

永定河大桥现浇结构模架设计与施工技术

李广东, 荀学思, 赵德刚

(北京城建道桥建设集团有限公司, 北京 100124)

摘要:阐述了箱型板拱桥模架的设计及施工工艺,论述了箱型板拱桥拱圈模板主龙骨微弯双钢管、倾斜混凝土上表面压模、箱型拱圈混凝土及配重混凝土浇筑、拱圈线形控制、拱上现浇箱梁、空心板梁支架及基础处理等设计及施工关键技术。

关键词:桥梁;箱型板拱桥;模架;设计;施工

中图分类号: U 442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7767(2014)S1-0049-06

Formwork Brackets Design of Cast-in-place Structure of Yongdinghe Bridge and Its Construction Technology

Li Guangdong, Xun Xuesi, Zhao Degang

1 工程概况

拟建梅市口路(玉泉路—长兴路)道路工程是北京市西部丰台、房山、门头沟区的一条重要的进城通道,全长 8.5 km。

永定河大桥上部结构形式为上承式钢筋混凝土板拱,总计为 11 孔,跨径从 70 m 渐变到 35 m 后与西侧河堤平交,跨河部分桥梁长 553.33 m,单幅宽度为 21.25 m。拱上为现浇简支箱梁及现浇简支空心板梁结构,桥梁下部结构为钢筋混凝土拱座及桩承结构,桥台为重力式 U 型桥台。其中桥梁拱圈结构 35 m,跨径拱肋为 90 cm 厚混凝土实体板型断面,其余拱肋为箱型断面,40、50、60、70m 跨径箱型断面厚度分别为 1.2、1.4、1.6 m 和 1.8 m。上部结构为现浇空心板及箱梁,单幅桥宽 21.25m。

2 模架设计的重点及难点

1)该桥梁位于永定河绿色生态走廊,对桥梁外观质量要求较高,且设计模架时还应考虑相关的环境保护措施,所配置的模板品种和产品质量必须可靠,绿色环保。同时由于局部地基承载力较低,模架基础设计时,应考虑对局部基础进行处理,保证模架的安全稳定性。

2)由于该桥梁拱圈跨径、断面形式各不相同,故在拱圈模架计算时应针对不同跨径、断面形式,分别进行设计与计算。上部结构箱梁、空心板支架搭设时,下

部基础处于拱圈弧线上,搭设支架时需进行处理。同时施工处于雨季,对于防洪防汛也有一定要求,需对部分排架进行单独设计。

3 模架设计

3.1 拱圈模架设计

3.1.1 设计原则

该工程支架体系设计的指导思想和选型原则:安全可靠,施工操作方便,经济合理。

3.1.2 架体设计

1)标准段

标准段采用满堂红碗扣式钢管支架体系。结合该工程实际情况,大桥拱圈主要采用满堂红碗扣式钢管支架体系, $\varnothing 48 \times 3.5$ mm 碗扣钢管。顺桥向立杆间距 60 cm,横桥向间距 90 cm(腹板下加密为 60 cm),步距 120 cm。

2)门洞

门洞采用满堂红碗扣式钢管支架+工字钢支撑体系。为满足施工人员、车辆通行需要,需设立 2 个门洞,每个门洞宽 5.4 m、高 5.4 m。

每侧门洞支墩架设 5 根立杆,顺桥向立杆间距 30 cm,横桥向间距 60 cm,步距 60 cm。门洞上方主梁采用 9 m 长的 60a 工字钢顺桥搭设,间距 90 cm(腹板下加密为 60 cm)。

60a 工字钢以下为横桥向 20a 工字钢,每侧门洞支

墩 2 根;横桥向 20a 工字钢以下为顺桥向 1.5 m 长的 20a 工字钢,该工字钢直接搭设在 5 根立杆的顶撑上。

60a 工字钢以上直接搭设碗扣架底座。

3) 行洪通道

行洪通道处支架采用钢管立柱+贝雷梁支撑体系。为满足永定河行洪需要,在跨径 70 m 的支架搭设时预留行洪通道,顺桥向宽 39 m,分 3 孔。

条形基础上横桥向每排 10 根 $\text{Ø}630 \times 10 \text{ mm} @ 2.5 \text{ m}$ 钢管柱,2 排为 1 组,每跨的行洪通道里有 4 组钢管柱,每跨顺桥向净空 39 m。钢管柱上横桥向码放双拼 40a 工字钢,工字钢上接贝雷梁,贝雷梁横桥向间距 90 cm (腹板下加密为 60 cm)。

3.1.3 拱圈底模设计

拱圈底模主、次龙骨分别采用 2 根 $\text{Ø}48 \times 3.5 \text{ mm}$ 微弯钢管及 10 cm \times 10 cm 木方,面板采用 15 mm 厚酚醛覆面胶合板。

3.1.4 拱圈压模设计

由于现浇拱圈上表面属倾斜模板,在混凝土浇筑时需采用模板压模。

现浇拱圈压模适用于拱圈底板及顶板浇筑上表面模板,箱梁底模、顶模采用 15 mm 厚酚醛覆面胶合板,次龙骨为 10 cm \times 10 cm 方木,间距 30 cm,横桥向布置。次龙骨上为顺桥向 2 $\text{Ø}48 \times 3.5 \text{ mm}$ 微弯弧形钢管做主龙骨,主龙骨间距 90 cm。主龙骨通过长丝杆的穿墙螺栓和下部架体连接。

拱圈压模分为 3 个部分,分别为标准箱型板拱桥底(顶)板上模板,底(顶)板上模板限位装置,箱型板拱桥底(顶)板压模模板。标准箱型板拱桥底(顶)板上模板及箱型板拱桥底(顶)板压模模板通过底(顶)板上模板限位装置与底模连接。

标准箱型板拱桥底(顶)板上模板由 1.5 cm 厚酚醛覆面胶合板及 10 cm \times 10 cm 方木的次龙骨组成。根据箱室或顶板尺寸进行加工。

标准箱型板拱桥底(顶)板上模板限位装置由 2 根 1 组的纵向微弯钢管主龙骨、限位螺栓、双层燕尾卡组成,2 根 1 组的纵向微弯钢管通过穿墙螺栓与双层燕尾卡固定。

标准箱型板拱桥底(顶)板压模模板由 1.5 cm 厚酚醛覆面胶合板及 10 cm \times 10 cm 方木的次龙骨组成。加工尺寸为 1.2 m \times 1.4 m。

在施工过程中,先将标准箱型板拱桥底(顶)板上模板及标准箱型板拱桥底(顶)板上模板限位装置安

装完毕,然后进行混凝土浇筑,在混凝土浇筑的过程中,随着混凝土的推进,逐步将标准箱型板拱桥底(顶)板压模模板固定于标准箱型板拱桥底(顶)板上模板限位装置内,即边施工边安装。在安装完下层标准箱型板拱桥底(顶)板上模板压模模板后,则继续使用上层振捣孔进行下步混凝土浇筑施工。

标准箱型板拱桥底(顶)板上模板限位装置中的穿墙螺栓设置间距不宜超过 1 m。

3.2 拱上模架设计

3.2.1 基础处理

该工程由于现浇梁板支架体系只有翼板部分直接投影于地面,其余部分均需直接支撑在新浇筑拱圈上。拱圈为弧形结构,支架底托无法直接作用在拱圈顶面上,根据支架底托散射角关系,需在新浇筑拱圈上浇筑 25 cm 宽的 C20 混凝土,为支架底托提供平面。考虑到安全因素,还需在浇筑拱圈顶板时,采用预埋 $\text{Ø}12$ 螺纹钢筋的方式对 C20 混凝土进行支撑, $\text{Ø}12$ 螺纹钢筋间距 50 cm。

3.2.2 架体设计

拱上模架采用满堂红碗扣支架支撑体系。桥梁纵向支架立杆的步距根据梁体结构采取两种方式:现浇箱梁及现浇空心板梁结构。其中现浇箱梁箱室及翼板部分,纵向间距为 90 cm,横向间距 90 cm;肋板部分,纵向间距为 90 cm,横向间距 60 cm。空心板梁由于板室数量较多,梁肋较窄,故只需选用荷载最大的方式进行布置即可,纵向间距 90 cm,横向间距 90 cm。碗扣支架水平杆步距 120 cm。剪刀撑按照横纵间距不超过 3.6 m 每组的方式进行布设。支设拱上支架时,应在每跨顺桥向最边侧两排加设水平横撑,水平横撑纵向间距 120 cm,横向间距与立杆布距相同,使用水平横撑顶住立墙,以达到稳定支架的作用。

3.2.3 模板设计

由于该工程拱上现浇梁分为现浇箱梁和现浇空心板梁,故需对两种模板分别设计。

1) 现浇箱梁模板设计

① 底模

底模由面板、10 cm \times 10 cm 小方木次龙骨、碗扣支架上的 10 cm \times 15 cm 大方木主龙骨构成。面板由 1.5 cm 酚醛覆面胶合板构成。面板下的小方木方向为顺桥向,小方木间距为 25 cm 和 30 cm 两种,小方木下的大方木方向为横桥向,间距为 90 cm,其分布方式与碗扣支架立杆纵桥向步距一致。

②侧模

侧模由面板、10 cm×10 cm 小方木次龙骨、10 cm×15 cm 大方木主龙骨、斜支撑构成。侧模面板由 1.5 cm 酚醛覆面胶合板构成。面板后面为竖向 10 cm×10 cm 小方木,间距 30 cm;小方木后大方木主龙骨在梁地角及肋板掖角处各设置 1 根,间距 46 cm。每道主龙骨上均使用斜撑顶死,并使用旋转套扣与支架体系翼板部分立杆相连,斜撑间距 90 cm。

③内模

内模包括箱室内侧模和顶模。由于现浇箱梁分两次浇筑,箱梁内模也分两种形式。现浇箱梁内侧模、顶模采用 1.5 cm 酚醛覆面胶合板做面板,5 cm×10 cm 小方木做次龙骨加强楞。外侧为 10 cm×10 cm 大方木主龙骨。内侧模小方木为竖向,间距 20 cm,小方木外侧为 10 cm×10 cm 大方木主龙骨,主龙骨上设置 2 道 10 cm×10 cm 方木水平横撑,横撑间距 70 cm。水平横撑下,设置 2 道立撑,立撑间距与横撑相同。二次浇筑时,在内侧模最下层设置 1 道 10 cm×10 cm 水平横撑,间距 70 cm;纵向设置 3 道 10 cm×10 cm 方木立撑,间距 70 cm。顶模采用 10 cm×10 cm 方木横桥向布置,间距 20 cm。

2) 现浇空心板梁模板设计

①底模

底模除小方木间距为 30 cm 外,其余与现浇箱梁模板设计相同。

②侧模

侧模由面板、10 cm×10 cm 小方木次龙骨、斜支撑构成。侧模面板由 1.5 cm 酚醛覆面胶合板构成。面板后面为竖向 10 cm×10 cm 小方木,间距为 30 cm。由于支搭翼板模板后,空间不足,故只需设置 1 根主龙骨撑住次龙骨即可。主龙骨上使用斜撑顶死,并使用旋转套扣与支架体系翼板部分立杆相连,斜撑间距为 90 cm。

③内模

空心板梁内侧模选用 $\varnothing 45$ 圆柱空心纸模板,纸模板每 6m 为 1 段,每段中间采用 $\varnothing 50$ 圆柱空心纸模板固定。为防止模板上浮,纸模板外侧设置 $\varnothing 12$ 圆钢固定,下方使用 $\varnothing 12$ 螺纹钢支撑,两种钢筋间距均为 50 cm。

4 模架施工

4.1 拱圈模架施工

4.1.1 工艺流程

拱圈模架施工工艺流程为:地基处理→支架搭设→模板安装→钢筋安装→混凝土浇筑→配重混

土浇筑。

4.1.2 施工工艺

1) 地基处理

对地质条件较好的砂砾地段采用振动压路机进行压实。对地质条件较差的软弱土层,必须先清除地表软弱土层,然后用不小于 18 t 的振动压路机对原地面进行振动压实,然后铺设 30 cm 厚的级配砂砾,使处理后的地基承载力不小于 110 kPa。砂砾顶高程比周围高 10 cm,然后浇筑 10 cm C15 混凝土作面层,混凝土面层宽度比支架宽出 1 m。钢管柱的基础为 1 m 厚的钢筋混凝土条形基础,并预埋法兰。

地基处理范围每侧超出箱梁投影 2 m,投影同时保证支架区域高出周边 20 cm,顶面沿桥梁中心向两侧放坡,坡度为 1%,将雨水和养护用水及时排走。在处理完的基础表面,增大接触面积,如不密实,则铺垫质量比为 1:9 的干硬性砂浆找平,保证接触密实^[1]。

2) 支架搭设

在基础处理完成后,由测量人员放出拱圈中线,以控制排架的支撑中线和几何尺寸。

箱梁支架立杆竖直,横杆水平,并加设十字盖。组架要控制纵横向直顺度和垂直度,以免影响整体稳定性。桥梁梁体处于曲线上的,排架需分区支搭,分区长度、角度根据圆弧的大小确定,各区之间用 $\varnothing 48$ mm 钢管、十字卡联结,保证排架整体稳定牢固。

满堂红支架四边和中间每隔 5 排立杆设置 1 道纵向剪刀撑,由底至顶连续设置。支架的纵向每隔 5 排立杆设通长剪刀撑 1 道,横向每隔 4 跨设 1 道剪刀撑。每道剪刀撑跨越立杆不得小于 4 跨,且不得小于 6 m。斜杆与地面的夹角在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 之间。剪刀撑与碗扣支架立杆、水平杆相交处转扣设置数量按大于 85% 控制。水平剪刀撑每隔 4.8 m 设置 1 层。

对于高度大于 4 m 的支架,其两端和中间每隔 4 排立杆从顶层开始向下每隔两步设置 1 道水平撑。为保证其稳定性,可每隔 5 m 在支架纵向两侧设置 1 道钢丝绳拉纤,地锚埋深大于 1.5 m。

对行洪通道上贝雷梁安装,需注意贝雷梁应提前进行拼装,每 2 片贝雷梁用支撑架连成整体为 1 组,分段吊装后进行对接。贝雷梁连接时的贝雷销必须打紧,每个销子均上卡扣,支撑架螺栓必须拧紧。相邻两组贝雷梁间采用 [10 槽钢连接,沿上下弦杆各设 1 道,采用螺栓与贝雷片连接,设置间距为 6 m 1 道。

每组贝雷梁安设时,应在工字钢顶部标出每组的

定位线,按间距进行排列。为防止安设完的贝雷梁移位,在最外两侧的贝雷梁与横向工字钢接触处在工字钢顶面焊接短钢筋,贝雷梁处中间部位的工字钢焊接竖向限位钢筋,设置2道。贝雷梁拼接后与工字钢接触面有空隙时,要下垫钢板。钢板垫放的长度纵向为双拼工字钢的宽度,钢板宽度应不小于每片贝雷弦杆的宽度,施工时应保证支垫密实。

3) 模板安装

① 底模安装

拱圈底模顶托上横桥向铺设 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方木,纵桥向铺设 $\varnothing 48\text{ mm}$ 的微弯钢管,间距中到中为 90 cm (腹板下的加密区间距中到中为 60 cm), $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方木上面铺设 15 mm 厚酚醛覆面胶合板,作为底模。采用吊车先安中间底模,中间模板定位后,再安装两侧的模板。主龙骨微弯钢管如图1所示。



图1 主龙骨微弯钢管

② 侧模安装

拱圈侧模包括腹板侧板和外侧悬臂板。主楞采用 $15\text{ cm}\times 15\text{ cm}$ 方木,次楞采用 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方木,间距中到中为 20 cm 。沿桥梁横向(模板长边方向)在次楞上面铺设 15 mm 厚酚醛覆面胶合板。

③ 内模与侧模安装

为保证拱圈振捣质量及箱室洁净,拱圈采用2次混凝土浇筑。第1次浇筑底板、腹板,第2次浇筑顶板。箱梁内侧模在第1次浇筑底板、腹板前支搭完成。箱梁内侧模采用 1.5 cm 厚酚醛覆面胶合板,以 $5\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方木做次龙骨,间距 20 cm 。次龙骨外为 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方木主龙骨,间距 70 cm 。箱室内两侧主龙骨小方木用钢管顶丝对顶,钢管顶丝竖向间距为 60 cm 。铺设内模及侧模时,要注意按设计要求预留泄水孔和通风孔。拱圈箱室及侧腹板压模模板如图2所示。

④ 顶模安装

拱圈底板、腹板混凝土浇筑完成后,及时拆除拱



图2 拱圈箱室及侧腹板压模模板

圈腹板内侧模,然后支搭顶模板。拱圈顶模采用 15 mm 厚酚醛覆面胶合板, $5\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方木条做骨架,间距 20 cm ,主龙骨为 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方木,间距为 70 cm 。

4) 钢筋安装

① 拱脚接头钢筋预埋:拱圈的主筋一般伸入拱座内,因此在浇筑拱座混凝土时,应按设计要求预埋拱圈插筋,伸出插筋接头应错开,保证同一截面钢筋接头数量不大于 50% 。

② 钢筋接头布置:为适应拱圈在浇筑过程中的变形,拱圈的主钢筋或钢筋骨架一般不应使用通长的钢筋,宜在适当位置的间隔缝中设置钢筋接头,但最后浇筑的间隔缝处必须设钢筋接头,直至其前一段混凝土浇筑完毕且沉降稳定后再进行联结^[2]。

5) 混凝土浇筑

拱圈浇筑混凝土共分5段:拱脚段(每侧各1段)、中间段(每侧各1段)、合拢段。浇筑混凝土时,两辆泵车,从两侧向中间对称、同步进行。

拱脚、合拢段一次浇筑成型,合拢段选择在同一时间段温度相对较低的一天,同一天温度相对较低的时间段,凌晨进行合拢。

中间段分为2次进行浇筑,第1次浇筑底板、外腹板、隔板和横梁,第2次浇筑顶板。中间段第1次浇筑时,靠近拱座 $1/3$ 区段内,倾斜度较大,为防止混凝土向下塌落,需在其顶部扣压模板。扣压模板分段(每段 100 cm)预留隔间,间隔宽度为 50 cm 。拱圈混凝土及拱圈顶板压模混凝土浇筑如图3、4所示^[3]。

6) 配重混凝土浇筑

为避免 70 m 跨径12A轴出现偏心荷载,因此在部分拱圈箱室内部增设配重混凝土,平衡此荷载。

配重箱室设置横向 50 cm 、纵向 100 cm 的预留口,在箱室底板顶面铺设油毡,箱室侧墙、顶板设置 4 cm 厚的苯板,使配重混凝土和箱室隔离。箱室内混凝土的



图3 拱圈混凝土浇筑

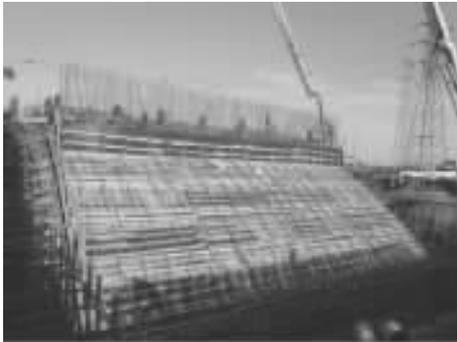


图4 拱圈顶板压模混凝土浇筑

浇筑应在拱圈卸载后,主梁混凝土浇筑前完成。混凝土浇筑沿拱圈纵向中线对称进行。配重混凝土为厂拌 40 kN/m^3 的无锈蚀混凝土,由混凝土罐车运输到场,每车 5 m^3 ,每车都需进行密度检测。采取吊车与漏斗配合人工进行浇筑,每斗体积按 1 m^3 控制。放料时在箱型预留口设置溜槽,防止破坏苯板、油毡。预留口采用比拱圈高出1个标号的混凝土进行封闭。

4.2 现浇梁模架施工

4.2.1 工艺流程

现浇梁模架工艺流程为:地基处理→支架搭设→模板安装→钢筋绑扎→混凝土浇筑。

4.2.2 施工工艺

1)地基处理

根据支架高度和现浇梁底高程确定基础处理的标高。拱上支架基础处理采用预埋 $\varnothing 12$ 螺纹钢筋后浇筑C20混凝土的方式。处理时,先在横桥向预埋 \varnothing 螺纹钢筋 N_1 ,竖直向插入拱顶长度 15 cm ,间距 50 cm ,外露长度依外侧混凝土面而定。待拱圈混凝土浇筑完成后,且强度不小于 80% 时,在 N_1 钢筋上绑扎横向 N_2 钢筋, N_2 钢筋选用 $\varnothing 12$ 螺纹钢筋,长度 1595 cm ,纵桥向每间隔 90 cm 1道。最后浇筑C20混凝土作支撑面层,C20混凝土混凝土表面应与现浇梁底板平行。翼板

下支架基础处理采用浇筑 10 cm C15混凝土。拱上支架基础混凝土浇筑如图5所示。



图5 拱上支架基础混凝土浇筑

2)支架搭设

根据所放桥梁中线及边线搭设支架。搭设支架时,纵向支架从桥梁跨中线向两侧搭设。跨中线两侧距离跨中线 45 cm 处,搭设第1根支架。以第1根支架为准,根据方案中制定的支架纵向间距,采用步距 900 mm 为基础,向桥梁两侧搭设支架。横向支架从桥梁中线向两侧搭设。在中心线两侧距离中心线 300 mm 处,搭设第1根支架。以第1根支架为准,根据支架横向间距,采用箱室处横距 900 mm ,肋板处加密为 600 mm 的方式向两侧搭设支架。支架沿顺桥向和横桥向两个方向搭设“剪刀撑”,保证支架稳固可靠。支设拱上支架时,在边跨区域顺桥向加设水平横撑,水平横撑采用 $\varnothing 60$ 钢管,钢管两端加设顶托,立墙一侧加设 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 方木顶住立墙,另一侧顶住碗扣架立杆,横向间距与立杆布距相同。

3)模板安装

①底模安装

铺设现浇梁底模时应自下而上进行,先根据碗扣支架顶托位置铺设主龙骨,主龙骨间距为 900 mm 。主龙骨铺设完成后,根据现浇梁底板高程调整主龙骨高程。主龙骨高程调整完成后,开始铺设次龙骨,次龙骨间距为 30 cm , (现浇箱梁于肋下加密至 25 cm)。次龙骨上铺箱梁面板,高程调整完毕,在胶合板上放出桥梁中线、边线对胶合板进行收边、定位以及最后一次的高程调整。现浇梁底模铺设如图6所示。

②侧模安装

略,侧模安装施工参照拱圈模架的侧模安装工艺。

③内模与顶模安装

现浇箱梁的内模、顶模安装施工,参照拱圈模架的内模与顶模安装工艺。



图6 现浇梁底模铺设

现浇空心板梁内模选用 $\varnothing 45$ 圆柱空心纸模板,纸模板每 6 m 为 1 段,每段中间采用 $\varnothing 50$ 圆柱空心纸模板固定,同时应在固定完成后使用塑料薄膜包裹,破损部分使用胶带弥补。为防止模板上浮,纸模板外侧设置 $\varnothing 12$ 圆钢固定,下方使用 $\varnothing 12$ 螺纹钢支撑,两种钢筋应使用焊接连接,间距均为 50 cm(见图 7)。



图7 现浇空心板梁内模

4) 钢筋绑扎

在模板内绑扎钢筋时,要注意位置准确。为保证底模与钢筋之间有一定厚度的保护层,在钢筋下面垫混凝土垫块,并用铁丝绑在钢筋上,以免浇筑混凝土时发生移动。上下层钢筋间的净距可在钢筋之间垫以短钢筋,钢筋与侧模之间的净距用混凝土垫块控制。应注意配置在同一截面内的垫块要相互错开,以免把混凝土受拉区域截断,垫块间的距离 70~100 mm,呈梅花形布置。

5) 混凝土浇筑

现浇梁混凝土应按 30 cm 厚度分层浇筑,在下层混凝土初凝前,浇完上层混凝土,采用压缝赶浆。上下层同时浇筑时,上层前端距先浇筑的下层前端 1.5 m 以上,在倾斜面上浇筑混凝土时,从低处开始,逐层扩展升高,保持水平分层。现浇箱梁混凝土浇筑如图 8 所示。建成后的永定河大桥见图 9。



图8 现浇箱梁混凝土浇筑



图9 永定河大桥

5 结语

目前,永定河大桥已竣工通车。浇筑完成后的拱圈及现浇梁外形美观,拱圈弧线流畅,混凝土外观与内在质量优良,达到了内坚外美的质量标准。实践证明该工程的模架设计与施工技术确实可行。模架设计也存在不足,如拱上支架基础相对较大,卸架后需对其进行凿除,增加了人工和材料费用。但此项模架技术操作简单,使整体工期比常规技术缩短了 1 个月,并具有低碳环保的技术优势,减轻了施工给河道带来的环保压力,较好地保护了永定河周边环境,可称为“绿色施工技术”,具有较好的推广价值。

参考文献:

- [1] 于建起. 现浇混凝土拱桥主拱圈线型控制[J]. 天津建设科技, 2011(4):45-46.
- [2] 郭涛. 浅谈拱桥主拱圈的施工方案[J]. 青春岁月, 2012(12): 396-397.
- [3] 潘美州. 公路拱桥拱圈施工技术探讨[J]. 淮北职业技术学院学报, 2012, 11(3): 110-112.

收稿日期: 2014-02-27

作者简介: 李广东,男,工程师,学士,主要从事施工技术与管理工