

绿色农房



安全实用 / 节能低碳 / 经济美观 / 健康舒适

河北省 绿色农房建设 与节能改造技术指南



河北省住房和城乡建设厅
2020年3月



前言

为提高农房建设水平，建设资源节约型和环境友好型社会，
切实推进“安全实用、节能低碳、经济美观、健康舒适”的绿色
农房技术推广应用，编制本技术指南，指南主要包括概述、
农房选址、新型建筑体系、建筑节能技术、新型采暖技术、可再
生能源利用技术、农房节能改造。

编者
2020年3月



目录

1	概述	01
2	农房选址	04
3	新型建筑体系	08
3.1	概述	09
3.2	新型砌体建筑体系	10
3.3	装配整体式混凝土异形柱构件建筑体系	21
3.4	低层轻型钢结构装配式建筑体系	24
3.5	CL 建筑体系	25
3.6	EPS 模块剪力墙体系	27
3.7	木结构建筑体系	29
3.8	新型夯土体系	31
4	建筑节能技术	33
4.1	概述	34
4.2	保温材料	36
4.3	节能门窗及选型	37
4.4	屋面保温	39
4.5	外墙保温	41
4.6	地面保温	42
5	新型采暖技术	43
5.1	概述	44

5.2	碳纤维电热供暖系统	45
5.3	空气源热泵系统	48
5.4	地源热泵系统	50
5.5	生物质燃炉系统	53
5.6	中央式热回收除霾能源环境系统	55
5.7	太阳能跨季节蓄热采暖系统	57
5.8	吊炕采暖技术	60
6	可再生能源利用技术	61
6.1	概述	62
6.2	太阳能热水系统建筑一体化技术	62
6.3	太阳能光伏发电技术	69
6.4	沼气利用技术	75
7	农房节能改造	79
7.1	农房节能改造有关问题	80
7.2	门窗节能改造	82
7.3	墙体节能改造	85
7.4	屋面节能改造	88

第一章 概述



绿色农房

绿色农房是指安全实用、节能减废、经济美观、健康舒适的新型农村住宅。

绿色建材是指在生产、使用全过程内可减少自然资源消耗、减轻对生态环境影响，并具有“节能、减排、安全、便利和可循环”特征的建材产品。



第二章 农房选址



总体布局应有利生产、方便生活、节约用地、集约化布局。
绿色农房的建设应选择地势平坦、开阔、土层密实、均匀稳定的有利地段。



注 需避免在以上五种情况下建房





水 村庄应根据自身条件建设和完善排水收集系统，宜采用雨污分流制。

电 供配电系统应安全可靠，负荷容量按适当超前的原则留有余量。

线 供电线路应沿道路布置，应减少交叉、跨越，线路不应穿越民居、危险品仓库等地段。

网 通信、有线电视、网络设施应与当地的经济水平相协调，以提高农村居民生活质量为目的，促进新农村建设。



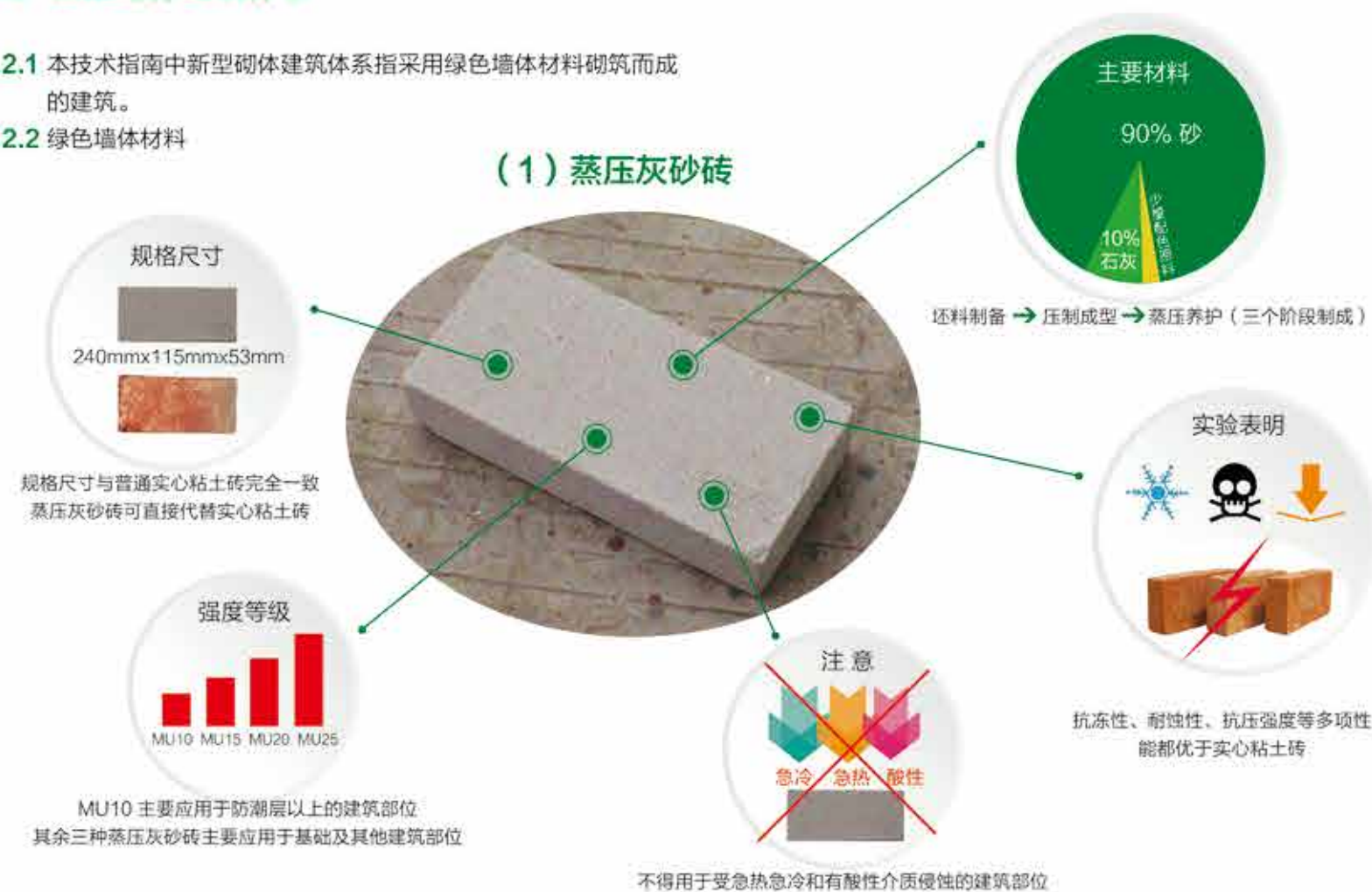
3.1 概述

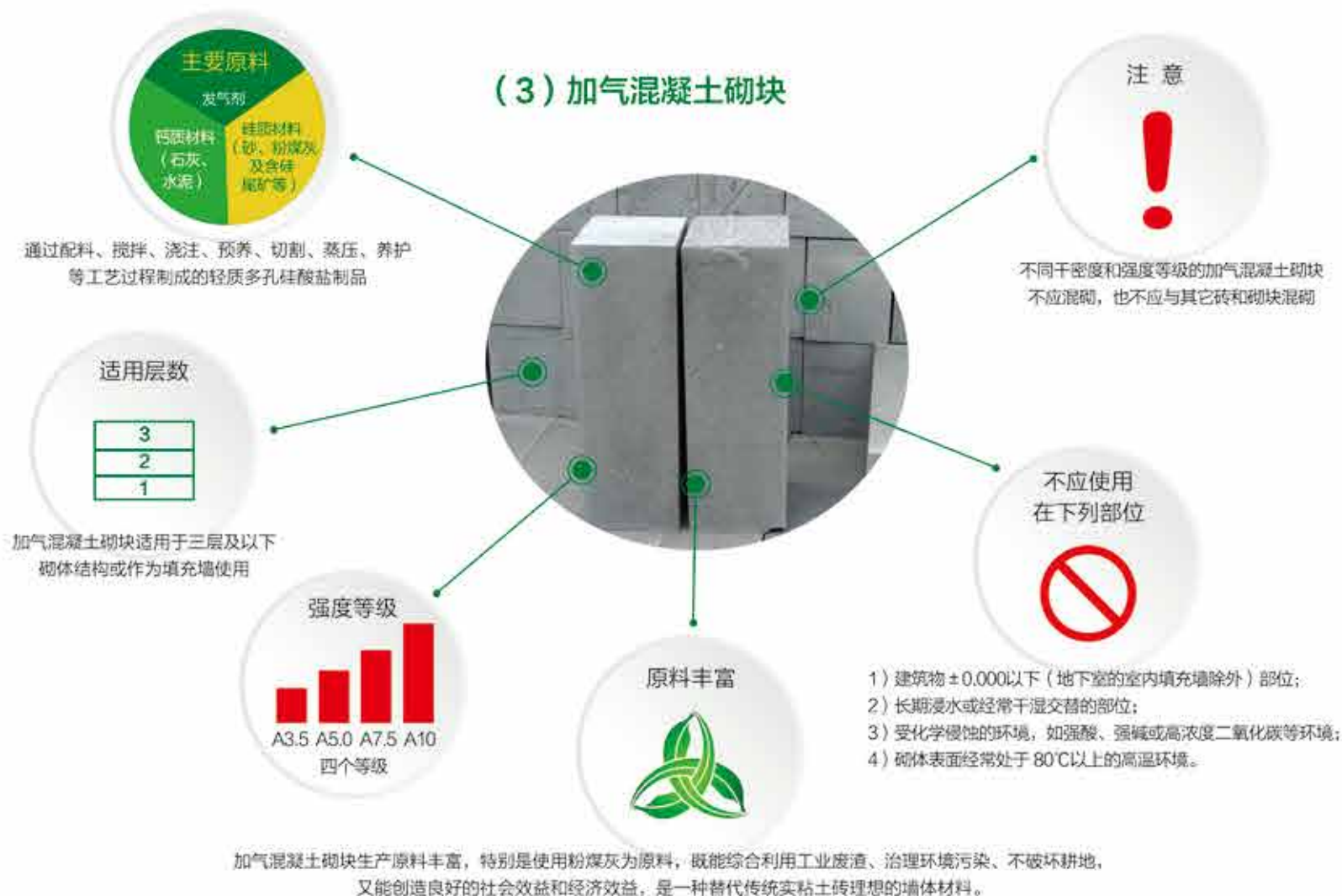


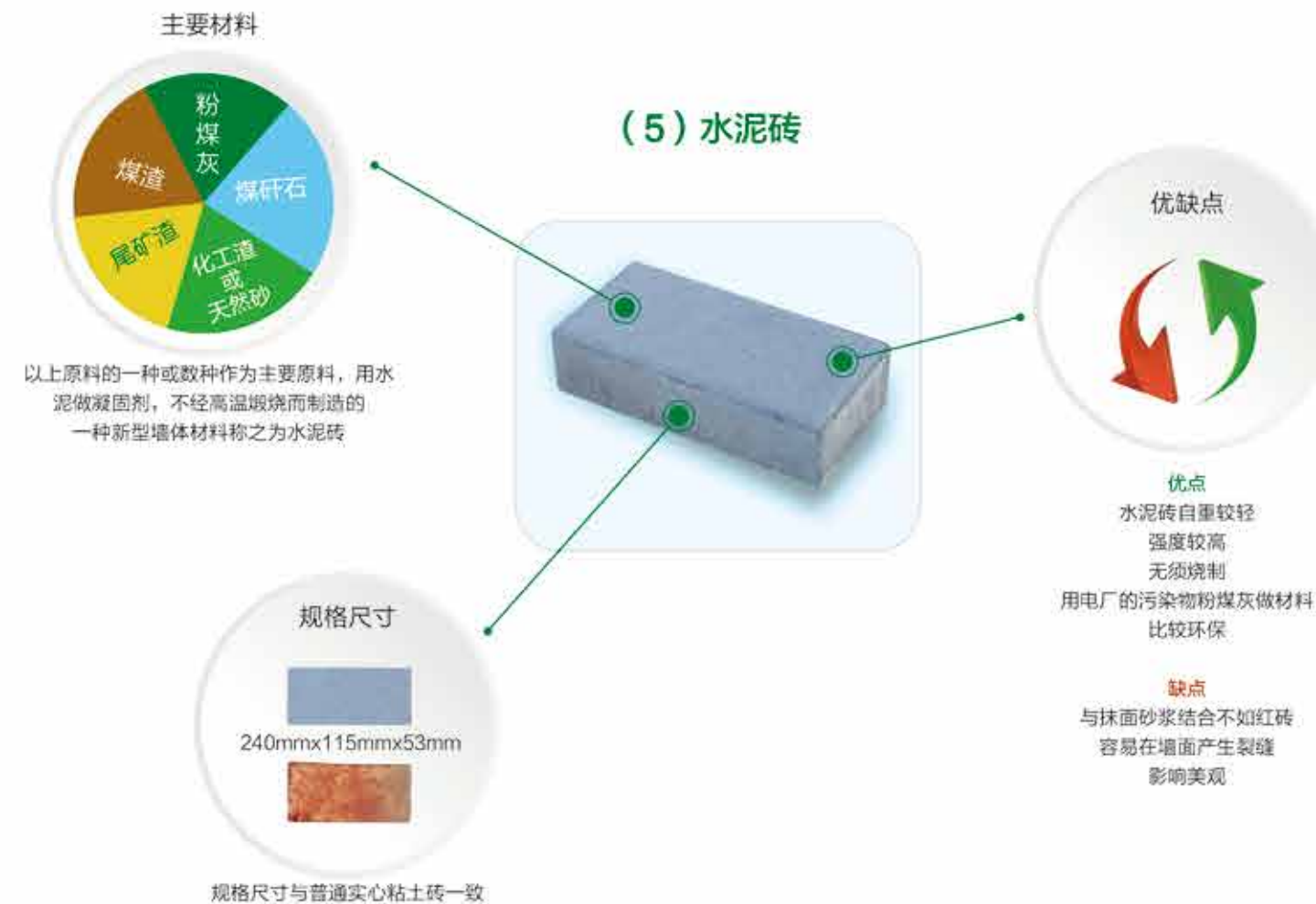
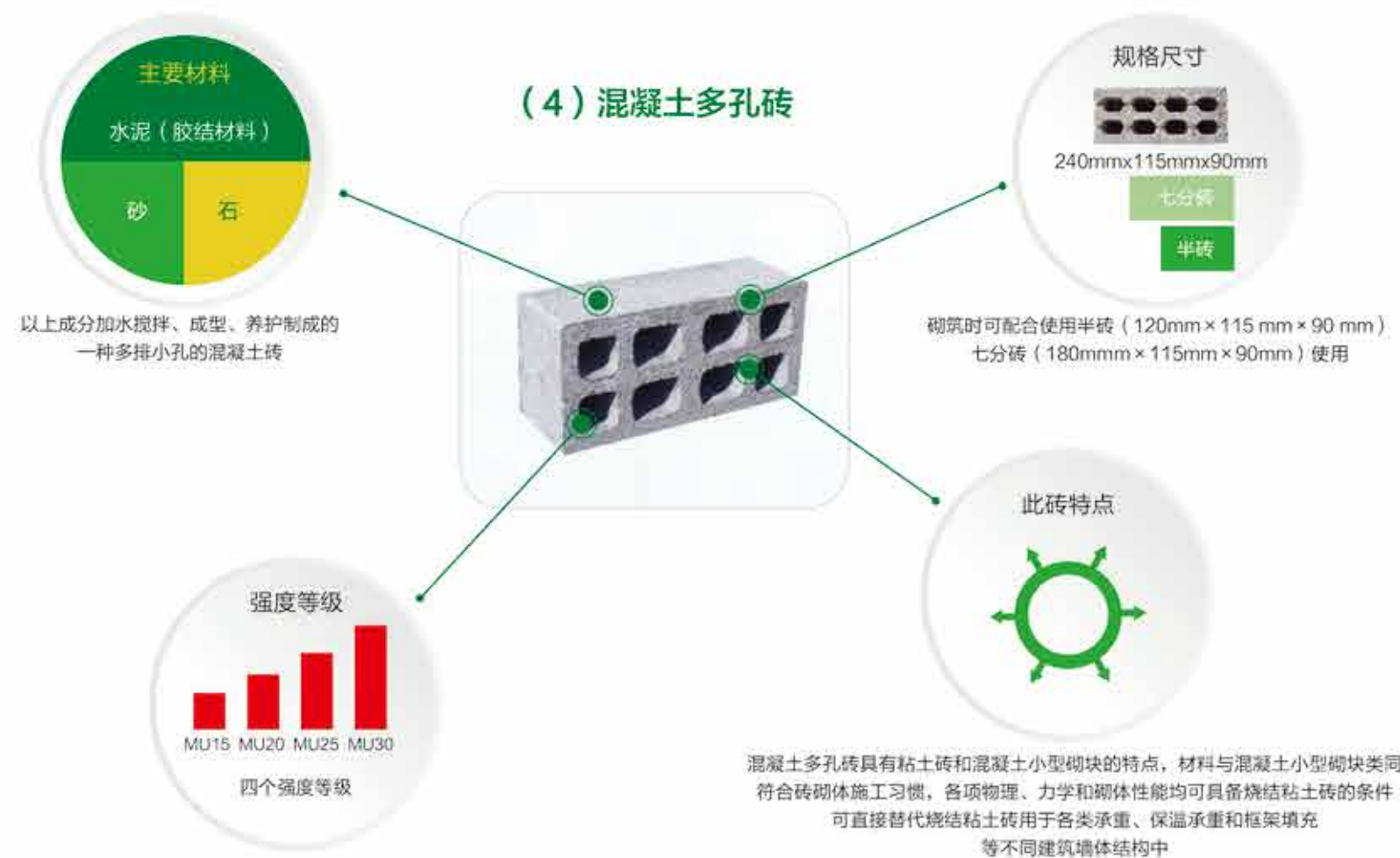
3.2 新型砌体建筑体系

3.2.1 本技术指南中新型砌体建筑体系指采用绿色墙体材料砌筑而成的建筑。

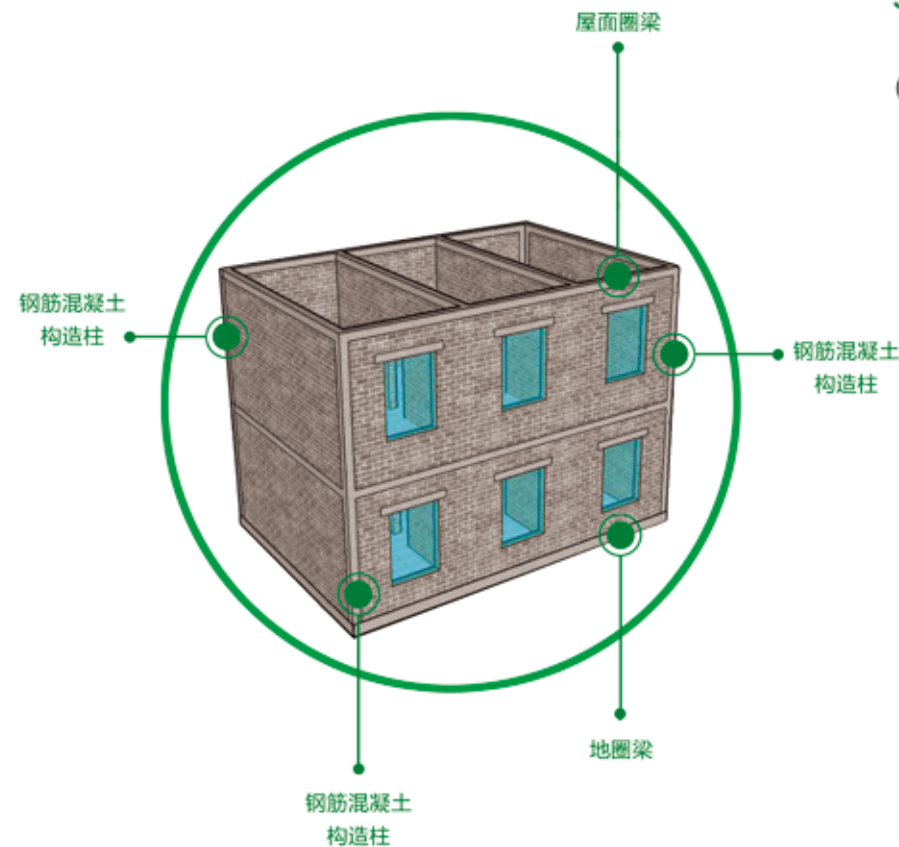
3.2.2 绿色墙体材料











3.2.3 抗震构造措施

(1) 配筋砖圈梁的构造应符合下列要求：

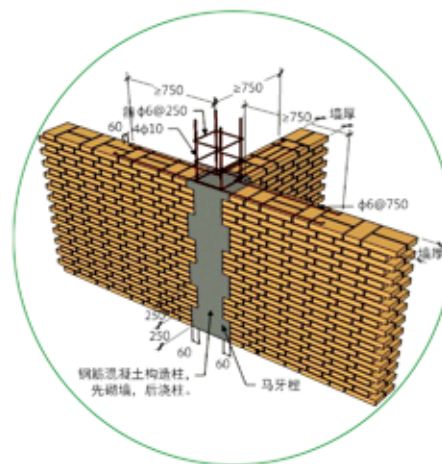
- ① 砂浆强度等级：6、7度时不应低于 M5，8度时不应低于 M7.5。
- ② 配筋砖圈梁砂浆层的厚度不宜小于 30mm。
- ③ 配筋砖圈梁的纵向钢筋配置不应低于下表的要求。

墙体厚度 t (mm)	6、7度	8 度
≤240	2 φ 6	2 φ 6
370	2 φ 6	2 φ 6
490	2 φ 6	3 φ 6

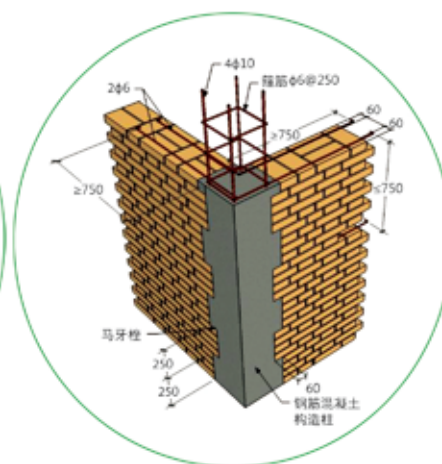
- ④ 配筋砖圈梁交接（转角）处的钢筋应搭接。
- ⑤ 当采用小砌块墙体时，在配筋砖圈梁高度处应卧砌不少于两皮普通砖。

(2) 纵横墙交接处的连接应符合下列要求:

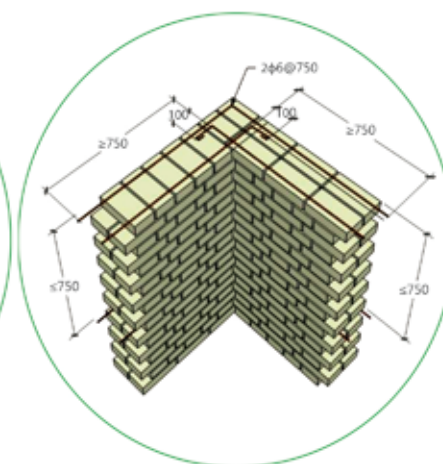
- ① 7度时空斗墙房屋、其他房屋中长度大于7.2m的大房间,及8度和9度时,外墙转角及纵横墙交接处,应沿墙高每隔750mm设置2 ϕ 6拉结钢筋或 ϕ 4@200拉结铁丝网片,拉结钢筋或网片每边伸入墙内的长度不宜小于750mm或伸至门窗洞边。



横墙与外纵墙交接处构造柱做法



转角处构造柱做法



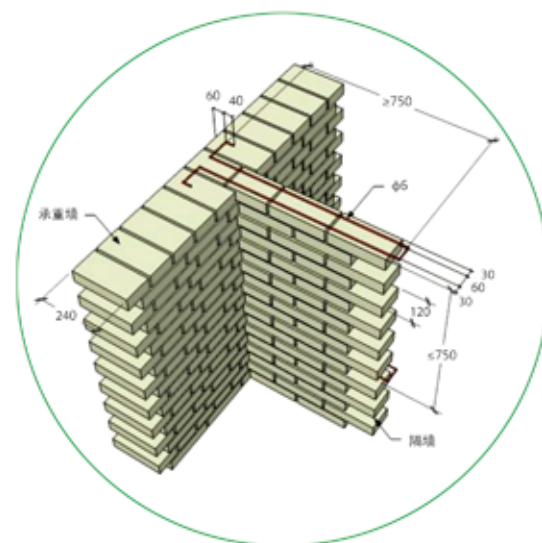
承重墙转角处做法

- ② 突出屋顶的楼梯间的纵横墙交接处,应沿墙高每隔750mm设2 ϕ 6拉结钢筋,且每边伸入墙内的长度不宜小于750mm。

- (3) 后砌非承重隔墙应沿墙高每隔750mm设置2 ϕ 6拉结钢筋或 ϕ 4@200铁丝网片与承重墙拉结,拉结钢筋或铁丝网片每边伸入墙内的长度不宜小于500mm;长度大于5m的后砌隔墙,墙顶应与梁、楼板或檩条连接。
- (4) 钢筋混凝土楼(屋)盖房屋,门窗洞口宜采用钢筋混凝土过梁;木楼(屋)盖房屋,门窗洞口可采用钢筋混凝土过梁或钢筋砖过梁。
- (5) 小砌块墙体的下列部位,应采用不低于C20灌孔混凝土,沿墙全高将孔洞灌实作为芯柱:

- ① 柱转角处和纵横墙交接处距墙体中心线不小于300mm宽度范围内墙体;
- ② 围屋架、大梁的支承处墙体,灌实宽度不应小于500mm;
- ③ 壁柱或洞口两侧不小于300mm宽度范围内。

- (6) 小砌块房屋的芯柱竖向插筋不应小于 ϕ 12,并应贯通墙身;芯柱与墙体配筋砖圈梁交叉部位局部采用现浇混凝土,在灌孔时应同时浇筑,芯柱的混凝土和插筋、配筋砖圈梁的水平配筋应连续通过。
- (7) 抗震构造措施尚应符合国家现行有关标准的规定。



承重墙与非承重墙连接

3.3 装配整体式混凝土异形构件建筑体系

3.3.1

装配整体式混凝土异形构件建筑体系是采用异形柱、异形叠合梁和整间复合保温墙板共同受力的新型装配式建筑体系。该建筑体系的全部构件在工厂预制生产，在施工现场通过简单的拼装工作即可完成施工建设，几乎不需要使用模板；

3.3.2

整间复合保温墙板镶嵌于异形柱框架中，与框架结构共同工作，构成结构的抗侧力系统，提高了结构的安全性，同时通过异形设置解决了框架处出现的热桥问题，增强了建筑的保温性能。装配整体式混凝土异形构件建筑体系适用于低层或多层建筑。



整体装配式混凝土异形构件建筑体系 适用于低层或多层建筑

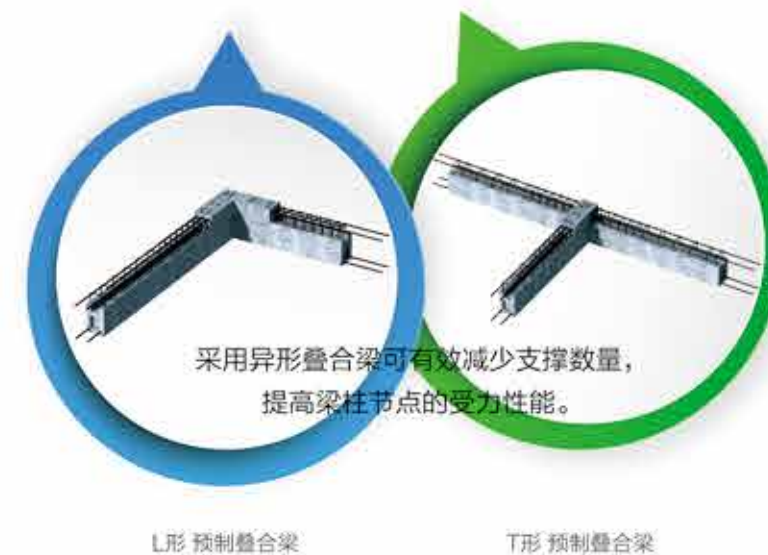
3.3.3 装配整体式混凝土异形构件建筑体系特点：

- (1) 全部构件在工厂预制生产，外墙板集装饰、保温、围护于一体，在施工现场可以采用“搭积木”的方式，将各个预制好的构件直接拼装在一起，几天时间就可以搭建起一座绿色农房。
- (2) 建筑体系采用混凝土框架结构，具有较好的整体抗震性能。

(3)



(4)





3.4 低层轻型钢结构装配式建筑体系



3.5 CL建筑体系



什么是CL建筑体系？
以及它的适用范围？

CL建筑体系是一种复合剪力墙结构体系，其核心构件是一种在工厂内定制生产的，钢筋立体焊接网架保温夹芯板。通过在施工现场将保温板两侧浇筑混凝土后，形成的集受力、保温于一体的现浇钢筋混凝土复合剪力墙。简称“CL复合剪力墙”，CL建筑体系适用于低层或多层建筑。



什么是CL网架板？
CL网架板的好处？

CL网架板，是由两层或两层以上起受力或构造作用的钢筋焊接网，中间夹以保温板，用三维空间斜插钢筋焊接形成的板式钢筋焊接网架。其钢筋的直径、间距、组合规格根据设计承载要求及工厂化生产模数确定，保温板的材质及厚度根据当地节能标准选用。

CL网架板是在生产车间，由专用生产线根据图纸设计要求定制加工，现场无需二次加工裁剪作为集墙体受力钢筋，保温层于一体的部品。直接提供给施工现场。



CL 网架板



施工工艺



现场浇筑施工



现场喷涂施工



CL 建筑体系

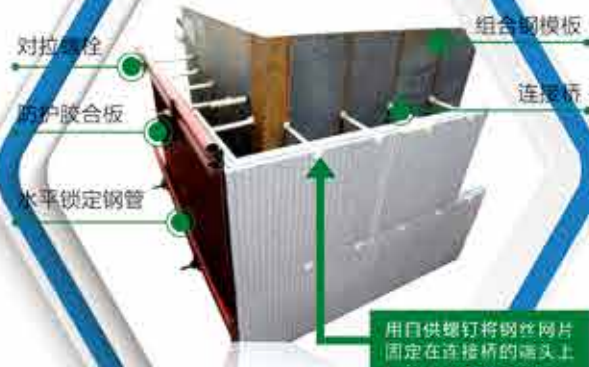
CL建筑体系的主要特征是位于建筑物外墙等部位的复合剪力墙，其他部位如基础、楼板、楼梯等，均与普通钢筋混凝土构件的施工完全相同。

3.6 EPS模块剪力墙体系

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。

结构体系特点

- (1) 该体系中采用单排配筋剪力墙，比其他墙体配筋少，节省钢材。
- (2) 使用可再生混凝土，环保性更好。



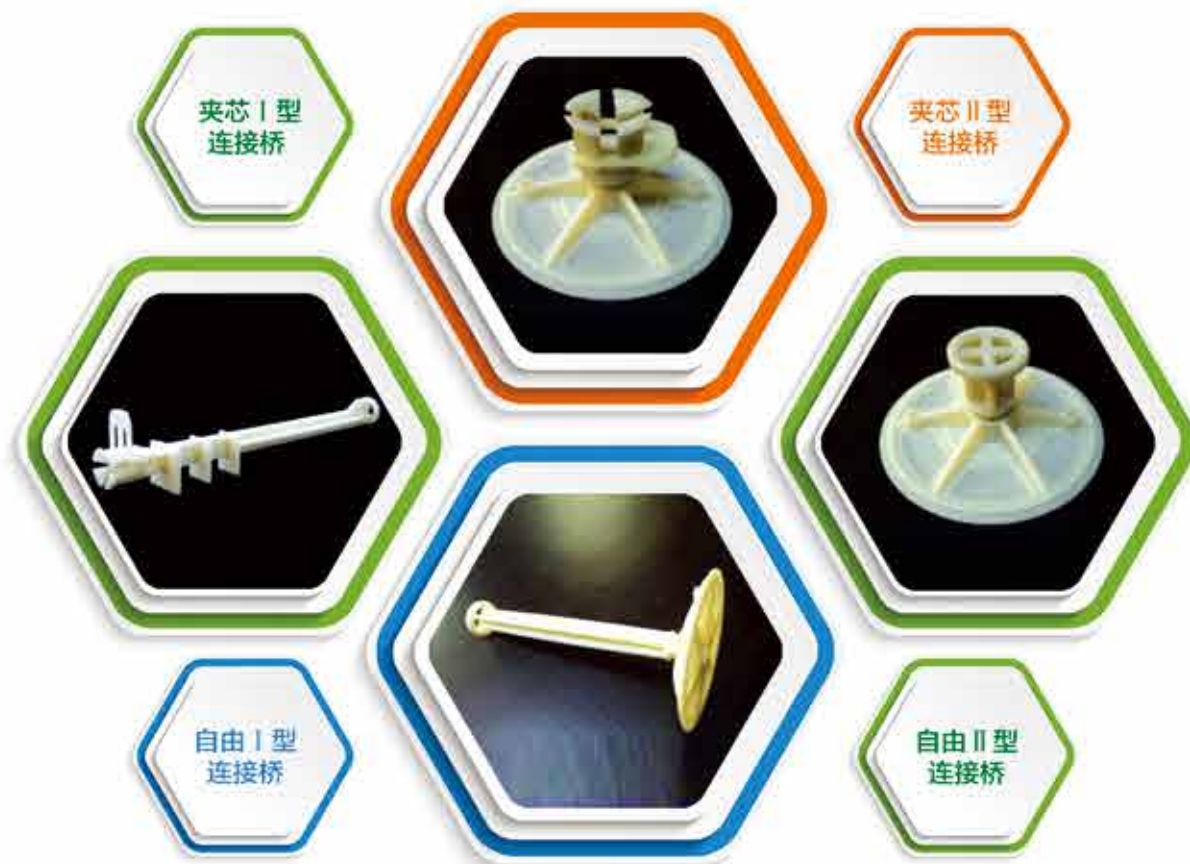
适用于多层建筑的 EPS 模块剪力墙体系



适用于低层建筑的 EPS 模块剪力墙体系

主要作用

- (1) ——
防止空腔构造变形并加强了模块与混凝土间的抗拉强度；
- (2) ——
限位固定，保证混凝土墙体截面厚度准确；
- (3) ——
取代了金属杆件连接，杜绝了冷桥。



连接桥是用丙烯腈—丁二烯—苯乙烯 (ABS) 树脂塑料与 0.5mm 厚钢板经模具注塑组合而成，用作模块与模板的组合连接。

3.7 木结构建筑体系

3.7.1 木结构是单纯由木材或主要由木材承受荷载的结构形式，通过各种金属连接件或榫卯手段进行连接和固定。

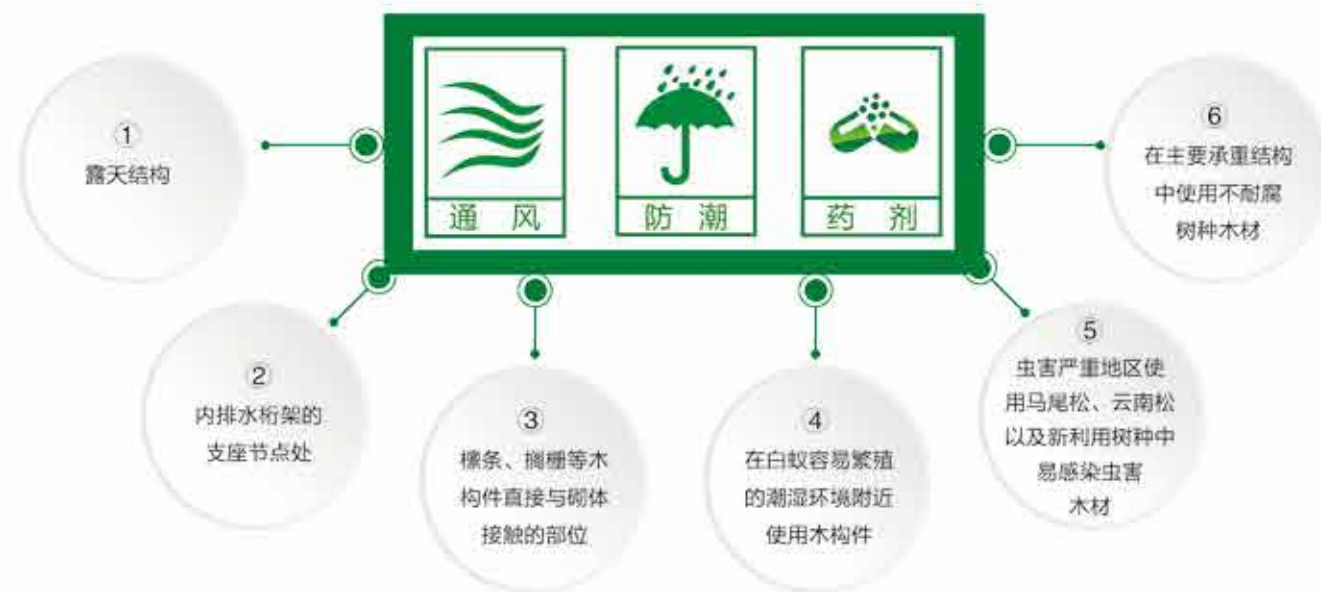
3.7.2 木结构建筑体系适用于低层建筑。

3.7.3 木结构建筑材料可使用人工速生林，采用定向刨花板、层板胶合木、层叠木片胶合木、平行木片胶合木和工字形木搁栅等新型材料。



3.7.4 为防止木结构受潮而引起木材腐朽，必须采取下列防潮和通风措施：

- (1) 应在桁架和大梁的支座下设置防潮层。
- (2) 为保证木结构有适当的通风条件，不应将桁架支座节点或木构件封闭在墙、保温层或其他通风不良的环境中。对露天结构在构造上应避免任何部分有积水的可能。
- (3) 为防止木材表面产生水气凝结，当室内外温差很大时，房屋的围护结构（包括保温吊顶），应采取有效的保温和隔气措施。
- (4) 对下列情况，除从结构上采取通风防潮措施外，尚应采用药剂处理。



3.8 新型夯土建筑体系

3.8.1 新型夯土建筑通过选用现代夯筑技术，优化砂、石、土原料级配，对墙基等部位掺入一定比例的熟石灰或水泥等添加剂，增强其承载能力和防水防潮性能，通过设置圈梁、构造柱增强抗震性能。

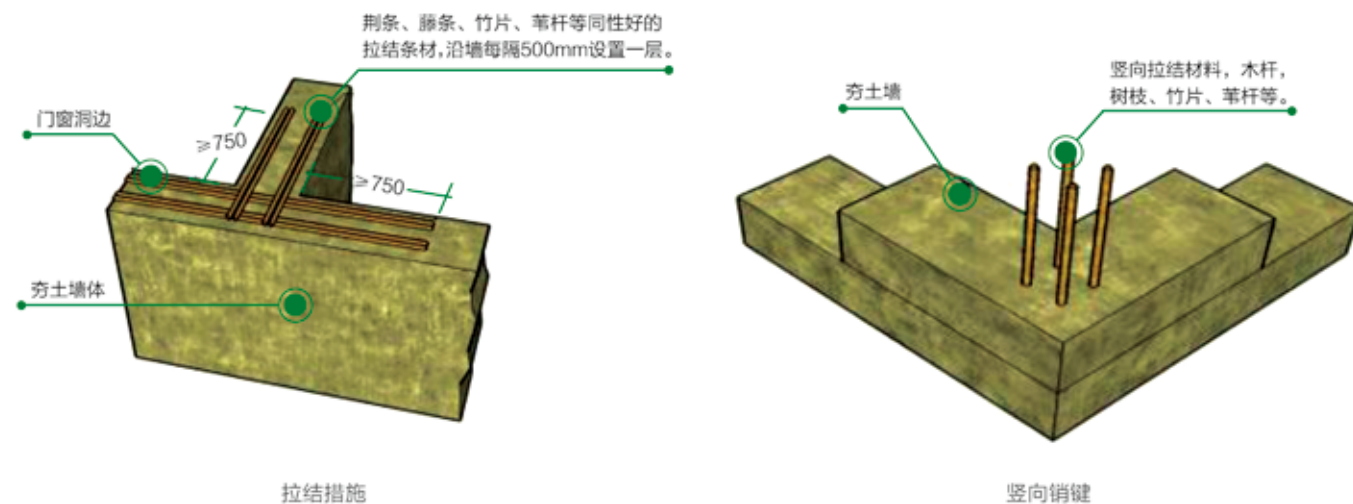
3.8.2 夯土建筑适用于一层建筑。

3.8.3 夯土建筑有以下特点：



3.8.4 生土墙体中通过加入构造柱、圈梁及竹筋等拉结构造措施，以提高墙体自身强度与整体性，墙体构造如下所示：

- (1) 构造柱：需在房屋四角及内外墙交接处设置构造柱。当构造柱采用木柱时，直径不小于 120mm。
- (2) 木圈梁：在一层顶部夯土墙内水平设置圈梁，以增强房屋的整体性。当圈梁采用木圈梁时，采用搭接或榫卯。
- (3) 竹筋：沿墙高每隔 500mm 设置一层拉结材料，且每边伸入墙内不小于 750mm 或至洞口边。
- (4) 竖向销键：夯土墙上下层接缝处设置短木棍、竹片等竖向销键，以提高接缝处的水平抗剪性能，销键间距不大于 1.0m。



第四章 建筑节能技术

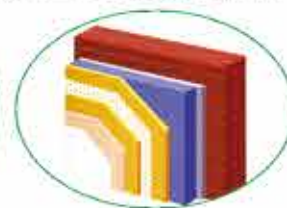


4.1 概述

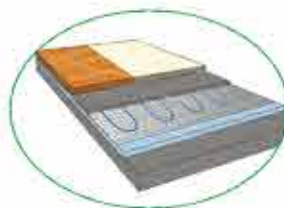
4.1.1 绿色农房建筑节能技术主要包括以下四种：



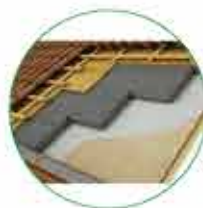
节能门窗选型及做法



外墙保温



地面保温



屋面保温



4.1.2 绿色农房的建筑节能应与地区气候相适应。我省绿色农房建筑节能气候分区如表4-1所示。

表 4-1 河北省绿色农房建筑节能气候分区

气候分区	代表性地区
寒冷(B)区	邯郸 邢台 衡水 石家庄 沧州 保定 廊坊
寒冷(A)区	唐山 秦皇岛 张家口 承德
严寒(C)区	围场 丰宁 隆化 沽源 康保 张北 尚义 赤城 崇礼 蔚县

4.1.3 农村住宅朝向宜采用南北向或接近南北向，主立面（外窗面积最大的立面）朝向宜向南。



朝向选择的原则是冬季能获得充足的日照
主要房间宜避开冬季主导风向
经计算证明，建筑物的主体朝向，如果由南北向改为东西向，
耗热量指标约增大5%，
空调能耗或外遮阳成本将增加更多



4.1.4 农村住宅的体型应简单、规整，平、立面不应出现过多的局部凹凸，
体形系数宜控制在0.5内。



4.1.5 每个房间应设外窗，外窗的可开启面积不应小于外窗面积的1/3。外窗面积不应过大，南向宜适当采用大窗，北向宜采用小窗。
窗墙面积比不宜大于表4-2规定的限值。

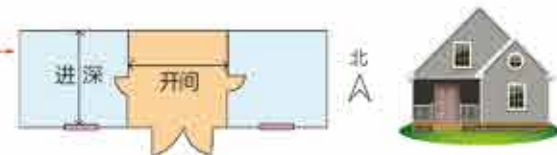
表 4-2 窗墙面积比限值

朝向	窗墙面积比	
	严寒地区	寒冷地区
北	0.25	0.3
东、西	0.3	0.35
南	0.4	0.45



4.1.6 农村住宅开间不宜大于6m，单面采光房间的进深不宜大于6m，室内净高不宜大于3m。

4.1.7 农村住宅应充分利用庭院绿化遮阳、降温，提高建筑室内舒适度。



4.1.9 根据不同的经济条件，绿色农房建筑节能建设可按照以下顺序优先选择：



4.2 保温材料

4.2.1 绿色农房保温材料应符合国家政策要求，因地制宜，开发利用适于农村应用条件的当地产品。

EPS 板 质轻、导热系数小、吸水率低、耐水、耐老化、耐低温 适用范围：外墙、屋面、地面保温		XPS 板 保温效果较 EPS 好，价格较 EPS 贵 适用范围：屋面、地面保温	
炉渣 价格便宜、耐腐蚀、耐老化、质量重 适用范围：地面保温		稻壳、木屑等 非常廉价，有效利用农作物废弃物，需较大厚度才能达到保温效果，受潮后保温效果降低 适用范围：屋面保温	

4.3 节能门窗及选型

4.3.1 绿色农房应选用保温性能和密闭性能好的门窗，外门、外窗的气密性等级不应低于现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106规定的6级。



气密性能是外门窗在正常关闭状态时，阻止空气渗透的能力。门窗气密性能的高低，对热量的损失影响极大，气密性能越好，则热交换就越少，对室温的影响也越小。国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》将门窗气密性能分为8个等级，1级最低，8级最高，等级越高，门窗气密性能越好。



4.3.2 建筑门窗的开启方式对建筑的采暖能耗影响很大，在正常工艺制作条件下，平开窗推拉窗节能性能要好些。所以在严寒、寒冷地区的建筑外窗不应采用推拉窗。



平开中空塑钢窗



中空玻璃构造示意图

4.3.3 绿色农房的出入口应采取必要的保温措施，宜设置门斗、双层门、保温门帘等，设置朝南外廊时宜封闭形成阳光房。



4.3.4 绿色农房的门窗安装应考虑以下几方面内容：

- (1) 安装前应注意检查门窗的各项性能和规格是否符合要求，对不合格的应该更换。
- (2) 门窗宜靠近墙体的外表面安装，使墙体尽可能少遮挡进入室内的光线。
- (3) 门窗框与墙体间的缝隙，应采用高效保温材料填堵，宜采用施工现场灌注聚氨酯泡沫塑料或填塞聚乙烯泡沫塑料棒，再从内外侧用嵌缝密封膏（胶）密封，以减少该部位的开裂、结露和空气渗透。
- (4) 外墙保温层与门窗框之间的窗洞侧壁部位应做保温处理，保温材料与外墙保温材料一致，保温层厚度不小于20mm，以减弱该部位的热桥，提高门窗的保温性能。



聚乙烯泡沫塑料



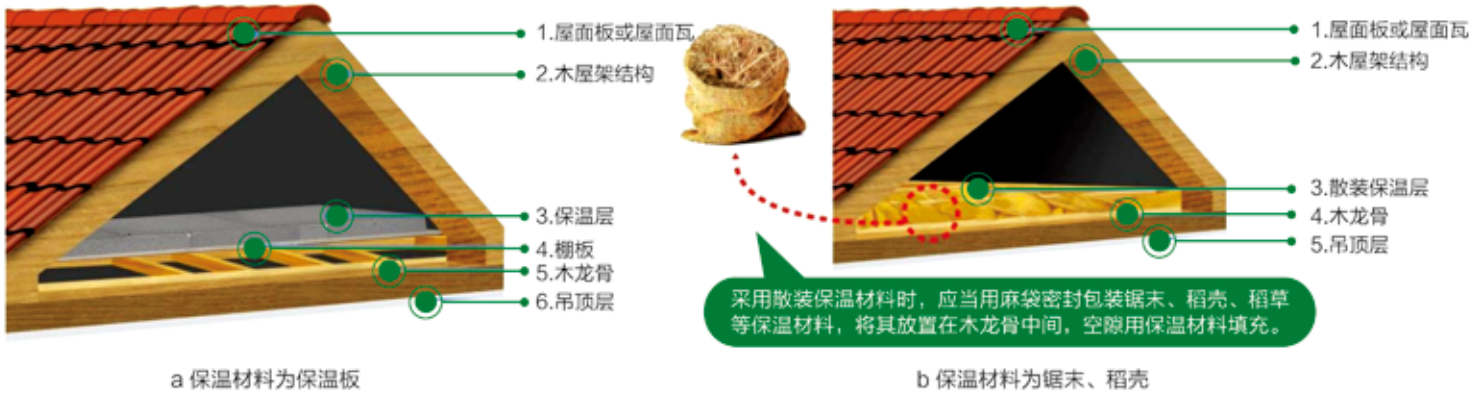
嵌缝密封膏

4.4 屋面保温

- 4.4.1 绿色民居的屋面应设置保温层，屋架承重的坡屋面保温层宜设置在吊顶内，钢筋混凝土屋面的保温层应设置在钢筋混凝土结构层上。
- 4.4.2 木屋架坡屋顶的保温示意图如下图所示，应在面层与木屋架之间设置防水层、保温层与棚板之间设置隔汽层，隔汽层可使用塑料薄膜代替。

表 4-4 建议保温材料厚度（mm）

	严寒地区	寒冷地区
锯末、稻壳	240~260	180~220
EPS 板	100~120	80~100
XPS 板	55~70	70~85



木屋架坡屋顶保温做法

4.4.3 钢筋混凝土坡屋面的保温示意图如图所示。

表 4-5 建议保温材料厚度（mm）

	严寒地区	寒冷地区
EPS 板	110	90
XPS 板	80	60

4.4.4 钢筋混凝土平屋面的保温示意图如图所示。

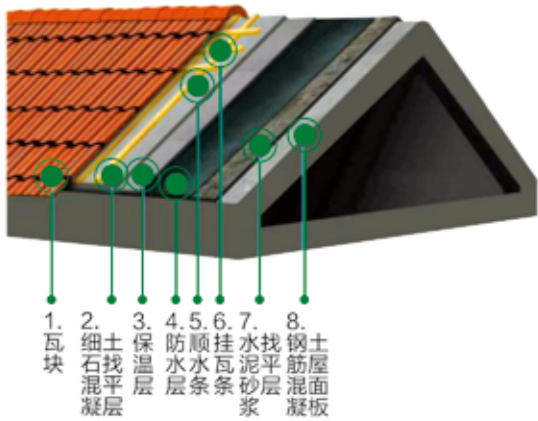
表 4-6 建议保温材料厚度（mm）

	严寒地区	寒冷地区
EPS 板	110	90
XPS 板	80	60

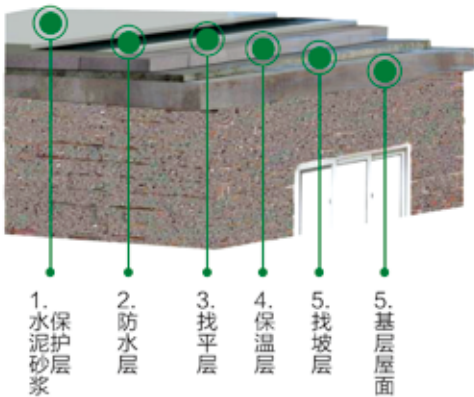
4.4.5 屋面外保温施工应考虑以下几方面内容：

- （1）屋面外保温严禁在雨天、雪天和5级以上大风天气施工。
- （2）屋面外保温的块状保温材料，可直接干铺或采用专用的胶粘材料铺在找平层上。
- （3）屋面外保温施工完成后，应及时进行找平层和防水层的施工，避免保温层受潮、浸泡或受损。

4.4.6 当屋顶保温采用18kg/m³的聚苯板，板厚为110mm时，只做屋顶保温的造价约为85元/m²，做屋顶保温的同时做屋顶防水的费用为每平方米115元/m²。



钢筋混凝土坡屋顶保温做法



钢筋混凝土平屋顶保温做法

4.5 外墙保温

4.5.1 外墙保温宜采用外墙外保温形式或自保温形式。

4.5.2 外墙外保温系统主要由粘结层、保温层、抹面层和饰面层构成。粘结层材料为胶粘剂，保温层材料为 EPS 板，抹面层材料为抗裂砂浆，抗裂砂浆中满铺耐碱网格布。

表 4-7 建议保温材料厚度 (mm)

	严寒地区	寒冷地区
EPS 板	80~90	60~70

4.5.3

外墙保温采用 18kg/m^3 的聚苯板，板厚为70mm时，外墙保温造价（不含外墙装饰层）为 85元/m^2 ，外墙保温造价（外墙装饰采用普通墙体涂料）为 110元/m^2 。



4.6 地面保温

4.6.1 当绿色农房采用地暖作为采暖系统时，必须对地面做保温处理。

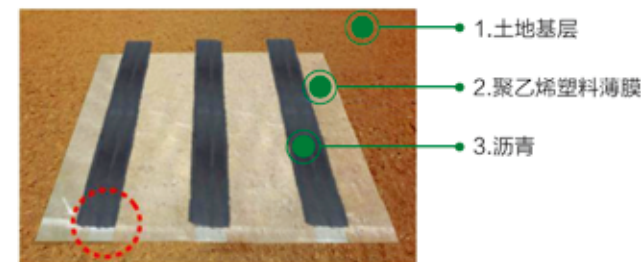
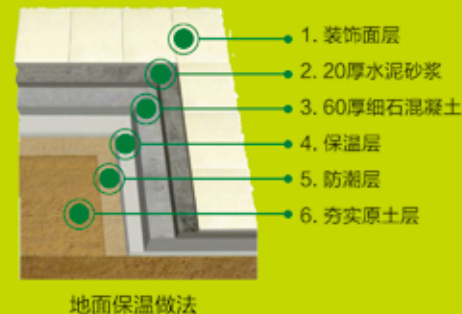
4.6.2 外墙在室内地坪以下的垂直墙面应增设保温层。

4.6.3 地面的保温做法如下所示：

- (1) 将原土层夯实，在夯实的原土层上面铺贴防潮层。防潮层可选择聚乙烯塑料薄膜，薄膜应在保温层板材交接处下方连续。
- (2) 当保温层选择炉渣时，在防潮层上平铺420mm厚的炉渣，并将炉渣夯实；当保温层选择为保温板时，需要在防潮层上做 20mm 厚的水泥砂浆找平层，然后在找平层上粘贴保温板。
- (3) 在保温层上部做 60mm 厚的细石混凝土，细石混凝土上做 20mm 厚的 1:3 的水泥砂浆找平层。

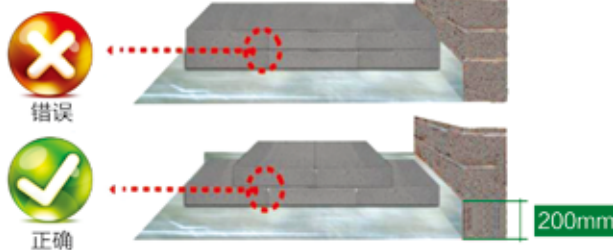
4.6.4

保温材料可选择 XPS 板或炉渣，XPS 板厚度可取为75mm，炉渣的厚度可取 420mm。



薄膜应连续搭接不间断，搭接处采用沥青密封

薄膜搭接处



- 1、防潮层应在保温层周边各扩200mm
- 2、薄膜应在保温层板材交接处下方连续
- 3、将保温层周边的聚乙烯塑料薄膜拉起，以保证良好的防水性

墙边处防潮处理

第五章 新型采暖技术



5.1 概述

5.1.1 本章分别针对碳纤维电热供暖系统、空气源热泵供暖系统、地源热泵供暖系统、生物质燃炉供暖系统、中央式热回收除霾能源环境系统、太阳能跨季节蓄热采暖系统、吊炕采暖技术进行了技术说明。

5.1.2 经济水平较高的地区宜采用碳纤维电热供暖系统、空气源热泵供暖系统、地源热泵供暖系统、中央式热回收除霾能源环境系统或太阳能跨季节蓄热采暖系统；经济水平相对较低的地区可采用碳纤维电热供暖系统、生物质燃炉供暖系统或吊炕采暖技术。

5.1.3 地源热泵供暖系统适用于村镇绿色民居的联片供暖。

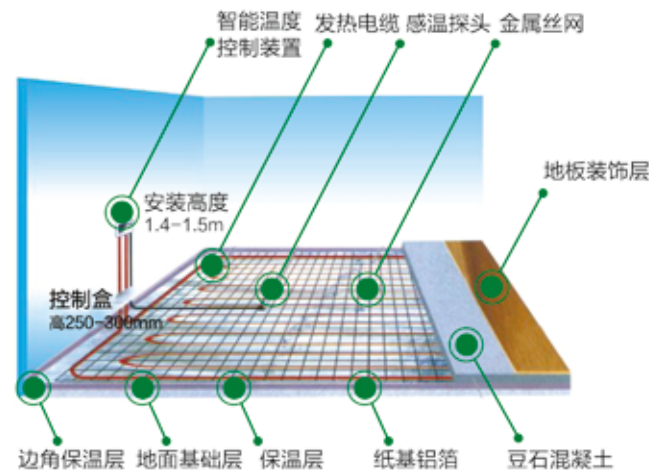


5.2 碳纤维电热供暖系统

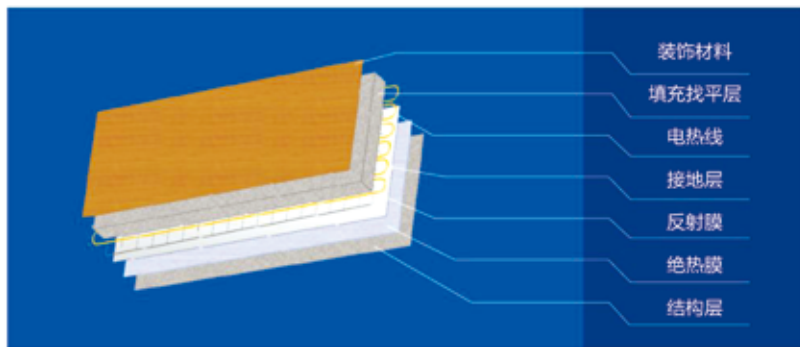
5.2.1 碳纤维电热供暖系统是以电力为能源，用碳纤维发热电缆为发热体，将电能转换为热能，通过采暖房间的地面以低温热辐射的形式，把热量送入房间。

5.2.2 碳纤维电热供暖系统的工作原理是碳纤维发热电缆通电后，其工作温度为 40°C – 60°C ，以地面作为散热面（ 24°C – 28°C ），通过少部分对流换热加热周围空气的同时，大部分与四周的围护结构、物体、人体进行辐射换热，围护结构、物体和人体吸收了辐射热后，其表面的温度升高，从而达到提高并保持室温的目的。

5.2.3 碳纤维电热供暖系统由绝热层、反射层、电热产品、温控器、导线等共同构成，这些部件共同运行，构成一个能够提供舒适、安全的供暖系统，是传统供暖方式的辅助与替代产品。



碳纤维电热供暖系统



碳纤维电热供暖系统地面构造

5.2.4 碳纤维电热供暖系统的特点：

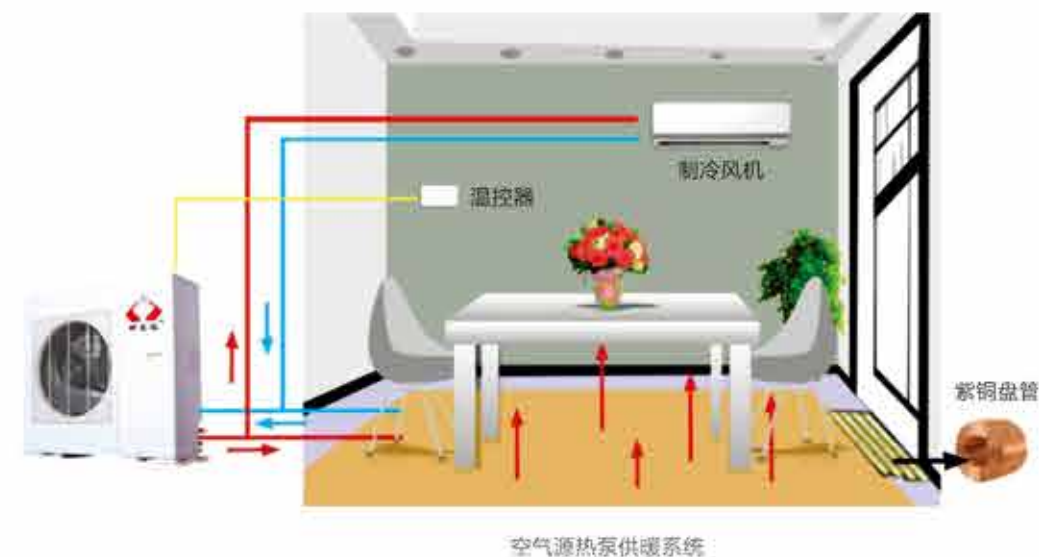


5.2.5 碳纤维电热供暖系统造价：120~130 元/平方米。运行费用：在普通农村住宅（未进行节能改造的情况下），保持室温 18℃，一个采暖季节每平方米大约需要 25~30 元。



5.3 空气源热泵供暖系统

5.3.1 空气源热泵供暖系统是指利用空气中的低品位热能经过压缩机压缩后转化为高温热能，将水温加热到不高于 60℃（一般的水温在 35~50℃），并作为热媒在专用管道内循环流动，加热地面装饰层，通过地面辐射和对流的传热使地面升温，然后热量再通过地板表面以辐射的方式散发到室内，以达到室内供暖的目的。



5.3.2 由于普通采暖散热器要求热水的温度在 60℃~80℃，在这种状态下，空气源热泵能效比太低、不经济。因此当采用空气源热泵供暖系统时，应采用低温热水地面辐射供暖作为末端。

5.3.3 当室外温度较低（小于 -20℃）时，空气源热泵供暖系统不适宜使用。

5.3.4 空气源热泵供暖系统特点：



5.4 地源热泵供暖系统

5.4.1

地源热泵系统是一种以岩土体、地下水或地表水为低温热源，由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。地源热泵系统分为土壤源热泵系统和水源热泵系统。本技术指南针对使用较多的土壤源热泵系统进行介绍。



5.4.2 土壤源热泵是利用地下常温土壤温度相对稳定的特性，通过深埋于建筑物周围的管路系统与建筑物内部完成热交换的装置。冬季从土壤中取热，向建筑物供暖；夏季向土壤排热，为建筑物制冷。它以土壤作为热源、冷源，通过高效热泵机组向建筑物供热或供冷。



5.4.3 系统优点

- (1) 利用地球表面浅层地热资源，没有燃烧，减少了烟雾及废弃物的排放；土壤源热泵的污染物排放，与空气源热泵相比减少40%以上，与电供暖相比减少 70%以上。
- (2) 利用地球表面浅层地热资源作为冷热源进行能量转换，具有资源可再生利用特点。

5.4.4 系统缺点

- (1) 埋地换热器受土壤性能影响较大，土壤的热工性能、能量平衡、土壤中的传热与传湿对传热有较大影响。连续运行时热泵的冷凝温度和蒸发温度受土壤温度的变化发生波动。
- (2) 换热盘管占地面积较大，埋管的敷设无论是水平开挖布置还是钻孔垂直安装，都会增加土建费用。



5.4.5 地源热泵和空气源热泵对比分析：

表 5-1 不同热泵对比分析

	地源热泵	空气源热泵
初投资（元/m ² ）	260	140
运行费用（元/m ² ）	16~18	14~19
技术成熟可靠性	成熟可靠	基本成熟可靠
主要配套设施	地埋管换热器	无
施工安装要求	复杂	简便
室内占用空间	机房	不需专用机房
应用主要限制条件	受施工场地、地质条件和土壤冷热不平衡限制	受气温和产品技术限制

5.5 生物质燃炉供暖系统

5.5.1 生物质炉具采用生物质成型燃料，通过风机送风，实现了炉温和进风量的可控，使燃料在炉膛内充分燃烧，相比普通燃煤炉提高了燃烧热效率。生物质能颗粒燃料是利用秸秆、水稻秆、薪材、木屑、花生壳、瓜子壳、甜菜粕、树皮等农作物废弃物，经粉碎混合挤压烘干等工艺，最后制成颗粒状燃料。

5.5.2 秸秆固化是以农作物秸秆、稻壳、树枝、杂草等各种农业废弃物为原料，与一定比例的煤炭相混合，在适当温度下施加一定压力使其紧密粘连，冷却固化成型后即可得到棒状或颗粒状新型燃料。采用该技术比传统的直接燃烧的效率高出数倍，其燃烧方式、热值与煤炭接近，基本属无污染物排放的高品位清洁能源，并且储存、运输和使用也非常方便。

5.5.3 生物质炉具的优点：

- (1) 节约能源，降低环境污染；
- (2) 一炉多用，在供暖同时可做饭、烧水、沐浴；
- (3) 工作压力小，同时也适合烧锅炉、大棚加温、大面积供暖、中小饭店使用，不受季节限制，一年四季均可以使用。



5.5.4 生物质燃炉供暖系统宜采用散热器，散热器的选择和布置应符合下列规定：

- (1) 散热器宜布置在外窗窗台下，当受安装高度限制或布置管道有困难时，也可靠内墙安装。
- (2) 散热器宜明装，暗装时装饰罩应有合理的气流通道、足够的通道面积，并方便维修。

5.5.5 使用生物质炉具时应注意以下几点：

- (1) 烟道缝隙处需要使用耐火材料密封，避免漏烟现象。
- (2) 封火后 2 小时内，锅炉房室内空气中CO浓度最高，应注意开启门窗，保证锅炉房内良好通风，雨雪天气尤其注意。
- (3) 应定期检查炉底盘与炉体、炉盘与炉体之间的连接处是否密封良好。

5.5.6 生物质炉具造价和运行成本：

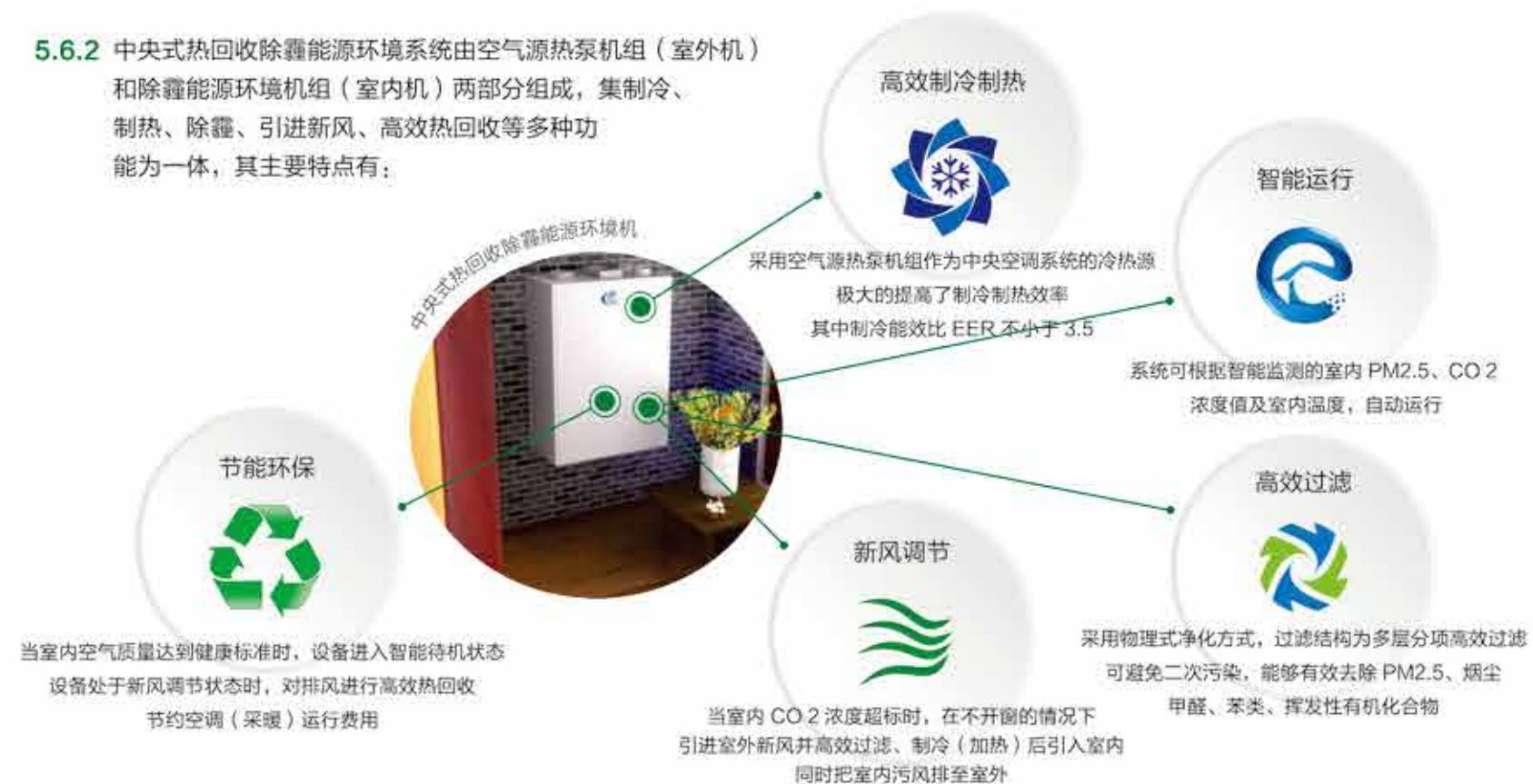
在普通农村住宅，冬季采暖需要的生物质炉具造价为 3000 元左右（不含散热器和管道）。保持室温 16℃，一个采暖季节每平方米大约需要 15~20 元。



5.6 中央式热回收除霾能源环境系统

5.6.1 中央式热回收除霾能源环境系统将室外新鲜气体经过过滤、净化，通过管道输送到室内，在密闭的室内一侧用专用设备向室内送新风，再从另一侧由专用设备向室外排出，在室内会形成“新风流动场”，从而满足室内新风换气的需要；该系统的热回收效率 $>70\%$ ，同时增设了再冷（热）系统，可根据室内温度及空气质量要求对新风进行全面处理。

5.6.2 中央式热回收除霾能源环境系统由空气源热泵机组（室外机）和除霾能源环境机组（室内机）两部分组成，集制冷、制热、除霾、引进新风、高效热回收等多种功能为一体，其主要特点有：



系统管道

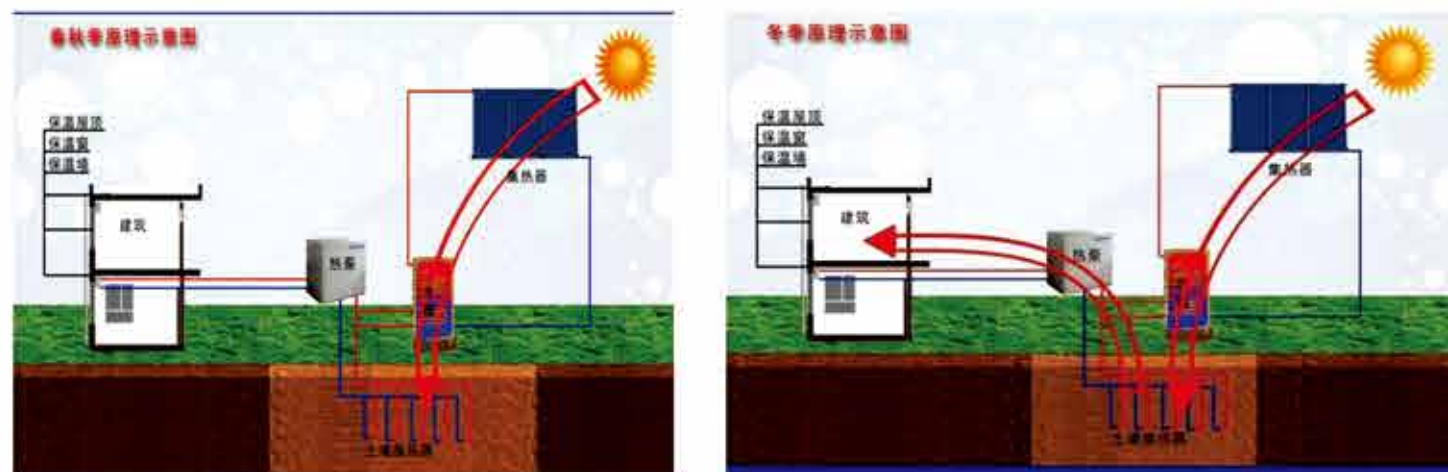


室外机（左）和室内机（右）

5.6.3 中央式热回收除霾能源环境系统适用于低能耗的绿色民居，150m²的绿色民居所需能源环境机的总造价为4万元，运行成本为8元/m²。

5.7 太阳能跨季节蓄热采暖系统

5.7.1 太阳能跨季节蓄热采暖系统：在建筑楼顶或者在另外的空地上安装太阳能集热器，在附近空地处设置蓄热介质。集热器全年吸收太阳能，并将其蓄存在蓄热介质中，冬季通过蓄热介质向建筑内供暖，当蓄热介质中的能量不够采暖时，可利用地源热泵、燃气/电/生物质锅炉等进行继续供暖。

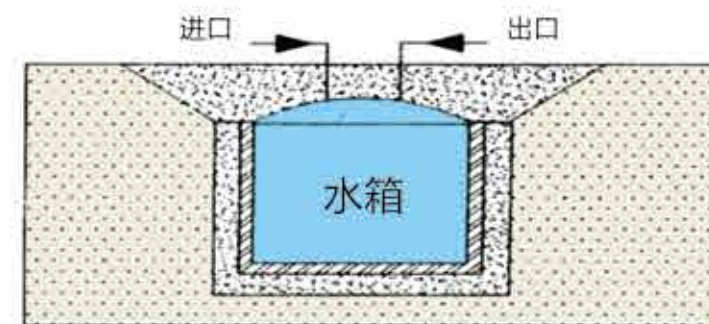


工作原理

5.7.2 根据蓄热介质的类型差异，可分为热水蓄热、砾石-水蓄热、埋管蓄热和蓄水层蓄热等方式。

(1) 热水蓄热

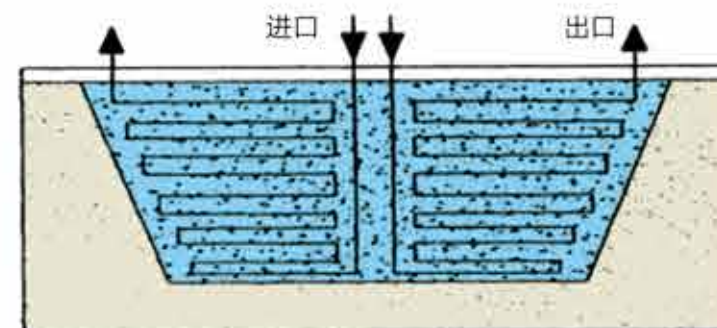
通过在地开挖形成蓄水池，水池壁面由混凝土浇筑而成，做好蓄水池的保温性能，增强系统的坚固性和抗腐蚀性。



热水蓄热

(2) 砾石-水蓄热

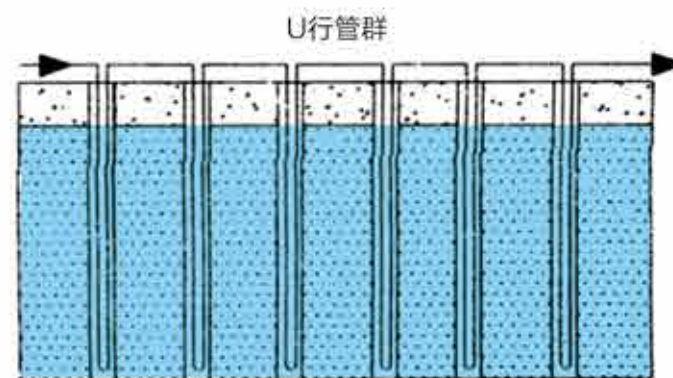
在蓄热槽内填充有一定密度的砾石-水混合物作为主要蓄热材料，太阳能可以通过埋设在各层的换热管群进行储存和释放。



砾石-水蓄热

(3) 埋管蓄热

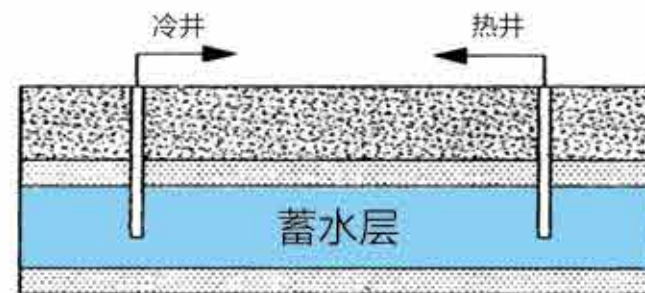
通过地下埋管，热量直接被存储或释放至埋管周围的土壤中。埋管蓄热方式对地质结构具有较强的选择性，比较适合地质结构有岩石和饱和水土壤等。



埋管蓄热

(4) 蓄水层蓄热

系统主要由冷井和热井组成。蓄热时，地下水从冷井中抽出，经太阳能系统加热后，重新注回热井；释热时，地下水的流程正好与蓄热时相反。因此，冷热井都要配备水泵系统。



蓄水层蓄热

5.8 吊炕采暖技术

5.8.1 吊炕是在传统农村火炕的基础上，将炕连灶燃烧生物质产生的能量充分作用，通过热能封闭循环和增加炕体供热表面积，实现传热供暖，增加室内温度的目的。和传统的火炕相比，吊炕克服了阴雨天不好烧的弊端，改变了传统火炕炕头热、炕梢凉的状况，取消了原来火炕的炕洞垫土的麻烦。炕温可按照需要进行调节。

5.8.2 吊炕接触的墙体为冷墙，冷墙要求一卧一立砌筑，并留 50mm 缝隙用保温材料填充密实。炕内墙体要求用水泥砂浆抹实防止漏烟。在砌炕内支柱前需要先在炕底板上铺设 10mm 厚的炉渣沙土，找平后才可以砌筑。



吊炕底部形式



吊炕效果

炕内接触的墙体为冷墙，砌筑该部分墙体时，与冷墙内壁留出50mm的宽度填充保温材料（珍珠棉或炉渣）捣实，上面用泥沙抹实。

第六章 可再生能源利用技术



6.1 概述

6.1.1 绿色民居的可再生能源利用技术主要包括太阳能热水系统与建筑一体化技术、太阳能光伏发电技术和沼气利用技术。

6.1.2 应因地制宜确定能源利用形式，可采用太阳能、沼气等实用能源。鼓励开发先进能源利用技术及建设示范工程。



6.2 太阳能热水系统建筑一体化技术

6.2.1 太阳能热水系统是利用太阳能集热器，收集太阳辐射能把水加热的一种装置，提倡采用家用太阳能热水系统为居民生活提供热水。

6.2.2 太阳能热水器的工作原理
在内玻璃管的表面上利用特种工艺涂有光谱选择性吸收涂层，用来最大限度的吸收太阳辐射能。经阳光照射，光子撞击涂层，太阳能转化成热能，水从涂层外吸热，水温升高，密度减小，热水向上运动，而比重大的冷水下降。热水始终位于上部，即水箱中。

6.2.3 农村地区可使用的太阳能热水系统一般视当地的建筑类型、经济条件、生活习惯等而定。储热水箱可内置有电加热器。根据河北地区的实际情况，推荐使用普通直插式太阳能热水器以及自然循环分体式太阳能热水器两种形式。



6.2.4 普通直插式太阳能热水器

(1) 普通直插式太阳能热水器是目前农村地区使用数量最多的太阳能热水器产品类型，适合每户一套相互独立使用。

其主要优点有：结构简单，技术成熟；运行稳定，系统配件普及，便于维护；产品价格低廉，是农村地区可选用的性价比较高的产品。

(2) 用户可根据实际用水人数来确定水箱容量，从而选择产品型号，具体方式请见下表。

表 6-1 普通直插式太阳能热水器选型依据

系统	水箱容量 L	集热器面积 m ²	安装空间mm	适用家庭人数
1	145	2.19	1535×1790	3~4 人
2	162	2.47	1701×1790	3~4 人
3	180	2.75	1867×1790	4~5 人
4	215	3.31	2199×1790	4~5 人
5	230	3.59	2365×1790	5~6 人



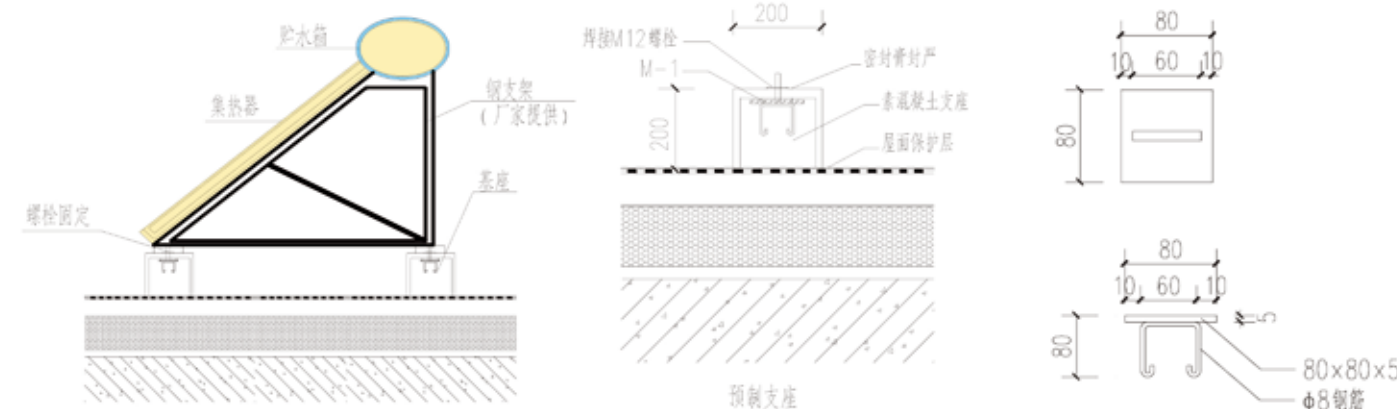
普通直插式太阳能热水器



(3) 一体化安装方式

① 太阳能热水系统与平屋顶连接方式

太阳能热水系统可以通过预制混凝土支座与平屋顶进行连接。预制混凝土支座是放置在屋面的保护层上，支座有一定的高度、宽度，且都不应小于200mm。管线伸出屋面时，需在屋面结构层施工时预埋穿屋面套管，可采用钢管或PVC管材。套管四周的找平层应预留凹槽用密封材料封严，并增设附加层。上翻至管壁的防水层应用金属箍或镀锌钢丝紧固，再用密封材料封严，避免在已做好的防水保温屋面上凿孔打洞。

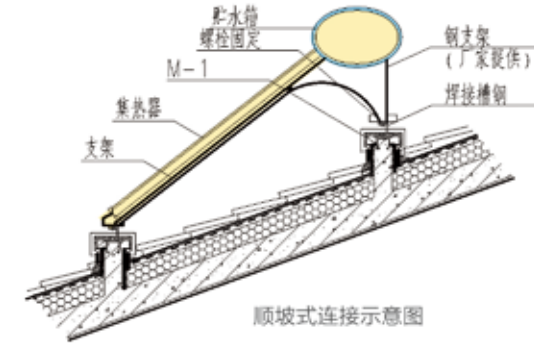


太阳能热水系统与平屋顶连接示意图

② 太阳能热水系统与坡屋顶连接方式

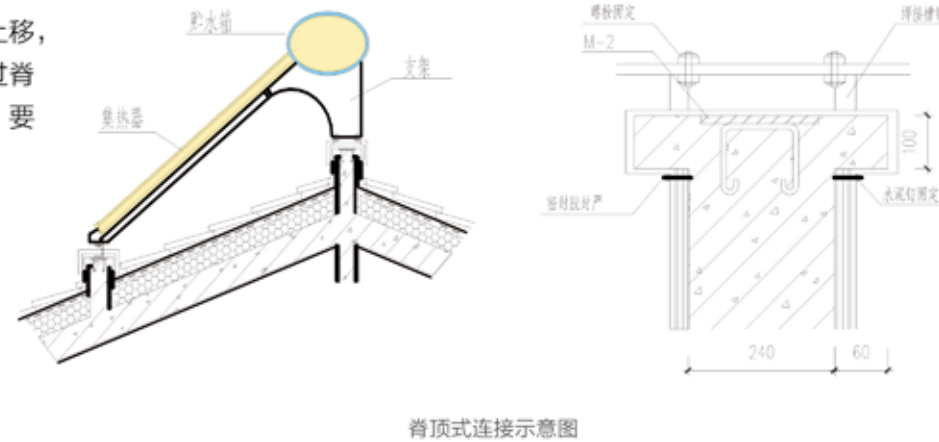
1) 顺坡式

钢筋混凝土支座与结构层一起浇筑，在支座内预埋钢板，上面焊接螺栓固定热水器，屋面防水、排水、保温做法与平屋顶基本相同。



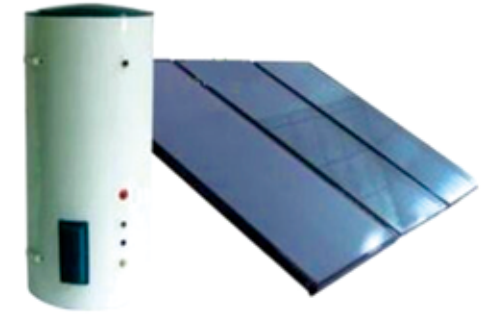
2) 脊顶式

与顺坡式相似，将整个热水器顺坡上移，将贮水箱放在坡屋面的脊顶处，通过脊顶支座上的预埋钢板与支架相连接，要注意处理好屋面的防水、排水和保温等构造的做法。



6.2.5 自然循环分体式太阳能热水器

- (1) 自然循环分体式的主要优势在于，分离式的集热系统安装于阳台或直立墙面上，与建筑完美结合；系统承压运行，密闭循环，间接换热，保证了水质；承压供水，舒适度高，室内管路长度短，无效冷水少；水箱挂于阳台上，节省空间；每户一套系统，水、电均分户计量，无计费纠纷。



自然循环分体式太阳能热水器

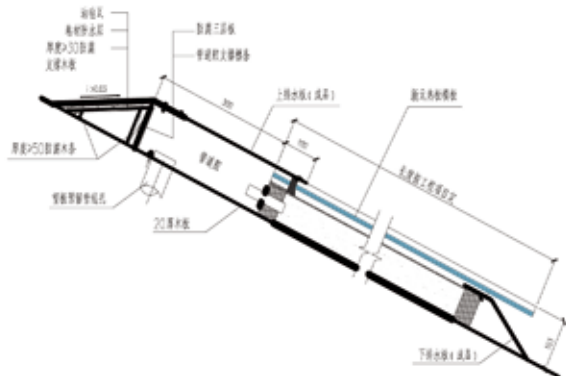
- (2) 用户可根据实际用水人数来确定水箱容量，从而选择产品型号，具体方式请见下表。

表 6-2 自然循环分体式太阳能热水选型依据

系统	水箱容量 L	集热器面积 m ²	安装空间mm	适用家庭人数
1	80	1.3	2000×900	2~3 人
2	100	1.7	2000×1100	2~3 人
3	120	2.0	2250×1150	3~4 人

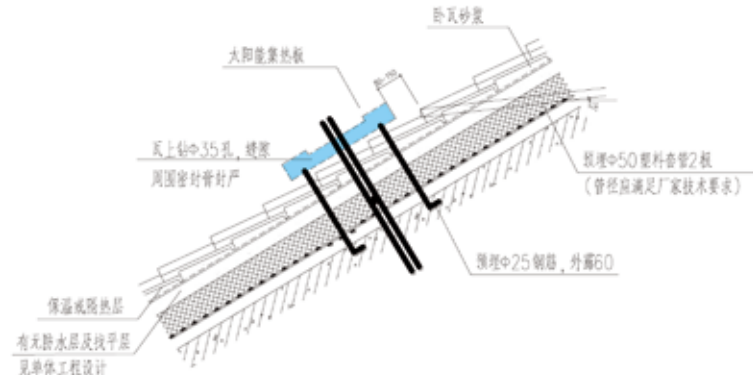
(3) 一体化安装方式

① 嵌入式



太阳能集热板嵌入式安装做法

② 凸出式



太阳能集热板凸出式安装做法

6.2.6 注意事项

- (1) 现在国内热水器品牌种类繁多，用户根据自己的需求，宜选择高效节能的太阳能热水器产品；
- (2) 太阳能集热器应与建筑有机结合，保持建筑统一和谐的外观，并与周围环境相协调；太阳能热水器位置要统一布置，并且能够保证接受充足的阳光，特别是沿街道的用户，要按照美观大方统一的原则进行布置；
- (3) 对于裸露在室外的热水管道要做好保温处理，防止冬季冻裂管道，保温层厚度如下表所示。

表 6-3 建议保温层厚度

保温材料	聚氨酯	聚苯乙烯	聚乙烯	岩棉
保温层厚度 (mm)	30	35	40	50

- (4) 太阳能热水器周边 15m 范围内的高点处要设置避雷设施；
- (5) 太阳能集热器宜朝向正南，或南偏东、偏西 30° 的朝向范围内设置，安装倾角为 $35 \pm 5^\circ$ 的范围内。

6.3 太阳能光伏发电系统

6.3.1 绿色农房的太阳能光伏发电系统宜采用家用太阳能光伏发电系统。家用太阳能光伏发电系统是通过屋顶安装光伏发电系统，太阳能组件吸收太阳光，产生的直流电通过逆变器转换为交流电，供家用电器使用；光伏发电系统所发电量除自用外，可将其余部分上传至电网，获取相应电价收入及政府补贴。



6.3.2 家用太阳能光伏发电系统的组成

(1) 家用太阳能光伏发电系统主要包括：太阳能电池组件、控制器、蓄电池、逆变器、负载等组成。其中，太阳能电池组件和蓄电池为电源系统，控制器和逆变器为控制保护系统，负载为系统终端。



太阳能光伏发电系统组成

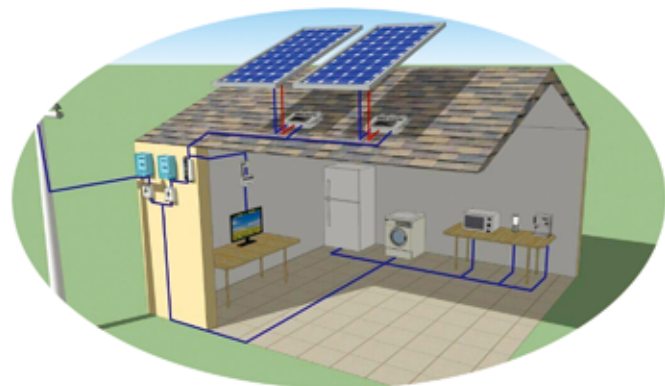
- (2) 太阳能电池组件的作用是将太阳的辐射能力转换为电能，或送往蓄电池中存储起来，或推动负载工作。
- (3) 控制器的作用是控制整个系统的工作状态，并对蓄电池起到过充电保护、过放电保护的作用；在温差较大的地方，控制器具备温度补偿的功能；同时还具有定时、自动识别电压等功能。
- (4) 蓄电池的作用是将太阳能电池方阵发出直流电贮存起来，供负载使用。在光伏发电系统中，蓄电池处于浮充放电状态。白天太阳能电池方阵给蓄电池充电，同时方阵还给负载用电，晚上负载用电全部由蓄电池供给。因此，要求蓄电池的自放电要小，而且充电效率要高，同时还要考虑价格和使用是否方便等因素。
- (5) 绝大多数用电器，如日光灯、电视机、电冰箱、电风扇等都是交流电工作，要想这类用电器能正常工作，太阳能发电系统需要将直流电变换成交流电，具有这种功能的电力电子设备称作逆变器。逆变器还具有自动稳压功能，可改善光伏发电系统的供电质量。



6.3.3 家用太阳能光伏发电系统的相关因素

太阳能发电需要综合考虑各种因素，只有掌握了准确的资料后，才能确定电池板的安装方式、最低功率、规格及蓄电池的容量、性能及控制方式。

- (1) 现场的地理位置包括：地点、经度、纬度、海拔等。
- (2) 安装地点的气象条件包括：逐月太阳能总辐射量，直接辐射量（或日照百分比），年平均气温，最长连续阴雨天数，最大风速及冰雹、降雪等特殊气象情况。
- (3) 最大负载量包括：负载每天工作时间及平均耗电量，连续阴雨天需工作的时间。
- (4) 负载用电特性
由于太阳能电池阵列输出的电流是直流，如果负载是交流的话，需要经过逆变器的转换，才能正常工作，这样太阳能最终供给负载的能量损耗就增大，从而所需太阳能电池就会增大。
- (5) 交流负载对电源的要求
交流负载除了需要更大的太阳能电池板外，对逆变器的要求也会因负载的不同而不同。一般来讲纯电阻性质的负载例如电热丝，对逆变器要求不高，可用普通的修正波逆变器。而电视、电动机对电源要求相对要高，需要的逆变器功率及输出特性都要高，需用大功率的正弦波的逆变器，才能保证负载能正常工作，不受干扰。



6.3.4 注意事项



(5) 维护

家用太阳能光伏发电系统需做定期维护，否则可能影响正常使用，甚至缩短使用寿命。在风沙较大地区，应当经常清除灰尘，保持方阵表面的干净，以免影响发电量。切勿用腐蚀性溶剂或硬物冲洗擦拭。经常检查蓄电池的充放电情况，随时观察电极或接线是否有腐蚀或接触不良之处。

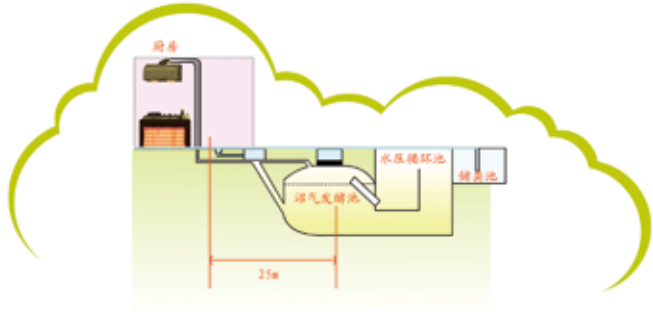


6.4 沼气利用技术

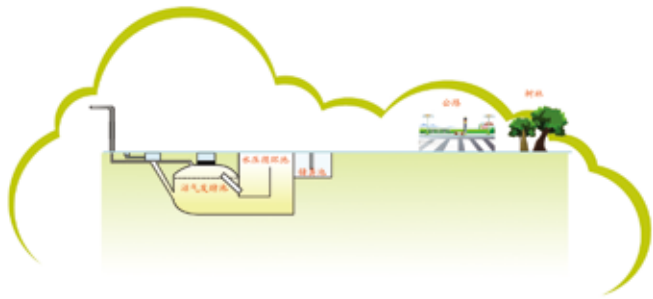
6.4.1 沼气是有机物在一定的温度、浓度、酸碱度和严格的厌氧条件下，经微生物发酵作用生成的一种可燃气体。建造农村户用沼气池，不仅有利于保护林草资源、减少水土流失和改善农业生态环境，还可以改变农业生产条件，促进农业循环经济发展。

6.4.2 选址要点

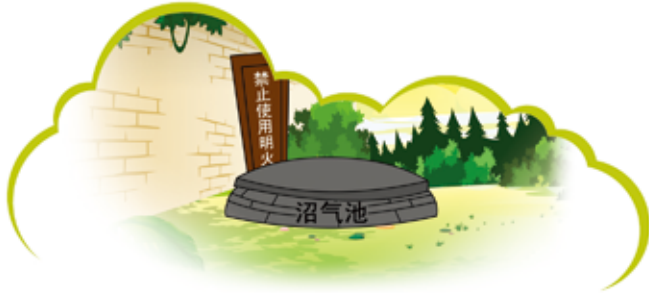
(1) 为缩短沼气的输送距离，沼气池应尽量靠近厨房，距离不宜超过 25 米。



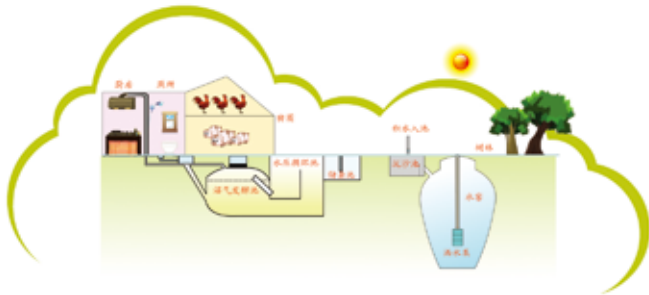
(3) 沼气池应远离公路与铁路，并避开树林，以免对沼气池造成震动与损害。



(2) 尽量选择地基好、地下水位较低和背风向阳的地方建池。



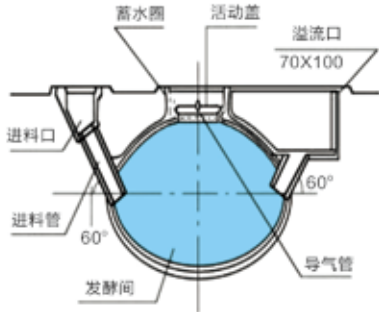
(4) 沼气池应当与猪栏、厕所连通修建，做到“三结合”，便于粪便自流入池。



6.4.3 沼气池的类型

(1) 椭圆形沼气池

该类型的沼气池是我国推广最早的池型，是在总结“三结合”、“圆、小浅”、“活动盖”、“直管进料”等群众建池的基础上，加以综合提高而形成的。

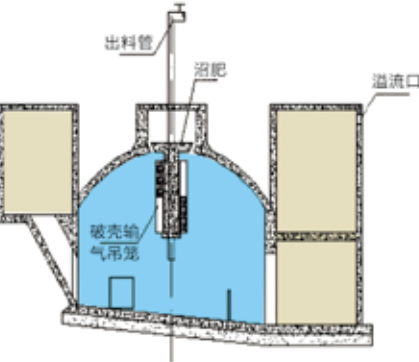


椭圆形沼气池

(2) 曲流布料沼气池 (C 型)

该池型发酵原料不用秸秆，全部采用人、畜、禽粪便。该池型有如下特点：

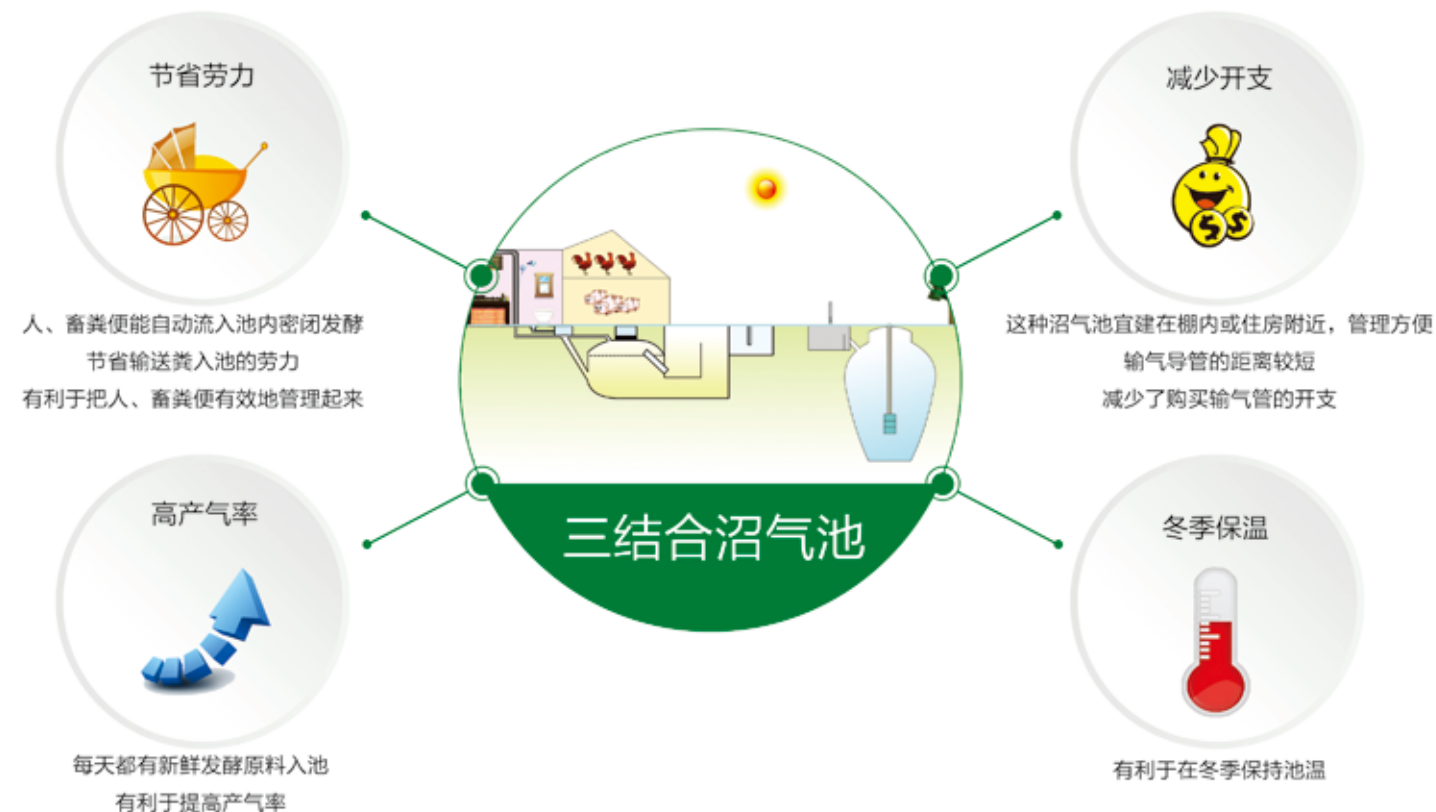
- ① 池型结构合理，原料进入池内由分流板进行半控或全控式布流，充分发挥池容负载能力，池容产气率高。
- ② 造价低廉，自身耗能少；操作简单方便，容易推广。
- ③ 采用连续发酵工艺，发酵条件稳定。
- ④ 池底由进料口向出料口倾斜，池底部最低点在出料口底部，在倾斜池底的作用下，形成流动推力，实现主发酵池进出料自流。
- ⑤ 能够利用外力连动搅拌装置或内部气压进行搅拌，防止料液结壳。
- ⑥ 设置了面料板、中心破壳输气吊笼和原料预处理池。这些装置可有效增加新原料的扩散面，充分发挥池容的负载能力，提高气产量并延长连续运转周期。



曲流布料沼气池

6.4.4 “三结合”的沼气池

“三结合”的沼气池就是将沼气池、猪圈、厕所三者修在一起，具有以下好处：



6.4.5 管理及应用

沼气池是严格密闭的发酵装置，是人工制取和贮存沼气的设施，在日常使用中，为确保沼气池持续不断地发挥效益，应从以下几方面进行科学管理：

- (1) 经常不断地取出旧料填加新料；
- (2) 定期抽取底层沉渣，进行中层沼液循环；
- (3) 定期排除管道积水；
- (4) 经常检查输气管道、炉具、灯有无堵塞和漏气现象；
- (5) 投料以人、畜、禽粪便为主，确需投草料和水生植物时，应切短或粉碎后与粪便混合入池，注意防止电石、农药之类东西入池，以免料液中毒，抑制产气；
- (6) 沼气池使用一年以上后，应打开活动盖，捞取浮渣后封盖，此后，只进粪便类原料，不再进秸秆或青杂草；
- (7) 进出料口要加盖，防止人、畜掉进池内，也利于环境卫生；
- (8) 每次大换料入池检修时，不可使用明火，不可在池内吸烟，以免点燃池内残余气体，发生烧伤事故。一般可用手电筒照明；
- (9) 检修沼气池时要注意防止中毒和窒息。沼气中含有少量的硫化氢等有毒气体，二氧化碳含量高也会引起窒息。因此，检修池时要防止中毒。人入池前，必须先排出沼气，未发现异常，方可入池操作。检修人员要2个人以上，池顶应预留人守护。

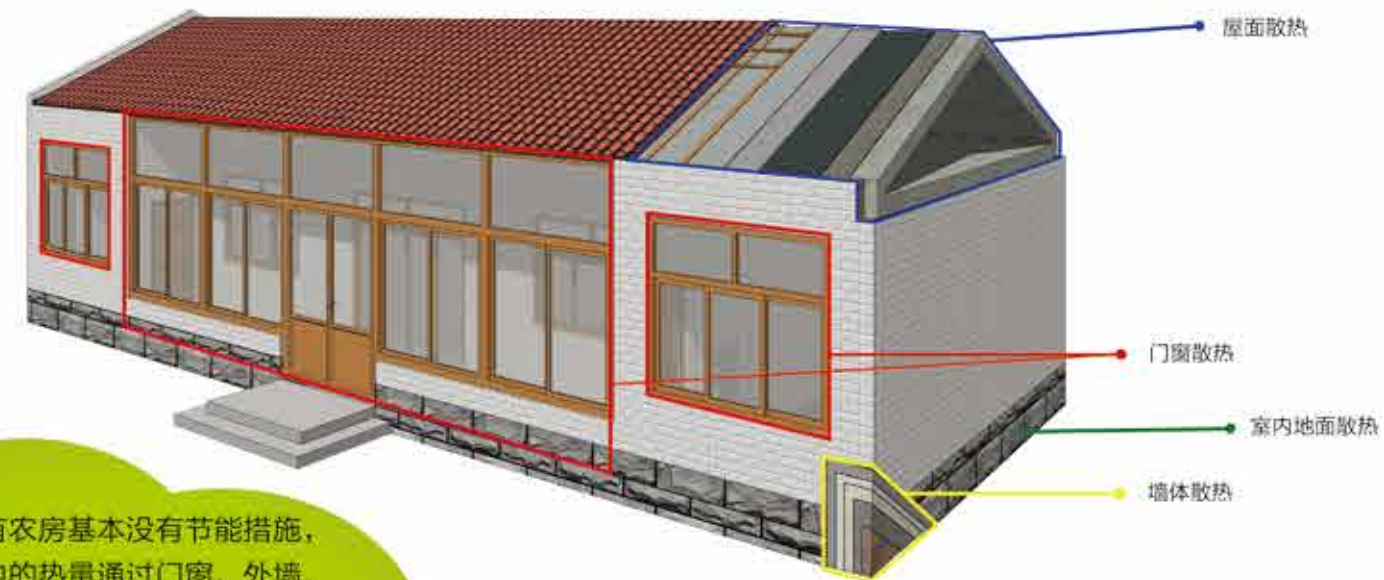


第七章 农房节能改造



7.1 农房节能改造有关问题

7.1.1 既有农房的热量是从哪些部位散失的？



既有农房基本没有节能措施，室内的热量通过门窗、外墙、屋面和地面散失，其中门窗散热量最高，所以农房中普遍存在暖气烧的很热，但室内温度仍然偏低的现象。由于农房建成后再进行地面节能改造难度较大，一般不推荐进行地面节能改造。因此当前主要从门窗、外墙和屋面三个方面开展农房节能改造。



农房热量散失示意图

7.1.2 当资金有限，不能同时进行门窗节能改造、墙体节能改造和屋面节能改造怎么办？

一般而言，门窗节能改造对于降低能耗的作用最明显；墙体和屋面节能改造的作用比较接近，但屋面结构类型复杂，其节能改造涉及到防水等一系列问题，改造难度较大。因此，当节能改造资金有限时，可以按门窗节能改造>墙体节能改造>屋面节能改造的优先顺序进行单项改造。条件允许时，可对门窗、墙体和屋面同时进行节能改造。



节能改造优先顺序

7.1.3 河北省不同地区节能改造措施有差异吗？

不同地区的节能措施是有差异的。河北省部分地区为寒冷区，部分地区为严寒区。寒冷地区和严寒地区节能改造过程中，保温材料厚度等参数的取值不一样，详见7.3、7.4节规定。所以实施节能改造时应根据建筑所处气候分布进行确定。

河北省建筑节能气候分区

气候分区	代表性地区
寒冷(B)区	邯郸 邢台 衡水 石家庄 沧州 保定 廊坊
寒冷(A)区	唐山 秦皇岛 张家口 承德
严寒(C)区	围场 丰宁 隆化 沽源 康保 张北 尚义 赤城 崇礼 蔚县



河北建筑节能气候分区示意图

7.2 门窗节能改造

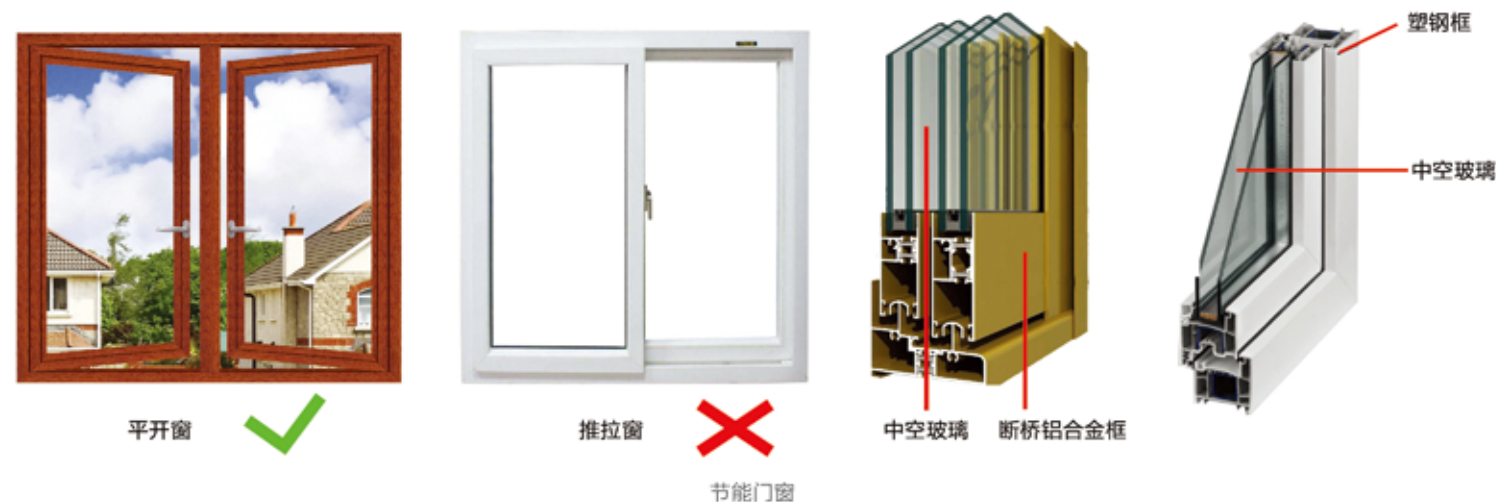
7.2.1 为什么既有农房门窗节能效果差？

一是既有农房门窗质量和性能不高，二是门窗安装施工质量差。由于这两方面原因，农房门窗保温隔热性能普遍较差，“跑风漏气”现象严重，大量的冷空气渗透到室内。所以，门窗节能改造重点是解决这两个方面的问题。



7.2.2 更换节能门窗

- 1.进行门窗节能改造时，应将质量不好的门窗直接更换为节能门窗，推荐采用平开双玻中空塑钢或者断桥铝合金门窗，门窗气密性不低于国家规定的6级。为保证节能门窗质量，建议向门窗生产厂家索要产品气密性检验报告。
- 2.节能门窗安装时应门窗框和墙体之间的缝隙进行封堵，保证其密闭性。



7.2.3 增设门斗

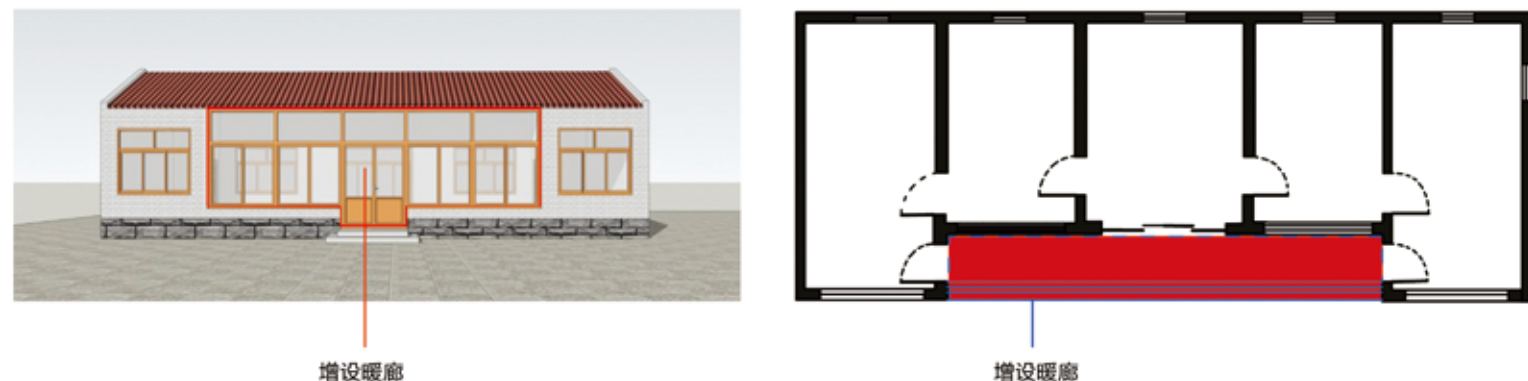
- 1.门斗可与更换节能门同时采用。
- 2.设置门斗可以防止在打开外门时冷(或热)空气直接侵入室内，从而起到避风防寒的作用。



门斗示意图

7.2.4 增设暖廊

- 1.暖廊是把住宅的南侧开敞空间用玻璃等透光材料进行封闭形成的阳光房。暖廊作为室内外空气交换的缓冲空间，可以起到良好的保温效果，改善室内的热环境。
- 2.增设暖廊一般宜与门窗改造同时实施；当现有门窗保温隔热和密封性能较好时，也可单独增设暖廊；暖廊玻璃宜采用双玻。
- 3.为夏季满足通风降温的要求，暖廊应设置可开启窗，以利于减少空调制冷用电。



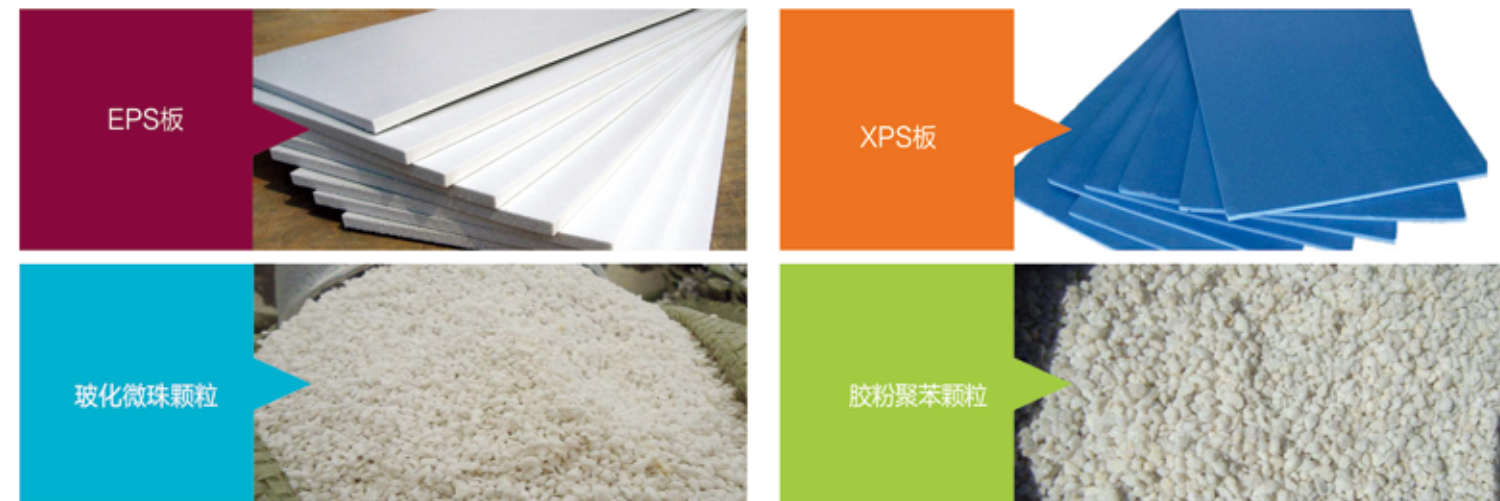
农村住宅增设暖廊示意图

7.3 墙体节能改造

7.3.1 农房墙体保温技术应该如何选择？

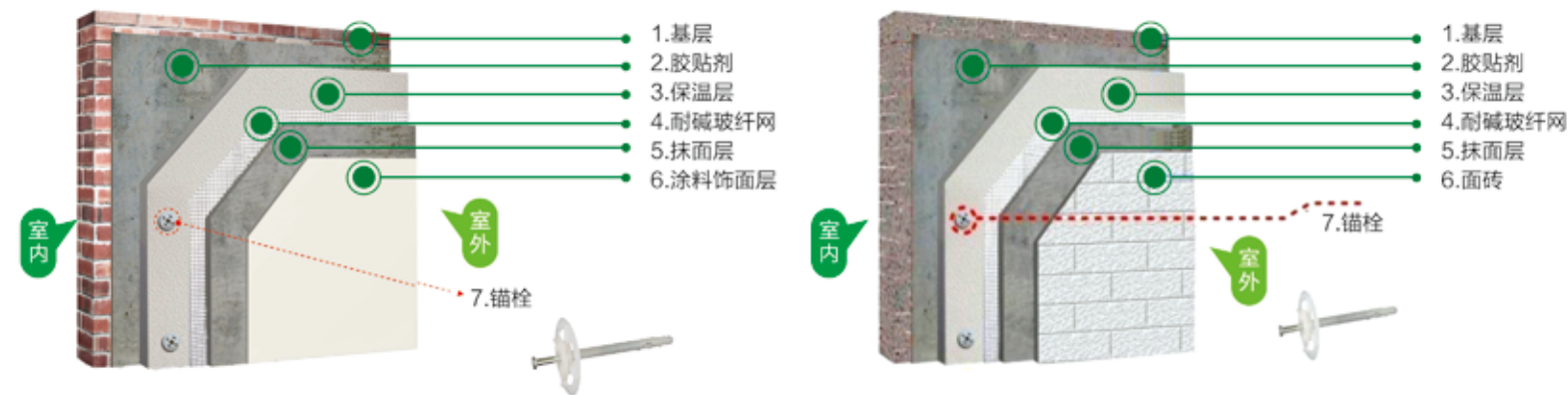
建筑墙体节能改造技术可采用外墙外保温和外墙内保温技术。外墙外保温不占用房屋的室内面积，施工简便；外墙内保温需占用房屋的空间面积且施工影响居民的日常生活。因此推荐选用外墙外保温技术。

常用的外墙外保温材料是EPS保温板或XPS保温板，难以进行保温板粘贴的部位可以采用喷无机保温砂浆类（玻化微珠防火保温砂浆）和有机保温砂浆（胶粉聚苯颗粒保温砂浆）的方式进行处理。



常用保温材料

7.3.2 EPS外墙外保温体系构造如下图所示。XPS外墙外保温体系构造与EPS保温体系基本一致。



EPS板涂料饰面保温体系构造示意图

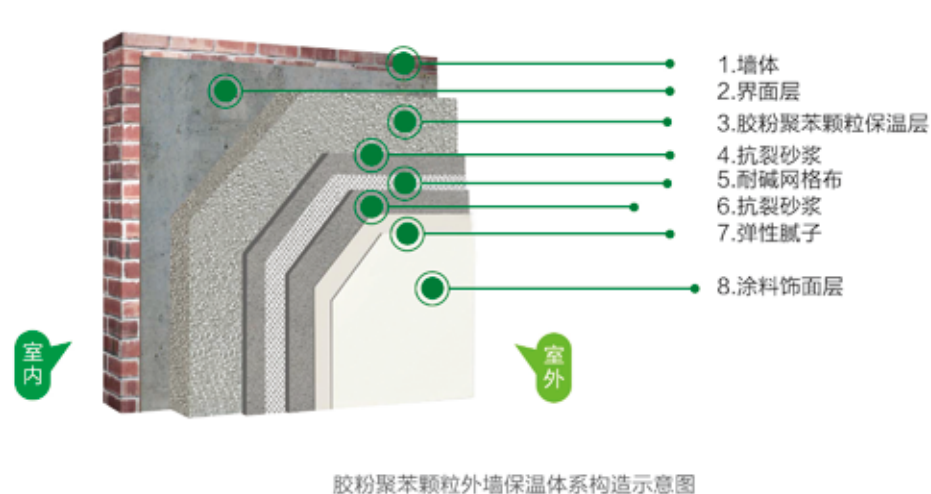
EPS板面砖饰面保温体系构造示意图

7.3.3 采用EPS或XPS外墙外保温技术时，不同地区保温板的厚度可选择下图参考值。

河北省不同地区墙体节能改造保温材料厚度参考值

序号	区域	保温材料类型	
		EPS	XPS
1	寒冷地区	60mm-70mm	40mm-50mm
2	严寒地区	80mm-90mm	60mm-65mm

7.3.4 粘贴保温板有困难的部位，可以喷涂无机保温砂浆或有机保温砂浆代替粘贴保温板。

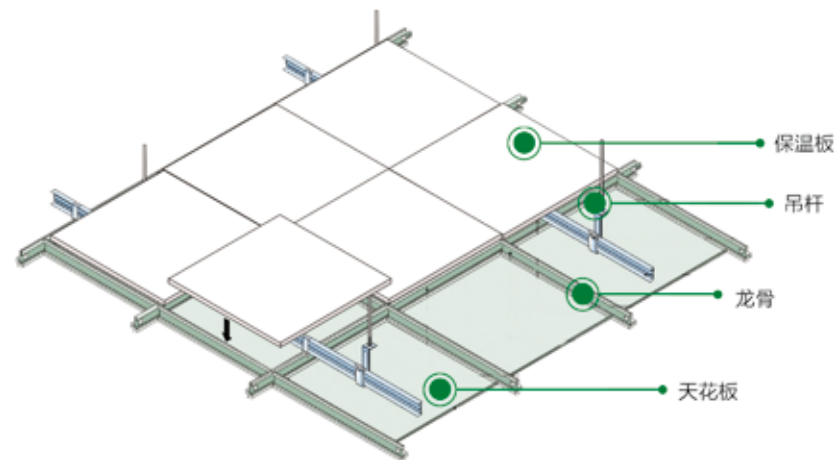


7.4 屋面节能改造

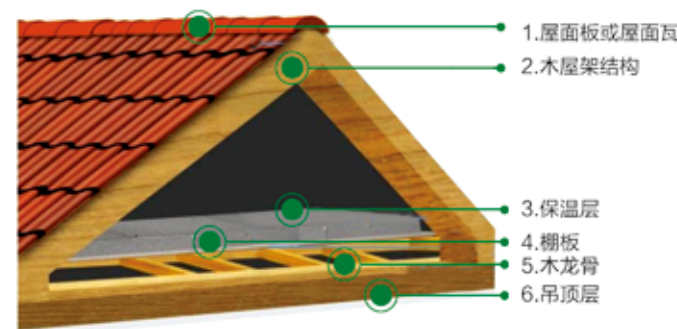
7.4.1 屋面节能改造方式主要有两类：一是在室内增设保温吊顶，二是在原屋面上铺设保温材料。考虑到农房高度普遍较大，推荐优先采用在室内增设保温吊顶的方式进行改造。

7.4.2 增设保温吊顶

- 1.保温吊顶可以增强屋顶的保温隔热效果并且减小房间采暖的体积，所以具有较好的节能效果。
- 2.室内无吊顶的坡屋顶住宅和室内净高较大的平屋顶建筑都可以采用此措施。
- 3.保温吊顶内的保温材料宜选择EPS板。在严寒地区，EPS板厚度可为100mm；在寒冷地区，EPS板厚度可为80mm。



轻钢龙骨保温吊顶示意图

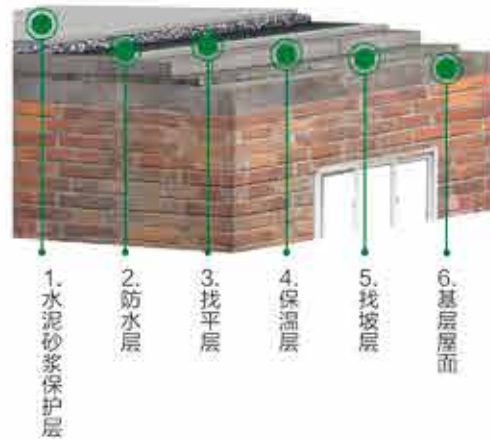


坡屋顶增设保温吊顶示意图

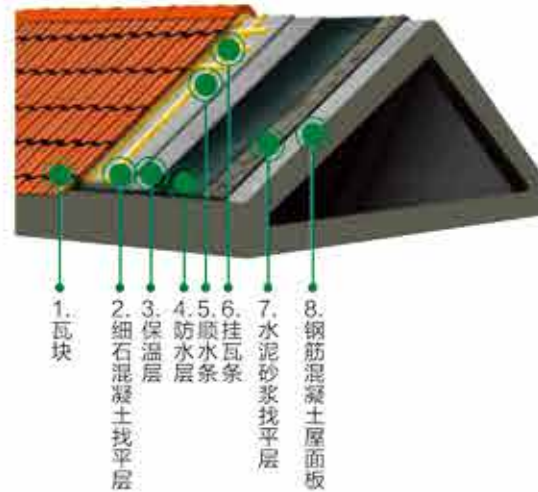
7.4.3 在原屋面铺设保温材料。保温材料可选择EPS板和XPS板。在严寒地区，EPS板厚度参考值为100mm，XPS板厚度参考值为80mm；在寒冷地区，EPS板厚度参考值为80mm，XPS板厚度参考值为60mm。

屋顶保温板厚度参考值

	严寒地区	寒冷地区
EPS 板	100mm	80mm
XPS 板	80mm	60mm



平屋顶节能改造示意图



坡屋顶节能改造示意图