2. 绵阳市城区建筑震害调查与鉴定原则

邸小坛

（中国建筑科学研究院，北京　100013）

摘　要：本报告提供了绵阳市城区震后建筑受损的宏观调查情况，对震后建筑的应急鉴定和砖混结构住宅抗震鉴定的原则提出了建议。

关键词：震后调查；应急鉴定；砖混住宅；抗震鉴定。

1　引言

2008年5月12日汶川地震后，按住房和城乡建设部的要求，中国建筑科学研究院组织专业技术人员赴四川地震灾区进行了震后建筑的应急鉴定。

本报告的作者认为：震后建筑的应急鉴定应以保障余震发生时人员与重要设备的安全为主要目的。

绵阳城区原抗震设防为6度，汶川地震对绵阳城区的影响接近或超过地震烈度7度。而在绵阳城区未发现因地震倒塌的建筑，严重损伤的建筑也相对较少，这里面包含了大量远未达到《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2001）[1]6度抗震设防要求的建筑。基于这种原因，在灾后恢复重建阶段某些部门提出：地震灾区的建筑应该按《建筑抗震鉴定标准》（GB 50023—95）[2]或建筑建造时有效的抗震设防的规范进行鉴定。

中国建筑科学研究院建筑工程检测中心在某些企业的大力协助下，对绵阳城区近50万m^2的砖混结构的住宅进行了详细地检测和抗震能力的鉴定，并认为：砖混结构住宅的抗震鉴定应该以《建筑抗震设计规范》的设防要求为基准，但在鉴定过程中可以利用该规范为设计阶段预留的不确定性储备，在满足规范设防要求的前提下尽量减少抗震加固与改造的工作量。

2　建筑震害调查与宏观分析

中国建筑科学研究院技术支援组在绵阳期间的应急鉴定共涉及建筑物450栋，建筑面积约430万m^2。其中在绵阳市城区的应急鉴定共涉及建筑物363栋，建筑面积总计约410万m^2，没有发现因地震倒塌的建筑。据了解，绵阳市城区共有建筑约4000万m^2，绵阳市建设局和房管局本次应急鉴定的住宅约2200万m^2，其他建筑约1700万m^2，也没有因地震倒塌的建筑。

2.1　绵阳城区建筑震害情况

在中国建筑科学研究院应急鉴定的建筑中，混凝土结构的建筑约216栋，建筑面积约337万m^2。这里的混凝土结构包括框架筒中筒结构、框架剪力墙结构、框架结构、底层框架结构和排架结构等。在这216栋建筑中，只有5栋是完好的，42栋建筑存在结构性损伤

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

或构件破坏（约占总数的20%），其他建筑都存在着非结构性损伤。存在结构性损伤或构件破坏建筑的情况见表1。角柱损伤示意见图1，楼梯板破坏见图2，这两张照片分别由费比刚和唐坤提供。

存在结构性损伤或构件破坏建筑统计情况（混凝土结构） 表1

项次	损伤或破坏类别	数量	说明
1	楼梯及楼梯间构件损伤或破坏	14	含楼梯板、楼梯梁和楼梯间柱
2	角柱损伤或破坏	9	含施工缝开裂
3	框架筒中筒柱损伤	1	仅一栋框架筒中筒结构
4	出屋面结构损伤或破坏	5	水塔等、雨篷等
5	柱间支撑的柱头破坏	6	
6	现浇梁板损伤或破坏	5	边梁与井字梁
7	预制板	1	位置错动
8	基础不均匀沉降	1	



图1 角柱损伤



图2 楼梯板破坏

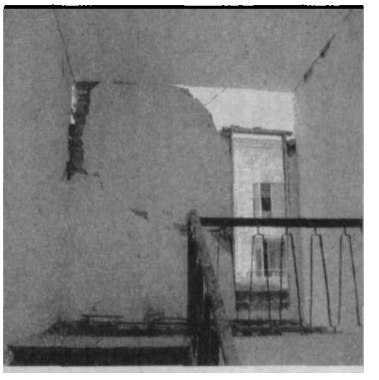


图3 墙体破坏

非结构性损伤包括隔墙（填充墙）出现明显裂缝、围护结构开裂或破坏、吊顶脱落、饰面砖脱落等。

中国建筑科学研究院共参与鉴定钢结构建筑9栋，其中8栋为单层厂房，一栋为5层公共建筑。钢结构的建筑有两栋完好，其余建筑有轻微非结构构件的损伤。

混合结构的情况比较复杂，分成砖混结构、内框架结构、部分内框架结构、空旷砌筑结构，本报告仅介绍砖混结构的情况。

本报告所说的砖混结构是抗侧力或墙体为砌筑结构，楼面或屋面为混凝土构件，主要为住宅或办公建筑，楼层数在1～7层之间。

本次共鉴定砖混结构的建筑96栋，建筑面积约38万m^2。其中完好的建筑仅一栋，结构构件未见损伤的建筑11栋（层数一般在4层以下），结构构件局部损伤的8栋，其余建筑出现较严重的损伤或局部破坏，破坏类型有：突出屋顶楼梯间倒塌、楼梯间横墙破坏、女儿墙倒塌、墙体水平裂缝等，参见图3的照片（黄选明提供）。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2 建筑震害情况分析

对绵阳城区建筑震害调查总的印象是：建筑的地震损伤似乎没有想像的那样严重。

汶川地震在绵阳城区的地震烈度可能在7度左右（有的资料表明：汶川地震在绵阳城区的地面运动加速度约为0.15g），而绵阳城区在汶川地震发生前的抗震设防烈度为6度。

按照《建筑抗震设计规范》抗震设防的目标分析，在当遭受了高于本地区设防烈度地震影响后，绵阳城区的建筑没有倒塌的现象，大多数建筑出现损坏，经处理后可以使用。

本报告作者到绵阳市安县安昌镇进行了若干栋建筑的应急鉴定，并在某建筑屋顶拍摄了该建筑周围建筑的震害情况。安昌镇在汶川地震发生前的抗震设防烈度为7度，据说震后设防烈度提高到8度。

由图4的照片可以看到，安昌镇倒塌的房屋也比较少。这三张照片均为中国建筑科学研究院费必刚拍摄。



(a) (b) (c)

图4 绵阳市安县安昌镇建筑震后损伤

3 对应急鉴定工作的建议

与地震问题相关的建筑物的鉴定可分成震后应急鉴定、震后建筑损坏情况鉴定和建筑抗震能力的鉴定。

震后建筑的应急鉴定应该以保证余震发生时不致造成人员伤亡和财产损失增大为主要目的，其损伤程度的划分标准与专门为估计地震造成的经济损失的建筑损坏情况鉴定目的不同，也不宜照搬唐山地震后一些评估标准的规定。

震后应急鉴定应将建筑分成无损伤、无结构性损伤、存在结构性损伤、结构构件严重损伤和局部倒塌五个等级，而对于已大范围倒塌的建筑无需进行应急鉴定。

3.1 无损伤建筑

此处所说的无损伤是指建筑的结构件、非结构件、建筑的设施和装饰与装修在地震中均无明显损伤。无损伤建筑在余震频发阶段可以使用。

但是这种鉴定结论不适用于余震震中区附近的建筑。本次汶川地震的余震分布在汶川—北川—清川一线。也就是说，在汶川地震主震中未出现损伤的建筑，当其处在清川余

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

震震中附近时很有可能倒塌或严重破坏。这是汶川地震余震与唐山地震余震明显不同之处。

3.2 无结构性损伤建筑

无结构性损伤建筑也是余震频发阶段可以使用的建筑。但在使用前，应对已损伤部位采取有效措施予以处理。无结构性损伤是指非结构件或装修出现损伤或破坏，如隔断墙破损、地面破损、抹灰脱落、吊顶破碎或脱落、非承重（隔墙）破坏、围护结构与外饰面破损、室内的设备与设施位移以及室外围墙倾倒等，如图 5 所示。

应急处理可包括清除破损部位、设置临时支顶、设置警戒线等。这些处理措施一般不需要专业技术队伍实施，但对于避免余震发生时人员的伤亡是非常必要的。



图 5 无结构性损伤

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.3 结构性损伤建筑

所谓结构性损伤是指结构构件或连接出现地震造成的损伤，但未出现承载能力极限状态的标志。对于应急鉴定来说，凡存在结构性损伤的建筑均属于在余震频发期不宜使用的建筑。这类建筑在余震发生时可能会发生严重的破坏或局部倒塌。

应急鉴定一般由政府主管部门组织，由志愿者具体实施。志愿者虽然不承担鉴定失误的责任，但最好适当从严掌握鉴定结论。

当存在结构性损伤建筑确实要在余震频发期使用时，其业主应该委托有能力的鉴定单位进行鉴定。这种鉴定是典型的市场行为，鉴定单位要承担鉴定失误造成的经济损失和责任，收取费用是必然的。而政府的某些部门也没有必要对这种鉴定做出不允许收费的规定。

3.4 严重损伤建筑

结构构件出现承载能力极限状态标志的建筑属于严重损伤建筑。这类建筑在余震发生时可能会出现局部或大面积倒塌的现象，属于在余震频发期不应使用的建筑。应急鉴定人员应提示有关业主：在条件许可时应该尽量取出遗留在建筑中的贵重物品。

不排除这类建筑在余震频发期还可以使用，但这种鉴定也应由专业机构完成。

3.5 局部倒塌的建筑

对于局部倒塌建筑，应以尽量保护遗留在建筑中的财物与设备，在取出财物与设备时应设置专门的支顶措施，避免余震发生时造成人员的伤亡。

以上关于应急鉴定的原则已向《震后建筑鉴定与加固指南》编制组提出。

4 关于砖混结构住宅抗震鉴定的建议

汶川地震灾害调查表明，大量远远不符合《建筑抗震设计规范》规定的砖混结构的住宅在超过设防烈度地震的影响下不仅没有发生倒塌，而且损伤较轻。这种现象与长期以来一些技术人员对砖混结构住宅抗震能力的印象极不相符。也就是根据这种现象有关部门提出：建筑的抗震能力应该按《建筑抗震鉴定标准》或建筑建造时有效抗震设防标准鉴定。为此有必要比较一下相关标准的抗震设防目标。

4.1 建筑抗震设防的基准与目标

根据《中华人民共和国防震减灾法》的规定，建筑必须按照国家颁布的地震烈度区划图或地震动参数区划图的要求进行抗震设防。而《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2001）[3]只提供了设防地震烈度与动峰值加速度对应关系和地震动反应谱特征周期等基本参数，并没有提出具体的设防目标。

《建筑抗震设计规范》（包括 GBJ 11—89[4]和 GB 50011—2001）提出了建筑抗震的三水准设防目标，表 2 列出了设防目标对应的地震参数。

设防水准与峰值加速度　　表 2

项次	设防水准	6 度	7 度		8 度		9	10
1	设防烈度Ⅱ	0.05g	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g	0.80g
2	多遇地震Ⅰ	0.0175g	0.025g	0.05g	0.075g	0.10g	0.15g	—
3	罕遇地震Ⅲ	0.10g	0.20g	0.30g	0.40g	—	—	—

注：设防烈度峰值加速度为《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2001）规定的数值。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

《建筑抗震设计规范》水准Ⅱ的设防目标是使构件承载能力极限状态的可靠性指标 β 满足《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)[5]的要求。水准Ⅰ的设防目标是结构适用性，目的是减小多遇地震造成的经济损失[6]；水准Ⅲ的目标是在设防烈度确定的罕遇地震烈度作用下结构不致倒塌或发生危及生命的严重破坏，类似于《建筑结构可靠度设计统一标准》结构抵抗偶然作用能力的规定。

严格地讲，《建筑抗震设计规范》关于水准Ⅰ和水准Ⅲ的设防目标已经超过《中华人民共和国防震减灾法》的规定，但符合《建筑结构可靠度设计统一标准》的要求。据有关规范解释[7]：设置水准Ⅲ的原因是，地震预报难度大，地震区划的准确性难以保障。唐山地震和本次汶川地震均表明建筑抗震设计规范编制者的这种考虑是必要的。特别是由于《建筑抗震设计规范》关于水准Ⅱ的设防目标有足够的安全系数（或分项系数），适当进行结构体系和构造的控制，结构一般可以实现水准Ⅲ的抗震设防目标。

《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11—78)[8]规定的建筑抗震设防目标为：在设计烈度地震作用下建筑的损坏不致使人民生命和重要设备遭受危害。据说，该规范的设防目标为承载能力极限状态的设计。但该规范规定抗震验算时的安全系数为正常使用安全系数的 0.8，加之当时的规范又没有构件承载力的安全系数，这种承载能力极限状态设计的安全水平（可靠性）远远低于《建筑抗震设计规范》水准Ⅱ。

《建筑抗震鉴定标准》的鉴定基准为：在相当于抗震设防烈度的地震影响时，不致发生倒塌伤人或砸坏重要设备。这种鉴定基准明显低于《工业与民用建筑抗震设计规范》，基本相当于在设防烈度地震影响下建筑不倒塌。

据说在地震作用下结构倒塌主要靠结构体系控制，因此有必要进行砖混结构体系规定的比较。

4.2 结构体系与实际情况的比较

砖混结构的结构体系主要是建筑总高度、层数、高宽比，抗震墙的间距以及构造柱和圈梁的设置等。在结构体系方面，《建筑抗震设计规范》的要求最严格，其次为《工业与民用建筑抗震设计规范》，《建筑抗震鉴定标准》的要求最松。

这里需要指出的是：虽然《建筑抗震鉴定标准》的规定最松，但是其规定也是有大量震害调查数据为依据的。而规范关于结构体系的规定都是缘于震害调查，并非通过理论分析得到。

中国建筑科学研究院建筑工程检测中心在绵阳城区正在进行约 50 万 m^2 砖混结构住宅的检测与抗震性能的鉴定。绵阳城区原抗震设防烈度为 6 度，汶川地震主震在该地区的地面峰值加速度约为 $0.15g$，达到 7 度强的烈度（参见表 2）。据说震后该地区的抗震设防烈度由 6 度升为 7 度。

绵阳城区大量砖混结构的住宅在这样的地震影响下并没有出现倒塌，其中有相当数量的住宅甚至不符合《建筑抗震设计规范》6 度设防的要求，但并没有出现严重的破坏。

例如某“品”字形点式 7 层砖混结构住宅，屋盖、基础、5 层楼盖和 3 层楼盖处设置圈梁，没有构造柱，大致符合《建筑抗震鉴定标准》8 度设防的要求。

在 7 度烈度的地震影响下仅在某一角部墙体出现明显宽大裂缝，裂缝从 1 层延伸到 3 层圈梁处。这是该小区众多住宅中受损最严重的。

如果严格按照《建筑抗震设计规范》的规定衡量，该住宅不能满足 6 度抗震设防的要

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

求，也不符合6度设防时罕遇地震烈度（0.1g）影响下不倒的要求。这种评定的结论显然与实际情况不符。原因是：该楼已经经历了峰值加速度约为0.15g地震影响的考验，其破损并不十分严重。显然，如果考虑该地区抗震设防烈度升到7度，按照《建筑抗震设计规范》的规定，该楼的抗震加固和改造工作量必然很大，让住户和相关企业心存疑虑又不堪重负。

如果按照《建筑抗震鉴定标准》的规定衡量，该楼已经经历了地震加速度为0.15g地震的影响，已经满足该标准7度抗震设防的要求，也没有必要再进行鉴定，只要进行恢复性加固（对损伤进行修复，个别部位加固）即可。但是该楼确实不能保证在7度设防的罕遇地震影响下不发生局部的倒塌。由于该楼未设置构造柱，可以想像，如果地震烈度再大一些，该楼底层角部墙体会产生较大的位移，数层预制楼板就会塌落，造成人员的伤亡。

也就是说按照《建筑抗震鉴定标准》进行鉴定是不合适的，特别是在地震预报难度较大、地震区划准确性难以保障的条件下，会让建筑抗震的鉴定单位及其决策者（包括企业和政府主管部门）背负较大的责任。

4.3 砖混结构住宅抗震鉴定的建议

砖混结构住宅抗震能力的鉴定应以《建筑抗震设计规范》抗震设防的基本要求为基准，对住宅的实际状况进行鉴定，重点要保障在设防烈度规定的罕遇地震影响下不发生倒塌。在具体鉴定时可以不必严格照搬《建筑抗震设计规范》关于设置构造柱和圈梁的规定，而根据地震影响出现的损伤情况做出判断，适当增设构造柱和圈梁。

例如上述“品”字形点式住宅，在建筑的6个角部增设构造柱后可以保证在7度抗震设防的罕遇地震影响下不发生局部倒塌。

这种鉴定可以有效规避鉴定单位的风险（包括决策者的风险），符合现行规范抗震设防的基本要求，加固改造量又不大，且易于为委托鉴定单位或用户接受。

这种鉴定方法是中国建筑科学研究院“十一五”国家科技支撑计划重大项目《既有建筑检测与评定技术研究》的研究成果之一，其关键在于“确保结构应有的性能，适度利用设计阶段不确定性储备，尽量减少建筑结构的加固与改造工程量。

对于砖混结构的住宅来说，其纵墙与横墙设置较多，间距较小，实际抗震能力比《建筑抗震设计规范》要综合考虑的其他类型砖混结构的建筑（如学校、医院、办公楼等）的抗震性能好。这种优势可以在抗震鉴定中适度利用。

4.4 建筑抗震能力鉴定的其他建议

本报告提出的砖混结构住宅的抗震鉴定原则也许不适用于其他类型的砖混结构建筑或混合结构的建筑，也不能用于混凝土结构抗震适用性评定。也就是说对于其结构的建筑，如果按照鉴定标准的规定进行鉴定可能会有较大的风险。

倡导按照鉴定标准进行抗震鉴定的技术人员和政府官员可能主要考虑的是经济问题，提倡讲究政策。但是，自然灾害是不讲政策的，2008年初南方的冰冻灾害和这次汶川地震似乎都没有讲政策。

汶川地震造成大量文物的破坏，其经济损失无法估量，参见图6的照片（李显忠摄）。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

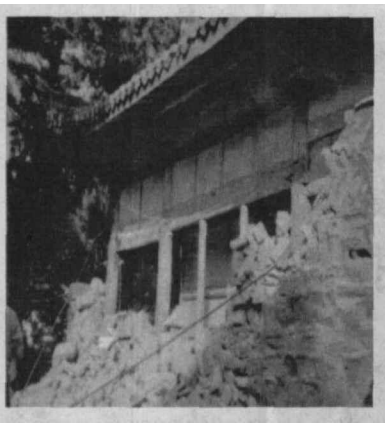


图 6 梓潼县古建筑图



图 7 三峡移民住宅



图 8 农民住宅坍塌

汶川地震因建筑倒塌造成数万人伤亡，损失巨大，其中可能有大量符合鉴定标准要求的建筑，参见图 7 的照片（任为教摄）。其中最为无助的是农民，他们的房屋可能还不能符合建筑抗震鉴定标准的要求，参见图 8 的照片。最近听说国家要将农民自有住宅全部按 6 度设防进行加固，此举功德无量，会得到建筑行业绝大多数技术人员的赞同。

参 考 文 献

[1] 建筑抗震设计规范（GB 50011—2001）. 北京：中国建筑工业出版社，2001.
[2] 建筑抗震鉴定标准（GB 50023—95）. 北京：中国建筑工业出版社，1995.
[3] 中国地震动参数区划图（GB 18306—2001）. 北京：中国标准出版社，2001.
[4] 建筑抗震设计规范（GBJ 11—89）. 北京：中国建筑工业出版社，2001.
[5] 建筑结构可靠度设计统一标准（GB 50068—2001）. 北京：中国建筑工业出版社，2001.
[6] 高小旺，龚思礼等. 建筑抗震设计规范理解与应用. 北京：中国建筑工业出版社，2002.
[7] 工业与民用建筑抗震设计规范编制说明，1979.
[8] 工业与民用建筑抗震设计规范（TJ11—78）. 工程建设规范汇编－4，结构设计与施工规范. 北京：中国建筑工业出版社，1985.
[9] 工业与民用建筑抗震鉴定标准（TJ23—77）. 工程建设规范汇编－4，结构设计与施工规范. 北京：中国建筑工业出版社，1985.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net