

# Big Wood 学校的砌体支撑系统

英国诺丁汉的 Big Wood 中学毗邻 Bestwood 乡村公园，这所中学现有约 750 名 11 岁至 16 岁的适龄学生。作为英国政府《未来学校建设规划》的一部分，这所中学正在进行重建。该项目耗资 1,800 万英镑，一期工程是建成三幢 2 层楼的长方形教学楼(设计平面图为 40 米 x 20 米)。一期工程于 2009 年秋季开工。这些建筑采用了砖砌外墙、钢结构框架和复合地板。砖墙由设在窗户上(有些窗口宽度超过 9 米)的不锈钢砌体支撑系统来支撑。支撑系统固定在长方形的中空边梁上，为砖墙提供了水平支架。

## 材料选择

该砖墙支撑系统采用 1.4301(S30400)奥氏体不锈钢制造，这也是大多数支撑系统所用的牌号，符合 EN 845-1<sup>[1]</sup> 标准中材质参考文献 3 砖墙辅助部件欧洲规范的要求。材料的表面选定为 1D 标准轧制表面(热扎、经热处理并经酸洗)，符合 EN 10088-2<sup>[2]</sup> 标准的规定(等同于 ASTM A480 标准的 1 号表面)。

不锈钢支撑系统之所以优于碳钢支撑系统，是因为碳钢系统有可能在空心墙所处的潮湿环境下发生腐蚀，这种腐蚀可能导致砖墙沿灰浆接缝出现裂纹或出现砖墙鼓起。一旦建筑物建成，就无法再接触到砖墙支撑系统；也不可能再实施清洁、检查或维护工作以确保其结构的完整性。在空心墙的条件下，不锈钢在结构设计寿命内有足够的耐用性，这已通过以往记录得到证实。

选择不锈钢的另一个原因是，若不锈钢表面在现场发生了损伤，则那层密封不锈钢的透明“钝化膜”能够迅速重新形成，使部件的使用期限不受影响。

不锈钢的导热率明显低于碳钢(参见表 1)。由于砖墙支撑系统是固定在主结构上并穿过隔热空心层至外墙面，所以较低的导热率能最大程度地减少冷桥的影响，让建筑物拥有更好的热效率。



图片 1: Big Wood 中学全貌

表 1 建筑材料典型的导热率值

金属	导热率 [W/(m·K)]
铝	160
碳钢	50
奥氏体不锈钢	17
砖	0.7
塑料	0.2

## 设计

砖墙支撑系统由整条角钢构成,且设有按一定间隔焊接至角钢垂直边上的支架。这些支架固定到钢结构框架上。对于较宽的空心墙而言,这套系统比传统角钢支撑系统(角钢必须横跨空心墙的整个宽度)的经济性更好,因此可以减少角钢的厚度和重量。支架和角钢的精确尺寸取决于具体项目的空心墙和载荷。在 Big Wood 中学,这套支架角钢支撑系统的设计可支撑  $4.5 \text{ kN/m}^2$  的载荷,170 mm 的空心墙,且支架在支撑结构部件下方突出。图 2 和图 3 所示为两种在数学和设计教学区第一层所采用的布置方案。大多数角钢和支架都采用 4 毫米厚的钢板制作,有几个特殊的角部部件采用 6 毫米厚的钢板制造。

该系统设计将角钢当作悬臂来建模,同时还考虑到支架间角钢的特性,按照钢结构设计标准进行设计,并经过了大量物理测试和行业经验的验证。角钢趾部相对于钢结构架的垂直挠度限制在 1.5 毫米。

支撑钢架采用 RAM 结构系统软件,按照 BS 5950-1<sup>[3]</sup> 标准进行设计。为了避免支撑系统的过度位移,结构边缘构件在设计上都以尽量减少变形为目标,并能够如参考文献<sup>[4]</sup>所述容忍砖墙偏心载荷所引发的扭力。

砖墙覆面与内空心墙面连接,连接的最大水平间距为 450 毫米,且在支撑角钢之上 300 毫米范围内。连接细节按照 BS 5628 标准第 1 部分:采用符合 BS 6399-2<sup>[6]</sup> 标准的风载荷进行检查。

将带有窄条砖的预制墙板连接到第 2 层钢架和冷轧钢框架,以达到所希望的垂直对缝砌法砖墙效果。

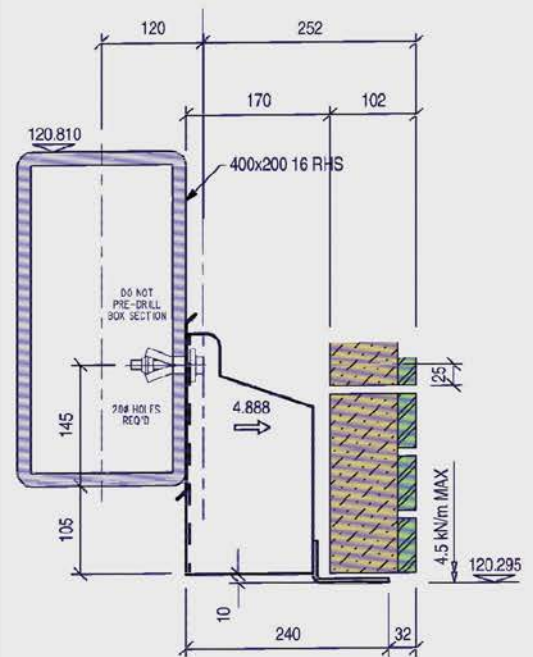


图 2: 直接连接至长方形中空边梁的支架

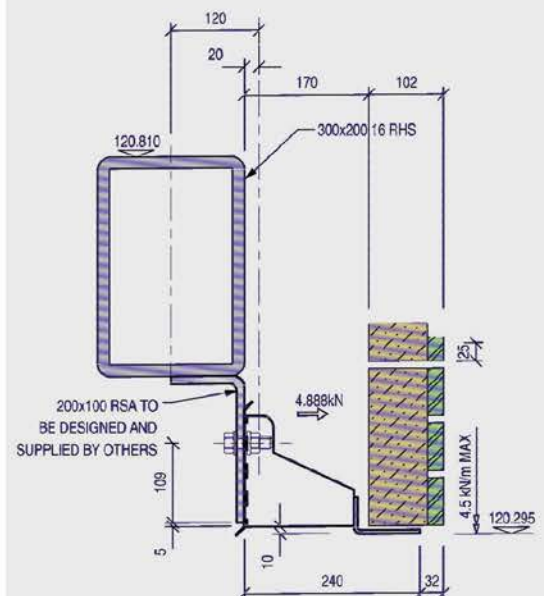


图 3: 连接至长方形中空边梁下方角钢的支架



图 4: 图 2 所示支撑系统的建造



图 5: 由砖墙支撑系统支撑的垂直对缝砌法砖墙的建造

在不锈钢支撑系统与碳钢结构框架螺栓连接的位置,如果环境变潮湿,则存在电偶腐蚀的风险。这种腐蚀不会影响不锈钢,但有可能导致碳钢腐蚀速率增加。为了防止这种腐蚀,两种金属之间可采用高载荷 DPC(防潮)分隔条来隔离,这些分隔条可从卷材上截取,插入支架的背面与长方形碳钢中空型材之间。

为支持诺丁汉市在 10 年内成为零碳地区的目标, Big Wood 中学采取了一系列的创新方案以减少碳排放和用水量。这所中学配备了由可再生能源供能的热电联产(CHP)装置,这套装置显著减少了对电网供电的需求量,其碳排放量比现行英国建筑规范低 60%(这是英国第一所安装了燃烧纯植物油的热电联产装置的教学大楼)。这所中学可向电网出售电力,并通过环保证书实现创收;在中学大门口有能耗和发电量显示。通过采用诸如小容量双冲洗模式水箱、自动喷水龙头和小流量淋浴喷头,以及从建筑物屋顶收集雨水用于冲洗马桶的雨水集流系统,学校对市政供水的需求也大大减少。

### 制作和安装

该砖墙支撑系统用板材制造,并采用冷成型工艺。

作用在支撑系统上的载荷是垂直和静态的,角钢将永久承受其全部的设计载荷。制作和安装中必须遵守严格的公差,这是因为支架尺寸和砖墙安装位置的轻微偏差都会对载荷位置、相关变形和应力产生较大的影响。

在支撑系统设计结束和制作开始前,对结构钢架的竣工位置从其边线和标高方面进行了检查。在安装期间提供了用于对垂直和水平方向进行小调整的装置(图 6)。

为便于沿角钢长度方向进行水平调整,设计本系统时在每个角钢与钢架上预先钻好的水平槽孔之间留出了 10 毫米的标准间隙,以方便角钢位置的调整。

为适应空心墙宽度上的微小偏差,砖墙在支撑角钢上的承重宽度是可以调整的。当空心墙宽度小于预期时,有必要切割砖体以留出角钢半径间隙。在理想状态下,角钢上的砖墙设计承重宽度至少为墙体的三分之二。为适应宽度超过预期的空心墙,提供了全高度的不锈钢垫片以供插入结构钢架面与支架背面之间。这些垫片的最大厚度为固定螺栓外径与 16 毫米这两个数值中较小的值。Big Wood 中学所用的最大垫片厚度为 12 毫米。这些垫片的长度必须足以延伸至支架的底部;每个垫片都要尽可能地厚。

为便于进行垂直方向调整,支架上设有垂直槽孔,这样可以沿任一方向进行 ±30 毫米的垂直调整。为确保固定件不发生滑动,支架上的槽孔采用了锯齿状表面,并采用不锈钢锯齿形垫圈(在正确的方位)和不锈钢定位紧固件固定到钢架上。

当可以从钢结构框架两侧接近时,采用 M12 固定螺钉把支架固定到支撑钢架上,并安装在 14 毫米宽的水平槽孔内(参见图 3)。

当只能从一侧接近时,则规定采用装在直径 20 毫米固定孔内的 M12 Steelgrip 紧固件将支架直接固定到中空钢结构型材上(见图 2)。这种紧固件是一种与支架上的锯齿面相符的锯齿面垫圈。这些锯齿面能够相互锁合,同时套筒随着螺栓头拧紧至正确的螺距而膨胀。这种紧固件包含一个镀锌套筒和锥体以及一个不锈钢螺钉和锯齿面垫圈(图 7)。

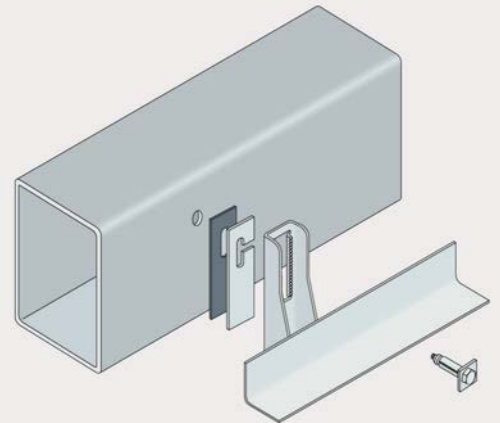


图 6: 对垂直和水平误差的适应



图 7: Steelgrip 螺钉(专利号 241 0307)

本图经 Ancon Building Products 公司许可使用

本案例信息由 Capita Symonds 和 Ancon Building Products 公司友情提供

## 参考文献 和书目

- [1] EN 845-1: 2003 Specification for ancillary components for masonry – Part 1: Ties, tension straps, hangers and brackets
  - [2] EN 10088-2:2005 Stainless steels. Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes.
  - [3] BS 5950-1:2000 Structural use of steelwork in building. Code of practice for design – Rolled and welded sections
  - [4] Design of members subject to combined bending and torsion, SCI, 1989
  - [5] BS 5628: Part 1:2000 Code of practice for use of masonry. Structural use of unreinforced masonry
  - [6] BS 6399-2:1997 Loading for buildings. Code of practice for wind loads
- 结构用不锈钢网上信息中心:  
www.stainlessconstruction.com

## 采购详情

客户:	Inspiredspaces (Nottingham) Ltd/ Nottingham City Council
建筑师:	Capita Architecture
土木 / 结构工程师:	Capita Symonds
主承包商:	Carillion Building
砖墙支撑系统的设计和制造:	Ancon Building Products

本系列结构用不锈钢案例研究由 Team Stainless 赞助

