

中国公路学会桥梁和结构工程分会

2006 年全国桥梁学术会议

LUNWENJI 论文集



人民交通出版社
China Communications Press



U44-53

2

:2006

2006

中国公路学会桥梁和结构工程分会

2006 年全国桥梁学术会议

LUNWENJI 论文集

主办单位

中国公路学会桥梁和结构工程分会

江苏省苏通大桥建设指挥部

中交公路规划设计院

江苏省公路学会

协办单位

中交集团第二航务工程局

中交集团第二公路工程局

人民交通出版社



内 容 提 要

本文集由中国公路学会桥梁和结构工程分会组织专家经过认真的评审,精选出 172 篇论文编辑而成。该文集集中反映了我国现阶段桥梁建设科技发展的先进水平,有较高的学术性、实用性和参考价值。

本论文集共分四个部分。包括:规划与设计、施工与控制技术、结构分析与试验研究、检测与加固等内容。

本论文集可供国内外桥梁专业人员工作和学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国公路学会桥梁和结构工程分会 2006 年全国桥梁学术会议论文集/中国公路学会桥梁和结构工程分会主编.
北京:人民交通出版社,2006.11

ISBN 7-114-06209-5

I .中… II .中… III .①桥梁工程—学术会议—中国—文集②桥梁结构—学术会议—中国—文集
IV .U44-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 125050 号

书 名:中国公路学会桥梁和结构工程分会 2006 年全国桥梁学术会议论文集

著 作 者:中国公路学会桥梁和结构工程分会

责任编辑:张征宇

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本:880×1230 1/16

印 张:63

字 数:1858 千

版 次:2006 年 11 月 第 1 版

印 次:2006 年 11 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-114-06209-5

印 数:0001—2500 册

定 价:150.00 元

(如有印刷、装订质量问题,由本社负责调换)

中国公路学会桥梁和结构工程分会 2006 年全国桥梁学术会议论文集

主 编：王永珩 游庆仲

副主编：王仁贵 刘先鹏 任回兴 张 鸿 张喜刚
吴寿昌 孟凡超 欧阳效勇 郭俊礼 曾宪武

目 录

I 规划与设计

1. 苏通大桥关键技术和设计创新 张喜刚 袁 洪 裴岷山 戴 捷 徐 麟 (3)
2. 苏通大桥主桥结构体系研究和特殊阻尼器设计 裴岷山 张喜刚 袁 洪 侯 斌 (9)
3. 苏通大桥主桥索塔锚固方案研究 戴 捷 张喜刚 周彦锋 (14)
4. 苏通大桥辅桥箱梁横、竖向预应力空间效应分析研究
..... 刘昌鹏 张喜刚 袁 洪 孔海霞 李洪立 (19)
5. 苏通大桥引桥抗震设计 李洪立 刘昌鹏 (23)
6. 预应力混凝土连续刚构桥徐变影响分析及对策研究
..... 孔海霞 张喜刚 袁 洪 李 正 刘昌鹏 (28)
7. 悬索桥风毁实例分析及抗风设计评述 徐风云 陈德荣 蒋 杰 (34)
8. 武汉阳逻长江公路大桥南锚碇关键技术 孟凡超 徐国平 (48)
9. 贵州坝陵河大桥隧道锚隧洞中间岩墙稳定加固设计 刘 波 曾 宇 (53)
10. 广州珠江黄埔大桥南汉桥钢箱梁设计 华正阳 周 岑 吴明远 (60)
11. 越南顺福桥的景观特点 朱 玉 李朝阳 金晓宏 (64)
12. 天津富民桥总体设计 周泳涛 韩国杰 鲍卫刚 李毅谦 (68)
13. 中国现代斜拉桥 30 年建设理论和实践的探索与创新 雷俊卿 郑大为 林 昱 (73)
14. 深圳湾公路大桥设计技术创新 孟凡超 刘晓东 (80)
15. 深港西部通道深圳湾公路大桥规划及设计方案特点 刘晓东 孟凡超 (85)
16. 舟山大陆连岛工程桃夭门大桥创新设计 宋 晖 (88)
17. 江苏灌河大桥设计 韩大章 李 正 华 新 (96)
18. 江苏灌河大桥索塔及钢锚梁设计 华 新 高 波 韩大章 (101)
19. 江苏灌河大桥结构分析 刘 伟 李 正 韩大章 (108)
20. 重庆奉节长江公路大桥工程总体设计 孔德军 (114)
21. 我国独塔斜拉桥 杨征宇 宋桂峰 楼庄鸿 (119)
22. 部分斜拉桥美学实例分析 王卫涛 陈宝春 彭桂瀚 (132)
23. 上海长江大桥浅滩区体外预应力预制节段拼装桥梁设计 许树壮 黄 虹 (136)
24. 弯连续刚构试验桥——贵州沙银沟大桥设计 吴怀义 杨 昀 杨万旭 杨 健 (141)
25. 内蒙乌海黄河大桥设计 吴重男 赵君黎 (147)
26. 江苏常州邹区大桥大跨径钢混组合连续梁桥设计 周 青 李 正 (156)
27. 大跨径连续刚构桥主墩类型及设计尺寸的优化 王钧利 贺拴海 (161)
28. 连续刚构主墩在施工荷载及风载作用下的安全度计算 杨征宇 陈 炜 宋桂峰 (166)
29. 预应力混凝土连续梁桥腹板裂缝成因分析 张建仁 郭 坚 余钱华 (172)
30. 预应力混凝土连续刚构桥箱梁底板崩裂原因及预防措施 严允中 彭运动 (177)
31. 预应力混凝土连续刚构桥底板径向力分析 王 毅 吴重男 冯 莧 (182)
32. 预应力混凝土连续刚构桥合龙段顶推设计 张刚刚 吴重男 冯 莧 赵国虎 刘永波 (187)

33. 预应力混凝土连续刚构桥合龙段劲性骨架优化设计 马 明 吕红平 朱世峰 (192)
34. 非对称的桥型布置及不协调的边中跨比在某预应力混凝土连续刚构桥中的应用
..... 赵进锋 刘 松 (197)
35. 几种有特色的组合梁桥 楼庄鸿 杨征宇 (202)
36. 波形钢腹板混凝土拱桥新桥型构思 陈宝春 王远洋 黄卿维 (209)
37. 力与造型 现代与古典——宁波甬江、姚江钢拱桥方案设计 葛竞辉 (216)
38. 中空夹层钢管混凝土无风撑拱桥的设计构思 陈宝春 张伟中 汤 意 (229)
39. 新型钢管混凝土拉索组合拱桥 杨宝山 胡常福 上官兴 徐海燕 (235)
40. 常州京杭运河淹城大桥设计 王立新 吴建忠 曹学勇 (240)
41. 湖州西山漾大桥方案设计 赵 华 张恒平 何初生 (246)
42. 中央党校景观人行桥设计 曹 菲 周 琦 丁建明 陈娟婷 (248)
43. CFRP 缆索悬索桥的初步设计与静力性能的比较分析 郑宏宇 吕志涛 赵 华 (253)
44. 对桥型方案比选的探讨 丰宇琳 (257)
45. 桥梁工程优化设计 唐海红 黄 侨 (260)
46. 《公路体外预应力混凝土桥梁设计指南》编制概要 李国平 (264)
47. 铸钢节点在桥梁工程中的应用 李秉南 陈娟婷 丁如珍 (269)
48. 基于碰撞数值模拟的桥梁基础设计船撞力 王君杰 陈 诚 (274)
49. 桥梁基础设计船撞力修正系数 王君杰 陈 诚 (280)

II 施工与控制技术

50. 苏通大桥南主塔施工方案综述 欧阳效勇 张建军 张先武 高安荣 (289)
51. 大型桥梁深水桩基础施工技术 张 鸿 徐 进 (305)
52. 苏通大桥主桥桥墩基础的局部冲刷 吴寿昌 卢中一 高正荣 黄建维 (316)
53. 苏通大桥南主墩河床冲刷防护施工关键技术 任回兴 高安荣 曹向东 周 敏 (323)
54. 苏通大桥主桥特大型钢吊箱整体吊装关键技术 李 松 贺茂生 崔学涛 杨 红 (329)
55. 苏通大桥南塔墩承台钢吊箱吊放工艺研究 侯 爵 周建华 (336)
56. 苏通大桥主桥北塔墩钻孔平台施工技术 肖文福 刘先鹏 高纪兵 彭 强 (342)
57. 苏通大桥北塔墩承台钢吊箱下放技术 丁 峰 肖文福 左明昌 张 鸿 (347)
58. 大型钢吊箱封底混凝土与钢护筒共同作用研究 孙英学 陈志坚 张雄文 (354)
59. GPS 测量技术在苏通大桥钻孔桩施工中的应用 刘 军 王 涛 (360)
60. 液压自动爬模在苏通大桥南索塔施工中的应用 高安荣 周 敏 张先武 (362)
61. 大功率拖泵在苏通大桥 300m 高塔混凝土泵送施工中的成功应用 白炳东 (371)
62. 斜拉桥索塔锚固区焊钉连接件试验研究 刘玉擎 周伟翔 张喜刚 (376)
63. 苏通大桥索塔高程施工放样的精度估算 许 昌 岳东杰 (380)
64. 苏通大桥跨江高程传递区域大气折光系数的统计分析 顾志强 李红祥 (385)
65. 苏通大桥预制箱梁节段高性能混凝土配比技术 刘亚东 牟春林 (389)
66. 苏通大桥 75m 跨箱梁短线匹配预制厂设计与建设 刘亚东 刘景红 黄 丰 (397)
67. 国内外 MSS 移动模架系统在苏通大桥的应用及比较
..... 胡安祥 雷江洪 镇亦明 汪丛斌 马保立 (406)
68. 苏通长江大桥 B1 标钢栈桥设计与施工 林树奎 (414)
69. Helmert 方差估计在苏通长江公路大桥跨江导线测量中的应用 刘金平 李 斌 (426)
70. 苏通大桥 B1 标风力发电无人值守平台设计 常晨曦 (431)

71. 江苏灌河大桥施工技术 田克平 (436)
72. 东海大桥斜拉桥施工监控组织及实施 毕桂平 黄少文 谢尉红 艾伏平 (445)
73. 贵州坝陵河桥钢桁梁施工架设研究 庞颂贤 童育强 (451)
74. VSL 钢绞线系杆索在重庆菜园坝长江大桥上的应用 刘征宇 甘国林 柏国清 祖祥胜 (458)
75. 攀枝花白沙沟大桥扣索钢绞线锚固系统的研制
..... 张佐安 廖旭 聂东 裴宾嘉 赵丹 (465)
76. PC 箱梁下行式移动模架法施工若干关键技术问题研究 张学文 刘钊 谭皓 (469)
77. MSS 移动模架逐孔施工连续梁桥预拱度设置方法
..... 岳力强 刘钊 曹三鹏 王景全 胡安祥 (474)
78. 杭州湾跨海大桥 70m 箱梁的预应力施工技术
..... 王涛 朱留超 胡选儒 王云龙 陈向阳 (479)
79. 西部地区建造预应力混凝土连续刚构桥的技术措施探讨 曹瑞 (484)
80. 高墩大跨径预应力混凝土连续刚构桥边跨现浇段采取悬浇法、吊架法与托架法组合式
施工方法研究 汪碧云 蔡乐军 苟勇 曹瑞 姚昌良 代毅 (488)
81. 庙子坪岷江大桥边跨现浇段采取悬臂式支架方案施工可行性探讨
..... 汪碧云 黄金平 杨君 莫建 (496)
82. 小半径弯坡斜连续刚构桥施工控制 戴云峰 杨超 (502)
83. 湖北秭归卡子湾大桥预应力混凝土斜拉式桁架连续刚构桥的施工
..... 彭云 林波 张捷 梁迪 (510)
84. 大跨 PC 连续刚构桥跨中持续下挠成因及预防措施 陈宇峰 徐君兰 余武军 (517)
85. 预应力混凝土连续箱梁裂缝问题探讨 马秀全 (521)
86. 干旱地区混凝土连续箱梁施工裂缝防止与处理 王智远 孙相智 (526)
87. 江苏京杭运河特大桥应力监控 沈忠群 王君 (531)
88. 汕头西港高架桥主桥施工控制 李海 刘松 (537)
89. 40~50m 跨径预应力混凝土 T 梁设计与预制施工控制探讨
..... 杜镔 李宇航 丁作常 卢云贵 杨秀飞 姚英权 (541)
90. 重庆云阳彭溪河大桥墩身液压爬模施工 余定军 (546)
91. 深谷斜坡地带桥梁高墩优选施工方案介绍 雷开云 (552)
92. 湖北秭归卡子湾大桥圆形变截面空心薄壁高墩的施工 彭云 林波 张捷 (556)
93. 大型深水沉井基础施工方法新设想 华新 屠永才 (560)
94. 长江上游超大直径钢围堰下沉施工技术 陈骑彪 陈玉川 雷江洪 汪滇菊 鲁学成 (563)
95. 浅滩区钢板桩围堰系统设计与施工 杜洪池 李冰 赵有明 (569)
96. 坝陵河大桥西锚碇隧洞开挖出渣方案探讨 段蛟 李昕 崔永兴 (575)
97. 强感潮区超大圆形钻孔平台的设计与施工 李永军 张海岐 (581)
98. 济南黄河桥超大直径、超深桩基施工 李华伟 吴立春 李晨雁 (586)
99. 杭州湾跨海大桥高性能海工混凝土配合比设计 王冬松 (591)
100. 海工混凝土耐久性设计及应用 张国志 屠柳青 刘可心 (597)
101. 重庆汤溪河特大桥高性能混凝土配合比设计研究与实践
..... 汪碧云 张洪兴 蔡乐军 代毅 杨君 (604)
102. 高速公路桥面病害防治探讨 王永强 王福寿 (610)
103. 后张法 PC 桥孔道压浆调查及分析 刘其伟 张鹏飞 赵佳军 (613)

104. 公路桥梁板式橡胶支座应用中需要注意的几个问题 魏存杰 田建德 赵桂英 (620)
105. 桥梁盆式橡胶支座的典型事故案例分析与防治 周明华 (624)
106. 斜拉索制造用大转盘的设计 桂大兴 (628)

III 结构分析与试验研究

107. 多跨连续梁桥的减隔震应用研究 冯凌云 叶爱君 (635)
108. 苏通大桥辅桥高性能混凝土收缩和徐变试验及分析
..... 孟少平 潘钻峰 管义军 冯凌云 王 辉 周新亚 (640)
109. 预应力混凝土梁预应力损失的试验研究 管义军 张运涛 孟少平 周新亚 (646)
110. 预应力混凝土结构徐变与收缩效应计算方法的研究 ... 惠 卓 林 波 管义军 周新亚 (651)
111. 主塔墩群桩基础数值模拟中边界条件及计算条件的处理 殷宗泽 朱俊高 王俊杰 (658)
112. 超长钻孔桩沉降曲线研究 (苏通法) 熊国辉 蒋 伟 曹圣华 上官兴 (663)
113. 临时斜拉索控制桥梁下挠的新构思 上官兴 侯 爵 郭圣栋 王法武 (669)
114. 低碱水泥适应性调整初探 陶建飞 张 鸿 李 青 牟春林 (674)
115. 苏通长江公路大桥大位移抗拉竖向支座的研制
..... 周 亮 胡选儒 欧阳先凯 刘海亮 陈 军 (680)
116. 苏通大桥潮流定床河工试验研究 高正荣 张 群 唐存本 应 明 (687)
117. 西堠门大桥抗风性能研究结论的讨论 徐风云 张胜利 陈德荣 (694)
118. PBL 剪力键钢混结合段设计与试验分析 胡建华 蒲怀仁 (703)
119. 三塔悬索桥动力特性影响参数分析 朱本瑾 王达磊 陈艾荣 (711)
120. 自锚式悬索桥力学特性挠度理论分析 王忠诚 沈锐利 (717)
121. 空间缆索体系自锚式悬索桥合理成桥状态确定方法分析 李 恒 沈锐利 唐茂林 (725)
122. 大跨度钢斜拉桥整体-局部相关稳定的研究现状与发展 颜 海 (729)
123. 斜拉索静力非线性理论及特性分析 贺 君 雷俊卿 陈艾荣 (736)
124. 斜拉桥初始刚度及静动力特性试验研究 李全怀 (743)
125. 大跨度斜拉桥施工控制的影响因素—几何非线性及主梁剪切变形 董 萌 崔 冰 (748)
126. 大跨独塔斜拉桥的线性与非线性稳定分析 左新黛 李传习 杨 昀 (752)
127. 双层空腹桁架式主梁静气动性能研究 戴 伟 马如进 陈艾荣 (758)
128. 钢主梁斜拉桥索梁锚固受力分析 胡 斌 阮 欣 石雪飞 (765)
129. 沪崇苏越江大桥索塔锚固区整体受力分析 马旭涛 苏庆田 吴 冲 (770)
130. 重庆彭溪河斜拉桥风致颤振分析 黎 曦 顾安邦 陈宇峰 (775)
131. 矮塔斜拉桥主要结构参数分析 赵 磊 雷俊卿 陈志军 (780)
132. 大跨径宽箱梁连续刚构桥空间静力特性仿真分析 钟明全 廖小文 杨 昀 (786)
133. 预应力混凝土桥梁承载能力分析理论研究的进展及应用
..... 项贻强 吴光宇 汪劲丰 林 泉 李 毅 (791)
134. 弯连续刚构箱梁桥的空间分析 王亚超 王 磊 向学建 杨 昀 (799)
135. 不对称连续刚构箱梁体系空间结构性能研究 马海英 石雪飞 阮 欣 (805)
136. 高墩连续刚构桥施工期间风影响的风险评估 阮 欣 马如进 陈艾荣 石雪飞 (810)
137. 预应力混凝土连续箱梁的裂缝病害与施工阶段箱梁底板水平撕裂的机理分析
..... 周明华 惠 卓 (817)

138. 大跨径预应力混凝土梁桥跨中挠度主要影响因素研究	石雪飞	王法武	阮 欣	(822)
139. 连续刚构跨中下挠的参数敏感性分析	许 震	张雪松	徐君兰	(826)
140. 预应力箱梁底板崩裂破坏的机理及其对策	魏乐永	沈旭东	肖汝诚	(831)
141. 基于信赖域算法的板梁桥横向联结刚度的参数识别			窦勇芝	(836)
142. 钢-混凝土组合桥面板疲劳性能分析		陈辉成	梁会东	(841)
143. 预应力锚头局部承压计算的理解		周军生	苏继宏	(845)
144. 新旧 T 梁桥基础沉降差异控制研究	叶见曙	温庆杰	鞠金荧	吴文清 (850)
145. 单双薄壁墩的曲线连续刚构桥地震响应影响分析	周勇军	贺拴海	宋一凡	赵小星
			杨 昀	(854)
146. 室内高墩大跨径试验弯桥研究	杨 昀	向学建	王 磊	左新黛 (859)
147. 钢管混凝土桥墩的应用与研究		臧 华	刘 钊	(867)
148. 钢管混凝土拱桥拱肋强度承载力技术评定初探		曾 丁	王国亮	(872)
149. 大跨度系杆拱桥的稳定极限承载能力研究		李丰群	刘 钊	(876)
150. 嫩江钢桥检测和评估的断裂力学分析		冯晓霞	高 日	(882)
151. 转体施工中的摩阻系数研究		陈 斌	杨 涛	(889)
152. 钢管高强轻集料混凝土中长柱轴压性能的试验研究	周文杰	陈甲树	吉伯海	(894)
153. 混凝土桥面维修的全寿命成本分析方法研究		曹明兰	黄 侨	(899)
154. 基于电阻应变和振弦传感器的桥梁无线测试系统的研制	李忠龙	黄 侨	沙学军	徐玉滨 (904)
155. 大跨度斜拉桥养护管理系统的数字化研究	黄 侨	任 远	吴红林	(908)
156. 能与桥梁同寿命的钢结构防腐层(系统)	陈国虞	张政权	陆宗林	(912)
157. 声波透射法在湖北省高速公路桥梁基桩检测中的应用与探讨	孙 勇		雷俊龙	(918)

IV 检测与加固

158. 多级模糊综合评判法对既有旧桥完损性评判的应用	江克斌	郭永涛	金广谦	(927)
159. 重庆嘉陵江石门大桥斜拉索更换工程	袁建兵	翁思熔	朱继武	(933)
160. 更换的石门大桥拉索试验研究		刘山洪	余 辉	(939)
161. 斜拉桥换索工程中的索力优化和换索初张力的确定		陈志刚	张启伟	(943)
162. 钢-混组合结构桥的体外预应力加固		马 俊	陈彦江	(949)
163. 某特大跨径连续刚构桥的检测及评定		黄福伟	黄光清	(952)
164. FRP 加固钢桥的设计方法		邓 军	黄培彦	(956)
165. JVS 聚合物聚丙烯纤维混凝土(砂浆)与 JVS 水泥结构胶泥的应用技术	雷宇芳	周晓平	汪文霞	汪明辉
			何正勇	(961)
166. 昌九高速公路技改项目中桥涵维修改造的若干原则与措施		谭生光	陈京钰	(966)
167. 混凝土桥梁监测系统中若干问题的探讨		蔡 敏	何春林	(969)
168. 钢筋混凝土梁桥的动测及损伤评估研究		蔡 键	张非非	(973)
169. 特大跨度连续刚构主梁下挠及箱梁裂缝成因分析及处治		詹建辉	陈 卉	(977)
170. 浅谈简支连续梁桥	向中富	李海鹰	钟明全	柯愈明
			麻文燕	(983)
171. 根式基础、锚碇构思及施工工艺探讨			殷永高	(988)
172. 五跨连续钢管混凝土系杆拱桥施工加载程序优化		惠中华	张 新	(992)

I 规划与设计

1. 苏通大桥关键技术研究 and 设计创新

张喜刚¹ 袁 洪¹ 裴岷山¹ 戴 捷² 徐 麟¹

(1. 中交公路规划设计院; 2. 江苏省交通规划设计院)

摘 要 本文介绍苏通大桥项目概况、主要技术标准、总体设计概况、技术特点和难点、关键技术研究 and 设计创新。

关键词 苏通大桥 总体设计 关键技术研究 设计创新

一、概 述

苏通大桥位于中国江苏省东南部, 连接苏州、南通两市, 上游距江阴大桥约 82km, 下游离长江入海口约 108km。

苏通大桥为双向六车道高速公路, 桥梁标准宽度 34m。主桥主孔通航标准为净宽不小于 891m、净高不小于 62m。桥梁结构设计基准期 100 年。采用 100 年 10%、100 年 4% 的两个水平抗震设防标准。桥位 10m 高度处 100 年设计重现期基本风速为 38.9m/s, 30 年设计重现期基本风速为 35.4m/s。经船舶撞击力标准专题研究, 主桥索塔基础采用的船舶撞击力标准为横桥向 130MN。

二、总体设计概况

苏通大桥全桥总体布置为: $[(12 \times 30) + 3 \times (11 \times 50) + (50 + 9 \times 75) + (10 \times 75)]$ m 预应力混凝土连续梁桥 + $(2 \times 100 + 300 + 1088 + 300 + 2 \times 100)$ m 全钢箱梁斜拉桥 + (5×75) m 预应力混凝土连续梁桥 + $(140 + 268 + 140)$ m 预应力混凝土连续刚构桥 + $3 \times (11 \times 50)$ m 预应力混凝土连续梁桥, 全长 8146m。

其中主桥为主跨 1088m 的双塔双索面斜拉桥, 其跨径布置为 $100 + 100 + 300 + 1088 + 300 + 100 + 100 = 2088$ m, 如图 1 所示。

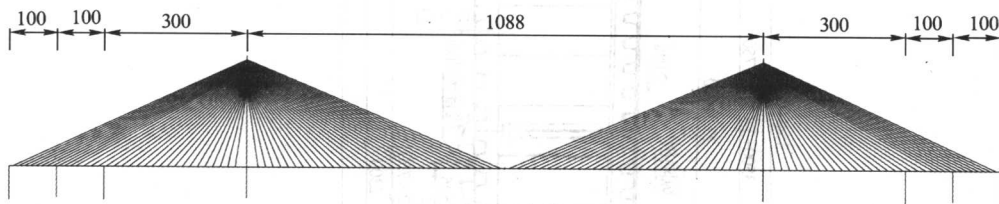


图 1 主桥总体布置 (尺寸单位: m)

主梁采用封闭式流线形扁平钢箱梁, 并在两侧设置风嘴, 检修轨道处设置倒流板, 以提高结构的抗风性能。

斜拉索采用 1770MPa ϕ 7mm 镀锌平行钢丝斜拉索, 最大长度约 580m, 是目前世界上最长的斜拉索。

索塔采用倒 Y 形, 索塔总高 300.40m, 是目前世界上最高的钢筋混凝土桥塔。斜拉索在索塔上采用钢锚箱锚固, 钢锚箱包裹在上塔柱混凝土中。

索塔基础采用 131 根直径为 2.8/2.5m 变截面的超大型群桩基础, 桩长约 120m, 承台总体平截面尺寸为 113.75m $\times$ 48.1m, 是目前世界上最大规模的桥梁群桩基础。

上下部结构形式如图 2~图 4 所示。



图2 主桥主梁构造(尺寸单位:mm)

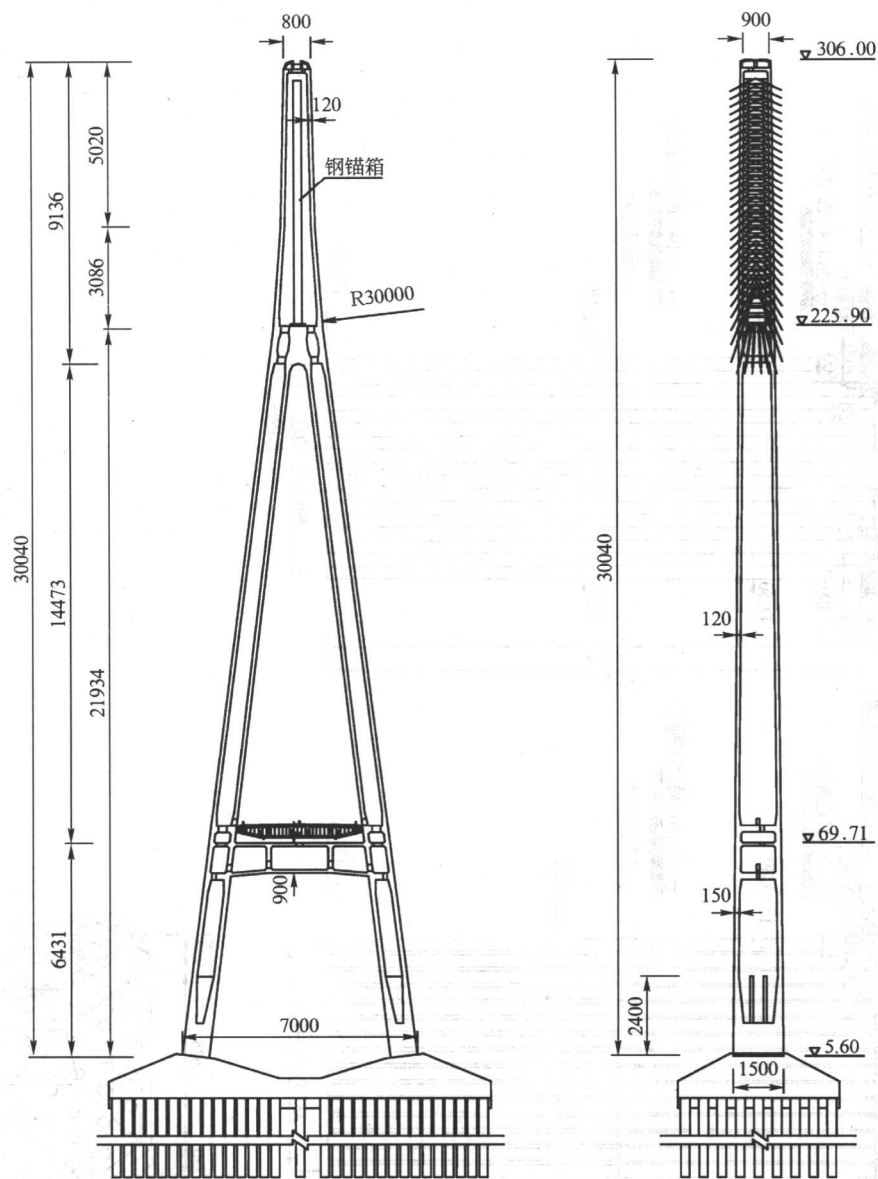


图3 主桥索塔构造 (尺寸单位: cm)

三、关键技术研究 and 设计创新

苏通大桥在建设条件方面有气象条件较差、水文条件复杂、基岩埋藏深、通航标准高等四大特点与难点,在设计施工方面有超长跨及长索上部结构、高塔、大规模深水基础等方面的特点与难点。

苏通大桥主桥采用主跨跨径 1088m 的双塔双索面全钢箱梁斜拉桥,是当今世界上在建的最大跨径的双塔斜拉桥,也是一项在技术上具有挑战性、在国内外桥梁界受到广泛关注而有重大影响的工程,大桥的建设代表着中国 21 世纪的建桥水平。

设计结合理论分析和试验研究,对有关关键技术进行了深入研究,取得了多项创新设计成果。

在设计技术标准方面,主要开展了通航标准、船舶撞击力标准、抗风设计标准、抗震设防标准、冲刷设计标准的研究。

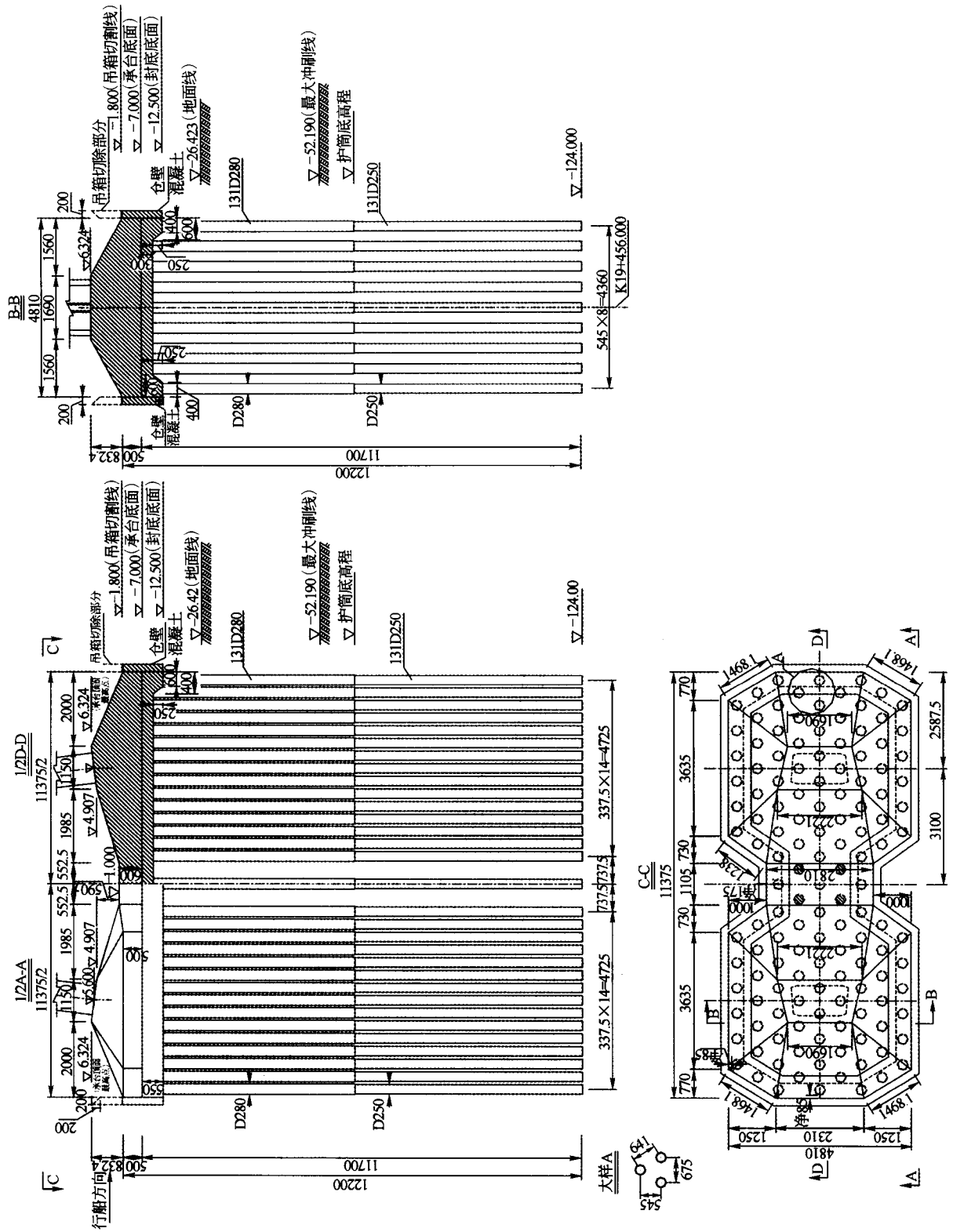


图4 主桥索塔基础构造 (尺寸单位:mm)

在设计方案、设计方法及关键技术研究方面,主要开展了设计方案和总体设计比选研究,合理结构体系研究和阻尼限位装置系统创新设计,钢箱梁合理构造研究和创新设计,斜拉索合理体系研究、耐久性及其减振措施研究和创新设计,索塔合理结构研究和索塔锚固创新设计,大型群桩基础受力特性研究和创新设计,抗风特性、参数研究和抗风设计,抗震特性、参数研究和抗震设计,结构非线性特性研究与分析,结构静力稳定性分析等。

1. 设计方案研究

重点对五跨和七跨连续钢箱梁斜拉桥、五跨和七跨连续混合梁斜拉桥、七跨连续部分组合梁斜拉桥进行了研究、比较,对主要结构方案进行了研究、比选,如表1、表2所示。在对技术、经济、景观等方面进行综合研究、比较的基础上,确定了合理、可行的设计方案和总体设计。

主桥桥型方案研究、比选情况一览表

表1

位 置	控制条件和因素	研究的桥型方案	采用方案
主 桥	1. 通航要求 2. 技术经济合理性 3. 水文、地质条件 4. 兼顾景观协调	1. $(2 \times 100 + 300) \text{ m} + 1088 \text{ m} + (300 + 2 \times 100) \text{ m}$ 七跨连续钢箱梁 2. $(157 + 312) \text{ m} + 1088 \text{ m} + (312 + 157) \text{ m}$ 五跨连续钢箱梁 3. $(2 \times 100 + 300) \text{ m} + 1088 \text{ m} + (300 + 2 \times 100) \text{ m}$ 七跨连续部分组合梁 4. $(110 + 300) \text{ m} + 1088 \text{ m} + (300 + 110) \text{ m}$ 五跨连续混合梁 5. $(2 \times 100 + 300) \text{ m} + 1088 \text{ m} + (300 + 2 \times 100) \text{ m}$ 七跨连续混合梁	七跨连续钢箱梁

主桥结构方案研究、比选情况一览表

表2

结 构 部 位	研究的结构方案	采用方案
结构体系	阻尼限位约束体系、液压缓冲(动力锁定)限位约束体系、弹性约束体系、飘浮体系、塔梁固接体系、索塔处设竖向支座等	纵向设阻尼限位装置的半漂浮体系
主 梁	断面外形	不同底板宽度的扁平钢箱梁
	高度	3.5m、4.0m、4.5m、
	顶板U肋高度、厚度	高度 280mm、300mm, 厚度 8mm、10mm
	纵、横隔板形式	实腹式和桁架式
	索梁锚固方式	拉板式、锚管式和锚箱式
	钢箱梁工地连接方式	全焊、全栓和栓焊结合
索 塔	塔形	倒Y形、钻石形和A形
	有无下横梁	有下横梁、无下横梁
	塔柱横断面形式	不同倒角和外形的四种形式
	材料	钢筋混凝土、全钢、钢混结合
	索塔锚固方式	钢锚箱锚固和预应力锚固
斜 拉 索	类型	平行钢丝和平行钢绞线
	索距	16m、18m、16m和20m及14.4m和18m组合
	强度	1670MPa、1770MPa
	减振措施	气动措施、阻尼减振器、辅助索

续上表

结 构 部 位	研究的结构方案	采 用 方 案
基 础	沉井基础：钢沉井和钢筋混凝土沉井 桩基础：钻孔灌注桩、钢管打入桩 围堰形式：双壁钢围堰、锁口钢管桩围堰、钢套筒	钻孔灌注桩+钢套筒
防 撞	VTS 主动防护系统+防撞设施 防撞设施：独立防撞墩、群桩防撞墩、浮体系泊系统、浮式缓冲消能、钢套筒加强结构	VTS 主动防护系统+利用钢套筒作为加强结构的防撞设施

2. 结构体系研究和阻尼限位装置系统创新设计

结构体系的选择关系到大桥具有安全、合理的结构性能。纵桥向结构体系研究了阻尼限位约束体系、液压缓冲（动力锁定）限位约束体系、弹性约束体系、飘浮体系、塔梁固接体系、索塔处设竖向支座等，对结构性能进行了全面分析，并综合静力和动力的比较分析结果，纵桥向塔梁连接采用具有±750mm 额定行程量的刚性限位和动力阻尼（黏滞阻尼器 $F=CV^n$ ）组合的装置系统。该系统在主梁发生动力反应时，装置起阻尼耗能、抑制动力反应的作用；在极限风荷载作用时，装置起限位锁定、优化静力反应的作用。装置对各种动力激励如脉动风、车辆制动力和车辆行驶等引起的不同频率、速度和振幅的振动均应具有良好的阻尼作用。设计采用的这种半漂浮体系和具有额定行程量的刚性限位与动力阻尼组合的装置系统为国际上首次采用。

主梁与过渡墩及辅助墩之间设置纵向滑动支座，并限制横向相对运动。

3. 钢箱梁创新设计

针对钢箱梁受力要求，采用不同材料规格的面板和不同强度等级的钢材，并通过深入研究选择了合理梁高和顶底板 U 肋尺寸与布置，采用了板式横隔板和桁架式纵隔板。通过钢箱梁节段模型风洞试验和全桥模型风洞试验，对桥梁风致振动特性进行了全面的分析研究，结合钢箱梁的合理受力、制造加工条件和景观要求，最终选择了最为合理的扁平流线形钢箱梁横断面形式和合理构造。

4. 斜拉索创新设计

设计对平行钢丝斜拉索体系和平行钢绞线斜拉索体系均进行了研究，综合抗风设计、施工架设、工期控制等因素，确定采用了平行钢丝斜拉索体系。经综合研究比较，采用了新型高强耐久性拉索体系。在中国首次采用了 1770MPaΦ7 平行镀锌钢丝，斜拉索设计寿命为 50 年，并考虑其可更换性，斜拉索采用多重防腐系统，以保证其在设计寿命期内免遭腐蚀。

通过理论研究和试验研究相结合，确定采用多重减振措施的设计方案。斜拉索的表面采取气动措施，使风/雨激振得到抑制，同时确保斜拉索在设计风速下的风阻系数 $C_d \leq 0.8$ ，阻尼器为斜拉索提供至少 3% 以上的附加阻尼，控制斜拉索的参数振动。

5. 索塔及锚固构造创新设计

设计主要对倒 Y 形、钻石形、A 形三种塔形及全钢、钢混结合、钢筋混凝土结构，从景观、受力、施工、对基础的影响和经济性等方面进行了研究、比较。最后从结构受力安全可靠、施工可行、造价合理和景观优美等方面综合考虑，采用了钢筋混凝土倒 Y 形索塔。

关于索塔锚固区构造，对钢锚箱锚固方案和预应力锚固方案进行了比较，钢锚箱方案研究了钢锚箱的构造细节、与混凝土的连接形式、结构受力特点以及加工、安装方式等；预应力锚固方案研究了不同的预应力布束方式、不同预应力材料、混凝土应力分布特点等。从锚固区结构受力的可靠性和使用期内的耐久性、安全性考虑，采用了钢锚箱锚固方案，并通过理论计算分析研究和试验研究相结合，确定了合理的结构设计，解决了钢混组合结构的设计计算问题。

6. 大型群桩基础创新设计

设计充分考虑了桩—土相互作用和群桩效应的影响，通过理论分析和试验研究，对桩的布置形式、