刘晓丹,王亚茹,关恒瑜,等.张家口地区村镇房屋安全性现状调查及统计分析[J].地震工程学报,2018,40(增刊):180-185.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.180

LIU Xiaodan,WANG Yaru,GUAN Hengyu,et al.Statistics and Analysis of Safety Survey of Buildings in Rural Zhangjiakou Area[J].China Earthquake Engineering Journal,2018,40(Supp):180-185.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.180

张家口地区村镇房屋安全性现状调查及统计分析

刘晓丹[1,2],王亚茹[1,2],关恒瑜[1],魏艳旭[1],刘 龙[1],马旭东[1],刘贾贾[1]

(1. 河北省地震局,河北 石家庄 050022;2. 中国科学技术大学,安徽 合肥 230026)

摘要:为进一步了解张家口崇礼区村镇房屋的安全性和抗震性能情况,对该地区的 3 553 栋房屋进行实地调查和统计。主要进行房屋建筑结构、建筑年代、建筑抗震构造等相关方面的调查,分析村镇房屋结构类型以及村镇规模对应地理位置的关系,总结不同结构类型的抗震性能和安全性现状,主要总结该区村镇房屋的抗震性能,并有针对性的对该区房屋结构提出防震减灾的措施和对策,为提升村镇建筑的抗震能力提供参考。

关键词:抗震性能;安全性;村镇建筑;防震减灾

中图分类号:TU241 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-0844(2018)增刊-0180-06

DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.180

Statistics and Analysis of Safety Survey of Buildings in Rural Zhangjiakou Area

LIU Xiaodan[1,2], WANG Yaru[1,2], GUAN Hengyu[1], WEI Yanxu[1,2], LIU Long[1], MA Xudong[1], LIU Jiajia[1]

(1. *Earthquake Agency of Hebei Province, Shijiazhuang* 050022, *Hebei, China*;
2. *School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei* 230026, *Anhui, China*)

Abstract: The 2020 Winter Olympics will be held in Chongli district, Zhangjiakou City. To further understand the safety and seismic performance of buildings in rural Chongli, Zhangjiakou, on-site investigations and statistics were conducted on 3 353 buildings in the area, which mainly included surveys on the relevant aspects of the building structure, construction age, and seismic structure. The relationship between the types of rural housing structures and the corresponding geographical location of villages and towns was analyzed, the seismic performance and safety of different types of structures were summarized. In this paper, the measures and countermeasures for earthquake prevention and disaster reduction for buildings in Chongli district are presented, which can provide references for improving the earthquake resistance of rural buildings.

Keywords: seismic performance; safety; rural building; earthquake prevention and disaster mitigation

收稿日期:2018-07-02

基金项目:河北省地震科技星火计划项目重点项目(DZ20160621075)

第一作者简介:刘晓丹(1986-),女,研究方向为防震减灾,结构抗震。E-mail:liuxiaodan8686@163.com。

0　引言

随着近年来中国发生的几次破坏性地震，社会各界对地震安全问题给予了高度重视。最近 10 年在中国大陆造成经济性破坏和人员伤亡的地震多数发生于村镇房屋密集地区，而村镇房屋的抗震性能才是人们需要密切关注的问题所在。1998 年张家口张北地区发生了 M_S6.2 地震，各类房屋损坏 175 万余 m^2，严重破坏 186 万多 m^2，造成 8.36 亿元的经济损失[1]，相比于经济发达、建设规范的城市，村镇的房屋抗震安全性能是造成地震人员经济损失的主要原因。张家口地区一直属于河北省地震危险区域的重点关注对象，而 2020 年张家口崇礼地区将举办冬季奥运会，所以开展对张家口市村镇房屋结构抗震性能的安全普查及防震减灾具有相当重要的意义。

1　主要普查结果

1.1　概况

基于相关课题研究，此次调查历时一年半。本文主要针对张家口市崇礼区十个乡镇进行了抽样调查，每个乡镇抽取 3 个自然村进行挨家挨户的房屋结构鉴定，共计 3 553 栋房屋。张家口地区传统居民建筑主要是以院落为单位，院落内包含主房和配房，配房主要是堆放杂物使用，故在本次调查中不计入，安全性调查的房屋数量本文以主房作为调查重点。本次调查的重点是该地区的房屋结构特点、建筑材料以及抗震性能。张家口地区的设防烈度为Ⅶ度，设计基本地震加速度值为 0.15g。崇礼区的地形地貌特点为山地，道路交通有三条沟状道路，所有的建筑房屋分布在三条道路两侧。地形以及调查点分布情况见图 1。

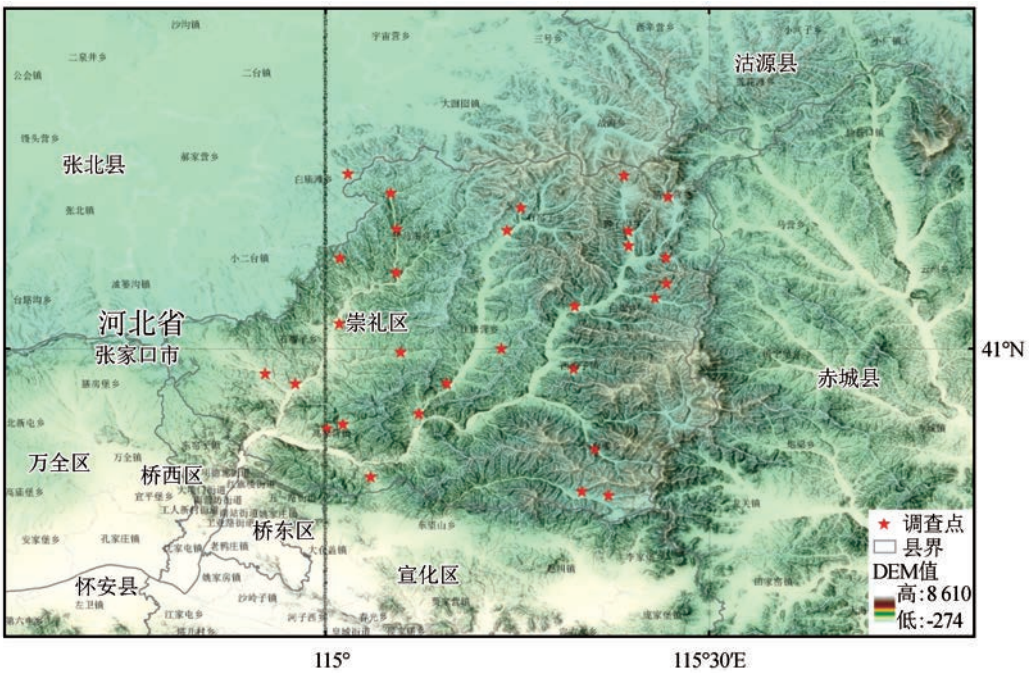


图 1　张家口崇礼区地形图以及调查点分布

1.2　建筑种类及特点

根据地理位置合理安排抽样调查点。张家口市崇礼区以前是张家口市的一个县城，现在作为城乡结合部，规划为张家口市的一个区，调查点均匀分布在崇礼区，调查点详列于表 1。主要调查方式为逐户地实地走访居民房屋以及现场抗震设防调查等，调查内容为建筑结构类型、建筑年代、建筑抗震构造、建筑材料以及施工方式等方面。

根据抽样调查，张家口地区主要居民建筑类型

表 1　崇礼区调查点列表

序号	乡镇名称	调查点 1	调查点 2	调查点 3
1	西湾子镇	马凤祥沟	四道沟	下察陀罗
2	高家营镇	黄土板梁	大沟	水晶屯
3	四台嘴乡	行人马沟	桦林子	东坪
4	红旗营乡	后中山	王帽营	下双台
5	石窑子乡	石窑子	西纳岭	小西湾
6	驿马图乡	辖驿马图	霍素太	碌碡沟门
7	石嘴子乡	下四杆旗	六间房	半坝村
8	狮子沟乡	麻地沟	十一号	东毛克岭
9	清三营乡	清三营	清五营	沙岭村
10	白旗乡	白旗	西林	门二营

可以分为五类:土坯(窑)结构、土木结构、砖木结构、砖混结构、框架结构。在本次调查的房屋建筑中,结构类型主要分布以及所占比例列于表 2。根据表 2 可以看出,土坯(窑)结构、土木结构、砖木结构占了全部建筑类型的 96.26%以上,而砖混和框架结构仅为 3.74%,造成此结果的主要原因是经济因素以及抗震意识。通过实地走访,发现除了老旧建筑以外,许多近期的新建房屋虽然是砖木结构,但未采用任何的抗震构造措施。

表 2 居民建筑结构类型统计

结构类型	土木结构	砖木结构	砖混结构	框架结构
房屋/栋	2 628	792	123	10
比例/%	73.97	22.29	3.46	0.28

1.3 房屋建筑安全性现状

经过实地走访调查,现存不同种类房屋结构的安全性现状具有严重的等级分化,详列于表 3。按照安全性能划分了三个等级:基本完好、一般损坏和严重损坏。判断依据为房屋主体承重结构的损坏情况和墙体裂缝的开展情况[2]。

表 3 房屋安全性统计

安全性能	基本完好	一般损坏	严重损坏
房屋/栋	2 215	664	113
比例/%	74.03	22.19	3.78

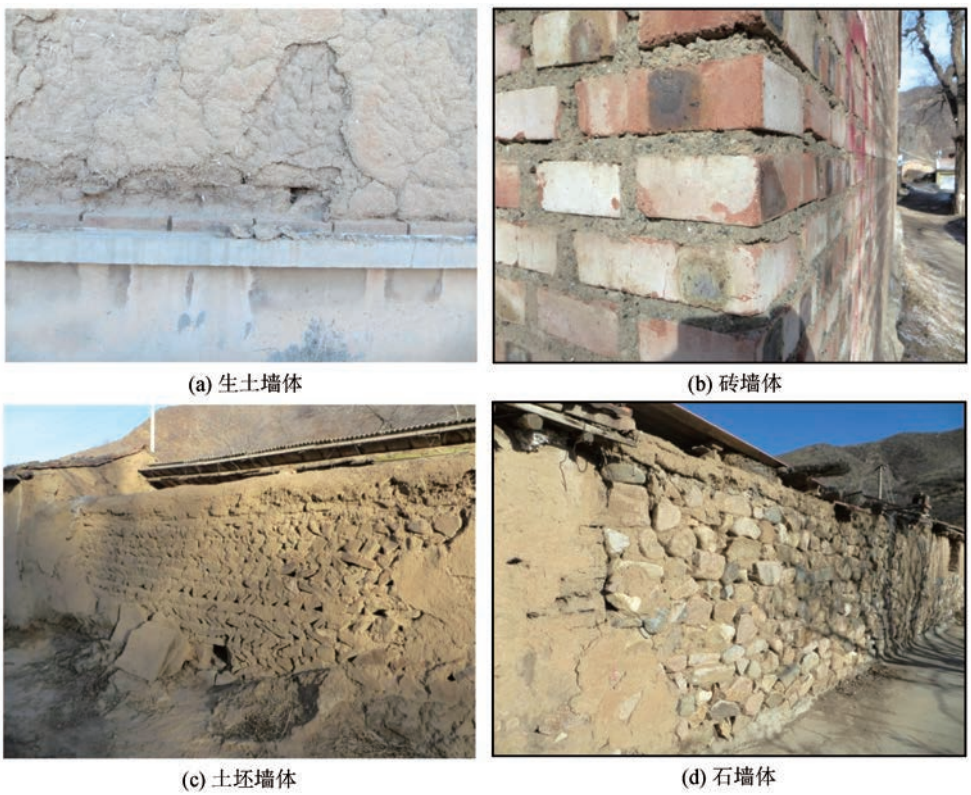
2 建筑结构以及抗震隐患

2.1 建筑结构特点以及产生原因

因气候及地理环境等原因,崇礼区的居民自建建筑多数都是就地取材,利用当地资源及生土形成墙体,而为数不多的砖混结构基本都是由政府集中建造的,例如学校、卫生所等公用建筑。

(1) 土坯(窑)结构

此类建筑结构多数都是上世纪 80 年代前建造的[3],有相当一部分还在继续使用,其主要建造构件是生土混合制作成的土坯砖[4]。土坯砖一般就地取材,利用当地土、植物、水等晾干制成土坯[图 2(a)]。结构主要形式则为完全由土坯砖建造的房屋。实地调查中发现早期土窑主要是依山而建,直接在山中挖窑洞,或者以山为靠背建造窑拱,屋面直接由生土或土坯堆砌而成,厚度 500～700 mm。崇礼地区有 3 个主要山脉,所以村镇居民在建造房屋时为节省资源常依山而建。其抗震隐患:①地震引起的山体滑坡会将房屋掩埋;②屋盖由土体组成,粘结程度较差,震后会直接塌陷;③整体没有任何抗剪能力。调查中发现,此类房屋在张北地震中属于严重损坏,多数房屋还在继续使用,但基本被堆放杂物。



(a) 生土墙体 (b) 砖墙体

(c) 土坯墙体 (d) 石墙体

图 2 建筑材料以及粘结材料

（2）土木结构

土木结构的主体结构为土坯，屋顶支撑为木结构[图 3(a)]。在崇礼区存在许多承重结构为土坯，但为了美观在外包裹一层砖墙的房屋，俗称“二重皮”[图 3(b)]，以及墙体一部分是土坯，一部分是砖体的房屋，俗称“穿靴戴帽”[图 4(d)]。此类结构在崇礼区建筑结构中占比高达 73.97%，其无任何抗震构造，由于建筑材料不同，其自振频率也不同，在地震作用下会造成更大损失。在张北地震中，这种混合型房屋相比土窑等结构抗震性能更差，多数遭到地震破坏[1]。此类房屋的屋面承重结构主要是木结构，横梁直接放置于横墙上，无任何其他支撑系统且缺乏有效连接方式[图 4(a)、(b)]，抗震性能极差。其抗震隐患：①地震时极易发生墙体外闪坍塌[图 3(b)]；②屋盖太重发生整体塌落；③建筑材料不同，自振周期不同，在地震作用下相互作用。此类房屋部分严重损坏，大多数一般损坏，所以当地居民经常对其进行维修改造，部分房屋去掉重屋顶改成彩钢轻屋顶，比较利于防震减灾，但更多的房屋进行了不同材料的修补，更易造成变形和裂缝，不利抗震。

(a) 砖木结构　(b) 土木结构(二重皮)

(c) 砖混结构　(d) 生土结构

图 3　建筑结构

（3）砖木结构

砖木结构目前是崇礼区的主要建筑，22.29%的新建建筑结构都是此类建筑。其存在的主要原因同样是因为就地取材、经济易造，但因施工工艺和施工质量的不足，在实地调查中发现其砖墙体之间的粘结是泥沙胶结[图 2(b)]，局部开裂现象比较严重。屋面承重檩条直接搁置山墙上，属于硬山搁檩。地基多数为石头，并且埋深较浅，无地梁，因地基沉降不均形成很多墙体裂缝。其抗震隐患：①主梁和次梁无任何连接措施，无任何抗剪能力；②开窗过大且窗门上无过梁；③墙体之间粘结方式强度不足，无法抵抗地震作用下的水平力。此类结构抗震性能较差，但是能够抵抗严寒和风雨，所以其中基本完好比例高达 74.03%。

（4）砖混结构

此类结构在崇礼地区存在度非常低，主要分为两部分：一是早年政府进行建造的公共设施，二是政府改造房。两类房屋各有特色，早年政府建造的砖混结构的房屋基本都是学校、卫生院等公共设施，后期为政府扶贫改造房[图3(c)]。公共设施建筑存

图 4 安全性能及破坏情况

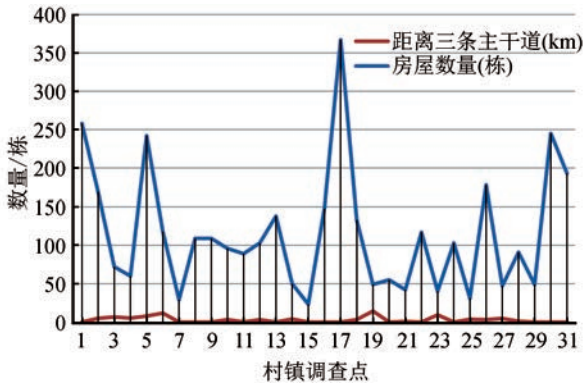


图 5 村镇规模与主干道距离的关系

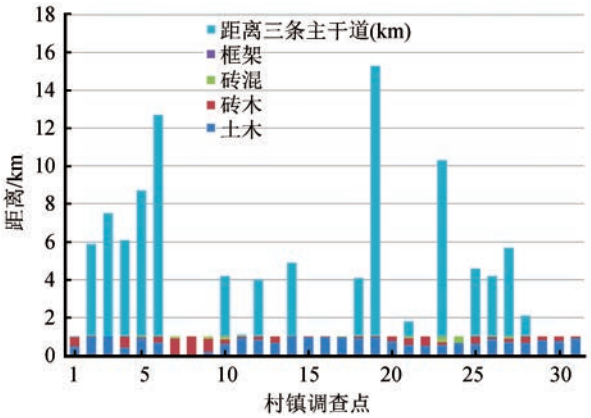


图 6 结构类型与主干道距离的关系

在基本的抗震构造(过梁、地梁),但房屋的屋盖是预制板,属于早期建筑当中使用的遗留问题,不过预制板经过加固改造后也有很强的抗震能力[5]。第二类结构是近年来政府改善农村居住环境而建造的改善型住房。其抗震性能非常好,屋顶为彩钢屋顶,属于轻屋顶,唯一缺点是墙体较薄,内、外墙墙体厚度 240 mm,而张家口地区冬季比较寒冷,加上改造房内无灶台等原因,导致冬季无法居住。抗震隐患:①预制板的抗震性能较差;②部分无构造柱、圈梁、地梁等抗震措施。

(5) 框架结构

该类型的房屋主要集中在崇礼区崇礼县城内,此次调查未把这批建筑归于调查范围内,因为该区域已经初具城市规模而非典型的村镇现状。在崇礼县城以外的调查点,未发现任何框架结构的建筑。

3 地理位置与建筑结构类型的关系

崇礼区距离张家口市中心城区 50 km,主要有三条主干道穿越山区,所有的村庄都分布在这三条道路两侧,而建筑结构与村庄坐落地点到主干道的距离有着密切的关系(图 5)。从图 5 可以看出,距

离主干道越近的村镇房屋建筑数量越多，说明靠近主干道的村镇经济更发达，村镇规模更大。图 6 展示了建筑结构和主干道距离的关系，其中位于主干道旁边的清二营村和东毛克岭村的砖木结构分别是 89.66％和 100％，说明经济情况越好的村镇其建筑结构也明显较好，因为其淘汰了土木结构，并且随着城市化进程的发展，部分远离主干道村庄中的年轻人离开村庄，导致远离道路的村庄逐渐消亡：一无新建房屋；二无改造旧房屋。从图 5 和图 6 可以看出相同的规律，距离主干道近的村镇房屋抗震能力明显高于距离远的村镇，房屋结构也明显要好一些。

由于经济能力的限制，村镇中旧房改造的情况比较多，多数由生土结构的房屋改为土木或砖木结构，所以 73.97％的土木结构还是占领了崇礼区的主要房屋类型。距离主干道的清二营村、十一号村和下四杆旗村中砖混结构在同村中的比例分别为 10.34％，11.93％和 34.95％，而距离主干道 14.3 km 的半坝村土木结构房屋比例为 93.88％。

4　结论

通过对张家口市崇礼区 3 553 栋房屋的实地调查，可以得到以下结论：

（1）崇礼区的村镇房屋存在共同薄弱点：未考虑场地效应。绝大多数村镇建造在河道边以及山脚下，山体对地震动有放大效应[5]，对低自振周期的单层村镇房屋的放大作用更显著，更易造成破坏；河道地基松软，地震时易发生不均匀沉降，而调查点房屋地基埋深浅或无埋深，极易造成房屋震害较重。建议在建筑规划上尽量避开这类场地，已在此处居住的应在政府扶贫的基础上尽量搬迁。

（2）随着经济的发展，村镇的住房抗震性能有了明显改善，框架结构和砖混结构在后期建造中明显增多，其他种类结构多数都是历史遗留问题，因为经济因素老旧房屋基本保留居住，而新建的政府改造房因为气候等因素在冬季不符合居住条件，所以在原有建筑上进行抗震加固具有必要性。新建房屋有 22.29％属于砖木结构，这些房屋同样缺乏抗震构造，虽然采用彩钢屋顶比之前的砖木房屋提升了抗震性能，但还是需要进行相应的抗震加固措施[6-8]。

（3）通过实际调查点的建筑种类统计可以看出，距离主要交通道路越远的村镇其居住条件越差，而靠近路边的建筑更新换代的频率比较高，并且明显更注重抗震设防的考虑，但部分新建房屋因缺乏抗震意识，自主施工而无抗震构造措施，所以政府相关部门进行抗震设防宣传教育的任务还非常紧迫。

（4）由于村镇自建房的监管力度不足，导致部分村民在缺乏抗震设防意识的情况下，并未严格按照抗震规范建造新建房，导致既没有节省费用又没有达到抗震的目的。建议政府相关部门加强监管力度，并结合规章制度进行规范化管理。

（5）今后重点研究方向应该针对性价比较高并易就地取材的建筑结构[9]，这样有利于改善民生，为防震减灾提供技术支持。

致谢：感谢河北省地震局重点项目课题资助，感谢河北省地震局应急保障中心刘志辉导师的宝贵意见建议。

参考文献

[1] 蔡华昌，刁桂苓，刁建新，等.张北 6.2 级地震考察和震害损失[J].华北地震科学，1998，16(1)：48-54.

[2] 危险房屋鉴定标准：JGJ125-99[S].北京：中国建筑工业出版社，2004：11-13.

[3] 贾晓辉，李皓，李姜，等.张家口西部山区农村民居抗震性能调查与分析[J].地震工程学报，2016，38(增刊 1)：128-133.

[4] 王月玖，韩春风，杨文斌.浅析张家口地区传统民居建筑[J].山西建筑，2010，36(3)：32-33.

[5] 张拥军，尹保江，赵向丽，等.既有建筑鉴定加固中预制楼板问题的探讨[J].建筑结构，2016，46(增刊 1)：919-921.

[6] 段树金，孟丽君，马肖.村镇房屋抗震加固浅议[J].工程抗震与加固改造，2004(6)：45-47.

[7] 洪海春，杨伟林，黄伟生，等.江苏省农村民居抗震措施与加固方法研究[J].震灾防御技术，2009，4(2)：223-232.

[8] 姜璇.既有村镇建筑的抗震加固对策研究[D].天津：天津大学，2014.

[9] 刘航，兰春光，华少锋.村镇既有砌体结构抗震加固新技术研发与示范[J].世界地震工程，2014，30(3)：156-162.