

京沪高速铁路桥梁工程



中国铁路设计集团有限公司原副总经理、总工程师
全国工程勘察设计大师

孙树礼

01 项目概况

02 研究历程

03 设计理念

04 桥梁设计

05 技术创新

CONTENTS

目
录

京沪高速铁路桥梁工程

京沪高速铁路桥梁工程

CRDC
CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION



项目概况

京沪高速铁路始于北京南站，终到上海虹桥站。线路走行于中国东部沿海经济最发达地区，**两端连接我国两大城市群——京津冀城市群和长江三角城市群**，途经北京、天津、河北、山东、安徽、江苏、上海共7省市，连接北京、天津、济南、徐州、南京、上海六大铁路枢纽。

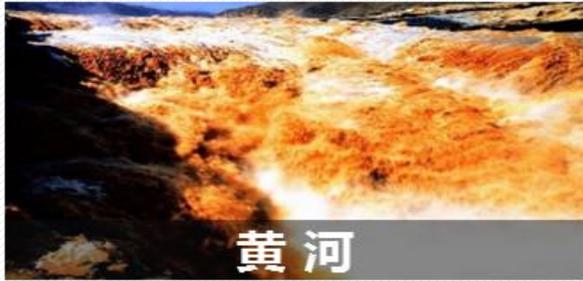
北京至济南属冲洪积与冲积平原，济南以南至徐州属鲁中南低山丘陵及丘间平原，徐州至上海段线路主要通过黄淮冲积平原、长江三角洲平原区。**平原区以高架为主，丘陵区分布有少量隧道。**

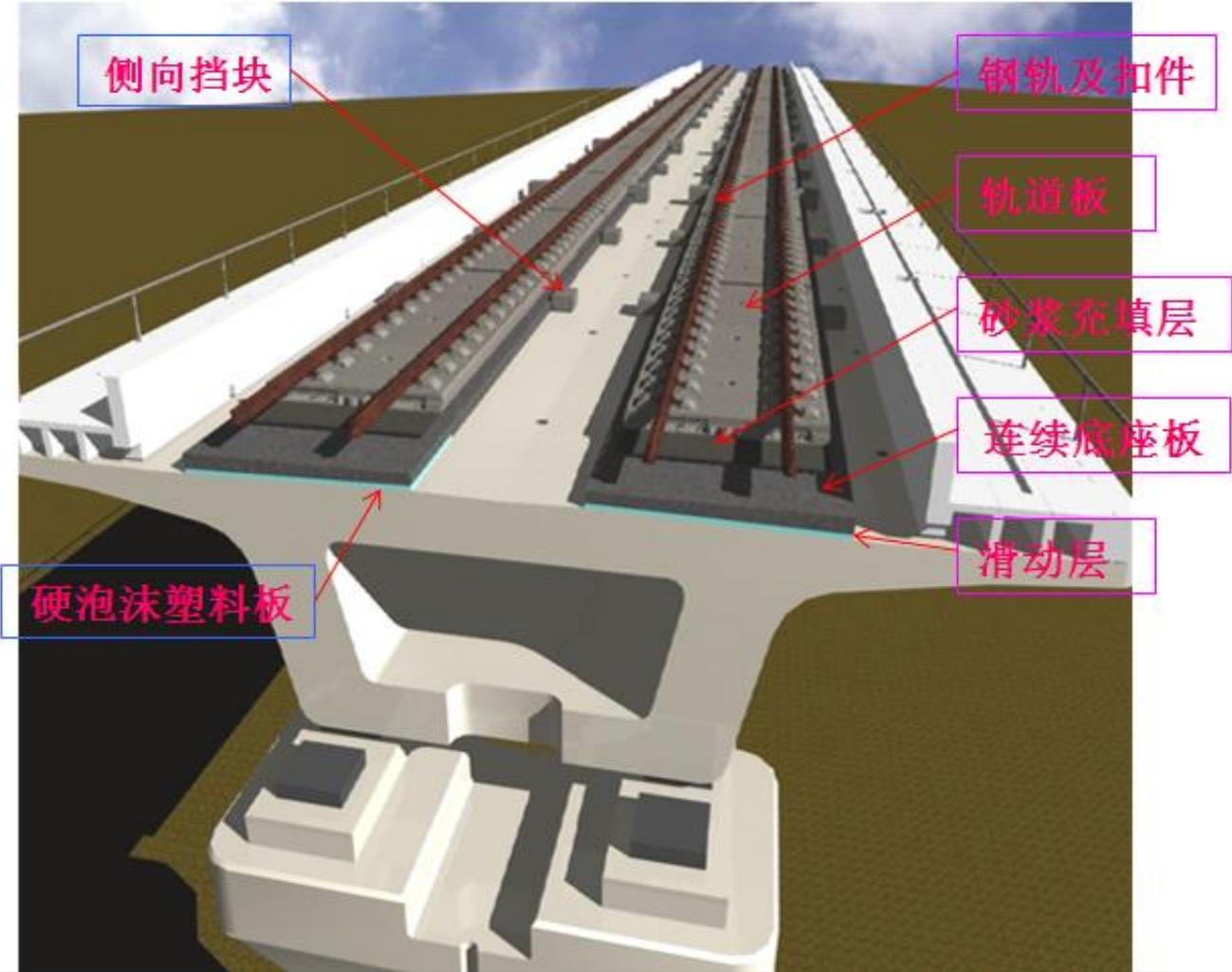
沿线地质情况复杂，平原区大面积分布松软土层、淤泥质土，最大厚度达38m，路基桥梁工后沉降成为最大的难题。部分地区存在区域地面沉降，工程应对难度大。



沿线经过我国华北和华东地区，经济发达，人口众多，人均耕地面积少，土地资源紧张，交通、水利、河流密布，**经深入论证广泛采用桥梁节约土地资源，也为地方基础设施发展预留了较好的条件**；正线桥梁288座，总长1060公里，桥梁长度占线路总长的80.4%，其中单座最长桥梁长度达165公里。

沿线经过海河、黄河、淮河、长江四大水系下游，河流纵横，跨越通航河流53处；跨越高速公路和等级公路512处、铁路41处；深水大跨等众多特殊结构桥梁争放异彩。





全线共铺设CRTS II型板式无砟轨道1256km，与桥梁的整体作用明显，梁轨相互作用突出。

桥梁勘测设计工作 承担单位



全线总体设计
京徐段设计



徐沪段设计



黄河桥
大胜关桥设计

京沪高速铁路桥梁工程

CRDC
CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION



2

研究历程

研究历程

京沪高速铁路技术的研究始于20世纪90年代初，至2011年京沪高铁全线建成通车，历时二十余年。

1990~1994年主要研究经历

- 1990年，铁道部开始组织开展京沪通道扩能方案研究，提出高速铁路的建设方案，同年向国务院上报《关于“八五”期间高速铁路技术攻关的报告》。
- 1993年4月，原科委、国家计委、经贸委、体改委和铁道部（简称“四委一部”）共同领导组建“京沪高速铁路重大技术经济问题前期研究”课题组。
- 1993年12月，铁道部向国家计委呈送《京沪高速铁路项目建议书的报告》。
- 1994年12月，“四委一部”课题组完成《京沪高速铁路重大技术经济问题前期研究总报告》；同年，铁道部成立铁道部京沪高速铁路预可行性研究领导小组和办公室〔简称高速办（预）〕，组织相关单位开展京沪高速铁路建设方案的深化研究。

研究历程

1995~1998年研究经历

- 1995年8月和12月，铁道部科技司分别向国家科委、国家计委报送《高速铁路试验工程关键基础技术的研究可行性研究报告》和《高速铁路试验工程前期研究项目专题合同报告》
- 1996年4月，《京沪高速铁路预可行性研究报告》呈送国务院。
- 1997年3月，铁道部向国家计委呈送《关于报送〈新建北京至上海高速铁路项目建议书〉的函》。
- 1998年颁布了颁布了《时速200公里新建客运专线线桥隧站设计暂行规定》，为秦沈客运专线设计提供了依据。

研究历程

1999~2002年

- 1999年,开工建设我国第一条客运专线-秦沈客运专线。
- 2001年至2002年,铁道部高速办(预)组织高速铁路与磁悬浮技术的国外考察和国际交流,完成了磁悬浮与轮轨方案对比研究报告,坚定了京沪高速铁路采用轮轨技术的决心。

2002年

完成600t级整孔箱梁架桥机并在秦沈客专建设中得到广泛应用

考虑运架能力的提升,全线采用24m双线整孔箱梁和32m单线箱梁为主的结构形式,并选择两座桥梁分别采用节段预制拼装、造桥机整孔现浇32m双线整孔简支箱梁。除简支梁外,秦沈客专还采用了预应力混凝土连续梁、钢混连续结合梁以及斜交刚构连续梁等体系。山绥试验段建成后,进行了多专业、综合性、系统性的大量行车实验测试,全面获取了时速300公里高速铁路的测试数据,为京沪高速铁路建设积累了宝贵经验。

研究历程

2003年

秦沈客运专线建成以后，系统开展了大量科研试验工作，在桥梁工程领域开展了几十项试验研究，为我国后续建设高标准、大规模、技术复杂的高速铁路积累了丰富、宝贵的实践经验。

编号	科研项目名称
1	常用跨度桥梁梁型、梁跨综合比选研究
2	大跨度预应力混凝土无砟轨道桥梁施工控制关键技术研究
3	桥梁动力性能综合试验研究
4	桥梁纵向力综合试验
5	区域地面沉降对高速铁路工程的影响及对策研究
6	软弱土条件下桥梁基础沉降预测、监测、控制与评估技术研究
7	软土地基桥涵基础试验研究
8	900吨级整孔箱梁预制、运输、架设成套技术研究
9	结构耐久性研究
10	无砟轨道桥梁设计、建造技术研究
11	涵洞洞顶不同填土厚度试验研究
12	道岔梁结构优化及关键技术研究
13	高速铁路桥面系研究
14	新型桥梁支座的研制
15	桥梁景观设计研究
16	精密网研究

研究历程

2004年底

《京沪高速铁路设计暂行规定》颁布实施，为京津城际铁路设计提供了依据。

2005年

京津城际铁路开工建设，于2008年建成通车。

作为京沪高铁的试验线，在精测网的建立、基础沉降观测与评估、900t箱梁制运架、无碴轨道桥梁设计建造、桥梁景观设计等方面积累了宝贵经验，为京沪高速铁路的建设奠定了坚实的基础。

京沪高速铁路桥梁工程

CRDC
CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION



3

设计理念



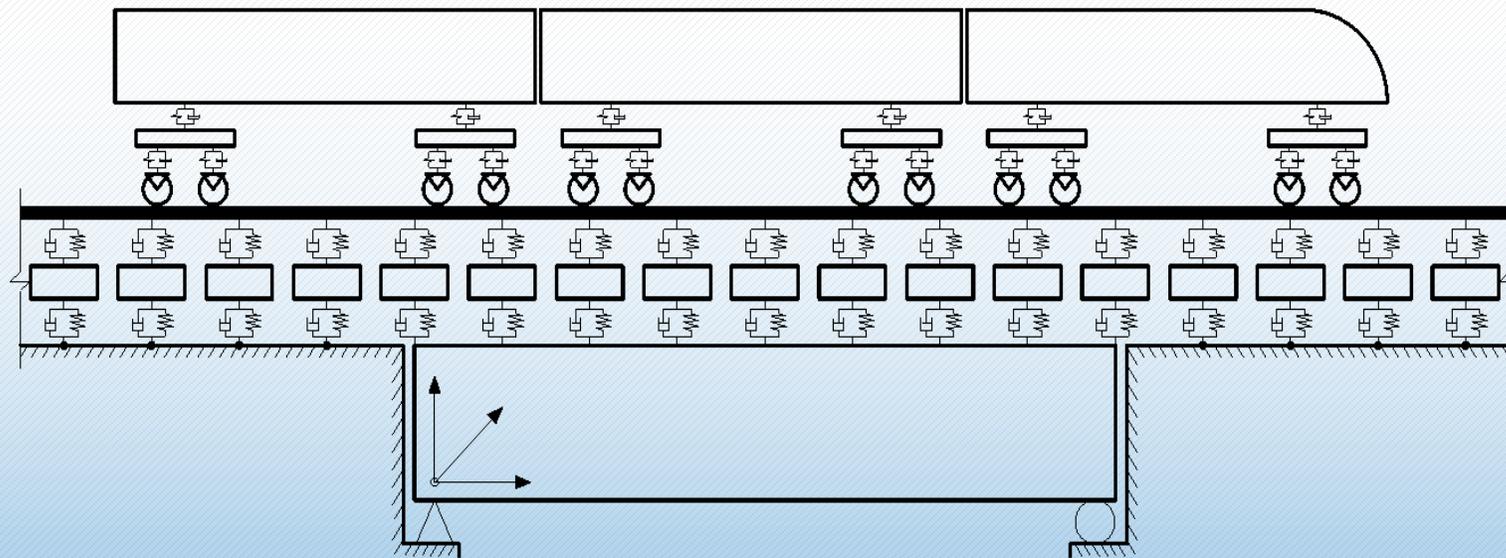
在多年来高速铁路科研试验研究的基础上，京沪高速铁路建设始终贯彻以人为本、安全优先的思想，以系统优化、着眼发展的建设方针为指导，逐步形成了高铁桥梁建设理念和技术路线，主要体现在以下三个方面。



一 高速度、高安全、高舒适的理念

1. 注重车线桥系统动力分析，确保桥梁结构满足高速行车的安全性、舒适性要求

京沪高速铁路设计速度为350km/h。在结构设计中除应满足常规桥梁的静力强度要求外，还必须高度重视结构的动力特性，动力响应问题是高速铁路桥梁设计的关键所在。



车线桥动力学模型



一 高速度、高安全、高舒适的理念

2. 严格控制桥梁结构非弹性变形，确保轨道持续高平顺性

对预应力混凝土梁部结构的徐变上拱度和桥梁基础的工后沉降提出了更加严格的要求。针对沿线经过地区软土及松软土层多的特点，开展了软弱土条件下桥梁基础沉降预测、监测、控制与评估等多项技术研究。





一 高速度、高安全、高舒适的理念

3. 重视长桥的动力特点和路桥刚度过渡，保证列车高速运行系统动力性能良好

京沪高铁采用的长桥较多，当列车匀速行驶时等跨简支长桥与列车间的相互作用易达到某一稳定频率，而这一稳定频率是否会对列车走行造成不利影响，是设计必须重视并深入研究的问题。

路基填土提供的竖向刚度比桥梁弱的多，在路基桥梁交变地段竖向刚度突变对高速行驶车的影响不可忽视。为保证高速行驶车的安全性和舒适性，如何做好刚度过渡措施、设计好过渡段是设计必须重视的问题。



一 高速度、高安全、高舒适的理念

4. 研究大跨度桥梁低频振动影响，充分保证特大跨度桥梁的安全性与舒适性



大跨度桥梁的动力特性不同于中小跨度桥梁，低频振动问题对高速行车的影响在大跨度桥梁中不可忽视；把握其对行车以及结构自身的影响，为高速铁路桥梁的安全性和乘坐舒适性提供充分保证。



绿色环保、与周围环境相适应的理念



京沪高速铁路跨越七省市，地形、地质、地理、水文等环境复杂多样，地域文化丰富多彩。设计必须充分研究沿线的综合环境因素，预判桥梁建设和周边环境的相互影响，解决不同自然环境条件下的基础设计、结构选型、构造措施等技术问题；并在人口密集地区做好桥梁美学设计，在沿海等重腐蚀地区处理好桥梁耐久性问题。



绿色环保、与周围环境相适应的理念

1.合理加大高架桥规模，开长桥设计之先河

由于线路、水文、地质、立交等要求，长桥占有较大的比重，单座桥梁最长达165公里；

采用长桥节约土地，有利于与城市规划的结合，并为未来发展预留了空间；

减少了路涵、路桥的频繁过渡，有利于提高旅客的舒适度。



绿色环保、与周围环境相适应的理念

2. 注重建筑美学，塑造与环境相协调的桥梁景观

桥梁是京沪高速铁路的重要组成部分，设计遵循安全适用、经济美观的原则，注重工程要求与美学要求的结合；

在跨越大江大河及城市内重要道路时，选择景观效果明显的系杆拱、飞燕拱等多种结构形式；

在跨越长江、黄河、淮河、京杭大运河等江河时，实现了一桥一景；

在桥梁建造中采用斜腹板形式的箱梁，突出体现了简洁明快、轻巧纤细、连续流畅的时代风貌，可以说达到了与自然环境、人文环境相协调。



绿色环保、与周围环境相适应的理念

3. 贯彻环境保护要求，重视降噪设计

在桥梁设计和施工措施的制定中，贯彻节能环保的原则：如跨京开公路为减少对既有公路交通的影响，采取平转法施工；跨越永定河、子牙新河大堤时均采用了大跨度连续梁方案，减少了对既有大堤的开挖，保护了水文环境。列车高速运行时，由于轮轨的碰撞、受电弓与接触网的摩擦、列车与空气的摩擦、结构物自身的振动等因素会产生很大的噪音；设计中，对于上述问题，进行了深入研究，位于城镇或居民区等噪声敏感点附近的桥梁，桥上设置了声屏障等措施，尽量减少噪声影响。





绿色环保、与周围环境相适应的理念

4. 加强桥梁结构耐久性设计

充分考虑结构耐久性要求，结合本项目的环境特点采取了如下措施：

在结构构造上适当增加保护层厚度，控制结构裂缝宽度，提高混凝土强度，优化混凝土胶凝材料和配比，严格控制预应力混凝土梁的后期徐变变形，加强结构预埋件的防腐处理，加强桥面防、排水措施，充分考虑养护维修的需要。





服务运输，综合效益最优的理念



服务运输是铁路建设的根本宗旨，也是高速铁路桥梁建设过程中遵循的一个重要理念。在京沪高铁建设过程中，从建设和运营的全过程进行分析，采取控制性工程提前开工、简支梁工厂化生产、快速铺架等措施在科学合理的范围内加快建设进度。

此外，为了方便运营管理，桥梁设计过程中除遵循少维修、易维护的原则外，还认真研究了高铁桥梁的维修方式、养护设施，尽量减少运营后的维护难度和工作量，为运输管理创造更好的基础条件。



服务运输，综合效益最优的理念

1. 满足快速施工的要求



由于路线长，施工周期短，质量要求高，梁型的选择必须考虑施工工期的要求。**京沪高速铁路常用跨度桥梁一般采用简支梁，便于集中预制、架桥机架设，加快施工速度、保证施工质量。**



服务运输，综合效益最优的理念

2. 控制性重大桥梁工程先期开工



为保证建设工期控制在科学合理范围内，对个别控制全线施工工期的技术复杂桥梁，如南京大胜关特大桥，采用先期开工方式解决工期问题，既保证了桥梁工程的合理周期，又加快了全线的建设进度。



服务运输，综合效益最优的理念

3. 充分考虑高速铁路的线形要求，优化高速列车的运营条件

高速铁路的平面曲线半径大，不能按照传统桥梁的概念去控制线路走向，除个别特大桥外，**大多数桥梁的桥位受线形控制，需要采取一定的技术措施，以实现高速运行、缩短行车时分；如在北京枢纽跨京山四线和西黄左线采用5-26m空间刚架、在上海虹桥站跨吴淞江采用60+100+60m斜连续梁，均选择了合理的桥式结构、桥跨布置，满足了高速运行要求。**

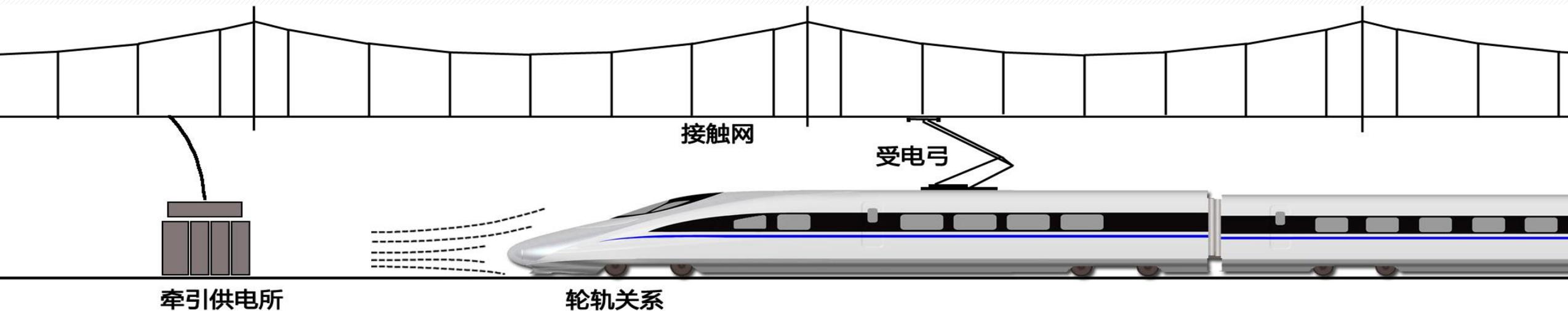




服务运输，综合效益最优的理念

4. 充分考虑运营维护的简便性

根据高速铁路维修时间短的国情路况，桥梁设计时要满足少维修、易维护的要求，优先采用耐久性好的预应力混凝土结构。同时，对桥面构造系统进行了深入研究，协调桥梁与轨道、接触网、通信、信号、电力电缆线、综合接地、声屏障等各相关设施之间的关系，综合考虑了专业之间的系统集成技术，满足养护维修作业需要，确保高速运营的安全性与便利性。



京沪高速铁路桥梁工程

CRDC
CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION



4

桥梁设计

桥梁设计

正线桥梁共288座，长1060km；其中：

桥长小于3 km

桥梁245 座 合计110 km

桥长3km~10km

桥梁23座 合计 90km

桥长10km~100km

桥梁17座 合计480km

桥长超过100km

桥梁3座 合计380km



京沪高速铁路以桥梁的形式**41次**跨越既有铁路，**59次**跨越高速公路，**99次**跨越高等级公路和城市主干道，多次跨越海河、黄河、淮河、长江四大水系的众多河流（其中V级航道以上16处），共有特殊结构桥梁**387处**。

桥梁设计

一、常规桥梁设计

经过综合技术经济比较，京沪高速铁路桥梁形式以预应力混凝土整孔简支箱梁为主，以小跨度连续梁为辅，常用桥梁跨度以32m为主，辅以24m、20m配跨。其中，标准简支箱梁占简支梁总数的99.5%，32m标准简支箱梁29048孔，占标准简支梁总数的92.6%。



常规桥梁设计

简支箱梁统计表

编号	采用式样	跨度(m)	备注
1	简支箱梁	20	预制架设
2	简支箱梁	24	预制架设
3	简支箱梁	32	预制架设
4	简支箱梁	40	现浇施工
5	非标简支箱梁	24~32	现浇施工

连续结构统计表

编号	采用式样	主跨(m)	备注
1	钢筋混凝土刚构连续梁	16~24	现浇施工
2	小跨连续箱梁	24、32	现浇施工
3	大跨连续箱梁	48~128	现浇施工

桥梁设计

二、特殊结构 桥梁设计

采用的主要特殊结构有大跨度钢桁拱桥、连续系杆拱桥以及各类简支拱桥，斜拉桥、空间刚架、道岔连续梁、槽形梁等。



特殊结构桥梁设计

拱式体系

其他特殊结构形式

拱桥造型美观，竖向刚度大，而且结构形式有多种变化。**京沪高速铁路沿线有31处工点采用，主要有钢桁拱、连续梁拱、钢箱拱、系杆拱等多种结构形式。**

拱及梁拱组合体系统统计表

编号	采用式样	主跨(m)
1	连续钢桁拱	2×336m, 3×168m
2	连续梁拱	136, 180
3	中承式钢箱系杆拱	108
4	简支系杆拱	44~128



特殊结构桥梁设计

拱式体系

其他特殊结构形式

除了上述桥式之外，还采用了矮塔斜拉桥、钢-混结合空间刚架、钢桁连续梁、道岔连续梁等结构形式。

斜拉桥及其它特殊桥梁结构统计表

编号	采用式样	主跨(m)	备注
1	矮塔斜拉桥	2×115m	现浇施工
2	空间刚架	16~25m	现浇施工
3	钢桁连续梁	84	现场拼装
4	宽横梁连续梁	32	现浇施工
5	三线槽型连续梁	34	现浇施工
6	斜连续梁	100	现浇施工
7	道岔梁	28~32	现浇施工



典型桥梁设计

系杆拱及异型结构桥梁



系杆拱结构桥梁在京沪高速铁路中使用较多，其中北京跨京开高速公路采用 $(32 + 108 + 32)$ m 飞燕式中承钢箱拱；镇江跨京杭运河采用 $(90 + 180 + 90)$ m 连续梁拱；跨越济兖公路采用2-96m四线简支钢箱系杆拱桥。这些桥型均是当时国内高速铁路无砟轨道桥梁之最。



典型桥梁设计

系杆拱及异型结构桥梁



此外,京沪高速铁路使用了空间刚架、钢门式墩、槽形连续梁、宽横梁连续梁、大跨度斜连续梁等异型结构桥梁,在铁路小角度跨越既有构筑物、有效降低线路高程、减小施工对既有道路和周边环境的影响等方面取了较好的效果。



典型桥梁设计

南京大胜关长江大桥



该桥是京沪高速铁路第一大控制性桥梁工程，是京沪高速铁路、沪汉蓉铁路、南京地铁六线轨道交通共用的跨江通道，主桥采用 $(108+192+2\times 336+192+108)$ m 三主桁双连拱整体桥面钢桁连续梁。



典型桥梁设计

济南黄河大桥



该桥是京沪高速铁路中仅次于南京大胜关长江大桥的第二大控制性桥梁工程，是京沪高速铁路、太青客运专线四线轨道交通共用的跨河通道，主桥采用 $(112+3 \times 168 + 112)$ m 刚性梁柔性拱结构。

京沪高速铁路桥梁工程

CRDC
CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION



技术创新



构建了中国特色高速铁路工程建设技术标准体系

1990年

1

1999年初
中国铁设（铁三院）主持编制完成了《京沪高速铁路线桥隧站设计暂行规定》

2

2003年2月

《京沪高速铁路设计暂行规定》正式发布

3

2003年7月至2005年7月

通过咨询对《京沪高速铁路设计暂行规定》作了必要的修改和完善，至此，京沪高速铁路技术体系的架构基本稳定

4

2008年

《时速300~350Km客运专线铁路设计暂行规定》颁布实施

5

2011年6月30日

京沪高速铁路全线开通运行，使有关创新技术成果得到验证；同时京沪高速铁路技术体系、技术标准也得到了进一步完善，为《高速铁路设计规范》的颁布实施奠定了基础，构建了中国特色350Km/h高速铁路技术体系。



形成了高铁桥梁三大控制技术

高速铁路桥梁设计关键技术是京沪高速铁路最早涉及的综合关键技术，涵盖基础沉降控制、桥墩类型选择、一般结构桥梁形式、特殊结构桥梁方案、桥梁无缝线路和无砟轨道的适应性、高架车站道岔梁布置以及变形观测技术等，保证了桥上轨道结构的高平顺性、高稳定性，达到列车运行安全及旅客乘坐舒适的目标；形成了基础沉降控制、墩台刚度控制以及梁体变形控制三大技术体系。

桥梁工程

基础沉降控制技术

无砟轨道工后沉降

有砟轨道工后沉降

墩台刚度控制技术

桥墩纵向水平线刚度

桥台纵向水平线刚度

梁体变形控制技术

竖向刚度

横向刚度

扭转刚度

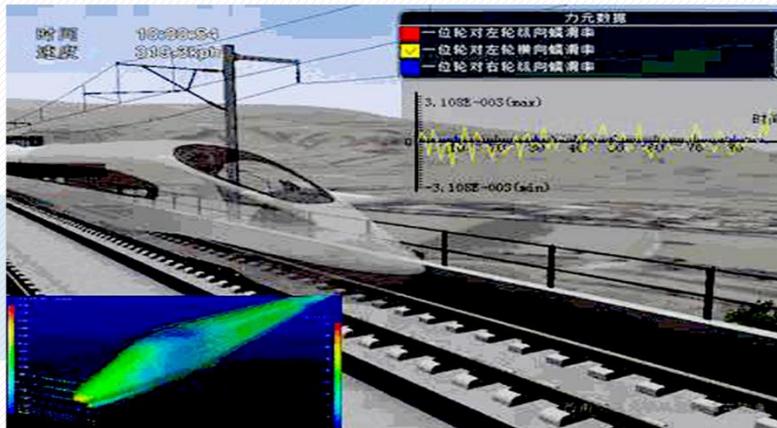
动力特性

徐变变形

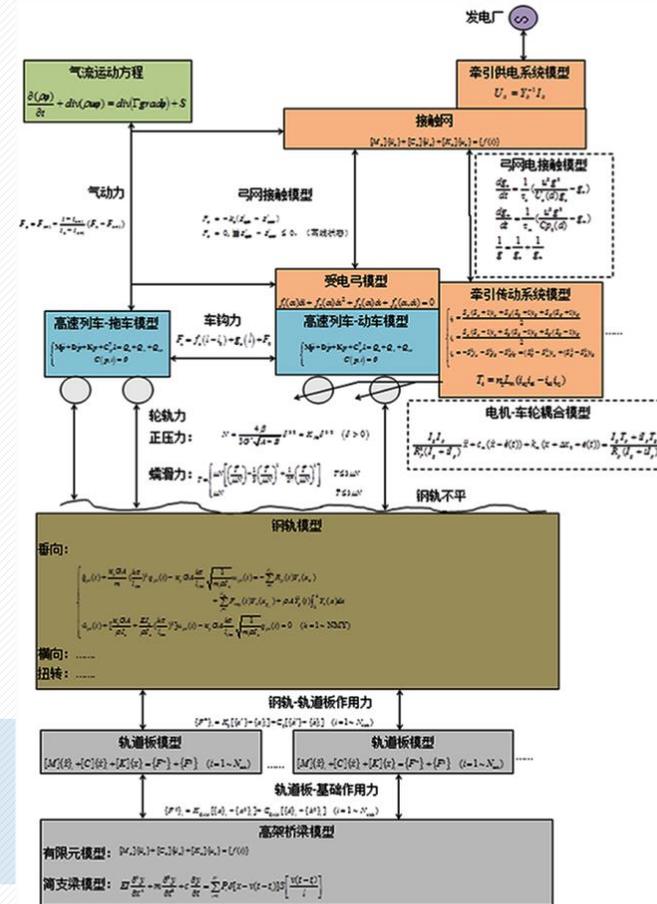


开创了车桥动力仿真分析技术

组织铁科院、西南交大、北京交大和中南大学四家单位，对整条线路主要桥梁进行大规模的动力性能研究，对京沪高速铁路桥梁进行了全面的车-线-桥共同作用分析，系统评估桥梁的动力性能，确定高速铁路桥梁的合理设计刚度，为我国高速铁路桥梁设计规范的制定提供理论依据。



高速列车耦合大系统动力学仿真平台

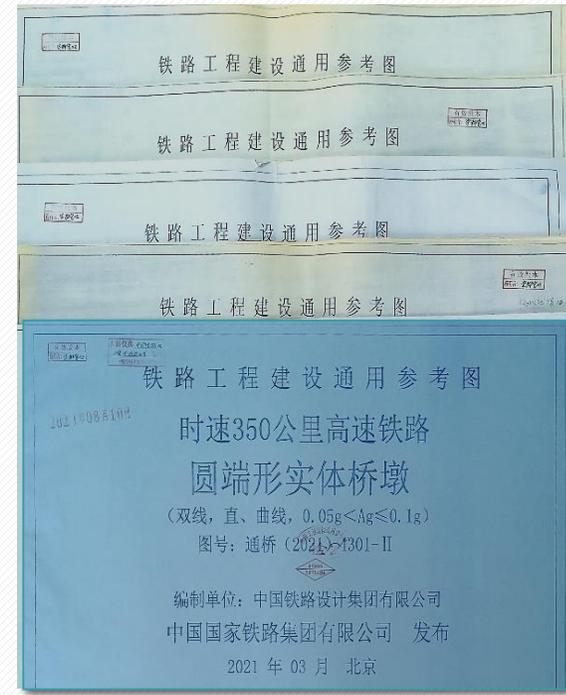
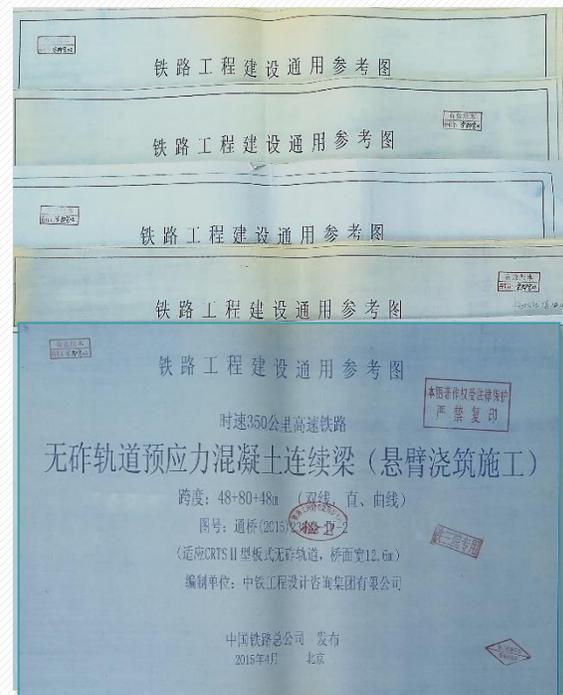
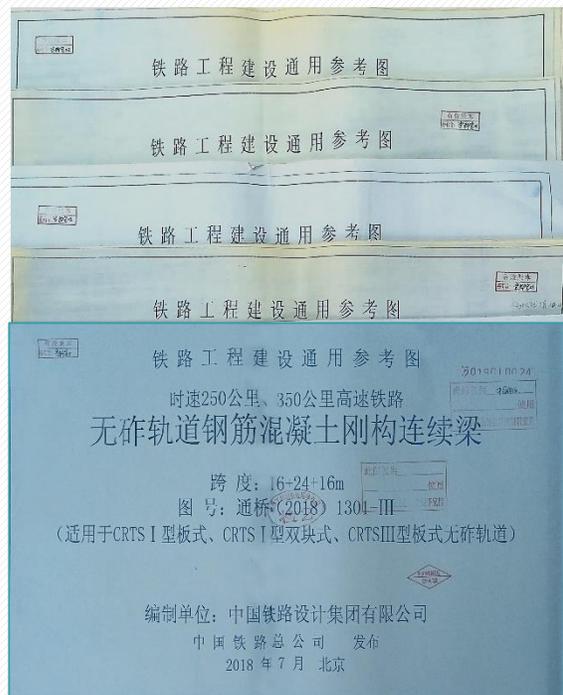


耦合大系统动力学模型

四

形成了高速铁路桥梁系列标准化成果

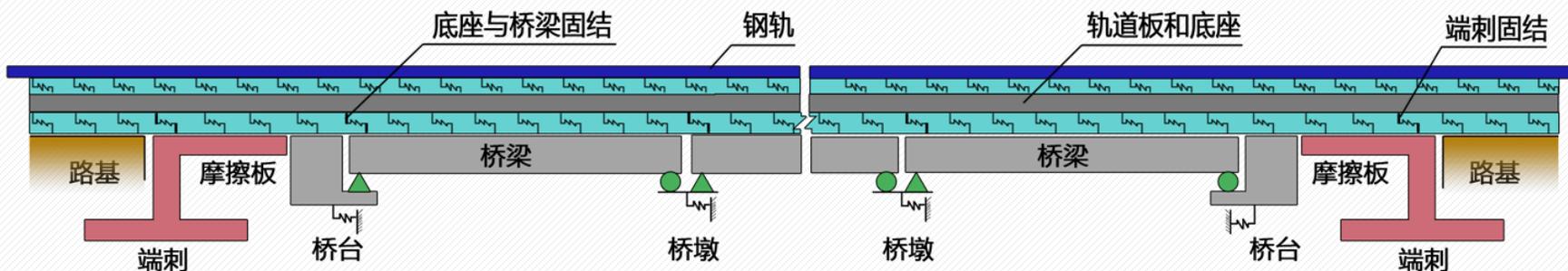
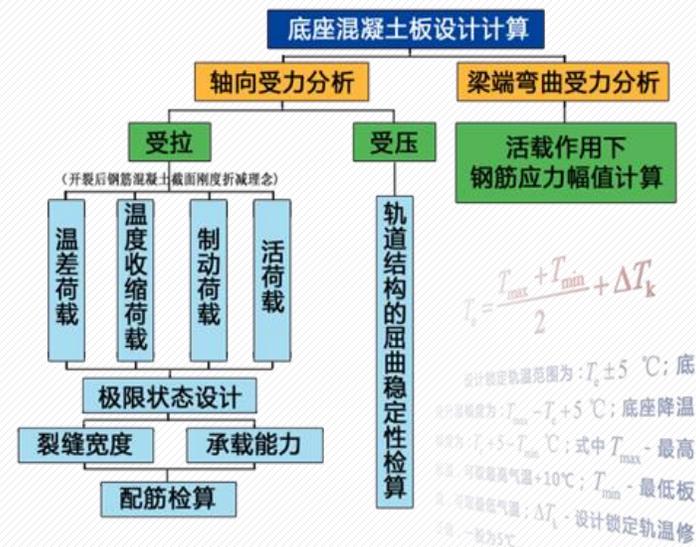
京沪高速铁路桥梁形式多样，堪称桥梁博物馆，涵盖了悬索体系之外的所有桥梁体系，为今后高铁建设提供了丰富的借鉴资源。同时，形成了标准跨度简支箱梁通用设计图、刚构连续梁通用设计图、大跨连续梁通用设计图、桥墩通用设计图等一批标准设计成果，大力促进了我国高速铁路的建设。



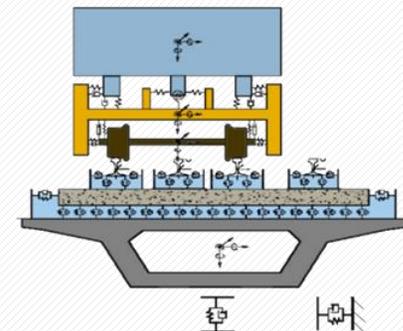
五

掌握了高速铁路特殊桥梁结构关键技术

系统研究了系杆拱结构体系在高速铁路桥梁中的应用，实现了在大跨度连续梁拱、飞燕式中承钢箱拱及四线简支钢箱系杆拱桥上首次铺设CRTSⅡ型板式无砟轨道的技术突破。



计算分析模型



动力学模型端视图

六

突破了深水大跨桥梁建造技术

1、南京大胜关长江大桥具有“大跨（主跨336 m）、高速（设计速度300 km/h）、重载（六线铁路）”的特点，取得了五项创新成果：

- ▶ 三主桁双连拱结构与八边形吊杆应用；
- ▶ 主墩超大围堰下河、浮运及下沉控制；
- ▶ 高强度Q420q结构钢应用；
- ▶ 主桥钢梁架设与合龙；
- ▶ 板桁组合结构整体钢桥面板应用；



开创性地解决了深水、大跨、多线高速铁路桥梁设计、制造、施工中的系列技术难题。

六

突破了深水大跨高铁桥梁建造技术

2、济南黄河大桥具有“跨度大、速度高、桁宽大”的特点，取得了两项创新成果：

- ▶ 带K撑和吊杆的复合横联设计与应用；
- ▶ 主桥钢桁梁悬臂架设及柔性拱脚合龙；

建造过程中，有效解决了淤积河道中大跨、多线高速铁路桥梁设计、施工中诸多的技术难题。

京沪高铁自2008年1月开工建设，2011年6月30日开通运营，是目前世界上一次性建成里程最长、技术标准最高的高速铁路。历经二十余年的持续研究探索，瞄准世界水平，博采众长，自主创新，实现了建设世界一流高速铁路的目标，构建了具有自主知识产权的高速铁路技术标准体系，为中国高铁大规模、高质量持续发展奠定了扎实的基础。

中国 NO.1

京沪高速铁路

我院总体设计的世界上一次建成标准最高、
线路最长、投资最大的高速铁路

Beijing-Shanghai HSR: TSDI undertakes the master
engineering design of the world's longest high-speed line
ever constructed with highest standard and most
investment in a single phase





忆往昔

一代代铁路人从京沪高铁的研究开始，徐徐铺开了我国高速铁路建设的画卷；历经秦沈客专、京津城际的研究实践，把京沪高铁锻造成代表我国高铁的一张靓丽名片。

看今朝

复兴号从这里率先上线，为广大人民群众提供了安全舒适便捷的出行体验，实现京沪两地当日往返；“复兴号奔驰在祖国广袤的大地上”，朝发夕至看尽四季变迁。

