

北京地区农村住宅建造及抗震节能改造 技术指导手册（2020年版）

北京市住房和城乡建设科学技术研究所 主编

《北京地区农村住宅建造及抗震节能改造
技术指导手册》（2020年版）

主要编写人员：

惠擎宇 王满生 徐俊芳 陈 俞 张 浩

主要审查人员：

葛学礼 李自强 宋 波 赵作周 刘月莉

主编单位：

北京市住房和城乡建设科学技术研究所

前言

为了促进农宅安全、抗震、节能能力的提升，我单位编制了《北京地区农村住宅建造及抗震节能改造技术指导手册》（简称“手册”）。

本手册主要内容包括：**1** 规划与选址；**2** 农宅建设新体系及新技术；**3** 遭遇大震时部分砌体结构房屋破坏实例；**4** 砌体结构农宅结构建造要点；**5** 农宅改造加固；**6** 农宅节能分项建造要点。

手册采取文字和图示相结合的方式，力争更加通俗易懂地介绍上述技术要求。

本手册主要适用于北京地区**1~2**层农村住宅的建造及抗震节能改造。

本手册有误之处，欢迎业内专家和广大农民朋友批评指正。

目 录

1	规划及选址	1
1.1	规划.....	1
1.2	选址.....	2
2	农宅建设新体系及新技术	3
2.1	轻型钢结构房屋.....	4
2.2	轻质复合板组合结构房屋.....	13
2.3	装配式混凝土结构房屋.....	19
2.4	聚苯模块剪力墙结构房屋.....	35
3	遭遇大震时部分砌体结构房屋破坏实例	42
4	砌体结构农宅结构建造要点	47
4.1	砌体结构农宅部分建筑专业参数、层数及总高度限值.....	47
4.2	地基基础.....	49
4.3	墙体.....	54
4.4	楼、屋盖.....	63
4.5	楼梯间.....	71
4.6	过梁、阳台.....	72
4.7	部分施工要点.....	72
5	农宅改造加固	78
5.1	砌体结构农宅的典型加固方法.....	78
5.2	砌体结构农宅加固设计及施工.....	92
6	农宅节能分项建造要点	101
6.1	保温材料.....	101
6.2	外墙节能保温.....	102
6.3	屋面和地面保温.....	109
6.4	外门窗.....	113
6.5	采暖通风系统.....	115
6.6	农宅节能保温经济性分析.....	117
6.7	农宅光伏系统应用.....	121

1 规划及选址

1.1 规划

1.1.1 村民建设住宅应当符合村庄规划，并尽量使用原有宅基地和村内空闲建设用地，要按程序申报，获得批准后方可建设。宅基地涉及文物保护单位保护范围及其他各类建设控制地带的，要按照有关规定报相关部门审批。宅基地上建房应当本着安全、适用、经济、绿色、美观的原则，遵守村规民约，方便村民生活，体现当地历史文化、地区特色和乡村风貌。

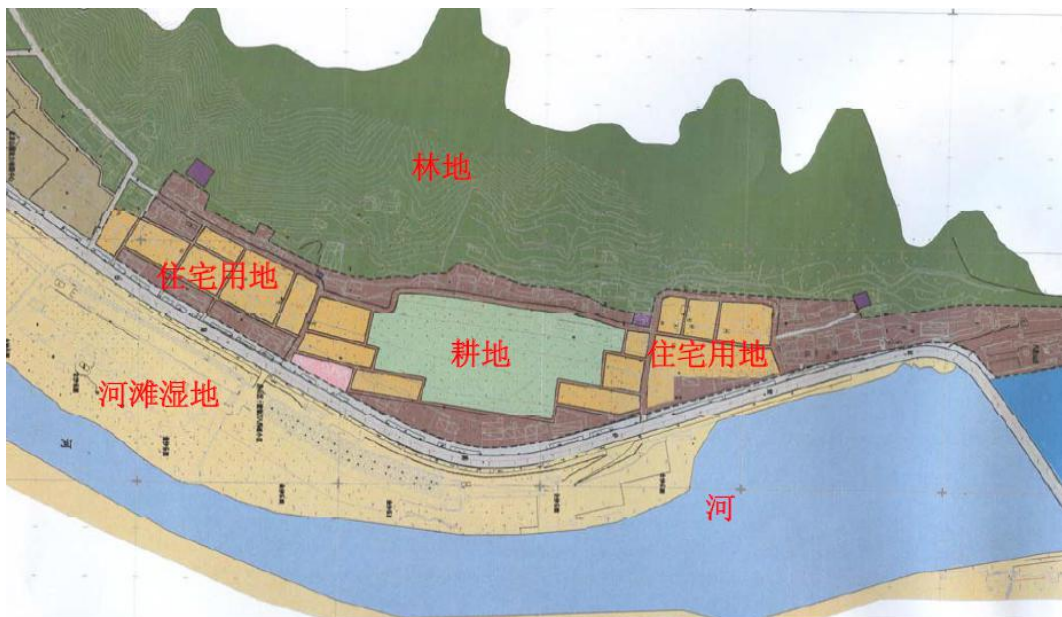


图 1-1 某新农村民居的控制规划图

1.1.2 村民建房基底面积占宅基地面积原则上不得超过 75%，房屋檐口高度（以房屋基底上平面起计算）原则上不得超过 7.2 米。房屋四至（含滴水）垂直下落投影、台阶均应控制在自家宅基地范围内。

1.2 选址

选址时要避开泥石流区、陡坡区、河滩、河道、地下采空区、地震断裂带、高压线下等危险地带（图 1-2）。

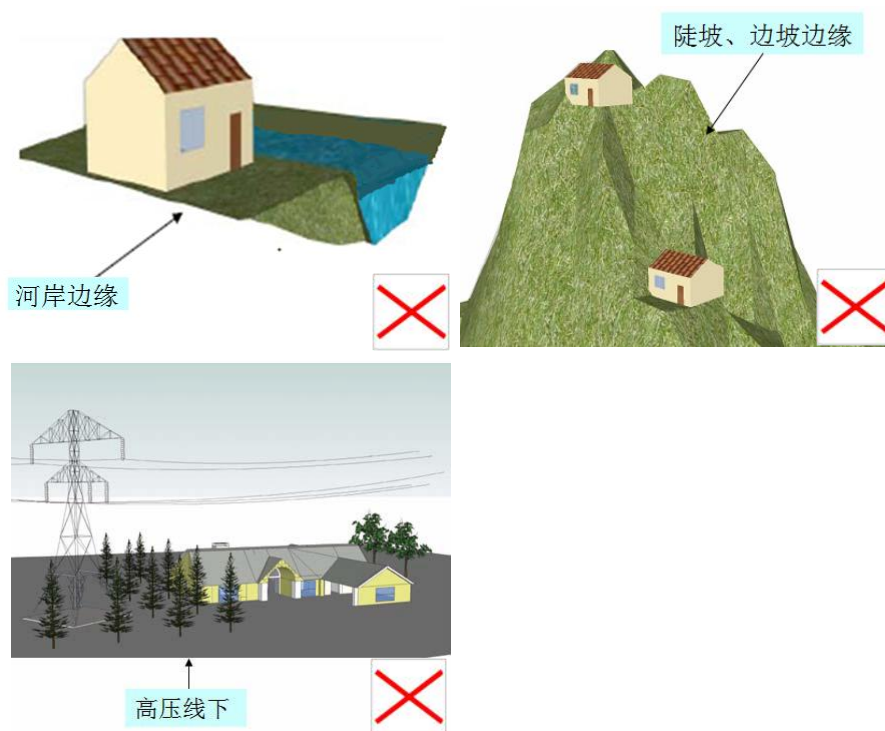


图 1-2

软弱土，液化土，平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层(如故河道、疏松的断层破裂带、暗埋的塘浜沟谷和半填半挖地基)，高含水量的可塑黄土，地表存在结构性裂缝等的区域属于不利地段。房屋选址时应避开此类区域或采取有效措施消除上述不利因素的影响。

2 农宅建设新体系及新技术

本章中介绍四类具有一定代表性的农宅建设新体系及新技术：轻型钢结构、复合板材结构、装配式混凝土结构、聚苯模块剪力墙结构。

本章所介绍的新体系及新技术农宅建造中所涉及的材料、施工工艺等应符合国家、北京市和行业相应标准的要求。新体系及新技术农宅的施工单位或相关构件生产企业除应提供建筑材料强度、防火性能等的合格证明外。还应满足以下要求：

1、所建造的新体系及新技术农宅应满足北京地区 8 度抗震设防标准的要求；

2、所建造的新体系及新技术农宅应具有优良的节能性能，外墙、屋顶、外门窗的传热系数满足节能 65%居住建筑节能设计标准中相关要求；

3、所建造的新体系及新技术典型农宅应有建筑、结构、水、暖、电专业设计文件，并应包含防火、防雷设计以及防潮、防水、防结露、耐久性、隔声和防振动等涉及建筑正常使用的设计内容，设计文件应符合国家、北京市和行业标准的要求；

4、应提供所建造的新体系及新技术农宅的造价清单；

5、应对所建造的新体系及新技术农宅应提供相应的质量保修服务，在设计使用年限内对地基基础和主体结构承担保修义务，正常使用情况下各部位、部件保修内容与保修期应符合相关法律法规的规定。

2.1 轻型钢结构房屋

2.1.1 轻型钢结构农宅一般是以轻型钢框架为结构体系，并配有满足功能要求的轻质墙体、轻质楼板和轻质屋面的建筑系统。

2.1.2 轻型钢框架结构的特点：

2.1.2.1 轻型钢结构自重较轻，相对其它自重较重的结构体系来说对地基的要求较低，建筑布置较传统结构体系更加灵活；

2.1.2.2 轻型钢结构抗震性能较好。

2.1.3 轻型钢结构住宅的轻质围护材料宜采用水泥基的复合型多功能轻质材料，也可以采用水泥加气发泡类材料、轻质混凝土空心材料、轻钢龙骨复合墙体材料等。

2.1.4 某典型轻型钢结构农宅主要施工流程见图 2-1~图 2-8，类似此例中轻型钢结构农宅的参考价格见表 2-1。



图 2-1 柱下条形钢筋混凝土基础施工



图 2-2 钢柱定位（柱脚宜采用灌浆料填充）



图 2-3 钢框架梁安装



图 2-4 带钢框轻质楼板安装



图 2-5 钢结构围护墙板及隔墙板定位、固定



a



b

图 2-6 钢结构屋架及屋面保温、防水安装



a



b

图 2-7 钢结构外墙保温及防护层施工



图 2-8 外装基本完成后效果

表 2-1 某典型轻型钢结构农宅造价参考表

类型	参考建筑面积 (m ²)	所包含的主要项目	建筑配置说明	参考价/ (元/m ²)
二层钢结构农宅	250 左右	1、房屋拆除及筏板基础设计施工； 2、钢构件（含钢梁、钢柱等）设计、除锈、防腐、防火（在工厂完成）、安装（在现场进行）； 3、内外墙板（保温隔热、隔声）设计安装； 4、轻钢保温屋面，含防水卷材和沥青瓦安装等； 5、强弱电线管、给排水管设计、预埋； 6、外墙外保温+真石漆或文化石装饰； 7、15%窗墙比铝合金双玻门窗设计、安装；	1、卫生间（2间）； 2、外装完成，内部毛坯交房； 3、设计使用年限 50 年，一层檐口高度小于 3.37 米，二层檐口高度 3.22 米。	1980 左右 （包含 1~7 项）
		8、室内简单装修； 9、水、电安装。	内部简装交房，其余同上。	2680 左右 （包含 1~9 项）
<p>其他说明：表列参考价为基本价，表中“所包含的主要项目”与最终价格密切相关，其中 4~9 项为主要的可升级项目，最终价格会根据农宅户型、体型、选材、配置等不同而不同。</p>				

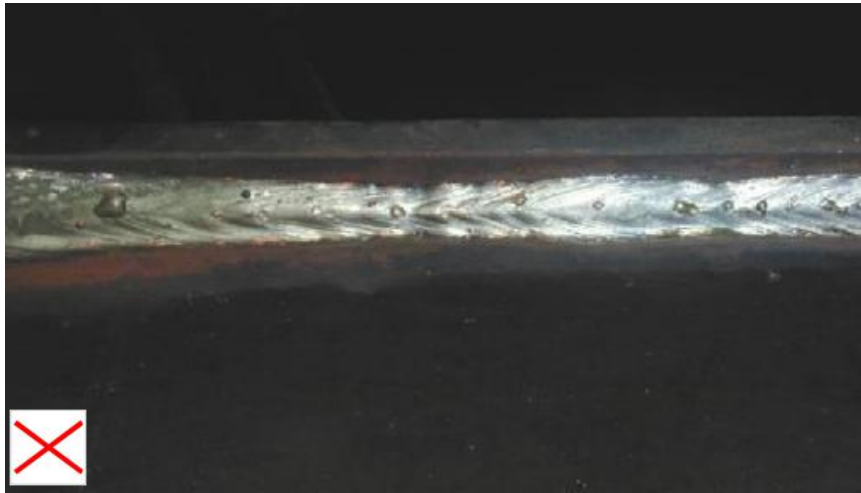
2.1.5 轻型钢结构农宅的承重构件一般在工厂加工，有统一的产品生产标准。现场施工主要是钢构件的就位一焊接（部分螺栓连接）—除锈—防腐涂装等工作，节点连接质量是现场施工质量控制的重点。节点（图 2-9）焊接施工时，应确保焊缝饱满、平顺。常见的焊缝缺陷见图 2-10，当出现图示或类似缺陷时，应打磨后重新施焊。



图 2-9 钢梁、柱连接节点（施焊前）



a 焊缝上存在气孔



b 焊缝不均匀



c 焊缝存在裂缝



d 焊缝未满焊

图 2-10 常见的焊缝缺陷

2.1.6 农宅采用轻型钢结构时，钢构件表面及连接部位的防腐涂装质量关系到结构的耐久性，应给予重视。钢构件表面及连接部位的防腐涂装包括表面除锈、涂装两个主要步骤。

2.1.6.1 在钢结构设计文件中应明确规定钢材除锈等级、除锈方法、防腐涂料（或镀层）名称、及涂（或镀）层厚度等要求。

2.1.6.2 节点处现场除锈处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。表面应无可见的油、脂和污物，并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈、涂层和外来杂质。表面应具有金属底材的光泽。

2.1.6.3 工厂生产的构件如果存在涂层受损伤的部位，修补前应清除已失效和损伤的涂层材料。

2.1.6.4 节点现场涂装时，选用的防腐涂料、涂装遍数、涂装间隔、涂层厚度均应满足设计文件、涂料产品标准的要求。涂层应均匀，无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。

2.1.7 钢结构柱脚在地面以下的部分应采用强度等级较低的混凝土包裹（保护层厚度不应小于 50mm），包裹的混凝土高出室外地面不应小于 150mm，室内地面不宜小于 50mm，并宜采取措施防止水分残留；当柱脚底面在地面以上时，柱脚底面高出室外地面不应小于 100mm，室内地面不宜小于 50mm。

2.1.8 不同金属不应直接相接触。

2.1.9 轻质楼板安装：当采用预制圆孔板或配筋的水泥发泡类楼板时，板与钢梁搭接长度不应小于 50mm，并应有可靠连接，采用焊

接的应对焊缝进行防腐处理。

2.2 轻质复合板组合结构房屋

2.2.1 轻质复合板组合结构房屋是指用轻质复合板采取焊接、现场浇筑的方法现场拼装而成的房屋。

轻质复合板：由轻骨料混凝土或发泡水泥和钢筋、保温材料等复合而成，满足建筑物墙体的物理、受力性能要求的预制构件。

2.2.2 轻质复合板组合结构房屋的特点：

2.2.2.1 轻质复合板组合结构房屋建造过程中湿作业相对较少，现场施工速度快。

2.2.2.2 轻质复合板组合结构房屋抗震性能较好。

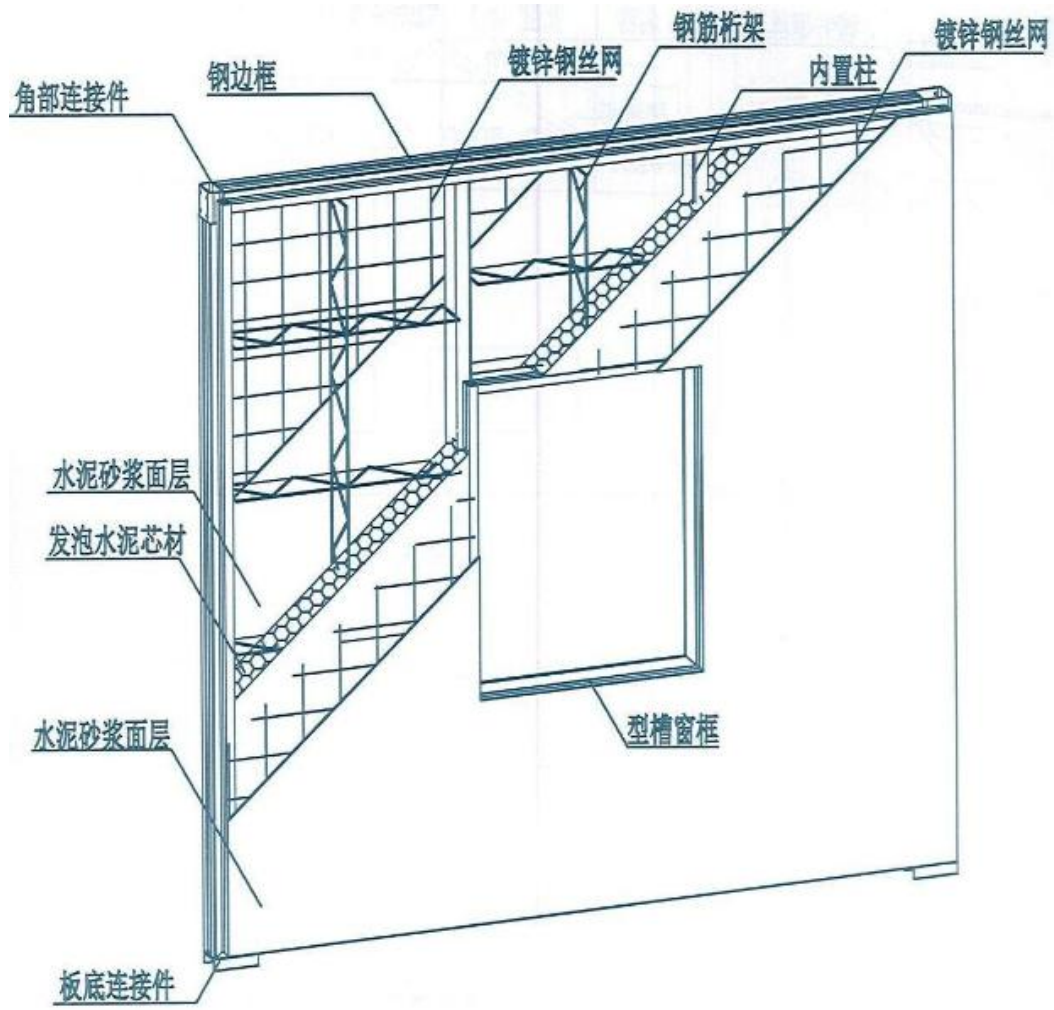
2.2.3 轻质复合板外墙板的接缝（包括女儿墙、阳台、勒脚等处的竖缝、水平缝及十字缝）及窗口处必须做防水处理。

2.2.4 某发泡水泥复合板结构体系介绍：

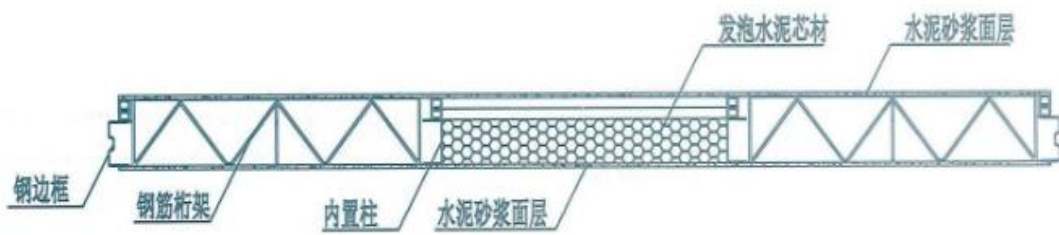
此处所介绍的发泡水泥复合板结构体系完成了住宅对结构与围护墙体的两项需求，即：以薄壁异型钢构成住宅整体结构的预制部分，按策划分解方案将住宅整体结构划分成若干单元，在各单元界面将结构转化成可分拆的组合构件，将每个单元独立生产并使之形成保温承重一体化的板材，按设计安装顺序及安装节点要求将各单元重新组装。

2.2.4.1 此体系中使用的发泡水泥复合板，板材由热镀锌钢材作为边框，内置桁架，填充发泡水泥作为芯材，水泥砂浆作为面层（图

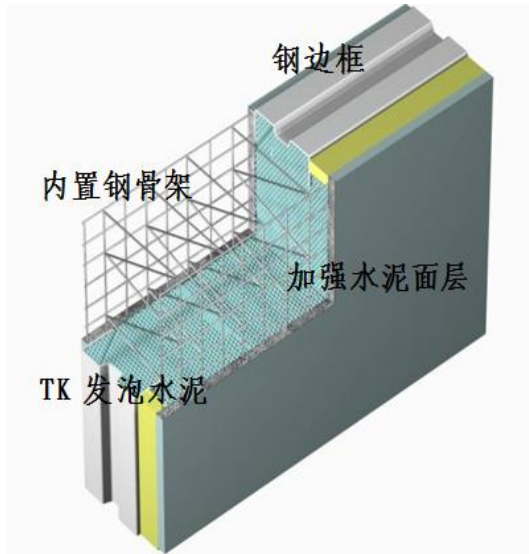
2-11)。



a



b



c

图 2-11 某发泡水泥复合外墙板内部结构示意图

2.2.4.2 其主要安装工序见图 2-12~图 2-16，房屋实例图片见图 2-17~图 2-20。类似此例中发泡水泥复合板结构农宅的参考价格见表 2-3。

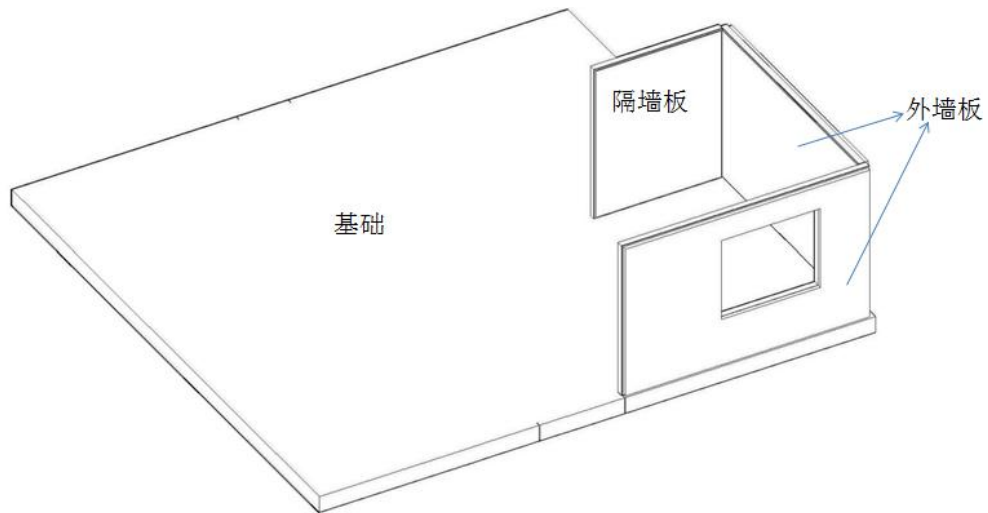


图2-12 基础及首层外墙及隔墙安装示意

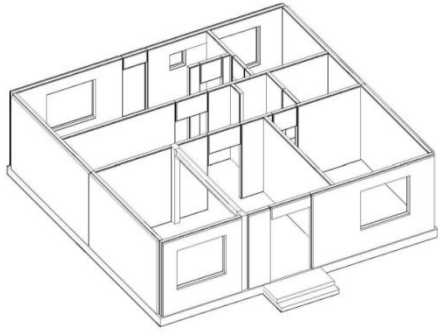


图2-13首层墙板安装示意

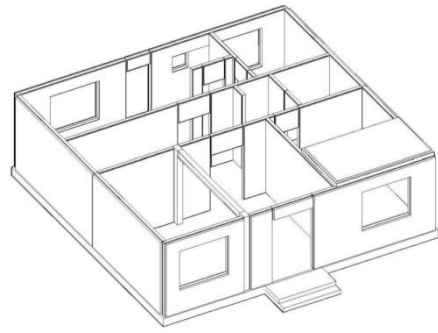


图2-14 二层楼板安装示意

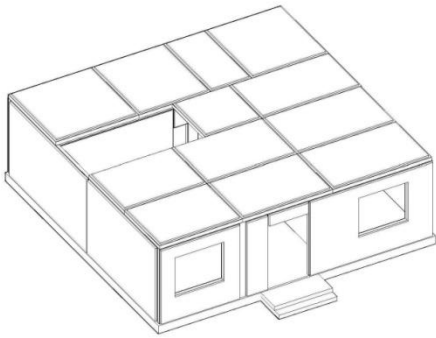


图2-15 二层楼板安装完毕

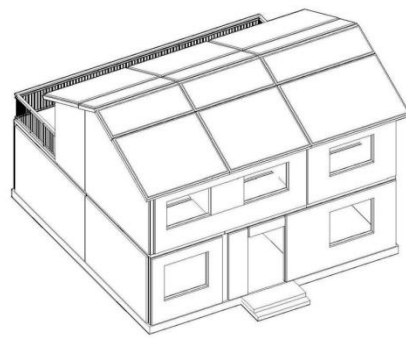


图2-16 重复一层工序至二层整体安装完成



图2-17 某二层发泡水泥复合板结构房屋板材拼装完毕后图片



图2-18 某发泡水泥复合板结构板间螺栓连接图片



图2-19 某发泡水泥复合板结构房屋叠合楼面板图片



图2-20 某单层发泡水泥复合板结构房屋实例

表 2-3 某轻质复合板结构农宅造价参考表

类型	参考建筑面积 (m ²)	包含主要项目	建筑配置说明	参考价/ (元/m ²)
一层农宅	130 左右	1、原房屋拆除及新建房屋基础设计施工； 2、发泡水泥复合板及配套部件生产加工（工厂完成）；房屋墙、屋面板拼装及拼缝处理（现场进行）； 3、屋面防水卷材施工和屋面装饰（沥青瓦安装等，或根据需求可做坡屋面造型）； 4、强弱电线管、给排水管设计、预埋（随结构实施）； 5、外墙真石漆装饰（或根据需求做其它装饰形式）； 6、铝合金双玻门窗安装（或按需求选用）；	1、卫生间（1间）； 2、外装完成，内部毛坯交房； 3、房屋设计使用年限 50 年，檐口高度小于 3.6 米。	2180 左右（包含 1~6 项）
		7、室内简单装修； 8、水、电安装。	内部简装交房，其余同上。	2450 左右（包含 1~8 项）
二层农宅	250 左右	1、原房屋拆除及新建房屋基础设计施工； 2、发泡水泥复合板及配套部件生产加工（工厂完成）；房屋墙、楼、屋	1、卫生间（2间）； 2、外装完成，内部毛坯交	1930 左右（包含 1~6 项）

	面板拼装及拼缝处理（现场进行）； 3、屋面防水卷材施工和屋面装饰（沥青瓦安装等，或根据需求可做坡屋面造型）； 4、强弱电线管、给排水管设计、预埋（随结构实施）； 5、外墙真石漆装饰（或根据需求做其它装饰形式）； 6、铝合金双玻门窗安装（或按需求选用）；	房； 3、房屋设计使用年限 50 年，房屋高度小于 7.2 米。	
	7、室内简单装修； 8、水、电安装。	内部简装交房，其余同上。	2200 左右（包含 1~8 项）
其他说明： 表列参考价为基本价，表中“所包含的主要项目”与最终价格密切相关，其中 3~8 项为主要的可升级项目，最终价格会根据农宅户型、体型、选材等不同而不同。			

2.3 装配式混凝土结构房屋

2.3.1 装配式混凝土结构是指由预制混凝土构件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土结构，包括装配整体式混凝土结构、全装配混凝土结构等。在建筑工程中，简称装配式建筑；在结构工程中，简称装配式结构。

预制混凝土构件：在工厂或现场预先制作的混凝土构件，简称预制构件。

装配整体式混凝土结构：由预制混凝土构件通过可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构。简称装配整体式结构。

2.3.2 某装配式混凝土剪力墙结构体系介绍：

2.3.2.1 此处所介绍的装配式结构是采用工业化生产的预制圆孔墙板、叠合楼板（或装配整体式空心楼板）及其它混凝土构件经现场装配式安装施工所构成的装配式空心板叠合剪力墙结构体系。其所使

用的混凝土强度等级不应低于 C25，楼梯采用预制混凝土楼梯，构成建筑外墙的预制混凝土圆孔板构件外侧复合有保温隔热层，构成建筑墙体的预制圆孔板构件内表面预留有安装电路系统或者水路系统的洞口，可满足电路系统及水路系统的安装要求。

该体系是由工厂生产的预制混凝土圆孔板（图 2-21）装配构成建筑内外承重墙体，相邻圆孔板结合处设置拉结钢筋网片，预制圆孔墙板连接处及所有圆孔均采用混凝土浇筑。类似此例中介绍的装配式混凝土结构农宅的参考价格：2000 元/m² 左右（含基础、主体结构、水、电等，简装交房）。

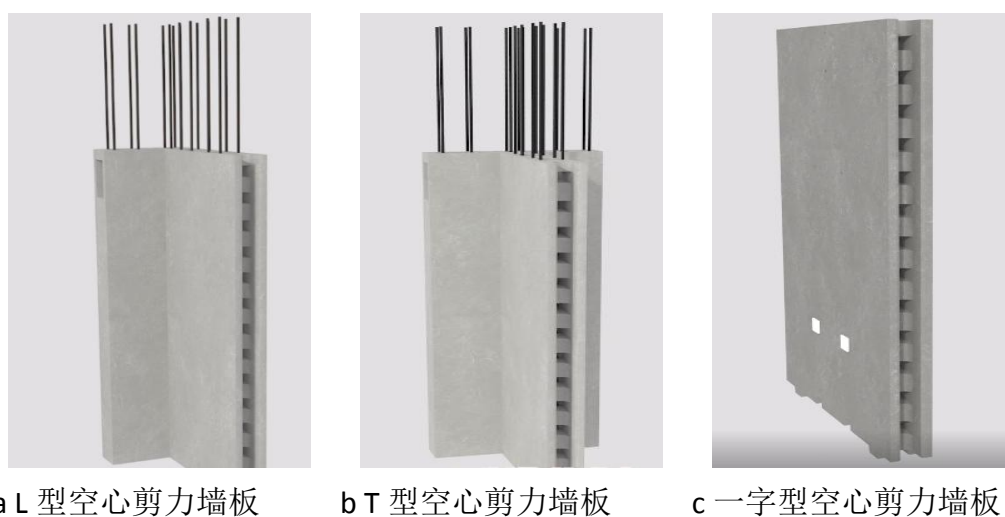


图 2-21 预制空心剪力墙板

2.3.2.2 此类装配式混凝土剪力墙结构的特点：抗震性能优越；较之传统的砖混结构体系，对门窗尺寸的限制较小；具有良好的耐久性能。

2.3.2.3 装配式空心板叠合剪力墙结构主要施工流程见图 2-22~图 2-28:

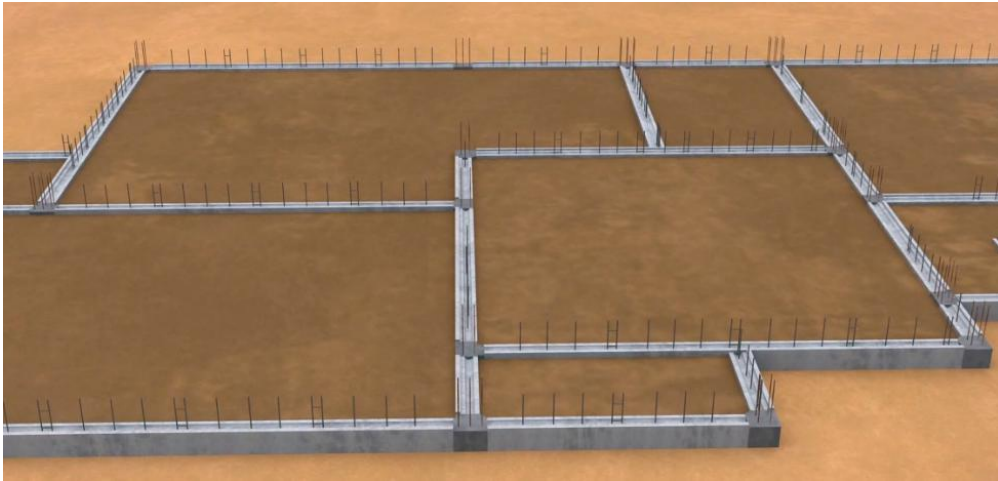


图 2-22 墙下条形基础施工（需预埋墙体竖向连接钢筋）

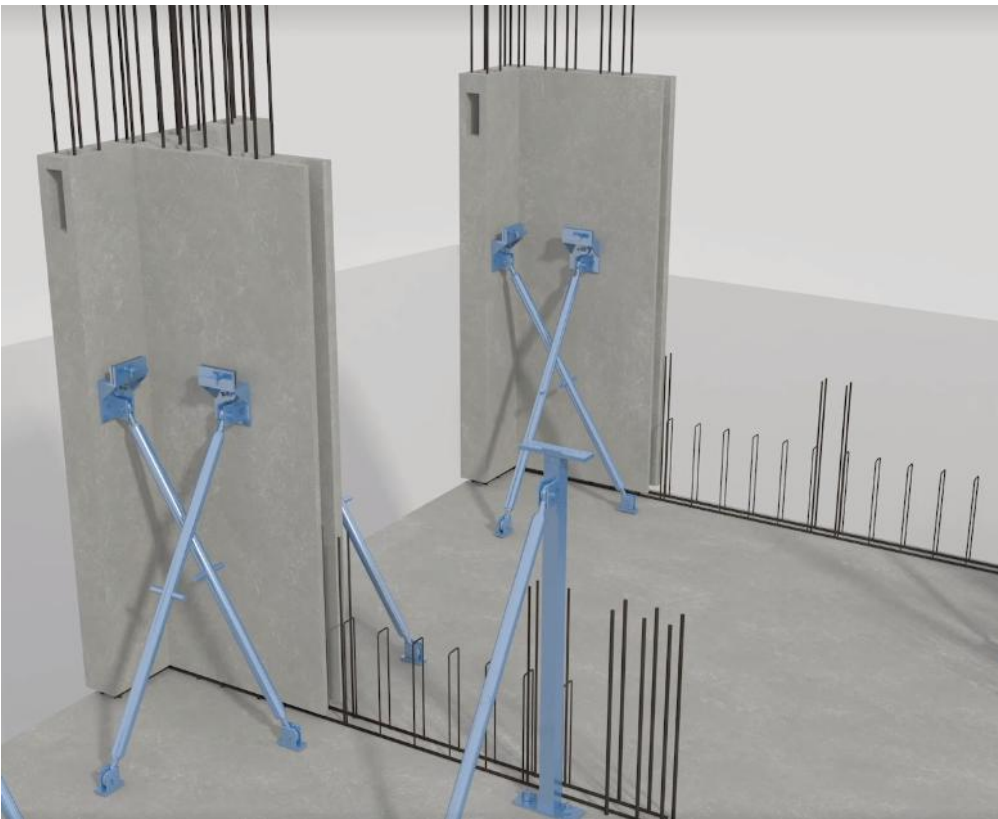
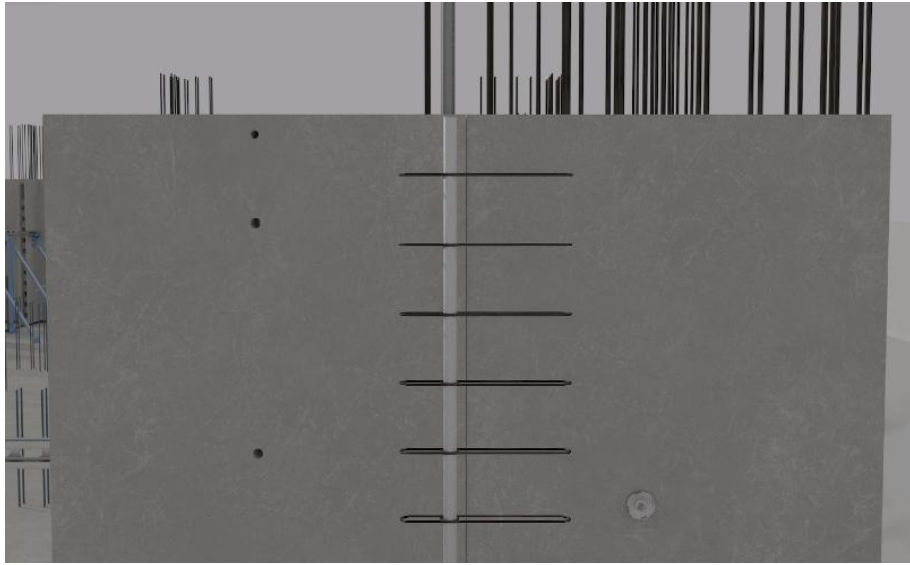
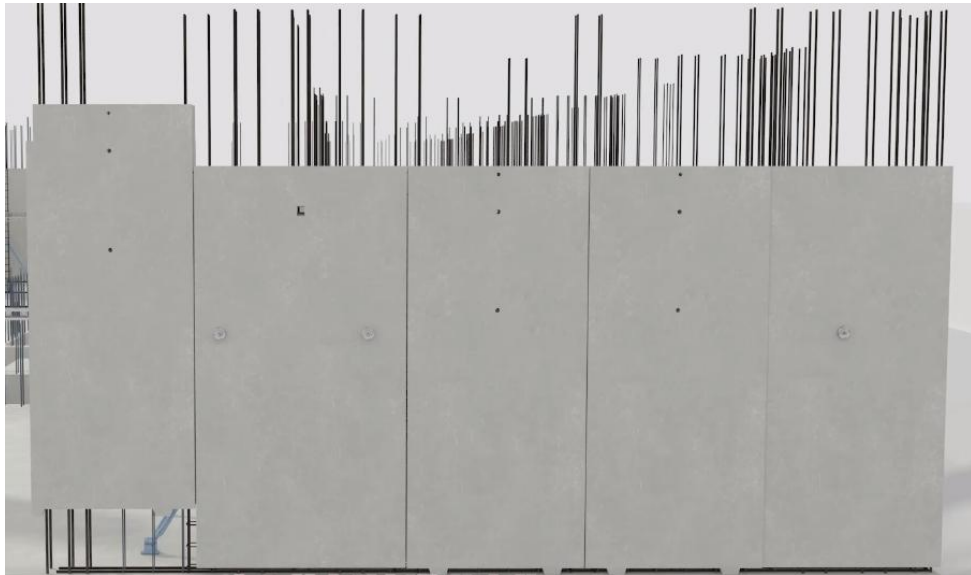


图2-23 安装L型、T型空心墙板



a 墙板连接处内部设水平连接筋



b 依次安装一字型墙板

图2-24 一字型墙板安装

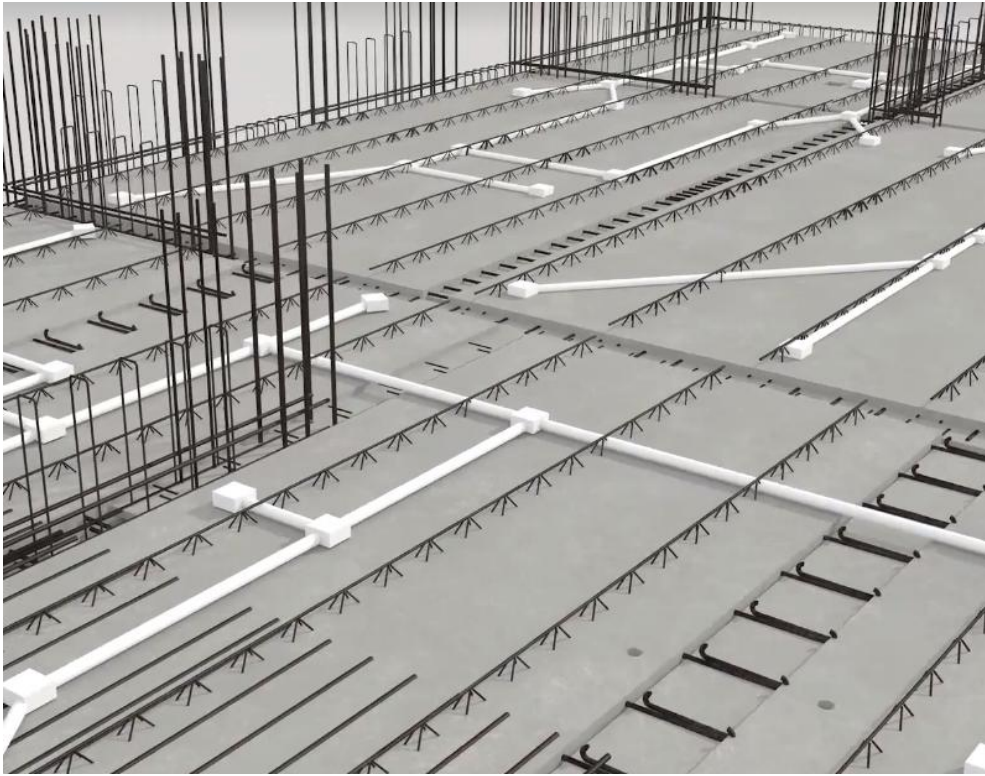


图2-25 叠合楼板、上层墙体连接钢筋、线管安装

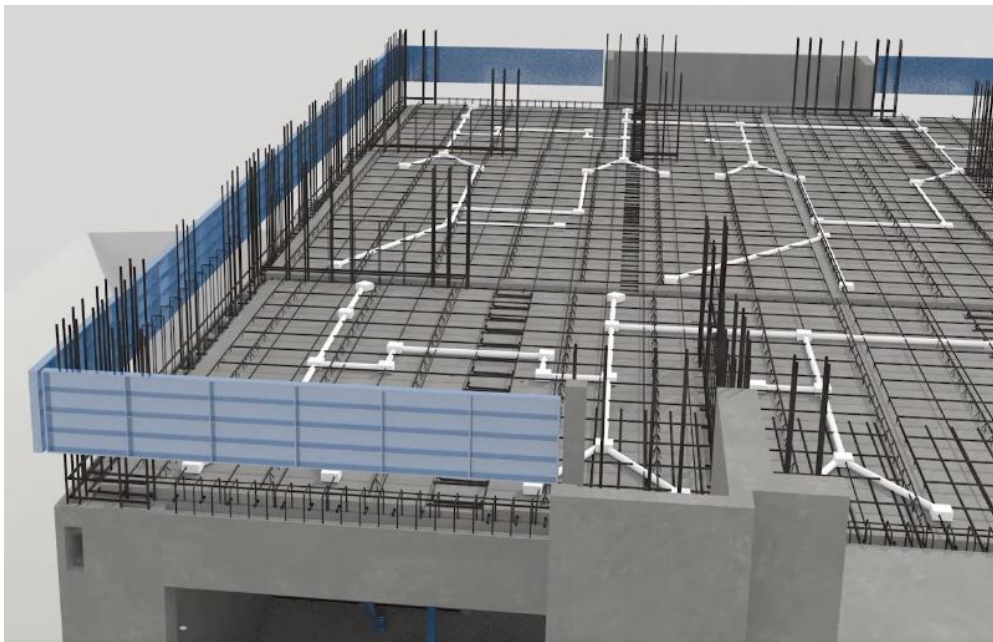


图2-26 阳台、叠合楼板上铁钢筋、边模板安装

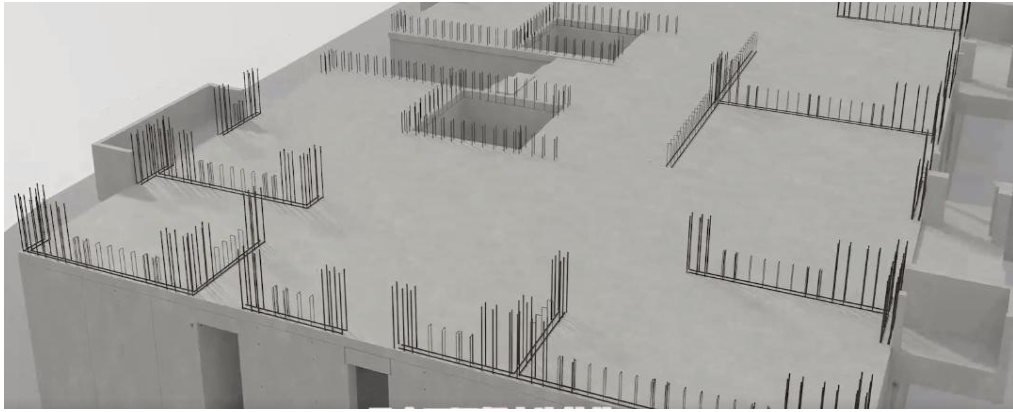


图2-27 浇筑墙体空心孔及楼板混凝土、安装预制楼梯

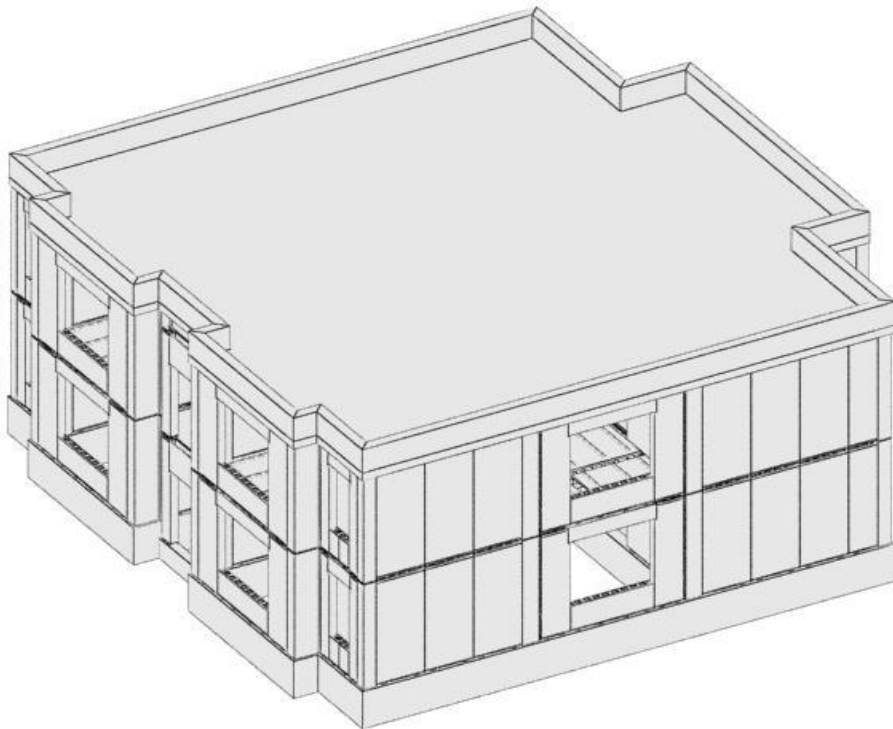


图2-28 重复一层程序进行二层结构安装

2.3.3某装配式混凝土框架结构体系介绍：

2.3.3.1混凝土框架结构住宅的承重构件是混凝土梁、板、柱（图2-29）。填充墙一般采用预制的加气混凝土条板、砌块或轻集料混凝土空心砌块等轻质材料装配或砌筑而成。填充墙不承重，仅起到围护及分隔房间作用。



图 2-29 某框架结构房屋主体结构图片

2.3.3.2 混凝土框架结构房屋的特点：建筑布置较传统结构体系更加灵活（隔墙根据后续需要可拆改，门窗尺寸无限制）、抗震性能较好、具有良好的耐久性能。

2.3.3.3 此处所介绍的框架结构农宅是采用叠合楼板、叠合梁（部分现浇梁）、现浇柱及一种低能耗加气混凝土复合条板作为外围护墙的装配式框架结构房屋。类似此例中介绍的装配式混凝土框架结构农宅的参考价格：2300元/m²左右（含基础、主体结构、水、电等，简装交房）。其主要施工流程见图2-30~图2-38。



图 2-30 框架柱下条形基础（基础梁、板）钢筋安装



图 2-31 框架柱下条形基础完工

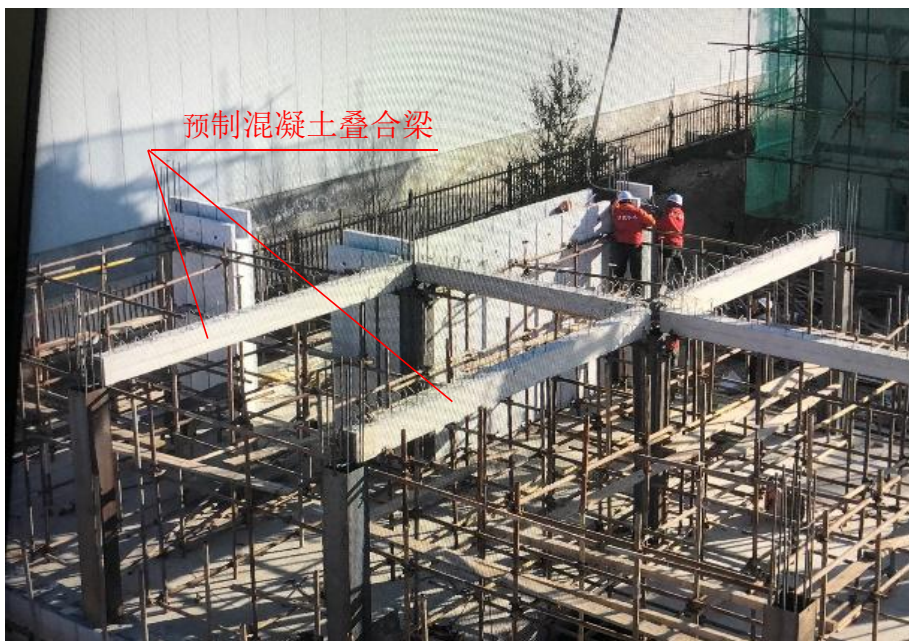


图 2-32 装配式框架结构房屋预制叠合梁就位



图 2-33 装配式框架结构房屋预制带凹槽外墙条板安装

注：此处外墙条板采用了组合式三明治结构（内侧加气混凝土板+聚苯+外侧加气混凝土板）。外墙板的凹槽既作为部分现浇梁的模板，又将外围护墙顶部与结构梁进行了有效拉结。



图 2-34 预制叠合板吊装就位



图 2-35 叠合梁、叠合楼板、柱浇筑施工



图 2-36 主体结构（含外围护墙）施工完毕（西南立面）



图 2-37 主体结构（含外围护墙）施工完毕（西北立面）



图 2-38 建筑整体设计效果图

2.3.3.4 框架结构外围护墙材料种类较多,除上述案例中所采用的外围护墙条板外,此处再介绍两种自保温外围护墙条板:

1) 图 2-39 中所示为蒸压加气混凝土实心条板,外墙板与隔墙板的典型断面与配筋见图 2-40、图 2-41。当外墙板厚不小于 250mm 时(材料满足 19CJ85-1 图集集中的新 I B04 级要求),不附加其它高效保温材料的情况下,可达到 65%的节能标准。



图 2-39 蒸压加气混凝土条板

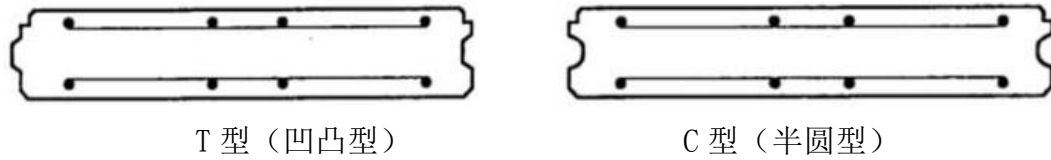


图 2-40 外墙板的典型断面与配筋示意

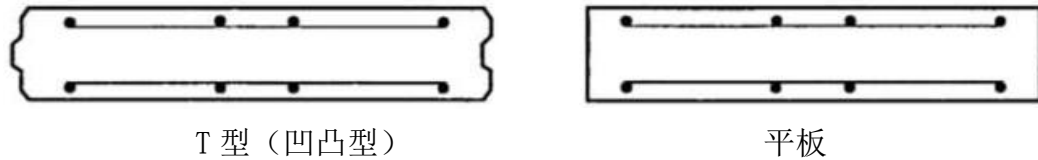


图 2-41 隔墙板的典型断面与配筋示意

2) 图 2-42 中所示外围护墙条板是通过将内置有岩棉板的钢筋笼嵌入在蒸压加气混凝土板材中, 实现墙体自保温的性能以及加强墙体的强度。



图 2-42 某中部嵌入岩棉板的加气混凝土外围护墙条板剖面

2.3.3.5 条板与框架梁柱应有妥善的拉结做法 (见图 2-43~图 2-45), 常采用 $\phi 14$ 钢平板螺栓、附加角钢件与框架柱梁锚固。

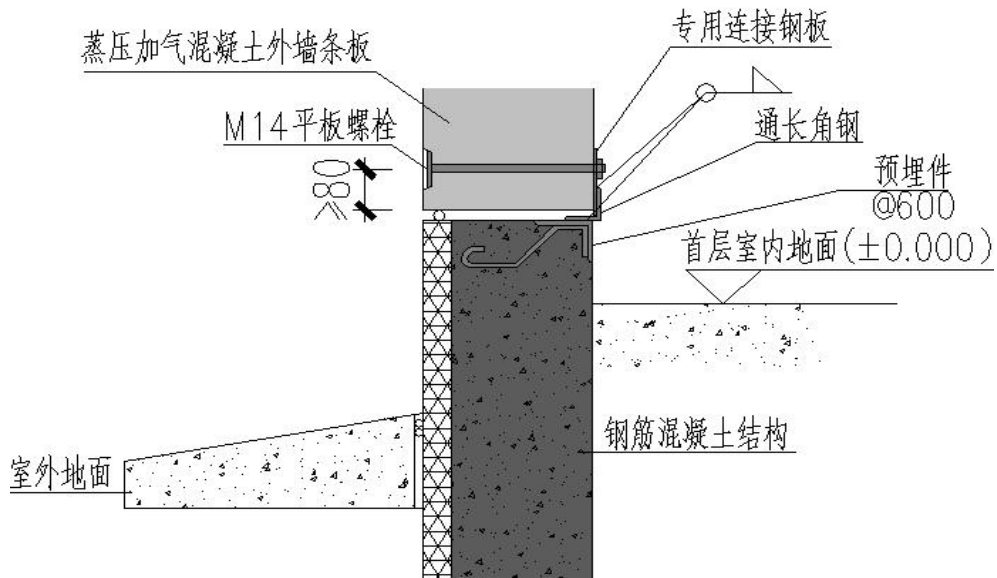


图 2-43 外墙条板根部在首层地面标高处的锚固做法示意

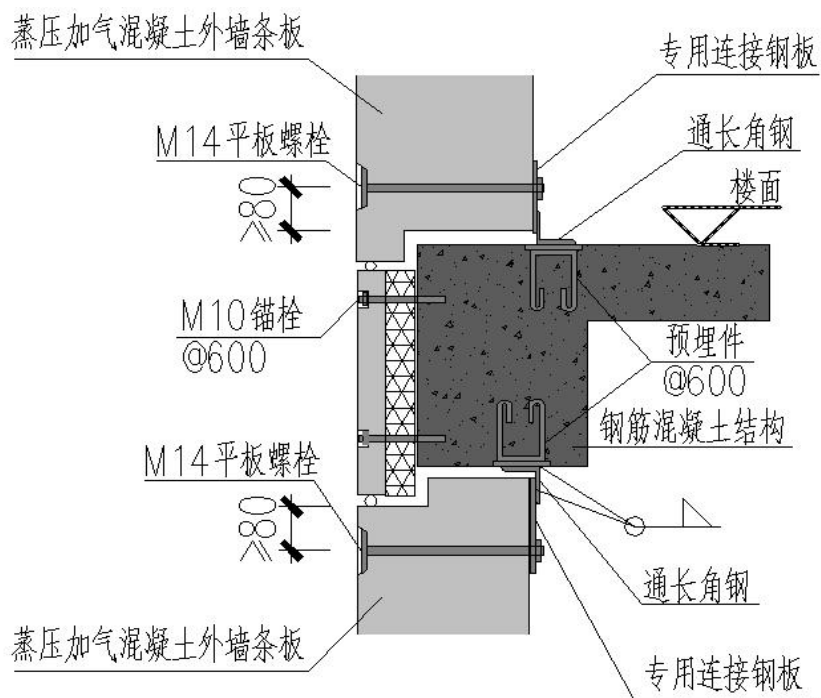


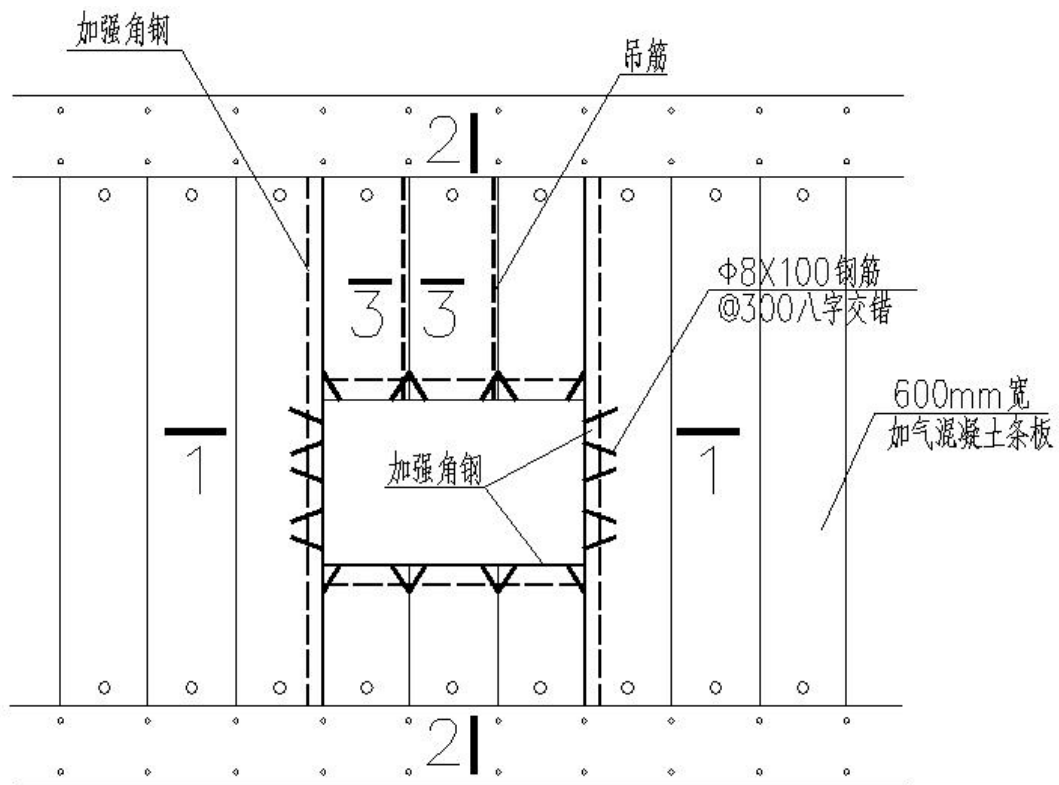
图 2-44 外墙条板根部在二层地面标高处的锚固做法及条板顶部在首层、二层顶标高处的锚固做法

注：图中预埋铁件可以采用后锚固方式代替。

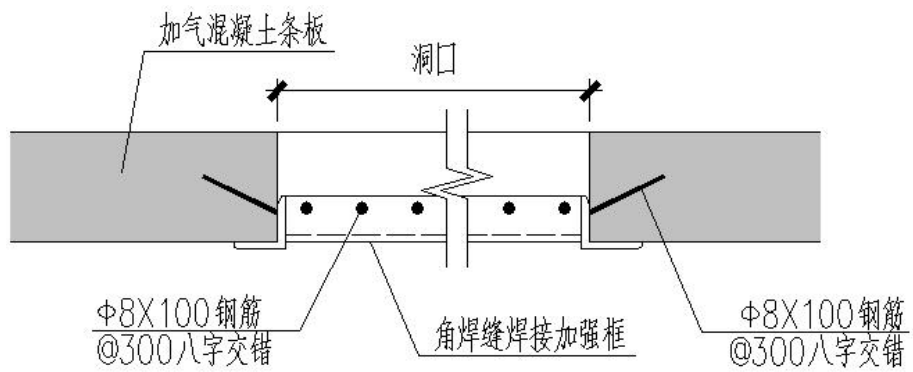


图 2-45 M14 平板螺栓图片

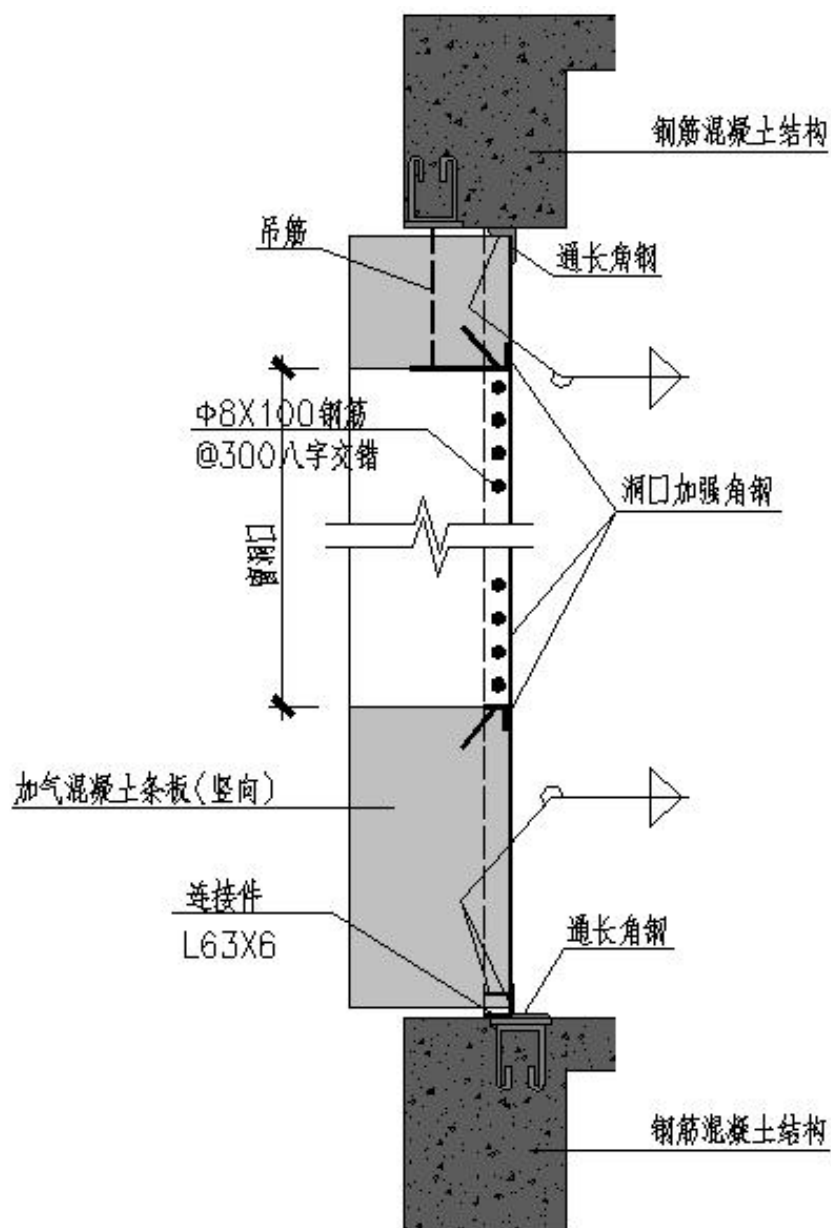
2.3.3.6 墙上洞口部位需要用扁钢或角钢加强，使用角钢加强外墙洞口时，洞口加强角钢两端应与主结构可靠焊接，焊缝高度不小于 6，不大于构件厚度。具体加强构造见图 2-46、图 2-47。



外墙竖板洞口加强索引图



1-1 剖面



2-2 剖面

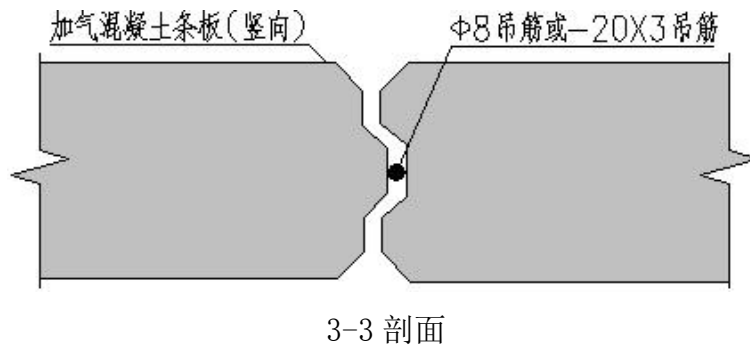


图 2-46 外墙竖板洞口角钢加强构造详图

- 注：1、洞口加强角钢的位置根据门、窗安装位置确定。
2、 $\Phi 8$ 钢筋应完全插入墙板中，端部与加强角钢焊接。



图 2-47 外墙竖板与主体框架的拉结及洞口角钢加强实例图片

2.3.3.7 内墙板与主体结构之间的连接方法主要有 U 型卡法、直角钢件法、钩头螺栓法、管卡法，具体采用何种方法需参照相应设计图纸要求。内墙洞口较宽时，洞口处的板材连接构造与外墙洞口相似，具体采用何种连接构造应参照相应设计图纸。

2.3.3.8 其它注意事项：

1) 选用要求：外墙板（非承重）应采用强度等级不低于 A3.5 的配筋板材；内墙板（非承重）应采用强度等级不低于 A2.5 的配筋板材；

2) 墙体敷设管线时，不宜横向开槽，可沿板长方向开槽，宜避开主要受力钢筋，开槽时应弹线，并采用专用工具开槽。敷设管线后应用专用修补材料补平并做防裂处理；

3) 板缝抗渗：外墙板的室外侧缝隙应采用专用密封胶密封，室内侧板缝及内墙板板缝应采用嵌缝剂嵌缝；

4) 墙面防裂措施：墙面抹灰层应设分格缝。墙板板缝处、内外墙体与不同材料（如混凝土、钢结构、金属配件）交接处、外墙抹灰层如采用强度较高的抹灰层时应采取防裂措施，如采用耐碱玻纤网格布压入聚合物水泥砂浆层的做法；

5) 板内钢筋、安装用金属件、型钢及焊缝应根据使用条件及年限，进行防腐防锈处理。

2.4 聚苯模块剪力墙结构房屋

2.4.1 聚苯模块剪力墙结构：将聚苯空腔模块（eps 模块）经错缝插接拼装后，在模块空腔内按照设计要求配置受力钢筋，并浇筑混凝土，在墙体内外侧做找平层、抹面层及饰面层，形成保温墙体作为剪力墙的结构（图 2-48）。类似此例中聚苯模块剪力墙结构农宅的参考价格见表 2-4。



图 2-48 聚苯空腔模块错缝插接拼装

表 2-4 某模块现浇混凝土农宅造价参考表

类型	参考建筑面积 (m ²)	所包含的主要项目	建筑配置说明	参考价/ (元/m ²)
一层农宅	150 左右	1、原房屋拆除及砖混基础设计施工； 2、EPS 模块现浇混凝土墙体设计施工； 3、屋顶现浇板设计施工（包含聚苯板保温层）； 4、屋面防水、树脂瓦安装； 5、强弱电线管、给排水管设计、预埋（随结构实施）； 6、外墙真石漆； 7、15%窗墙比铝合金双玻门窗设计、安装；	卫生间（1 间）； 2、外装完成，内部毛坯交房； 3、房屋设计使用年限 50 年，檐口高度小于 3.6 米。	1720 左右 （包含 1~7 项）
		8、室内简单装修； 9、水、电安装。	内部简装交房，其余同上。	1950 左右 （包含 1~9 项）
二层农宅	250 左右	1、原房屋拆除及砖混基础设计施工； 2、EPS 模块现浇混凝土墙体设计施工； 3、楼、屋顶现浇板设计施工（包含聚苯板保温层）； 4、屋面防水、树脂瓦安装； 5、强弱电线管、给排水管设计、预埋； 6、外墙真石漆； 7、15%窗墙比铝合金双玻门窗设计、	1、卫生间（2 间）； 2、外装完成，内部毛坯交房； 3、房屋设计使用年限 50 年，房屋高度小于 7.2 米。	1460 左右 （包含 1~7 项）

		安装；		
		8、室内简单装修； 9、水、电安装。	内部简装交 房，其余同上。	1700 左右 (包含 1~9 项)
<p>其他说明：表列参考价为基本价，表中“所包含的主要项目”与最终价格密切相关，其中基础、4~9 项为主要的可升级项目，最终价格会根据农宅户型、体型、选材等不同而不同。</p>				

2.4.2 聚苯模块剪力墙结构的特点：

2.4.2.1 工厂标准化生产的各种聚苯模块与混凝土剪力墙结构有机结合，实现了保温与建筑模板一体化和保温与建筑结构一体化；

2.4.2.2 较之传统的砖混结构体系，对门窗尺寸的限制较小；

2.4.2.3 聚苯模块内外表面均匀分布的燕尾槽与混凝土和水泥砂浆厚抹面层的有机咬合，构成了牢固可靠的防护面层（图 2-49）。



图 2-49 聚苯模块内表面的燕尾槽与混凝土的咬合

2.4.3 聚苯模块剪力墙结构体系的一般要求：

2.4.3.1 聚苯模块的燃烧性能等级应不低于 B₁ 级。

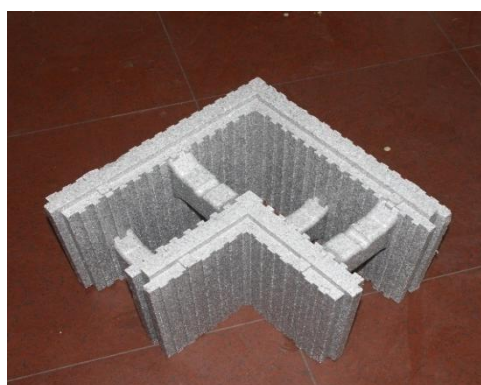
2.4.3.2 当所建住宅为一层时，混凝土强度等级不应低于 C20；当为二层时，混凝土强度等级不应低于 C25。

2.4.3.3 空腔墙体内应浇筑不小于 130mm 厚混凝土，墙体内外表面应用不小于 15mm 厚防护面层抹面或安装刚性不燃板材。

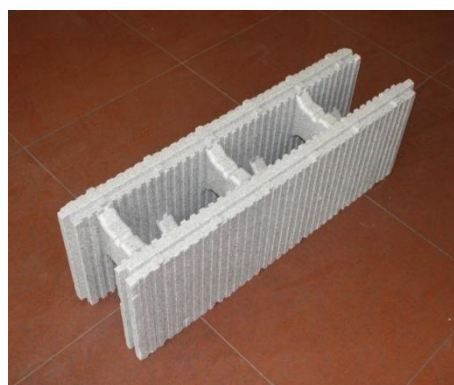
2.4.3.4 出挑外墙的雨棚板，应沿楼面板标高出挑，并用厚度不小于 60mm 聚苯模块做免拆底模和侧模，与楼面板混凝土一同现浇，上表面的外保温应符合外保温粘贴系统的要求。

2.4.3.5 全封闭保温阳台的混凝土底板应沿楼面板标高出挑，底板下表面和栏板侧面均应用厚度不小于 80mm 的聚苯模板做免拆底模和栏板外模，应与楼面板混凝土一同浇筑。

2.4.4 几种形状的空腔模块图例（图 2-50）：



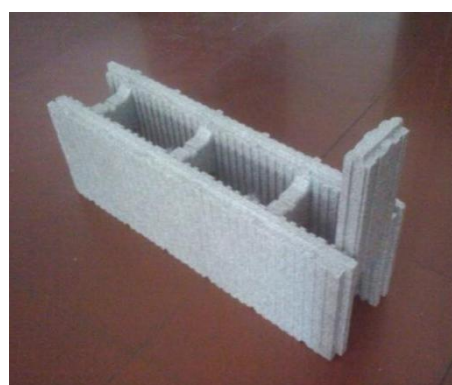
a 小直角墙体空腔模块



b 直板墙体空腔模块



c 楼面处墙体空腔模块



d 门窗口模块



e 企口防护条

图 2-50 空腔模块图例

2.4.5 聚苯模块剪力墙结构施工过程实例图片（图 2-51~图 2-55）：



图 2-51 墙下条形基础（含插筋）



a



b

图 2-52 聚苯模块空腔混凝土墙体分层浇筑



图 2-53 某二层聚苯模块剪力墙结构竣工效果



图 2-54 某单层聚苯模块剪力墙结构房屋整体竣工效果



图 2-55 某二层聚苯模块剪力墙结构房屋外观效果

3 遭遇大震时部分砌体结构房屋破坏实例

现阶段北京地区新建及既有农宅仍以砌体结构为主，结构的整体性对于防倒塌非常重要，而要保证结构的整体性，对于砌体结构而言需要其有良好的构造措施（圈梁、构造柱等）、明确的传力路径、以及强节点的抗震设计理念。本章列举一些构造不达标的砌体结构房屋地震时破坏实例（图 3-1~图 3-9）。



图 3-1 未设构造柱、圈梁，在地震中损坏严重



图 3-2 未设置构造柱、圈梁、未见墙体拉结钢筋，地震中破坏严重



图 3-3 二层未设置圈梁、构造柱，坡屋面支撑墙体顶端无压顶圈梁



图 3-4 某地区相邻建筑震害对比

图 3-4 中两栋建筑均为二层民居，左侧一栋为砌体结构，混凝土楼（屋）盖，平屋面，震后损伤严重，但尚未坍塌；右侧一栋也是砌

体结构，屋盖为硬山搁檩坡屋面，木檩条小青瓦，墙体无构造柱、上部无圈梁，震后纵墙倒塌。



图 3-5 某一层民居震害图片

图 3-5 中建筑为一层民居，木屋架搁于砖墙垛上，硬山搁檩，小青瓦屋面。无圈梁、山尖墙压顶圈梁、构造柱，窗间墙及转角墙宽度过小，地震导致砖柱倾斜，木屋架下沉，山墙破坏。



图 3-6 未设置转角墙、窗间墙抗震承载力不足

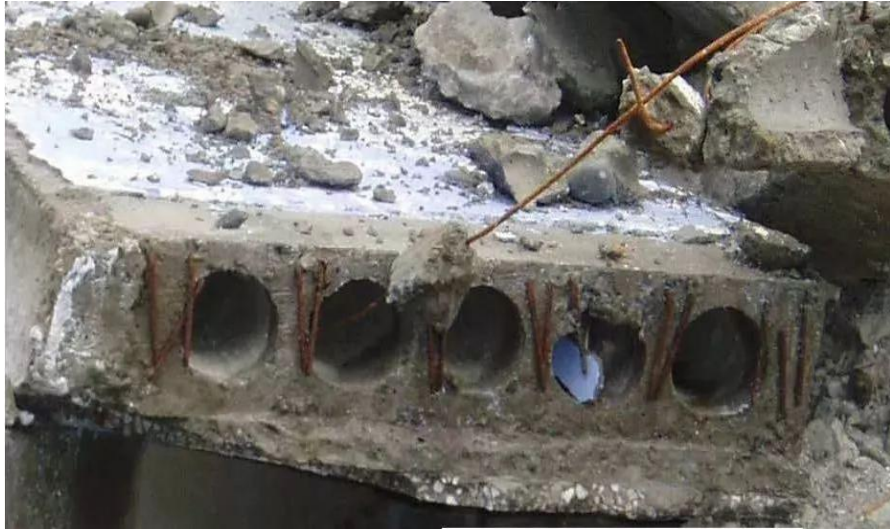


图 3-7 预制板端拉结筋未进行拉结

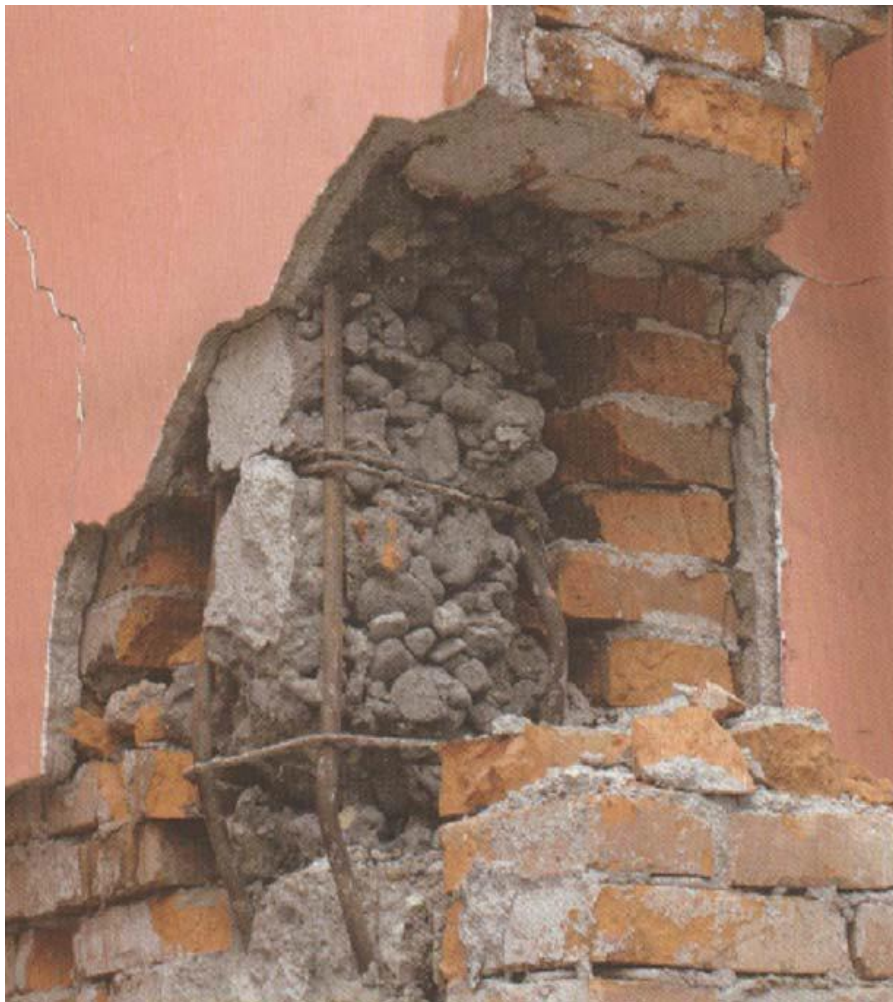


图 3-8 构造柱混凝土骨料粒径过大、配合比不良，出现离析



图 3-9 木结构房屋围护墙体地震时外闪坍塌

图 3-9 中建筑为带砌体围护墙の木结构二层民居。砌体围护墙采用泥浆砌筑，纵横向围护墙体无有效拉结，未设置圈梁、山尖墙压顶圈梁、构造柱，围护结构整体性很差，且与主体结构连接薄弱，在地震中出现外闪坍塌。

4 砌体结构农宅结构建造要点

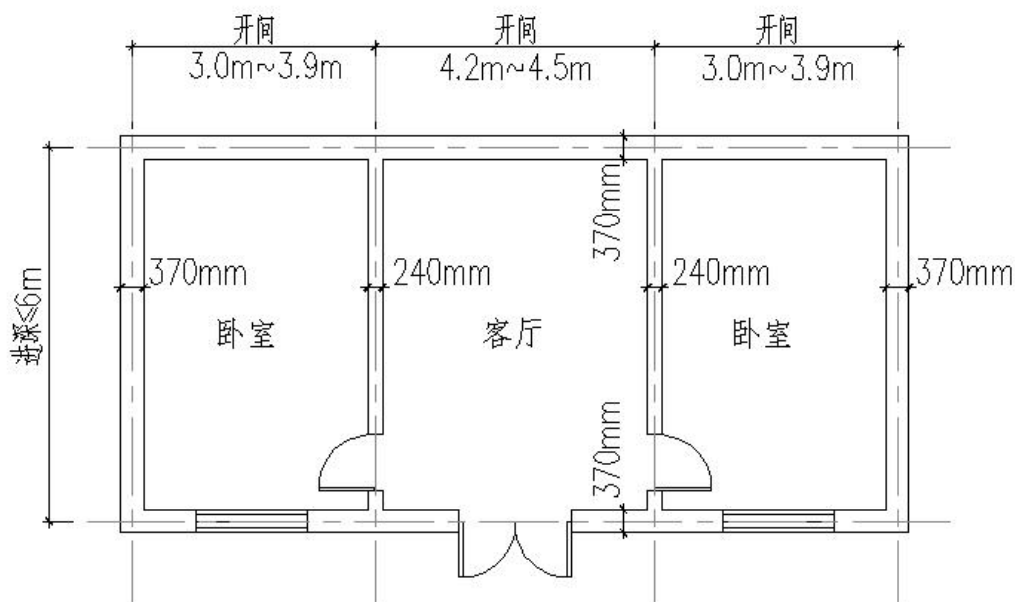
砌体结构是指以砖墙作为主要竖向承重构件，楼面、屋面采用钢筋混凝土现浇板或预制板的结构形式。

本章主要介绍国家及地方标准对砌体结构房屋各结构构件、节点构造的相关要求。

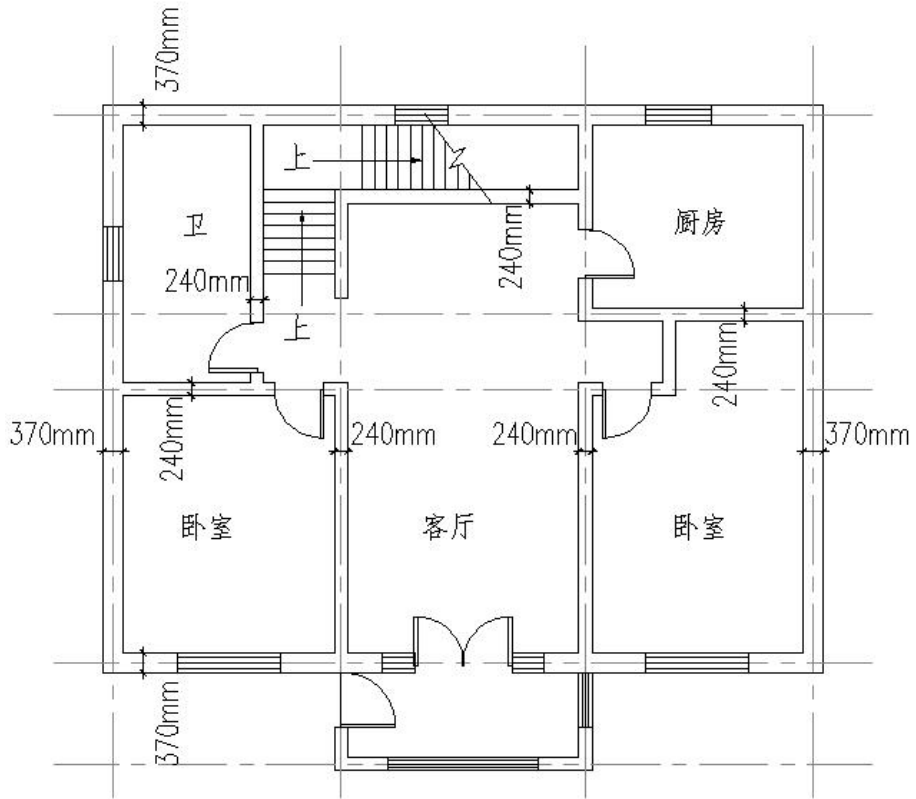
4.1 砌体结构农宅部分建筑专业参数、层数及总高度限值

4.1.1 常用的开间尺寸

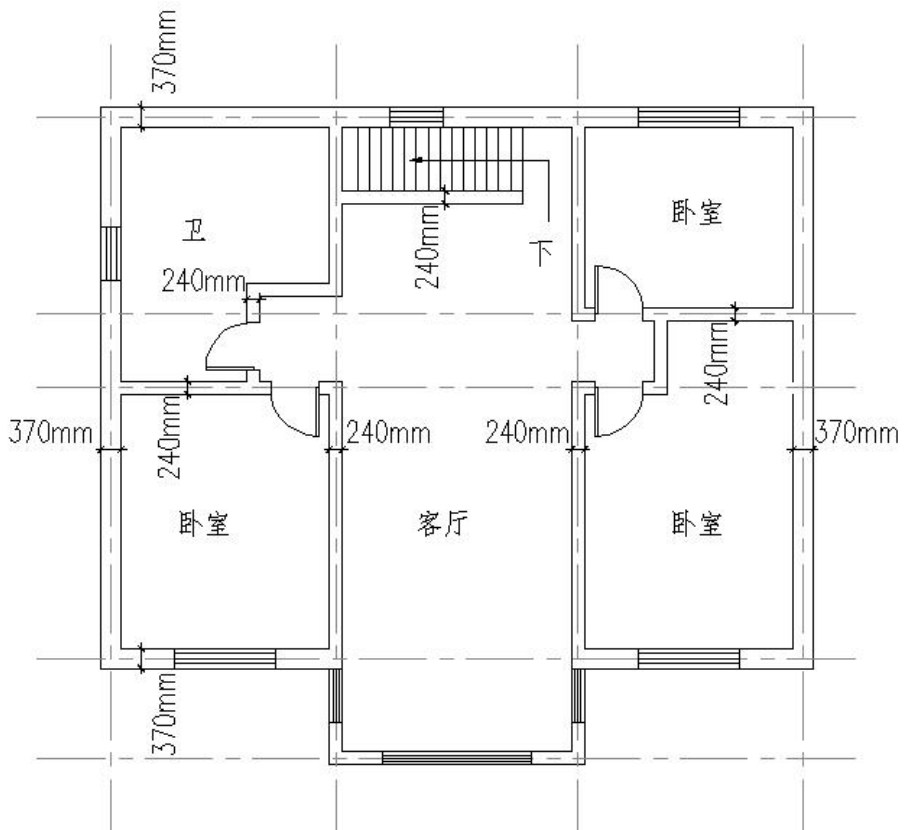
北京传统农村住房为院落式布置，由北房及东、西厢房组成，北房为主要居住用房，一般为三开间或四开间。其中客厅开间（自然间的宽度）以 4.2m~4.5m 之间为宜；卧室开间以 3.0m~3.9m 为宜（图 4-1）。



a 某普通平房平面图



b 某普通两层房屋首层平面图



c 某普通两层房屋二层平面图

图 4-1

4.1.2 房间开门窗洞口尺寸参考值（表 4-1~表 4-2）：

表 4-1 南面开门窗洞口参考尺寸（宽×高）：

开间 层高	3.6 (m)			3.9 (m)			4.2 (m)		
	门 (mxm)	窗 (mxm)	门连窗 (mxm)	门 (mxm)	窗 (mxm)	门连窗 (mxm)	门 (mxm)	窗 (mxm)	门连窗 (mxm)
2.8(m)	1.5x2.1	1.5x1.6	1.8x2.1	1.5x2.1	1.5x1.6	1.8x2.1	1.8x2.1	2.1x1.6	1.8x2.1
3.0(m)	1.5x2.4	1.5x1.8	1.8x2.4	1.5x2.4	1.8x1.8	1.8x2.4	1.8x2.4	2.1x1.8	1.8x2.4

表 4-2 北面开门窗洞口参考尺寸（宽×高）：

开间 层高	3.6 (m)		3.9 (m)		4.2 (m)	
	门 (mxm)	窗 (mxm)	门 (mxm)	窗 (mxm)	门 (mxm)	窗 (mxm)
2.8(m)	0.9x2.1	0.9x1.5	0.9x2.1	1.2x1.5	0.9x2.1	1.2x1.5
3.0(m)	0.9x2.1	0.9x1.5	0.9x2.1	1.2x1.5	0.9x2.1	1.2x1.5

4.1.3 本手册的适用层数及最大高度应符合表 4-3 要求。

表 4-3 砌体农宅层数和总高度限值

竖向承重构件（地上部位）种类	最小厚度（mm）	适用层数	适用高度（m）
烧结煤矸石多孔砖墙、烧结粉煤	190	2	7.2
灰多孔砖墙、混凝土多孔砖墙	240	2	7.2

注：1、房屋总高度指室外地面至屋面板板顶或檐口高度。

2、地面（±0.00）以下墙体应采用实心砖，不应使用多孔砖、空心砖。

3、应注意区分多孔砖和空心砖，多孔砖孔的尺寸小而数量多，空心砖孔的尺寸大而数量小；多孔砖常用于承重部位，空心砖一般用于非承重部位。

4.2 地基基础

4.2.1 地基处理

当怀疑场地存在地下采空区等空洞、软弱土下卧层等状况时，基础基槽开挖后应进行钎探（图 4-2），对于存在软弱土层（淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或其它高压缩性土层）的地基，若软弱土层

较薄，可采取换土处理（图 4-3）；若软弱土层较厚，需采取其它有效措施后方可进行下道工序。

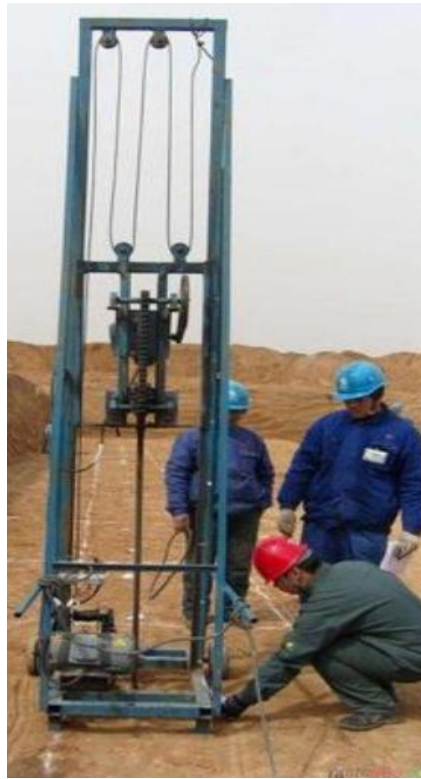
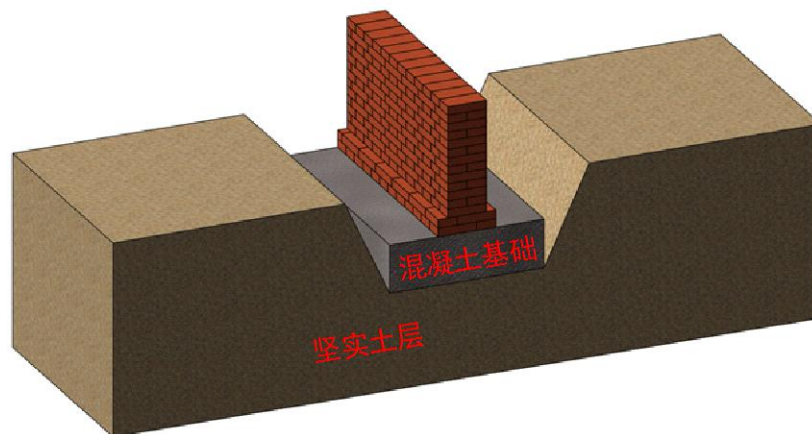
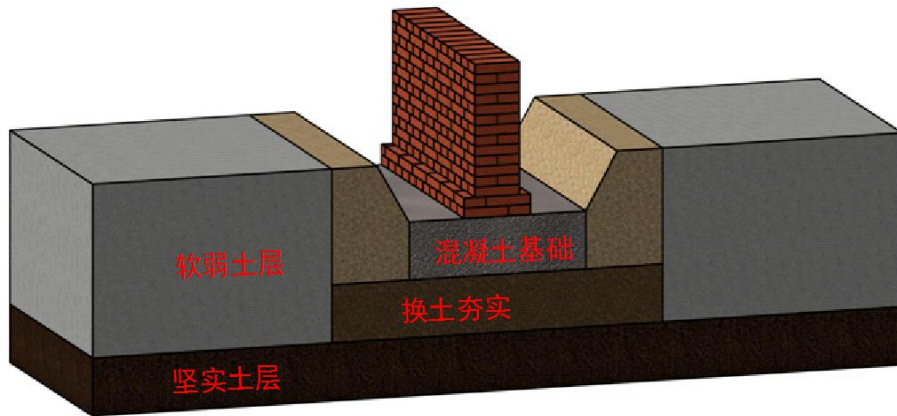


图 4-2 地基钎探



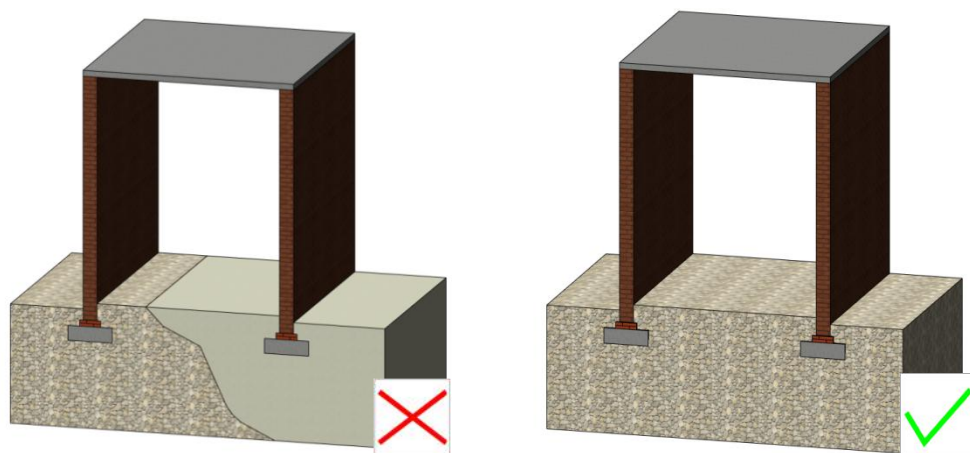
a 基底为坚实土层时直接采用天然地基



b 基底为软弱土层时对其进行换土夯实

图 4-3 对基底较薄软弱土进行置换

同一栋农宅的基础不宜设置在性质明显不同的地基土上（图 4-4）。



a 基础置于不同性质地基土之上

b 基础置于同一性质地基土之上

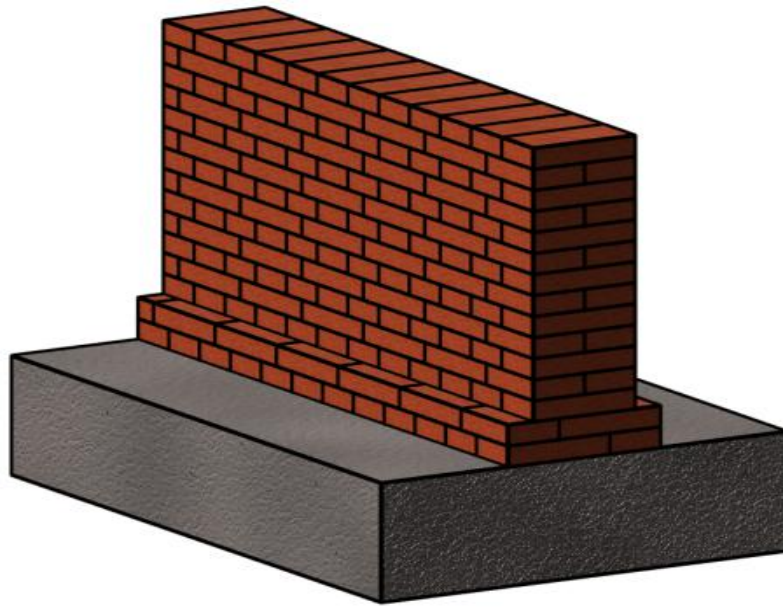
图 4-4

如果地基为岩石层，则只需清平岩石层，直接砌砖墙即可（垫层可取消）。

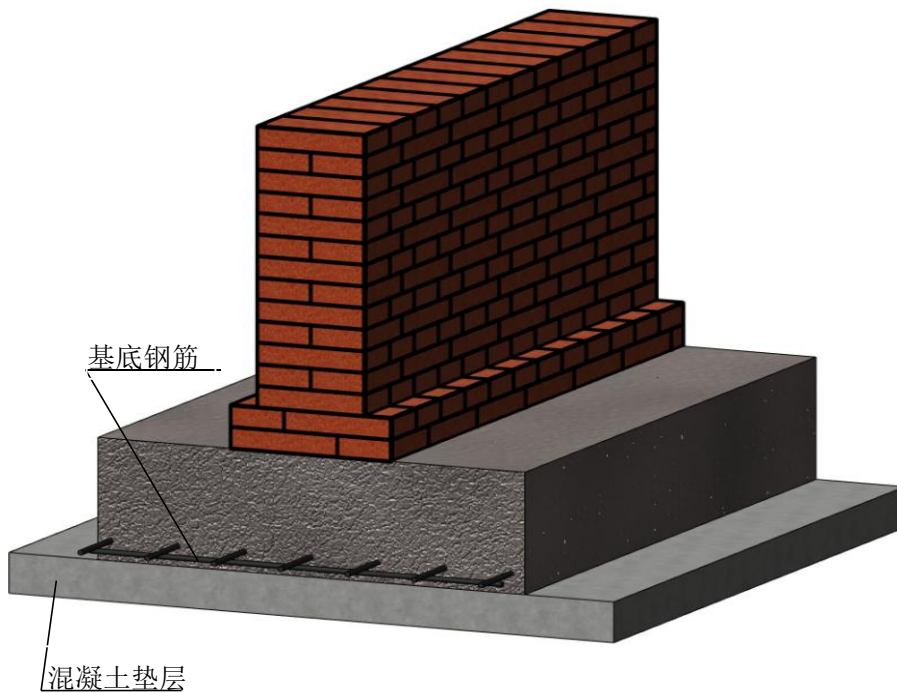
4.2.2 基础垫层

在无筋扩展基础下（在此指由砖、混凝土等材料组成的基底不设置受弯钢筋的墙下条形基础）不必设置垫层。当为配筋基础时，基础

下需设置混凝土垫层，其厚度不宜小于 70mm（图 4-5）。



a 无筋混凝土扩展基础



b 配筋混凝土扩展基础

图 4-5 配筋混凝土基础下需设置垫层

4.2.3 基础

砌体结构基础宜采用混凝土条形基础或砌体条形基础。基础在保证结构安全的情况下，其埋深不宜小于冻土层厚度（如基底为风化岩

石，在清理掉风化层后，可直接砌筑基础，不受冰冻深度影响，北京地区冻深一般可按 0.8m 考虑，北部郊区冻深可按当地实际冻深考虑）。如基底土为较密实的砂土或粉土，单层农村住宅基础埋深一般为 800mm；两层农村住宅基础埋深宜为 800~1000mm；如基底为淤泥或软土，应视土质具体情况，埋深宜大于 1m。

当条形基础为砖基础时，应使用实心砖，强度不应低于 MU10（蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖不应低于 MU15），砂浆强度不应低于 M10。基础圈梁高度不应小于 180mm。

条形基础中线应与墙体中线重合，无筋扩展基础的高度应满足如下要求。

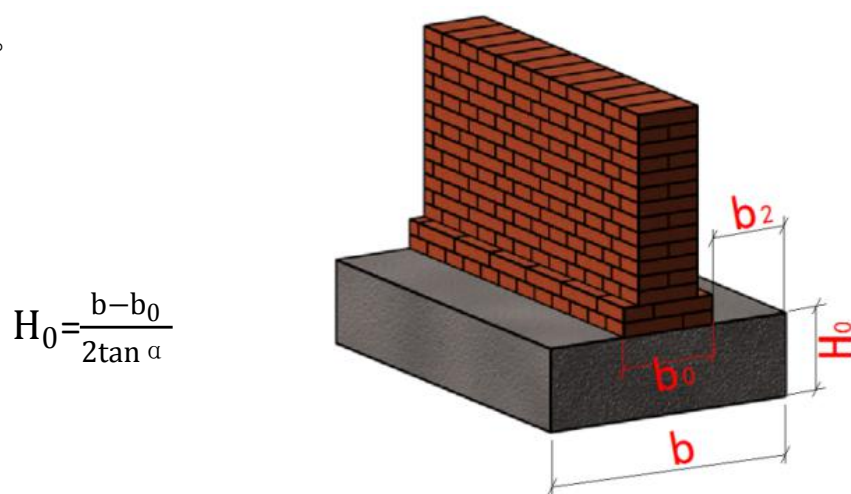


图 4-6

b: 基础底面宽度 (m) ;

b₀: 基础顶面的墙体宽度 (m) ;

H₀: 基础高度 (m) ;

tan α : 基础台阶宽高比 b₂ : H₀, 其允许值可按表 4-4 选用;

b₂: 基础台阶宽度 (m) 。

表 4-4 无筋扩展基础台阶宽高比的允许值

基础材料	质量要求	台阶宽高比最大允许值
混凝土基础	C20 以上	1:1

砖基础	砖不低于 MU10(蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖不应低于 MU15)、砂浆不低于 M10	1:1.5
-----	--	-------

注：应保证基础底部平均压力值不大于 200kpa（20 吨/m²）。

常用的素混凝土条形基础宽度与对应高度（基础厚度）参见表 4-5。

表 4-5 常用的素混凝土条形基础宽度与对应高度（单位 mm）

素混凝土基础宽度	800	900	1000	1100	1200
素混凝土基础高度（厚度）	300	300	320	370	420

注：地基土承载力越差，素混凝土条形基础宽度需设置越宽，相应的素混凝土基础厚度应越厚。上表按 $b_0 = 370\text{mm}$ 考虑。

当混凝土条形基础底部配置足够的受弯钢筋时，基础厚度不受上述限制，但须核算基础的抗剪强度。

4.3 墙体

4.3.1 墙体材料

墙体材料（地上部分）宜优先选用烧结煤矸石多孔砖、烧结粉煤灰多孔砖（图 4-7）。



图 4-7 烧结煤矸石多孔砖（尺寸：240X115X90mm）

采用烧结多孔砖时，砖的强度等级应 \geq MU10，砌体砂浆强度等级 \geq M10。

构造柱、圈梁混凝土强度等级应 \geq C20。

圈梁、构造柱主筋（纵向钢筋）宜采用带肋钢筋。

4.3.2 墙体抗震构造措施：

4.3.2.1 砌体房屋地圈梁顶标高宜同室内地坪标高平齐（顶标高±0.000m），这样地圈梁同时能起到防潮层的作用（图 4-8）。

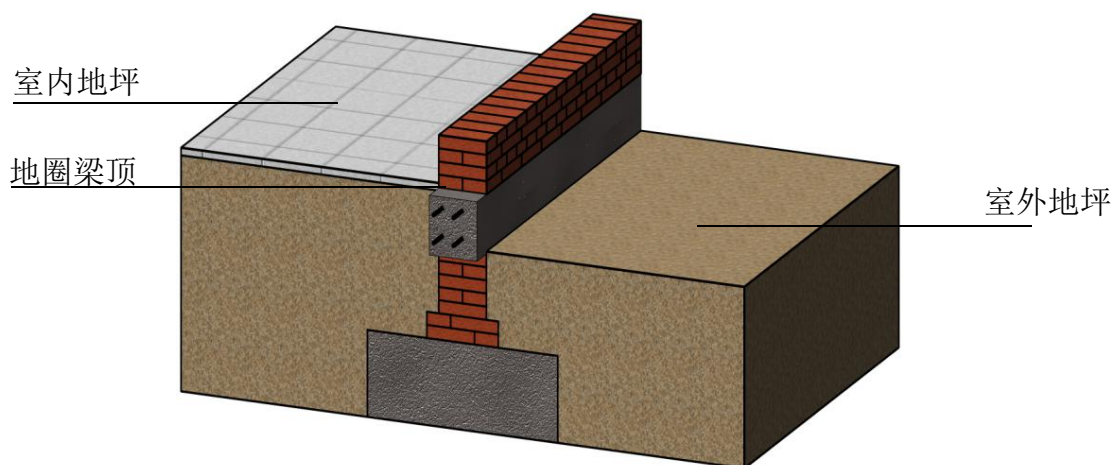


图 4-8 地圈梁顶标高宜同室内地坪标高平齐

4.3.2.2 房屋横墙是指沿建筑物宽度方向布置的墙（图 4-9），抗震横墙的间距不应超过表 4-6 的要求：

表 4-6 北京地区砌体农宅抗震横墙最大间距限值（m）

墙体类型	最小厚度	房屋总层数	预制钢筋混凝土圆孔板及现浇楼、屋面
多孔砖	190	1	9
		2	6.6

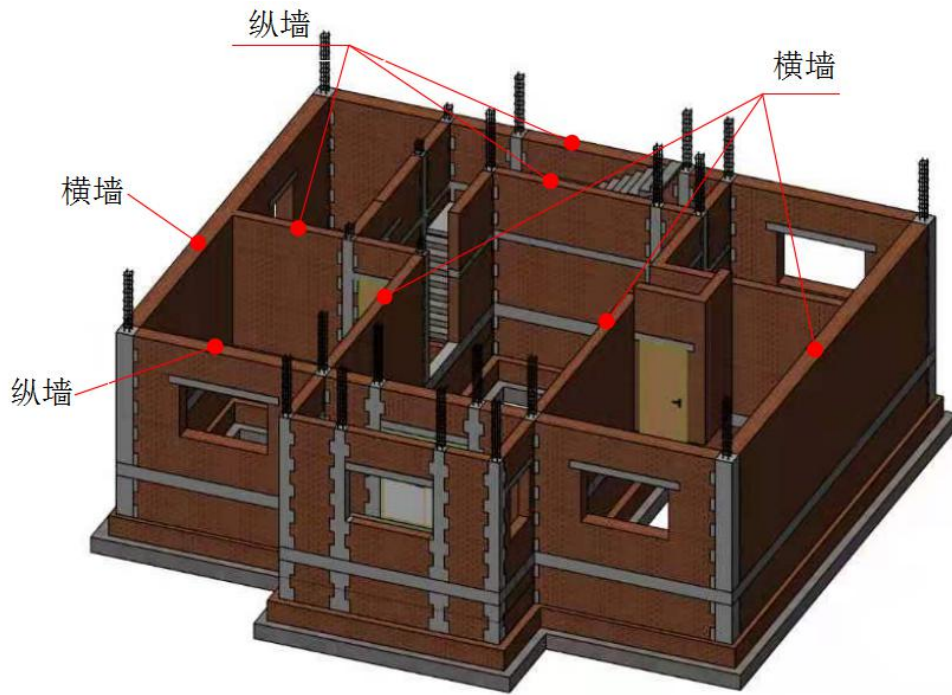


图 4-9 建筑横墙、纵墙示意

4.3.2.3 房屋中砌体墙段的局部尺寸限值，宜符合表 4-7 的规定。

表 4-7 北京地区砌体农宅房屋的局部尺寸限值 (m)

部位	8 度 (北京地区)
承重窗间墙最小宽度	1.0
承重外墙尽端至门窗洞边的最小距离	1.0
非承重外墙尽端至门窗洞边的最小距离	0.8
内墙阳角至门窗洞边的最小距离	1.2
无锚固女儿墙 (非出入口处) 的最大高度	0.5

注：1、出入口处上方的女儿墙应有锚固。

2、房屋中承重纵横向墙层高 1/2 处的门窗洞口所占水平横截面面积：对承重横墙不应大于总截面积的 25%；对承重纵墙，不应大于总截面积的 50%。横墙和内纵墙上的洞口宽度不宜大于 1.5m；外纵墙上的洞口尺寸不宜大于 1.8m 或开间尺寸的一半。

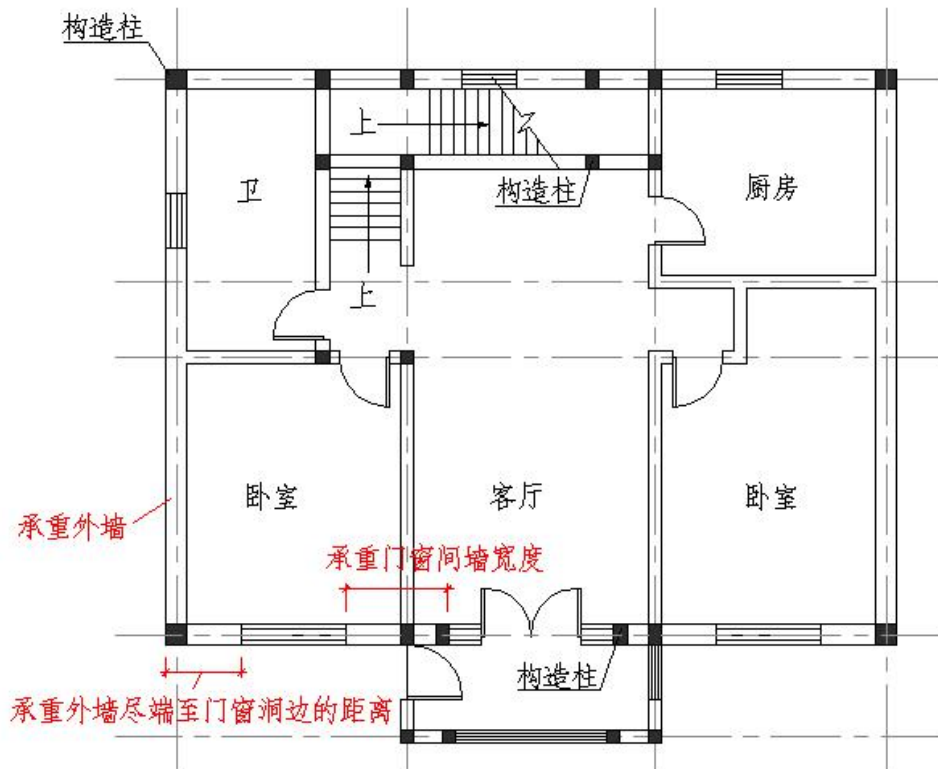


图 4-10 部分建筑局部尺寸示意

4.3.2.4 砌体结构房屋应采用构造柱加强其整体性及抗震性。

1) 构造柱的设置部位应符合表 4-8 要求：

表 4-8 北京地区（8 度）砌体农宅构造柱设置要求

墙体材料	房屋总层数	设置部位
烧结煤矸石多孔砖、烧结粉煤灰多孔砖、混凝土多孔砖	1	外墙四角和对应转角各设一个； 开间 $>4.2\text{m}$ 的房间内外墙交接处； 宽度 $\geq 2.1\text{m}$ 的洞口两侧；
	2	外墙四角和对应转角各设一个； 开间 $>4.2\text{m}$ 的房间内外墙交接处； 宽度 $\geq 2.1\text{m}$ 的洞口两侧； 隔 12m 或单元横墙与外纵墙交接处； 楼梯间四角； 斜梯段上下端对应的墙体处； 楼梯间对应的另一侧内横墙与外纵墙交接处。

某二层砌体农宅（烧结煤矸石、粉煤灰多孔砖墙）构造柱的设置部位示意图 4-11。

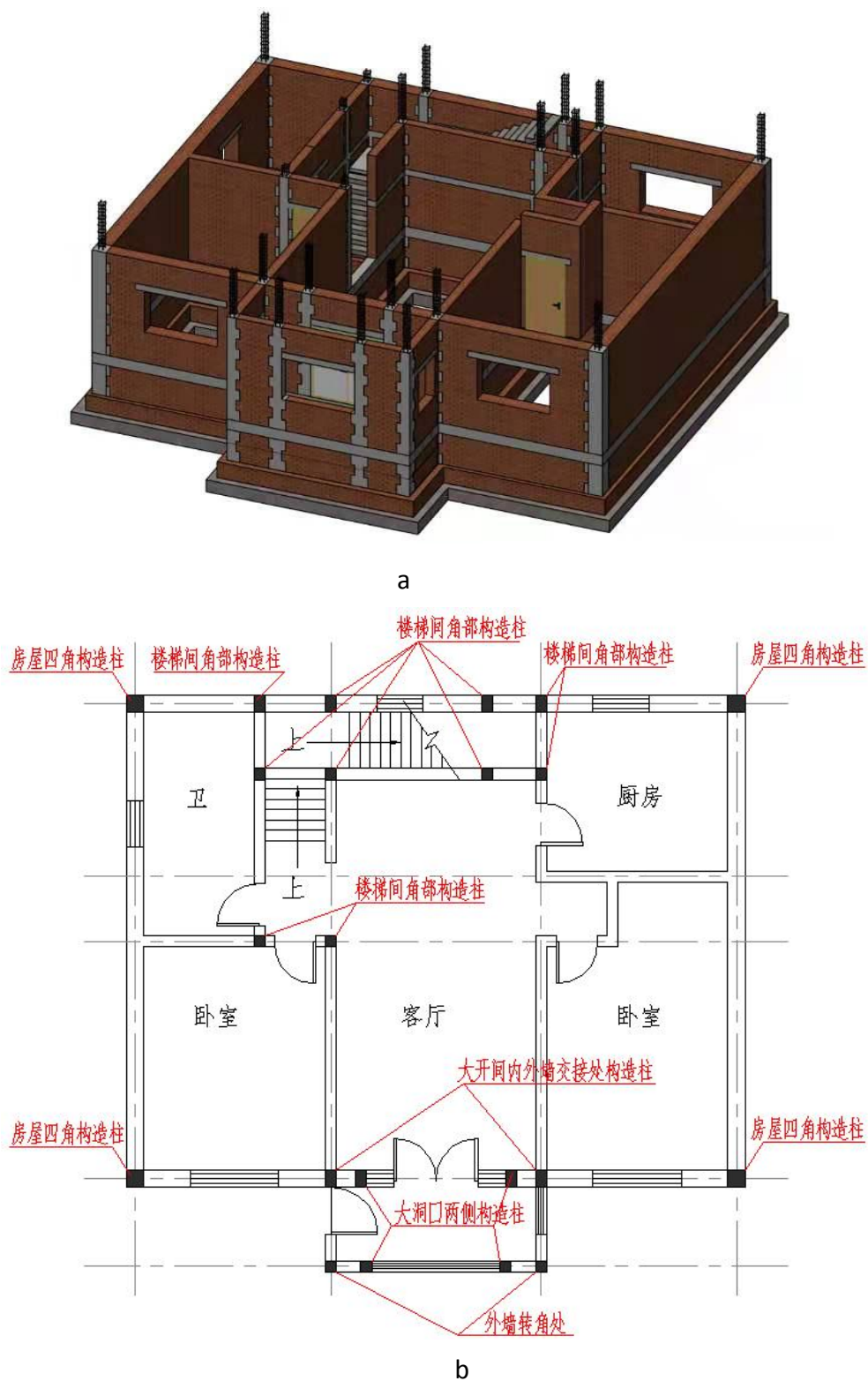


图 4-11 某二层砌体农宅构造柱的设置部位示意

2) 构造柱的施工顺序：绑扎钢筋→砌砖墙→支模板→浇筑混凝土，必须先砌墙，后浇构造柱混凝土。（注：钢筋混凝土框架结构与砌体结构不同，应先浇筑框架柱、梁，之后再砌筑填充墙。）

3) 构造柱最小截面尺寸：厚度宜同墙厚，最小截面可采用180mmX240mm（墙厚190mm时为180mmX190mm）；构造柱纵向钢筋宜采用4 ϕ 12。箍筋直径宜采用 ϕ 6，箍筋间距不宜大于250mm，在柱上下端1/6层高范围内及地下部分箍筋间距采用100mm。

构造柱与墙连接处应砌成马牙槎，马牙槎留槎宽度一般为60mm，高度不宜大于300mm，先退后进组砌方法砌筑。

构造柱沿墙高每隔500mm设2 ϕ 6水平钢筋和 ϕ 4分布短筋平面内点焊组成的拉结网片，每边伸入墙内不宜小于1m。（未设置构造柱的纵横墙交接位置，也应按上述要求设置拉结钢筋网片）。

构造柱与圈梁连接处，构造柱的纵筋应在圈梁纵筋内侧穿过，保证构造柱纵筋上下贯通。

构造柱可不单独设置基础，但应伸入室外地面下500mm，或与埋深小于500mm的基础圈梁相连。

以上构造示意图4-12。

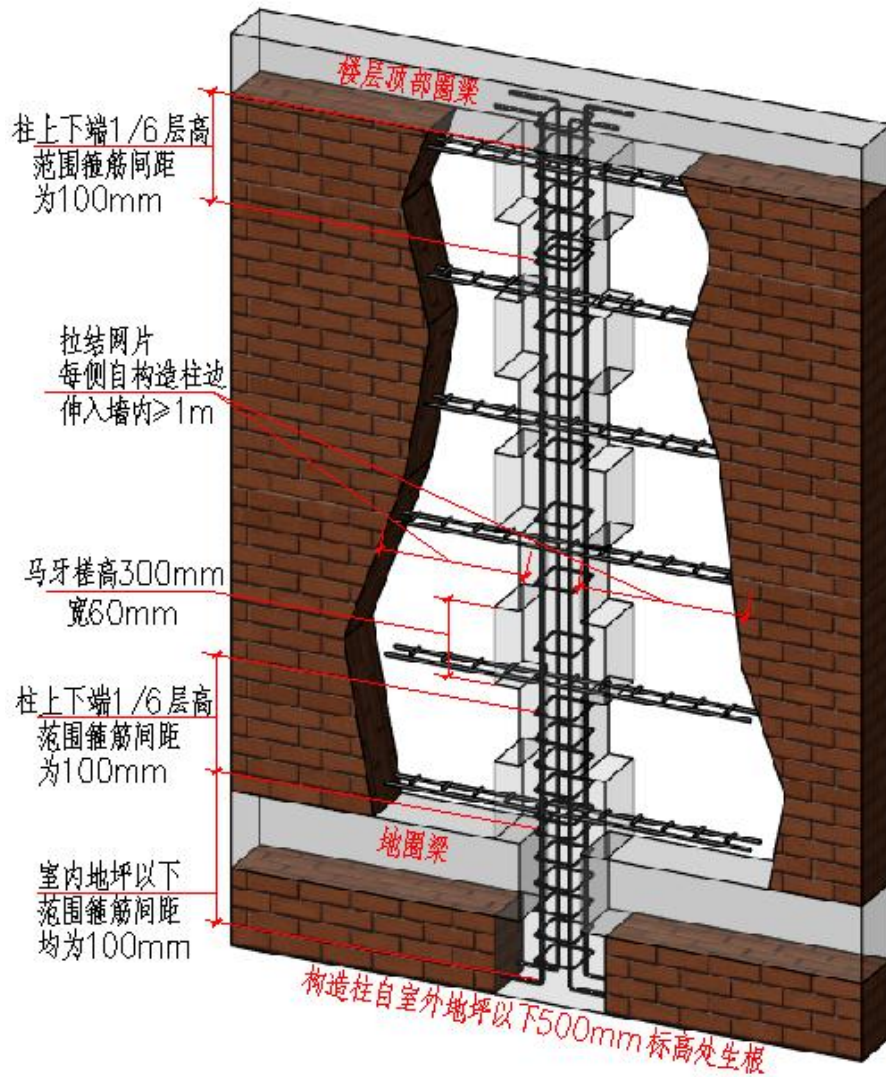


图 4-12

4) 出入口上方处的女儿墙应有锚固, 构造柱间距不大于半开间, 且不得大于 1.5m, 其它位置砌体女儿墙当高度超过 0.5m 时, 应设置构造柱, 构造柱间距不宜大于 4m, 构造柱应伸至女儿墙顶并与现浇钢筋混凝土压顶整浇在一起 (图 4-13)。

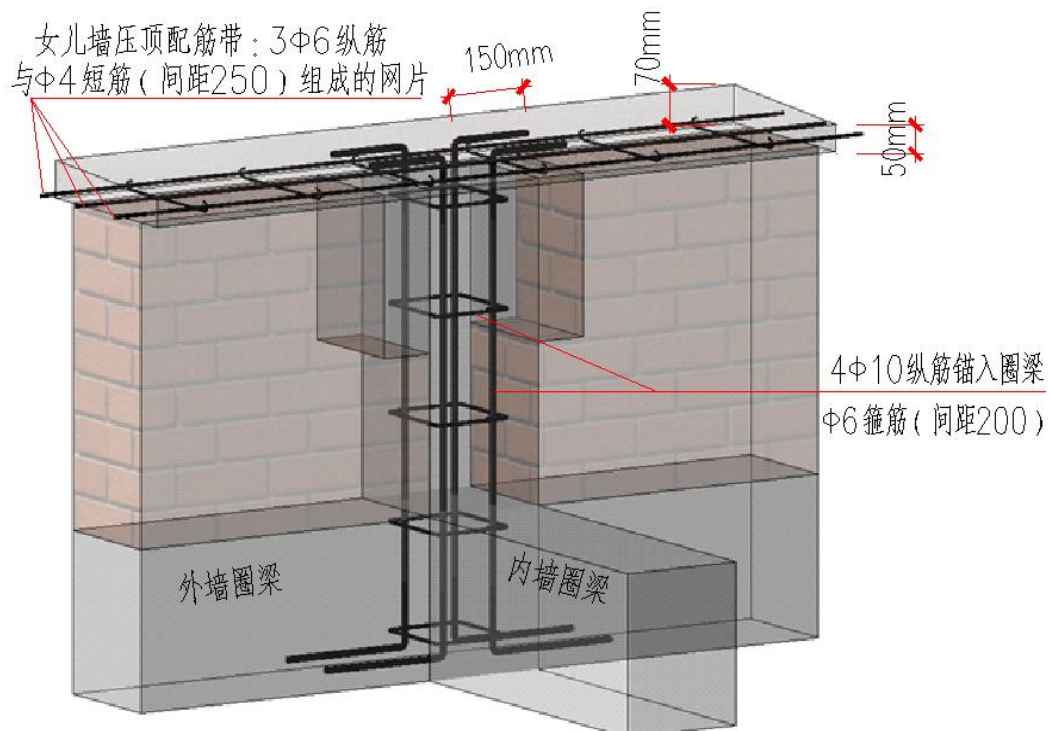


图 4-13

4.3.2.5 圈梁：圈梁能增强房屋的整体性，提高房屋的抗震能力，是抗震的有效措施。

1) 钢筋混凝土圈梁的设置应符合下列要求：

1、当采用不同基础类型或基础埋深显著不同时，应在基础顶部增设地圈梁。

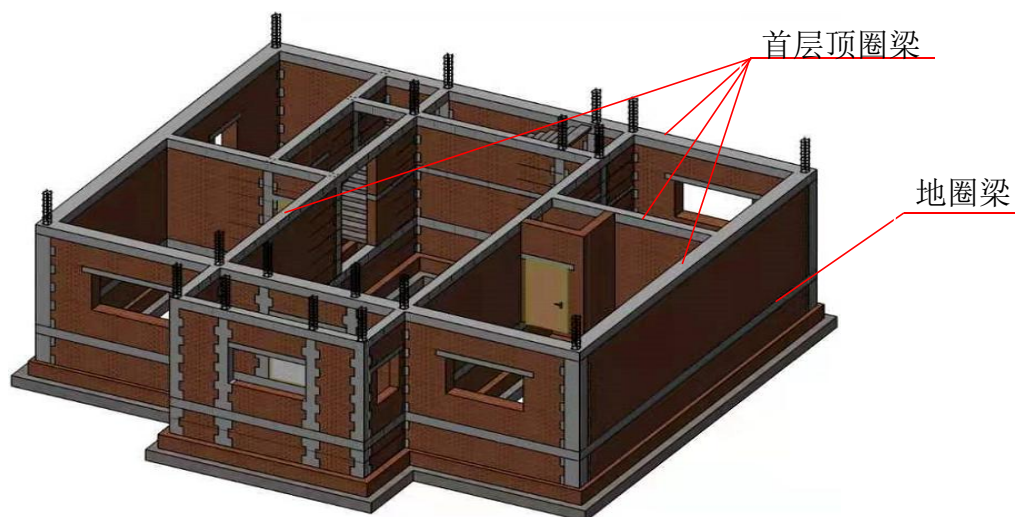
2、当地基为软弱黏性土、液化土、新近填土或严重不均匀土时，应在基础顶部增设地圈梁。

3、钢筋混凝土预制板楼、屋盖的砌体房屋，应按表 4-9 要求设置现浇钢筋混凝土圈梁。坡屋顶砌体房屋，山尖墙顶部应增设现浇混凝土圈梁，并应与外墙圈梁相交闭合，内墙为坡墙时，应沿墙顶部增设圈梁，并应相互连接、封闭（图 4-14）。

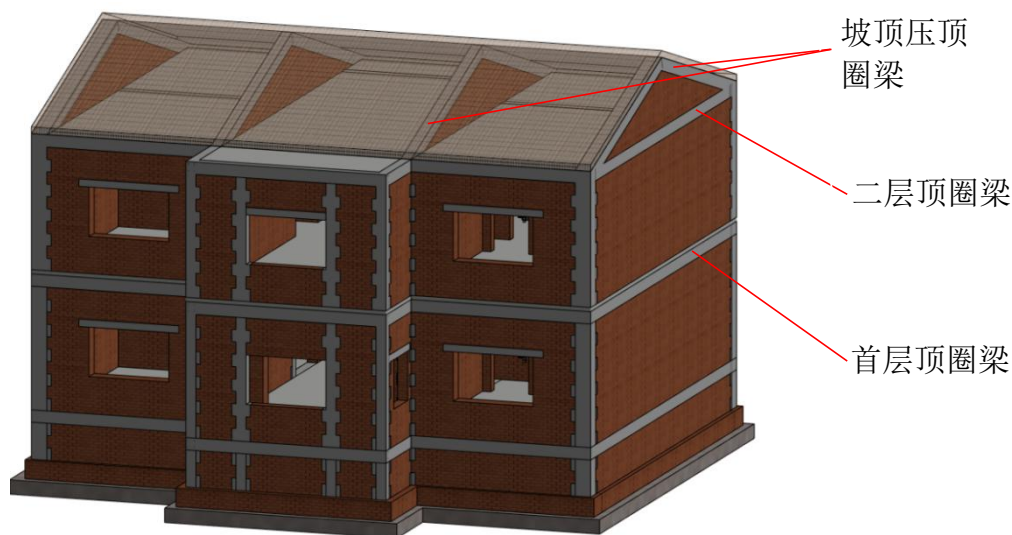
表 4-9 北京地区（8 度）砌体农宅现浇钢筋混凝土圈梁设置要求

墙类	设置部位
外墙和内纵墙	屋盖及每层楼盖处均设。
内横墙	每层所有横墙均应设置，并且间距 $\leq 4.5\text{m}$ 。

注：此处圈梁间距 $\leq 4.5\text{m}$ 是指：大房间开间大于 4.5m 时，应利用梁或预制楼板板缝中配筋代替圈梁。



a 每层纵横墙顶部设置水平圈梁



b 坡墙顶部设置压顶圈梁

图 4-14

4、当楼、屋盖采用现浇混凝土的形式且与墙体有可靠连接时，可不另设圈梁，只须在应设置圈梁的部位，在现浇板边增加 $2\phi 10$ 通

长封闭钢筋，应与相应的构造柱钢筋可靠连接。

2) 圈梁的构造应符合下列要求：

1、圈梁应闭合。当采用预制楼、屋面板时，圈梁宜与预制板设在同一标高处或紧靠板底，外墙支承圈梁宜为 L 形；

2、圈梁的截面宽度宜同墙厚，截面高度不应小于 120mm，最小配筋：纵向钢筋采用 4 ϕ 12，箍筋直径宜采用 ϕ 6，箍筋间距不应大于 200mm。基础圈梁截面高度不应小于 180mm，最小配筋：纵向钢筋采用 4 ϕ 12，箍筋直径宜采用 ϕ 6，箍筋间距不应大于 200mm。

4.4 楼、屋盖

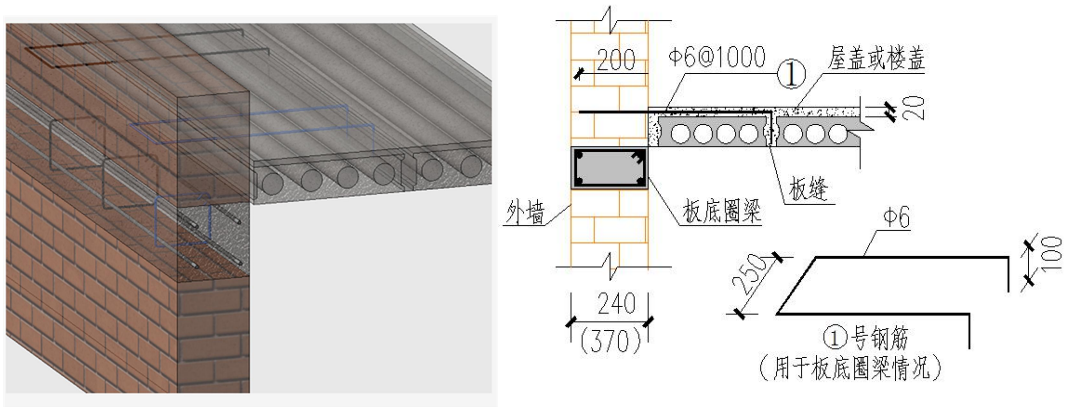
楼、屋面板宜优先采用现浇钢筋混凝土板，但北京市农村地区的新建农宅还存在相当数量的使用装配式钢筋混凝土板（一般是钢筋混凝土预制圆孔板）的状况。此处分别对装配式钢筋混凝土板及现浇钢筋混凝土板进行介绍。

4.4.1 装配式钢筋混凝土楼、屋面板：

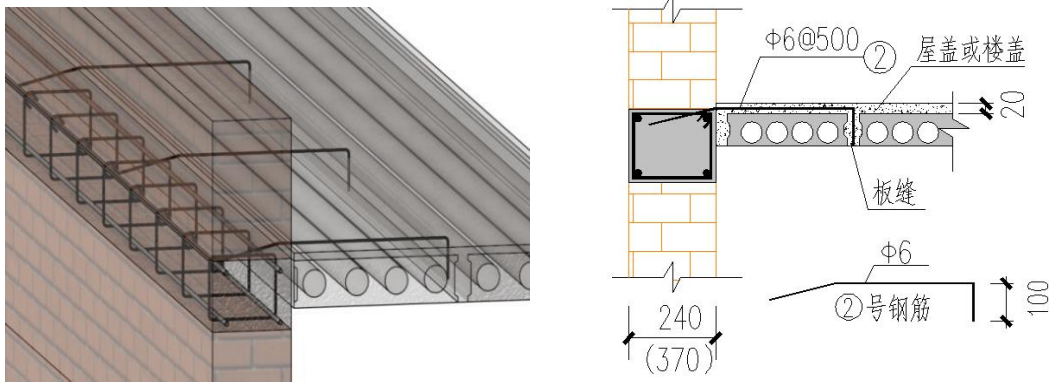
4.4.1.1 装配式钢筋混凝土楼板或屋面板（预制钢筋混凝土圆孔板），当圈梁未设在板的同一标高时，板端伸进外墙的长度不应小于 120mm，伸进内墙的长度不应小于 100mm 或采用硬架支模连接，在梁上不应小于 80mm 或采用硬架支模（硬架支模的施工顺序方法是：先架设梁或圈梁的模板，再将预制楼板支承在具有一定刚度的硬支架上，然后浇筑梁或圈梁混凝土）。

4.4.1.2 当板的跨度大于 4.8m 并与外墙平行时，靠外墙的预制板

侧边应与墙或圈梁拉结（图 4-15）。



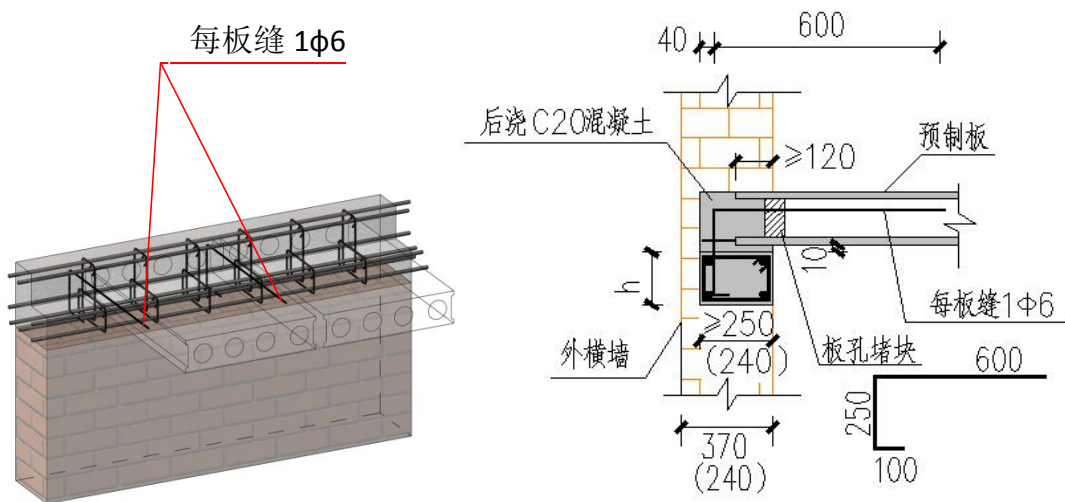
a 圈梁顶与板底平时墙与板侧的拉结



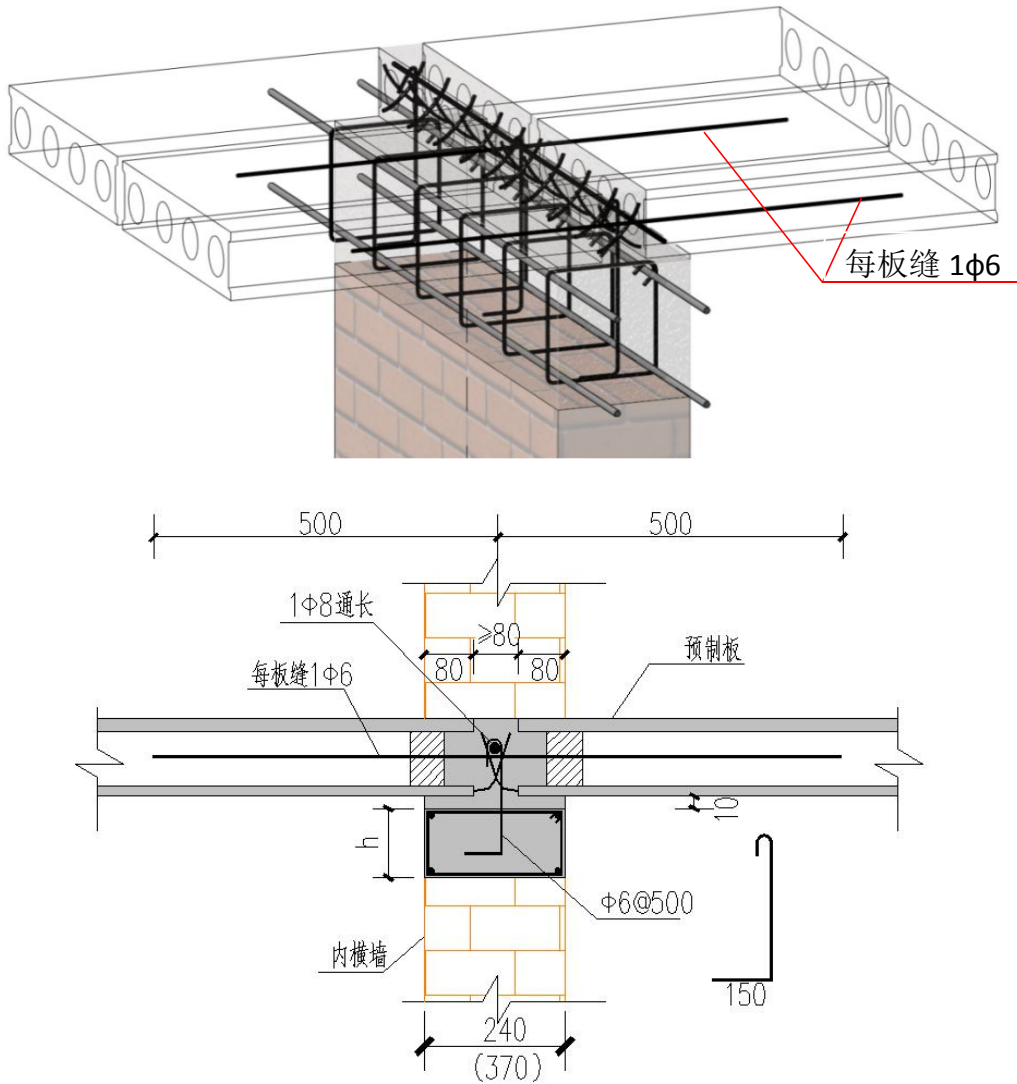
b 圈梁顶与板顶平时墙与板侧的拉结

图 4-15

4.4.1.3 当圈梁设在楼、屋盖板底时，钢筋混凝土预制板应相互拉结，并应与梁、墙或圈梁拉结（图 4-16）。



a 板端与外墙圈梁的拉结



b 板端与内墙圈梁的拉结

图 4-16

4.4.1.4 预制板应拉开板缝，板缝宽度不小于 40mm，且板缝内应设置拉结钢筋或拉结网片，并与圈梁连接或锚固，板缝应采用不低于 C20 细石混凝土填缝（图 4-16）。当板缝宽度大于 50mm 时应在板缝内配置贯通钢筋。

4.4.1.5 上部无钢筋的预制板不应从支座（外墙）位置出挑作为挑檐。因其上部无抗弯钢筋，易遭弯折破坏（图 4-17）。



图 4-17

4.4.2 现浇钢筋混凝土楼、屋面板：

4.4.2.1 现浇钢筋混凝土楼板或屋面板伸进纵、横墙内的长度，均应 $\geq 120\text{mm}$ 。

4.4.2.2 现浇楼板、屋面板悬挑长度不宜超过 1.0m，悬挑板厚度宜与相邻现浇楼板厚度相同。

4.4.2.3 现浇楼板的厚度宜符合下列规定：

板的厚度：双向板厚度 $\geq 1/40$ 板跨；且最小厚度 $\geq 100\text{mm}$ （此处“板跨”一般指一个房间楼板的短边长度）。

4.4.2.4 现浇楼板的钢筋设置宜符合下列规定：

现浇板中的钢筋宜采用带肋钢筋，当不得不使用光圆钢筋时，其末端应做 180° 弯钩。

现浇板应为双层配筋（板底、板顶各一层），其中板底应双向拉通配筋，板顶应在支座（墙、梁）位置配置与支座垂直的负弯矩钢筋（负筋）。板底部板的长向钢筋应置于短向钢筋之上；板顶的长向受力钢筋、分布钢筋应置于短向受力钢筋之下。

当板底钢筋长度不足以拉通整跨时需要进行钢筋连接（如板顶钢

筋亦拉通设置，也涉及钢筋连接），钢筋连接可采用绑扎搭接的形式，混凝土中受力钢筋的连接接头应设置在受力较小处。

1) 单跨梁板的纵向受力筋（底部钢筋）接头不应设在跨中 $1/2$ 跨度范围内；

2) 连续梁板的纵向受力筋接头，梁、板顶负弯矩筋应设在跨中附近,底部主筋应设在支座附近。但对满堂基础底板，因其弯矩图和楼板方向相反，钢筋的接头位置也应相反，即顶筋应在支座附近,底筋则在跨中附近（图 4-18）；

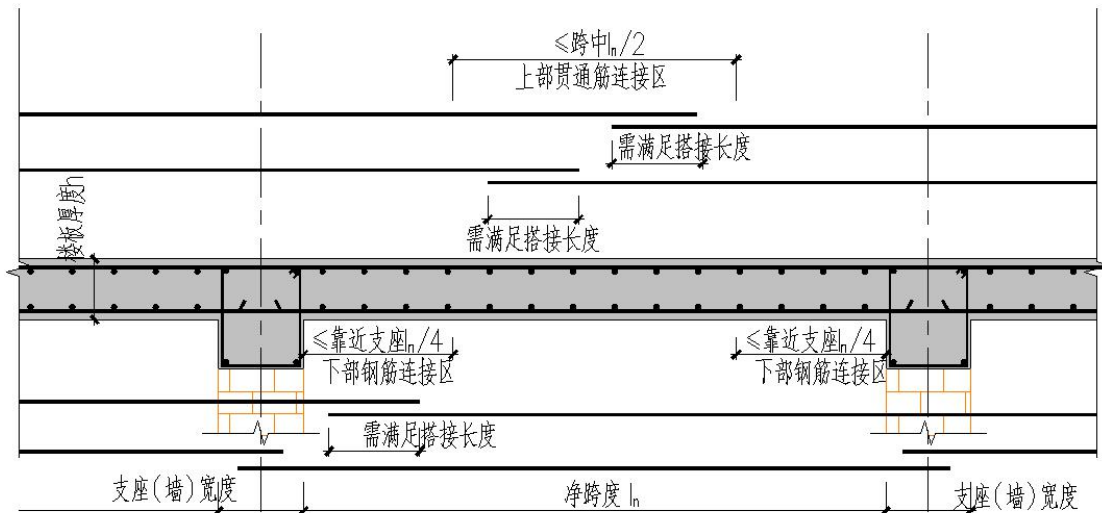


图 4-18 楼、屋面板钢筋连接区域示意

3) 同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜互相错开。钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 1.3 倍搭接长度，凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段。

同一连接区段内纵向受力钢筋搭接接头面积百分率为该区段内有搭接接头的纵向受力钢筋与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。位于同一连接区段内的受拉钢筋搭接接头面积百分率：对梁类、板类及墙类构件，不宜大于 25% ；对柱类构件，不宜大于 50% （图 4-19）。

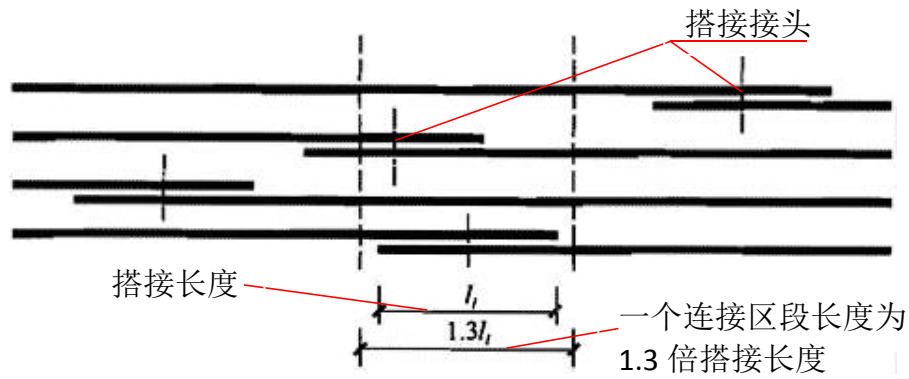


图 4-19 同一连接区段内纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头示意

注：图中所示同一连接区段内的搭接接头钢筋为两根，当钢筋直径相同时，钢筋搭接接头面积百分率为 50%

4) 钢筋的锚固长度一般指梁、板、柱等构件的受力钢筋伸入支座或基础中的总长度，包括直线及弯折部分。受拉钢筋锚固长度、搭接长度见表 4-10、表 4-11：

表 4-10 受拉钢筋锚固长度 l_a (直径 $\leq 25\text{mm}$)

钢筋种类	混凝土强度等级		
	C20	C25	C30
HPB300	39d	34d	30d
HRB400、HRBF400、RRB400	-	40d	35d

注：表中 d 为钢筋直径，受拉钢筋的实际锚固长度除满足上表外，还不应小于 200mm。

表 4-11 受拉钢筋搭接长度 l_l (直径 $\leq 25\text{mm}$)

钢筋种类及同一区段内搭接		混凝土强度等级		
钢筋面积百分率		C20	C25	C30
HPB300	$\leq 25\%$	47d	41d	36d
	50%	55d	48d	42d
	100%	62d	54d	48d
HRB400 HRBF400 RRB400	$\leq 25\%$	-	48d	42d
	50%	-	56d	49d
	100%	-	64d	56d

注：任何情况下，搭接长度不应 $< 300\text{mm}$ 。

4.4.3 砌体中的悬挑梁、悬挑板：

砌体结构中的悬挑梁、板的抗倾覆能力应引起足够的重视。

4.4.3.1 砌体结构中设有悬挑梁时，悬挑梁必须要按相关规范进行抗倾覆及相关验算，尚应满足下列要求：

1) 纵向受力钢筋至少应有 $1/2$ 的钢筋面积伸入梁尾端，且不少于 $2\phi 12$ 。其余钢筋伸入支座的长度不应小于 $2L_1/3$ ；

2) 挑梁埋入砌体长度 L_1 与挑出长度 L 之比宜大于 1.5；当挑梁上无砌体时， L_1 与 L 之比应大于 2（图 4-20）。

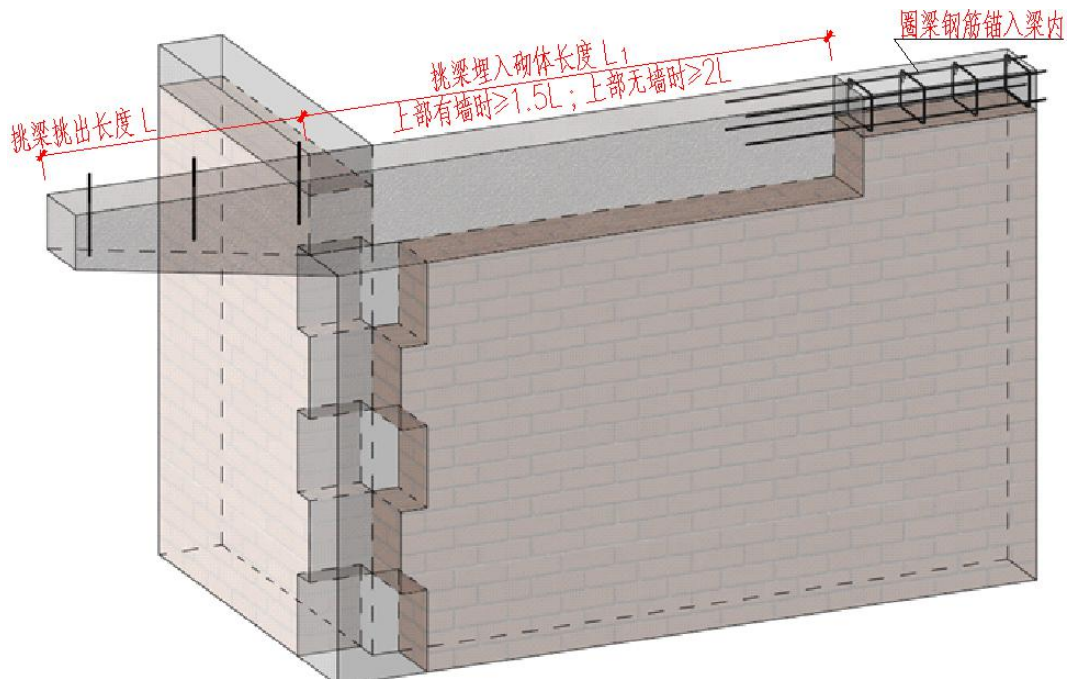


图 4-20

4.4.3.2 如房屋中设有悬挑雨棚等悬挑构件，必须要按相关规范对其进行抗倾覆及相关验算。不应采用无锚固的钢筋混凝土预制挑檐（挑檐钢筋应锚固于梁内，梁钢筋锚固于相邻构造柱内）。

悬挑板钢筋布置注意事项：

1) 悬挑板应双层双向配置钢筋，其顶部钢筋为受力钢筋，必须严格控制顶部钢筋的定位，减少施工中对上部钢筋的踩踏，严防顶部

钢筋变形、下移，以保证其受力的有效高度。

2) 悬挑板顶面宜与相邻楼板（如有）顶面标高相同，悬挑板顶面钢筋直接内延至相邻楼板内，应设置足够的向内延伸长度,并不宜小于悬挑长度的 2 倍（图 4-21）。

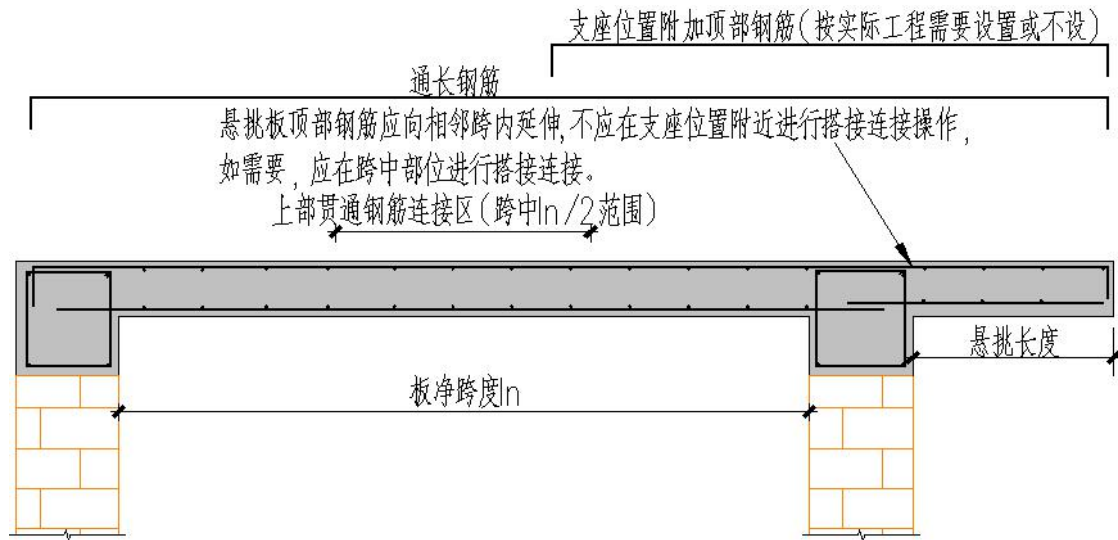


图 4-21

4.4.4 钢筋混凝土楼、屋盖梁的支承要求。

钢筋混凝土楼、屋盖梁应与墙、柱（包含构造柱）或圈梁可靠连接；不得采用独立砖柱作为支承。

4.4.4.1 砖砌体结构中跨度大于 4.8m 的梁应在支承处砌体上设置混凝土或钢筋混凝土垫块；当墙中设有圈梁时，垫块与圈梁宜浇成整体。

4.4.4.2 对 240mm 厚的砖墙，当梁跨度大于 6m 时，其支承处宜加设壁柱或采取其他加强措施。

4.4.5 钢筋保护层的要求：

在楼板厚度已经确定的情况下，钢筋保护层过小或过大对楼板都

是不利的，施工过程中应严格控制保护层的厚度：

构件中普通钢筋的混凝土保护层厚度应满足表 4-12 要求：

表 4-12 混凝土保护层的最小厚度 c

钢筋位置	板	梁、柱
室内顶板底部钢筋、室内底板顶部钢筋、及梁、柱靠室内一侧	15	20
屋面板顶部钢筋及梁、柱靠室外一侧	25	35

注：1 混凝土强度等级不大于 C25 时，表中保护层厚度数值应增加 5mm；

2 如基础采用钢筋混凝土基础，其中钢筋的混凝土保护层厚度应从垫层顶面算起，且不应小于 40mm。

4.5 楼梯间

砌体结构楼梯间应符合下列要求：

4.5.1 二层楼梯间墙体应沿墙高每隔 500mm 设 2 ϕ 6 通长钢筋和 ϕ 4 分布短钢筋平面内点焊组成的拉结网片或 ϕ 4 点焊网片；首层楼梯间墙体应在休息平台或楼层半高处设置 60mm 厚、纵向钢筋不应少于 2 ϕ 10 的钢筋混凝土带或配筋砖带，配筋砖带不少于 3 皮，每皮的配筋不少于 2 ϕ 6，砂浆强度等级不应低于 M10 且不低于同层墙体的砂浆强度等级。

4.5.2 楼梯间及门厅内墙阳角处的大梁支承长度不应小于 500mm，并应与圈梁连接。

4.5.3 宜优先选用现浇混凝土楼梯；不应采用墙中悬挑式踏步或踏步竖肋插入墙体的楼梯，不应采用无筋砖砌栏板（图 4-22）。

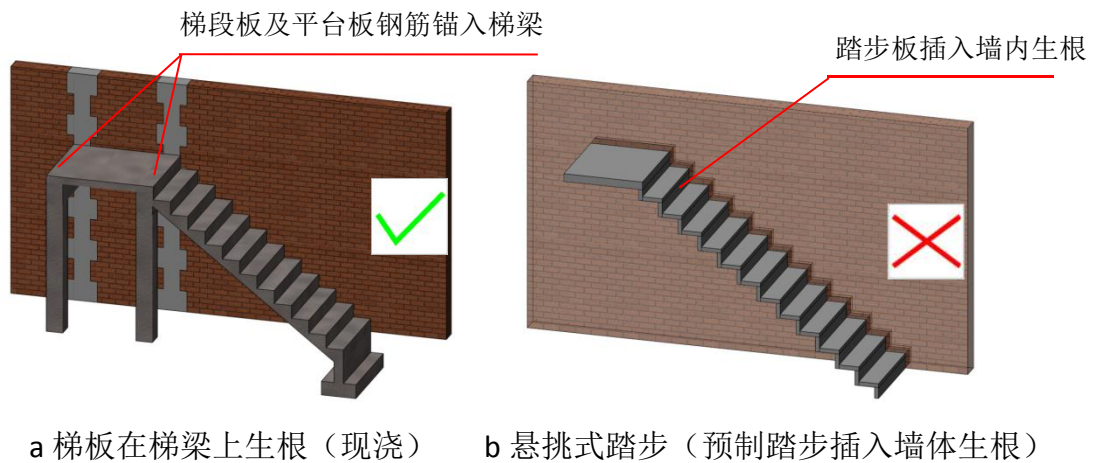


图 4-22

4.6 过梁、阳台

4.6.1 过梁：

过梁应当采用钢筋混凝土过梁，过梁支承长度 $\geq 240\text{mm}$ 。

4.6.2 阳台：

应采用钢筋混凝土现浇阳台，不得采用预制阳台。如为悬挑阳台，应当符合悬挑板的相应要求。

阳台栏板宜采用现浇钢筋混凝土栏板，不应采用无筋砖砌体栏板。

4.7 部分施工要点

4.7.1 基槽开挖：

开挖基槽时，不应扰动土的原状结构。机械开挖时坑底应保留不小于 300mm 厚的土层采用人工开挖。

4.7.2 砌筑砂浆：

砌体砂浆的强度和质量是建筑物抗震和承重的重要决定因素，应

引起足够的重视。

地面以下的砌体砌筑时应采用水泥砂浆，地上墙体砌筑时可采用水泥砂浆或水泥混合砂浆。

砌筑砂浆宜优先选用预拌砌筑砂浆。现场拌制的砂浆应随拌随用，拌制的砂浆应当在 3 小时内使用完毕；当施工期间最高气温超过 30℃ 时，应当在 2 小时内使用完毕。预拌砂浆的使用时间应按厂方提供的说明书确定。超过上述时间的砂浆，不得使用，并不应再次拌合后使用。

4.7.3 砖墙砌筑的部分要点：

4.7.3.1 基底标高不同时，应从低处砌起，并应由高处向低处搭接，当设计无要求时，搭接长度 L 不应小于基础底的高差 H ，搭接长度范围内下层基础应扩大砌筑（图 4-23）。

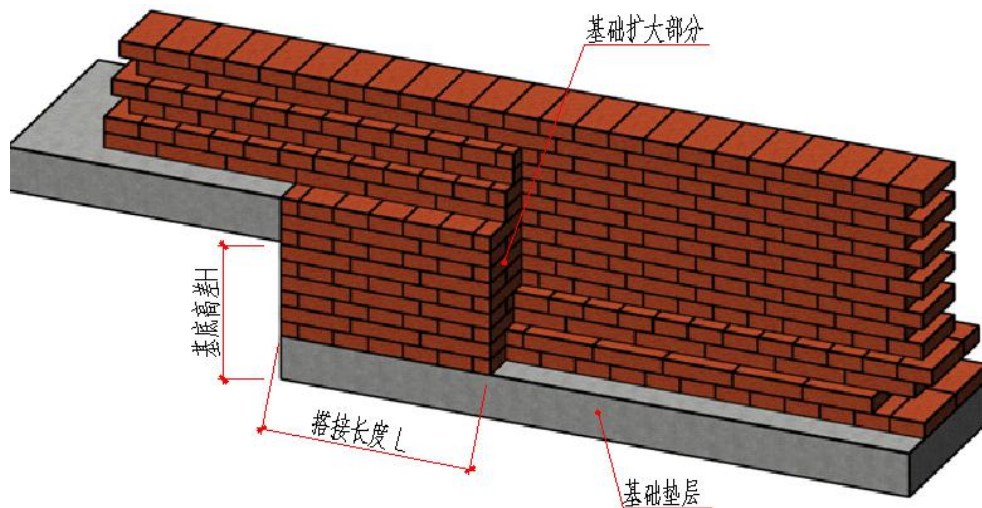


图 4-23 基底标高不同时某大放脚砖基础构造示意

4.7.3.2 砌体的转角处和交接处应同时砌筑，严禁无可靠措施的内外墙分砌施工。对不能同时砌筑而又必须留置的临时间断处应砌成斜槎，普通砖砌体斜槎水平投影长度不应小于高度的 $2/3$ ，多孔砖砌体

的斜槎长高比不应小于 $1/2$ 。斜槎高度不得超过一步脚手架的高度(图 4-24)。

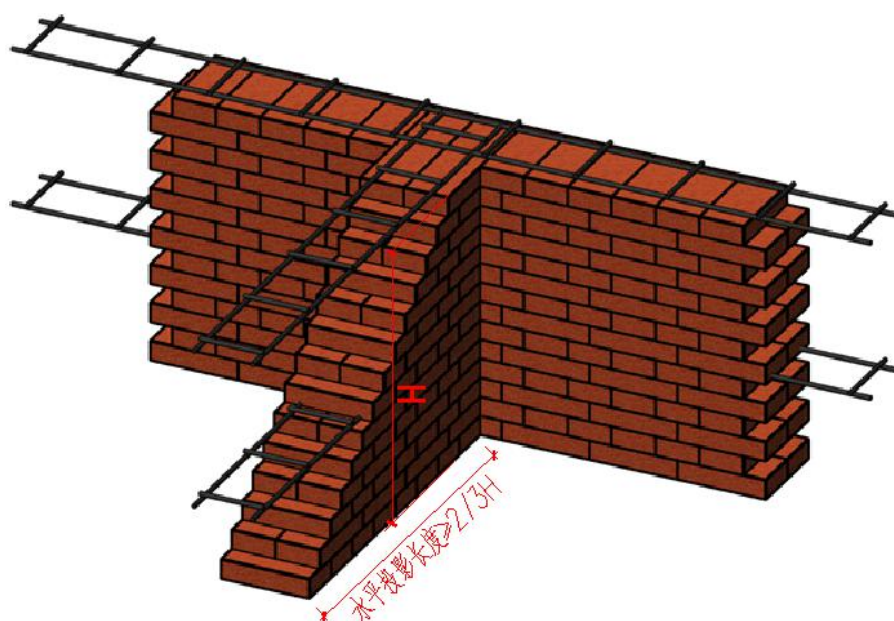


图 4-24 墙体交接处斜槎留置示意

正常施工条件下，砖砌体每日砌筑高度宜控制在 1.5m；

在墙体砌筑过程中，当砌筑砂浆初凝后，块体被撞动或需要移动时，应将砂浆清除后再铺浆重新砌筑。

砖墙砌筑时应上下错缝、内外搭接。宜采用满顺满丁方式砌筑(图 4-25)。

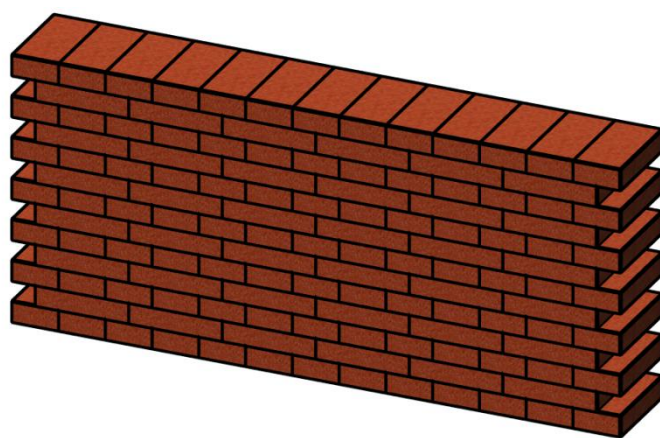


图 4-25 满顺满丁砌筑方式

注：满顺满丁是指一皮中全部顺砖与一皮中全部丁砖间隔砌筑，上下皮间的竖缝相互错

开 1/4 砖。这种砌筑方法较为简单，无任何通缝，而且丁砖数量较多，能增强横向整体性，多用于一砖厚墙体的砌筑。

为使砖墙的转角位置各皮砖之间的竖缝相互错开，必须在外角处砌七分头砖（七分头砖也叫大半头砖，占砖总长的 75%约 18cm）。七分头的顺面方向依次砌顺砖，丁面方向依次砌丁砖。

砖墙的丁字接头处如图 4-26 所示，分皮相互砌通，相交处竖缝错开 1/4 砖长，并在横墙端头处加砌七分头砖。

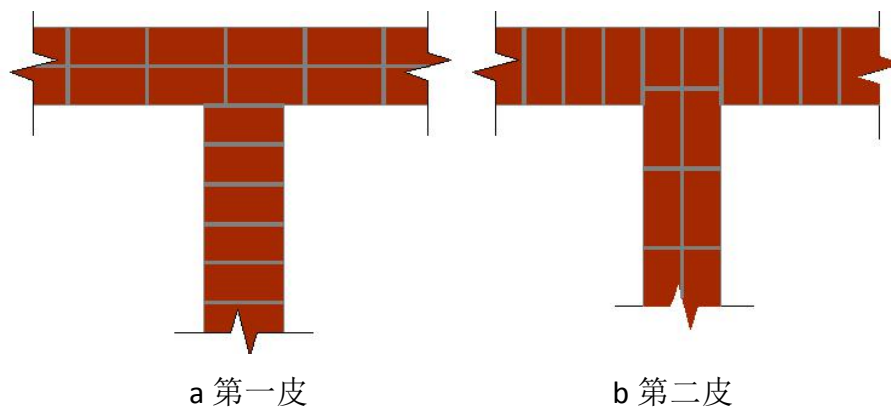


图 4-26 砖墙丁字接头处砌筑方式示意

砌体灰缝砂浆应密实饱满，砖墙水平灰缝的砂浆饱满度不得低于 80%，竖向灰缝不得出现透明缝、瞎缝和假缝。水平缝和竖向灰缝的宽度宜为 10mm±2mm。

砌筑烧结普通砖、烧结多孔砖砌体时，砖应提前 1 天~2 天适度湿润，严禁采用干砖或处于吸水饱和状态的砖砌筑。对于混凝土多孔砖及混凝土实心砖则不需要浇水湿润。

4.7.4 混凝土养护拆模的一些要求：

4.7.4.1 楼板底筋保护层厚度可用素砼垫块控制，但垫块强度等级不应低于相应楼板强度。

4.7.4.2 混凝土在浇筑振捣之后，逐渐初凝、硬化，该过程主要是

通过水泥水化作用实现的。水泥的水化作用必须在一定的温度和湿度条件下才能完成。温度越高，湿度越大，水化反应越充分，混凝土的强度也越高。混凝土养护的目的：一是使水泥充分水化，加速混凝土硬化；二是防止成型后因曝晒、风吹、干燥、寒冷等自然因素的影响，出现不正常的收缩、裂缝破坏等现象。混凝土的养护在整个施工过程中非常重要。

1) 混凝土初凝后可以覆盖操作，覆盖物一般用麻袋片、草席、竹帘等，待混凝土终凝后开始浇水。

2) 浇筑当天终凝后宜采用喷壶洒水，第二天开始可采用胶管浇水。浇水次数以保持覆盖物湿润为准。

3) 浇水天数：用硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥拌制的混凝土，不少于 7 天；火山灰质水泥、粉煤灰水泥拌制的混凝土不少于 14d；掺用缓凝型外加剂的不少于 14d。

4) 混凝土在养护过程中，如发现遮盖不好，浇水不足，以至表面泛白或出现干缩细小裂缝时，要立即仔细加以遮盖，充分浇水，并延长浇水日期，加以补救。

4.7.4.3 悬挑构件（阳台、雨篷、挑檐、挑板、挑梁等）模板需等构件达到 100%设计强度后方可拆除，跨度小于 8 米的非悬挑梁、板模板需等构件达到 75%设计强度后方可拆除。拆模前应采取措施保障其下支撑不受扰动。

4.7.5 砌体墙两侧回填土高差的控制：

砌体结构房屋室内外及相邻房间地坪填土高差不能过大，宜控制

在 0.3m 以内，当室内外填土高差较大且不可避免时，应按挡土墙要求对相应砌体墙进行核算，视情况对墙体进行加强，可采取如加厚墙体、加强地圈梁等措施；院落围墙根部内外地坪填土不应存在高差。否则砌体墙受单侧土压力过大时，有倾覆的隐患。在建造及后续使用过程中应引起足够重视（图 4-27）。

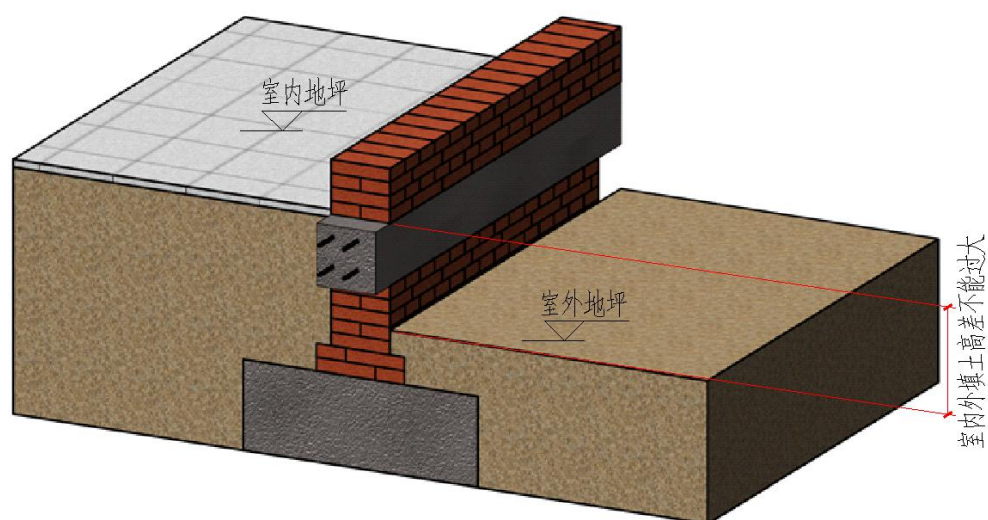


图 4-27

5 农宅改造加固

北京地区既有农宅涉及到的结构体系较多，需改造加固的农宅的状况也各有不同，所以各类农宅所适用的加固方法也有所不同，在此针对北京地区采用较多的结构体系——砌体结构的典型抗震加固方法进行介绍，给出需要注意的质量控制要点，以期相应业主对其有所了解，方便业主对加固工程进行监督。

砌体结构农宅加固前应进行安全、抗震性能评估或鉴定，经评估或鉴定确认需要加固的，应根据评估、鉴定结论及委托方提出的要求进行加固设计，农宅加固应由具有相应房屋加固资质的设计和施工单位实施。

5.1 砌体结构农宅的典型加固方法

5.1.1 当房屋抗震承载力不能满足要求时，可以选择如下的加固方法：

5.1.1.1 拆砌或增加抗震墙：对强度过低或严重破坏的原墙体以及抗震性能差的墙体，如空斗墙（图5-1），宜采取拆除重砌的办法，重砌和增设抗震墙（图5-2、图5-3）的材料可以为砖或砌块，也可用普通混凝土，最大限度地减小对下部结构与基础的影响；拆除时，应采取可靠的支撑和防护措施。



图5-1 空斗墙

注：类似上图空斗墙抗震能力较差，如经鉴定或评定为抗震承载力不足，宜拆除重砌。
拆除重砌时务必采取可靠的支撑和防护措施。



图5-2 抗震前纵墙缺失的农宅



图5-3 前纵墙位置增砌抗震墙

5.1.1.2灌浆加固：对开裂的墙体，可采用局部灌浆加固，对砌筑砂浆饱满度差且砌筑砂浆强度等级偏低的墙体，可用满墙灌浆加固（图5-4~图5-5）。



图5-4 某震后砌体墙裂缝修复（灌浆加固）实例



图5-5 墙体局部灌浆加固示意（此处为混凝土墙）

5.1.1.3增设砂浆面层或板墙加固：在墙板的一侧或两侧采用水泥砂浆面层、钢筋网砂浆面层、钢绞线网片聚合物砂浆面层或喷射混凝土板墙加固（图5-6~图5-8）。

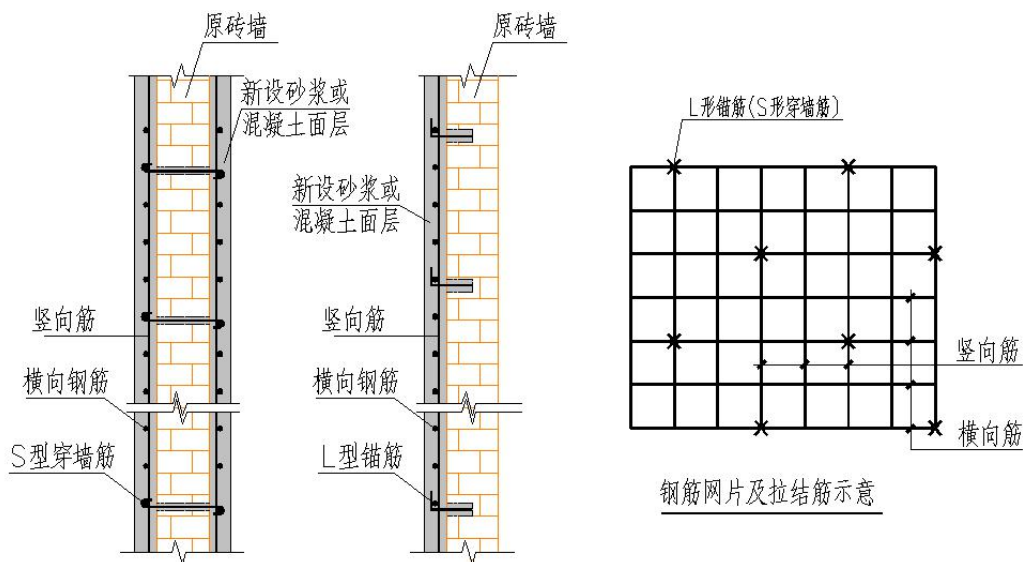


图5-6 增设砂浆或混凝土板墙双面、单面加固墙体示意



图5-7 钢丝网砂浆面层加固墙体实例



图5-8 挂网喷射混凝土板墙加固墙体实例

5.1.1.4外加柱加固：在墙体交接处采用现浇钢筋混凝土构造柱加固，柱应与圈梁、拉杆连成整体，或与现浇钢筋混凝土楼、屋盖可靠连接（图5-9）。



图5-9 外加柱加固图

5.1.1.5 包角或镶边加固：在柱、墙角或门窗洞口边用型钢或钢筋混凝土包角或镶边（图 5-10~图 5-11）；柱、墙垛还可用现浇钢筋混凝土套加固（图 5-12）。



图 5-10 门窗洞口边用槽钢镶边加固（施工中）



图 5-11 墙角用角钢及钢板包角加固



a

b

图 5-12 现浇钢筋混凝土套加固柱

5.1.1.6 后张预应力加固：沿墙体两侧按设计间距对称布置竖向无粘结预应力筋并施加预应力进行加固（图 5-13~图 5-16）。



图 5-13 墙体开槽



图 5-14 布置预应力筋并浇筑锚固端混凝土垫块



图 5-15 浇筑张拉端垫块

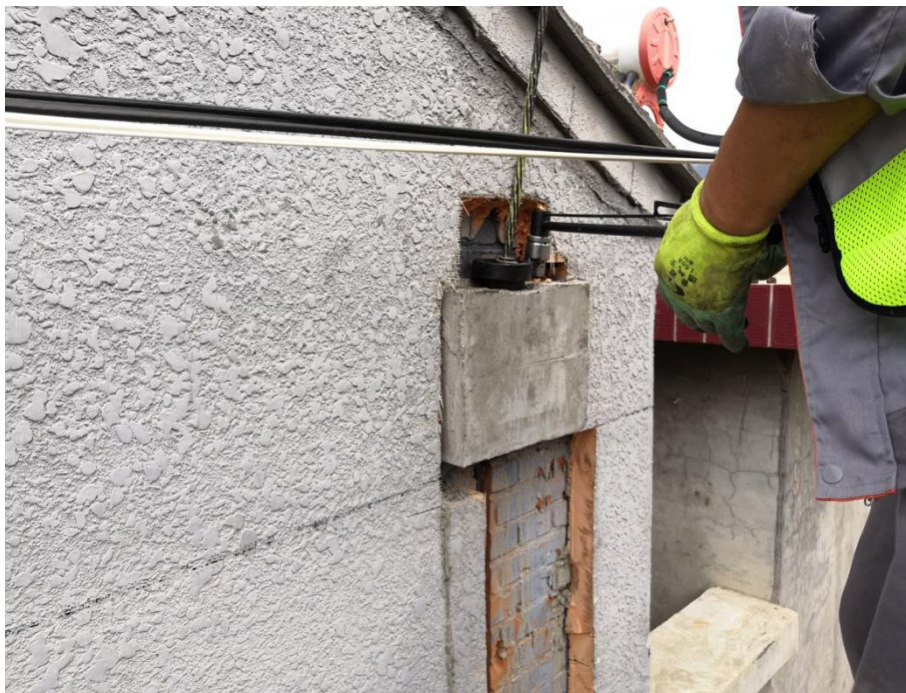


图 5-16 张拉预应力筋

5.1.2 房屋的整体性不满足要求时，应选择下列加固方法：

5.1.2.1 当墙体布置在平面内不闭合时，可增设墙段（参考图 5-3）或在开口处增设现浇钢筋混凝土框形成闭合（参考图 5-12）。

5.1.2.2 当纵横墙连接较差时，可采用钢拉杆、长锚杆、外加柱或

外加圈梁（图 5-17、图 5-18）等加固。

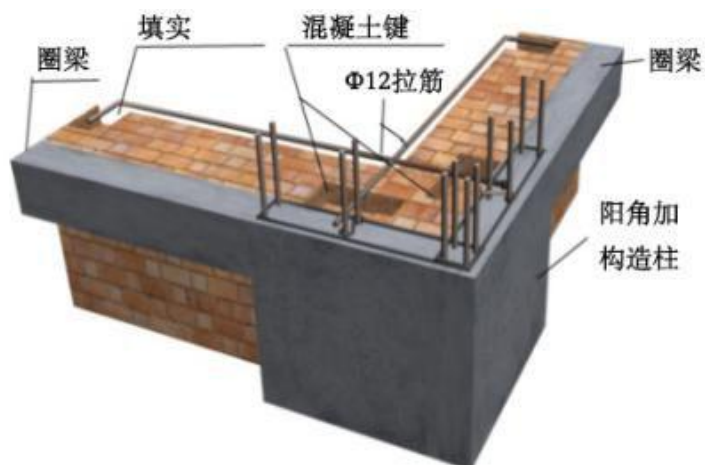


图 5-17 转角处外加柱及外加圈梁加固示意图

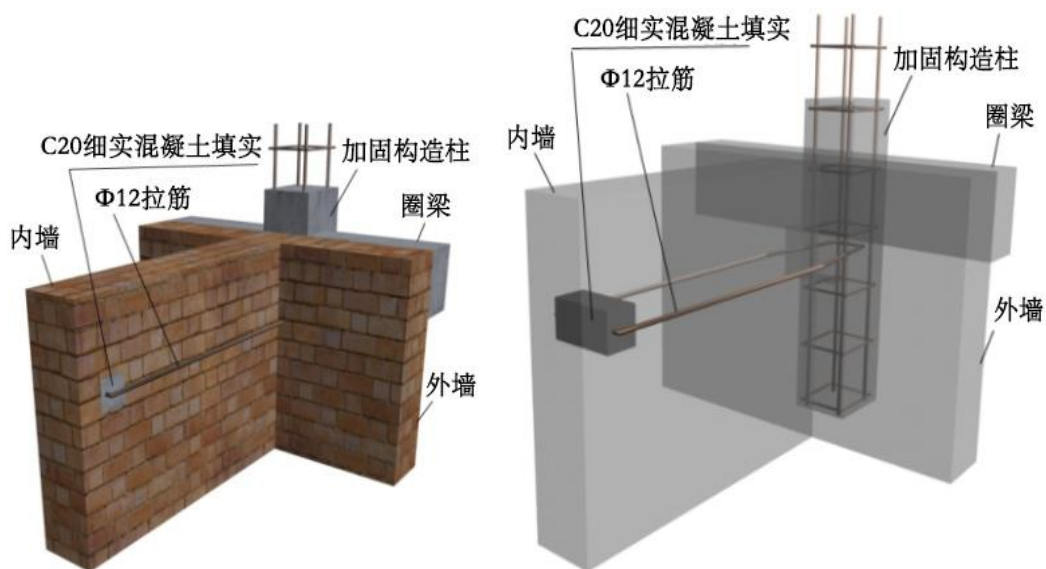


图 5-18 内外墙交接处加构造柱

5.1.2.3 楼、屋盖构件支承长度不满足要求时，可增设钢或混凝土托梁（图 5-19）或采取增强楼、屋盖整体性等的措施；对腐蚀变质的构件应更换；对无下弦的人字屋架应增设下弦拉杆。



图 5-19 增设钢托梁加固

5.1.2.4 当构造柱或芯柱设置不满足鉴定要求时，应增设外加柱（见图 5-17、图 5-18、图 5-20）；当墙体采用双面钢筋网砂浆面层或钢筋混凝土板墙加固（图 5-21），且在墙体交接处增设相互可靠拉结的配筋加强带时，可不另设构造柱。

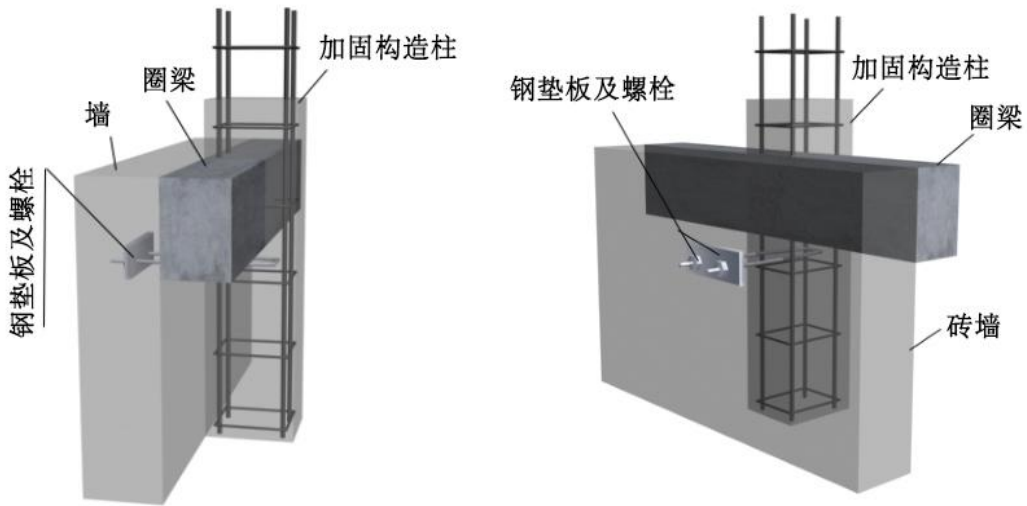


图 5-20 无横墙的外墙加构造柱



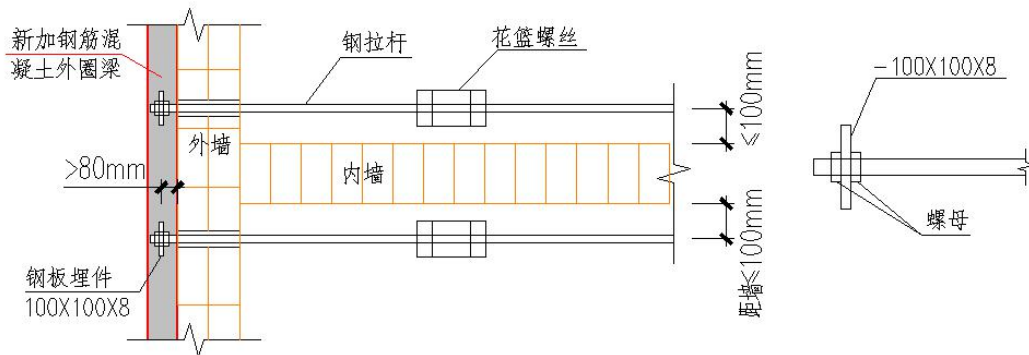
图 5-21 双面钢筋混凝土板墙加固

注：板墙需设置基础并与原砖墙基础有效拉结

5.1.2.5 当圈梁设置不满足鉴定要求时，应增设圈梁；外墙圈梁宜采用现浇钢筋混凝土，内墙圈梁可用钢拉杆（图 5-22）或在进深梁端加锚杆代替；当采用双面钢筋网砂浆面层或钢筋混凝土板墙加固，且在上下两端增设配筋加强带时，可不另设圈梁。



a 钢拉杆锚固端示意



b 钢拉杆平面图

图 5-22 钢拉杆代替内墙圈梁示意

5.1.2.6 当预制楼、屋盖不满足抗震鉴定要求时，可增设钢筋混凝土现浇层或增设托梁加固楼、屋盖。

5.1.2.7 三角形木屋架、轻钢屋架间增设竖向剪刀撑加固（图 5-23）：应在两端开间和中间隔开间屋架之间增设竖向剪刀撑。在两榀屋架之间剪刀撑宜连接靠近上弦屋脊的节点和下弦中间节点，剪刀撑中部宜采用螺栓连接；剪刀撑两端与屋架上、下弦应顶紧不留空隙。

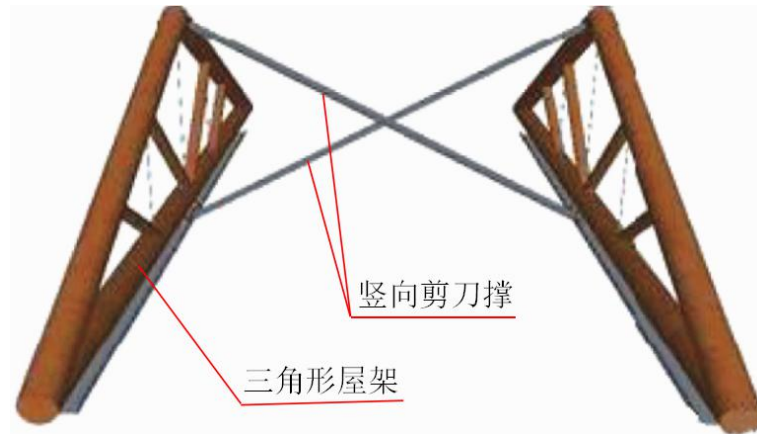


图 5-23 屋架竖向剪刀撑示意

5.1.3 对房屋中易倒塌的部位，宜选择下列加固方法：

5.1.3.1 窗间墙宽度过小或抗震能力不满足要求时，可增设钢筋混凝土窗框（可参考图 5-12）或采用钢筋网砂浆面层、板墙等加固。

5.1.3.2 支承大梁等的墙段抗震能力不满足要求时，可增设组合柱、钢筋混凝土柱或采用钢筋网砂浆面层、板墙加固。

5.1.3.3 支承悬挑构件的墙体不满足鉴定要求时，宜在悬挑构件端部增设钢筋混凝土柱或组合柱加固，并对悬挑构件进行复核。

5.1.3.4 隔墙无拉结或拉结不牢，可采用镶边、埋设钢夹套、锚筋或钢拉杆加固；当隔墙过长、过高时，可采用钢筋网砂浆面层进行加固。

5.1.3.5 出屋面的烟囱、无拉结女儿墙、门脸等超过规定的高度时，宜拆除、降低高度或采用型钢、钢拉杆加固。

5.1.3.6 悬挑构件的锚固长度不满足要求时，可加拉杆或采取减少悬挑长度的措施。

5.2 砌体结构农宅加固设计及施工

5.2.1 水泥砂浆和钢筋网砂浆面层加固

5.2.1.1 采用水泥砂浆面层和钢筋网砂浆面层加固墙体时，钢筋网应采用呈梅花状布置的锚筋、穿墙筋固定于墙体上；钢筋网四周应采用锚筋、插入短筋或拉结筋等与楼板、大梁、柱或墙体可靠连接；钢筋网外保护层厚度不应小于 10mm，钢筋网片与墙面的空隙不应小于 5mm。

5.2.1.2 采用水泥砂浆面层和钢筋网砂浆面层加固墙体的设计，尚应符合下列规定：

1) 原砌体实际的砌筑砂浆强度等级不宜高于 M2.5。

2) 面层的材料和构造尚应满足下列要求：

1、面层的砂浆强度等级，宜采用 M10；

2、水泥砂浆面层的厚度宜为 20mm；钢筋网砂浆面层的厚度宜为 35mm；

3、钢筋网的钢筋直径宜为 4mm 或 6mm；网格尺寸，实心墙宜为 300mm×300mm；

4、单面加面层的钢筋网应采用 $\phi 6$ 的L形锚筋，双面加面层的钢筋网应采用 $\phi 6$ 的S形穿墙筋连接；L形锚筋的间距宜为 600mm，S形穿墙筋的间距宜为 900mm；

5、钢筋网的横向钢筋遇有门窗洞时，单面加固宜将钢筋弯入洞口侧边锚固，双面加固宜将两侧的横向钢筋在洞口闭合；

6、底层的面层，在室外地面下宜加厚并伸入地面下 500mm。

5.2.1.3 面层加固的施工应符合下列规定：

1) 面层宜按下列顺序施工：原有墙面清底、钻孔并用水冲刷，孔内干燥后安设锚筋并铺设钢筋网，浇水湿润墙面，抹水泥砂浆并养护，墙面装饰。

2) 原墙面碱蚀严重时，应先清除松散部分并用 1:3 水泥砂浆抹面，已松动的勾缝砂浆应剔除。

3) 在墙面钻孔时，应按设计要求先画线标出锚筋（或穿墙筋）位置，并应采用电钻在砖缝处打孔，穿墙孔直径宜比 S 形筋大 2mm，锚筋孔直径宜采用锚筋直径的 1.5~2.5 倍，其孔深宜为 100mm~120mm，锚筋插入孔洞后可采用水泥基灌浆料、水泥砂浆等填实。

4) 铺设钢筋网时，竖向钢筋应靠墙面并采用钢筋头支起。

5) 抹水泥砂浆时，应先在墙面刷水泥浆一道再分层抹灰，且每层厚度不应超过 15mm。

6) 面层应浇水养护，防止阳光曝晒，冬季应采取防冻措施。

5.2.2 增设抗震墙加固

5.2.2.1 增设砌体抗震墙加固房屋的设计，应满足下列要求：

1) 抗震墙的材料和构造应满足下列要求：

1、砌筑砂浆的强度等级应比原墙体实际强度等级高一级，且不应低于 M10；

2、墙厚不应小于 190mm；

3、墙体中宜设置现浇带或钢筋网片加强：可沿墙高每隔

0.7m~1.0m 设置与墙等宽、高 60mm 的细石混凝土现浇带，其纵向钢筋可采用 3 ϕ 6，横向系筋可采用 ϕ 6，并于平面内点焊，其间距宜为 200mm；当墙厚为 240mm 或 370mm 时，可沿墙高每隔 300mm~700mm 设置一层焊接钢筋网片，网片的纵向钢筋可采用 3 ϕ 4，横向系筋可采用 ϕ 4，其间距宜为 150mm；

4、墙顶应设置与墙等宽的现浇钢筋混凝土压顶梁，并与楼、屋盖的梁（板）可靠连接；可每隔 500mm~700mm 设置 ϕ 12 的锚筋或 M12 锚栓连接；压顶梁高不应小于 120mm，纵筋可采用 4 ϕ 12，箍筋可采用 ϕ 6，其间距宜为 150mm；

5、抗震墙应与原有墙体可靠连接：可沿墙体高度每隔 500~600mm 设置 2 ϕ 6 且长度不小于 1m 的钢筋与原有墙体用螺栓或锚筋连接；当墙体内有混凝土带或钢筋网片时，可在相应位置处加设 2 ϕ 12（对钢筋网片为 ϕ 6）的拉筋，锚入混凝土带内长度不宜小于 500mm，另一端锚在原墙体或外加柱内，也可在新砌墙与原墙间加现浇钢筋混凝土内柱，柱顶与压顶梁连接，柱与原墙应采用锚筋或螺栓连接；

6、抗震墙应有基础，其埋深宜与相邻抗震墙相同。

5.2.2.2 增设砌体抗震墙施工中，配筋的细石混凝土带可在砌到设计标高时浇筑，当混凝土终凝后方可在其上砌砖。

5.2.2.3 采用增设现浇钢筋混凝土抗震墙加固砌体房屋时，应符合下列规定：

1) 楼、屋盖类型宜为现浇或叠合楼、屋盖。

2) 原墙体砌筑的砂浆实际强度等级不宜低于 M2.5, 现浇混凝土墙沿平面宜对称布置, 沿高度应连续布置, 其厚度可为 140mm~160mm, 混凝土强度等级宜采用 C20; 可采用构造配筋; 抗震墙应设基础, 与原有的砌体墙、柱和梁板均应有可靠连接。

5.2.3 外加圈梁-钢筋混凝土柱加固

5.2.3.1 采用外加圈梁-钢筋混凝土柱加固房屋时, 应满足下列要求:

1) 外加柱应在房屋四角、楼梯间和不规则平面的对应转角处设置, 并应根据房屋的设防烈度和层数在内外墙交接处隔开间或每开间设置; 外加柱应由底层设起, 并应沿房屋全高贯通, 不得错位; 外加柱应与圈梁(含相应的现浇板等)或钢拉杆连成闭合系统。

2) 外加柱应设置基础, 并应设置拉结筋、销键、压浆锚杆或锚筋等与原墙体、原基础可靠连接; 当基础埋深与外墙原基础不同时, 不得浅于冻结深度。

3) 增设的圈梁应与墙体可靠连接; 圈梁在楼、屋盖平面内应闭合, 在阳台、楼梯间等圈梁标高变换处, 圈梁应有局部加强措施。

5.2.3.2 外加钢筋混凝土柱的设计, 尚应符合下列规定:

1) 外加柱的布置尚应符合下列规定:

1、外加柱宜在平面内对称布置;

2、内廊房屋的内廊在外加柱的轴线处无连系梁时, 应在内廊两侧的内纵墙加柱, 或在内廊楼、屋盖的板下增设与原有的梁板可靠连接的现浇钢筋混凝土梁或钢梁。

2) 外加柱的材料和构造尚应符合下列规定:

1、柱的混凝土强度等级宜采用 C20 ;

2、柱截面可采用 240mm×180mm 或 300mm×150mm ; 扁柱的截面面积不宜小于 36000mm², 宽度不宜大于 700mm, 厚度可采用 70mm; 外墙转角可采用边长为 600mm 的 L 形等边角柱, 厚度不应小于 120mm;

3、纵向钢筋不宜少于 4φ12, 转角处纵向钢筋可采用 12φ12, 并宜双排布置; 箍筋可采用 φ6, 其间距宜为 150mm~200mm, 在楼、屋盖上下各 500mm 范围内的箍筋间距不应大于 100mm;

4、外加柱宜在楼层 1/3 和 2/3 层高处同时设置拉结钢筋与墙体连接, 亦可沿墙体高度每隔 500mm 左右设置锚栓或锚筋与墙体连接。

5.2.3.3 外加柱的拉结钢筋、锚筋应分别符合下列规定:

1) 拉结钢筋可采用 2φ12 钢筋, 长度不应小于 1.5m, 应紧贴横墙布置; 其一端应锚在外加柱内, 另一端应锚入横墙的孔洞内; 孔洞尺寸宜采用 120mm×120mm, 拉结钢筋的锚固长度不应小于其直径的 15 倍, 并用混凝土填实。

2) 锚筋适用于砌筑砂浆实际强度等级不低于 M2.5 的实心砖墙体, 并可采用 φ12 钢筋, 锚孔直径可依据胶粘剂的不同取 18mm~25mm, 锚入深度可采用 150mm~200mm。

5.2.3.4 后加圈梁的材料和构造, 尚应符合下列规定:

1) 圈梁应现浇, 其混凝土强度等级不应低于 C20, 钢筋可采用三级或一级热轧钢筋。

2) 圈梁截面高度不应小于180mm，宽度不应小于120mm；圈梁的纵向钢筋，8度时可采用4 ϕ 12；箍筋可采用 ϕ 6，其间距宜为200mm；外加柱和钢拉杆锚固点两侧各500mm 范围内的箍筋应加密。

3) 钢筋混凝土圈梁与墙体的连接，可采用螺栓、锚栓或锚筋连接；型钢圈梁宜采用螺栓连接。采用的螺栓、锚栓或锚筋应满足下述要求：螺栓和锚筋的直径不应小于12mm，锚入圈梁内的垫板尺寸可采用60mm \times 60mm \times 6mm，螺栓间距可为1m~1.2m。

5.2.3.5 代替内墙圈梁的钢拉杆，应满足下列要求：

1) 代替圈梁的钢拉杆应在墙两侧对称设置。当每开间均有横墙时，应至少隔开间在横墙的两侧各设置一根直径不小于12mm的钢筋；当多开间有横墙时，应在横墙的两侧各设置一根直径不小于14mm的钢筋。当采用外加柱增强墙体的受剪承载力时，替代内墙圈梁的钢拉杆不宜少于2 ϕ 16。

2) 沿内纵墙端部布置的钢拉杆长度不得小于两开间；沿横墙布置的钢拉杆两端应锚入外加柱、圈梁内或与原墙体锚固，但不得直接锚固在外廊柱头上；单面走廊的钢拉杆在走廊两侧墙体上都应锚固。

3) 当钢拉杆在增设圈梁内锚固时，可采用弯钩或加焊80mm \times 80mm \times 8mm 的锚板埋入圈梁内；弯钩的长度不应小于拉杆直径的35倍；锚板与墙面的间隙不应小于50mm。

4) 钢拉杆在原墙体锚固时，应采用钢垫板，拉杆端部应加焊相应的螺栓；钢拉杆在原墙体锚固的方形钢锚板的尺寸可按表5-1采用：

表5-1 钢拉杆方形锚板尺寸（边长X厚度mm）

钢拉杆直径 (mm)	原墙体厚度 (mm)				
	370		180~240		
	原墙体砂浆强度等级				
	M1	M2.5	M0.4	M1	M2.5
12	100X10	100X14	200X10	150X10	100X12
14	150X12	100X14	—	250X10	100X12
16	200X15	100X14	—	350X14	200X14
18	200X15	150X16	—	—	250X15
20	300X17	200X19	—	—	350X17

5.2.3.6 圈梁和钢拉杆的施工应符合下列规定：

1) 增设圈梁处的墙面有酥碱、油污或饰面层时，应清除干净；圈梁与墙体连接的孔洞应用水冲洗干净；混凝土浇筑前，应浇水润湿墙面和木模板；锚筋和锚栓应可靠锚固。

2) 圈梁的混凝土宜连续浇筑，不应在距钢拉杆或横墙1m以内处留施工缝，圈梁顶面应做泛水，其底面应做滴水槽。

3) 钢拉杆应张紧，不得弯曲和下垂；外露铁件应涂刷防锈漆。

5.2.3.7 采用后张预应力技术加固砖砌体墙时，应满足下列要求：

1) 原墙体砌筑的块体实际强度等级不宜低于MU7.5。

2) 预应力筋宜沿被加固墙体两侧等间距成对对称布置，预应力筋间距不宜小于500mm，且不宜大于2000mm。

3) 预应力筋上端可锚固于被加固墙体顶部设置的压顶梁或墙顶传力垫块上，下端可锚固于墙体底部设置的基础传力垫块或楼层圈梁上。

5.2.3.8 采用后张预应力技术加固墙体的施工，应符合下列规定：

1) 后张预应力加固砖砌体墙体的施工宜按下列顺序施工：清理原结构；在加固墙体上定位放线，标注预应力筋的位置；预应力筋张拉端和固定端结构或垫块的安装施工；预应力筋加工制作及锚具试装配；在预应力筋安装部位墙体两侧剔凿出凹槽，对应部位楼板穿孔；安装并固定预应力筋及其锚固装置、支承垫板等零部件；预应力筋张拉并锚固；施工质量检验；防护面层施工。

2) 当预应力锚固端位于屋面时，应先剔除屋面局部装饰面层，并对屋面板与锚固端结构结合部位的混凝土表面进行打磨处理，锚固端结构可通过化学植筋或化学锚栓固定，底面应与屋面板顶面紧密贴合。

3) 当预应力锚固端位于建筑地坪以下时，应对基础两侧开挖，露出墙下基础，在安装传力垫块部位基础墙上开洞并安装基础传力垫块。

4) 当预应力锚固端位于楼层内时，应在设置锚固垫块的部位采用静力切割的方法开洞，对洞口部位楼板表面进行清理。垫块施工完毕后，应采用高强灌浆材料或高标号水泥砂浆将洞口与垫块之间的缝隙浇筑密实。

5) 墙体表面开槽前应先复核墙内水电管线位置，避免开槽损坏水电管线。可采用云石切割机或其他开槽设备进行开槽施工，开槽应定位准确，确保槽沟为直线，开槽的深度与宽度应保证预应力筋可以完全封闭于墙体内。

6) 预应力筋应顺直穿过楼、屋面板的孔洞，安置在墙体表面的

凹槽内，在穿筋过程中应防止保护套受到机械损伤。预应力筋铺设就位后方可安装固定端和张拉端锚固节点组件。

7) 安装预应力张拉设备时，应使张拉力的作用线与无粘结预应力筋的中心线重合。沿墙体两侧对称布置的预应力筋必须两根同时张拉，且张拉过程尽可能保持同步。

8) 张拉控制应力应满足设计要求。当采用应力控制方法进行张拉时，应校核无粘结预应力筋的伸长值，当实际伸长值与设计计算伸长值相对偏差超过 $\pm 6\%$ 时，应暂停张拉，查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

9) 张拉后应采用砂轮锯或其他机械方法切割超长部分的无粘结预应力筋，其切断后露出锚具夹片外的长度不得小于 30mm。张拉后的锚具应进行防护处理。

6 农宅节能分项建造要点

6.1 保温材料

6.1.1 农村住宅节能保温施工主要涉及到围护结构中的外墙、屋面、外门窗和地面，各围护结构传热系数应满足表 6-1 要求。

表 6-1 农村住宅围护结构的传热系数限值 ($W/(m^2 \cdot K)$)

外墙	外窗/阳台门玻璃/屋顶透明部分	阳台门/户门芯板	屋顶非透明部分
≤ 0.45	≤ 2.7	≤ 1.7	≤ 0.45

6.1.2 所选用的保温材料应满足燃烧性能 B1 级的要求。燃烧性能非 A 级的保温材料存放地点应远离烟囱、明火等，制定相应管理制度，防止火灾的发生，并应有防水防雨措施。

6.1.3 北京农村住宅采用的保温材料主要包括聚苯乙烯泡沫板(又称模塑聚苯乙烯泡沫板，简称 EPS 板，如图 6-1)、挤塑聚苯乙烯泡沫板(简称 XPS 板，如图 6-2)、预制聚氨酯泡沫板(简称 PU 板，如图 6-3)、岩棉板(如图 6-4)，其主要性能指标满足表 6-2 中的要求。

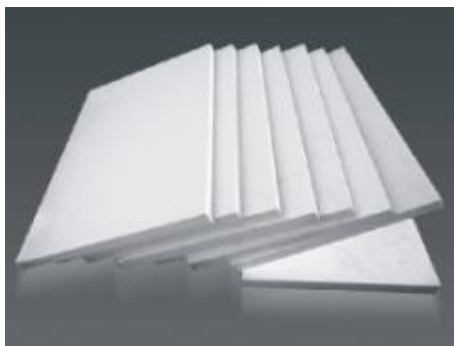


图 6-1 EPS 板图

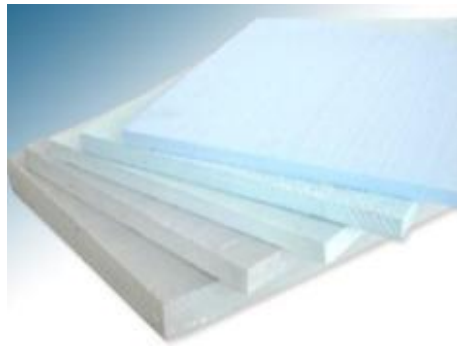


图 6-2 XPS 板



图 6-3 PU 板



图 6-4 岩棉板

表 6-2 EPS 板、XPS 板、PU 板和岩棉板的性能指标

项目	指标			
	EPS 板	XPS 板	PU 板	岩棉板
表观密度, kg/m^3	≥ 18	22~35	≥ 32	≥ 140
导热系数(平均温度 25°C), $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	≤ 0.039	≤ 0.030	≤ 0.024	≤ 0.040
尺寸稳定性, %	≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0
表面抗拉强度, kPa	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 7.5
吸水率, (体积) %	≤ 3.0	≤ 1.5	≤ 3.0	≤ 0.5
燃烧性能	不低于 B_1 级			A 级

6.2 外墙节能保温

6.2.1 北京农宅外墙的传热系数应不大于 $0.45 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, 外墙外保温体系中保温材料厚度参考值见表 6-3。

表 6-3 外墙外保温系统中保温层厚度参考值 (mm)

材料类型 墙体类别	墙厚 (mm)	EPS 板	XPS 板	PU 板	岩棉板
普通砖墙	240	75	65	50	80
	370	65	55	45	70
多孔砖墙	190	75	60	50	80
	240	70	60	45	75
混凝土小型空心砌块墙	190	45	40	30	50
	240	35	30	25	40

蒸压灰砂砖墙	240	75	60	50	80
	370	65	55	45	70
蒸压粉煤灰砖墙 (密度: 1500kg/m ³)	240	70	60	45	75
	370	65	60	40	70

注：墙体结构材料物性系数参照《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2012 附录 C 取值。

6.2.2 鼓励新建农村住宅按更高节能设计标准进行建造。按节能率为 75%的《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2012 建设时，农宅外墙的传热系数应不大于 0.35 W/(m²·K)，不同类型墙体采用保温材料厚度参考值见表 6-4。按节能率为 80%设计标准建设时，保温材料厚度可参考《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2020 的附录 C 中的表 C.2.2-1~C.2.2-5 相关值。

表6-4 外墙外保温系统保温层厚度参考值 (mm)

材料类型 墙体类别	墙厚 (mm)	EPS 板	XPS 板	PU 板	岩棉板
普通砖墙	240	100	90	65	105
	370	95	80	60	100
多孔砖墙	190	100	85	65	105
	240	95	80	60	100
混凝土小型空心砌块墙	190	75	60	45	75
	240	65	55	40	65
蒸压灰砂砖墙	240	100	85	65	105
	370	90	75	60	100
蒸压粉煤灰砖墙 (密度: 1500kg/m ³)	240	95	80	65	105
	370	90	75	60	95

注：墙体结构材料物性系数参照《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2012 附录 C 取值。

6.2.3 外墙节能保温一般采用外墙外保温做法，主要介绍农村住宅常用的贴泡沫塑料保温板外保温系统（简称粘贴保温板外保温系

统)、EPS 板现浇混凝土外保温系统、岩棉保温板外保温系统等做法。

6.2.4 外墙外保温施工前应符合下列条件:

6.2.4.1 基层墙体应经过工程验收达到质量标准,墙面的残渣和脱模剂应清理干净,墙面平整度超差部分应剔凿、修补并找平。

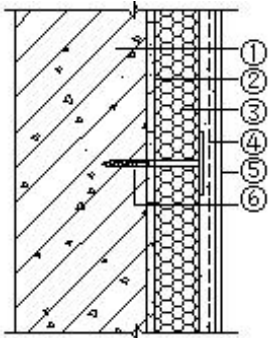
6.2.4.2 找平层应与墙体粘结牢固,不得有脱层、空鼓、裂缝,面层不得有粉化、起皮、爆灰等现象。

6.2.4.3 伸出墙面的(设备、管道)联结件应安装完毕。

6.2.5 外墙外保温施工的气候条件操作环境和基底温度不应低于 5℃,风力不应大于 5 级,雨天不得施工。夏季施工,施工面应避免阳光直射,必要时可搭设防晒布,遮挡墙面。如施工中突遇降雨,应采取有效措施,防止雨水冲刷墙面。

6.2.6 粘贴保温板外保温系统应由粘结层、保温层、抹面层和饰面层构成,如表 6-5。

表6-5 粘贴保温板外保温系统基本构造

基层 ①	系统的基本构造					构造示意图
	粘结层 ②	保温层 ③	抹面层 ④	饰面层 ⑤	锚栓 ⑥	
混凝土 墙体、 各种砌 体	保温板 胶粘剂	保温板 (必要 时界面 处理)	I 型抹面胶 浆复合玻纤 网格布或镀 锌钢丝网	涂料、柔 性饰面或 面砖饰面	粘锚结 合时使 用锚栓	

注:必要时进行基层找平。

6.2.6.1 粘结层材料为胶粘剂,保温层材料可为 EPS 板、PU 板和 XPS 板,抹面层材料为抹面胶浆,抹面胶浆中应满铺增强网;饰面层

材料可为涂料或饰面砂浆。保温板应采用胶粘剂固定在基层上，必要时可使用锚栓辅助固定，保温板与基层墙体的粘贴面积不得小于保温板面积的 40%。

6.2.6.2 以 EPS 板为保温层做面砖饰面时，抹面层中应满铺耐碱玻纤网并用锚栓与基层形成可靠固定，保温板与基层墙体的粘贴面积不得小于保温板面积的 50%，每平方米宜设置 4 个锚栓，单个锚栓锚固力应不小于 0.30 kN。

6.2.6.3 XPS 板两面需使用界面剂时，宜使用水泥基界面剂。

6.2.6.4 保温板宽度不宜大于 1200 mm，高度不宜大于 600 mm。

6.2.6.5 保温板应按顺砌方式粘贴，竖缝应逐行错缝。保温板应粘贴牢固，不得有松动和空鼓。

6.2.6.6 墙角处保温板应交错互锁（见图 6-5），阳角保温、阴角保温、T 型墙外保温施工要点见图 6-6。门窗洞口四角处保温板不得拼接，应采用整块保温板切割成形，保温板接缝应离开角部至少 200 mm。

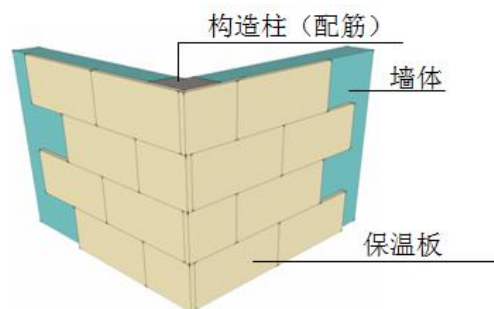
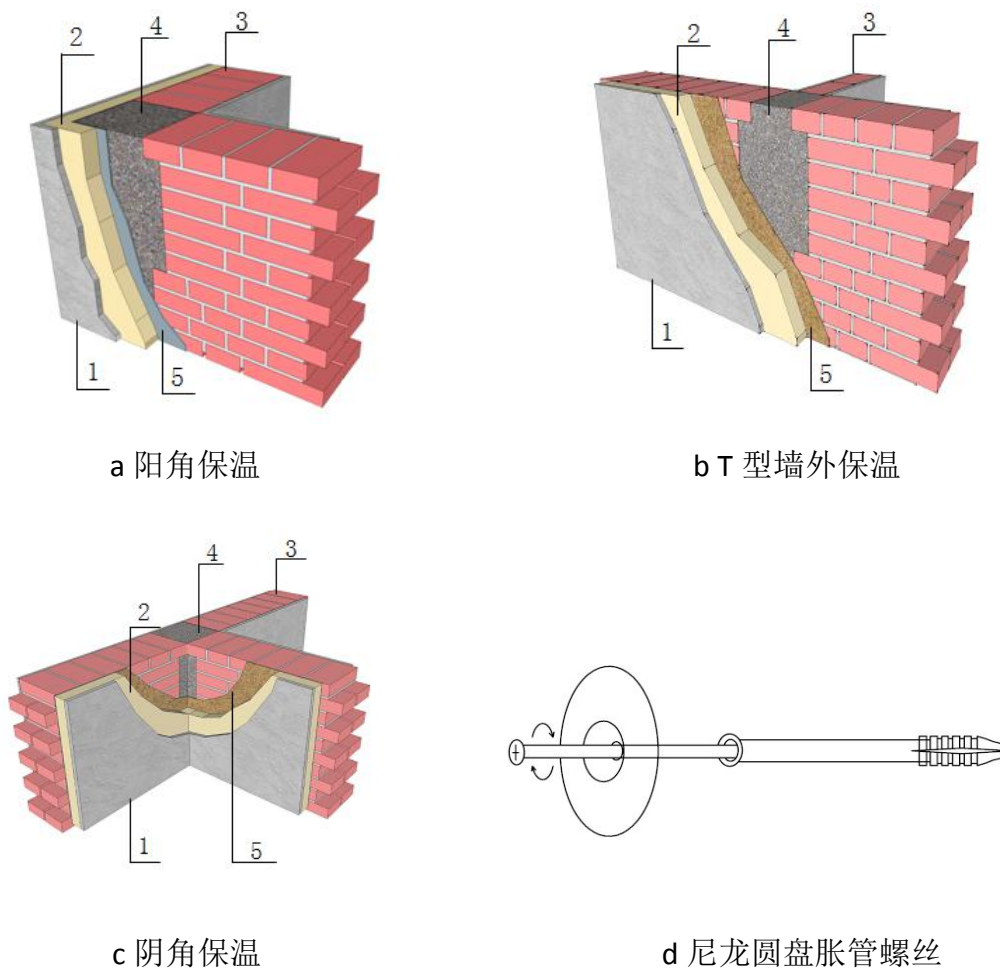


图 6-5 墙角处保温板交错互锁



c 阴角保温

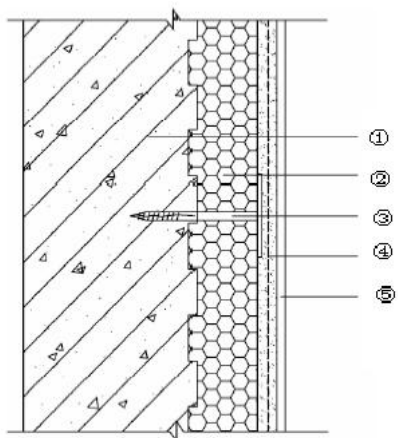
d 尼龙圆盘胀管螺丝

1-饰面 2-保温层 3-非粘土砖 4-构造柱（配筋） 5-界面剂

图 6-6 墙角保温施工要点图

6.2.7 EPS 板现浇混凝土外保温系统应以现浇混凝土外墙作为基层墙体，EPS 板为保温层，EPS 板内表面（与现浇混凝土接触的表面）开有凹槽，内外表面均应满涂界面砂浆，如表 6-6。

表 6-6 EPS 板现浇混凝土外保温系统基本构造

基层 ①	系统的基本构造				构造示意图
	保温层 ②	辅助规定件③	抹面层 ④	饰面层 ⑤	
现浇混凝土外墙	EPS 板	尼龙圆盘胀管螺丝	抹面砂浆复合玻纤网	涂料或饰面砂浆	

6.2.7.1 施工时应将 EPS 板置于外模板内侧，并安装辅助固定件。EPS 板表面应做抹面胶浆抹面层，抹面层中满铺玻纤网；饰面层可为涂料或饰面砂浆。

6.2.7.2 进场前 EPS 板内外表面应预喷刷界面砂浆。

6.2.7.3 EPS 板宽度宜为 1200mm，高度宜为建筑物层高。

6.2.7.4 辅助固定件每平方米宜设 2 个~3 个。

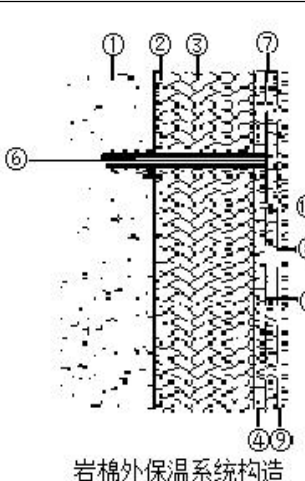
6.2.7.5 水平分隔缝宜按楼层设置。垂直分隔缝宜按墙面面积设置，面积不宜大于 30 m²。

6.2.7.6 混凝土一次浇注高度不宜大于 1m。混凝土应振捣密实均匀，墙面及接槎处应光滑、平整。

6.2.7.7 混凝土结构验收后，保温层中的穿墙螺栓孔洞应使用保温材料填塞，EPS 板缺损或表面不平整处宜使用胶粉聚苯颗粒保温浆料修补和找平。

6.2.8 岩棉保温板外墙外保温系统应由粘接层、保温层、抹面层和饰面层构成，如表 6-7。

表6-7 岩棉保温板外墙外保温系统基本构造

基层墙体 ①	基本构造								构造示意	
	粘结层 ②	保温层 ③	抹面层					饰面层 ⑩		
底层 ④			增强材料 ⑤	辅助 联结件 ⑥	中间 层 ⑦	增强材料 ⑧	面层 ⑨			
混凝土墙、 各种砌体 墙	胶粘剂	岩棉板	抹面胶浆	玻纤网或 钢丝网	机械 锚固件	抹面 胶浆	玻纤网	抹面 胶浆	涂料	 <p>岩棉外保温系统构造</p>

6.2.8.1 岩棉板上墙前应采用稀释的胶粘剂在正反两面涂抹均匀，晾置备用。

6.2.8.2 岩棉板排放时板缝高差不应大于 1.5 mm，板缝不大于 1.5 mm。

6.2.8.3 门窗洞口四角处，必须加铺 400mm×300mm 的玻纤网，位置在紧贴直角处沿 45°方向；增强玻纤网置于大面玻纤网的里面，见图 6-7。

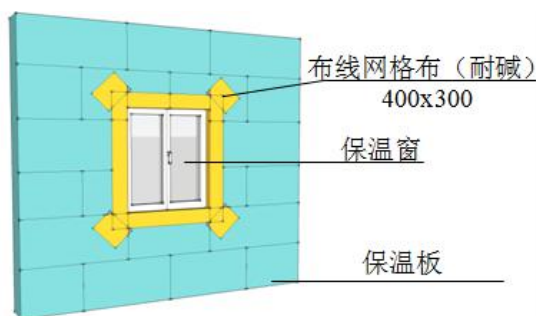


图 6-7 门窗洞口四周粘贴加强网格布

6.2.8.4 阴阳角应采用角网增强处理，角网位于大面玻纤网外侧，不得搭接。

6.2.8.5 锚固件安装完毕验收后，在固定好的玻纤（钢丝）网上再抹一层抹面胶浆，并在其上铺设面层玻纤网。

6.2.8.6 在抹面胶浆凝固前再抹一道抹面胶浆罩面，厚度 1~2 mm，以仅覆盖玻纤网、微见玻纤网轮廓为宜。

6.2.9 外墙节能改造采用内保温技术时，应对混凝土梁、柱等热桥部位进行保温，保证整体保温效果并避免内表面结露，应按《外墙内部保温工程技术规程》（JGJ/T164）进行设计、施工和验收。

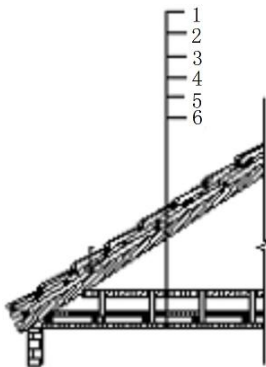
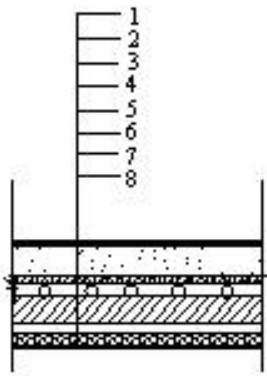
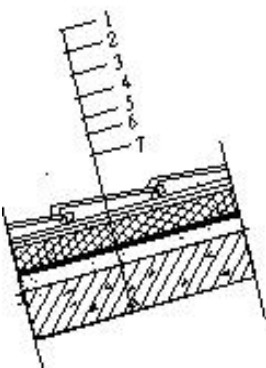
6.3 屋面和地面保温

6.3.1 农村住宅屋面均应设保温层，保温层应覆盖整个屋面范围，木屋架屋面的保温层宜设置在吊顶上，钢筋混凝土屋面的保温层应设在钢筋混凝土结构层上，以防止结构层冻裂。

6.3.2 屋面的保温材料应优先选用保温性能好的材料，木屋架屋面吊顶内保温的保温材料宜选择模塑聚苯乙烯泡沫塑料板；木屋架吊顶层应采用耐久性、防火性好，并能承受铺设保温层荷载的构造和材料。钢筋混凝土屋面的保温材料宜选择模塑聚苯乙烯泡沫塑料板或挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板。

6.3.3 农村住宅不同屋面保温结构常见做法和保温材料厚度见表 6-8。

表6-8 农村住宅屋面保温常见构造形式和保温材料厚度选用

序号	名称	简图	构造层次	保温层厚度参考值 (mm)
1	木屋架坡屋面		1- 屋面板或屋面瓦 2- 木屋架结构	80
			3-保温层 EPS 板 4- 棚板 (木、苇板、草板) 5- 木龙骨 6- 吊顶层	
2	木屋架平屋面		1- 防水层 2- 粘土 3- 苇板或秸杆 4- 椽子 5- 檩条 6- 吊顶间层 7- EPS 板 (保温层) 8- 吊顶层	80
3	钢筋混 凝土坡 屋面 EPS/XPS 板外保 温		1- 屋面瓦 2- 顺水条和挂瓦条 3- 保护层	EPS 板 80
			4- 保温 隔热层 XPS 板	
			5-水泥砂浆找平层 6-找坡层 7- 钢筋混凝土屋面板	

4	钢筋混凝土平屋面 EPS/XPS板外保温		1- 防水层		
			2- 找平层		
			3- 保温 隔热层	EPS 板	80
			XPS 板	60	
4-水泥砂浆找平层 5-找坡层 6-钢筋混凝土屋面板					

6.3.4 屋面外保温施工应符合下列规定：

6.3.4.1 屋面外保温严禁在雨天、雪天和 5 级风以上施工。

6.3.4.2 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。

6.3.4.3 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，防水层搭接应合理，一般为 10~15cm，避免保温层受潮、浸泡或受损。

6.3.5 木屋架吊顶内保温（图 6-8）的施工要点：

6.3.5.1 坡屋面、平屋面采用敷设于屋面内侧的保温材料作保温层时，应有防潮设施，如铺设塑料薄膜，并且下部要有吊顶保护。

6.3.5.2 顶棚铺设板状保温材料时，拼缝应严密，铺设应平稳，板缝之间应用散状保温材料填缝。

6.3.5.3 顶棚铺设松散保温材料时，应分层铺设，适当压实，并且应保证屋面与天花板之间具有良好的气密性，防止冬季风会将保温材料吹到一角，严重影响局部的保温效果，也可在棚板承重许可条件下，在松散性保温材料上部利用炉渣、粘土等压实。

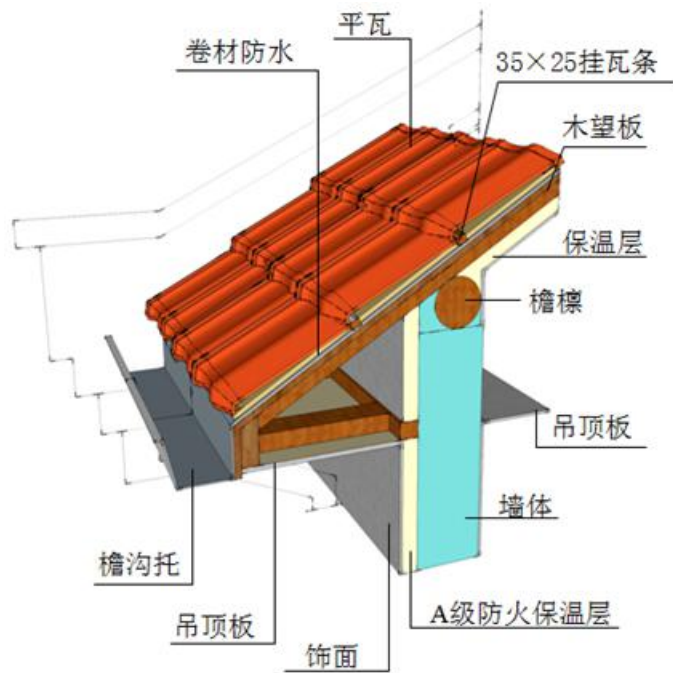
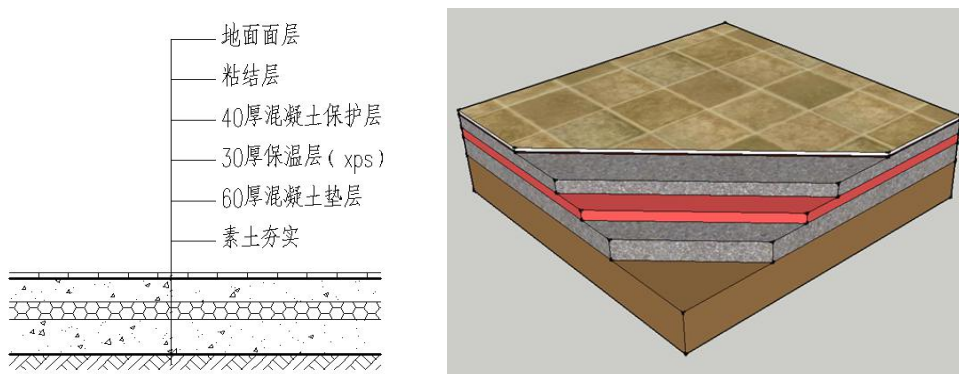


图 6-8 木屋面中的保温层

6.3.6 在做地面保温层之前，应先做一道防潮层，可选择聚乙烯塑料薄膜，薄膜应连续搭接不间断，搭接处采用沥青密封，薄膜应在保温层板材交接处下方连续。

6.3.7 地面保温层构造图见图 6-9，防潮层上方的板材应紧密交接无缺口，浇注混凝土时，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。



(a) 填充聚苯板保温做法

(b) 填充聚苯板保温做法示意

1-素土夯实；2-60厚混凝土垫层；3-30厚保温层(xps)；4-40厚混凝土保护层；5-地面面层(含粘接层)。

图 6-9 地面保温层

6.4 外门窗

6.4.1 北京农宅外门窗的传热系数应不大于 $2.7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，农村住宅常用外窗类型如表 6-9。外窗气密性等级应按照国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》（GB/T 7106-2008）选用，其等级不应低于的 6 级水平。

表 6-9 住宅常用外门窗的热工性能

门窗框材料	门窗类型	传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$
PVC 塑料窗	单层窗+单框中空玻璃窗（空气层厚度 100~140mm）	2.0
	单框三玻中空窗（空气层厚度 6+6mm）	2.3
	单框中空玻璃窗（空气层厚度 12mm）	2.7
	单框中空玻璃窗（空气层厚度 16mm）	2.6
	金属质感 PVC 中空玻璃	2.1-2.7
复合窗	铝木复合 Low-e 中空玻璃窗	2.1-2.5
木	双层木门（带玻璃）	2.5
塑钢	单框中空玻璃门（空气层厚度 12mm）	2.7

6.4.2 鼓励农村住宅建设时采用更高性能的外窗，可参考《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2012 附录 E 或《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2020 附录 C 进行选择。

6.4.3 农村住宅宜设门斗或挂保温门帘等减少冷风渗透和侵入措施。

6.4.4 节能门窗的安装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。同一类型门窗，与相邻的左、右洞口应保持通线，洞口应横平竖直。当洞口需设置预埋件时，应检查预埋件的数量、规格及位置，预埋件的数量应和固定件的数量一致，固定

件的位置应与预埋件的位置相吻合。

6.4.5 门窗安装施工要点：

6.4.5.1 应注意门窗的朝向、上下、固定框，未装滑轮的门窗扇应保证橡胶条接口处向上。

6.4.5.2 安装时必须先用钻头钻孔，然后将十字槽盘头自攻螺钉拧入，不得直接锤击钉入。

6.4.5.3 将门窗框装入洞口时，其上下框中线应与洞口中线对齐，调整门窗框的垂直度、水平度及直角度以及对角线之差，允许偏差均应符合规定。

6.4.5.4 当门窗与墙体固定时，应先固定上框，后固定边框。

6.4.5.5 外（门）窗框与墙体之间的缝隙，应采用高效保温材料填堵，不得采用普通水泥砂浆补缝。

6.4.5.6 门窗周密封胶应在涂料施工前填打，填打密封胶时应用力均匀、一气呵成，密封胶胶体斜面宽度不得少于 12 mm，以 12~15 mm 为宜。填密封胶时应均匀不间断。

6.4.5.7 门窗（框）扇上如沾有水泥砂浆，应在其硬化前，用湿布擦拭干净，不得使用硬质材料铲刮窗、框、扇表面。

6.4.5.8 安装门窗时，其环境温度不宜低于 5℃。

6.4.6 更换外门窗时，门窗框与墙体间的缝隙应进行密封，以减少该部位的开裂、结露和空气渗透。在施工时宜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。外墙保温层与门窗框之间的窗洞侧壁部位应做保温处理，保温层厚度不

应小于 20 mm，以减弱该部位的热桥。

6.5 采暖通风系统

6.5.1 农村住房采暖和通风方式的设计应与住房建筑设计同步进行，并优先选用节能技术。

6.5.2 农村住房宜充分利用太阳能，建造被动式太阳房。被动式太阳房要因地制宜，遵循坚固、适用、经济、节能和美观的原则。常用的被动式太阳房有直接受益式、附加阳光间式（图 6-10）和集热蓄热墙式（图 6-11）。

6.5.2.1 被动式太阳房集热面应布置在南向垂直墙面上，受周围地形限制和使用习惯，允许偏离正南向 $\pm 15^\circ$ 以内，东、西向不宜布置集热面。

6.5.2.2 被动式太阳房净高不宜低于 2.8m，房间进深不宜超过层高的 2.5 倍。

6.5.2.3 被动式太阳房外围墙体应采用重质材料，如砖、石、混凝土、土坯等，并增设保温层。

6.5.2.4 被动式太阳房的地面应增设保温、蓄热和防潮层，基础外缘应设深度不小于 0.45m，热阻大于 $0.86 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 的保温层。

6.5.2.5 为防止夏季室内温度过高，被动式太阳房应采取挑出房檐、设遮阳板或采取北墙设窗户以及绿化环境等措施。

6.5.2.6 被动式太阳房的南窗应设夜间保温装置，如保温窗帘等；外门在冬季应设保温帘或其他保温隔热措施。



图 6-10 附加阳光间案例

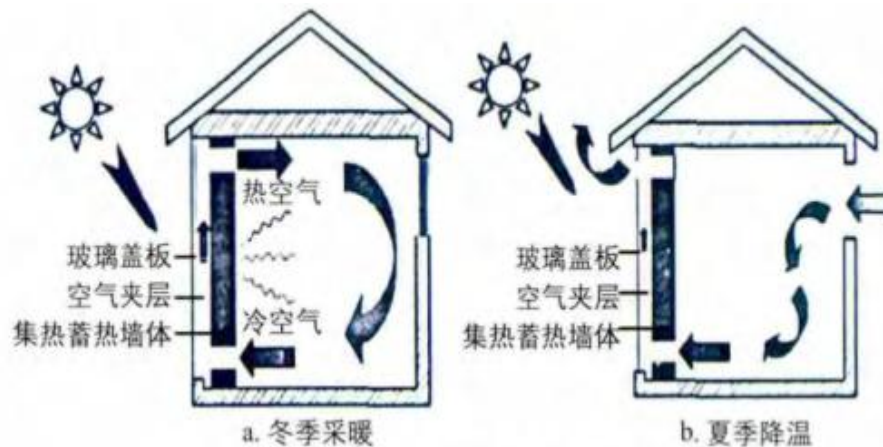


图 6-11 集热蓄热墙式

6.5.3 农村住宅采用热水采暖系统时，宜以户为单位设置相应的采暖热源。室内采暖末端宜采用地面辐射供暖技术或其他低温散热设备。采用地面辐射供暖技术时，供暖管下面应设置保温层，应按照北京市地方标准《地面辐射供暖技术规范》DB11/806 进行设计、施工和验收。

6.5.4 农村住房采暖热源应采用清洁采暖技术，优先采用空气源热泵技术。采用空气源热泵供暖系统时，在技术经济性合理的前提下应兼顾夏季制冷和全年生活热水的需求。空气源热泵供暖工程宜委托专业化的公司进行设计、施工、调试及验收，可参考《户式空气源热泵供暖应用技术导则（试行）2020》。

6.5.5 采用太阳能供热采暖系统时，应采取防冻、防过热、防雷、抗风、抗压、抗震等技术措施保证安全可靠，应由专业化的公司与住房建设同步设计、同步施工，并应符合《太阳能供热采暖工程技术规范》GB50495 的相关规定。

6.5.5.1 应合理布置太阳能集热系统、生活热水系统、供暖系统与贮热水箱的连接管位置，实现不同温度供热/换热需求，提高系统效率。

6.5.5.2 应优先选用太阳能低温热水地板辐射采暖。

6.5.5.3 农村住房太阳能供热采暖系统应配置辅助热源和贮热水箱。

6.5.5.4 施工完成应进行水压试验、综合调试，保证水、电满足要求。

6.5.6 具备条件的新建农村住宅，鼓励参照《北京市超低能耗农宅示范项目技术导则》建设超低能耗住宅。

6.6 农宅节能保温经济性分析

6.6.1 以某单层农宅为模型进行经济效益分析，模型建筑总面积为 139.65 平方米，层高为 3.3m，南向窗墙比为 0.3；在室外气温为 -0.7°C ，室内温度为 18°C 的条件下，通过模拟得到每户采暖总耗热量见表 6-10。

表 6-10 农宅模型冬季采暖耗热量表

节能类型	非节能传统 农宅	65%节能改造 (不含屋顶)	节能 65%新建	节能 75%新建
采暖耗热量 MJ	96300.39	44854.10	26521.69	17992.61
耗热量指标 W/m ²	56.68	26.4	15.61	10.59

6.6.2 农村住宅围护结构传热系数应满足表 6-1，按照表 6-3 不同墙体类型的保温层厚度（仅外墙和外窗进行节能改造）进行测算，单位建筑面积增量成本为 137-178 元，不同构造墙体的增量成本如表 6-11。

表 6-11 农村住宅围护结构热工性能满足节能 65%标准的改造成本（元）

材料类型 墙体类别	墙厚（mm）	EPS 板	XPS 板	岩棉板
普通砖墙	240	23531	22944	24806
	370	22496	21840	23961
多孔砖墙	190	23531	22392	24806
	240	23013	22392	24384
混凝土小型空心砌块 墙	190	20426	20184	22270
	240	19391	19080	21425
蒸压灰砂砖墙	240	23531	22392	24806
	370	22496	21840	23961
蒸压粉煤灰砖墙 (密度: 1500kg/m ³)	240	23013	22392	24384
	370	22496	22392	23961

注：表中仅为参考造价，实际造价与外窗、保温材料选择有直接关系。表中造价依据：

- 1、EPS：300 元/方，XPS:320 元/方，岩棉板：3500 元/吨；工程损耗 10%；材料税率 13%，辅助材料费与保温材料费比例取 1；
- 2、EPS 板和 XPS 板人工费（含税）43.6 元/m²（表 2-1 典型农宅造价），岩棉板人工费 60 元/m²；
- 3、外门窗工程价 531 元/m²；
- 4、外饰面为涂料。

6.6.3 农村住宅围护结构传热系数应满足表 6-1,按照表 6-3 不同墙体类型的保温层厚度及表 6-8 屋顶保温层厚度 (岩棉板厚度 100mm) 进行测算,单位建筑面积增量成本为 228-299 元,不同构造墙体的增量成本如表 6-12。

表 6-12 农村住宅围护结构热工性能满足节能 65%标准的增量成本 (元)

材料类型 墙体类别	墙厚 (mm)	EPS 板	XPS 板	岩棉板
普通砖墙	240	37952	35699	41691
	370	36917	34595	40846
多孔砖墙	190	37952	35147	41691
	240	37434	35147	41268
混凝土小型空心砌块 墙	190	34847	32939	39155
	240	33811	31835	38310
蒸压灰砂砖墙	240	37952	35147	41691
	370	36917	34595	40846
蒸压粉煤灰砖墙 (密度: 1500kg/m ³)	240	37434	35147	41268
	370	36917	35147	40846

注:表中仅为参考造价,实际造价与外窗、保温材料选择有直接关系。表中造价依据同 6-11。

6.6.4 农村住宅按节能率为 75%的《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2012 建设/改造时,按表 6-4 不同类型墙体保温材料厚度进行测算,单位建筑面积增量成本为 264-326 元,不同构造墙体的增量成本如表 6-13。

表 6-13 农村住宅围护结构热工性能满足节能 75%标准的增量成本 (元)

材料类型 墙体类别	墙厚 (mm)	EPS 板	XPS 板	岩棉板
普通砖墙	240	42622	40681	45505
	370	42105	39577	45083

多孔砖墙	190	42622	40129	45505
	240	42105	39577	45083
混凝土小型空心砌块墙	190	40035	37369	42969
	240	39000	36817	42124
蒸压灰砂砖墙	240	42622	40129	45505
	370	41587	39025	45083
蒸压粉煤灰砖墙 (密度: 1500kg/m ³)	240	42105	39577	45505
	370	41587	39025	44660

注：表中仅为参考造价，实际造价与外窗、保温材料选择有直接关系。表中造价依据：

- 1、屋顶保温层 EPS 板、XPS 板和岩棉板厚度分别按 100mm、80mm 和 120mm；
- 2、墙体、屋顶保温施工的人工费用不变，比节能 65%标准仅增保温材料及辅材成本；
- 3、外门窗工程价为 781 元/m²；
- 4、其他同表 6-11。

6.6.5 不同节能标准农村住宅采用不同采暖系统形式的运行成本分析如表 6-14。在农宅外门窗面积不变的情况下，围护结构热工参数满足《居住建筑节能设计标准》DB11-602-2006 要求的农宅高度每增加 0.1m，采暖能耗或费用将会增加 1.2%；围护结构热工参数满足《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2012 要求的农宅高度每增加 0.1m，采暖能耗或费用将会增加 1.4%。

表 6-14 农宅不同采暖系统的运行成本（元/采暖季）

系统形式 节能标准	空气源热泵	燃气壁挂炉 采暖	太阳能采暖-贡献率 30%		电采暖
			壁挂炉辅热	电辅热	
非节能传统农宅	6531	8271	5899	9330	13329
65%节能改造（不含屋顶）	3042	3859	2810	4346	6208
节能 65%新建	1799	2287	1710	2570	3671
节能 75%新建	1220	1555	1197	1743	2490

注：空气源热泵系统冬季运行 COP 为 2；燃气炉效率 85%，天然气价格 2.61 元/方；电炉效率 98%，电价按 0.4883 元/kWh，未考虑峰谷电价。

6.7 农宅光伏系统应用

6.7.1 在做好农村住宅节能保温基础上，鼓励在农村住宅中应用光伏发电系统，尤其是新建农村住宅，以进一步降低农村住宅使用过程中的碳排放，为我市“碳达峰、碳中和”工作做贡献。

6.7.2 新建农村住宅上建设光伏系统应与主体建筑同步设计、同步施工、同步验收，可采用集成光伏发电系统和附加光伏发电系统。光伏系统分项工程应由取得相关施工许可的专业化公司负责，并满足《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368-2019 中对设计、施工、验收、运维的要求。未同步安装光伏系统的新建农村住宅宜预留光伏系统的建设条件。鼓励既有农村住宅加装光伏系统。

6.7.3 光伏系统设备和材料作为建筑材料或构件时应满足建筑功能需求，包括光伏组件、电缆、电缆桥架和电缆保护管、汇流箱、交/直流配电柜、逆变器、防雷与接地、安装用的铝合金/钢材/硅酮胶及密封材料、储能系统（若需）等。

6.7.4 安装光伏系统时，农宅主体结构应做到完成验收或同步验收。

6.7.4.1 光伏系统施工前应编制专项施工组织设计方案，施室外工程应根据需要制定季节性施工措施。

6.7.4.2 六级及以上大风、雨雪、浓雾等恶劣气候应停止露天作业。

6.7.4.3 进场的设备、构件和原材料应分类进行保管，电气设备以及钢筋、水泥等材料应存放在干燥、通风场所，在搬运、吊装时应防止撞击造成损坏。

6.7.5 光伏组件安装一般要求：

6.7.5.1 作为建筑构件的光伏发电组件应采取相应的防冻、防冰雪、防过热、防雷、防风、防震、防火、防腐蚀等技术措施。

6.7.5.2 单块或单幅光伏组件安装不应跨越主体结构伸缩缝、沉降缝、抗震缝的变形缝，以免变形缝被破坏时造成漏电、脱落等。伏阵列应在显著位置设置防止触电标识。

6.7.5.3 安装光伏组件时，应采取必要的通风降温措施以抑制其表面温度升高，一般情况，组件与安装面层之间设置 50mm 以上的空隙，组件之间宜留有空隙。

6.7.6 光伏组件的安装不得破坏建筑防水。

6.7.6.1 光伏组件的管线穿过屋面处应预埋防水套管，并做防水密封处理。

6.7.6.2 卷材空铺搭接宽度应符合 GB50693《坡屋面工程技术规范》和 GB50345《屋面工程技术规范》的规定。光伏组件支座与结构层相连时，防水层应包到支座和金属埋件的上部，形成较高的泛水，地脚螺栓周围缝隙应做密封处理，以防渗水；支架基座部位应做附加防水层；附加层宜空铺，空铺宽度不应小于 200mm。

6.7.7 平屋面上安装光伏组件时应符合以下要求：

6.7.7.1 应设置扫雪通道及人员安全保障设施。屋面光伏方阵之间应预留不少于 400mm 的检修通道。光伏方阵长度不宜过长，每隔 15m~20m 可设置一条检修通道。

6.7.7.2 需要经常维修的光伏组件周围屋面、检修通道、屋面出入口以及人行通道上面应符合上人屋面对保护层的要求，一般可铺设水泥砖。

6.7.8 坡屋面上安装光伏组件应符合以下要求：

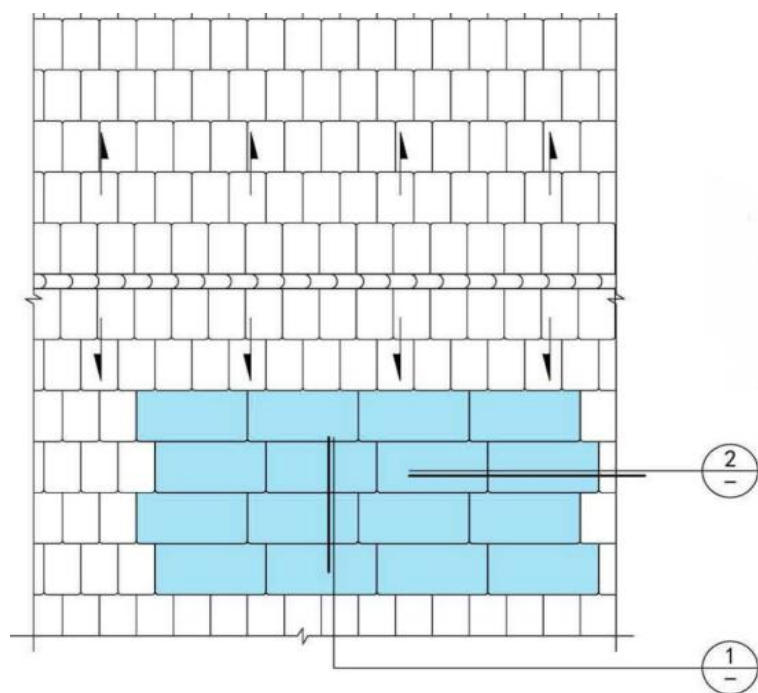
6.7.8.1 为了获得较多太阳光，屋面坡度宜采用光伏组件全年获得电能最多的倾角，北京地区一般情况下为 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$

6.7.8.2 光伏组件安装可选择顺坡镶嵌设置（图 6-12）或顺坡架空设置。顺坡架空在坡屋面上的光伏组件与屋面间宜留有大于 100mm 的通风间隙。如图 6-13 的顺坡架空光伏组件安装：

1) 根据瓦片的类型选择相应的挂钩，用螺栓将挂钩固定在屋顶木梁上或水泥承重结构上，固定好挂钩后将瓦复原；

2) 根据屋顶荷载要求选择合适的导轨，用螺栓将导轨固定在挂钩上。

3) 将安装好的压块滑入导轨中，放置好组件后，拧紧螺栓即可固定组件。



光伏瓦平面布置图

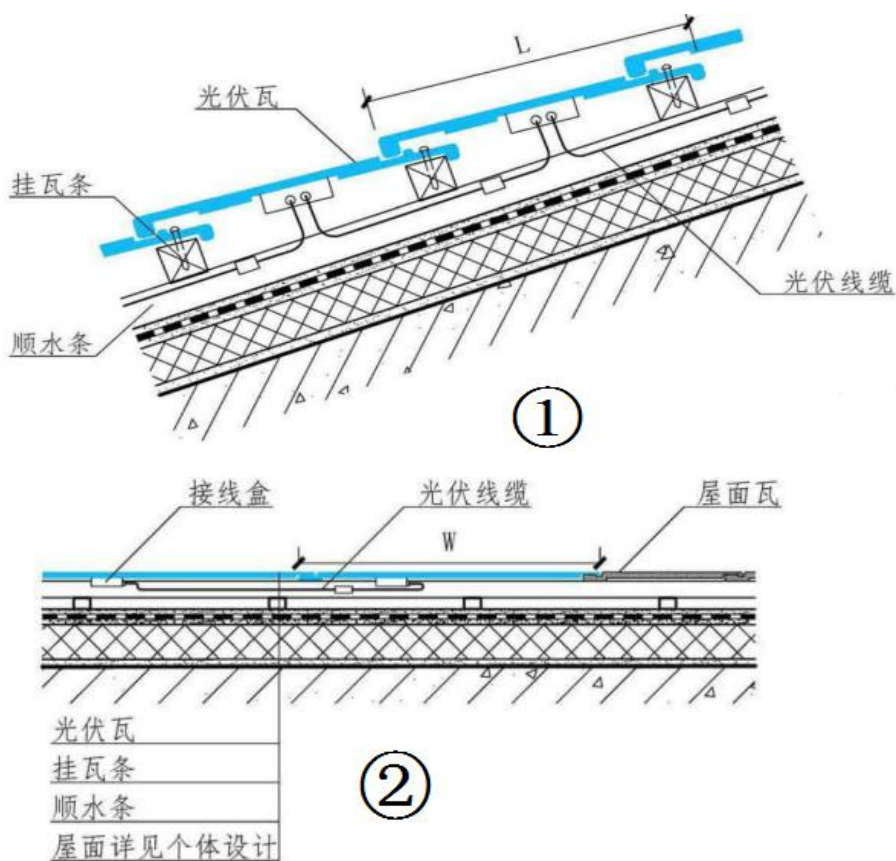


图 6-12 顺坡镶嵌设置（以光伏瓦为例）

注：光伏瓦是光伏构件的其中一种，具有建筑瓦的功能；本页节点适用于混凝土坡屋面，主体结构为其他形式的坡屋面可参考；当坡屋面有突出山墙时，应通过阴影遮挡分析光伏构件选择合适区域布置。



图 6-13 顺坡架空设置光伏组件

6.7.8.3 选用光伏瓦时，光伏瓦宜与屋顶普通瓦模数相匹配，不影响屋面正常的排水功能。

6.7.9 阳台或平台上安装光伏组件应符合以下要求：

6.7.9.1 对不具备阳台栏杆功能，通过其他连接方式安装在阳台上的光伏组件，其支架应与栏杆主体结构上的预埋件牢固连接，如图 6-14，并通过计算确定预埋件的尺寸和数量，防止坠落事件发生。

6.7.9.2 构成阳台或平台栏杆的光伏组件，应符合刚度、强度、防护功能和电气安全的要求，其栏杆净高不应低于国家各种建筑规范对于栏杆高度的要求。

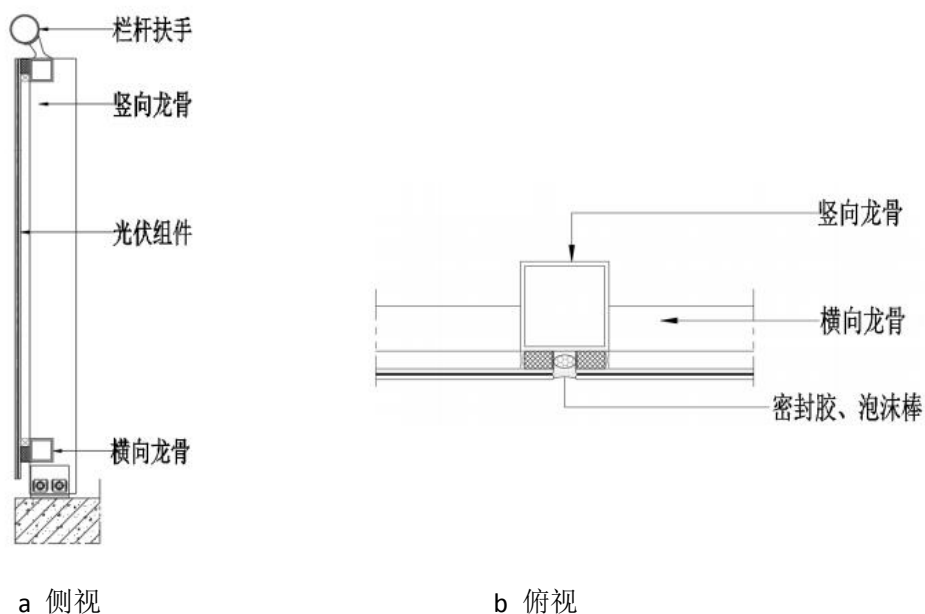


图 6-14 阳台栏杆光伏组件示意图

6.7.10 墙面上安装光伏组件应符合以下规定：

6.7.10.1 光伏组件与墙面的连接不应影响墙体的保温构造和节能效果。光伏组件与墙面的连接部位应做特殊断桥或保温构造处理。

6.7.10.2 对设置在墙面的光伏组件的引线穿过墙面处，应预埋防水套管；穿墙线管不宜设在结构柱处。

6.7.10.3 光伏组件镶嵌在墙面时，宜与墙面装饰材料、色彩、风格等协调处理。

6.7.10.4 当光伏组件安装在窗面上时，应符合窗面采光等使用功能要求。

6.7.11 支架安装应符合以下规定：

6.7.11.1 应在连接部件验收合格后安装支架。采用现浇混凝土基座时，应在混凝土的强度达到设计强度的 70%以上后安装支架。

6.7.11.2 支架安装过程中不应破坏防腐涂层。

6.7.11.3 支架安装过程中不应气割扩孔；热镀锌钢构件，不宜现场切割、开孔。

6.7.11.4 现场宜采用机械连接的安装方式。当采用焊接工艺时，应对影响范围内的型材和光伏组件采取保护措施，焊接完毕后应对焊缝质量进行检查，焊接表面应进行防腐处理。

6.7.12 电气设备安装时应对设备进行编号；电缆及线路接引完毕后，应对线路进行标识，各类预留孔洞及电缆管口应进行防火封堵。不得在雨、雪等不利天气进行光伏组件的连线作业”。

6.7.13 逆变器柜体应进行接地，单列柜与接地扁钢之间应至少选取两点进行连接。逆变器、二次设备、盘柜安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 的有关规定。

6.7.14 并网光伏系统与公共电网之间应设隔离装置，具有相应的并网保护功能，并应安装计量装置；光伏系统在并网处应设置并网专用低压开关箱（柜），并应设置专用标识和“警告”、“双电源”提示性文字和符号。

6.7.15 光伏系统防雷应纳入到建筑防雷系统设计，并应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057 的要求。

6.7.16 光伏系统完成安装工作并验收合格后应进行调试，包括光伏组件串、汇流箱、逆变器、配电柜、二次系统等设备调试及光伏发电系统的联合调试。

6.7.17 太阳能光伏农村住宅经济性分析（造价及收益仅供参考）

6.7.17.1 太阳能光伏一体化农村住宅屋顶用轻质屋顶，如图 6-15 中光伏屋顶与保温层面板形成空腔，空腔两侧面设置窗扇，冬季封闭形成保温空腔，夏季敞开带走多余热量。

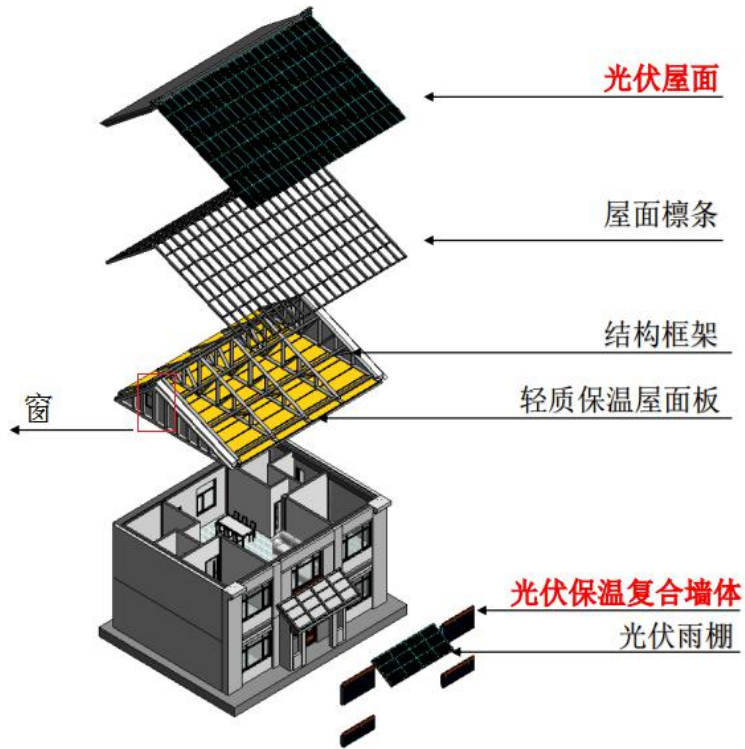


图 6-15 光伏布置示意图

6.7.17.2 方案一：北京地域风格，采用（屋顶晶硅+立面铜铟镓硒）+景观设施（院墙、院门、车库等晶硅）方案，建筑面积 228 平方米见图 6-16 和图 6-17。每户安装光伏面积 180 平方米，在保证投资方的投资财务内部收益率 6.5%前提下，每户每年可获得收益 1950 元。



图 6-16 方案一整体效果图 1



图 6-17 方案一整体效果图 2

6.7.17.3 方案二：现代风格，采用（屋顶晶硅+立面铜钢镡硒）+景观设施（院墙、院门、车库等晶硅）方案，建筑面积 244 平方米见图 6-18 和图 6-19。每户安装光伏面积 276 平方米，在保证投资方的投资财务内部收益率 6.5%前提下，每户每年可获得收益 4037 元。



图 6-18 方案二整体效果图 1



图 6-19 方案二整体效果图 2

6.7.17.4 方案三：折中风格，采用（屋顶晶硅+立面铜钢镡硒）+景观设施（院墙、院门、车库等晶硅）方案，建筑面积 216 平方米，见图 6-20 和图 6-21。每户安装光伏面积 245 平方米，在保证投资方的投资财务内部收益率 6.5%前提下，每户每年可获得收益 2210 元。



图 6-20 方案三整体效果图 1



图 6-21 方案三整体效果图 2

6.7.17.5 三种方案的造价成本见表 6-15。

表 6-15 太阳能光伏一体化农村住宅造价表

造价 建造部位		方案一			方案二			方案三		
		单价	面积	总造价	单价	面积	总造价	单价	面积	总造价
		元/m ²	m ²	万元	元/m ²	m ²	万元	元/m ²	m ²	万元
光伏部分	直立锁边金属屋面与光伏一体化屋顶	933	113.12	10.55	933	168.58	15.73	933	119.26	11.13
	光伏一体化墙面	1400	8.64	1.21	1400	0	0	1400	86.64	12.13
土建部分	地基基础	150	228	46.51	150	244	54.22	150	216	41.99
	主体土建	1400			1520			1350		
	装修	150			190			120		
	管理费利润税金	340			362			324		
合计				58.27			69.95			65.25

注：各地区材料价格不同对造价影响较大，表中造价为土建部分采用框架结构的个案，仅供参考。

本手册在编写过程中引用和借鉴了现有的各种技术资料，得到了相关单位的技术支持，支持单位名单如下：

北京金隅加气混凝土有限责任公司

北京集简筑成科技有限公司

北京凡石绿建太空板技术有限公司

北京珠穆朗玛绿色建筑科技有限公司

哈尔滨鸿盛房屋节能体系研发中心

高碑店市众申节能科技有限公司

中清大科技股份有限公司

北京市建筑工程研究院有限责任公司

国家能源集团绿色能源与建筑研究中心

中国建筑科学研究院有限公司建筑环境与能源研究院

北京长和信泰能源技术有限公司

在此向上述单位表示感谢。