

北京新保利大厦索网幕墙

北京保利大厦是中国保利集团的新总部。保利集团是一家国有企业,在国防贸易、房地产、文化产业和矿业等领域开展多元化经营。除了作为公司总部之外,这座总建筑面积 100000 m² 的建筑还包含了办公楼、商场和酒店。从平面图上看,这座建筑物的结构为三角形,L 形的办公区构成了两个边,第三个边由一个玻璃幕墙构成,它是世界上最大的索网玻璃幕墙之一。这样就在建筑物内部创造了一个大型中庭,中庭悬挂着一座“吊楼”—8 层楼高的保利文化艺术博物馆。这座柔索玻璃幕墙由不锈钢索和铸件来支撑,支撑构件采用高强度双相不锈钢铸造而成。

材料选择

保利大厦的索网幕墙包含了许多不锈钢构件,包括钢缆、夹具、连接杆和支具。不锈钢牌号的选择取决于部件,考虑到部件在索网组件中的功能。因此,水平和垂直钢索采用了奥氏体不锈钢 S31600 (1.4401),而索网交叉点采用高强度的双相不锈钢 S32205 (1.4462) 夹具进行连接。主支撑钢缆与索网之间的连接杆也采用了奥氏体不锈钢 S31600 (1.4401)。支撑加固部件采用高强度双相不锈钢 J92205 (CD3MN) 铸造,它是双相不锈钢 1.4462 的铸造牌号。

选择不锈钢的主要原因是其高强度和耐腐蚀性。此外,不锈钢美观的外表和低维护量也是优势。北京处于高工业污染的腐蚀性环境,且冬季除冰盐的使用量一直在显著增长。选用耐腐蚀的不锈钢材料就可以避免采用高维护量的表面涂层,另外,裸露的不锈钢本身也是一种具有雕塑感的结构设计元素。不锈钢的低腐蚀率有助于提升设计方案的效能,而且,不锈钢废料的价值高,使得建筑物甚至在使用寿命结束后仍可持续利用。

材料技术说明书中包括了一项要求,即每条钢缆的表面不得存在诸如炭黑、裂纹、缺口等缺陷。对于采用 1.4401 和 1.4462 不锈钢牌号制作的构件规定采用轻度的喷砂处理表面。



图 1: 北京保利大厦
(照片来源: Tim Griffiths, Skidmore, Owings & Merrill LLP)

支撑加固装置中包括双臂支具,这些支具用于将索网交叉点连接到玻璃幕墙板上,支具采用铸造工艺制造,玻璃珠喷沙表面处理。由于支具形状复杂,不可能采用有方向性的抛光处理,所以规定采用这种表面处理方式。还规定了金属(包括相同母材的金属)的连接方式、组合和放置位置不得有因电解质或其它腐蚀作用导致损伤的可能性。

设计

主建筑采用钢筋混凝土、钢结构和不锈钢构件建造。与中国绝大多数的建筑相似,整体建筑物的设计寿命为 50 年。这座建筑按照中国设计标准设计,而索网玻璃幕墙按照《玻璃幕墙工程技术标准》[1]设计。也使用了美国规范和标准,包括 ASCE 标准 7:《建筑物和其它结构最小设计载荷》[2] 以及 ASCE 标准 19-96:《钢缆在建筑物中的结构应用》[3]。另外,材料技术条件采用了德国标准。

建筑的主要设计特色是巨型索网幕墙,幕墙中使用了大量的不锈钢。索网幕墙采用了平面双向钢缆系统,利用双向预张力索网对变形的抗力来支撑玻璃幕墙。玻璃通过水平和垂直钢缆会合的交叉节点处固定到索网上。垂直荷载通过这些节点进行承载,这些节点将作用力传递至垂直钢缆上,并随后传递至建筑物的地基。另一方面,由于风或地震引发的横向作用力靠支撑点之间的钢缆恢复其直线形状的趋势来进行承载。尽管索网幕墙的设计理念相对简单,但是其流行是近年来随着设计师对其美学和工程学特性的欣赏才开始的。

索网高 90 米,宽 60 米,围绕着呈 L 形的主建筑物,形成了一个中庭空间。在这个空间区域内,悬挂着一座 8 层高的吊楼,如图 1 所示。初步分析表明,这个索网幕墙由于尺寸太大,所以采用传统钢玻璃幕墙不经济。此外,由于传统解决方案将涉及大尺寸桁架的使用,会阻碍视野。所以,设计者提出一种创新解决方案,由 4 根大直径高预应力钢缆来支撑这座玻璃幕墙。这些相对刚性更强的构件在表面沿对角线从吊楼屋顶延伸到中庭的顶部,形成 V 形,从而有效地将幕墙分划成 3 个较小的平面部分(图 2),充当了虚拟边界,有效地缩短了跨度。这些大直径主钢缆在安装时是直的,而在索网张紧期间朝立面方向弯曲。采用这种平面设计方案,索网幕墙的水平钢缆直径将分别限制在 34 毫米和 26 毫米。水平和垂直钢缆的中心间距分别为 1333 毫米和 1375 毫米。



图 2: 主索网玻璃幕墙及其主要的 V 形钢缆
(照片来源: Tim Griffiths, Skidmore, Owings & Merrill LLP)



图 3: 索网部件照片,包括支撑加固部分
(照片来源: Skidmore, Owings & Merrill LLP)



图 4: 安装之前垂直与水平钢缆连接的放大照片
(照片来源: Tim Griffiths, Skidmore, Owings & Merrill LLP)

这座玻璃不锈钢幕墙在设计上还能够抵抗百年一遇的大风,并能够在最大风载荷下变形达 0.9 米。平面索网幕墙在横向载荷下的挠性特性意味着关键设计标准通常是偏移情况。在本案例中,前期设计计算表明,在大风力载荷下由于钢缆和玻璃的位移,将发生比现在大得多的偏移。偏移的结果是在折线处窗板与窗板间会有较大的转动,因此采用了一种铰链式的支撑槽钢,让玻璃板最多可以旋转 7°。不锈钢杆将这些槽钢连接至索网,并使其远离对角线钢缆(如图 5 所示)。这座幕墙的规模远远超过了之前建造的同类幕墙,因此带来了一些特别的挑战。但是这个设计方案的优点是减少了环境对建筑物的影响,而且由于采用了较小尺寸的结构部件,使内部采光达到最佳。

新保利大厦设计的另一项关键问题是在地震和风力载荷条件下可能发生的楼层间位移现象。在这种情况下,对角线上的大直径不锈钢缆将起到支撑作用,努力抵抗这些作用力的影响。为了限制载荷水平,设计者决定采用一种模拟滑轮的机械摇摆装置,来消除主钢缆与建筑基础结构之间的相互影响(见图 7)。

位于索网幕墙侧面的钢筋混凝土芯,为幕墙提供了坚固的刚性边界条件。它们也为接近不锈钢缆锚固点提供了理想位置,并方便了拉紧操作。而位于两个芯体顶部之间跨度 60 米、3 层楼的结构钢桁架,在顶部为幕墙提供了一个刚性边界。



图 5: 用于连接支撑槽钢与索网的不锈钢杆
(照片来源: Skidmore, Owings & Merrill LLP)



图 6: 不锈钢缆与玻璃之间的连接
(照片来源: Skidmore, Owings & Merrill LLP)

制作和安装

尽管结构工程师已绘制出索网幕墙结构及其部件的设计图和详细施工图,但指定建筑外覆面系统所有部件(即钢结构、玻璃等)将一起建造。这样做的目的是由单一方面对外围护结构负责。因此规定了性能技术要求。制作和安装由承包商负责,并要求承包商满足合同文件中对于最终尺寸、表面处理质量以及性能的要求。

索网幕墙的设计要求主建筑物在封顶之后再开展安装作业。主体结构采用钢结构楼板骨架来建造。一旦边界构件就位之后,就开始安装摇摆装置和 V 形主钢缆。主钢缆安装完之后,索网内的直径较小的钢缆被松散地安装并通过销钉端连接杆连接到主钢缆。在索网幕墙每一侧混凝土芯中专用的张紧空间内,将水平和垂直钢缆拉紧,从而使全部的索网最后拉紧。在钢索最终拉紧之后,每个交叉点处的钢缆固定节点被拧紧,随后安装玻璃幕墙板并对接缝处进行密封。



图 7: 与不锈钢缆相连接的铸钢机械摇摆装置
(照片来源: Tim Griffiths, Skidmore, Owings & Merrill LLP)

本案例信息由 Skidmore, Owings & Merrill LLP 友情提供

参考资料和文献

- [1]《中华人民共和国标准:玻璃幕墙工程设计技术规范》(JGJ102-2003). 2003 年,中国北京
- [2] 美国木工工程师学会: 建筑物和其它结构最小设计载荷。ASCE-7-98, 1999.
- [3] 美国木工工程师学会: 钢缆在建筑上的结构应用。ASCE-19-96, 1997

结构用不锈钢网上信息中心:
www.stainlessconstruction.com

采购详情

客户:	中国保利集团公司
结构工程师:	Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM)
主承包商:	中国建筑工程公司
索网幕墙承包商:	远大集团和 ASI Advanced Structures

本系列结构用不锈钢案例研究由 Team Stainless 赞助

