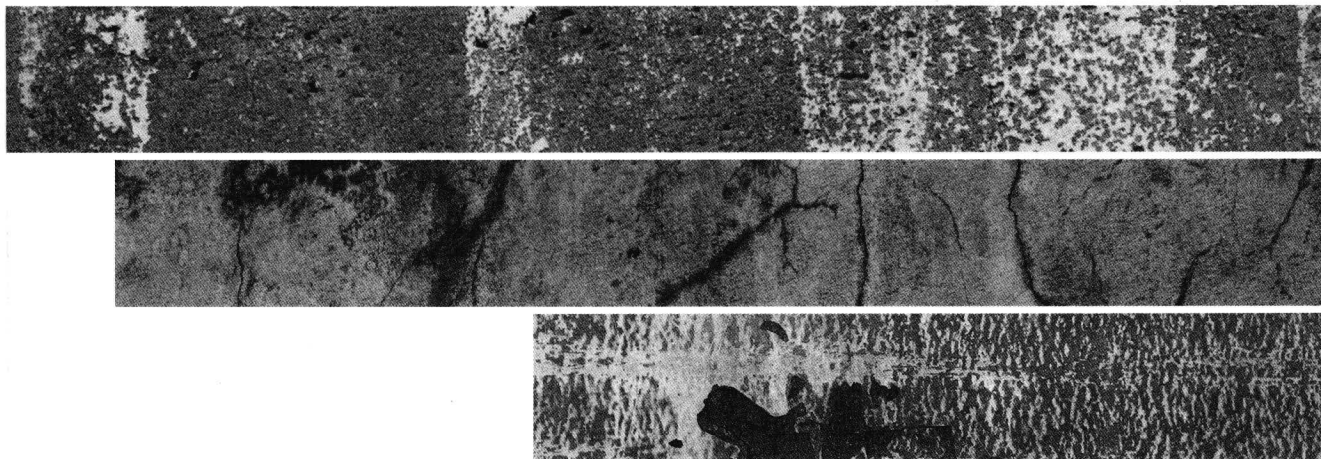


涂传林 张南燕 李振明 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

三峡工程永久船闸 混凝土质量与温度控制



涂传林 张南燕 李振明 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是三峡工程永久船闸混凝土质量与温度控制施工全过程实践经验的总结,内容包括:三峡工程和永久船闸工程概况、永久船闸混凝土配合比及性能试验研究、永久船闸混凝土原材料检测与质量控制、永久船闸混凝土生产质量控制、永久船闸地面工程混凝土施工质量控制、永久船闸地下工程混凝土施工质量控制、永久船闸混凝土温度控制、永久船闸混凝土质量检验与缺陷处理技术等。

本书可供水利水电施工、设计、科研和管理人员参考,也可供大专院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

三峡工程永久船闸混凝土质量与温度控制 / 涂传林, 张南燕, 李振明编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012.5

ISBN 978-7-5084-9708-2

I. ①三… II. ①涂… ②张… ③李… III. ①三峡水利工程—船闸—混凝土施工—质量控制—研究②三峡水利工程—船闸—混凝土施工—温度控制—研究 IV. ①TV632.71②TV544

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第086641号

书 名	三峡工程永久船闸混凝土质量与温度控制
作 者	涂传林 张南燕 李振明 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 18.5印张 438千字
版 次	2012年5月第1版 2012年5月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	58.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

作者简介

涂传林，男，教授级高级工程师。1937年7月生，江西新建人。1962年毕业于清华大学水电系水工建筑专业。曾任中国水电顾问集团中南勘测设计研究院三峡建设监理中心副总工程师。从1994年起享受国务院政府特殊津贴。

张南燕，女，教授级高级工程师。1941年12月生于延安。1965年毕业于武汉水电学院水电系水工建筑专业。曾任中国水电顾问集团中南勘测设计研究院三峡建设监理中心总监理工程师（1996～2000年）。电力工业部特等劳动模范。

李振明，男，教授级高级工程师。1939年生。1964年毕业于武汉水电学院水电系水工建筑专业。曾任中国水电顾问集团中南勘测设计研究院三峡建设监理中心总监理工程师（2000～2007年）。国家五一劳动奖章获得者。享受国务院政府特殊津贴。

序 一

三峡工程是当今世界上最大的水利工程，是实现中华民族伟大复兴的标志性工程。三峡工程具有防洪、发电、航运和供水等巨大的经济效益和社会效益。2010年10月三峡水库蓄水至175.00m设计水位，标志着三峡工程已完成初步设计的建设任务，综合效益已全面显现。

三峡工程永久船闸是三峡水利枢纽的三大主要建筑物之一，是目前世界上总设计水头最高、规模最大的船闸。三峡工程永久船闸由上游航道、双线五级连续闸室、下游引航道和船闸地下输水系统等建筑物组成。上游航道全长2113m，内有隔流堤、靠船墩、导航浮堤等建筑物。双线五级连续闸室主体段全长1621m，内设12个闸首，10个闸室，每个闸室长280m，宽34m，五级船闸总提升高度113m，单级最大提升高度45.2m，均为世界之最。船闸能通过万吨级船队，设计年单向货运量5000万t。下游引航道全长2708m，由导航墙、靠船墩等组成。船闸地下输水系统总长5500m，由4条输水隧洞组成。

三峡工程永久船闸土石方开挖量5587万 m^3 ，混凝土浇筑量465万 m^3 ，预应力锚索2113束，最大边坡开挖高度170m，其中直立墙高度68m，阀门井最大高度81m，竖井40个，总高2543m，大小隧洞18条，总长22875m，金属结构及机电设备安装43260t。三峡工程永久船闸工程量之大、结构之复杂、技术和施工难度之高，是三峡工程建设中最难啃的硬骨头。

三峡工程永久船闸于1994年4月开工，2003年6月16日开始135~139m水位试通航，2007年5月船闸按最终规模145~175m通航水位建设完成。船闸各建筑物经全面质量验收，施工质量优良。自通航至今，船闸工作性态平稳正常，运行状态良好，实现了“安全、有序、高效、畅通”的目标。通航7年来，三峡船闸过闸货运量逐年递增，由建闸前的1800万t，增加至2009年的6089万t，2010年将突破7000万t，为长江流域的国民经济发展和人民生活需求作出了重要贡献，使长江成为名副其实的黄金水道。

本书作者都是三峡工程永久船闸建设的直接参与者，先后参加建设监理的全过程，在施工现场工作达10年之久。

借此机会，谨向为三峡工程永久船闸建设辛勤劳动、作出贡献的所有建设者致以崇高的敬意！

中国工程院院士
中国长江三峡集团公司总工程师

张超然

2010年12月12日于宜昌三峡

序 二

三峡工程举世瞩目，无论工程规模、效益，还是工程建设涉及的重大科学技术的难度，均居世界之最。三峡工程是一个实现中华民族伟大复兴的标志性工程。

三峡工程永久船闸是三峡主体工程的重要组成部分。本文的编著者先后参与了永久船闸工程建设监理的全过程达 10 年之久，从施工的第一线积累了大量丰富的第一手宝贵资料，这也是三峡永久船闸建设者（业主、设计、施工、监理）辛勤劳动的具体体现，现将其混凝土质量控制与温度控制部分加以总结。

中南勘测设计研究院从 1995 年到 2006 年，派出了大量的优秀管理和技术人员到三峡工程承担永久船闸土建工程、金属结构设备制造、安装和调试工程的全过程的建设监理工作。他们中有中南勘测设计研究院总工程师、副总工程师、专业总工程师和教授级高级工程师等一系列骨干，担任中南勘测设计研究院三峡建设监理中心的各级领导工作，监理人员总数最高峰时达 280 多人，他们和广大三峡永久船闸建设者的辛勤劳动和作出的贡献值得我们永远铭记。特别是中南勘测设计研究院副总工程师赵广志和专业总工程师张南燕同志，都是在中南勘测设计研究院三峡建设监理中心总监理工程师的岗位上，积劳成疾，先后离开了我们，在此谨向他（她）们表示深深的怀念和崇高的敬意！

中国水电顾问集团中南勘测设计研究院 副院长
总工程师



2010 年 10 月于湖南长沙

前言

本书的作者都是三峡工程永久船闸建设的参与者，先后参加三峡工程永久船闸监理工作达 10 年之久，现将施工过程中积累的经验编写成本书，内容主要包括：三峡工程和永久船闸工程概况、永久船闸混凝土配合比及性能试验研究、永久船闸混凝土原材料检测与质量控制、永久船闸混凝土生产质量控制、永久船闸地面工程混凝土施工质量控制、永久船闸地下工程混凝土施工质量控制、永久船闸混凝土温度控制、永久船闸混凝土质量检验与缺陷处理技术 8 个部分。中国水电水利工程顾问集团中南勘测设计研究院原总工程师（1995～1997 年兼任中南勘测设计研究院三峡建设监理中心总监理工程师）黄操衡教授级高级工程师对本书的初稿进行了详细的校核、修改和审查，提出了许多宝贵的意见，为本书的最后定稿付出了辛勤的劳动。中国长江三峡集团公司总工程师、中国工程院院士张超然教授级高级工程师在百忙中为本书作序。中南勘测设计研究院副院长兼总工程师冯树荣教授级高级工程师始终关心和鼓励本书的编写并为本书作序，在此向他们表示衷心的感谢！同时，我们还会牢牢记住三峡工程永久船闸的全体建设者，这里的每一点成果都是他（她）们辛勤劳动的结晶，都是他（她）们对我国水电建设事业作出的贡献。参与永久船闸建设并为本书提供了宝贵资料的有中国长江三峡集团公司、武警水利水电部队三峡工程指挥部、宜昌三峡工程三七八联营总公司、宜昌三联总公司、中国葛洲坝集团总公司、中国水利水电第三工程局、中国水利水电第七工程局、中国水利水电第八工程局、中国水利水电第十四工程局、中国水利水电科学研究院、武汉大学等单位，特向他（她）们表示崇高的敬意和衷心的感谢！

本书稿完成后，本书的作者之一、原中国水电顾问集团中南勘测设计研究院三峡建设监理中心总监理工程师张南燕同志，不幸于 2010 年 10 月 7 日逝世！让我们深深地怀愿她为三峡永久船闸工程建设作出的贡献，并以此书作为对她的纪念！

感谢中国水电顾问集团中南勘测设计研究院对本书出版给予的大力支持和帮助！

感谢中国水利水电出版社编辑们为本书付出了大量的辛勤劳动，使本书得以顺利出版！

编著者

2011 年 4 月于湖南长沙

目 录

序一
序二
前言

1 三峡工程和永久船闸工程概况	1
1.1 三峡水利枢纽介绍	1
1.2 永久船闸工程概况	3
参考文献	7
2 永久船闸混凝土配合比及性能试验研究	8
2.1 混凝土原材料的一般要求	8
2.2 混凝土配合比设计一般要求	16
2.3 三峡工程混凝土原材料、配合比研究概述	18
2.4 地面工程混凝土配合比及性能试验研究	21
2.5 地下工程混凝土配合比及性能试验研究	37
2.6 结构混凝土配合比及性能试验研究	51
2.7 预应力混凝土配合比及性能试验研究	58
2.8 抗冲耐磨混凝土介绍	64
2.9 防渗墙混凝土配合比设计和质量控制	67
2.10 高边坡喷射混凝土试验研究	72
2.11 钢纤维(硅粉)混凝土配合比及质量控制	76
2.12 三峡大坝混凝土施工配合比	79
参考文献	80
3 永久船闸混凝土原材料检测与质量控制	82
3.1 三峡工程原材料的基本要求	82
3.2 胶凝材料和外加剂质量控制	87
3.3 人工骨料的质量控制	95
参考文献	99
4 永久船闸混凝土生产质量控制	101
4.1 混凝土拌和系统基本情况	101
4.2 混凝土拌和系统生产管理的自动控制系统	102

4.3	混凝土拌和系统温控技术	105
4.4	拌和系统混凝土生产过程的质量控制	112
4.5	混凝土拌和物的性能检测与质量控制	115
4.6	地面工程混凝土性能检测与质量控制	118
4.7	地下工程混凝土性能检测与质量控制	127
	参考文献	131
5	永久船闸地面工程混凝土施工质量控制	133
5.1	地面工程概况	133
5.2	混凝土工程施工测量和基础验收	134
5.3	混凝土仓号工艺设计	137
5.4	混凝土运输质量控制	140
5.5	混凝土浇筑质量控制	140
5.6	混凝土的养护和保温	147
5.7	永久船闸滑模施工工艺与质量控制	148
5.8	二期混凝土施工质量控制	155
5.9	混凝土施工信息管理	159
	参考文献	173
6	永久船闸地下工程混凝土施工质量控制	175
6.1	地下工程概况	175
6.2	输水隧洞混凝土施工质量控制	176
6.3	竖井混凝土施工质量控制	181
6.4	地下输水隧洞混凝土施工技术难题及对策	187
6.5	地下工程二期混凝土施工技术	194
	参考文献	199
7	永久船闸混凝土温度控制	200
7.1	混凝土温控基本资料	200
7.2	温控设计要求与温控措施	202
7.3	地面工程混凝土的温度检测成果及分析	220
7.4	地下工程混凝土温度检测与温度应力分析	237
	参考文献	245
8	永久船闸混凝土质量检验与缺陷处理技术	247
8.1	混凝土无损检测技术在永久船闸中的应用	247
8.2	地面工程质量检验与缺陷处理技术	250
8.3	地下工程混凝土质量检验与缺陷处理技术	273
	参考文献	282

1 三峡工程和永久船闸工程概况

1.1 三峡水利枢纽介绍

1.1.1 三峡水利枢纽工程概况

长江三峡水利枢纽工程（以下简称三峡工程），是当今世界上最大的水利工程，是实现中华民族伟大复兴的标志性工程。三峡工程具有防洪、发电、航运和供水等巨大的经济和社会效益。2010年10月三峡水库蓄水至175.00m设计水位，标志着三峡工程已完成初步设计的建设任务。

三峡工程坝址位于长江西陵峡中段的湖北省宜昌县三斗坪镇，距下游长江葛洲坝水利枢纽和宜昌市约40km。经国务院审查并报全国人大审议通过的三峡工程开发方案为：“一级开发，一次建成，分期蓄水，连续移民。”

三峡工程正常蓄水位175.00m，汛限制水位145.00m，枯水季消落水位155.00m，死水位145.00m。总库容、防洪库容和兴利调节库容分别为450.5亿 m^3 、221.5亿 m^3 和165亿 m^3 。工程建成后，可将荆江河段的防洪标准由目前的约10年一遇提高到100年一遇；电站总装机容量22500MW，年发电量882亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ；可改善长江特别是重庆至宜昌段的航道条件，对发展长江航运事业具有积极作用；此外，还具有巨大的养殖、旅游等方面的效益，是一个效益显著的综合利用水利枢纽。

三峡工程由大坝、水电站厂房、通航建筑物和茅坪溪防护大坝等建筑物组成。大坝为混凝土重力坝，坝顶长度2309.5m，坝顶高程185.00m，最大坝高181.00m。泄洪坝段居河床中部，两侧为厂房坝段和非溢流坝段。设计洪水流量（ $\rho=0.1\%$ ）为98800 m^3/s ，相应最大下泄流量为69800 m^3/s 。

电站厂房为坝后式厂房。由上游副厂房、主厂房、下游副厂房及尾水渠等建筑物组成。分别在左岸电站厂房安装14台、右岸电站厂房安装12台、右岸地下电站安装6台，共32台，单机容量为700MW的水轮发电机组。

临时船闸与升船机并列布置在左岸非溢流坝段部位。临时船闸为单线一级船闸，在蓄水（135.00m水位）前（2003年4月），停用并改建成设有2孔冲沙孔的挡水坝。

升船机为单线一级垂直升船机，最大过船吨位3000t级客货轮，单向年通过能力350万t。

永久船闸为双线平行布置的五级连续船闸，主体结构段总长1621m，总水头113.00m，闸室有效长度280m，宽34m、深5m。可通过万吨级船队，年单向通过能力为5000万t。

茅坪溪防护工程是对水库右岸支流茅坪溪流域淹没区进行保护的工程，由防护大坝和泄水建筑物组成。茅坪溪防护大坝为土石坝，坝顶长889m，坝顶高程185.00m，最大坝

高 104m，坝体防渗结构为沥青混凝土心墙。

作为三峡工程保安电源的电源电站，装设 $2 \times 50\text{MW}$ 水轮发电机组。

三峡工程分三期施工。一期围中堡岛以右的河床，开挖导流明渠，修建纵向围堰及三期碾压混凝土围堰的基础部分；同时在左岸修建临时船闸，开始建设升船机上闸首、左岸 1~6 号厂房坝段及其坝后厂房、双线五级船闸的施工；主河槽继续过流和通航。二期工程于大江截流后，在二期上下游土石围堰围护下修建河床泄洪坝段、左岸 14 台机组相应的厂房坝段及电站厂房；完成升船机上闸首、双线五级船闸、左岸非溢流坝段的施工；江水改由导流明渠宣泄，船舶经由导流明渠和临时船闸航行。三期工程自导流明渠截流起始，江水经坝身导流底孔宣泄，临时船闸通航，进行导流明渠三期上游碾压混凝土围堰以及右岸 12 台机组的厂房坝段与电站厂房、右岸非溢流坝段的施工；三期碾压混凝土围堰至设计高程后，实现下闸蓄水（水位 135.00m）和双线五级船闸试通航，同时陆续完成二期工程 14 台机组的安装调试和投产。二期工程建设期间，还需完成右岸茅坪溪防护工程和右岸地下电站进水口预建工程部分，使其满足蓄水（水位 135.00m）的要求。

三峡工程业主和建设单位为中国长江三峡工程集团公司。三峡工程设计单位为长江水利委员会。参与施工和监理的单位众多，不一一列出。

1.1.2 三峡工程的效益

三峡工程举世瞩目，是当今世界上最大的水利枢纽工程，无论工程规模、效益，还是工程建设涉及的重大科学技术的难度，均居世界之最。三峡工程是一个实现中华民族伟大复兴的标志性工程。

首先，三峡工程具有防洪功能，“万里长江，险在荆江”。荆江流经的江汉平原和洞庭湖平原沃野千里，有“粮库”、“棉山”、“油海”和“鱼米之乡”之称，是长江流域最为富饶的地区之一，也是我国重要的商品粮棉和水产品基地。为了保护江汉平原和洞庭湖平原，荆江防洪问题就成了长江中下游防洪中最严重和最突出的问题。修建好的三峡水库正常蓄水水位可达 175.00m，可拦蓄 221.5亿 m^3 的洪水，从而对荆江防洪安全提供了有效的保障，对长江中下游其他地区也具有巨大的防洪作用。

其次，三峡水电站具有很强的发电能力。多年平均发电量为 882 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，保证出力 5300MW，是世界上最大的电厂。

三峡工程同时也是个重要的航运工程。三峡工程位于长江上游与中游的交界处，地理位置得天独厚。向上可以增加三斗坪至重庆河段的航深，向下可以增加葛洲坝水利枢纽以下长江中游航道枯水季节流量，能够较为充分地改善重庆以下的通航条件，满足长江上中游航运发展的需要。三峡工程将使长江成为名副其实的黄金水道。

另外，三峡工程还有养殖、旅游、开发性移民、南水北调、供水灌溉等经济效益和社会效益。

1991 年 8 月，国务院审查委员会审查通过了《长江三峡水利枢纽可行性研究报告》。1992 年 4 月，全国人大七届五次会议审议通过了《关于兴建长江三峡工程的决议》。1993 年 7 月，三峡工程建设委员会批准了三峡工程初步设计（枢纽部分）。1994 年 12 月 14 日，三峡工程正式开工。2003 年 6 月 1 日，三峡水库开始蓄水；6 月 10 日，水库蓄水位



达到 135.00m; 6 月 16 日, 通航船闸试航成功; 7 月 10 日, 三峡工程第 1 台发电机组(装机容量 70 万 kW) 的 2 号机组实现并网发电。三峡工程不仅仅是一个伟大的创举, 它的建成将带来巨大的综合效益。2007 年, 三峡大坝已达到设计高程 185.00m, 水库蓄水位已达到 175.00m 的设计正常高水位, 永久船闸已实现了正常通航, 各主体建筑物都经受了工程实践的考验, 三峡工程已开始发挥巨大的综合效益。

1.2 永久船闸工程概况

1.2.1 永久船闸工程概况

三峡工程永久船闸是三峡水利枢纽的三大主要建筑物之一, 是目前世界上总设计水头最高、规模最大的船闸。

三峡工程永久船闸布置水级划分示意、闸首结构断面、闸室结构断面分别见图 1.2-1~图 1.2-3。

船闸设计方案的比选始于 20 世纪 80 年代初。1991 年 9 月长江水利委员会(以下简称长江委)编制完成《长江三峡水利枢纽初步设计永久船闸布置方案选择专题报告》, 推荐双线连续五级船闸布置方案, 通过了三峡工程建设委员会审查。船闸工程主要项目包括开挖及边坡支护工程, 高边坡山体排水工程, 上下游引航道及隔流堤工程, 基础处理、混凝土及渗控工程, 金属结构和机电设备制造、安装与调试工程, 集中监控系统设备安装及调试工程等。船闸工程于 1994 年 4 月 17 日开工, 2003 年 6 月 16 日开始试通航。金属结构及机电设备安装 43260t。

船闸布置在左岸山脊与沟谷相间凸岸缓坡地带, 位于坛子岭左侧, 船闸中心线与坝轴线夹角为 67.42° , 两线船闸中心线相距 94m, 中间保留 57m 宽的岩石隔墩, 两侧开挖边坡高度 100~170m。根据船闸设计规模, 定为一等工程。主要建筑物级别, 船闸主体段闸首、闸室和地下输水系统为 1 级, 导航墙、靠船墩为 2 级, 上、下游引航道的隔流堤及其他附属建筑物为 3 级。

船闸上航道全长 2113m。主要建筑物包括隔流堤(堤顶高程 150.00m), 18 个靠船墩; 由 8 个浮堤支墩和 8 条钢筋混凝土浮箱组成的导航浮堤; 上游辅导墙; 正向取水口(由 4 支进水箱涵组成, 底板高程 117.50m), 为分散式进水, 每支箱涵布置有 16 个进水口。单线船闸的设计最大进水流量为 $592\text{m}^3/\text{s}$ 。

船闸主体段全长 1621m。地面工程包括 12 个闸首, 10 个闸室, 每个闸室有效尺寸为 $280\text{m}\times 34\text{m}\times 5\text{m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 槛上水深)。五级船闸总提升高度 113m, 单级最大提升高度 45.2m, 均为世界之最。双线五级连续船闸闸室能通过一顶四驳(1-4 $\times$ 3000t)万吨级船队, 过闸间隔时间约为 59.7min, 过闸总历时约为 2.83h, 设计年单向通过能力为 5000 万 t。采用闸室底板第一、第二分流口、8 支廊道、4 区段出水的等惯性分散式输水, 每支廊道有 12 个出(进)水孔。闸室边墙为薄衬砌墙。每个闸室设有 22 个浮式系船柱。顶布置 10 座交通桥、1 座总调楼、4 个变电所、24 座启闭机房。闸室共布置 24 扇人字门, 一闸首布置 2 道检修门, 六闸首布置有浮式检修门和辅助泄水廊道工作门和检修门。

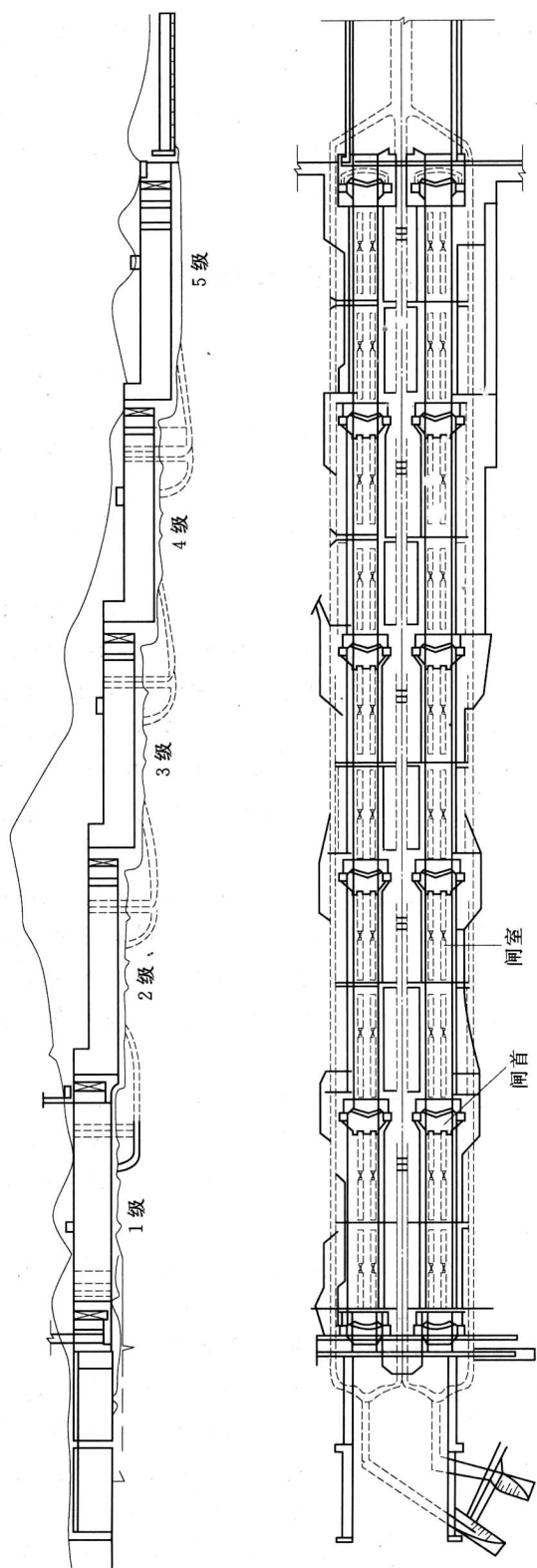


图 1.2-1 三峡工程永久船闸布置图

永久船闸地下输水系统总长 5500m。由 4 条输水隧洞组成，每线布置 12 个工作门井，井内布置有反弧门和检修门。阀门井最大高度 81m，竖井 40 个，总高 2543m，大小隧洞 18 条，总长 22875m。

永久船闸下游引航道全长 2708m，包括矩形双孔泄水箱涵、墩板式导航墙、混凝土护坡以及 18 个靠船墩。

永久船闸土石方开挖量 5587 万 m^3 ，混凝土浇筑 465 万 m^3 ，高强锚杆 10 余万根，预应力锚索 2113m。两岸有 170m 的高边坡，船室 68m 高的直立墙，81m 深的阀门井，主体段混凝土月平均浇筑强度近 6 万 m^3 ，高峰期月浇筑强度 12 万 m^3 ，混凝土浇筑主要采用门塔机入仓，共布置 39 台门塔机。

永久船闸混凝土主要由高程 98.70m 拌和系统（ 4×3 、 2×4.5 ）两座拌和楼生产，低温时段亦由三联拌和楼（ 1×2 ）生产一部分地下输水系统混凝土作为补充。

由于永久船闸施工存在着高、直边坡的爆破成型，高大（最大断面 358m^2 ，最大高度 81m）竖井的安全施工，井槽开挖施工程序相互制约的协调，闸槽开挖与锚索锚杆组织有序施工，薄衬砌结构钢筋混凝土浇筑等难点，技术要求高等问题，它是三峡工程施工中难度最大的工程之一，正如中国科学院、中国工程院院士张光斗教授所说：“永久船闸是三峡工程的硬骨头，最难啃的大硬骨头。”

1.2.2 永久船闸施工和运行情况

三峡永久船闸于 1994 年 4 月开工，2003 年 6 月 16 日开始 135.00~139.00m 水位试通航，2007 年 5 月船闸按最终规模 145.00~175.00m 通航水位建设完成。船闸各建筑物经全面质量验收，施工质量优良。自通航至今，船闸工作性态平稳正常，运行状态良好，实现了“安全、有序、高效、畅通”的目标。通航 7 年来，三峡永久船闸过闸货运量逐年递增，由建闸前的 1800 万 t，增加至 2009 年的 6089 万 t，2010 年将突破 7000 万 t，为长江流域的国民经济发展和人民生活需求作出了重要贡献，使长江成为名副其实的黄金水道。

1.2.3 永久船闸参建单位

业主单位：中国长江三峡集团公司。

设计单位：长江水利委员会长江勘测规划设计研究院。

主要施工单位有：武警水电部队三峡工程指挥部，中国葛洲坝集团公司三峡工程施工指挥部，宜昌三峡工程三七八联营总公司，宜昌三峡工程三联总公司，中船重工集团公司第七〇九研究所，长江岩土工程公司三峡工程指挥部，铁道部武汉大桥局等。

监理单位：中国水利水电顾问集团中南勘测设计研究院三峡建设监理中心。

参 考 文 献

- [1] 陆佑楣，曹广品，等，著．长江三峡工程（技术篇）．北京：中国水利水电出版社，2010.
- [2] 《三峡水利枢纽混凝土工程温度控制研究》编辑委员会编著．三峡水利枢纽混凝土工程温度控制研究．北京：中国水利水电出版社，2001.