

超大面积双曲面穿孔铝板单元板块装配式施工技术解析

李力 裴圣瑞

中国建筑第八工程局有限公司

摘要：随着建筑行业的不断发展，幕墙系统在建筑中的应用越来越广泛。而对于大型公共建筑来说，幕墙系统的施工难度也越来越大。在这种情况下，一种新型的幕墙施工技术——超大面积双曲面穿孔铝板单元板块装配式施工技术应运而生。这种施工技术采用了穿孔铝板作为面板，通过将面板与龙骨相连接，实现了整个幕墙系统的装配式施工。这种施工技术不仅提高了施工效率，降低了工程成本，还能够保证幕墙系统的质量和安全性。本文将对超大面积双曲面穿孔铝板单元板块装配式施工技术进行详细介绍，包括其基本原理、应用范围、施工方法、质量控制等方面。同时，还将介绍该技术在实际工程中的应用情况和效果，为类似工程提供参考和借鉴。

关键词：超大面积；双曲面穿孔铝板；装配式

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.15.030

随着建筑业的飞速发展，幕墙已成为现代建筑不可缺少的组成部分，其重要性不言而喻。在现代建筑中，幕墙设计与施工日益受到人们的关注，双曲型穿孔铝板单元板装配法是一项十分先进的幕墙施工工艺。双曲式穿孔铝板片拼装施工工艺，是以双曲式穿孔铝板板片为基础，经拼装、安装、调试而完成的。该技术的优势在于：双曲线穿孔铝板单元板组技术可大幅提高幕墙安装效率，降低传统安装方式所需的人力、物力及时间，提高工程效率。质量保证：采用标准化设计、工业化生产的双曲式穿孔铝板拼板技术，可确保幕墙质量与可靠性。节能、环保：采用模块化设计的双曲型穿孔铝板板拼装技术，可有效降低建筑废弃物及污染，有利于环保。智能化：采用智能化设计与控制系统，实现了幕墙智能化安装与管理。因此，采用板片装配式双曲开孔铝板拼装工艺是一种很有发展前景的技术。

一、施工原理

双曲面穿孔铝板单元板的安装方法和一般幕墙的安装方法基本相同。本工程幕墙面积较大，为确保幕墙安装精度，现场测量放线需设置相对标高及水平线。第一，安装预埋件，连接件。第二，完成铝龙骨与螺栓的连接，并校正、调整铝龙骨。第三，做好接头、螺栓的防腐工作。第四，用螺栓将面板和钢龙骨连接起来，使其与钢龙骨相连接。第五步，用密封胶把面板接缝封好。第六，清洗面板，喷涂外墙涂料或氟碳漆。第七，将铝板表面清洗干净后，即可进行幕墙安装施工。在安装幕墙的全过程中，应注意如下：（1）安装双曲面穿孔铝板单元板前要放样；（2）板件在工厂加工、生产后运至工地安装。

（一）放线工作

根据设计图，先确定双曲面穿孔铝板的纵、横控制

线，再依此控制线及水准线放样。放样时，首先要放出垂直控制线，然后把基准点放到位。放线完毕后，用全站仪、水准仪等测量仪器对幕墙的全范围进行测量放样。如遇特殊情况，则需在现场辅助测量、放样工序。

（1）测量放样：把双曲面穿孔铝板板竖向控制线和水准控制线引至相应位置。（2）设定高程参考点：以双曲开孔铝板为基准轴，以双曲开孔铝板板片中心轴为基准，设1-2个控制点，控制点间距不小于500mm。对于双曲面穿孔铝板板标高不准确时，应及时调整。（3）基准轴线垂直度检验：用经纬仪检查基准轴线的垂直度，确保垂直度符合施工要求。

（二）单元板的运输及吊装

双曲面穿孔铝板单元板块通常由货车运抵，按图纸设计要求精确吊装。单元板吊装采用履带式吊车，起重臂长8米，起重能力20t，双动液压吊车。现场组装完成的板材运至工地，按图纸编号，吊装。起吊时，先从运输车上卸下单元板放到地上，再把吊装设备放到单元板中间位置，把吊耳放在吊装设备的吊耳上，再把吊钩和吊环套进吊耳里，最后把单元板轻轻地放到起重设备的吊钩上。吊装过程中，大钩必须保持垂直。吊装完整块板后，吊钩要慢慢降低重心，以免发生侧翻。当降下组件板时，一定要小心，用膨胀螺栓把它下面的支承件固定好。然后再调整支撑和提升设备到水平位置。最后，对板片进行校直、加固。

二、关键技术

（1）采用钢结构安装单元板，在钢结构上组装单元板，利用钢结构承载力满足幕墙板的承载要求。

（2）为确保安装精度，在安装过程中，采用预埋件固定。（3）为提高幕墙整体质量，在设计中采取了若干措施。如：嵌板边缘加橡胶垫；在板的中部加一块钢板；在连接板及连接件上加设两个螺栓；并对连接部位进行了密封处理，从而提高了幕墙整体质量。（4）对板片的加工及现场安装进行精度控制。如：在安装过程中，通过设定点、测基准、调轴线和校正等措施来确保安装单元板的精度；用全站仪精确定位板片，并确保板片与构件的连接处的垂直度。

（一）工程概况

某工程位于深圳市南山区，由三座塔楼及裙楼组成，裙楼为全玻璃幕墙，塔楼为石材幕墙，裙房为双曲面穿孔铝板幕墙。其中，塔段为双曲面穿孔铝板+金属屋面，裙楼为石材幕墙。本项目位于深圳湾滨海休闲带，按照由南到北依次为滨海休闲带、中心活力轴、滨海景观带、城市拓展带的“一轴三带”空间布局，具有良好的视觉效果。本项目主要结构为框架剪力墙结构，裙房和塔楼间采用双曲开孔铝板+金属屋面的幕墙。其中裙楼建筑幕墙面积36976平方米；该建筑的幕墙面积

为39528平方米。

（二）施工难点

由于结构形式复杂、曲面形状多变，导致穿孔铝板板片加工制造难度较大。由于采用分段拼装工艺，加工精度要求高，加工难度大。同时，由于本工程各板块数目众多，且各板块均为双曲造型，施工场地狭小，如何确保幕墙工程施工质量及施工安全成为一大难题。此外，本项目所采用的双曲穿孔铝幕墙是一种新技术、新材料和新工艺，且其特点使其安装精度难以控制。此外，本项目是一种双曲率曲面板的双曲面模型，现场测量控制难度较大。综上所述，本工程中单元板的加工制作和安装是比较困难的，对施工人员的要求也比较高。

（三）关键技术措施

（1）单元板在加工时，严格控制原材料质量，检查原材料是否满足设计要求；（2）对板片进行加工时，对板片的尺寸进行严格控制，确保偏差符合要求。

（3）利用三维激光扫描器，准确地测量了板片的几何尺寸，保证了板片的安装尺寸符合要求。（4）在安装完单元板后，通过二次注浆、有机硅密封等措施，提高了工程质量。（5）用密封胶将板件和构件连接在一起，保证了板件的防渗性能。

三、操作要点

1、按照幕墙工程图，先将幕墙控制线及施工控制线用墨线弹出，然后将各幕墙单元板的位置显示在图上。同时弹出每块面板水平标高控制线，用来控制幕墙平面度。2、将预制好的双曲面穿孔铝板单元板运到工地，检验验收双曲面穿孔铝板板。验收合格后，将双曲面穿孔铝板板按建筑工程设计图纸和实际情况在施工现场组装。组装时，双曲面穿孔铝板板按照设计图上的编号顺序排列整齐，相邻两片板间的连接部分采用焊接扣件连接。3、准确测量每块双曲面穿孔铝板板片，根据测量结果确定各板片的具体安装位置，并在相应位置对各板片进行编号。将定位夹具（如：特殊定位卡，铝单板卡等）放置于每块板子的定位点上。然后把两片板拼接在一起，缝的位置要错开。缝合线必须平直，统一，美观。4、安装双曲面穿孔铝板板片时，应尽可能避免损伤板片，注意：（1）安装双曲面穿孔铝板板片时，不得切割。为了防止双曲面穿孔铝板板片因自身重量而产生变形和弯曲，通常采用角钢、不锈钢和不锈钢角码进行固定；（2）安装双曲面穿孔铝板单元板前，必须首先将控制线弹出。各楼层各节点设控制点。（3）安装双曲穿孔铝板时，要避免踩踏、碰撞。双曲线幕幕墙施工过程中，应加强现场管理与安全管理；（4）采用焊接方法将双曲面穿孔铝板板件固定在一起时，焊缝接头处需密封；（5）安装时如发现变形、扭绞等现象，应立即予以处理。在处理过程中，应使变形、扭转的部位处于稳定状态；（6）在施工现场，双曲面穿孔铝板应存放在指定仓库；安装双曲穿孔铝板前，需经检验验收，验收合格的双曲穿孔铝板存放于指定库房；（7）安装完双曲穿孔铝板后，要及时清理和养护。养护期不低于7天。



图1 龙骨安装

四、质量保证措施

（1）严格执行质量管理体系，从原材料采购开始，对原材料进行质量控制，对进场材料进行验收，保证原材料质量；（2）认真做好施工计划及技术交底，严格按照图纸进行施工。（3）建立质量保障系统，并使其有效运作。（4）建立项目经理层的质量责任制，并将责任落实到各个部门和各作业层。（5）建立作业人员的技术培训制度及技术交底制度。（6）施工前，要向施工人员开展技术交底，加强质量意识教育，让每一位施工人员认识到工程质量的重要意义；（7）制定施工检查制度，对施工过程中的各个环节进行严格的自我检查，发现问题及时处理，向项目经理部汇报。

（8）严格执行产品的验收、检验制度。每个工序都要经过验收，合格后方可进行下一道工序的施工。（9）建立健全安全生产体系，并根据相关规范要求开展生产活动。尤其要加强安全和防火工作。（10）严格执行施工管理制度，按照施工规程施工。（11）做好施工记录、隐蔽工程检查、验收等工作，并留存备查。（12）建立质量管理档案系统，建立质量信息反馈系统，对项目建设过程中的各类信息进行及时收集。

（一）大面积穿孔铝板板块安装

1. 施工准备

在安装穿孔铝板之前，首先要对施工现场进行测量放样，根据现场实际情况，确定具体的安装位置，并做好标记。然后按照施工图纸放样。然后在施工现场对穿孔铝板进行拼装。

2. 穿孔铝板收口

穿孔铝板收口是安装过程中的重点与难点，在收口过程中要注意收口方式，防止漏缝、阴阳角等现象。安装时，先将穿孔铝板收口到幕墙构件上，然后吊装。

3. 穿孔铝板底面

安装前需对幕墙构件进行放样，以确定穿孔铝板下表面的位置。再按图纸放样，按放样图制作穿孔铝板底面。将已加工好的穿孔铝板底面对准幕墙部件穿孔铝板底面。

4. 穿孔铝板吊装

根据设计图及现场实际情况确定吊装位置，吊装前将穿孔铝板整体吊装，吊点设于幕墙构件上穿孔铝板上。

置，并根据幕墙构件的吊点位置调整。再慢慢地把穿孔铝板放进吊孔里。安装时要注意保护穿孔铝板，防止碰撞损坏。

5. 穿孔铝板安装

安装时，先将穿孔铝板整体吊起，再慢慢放下穿孔铝板，按要求调整穿孔铝板的位置。最后，利用定位工具对穿孔铝板的底面进行紧固。

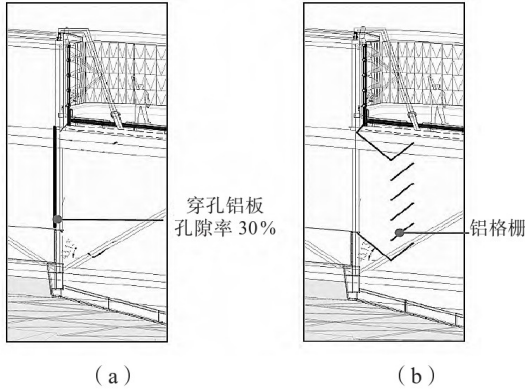


图 2 方案优化

(a) 原施工方案；(b) 优化后施工方案

(二) 穿孔铝板节点深化

本项目所述穿孔铝板胞板节点深化为：(1) 穿孔铝板胞板（铝板片）拼接节点；(2)（铝）对接节点；(3) 接节点。其中，穿孔铝板板缝接节点应遵循“先贯穿，后固定”的原则，结合工程特点和节点形式，提出“先固定后贯穿”和“先贯穿再固定”两种方案。经现场条件分析，确定采用先贯通，后固定的方案。主要原因：该工程结构复杂，施工难度大，采用“先贯通后固定”的方法，可有效地避免因结构变形造成穿孔铝板板拼接错台或错台现象，并可防止穿孔铝板连接处铝板因结构变形而翘曲；此外，本项目中幕墙的竖向分格尺寸跨度较大，采用“先贯穿，后固定”的方案，可避免竖向分格尺寸跨度过大，导致铝板在穿孔铝板板块接缝处产生翘曲。穿孔铝板单元板连接节点是指在不同结构部位，采用不同的连接方法，用螺栓等连接件将穿孔铝板连接固定。在本项目中，穿孔铝板不同部位的板件主要采用螺栓等连接件进行连接。主要原因：该工程幕墙竖向分格尺寸跨度较大，不同部位穿孔铝板通过螺栓等连接件连接并固定于幕墙竖向分格尺寸跨度较大的部位。

(三) 铝板拼缝防水处理

铝板拼缝的防水处理主要是通过密封胶和耐候胶来进行的，接缝密封胶采用丙烯酸酯类防水涂料，在施工前清理接缝表面，用中性清洗剂清洗，待干燥后涂刷两次，干燥后再刷两次耐候胶。本项目以双曲面穿孔铝板片为幕墙结构单元，将幕墙板与主体结构连成一体，因建筑外壁复杂曲面造型，幕墙板与主体结构将发生一定程度的变形，再加上温度应力的作用，幕墙板块会发生局部变形和开裂。因此，在幕墙板块和主体结构的接缝处，必须做好防水工作。

(四) 穿孔铝板分格及预埋件安装

在安装穿孔铝板前，按设计图确定分格尺寸对穿孔铝板进行加工，并将其分割。在安装穿孔铝板前，要先清理墙面，保证墙面清洁，不留灰尘和杂物，做好找平处理。在安装穿孔铝板时，要根据设计图和现场实际情况，对安装顺序进行合理的控制。穿孔铝板安装时，应根据现场条件，合理安排安装顺序，先进行高低差较小的墙体，再进行大高差的墙体施工。对于有高低差的墙体，应先对高低差较小的墙体进行施工。穿孔铝板分格时，应按设计图规定的分格尺寸和安装顺序执行。在安装时，必须严格控制各分格的标高和平面位置。安装穿孔铝板前，要检查预埋件，并做好检验记录。在预埋螺栓、螺帽等部位，要按要求安装相应的紧固件，并做好检查记录。如预埋件、螺帽等位置偏差超出规范要求，应对预埋件、螺帽等进行调整或更换。穿孔铝板应与预埋件、螺母等紧固件连接牢固，如预埋件、螺栓等出现变形或破损，应及时更换或修复。如果固定部件达不到设计要求，则需拆除预埋件和螺帽，重新安装。将穿孔铝板与预埋件和螺母等固定件连接前，先进行防腐处理。对预埋件、螺母等进行防腐处理后，要注意与主体结构的连接部位有无脱落或破损。穿孔铝板与预埋件和螺母等紧固件宜采用焊接或螺栓连接；螺栓拧紧时要注意扭力不要太大。

结束语

综上所述，(1) 该技术可广泛应用于大型体育馆，展览馆，歌剧院，机场航站楼，高铁车站等建筑幕墙。(2) 将该技术应用于传统建筑幕墙：大跨空间结构幕墙；公共建筑大跨幕墙。(3) 该技术在城市广场、展厅、商业街区等建筑领域具有广阔的应用前景，在今后的发展中，还会涌现出更多的新产品。(4) 该技术还可广泛应用于民用建筑领域。在人们对住宅质量要求不断提高的背景下，全铝住宅必将成为今后住宅市场的主流。

参考文献

[1] 沈兴东,程建军.南京禄口机场T2航站楼项目科技创新技术[J].江苏建筑,2023,(03):13-19.
 [2] 王志兵,苏伍明,张胜利.超大面积双曲面穿孔铝板单元板装配式施工技术[J].建筑技术,2023,54(09):1045-1047.
 [3] 李云锋,吴奕君.大面积超高大跨度弧形双曲面GRG装饰墙数字化施工技术[J].广东土木与建筑,2021,28(11):8-11.
 [4] 黄沛林,司法强,潘钧俊等.超大面积空间双曲面钢网架屋盖的卸载施工技术[J].建筑施工,2021,43(04):601-603.
 [5] 乔聚忠,傅新芝,朱军林.昆明新机场航站楼超大面积双曲面金属屋面施工技术[J].施工技术,2011,40(09):24-26.

作者简介：李力（1982.5-），男，汉族，安徽凤阳，高级工程师，广东工业大学在读博士研究生，研究方向：机械专业智能决策及控制系统。