

# Research on the Construction of Steel Roof with Double Curved Ship Cornice Angle

Tiejun Ding

Guangxi Construction Engineering Group No.7 Construction Engineering Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

## Abstract

In this paper, the self-made high-altitude sliding operation platform is used to install each layer of cornice steel roof, the high-altitude workers stand inside the inclined plane sliding platform for the installation of honeycomb aluminum plate, which solves the problem that the cornice plate cannot stand on the grid frame due to complex shape and large angle inclination. At the same time, the roof adopts the combination of PVC waterproof coiled material and hard hydrophobic glass, which makes the roof have the dual functions of thermal insulation and waterproof, the roof panel is not easy to get wet and will not condense water, so as to reduce the repair of the roof and solve the problem of difficult repair.

## Keywords

high altitude sliding operation platform; hyperboloid complex modeling; large angle inclination; honeycomb aluminum plate

## 双曲面船形檐口折角钢构屋面施工探究

丁铁军

广西建工集团第七建筑工程有限责任公司, 中国·江苏南京 210000

## 摘要

论文运用自制高空滑移操作平台安装檐口钢构屋面各层, 高空工作人员站位于倾斜面滑移平台内部进行蜂窝铝板的安装作业, 解决了因复杂造型及大角度倾斜挑檐板无法站立于网架上安装的难题。同时, 屋面采用PVC防水卷材及硬质憎水玻璃结合运用, 使得屋面具有保温防水双重功能, 屋面板不易变湿并且不会使水分凝结, 从而减少修理屋顶, 解决修理难的问题。

## 关键词

高空滑移操作平台; 双曲面复杂造型; 大角度倾斜; 蜂窝铝板

## 1 引言

双曲面船形檐口钢构屋面施工, 最重要的是施工临时措施和檐口各层的施工质量控制。以往的措施中, 无论是落地脚手架, 或者吊车辅助吊笼, 抑或用其他的措施, 都难同时实现安全、经济和进度的要求。所以需要一种临时措施, 可以同时实现安全、经济和满足进度要求。同时, 适合三个要求的就是一种滑移的操作平台。总结探究如何制作、安装和使用该滑移操作平台, 同时在利用该操作平台的基础上进行檐口各层的施工和质量控制。

## 2 工程概况

本项目为港珠澳大桥珠海口岸项目, 新型复合交通枢纽中心, 为突出装饰性和艺术性, 其屋面采用了复杂弧形双曲面金属网架结构, 屋面板采用蜂窝铝板施工。屋面内圈檐口折角蜂窝铝板呈双曲面船形, 与水平角度约为 48 度, 总

檐口面积 2866m<sup>2</sup>, 安装高度高达 34m, 挑檐板悬挑长度 2m。

## 3 双曲面船形檐口施工难度

工程檐口部分存在折角, 由于其角度较大, 操作面仅为檐口龙骨部分, 危险度较高, 施工人员无法正常于网架上安装<sup>[1]</sup>。

## 4 技术措施及原理

①利用 PVC 防水卷材的柔性、耐沉淀、抗紫外线辐射、透湿特性, 建筑物不会变湿并且不会使水分凝结。减少修理屋顶的次数。

②利用硬质憎水玻璃保温性、环保性、透气性、憎水性等性能, 使得屋面具有保温防水双重功能。

③运用自制高空滑移操作平台安装檐口折角钢构屋面(见图 1), 运用高空工作人员站位于倾斜面滑移平台内部进行蜂窝铝板的安装作业, 倾斜面平台内部设置多个与大地水平的阶梯状踏板, 用以高空作业人员站位施工, 当一个区段铝板安装完后, 施工人员借助桁架体系处的立面爬梯爬出

【作者简介】丁铁军(1979-), 男, 总工程师、副总经理, 高级工程师, 从事工程施工研究。

站位于上檐口天沟内部推动滑移操作平台上部的里面桁架体系移位至下一区段檐口作业面，平台滑移就位后滑移平台上部桁架体系通过钢丝绳与上檐口龙骨系统绑扎固定。

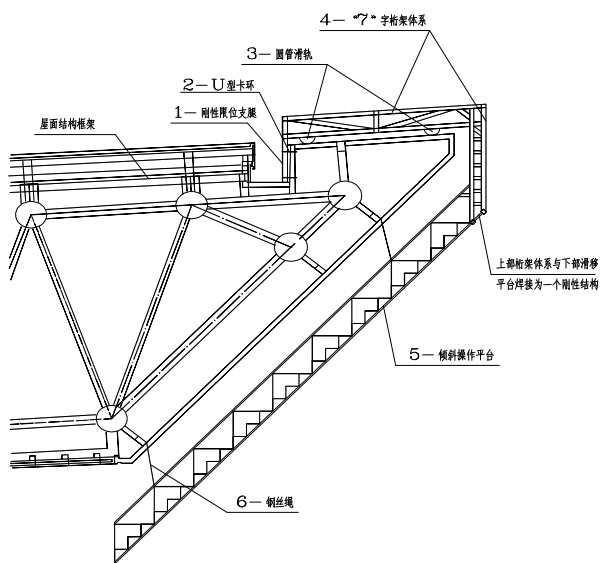


图1 高空滑移操作平示意图

## 5 施工工艺流程及操作要点

檐口区域龙骨安装→保温层施工→防水层施工→天沟施工→面板施工。

### 5.1 檐口龙骨安装

#### 5.1.1 龙骨吊装

挑檐龙骨主要使用汽车吊吊装(见图2)。龙骨在吊装过程中的定位点用经纬仪控制。为使钢龙骨吊起后的点位与网架对应,采用汽车吊或4台3t的卷扬机同步提升,吊点位于钢龙骨的4对角点上,4点形成的方形的重心和钢龙骨重心一致,并设置缆风绳。

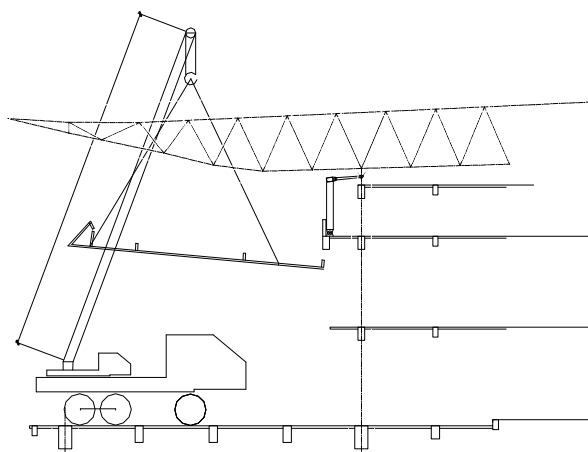


图2 汽车吊檐口龙骨吊装示意图

#### 5.1.2 龙骨安装

首先在屋面主钢龙骨檩条上焊接檐口的龙骨支托,然后将框架式檐口龙骨结构焊接在该支托上(见图3)。对焊

缝处需除渣打磨光亮平滑后按设计文件要求补涂底漆、底涂层、中间涂层和顶层涂层等防腐防锈材料。然后将滑梯上的龙骨移动时,只需将滑梯轻轻推动,便可将龙骨调到安装位置。依据水平控制线,先将横龙骨与竖向龙骨通过螺栓连接,然后调整竖龙骨与横龙骨的位置,达到设计值后拧紧螺栓,同时加强预防松动的处理。

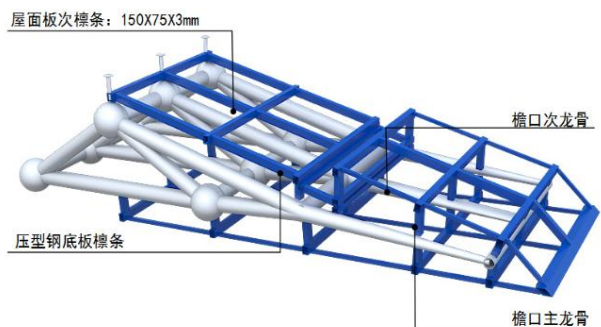


图3 檐口区域龙骨安装图

### 5.2 檐口保温层施工

保温层采用硬质憎水玻璃棉,130mm自带6mm厚结构保护面层(防火玻镁板),总厚136mm,玻璃棉容重 $64\text{kg/m}^3$ 。

#### 5.2.1 玻璃棉板的铺设工艺要点

玻璃棉铺设时注意铺设严实,接缝处选用搭接,棉与棉之间不留空隙,棉与棉之间的交接处用铝箔胶带粘结,同时用订书机订装。为防止出现冷桥现象,玻璃棉上层与下层必须错缝铺设<sup>[2]</sup>。

#### 5.2.2 玻璃棉板的铺设

关于玻璃棉板的铺设和高空滑移操作平示意图见图4、图5。



图4 玻璃棉(带铝箔贴面)铺设

### 5.3 防水层施工

#### 5.3.1 防水卷材的概况

采用1.5厚PVC防水卷材。卷材安装前应检查基层缝,

保证接缝缝隙均匀无错位。



图5 搭接接缝处理

### 5.3.2 PVC防水卷材铺设工艺要点

①防水卷材开始铺贴前,先测量放样,在有接头的位置,接头应互相错开至少30cm。

②卷材铺贴方向:卷材的铺设方向应垂直于屋面坡度方向。

③保证卷材纵向搭接宽度为12cm,横向搭接5cm。

### 5.3.3 PVC防水卷材铺设固定

①防水卷材铺设前应进行预铺,把卷材平铺在保温层上,让卷材自然疏松、平整顺直地放置大概半个小时,同时按照屋面具体情况对卷材进行相应的裁剪。

②选用专用基层胶粘剂对卷材进行固定,在对卷材进行粘结时,确保找平层为干燥状态。

③PVC卷材应铺设平整,避免褶皱;先将要铺设的PVC翻转约2m的长度,用滚刷将专用基层胶粘剂均匀地涂刷在PVC卷材的背面(黑色面)。

④在屋面大面上用焊机将两层PVC卷材,在基层胶粘剂没涂刷的边缘部位焊接在一起,有效焊接宽度约为3.5~4cm<sup>[3]</sup>。

### 5.4 天沟施工

天沟板材在加工厂加工预制成长度不超过4m的单元构件,然后运往施工现场进行安装。先将天沟控制点引至建筑主体结构上,将中轴线返至主体结构横向龙骨上,再对天沟底板及侧板根据控制线进行定位放线,定位后将各天沟单元构件在支架上安装就位再拼接焊牢(见图6、图7)。

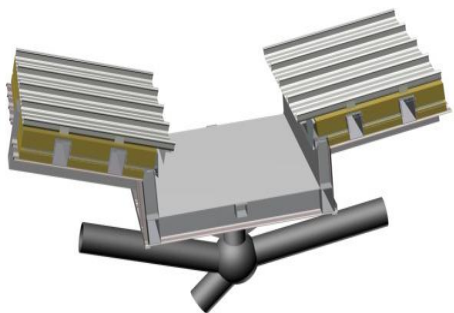


图6 沟系统图



图7 天沟龙骨

### 5.5 面板施工

双曲面船型檐口板采用蜂窝铝板。主檩条选用350m×200m×6m的矩形方通钢管,次檩条采用100mm×60mm×4mm矩形方钢通,表面热镀锌处理。檐口铝板间胶缝为25mm,胶缝间安装泡沫填充棒,表面打胶处理<sup>[4]</sup>。

面板安装:本工程檐口部分存在折角,由于其角度较大,操作面仅为檐口龙骨部分,危险度较高,施工人员无法正常于网架上安装。采用自制高空滑移操作平台的方式安装,如图8所示。

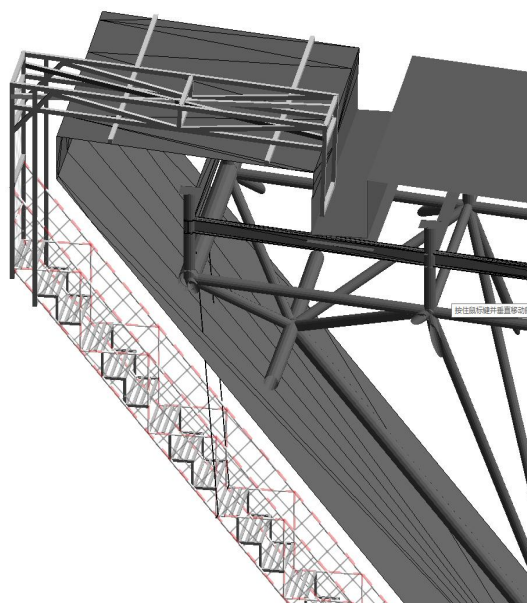


图8 高空滑移操作平台上部BIM深化图

高空滑移操作平台由两部分结构组成,在檐口倾斜面部分为立面平台结构,在上檐口水平龙骨部分则为水平桁架体系,上部桁架与下部平台结构焊接为一个整体刚性结构,上部水平桁架端部设置刚性限位支腿深入天沟内部,支腿紧靠在天沟侧面,牛腿勾住天沟侧壁确保平台不会向外滑动,限制了平台外移,防止平台倾翻。

操作平台水平桁架底采用型钢焊接于其下,作为滑移平台在上檐口的滑移轨道,在上檐口水平龙骨上滑动,滑轨两端微微上翘,避免滑移过程中与水平龙骨碰撞。整体操作

平台依靠葫芦（手拉或电动）沿着滑轨水平移动至需要安装檐口铝板的部位。

工作人员站立于倾斜面滑移平台内部进行蜂窝铝板的安装作业，倾斜面平台内部设置多个与大地水平的阶梯状踏板，用以高空作业人员站位施工，当一个区段铝板安装完后，施工人员借助桁架体系处的立面爬梯爬出站立于上檐口天沟内部推动滑移操作平台上部的里面桁架体系移位至下一区段檐口作业面，平台滑移就位后滑移平台上部桁架体系通过钢丝绳与上檐口龙骨系统绑扎固定。

## 6 质量控制

### 6.1 PVC 防水卷材施工质量控制

①大面卷材铺设顺直、平整，无大褶皱，搭接宽度符合规范要求。

②长边搭接缝先于短边搭接缝焊接，焊接过程中注意保护非焊接的位置；搭接宽度均为 80mm。

③每一个焊缝需经过手工检验，用尖头工具，沿着卷材焊缝移动稍稍用力，必须无跳焊、漏焊。

④用切割刀在抽检焊缝质量时可用勾刀或美工刀将 PVC 卷材垂直于焊缝切割 2~3cm 宽的切口，用力撕扯切割条，以检验焊接质量是否合格<sup>[5]</sup>。

### 6.2 玻璃棉板施工质量控制

玻璃棉铺设时注意铺设严实，接缝处选用搭接，棉与棉之间不留空隙，棉与棉之间的交接处用铝箔胶带粘结，同时用订书机订装。为避免出现冷桥现象，上层与下层玻璃棉应错缝铺设。

### 6.3 挑檐板施工质量控制

关于挑檐板施工质量控制见表 1。

表 1 挑檐板施工内容

序号	名称	具体内容
1	施工位置	根据确立的网格线，施工位置的误差不得超过 $\pm 5\text{mm}$
2	高度	根据确立的基线，施工的高度误差不得超过 $\pm 5\text{mm}$
3	形状和垂直度	安装完毕的系统将具有平整准确的线条和曲状平面
4	线条、平面和垂直度的误差	波长至少 20m 的长波，其改变率为至多减少 1m，振幅至多为 3mm
5	面板间的接缝	任何接缝的实际宽度和额定宽度间的误差不得超过 $\pm 3\text{mm}$ 或接缝宽度的 10%（以相对较小的那个数据为准）。任何变化调整都应平均分配，而不允许发生突变现象。跨接缝的对缝误差不得超过 2mm（正视角度）
6	尺寸误差	当和现有基准点、基准高度、建筑物、地基或工程相当的其他部分的相对值发生误差时，需要确认误差并向业主汇报
7	模件误差和测量误差	将如设计图所示通过网格线进行测量 新项目所有构的位置和允许误差将通过网格线以及基于网格线的模型确立 将对所有的尺寸，尤其是和周围构件、结构、建筑物交接的部件尺寸，进行监督。将在施工现场对所有尺寸进行检验，并在施工前记录在所有误差情况 紧固件的设计应顾及邻近构件的安装误差 将在施工翻样图上标出所有误差尺寸 将在工程交付前确认（设计说明）中的允许误差

## 7 实施效益

该工程屋面挑檐板安装过程中，成功地采用《双曲面船形檐口折角蜂窝铝板施工方法》，使用计算机二维、三维技术辅助设计深化、建立高空滑移操作平台三维结构模型，应用高科技推动大角度倾斜屋面檐口板安装技术提高，结合 PVC 防水卷材及硬质憎水玻璃在屋面的运用，使得屋面具有保温防水双重功能，减少修理屋顶，解决修理难的问题。在施工质量及安全施工方面取得良好的效果，得到业主和监理部门的好评，同时本项目获得了省市文明工地、优质结构、“詹天佑”故乡杯、国家优质工程“鲁班奖”。取得良好的经济效益和社会效益。

## 8 结语

采用双曲面船形檐口折角蜂窝铝板施工工艺不仅有效地降低了施工成本，取得了良好的经济效益，同时，还由于施工简便快捷，节约了工期，提高了屋面挑檐板施工质量。

### 参考文献

- [1] 刘文禄.异形双曲面金属屋面空间结构施工技术研究[J].城市住宅,2019,26(11):3.
- [2] 杨建国,王惠生,赵菁.彩钢板复合保温系统在工程中的应用[J].天津建设科技,2009,19(2):2.
- [3] 万常彪.PVC单层防水卷材满粘系统在太空板屋面中的应用[J].中国建筑防水,2018(11):4.
- [4] 郭春,钱月冬,刘鸿青,等.航站楼超长双曲面及开放式装饰铝单板施工技术[J].山西建筑,2017,43(31):2.
- [5] 王天翔.屋面保温层及卷材防水材料施工工艺研究[J].民营科技,2012(9):1.