

框架式幕墙横梁连接设计分析

荀华龙

北京鸿屹丰彩装饰工程有限公司 北京 100124

摘要:我国的幕墙行业经过多年的快速发展,幕墙体系趋于完善并达到世界领先水平。新的背景下,要求幕墙构造更安全,加工效率更快,安装更便捷,经济效益更高。本文介绍的框架式幕墙横梁安装采用自攻钉和弹簧销形式,经工程上使用反馈并不断改进设计,满足上述要求,从而得到完美连接形式。

关键词:玻璃幕墙,横梁连接,弹簧销,自攻钉

1 设计及安装要点

1.1 系统简介

横梁上的弹簧销的一部分插入立柱配合孔内,形成铰接连接,弹簧销作为连接节点承受横梁传递过来的荷载并转移至立柱上。设计要计算弹簧销能够满足连接节点所必须具备的抗弯、抗剪能力。由于弹簧销插入立柱的一段为自由端,因此采用横梁与立柱前端搭接处用螺钉固定起到限位及分担荷载作用^[1]。

横梁与立柱前端搭接处安装模压胶条,可以避免水、气从此处进入室内,使立柱密封胶条连续完整。立柱、横梁室内胶条交接处、钉帽与横梁胶条交接处须打胶密封,以保证密封完整交圈,此处是该系统的水、气密封性能的关键。

1.2 材料的选择

横梁型材壁厚2.5mm,材质6063-T6。 $\varnothing 6.3$ 弹簧销槽口中心距横梁后壁11.5mm,这个距离确保立柱上的销钉孔满足距边要求。针对不同风压、分格可选用不同截面的横梁尺寸,使用时需计算核实选用的型材^[2]。

弹簧销直径 $\varphi 6$,长55mm,性能等级A2-50。两端为不锈钢销中间用弹簧连接,作为本系统连接的主要构件^[3]。

自攻钉选用ST4.2 $\times 16$ 十字盘头自攻钉,材质A2-70,作为横梁前端搭接部位的连接紧固件^{[4]-[5]}。

压模胶条:长60mm与横梁宽度尺寸一致,材质三元乙丙。

横梁、立柱玻内胶条:挤出胶条,材质三元乙丙。

1.3 加工要求

立柱上的孔位:横梁销钉配合孔,根据分格尺寸确定位置; $\varphi 6$ 弹簧销配 $\varnothing 6.7$ 圆孔,ST4.2 $\times 16$ 自攻钉配 $\varnothing 3.8$ 底孔,立柱玻内胶条、模压胶条在工厂装好。

横梁加工:端部搭接长度14.5mm,横梁与立柱之间留有1mm间隙以适应横向温度变形要求(铝型材每米温度变形尺寸 $2.358 \times 10^{-5} \times 33 \times 1\text{m} = 0.78\text{mm}$)。在横梁立

柱搭接处,铣两个 $\varnothing 4.2 \times 5.5$ 长圆孔配ST4.2自攻钉,长圆孔可以避免铝型材变形对螺钉的剪力。横梁两端的弹簧销和玻内胶条在工厂装好,玻内胶条应铣自攻钉避位。

1.4 横梁安装流程及要点

安装主要内容包括:模压胶条、横梁、玻内胶条的安装与避位、胶条接头部位处理。

现场安装前的检查:(1)横梁胶条是否安装顺直且两端是否铣自攻钉避位、断面整齐。(2)弹簧销是否牢固,如果松脱,现场用特制夹钳安装确保型材卡进销钉槽口内,弹销外漏8.5mm。(3)横梁与立柱相交对应部位的保护膜撕掉由工厂完成,保证横梁与立柱紧密接触,无缝隙。

安装过程:(1)从外向内将横梁水平推入,直至两端销钉全部落入立柱配合口内,并百分百进行检查确定两侧销钉是否全部入孔。(2)使用自攻钉把横梁固定到立柱上,保证垂直安装到位。(3)横梁两端固定后,横梁胶条与压模胶条的交接处、钉帽、立柱胶条交接处打胶密封并将胶条压紧(图1-1)。

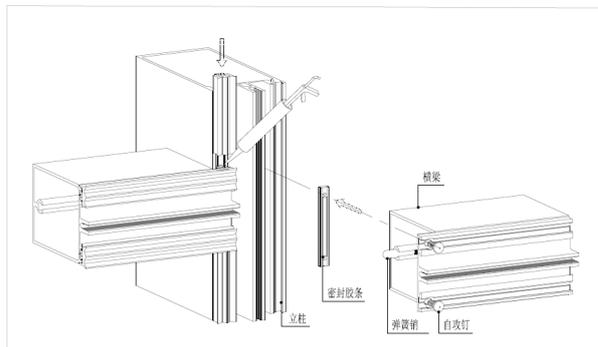


图1-1 横梁安装示意图

2 横梁的连接计算

计算说明:铝合金横梁与立柱通过1个销轴和2个不锈钢螺钉进行连接,需对销轴及不锈钢螺钉的抗拉、抗剪强度进行校核。竖向剪力由销轴和螺钉共同承担,水平

剪力由螺钉承担。分各尺寸：2200高×1200宽，玻璃配置：8+12A+8。

横梁连接计算：

荷载：

销轴：

A2-50 销轴材质

$D_{-1} := 6\text{mm}$ 销轴直径

$A_{-1} := \frac{\pi \cdot D_{-1}^2}{4} = 28.274 \cdot \text{mm}^2$ 销轴截面积

$f_{y_ss50} = 200 \cdot \text{MPa}$ 紧固件抗拉强度A2-50

$f_{v_ss50} = 190 \cdot \text{MPa}$ 紧固件抗剪强度A2-50

$N_{r_1} := f_{y_ss50} \cdot A_{-1} = 5.65 \cdot \text{kN}$ 销轴抗拉承载力

$V_{r_1} := f_{v_ss50} \cdot A_{-1} = 5.37 \cdot \text{kN}$ 销轴抗剪承载力

销轴校核：

$e_{y_1} := |Y_0| = 60 \cdot \text{mm}$ 销轴至中心水平距离

$e_{z_1} := |Z_0| = 0 \cdot \text{mm}$ 销轴至中心竖直距离

$V_{y_1} := \frac{F_y}{3} + \frac{T_x \cdot e_{z_1}}{\sum(Y^2 + Z^2)} = 0.44 \cdot \text{kN}$ 销轴水平剪力

$V_{z_1} := \frac{F_z}{3} + \frac{T_x \cdot e_{y_1}}{\sum(Y^2 + Z^2)} = 0.57 \cdot \text{kN}$ 销轴竖向剪力

$V_{-1} := \sqrt{V_{z_1}^2 + V_{y_1}^2} = 0.72 \cdot \text{kN}$ 销轴剪力

$\text{ratio} \left(\frac{V_{-1}}{V_{r_1}} \right) = "0.134 < 1 \text{ PASS!}"$ 销轴抗剪校核

$t_{-1} := 3\text{mm}$ 立柱壁厚

$\sigma_{b_1} := \frac{V_{-1}}{D_{-1} \cdot t_{-1}} = 37.995 \cdot \text{MPa}$ 立柱局部承压应力

$\text{ratio} \left(\frac{\sigma_{b_1}}{f_{b_6063T6}} \right) = "0.158 < 1 \text{ PASS!}"$ 立柱局部承压

应力校核

计算结果表明，销钉连接部位均满足设计要求。

当玻璃面板较大、玻璃较厚情况下，由于玻璃自重，横梁前端受到较大的弯矩作用为防止横梁发生扭转至螺钉断裂，可选用ST4.8自攻钉并在横梁与立柱搭接处下端再增加1颗自攻钉，提高连接处螺钉组承受竖向剪力能力。

3 与传统连接方式相对比

3.1 结构优势

横梁传统方式连接采用开腔型材配铝角码和不锈钢螺栓组。每个角码需要2个对穿螺栓与立柱连接，对铝角码而言，由于横梁传递至角码的竖向力与角码和立柱的接触面有一段距离，竖向力对角码产生偏心作用在角码下边缘与立柱接触处产生撬力导致螺栓不仅承受竖向剪力还有水平拉力。为方便安装，角码与横梁壁之间会存在1mm缝隙，当面板较大时，为防止横梁可能出现的扭转情况，在横梁与角码之间增加自攻钉固定的方法。

而闭腔横梁采用弹簧销和自攻钉连接方式，整体强度高、抵抗矩大，有效提高抗倾覆能力。结构科学、受力合理、变形均匀、体系简单，受荷载作用后横梁位置非完全限位固定，自由可动，不受反力硬约束，荷载传递线路清晰。

美观上，闭腔横梁室内装饰效果好，少了开腔横梁扣盖装饰。为节省材料横梁扣盖的厚度一般不会超过1.2mm，在视线可及的部位，扣板位置不但会出现两道细缝而且不平整。在层间梁位置，玻璃后面的背板由于此扣板的原因经常出现固定不稳定的情况。

3.2 安装优势

传统形式安装现场劳动强度大，安装工序多，效率低，施工质量容易受到施工人员素质和能力影响。

而弹簧销连接系统减少现场安装工作量，安装精度更高，保证连接质量控制。材料均为工厂加工，加工高效，精度高、可控性好、质量可追溯源头。

3.3 经济效益优势

传统连接方式，材料成本需2个角铝和2套不锈钢螺栓组，同样的环境下，开腔型材截面大，铝材用量大材料表面处理费用也随之增加。安装时需要装角码和横梁扣盖，增加工序及人工成本。

闭腔型材更小的截面可以获得更高的力学性能，辅材成本1个弹簧销和2个自攻钉。

结束语

本文通过介绍，横梁安装采用弹簧销和自攻钉连接方式的设计原理、力学性能、加工要求及施工技术，该方式避开了传统连接方式的各种弊端。根据工程的应用效果证明其具有构造安全、安装便捷、质量有保障、经济效益高，在明框、隐框、半隐框玻璃幕墙下均可采用。从构造、安装、经济方面与传统横梁连接角码形式进行比较，证明节约材料和人力成本，使幕墙企业更具有市场竞争力，产生更大的经济效益。

在现代框架幕墙设计中，为达到建筑预期效果并保

证结构受力要求，连接方案需要多元化。在闭腔型材基础上继续进行研究创新，以期待获得更好的连接方案，将来在更多的玻璃幕墙工程多得到应用。

参考文献

[1] 李昌金. 浅谈框架式幕墙骨架连接方案 [J]. 门窗, 2015, (6): 8-11

[2] The Aluminum Association. The Aluminum Design Manual 2010 [S]. Arlington, VA: The Aluminum

Association, 2010.

[3] GB/T 1973.3-2005. 小型圆柱螺旋压缩弹簧尺寸及参数 [S]

[4] 侯兆欣, 吕健, 王宇红, 文双玲. 自攻螺钉连接在建筑上的应用 [J]. 工业建筑, 1999, 29 (9): 50-52

[5] 潘景龙. 自攻螺钉连接的抗剪性能研究 [J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1995, 28 (6): 41-47