

桥梁高墩施工技术及管理措施分析

范世全

北京逸群工程咨询有限公司

摘要：为推进桥梁建设施工实践，本文以国道109新线高速公路安家庄特大桥的高墩施工为工程背景，首先根据项目实际情况，对吊装、模板施工方案进行比选，再从施工角度分析翻模施工技术在薄壁空心高墩中的应用，最后，针对质量管理措施，提出了一系列有效的措施，以确保桥梁高墩施工的质量和安

关键词：薄壁空心墩；高墩；翻模施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.18.052

引言

近几十年来，我国交通行业取得了快速发展，成为国家重点发展的行业之一，尤其是公路和铁路在推动经济发展方面发挥了重要作用，基础设施的建设进一步被推进^[1]。桥梁作为基础交通设施的重要组成部分，对于现代社会的发展和人民生活的便利起着不可替代的作用。然而，在山区、跨江及跨河等特殊地区的桥梁建设上，施工条件更加恶劣导致施工的难度系数和技术要求也在不断提升。特别是在桥梁高墩施工过程中，墩柱模板支撑不稳、爆模及墩柱局部折断等风险时常发生，例如广东韶关白桥坑大桥、重庆彩虹大桥、福建蒲城大桥以及广州市广清高速公路增建高架桥等地的施工事故

都给我们敲响了警钟^[2]，也给社会带来了巨大的经济损失。因此，为减少相关事故发生并为相关工程提供可靠参考，针对桥梁高墩的施工技术及质量管理措施的分析及论证极度重要。

一、工程概况

国道109新线高速公路工程四工区位于门头沟区王平镇安家庄村南，里程AK25+498-AK29+561，线路全长4135米，规划为双向六车道。其中包含全长2216m安家庄特大桥一座，该桥梁左右分幅布置，下构薄壁空心墩截面尺寸为 $B \times H = 240 \times 550\text{cm}$ ，外形与重力式桥墩相似，具有截面积小、截面模量大、自重轻、结构刚度度较好的特点，部分墩柱高度在35m左右。本项目薄壁空心墩的主体建筑物由墩底实心段、墩身空心段、近人洞、墩顶实心段、墩帽五部分组成。施工涉及钢筋绑扎、模板提升、倒运、安装以及混凝土浇筑等多个工艺流程，根据墩柱所处地形和墩柱特点，以‘流水施工，交叉作业，优化资源’的原则，分别选取了合适的施工工艺。受篇幅影响，本文结合安家庄特大桥高墩施工特点，从翻模施工技术角度出发，对薄壁空心高墩施工技术

二、施工方案选择

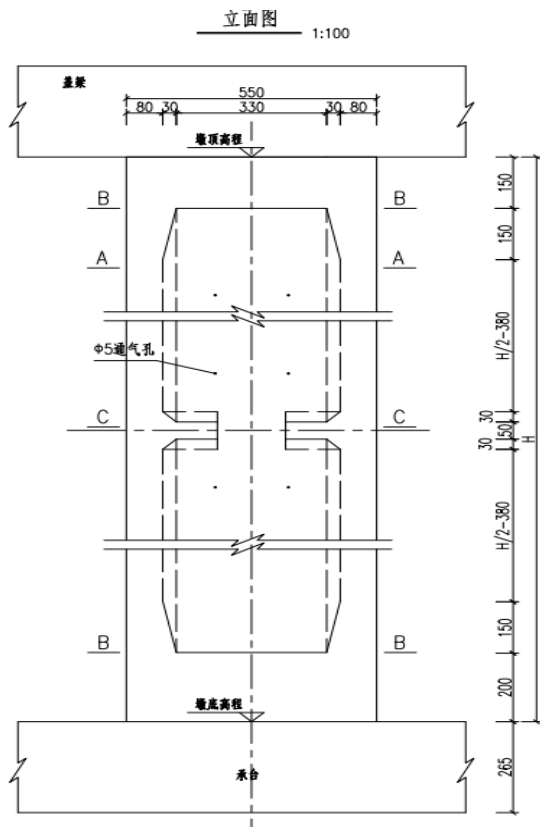


图1 薄壁空心墩立面图

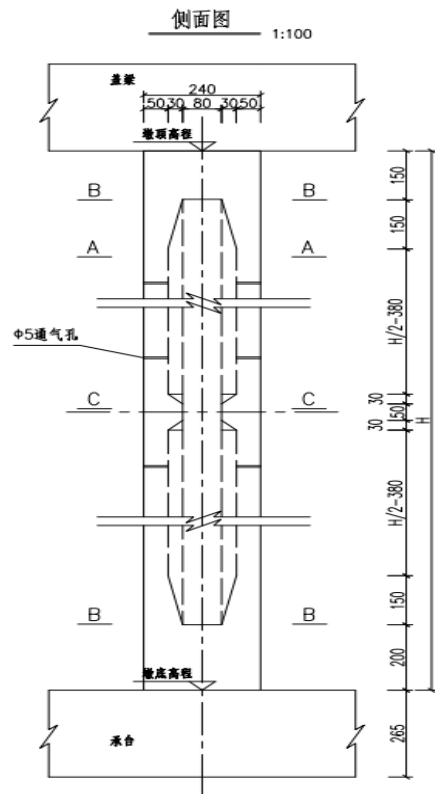


图2 薄壁空心墩侧面图

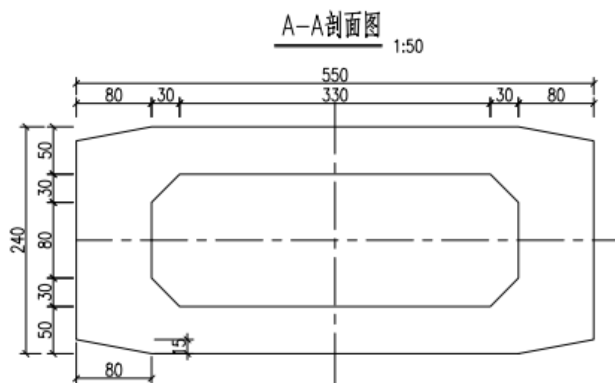


图3 薄壁空心墩A-A截面图

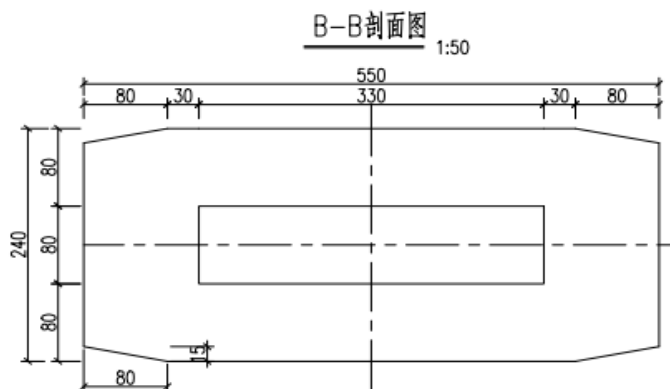


图4 薄壁空心墩B-B截面图

(一) 垂直运输机选择

在施工前,对施工场地及墩高类型进行调查及分析,结合经济效益及施工周期,在垂直运输吊装机械的选择上,通过主控因素墩高进行划分,当墩柱施工起吊高度20米以下时,优先选择吊车起吊,施工起吊高度在20米以上时,考虑采用塔吊或起重机进行起吊。安家庄特大桥左右幅22号墩至30号墩墩高在27~39m之间,考虑到高墩分布区域较为均匀,在施工起吊上,在高墩间隔区域中布置QTZ7015型塔头塔式起重机,小距离移动和调整位置既可减少垂直运输机械来回调配产生的费用及工期,也可适应不同的工作需求和施工进度。

(二) 模板施工方案选择及技术措施分析

目前在桥梁高墩施工中,模板工艺有较多选择,例如滑模施工、飞模施工、爬模施工以及翻模施工^[3],每种施工工艺都有其适用范围。以下通过对上述四种模板施工工艺进行分析,比选出适合本项目的最佳方案。

(1) 滑模板施工技术:滑模板施工能够实现连续、快速地模板施工,可大大缩短工程的施工周期,并能有效控制模板的平整度和几何尺寸,保证桥梁的形状和外观质量。滑模板施工技术较为成熟,施工控制相对简单,施工人员易于掌握。然而此施工工艺需要配合较多的滑升支承杆材料,对于测量定位也需配备一定数量的劲性骨架材料,因此该施工工艺会在一定程度上增加经济成本,同时施工过程中,施工作业需要相对平整的场地,对场地的要求较高。

(2) 飞模施工技术:飞模适用于周围空间大的钢筋混凝土构筑物,其模板的连接件较为简单,方便安装,技术难度较低,其支架可用作脚手架使用,功能性较强。但是在使用上一次性投资较大,部分构件使用寿命较短,不经济。

(3) 爬模施工技术:爬模施工技术可实现桥梁的节段施工流水作业,大大减小劳动强度,并且施工过程相对简单,施工控制较为方便,能够提高施工效率。然而爬升结构体系较为复杂,施工工序较为繁琐,需要专业技术人员进行操作,同时爬模施工需要特殊的爬模设备,成本较高。

(4) 翻模施工技术:翻模施工所需的成本相对较低,在对施工控制和安全保证上,翻模施工技术对施工工艺要求更为严格,同时施工操作难度较大,适用于

特定构造的桥梁上下构。

翻模提升依托的体系具有优异的刚度,这为安家庄特大桥高墩施工提供了稳定的支撑,翻模技术的自动化特性使得施工操作也更加方便。通过重复调配原材料和设备,翻模工艺可以减轻本项目施工过程中的重量荷载,具备推广和采纳的潜力,机具也可重复利用,具备优良的经济性,从而节省了施工过程中的成本。同时,通过布设稳定的平台,翻模技术增强了高墩的承载能力,并具备出色的抗风特性,适宜的安全系数的确定确保了在最大范围内满足施工安全的要求。其次,翻模技术可以提升施工效率,相比常见工艺,翻模技术创造了更为优良的施工效果,它能够避免高墩错台和扭曲状态的问题,使得高墩的外表光滑、平顺,并且具备优良的垂直度和棱角特性。此外,模板的可重复布设也有助于缩减建造成本。最后,翻模手段可以降低本项目总体施工成本,并显著减少耗费金额,明显提升经济效益。综上所述,本项目高墩模板工程选择翻模施工。

三、施工技术及质量管理措施

(一) 模板设计

本项目采用了翻模技术来进行薄壁空心墩的外模施工,翻模由三节段大块组合模板、支架和内外工作平台组成的模具系统。为了适应墩身较高的要求并减少施工缝,每套模板加工为3层,每层高度为2米,总共6米。翻模面板采用5毫米厚度,主肋采用8#槽钢,间距为300毫米,背肋采用双18b#槽钢,最大间距为1000毫米。为了增加墩身的稳定性,墩身面设置 $\phi 25$ 精轧螺纹钢对拉杆,沿墩身竖向中线位置设置,间距为1米,并这些对拉杆在混凝土浇筑前提前预埋,预留50毫米的PVC套管。内外模采用对拉的方式固定,外模的四角进行对拉,墩身内侧采用竹胶模板组合下料使用,并在模板外侧的四角位置设置对拉杆,以防止爆模。内、外模之间采用“内顶外拉”的工艺,同时在模板间还穿插对拉杆,以保证模板的安全性及稳定性。每节外侧模板都配备工作平台,固定在翻模背肋上,并设置了周边的防护栏杆和安全网,可为现场施工人员提供操作空间,也可用于存放小型机具。

(二) 施工技术要点

(1) 翻模施工主要分为第1节墩底实心段施工、第2、3节段墩身施工及拆除第1、2节模板置于顶模上交替

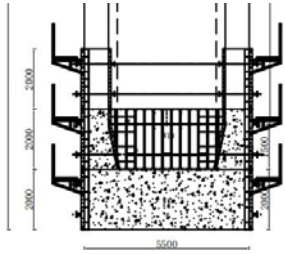


图5 翻模立面设计图

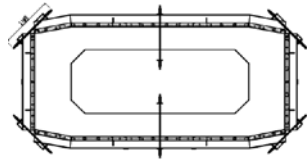


图6 翻模平面设计图

作业施工。

第一节墩身施工：首先，进行空心墩的第一节浇筑，其中包括一个高度为2m的实心段和一个高度为1.5m的倒角段，同时在承台上立模的位置使用M20水泥砂浆进行找平，并在其上放置5×5cm的木方，以便于模板拆除。使用塔吊对起吊第一节模板时，需人工配合操作，使模板与已经绑扎完工的钢筋牢固接触，并进行复核，保证模板位置及尺寸准确无误。螺栓连接时，应使用对拉螺栓进行紧固处理。内膜采用竹胶板，尺寸及相关规格严格按照设计图纸施工，并在对拉螺杆上套上内径为 $\phi 50\text{mm}$ 的PVC硬塑管。第一节模板安装好后，立即安装附属的操作平台构件，并确保其在整个施工过程中不会拆除，直到完成全部墩柱的浇筑。使用水泥砂浆封堵模底的缝隙，并进行自检合格后，报告监理工程师进行检查。

(2) 第2、3节段墩身施工：在第一节墩身混凝土浇筑后，暂时不拆除第一节模板，开始在下一节段上搭设外模施工平台，并同时安装第2至第3节的内、外模板。使用塔吊或吊车将第2至第3节外模板分块吊装，并安装于第一节模板上，同时施工完成内模板安装。模板内外通过采用对拉杆加强桥墩模板的稳定性，并搭设内膜脚手架作为施工平台，墩身钢筋在塔吊起吊时，主筋之间通过机械连接，减少不必要的焊接时间，并能保证工程施工质量。混凝土浇筑时，固定好泵送管，再对第二节、第三节墩身混凝土进行浇筑。同时应在墩身空心底部预留泄水孔，以便于后期养护产生的水排出。第2至第3节段墩身施工完成后，待墩身混凝土达到10Mpa的强度后，先后拆除第1至第2节模板，然后利用支撑于已浇筑的混凝土上的第3节模板，将第1至第2节模板提升到要求的高度后悬挂于吊架上，并将其依次安装支撑于第3节模板顶部。绑扎墩身钢筋后，进行墩身混凝土的浇筑，循环交替翻升模板、绑扎钢筋和浇筑混凝土的过程，每次翻升2节高模板，浇筑2节模板高的墩身，依次往复，直至完成整个薄壁空心墩身的施工。

(3) 墩顶实心段施工：在空心墩顶部实心段底部下方10cm处设置混凝土浇筑梁，用于墩身与墩顶的过渡。安装模板并绑扎钢筋，将混凝土浇注至墩顶模板顶部。待混凝土养护期结束后，拆除墩顶模板，进行修整。

(4) 翻模完工：完成所有墩身的混凝土浇筑后，进行养护。在养护期结束后，进行墩身模板的拆除，并进行外观质量检查和维修修整。检查墩身的垂直度、平面位置和尺寸准确性，以确保施工质量。

(三) 质量管理措施

在进行高墩施工之前，需进行详细的施工方案制定和技术交底，确保施工人员了解施工要求和流程。此外，还需对模板和施工设备进行检查和试验，确保其符合要求。

在模板安装之前，通过全桥控制网进行测量放样，保证每个桩基坐标位置准确无误，并需多次复核校准。模板安装时，需在基础顶部铺设3cm厚的水泥砂浆进行找平处理，并控制平整度。模板安装完成后，需对模板各点高程进行复测，保证相邻模板之间的高差小于2mm，对角模板高差小于5mm，反复复测调整，满足要求后紧固螺栓，加强拉杆连接和支撑。

模板在安装过程中，要求操作人员具备相关技术经验，并按照设计要求进行安装和调整。同时，应定期检查模板的稳定性和平整度，确保模板的质量和使用寿命。钢筋的绑扎工作对于墩身的稳定性和承载能力至关重要，在绑扎过程中，要求绑扎工人具备专业技能，并按照设计要求进行绑扎操作。同时，要对绑扎质量进行抽检，并及时处理绑扎不合格的情况。混凝土浇筑是高墩翻模施工的最后一道工序。在浇筑过程中，应注意控制浇筑速度和浇筑厚度，以确保混凝土的质量和均匀性。同时，要定期进行混凝土抽检和强度检测，确保混凝土达到设计要求。建立严格的质量管理制度和 workflow，确保施工过程中的质量稳定和可控。

最后，需全过程对施工人员进行全面的培训，确保他们理解施工的要求和标准，提供必要的技术指导，使他们熟悉翻模工艺和操作步骤。通过定期组织技术培训和交流会议，更新施工人员的知识和技能，提高其质量意识和技术水平。并建立定期的质量检查制度，对施工过程进行全面监督和检查，使用合适的工具和方法，对薄壁高墩的各个环节进行质量把关，确保每个步骤都符合规范要求。同时，建立完整的质量记录和档案系统，记录施工过程中的关键信息和数据，包括工程计划、施工方案、质量检查记录、施工问题整改情况等。这些记录和档案可以用于质量追溯，帮助分析和总结经验教训，并为今后的类似项目提供参考和借鉴。

四、结语

桥梁高墩的施工技术和质量管理措施直接关系到桥梁的安全和可靠性。通过选择合适的施工方案、采用适当的施工技术，并配合有效的质量管理措施，可以确保桥梁高墩施工的质量和安全性。安家庄特大桥高墩采用的翻模施工工艺，不仅提升了施工效率和经济效益，在严格控制各项工艺后，并进一步加强了桥梁墩柱的施工质量。实践表明，本项目的施工工艺可为相关高墩施工提供有益的参考。

参考文献

[1] 周伟涛. 高速公路桥梁高墩施工存在的问题及质量管理对策[J]. 中国建材, 2020(10): 116-118.
 [2] 李浩然. 公路桥梁高墩翻模施工技术及其质量控制[J]. 交通世界, 2022(27): 26-28.
 [3] 刘阳. 高速公路桥梁高墩施工中常用的翻模技术[J]. 交通世界, 2021(21): 60-61.