

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(二)

# 地震生命损失研究

傅征祥 李革平 著

地震出版社

1993

# 目 录

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| 第 1 章 绪论 .....                     | ( 1 )   |
| 1.1 地震生命损失研究和国际减灾十年活动 .....        | ( 2 )   |
| 1.2 地震灾害分类 .....                   | ( 7 )   |
| 1.3 地震灾害及其损失预测研究 .....             | ( 13 )  |
| 第 2 章 地震生命损失的特征 .....              | ( 22 )  |
| 2.1 历史地震的人员伤亡资料评述 .....            | ( 22 )  |
| 2.2 全球地震活动和地震人员死亡的时空分布 .....       | ( 27 )  |
| 2.3 我国大陆地震活动和地震人员<br>死亡的时空分布 ..... | ( 35 )  |
| 2.4 地震人员死亡度与其频度的关系 .....           | ( 43 )  |
| 2.5 地震人员死亡数与地震发生时刻的关系 .....        | ( 48 )  |
| 第 3 章 生命的地震易损性分析 .....             | ( 50 )  |
| 3.1 地震人员死亡数与震级的关系 .....            | ( 52 )  |
| 3.2 地震人员伤亡数与地震烈度的关系 .....          | ( 59 )  |
| 3.3 地震人员伤亡率与房屋破坏状态的关系 .....        | ( 66 )  |
| 3.4 生命的地震易损性概率矩阵 .....             | ( 78 )  |
| 3.5 地震火灾、海啸与人员伤亡的关系 .....          | ( 84 )  |
| 3.6 生命的地震易损性清单 .....               | ( 87 )  |
| 第 4 章 地震危险性分析 .....                | ( 101 ) |
| 4.1 地震动和地震烈度 .....                 | ( 101 ) |
| 4.2 地震烈度分布和衰减 .....                | ( 104 ) |
| 4.3 地震危险性分析的确定性方法 .....            | ( 109 ) |
| 4.4 地震危险性分析的概率性方法 .....            | ( 113 ) |
| 第 5 章 地震生命损失分析 .....               | ( 118 ) |

|             |                         |              |
|-------------|-------------------------|--------------|
| 5.1         | 地震生命损失分析的确定性方法          | (118)        |
| 5.2         | 地震生命损失分析的概率性方法          | (129)        |
| 5.3         | 极值理论在地震生命损失预测中的应用       | (132)        |
| <b>第6章</b>  | <b>减轻地震生命损失的对策</b>      | <b>(138)</b> |
| 6.1         | 地震前长期的工程减灾对策            | (139)        |
| 6.2         | 地震前中期各震减灾对策             | (144)        |
| 6.3         | 地震前短期警戒减灾对策             | (145)        |
| 6.4         | 地震后早期紧急救援对策             | (146)        |
| 6.5         | 震后恢复基本生活保障对策            | (148)        |
| 6.6         | 震后重建家园和振兴各项事业对策         | (149)        |
| <b>第7章</b>  | <b>减轻地震生命损失对策的有效性分析</b> | <b>(151)</b> |
| 7.1         | 建造安全抗震建筑物的有效性           | (151)        |
| 7.2         | 选择安全建筑场址的有效性            | (154)        |
| 7.3         | 减少住房内人口密度的有效性           | (157)        |
| 7.4         | 临震前疏散居民的有效性             | (157)        |
| 7.5         | 震后抢救灾民的有效性              | (160)        |
| 7.6         | 减少地震生命损失对策有效性的对比        | (166)        |
| <b>参考文献</b> |                         | <b>(168)</b> |
| <b>附录:</b>  | <b>中国地震灾害生命损失情况一览</b>   |              |
|             | (公元前 466 年—公元 1991 年)   | <b>(175)</b> |

# CONTENTS

|                                                                                               |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>CHAPTER 1 GENERAL .....</b>                                                                | <b>( 1 )</b>  |
| 1.1 Studies on life losses from earthquakes<br>and IDNDR .....                                | ( 2 )         |
| 1.2 Classification of earthquake<br>disasters .....                                           | ( 7 )         |
| 1.3 Studies on earthquake disasters and<br>loss prediction .....                              | ( 13 )        |
| <b>CHAPTER 2 CHARACTERISTICS OF LIFE LOSSES<br/>FROM EARTHQUAKES .....</b>                    | <b>( 22 )</b> |
| 2.1 A review of data of casualties from<br>historical earthquakes .....                       | ( 22 )        |
| 2.2 Global seismicity and earthquake death distribution<br>in sapce and time .....            | ( 27 )        |
| 2.3 Chinese continent seismicity and earthquake death<br>distribution in space and time ..... | ( 35 )        |
| 2.4 Relation between earthquake deaths and<br>frequency .....                                 | ( 43 )        |
| 2.5 Relation between earthquake deaths and<br>origin time .....                               | ( 48 )        |
| <b>CHAPTER 3 Seismic vulnerability analysis of life .....</b>                                 | <b>( 50 )</b> |
| 3.1 Earthquake deaths and magnitude .....                                                     | ( 52 )        |
| 3.2 Earthquake casualties and intensity .....                                                 | ( 59 )        |
| 3.3 Earthquake casualty rates and building                                                    |               |

|                                                                                            |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| damages .....                                                                              | ( 66 )       |
| 3.4 Probabistic matrix for seismic vulnerability<br>of life .....                          | ( 78 )       |
| 3.5 Casualties and earthquake fire or seismic<br>sea wave .....                            | ( 84 )       |
| 3.6 Seismic vulnerability inventories of life .....                                        | ( 87 )       |
| <b>CHAPTER 4 SEISMIC HAZARD ANALYSIS .....</b>                                             | <b>(101)</b> |
| 4.1 Earthquake ground motion and intensity .....                                           | (101)        |
| 4.2 Intensity attenuation .....                                                            | (104)        |
| 4.3 Deterministic seismic hazard analysis .....                                            | (109)        |
| 4.4 Probabilistic seismic hazard analysis .....                                            | (113)        |
| <b>CHAPTER 5 SEISMIC LIFE LOSS ANALYSIS .....</b>                                          | <b>(118)</b> |
| 5.1 Deterministic seismic life loss analysis .....                                         | (118)        |
| 5.2 Probabilistic seismic life loss analysis .....                                         | (129)        |
| 5.3 Using extreme value theory to predict life losses<br>from earthquakes .....            | (132)        |
| <b>CHAPTER 6 MEASURES OF LIFE LOSS REDUCTION<br/>FROM EARTHQUAKES .....</b>                | <b>(138)</b> |
| 6.1 Long-term engineering measures of life loss reduction<br>prior to event .....          | (139)        |
| 6.2 Intermediate-term preparedness measures of life loss<br>reduction prior to event ..... | (144)        |
| 6.3 short-term emergency measures of life loss reduction<br>prior to event .....           | (145)        |
| 6.4 Early rescue measures after event .....                                                | (146)        |
| 6.5 Post -event measures of basic living condition<br>restoration .....                    | (148)        |
| 6.6 Post-event measures of houses and undertaking<br>reconstruction .....                  | (149)        |

## **CHAPTER 7 EFFECTIVENESS OF EARTHQUAKE**

### **MEASURES FOR LIFE LOSS REDUC TION ... (151)**

**7.1 Effectiveness of earthquake resistance and safety**  
    building construction ..... (151)

**7.2 Effectiveness of safety site choice ..... (154)**

**7.3 Effectiveness of population density reduction**  
    in house ..... (157)

**7.4 Effectiveness of population dispersion prior**  
    to event ..... (157)

**7.5 Effectiveness of injured population rescue**  
    after event ..... (160)

**7.6 Effectiveness comparison of measures of earthquake**  
    life loss reduction ..... (166)

**References ..... (168)**

### **Appendix: List of life losses from chinese earthquakes**

**(464 B.C —1991 A. D) ..... (175)**

# 第1章 绪 论

---

地震是地球内部永恒构造运动的重要表现形式之一，它在相当短的时间内（几秒至几分钟）完成地震震源区内岩体的快速断裂和错动的过程。大地震可以释放出蕴藏在岩体内的巨大能量，在相当大的范围内激起地面振动，造成地球上人类赖以生存的自然环境和社会环境的严重破坏。正如我国明朝《嘉靖实录》记载1556年1月23日陕西关中8级大地震的破坏状况那样：“嘉靖三十四年十二月壬寅，是日山西、陕西、河南同时地震，声如雷，鸡犬鸣吠。陕西渭南、华州、朝邑、三原等处，山西蒲州等处尤甚。或地裂泉涌，中有鱼物，或城郭房屋陷入地中，或平地突成山阜；或一日连震数次，或累日震不止。河渭泛涨，华岳、终南山鸣，河壅数日。压死官吏军民，奏报有名者八十三万有奇，其不知名未经奏报者复不可数计。”

地震对人类社会造成的灾害，最终可归结为人员的伤亡损失和经济损失。经济损失的内容相当广泛，包括房屋、建筑物，生命线工程（交通、通讯、供水、供电、供气等系统），以及设备、物资和财产等的破坏；停工、停产和销售停滞等对经济活动的冲击和破坏。

人类与地震灾害作斗争的最初和直接的动机是保护生命不受危害或努力减轻伤亡。正如在一次实际的地震灾害中，人类的天良首先驱使人们去抢救受困遇难的人，而不是财富，财富可以在震后由人再去创造。当然，从研究角度上看，探讨地震造成人员

伤亡和经济损失的过程、原因以及如何减轻灾害都是同等重要的。

本书将着重讨论和研究全球和我国历史地震造成生命伤亡损失的时、空、强分布特征，认识地震灾害的背景；研究地震中生命的损害程度（易损性）及其影响因素；探讨地震区未来地震造成人员伤亡的预测方法。这些研究在政府和社会减轻地震灾害的努力中，成为决策和规划有用的依据。

## 1.1 地震生命损失研究和国际减灾十年活动

自从人类有了文字之后，就或详或简地记录着地震对人类社会造成的巨大灾害。文献[1]汇集了公元前 2000 年至公元 1979 年间，全球在地震中造成人员死伤和经济损失的重大事件约 2500 件。

自本世纪以来，全世界在地震中遇难的人数约为 130 余万<sup>[1]</sup>。其中，死亡人数在 1 万人以上的重要地震事件列在表 1.1 中。表 1.1 中所列的 20 次地震，绝大多数是 7 级以上的浅源大地震，它们仅为本世纪以来全球发生的 7 级以上浅源大地震的 2% 左右；而它们造成的死亡人数占全部死亡人数的 75% 左右。

什么原因导致某些地震造成过于严重和集中的生命损失呢？主要是以下一些条件组合在一起的缘故，其中包括：

- 1) 高烈度地震直接发生在人口稠密的城市或地区；
- 2) 大量的房屋倒塌；
- 3) 地震区发生严重的次生和间接灾害（火灾、滑坡、洪水、泥石流等）；
- 4) 地震区居民自救能力严重丧失。

图 1.1 是本世纪上半叶及其之后的两个时期（1900—1949；1950—1989）内，在地震中人员死亡的直接原因分析结果。它表明 75% 的地震生命损失是由于各种类型建筑物倒塌造成的。特别是砖石结构建筑物的倒塌，主要是不结实的砖石（土砖、碎

石) 建筑和没加固的烧制砖砌建筑。它们在遇低烈度地震时就会倒塌, 在遇高烈度地震时迅速倒塌。目前, 这种建筑物在全球占有非常大的比例。

表 1.1 本世纪全球重大灾害性地震的死亡人数统计

| 年    | 月  | 日  | 纬度    | 经度     | 震级  | 死亡人数<br>(万人) | 地点      |
|------|----|----|-------|--------|-----|--------------|---------|
| 1905 | 4  |    | 33.0N | 76.0E  | 8.6 | 2            | 印度—克什米尔 |
| 1908 | 12 | 28 | 38.2N | 15.6E  | 7.5 | 7            | 意大利西西里岛 |
| 1915 | 1  | 13 | 42.1N | 13.4E  | 7.0 | 3            | 意大利阿韦察诺 |
| 1917 | 1  | 21 | 8.0S  | 115.4E | 7.0 | 1.5          | 印尼巴厘    |
| 1920 | 12 | 26 | 36.0N | 105.0E | 8.5 | 23           | 中国宁夏海原  |
| 1923 | 9  | 1  | 35.3N | 139.5E | 8.2 | 14           | 日本东京    |
| 1927 | 5  | 23 | 37.7N | 102.2E | 8   | 4            | 中国甘肃古浪  |
| 1931 | 8  | 11 | 47.1N | 89.8E  | 8   | 1            | 中国新疆富蕴  |
| 1934 | 1  | 15 | 26.5N | 86.5E  | 8.3 | 1            | 印度—尼泊尔  |
| 1939 | 1  | 25 | 36.2S | 72.2W  | 8.3 | 2.8          | 智利奇廉    |
| 1939 | 12 | 26 | 39.5N | 38.5E  | 8.0 | 3            | 土耳其埃尔金坎 |
| 1948 | 10 | 5  | 39.5N | 58.0E  | 7.3 | >1           | 苏联—伊朗   |
| 1960 | 2  | 29 | 30.4N | 9.6E   | 5.9 | 1.2          | 摩洛哥阿加迪尔 |
| 1962 | 9  | 1  | 35.6N | 49.9E  | 6.9 | 1.2          | 伊朗西北部   |
| 1968 | 8  | 31 | 34.0N | 59.0E  | 7.3 | 1.2          | 伊朗比亚兹   |
| 1970 | 5  | 31 | 9.1S  | 78.8W  | 7.8 | 6            | 秘鲁北部    |
| 1976 | 2  | 4  | 15.3N | 89.1W  | 7.5 | 2.3          | 危地马拉    |
| 1976 | 7  | 28 | 39.5N | 117.9E | 7.8 | 24           | 中国河北唐山  |
| 1978 | 9  | 16 | 33.2N | 57.4E  | 7.7 | 1.5          | 伊朗塔巴斯   |
| 1988 | 12 | 7  | 40.8N | 44.1E  | 7.1 | 2.5          | 前苏联斯皮塔克 |

我国是多地震的国家, 遭受地震的灾害十分深重。在本书附录中, 给出据史料整理的因地震造成的人员死亡事件表。自本世纪以来的 90 年内, 我国因地震而死亡的人数接近 60 万, 约占全球同期地震生命损失的 42% (图 1.2)。图 1.2 表示全球大多数灾害性地震发生在少数几个国家。由图可以看出, 我国的抗震减

灾事业任重道远。

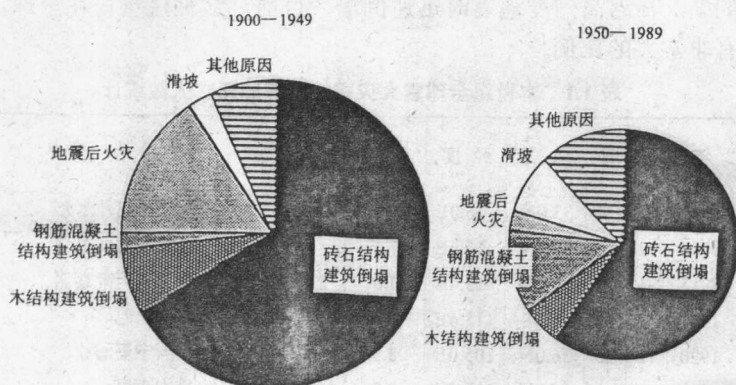


图 1.1 地震生命损失的直接原因分析结果<sup>[1]</sup>

粗略地把地震与某些危害生命的灾害比较，似乎得出地震对人类生命造成的危害不如因交通事故造成的人员伤亡严重的结论。根据 1980 至 1989 年的统计，我国道路交通事故共发生约 190 万起，伤 122 万余人，死 36 万余人<sup>[2]</sup>。平均每年因道路交通事故丧生达 36000 余人，这个数字大约是我国地震死亡年平均数的 5 倍。但是，道路交通事故的伤亡灾害是分散在全国各地，单个事故的伤亡至多是几十人至几百人的范围；而地震造成的人员伤亡往往是异常集中在不大的地理范围，而且使千家万户同时遭难。例如众所周知的唐山大地震劫难，使一个百万人口的城市夷为一片瓦砾，99% 的城市居民住房倒塌，死亡 24 万有余。因此，大地震对生命的危害及其对社会造成的惨痛影响远比交通事故的后果强烈和深远。所以，地震是社会最关心的自然灾害之一。

对于世界上任何一个国家的政府说来，对内都负有保护本国生态环境、建设和保卫人民生命安全的重要责任，这包括努力保护国家土地、资源、资产、人民生命和财产等免遭各种原因的损

害。所以，政府必须要制定有效的措施或法律去防御自然和人为灾害的威胁，努力减轻灾害（包括地震灾害）成为政府必须实践的目标之一。面对自然灾害的威胁，政府将在财力和人力上支持抗御和减轻灾害的各种研究和应用。

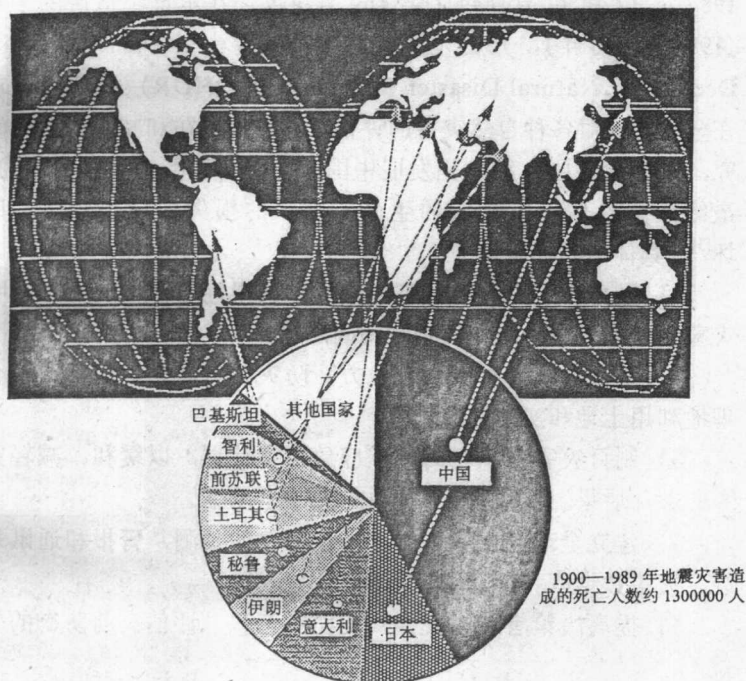


图 1.2 全球遭受严重地震灾害的国家分布图<sup>[1]</sup>

特别是在近代，由于人口以及各种高技术和现代化建筑规模快速增长和扩大，它们迅速地向城市集中或产生新的城市，城市受潜在破坏性地震袭击的危险与日俱增。特别是一些老城市，建设主要着眼于经济发展是否有利的因素，至少不着重考虑地震危险。科学家认为，通过有关学科和国际间的有效合作和协调努

力，才有可能极大地降低和减轻地震对人类社会的严重威胁。

实际上，人类还面临着减轻其他自然灾害（如洪水、滑坡、海啸、飓风、龙卷风、火山喷发等）的要求和任务。为在全球范围内协调和推动减轻自然灾害的威胁，第 42 届联合国大会在 1987 年 12 月 11 日通过了第 169 号决议，在本世纪最后的十年（1990—2000 年），开展“国际减轻自然灾害十年”（International Decade for Natural Disaster Reduction, IDNDR）活动，要求在全球开展对各种自然灾害的评估、预测、预防和减轻等系列研究，以提高各国，特别是发展中国家的防御和减轻灾害的能力，最终减少自然灾害造成的生命、财产的损失和社会经济的破坏<sup>[3]</sup>。具体的目标确定为：

- 1) 提高各国对自然灾害危险性和易损性的评估能力；查明灾害威胁的地理分布和发生时间间隔等。

- 2) 制订长期的国家（或地方）防灾减灾计划，包括科学合理地利用土地和实施建筑规范。

- 3) 制订灾害来临时的减灾应急行动计划，以缓和、减轻灾害的破坏后果，挽救生命，尽力减轻次生灾害。

- 4) 建立全球、区域、国家和地方性的预测、警报和通讯系统、灾害数据库和信息管理系统。

- 5) 提高决策者和人民群众的防灾意识，评估灾前防御的效益。

对于地震灾害而言，防备地震灾害的措施主要包括：

- 1) 建立为评估和预测地震危险和危害的仪器观测系统。

- 2) 调查和评定处于地震危险区中的住房、结构物和生命线工程系统等人工建造环境和自然环境的地震易损性。

- 3) 根据上述研究过程所获得的最佳可利用的资料，编制地震时的应急响应和地震后的复兴计划。

减轻地震灾害的措施主要包括：

- 1) 采用科学的方法（如建筑物加固等）减轻已有结构物等

的易损性。

2) 避开在地震危险区使用土地。

3) 对新建建筑物和生命线工程系统(能源、供水、交通和通讯等),必须按规范选址、设计和施工。

4) 对地震后必须正常运转的基础和应急设施(学校、医院、急救中心、核电站等)也要按严格标准选址、设计和施工。

显然,有效地做好防备和减轻地震灾害的前提是加强地震危害的预测和评估研究。

## 1.2 地震灾害分类

### 1. 造成灾害的原因

一次地震发生之后,出现地球岩石层内部震源区内断层的快速错位,和以向外辐射地震波的方式释放贮存在震源区中的弹性能量。在地表附近产生两个方面的后果:①地面振动;②地表(包括海底)断裂和位错。尤其是在一次大地震之后,这两方面的后果出现在震中区周围很大的区域内。

例如1920年12月16日在我国宁夏回族自治区的海原发生的8.5级大地震。在极震区观察到长达220km的由大小不等的裂缝组成的地震形变带,水平断距最大达到14—17m,垂直断距最大达到4—5m;由于地面强烈振动而造成的破坏范围的半径约为500km;有感振动范围远达1700km以外的东部沿海的上海市和广州市<sup>[4]</sup>。

又如1976年7月28日发生在我国河北省唐山市的7.8级大地震,在极震区地表出现长约8km的雁行式地裂缝带,水平右旋扭距最大达到2.3m,南东盘下落约0.2—0.7m;烈度为Ⅶ度的破坏区直径约为200km;有感范围涉及全国14个省、市和自治区,北到黑龙江省满洲里,南至河南省正阳,西达宁夏吴忠<sup>[5]</sup>。

由这两个震例可知,一次大地震发生之后,在震中区及其邻近的范围内,破坏主要是由地面断裂和地面振动造成的;而在震

中区及其邻近之外的广大地区，破坏主要是由地面振动引起的。

一些强地震造成的地表断裂规模较大。断裂位移达几英尺的地表断层会对直接位于断层上的房屋或结构物造成重大的破坏。然而，离断层仅几英尺的高质量建筑物却很少或不受破坏。

根据我国及邻近地区的地震地表断裂资料，文献[6]曾得到不同地震震级 ( $M$ ) 与其相应最长地震地表断裂长度 ( $L$ ，单位为 km) 之间的统计关系：

$$\log L = -1.57 + 0.48M \quad (1.1)$$

地震断层能否出露到地表可能与震级大小、震源尺度和深度有关。文献[7]曾对日本的浅源地震的地震断层资料进行统计分析，认为 7.4 级以上的大地震伴随有地表断裂的概率是 100% (表 1.2)。

表 1.2 地震地表断裂出现的概率  $P(M)$

| $M$    | $<7.0$ | $7.0-7.4$ | $>7.4$ |
|--------|--------|-----------|--------|
| $P(M)$ | 0%     | 60%       | 100%   |

注：以上资料为经验统计结果。

## 2. 灾害分类

假如我们研究地震对人类社会环境（包括建筑物、生命线系统工程、财产设备和居民等）造成的灾害时，从成因角度看，地震灾害可划分为三类（图 1.3）：

### (1) 直接灾害

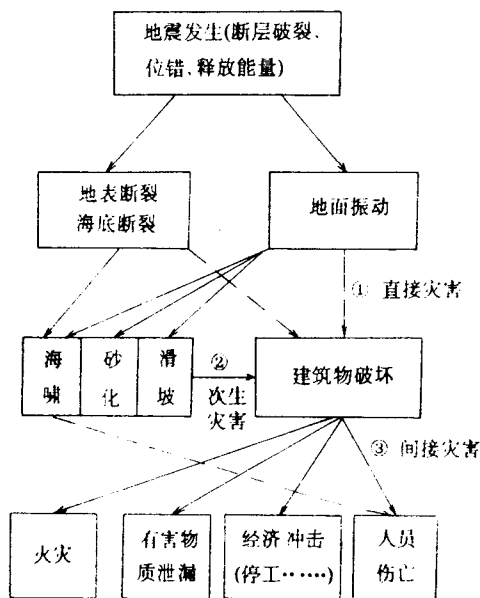
指由于地震地面振动造成建筑物的破坏。建筑物结构的地震反应取决于输入的地震动特征和结构特性（特别是动力学特性）<sup>[8]</sup>，即由地震动的三要素（振幅、频谱和持续时间）和建筑物的结构性质（如规模、形状、质量、刚度和阻尼等）共同决定。

地震力和振动对各种类型建筑物的作用是地震工程学的研究

内容之一<sup>[8]</sup>。简单地说,当建筑物结构的抗力(剪力、弯力、张力等)强度不足以抵御地震力时,就会发生不同程度的破坏。一般地说,建筑物强度最弱的部分首先遭到破坏。

## (2) 次生灾害

上述的直接灾害是在建筑物和工程构筑物所在的地基,在地震时没有失效的前提下定义的。当地面振动和地表地震断裂(或裂缝)首先使地基破坏,进而造成有关建筑物的破坏,称之为次生灾害。次生灾害还包括海啸引起的灾害。地基失效主要表现为滑坡和液化。



1) 滑坡。地震动使岩层的强度降低,导致通常的土体运动,包括土壤滑移、崩塌(岩塌)、碎石流、侧向扩张等滑坡现

象。滑坡使地基失效，造成建筑物破坏；滑坡使道路和河道阻塞等。

例如，1964年3月27日美国阿拉斯加8.3级大地震时，滑坡造成的经济损失占总损失的一半以上<sup>[9]</sup>。1933年8月25日我国四川省叠溪7.5级地震造成山崩塞江，形成四个地震湖。1920年12月16日我国宁夏海原8.5级大地震中，由于地震烈度Ⅶ及其以上的区域，位于陇东黄土高原上，形成大规模的地震滑坡，它不仅摧毁道路、堵塞河谷，而且掩埋村庄。文献[10]描述，在极震区的西吉县夏家大路至兴平间的 $65\text{km}^2$ 范围内，滑坡面积竟达到 $31\text{km}^2$ 。

2) 液化。地震振动使无粘合力土壤中孔隙水压强增加，导致土壤强度或刚度减少的现象，称为液化。液化表现为大致水平的地面向邻近的斜坡或低凹处侧向扩张；或引起陡坡上发生大规模的泥石流；或在平地上喷水冒沙等。这种土壤的侧向扩展、泥石流和喷水冒沙，使建筑物的基底、道路和生命线工程网络等人工建造的环境遭到破坏。

例如，1964年6月16日日本新潟发生的7.5级地震，使松散砂土填造的地基和冲积性地基严重液化。由于液化作用使汽车和建筑物等沉入流沙中。许多建筑物下沉了三英尺<sup>①</sup>多，并有严重的倾斜，例如市区中心的大楼倾倒，石油罐破坏等<sup>[11]</sup>。1811—1812年间美国东部的新马德里8级大地震，使新马德里地区沉陷14英尺，附近的农田沉没在几英尺厚的流沙下面。

3) 海啸。地震有时在海底造成急剧的垂直断裂运动或滑坡，引起大范围的水体急剧上升或降落，海水以很长的波长和很大的高度向外传播，称之为海啸。当海啸接近浅水区时，振幅增加；在U形或V形的海湾和海港中，形成的海浪可高达20—30m，近于垂直的波前速度可达到 $10\text{m/s}$ ，对沿海海湾地区造

---

① 1英尺 = 0.3048m。

成极大的破坏。

例如，1896年6月15日日本东北200km的海域下发生大地震，其诱发的巨大海啸，使日本东北海岸上的三陆冲地区变成一片废墟<sup>[12]</sup>，死亡人数接近3万人（表1.3）。日本是受地震海啸威胁比较严重的岛国，表1.3列出历史记录中的大海啸事件。

表 1.3 主要的地震海啸（日本沿岸，资料引自理科年表）

| 时 间<br>(年) | 地震名 / 地名 | 震 级 | 海啸规模 | 海啸死亡人数<br>(人) |
|------------|----------|-----|------|---------------|
| 684        | 土佐等广大地区  | 8.4 | 3    | ?             |
| 850        | 出羽       | 7.0 | 2    | ?             |
| 869        | 三陆       | 8.6 | 4    | 约 1000        |
| 887        | 越后       | 6.5 | 2    | 数千            |
| 887        | 五畿7道     | 8.6 | 3    | ?             |
| 1096       | 畿内，东海道   | 8.4 | 2    | ?             |
| 1360       | 纪伊，摄津等   | 7.0 | 2    | ?             |
| 1361       | 畿内       | 8.4 | 3    | 60 多人         |
| 1498       | 东海道      | 8.6 | 3    | 41000         |
| 1596       | 丰后       | 6.9 | 2    | 数百            |
| 1605       | 庆长地震     | 7.9 | 3    | 2000 以上       |
| 1611       | 三陆·北海道   | 8.1 | 4    | 3000 以上       |
| 1614       | 越后高田     | 7.7 | 2    | ?             |
| 1640       | 北海道      | —   | 2    | 700 多人        |
| 1662       | 日向       | 7.6 | 2    | 200           |
| 1677       | 陆中南部     | 8.1 | 2    | ?             |
| 1677       | 磐城一下总    | 7.4 | 3    | 数百            |
| 1703       | 元禄地震     | 8.2 | 3    | ? 1000        |
| 1707       | 宝永地震     | 8.4 | 4    | 2000—3000     |
| 1741       | 渡岛（北海道）  | 6.9 | 3    | 1475          |
| 1771       | 八重山地震    | 7.4 | 4    | 11741         |
| 1792       | 岛原       | 6.4 | 3    | 15030         |
| 1792       | 积丹近海     | 6.9 | 2    | 5 以上          |
| 1793       | 陆前·陆中    | 7.1 | 2    | 12—13         |
| 1833       | 庄内       | 7.4 | 2    | ?             |