BIM 技术在援塞内加尔摔跤馆施工中的应用

张明亮[1,2] 刘著群[3] 刘兆荣[3] 张业豪[3] 刘 维[1,2]

(1. 湖南建工集团有限公司,长沙 410004; 2. 湖南省建筑施工技术研究所,长沙 410004;
3. 湖南省第六工程有限公司,长沙 410015)

【摘 要】援塞内加尔摔跤馆建设工程在施工中采用 BIM 技术进行施工方案比选、钢结构深化设计加工、安装工程深化设计、装饰装修深化设计、材料管控等来解决技术与成本上的问题,通过施工方案的三维可视化交底及 BIM5D 平台管理来解决我方与塞内加尔双方人员之间的沟通与现场管理问题。通过 BIM 技术的应用,科学地指导了现场施工,取得了较好的经济与社会效益,可为类似工程的施工提供经验和参考。

【关键词】BIM 技术; 施工技术; 可视化交底; 工程应用

【中图分类号】TU17 【文献标识码】A

【版权声明】本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

BIM(Building Information Modeling)技术具有可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性等特点,是传统建造模式与信息技术的结合物,建造过程中的各种信息、主辅材用量、工艺过程、造价甚至力学特征等都能在模型里表达,还可以通过真实性模拟和建筑可视化来更好地沟通,以便让项目各方了解工期、现场实时情况、成本和环境影响等项目基本信息。BIM 技术越来越受到项目建设各方的认可与接受,部分省市建设主管部门更出台了相关的 BIM 技术应用政策要求。本文根据 BIM 技术的特点,结合援塞内加尔摔跤馆建设工程的实际施工情况,从钢结构深化设计与施工、机电安装、装饰装修以及 BIM5D 管控平台等方面进行了介绍。通过 BIM 技术的应用,取得了较好的经济与社会效益,对类似工程的 BIM 技术应用具有一定的指导意义。

1 工程概况

塞内加尔竞技摔跤场项目是中国政府“一带一路”援建项目,工程地点位于塞内加尔共和国首都达喀尔市皮金区内,总建筑面积约 1.8 万 m^2,场馆地上三层。摔跤管由南向、北向、西向三部分看台组成,可同时容纳 2 万名观众全方位、全视角观看比赛。屋盖罩棚结构为空间管桁架结构,中间高两边底,中间宽两边窄; 钢结构罩棚最高点高度 50.5m,纵向跨度为 206.9m,横向跨度 45mm,向外呈现为“金腰带”的形状,是西非地区跨度最大、结构最复杂的钢桁架结构工程。工程效果图如图 1 所示。

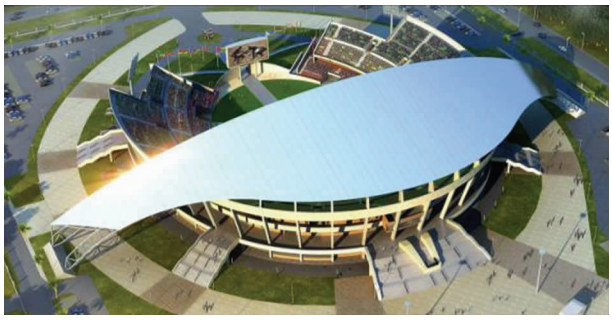


图 1 工程效果图

2 施工难点特点

本工程的施工难点特点主要为:

(1)结构新颖独特,加工难度大:前拱主桁架为叠层桁架,截面为倒梯形,沿南北方向布置,跨度约 209m,拱高 50m,主桁架上边长约 4m,下边长约 8m,高度约 4m,支承于基础混凝土支座上。后拱主桁架

【作者简介】 张明亮(1983 -),男,博士,高级工程师,注册建造师,硕士研究生导师,主要从事建筑结构抗风、钢结构设计与研究、施工监测、BIM 技术应用及施工技术管理等工作。

为倒三角桁架，沿南北布置，跨度约 250m，拱高约 28m，支承在西看台 8 个劲性混凝土钢柱上。钢结构杆件数量种类多（2 600 多件），曲率半径各不相同，冷弯加工难度很大。屋面管桁架管材为无缝钢管，管材规格共计达 17 种。

（2）施工现场条件复杂，拼装难度大、焊接量大：现场多为沙地，施工场地狭小，导致拼装难度很大。

（3）现场气候环境差，施工难度大：项目地处达喀尔热带海洋气候带中，全年分旱季、雨季；常年风速较大，施工气候环境较差；在施工期间，为确保工程质量，需做大量防风、防雨措施，给现场施工带来了很大难度。

（4）吊装工况多，高空焊接量大：主次桁架 49 榀，每榀重量、长度、吊装位置各异；高空对接、精准就位，难度大；高空焊接工程量大，全位置焊接难度大。

（5）屋面及风檐板系统为双曲面，加工安装技术要求高、难度大：屋面展开面积约 1.15 万 m^2，呈空间曲面，暗扣式直立锁边屋面板；屋面 T 型支座安装需采用全站仪放线放点，安装技术要求高、安装难度大。前后拱封檐系统为双曲面空间立体结构，封檐板加工安装技术要求高，施工难度很大。

（6）施工管理难度大：专业齐全，技术要求高，各类专业施工单位多，施工区域和施工内容众多，施工工序搭接频繁，现场立体交叉作业普遍，在同一区域存在大量交叉作业现象，需要合理安排施工顺序和部位，作好项目协调配合工作[1-4]。

3 BIM 技术应用

本工程在施工前建立了 BIM 模型并利用 BIM 技术对钢结构的施工方案进行比选、钢结构深化设计加工、安装工程与装饰装修工程深化设计、材料管控来解决施工技术与成本上的问题，通过施工方案模拟交底及 BIM5D 平台管理来解决我方与塞内加尔双方人员之间的沟通及现场管理问题。

3.1 施工方案比选

本工程罩棚钢拱架及次桁梁安装最大高度分别为 50.46m、28.75m，主拱、后拱及次桁架共约 820t，结构杆件数量众多，自重较大，一般可采用分段提升法、液压同步提升法、高空散装法进行施工。针对以上三种施工方法，项目技术人员利用 BIM 技术进行模拟，对比分析，考虑到项目的工期、场布、安全、成本、施工质量等客观因素后，最终选用工期有保障、成本合理的分段吊装法进行施工（图 2）。

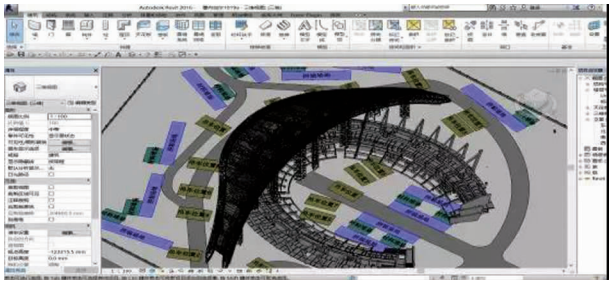


图 2　施工场布 BIM 模型

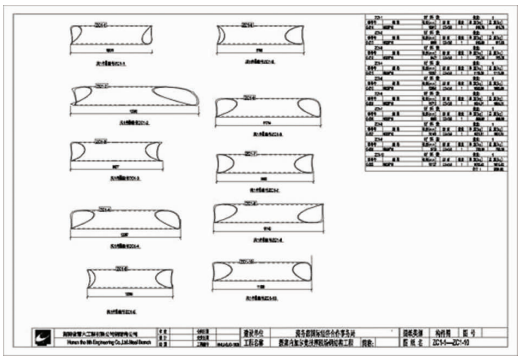
3.2 钢结构深化加工

3.2.1　钢结构节点深化设计

通过创建钢结构的 BIM 模型，对钢结构细部节点进行设计，并自动生成钢结构深化节点详图，用于构件工厂加工下料。

3.2.2　CNC 自动化加工

将 BIM 深化设计完后的模型导出 CNC 文件，用于相贯线生产，解决了传统手工切割无法保证空间弯管相贯线精确放样和焊接坡口的准确制作难题，保证了空间管桁架的准确定位和制作精度（图 3）。



（a）CNC 加工图

（b）构件切割成品

图 3　钢桁架构件下料

3.2.3 劲性钢柱预留孔

根据结构设计图纸建立劲性钢柱复杂节点模型，同时布上钢筋模型，分析可能存在的碰撞点，将预留孔位置导入 CNC 自动加工机床。在型钢上设置钢筋预留洞口，来确定梁柱节点的钢筋摆放位置与交叉焊接点（图 4）。

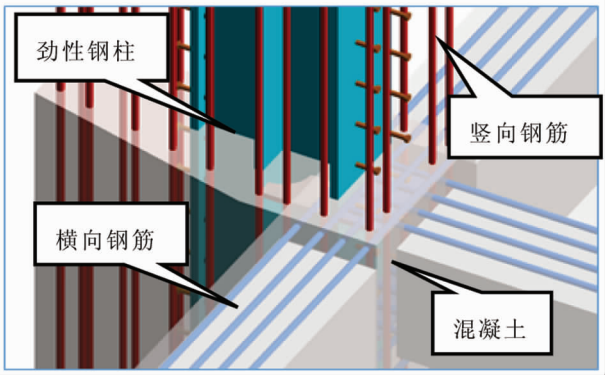


图 4 劲性钢柱节点模型

3.3 施工技术三维模拟交底

本项目现场施工人员由中国和塞内加尔两国人员组成，工作中的语言沟通成为本项目的一大难点。项目技术人员对关键施工方法及工艺，采用 BIM 技术三维可视化交底，不仅降低了工作人员对方案理解的难度，更大大提高了两国之间的沟通效率，为项目顺利实施打下了坚实的基础。

3.3.1 钢结构吊装施工交底

本罩棚桁架安装选用两台 280t 履带吊车，一内一外；现场地面拼装，选用两台 50t 汽车吊预拼、卸货及材料倒运；在本桁架施工过程中，材料堆放、拼装场地均设在汽车吊施工范围之内（图 5）。

图 5 主体结构施工模型

由于罩棚钢结构安装涉及临时支撑架的安拆、结构主拱桁架、次桁架、连系桁架等的分段吊装，施工工艺复杂，工序繁多，采用 BIM 技术的吊装交底，提高了施工工效，同时也保障了施工质量与安全[5]。

3.3.3 钢结构二维码交底

因本项目非标件量占比较大，不仅出厂管理容易出错，运送至现场安装也会给工人带来诸多困扰。为解决此问题，特采用二维码贴条进行制作管理和安装交底，制作过程通过二维码信息进行统筹管理；到施工现场后工人通过手机扫描即可读取构件二维码信息，作业人员根据二维码信息进行零件组装构件，最后再进行分段吊装施工（图 6）。

图 6 二维码技术应用

3.3.3 拱脚基础基坑施工交底

先进行旋挖桩施工，再使用旋喷桩填充桩之间的空隙，起到基坑支护的同时形成整体止水帷幕，坑内设置支撑，第一层为钢筋混凝土支撑，第二、三层为可拆卸钢支撑。依次分层进行土方开挖至设计底标高，开挖一层支护一层（图 7）。

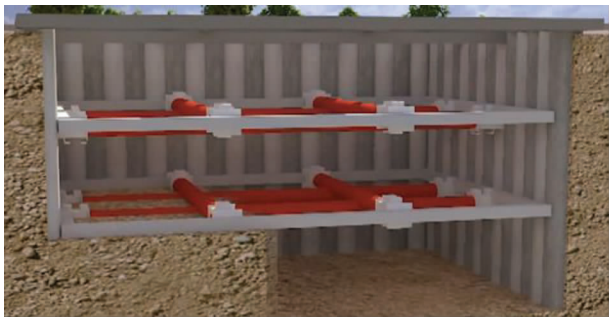


图 7 拱脚基础基坑模型

3.3.4 混凝土斜柱工艺模拟

本项目看台外围柱为 28 根混凝土斜柱，高 18m，截面尺寸为 1.2m × 0.7m，向外倾斜角度为

16°。搭设满堂脚手架进行支撑，斜柱范围内的架体需要局部加强，并满布竖向剪刀撑。斜柱分六次浇筑，每次浇筑 3m 高，因在浇筑混凝土的过程中产生的水平荷载，需在楼板看台的适当位置采用钢丝绳斜向拉结，满足支模架体的稳定性要求[6]（图 8）。

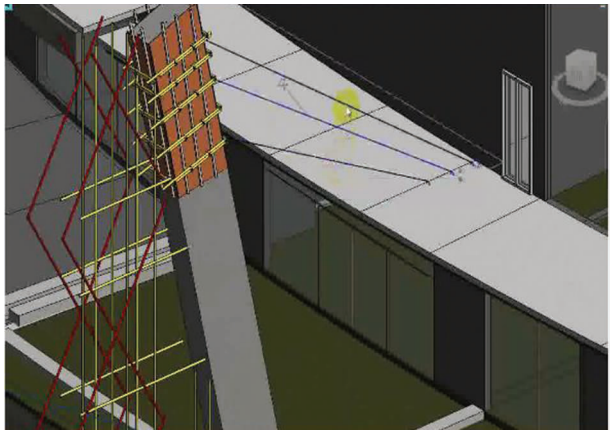


图 8　混凝土斜立柱施工模型

3.4　机电安装 BIM 深化设计

本项目的国内技术团队建立机电安装专业深化设计、优化 BIM 模型，通过管线综合、预留预埋、净高优化等应用，消除各专业碰撞问题。施工现场 BIM 人员将根据实际情况进行模型跟踪维护与调整，同时在维修洞口、室内装修、安装面板、灯具排布等方面进行应用，并导出图纸指导现场施工[7-13]（图 9）。

3.5　装饰装修 BIM 深化设计

3.5.1　铺砖排布

为减少材料浪费，保证装饰质量，利用 BIM 技术提前进行铺砖排布，制作三维工艺交底，指导现场施工（图 10）。

3.5.2　座椅排布

针对现场座椅排布问题，从两方面着手解决：一方面，安排人员与国家商务部、设计院、塞内加尔国家体育部沟通，多方协同解决；另一方面，由现场确定座椅尺寸，国内技术团队利用 BIM 进行座椅排布，力争采用最合理的排布方式摆放尽量多的座椅（图 11）。

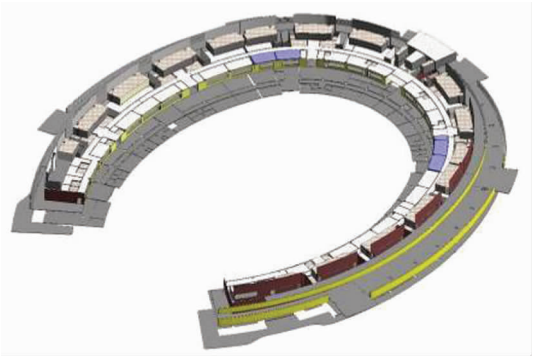


图 10　铺砖排布模型

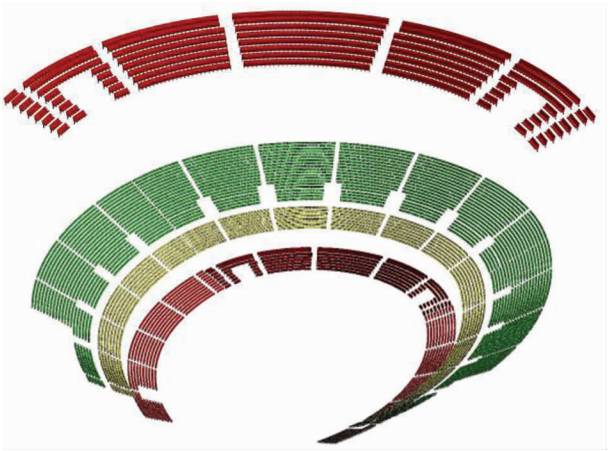
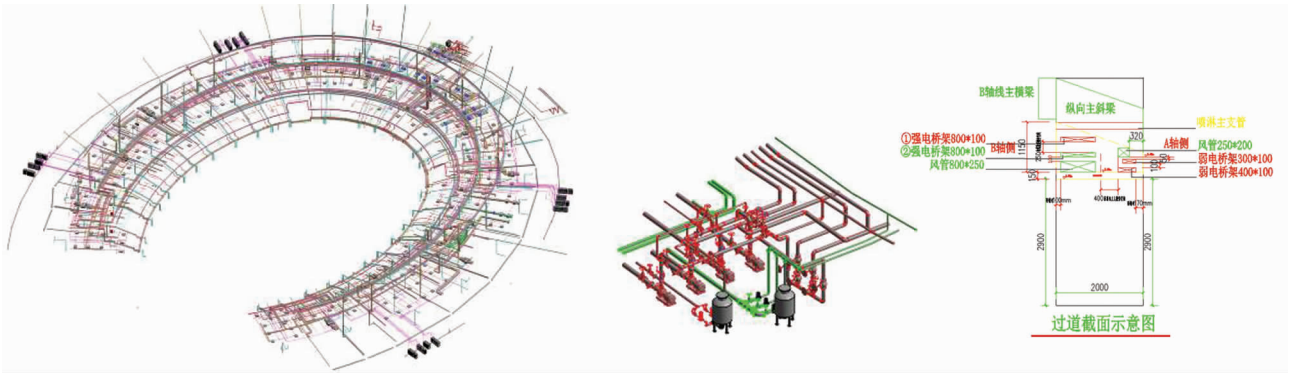


图 11　看台座椅排布模型



（a）机电管线综合模型　　（b）水泵房模型　　（c）过道管线综合图

图 9　机电安装专业模型

3.6 BIM5D 平台管理

3.6.1 材料管理计划

由于赛内加尔项目地域的特殊性，材料需提前4个月从国内制定计划、购买、运输，材料计划尤为重要。利用 BIM5D 物资查询功能，制定符合实际的钢筋、钢结构等主材计划单，与传统下料单进行比较分析，作出精确的阶段材料计划单，确保施工现场材料供应，保证施工进度（图 12）。

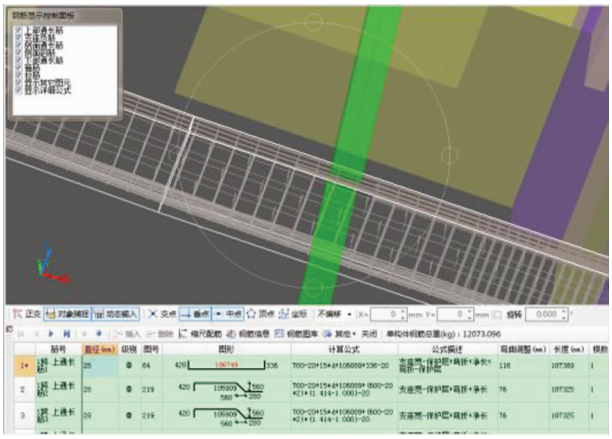


图 12 钢筋下料截图

3.6.2 BIM5D 管控平台

将计划进度与现场实际进度导入 BIM5D 平台进行对比，找出偏差，分析原因，合理规划后续进度。在材料供应得以保障的前提下，对比整个项目土建进度，共调整 4 次，提前 26 天完成项目施工（图 13）。

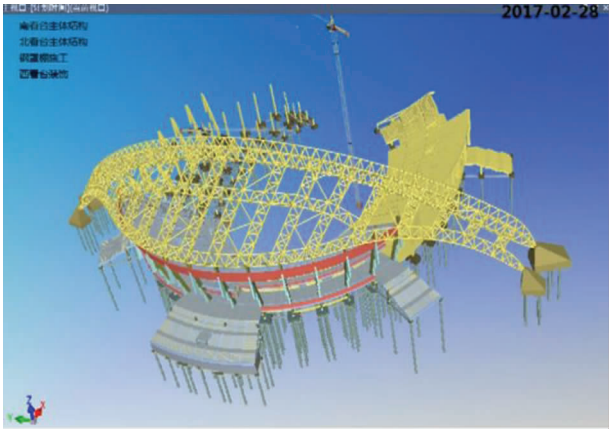


图 13 施工进度模拟

3.7 其他方面应用

在编制大体积混凝土施工方案前对拱脚基础模型进行水化热模拟分析，多次模拟后选出冷却水管最佳布置方案，为方案编制提供可靠依据，确保施工方案的科学合理性（图 14）。

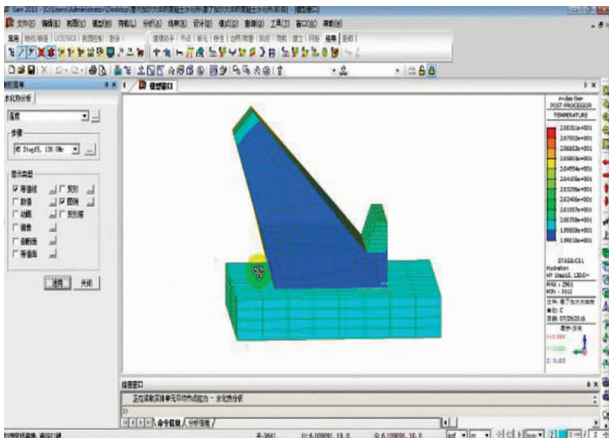


图 14 拱脚混凝土基础水化热模拟

本工程看台楼板均为弧形阶梯楼板，测量放样定位困难，技术人员根据施工图纸，建立精确结构模型，在模型中可以得到任意位置剖切，获取三维坐标，将坐标导入全站仪，方便测量控制及复核，便于施工交底，确保支模架一次性搭设成功，减少人材机的浪费（图 15）。

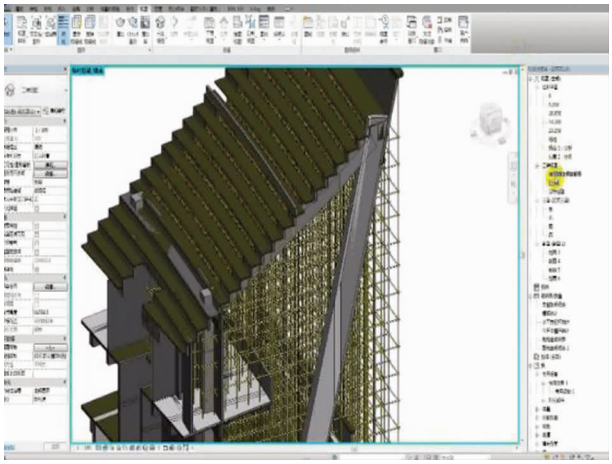


图 15 看台混凝土高支模模型

4 结语

援塞内加尔摔跤馆建设工程在施工过程中利用 BIM 技术进行了罩棚屋盖钢结构方案比选、钢结构深化设计与加工、机电安装深化设计、装饰装修深化设计、材料管控来解决技术与成本上的问题，通过施工过程模拟交底及 BIM5D 平台管理来解决我方人员与塞内加尔外方人员之间的沟通及现场

管理问题,科学地指导了现场施工。通过 BIM 技术的应用,取得了较好的经济与社会效益,可为类似工程的施工提供经验和参考。

随着国家“一带一路”战略的实施,湖南建工集团海外市场得到了进一步开拓,承接项目逐年递增,集团将继续不断利用 BIM 技术指导施工,扩充完善 BIM 族库的建立,并利用 BIM 技术开发平台,逐步实现海外的项目的智能管控。

参考文献

[1] 马洪娟, 姚守俨. BIM 技术在广西体育中心网球馆项目施工中的应用探讨[J]. 土木建筑工程信息技术, 2011, 3(3): 40-44.

[2] 李琰洁, 马恺,姚攀,等. 陕煤化技术研究院西安总部基地项目 BIM 技术应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(1): 105-109.

[3] 张明亮, 黄宗贵,周瑾,等. BIM 技术在隆平水稻博物馆项目施工中的应用[J]. 建筑技术, 2017, 48(5): 504-507.

[4] 黄宗贵, 张明亮,周瑾,等. BIM 技术在双曲薄壳混凝土屋面施工中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(1): 15-21.

[5] 张明亮, 壮真才,等. BIM 技术在某办公楼钢结构施工中的应用. 施工技术(增刊), 2018, 47(8): 479-482.

[6] 常丽玲, 张明亮,江波,等. BIM 技术在深基坑支护预应力锚索施工中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(3): 31-37.

[7] 周鹏, 张明亮,李红喜,等. BIM 技术在醴陵国际陶瓷会展馆机电工程施工中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(6): 48-54.

[8] 曹旭明, 张士彤. BIM 技术在机电施工阶段的应用[J]. 建筑技术, 2013(10): 909-912.

[9] 于晓. 消除误区让 BIM 在机电施工企业健康发展[J]. 安装, 2014(6): 12-13.

[10] 刘应周. BIM 在某公建项目机电安装工程中的应用研究[D]. 天津大学, 2013.

[11] 王忠诚, 王磊,张桥. 基于 BIM 技术的地铁车站机电综合管线排布应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(3): 66-73.

[12] 李慧. BIM 技术在大型公共建筑机电安装工程中的应用研究[D]. 郑州大学, 2016.

[13] 宋玉石. BIM 技术在公共建筑机电设备安装工程中的应用研究[D]. 郑州大学, 2017.

Application of BIM Technology in Construction of Senegal Wrestling Hall

Zhang Mingliang[1,2], Liu Zhuqun[3], Liu Zhaorong[3], Zhang Yehao[3], Liu Wei[1,2]

(1. *Hunan Construction Engineering Group Co., Ltd., Changsha* 410004, *China*;
2. *Construction Technology Institute of Hunan Province, Changsha* 410004, *China*;
3. *Hunan No.* 6 *Engineering Co., Ltd., Changsha* 410015, *China*)

Abstract: In the construction of Senegal Wrestling Hall, the BIM technology was applied in areas of construction plan selection, steel structure deepening processing, installation deepening design, decoration deepening design, and material control, to solve the technical and cost problems. Through the visualized delivery of the construction plan and the management using BIM 5D platform, many communication and on-site management between our personnel and Senegalese personnel are solved smoothly. The application of BIM technology has scientifically guided the on-site construction and achieved good economic and social benefits, which is able to provide experience and reference for the construction of similar projects.

Key Words: BIM Technology; Construction Technology; Visualized Delivery; Engineering Applications