

某高铁站一种能适应钢结构变形的幕墙连接方式

张于¹ 郑蓝华²

1. 山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司; 2. 中建八局第一建设有限公司

摘要:在青岛某高铁站主站房钢结构采用大跨度空间钢桁架体系,主体钢结构整体形成浪花形状的曲线构架。外立面常规框架式幕墙采用受拉构件的连接形式,此种连接形式使得主体钢结构承受垂直重力及水平风荷载组合作用力,考虑到钢结构既要承受外立面传递过来的力又要承受屋面传递过来的力,为满足复杂的受力情况,钢结构设计过于笨重,既影响整体效果又不符合经济原则。所以本站房主外立面幕墙采用偏心受压杆件式幕墙连接方式,幕墙立柱顶部与主体钢结构通过双铰接“摇臂”结构进行连接,双铰接“摇臂”结构采用钢管两端各焊接一组耳板组合件,耳板组合件分别与主体钢结构和幕墙主立柱焊接。此种连接结构形式既能消除幕墙重力对主体钢桁架体系的影响,又能减少钢结构沉降变形对幕墙结构的影响。

关键词:高铁站房;大跨度空间桁架;摇臂结构;变形

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.09.041

概述

近年来,随着我国高铁行业的飞速蓬勃发展,幕墙的推广与应用为高铁行业的发展提供了便利条件,使高铁站房能够呈现出现代化大方美观的装饰效果,因此被广泛地应用于铁路高铁站房,不仅显著地改善了高铁建筑的整体外观形象,而且具有重量轻、建设周期短的显著优势。

某高铁站主站房钢结构采用大跨度空间钢桁架体系,主体钢结构整体形成浪花形状的曲线构架。外立面常规框架式幕墙采用受拉构件的连接形式,此种连接形式使得主体钢结构承受垂直重力及水平风荷载组合作用力,考虑到钢结构既要承受外立面传递过来的力又要承受屋面传递过来的力,为满足复杂的受力情况,钢结构设计过于笨重,既影响整体效果又不符合经济原则。所以本站房主外立面幕墙采用偏心受压杆件式幕墙连接方式,幕墙立柱顶部与主体钢结构通过双铰接“摇臂”结构进行连接,双铰接“摇臂”结构采用钢管两端各焊接一组耳板组合件,耳板组合件分别与主体钢结构和幕墙主立柱焊接。此种连接结构形式既能消除幕墙重力对主体钢桁架体系的影响,又能减少钢结构沉降变形对幕墙结构的影响。

图1为高铁站房主外立面效果图。



图1 高铁站房主外立面效果图

一、结构体系

(一) 幕墙定义

建筑幕墙是由支承结构体系与面板组成的,可相对主体结构有一定位移能力,不承担主体结构所受作用的建筑外围护结构或装饰性结构。

幕墙是建筑物的外墙护围不承重,是现代大型和高层建筑常用的带有装饰效果的轻质墙体。由结构框架与镶嵌板材组成,不承担主体结构荷载与作用的建筑围护结构。

幕墙龙骨与主体安装部位,通常设计为受拉杆件,见图2(玻璃幕墙形式)。此种连接形式中幕墙龙骨连接件中设置长条孔是为了满足幕墙性能中的平面内变形性能的要求。此种设计可以满足幕墙能够适应建筑结构位移角变形,保持幕墙成为不承担主体结构所受作用的独立体系。

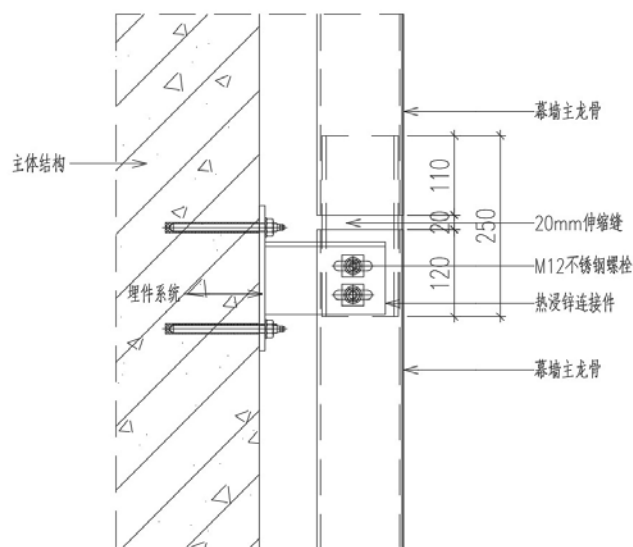


图2 幕墙与主体连接示意图

为了满足大型交通类建筑、场馆类等建筑的特性,钢结构体系简单又能满足各类建筑造型得到大量应用与迅速发展。但钢结构的变形相比混凝土结构往往偏大,且钢结构钢梁截面特殊的物理性能要求幕墙连接的受力结构形式需要满足主体结构变形的能力大大提高。

某高铁站站房地上结构采用大跨度空间钢桁架体系,见图3。其外立面幕墙采用框架式明框玻璃幕墙,幕墙龙骨均为钢龙骨(表面氟碳喷涂处理)。立柱最高跨度18米,见图4。考虑到该高铁站位于海边,幕墙龙骨的上下连点支座反力比较大。对幕墙龙骨与主体的连接构造要求更加严格。同时需要考虑钢结构的变形又考虑大跨度幕墙的变形。既要满足构造的强度受力满足要求,又要满足结构变形的要求,对幕墙龙骨的连接构造的选择是一个重大挑战。



图3 高铁站房主主体钢结构现场图

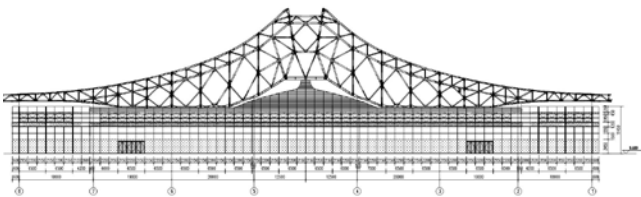


图4 高铁站房主外立面图

(二) 节点受力分析

根据钢结构体系的变形以及钢结构中钢梁截面物理特性的需要，特别是此种主体钢结构体系顶部固定幕墙龙骨的钢横梁往往只允许承受幕墙的水平力，而不允许承受幕墙的重力。由此我们常规幕墙设计的时候，只能选择受压杆件的受力连接方式，既满足结构变形，又保持钢梁只承受水平力。

幕墙龙骨与主体钢结构连接形式见图5。

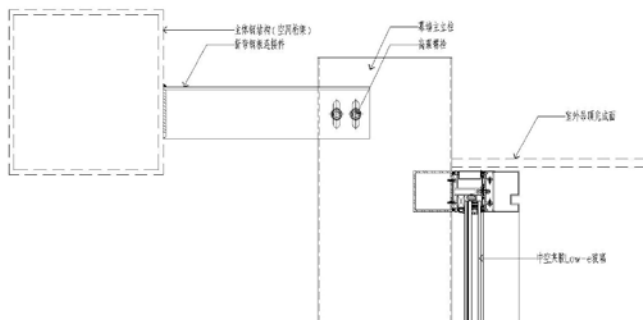


图5 幕墙立柱顶部铰接节点

此幕墙龙骨连接系统采用受压杆件受力体系，其中幕墙连接设置竖向条孔保证了钢结构横向仅受幕墙水平力，保证了钢结构主体的安全。同时满足温度应力以及轻微的幕墙受力变形。幕墙龙骨连接与主体采用焊接，焊缝校核根据规范要求计算如下：

焊缝校核计算校核依据：

双转接件时： $(\sigma f / \beta f)^2 + \tau f^2) \cdot 0.5 / 2 \leq ffw$

7.1.3-3[GB50017-2003]

单转接件时： $(\sigma f / \beta f)^2 + \tau f^2) \cdot 0.5 \leq ffw$

7.1.3-3[GB50017-2003]

上式中：

σf ：按焊缝有效截面计算，垂直于焊缝长度方向的应力 (MPa)；

βf ：正面角焊缝的强度设计值增大系数，取 1.22；

τf ：按焊缝有效截面计算，沿焊缝长度方向的剪应力 (MPa)；

ffw ：角焊缝的强度设计值 (MPa)；

$$((\sigma f / \beta f)^2 + \tau f^2) \cdot 0.5 / 2$$

$$= (M / 1.22W)^2 + (V/A)^2) \cdot 0.5 / 2$$

由于在幕墙受力变形时幕墙龙骨连接件与主体焊接部位采用焊接，其焊缝位置弯矩往往较大，由规范中焊缝强度校核公式可以看出弯矩对整个焊缝的强度影响起主导地位。这对焊缝性能以及焊接的施工质量要求较高。并且此部位在长期受力过程中会成为整个幕墙体系的受力薄弱点。

此类主体幕墙设计的特殊性，连接件通长会有较大的悬挑，这往往就会对连接件的受力要求提高很多。规范中连接件强度校核如下：

校核依据： $\sigma = M / \gamma W / 2 \leq f$

上式中：

σ ：转接件的抗弯强度 (MPa)；

f ：转接件抗弯强度设计值，为 215MPa；

M ：转接件所受弯矩 (N·mm)；

γ ：塑性发展系数，取 1.05；

W ：转接件断面抵抗矩 (mm³)；

由上式看出弯矩也是影响幕墙龙骨连接件的主导力。

显然，此节点做法解决了顶部竖向重力的释放，且能满足结构轻微变形。但是如果变形过大容易使焊缝受力过大而导致裂开，其幕墙龙骨连接件也会受变形影响破坏失稳，且由于螺栓在变形中受轻微弯矩作用使得螺栓寿命减短。

本高铁站房的钢结构设计院给出的理论变形量为 100mm。为了更好的满足主体钢结构变形以及降低潜在受力隐患，也为能够适应空间钢结构的大变形量，对幕墙龙骨与主体钢结构的连接构造节点进行了优化处理，见图6。

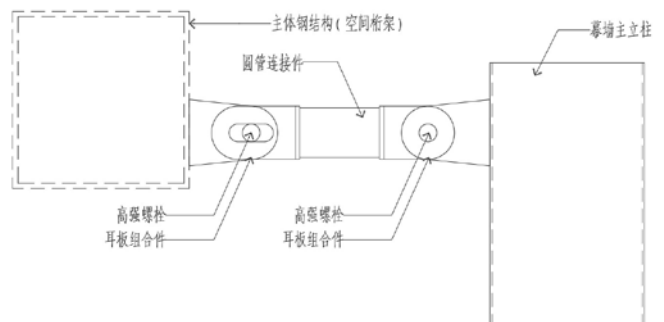


图6 幕墙立柱顶部铰接优化节点

幕墙立柱的受力形式依然采用受压杆件的受力形式，但对幕墙立柱的顶部连接进行局部优化，优化为双铰接“摇臂”结构，此连接系统采用双铰接“摇臂”结

构体系，其组成由前后耳板，中间采用钢管连接。前后采用14mm厚耳板组合件，同时配以M30高强螺栓，前耳板组合件采用圆孔保证连接稳定性，见图7。后耳板组合件采用水平长条孔，以适应安装过程中的细微误差调节以及更好的使整个连接件适应主体钢结构的变形，见图8。

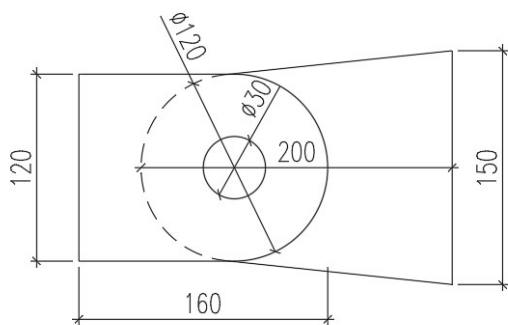


图7 铰接前耳板尺寸图

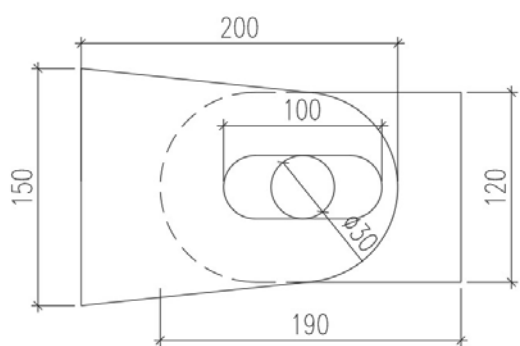


图8 铰接后耳板尺寸图

优化后幕墙立柱与钢结构主体连接体系，适应变形能力大大增强。使得主体钢结构体系的受力以及幕墙龙骨连接的局部受力点更加合理。此连接构造做法既能释放掉钢结构横梁位置的幕墙竖向重力，同时又保证了位置连接点仅承受幕墙的水平力。

双铰接设计消除了局部焊缝连接点的弯矩，减少使用过程中的长期受力状态下的连接隐患又能灵活的适应钢结构的变形，使得幕墙适应主体钢结构的变形能力大大增强，其连接构造适应变形范围见图9。建筑幕墙体系整体减少受钢结构变形带来的影响，更加保持幕墙体系的独立性，使幕墙体系整体更加稳定。

二、结语

利用双铰接“摇臂”结构连接形式，实现了幕墙立柱顶部垂直重力的释放，使得主体钢结构与幕墙龙骨连接仅受水平力。使得主体钢结构受力更加合理可靠。同时幕墙与主体钢结构的连接体系中局部的弯矩得到消除使得结构设计更加合理安全。且在大型复杂钢结构中更能灵活处理钢结构变形过大对建筑外围护幕墙体系带来的不利影响。在实现大型钢架的机场、高铁站、商场等丰富多样的外立面效果过程中能够发挥重要的作用。

参考文献

- [1] 玻璃幕墙工程技术规范: JGJ 102—2003[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [2] 金属与石材幕墙工程技术规范: JGJ 133—2001[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [3] 钢结构设计规范: GB50017—2006[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [4] 建筑结构荷载规范: GB50009—2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

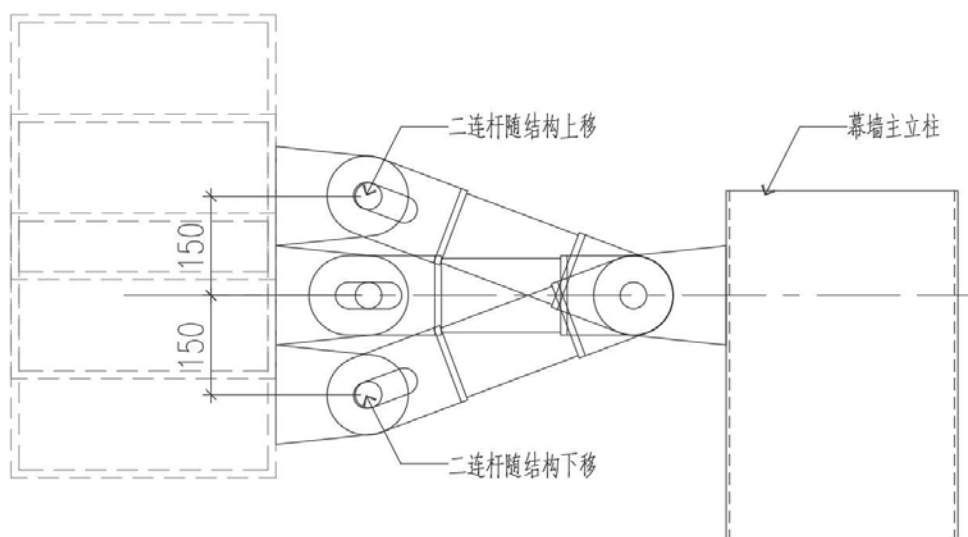


图9 双铰接摇臂连接件变形量