



# Study on the Seismic Performance of Traditional Rural Residential Buildings in Earthquake-Prone Areas -- Take Southern Xinjiang for Example

Saierjiang Halike, Nulixiati Dlimulati\*

College of Architectural Engineering, Xinjiang University, Urumqi, China

## Email address:

787524296@qq.com (S. Halike), 137652503@qq.com (N. Dlimulati)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Saierjiang Halike, Nulixiati Dlimulati. Study on the Seismic Performance of Traditional Rural Residential Buildings in Earthquake-Prone Areas -- Take Southern Xinjiang for Example. *Asia-Pacific Journal of Civil Engineering and Architecture*. Vol. 1, No. 1, 2019, pp. 7-14.

**Received:** February 21, 2019; **Accepted:** May 12, 2019; **Published:** May 27, 2019

**Abstract:** Xinjiang is an earthquake-prone area. Historic earthquake disasters show that the construction disasters in villages and towns caused by earthquakes are serious, which directly affects the lives of local residents and also brings huge economic losses. In view of the earthquake disaster of traditional rural dwellings in southern Xinjiang, this paper carries out an investigation and analysis. Based on the research and analysis of seismic measures for traditional dwellings, this paper puts forward strategies and concrete structural measures to strengthen the seismic performance of different types of traditional dwellings in rural areas of the region, and draws out specific structural design and schematic diagram. The research results have a certain reference value for the Rural Revitalization and beautiful rural construction in order to improve the seismic performance of different types of traditional rural dwellings in this area.

**Keywords:** Arid Areas, Oasis Dwellings, Earthquake Disasters, Prevention and Control Strategies

---

## 地震多发区乡村传统民居建筑抗震性能探究--以新疆南部地区为例

塞尔江·哈力克，努力夏提·迪里木拉提\*

新疆大学建筑工程学院，乌鲁木齐，中国

## 邮箱

787524296@qq.com（塞尔江·哈力克），137652503@qq.com（努力夏提·迪里木拉提）

**摘要:** 新疆是地震多发区，历来的地震灾害表明，地震引发的村镇建筑灾害严重，直接影响当地居民的生命安全，也带来巨大的经济损失。论文针对新疆南部地区乡村传统民居的地震灾害，开展了调查分析。在传统民居抗震措施研究分析的基础上，提出加强该地区乡村不同类别传统民居抗震性能的策略和具体的构造措施，并绘制出具体的构造设计与示意图。研究成果为提升该地区乡村不同类别传统民居抗震性能，为乡村振兴与美丽乡村建设具有一定的参考价值。

**关键词:** 干旱区，绿洲民居，地震灾害，防治策略

---

### 1. 引言

我国是地震多发地,特别是西北地区,灾害更为严重。大陆地震带占到了国土总面积的80%左右,发生地震的频率相对较高。而且,地震造成的人员伤亡比例大。其中,

我国农村地区受地震破坏的影响更为严重,我国有统计的74次7级以上地震中,发生在农村的地震多达73次,因地震灾害死亡人数中近60%左右为农村人口。(图1)

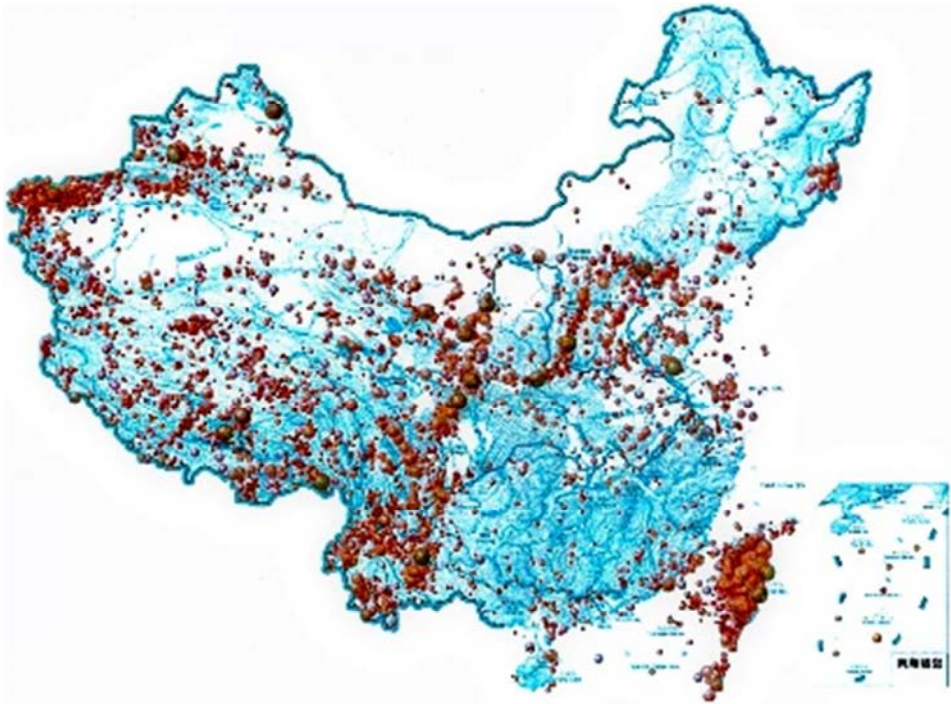


图1 中国地震带分布图。

新疆位于青藏高原的西北方位,是欧亚板块与印度板块相互作用的边缘地带。由于其特殊的地理位置和强烈的地壳运动,该地区已成为地震活动强烈的地区之一。从地震发生的原理出发,新疆地震构造区内的活动断裂,以逆断裂和逆走滑型断裂为主。根据我国第四代的区划标准图,

新疆区内8.5级潜源地共3个,8级潜源地共17个,7.5级潜源地共32个。

从新疆地区内部来看,据统计,2016~2017年两年间,三级以上地震高达358次,五级以上地震11次。(表1)在2007~2017年的十一年间,新疆5级以上的地震就发生了65次,新疆南部地区就发生了48次。(表2,图2)

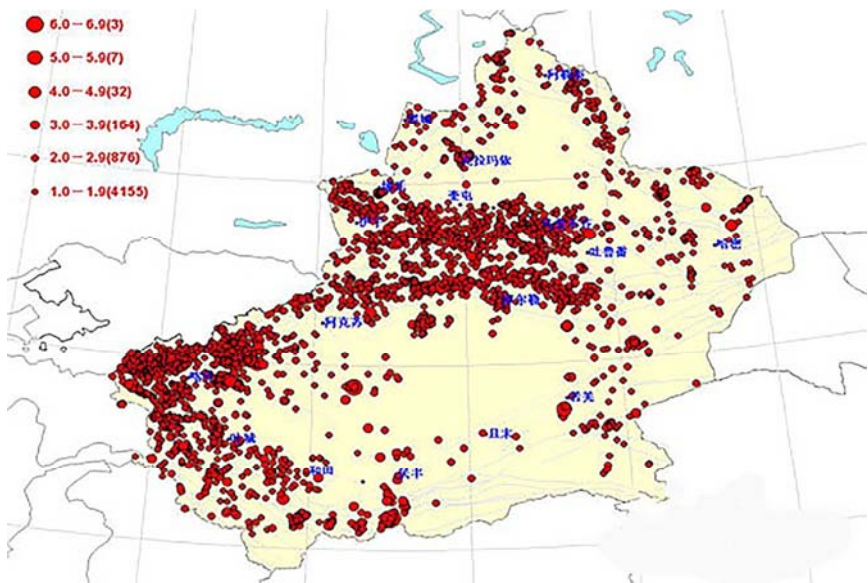


图2 中国新疆全境地震发生示意图。

表1 2016-2017年新疆三级以上地震统计表。

2016-2017年新疆三级以上地震统计表					
年份/震级	3-4级	4-5级	5-6级	6级以上	合计
2016年	159	16	5	2	182
2017年	156	16	3	1	176
合计	315	32	8	3	358

表2 2011-2017年新疆五级以上地震统计表。

2011-2017年新疆五级以上地震统计表				
年份/震级	5-6级	6-7级	7级以上	合计
2007年	1	0	0	1
2008年	10	0	1	11
2009年	0	6	0	6
2010年	0	2	0	2
2011年	7	1	0	8
2012年	8	3	0	11
2013年	5	0	0	5
2014年	5	1	1	7
2015年	2	1	0	3
2016年	5	2	0	7
2017年	3	1	0	4
合计	46	17	2	65

2. 传统民居地震灾害分析

一般村落的破坏往往是从单体建筑开始的，地震后导致乡村民居部分发生损坏。由于乡村居民在建造房屋时更多的会考虑房屋的造价和使用功能，会忽略房屋结构的安

全性能，所以给乡村民居的抗震带来了一定的困难。传统民居在遇到地震时，由于结构、构造、布置等形式破坏程度各不相同，以土木结构、砖木结构、砖混结构等类型的房屋为例分析破坏程度。表3中是新疆巴楚地震乡村民居倒塌情况。

表3 新疆拔出地震乡村民居倒塌情况。

新疆拔出地震乡村民居倒塌情况（%）			
结构类型	7度区	8度区	9度区
土木结构	16.32	69.94	100.00
砖木结构	5.50	25.00	70.00
砖混结构	3.70	12.50	36.90

从数据来看，巴楚地震造成的民居倒塌情况，其中土木结构的房屋倒塌比例最为严重，其次是砖木结构，倒塌比例最少的是砖混结构。下文就其震害特点，分别分析：

2.1. 土木结构房屋

根据承重构件的不同，可以将土木结构分为以下几种类型：

2.1.1. 土坯墙房屋

用土坯块材作为墙体的主要砌筑材料，加以黏土泥浆砌筑。土坯墙结构的房屋在抗震强度方面的性能较为一般，通常在7度地震作用下，便会发生中等程度以上的破坏；在8度地震的作用下,大约50%的建筑物将倒塌。从导致此类房屋发生破坏的主要部位来看，是墙体出现斜向或交叉的裂缝等伤害，窗间墙及房屋尽端墙体尤其容易发生破坏。

2.1.2. 夯土墙房屋

使用夯土墙建造的房屋，不同村落往往会采用不同的方式与做法来进一步提高其抗震强度，即参杂一定的砂、炉灰渣、石灰粉、卵石以及贝壳灰等。纵墙搁梁，硬山搁

镶。从抗震性能来看，此类房屋表现也较差，其中私土成分较少的土墙体容易遭受较为严重的震害，土墙多发生垂直方向的裂缝，而且墙体之间因为接缝没有经过咬合处理，所以在地震中会频繁发生墙体整体性的倾斜，导致局部塌落。与土坯墙房屋相比，这类结构的房屋一般墙体都较厚，层高较低，因此在相同烈度下其抗震性能优于土坯墙房屋。

2.1.3. 木构架承重房屋

木构架承重房屋论其抗震性能，由于各地用材大小和木构架做法的差异普遍较大，因此抗震性能也有很大差异。一般而言，在7级地震以上，会出现山墙和围护墙开裂，或是倒塌；8级以上时，通常发生严重破坏和倒塌。

另外，砖土混合承重房屋，在历次震害中，其抗震性能表现最差。

2.2. 砖木结构房屋

砖木结构房屋采用砌筑粘土砖墙体作为承重墙,门、窗及屋顶均为木质结构。房屋屋顶一般采用木质屋顶,墙体承担着承重、抗剪及满足构造要求的重任。屋盖通常采用木梁和木格栅。一般来说，砖木结构墙体由砖和砂浆两



种脆性材料砌筑而成,其变形能力差,保护性建筑,由于当时的施工技术,纵横墙的连接大多都是直的,并且整体性较差,在地震作用下,墙体层间位移略微增加,会引起墙体的开裂,如果位移加大,墙体抵抗水平力的能力将大大降低,甚至会硬气墙的局部倒塌。

### 2.3. 砖混结构房屋

此类房屋一般有基础,个别的设有地梁,砖墙承重,屋盖为预制板或现浇板。采用混凝土构造柱、圈梁等抗震措施,转角处设有拉结筋,坚固耐用,抗震性能好。破坏形态为地面与承重墙相接处出现裂缝,窗台以下墙体出现竖向裂缝,门、窗洞上方和墙角出现斜裂缝。总体上看,此类结构抗震性能比其他类型房屋强。房屋在7度仅部分发生较为轻度的开裂,在8度虽然墙体开裂现象会有所加重,但加以加固后并不影响居住。

位于地震带附近乡村传统民居遭受震害严重,如新疆乌恰县—喀什市及其周围地区不仅是新疆境内主要的强震活动区,而且也是我国范围内的强震活动区之一。在这样的背景下,当地政府为了减少地震导致的人员伤亡和财产损失,一再大面积改造和重建传统乡村建筑,力求通过现代材料和工艺增强民居的抗震性能,以及新型民居与其周边环境之间的融洽与协调。

## 3. 古代传统民居建筑抗震措施分析

从塔里木盆地周边考古挖掘古遗址发现,以尼雅古城古遗址中挖掘的住宅平面和残留构件的建构技艺中,房屋均为木骨泥墙结构或泥草墙结构。(图3)



图3 古尼雅建筑遗址。

尼雅人采用木结构框架体系,在当时形成了一套完善、科学的抗震体系,其中,采用了榫接、卯接、绑扎等的构造做法,加强房屋结构的整体性和柔韧性;采用立柱斜向和双向支撑,木构件垂直向固定用柱脚榫、套顶榫直根栏杆榫、半透榫、透榫、馒头榫、套顶榫等,而横向固定则用槽榫、透榫、半透榫等加强结构的稳定性和加强木构框架体的坚固性[1]。(图4)



图4 尼雅木雕托架和民居结构遗址。

木质框架体系轻便结实,至今还昂然矗立。木框架用立柱连接上梁和地梁,中间加立小木柱,编制柳席或苇席,最后抹泥。草泥墙建构方式则非常粗糙,既是在直立安放并紧捆的树枝或草苗上抹上一层灰泥。这些结构构造措施在一定程度上形成了一套完善、科学的抗震体系,反映了古代民居建筑的抗震措施。

## 4. 传统民居的抗震措施

根据传统民居在地震灾害后的分析和古代民居抗震措施的了解,目前在新疆传统民居结构主要类型有四种,即土木结构房屋、砖木结构房屋、砖混结构房屋、石木结构房屋,以上四种类型的房屋在新疆南部乡村地区较为普及。近几年来,在大力提倡农村抗震安居政策和生态住房的新背景下,新疆乡村地区出现了一种新型节能住房,即现浇石膏土坯墙房屋。下文就这几种结构类型的房屋分别分析:

### 4.1. 土木结构房屋

土木结构的房屋类型一般由木柱、木梁作为承重体系,木柱一般在墙内。这种类型房屋的屋盖比较轻,整体强度大,有较好的柔性,对抗震是有利的。根据维护墙体的不同一般分为两类,一种为土坯—木柱结构,另一种为木板夹芯结构。

第一种结构形式较为简单,此类土木结构房屋除木柱、梁外,剩余墙体材料全部为土坯。将土坯砌块水平放置、砌筑,土坯之间以草泥为粘结材料,屋面为擦条承重体系,上铺有草席,草席上铺有一定厚度的麦草泥,此类结构简便、廉价,是南疆乡村最为普遍的结构形式。这类房屋的地震破坏主要是由于木框架的不稳定、土坯墙上的木梁塌落、土坯墙体开裂压碎、墙体外倾等原因,导致房屋整体或部分倒塌,屋架倾斜破坏原因主要是木柱、梁节点连接不牢固,但由于木支柱未倒,整体房屋不倒。所以对此类型房屋,提高基础的整体性能,将木圈梁、木柱和木基础圈梁连接牢固,柱子宜多不宜少,柱子支座要打牢,遇到地震时,就算是墙倒了,屋子也不会倒。(图5)

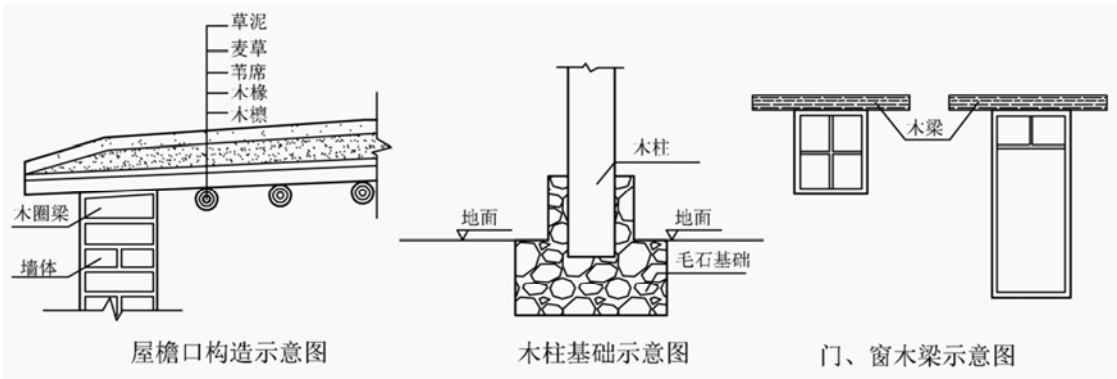


图5 土木结构房屋节点示意图。

第二种木板夹芯结构，该结构的主要特点是在房屋四角设木柱，上下为木圈梁。维护墙体为木板夹芯（土坯）墙体，材料主要由木条和土坯构成，墙体内外用木条连接，木条之间填土坯，夯土成墙。为了提高墙体的整体的抗震性能，可以在靠近木柱两侧及门窗洞口处设斜向支撑,加

强房屋整体框架的稳定性。这种房屋不但具有较好的抗震性，而且兼具实用、经济、环保、美观、耐碱、等特点，而且施工简单，村民自己就可以施工，适合经济条件较为一般的家庭。（图6，7）



图6 木板夹芯结构。

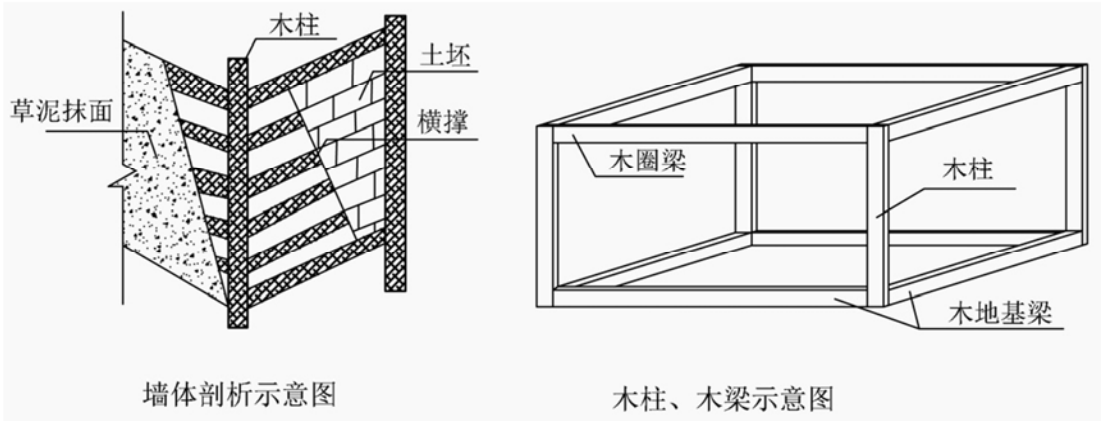


图7 木板夹芯结构房屋示意图。

4.2. 砖木结构房屋

砖木结构房屋以粘土砖墙体作为承重墙，门窗及屋顶采用木质结构，屋盖一般采用木梁或是木格栅构造。抗震要求较高，经济条件较好的家庭住宅可以设置混凝土圈梁、过梁和构造柱等加固的结构。墙体采用两种脆性材料,即砖和砂浆,墙体的变形能力较差。纵横墙的连接大多采用直搓的方式，整体性也比较差。因此,在墙体与木架之间可以采取以下措施:在砌体竖向和水平墙的交叉处,应在每

一个高度上设置拉结钢筋或拉结钢丝网片,木结构的墙体用木柱固定在砌体竖向和水平墙的交叉处，采用墙揽与木构架拉结。历年地震灾害表明，设有圈梁房屋的地震灾害相比与没有设置圈梁的房屋损害程度要轻得多，设置圈梁加强了房屋的整体性能，抗倒塌的能力十分显著。在拐角处加上水平钢筋可以加固墙角和内外墙交界处的墙的连接，以抑制部分的墙壁和减少地震造成的破坏[4]。（图8，9）



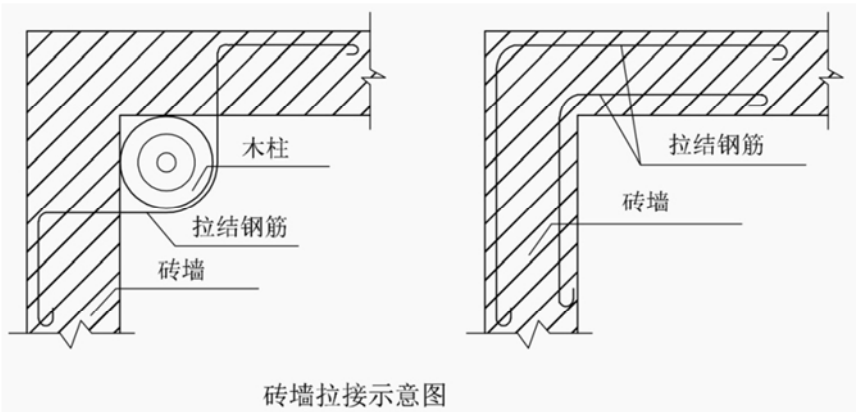


图8 砖木结构房屋节点示意图。



图9 砖木结构。

4.3. 砖混结构房屋

从砖混结构房屋的结构抗震机理来看，可以从增设圈梁、构造柱及钢拉杆的整体加固出发。通过增加抗震墙的截面加固方法,可以提高建筑物的抗震加固能力。添加构造柱可显著提高砖砌体的延展性。延性的提高意味着建筑物的抗震能力的提高,尤其是具有结构柱和梁的砖墙的边框，它可以箍住裂开墙体,防止裂缝进一步发生,限制墙体开裂后的脱位,使砖墙的竖向承载力不如地面大,从而防止砖墙倒塌。此外,构造柱的设置，可以增加建筑物的侧向变形能力。在墙体开裂后,由于其塑性变形、滑移和摩擦，

从而吸收和消耗地震能量。尤其是构造柱在限制破裂墙体位移方面有着显著的作用，使墙体被限制在自身的平面内,如果摩擦作用依然存在,墙体仍然能够承受竖向压力和一定程度的水平地震力。多道抗震防线也可以被采用,它是一种建筑物具有多重抗侧力的体系,第一道防线的抗侧力构件在强震中被破坏后,第二道和第三道的抗侧力构件会立刻接替,抵挡后续的地震冲击。建筑物最低限度的安全也可以得到保证,从而使建筑物免于倒塌。这些方法施工相对简单，可以在今后民居建造中广泛应用[11]。（图10）

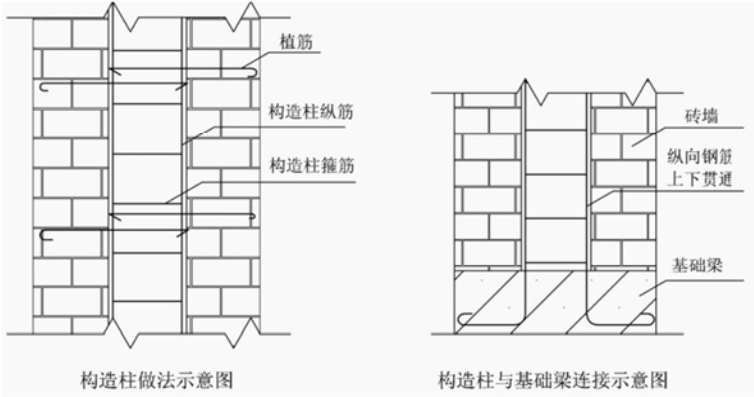


图10 砖混结构房屋节点示意图。

4.4. 石木结构房屋

新型石木结构建筑利用新疆南部河流高漫滩和低阶地上的一种砂石料,是由毛石混凝土浇筑而成。这里的沙、石自然级配良好,土壤含量极少。这是一种很好的建筑材

料。石木结构的承重墙体圈梁为钢筋混凝土结构,门窗过梁、檩条和屋面为木质,墙体设置了水平拉结筋。同时,在墙的四角,可以放置两个钢条在墙的内侧和外壁的交界处,改善其刚度。这种刚体建筑的整体刚度较大,抗震性能较好[9]。(图11,12)

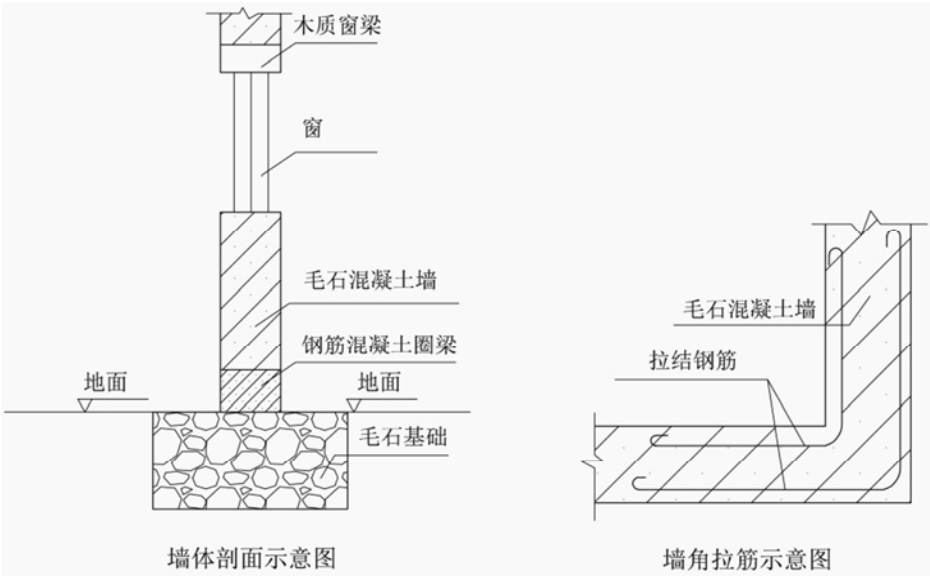


图11 石木结构房屋节点示意图。



图12 石木结构。

4.5. 石膏土坯墙房屋

近年来,在新疆南部的乡村住宅里,也开始采用石膏土坯墙的方式修建房屋。利用南疆地区盛产石膏这一优势,将建筑石膏作为墙体主要材料之一,该建筑结构是一种造价低、抗震性能好的一种民居结构。该结构以土坯、石膏和棉秆(或红柳条)作为主要墙体材料,每一层土坯间用棉秆(或红柳条)架立,支好模板,将石膏浆浇注在土坯墙的内外两侧以及土坯的缝隙中,等待石膏凝固,即与土坯墙粘结成复合墙体结构,成为整体,共同承力。经过测试,新型现浇石膏土坯房具有良好的整体性,比8度抗震设防要求高,当强度为9.5度时,仍能保持结构基本完好。由于当地丰富的资源,以土坯、棉秆为原料,因此房屋结构造价、建筑成本低,结构简单,施工方便适用于干旱半干旱农村贫困地区的生态住宅建设[8]。而且,石膏的作用是保温及粘结,同时因其还具有其它良好的物理性能,如安全、舒适、防火、及可呼吸功能,是一种可取的农村生态住房的绿色材料。(图13,14)

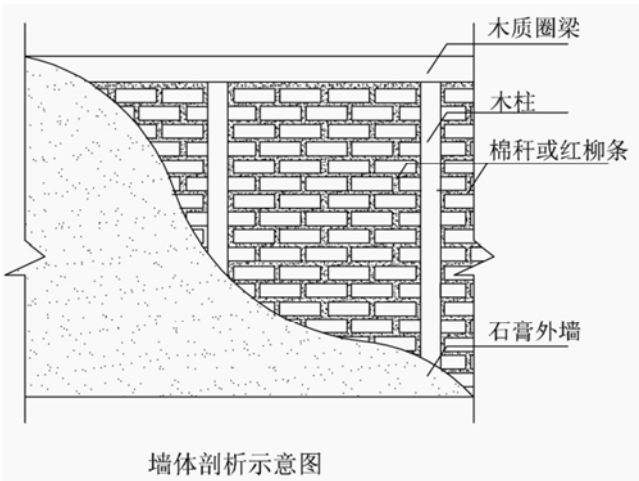


图13 石膏土坯结构房屋示意图。



图14 石膏土坯墙房屋。

## 5. 结语

新疆南部乡村地区是地震多发区,在长期的实践和建造过程中,当地的居民总结了多种多样的抗震结构和构造。该结构构造、材料与当地的材料、气候、地理等环境相适应,是良好的适应当地、低造价、施工方便、因地制宜、就地取材的建造方式。现如今我国正在创建乡村振兴,大力推广宜居住区建设。对于新疆南部干旱地区的乡村建设,该传统的抗震做法和方式对我们现在的乡村建筑产业发展有着较高的借鉴价值和指导意义。

## 基金项目

国家自然科学基金资助项目: 51668058。

## 参考文献

- [1] 塞尔江·哈力克. 和田传统民居对尼雅古民居的传承与发展[A]. 建筑历史与理论第十辑(首届中国建筑史学全国青年学者优秀学术论文评选获奖论文集)[C],2009:8。
- [2] 关金建.关于房屋结构设计中抗震技术的分析探究[J/OL]. 绿色环保建材:-2[2018-01-07]。

- [3] 白国良,刘亚,丁永进.村镇砖木结构房屋抗震性能研究[J].砖瓦,2016(03):17-23。
- [4] 钱芳芳,钱凯,顾文虎,王鹏.典型砖木结构房屋抗震加固方法研究[J].淮阴工学院学报,2015,24(05):47-51。
- [5] 武彦章.房建结构设计体系选型及抗震设计[J].科技传播,2013,5(09):89+94。
- [6] 王毅红,樊琨,陈全杰,卜永红.村镇生土结构房屋抗震加固措施试验研究[J].工程抗震与加固改造,2011,33(06):77-81+44。
- [7] 冯薇,刘燕德.生土结构农房抗震设计[J].安徽农业科学,2008,36(32):14350-14351。
- [8] 李艳.新型现浇石膏土坯墙抗震房屋助推新疆新农村建设[J].墙材革新与建筑节能,2008(05):53。
- [9] 张小平,陈平,赵冬,周铁钢.新疆喀什地区新型石木结构房屋的模型抗震试验[J].西北地震学报,2008(01):42-45。
- [10] 杨廷文.砖木结构房屋抗震加固的探讨[J].房产住宅科技动态,1981(09):6-8。
- [11] 刘双.砖混结构房屋抗震加固方法设计研究[D].西安科技大学,2011。
- [12] 武赞.砖混结构抗震设计应注意的问题[J].铁路工程造价管理,2005(03):53-56+2。
- [13] 曹双寅,邱洪兴,周屹.砖混结构抗震加固结构体系的选择[J].工业建筑,1998(12):33-35。
- [14] 丁永进.西部村镇砖木结构房屋抗震性能研究[D].西安建筑科技大学,2015。
- [15] 张席浩.房建主体结构抗震加固质量控制的监理措施[J].江西建材,2017(21):73+76。

## 作者简介



**塞尔江·哈力克**, 1970年生,男,哈萨克族,博士、副教授、硕士生导师,研究方向为绿洲人居环境与聚落建筑的环境适应性研究。



**努力夏提·迪里木拉提**, 1992年生,男,新疆大学建筑工程学院硕士研究生,研究方向为绿洲聚落空间营造与环境适应性研究。