

China's Rural Green Disaster Rapid Construction Technology in Building

Zili Zhuang¹, Zhiwei Miao², Hongyuan Zhai³, Siben Zhang³

¹Harbin Hongsheng Group Real Estate Development Company, Harbin

²Harbin Dongan Architectural Engineering Co., Harbin

³Harbin Hongsheng Building Retrench Energy System R&D Center, Harbin
Email: hongshengwt@yahoo.com.cn

Received: Dec. 9th, 2013; revised: Jan. 6th, 2014; accepted: Jan. 16th, 2014

Copyright © 2014 Zili Zhuang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Zili Zhuang et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: This paper is guided by the idea of inheriting, innovating and developing construction technology of the green rural housing and the rule of “four savings (*i.e.*, energy saving, material saving, water saving, land saving) and one environmental protection”, in order to improve the seismic capacity, energy efficiency standards, life cycle and factorization level of rural housing; and meanwhile, to guide the field into the developing direction of eliminating backward production capacity and technology, replacing clay bricks, effectively protecting land resources, shortening the period of house construction, reducing the cost of house construction, saving labor and reducing labor intensity and relying on national housing industrialization base; therefore, combining our own country's intellectual property EPS module organic and traditional concrete wall structure, so as to fulfill the integration of the insulation and template, and of thermal insulation and structural, also making the EPS module insulation layer and concrete structure share same lifespan, so that it provides a solid technical support for the construction of the seismic and energy-efficient rural green house and crop greenhouse for our country to implement “performance program of green constructing” of the national Development and Reform Commission and the Ministry of Housing, achieving scientific and technologic innovation focusing on proprietary technology, building material, engineering practice and construction standard.

Keywords: Inheritance, Innovation and Development; Construction Technologies of Ecological Residential Buildings; EPS Modules; Action of Ecological Residential Buildings

我国农村绿色抗灾房屋快速建造技术

庄子粒¹, 苗智伟², 翟洪远³, 张司本³

¹哈尔滨鸿盛房地产开发集团公司, 哈尔滨

²哈尔滨东安建筑工程有限公司, 哈尔滨

³哈尔滨鸿盛房屋节能体系研发中心, 哈尔滨
Email: hongshengwt@yahoo.com.cn

收稿日期: 2013 年 12 月 9 日; 修回日期: 2014 年 1 月 6 日; 录用日期: 2014 年 1 月 16 日

摘 要: 本文以传承、创新和发展我国农村绿色房屋建造技术和“四节一环保”为统领, 以提高我国农村房屋的抗灾能力(地震、火灾、水灾、风灾)、节能标准、生命周期和工厂化水平为目的, 以淘汰落后产能与技术、取代粘土砖、有效保护土地资源、缩短房屋施工工期、降低房屋建造成本、节省劳动力及减轻工人劳动强度为发展方向, 以国家住宅产业化基地为依托, 将具有我国自主知识产权的 EPS 模块与传统混凝土墙体结构有机结合, 实现了保温与模板一体化、保温与结构一体化, 做到了 EPS 模块保温层与混凝土结构同寿命, 为我国农村建造既抗灾又节能的绿色房屋和农作物温室、为贯彻实施国家发改委和住建部的“绿色建筑行动方案”提供了坚实

的技术支撑。走出了一条从专利技术 - 建筑部品 - 工程实践 - 建设标准这一科技创新之路。

关键词：传承创新和发展；绿色房屋建造技术；EPS 模块；绿色建筑行动方案

1. 绪论

2013 年 1 月 1 日，国务院办公厅关于转发国家发展改革委和住房城乡建设部绿色建筑行动方案的通知《国办发(2013)1 号》，其中“十二五”期间，实施农村危房改造节能示范房屋 40 万套。如何打造这 40 万套节能示范房屋？这就呼唤新型既抗灾又节能的农村绿色房屋建造技术尽快面世，为我国农村危房节能改造项目起到建设科技导向作用，为“为绿色建筑行动方案”提供技术支撑。但目前，农村多层和低层房屋的墙体材料基本上还是以粘土砖为主，小型空心砌块为辅，建造技术基本还是传统的组砌工艺，近年来，也涌现出一些新型墙体材料(块材和板材)，但大都因技术性能尚存缺欠、节点构造不合理、耐久性差、配套技术及相关标准不健全等因素，至今在农村房屋建造技术上没有大的、革命性突破，所建造的房屋既不耐震又不节能。稍遇突发性自然灾害(水灾和地震)，出现的人身伤亡大几乎都是因为房屋倒塌所致。还有在粘土砖的生产与使用方面，虽然国务院、住建部和地方政府曾多次出台文件保护生态和土地资源，减少排放，淘汰落后产能，禁止使用粘土砖。但由于没有一套完整的既抗灾又节能的新型农村房屋建造成套技术出台，粘土砖的生产和使用在一些中小城市特别是乡镇屡禁不止，有的甚至越禁越多，很多地区为了应付上级的“禁实”检查，将粘土实心砖扎上几个透眼，摇身一变即成了所谓的新材料(多孔砖)。

建筑市场需求就是科研单位的研发方向，哈尔滨鸿盛房屋节能体系研发中心会同省内外科研院所和相关专家，将抗灾能力强的混凝土剪力墙结构和保温隔热性能稳定的 EPS 模块有机结合，运用理论计算与计算机仿真模拟试验相结合的研究方法，采集了大量可靠技术数据，对主要研究成果进行综合分析和论证，研发并生产出了具有我国自主知识产权与混凝土剪力墙结构融为一体的 EPS 模块，最终形成了 EPS 模块混凝土剪力墙结构体系，并制定了相关的地方标准。该体系已在我国黑龙江省、吉林省、宁夏自治区、北京、内蒙得到广泛应用，并取得了良好的经济效益和

社会效益，深受用户的好评，发展前景十分广阔。

2. 研发背景

2.1. 我国农村房屋现状

我国村镇住宅大多是以砖木结构、砖混结构为主的高能耗房屋，其中墙体有 50% 以上是采用砂土砌筑，房屋结构抵御突发事件的能力极差(水灾和地震)，如图



Traditional architecture 1
传统结构建筑 1



Traditional architecture 2
传统结构建筑图 2



Traditional architecture 3
传统结构建筑 3

2.2. 地震灾害造成房屋倒塌现状

2008 年 5 月 12 日四川汶川、2010 年青海玉树、2011 年云南、2012 年 6 月 30 日新疆伊犁、2013 年 4

月 20 日四川省雅安市芦山县，这些区域遭受地震灾害后倒塌房屋大都是组砌墙体或是框架填充的砌块墙体，因房屋倒塌造成人员伤亡和财产损失，如图



Ruined house after the earthquake 1
地震后倒塌的房屋 1



Ruined house after the earthquake 2
地震后倒塌的房屋 2



Ruined house after the earthquake 3
地震后倒塌的房屋 3

2.3. 洪水灾害造成房屋倒塌现状

2010 年 8 月，吉林省延边朝鲜族自治州安图县两江镇遭受洪水袭击，有 80% 以上居民的房屋被洪水冲毁，这些毁坏的房屋大都是组砌墙体结构，如图



After the flood house 1
水灾后倒塌的房屋 1



After the flood house 2
水灾后倒塌的房屋 2



After the flood house 3
水灾后倒塌的房屋 3

2.4. 我国农村房屋建造渴望得到新型绿色房屋建造技术

为什么这些灾害一般不会发生在大城市，大都只会发生在农村呢？为什么在冬季采暖季节，村庄上空烟雾环绕，雾霾天气不只是发生在城市，Pm2.5 超标村镇也在其中。这足以说明，我国农村房屋建造技术急需由原始的土草、砖木和砖混结构体系向新型复合建筑结构体系转化，由传统的高能耗、结构抗灾能力差向超低能耗、结构抗灾能力强的房屋建造技术升级。所以，村镇建设正在呼唤取代粘土砖的、节能标准高的、结构抗灾能力强的、耐久年限长的、建造成本低的、施工速度快的、节省劳动力的、建筑结构与保温一体化的新型绿色建筑结构体系和相应的工程建设标准，为我国小城镇开发建设、村镇泥草房改造、农用温室和在地震裂度 ≥ 8 度地区建造多层、低层房屋和高档别墅提供技术支撑。

3. EPS 模块混凝土剪力墙结构体系房屋建造技术

3.1. EPS 模块和 EPS 模块混凝土剪力墙结构定义

3.1.1. EPS 模块

EPS 模块是由可发性聚苯乙烯珠粒经加热发泡后，

按节能标准、建筑构造、结构体系和施工工艺的需求,通过专用设备和模具将可发性聚苯乙烯珠粒加热成型而制得的具有闭孔结构、不同种类、不同规格、不同外观形状和外表面铸印有制造企业的商标标识的聚苯乙烯泡沫塑料型材或构件。

3.1.2. EPS 模块混凝土剪力墙结构

EPS 模块混凝土剪力墙结构体系是将工厂标准化生产的 EPS 墙体空腔模块经积木式错缝插接拼装成空腔模块墙体,在其内按设计要求置入钢筋,经垂直度校正后,浇筑混凝土,混凝土硬化后,拆除垂直支撑,模块内表面燕尾槽与混凝土、外表面燕尾槽与 20 mm 厚抹面层形成机械咬合,由此所构成的保温承重一体化的房屋建筑结构组合。

3.2. EPS 模块的种类规格形状用途

3.2.1. EPS 墙体空腔模块(简称模块)

1) 直板墙体空腔模块和楼面直板墙体空腔模块
直板墙体空腔模块

规格 1(mm): $900 \times 250 \times 300$ 和 $900 \times 280 \times 300$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

形状:模块呈矩形;内外表面按一定模数设有均匀分布的燕尾槽,四周边有矩形企口,在上下企口位置每间隔 150 mm 有一定位卡,其位置与上下交错设置的芯肋对应;内外两侧壁厚均为 60 mm;当宽度为 250 mm 时,两侧壁净间距 130 mm,芯肋上部边缘有一道半圆形钢筋限位槽;当宽度为 280 mm 时,两侧壁净间距 160 mm,芯肋的材质变化为 2 mm 厚 ABS,其上部有 3 道半圆形钢筋限位槽;外表面铸印有制造企业的商标标识,图 1。

规格 2(mm): $600 \times 250 \times 300$ 和 $600 \times 280 \times 300$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

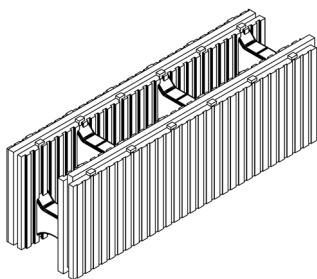


Figure 1. Monoblock modules
图 1. 直板模块

形状:模块除长度变化外,其它与规格 1 相同,图 2。

规格 3(mm): $300 \times 250 \times 300$ 和 $300 \times 280 \times 300$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

形状:模块除长度变化外,其它与规格 1 相同,图 3。

用途:均用于房屋外墙。

规格 4(mm): 900×250 和 900×280 (长 $\times$ 宽),外侧壁高 300,内侧壁高 180。

用途:仅用于外墙顶端与现浇混凝土楼面板下交接处。

形状:模块除芯肋的间距变化为 300 mm、芯肋的材质变化为 2 mm 厚 ABS,内侧壁的高度由 300 mm 变化为 180 mm 和上表面企口取消外,其它与规格 1 相同,图 4。

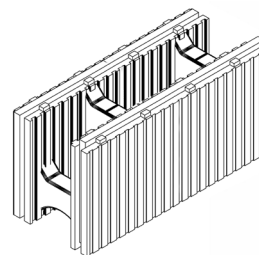


Figure 2. Monoblock modules
图 2. 直板模块

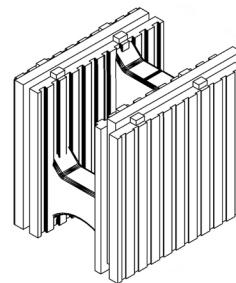


Figure 3. Monoblock modules
图 3. 直板模块

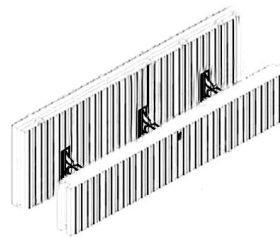


Figure 4. Floor plate module
图 4. 楼面直板模块

规格 5(mm): 300×250 和 300×280 (长 $\times$ 宽), 外侧壁高 300, 内侧壁高 180。

仅用于外墙顶端与现浇混凝土楼面板下交接处。

形状: 模块除长度变化外, 其它与规格 4 相同, 图 5。

规格 6(mm): $900 \times 250 \times 180$ 和 $900 \times 280 \times 180$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高), 用于内墙与现浇混凝土楼面板交接处。

形状: 模块除高度变化和模块芯肋的间距加宽为 300 mm、厚度减薄为 2 mm、材质由 EPS 变化为 ABS, 上表面企口取消外, 其它与规格 1 相同, 图 6。

规格 7(mm): $300 \times 250 \times 180$ 和 $300 \times 280 \times 180$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高), 用于内墙与现浇混凝土楼面板交接处。

形状: 模块除长度变化外, 其它与规格 6 相同, 图 7。

用途: 均用于房屋外墙和承重内墙。

2) 直角墙体空腔模块和楼面直角墙体空腔模块

规格 1(mm): 大角外边长 725, 宽 250 和 280, 高 300。

形状: 模块呈等边直角形, 内外表面按一定模数有均匀分布的燕尾槽, 四周边有矩形企口, 在上下企口位置每间隔 150 有一定位卡, 其位置与上下交错设

置的芯肋对应; 内外两侧壁厚均为 60; 当宽度为 250 时, 两侧壁净间距 130, 芯肋上部边缘上有一道半圆形钢筋限位槽; 当宽度为 280 时, 两侧壁净间距 160, 芯肋的材质由 EPS 变化为 ABS, 其上部有 3 道半圆形钢筋限位槽(阴角和阳角通用); 外表面铸印有制造企业的商标标识, 图 8。

规格 2(mm): 小角外边长 425, 宽 250 和 280, 高 300。

形状: 模块除直角边长变化外, 其它与规格 1 相同, 图 9。

用途: 均用于房屋外墙。

规格 3(mm): 直角边长 425, 宽 250 和 280, 外

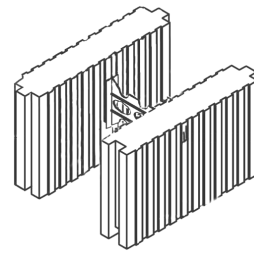


Figure 7. Floor plate module
图 7. 楼面直板模块

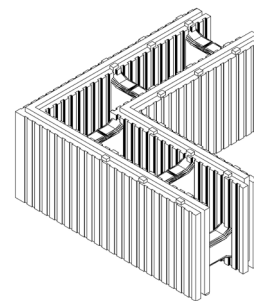


Figure 8. Right angle module
图 8. 直角模块

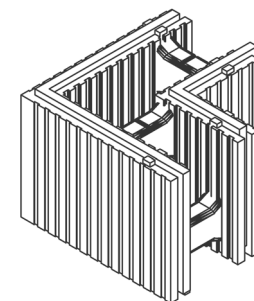


Figure 9. Right angle module
图 9. 直角模块

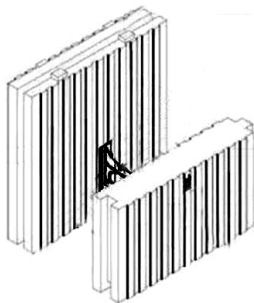


Figure 5. Floor plate module
图 5. 楼面直板模块

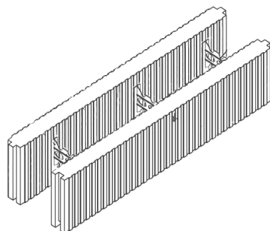


Figure 6. Floor plate module
图 6. 楼面直板模块

侧壁高 300，内侧壁高 180，用于外墙与现浇混凝土楼面板的阳角处。

形状：模块除内外侧壁的高度变化外，其它与规格 2 相同，图 10。

规格 4(mm)：直角边长 425，宽 250 和 280，外侧壁高 180，内侧壁高 300。

用途：用于外墙与现浇混凝土楼面板的阴角处。

形状：模块除内外侧壁的高度变化外，其它与规格 3 相同，如图 11。

用途：均用于房屋外墙。

3) T 形墙体空腔模块和楼面 T 形墙体空腔模块

规格 1(mm)：大 T 形墙体空腔模块横向边长 1200、竖向边长 175，宽 250 和 280，高 300，用于外墙与内墙的交接处。

形状：模块呈直角 T 形，内外表面按一定模数有均匀分布的燕尾槽，外表面标注企业标识，四周边有矩形企口，在上下企口位置每间隔 150 有一定位卡，其位置与上下交错设置的芯肋对应，内外两侧壁厚均为 60；当宽度为 250 时，两侧壁净间距 130，芯肋上部边缘上有一道半圆形钢筋限位槽；当宽度为 280 时，两侧壁净间距 160，芯肋的材质由 EPS 变化为 ABS，其上部边缘上有 3 道半圆形钢筋限位槽，图 12。

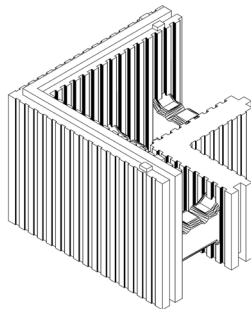


Figure 10. Right angle module
图 10. 直角模块

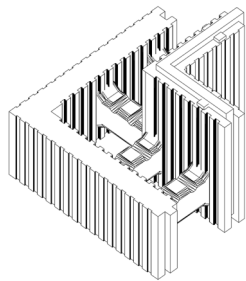


Figure 11. Right angle module
图 11. 直角模块

规格 2(mm)：小 T 形墙体空腔模块横向边长 600、竖向边长 175，宽 250 和 280，高 300。

形状：模块除边长变化外，其它与规格 2 相同，图 13。

规格 3(mm)：楼面 T 形墙体空腔模块横向边长 600、竖向边长 175，宽 250 和 280，外侧壁高 300，内侧壁高 180。形状：模块除竖向边长减短 300 mm 和芯肋的厚度减薄为 2 mm、材质由 EPS 变化为 ABS 外，其它与规格 2 相同，图 14。

用途：用于外墙与内墙和外墙现浇混凝土楼面板的交接处。

4) 扶壁柱墙体空腔模块(左、右撇扶壁柱)和柱头模块

规格 1(mm)：模块横向边长 900，高 300，当厚度分别是 250 和 280 时，扶壁柱的截面尺寸分别是 300 × 370 和 300 × 400，用于混凝土内框架结构等。

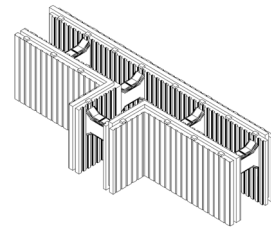


Figure 12. T module
图 12. T 型模块

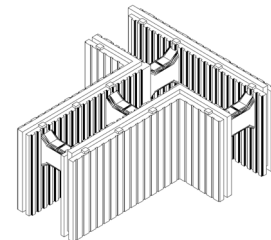


Figure 13. T module
图 13. T 型模块

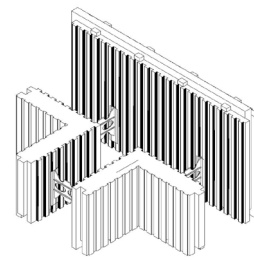


Figure 14. T module
图 14. T 型模块

形状：模块呈不等边直角 T 形；按边长分左撇和右撇，左撇短边长 90 mm，长边长 390 mm，右撇反之，内外表面按一定模数有均匀分布的燕尾槽；周边有矩形企口，在上下企口位置每间隔 150 mm 有一定位卡，其位置与上下交错设置的芯肋对应，芯肋上部边缘有 3 道半圆形钢筋限位槽；内外两侧壁厚均为 60 mm；当宽度为 250 mm 时，两侧壁净间距 130 mm；当宽度为 280 mm 时，两侧壁净间距 160 mm，外表面铸印有制造企业的商标标识，图 15 和 16。

规格 2(mm)：扶壁柱柱头模块横向边长 600，竖向边长 520，宽 250 和 280，高 300，用于现浇混凝土梁柱的交接处。

形状：模块呈直角 T 形，柱端头内侧全部豁开，在柱腔内有一道连接芯肋，外侧壁高 300、内侧壁高 180，其它均与扶壁柱模块相同，图 17。

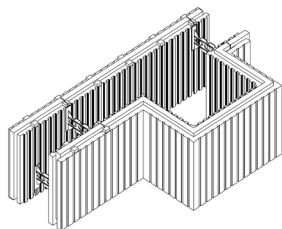


Figure 15. Counterfort column module
图 15. 扶壁柱模块

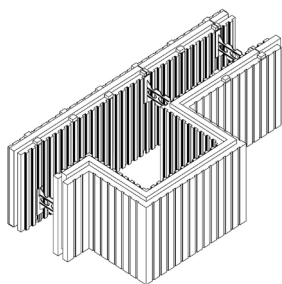


Figure 16. Counterfort column module
图 16. 扶壁柱模块

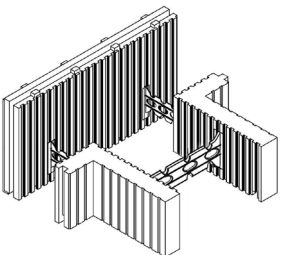


Figure 17. Counterfort column module
图 17. 扶壁柱模块

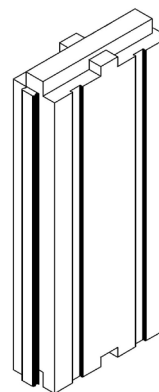
用途：用于大开间房屋外墙和农用温室墙体等。

5) 门窗口封头模块

1 规格(mm)：300 × 130 × 40 和 300 × 160 × 40(高 × 宽 × 厚)。

2 模块呈矩形，内外表面按一定模数有均匀分布的燕尾槽，上下有矩形企口，左右有与墙体空腔模块对应的燕尾槽，外表面铸印有制造企业的商标标识，如图。

用途：用于内外墙的门窗口处。



Door, window plugging module
门窗口封头模块

6) 外弧形墙体空腔模块

规格(mm)：模块弧长和矢高由环形建筑的直径确定，宽 250 和 280，高 300。主要用于建造蒙古包和地下沼气池。

形状：模块呈圆弧形，内外表面按一定模数有均匀分布的燕尾槽，外表面标注企业标识，四周边有矩形企口，在上下企口位置按一定均匀间隔设有定位卡，其位置与上下交错设置的芯肋对应，内外两侧壁厚均为 60；当宽度为 250 时，两侧壁净间距 130，芯肋上部边缘上有一道半圆形钢筋限位槽；当宽度为 280 时，两侧壁净间距 160，芯肋上部有 3 道半圆形钢筋限位槽，图 18。

用途：主要用于建造蒙古包和地下沼气池。

7) 直板形企口防护条模块

规格(mm)：模块长 900、高 70、厚 60。

形状：模块呈直板形，上口为楔形，下口为矩形，并设有与直板空腔模块和直角空腔模块的上端企口能够密闭插接的凹槽，图 19。

用途：用于模块顶端的企口防护。

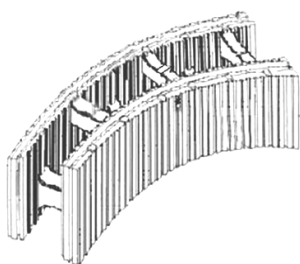


Figure 18. The outer arc wall module
图 18. 外弧形墙体模块

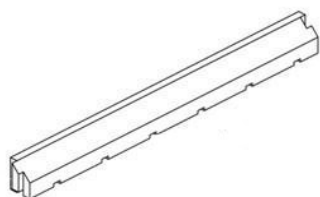


Figure 19. Protective strip module
图 19. 防护条模块

8) 地面辐射供暖模块(地热模块)规格(mm): $900 \times 600 \times 50$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 厚)。

形状: 模块呈矩形, 周边有矩形企口和裁口的组合构造, 上下表面按一定间距设有燕尾槽, 每间隔 150 mm 有一道与燕尾槽平行、直径 20 mm 的圆形通孔, 通孔的上表面豁通, 形成固定供暖塑料管的圆形卡槽, 上表面铸印有制造企业的商标标识, 如图 20。

用途: 用于地面辐射供暖(地热)。

9) 屋面空心模块

规格 1(mm): $1000 \times 950 \times 150$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 厚)。

用途: 用于组合屋面空心板和室内保温天棚吊顶。

形状: 模块呈矩形; 上下表面有均匀分布的燕尾槽, 前后有两道矩形企口, 左右有一道矩形企口, 中间有 9 个 $60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$ 的方形通孔, 内外两侧孔壁厚均为 45 mm。上表面铸印有制造企业的商标标识, 如图 21。

用途: 用于组合屋面空心板和室内保温天棚吊顶。

10) 室内隔墙空心模块(保温天棚空心模块)

规格(mm): 高 500、600、900, 宽 300、600、900, 厚 60、80、100、150、200。

形状: 模块呈矩形, 内外表面有均匀分布的燕尾槽, 周边有矩形企口; 根据模块的宽度和厚度不同, 板体中间矩形通孔的数量和尺寸亦不同。外表面铸印有制造企业的商标标识。如图 22。

用途: 用于室内非承重隔墙或室内保温天棚吊顶。

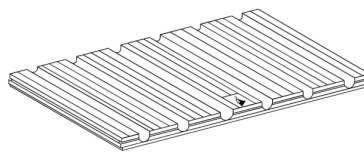


Figure 20. Geothermal module
图 20. 地热模块

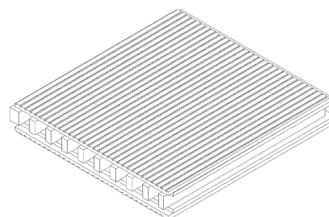


Figure 21. Roofing hollow module
图 21. 屋面空心模块

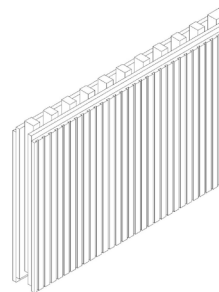


Figure 22. Indoor partition hollow module
图 22. 室内隔墙空心模块

3.3. EPS 模块的技术性能

3.3.1. 模块的密度等级

模块按表观密度的不同分为 3 个等级, 20 kg/m^3 、 25 kg/m^3 、 30 kg/m^3 级(正, 不限; 负, 不大于 1 kg)。

3.3.2. 模块的技术性能

模块的技术性能应符合表 1 的规定。

3.4. 复合墙体的热工性能

将 30 kg/m^3 的 EPS 空墙模块经积木式错缝插接组合成空腔模块墙体, 在空腔内置入钢筋, 浇筑混凝土, 再将其内外表面用不小于 20 mm 厚的纤维抗裂砂浆抹面、加一层耐碱玻纤网布复合, 按设计要求饰面, 由此所构成的保温承重一体化的房屋外墙围护结构(复合墙体), 其传热系数 $K = 0.25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 。

3.5. 设计要点

1) 房屋层高、平面开间和进深、窗间墙宽度设计

Table 1. Module technology performance
表 1. 模块技术性能

项目	技术指标			
	普通模块		石墨模块	
表观密度(kg/m ³)	20	30	20	30
压缩强度(MPa)	≥0.14	≥0.20	≥0.14	≥0.20
导热系数 W/(m·K)	≤0.037	≤0.033	≤0.032	≤0.030
尺寸稳定性(%)			≤0.3	
			≤0.3	
			≤0.3	
			≤4.0	
水蒸气透过系数 ng/(Pa·m·s)			≤4	
			≤4	
			≤2.0	
			≥30	
吸水率(体积分数)(%)			≤2	
			≤2.0	
断裂弯曲负荷(N)	≥30	≥40	≥30	≥40
熔结性			≥20	
			≥20	
			≥20	
燃烧性	燃烧分级		B1 级或 B2 级	
	垂直于板面方向的抗拉强度(MPa)			
	≥ 0.20	≥0.30	≥0.20	≥0.30

应符合如下要求:

①房屋层高和门窗上下墙高度的基准模数均为 3M₀;

②以墙体中心为基准轴线,房屋开间和进深的基准模数均为 3M₀;

③窗间垛宽度是 150 mm 的整数倍。

④外墙转角墙垛宽度不小于 600 mm(从轴线至门窗口)。

2) 复合墙体厚度、混凝土强度等级和含钢量^[1,2]应符合如下要求:

①当地震烈度不大于 7 度、房屋层数不大于两层、总高度不大于 8.5 m 时(无扶壁柱),复合墙体厚度为 250 mm(混凝土厚度 130 mm),混凝土强度不低于 C20,单排设置钢筋(竖向 Φ8@300、横向 Φ6@300);

②当地震烈度不大于 7 度、房屋层数不大于三层、总高度不大于 13.5 m(无扶壁柱)、墙肢轴压比限值不大于 0.6 时,复合墙体厚度为 250 mm(混凝土厚度 130 mm),混凝土强度不低于 C25,单排设置钢筋(竖向 Φ8@300、横向 Φ6@300);

③当地震烈度不大于 7 度、房屋层数不大于 7 层、总高度不大于 24 m 时(无扶壁柱),墙体厚度为 280 mm(混凝土厚度 160 mm)。混凝土设计强度不低于 C30,单排设置钢筋(钢筋数量经计算确定);

④当地震烈度不小于 8 度、房屋层数不大于三层、总高度不大于 13.5 m(无扶壁柱)、墙肢轴压比限值不应大于 0.6 时,墙体厚度为 250 mm(混凝土厚度 130 mm),混凝土设计强度不低于 C30,单排设置钢筋(竖向和横向均不小于 Φ12@300);

⑤当地震烈度不小于 8 度、房屋层数不大于七层、总高度不大于 24 m 时(无扶壁柱),墙体厚度为 280 mm(混凝土厚度 160 mm)。混凝土设计强度不低于 C30,单排设置钢筋(钢筋数量经计算确定);

3) 当复合墙体厚度 250 mm 时,扶壁柱截面尺寸为 300 mm × 370 mm;当复合墙体厚度 280 mm 时,扶壁柱截面尺寸为 300 mm × 400 mm。

4) 房屋外围护墙体的内外表面和室内隔墙的内外表面,均应抹 20 mm 厚 M10 纤维抗裂砂浆、加一层耐碱玻纤网布复合。

5) 室内火炕、火墙、炉灶、烟道和烟囱等设施与内外复合墙体间应留有不小于 120 mm 的防火空腔, 外侧墙壁用不小于 20 mm 厚 M10 水泥砂浆抹面, 粘贴 30 mm 厚岩棉板。当烟道横穿复合墙体时, 烟道墙壁应为双层空腔构造, 间距不小于 60 mm, 其内满塞岩棉, 外壁用不小于 20 mm 厚 M10 水泥砂浆抹面, 粘贴 50 mm 厚岩棉板。烟囱应独立设置, 烟囱外壁与复合墙体或复合屋面空心板相接处, 用不小于 20 mm 厚 M10 水泥砂浆抹面, 粘贴 50 mm 厚岩棉板。所用岩棉板的密度均不应小于 50 kg/m^3 , 技术指标应符合产品标准要求。

6) 多层建筑外墙门窗洞口处保温防火构造, 应参照图 23 设计。

3.6. 施工要点

1) 在空腔模块墙体组合安装前, 应进行以下工作:

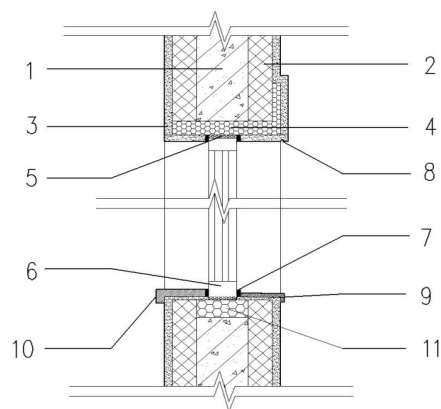
①将基础梁上表面或楼地面上表面按房屋平面尺寸进行抄测放线, 按线将预埋钢筋的位置校正;

②按抄测的水平线将基础梁的上表面或楼地面的上表面用水泥砂浆找平;

③在找平后的上表面, 按空腔模块墙体厚度弹出双实线, 按线将 $30 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 木方间断地钉在基础梁的上表面或楼地面的上表面形成卡槽, 图 24。

2) 空腔模块墙体组合与支护和现浇混凝土楼面板施工应按下列顺序进行:

①将大角形、大 T 形、扶壁柱墙体空腔模块套入



1—混凝土剪力墙; 2—空腔模块; 3—抹面防护层; 4—泡沫玻璃板; 5—聚氨酯发泡密封; 6—塑料窗; 7—密封胶嵌缝; 8—滴水凹槽; 9—粘贴预制窗台防护板; 10—粘贴室内窗台板; 11—50 厚模块填塞。

Figure 23. Composite wall structure
图 23. 复合墙体构造示意

竖向钢筋, 置入基础梁上或楼地面上的卡槽内, 再安装直板墙体空腔模块, 在每层模块组合的上表面, 将水平钢筋置入芯肋上的凹槽, 与竖向钢筋连接, 在门窗洞口处, 将门窗口封头模块按设计要求的洞口宽度插入空腔模块墙体中, 按此顺序分层错缝将其组合至窗下墙高度;

②校正空腔模块墙体的垂直度和支护扶壁柱, 防止其涨模;

③空腔模块墙体若有异物时, 用大功率吸尘器将其吸出, 混凝土浇筑前, 将模块顶端安装企口防护条模块防护, 而后在浇筑混凝土至窗下墙高度;

④按顺序 1 将空腔模块墙体组合至设计层高, 并用模板将门窗过梁底部封堵;

⑤用斜支撑校正空腔模块墙体的垂直度;

⑥继续浇筑混凝土至楼面板下皮或檐口顶面;

⑦楼面模板支护, 在其上绑扎钢筋, 整体浇筑楼面板混凝土;

⑧在楼面板上按墙体厚度弹线, 继续组合安装上一层楼的空腔模块墙体,

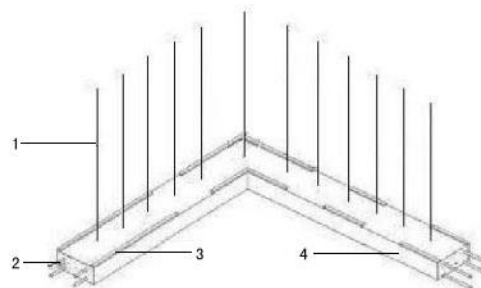
⑨砼浇筑宜采用自密实砼, 当采用机械振捣时, 模块应有防止涨模的支护体系, 图 25。

4. 体系的科技创新点

4.1. 淘汰落后产能, 减少原料投入, 产品技术指标大幅度升级

采用电脑全自动生产线按建筑结构和施工工艺需求, 模具化、模数制(符合建筑模数 $3M_0$)制造各种外观形状和规格的 EPS 空腔模块, 其产品技术性能稳定, 几何尺寸准确(正误差为零、负误差不超过 0.5 mm)。

产品的技术指标较国家标准规定值大幅度升级,



1—竖向钢筋; 2—基础梁钢筋; 3—卡槽木方; 4—基础梁。

Figure 24. Groove wood installation
图 24. 卡槽木方安装

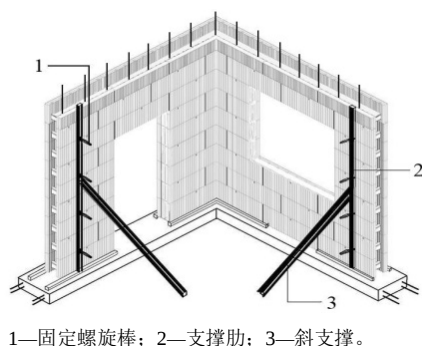


Figure 25. The module of cavity wall construction
图 25. 空腔模块墙体施工示意

导热系数修正系数 $\alpha = 1.0$, 在同等围护结构和相同节能标准要求下, 与大板机生产的苯板比较, 保温层的厚度减薄 25%~35%, 力学性能提高 3 倍, 有效提高了外保温系统的保温隔热性和耐久性, 做到 EPS 模块保温层与建筑结构同寿命, 并节省了大量的原材料。

4.2. 保温层与建筑模板一体化和保温层与建筑结构一体化

EPS 空腔模块墙体在混凝土浇筑前是免拆的保温建筑模板, 混凝土浇筑后即复合墙体的内外保温层, 实现了保温层与建筑模板一体化和保温层与建筑结构一体化。

4.3. 实现了标准化、工厂化、装配化, 精细化建造抗灾节能房屋

房屋设计、施工、验收完全标准化管理, 并专门制定了相关的地方标准和建筑构造图集; 各种类型的 EPS 模块均是按房屋建筑所需要的规格和形状, 由工厂化模数制、模具化生产, 产品在模具中一次高温真空成型并在模腔内完成收缩变形, 产品质量稳定, 几何尺寸准确; 独有的矩形企口错缝插接组合构造, 确保了模块安装组合便利和精度, 施工现场无需二次切割, 完全实现了房屋建造标准化、构件生产工厂化、施工现场装配化、建造工艺精细化。彻底摒弃了传统的房屋墙体组砌工艺, 是我国房屋建造技术的创新和发展。

4.4. 模块内外表面燕尾槽与厚抹灰面层构成有机咬合, 提高了复合墙体的防火性能

模块内外表面均匀分布的燕尾槽, 使其与混凝土

和纤维抗裂砂浆厚抹面层构成有机咬合, 极大地提高了复合墙体的抗冲击性、耐久性和防火性能。做到了 EPS 模块保温层与建筑结构同寿命。《黑龙江省建筑节能工程施工质量验收标准》DB23/1206-2008 中第 5.1.11 条明确规定: “EPS 模块外侧允许粘贴饰面砖, 其它同类材料保温层外侧严禁粘贴饰面砖”。

4.5. 高品质、低成本建造抗灾节能房屋, 节省土地资源, 建房不用砖已成现实

摒弃了传统墙体组砌工艺, 完全替代了组砌结构墙体, 房屋抗震等级大于 8 度(大震不倒、小震不裂), 房屋节能标准提升了四个等级(复合墙体热工性能与 3.2 m 厚粘土实心砖墙体等同), 与砖混结构相比房屋建造速度提高 50%、建造成本降低 15%, 为我国在有地震设防地区建造抗灾节能民居和节约土地资源提供了坚实的技术支撑, 做到小震不裂、中震可修、大震不倒。

4.6. 低投入, 高产出, 成为新的经济增长点

投资 300 万设备款, 可建造一座年产相当于 1 亿块标准砖的砖厂, 有效地保护了土地资源, 顺利完成节能减排指标, 为地方财政提供新的、稳定的经济增长点。

5. 工程应用

2010 年 8 月, 吉林省延边自治州安图县遭受特大洪水袭击, 有两个乡镇 700 多户房屋被洪水冲毁, 水灾过后, 政府将受灾居民的房屋全部按抗灾节能标准实施了异地重建, 仅用了 40 余天的时间, 受灾居民全部喜迁新居, 这些回迁房屋全部是采用该技术建造, 受灾居民对这种既抗灾又节能的新型房屋建造技术非常认可, 2011 年春节前, 中央电视台新闻联播专门派记者深入灾区, 了解灾民回迁房屋的建造情况, 并对此事做了专题新闻报道, 图 26~28。

2011 年 6 月 9 日, 黑龙江省住房和城乡建设厅下发文件(黑建科【2011】21 号), 将 EPS 模块混凝土剪力墙结构体系列入黑龙江省 10 项建筑节能新技术和新产品, 要求在全省范围内大力推广应用该项技术; 同年 7 月 22 日, 吉林省住房和城乡建设厅组织各地市(县)相关专家和主管农村房屋建造的领导和, 在吉林省蛟河市召开全省抗灾节能新民居示范工程现场会



Figure 26. News photo
图 26. 新闻图片



Figure 27. News photo
图 27. 新闻图片



Figure 28. News photo
图 28. 新闻图片

(这些示范工程均是采用该项技术建造),并要求在全省范围内大力推广应用该体系;同年8月2日,住房和城乡建设部村镇司组织各省市相关主管部门的领导和专家赴黑龙江省黑河市召开全国加快农村泥草房改造现场会,观摩了用该技术建造的示范工程,深受与会人员的好评。以下笔者提供一些用该技术建造的高档别墅、农村抗灾节能低层和农用温室的工程实例图片,供业内人士参考,图 29~36。

6. 结论

EPS 模块混凝土剪力墙结构体系成套技术的成功研发和面世,为贯彻落实“绿色建筑行动方案”和为我国农村建造保温与结构一体化房屋提供了由工厂化生产的优质建筑部品,该技术适合于在我国不同气候区域内建造超低能耗房屋,也可以将复合墙体传热



Figure 29. Nanjing City, Wolong Lake villa area
图 29. 南京市卧龙湖别墅区



Figure 30. Yichun City garden villa
图 30. 伊春市花园别墅



Figure 31. Heihe City disaster energy-saving houses built in
图 31. 黑河市抗灾节能民居建造中



Figure 32. Daqing City disaster energy-saving houses built in
图 32. 大庆市抗灾节能民居建造中



Figure 33. Yichun City villa basement construction
图 33. 伊春市别墅地下一层施工



Figure 34. In the construction of the low layer in Yichun public buildings

图 34. 伊春市低层公共建筑建造中



Figure 35. Daqing city agricultural greenhouse

图 35. 大庆市农用温室



Figure 36. Agricultural greenhouse in Qing'an City

图 36. 庆安市已投入使用农用温室

系数由 0.25 降低到 $0.15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, 在与哈尔滨鸿盛集团住宅产业化基地制造的低能耗门窗(传热系数 $0.8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 、新风和排风热回收技术、可再生能源综合利用技术等有机结合, 就可以打造出达到德国能源署的“被动式”节能房屋标准。使我国的农村房屋既减少了因冬季采暖和夏季空调产生的有害气体排放和降低房屋建造成本, 又提高了房屋应对突发事件的结

构能力, 杜绝因自然灾害造成房屋倒塌而导致的人员伤亡和财产损失。做到大震不倒、中震可修、小震不裂。鸿盛——农村绿色房屋建造技术符合“十八大”提出的科学发展观和我国住宅产业发展方向, 淘汰了落后产能, 值得在全国范围内大力推广。

7. 房屋建造执行标准

黑龙江省《EPS 模块混凝土剪力墙结构体系技术规程》DB23/1454-2011;

吉林省《EPS 模块混凝土剪力墙结构体系技术规程》DB22/T1028-2011;

宁夏回族自治区《EPS 模块混凝土剪力墙结构体系应用技术规程》DB64/786-2012;

内蒙古自治区《EPS 模块混凝土剪力墙结构工程技术规程》DBJ03-48-2012。

8. 荣誉

鸿盛绿色房屋建造技术 2012 年度获黑龙江省省长特别奖。

致谢

感谢哈尔滨鸿盛房屋节能体系研发中心林国海教授对本文提供的指导和帮助。

项目基金

国家科技支撑计划资助, 课题编号 2012BAJ03B04-4。

参考文献 (References)

- [1] 曹万林, 吴定燕, 杨兴民等 (2008) 双向单排配筋混凝土低矮剪力墙抗灾性能试验研究. *世界地震工程*, **4**, 19-24.
- [2] 曹万林, 张建伟, 杨亚彬等 (2010) 单排配筋带洞口剪力墙抗灾试验及承载力计算. *北京工业大学学报*, **9**, 1186-1192.