

# 高速公路服务区弧形斜屋面施工技术与低能耗策略研究

侯子龙<sup>1</sup> 齐建<sup>2</sup> 张鑫鑫<sup>1</sup> 颜检斌<sup>1</sup> 符珏<sup>1</sup>

1. 中建五局土木工程有限公司 湖南 长沙 334000

2. 中国十九冶湖北公司 湖北 武汉 430000

**摘要:** 屋面工程在建筑工程中占据重要地位, 主要分为平屋面和斜屋面两大类, 其中弧形斜屋面因其独特形状和结构成为最复杂的类型, 施工难度大、技术要求高、质量控制挑战显著。在高速公路服务区项目中, 我们对弧形斜屋面的施工方法和质量控制进行了深入总结与分析, 旨在提升施工效果并确保工程质量。我们重视合理规划施工流程、严格控制材料选用、优化施工工艺, 以应对其特有的施工难点。

**关键词:** 高速公路服务区; 弧形斜屋面; 施工技术; 低能耗策略

## 引言

近年来, 随着汽车数量激增和人们对交通服务品质的关注提升, 高速公路服务区趋向人性化、舒适化和绿色化设计。弧形斜屋面作为现代建筑的重要形式, 不仅美观独特, 还能提升建筑的功能性和舒适性。本文旨在探讨弧形斜屋面的施工技术要点及其低能耗策略, 为服务区建筑的设计与施工提供参考。在可持续发展背景下, 我们提出了一系列低能耗策略, 包括选用环保材料、引入新型施工设备、优化施工能源使用等, 以降低施工能耗, 减少资源消耗与碳排放, 实现绿色施工目标。

## 1 工程概况

上饶至浦城高速公路(江西境内)新建工程房建工程项目为新建高速房建工程, 高速路线起于信州区沙溪镇白石村, 终于二渡关赣闽界与福建省拟建的浦城至上饶高速公路盘亭至仙阳段相接, 主线全长50.853km, 本项目施工内容为K2+000~K53+634内信州服务区、信州互通收费站、信州养护工区, 信州区段内的建筑均设计为徽派建筑风格, 徽派建筑的弧形屋面设计具有柔和的曲线美, 赋予建筑物一种舒展飘逸的形象。这种设计不仅美观, 而且具有实用性, 如功能说认为, 凹曲屋面可将雨水远泄, 向上弯折的屋檐可以满足采光需求。徽派建筑的这种设计风格, 与西方建筑中笔直的直线坡屋顶、向上隆起的穹顶形成鲜明对比, 体现了中国古代建筑独特的审美和实用主义结合的特点<sup>[1]</sup>。

## 2 弧形斜屋面施工难点分析

结合项目的实际情况弧形斜屋面的施工难点主要有:

**结构稳定性控制:** 需考虑自重和外部荷载影响, 确保临时支撑体系的安全与稳定, 精确计算荷载变化并合理安排支撑结构。

**材料合理利用与配比:** 涉及多种材料的应用, 需在

保证质量的前提下优化材料使用, 减少浪费, 通过计算软件预先优化材料配置。

**施工设备选型与调配:** 施工环境复杂, 需选择适应弧形结构的专用设备, 如可调式卷扬机、曲面模板等, 以提高施工效率。

**施工人员素质要求高:** 施工人员需具备更高的技术素养和专业技能, 包括施工技术、质量控制、安全措施等方面。

**模板安装难度大:** 需严格控制模板标高, 运用计算机放样技术优化模板支架排序和组合, 实现精准安装。

**混凝土浇筑的挑战:** 面临振捣不便、密实性不足、漏振等问题, 需引入先进施工设备和合理混凝土配比, 确保均匀流动和良好密实性。

## 3 弧形斜屋面施工工艺流程



图1 弧形斜屋面施工工艺流程图

## 4 弧形斜屋面施工技术要点

### 4.1 模板施工

#### 4.1.1 模板轴线控制方法

首先, 需要利用先进的计算机辅助设计软件AutoCAD, 对弧形屋面的结构梁、板进行精确的定位计算。通过软件的三维建模功能, 可以清晰地看到结构的垂直投影, 并据此计算出精确的位置尺寸。这一过程需要工

工程师仔细核对每一个数据点，确保投影尺寸与下一层结构轴线的相对关系准确无误<sup>[2]</sup>。

随后，依据投影在下一层结构上的轴线，开始排列经过严格验算的高支模钢管位置。这一步骤要求工程师在楼板上用油漆进行精确的标识，以确保每个钢管的位置都符合设计要求。

最后，按照已定位好的高支模钢管位置，开始搭建钢管脚手架。当施工接近屋面结构底模板的高度时，使用锤球将已放出的屋面轴线从下层地面引测至接近屋面脚手架的水平钢管上。然后，用砖线拉通并固定在钢管上，确保其稳定性和准确性。

#### 4.1.2 模板高程控制技术

##### (1) 高程测量与放样计算

在高速公路服务区弧形斜屋面施工中，首先需使用AutoCAD软件复核施工图纸中的弧形结构，确保数据和弧率无误。进入放样阶段后，根据图纸的轴线高程设定，以每米为单位获取标高数据。弧形梁底部高度可通过弧率推算，而直梁底部则需逐根详细放样。注意一根梁两侧底模板高度可能不同，需细致计算并记录数据，确保施工每一步都有据可依。

##### (2) 高程传递与调整

第一、在下层结构的高程0.5米处，设置一个精确的高程控制点，并在模板支撑架的钢管上进行标记，以便于后续施工精度的把控。

第二、为了确保高程标识的准确性，模板支撑架钢管除了作为模板的支撑结构外，还需充当高程的传递控制点。因此，钢管的精准定位需要借助AutoCAD软件进行科学放样，从而确保每根钢管的高程传递点能够精确地计算出来，包括从下层结构的0.5米高程到屋面结构之间的垂直距离。

第三、随着脚手架逐渐接近屋面的设计标高，可以利用脚手架上可调节的托架，作为模板龙骨高度调整的灵活工具，以实现屋面高程的精准控制。这一方法不仅能够提升施工的灵活性和效率，还为后续低能耗建筑策略的实施奠定了坚实的数据基础。

#### 4.1.3 模板安装方法

在高速公路服务区弧形斜屋面施工中，由于模板呈曲线形状，可简化为直线段处理。为确保结构曲面平滑，模板宽度应适度控制。安装时还需综合考虑钢管支撑点间距及主、次龙骨布置顺序。例如，支撑钢管纵横间距设为900mm，模板整件尺寸为1.8米×0.9米，可调整为1.8米×0.45米配置。主龙骨排列方向应垂直于弧线变动方向，以保证屋面弧度准确。

#### 4.2 钢筋工程

钢筋具备高度的可塑性，因而可以在斜面上直接进行绑扎，并利用其自身的重量形成所需的弧度。对于弧形斜面结构的钢筋绑扎，多按照常规施工的方法实施。若某些工程的弧度变化较为显著，可以选择在地面进行放样并加工成弧型，然后运输至安装位置进行绑扎。

在钢筋绑扎过程中，需严格依据图纸要求完成梁、板的钢筋构件，并按照规范设置新型塑料垫块，从而保证梁、板的结构保护层厚度符合设计标准<sup>[3]</sup>。

在完成钢筋绑扎后，通过一个位于弧形斜面结构底模板上方1米的水平控制点，复测钢筋的完成面标高。同时，通过增加铁凳或采用焊接等手段，确保钢筋截面的有效高度能够满足施工需求。

通过设定的结构面水平控制点来测量混凝土完成面的标高，并利用“T”型或“7”字型的钢筋头焊接固定在梁筋或板筋上，作为混凝土浇筑时的标高控制点。

#### 4.3 混凝土施工

采用“分散均匀的Z型浇筑方式”，从斜面低端开始逐步向高端推进，防止混凝土流动不均匀，确保分布均匀，提高结构承载力。浇筑前需准备好材料，清理润湿浇筑坑道。

大面积结构建议从斜面低端向高端持续浇筑，结合中间向两端对称浇筑，分散流动压力，避免冷缝。控制每次浇筑宽度在2米以内，确保混凝土盖层良好结合。监控前一段混凝土初凝情况，确保斜面连续性。

浇筑过程中应监控混凝土流动状态和初凝情况，配备施工监测设备实时监测温度和湿度，及时调整浇筑方案。浇筑完成后进行严密检查，确保表面光滑、无明显缺陷，并采取必要养护措施。

#### 5 弧形斜屋面结构施工质量问题

对上饶至浦城高速公路（江西境内）新建工程房建工程信州服务区水泵房的弧形斜屋面施工进行质量审核后，发现以下主要质量问题：

钢筋工程：梁和板的保护层厚度偏差大，影响钢筋耐久性和结构稳定性。部分区域保护层厚度不足，需重新检查与整改。

模板工程：屋面成型坡度与弧度存在误差，影响美观和排水功能，可能导致渗漏和积水。需加强设计图纸审查，多次测量与调整模板，重新校准并浇筑相应部分。

混凝土工程：成型及表面找平质量差，出现蜂窝、麻面和孔洞等质量问题。源于操作不当和材料不合格，需重新评估混凝土配合比，加强施工过程中的振动和捣固，并进行后期养护。

## 6 弧形斜屋面结构施工质量控制措施

### 6.1 加强培训、技术交底、明确责任、提升质量意识

项目部由项目总工统筹,编写弧形斜屋面施工作业指导书,并进行技术交底。定期开展培训,增强施工人员的专业知识和质量意识,明确个人职责。施工过程中,严格把控每道工序,禁止不合格工序进入下一阶段。指定技术骨干带队,项目部质检员提供实时技术指导,提升施工团队专业素养,确保树立“质量第一”的理念,加强现场质量管理和过程控制能力。

### 6.2 模板施工质量控制措施

精准投影弧形结构轴线至下一层楼面,作为模板支架排布及排距依据,优先满足梁位置,再进行楼板支架布置。

利用支架钢管进行高程传递,确保定位准确。从主次梁端开始控制高程,逐步推算梁中段标高。

为确保屋面模板弧度准确,除依据计算机放样定位外,可每隔3至5米在弧形模板上方1米处设木板条,固定于主次梁侧,作为水平控制点。通过控制点拉线,确定屋面弧度,并为混凝土浇筑面标高提供测量依据。

### 6.3 钢筋施工质量控制措施

为确保梁和板的保护层厚度,采用新型塑料垫块作为保护措施,并通过铁凳等支撑手段确保楼板截面钢筋之间的间距符合设计要求。

### 6.4 混凝土施工质量控制措施

斜屋面混凝土浇筑应遵循对称、分层原则,控制栈层厚度,及时养护。

利用梁侧标高控制点监测混凝土浇筑面,确保平整度。

严格控制混凝土水灰比和坍落度,保持密实性。坍落度宜在12-15厘米,防止流动或下滑。坡度大时,可加钢筋网阻挡混凝土下滑,使用弧形木模工具临时压制。初凝前进行二次抹压,消除裂缝,加强养护。

控制屋面混凝土楼板厚度,采用竖向“T”型短钢筋作为高度控制,间距1.5-2米。

## 7 低能耗施工策略

### 7.1 材料的选择与合理利用

在选择建筑材料时,应优先考虑可再生和环保材料,例如再生混凝土、钢材等。这些材料减少了对自然资源的需求,降低了施工的生态足迹。其次是资源节约型材料,如采用轻质材料制造的屋面系统,不仅能减轻结构负荷,降低基础设施的能耗,还能提高施工效率。例如,喷涂聚氨酯泡沫作为绝热材料的应用,能够有效降低能源消耗,提升舒适度。此外施工前,进行详细的材料计算与规划,避免材料浪费。采用3D建模技术,可以更精确地计算材料用量,减少超额采购及浪费现象。

### 7.2 施工设备的优化与管理

选择高效、低排放的施工设备,如电动混凝土泵、节能发电机等。这类设备在功率输出方面表现优良,同时显著降低燃油消耗,达到低能耗施工的目的。其次可引入现代化的信息管理系统,通过监控设备运行状态、材料用量、能源消耗等,实时调节施工进度,减少人力操作错误,降低能耗。同时尽量将施工过程中产生的废弃物进行回收利用,例如混凝土残渣可以作为再生骨料;纸箱、塑料等包装材料可进行分类回收,同时采用临时设施存放,避免环境污染。

### 7.3 施工工艺的改进与创新

可将部分屋面构件进行预制,在工厂条件下进行生产,有利于控制材料质量,减少现场施工时间。这种模式不仅可以降低能耗,还能提升施工的精度和安全性。再者通过模块化设计,将建筑分成小模块,在工厂进行组装后再运输至施工现场,这能大大减少现场施工时间、劳动强度与材料浪费。还可采用高效能施工技术,如分层施工或滑模施工方法,可以有效减少混凝土养护和施工时间,降低机械设备使用时长及能耗。

### 7.4 智能监测与反馈

引入实时监测技术,对能耗数据进行实时采集和分析,通过云平台进行数据管理。这能帮助项目管理者及时掌握能耗变化,便于进行科学的调整。在施工过程中,设置能耗评估系统,不断监测施工各环节的能耗情况,在项目进展中持续改进工艺和设备。同时,通过经验反馈,形成施工资料,为以后的项目提供数据支持。

## 结语

弧形斜屋面的施工技术与低能耗策略的研究对于提升高速公路服务区建筑的质量和可持续性具有重要意义。通过深入探讨施工技术要点,包括模板施工、钢筋工程和混凝土施工等方面,我们提出了针对性的质量控制措施,以确保施工效果并减少质量问题。同时,在低能耗施工策略方面,我们强调了材料的选择与合理利用、施工设备的优化与管理、施工工艺的改进与创新以及智能监测与反馈的重要性。这些策略的实施将有助于降低施工能耗,减少资源消耗与碳排放,推动绿色施工目标的实现。

## 参考文献

- [1]邢号杰,赵睿.某混凝土结构斜屋面施工技术探讨[J].四川建材,2023,49(10):135-137.
- [2]秦康,王新建,何仕.预制混凝土弧形屋面构件的设计与应用[J].混凝土与水泥制品,2023,(07):39-41+45.
- [3]徐海涛,李鑫,于文涛,等.混凝土结构大坡度斜屋面施工研究[J].建筑工人,2023,44(08):34-36.