

文章编号:1004-2954(2014)01-0072-04

# 张涿高速公路卧佛寺连接线永定河大桥方案研究

曹 全

(北京铁路局,北京 100860)

**摘 要:**目前国内公路上跨铁路桥的方案主要包括预制架设、悬臂浇筑、顶推、转体施工等方案,随着铁路运输的日益繁忙,桥梁设计方案,应尽量减少对铁路运营的干扰,降低公路桥梁施工方案对铁路运营安全的风险。张涿高速公路卧佛寺连接线永定河大桥经过多方案的比较研究提出了墩中转体的刚构连续梁方案,降低了工程风险,缩短了施工工期。

**关键词:**公路桥;组合刚构;墩中转体;风险控制

**中图分类号:**U442.5<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A **DOI:**10.13238/j.issn.1004-2954.2014.01.018

## Schematic Study of Yongding River Bridge on the Connecting Line from Zhangjiakou-Zhuozhou Expressway to Buddha Temple

CAO Quan

(Beijing Railway Bureau, Beijing 100860, China)

**Abstract:** At present, the erection schemes for any highway bridge crossing above railway mainly include the precast erection method, cast-in-situ cantilever method, incremental launching method, the swing method and so on. However, because railway transportation is becoming busier and busier, the erection scheme of a highway bridge crossing above railway should be carefully planned in order that the interference and the risk in railway operation can be minimized as much as possible when erecting the highway bridge. For the Yongding River Bridge on the connecting line from Zhangjiakou-Zhuozhou Expressway to Buddha Temple, by means of comparative study on multiple schemes, a good scheme of erecting a rigid-frame continuous girder by swing method at the middle part of pier were put forward with which the project risk has been reduced and the construction period has been shortened.

**Key words:** highway bridge; composite rigid frame, bridge erecting by swing method at the middle part of pier; risk control

### 1 工程概况

张涿高速公路卧佛寺连接线(康祁公路)永定河大桥位于官厅水库大坝下游 150 m 处,跨越官厅水库下游永定河段及丰沙铁路(上、下行线),与丰沙铁路下行线交叉角度约为 74°,桥位处永定河段河床底面宽约 102 m,两侧山坡陡峭;跨越丰沙铁路上、下行线间距约为 34.8 m,高差约为 13.5 m。在初步设计阶段提出了需要对丰沙铁路上下行进行棚洞防护的跨度为(55+98+98+55) m 刚构连续梁方案、在 3 号墩进行单

转体的跨度为(55+98+98+55) m 刚构连续梁方案以及在 2 号墩采用墩中转体同时 3 号墩采用墩底转体的桥跨布置为(58+93+97+58) m 刚构连续梁方案,通过 3 个方案进行工程风险分析研究,最终实施方案为双转体方案。桥梁全长 308 m。桥梁全宽 12.4 m。

### 2 方案设计

#### 2.1 设计原则

针对建设条件、结构方案、施工技术安全、运营管理安全风险进行研究,从而更加全面地进行桥型方案比选,优化工程建设方案,以达到安全、经济、高效的管理目标,帮助业主、建设方和有关部门做出科学决策。初步设计阶段安全风险评估采用专家调查法,实施过

程中引入了专家参与、专家咨询、专家决策过程。在实施过程的诸多环节——风险源筛选、风险分析、风险评估、应对策略等,都有专家参与咨询和决策。

(1)该项目建设环境特点之一,官厅水库下游的永定河是首都的水源地之一,在设计方案上需要采取桥面全封闭措施,确保桥上污水不排到永定河中。施工期间要特别注意环境保护,制定可行的施工方案。

(2)该项目建设环境特点之二,本桥跨越繁忙的丰沙铁路上下行,各方案均需要采取可靠措施,保证施工期间对铁路运营风险的影响最小。在桥型选择上,丰沙铁路运营的安全是最大的风险源。

(3)该项目建设环境特点之三,针对本桥跨越山谷,桥墩的高度相差很大,从刚度匹配合理的角度,3号墩墩顶需要设置活动支座,从而形成了刚构连续梁桥方案。

(4)针对高墩稳定性风险,加强最大悬臂及成桥后的稳定性非线性计算分析;计入施工规范容许范围内的误差对结构的影响;充分考虑薄壁墩在风、温等作用下的高墩稳定性。为了降低施工安全风险,在风险评估的基础上,采用墩中转体的施工技术,减轻转体重力,合理确定了采用40 m墩高的转体方案。

(5)针对成桥受力状态不确定性以及风力、温度作用下结构受力性能变化不确定性,采用多种空间结构分析软件进行仿真计算分析,严格现场控制和周密施工全过程监控。

## 2.2 设计标准

(1)道路等级:二级公路。

(2)计算行车速度:60 km/h。

(3)荷载标准:公路-I级的1.3倍。

(4)桥梁设计基准期:100年。

(5)桥面宽度:净宽11.4 m+2×0.5 m防撞护栏=12.4 m。

(6)桥面横坡:1.5%双向横坡。

(7)桥面铺装:13 cm厚C40混凝土调平层+5 cm厚中粒式沥青混凝土。

(8)桥下净空:本桥跨越丰沙铁路,桥下净高>7.96 m。

(9)抗震设防烈度:8度,地震动峰值加速度:0.2g。

## 2.3 大桥设计方案

### 2.3.1 55 m+98 m+98 m+55 m 刚构连续梁方案(方案1)

全桥采用主跨为98 m的刚构连续梁方案,桥梁全长308 m。考虑跨越铁路及保证合龙段与铁路有一定安全距离,跨径布置为(55+98+98+55) m,采用铁路栅护后对称悬臂浇筑的方法进行梁体的施工,在丰沙线上下行之间设计2 m合龙段,合龙段中心距丰沙上行11.2 m。通过防洪评价,在永定河中设2个50 m左右的高墩,墩梁固结,3号墩墩高11.4 m,墩顶设纵向活动支座。<sup>[1-3]</sup>见图1。

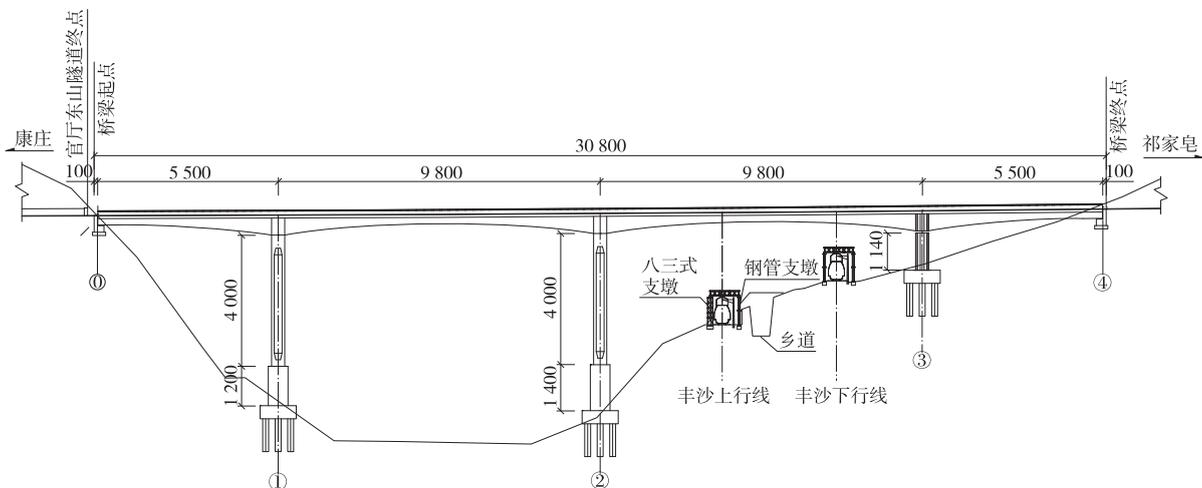


图1 方案1立面布置(单位:cm)

主梁:(55+2×98+55) m T构箱梁为变高单箱单室截面,箱梁顶宽12.4 m,底宽7.0 m;箱梁高度在与主墩墩身对应的梁段4.0 m范围内梁高均为6.0 m,边跨现浇段处及跨中处梁高均为2.75 m,其余部位梁高按二次抛物线变化。箱梁在主桥主墩处4.0 m范围为实体中横隔梁,在桥台处设置2.5 m厚边横梁,中横梁

上均设有过人洞。

主墩:1号、2号主墩均采用圆端形空心薄壁墩配圆端形实体墩座,墩高分别为52 m和54 m。3号墩采用圆端形实体桥墩。3号墩高11.4 m。考虑到3号墩刚度大,为减小梁体温度应力,3号墩墩顶拟设置盆式支座,针对采用的对称挂篮悬浇,在3号墩顺桥向距墩

中心3 m处对应腹板位置对称设置钢管混凝土临时支墩,顺桥向每侧临时墩采用 $\phi 1\ 000\text{ mm}\times 30\text{ mm}$ 钢管混凝土立柱2根,内灌注C50补偿收缩混凝土,两立柱间布置2根 $\phi 1\ 000\text{ mm}\times 30\text{ mm}$ 的水平横撑形成格构,每根立柱顶布置7根JL32精轧螺纹钢,用于抵抗悬浇时的不平衡力矩,设计不考虑落梁。

本方案主要针对施工图(55 m+98 m+98 m+55 m组合刚构)中铁路棚洞防护要点时间长,施工风险与难度大,铁路局各相关部门提出由于丰沙铁路至2009年底运量陡增,铁路棚洞防护施工对铁路影响过大,明确表示铁路棚洞防护施工基本不具备可行性。

### 2.3.2 58 m+95 m+95 m+58 m 连续刚构方案(方案2)

全桥采用主跨为95 m的刚构连续梁方案,跨径布置为(58+95+95+58) m,桥梁全长308 m。该方案将丰沙铁路下行线西侧3号桥墩设转体墩,3号墩顶段梁体采用先平行于铁路方向挂篮悬浇然后转体至桥位的平转方案,转体角度 $74^\circ$ ,转体质量约为8 500 t。其余2个高墩墩顶梁段采用挂篮悬臂浇筑方案,在2个中跨设合龙段。考虑转体梁端跨越铁路时,合龙段与铁路应有足够的安全距离,转体时梁体按不平衡梁段布置(即65 m+52 m),跨越铁路侧为65 m悬臂,转体到位后跨过丰沙铁路上下行线,在丰沙铁路跨上行线东侧设置合龙段的方案。平行铁路浇筑梁体时,控制悬浇梁段边缘距离丰沙铁路下行线最小距离为18.60 m;转体到位后梁端距离丰沙铁路上行线最小距离为6.02 m。承台平行于铁路下行线设置,距铁路下行线最小距离14.77 m。

**主梁:**主梁采用混凝土箱梁。箱梁顶宽12.4 m,底宽7.0 m,与墩固结处梁高8.0 m,跨中梁高3.5 m,顺桥向梁高呈二次抛物线变化。主梁为单箱单室截面,两侧悬臂长均为2.7 m。

**主墩:**1号、2号主墩均采用圆形空心薄壁墩,墩高均为54.0 m,3号转体墩采用圆端形实体桥墩。3号转体墩墩高10.0 m,墩横桥向宽7.0 m,顺桥向宽自墩底至墩顶由5.0 m渐变至4.0 m。考虑到3号墩刚度大,为减小梁体温度应力,3号墩墩顶拟设置盆式支座,进行梁体现浇和转体前,应将墩梁进行临时固结同时需要将上下转盘进行临时锁定。

设计方案采用支架现浇方案,设计和施工难度均较大,转体时,边跨需要较大吨位的配重,该方案技术上可行,但桥型方案上存在较大的工程风险<sup>[4]</sup>。

### 2.3.3 55 m+93 m+97 m+58 m 连续刚构方案(方案3)

考虑桥梁上跨丰沙铁路,为保证桥梁施工期间减少对铁路的干扰,桥梁布置为(58+93+97+58) m刚构

连续梁方案,桥梁全长308 m。刚构上部结构采用变高度预应力混凝土单箱单室箱梁,其中2、3号桥墩处采用转体施工跨越丰沙铁路上下行线,转体角度分别为 $65^\circ$ 和 $74^\circ$ ,转体质量分别为7 200 t、6 100 t。<sup>[5-9]</sup>1、2号桥墩采用矩形空心薄壁墩配嵌岩桩基础,3号桥墩采用矩形实心墩配嵌岩桩基础,除1号墩墩身底部设有直径7 m圆端形实体墩座外,2号、3号墩墩身底部均设有直径10 m实体墩座与承台连接;桥台采用实体桥台扩大基础。方案3见图2。

桥梁上部结构采用一联(58+93+97+58) m组合刚构箱梁,箱梁为变高单箱单室直腹板截面,箱梁顶宽12.4 m,底宽7.0 m;在与桥墩墩身对应的梁段4.0 m范围内箱梁高度均为6.5 m,在桥台及主跨跨中处梁高为3.0 m,边跨现浇段梁高均为3.0 m,其余部位梁高按二次抛物线变化;箱梁顶板厚0.3 m;箱梁底板厚度在主墩处为1.8 m,桥台处及主跨跨中处分别为0.85 m、0.35 m,其余按二次抛物线渐变;箱梁腹板的厚度在0.5~0.9 m之间根据剪力大小变化。箱梁在1号、2号桥墩处6.0 m范围设置2组1.0 m厚中横隔梁,3号桥墩处4.0 m范围内设置4.0 m厚中横隔梁,在两侧桥台处均设置2.38 m厚端横隔梁,在桥墩处中横隔梁上均设有人洞。在箱梁近桥台处底板上设置 $\phi 100\text{ cm}$ 永久进人孔,同时于腹板上按一定间隔设置 $\phi 10\text{ cm}$ 通气孔。箱梁顶面设1.5%双向横坡,横坡由顶板倾斜而成。

1号、2号墩身均采用矩形空心薄壁墩,墩身截面横桥向宽7.0 m,顺桥向宽6.0 m,壁厚1.0 m。1号墩身下设19 m高圆端形实体墩座,墩座横桥向宽14.0 m(两端为半径3.5 m圆端形),顺桥向宽7.0 m。2号墩身下设直径10.0 m圆形实体墩座,墩座高16.0 m。1号、2号实体墩座下设4.0 m高承台,承台顺桥向宽为11.0 m,横桥向宽为14.8 m。

主墩墩身、上转盘及承台均采用C40混凝土(球铰局部采用C50混凝土),桩基均为水下C30混凝土。

3号墩身采用矩形实心墩,墩身截面横桥向宽7.0 m,顺桥向宽4.0 m。墩身下设直径10.0 m圆形实体墩座,墩座高4.1 m。实体墩座下设4.0 m高承台,承台顺桥向宽为11.0 m,横桥向宽为11.0 m。考虑到3号墩刚度大,为减小梁体温度应力,3号墩墩顶拟设置盆式支座,进行梁体现浇和转体前,应将墩梁进行临时固结同时需要将上下转盘进行临时锁定。

3号墩梁临时固结方案:根据转体重力及转体重心位置,研究确定在墩顶支座垫石两侧预埋4组钢构件,用于抵抗转动产生的惯性矩。4组预埋钢构件顺桥向距墩中心2.0 m,横桥向间距为5.0 m,每组钢构

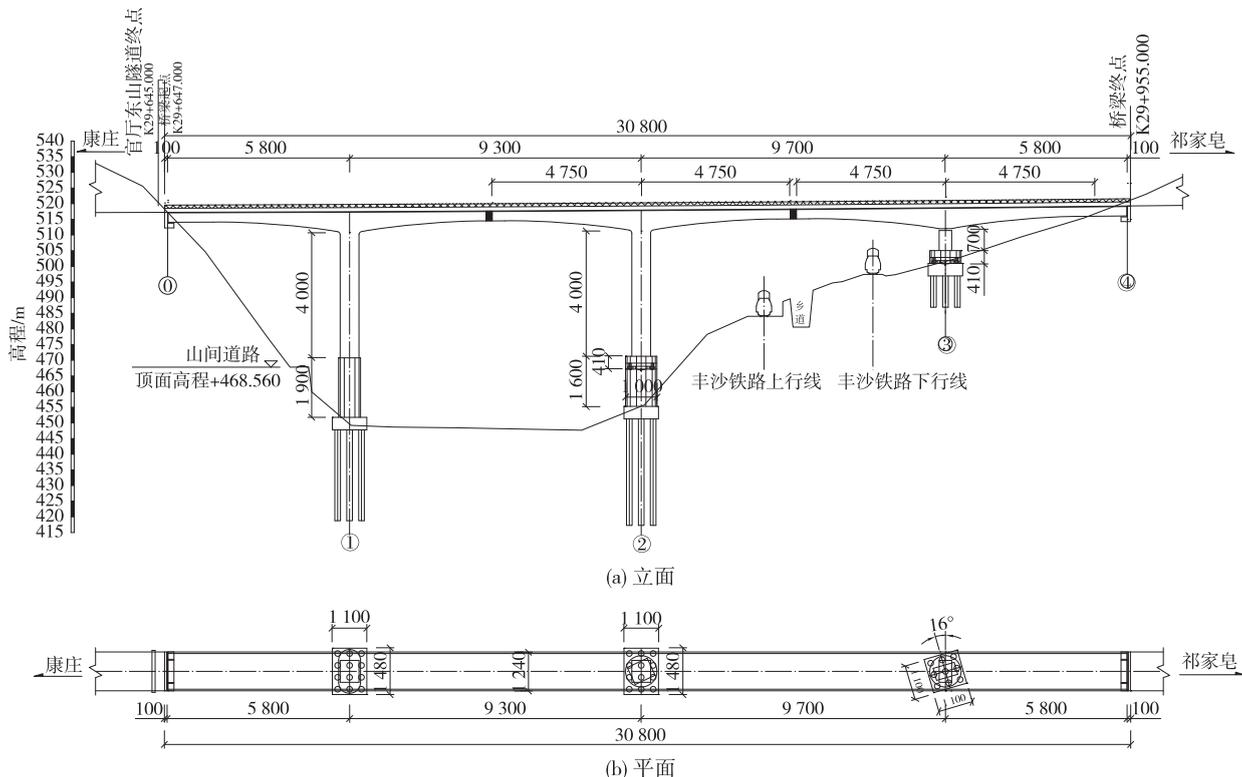


图2 方案3(单位:cm)

件由5根 I45a 焊接组成,长度为3 000 mm,埋入墩顶及梁体的长度均为1 200 mm。

墩梁临时固结方案的计算采用通用结构分析软件——ANSYS10.0。为了计算方便,将变截面箱梁截面简化成等截面箱梁;同时为了真实地反应结构的受力情况,将箱梁的容重按阶段进行变化。在计算中假定5根工字钢是连成整体的。

墩身和墩座及梁体采用混凝土实体单元——SOLID65 单元,钢管采用管单元——PIPE16 单元,工字钢采用壳单元——SHELL63 单元,支座采用各向异性实体单元——SOLID64 单元。混凝土 SOLID65 单元共有153 129个,管 PIPE16 单元共有93 747个,壳 SHELL63 单元共有2 400,各向异性 SOLID64 单元共有384个。整个结构共划分80 598个节点,249 660个单元。桥墩和临时固结的模型如图3所示。

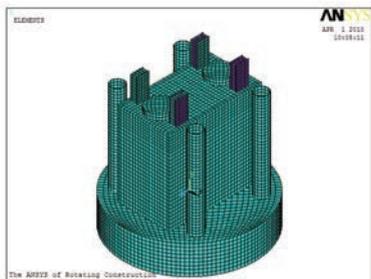


图3 单元局部模型

通过分析计算得到如下结论:钢管和工字钢的刚度和强度均满足设计要求,钢管的顶、底与混凝土接触部位、工字钢和墩身接触部位应力均超标。因此设计时在相应位置均需采用普通钢筋加强,减少应力集中效应。

### 2.4 方案比选

本桥的3个刚构连续梁方案,其建设条件的最大风险源为跨越繁忙的丰沙线;桥型结构的最大风险为主墩高度和上部结构跨径较大导致结构受力不合理;施工的最大风险为高墩最大悬臂下的稳定性和挂篮悬浇的施工安全风险。从对铁路运营损失影响程度及施工中对铁路运营安全风险最小的角度出发,方案一的施工安全风险大,棚洞安拆周期长给铁路运营带来的经济损失大。方案二采用3号墩不对称转体跨越丰沙上下行线,设计和施工难度大,结构安全风险大。方案三采用墩中转体及3号墩设为转体墩的双转体跨中合龙方案,结构方案风险小,施工安全风险可控,该方案被专家及有关管理部门认可。

### 3 结论

本桥的难点在于桥梁采用双转体施工跨越既有丰沙铁路及永定河,其中2号桥墩为56 m高墩转体,为了降低施工难度,转体系统设计在承台顶面以上16 m处桥墩中间部位;3号墩采取了将梁与墩临时锁定后

文章编号:1004-2954(2014)01-0076-04

# 高速铁路桥梁钻孔桩基础设计

姬伟力

(中铁第一勘察设计院集团有限公司桥隧处, 西安 710043)

**摘要:** 钻孔桩基础在高速铁路桥梁设计中得以广泛运用。桩基础类型的选择及设计多受地质、墩台类型等影响, 制约因素多, 尤其是应用于高速铁路设计时, 其承载性能直接关系到高速铁路的舒适度以及运营安全。根据在实际工作中的设计经验, 从宝鸡至兰州高速铁路客运专线桩基础设计要求入手, 在桩基础类型选择、桩长拟定、单桩承载力确定这几个方面阐述了高速铁路桩基础设计要点, 对其他高速铁路桩基础设计具有一定的参考借鉴和指导意义。

**关键词:** 高速铁路; 桩基础类型; 桩长; 承载力; 湿陷性黄土

**中图分类号:** U238; U443.16 **文献标识码:** A **DOI:** 10.13238/j.issn.1004-2954.2014.01.019

## Design of Bored Pile Foundation of Bridge on High-Speed Railway

JI Wei-li

(Bridge and Tunnel Design Department, China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China)

**Abstract:** At present bored pile foundation has widely been adopted in the design of high-speed railway bridge. However, the selection and design of pile foundation type are often restricted by several factors, such as geological condition, bridge pier type and abutment type. Especially, when being adopted in the bridge design of high-speed railway, the load-bearing capacity of bored pile foundation will be directly related to the riding comfort level and operation safety of high-speed railway. For this reason, this paper, in combination with design experience in practical works, and in view of the design requirement of bored pile foundation of Baoji-Lanzhou passenger dedicated line, expounds the key points of pile foundation design of high-speed railway, including how to select the pile foundation's type, how to design the length

收稿日期:2013-05-07; 收稿日期:2013-06-26

作者简介:姬伟力(1981—),男,工程师,2003年毕业于西南交通大学土木工程专业,工学学士,E-mail:weiliji1981@gmail.com.

共同进行墩底转体的设计方案,3号墩顶梁部因墩高较低,采用了支架现浇工艺,2号墩T构部分采用了悬臂施工工艺。本桥具有施工工艺复杂,设计难度大的特点,高墩转体通过精细的稳定性检算和工法研究,成桥效果达到了设计要求。2012年5月8日该桥顺利完成了关键双转体工序,2012年10月建设完工。

### 参考文献:

- [1] JTGD60—2004 公路桥涵设计通用规范[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [2] JTG D60—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [3] JTG D63—2007 公路桥涵地基与基础设计规范[S].北京:人民交通出版社,2007.

- [4] 中华人民共和国交通运输部. 交公路发[2010]175号 公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估指南[S].北京:人民交通出版社,2010.
- [5] 魏峰,陈强,马林.北京市五环路斜拉桥转动体不平衡重称重试验分析[J].铁道建筑,2005(4):4-6.
- [6] 李拉普.跨线连续箱梁桥平面转体施工技术[J].铁道标准设计,2009(8):55-57.
- [7] 余常俊,刘建明,张翔,贺厚.客运专线上跨既有繁忙干线铁路连续梁水平转体施工关键技术[J].铁道标准设计,2009(12):46-51.
- [8] 赵建云.松江玉树路跨线桥转体施工技术[J].上海公路,2003(4):28-31.
- [9] 张健峰,钟启宾.桥梁水平转体法施工的技术成就[J].铁道标准设计,1992(6):19-28.