

现浇双曲面普通清水混凝土屋面结构施工技术

文 / 朱 鹏 云南省铁路集团有限公司
 杨 钦 云南省铁路集团有限公司
 毕士东 云南省铁路集团有限公司
 马鸿兵 云南省铁路集团有限公司
 吴晓琪 云南省铁路集团有限公司

摘要: 基于本项目双曲面屋面造型复杂, 施工难度大, 还需在双曲面屋面的基础上达到清水效果, 这对模板的可操作性、可加工性、抗变形性均有较高的要求, 按照传统工艺, 模板周转率较低、损耗率较高, 施工成本难以控制, 屋面完成后需耗费大量人力物力进行修补, 为降低双曲面屋面施工成本, 保证完成后整体外观质量, 依托本项目双曲面屋面, 研究“现浇双曲面普通清水混凝土屋面结构施工技术研究”, 使得该项目在安全性、经济性上都有良好的效果, 质量控制方面达到清水混凝土要求, 为后续类似工程项目的施工提供宝贵经验。

关键词: 双曲面; 清水混凝土; 坡屋面

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.048

一、工程概况

巧家县北门滨江景观旅游中心特许经营项目一工区旅游综合体(以下简称旅游综合体)地上主体建筑为三层框架结构, 高度为18.60米, 在项目准备过程中研究发现, 旅游综合体屋顶均为单层双曲面清水混凝土结构。坡屋面最高为18.6米, 最低为8.1米, 高差10.5米, 最大长度超过50米, 且造型复杂, 相较于同类型屋顶坡度更陡, 长度更长, 曲面半径更大, 并且每一栋屋顶造型均不相同。旅游综合体作为巧家县北门滨江景观带的核心区域, 承担着以后整个巧家县游客集散的任务, 并作为滨江景观带重要的组成部分, 对建筑的整体形象提出了较高要求。



图 1-1 项目实际效果图

二、技术关键点

通过详细的分析, 本项目双曲面屋面主要面临的问题: 一是现浇钢筋混凝土双曲面屋面整体高度较高, 支架架体最高处超8m, 属超过一定规模的危险性较大的分部分项工程; 二是屋面高差最大为10.5m, 坡率为 32° , 混凝土浇筑容易流淌, 浇筑质量难以控制, 屋面外观容易开裂; 三是模板使用周转率底, 损耗较高, 费用较高。

三、总体方案设计

(1) 屋面模板施工前应先结合结构与建筑施工工

图, 对图纸中出现的图纸不对应之处、图纸缺陷之处及时报告建设单位要求设计单位改正; 在此过程中, 应加强与设计单位的沟通与联系, 最重要的便是理解设计的意图、理念, 在此基础上完成模板工程乃至项目的施工过程。

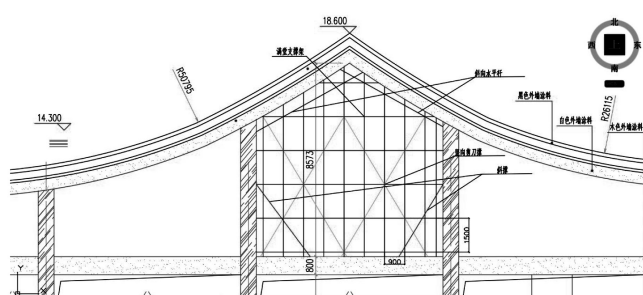


图 3-1 模板支撑体系平面布置图

(2) 屋面模板工程在施工前依托品茗安全计算软件对模板支撑体系进行承载力、刚度和稳定性验算后, 进而得到可以指导施工的支模架图纸。

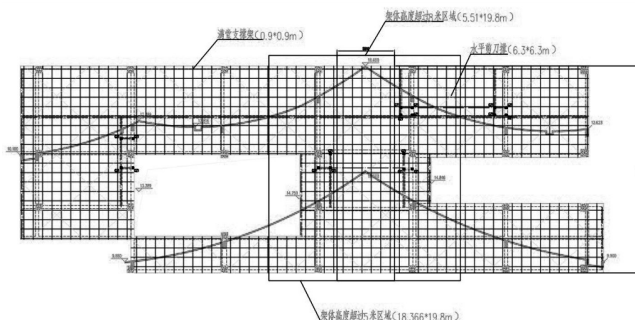


图 3-2 模板支撑体系剖面图

(3) 在对模板工程进行设计时, 结合受力要求, 选择扣件式架体以满足其支拆方便、足够承载力、刚度和稳定性等原则。理论上可将弧形屋面板分割成无数

段直线即为圆弧形屋面，在实践中出于工期成本及实用性考虑，将弧形屋面分割成有限的直线段来拟合成圆弧形，从而进行模板制作与安装，并对模板工程验收进行有效的尺寸及标高校核。

四、施工工艺

(一) 满堂支撑架施工工艺

(1) 保证结构和构件各部分形状尺寸，相互位置的正确，采用 $\phi 48.3 \times 3.0$ mm扣件式钢管脚手架搭设，三层顶板支架立杆间距为 800×800 mm，横杆步距为 1500 mm。在立杆底距地面 200 mm高处，沿纵横向水平方向应按纵下横上的程序设扫地杆。可调支托底部的立柱顶端应沿纵横向设置一道水平拉杆。扫地杆与顶部水平拉杆之间的距离，在满足模板设计所确定的水平拉杆步距要求条件下，进行平均分配确定步距后，在每一步距处纵横向各设一道水平拉杆。

(2) 所有水平拉杆的端部均应与四周建筑物顶紧顶牢。无处可顶时，应在水平拉杆端部和中部沿竖向设置连续式剪刀撑。

(3) 剪刀撑应采用搭接，搭接长度不得小于 1000 mm，并应采用3个旋转扣件分别在离杆端不小于 100 mm处进行固定。

(4) 立杆顶部荷载传递方式采用可调托撑，坡屋面处采用主楞和次楞间缝隙使用木楔塞紧。

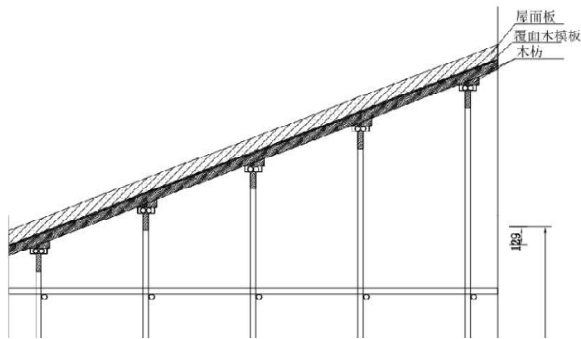


图 4-1 模板支撑架大样图

(二) 模板施工工艺

(1) 为保证架体整体稳定性，主龙骨采用 $\phi 48.3 \times 3.0$ mm钢管，由于钢管不可弯折，现场施工采用以梁和梁之间（间距 $3 \sim 4$ m）作为折线段支设，钢管上采用 50×100 mm木枋作为次龙骨。为使屋面线型到达设计要求，浇筑混凝土时应严格控制标高并对折线处线型进行处理。

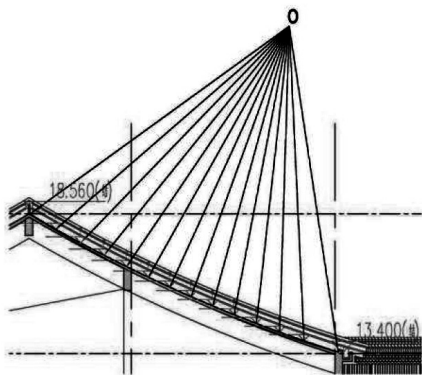


图 4-2 弧形屋面以直代曲分割图

(2) 模板组装要严格按照模板图尺寸拼装成整体，并控制模板的偏差在规范允许的范围内，拼装好模板后要求逐块检查其背楞是否符合模板设计，模板的编号与所用的部位是否一致。

(3) 内外模板采用 $\phi 14 @ 450$ 对拉螺栓连接，竖向围檩采用 $50 \times 100 @ 300$ mm方木，水平向围檩采用 $\phi 48.3 \times 3.0 @ 450$ 钢管与对拉螺栓相连，每排两根，外侧用两个山形帽固定或拧紧。

(4) 为保证坡屋面顶托内主楞与木枋次楞贴合，斜面采用木楔楔紧，木楔为直角三角形，根据弧形坡屋面分割后的直线坡屋面坡度制作。（不同弧线段坡度不同，所使用木楔也应不同，但可利用对称、单体结构相同等对木楔进行重复利用）。

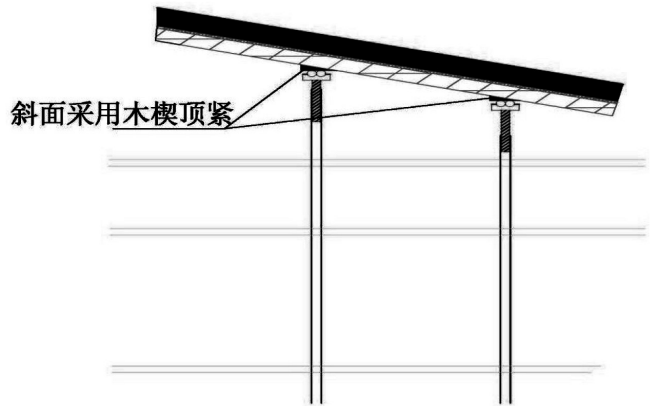


图 4-3 顶托内主楞与木枋贴合节点做法

(5) 加设斜撑与斜向水平杆，来抵抗坡屋面结构施工中产生的水平力，增强支模架体系稳定性，以确保屋面混凝土浇筑质量。

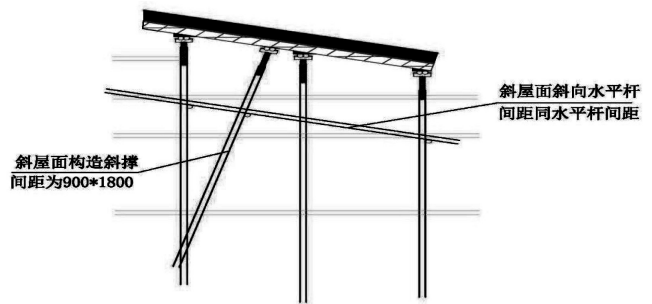


图 4-5 斜屋面增设斜撑及斜向水平杆做法

(三) 钢筋施工工艺

(1) 应对折板相交处及角部作局部加强处理，采取增强配筋等措施防止应力集中，此外此区域施工过程中也应重点加强，结合结构图中折梁（板）钢筋大样图，准确把握此区域钢筋的锚固长度、钢筋连接方式。

(2) 坡屋面钢筋放样过程中，需深刻理解图纸，结合节点详图对弧形梁板及各梁交汇处之间的空间关系进行全面的理解，在钢筋放样时留意弧形折梁（板）钢筋的弯折角度、断开位置等。

(3) 在屋脊处或弧形屋面板下部相交位置处等位置梁段箍筋一边或几边为斜边，此处应根据图纸或与设计单位沟通确认梁高的具体位置。

(四) 混凝土施工工艺

(1) 针对双曲面坡屋面，应先对标高较低坡屋面进行浇筑，然后对标高较高坡屋面进行连续浇筑。同一跨弧形坡屋面由下而上严格对称坡面同时进行混凝土浇筑，避免因坡屋面单侧浇筑产生水平力对模板支撑体系稳定性产生影响。

(2) 由于模板施工采用以直代曲的模式，为使屋面线型达到设计要求的弧度，浇筑前应在板面钢筋沿曲面方向每1米抄测一标高点，屋面坡度超过30°的区域加密标高控制点，采用工程线将所有标高点相连，浇筑过程中严格按照标点对坡屋面标高进行控制。

(3) 利用混凝土初凝前形成的强度，防止浇筑上段混凝土重心下移而造成下段混凝土表面凹凸，因此在每段混凝土浇筑时既要留有一定的时间间隔，又要防止混凝土在初凝前形成冷缝，为减少或避免施工冷缝，可在混凝土掺加缓凝剂。

(4) 坡屋面屋脊处等应力集中部位，应避免混凝土开裂，可采用掺外加剂的方式。

(5) 浇筑混凝土时应随浇、随捣、随平整，混凝土不可集中堆载在一处，操作人员不能集中在一起，以免产生较大的堆积荷载，使架体偏心受荷。

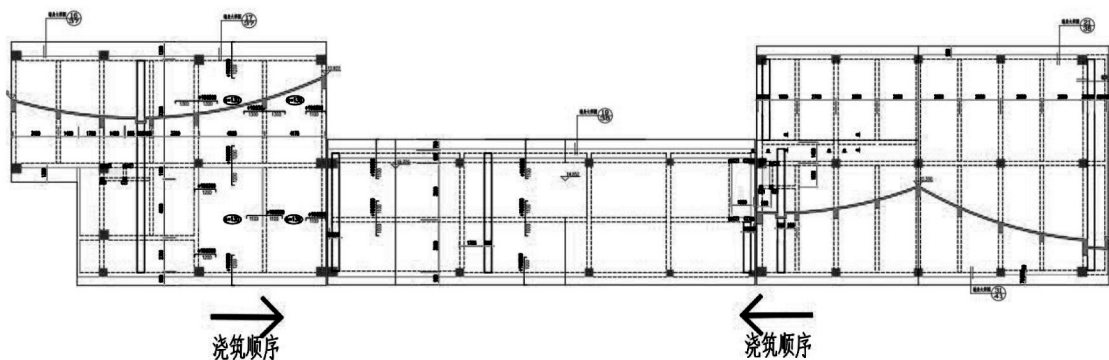


图 4-6 坡屋面混凝土浇筑顺序

五、经验总结

(1) 对现浇双曲面普通清水混凝土屋面结构施工技术的研究，通过施工过程中优化模板及支撑体系，从而达到节省周转材料，提高周转材料利用率的目的；优化施工工艺，减少混凝土浇筑过程中质量通病，避免重复修补，从而达到缩短工期，节省人工成本的目的；通过研究提前分析质量控制要点，加强施工过程中的质量控制，避免后期因质量原因进行大面积返修，从而降低运维成本。

(2) 清水混凝土施工工艺可以提高屋面结构的防水质量，增加屋面防水的使用年限，减少后期维修次数，为后期该项目的运营维护创造良好的社会评价及经济效益。

(3) 在国内房地产经过近30年的高速发展后，建

筑外形越来越多的由原来传统的方正外形，变成更多的重视建筑个性化、异形结构、外观形象突出、建筑美观等美学特点，对现浇双曲面清水混凝土屋面结构的研究应用，会在未来市场竞争中形成核心竞争力，达到以技术创新形成市场竞争的特点。

参考文献

[1] 黄远强, 龚志鹏等. 双曲现浇混凝土结构屋面模板施工技术[J]. 施工技术, 2016.
 [2] 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范 JGJ130—2011[S]. 光明日报出版社, 2011.
 [3] 建筑施工模板安全技术规范: JGJ162—2008[S]. 中国建筑工业出版社, 2008.
 [4] 李兵生, 郭钧健等. 新疆益民大厦双曲混凝土结构屋面施工技术[J]. 施工技术, 2017.



图 5-1 坡屋面实体效果