

韩选江 益德清 / 主编

现代结构工程技术

最新发展与应用

XIANDAI JIEGOU GONGCHENG JISHU
ZUIXIN FAZHAN YU YINGYONG

中国环境科学出版社

现代结构工程技术最新发展与应用

韩选江 益德清 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

现代结构工程技术最新发展与应用/韩选江, 益德清主编.
北京: 中国环境科学出版社, 2006.10
ISBN 7-80209-365-1
I. 现... II. 韩... III. 结构工程 IV. TU3
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 121052 号

责任编辑 高峰
责任校对 扣志红
封面设计 兆远书装

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2006 年 10 月第 1 版
印 次 2006 年 10 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 31
字 数 600 千字
定 价 108.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

第十五届全国现代结构工程技术交流会

2006年11月5~8日, 浙江 杭州市

(一) 主办单位

全国现代结构研究会 浙江省土木建筑学会

(二) 协办单位

浙江省建筑设计研究院 浙江耀江建筑设计研究有限公司
江苏地基工程总公司 杭州瑞成房地产开发有限公司
江苏建华建设总公司 杭州市第四建筑工程公司预应力分公司

(三) 名誉主任委员

黄熙龄院士 陈肇元院士 孙 钧院士 赵国藩院士
吕志涛院士 丁大钧教授

(四) 学术委员会

主任委员: 益德清

副主任委员: 陈德文 周 云 施祖元 严 慧

委 员: (排名不分先后)

范锡盛 蔡绍怀 胡世德 包世华 方鄂华
丁白阳 施卫星 蒋永生 白 风 宗 兰

(五) 组织委员会

主任委员: 韩逸江

副主任委员: 杨学林 李志飏 虞文籍 曾昭炎

委 员: (排名不分先后)

张立人 杨太文 周 辉 方鸿强 吕党日
张群江 范中暄 宋金才 刘 伟 林英舜

秘 书 长: 黄茂智

副 秘 书 长: 李延和 陈 薇

秘 书: 吴菊芳 毛 冰

(六) 论文编辑委员会

主 任: 韩逸江

副 主 任: 益德清 陈德文

委 员: 韩逸江 陈德文 周 云 虞文籍 曾昭炎

施祖元 益德清 严 慧 杨学林 李志飏

秘 书: 朱进军 王黎明 朱允伟 赵 翔

前 言

2006年,是中华民族农历丙戌年,生肖属“狗”年,狗通人性,狗遂主人愿。“金狗报春,喜事临门。”因而,2006年是一个大吉大利之年。

尽管今年有许多天灾人祸如地震、海啸、暴风雨、台风、滑坡、泥石流、洪水泛滥、矿难事故、水质污染以及火车相撞和恐怖分子制造凶杀事件等;但是这些灾祸并不能阻挡历史车轮的滚滚向前。“沉舟侧畔千帆过,病树前头万木春”。世界人民经受住了严峻考验,正义压倒了邪恶,世界历史又翻开了新的一页。

我国人民在胡总书记提出的社会主义荣辱观的学习热潮中,极大地提高了国民素质修养;各行各业的职业道德规范正在加强和完善;城乡经济繁荣,人民安居乐业,正在意气风发地向着新的经济建设目标加速前进。

今年7月1日,通往世界屋脊的青藏铁路顺利通车,在永冻土上不能修建铁路的历史已经一去不复返了,标志着中国建造铁路技术已进入世界修筑铁路的先进行列。

另外,航天计划正在不断向新目标进军。“神舟一号、二号、三号、四号、五号、六号”已顺利完成既定任务;从现在开始,我国将要连续发射十几颗卫星,完成不同的太空任务。而“神舟七号”飞船将准备在2008年发射,并跨越一个台阶,搭乘3名航天员,且航天员还要出舱活动。

北京奥运会主会场国家体育场“鸟巢”钢结构卸载已于9月17日顺利完成,卸载总重量达到1.4万t,这个能容纳9万余人的主场馆钢结构的成功卸载,使工程顺利进入新的阶段,为装修和膜结构施工赢得了宝贵时间,预计在2007年10月将可全部“搭成”。这将在中国和世界的体育建筑史上谱写新的篇章。

这一年里,全国各地的基础设施建设也正在加速进行。杭州湾36km长的世界级跨海大桥已全部完成水下施工作业和部分桥跨安装;京沪高速铁路施工已进入倒计时,该1318公里的路程仅需4h,乘火车堪比乘飞机,且4min就可发1班车,铁路可实现公交化。这将又创高速铁路奇迹……如此等等。

正是在这样一个大好形势下,全国第十五届现代结构工程技术交流会在美丽的西子湖畔的杭州城胜利召开了。我们高兴地收到来自全国各地的专家学者寄来的100余篇论文。限于篇幅,不得不加以忍痛割爱,选用了其中90篇,汇编出版,奉献给热爱现代结构工程技术的专业同仁们。

为方便读者阅读,将论文按以下六部分进行编排:(一)综述和展望;(二)结构工程设计与研究;(三)基础工程与基坑工程;(四)结构加固与改造工程;(五)施工技术与检测方法;(六)其他工程技术问题。

这些内容较全面地反映了近年来在现代结构工程技术方面取得的新技术、新材料、新方法、新工艺、新成果和新经验。这些都是全国从事现代结构工程技术的专家学者和工程技术人员的智慧结晶和丰硕成果,是通过艰辛劳动所获取的与时俱进的宝贵物质财富。我们应该珍惜这些来之不易的成果,并努力将其发扬光大。

全国现代结构研究会自1990年由汪达尊、谢醒梅和章天恩三位结构专家发起成立以来,

学术队伍不断壮大，至今已发展到遍布全国 29 个省市约 2000 名会员，连续召开了 14 届全国现代结构工程技术交流会，并组织著名专家教授讲学团赴全国各地巡回讲学 60 余次，同时为各地解决了多种技术疑难问题，为国家节约了数亿元建设资金。

全国现代结构研究会还得到了全国一些著名学术期刊的支持，主要有《工业建筑》、《建筑结构学报》、《建筑技术》、《建筑结构》、《建筑知识》和《建筑技术开发》等，值此机会，再次诚表谢意。

由于时间仓促，限于编委会人员的水平，不当之处在所难免，敬请作者和读者提出批评意见和不吝指正。

论文编辑委员会主任 韩选江
南京工业大学教授
2006 年 9 月 28 日

目 录

一、综述与展望

我国桥梁建设屡创辉煌	丁大钧	(1)
21 世纪超长跨度桥梁结构的展望	周 履	(13)
论钢筋腐蚀引起的混凝土结构破坏的修复对策	洪定海	(22)
结构设计中的几个问题探讨	林英舜	(34)
面向 21 世纪城市建设的现代结构工程技术	韩选江	(46)

二、结构工程设计与研究

预应力巨型门式钢架的设计研究	陆少连	(59)
平行桁架式管架设计	李宏儒	(64)
某大型展览中心的结构设计	陈 莉	(70)
异形柱的应用和研究进展	陈志军 郑廷银	(74)
关于超长建筑的结构设计	陈 鹏 李玉汕	(79)
无锚栓(铰接)柱脚钢屋架大棚的设计	彭克清	(85)
高层建筑大跨预应力桁架转换层设计与施工	廖小健 唐文亨 张桂艳等	(89)
大底盘多塔楼连体结构考虑地基变形时的计算	王建东 包世华	(94)
后张预应力技术及其应用	王世旺	(99)
某干煤库网架结构设计	曹晓中	(104)
一种框架边梁抗扭的实用计算方法	张 祥 吴定基	(108)
中亚饭店钢雨篷的空间结构分析与设计施工实践	陈世鸣 藏宣峰	(112)
浅论超高层建筑结构的概念设计	林英舜 陈天虹	(115)
预力钢管混凝土结构设计应用	谢醒梅 刘全忠	(123)
新型张拉结构的非线性有限元分析	姜孝谟 徐国彬 高 日	(127)
张拉整体索穹顶结构极限承载能力跟踪分析	姜孝谟 徐国彬 高 日	(133)
伞状折板屋盖设计计算	葛国庆 宋治才 陈立峰等	(138)
特大井塔设计中的预应力度法	江声述 刘慧云	(147)
膜结构的动力松弛算法和工程应用	夏劲松 李建宏 关富玲	(155)
聚酯车间和固相缩聚车间结构设计浅析	李宏儒 李明敬	(160)

三、基础工程与基坑工程

带撑双排桩支护结构在基坑工程中的应用	李冰河 应宏伟 刘兴旺等	(165)
杭州地区复杂地层深基坑支护设计及施工难点		

与对策	刘兴旺 赵建国 施祖元等	(172)
深基坑挡土墙护坡桩支护设计与施工	吴捍东 李铁和	(176)
广州地铁长寿路车站深基坑开挖淤泥稳定性加固	邱小佩 曾耀昌	(183)
大桩距搅拌桩复合地基沉降变形试验研究	赵宏华 韩选江	(186)
高层建筑主楼与裙房之间基础的处理	李国胜	(190)
高层建筑采用补偿基础设计实例分析	徐雪仁 叶 芳 陈 慧	(196)
强排水复合型动力固结法快速加固新近吹填土		
地基试验	韩选江 赵 翔 朱进军等	(199)
南京广电大厦深基坑支护工程设计与施工	卫龙武 陈文海 徐学军等	(206)
基坑工程中的土钉支护技术	王建平 陈昌富	(211)
圆形支护结构设计计算	潘 泓 吴世明 曹时中	(217)
振冲法加固软弱吹填土地基	赵 翔 韩选江	(222)
应用经济技术指标对基坑支护体系选型分析	陈家冬	(228)
振捣插筋钻孔压灌桩工艺技术特点及设计应用	陈德文 李式仁	(234)
水泥搅拌桩的工作机理及应用	马 鸣 王黎明 端木沈峻等	(240)
深基坑止水帷幕的设计方法探讨	张雨花	(243)
某填土场地建筑物地基沉陷事故分析与处理	何 波 魏 来 李建叶	(248)

四、结构加固与改造工程

铸锚束 (ZM) 体系在上海索结构中应用	谢醒悔	(252)
TM (夹片锚) ZM (铸锚束) 系列锚具性能试验评价	谢醒悔	(256)
现浇预应力混凝土空心楼盖应用研究	陆少连 楼文娟 蔡颖天等	(259)
某石化公司污水处理站的事故调节池结构特点及 预应力施工	吴 灏 潘政一 王洪水	(265)
预应力高强混凝土在大世界游乐城的设计 应用	陈德文 李 进 蒋永生等	(269)
房屋增层改造的基础优化设计	朱进军 韩选江	(274)
简述某住宅楼火灾后的鉴定与加固恢复	李 进 宋攀峰 施 艳	(279)
木结构的卸荷扭转、扶正、加固复原法	杜 勇 田子俊	(283)
某工程斜桩分析与处理	陈德文 赵建国	(288)
预应力管桩三桩承台补桩的设计及分析	吴凌燕	(293)
多层砌体结构住宅的抗震设计措施	薛 彤	(296)
无梁连接的筒中筒结构和筒体框架结构角区楼板设计	那玉英	(300)
20 米跨度预应力空心板设计	李东文	(304)
混凝土局部受压问题的分析与计算	李 明	(313)
无法加固基础时的老楼增层结构设计	陈 钰	(316)
沉降控制理论在处理某高层建筑桩基中的运用	朱剑锋	(321)
不同标号混凝土在墙、梁、柱、板交界处的应用	杜 勇 张利娟	(324)
碳纤维在混凝土结构物加固中的应用	王黎明 韩选江 马 鸣	(330)
混凝土水平折梁在均布荷载作用下的设计计算	肖四喜 李银平	(335)

五、施工技术与检测方法

蒸压加气混凝土砌块房屋建筑设计和施工技术	袁 静 王尚平 益德清	(341)
浙金广场无黏预应力超张拉分析与处理	谢醒梅 曹立勇 陈忠麟	(348)
杭州城站广场预应力结构施工及检测	王洪水 庄一舟 谢醒梅	(354)
预应力技术应用与经济效益比较	桂受益 畅君文 侯克伟等	(362)
某临江油库工程大面积滑坡与坍塌事故浅析	曾 勇 曾昭炎	(367)
住宅建筑施工质量引起的结构设计问题	宋洁人 陈 涛 雷建刚	(373)
华东某省建筑工程项目施工组织和管理现状及分析	宋洁人	(380)
台模施工方法简介	刘炳学	(384)
扩孔锚杆技术应用于建筑物抗浮工程	赵建国 陆观宏 谭家明等	(387)
强夯法地基加固技术实例探讨	刘炳学	(391)
大体积混凝土裂缝产生原因及防裂施工措施	曹佳宁 张玉华	(395)
水泥搅拌桩质量事故的分析和处理	潘金炎 叶 江	(399)
某大型基坑开挖现场监测与分析	刘宇翼 安庆军 汤志明	(403)
填石压浆混凝土空心桩新工艺	温胜强 李松峰 赵国运等	(409)
预应力混凝土连续梁桥悬臂施工应力测试研究	潘安亮 胡 成 夏 伟	(417)
关于受压混凝土灌注桩桩身配筋问题的讨论	刘子洁	(422)
自平衡测试法确定桩基的极限承载力	朱允伟 韩选江	(425)

六、其他工程技术问题

变电站通风设计探讨	陈 莉	(429)
高性能海工混凝土抗氯离子渗透的研究近况	何文跃 李丽琴 程涛等	(433)
中美钢结构设计规范的构件设计方法比较	朱剑锋	(438)
24 米跨无黏结预应力框架梁的施工监理	梁 刚	(442)
钢筋混凝土桥墩延性抗震设计方法分析	李富荣	(447)
曲线顶管施工对土体和管节的影响分析	韩选江 丁传松 赵建国	(451)
防治蒸压加气混凝土砌块墙体裂缝构造措施	张忠华 徐建军 俞廷标	(458)
栈桥风荷载取值探讨	王学民 方鸿强 方伟定等	(461)
建筑工程招标投标中的相关法律对策研究	姜晓兰	(465)
地下金属管道人工土保护层	荀 勇	(470)
关于建立城市岩土工程数据库若干问题的研究	马增学 曹佳宁	(474)

一、综述与展望

我国桥梁建设屡创辉煌

丁大钧

(东南大学土木工程学院, 南京 210096)

【摘要】 本文仅介绍我国桥梁建设新的辉煌成就, 在此涉及的拱桥、钢构桥、索桥和跨海桥, 大都为世界纪录。

【关键词】 拱桥 钢构桥 斜拉桥 索桥 跨海桥 世界纪录

1 概述

我国从 1961 年建成跨度为 112.5m 的云南澜沧江长虹石拱桥, 超过原世界纪录、1904 年建成跨度为 90.0m 的德国 Syrtal (tal 德文为河谷、山谷、溪谷, 故不能译作 Syrtal 山谷桥) 石拱桥^[1-2]而成为新的世界纪录。从 1965—1991 年又陆续建成跨度为 100~120m 的 9 座石拱桥, 而跨度为 120m 湖南鸟巢河石拱桥且为双肋的, 技术尤为先进, 它被列入 1996 年《吉尼斯世界纪录大全》。2001 年我国又在山西晋城至河南焦作高速公路上建成新丹河桥 (因为 1982 年我国已建成跨度为 105m 的丹河桥, 故笔者称此为新丹河桥^[2]), 其跨度分布为 230m (晋城一侧) + 146m + 5 × 30m (焦作一侧), 主跨为 146m, 在世界石拱桥建设中暂时遥遥领先。

目前, 我国 1997 年建成跨度为 420m 318 国道上四川万县上承式钢筋混凝土拱桥, 仍为上承式混凝土拱桥的世界纪录^[2-3]。中承式混凝土拱桥为 1996 年建成的跨度为 312m 的广西邕宁邕江桥^[2-3]。而 1989 年建成的广西三岸邕江中承式钢筋混凝土拱桥跨度为 270m^[2-3], 2000 年建成的广州丫髻沙中承式钢管混凝土拱桥, 相继为世界纪录^[2-4], 新的世界纪录则为 2005 年建成的重庆巫山中承式钢管混凝土拱桥^[5], 跨度为 460m, 但丫髻沙桥采用竖向和水平向转动的施工技术的先进性和规模仍为世界纪录。下承式钢管混凝土拱桥世界纪录则为武汉汉江 3 桥, $l = 280\text{m}$ ^[4]。

钢拱桥为 2004 年建成的上海卢浦桥, 用钢板焊连, 跨度为 550m, 超过美国跨度 517m 的新河桥而成为新的世界纪录^[6]。现在已开工兴建的重庆朝天门连续钢桁架中承式拱桥, 跨度则为 552m, 又将超过上海卢浦桥^[7]。

以上可见我国不仅石拱桥, 而且混凝土拱桥和钢管混凝土拱桥以及钢拱桥的设计建造水平, 可以说都是世界一流的, 并居领先地位。

1997 年建成的广东虎门大桥中的辅航道桥, 为钢架桥, 主跨跨长 270m, 当时为国际纪录, 但 1998 年 10 月挪威 Stolma 桥和 Rafisundet (sundet 在挪文中为海峡) 钢架桥, 其主跨跨

长分别为 301m 和 298m, 因此辅航道桥退居第 3 位^[2]。但是 1995 年建成的湖北黄石 5 跨连续钢架桥, 其中 3 跨跨长均为 245m, 但为多跨钢架桥的世界纪录^[8]。

原重庆长江大桥为带挂梁的 7 跨钢架桥, 相邻最大两跨跨长分别为 174m 和 156m^[9]。近年来由于地面交通量增大和航运要求提高, 在原桥附近相距 5m (净) 处, 另建新桥, 除将 $174\text{m} + 156\text{m} = 330\text{m}$ 建成 1 跨外, 其余桥墩都与原桥相应, 于 2006 年 8 月建成通车, 成为钢架桥新的世界纪录^[10-11]。

对于索桥, 我国正在建设的香港昂船洲 (Stonecutter) 斜拉桥和江苏苏通斜拉桥, 其主跨跨长分别为 1 018m 和 1 088m, 计划前者在 2008 年建成, 后者于 2009 年建成, 这样 2008 年昂船洲桥将成为世界纪录, 翌年即被苏通桥所代替^[12-13]。拙诗有“刷新往往仍华人”, 不仅为此两桥写照, 也适用于上述拱桥。

在建的武汉天兴洲公铁两用斜拉桥, 主跨跨长 504m, 超过丹麦—瑞典间斜拉桥, 主跨跨长为 490m^[13], 则天兴洲桥将成为新的世界纪录。

已于 2006 年 7 月 15 日合龙的大广线 (大庆至广州)^① 开封高速公路桥为 7 塔 8 跨预应力混凝土斜拉桥, 桥的全长 1 100m, 故跨度不大, 但塔数和跨数为亚洲之最。

我国将建成的西堰门悬索桥, 主跨跨长为 1 650m^[14], 超过现居世界第二位的丹麦主跨跨长为 1 624m、大海带链中的东桥。西堰门桥建成后 will 代替东桥而成为世界第二。

至于 2005 年建成东海跨海大桥, 全长 31km, 为世界纪录^[15], 而在建的杭州湾大桥, 全长为 36km^[16-17]。

青藏铁路已于 2005 年 10 月 15 日贯通。它创造世界海拔最高的高原铁路, 世界最高的铁路桥梁, 世界最长的高原铁路, 穿过冻土最长的高原铁路等多项纪录。质量是一流的, 施工中桥墩发现裂缝即爆拆重建, 个别桥墩曾建造 4 次直至无裂缝为止。但因全球气候变暖, “永久冻土层”正在加速退融, 将威胁青藏铁路安全^②, 自应未雨绸缪, 筹研对策。



图 1 重庆巫山桥
(承张佐安高工惠赠)

2 重庆两拱桥

2.1 巫山钢管混凝土拱桥

巫山桥 (图 1) 为中承式拱桥, 在重庆市东北部巫山县 (北) 和建始县 (南) 跨越长江, 其净跨度为 460m, 是钢管混凝土中承式拱桥的世界纪录。每跨拱肋上、下弦各采用 $2\phi 1\ 220\text{mm} \times 22\text{mm}$ 钢管桁架, 内灌 C60 高强混凝土。顺桥向半跨分为 11 个节段, 全桥共分 44 个节段。靠近拱座两个节段, 长度为 40.899m 内下弦钢管加厚为 25mm。

拱肋高度为变数, 在拱冠处全高 (管顶至管底) 为 7.0m, 拱座处为 14.0m。弦杆通过横联钢管 $\phi 711\text{mm} \times 16\text{mm}$ 和竖向钢管 $\phi 610\text{mm} \times 12\text{mm}$ 连接而构成钢管混凝土桁架, 吊杆处竖向腹

① 此处照网上。据 2006 年 7 月 15 日《新华每日电讯》载为在内蒙古阿荣旗至深圳高速公路上。该两桥可能在两条线路上。

② 2006 年 7 月 29 日《现代快报》报道, 青藏铁路个别路基出现沉裂。这是否退融的信号? 值得注意; 此外部分区段沙害较预计的严重。

杆间设交叉撑以加强拱肋横向联系，而在两拱肋间，设置 15 道横撑以加强拱肋间的横向联系。拱肋钢管桁架安装采用无支架缆索吊机吊装到位后再斜拉、扣挂、悬拼方法。缆索吊机系统具有索跨大（576m），吊装节段重量大（含扣索反力梁及施工平台后最大吊重为 126t，设计吊重为 170t），索塔高度大（250.2m），起吊高度高（260m）等特点。

2.2 朝天门长江大桥

在建的朝天门长江大桥位于重庆朝天门（长江与嘉陵江交汇处）下游 1.2km，是中承式连续钢桁架系杆拱桥（图 2）。大桥包括主桥和南北引桥，全长 1 741m，其中主桥长 932m，采用 190m+552m+190m，主桁架结构立面图如图 3 所示。北引桥长 314m，南引桥长 495m，均为预应力混凝土连续箱梁桥。大桥采用双层交通布置，上层桥面为双向 6 车道和两侧人行道，桥面宽 36.5m；下层桥面中间为双线城市轻轨，两侧为双向两车道（图 4）^[7]。



图 2 重庆朝天门大桥效果图
(承段雪炜高工惠赠)

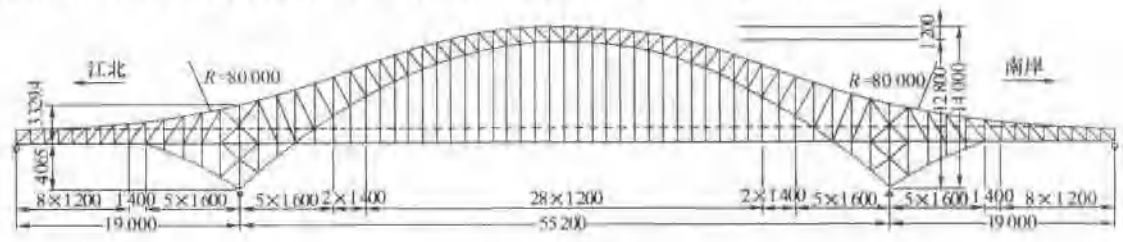


图 3 朝天门大桥主桁架结构立面图

主桁弦杆均为焊接箱形截面，考虑弦杆内力变化大，采用变宽度和变高度形式，截面宽度有 1 200mm 和 1 600mm 两种，截面高度为 1 240~1 840mm。腹杆根据受力不同，分别采用

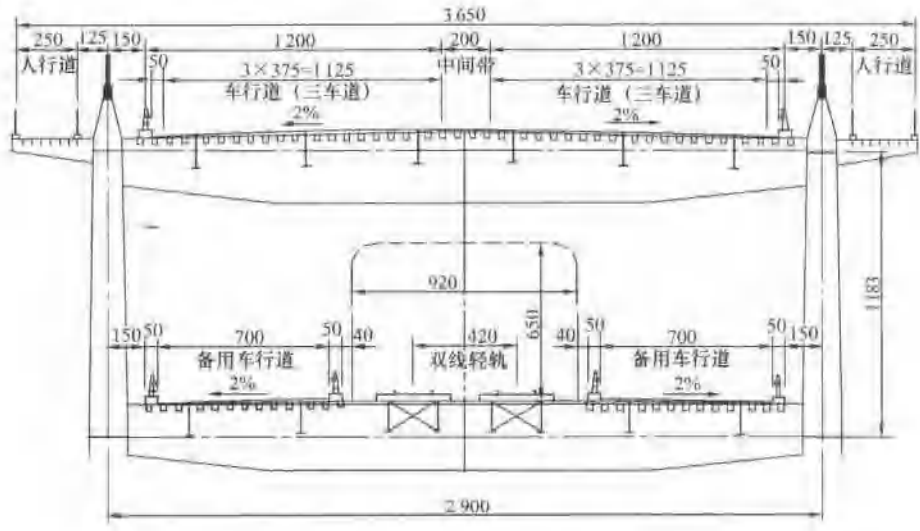


图 4 朝天门大桥双层桥面图

箱形、H形和王字形。下层系杆为焊接王字形加辅助系索，每桁设4束系索，每束由55根填充式环氧涂层钢绞线组成。吊杆采用平行钢丝成品索，均设置双吊杆以便更换。

上层桥面和下层桥面两侧均采用正交异性钢桥面板，厚16mm，采用“U”形闭口肋，沿纵向设置横隔板，其间距不大于3m。上层桥面沿横向设置6道纵梁，下层桥面每侧设置2道纵梁，在主桁节点处设置一道横梁。下层桥面中间采用纵、横梁体系，其横梁与两侧钢桥面板横梁连成一体，共设置两组轻轨纵梁，其中心间距为4.2m，每组轻轨纵梁由两片纵梁通过平连和横连组成。上层桥面在主桁架节点外侧设置人行道托梁，梁上设置“口”形正交异性钢人行道板（图4）^[7]。

3 重庆石板坡钢架桥

原重庆长江大桥结构为T形钢架桥，采用跨中三种连接方式之一的静定挂梁法（余二种



图5 石板坡大桥复线工程在施工中
（承林文修教授惠赠）

为剪力铰和连续式分别为一次和三次超静定）。桥的跨度分布为（86.5m+4×138m+156m+174m+104.5m），1980年建成通车^[9]。近因交通发展，需拓宽，同时通航要求净宽292m，而在拓宽工程建成前原桥仍需使用，因此不得不在原桥上游靠近净空5m处建新桥而将6号墩删去（参看图6），这是为了新桥基础的设置，因而构成330m的大跨度，它超过挪威301m跨Stolma、298m跨Raft两海峡桥而将成为新的世界纪录。新桥成复线工程，原桥成石板坡

长江大桥，统称石板坡长江大桥。新桥其余桥墩与原桥双双对应，在建筑上也是美观的。新桥跨度分布见图6。

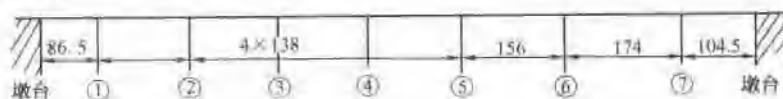


图6 新桥跨度分布（单位：m）

330m大跨度在跨中采用长103m、重约1400t的钢箱，在武汉制造，逆流水运至重庆，于2006年5月26日吊装与两端（桥墩）伸出各长220m的悬臂通过80多个对接板、用1288个螺栓连接。钢箱准确就位2006年6月7日才完成，误差不超过1mm。焊接后大跨成为连续钢架桥。

新桥各部分混凝土强度分别为重庆石板坡长江大桥加宽改造工程正桥预应力混凝土钢架4号、5号、7号梁及南岸现浇梁采用C60混凝土。北岸1号、2号、3号梁采用C50混凝土。墩身采用C40混凝土。承台及桩采用C30混凝土。合拢段混凝土为C60，加入了GNA和杜拉纤维。

在新桥于2006年8月通车后，将改造原桥，将6号墩拆除，而后照新桥将该跨建成330m的连续钢架，计划于2007年6月建成通车^[10-11]。

4 索桥

4.1 苏通长江大桥

苏通大桥(图7)位于长江北岸南通市和属于苏州地区的南岸常熟刘泾镇,距西边主跨为1385m的江阴桥82km,东边距长江入海口108km。全长8146m(不包括桥座)。大桥主跨1088m,为世界在建的主跨最大和全长最长的斜拉桥。大桥跨度分布(从北向南)为 $[(12 \times 30) + 3 \times (11 \times 50) + (50 + 9 \times 75) + (10 \times 75)]$ m 预应力混凝土连续梁 + $(2 \times 100 + 300 + 1088 + 300 + 2 \times 100)$ m 全钢箱形截面斜拉桥 + (5×75) m 预应力混凝土连续梁 + $(140 + 268 + 140)$ m 预应力混凝土钢架桥(次通航孔) + $3 \times (11 \times 50)$ m 预应力连续梁^[12]。



图7 苏通大桥效果图
(承大桥指挥部惠赠)

主斜拉桥跨度分布及墩位编号如图8所示。

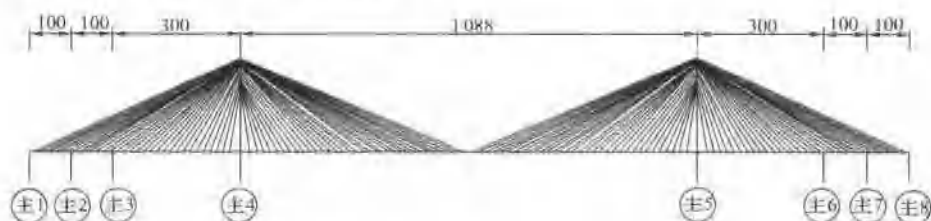


图8 主桥跨度分布及墩位编号
(尺寸单位: m)

大桥主桥为双塔双索面,在侧跨有3个桥墩,技术指标:①全封闭6车道高速公路;②设计时速100km/h;③主桥设计周期100年,副桥和引桥为60年;④车辆荷载为汽车—超20级和挂车—120;⑤标准桥宽34m;⑥纵坡3%,横坡2%;⑦通航净空:对主通航跨(单孔双航道)891×62m;对辅助通航孔(单孔单通道)220×24m;对专用通航跨(单孔双通道),220×39m。

对抗震、抗风设计标准及洪水频率,设计水位及船舶撞击等此处略。

带风嘴的钢箱梁总宽为41.0m,不包括风嘴,顶部桥面宽35.4m,底板宽为 $(9.0 + 23.0 + 9.0)$ m,在中心线上箱的截面高度为4.0m;标准节段长度16.0m,在索区端部标准节段长度12.0m。

Y形混凝土桥塔原设计为297.7m,最后定为300.4m(图9),桥面上高230.41m。桥塔为空心箱形截面,上柱为单室单箱,外部尺寸为 (900×800) cm变化至 (1082×1740) cm,塔壁厚度在斜拉索前侧为100cm,侧面为120cm,中间设钢锚箱。中间及下塔柱为非对称的单室单箱截面,外部尺寸由 (1082×650) cm变化到 (1500×800) cm,中塔柱壁厚120cm,下塔柱壁厚150cm;为保证下塔柱能抵抗船舶的局部撞击力,塔柱底部至标高15.6m的范围

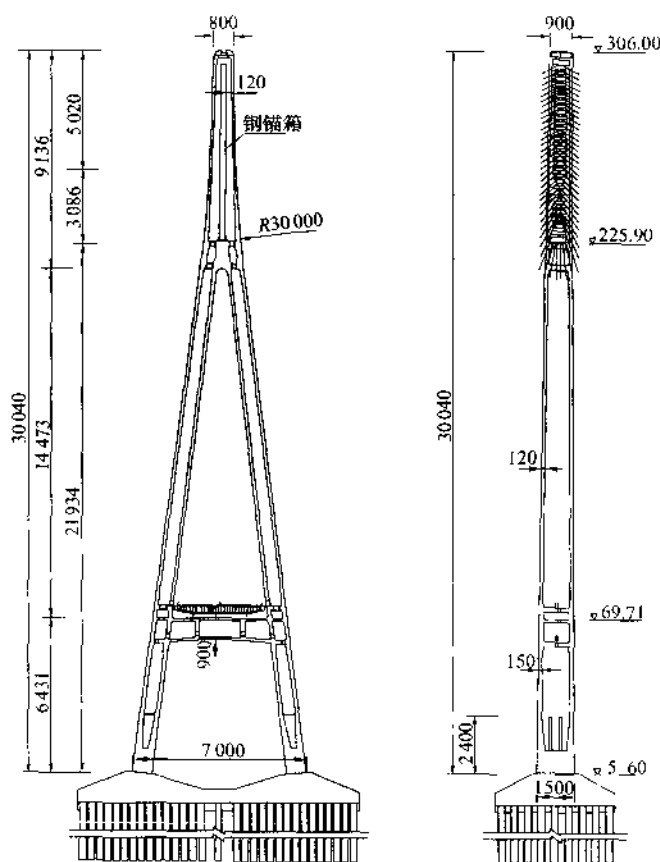


图9 混凝土桥塔

内设 10m 的实心段，在标高 29.6m 范围内，横桥向设两道 100cm 厚的隔墙予以加强。桥塔采用高强混凝土 C50 建造。在上塔柱 80m 的高度内掺加了钢纤维，混凝土采用泵送。

基础采用 131 根直径为 280cm/250cm 钻孔桩（附加地设 4 个保留桩位）在主墩 No.4 下桩长 117m，主墩 No.5 下长 114m。对靠近桥塔的次墩基础采用 36 根直径 280cm/250cm 钻孔桩，对离塔较远的次墩，用 19 根相同直径钻孔桩，No.2、1 和 8 墩，桩长 108m，而 No.7 墩，桩长 110m。

次通航孔预应力混凝土连续钢架桥的纵立面和平面图示于图 10 (a)，跨中和支座截面图以及梁端放大图，如图 10 (b) 所示，支座和跨中截面高度分别为 1500cm 和 450cm，（这些图全系江苏省交通规划设计院提供，附此表示谢忱。）桥面分成两幅，中间隔开（包括引桥）(50 + 50)cm。

对采用的混凝土，进行了耐久性设计，如采用低水化热水泥，控制水泥细度及 CaS 含量，以及采用低碱含量水泥，采用掺粉煤灰等矿物掺合料的高性能混凝土配比设计，建议不参加早强剂。

大桥于 2004 年施工，预计 2009 年建成通车。图 11 示于 2006 年 2 月拍摄的主塔和桥墩施工情况，2006 年 9 月将完成 300m 的泵送施工，照此大桥可能提前建成通车。

4.2 武汉天兴洲公铁两用长江大桥

武汉天兴洲公铁两用长江大桥（图 12）位于武汉市青山区至汉口谕家矶一线，距上游的武汉长江二桥约 9.5km。为国家“十五”重点建设项目，由湖北省和铁道部合作建设。大桥于 2004 年 9 月 28 日正式开工兴建，合同交工日期为 2008 年 8 月 31 日。

武汉天兴洲公铁两用长江大桥全长 4 657.1m，由青山岸向汉口岸方向孔跨布置为 15 孔 40.7m 箱梁 + (98 + 196 + 504 + 196 + 98) m 钢桁梁斜拉桥 + 62 孔 40.7m 箱梁 + (54.2 + 2 × 80 + 54.2) m 混凝土连续箱梁 + 4 孔 40.7m 箱梁。其中公路、铁路合建部分长 2 842.1m，然后分开，公路在上游。大桥由中铁大桥局集团有限公司承建^[13]。

武汉天兴洲公铁两用长江大桥主桥为 (98 + 196 + 504 + 196 + 98) m，双塔三索面钢桁梁斜拉桥，长 1 092m。上层公路 6 车道，桥面宽 27m；下层铁路按四线设计，其中两线 I 级干线，两线客运专线（按 100km/h）。主梁为板桁结合钢桁梁，N 形桁架，三片主桁，桁宽 2 × 15m，桁高 15.2m，节间长度 14m。主塔采用混凝土结构，倒 Y 形，承台以上高度 188.5m。

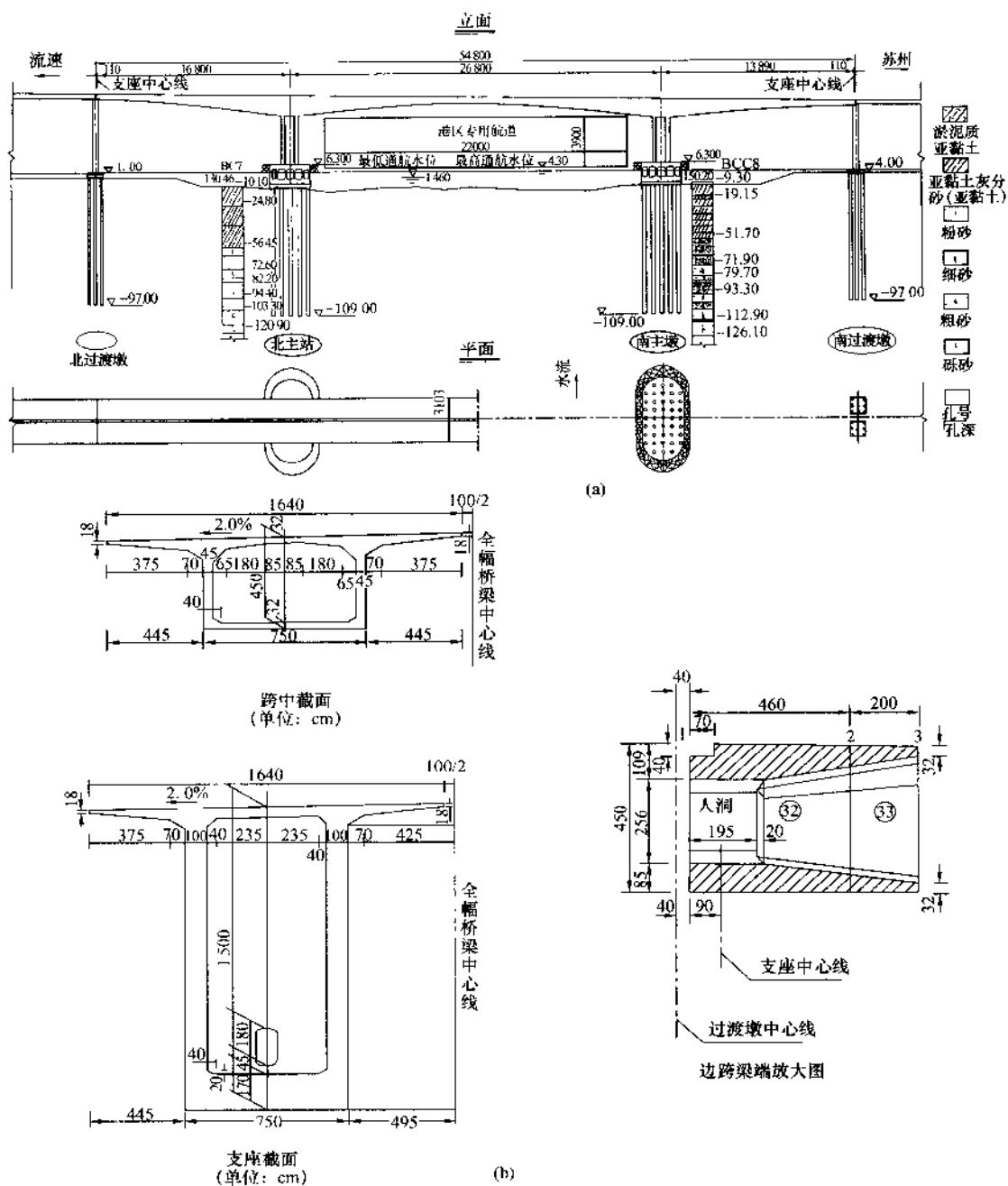


图 10 连续钢构桥
(a) 纵立面和平面图；(b) 截面图

主塔两侧各有 3×16 根镀锌平行钢丝斜拉索，索最大截面为 $451\phi 7\text{mm}$ ，最大索力约 $1\,250\text{t}$ 。主塔基础均采用 $\phi 3.4\text{m}$ 钻孔灌注桩，2 号墩 32 根，3 号墩 40 根，承台采用双壁钢吊箱围堰施工。该桥集新技术、新结构、新工艺、新设备“四新”技术于一身，是我国桥梁建设新水平的标志性工程。



图 11 主桥桥塔和桥墩施工
(承大桥总指挥游庆仲副厅长惠赠)



图 12 武汉天兴洲公铁两用桥效果图
(承南工校友、前武汉市副市长郭友中教授惠赠)

该桥是世界上第一座按四线铁路修建的公铁两用斜拉桥，可以同时承载 2 万 t 的荷载，是目前世界上跨度最大（超过目前世界最长的丹麦—瑞典间公铁两用斜拉桥，其主跨 $l=490\text{m}$ ）、荷载量最大的公铁两用桥。

大桥首次采用三片主桁、三索面的新型结构形式；公路桥面采用正交异性板或混凝土与钢桁结合体系，铁路桥面系采用混凝土与钢桁结合体系；主塔上设有约束梁体纵向位移的大吨位液压阻尼装置。



图 13 西堠门大桥效果图
(承宋晖高工惠赠)

大桥混凝土部分采用 C50。

4.3 西堠门大桥

浙江舟山群岛西堠门大桥（图 13），此桥群岛与大陆的连岛工程中的第 4 座大桥，其走向是自北向南，北端连接册子岛，南端连接金塘岛。全部连岛包括 5 座大桥，西堠门大桥是其中跨度最大的一座^[14]。这 5 座大桥是^①：

（1）岑钢大桥（建设期为 1999—2001）——连接舟山本岛与里钓岛：8 × 30m 连续梁 + 3 × 50m 连续 T 形梁 + 9 × 30m 连续梁；

（2）响胶门大桥（1999—2002）——连接里钓岛和富翅岛：多跨 50m 简支 T 形梁 + (80 + 150 + 80) m 连续梁 + 11 × 50m 连续 T 形梁；

（3）桃夭门桥（2001—2003）——连接富翅岛和册子岛：(48 + 48 + 50) m + 580m + (50 + 48 + 48) m 双塔双索面组合斜拉桥；

（4）西堠门大桥（2004—2008 计划）^②——连接册子岛和金塘岛：(578 + 1650 + 485) m 悬索桥（北侧跨和中跨具有不同的索）；

① 这些内容由承宋晖高工赐告。

② 根据 2006 年 7 月 24 日《现代快报》报道，西堠门大桥和金塘桥将提前于 2007 年底建成。