

[编者按] 上海欧本钢结构桁架工程有限公司 (<http://www.open-joist.com>) 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。目前年生产能力约一万吨, 经济效益显著。这里将陆续介绍他们在该项技术方面的成果和应用。

欧本-伊通屋面系统

陈明 伏万成

顾乐乐

(上海欧本钢结构桁架工程有限公司 200127)

(上海伊通有限公司 ?)

[提要] 欧本-伊通屋面系统是采用伊通砂加气混凝土板和欧本钢桁架组合而成的一种新型屋面系统; 对比其与彩钢板轻钢屋面在保温、隔声、防火、荷载、造价、施工方面的优缺点, 分析了其在市场中的机遇。

[关键词] 伊通薄型屋面板 欧本桁架式檩条 彩钢板轻钢屋面 钢结构屋面保温 防水

轻钢结构屋面常用的彩钢板在隔声、防火、保温以及防水等方面存在一些不尽如人意的地方, 这为欧本-伊通屋面系统在轻钢屋面中的应用提供了机遇。

1 欧本-伊通屋面系统简介

欧本-伊通屋面系统组成 (从下到上): 屋面主梁→欧本桁架式檩条→伊通薄型屋面板→柔性防水层。伊通薄型屋面板的厚度一般采用 75, 100mm 两种, 搁置于欧本檩条上采用自攻

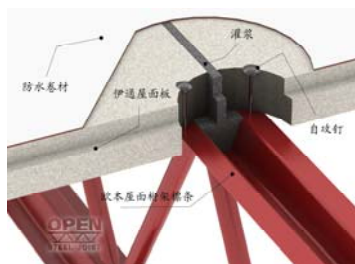


图 1 欧本-伊通屋面系统组成

螺钉连接后灌浆, 欧本檩条标准间距为 1500~3000mm, 根据屋面板的长度调节, 但一般不大于 3000mm。

2 性能分析

2.1 重量比较

由表 1 的比较发现, 75mm 厚的伊通屋面板加上檩条自重, 可以很好地抵消垂直于屋面的风吸力, 和彩钢屋面系统相比抗风能力有着明显的优势。在需要 FM 认证的结构中, 这种优势尤为突出, 同时伊通屋面板系统重量小于 120kg/m², 又能够满足防暴泄压建筑对轻型屋面的要求。

屋面板自重及屋面荷载 表 1

屋面板	计算自重 (kg/m ²)
75mm, 100mm YTONG 屋面板	63, 84
双层彩钢板加 75mm 玻璃棉(16K)保温层	13
垂直于屋面的风荷载标准值 (? kN/m ²)	-77

注: 基本风压按 55 kg/m², 高度变化系数按 1.0, 体型系数取边缘带-1.4。

2.2 防火性能比较

彩钢板几乎不具有防火的功能, 当建筑因防火要求需设置防火分区时, 彩钢屋面板与分隔防火分区防火墙的交接处

处理将会很麻烦, 一般处理是将防火墙延伸出屋面, 或者是将防火墙两侧的屋面用防火材料包裹一定的范围, 这样就给屋面防水及结构又带来麻烦, 同时增加了费用; 而伊通屋面板具有一定的防火功能, 75mm 厚的伊通板耐火极限就能达到 2.82h, 防火墙只要砌至板底即可有效地分隔防火分区。

2.3 保温性能比较

从表 2 对比可知, 同样厚度 (75mm) 时, 保温棉的传热性能比伊通板的好, 热惰性指标则不如伊通板。所以, 可以考虑在夏热冬冷及夏热冬暖地区优先考虑伊通屋面板来替代原彩钢板屋面; 同时, 彩钢板在檩条部位为了固定, 保温棉被挤压, 局部产生了冷热桥效应。以现在较为常用的角驰 III 型彩钢板为例, 假定檩条处每个波峰均打一个固定座, 则产生冷热桥效应的部位将占整个屋面面积的 1% 左右, $K_m = 0.67K(W/m^2 \cdot K)$, 保温性能下降达 10% 左右; 当彩钢板屋面产生渗水, 保温材料吸水以后其保温性能更是大打折扣。而欧本-伊通屋面系统不存在局部挤压、渗水吸水等问题。

保温性能 表 2

保温层名称	干密度 (kg/m ³)	导热系数 $\lambda(W/m \cdot K)$	蓄热系数 $S(W/m^2 \cdot K)$	传热系数 $K(W/m^2 \cdot K)$	热惰性指标 D
矿棉、岩棉、玻璃棉毡	70 以下	0.05	0.58	0.61	0.87
YTONG 板	600	0.19	3.28	1.84	1.29

2.4 屋面防水

彩钢板的采光带、洞口边缘、屋脊、檐口等处因结构、抗风等问题难免要使用螺钉来固定, 而防水通常使用带防水垫圈的螺钉, 一旦橡皮老化或安装不紧密就会产生漏水隐患 (这也是传统的螺钉板被逐步淘汰出市场的一个重要原因); 彩钢板屋面洞口防水也是一个老大难的问题, 屋面洞口防水通常采用配套底座、从屋脊盖通长盖板下来或“德泰”盖片之类的柔性防水, 但当屋面洞口较多、距屋脊较远或排列不规则时, 盖盖板的方法就变得不现实了, 而柔性盖片之类的防水造价又很昂贵, 故经济、施工方便的底座方法是比较常规的做法, 但底座与屋面板的连接处的螺钉、止水胶带、

板与板接触面的平整度以及施工质量等都是屋面漏水的隐患,即使再打上硅胶设防,那也不是长久之计。从大量的实际工程来看,尽管许多施工单位采取各式各样的办法,但洞口漏水依然是一个亟待解决的关键问题。欧本-伊通屋面系统(图2)中,屋面板上采用传统的柔性防水卷材,一般采用国产的即可,节点处理与普通钢筋混凝土屋面一样,可靠度很高,简单经济地解决了彩钢板屋面洞口的防水问题;在需要FM认证的外资项目中,可采用“渗耐”等经过FM认证的防水卷材系统。因彩钢板屋面防水难,在欧美国家已有一种替代的彩钢屋面系统形式(图3),即一种保温、防水倒置的屋面系统。

欧本-伊通屋面系统和这种倒置式屋面系统构成很相像,只是把倒置式屋面系统中的屋面板和保温合二为一了。倒置式屋面系统因很成功地解决了彩钢板屋面防水难的问题,在欧美国家已被普遍采用。在国内,一些外资企业近年开始采用这种倒置式屋面系统(如BOSCH, AT&S等项目),但这种屋面系统因其昂贵的造价,至今在国内未能被广泛采用;欧本-伊通屋面系统既具有这种倒置式屋面的防水、保温的优点,同时造价又不高(与双层彩板加保温屋面的价格差不多或略高)。从屋面防水特点来看,欧本-伊通屋面系统在轻钢结构中应该有着广泛的应用前景。

考虑到排水和抗渗问题,彩钢板屋面的排水坡度一般为1/10~1/20,而欧本-伊通屋面系统防水性能比彩钢板屋面有了很大提高,排水坡度可控制在1/20~1/50左右。按坡长25m计算,排水坡度每下降1%,屋脊和檐口高度之差可减少250mm,从而降低屋面女儿墙高度,这在因建筑美观要求而设有女儿墙的建筑中能有效地降低造价。

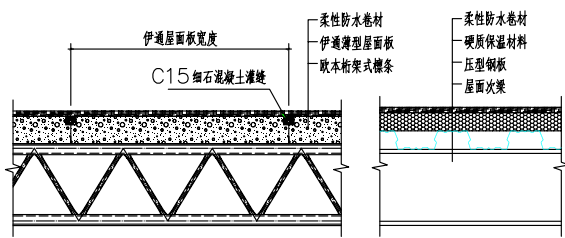


图2 欧本-伊通屋面系统

图3 倒置式屋面系统

2.5 隔声性能

因为隔声性能与单位面积上材料的重量有关,所以从表1可以简单地得出这样的结论:欧本-伊通屋面系统>双层彩板加保温棉>单层彩板加保温。从工程的使用情况来看,彩钢板屋面系统的那种“外面下雨里面敲鼓”的情况在欧本-伊通屋面系统中将会得到有效的解决。

3 施工安装

3.1 施工安装工期

和彩钢板屋面相比,欧本-伊通屋面系统的钢结构部分(包括檩条)的安装是一样的,施工方法及工期都没有区别,不同的是屋面板的安装。如某工程实例:屋面安装面积

1728m²,从进场到退出,工期共10d,其中安装人工105工,辅助工(场内运输等)34工,平均安装速度为12.43m²/工日,比彩钢板屋面的要慢一些。

3.2 伊通屋面板洞口处理

切割加工会降低屋面板的强度。在设计时应充分考虑,尽量使开口位置与屋面板切割位置相吻合,避免对屋面板进行切割加工。见图4。对一些不得不开口的部位,如柱附近等,应严格遵守切割规定:1)屋面板不允许切断;2)需要切割时,切割范围见图5,且开口周围应采取加固措施;3)需要开孔时,不能损坏板内的钢筋,开孔直径限制见图6。

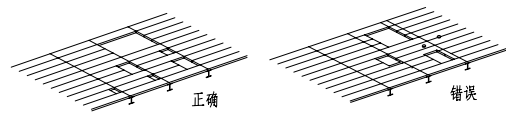


图4 屋面板的切割加工

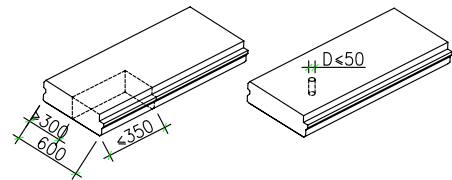


图5 屋面板切割范围

图6 屋面板开孔直径

屋面板受到较大的冲击和振动时,很可能产生局部破损,形成裂缝,这是要避免的。

3.3 欧本-伊通屋面板系统的安装过程

- 1.主钢结构及欧本桁架檩条吊装(与彩钢板屋面类似)
- 2.伊通屋面板的安装

按照伊通屋面板的排版图铺设加气混凝土屋面板,屋面在欧本檩条上的搁置长度为55mm,板间留约40mm的缝隙,以备安装完成后灌浆。屋面板铺设完成后,从板的两边下面(平行于檩条方向)分别测量出桁架上翼缘左右外伸翼缘板的中心线引到板上面,再根据两定位点弹出自攻钉固定线。

屋面板与桁架檩条上翼缘连接采用带有大垫圈的M6.3自攻钉固定。打自攻钉前,顺着固定线方向在自攻钉部位用专用工具磨出一个约15~20mm深的槽,然后在槽中打入自攻螺钉,最后用伊通专用修补材料抹平,这样既保证了屋面的平整,方便以后铺设防水卷材,同时又美观。为防止屋面板在固定中被自攻钉瞬间顶起而引起板的破损,要求打自攻钉时,操作人员应站在另一块板上,不要站在被固定的板上。

3.屋面板铺设安装完成后,需在欧本桁架上弦的间隙及板缝之间灌浆,有必要时可设置拉结钢筋,这样使得欧本檩条上弦和屋面板形成一个整体,整个屋面具有更好的受力性能,见图7。灌浆材料根据设计要求采用细石混凝土或水泥砂浆。灌浆完毕将屋面清理干净以备下道工序的进行。

- 4.铺设屋面防水卷材
- 5.清理屋面,欧本-伊通屋面系统安装完毕

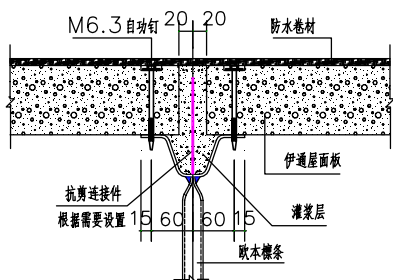


图7 伊通屋面板与欧本檩条连接大样

4 功能及经济性比较

伊通屋面板系统为什么与欧本桁架结合才更加有优势呢?由于伊通板的搁置有一定长度要求,而搭接部位又需要有灌缝处理,欧本桁架上弦150mm的有效宽度及独特的帽型构造,可以与伊通板完美结合。而普通冷弯檩条翼缘太窄无法采用,H型钢太重不经济,因此自重50~100kg/m²的伊通板与欧本桁架结合,钢结构檩条部分的造价几乎不增加。

欧本-伊通屋面系统的结构可采用较大柱距(最大可达20m)的开间,在一些大跨度的项目(如大卖场、仓储等)中,这种做法也有相当突出的应用价值。同时欧本檩条的空腹可以穿设备管线、安装吊挂,从而有效节约室内有效使用高度;欧本檩条的合理受力特点,使其在条件相同的情况下,比传统的檩条(冷弯型钢、高频焊接H型钢等)所承受的吊挂荷载大,这在设备复杂、吊挂较多的建筑中其经济性不言而喻。伊通屋面板板缝以及欧本檩条之间灌浆后,整个屋面可以形成一个有效的整体,具有较好的整体刚度,结构受力更合理,同时对兼做系杆用的檩条有很好的加强作用。

结合某单层轻钢结构厂房工程实例,比较彩钢板和欧本-伊通屋面系统的功能及经济性见表3。该厂房建筑面积50×150=7500m²,建筑檐口高度8m,屋面吊挂荷载0.5kN/m²,基本风压0.55kN/m²,基本雪压0.3kN/m²,地震设防烈度7度(0.1g),III类场地土。传统彩钢板屋面:角驰III型彩钢外板→75mm玻璃棉保温层(16K)→Q900型内板→Z型冷弯型钢屋面檩条(连续搭接)→屋面刚架梁。欧本-伊通屋面系统:柔性防水层→75mm伊通屋面板→欧本桁架檩条→屋面刚架梁。

欧本-伊通屋面与传统彩钢板屋面的功能及经济性比较 表3

项目	彩钢板屋面	欧本-伊通屋面
梁柱用钢量,含抗风柱、墙架柱、节点板(kg/m ²)	15.1	13.6
次构件用量,含支撑、系杆、拉条、隅撑(kg/m ²)	2.0	1.0
屋面檩条用量,Q345(kg/m ²)	4.9	7.85
室内柱网空间(m)	7.5×25	15×25
屋面部分综合单价(元/m ²)	315.5	319.5

欧本-伊通屋面减少了基础数量,但由于增加了屋面自重,基础造价基本持平,具体视地质情况而变。

注:因市场钢材价格波动较大,比较数据仅供参考。数据均采用同济大学MTS软件计算。

由表可见,欧本-伊通屋面系统和双层彩钢板加保温棉系统的造价基本一样,但所获得的室内空间及抗风、隔声、防火、防水等方面的性能要远远好于传统彩钢板屋面系统。

5 结论

欧本-伊通屋面系统适用于跨度较大、尤其是设备复杂、屋面吊挂荷载较大的轻钢结构建筑,包括工业厂房、大卖场、办公楼、仓储式仓库等,能够有效解决传统彩钢板屋面在抗风吸力、隔声、防火、隔热、防水等方面存在的缺陷,因此有着非常大的实用价值和广阔的市场前景。

参考文献

- [1] 轻型钢结构设计指南[M].北京:中国建筑工业出版社.
- [2] 陈明,吴旻.轻钢建筑系统实用手册[M].上海:同济大学出版社.