

[编者按] 上海欧本钢结构桁架工程有限公司是国内第一家专业预制桁架公司，引进北美技术，结合国内情况，研发生产了大柱距桁架檩条系统和组合上弦楼层桁架次梁。目前年产能约一万吨，经济效益显著（www.open-joist.com）。这里将陆续介绍他们在该项技术方面的成果和应用。

欧本屋面桁架檩条系统

唐鹏 陈明 王昀

（上海欧本钢结构桁架工程有限公司 200127）

[摘要] 欧本桁架檩条是为了适应建筑物大空间、大跨度、大荷载而引进开发的国内全新屋面檩条系统。介绍了大柱距桁架式檩条的特点、使用范围及若干规定。

0 引言

檩条是有檩屋盖体系结构中的主要构件。在中国，轻钢结构建筑的柱间距通常在 6~9m 之间，这是因为普通的冷弯薄壁檩条的经济跨度在 9m 之内。随着建筑越来越趋向于宽阔灵活的大空间，屋面檩条跨度需达到 12~18m 时，或是在荷载和檩距较大时，冷弯薄壁型钢檩条满足不了结构受力要求，通常需要用实腹式 H 型钢梁或高频焊 H 型钢梁代替檩条，这样会使结构的用钢量大幅增长，增加建筑的成本。

为解决大跨度、大荷载檩条问题，上海欧本钢结构桁架工程有限公司在引进北美先进的钢桁架技术的同时，结合国内现有的规范和原材料，于 2004 年推出上海欧本工业化生产的钢桁架。此种结构体系用钢与常规柱距相当，也即“同样的造价可获得更大的空间”。另外，桁架檩条在穿越管线和安装吊挂方面也有普通檩条无法比拟的优势。下面将简要介绍欧本钢桁架檩条的相关信息及其应用范围、选用原则等。

1 产品特点

与传统的用热轧型钢作为桁架上下弦杆不同，欧本桁架式檩条采用冷弯薄壁型钢作为弦杆，薄壁焊管作为腹杆，在使桁架的外形更为美观的同时，能合理地利用材料的特性。高度为 400~1200mm，长度系列为 6~24m。另外还有一种能承受轴向力的支撑型桁架式檩条，它的杆件通常会采用比较厚的材料加工(计算时会把山墙传来的纵向水平风荷载进行组合)，其下弦带有延伸段，与屋面钢梁连接，以方便用作支撑连接，其主要目的是与屋面的交叉支撑组成屋面的支撑体系来抵抗水平荷载，并将水平荷载传至屋面钢梁—钢柱一基础，相当于普通意义上的刚性水平系杆的作用。

1.1 上下弦杆

上下弦杆均由薄壁钢板冷弯成型成 Ω 形状(图 1)，厚度 2.0~5.0mm，材料的最小屈服强度有

235N/mm² 和 345N/mm² 两种。弦杆展开宽度为 150mm。就单层弦杆本身而言，其相对于桁架的平面外惯性矩要数倍于平面内的惯性矩，这是因为桁架依靠其高度平面内的刚度已经很强。要提高其平面外的刚度，一是增加平面外的支撑，但增加支撑显然会增加结构用钢；二是增加构件平面外惯性矩；再有，冷弯薄壁型钢技术规范(GB50018—2002)对三种不同的受压板件的有效宽厚比计算以板组为单元，考虑相邻板件的约束影响，使受压弦杆有效截面的分布更趋合理(有效截面的计算可参阅 Opentool 桁架计算工具箱生成的计算书)。上下弦杆冷弯成 Ω 形状，主要就是考虑在同等用钢的情况下使截面更优、更合理化。

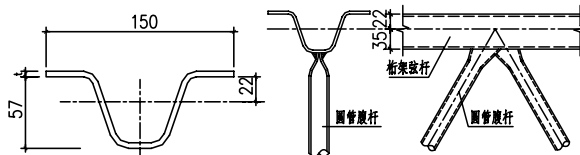


图 1 弦杆断面

图 2 腹杆与弦杆连接节点

1.2 腹杆

欧本钢桁架檩条腹杆采用圆管形式，直径 20~36mm，壁厚 1.6~3.0mm。圆管在与弦杆交接处经过冲压、压扁后与弦杆连接，连接采用 CO₂ 气体保护焊(图 2)。由于腹杆的圆管的受压承载力小于受拉承载力，为了承受檩条两个端部较大的腹杆压力，通常将端部较大内力的腹杆与中部腹杆按照受力情况分别选用不同断面的圆管，腹杆的材料屈服强度通常为 235N/mm²。

端部腹杆是腹杆中受力最大的一根杆件，通常将端部腹杆设置成宽 50mm、厚度 5~10mm 不等的扁钢，弯成适当的角度，焊于弦杆内侧，通过与屋面梁支托焊接与屋面梁通过螺栓孔连接(图 3)。当反向风力造成下弦杆受压时，端部腹杆须设置成 T 形截面，保证其受压时的稳定性。



图3 端部腹杆与屋面梁连接节点

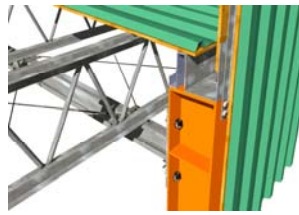


图6 墙架柱顶处支撑布置



图7 屋面水平支撑连接节点

2 适用范围及规定

欧本钢桁架檩条适用于建筑高度30m以下的单层钢结构建筑，以及抗震设防8度及以下的多层钢结构或钢筋混凝土结构楼层梁(可以结合楼层板使用)。设计最大长度可达24m。建筑物坡度范围应为8%以下。应当提醒的是，当建筑物内部为受化学侵蚀的环境时，不得使用欧本桁架。

檩条可以用石膏、保温棉等组成复合保温吊顶。由于桁架的上弦采用冷弯薄壁型钢，彩钢屋面板可直接固定在桁架上，也可以通过固定座与金属压型板连接。当屋面有内天沟时，桁架檩条端部通过设置垫高的支托，确保天沟在主梁部位不中断(图4)。

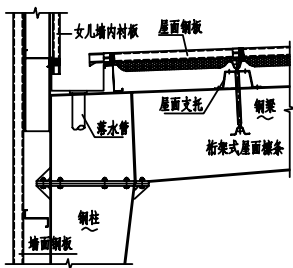


图4 内天沟节点详图

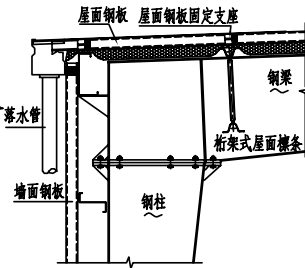


图5 外天沟节点详图

荷载吊于上弦杆使结构更不利，宜采用下弦杆吊挂荷载。又因弦杆杆件截面抵抗矩较小，所以下弦吊挂吊点宜在节点处。

3 墙架柱及屋、墙面支撑系统

当柱距较大时，为减小墙梁跨度，保证墙梁系统的合理布置，通常会在侧墙两刚架柱之间增设适当的墙架柱，见图6。为保证墙架柱水平风荷载有效传递，通常会在墙架柱近顶端加一水平加强杆，与屋面桁架檩条(通常为两根)下弦连接，并设置相应的圆钢水平支撑，将墙面风荷载传给两侧的刚架柱，再传至基础。

屋面支撑与普通的轻钢屋面支撑布置相类似，但支撑跨度比普通的大了许多，见图7。而且支撑交叉节点处的刚性系杆被支撑型桁架檩条所取代。所谓支撑型桁架檩条，也就是其在承受普通屋面檩条同样的荷载的同时，还要有传递纵向水平力的作用，檩条与刚性系杆的功能合二为一。

4 设计采用荷载

桁架式檩条的荷载根据项目用途选定，基本荷载

都参照《建筑结构荷载规范》有关屋面檩条部分，所有桁架式檩条的设计将按照国家现行标准设计。

5 变形控制

由于桁架式檩条所固有的刚度及制作中的起拱变形值等因素，挠度很少在檩条设计中起控制作用。但在设计中均应对其刚度进行验算。对桁架式檩条的设计挠度都将严格控制：1)荷载标准值产生的挠度容许值为 $L/250$ (L 为桁架式檩条的跨度)；2)可变荷载产生的挠度容许值为 $L/360$ ，以保证桁架的刚度。

6 分析计算工具

桁架檩条可采用常用钢构计算软件进行分析。但由于特殊的弦杆截面特性，常用钢构计算软件计算起来比较麻烦。为此，欧本公司与同济大学联合开发了Opentool桁架计算工具箱。有关该计算工具箱及更多桁架檩条系统信息请查阅：www.open-joist.com。

7 制作与安装

上下弦杆为机器轧制成型，定尺加工，预先在工厂冲孔，以保证孔位的准确性。腹杆先通过冲压剪切成型，然后在工厂的台架上组装与焊接。腹杆与弦杆的连接采用二氧化碳气体保护焊。

桁架檩条的安装和Z形檩条的不同，是采用筒支铰接连接，每端用二个普通螺栓连接，不存在Z形檩条连续搭接的问题。但是桁架式檩条的支撑系统比冷弯薄壁型钢檩条系统要复杂一些(图8)。



图8 檩间交叉支撑系统与平行支撑系统



图9 安装现场