

室内高大空间弧形阳极氧化铝板施工技术与质量全过程管控

魏志波

中冶建工集团有限公司 重庆 400084

摘要：阳极氧化铝板作为铝质建材中经深度加工的优质产品，凭借其优异的性能在建筑装饰领域得到广泛应用。本文以中国重庆自由贸易试验区沙坪坝企业创新服务中心项目室内精装修工程A栋大厅为实际案例，系统且详细地阐述了在室内高大空间环境下，采用曲面阳极氧化铝板进行饰面施工时的技术实施与质量管控全过程。通过将BIM建模技术深度融入施工全流程以实现精准技术把控，从施工前期的技术分析与方案规划，到施工过程中每一个环节的质量严格管控，再到安装完成后的精细化清洁工作，形成了一套完整的管控体系，最终确保了弧形阳极氧化铝板安装的结构稳定性与外观精确度。该项目的实践经验，为后续同类高大空间弧形阳极氧化铝板装饰工程的施工提供了极具参考价值的技术范例与管理模式。

关键词：弧形阳极氧化铝板；室内高大空间；BIM建模技术；施工全过程；质量管控

1 引言

随着我国建筑行业的飞速发展，建筑空间不仅要满足基本的功能需求，人们对其审美价值、艺术表现力及使用耐久性的要求也日益提升。在众多建筑装饰材料中，铝板经过阳极氧化处理后，表面形成的致密氧化膜使其具备了高硬度、强抗腐蚀性、细腻质感等突出优点，这让阳极氧化铝板在室内高大空间的墙面及吊顶饰面板装饰工程中占据了重要地位，尤其在曲面及双曲面等复杂造型的装饰施工中，更能展现其独特的应用优势。

为打造开阔且富有设计感的室内空间，“墙顶合一”与弧形铝板吊顶的组合设计日益普遍，但高大空间作业环境、弧形板材的大尺寸特性，给安装带来诸多挑战：如何保证超高空间内的安装稳定性与精度？如何协调复杂空间结构中的施工工序？本文以实际工程为例，深入探讨室内高大空间弧形阳极氧化铝板安装的施工技术与质量管控策略，为同类项目提供可借鉴的解决方案。

2 工程概述

本项目位于重庆市沙坪坝区物流园片区，作为中国重庆自由贸易试验区的重要配套设施，其建成后将成为区域内企业创新服务的核心载体。其中A楼为综合办公楼，地上共3层，建筑高度达23.95米。功能涵盖高端会议中心及城市形象展厅，是展现区域经济活力与建筑美学的重要窗口。项目整体设计融合了现代简约风格与地域文化特色。以A栋南侧大厅为例，该大厅长轴跨度82.72m、短轴跨度14.95m，吊顶高度达22.31m。

为凸显空间的开阔感与艺术氛围，大厅墙顶面采用

超长版面单曲面膜阳极氧化铝板作为饰面材料，通过曲面的流畅过渡与色彩的巧妙运用，营造出极具视觉冲击力的室内环境。如此大规模的高大空间，采用复杂的曲面膜阳极氧化铝板装饰，对施工团队的技术水平、统筹协调能力及质量管控标准都提出了极高要求^[1]。

3 施工前期技术分析

3.1 重难点分析

在项目筹备阶段，项目团队就对工程的重点和难点进行了全面分析。考虑到大厅的空间结构和装饰效果要求，弧形阳极氧化铝板的安装不仅要保证结构的稳固，还要实现精美的外观呈现。本项目弧形阳极氧化铝板单块尺寸最大为1400*4800mm，属于超宽和超长板，所以对于材料生产加工、运输、施工工艺等各个环节都进行严格把控。

3.2 材料对比分析

阳极氧化铝板通过电化学原理在铝板表面生成致密氧化膜，显著提升耐腐蚀性、表面硬度和耐磨性，经着色处理后装饰效果优良。其氧化膜无色多孔，可实现染色与保护铝基体的双重作用。本工程选用20mm厚蜂窝铝板，颜色为时尚的爱马仕橙，营造出活力高端的氛围^[2]。

该阳极氧化铝板结构为面层1mm+蜂窝芯18-18.3mm+底板0.7mm，采用高等级镁铝合金。面板为1mm厚进口基材连续阳极氧化铝板，等级为欧标AA5005 H14；背板0.7mm，等级AA3003；蜂窝芯经防腐处理，厚度不小于0.07mm、边长8mm，以双组分高温固化聚氨酯胶复合成型。氧化膜厚度方面，面板不低于15微米（建议15或20

微米），蜂窝板面层不低于20微米，保障长期使用的稳定性与美观性。

与普通阳极氧化铝板相比，本工程选用材料在氧化膜厚度、板材强度等方面优势明显。普通板材易出现褪色、腐蚀等问题，而本工程材料凭借严格工艺和高品质原料，能有效避免此类问题，确保装饰效果与使用寿命。

3.3 施工流程策划

本工程弧形阳极氧化铝板安装流程经专项论证，形成严谨科学的实施体系，各环节紧密衔接以保障施工质量与效率。流程始于BIM建模与数据分析，通过三维模型预演安装过程，精准计算板材尺寸、安装位置及构件协同关系，为后续施工提供数据支撑；随后开展吊垂直、套方弹线作业，依据深化设计确定板材尺寸、数量并精准放线，为后置埋件及骨架安装定位^[3]。

具体施工流程如下：

建模、数据分析→吊垂直、套方弹线→固定后置埋

件→骨架基层安装→隐蔽验收→防腐处理→阳极氧化铝板面层安装→面板清理→验收

3.4 后置埋件和骨架的固定

后置埋件固定是保障结构安全的核心环节，骨架横竖杆件通过后置埋件与结构连接，埋件与结构间采用膨胀螺栓固定。施工时先按精确画线开孔，开孔后严格开展螺栓拉拔试验，试验不合格不得继续施工。曾发现因孔径偏大导致锚固力不足的问题，通过扩孔重装螺栓并二次试验，确保所有螺栓拉拔力达标。

骨架采用热镀锌钢材以提升耐久性，安装时按弹线控制横纵龙骨间距，分区域先点焊初步固定，经测量复核无误后再满焊。竖向弧形竖向龙骨按照施工图要求采用较好成型的20*40*3mm热镀锌矩钢在工厂制作而成，将建模分析得出的弧度数据及所需数量提供给加工厂进行方管拉弯成型，加工完成后运送至现场后按照编号安装焊接，保证钢架基层弧度和阳极氧化板面层弧度一致。

表1 矩钢拉弯数据统计

名称	钢材型号	弯曲半径（R）	数量（支）	编号	使用部位
热镀锌矩钢	20*40*3mm	10400	204	X-1	东、西侧一层及东、西侧二层低区
热镀锌矩钢	20*40*3mm	49100	153	N-1	南面一层低区
热镀锌矩钢	20*40*3mm	4500	192	D-1	东侧二层及西侧二层高区
热镀锌矩钢	20*40*3mm	168100	96	N-2	南面一层高区

3.5 基于BIM技术的施工安装

本工程中，BIM建模技术贯穿施工全过程，施工准备阶段便基于结构模型构建墙顶一体的阳极氧化铝板面层模型并进行全面分析。建模前细致复核现场主体结构，确保模型与实际一致，通过模拟面层板与主体结构及隐蔽工程的位置关系，提前发现并解决冲突问题，如调整空调管道位置避免返工，提升施工效率。

采用BIM排版技术对弧形竖向龙骨等构件及面层板进行工厂化加工，精确分割铝板版幅尺寸，确定角码和钢龙骨安装位置，简化施工流程，增强可操作性，同时减少错误和返工，使人工成本较传统方法降低约15%。

通过BIM技术的深度应用，不仅实现了施工前期的精准规划和过程中的高效协同，还在保证施工质量的前提下，优化了资源配置，为弧形阳极氧化铝板在高大空间的顺利安装提供了有力的技术支撑，展现了其在复杂装饰工程中的显著优势。

4 施工过程中质量管控

4.1 防腐处理

为有效延长阳极氧化铝板安装后的使用寿命，在钢架龙骨基层体系满焊安装完成后，进行了全面细致的检查。所有因焊接、切割或其他原因导致防腐层遭到破坏

的部位，均严格按照设计要求重新补做防腐^[4]。

在防腐处理过程中，选用了优质的防腐涂料，其具有良好的附着力和耐腐蚀性。施工人员采用专业的喷涂设备，确保防腐涂料均匀覆盖在需要处理的部位。同时，对防腐处理的质量进行了严格的检验，通过涂层厚度检测、附着力测试等手段，确保防腐效果符合标准要求。

4.2 实测实量

实测实量是确保阳极氧化铝板安装精度的关键环节，本工程对板材进场、安装前等阶段制定了严格的测量标准，确保实物与设计模型高度一致。

阳极氧化铝板到货时，除了测量常规尺寸外，还严格按照模型尺寸测量单块板面对角线尺寸，确保实物板材与模型的高度契合。这一过程中，采用了高精度的测量仪器，如激光测距仪、电子卡尺等，保证测量数据的准确性。

为保证测量数据的准确性，本工程采用“双人复核制”：每块板材由两名测量人员分别测量，数据一致后方可判定合格；对于弧形板材，额外使用弧度测量仪检测其曲率半径，偏差控制在±5mm以内，确保与BIM模型中的弧度参数匹配。通过严格的实测实量，从源头避免了因板材尺寸偏差导致的安装困难，为后续施工质量奠

定了基础。

4.3 防撞击措施

弧形阳极氧化铝板表面氧化膜虽具备一定硬度，但在运输、堆放过程中若受到撞击或挤压，仍易出现划痕、变形等损伤，因此本工程制定了全面的防撞击保护措施。

在运输环节，运输车辆内部设置了定制化防护装置：车厢两侧及底部铺设50mm厚高密度海绵缓冲垫，板材之间采用珍珠棉分隔，防止相邻板面相互摩擦；使用专用固定架将板材竖向固定，避免运输过程中因颠簸导致板材晃动、碰撞。转运过程中，要求工人采用“看面朝上、离地搬运”的方式，禁止单手拖拽或斜向拎取，防止板材受力不均产生形变。

在现场堆放环节，专门制作了用于临时存放铝板的专用架体，架体采用型钢焊接而成，表面铺设30mm厚橡胶软垫，板材放置时侧面朝下，与架体软垫充分接触，避免板面直接与地面或硬质物体接触。同时规定每架堆放板材不超过5块，且需采用绑带固定，防止倾倒。

为确保各项措施落实到位，本工程制定了《阳极氧化铝板运输与堆放操作规程》，对工人进行专项培训并考核，考核合格后方可上岗；安排专人对运输、堆放过程进行全程监督，每日对存放架体及防护设施进行检查，发现缓冲垫磨损、架体变形等问题及时更换维修。通过这些措施，本工程板材在运输与堆放过程中的损坏率控制在0.5%以内，远低于行业平均2%的水平。

4.4 阳极氧化铝板安装

阳极氧化铝板的安装是体现装饰效果的关键环节，本工程根据板材特性与空间特点，制定了详细的安装工艺与操作规范，确保安装精度与外观质量。

在安装前，先按设计图纸要求在工厂或现场将角码固定于单块阳极氧化铝板四周（建议采用现场固定方式，可减少运输途中角码对面板的撞击损伤）。现场固定角码时，需严格遵循以下操作要求：

4.4.1 操作平台防护：操作平台台面铺设50mm厚软质泡沫及帆布织物，确保台面平整无凸起；施工前清理平台上的铆钉、铁丝等尖锐异物，防止板材放置时被刮伤。平台边缘设置1.2m高防护栏杆，防止板材滑落。实际施工中，每周对操作平台进行两次检查，发现防护垫磨损及时更换，确保符合防护要求。

4.4.2 堆放要求：阳极氧化铝板在固定角码、场内转运等堆码过程中，严禁直接接触地面，需放置于专用架体上；板材的阳角、棱角部位使用专用橡胶护角包裹，避免与架体或其他板材直接碰撞。架体表面铺设30mm厚

硅胶防护垫，具备良好的弹性与耐磨性，可有效分散板材受力，防止因自身重力导致形变

4.4.3 色差和尺寸检测：固定角码的过程同时作为预排版环节，采用NR200型色差仪对阳极氧化铝板面板进行检测，测量结果以CIELAB色空间表示，控制同批次板材的色差 ΔE 值不超过1.5（设计要求 $\Delta E \leq 2$ ），并对板材进行编号排序，确保相邻板材色差最小。同时使用2m靠尺与塞尺测量板材的平整度，偏差控制在2mm/m以内；用钢卷尺测量几何尺寸，长度与宽度偏差控制在 ± 1 mm，确保符合安装要求。在一次预排版中，发现8块板材的色差 ΔE 值达到2.5-3.0，技术人员立即对该批次板材进行筛选，将色差相近的板材调配至非视觉重点区域，对超出允许范围的板材进行退换，最终确保安装后的整体色差符合设计要求。

4.4.4 安装人员操作规范：安装人员必须佩戴干净的无绒手套，防止手部污渍污染板面；施工过程中严禁用工具敲击板面及棱角部位，调整板材位置时需用橡胶锤轻敲角码。施工前对安装人员进行专项培训，内容包括操作流程、质量标准及成品保护要求，培训合格后方可上岗；每日施工前进行技术交底，强调当日作业的重点与难点^[5]。

4.4.5 阳极氧化铝板安装具体操作方法如下：

（1）角码固定与面板安装：按照IM模型及深化设计排版图，在面板背面用记号笔准确标记角码固定件的安装位置，标记误差不超过1mm；使用铆钉将角码固定于阳极氧化铝板侧边，角码间距控制在150-200mm，确保挂件固定牢固。安装前检查角码件的整体垂直度（偏差 ≤ 1 mm/m）与平整度（偏差 ≤ 1 mm），对有形变或表面刮花的板材坚决不予上墙。面板安装采用插挂方式固定于构架上，板块缝隙间塞入4mm厚铝片预留工艺缝，既保证缝隙宽度均匀一致，又为板材热胀冷缩预留伸缩空间。安装过程中边安装边调整，使用靠尺检查垂直度、水平度，用塞尺测量接缝宽度及与临板的高低差（控制在1mm以内），最后检查插挂件的锁定状态，确保固定牢固。

（2）水平安装控制：每安装3-5块板材，在水平方向拉通钢丝线检查安装直线度，偏差超过3mm时立即调整，确保工艺缝的直线度符合要求。为保证墙面及顶面的外观质量，固定螺丝的位置需严格按照BIM模型定位，做到横平竖直，间距均匀；螺丝安装前先用电钻在标记位置钻孔（孔径比螺丝直径小0.5mm），再将阳极氧化铝板角码用自攻螺钉拧牢，避免直接拧入导致板材变形。板材安装采用“搭接式”固定，即一块板的侧边插入前

一块板的预留槽内,正好覆盖固定螺丝,既保证美观又增强连接强度。末端阳极氧化铝板固定时预留10-20mm伸缩缝,缝隙内填充耐候性胶条或同色密封胶,密封胶施工需连续饱满,表面光滑平整。

(3)成品保护:饰面板安装完毕后,在易于被污染的部位(如通道两侧、设备安装区域)覆盖0.1mm厚塑料薄膜,并用美纹纸固定;靠近地面1500mm高的完成板面及易被碰撞的阳角部位,采用5mm厚硬纸板包裹后再用木方做围挡保护;整个装饰区域设置警示标识,禁止非施工人员进入。实际施工中,安排专人负责成品保护工作,每日检查防护措施完整性,发现薄膜破损、纸板脱落及时修复^[6]。

5 面板安装后的清洁

阳极氧化铝板面板安装完毕并通过初步验收后,需采用中性专用铝板清洁剂(pH值7-8)和柔软的超细纤维布、海绵进行清洁,严禁使用草酸、除胶剂等酸碱液及钢丝球、硬毛刷等硬质工具,清洁时分三步进行:先用干布去除浮尘,再用稀释的中性清洁剂擦拭去除顽固污渍,最后用清水擦去残留清洁剂并擦干,清洁完成后由监理单位与施工单位共同检查,确保表面洁净、无划痕、无污渍且光泽度均匀一致,对局部污渍需二次清洁直至达标。

6 结论及建议

综上所述,室内高大空间弧形阳极氧化铝板安装工程施工难度高,对技术和质量把控要求严苛。本项目制定了适配的施工方案与工艺,将BIM建模技术贯穿始终,借助其数据分析能力精准把控施工过程,在前期深化设计保障后置埋件和骨架稳固性,安装前后注重防腐、防撞击、实测实量等细节处理,同时做好成品保护与安装

后清洁工作,提升了安装质量与成品美观性。通过严格施工管控,成功解决了以往高大空间弧形吊顶施工中精度低、质量不稳定等难题,取得了显著的经济效益和社会效益,既为项目打造了高品质室内空间,也为后续类似项目施工提供了宝贵经验,这些技术和管理经验有望在未来建筑装饰工程中得到更广泛的应用与推广。

后续工程可进一步深化BIM参数化设计,实现模型与加工、安装数据的联动;材料管理上应加强与厂家的技术协同,严控弧形板材曲率公差及氧化膜均匀性,进场时增加力学性能抽检;施工中采用分区流水作业与专用高空平台提升效率,结合二维码建立材料全生命周期追溯台账;同时加强专业团队培训,引入机器视觉检测辅助外观质量把控,以持续提升复杂造型装饰工程的技术成熟度与质量稳定性。

参考文献

- [1]谭鑫,王亚飞,刘治军.爱尔总部大厦铝板幕墙工程质量控制要点[J].施工技术,2023,52(10):80-83.
- [2]魏俊强,郑胜洋.双曲弧形纯铝板内幕墙的施工探讨[J].砖瓦,2021(12):2.
- [3]王磊,张健.高大空间弧形铝板吊顶施工工艺与精度控制[J].建筑科学,2023,39(5):120-125.
- [4]刘翔,魏林涛,朱敏,等.基于BIM技术的自由曲面铝板幕墙施工项目中的应用分析[J].智能建筑与城市信息,2022(006):000.
- [5]周俊.阳极氧化铝包柱施工技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(5):5.
- [6]中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑装饰装修工程质量验收标准:GB 50210-2018[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.