

# 变截面圆形空心高墩爬模施工技术

曹生学<sup>1</sup>, 黄宏斌<sup>1</sup>, 张 骏<sup>2</sup>

(1. 中铁一局五公司, 陕西 宝鸡 721006; 2. 上海铁路局基建处, 上海 200071)

**摘要:**通过工程实践,介绍高墩大跨桥所采用的爬模施工的模板设计、提升配置、性能、施工工艺、施工质量控制要点。施工结果表明,该技术具有良好的应用前景和推广价值。

**关键词:**高墩爬模 结构 施工

**中图分类号:**U445.55<sup>+</sup>9 **文献标识码:**B **文章编号:**1003-1995(2004)03-0003-03

## 1 工程概况

赣龙线松头江特大桥、芋子英特大桥、森坑1<sup>#</sup>大桥均为谷架桥,桥位处地形起伏跌宕,相对高差较大,自然坡在20°~50°之间,墩高相差悬殊。三座桥主跨墩高均在70 m以上,最高墩松头江特大桥5<sup>#</sup>墩墩高97.7 m。三座桥的主跨桥式分别为(60+2×100+60) m和(60+100+60) m悬臂灌注预应力混凝土连续箱梁及5×56 m移动支架拼架法预应力混凝土简支箱梁,均为赣龙线重点控制工程。

## 2 施工方案确定

爬模施工是当前高耸结构物施工中较先进的施工方法,它集模板支架、施工脚手架平台于一体,利用已完成的主体结构为依托随着结构的升高而升高,省去了大量的脚手架,具有快捷、轻巧、操作简单等特点。

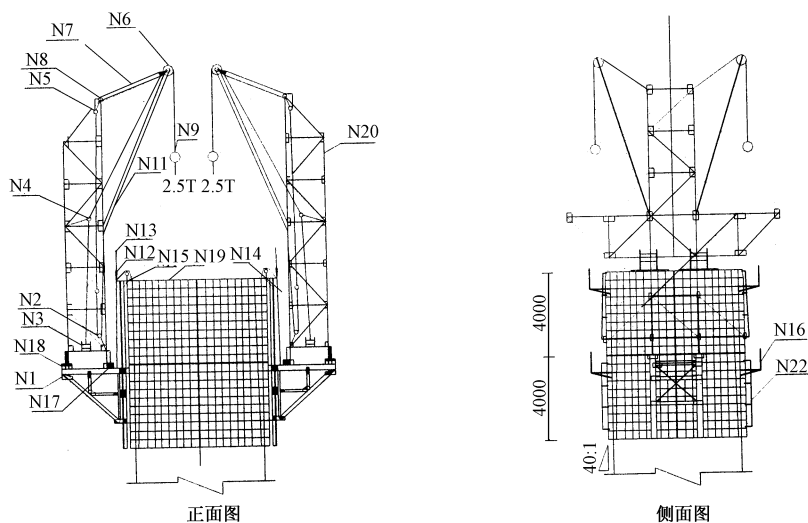
三座桥主跨14个圆形空心墩的外坡比均为40:1,其中最大墩径13.2 m(松头江特大桥5<sup>#</sup>墩),最小墩径4.7 m(松头江特大桥3<sup>#</sup>墩),累计墩身高度1 071.4 m。经研究,决定采用变截面提升爬模法施工。

## 3 爬模结构

爬模施工以浇筑成型的钢筋混凝土为重要支承主体,模板与混凝土实现密贴,上层模板由下层模板上混凝土的粘结力与摩擦力支撑,垂度、平整度、曲率易于调整及控制,可避免施工误差积累,设计合理,模板不占用施工场地,可循环倒用,无需配置太多的数量。

### 3.1 模板主要参数

模板组装尺寸:外径最大13.4 m、最小4.9 m;内径最大13.2 m、最小4.7 m,空心墩坡率1:40。单块模板最大重量1 312.9 kN,板面为冷轧板,允许误差1.0 mm。



注:N1——爬升桁架,N11——扒杆,N12——提升千斤顶,N13——拉杆,N14——提升滑道,N15——提升桁架顶座,N17、18——桁架调平座,N19——大模板,N20——桁架

图1 爬模结构图

### 3.2 构造组成

(1) 爬升架。主要由竖向连接杆、斜撑杆、上横梁、爬架斜拉杆和一些连接杆件组成,具有承重和滑升作用,是特殊设计的稳定构架。每组爬架有 6 对钢夹头,每对钢夹头都带有安全钢销(安全装置),在提升过程中采用人工限位,装在钢夹头上可垂直滑动,卡在滑道工字钢腹板上可起限位导向作用。爬升架提升采用 YCD23/200 型提升千斤顶,带安全装置。

(2) 滑道。采用 I320 工字钢与大块模板焊接为整体,不须预埋螺栓。爬升架与滑道之间销接,配有特殊钢夹头在爬升架支点处与钢滑道连接,有足够稳定支点和长度。钢滑道上下不垂直度 1 m 内为 0.5 mm。

(3) 提升桁架。由 N 型万能杆件拼装成“井”字形组成,爬升架的斜爬升可通过调整其下楔形块来实现。

(4) 模板。模板在竖向分为两层,外模采用大块钢模板,每节高 4.0 m,按墩径不同共有 39 节,每节按卷扬机的起重能力设计为 8、12、16 块三种类型的钢模板。模板为框构结构,具有足够强度、刚度和稳定性,并且满足桥墩外形尺寸的要求,单块宜进行整体组合或装配组合。相邻模板间、上下节钢模间均用栓接并配有定位销,定位销探伤检验应全部合格。

内模采用翻模,每节高 2 m,每墩设 3 组,随墩身的逐节上升按照 4 m 级数向上翻动。内模的安装与拆除通过墩内设置的可调式工作盘实现,工作盘悬挂在爬架上,可随爬架上升,亦可自行调节位置,方便墩内及墩上作业。内模采用 KS2050 双曲可调钢模,四块或五块模板利用 KH2520 或 KH2530 可调桁架组合成一个模板单元,单元内模板之间采用螺栓连接。墩身收坡通过在模板单元之间设置变角可调 KB2020 尖板实现,单元之间桁架的连接采用特制可收缩连接件,形成上小下大的变截面。每次立模高度 4 m,与外模同步。内模系统的模板及支撑件均经过结构检算,对结构薄弱部位均进行加强加固处理。

(5) 扒杆。为解决墩身中各种施工材料和小型机具的提升问题,每个爬升桁架上设 2 副吊重为 25 kN 的起重扒杆。扒杆不垂直度 1 m 内允许  $\pm 1$  mm。提升扒杆的摆向由人工配合来实现。扒杆上选用不旋转钢丝绳,以免在起吊长大杆件时,由于钢丝绳的旋转而碰坏墩身或模板,造成安全事故。

## 4 施工工艺及技术要求

### 4.1 工艺流程

工艺流程见图 2、图 3。爬架、滑道、大块模板及滑升桁架的非标杆件加工全部在工厂互拼,待检查合格后再解体成节段大块模板运往现场组装。制作的关键

是拼装位置要准确和拼装部件的互换性。

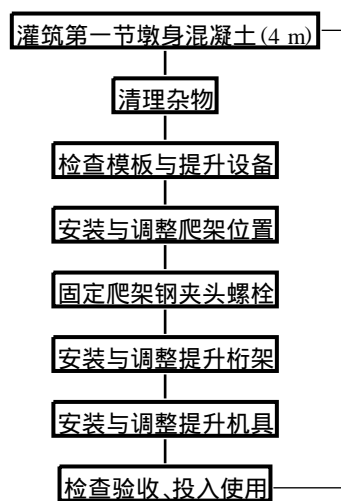


图 2 爬升架安装流程

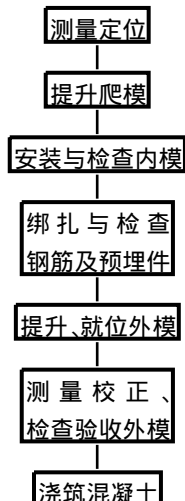


图 3 爬模施工工艺流程

### 4.2 施工辅助设备

对于高度 > 50 m 的桥墩,为解决作业人员上下墩台的问题,配置专用载人电梯。三座桥分别设 400 kVA 变压器各一台,供各桥施工用电。全桥设贯通线,分别在各墩位处下线,上墩电缆在施工电梯塔架内布设。爬架上设置用电集中控制箱,对墩上用电进行统一管理,墩上所使用的每台电器设备必须安装漏电保护器,以保证施工安全。在桥一端山上设一水池,供全桥施工及混凝土拌合使用。上墩水管随电梯塔架架设,提供墩上工作面冲洗、养护及其他施工用水。

由于工地处于高雷区,又是高空作业,避雷问题尤显重要。施工中,在每侧爬架顶设置避雷针并与墩身钢筋相连,通过墩身钢筋下端引出接地。墩身的防雷击等级参考有关高耸结构物的规定,其接地电阻 3。当遇有雷雨天气时,施工人员必须从墩上撤离。

## 5 爬模的施工

### 5.1 施工组织

根据具体情况,把三座桥 14 个空心墩的施工纳入一个大的循环进行安排,排出每一组大模板的循环路线,要严格按照循环线路进行模板调度,并随时根据现场实际情况进行调整,保证模板循环流畅。模板的周转及调配由专人负责,并成立模板运输组,配备专人及专用机械设备,保证模板调配的正常进行。

施工前根据工序分析计算出完成一个单循环作业所需要的时间,并排出单循环的网络图。施工中指定专人进行现场写真,不断优化循环网络,使单循环的时间从开始时的 10 d 提高到 3 d 一个循环。如图 4。

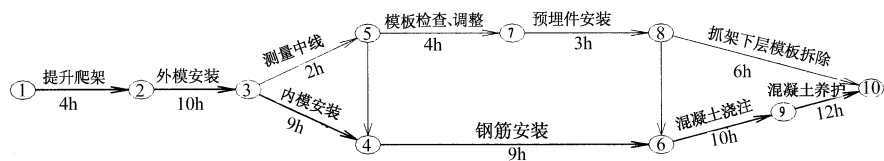


图 4 单循环的网络图

## 5.2 施工测量

每组模板安装前后,均需用激光准直仪测出墩中心点至墩施工顶面,施工人员据此进行模板安装和检查调整。每施工两组后要用全站仪对激光准直仪的测点进行复核,以确保墩身结构尺寸准确无误。

## 5.3 钢筋施工

为加快施工进度,针对空心高墩设计中钢筋数量大、接头多的具体情况,施工前对钢筋接头施工进行专门研究,初步选择了两种接头施工方式,即电渣焊和 CBR 剥肋滚轧直螺纹连接技术。通过现场对比,虽然两种方式都能达到设计及使用要求,但电渣焊速度慢、工作面污染严重,而 CBR 连接技术大部分工作在地面加工完成,高空连接工作量小、操作简单、工作速度快,可满足现场快速施工的要求。

## 5.4 混凝土施工

混凝土浇筑采用泵送混凝土施工技术。混凝土输送泵主要技术参数见表 1,选用内径为 125 mm 的配套泵管,泵管沿墩身通风孔固定爬高。

表 1 混凝土泵技术指标

技术参数	技术指标
电机发动机功率/kW	75
理论混凝土输送压力/MPa	7.8 ~ 13
理论混凝土输送量/(m <sup>3</sup> /h)	37 ~ 60.2
主油泵额定工作压力/MPa	32
理论最大输送距离/m	水平 600,垂直 180
最大骨料尺寸/mm	40
输送缸直径 × 最大行程/mm	φ195 × 1400
料斗容积/上料高度/(m <sup>3</sup> /mm)	0.6/1 365
液压油箱容积/L	560

## 6 施工中的几个问题

为克服温度变化引起墩身开裂,施工中需采用早强、高效减水剂等外加剂,随不同气候条件调整水泥用量和混凝土配合比,并加强混凝土养护、降温、保湿工作;墩身混凝土采用泵送方式入模,对粗、细骨料的质

量及混凝土坍落度的控制是施工中应特别注意的问题。混凝土中粒径 0.315 mm 以下的颗粒含量 15 %;由于部分桥墩施工时室外的温度高达 36 ~ 39 ℃,因此保证泵送混凝土的顺利入模,同时最大程度降低混凝土入模温度是一个难题。首先在拌和站搭设凉棚,不让太阳直射到大堆料,可降低大堆料温度 3 ~ 5 ℃;其次对粗骨料冲水降温可降低粗骨料温度 6 ~ 8 ℃;对泵管环绕打有小孔的塑料管外包麻袋,通过对塑料管内通水以降低泵管温度。试验证明在夏季白天使用这些措施可降低混凝土入模温度 3 ~ 5 ℃。实施以上措施后,混凝土入模温度控制在 25 ℃ 以内,保证了混凝土顺利泵送,降低了入模温度,从而较大程度降低了出现温度裂缝的机率。高墩混凝土的养护由于难度较大且不被重视,本次施工中使用了两种养护方式:一是在拆外模后喷液体养护剂养护,二是在墩内吊一环墩钢管,钢管靠墩的一侧打孔,钢管连接到高压水池,定时开关闸阀进行养护,养护水管可随爬架的提升而升高,通过现场使用,取得了较好的效果。

## 7 施工效果

爬模施工属无支架施工工艺,保留了滑模自身不用脚手架的优点,但不象滑模那样必须连续作业及需要大型专用起重设备,从而使施工更安全,墩身线形也容易控制。采用大块模板技术具有混凝土结构尺寸精确、表面光滑、施工高度不受限制、专用设备少等优点。利用爬模施工加快了施工进度,在施工中,由于混凝土等强等原因,一般一个循环时间 72 h,最快一个循环只需 69 h。一个 90 m 高墩,墩身施工时间最长需 60 多天,因此利用爬模施工是高墩快速施工中的一种较理想的方法。利用爬模施工节省周转材料及工时。爬模施工只需用万能杆件组拼桁架,每套需要万能杆件 98 kN;爬升架、滑道及其一些配件需厂家加工,共需加工配件 115 kN,爬架爬模可循环使用。爬模施工接缝较少,混凝土外观质量比采用滑模施工的好。在山区施工难免会出现停电、机械故障等引起的停工,这是滑模施工的致命弱点,但对爬模施工则影响不大。

修回日期:2003 - 11 - 20

(责任审编 王 红)