

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.12.020

浅谈展览大道跨截流河特大桥设计及 BIM 技术的应用

彭凤强¹, 冉汶民¹, 李立威¹, 张 宇², 王庆滨¹, 郭振锋², 彭 坚¹

(1.中冶赛迪工程技术股份有限公司, 重庆市 400000; 2.深圳市宝安区工务署, 广东 深圳 518000)

摘 要:以深圳空港新城启动区一体化工程展览大道跨截流河特大桥(展云桥)为工程背景,简述了桥梁设计及施工全过程的设计思路及所遇到的问题和解决办法,以及在工程实施过程中如何利用 BIM 技术解决在方案设计、施工图设计、工厂加工下料、现场安装阶段遇到的各类问题。主要分享景观桥梁的设计思路和 BIM 在设计及施工中的应用经验,可为今后其他类似桥梁在设计和施工提供一定的参考。

关键词: BIM、钢结构、钢桥、梁拱组合桥、系杆拱桥、展云桥

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)12-0064-05

0 引 言

桥梁是一种承载着道路或铁路跨越自然障碍的结构物。然而,桥梁的意义远远不止于此。她不仅仅是架设于空中的通道,更是一门艺术,一种文化。桥梁可以成为一个城市的名片和窗口,也可以使其因此闻名天下。因此桥梁不仅要满足通行要求,更需要体现它的精神价值,甚至让它成为具有地标性的建筑物^[1]。

同时,随着钢结构桥梁技术的发展和人们对桥梁景观需求的提高,使桥梁不断往轻盈化、纤细化、异形化方向发展,其钢拱桥以优美的曲线造型、强劲的力量感,在城市景观桥梁中广为应用。但由于钢箱拱肋结构空间复杂,传统二维平面图纸很难有效地表达其空间关系。为了创造更优的桥梁景观效果,纤细异形钢结构成为景观桥梁的优先选择,然而其复杂构造的合理性将直接影响结构的受力性能和焊接、拼装、拉索安装及张拉、探伤、检测等施工工艺。若前期未充分考虑,将为施工安装埋下较多隐患,甚至导致质量安全事故发生。为了解决以上问题,目前国内 BIM 技术已在部分桥梁项目中尝试应用,且积累了不少实践经验^[2-4]。

现以深圳空港新城启动区展览大道跨截流河特大桥(展云桥)为工程背景,简述 BIM 在设计及施工中的应用。其成果可为今后其他类似桥梁的设计、施工提供一定的参考。

1 项目概况

展览大道位于深圳空港新城启动区南部,道路等级为城市主干路,设计速度 50 km/h,道路标准路幅宽度 50 m,双向六车道。桥梁位于平交口展宽段,桥梁为双向八车道。

深圳空港新城启动区展览大道跨截流河特大桥(展云桥)为一座下承式钢拱桥,桥梁跨径布置为:1 × 155 m,上部结构为分叉六边形钢箱拱肋 + 钢箱纵梁 + 钢横梁。桥梁两侧人行道采用变宽,全桥桥宽 62~68.894 m,与河道正交。全桥采用 Q420qD 高强度桥梁用钢,全桥用钢 11 229 t。图 1 为桥梁立面图,图 2 为桥梁横断面图,图 3 为桥梁效果图。

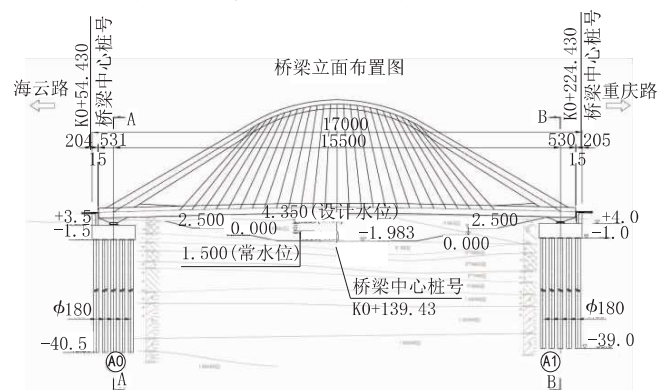


图 1 桥梁立面图

2 方案设计思路

城市桥梁被人们近距离接触,使得城市桥梁与人们的心理和生活非常紧密地联系。桥梁不仅仅是一种满足物质需求的实际工程结构物,还是人们审美的对象。桥梁还承载各种精神象征意义,并且对人的心理

收稿日期: 2021-04-02

作者简介: 彭凤强(1985—),男,高级工程师,从事桥梁工程设计工作。

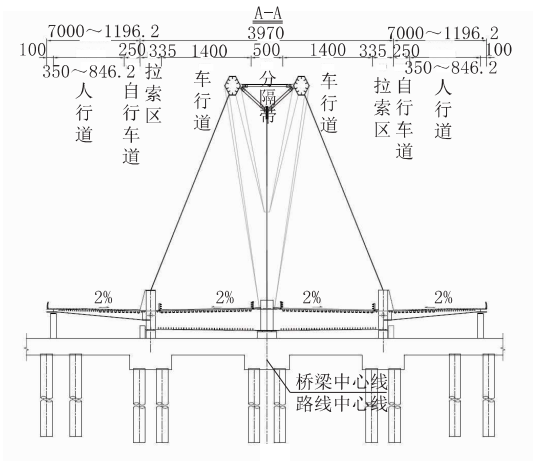


图 2 桥梁横断面图



图 3 展览大道跨截流河特大桥效果图

产生各种不同的影响,是具有物质和精神双重性构筑物。

桥梁设计方案应重视总体构思,突出重点桥梁的景观效果,并充分利用该地区的自然特色,处理好重点桥梁与周边环境的相互协调关系。通过对桥型、梁体、墩台等的精心设计,打造新城区的新景点,新地标。

该项桥梁设计结合国际会展中心景观要求,对河道沿线的桥梁进行了整体景观规划,为了使河上桥梁整体视觉有层次感,秉着“亮点突出、和谐统一”的原则对关键节点的桥梁进行中大体量的景观造型打造,其他的桥梁采用中小体量的桥梁进行景观搭配。展览大道跨截流河特大桥为其中的一个关键节点(03 节点)上的一座大型景观桥梁。

图 4 为桥位规划图,图 5 为关键节点景观桥梁方案图。

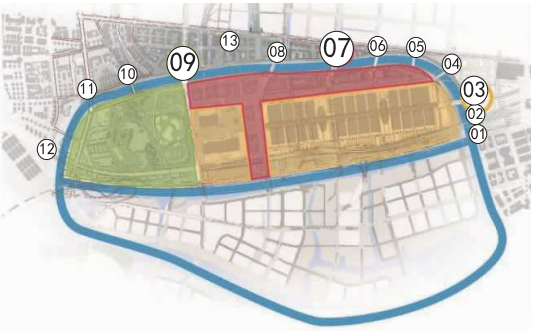


图 4 桥位规划图



图 5 关键节点景观桥梁方案图

展览大道跨截流河特大桥的桥位处于国际会展中心主轴线上,正对国际会展中心南登录大门,桥梁景观定位为门户性、地标性的建筑物。

标志性的几何造型、鲜明的外装饰颜色和炫丽的灯光使桥梁在视觉上别具一格。为了让行人能更多地参与桥梁互动,将桥梁设计为行人聚集的目的地,通过在桥梁人行道上应用了彩色石材铺装和特色的栏杆,塑造出独具特色的桥梁。

结构形式上为了保证桥下防洪净高,减小桥面下结构高度,将三条纵梁设计成了向上凸出的结构,形成独特的人车分离结构,减少行车对行人的影响。

3 受力分析

该桥梁为无推力的下承式梁拱组合结构,外部为静定结构,内部为高次超静定结构。

结构组成:由一道分叉式箱型拱圈、三道箱型纵梁、箱型端横梁、工字型中横梁、正交异形桥面板、吊杆等组成。

图 6 为桥梁结构拆解示意图,图 7 为桥梁结构受力体系示意图。

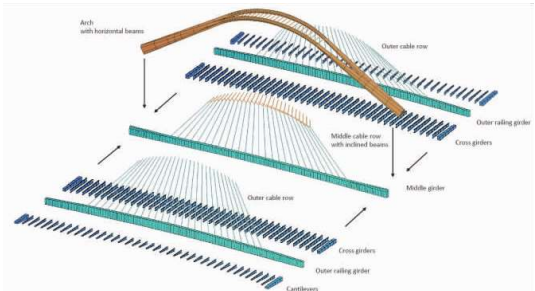


图 6 桥梁结构拆解示意图

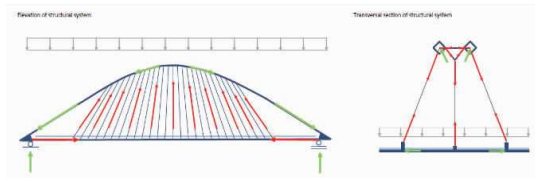


图 7 桥梁结构受力体系示意图

传力途径:行车道板→横梁→吊杆→拱肋及纵梁→支座→下部结构。

由于桥梁跨径大,桥面宽,为了保证景观效果减小拱肋受力,桥梁采用了梁拱组合体系。三道纵梁与端横梁、中横梁固结,构成平面稳定框架,再与拱肋

固结后形成空间稳定体系。中纵梁属于刚性系杆,是属于拉弯构件,并对中横梁具有纵横向的弹性约束作用。

4 设计难点及解决措施

(1)难点一:主拱采用异形分叉双拱,且向外倾斜。

对策:由于主拱横向外倾,且倾角大,拱肋弯矩较大。为控制主拱受力,采取了三项措施:一是减小吊杆张拉力,增加纵梁梁高,让纵梁充分受力,以减小主拱弯矩;二是在拱脚设置多道横隔板,分担拱脚受力;三是采用高强度厚钢板,桥梁中主要受力构件应用了60 mm厚的Q420qd钢板

(2)难点二:异形三维空间结构,表述困难。

对策:方案设计阶段采用Rhino软件,建立空间模型,准确表达方案结构;施工图阶段采用BIM正向设计,准确绘制空间节点,优化构造;施工阶段采用Tekla软件,进行钢结构详图设计,直接对接工厂深加工。

(3)难点三:拱脚水平力不能由三片纵梁均匀分担,变形不协调,导致中纵梁伸长量大于边纵梁(见图8)。

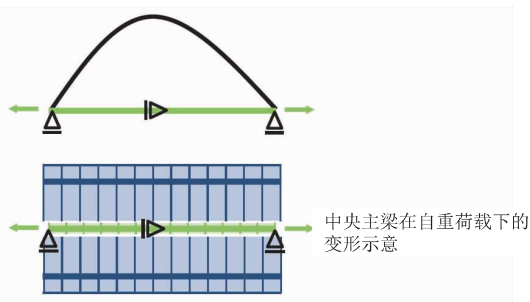


图8 纵梁受力示意图

对策:为了克服不一致的伸长量,防止受力不均,设计时增强端横梁水平向抗弯惯性矩和桥面板厚度,增大横梁水平抗弯刚度和桥面板抗剪能力。为了防止三纵梁伸长量不统一而影响横梁和桥面板安装,拱肋和桥面系安装均采用了密支架安装方案;全桥结构拼装完成后,先拆除拱肋支架,再张拉吊杆,最后拆除主梁支架;桥面系安装完成之前,拱脚采用铰接形式锁定水平位移。

(4)难点四:钢结构桥梁铺装耐久性问题。

对策:采用浇筑式沥青。它具有密水性好、耐久性优、疲劳抗裂性能和随从变形能力好、整体性强、不会出现由于碾压所带来的病害等结构特点。

5 BIM在项目中的应用简介

展览大道跨截流河特大桥(展云桥)造型奇特,结构复杂。在拱肋线形的空间定位、拱脚构造设计、

拱肋锚点空间构造设计、吊杆锚点坐标高程定位等均涉及异形的三维空间定位,常规的二维平面设计已不能有效解决以上问题。该项目在设计及施工阶段采用BIM技术与常规二维图纸相结合的设计方式,解决了复杂的异形桥梁空间定位问题。下文主要介绍BIM技术在方案设计、施工图设计、工厂预制、现场安装等过程中的应用。利用BIM技术优化桥梁结构形式、钢箱构造、工厂钢板下料排版,解决复杂空间定位,模拟节段拼装,从而保证了工程质量,提高了工作效率,缩短了工期和节约了经济成本。

5.1 方案设计阶段

方案设计阶段采用Rhino软件,通过添加现场实际地形地貌,建立空间粗略模型,准确表达桥梁结构外观造型及主要结构构造。模型中放入准确的河道、道路、周边建筑群信息,直观地展示出了桥梁与周边建筑环境之间的体量关系。利用上述模型优化桥梁体量及体态,最终得到了最优的桥梁景观方案,使桥梁与周边环境和谐统一,脱颖而出(见图9)。



图9 方案设计阶段BIM模型

由于桥梁方案阶段,重点在于桥型和造型的比选,注重结构造型与周边环境的协调,因此对于此阶段的BIM应用侧重于建模速度和造型能力。Rhino软件占用电脑空间小,对硬件要求低,反应速度快,且可以容易创建编辑各种复杂的曲线和曲面,因此在重点表现桥梁轮廓的桥梁方案阶段,充分展示了快速完成复杂造型的建模优势,同时配合各类插件可完成方案设计的漫游视频和效果图渲染。

5.2 初步设计和施工图设计阶段

由于桥梁结构钢板构件数量多,空间构造复杂,在施工图阶段采用Revit正向设计,精准建立整个桥梁的每个构件细节。

拉索锚固区和拱脚区构造复杂,多向钢板交叉,设计时无法直观判断构造合理性,故采用Revit建立其详细的三维模型,以优化箱室空间及加劲构造。通过上述模型准确定位分叉拱肋线形、吊杆、锚点等重要节点的空间坐标。由于拉索为三维斜面,无法直接采用二维图纸画出锚板断面图,设计时通过三维模

型的截面剖切功能,准确生成二维平面图。该桥构造复杂,设计时先通过建立三维模型确定构造参数,然后再完善二维施工图,充分保证了设计质量(见图10~图12)。

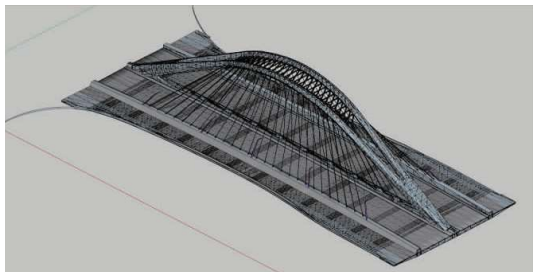


图10 施工图设计阶段 BIM 模型

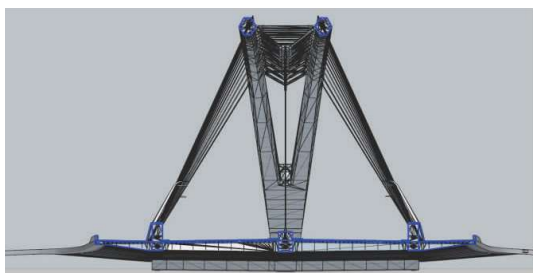


图11 施工图设计阶段 BIM 模型横断面剖面图

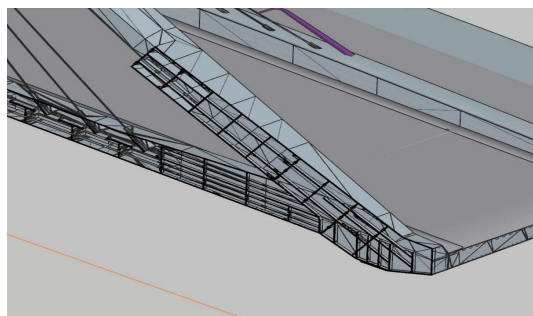


图12 施工图设计阶段 BIM 模型立面剖面图

该阶段将方案阶段的轮廓模型文件存储为 DXF 格式后,导入 Revit 中再进行深化设计,可利用现有轮廓模型完善内部构造细节(见图13)。

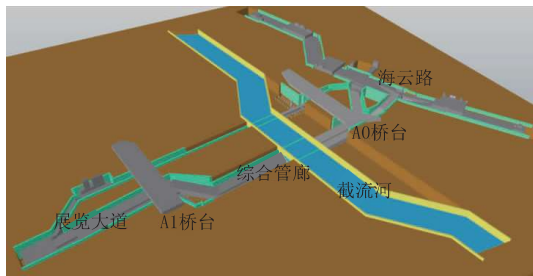


图13 施工图设计阶段桥下管廊 BIM 模型

为了节省用地,管廊设置在桥梁正下方,为了避免干扰,方便同步实施,设计阶段也对桥下管廊进行了 BIM 建模。该 BIM 应用于查验管廊支护桩、工程桩与桥梁桩基础的空间关系,指导施工方案设计。

5.3 钢结构加工阶段

钢结构加工阶段利用 Tekla Structures 软件对施

工图阶段的模型进行转换并深化,精确绘制工厂加工深化图和下料清单,根据运输条件进行构件拆分,精确排版钢板大样,避免材料浪费,直观指导工人精准下料(见图14、图15)。

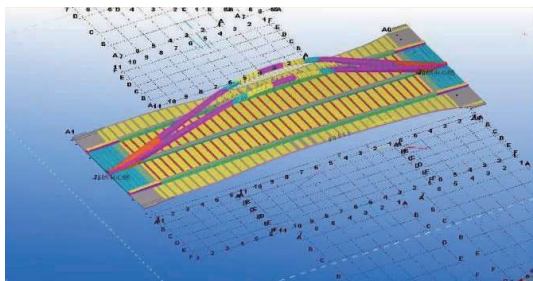


图14 加工阶段 BIM 模型

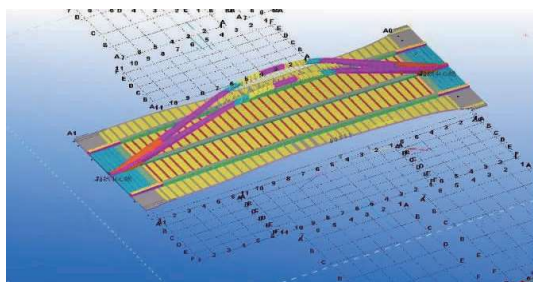


图15 加工阶段运输节段划分模型

该阶段可以将 Revit 的设计模型存储为 IFC 格式,导入 Tekla 后进行二次加工详图深化。

5.4 现场安装阶段

由于结构体量较大,无条件在工厂进行全桥预拼装,为了达到预期安装进度,施工前将前期 BIM 模型结合现场地形地貌进行施工安装工序模拟,制作安装流程视频指导施工。施工时,利用该模型指导现场定位安装及复核(见图16)。

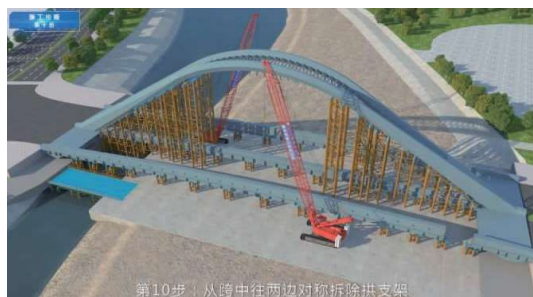


图16 施工安装模拟图

5.5 运营阶段

该桥梁 BIM 模型已纳入了空港新城城市运营管理系统,由后期运营管理部门统筹管理。

6 BIM 在该项目中解决的问题

方案设计阶段解决了景观效果直观表达问题,优化桥梁的造型设计;施工图阶段解决了复杂空间定位难等技术问题,同时解决了复杂节点局部受力分析的难题,优化了异形钢箱拱肋细部构造设计;钢

结构构件加工阶段数字化精准放样、下料,避免了由于构件制作错误或误差较大而引起的返工和材料浪费,为后期现场安装的精度保证提供了必备条件;施工安装过程中,利用BIM直观的三维视图功能结合视频处理软件,合理安排了施工安装计划,确定了拼接节点高程坐标,最终达到了提高功效、降低成本的目的。

BIM技术在该项目中,从方案设计直至施工完成都得到了充分的应用,该桥梁已经投用一年多,各方反映效果良好(见图17~图19)。



图17 成桥实景图1



图18 成桥实景图2



图19 成桥实景图3

7 BIM在异形景观桥梁中的应用前景

在目前“新基建”政策的导向下,以及行业发展的趋势来看,BIM在桥梁领域中的充分应用也是必然的趋势。针对复杂的异形景观桥梁,传统二维设计仍然是一个难题。BIM桥梁技术在异形景观桥梁的应用中具备了以下优势:

- (1)有利于设计质量的控制 and 设计效率的提升。
- (2)优化结构形式,解决复杂的桥梁“错、漏、碰、

缺”,降低了工程成本。

(3)由于全桥信息模型的参数化、关联性,可以根据需要设置不同的参数组合,生成不同的桥梁模型,统计分析得到相应的技术指标和经济指标,从而优化方案、优化结构设计,带来显著的经济效益。

(4)信息模型可以在桥梁的建造、管理阶段重复利用,契合了全寿命周期设计和管理的理念,在新时代为投资和管理提供了高效的决策和管理平台。

8 结语

该桥梁设计结合国际会展中心和河道的景观要求,对河道沿线的桥梁进行了整体景观规划,力争使得河道沿线桥梁既和谐统一而非千篇一律,又富于变化而不杂乱无章,做到有亮点、有韵律、简洁大方、精致美观,与河道景观交相辉映、相得益彰,为该区域增加一道靓丽的风景线^[5-7]。

该桥结构复杂,且跨径大,该桥在结构形式上具有很大的创新性,在目前国内还未推出该类拱桥的相关设计及施工规范,因此在设计和施工上都具有较大的挑战。

其中BIM正向设计的应用,不仅节约了工作时间、减少了施工图的错误,大大提高了设计质量,同时利用BIM模型实现了工厂精准下料、拼装精确模拟,为桥梁安全顺利的建设,起到了事半功倍的作用。

通过BIM在该项目中的应用,使人们看到BIM的应用在不同的阶段有着不同的深度和需求。作者充分感受到了不同专业软件之间数据转换的便利性,若各BIM软件能统一数据标准,使更多专业化软件的数据可以无缝衔接,这将极大地提高建模效率,使BIM的应用发展步入快车道。

参考文献:

- [1] 张丽娟.御临河大桥景观设计[J].低碳世界,2018(6).
- [2] 代少凯,张坚唐,超龙.桥梁工程BIM辅助设计应用探析[J].交通科技,2020(6).
- [3] 夏雨帆,杨明,申威.基于BIM技术的复杂异形钢拱桥深化设计[J].交通科技,2020(6).
- [4] 蒋浩鹏,姜谔男.基于BIM技术的桥梁模型设计及信息处理研究[J].重庆交通大学学报,2021(1).
- [5] 中冶赛迪工程技术股份有限公司、UNStudio.深圳空港新城启动区一体化工程展览大道跨越流河特大桥工程方案设计文件[M].2018.
- [6] 中冶赛迪工程技术股份有限公司.深圳空港新城启动区一体化工程展览大道跨越流河特大桥工程初步设计和施工图设计文件[M].2018.
- [7] 中国二十冶集团有限公司、中铁重工有限公司.深圳空港新城启动区一体化工程展览大道跨越流河特大桥工程施工组织设计文件[M].2018.