

# 京沪高速铁路北京至沧州段 桥梁工程施工与创新

杜嘉俊

(中铁十七局集团有限公司,太原 030006)

[摘要] 针对京沪高速铁路北京至沧州段桥梁工程特点,重点介绍了代表性特殊结构桥梁的施工方法、区域性地面沉降地区桥梁工后沉降的控制措施,以及保证 350 km/h 无砟轨道高平顺性的施工技术创新措施。

[关键词] 高速铁路;桥梁;施工;创新

[中图分类号] U445 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)01-0022-04

## 1 前言

京沪高速铁路北京至沧州段,北起北京南站西端,沿既有西黄铁路南行,在黄村跨京山线,经廊坊到天津南站,再向南,过沧州西站,跨南运河至 104 国道,起止里程为 DK5+280.13 至 DK238+470.17,全长 224 km。

本段工程以桥梁为主,桥梁总长 209.4 km,占线路长度的 93%。其中,特大桥 4 座,大桥 1 座,中小桥 15 座,最长的桥梁为天津特大桥,长 113 km。

桥梁上部结构以预制双线预应力混凝土简支箱梁为主,共 6 046 孔,由 11 座梁场预制,架桥机架设。跨河跨路特殊结构桥梁 79 处。另外,为调跨需要,设 42 孔非标简支梁,支架法现浇。

桥上轨道全部采用 CRTS II 型板式无砟轨道。

## 2 主要技术指标

正线数目:双线;线间距为 5 m;最小曲线半径:一般地段 7 000 m,困难地段 5 500 m;最大纵坡为 20‰;洪水频率为 1/100;设计活载为 ZK 标准活载;设计速度为 350 km/h;牵引种类为电力牵引;列车类型为动车组;设计使用年限为 100 a。

## 3 桥梁结构简介

### 3.1 标准跨度

双线预应力混凝土简支箱梁的标准跨度主要有 20 m,24 m,32 m 和 40 m,以 32 m 跨度为主;预应力混凝土连续梁跨度以 (32+48+32)m,(40+56+40)m,(40+64+40)m,(48+80+48)m 及 (60+100+60)m 为主。

### 3.2 非标准跨度

跨越铁路、高速公路、城市高等级道路及大河的主桥采用特殊结构,如 (80+128+80)m,(37+2×53+37)m 及 (45+3×75+45)m 连续梁,(32+108+32)m 钢箱拱、71.5m 简支系杆叠拱、框架和空间刚构。

### 3.3 墩台

桥梁基础全部采用摩擦桩基础;桥台采用一字台结构;桥墩采用双线流线型圆端实体墩、圆端形实体矮墩、圆端形空心墩、矩形墩及单圆柱墩。

### 3.4 支座

采用可调高盆式橡胶支座和大吨位球型钢支座。

### 3.5 桥面结构

桥面设置防撞墙、挡碴墙、电缆槽、接触网支柱底座、遮板、步板、栏杆或声屏障、通信、电源等设施。

[收稿日期] 2008-10-25

[作者简介] 杜嘉俊(1965-),男,江苏江都市人,中铁十七局集团有限公司副总工程师兼京沪高速铁路北京至沧州段总工程师,中国铁建股份有限公司桥梁专业委员,长期从事桥梁工程建设和科研工作;E-mail:d5j5j5@126.com

声屏障根据环保要求设置,无声屏障地段设置栏杆。

#### 4 特殊结构桥梁简要施工方法

本段特殊结构桥梁共 6 类 79 处,其中连续梁 58 处,道岔梁 6 处,框架 9 处,空间刚构 2 处,钢箱拱 1 处,简支拱 3 处。代表性工点的简要施工方法介绍如下。

##### 4.1 跨西黄铁路上行线空间刚构

京沪高速铁路在 DIK16 + 747 处采用空间刚构跨越西黄铁路上行线。

如图 1 所示,空间刚构长 82.5 m,沿铁路方向分成 5 节,节段纵向长 16.5 m,横向宽 14.6 ~ 24.2 m,由桩基、承台、边墙、异形墩和顶板组成。边墙为拱形钢筋混凝土结构,厚 2 m,高 14.75 m。

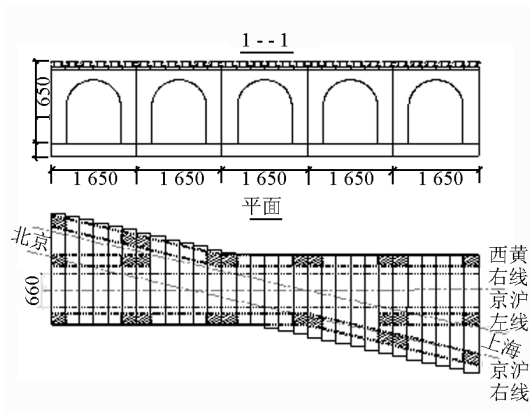


图 1 空间刚构结构示意图(单位:cm)

Fig. 1 Sketch of space rigid-frame structure (unit: cm)

顶板采用型钢混凝土梁(见图 2),每片梁长 7.6 m,

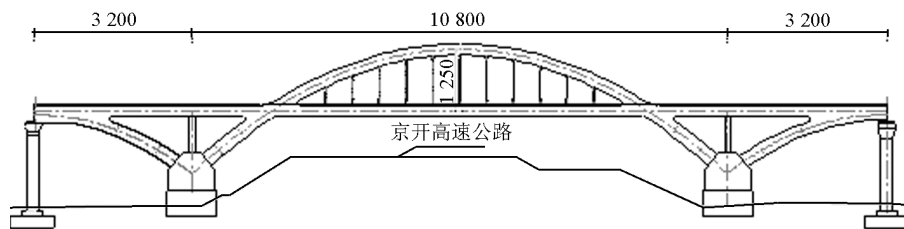


图 3 钢箱拱结构示意图(单位:cm)

Fig. 3 Sketch of steel box arch bridge (unit: cm)

边拱肋采用混凝土填充。

吊杆采用钢绞线整束挤压 D 型拉索,间距 5.4 m。

桥面系采用钢纵、横梁,顶面浇筑 30 cm 厚、C40

宽 2.75 m,高 1.25 m,重 49 t,内置 2 片 Q345qE 工字钢,翼缘板宽 0.8 m、厚 20 mm,腹板高 1 ~ 1.5 m、厚 16 mm。

型钢混凝土梁每节 6 片,共 30 片,与边墙之间通过 M22 高强度螺栓联接。

异形墩设在空间刚构两端,用于空间刚构与前后梁跨的衔接。

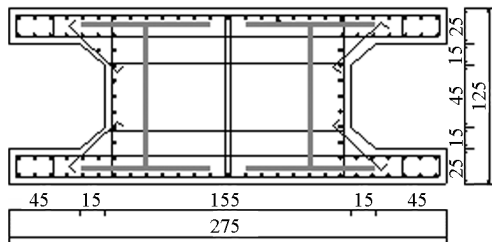


图 2 型钢混凝土梁截面(单位:cm)

Fig. 2 Cross section of structural steel concrete beam (unit: cm)

西黄铁路车流量大,开工之前,需设置路基防护桩,完成接触网过渡,保证既有线行车安全;顶板型钢混凝土梁结构新颖,需进行高流动性自密实混凝土配合比设计,研制特殊模具和浇筑工艺,以保证外包砼的质量和结构的整体性,在工厂加工预制,运到现场后,封锁要点,跨线吊装就位。

##### 4.2 跨京开高速公路(32 + 108 + 32) m 钢箱拱

京沪高速铁路在 DK20 + 389.47 处采用(32 + 108 + 32) m 钢箱拱上跨京开高速公路。

如图 3、图 4 所示,主拱矢高 24 m,矢跨比 1:4.32,拱轴线采用二次抛物线。拱肋截面为箱形,宽 1.6 m,拱顶处高 2.4 m,拱肋处高 3.6 m,横向中心间距 12 m。

混凝土桥面板。

拱肋在桥面以下设 K 型横撑联接,桥面以上设一字型横撑。

主纵梁内设预应力系杆,以平衡水平推力。

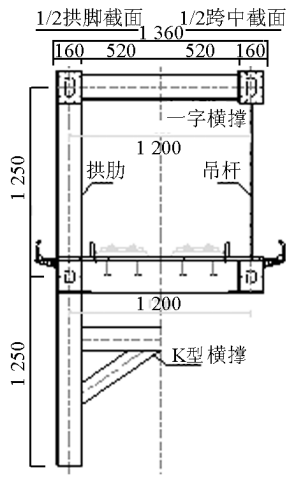


图4 钢箱拱主跨截面图(单位:cm)

Fig. 4 Cross section of steel box arch bridge (unit: cm)

京开高速公路车流量大,为减少施工干扰,钢箱拱采用水平转体法施工,即待桥墩基础和转动系统完工后,在公路两侧顺路方向上搭设支架和扣索塔架,利用大吨位起重机逐段吊装纵横梁、拱肋和吊杆,张拉扣索后拆除支架,钢箱拱水平转体就位,线形调整后封固转盘。接着拼装合龙段,安装横联,初步张拉预应力系杆,分段浇筑混凝土桥面板,3个月后浇筑桥面板湿接缝,终张拉预应力系杆。

#### 4.3 简支系杆叠拱

京沪高速铁路在 DK55+036.45 处采用 71.5 m 跨简支系杆叠拱跨越廊坊市广阳道。

如图 5 所示,简支系杆叠拱由钢管混凝土拱与预应力混凝土简支梁组合而成。钢管混凝土拱上下双层叠置,拱轴线采用二次抛物线,竖向两拱之间设置连接杆,横向正对两道拱之间各设置一道横撑和两道 K 型横撑。

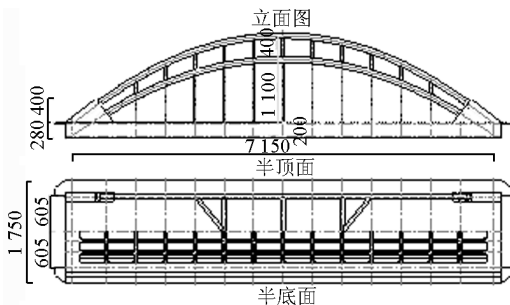


图5 简支系杆叠拱结构示意图(单位:cm)

Fig. 5 Sketch of simply-supported tied dual arch bridge (unit: cm)

简支梁采用预应力混凝土纵横梁结构(见图6),主纵梁高 2.8 m。

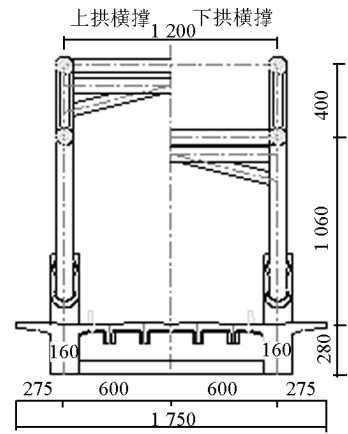


图6 简支系杆叠拱截面(单位:cm)

Fig. 6 Cross section of simply-supported tied dual arch bridge (unit: cm)

吊杆采用平行钢丝成品索,上端锚固于下道钢管拱顶部,下端锚固在主纵梁内的钢锚箱上。

简支系杆叠拱采用“先梁后拱”法施工,简支梁在支架上分段浇筑后,再在梁上搭设支架,吊装钢管拱,压注混凝土。初步张拉吊杆后,拆除全部支架,最后调整吊杆张力和梁体线形。

#### 4.4 跨南运河(80+128+80)m 连续梁

京沪高速铁路在 DK236+614.7 处采用(80+128+80)m 连续梁跨越南运河。

如图 7 所示,梁体为直腹板、变高度单箱单室结构,顶宽 13.4 m,底宽 7 m,中支点处梁高 9.6 m,跨中及边跨直线段梁高 5.6 m。梁体混凝土 C50,三向预应力体系。

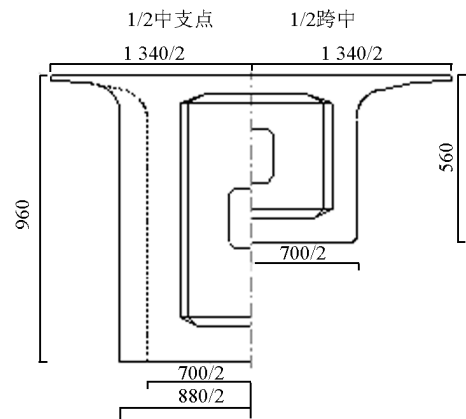


图7 (80+128+80)m 连续梁截面(单位:cm)

Fig. 7 Cross-section of pre-stressed concrete box beams in the span of (80+128+80)m (unit: cm)

0号段长 18 m,1号~20号悬浇段长 2 m, 2.5 m,2.75 m,3 m,3.25 m及 3.5 m,最重梁段 158 t,合龙段长 2 m,边跨直线段长 15.75 m。

该连续梁为京沪高速铁路最大跨连续梁,梁体采用悬臂浇筑法施工。

## 5 施工技术创新

京沪高速铁路是目前世界上设计标准最高、规模最大、一次建成线路最长的高速铁路。

设计时速 350 km 对轨道的平顺性和稳定性、桥梁基础的工后沉降和结构变形的控制达到毫米级。与普通铁路施工相比,需对工艺进行精密控制,对工况进行精确分析,对工序安排进行科学组织,因此对施工技术提出了很高要求。北京至沧州段桥梁施工过程中,需在以下几个方面展开科技攻关,实现施工技术创新。

### 5.1 桥梁基础工后沉降及梁体长期变形控制技术

根据京沪高速铁路相关规定,无砟轨道桥梁基础的工后均匀沉降容许值为 20 mm;静定结构相邻墩台的沉降量之差容许值为 5 mm;超静定结构相邻墩台的沉降量之差容许值除满足静定结构相邻墩台沉降量之差容许值外,还应根据沉降对结构产生的附加应力影响而定。梁体的徐变上拱值不大于 10 mm。

为实现上述目标,桥梁基础的工后沉降通过钻机选型、泥浆制备、工序组织、孔底沉渣厚度检测等环节加强控制;梁体的徐变上拱通过砼配合比、材料质量、预应力张拉以及加载龄期等环节进行有效控制。

同时,按照《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》(铁建设[2006]158号)对基础和梁体分别进行沉降观测和徐变上拱观测,通过评估,为确定架梁时间和无砟轨道施工时间提供科学依据。

### 5.2 区域性地面沉降观测与墩台高程控制技术

北京至沧州段处于区域性地面沉降带。2008年3月首次复测,相对2007年5月测量结果而言,最大沉降达 58.5 mm。2008年9月份第二次复测,累计最大沉降达 107.5 mm。

区域性地面沉降的存在影响到无砟轨道的平顺性。除设计采取可调高支座措施外,现场还制订了以下对策,并逐项研究:a. 布设沉降观测网,定期测量、分析区域性地面沉降情况及趋势;b. 适当推迟墩台支座垫石浇筑时间;c. 限定施工临时取水并距线路的距离;d. 适时封闭桥梁地段距线路中心 100 m 范围内的取水井。

### 5.3 特殊结构桥梁线形控制技术

《客运专线无砟轨道铁路工程施工质量验收暂行标准》(铁建设[2007]85号)规定:a. 轨面高程允

许偏差  $-6\text{ mm} \sim 4\text{ mm}$ ; b. 轨道板铺设高程允许偏差  $\pm 0.5\text{ mm}$ ; c. 水泥沥青砂浆的厚度应符合设计规定,不得小于 20 mm,不宜超过 40 mm; d. 混凝土底座顶面高程允许偏差  $\pm 5\text{ mm}$ 。

《客运专线铁路桥涵工程施工质量验收暂行标准》(铁建设[2005]160号)明确连续梁悬臂浇筑时:a. 梁段顶面高程允许偏差  $\pm 10\text{ mm}$ ; b. 梁上拱度与设计值偏差  $\pm 10\text{ mm}$ 。

根据上述暂行标准,无砟轨道地段特殊结构桥梁施工时,需严格控制梁体的线形,确保顶面高程的偏差满足高精度无砟轨道施工要求。

#### 5.3.1 钢箱拱线形控制技术

跨京开高速公路(32+108+32)m 钢箱拱是京沪高速铁路上的一座景观桥。在转体法施工过程中,需对不同工况进行结构正装和倒装分析研究,以确定合适的预拱度、扣索张力及预应力系杆加载程序,确保合龙后的线形达到设计要求,满足高精度无砟轨道施工要求。

#### 5.3.2 简支系杆叠拱线形控制技术

跨廊坊市广阳道 71.5 m 简支系杆叠拱开工前,需对支架法先梁后拱施工的不同工况进行结构分析,研究确定科学的简支梁分段浇筑方案、预拱度值、钢管混凝土拱制造线形、组合结构体系转换方法以及吊杆张拉与内力调整顺序,使梁体线形与设计线形相吻合,并满足高精度无砟轨道施工要求。

#### 5.3.3 连续梁线形控制技术

开工之前,优选砼材料和配合比,最大限度地减少徐变上拱量。施工过程中,尽可能采集符合实际的参数,通过模拟分析不同工况,综合确定立模标高、加载龄期、张拉控制力和合龙时间,有效控制合龙段两端的高差以及体系转换后的梁体线形,满足高精度无砟轨道施工要求。

## 6 结语

京沪高速铁路北京至沧州段桥梁占线路比重大,上部结构类型多,基础工后沉降及梁体收缩徐变控制标准高,再加上区域性地面沉降的影响,只有在施工方案、工装设备、原材料质量、工艺流程、作业人员素质以及施工组织等方面采取有效措施,通过技术创新,才能满足 350 km/h 无砟轨道的高平顺性要求。

(下转 59 页)