

建筑抗震鉴定加固手册

张熙光 王骏孙 刘惠珊 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑抗震鉴定加固手册/张熙光等编. —北京:中国
建筑工业出版社, 2001. 6

ISBN 7-112-04604-1

I. 建… II. 张… III. ①建筑结构:抗震结构—
鉴定—手册②建筑结构:抗震结构—加固—手册

IV. TU352.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 09173 号

本书以《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—95)和《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—98)为依据,综合介绍了抗震鉴定、加固的基本原则、场地与地基及各类结构的设计和施工。

以各类结构震害特征为依托,阐述抗震鉴定内容、方法和判断,提出主要加固技术和综合技术措施和相关例图。各类结构附有抗震鉴定验算和加固计算的方法和例题。还专门列出抗震加固常用材料、连接方法及施工机具。

本书是目前国内针对建筑抗震鉴定加固方面较全面的实用工具书,可供土建勘察、设计、施工、教学与科研人员使用。

建筑抗震鉴定加固手册

张熙光 王骏孙 刘惠珊 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 44 插页: 1 字数: 1094 千字

2001 年 6 月第一版 2001 年 6 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 65.00 元

ISBN 7-112-04604-1

TU·4120 (10054)

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

我国是地震灾害量严重的国家之一,1975 年海城地震以及第二年的唐山大地震,爆发在我国人口稠密的城市和工矿区。地震造成的人身伤亡和财产损失主要是由于建筑物不耐震倒塌所致。当时大批地震和工程科技人员奔赴地震灾区,现场勘察建筑物震灾形态,调查统计震害资料、分析破坏机理。对尚可利用的建筑物进行现场鉴定,采取行之有效的各种加固措施,促使有些工厂快速复产,部分民用建筑加固后得以继续使用。在鉴定、加固和修复工程中总结提高并通过试验研究改进了建筑抗震措施。

我国是世界上多发地震国家之一,6 度及 6 度以上地震区约占国土面积 60%,大中城市有 70% 位于 7 度以上地震区,过去建成的建筑很多未考虑或没有很好地抗震设防,面临地震活动高潮期的世纪之交,现有建筑的抗震鉴定和加固的任务还很繁重。也急需一批相应的辅助工具书作为参考。

本手册主要依据现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—95)和行业标准《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—98),并参照国内有关资料、设计及施工经验进行编写。

本手册具有下列特点:

1. 将建筑抗震鉴定和抗震加固结合起来编写,既有前后层次,分别叙述,又相互呼应,如承载力抗震调整系数,列出新设计、鉴定和抗震加固(包括普通加固和钢构套加固等区别)时的不同值以便对照使用。

2. 震害特征叙述。对各类结构的历次地震的主要震害及破坏机理作概略叙述。前事不忘,后者之师,使没有亲历地震破坏者也能以震害为鉴,回顾过去教训,精益求精,对症下药,做好抗震鉴定加固工作。

3. 抗震鉴定方面,对建筑物各个部分介绍鉴定的内容和方法,增设一些实用的图表,供设计者查用。

4. 加固技术方面,对常用的主要加固技术,详细介绍,有的增述实例,其内容除在各章节中结合设计叙述外,在第十章中还集中专述。

5. 在鉴定加固验算方面,对各类结构都作了介绍,并附有实用例题,供工程设计参考。

6. 综合构造措施上附有各类结构加固设计例图以及加固方法。

建筑结构抗震鉴定和加固牵涉的问题很多,不仅要针对当前通用的结构遵循现行的规范、标准,有的还涉及过去的工程做法、标准和材料规格。本手册有些实例阐述了用不同方法加固多层钢筋混凝土框架和单层厂房的验算;介绍地基处理的各种做法;还探索多层超高砖房等现实存在的建筑物提出抗震鉴定和加固的处理,供参阅。

由于建筑抗震鉴定和加固的复杂性,限于编者水平、缺点与不足之处,敬希广大读者指正。

编者

2000 年 4 月

第一章 术语和符号

第一节 主要术语

一、地震术语

1. 地震 地球内部运动的累积使岩层剧烈振动,并以波的形式向地表传播而引起地面的颠簸和摇晃。

2. 地震震级 衡量一次地震所释放能量大小的尺度。

3. 地震烈度 地震对地表及工程建筑物影响的强弱程度。

4. 地震区 经常发生地震的地区或地震能引起工程结构破坏的地区。

5. 基本烈度(中国地震烈度区划标明的地震烈度) 我国 1990 年发布的地震烈度区划图标明的基本烈度为 50 年期限内,一般场地条件下,可能遭遇超越该烈度的概率为 10% 的地震烈度。

6. 抗震设防烈度 按国家批准权限审定,作为一个地区抗震设防依据的地震烈度,除经专门审批的情况外一般采用中国地震烈度区划图标明的地震烈度。

7. 建筑抗震重要性分类 从建筑抗震的安全和经济的两个方面综合考虑,按建筑在地震破坏后的影响大小进行分类,并按不同类别提出不同的抗震设计要求。

8. 生命线工程 与人们生活所需密切有关的工程,如给水、供电、交通、电讯、煤气、热力、医疗、消防等工程,这些工程一旦在地震时破坏,会导致城市(或重要厂矿或区域)局部或全部瘫痪,并发生次生灾害,如火灾等。

二、场地和地基术语

1. 场地 大体相当于厂区、居民点和自然村的区域范围内的建筑物所在地,应具有相近的反应谱特性。

2. 场地类别 为适应抗震设计需要(选取设计反应谱和抗震措施),对建筑物所在场地作类别划分。决定场地类别的因素主要是:场地土的软硬和覆盖层的厚度。

3. 场地土 场地范围内,地表面深 15m 且不深于覆盖层厚度范围内的土层。

4. 场地土类型 为确定场地类别而对场地土的软硬作分类,一般可以根据场地土平均剪切波速划为坚硬、中硬、中软和较弱场地土。

5. 场地覆盖层厚度 由地面至剪切波速大于 500m/s 的土层或坚硬土(不应是孤石或波速虽大于 500m/s,但厚度小于 5m 的硬夹层)顶面的厚度。

6. 饱和土 吸水饱和的土,对抗震不利的主要有较松的饱和砂土、饱和粉土和承载力较低的粘性土。

7. 砂土液化 地震引起饱和砂土和粉土的颗粒趋向紧密,同时孔隙水来不及排出,致使孔隙水压力增大,颗粒间的有效应力减少,到达一定程度,完全丧失抗剪能力,呈液体状

态,称砂土液化。砂土液化导致地面喷水冒砂,地面沉陷,斜坡失稳、漂移和地基失效。

8. 液化的标准贯入试验判别 在地面 15m 深度范围内,用 63.5kg 的穿心锤,以 760mm 的自由落距,将一定规格的对开式取样器打入土层 300mm,记录打入击数,根据打入击数多少,与规定的公式计算出液化临界值比较,判别是否液化的方法。

9. 液化指数 评定地基液化危害程度(地基液化等级)的一种指标,与液化土的密实程度(标贯击数与临界击数的比值愈大,液化指数愈小,愈不易液化),可液化土的厚度(厚度愈大,液化指数愈高,愈容易液化),液化土层的层位深度(埋藏愈浅,指数愈高,愈容易液化)有关。

10. 液化等级 按液化指数的高低对地基液化危害程度进行划分,如液化指数 0~5 为轻微液化,5~15 为中等液化,大于 15 为严重液化。液化等级系参照实际建筑的地震液化震害,计算其液化指数,并按震害的不同程度与液化指数的高低的关系区分确定。

三、地震计算术语

1. 地震作用 地震作用,是地震动输入结构后结构产生的动态反应(速度、加速度、变形)。地震作用是一种间接作用,过去曾称地震荷载,它与地震动的性质和工程结构的动力特性有关。

2. 地震作用效应(内力) 结构和构件由地震作用产生的内力(弯矩、轴力、剪力和变形)。

3. 重力荷载代表值 抗震设计时,在地震作用标准值的计算和结构构件作用效应的基本组合中的重力荷载取值,它包括永久荷载(恒载)的标准值和可变荷载(活荷载)的组合值之和。

4. 荷载设计值 荷载代表值乘以荷载分项系数的值。

5. 反应谱 在给定的地震加速作用期间内,单质点体系的最大位移反应、速度反应和加速度反应随质点自振周期变化的曲线,用作计算在地震作用下结构的内力和变形。

6. 底部剪力法(拟静力法) 根据地震反应谱理论,以工程结构底部的总地震剪力与等效单质点的水平地震作用相等,来确定结构总地震作用的方法。

7. 振型分解法 将多质点体系的结构各阶振型作为广义坐标系,求出对应于各阶振型的结构内力和位移,按平方和方根或完全二次型方根的组合确定结构地震反应的方法。采用反应谱求各振型的反应时称振型分解反应谱法。

四、抗震鉴定术语

1. 抗震鉴定 通过检查现有建筑的设计、施工质量和现状,按规定的抗震设防要求,对其在地震作用下的安全性进行评估。

2. 综合抗震能力 整个建筑结构综合考虑其构造和承载力等因素所具有的抵抗地震作用的能力。

3. 墙体面积率 墙体在楼层高度 1/2 处的净截面面积与同一楼层建筑平面面积的比值。

4. 抗震墙基准面积率 以墙体面积率进行砌体结构简化的抗震验算时,表示 7 度抗震设防的基本要求所取用的代表值。

5. 结构构件现有承载力 现有结构构件由材料强度标准值、结构构件(包括钢筋)实有的截面面积和对应于重力荷载代表值的轴向力所确定的结构构件承载力。包括现有受弯承

载力和现有受剪承载力等。

6. 非结构构件 附属于主体结构的构件,如女儿墙、挑檐、围护墙和隔墙、装饰贴面、吊顶、其它装饰物等统称为非结构构件。

五、抗震加固术语

1. 抗震加固 使现有建筑达到规定的抗震设防要求而进行的加固设计及施工。

2. 综合抗震能力 整个建筑结构综合考虑其构造和承载力等因素所具有的抵抗地震作用的能力。

3. 面层加固法 在砌体墙表面增抹一定厚度的水泥砂浆或钢筋、水泥砂浆的加固方法。

4. 板墙加固法 在砌体墙表面浇注或喷射钢筋混凝土的加固方法。

5. 外加柱加固法 在砌体墙交接处增设钢筋混凝土构造柱的加固方法。

6. 壁柱加固法 在砌体墙垛(柱)侧面增设钢筋混凝土柱的加固方法。

7. 混凝土套加固法 在原有的钢筋混凝土梁柱或砌体柱外包一定厚度的钢筋混凝土的加固方法。

8. 钢构套加固法 在原有的钢筋混凝土梁柱或砌体外包角钢、扁钢等制成的构架的加固方法。

六、结构术语

1. 烧结普通砖(实心粘土砖) 以粘土为主要原料,经过焙烧而成,其外形为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 的实心砖。

2. 砌块 以混凝土、粉煤灰等制作的实心或空心块体。

当高度 $180\text{mm} \sim 380\text{mm}$ 为小型砌块;

当高度 $390\text{mm} \sim 980\text{mm}$ 为中型砌块;

当高度大于 980mm 为大型砌块。

3. 横向(水平向)配筋粘土砖墙 沿粘土砖墙的高度,每隔若干皮砖在水平灰缝中配置纵向钢筋以提高墙体的延性和抗震承载力。

4. 圈梁 沿楼板平面(或底面)的周边原纵、横墙上设置并形成封闭状的水平构件,分钢筋混凝土圈梁和钢筋砖圈梁。

5. 钢筋混凝土芯柱 混凝土砌块房屋的纵横墙交接处,在砌块孔洞中插入竖向钢筋,并填实混凝土,形成钢筋混凝土柱,以增加砌块房屋的整体性和延性。

6. 檐口高度 《规范》及本手册所指檐口高度,算至房屋屋顶顶板上皮平面处的高度。

7. 半地下室 房间室内地平面低于室外地平面的高度超过该房间净高 $1/3$,且不超过 $1/2$ 者。

8. 全地下室 房间室内地平面低于室外地平面的高度超过房间净高一半者。

9. 进深梁 与纵墙方向垂直布置的梁。

七、本手册简化用语

1. 《规范》或《抗震规范》 《建筑抗震设计规范》(GBJ 11—89)的简写。

2. 《标准》或《鉴定标准》 《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—95)的简写。

3. 《规程》或《加固规程》 《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—98)的简写。

4. 《78 规范》 《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ 11—78)的简写。

5. 《77 标准》 《工业与民用建筑抗震鉴定标准》(TJ 23—77)(试行)的简写。
6. 《86 加固措施》 《工业与民用建筑抗震加固技术措施》(1986 年)的简写。
7. 刚度 除专门说明者外,均指结构在水平地震作用下的侧向刚度。
8. 柔度 除专门说明者外,均指结构侧移(向)柔度。
9. 侧移 水平方向的位移。
10. 周期 除专门说明者外,均指结构第一振型的自振周期。
11. 地震作用(效应、内力) 均指水平方向的地震作用(效应、内力)。
12. 框-墙结构 框架-抗震墙结构。
13. 底框房屋 底层框架砖房。
14. 内框房屋 内框架砖房。
15. 烈度 设防烈度。
16. 《砌体规范》或《砌体设计规范》 《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)的简写。
17. 《混凝土规范》 《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)的简写。

第二节 主要符号

一、作用和作用效应

- N ——对应于原有结构重力荷载代表值的轴向压力;
 N_G ——对应于加固后结构重力荷载代表值的轴向压力;
 V_{e_0} ——原有楼层的弹性地震剪力;
 V_e ——加固后楼层的弹性地震剪力;
 S_0 ——原有结构构件地震基本组合的作用效应设计值;
 S ——加固后结构构件地震基本组合的作用效应设计值;
 P_0 ——原有基础底面实际平均压力;
 P ——加固后基础底面实际平均压力。

二、材料性能和抗力

- M_{y_0} ——原有构件现有受弯承载力;
 M_y ——加固后构件现有受弯承载力;
 V_{y_0} ——原有构件或楼层现有受剪承载力;
 V_y ——加固后构件或楼层现有受剪承载力;
 R_0 ——原有结构构件承载力设计值;
 R ——加固后结构构件承载力设计值;
 K_0 ——原有结构构件刚度;
 K ——加固后结构构件刚度;
 f_0 ——原材料的强度设计值;
 f ——加固材料的强度设计值;
 f_{K_0} ——原材料的强度标准值;

f_K ——加固材料的强度标准值；
 E_c ——混凝土的弹性模量；
 E_m ——砌体的弹性模量；
 G_c ——混凝土的剪切变形模量；
 G_m ——砌体的剪切变形模量；
 C ——混凝土强度等级；
 MU ——块体强度等级；
 M ——砂浆强度等级。

三、几何参数

A_{s_0} ——原有钢筋截面面积；
 A_s ——实有钢筋截面面积；
 A_{w_0} ——原抗震墙截面面积；
 A_w ——加固后抗震墙截面面积；
 A_b ——楼层建筑平面面积；
 B ——房屋宽度；
 L ——抗震墙之间楼板长度、抗震墙间距、房屋长度；
 b ——构件截面宽度；
 h ——构件截面高度；
 l ——构件长度、屋架跨度；
 t ——抗震墙厚度。

四、计算系数

β_0 ——原有的综合抗震承载力指数；
 β_s ——加固后的综合抗震承载力指数；
 γ_{Ra} ——抗震鉴定的承载力调整系数；
 γ_{RS} ——抗震加固的承载力调整系数；
 ξ_{y_0} ——原有楼层屈服强度系数；
 ξ_y ——加固后楼层屈服强度系数；
 ξ_0 ——砖房抗震墙的基准面积率；
 ϕ_1^0 ——原有结构构造的体系影响系数；
 ϕ_1 ——加固后结构构造的体系影响系数；
 ϕ_2^0 ——原有结构构造的局部影响系数；
 ϕ_2 ——加固后结构构造的局部影响系数。

第二章 基 本 原 则

第一节 地震灾害的严重性

一、我国地震震害概况

我国处于世界上两个最活跃的地震带上,一是环太平洋地震带(我国东部地区);一是欧亚地震带(我国西部及西南部是其通过地区)。因而我国是世界上有数的多地震国家之一。

地震给人类带来了巨大灾害,而且,不论从有史可考的记载,还是从近代的统计,我国的地震灾害为全球之冠。地震造成的人员伤亡,中国居世界首位。1556年1月23日陕西华县8级地震,死亡83万人,是有史以来全世界地震中死亡人数最多的一次。进入20世纪后,1920年12月16日宁夏海原M8.5地震,在人口较疏地区,死亡20余万人,1976年7月28日河北唐山7.8级地震,死亡24.2万人,伤残16.4万人,也是世界上近代大地震中伤亡最多的一次。

表2.1.1列出20世纪中全球灾难性地震造成了101万人的死亡,而中国占其中的44%。20世纪的70年代是全球地震灾害较重的10年。在这10年中全球死于地震人数共41.29万人,而中国死于地震达26.37万人占63.8%。表2.1.2列出中国大陆13次7级以上强震灾难统计,可见中国地震灾害之惨烈。1999年9月21日祖国宝岛台湾北投的7.6级大地震也造成大量建筑倒塌与人民生命财产的损失,炎黄子孙应该密切注意,防御地震灾害,采取从抗震设计施工到鉴定加固的一系列加强措施。

20世纪灾难性地震^[18]

表 2.1.1

日 期	国别、地点	死亡人数(人)	日 期	国别、地点	死亡人数(人)
1904.4.4	克什米尔	1.9万	1972.4.10	伊朗,德黑兰	0.5万
1906.4.18	美国、旧金山	7万余	1972.12.22	尼加拉瓜,马拉瓜	0.6万
1908.12.28	意大利	8.5万	1975.2.4	中国,辽宁海城	0.13万
1920.12.16	中国宁夏海原	20万	1976.2.4	危地马拉	2.3万
1923.9.1	日本、横滨	14万	1976.6.26	印尼,伊里安查亚	0.3万
1935.5.31	印度、奎达	5万	1976.7.28	中国,河北唐山	24.2万
1939.1.24	智 利	3万	1976.8.17	菲律宾,棉兰老	0.8万
1939.12.27	土耳其,埃尔津詹	10万	1977.3.4	罗马尼亚	1541人
1950.8.15	中国,西藏察隅	3万	1978.9.16	伊朗,塔巴斯	2.5万
1964.3.27	美国,阿拉斯加	117人	1980.11.23	意大利南部	2913人
1970.5.31	玻利维亚	5万	1985	墨西哥,墨西哥城	~3万

中国大陆 13 次震级 7 级以上强震灾害统计表^[1]

表 2.1.2

序号	地震	发震时间	震级 M	震前基 本烈度	震中 烈度	受灾面积 (km ²)	死亡人数 (人)	伤残人数 (人)	倒塌房屋 (间)
1	康定	1955.4.14	7.5	10	9	5,000	84	224	636
2	乌恰	1955.4.15	7.0	9	9	16,000	18	/	200
3	邢台	1966.3.22	7.2	6	10	23,000	7,938	8,613	1,191,643
4	渤海	1969.7.18	7.4	/	/	/	9	300	15,290
5	通海	1970.1.5	7.7	9	10	1,777	15,621	26,783	338,456
6	炉霍	1973.2.6	7.9	9	10	6,000	2,199	2,743	47,100
7	永善	1974.5.11	7.1	8	9	2,300	1,641	1,600	66,000
8	海城	1975.2.4	7.3	6	9	920	1,328	4,292	1,113,515
9	龙陵	1976.5.29	7.6	8	9	/	73	279	48,700
10	唐山	1976.7.28	7.8	6	11	32,000	242,769	164,851	3,219,186
11	松潘	1976.8.16	7.2	6~9	8	5,000	38	34	5,000
12	乌恰	1985.8.23	7.4	9	8	526	70	200	30,000
13	澜沧	1988.11.6	7.6	8	9	91,732	748	7,751	2,242,800
小 计						184,255	272,536	217,670	8,318,526

二、我国地震灾害严重的主要原因

1. 地震区分布广 据历史记载,全国除个别省以外,都发生过 6 级以上地震。需要考虑抗震设防地震基本烈度在 6 度以上的地区面积占全国陆地国土面积的 60% (见表 2.1.3)。由于地震活动范围广,震中分散,难以捕捉地震发生的具体地点,集中防御。

中国地震基本烈度面积分类^[1]

表 2.1.3

地震基本烈度分类	面积(10 ⁴ km ²)	百分比(%)
5 度及其以下地区	384.5	40.1
6 度区	263.5	27.4
7 度区	206.4	21.55
8 度区	71.3	7.37
9 度区	23.6	2.46
10 度及其以上地区	10.7	1.12
合 计	960.0	100.00

2. 震源浅、强度大 我国发生在陆地国土的地震,绝大多数是深度在 30km 以内的浅源地震。而且 20 世纪中,我国发生 7 级以上强震约占全球的 1/10 强,而地震释放能量则占全球强震总释放能量的 2/10~3/10。地震强度大,对地面的房屋建筑物,烟囱、水塔等工程构筑物和设施破坏性也大。大量的房屋、构筑物的倒塌造成大量伤亡。

3. 位于地震区的大中城市多 我国大中城市中 70% 在 7 度以上的地震区(见表 2.1.4),特别是一批重要城市包括北京、西安等特大城市都位于地震基本烈度 8 度的高烈度地震区。

全国主要城市基本烈度

表 2.1.4

烈 度	城 市 名 称
6	重庆、青岛、武汉、南宁、济南、贵阳、苏州、常州、无锡、杭州、宁波、温州、铜陵、芜湖、南通、马鞍山、哈尔滨、淮北、洛阳、九江、石家庄、长沙、北海、锦州、淮南
7	上海、天津、广州、深圳、福州、厦门、南京、镇江、漳州、邯郸、大连、抚顺、沈阳、鞍山、蚌埠、张家口、连云港、长春、泉州、秦皇岛、郑州、丹东、吉林、合肥、广州、徐州、岳阳、德州、邢台、开封、湛江、珠海、嘉峪关、焦作、自贡、烟台、安阳、成都、渡口、宝鸡、西宁、大同
8	北京、昆明、拉萨、兰州、西安、太原、渭南、呼和浩特、包头、唐山、天水、银川、汕头、咸阳、乌鲁木齐、石嘴山、海口、临汾、新乡、三门峡
9	东川、西昌、下关、大理

4. 建筑物抗震能力低 新中国成立后新建工程一般均未考虑抗震设防,25年后于1974年才颁发第一本《工业与民用建筑抗震设计规范》,逐渐考虑抗震设防。在此以前建造的大量房屋和工程设施,难以抵御地震的袭击。旧中国遗留下来的老旧房屋、广大的农村房屋、土石结构房屋、南方地区的空斗墙、半砖墙房屋等建筑抗震性能差,因而带来生命和财产的严重损失。例如在70年代全球震害较重的10年中,日本发生14次地震,死129人。美国发生12次地震,死65人。中国的10次地震死26.37万人。其中唐山市因过去未考虑建筑抗震设防,在大地震中85%的房屋倒塌或严重破坏,是造成死亡24.2万人的主要原因。从上述日、美、中三国地震死亡人数的对比,可以了解抗震设防的重要意义。

5. 强震的重演周期长 我国灾难性强震的重演周期大多在百年甚至数百年。如河北省历史上发生过三次7.5级以上的强震(1679年三河、平谷8级地震,1830年磁县7.5级地震和1976年唐山7.8级地震),发震时间分别相隔151年和146年;山西省历史上发生过三次7.5级以上的强震(512年代县7.5级地震,1303洪县8级地震,1695年临汾8级地震),发震时间分别相隔791年和392年;山东省1668年郯城8.5级地震和1937年菏泽7级地震相隔269年。由于强震重演的周期长,就容易在现实生活中忽视地震灾害的威胁,实际目前全球各国地震的预报可靠性尚无太大把握,重现期也资料不多,无法排除大地震突发或提前发生的可能性;以抗震技术最发达的日本而言,1995年阪神大地震就是始料不及的,因此不可忘却历史上的惨痛教训,心存侥幸,对抗震防灾的重要性认识不足,放松警惕,对突发性震害思想麻痹,疏忽房屋建筑和工程建设中应有的抗震设防措施。或是地震来临时紧张一阵,过后却不认真对现有房屋的抗震鉴定与加固,以致坐失良机,以致震害重演。

三、建筑抗震鉴定标准加固规程的历程

我国在制订新建工程抗震设计规范的同时,针对量大面广的已建成房屋需要进行鉴定和加固,在1975年颁发了《京津地区工业与民用建筑抗震鉴定标准》(适用于京津地区)。在1975年海城地震和1976年唐山地震后,积累了抗震设防经验和加固科研成果,随着抗震设计规范的修订,陆续对鉴定标准和加固规程进行配套修订,并逐步扩大使用范围,见表2.1.5。

中国抗震规范、鉴定标准、加固规程历程

表 2.1.5

抗震设计规范	抗震鉴定标准	抗震加固规程	鉴定标准适用范围
工业与民用建筑抗震设计规范(TJ 11—74)(试行)	京津地区工业与民用建筑抗震鉴定标准	—	京津地区试行 7~8 度区
工业与民用建筑抗震设计规范 TJ 11—78	工业与民用建筑抗震鉴定标准 TJ 23—77(试行)	工业与民用建筑抗震加固技术措施	全国通用标准(试行)7,8,9 度地震区
建筑抗震设计规范 GBJ 11—89	建筑抗震鉴定标准 GB 50023—95	建筑抗震加固技术规程 JGJ 116—98	全国强制性标准 6,7,8,9 度地震区

从表 2.1.5 可以看出,近年我国在重视新建工程的抗震设防的同时,还重视改善和提高现有建筑物和工程设施鉴定加固,抗御地震灾害的能力。世界上 130 次伤亡巨大的地震,其中 95% 以上的人员伤亡,是由于抗震能力不足的建筑物倒塌造成的。因此抗震鉴定固定对减轻地震时生命财产的损失是非常重要的。

四、建筑抗震加固效益

抗震鉴定加固是减轻地震灾害的有效措施。1975 年海城地震后,京津地区加固的一批工业和民用建筑,经受了 1976 年唐山地震考验。唐山地震后,全国范围内开展了抗震鉴定加固工作,在近几年各地发生的强地震中,加固和未加固的房屋和工程设施,都经受了地震考验,显示了抗震加固的效益。分述如下:

1. 天津发电设备厂 海城地震后着手加固了主要建筑物 64 项,约 6 万多平方米,仅用钢材 40 吨。经唐山地震考验(厂区地震烈度为 8 度),全厂没有一座车间倒塌,没有一榀屋架塌落,保护了上千台机器设备的安全,震后三天就恢复了生产。而相邻的天津重机厂,震前没有按设防烈度加固,唐山地震后厂房破坏严重,部分屋架塌落,大型屋面板脱落,支撑破坏,围护墙倒塌和外闪等,到 1979 年元旦才部分恢复了生产,修复加固耗费了 700t 钢材。又如天津拖拉机厂的一个车间与天津发电设备厂的一个车间采用同一套标准图建造,但未抗震加固遭严重破坏。

2. 天津铁路分局有 11 座砖烟囱,唐山地震前对质量差的 2 座进行了抗震加固,经唐山和宁河地震考验(烈度为 8 度),仍可正常使用;其余未加固的 9 座烟囱,有 6 座被震断或酥裂,一座掉头,一座微裂,仅一座未破坏。

3. 内蒙五原县第二中学共有 32 栋完全相同的单层砖结构教室。1979 年五原 6 级地震前,加固了 12 栋,地震后基本完好,而未加固的 20 栋砖房,震后遭到了破坏。

4. 四川道孚县有二座已加固的房屋,一是县邮电局机房 1980 年进行了抗震加固,在纵横墙交接处加了构造柱和拉杆,外墙增设了圈梁,经受了 1981 年 1 月道孚 6.9 级(烈度为 8 度)地震考验。地震后该机房安然无恙。但距该机房约 10m 处的同类结构、同样高度、同一单位施工的柴油机房,因震前没有抗震加固,遭到严重破坏。

另一座是粮食仓库进行了抗震加固,震后完好,15min 就同外界取得了通讯连系,群众很快从粮库得到了粮食,保障了生活供给稳定。而附近未加固的建筑,遭受破坏。

5. 四川自贡市已加固了 54 万 m^2 的建筑物,普遍经受了 1985 年 4.8 级地震的考验(震中为 7 度)。已加固的房屋地震后完好率达到 92% 以上。例如自贡市第二医院有三栋 1954 年建的病房楼,均为二层砖木楼房,不但结构和外形一致,且彼此相邻。一号病房楼和二号

病房楼在震前采用钢筋混凝土圈梁加固,震后完好无损。而三号病房楼没来得及加固,震后砖墙严重开裂,外闪,被鉴定为危险房屋,需拆除重建,显示了抗震加固的效益。

6. 山东菏泽市医院的门诊部,震前进行了抗震加固,经受 1983 年 11 月菏泽 5.9 级地震,没有损坏,震后照常看病;而医院的住院部尚未加固,遭到破坏,震后不得不把病人迁移。

抗震加固不仅在发生地震时能大大减轻房屋的破坏、保障人员的安全,就是没有发生地震也能增加建筑物安全,延长建筑物的寿命,还能提高建筑物抵御意外突发事件(如振动、爆炸)的能力。

临震预报时,在已设防和已抗震加固建筑物中工作、生产和居住的群众,不再因房屋不能抗震而“谈震色变”。因此抗震鉴定加固是一项有社会效益和经济效益的重要工作。

第二节 抗震鉴定加固总则

一、抗震鉴定加固的方针和对策

为了贯彻地震工作以预防为主方针,减轻地震破坏,减少损失,对现有建筑的抗震能力进行鉴定,为抗震加固或减灾对策提供依据,使现有建筑的抗震加固做到经济、合理、有效、实用的要求。

符合《鉴定标准》要求的建筑,或通过抗震鉴定需加固并按《加固规程》进行加固的建筑,在遭遇到相当于抗震设防烈度的地震影响时,一般不致倒塌伤人或砸坏重要生产设备,经修理后仍可继续使用。

地震时建筑物的破坏是造成地震灾害的主要原因。现有建筑物有的是旧时代修建的,或相当一部分在《74 抗震设计规范》颁布前设计建成,未考虑抗震设防,有些虽然考虑了抗震,但由于原定的地震基本烈度偏低,与《中国地震烈度区划图(1990)》(国家地震局、建设部于 1992 年 6 月颁布实行)相比,并不能满足相应的设防要求。唐山地震以来建筑抗震鉴定、加固的实践和上节叙述的震害经验表明,对现有建筑按现行设防烈度进行抗震鉴定,并对不符合鉴定要求的建筑采取对策和抗震加固,是减轻地震灾害的重要途径。

1996 年 6 月开始实行的《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—95)和 1999 年 3 月开始实行的《建筑抗震加固技术规程》(JGJ 116—98)的目标和做法基本保持与《77 鉴定标准》相一致。

二、现有建筑抗震鉴定加固设防烈度范围

《鉴定标准》和《加固规程》适用于抗震设防烈度为 6~9 度地区的现有建筑的抗震鉴定和抗震能力不符合抗震设防要求而需要加固的建筑。上述的抗震设防烈度,一般情况可采用地震基本烈度。本手册中“抗震设防烈度 6、7、8、9 度”简称为“6、7、8、9 度”。

鉴定加固地区也包括 6 度区,原因如下:

1. 地震震害表明 6 度地震对房屋建筑仍有相当震害。例如 1976 年唐山地震,北京市遭受 6 度影响,全市死亡 198 人,伤残 5250 人,倒塌和破坏的房屋达 1200 万 m^2 。1978 年 6 月 14 日宁夏西吉 4.5 级地震,震中 6 度,倒塌房屋 63 间,震坏 610 间。1983 年 4 月 3 日河北万全 5 级地震,震中 6 度强,震坏房屋 25.7 万 m^2 。1984 年江苏勿南沙 6.2 级地震,南通市遭受 6 度影响,死 3 人,500 户房屋部分倒塌,市属海门县震毁房屋 1000 余间。因此须对 6 度区进行鉴定加固,以预防震害发生。据典型调查,6 度区需要加固的面积约占总建筑面

积的 1/10,从全局和长远看,是值得的。

2. 由于地震基本烈度难以确切预测,近年来,不少强震发生在 6 度区,造成很大损失。例如,从 1966 年进入我国第四个地震活动高潮以来,在原确定地震基本烈度为 6 度的地区发生了一系列强或中强地震,造成不同程度的破坏,其实例见表 2.2.1。

在原定基本烈度 6 度区实际发生的地震 表 2.2.1

序号	发震地点	时 间	震级 M	震 中 烈 度	序号	发震地区	时 间	震级 M	震 中 烈 度
1	河北邢台	1966.3.8	6.5	8	7	江苏溧阳	1979.7.9	6.0	8
2	河北邢台	1966.3.22	7.2	10	8	内蒙博克图	1981.4.26	5.6	7
3	广东阳江	1969.7.26	6.4	8	9	内蒙丰镇	1981.8.13	5.8	7
4	江苏溧阳	1974.4.22	5.4	7	10	新疆布尔津	1982.3.20	5.2	7
5	辽宁海城	1975.2.4	7.3	9	11	黑龙江龙镇	1986.2.9	5.0	7
6	河北唐山	1976.7.28	7.8	11	12	黑龙江北安	1986.3.1	5.3	7

基本烈度与实际爆发的强震烈度间的差异,不是抗震设计、抗震鉴定和加固所能取代的,但适当考虑抗震措施,可以减轻地震灾害,如唐山大地震中,唐山二个面粉厂,一个未抗震设防,受震后严重破坏倒塌,另一个按 8 度设防,经 10 度地震,震害轻微,震后,稍经加固,即恢复生产。

海城地震中,7~8 度区有一些未经抗震设防的多层砌体房屋,由于适当设置一些圈梁,震害明显减轻。

3. 6 度区抗震的决策经历了三个阶段。

(1) 1979 年根据对苏、鲁、皖、晋、冀、豫的地震形势分析,提出了对 6 度区的 9 个重要城市,要开展抗震工作,对其中的重要工程要进行抗震设防和加固。

(2) 1984 年总结上述经验,颁发了《地震基本烈度 6 度区重要城市抗震设防和加固的暂行规定》。这个规定明确位于 6 度地区的省会城市和百万人口以上的城市都要开展抗震工作。

(3) 1986 年开始从抗震设计规范、鉴定标准、加固规程、城市抗震防灾规划等各方面制定了对策,明确了 6 度区要进行抗震设防。从 1989 年新抗震规范颁发后,建设部接着于 1989 年 9 月 12 日颁布《地震基本烈度六度区现有建筑抗震加固暂行规定》,确定有步骤地对 6 度地震区开展抗震鉴定加固工作。

10 度地震区占国土陆地面积 1.5%,但《鉴定标准》和《加固规程》均未包括,可参照建设部 1989 年 9 月颁发的《地震基本烈度十度区建筑抗震设防暂行规定》的有关规定进行抗震鉴定和加固。必要时进行专门研究。

三、各类现有建筑物抗震鉴定加固要求

1. 现有建筑物应根据其重要性和使用要求,按现行国家标准《建筑抗震设防分类标准》划分为甲、乙、丙、丁四类。

(1) 甲类建筑 地震破坏后对社会有严重影响,对国民经济有巨大损失或有特殊要求的建筑。或按国家规定特殊批准的建筑物(表 2.2.2)。

甲类抗震设防类别的建筑

表 2.2.2

所属行业	建筑名称
广播、电视	中央级、省级的电视调频广播发射塔建筑
邮电、通信	国际电信楼、国际海缆登陆站、国际卫星地球站、中央级的电信枢纽(含卫星地球站)
城市抗震防灾	承担特殊重要的医疗任务的三级特等医院(病床床位 ≥ 500 个,每床位建筑面积 $\geq 60\text{m}^2$,总面积 $\geq 30000\text{m}^2$)的住院部、医技楼、门诊部
民用及其他	研究、试生产及存放剧毒生物制品和天然人工细菌与病毒(如鼠疫、霍乱、伤寒等)的建筑

(2) 乙类建筑 地震时使用功能不能中断或需尽快恢复,且地震破坏会造成社会重大影响和国民经济重大损失的建筑。(表 2.2.3)

乙类抗震设防类别的建筑

表 2.2.3

所属行业	建筑名称
广播、电视	中央级广播发射台,节目传递台,广播中心,电视中心;省级广播中心,电视中心,电视发射台及 200 千瓦(kW)以上广播发射台
邮电、通信	大区中心和省中心长途电信枢纽,邮政枢纽,海缆登陆局,重要市话局(汇接局,承担重要通信任务和终端容量超过五万门的局)卫星地球站,地区中心长途电信枢纽楼的主机房和天线支承物
铁路	I、II 级干线枢纽及相应的工矿企业铁路枢纽的行车调度、运转、通信、信号、供电、供水房屋,特大型站候车室
公路	高速公路、一级公路和一级汽车客运站等的监控室
水运	50 万人口以上城市的水运通信、导航等重要交通设施的建设和国家重要客运站,海难救助打捞等部门的重要建筑
空运	国际或国内主要干线机场中的航空站楼、航管楼、大型机库、通信及供电、供热、供水、供气的建筑
电力工业	单机容量 $\geq 300\text{MW}$ 或规划容量 $\geq 800\text{MW}$ 的火力发电厂;330kV、500kV 变电所, $\leq 220\text{kV}$ 的重要枢纽变电所,不应中断的通信设施和在地震时必须维持正常供电的重要电力设施的主厂房、电气综合楼、网控楼、调度通信楼、配电装置楼、烟囱、烟道、碎煤机室、输煤传运站和输煤栈桥
石油天然气工业	大型油、气田的联合站、压缩机房、加压气站泵房、阀组间、加热炉建筑,大型计算机房和磁带库,油品储运系统液化气站,轻油泵房及氮气站长输管道首末站、中间加压泵站,油、气田主要供电、供水建筑
煤炭工业	年产 ≥ 90 万吨的煤矿矿井提升系统、供水系统、排水系统、供电系统、通风系统、通信系统、瓦斯排放系统的建筑 煤矿矿区救灾系统、供电系统及供水系统建筑
冶金工业	大、中型冶金企业的动力系统建筑,大型冶金矿山的风机室、排水泵房、配电、变电室、炸药雷管库、硝酸铵、硝酸钠库及其热处理加工车间,起爆材料加工车间等
建筑材料	大型和不容许中断生产的中型建材工业企业的动力系统建筑,大型非金属矿山的提升、供水、排水、供电、通风、炸药生产等系统的建筑
化工、石油化工以及化纤企业中具有化工性质的生产建筑	大中型企业的主要生产装置及其控制系统的建筑,生产中有剧毒、易燃、易爆物质的厂房及其控制系统的建筑,大中型企业的动力系统建筑和消防车库

续表

所属行业	建筑名称
轻工原材料	大型制浆造纸厂,大型洗涤原料厂的主要装置及其控制系统的建筑,生产中有剧毒、易燃、易爆物质的厂房及其控制系统的建筑,大型原材料企业中的动力系统建筑和消防车库
航空工业	部级及部级以上的计量基准所在的建筑,系统记录航空主要产品(如飞机、发动机、导弹等)或关键产品的科研成果、光磁盘、磁带等所在的建筑,对航空工业发展有重要影响的整机或系统性能试验设施、关键设备所在的建筑(如大型风洞及其测试间,发动机高空试车台及其动力装置和测试间,全机电磁兼容试验建筑),具有国内少有或仅有的重要精密设备的建筑,大中型企业主要动力系统建筑和消防车库
航天工业	重要的航天工业科研楼、生产厂房和试验设施的建筑,动力系统的建筑,有剧毒、易燃、易爆物质的厂房及其控制系统的建筑,重要的演示、通信、计量、培训中心的建筑
机械、电子、船舶、轻工加工、纺织工业、轻工业	大型机械、电子、船舶、轻工加工、纺织工业的动力系统建筑及消防车库,有剧毒、易燃、易爆物质厂房及相关控制系统的建筑
城市防灾	大中城市的三级医院(指病床床位 ≥ 500 个,每床位建筑面积 $\geq 60\text{m}^2$,总面积 $\geq 30000\text{m}^2$ 的医院),县及县级市的二级医院(指病床床位 ≥ 100 个,每床位建筑面积 $\geq 45\text{m}^2$ 的医院)的住院部、医技楼、门诊部,县级以上急救中心的指挥、通信、运输系统的重要建筑,县级以上的独立采、供血机构的建筑,50万人口以上的动力系统建筑,消防车库
民用及其它建筑	存放国家一、二级重要珍贵文物的博物馆,观众座位 ≥ 6000 个的大型体育馆等,观众座位 ≥ 1200 个的大型影剧院,建筑面积 1万 m^2 以上人流密集的多层大型商业零售商场等公共建筑
仓库	存放放射性、剧毒、易燃、易爆物质的仓库

(3) 丙类建筑 地震破坏后有一般影响及其他不属于甲、乙、丁类的建筑。如煤炭工业的主厂房,钢铁工业、有色冶金工业、建筑材料工业、机械、船舶、电力、轻工、纺织工业的生产厂房。

一般住宅、旅馆、办公楼、教学楼、幼儿园、资料室、实验室、计算站,和普通博物馆、公共建筑、商业建筑、多层仓库等按丙类建筑进行抗震鉴定加固。

(4) 丁类建筑 其地震破坏或倒塌不会影响到甲、乙、丙类建筑,且造成的社会影响与经济损失轻微的建筑。一般为储存物品价值低、人员活动少的单层仓库等建筑。对于毗连或设置于其他类别建筑中的建筑,其地震破坏或倒塌会影响其他建筑,则不应单独设防。例如,生产车间的披屋,辅助间,料库等或办公楼中的仓库,不应单独作为丁类建筑进行抗震鉴定加固。

2. 各类现有建筑的抗震验算、构造鉴定和加固措施应符合表 2.2.4 的要求。

各类建筑物抗震鉴定和加固设计要求

表 2.2.4

建筑类别	抗震作用计算	抗震构造措施
甲类	按专门规定	按专门规定
乙类	按设防烈度计算	6度按设防烈度提高一度采用 7、8度按设防烈度提高一度采用,但Ⅰ类场地时不提高 9度按设防烈度适当提高,但Ⅰ类场地时不提高

续表

建筑类别	抗震作用计算	抗震构造措施
丙类	按设防烈度计算 6度区可不进行	按设防烈度采用, Ⅰ类场地时 7、8、9 度区降低一度采用;6 度区不降低
丁类	7、8、9 度时可适当降低 要求 6 度时不进行	7、8、9 度按设防烈度降低一度采用 6 度时不作鉴定

3. 考虑场地、地基和基础的有利因素和不利因素对现有建筑的抗震鉴定和加固要求,作了调整:

(1) Ⅰ类场地时各类建筑震害明显减轻,如唐山地震时,唐山北面经受 10 度地震影响的大城山、凤凰山和贾家山一带为奥陶纪石灰岩、覆盖土层很薄,属 Ⅰ类场地。平房震害并不严重,有些多层房屋比较完好或轻微损坏,在表 2.2.4 中已规定有关 Ⅰ类场地时,降低抗震鉴定加固的构造措施要求。

(2) 建在Ⅳ类场地、复杂地形、不均匀地质上的建筑,以及同一建筑单元存在不同类型基础时,应考虑地震影响复杂和地基稳定性不佳等的不利影响,提高建筑抗震鉴定和加固的要求。鉴定加固这类场地上的建筑可以采取下列措施:

- 1) 在抗震加固时加强现有建筑上部结构的整体性。
- 2) 通过增强结构使抗震验算的承载力有较大富余。
- 3) 将部分抗震加固构造措施按设防烈度的鉴定要求提高一度考虑,如增加圈梁数量,增多配筋等。
- 4) 适当考虑加深加大基础,采取措施加强基础的整体刚度以及增加地基梁的尺寸、配筋等,或适当减少基础的平均压力,或根据地质情况适当调整地基压力,减少基础的不均匀沉降,或加固地基等。

(3) 对设有全地下室、箱基、筏基和桩基的建筑,可降低上部结构的抗震要求。如放宽部分构造措施要求,可在降低一度范围内考虑,但构造措施不得全面降低。

(4) 对密集的建筑,应提高相关部位的抗震鉴定加固要求。例如市内繁华商业区的沿街建筑;房屋之间的距离小于 8m 或小于建筑高度一半的居民普通住宅等,宜对较高建筑的相关部分,将鉴定和加固的构造措施提高一度。

四、抗震鉴定加固应遵守的相应标准、规范

现有建筑的抗震鉴定、抗震加固设计及施工,尚应符合现行国家标准、规范的有关规定。主要包括:

1. 抗震主管部门发布的有关通知。
 2. 危险房屋鉴定标准,工业厂房可靠性鉴定标准,民用房屋可靠性鉴定标准等。
 3. 现行建筑结构设计规范中,关于建筑结构设计统一标准的原则、术语和符号的规定、静力设计的荷载取值等。
 4. 对《鉴定标准》和《加固规程》未给出具体规定而涉及其他设计规范时,尚应符合相应规范的要求。
 5. 材料性能及其计算指标应符合国家有关质量标准及相应设计规范的规定。
- 由于 1989 年结构设计和施工验收规范采用的混凝土标号与现行的混凝土强度等级有