

大型市政下穿隧道跨越河流施工方法研究和应用

高满库

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450000

[摘要]大型市政隧道跨越河流施工, 目前一般采取浅埋暗挖法、一次性导流或截流明挖施工。107 下穿隧道主体设计宽 38m, 双向 8 车道箱涵式结构, 跨越河流段长约 100m。根据设计图纸要求结合现场实际情况项目部进行设计方案优化, 解决一次性导流经济投入较大和征地困难问题, 同时满足汛期过流要求; 通过采取辅助措施解决 220KV 高压电缆下大型施工机械作业困难和加工场地受限等难题。其中隧道基坑开挖上下游围堰防渗、汛期过流、定制大型龙门吊安拆施工是隧道跨河施工取得成功的关键因素。

[关键词]隧道; 施工方法; 应用

DOI: 10.33142/sca.v5i5.7356

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Research and Application of the Construction Method for Large Municipal Undercrossing Tunnel Crossing Rivers

GAO Manku

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: For the construction of large municipal tunnels crossing rivers, shallow buried underground excavation method, one-time diversion or open excavation method are generally adopted at present. The main body of the 107 underpass tunnel is designed to be 38m wide, with a two-way 8-lane box culvert structure, and the length of the river crossing section is about 100m. The project department optimizes the design scheme according to the requirements of the design drawings and in combination with the actual situation on site to solve the problems of large one-time diversion economic investment and difficult land acquisition, and meet the flood season overflow requirements; Auxiliary measures are taken to solve the difficult problems of large construction machinery operation under 220KV high-voltage cable and the limited processing site. Among them, seepage prevention of upstream and downstream cofferdams of tunnel foundation pit excavation, flood season overflow, and customized large gantry crane installation and removal are the key factors for successful river crossing construction of tunnel.

Keywords: tunnel; construction method; application

1 工程概述

郑州市 107 辅道快速化工程, 位于郑州市中心城区东部, 北起北四环, 南至南四环, 工程隧道主线北起金水东路, 南至商鼎路北, 双向八车道规模。采用单层双孔箱涵结构型式; 在里程 K11+344.40~K11+435.25 穿越现状七里河。穿越段河底宽度约 50m, 边坡 1: 3, 河底采用浆砌石网格护砌, 边坡采用混凝土板护砌结合植草防护。设计河底标高 83.39, 现场踏勘期间现状水深约 1m。河道无通航要求。斜跨 C13-C15 段正上方两路 220KV 高压电缆。

2 主要施工条件及特点

(1) 施工过程中保证汛期(每年的 5 月中旬到 10 月底)正常过水, 不能一次性截流。

(2) 设计采取通过在七里河北侧(C12 段)施工导流明渠实现一次性跨越河流段开挖施工。施工导流明渠占地面积约 1.9 万 m², 牵扯园林绿化、高压铁塔征迁难度大, 一次性投入成本过高。

(3) 跨越七里河施工场地受限、土方开挖困难、无钢筋原材加工场地。

(4) 跨越七里河位于(C13-C15 段), 河流上方包括两条高压电缆, 其电压为 220KV, 高压电缆与河底之间的距离约在 18m 左右, 给施工带去一定难度, 同时, 施工人员的安全无法得到保障。在施工过程中, 施工人员需要应用大型机械设备完成高难度作业, 但由于高压电缆与河底之间的距离较短, 大型机械设备受到限制, 无法正常展开作业。施工人员在河流上方作业, 需要得到二、三道钢支撑架支持, 但在实际施工过程中, 容易遇到二、三道钢支撑架放置位置选择困难等问题, 给施工进度带去影响。在施工过程中, 施工人员需要应用大批量的钢筋和混凝土, 由于跨越七里河所在位置比较险峻, 相关施工设备和材料放置问题难以得到有效解决。

3 总体施工规划

3.1 原七里河导流设计方案

七里河跨河段(C13-C15 段)施工原设计在枯期河道内修建上下游横向土围堰及 C12 段修建导流明渠进行河水导流, 然后在河道一次性施工跨河段(C13-C15 段), 主体完成后回填并恢复河道, 拆除围堰, 回填明渠。

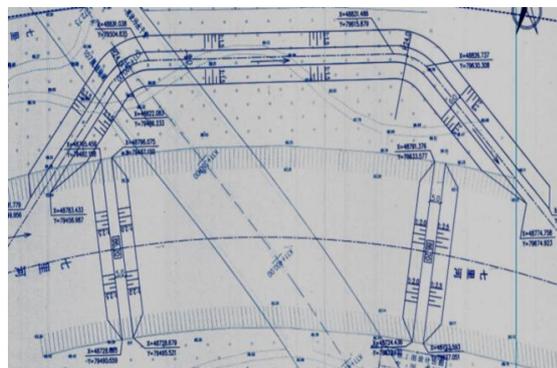


图1 原七里河导流设计平面示意图

但由于 C12 段修建导流明渠所需征地红线问题得不到解决,施工导流明渠占地面积约 1.9 万 m^2 ,牵扯园林绿化、高压铁塔征迁难度大,一次性投入成本过高。无法修建导流明渠,原设计导流方案不能满足七里河跨河段(C13—C15 段)非汛期(10 月至次年 5 月)一次性在枯期施工工期所需求,如果采用原设计导流方案,七里河跨河段需等到来年非汛期(10 月至次年 5 月)进行施工,将导致七里河跨河段施工工期滞后一年,对总体进度计划节点影响很大。施工项目经理部提出建议对原七里河导流设计方案进行调整,经业主、设计、监理、总承包等相关单位认真研究讨论以减少原导流设计方案七里河段施工工期对总体进度计划的影响,决定采取对原七里河导流设计方案进行调整。

3.2 调整后七里河导流方案

由于跨河段施工工期紧、任务重、不确定因素多,为减少后期施工压力结合现场实际情况等方面采用七里河跨河段分二期导流施工,取消原七里河北岸 C12 段修建的导流明渠。

首先对 C13 与 C14 之间主体变形缝进行调整,向南偏移 18m 至 K11+397.5,在调整后变形缝北侧 1m(里程桩号 K11+396.5)位置新增一排分隔桩 $\Phi 800@1000$ 。为防止分隔桩之间储存大量水,需要在分隔桩的两侧添加阻隔物品,在本次施工任务中,选择 $\Phi 600@1000$ 高压旋喷桩装置,在分隔桩之间形成止水帷幕,其止水范围达到高程 67.00~76.00,可以达到施工要求。一期先施工 C14—15 段,C13 段过流;待一期主体结构施工完成后,将河水导流至 C14—15 段过流,二期施工 C13 段。

(1) 一期施工

①在填筑桩基施工平台上建筑土方,达到土方围堰目的,使上游和下游的水资源不会出现流通问题,同时,在分隔墙北侧,添加钢板桩,达到围堰目的,使高压旋喷桩装置可以发挥实际作用。

②在桩基施工平台 C14—C15 段东西两侧开挖、浇筑,在顶圈梁上设置钢筋混凝土挡水墙,墙体达到 3m 左右,防止施工平台沉浸在水流中,从而影响施工效果。

③在安置挡墙后,加高土方围堰,将其与挡墙高度维持平衡状态,在围堰顶部,应用 20cm 后 C25 素混凝土材料,增强围堰土方硬度,为给施工提供便利条件,需要开辟一条 8m 宽左右的施工通道,施工人员可以通过施工通道运输施工材料。

④清理纵向砼围堰外侧施工平台土方,使河水从 C13 段上方过流,继续进行 C14—C15 段基坑开挖及隧道主体施工。

⑤在 C14 段顶板施工同时在距 K11+397. 变形缝 1m 距离设置混凝土挡墙,作为二期施工时的纵向围堰挡墙高度为 4m。

(2) 二期施工

①在 C14~C15 段主体浇筑及回填施工完成后破除顶圈梁上部挡墙,对河道底板进行恢复。

②在二期施工过程中,为扩大施工范围,将土方围堰上下游挖开,将河道再次扩充 15.2m,并搭建混凝土护坡,加大护坡强度,使河水可以从 C14、C15 段上方流通。在 C13 段东侧和西侧重新进行土方围堰,其需要与 C14 顶板上挡墙保持平衡状态。

③在抽空围堰顶圈梁上,进行开挖、浇筑,设置钢筋混凝土挡墙,在挡墙完工后,对围堰进行加高处理,重新修筑施工通道。

④继续进行 C13 段基坑开挖及隧道主体施工,完成后进行回填,破除东西两侧挡墙并恢复河道底板,在纵向砼围堰北侧填筑拆除施工临时施工平台,从砼围堰东侧开始倒退进行围堰破除清理。

(3) 围堰设计

①钢板桩围堰

在设置钢板桩围堰过程中,采用拉森钢板桩材料,将桩长控制在 9m,拉森 V 型钢板桩相关参数为宽 420mm、高 180mm、钢板厚度 20.5mm,在选择拉森 V 型钢板桩过程中,需要测试其抗弯性能,选择宽度适中、抗弯性能较强的材料,达到防止河床渗流等目的。在河底上方 1.5m 及 3m 位置,需要应用 250 \times 250H 型钢板设置两道围檩,将钢板桩围堰进行加固,防止其被水流冲散。

②混凝土挡墙

顶圈梁上混凝土挡墙采用单面坡梯形设计,靠基坑侧坡度 1:0.3,上顶宽 50cm,C14、C15 段高 2m,C13 段高 3.5m,使用 C30 砼浇筑,内设双层钢筋网,竖向主筋 $\Phi 16$,下端预埋锚入围护桩冠梁之中,水平分布筋 $\Phi 12$,间距均为 200mm,两层钢筋网之间设 $\Phi 12$ 拉结筋,间距 600mm 梅花形布置。

③土方围堰

在混凝土挡墙外侧外侧设置土方围堰,对其进行加高、加固,与混凝土挡墙维持在同一高度,在一期施工过程中,围堰高度应该达到 2m,在二期施工过程中,围堰高度应

该达到 3.5m, 围堰底部宽度控制在 13~15m 范围内, 围堰顶部宽度为 8.0m, 选择 20cm 厚 C25 素砼路面作为建筑材料, 应用袋装土堆码作为迎面防护, 选择土工膜作为隔水防渗材料。在施工过程中, 施工人员控制围堰上游侧坡度 1: 2.5, 下游侧坡度 1: 2。

④扩挖河道

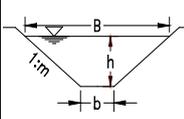
在二期施工过程中, 施工人员扩挖河道, 将扩充宽度控制在 15.2m 左右, 河道护坡坡度在河道最窄处为 1: 1, 两侧逐渐与原河道护坡坡度 (1: 3) 进行顺接, 保证在汛期期间, 河水不会对施工造成影响。在扩充河道之后, 应用 20cm 厚 C30 抗渗混凝土搭建防护物, 设置在河道底板和护坡坡面等重要位置。在完成施工任务之后, 再对河道进行填充。

河道扩挖施工在一期施工结束前一个半月开始进行, 并应在汛期之前完成。施工时在扩挖氛围用袋装土堆筑临时施工围堰, 待扩外后底板及护坡防护混凝土浇筑完成后清除。

(4) 过流验算

一期围堰施工完成后, C13 上方剩余过流河道底宽最窄处为 6.61m, 原河道护坡坡度 1: 3, 纵向围堰为竖直, 可将坡度换算为 1: 1.5; 二期围堰河道扩挖施工完成后, 剩余过流河道底宽最窄处为 30m, 扩挖后河道护坡坡度 1: 1, 纵向围堰 (C14 顶板挡墙) 为竖直, 可将坡度换算为 1: 1。枯期最大过水深度按上下游围堰高度 2m 计算, 汛期最大过水深度按上下游围堰高度 3.5m 计算, 河道纵坡 1/840, 综合糙率取 0.025, 则过流能力验算结果见下表。

表 1 过流能力计算表

一、设计条件						
序号	名称	代号	单位	一期 (枯期)	二期 (汛期)	备注
1	明渠底宽	b	m	6.61	30	
2	明渠水深	h	m	2	3.5	
3	边坡	m		1.5	0.5	
4	明渠糙率	n		0.025	0.025	
5	明渠底坡	I		1/840	1/840	
二、计算结果						
序号	名称	代号	单位	计算结果		计算公式
1	过水面积	w	m ²	19.22	111.13	(b+mh)h
2	湿周	x	m	13.82	37.83	b+2h(1+m ²) ^{0.5}
3	水力半径	R		1.39	2.94	w/x
4	谢才系数	c		42.26	47.87	R ^{1/6} /n
5	断面平均流速	v	m/s	1.72	2.83	c*(Ri) ^{0.5}
6	流量	Q	m ³ /s	33.05	314.59	W*v

经计算一期施工期间, C13 上方过流河道最大过水流量为 33.05m³/s, 二期施工期间, C14、C15 上方过流河道

最大过水流量为 314.59m³/s。根据《郑州市 107 辅道快速化工程下穿七里河段隧道防洪评价报告》, 七里河枯期 (10 月~次年 5 月) 5 年、10 年一遇设计洪水分别为: 11.26m³/s, 14.34m³/s; 汛期 5 年一遇设计洪水为: 311.9m³/s。一、二期施工期间过流河道均能满足过流需求。

4 关键技术及主要创造点

(1) 选用在河道内分二期导流的方案代替明渠导流方案, 避免大面积征地带来资金的增加及工期延后;

(2) 汛期施工时, 为尽可能保证河道内的过流断面宽度, 采用拉森钢板桩围堰代替传统土围堰, 围堰占地面积大幅度缩小;

(3) 将上游和下游的围堰加宽, 将其控制在 10m 左右, 作为施工原材料加工平台, 避免施工人员再次搬运施工材料, 浪费施工时间, 同时, 防止施工材料在多次搬运过程中出现浪费问题。

(4) 由于施工场地正上方存在 220KV 高压电缆, 一方面, 材料运输过程受到制约, 另一方面, 大型机械设备难以通行, 影响施工进度。在此情况下, 为保证施工安全, 对冠梁进行优化, 定制一台龙门吊设备, 应用其运输施工材料, 有效材料运输问题。

5 具体的施工方法

河道内导流施工方案的总体施工顺序如下:

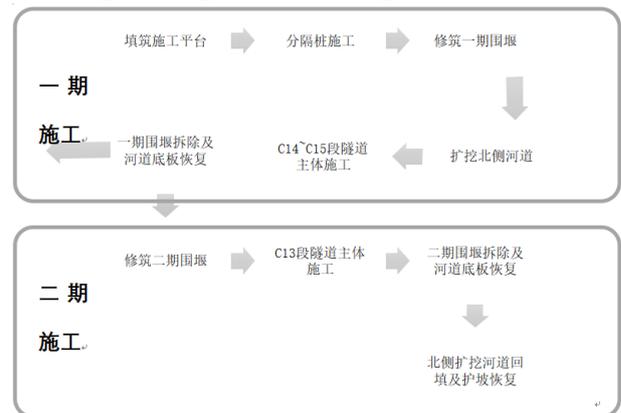


图 2 总体施工顺序流程图

一期施工工序:

二期施工工序:

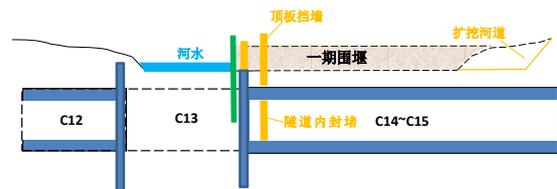


图 3 一期施工断面图

(1) 填筑施工平台

分隔桩施工在其外侧填筑宽 10m, 高 2m, 长 40m 的一个施工平台, 为桩基施工平台同时在上下游填筑土围堰,

围堰外侧采用袋装土压土工膜进行防护。

(2) 施工分隔桩

在桩号 K11+394.3 位置新增一排分隔桩 $\Phi 800 \times 1000$ 。分隔桩两侧采用 $\Phi 600 \times 1000$ 高压旋喷桩作为桩间止水帷幕,旋喷桩止水范围为高程 63.00~83.00m。

(3) 修筑一期围堰

在安装高压旋喷止水帷幕后,在分隔墙北侧安装围堰,将钢板作为施工材料,在施工任务结束后,对 C14~C15 段顶圈梁进行开挖和浇筑,在顶圈梁上设置钢筋混凝土挡土墙,其各项参数为高度 2m、厚度 40cm、型号 C30,将其与顶圈梁共同浇筑^[1]。在完成挡墙建筑任务后,对围堰进行加高操作,保证围堰高度和挡墙高度处于一个水平面,同时,应用 20cm 厚 C25 素混凝土修筑施工通道,将其宽度控制在 10m 左右。

(4) C14~C15 隧道主体施工

针对主体施工任务,首先,施工人员需要清理位于纵向钢板桩围堰外侧的施工平台,在 C14~C15 隧道中,开挖基坑,完成主体施工任务;其次,施工人员设置挡水围堰,选择桩号为 K11+396.2 的建筑施工对象,在施工现场制作混凝土挡墙,其型号为 C30,基本参数:厚度为 50cm、高度为 4.5m,防止水流进入施工现场,影响施工效果;最后,在 C14 段隧道内部,确定桩号为 K11+396.2 的建筑施工对象,在施工现场再次制作混凝土挡墙,达到充分封堵施工隧道目的,对桩号为 K11+396.2 的建筑施工对象混凝土挡墙进行加固处理,为施工现场做出双重保障。

(5) 扩挖河道

在河道二期施工过程中,时间处于汛期,为满足河水过流要求,施工人员加宽纵向围堰的 C14 段顶板挡墙与原河道护坡宽度,对河道进行扩挖,在施工结束后,再对河道进行填充。河道扩挖宽度为 15.2m,扩挖后河道护坡坡度在河道最窄处为 1:1,两侧逐渐与原河道护坡坡度(1:3)进行顺接。扩挖后的河道底板及护坡坡面均采用 20cm 厚 C30 抗渗混凝土进行防护,混凝土内设 $\Phi 8 \times 150 \times 150$ 钢筋网片。

二期施工工序:

二期施工工序如下:



图 4 二期施工断面图

(1) 修筑二期围堰

在修筑二期围堰期间,确定建筑位置位于 C13 段东西两侧,并将其与 C14 段顶板上挡墙相连。施工人员抽空围堰内侧的河水,对顶圈梁进行开挖和浇筑,同时,在顶圈梁上设置钢筋混凝土挡墙,对其进行加高和加固处理,并

选择 20cm 厚 C25 素混凝土作为施工材料,修筑施工通道。

(2) C13 段隧道主体施工

在 C13 段隧道主体施工过程中,施工人员开挖基坑,将 C13 段隧道和其他路段的隧道进行连接,在隧道连通后,将 C14 段隧道的一侧进行封堵,避免隧道内部受到多方面因素影响。

(3) 二期围堰拆除及河道恢复

在二期围堰拆除过程中,主要需要完成顶板回填任务。在河流枯期,在混凝土围堰南侧建筑拆除工程施工平台,其基本要素是宽度 5m、高度 2m、长度 40m,以混凝土围堰下游为起点,对围堰进行破除、清理。

(4) 扩挖河道回填及护坡恢复

在河道底板复原后,施工人员在河道河道扩充位置再次修筑围堰,起到引流作用,回填扩充河道,在护坡已经恢复原本状态时,对修筑的围堰进行清理,达到疏通河道目的。

6 结语

大型市政隧道跨越河流施工,目前一般采取浅埋暗挖法、一次性导流或截流明挖施工。107 下穿隧道主体设计宽 38m,双向 8 车道箱涵式结构,跨越河流段长约 100m。根据设计图纸要求结合现场实际情况我部进行了设计方案优化,经过业主、设计、监理、专家评审论证确定优化方案的合理性。解决一次性导流经济投入较大和征地困难问题,同时满足汛期过流要求;通过采取辅助措施解决 220KV 高压电缆下大型施工机械作业困难和加工场地受限等难题。其中隧道基坑开挖上下游围堰防渗、汛期过流、定制大型龙门吊安拆施工是隧道跨河施工取得成功的关键因素。

经过现场实施过程成果:拉森钢板桩止水效果明显,上下游围堰兼做加工厂成果显著,大型龙门吊高压电缆下作业安全可靠。可见大型市政下穿隧道跨越河流施工结合水利分期导流施工成效显著,可供有关工程参考。

[参考文献]

- [1]刘士波.盾构邻近既有隧道施工控制技术及其影响分析[J].山西建筑,2021(7):89.
- [2]孙凤东.盾构机下穿永定新河施工技术[J].山西建筑,2021(6):89.
- [3]张强,秦东晨,周鹏,朱强,陈江义.基于齐次变换矩阵的盾构机掘进位姿建模与求解研究[J].机械传动,2021(2):45.
- [4]谢铁军,刘珍,杨果林,徐浩栋,吕涛.特定沉降阶段的盾构隧道地表沉降研究[J].水利与建筑工程学报,2021(1):45.

作者简介:高满库(1984年12月7日),男,宁夏固原人,民族:汉,本科毕业,高经工程师,从事市政、水利水电工程施工方面的工作。单位名称:中国水利水电第十一工程局有限公司,单位所在地:河南郑州。