

京沪高速铁路 南京大胜关长江大桥 工程技术论文集 (上册)

总体设计 咨询及下部结构

铁道部京沪高速铁路建设总指挥部南京指挥部 编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

京沪高速铁路南京大胜关长江大桥 工程技术论文集

(上 册)

总体设计 咨询及下部结构

铁道部京沪高速铁路建设总指挥部南京指挥部 编

中国铁道出版社

2009·北京

内 容 简 介

南京大胜关长江大桥是京沪高速铁路、沪汉蓉铁路和南京地铁跨越长江的通道,“高速、大跨、重载”融为一体,是当今世界铁路建桥史上的标志性创新工程。本书汇集了参加南京大胜关长江大桥建设的设计、咨询和施工单位的技术人员,在实际工作中针对关键技术进行探讨和总结的技术成果。

该书理论和实践并重,内容丰富,是大桥建设工作者在教学、科研和工程建设中很有参考价值的一本书。

图书在版编目(CIP)数据

京沪高速铁路南京大胜关长江大桥工程技术论文集. 上/铁道部京沪高速铁路建设总指挥部南京指挥部编. —北京:中国铁道出版社,2008. 12
ISBN 978-7-113-09321-1

I. 京… II. 铁… III. 铁路公路两用桥—桥梁工程—南京市—文集
IV. U448. 12—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 184058 号

书 名: 京沪高速铁路南京大胜关长江大桥工程技术论文集(上册)
作 者: 铁道部京沪高速铁路建设总指挥部南京指挥部 编

责任编辑: 傅希刚 洪学英 电话: 路(021) 73656, 市(010) 51873656
封面设计: 崔丽芳
责任校对: 张玉华
责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京佳信达艺术印刷有限公司印刷

版 次: 2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷

开 本: 787 mm × 960 mm 1/16 印张: 18.5 插页: 2 字数: 458千

书 号: ISBN 978-7-113-09321-1/TU · 970

定 价: 120.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电(010) 51873170, 路电(021) 73172(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010) 63549504, 路电(021) 73187

编审组名单

组 长：刘学文

副组长：郑 机 文武松 易伦雄

戴福忠 王昌寰

成 员：陈维雄 朱星盛 宋伟俊

李华云 齐东建 于祥军

潘 军

Preface

序

长江上的每一座铁路大桥都承载着深厚的经济发展和技术进步的历史。新建南京大胜关长江大桥是又一座极具挑战性和创造性的高速铁路大桥。京沪高速铁路、沪汉蓉铁路、南京地铁六线共桥在此跨越天堑，“高速、大跨、重载”融为一体，是中国乃至世界铁路建桥史上新的标志性工程。

保证高速客运列车运行的安全性和满足旅客乘坐的舒适性，是高速铁路桥梁建设的最高要求。为此，铁道部组织国内科研机构，历经数年，先后完成了南京大胜关长江大桥四阶段动力特性及列车走行性分析、主要技术标准论证、两阶段设计和国际咨询工作；超前完成了水利、航运等建桥条件的专题论证、地质勘察和定测工作，为大桥的设计、立项、建设创造了条件。

新材料、新结构、新设备、新工艺等工程措施的研制和应用，为确保南京大胜关长江大桥建设成为世界一流桥梁奠定了坚实基础。譬如：

高强度、高韧性和良好焊接性能的 Q420qE 结构钢应用试验研究，使“高速、大跨、重载”成为可能，促进了桥梁结构钢材的发展。

通过比较，主跨选用三片承重板桁和整体桥面结构，引

领了当今高速铁路大跨度桥梁发展方向。

大吨位球形支座、长大跨度桥梁轨道温度调节器和梁端伸缩装置的研究应用,保证了高速行车的平顺性。

在水中墩施工中,采用大型双壁钢吊箱围堰精确定位工艺、无导向船双壁自浮式围堰平台施工技术、自制大型吊装设备实施重型构件安装工艺等自主创新技术,书写了深水大跨桥梁建设技术的新篇章。

“展雄心壮志,创建桥伟业”是南京大胜关长江大桥建设者高度荣誉感和强烈责任感的体现。他们用汗水和智慧孕育出了创新之果。

及时认真总结南京大胜关长江大桥科研、试验、设计、施工和建设管理经验非常必要。

本书是南京大胜关长江大桥建设者理论与实践的总结,将为中国高速铁路技术体系添上浓墨重彩的一笔。

愿大桥建设者们认真贯彻落实科学发展观的要求,更进一步,高标准、高质量、高效率地建设好南京大胜关长江大桥。

蔡庆华

Foreword

前言

南京大胜关长江大桥是我国高速铁路标志性工程，是京沪高速铁路、沪汉蓉铁路于南京跨越长江的越江通道，同时也是南京地铁过江通道。

南京大胜关长江大桥全线长 9.273 km，跨江面主桥长 1275 m，其深水区为双孔通航的（108 + 192 + 336 + 336 + 192 + 108）m 六跨连续钢桁拱桥，浅水区（北岸）两联 2 × 84 m 连续钢桁梁桥。钢梁均为三桁承重结构，桥面六线轨道布置。主桥三个主墩采用 46 根 $\phi 2.8$ m 钻孔桩基础，其他桥墩均采用 $\phi 2.5$ m 钻孔桩基础。

南京大胜关长江大桥的工程特色主要表现在：

高速。京沪高速铁路设计速度目标值为 350 km/h，大桥设计速度目标值为 300 km/h，主桥采用六跨连续钢桁拱桥，满足高速轨道列车运行安全性和舒适性的要求。

大跨。大桥主跨 336 m，能够确保万吨级船舶航行，是目前世界上设计时速 300 km/h 以上级别中最大跨度的高速铁路桥梁。

重载。六线轨道交通桥梁，荷载大；桥面为钢混结合整体桥面板。

创新。采用了高强度、高韧性和具有良好焊接性能的Q420qE 新型钢材,三桁承重桁架拱桥、正交异性板板桥结合整体桥面,18 000 t大吨位球形支座,伸缩量达1 000 mm的轨道伸缩调节器;无导向船的双壁自浮式围堰平台、吊索塔架辅助的钢桁拱桥合龙等新材料、新结构、新设备、新工艺。

这些工程特点在方兴未艾的世界高速铁路建设中都具有领先的水平。参建的建设、设计、咨询监理和施工各方以“高标准、高质量、高效率建设世界一流高速铁路大桥”为目标,精心组织,勇于创新,仅用近两年的时间顺利地完成了大桥的下部工程。为了及时总结技术成果,推动技术发展,铁道部京沪高速铁路建设总指挥部南京指挥部组织了技术总结活动,分阶段征集技术论文,及时刊发学习推广。这些技术总结论文不仅是撰稿者亲历所为的创新成果,也是对高速铁路桥梁技术的推动和促进,相信本集的出版将给铁路建设的技术人员提供学习参考。



Contents 目 录

南京大胜关长江大桥总体设计 /1	
南京大胜关长江大桥主桥主要设计参数分析研究 /13	
南京大胜关长江大桥桥渡水文分析与研究 /20	
南京大胜关长江大桥主桥基础结构型式比选 /28	
南京大胜关长江大桥 6 号~8 号主墩基础设计 /38	
京沪高速铁路南京大胜关长江大桥桥墩局部冲刷及 岸坡防护研究 /48	
南京大胜关长江大桥防船撞研究 /60	
南京大胜关长江大桥技术咨询 /71	
南京大胜关长江大桥主桥咨询检算思路及 相关问题的探讨 /84	
大胜关大桥典型桥墩结构特点及受力分析 /95	
原材料及高性能混凝土指标对工程质量影响分析 /110	
南京大胜关长江大桥工程测量技术总结 /126	
南京大胜关长江大桥 7 号墩钢吊箱围堰下水施工技术 /135	
南京大胜关长江大桥 7 号墩双壁钢吊箱围堰 精确定位施工技术 /144	
南京大胜关长江大桥主墩深水基础施工技术 /156	
南京大胜关长江大桥主桥 4 号墩双壁钢吊箱围堰 整体吊装设计与施工 /172	
南京大胜关长江大桥 6 号主墩超大型钢套箱围堰 下沉控制技术 /180	
南京大胜关长江大桥 8 号主墩大直径超深钻孔桩 施工技术 /188	
南京大胜关长江大桥 8 号墩钻孔桩施工进度控制 技术措施 /195	
南京大胜关长江大桥主桥 6 号墩施工技术 /203	

- 大吨位超长钢筋笼的制造与安装 /211
- 钻孔桩水下混凝土施工质量控制措施 /217
- 南京大胜关长江大桥钻孔桩高性能混凝土配合比的优化 /224
- 南京大胜关长江大桥承台大体积混凝土温度控制技术 /231
- 墩身混凝土外观质量控制技术措施 /246
- 木模提升法施工双幅空心拱形盖梁墩 /253
- EDM 三角高程测量在大型桥梁施工测量中的应用 /264
- 南京大胜关长江大桥控制测量的“三网合一” /271
- 职业健康安全和环境管理体系在大桥施工中的应用 /279

南京大胜关长江大桥总体设计

李华云, 易伦雄, 高宗余

(中铁大桥勘测设计院有限公司)

摘 要: 通过南京大胜关长江大桥桥位比选和孔跨布置的分析论证, 合理控制了大桥的工程规模, 完善了大桥的使用功能, 协调了航道、水利、堤防的发展规划要求, 方便了施工, 促进了高速铁路桥梁技术的进步。

关键词: 总体设计; 孔跨布置; 技术进步

1 工程概况

南京大胜关长江大桥是京沪高速铁路全线的控制性工程, 也是沪汉蓉铁路与新建南京铁路枢纽的重要组成部分, 同时搭载南京市双线地铁。

大胜关长江大桥位于既有南京长江大桥上游约 20 km, 大桥从大胜关 50 万伏过江电塔与南京三桥之间跨越长江, 距下游的南京三桥约 1.55 km。

大桥全长 9.273 km, 其中两岸长江大堤之间正桥 3.674 km 按六线设计 (高速双线、沪汉蓉双线、南京地铁双线), 预留南京地铁接线条件, 北岸 5.599 km 引桥按四线铁路标准设计。

南京大胜关长江大桥地理位置见图 1。

2 主要技术标准

南京大胜关长江大桥的主要技术标准见表 1。



图 1 南京大胜关长江大桥地理位置

表 1 主要技术标准

序 号	主要技术标准	高速铁路	沪汉蓉铁路	南京地铁
1	线路等级	高速铁路	I 级,客货共线	—
2	正线数目	双线	双线	双线
3	设计速度 (km/h)	300	客运列车 160~200	80
4	线间距 (m)	5.0	4.6	3.8
5	最大纵坡 (‰)	12	6	35
6	最小曲线半径 (m)	5 500	3 500	250
7	设计活载	ZK 活载	中—活载	B 型车辆荷载
8	牵引种类	电力	内燃,预留电化	电力
9	牵引定数	1 100 t	4 000 t	车辆最大编组数:6 节
10	列车类型	动车组	机车为 DF _{4D} 、动车组	—

3 桥位总体布置

3.1 控制条件

南京大胜关河段岸线道顺直、水流条件较好,根据南京市城市总体规划,北岸七坝、南岸板桥已发展为港口码头及电厂工业区,预留的南京铁

路枢纽越江通道,仅限于大胜关江段 50 万伏高压过江电塔与南京三桥间约 1.9 km 岸线范围。

(1) 高压架空过江电缆安全距离要求

$$D = 266(\text{塔高}) + 10(\text{塔顶支架}) + 22(\text{桥宽之半}) = 298 \text{ m}。$$

(2) 桥区船舶航行对两桥间距的要求

南京长江三桥已建成通车,按照《内河通航标准》,相邻两座水上过河建筑物的轴线间距,不得小于船队长度加船队下水 5 min 航程之和。

3.2 主桥轴线平面布置

主桥轴线的平面布置,首先必须满足与高压过江电塔有足够的安全距离,其次距南京三桥有足够的长度以满足桥区船舶航行要求,尽量减小桥轴线法线与水流交角,以保证桥区船舶航道的顺接,同时减小建桥对水流及河势的影响。

采用的主桥桥轴线与南岸高压过江电塔的间距为 316.5 m,与北岸高压过江电塔的间距为 732.4 m,与南京三桥的间距为 1.55 km,实测中水位水流流向与桥轴线的法线交角为 2° ,高水位水流流向与桥轴线的法线交角为 3° ,满足《内河通航标准》“水上过河建筑物轴线的法线方向应尽可能与水流流向一致,其偏角不得超过 5° ”的要求。

3.3 两岸接线平面走向

两岸接线平面线形根据枢纽总图规划走向确定,尽可能避开城市规划用地,减少征地拆迁数量。高速正线、沪汉蓉铁路在大桥范围并行布置,平面上北岸经低山丘陵地带的老山南麓通过后,以 $\alpha_{\text{右}} = 14^\circ 02' 52.96''$ 、 $R = 9000 \text{ m}$ 半径的圆曲线绕经高旺、跨越浦乌一级公路,然后以直线经过北岸长约 4.8 km 的长江冲积漫滩平原、跨越长江,南岸在陈村附近跨宁芜线后经戴山南侧通过。南京市地铁平面线形,在正桥部分与高速正线并行,离开正桥后尽快落地与南京市规划接线点连接。桥梁平面线形见图 2

3.4 纵断面布置

3.4.1 控制条件

纵断面布置需满足船舶通航净空要求、相交道路与大堤的车辆通行净空要求,在北岸长江漫滩平原地带还需适当考虑当地民众生活与交通通道

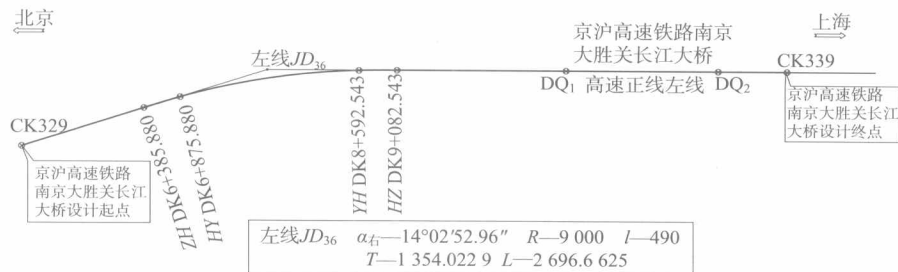


图2 桥梁平面线形

注: 1. 本图尺寸以 m 计, 高程为黄河高程。

2. 竖曲线纵向比例: 横向比例 = 20:1。

的设置。

正桥范围纵断面布置主要受长江通航净高的控制, 桥位处最高通航水位 +8.78 m, 通航孔净高在最高通航水位以上不小于 24 m (通航净空尺度与技术要求专题论证评审意见要求不低于附近已建成通车的南京三桥 32 m), 因此正桥通航范围内桥梁的轨底高程为 45.0 m。

两岸防洪大堤车辆通行净空按车辆通行净高 4.5 m 考虑, 该范围内桥梁的轨底高程为 18.27 ~ 20.18 m, 见表 2。

表2 桥梁轨底高程

防洪墙与北岸浦乌公路范围轨底高程			
位 置	里 程	地面高程(m)	轨底高程(m)
北岸浦乌公路	DK4 + 416.215	10.85	23.268
北岸防洪墙	DK9 + 840.240	11.03	20.03
南岸防洪墙	DK11 + 962.090	9.27	18.27
南岸子堤	DK12 + 047.380	9.53	18.53

北岸浦乌公路为一级公路, 道路净空按车辆通行净高 5.5 m 考虑, 梁底预留高度 2.5 m 施工净空, 该范围内桥梁的轨底高程为 23.268 m。

3.4.2 纵立面布置

根据《京沪高速铁路设计暂行规范》、《新建时速 200 ~ 250 公里客运专线铁路设计暂行规定》以及铁路桥梁与线路设计规范, 高速正线与沪汉蓉铁路纵断面设计参数限值见表 3, 纵断面布置见图 3, 区段划分示意图 4。

表 3 纵断面设计参数限值

项 目	高速正线	沪汉蓉铁路
最大纵坡	12‰, 不考虑平曲线影响	6‰, 不考虑平曲线影响
坡段长度 (m)	≥ 900	≥ 400
竖曲线半径 (m)	25 000 ~ 40 000	≥ 15 000
路桥分界 (m)	一般地段 7 ~ 8, 城镇近郊地段 5, 软土地段 4 ~ 6	

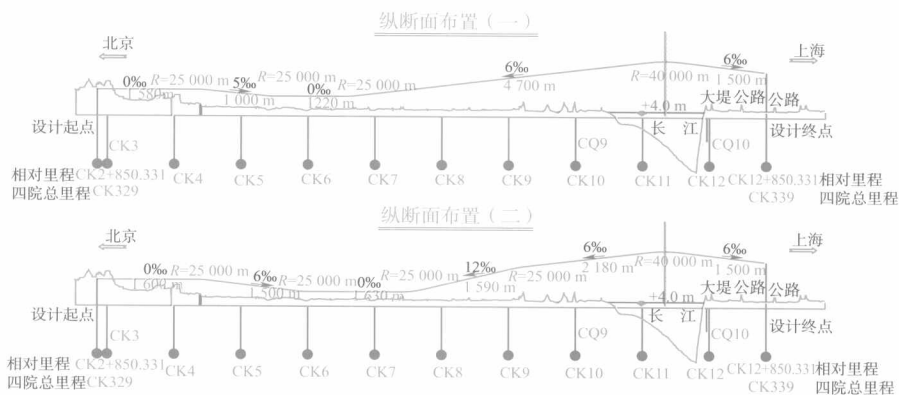


图 3 桥梁纵断面布置

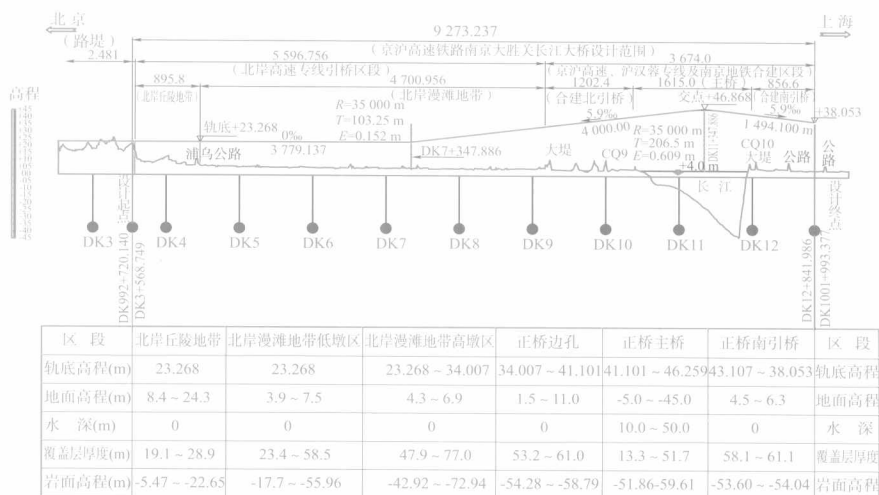


图 4 桥梁区段划分示意图

(1) 正桥区段

由于本桥通航净高控制桥梁的建筑高度,根据上述控制条件与规范规定的纵断面设计参数,结合平面曲线布置的影响,正桥范围以规划上、下行航道分界线为顶点采用双向 5.9‰ 的纵坡,并设置 $R=35\,000\text{ m}$ 的竖曲线过渡,通航净高控制点置于通航范围两侧,以保证桥跨结构变形后仍然能满足最高通航水位时通航净空的要求。

(2) 北岸引桥区段

北岸引桥跨越长江防洪大堤后,在北岸长约 4.8 km 的长江冲积漫滩通过时,工可阶段进行路基与桥梁方案的比较后认为,采用桥梁方案造价增加有限,同时有利于降低工后沉降。为确保高速行车要求,工可审查同意采用桥梁方案高架通过。

北岸引桥采用高架桥梁方案时,桥下预留 4.5 m 的净空高度,轨底最低高程为 15.5 m。但浦乌公路控制抬高轨底标高到 23.268 m,按最小坡段长度布置顺坡后,平坡段长度约 759 m,不能满足最小坡道长度要求,高速运营条件较差,因此,北岸 4.8 km 的长江冲积漫滩地带,除主桥纵坡布置需要外,均采用轨底标高 23.268 m。

在 DK4+416.215 跨越浦乌一级公路后,以高架桥跨越高旺镇,向北方向因地形上逐渐进入低山丘陵地带,在 DK3+574.636 至设计起点 DK2+848.749 范围设置路堤段与铁四院设计路段相接,该区段纵坡为 0‰,轨底高程为 23.268 m。

(3) 南岸引桥区段

南岸引桥区段较短,延续主桥纵坡至 DK12+848.749 以 5.9‰ 的纵坡与铁四院设计路段相接。

3.5 线间距及横断面布置

3.5.1 整体桥面区段

主桥采用整体桥面供四线铁路运营,由于高速正线与沪汉蓉铁路采用独立养护维修管理机制,员工走道均需设置人行道栏杆。考虑承重主桁 1.4 m 的结构宽度,高速铁路右线与沪汉蓉左线最小线间距为 10.2 m,主桥采用 $2\times 15.0\text{ m}$ 的三桁布置。地铁布置于主桁两侧,仅外侧设置员工走道,因此地铁与高速正线最小线间距为 8.2 m,与沪汉蓉铁路最小线间距为 8.4 m。线间距计算见表 4。

表 4 桥梁线间距

线路等级	分 项	距离 (m)	说 明
时速 200 km 铁路	线路中心至道砟槽边缘	2.25	挡砟墙厚 0.25 m, 人行道栏杆宽 0.25 m,线路中心至人行栏杆扶手内侧≥3.75 m
	员工走道	1.50(按 1.65)	
京沪高速铁路	线路中心至道砟槽边缘	2.25	
	员工走道	1.65	
南京地铁	线路中心至主桁边缘	2.20	南京地铁对称布置于主桁两侧
	员工走道	0.75	
高速铁路右线与沪汉蓉铁路左线线间距 (m)		$2.25 + 0.25 + 1.65 + 0.25 + 1.40 + 0.25 + 1.65 + 0.25 + 2.25 = 10.20$	
高速铁路左线与地铁线间距 (m)		$2.25 + 0.25 + 1.65 + 0.25 + 1.40 + 0.20 + 2.20 = 8.20$	
沪汉蓉铁路右线与地铁线间距 (m)		$2.25 + 0.2 + 0.25 + 1.65 + 0.25 + 1.40 + 0.20 + 2.20 = 8.40$	

3.5.2 分幅桥面区段

高速正线、沪汉蓉铁路、南京地铁的设计限界各不相同,除主桥外,在正桥非通航区域、浅滩区桥梁以及引桥区段宜采用分幅桥面布置,因此线间距还需考虑梁体安装空间以及基础分建的安全距离要求。

(1) 引桥箱梁分建要求

对应主桥钢桁梁 2×15.0 m 的主桁间距,两幅预制箱梁预留有 1.8 m 安装施工间距,满足梁体安装空间要求。

(2) 桥基础分建要求

由于国内桥梁设计规范没有分建桥梁安全距离的相关规定,设计参考国内外分建桥梁施工的成功经验,采用 3 倍钻孔桩直径的安全净距控制桥梁分建基础钻孔桩施工安全距离。

高墩区单幅引桥基础采用 8 根 1.5 m 钻孔桩、梅花形布置,才能满足结构受力与基础刚度的要求,双幅引桥墩中心距为 15.0 m。基础平面布置见图 5。