

文章编号: 0451- 0712(2004)04- 0081- 04

中图分类号: U 445

文献标识码: B

党家沟大桥施工方案及关键技术

艾晓东

(中铁十一局集团有限公司 襄樊市 441003)

摘 要: 介绍党家沟大桥施工方案及长联大跨刚构—连续组合弯梁悬臂浇注施工的关键技术。

关键词: 党家沟大桥; 施工方案; 技术

党家沟大桥由中铁十一局集团第四工程有限公司承建, 1999 年 10 月 30 日竣工交验。该桥高墩、大跨、弯梁, 在当时为河北省之最, 业主称其为“河北第一桥”。铁科院 2000 年 3 月 6 日查询(查询号 TA 00059), 该桥的长联大跨径刚构—连续组合弯梁施工技术, 在国内为领先水平。该技术先后获得 1999 年局科技进步特等奖、总公司科技进步一等奖、2001 年总公司优秀工法一等奖、2001 年湖北省科技进步三等奖、2002 年铁道部工法、2003 年国家级工法。大桥先后获得了局、总公司及铁道部优质工程奖。本文就党家沟大桥的施工方案及关键技术作简要介绍。

1 施工方案的优化

1.1 工程概况

宣化~ 大同高速公路上的党家沟大桥, 全长 480 m, 中标造价为 4 750 万元, 竣工决算为 5 000 万元。大桥跨径设计为 $(42\text{ m} + 60\text{ m} + 3 \times 92\text{ m} + 60\text{ m} + 42\text{ m})$ 7 孔一联预应力混凝土刚构—连续组合弯梁, 上部结构采用变截面箱梁, 单箱单室, 三向预应力, 梁部混凝土为 C45, 单幅桥宽为 11.75 m, 全桥宽为 24.5 m, 曲线半径为 2 500 m; 肋板式桥台, 主桥墩为双墙薄壁式, 墩顶与箱梁固结, 形成刚构—连续组合体系, 主桥墩最高为 50 m; 下部为桩径 1.8 m 的钻孔桩基础。

1.2 施工方案的总体思路

党家沟大桥能否顺利实施有两大关键问题, 一是工期紧迫, 能否按期完工已是履行合同承诺的最关键问题; 二是该桥的“长联大跨径刚构—连续组合弯梁等一系列施工技术”国内尚无先例, 如何解决这一系

列技术难题是大桥建设成败的核心问题。我们紧紧地围绕这两大关键问题来制定与优化大桥施工方案。

1.3 工期分析与进度安排

1.3.1 施工总天数的推算

业主要求 1998 年 5 月 1 日开工, 1999 年 7 月 1 日竣工, 总计为 14 个月, 420 d。当地 11 月至次年 3 月均为寒冷季节(最低气温 -32°C), 业主规定冬季不能进行高空混凝土施工作业, 扣除 4 个月冬季停工时间, 实际施工工期仅为 10 个月, 300 d。按常规还应考虑一些不可预测的客观因素, 每个月的施工天数最多只能按 26 d 计算, 则实际施工天数又减少至 260 d。

1.3.2 关键线路施工工序的时间分配

根据倒排工序和时间, 在关键线路施工工序的时间分配上, 将 260 d 分为 3 大块。

第一, 梁部施工: 梁部按悬臂浇注法施工。按照国内最快的施工记录, 在日平均气温为 $+28^{\circ}\text{C}$ 的情况下, 每 7 d 可完成一个对称梁段施工。宣化地区夏季日平均气温仅为 $+15^{\circ}\text{C}$ 左右, 平均按 8 d 完成一个梁段计算, 安排 8 个 T 构 16 只挂篮同步平行作业, 则最快完成梁部的施工工期为: 1998 年 9 月 18 日~ 1999 年 7 月 1 日(其中包含冬季停工时间)。

第二, 墩身施工: 8 个主墩安排 24 套整翻模板同步平行施工, 每个桥墩每天进度按 2.5 m 计算。这样墩身工期最快完成时间为: 1998 年 6 月 13 日~ 1998 年 9 月 18 日。

第三, 基础施工: 扣除梁部和桥墩的施工时间之后, 基础施工工期为 1998 年 5 月 1 日~ 1998 年 6 月 13 日, 总计为 43 d 时间。

关键线路工序时间分配见表 1。

收稿日期: 2004- 01- 09



表 1 关键线路工序时间分配

基础施工	承台、墩身施工	梁部施工
1998.5.1~6.13	1998.6.13~9.18	1998.9.18~1999.7.1
43 d	93 d	318 d, 冬休 120 d, 实际施工天数为 198 d

1.4 施工方案的确定

梁部、桥墩及基础施工的时间,已是最短的施工时间,再也不能进行压缩了。由于工期紧,施工方案与设备、劳力的投入以能满足进度要求为前提条件。

1.4.1 基础桩基施工

大桥总共 88 根桩总长 1 828 m。若采用安装变压器用钻机施工,共需钻机 22 台,配套变压器 10 台,所需各种费用 500 万元,费用太高;若采用钻机与自发电配套方案,22 台钻机共需增加发电机 22 台。在短期内发电机的租赁、单位调遣、新购均不可能实现,该方案也不可取。

最后确定采用挖孔灌注桩方案,其优点如下:

一是满足了工期要求:88 根桩基可同步平行作业,每天(24 h)每根桩进度按 0.8~1.0 m 计算,完成最长的一根 32 m 桩仅为 35 d 左右,完全可以满足工期(43 d)要求。

二是降低成本:采用挖孔桩代替钻孔桩不仅满足工期要求,而且降低了成本,挖孔桩实际发生的费用比钻孔桩的预算费用降低 537 万元,降低成本 57%,见表 2。

表 2 钻孔桩、挖孔桩的成本比较

项目	桩径 1.5 m		桩径 1.8 m		成本
	单价	数量	单价	数量	
钻孔桩	3 605 元/m	720 m	5 580 元/m	1 108 m	8 778 240 元
挖孔桩	1 500 元/m	720 m	2 100 元/m	1 108 m	3 406 800 元
降低成本					5 371 440 元

三是确保了质量:影响钻孔桩的水下混凝土施工质量的因素多,质量控制难度相对较大。挖孔桩在“明处”开挖,混凝土在“干处”施工,有利于质量控制,经河北省质量权威机构检测,全部桩基均达到优良标准。

1.4.2 主墩及梁部施工方案

主墩施工方案:8 个主墩安排 24 套整翻模板同步平行施工,每个桥墩每天进度 2.5 m。每个主墩配置塔吊 1 台、混凝土输送泵 1 台。整个墩身施工仅仅 42 d,比计划进度提前了 51 d,有效地节约了工期,为后续工序争取了主动。墩身表面平整光洁、内外外

美,达到了预期的质量效果。

梁部施工方案:0 号段采用预埋件安装三角形托架方案,1 号段联体挂篮施工;2~12 号段 4 个主墩投入了 8 对挂篮同步作业。

1.4.3 主要设备

大桥配置了 2 台每小时 30 m³ 的自动计量拌和站,4 台混凝土搅拌运输车,1 台 500 kVA 变压器,2 台 200 kW 柴油发电机,4 台塔吊和 4 台混凝土输送泵等主要设备。

1.4.4 劳动力安排

挖孔桩:300 人;拌和站 25 人;每个主墩(包括上部构造)安排 1 个专业队 60 人,共 240 人;机械队 50 人,主要负责全桥机械设备、挂篮的安装运转、操作、维修保养。

1.5 施工方案实施效果

由于施工方案科学、资源配置合理、施工组织得力,不但满足了工期要求,而且施工期间在河北省交通系统的质量评比中连续三次评为全省第一名,被树为河北省样板工程,誉为“河北第一桥”;同时施工方案优化也获得了巨大的经济效益,仅一项基础施工优化就获得纯利润 537 万元。

2 刚构—连续组合弯梁施工关键技术

2.1 三角形挂篮

为配合党家沟的弯箱梁施工,研制了适应于弯梁施工的三角形挂篮

2.1.1 挂篮构造

如图 1 所示,三角形挂篮由三角桁架、提吊系统、锚固系统、走行系统、模板及张拉平台 6 部分组成。

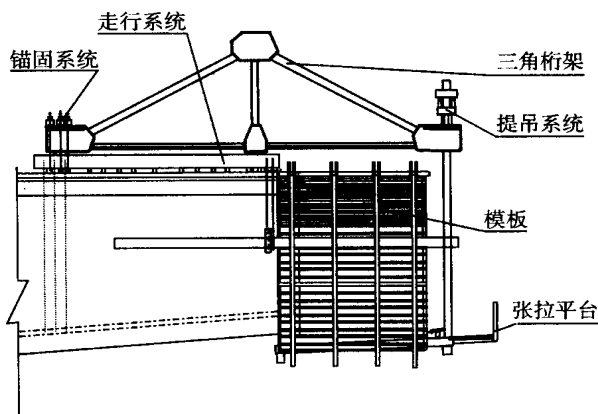


图 1 挂篮示意

2 1 2 挂篮的工作原理

底模、外模随三角形桁架向前移动就位后, 分块吊装梁段底板和腹板钢筋, 并安装预应力筋和管道, 将内模架从已浇梁段箱体内拖出, 待内模安装完毕, 再绑扎安装顶板内钢筋以及预应力筋与管道, 然后浇注梁段混凝土。当新浇梁段预应力束张拉和管道压浆作业结束后, 挂篮再向前移动, 进行下一梁段的施工。如此循环, 直至梁段悬浇完工。值得注意的是: 弯梁施工的挂篮移动方向由轨道控制, 轨道的安装应根据曲线测量精确对位, 以免挂篮走偏。

2 1 3 挂篮试验

为方便悬灌施工, 挂篮加工完成后, 选择场地进行试拼, 并做超载试验, 检验挂篮受力状况, 测取挂篮自身的弹性变形和非弹性变形, 供梁段立模时参考。

2 2 弯梁施工的线型控制

2 2 1 线型控制的影响因素

大跨径弯梁悬臂浇注施工中, 线型控制极为重要。线型控制包括高程和平曲线控制, 而影响线型的因素较多, 主要有挂篮变形、梁段自重、预施应力大小、施工荷载、结构体系转换、混凝土收缩与徐变、日照和温度变化等。线型控制将影响到合拢精度及合拢成功与否, 因此必须对线型进行精确计算和严格控制, 在实际操作中采用计算机程序化控制。

温度影响, 主要是日照温差的影响, 它影响立模的放样、复测精度等。因此, 放样及复测等工作宜选在夜间或早晨进行, 否则应予以修正。当分期、分批合拢时间相隔较长时, 须考虑前期悬臂箱梁在停放时间内的徐变和温度影响, 以免后期强迫合拢而带来的巨大次内力影响。

2 2 2 施工高程控制要点

(1) 为了保证箱梁理论轴线高程的施工精度, 及时准确地控制和调整施工中发生的偏差, 高程以 II 等水准高程控制测量标准为控制网, 箱梁悬浇以 III 等水准高程精度控制联测。

(2) 线型监测的方法是在梁顶面的同一方向截面上预埋 3 个测点。为便于分析计算, 其中 1 个测点应较为准确地埋设于梁的中线上, 另外 2 个测点应对称于中测点设于两边, 按照一定的时间间隔和每种工况交界时刻, 对每一截面上 3 个测点进行监测。通过对监测数据的整理分析后, 便得知在每一种工况下梁体随时间的变形规律和变形大小, 据此推算下一步施工梁段应该预留的变形量, 同时与设计值进行对照, 若发现异常现象应及时分析处理, 以定出

一个合理的预留变形值进行施工放样。

2 2 3 平曲线控制要点与控制效果

与梁段的标高一样, 梁段的中心线位置也同样受到各种因素的影响而发生变化。在操作中采取了如下几种措施。

(1) 布设大桥 II 等精度三角网。

(2) 建立正确的计算模型, 计算出每个梁段中心线的起点、终点平面坐标值, 输入微机待用。根据模拟线形计算结果, 进行设计参数的调整, 使各参数尽量接近实际, 并严格监控, 以保证全桥 T 构弯梁的线形理想。

(3) 弯梁平面线形控制, 关键在于控制挂篮及模板的平面位置, 由于温度和施工荷载的不确定性而导致绝对平面位置的不稳定, T 构弯梁分段浇注的平面线形用绝对平面位置和相对平面位置进行控制, 采取施工测量(相对平面位置)与控制测量(绝对平面位置)相结合的方法, 控制平面曲线位置。

施工测量就是预先在施工完的梁段埋设中心基点, 运用偏角法测量定出下一梁段的中心位置。由于中心基点和所要测设的下个中心点受各种因素的影响均处于不稳定的状态中, 所以要用大桥三角网控制网进行梁段中心线的控制测量复核(绝对平面位置), 当复核误差大于 5 mm 时就及时分析原因, 及时调整。三角网控制复测最好安排在夜间或早上 7 点以前, 以减少日照对线型的影响。

(4) 对已施工完成的各梁段中心线也要按规定每天测量一次, 以掌握线型的总体变化, 输入微机指导下步梁段的曲线测量工作。在挂篮的行进、安装过程中的平面线形控制, 实际上是控制每节段前后的平面偏移量, 每节段浇注完毕, 张拉完预应力束后, 平面线形以控制该段绝对平面位置为主。

用以上方法对平面线形进行控制, 取得了良好效果, 全桥 T 构弯梁平面中线偏移值小于 10 mm, 达到了设计要求, 实践证明, 这种监控方法是可行的。

2 3 0 号梁段悬臂托架施工及混凝土的防裂

2 3 1 现浇 0 号梁段

在墩身上预埋型钢安装托架, 并进行预压, 然后铺设 0 号梁段底模, 见图 2 所示。现浇 0 号梁段的工艺步骤为:

预制 0 号梁段钢筋骨架 钢筋骨架整体吊装就位 安装外模、内模 安装纵向预应力束管道、横向及竖向预应力筋与管道、顶板钢筋及有关预埋件

对称整体分层一次性浇注 0 号梁段混凝土 养护
穿束、张拉纵向预应力束 张拉横向和竖向预应力
筋 纵向、竖向、横向管道压浆。

1/2 立面 1/2 I-I

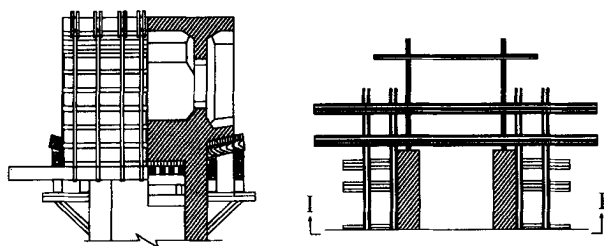


图 2 0 号段施工托架

2.3.2 0 号梁段高标号混凝土施工的防裂技术

引起箱梁开裂的原因主要可分为两大类因素,即外荷载作用和内应力变形作用。国内外大量调查说明,由于变形荷载引起的裂缝约占 80% 以上。变形荷载主要包括气温、生产热源、水泥水化热引起的温度变形,湿度变形(收缩和膨胀变形),地基和托架的非弹性不均匀变形(水平或竖直变形)等。由于 0 号梁段结构复杂、体积大,如何控制因混凝土变形而产生的裂缝,提高结构的抗渗、抗裂和抗侵蚀性能,是 0 号梁段混凝土施工需要解决的一个关键问题,在施工中着重抓了以下几点。

(1) 消除托架的非弹性变形。

托架安装后,要进行加载试验。按照 0 号段施工时产生的竖向等效荷载的 1.4 倍进行预压,消除地基和托架结构的非弹性变形,检验托架的安全度。这样可以避免因地基和托架变形而使箱梁混凝土开裂。加载方式可采用水箱或用砂袋堆码。

(2) 过人洞防裂。

多数 0 号段施工的端隔墙出现过明显裂纹,因此,在过人洞两侧各 1 m 的范围内加设了钢筋网,这样可以基本消除端隔墙上的裂纹。

(3) 构造钢筋的调正。

在全预应力箱梁纵向构造钢筋设计中,没有考虑拉力的作用,用直径为 10 mm 的光面钢筋作为构造钢筋。由于箱梁体积大、结构复杂,在预应力施加前,小直径光面钢筋难以克服混凝土的温度应力而使混凝土出现裂纹。在操作中,建议设计单位将光面钢筋改为螺纹钢筋,可有效克服内应力产生的裂纹。

(4) 温度应力的避免。

在高温天气浇注 0 号段混凝土时,为克服混

凝土的温度应力,避免产生温度裂纹,施工中采取了以下措施:在不改变混凝土强度的前提下,降低水灰比,采用高效减水剂,减少水的用量,降低水化热;用冷水喷洒碎石降温;在波纹管灌注循环水散热;加强草袋复盖、凉水养护。

(5) 混凝土的一次性浇注。

为了有利于整体变形,0 号段采用了一次性混凝土浇注工艺。0 号块分成 2 次或 3 次浇注成型,其优点是施工方便、托架一次受力小,但对混凝土的裂纹控制不利。如先浇注底板,再浇注腹板的二次成型工艺容易产生腹板竖向裂纹。其原因是:底板混凝土达到一定强度后,变形量相对很小。腹板混凝土在底板上浇注时形成上端自由、下端受约束的变形状态,从而产生腹板竖向裂纹。我们在施工中 0 号段混凝土时采取了一次浇注成型工艺,而且从拌和、运输、入模、浇注全过程快速完成,使 0 号段混凝土形成整体,从而使 0 号段混凝土在变形上整体化,避免了竖向裂纹的产生。

2.4 1 号梁段的无托架施工

箱梁 0 号段的长度不能满足挂篮安装所需要的作业空间,则要先进行 1 号梁段的施工。按照常规 1 号梁段需在托架上施工,为节约托架的制作安装费用,加快进度,在施工中采用三角形挂篮的主构件联体和模板安装成 1 号梁段联体挂篮的吊架施工结构,如图 3 所示。在吊架上完成两侧 1 号梁段的施工作业程序。

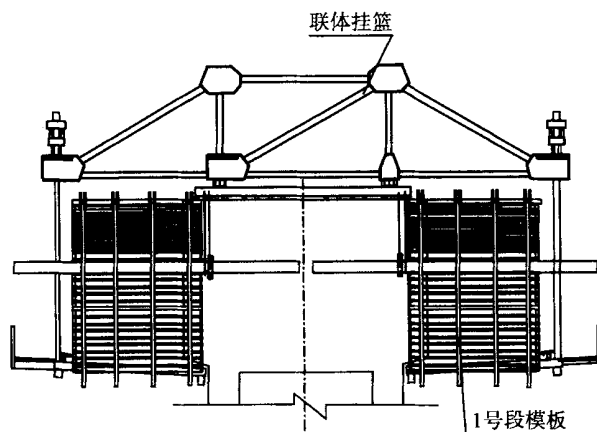


图 3 两侧 1 号梁段联体挂篮的吊架施工结构示意图

2.5 合拢与体系转换

2.5.1 合拢段施工

合拢段施工时,先拆除挂篮,将相邻 2 个 T 构(若合拢边跨,则为边跨直线段与相邻 T 构)的梁面

文章编号: 0451- 0712(2004)04- 0085- 03

中图分类号: U 448. 22

文献标识码: A

大跨度钢管混凝土桁式拱桥结构非线性分析

马桂军¹, 夏岩昆², 王景波¹

(1. 黑龙江工程学院 哈尔滨市 150050;

2. 黑龙江省公路工程监理咨询公司 哈尔滨市 150050)

摘 要: 采用了几何非线性和材料非线性等因素对大跨度钢管混凝土桁式拱桥进行结构非线性分析, 结果表明对这种大跨(跨径大于 300 m)、宽跨比小(接近 1/20)的钢管混凝土桁式拱桥, 几何非线性和材料非线性的影响均较大, 在设计和施工时不应忽略。

关键词: 钢管混凝土; 拱桥; 非线性

目前对钢管混凝土拱桥的设计计算, 仍以弹性分析为主, 采用空间直杆单元、直梁单元杆系结构模型计算结构内力, 以极限状态设计方法来确定构件的承载力。已有研究成果表明, 几何非线性对钢管混凝土拱桥内力和变形的影响很小, 一般在 5% 以内; 而材料非线性的影响较大。本文采用几何非线性、材料非线性方法对大跨度钢管混凝土桁式拱桥进行分析, 结果表明对这种大跨(跨径大于 300 m)、宽跨比小(接近 1/20)的大跨度钢管混凝土桁式拱桥, 几何非线性和材料非线性的影响均较大, 在设计和施工时不应忽略。

收稿日期: 2004- 02- 24

杂物清理干净, 备用配重水箱(设计配重 50 t)以及少数必需的机具设备, 放置在指定位置。

2.5.2 合拢段的锁定

为了保持结构按设计要求合拢, 避免在合拢过程中产生不利因素, 在构造上采取了以下措施:

(1) 用支撑钢管作为合拢段预应力筋的套管, 提前施加部分预应力;

(2) 为了增强合拢段的刚度, 加强了普通钢筋的配置;

(3) 用临时劲性型钢锁定。型钢设置在箱梁截面以外, 用螺栓固定在箱梁的预埋件上, 在浇注混凝土前焊接成整体, 焊接时间不超过 2 h, 将合拢段两侧连成整体, 避免合拢段新浇混凝土受到两侧梁段的挤压或拉伸破坏。

2.5.3 合拢段的施工要点

1 非线性分析的基本原理

1.1 几何非线性分析

拱桥的几何非线性主要是指在荷载的作用下, 拱轴线与荷载压力线的偏离问题。因为这种偏离是不可避免的, 如: 在施工阶段, 压力线随架设过程的不断变化、施工预拱度的设置、各种施工偏差、拱轴线的弹性压缩等, 拱的几何非线性属于弹性大变形问题。

考虑几何非线性后, 结构的总体平衡方程可写为:

$$([K_0] + [K_\sigma] + [K_L])\{d\} = \{F\} \quad (1)$$

合拢段的工程质量除了在构造上要采取以上措施外, 同时与施工质量有着密切关系, 还需要注意以下 4 点:

(1) 合拢段应选用早强、高强、微膨胀的混凝土, 这样可以加速提高混凝土的强度, 及早施加预应力, 完成合拢段的施工;

(2) 合拢段混凝土的浇注时间应选在一天中最低温度时施工, 使之在混凝土早期结硬过程中, 外部温度处于升温的状态, 减少内外温差过大而对混凝土的影响;

(3) 支承梁体的施工支架(指直线段), 应具有足够的竖向刚度, 同时在纵向要有利于梁体的变形, 以减少对合拢段的约束力;

(4) 加强对合拢段混凝土的养护, 使之保持潮湿状态, 减少日照引起的温度变化影响。