

文章编号: 0451- 0712(2007)09- 0030- 05

中图分类号: U 445. 469

文献标识码: B

浅谈罗河大桥高墩的翻模施工

杨树松¹, 任富斌¹, 檀慧蓉², 刘 丽²

(1. 山西省交通规划勘察设计院 太原市 030012; 2. 中铁二十局集团有限公司 咸阳市 712000)

摘 要: 罗河大桥双薄壁高墩的塔吊翻模施工, 是桥墩施工的主要控制工程, 文中对翻模的施工方法、施工技术和工艺特点进行了探讨。

关键词: 罗河大桥; 双薄壁高墩; 翻模; 施工

1 工程概况

罗河大桥是国道主干线青岛~ 银川高速公路在山西省离石~ 军渡段的控制性工程, 大桥为左右幅分离式桥, 上部构造左幅为 3×25 m 预应力混凝土连续箱梁+ (55 m+ 2×90 m+ 55 m) 连续刚构+ 4×25 m 预应力混凝土连续箱梁, 右幅为 3×25 m 预应力混凝土连续箱梁+ (55 m+ 2×90 m+ 55 m) 连续刚构+ 3×25 m 预应力混凝土连续箱梁。连续刚构采用挂篮悬臂现浇的施工方法, 连续箱梁采用先简支后连续施工方法。连续刚构部分的 4、5、6 号主墩采用等间距双薄壁墩, 墩身外轮廓为矩形, 墩身横桥向宽度与箱底同宽, 宽度为 6 m, 墩身顺桥向宽度为 2.2 m, 两薄壁墩身之间净距为 2.2 m。桥墩中部设横系梁, 最高墩高为 58 m。

2 施工方案比选

罗河大桥墩高、截面尺寸大, 对模板的适用性、可操作性、可靠性刚度和可调性提出了更高的要求。模板的选型与大桥设备的配置同样重要, 为此对现行施工中几种比较先进的模板进行了认真的比较。

2.1 外爬式液压平台翻模

外爬式液压平台翻模, 虽然施工工艺比较先进, 但有些关键技术尚未得到实践证实, 而且平台与模板通过爬架模板进行支撑, 如平台有歪斜就会带动模板也产生偏斜。

2.2 滑模工艺

滑模工艺是将工作平台与模板结构相连接, 施

工中若发生偏斜, 难以纠正, 影响墩身的施工精度, 更为重要的是施工工艺比较复杂, 混凝土外观质量难以控制。表面光洁度不高, 需要进行二次修饰, 使得混凝土的强度表里不一致。

2.3 塔吊翻模施工

塔吊翻模施工具有以下优点:

- (1) 光洁度好, 外形美观, 混凝土的强度表里一致, 造价较低;
- (2) 施工方便, 操作简单, 施工周期短, 不需要大型场地;
- (3) 支架刚度较大, 能够利用自身结构调整模板的偏差;
- (4) 配套设备可以与其他墩台施工共用, 设备利用率高;
- (5) 承载力大, 墩身模板可以做成刚度和面积较大的钢模, 可减少接缝数量, 增加抗变形能力;
- (6) 避免产生错台, 可确保混凝土的外观质量。

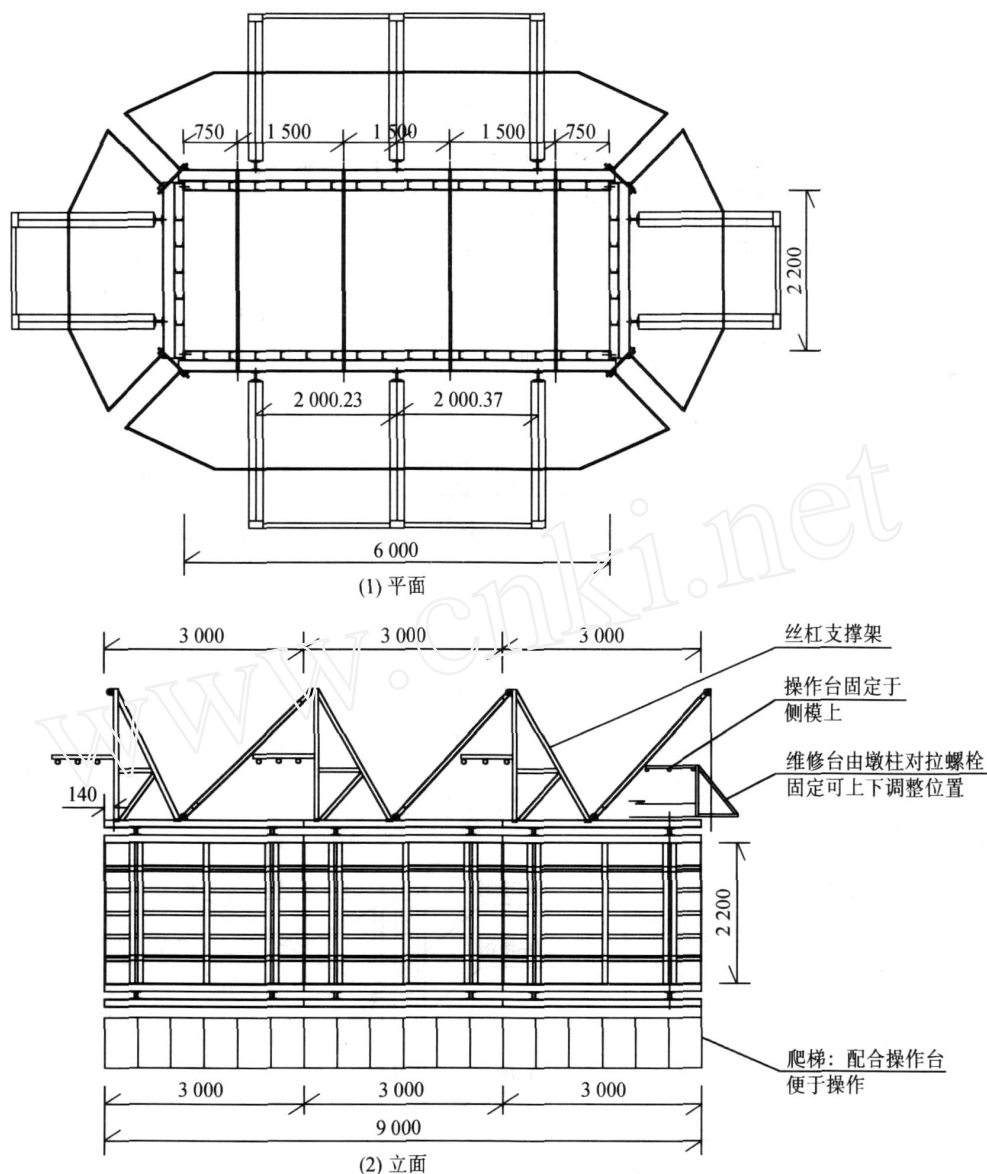
通过综合分析比较, 桥墩选用塔吊翻模施工方案。

3 翻模结构

每套翻模分 3 层, 每层高 3 m, 每次上翻 6 m。最下层模板依靠对拉杆附着在墩身上作为上面两层模板的支撑, 上下层模板均采用企口缝连接。翻模上设操作平台和装修平台, 操作平台固定于侧模 I 14a 工字钢竖带上。装修平台借用双 I 16 槽钢水平围带固定, 可通过倒链或电动葫芦上下调整位置。翻模上设双向人行爬梯便于施工人员上下, 设有丝

收稿日期: 2007- 08- 13

杠斜撑,可调整模板的垂直度,同时便于拆模。见图 1 所示。



单位: mm

图1 墩柱翻模模板 $6\text{ m} \times 2.2\text{ m} \times 3\text{ m}$ 拼装

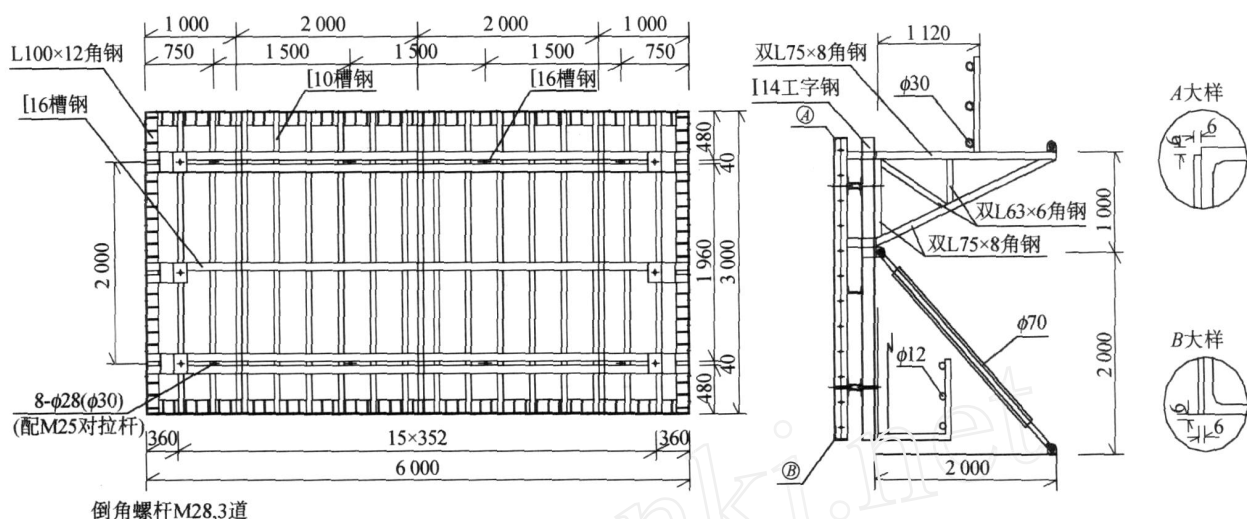
3.1 模板制作

翻模采用钢结构,标准节层高 3.0 m ,面板采用 6 mm 厚的冷轧钢板,大面模板尺寸为 $6\text{ m} \times 3\text{ m}$,小面模板尺寸为 $2.2\text{ m} \times 3\text{ m}$,每层各2块,对称布置。模板竖肋采用 $[10]$ 槽钢,间距为 35 cm 。大面模板水平围带采用2根 $[16]$ 槽钢背靠背焊接而成。小面模板水平围带采用2根 $I16$ 工字钢并排焊接而成。每块面板上下设2道围带,间距为 2.0 m 。大面模板围带内穿对拉杆,对拉杆采用 $\phi 25$ 精轧螺纹钢筋配 2 cm 厚的垫板,竖向间距为 2.0 m ,水平间距 1.5 m 。

为保证模板的整体刚度,限制 $[10]$ 槽钢竖肋的挠度变形,在2道水平围带中间大面模板增设1道单 $[16]$ 槽钢,小面模板增设1道双 $I16$ 工字钢。模板四周连接法兰采用 $L100 \times 12$ 角钢,连接孔间距为 20 cm ,采用 $M20$ 螺栓连接,且模板四角在水平围带位置处均用 $M28$ 倒角螺杆拉紧,使模板四面形成一个牢固的闭合框架。丝杠斜撑采用 $\phi 0\text{ mm}$ 钢棒,丝杠支撑架(操作平台三角支撑架)采用双 $L75 \times 8$ 角钢焊接而成,焊接固定于 $I14\text{ a}$ 工字钢竖肋上。操作平台采用 $L50$ 角钢焊接成框架,上铺焊钢丝网,平台四周设

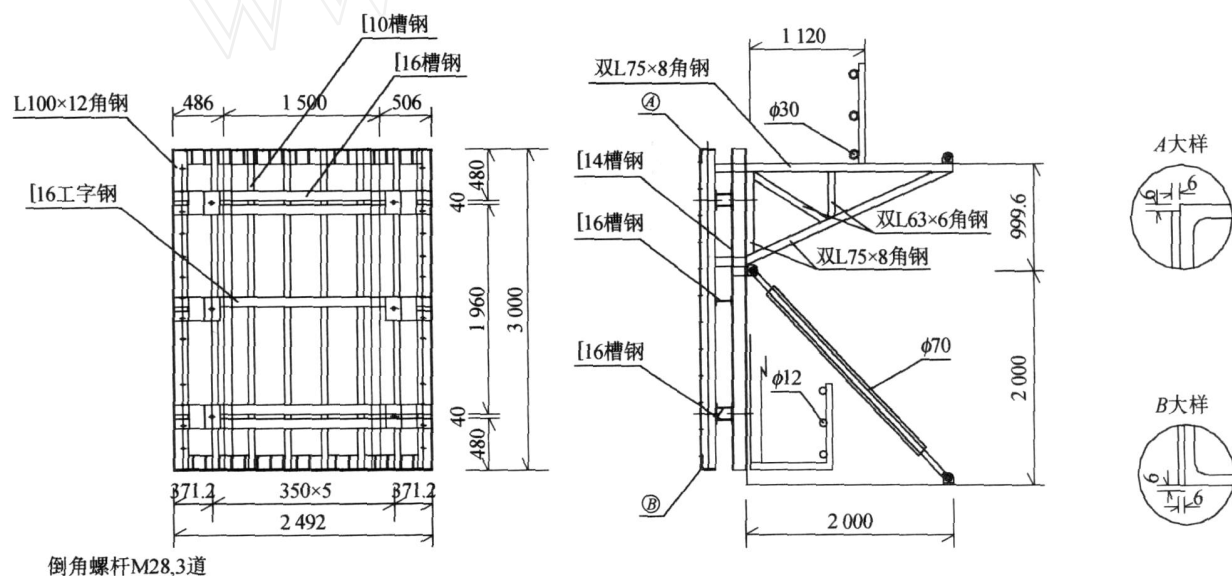
Φ30 钢管围栏。维修平台采用 [10 槽钢框架和 L 50 角钢纵横肋焊接, 上铺焊钢丝网, 沿墩身四周布置。人行爬梯在大面模板两边竖向设置, 采用 L 40 角钢焊

接而成, 梯步间距为 50 cm。大面模板见图 2 所示, 小面模板见图 3 所示。



单位: mm

图 2 6 m × 3 m 大面模板示意



单位: mm

图 3 2.2 m × 3 m 小面模板示意

3.2 翻模受力验算

3.2.1 正面面板 (6.0 m × 3.0 m) 受力验算

(1) 面板受力计算

竖肋间距为 35 cm, 面板按两面固定, 两面简支受力计算: 当 $h = 2.5$ m 时, 模板最大侧压力取 50 kPa, 取 1 mm 宽的板条为计算单元, 均布荷载 $q = 0.05$ N/mm。

$$M_{\max} = 0.0698 \times 0.05 \times 350^2 = 427.53 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$W = bh^2/6 = 1 \times 6^2/6 = 6.0 \text{ mm}^3$$

$$\text{强度验算: } \sigma_{\max} = M_{\max}/W = 71.25 \text{ MPa}$$

215 MPa, 满足要求。

$$\text{构件刚度: } B_0 = Eh^3/12(1 - \nu^2) = 2.1 \times 10^5 \times 6^3 / 12(1 - 0.3^2) = 41.5 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{挠度: } f_{\max} = K_f q L^4 / B_0 = 0.00261 \times 0.05 \times$$

$350^4/41.5 \times 10^5 = 0.47 \text{ mm}$ $L/500 = 350/500 = 0.7 \text{ mm}$, 满足要求。

(2) 竖肋受力计算

竖肋间距为 35 cm, 均布荷载 $q = 0.05 \text{ N/mm}^2 \times 350 \text{ mm} = 17.5 \text{ N/mm}$ 。采用 [10 槽钢, 截面系数 $W = 39.4 \text{ cm}^3$, 惯性矩 $I = 198.3 \text{ cm}^4$ 。

由弯矩图可得 $M_{\max} = 6562500 \text{ N} \cdot \text{mm}$ 。

强度验算: $\sigma_{\max} = M_{\max}/W = 166.6 \text{ MPa}$
215 MPa, 满足要求。

挠度验算:

跨中部分 $f = 0.521 \times qL^4/100EI = 0.521 \times 17.5 \times 1000^4/100 \times 2.1 \times 10^5 \times 198.3 \times 10^4 = 0.2 \text{ mm}$ $L/500 = 1000/500 = 2 \text{ mm}$, 满足要求;

悬臂部分 $f = qa^4/8EI = 17.5 \times 500^4/(8 \times 2.1 \times 10^5 \times 198.3 \times 10^4) = 0.33 \text{ mm}$ $a/500 = 500/500 = 1 \text{ mm}$, 满足要求。

(3) 大横肋计算

取三等跨连续梁受力进行计算。

大横肋选用 2 [16 槽钢, 槽钢截面系数 $W = 108.3 \times 2 = 216.6 \text{ cm}^3$, 惯性矩 $I = 866.2 \times 2 = 1732.4 \text{ cm}^4$ 。

均布荷载 $q = 0.05 \text{ N/mm}^2 \times 2000 \text{ mm} = 100 \text{ N/mm}$

系数 $K = 0.100$

$M_{\max} = 0.100 \times qL^2 = 0.100 \times 100 \times 1500^2 \times 10^{-6} = 22.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$

强度验算: $\sigma_{\max} = M_{\max}/W = 104 \text{ MPa}$
215 MPa, 满足要求。

挠度验算: $f_{\max} = 0.677 \times qL^4/100EI = 0.677 \times 100 \times 1500^4/(100 \times 2.1 \times 10^5 \times 1732.4 \times 10^4) = 0.9 \text{ mm}$ $L/500 = 1500/500 = 3 \text{ mm}$, 挠度满足要求。

组合挠度为:

面板与竖肋组合 $f = 0.47 + 0.33 = 0.80 \text{ mm} < 3 \text{ mm}$;

面板与横肋组合 $f = 0.47 + 0.9 = 1.37 \text{ mm} < 3 \text{ mm}$ 。

以上组合挠度均满足施工对模板的要求。

(4) 对拉螺杆采用 $\phi 25$ 精轧螺纹钢筋, 屈服强度 $\sigma_s = 750 \text{ MPa}$ 。模板长为 6.0 m, 模板高为 3.0 m, 共用 8 根对拉螺杆, 考虑混凝土的侧压力后对拉螺杆应力为: $\sigma = f/A = 229.2 \text{ MPa}$ $0.9 \times 750 = 675 \text{ MPa}$, 满足要求。

3.2.2 侧面面板 $3.0 \text{ m} \times 2.2 \text{ m}$ 的受力验算

(1) 面板及竖肋与正面面板计算方法相同, 计算略。

(2) 大横肋受力验算

大横肋选用 2 I 16 工字钢, 截面系数 $W = 140.9 \times 2 = 281.8 \text{ cm}^3$, 惯性矩 $I = 1127 \times 2 = 2254 \text{ cm}^4$ 。

均布荷载 $q = 0.05 \text{ N/mm}^2 \times 1000 \text{ mm} = 50 \text{ N/mm}$

$M_{\max} = qL^2/8 = 50 \times 2200^2/8 \times 10^{-6} = 30.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$

强度验算: $\sigma_{\max} = M_{\max}/W = 107 \text{ MPa}$
215 MPa, 满足要求。

挠度验算: $f_{\max} = 5qL^4/384EI = 5 \times 50 \times 2200^4/(384 \times 2.1 \times 10^5 \times 2254 \times 10^4) = 3.22 \text{ mm}$ $L/500 = 2200/500 = 4.4 \text{ mm}$, 挠度满足要求。

4 翻模施工

4.1 施工准备

模板进场后, 为了保证墩身混凝土的外观质量, 首先要进行模板预拼装, 检查模板各部分的尺寸、模板接缝及平整度。模板试拼完后进行试验墩浇注, 根据试验墩的浇注过程控制及试验墩外观质量总结经验, 对试验墩出现的情况进行分析, 为墩身施工奠定基础。高墩在承台顶面用全站仪放出墩身边线, 并放出墩身纵横方向的护桩, 以便在以后的墩身施工中校模时使用。

4.2 钢筋加工及绑扎

根据设计图纸, 对钢筋进行下料, 墩身主筋采用等强墩粗直螺纹套筒连接。为保证墩粗钢筋的质量, 每加工一根墩粗直螺纹钢筋, 用通规和止规检测。钢筋下料时切口端面应与钢筋轴线垂直, 不得有马蹄形或挠曲。墩粗头不得有与钢筋轴线相垂直的横向表面裂纹。不合格的墩粗头应切去后重新墩粗, 不得对墩粗头进行二次墩粗。已车好丝的螺纹筋要用塑料套头保护丝扣。钢筋的绑扎严格按图纸中的位置、间距以及规范中规定的允许误差进行。

4.3 模板安装

钢筋绑扎完毕检验合格后进行模板安装。模板吊装采用塔吊。模板拼装之前先将模板打磨并将杂物清理干净, 涂抹脱模剂, 脱模剂采用低浓度优质抗磨液压油, 涂刷时要轻、薄、均匀, 以保证混凝土表面颜色一致。模板拼装完毕后, 穿入对拉杆进行模板加固。

4.4 模板检查

模板安装完毕后对模板进行检查,首先检查模板的拼接缝,企口缝在法兰处采用 3 mm 厚的橡胶泡沫板及 801 胶水粘接牢固,再用 M 20 螺栓连接。模板四角在水平围带处用 $\phi 8$ mm 倒角拉杆拉紧。用钢尺检查模板的几何尺寸,拉线检查模板的顺直度,用铅锤仪校正模板的垂直度。施工中严格控制轴线偏位在 1 cm 以内。如果有不合格的,用调整丝杠调整模板的垂直度。

4.5 混凝土施工

4.5.1 混凝土运输

混凝土的水平运输采用罐车,垂直运输采用输送泵。在墩身四个角及大面中间安置串桶,共 6 道,混凝土通过串桶进入模板。因每次浇注 6 m 高的混凝土,为防止混凝土离析,混凝土自由倾落高度不宜超过 2 m。

4.5.2 混凝土浇注

浇注混凝土前,先将墩身内杂物清理干净。混凝土的振捣采用插入式振动器,振动器的移动距离在 30~35 cm 范围内,与侧模保持 5~10 cm 的距离。根据试验墩经验,混凝土每层浇注厚度控制在 30~40 cm,每放一层料时,先将料扒平再开始振捣,振捣顺序为:先振捣倒角处,再从两边向中间振捣,振捣时间控制在 20 s 左右,以混凝土不再下沉、不再冒气泡、且表面泛浆为准。为保证混凝土的外观质量,在混凝土的振捣过程中有现场技术人员进行控制,并在混凝土的浇注过程中对混凝土的质量进行严格把关,保证混凝土具有良好的和易性、流动性,并控制混凝土的坍落度基本相同,以保证混凝土表面颜色一致。浇注过程中有专人看护模板,防止螺栓松动导致跑模影响混凝土质量。

4.5.3 混凝土顶面高度的控制

因墩身混凝土分节浇注,控制好每节混凝土顶面高度可以保证相邻两段墩身接缝良好,从而保证混凝土的外观质量。当混凝土浇注到顶层时,应使混凝土面稍高于模板顶,以便凿毛时方便清洗处理。浇注完毕后,派专人用木抹子将模板四周附近的混凝土抹平,保证混凝土面与模板顶面平齐,以保证上下两节段为一条平齐的接缝。

4.5.4 施工缝处理

为了保证上下两节段混凝土的良好结合,待混凝土强度达到 2.5 MPa 后进行人工凿毛。凿毛标准为,首先将混凝土表面的水泥浆和软弱层凿掉,露出石子,凿深为 1~2 cm;凿完后先用风枪吹掉混凝土残渣,再用高压水冲洗干净,保证凿毛的混凝土面清洁。在浇注下层混凝土前,先铺设一层厚 10~20 mm 的 1:2 的水泥砂浆,续浇混凝土时,必须用振捣器振捣密实,防止在接缝处出现蜂窝或胶结料不足,影响新旧混凝土的粘结。

4.6 模板拆卸和翻模

凿毛完毕后,即可进行下一循环的钢筋连接。钢筋连接过程中,待浇注的混凝土达到拆模强度后,可拆除底节两层模板。底层模板采用人工配合手拉葫芦拆除,最上层一节模板不动,作为下一墩段的持力点,手拉葫芦挂在上层,拆除的模板用钢丝绳或手拉葫芦直接吊在最上层一节模板上。当钢筋绑扎完毕后,用塔吊将模板安放到位。拆除的模板清除板面上的混凝土后涂刷脱模剂进入下道工序。至此,翻模施工完成一个循环。

根据罗河大桥的施工经验,每施工一个循环(高度 6 m)需要 4 d 时间。

5 结语

塔吊翻模技术在罗河大桥的高墩施工中,效果显著,体现在以下几个方面。

(1) 施工速度快:由于该模板具许多优点,加上施工中的小改革和不断创新,使得翻模施工操作方法变得非常简单,而且能使墩台盖梁施工一次完成,速度明显加快。

(2) 施工工艺效果好:由于注重了模板加工及使用中的维修与保养工作,倒用 40 余次后模板依旧如新,施工的墩身颜色上下一致,线形笔直,控制效果好。

(3) 安全工作效果明显:该大桥施工自始至终未出现过安全问题。创造了深谷、强风、高墩大跨连续桥梁安全施工的新水平,为高墩施工积累了宝贵的经验。