

# 薄壁空心墩悬臂模施工技术

郝建平

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

**[摘要]**薄壁空心墩悬臂木模施工, 采用进口优质 WISA 模板做面板, 背梁为木工字梁, 加劲肋为轻质槽钢, 模板提升采用塔吊进行垂直吊装, 模板自带两层作业平台, 每周转一次可以浇筑 4.5m 高度, 具有重量轻, 拆装方便, 施工效率高等特点。高度 50 米是空心墩施工方法选择的分水岭, 传统施工方法是翻模施工, 翻模施工在四川省公路行业被确定为限制使用工艺, 不得在高速公路桥梁工程中使用。如果采用液压爬模工艺, 施工费用高昂, 组装及拆移时间长, 对于高度低于 50m 的桥墩使用液压爬模经济性差。

**[关键词]**薄壁空心墩; 悬臂木模; 施工

DOI: 10.33142/ec.v5i5.5942

中图分类号: U445

文献标识码: A

## Construction Technology of Cantilever Formwork for Thin-Walled Hollow Piers

HAO Jianping

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** The thin-walled hollow pier cantilevered wood formwork construction uses imported high-quality WISA formwork as the panel, the back beam is wood I-beam, the stiffener is light channel steel, the formwork is lifted vertically by a tower crane, and the formwork comes with a two-layer working platform. It can be poured with a height of 4.5m once a week, and has the characteristics of light weight, convenient disassembly and assembly, and high construction efficiency. The height of 50 meters is the watershed for the selection of the construction method of hollow piers. The traditional construction method is turn-over construction, which is determined as a restricted use process in the highway industry in Sichuan Province and shall not be used in highway bridge projects. If the hydraulic climbing formwork process is adopted, the construction cost is high, the assembly and dismantling time is long, and the use of hydraulic climbing formwork for bridge piers with a height of less than 50m is not economical.

**Keywords:** thin-walled hollow pier; cantilever wood formwork; construction

该工法成功应用于广平高速公路 TJ11 合同段高桥寺南河大桥, 该大桥连续刚构主墩 3#、4#墩、引桥 5#和 6#墩以及魏坝河大桥高度超过 35 米的桥墩均采用薄壁空心墩设计, 其中高桥寺南河大桥 3#、4#主墩采用等截面薄壁空心墩, 其余墩柱均采用变截面薄壁空心墩, 变截面空心墩为双肢墩构造, 每肢墩横向宽度均为 2.1m, 纵向顶宽为 2.1m, 沿墩身高度方向设 70: 1 的坡度, 空心墩最高 40.7m, 最低 35.7m, 墩身总长度 1078.4m。

### 1 工法特点

悬臂木模面板及背梁均为木质结构, 仅承重三角架使用钢材, 具有自重轻、提升与定位轻便等特点, 主要特点:

(1) 支架、模板及施工荷载全部由预埋件承担, 不需另搭脚手架, 适于高空作业。(2) 施工使用方便灵活, 模板部分可整体后移 600mm。(3) 模板部分可相对支撑架部分上下左右调节, 使用灵活。(4) 施工方法上各连接件标准化程度高, 通用性强。(5) 功能上, 各组件为拼装式连接, 连接方式灵活可靠, 组装方便。

### 2 适用范围

悬臂木模工法主要用于高度在 50m 以内桥梁高墩施工。因混凝土的侧向压力完全由穿墙螺栓承担, 模板不必

进行另外的加固措施, 施工简单、迅速, 且十分经济。混凝土表面光洁, 是一种比较理想的墙体模板体系。

### 3 工艺原理

模板系统支撑于提前预埋在前节墩柱混凝土内部的爬锥抗剪螺杆上, 依靠爬锥抗剪作用来承担竖向施工荷载, 模板对拉杆承担混凝土浇筑侧压力。

### 4 施工工艺流程及操作要点

#### 4.1 薄壁空心墩悬臂木模施工工艺



图 1 薄壁空心墩悬臂木模施工工序流程图

空心墩悬臂模施工工艺为：悬臂模系统拼装 → 测量放样 → 第一节墩身钢筋安装 → 模板安装 → 爬锥预埋 → 第一节墩身砼浇筑 → 拆模、养护 → 第二次墩身钢筋安装 → 三角支撑架吊装 → 模板吊装 → 爬锥预埋 → 第二节墩身砼浇筑 → 拆模、养护，以此方法循环施工到墩顶，从第三节开始，三角支撑架与模板系统组合为整体，可整体吊装，减少一道工序。

#### 4.2 关键程序操作要点

(1) 使用钢钉将 WISA 板与工字木梁相接，使用连接爪将工字木梁与双拼槽钢固定，完成模板系统的组装。(2) 清理承台上施工缝砼表面浮浆和杂物。采用坐标法放样出墩身轴线，用墨斗弹出墩身轮廓线，根据轮廓线控制钢筋保护层和模板位置。(3) 按设计要求绑扎第一节墩身钢筋，钢筋高度控制为 4.8 和 5.8m 交替安装，相邻钢筋接头错开 1m。钢筋接头采用镦粗直螺纹套筒连接。第一节墩身钢筋绑扎采用在承台上搭设钢管脚手架的方法进行。(4) 安装第一节墩身模板，先安装外侧，再安装内模，墩身前后和左右方向均采用通长对拉杆固定，对拉杆采用直径 16 的螺纹钢，需要注意的是确定好对拉杆位置，在模板上钻孔，绑扎钢筋时需要注意预留对拉杆位置，当墩身钢筋与对拉杆位置冲突时，可适用调整墩身钢筋位置。模板四角采用定制对拉杆呈 45° 将相邻两个侧面的模板进行对拉固定。测量校正模板上口轴线，通过紧固对拉杆和斜撑校正模板位置正确。(5) 在 4.1m 高度相应位置安装爬锥预埋件拉杆。爬锥预埋件外侧与模板紧贴，预埋件高强螺杆焊接在墩身钢筋上固定，螺杆内侧 D15 埋件板必须安装在警示线位置，确保提供足够的拉力。(6) 第一节墩身浇筑高度为 4.5m，砼采用吊车用料斗送入模入，分层浇筑，分层厚度 30~40cm，使用插入式振捣棒振捣密实。由于空心墩壁厚较小，再加上钢筋伸出浇筑面 1m 左右，浇筑砼干扰较大，因此需要做一个长宽 1m 的溜槽搭在墩身模板顶，呈 45° 支撑在模板上部的作业平台上，方便砼入模。(7) 第一节墩身拆模时先松开所有对拉杆螺母，使用塔吊配合钢丝绳吊住模板上口的两个吊装吊环，将模板逐一从四个侧面吊离。模板拆除后使用养护塑料膜包裹洒水养护砼。(8) 第二节墩身钢筋安装，采用 2 根 I10 工字钢（横桥向布置，每侧较墩身宽度长出 100cm，）横担在墩顶 1/4 和 3/4 处（按顺桥向墩顶长度算），再将钢筋绑扎台架吊装在工字钢上，形成作业平台。钢筋绑扎台架外侧全部使用防护钢网围护，确保操作人员施工安全。钢筋绑扎完成以后吊离钢筋台架和工字钢。(9) 将埋件支座、受力螺栓安装在爬锥上。由塔吊将三角支撑架吊装至埋件支座上，并插上安全销。墩身每侧设置 2 片三角支撑架，在地面根据预埋爬锥的间距组装为一体，在两片三角支撑架上铺设 5cm 厚木板，形成作业平台，方便施工和吊装操作安全。(10) 使用塔吊将每侧模板分别吊装到三角支撑架上，通过立背楞与斜撑把模板固定为整体，后序循

环施工时三角支撑架与模板可整体提升。模板加固方式与第一节墩身施工相同，主要是通过对拉杆紧固，模板与墩身砼重叠 10cm 进行搭接，墩身砼顶面四周粘贴双面胶，模板与墩身砼密贴，防止漏浆。(11) 砼浇筑方法与第一节墩身施工方法一样，此处不再赘述。(12) 拆模、养护方法与第一节墩身施工方法一样，此处不再赘述。(13) 施工过程工艺照片及图示：



图 2 模板制作及安装现场图

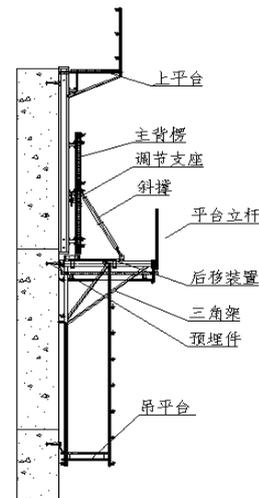


图 3 悬臂模板及施工平台布置图

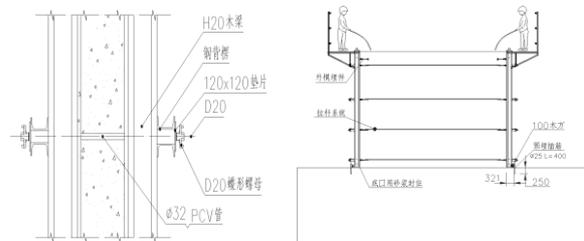


图 4 第一次立模浇筑示意图

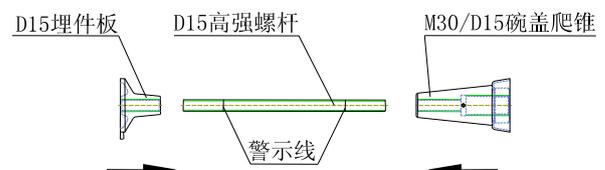


图 5 预埋件组装示意图

(1) 第一次浇筑前, 预埋件通过 M30 定位螺栓固定在面板上。浇筑完成后, 根据定位螺栓的位置在面板上打孔。第二次及以后的砼浇筑, 埋件通过 M30 安装螺栓与面板固定在一起。浇筑砼前爬锥上需均匀涂脱模剂, 防止爬锥拆卸困难。

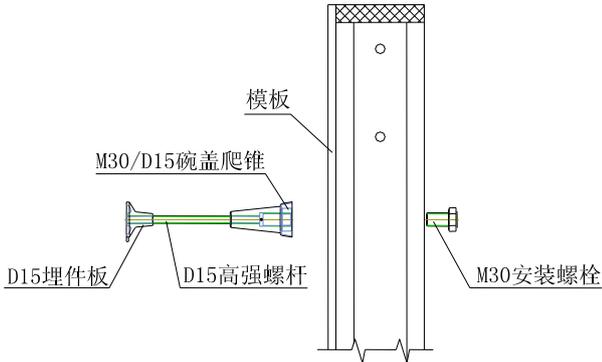


图 6 预埋件与模板的定位

(2) 混凝土浇筑后, 卸下 M30 定位螺栓, 将模板调离位置, 将埋件支座、受力螺栓安装在爬锥上。将模板吊装就位, 安装三角架, 架体卡在支座上, 插上安全销。

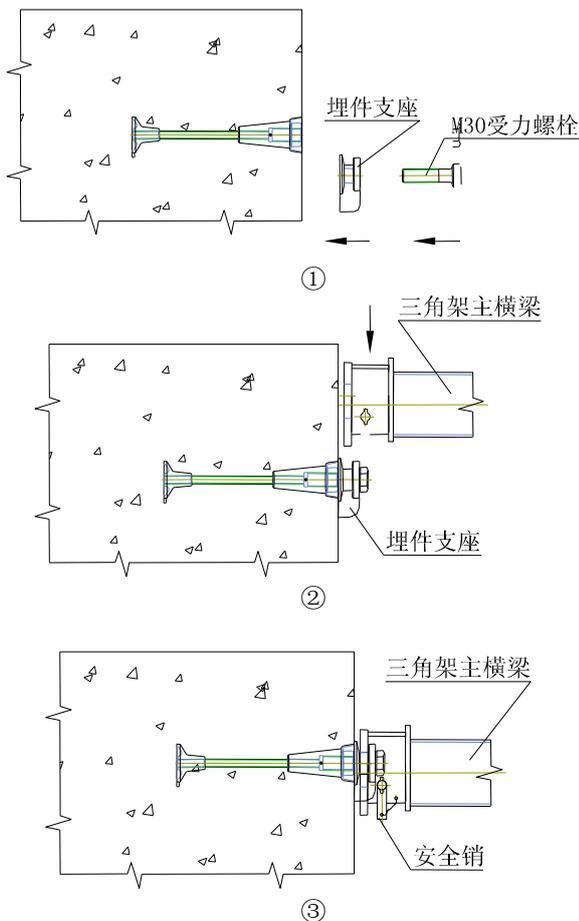


图 7 支架安装示意图



图 8 支架安装现场图



图 9 第二次浇筑混凝土

## 5 材料设备

### 5.1 材料

悬臂木模施工薄壁空心墩所使用原材料与其他施工方法相同, 均满足相关标准要求, 主要材料见表 1。

表 1 主要材料表

序号	材料名称	规格	主要技术指标
1	钢筋	HRB400	《钢筋混凝土用钢 第 2 部分: 热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2-2018
2	混凝土	C40	

### 5.2 设备

主要设备见表 2。

表 2 主要设备表

序号	设备名称	规格型号	数量
1	塔吊	QTZ5513	1 台
2	插入式振动棒	D50	2 台
3	砼罐车	12m <sup>3</sup>	3 台
4	砼拌合站	120 型	1 套
5	电焊机	DW225	1 台
6	悬臂木模		1 套

## 6 质量控制

(1)同一单元块的两榀桁架之间应用  $\Phi 48$  钢管连接紧固,平台搭设安全可靠。(2)埋件系统预埋的位置要求准确,在浇筑混凝土前必须由专人再次复核其位置,确保误差不大于 5mm。(3)爬锥与高强螺杆连接必须到位,应保证高强螺杆上的警示线旋入爬锥。(4)每次拆模后都须将面板上附着的杂物清理干净,并在浇筑混凝土前刷脱模剂。拆模后如模板须落地,则其面板不可直接放在地面上,而应在地面上先垫木方,再将模板放在木方上,以保证模板的周转次数。(5)模板整个单元往上提升时,吊钩一定要吊于主背楞上部的吊钩上,切记不得吊于模板的吊钩上。(6)浇筑混凝土前,模板的下部应利用三脚架上的后移装置将模板调到紧紧地与已浇好的混凝土接触上,防止再次浇筑混凝土时漏浆及错台。(7)模板支好后,各单元块间次背楞一定要用芯带及楔形销连好,保证各单元之间连成一个整体,同时保证各单元连好后成一条直线。(8)浇筑混凝土前,对拉螺杆一定要按图纸位置拉接,以保证混凝土质量。(9)要定期检查模板单元上各个螺栓的松紧情况,如发现有松动应及时紧固。(10)根据《公路工程质量检验评定标准》第一册土建工程第 8.6.1 条规定,模板及支架的强度、刚度、稳定性应符合要求,墩身施工质量需满足规范要求。

表 3 现浇墩实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	标准试验强度
2	断面尺寸 (mm)	$\pm 20$	尺量:每施工节段测 1 个断面
3	全高竖直度	$5m < H \leq 60m$ $\leq H/1000$ , 且 $\leq 20$	全站仪:纵横向各测 2 处
4	顶面高程 (mm)	$\pm 10$	水准仪:测 3 处
5	轴线偏位 (mm)	$H \leq 60m$ $\leq 10$ , 且相对前一节段 $\leq 8$	全站仪:每施工节段测顶面边线与两轴线交点
6	节段间错台	$\leq 5$	尺量:测每节每侧面
7	平整度 (mm)	$\leq 8$	2m 直尺:每侧面每 $20m^2$ 测 1 处,每处测竖直、水平两个方向
8	预埋件位置 (mm)	$\leq 5$	尺量:每件测

## 7 安全措施

(1)工人在进行模板安装及拆除时,必须戴安全带,安全带挂在安全的骨架上。(2)模板吊升应由专人指挥。(3)模板上的脚手架必须符合安全要求,平台跳板必须与脚手架捆绑牢固,跳板严禁出现悬挑的现象,发现有不

符合要求时,应立即整改直至符合要求为止,否则不准进入下一道工序。(4)在空心墩内设置防坠落安全网。(5)墩身四周设置安全区域,做好围栏,防止坠物伤人。(6)模板等到混凝土达到 6MPa 后可以松动紧固蝶型螺母 1 至 2 个丝扣,混凝土强度达到 10MPa 后模板才可以拆除。(7)悬臂模板吊升必须在白天进行。当遇到雷雨、风力达到六级以上时,不得作业。(8)严禁上下同时作业,严防高空坠落。(9)严禁在悬臂模板架上堆放重物,悬臂模板架主平台设计荷载  $1.5KN/m^2$ , 上平台  $0.75KN/m^2$ , 吊平台为  $0.75KN/m^2$ 。

## 8 环保措施

施工现场的环境保护严格按照国家、地方法规和行业、企业要求,采取措施最大限度的控制施工现场的各种粉尘、废水、固体废弃物以及噪声、震动等对环境的污染和危害。具体措施如下:(1)建立健全环保和水保管理体系。成立以项目经理为组长,各业务科室和生产班组为成员的文明施工和环水保管理组织机构。实行环保目标责任制,并实行全过程管理。(2)钢筋由钢筋加工厂统一制作,现场不设钢筋加工区域,节约土地。(3)施工期每天对施工便道采取洒水降尘措施,保持路面湿润无扬尘。(4)施工中的废弃物、生活垃圾等不得直接排入水体;施工中防止油类等污染物浸入水体。(5)施工期的临时建筑和占地在工程完后要恢复原貌。在施工人员撤出施工场地前,对临时占地进行处理,拆除临时居住建筑,清洁环境,做到工完料净场地清。

## 9 资源节约

工法形成过程中,贯彻国家节能工程的有关要求,研发推广能源替代和材料再生等新技术。三角支撑挂架可适用不同规格尺寸的构件施工,一次制作可周转使用多个工地,适用性极强,大大节省了因结构尺寸变化产生的不必要钢材浪费。

## 10 效益分析

### 10.1 经济效益

该工法与液压爬模施工相比较具有设备轻便,费用低,操作简单,普通工人经过培训即可完成模板的安装及拆除作业,模板提升速度快,周转率高,费用相比较节省 60%。

该工法模板提升速度快,翻模施工模板拆模和安装各需要 1 天时间,悬臂模拆模和安装各需要 0.5 天可完成,时间节省 50%。

### 10.2 节能效益

本工法模板为轻质木工字梁和部分方钢结构组成,重量轻,耗材少,周转率高,节能效果显著。三角支撑架为标准构件,可重复利用,WISA 板施工以后可回收用于挡土墙等附属工程构造物的模板使用,回收率 60%以上。

## 11 应用实例

四川省广元市广平高速公路 TJ11 合同段高桥寺南河大桥和魏坝河大桥空心墩使用了该工法,高桥寺南河大桥

主墩 3#和 4#墩为等截面空心墩,墩宽 8m,长 3m,高度 39m;高桥寺南河大桥 5#交界墩和引桥 6#墩、魏坝河大桥左幅 2#、3#、4#、5#及右幅 3#、4#、5#、6#墩均采用双肢变截面薄壁空心墩设计,累计墩身总高度 1078.4m,从 2019 年 7 月施工到 2021 年 5 月完成墩身 C40 砼方量 5831m<sup>3</sup>,现场共使用了 4 套悬臂模板。

#### [参考文献]

- [1] 陈键. 高速公路薄壁空心墩施工工艺及质量控制[J]. 设备管理与维修, 2021(12): 152-153.
- [2] 赖会亮. 高速公路桥梁工程薄壁空心墩施工工艺[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(4): 110-111.
- [3] 喻文远. 高速公路桥梁薄壁空心墩施工技术探讨[J]. 交通世界, 2020(30): 43-44.
- [4] 李蕊, 宋富生, 王蒙蒙. 整体式液压爬模提升施工技术在薄壁空心墩施工中的应用[J]. 公路, 2020, 65(9): 368-370.
- [5] 王锋. 薄壁空心墩悬臂模板法施工技术[J]. 中国高新科技, 2020(8): 116-117.
- [6] 程长国. 谈薄壁空心墩悬臂模板法施工技术[J]. 交通企业管理, 2015, 30(10): 53-54.
- [7] 文金亮. 果比河大桥薄壁空心墩悬臂爬模施工技术[J]. 科学中国人, 2014(18): 35-37.
- [8] 郭增社, 刘世雄, 王福来. 公路桥梁薄壁空心墩液压爬模施工技术[J]. 建筑技术, 2021, 52(2): 248-251.
- [9] 张克雷. 大跨度连续刚构薄壁空心墩翻模施工技术[J]. 国防交通工程与技术, 2021, 19(1): 71-73.
- [10] 温仁斌. 薄壁空心墩液压滑模施工技术在公路桥梁工程中的应用[J]. 交通世界, 2021(2): 159-160.
- [11] 周广毅. 桥梁薄壁空心墩施工技术[J]. 工程建设与设计, 2019(16): 170-171.
- [12] 王双双. 跨包西铁路特大桥变截面薄壁空心墩翻模施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2018(6): 40-42.
- [12] 陆佳佳. 薄壁空心墩翻模施工技术与质量管控方法[J]. 黑龙江交通科技, 2018, 41(12): 160-161.
- [13] 王国爱, 周志勇. 薄壁空心墩翻模施工技术[J]. 甘肃科技纵横, 2017, 46(9): 56-58.
- [14] 刘邦平. 薄壁空心墩施工技术及其质量控制[J]. 黑龙江交通科技, 2017, 40(5): 128-130.
- [15] 程长国. 谈薄壁空心墩悬臂模板法施工技术[J]. 交通企业管理, 2015, 30(10): 53-54.
- [16] 黄晓晴. 桥梁薄壁空心墩翻模施工技术及其质量控制[J]. 科技创新与应用, 2015(25): 247.

作者简介: 郝建平(1972.9-)男, 吉林大学土木工程专业。高级职称。