

砌体结构抗震鉴定专篇

李伟民

据相关部门统计,我国现有一大批自新中国成立以来建造的房屋已经超过了设计基准期,且全国又有较多的建筑安全储备不足,城市的部分住宅结构逐渐进入老龄化,因此需要根据检测、鉴定结果进行加固改造。

目前老房屋中砌体结构存量相当庞大,本文为大家介绍 YJK 软件中砌体结构抗震鉴定的相关内容。

一、A、B类砌体建筑抗震鉴定的依据

依据《建筑抗震鉴定标准》:

抗震鉴定分为两级。

第一级鉴定应以宏观控制和构造鉴定为主进行综合评价,

第二级鉴定应以抗震验算为主结合构造影响进行综合评价。

程序中的抗震鉴定均为二级鉴定。



A类砌体房屋:

当第一级鉴定不满足时,除有明确规定的情况外,应采用计入构造影响的综合抗震能力指数法进行二级鉴定。

当A类砌体房屋质量和刚度沿高度分布不均匀或7、8、9度时的房屋层数分别超过六、五、三层时,可按计入构造影响的抗震承载力验算方法进行二级鉴定。

5.1.5 A类砌体房屋应进行综合抗震能力的二级鉴定。在第一级鉴定中,墙体的抗震承载力应依据纵、横墙间距进行简化验算,当符合第一级鉴定的各项规定时,应评为满足抗震鉴定要求;不符合第一级鉴定要求时,除有明确规定的情况外,应在第二级鉴定中采用综合抗震能力指数的方法,计入构造影响作出判断。

5.2.16 房屋的质量和刚度沿高度分布明显不均匀,或7、8、9度时房屋的层数分别超过六、五、三层,可按本标准第5.3节的方法进行抗震承载力验算,并可按本标准第5.2.14条的规定估算构造的影响,由综合评定进行第二级鉴定。

B类砌体房屋: 应同时进行抗震措施鉴定与抗震承载力鉴定。

当B类砌体房屋层高相当且规则均匀时,也可按楼层综合抗震能力指数方法进行鉴定。

B类砌体房屋,在整体性连接构造的检查中尚应包括构造柱的设置情况,墙体的抗震承载力应采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的底部剪力法等方法进行验算,或按照A类砌体房屋计入构造影响进行综合抗震能力的评定。

5.3.18 各层层高相当且较规则均匀的 B 类多层砌体房屋，尚可按本标准第 5.2.12~第 5.2.15 条的规定采用楼层综合抗震能力指数的方法进行综合抗震能力验算。其中，公式 (5.2.13) 中的烈度影响系数，6、7、8、9 度时应分别按 0.7、1.0、2.0 和 4.0 采用，设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 时应分别按 1.5 和 3.0 采用。

依据《既有建筑鉴定与加固通用规范》：

A、B 类砌体建筑均可按综合抗震能力指数方法或抗震承载力验算方法进行抗震鉴定。

5.3.2 采用现行规范规定的方法进行抗震承载力验算时，A 类建筑的水平地震影响系数最大值应不低于现行标准相应值的 0.80 倍，或承载力抗震调整系数不低于现行标准相应值的 0.85 倍；B 类建筑的水平地震影响系数最大值应不低于现行标准相应值的 0.90 倍。同时，上述参数不应低于原建造时抗震设计要求的相应值。

5.3.3 对于 A 类和 B 类建筑中规则的多层砌体房屋和多层钢筋混凝土房屋，当采用以楼层综合抗震能力指数表达的简化方法进行抗震能力验算时，应符合下列规定，且不应低于原建造时的抗震要求：

二、砌体建筑抗震鉴定计算方法

(1)综合抗震能力指数法

依据《建筑抗震鉴定标准》：

多层砌体房屋采用综合抗震能力指数的方法进行第二级鉴定时，应根据房屋不符合第一级鉴定的具体情况，分别采用楼层平均抗震能力指数方法、楼层综合抗震能力指数方法和墙段综合抗震能力指数方法。

楼层平均抗震能力指数、楼层综合抗震能力指数和墙段综合抗震能力指数应按房屋的纵横两个方向分别计算。当最弱楼层平均抗震能力指数、最弱楼层综合抗震能力指数、最弱墙段综合抗震能力指数大于等于 1.0 时，可评定为满足抗震鉴定要求；当小于 1.0 时，应对房屋采取加固或其他相应措施。

三种能力指数做为鉴定结果的各自前提条件：

当结构体系、整体性连接和易引起倒塌的部位符合第一级鉴定要求，但横墙间距和房屋宽度均超过或其中一项超过第一级鉴定限值的房屋，可采用楼层平均抗震能力指数。

二级鉴定。楼层平均抗震能力指数应按下列式计算：

$$\beta_i = A_i / (A_{bi} \xi_{0i} \lambda) \quad (5.2.13)$$

式中 β_i ——第 i 楼层纵向或横向墙体平均抗震能力指数；
 A_i ——第 i 楼层纵向或横向抗震墙在层高 1/2 处净截面面积的总面积，其中不包括高宽比大于 4 的墙段截面面积；
 A_{bi} ——第 i 楼层建筑平面面积；
 ξ_{0i} ——第 i 楼层纵向或横向抗震墙的基准面积率，按本标准附录 B 采用；
 λ ——烈度影响系数；6、7、8、9 度时，分别按 0.7、1.0、1.5 和 2.5 采用，设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g，分别按 1.25 和 2.0 采用。当地处于本标准第 4.1.3 条规定的不利地段时，尚应乘以增大系数 1.1~1.6。

当结构体系、楼屋盖整体性连接、圈梁布置和构造及易引起局部倒塌的结构构件不符合第一级鉴定要求的房屋，可采用**楼层综合抗震能力指数**。

1 楼层综合抗震能力指数应按下列式计算：

$$\beta_{ci} = \psi_1 \psi_2 \beta_i \quad (5.2.14)$$

式中 β_{ci} ——第 i 楼层的纵向或横向墙体综合抗震能力指数；
 ψ_1 ——体系影响系数，可按本条第 2 款确定；
 ψ_2 ——局部影响系数，可按本条第 3 款确定。

当横墙间距超过刚性体系规定的最大值、有明显扭转效应和易引起局部倒塌的结构构件不符合第一级鉴定要求的房屋，当最弱楼层综合抗震能力指数小于 1.0 时，可采用**墙段综合抗震能力指数**。

合抗震能力指数方法进行第二级鉴定。墙段综合抗震能力指数应按下列式计算：

$$\beta_{cij} = \psi_1 \psi_2 \beta_{ij} \quad (5.2.15-1)$$

$$\beta_{ij} = A_{ij} / (A_{bij} \xi_{0i} \lambda) \quad (5.2.15-2)$$

式中 β_{cij} ——第 i 层第 j 墙段综合抗震能力指数；
 β_{ij} ——第 i 层第 j 墙段抗震能力指数；
 A_{ij} ——第 i 层第 j 墙段在 1/2 层高处的净截面面积；
 A_{bij} ——第 i 层第 j 墙段计及楼盖刚度影响的从属面积。

(2)抗震承载力验算

依据《建筑抗震鉴定标准》与《既有建筑鉴定与加固通用规范》：

抗震承载力验算表达式：

对于既有建筑抗震承载力的验算，可统一表示为：

$$S \leq \psi_1 \psi_2 R / \gamma_{Ra}$$

式中：S ——既有建筑结构构件内力组合的设计值；

ψ_1 、 ψ_2 ——分别为体系影响系数和局部影响系数；

R ——既有建筑结构构件承载力设计值；

γ_{Ra} ——抗震鉴定的承载力调整系数。

①影响系数 Ψ_1 与 Ψ_2 如何取值

依据《建筑抗震鉴定标准》:

影响系数分为体系影响系数 Ψ_1 与局部影响系数 Ψ_2 。

程序中此影响系数由用户根据建筑的实际情况,由人工确定后输入,每自然层分纵向、横向分别输入。

由于加固前和加固后的影响系数不同,此系数也应根据鉴定阶段和加固阶段分别输入。

鉴定阶段:不勾选“计算采用加固后影响系数”,按前x体系、前y体系与前x局部、前y局部四项系数执行。

加固阶段:需勾选“计算采用加固后影响系数”,按后x体系、后y体系与后x局部、后y局部四项系数执行。

加固前和加固后影响系数								
塔数	1	重设塔数		<input type="checkbox"/> 计算时采用加固后影响系数(用于上部设计)				
层号	塔号	前x向体系	前y向体系	前x向局部	前y向局部	后x向体系	后y向体系	后x向局部
1	1	0.8	0.9	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1

此处所输入的影响系数,对楼层综合抗震能力指数计算和构件抗震承载力验算均起作用。

体系影响系数 Ψ_1 取值:

可由表 5.2.14-1 各项系数的乘积确定。

当砖砌体的砂浆强度等级为 M0.4 时,尚应乘以 0.9;丙类设防的房屋当有构造柱或芯柱时,尚可根据满足本标准第 5.3 节相关规定的程度乘以 1.0~1.2 的系数;乙类设防的房屋,当构造柱或芯柱不符合规定时,尚应乘以 0.8~0.95 的系数。

表 5.2.14-1 体系影响系数值

项目	不符合的程度	ψ_1	影响范围
房屋高宽比 η	$2.2 < \eta < 2.6$	0.85	上部 1/3 楼层
	$2.6 < \eta < 3.0$	0.75	上部 1/3 楼层
横墙间距	超过表 5.2.2 最大值	0.90	楼层的 β_{c1}
	4m 以内	1.00	墙段的 β_{c2}
错层高度	$> 0.5m$	0.90	错层上下
立面高度变化	超过一层	0.90	所有变化的楼层
相邻楼层的墙体刚度比 λ	$2 < \lambda < 3$	0.85	刚度小的楼层
	$\lambda > 3$	0.75	刚度小的楼层
楼盖、屋盖构件的支承长度	比规定少 15% 以内	0.90	不满足的楼层
	比规定少 15%~25%	0.80	不满足的楼层
圈梁布置和构造	屋盖外墙不符合	0.70	顶层
	楼盖外墙一道不符合	0.90	缺圈梁的上、下楼层
	楼盖外墙二道不符合	0.80	所有楼层
	内墙不符合	0.90	不满足的上、下楼层

局部影响系数 Ψ_2 取值:

可由表 5.2.14-2 各项系数中的最小值确定。

表 5.2.14-2 局部影响系数值

项 目	不符合的程度	ψ	影响范围
墙体局部尺寸	比规定少 10%以内 比规定少 10%~20%	0.95	不满足的楼层
		0.90	不满足的楼层
楼梯间等大梁 的支承长度 l	370mm < l < 490mm	0.80	该楼层的 β_{ei}
		0.70	该墙段的 β_{ej}
出屋面小房间		0.33	出屋面小房间
支承悬挑结构构件的承重墙体		0.80	该楼层和墙段
房屋尽端设过街楼或楼梯间		0.80	该楼层和墙段
有独立砌体柱承重的房屋	柱顶有拉结 柱顶无拉结	0.80	楼层、柱两侧相邻墙段
		0.60	楼层、柱两侧相邻墙段

②砌体抗震受剪承载力 R 如何计算

软件对于 A、B 类砌体建筑，其抗震承载力计算公式按鉴定标准执行：

5.3.13 各类砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值，应按下列公式确定：

$$f_{vE} = \zeta_N f_v \quad (5.3.13)$$

式中 f_{vE} ——砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值；
 f_v ——非抗震设计的砌体抗剪强度设计值，按本标准表 A.0.1-2 采用；
 ζ_N ——砌体抗震抗剪强度的正应力影响系数，按表 5.3.13 采用。

表 5.3.13 砌体抗震抗剪强度的正应力影响系数

砌体类别	σ_0/f_v								
	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	10.0	15.0	20.0	25.0
普通砖、多孔砖	0.80	1.00	1.28	1.50	1.70	1.95	2.32	—	—
粉煤灰中砌块 混凝土中砌块	—	1.18	1.54	1.90	2.20	2.65	3.40	4.15	4.90
混凝土小砌块	—	1.25	1.75	2.25	2.60	3.10	3.95	4.80	—

注： σ_0 为对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力。

5.3.14 普通砖、多孔砖、粉煤灰中砌块和混凝土中砌块墙体的截面抗震承载力，应按下列公式验算：

$$V \leq f_{vE} A / \gamma_{Ra} \quad (5.3.14)$$

式中 V ——墙体剪力设计值；
 f_{vE} ——砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值；
 A ——墙体横截面面积；
 γ_{Ra} ——抗震鉴定的承载力调整系数，应按本标准第 3.0.5 条采用。

5.3.15 当按式 (5.3.14) 验算不满足时, 可计入设置于墙段中部、截面不小于 240mm×240mm 且间距不大于 4m 的构造柱对受剪承载力的提高作用, 按下列简化方法验算:

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{Rd}} [\eta_c f_{vE} (A - A_c) + \zeta f_t A_c + 0.08 f_y A_s] \quad (5.3.15)$$

式中 A_c ——中部构造柱的横截面总面积 (对横墙和内纵墙, $A_c > 0.15A$ 时, 取 $0.15A$; 对外纵墙, $A_c > 0.25A$ 时, 取 $0.25A$);

f_t ——中部构造柱的混凝土轴心抗拉强度设计值, 按本标准表 A.0.2-2 采用;

A_s ——中部构造柱的纵向钢筋截面总面积 (配筋率不小于 0.6%, 大于 1.4% 取 1.4%);

f_y ——钢筋抗拉强度设计值, 按本标准表 A.0.3-2 采用;

ζ ——中部构造柱参与工作系数; 居中设一根时取 0.5, 多于一根取 0.4;

η_c ——墙体约束修正系数; 一般情况下取 1.0, 构造柱间距不大于 2.8m 时取 1.1。

5.3.16 横向配筋普通砖、多孔砖墙的截面抗震承载力, 可按下列式验算:

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{Rd}} (f_{vE} A + 0.15 f_y A_s) \quad (5.3.16)$$

式中 A_s ——层间竖向截面中钢筋总截面面积。

软件对于 C 类砌体建筑, 按现行砌体规范计算抗震承载力:

10.2.1 普通砖、多孔砖砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值, 应按下列式确定:

$$f_{vE} = \zeta_N f_v \quad (10.2.1)$$

式中: f_{vE} ——砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值;

f_v ——非抗震设计的砌体抗剪强度设计值;

ζ_N ——砖砌体抗震抗剪强度的正应力影响系数, 应按表 10.2.1 采用。

表 10.2.1 砖砌体强度的正应力影响系数

砌体类别	σ_0/f_v						
	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	10.0	12.0
普通砖、多孔砖	0.80	0.99	1.25	1.47	1.65	1.90	2.05

注： σ_0 为对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力。

10.2.2 普通砖、多孔砖墙体的截面抗震受剪承载力，应按下列公式验算：

1 一般情况下，应按下式验算：

$$V \leq f_{vE}A/\gamma_{RE} \quad (10.2.2-1)$$

式中： V ——考虑地震作用组合的墙体剪力设计值；

f_{vE} ——砖砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪强度设计值；

A ——墙体横截面面积；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，应按表 10.1.5 采用。

2 采用水平配筋的墙体，应按下式验算：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}}(f_{vE}A + \zeta_s f_{yh} A_{sh}) \quad (10.2.2-2)$$

式中： ζ_s ——钢筋参与工作系数，可按表 10.2.2 采用；

f_{yh} ——墙体水平纵向钢筋的抗拉强度设计值；

A_{sh} ——层间墙体竖向截面的总水平纵向钢筋面积，其配筋率不应小于 0.07% 且不大于 0.17%。

表 10.2.2 钢筋参与工作系数 (ζ_s)

墙体高宽比	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
ζ_s	0.10	0.12	0.14	0.15	0.12

3 墙段中部基本均匀的设置构造柱，且构造柱的截面不小于 240mm×240mm（当墙厚 190mm 时，亦可采用 240mm×190mm），构造柱间距不大于 4m 时，可计入墙段中部构造柱对墙体受剪承载力的提高作用，并按下式进行验算：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}}[\eta_c f_{vE}(A - A_c) + \zeta_c f_t A_c + 0.08 f_{yc} A_{sc} + \zeta_s f_{yh} A_{sh}]$$

式中： A_c ——中部构造柱的横截面面积（对横墙和内纵墙， $A_c > 0.15A$ 时，取 0.15A；对外纵墙， $A_c > 0.25A$ 时，取 0.25A）；

f_t ——中部构造柱的混凝土轴心抗拉强度设计值；

A_{sc} ——中部构造柱的纵向钢筋截面总面积，配筋率不应小于 0.6%，大于 1.4% 时取 1.4%；

f_{yh} 、 f_{yc} ——分别为墙体水平钢筋、构造柱纵向钢筋的抗拉强度设计值；

ζ_c ——中部构造柱参与工作系数，居中设一根时取 0.5，多于一根时取 0.4；

η_c ——墙体约束修正系数，一般情况取 1.0，构造柱间距不大于 3.0m 时取 1.1；

A_{sh} ——层间墙体竖向截面的总水平纵向钢筋面积，其配筋率不应小于 0.07% 且不大于 0.17%，水平纵向钢筋配筋率小于 0.07% 时取 0。

从以上公式中对比，可以看出 A、B 类砌体结构与 C 类砌体结构抗震承载力验算的不同：

①砌体的抗剪强度、构造柱混凝土抗拉强度与钢筋抗拉强度：A、B 类按鉴定标准附录 a 执行，C 类按现行砌体规范执行。

②砌体抗震抗剪强度的正应力影响系数按各自的表格取值不同。

③确定墙体约束修正系数时，构造柱间距的规定不同。

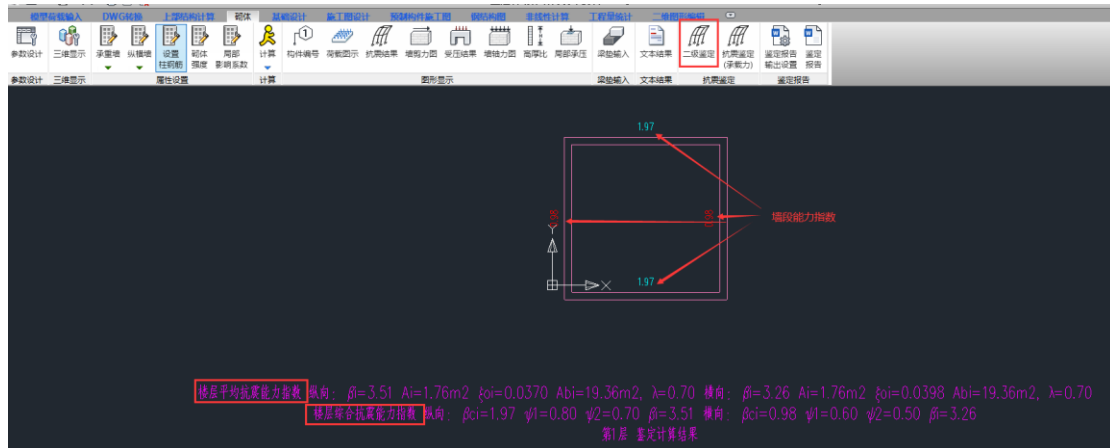
④钢筋参与工作系数取值不同，鉴定标准是固定值 0.15，现行规范按表格取值。

⑤层间墙体竖向截面的总水平纵向钢筋的配筋率，现行规范有要求，鉴定标准没有要求。

三、砌体建筑抗震鉴定结果查看

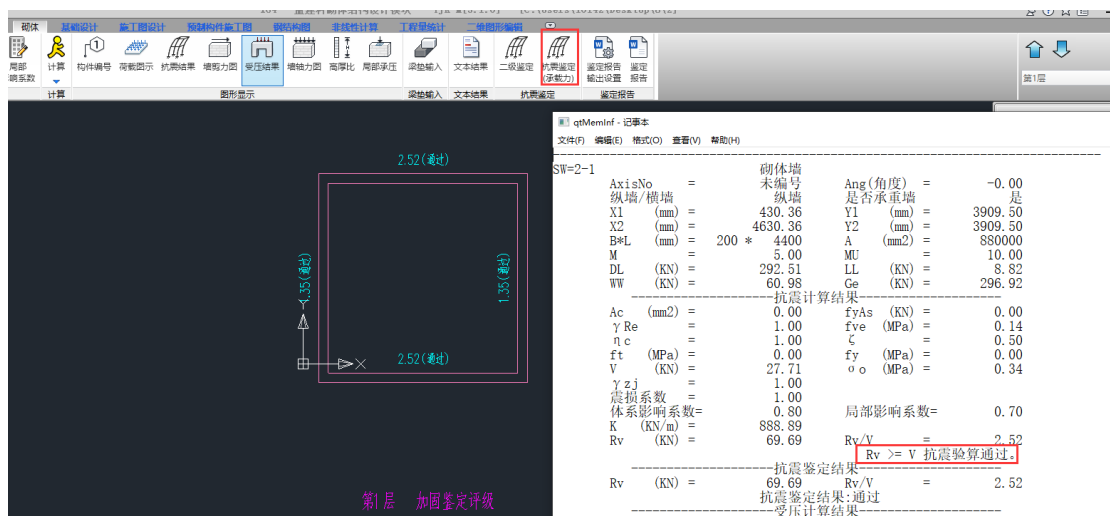
(1) 综合抗震能力指数

当最弱楼层平均抗震能力指数、最弱楼层综合抗震能力指数、最弱墙段综合抗震能力指数大于等于 1.0 时，可评定为满足抗震鉴定要求；当小于 1.0 时，表示鉴定不满足，应对房屋采取加固或其他相应措施。



(2) 抗震承载力验算

当砌体墙的抗震鉴定（承载力）结果显示**通过**，表示抗震鉴定满足要求；若显示**未通过**，则表示抗震鉴定不满足要求，应对其进行加固处理。



总之，砌体建筑抗震鉴定的解决方案如下：

(1) A 类砌体房屋：

当第一级鉴定不满足时，除有明确规定的情况外，应采用计入构造影响的综合抗震能力指数法进行二级鉴定。

当 A 类砌体房屋质量和刚度沿高度分布不均匀或 7、8、9 度时的房屋层数分别超过六、五、三层时，可按计入构造影响的抗震承载力验算方法进行二级鉴定。

B 类砌体房屋：

应同时进行抗震措施鉴定与抗震承载力鉴定。若层高相当且规则均匀时，也可按楼层综合抗震能力指数方法进行鉴定。

(2) 砌体房屋采用综合抗震能力指数的方法进行第二级鉴定时，分别采用楼层

平均抗震能力指数方法、楼层综合抗震能力指数方法和墙段综合抗震能力指数方法。

(3)抗震鉴定结果可按综合抗震能力指数与抗震承载力结果分别查看。

(4)影响系数分为体系影响系数 Ψ_1 与局部影响系数 Ψ_2 。由用户根据建筑的实际情况，按鉴定阶段与加固阶段分别输入。

影响系数对楼层综合抗震能力指数计算和构件抗震承载力验算均起作用。