

# 变截面高墩施工可调节翻模模板的设计应用

宋纯雨 田夫忠

中交一航局第二工程有限公司 山东 青岛 266071

**[摘要]**高墩在山区桥梁施工中经常遇到，墩身高度也已发展到超百米，高墩施工亟待标准化、规范化，以保证施工质量和安全。高墩的施工一般都处于关键线路上，其施工速度对总工期的影响较大。本文从上海至武汉国家高速公路无为至岳西段大沙河特大桥的变截面高墩翻模施工总结分析。其可调式变截面方墩模板、高墩翻模工艺在山区桥梁施工中优质高效、技术先进，有明显的社会和经济效益，可为以后类似工程提供参考借鉴。

**[关键词]**山区桥梁；变截面；高墩翻模；可调式模板；模板受力计算

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.578

## 引言

目前，山区桥梁高墩施工中存在高墩由于施工数量多、工作面积小，施工条件差，无法像矮墩一样一次浇筑成型的问题。在施工中常用的三种方法有：滑模施工、爬模施工、翻模施工。滑模施工由于速度慢，劳动强度大，施工影响因素多，混凝土外观质量不好已较少使用。爬模和翻模是常采用的施工方法，本文重点对桥梁桥墩翻模施工方法进行探讨<sup>[1]</sup>。

## 1 工程简介

G42S上海至武汉国家高速公路无为至岳西段项目主线全长179.526km，安庆支线18.553km，除改建段外，其余路段为新建高速公路，全长143.977km。无岳高速六标承建里程：K114+538.426-K143+254.806，全长28.69公里。

大沙河特大桥桥址位于潜山县源潭镇柴庄村境内，桥梁全长1372.0m，桥跨布置为3.0+6×35+(32.5+2×35+32.5)+(43+6×80+43)+13×35+3.0。桥梁分幅设置，左幅桥梁起讫桩号为：ZK141+502.105-ZK142+874.105，右幅桥梁起讫桩号为：YK141+502.0-YK142+874.0，主桥结构采用预应力混凝土连续-刚桥，下部结构采用薄壁空心墩，基础采用承台接桩基形式，引桥为35m钢板组合梁，桩柱式及空心墩。大沙河特大桥空心薄壁墩44个，实心墩8个，圆柱形墩8个，墩高最高57m。

## 2 课题研究内容

### 2.1 方案比选和确定

从高墩截面形式适用性、施工效率、质量安全、经济适用性等方面考虑，对滑膜工艺与翻模工艺进行对比，综合比选确定高墩翻模施工工艺，并在大沙河特大桥成功实施。

### 2.2 方案工艺流程，如图1所示：

根据以往的施工经验结合当前项目的施工特点，现将施工工艺流程编制如下。

### 2.3 操作要点

#### 2.3.1 塔吊的安装

塔吊型号一般要结合桥梁上部施工要求而定。若考虑相邻墩墩身施工使用，则相应加大塔吊起重能力。塔吊基础要根据设备使用要求和结构设置。

#### 2.3.2 模板设计与受力验算

##### 2.3.2.1 模板设计

大沙河特大桥分为引桥和主桥部分，引桥墩柱最大截面

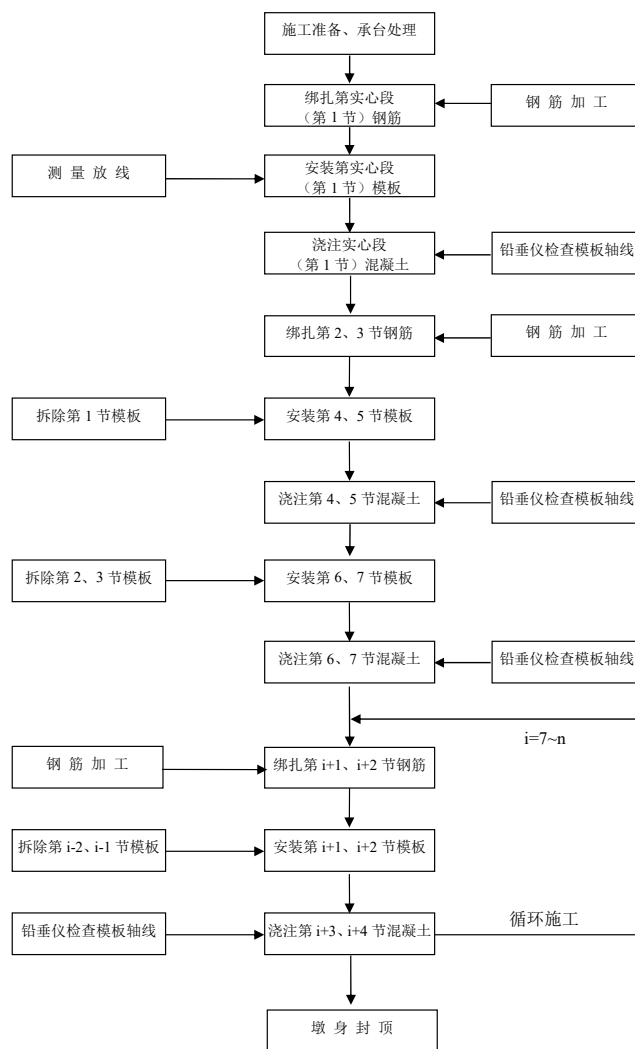


图1 变截面高墩施工工艺流程图

尺寸为：6m×2.925m，最小截面尺寸6m×1.6m。主桥墩柱最大截面尺寸为：7.14m×4.9m，最小截面尺寸7.14m×3.5m。

### (1) 模板加工

模板采用大块定型钢模板，模板设计为每块2.25m高一层标准节，与9米长的定尺钢筋相适应，考虑主桥模板与引桥模板的通用性，将主桥7.14m端模板设计为0.57m+3m+3m+0.57m的模数，侧模3.5m端设计为两侧上底为0.8m+中间调节段模数。横向模板设置背楞贴板，以用来加固纵向模板；纵向模

板坡比设置为1:80（设计坡比），并设置缴耳板，通过横向模板的背楞以及收坡调节杆进行调整变截面墩柱尺寸。

(2) 模板工作原理

根据分段高度，将外模设计成与分段等高的2~3节，每节模板均设置矩形收坡调节杆，浇注完成首节混凝土后；第二次将下方两节模板进行翻模，最上方的模板固定在第一次已浇筑的墩身上（即为第二次浇筑的最下方模板），利用下端模板形成稳固操作平台以及锚固支撑作用安装其余两节模板，将其接于顶节模板之上，通过调节矩形收坡调节杆长度进行高墩截面尺寸的精确调节，继续进行混凝土施工，如此循环，直到变截面墩身完成。设置槽钢支架，支撑于墩顶模板上（初次需支撑于承台上），用于支撑接长钢筋的定位、工人操作平台。

2.3.2.2 模板系统强度、变形验算

(1) 荷载参数

- a. 新浇混凝土的容重为26 KN/m<sup>3</sup>；
- b. 振捣混凝土对垂直模板的荷载取4.0 Kpa；
- c. 浇筑混凝土对垂直模板产生的水平冲击荷载取2.0 Kpa；
- d. 作业人员荷载及堆放荷载取2.5 Kpa；
- e. 风荷载计算（按照8级风计算）

风荷载强度按下式计算：

$$W = k_1 \times k_2 \times k_3 \times w_0$$

W——风载荷强度（pa）

W<sub>0</sub>——基本风压值（pa），W<sub>0</sub>=1/1.6×V<sup>2</sup>，8级风风速V=17.2—20.7m/s；

K<sub>1</sub>——风载体形系数，取K<sub>1</sub>=0.8

K<sub>2</sub>——风压高度变化系数，取K<sub>2</sub>=1

K<sub>3</sub>——地形地理条件系数，取K<sub>3</sub>=1

$$W_0 = 1/1.6 \times 20.7^2 = 267.8 \text{ Mpa}$$

$$W = k_1 \times k_2 \times k_3 \times w_0 = 0.8 \times 1 \times 1 \times 267.8 = 214.2 \text{ pa} = 0.214 \text{ (KN/m)}$$

f. 混凝土侧压力计算：

混凝土浇筑采用混凝土输送泵进行，供给效率按30m<sup>3</sup>/小时，最小截面面积为10.3m<sup>2</sup>，浇筑速度取30/10.3=2.91m/小时；

混凝土初凝时间t<sub>0</sub>=200/(T+15)=8小时；

β<sub>1</sub>—外加剂影响系数，掺具有缓凝作用的外加剂时取为1.2；

β<sub>2</sub>—混凝土坍落度影响修正系数，取为1.15；

最大侧压力：

$$F = 0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 v^{\frac{1}{2}} = 0.22 \times 24 \times 8 \times 1.2 \times 1.15 \times (2.91)^{\frac{1}{2}} = 99.4 \text{ kN/m}^2$$

$$F = \gamma_c H = 24 \times 23 = 552 \text{ kN/m}^2$$

侧压力取99.4+0.214=99.6（KN/m<sup>2</sup>）

(2) 面板计算

面板采用 δ=6mm钢板，竖肋最大间距300 mm，净距254

mm，面板跨度取254 cm。

根据规范，基础、墩台等厚大建筑物的侧模，计算强度时考虑混凝土侧压力及倾倒混凝土产生的水平荷载，验算刚度时只考虑混凝土侧压力，则面板承受的荷载为：

$$\text{强度：} (99.6+2) \times 0.73 = 74.2 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{刚度：} 99.6 \times 0.73 = 72.7 \text{ KN/m}^2$$

按三跨连续计算，跨度取0.3m，最大弯矩为：

$$M_{\max} = 0.72 \text{ KN m}$$

$$W = 0.73 \times 0.0052/6 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$I = 0.73 \times 0.0053/12 \text{ (m}^4\text{)}$$

$$5\text{mm 面板强度验算：} 0.72 \times 1000000 / (730 \times 5 \times 5/6) = 236.7 \text{ Mpa, 应力偏大；}$$

$$6\text{mm 面板强度验算：} 0.72 \times 1000000 / (730 \times 6 \times 6/6) = 164.4 \text{ Mpa, 应力满足要求。}$$

$$5\text{mm 面板变形验算：} 0.677q l^4 / 100EI = 2.76 \text{ mm, 变形偏大；}$$

$$6\text{mm 面板变形验算：} 0.677q l^4 / 100EI = 1.6 \text{ mm, 变形较小。}$$

采用6mm，竖肋间距为30cm，净跨为25.4cm，变形为：0.677q l<sup>4</sup>/100EI=0.82mm，满足规范要求的钢模板面板变形小于1.5mm的要求。

(3) 竖肋计算

竖肋采用10[槽钢，间距按照40cm（实际30cm），每根竖肋按承受40cm宽度的侧压力计算，考虑倾倒混凝土及振捣荷载。

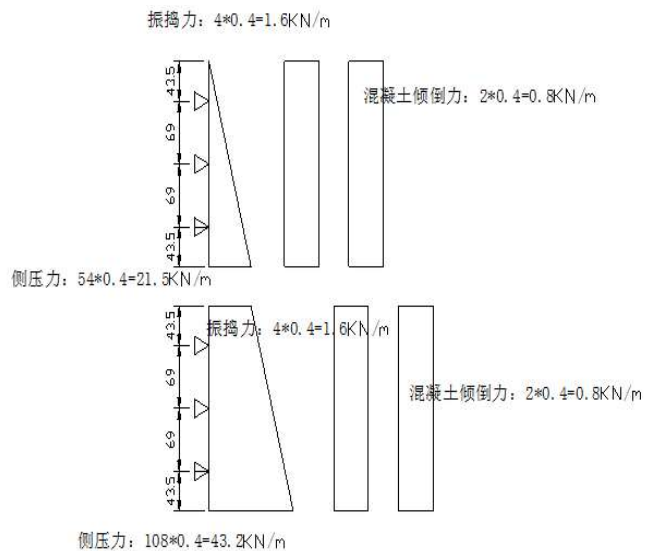


图2.3-1 竖肋计算示意图

计算结果：

最大应力：105 Mpa；

最大变形：1.2mm；

支点反力：R<sub>1</sub>=24.5kN；R<sub>2</sub>=16.2kN；R<sub>3</sub>=27.7kN。

竖肋采用[10槽钢满足要求。

(4) 背带计算

根据上述计算,底部背带荷载最大,为 $R_3=27.7\text{KN}$ ,按多跨连续梁计算,示意图如下:

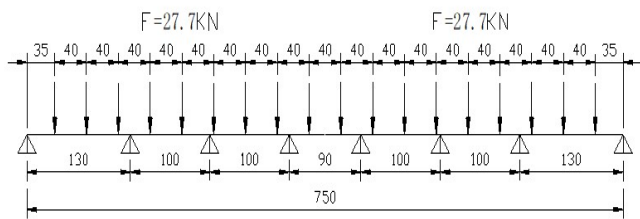


图2.3-3 背带受力示意图

最大应力:  $71.7\text{Mpa}$ ;

最大位移:  $0.68\text{mm}$ ;

最大支点反力:  $91.2\text{KN}$ 。

背带采用2[16a槽钢满足要求。

#### (5) 拉杆计算

对拉杆受力最大为 $91.2\text{KN}$ ,选用 $\phi 25$ 精轧螺纹钢:

$91200/3.14/12.5/12.5=185.88\text{Mpa}$ ,小于设计强度值 $650\text{Mpa}$ ,满足要求。

### 3 工艺实施效果

#### 3.1 依托工程的实施效果

大沙河特大桥高墩施工全面采用该模板调节工艺,该工艺施工效率高,安全可靠,成本低,砼外观质量好,目前高墩施工已经全面结束,从工期和经济效益上带来了可观的收益<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 实践中的经验、教训

施工过程中需加强墩身垂直度控制,在砼浇筑前由测量人员采用全站仪和铅锤仪对模板顶面四角的平面位置和垂直度进一步精密复核,合格后方可进行混凝土浇筑。

钢筋直螺纹套筒连接,需严格检查钢筋滚丝接头,端面残余丝头用砂轮机磨平,保证接头连接紧密。

砼尽量采用同一厂家生产的原材料,保证砼外观无明显色差,在川南地区尽量避免高温天气施工,对砼料斗和钢模板采取浇水降温措施,尽量减小砼出场后的塌落度损失,确保到场后砼坍落度满足 $160\sim 180\text{mm}$ 要求。

砼浇筑前将水平施工缝凿毛清理干净,并在模板底部铺设一层 $3\sim 5\text{cm}$ 厚的砼配合比砂浆,浇筑过程中严格控制沿墩身四周均衡分层布料,分层振捣浇筑,防止漏振过振。

塔吊拆安、塔机附着作业手续齐全,施工前编写专项施工方案并论证,组织专项施工技术交底及安全技术交底<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 存在的问题及改进措施

##### 3.3.1 存在的问题

1、变截面模板数量较多,对于场地的要求较大,对于文明施工的要求较为严格。

2、调节段模板使用频繁,正在使用的墩柱未能按照既定的工期完成本节段施工时,将直接影响其他墩柱(即将使用该调节段)的施工进度。

3、塔吊拆除模板时,模板由于脱空,吊钩发生的剧烈晃动,存在安全隐患。

4、变截面模板相邻模板间的规格尺寸极为相近,容易混淆。

##### 3.3.2 改进措施

1、合理规划布置模板存放区,将近期使用率不高的模板远处场地存放。

2、增加适量的调节段模板,提高调节段的使用效率,避免因滞后带来的多墩停工效应。

3、用钢丝绳系在塔吊吊钩上,并将模板用倒链吊在上面的模板上,模板完全脱开后,再用塔吊吊起。

#### 4 对使用的变截面模板进行编码、喷漆

##### 4 效益评估

##### 4.1 经济效益

翻模施工工艺本是较为成熟的高墩施工手段,针对变截面高墩的施工尤其带来了可观的经济效益,通过模板调节循环使用的方法,不仅实现了常规材料再利用、设备、模板投入少,更加使施工速度加快,节省了塔吊、混凝土搅拌、运输等机械设备费用,同时,高墩一般为控制工期的部位,所以高墩的工期缩短直接带来总工期的缩短<sup>[4]</sup>。

##### 4.2 社会效益

(1)高墩一般是桥梁控制工期的关键部位,高墩的工期缩短直接带来总工期的缩短,工程提前投入使用,可产生巨大的社会效益。

(2)翻模施工中施工效率明显提高,保证了墩身混凝土的外观质量,提高了模板的使用率,同时将模板拆除时不安全因素降为最小,方法简单,便于操作,安全性高,有利于减少对施工人员的伤害<sup>[5]</sup>。

(3)模板设计较为复杂,有难度,但施工操作方法简单,熟练的工人经培训容易掌握,便于推广应用。

### 5 结语

我国高速公路建设逐渐向西部推进,特别是云贵川地区,地形地势复杂、地势高差大、陡峭,高桥墩在桥梁设计及施工中得到了广泛的应用,对于高墩施工,采用翻模工艺,施工速度快、成本低,工艺可操作性强,有较强的适应性,尤其是对于异型截面、倾斜塔墩、变截面高墩,经济合理,易于推广,具有较高的借鉴意义。

#### 参考文献

[1]周永海.桥梁高墩施工技术的应用[J].黑龙江交通科技,2021,44(7):110-111.

[2]王志.高速公路桥梁高墩施工工艺[J].交通世界(中旬刊),2021(1):178-179.

[3]王大为.高速公路桥梁高墩施工技术[J].设备管理与维修,2021(12):154-155.

[4]敖旭,徐真.桥梁高墩偏位检测与加固分析[J].交通世界(上旬刊),2021(11):47-48.

[5]朱静伟.桥梁高墩工程中滑模与爬模施工工艺[J].砖瓦世界,2021(7):222.

作者简介:

宋纯雨: 中级工程师; 田夫忠: 中级工程师