

《建筑抗震设计规范》手册

下 篇

王 广 军 编

中国建筑科学研究院

《建筑抗震设计规范》手册

王 广 军 编

中国建筑科学研究院

第五章 多层砌体房屋

§ 5.1 概述

砖混结构是我国的一种传统建筑形式，具有防火、吸音、吸潮性能，建筑平面布置灵活，立面美观，能适应多样化的要求，经久耐用和便于维修而且所用材料丰富易取，施工简便，造价较低等优点，是我国量大面广的建筑类型。其年竣工面积约占竣工面积总数的65%左右，占住宅竣工面积总数的90%以上。未经合理抗震设计的多层砖房，抗震性能是比较差的。历次地震后的调查表明，砖石房屋的破坏率都比较高。例如，1923年日本关东大地震中，东京约有砖石房屋7,000幢，几乎全部遭到不同程度的破坏，灾后仅有1,000余幢平房能修复使用。1906年美国旧金山地震中，砖石房屋破坏特别严重。1948年苏联阿什哈巴地震中，砖石房屋倒塌和破坏者占70~80%。

在我国，邢台、通海、东川、阳江、海城、唐山地震震害调查表明，未经抗震设防的多层砖房，6度区内，除女儿墙、出屋面小烟囱多数遭到严重破坏外，极少数房屋的主体出现轻微损坏；7度区，少数房屋轻微损坏，并有少量房屋达到中等破坏；8度区内，多数房屋出现震害，其中半数达到中等程度以上的破坏，并有局部倒塌情况发生；9度区内，房屋普遍遭到破坏，多数达到严重程度，局部倒塌的情况也比较多，个别房屋整幢倒塌；10度以上地震区内，砖房普遍倒塌。

表5.1.1为我国六十年代以来主要破坏性地震中多层砖房的震害程度统计表。

表 5.1.1 震害程度统计表

震害调查情况	6 度		7 度		8 度		9 度		10度以上	
	栋数	百分比	栋数	百分比	栋数	百分比	栋数	百分比	栋数	百分比
基本完好 (I)	230	45.9%	250	40.8%	141	37.2%	9	5.8%	4	0.8%
轻微损坏 (II)	212	42.3%	231	37.7%	74	19.5%	14	9.1%	30	2.5%
中等破坏 (III)	56	11.2%	75	12.2%	94	24.8%	38	24.7%	66	5.6%
严重破坏 (IV)	3	0.6%	54	8.8%	69	18.2%	83	53.9%	154	13%
倒塌 (V)	—	—	3	0.5%	1	0.3%	10	6.5%	933	78.6%
总计	501	100%	613	100%	379	100%	154	100%	118.1	100%

房屋的破坏程度和破坏部位因房屋的体形、平面布置、楼盖类型而不同。虽然多层砖房地震时容易破坏，但纵横墙较多房屋，除位于极高烈度区外，发生整幢坍塌的情况还是极少见的。解放以来唐山地震以前，我国发生十多次大地震中，位于6度至9度区内的大量多层砖房，遭到不同程度的破坏是大量的，而发生整幢坍塌的仅是云南峨山的一幢两层服务楼和辽宁海城的一幢三层招待所等个别房屋。1976年唐山地震中，虽然有大量多层砖房倒塌，但绝

大多数发生于10度和11度区。以上事实说明，多层砖房的抗破坏能力很低，但仍具有较高的抗倒塌能力。因此，除高烈度地震区外，砖石结构房屋，只要合理设计和采取有效的抗震措施，精心施工，在地震区是可以采用的。

中、小型砌块由于生产工艺简单，施工方便，节约良田好土，造价低，适应性强，同时能利用工业废料等优点，因此得到较为广泛的应用。60年代到70年代间，混凝土空心中型砌块和粉煤灰硅酸盐密实砌块，已先后在上海、浙江、贵州、湖南、广西、四川、河南、甘肃等省，开始应用和生产。70年代起混凝土空心小型砌块也先后在广西、贵州、广东、四川、安徽、河南、浙江、江苏等省进行生产和应用。其中有相当部分房屋位于地震影响区域内。中型砌块经过计算分析和一些震害调查，并进行过一些足尺房屋的抗倒试验。小型砌块的试验资料和震害经验较中型砌块为多，国外也提供了这方面的成功经验。为此，《八九》规范增加了有关这方面的规定，并将这部分更名为多层砌体房屋。

§ 5.2 适用范围

5.2.1 《七四》规范的说明

本节的规定，主要是根据我国近年来多次强地震所提供的实践经验拟定的，同时也参考了一些国外类似结构的震害经验。本节的规定只适用于粘土砖承重的多层房屋（包括横墙较密的单层砖房）。对于灰砂浆及其它非粘土砖（或砌块）承重的房屋，因目前尚缺乏地震实践经验和科研成果，尚未做以具体规定。

我国近年来的几次主要地震，如通海、东川、阳江、邢台等地震，所提供的砖结构房屋抗震经验较多，其中尤以7度和9度区的抗震经验更为丰富，地震的次数多，地区也较广，而且有相当数量经过正式设计的2~5层砖结构房屋经受了地震考验。这些房屋的构造情况比较接近于目前的设计实际。上述实践的经验为本规范的编制提供了根据。在已发生9度地震的地区，较多地是当地群众自建的土房，少量为2~3层砖土房屋。由于各地区在材料与构造上差别较大，因而地震后造成的震害也不同，但总的说来，震害都较严重。在这些地区内只有很少量的1~2层建筑物是经过正式设计的。所以，9度区提供的实践经验较少，只能总结出一般性的破坏规律。根据以上具体情况，所以本规范在这一节中，对设计烈度为9度的抗震规定就稍严一些，以保障建筑物的安全。

5.2.2 《七八》规范的说明

本节及以后各节规定，原则上只适用于粘土砖承重的多层房屋（横墙较密的单层砖房，按本节有关条文适当放宽使用）。对于灰砂砖及其它非粘土砖（或砌块）承重的房屋，因目前还缺少地震区实际震害的经验和有关的基本物理、力学试验数据。因此，本规范还难以作出具体规定，有待今后补充。

本节有关规定，主要是根据解放以来的邢台、东川、阳江、通海特别是海城和唐山地震中所总结的震害宏观经验。同时，也参考了国外类似结构的震害经验及有关规定。

5.2.3 《八九》规范的说明

本章内容除《七八》规范烧结普通砖房屋外，增加了粉煤灰实心型砌块和混凝土空心中、小型砌块承重的多层砌体房屋。

粘土空心砖的孔型、规格在国内正在发展，尚未统一，有些型号的空心砖已经有了相当

多的试验资料和使用经验，可陆续制订专门规定，并参照本规范规定设计。非空旷的单层砌体房屋以及其他类似的房屋亦可参照本章规定设计。

§ 5.3 承重空心砖多层房屋抗震设计与施工规程介绍

空心粘土砖省土节能，砌筑效率高，且可减轻建筑物重量，降低工程造价，隔热保温性能好。因此，发展空心砖建筑是推进砖混建筑技术改造的有效途径之一。

空心砖建筑，目前国外发展得很快。在粘土砖中，空心砖占的比重联邦德国、意大利、瑞士等国达到百分之九十以上，保加利亚和南斯拉夫几乎全是空心砖。并且有部份空心砖建筑经受了地震的考验，表明在地震区推广空心砖建筑是可行的。

国内从六十年代初就开始了空心砖和空心砖建筑的研究和试用，但是研究工作主要针对砌体材性和静力强度方面，发展十分缓慢。1976年唐山地震以后，人们对空心砖建筑的抗震能力产生了疑虑，使空心砖建筑的发展和运用趋于停顿。近年来，随着建筑节能省土的新形势出现，空心砖建筑在我国又有了新的发展。

南京新宁砖瓦厂、四川和陕西建研所先后对不同类型的空心砖砌体抗震性能进行了一定数量墙片的试验研究；之后，中国建筑西北设计院、陕西省试验砖瓦厂、西安冶金建筑学院和大连工学院进行了地震区空心砖承重结构的试验研究，作了大量的墙片试验和理论分析。

从所进行的试验、实测和对以往试验研究成果的验证总结，得出如下主要结论：

1. KP_1 型承重空心砖砌体抗压强度和普通实心砖砌体相当。空心砖砌体的通缝抗剪强度，因孔洞砂浆的销键作用，比实心砖砌体有所提高，一般能提高10~20%，有利于抗震；
2. 空心砖墙的侧向承载力同实心砖墙相当。空心砖墙设置构造柱和实心砖墙设置构造柱一样，其侧向承载力相当。空心砖墙设置构造柱后，比不设柱时将能提高侧向承载力10~20%。变形能力也显著提高，墙片即使进入破坏阶段，构造柱还起着使砖墙“裂而不倒”的作用。设置构造柱，将是地震区空心砖房屋的有效抗震构造措施；
3. 空心砖墙体是剪切型破坏，墙面形成交叉斜裂缝。空心砖墙在开裂以后，沿主裂缝两侧出现有沿灰缝的次生裂缝，使墙面应力均匀分散；墙体达到极限荷载后，则由于砖的强度低、质量差和孔洞效应等原因，使砖有劈裂剥落现象，空心砖本身破坏较重，提高空心砖的强度和重量是十分重要的；
4. 对于已建空心砖房屋的动力特性测试表明，其周期小于场地土卓越周期，基本在抗震规范中反应谱曲线的平台内。阻尼在5%左右，振型属剪切型。抗震规范中关于普通砖房地震作用计算的规定，同样适用于空心砖房屋；
5. KP_1 型承重空心砖墙体抗震强度表达式可以和实心砖墙片取得一致。经逐个对比检验，能保证空心砖房在地震作用下有足够的储备。空心砖的砖型尺寸、孔型和孔隙率对砌体材性和墙的破坏机制、抗震承载力均有影响；
6. 提高施工质量，是增强空心砖房屋抗震能力的重要措施。砌筑方法、砂浆稠度、竖缝砂浆的饱满度、养护条件等对空心砖抗震墙的质量有直接的影响；
7. 目前，国内外的空心砖正在向大块、轻质、高强和多功能的方向发展。今后，应当结合新型空心砖进行砌体的基本材性的试验研究，研究空心砖建筑的抗震结构体系和抗震构造措施，提高空心砖建筑的抗震能力。研究空心砖墙体的破坏机理和空心砖房屋整体动力特

性,改进墙体的强度、变形的计算方法。

根据上述工作和研究成果,空心砖承重多层房屋抗震设计和施工规程编制组于1988年5月21日于厦门召开送审稿审查会,并已报上级部门进行最后审批,估计于89年内将正式颁布执行。

§ 5.4 结构类型

多层砌体房屋一般系指以普通粘土砖,中、小型砌体为主要承重结构的刚性房屋,其楼盖和屋盖可以是钢筋混凝土的、木的或砖的。

按建筑布置可划分有:

内廊式、外廊式、单元式、墩式等。

按楼(屋)盖结构形式划分有:

砖(砌块)混结构——楼盖和屋盖均为现浇或装配式钢筋混凝土梁、板,也有用钢筋混凝土密肋砖板的;

砖(砌块)混木结构——钢筋混凝土楼盖、木屋盖。木屋盖又分采用三角形木尾架、人字木屋架、硬山搁檩或木梁板等结构,屋面用平瓦、小青瓦、石棉瓦、瓦楞铁、焦泥等;

砖木结构——木楼盖、木屋盖;

砖拱结构——楼盖和屋盖之一或两者均采用大砖拱或小梁砖拱。

按承重体系划分有:

横墙承重——房屋的每开间都设置横墙,楼(屋)盖均由横墙支承;

纵墙承重——楼(屋)盖主要由内外纵墙支承,横墙不承重或只个别横墙承重。填充墙可以是刚性的(如砖、砌块)、半刚性的(如焦渣砖、泡沫砌块)或非刚性的(如灰板条)。楼(屋)盖的结构布置,可以采用长向板或大梁、短向板或木屋架;

纵横墙承重——纵横墙混合承重,是指隔一开间或隔二、三开间设置承重横墙的房屋。

§ 5.5 震害程度及震害规律

5.5.1 多层砖房的震害程度

整幢房屋的震害程度

倒平——整幢房屋一塌到底;或上部数层倒平;或房屋大部分倒塌,残垣只占全楼的 $1/4$ 以下;

倒塌——外纵墙全部倒塌;或采用木屋盖的房屋顶层大部分倒塌;或房屋倒塌部分约占全楼的 $1/4$ 以上;

严重破坏——房屋的主体结构破坏严重,墙体开裂,并有明显的滑移、错位或酥碎,甚至局部掉角和个别墙板塌落。这类房屋,须经大修方可使用,或已无修复价值。

中等破坏——房屋的主体结构或其连接部位多处发生明显的裂缝;或填充墙、附属建筑等破坏严重、甚至倒塌。这类房屋,经局部修复、补强或加固处理后,仍可使用。

轻微损坏——主体结构基本完好,墙、板只有局部轻微的裂纹或构造裂缝;非主体结

构局部可有明显的破坏。轻微损坏的房屋，不影响正常使用，只须稍加修理。

基本完好——主体结构及填充墙、隔墙、屋顶小烟囱等基本完好，个别窗洞口、墙角、砖券、饰物和突出部分等偶有轻微裂缝，抹灰层局部开裂或小块掉落。也包括完好无损的房屋。

墙体的震害程度分类

倒塌——墙体大块掉落直至整片墙体坍塌；

严重破坏——整个墙体出现交叉或斜向裂缝，并有明显地滑移、错位现象，也包括墙体酥裂，局部掉角。

中等破坏——墙体出现贯通的交叉或斜向裂缝；

轻微损坏——墙体表皮开裂或因局部应力集中而产生短裂缝；

基本完好——也包括完好无损的墙体。

5.5.2 震害规律

(一) 不同结构房屋

1. 木楼盖房屋，特别是采用苏式人字屋架的，上层破坏重，下层破坏轻；
2. 混凝土楼盖房屋，下层破坏重，上层破坏轻；
3. 筒形砖拱楼盖房屋，上层破坏重，下层破坏轻；走廊拱体破坏重，房间拱体破坏很轻；
4. 复杂体形房屋比简单体形房屋破坏重，圈梁少的房屋比圈梁多的房屋破坏重，软弱地基和非匀质地基上的房屋比均匀坚实地基上的房屋破坏重，施工质量差的房屋比施工质量好的房屋破坏重。

(二) 同一栋房屋中

1. 塔楼、出屋面的屋顶间、小烟囱、女儿墙等比房屋主体破坏重；
2. 房屋四角及突出部分阳角处的墙体破坏重，该处为楼梯间时，破坏更重；
3. 无圈梁和少圈梁的预制楼盖房屋，偏廊部位破坏重，端开间破坏重，端头为大房间时破坏更重；
4. 顶层为大会议室时，顶层破坏重；
5. 外廊的横向砖砌拱圈破坏重；
6. 同一片砖墙上，宽墙肢的剪切破坏比窄墙肢重；

5.5.3 主要震害描述

(一) 6度区

1. 局部高出屋面的塔楼、楼梯间、水箱间的墙面上出现交叉裂缝；
2. 屋顶小烟囱、女儿墙的根部出现水平裂缝、错动，甚至倒塌；
3. 采用瓦木屋盖的房屋，山墙有外倾现象；
4. 房屋主体部分的墙面上有细微斜裂缝。

(二) 7度区

1. 砖墙

- (1) 房屋主体及出屋面的屋顶间，纵墙和横墙上出现斜裂缝，最大缝宽达 2 cm；
- (2) 房屋四角及凸出部分的阳角墙上，出现纵横两个方向的斜裂缝和错动；
- (3) 除现浇钢筋混凝土楼盖以外的其他各类楼盖（木、筒形砖拱、预制板）房屋，外墙向外倾斜，内外墙交接面出现上宽下窄的竖向裂缝；

- (4) 顶层大会议室的外纵墙，在窗间墙的上下端出现水平通缝；
- (5) 采用瓦木屋盖的房屋，山墙向外倾斜；当为苏式人字屋架时，外纵墙顶部出现水平裂缝和外倾。

2. 楼盖

- (1) 砖壳等刚性屋盖在砖墙上发生整体水平错动达数厘米；
- (2) 房屋端头大房间，预制板的纵向或横向接缝裂开，缝宽有达一厘米；
- (3) 走廊筒形砖拱在拱顶处产生通长纵向裂缝；
- (4) 偏廊短向搁置的预制板由内纵墙找出约 3 mm；
- (5) 砖柱外廊的横梁由横墙内找出约一厘米；
- (6) 预制大梁端头在外墙上产生水平错动；
- (7) 檩条由山墙内找出约数厘米。

3. 小构件

- (1) 屋面小烟囱、女儿墙大量倒塌；
- (2) 无筋砖过梁（平拱、弧拱）开裂、下坠；
- (3) 搁置长度为 18cm 的预制混凝土过梁，其端头墙面上出现竖向斜裂缝；
- (4) 板条抹灰平顶开裂、剥落；
- (5) 隔墙的顶端和两侧边出现裂缝。

(三) 8 度区

1. 砖墙

- (1) ~ (5) 同 7 度区，但破坏程度更重；
- (6) 外墙阳角局部崩塌；
- (7) 旧式木楼盖房屋的外纵墙成片倒塌，个别横墙承重的预制板楼盖房屋，也有同样震害发生；
- (8) 地面裂缝通过处，砖墙出现竖向裂缝；

2. 楼盖的破坏状态同 7 度区，但稍重。此外，还发生整个瓦木屋盖连同山墙向一个方向倾斜，屋架脊点处的水平位移达 30cm，预制楼梯踏步板在接头处裂开。

3. 小构件的破坏状态同 7 度区，但破坏程度更重。

(四) 9 度区

砖墙、楼盖和小构件的破坏状态同 8 度区，但情况更严重并发生以下的局部倒塌和严重破坏：

- (1) 横墙严重破坏，层间侧移有达 50cm；
- (2) 现浇楼梯踏步板与平台梁相接处拉断；
- (3) 采用瓦木屋盖或预制板屋盖的房屋，山墙或顶层端横墙倒塌，端开间屋盖下落；
- (4) 煤渣砖等砌筑的隔墙倒塌。

§ 5.6 总高度、层高、层数等限值

5.6.1 《六四》规范的说明

房屋高度是抗震性能的一个重要因素。为此，苏联规范降低了单层房屋的设防标准。我

们从我国经济条件出发,划分得比较细一些。例如,多层厂房的设防等级比单层高;公共房屋分为20m以上,三至五层,三层以下三类设防;而一至四层的住宅由于横墙较多,另列一类。这样分法虽然较为琐碎,但为了兼顾安全和经济,区别对待还是必要的。

5.6.2 《七四》规范的说明

多层砖房的抗震能力,目前还不能仅仅依靠抗震核算来估计,房子盖得太高,抗震上还没有把握,必须结合地震区宏观经验对多层砖房的总高度予以限制。

第23条表5规定的房屋总高度限值数字,是根据国内地震宏观调查资料及参考过去规范草案和国外抗震规范的有关规定拟定的。

1. 高度15~18m左右,墙厚24cm及24cm以上的多层砖房。在7度、8度地震区,这类房屋一般为轻微损坏至中等破坏,只有少量房屋为局部严重破坏,但没有倒塌的。在9度地震区,高度为9m左右的2~3层砖木结构,大部分为严重破坏,部分也有倒塌的。

2. 18cm厚的多层砖墙房屋有两种情况。一种是用普通砖砌的18cm厚承重墙,另一种是18cm厚的空心砖承重墙。就其抗震性能来说,后者比前者好,这类房屋在震区的震害实例较少。7度、8度地震区的震例不多,9度地震区就更少,只有一幢2层房屋(且二层为空旷)和一幢平房。虽然房屋不高,可是地震后均严重破坏,并有局部倒塌。因此,可以认为18cm厚的多层砖墙房屋在抗震上是比较薄弱的。7度、8度地震区房屋高度需要限制,只宜盖2~3层;9度区则不适宜采用此类房屋。表5规定的数据就是根据此原则拟定。

3. 空斗墙房屋在我国南方地区应用甚广,通常多为2~3层,也有盖4层的。这类房屋的弱点是整体性较差,采用的砂浆标号过低,砌法又无统一的规定,地方性很强。震害表明,7度地震后,2~3层的空斗墙房屋都造成开裂破坏,在砂浆强度很低的情况下甚至是严重的酥裂。8度地震区的空斗墙房屋,即使是单层的房屋,在施工质量差的情况下也造成比较严重的破坏,多层的当然更重。施工质量较好的单层空斗房屋也出现轻微破坏。但地震的实践也表明,空斗墙房屋在不超过2层、高度在6m左右的情况下,砂浆标号不低于25号。空斗的砌法较好,内外墙及外墙四角的交接处拉结牢固。房屋的整体性较好时,震害就轻。在7度和8度地震区都是可以用的。所以本规范在表5中列入了空斗墙的内容。空斗墙房屋的抗震措施将在本节中详细地说明。

基于以上分析,并考虑到在我国目前的经济条件下,砖结构房屋还要大量采用的实际情况。本规范在第23条表5中对按设计烈度7度和8度设防的24cm及24cm以上的实心砖墙房屋的总高度限值作了较宽的规定,而对18cm墙及空斗墙房屋则采用较严的规定。在9度区则不采用这二类墙体的房屋。

在使用表5时,需要注意的是,表中规定的总高度限值是指对于同一类墙体而言的,即在房屋整个高度内采用的是同一类墙体。如果底层用的是24cm实心墙,而上层用的是18cm砖墙或空斗墙时,此时房屋的总高度限值就应遵守较薄弱一类墙体的总高度限值,即按18cm墙或空斗墙的总高度限值采用。

表5中规定的最低砂浆标号要求,是保证墙体应具有起码的粘结能力和抗震强度。震害表明,粘结能力很差的墙体,缺乏必要的抗剪强度,是房屋破坏以至倒塌的主要原因之一。为此应规定最低的砂浆标号。

5.6.3 《七八》规范的说明

多层砖房的抗震能力,除与横墙间距,砖及砂浆的标号,结构的整体联结,施工质量等

因素有关外，还与房屋的总高度有直接联系。

根据以往对地震区的宏观调查资料说明：二、三层砖房在不同烈度区的震害，比四、五层的震害轻得多。六层及六层以上的砖房在地震区震害明显加重。

海城和唐山地震后的调查也进一步证明，相邻建筑物四、五层砖房比二、三层的破坏严重，倒塌的百分比亦高得多。国外在地震区对砖结构房屋的高度限制较严。有些国家在地震区不允许用无筋砖结构，有的国家对有筋和无筋砖结构的高度和层数作了相应的限制（参见表5.6.1）。

总高度限制对照表

表 5.6.1

国 名	砌 体 做 法		7 度 (m)	8 度 (m)	9 度 (m)	备 注
罗 马 尼 亚 (1970)			15	15	9	
苏 联	无筋砖墙	I 级砌体	18 (5)	15 (4)	12 (3)	医院、学校 8、9度区高 度不过超3层
		II 级砌体	15 (4)	12 (3)	7 (2)	
		III 级砌体	12 (3)	7 (2)		
	混合结构墙体	I 级砌体	30 (9)	24 (7)	18 (5)	括 号 内 为 层 数
II 级砌体		24 (7)	18 (5)	15 (4)		
智 利			≤ 4 层			

多层砖房的震害特征表明，由于砖结构材料的延伸性差，易于产生脆性破坏，从许多破坏或倒塌的实例中看到：对于刚度较强的砖结构，震害一般表现为下层较重，上层较轻。对于刚度较差或空旷的砖结构，一般表现为上层较重，下层较轻。

考虑到横墙布置在不同间距时的抗震能力有相当大的差异。因此对于每开间均匀布置有横墙的建筑，其总高度限制还可以适于对8度区高度限值的13m的规定，主要是考虑到我国几座主要大城市均划为8度地震区，而在目前还不可能淘汰粘土砖的情况下，为了增强这些城市中多层砖房的抗震能力，规定了较严的总高度限值，以便使这些城市中，凡超过13m高度（4层）的多层砖房，均需设置钢筋混凝土构造柱。

对于18cm厚的砖墙房屋，有两种情况：一种是用普通砖砌的18cm厚承重墙，一边卧砖另一边砌立砖。另一种是18cm厚的多孔砖承重墙。就其抗震性能来说，后者比前者好。这类房屋在地震区虽然不多，而且层数不高，可是地震后均有破坏。并有局部倒塌。因此，可以认为，18cm厚的多层砖房在抗震上是比较薄弱的。在7~8度地震区需对高度加以严格限制，9度区在未取得实践经验之前，不宜采用此类墙体承重。

值得指出的是，本规范对18cm厚墙体的规定，主要指采用18cm厚多孔砖墙体而言，尽量不用普通砖砌18cm厚墙体。

空斗墙房屋主要在我国南方地区应用，通常多为1~3层房屋，少数建到4层。这类房屋的弱点是整体性较差，采用的砂浆标号过低，砌法又无统一规定，地方性很强。震害表明：7度地震后，1~3层的空斗墙房屋都造成开裂破坏，在砂浆强度较低的情况下甚至是

严重的酥裂。8度地震区的空斗墙房屋，即使是单层的房屋，在施工质量较好的单层空斗房屋也出现轻微破坏。但地震的实践也表明，7度区空斗墙房屋在不超过2层，高度在6m以内的情况下，砂浆标号不低于25号，空斗的砌法较好，内外墙及外墙四角的交接处拉结牢固，房屋的整体性较好时，震害较轻。

本规范未列入空斗墙的内容。主要由于这类墙体抗震性能较差，不推荐在地震区采用。

在使用规范表4时，需注意表中规定的总高度限值是指同一类墙体而言的，即在房屋整个高度内采用的是同一类墙体。

医院、学校建筑等横墙较少，震后危害严重，采用砖结构时宜谨慎对待，本规范参考国内震例及国外有关规定，对其高度限值，比一般砖房降低3m。

规范表4注中规定的最低砂浆标号要求，是保证墙体应具有起码的粘结能力和抗震强度。震害表明，粘结能力很差的墙体，缺乏必要的抗震强度，是房屋破坏以至倒塌的主要原因之一，为此应保证最低的砂浆标号不低于25号。

5.6.4 <八九> 规范的说明

宏观震害经验表明，多层砌体房屋的抗震能力与房屋的总高度有直接关系。砖墙系脆性材料，变形能力较小，没有多大抗震潜力，在不太大的超载作用下，就可能发生严重破坏。而砖墙一旦开裂后，持续的多维地面运动就有可能使破裂墙体产生出平面的错动，从而大幅度地降低砖墙的竖向承载能力。如果上面的层数多，重量大，破碎和错位的砖墙就有可能被压垮。历次地震的宏观调查资料一再指出，同一小区内砖房的破坏程度随层数的增加而加重，倒塌的百分率更与房屋的层数成正比。此外，二、三层砖房在不同烈度区的震害，比四、五层的震害轻得多。六层及六层以上的砖房在地震区震害明显加重。

海城和唐山地震后的调查也进一步证明，相邻建筑物四、五层砖房比二、三层的破坏严重，倒塌的百分比亦高得多。国外在地震区对砖结构房屋的高度限制较严。有些国家对有筋和无筋结构的高度和层数作了相应的限制（参见表5.6.2）。

国外关于砖房高度和层数的限值 表 5.6.2

国 名	结 构 类 型		7 度		8 度		9 度	
			高度(m)	层 数	高度(m)	层 数	高度(m)	层 数
苏 联 (1969)*	无筋砖墙	I级砌体	18	5	15	4	12	3
		II级砌体	15	4	12	3	9	2
		III级砌体	12	3	9	2	—	—
	组合结构墙体	I级砌体	30	9	24	7	18	5
		II级砌体	24	9	18	5	15	4
南 斯 拉 夫 (1964)	有圈梁但无构造柱		18	5	15	4	11	5
	有构造柱和圈梁		20	6	20	6	18	2
希 腊 (1978)	有竖向钢筋		11	4	7	2	7	2
罗 马 尼 亚 (1970)			15		15		9	

*：8、9度区的医院，学校不得超过三层。

对于住宅、单身宿舍、办公楼基本上每开间都有承重横墙的多层砖房，房屋高度和层数一般都不宜超过本规范表5.1.2的规定。之所以对高度和层数进行双控制，是因为楼盖重量占到房屋总重量的35~50%，房屋总高度相同，多一层楼板就意味着要增加半层楼的地震作

用, 相当于房屋增高了半层。至于医院、教学楼等横墙较少的房屋, 由于每一片横墙所承担的地震作用比横墙多的房屋要大, 同时还由于存在着负荷很大且无横墙相联的独立窗间墙, 更增加了局部倒塌的危险性。因此, 这类房屋应比本规范表5.1.2中的层数限值相应降低一层, 高度限值相应减小3m。

中型和小型砌块承重结构是这次新增加的内容。根据我国南、北方不同结构形式、不同层数、不同砌块类型、不同荷载和地震烈度等13种典型砌块房屋, 进行计算分析结果表明, 无筋砌块房屋用于7度区5层和5层以下, 一般是安全的; 适当加连系梁后, 可用于7度区6层, 8度区3层, 安全无问题。根据部分建筑震害调查和足尺模型试验后, 提出空心砌块、密实砌块不同墙厚在不同烈度区的房屋高度限制。同时规定层高不宜超过4m, 学校、医院横墙间距不大于4m的砌块建筑, 高度限制应降低3m。在经过几年的工程实践后, 目前密实砌块墙厚均在24cm以上, 故本次修订只列入大于或等于24cm的密实砌体的规定。

5.6.5 各版本规定的比较

各版本总高度限值的比较见表5.6.3。由中可见:

总 高 度 限 值 的 比 较 表 5.6.3

砌体类别	规范版本	烈 度			
		6度	7度	8度	9度
I	《六四》		22	18	14
II			17	14	10
III			12	8	—
IV			8	—	—
24cm及24cm以上实心墙	《七四》		19	13	10
	《七八》		19	13	10
	《八九》	24	21	18	12
18cm墙	《七四》		9	6	—
	《七八》		12	9	—
空斗墙	《七四》		6	6	—
混凝土小块墙 (0.19m)	《八九》	21	18	15	—
混凝土中块墙 (0.20m)	《八九》	18	15	9	—
粉煤灰中块墙 (0.24m)	《八九》	18	15	9	—

1. 《六四》规范是按砌体等级给出同等烈度下不同等级的高度限制, 而《七四》、《七八》、《八九》规范系按墙体类别的不同而加以规定, 前者与后者实质是一样的;

2. 《六四》、《七四》、《七八》规范没有关于6度区限值的規定, 仅《八九》规范提供了有关数据;

3. 《七四》规范中提供了有关空斗墙房屋高度的限值, 但《七八》、《八九》规范没有; 《七四》、《七八》规范列有18cm墙的规定, 但《八九》规范没有; 《八九》规范增加了有关砌块房屋的规定; 这表明随着科技水准和经济状况的好转, 对不适宜抗震的墙体逐渐淘汰, 例如空斗墙, 18cm墙, 而对新型建筑材料加以扩充, 例如中小型砌块;

4. 各版本总的来看, 6度区高度限定最大值为24m, 7度区为22m, 8度区为18m, 9度区为14m; 《七八》规范18cm墙总高限值比《七四》规范增高3m(7度、8度); 24cm墙没有改动。《八九》规范与《七八》规范相比, 24cm墙7度区增高2m, 8度区增高5m, 9度区增高2m。

此外, 在有关表规定的注中还指明医院、学校等横墙少的房屋, 高度限值应降低3m。表5.6.4所示为各版本层高限值的对比。由中可见;

层高限值的对比

表 5.6.4

规范版本	砌体类别	7度	8度	9度
		层		高
《六四》	I	10	9	8
	II	8	7	6
	III	6	5	—
	IV	5	—	—
《七四》		不宜超过4m		
《七八》		不宜超过4m		
《八九》	普通砖砌块	不宜超过4m 不宜超过4m		

1. 《六四》规范层高规定的过高(包括单层厂房)且与烈度相关;
2. 《七四》、《七八》、《八九》版本规定不宜超过4m, 且《八九》规范规定砌块不宜超过3.6m;
3. 《七四》、《七八》、《八九》规范层高限制与烈度水准无关。

表5.6.5所示为砂浆标号、砖标号的规定, 由中可看出, 《七四》规范7、8度区尚可采用10号砂浆(24cm墙), 但《七八》规范则规定砂浆标号不得低于25号, 砖标号不得低于75号。

砂浆标号、砖标号规定

表5.6.5

规范版本	墙体类别	砂浆标号			砖标号
		7度	8度	9度	
《七四》	24cm墙	10	10	25	
	18cm墙	25	25	—	
	空斗墙	25	25	—	
《七八》		不宜低于25号			不宜低于75号

在几个版本中只有《八九》规范按墙体类别、烈度不同, 对多层砌体房屋和层数加以限制(参见表5.6.6)。

层 数 限 制

表 5.6.6

墙 体 类 别	烈 度			
	6 度	7 度	8 度	9 度
烧 结 普 通 砖	8	7	6	4
混 凝 土 小 块	7	6	5	—
混 凝 土 中 块	6	5	3	—
粉 煤 灰 中 块	6	5	3	—

§ 5.7 多层砌体房屋总高度与总宽度的最大比值

唐山地震,天津8度区内一些五、六层砖混住宅,发生了比较明显的整体弯曲破坏。这些房屋的高宽比值都超过了1.8,其中部分横墙还被从上到下的各层门、窗洞口削弱形成双肢墙。地震后,底层外墙出现水平裂缝,并向内延伸至横墙,一些横墙上门窗过梁开裂。

砖房整体弯曲破坏的程度,与地震烈度、房屋的高宽比以及横墙的开洞率有关。烈度高,房屋的高宽比值大,地震作用产生的倾复力矩所引起的弯曲应力超过砖砌体抗拉强度,砖墙就会出现水平裂缝。门窗洞口愈大,门窗过梁及其上部砌体高度愈矮,横墙被洞口分割成的墙肢的独自弯曲作用显著,弯曲应力更容易超过砌体的抗拉强度。房屋的高宽比相同,带较大洞口的横墙整体抗弯能力也就要比无洞横墙的抗弯能力低。根据宏观经验和上述分析,为了保证房屋的稳定性,本条规定了房屋高宽比限值。

内廊房屋,由于横墙被内廊分成两片,整体作用很差。如果不是换算成相当的整片实体横墙来确定高宽比,而仍取房屋的全宽计算高宽比,就应该比上述值控制得再小些。外廊住宅、外廊中小学教学楼、偏廊办公楼,都是单面布置房间,外廊的砖柱或者偏廊的外墙,因与之联系的楼板竖向抗弯刚度差,不能有效地参与房屋的整体弯曲。因此,计算这类房屋的高宽比时,房屋宽度不应该包括外廊。

以剪切变形为主的多层砌块房屋,在墙体首先满足强度要求的前提下,适当控制高宽比,即可不作抗弯验算。

§ 5.8 多层砌体房屋的体系要求

5.8.1 砖墙的承重考虑及布置

多层砌体房屋的结构布置对其抗震性能的影响较大。根据邢台、东川、阳江、乌鲁木齐、海城及唐山大地震调查统计材料可见,在砌体承重结构中应优先选用横墙承重的结构布置方案。纵墙承重的结构布置方案,因横向支撑较少,纵墙较易受弯曲破坏而导致倒塌。表5.8.1所示为1975年辽宁海城地震中横墙承重、纵墙承重、纵横墙承重多层砖房震害程度的分数统计数字。从中不难看出,横墙承重房屋的破坏率最低,破坏程度最轻;其次是纵横墙承重房屋;纵墙承重房屋破坏率最高,破坏程度最重。

不论那一种布置方案,纵横墙应均匀对称布置,墙体宜沿平面对齐,沿竖向应上下连续。

海城地震不同承重方式砖房震害程度统计表

表 5.8.1

承 重 砖 墙 形 式	地 震 烈 度	震 害 程 度										总 计	
		基本完好		轻微损坏		中等破坏		严重破坏		倒 塌			
		栋数	百分比	栋数	百分比	栋数	百分比	栋数	百分比	栋数	百分比	栋数	百分比
横 墙 承 重	6度	7	100%	—	—	—	—	—	—	—	—	7	100%
	7度	6	60%	1	10%	3	30%	—	—	—	—	10	100%
	8度	8	40%	4	20%	4	20%	4	20%	—	—	20	100%
	9度	3	15%	9	45%	7	35%	1	5%	—	—	20	100%
纵 横 墙 承 重	6度	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100%
	7度	4	67%	2	33%	—	—	—	—	—	—	6	100%
	8度	4	28%	5	36%	5	36%	—	—	—	—	14	100%
	9度	—	—	1	5%	5	25%	13	65%	1	5%	20	100%
纵 墙 承 重	6度	—	—	6	36%	1	14%	—	—	—	—	7	100%
	7度	11	25%	2	5%	3	7%	27	61%	1	2%	44	100%
	8度	5	17%	4	14%	9	31%	11	38%	—	—	29	100%
	9度	2	4%	4	9%	9	19%	27	57%	5	11%	47	100%

房屋各层的横向砖墙、纵向砖墙若分别对齐、贯通，则各片砖墙均能形成相当于房屋全宽的竖向整体构件，可以使房屋获得最大的整体抗弯能力。这对于房屋高宽比值很大的房屋来说，是十分必要的，必须做到。砖墙的对齐、贯通，还能减少砖墙、楼板等受力构件的中间传力环节，使受害部位减少，震害程度减轻；此外，由于传力路线简单，构件受力明确，也便于地震内力分析，减少误差。如果因使用上的要求，各层的房间大小不相同，应将大房间布置在上层。大会议室则应设在顶层。如果大房间上面是小房间，上层横墙所承担的地震剪力，只好通过大梁、楼板传至两旁的下层横墙，这就要求楼板有足够的水平刚度。

多层砖房的地震力，一般假设为沿两个主轴方向分别作用。沿房屋纵向作用的地震力，主要由纵向内外墙体来承担。而地震力在墙垛（窗间墙）间是按这些墙垛的刚度大小分配的。当各墙垛间的刚度相差悬殊，容易造成在地震时对各墙垛各个击破，从而造成震害。实际震害亦曾多处表现为较宽墙垛首先剪切破坏。为此，除房屋尽端墙体外，宜将窗间墙等宽均匀布置，以利于各墙垛均匀受力，避免应力集中。

5.8.2 防震缝

设置防震缝的目的在于避免或减少地震时房屋相邻各部分因振动不协调而引起的破坏现象。

震害调查表明，房屋相邻两翼，如果内部纵横墙的数量差别不大，同一方向的侧移刚度相差悬殊，两翼衔接处就会因左右变形不协调而发生破坏。乌鲁木齐地震时，7度区的一座两层办公楼和东川地震时8度区一幢四层招待所就是实证。一般来说，由于不设防震缝而造成的房屋损坏，一般多只是局部的。在7度和8度地区，一些平面较复杂的1~2层房屋，其震害与平面规则的同类房屋相比，并无明显的差别。层数较高的房屋差别也不大。同时，考虑到设置防震缝所耗的投资较多，所以本规范对设置防震缝的要求比过去有所放宽，采取

了设计烈度为7度时不设缝，设计烈度为8度和9度也只是在遇有下列情况之一时，才规定设置防震缝。

1. 房屋立面高差在6m以上时

8度和9度地震区的宏观调查表明，未设防震缝的房屋，当其相连部分的高差为一层时，一般就有程度不同的损坏。当高差再大时，破坏就更重。但应指出，在这些高差为一层的受损坏房屋中，有许多是属于局部突出的楼梯间，电梯间或水箱间等，这类局部突出的部位虽然破坏较普遍，但不影响下部整体结构的安全。因此，对于此种震害，本规范不要求用防震缝来解决，而是在结构的抗震强度验算中加以考虑。在综合比较一般不设防震缝所节约的投资和房屋可能造成局部损坏后的修复费用，本规范认为当房屋立面高差仅为一层时可不设缝，当高差在二层（6m左右）或二层以上时，才须设置防震缝。

2. 房屋有错层，且楼板高差较大时

医院、学校及某些多层工业厂房等建筑物的楼层，有时因使用和工艺要求常设计成错层，楼板不在同一标高处，其错层部位往往在地震中遭受损坏，在错层处发生水平断裂，不过一般不很严重。从8度区的震害实例看，当错层高差接近于楼层墙体高度一半时，破坏比较严重，因为这种情况下结构的受力最为不利。如云南东川田坝小学校就是一例。本规范根据实际震害经验，规定了设计烈度为8度和9度时，当楼板错位高差较大，宜用防震缝将错层两侧分开。

3. 各部分结构刚度截然不同时

8度和9度地震区的震害表明，在同一房屋单元内的不同结构，或者结构刚度相差很悬殊的相连部分，在地震后均有不同程度的损坏，这是因为地震时，各部分结构刚度不同，其动力反应也不尽一致，往往在相连部位造成应力集中而损坏。为此，有必要用防震缝将其分离成两个独立单元，以减少和避免震害。由于这个问题和好多因素有关，很难用某一定量标准来表达。所以，本规范只给出定性的描述。设计人员在使用中可根据具体情况进行掌握。

本规定的防震缝宽度，是根据宏观经验和参照过去规范草案对防震缝宽度的计算所得的值确定的。由于多层砖房的总高度在本规范中按不同设计烈度作了限制，因此可以直接给出防震缝宽度的幅值。规范中规定的双墙间最小宽度为5~10cm，主要是考虑施工时如果缝太窄，就可能因落入灰浆、砖块而被堵塞，地震时仍会发生碰撞。

规范中还规定沉降缝和伸缩缝应符合防震缝的要求。这是指在地震区的房屋。如果已设置了沉降缝和伸缩缝，此时缝的做法就应按防震缝要求设计，理由是：第一，沉降缝和伸缩缝的两侧一般不布置双墙，抗震性能差，易造成震害。第二，沉降缝和伸缩缝的缝宽过小，地震时会引起相邻部分的互相碰撞。因此，凡需设置沉降缝和伸缩缝必须按防震缝要求布置。

5.8.3 楼梯间设置

楼梯间不宜布置在房屋端部第一开间。原因是，房屋外墙转角因双向受剪震害较重，加之楼梯间顶层外墙的无支承高度为一层半，震害就更重。然而楼梯间是地震时人员疏散通道，震害应该控制在轻度破坏以内。楼梯间布置在内部开间，就比较容易做到这一点。如果建筑功能上要求楼梯间设在第一开间或其他外墙转角处，则需采取局部加强措施。视地震烈度的高低，在楼梯间的四角或仅在外墙转角处设钢筋混凝土构造柱。

5.8.4 烟道、风道等的布置

多层砖房中常常在墙体内设置烟道、风道、垃圾道等洞口，地震后发现这些有洞口的墙总是最先破坏、危及整个建筑物的安全。造成这种薄弱环节的原因是由于墙体留洞而减薄了侧壁墙体的厚度，例如一般烟、风道及垃圾道侧壁墙体仅为12cm。因此，一旦遇到地震，由于墙体刚度的变化和应力的集中，造成上述部位墙体的首先破坏。为此，本规范要求这些部位的墙体不应削弱，或采取在砌体中加配筋、预制管道构件等加强措施。

震害调查多次证明，附墙烟囱及出屋顶的小烟囱，一般在7度及7度以上地震区均有相当普遍的破坏，有的甚至在6度区也有损坏。为此，本规范要求附墙烟囱及出屋顶小烟囱内，配置竖向钢筋以加强其抗侧力的能力。特别应当注意附墙烟囱和出屋顶烟囱与屋面交接处应加强连接，一般应将竖向配筋通入屋面下墙体中一定距离（如不少于1m），以利于锚固。

震害还表明，由砖砌女儿墙上挑出的檐口，倒塌率甚高，在地震区内不能重建。尽管由屋盖挑出的钢筋混凝土檐口未见破坏，但为安全起见，仍需采用锚拉措施。

房屋的一个独立单元，在振动时作为一个整体而具有其自振特性。当单元内采用不同的结构和墙体材料时，由于结构动力性能上的差异和墙体材料弹性模量等的不同，常常导致不同结构相连部分的破坏。因此，在同一单元内宜采用同一种结构形式和相同的墙体材料。

5.8.5 各版本规定的比较

表5.8.2和表5.8.3所示为各版本有关要求的比较。由表5.8.2可看出：

各版本关于防震缝规定的比较

表5.8.2

规范版本	设置条件	缝宽要求	其它要求
《六四》	<p>砖石房屋遇有下列情况之一时，应以防震缝分为若干形体简单的独立单元：</p> <p>(1). 各部分的构造及刚度截然不同；</p> <p>(2). 平面、立面轮廓复杂(设防烈度为7度的单层房屋不受比限)；</p> <p>(3). 平面尺寸超过表的规定。</p>	<p>当房屋高度不超过10m时，防震缝的宽度应不小于50mm，高度每增加5m，缝宽应增加2cm</p>	<p>缝内最好留空，或用软性材料填塞。防震缝应沿房屋的全高设置，并应采用对等的墙壁或柱子跨置缝的两侧。当设防烈度为9度时，基础也应以防震缝分开。</p>
《七四》	<p>当设计烈度为8度和9度并遇有下列情况之一时，宜用防震缝将房屋分成若干形体简单，结构刚度均匀的独立单元：</p> <p>一、房屋立面高差在6m以上；</p> <p>二、房屋错层，且楼板高差较大；</p> <p>三、各部分结构刚度截然不同。</p>	<p>防震缝宽度按房屋高度和设计烈度的不同，取5—7cm</p>	<p>防震缝沿房屋全高设置，两侧应布置墙，基础可不设防震缝。沉降缝和伸缩缝应符合防震缝要求</p>
《七八》	<p>当设计烈度为8度和9度并遇有下列情况之一时，宜设置防震缝将房屋分成若干形体简单，结构刚度均匀的独立单元。</p> <p>一、房屋立面高差在6m以上；</p> <p>二、房屋有错层，且楼板高差较大；</p> <p>三、各部分结构刚度截然不同。</p>	<p>防震缝宽度应根据房屋高度和设计烈度的不同，一般取5~7cm</p>	<p>防震缝应沿房屋全高设置，基础可不设防震缝。沉降缝及伸缩缝应符合防震缝的要求。</p>
《八九》	<p>8度和9度且有下列情况时，宜设置防震缝。</p> <p>一、房屋立面高差在6m以上；</p> <p>二、房屋有错层，且楼板高差较大；</p> <p>三、各部分结构刚度、质量截然不同。</p>	<p>缝宽可取50~100mm</p>	<p>防震缝两侧均应设置墙体</p>