

基于空间曲面建筑装饰格栅数字化施工技术要点分析

文 / 张杏盛 广州市图腾装饰设计工程有限公司

摘要：随着建筑行业的不断发展，空间曲面建筑对装饰格栅的安装精度提出了愈发严格的要求，为解决传统施工技术存在的安装精度不佳、施工效率较低等一系列问题，本文详细分析了空间曲面建筑装饰格栅的施工难点后，提出将数字化技术应用到施工过程中，主要是分析了数字化技术的应用优势后，重点阐述了具体的应用措施，其中包括模型构建、智能定位以及质量控制等。研究表明，在数字化技术的支撑下，空间曲面建筑装饰格栅的施工精度显著升高，有利于建筑工程的顺利交付验收。

关键词：空间曲面建筑；装饰格栅；数字化施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.013

引言

格栅是现代建筑重要的装饰元素之一，具有遮光避阳、节省能耗、美化建筑等多项功能作用，是提高建筑美观性与实用性的重要手段。但从部分空间曲面建筑装饰施工目前的开展情况来看，格栅这一元素的应用还存在科学性与合理性不足的问题，导致整个建筑的施工成效不佳，而数字化技术能够有效提高格栅的安装质量和精度，最大化建筑的美学价值与实用性能。由此可知，深入分析并研究数字化技术在空间曲面建筑装饰格栅施工中的应用方法意义深远。

一、空间曲面建筑装饰格栅施工难点分析

空间曲面建筑是建筑行业长期发展中涌现出来的一种新型结构形态，主要是利用曲线/曲面元素，设计建筑形态，通过非线性形态，实现整个空间结构的延伸与拓展，旨在突出空间的连续性与动态感。而格栅是一种由垂直和水平线条构成的网格状结构，主要的功能就是装饰建筑，多用于墙面、隔断以及天花板等位置。

将空间曲面建筑与装饰格栅有机结合到一起，能够提高空间的立体感与艺术性，同时优化建筑内部的功能布局，强化其通风能力、改善其采光条件，因此如何将格栅巧妙应用到空间曲面建筑中，始终是我国建筑行业重点关注和研究的内容，但在实际研究的过程中发现，还面临着一系列难题和挑战，具体表现在以下几个维度：

其一，精度要求高：不同于一般建筑，曲面建筑的流线形态对格栅的制作与安装精度提出了严苛的要求，一旦格栅的弧度、长度等关键的技术参数不符合图纸中的内容，在后期的应用中就可能造成错位问题，不仅会浪费大量的资金资源，还可能会诱发质量风险，导致建筑工程难以在规定工期内顺利交付验收。

其二，施工难度大：这一问题主要体现在动态荷载与安装定位两个维度，从动态荷载的角度出发，曲面格栅因形态较为特殊，导致风荷载的分布缺乏均匀性，若安装的牢固性或者紧密性不足，连接节点受应力集中问题的影响，极易出现疲劳失效的问题，影响到建筑的耐久性、美观性与安全性；从安装定位的角度出发，在实

际安装格栅的过程中，需要对空间坐标点，即X轴、Y轴与Z轴进行同步校准，但在高空作业期间，施工人员难以对角度与位置进行灵活的调控，随着误差的不断累积，曲面的流畅性与美观性将会下降。并且，在格栅装饰施工期间，还可能会出现多专业协同的情况，如格栅与主体结构交叉施工等，若未能协调各个专业的人员，造成空间站位冲突问题，将会严重影响对整个建筑结构的安全性^[1]。

其三，施工成本高：将常规格栅与异形格栅进行综合对比分析可知，后者的单价是前者的3倍-5倍，且曲面安装的效率较低，较常规施工活动，大约降低40%，因此一旦异形格栅的制作与安装存在质量问题，就会导致建筑工程的造价激增，严重的情况下，还可能会诱发工期延误风险。因此，如何在保证装饰格栅安装质量和效率的前提下，减少不必要的施工成本，是建筑行业当前亟需解决的问题。

二、空间曲面建筑装饰格栅施工中数字化技术应用优势

数字化施工技术指的是依托于计算机设备、人工智能以及大数据技术等先进技术、设备，对整个工艺环节进行控制，减少人工干预的同时，提高整体施工水平。在空间曲面建筑装饰格栅施工中应用数字化技术具有科学性与可行性，如下所述：

首先，数字化技术可实现对格栅安装精度的有效控制：在三维激光扫描技术的支撑下，采集获取到大量有价值的信息数据后，利用BIM技术，构建毫米级数字模型，通过对模型的观察和利用，对格栅的核心技术参数，如弧度、长度以及空间坐标等进行有针对性的优化设计，再开展安装工作，能够将安装误差控制在最小范围内，使其维持在±2mm以内，确保空间曲面建筑装饰格栅的施工精度达标，降低返工风险的发生概率。其次，数字化技术可完成格栅安装位置的智能定位：在实际操作中，利用自动放线设备，投射激光定位点，再要求施工人员根据定位点，对格栅的安装角度进行科学的调整，不仅能够提高定位的精度，减少技术误差，还可以有效提高

空间曲面建筑的美观性，同时解决因定位精度不足造成的连接点疲劳失效等一系列问题，确保整个施工活动的顺利推进。最后，数字化技术可大幅度提高格栅施工效率，避免不必要的成本支出；在多专业协同施工中，利用信息系统协调各个部门开展施工活动，要求其在积极配合的前提下，完成各个环节的施工，能够从根本上避免空间占位冲突问题，全面提高施工效率。另外，当格栅装饰施工的质量和效率有所升高后，空间曲面建筑的总造价会随之降低，有利于“成本最小化、效益最大化”技术目标的顺利达成。

结合上述内容可知，将数字化技术科学应用到空间曲面建筑装饰格栅的施工中，能够解决精度要求高、施工难度大等一系列问题，但在实际施工过程中，还要根据各类技术工艺的特点，有针对性地制定应用方案与应用流程，确保数字化施工技术能够发挥出应有的作用和价值，助推空间曲面建筑的高质量、高水平竣工成为现实。

三、空间曲面建筑装饰格栅施工中数字化技术应用要点

(一) 三维激光扫描仪

由于装饰格栅对安装精度的要求较高，因此在施工活动正式开始之前，需要利用三维激光扫描仪，采集获取大量真实可靠的信息数据，如建筑曲面结构的几何参数等，以便于建模工作的顺利开展。在实际应用三维激光扫描仪获取数据的过程中，应结合图 1。

通过对图 1 的观察和分析可知，该技术主要是发射激光束后，再接收反射信号，通过对信号的分析 and 挖掘，就能够掌握目标区域的三维坐标，应用到装饰格栅的安装施工中，能够减少安装误差，最大化安装精度。在操作该技术的过程中，应将重点放在两个维度，一个是要根据建筑的曲面形态，选择相应的设备，其中远距离曲面，如大型外立面或者穹顶等，应采用千米级的扫描仪，且精度应维持在 $\pm 2\text{mm}$ ；精细曲面，如异形构件或者浮雕等，应利用毫米级精度的扫描仪，确保该技术能够发挥出应

有的数据获取功能；另一个是要根据安装位置，对设备的工作参数进行科学的调控，当格栅的安装位置为空间曲面建筑的内部时，应将仪器的分辨率控制在 5mm 以内；若安装区域为外部，分辨率应控制在 10mm 以内^[2]。

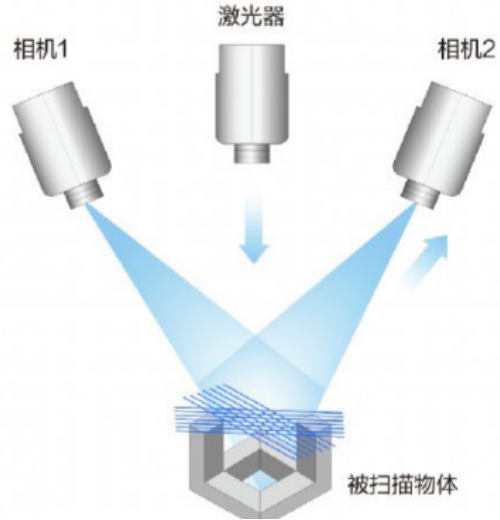


图 1 三维激光扫描仪工作原理示意图

(二) BIM 技术

在三维激光扫描仪的作用下，获取到建筑结构几何参数、整体布局以及立面等关键数据后，可结合建筑的实际情况，构建格栅的三维模型，通过对模型的合理运用，开展安装施工，能够提高施工作业的数字化与智能化水平，做到真正意义上的及时发现问题并解决问题。在实际构建 BIM 模型的过程中，应注重以下内容：

①参数设计：为确保模型的精度与准确度符合技术要求，能够切实反映装饰施工的现实情况，要准确计算格栅长度、弧度以及间距等核心技术参数，再将各类参数统一输入到软件内，以免因技术参数缺乏准确性，影响到模型的完整性与精准性。以间距为例，在计算设计这一参数时，可结合表 1。

表 1 装饰格栅安装间距标准参数

序号	功能需求	控制标准	控制标准	控制标准
1	功能需求	控制参数	建筑风格	控制参数
2	隐藏设备	$\leq 100\text{mm}$	现代简约风格	50mm
3	隐藏管线	$\leq 100\text{mm}$	工业风格	200mm
4	通风	$\geq 200\text{mm}$	Loft 风格	200mm
5	采光	$\geq 200\text{mm}$	/	

结合空间曲面建筑对装饰格栅的需求以及建筑本身的风格，对格栅的核心技术参数进行准确计算与设计后，可正式开展建模工作。

②模型构建：在构建装饰格栅的 BIM 模型时，要将重点放在参数调整与质量验证两个层面，其中参数调整指的是对模型中格栅的长度、间距以及弧度等参数进行灵活的调整，确保其能够适应建筑的曲面变化；质量验证指的是对模型的完整性与精准性等进行验证，以免因模型存在性能问题，干扰到后续施工活动的顺利推进。

在实际应用 BIM 技术的过程中，主要是在立面视图内构建水平参照面定位圆心，逐渐完成动态功率调节后，进行自适应构件布局，并对单根格栅进行阵列排布，最终形成一个完整的模型，助力于后续安装施工的有序推进^[3]。

(三) 智能制造

通过对 BIM 技术的合理运用，完成装饰格栅三维模型的构建工作后，在该模式的支撑下，输出格栅的制造数据，如格栅的截面尺寸为 $20 \times 20\text{mm}$ 、格栅的间距为

200mm等,此时当数控设备获取到相关参数后,就会对各类材料进行切割和加工,形成高度符合空间曲面建筑装饰需求的格栅,避免因格栅质量不佳,影响到空间曲面建筑的整体施工效果。

在实际应用数控设备开展格栅的加工制造作业时,应注重材料选择与模块化设计两方面内容:

从材料选择的角度出发,随着科学技术的不断发展,越来越多适用于格栅的制造材料应运而生,但不同材料的性质特点存在较大的差异性,因此在加工制造格栅之前,需要科学选择合适的材料。本研究建议利用信息技术、大数据技术等数字化手段,对各种类型的材料进行调研和分析,从中选择出适用于本工程的材料,例如空间曲面建筑为轻量化曲面时,就应选用铝合金材料制作格栅,若空间曲面建筑对承载性能的要求较高,应优先选用高强度钢或者复合材料,实现对复杂作业环境的有效应对。

从模块化设计的角度出发,对一个完整的曲面格栅进行科学的划分,形成多个独立性较强的弧形单元后,设置连接节点,再按照提前设计好的连接节点进行安装施工,能够全面提高安装质量,缩短工期。这种依托于数字化技术的预制装配方案,相较于传统的施工模式可靠性与时效性要更强,能够在最大程度上满足空间曲面建筑对高质量装饰的现实需求,确保格栅的装饰效果能够发挥至最大。

(四) 设备定位

当格栅的智能制造与模块化设计工作结束后,可在施工现场安装提前预制好的格栅,在这一环节中,应加强对智能放样与智能定位技术的应用,二者的工作原理与功能作用差异较大,因此应用方法也会有所不同,在具体实践中,可结合以下内容:

智能放样指的是利用自动放线设备获取BIM模型的三维坐标,再将激光定位点直接投射到施工区域内,指导施工人员开展安装施工,能够确保安装角度、安装位置与设计图纸中的内容高度契合,以免受人为因素的影响出现放线偏差。在实际安装过程中,通过激光定位点确定具体的安装角度、位置后,还要做好搭接处理,2个相邻格栅的搭接宽度应控制在10cm以上,再利用螺栓或者焊接等技术手段,进行紧密的固定。以铝格栅为例,在固定施工中,应科学设置膨胀螺栓,将连接误差控制在 $50\text{mm}/\text{m}^2$ 以内,最大化安装精度^[4]。

智能定位指的是在整个安装施工期间,将传感器设备与物联网有机结合到一起,对安装精度进行动态化监测,在这一期间,一旦有格栅的安装精度不符合规范要求,设备就会发出报警信号,并通过物联网,将技术误差直接地呈现给出来,此时再组织专业的施工人员,在第一时间对技术偏差进行纠正,能够在最大程度上保证曲面的流畅性与美观性,促进预期施工目标的顺利达成。

具体而言,这种智能放样+智能定位的数字化施工模式,具有时效性、灵活性以及精准性等多种显著的优

势特征,合理运用到空间曲面建筑装饰格栅的施工中,能够有效弥补传统施工模式存在的欠缺和不足,进一步提高格栅的装饰效果,赋予整个建筑独特的美感。

(五) 质量控制

当装饰格栅的安装施工结束后,为促进“一次性交付验收通过”质量控制目标的顺利达成,还要做好质检工作,传统以人工为主的质检模式,存在主观性过强的问题,难以精准识别出潜在的质量隐患,因此要将人工智能技术应用到质检工作中,主要是在AI算法的作用下,综合对比分析三维模型与施工现场,从中排查出潜在的质量风险,如格栅安装存在错位或者变形问题等,一旦发现施工现场存在此类问题,就要深入分析问题的成因,再采取科学合理的措施解决问题,能够保证曲面的美观性。

另外,在格栅连接节点的质量检测中,考虑到螺栓和焊接的紧固施工,属于隐藏节点,因此检测的难度较大,若无法排查出质量问题,随着时间的推移,在后期极易出现脱落的风险,不仅会加大空间曲面建筑的检修运维成本,影响到格栅的耐久性,严重的情况下,还可能诱发安全事故。因此在隐蔽节点质量控制中,也要加强对数字化手段的应用,通过激光扫描技术,对隐蔽节点的连接质量进行全方位的检测,实现对螺栓松动隐患的精准排查与快速解决,能够延长格栅的使用年限,减少建筑的运维成本^[5]。

结语

综上所述,建筑行业在现代化发展进程中,要正确认识到空间曲面建筑装饰格栅施工的复杂性,从传统单一的施工模式中脱离出来,利用数字化施工技术,对格栅的整个施工过程进行追踪和管控,及时排查、识别出潜在的质量风险后,再采取行之有效的措施应对问题,能够大幅度提高格栅安装质量和效率,促进空间曲面建筑的高水平竣工,为整个建筑行业的数字化、现代化发展,奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 廖志. 建筑室内装饰施工管理中数字化技术创新应用探讨[J]. 新城建科技, 2024, 33(12): 177-179.
- [2] 周红梅. 基于数字化技术的室外建筑装饰设计与实现[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (24): 169-171.
- [3] 刘慈晋. 山西传统建筑装饰纹样数字化传承与创新应用研究[J]. 中国民族博览, 2024, (04): 40-42.
- [4] 马淑仪, 郭亚勋. 数字化技术在建筑装饰工程设计与施工中的应用[J]. 住宅与房地产, 2024, (20): 126-128.
- [5] 詹扬文. 数字化背景下现代建筑装饰设计的创新思维与应用研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (01): 72-74.