

苏通大桥论文集 第一辑

苏通大桥建设指挥部



中国科学技术出版社

二〇〇四年九月

苏通大桥论文集(第一辑)

苏通大桥建设指挥部

中国科学技术出版社
·北京·

图书在版编目(CIP)数据

苏通大桥论文集.第1辑/苏通大桥建设指挥部.
北京:中国科学技术出版社,2004.9

ISBN 7-5046-3912-5

I.苏... II.苏... III.桥梁工程—文集
IV.U44-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 095940 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区中关村南大街16号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

北京市迪鑫印刷厂

开本:850毫米×1168毫米 1/16 印张:19.25 字数:600千字

2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

印数:1~3000册 定价:58.00元

内 容 提 要

本书是苏通大桥建设指挥部组织编写的建设论文集的第一辑,收入论文 45 篇,涵盖苏通大桥设计、科研、施工、管理等方方面面,内容翔实,资料丰富,是公路建设者的很好的参考书。

《苏通大桥论文集(第一辑)》

编辑委员会

主任委员：游庆仲

副主任委员：何 平 任锦雄 吴寿昌

委 员：丁 峰 姚 蓓 朱安祥 方建华 李玉汉 董学武

主 编：何 平

副 主 编：吴寿昌 董学武

编 委：李 镇 冯凌云 俞先林

责任编辑：张晓林

封面设计：白 玉

正文设计：于秀静

责任校对：林 华

责任印制：李春利

序

苏通大桥自 2003 年 6 月开工以来,主桥基础工程已取得阶段性施工成果,成绩斐然。《苏通大桥论文集(第一辑)》也随后出版,能使更多桥梁界同行及时分享成果,十分有益。

苏通大桥作为主跨超千米的世界第一斜拉桥,规模宏大,建设条件复杂,在技术方面极具挑战性,有诸多世界级难题需要攻克。在科研、设计、施工、管理等各方面必须提升理念,敢于突破,勇于创新。为贯彻交通部、省委、省政府关于“建好一座大桥、培养一批人才、探索一套方法、创新一批成果”的指导思想,苏通大桥建设指挥部首先注重抓好自身建设,广纳优秀人才;同时,在设计、科研、施工等方面坚持高起点、高标准、高质量的管理思想。在建设过程中组织开展了大量技术讲座和技术交流,经常邀请中外学术巨擘到现场指导,开展了阶段性、专题化的一系列科研试验,内容涵盖河势、水文、地质、地震、冲刷、气象、航运、测量、结构、施工等各个方面。工程建设充分利用新技术、新工艺、新材料,力求在大型群桩基础、综合防船撞、液压阻尼结构、钢锚箱索塔锚固、结构抗风、体外预应力技术、节段预制悬拼技术等方面有所创新。

苏通大桥具有世界上最大规模的群桩基础、最长的斜拉桥主跨、最长的斜拉索、最高的桥塔等多项世界之最,随着大桥分阶段的成功建设,将把我国桥梁技术水平提升到新的高度。

纵观本辑 40 余篇论文,基本涵盖了设计、科研和基础施工工作的各个方面,有的填补了国内空白,一些学术成果达到了世界领先水平,值得广大同仁交流与参考。我盼望能早日看到第二辑、第三辑……论文的出版。将此论文集办成具有苏通大桥特色的高水准、适时性、系统化的科技文献。

苏通大桥是两岸人民千年梦想、百年期盼的伟大工程,是经过十年精心准备、建设的浩大工程。衷心希望在建设过程中能做到理论与实践的完美结合,从实践中来,到实践中去,坚持理论联系实际,将科学技术迅速转化为生产力,让苏通大桥折射出世界最前沿科技的光芒,为我国桥梁建设事业的发展做出新的贡献。

交通部总工程师

二〇〇四年九月

目 录

综述篇

苏通大桥工程与关键技术研究	游庆仲 吴寿昌 李镇(1)
---------------	---------------

设计篇

苏通大桥总体设计	张喜刚 袁 洪 吴国民(8)
苏通大桥主桥上部结构设计	裴岷山 张喜刚 袁 洪 徐利平(26)
苏通大桥主桥结构体系研究	徐利平 张喜刚 裴岷山 袁 洪(35)
苏通大桥主桥索塔设计	戴 捷 张喜刚 吴国民(42)
苏通大桥主桥基础设计	徐麟 袁洪 张喜刚 高衡(49)
苏通大桥辅桥连续刚构桥设计	孔海霞 张喜刚 袁洪 徐麟 李正 高衡(57)
苏通大桥引桥设计	金卫兵 吴国民 张喜刚 彭德运(65)
苏通大桥交通工程及沿线设施技术设计	姚蓓 胡尧 杨根成 舒晓峰 季锦章(72)
Scour Assessment & Conceptual Design of Scour Protection for Sutong Bridge, P.R. China	O. Juul Jensen & C. Truelsen(90)
苏通大桥主塔墩基础冲刷防护设计实践	陆飞 王辉 王仙美 陈文辽(78)
苏通大桥工程地质条件综述	赵为民 汪春桃 徐春明 唐善普 曹圣华(83)

科研篇

超大跨度斜拉桥的空气动力学问题	游庆仲 陈艾荣(104)
苏通大桥主航道桥抗震性能研究	叶爱君 吴寿昌 胡世德 范立础(110)
苏通大桥桥区河势和河床稳定性分析	高正荣 朱安祥 张群 唐存本(116)
苏通大桥桥区抗冲淤性试验研究	何平 高正荣 洪大林(125)
感潮河段设计潮流量推算方法研究	胡尧 华家鹏 李国芳 倪剑峰(130)
苏通大桥船舶通航标准论证新方法的研究与实践	刘明俊 方建华 周崇喜 李世刚(135)
苏通大桥桥区风流作用下船舶运动模型探讨	刘明俊 彭晔丹 周崇喜 姜天鹏(141)
苏通大桥桥区水域船舶失控后的运动状态分析	刘明俊 方建华 李世刚 阙有俊(144)
苏通大桥桥区全新统沉积初步研究	何平 秦宗平 姚平 曹圣华(149)
苏通大桥群桩基础关键技术研究	张雄文 游庆仲 吴寿昌 徐晓易(155)
苏通大桥主桥墩超长桩群桩基础的工作性能	朱俊高 殷宗泽 王俊杰(161)
承台大体积混凝土裂缝机理及对策	费连宝(169)
苏通大桥斜拉桥扁平钢箱梁扭转与翘曲分析	吴冲 周建林 许映梅(174)
大跨度斜拉桥扁平钢箱梁正交异性桥面板第三结构体系受力特性	吴冲 彭德运 邢中凯 许映梅(179)

苏通大桥辅桥连续刚构箱梁关键截面抗剪性能数值分析·····	管义军 李方元 顾雨辉 沈殷(183)
苏通大桥辅桥连续刚构箱梁腹板竖向预应力空间效应分析·····	李国平 阮欣 周建华 章巍(188)
箱梁活载正应力和剪应力放大系数讨论·····	朱怡 徐栋 彭德运 周家刚(192)
体外预应力桥梁锚固结构分析及配筋研究·····	丁峰 魏华 徐栋 沈波(197)
考虑径流的河口潮位预报方法改进·····	丁峰 胡凤彬 周建林 张金伦 李国芳(203)

施工篇

苏通大桥水上试桩的研究与讨论·····	何平 吴鹏 龚维明 白炳东(208)
PHP 优质泥浆集中造浆系统在苏通大	
桥主桥墩桩基础施工中的应用·····	白炳东 倪剑峰 上官兴(213)
34 超长钻孔灌注桩桩端后注浆技术研究·····	徐晓易 周建林 倪剑峰(216)
5 号主墩桩基施工钢护筒定位技术·····	任回兴 吴正安 丁峰 管义军(223)
苏通大桥南主塔墩钻孔平台方案的比选和施工关键技术·····	白炳东 管义军 丁峰(232)
苏通大桥主 6 号墩钻孔平台设计·····	张先武 杨红 高安荣 刘艳芳(241)
主桥基础大直径超长钻孔桩施工工艺·····	吴正安 李松 马传俊 聂青龙(248)
苏通大桥主 5 号墩钻孔灌注桩施工关键技术介绍·····	刘喜田 任回兴 张先武 吴正安(257)
苏通长江公路大桥主 6 号墩钢吊箱施工·····	任回兴 贺茂生 聂青龙 吴建军(262)

管理篇

苏通大桥工程项目风险因素初析·····	许映梅 董学武(270)
桥梁工程区气象环境监测与预警系统的研究·····	刘聪 李玉汉 黄世成 赵健(275)

其他

江苏省长江公路大桥建设与关键技术研究·····	吴寿昌 董学武(280)
超深静力触探在大型桥梁地基勘察中的应用	
·····	徐春明 汪春桃 鲍增德 赵为民 唐善普 朱正坤(285)
苏通大桥深基础桩底压浆	
效果的超声波 CT 检测·····	白炳东 管义军 宋文荣 黄永林(289)

Table of contents

Summary

Research of project and key technical for Sutong bridge You Qingzhong, Wu Shouchang, Li Zhen(1)

Design

Overall design for Sutong bridge Zhang Xigang, Yuan Hong, Wu Guomin(8)

Design of superstructure for Sutong bridge Pei Minshan, Zhang Xigang, Yuan Hong, Xu Liping(26)

Research of main bridge structure-system for Sutong bridge

..... Xu Liping, Zhang Xigang, Pei Minshan, Yuan Hong(35)

Design of main pylon for Sutong bridge Dai Jie, Zhang Xigang, Wu Guoming(42)

Design of main bridge foundation for Sutong bridge Xu Lin, Yuan Hong, Zhang Xigang, Gao Heng(49)

Design of continuous concrete girder of auxiliary bridge for Sutong bridge

..... Kong Haixia, Zhang Xigang, Yuan Hong, Xu Lin, Li Zheng, Gao Heng(57)

Design of approach bridge for Sutong bridge Jin Weibing, Wu Guomin, Zhang Xigang, Peng Deyun(65)

Technical design of traffic engineering and line - facility for Sutong bridge

..... Yao Bei, Hu Yao, Yang Gencheng, Shu Xiaofeng, Ji Jinzhang(72)

Scour assessment & conceptual design of scour protection for sutong bridge, P.R. China

..... O. Juul Jensen & C. Truelsen(90)

Practice of scour-protection design for main-pylon-foundation of Sutong bridge

..... Lu Fei, Wang Hui, Wang Xianmei, Chen Wenliao(78)

Summary of engineering geological condition of Sutong bridge

..... Zhao Weimin, Wang Chuntao, Xu Chunming, Tang Shanpu, Cao Shenghua(83)

Scientific research

Aerodynamic issue of extra-large span cable stayed bridge You Qingzhong, Chen Airong(104)

Research of antiseismic performance of main bridge for Sutong bridge

..... Ye Aijun, Wu Shouchang, Hu Shide, Fan Lichu(110)

Analysis of river regime and river - bed stability at Sutong bridge zone

..... Gao Zhengrong, Zhu Anxiang, Zhang Qun, Tang Cunben(116)

Test research of scour and fill at Sutong bridge location He Ping, Gao Zhengrong, Hong Dalin(125)

Research of method to predict design tidal-flow for Sutong bridge

..... Hu Yao, Hua Jiapeng, Li Guofang, Ni Jianfeng(130)

Research and practice of new method to demonstrate the vessel-traffic criterion of Sutong bridge

..... Liu Mingjun, Fang Jianhua, Zhou Chongxi, Li Shigang(135)

Discussion of vessel-movement model under wind flow at Sutong bridge zone	.....	Liu Mingjun, Peng Yedan, Zhou Chongxi, Jiang Tianpeng(141)
Analysis of vessel-movement out of control at water area at Sutong bridge zone	.....	Liu Mingjun, Fang Jianhua, Li Shigang, Kan Youjun(144)
Preliminary research of Holocene sediment at Sutong bridge zone	.....	He Ping, Qin Zongping, Yao Ping, Cao Shenhua(149)
Research of key technique of pile-group foundation of Sutong bridge	.....	Zhang Xiongwen, You Qingzhong, Wu Shouchang, Xu Xiaoyi(155)
Work performance of extra-long pile-group foundation for main bridge of Sutong bridge	.....	Zhu Jungao, Yin Zongze, Wang Junjie(161)
Mechanism of mass-concrete crack of pile cap and countermeasure	.....	Fei Lianbao(169)
Analysis of flat steel box girder's torsion and warping of main bridge for Sutong bridge	.....	Wu Chong, Zhou Jianlin, Xu Yingmei(174)
Mechanics behaviour of the third structure system of orthotropic deck plate of flat steel box girder for large-span cable stayed bridge	.....	Wu Chong, Peng Deyun, Xing Zhongkai, Xu Yingmei(179)
Numeric analysis of critical-section shear performance of continuous concrete girder of auxiliary bridge for Sutong bridge	.....	Guan Yijun, Li Fangyuan, Gu Yuhui, Shen Yin(183)
Analysis of vertical-prestressing-force three-dimension effect of continuous concrete girder web of auxiliary bridge for Sutong bridge	.....	Li Guoping, Ruan Xin, Zhou Jianhua, Zhang Wei(188)
Discussion of the amplification coefficient for normal stress and shear stress of box girder due to live load	.....	Zhu Yi, Xu Dong, Peng Deyun, Zhou Jiagang(192)
Analysis of anchorage structure and research of reinforcement bar for bridges with external prestressing force	.....	Ding Feng, Wei Hua, Xu Dong, Shen Bo(197)
Optimization of method to predict estuary tidal level considering runoff	.....	Ding Feng, Hu Fengbin, Zhou Jianlin, Zhang Jinlun, Li Guofang(203)

Construction

Research and discussion of off-shore pile testing for Sutong bridge	.....	He Ping, Wu Peng, Gong Weiming, Bai Bingdong(208)
Application of centralized slurring system to produce PHP high quality slurry for main-pier foundations of Sutong bridge	.....	Bai Bingdong, Ni Jianfeng, Shang Guanxing(213)
Research of pile-tip grouting technique for extra-long bored piles	.....	Xu Xiaoyi, Zhou Jianlin, Ni Jianfeng(216)
Technique of steel casing localization for foundation of main pier 5	.....	Ren Huixing, Wu Zhengang, Ding Feng, Guan Yijun(223)
Solution comparison and construction key technique of platform for drilling for southern main pier of Sutong bridge	.....	Bai Bingdong, Guan Yijun, Ding Feng(232)
Design of drilling platform for pier 6 of Sutong bridge	.....	Zhang Xianwu, Yang Hong, Gao Anrong, Liu Yanfang(241)
Construction technology for extra-large diameter drilled piles of main bridge foundation	.....	Wu Zhengang, Li Song, Ma Chuanjun, Nie Qinglong(248)
Introduction of the construction key technique for bored piles for main pier 5 of Sutong bridge	.....	Liu Xitian, Ren Huixing, Zhang Xianwu, Wu Zhengang(257)

Construction of steel cofferdam for main pier 6 of Sutong bridge	Ren Huixing, He Maosheng, Nie Qinglong, Wu Jianjun(262)
--	---

Management

Preliminary analysis of engineering-project risk factor for Sutong bridge	Xu Yingmei, Dong Xuewu(270)
Monitoring of meteorological condition at Sutong bridge zone and research of prewarning system	Liu Cong, Li Yuhan, Huang Shicheng, Zhao Jian(275)

Other

Research of Construction and key technique for Jiangsu provincial highway bridges across the Changjiang river	Wu Shouchang, Dong Xuewu(280)
Application of extra-deep static feeler inspection to foundation inspection for long-span bridges	Xu Chunming, Wang Chuntao, Bao Zengde, Zhao Weimin, Tang Shanpu, Zhu zhengkun(285)
Detecting effect of pile-tip grouting for extra-deep foundation of Sutong bridge with Ultrasonic CT	Bai Bingdong, Guan Yijun, Song Wenrong, Huang Yonglin(289)

苏通大桥工程与关键技术研究

游庆仲 吴寿昌 李镇

(江苏省苏通大桥建设指挥部 江苏 南通 226009)

摘要:苏通大桥主桥桥型采用主跨为 1088m 双塔双索面斜拉桥。本文综述了该项目的工程概况、设计、关键技术与建设管理。

关键词:软土地基 路堤 沉降

苏通长江公路大桥(简称“苏通大桥”)位于江苏省东南部长江口南通河段,连接苏州、南通两市,北岸接线始于江苏省公路主骨架——宁(南京)通(南通)启(启东)高速公路,与实施中的连(连云港)盐(盐城)通(南通)高速公路相接;南岸接线终于江苏省公路主骨架——宁太高速公路太仓至江阴段,与已建成通车的苏(苏州)嘉(嘉兴)杭(杭州)高速公路相接。上游距江阴大桥约 82km,下游离长江入海口约 108km。

苏通大桥是交通部规划的黑龙江嘉荫至福建南平国家重点干线公路跨越长江的重要通道,也是江苏省公路主骨架之一赣榆至吴江高速公路的重要组成部分,苏通大桥的建设对完善国家和江苏省干线公路网、缓解过江交通压力、加强长江南北之间的交通和经济联系、增强上海经济辐射、促进沿江经济开发、促进区域经济均衡发展、改善长江安全航运条件等均具有重要意义。

1. 工程简介

苏通大桥工程起于通启高速公路的小海枢纽互通,向南经张芝山镇至竹行镇跨省道 S325 公路,经南通农场接大桥北岸引桥、主桥、辅桥和南岸引桥,向西南方向跨通港公路,经吴市西、陆家市西,终于苏嘉杭高速公路董浜枢纽互通。路线全长 32.4km,主要由北岸接线工程、跨江大桥工程和南岸接线工程三部分组成。

2. 建设条件

2.1 地形地貌

项目所在地区属长江冲积平原的新长江三角洲。两岸陆域河网密布,地势平坦,高程一般在 2~5m 之间;局部地段有山丘分布。大桥区段长江属弯曲与分汊混合型河段。平面形态呈 S 形弯曲;水面宽窄相间,桥位处较窄,宽约 6km;江中沙洲发育,槽深滩宽,属心滩地貌;通州沙东水道与新通海沙南水道中有水深达近 50m 的深槽区,构成长江主汊,属深槽侵蚀及堆积地貌。南通河段平面形态见图 1。

2.2 气候概况

苏通大桥位于长江下游,临近长江入海口,地处中纬度地带,属北亚热带南部湿润季风气候,季风环流是支配境内气候的主要因素,气候有别于内陆地区,又有别于海洋性气候。气候温和,四季分明,雨水充沛。桥位地区年平均气温 15.4℃左右,年极端最高气温 42.2℃,年极端最低气温 -12.7℃。

桥位江面距平均水面 10m 高度处不同重现期基本风速见表 1。

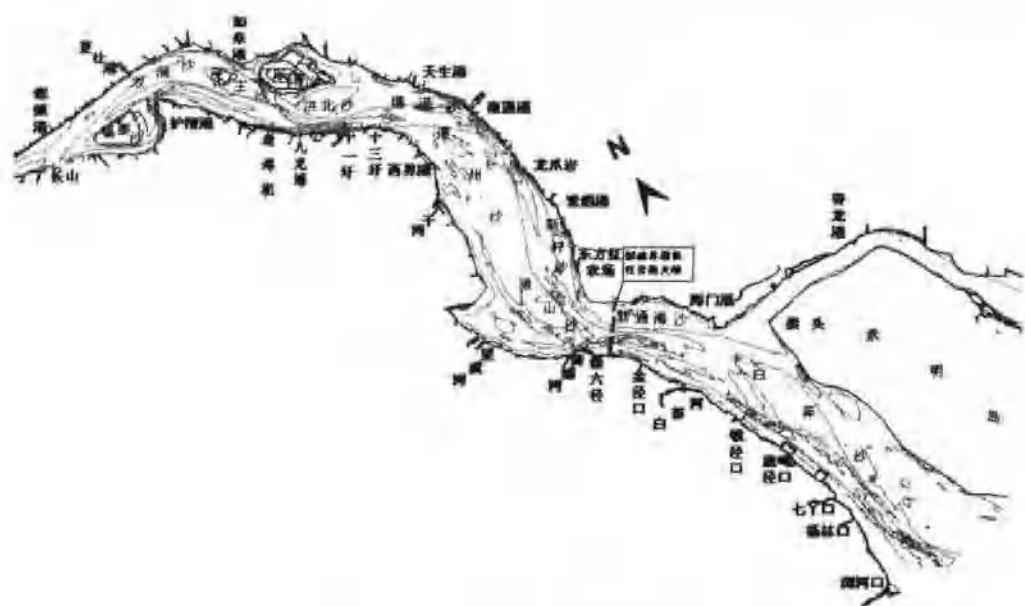


图1 南通河断面平面形态图

表1 桥位江面不同重现期的基本风速(m/s)

重现期	10年	30年	50年	100年	120年	150年	200年
基本风速	32.1	35.4	36.9	38.9	39.4	40.1	42.0

2.3 河势

苏通大桥位于徐六泾节点段的徐六泾标的下游侧，一百多年来，虽经历了上游通州沙水道和狼山沙水道主槽左右大幅度摆动，但徐六泾节点段的长江主流始终在浒浦—徐六泾标一线，水势较为稳定。

2.4 水文

南通河段为反S形藕状河型，江面宽阔，最宽处约14km，最窄处约6km。长江流域以雨洪径流为主，每年5~10月为汛期，11月至翌年4月为枯水期，洪峰多出现在6~8月，1月或2月水位最低。项目所在河段为中等强度的潮汐河段，高潮位主要受风暴潮影响。项目所在区域附近的天生港、浒浦水文站实测最大潮差为4.01m，平均潮差潮位为2.07m。

2.5 冲刷

在考虑了潮汐水流对局部冲刷的影响后，300年一遇条件下代表墩位最大局部冲刷深度如表2所示。

表2 主桥300年一遇潮流作用下最大局部冲刷深度

墩位	落潮流侧(m)	涨潮流侧(m)	墩位	落潮流侧(m)	涨潮流侧(m)
主5号墩	23.66	19.38	主3号墩	15.02	12.31
主4号墩	22.49	18.43	主2号墩	13.28	10.88
主6号墩	15.19	12.44			

同时根据对河势演变的研究和动床试验成果，表明在建桥后主桥南、北侧的一般冲刷分别为2.4m和4.7m。而索塔位置由于靠近主槽因此还需要适当考虑河床的自然演变。

2.6 工程地质

苏通大桥地处长江三角洲冲积平原，第四纪地层厚度大，分布较稳定，基岩埋深北岸在270~280m之间，南岸在310m左右。桥位区全新统颗粒较细，沉积时间短，工程地质性质较差；上更新统以砂土为主，性质较好，其中6-1、8-1层岩性以含砾中粗砂为主，厚度大，分布较稳定，可选作桩尖持力层。

2.7 地震

从历史地震资料分析,桥位区没有发生过破坏性地震的记载。经超长电磁波、浅层人工地震和精密磁测等方法的综合勘探和研究,F11断裂及鹿河—横泾断裂均不属于活动断裂,这两条断裂都隐伏在地表250m深度以下,因此,对桥梁建设不会产生影响,大桥桥位区属于构造稳定区。

2.8 航运

根据通航论证的研究成果,苏通大桥的通航净空高度采用代表船型5万吨级集装箱船控制,净空高度要求不小于62m;净空宽度采用代表船型4.8万吨大型驳船船队控制,净空宽度要求不小于891m;同时还要求边孔满足净空宽度不小于220m,净空高度要求不小于24m的辅助通航孔和净空宽度不小于220m,净空高度要求不小于39m的专用通航孔。

3. 跨江大桥

3.1 主桥

3.1.1 总体布置

苏通大桥主桥布置采用主跨1088m的双塔双索面斜拉桥,边跨设置两个辅助墩,其具体跨径布置为 $100+100+300+1088+300+100+100=2088\text{m}$,见图2。

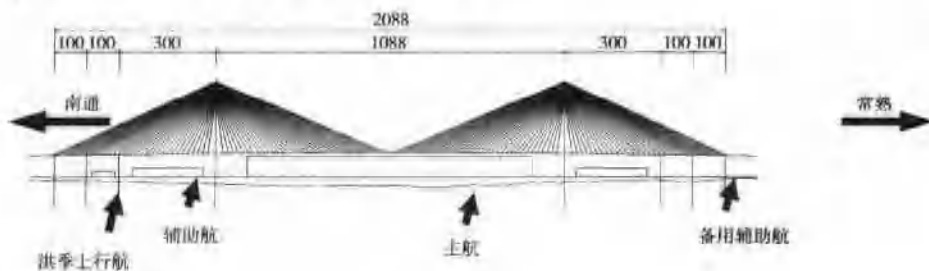


图2 主桥桥跨布置

3.1.2 结构体系

索塔与主梁之间仅设置横向抗风支座和纵向带限位功能的粘滞阻尼器。主梁与过渡墩及辅助墩之间设置纵向滑动支座,并限制横向相对位移。

3.1.3 主梁

主梁采用抗风性能好的扁平流线形钢箱梁,含风嘴全宽41.0m,不含风嘴顶板宽35.4m,底板宽为 $9.0+23+9.0\text{m}$,中心线处高度4.0m;索梁锚固采用锚箱式锚固,锚箱安装在主梁腹板外侧,并与其焊成一体。

3.1.4 斜拉索

为减小斜拉索风荷载,苏通大桥采用平行钢丝斜拉索。斜拉索在梁上基本索距为16m,边跨尾索区为12m;塔上索距为2m,全桥共 $4 \times 34 \times 2 = 272$ 根斜拉索,最大斜拉索长度577m,最大规格为PES7-313。斜拉索采用分类对待和综合减振的方案,即阻尼器、气动措施并用。

3.1.5 索塔

主桥索塔采用倒Y形,包括上塔柱、中塔柱、下塔柱和下横梁。塔柱顶高程306.00m,塔柱底中心高程5.60m,索塔总高300.40m;其中上塔柱高91.36m,中塔柱高149.73m,下塔柱高59.31m;索塔在桥面以上高度为230.41m,高跨比为0.212,塔底左右塔柱中心间距62.00m。索塔一并构造见图3。

索塔锚固采用钢锚箱方案,钢锚箱布置在索塔混凝土内,平面宽2400mm,长度随索塔外形变化;索塔顶部锚箱节段高度2300mm,底部节段高度4150mm,主拉板厚度40mm,高1300mm,为方便施工在拉板上设置高1000mm的孔洞;钢锚箱在底部支撑在预埋钢格栅上,第1~第3对斜拉索直接锚固在钢格栅顶面。钢锚箱方案见图4。

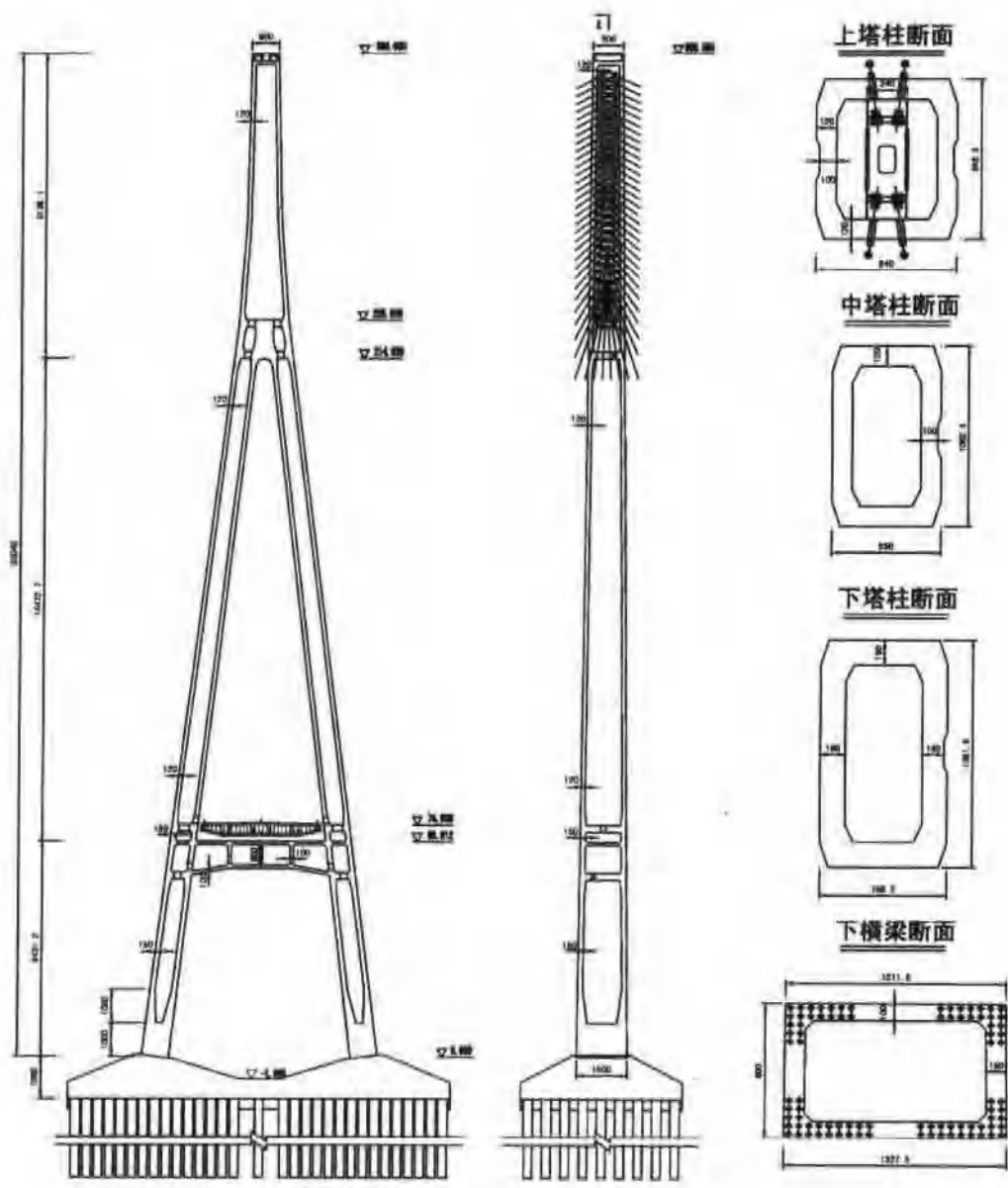


图3 索塔一般构造图

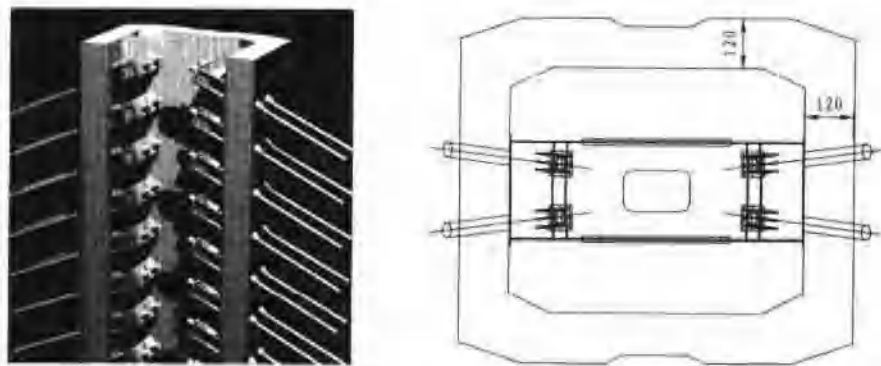


图4 钢锚箱三维图

3.1.6 主塔基础

采用 131 根 D2.8m/D2.5m 钻孔灌注桩基础(钢护筒内径 2.8m),梅花形布置。按照摩擦桩设计,考虑钢护筒与桩基础共同受力。桩长为 117m。承台为哑铃型,在每个塔柱下承台平面尺寸为 $51.35\text{m} \times 48.1\text{m}$,其厚度由边缘的 5m 变化到最厚处的 13.324m,其顶部与塔柱的接触面垂直于索塔塔柱的中心线。两承台之间采用 $11.05\text{m} \times 28.1\text{m}$ 系梁连接,系梁厚度 6m。主塔基础一般构造见图 5。

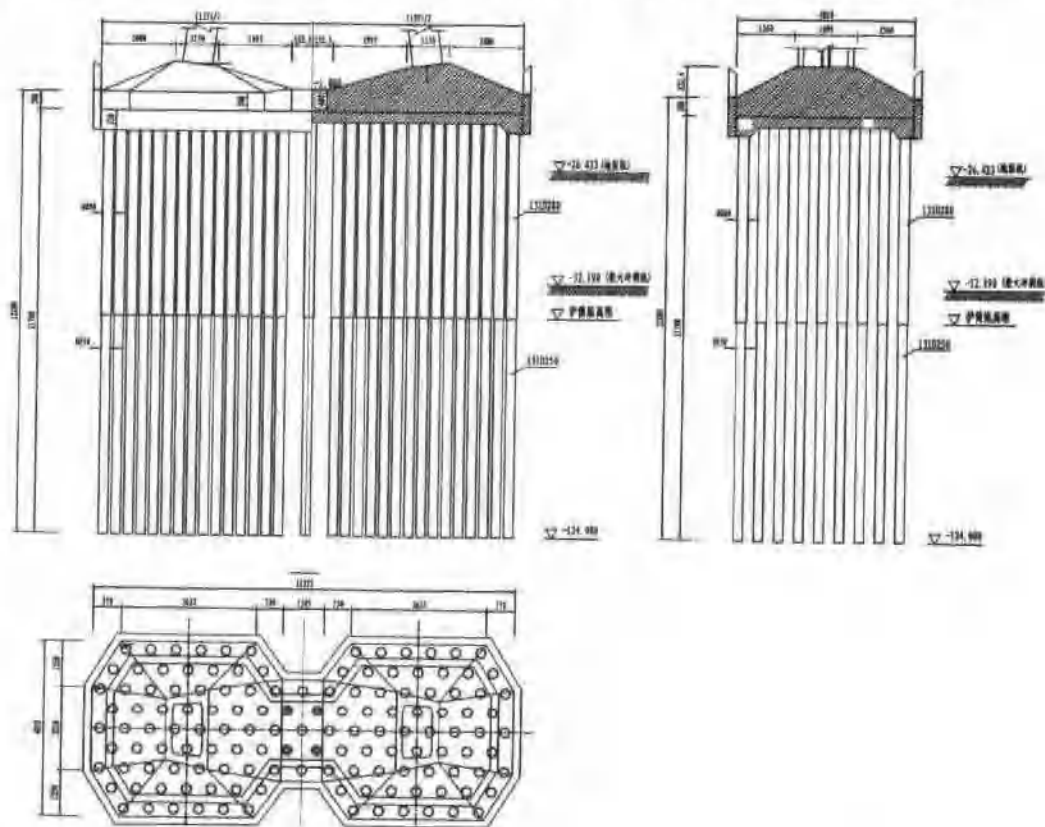


图 5 主塔基础一般构造图

3.2 引桥

苏通大桥引桥全长 5.57 km,按其主桥的相对关系,分为北引桥、中引桥和南引桥三部分。其中北引桥采用跨径布置为 $[14 \times 30 + 3 \times (11 \times 50) + (50 + 9 \times 75) + 10 \times 75]$ 米,全长 3545m 预应力混凝土连续梁桥;中引桥采用跨径布置为 (5×75) 米,全长 375 米预应力混凝土连续梁桥;南引桥采用跨径布置为 $[3 \times (11 \times 50)]$ 米,全长 1650 米预应力混凝土连续梁桥。

3.3 辅桥

辅桥位于主桥南侧的夹槽内,采用 $140 + 268 + 140 = 548\text{m}$ 三跨预应力混凝土刚构桥,横桥向分幅布置,箱梁采用变高度单箱单室直腹板截面。

4. 主要关键技术问题研究

苏通大桥跨江大桥与国内外类似工程相比,既存在建设条件方面的特点,又存在桥梁结构特点所引起的设计、施工等方面的技术难题,其中主桥结构体系、超大超深群桩基础受力机理、300m 混凝土索塔施工工艺和超长悬臂施工安全与稳定等多项技术难点前所未有,属世界级难题。对此,在设计阶段,开展了一系列关键技术问题研究。

4.1 主桥结构体系研究

苏通大桥主桥结构体系研究的主要目的是改善结构在极限风、地震等荷载作用下的内力和位移反

应,减小伸缩缝、支座等装置的位移量和动力磨损,增加桥梁结构在极限静力、动力荷载作用下的安全度。

对纵向体系,通过国内外体系应用情况的调研,考虑了各种约束方式的特点及其可能的组合,重点研究了液压缓冲限位约束、阻尼限位约束、粘弹性约束和弹性约束的受力及位移特性;结合地震、风、活载、温度等的影响,对各种约束体系进行全面深入的研究和对比,推荐采用对结构受力和位移控制均较好的刚性限位和动力阻尼组合的结构体系方案。

对横向体系,主要研究了过渡墩和辅助墩与主梁之间无约束、阻尼约束、锁定约束三种体系的情况,对结构的抗震能力和附加装置的复杂性进行研究比较,提出锁定约束(即墩梁主从约束)体系为推荐方案。

4.2 索塔锚固区构造研究

索塔锚固区是索塔的重要组成部分,是斜拉索与塔的连接构件。现有锚固方案为两大类:钢锚箱锚固方案、环向预应力锚固方案。通过对两种方案在结构受力特点、锚固传力的可靠性、使用期内的耐久性、结构细部设计和施工方案等研究和分析比选,结合节段足尺模型试验,推荐钢锚箱锚固方案作为苏通大桥索塔锚固的方案。

4.3 抗风性能研究

对苏通大桥超千米跨径斜拉桥来说,确保其施工过程和成桥状态下的抗风安全十分重要。在充分吸取国内外已建桥梁的成功经验的基础上,结合 CFD 数值仿真模拟进行了结构选型分析,选定了可抑制振动发生的结构形式和断面;通过全桥模型风洞试验研究、桥塔自立状态气弹模型风洞试验研究、大比例高雷诺数主梁节段模型试验研究、斜拉索风/雨激振及测力等风洞试验,研究了主要施工阶段和运营阶段风荷载参数和结构抗风特性及主要抗风措施及效果,对设计方案的抗风稳定性和安全度进行了验证和评价。

4.4 主梁架设方案研究

受建设条件的限制,主桥钢箱梁架设存在桥面高度大、构件尺寸大、安装周期长、架设风险大和施工控制难的特点。经综合分析比较,主跨最大吊重 420 t、最大吊高 80m 的主跨标准梁段,采用双吊机起吊的方案,即通过梁上双吊机把箱梁吊到桥面处,定位、安装,焊接接缝,张拉斜拉索的施工方式;边跨梁段施工推荐采用了立足国内浮吊能力的大块件吊装方案,以实现较快的边跨合龙。另在边跨距塔 152m 处设置一个临时墩以及在长悬臂(长度 300m 左右)的最前端安装调质阻尼器,提高抗风能力。对于施工控制,已基于非线性理论确定合理的成桥状态,进行了施工过程的非线性仿真分析,并建议施工过程中进行有效的适时监控。

4.5 防撞方案研究

苏通大桥桥区水域宽、桥墩多、通航船舶大、密度高,受船舶撞击可能性较大。大桥防撞系统的设计原则主要为:采取措施优化总体布置和结构设计,尽量提高结构自身抗撞能力;在尽可能提高结构自身抗撞能力的基础上,采取可靠的防撞设施;建立主动型防护系统,减少船舶撞击危险。研究工作从四个方面展开:通航净空尺度和技术要求论证;船舶撞击风险分析及防撞力标准确定;工程防撞设施方案论证;桥区船舶航行管理系统等主动防撞手段的研究。

4.6 超大超深群桩基础研究

苏通大桥主塔墩采用高桩承台群桩基础,承台尺寸为 $114\text{m} \times 48\text{m}$,平面布置为哑铃形,基桩为非嵌岩变直径钻孔灌注桩,长度为 120m,共 131 根。针对主墩基础超大、超深、群桩等特点,开展了群桩基础与土体共同作用、离心模型试验、基础冲刷防护、桩底注浆技术与工艺等专题试验研究,为群桩的合理布置以及基础整体稳定性、安全性的评价提供依据。

5. 建设管理

苏通大桥建设实行“省部协调领导、专家技术支持、公司筹集资金、指挥部建设管理”的管理模式。