

建筑用绝热夹芯板结构

—— 金属面和非金属面

查晓雄 著



科学出版社

建筑用绝热夹芯板结构

——金属面和非金属面

查晓雄 著

科 学 出 版 社

北 京

前 言

虽然金属面绝热夹芯板在工程中广泛应用,但具体设计方法和公式没有统一的标准,有的根据国外规定,有的根据实验。2004年,我来到哈尔滨工业大学深圳研究生院从事科研工作,带领几个研究生最早开展的项目就是和深圳赤晓建筑科技有限公司(原深圳赤晓组合房屋有限公司)合作进行“建筑用绝热夹芯板”标准的制定项目。6年来,双方精诚合作,不断探索,从无到有,一发不可收拾。在深圳市科技计划项目和深圳赤晓建筑科技有限公司的支持下,连续开展几十项相关项目的研究,12位毕业生获得硕士学位,涉及金属面(彩钢板、不锈钢板、铝板)、非金属面(OSB和秸秆)、不同芯材(岩棉、聚氨酯、挤塑板、玻璃丝棉、聚苯乙烯、XPS、秸秆板),从材性、构件抗弯承载力、节点、保温隔热、隔音吸声、防火、耐久性、抗冲击等性能进行全面系统的理论和试验研究,取得了一些成果,试验数量近300个。深圳市科技和信息局鉴定成果“绝热金属夹芯板力学及建筑物理性能研究”认为:“该研究项目具有创造性,研究成果达到国内领先水平。”(深科同鉴字[2008]1039号)。成果被《建筑用金属面绝热夹芯板》(GB/T 23932—2009)附录A(均布面荷载作用下简支板的跨中挠度计算公式)采用,达到“国际一致性”水平。另外,企业标准《非金属面绝热用夹芯板》已完成初稿,在编制中。

编者在内容上安排如下:

第1章介绍夹芯板种类和特点、应用及存在的问题;

第2章介绍金属面夹芯板试验研究;

第3章介绍金属面夹芯板统一设计理论和公式;

第4章介绍非金属面结构绝缘板力学性能和设计;

第5章介绍金属面夹芯板节点计算;

第6章介绍金属面夹芯板受弯构件的徐变性能和设计;

第7章介绍金属面夹芯板无损检测方法;

第8章介绍金属面夹芯板的优化分析。

在此由衷地感谢深圳赤晓建筑科技有限公司的大力支持和协助,公司领导和开发人员勇于创新的精神令人难以忘怀。感谢深圳市科技工贸和信息化委员会、深圳市南山区科学技术局、中国绝热节能材料协会的支持,感谢英国伯明翰大学Yang Jian博士的大力支持。

由于作者水平有限,本书难免有不足之处,恳请广大读者批评、指正。

作 者

2010年11月25日

目 录

前言

第 1 章 绪言	1
1.1 简介	1
1.2 夹芯板要求	2
1.3 夹芯板常用种类	3
1.3.1 墙面板	3
1.3.2 屋面板	4
1.4 制造方法	5
1.4.1 面板制造	5
1.4.2 板成型过程	5
1.4.3 泡沫芯材制造	6
1.5 夹芯板材料	7
1.5.1 面层材料	7
1.5.2 芯层材料	12
1.6 夹芯板的破坏模式	20
1.6.1 剪切变形破坏	20
1.6.2 平表面或浅压型金属面层的皱屈	20
1.6.3 深压型金属面层的屈曲	20
1.6.4 芯层受剪(包括粘结受剪)破坏	20
1.6.5 芯层压碎破坏	20
1.6.6 连接件的破坏	20
1.6.7 起泡	21
1.7 应用范围	21
1.7.1 工业建筑——厂房建筑、仓储物流建筑、电厂设施	21
1.7.2 公共建筑——运动场馆、机场建筑、展览场馆、校园建筑、剧院功能场所	22
1.7.3 商业建筑——办公楼、购物中心、商业中心、实验室	23
1.7.4 组合房屋——改建、扩建、加层、活动房等	23
1.7.5 净化工程	25
1.7.6 声屏障	26

1.7.7 太阳能一体化板	28
1.7.8 其他工程	29
1.8 研究现状	30
1.8.1 国外研究现状	30
1.8.2 国内研究现状	39
1.9 相关标准	42
1.9.1 国内相关标准	42
1.9.2 国外相关标准	42
参考文献	42
第2章 金属面夹芯板抗弯承载力试验研究	47
2.1 芯材力学性能试验研究	47
2.1.1 挤塑板材料	47
2.1.2 聚氨酯材料	48
2.1.3 岩棉材料	48
2.1.4 玻璃丝棉材料	48
2.1.5 秸秆板芯材	50
2.1.6 芯材试验总结	54
2.1.7 芯材密度和力学性能的关系试验	55
2.2 彩钢夹芯屋面板抗弯承载力试验——荷载块加载	60
2.2.1 试件方案	60
2.2.2 试验结果及分析	61
2.2.3 试验结论	65
2.3 彩钢夹芯墙面板抗弯承载力试验——荷载块加载	65
2.3.1 试件方案	65
2.3.2 试验结果及分析	65
2.3.3 试验结论	68
2.4 彩钢岩棉屋面板夹芯板抗弯试验——真空加载	68
2.4.1 单跨岩棉屋面板	69
2.4.2 两跨岩棉屋面板	72
2.5 彩钢墙面板夹芯板抗弯试验——真空加载	75
2.5.1 单跨岩棉墙面板	75
2.5.2 两跨岩棉墙面板	79
2.6 彩钢玻璃丝棉屋面板夹芯板抗弯试验	82
2.6.1 单跨玻璃丝棉屋面板	82
2.6.2 两跨玻璃丝棉屋面板	86

2.7 彩钢玻璃丝棉墙面板夹芯板抗弯试验	89
2.7.1 单跨玻璃丝棉墙面板	89
2.7.2 两跨玻璃丝棉墙面板	92
2.8 彩钢复合夹芯板抗弯试验	95
2.9 彩钢复合吸声冲孔板抗弯试验	97
2.9.1 单跨玻璃丝棉冲孔墙面板(50mm厚)	97
2.9.2 单跨玻璃丝棉聚氨酯复合冲孔墙面板(80mm厚)	98
2.9.3 单跨岩棉聚氨酯复合冲孔墙面板(80mm厚)	100
2.10 不锈钢夹芯板抗弯试验研究	102
2.10.1 不锈钢玻璃丝棉夹芯板抗弯试验	102
2.10.2 不锈钢岩棉夹芯板的试验结果和试验现象	105
2.11 铝面夹芯板抗弯试验	109
2.11.1 试验概况	109
2.11.2 铝岩棉夹芯板抗弯试验	110
2.11.3 铝聚氨酯夹芯板抗弯试验	110
2.12 秸秆夹芯板抗弯试验	112
2.12.1 试件情况	112
2.12.2 试验结果	113
2.12.3 试验现象	113
2.12.4 总结	119
2.13 相变材料夹芯板抗弯试验	119
2.13.1 相变芯材压缩试验	119
2.13.2 相变夹芯板抗弯试件情况及试验装置	119
2.13.3 相变夹芯板试验结果	120
2.13.4 总结	123
2.14 结论和展望	123
2.14.1 结论	123
2.14.2 展望	124
第3章 金属面夹芯板统一设计理论的研究	125
3.1 引言	125
3.2 夹芯板结构抗弯承载力的理论研究	125
3.2.1 本章各符号的定义	125
3.2.2 一些基本理论及近似处理	126
3.2.3 均布面荷载作用下简支夹芯板抗弯承载力计算的能量法	129
3.2.4 平面夹芯板计算的微分平衡法	143

3.2.5 压型面板夹芯板的计算微分平衡法	145
3.3 不锈钢夹芯板抗弯承载力研究	151
3.3.1 不锈钢墙面板的研究	151
3.3.2 不锈钢屋面板的研究	156
3.4 铝面夹芯板抗弯承载力研究	162
3.4.1 铝面墙面板的研究	162
3.4.2 铝面屋面板的研究	166
3.5 彩钢-秸秆板抗弯承载力研究	170
3.5.1 秸秆墙面板的研究	170
3.5.2 秸秆墙面板有限元模型介绍	170
3.5.3 秸秆墙面板有限元分析	170
3.6 彩钢-相变夹芯板抗弯承载力研究	172
3.6.1 相变墙面板的研究	172
3.6.2 相变墙面板有限元模型介绍	172
3.6.3 相变墙面板有限元分析	173
3.7 结论和展望	175
参考文献	177
第4章 非金属面结构绝缘板力学性能	178
4.1 引言	178
4.1.1 SIP 定义	178
4.1.2 SIP 特性	179
4.1.3 研究背景和意义	181
4.1.4 国内外研究现状	182
4.1.5 本章主要研究内容	186
4.2 非金属面 SIP 力学性能的试验研究	186
4.2.1 试验研究的内容和原理	186
4.2.2 材性试验	187
4.2.3 非金属面 SIP 抗弯承载力试验	194
4.3 非金属面 SIP 有限元分析	201
4.3.1 导言	201
4.3.2 ABAQUS 有限元分析	201
4.4 非金属面 SIP 力学性能的理论推导	206
4.4.1 导言	206
4.4.2 非金属面 SIP 刚度的影响	206
4.4.3 非金属面 SIP 的挠曲变形	210

4.4.4 非金属面 SIP 最终变形公式	214
4.4.5 理论公式在实际工程中的应用	218
4.4.6 公式计算结果与试验结果对比	222
4.4.7 有限元分析验证剪力分配系数	223
4.5 结论和展望	225
4.5.1 结论	225
4.5.2 展望	226
参考文献	226
第 5 章 金属面夹芯板节点计算	228
5.1 引言	228
5.2 研究现状	230
5.3 金属面岩棉夹芯组合板节点承载力的试验研究	230
5.3.1 屋面板节点抗拉承载力的试验	230
5.3.2 墙面板连接节点抗拉试验	234
5.3.3 墙面板节点抗剪试验	238
5.4 有限元或理论计算	241
5.4.1 金属面夹芯墙面板节点抗拉的有限元分析	241
5.4.2 屋面板节点抗拉的有限元模拟	249
5.4.3 墙面板节点抗剪的有限元模拟	257
5.5 节点设计公式的推导	261
5.5.1 目前实际工程中采用的公式	261
5.5.2 节点承载力力学公式的推导	262
5.6 结论和展望	278
5.6.1 结论	278
5.6.2 展望	278
参考文献	278
第 6 章 金属面夹芯板受弯构件的徐变	280
6.1 引言	280
6.1.1 背景和意义	280
6.1.2 国内外研究现状	280
6.2 夹芯板徐变性能的试验研究	281
6.2.1 导言	281
6.2.2 短期荷载下力学性能试验	281
6.2.3 徐变试验	284
6.3 夹芯板徐变性能的理论研究与有限元分析	287

6.3.1 导言	287
6.3.2 粘弹性模型	288
6.3.3 理论研究	297
6.3.4 有限元分析	299
6.4 结论和展望	305
6.4.1 结论	305
6.4.2 展望	305
参考文献	305
第7章 金属面夹芯板无损检伤	307
7.1 引言	307
7.1.1 无损检测的意义	307
7.1.2 国内外研究现状	307
7.2 夹芯板超声波无损检伤的研究	311
7.2.1 导言	311
7.2.2 超声波探伤基本理论	317
7.2.3 小波分析基本理论	322
7.3 结合小波分析的夹芯板超声波检伤试验	332
7.3.1 导言	332
7.3.2 试验概况	332
7.3.3 试验现象及试验结果分析	334
7.4 结论和展望	341
7.4.1 结论	341
7.4.2 展望	341
参考文献	341
第8章 金属面夹芯板的优化分析	344
8.1 引言	344
8.2 研究现状	344
8.2.1 结构优化发展的历史回顾	344
8.2.2 钢结构优化设计方法的研究现状	346
8.3 优化设计原理和步骤	347
8.3.1 优化设计原理	347
8.3.2 优化设计步骤	348
8.4 夹芯板力学有限元模型	348
8.4.1 力学模型的建立	348
8.4.2 材料的本构关系	349

8.4.3 几何模型和单元划分	349
8.4.4 加载及边界的实现	350
8.5 夹芯板正常设计时的力学分析	351
8.5.1 冲孔吸音岩棉聚氨酯夹芯板应力分析	351
8.5.2 其他各种夹芯板受力分析计算结果	353
8.6 夹芯板优化计算模型	355
8.6.1 设计变量及目标函数	355
8.6.2 约束条件	356
8.6.3 收敛判断准则	356
8.7 夹芯板优化计算结果	356
8.7.1 冲孔吸音岩棉聚氨酯夹芯板的优化计算结果	356
8.7.2 其他各种夹芯板的优化计算结果	359
8.8 结论和展望	365
8.8.1 结论	365
8.8.2 展望	365
参考文献	365

第 1 章 绪 言

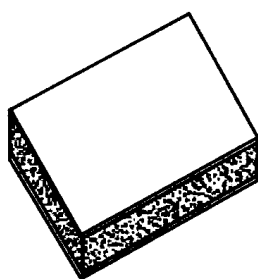
1.1 简 介

夹层构造最早主要应用于航空领域^[1],并在 1969 年美国的宇宙飞船登陆月球中发挥了关键作用。20 世纪 60 年代,夹层技术在其他领域的应用逐渐增多,如建筑、冷库、汽车、船舶等,从而拉开了夹层预制技术多元化应用时代的序幕。

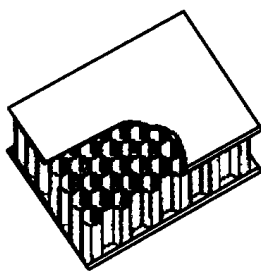
夹芯板是以上下二层较薄的高强材料为面层,以在垂直于面板方向有足够刚度的较厚轻质材料为芯材,采用一定的成型工艺将二者组合成整体的板材。因此,夹芯板具有轻质、高强度和刚度的天然优点。

根据不同用途,夹芯板可选用不同的面层和芯材组成多种夹芯板。面层材料可以采用钢板、铝板、木板、纤维增强塑料板甚至混凝土板等;芯层材料可以采用软木、固体塑性材料(聚乙烯)、硬质泡沫材料(聚氨酯、挤塑板、聚苯乙烯、酚醛泡沫)、矿物棉材料(岩棉、玻璃丝棉)、金属及纸质蜂窝状材料等。图 1-1 为三种夹芯板结构类型:

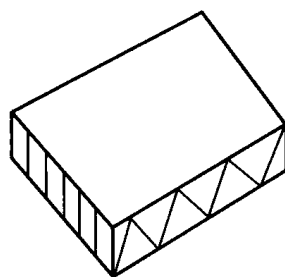
- 发泡塑性芯材夹芯板;
- 蜂窝芯材夹芯板;
- 矿物棉芯材夹芯板。



(a) 发泡塑性芯材



(b) 蜂窝芯材



(c) 矿物棉芯材

图 1-1 夹芯板结构

在各种情况下,面板可以是彩色涂层钢、铝或非金属,如胶合板、玻璃增强塑料。

这种将不同材料组合成复合板的做法可以满足特殊应用的优化设计。在复合

板中,每种材料的优点得以体现,而缺点则有所限制。例如,具有良好的隔热性能塑性泡沫材料及矿物棉材料只有在防漏水和扩散的面层保护下才能不遭受潮气的侵蚀;然而,压力作用下的薄壁金属层强度和刚度只有在芯材的支撑下才能被充分利用。

本书主要集中于对应用日益广泛的建筑维护结构的研究。采用钢板或铝板做面板,低密度塑料或矿物棉做芯层制作而成的夹芯板具有显著的组合优点,使得其成为墙板和屋板的理想材料。夹芯板中金属面板承受荷载,保护芯层避免机械损伤,防止风化,阻止水与蒸汽侵蚀芯材;而芯材将上下两板粘结成整体,同时具有隔热隔声的作用。因此,组合夹芯板的显著优点如下:

- 轻质高强;
- 良好的隔热性能;
- 不透水和蒸汽;
- 良好的密封性;
- 表面板能有效地阻止天气和恶劣环境的侵蚀;
- 建造快捷,无需起重设备;利于恶劣环境安装;
- 损坏时易修复更换;
- 维护费用低,使用寿命长;
- 矿物棉夹芯板具有良好耐火性。

当然,夹芯板也存在一定的缺点。例如:

- 硬质塑料泡沫芯材夹芯板的耐火性差;
- 单面受热时易变形,如在强烈阳光下;
- 热容低。

用于墙面或屋面的建筑用夹芯板,其内外面板通常为平表面或压型金属板,芯层相对强度较低且具有适当的刚度和隔热性能。在预期工作寿命内,面板与芯层必须组合成整体来共同承受荷载。可通过发泡工艺流水线,分别粘结或机械固定使两者结合。

1.2 夹芯板要求

与在航空和汽车领域的应用相比,建筑业更注重夹芯板的性价比。以下条款是从安全性、适用性、耐久性和观赏性的角度,对夹芯板基本功能的要求。

- 安全性要求主要针对各项工作。
 - 装配、运输、安装和使用中的稳定性;
 - 承受温度影响产生的变形能力,尤其是单面暴露于阳光下;
 - 足够的耐火性。

- 适用性要求注重使用中的板性能。
 - 面板与节点要能阻止水、雪、空气和灰尘渗透；
 - 充分的隔热能力；
 - 足够的蓄热能力；
 - 抵御湿气凝结的能力；
 - 良好的隔声效果。
- 耐久性要求主要确保预定时间内板的性能稳定。
 - 抵御长期气候影响；
 - 抵御恶劣环境的侵蚀；
 - 芯材及粘结的耐退化性能；
 - 各种颜色涂层的稳定性。
- 美学要求集中于整个建筑物的外观效果。
 - 几何公差,包括板面的平整度等；
 - 颜色变化。

另外,还应满足下面的建造要求:

- 截面尺寸应适合材料；
- 节点应简单,便于快速安装；
- 固定于支撑结构的连接应安全可靠；
- 采用的不同板型个数尽量少；
- 运输简单,并在施工过程中不需要起重设备；
- 便于在现场采用常用工具处理。

1.3 夹芯板常用种类

1.3.1 墙面板

图 1-2 和图 1-3 为两种典型的墙面板截面形式。金属面板非常薄,钢板最小厚度约为 0.5mm,铝板约为 0.7mm。板宽度通常为 600~1200mm。图 1-2 中,在金属面轧制 1~4mm 深的纵向加劲肋来增强面板刚度,与芯材组合成浅压型夹芯板。对于浅压型夹芯板,有以下几个特点:

- 增加了面板刚度,从而增强了抵抗局部屈曲的能力,意味着承载力的提高；
- 浅的压型条纹板使建筑物有较好的外观,可达到特殊的建筑效果；
- 在板件边缘沿长度方向的折叠,对相邻板的侧向搭接是有必要的。

相邻板件侧向搭接的设计对各种形状板真实性能影响很大。如图 1-2 所示的舌槽式节点最常用,该节点中将金属板边缘向后折回到芯材里面,避免了钢板间的

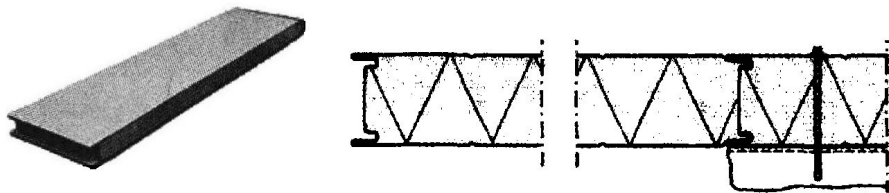


图 1-2 典型的浅压型墙面板截面形状

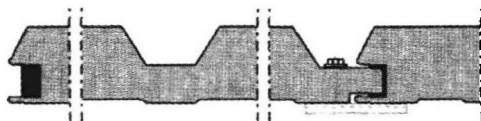


图 1-3 典型的深压型墙面板截面形状

冷桥效应。在槽端用软的密封剂,这样,在安装过程中,当相邻的舌端插入时就会压实接缝,从而达到防水、不透气的效果。自攻螺钉穿透上下钢板连接到支撑结构上。

图 1-3 是第一种形式的改变形状,其中一个面板有较深压型加强。

图 1-2 中特殊的边缘设计使相邻板紧密搭接。通过螺钉或夹片将板固定到支撑结构上,不需要侧向固定装置。另外,还需要密封条。

图 1-2 为满足耐火要求的矿物棉夹芯板。为了增强芯材在垂直于面板方向的强度,矿物棉的纤维垂直于面板,并与板相粘接。该类型中,80mm 厚的夹芯板具有 90min 的耐火时间,这使得其能满足有高度防火要求的多层建筑。

1.3.2 屋面板

屋面板通常有一侧深压型面板。这是因为屋面板要承受荷载,尤其是自重及雪荷载,均要由深压型面板来承担。考虑其应力和应变,近几年才在设计中应用有芯材徐变效应的多跨深压型夹芯板。

由于在安装和维修过程中,会有人在屋面夹芯板上走动,因此其外层钢板通常比墙面板的要厚。图 1-4 为典型的屋面夹芯板。

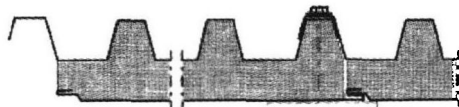


图 1-4 典型的屋面夹芯板截面形状

如图 1-4 所示,纵向节点搭接方式与传统的梯形深压板相似。根据不同的用途,采用合理的密封技术以消除施工和制造的误差。在 0.5~1.0m 中心处,用螺

钉或铆钉穿透重叠钢板进行搭接固定。采用自攻螺钉穿过肋的上边缘将板固定到支撑结构上。近些年来,在下边缘采用螺钉及密封圈固定的应用也日益增多。

1.4 制造方法

目前夹芯板的制造有多种方法,可从以下几个方面考虑其经济性^[1]。

- 板的几何设计。
 - 面板形状(平表面,浅压型或深压型);
 - 是否需要在所有四边成型或只在沿长度的两边;
 - 非金属边缘构件的处理;
 - 板的尺寸。
- 基本材料。
 - 面料是否合适;
 - 芯材采用预制或现场发泡。
- 生产质量和产品数量变化。
 - 需要的板的数量和时间;
 - 生产线的数量;
 - 芯材厚度的数量。

另外,夹芯板的技术相对较新,还在进一步的研究和发展中。新材料的出现,也需要新的生产技术。夹芯板的制造包括面板制造、板成型过程、泡沫芯材制造。

1.4.1 面板制造

夹芯板的金属面板可按冷成型截面加工方式来制作。如果只需沿长度方向折叠,可采用滚轧成型技术。在四边均折叠时,可采用深压技术。

1.4.2 板成型过程

芯层的成型方式有两种,即:

(1) 在封闭的模型中预制成型,并采用适宜的粘结剂将其与金属板粘结成整体,该方法适用于聚苯乙烯或矿物纤维,且所选的粘结剂应考虑到材料的成分及生产过程。

(2) 在面层板和边缘细节构造组成的空间里直接发泡硬质塑性材料。

面板与芯层的粘结方式也有两种,即:

(1) 将胶体溶剂喷涂或抹刷在粘结面,经过短时间干燥,将两者压成整体。适量的溶剂会得到较好的初始粘结强度,轻微的压力及适宜的温度可以缩短硬化时间。该方法简单方便,缺点就是粘结物的位置不能移动,因此,需谨慎操作。

(2) 将制作环氧树脂或聚氨酯的两种成分在现场按比例混合在一起,经过一段时间后,它们发生反应,并迅速硬化,混合物自动粘结在面板上。该方法的优点是发泡过程中可以移动各自位置,缺点是必须在压力下保持一段时间。

1.4.3 泡沫芯材制造

正是由于泡沫材料的出现,夹芯板的应用才在近年来日益增多。泡沫具有绝热性能,并能直接发泡与面板粘结。最基本的泡沫材料是聚氨酯。

这种类型的泡沫是将两种液体成分和某些催化剂及流动液体混合在一起。在混合的过程中,各种成分发生化学反应,生成泡沫并硬化,自动粘结,牢固附着在面层上。

各种不同成分的比例及催化剂决定泡沫的密度、刚度和其他力学性能及反应中各个阶段的时间。各种不同的化学配方,随着试验的进行而不断调整。各种不同的生产技术与专门的机器相关。发泡模具中,下层钢板放在模具的底部,上层钢板固定在垫片上。简单的发泡模具通常有一个固体底部框架,一个盖子与框架相夹持,它们在发泡过程中施加压力。

在发泡前,将需要的边界外形放在模具中,通过在模具侧面的喷口将泡沫喷入槽,这个操作通常只需要几分钟。发泡后,将板留在模具中 40min,然后移走,准备另一块板。该方法的优点是能用于复杂形状的制造,缺点是相对较慢。

采用连续的自动泡沫流水线来批量生产,生产过程如图 1-5 所示。首先,将两块金属条从线圈上扯开,并通过辊轧成型机使钢板的面板和边缘外形满足要求;其次,加热至指定温度以便于化学反应及粘结;再次,将泡沫喷入模具中,并在压力下成型;最后,冷却,按照要求切割不同长度。图 1-6 为生产过程示意图。

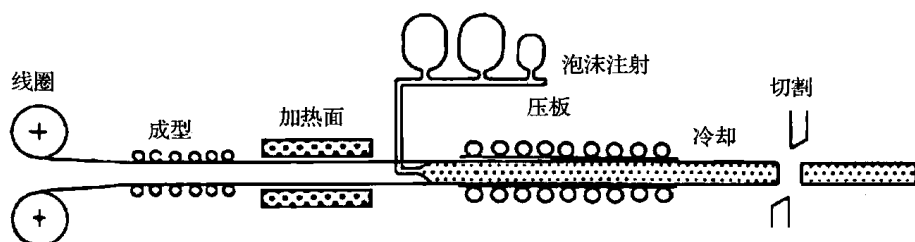


图 1-5 连续泡沫生产线

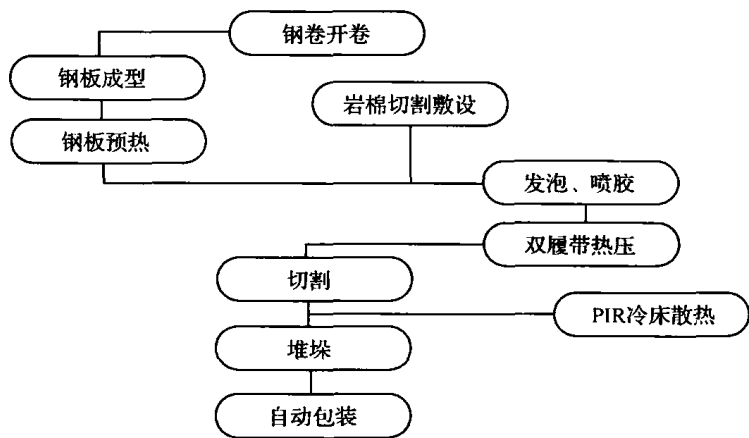


图 1-6 生产过程示意图

1.5 夹芯板材料

用于建筑维护结构的夹芯板,设计时需要考虑其力学性能、建筑物理、耐久性、生产及经济效益。夹芯板可以工厂预制,产品形状相对确定,因此设备变化也较少。用于房屋建筑中的墙板和屋面板,通常采用薄金属板做面板,硬质泡沫芯材或矿物棉做芯层。

1.5.1 面层材料

面层材料一般为强度高而薄的金属,能够满足辊轧、弯曲成型等生产要求;具备抗风、防水、防蒸汽等密闭功能要求,同时要满足抗腐蚀及防火要求;在结构方面要具有一定的承载力,能够承受局部荷载;在构造方面应便于板件边缘的连接及轮廓挤压成型;在建筑方面能够提供较好的外观效果。通常,钢板与铝板是较多的选择。金属面从线圈滚出,很容易在连续生产流水线中辊轧成异性截面。

1. 彩钢板

钢板是最常用的面板材料。通常,金属板表面要镀有机涂层才能使用,而且有机涂层板不能没有耐腐蚀层的保护。首先在钢板自身镀耐腐蚀层,然后再进行冷轧加工。最常用的就是热浸镀纯锌处理,同时锌铝或铝锌合金也适用于钢板。单单镀锌层通常不能提供足够的耐腐蚀性能,并且美观性差。同时,芯层与金属面的粘结也很难保证。因此,通常会添加额外的有机涂层,来避免金属层的机械和化学磨损。钢板的厚度一般为 0.4~1.5mm。

在夹芯板建筑中,钢板的屈服强度并不是关键指标,因为夹芯板的承载力通常