杨月巧，迟宝明，史杨，等. 灾后重建的公共建筑抗震效果的 R 型因子分析[J]. 灾害学，2014，29(4)：57－62. [Yang yueqiao，Chi baoming，Shi yang，etal. Study on the anti-seismic effect of post-disaster reconstruction public building based on R-factor analysis [J]. Journal of Catastrophology，2014，29(4)：57－62.]

灾后重建的公共建筑抗震效果的 R 型因子分析*

杨月巧[1,2]，迟宝明[1,2]，史 杨[3]，薛 辉[1]

（1. 防灾科技学院 经济管理系，河北 三河 065201；2. 中国地震局 工程力学研究所，黑龙江 哈尔滨 150080；3. 芦山县防震减灾局，四川 雅安 625600）

摘 要：应用 R 型因子分析模型和 SPSS19.0 软件对四川省芦山县 670 座公共建筑进行了实证研究。通过 2013 年芦山 7.0 级地震中 2008 年以前建造的公共建筑和 2008 年以后建造的公共建筑的受损结果进行了对比分析。研究认为芦山 7.0 级地震中受损严重的公共建筑以 2008 年以前的为主，汶川 8.0 级地震以后建造的公共建筑的抗震效果明显；2008 年以后的公共建筑全部达到了Ⅶ度设防的目标要求；同一种建筑结构抗震性能的差异性也较大；框架结构表现出比其他结构更好的抗震性，按照Ⅶ度设防标准建筑的框架结构，基本可以抵御Ⅸ度烈度的强震。

关键词：芦山 7.0 级地震；汶川 8.0 级地震；灾后重建；公共建筑；R 型因子分析

中图分类号：P315.09 ； X43　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1000－811X(2014)04－0057－06

doi：10.3969/j.issn.1000－811X.2014.04.012

地震造成破坏的主要原因之一是建(构)筑物的倒塌，从而造成大量的人员伤亡和经济损失[1]。因此地震灾后重建中建筑物和构筑物的抗震性能直接反映了恢复重建的成效[2]。2013 年芦山 7.0 级强烈地震发生后，学者们从不同方面对汶川地震灾后重建的建筑物进行了研究。例如张令心等对楼梯间震害进行了调查研究[3]，王涛等对砖混民居和校舍震害调查分析[4]；黄世敏等对正规设计施工建筑、老旧房屋以及农村自建房进行了震害对比分析[5]。等等。与此同时，一些媒体在网络和微博等媒介上刊出了大量芦山地震建筑物受损的照片[6]，引发社会各界对重建建筑物质量的质疑[7]。因此科学地评价汶川地震灾后重建建筑物的抗震性能，具有重要的现实意义和对地震灾后重建的指导作用。

本文的研究对象选取了四川省雅安市芦山县的 670 座公共建筑，将 2008 年(汶川地震发生的时间)作为建筑物建造时间的分界线，利用 R 型因子分析和 SPSS19.0 软件进行定量的分析，对芦山县公共建筑的抗震效果做出全面的、定量的评价。

1 芦山 7.0 级地震芦山县公共建筑的应急评估

1.1 芦山县概况

芦山县位于四川盆地西缘，雅安市东北部，青衣江上游。全县辖 5 镇 4 乡，芦山县县城所在地为芦阳镇，下辖芦阳镇、太平镇、飞仙关镇、双石镇、大川镇、思延乡、龙门乡、宝盛乡、清仁乡[8]。

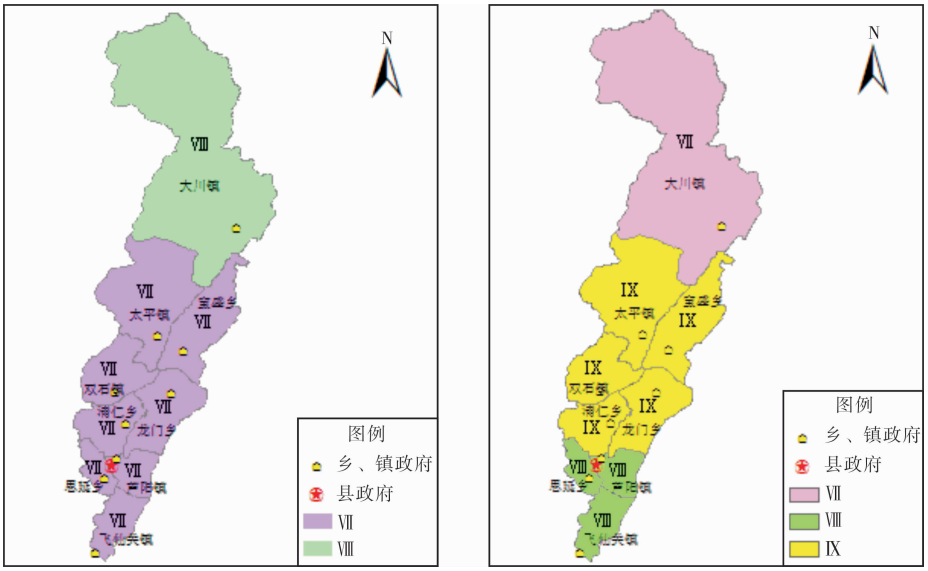
2008 年 5 月 12 日，四川省汶川县发生里氏 8.0 级特大地震，芦山县毗邻汶川，位于龙门山断裂带南段，遭受了重大损失，被国务院列为汶川大地震的重灾区之一[9]。时隔 5 年之后，2013 年 4 月 20 日的芦山 7.0 级地震使芦山县再一次遭受了地震的破坏。芦山县各乡镇在两次地震中的烈度有较大不同，如图 1 所示。

从图 1 可知，和汶川 8.0 级地震相比，芦山 7.0 级地震中芦山县的烈度，除了大川镇下降之外，其余各乡镇烈度都提高了，因此芦山 7.0 级地震对该地区建(构)筑物造成的破坏理论上要比汶川 8.0 级地震更大。

1.2 芦山县公共建筑应急评估

芦山 7.0 级地震发生后，住建部及四川省建设厅专家对芦山县大部分地震受灾公共建筑及各类小区房屋进行了地震公共建筑应急评估。根据芦住建发[2013]25 号、75 号、77 号、84 号、93 号、110 号、137 号、138 号、140 号、148 号、151 号文件的内容，此次评估一共分 11 批进行。在实际评估过程中，评估标准略有不同。第一批评估时按照三水准的原则，评估专家根据建筑物的受损情况，将建筑物评估为 1 级、2 级、3 级。1 级表

* 收稿日期：2014－04－24　　修回日期：2014－06－11
基金项目：中国地震局政策研究课题(2014－26)；中国地震局教师科研基金(20120111)
作者简介：杨月巧(1972－)，女，山西临汾人，博士，副教授，主要研究方向为防灾减灾工程及应急管理.
E-mail：yangyueqiao@163.com
通讯作者：迟宝明(1957－)，男，辽宁瓦房店人，教授，博士生导师，主要研究方向防灾减灾工程与防护工程.
E-mail：chibaoming@126.com



(a)2008 年汶川 8.0 级地震 (b)2013 年芦山 7.0 级地震

图 1 芦山县的烈度分布示意图

示建筑物基本完好或轻微受损，可住或修复后可住；2 级表示建筑物受到中等破坏，需暂停使用待鉴定加固后方可入住；3 级表示破坏等级为严重破坏、倒塌，需大修或拆除。评估为 3 级的原则上列入拆除重建范围；第二批到第十一批的各批次评估时房屋鉴定等级分为四级：*Asu*(完好),*Bsu*(维修),*Csu*(加固),*Dsu*(全面加固或拆除)。

芦山县公共建筑应急评估的第一次评估中,评估的 1 级标准表示建筑物基本完好或轻微受损,可住或修复后可住,与 *Bsu* 内容近似;3 级标准表示建筑物破坏等级为严重破坏、倒塌,需大修或拆除,与 *Dsu*(全面加固或拆除)近似。因此将第一次评估的1级标准建筑物与 *Bsu* 标准的建筑结果合并,3 级标准建筑物与 *Dsu* 合并。评估结果如表 1 所示。

表 1 芦山县公共建筑应急评估结果汇总 幢

批次	*Asu*	*Bsu*(1 级)	*Csu*	*Dsu*(3 级)
一		69		66
二	18	19	17	57
三		2	4	9
四	1	18	43	61
五	3	6	5	15
六			2	48
七	1	7	10	3
八		6	5	20
九	9	3	5	5
十	6	6	12	44
十一	10	15	23	17

2 芦山县各乡镇公共建筑应急评估结果

2.1 芦山县各乡镇公共建筑评估标准的确定

本文重点在于考察 2008 年汶川地震灾后恢复重建的建筑物在芦山地震中的抗震效果，因此将 2008 年作为建筑物建造时间的标准。

从表 1 可知，受损公共建筑应急评估鉴定结果等级为四级，因此本文建筑物受损类型也对应分为 A、B、C、D 四级，其中 A 级对应 *Asu* 级，表示建(构)筑物在震中表现完好；B 级对应 *Bsu* 级，表示建(构)筑物基本完好或轻微受损，可住或简单修复后可住；C 级对应 *Csu* 级，表示建(构)筑物受到中等破坏，需要加固才能使用；D 级对应 *Dsu* 级，表示建(构)筑物受到严重破坏甚至倒塌，需要全面加固或拆除。

2.2 芦山县各乡镇公共建筑评估比例的确定

芦山县受损的公共建筑及各类小区房屋主要集中在芦阳镇，因此本次评估芦阳镇的建筑最多，占 62%。其余各乡镇比例相差不大。各乡镇参与评估的公共建筑的数量及比例见图 2。

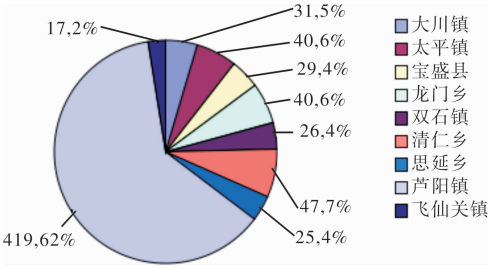


图 2 芦山县各乡镇公共建筑评估数量与比例示意图

2.3 芦山县各乡镇公共建筑评估结果

(1)2008 年以前建造的公共建筑评估结果

2008 年以前的建筑结构以木结构、砖木、砖混、砌体、框架为主，具体评价数量及结果如表 2 所示。

(2)2008 年(含 2008 年)地震以后建造的公共建筑评估结果

与 2008 年前建造的公共建筑物相比，2008 年以后建造的房屋中有一些变化。砖木结构、砖混

表 2　芦山县 2008 年以前建造的公共建筑评估汇总表　　幢

结构	级别	大川镇	太平镇	宝盛乡	龙门乡	双石镇	清仁乡	思延乡	芦阳镇	飞仙关镇
木结构	B			1						
	D	1							1	
砖木	B	2				1				
	D		2	3	1	1			18	
砖混	A	1				1		1		
	B	2		1		1	1	1	3	2
	C					1	4	1	19	2
	D	2	9	4	4	5	15	3	131	
砌体	A				1	1		4		
	B		1		1				2	
	C	3			1			1	13	
	D	2	3	1	2		6	1	94	1
框架	A		1			1				
	B		1		2	1	1		2	
	C								4	
	D		1			2			10	
底框	D		1						2	
砖混 \ 框架	B									1
	D								1	
内框	D								1	
砌体 \ 框架	D								1	
框架 \ 混合	C								2	
石拱桥	B								2	
砼 \ 框架	D								1	
简支梁	B								1	
混合	C								6	
	D								1	

表 3　芦山县 2008 年以后建造的公共建筑评估汇总表　　幢

建筑结构	级别	大川镇	太平镇	宝盛乡	龙门乡	双石镇	清仁乡	思延乡	芦阳镇	飞仙关镇
砖木	B	1								
砖混	A			1					2	
	B	6	2	5		3	2	1	6	2
	C		2	2		1		2	19	
	D		1						5	2
砌体	A			1	1			1		
	B						1		5	
	C						3		8	
	D								2	
框架	A	3	5	1	5	2	3	4	6	1
	B	7	7	8	18	4	8	3	27	5
	C	1	3	1	4	1	2	1	15	
	D		1						2	
底框	C						1		2	
	D							1		
砖混 \ 框架	B									1
混合	C								1	
	D									
钢混	C								1	
剪力墙	A								2	
框剪	B								1	

\ 框架结构、内框结构和砌体 \ 框架结构少了 D 级；框架 \ 混合结构少了 C 级；没有木结构、石拱桥、砼 \ 框架、简支梁、混合结构。增加了 A 级的剪力墙结构、C 级的钢混结构、B 级的框剪结构。具体内容如表 3 所示。

3　R 型因子分析

3.1　R 型因子分析法分析原理

从变量群中提取共性因子的方法，称为 R 型因子分析。它是将样品值矩阵进行线性变换求出矩阵的特征值，从样品诸多变量中找出能综合所有变量的少数几个新因子，用新因子最大信息量地反映样本总体变化情况[10]。R 型因子分析法的特点[11]：

(1)因子个数远远少于原有变量的个数；
(2)因子能够反映原有变量的绝大部分信息；
(3)因子之间的线性关系不显著；
(4)因子具有命名解释性。

设有 N 个样本，P 个指标，$X=(x_1, x_2, \cdots, x_p)^T$为随机向量，要寻找的公因子为 $F=(F_1, F_2, \cdots, F_m)^T$，则因子模型为

$$\begin{cases} X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \cdots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1, \\ X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \cdots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2, \\ \cdots \\ X_p = a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \cdots + a_{pm}F_m + \varepsilon_p \end{cases} \quad (1)$$

矩阵 $\boldsymbol{A}=(a_{ij})$称为因子载荷矩阵，a_{ij}为因子载荷，其实质就是公因子 F_i和变量 X_j的相关系数。ε为特殊因子，代表公因子以外的影响因素。(本分析中忽略不计)。

3.2 2008 年前建造的公共建筑的因子分析

应用 R 型因子分析模型和 SPSS19.0 对表 3 的数据进行处理。因为框架 C、砖混 \ 框架 B、砖混 \ 框架 D、底框 D、内框 D、砌体 \ 框架 D、框架 \ 混合 C、石拱桥 B、砼 \ 框架 D、简支梁 B、混合 C、混合 D 只有芦阳镇一个镇具有这种结构，不具有研究性，因此进行数据处理时删除。

(1)KMO 和 Bartlett 的球形检验

利用 KMO 和 Bartlett 的检验结果进行判断，结果如表 4。从表 4 可见：① KMO 的值为 0.730，属于适用于因子分析的范围，说明可以进行因子分析[12]。Bartlett 球形检验达到显著水平，具有统计学意义，说明变量间存在相关性，可以提取公因子。② *sig*(显著性)概率值 $p=0.000<0.05$，拒绝虚无假设，代表总体的相关矩阵间有共同因素存在，可以进行因子分析。

表 4 KMO 和 Bartlett 的检验

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0.730
Bartlett 的球形度检验	近似卡方	114.730
	df	36
	Sig.	0.000

(2)方差解释表

对各因子进行方差解释比例，如表 5 所示。从表 5 可见：前 2 个因子解释了所有变量的 72.7%，且特征根均大于 1，所以提取 2 个公共因子，该结果还可以从图 3 碎石图可以看出。碎石图中可以看出从第三个因子开始平缓，因此选用 2 个因子合理。

(3)旋转后的因子载荷矩阵

因为因子载荷较为复杂，通过因子轴的旋转，得到表 6，使载荷更加明显。从表 6 可以看出：

第一因子在太平镇、清仁乡、龙门乡、芦阳镇、双石镇、宝盛乡有较高荷载。根据图 1 可知太平镇、清仁乡、龙门乡、双石镇、宝盛乡五乡均为芦山地震中Ⅸ度烈度区。地震灾害发生时，烈度越大的地区相应受到的损失也越严重，经济越发达的地区，同样受到的损失也越严重。因此将第一因子重命名为受灾程度。第二因子在飞仙关镇有较高荷载。飞仙关镇是芦山县的南大门，具有重要的地理位置。该镇是芦山县仅次于芦阳镇的重要工业、农业生产基地，同时也是该县的根雕艺术品生产基地。因此，将第二因子重命名为经济影响程度。

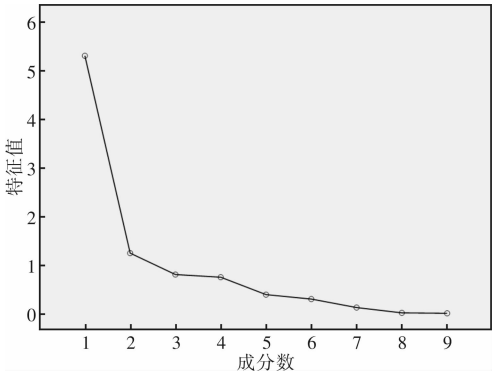


图 3 碎石图

从图 4 的成分图可以看出 2008 年前建造的公用建筑在芦山地震受灾严重的位于Ⅸ度烈度区和县城中心芦阳镇。飞仙关镇虽然受烈度影响相对较小，但是经济损失较大。

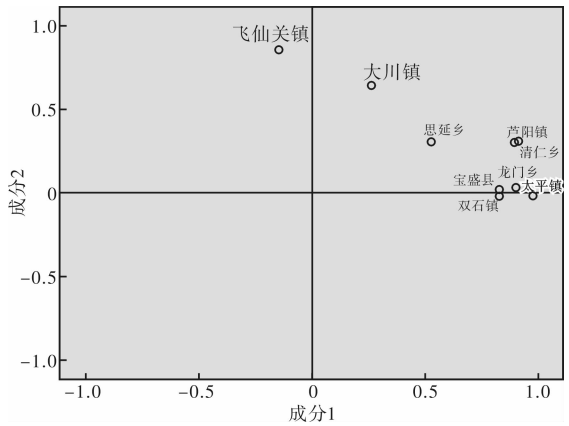


图 4 旋转空间中的成分图

3.3 2008 年以后建造的公共建筑的因子分析

进行因子分析时首先剔除掉各个乡镇中独有的、不具有代表性的建筑结构类型：底框 D、砖混 \ 框架 B、混合 C、混合 D、钢混 C、剪力墙 A、框剪 B、砌体 D、砖木 B。分析过程同 3.2 节。

(1)KMO 和 Bartlett 的球形检验

利用 KMO 和 Bartlett 的检验结果进行判断，结果如表 7。从表 7 可以看出：① KMO 的值为 0.616，属于不太适合但尚可接受的范围，说明勉强可进行因子分析[12]。Bartlett 球形检验达到显著水平，具有统计学意义，说明变量间存在相关性，可以提取公因子。② *sig*(显著性)概率值 $p=0.000<0.05$，拒绝虚无假设，代表总体的相关矩阵间有共同因素存在，可以进行因子分析。

(2)方差解释表

对各因子进行方差解释比例，如表 8 所示。

表 8 中只提取了一个因子，该因子解释了所有变量的 72.7%，其解释变量的比例与 2008 年前相同，且特征根均大于 1，说明 2008 年以后建造的公共建筑只用 1 个公共因子就能说明变量的共性特征。

因为只有一个因子所以无法进行旋转。得到成分矩阵，如表 9 所示。

表 5　解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%
1	5. 289	58. 771	58. 771	5. 289	58. 771	58. 771	5. 137	57. 078	57. 078
2	1. 250	13. 885	72. 656	1. 250	13. 885	72. 656	1. 402	15. 578	72. 656
3	0. 812	9. 018	81. 674						
4	0. 757	8. 412	90. 086						
5	0. 401	4. 453	94. 539						
6	0. 310	3. 441	97. 980						
7	0. 136	1. 513	99. 492						
8	0. 027	0. 303	99. 795						
9	0. 018	0. 205	100. 000						

注：提取方法为主成份分析法。

表 6　旋转成分矩阵

乡镇	成分	
	1	2
太平镇	0. 978	－0. 015
清仁乡	0. 912	0. 308
龙门乡	0. 898	0. 027
芦阳镇	0. 895	0. 299
双石镇	0. 830	－0. 013
宝盛乡	0. 827	0. 015
思延乡	0. 525	0. 306
飞仙关镇	－0. 142	0. 847
大川镇	0. 268	0. 637

注：(1)提取方法：主成分。(2)旋转法：具有 Kaiser 标准化的正交旋转法，旋转在 3 次迭代后收敛。

表 7　KMO 和 Bartlett 的检验

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0. 616
Bartlett 的球形度检验	近似卡方	150. 690
	df	36
	Sig.	0. 000

表 8　解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的/%	累积/%	合计	方差的/%	累积/%
1	7. 021	78. 013	78. 013	7. 021	78. 013	78. 013
2	0. 726	8. 064	86. 077			
3	0. 566	6. 290	92. 367			
4	0. 347	3. 852	96. 218			
5	0. 184	2. 049	98. 267			
6	0. 094	1. 041	99. 309			
7	0. 059	0. 660	99. 969			
8	0. 003	0. 028	99. 997			
9	0. 000	0. 003	100. 000			

注：提取方法是主成份分析法。

表 9　成份矩阵

乡镇	成份 1
双石镇	0. 952
太平镇	0. 932
龙门乡	0. 915
宝盛乡	0. 910
大川镇	0. 907
清仁乡	0. 898
飞仙关镇	0. 879
芦阳镇	0. 782
思延乡	0. 754

注：提取方法为主成份法。

从表 9 可以看出，第一因子在双石镇、太平镇、龙门乡、宝盛乡荷载较高。这些镇均处在Ⅸ烈度区，因此第一因子同样被重命名为受灾程度。说明 2008 年以后建筑的公共建筑受损情况只随着烈度不同而不同。和 2008 年以前的分析结果相比，产生的经济损失较小，不再是共性的原因。因此，基本可以判定在芦山 7. 0 级地震中公共建筑遭受的经济损失主要来源于 2008 年汶川 8. 0 级地震以前建造的建筑。

3. 4　2008 年前后因子分析结果对比分析

从表 6 和表 9 的成分矩阵中可以看出芦山 7. 0 级地震中烈度对公共建筑的影响较大。因此从表 2 和表 3 汇总的结果出发，结合图 1 的各乡镇的地震烈度图，给出不同的烈度区的具体分析。

3. 4. 1　Ⅶ度烈度区

芦山地震中，芦山县处于Ⅶ度烈度区的是大川镇。

(1)2008 年之前建造的公共建筑，建筑结构多样，评估结果多样。其中达到 A、B 级的建筑有砖混结构和砖木结构，说明在Ⅶ度烈度下，未按Ⅶ度设防要求建造的砖混和砖木结构也能起到了抵抗Ⅶ度烈地震的作用。但是砌体和木结构全部为 C、D 级，说明大川镇的砌体结构和木结构抗震效果较差。

(2)2008 年以后建造的公共建筑没有 D 级，说明汶川地震重建的建筑都达到了Ⅶ度设防的要求。2008 年以后新出现了框架结构，评估结果为 A 级和 B 级占该镇所有框架结构的 91%，C 级的框架结构只有一栋，没有 D 级，显示了框架结构良好的抗震性能。

3. 4. 2　Ⅷ度烈度区

芦山地震中，芦山县处于Ⅷ度烈度区的是芦阳镇、思延乡和飞仙关镇。这 3 个镇具有重要的政治、经济地位。Ⅷ度烈度已经超过了该地区的Ⅶ度设防的要求。

(1)2008 年之前建造的公共建筑。A 级建筑的砌体结构和砖混结构，B 级建筑以砖混为主。而 D 级的建筑结构由砌体、砖混、框架、砖木等所有的结构形式，D 级建筑占该烈度区所有评估建筑 80%。

(2)2008 年以后建造的公共建筑。A 级建筑的结构有砌体、框架、砖混和剪力墙四种，占 08 年以后建筑的 10%。B 级建筑的结构更广泛，除了 A 级的建筑结构类型之外，还增加了框剪、石拱桥、

简支梁、砖混\框架等结构，占34%。而D级建筑则下降到24%。

通过对比可知，汶川重建后的建筑抗震性能明显高于重建之前的建筑。但是2008年之后建造的各类型的建筑结构都存在着D级，说明Ⅷ度烈度对各类型的建筑都造成破坏。

3.4.3 Ⅸ度烈度区

芦山地震中，芦山县处于Ⅸ度烈度区有五个：太平镇、宝盛乡、龙门乡、双石镇、清仁乡，涉及范围最广，受灾严重。Ⅸ度烈度已经大大超过了该地区的Ⅶ度设防烈度。

(1)2008年之前建造的公共建筑。

A级建筑结构有框架、砌体、砖混三种，占该烈度区所有评估建筑的6%。B级建筑结构除了A级的建筑结构类型之外，还包括木结构和砖木结构，共占13%。说明在高烈度区木结构和砖木结构的建筑虽然比框架、砌体、砖混抗震性能差一些，但是也有较好的抗震性能。尤其是木结构的宝盛乡凤头村宝幼儿园建于1980年代，说明了木结构也能够具有良好的抗震性能。

D级建筑的建筑结构类型有砖木、砖混、砌体、框架、底框四种，占63%。说明2008年以后的建筑受损不仅严重，而且数量种类较多。

(2)2008年以后建造的公共建筑。

A级建筑结构有框架、砖混、砌体等三种，其中框架结构占全部A级建筑的84%，是主要结构类型。B级建筑结构类型仍然是框架、砌体和砖混，其中框架结构占全部B级建筑的78%。因此在Ⅸ度烈度区，框架结构表现出极强的抗震性能。

A级与B级的建筑数量占所有的Ⅸ度烈度区评估建筑的78%。相对比2008年以前建筑的19%来讲，有了大幅的提高。

D级建筑只有两栋，只占全部评估建筑的2%。相对比2008年以前建筑的63%来讲，比例下降明显。这两栋建筑都在太平镇，分别为建于2008年的砖混结构的太平派出所办公楼宿舍楼和建于2012年的框架结构春光村村委会。虽然是个例，但是值得进一步研究。

通过对比分析，可知汶川8.0级地震灾后重建的建筑的抗震性能大幅提高，尤其是按照Ⅶ度设防标准建筑的框架结构，基本可以抵御Ⅸ度烈度的强震。

4 结论

应用R型因子分析模型和SPSS19.0软件对四川省芦山县670座公共建筑进行了实证研究。通过2008年以前建造的公共建筑和2008年以后建造的公共建筑在2013年芦山7.0级地震的受损结果进行对比分析，结论总结如下：

(1)芦山7.0级地震受损严重的建筑以2008年以前的公共建筑为主。说明2008年之后建筑的公共建筑的抗震效果明显。

(2)2008年以后建造的公共建筑全部达到了Ⅶ度设防的目标要求。

(3)同一种建筑结构抗震性能的差异性也较大。例如同样是木结构的房屋，在Ⅸ度烈度区的宝盛乡的级别为B级，而在Ⅶ度烈度区的大川镇的级别为D级。

(4)框架结果表现出比其他结构更好的抗震性，按照Ⅶ度设防标准建筑的框架结构，基本可以抵御Ⅸ度烈度的强震。

参考文献：

[1] 王自法. 从地震工程研究看防震减灾科学研究计划[J]. 国际地震动态，2005(7)：7-22.

[2] 杨月巧，迟宝明，胡俊锋，等. 地震灾后恢复重建的后评价框架体系研究[J]. 灾害学，2014，29(1)：18-19.

[3] 张令心，刘琛，刘洁平. 芦山地震楼梯间震害调查及思考[J]. 地震工程与工程振动，2013，33(4)：21-28.

[4] 王涛，张永群，金波. 芦山7.0级强烈地震砖混民居震害调查与分析[J]. 地震工程与工程振动，2013，33(3)：9-19.

[5] 黄世敏，康艳博，于文. 芦山地震建筑物震害及思考(一)[J]. 建筑科学，2013，29(9)：1-7.

[6] 李凌. 校舍墙体受损是否质量不过关[N]. 中国教育报，2013-04-27(1).

[7] 洪海春，许汉刚，瞿红梅，等. 318国道沿线芦山地震的震害特征与烈度区划探讨[J]. 灾害学，2014，29(1)：125-130.

[8] 芦山概况[EB/OL]. [2014-03-13]. http://www.yals.gov.cn/Default.aspx.

[9] 程强，郑同健. 芦山地震公路地质灾害调查及评估[J]. 灾害学，2014，29(1)：131-135.

[10] 汤罗圣，殷坤龙，刘艺梁. 基于因子分析和BP神经网络的滑坡抗剪强度参数取值[J]. 灾害学，2012，38(4)：17-20，27.

[11] 时立文. SPSS19.0统计分析[M]. 北京：清华大学出版社，2012：287.

[12] 张红坡，张海锋. SPSS统计分析实用宝典[M]. 北京：清华大学出版社，2012：267.

Anti-seismic Effect of Post-disaster Reconstruction Public Building Based on R-factor Analysis

Yang Yueqiao[1,2], Chi Baoming[1,2], Shi Yang[3] and Xue Hui[1]

(1. *Institute of Disaster Prevention*, *Sanhe* 065201, *China*; 2. *Institute of Engineering Mechanics*, *CEA*, *Haerbin* 150080, *China*; 3. *Earthquake Prevention and Disaster Reduction Bureau of Lushan Country*, *Yaan* 625600, *China*)

Abstract: By using R-factor analysis model and SPSS19.0 software, an empirical study is done to 670 public constructions in Lushan County in Sichuan Province. The damaged results during Lushan M7.0 earthquake in 2013 of public constructions built before and after 2008 are comparatively analyzed. Results show that most of the seriously damaged public constructions were built before 2008. Buildings of post-earthquake reconstruction are of obvious anti-seismic effect and all have reached the goal of intensity Ⅶ. The same architectural structure has different seismic behaviors. Skeleton structure has better earthquake resistance than others. Skeleton structures of seismic intensity Ⅶ degrees can resist Ⅸ intensity earthquake.

Key words: Lushan M7.0 earthquake; Wenchuan M8.0 earthquake; post-disaster recovery and reconstruction; public building; R-factor analysis