

DOI: 10.7672/sgjs2025080023

# 复杂异形斗笠状铝镁锰屋面关键施工技术\*

孙晓阳<sup>1,2</sup>, 龚佛良<sup>2</sup>, 陈孝杨<sup>2</sup>, 赵彬<sup>2</sup>, 张国庆<sup>2</sup>

(1. 中国建筑第八工程局有限公司, 上海 200122; 2. 中建八局文旅博览投资发展有限公司, 江苏 南京 211100)

**[摘要]** 铝镁锰板是一种轻质、高强度、耐腐蚀的金属材料,广泛应用于建筑屋面。由于屋面造型复杂,铝镁锰板施工难度较大,且对展现效果要求较高。为解决异形斗笠状金属屋面施工难题并提高安装质量,采用三维激光扫描技术对现场主体结构进行扫描并逆向建模,获取点云模型并导入BIM软件,以点云模型为基准进行屋面板深化设计,最终导出铝镁锰板板件信息,为现场剪裁下料提供参数依据。施工过程中,采取铝镁锰板运输架吊运、绳梯安装等措施,确保了施工质量并提升了斗笠状成型效果。

**[关键词]** 屋面; 铝镁锰板; 三维激光扫描; 深化设计; 施工技术

**[中图分类号]** TU758

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 2097-0897(2025)08-0023-04

## Key Construction Technology of Complex Special-shaped Hat-shaped Al-Mg-Mn Roof

SUN Xiaoyang<sup>1,2</sup>, GONG Foliang<sup>2</sup>, CHEN Xiaoyang<sup>2</sup>, ZHAO Bin<sup>2</sup>, ZHANG Guoqing<sup>2</sup>

(1. China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd., Shanghai 200122, China;

2. China Construction Eighth Bureau Cultural and Tourism Expo Investment Development Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 211100, China)

**Abstract:** Al-Mg-Mn plate is a kind of light weight, high strength and corrosion resistant metal material, which is widely used in building roofs. Due to the complex shape of the roof, the construction of the Al-Mg-Mn plate is difficult, and the requirements for the display effect are high. In order to solve the construction difficulties and improve the installation quality of the special-shaped hat-shaped metal roof, the 3D laser scanning technology is used to scan and reverse the main structure of the site, and the point cloud model is obtained and imported into the BIM software. Based on the point cloud model, the detailed design of the roof panel is carried out, and the information of the Al-Mg-Mn plate is finally derived, which provides the parameter basis for the on-site cutting and blanking. During the construction process, the Al-Mg-Mn plate transport frame lifting, rope ladder installation and other measures are adopted to ensure the construction quality and improve the hat-shaped forming effect.

**Keywords:** roofs; Al-Mg-Mn plate; 3D laser scanning; detailed design; construction

## 0 引言

现阶段,为设计造型独特的建筑物,金属板常被用作屋面板材料。其中,铝镁锰板因延伸性、硬度、抗拉强度和屈服强度等性能优异,被广泛应用于机场航站楼、车站、大型交通枢纽、会议展览中心及体育馆等建筑的屋面及墙面系统。此外,其耐久性强、防水性能好、柔韧性佳,且屋面涂料颜色可

调,特别适合复杂造型的屋面工程。铝镁锰板通过现场剪裁、卷边及轧压,参数可根据实际需求调整,确保施工质量及造型效果。然而,由于异形结构施工较复杂,现场实施难度大,因此必须严格控制各施工环节,遵循施工程序,以确保安装质量,从而提高屋面施工整体质量及观感效果。本文以鸿山旅游度假区文化中心建设工程项目中文化体验中心为例,首先对已完成的屋面钢结构基础进行标高复测,随后对异形斗笠状屋面进行板材下料与加工,最终完成现场拼装施工。通过制定提升铝镁锰板安装质量的有效措施,为异形斗笠状屋面施工提供

\* 2024年江苏省土木建筑学会课题:大型海岛文旅建筑群生态建设关键技术研究及应用(JSTJXH24105)

[作者简介] 孙晓阳,总工程师,正高级工程师,国家一级注册建造师,国家注册安全工程师, E-mail: xuanxyang@163.com

[收稿日期] 2024-11-20

了技术指导。

## 1 工程概况

鸿山旅游度假区文化中心建设工程项目位于无锡市新吴区黄更上路以东、锡宅路以南。项目总占地面积约 21 063.8m<sup>2</sup>,总建筑面积约 8 531m<sup>2</sup>,屋盖面积约 14 000m<sup>2</sup>。该项目共 3 个单体,分别为文化体验中心、辅助用房一、辅助用房二。项目主体结构为钢框架结构,其中文化体验中心钢结构分为 3 个区域,每个区域 3~4 层屋盖呈交错斗笠状。屋面板采用 0.9mm 厚扇形矮立铝镁锰板,并采用直立锁边板系统。其中板下为找平板,板上设氟碳喷涂铝合金装饰线条。

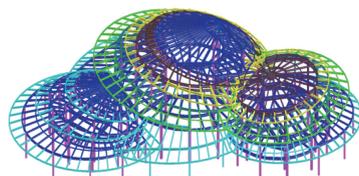
## 2 施工重难点分析

本项目斗笠状屋面施工的难点在于基层异形钢结构的曲面造型复杂多变,且屋面为环形结构,施工中易出现面层不平整和不光滑的问题。为此,需通过三维激光扫描和 BIM 技术深化设计,遵循建模与测量先行的原则,严格按照模型点位进行测量放线。此外,现场基本点位确定后,对标高不符合要求的部位进行返尺调整。深化设计中,不仅要考虑屋面的实际造型尺寸,还需兼顾现场施工的实际效果。本项目的屋面深化设计及施工的重点和难点在于如何在现有结构基础上实现斗笠状屋面的设计效果:①需解决现场已建成主体结构与设计效果的偏差,根据钢结构屋盖标高尺寸与模型数据的偏差调整屋面标高;②铝镁锰板需现场下料压型,其下料尺寸直接影响屋面板最终效果;③板件运输和屋面防水等环节是确保屋面成型质量的关键。

斗笠状金属屋面施工工艺复杂,屋盖成型难度较大。为解决此类问题,采用三维激光扫描技术对现场钢结构主体标高进行复核,并基于复核数据,运用 BIM 软件进行斗笠状屋面板的深化设计。钢结构主体及项目效果如图 1 所示。

## 3 施工工艺流程

斗笠状屋面施工工艺流程如图 2 所示。在传统结构测量中,通常使用全站仪等工具进行现场测量,但对于结构复杂、造型多样的建筑,逐点测量难度较大,细节呈现不完整。因此,通过三维激光扫描技术可快速获取建筑表面形态的高精度实测数据。首先进行现场踏勘,确定扫描仪位置和角度,按站进行点云扫描;然后对点云数据进行拼接、去噪和精简,并导入建模软件完成三维模型重建(见图 3)。通过三维激光扫描获取现有建筑物精确三维模型,并与设计模型对比。设计团队以扫描数据为基础进行后续设计和建模,确保屋面设计与现有



a 钢结构主体



b 项目效果

图 1 文化体验中心

Fig. 1 Cultural experience center

结构完全匹配,从而提升设计准确性和可行性,减少错误并降低成本。

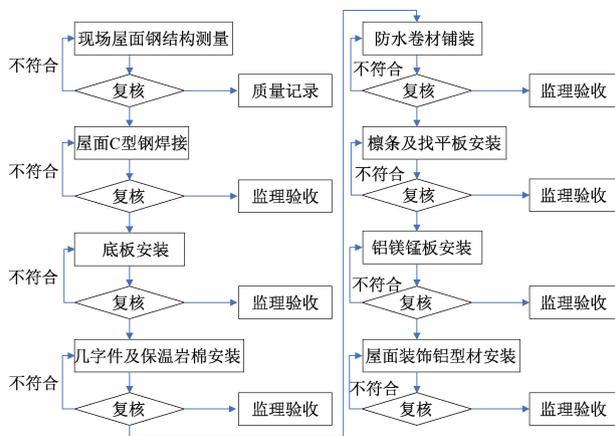
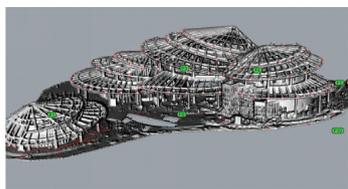


图 2 施工工艺流程

Fig. 2 Construction process



a 三维激光扫描仪站点架设



b 模型

图 3 三维激光扫描

Fig. 3 3D laser scanning

将三维扫描模型与设计模型进行比较,检测潜在的偏差和问题。模型点位偏差如表 1 所示。针对现场标高偏差,通过调节屋面檩条支座高度对屋面板进行返尺调整,以实现屋面的设计效果;当屋面受力基座标高低于钢结构时,需整体调整屋面板标高或屋盖倾斜角度,确保屋面整体效果。

表 1 模型点位偏差(部分)

Table 1 Model point deviation(part) mm			
点位	模型高度	实测高度	偏差值
F31F-LG-156	18 435. 25	18 434. 83	0. 42
F31F-LG-157	18 430. 48	18 428. 85	1. 63
F31F-LG-158	18 427. 81	18 426. 39	1. 42
F31F-LG-159	18 424. 35	18 423. 67	0. 68
F31F-LG-160	18 421. 06	18 419. 99	1. 07
F31F-LG-161	18 417. 92	18 415. 31	2. 61
F31F-LG-162	18 414. 42	18 413. 13	1. 29

## 4 铝镁锰板下料及加工

### 4.1 下料

在主体结构验收合格的基础上,对结构进行扫描,将点云模型导入 Rhino 中,在此基础上进行铝镁锰屋面板逆向设计,利用模型可视化特点,对屋面生成效果进行深化预览,如图 4 所示。

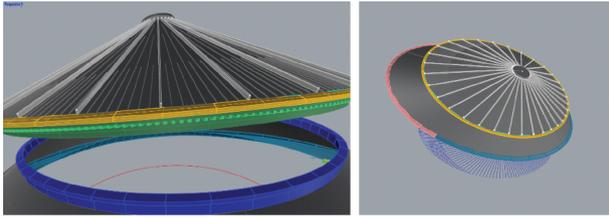


图 4 铝镁锰屋面板 BIM 设计

Fig. 4 BIM design of Al-Mg-Mn roof plate

利用点云逆向建模方法,对合格的主体结构进行逆向建模,可生成更精确的工程模型,在此基础上进行屋盖深化设计及成型效果展示。深化设计流程如图 5 所示。通过导出板件宽度、长度等参数信息,指导现场板件下料,最后屋面板环向闭合锁边时,针对现场加工误差进行临时调整。

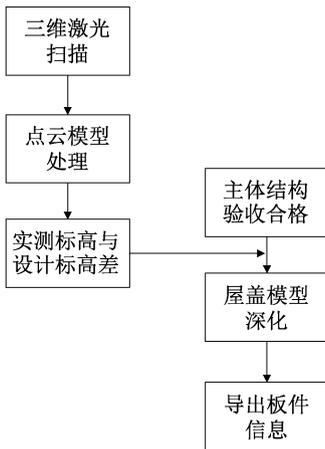


图 5 深化设计流程

Fig. 5 Detailed design process

### 4.2 加工

针对不同屋面板扇形长度,板材原材采用宽 600,700,1 000mm 合金钢卷,调整扇形板面长宽比

进行钢卷下料,防止斗笠中心处直立锁边过密,保证屋面线条效果。采用矮直立双锁边系统,其铺设方式通过双锁边设计实现。每块屋面板均设有双锁边,通过相互锁合提升密封性和防水性能。通过 BIM 技术生成板材参数,现场切割板材形状,并通过轧压工艺形成锁边系统。矮直立双锁边系统设计效果如图 6 所示。



图 6 矮直立双锁边系统成型效果

Fig. 6 Forming effect of low upright double lock edge system

## 5 铝镁锰屋面施工

### 5.1 施工工艺

1) 钢檩条安装。钢檩条采用 150mm×100mm×4mm 热镀锌方钢管,主要区域间距为 1 200mm,边缘区域风压较大处间距加密。檩条通过焊接与连接板固定,与 C 形件间采用自攻螺钉固定。檩条就位后,使用汽车式起重机吊运至安装位置,采用栓接固定完成后方可解开吊装绳索。栓接前,检查待安装檩条顶面是否与相邻已安装檩条顶面平齐,若不平齐需调整。通过调节檩条与下方连接板间的预留空隙,确保相邻檩条顶面高差控制在 2mm 以内方可栓接。檩条安装为斗笠状屋面重要成型步骤,安装完成后需进行点位标高复核,保证后期屋面施工成型效果。

2) 无纺布、几字形支撑、几字形衬檩安装。  
①同时安装无纺布、几字形衬檩;②无纺布直接满铺于底板,再通过几字形支撑垂直压在底板上方,避开底板波峰,用自攻钉穿透底板、无纺布与檩条连接;③几字形支撑横向间距≤2m,纵向间距和檩条一致;④几字形衬檩平行于檩条方向安装,垂直于几字形支撑上方通过自攻螺钉连接,衬檩两端接头处必须有几字形支撑,不可悬挑。

3) 玻璃棉及岩棉保温层安装。50mm 厚玻璃棉保温层采用纵向错缝铺设方式,使用 160mm 厚、密度 140kg/m<sup>3</sup> 岩棉。屋面保温岩棉、防水卷材等材料均通过现场起重机成捆吊运至屋顶高空卸货平台,再由人工搬运至施工位置。

4) 防水卷材及找平钢板安装。采用 1.5mm 厚 TPO 防水卷材,铺设方向同屋面底板平行。防水卷

材验收合格后进行找平板施工。

5) 铝镁锰金属屋面在施工过程中,铝镁锰板铺装方式应严格遵循设计排版要求,采用横向大小卷边搭扣连接,并沿金属板方向设置防水卷材包边及其他防水构造措施。铝镁锰板铺装后应及时进行锁边固定,锁边角度为 $90^\circ$ 。相邻2块板接口的锁边方向应沿最大频率风向设置;在多维曲面屋面上,当雨水可能翻越板肋形成横向流动时,锁边接口应沿水流方向设置。铝镁锰板、披水板、泛水板、包角板等应固定可靠、牢固,防腐涂料涂刷和密封材应完好,连接件数量、间距应符合设计要求和现行国家标准规定。相邻板咬合需严密,方向正确,咬边时应连续、平整,不能出现扭曲或裂口。铝镁锰板搭接方向应顺边,防水构造正确,横向搭扣紧密、安装正确。面板上端部应向上翻边,以阻挡雨水从宝顶渗入;下端部延长搭接在檐口铝板上,固定后打密封胶。

## 5.2 质量保证

铝镁锰金属屋面应严格按 GB 50207—2012《屋面工程质量验收规范》进行验收。由于本项目为坡屋面,施工完成后,可在屋面细部节点处选取 1.5m 长的接缝,在距节点部位表面约 0.7m 处,沿垂直于屋面表面的方向对准待测接缝进行喷水淋水试验,连续喷水 5min,同时在室内检查是否存在渗水。若 5min 内未发现渗水,则转入下一测试部位。依次对选定部位进行喷水,喷水顺序沿屋面坡度方向从下往上进行,直至完成所有待测部位测试。对渗水部位进行修补,待充分干燥后重新测试,直至无渗水为止。

由于金属板长细比较大,吊运过程中易弯折,造成板件变形,相关文献对金属板运输过程进行了优缺点对比。结合项目特点,采用铝镁锰板运输架对铝板进行吊运,保证了铝镁锰板的成品效果。

## 5.3 安全保证

由于屋面施工涉及高空作业,需在钢结构上拉设钢丝绳,并在结构空隙处铺设安全网。钢丝绳和生命绳在施工区域拉设成网格状,安全网水平挂在施工区域下方。施工人员的安全绳需挂在生命绳上,以确保安全。安全网随施工部位移动而调整,确保施工部位的安全网到位且有效。水平兜网及临边防护栏杆、防护斜立网严格按照有关技术标准、安全要求布设。工人在施工过程中应使用双钩安全带。在已安装完成的屋面板上行走时,临时护栏横杆可采用钢索;若采用扶手绳,其自由下垂度应 $\leq L/20$ ,且控制在 100mm 以内。同时,屋面上部拉设的生命绳应与安全带配合,确保人员在走道行

走时安全带能可靠地挂在生命绳上,并利用已安装的屋面底板作为水平防护。安装屋面板时,从宝顶口引出安全绳,并配合绳梯完成安装。

## 6 结语

本文以鸿山旅游度假区文化中心建设工程项目文化体验中心为例,对斗笠状金属屋面施工方法进行探究。首先利用三维激光扫描技术,对现场已完成的主体钢结构进行扫描,通过对数据采集、导入、清洗、对齐及特征提取等,完成主体结构的逆向建模;其次,利用 BIM 软件,将点云模型导入 Rhino 中,以点云模型为标高基准,进行屋面金属板的深化设计,指导现场屋面板檩条弹线施工,导出屋面板尺寸信息,为现场铝镁锰板下料提供参数依据;最后在施工过程中采用铝镁锰板运输架吊运、绳梯安装等措施,保证屋面施工质量与成型效果。

### 参考文献:

- [1] 赵欢,李锐,江宏佳. 体育场双曲型铝镁锰直立锁边屋面板施工技术[J]. 安装,2021(12):77-79.  
ZHAO H, LI R, JIANG H J. Construction technology of hyperbolic Al-Mg-Mn vertical locked-side roof slab for gymnasium [J]. Installation, 2021(12): 77-79.
- [2] 张乐乐,唐明成,秦晓龙,等. 防风穿孔铝单板金属屋面系统施工关键技术[J]. 施工技术(中英文),2024,53(8):90-94.  
ZHANG L L, TANG M C, QIN X L, et al. Key construction technology of windproof perforated aluminum veneer metal roofing system [J]. Construction technology, 2024, 53(8): 90-94.
- [3] 程万强,侯冠楠,胡敏,等. 高空大跨度曲率铝镁锰屋面板施工技术[C]//2023年全国工程建设行业施工技术交流会,2023.  
CHENG W Q, HOU G N, HU M, et al. Construction technology of high-altitude large-span curvature aluminum-magnesium-manganese roof panel [C]//2023 National Construction Industry Construction Technology Exchange Conference, 2023.
- [4] 山西建筑工程(集团)总公司,上海市第二建筑有限公司. 屋面工程质量验收规范:GB 50207—2012[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.  
Shanxi Construction Engineering(Group) Co., Shanghai Second Construction Co., Ltd. Code for acceptance of construction quality of roof: GB 50207—2012 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [5] 刘宝辉,苗泽献. 金属屋面铝镁锰板垂直运输技术[C]//钢结构与金属屋面新技术应用,2015.  
LIU B H, MIAO Z X. Vertical transportation technology of Al-Mg-Mn plate on metal roof [C]//Application of New Technology of Steel Structure and Metal Roof, 2015.
- [6] 郑志涛,李闯,李昕,等. 直立锁边曲线型屋面防渗漏控制技术[J]. 施工技术(中英文),2024,53(15):12-16.  
ZHENG Z T, LI C, LI X, et al. Anti-leakage control technology of vertical seam curved roof [J]. Construction technology, 2024, 53(15): 12-16.