

中国地震灾害损失预测研究专辑

(三)

地震灾害评估

李树桢 编著



地质出版社



登录号	89463
分类号	P315.9
种次号	006



200843855

国家地震局震害防御司资助



中国地震灾害损失预测研究专辑 (三)

地震灾害评估

5208/07
李树桢 编著



00930451



地震出版社

1996

内 容 提 要

震害评估是震后抢险救灾、重建家园的重要依据。为提高评估工作水平,国家地震局震害防御司积极组织力量编写教材、培训科技干部,本书即是培训教材之一。本书主要内容分建筑物分类法,各类建筑物的震害特点;建筑物地震破坏等级划分标准;地震灾害评估方法及示例;震害评估软件 EDEP-93 的功能、操作方法及示例;震害评估现场工作程序及评估报告;震害调查方法及震害资料数据库等 6 部分,含有大量震害照片和实际统计资料。可供从事地震工程、地震保险、抗震防灾工作的科研人员以及政府有关官员阅读参考。

中国地震灾害损失预测研究专辑(三)

地震灾害评估

李树桢 编著

责任编辑:曹可珍 吴冰

责任校对:李琳

地质出版社出版发行

北京民族学院南路 9 号 邮编:100081

中国地质大学轻印刷厂印刷

850×1168 1/32 6.625 印张 178 千字

1995 年 8 月第一版,1995 年 8 月第一次印刷

1996 年 4 月第二次印刷

印数 1001~1500

ISBN 7-5028-1227-X / P·724

(1647) 定价: 8.50 元

目 录

第一章 建筑物分类及震害	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 建筑物分类	(2)
一、房屋建筑分类	(2)
二、生命线工程分类	(9)
三、工业构筑物分类	(11)
四、大型水工建筑分类	(11)
第三节 建筑物震害	(11)
一、多层钢筋混凝土框架厂房的震害	(12)
二、高层建筑的震害	(13)
三、多层砖房的震害	(17)
四、单层钢筋混凝土柱厂房的震害	(24)
五、砖柱厂房的震害	(27)
六、多层内框架房屋的震害	(30)
七、单层空旷房屋的震害	(31)
八、木构架房屋的震害	(32)
九、土坯房和土窑洞的震害	(34)
十、单层砖石房屋的震害	(36)
十一、烟囱的震害	(37)
十二、水塔的震害	(38)
十三、通廊的震害	(40)
十四、储仓的震害	(42)
十五、水库工程的震害	(44)
十六、公路桥梁的震害	(46)

第二章 建筑物破坏等级划分	(49)
第一节 概述	(49)
第二节 房屋建筑破坏等级划分	(53)
一、房屋建筑破坏等级划分	(53)
二、房屋建筑划分破坏等级实例	(54)
第三节 生命线工程系统破坏等级划分	(63)
一、交通系统破坏等级划分	(63)
二、通信系统破坏等级划分	(65)
三、供水系统破坏等级划分	(65)
四、供电系统破坏等级划分	(66)
五、供气系统破坏等级划分	(67)
第四节 烟囱、水塔破坏等级划分	(67)
一、烟囱破坏等级划分	(67)
二、水塔破坏等级划分	(68)
第五节 土坝、地基基础破坏等级划分	(69)
一、土坝破坏等级划分	(69)
二、地基基础破坏等级划分	(69)
第三章 地震灾害评估	(71)
第一节 概述	(71)
一、1988 年前的震害评估	(71)
二、1989 年大同—阳高地震后的震害评估	(74)
三、地震灾害分类	(76)
四、地震损失计算表达式	(77)
第二节 震害评估计算	(79)
一、定义损失估计参数	(79)
二、建筑破坏数量计算	(81)
三、建筑破坏损失计算	(82)
四、室内财产损失计算	(83)
五、无家可归人数计算	(84)

第三节 地震灾害损失估计	(85)
一、 灾害调查	(85)
二、 五个参数的确定	(88)
三、 地震灾害损失计算	(95)
四、 震害初评估与总评估	(96)
五、 震害评估实例	(97)
第四节 震害评估数据库系统	(101)
一、 数据库结构及应用	(101)
二、 记录格式	(103)
三、 数据库记录示例	(107)
第四章 地震损失评估软件 EDEP-93	(109)
第一节 概述	(109)
第二节 程序构成及使用说明	(111)
一、 程序变量名字说明	(111)
二、 主程序	(114)
三、 子程序 DALOSS	(116)
四、 程序使用说明	(119)
第三节 普洱地震灾害评估	(124)
一、 地震概况	(124)
二、 震害调查与评估参数确定	(126)
三、 经济损失计算	(132)
第五章 现场工作程序与评估报告	(142)
第一节 现场工作程序	(142)
一、 组织评估队伍	(142)
二、 灾害调查程序	(142)
三、 地震损失计算	(144)
第二节 现场评估报告编写	(145)
实例 1: 大同-阳高地震震害评估报告	(147)
实例 2: 云南普洱 6.3 级地震灾害损失评估报告	(155)

第六章 震害调查与震害数据库	(161)
第一节 概述	(161)
一、震害调查	(161)
二、震害资料数据库	(162)
第二节 重要建筑震害调查	(164)
第三节 房屋震害调查与震害数据库	(165)
一、房屋震害普查	(165)
二、典型房屋调查	(166)
三、数据库记录格式	(168)
第四节 生命线工程震害调查与震害数据库	(170)
一、生命线工程震害调查	(170)
二、交通系统震害调查与震害数据库	(171)
三、通信系统震害调查与震害数据库	(176)
四、供水系统震害调查与震害数据库	(178)
五、供气系统震害调查与震害数据库	(181)
六、供电系统震害调查与震害数据库	(183)
第五节 场地震害调查与震害数据库	(184)
一、场地震害基本情况记录	(185)
二、喷水冒砂记录	(186)
三、地裂缝记录	(186)
四、滑坡记录	(187)
五、崩塌记录	(188)
六、地面沉陷记录	(188)
七、陷坑记录	(189)
八、场地震害分布图记录	(189)
第六节 构筑物震害调查与震害数据库	(190)
一、烟囱震害调查与震害数据库	(191)
二、水塔震害调查与震害数据库	(193)
第七节 地震现场震害摄影	(196)

一、地震现场摄影的内容和注意事项	(196)
二、现场摄像工作要求	(197)
第八节 震害调查报告与总震害记录	(197)
第九节 建筑物防灾安全鉴定	(200)
参考文献	(201)
附录 建筑物结构类型代码	(203)

第一章 建筑物分类及震害

第一节 概 述

历次地震震害表明，建筑物的地震破坏与建筑物的结构类型有密切关系，如钢筋混凝土框架结构、单层厂房、多层砖房等建筑，在相同烈度下破坏的轻重程度却不同，因而造成的经济损失也不一样。所以，在进行震害调查和评估经济损失时，应将建筑物分类，按类别调查震害，估计经济损失。

通常建筑物有两种分类方法：一是按建筑的结构类型分类，另一是按建筑的使用功能分类。

按结构类型分类有：房屋建筑、生命线工程、工业构筑物和大型水工建筑等；房屋建筑又可再分为多层和高层钢筋混凝土房屋、多层砖结构房屋、多层内框架房屋、单层钢筋混凝土柱厂房、单层砖柱厂房、单层空旷房屋、多层空斗砖房、单层砖房、木架房屋、土坯房等。

按使用功能分类有：住宅建筑，工业建筑，商业建筑，农业建筑，机关、教育、公用事业建筑等。还可以根据估计损失的需要进一步细分，不过类别分得愈细，计算工作量愈大，当然损失估计结果也愈准。

美国在《加利福尼亚未来地震损失估计》中，将一个社区的建筑按结构类型分类，分为 78 种，按使用功能分类，分为 35 种^[1]。国内在进行震害预测和地震损失评估时，对建筑物分类多是根据当地建筑的具体情况划分。

上述两种分类方法，对震害调查和地震损失评估都是十分重要的。下面列出我国现有建筑的主要结构类型。

第二节 建筑物分类

结构类型相同的建筑，震害特征基本相似，因此，在调查震害和评估地震损失时，一般按结构类型，建立划分破坏等级的宏观标准。为此，必须将建筑物分类，我国现有建筑主要类别如下^[2]。

一、房屋建筑分类

我国的房屋建筑分为两种情况，一是经过正规设计的房屋，二是未经过正规设计的房屋。

(一) 经过正规设计的房屋

1. 多层和高层钢筋混凝土房屋

多层和高层钢筋混凝土房屋的主要结构形式是框架结构、框架-剪力墙结构和剪力墙结构（图 1.1）。这类房屋除了少数用做工业厂房外，多数用做住宅建筑、办公建筑和旅馆等。进入 80 年代后，由于对建筑功能、高度和层数的要求，以及设防烈度的提高，具有空间受力特点的筒体结构得到了广泛的应用，成为高层办公楼和旅馆等建筑的一种主要结构形式（图 1.2）。

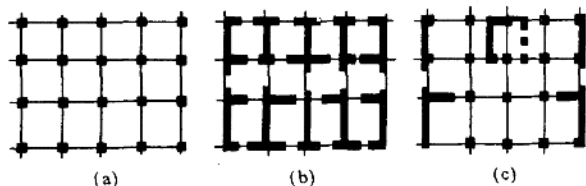


图 1.1 框架、剪力墙和框架-剪力墙结构^[3]

(a) 框架结构；(b) 剪力墙结构；(c) 框架-剪力墙结构

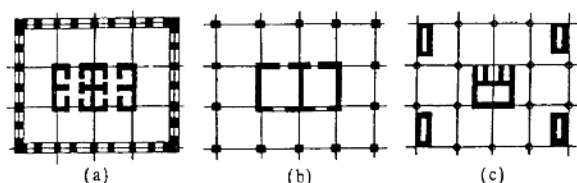


图 1.2 筒体结构^[3]

(a) 筒中筒结构；(b) 筒体框架结构；(c) 多筒体结构

根据国内外的建设经验，上述各种结构形式对钢筋混凝土房屋建造的适宜高度大致如图 1.3 所示。

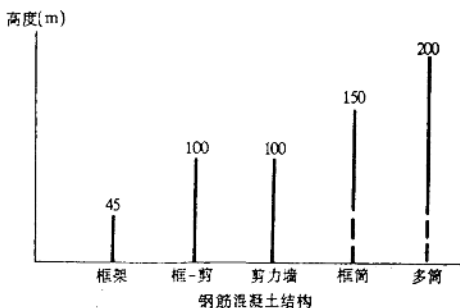


图 1.3 钢筋混凝土建筑结构选型^[4]

2. 多层砖结构房屋^[5]

砖结构是我国房屋一种传统的结构形式，历史悠久。它具有取材容易，施工条件要求低，操作简单的优点；震害表明，砖结构抗震性能较差，但是如设计的合理，抗震措施得当（如设置圈梁、构造柱或适当配筋等），可大大提高砖结构的抗震强度，建造的多层砖房完全能够满足抗震设防的要求，所以砖结构仍是地震区广泛采用的结构形式。

目前我国的多层砖房有两种结构形式：一种是砖墙承重，钢

钢筋混凝土楼板，称砖混结构；另一种是砖墙承重，木制楼板，称砖木结构。我国现有多层砖房绝大多数是砖混结构的，砖木结构的极少；且砖木结构的多数是 50 年代以前建造的老旧房屋。砖混结构的楼板多为钢筋混凝土预制空心楼板，极少数楼房也有现场浇制的。承重砖墙一般有三种结构布置：

(1) 横墙承重的结构布置。这种结构布置横墙较多，较密，横墙间距较小，有利于横向水平地震力的传递和分担，受力均匀，对抗震有利，是一种广泛采用的结构布置方案。

(2) 纵、横墙共同承重的结构布置。这种结构布置有两种情况，其一是部分横墙承重，部分因有大房间而设置进深梁，形成纵、横墙共同承重的结构布置，如教学楼、实验楼、办公楼等，其二是由于使用功能的要求，在横墙承重的结构布置方案中，某些楼板搁支方向改变，形成下部横墙承重，上部纵墙承重；或上部横墙承重，下部纵墙承重的纵、横墙共同承重结构布置。

(3) 纵墙承重的结构布置。纵墙承重的结构布置主要弊端是横墙间距较大，横墙较少，对抗震不利。纵墙容易发生弯曲破坏。由于纵墙的弯曲破坏，削弱了整体结构的抗震性能，因而是不可取的结构布置方案。

3. 多层内框架房屋

多层内框架结构也称“混合承重结构”。因为实际上它是两种不同结构材料组成的承重结构体系。内框架结构是由内部钢筋混凝土梁、板、柱和外部砖墙组成的混合承重结构。从概念设计的观点分析，它并不是一种良好的抗震结构形式。因为两种结构材料的弹性模量有较大差别，结构受力状态截然不同，在地震作用下的动力反应也有较大差异，因此把这样两种不同性质的材料组合在一起并不是理想的方案。但是，使用实践证明，这种结构具有比框架结构经济，施工方便，且能满足有较大空间的使用要求，因此也是一种有生命力的结构形式。历次地震震害表明，只要设计合理，抗震措施得当，有限制地采用内框架结构是可以

的，由于内框架房屋的特点是使用空间较大，适合于轻工业、仪器仪表工业的车间和商贸市场等用房。

4. 单层钢筋混凝土柱厂房

单层钢筋混凝土柱厂房的平面、剖面图如图 1.4。它广泛应

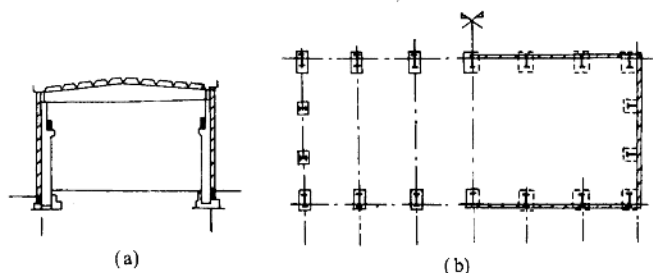


图 1.4 钢筋混凝土柱厂房^④

(a) 横剖面 1-1; (b) 柱网布置

用于大、中型企业的主要生产车间。可分为单跨、多跨及高低跨三种基本类型；跨度一般为 9~30m，长度从数十米到百多米不等。钢筋混凝土柱有矩形、工字型、双肢柱及管柱等多种型式。屋盖结构亦可分为重型和轻型两类。重型屋盖通常采用钢筋混凝土屋面梁、钢筋混凝土屋架或钢屋架，上覆钢筋混凝土大型屋面板。轻型屋盖通常采用钢屋架、钢檩条，上铺瓦垄铁、波形石棉板或钢丝网水泥槽瓦。围护墙体有自承重砖墙、瓦垄铁或波形石棉板以及大型墙板等多种类型，多数厂房设有吊车。震害表明，钢筋混凝土柱厂房的主体结构的抗震性能较好。

5. 单层砖柱厂房

单层砖柱厂房，由于具有取材方便，施工简易，造价低廉等特点，是中小型厂房常采用的结构形式。厂房跨度一般为 9~15m，少数也有 18m 的。屋盖结构可分为重型和轻型两类。重型屋盖通常采用钢筋混凝土薄腹梁，混合屋架或钢屋架，上覆大型屋面板或槽形板。轻型屋盖通常采用木屋架或钢屋架。檩条上

铺设木望板、上覆水泥瓦或波形石棉水泥瓦。砖墙有带壁柱的，也有不带壁柱的，砖柱形式有内壁柱、外壁柱以及十字形壁柱等多种，多数厂房在柱顶处设有钢筋混凝土圈梁。吊车一般较小，多数在 5t 以内。

单层砖柱厂房的抗震性能与屋盖结构类型、砖和砂浆标号、施工质量等有关，与钢筋混凝土柱厂房相比，砖柱厂房的抗震性能较差。

6. 单层空旷房屋^[7]

空旷房屋系指剧院、电影院、展览馆、健身房之类高大而空旷的房屋，其平面图如图 1.5。这类房屋是人们聚集活动的公共



图 1.5 单层空旷房屋

场所，一旦遭遇地震破坏，就有可能造成大量人员伤亡，后果严重。根据《建筑抗震设计规范 (GBJ11-89)》(以下简称《抗震规范》) 的建筑分类原则，空旷房屋一般属于乙类建筑。对乙类建筑

《抗震规范》规定，当设防烈度不高于Ⅱ度时，经城市抗震防灾规划或有关部门批准后，抗震构造可比所在地区的设防烈度提高一度考虑，设防烈度为Ⅱ度时可适当提高。

按照结构类型分，单层空旷房屋分为单层空旷砖房、钢筋混凝土空旷房屋、门架结构空旷房屋三类。单层空旷砖房通常由单层砖排架结构和多层砖墙承重结构两部分组成，遭遇地震后所产生的破坏现象有这两类结构的震害特点；钢筋混凝土空旷房屋是指主体结构采用钢筋混凝土排架或框架的房屋，包括观众厅为单层而其他部分为多层的影剧院，在历次地震中这类房屋所见数量较少，从少数震例来看，钢筋混凝土空旷房屋的破坏程度较轻；门架结构空旷房屋具有构件类型简单，室内简洁明亮，充分利用空间等优点，是餐厅、礼堂、健身房、俱乐部等建筑比较常用的一种结构形式，与排架结构相比，它具有重量轻，用料省，施工

快，技术经济指标好等优点。在唐山地震中，一些钢筋混凝土门架结构房屋的围护墙曾发生一定程度破坏，而主体结构均未见有明显的震害。

7. 多层空斗砖房

多层空斗砖房属砖结构承重房屋，是用砖砌筑的空心墙体，厚度一般为一砖，砌筑形式有无眠空斗、一眠一斗、一眠三斗等三种。优点是可节省用砖。在我国的长江流域、西南地区的房屋较广泛地采用空斗砖墙承重的结构形式。空斗砖房的墙体，砖块立砌，接触面小，粘接不牢，整体性不强，抗震性能较差，一般限于Ⅶ度以下地区采用。

8. 单层砖房

单层砖房是指以砖墙承重的单层房屋，按屋盖结构形式可分为砖木结构和砖混结构。砖木结构，即以砖墙为主要的承重结构，屋盖用木构件，屋面有轻型屋盖和重型屋盖两种。砖混结构，即以砖墙为主要的承重结构，屋盖为现浇或装配式钢筋混凝土构件，也可采用钢筋混凝土密肋砖楼板。按承重墙的布置划分，与多层砖房一样，可分为横墙承重、纵墙承重和纵横墙承重的结构形式。单层砖房屋盖轻，屋顶矮，同样情况下比多层砖房抗震性能要好。

(二) 未经正规设计的房屋

1. 木构架承重房屋

我国木构架承重房屋^①按承重结构分，有下列四种形式，如图 1.6 所示。

(1) 平顶木构架，又称门式木构架。一般由细小的立柱支托大梁（即柁），立柱砌入土坯墙、碎砖墙或外砖里坯墙中，立柱与大梁用榫连接，无斜撑和其他连接措施，立柱与墙间均无连接。房顶一般为泥土、灰渣、重量大。这类木构架在我国南北方都有采用。

(2) 坡顶木构架，又称柁架式木构架。其大梁上立不同高度

的瓜柱，形成坡屋顶（多为双坡），也可用两根瓜柱抬一大梁，其上还可立瓜柱，柱与瓜柱上各放檩条，檩上做屋面。大梁断面较大，房屋较矮，北方常采用此种形式。

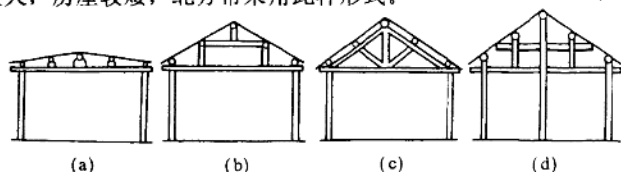


图 1.6 木构架房屋形式^①

(a) 平顶木构架；(b) 坡顶木构架；(c) 三角形屋架；(d) 穿斗木构架

(3) 三角形木屋架，又称木柱木屋架。柱子用穿樯与三角形屋架联结，形成平面受力骨架。在屋架节点处放檩，檩上做屋面。房屋比较空旷，高大。这种结构形式在我国各地均有采用。

(4) 穿斗木构架（木穿斗），又称瓦顶木构架。沿房屋的进深方向在每个檩条下立一柱，檩上做屋面，屋面荷载直接由檩传至柱，梁柱间采用暗榫或鱼尾榫结合。这类形式木构架在南方采用较多，抗震性能较好，可做成单层或两层的房屋。

木构架承重房屋的围护墙，有的用碎砖砌筑，有的用土坯砌筑，因此也称木柱碎砖房和木柱土坯房。

2. 砖柱土坯房

又称砖柱承重房屋。这是一种砖土混合结构房屋，这种房屋的结构特点是砖柱承担了屋盖的全部重量，土坯做围护墙。屋盖结构类型与砖房相同，由于砖柱平房横墙布置较少，抗震能力较差。这类建筑是村镇建筑常用的一种结构形式，具有就地取材，经济实用，施工方便的特点。

3. 生土结构房屋

生土结构房屋是指未经焙烧的土坯、灰土和夯土为承重墙体的房屋，即土窑洞、土坯房。

(1) 土坯房：土坯墙承重房屋多为平房，比较低矮，开间和

进深都不大。土坯房的土墙是用土坯作块材，黄泥做浆砌筑而成。屋顶比较简易，我国北方多用泥做成平屋顶或草屋顶；南方多做成瓦屋顶或草屋顶；西北地区多为单坡或双坡排水的瓦屋顶。

(2) 土窑洞：土窑洞在我国已有很久的历史，具有因地制宜，投资少，施工简便且冬暖夏凉的特点。我国西北、华北北部广大农村有许多窑洞。土窑洞主要分土坯拱窑洞和黄土崖窑洞两类。土坯拱窑洞也叫旋窑，用土坯旋砌而成。黄土崖窑洞是在黄土崖内挖窑洞，洞内可用土坯或石块衬砌，也可不衬砌。这种窑洞大部分分布在黄河中上游的黄土高原地区。

从震害情况看出，黄土崖窑洞抗震性能比土坯拱窑洞稍好。

4. 农村新建砖房

农村平房的实心砖墙多为一砖或一砖半墙。承重形式既有纵墙承重的，也有横墙承重的。屋顶多为平顶和坡顶，少数也有拱顶的。与多层砖房相似，横墙承重房屋的抗震性能比纵墙承重房屋好。

二、生命线工程分类

生命线工程是指与人民生活 and 震后救灾有密切关系的供水、供电、供气、通信、交通系统的工程设施和设备。地震发生后，这些设施如果不能正常运行，将影响救灾工作的顺利开展，重者还会造成城市瘫痪，导致灾情的扩大。生命线工程分为给排水、供气、通信、供电、交通等系统^[2,4]。

1. 给排水工程系统

供水系统包括供水管道、管网、贮水池、泵站、水井井管、取水构筑物、建筑物及设备。排水系统有排水管道、管网、排水泵站、污水窖、污水处理站及设备。

2. 供气系统

我国供气气源可分为人工气（煤制气、油制气）、天然气和