

顶推箱形铁路立交桥施工工艺

张天贵, 肖允元

(四川九〇九建设工程有限公司, 四川 江油 621701)

摘 要:以洛三高速公路 K68+782.5 分离式立交桥施工为例, 分别阐述顶推箱形铁路立交桥施工中各关键环节施工工艺及要点。

关键词:铁路立交桥; 顶推箱形; 施工工艺

中图分类号:U445.462 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-3746(2001)S1-0135-03

高速公路建设常有一些线路交叉, 通常设计成互通式或分离式立交桥, 而顶推箱形铁路立交桥, 为主线下穿(铁路)形公路立交桥, 施工技术难度大, 在其施工工艺与技术质量要求上, 与常规的立交桥施工有较大的区别。本文以洛三高速公路 K68+782.5 立交桥施工为例, 分别简要阐述此类立交桥施工中各关键环节施工工艺及要点。

1 概述

洛三高速公路 K68+782.5 分离式立交桥位于河南省渑阳县池底乡下马头村, 设计桥长 31.93 m, 为钢筋砼顶推箱形立交桥, 主线下穿, 上为渑池一陈村铁路, 桥梁为并排两箱体, 单箱长 11.8 m, 宽 13.8 m, 高 7.5 m, 净空 $5.7 \times 10.5 \text{ m}^2$, 公路与铁路轴线呈 60° 斜交。

工程所处部位地层岩性为第四系黄褐色亚粘土, 硬塑~坚硬状, 勘探工作采取 8 组原状土试样, 其物理力学指标为: 天然容重 $\gamma = 19.9 \text{ kN/m}^3$, 天然含水量 $\omega = 21.55\%$, 液性指数 $I_L = 0.15$, 塑性指数 $I_P = 12.4$, 内聚力 $c = 93 \text{ kPa}$, 内摩擦角 $\varphi = 29.8^\circ$ 。

2 工艺流程

顶推箱形铁路立交桥施工工艺流程为: 先在需要顶进的地方挖工作坑, 在坑内做一滑板, 滑板上预制钢筋砼箱体, 把箱体前端及侧墙作成向前突出的刃脚, 其上安装钢刃, 再在工作坑后部修筑一个后背, 然后在后背与桥之间安设千斤顶, 同时对铁路进行加固, 保证顶进时铁路的安全, 最后以千斤顶并借后背的反力将箱体顶入路基。顶进时, 箱体端部刃脚处不断挖土, 随挖随顶, 直至箱体达到设计位置。

各工序间相互关系见图 1。

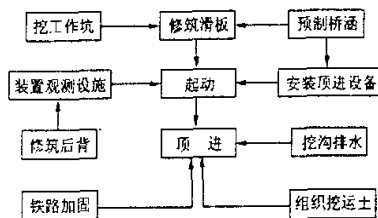


图1 立交桥顶推施工工艺流程

根据 K68+782.5 立交桥现场地质条件, 由于亚粘土较坚硬, 边坡开挖后短期内其稳定性好, 且用刃脚切土困难, 当用其切土时, 一旦桥梁顶推过程中产生轴线偏位, 因两侧土体约束, 箱体将难以纠正, 且箱体顶部除铁路道渣外, 几乎无土, 故对施工工艺进行了适当调整, 取消箱体前端切土刃脚, 改用装载机配以人工进行挖运土, 箱体顶推施工更为便利。

3 各关键工序施工要点

3.1 施工放样

首先根据设计图纸要求, 测放立交桥桥位。开工前, 在施工范围外不易受破坏而又能进行整个过程测量控制的地方, 埋设 2 个临时水准点, 并加以妥善保护, 重点加强以下 3 项工作:

(1) 对桥梁控制点与路基控制点进行高程和坐标的联测, 以保证桥位的准确性。

(2) 复核铁路钢轨高程, 并精确计算铁路与公路箱体交叉部位的枕木底高程及箱顶高程, 检查设计中高程设计有无失误, 避免箱顶高程大于铁路枕木

收稿日期: 2001-05-30

作者简介: 张天贵(1967-), 男(汉族), 重庆人, 四川九〇九建设工程有限公司工程师, 从事水文地质工程地质、岩土工程地质工作, 四川省江油市顺江路 11 号。

底高程,造成无法顶进的后果。如及时发现,则可提前变更设计,以免造成较大损失。K68+782.5 立交桥施工时,由于设计上只考虑了桥梁中轴线的相关关系,而铁路存在纵坡,左箱体左侧铁路与箱体交叉部位铁路枕木底高程低于设计箱顶高程,箱体预制后顶推时才发觉此设计失误,变更设计不但延误了半年时间,而且造成近 20 万元的变更工程量。

(3) 复核铁路与公路的实际交角是否与设计一致,避免为了施工护栏的需要而中途变更单箱平面位置,造成两箱体端头不一致形成台阶。K68+782.5 立交桥施工中,在完成右箱体顶进就位后,发现实际公铁轴线交角仅有 58° ,与设计相差 2° ,且铁路为缓和曲线,如左箱按原设计位置就位,则箱体上洛阳端钢板网护栏位于火车运行控制区域内,无法施工。最后设计院不得不将左箱体设计位置向洛阳端移 0.6~1.0 m,由此造成两箱体间端头形成台阶,护栏错位,影响视觉效果。

3.2 工作坑布置

工作坑布置,要考虑以下因素。

(1) 为便于顶推中的高程与平面位置控制,工作坑最好布置在线路高程低的一端。

(2) 为了保证铁路的运行安全,工作坑顶边缘距铁路外轨的距离不得小于 2.5 m。

(3) 工作坑一端,要有充足的作顶推后背的土质段。

(4) 工作坑底面尺寸,以保证两侧有 1.0 m 以上的工作面及后部有足够的安装顶进设备的长度段。一般顶进设备安装所需长度为 2.5~3.0 m。

(5) 工作坑放坡应根据土质情况而定。此桥因岩性为硬塑状的亚粘土,靠铁路侧边坡放坡为 1:1,两侧及后部为 1:0.5。

(6) 为防坑内积水,最好在坑底两侧及后背坡脚开挖排水沟,并沿出土通道两侧引至坑外。

3.3 滑板制作

工作坑底部用 C20 砼浇筑滑板,周边留足操作宽度(工作面)。滑板厚度一般 15~20 cm,其表面要光滑平整,其坡度与箱体设计坡度一致,或略高 2% 即可。为保证滑板与路基间有充足的抗滑力,在浇筑滑板前往坑内抛以片石,略加夯实使片石插入土中,然后浇砼,使片石与滑板成为一体,或直接在坑内垂直顶进的方向挖槽浇筑砼锚梁来提高抗滑力。本桥则采用后者,滑板下共设置 5 道锚梁。滑板浇筑完成后,在其表面均匀地刷一层石蜡,厚度 2~5 mm,再在石蜡上铺一层油毡,制作箱体时起隔

离作用,且能大大降低顶推时的摩擦阻力。

3.4 顶推后背设计与施工

一般可采用天然后背或人工后背。由于此桥工作坑后部土体高 6 m,且坚硬密实,具有足够的强度,故采用天然后背。后背设计宽度经计算确定:

(1) 单箱顶力 p 计算

$$p = uN$$

式中: u ——顶力系数,一般取 1.2~1.5,根据现场实际情况取 1.3; N ——箱体自重,12766 kN。

计算得: $p = 16595.8$ kN。

(2) 每米后背上总被动土压力 E_p

$$E_p = (1/2) \gamma h^2 \tan^2(45^\circ + \varphi/2) + 2h \tan(45^\circ + \varphi/2) c$$

式中: γ ——土体天然容重, 19.9 kN/m³; h ——土体后背高度, 6 m; c ——土的凝聚力, 93 kPa; φ ——土的内摩擦角, 29.8° 。

计算得: $E_p = 2991$ kN。

(3) 后背最小宽度 L

$$L = p/E_p = 5.55 \text{ m}$$

计算得原土宽度只需 5.55 m 即可满足单箱顶力要求。实际上,为安装千斤顶需要,将使用后背宽度与箱体宽度(15.93 m)一致。由于顶推时千斤顶后部顶力集中,如千斤顶直接作用于土体上,会破坏接触面周围土体,故这些顶力需要分散后施加在土体上。常规的方法是在后背上横竖垫几层枕木,而此桥因顶力较大,又为斜箱正顶,垫枕木不便施工,改用在后背底部施工砼顶梁(见图 2),以利达到更佳效果。

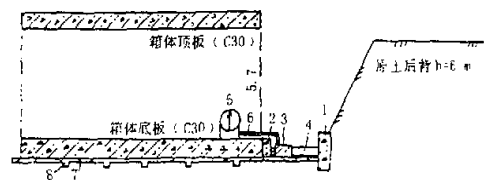


图2 顶推设计布置图

1—顶梁;2—顶进用齿块;3—千斤顶;4—顶铁;5—高压油泵;6—高压油管;7—滑板;8—锚梁

3.5 箱体预制

3.5.1 预制程序

(1) 在滑板上按箱体尺寸用测量仪器进行精确放线;(2) 绑扎底板钢筋;(3) 支底板横板;(4) 浇筑底板砼;(5) 养护;(6) 支侧墙及顶板内模;(7) 绑扎侧墙钢筋;(8) 支侧墙外模及端模;(9) 浇筑侧墙砼;(10) 侧墙养护;(11) 绑扎顶板钢筋;(12) 支顶板外模;(13) 顶板浇筑;(14) 顶板养护;(15) 拆模报验。

3.5.2 预制要点

箱体预制时,钢筋、模板、砼施工按常规进行,重点注意以下几点。

(1)在安设千斤顶一端箱体底板上,按箱体中轴线两侧对称预制顶进用齿块(见图 2)。顶推结束后凿除。

(2)支立侧模时,为防止砼胀模,在每高 1.2 ~ 1.5 m 设一层对拉螺杆,螺杆间距 1 m。

(3)搭设顶板支架及支模时,根据计算或按经验(L/600)预留拱度。本桥预留拱度设置 2.5 cm。

(4)对顶板内模支立体系,进行稳定性及强度验算,确保安全。

该桥箱体施工时,箱体内用直径 48 mm、厚度 3 mm 的架管与方木构成支撑体系(见图 3),竖杆网格状布置,间距 1 m,横杆 4 层,层间距 1.7 m,另设置一定数量的斜撑(剪刀撑),经稳定性验算,竖杆、压杆安全稳定。

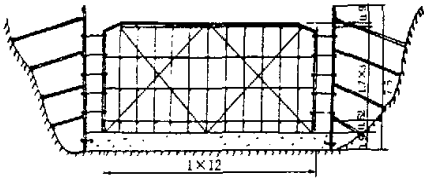


图3 模板支撑体系

(5)如果顶推桥梁处土质不良,需安装切土钢刃脚时,为了减小顶进阻力,预制箱体时前端保持 1 cm 正误差,并在箱体前端需安装刃脚处预埋螺杆。

3.6 铁路加固

为了顶入施工安全及铁路营运不受大的影响,必须对铁路进行加固。此桥采用纵横梁对铁路进行加固,并核算其是否具备足够的安全稳定性。

3.7 顶入设备安装

根据前面的计算,顶推箱体最大起动顶力为 16595.8 kN,故需要 2940 kN 的千斤顶共 6 台,6 台千斤顶按箱体中轴线两侧对称均匀布置(见图 2),高压油泵安放于箱体内,随箱体运行,千斤顶紧靠箱体。根据顶进距离在千斤顶与后背间加顶铁,顶铁端头可用 2 cm 厚钢板加工法兰盘,便于对接。顶铁分别加工成长 0.5、1、2、4、7 m 等规格,便于使用。

3.8 顶进

在顶入作业前,应作好箱体的质检工作,并会同铁路部门对线路加固情况进行验收,做好观测准备工作,制定统一指挥信号,确定顶进时间,并首先进行试顶,确保顶进设备的正常运作。顶进过程中,挖

土与观测紧密配合,并随挖随顶。采用装载机配合人工进行挖土作业,当箱体边缘接近加固铁路的横梁时,一定要控制好挖土作业。当箱体边缘接近加固铁路时及时顶进,使铁路加固体系有受力支点立于箱体上,让箱体受力,确保铁路安全。此后未超出铁路前,亦要控制每一顶入行程不得超过 1 m。并且在顶入时全过程监控铁路,发现铁路变形及时校正。当箱体前端穿出加固铁路体系时,顶入行程可增大至 1.5 ~ 2.0 m。

根据顶入过程中监测的箱体偏差情况,随时改变挖土方法,调整轴线与高程产生的偏差。如左右偏差用挖土校正法与千斤顶校正法调整,用千斤顶校正时,以调整箱体中轴线两侧千斤顶数量为主,必要时可在侧墙上设横顶千斤顶。上下偏差采用铺石料或挖土进行调整。在该桥右箱体顶进过程中,曾出现高程偏低及轴线偏位超出规范界限的情况,高程偏位采用铺砼块得以解决,而轴线偏位在采用箱体纵顶过程中,用 240 kN 小千斤顶横顶的方法及时对偏差进行了调整,顶入结束后箱体位置满足规范要求(见表 1)。

表 1 右箱体顶推效果

检验项目	技术要求 /mm	设计参数 /mm	实测参数 /mm	偏差值 /mm
轴线偏位	± 300			0
				+ 52
				+ 54
箱顶高程	+ 50 ~ - 200	532.855	532.782	- 103
		532.769	532.679	- 78
		532.585	532.605	+ 8
		532.691	532.678	- 13

在列车运行时,应停止作业,人员撤离到安全地带;发现险情及时抢修加固,顶推结束,及时恢复铁路。

3.9 桥梁附属工程施工

顶入作业经检验合格后,及时进行箱体内排水沟、箱顶护栏及两端挡土墙施工。根据箱体就位情况,对挡土墙位置及高程在规范控制范围内进行合理调整,尽快做好桥梁收尾施工及验收工作。

4 结语

顶推箱形分离式立交桥施工工序多,技术含量高,工艺复杂,特别是顶推后背设计、模板支立体系设计验算、铁路加固处理、顶推控制等工序,要求工程技术人员及施工人员将路桥施工技能及工程地质专业知识进行有机结合。