

BIM 技术在双曲金属屋面重竹吊顶深化中的应用

史春芳¹ 熊保龙¹ 刘春风¹ 诸进¹ 张海瑞¹ 李越²

(1. 中建一局集团建设发展有限公司, 北京 100102; 2. CCDI, 上海 200235)

【摘要】某工程重竹吊顶曲面与金属屋面板曲面平行, 均为双曲造型, 且曲率变化多, 传统的二维深化设计无法完成对双曲面的重竹吊顶分析, 以实现编制合理施工方案及材料下料、精确加工的需求。工程采用建立三维空间信息模型, 对整个曲面的每一个板块进行排版及矢高分析, 结合材料的变形性能, 选择较优的安装方法, 复核碰撞, 避免后续施工中误差累积、碰撞拆改或无法安装等问题, 较好地保证了设计效果, 节约工程造价。

【关键词】双曲; 曲率变化; 重竹吊顶; 空间信息模型; 深化设计

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程建筑信息技术》、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。

引言

近年来, 随着 BIM 技术的迅速发展, 数字化应用在大型公共体育场馆、博物馆外墙及屋面设计中逐渐成熟, 涌现出许多独特造型的建筑。三维曲面建筑造型采用传统的 2D 设计和深化设计无法满足设计效果及加工、安装需求。

本文以双曲金属屋面及吊顶实例为基础, 对双曲重竹吊顶结合金属屋面的应用做了介绍, 并对其分析方法进行简单归纳及小结, 以期今后类似的项目中, 建设者能够得到借鉴和启发。

1 工程概况

某工程位于浙江省杭州市余杭区, 是集教学、办公、停车、影音、行政后勤、餐饮等为一体的综合性教育园区。校区主体建筑为圆形, 四面环水, 采用园林的手法组织空间, 兼具现代科技教学功能。建筑面积为 43 710m², 其中地上面积为 29 747m², 地下面积为 13 963m²。结构形式为为框架结构, 地下 1 层, 地上 3 层, 建筑物檐口总高度 24m。建筑屋面为三片金属屋面, 各自独立, 造型独特。

本工程金属屋面系统工程主要包括: 0.9mm 厚 400 板型的铝镁锰板金属屋面系统、重竹吊顶系统, 环形双曲鸟嘴铝板系统。重竹板总投影面积约 5 000m²。重竹板吊顶规格为 1 860 * 139 * 18mm (柚木色), 耐火等级为 B1 级。金属屋面效果如图 1 所示:

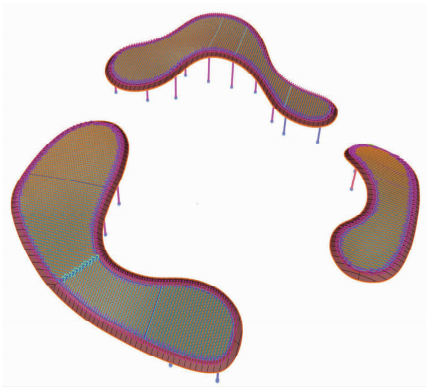


图 1 金属屋面效果图

2 双曲重竹吊顶深化重难点

考虑到整个重竹吊顶面与金属板屋面面为三维空间平行双曲面, 重竹吊顶如何实现双曲的同时

【作者简介】 史春芳(1983 -), 女, 高级工程师, 主要从事混凝土施工和 BIM 技术研究。

满足与装饰圆管中心面、铝镁锰板面在平行的曲面上；重竹如何排版满足双曲面的设计要求同时又节约造价；重竹如何与檐口下铝板进行收口处理减少施工难度；重竹如何进行检验与结构面的干涉。这些问题的解决是在本项目重竹吊顶的深化设计中重难点。

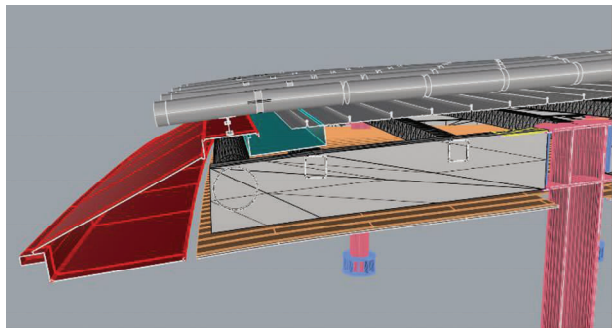


图 2 檐口处剖面

如上图 2 檐口处剖面所示重竹与檐口铝板、钢结构柱产生空间关系,根据设计的曲面平行条件,如图 3 所示的铝圆管、铝镁锰板面、重竹吊顶面的平行曲面关系。

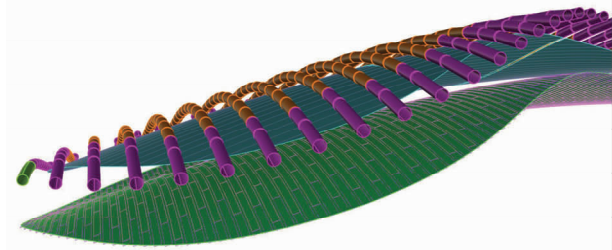


图 3 装饰铝圆管与金属板及吊顶平行曲面

在模型中实现面与面的平行很简单,在实际建造中,所有的面都是由若干个相同或不同的材料分段拼接组成,对于材料的性能选择、减小加工及采购的难度、经济效益的考量,都是对实现建筑外观的制约因素。檐口造型与吊顶曲面如图 4 所示。

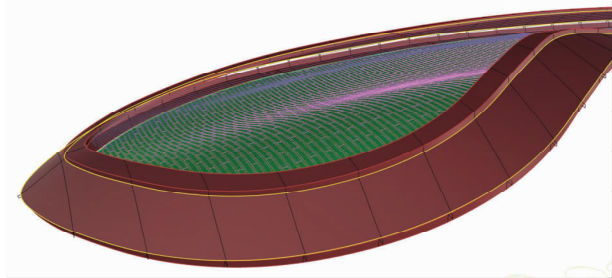


图 4 檐口造型与吊顶曲面关系

3 金属屋面吊顶的深化设计

3.1 金属屋面吊顶设计概况及材料性能

设计概况:本工程金属屋面吊顶为双曲面设计,重竹吊顶在整个金属屋面中为独立系统,吊顶面与檐口铝板的底面平行,曲率相接,与顶部金属屋面板曲面平行。重竹通过钢结构的次梁焊接吊件固定。重竹吊顶及檐口部分具体布置如图 5-6 所示。

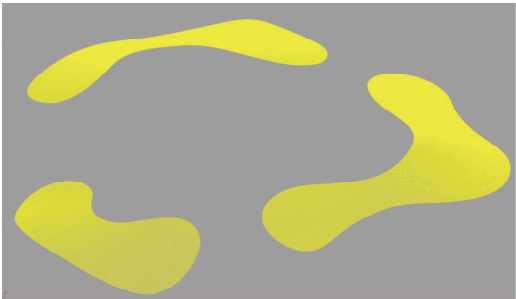


图 5 三维曲面布置图

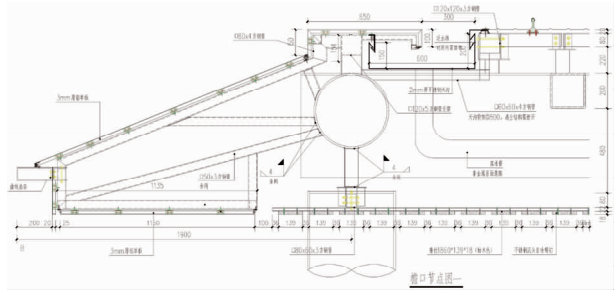


图 6 檐口造型图

重竹材料特点:通过热解工艺处理,具有密度、强耐腐、强耐久性、性能稳定的特点,耐火等级可达 B1 级。材料的弹性模量越大,材料的可变性能力越小,材料越硬,强度越高,弹性模量越大,材料的可变形能力越大,材料越柔软,强度越低。不同材料的弹性模量见表 1。

表 1 不同材料弹性模量

名称	弹性模量 E/GPa
铸铁	110 ~ 180
钢材	200 ~ 220
铝材、铝合金	60 ~ 70
重竹	15

由表 1 可见,采用重竹吊顶,材料变形控制较简单,具有更容易实现双曲面的安装的优点。

3.2 重竹吊顶加工及深化

深化方法:将重竹的长度统一规定一个规格,减少因曲面投影导致的规格不统一,且造价增加及施工难度增大的情况。

(1)重竹加工方式分析

因工程中的重竹面整体为双曲面,深化设计前需对材料的安装方式及加工方式进行确定,以下为3种可选方案:

1)可采用直板按照曲面进行拼接,形成折线弧面,类似圆内切多边形,以折代曲。优点为:材料统一规格加工,造价低,施工时不需额外区分,节省材料,减少材料损耗、施工简便。缺点为:整体外观效果不够平滑。

2)可采用弯弧板,类似弧线等距分割,弯弧板采用工厂加工弯弧。优点为:可以保证外观效果;缺点是考虑到整个金属屋面曲率变化,每一段的弯弧弧度均不一致,异形加工量较大,且施工时不易编号区分,性价比低。施工安装时,材料破损后仍需厂家重新单独加工发货,影响安装工期。

3)可采用直板,但依靠重竹本身的弹性形变实现双曲面,类似弧线等距分割,优点为:材料统一规格加工,造价较工厂弯弧板价格低,施工时不需额外区分板块规格,节省材料,减少材料损耗。

(2)材料变形的最大矢高分析

金属屋面及重竹吊顶曲面平行,但重竹板数量达2 244块,传统2D平面分析无法对重竹的弯弧进行测量和对每一块板的弯曲变形最大量进行统计汇总。三维曲面状态下,可采用建立空间信息模型,将整个吊顶曲面按照重竹吊顶的分格线,进行排版。

第一步:确定重竹吊顶的放样法向轴线,如图7所示。

第二步:将重竹的平面位置投影到曲面,在曲面上按照重竹板的长、宽方向、板与板块之间缝隙进行形状分割。因重竹是按照双曲面进行排版,且板与板之间的缝隙在曲面上为固定的距离偏移,故三维模型及平面图纸中,重竹吊顶板与板之间的曲面间距是一致的,但是投影距离大小不一。故在实际外观效果中,由于人的视线是水平的,会产生在水平线上的重竹板与板之间的缝隙不等距的效果。排版图如图8所示。

第三步:分割完毕后,利 Grasshopper 进行参数

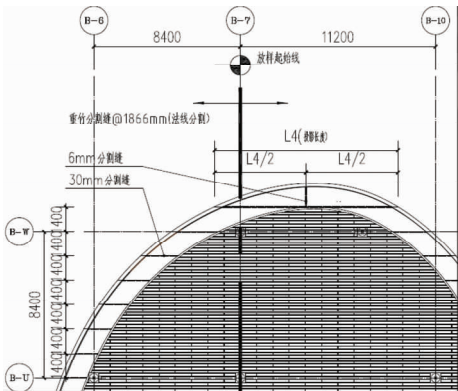


图7 放样起始图

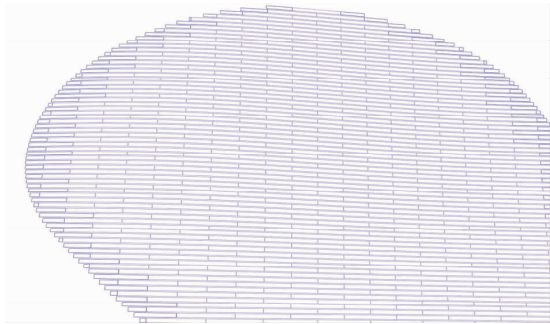


图8 重竹曲面局部排版图

化编程,如图9所示,选中所有重竹吊顶分割完成后曲面,在程序中调整,最后自动生成所有的重竹板的矢高,此种方式分析数据,效率极快,几分钟即可完成所有的板变形数据统计,经分析,板块的最大变形为35mm。平面分析数据如图10所示。

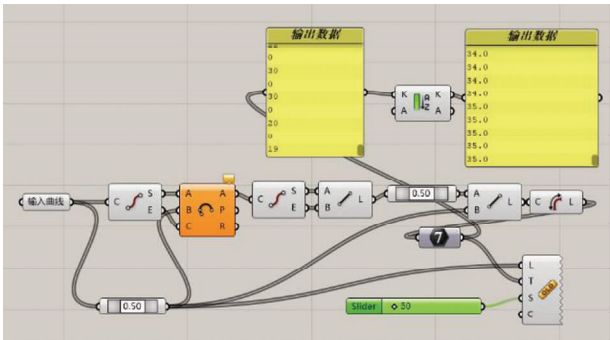


图9 参数化分析

故在实际施工中可选用方案三进行深化及施工,依靠材料自身的变形能够满足设计曲率变化,且节省材料,节约造价。

(3)重竹板固定安装方式

重竹板变形分析完成后,因整体模型为三维曲

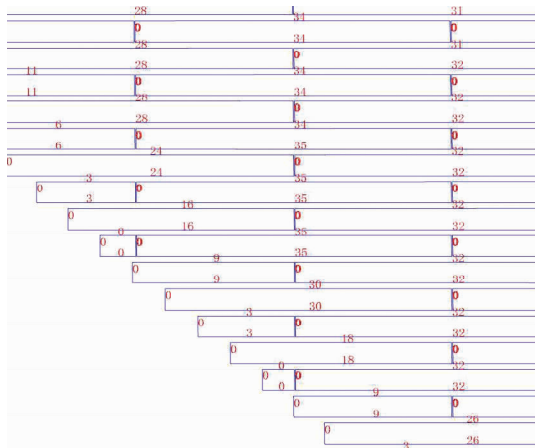


图 10 平面分析数据显示

面,固定重竹的吊件也必须满足重竹板安装曲面的要求,同时考虑钢构件及铝构件的强度及安装误差。

1) 重竹板的固定

重竹板的固定方式可按照室内、室外采用两种形式：

①在室内时,因吊顶不受室外的风雪荷载影响,可以不考虑吊杆受风荷载影响的强度,采用小直径的通丝吊杆。

②当吊顶在室外时,室外工程中受风荷载影响较大,采用通丝吊杆会出现大风天气吊顶不断左右摇摆,为减少使用风险,总体安装方式采用如图 11 所示,因整个变形曲面对材料异性加工要求较高,故在吊杆处采用 1.5m 分段的钢檩条,通过对拉螺杆固定,满足所有钢构件不异型加工的需求,同时只要提高放线精度,根据模型进行吊杆下料,完全满足现场施工需要,减少材料的浪费。重竹檩条固定节点如图 11 所示。

2) 重竹板与檐口的留缝处理

重竹和铝板产生受热胀冷缩的现象比较明显,同时重竹排板为放样起始点向檐口方向递进,误差逐渐地累积,最终将所有的偏差在檐口底部铝板与重竹交接处体现。为便于更好地施工、消化误差,减小施工难度,避免出现铝板与重竹板贴合,施工误差控制不到位,导致实际效果出现高低差的状态,重竹与双曲檐口造型的处理做法,留缝 100mm。留缝效果如图 12 所示。

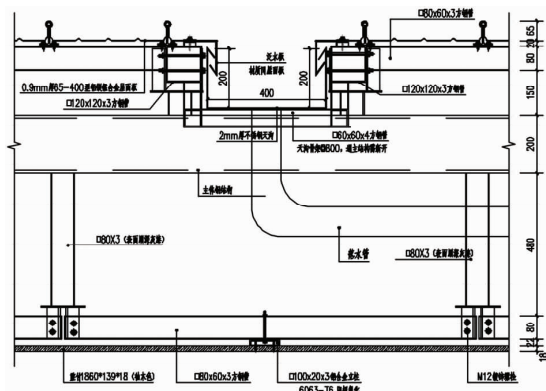


图 11 重竹固定节点

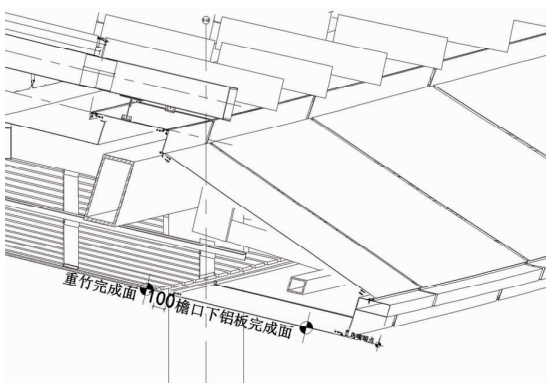


图 12 重竹与檐口留缝三维透视

模型导入到金属屋面与重竹曲面模型中,将结构模型与金属屋面模型同时放在犀牛模型中,进行模型整合,完成半逆向出图。以剖面图的形式检验重要的结构梁部位的各构造层的干涉问题。剖面图如图 13 所示。

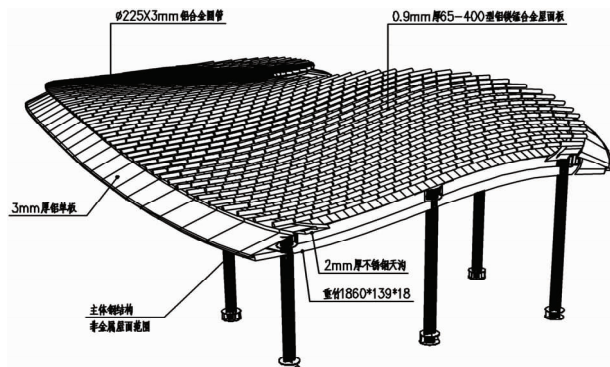


图 13 主结构钢梁处剖面图

4 重竹与主钢构、结构的干涉验证

重竹曲面完成后,将相应的结构模型、钢结构

在 Navisworks 检查各构件的碰撞情况,复核模型的准确性,根据碰撞位置的图片、项目 ID 和坐标,完成模型的重新调整及校正。重竹与结构及钢结

构叠图如图 14 所示。

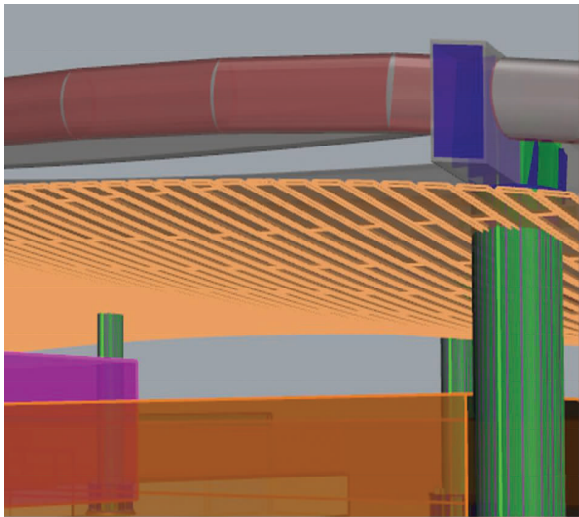


图 14 重竹与结构及钢结构叠合

5 结语

大体量复杂三维曲面的分析对于施工建造可操作性及加工安装精度非常重要,也是实现设计外

观必不可少的一部分。分析的结果对施工顺序、施工造价均会产生较大影响。通过建筑信息模型的建立,合理利用参数化的编程分析,进行深化设计,确定最优的可实现的施工方案,节约分析绘图时间,提高出图及安装效率、节约造价。

参考文献

[1] 徐友全, 张世洋. BIM 技术在山东省会文化艺术中心大剧院双曲面壳体龙骨定位中的应用[J]. 施工技术, 2014, 43(3): 55-58.

[2] 张秀刚, 杨戟. 北洋园体育场金属屋面系统三维双曲檐口铝单板施工工艺[J]. 中国建筑防水, 2014(3): 11-14

[3] 王奕修. Grasshopper 入门 & 晋级必备手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.

[4] 曾旭东, 王大川, 陈辉. Rhinoceros Grasshopper 参数化建模[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013.

[5] 采光顶与金属屋面技术规程: JGJ 255-2012 [S] 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

[6] 压型金属板工程应用技术规范: J GB50896-2013 [S] 北京: 中国计划出版社, 2013.

BIM Application in Deepening Design of Double Curved Metal Roof with Heavy Bamboo Ceiling

Shi Chunfang¹, Xiong Baolong¹, Liu Chunfeng¹,
Zhu Jin¹, Zhang Hairui¹, Li Yue²

- (1. China Construction First Group Construction & Development Co., Ltd., Beijing 100102, China;
2. China Construction Design International Co., Ltd., Shanghai 200235, China)

Abstract: In this project, the curved surface of heavy bamboo ceiling is parallel to that of metal roof panel, both of which are in hyperbolic shapes with various curvature changes. The traditional 2D deepening design method fails to complete the analysis of double curved bamboo ceiling, let alone to achieve the need of preparing reasonable construction scheme and precise material cutting and processing. The project adopts 3D spatial BIM modeling to implement the layout and vector height analysis of each plate of the whole surface. According to the deformation performance of materials, the BIM model contributes to the selection of best installation method and composite collision detection, which problems such as error accumulation, collision, demolition or installation failure in subsequent construction. The design effect is well guaranteed, and the project cost is saved.

Key Words: Hyperboloid; Curvature Change; Heavy Bamboo Ceiling; Spatial Information Model; Deepening Design