

基于 BIM 的互通立交钢箱梁分段制作与吊装研究

文 / 严俊刚 广州市第一市政工程有限公司

摘要：本文以互通立交桥为研究对象，探究钢箱梁分段制作与吊装的方法，结合 BIM 技术给出合理建议。阐述并分析了钢箱梁分段制作与吊装的要求与原则，根据 BIM 技术的特点，给出合理技术方案，加快施工效率，减少施工风险。通过 BIM 技术的应用，钢箱梁分段制作与吊装体系不断完善，技术方案可行性较高，施工现场更加协调。项目单位应继续加强 BIM 技术的科学应用，改善技术操作机制，严格遵守国家相关规范。

关键词：BIM 技术；互通立交；钢箱梁；分段制作；吊装方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.042

引言

钢箱梁分段制作与吊装对于互通立交桥项目的建设至关重要，不仅要加强项目现场的勘察和调研，还要在项目建设的过程中进行系统化的调整，逐步加强技术的综合创新，坚持在技术实施的过程中进行系统化的调整。BIM 技术的应用，不仅具有虚拟仿真功能，还可以对各个施工环节有效的监督、管理，一定程度上减少了工程建设的漏洞，对桥梁项目的可持续发展具有较大的积极作用。

一、工法特点

互通立交桥项目的建设，有助于改善地方交通拥堵问题，加强了区域范围内的空间资源应用，对交通产业、交通经济规划具有较大的积极作用。钢箱梁分段制作与吊装是比较重要的施工环节，项目单位运用 BIM 技术后，可以按照模块化、模数化、可视化的方法设计施工，不仅减少了工程建设思维的局限性，还可以在长期施工过程中得到较多的参考和指导，一系列问题的解决比较彻底，如图 1 所示。

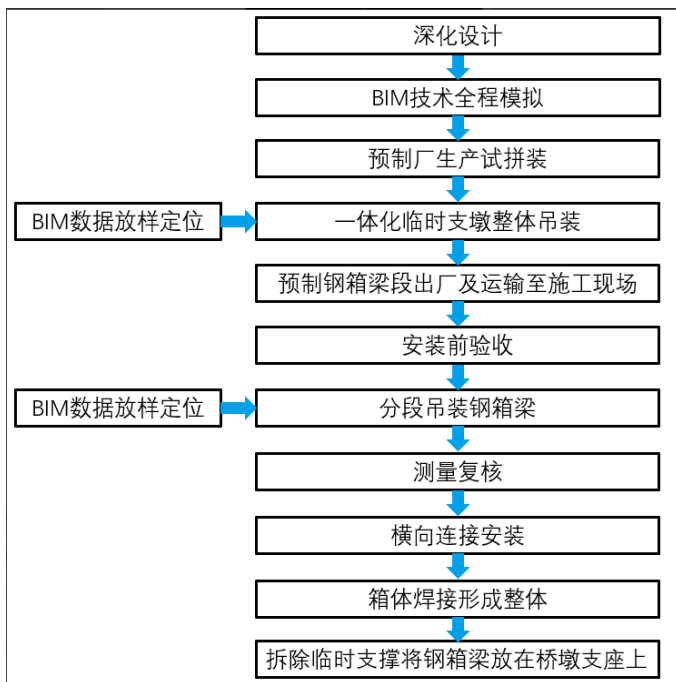


图 1：工艺流程

与一般的技术手段不同，BIM 技术作用下，对钢箱梁分段制作与吊装进行一体化的操作，不仅可以快速地缩短工期，同时在安装定位的精度比较高，对施工质量提供了较多的保障，有助于应对互通立交桥的现场特殊情况。通过 BIM 技术的辅助，对于桥梁项目的钢箱梁分段制作与吊装过程进行模拟分析，加强了各个跨梁段的碰撞检测分析，对各类数据信息进行集成处理，在现场施工方面给出了较多的指导^[1]。

二、BIM 技术在互通立交桥钢箱梁分段制作与吊装中的应用

（一）深化设计

对于钢箱梁分段制作与吊装而言，BIM 技术的应用有助于改善设计方案，不仅可以在设计的过程中给出较多的参考和指导，还可以减少传统设计思维的局限性，确保各个环节的设计给出较多的依据。项目单位结合设计单位提供的设计图纸，利用 BIM 技术，打造三维结构模型，并根据六阶段交通疏导的相关要求，对各个阶段的施工任务进行合理优化，同时维持项目的双向 5 车道正常通行状态。BIM 技术在钢箱梁分段制作与吊装的深化设计过程中，运用可视化分析功能，对于复杂的结构位置进行准确的判断，提前识别施工风险，并做好应对准备，如图 2 所示。

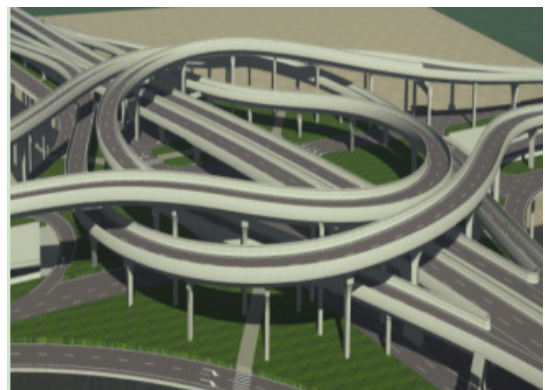


图 2：互通立交 BIM 模型

根据 BIM 技术的指导意见，钢箱梁构件的几何尺寸、内部横隔板、间距等参数，全部按照精细化要求设计，根据工程具体情况，提供准确的碰撞规则，对于规定部位的碰撞情况仔细的查验分析，变更设计方案时，符合

国家的相关规范、标准，避免出现严重的碰撞现象，并对施工现场加强监督和指导^[2]。运用BIM技术开展钢箱梁分段制作与吊装的设计时，加强了预制套料的计算分析，确保各类材料的功能、性质、数量等高度明确。BIM技术平台的作用下，生成了数控代码，对于火焰等离子切割机开料进行有效的指导和优化。综合而言，BIM技术对钢箱梁分段制作与吊装的每一个设计环节进行渗透和调整，找出其中不合理的地方，根据最新的行业规范和国家要求进行转变，提高设计的质量。

（二）全程模拟

关于钢箱梁分段制作与吊装的施工，BIM技术应用时要加强全程模拟分析，从设计生产到施工过程，按照生命周期理念进行调整、优化，根据BIM技术建立的三维数字模型，并加强对应的管理平台进行施工作业^[3]。由于施工现场的空间并不大，而且复杂阶段的交通疏导也有很大的影响因素作用，项目单位应对钢箱梁分段制作与吊装的大跨度特点、曲线特点保持高度关注，建议按照数字化仿真模拟功能进行优化，利用信息化技术，系统化的描述各类施工要求，坚持实现信息化系统设计，如图3所示。



图3：BIM技术全程模拟

利用BIM技术进行施工模拟后，可以对互通立交桥有一个准确的判断，尤其是各个节点的连接可以进行提前模拟分析，明确吊机的站位情况，掌握好吊装的具体顺序。技术人员在吊装作业的过程中要加强形态的调整分析，尤其是在各跨吊装的过程中保持相互协调，同时还要与其他作业面的部门积极沟通，避免对正常交通施工造成不利影响。BIM技术进行全程模拟时，不仅改善了钢箱梁分段制作与吊装的策划方法，还可以在过程管控的过程中达到较高的灵活性，对于施工管理提供了较多的参考与指导，减少了各类外部因素带来的不利影响，缩短工期的同时，不会影响到工程建设的质量。

（三）预制厂生产预拼装

现代互通立交桥建设过程中对于钢箱梁分段制作与吊装的重视程度显著提升，各个环节的施工不仅要做出科学的调整、优化，还要根据预拼装的要求开展全新的作业。项目单位要结合BIM技术深化设计以后得图纸要求，利用三维数字模型，明确整体的吊装顺序，注意对临时支撑点进行合理的调整，要时刻注意交通疏导要求

的变化，给构件运输提供较多的参考和指导，确保各跨钢箱梁进行分段的时候得到较好的效果^[4]。BIM技术平台运行时，可以对预加工、预拼装提供较多的数据参考，按照自动排料以及手工排料相结合的方法，避免钢梁制造加工出现严重的误差问题，降低了钢箱梁分段制作与吊装的成本，提高了各类材料的利用率。项目单位运用BIM技术后，对于各个钢箱梁段防治原材料时，设计了特定的追溯码，并配合实施半成品追溯码，主要是运用了二维码技术，各类二维码扫码统一时，才能将钢箱梁分段制作与吊装的各类材料有效应用，技术人员可以在现场碎石核查相关数据。BIM技术指导下，对应分段拼装结束后，按照纵向总体拼装的方法施工，确保钢箱梁分段制作与吊装保持较高的安全性、稳定性。项目单位在预拼装过程中，要注意加强水准仪的应用，对于钢箱梁拱度测点标高保持较高的精度。

（四）一体化临时支墩整体吊装

钢箱梁分段制作与吊装施工过程中，支墩吊装的方法，主要是按照一体化整体吊装模式操作，确保临时支墩发挥出更好的效果。项目单位运用BIM技术时，可以快速生成吊装方案，并对支墩螺栓连接点的各个模型独立设计、协调统一，根据施工现场环境特点、项目工艺要求、绿色材料性质等，加强螺栓衔接模型的调整，最终对各个构件的编号、尺寸等信息进行有效的分类^[5]。BIM技术对钢箱梁分段制作与吊装方案深化设计以后，加强了所有构件的分类和汇总操作，对于构件的数量进行详细的统计分析，确保各个支墩构件在连接的过程中加快速度，提高连接的精度。

（五）预制梁段出厂及运输至施工现场

由于钢箱梁分段制作与吊装的影响因素较多，因此关于预制梁段的施工，要从出厂开始进行全面的监督和指导，运送过程、运送结果均进行全程记录，发现预制梁段出现问题时，可以快速定义出现问题的具体位置，这不仅减少了施工风险，还可以对钢箱梁分段制作与吊装的现场作业提供较多的保障。所有的钢箱梁梁段成品在出厂之前，都要开展详细的检查和验收，如果产品出现缺陷问题，要根据预制构件的修补方案，进行有效的修补处理，等待修补完成以后，再一次通过质量检验部门进行查验分析，确保验收合格以后，利用130T载重车辆进行运输，工厂内部利用起重机进行装车作业，安全运送到现场后，根据安装顺序进行谨慎的安装，同时在运输的过程中，要有吊车跟随，避免出现突发情况。

（六）分段吊装钢箱梁

从钢箱梁分段制作与吊装的角度分析，分段吊装钢箱梁是比较不错的方法，该项手段的应用与BIM技术结合后，可以根据交通疏导的要求，确保各个施工部门按照交叉施工的方法进行作业。根据BIM技术的可视化模拟结果，提前对现场施工条件进行研究和分析，了解各个节段吊装的顺序，并明确机械设备的型号、功能要求，站位方面要保持较高的精度，对吊装的过程要进行全程的监督和引导，确保最佳机械搭配方案，对于吊装工况中可能出现的风险

和问题都要谨慎的处理。技术人员要在检查复核的过程中,重点分析临时支墩与钢箱梁标高,是否符合相关施工要求,着重控制好分段吊装的长度,坚持合理设置吊点,持续提高钢箱梁分段制作与吊装的可靠性、可行性。

项目单位在钢箱梁分段制作与吊装的过程中,要充分掌握好钢箱梁的各项参数,包括分块的尺寸、中粮等等,通过 BIM 技术的模型验证后,在吊装过程中要保持较高的平衡性。一般情况下,按承重均等原则在每段钢箱梁上取 4 个吊点,吊点纵向为节段长度的约为 1/4 处,吊点等距分布于重心两侧,且位置横隔板截面处,采用板式吊耳通过焊接的方式与构件进行临时连接,横向离腹板边约 900mm 且位于纵横向加劲肋处。主线跨线桥钢箱梁吊点纵向间距为 6m,横向间距为 3m;匝道钢箱梁吊点纵向间距为 6m,横向间距为 2m;横梁吊点纵向间距为 6m,横向间距为 2m。

三、BIM 技术下互通立交钢箱梁分段制作与吊装的质量控制

现阶段的钢箱梁分段制作与吊装体系比较完善,有了 BIM 技术的帮助,不仅可以减少工程建设的风险和漏洞,还可以在长期施工过程中得到较多的参考和指导,各方面问题的解决效果也比较好。施工过程控制时,应考虑到钢箱梁分段制作与吊装的特殊情况,对各类动态影响因素准确的识别,确保在长期控制中给出较多的

依据。项目单位针对下料与加工的几何尺寸进行控制时,主要的零部件采用数控切割技术进行加工,避免出现切割变形的问题,对于切割表面的粗糙程度控制为 25 μm。建议项目单位选择坡口切割机进行作业,该类型设备的优势在于提高切割面的精度,同时针对板块的几何尺寸具有良好的控制效果。

针对单元件的几何尺寸进行控制时,所有单元件的组装工作,都要在专用的胎架上进行组装分析,要加强焊接顺序的有效控制,着重关注焊接过程中是否出现了变形的问题。项目单位针对桥面板板单元,主要是选用二氧化碳焊接技术操作,利用专业的设备进行焊接作业,要求控制好焊接的方向、焊接的速度等,避免出现焊接变形的问题。对于板单元件的精度控制,要求在专业的胎具上操作,对于四角不平度应控制在 5mm 范围内。所有的定位在标记时,都要保持正确且明显,并仔细的开展标记检查。由于钢箱梁分段制作与吊装的影响因素比较多,因此项目单位对于钢梁总拼精度也要进行有效的控制,建议从外形结构尺寸、钢梁线型、节段匹配精度等指标出发,反复核对相关的参数,并在施工之前结合 BIM 技术的要求,加强模型应用,持续提高精度操作水平。

钢箱梁分段制作与吊装时,关于误差的控制应引起高度重视,具体误差控制如表 1 所示。通过对各类误差控制在合理范围内,不仅减少了施工的风险,还提高了工程质量。

表 1: 钢箱梁安装允许偏差

项目	焊缝种类	质量标准 (mm)
气孔	横向对接焊缝	不允许
	纵向对接焊缝, 主要角焊缝	直径小于 1.0, 每米不多余 2 个, 间距不小于 20
	其他焊缝	直径小于 1.5, 每米不多余 3 个, 间距不小于 20
咬边	受力杆件横向对接焊缝及竖加劲肋角焊缝 (腹板侧受拉区)	不允许
	受压杆件横向对接焊缝及竖加劲肋角焊缝 (腹板侧受压区)	≤ 0.3
	纵向对接焊缝及主要角焊缝	≤ 0.5
	其他焊缝	≤ 1.0
焊脚余高	主要角焊缝	0-2.0
	其他焊缝	-1.0-2.0
焊波	角焊缝	≤ 2.0 (任意 25mm 范围内高低差)
余高	对接焊缝	≤ 3.0 (焊缝宽 ≤ 12 时)
		≤ 4.0 (12 < b ≤ 25 时)
		≤ 4b/25 (b > 25 时)
余高铲磨后表面	横向对接焊缝	不高于母材 0.5
		不低于母材 0.3
		粗糙度 Ra50

结语

通过应用 BIM 技术,互通立交桥项目的建设更加完善,对于钢箱梁分段制作与吊装的把控更加严格,不仅达到了个性化施工的效果,还可以对项目中的各类漏洞快速识别,提前做好相应的处理。项目单位应继续加强钢箱梁分段制作与吊装的深度研究,明确技术操作的规范、标准,充实 BIM 技术体系,对不同的技术功能、技术方法、技术要点进行调整,根据国家交通产业规划布局,对钢箱梁分段制作与吊装的细节逐步创新。

参考文献

[1] 周国园. 基于 BIM 技术的国道互通立交设计探

析 [J]. 交通世界, 2025 (11): 110-112.

[2] 李昂, 蒋潘. BIM 技术在高速公路互通立交规划设计中的应用 [J]. 运输经理世界, 2024 (24): 22-24.

[3] 杨耀宗. BIM 正向设计在互通立交桥中的应用 [J]. 科学技术创新, 2024 (5): 110-113.

[4] 饶登宇, 王哲世, 赵斌. BIM 技术在城区高速公路复杂互通立交建设中的应用 [J]. 中国建设信息化, 2023 (19): 88-93.

[5] 徐志远, 冯乐乐. 探索 BIM 技术在互通式立交设计中的应用 [J]. 现代交通与路桥建设, 2025, 4 (2). DOI: 10. 37155/2811-0633-0402-16.