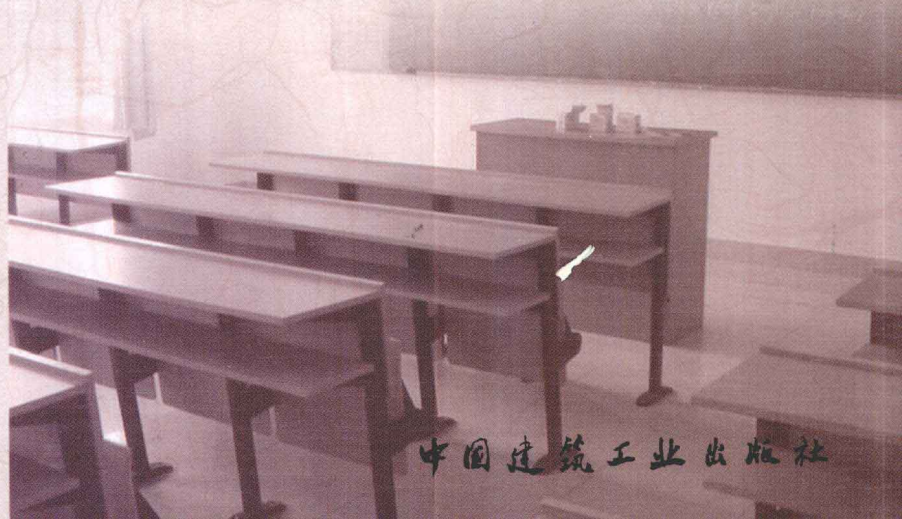


全国中小学校舍安全工程建设指导丛书

全国中小学校舍抗震 鉴定与加固示例

住房和城乡建设部工程质量安全监管司 指导

《建筑抗震鉴定标准》与《建筑抗震加固技术规程》编制组 编写



中国建筑工业出版社

全国中小学校舍安全工程建设指导丛书

全国中小学校舍抗震鉴定与 加固示例

住房和城乡建设部工程质量安全监管司 指导

《建筑抗震鉴定标准》与《建筑抗震加固技术规程》编制组 编写

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

全国中小学校舍抗震鉴定与加固示例/《建筑抗震鉴定标准》与《建筑抗震加固技术规程》编制组编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010

全国中小学校舍安全工程建设指导丛书

ISBN 978-7-112-11726-0

I. 全… II. 建… III. 中小学—教育建筑—安全工程
IV. TU244.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 241661 号

为帮助建筑抗震鉴定人员更好地理解与执行《鉴定标准》与《加固规程》，特别是尽快熟悉和掌握中小学等重点设防类建筑的抗震鉴定，使重点设防类建筑的抗震鉴定可直接按当地设防烈度的具体规定开展工作，本书选择了若干具有代表性的中小学校舍鉴定与加固案例，详细地介绍抗震鉴定步骤及加固设计方法。本书可供建筑设计、施工、管理人员；建设主管部门及相关管理人员参考。

* * *

责任编辑：赵梦梅 刘瑞霞 刘婷婷

责任设计：董建平

责任校对：王雪竹

全国中小学校舍安全工程建设指导丛书
全国中小学校舍抗震鉴定与加固示例
住房和城乡建设部工程质量安全监管司 指导
《建筑抗震鉴定标准》与《建筑抗震加固技术规程》编制组 编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：9½ 字数：232 千字

2010年5月第一版 2010年5月第一次印刷

定价：22.00 元

ISBN 978-7-112-11726-0

(18976)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

2009年4月,国务院正式启动全国中小学校舍安全工程,在全国中小学校开展抗震加固、提高综合防灾能力建设,使学校校舍达到重点设防类抗震设防标准。在总结汶川地震经验的基础上,新修订的《建筑抗震鉴定标准》GB 50023—2009(本书以下简称为《鉴定标准》)和《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116—2009(本书以下简称《加固规程》)分别于2009年7月1日和8月1日正式实施,成为指导全国中小学现有校舍抗震鉴定与加固的重要技术标准。

本次需进行抗震鉴定与加固的中小学校舍具有年代跨度大、结构形式复杂、鉴定加固工作量大、任务紧的特点,为贯彻国务院办公厅关于印发全国中小学校舍安全工程实施方案的通知(国办发[2009]34号)和教育部等11个部委印发的《全国中小学校舍安全工程技术指南》(教财[2009]14号),帮助建筑抗震鉴定与加固设计人员更好地理解与执行新标准,特别是尽快熟悉和掌握中小学等重点设防类建筑的抗震鉴定与加固方法,住房和城乡建设部工程质量安全监管司向中国建筑科学研究院下达了“中小学校舍加固案例总结的研究课题”,并提出编制《全国中小学校舍抗震鉴定与加固示例》的要求。

本书根据现有中小学校结构形式的特点,对《鉴定标准》中关于重点设防类建筑的相关内容重新进行了整理。在抗震鉴定方面,给出了中小学校舍常见结构形式(多层砌体房屋、钢筋混凝土房屋、单层砌体房屋和单层空旷房屋)的鉴定要求,并附以若干鉴定示例详细地说明了抗震鉴定的方法与步骤;在抗震加固方法中,重点给出了中小学校舍抗震加固常用方法设计及施工技术要点,并给出了相应的节点构造示意,有的附以加固示例。

由于作者水平所限,书中难免有不足之处,恳请读者和同行批评指正。

编 者
2010年3月

目 录

第一章 概述	1
第一节 现有建筑抗震鉴定基本要求与方法	1
第二节 现有建筑抗震加固基本原则与方法	5
第二章 多层砌体校舍抗震鉴定	10
第一节 A类多层砌体校舍抗震鉴定	10
第二节 B类多层砌体校舍抗震鉴定	20
第三节 多层砌体校舍抗震鉴定示例	27
第三章 钢筋混凝土结构校舍抗震鉴定	46
第一节 A类钢筋混凝土结构校舍抗震鉴定	46
第二节 B类钢筋混凝土结构校舍抗震鉴定	50
第三节 钢筋混凝土结构校舍抗震鉴定示例	55
第四章 单层砌体校舍抗震鉴定	70
第一节 单层砖砌体校舍抗震鉴定	71
第二节 单层空旷砌体校舍抗震鉴定	72
第三节 单层砌体校舍抗震鉴定示例	77
第五章 砌体校舍抗震加固	82
第一节 抗震加固方法综述	82
第二节 水泥砂浆或钢筋网水泥砂浆面层加固	83
第三节 钢筋混凝土板墙加固	93
第四节 增设抗震墙加固	98
第五节 外加圈梁—构造柱加固	100
第六节 钢绞线网—聚合物砂浆面层加固	109
第七节 面层组合柱、组合壁柱加固	114
第八节 改变结构体系加固	116
第六章 钢筋混凝土结构校舍抗震加固	121
第一节 抗震加固方法综述	121
第二节 增设抗震墙或翼墙加固	122
第三节 钢筋混凝土套加固	125
第四节 钢构套加固	130
第五节 钢绞线网—聚合物砂浆面层加固	134
第六节 粘贴钢板或碳纤维布加固	135
第七节 增设抗震支撑加固	136
第八节 单跨框架结构的加固	143
第九节 填充墙加固及混凝土缺陷修补	145

第一章 概 述

地震中房屋建筑破坏与倒塌是造成人员伤亡的主要原因，汶川地震中许多学校建筑由于抗震能力不足，造成校舍倒塌、学生死伤的惨痛教训。因此提高现有房屋建筑的抗震能力是减轻地震灾害的有效措施，实践证明凡在震前经过抗震鉴定与加固的建筑，在地震中的损坏程度明显轻于未加固的建筑。2009年4月，国务院正式启动全国中小学校舍安全工程，在全国中小学校开展抗震加固、提高综合防灾能力建设，使学校校舍达到重点设防类抗震设防标准。为配合全国中小学校舍安全工程，住房和城乡建设部正式颁布实施了《建筑抗震鉴定标准》GB 50023—2009、《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116—2009，这两本配套实施的标准是现有房屋建筑抗震鉴定与加固的重要技术依据。

现有中小学校舍包括教学楼、学生宿舍、食堂、礼堂等，从结构类型上分，多以砌体结构和钢筋混凝土框架结构为主，食堂与礼堂多为单层空旷房屋。早期建成的校舍多为砖混结构或砖木结构，随着我国经济的发展，钢筋混凝土结构的校舍越来越多。中小学校舍抗震鉴定与加固工作，具有年代跨度大、结构形式复杂、鉴定加固工作量大、任务紧的特点，为使鉴定与加固设计人员尽快熟悉和掌握中小学等重点设防类建筑的抗震鉴定与加固方法，本章就中小学校舍抗震鉴定与加固的基本原则与方法作一简单说明，各类校舍具体的抗震鉴定与加固方法在后续各章节中详细说明。

第一节 现有建筑抗震鉴定基本要求与方法

现有中小学校舍的抗震鉴定应以现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023—2009为依据，根据《鉴定标准》的规定，抗震鉴定应按以下步骤进行：(1)确定中小学校舍的后续使用年限；(2)根据后续使用年限，选择相应的鉴定方法；(3)进行校舍的两级鉴定，评定其综合抗震能力；(4)给出鉴定结论。

一、后续使用年限的确定

进行抗震鉴定时首先应确定校舍的后续使用年限。后续使用年限不同，采用的鉴定方法不同，鉴定结论可能会有所同，达到的设防目标也会略有差异。校舍的后续使用年限分为30年、40年、50年三个档次，主要依据校舍建造的年代及当时设计依据的设计规范来确定。《鉴定标准》规定：

1. 在20世纪70年代及以前建造经耐久性鉴定可继续使用的现有建筑，其后续使用年限不应少于30年；在20世纪80年代建造的现有建筑，宜采用40年或更长，且不得少于30年。

2. 在20世纪90年代(按当时施行的抗震设计规范系列设计)建造的现有建筑，后续使用年限不宜少于40年，条件许可时应采用50年。

3. 在2001年以后(按当时施行的抗震设计规范系列设计)建造的现有建筑，后续使用年限宜采用50年。

后续使用年限为 30 年的校舍，简称 A 类建筑，应按《鉴定标准》中 A 类建筑的方法进行鉴定；后续使用年限为 40 年的校舍，简称 B 类建筑，应按《鉴定标准》中 B 类建筑的方法进行鉴定；后续使用年限为 50 年的校舍，简称 C 类建筑，按现行设计规范的方法进行鉴定，但可参照《鉴定标准》的原则，进行综合抗震能力的评定，以确定是否满足抗震鉴定要求。

《鉴定标准》中给出的后续使用年限是一个最低要求，当经济技术条件许可时应采用更高的要求鉴定，尽可能提高其抗震能力。对于 2001 年以后建造的校舍，如果属于正常设计、正常施工、工程建设手续完备，房屋使用现状正常，且当地设防烈度未提高时，可按后续使用年限 40 年的要求进行鉴定。

二、现有中小学校的抗震设防标准

根据《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008 的规定，现有中小学校舍属重点设防类建筑。重点设防类的建筑，按照《鉴定标准》的规定，6~8 度应按比本地区设防烈度提高一度的要求核查其抗震措施，9 度时应适当提高要求；抗震验算应按不低于本地区设防烈度的要求采用。

上述提法与《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008 的提法略有不同，一是 9 度区现有建筑抗震措施的核查应适当提高要求，是指 A 类建筑按 B 类建筑的要求进行抗震措施核查，B 类建筑按 C 类建筑的要求进行抗震措施核查。二是抗震验算按不低于本地区设防烈度的要求采用，也就意味着在鉴定时可适当提高地震作用影响，以提高重点设防类建筑的抗震能力。

设防标准还可根据建筑存在的有利和不利因素进行适当调整：

1. I 类场地时，构造措施可仍按当地设防烈度的要求鉴定。
 2. IV 类场地、复杂地形、严重不均匀土层上的建筑以及同一建筑单元存在不同类型基础时，应适当提高上部建筑的抗震鉴定要求。
 3. 对建造于 7 度(0.15g)和 8 度(0.30g)设防区的校舍，当场地类别为 I 类时，分别按 7 度和 8 度的要求鉴定；当场地类别为 II 类时，分别按 8 度和 9 度的要求鉴定；当场地类别为 III、IV 类时，应在 8 度和 9 度的基础上进一步提高鉴定要求。
 4. 有全地下室、箱基、筏基和桩基的建筑，可降低上部结构的抗震鉴定要求。
 5. 对密集的建筑，包括防震缝两侧的建筑，应提高相关部位的抗震鉴定要求。
- 现有中小学校舍抗震鉴定的设防标准详见表 1.1。

中小学校的抗震鉴定设防标准 表 1.1

设防烈度	场地类别	抗震措施	抗震构造	抗震验算
6 度	I	7	6	≥0.05g
	II~IV		7	
7 度(0.10g)	I	8	7	≥0.10g
	II~IV		8	
7 度(0.15g)	I	8	7	≥0.15g
	II		8	
	III、IV		8*	

续表

设防烈度	场地类别	抗震措施	抗震构造	抗震验算
8度(0.20g)	I	9	8	$\geq 0.20g$
	II~IV		9	
8度(0.30g)	I	9	8	$\geq 0.30g$
	II		9	
	III、IV		9*	
9度	I	9*	9	$\geq 0.40g$
	II~IV		9*	

注：8*、9*表示比8、9度更高的要求，即A类建筑按B类建筑的要求进行抗震措施核查，B类建筑按C类建筑的要求进行抗震措施核查。

三、现有中小学校的两级鉴定方法

校舍的抗震鉴定分两级进行，第一级鉴定以宏观控制与构造鉴定为主进行综合评价，第二级以抗震验算为主结合构造影响进行综合评价。

对于A类校舍，当符合第一级鉴定的各项要求时，可评为满足抗震鉴定要求，不再进行第二级鉴定；当不符合第一级鉴定要求时，应根据不符合第一级鉴定要求的情况，决定是否需要进行第二级鉴定作出综合评定，或是直接判定为不满足鉴定要求需进行加固处理。

对于B类校舍，需进行第一级鉴定(抗震措施鉴定)和第二级鉴定(现有抗震承载力验算)后再作出判断。当抗震措施不满足鉴定要求而现有抗震承载力较高时，可通过构造影响系数进行综合抗震能力的评定；当抗震措施满足鉴定要求时，主要抗侧力构件的抗震承载力不低于规定值的95%、次要抗侧力构件的抗震承载力不低于规定值的90%时，也可评定为满足抗震鉴定要求，不需要进行加固处理。

第一级鉴定一般从结构体系、材料实际达到的强度等级、结构整体性连接构造及局部易损易倒部位四个方面进行。根据结构体系、材料实际强度等级、整体性连接不符合鉴定要求的程度，得到体系影响系数；根据局部易损易倒部位不符合鉴定要求的程度，得到局部影响系数。

第二级鉴定中，A类校舍可采用简化方法(砌体结构的面积率方法、钢筋混凝土结构的屈服强度系数法)计算楼层平均抗震能力指数，结合体系影响系数与局部影响系数得到楼层综合抗震能力数；B类校舍一般情况下应按设计规范的方法进行构件承载力的验算，同A类校舍一样，构件承载力计算时可计入构造的影响(体系影响系数与局部影响系数)。对于B类砌体结构校舍，也可按A类校舍采用面积率简化方法计算楼层综合抗震能力指数。

1. 基于面积率的综合抗震能力指数计算

多层砌体房屋的楼层或墙段综合抗震能力指数计算公式如下：

$$\beta = \psi_1 \psi_2 A / (A_b \xi_0 \lambda) \quad (1.1)$$

式中各符号的含义见本书第二章，其中 λ 为地震烈度影响系数，A类建筑6~9度时分别为0.7、1.0、1.5、2.5，B类建筑6~9度时分别为0.7、1.0、2.0、4.0。7度(0.15g)时，A、B类建筑分别取1.25、1.5，8度(0.30g)时，A、B类建筑分别取

2.0、3.0。

2. 基于屈服强度系数的综合抗震能力指数计算

多层钢筋混凝土房屋的楼层综合抗震能力指数计算公式如下：

$$\beta = \psi_1 \psi_2 V_y / V_e \quad (1.2)$$

式中各符号的含义见本书第三章。

3. 基于规范构件承载力验算的综合抗震能力指数计算

采用前两种方法具有一定的适用条件，当这些条件不满足时，应采用设计规范中的方法进行构件承载力验算，并可折算成相应的综合抗震能力指数。

设计规范中的构件承载力验算公式为：

$$S \leq R / \gamma_{RE} \quad (1.3)$$

现有建筑抗震鉴定时的构件承载力验算公式则为：

$$S \leq R_c / \gamma_{Ra} \quad (1.4)$$

同式(1.3)相比，差别在于公式(1.4)右端分子项为考虑构造影响的构件综合抗震承载力 R_c ，分母项为抗震鉴定用的承载力调整系数，而不是设计时的构件抗震承载力调整系数，A类多层砌体房屋 $\gamma_{Ra} = \gamma_{RE}$ ，A类钢筋混凝土构件 $\gamma_{Ra} = 0.85\gamma_{RE}$ ，B类建筑 $\gamma_{Ra} = \gamma_{RE}$ 。

校舍抗震鉴定流程见图 1.1。

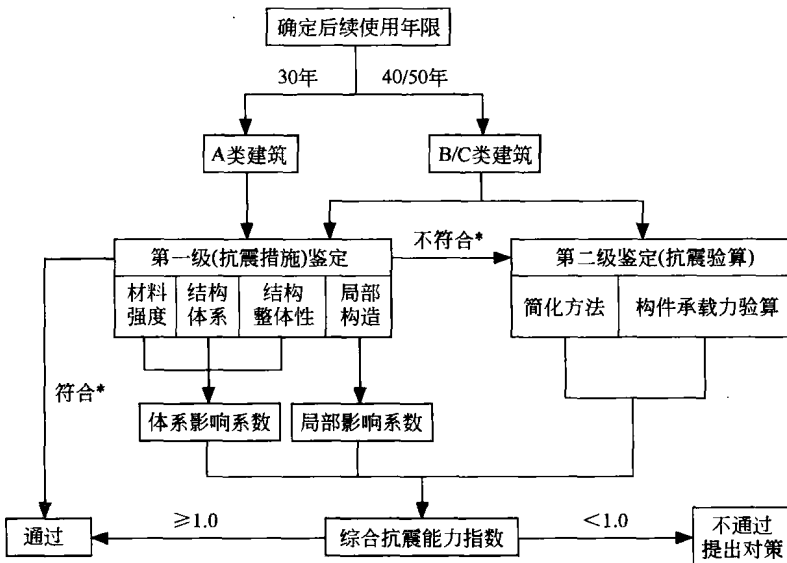


图 1.1 现有建筑抗震鉴定流程图

注：*表示仅适用于 A 类建筑。

四、抗震鉴定结论

现有校舍根据两级鉴定的情况，可给出以下几种处理意见：

1. 通过。指满足抗震鉴定要求无需进行抗震加固，此时应特别注明其后续使用年限。
2. 维修。指不满足抗震鉴定要求，但仅需对不满足要求的非结构构件进行加固处理。此时，对于位于人流通道处的易倒塌伤人的非结构构件应立即采取措施，其他非结构构件结合日常维修处理即可。
3. 加固。指不满足抗震鉴定要求，需进行抗震加固使其达到应有的抗震设防要求。

4. 改变用途。指不满足抗震鉴定要求，且加固费用过高，但可通过改变用途的方法降低其设防类别，使其达到或通过抗震加固达到按新用途使用的抗震设防要求。

5. 更新。指不满足抗震鉴定要求，无加固价值，或是结构体系极不利于抗震，此时可结合城市规划采取拆除的处理意见，短期需继续使用的需改变用途并采取应急的安全措施。

第二节 现有建筑抗震加固基本原则与方法

一、现有建筑抗震加固的设防目标

现有建筑抗震加固的设防目标与抗震鉴定的设防目标基本一致，即按后续使用年限50年进行加固的现有建筑应满足新建工程的三水准设防目标，对按后续使用年限少于50年的现有建筑，其加固后的设防目标略低于新建工程的设防目标。

加固规程中规定抗震加固的目标是使现有建筑做到抗震安全、经济、合理、有效和实用，其中抗震安全指加固后的现有建筑在预期的后续使用年限内能够达到不低于其抗震鉴定的设防目标。这意味着，凡经抗震鉴定需进行加固的现有建筑，在条件许可时通过加固尽可能提高其综合抗震能力，但不宜提高得过多，以体现经济的原则。

为实现上述目标，现有建筑抗震加固时的后续使用年限、建筑的抗震设防类别及相应的抗震措施和抗震验算要求与《鉴定标准》的要求一致。抗震鉴定时要根据房屋的现状进行两级鉴定，抗震加固时则是按加固后的状态进行综合抗震能力的评定。评定综合抗震能力是否满足要求，对于现有建筑的抗震鉴定，按综合抗震能力指数评定时，要求楼层的综合抗震能力指数大于或等于1.0，否则应进行抗震加固；现有建筑的抗震加固，要求加固后楼层的综合抗震能力指数大于1.0，即为达到了抗震加固的目的。

二、抗震加固设计原则

1. 先鉴定后加固的原则

抗震加固是抗震鉴定的延续。抗震加固前必须对现有建筑进行抗震鉴定，抗震鉴定是抗震加固的前提，鉴定与加固应前后连续，才能确保抗震加固取得最佳的效果。未进行抗震鉴定，则抗震加固缺乏基本的依据，成为盲目加固。

2. 加固方案的优化

加固方案应根据抗震鉴定的结果综合确定，处理好以下几个关系，使方案有所优化：

(1) 针对鉴定的结果和房屋的实际情况，弄清使房屋总体抗震能力达到规定设防要求的关键，是采用房屋整体加固还是区段加固或是构件加固。

(2) 对结构的加固，要进行“内加固”或“外加固”的比较。从房屋内部加固便于保持外立面，但加固对生产、生活的干扰较大，从房屋外部进行加固，对生产、生活的干扰较小，并且可以与外立面的更新相结合，但抗震墙间距过大等情况下不容易达到预期效果。

(3) 增设抗震墙或支撑等抗侧力构件时，可保持或改变原有的结构体系，使地震作用相应地基本保持不变或显著加大，要进行二者的比较分析，包括普遍加固方案与形成安全区的集中加固方案的比较，结合使用功能的要求和改造等确定。

(4) 加固后结构的质量、刚度、承载力和变形能力都发生变化，当采用以提高承载力

为主的方案时，要使承载力的提高超过因质量、刚度加大导致地震作用的加大；当采用以提高变形能力为主的方案时，要衡量现有承载力是否达到相应的最低要求。

(5) 加固方法要便于施工，减少对原结构承载能力的损伤，已有的损伤也要结构抗震加固一并处理，以便在材料消耗、施工工效、环境影响和抗震能力提高之间取得最佳方案。

3. 加固布置的合理性

(1) 规则性治理。当原结构沿高度和沿平面的构件、刚度等的分布符合规则性要求时，新增构件的布置要保持原有的规则性；原结构在某个主轴或两个主轴方向不符合规则性要求时，可利用新增构件的布置，使加固后的结构减少或消除不规则性。

(2) 理顺地震作用的传递途径。应保持原有结构合理的传递途径，可利用新增构件改变原结构不合理的传递途径，消除或减轻原结构传递途径的缺陷。

(3) 抗震薄弱层的复核。不仅要防止加固后形成新的薄弱楼层(如天津第二毛纺厂框架厂房倒塌)，而且要利用所增设构件的位置、尺寸和厚度的变化，消除薄弱层或减轻原有薄弱楼层的薄弱程度。

(4) 当原有建筑的不同部位有不同类型的承重结构体系时，对不同类型结构的相连部位，加固布置要使之具有比一般部位更高的承载力或更强的变形能力。

(5) 当原有结构构件处于明显不利的受力状态时，如短柱、强梁弱柱等，加固布置要改善其受力状态，或设法将地震作用吸收到新增的受力状态合理的构件上。

4. 加固手段的有效性

为使结构整体的综合抗震能力确实得到提高，不致“加而不固”或加固时损伤原有构件，或加固引起的附加内力而使某些部位的承载力不足，抗震加固设计及施工中要注意以下几点：

(1) 确保新增设或增附的构件与原结构构件有可靠的连接，可综合选用增加新旧构件的表面粘结力，增设拉结措施、锚固措施等。

(2) 应考虑加固后构件的实际受力状况、新旧构件受力程度的不同及协同工作的程度，并在加固后构件的承载力计算中相应处理。

(3) 增设的竖向构件(如抗震墙、柱等)应上下连续，并有可靠基础，并考虑新增构件与原有构件可能的沉降差异。当原结构构件上下不连续时，加固时宜消除其不连续性或减少不连续的程度。

(4) 注意保护原结构构件及其连接，避免加固时对原有构件承载力的削弱。一旦原有构件受到损伤，应先修补、恢复再进行加固。

5. 地基基础现有承载能力的利用

对于地基基础在静载下未发现问题的现有建筑，6、7度时不作基础抗震鉴定，也就不用加固；8、9度时，只对液化等级为严重且建筑对液化敏感的地基进行处理，对软弱土和明显不均匀土层上的建筑，多采取措施提高上部结构抵抗不均匀沉降的能力。

减少现有建筑地基基础的加固量，一是考虑到地基基础加固难度较大，二是根据震害资料统计分析，地震造成的地基震害，如液化、软土震陷、不均匀土层的差异沉降等，一般尚未导致建筑的坍塌或丧失使用价值，因此可采取提高上部结构抵抗不均匀沉降能力的措施，即可减轻结构的震害。减少对现有建筑地基基础的加固，要充分利用现有地基的潜

力，例如：

(1) 遇到软弱土层时，根据唐山地震的震害经验，当基础底面下的厚度不大于 5m，或 8、9 度时地基土静承载力特征值分别大于 80kPa 和 100kPa 时，可不考虑地震下的沉降。

(2) 由于地基土在建筑荷载的长期作用下土体固结压密，土与基础底面接触处发生一定的物理、化学变化，孔隙比和含水量减少，可使黏土、粉土、砂性土、砾石土的地基静承载力有一定的提高。因此，当加固后结构所增加的重力不超过地基土长期压密提高值时，可不作地基的抗震验算。

(3) 遇有柱间支撑的柱基、拱脚等，需进行抗滑验算时，可考虑基础底面与土的摩擦力、基础侧面的被动土压力，有时尚可利用刚性地坪的抗滑力。

(4) 加固后，在地震作用下，基础的竖向压力超过地基土承载力特征值在 10% 以内时，可不作地基处理，仅提高上部结构抵抗不均匀沉降的能力。

三、抗震加固的设计计算

现有建筑抗震加固的设计计算，与新建建筑的设计计算不完全相同。现有建筑的抗震加固设计，一般情况下应在两个主轴方向分别进行抗震验算，但在下列情况下加固的验算要求有所放宽：6 度区的现有建筑（建造于 IV 类场地的较高的现有高层建筑除外），同现行《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定一样，可不进行构件截面抗震验算；当加固后结构刚度不超过加固前刚度的 10% 或重力荷载的变化不超过 5% 时，可不再进行整个结构的抗震分析。

抗震加固设计计算应采用符合加固后结构实际情况的计算简图与计算参数，包括构件的实际截面尺寸、钢筋的有效截面、材料实际达到的强度等级、实际荷载偏心 and 构件实际挠度产生的附加内力等，对新增构件的抗震承载力，还需考虑应变滞后的二次受力影响。

现有建筑抗震加固的设计计算与抗震鉴定一样，可采用计算综合抗震能力指数的简化方法，也可按现行规范的方法进行抗震加固后的构件承载力验算。A 类建筑的抗震加固验算，应优先选用与抗震鉴定时相同的简化方法，B 类建筑按规范方法进行构件承载力验算。

1. 按简化方法计算加固后的综合抗震能力指数时的公式如下：

(1) 多层砌体房屋

$$\beta_S = \eta \psi_{1S} \psi_{2S} \beta_0 \quad (1.5)$$

式中各符号的含义见本书第五章，其中 η 为加固增强系数，不同的加固方法取值不同，《加固规程》中给出了不同方法加固增强系数的计算公式。

(2) 钢筋混凝土框架房屋

$$\beta_S = \psi_{1S} \psi_{2S} V_{yS} / V_{eS} \quad (1.6)$$

式中各符号的含义见本书第五章。

2. 按设计规范方法进行加固后的构件承载力验算的公式如下：

$$S < \psi_{1S} \psi_{2S} R_S / \gamma_{RS} \quad (1.7)$$

(1) 地震作用效应 S 的计算

对于 A、B 类建筑，计算地震作用效应时，其设计特征周期、原结构构件材料设计性能指标、地震作用效应的调整等应按《鉴定标准》的规定采用。对于 C 类建筑，则应按

现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定执行。

(2) 构件加固后抗力 R_s 的计算

构件抗力 R_s 的计算要根据加固后情况确定。对于砌体结构的墙体，加固后的承载力可乘以相应的增强系数，《加固规程》中给出了面层加固、板墙加固、新增抗震墙加固、外加圈梁-构造柱加固的增强系数的计算公式。以砂浆面层加固为例，增强系数与原墙体的厚度、砂浆强度等级、抗震抗剪强度设计值、加固面层的厚度、单面加固或是双面加固有关。以 240 厚墙为例，其增强系数为 1.04~3.12，采用钢绞线网-聚合物砂浆面层加固时，增强系数值为 1.12~4.43，采用板墙加固时为 1.8~2.5。对于钢筋混凝土构件，加固后构件的截面承载力验算给出了专门的计算公式，公式中考虑了加固后应变滞后的二次受力影响。

(3) 抗震加固的承载力调整系数 γ_{RS}

抗震加固的承载力调整系数是体现现有建筑抗震加固标准的重要系数，其取值应与抗震鉴定时的承载力调整系数相协调。

对 C 类建筑，抗震加固的承载力调整系数取现行《建筑抗震设计规范》GB 50011 的承载力抗震调整系数，即 $\gamma_{RS} = \gamma_{RE}$ 。对 B 类建筑，抗震加固的承载力调整系数宜按现行《建筑抗震设计规范》GB 50011 的承载力抗震调整系数采用，意味着当加固技术上确有困难，构件抗震承载力按《建筑抗震设计规范》GB 50011 计算时，墙、柱、支撑等主要抗侧力构件可降低 5% 以内，其他次要抗侧力构件可降低 10% 以内。对 A 类建筑，抗震加固的承载力调整系数与抗震鉴定的承载力调整系数一致，即砌体墙体 $\gamma_{Ra} = \gamma_{RE}$ ，钢筋混凝土构件 $\gamma_{Ra} = 0.85\gamma_{RE}$ 。

确定抗震加固的承载力调整系数时尚应注意以下几点：① A 类建筑中新增的钢筋混凝土构件、砌体墙体可按原有构件对待；② 钢筋混凝土构件采用粘贴钢板加固、粘贴纤维布加固或钢绞线网-聚合物砂浆面层加固时，对构件承载力的提高部分，其承载力抗震调整系数取 1.0；③ 壁柱或组合柱加固时，承载力抗震调整系数取 0.85。

现有建筑经抗震加固后，在两个主轴方向上的楼层综合抗震能力指数或楼层受剪承载能力宜接近，同时每个主轴方向上应避免楼层综合抗震能力指数或楼层受剪承载能力突变。所谓楼层的综合抗震能力指数或受剪承载力突变，指本层的综合抗震能力指数或受剪承载力超过下一楼层相应值的 20%，此时应同时增强下一楼层的抗震能力。

四、加固施工与材料的基本要求

为使抗震加固达到有效的要求，加固材料的质量与施工监理及安全，便成为直接关系抗震加固工程安全和质量的关键所在。抗震加固对材料和施工的特殊要求，体现为超强、复核、查缺、防损、防倒等。

超强，指加固所用材料，除满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的基本要求外，其强度等级不应低于被加固构件的材料强度等级，但加固材料强度高并不能发挥预期效果。一般来说，加固所用砂浆强度和混凝土强度宜比原结构材料强度提高 1~2 个等级。

复核，指加固时对构件实际尺寸的测量和核对。因设计上的尺寸与现有建筑的实际尺寸大多有不同程度的差异；当原始资料不全时，加固施工图往往注明“以实际尺寸为准”。这些均需要进行测量，以免因误差过大而降低加固效果或无法施工。

查缺，指加固施工时，要检查原结构及其相关工程的隐蔽部位是否有严重的构造缺陷，一旦发现，要暂停施工，在会同加固设计人员采取有效措施进行处理后方可继续施工。

防损，指在原有构件上凿洞、钻孔等施工过程中，要采取有效措施，避免破坏原有钢筋、砂浆粘结力等，并防止误触电源、气源、水源等管线造成事故。一旦损伤构件，要及时修补。

防倒，指加固施工前，要充分估计施工中可能造成的房屋倾倒、构件开裂或倒塌等不安全因素，采取相应的临时措施予以防止。

对于加固所采用的特殊材料(如各类胶粘剂)应明确其材料性能及耐久性。

第二章 多层砌体校舍抗震鉴定

第一节 A类多层砌体校舍抗震鉴定

层数与高度是影响砌体结构震害程度的最重要因素，因此也是砌体结构最重要的抗震措施之一，多层砌体校舍的抗震鉴定首先应对层数与总高度进行控制。A类砌体校舍的层数与高度限值见表 2.1。

A类砌体校舍的最大高度(m)和层数限值

表 2.1

墙体类别	墙体厚度 (mm)	6度		7度		8度		9度	
		高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数
普通砖实心墙	≥240	21	七	19	六	16	五	10	三
	180	不应采用							
多孔砖墙	180~240	13	四	13	四	10	三	7	二
普通砖空心墙	420	16	五	16	五	10	三	7	二
	300	7	二	7	二	7	二	—	—
普通砖空斗墙	240	不应采用						—	—
混凝土中砌块墙	≥240	16	五	16	五	10	三	—	—
混凝土小砌块墙	≥190	19	六	19	六	13	四	—	—
粉煤灰中砌块墙	≥240	16	五	16	五	10	三	—	—
	180~240	13	四	13	四	7	二	—	—

注：1. 房屋高度计算方法同现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定；

2. 空心墙指由两片 120mm 厚砖墙与 240mm 厚砖墙通过卧砌砖形成的墙体。

查表时尚应注意：对于各层抗震横墙较少的校舍，层数应减一层、高度减 3m；对于各层抗震横墙很少的校舍，层数还应再减一层、高度再减 3m。

关于横向抗震墙较少、很少的界定，根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的精神，横墙较少是指同一楼层内开间大于 4.2m 的房间占该层总面积的 40% 以上；横墙很少是指同一楼层内开间大于 4.2m 的房间占该层总面积的 80% 以上，且开间大于 4.8m 的房间占该层总面积的 50% 以上。

当房屋的层数超过规定限值时，评定为不满足抗震鉴定要求，应采取改变结构体系等减灾对策；当房屋的层数未超过规定限值、但高度超过规定限值，应提高第一级鉴定（抗震措施核查）与第二级鉴定（抗震承载力验算）的要求。

一、A类多层砌体结构校舍的第一级鉴定

A类多层砌体结构校舍的第一级鉴定应从结构体系、材料实际达到的强度等级、结

构整体性连接构造及局部易损易倒部位四个方面进行。当这四个方面都能满足规定的要求时，还可以根据砌筑砂浆强度等级与抗震设防烈度，对抗震横墙间距与房屋宽度进行检查，以确定是否需要进行第二级鉴定。

(一) 结构体系

结构体系包括刚性体系的抗震横墙最大间距、房屋高宽比及结构布置的规则性等。

1. 抗震横墙的最大间距限值见表 2.2。

A 类砌体校舍刚性体系的抗震横墙最大间距(m)

表 2.2

楼、屋盖类别	墙体类别	墙体厚度(mm)	6 度	7 度	8、9 度
现浇或装配整体式混凝土	砖实心墙	≥240	15	15	11
	其他墙体	≥180	13	10	—
装配式混凝土	砖实心墙	≥240	11	11	7
	其他墙体	≥180	10	7	—
木、砖拱	砖实心墙	≥240	7	7	4

注：对Ⅳ类场地，表内的最大间距值应减少 3m 或 4m 以内的一开间。

2. 房屋的高度与宽度(有外廊的房屋，此宽度不包括其走廊宽度)之比不宜大于 2.2，且高度不大于底层平面的最长尺寸。

3. 房屋的平、立面和墙体布置应符合下列规则性的要求：质量和刚度沿高度分布比较规则均匀，立面高度变化不超过一层，同一楼层的楼板标高相差不大于 500mm；楼层的质心和计算刚心基本重合或接近。

4. 跨度不小于 6m 的大梁不应由独立砖柱支承，横墙较少、跨度较大的房间宜为现浇或装配整体式楼、屋盖。

(二) 材料实际达到的强度等级要求

承重墙体的砖、砌块和砂浆实际达到的强度等级应分别符合表 2.3 和表 2.4 的规定。

砖、砌块最低强度等级

表 2.3

块 材	最低强度等级	块 材	最低强度等级
砖	MU7.5，且不低于砌筑砂浆强度等级	小型砌块	MU5
中型砌块	MU10		

砂浆最低强度等级

表 2.4

设 防 烈 度	6		7~9
	层数不超过二层	层数二层以上	
最低强度等级	砖墙体	M0.4	M1
	砌块墙体	M2.5	

抗震鉴定时采用的强度等级尚应符合下列要求：

1. 当砖、砌块实际的强度等级低于表 2.3 规定一级以内时，墙体的砂浆强度等级宜按实际达到的强度等级降低一级采用；

2. 当砂浆强度等级高于砖、砌块的强度等级时，墙体的砂浆强度等级宜按砖、砌块的强度等级采用；

3. 出屋面的楼、电梯间和水箱间等小房间，7~9度时墙体的砂浆强度等级不宜低于M2.5。

(三) 结构的整体性连接构造要求

整体性连接构造包括墙体布置、墙与墙的连接、圈梁构造柱的设置等要求。

1. 墙体布置与连接

应重点检查墙体在平面内布置是否闭合，纵横墙连接处是否被烟道、通风道等竖向孔道削弱。当墙体布置不闭合有敞口墙时，应提出增砌墙体进行封闭或增设钢筋混凝土框进行拉结的处理意见，当纵横墙连接被削弱时应提出处理建议。

其次应进行纵横墙连接的检查，具体要求是咬槎较好，当为马牙槎砌筑或有钢筋混凝土构造柱时，沿墙高每10皮砖(中型砌块每道水平灰缝)应有2 ϕ 6拉结钢筋；空心砌块有钢筋混凝土芯柱时，芯柱在楼层上下应连通，且沿墙高每隔600mm应有 ϕ 4点焊钢筋网片与墙拉结。

2. 构造柱或芯柱的设置

多层砖砌体校舍应按表2.5的要求进行构造柱(或芯柱)设置的检查，砌块类的校舍要按表中提高一度的要求检查。使用表2.5时还应注意，对于横墙较少的校舍需按增加一层的的要求查表，横墙很少的校舍需按增加两层的要求查表。

砖房构造柱设置要求

表 2.5

房屋层数				设置部位
6度	7度	8度	9度	
四、五	三、四	二、三		7、8度时，楼、电梯间四角
六、七	五、六	四	二	隔开间横墙(轴线)与外墙交接处，山墙与内纵墙交接处；7~9度时，楼、电梯间四角
		五	三	内墙(轴线)与外墙交接处，内墙的局部较小墙垛处；7~9度时，楼、电梯间四角；9度时内纵墙与横墙(轴线)交接处

当构造柱(或芯柱)的设置不满足要求，应根据不符合要求的程度在第二级鉴定综合抗震能力评定中乘以0.8~0.95的体系影响系数。

3. 圈梁的设置

圈梁设置的检查重点是设置位置，其次是圈梁构造。

圈梁设置位置及配筋的要求如下：

- (1) 采用现浇或装配整体式钢筋混凝土楼、屋盖时可无圈梁。
- (2) 采用装配式混凝土楼盖、屋盖(或木屋盖)的砖砌体校舍，圈梁布置和配筋不应少于表2.6的规定；纵墙承重房屋的圈梁布置要求应相应提高；空心墙的房屋，外墙每层应有圈梁。
- (3) 采用装配式混凝土楼、屋盖的砌块类校舍，每层均应有圈梁；内墙上圈梁的水平间距，6、7度时分别不大于表2.6中7、8度时的相应规定。
- (4) 砖拱楼、屋盖的校舍，每层所有内外墙均应有圈梁。

圈梁的构造要求如下：