

Application and Performance Analysis of Refined Steel in Large Span Glass Curtain Wall

Peng Yu

Jiangsu Hengshang Energy Saving Technology Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai, 200000, China

Abstract

With the rapid development of China's social economy and the acceleration of urbanization, the construction industry has ushered in unprecedented opportunities for development. As an important element of modern architecture, glass curtain wall has been widely used in the design of building facades because it can give the building a sense of transparency and aesthetics. Especially in the large-span, large-scale glass curtain wall, this advantage is more significant. However, the large-span design puts forward higher requirements on the mechanical properties of the main force keel. Considering that the strength of steel is three times that of aluminum alloy and the price is more economical, steel keel is often used for the keel of long-span glass curtain wall from the perspective of cost performance and mechanical performance. The traditional cold bending processing method of steel pipe often leads to too large cross-section fillet, which affects the aesthetics of indoor visual surface. With the progress of processing technology, such as hot pressing, fine grinding and welding technology, the steel pipe section has been able to meet the design requirements of the fillet accuracy. Based on practical engineering experience and material properties, this paper deeply discusses the feasibility and advantages of using high-precision steel (refined steel) keel instead of traditional aluminum alloy keel in large-span glass curtain wall.

Keywords

large span glass curtain wall; fine steel; performance analysis

精制钢在大跨度玻璃幕墙中应用与性能分析

于鹏

江苏恒尚节能科技股份有限公司上海分公司, 中国·上海 200000

摘 要

随着中国社会经济的迅猛发展和城市化进程的加速, 建筑行业迎来了前所未有的发展机遇。玻璃幕墙作为现代建筑的重要元素, 因其能够赋予建筑通透感和美观性, 已被广泛应用于建筑外立面设计中。尤其在大跨度、大分格的玻璃幕墙中, 这种优势更为显著。然而, 大跨度设计对主受力龙骨的力学性能提出了更高要求。考虑到钢的强度是铝合金的3倍, 且价格更为经济, 从性价比和受力性能出发, 大跨度玻璃幕墙的龙骨常选用钢龙骨。传统钢管的冷弯加工方式往往导致截面圆角过大, 影响室内可视面的美观。随着加工工艺的进步, 如热压、精细打磨和焊接等技术的应用, 钢管截面已能满足设计要求的圆角精度。论文基于实际工程经验和材料特性, 深入探讨大跨度玻璃幕墙中采用高精钢(精制钢)龙骨替代传统铝合金龙骨的可行性及其优势。

关键词

大跨度玻璃幕墙; 精致钢; 性能分析

1 引言

精制钢: 又名精致钢、精细钢、高精钢、精密钢等。精制钢型号多种多样, 常规的有直角方矩管、直角矩形钢、T型钢, 还有特殊定制的梯形钢、异型钢等等。

建筑幕墙体系中精制钢: 指的是在幕墙支撑体系中, 外观方面可以无缝衔接完全替代或部分替代铝型材材料的钢型材, 即被称为精制钢或高精钢。也就是说, 精制钢(高精钢)

表面光滑平整媲美铝型材拿过来可以直接安装使用, 无需再做任何外包装饰, 并且器表面氟碳喷涂出来也完全可以达到相应的防腐耐久性和美观性能。

2 精致钢系统应用优势

在大跨度玻璃幕墙项目中, 精致钢(高精钢)系统的应用优势显著, 以下从材料受力强度、保温节能、防火性能以及加工工艺和表面处理四个方面进行详细解析。

2.1 材料受力强度优势

精致钢相较于传统铝合金材料, 具有更高的强度和刚度。钢材的强度通常是铝合金的3倍左右, 这意味着在相同

【作者简介】于鹏(1984-), 男, 中国山东莱阳人, 本科, 工程师, 从事外装饰幕墙设计和施工研究。

受力条件下，精致钢能够提供更强大的支撑力，确保幕墙结构的稳定性和安全性。在大跨度玻璃幕墙项目中，这种高强度特性尤为重要，因为它能够有效抵抗风压、地震等外力作用，保证幕墙的整体性能^[1-3]。

下图表格是我整理钢材和铝合金型材的材料性能和物理力学性能指标，为了方便读者观看，此表格中铝合金型材牌号采用比较常用的 6063-T5，精致钢牌号采用比较常用的 Q235 系列（见表 1）。

表 1 钢铝力学性能数值表（N/m²）

	抗拉、抗压、抗弯	抗剪	弹性模量	线膨胀系数（1/℃）
6063-T5	90	55	0.70×10^5	2.35×10^{-5}
Q235	215	125	2.06×10^5	1.20×10^{-5}

抗拉、抗压、抗弯决定了材料自身的强度，数值越高说明材料自身的强度越高，上表中铝合金的抗拉、抗压、抗弯是 90N/m²，而钢材的抗拉、抗压、抗弯是 215N/m²，说明钢材自身的强度远远高于铝合金材料。也就是说在两种材料采用相同截面大小计算受力强度时，钢材料要比铝合金材料好很多。因此在大跨度玻璃幕墙使用龙骨时由于跨度较大，对龙骨的受力强度也要求较大，这就导致了如果采用铝合金材料往往需要很大的截面才能满足受力要求，而采用钢材其截面在减小很多的情况下就可以满足强度受力要求，从而较少造价、增加室内可利用空间、提高室内龙骨的美观性。

弹性模量决定了材料的刚度和抗变形能力，数值越大说明材料的刚度和抗变形能力越好，上表中铝合金的弹性模量是 0.70×10^5 N/m²，而钢材料的弹性模量是 2.06×10^5 N/m²，说明钢材料的刚度和抗变形能力是铝合金材料的 3 倍。幕墙龙骨在结构计算时其挠度变形大小控制满足要求是必须项，而决定挠度变形大小的因素是水平风荷载、龙骨的长度、龙骨的截面特性、龙骨自身材料的弹性模量。也就是说在相同条件下（水平风荷载相同、龙骨的长度相同、龙骨的截面特性相同）由于钢材料的弹性模量是铝合金型材弹性模量的 3 倍，钢龙骨的挠度变形会更小。因此，在大跨度玻璃幕墙使用龙骨时由于跨度较大，导致龙骨的长度较长，这就导致了如果采用铝合金材料往往需要很大的横截面才能满足挠度变形要求，而采用钢材其截面在减小很多的情况下就可以满足挠度变形要求，从而较少造价、增加室内可利用空间、提高室内龙骨的美观性^[4]。

线膨胀系数：固体物质的温度每改变 1 摄氏度时，其长度的变化和它在原温度（不一定为 0℃）时长度之比，叫做“线性膨胀系数”。线膨胀系数越小材料受热胀冷缩的影响越小，材料的变形也就越小，材料性能越稳定。上表中铝合金的线膨胀系数是 2.35×10^{-5} （1/℃），钢材的线膨胀系数是 1.20×10^{-5} （1/℃），因此钢材受热胀冷缩的影响要比铝合金材料好很多，更适合大跨度玻璃幕墙中龙骨材料的

选用。

2.2 保温节能

虽然精致钢本身并不直接提供保温功能，但通过与保温材料的结合使用，可以显著提升幕墙的保温性能。在精致钢龙骨与玻璃面板之间填充高效的保温材料，如玻璃棉、岩棉等，可以有效减少热量传递，提高建筑的保温效果。同时，精致钢系统还具有良好的气密性和水密性，能够进一步降低能耗，符合绿色建筑和节能减排的要求。

传热系数是指在稳定传热条件下，围护结构两侧温差为 1 度，单位时间通过单位面积传递的热量，单位为瓦/米·度。

铝合金材料的导热系数 237W/m·K，钢材料的导热系数 50W/m·K，根据这个数值可以看出，钢材料的导热系数要远远低于铝合金材料，导热系数越低说明材料的保温节能性能越好，钢系统型材对比等截面的铝系统型材框节点热工性能是 1：4，从保温节能性能考虑钢材料要比铝合金材料更加保温节能。

玻璃幕墙系统传热系数计算公式：

幕墙传热系数：

$$k_{\text{幕}} = k_{\text{玻}} \times S_{\text{玻}} + k_{\text{框}} \times (1 - S_{\text{玻}})。$$

式中： $k_{\text{玻}}$ ——玻璃导热系数；

$S_{\text{玻}}$ ——玻璃所占门窗整体的面积；

$k_{\text{框}}$ ——框架的导热系数；

$S_{\text{框}}$ ——框架所占门窗整体的面积。

2.3 防火性能

精致钢作为钢材的一种，本身具有一定的耐火性能。在火灾发生时，精致钢能够在一定时间内保持结构完整性，为人员疏散和消防救援争取宝贵时间。此外，精致钢系统还可以通过在龙骨表面涂刷防火涂料、使用防火玻璃等措施进一步提升防火性能。这些措施能够确保幕墙在火灾中的安全性，减少火灾对建筑的损害。

钢材料的熔点约 1538℃，铝合金材料的熔点 660℃，钢材料的熔点是铝合金材料熔点的 2.3 倍，因此在相同工况下，如果发生火灾，幕墙龙骨采用钢材料耐火时间要相对高于采用铝金属材料。

由于钢材料的熔点是 1538℃，现金市面上所用的防火幕墙其主要受力龙骨都是采用钢龙骨，钢龙骨 + 防火玻璃 + 防火胶条 = 防火玻璃幕墙，可以达到 2h 的耐火完整性，这种做法是铝合金龙骨无法达到的。

单从耐火性来说，钢材料比铝合金材料更适合作为防火玻璃幕墙的主受力龙骨。

2.4 加工工艺和表面处理

加工工艺：精致钢系统采用先进的加工工艺，如热压、精细打磨和焊接等，确保龙骨的截面精度和表面光洁度。这些工艺使得精致钢能够满足大跨度玻璃幕墙对精度和美观性的高要求。同时，精制钢系统还支持定制化生产，能够根

据具体项目的需求进行个性化设计和生产。

表面处理: 精致钢系统表面经过氟碳喷涂等处理工艺, 具有优异的防腐耐久性和美观性能。氟碳涂层不仅能够有效抵抗紫外线、酸雨等恶劣环境的侵蚀, 还能够保持长时间的光泽度和色彩稳定性。这使得精致钢系统在大跨度玻璃幕墙项目中具有较长的使用寿命和较低的维护成本(如图1所示)。



图1 精致钢玻璃幕墙工程照片

3 结论

钢系统(尤其是精制钢或高精钢系统)与铝系统在建筑幕墙应用中的对比, 展现出多个显著的优势。

①能做大分格, 宽和高都有优势, 系统做好更安全。钢系统由于钢材的高强度特性, 能够轻松支撑大跨度、大分格的幕墙结构。无论是宽度还是高度, 钢系统都能提供更为灵活的设计空间, 满足建筑师对于现代建筑通透性和视觉震撼力的追求。同时, 通过精细的设计和严格的施工质量控制, 钢系统能够确保幕墙结构的安全性, 有效抵抗风压、地震等外力作用。

②同等条件下, 截面小, 纤细不粗笨, 更符合建筑师美观要求。相较于铝系统, 钢系统在达到相同承载能力的条件下, 其截面尺寸通常可以做得更小。这意味着钢龙骨在视觉上更加纤细、不粗笨, 能够更好地融入建筑的整体设计之中, 满足建筑师对于美观性的要求。此外, 较小的截面尺寸也有助于减少材料用量和降低整体重量, 对建筑结构的影响

也相应减小^[5]。

③玻璃和胶条采用防火的就能直接做防火幕墙。钢系统本身具有一定的耐火性能, 再加上采用防火玻璃和防火胶条等配套材料, 可以轻松地构建出符合消防规范要求的防火幕墙。这种防火幕墙在火灾发生时能够有效阻止火势蔓延, 为人员疏散和消防救援争取宝贵时间。相比之下, 铝系统的防火性能通常较弱, 需要额外采取防火措施才能达到相同的防火效果。

④同分格比铝系统距离建筑结构距离小, 计算建筑容积率指标时, 每层为业主多节省几十平方可使用面积。由于钢系统的高强度和刚度特性, 使得在相同分格尺寸下, 钢幕墙与建筑结构之间的距离可以比铝系统更小。这意味着在建筑面积的计算中, 钢系统能够为业主节省出更多的可使用面积。特别是在高层建筑中, 这种节省的面积累积起来将相当可观, 为业主带来实际的经济利益^[6]。

⑤承托大玻璃分格更安全。大玻璃分格是现代建筑幕墙中常见的设计元素之一, 它能够带来更加开阔的视野和通透的空间感。然而, 大玻璃分格也对幕墙结构的承载能力提出了更高的要求。钢系统凭借其高强度和稳定的性能特点, 能够轻松承托大玻璃分格并确保其安全性。相比之下, 铝系统在大玻璃分格的应用上可能会受到一定的限制。

综上所述, 钢系统在建筑幕墙应用中展现出诸多优于铝系统的特点, 这些特点使得钢系统在现代建筑领域(特别是大跨度玻璃幕墙系统)中具有广泛的应用前景和市场需求。

参考文献

- [1] 何丹丹.幕墙玻璃两种粘接方式力学性能测试及分析[J].国防交通工程与技术,2023,21(6):74-77.
- [2] 周小龙.大跨度玻璃幕墙不同支撑条件下立柱抗风压性能研究[J].福建建设科技,2022(4):10.
- [3] 石樱.关于房屋装饰玻璃幕墙施工技术应用分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023(11):1.
- [4] 徐永平.幕墙设计中开启扇的安全性分析——以某玻璃幕墙工程为例[J].房地产世界,2022(12):18-20.
- [5] 韩松.一种新型钢系统幕墙的研发[J].建筑技艺,2022(S1):375-379.
- [6] 李晓杰,韩影,贾立丹,等.建筑玻璃光热性能解读及现场检测概述[J].建设科技,2019(9):38-41.