



经济合作与发展组织（简称经合组织）的“学校建筑项目”致力于保护学校在地震中的安全，2004年2月该项目与地质灾害国际组织就“增强学校防震安全保障”议题举行特别专家组会议，并发布了这份研究报告。在报告中，来自五大洲14个国家的知名专家总结了各国在学校的防震安全性方面的惨痛教训和宝贵经验，分析了地震中造成学校破坏和学生死亡的主要原因，提出了学校安全计划的指导原则和具体举措。这份报告集中了多国经验和多方智慧，是以地震灾害中学生的生命和血泪的代价换来的成果，值得重视。

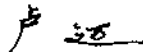
“5·12”汶川大地震发生以来，在党中央和国务院领导下，中国人民万众一心、众志成城，取得了抗震救灾的重大阶段性胜利，目前正面临灾后重建的繁重任务。中国是发展中的大国，人口众多且分布不均衡，自然灾害频发，地震等重大自然灾害带来的生命损失往往比许多国家更加惨重。因而，在地震灾区重建和全国各地的防灾排查中，更应高度重视学校安全，增加专项财政投资、制定防震计划、严格建设标准、加强管理监督，以保证学校成为学生安全可靠的学习场所，进而成为自然灾害中受灾群众

的避难空间。

中国的地震灾情受到了国际社会高度关注。经合组织官员何依兰（Irene Hors）为我们提供了这份报告，并联系了版权授权。基金会的工作人员放弃休假，抓紧时间完成了全书的翻译工作。国务院发展研究中心国际合作局原局长李桐连同志通读了书稿，并进行了统校。对于本书所涉及的大量专业术语，远在纽约的美国国家研究委员会地震专家曹天清先生进行了复审和校对。感谢经合组织专家与我们分享他们的研究发现，并为中国灾区重建提供智力支持，同时也要感谢译校者所付出的辛勤劳动。

需要说明的是，这份特别专家组报告的主要结论和政策建议已于2005年被经合组织的理事会及其30个成员国所采纳，本书第五部分即根据经合组织的建议对原稿进行了相应更新。

灾难让我们更加强烈地感受到生命的力量和人性的光芒。那些奋不顾身、英勇奉献的英雄让人敬佩，那些在灾难中逝去的生命让人感怀，谨以此书献给他们。

中国发展研究基金会秘书长： 

2008年7月1日



学校在每一个社会中都扮演着极其重要的角色。学校不仅是教学的场所，同时还可以是集会、演出及体育活动场所。此外，当自然灾害来临时，学校建筑物可以作为避难场所，当遭遇地震、飓风以及洪水时，可以成为当地居民临时居住和生活的场所。

地震频发区需要建设具备抗震能力的学校。当学校因为地震造成的破坏而关闭时，学校会停课，社区活动会中断，人们也会面临缺少紧急避难场所的难题。实行义务教育的社会有义务提供一个安全的学习和工作场所。而地震频发区需要建设抗震能力强的学校，其最根本的出发点还是为保障师生的生命安全。

最近在阿尔及利亚、意大利、伊朗、摩洛哥以及土耳其的灾难表明，许多遭受地震威胁的地区没有可抗震的学校。在上述地震中，那些倒塌并造成学生死亡的学校都是后建的，而这些学校周围的老建筑物却安然无恙。在坍塌房屋中，竟有一座新建的房屋造成了周围其他建筑物坍塌，突如其来的地表剧烈晃动造成部分房屋毁损，但在多数情况下，这些校舍都没有严格遵循建筑法规。这些地震大部分没有发生在上课期间，否则死亡情况会更加严重。

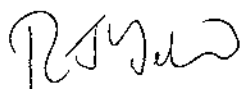
如果不改变这种状况，情况将会变得更为糟糕。许多非常贫穷的国家正在面临人口的快速增长，因此对学校的需求也在不断

增加。在这种情况下，建筑商就有可能采用粗糙的设计、劣质材料及落后的建筑技术来建新学校，并扩大现有的校舍规模。事实上，所有的国家，不论贫富，都面临这样的问题：如何提高大量现有学校的抗震性。由于强烈地震比较罕见，所以这就使得公众及政府官员很快将精心设计、建造及维修抗震学校的重要性抛之脑后，而一旦发生地震，只能是悔之晚矣。

鉴于此，经合组织“学校建筑项目”和地质灾害国际组织专门召开了一个国际会议，邀请来自五大洲 14 个国家的知名专家组成特别专家组，讨论学校在地震中的安全问题。国际组织代表、政府、学术界、企业界以及非政府组织代表交流了当前存在的问题，共同探讨解决问题的方法。该会议于 2004 年 2 月 9 ~ 11 日在法国巴黎经合组织总部召开。会议要求与会代表作出下列报告：列举地震中威胁到学校以及教育系统安全的因素；讨论、评估地震中学校和教育系统安全，跟踪安全防震工作进展的方法及标准；提出促进国际地震安全的战略建议；推动经合组织就保证地震中学校安全问题在成员国中采取行动。

本书汇编了这一特别专家组的报告。该报告为那些学校在地震中倒塌造成学生死亡的经合组织成员国以及其他国家传递了一个十分清晰而又紧急的信息，呼吁他们在更多和更可怕的灾难发生前采取措施。

我们恳请您阅读这份报告，并协助我们敦促这些建议的实施。



Richard Yelland

理查德·耶兰

经合组织“学校建筑项目”主任



Brian Tucker

布雷恩·塔克

地质灾害国际组织主席

前言



经济合作与发展组织（简称经合组织）的“学校建筑项目”（PEB）正在为保护全球学校在地震中的安全而努力。安全可靠的环境是有效开展教学活动的前提。公民人身和财产安全受到的威胁可能来自自然灾害，比如地震、洪水、风暴等，也可能来自人为事件，如破坏、纵火、暴力犯罪等。人们虽然不可能彻底消除灾难和人为的悲剧，但却可以削弱其不利影响。作为经合组织保障学校安全的一项活动，“学校建筑项目”希望提高人们对这些问题的认识，找到合理的应对措施并采取行动。

本报告是2004年2月在巴黎召开的“保证学校在地震中的安全”特别专家组会议取得的成果之一。此次会议由“学校建筑项目”和地质灾害国际组织（GHI）联合举办，它的另外一项重要成果是专家组向经合组织理事会提交了相关建议，并等待所有成员国审议。这些建议收录在本书的最后一章。这代表着各国政府在提高学校安全防震能力的认识方面迈出了重要的一步。

经合组织关于保障学校安全的工作始于2002年2月在美国首都华盛顿召开的一次专家会议，会议由“学校建筑项目”和美国教育部组织，其议题是“帮助学校预防和应对恐怖袭击”。此

外，“学校建筑项目”和美国教育部于2003年11月在巴黎召开了一次关于学校安全和保障的综合性会议，集中探讨学校安全风险评估、危机预案及管理、学校基础设施的安全、合作改善学校安全的途径以及改善学校安全的教育、培训、支援措施等问题（www.oecd.org/edu/schoolsafety）。

本书是地质灾害国际组织的布雷恩·塔克（Brian Tucker）先生与众多作者、其他与会专家以及“学校建筑项目”秘书组共同努力的结果。“学校建筑项目”和“国际地质灾害组织”感谢加利福尼亚理工学院的威尔弗雷德·伊万（Wilfred Iwan）先生对本次会议的大力支持。项目秘书组汉纳·冯·阿勒费尔德（Hannah von Ahlefeld）女士负责整理本书的全部书稿，吉尔·加斯顿（Jill Gaston）先生协助完成文稿编辑工作。

目 录

摘 要	1
读者指南	8
导 言 确认提高学校防震安全状况的重要性	11
汉纳·冯·阿勒费尔德	

第一部分

确认阻碍学校提高防震安全性的障碍

第 一 章 阿尔及利亚学校建筑在地震中的地震易损性	24
福阿德·本德默尔德	
第 二 章 加利福尼亚州伯克利市社区学校的防震经验	35
雅利耶坦·查克斯	
第 三 章 意大利学校的地震安全性	43
莫罗·多尔斯	
第 四 章 土耳其提高学校建筑防震性所面临的障碍	55
波拉特·古尔坎	
第 五 章 学校地震风险：委内瑞拉项目	78
奥斯卡·洛佩兹 等	

第六章 开展有效的减灾及危机处理：前南斯拉夫马其顿共和国的经验 90
佐兰·米卢蒂诺维奇 等

第七章 让学校更加安全：新西兰的经验 106
布雷恩·米切尔

第八章 1998 年葡萄牙亚速尔群岛法亚尔岛地震给学校造成的损失 117
若热·米格拉·普罗恩萨

第九章 墨西哥的地震及教育基础设施政策 127
海梅·德拉·加尔萨·雷纳

第二部分

制定学校的地震安全原则

第十章 确保学校和教育系统达到抗震标准的基本概念和原则 135
丹尼斯·贝列特

第三部分

评估学校及其他公共建筑的地震易损性和风险

第十一章 建筑规范有的分级方案：衡量社区采纳并执行建筑规范的决心 143
丹尼斯·盖奇

第十二章 如何借鉴别国减轻地震危害的措施：案例分析 149
克里斯托弗·罗雅恩

第十三章 土耳其伊斯坦布尔的学校建筑如何降低地震风险 160
奥扎尔·尤纽古留 等

第四部分

寻找提高学校抗震能力的战略和计划

第十四章	意大利学校分类：地震易损性及提高抗震能力的策略	171
	尼古拉·科森蒂纳 等	
第十五章	在发展中国家开展学校防震计划	180
	素德赫·贾殷	
第十六章	支持本地地震专家：尼泊尔和印度的经验	187
	理查德·夏普	
第十七章	如何评估学校的防震加固措施：成本效益分析	191
	史密斯 等	
第十八章	欧洲国家在加固校舍和抵御地震方面取得的进展	199
	罗宾·斯彭斯	

第五部分

经合组织对于学校地震安全指导方针的建议

附 件 1	学校抗震安全计划的指导原则	213
附 件 2	有效的学校抗震安全计划需具备的要点	215
译 后 记		221

摘 要

议 题

在建筑设计和建造方面出现了本可以避免的错误，世界各地的学校之所以经常在地震中发生倒塌，主要原因是人们没有采用现有的抗震技术，也没有充分执行已有的法律法规。除非人们对这些问题立即采取行动，否则将会遭受更为重大的生命和财产损失。

本报告是2004年2月9~11日经合组织在巴黎举行的“保证学校在地震中的安全”特别专家组会议的成果。会议由经合组织的学校建筑项目和非政府组织地质灾害国际组织主办，后者由美国和日本两国的学术界、企业界和政府部门研究地震和地震风险的专家所组成。组织者的目的是发起一项改善学校和教育系统地震安全状况的活动，而促使他们这么做的原因很简单：发生地震时学校建筑频繁倒塌，除非个人、社区、科学家、政府以及其他团体携手对这一问题进行讨论并提出解决办法，否则倒塌还将继续发生。这篇报告提供的专家知识、意见和经验，为人们了解保护校舍及校舍人员安全问题提供了有价值的建议。

研 究 过 程

为了探索如何使情况发生改变，要求专家遵循一个依次展开的主题思路——即承认问题、认清障碍、界定关键安全原则、评估地震易损性和风险，并明确改善地震中学校安全的策略和程序以及循着这一主题思路所采取的相关行动建议。下面简述各个主题所包含的关键要素以及相关内容。

1. 确认改善地震中学校安全的重要性

很少有人会质疑保护儿童这一最有社会价值而又最脆弱的成员的重要

性，很少有人会质疑为所有儿童提供义务教育的重要性，也很少有人会质疑地震造成人员死亡和财产破坏这个事实。但是这三点在现代社会中并未得到良好体现。在许多地震易发国，许多学校建筑甚至无法承受最一般的地震，这类学校建筑数目之多令人惊讶。我们必须扪心自问：“为什么承认儿童教育和安全的重要性如此简单，而要落实对他们的保障却是如此之难呢？”

从 1755 年发生的里斯本大地震开始，发动政府、社区和其他方面参与到降低人类面对风险和地震易损性的行动已经取得了各种进展。在过去十多年中，人们发动了一场声势浩大的运动，旨在建立一种防灾和减灾的文化。这种文化主要体现在利益相关群体对改善学校地震安全所作出的响应。我们应该承认，社区倡议取得了一些成绩，工程师、科学家以及一些政府对这一问题共同作出了努力，“国际减灾十年”等全球倡议行动使得国际社会对这一问题给予了高度关注，但灾难造成的人员伤亡和财产损失仍在不断增加，发展中国家的情况尤其如此。随着科技水平的发展、城市化程度的提高和人口的增长，人们需要用新的途径来解决这些问题。

2. 认清改善学校地震安全的障碍

为了首先确定需要解决问题的范围，专家描述了导致学校建筑在地震中如此容易坍塌的各种具体因素，评估它们的重要性，同时根据以往地震的教训，测算了建筑规范和施工的改善程度。来自阿尔及利亚、前南斯拉夫马其顿共和国、意大利、墨西哥、新西兰、葡萄牙、土耳其、委内瑞拉和美国的专家们共同面临的，而且相互关联的障碍——这些在大多数情况下可以避免——即学校没有意识到校舍坍塌的风险，科学界、公众和政府团体之间缺乏在学校建筑规划、维护和建造方面的沟通，学校建筑的法律和法规在实施和执行上存在很多不足。

- 2003 年 5 月 21 日傍晚，阿尔及利亚的布米尔达斯（Boumerdes）地区发生地震，造成 2287 人死亡，110000 人受伤。学校在这次地震中受到的影响非常严重：在政府检查的 1800 所学校中，122 所学校需要重建，560 所遭到严重破坏。地震导致的校舍重建和修复成本大约为 7000 万美元。导致灾难中学校建筑倒塌的原因可以归结为：城市人口的增长导致对廉价速建校舍的需求大增、建造质量较差、不遵守建筑法规、对建造施工的质量监管不力、缺乏对专业人员的认证考核以及对灾难参数的估计不

足。这次地震发生在下课时间。

- 加利福尼亚州的洛马—普列塔（Loma Prieta）地区于1989年发生的地震暴露出许多钢筋混凝土结构建筑的弱点。在这次地震后，一个由伯克利地区学生家长组成的团体发现，在16个学区中有7个学区的学校建筑对学生的生命构成威胁。1991年，一个社区团体建议校区官员启动一个1.58亿美元的综合安全项目，来重建伯克利地区的学校。从那时候起，政府对所有伯克利地区的学校都进行了改造，社区同意将超过3.62亿美元的税收用于提高校舍的抗震性。改善学校的地震安全不仅是一个技术问题，而且也是对社区参与、社区职责和社区行动的挑战。

- 2002年，意大利圣朱利亚洛（San Giuliano）地区的一所小学倒塌，造成29名儿童和1名教师死亡。进一步的调查发现，由于圣朱利亚洛地区未被列为地震区域，所以人们没有按照抗震规范修建校舍。使用劣质的砖石墙面和厚重的钢筋混凝土结构天花板也是导致校舍倒塌的原因之一。2003年，在地震发生5个月后，意大利总理发布条例，规定所有容易遭受地震影响的重要公共建筑（包括医院和学校）必须在以后5年内进行抗震性评估。之后不久，政府还颁布了新的地震区划和抗震规范。

- 2003年5月1日，土耳其宾格尔（Bingöl）地区发生的中级地震，致使3所新学校和1幢位于学校附近的宿舍楼倒塌，许多儿童在熟睡中死亡。这一悲剧事件促使很多人开始质疑校舍的地震安全问题。后来，人们通过对29所学校建筑的调查，发现没有一所校舍是按照1998年颁布的土耳其地震规范建造的。在这次事件中，导致校舍不符合现行建筑规范的两个因素是：缺乏资源和专家对项目施工的有效监督，没有对承包商、工程师和建筑师进行正式的资格认证。在被调查的29所学校建筑中，3所倒塌，10所遭受严重破坏，12所遭受中等程度破坏。

- 1997年7月9日，地震袭击了委内瑞拉东北部地区，摧毁卡里亚科（Cariaco）镇的两所学校建筑，导致46名学生死亡。除了在建筑设计上的严重失误以外，学校未能按照1968年建筑法规中的抗震要求建筑校舍。这个国家共有1000所以上处于地震灾难高发地区的学校建筑结构与此类似。在这次悲剧性事件后，委内瑞拉开展了旨在降低地震风险的工作，分三个阶段对现有学校的地震易损性进行排查和分类，以确定并降低学校的风险水平。

- 新西兰是世界上地震最为活跃的国家之一，不过多数地震都发生在人口稀少的地区。新西兰破坏最严重的一次地震于1931年2月发生在霍克海湾，导致250多人死亡。威灵顿市在1855年发生的有记录以来最大的一次地震中被摧毁。新西兰已经建立了若干机制，以保证学校建筑在类似事件中不会倒塌。1991年颁布的建筑条例，规范了新西兰的建筑设计和建造过程。1998~2001年期间，教育部组织调查了2361所公立学校的结构，并据此启动了一个具有重要意义的投资项目，以满足调查报告中关于各种详细分类建筑的建造要求。

- 1998年7月9日，地震袭击了葡萄牙亚速尔（Azores）群岛的法亚尔（Faial）和皮科（Pico）两座岛屿，造成8人死亡及1000人无家可归。在地震之后，人们检查了21座学校建筑，并且试图找到一般性建筑分类因素（如建筑结构、建筑质量、保存状况和楼层数目）与建筑破坏状况和震后能否使用等因素之间的相互关系。检查结果显示，有一半的学校可以复课，两所必须拆除，其余的学校稍加修复或进行一般修复之后可以复课。

3. 界定地震中学校安全的原则

为着手改善地震中学校的安全状况，人们必须为建造抗震学校界定基本概念和原则，同时考虑成本/收益关系和对资源的影响；然后以这些概念和原则为起点开展项目，为各国改善地震中学校安全提供程序性建议。

专家组界定了若干学校地震安全原则：

- 需要一批呼吁人们重视地震安全的倡导者，他们将推动社会注重抵御风险，并向所有利益相关者宣传地震风险。
- 承认学校建筑可以作为社区在灾难之后的避难场所。
- 建立风险分担体系，为人们开展相关活动提供法律或监管依据，其中应明确划分责任范围，并且制订具有可行性目标，不断加大力度的战略计划。
- 明示财政责任和成本。
- 绘制详细和最新的灾害地图和建筑规范，并由强大而稳定的机构来实施规范。
- 为了控制校舍质量，应建立有效的监控流程，如任用已通过认证的专业设计人士、开展独立的规划评估、检查和审批项目、独立检验与测试工程和提交最终报告。

加利福尼亚州于 1993 年颁布的《费尔德法案》，展示了有效的立法将如何制订和执行成功的计划。

4. 评估学校与教育系统的地震易损性和风险

人们是否可以制定评估风险的标准、量化学校和其他公共建筑的结构性和非结构性危害，以及确定其地震易损性和危险性的标准？最重要的问题是，如果建立和监控这些标准是现实可行的。那么，这些标准在多大程度上是可以在不同文化和不同国家之间通用呢？

目前人们已经建立了若干适用于不同国家的学校风险评分和评价体系，其中最典型的一个案例是意大利为了改善地震中医院的安全状况而进行的美国—意大利合作项目。普遍性的抗震目标、对预测地震严重程度进行明确的标准化要求，以及许多标准、规则、执照颁发、教育和培训，都可以在不同国家予以实施。与此类似，美国采用的规则管理、规划评估和实地检验方法，也可以作为标准化步骤在不同国家中共同采用。

特别专家小组得出结论，目前已经存在足够的风险评估方法和计量手段用于评估地震中学校安全，并监控世界各国地震中学校安全计划的进展、成功或失败。

- 1994 年，加利福尼亚州北岭（Northridge）发生的地震造成了 70 亿美元的保险财产损失。保险服务办公室系美国一个财产/伤亡保险行业的独立的统计、定级和咨询组织，它通过一个叫做“建筑规范有效执行分级评定”的综合计划，帮助区分那些有效执行建筑规范的社区和执行较差的社区。这一综合计划背后的理念很简单。由于人们有可能将灾难造成的破坏降至最低，并最终降低保险业务成本，所以这激励着社区严格执行建筑规范。保险服务办公室搜集关于社区采纳和执行建筑规范的信息，分析关于规范管理、建筑规划评价和实地检验等方面的数据，然后按照建筑规范执行有效性的等级标准（1~10 级）对它们进行分类。1 级代表严格执行建筑规范的典范。

- 在 20 世纪 90 年代，美国应用技术委员会和意大利国家地震服务局开展了一个合作项目，帮助意大利改善地震中医院的安全状况。在项目第一阶段，制定了解决规则问题、新医院设计以及为减小地震影响而采取的地震救援与该复计划措施。项目第二阶段于 2002 年完成，这一阶段，制定了紧急救援步骤。第三阶段于 2003 年完成，制定了合作纲领，用于支持和

确定非结构性因素。在三个阶段中形成的步骤和纲领建议，都基于两国已有的纲领和规则，并进行了创新。

5. 识别改善学校地震安全状况的策略和程序

专家们运用已知的地震安全概念和原则，描述了现有学校地震安全策略和程序的制定情况，并考虑用哪些办法能最有效地鼓励、促进、评价改善地震安全状况的工作取得进展。最重要的是，专家们需要考虑如何动员国家和政治领导人，使他们认识到开展修建抗震学校的计划是对他们有利的。通过正式和非正式渠道交流传播知识和数据资料，以提高人们的防震意识，对于动员个人力量参与变革发挥了重要作用。这里谈到的正式渠道包括印度的国家地震工程教育计划以及意大利为了比较全国建筑地震易损性类型而制订的标准和步骤。非正式渠道包括在学校社区进行有关改善学校建筑抗震能力的讲座，向建筑工地工人分发传单，宣传建筑施工操作规范。

由于发展中国家缺乏对本国的了解、资金短缺、外援专家之间意见不一致、物质资料匮乏等因素，使得推行战略计划的工作变得愈发复杂。虽然欧洲已经具备物质、资金和人力资源条件，并在地震易发国家完成了若干采样、评估和加固现有建筑的项目，但仍需作出更大努力，努力降低对公共建筑威胁最大的风险。

- 在 2001 年印度普杰（Bhuj）地区发生的地震中，971 名学生和 31 名教师死亡，1051 名学生和 95 名教师受伤。震后印度政府人力资源开发部展开了一个全面的国家地震工程教育项目。在这个项目中，政府将 8 所技术院校指定为工程学院、建筑工程学院和理工学院教师的培训基地。培训内容包括：为大学教师提供 1~4 周以及一学期的培训课程；向大学教师介绍国际经验；开发材料资源和教学辅助资源；建立图书馆和实验室；组织会议和小型研讨。这一项目对所有公立和私立、开设相关专业或课程的知名工程大学和理工大学以及建筑学院开放。

- 下述尼泊尔的例子说明了人们可以用简单办法解决看似复杂的问题，而且这一点对于防震工作意义重大。像其他国家一样，尼泊尔没有钢筋混凝土圆柱上普遍使用的弯曲箍钢带加上钩子以提高其抗震性。这类似于用腰带时没有把它扣上。一位国家项目组成员曾游说有关当局采用一个简单的计划，即在当地的建筑施工工地发放传单，宣传最佳建筑施工操作方法，却没

有成功。之后，他决定自己印制宣传单，并用摩托车进行散发。

• 表 1 是欧盟 6 个地震风险较高的国家对学校建筑实施加固时估算的成本。表中显示，意大利的相对成本最高，其次是希腊、葡萄牙和奥地利。鉴于这个项目的持续时间估计为 20 年，而且项目实施后地震破坏和人员伤亡逐渐减少，成本也随之降低，所以这些成本似乎并不是无法控制的。人们实际操作这个为期 20 年的项目时，可以在开展其他必要的维护或改造工作的同时，进行翻新工作。这样，如果人们已经决定重建那些年代久远的校舍，并且拨出预算，就没有必要花费成本再去翻新它们。因此，这个项目中额外增加的开支会明显减少。

表 1 欧盟高风险国家学校加固项目的成本估计

项 目	奥地利	法 国	希 腊	意大利	葡萄牙	西班牙
加固总成本 (百万欧元)	84	250	350	1670	80	130
教育的资本性支出 (百万欧元)	614	6297	751	3513	376	3725
加固成本占教育投资 (%)	14	4	47	48	21	4
20 年项目的年度成本 (%)	0.7	0.2	2.3	2.4	1.1	0.2

成 果

特别专家组会议的最终建议，代表了他们就国家性学校地震安全项目的基本原则和要素进行为期三天的讨论后得出的精华。这些建议呼吁所有经合组织成员国和非成员国政府行动起来，推动这些政策建议的落实。

更 多 资 源

除经合组织就学校安全和保障问题进行的相关活动材料外，网站 www.oecd.org/edu/schoolsafety 提供了地震中学校安全的最新信息。

网站 www.oecd.org/edu/facilities 包含了经合组织学校建筑项目开展的其他活动，诸如该项目每年出版三期《PEB 交流》杂志、举办国际会议、出版与学校设施有关的出版物以及其他资源材料。

读者指南

本指南向读者解释本书中提到的用于描述地震大小的三个术语：震级、烈度和峰值加速度。

震 级

震级是衡量地震规模最常用的标准，它取决于地震所引起的地动最大值，该值可被地震仪记录下来。与地震烈度不同，一次地震的震级只有一个（烈度会由于距离震中远近而不同）。

尽管目前存在多种震级体系——它们使用不同频率的地面振幅来衡量震级——但是在特定的地震中，不同震级体系给出的震级值是基本相同的。在本书中，所有的震级都用 M 加数字来表示（如：M6.0，M4.5）。虽然本书中提到的一些地震的震级与最初报告有不同，但是这并不影响本书内容。

最常用的震级体系有：近震震级（ML），通常表示为“里氏震级”（如表 1）。里氏震级通常是对数，即每增加一个震级单位，所表示的振幅增加 10 倍；面波震级（Ms）；体波震级（Mb）；矩震级（Mw）。

表 1 里氏震级及可测量的地震效应

里氏震级	震源附近地震效应
< M3.5	通常不被感知，但（仪器）可记录
M3.5 ~ M5.4	可以感知，很少造成破坏
> M6.0	对构建良好的建筑最多可造成轻微破坏，在小范围内对质量较差的建筑物可造成大的破坏
M6.1 ~ M6.9	在 100 公里范围内可造成大的破坏
M7.0 ~ M7.9	强震，可造成 100 公里范围的严重破坏
> M8	特大地震，可造成超过 1000 公里范围的严重破坏

前三种震级体系的测量范围有限，不能用来描述特大地震，而建立在震矩概念上的矩震级可以适用于所有的地震。但是相比其他几种震级体系，矩震级计算难度要大。

地震烈度

烈度是用来衡量地震在特定地点地面振动的强烈程度和造成的破坏程度。与震级不同，烈度的测量不需借助任何仪器。而且地震烈度的值也会因地区不同而差异很大，通常会随着离震源的距离增加而减小。

修订版麦加利地震烈度表（MMI）是最常用的烈度测量标准。它通过描述地震对地表、人以及建筑物的影响程度（如表 2）来表示地震的强烈程度。烈度通常用罗马数字 I ~ XII 来表示。

表 2 修订版麦加利地震烈度表（MMI）及地震效应与最大峰值加速度（PGA）

MMI	PGA (g)	地震效应
I	< 0.002	无感或只有在特定环境下可被感知
II	0.002 ~ 0.003	在休息中的人，尤其是在建筑物顶层的人可以感知，精巧的悬挂物轻微摇晃
III	0.004 ~ 0.007	室内特别是建筑物顶层的人感觉明显，但是大多数人不会想到是地震。站在移动的交通工具上可感到轻微晃动，震感像卡车经过
IV	0.015 ~ 0.020	白天室内感知明显，户外不明显；夜间部分人会醒来。盘子、窗户、门发出声音；墙发出嘎吱声。震感像卡车撞上建筑物，静止的汽车晃动明显
V	0.030 ~ 0.040	几乎所有人都有感知，许多人会惊醒。部分盘子、窗户等会震碎；灰泥建筑产生裂纹；不太稳定的物体会翻倒。树、高杆及其他较高物体有的会被扰动，钟摆会停止
VI	0.060 ~ 0.070	所有人都能感知，许多人因害怕而逃离建筑物。许多笨重家具被移动；可见到一些倒塌的灰墙及烟囱，有轻微破坏
VII	0.100 ~ 0.150	所有人都跑到户外。良好设计的建筑物几乎不受损伤；质量良好的普通建筑物不很严重的损坏；建筑质量差或设计不当的建筑损坏严重，部分烟囱倒塌，人在行驶的汽车中感觉明显

续表

MMI	PGA (g)	地震效应
VIII	0. 250 ~ 0. 300	特别设计的建筑受到轻度毁坏；普通房屋破坏明显，部分会倒塌；质量差的建筑物受损严重。灰泥墙、烟囱、工厂建筑物、柱形物、纪念碑等倒塌。泥浆少量喷发，井水改变，驾驶汽车的人受到干扰
IX	0. 500 ~ 0. 550	设计良好的建筑物受损明显；良好设计的框架结构变形；坚固的建筑物受破坏严重，部分甚至坍塌。房屋被平移，地面可见显著裂纹，地下管道断裂
X	> 0. 600	部分建筑很好的木结构房屋被破坏；大部分混凝土框架结构遭破坏；地面裂纹显著，铁路发生弯曲，河岸和陡坡发生明显滑坡。沙土移动，河水/湖水溢出堤岸
XI		很少有混凝土结构的房屋还没有坍塌。桥梁被破坏，地面裂缝较宽，地下管道无法使用。地质较软的地面发生下沉及滑坡现象，铁轨严重弯曲
XII		完全被破坏。地表可见震波，失去水平线，物体被抛到空中

资料来源：联邦紧急事务管理局（FEMA）。

最大峰值加速度

最大峰值加速度（PGA）是指地震时衡量地面震动的一种方法。它通常用重力加速度来表示，即1g的垂直加速度表示一个特定物体或人可以离开地面所需要的加速度。虽然PGA也可以包括垂直方向的峰值加速度，它通常指地面测到的水平加速度。一个0.2g的峰值加速度表示水平最大加速度为地球重力加速度的20%。由于受力与加速度成比例，因此地震产生的水平方向的力相当于物体自重的20%。

人们通常用加速度记录来衡量峰值加速度。加速度图是指地震中某一站点在纸上或电子图表上记录的一段加速度轨迹。要获得完整地面震动情况数据，许多监测站选取两个水平方向（互相垂直）和一个垂直方向作记录。

导 言 确认提高学校防震安全状况的重要性

（经合组织学校建筑项目）

汉纳·冯·阿勒费尔德（Hannah von Ahlefeld）

“我认为我们有权了解地震的相关知识。这是因为，当地震到来的时候，所有的人，包括我们的父母和老师都会尽最大的努力去求生。这时，他们可能无法顾及我们，因此我们自己需要知道在地震到来的时候应该如何做。

同时，我们也有权要求安全的学校。我们自己不负责学校校舍的建设，但是如果这些校舍或建筑十分脆弱，地震很容易就会摧毁它们，我们的生命就会受到威胁。劣质的建筑不是我们的过错，而是那些建造这些房子的人的错。为什么我们这些孩子要承担这些劣质建筑带来的后果？所以，我们要求我们的父母、我们的老师为我们建造安全的校舍。”

——摘自尼泊尔学生索尼（Sony）的一封信

引 言

本文讨论了人类对于自然灾害（特别是涉及学校的灾害）的认识发展过程，以及应对自然灾害（特别是地震）时所采取措施的本质和有效性。

从 1755 年里斯本大地震到近年来阿尔及利亚、意大利、日本和土耳其遭受的地震灾害，政府、社区、科学家和决策者们都亲眼目睹了学校校舍和其他重要建筑物倒塌的惨状。如在神户地震中，约 40% 的当地政府雇员

受灾，30 万人失去了家园（Tierney 和 Goltz，1997）。自然灾害的破坏程度可以反映出人们是否愿意承认地震风险的存在，并且通过自己和他人的努力来提高防备未来灾害的能力。为了全面理解人们认识灾害、应对灾害的过程，我们必须仔细考察社区、政府、政府间组织以及科学团体对地震中学校安全防护的看法。

里斯本地震的教训

他们（坎迪德、潘格洛斯和那些“野蛮的水手”）稍稍恢复些气力后，便向着里斯本的方向前进。逃过了这次暴风雨之后，他们口袋里还有一些钱，可以让他们勉强填饱肚子……就在此时，大地开始摇晃，海平面骤然升高，海水扑向海岸，将船舶撕成碎片。街道和广场上全是树叶和垃圾的混合物。房屋倒塌了，屋顶砸在破碎的地基上，3 万人被困于废墟底下。

——摘自伏尔泰《“老实人”坎迪德》

2005 年是里斯本大地震 250 周年纪念，在这场地震中超过 7 万人失去了生命。2 万栋居民住宅中，只剩下 3000 栋还能居住（Dynes，2000）。这场灾害在两个方面产生了重要的影响。

首先，虽然地震通常被认为是不可避免的灾难事件，但是此次地震却引发了一场哲学、宗教和科学的大辩论，促成了宿命论、科学论和社会学范式的统一（Quarantelli，2000）。伏尔泰将地震作为武器来攻击当时风行的启蒙运动，而他的对手卢梭却认为地震地区的城市化和低劣的建筑，导致这次里斯本地震的损失惨重（Dynes，2000）。

“就你关注的里斯本问题而言，不可否认大自然并没有建筑 2 万栋 6 ~ 7 层高的住宅楼，而且显然如果这个城市的居民分布得更均匀，居住得更分散，那么这次地震的破坏作用必然会降低，也许不值一提。”

——摘自 Masters 和 Kelly，1992，转引自 Dynes，2000

里斯本地震还促使康德写了三篇关于地震的文章。康德认为，一些山脉的地底岩洞中的易燃气体爆炸导致了地震，虽然他的这一理论在 1855 年被证明是错误的，但是与当时盛行的宗教解释相比，他对灾害的“原科学”式解释和探索精神无疑是前进了一大步（Oeser，2001）。

其次，里斯本地震是“现代社会中第一次由政府承担起紧急救援动员的责任，制定并推动灾后重建工作的地震”（Dynes，1997）。马克

斯·德·庞巴尔（Marques de Pombal）是里斯本地震期间最重要的人物，他组织了灾后紧急救援和重建工作。在紧急救援期间，他任命了12位地区领导，赋予他们应急处理权力，迅速转移死尸避免瘟疫传播，保证食物的充足供应，控制食物价格，加强安全保障以避免哄抢。在此期间，新闻周刊也保证按时刊印。在灾后重建方面，庞巴尔侯爵安排工程师和测量员制定新城的规划，以保证城市的卫生体系的运行顺畅。同时，他还控制土地的租价，通过相关法律来禁止房东驱逐租客，并打击不符合重建计划要求的非法建筑行为。由于木质结构的抗震性较强，因此庞巴尔侯爵要求所有建筑都采用这种结构（Dynes, 1997）。

当今世界地震安全的发展方向：防灾和减灾文化

随着社会的发展和若干世纪以来关于地震知识的积累，政府、社区和其他团体能够通过共同努力，降低地震风险和建筑的地震易损性。在过去的十多年中，世界兴起了一场“风险防范文化”运动，这意味着许多灾害项目的重点从原来的灾难应对和重建转移到了防灾和减灾。本文描述的各个利益群体的反映证实了这一趋势。但是，地震仍然导致大量的建筑倒塌，这说明决策者并没有对这一问题给予足够的重视。本书的第一部分将介绍近期发生的重大地震事故。

1. 建立强有力的社区

灾害通常是社会变迁的推动力，大量事实表明，有市民团体和社会团体已经在促进社会、政治和经济发展的过程中起到了关键作用（Nigg 和 Tierney, 1993）。灾后最令人担忧的情况是“机会窗口”仅在灾后很短时间内开启。如果个人和相关团体无法协调一致，并且自始至终的参与和监督灾后重建，那么相关制度极有可能回到了地震发生前的状态。加拿大和美国等国家在整个社区进行动员，并且通过社区的影响力获得公共部门和私营部门在道义和资金方面的支持。这些地区的案例研究表明，这种“自下而上”的减灾活动——尤其是与学校建筑相关的活动成效显著。

“当朱尔斯·昆内尔小学的家长特蕾西·蒙克去查询女儿所在学校的抗震性时，她竟以为自己弄错了，‘我发现我孩子学校的校舍比附近木质结构房屋的抗灾能力强了一百倍……一开始我真的以为那是不可能的。’该校最近最近的校舍评估显示，不仅朱尔斯·昆内尔学校具有良好抗震能

力，温哥华地区的其他 46 个学校都是如此。”（Ince, 2004）

这一事件成为家长们要求学校改善基本安全条件的标志性事件。当地质学家告诉蒙克在未来 20 ~ 40 年里，可能会发生“造成严重损失”的地震灾害时，蒙克和其他学校地震安全家庭组织（Families for School Seismic Safety, FSSS）的成员一起，就学校地震安全问题游说地震专家、联邦和地方各级政府官员以及学校校董委员会。在专家和政府官员的支持下，该组织通过努力获得了大量的资源，并在温哥华开展了一个项目，改善了所有存在风险的学校的抗灾能力。

20 世纪 90 年代，加利福尼亚州也有类似的案例。1989 年的洛马—普列塔（Loma Prieta）大地震，暴露了许多钢筋混凝土建筑的缺陷，伯克利（Berkeley）地区的一些家长发现，在该区的 16 所学校中，有 7 所出现严重的学生伤亡情况。1991 年，一个社会团体建议地区教育官员拿出 1.58 亿美元来设立一个全面安全项目，以重建伯克利地区的学校。从那时起，伯克利地区开始大规模整修学校，并且最终从税收中拨出 3.62 亿美元来提高学校的安全系数。这个案例表明，改善安全防震状况并非仅仅是技术问题，它也是促进社区参与项目、承担责任和采取行动的综合性挑战（参见本书第二章）。

由于应对自然灾害的经济和社会成本不断升高，为了降低这些成本，1997 年美国联邦紧急事务管理局（Federal Emergency Management Agency, FEMA）启动了一项以社区为基础的国家减灾项目（Wachtendorf, 2000），又称为“影响项目”（Program Impact）。“影响项目”的目标是建立社区合作关系，如联邦政府、地方政府、学校、地方企业和联邦政府机构等之间的合作关系；确认社区面临的风险以及它的地震易损性；了解风险防范措施的重点，完善风险防范措施；制定宣传战略，加强公众对降低灾害损失重要性的认知。2000 年，超过 250 个社区和 2500 家企业合作伙伴都参与了影响项目（FEMA, 2000）。对这个项目的独立研究（Wachtendorf, 2000）表明，当地的各个机构（尤其是学校和地方政府机构之间）建立并加强了彼此的合作伙伴关系；但是，参与影响项目的社区，应该继续努力帮助社区的所有成员（尤其是弱势群体）参与这个项目，同时还应该加强区域间合作以及与其他社区之间的交流。加拿大、新西兰和土耳其等国家也在考虑开展类似的研究（Wachtendorf, 2000）。

2. 专家意见

“现有的知识可以显著地降低学校所面临的地震风险，并有助于以合理的成本在合理的时间框架内降低地震期间学校的伤亡率。”

——详见本书有关章节

科学家和社区常常共同合作来获得政府和其他社区的关注和支持。在温哥华，专业工程师协会（Association of Professional Engineers）的工程师们、英国哥伦比亚大学地震工程研究协会（Earthquake Engineering Research Facility）的主任与家长团体一起，共同向政府说明和解释温哥华学校所面临的地震风险。一些大学的研究中心，如欧洲地震工程协会（European Association for Earthquake Engineering, EAEE）、地震工程研究学院（Earthquake Engineering Research Institute, EERI）、土耳其中东技术大学的灾害管理研究中心（the Disaster Management Research Center）、意大利巴西利卡塔（Basilicata）大学的意大利国家地震工程协会和特拉华大学的灾害研究中心等机构，都深入地参与了各国关于地震中学校安全的研究项目。一些非政府组织，如国际地质灾害组织（GHI）与印度发展和能力建设志愿者同盟（Volunteers for India Development and Empowerment, VIDE），也与社区共同合作来降低地震风险。这在发展中国家尤为常见，因为发展中国家更需要专家的知识经验，也更需要各个相关利益群体之间的合作。

虽然专家们拥有改善地震安全等重要问题的专业知识和经验，他们可能遇到各种障碍而无法施展他们的才能。夏普（Sharpe）就描述过这样一个情形：政府当局不愿意实施一项简单的、低成本的措施，来改善学校校舍抗震性能。另一方面，公众也有可能不愿意对现有抗震差的建筑进行投资，以提高其抗震性。斯彭斯（Spence）的研究表明，在6个具有高地震风险的欧盟国家中，一项为期20年的学校抗震性改善项目的年均支出仅为总教育投资支出的0.2%~2.4%。

3. 政府的应对措施

“委员会对圣朱利亚洛（San Giuliano）地震的死难者以及该地区人民所承受的灾难深感痛惜。在现阶段，委员会尚未在减灾领域内通过具体的法案和计划。”

——欧盟环境委员会主席马戈·瓦尔斯特伦
引自斯彭斯，详见下文

当欧洲议会的一些议员希望欧盟委员会要求其成员国在地震多发区开展建筑质量评估的项目时，欧洲委员会的上述回复令人十分失望，而且当时恰逢意大利莫利塞（Molise）地区发生地震，该地区的一栋学校建筑坍塌，导致 25 名孩子葬身其中。斯彭斯认为，欧洲委员会之所以不愿意在欧洲范围内设立这样的规章制度，是因为它倾向于其他可以“实现预期的社会和环境目标”的方法，而这些方法可能成本更为低廉，也无须强制推行相应的规范。但是，这种方法的低效在不到 3 个月后就得到证实：在土耳其地震中，一栋校舍坍塌了，造成 100 多个孩子死亡。

有时候，政府更倾向于将地震安全项目制度化，尤其是在遭受破坏性地震之后。在莫利塞地震后的数月内，意大利政府拟定了一部地震规范，详细描述了意大利全境的地震带分布，制定了评估和加强现有建筑的详尽程序。进一步的法律法规和相应的财政支持体系也相继出台和建立，葡萄牙借鉴美国国家降低地震灾害项目的经验，设立了国家防范地震灾害计划，并出台一系列法律法规，要求认证建筑设计商的专业资格，提高建筑质量，同时制定了税收激励措施（详见本书第十八章的分析）。

其他国家的政府也建立了许多机制来管理校舍安全，如修订建筑法，增添关于地震防范的内容等。在墨西哥，联邦、州和市政府更新了区域建筑规范，并且通过国家灾害基金、国家防灾基金和地震预警系统来支持公共基础设施建设，做好防灾工作（详见第九章的分析）。1995 年，法国政府设立了国家学校和高等教育机构安全性监控体系，负责管理校舍的政府机关代表、学校职工、公立和私立学校的学生家长以及相关政府官员的代表共同处理与人员、建筑和设备安全有关的所有事务（Schleret, 2004）。新西兰在 1991 年的建筑法中加入了新的地震安全标准，同时，在 1998 ~ 2001 年，政府还对 2361 所学校进行了建筑质量检查（详见第七章的分析）。

毋庸置疑，政府机构对各种安全倡议的支持是令人鼓舞的，但是从以往地震的经验来看，已有的建筑法规并没有得到严格地执行。这应该是官方监管机构的职责，但是实际上无论是在国家层次，还是在国际或者欧洲层次，这样的监管机构几乎不存在。而将来可能发生的地震将进一步检验非制度化的方法是否能够有效提高学校在地震中的安全性。

4. 政府间机构的应对措施

许多国际组织都启动了大型的项目，以期解决防灾减灾过程中的许多问题。这些全球性的活动取得了重大成功，它们在很多领域里都加强了对社会减灾重要性的认识。

1990 年，联合国发起了“国际减灾十年”（International decade for natural disaster reduction, IDNDR）的倡议，这个十年计划促进了全球对灾害风险防范的重视，也在一定程度上促进了各国（尤其是发展中国家）改善相关防灾规划。此外，这项活动还带来了一个重大的观念突破：从应对灾害转变为防灾减灾，这也广泛地推动了“防灾文化”。1994 年第一届世界减灾大会发表的“为了更安全的世界：横滨行动计划和战略”，正是反映了这种文化和原则。2005 年 1 月，第二届世界减灾大会在神户举行。这次会议的一个目标是进一步推动和指导政府及政策制定者将减灾工作与减贫工作相结合。同时，会议还将重点讨论弱势群体的需求，并评估 1994 年宣布横滨战略以来所取得的成就，分享好的做法和措施。会议将围绕“建立一个弹性的社区文化”主题，从三个方面展开讨论，即政府间的工作流程、公民参与以及知识分享。其中“知识分享”环节将专门讨论学校减灾工作（联合国，2004）。

欧洲理事会等其他国际组织也在“减灾文化”所倡导的框架下建立起重要机制，来解决减灾问题。1987 年 3 月，欧洲理事会部长委员会通过了欧洲理事会的《EUR-OPA 主要自然灾害公约》（Council of Europe's EUR-OPA Major Hazards Agreement），25 个成员国签署了这项公约。该公约旨在“改善重大自然灾害和技术灾害的防洪保护工作，以及灾后的组织工作”，同时确保“东欧、南地中海和西欧国家”之间建立起有效的联系、交流和合作机制。公约中有一个部分专门介绍了学校和大学的减灾工作。阿尔及利亚、法国、摩洛哥等国，都实施了加强学生减灾意识的试点项目；还设立了一个名为“街道网络”的项目，来帮助社会体系外的儿童。同时，一些欧洲国家的大学还开设了许多与灾害管理相关的专业（欧洲理事会，2004）。

这些全球性活动和政府间会议的成效很难定量分析，实际上人们正在开展一项研究，来评估“横滨战略”所取得的成绩和面临的挑战。最重要的是，没有任何一项全球性活动解决了学校校舍的地震倒塌问题。因此，

虽然我们不能低估增强全球减灾意识的重要性，但是为了准确分析学校校舍倒塌原因等具体问题，人们必须建立一套更为系统的问题解决机制。

解决问题的思路

每年有几百万次地震发生，其中有 2 万次会有相应的记录。根据国家地震信息中心 1990 年以来的观察表明，平均每年大约有 18 次大地震（里氏 7 级以上的地震）、134 次强震（里氏 6 级地震）和超过 1300 次中强震（里氏 5 级地震）（NEIC, 2004）。在 20 世纪 90 年代，自然灾害影响了全球范围内近 20 亿人的生活，导致 40 万 ~ 50 万人死亡，造成 6 亿美元的经济损失，这些数字超过了以往 40 年的总和。其中洪水和地震造成的死亡人数最多（Rischard, 2002）。最近两年，灾难导致的经济损失由 2002 年的 550 亿美元增加到 2003 年的 600 亿美元，而 2003 年死于各种灾难的人数相比前一年增加了 5 倍。实际上，穷国和富国之间处理灾害能力的差距也在不断扩大，而且人们也很难将减灾战略与有效的国家政策结合起来（联合国，2004）。这是否意味着，各个社区、政府间机构、政府部门、专家和其他机构进行的减灾和防止地震中校舍倒塌的各种努力毫无意义？或者随着技术发展、城市化进程加快和人口规模不断扩大，人们需要寻找新的解决方案？

“现在需要的是想象力，不同的思维方式。我们需要重新思考政府、企业和公民社会如何开展合作，重新思考如何敦促各国从全球利益而非本国选民的利益出发进行立法。在全球性的事务中，人们需要重新思考如何建立网络式的架构，用横向的跨国合法性来补充传统纵向的代议过程和民族国家的合法性。”

在《顶峰：20 个全球问题，20 年的解决方案》一书中，琼·弗朗索瓦·里沙德（Jean Francois Rischard）将减灾视为一个全球问题，并认为它是“如此的重要和普遍，只有通过全球范围内的承诺和合作才得以解决”。他认为一个全球问题网络可以解决这个问题，这个网络将启动一个三阶段式解决方案：首先是章程设定阶段，在这个阶段由国际多边组织召集相关决策者共同商讨；其次是政策制定阶段，在此阶段主要探讨各种规则、标准和政策建议的内容；最后是实施阶段，网络将主要发挥评估的作用。同时，实施阶段可能还包括制定相应的法律法规，或是“点名批评”那些有

悖于既定规则和标准的做法。

事实上，国际社会的确存在着执行机制，如经合组织“关于杜绝国际商业交易过程中向他国政府官员行贿行为公约”就是国际监督项目有效性的一个很好的例子。签署了这项公约的国家都承认在国际商业交易过程中向政府官员行贿是犯罪行为。他们同时接受了经合组织国际商业交易反腐败补充条款，该条款规定了更多的具体措施来预防和应对商业腐败。如果这项公约能够生效，那么各国的公司应该同时遵循公约和本国反腐败法律的要求。迄今为止，已经有 34 个国家签署公约，并将公约的内容与本国法律相结合（经合组织，2003）。在教育领域，诸如《知识与技能：PISA 2000 的初步成果》（经合组织，2001）和《教育一览》（经合组织，2003）等出版物根据特定指标，对各国的绩效进行了评估，这些指标包括学生表现、毕业率和教育支出等内容。这类国际比较有时就类似所谓的“点名批评”，会对各国的教育政策产生重要的影响。最典型的例子是德国，由于其在“国际学生评估项目”（PISA）（Bulmahn，2002）的表现激发了国内的一次公共讨论，并促使对德国教育体系的再次评估。

同样，本书专家们提出的建议，也可以被各国政府和国际组织所采纳、推行和实施，并希望建立各政府解决方案的分享机制和设立精确的监督管理机制。

参考书目

- [1] Bulmahn, E. , 2002, "PISA: The Consequences for Germany", OECD Observer, OECD, Paris.
- [2] Council of Europe, 2004, "International Organisations and Major Hazard Management. Open Partial Agreement on the Prevention of, Protection against and Organisation of Relief in Major Natural and Technological Disasters", http://www.coe.int/T/E/Cultural_Cooperation/Disasters/Resources/APCAT-2003-12e.pdf.
- [3] Dynes, R. R. , 2000, "The Dialogue Between Voltaire and Rousseau on the Lisbon Earthquake: The Emergence of a Social Science View", International Journal of Mass Emergencies and Disasters, Vol. 18, No. 1, pp. 97 ~ 115, <http://www.udel.edu/DRC/preliminary/pp294.pdf>.
- [4] Dynes, R. R. , 1997, "The Lisbon Earthquake in 1755: Contested Meanings in the First Modern Disaster", Disaster Research Centre Preliminary Papers, Vol. 255, <http://www.udel.edu/DRC/preliminary/255.pdf>.
- [5] Federal Emergency Management Agency (FEMA). 2000. "Project Impact: Building Disaster Resistant Communities", <http://www.appl.fema.gov/impact/impact00.htm>.

- [6] Ince, J. , 2004, "Students' Earthquake Play Shakes Politicians", The TYEE, 26 May 2004, <http://www.thetyee.ca/News/current/Student+Earthquake.htm>.
- [7] National Earthquake Information Center (NEIC) , 2004, "Earthquake Hazards Program Website", <http://neic.usgs.gov>.
- [8] Nigg, J. M. and K. J. Tierney, 1993, "Disasters and Social Change: Consequences for Community Construct and Affect" . Annual Meeting of the American Sociological Association, Miami, Florida, 13 ~ 17 August 1993.
- [9] OECD, 2003, "Education at a Glance: OECD Indicators", OECD, Paris.
- [10] OECD, 2003, "OECD Policy Brief. Fighting Bribery in International Business Deals", OECD, Paris, <http://www.OECD.org/dataOECD/2/58/20610942.pdf>.
- [11] OECD, 2001, "Knowledge and Skills for Life: First Results from PISA 2000", OECD.
- [12] Paris. Oeser, E. , 2001, "HEAT. Historical Earthquake Theories", <http://www.univie.ac.at/Wissenschaftstheorie/heat/heat.htm>.
- [13] Quarantelli, E. L. , 2000, "Disaster Planning, Emergency Management and Civil Protection: The Historical Development of Organised Efforts to Plan for and to Respond to Disasters", Disaster Research Centre Preliminary Papers Vol. 301, <http://www.udel.edu/DRC/preliminary/301.pdf>.
- [14] Rischard, J. -F. , 2002, "High Noon: Twenty Global Issues, Twenty Years to Solve Them", Perseus Press, Oxford.
- [15] Schléret, J. -M. , forthcoming, "Risk Assessment in Schools in France", Keeping Schools Safe and Secure, Proceedings of an International Conference on School Safety and Security, 12 ~ 14 November 2003, OECD, Paris, France.
- [16] Tierney, K. J. and J. D. Goltz, 1997, "Emergency Response: Lessons Learned from the Kobe Earthquake", Disaster Research Centre Preliminary Papers, Vol. 260, <http://www.udel.edu/DRC/preliminary/260.pdf>.
- [17] United Nations, 2004, "First Announcement: World Conference on Disaster Reduction, 18 ~ 22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan: A Safer World for All", <http://www.unisdr.org/eng/wcdr/First-Announcement-WCDR-eng.pdf>.
- [18] Voltaire, 1993, "Candide" . Wordsworth Editions, Ware.
- [19] Wachtendorf, T. , 2000, "Building Community Partnerships Toward a National Mitigation Effort: Inter-Organisational Collaboration in the Project Impact Initiative", Disaster Research Centre Preliminary Papers, Vol. 306, <http://www.udel.edu/DRC/preliminary/pp306.pdf>.

第一部分 确认阻碍学校提高防震安全性的障碍

引言

学校校舍在地震中倒塌的原因可以归咎于两个方面：一是自然方面的原因；二是与学校校舍规划、建筑和维护有关的法律法规执行不力。很多国家都没有相关的建筑标准，或者没有切实地执行现有标准。

接下来的几篇文章将介绍阿尔及利亚、前南斯拉夫的马其顿共和国、意大利、墨西哥、新西兰、葡萄牙、土耳其、美国和委内瑞拉等国家的学校在地震中倒塌的原因。这些文章一方面分析了地震中导致校舍倒塌的各种具体因素的相对重要性，另一方面也分析了各国吸取历次地震的经验教训后，改善建筑标准和施工过程的进展。另外，这些文章也高度评价了一些社会团体和个人所发挥的作用，他们克服了重重困难，承担起为改善学校建筑的质量和 student 安全的责任，并采取了相应的措施。文章对其他一些相关背景因素也进行了分析，如国家和地区的经济水平、建筑物的位置（城市或者乡村）以及建筑物的所有者（公有或是私有）。

专家们通过会议充分交流了这些经验，并以此为基础，总结出改善学校地震安全时所面临的障碍因素。

障碍的定义

1. 共同责任

(1) 从过去的经验来看，公众和政府官员对地震中学校校舍倒塌的危险认识不足，这是因为地震发生的频率不高，而且过去学生意外死亡的事件并不多。即使地震造成大量的伤亡和建筑倒塌，人们也会很快把这些事实抛之脑后。除非社区或者政府官员深刻了解这些频率不高的灾害造成的校舍倒塌风险以及由此带来的经济社会损失，否则他们不会通过各种手段来影响决策并制定相应的解决方案。

(2) 很多事实表明，在地震期间，各利益主体之间的交流机制非常低

效，同时也缺乏责任、法律和道义机制，这些已经成为提高学校校舍等公共建筑物抗震安全标准的主要障碍。

2. 政府

(1) 对地震标准的执行不力和缺乏对灾害安全项目的法律要求是两个主要障碍，这在很多国家甚至是问题的根源所在。如果存在这些强有力的工具，那么必将促进各利益主体的交流和彼此了解。

(2) 缺乏政府支持体系、对人力决策制定强调不够以及学校校舍建筑质量的分散管理，也影响了改善学校建筑安全性的工作。

3. 私营部门

(1) 建筑师、工程师、工程监理人员和建筑行业相关人员缺乏对先进工程原则的了解，而且他们的培训、测试和资格认证方面尚不完善等问题，都会导致校舍在地震中倒塌。在许多情况下，相关利益群体没有有效地获得专业知识和技术。而这些问题可以通过简单、廉价的方式解决，如开设小专栏，进行一些能力建设活动等等。

(2) 造成学校校舍的倒塌的原因也可能是建造新校舍、改建校舍或是改变校舍用途时缺乏质量控制；校舍维护不当、使用了劣质建筑材料和错误建筑方法；甚至是地质条件太差，等等。

(3) 对灾害的确认不准确和事前评估不足等，也是确保地震中学校安全的障碍。

(4) 保险激励的缺乏也会导致建筑公司和其他相关机构对防震规则的要求执行不力。

第一章 阿尔及利亚学校建筑在地震中的地震易损性

(美国风险管理解决方案)

福阿德·本德默尔德 (Fouad Bendimerad)

内容提要：本文介绍了 2003 年 5 月 21 日阿尔及利亚布米尔达斯 (Boumerdes) 地震和其他地震的情况及其对学校设施所造成的损失。本文分析了描述损失程度的相关数据，并预测了灾后重建和灾民安置的成本。作者指出导致学校建筑在地震中不堪一击的因素，包括城市发展，现有学校建筑存在结构性缺陷，学校建筑的建筑标准不够完善和缺乏质量控制等等。同时作者还提出了降低现有学校和新建学校地震易损性的方法。

一、阿尔及利亚的地震环境

阿尔及利亚的北部地区居住着这个国家 90% 的人口，该地区坐落在欧亚板块和非洲板块的交界处。两个主要陆地板块的交接形成了一个复杂的活动系统，中级地震和强地震时有发生。1716 年 1 月 28 日，一场烈度为 10 度的地震摧毁了阿尔及尔市，造成了 20000 余人死亡；1790 年 10 月 7 日，奥兰的地震，不但使城市遭到破坏，还使屡攻屡败的土耳其借机攻陷了该城。1980 年 10 月 10 日在阿斯南 (El-Asnam) 发生的里氏 7.3 级地震，是阿尔及利亚有现代地震记录以来最具破坏力的地震，这场地震导致该市 12 万人中的 5000 人死亡，几乎一半的城市建筑倒塌。事实上，在 1954 年 9 月 9 日，一场里氏 6.7 级的地震已经突袭过阿斯南，并造成 1243 人死亡。2003 年 5 月 21 日的布米尔达斯地震 (里氏 6.8 级) 是最近一次发生在阿尔及利亚的破坏性地震，它伴随着多次中强度和有感余震，这些余震也造成了许多人员伤亡和财产损失。

表 1.1 总结了 1980 年以来阿尔及利亚主要破坏性地震的情况及造成的人员和财产损失。

表 1.1 1980 年以来阿尔及利亚的破坏性地震

地 震	时 间	地震等级	地震烈度	死亡人数	受伤人数	无家可归者	被毁坏的建筑物*
阿斯南 (EL-Asnam)	1980 年 10 月 10 日	里氏 7.3	10	5000	20000	120000	7000
康斯坦丁 (Constantine)	1985 年 10 月 27 日	里氏 6.0	8~9	5	300	—	—
舍诺华 (Chenoua)	1989 年 10 月 29 日	里氏 6.0	8	35	700	50000	4095
贝尼 (Beni)	1994 年 8 月 18 日	里氏 5.6	8	172	292	10000	751
泰穆善特 (Témouchent)	1999 年 12 月 22 日	里氏 5.5	7	25	174	25000	600
布米尔达斯 (Boumerdes)	2003 年 5 月 21 日	里氏 6.8	9	2287	11000	100000	19000

注：* 指一个多层的住宅单位通常计为一个建筑物。

资料来源：阿尔及利亚住房部。

布米尔达斯地震发生在 2003 年 5 月 21 日当地时间 19:44，这是一次里氏 6.8 级的浅表地震，震中在海上，离布米尔达斯省的宰穆里市（Zemmouri）仅 7 公里之遥，距离首都阿尔及尔也只有 50 公里。这场地震的影响范围大约是纵向跨度 100 公里，横向跨度 35 公里，虽然震中处于布米尔达斯市，但是从阿尔及利亚北部到中部的 5 个省份都受到了波及。受灾最严重的地区包括布米尔达斯市、宰穆里市、塞尼耶市（Thenia）以及阿尔及尔市的东部地区。受灾地区的绝大部分建筑都是过去 30 年内建造的，但在阿尔及尔的一些人口密集的地区，如贝尔库尔（Belcourt）、巴布瓦德（Bab-El-Oued）和卡斯巴（El-Casbah）等，一些可以追溯到殖民时代（20 世纪早期）的大型建筑都受到了严重破坏。这场地震还造成了海啸，甚至在西班牙的南海岸都有反应，但所幸没有给当地带来损失。地质分析也发现了一些近海岸现象，如海平面至少升高了 50 厘米以及在海岸线出现了轻度的山体滑坡和泥石流。

受灾地区主要是发达地区和城市，受灾人口约为 230 万人。截至 2003

年6月14日，共计2287人死亡，1.1万人受伤，损失将近50亿美元。造成约有18.2万套公寓和私人住宅被毁，1.9万栋建筑无法继续居住，超过10万人无家可归。

二、过去学校的抗震情况

阿尔及利亚的每一次破坏性地震，都突显了学校和其他教育设施的地震易损性。阿尔及利亚住房部颁布的地震报告指出，学校具有较高的地震易损性风险，并进一步分析了造成这种情况的几个原因。表1.2通过描述学校破坏程度的数据说明了实际情况。在1980年的阿斯南地震（里氏7.3级）中，75%的学校遭到严重破坏，70%几乎被地震所摧毁。专家们收集并分析了地震破坏的数据，指出学校的破坏程度非常严重（EERI，1983）。阿尔及利亚工程师也对几次中等强度地震即1989年舍诺华地震、1994年贝尼地震和1999年泰穆善特地震进行了类似分析，发现在贝尼地震中一所学校整个倒塌；而在泰穆善特地震中，该地区的两所中学中有一所需要推倒重建。

表 1.2 近年来破坏性地震中学校的受灾数据①

地 震	地震等级	无破坏或 轻度破坏	中等破坏	严重或 完全破坏	合计*	受灾率 (%)
1980 年阿斯南地震	里氏 7.3	5	25	70	100	95
1989 年舍诺华地震	里氏 6.0	167	36	7	210	21
1994 年贝尼地震	里氏 5.6	30	16	4	50	40
1996 年泰穆善特地震	里氏 5.8	36	17	6	59	39
2003 年布米尔达斯地 震（总计）	里氏 6.7	810	860	130	1800	55
2003 年布米尔达斯地 震（仅阿尔及尔省）	里氏 6.7	554	330	11	895	38

注：* 指学校总数只包括受灾地区的学校。

在布米尔达斯地震后，1800 所学校的 564 所学校受到严重破坏，其中包

① 表中数据主要来源于阿尔及利亚工程师进行的损失调查。这些调查按照破坏程度将破坏情况分成1~5五个等级，其中1和2等级表示没有或者轻度破坏，3等级表示中等破坏，4和5等级表示深度破坏，甚至坍塌。

括 373 所小学、119 所初中和 72 所高中。除了阿尔及尔和布米尔达斯的学校之外，周边省市如卜利达（Blida）、布维拉（Bouira）、提济乌祖（Tizi Ouzou）、提帕萨（Tipasa）和麦迪亚（Medea）的学校也是如此。布米尔达斯大学也遭到了严重的破坏，部分校舍完全倒塌；而位于阿尔及尔东部巴布埃祖阿（Bab-Ezzouar）的科技大学是阿尔及利亚国内最大的学校，也在此次地震中受到了影响，甚至临时关闭了一段时间来进行灾后评估和修建。

幸运的是，由于这些地震都发生在放学后，或者是周末和假期，所以在校死亡的学生人数非常少。这种情况影响了普通公众和政府对学校地震易损性的关注程度。以往这些地震后修建学校的费用非常粗略，如住房部为 1999 年泰穆善特地震提供了大约 6 亿阿尔及利亚第纳尔（折合 700 万美元）。但是人们并不清楚以往地震后修复和重建学校方面的实际花费。表 1.3 是 2003 年布米尔达斯地震后教育部提供的用于学校重建的花费，大约是 55.65 亿阿尔及利亚第纳尔（折合约 7000 万美元）。但是，我们很难将这些花费与表 1.2 中所列的损失相联系，也无法评估它们在布米尔达斯地震后学校重建总支出中所占的比重，这需要政府机构提供更多的有关修复和重建的数据。

表 1.3 布米尔达斯地震后重建费用

学校类型		数 量		费 用（百万第纳尔）*	
		重 建	修 复	重 建	修 复
阿尔及尔	小学	3	122	75	585
	初级中学	3	76	180	760
	高级中学	3	40	450	570
布米尔达斯	小学	97	131	225	160
	初级中学	9	35	540	700
	高级中学	7	18	1050	270
合 计		122	422	2520	3045

* 1 美元 = 80 第纳尔（DZD）。

资料来源：阿尔及利亚教育部。

由于缺乏相关的信息和研究，我们无法分析由于学校倒塌和关闭带来的社会损失。但是毋庸置疑，学校在社区中具有非常重要的作用，因此地震带来的突发性校舍破坏或倒塌必然会造成消极的社会影响。在乡村地区尤为如此，因为学校不仅要承担重要的社会功能，而且被默认为本地区最

为安全的场所。另外，在地震期间和灾后重建期间，学校都可以作为临时的安置场所，如果学校受到了破坏，社会损失也会随之增加。

三、学校地震易损性和城市发展因素

自 1962 年摆脱法国并赢得独立以来，阿尔及利亚一直是世界上人口出生率最高的国家之一。经过 30 年的增长，其总人口已经从过去的不足 1000 万人，增长到现在的 3000 多万人。人口的快速增长以及人口从农村向城市转移，带来了城市的快速发展。在阿尔及尔和布米尔达斯地区，城市快速扩张，超过 2/3 的建筑都在此期间迅速建成。阿尔及利亚独立以后，推行了对所有国民免费的义务教育政策。由于上述因素，无论城市还是乡村，对新的学校建筑的需求都非常大。多年来，教育投资都在该国投资中占有最大的比重。

由于希望建筑效率高、造价低廉，因此在学校建筑过程中也制定了一些建筑标准，这些标准主要是仿照苏联体系制定的（阿尔及利亚从独立到 1990 年前后采用的是苏联体系）。易于复制的基本学校建筑设计很快就制定出来。建筑过程需要快速完成，因此质量控制并不十分严格，这在乡村地区尤其明显，因为农村的建筑商缺乏相应的能力和培训，也没有制度化的监控体系。表 1.2 的数据虽然非常有限，但却反映了问题，如贝尼和泰穆善特地震是震级相对较低的乡村地震，却造成了非常高的破坏率，将近 40% 的学校倒塌了。

自 1990 年以后，阿尔及利亚的政治改革破坏了这种建筑流程，进一步增加了学校校舍建筑质量的地震易损性。阿尔及利亚在很短的时间内，从一个严格的计划经济体制转变为市场经济体制，国家计划和建设的所有应对机制都失效了。建筑质量的控制权原来集中在一个叫做 CTC 的政府机构手中，现在分散给了 5 个相互竞争的组织；而过时的、执行不力的建筑规范进一步弱化了建筑质量控制的问责制。举例来说，现行法律没有明确规定建筑过程中各个团体，如建筑设计方、工程师、建筑承包商和建筑所有者的权利和义务。1991 ~ 1997 年间，除了特殊情况之外，几乎没有法定的建筑规范和建筑要求。住房部的统计数据表明，1990 ~ 2000 年间，大约有 50% 的房子是在未经建筑许可的情况下建造的。这种情形给学校校舍建筑的设计和实施了负面影响，进一步加剧建筑质量的地震易损性。2003

年布米尔达斯地震中大量倒塌的校舍都是近 10 年建造的建筑，这个事实很好地说明了上述观点。

四、学校建筑的物理特点

1. 基本建筑设计

阿尔及利亚的校舍建筑通常是一两层高的狭长形建筑，靠近学校操场的一边是开放式的走廊，另一边则是纵向排列的教室。建筑是典型的钢筋混凝土结构，即梁和柱相互连接形成一个架构，以水泥浇筑，墙则是用空心砖搭砌而成。教室靠近操场的一端通常有大的窗户，后墙则要加高 70 厘米，以安装狭长的纵向窗户，从而保证通风及获得更多的日照。学校校舍通常是围绕学校的操场呈 L 型或 U 型分布。

2. 学校校舍设计的内在结构性缺陷

学校校舍的基本建筑设计有一些对防震不利的内在结构性缺陷：

(1) 钢筋混凝土结构依靠梁柱连接和柱—地基连接来传导地震的横向作用力。这就对钢盘和水泥提出了特殊的细节要求，此外，房屋的梁柱也需要注意细节，以确保建筑的“延展性”（即房屋能够承受一定的变形，而没有出现裂缝）；而且如果出现坍塌，受力点将集中在梁上，而不是柱上，以避免房屋倒塌（又称弱梁强柱结构）。另外，为了避免强震破坏整体结构的稳定性，柱的位置分布也应该严格控制（所谓 P - 效应，见图 1.1）。在建筑过程中必须通过严格的质量控制来保证落实这些设计细节。

但事实上，在阿尔及利亚及其他发展中国家，钢筋混凝土结构所需要的精确设计和实施，通常无法在实际操作过程中得以实现。

(2) 图 1.1 表明，校舍一端的开放式走廊使得建筑的质量中心和密度中心不

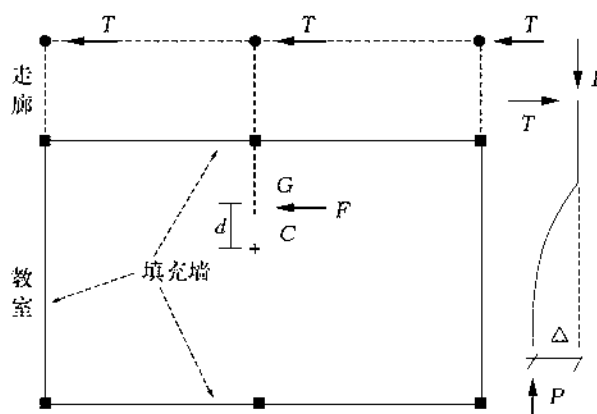


图 1.1 扭转效应和 P - 效应的图示

在一个点上，从而造成扭转效应，加重建筑外部檐柱的压力。通常，这些压力在设计过程中无法计算，但会导致额外的破坏力，最终破坏整个柱体。

(3) 后墙上的窄窗形成了所谓的“短柱”条件，并成为整个柱体结构的一部分。这些短柱承受着窗户下墙体挤压产生的巨大剪应力。由于这些墙体在建筑设计中不属于结构构件，所以往往被人们忽略。结果这些剪应力也被低估了，最终可能导致严重的危险（见图 1.2）。

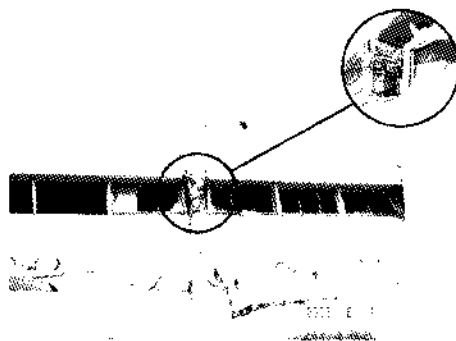


图 1.2 后墙短柱上的混凝土碎块

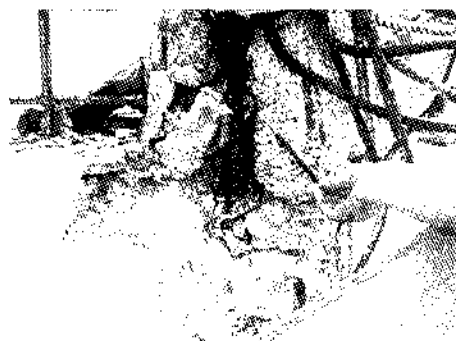


图 1.3 交接处柱体的问题

(4) L 型和 U 型结构设计也会造成地震易损性。如果设计不当，这种结构中的受力会集中在建筑物的拐角处，造成建筑物的坍塌。

以往地震产生的破坏中，多半是由建筑设计和施工方面的不足造成的。非韧性混凝土框架结构往往会带来严重的破坏，如水泥的挤压和破碎、钢筋的断裂等等，这是由于缺乏横向约束力量或者纵向钢筋配比不合适导致的（图 1.3）。其他问题包括强梁弱柱结构和建筑韧性不足导致柱体断裂。柱体问题有时会造成一楼

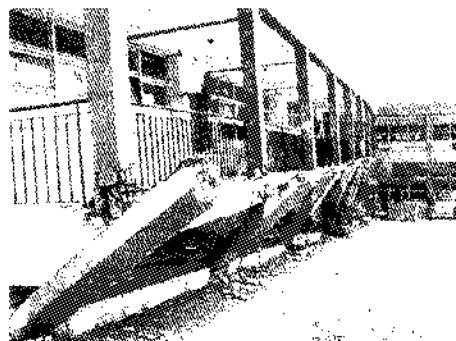


图 1.4 由于柱体问题导致的一楼坍塌

（图 1.4）甚至整个楼体坍塌。短柱现象在每次大地震中极其常见（见图 1.2）。此外，砖砌墙破碎和劣质水泥也是导致校舍在地震中坍塌的因素。

阿尔及利亚政府历次发布的地震报告都介绍了上述建筑破坏类型，他的地震工程师和专家也多次在研讨会上讨论过这些问题。但是，这些讨论和分析仅仅停留在专家学术探讨的层面，对公共政策制定和学校校舍建造没有产生影响。所以，阿尔及利亚的学校抗震能力仍然非常脆弱。

五、建筑规范和建筑质量控制

1. 建筑规范和法规

阿尔及利亚的学校建筑由教育部来统一管理，后者在各省都设立了分支机构。教育部制定国家层面的计划，然后由各省的分支机构负责具体实施。因此，学校校舍的设计和建造施工是在地方层面上完成的。学校校舍的质量必须符合国家建筑规范和质量控制法规。1980 年阿斯南地震后，阿尔及利亚于 1981 年颁布了第一个地震建筑设计规范，又称 PRA - 81。1988 年该规范予以修订（PRA - 88），1999 年又颁布了最新的规范（PRA - 99）。地震规范根据该国四个不同的地质地区设定了不同要求。0 类地区通常不会发生地震，没有提出特殊的抗震要求；而 3 类地区具有较高的地震风险，其建筑必须遵循严格的抗震要求和标准。阿尔及尔和布米尔达斯原被划入 2 类地区，但自 2003 年 5 月 21 日地震后，又被重新列入 3 类地区。建筑规范规定，学校建筑“非常重要”，但“不是最关键的”。对 2 类地区来说，建筑规范要求抗震设计的外向设计加速度为重力加速度的 20%，而一般性建筑物为 15%。

布米尔达斯地震说明了建筑规范严重低估了阿尔及利亚北部地区地震的危害参数，如距离震中 20 ~ 30 公里的地震设备记录当时的峰值地面加速度高于重力加速度的 50%。有证据表明，震中的峰值地面加速度甚至可以超过重力加速度一倍。如图 1.5 所示，一栋房子的混凝土帽梁被掀

翻，抛到 2 米开外的地方。这说明，地震期间纵向和横向的地面加速度都超过了重力加速度。因此建筑规范对地面加速度的低估会降低建筑物的实

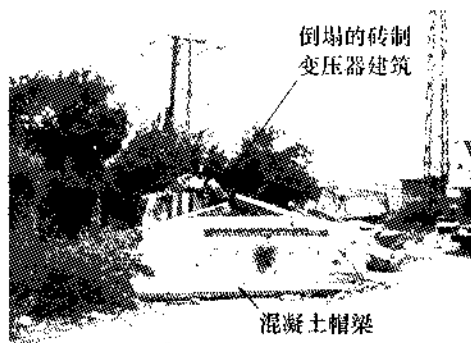


图 1.5 混凝土帽梁被震离其原来的位置

际抗震能力。即使是在最好的情形下，包括很好的设计、很好的建筑质量，这种低估也会导致非常高的地震易损性。

2. 建筑质量控制

学校校舍的设计和建造受制于建筑质量控制由一个国家级组织 CTC 来执行。虽然 CTC 是一个政府机构，拥有对全国建筑质量进行控制的权利，但是这个机构缺乏资源、培训和相关专家来有效履行这一责任，特别是无法对国家正在进行的大量学校建筑进行质量控制。而且它的工作往往局限于偶尔抽查水泥强度。因此建筑质量在很大程度上取决于建筑承包商的施工技术和能力。建筑师和工程师很少到建筑工地视察，他们也不认为监督建筑质量属于他们的职责范围。通常的运作流程是，设计者完成图纸设计和相关设计后，将它们交给建筑承包商，后者就开始建造校舍。由于建筑行业存在激烈竞争，而且设计费用较低，实际操作中根本不存在激励人们观察工地或开展其他质量监督工作的因素。另一方面，阿尔及利亚没有对建筑承包商、建筑工程师和建筑师进行资格认证的过程，而法庭也无法强制执行债务法。因此，施工技术比较落后，相关人员也没有得到充足的培训。教育部自身没有相应的技术专家，也没有专门的办公室来保证落实建筑质量控制和建筑法规的执行过程或是对建筑设计公司和建筑承包商预先进行资格认证。糟糕的建筑质量和建筑规范的执行不力是学校抗震能力差的关键因素，震后灾害情况的分析报告也反复强调了这一点。

六、对降低地震易损性的建议

阿尔及利亚降低地震易损性的项目应该致力于改善新建筑的施工过程、提高建筑标准，并通过全面的抗震重建计划来降低现有学校建筑物的地震易损性。下文给出了详细的建议。

1. 新建筑

人们可以通过下面的建议，相对容易地纠正现行建筑活动中的不足之处。

(1) 国家面临的实际灾害风险增加时，建筑法规中的设计地面加速度也应随之提高。设计的灾害水平应该综合考虑阿尔及利亚北部地区地表活动带来的地震影响以及缺乏地震知识无法预测地震活动时造成的不确定性，都是以往研究中忽略的因素。

(2) 混凝土剪力墙的横向支撑系统必须得到改善（尤其是在建筑的横向方向），以符合现行的框架结构。由于阿尔及利亚缺乏地震工程专家，所以这样的系统更加可靠。

(3) 现行的钢筋混凝土结构可以继续使用，但是其设计必须遵循严格的标准以确保建筑具备充足的韧性，此外建筑的扭转效应和稳定性要求需考虑在内。

(4) 设计需消除短柱效应。

(5) 推行建筑质量控制体系和建筑规范执行体系，确保建筑的设计和建造过程的质量。建筑设计者和建筑承包商应该经过严格的培训，并通过资格认证，最理想的情况是拥有建筑执照的人才能获准设计和建造学校的校舍。

(6) 住房部应该设立专门部门来负责建筑质量控制，并在采购过程中提高技术要求。

2. 降低现有建筑的地震易损性

过去的地震已经说明了现有建筑的地震易损性较高。虽然阿尔及利亚过去的地震中没有发生严重的学校人员伤亡，但是这不能保证未来的地震都会在下课时间发生。从技术上看，改善学校校舍质量并不是一个严峻的挑战。人们可以通过建造剪力墙来改善抗震性，增强横向的稳定性；同时，纤维增强材料等新技术可以加强柱体结构，增强其支撑力和延展性。但是，提高阿尔及利亚所有学校校舍抗震能力是一项昂贵且难以操作的工作，因为这些项目将与其他教育项目（如缺少教室和合格的师资等）相互竞争资源。此外，这个项目还必须仔细考虑国家的地震灾害条件、学校校舍的物理条件和学校校舍的使用情况等等。它应该建立一套优先次序的甄别，培训一批质量控制监察员，并制定一套总体部署。这些行动的困难可以通过外来的资金援助和技术支持予以克服。

如果不启动对学校校舍的全面抗震改造，为新校舍设计和建造制定新的方法，今后学校还会在地震中继续蒙受生命和财产的损失。

参考书目

- [1] Earthquake Engineering Research Institute (EERI), 1983, *The Boumerdes, Algeria, Earthquake of May 21, 2003*, EERI, California.

- [2] Earthquake Engineering Research Institute (EERI), 1983, *The Boumerdes, Algeria, Earthquake of May 21, 2003*, EERI, California.

鸣 谢

作者感谢阿尔及利亚科技大学的吉拉利·贝努瓦 (Djillali Benouar) 教授为本文提供的与布米尔达斯地震有关学校情况的精辟数据以及重建成本数据。

第二章 加利福尼亚州伯克利市 社区学校的防震经验

美国加利福尼亚州伯克利市城市管理办公室
雅利耶妲·查克斯 (Arrietta Chakos)

内容提要：自 1989 年加利福尼亚州发生洛马—普列塔 (Loma Prieta) 地震以来，伯克利市的社区就在努力降低学校的地震风险。本文描述了伯克利市的社区与地方领导人如何通过立法和建立多部门合作伙伴关系，解决 16 所公立学校的抗震性问题。刺激人们采取行动来改善学校安全状况的“催化剂”并不是先进的技术标准和新的融资手段，而是少数人希望为自己的孩子打造更安全社区的决心。

一、引言

学校的抗震安全性必须被视为基本人权的组成部分。我们的孩子都需要上学，因此负责任的政府应该为他们提供安全的学校建筑和设施。人们很容易得出上述论断，但具体实施时困难重重。政府官员和社区利益相关者都有责任和义务承认改善学校安全防震状况的必要性，并采取行动实现这一目标。加强与学校管理有关的各群体和政府之间的联系和合作，可以视为学校安全改善的起始措施。这种联系为解决问题提供了一种多学科背景的解决方案，也增强了实现地震评估和建筑重建等目标的能力和意愿。

社区很少有改善学校抗震安全性的系统解决方案。如果其他更紧迫的问题引起人们的关注，需要占用稀缺的资源时，基础设施建设往往不是人们首要的考虑的问题。除非国家有相应的地震工程规范，否则学校及其主管政府机构很少会启动降低地震风险的安全项目。通常国家新建校舍时会

遵循有效的规范约束，但是经验表明，学区或学校主管不会主动对现有校舍和设施进行抗震能力评估。

将法律法规和日常行为相结合是一个非常关键的问题。虽然联邦政府或州政府的法律规定了特别安全标准，但是地方政府在执行过程中很可能对它们置若罔闻。对行政管理人员来说，教育和社会服务项目是日常工作的重点，其他项目则无法获得相同的重视。加利福尼亚州为地方学校校舍和设施制定了一系列安全标准和要求，其中也包括对抗震性的要求。新的建设项目必须遵循这些法规的要求，但是加利福尼亚的大部分学校建筑都不是最近建造的。因此在现行法规颁布以前建造的学校存在严重的安全隐患。加利福尼亚州和华盛顿州西雅图市的学区已经制定了一些办法，将抗震性分析和建筑的日常检查相结合，以确定校舍防震性的最低标准。

二、案例分析

因为担心发现的安全隐患难以解决，所以地方政府往往不愿意全面调查学校建筑和设施的安全性。即使是发生洛马—普列塔地震的加利福尼亚州的伯克利也是如此。从1989年开始，伯克利社区的10.3万居民共同努力以降低学校的地震风险。人们耗费了大量时间让当地官员意识到，对辖区内16所公立学校而言，没有一个简单易行的方案可以解决学生面临的严重风险。学校存在着严重的地震和火灾隐患，尤其是伯克利东部海沃德断层周边人口密集的山区。在未来30年中，海沃德—罗格溪断层地区发生里氏6.7级地震的可能性是32%。此外，这个地区还有火灾隐患，1991年东海湾发生的山火导致25人丧生，3000余栋住宅被毁。

1989年地震后，一部分家长向官员表达了他们对当地校舍安全性的担忧。这些建于1950~1960年的混凝土建筑看起来很像奥克兰附近赛普里斯（Cypress）高速公路边倒塌的建筑。当地官员要求这些学生家长组成学校顾问团，与他们一起评估学校的校舍和建筑，制定降低地震风险的方案。顾问团的成员发现10年前颁布的工程报告中指出，16所公立学校中至少有一所是非常不安全的，应该关闭，但这个学校至今还在使用。学校官员们将这份报告搁置在一边，没有按照上面的要求采取任何行动。顾问团将这一情况反映给社区行政部门，并在一名工程师家长的帮助下，说服行政部门再次评估所有学校的安全状况。次年地区的建筑师和工程师用现有技

术评估学校安全后，也赞同家长们的意见。最终，政府确认在社区的 16 所公立学校中有 7 所学校的学生面临着严重的生命威胁。

同时，家长们也向州和区的政府官员寻求了帮助，以说服地方官员采纳他们的建议。海湾地区地震防范项目、加利福尼亚地震安全委员会和州的建筑部门，都向家长们提供了重要的技术援助。它们的地震和政策专家出席了学校的董事会，向决策者说明地震风险和最实用的建筑结构评估办法。为了改善地震中的学校安全，伯克利的社区居民都非常熟悉加利福尼亚州关于学校校舍安全防震状况的法律，如费尔德法案（Field Act）、雷利法案（Riley Act）和凯茨法案（Katz Act）等。

学区确认了其校舍和设施的安全程度后，城市的州议员也加入到提高学校地震安全性的活动中。伯克利的州议员和本地官员一起调查了州预算的分配方案，确保一部分资金用于伯克利学校的改建。同时，他们还向本州的立法机构建议，允许地方政府使用本州的风险基金来改善面临安全隐患的学校设施和校舍。州建筑部门的工程师与地方官员和社区领导人一起，游说本州的监管部门和财政部门，让它们理解安全问题的重要性，并承担帮助伯克利的责任。为了获得资金支持，他们还联系了联邦机构。虽然州政府和联邦政府仅仅承担了不安全学校重建费用的一小部分，但是这些启动资金却成为了这项活动的催化剂，敦促地方政府为整个修复和重建工作筹集大量资金。

1991 年 12 月，一个更大范围的社区咨询团建议学区官员为重建伯克利的学校启动一个全面的安全项目，项目总金额为 1.58 亿美元。项目内容包括更新所有的学校设施，使所有学校建设符合现代抗震要求。经过多次社区会议和公众听证会，学校董事会在 1992 年 6 月的会议上，投票决定提出一项税收措施动议，要求为全面安全项目的筹资增设一项特别税。在 1992 年选举中，该项动议得到了 70% 的支持率，成为未来 10 年伯克利通过的六项特别减灾税中得到支持最多的税收措施。同时，州和联邦政府还为地震安全项目拨付了 2000 万美元的配套资金。州资金调拨局、加利福尼亚紧急服务办公室和联邦危机管理机构也向一些学校项目提供了大量资金，如克拉格蒙特（Cragmont）小学（图 2.1）和伯克利高中（图 2.2）。1992 年以来，伯克利的所有学校都进行了改建。如千橡市（Thousand Oaks）和罗莎公园（Rosa Parks）等学校由于改建和修复成本过高而重新

建设了校舍。从1992年到2004年，政府利用1992年债券的收益以及2000年通过的两项特别税的资金，改革了本地所有学校的抗震性。在这方面，加利福尼亚州没有任何一个学区能与之相媲美。

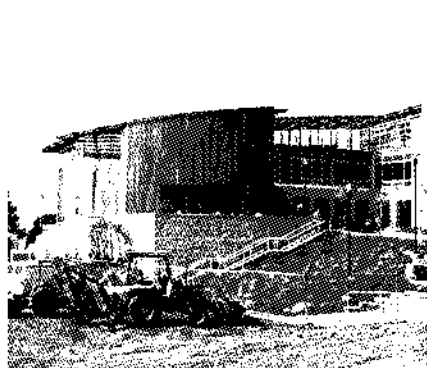


图 2.1 伯克利克拉格蒙特学校

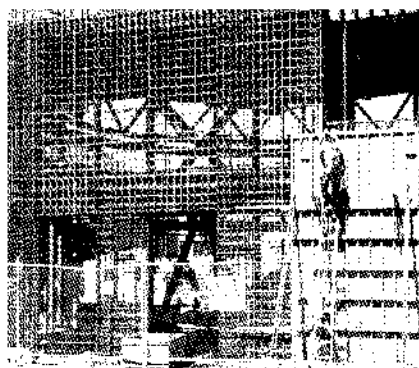


图 2.2 伯克利高中

三、合作关系带来令人可喜的变化

伯克利的基层家长组织坚持不懈地推动立法活动，并建立起多部门合作伙伴关系，由此成功地改变了决策者对当地学校地震风险的认识。这个过程的重大意义并不是它为改善学校建筑的低效状况找到了先进的技术标准或新的融资手段，而是表现在为数不多的学生家长决定为孩子们建设更为安全的学校环境而采取行动。这些学生家长从一开始就遇到了许多困难，如怎样让地方官员认识到校舍存在严重的安全问题。他们面临的两大主要挑战是：如何跟踪这些安全问题的处理情况，并确保地方官员采取相应的解决方案。

社区的许多成员对家长们了解地震安全情况以及质疑学校董事会决策的权利持怀疑态度。直到10年前的工程报告被披露而且其他工程师证实了这份报告的结论后，更多的社区成员才认识到问题的严重性。起初州政对此后抵触情绪也非常浓重。负责学校建设资金分配的议员和官员一开始不愿意承认地震安全问题的严重性，许多人认为，公开讨论加利福尼亚州学校的安全性，并对大量现有的学校建筑进行安全性评估，就像打开了潘多拉盒子一样可怕。直到地方官员多次参加州的听证会，并提供大量证据之后，州议员才开始正视学校减灾的问题。具有讽刺意味的是，在不久后的

一次州选举中，这些州议员用伯克利官员提供的安全信息作为竞选宣言，要求州的选民通过一项为加利福尼亚州学校建筑设立特别资金的要求。

如今看来，家长们认识到改善学校安全防震状况的目标并不仅仅涉及技术问题，而是需要促进整个社区的参与、责任性和行动。在伯克利，社区倡议者指导专业技术人员开展工作，这是一个很有意思的现象。虽然政府官员和工程师负责监管学校的安全性，但是即使 1989 年洛马—普列塔地震突现钢筋混凝土结构的地震易损性后，他们也没有重视这个问题，直到最关心这个问题的父母们启动了急需的校舍全面评估活动，他们对此的认识才有所改善。事实上社区倡议者用了两年时间与州的官员沟通，才促使他们意识到了行动的必要性，并促进地震安全法律的通过和执行。

另外一个促成减灾活动取得成功的因素，是他们在政府的各个层面都找到了支持者。几个学生的家长发起这项基层行动后，很快与市政厅和学校选址协会等关键部门以及地震安全委员会、州议会等州级机构建立起联系。因此，遇到困难他们就会寻找这些支持者来帮助解决问题。一段时间以后，对这项活动有兴趣的人逐渐形成一个合作网络，他们具备专业知识和浓厚的个人兴趣，愿意为改善地震中学校安全性这样一个长期目标而共同努力。

但是，伯克利推行的学校安全项目并不意味着这些活动的结束。与此相反，它开启了社区范围减灾项目的一个时代（表 2.1）。

表 2.1 伯克利减灾活动时间表及重大事件

时 间	事 件	效 果
1868 年	海沃德地震	对伯克利的影响不明确
1870 年	加利福尼亚大学伯克利分校的南大厅采用钢带加固抵御地震	抗震设计的早期案例
1878 年	伯克利建市	
1898 年	马雷（Mare）岛地震	对伯克利的影响不明确
1906 年	旧金山被大地震摧毁	地震对伯克利的破坏远小于旧金山
1911 年	圣何塞附近发生破坏性地震	对伯克利的影响不明确

续表

时 间	事 件	效 果
1923 年	发生山野大火	影响了现伯克利大部分商业区，几百人受伤
1927 年	伯克利采用统一的建筑规范	社区决定设立相应规则和安全规范
1962 年	伯克利洪水	意识到需要采取防灾措施
1978 年	实施洪泛区管理条例	社区设立了洪水保险费率指南
1980 年	山火破坏了伯克利的一些房屋	城市划分了灾害性山区，并规定了山区建筑的规范
1989 年 7 月	设立灾害委员会	建立了监控和倡议机制
1989 年 10 月	洛马—普列塔地震	伯克利遭受了很小的破坏；本次地震促使开展地区防灾行动
1989 年 12 月	排查使用无筋砖砌结构的房屋，向房屋屋主说明风险，并引起其注意	
1990 年 8 月	教育委员会会议，分析学校工程师的报告	在辖区 16 个学校中，发现 7 个存在生命安全隐患
1991 年 7 月	退税以转移支付防震开支	自 1989 年 10 月 17 日起，1/3 的房地产税可以转移支付住房防震状况改善支出，退税金额最高可达 1500 美元
1991 年中期	设立免费项目	免除住房地震安全项目的许可费
1991 年 10 月	东海湾山火	该地区超过 3200 所住房被毁，其中伯克利 67 所；社区发起了减灾活动
1991 年 10 月	设立伯克利山区特别评估区域	为火灾安全项目提供每年每块地 50 美元一次的评估
1991 年 10 月	在山火风险地区采用更加严格的标准	对屋顶和其他建筑材料采用更加严格的标准
1991 年 12 月	强制推行无筋砖砌结构房屋的加固项目	迄今为止在 700 所无筋砖砌结构房屋中，600 所的抗震性已显著增强

续表

时 间	事 件	效 果
1992 年 6 月	州政府批准为学校项目拨款	伯克利和城市学区可以合法获得州的拨款
1992 年 6 月	通过 A 项措施	学校安全项目成功获得 1.58 亿美元拨款
1992 年 11 月	通过 C 项措施	市政安全改善项目成功获得 5500 万美元拨款
1995 年 3 月	地震技术顾问团会议	专家对城市的地震问题提供技术指导
1996 年 7 月	排查具有弱层结构和采用翻转法施工的建筑	2002 年发起了为降低弱层风险而筹资的投票活动，但以失败告终
1996 年 11 月	通过 S 项措施	城市建筑的抗震性加固项目成功融资 4500 万美元
1997 年 8 月	启动加利福尼亚大学安全项目	为大学 12 亿美元的重建计划制定 10 项行动纲领
1999 年 12 月	因为减灾工作而荣获年度联邦紧急事务管理局（FEMA）社区奖	伯克利模式被全国认为减灾活动的典范
2000 年 11 月	通过 AA 和 Q 项措施	学校安全项目筹资 1.165 亿美元，为安全工作做出税收安排
2003 年 2 月	完成 CCS 灾难分布图	如果新建筑位于潜在的泥石流或者山体滑坡区，建筑必须符合严格的设计和建筑标准

社区成功通过了 1.58 亿美元债券的动议后，市政府沿袭这个方法，依次在 1992 年、1996 年和 2000 年将减灾特别税的问题提交表决。伯克利改建了所有的消防设施和许多主要的城市建筑以提高抗震性。社区还建立了一个新的公共安全建筑和紧急情况处理中心，并计划建立应急供水系统。

各地在社区安全方面的投资高得惊人，伯克利是加利福尼亚地区税收最高的城市，其中的主要组成部分是减灾税。在过去 12 年里，社区共计拨款 3.62 亿美元，进行相关的安全性改建工程。市议会通过了一个针对房屋所有人的财政激励项目，促使将近 60% 的房屋所有人改善了自家的住房安

全。同时，一些援助和贷款项目出资帮助老人、低收入者和残疾人加固了他们的住房。政府每年花费约 100 万美元，鼓励公共建筑物的私人所有者改善建筑设施的安全条件。加利福尼亚大学伯克利分校启动了一个预算为 10 亿美元的地震加固项目，以改建所有的设备和行政大楼。这样，一项简单的关于学校安全的要求逐步演变成为整个社区的社会活动。

第三章 意大利学校的地震安全性

意大利巴西利卡塔 (Basilicata) 大学材料与结构性测试实验室
莫罗·多尔斯 (Mauro Dolce)

内容提要：在 2002 年莫利塞 (Molise) 地震中，意大利圣朱利亚洛 (San Giuliano) 的一所小学倒塌，造成 27 名学生和一名教师死亡，本文调查了导致学校倒塌的原因，同时就 2003 年意大利新地震区划和抗震法规出台以前，学校建筑存在地震易损性的普遍原因进行了思考。除了不完备的地震区划和抗震法规等原因外，作者指出学校建筑的不规则结构设计、低劣的施工水平与维护情况、在校舍的使用寿命期间进行的危险的结构调整，是意大利校舍抗震性能差的主要原因。

一、引言

2002 年莫利塞地震的巨大破坏让人们注意到意大利目前仍存在的地震易损性问题：许多受到地震影响的城市并未划入地震带，并且它们的建筑没有遵循相应的抗震规范。因此，这次中度地震造成的破坏程度远远超出了人们的预期。圣朱利亚洛地区的一所小学倒塌，造成 27 名孩子和一名教师遇难，唤起了全社会对重要建筑物地震易损性的警惕。

然而，政府于 1996 年进行的一次普查（即 the Lavori Socialmente Utili (LSU) 项目）已经指出了许多建筑的关键性结构存在地震易损性和地震风险，尤其是那些用来实现重要社会公共功能的建筑物（例如学校和医院）。这个政府项目旨在提高人们对意大利南部地区地震风险的认识，一共调查了 20420 所小学和中学校舍。在这个对校舍地震易损性首次进行的调查中，政府收集到若干有价值的统计数据，并对它们进行了初步分析。

在莫利塞地震发生之前，政府于 2002 年上半年启动一项名为 GNDT-SAVE 的国家级研究项目。它的目的是利用一切现有数据，提高对公共建筑物、尤其是学校地震易损性的认识。该项目仍在进行中，并已经形成一些重要研究成果（Dolce and Zuccaro, 2003）。

在莫利塞地震之后，全国开始关注学校地震易损性较高的问题。国家公民保护部马上开始调查造成该问题的普遍性原因，并提议对意大利领土绘制新的地震区划并制定新的抗震规范。地震后的 5 个月，总理颁布的一个条例（条例 3274, 2003）规定，在未来 5 年内完成所有的重要公共建筑物的抗震性评估，以便启动震后修复项目，其中包括学校、医院，位于中度和高度风险地区的基础设施，该法令还在附件中列出新的地震区划和抗震规范，并要求将它们付诸实施。同时，负责监督中学教育的地方行政当局、市长和省长也开始启动独立的学校地震风险评估。

二、圣朱利亚洛小学倒塌的原因

意大利大部分学校在地震中都比较脆弱，或者说非常脆弱。造成这种情况的原因是多方面的：2003 年之前的地震区划和抗震规范不够完善；学校的建筑设计规划；建筑维护水平较低；在学校使用寿命期间进行危险的结构变动；施工标准较低等。这些因素中究竟哪一个直接导致了圣朱利亚洛约韦内（Iovene）学校的倒塌尚不明确，但是以下的几点值得引起注意。

（1）尽管最近的研究指出，最大峰值加速度（PGA）（MMI = VIII - IX）为 0.165g 的地震每 475 年会发生一次，但是圣朱利亚洛地区并没有被划入地震带。因此，建筑物的设计没有考虑抗震标准。此外，最近的工程也没有要求进行任何地震加固（如加盖一层楼），只要达到垂直负荷标准认证就可以根据 2003 年新的地震区划，圣朱利亚洛现在已被划为二级分区（条例 3274, 2003）。

（2）建筑施工标准不高也是导致校舍倒塌的原因之一。许多校舍使用劣质的砌石墙和沉重的钢筋混凝土屋顶（图 3.1）（Augenti et al., 2004）。

（3）在现有建筑上加盖楼层也可能导致校舍倒塌。

此外，学校所在地发生了显著的地面放大效应（Dolce et al., 2004）。人们根据地震灾害分布分析，将学校所在地划分为欧洲地震烈度表



图 3.1 圣朱利亚洛 (San Giuliano) 小学废墟上的瓦砾、钢筋混凝土路缘石

(EMS) 的 8 级, 即相当于 MMI 的 10 级水平; 而附近区域的烈度要低一些, 即 EMS 6 级。人们仔细地分析了实验性地质、岩土工程技术、地球物理勘探数据 (Baranello et al., 2004) 后得出的平均放大因素高达 1.6 ~ 1.8。

这些结果还与从震后 M4.0 级以上余震中所得到的放大因素进行了比较。

在最后重建的微观区划地图中, 学校所在地的放大因素被定为 1.6。

由此我们可以得出结论, 所有常见的地震易损性因素, 导致了圣朱利亚洛学校倒塌, 并且由于发生地面放大效应, 这次地震的强度大大超出人们的预料。

三、意大利学校建筑自身存在地震易损性和风险的原因

我们考察学校现存建筑的地震风险时, 必须考虑导致意大利校舍存在地震易损性的几个普遍性原因。

1. 地震区划

在 20 世纪, 意大利在地震活动性分类方面取得了长足的发展。1908 年墨西拿 (Messina) 地震之后, 它完成了第一幅地震区划图。虽然这次区划工作仅仅划分出遭受破坏最严重的地区, 但是它促使意大利于 1909 年颁布了第一个抗震法规。自此开始至 1980 年, 每一次意大利发生破坏性地震后都会推行类似的法规。这意味着在 20 世纪的大部分时间里, 只有遭受了重大地震破坏的地区被划为地震带 (这部分地区只占到意大利领土的 25%), 而且这些地区推行的建筑抗震标准遵循的是当时的意大利抗震法规。

1980 年意大利南部伊尔皮尼亚 (Irpinia) 发生地震之后, 考虑到意大利在过去几个世纪的地震活动性历史, 意大利于 1981 年实行了一个更加全面而理性的地震活动性区划。大约 45% 的领土被划归为地震区划 1、

2 和 3，而其余 55% 领土则没有制定相关的地震建造规范。在后来的 20 年里，人们对意大利地震灾害的认识迅速提高并于 1998 年形成了一个新的地震活动性分类提议，将 70% 左右的意大利领土划分在三个地震区划中。基于这一提议，2003 年新的国家分类标准正式得以实施（图 3.2）。人们认识到，所有的意大利领土都可能会遭受地震性灾害，利用新的分类标准从而划分了一个新的、低地震活动性区划，以覆盖剩下 30% 未被归类的领土。

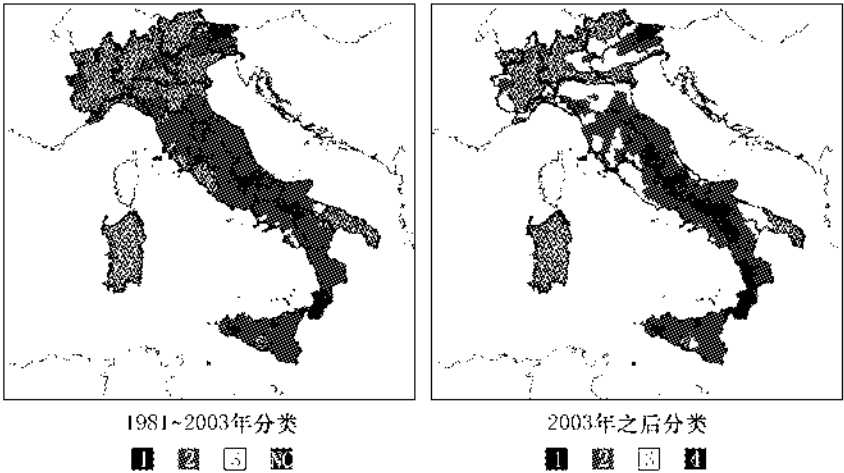


图 3.2 意大利的地震分类 (© OECD 2004)

2. 抗震法规

1974 年，意大利的第 64 号法律制订更新抗震规范的规则。1986 年第一次在抗震规范中对现存建筑（而不仅仅是新建筑设计存在的问题）作了规定。不幸的是，人们没有根据抗震设计研究的实际发展更新规范，意大利的抗震规范直到 2003 年才进行重大调查。较早的规范主要关注了结构的强度，而忽视了具备延展性的结构可以在强震中保存下来。此外，一直到 1996 年，地震规范中还没有关于防止建筑过度伸缩的内容，过度伸缩会在发生低等至中等强度地震时对建筑造成非结构性因素的破坏。在实际操作中，根据 1996 年以前的地震规范设计的意大利建筑通常存在缺陷，它们在强烈地震中倒塌的风险极高，在低等至中等强度地震中遭受重大非结构性破坏的风险也很高。

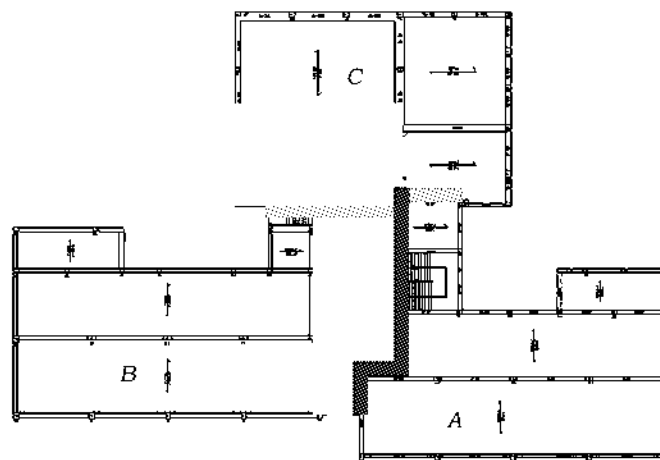
LSU 项目提供的数据显示，意大利南部大约 70% 的钢筋混凝土建筑和

超过 95% 的砖石结构建筑建造于 1980 年之前。这意味着大多数钢筋混凝土建筑以及几乎所有砖石结构建筑都不是按照地震标准设计的，因此建筑倒塌的风险极高。对于钢筋混凝土建筑而言，垂直负荷的设计往往导致建筑结构只具备一个方向的抵抗框架。这一方向上的结构足够坚硬，有抵抗低等至中等强度的地震绰绰有余；但是在较弱的方向上没有框架或者只有外部框架，所以建筑伸缩性很强，但几乎无力承受地震破坏。如上所述，即使在轻度的地震中过度的伸缩性，都可能使建筑的非结构性因素（例如内部和外部填充面板）遭受巨大破坏。

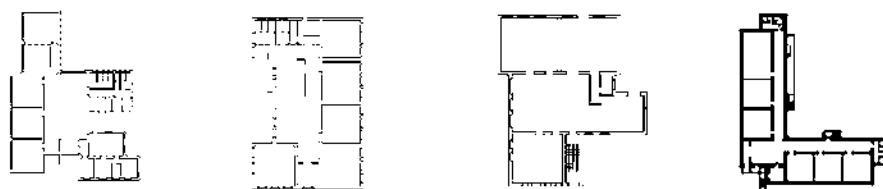
3. 建筑布局

建筑的布局 and 结构是学校建筑存在地震易损性的重要原因。大多数学校都由若干个教学区域组成，例如传统的教室、实验室、体育馆和阶梯教室。如果这些不同的教学区域坐落在同一座大楼内，那么这座大楼的外观和连接必然表现出不规则性。不规则的外形往往会导致结构上的不规则，这是地震地区建筑的一个不利特征，因为外形决定了破坏将集中在建筑物某些特定的部位或楼层，从而造成坍塌。此外，学校建筑需要宽敞的窗户照亮教室和体育馆，需要宽敞的房门方便学生通行。大部分的房间也很宽敞，没有结构性障碍（例如柱子）。然而，由于这些砖石建筑结构布局中的空间和开口宽阔，砖石抵抗面板的抵抗面积不足，所以与其必须承受的重负荷相比，面板往往过于脆弱，难以抵挡强烈地震。

有些建筑物设有长走廊，将砖砌结构完全隔开。对于钢筋混凝土建筑而言，填充面板上的宽大开口会导致平面上的不规则（扭转效应）和高低上的不规则（开放式底层），造成局部性脆弱而且无法达到的韧性需求。楼层间高度过高的问题一般见于体育馆和阶梯教室结构中，增加了结构的伸缩性，并在发生轻度地震时导致钢筋混凝土结构中的填充面板有发生倒塌的危险。图 3.3 展示了一幢钢筋混凝土的多层楼学校建筑和一幢砌体结构的一层楼学校建筑的平面布局，表明了平面上的不规则，宽大的窗户和大段的空间代表了学校建筑的特点。图 3.4 是一个有着宽敞的开口和很高的楼层间高度的学校建筑的例子。



(a) 坎波巴索一所钢筋混凝土结构多层楼学校的结构布局



(b) 三所砌体结构单层楼学校的布局

图 3.3 典型的单层和多层楼学校的不规则布局

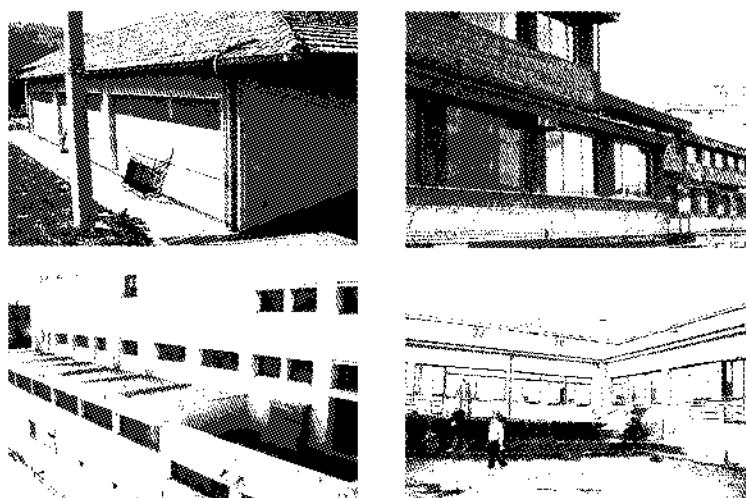


图 3.4 宽大的窗户、大型楼层间走廊、平层和多楼层学校的不规则形状

4. 建筑施工和维护的标准

造成建筑物地震易损性较高的另外一个原因是建造施工和维护的标准较低。1980 年之前的建筑使用的混凝土往往质量很差，没有达到设计强度。钢筋混凝土结构维护标准低，导致钢筋被腐蚀，混凝土表面剥落。不恰当的钢筋锚固和互搭接头是老式钢筋混凝土结构中普遍存在的问题。此外，混凝土浇筑的操作质量较差。楼板往往达不到标准——即不够坚硬和抗性不足——不利于钢筋混凝土和砌体结构施工的分布活动。砖石结构建筑通常使用不规则的砖块和劣质砂浆修建结构性砌墙，因此结构强度较低。此外，砌体墙与楼板或房顶衔接不牢，无法保证建筑整体的抗震性。毗邻建筑物的分隔交接处往往质量很差。图 3.5 是建造和维护方面存在缺陷的例子。

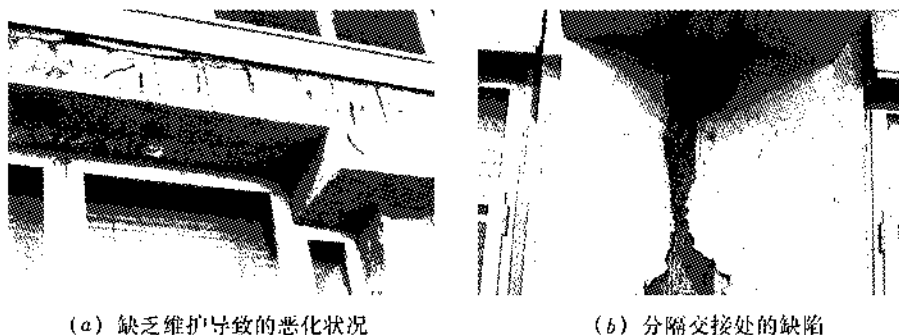


图 3.5 建造和维护方面存在缺陷的例子

5. 建筑的结构发生变化

在建筑的使用寿命期间调整其结构——如加盖一层楼、增加一个开口或者加厚房顶——是导致校舍存在地震易损性的又一个原因。它对砖石结构建筑的影响尤为明显。这些变化使得建筑的外观不够规则，从而导致其重量增加、有效抗震面积减少，最终加剧了校舍的地震易损性。

有时，人们用私有的公寓楼充当校舍。这种校舍往往很难实现学校的功能要求，而且垂直方向的实用荷载也达不到标准——意大利规定私有建筑的实用荷载是 2 kN/m^2 ，而学校建筑的荷载需达到 3.5 kN/m^2 。除此以外，它们的楼层数目和设计不够谨慎，如柱子承受的压应力高于校舍，这也增加了其地震易损性。波坦察省（Potenza）政府进行的一项研究表明，在 78 所被调查的学校中有 15% 为私有建筑，而在 5 所被列为地震风险最

高的学校中就有 3 所属于这类私有建筑。

另一方面，学校建筑的一个共同特征就是楼层数目有限。“低层学校”通常不超过两层。即使某些校舍无需具备抗震功能，它们的设计者往往也会出于实用荷载的考虑而采用过于保守的设计（如柱子的尺寸比实际需要更大）。这为建筑的抗震性留出了余地。一般来说，不仅不同学校的地震易损性相去甚远，就连同一所学校的不同楼层和不同垂直方向在地震易损性上也存在较大差异（图 3.6 ~ 图 3.9）。

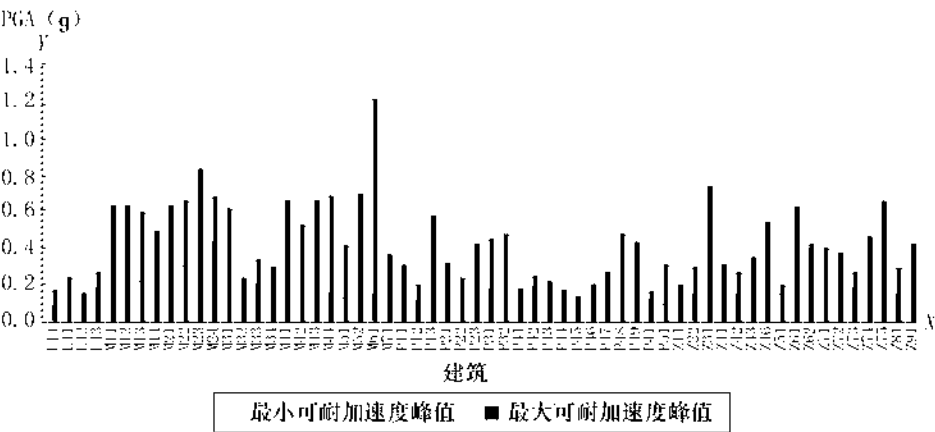


图 3.6 钢筋混凝土建筑：各楼层 X 和 Y 方向上的最大可耐和最小峰值加速度

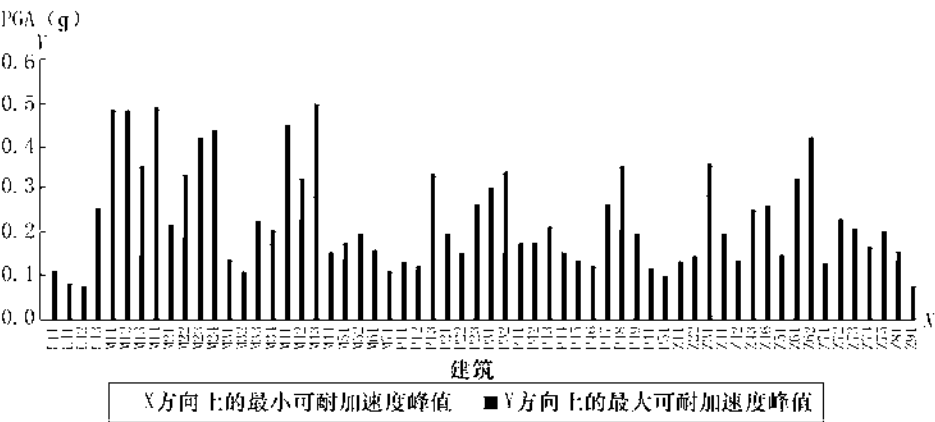


图 3.7 钢筋混凝土建筑：X 和 Y 方向上的最大和最小可耐峰值加速度

学校的地震易损性取决于它的类型和教育水平：

- (1) 高中校舍通常较高，规划较大，为近现代钢筋混凝土建筑。教

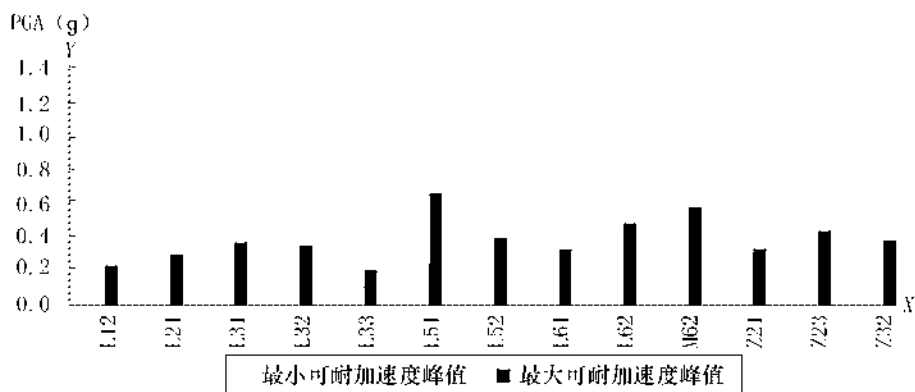


图 3.8 砖石结构建筑：各楼层 X 和 Y 方向上的最大和最小可耐峰值加速度

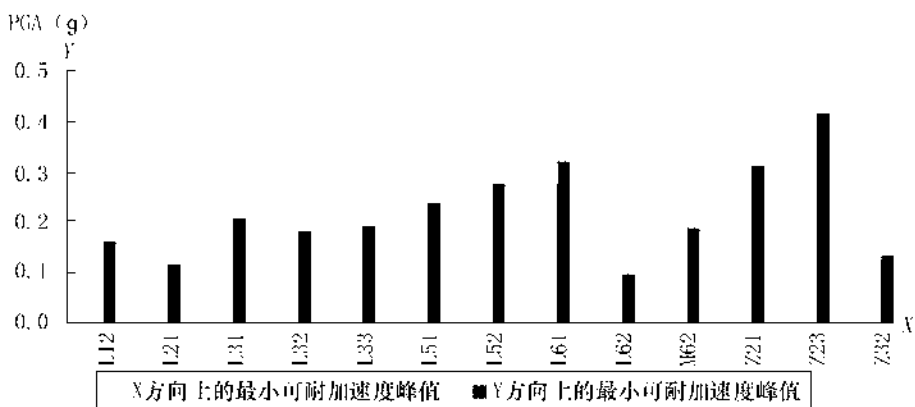


图 3.9 钢筋混凝土建筑：在 X 和 Y 方向上的最大和最小可耐峰值加速度

室、实验室、体育馆等分别位于不同的建筑中，每个建筑各有特色。

(2) 初中样舍规划中有若干楼层。结构的类型取决于建筑建造的年代。

(3) 小学建筑通常有一至两层，极少高于三层。结构的类型取决于建造的年代，1940 年之前的建筑通常是砖石结构。

(4) 学前班学校建筑通常较小，为单层的砖石结构。

6. 学校建筑的典型状况

为了更好地了解那些未按照地震规范设计的意大利高年级中学建筑的典型状况，以下列出了对波坦察省（Potenza）78 所学校建筑进行调查的最终报告的结论（图 3.6 ~ 图 3.10）。

(1) 26 所学校建筑存在的地震易损性将导致其在发生强度 (MMI) 为 8 级 ($\text{PGA} = 0.137 \text{ g}$) 地震时倒塌。其中 10 所建筑同时存在整体结构质量较差的问题, 从而加剧了这些建筑的地震易损性; 13 所学校建筑结构质量处于平均水平; 1 所建筑结构良好。

(2) 关于非结构性因素的易损性, 12 所建筑的非结构性因素被划分为具有高度易损性, 4 所为低度易损性。

(3) 对于那些从理论上来说抗震性能较好的学校来说, 21 所学校应该在发生 9 级 ($\text{PGA} = 0.2 \text{ g}$) 以上地震时才倒塌。然而, 其中 4 所学校的整体结构质量较差, 12 所学校的结构质量达到平均水平, 3 所学校的结构令人满意。最后, 在这 21 所抗震性能最强的学校中, 9 所学校的非结构性构件地震易损性极高, 8 所学校的非结构性构件地震易损性为平均水平, 9 所学校的非结构性构件地震易损性较低。

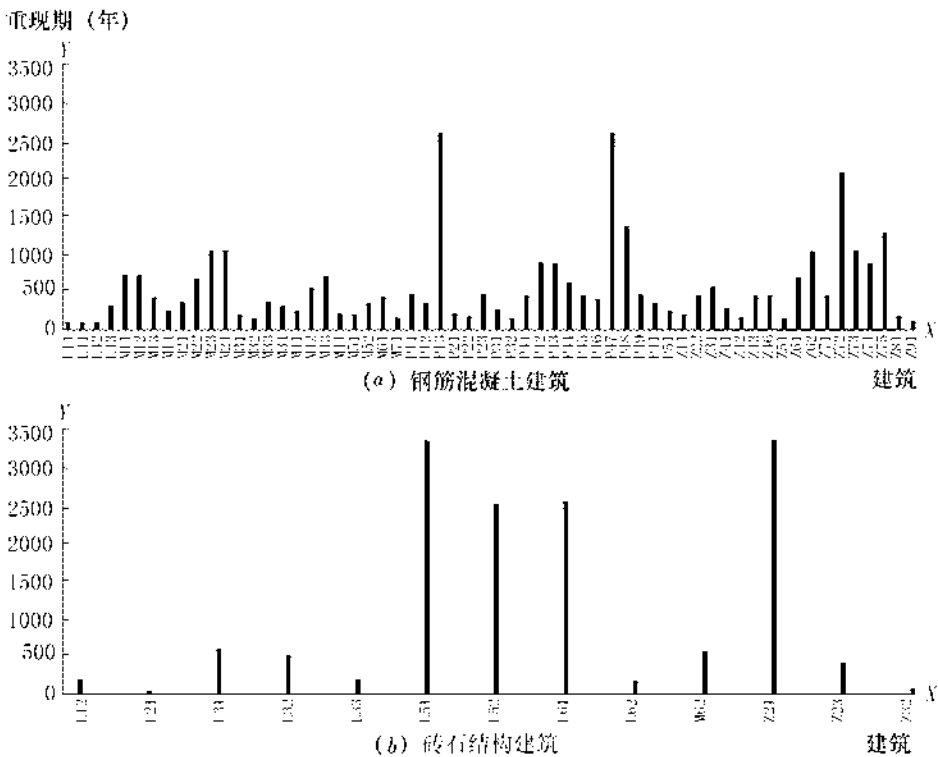


图 3.10 建筑在地震中发生倒塌的重现期

(4) 关于建筑的地震活动性风险, 9 所建筑的重现期小于 100 年, 即在 10 年内有 10% 的概率发生倒塌; 26 所建筑的重现期小于 200 年; 28 所建筑发生倒塌的重现期大于 500 年。

四、降低学校建筑地震易损性和风险的措施

人们必须考虑两个不同问题的解决方法: 如何保证新建学校建筑足够安全和如何提高现存建筑的安全性。

要保证新建校舍的地震安全性, 人们需要为学校确定一个可接受的风险水平, 并且将其与学校内外的其他风险进行比较。目前, 意大利的地震规范规定, 校舍设计应该保证校舍的抗震性能比普通建筑 (如公寓) 高出 20%, 由此增加的设计费用与普遍的抗震设计相比并不多。此外, 隔震等新兴的保护策略和技术可大大提高校舍的安全水平, 避免房屋倒塌和非结构性因素遭到破坏。人们采用这些技术时所增加的成本取决于楼层的数目, 而它带来的益处则非常可观。作者认为, 人们建造新校舍时应优先考虑隔震技术, 至少在那些地震风险很高的地区推广这种技术。人们可以根据具体条件调整隔震系统的技术复杂程度。显然, 人们还应该认真考虑其他与建筑标准有关的问题。无论建筑的地震保护性能如何, 认真地落实规范与良好的设计规范同样具有举足轻重的地位。

现存学校的问题更加复杂。正如前所述, 多数学校从安全角度来看还存在不足; 学校之间的风险水平存在差别。首先是要提高人们对学校建筑风险水平的认识, 这个任务并不简单, 而且由于学校建筑类型的多样性以及同一建筑在安全水平方面的差异, 人们不能用目前对普通建筑进行地震易损性评估的方法来解决这个问题。另一方面, 有效的评估需要大量时间和资金, 这可能与解决问题的紧迫性和问题的维度相矛盾。中期评估程序是必不可少的, 以挑选出最具风险的学校建筑。

五、结 论

在这些地震易损性因素中, 很难衡量哪一个因素相对更重要; 每一个因素都在不同的学校造成不同的地震风险, 而同时存在两个以上的因素时会急剧增加建筑的地震风险。最重要的一点是现有学校和新建学校的地震安全问题不同, 需要用不同的途径来降低它们在地震中的风险。

在新建学校建筑中，合理地运用现代抗震规范、最新的地震区划和微观区划地图，加上良好的建筑施工标准，可以确保建筑达到预想的安全水平。然而，人们还能够利用现代保护技术显著提升建筑的抗震性，例如地震隔离技术，其成本非常低乃至可以忽略不计。

现存建筑的问题相对更为复杂。首先，人们必须通过迅速而可靠的地震易损性评估来确定最脆弱的建筑。其次，人们应根据建筑的剩余使用寿命以及翻新或重建的需要来确定安全目标。最后，质量设计和施工对于施工工程的质量十分关键。在任何情况下现代技术都有助于提高建筑的安全水平，对建筑翻新过程也是如此。

参考书目

- [1] Augenti, N. , et al. , 2004, "Performance of School Buildings during the Molise Earthquake of 31 October 2002", *Earthquake Spectra*, Special Issue on the Molise Earthquake.
- [2] Baranello, S. , et al. , 2004, "Criteria for Seismic Microzonation in Molise after the Earthquake of 31 October 2002", 11th Congress on Earthquake Engineering in Italy, Genoa, Italy, 25 ~ 29 June 2004 (in Italian) .
- [3] Cherubini, A. , et al. , 1999, "Vulnerability Analysis of Special Strategic Public Buildings in the Regions of Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia and Sicily - Chapter 4: Results of the Project", Department of Civil Protection, Rome (in Italian) .
- [4] Dolce, M. , et al. , 2004, "Examination of the Typological and Damage Characteristics of Public Buildings in San Giuliano di Puglia", 11th Congress on Earthquake Engineering in Italy, Genoa, Italy, 25 ~ 29 June 2004 (in Italian) .
- [5] Dolce, M. and G. Zuccaro, 2003, SAVE-Project: Updated Tools for the Seismic Vulnerability Evaluation of the Italian Real Estate and of Urban Systems. 1st year report, National Group for Protection from Earthquakes (CNDT), Rome.
- [6] Ordinance 3274, 2003, First Elements Concerning General Criteria for the Seismic Classification of the National Territory and for Technical Norms for Construction in Seismic Zones, G. U. , 8 May 2003 (in Italian) .

第四章 土耳其提高学校建筑 防震性所面临的障碍

土耳其中东科技大学灾难管理研究中心

波拉特·古尔坎 (Polat Gulkan)

内容提要：本文考察了土耳其学校建筑的设计过程，描述了政府机构在建造、维护和修复学校建筑中的责任和权力，以及过去和目前执行有关建筑施工操作的法律和规范的情况。文中介绍了阻碍公共和私人建筑提高质量的多个因素。文章附录提供了 2003 年宾格尔 (Bingöl) 地震中学校建筑遭受破坏的情况。

一、引言

目前土耳其的小学和中学共有 1860 万学生、68 万名老师和 6 万座学校建筑。该国是地震易发区，学校建筑的地震安全性不断受到公共权力机构和家长的关注。许多学校建筑在 2003 年 5 月 1 日发生的宾格尔（一个有着 7 万居民的土耳其东部城市）地震中受到了严重的破坏，这证明了人们的担心并不是没有道理（图 4.1）。3 所相对较新的学校由于楼层破损而坍塌。学校旁边的一栋宿舍楼也发生了倒塌，许多儿童在熟睡中遇难（见附录中关于宾格尔地震中学校建筑抗震表现的有关讨论）。

随后，愤怒的公众强烈质问学校建筑的地震安全性。震后政府对包括学校设施在内的公共建筑反复检查，因为人们普遍认为，这些建筑受到的破坏比私有建筑更严重。尽管对受损建筑的随机抽样统计数据不一定支持这一看法，值得注意的是，尽管国家的公共管理机构专门负责这些建筑的研究、设计、监督、运行和维护工作，并且政府用于重建或者翻新的预算

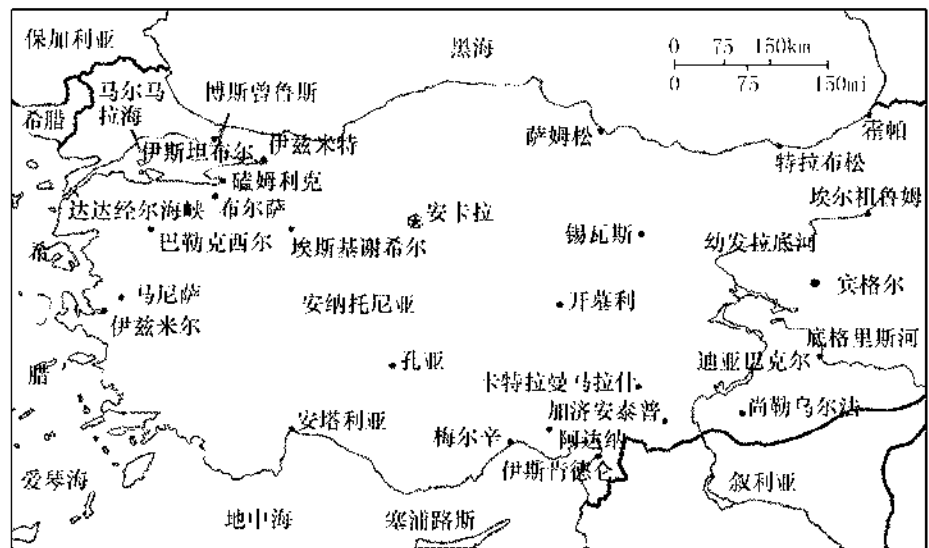


图 4.1 土耳其共和国

拨款数目很大，但震后许多建筑并没有马上重新投入使用。

本文通过考察政府在新学校的创建过程中发挥的作用来回答上述问题，它包括从完成可行性研究到向有关学区交付最终产品的全过程。同时本文还分析了现有体系的不足，并提出了对提高安全性有利的建议。附录描述了在宾格尔强烈地震之后建筑倒塌发生的技术原因。

二、公共设施建造

1. 土耳其的公共工程与安置部

土耳其共和国宪法规定，必须明确界定政府机构在相关主要行动领域的职责和权威。例如，卫生部门是唯一为满足公众卫生需求服务的权威公共机构。这同样适用于新公共设施的建造工作，它由公共工程与安置部 (MPWS) 全权负责。

公共工程与安置部负责国家所有公共建筑物的建造、维护和修复，但不包括由国防部组织的公共建造——它负责军备力量要求建造的所有设施与基础设施以及由交通部组织的公共建造——它负责建造轨道和通讯设施。“公共工程与安置部组织与责任”第 180 号法令（1983 年 12 月 14 日制定；经第 209 号法令修订）界定了公共工程与安置部的职能。公共工程

与安置部在灾难中的作用是：提供城市设计、基础设施体系、公共服务等标准；确定灾前和灾后减轻灾害措施和重建援助；记录为公共部门提供服务的合同公司情况；确定灾后必需的城市规划升级方案。

公共工程与安置部由三个部分组成。

(1) (公共建筑) 建造事务司^①：负责各类国家公共建设项目的规划、招标和管理。国家医院、学校和其他公共建筑根据这一机构制定的标准和步骤建造。

(2) 灾难事务司：负责协调紧急援助，组织临时性建筑，确定灾害区域和采取减轻灾害措施，以将生命和财产的损失降到最小程度。该机构还负责准备和批准灾害地图，用于“经有关部委同意”的城市开发计划。

(3) 技术研究和执行司：负责确定建筑使用材料和方法，高风险地区建筑物的设计原则和高度。两个或者两个以上市政当局参与的市政和区域规划由该机构批准。

公共工程与安置部还有若干指定“附属”机构：政府住房秘书处；土地办公室；国家公路司；财产登记和土地清册规划司；省级银行司^②。

2. (公共建筑) 建造事务司

为了解行政力量之间的互动对学校建筑的影响，我们必须认真研究(公共建筑) 建造事务司(GDCA)的职能。它的工作是切实地维护所有公共建筑(其中校舍安全是它关注的首要问题)，同时确保新建设施和建筑的规划符合其他政府机构的规定。(公共建筑) 建造事务司还负责监督本省级特别部门(即支配附属预算的机构和市政府)资助的建筑项目。此外，公共建筑和灾后重建的规划以及合同招标工作也在(公共建筑) 建造事务司的职责范围内。每年政府都要给它拨付一大笔财政预算。

土耳其共划分为81个行政单位(即“省”)。省长作为被政府任命的公务员担任本省的首要行政长官。各省都有自己的公共工程与安置部办公室，直接受省长领导。所以省长在地方办公室的协助下也对GDCA的行政事务负责。

① 土耳其的“司”与美国政府行政体系内的“局”类似。

② 省级银行司是一个公共机构，为市政府的主要基础建设提供资金支持。土耳其有3500个市政府。

1997 年，土耳其将小学义务教育的时间由 5 年延长至 8 年，公共学校在规划、设计和合同等方面的作用和责任发生了很大变化。按照新法律的要求，所有五年制小学和三年制初中学校将进行合并。然而在法律出台之前，许多地方已经出现轮流使用校舍的情况，即学生们分为上午班和下午班。新法律出台后，小学和初中的合并造成了学校的教学场所极度匮乏。

1998 年，教育部雄心勃勃地决定取消所有多种学制教育，并将班级人数缩减为 30 个学生。这导致了 GDCA 工作量的大增，并由于需要迅速地建设上千所学校建筑和为合并设施进行新的设计，造成了资金问题^①。土耳其政府为了适应新情况，让教育部投资与设施处（DIF）负责新一代学校建筑的可行性分析、规划、设计以及合同。DIF 委派私人咨询师来监督新设施的设计和建造。

在许多农村或是偏僻地区为数目很少的儿童修建一所学校建筑是不可行的。此外，交通和气候条件常常影响了学生的上课出勤。因此，在农村地区建立了寄宿制学校（被称为区域寄宿制小学），土耳其语称为“YI-BO”。这类学校如果位于城市附近或者边缘，那么只有住在偏远农村地区的学生允许作为全日制寄宿学生，而其他学生必须乘坐公共交通往返于学校。这类学校被称为寄宿小学，土耳其语称为“PIO”。

DIF 还开发了运动设施、多功能文化活动会堂、电脑和科学实验室、语言实验室、音乐厅、工作间和图书馆等建筑的设计标准。在这一项目的最初阶段，全国建成了 360 所新的学校建筑，建筑面积达数百万平方米^②。

三、立法和规范执行

1. 第 2886 号招标投标法

2002 年，土耳其用第 4734 号法取代了第 2886 号招标投标法，并由此成立了一个新机构——国家合同机构。第 2886 号招标投标法出台于 1983

① 公民自发举行的全国性筹款活动为建造新学校募集了大部分资金。土耳其历来有这种为学校进行慈善捐款的传统。

② 3 所在宾格尔地震中倒塌的学校就是在这一时期建造的。

年，它准确地阐述了土耳其进行产品和服务采购的流程。

合同法适用于所有政府团体、附属预算政府机构、市政府和省级特殊授权机构的产品和服务采购活动，其中包括公共建筑的合同调查、规划、设计、建造、监督和咨询服务。合同法详细规定了如何建造、合并、维修、安装和改造建筑设施。

根据第 2886 号法律，在机构根据单价完成成本结算后必须向合同投标评估委员会提交由合同人提供的计划书，并附上对合同文件进行补充说明的附录。计划书的内容包括合同方提出的折扣。招标将以保密投标、公开投标、协商投标和竞争投标等方式进行。建筑施工最常见的方式是秘密投标。

虽然第 2886 号法律第 28 条规定委员会有权选择“最合适”的投标，但在实际操作中，它常常被解释为接受最低的标价。在公共建筑合同方面，常常出现对欺诈行为、固定不变的评估或标价、低价投标之后进行的成本追加以及监督人员玩忽职守造成建筑质量低劣等诸多方面的投诉。

1999 年，科贾埃利（Kocaeli）和迪兹杰（Duzce）发生毁灭性地震后，土耳其政府从国际复兴开发银行（IBRD）得到了一笔贷款，这笔贷款是世界银行当时的一笔主要贷款。贷款协议的条件之一是土耳其须用新的法律框架取代第 2886 号法律，对制度合同进行管理。从理论上来说，新的第 4734 号法律条款将改善建筑的操作方式。

2. 第 3194 号开发法

1958 年，土耳其政府成立了一个部门专门研究和管理自然灾害问题，其目标是减小未来灾害带来的损失。该部负责执行开发法和灾难法。第 3194 号开发法是管理建筑设计方面最主要的法律工具。这部法律第四部分的几项条款重点描述了建筑施工的监督情况。该法律规定，市政府——或是管理城区之外建筑的相关政府机构——对应负责监督项目。具体执行工作被委托给“记事工程师”^①。对于市区以外的某些类型建筑，没有工程学位的人也可以担任这一职位。在农村住宅区还有其他的一些例外。

① 这仅仅是原著者的表述。这一词也可以被称为“技术责任方”，但是原著者采用了人们更熟悉的表述。

契约或土地证明持有者必须向市政府或相关政府机构提交申请，以获得建筑许可。除了土地所有权证明之外，申请人必须提交建筑、结构、机械设计以及建筑位置的草图。法律规定，地方政府对设计的认证负责，但一些市政当局通过非正式的协议将这个责任转交给了当地的土木工程部或建筑部的分支机构。在笔者看来，这是一种危险并且导致违法案件的行为，因为法律明确规定，地方政府有责任确保人民的生命和财产安全，但市政当局的技术部门在审批时只起到“橡皮印章”的作用，对那些控制设计人员的资格要求也不明确。此外，开发法没有说明设计审批发生错误时应采取何种措施。依据以前的法律规定，设计工程师对此负有责任，尽管事实上设计可能是由其他人批准的。

第 3194 号开发法要求，记事工程师要向市政当局或相关政府机构报告合同方任何违反设计规范的行为。违规行为发生时，现任地方政府应先证明该行为确已发生，随后查封建筑工地、中止建筑行为，并命令所有相关人员采取整改措施。如果施工方在一个月内采取了有效的整改措施，政府则取消查封令。如果所有人均没有遵循政府要求，那么建筑许可证将被吊销，并且拆除违规建筑，费用由建筑所有人自付。政府应对没有执行法规的合同方或工程师进行处罚。但总体来说，政府没有充分贯彻执行法律中的处罚条款，对违规行为常睁一只眼闭一只眼。法律遗漏的一个重要方面是缺乏指导工程师监督施工的准则。此外，法律只要求工程师报告违规行为，他们对建造过程几乎没有产生任何影响。最重要的是，尽管记事工程师对保护产权所有者的权利负责，但在私人土地所有人与合同方签订建筑销售协议时，记事工程师从合同方收取薪酬。此外，市政当局或相关政府机构通常缺乏人手，无法对其管辖范围内从业的合同方进行一一登记。

从理论上来说，公共建筑的建造不应出现在私人建筑中普遍存在的许多缺陷。公共工程与安置部的工程师和建筑师们有责任保证施工过程正确规范。表 4.1 列出了土耳其私有和公共建筑建造过程的发展史。当省级官员突然发生调动、或者人们没有意识到小错误可能导致建筑物在地震中倒塌的后果时，这些都可能导致一批不合标准的建筑问世。

表 4.1 土耳其建筑施工的总体管理结构

程 序	建筑类型			审批机制
	平层的独立建筑（用于商务或者租赁）	集体建筑	以土地换产权式建筑（建销模式）	
	监督过程中的责任部门			
1. 确立土地所有权	契约局或划拨/租赁局获得契约或是土地划拨文件			通过土地征用权确定契约以及/或者土地征用
2. 进行资金安排	个 体	成员集资	土地所有人与合同方之间签订私人协议	预算和资金
3. 符合开发计划	公共工程与安置部的市政当局或相关政府机构			终端使用者提交契约和申请书进行申请
	契约方适用	契约或和合作董事方适用	契约方适用	
	没有规划的土地，必须附上新的规划			
4. 设计：建筑、结构安装	设计办公室 (工程师和建筑师)			通过内部认证或设计进行分包
5. 获得建筑许可	公共工程与安置部的市政机关或相关政府机构必须指定一名“记事工程师”			
6. 为施工和签订合同作准备	私营承包商需准备投标书或全包合同		私人安排	合同以及法律程序
7. 建设施工	合同方、分包方以及记事工程师。市政当局只检查桩基、地下层和楼层上升建设			合同人、分包人和现场工程师
8. 监督、按进程付款,开展定址调查、工程计划和规章执行检查	按各方协议提供私人监督人员			代理机构，监督机构，记事工程师
9. 确立工程方面责任	只有当书面许可被授予时，才指派记事工程师。法律规定合同方对设计错误负责。合同方常常将责任转移到现场监督的工程师身上			真实责任不存在，公务员无法承担责任
10. 获得入住许可：将建筑交付给所有者	向社会保障局咨询工人的工资补偿问题；工程竣工时必须向市政府、公共卫生部门、消防局、建筑和工程部门以及设施连通部门咨询			机构内的监督部门授予竣工认证

四、妨碍公共建造质量的因素

对土耳其公共和私有建筑质量产生负面影响的因素总结为以下几点^①，并展示于图 4.2。

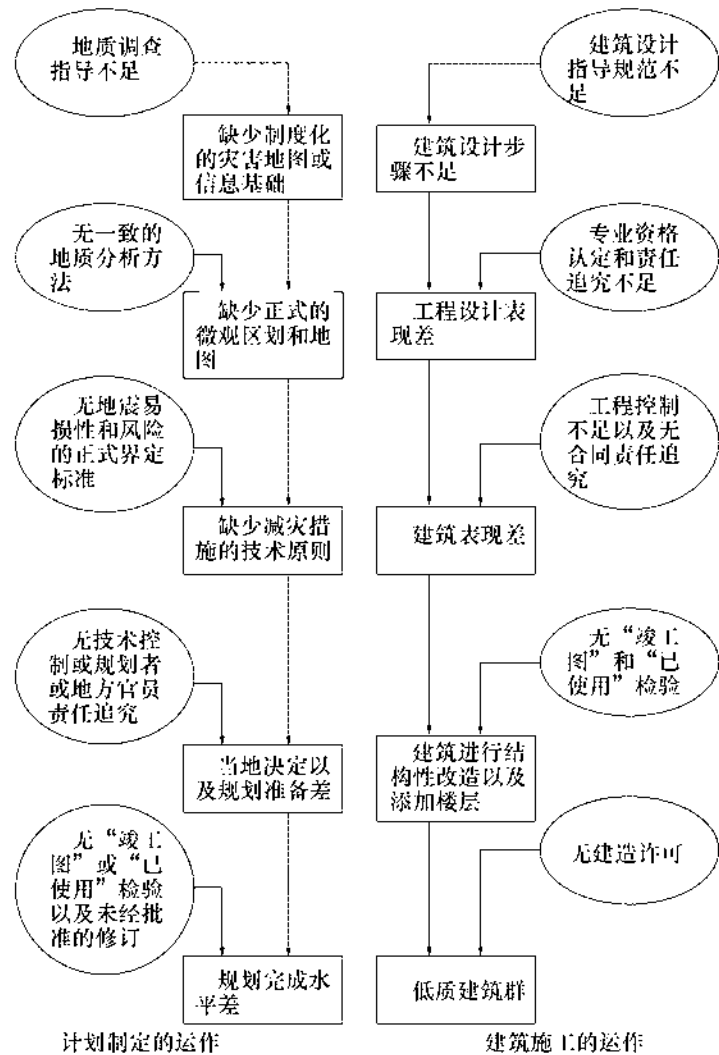


图 4.2 阻碍土耳其提高施工质量的因素

① 原著者感谢穆拉·巴拉米尔 (Murat Balamir) 教授提供这个精辟的图表。

1. 一般性问题

- (1) 对建筑物合同无正式的合格认证要求^①。
- (2) 对工程师和建筑师无正式的专业熟练程度要求。
- (3) 倾向于接受公共投标者的最低报价，导致低价格、低质量的建筑产品^②泛滥。

2. 工程监督

- (1) 地方官员实行监督时习惯采用的有效方法和实际标准在技术专长、资源和知识等方面都不足以对工程实行有效监督。
- (2) 在没有更高级别的机构检查地方官员的工作，或对没有履行监督职能的官员进行严格处罚。
- (3) 任何一方发生错误或遭受损失时没有对设计者或审批方追究责任。
- (4) “部门签发”的操作没有法律基础，并且没有提供必要的标准。

3. 建造监督

- (1) 法律规定开发商应聘请一名“记事工程师”在建筑工地办公，但此人只需持有基本文凭，且无法干预建造过程。虽然工程师、建筑师、城市规划师等专业人士不适合担任这个工作，但实际上他们有能力担任这一角色。
- (2) 即便是大型工程项目的建筑工地都没有分配到一名巡视员。
- (3) 开发法第 42 条规定，开发者违背协议时需进行经济处罚，但执行情况并不好。
- (4) 与法律条款的内容相反，那些违章或者未经许可修建的建筑可以通水、通电和通讯，且不用追究任何一方的责任。
- (5) 对于违章建筑的开发，地方官员除了通过私人举报外，没有其他办法进行追究。
- (6) 通过法律程序拆除违章或违法建筑需要的时间很长，至少需要 1 年。

① 公共工程与安置部根据承包商竞标成功的合同数目及金额对它们建立了承包商分级体系。这个体系被称为“官方证明信”，并引起广泛争议。

② 前第 2886 号合同法在两年前被另一规范所有公共建筑的法律所替代。评价这一变化带来的好处仍为时过早。

(7) 地方官员缺乏拆移建筑的专业知识、手段和工具。

(8) 除义务责任法的规定以外，建筑产品缺陷对未来造成的毁坏和损失则无法追究其法律责任。

五、结 论

本文考察了导致土耳其建筑（包括学校建筑）质量不达标的原因。目前看起来这个国家有数以万计的学校建筑和其他教育设施，对使用人员来说存在灾害隐患。即使土耳其根据《费尔德法案》制定了本国的地震安全法案，据此重建或翻新建筑也将是个劳民伤财的工程。作者认为，采用渐进式方法改善建筑的总体质量，对学校建筑采用更严格的标准要求，将是一个更有效的长期解决方法^①。

^① 古尔坎等著：《学校建筑对防震设计的最低需求》（2003），Türkçe Mühendislik Haberleri, 第425卷第3本13~22页。

附录

该附录是 2003 年 5 月 1 日发生地震后在宾格尔进行的一项校舍调查 (见图 A4.1)。

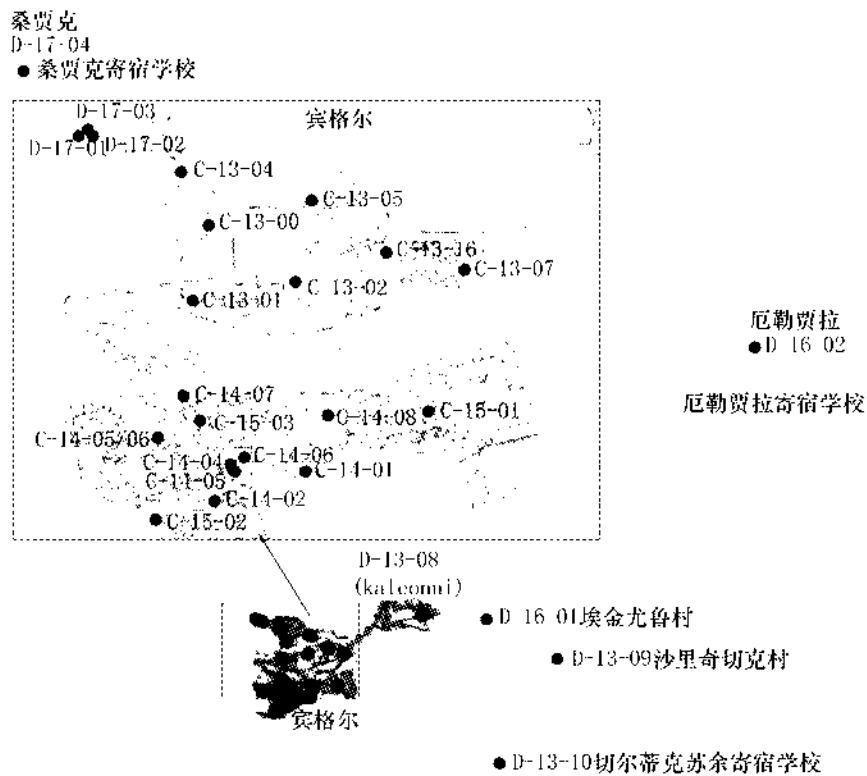


图 A4.1 宾格尔地区学校和宿舍楼分布测量图

一、背景

1. 地震

地震中心位于宾格尔北部，而宾格尔处于一系列复杂而异质型的断裂

地形中。地震烈度表显示，地震发生在宾格尔—卡尔勒奥瓦—埃尔津詹（Bingöl-Karlıova-Erzincan）三角区内。该三角区的一个点位于卡尔勒奥瓦（Karlıova）东部、右侧位于北安纳托尼亚（North Anatolian）滑走断层（NAF）北部、左侧位于东安纳托尼亚（East Anatolian）滑走断层（EAF）南部。宾格尔—卡尔勒奥瓦—埃尔津詹三角区与 NAF 和 EAF 的共处断层交界处并被其横断，NAF 和 EAF 分别为西南走向和东北走向、东南走向和西北走向。右侧的斜向滑走断裂层从 NAF 开始延伸，并以平行方式至 EAF（即西南走向和东北走向）。左侧的斜向滑走断裂层从 EAF 开始延伸，并以平行方式至 NAF（即东南走向和西北走向）。这些断裂层不是直线活动，而是梯形模式。

1784 年耶蒂苏（Yedisu）和 1866 年格伊尼克—卡尔勒奥瓦（Göynük-Karlıova）地震是该省历史上破坏性最强的地震运动。在这之前的最近一次地震灾害是 1971 年 5 月 22 日宾格尔（6.8 级）地震，位于 EAF 距城市南部大约 10 公里处。鉴于宾格尔—卡尔勒奥瓦—埃尔津詹三角区地震活动性，2003 年 5 月 1 日的地震算是一次中等强度的地震，由于该区域处于断层体系结构，可以预期今后这类地震发生的频率相对较高。多数对该地震区域进行的地质勘查并未报告这些肉眼可以看见的地表裂缝进行报告。

2. 建筑的地震受损情况

被调查建筑的数目和分布对于总体建筑群来说具有代表性。仅有一种砖石结构类型的建筑被调查。许多建筑结构的建造年代无法确定，并且这些建筑中没有一个是遵循了 1998 年新近发布的土耳其抗震规范。表 A4.1 全面总结了从学校建筑调查中得到的已有建筑损坏、结构体系、楼层数以及外观材料质量等情况。在被调查的建筑中，有 10 所遭到了严重的损坏，3 所彻底地倒塌，12 所遭受了中等程度的毁坏，还有 3 所受到轻微损坏或无损坏。

二、宾格尔地区典型校舍的抗震性能^①

表 A4.1 中显示的学校结构体系可以被分为几组：钢筋混凝土刚性框

^① 这一说法是来自美国国家科学基金会（NSF）资助的一项调查结果，该调查组与中东科技大学（METU）一组研究人员共同合作。两个调查组的合作报告题为：G. Özcebe, J. A. Ramirez, S. T. Wasti and A. Yakut (eds.) (2004), “1 May 2003 Bingöl Earthquake Engineering Report”, Report No. 2004/1, TÜBİTAK SFBÜ/YMAÜ, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara.

架体系（17 所校舍）；钢筋混凝土复合结构（11 所校舍）；砖石结构（1 所校舍）。

表 A4.1 宾格尔（Bingöl）地震中学校建筑的损毁情况

学校编号	学校名称	地 点	钢筋混凝土 损毁情况	砖石结构 损毁情况	结构类型	方 位
C - 13 - 01	75.Yıl İlköğretim Okulu	宾格尔 (Bingöl)	严 重	严 重	框架式	独立建筑
C - 13 - 02	Anadolu Öğretmen Lisesi		中 度	中 度	框架式	非独立建筑
C - 13 - 03	Rekabet Kurumu Lisesi (Building B)		中 度	中 度	复 合	非独立建筑
C - 13 - 04A	Mustafa Kemal Paşa İl- köğretim Okulu(A1 楼)		无	中 度	复 合	非独立建筑
C - 13 - 04B	Mustafa Kemal Paşa İl- köğretim Okulu(A2 楼)		无	中 度	复 合	非独立建筑
C - 13 - 05	Şehit Mustafa Cando- ğdu İlköğretim Okulu		中 度	轻 微	框架式	独立建筑
C - 13 - 06	Kazım Karabekir İl- köğretim Okulu		中 度	轻 微	框架式	独立建筑
C - 13 - 07	Vali Kurtulus Sisma- ntürk İlköğretim Okulu		轻 微	中 度	框架式	独立建筑
C - 13 - 08	Kaleonu İlköğretim Okulu		倒 塌	倒 塌	框架式	独立建筑
C - 13 - 09	Sarıcecek Köyü İlköğretim Okulu	沙里奇切克 (Sarıcecek)	倒 塌	倒 塌	框架式	独立建筑
C - 13 - 10	Celiksuyu İlköğretim Okulu	切尔蒂克 苏余 (Celiksuyu)	倒 塌	倒 塌	框架式	独立建筑
C - 14 - 01	Karaelmas İlköğretim Okulu	宾格尔 (Bingöl)	严 重	严 重	框架式	独立建筑
C - 14 - 02	Fatih İlköğretim Okulu		—	—	砌体结构	独立建筑
C - 14 - 03	Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu		严 重	严 重	框架式	独立建筑
C - 14 - 04	Atatürk Lisesi		中 度	中 度	框架式	独立建筑
C - 14 - 05	Vali Cüneyt Orbay İl- köğretim Okulu (主楼)		中 度	中 度	框架式	独立建筑

续表

学校编号	学校名称	地 点	钢筋混凝土 损毁情况	砖石结构 损毁情况	结构类型	方 位
C-14-06	Vali Guner Orbay Ilkogretim Okulu(2号楼)	宾 格 尔 (Bingöl)	中 度	中 度	框架式	独立建筑
C-14-07	Ataturk Ilkogretim Okulu		严重	中 度	框架式	独立建筑
C-14-08	Bingöl Lisesi (B楼)		中 度	严重	复 合	非独立建筑
C-14-09	Bingöl Imam Hatip Lisesi (B楼)		严重	中 度	复 合	非独立建筑
C-15-01	Sarayici Ilkogretim Okulu		严重	严重	框架式	独立建筑
C-15-02	Murat Ilkogretim Okulu		严重	严重	框架式	独立建筑
C-15-03	Bingöl 100. Yıl Ilkogretim Okulu (B楼)		中 度	中 度	复 合	非独立建筑
D-16-01	Ekinyolu Koyu Ilkogretim Okulu		严重	严重	框 架	独立建筑
D-16-02	Ilcalar Yatılı Ilkogretim Bolge Okulu Dormitory Building	厄勒贾拉 (Ilcalar)	中 度	中 度	复 合	独立建筑
D-17-01	Merkez Cumhuriyet Kiz Yatılı Ilkogretim Bolge Okulu Boys' Dormitory Building	宾 格 尔 (Bingöl)	严重	中 度	复 合	独立建筑
D-17-02	Merkez Cumhuriyet Kiz Yatılı Ilkogretim Bolge Okulu (女生宿舍楼)		严重	中 度	复 合	独立建筑
D-17-03	Merkez Cumhuriyet Kiz Yatılı Ilkogretim Bolge Okulu School Building		中 度	中 度	复 合	独立建筑
D-17-04	Sancak Yatılı Ilkogretim Bolge Okulu (宿舍楼)	桑贾克 (Sancak)	中 度	中 度	复 合	独立建筑

1. 采用钢筋混凝土刚性框架体系的学校建筑

这一分类中的 17 所学校中，16 所是同样的柱子设计（图 A4.2 和 A4.3）。如平面图 A4.4 显示，在这类建筑的抗侧力体系在规划设计中被划分为规则类型。大部分柱子有规则地排开，多数的横梁被框在柱子之间。建筑柱子的一般尺寸是 0.3 米 × 0.5 米。除了建筑 C-13-01 的角落的柱子以外，所有建筑的柱子的方向都是相同的。砖石填充墙壁的方位多种多样，取决于这些学校对空间的利用。考虑外部砖石墙壁一般比内墙要厚。

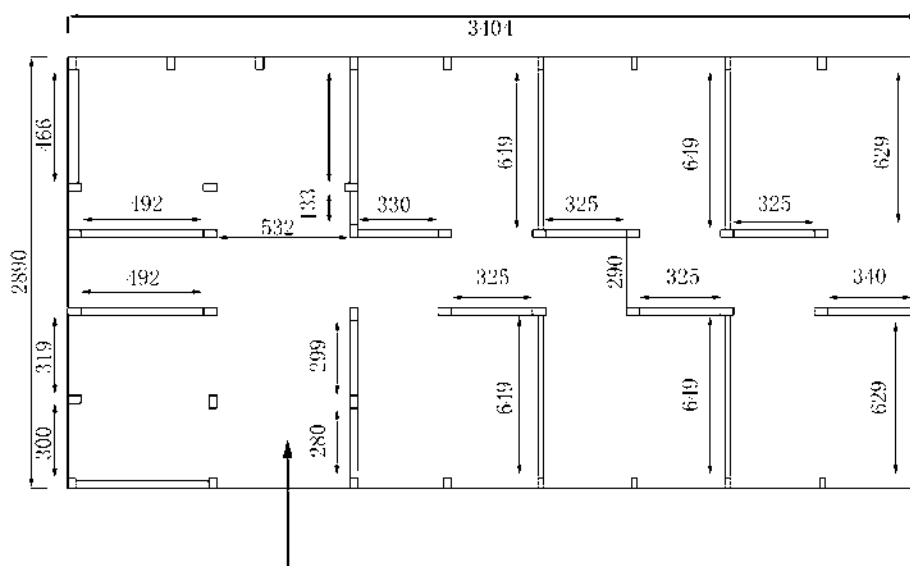


图 A4.2 缺少剪力墙的典型校舍的平面图（单位：厘米）

注：图中没有显示有开洞口的墙壁，所有柱子的尺寸是 0.3 米 × 0.5 米。箭头指明了建筑的入口。

C-13-02 是唯一一所梁柱布置与其他学校不同的学校建筑。学校由两个独立的建筑组合而成。两座建筑楼通过伸缩缝连接在一起，但这一伸缩缝不足以避免两个结构之间的碰撞。图 A4.4 显示了朝北建筑的平面图。图中显示所有柱子的尺寸都是 0.2 米 × 0.5 米。

如果不论楼层高低，具有刚性框架的建筑柱体面积大约占建筑总面积的 1%。因此，建筑结构在地震中的表现受到楼层数目的很大影响。建筑的抗侧力体系受损程度根据楼层数目可以分为以下几类：

- (1) 5 所两层楼学校，其中：4 所中度毁坏，1 所轻度毁坏。

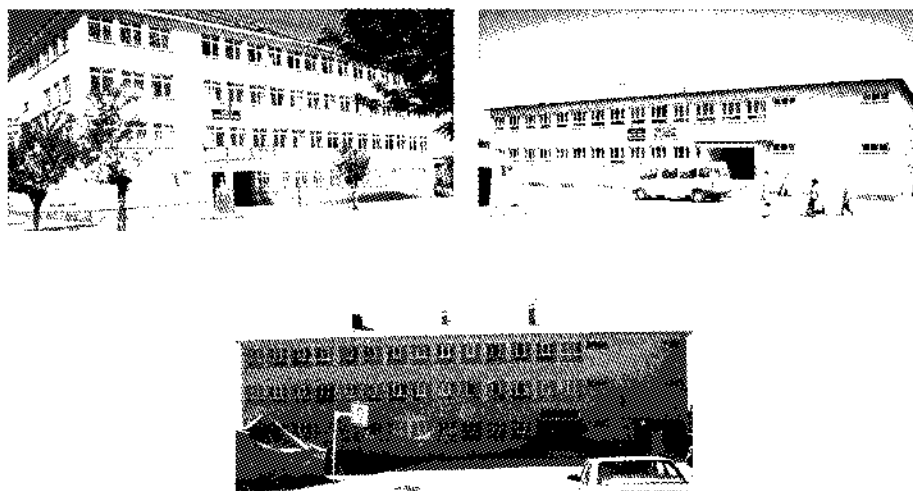


图 A4.3 学校建筑的一般平面图

注：各个楼层都使用规格相同的柱子。

(2) 11 所三层楼学校，其中：3 所倒塌，6 所严重毁坏，2 所中度毁坏。

(3) 1 所四层楼学校遭到严重毁坏。

砖石结构墙的损毁程度单独分成一类。三层和四层楼建筑的砖石结构墙都遭到毁坏。这表明地震运动使这些结构发生了显著位移。

人们发现学校建筑的建造和结构设计中普遍存在几个问题。在大多数被调查的建筑结构中，它们的建筑质量比较接近，其中反映出来的具体问题是：使用未经清洗的聚合材料；使用最大尺寸的大型聚合材料（达到 10 厘米）；使用不可伸缩的钢条；冷接缝施工准备不足。

这些建筑在结构上普遍存在的一个问题是短柱（captive column）问题，它导致房屋容易发生剪切破坏。几乎所有学校都将锅炉房和卫生间小窗户的开口设置在邻近柱子的地方。如图 A4.2 所示，建筑外部的矩形柱子都朝向抗压强力轴所在的方向，即建筑布局的短方向。因此，建筑长方向上的外部墙壁的窗户使柱子承受着与其垂直作用的剪力，致使柱子朝弱力轴弯曲（图 A4.4）。此外，人们还发现建筑上方角落的砖石结构墙壁发生挤压，造成了短柱（图 A4.5）。

所有被调查的学校建筑在细节方面都不符合现代抗震法规的要求。柱

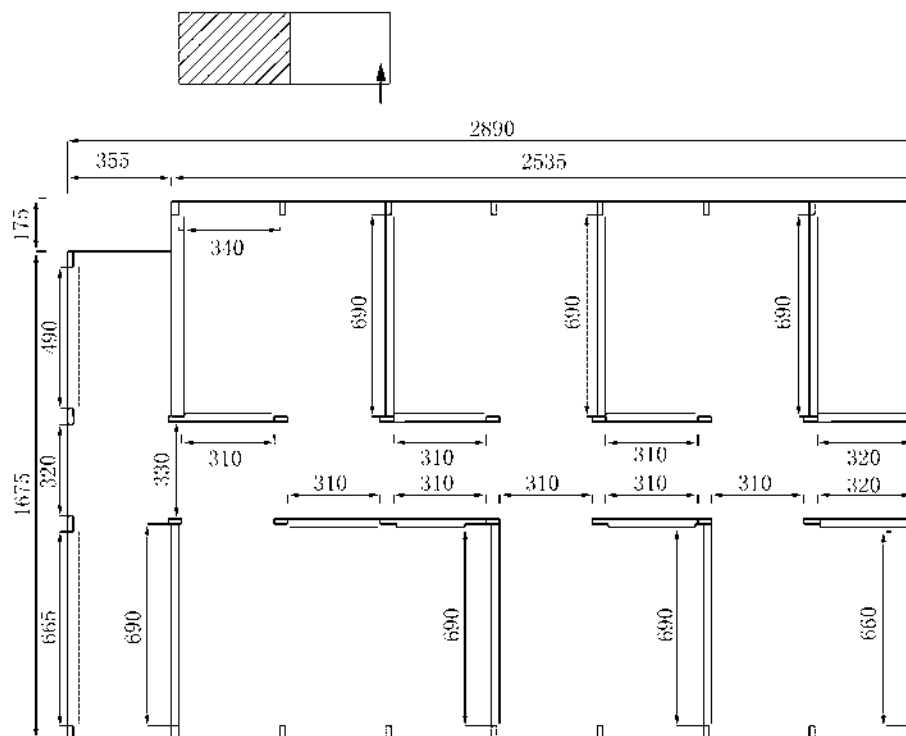


图 A4.4 C-13-02 建筑的平面图（单位：厘米）

注：结构系统是刚性框架结构。柱子是 0.2 米 × 0.5 米，学校建筑包括两幢独立的结构，由有限的伸缩缝分开。我们只调查了图片上方的阴影部分。箭头的指向标志着建筑入口。

子的塑性铰区域没有密闭是造成破坏的主要原因之一。尽管一些柱子末端的箍筋之间距离被缩短，但横向加强力度仍不足以防止抗剪力衰竭，对那些短柱尤其如此（图 A4.6）。另一个普遍存在的细节问题是箍筋加强部位末端空余部分的锚定不够（图 A4.7）。

2. 钢筋混凝土复合结构的学校和宿舍

被调查的复合结构的学校可以划分为四组：

（1）建筑 C-13-04A 与 C-13-04B 属于同一个学校建筑群，包含了由伸缩缝分开的五个不同的结构。如图 A4.8 中所示，建筑 C-13-04A 与 C-13-04B 有相似的抗侧力体系。两者唯一的不同在于砖砌墙体的位置。建筑的纵向和横向剪力墙区域分别占总体面积的 1.4% 和 2.0%。这些建筑没有结构性损坏的迹象，而且砖石墙体只是遭到轻微的损坏。



图 A4.5 C-14-03 建筑中锅炉房的小窗户导致柱体发生剪切断裂

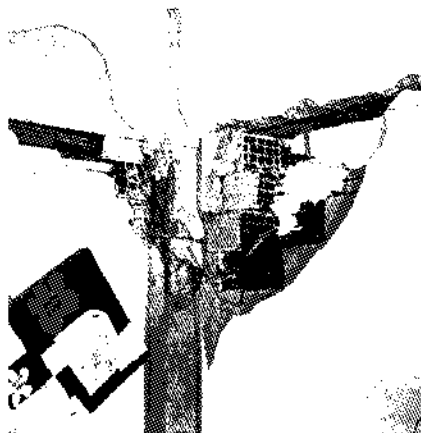


图 A4.6 C-14-01 建筑中砖石围墙的上隅角受到挤压，导致柱体发生剪切断裂



图 A4.7 C-13-09 建筑中柱子的抗震能力不足

注：这些柱子发生剪切断裂，从而导致一楼坍塌。在柱子上端30厘米处，横向钢筋的间距为10厘米，箍筋的末端没有进行合理锚定。

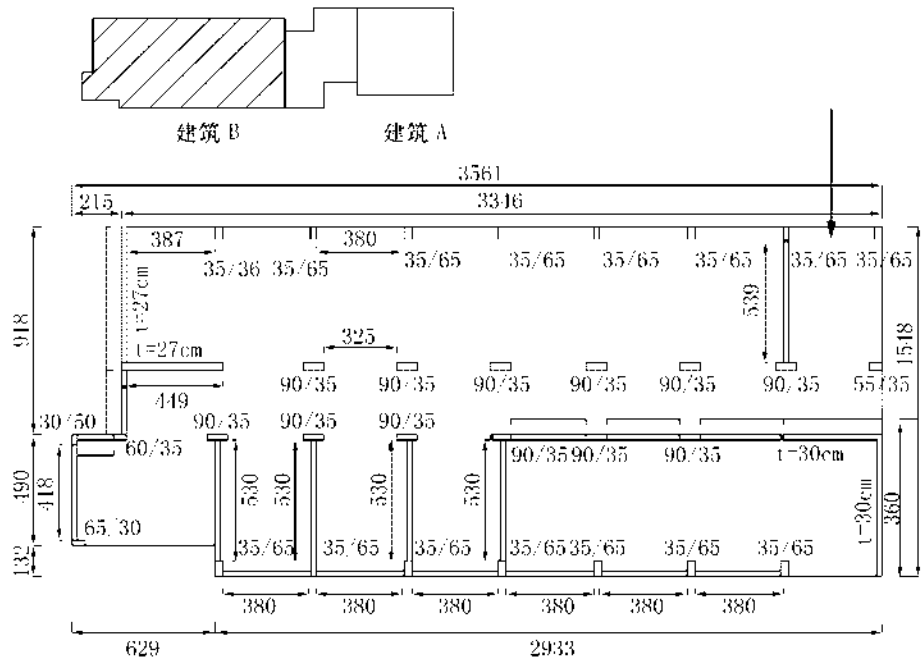


图 A4.9 C-14-08 建筑结构的平面图（单位：厘米）

注：砖石墙体内部和外部的厚度分别为 0.25 米和 0.30 米。箭头指向建筑的入口。

系统的损伤被定级为严重损坏。由于墙壁边缘的砖块破碎，所以砖砌墙体从结构框架中分离出来。砖砌墙体没有发生局部或者整体倒塌。

C-13-03 和 C-15-03 建筑与其他两座建筑相比，剪力墙承载比率更高一些（墙壁占楼体面积的比例），结构系统和砖砌墙体仅受到中度损坏。结构系统和砖砌墙体的损坏程度被定级为中等。在柱子和剪力墙上未发现倾斜式破裂，但在局部成分上发现施工问题导致混凝土保护层散裂。

(3) 建筑 C-17-03。建筑 C-17-03 有四层楼。柱子面积占总面积的 1.1%，剪力墙的面积在纵向和横向上分别占总面积的 0.8% 和 1.0%。另一建筑位于邻近建筑西端的位置。虽然两幢建筑是靠伸缩缝隔开的，但是它们之间的间距很小。

砖石墙体和结构系统的损坏程度属于中等。在柱体和剪力墙上未发现倾斜式破裂，但在局部出现施工问题，导致混凝土保护层散裂。

(4) 宿舍建筑（D-16-02、D-17-01、D-17-02 和 D-17-04）

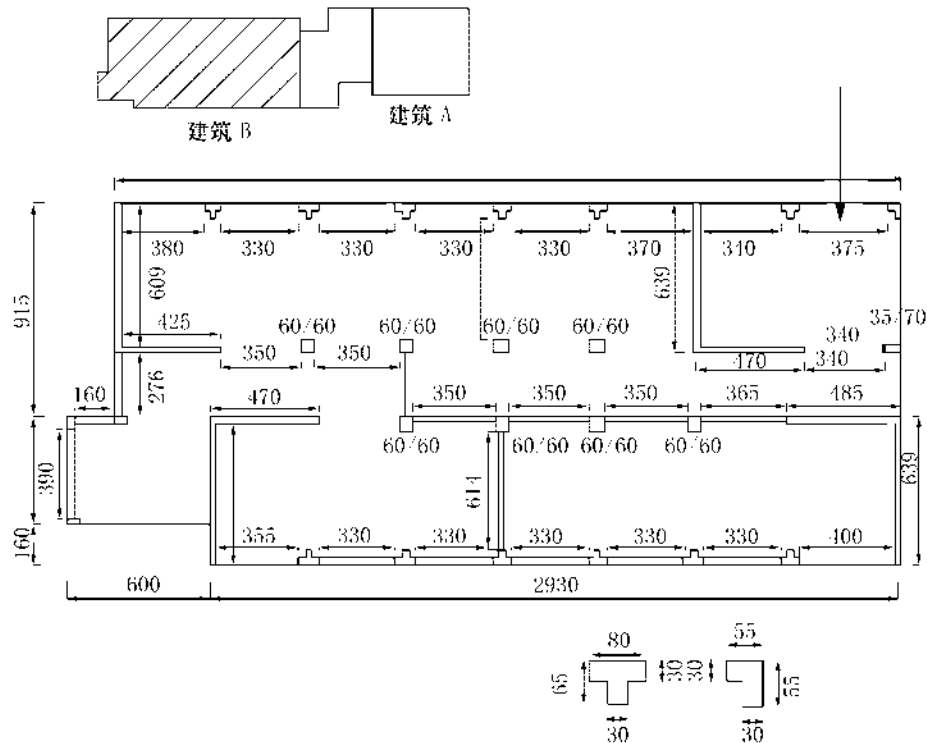


图 A4.10 C-13-03 建筑结构平面图 (单位: 厘米)

注: 剪力墙的厚度是 0.3 米。砖石墙体内部和外部的厚度分别为 0.25 米和 0.30 米。箭头指向建筑的入口。

周围没有其他建筑, 它们平面布局完全相同 (如图 A4.11 所示), 都有四层楼。就其结构体系而言, 这些学校建筑的柱子面积占总面积的 0.7%, 在两个主要方向上的墙壁面积分别占总面积的 1.0% 和 1.5%。

在被调查的四幢宿舍楼中, D-17-01 和 D-17-02 两座建筑被划定为严重结构损坏, 因为其栏柱上有倾斜断裂。在剪力墙上也同样有细微的倾斜破裂。一些横梁砖上出现弯曲的裂纹和斜裂纹, 而且发现一些与其他横梁框在一起的横梁受到损坏, 而不是与柱子框在一起的横梁。

D-16-02 和 D-17-04 建筑的损坏程度被定级为中等, 因为在剪力墙上发现了细小的倾斜裂缝, 并在横梁上发现了剪切和弯曲的裂缝。最让人吃惊的损坏是独立式砖砌墙的倒塌, 它原来是用来隔离建筑物上层的寝室床位。这些墙壁没有被纳入损坏级别评定中, 因为它们没有和结构系统

连在一起。然而，这些墙壁对寝室内学生构成了严重灾害威胁，因为有时候墙壁会倒塌到床上（图 A4.12）。

3. 框架结构和复合结构的抗震性对比

对建筑破坏情况的评估结果进行分类是为了比较两组学校建筑在地震中的表现。在这方面，墙壁和柱子指标是根据其占总面积的比例而界定和计算的。墙壁的指标是根据建筑水平方向的两个主轴来计算，其中较小一轴被用来作为该建筑的墙壁指标。图 A4.13 显示了建筑损毁类型与墙壁和柱子指标之间的相互关系。如图所示，损坏程度随着墙壁和柱子指标的增加而下降。

对建筑损坏情况的调查发现,复合建筑的抗震性更令人满意。尽管一些复合结构的建筑由于其结构性缺陷被定级为严重损坏,如短柱和冷沥青浇灌接缝等问题所造成的损坏,但砖石墙体的损坏情况表明,钢筋混凝土墙壁可以有效地保证建筑的侧向移动趋势低于一个合理的限制范围。而框架结构建筑在地震中的表现并没有这样好。尽管所有建筑的建造质量是统一的,框架结构建筑更易受到因建造施工缺陷而造成的损坏。框架结构建筑的伸缩性可能导致其产生的侧向移动比复合结构建筑更大,从而引发严重的损坏,在多数情况下甚至是建筑结构的完全倒塌。那些遭严重损坏的框架结构建筑物的砖石墙体损坏程度,支持了关于移动过大的结论。框架结构建筑的剪力衰竭对柱子的损坏十分严重。图 A4.13 展示的是建筑表现满意度,柱子和墙壁指标是必须达到的最小界限。

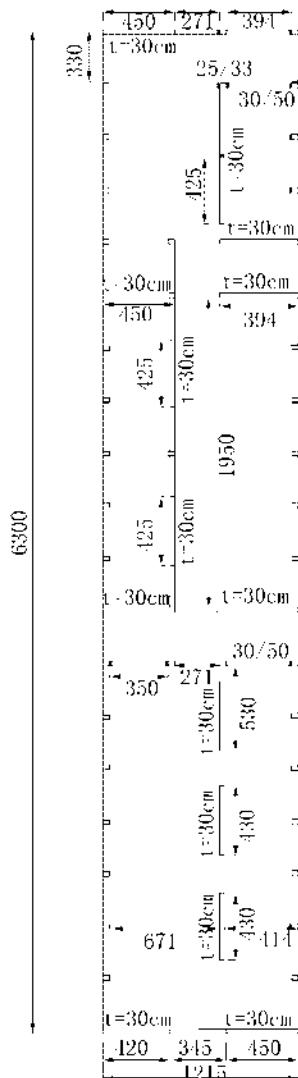


图 A4.11 宿舍建筑
结构平面图 (单位: 厘米)

注：石墙体的厚度是
0.3 米。



图 A4.12 宿舍楼的独立式砖石墙砸在床上

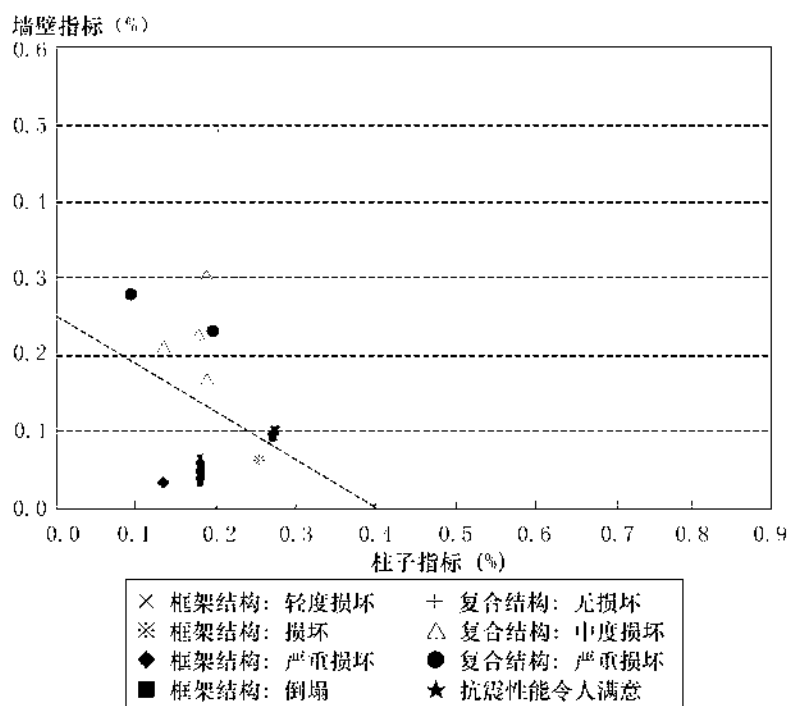


图 A4.13 学校和宿舍建筑的结构性表现与其墙壁和柱子指标之间的相互关系

第五章 学校地震风险：委内瑞拉项目

委内瑞拉中央大学工程系

奥斯卡·洛佩兹 等 (Oscar A. López et al.)

内容提要：1997 年委内瑞拉东北部地区发生地震，造成 2 所学校倒塌和 46 名学生死亡。本文介绍了此次地震中学校建筑的抗震情况，提供了该地区和委内瑞拉的地震数据，并分析委内瑞拉两种典型的学校建筑：“箱式”和“老式”建筑。文章还分析了每种建筑类型的校舍坍塌原因。本文是委内瑞拉为降低学校地震风险所开展项目的一部分，该项目对现存学校的地震易损性进行了鉴别和分类。

一、卡里亚科 (Cariaco) 地震

1997 年 7 月 9 日当地时间 15:24，委内瑞拉东北部发生地震，距离加拉加斯 300 公里。这次地面运动引起 5 幢钢筋混凝土结构的建筑坍塌，其中包括两幢校舍。校舍坍塌造成 74 人死亡，522 人受伤。地震在附近几个村庄引发泥石流。在卡里亚科镇，两幢学校校舍、一座两层楼的银行和一个酒店在地震中坍塌，并且这些建筑都是钢筋混凝土结构。300 栋砖砌墙结构的独户住宅也遭到破坏。学校附近的一些平层建筑毫发无损。

1. 卡里亚科的地震数据和估测的地面运动

这场 6.8 级地震的震中位于东经 10.43° 和北纬 63.49°，震源深度为 10 公里。卡里亚科镇距离震中约 10 公里，但距离断层轨迹仅 600 米（图 5.1）。右侧 30 公里的滑断层，沿东西方向平均位移了 30 厘米（图 5.2）。此次断层对应着埃尔—皮拉尔（El Pilar）断层，后者在加勒比海板块和南美板块交界处。在庫马纳市（Cumaná）记录的地表运动距离震中大约 70

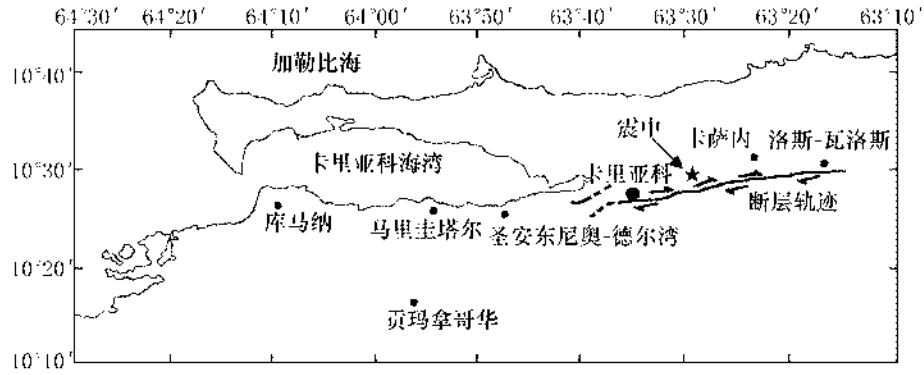


图 5.1 震中、断层轨迹和卡里亚科镇

公里。在纵横两个方向上记录下来的峰值地面加速度（PGA）为 0.09g、0.05g 和 0.03g，共持续约 20 秒时间。

在卡里亚科镇，两幢坍塌学校所在的地方的土质十分相似：地表至地表以下 10 米处的土质非常疏松；在地表下 10 ~ 20

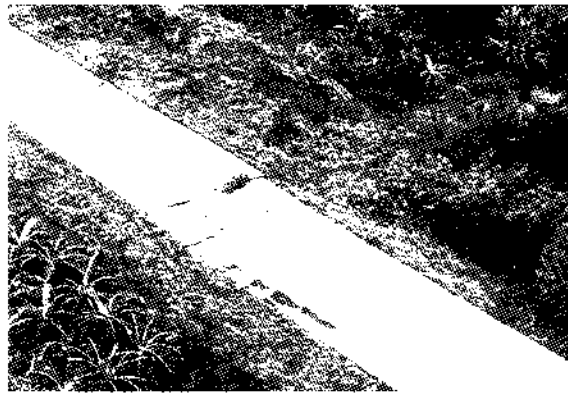


图 5.2 右侧滑动断层

米处的土质比较致密；20 米以下的土质十分致密。近断层地面运动的衰减规律（Abrahamson and Silva, 1997；Boore, Joyner and Fumal, 1997；Campbell, 1997；Sadigh et al., 1997），表明峰值地面加速度（PGA）的中位数与 50% 概率发生地震的周期相关（表 5.1）。取所有衰减规律的平均值，峰值地面加速度（PGA）的中位数是 0.52g，即存在 50% 的概率 PGA 数值在 0.39g 和 0.70g 之间。人们使用 38 次土壤近断层运动的记录建立了一个 5% 阻尼的谱均值（López et al., 2004），用它来确定谱加速度反应谱。图 5.3 显示了得出的均值、最高和最低的谱值，这些值界定了大约 50% 发生概率的谱加速度反应谱的变动范围。

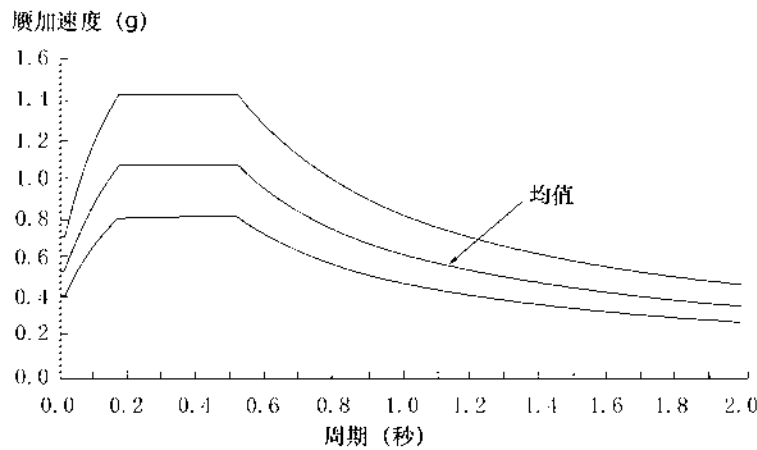


图 5.3 震加速度反应谱

表 5.1 卡里亚科发生概率为 50 % 的峰值地面加速度 “a” 的变动范围

参考资料	标准方差	最低四分位	PGA _a (g)	
			中位数	最高四分位
Abrahamson and Silva (1997)	0.44	0.39	0.53	0.71
Boore, Joyner and Fumal (1997)	0.52	0.38	0.53	0.75
Campbell (1997)	0.39	0.38	0.49	0.64
Sadigh et al. (1997)	0.42	0.41	0.54	0.72
均 值		0.39	0.52	0.70

2. 巴伦廷—巴连特 (Valentín Valiente) 学校表现状况

(1) 情况描述和地震期间行为。巴伦廷—巴连特 (VV) 学校建于 1958 年，建筑由两个相互独立的建筑模块组成 (图 5.4)。每一个建筑模块都是矩形的两层建筑，与框架相连的是钢筋混凝土结构和由 15 厘米厚中空混凝土砖构成的砖砌墙 (Fernández, 1998; IMME, 1998)。这种混凝土托梁楼板结构，在纵向上有一个 5 厘米的板坯与托梁相连，板坯与托梁的距离是 50 厘米。并且所有柱子的切面都是 20 厘米 × 30 厘米。带有较深横梁的框架 (20 厘米 × 65 厘米) 位于整幢建筑的横截方向，而纵向上没有横梁。对震后建筑材料进行的检测结果表明，混凝土的压缩强度是每平方厘米 140 千克力；横木产生的最小压力是每平方厘米 2400 千克力。衔接处没有采取任何横向加固措施。横梁和柱子的横向加固结构是直径为 1/4 英

寸的普通横木箍组合，距离为 25 厘米和 15 厘米（Bonilla et al., 2000; Fernández, 1998）。建筑使用两类砖砌体填充物，如图 5.5 (a)：一种的高度为 2.25 米，沿 1、3、5、7 四个方向完全填充了整个横截方向框架；另一种的高度为 1.70 米，因此形成了净高 55 厘米的短柱，填充在纵向框架 A 里。纵向框架 B 带有一个非常坚硬的钢筋混凝土栅栏，牢固地将距地面 50 厘米高的柱子连接起来。

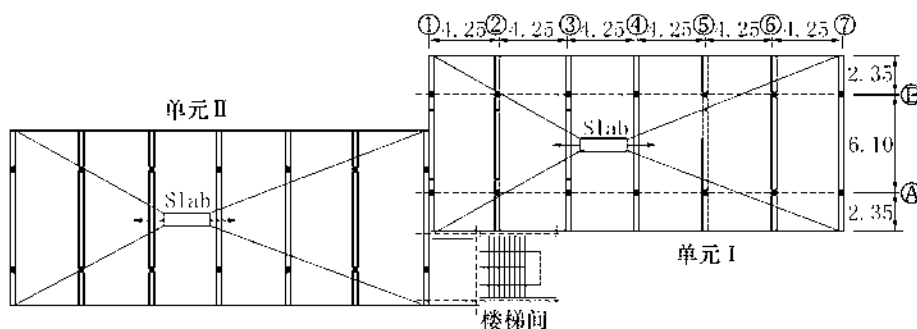
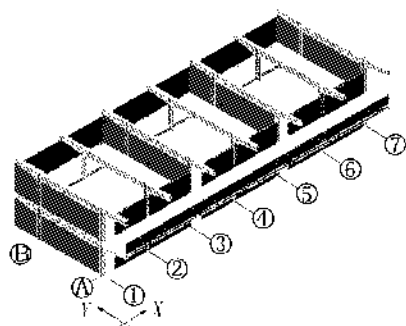


图 5.4 学校第一层楼结构平面图（单位：米）

由于横向加固结构和短柱较少，所以这种建筑的能量分散能力很低。而且由于缺少横梁，并且柱子太小，所以它的纵向结构也不够坚固。地震时两个结构模块的坍塌非常相似，纵向出现大距离移位，而且导致 5 人死亡（图 5.5 (b)）。两层楼的柱子都坍塌时，所有板坯都会倒在墙上。人们发现短柱出现脆性破裂，而长柱上则出现韧性破裂。



(a) VV 学校三维立体图展示框架和填充墙

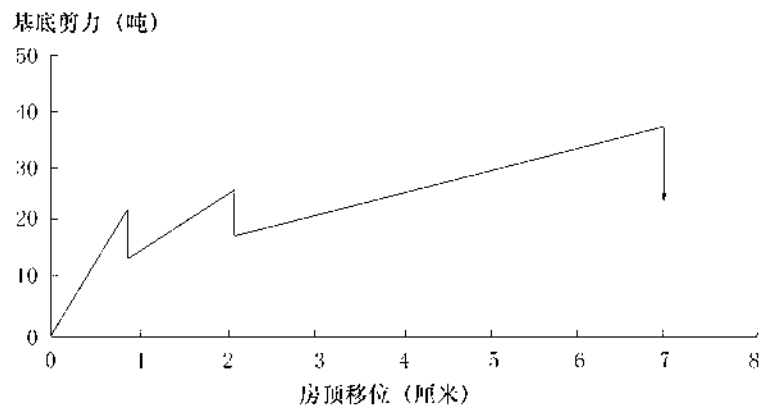


(b) VV 学校纵向结构性坍塌图
(Bonilla 等, 2000)

图 5.5 VV 学校三维立体图和结构性坍塌

(2) 结构分析。人们通过非线性静力弹塑性（pushover）分析方法来确定建筑的抗震能力；纵向结构处于稳定状态时一直承受着侧面三角负荷，人们以斜压缩杆为模型修建填充墙，以等效梁为模型修建厚混凝土托梁。图 5.6（a）说明了基底剪力抵抗房顶移位的情况。结果表明，第一层楼的短柱 A2、A4、A6 发生第一次剪切破坏时，其基底剪力是 23 吨；接着，第二层楼同样的三根柱子发生第二次剪切破坏时，其基底剪力是 26 吨；接下来，托梁和其他柱子发生弯曲破裂，合计基底剪力是 36 吨，房顶移位 7 厘米。为了估算风险指数，结构的极限承载能量值为 30 吨。

人们估测基底剪力需求的基础是在建筑发生倒塌方向上进行的赓加速度反应谱动态弹性分析（图 5.3）。对于一个总重量为 42 吨的建筑结构，其基本周期是 0.65 秒。由此可以得出重量在 254 吨和 456 吨之间的建筑结构，发生倒塌概率在 50% 时的基底剪力需求。移位需求对应的是两层楼发生 15% ~ 27% 的移位时的需求情况，如图 5.6（b）。估测所得的移位需求比建筑本身的结构能量要大 8 ~ 15 倍，从而导致的是难以达到的韧性需求，这对本身能量分散能力很低的建筑结构尤其如此。



(a) 静力弹塑性分析得出的承载力

基底剪力（吨）	位移情况（厘米）	
	第一层	第二层
254 ~ 456	5 ~ 8	9 ~ 16

(b) 地震中动力弹塑需求的变化范围

图 5.6 VV 学校的纵向能量与需求

(3) VV 学校的坍塌主要是由设计上的缺陷造成的。总体说来：由于柱子太小和缺少横梁，纵向结构的抵抗力和坚硬度非常低；连接柱子用的砌筑墙形成短柱，并且导致脆性破裂；细节设计不当造成建筑物自身能量分散能力十分有限。尽管学校所在的位置处于断层附近，地震时地面运动十分剧烈，但由于学校建筑自身存在地震易损性，所以即使强度较低的地面运动，也很可能导致它们倒塌。除了混凝土强度低之外，在建筑施工方面未发现问题。

3. 雷蒙多—马丁内斯—森特洛 (Raimundo Martínez Centeno) 高中的情况

(1) 学校概况和地震中的表现。卡里亚科的雷蒙多—马丁内斯—森特洛高中 (RMC) 建于 1985 年，尽管该学校建筑结构图上标示的日期是 1978 年 4 月 6 日。设计蓝图表明学校建筑是按照 1967 年的标准作为地震区划 2 而设计的。根据当时的标准，卡里亚科镇处在三级地震区划，这个区划的抗震要求比二级区划要高出 2 倍。学校由两幢相互独立的建筑模块组成，平面设计呈 C 形。一幢建筑有三层楼而另外一幢建筑多加出来一层楼。本节仅对这幢三层建筑进行了分析，其平面设计图参见图 5.7。每一个建筑单元都有一个钢筋混凝土结构，这一结构在两个水平方向上都有框架，以及 15 厘米厚的砖砌实墙，如图 5.8 (a)。混凝土托梁系统的总厚度是 30 厘米，沿 Y 方向形成横梁 (图 5.7)。建筑柱子的尺寸为 35 厘米 × 35 厘米。

Y 方向上的横梁是 30 厘米 × 40 厘米，X 方向的横梁为 30 厘米宽，高度在 40 ~ 70 厘米之间。框架 1 ~ 框架 5，砌体填充物占满了整个框架。在框架 B ~ E 中，砌体填充物形成了一个长度为 70 厘米的短柱子。在框架 A ~ F 中，短柱的长度为 170 厘米。第一层楼中这种填充墙的数目只有第二层楼的 1/3，只有最顶层楼的一半。震后一项测试表明，混凝土强度为每平方米 250 千克力，而加固杆的承受压力为每平方米 4200 千克力 (IMME, 1998)，这与建筑设计中的规范数值是一致的。直径为 3/8 英寸的柱子箍分别安装于距离托梁 10 厘米和 20 厘米处，在托梁中没有横向加固结构。建筑的柱子箍数目只有按该地震区划规定实际需要数目的 66%。

这幢校舍建筑的能量分散能力非常低；柱子比横梁脆弱，而且剪力强度很小。砌墙填充物与柱子相连，形成的短柱存在脆性破裂的风险。此

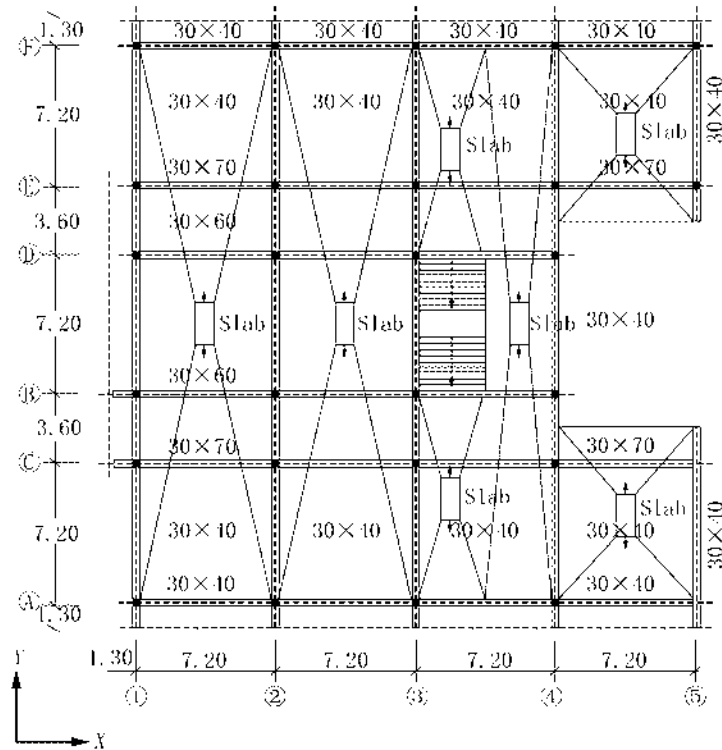


图 5.7 RMC 学校一个建筑单元的一层平面图（单位：米）

外，建筑的高层楼层的砖砌墙数目比第一层的砖砌墙数目要多得多，导致一层的强度不高。这两幢校舍在地震中的表现类似，低层柱子破裂，楼体坍塌（造成 18 人死亡），由于建筑主要在 X 方向上发生了移位，所以第二层楼直接塌到地面上，如图 5.8（b）。两幢建筑之间没有发生冲撞的痕迹。在没有倒塌的二楼和三楼，有些短柱上发现了剪切破坏，而另外一些短柱上发现了纵向钢压缩弯曲（Castilla and Marinilli, 2000；IMME, 1998）。

（2）结构分析。人们通过静力弹塑性分析来确定沿 X 方向倒塌的房屋。砖砌墙采用斜压缩杆结构。建筑沿 X 方向活动的基本周期为 0.58 秒，重量为 1900 吨。图 5.9（a）显示了基底剪力与房顶位移的对比情况。结果表明，在一层的短柱子 B3 和 E3 处发生剪力衰竭，负荷重量是 477 吨；接着是另外 3 根短柱 B1、E1 和 A4 处发生剪力衰竭，负荷重量是 487 吨；接下来，几根长柱子发生剪力衰竭。而整个建筑最终的承载能力为 450 吨。由地震运动引发的承载需求（图 5.3）可以通过静力弹塑性分析来确定，

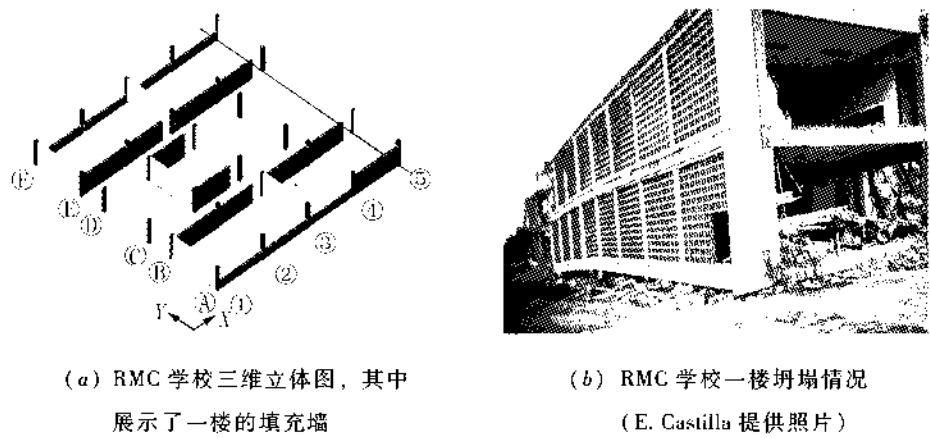
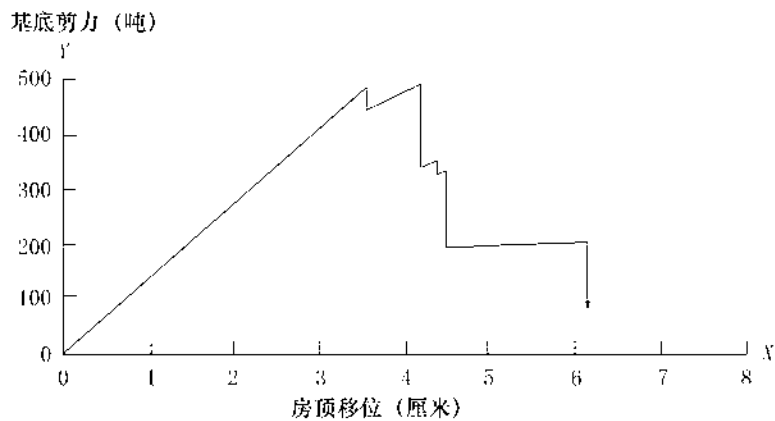


图 5.8 RMC 学校三维立体图和结构性坍塌图

如图 5.9 (b)。这一承载需求比建筑的承载能力高出 2.8 ~ 5.1 倍，对于结构本身分散能量的能力很低的建筑来说，这个要求太高。



(a) 用静力弹塑性 (pushover) 方法分析得出的承载能力

基底剪力 (吨)	位移情况 (厘米)
	房 顶
1280 ~ 2300	8 ~ 14

(b) 地震中动力弹塑需求的变化范围

图 5.9 卡里亚科镇 RMC 学校在 X 方向的承载能力和需求

(3) 导致 RMC 高中坍塌的原因是：柱子以及柱子连接处缺乏合理限制固定，而且柱子抗剪力较低，导致建筑结构的能量分散能力低；使用砌

筑墙时形成短柱，导致脆性损坏；由于二层以上的楼层停止使用砌筑墙，所以一楼的强度和刚度与其他楼层差别较大。建筑施工方面未发现问题。

二、委内瑞拉的学校与防震形势

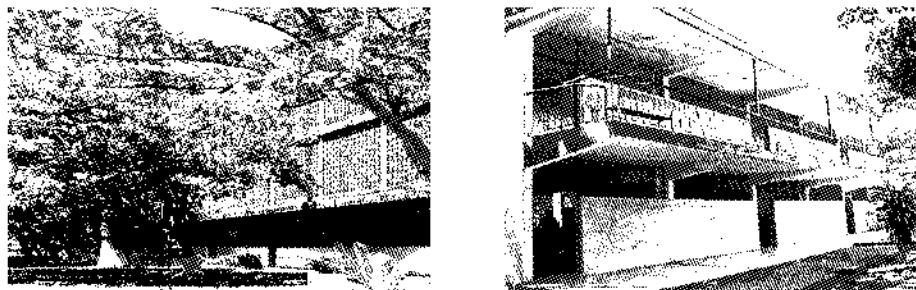
1. 学校面临的地震灾害

委内瑞拉的抗震建筑规范中包括了地震灾害地图，它设定学校建筑抗震标准的峰值地面加速度（PGA），是 50 年内有 5% 的概率发生地震时的峰值地面加速度（COVENIN，2001）。该国被划分为 7 个地震区划，最大峰值地面加速度（PGA）为 0.52g，这几个区划按地震灾害性程度可以分成四类，即强高度、高度、中度和低度（表 5.2）。委内瑞拉全国从学前班到中学共有 28119 所教育机构；大约有 70% 的学校，即 19516 所教育机构位于“高度”到“强高度”地震灾害区划之中（表 5.2）。一般来说，学校包括几幢相互独立的建筑，并且许多教育机构的建筑方案只是在为数很少的几个建筑结构设计挑选出来的。根据估测，现存大概有几百所“箱式”建筑（即类似于 RMC 高中的建筑）以及“老式”建筑，即类似于 VV 学校建筑。图 5.10 显示，这些建筑中有一部分与卡里亚科镇地震中坍塌的建筑十分类似。1991 年在库拉里瓜（Curarigua）发生的地震（位于委内瑞拉西部），印证了这些建筑存在的高风险。当时，一幢类似 VV 学校的“老式”建筑遭到严重破坏。那一次中度地震（M5.3）的震中距离阿雷纳利斯（Arenales，位于拉腊州）20 公里，导致了校舍一楼的短柱发生脆性破裂，这与卡里亚科镇发生的情况类似。临近区域记录下来的加速度图显示，那次地震的峰值地面加速度（PGA）低于 0.1g。这就清楚地证明，即使发生低度至中度地震时，这些学校建筑也存在地震易损性和高风险。

表 5.2 委内瑞拉地震灾害区划内的学校分布

区 划	地震灾害等级	PGA (g) *	学校数目	占学校总数的百分比 (%)
6, 7	强高度	0.46 ~ 0.52	1671	5.9
4, 5	高 度	0.33 ~ 0.39	17844	63.5
1, 2, 3	中 度	0.13 ~ 0.26	8205	29.2
0	低 度	—	399	1.4
	总 计		28119	100

注：* 指 50 年内有 5% 的概率。



(a) 与 RMC 高中完全相同，如图 5.8 (b) (b) 与 VV 学校完全相同，如图 5.5 (b)
(E. Castilla 提供照片)

图 5.10 委内瑞拉与卡里亚科 (Cariaco) 镇倒塌的学校建筑完全相同

2. 降低学校在地震中的风险

在委内瑞拉“降低学校地震风险”项目中，人们根据所处的地震区划来确定两类不同类型学校（即“老式”结构和“箱式”结构）在地震中的风险性。该项目的目标是对现存学校建筑进行鉴别和分类，以确定学校面临的风险水平并提出建议措施，将风险降低到目前抗震标准规范的水平。该项目分为三个阶段：初步评估、详细评估和结构性加固。

(1) 初步评估（阶段1）。这个阶段的内容包括：对全国的学校进行鉴别和分类；分析校舍抗震性时侧重挑选那些使用了重复设计，在校人数较多的学校；分析与地震灾害地图的相关关系；利用视觉快速筛选法对学校进行评估；根据风险水平对学校分类；挑选出需通过第二个阶段检查的学校。

(2) 详细评估（阶段2）。人们根据目前的设计和建造标准进一步详细评估第一个阶段挑出来的学校。这一阶段的工作有：通过动态分析确定地震活动引起的弹性需求；通过非线性静力分析，确定结构性因素的局部强度以及结构的整体强度；确定由需求/能力之比所决定的风险指数；挑选学校继续进入阶段3。

(3) 结构性加固（阶段3）。此阶段包括：在加固项目考虑建筑的三个抗震级别：地面运动为中等强度时。这些建筑可以马上投入使用；地面运动强烈时应考虑如何保障生命安全；地面运动达到最强时，应主要关注建筑的结构性稳定。第二和第三个级别需要对加固建筑进行非线性动态分析；研究不同的结构性加固方案，以增强建筑的抗震可靠性，达到保证人身安全时所需要的安全水平，同时将成本降至最低，并尽可能不中断学校

的教学活动。

3. 标准学校类型的风险指标

人们在项目的早期阶段挑选了“老式”和“箱式”学校并进行详细评估，因为这些学校与卡里亚科镇地震中倒塌的学校建筑完全相同，并且在全国非常常见。评估的目的在于对全国 7 个地震区划中每一个区划的每一所学校确定一个风险指标（表 5.2）。通过受到每一地震区划的地面运动影响的线性弹性模型，估测最大动力响应指标。项目考虑了两种质量的混凝土和五种不同的模型，用来评估墙和楼梯产生的影响以及结构性因素发生的断裂。同时，项目还考虑了重力负荷、地震在水平方向的两个组成成分、地震在垂直方向的组成成分以及偶尔发生的扭转力的共同作用。人们按照地震规范的准则将这些负荷情况组合在一起（COVENIN, 2001）。

风险指数（RI）由局部层面和全球层面来确定。在局部层面，RI 等于既定结构性因素下强制需求 and 能力之比。对产生韧性损坏的因素，这个指标约等于局部韧性需求。在全球层面，这个风险指数是基底剪力需求和能力之比，它由非线性静力分析确定。另一个指数是移位需求与规范所容许的移位需求之比。图 5.11 显示了带有墙和楼梯、每平方厘米混凝土强度为 200 千克力建筑模型的基底剪力衰竭风险指数的部分结果。所有因素和连接点的特点和细节设计使指数不会大于 2。

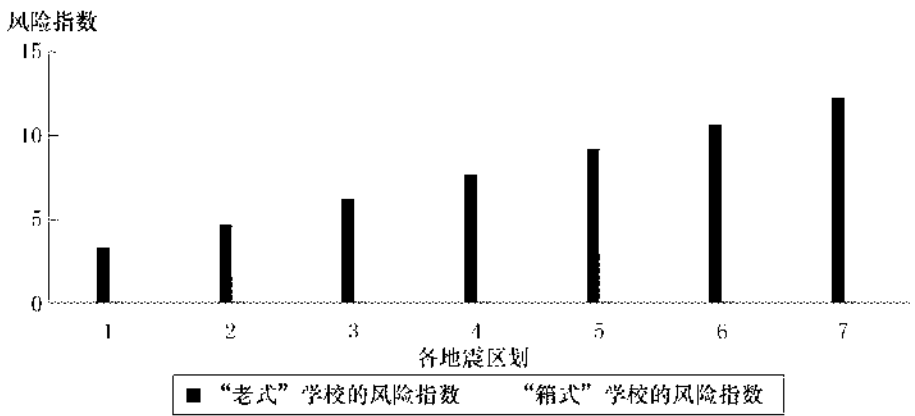


图 5.11 委内瑞拉各地震区划内标准学校类型的风险指数

图 5.11 显示了“老式”学校建筑不能接受的风险水平，即使这些建筑位于低地震区划内，也必须马上进行加固。该图结果同样显示，对于“箱

式”学校建筑而言，只有那些位于高地震风险区划的学校需要进行翻新。

参考书目

- [1] Abrahamson, N. A. and W. J. Silva, 1997, "Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work", Seismological Research Letters, Vol. 68, No. 1, pp. 128 ~ 153.
- [2] Bonilla, R., et al., 2000, "The Cariaco Earthquake of 9 July 1997", Revista Boletín IMME (Institute of Materials and Structural Models, Central University of Venezuela Technical Bulletin), Vol. 38, No. 2, pp. 1 ~ 50 (in Spanish).
- [3] Boore, D. M., W. B. Joyner and T. E. Fumal, 1997, "Empirical Near-Source Attenuation Relationships for Horizontal and Vertical Components of Peak Ground Velocity, and Pseudo-Absolute Acceleration Response Spectra", Seismological Research Letters, Vol. 68, No. 1, pp. 154 ~ 179.
- [4] Campbell, K. W., 1997, "Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data", Seismological Research Letters, Vol. 68, No. 1, pp. 180 ~ 189.
- [5] Castilla, E. and A. Marinilli, 2000, "Structural Behaviour of the Raymundo Martinez Centeno High School in the Cariaco Earthquake on 9 July 1997", 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 29 January - 5 February 2000.
- [6] COVENIN (Venezuelan Commission for Industrial Norms), 2001, Seismically-Resistant Construction, Norm 1756 ~ 2001, MINDUR (in Spanish).
- [7] Fernández, N., 1998, Sensitivity Analysis of the Causes of the Collapse of the Valentin Valiente School in the Cariaco Earthquake on 9 July 1997, Special Project for the Degree of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Central University of Venezuela (in Spanish).
- [8] Institute of Materials and Structural Models (IMME), 1998, Evaluation of the Earthquake Resistance of Collapsed Buildings in the Cariaco Earthquake on 9 July 1997, Report N° 209209, 20 August 1998, IMME, Faculty of Engineering, Central University of Venezuela (in Spanish).
- [9] López, O. A., et al., 2004, "Properties of the Three Main Components of Seismic Movement", Revista Boletín IMME (Institute of Materials and Structural Models, Central University of Venezuela Technical Bulletin) (in Spanish).
- [10] Sadigh, K., et al., 1997, "SEA96-A New Predictive Relation for Earthquake Ground Motions in Extensional Tectonic Regimes", Seismological Research Letters, Vol. 68, No. 1, pp. 190 ~ 198.

鸣 谢

本研究得到委内瑞拉科学技术部 (FONACIT) 的支持。

第六章 开展有效的减灾工作及危机处理： 前南斯拉夫马其顿共和国的经验*

地震工程学院

佐兰·米卢蒂诺维奇 等 (Zoran Milutinovic et al.)

内容提要：本文主要介绍了在最近几次地震中，前南斯拉夫共和国学校建筑的表现情况。例如，1963 年的斯科普里 (Skopje) 地震，破坏了市内 57% 的学校。同时，本文还讨论了前南斯拉夫共和国如何在区域、国家和国际范围内按照联合国开发计划署 (UNDP) 和欧洲与地中海重大危害协定来提高学校、学生和老师的灾难防御能力。学校 ID 卡、能源储备计划和其他教育项目都提供了与学校建筑有关的关键数据，这些数据反映了学校在不同地震等级中面临的潜在危险，以及在危机发生时做出及时有效的反应和做好紧急管理的要素。

一、引言

欧洲与地中海重大危害协定 (MHA) 成员国^①全都位于灾难多发区。因此，这些国家经常受到自然灾害的不利影响，比如地震、洪水、山林大火、山体崩塌和滑坡。有些自然灾害具有地域性和季节性（比如山林大火、洪水、山体崩塌和滑坡），其他灾害偶尔发生但危害面广（比如地

* 本文中所提及的马其顿和马其顿机构是指前南斯拉夫马其顿共和国。

① 欧洲与地中海重大危害协定 (MHA) 成员国包括：阿尔巴尼亚、阿尔及利亚、阿美尼亚、阿塞拜疆、比利时、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、法国、前南斯拉夫马其顿共和国、格鲁吉亚、希腊、黎巴嫩、卢森堡、马耳他、摩尔多瓦、摩纳哥、葡萄牙、罗马尼亚、俄罗斯、圣马力诺、西班牙、土耳其和乌克兰。

震)。对于欧洲与地中海重大危害协定成员国国家来讲,地理、生态、气象、人口、社会经济和政治等一系列因素都可能影响灾害的易发性。然而,过去的数据显示,尽管地震灾害的发生频率不高,但从它对社会财产和设施功能的破坏及死伤人数来看,地震灾害的不利影响远远超过其他任何一种灾害造成的破坏,有时地震灾害的影响甚至会超过其他所有灾难的总和。

欧洲与地中海重大危害协定就本地区发生的重大灾难提交报告时,其中经常提到地震对学校 and 医院等重要公共设施的破坏作用。在过去 10 年里,地震数据显示极少数的建筑遭到地震的严重破坏,但不幸的是,这些建筑多是政府管理的建筑(特别是学校)和一些医疗设施(表 6.1)。

表 6.1 地震对教育和医疗设施的破坏情况

建筑类型		损毁情况统计					总 计
		1	2	3	4	5	
幼儿园	第比利斯地震*	77 (48.1%)	46 (29%)	37 (23%)	—	—	160
学校	布米尔达斯地震**	420 (20%)	814 (39%)	467 (22%)	286 (14%)	103 (5%)	2090
	第比利斯地震*	98 (49%)	68 (34%)	35 (17%)	1 (1%)	—	202
	布米尔达斯地震**	94 (33%)	114 (40%)	44 (15%)	23 (8%)	10 (4%)	285
医院	第比利斯地震*	50 (42%)	32 (27%)	30 (25%)	8 (7%)	—	120

注: * 第比利斯(Tbilisi)地震,2002年4月25日发生于佐治亚第比利斯市(M4.5, h=3~4 km, MMI=Ⅶ MSK-64)(Gabrichidze, Mukhadze and Timchenko, 2003)。

* * 布米尔达斯(Boumerdes)地震,2003年5月21日发生于阿尔及尔市布米尔达斯地区(M6.8)(Belazcugui, Farsi and Remas, 2003)。

二、背 景

前南斯拉夫共和国的国土位于地中海和巴尔干地震区。密集的新地质构造运动导致地震频繁发生。在过去 100 年里,前南斯拉夫的疆土上发生的地震超过 1000 次,其中很多次都具有强烈的损坏性(烈度为 6~8)或

破坏性（烈度为 9~10），有 194 次地震的烈度（MMI）大于 6 度，44 次达到 7 度，15 次达到 8 度，9 次达到 9 度，还有 2 次达到 10 度。

与全国居民住房数量相比，校舍的利用率很高，每天最多可以接纳三批学生，前南斯拉夫共和国共有 1292 所建筑，用于学前教育、小学教育和中学教育，供 344393 名学生和 17849 名职工使用。学生人数占前南斯拉夫共和国总人口的 18%（总人口为 2033964 人）（前南斯拉夫共和国统计局，1992）。

政府对学校设施进行初步评估后发现，874 所（59%）学校的建筑基本符合安全标准，而 615 所（41%）学校的校舍需要进行维修、重建或改造。在 1489 座教学楼当中，367 座（25%）修建于 1945 年之前，666 座（45%）修建于 1945~1965 年期间，另外有 460 座（31%）修建于 1965 年以后。1964 年，前南斯拉夫共和国颁布并强制执行了第一部有关地震设计的规范。因此，目前正在使用的教学楼中有 1033 座（69%）在当时修建时并没有将地震安全问题考虑在内。

人们分析了校舍和学生的地震安全性（表 6.2）后发现，所有的教学楼都有可能遭遇 6 度以上的地震，有 98% 的教学楼和 99% 的学生会遭遇 7 度以上的地震。

表 6.2 前南斯拉夫共和国校舍和学生可能遭受的地震危险

地震强度（≥）	校 舍		学 生	
	数 量	百分比（%）	数 量	百分比（%）
VI	1489	100	334393	100
VII	1467	99	342568	99
VIII	1002	67	257640	75
IX	264	18	57720	17
X	37	3	4959	1

1963 年斯科普里（Skopje）地震造成市内 44 座校舍被毁（占城市校舍总数的 57%），这些校舍能为大约 5 万名儿童提供教育（见表 6.3）。幸运的是，当时正值暑期，地震发生时（当地时间早上 5:17），没有学生在校。因此，虽然校舍遭到严重损坏但却没有造成人员伤亡。尽管如此，由于斯科普里（Skopje）地区和全国的校舍都受到了严重破坏。很多孩子不得不被疏散，直到重新修建和加固教学楼，或者建临时或永久性教学楼建成之后才能复课。遗憾的是，政府和学校都没有做好应急措施。如果地震

发生时学生都在教室，那么斯科普里地震的伤亡人数必然会相当惊人（图 6.1）。

表 6.3 斯科普里（Skopje）地震中校舍被毁情况

学校类型	破坏状况				总 数	震前可容纳学生
	1	2	3/4	5		
小 学	3 (9%)	7 (20%)	11 (31%)	14 (40%)	35	36585
中 学	8 (19%)	15 (36%)	1 (2%)	18 (43%)	42	13772
总 数	11 (14%)	22 (29%)	12 (16%)	32 (42%)	77	50357

注：斯科普里（Skopje）地震，1963 年 7 月 26 日发生于前南斯拉夫共和国斯科普里市（M6.1, 8 km, MMI = IX, MSK - 64）。

资料来源：Milutinovic and Tasevski, 2003。



(a) 茨韦坦·迪莫夫
(Cvetan Dimov)体育馆



(b) 泽弗尔居斯·马尔科(Zefljus Marko)体育馆

图 6.1 在 1963 年 7 月 26 日斯科普里地震中学校舍部分垮塌

三、建筑损坏总量和需求评估

在 1963 年斯科普里（Skopje）、1977 年布加勒斯特（Bucharest）、1978 年塞萨洛尼基（Thessaloniki）和 1979 年蒙特内格罗（Montenegro）的一系列地震后，一些巴尔干国家也加入了 UNDP/UNIDO-RER/79/015 项

目，即“在巴尔干地区建造可以抗震的建筑”项目。这个项目的成员国包括保加利亚、希腊、匈牙利、罗马尼亚、土耳其和前南斯拉夫，这些国家非常认可第一版本的“地震破坏紧急检验条款”。此条款的主要宗旨是：通过分析地震中受损建筑的情况和随后余震活动可能带来的威胁来保护人们的人身安全；通过识别需要紧急加固的房屋和测量方法（支撑、加固、分割或总爆破等）来保护人们的财产；记录损失并评估建筑物的震后可用性，据此确定在一定的风险水平下，震后可投入使用的建筑最多有多少；提供搭建临时避难所需要信息，确定临时搭建避难所的具体位置，同时要确认物资运输路线，因为房屋坍塌可能对道路安全造成潜在威胁；收集相关数据以估算灾难造成的损失，由此使救灾措施更有效率和效果，也有利于形成减轻灾难损失的政策和调拨可利用的资源；就导致灾难频发的原因提供数据，并在后续重建计划中充分发挥这些数据的作用；为重新绘制地震影响分布图的研究工作提供数据（此研究可能促使人们对城市规划进行反思），重新评估已有的规则和建筑，更新地震危险分布图，精心设计地震最易损坏模型，以便用于震前评估（UNDP/UNIDO-RER/79/015 1985；Anagnostopoulos、Petrovski 和 Bouwkamp，1989）。

这个条款需要建立在以下的数据基础上：建筑物证明材料；包括建筑物用途在内的技术特征；关于建筑物结构系统的数据，包括工艺水平和维修质量；建筑物损毁情况估计参数，包括结构和非结构因素、整幢建筑的设施和受损状况；震后建筑的可用级别；对紧急情况测量的建议；建筑物价值评估、损坏成本估算和人员伤亡报告（UNDP/UNIDO-RER/79/015，1985；Anagnostopoulos、Petrovski 和 Bouwkamp，1989）。

UNDP/UNIDO-RER/79/015 条款的主要目标是在建筑物的物理性损坏和它的可用性之间建立直接的联系（表 6.4），这样通过一次性筛选就可以把建筑物按照损毁情况和可用性加以分类。应用技术委员会已将类似标准和方法推荐给了美国（ATC，1978）。

以震前快速视觉筛选系统为基础建立封闭式风险定级程序，联邦紧急事务管理委员会第 154 报告（FEMA 154，2002）和克里斯托弗·罗雅恩（Christopher Rojahn）的文章中已经介绍了这个程序，而且美国和其他很多国家也已经采用了它。1996 年，日本建设省发布了地震损坏评估标准以及现有和已损建筑物的抗震情况（Fukuta，1996）。

表 6.4 校舍损毁和可用性的标准

损毁和可用性的分类	可用性的分类	损毁状态	破坏程度	对破坏程度的描述	备 注
I	可用	无损毁： 轻微的非结构性损毁，孤立或者可以被忽略的结构性损毁	1	没有明显的结构性破坏 墙体和天花板出现肉眼可以看得到的细微裂缝 出现不明显的非结构性损毁和结构性损毁	1 级和 2 级建筑没有丧失抗震能力，不会危及人员生命 这些建筑在震后可以马上投入使用，也可以在清除了开裂的烟囱、阁楼和山墙等具有危险性的结构后投入使用
			2	墙体和天花板上出现裂缝 墙体和天花板上大片泥块脱落 屋体出现大裂缝，或烟囱、阁楼和山墙部分坍塌 屋顶覆盖层作响、部分或全部滑落、或坍塌 烟囱、屋梁等结构性构件上出现裂缝	
II	暂时不可用	严重损毁：发生大面积的非结构性破坏，或出现大量结构性破坏但可以进行修补	3	承重墙、窗户之间的墙体和相似的结构元件上出现对角裂缝或其他裂缝 烟囱、屋梁和钢筋混凝土墙等钢筋结构上出现巨大的裂缝 烟囱、阁楼或山墙等出现部分倒塌 屋顶覆盖层滑落或坍塌	3 级和 4 级建筑的抗震能力已经大幅下降。限制进入建筑的人员，而且房屋在维修和加固前不得使用。人们需要支撑或保护此类建筑及周边建筑
			4	墙体已经或尚未分离，墙上出现巨大裂缝，房屋的建材被压碎 窗户间的墙体或类似的结构墙出现巨大裂缝，建材被压碎 烟囱、屋梁和墙体等钢筋混凝土结构元件出现巨大裂缝并发生错动 结构元件和建筑整体出现轻微错动	

续表

损毁和可用性的分类	可用性的分类	损毁状态	破坏程度	对破坏程度的描述	备 注
Ⅲ	完全不可用	全部损毁：结构体系受到破坏，部分或全部坍塌	5	结构元件和它们之间的连接遭到严重破坏，并且发生错动 大量结构元件被毁损 整幢建筑或屋顶结构发生大幅错位 建筑物部分或全部坍塌	5 级建筑非常不安全而且面临着突然坍塌的危险。严禁任何人员入内。人们需要保护与 5 级建筑相邻的街道和其他建筑，或者紧急拆除它们。人们在决定拆除这类建筑之前必须进行成本分析，优先考虑维修和加固工作是否可行

一方面，一些巴尔干国家，例如保加利亚和前南斯拉夫共和国已经对原来 UNDP/UNIDO-RER/79/015 条款进行了微调来适应本国标准，而另一方面，希腊通过采用两个层面的检查大幅修正了此项条款，其中第二个层面所使用的条款非常类似于 1984 年 UNDP/UNIDO-RER/79/015 条款的格式。在 1996 年希腊北部科尼特萨（Konitsa）地震发生之后，地震计划和保护组织（EPPO）介绍了一种第一等级检测方法，用于迅速开展震后建筑的可用性评估（Dandoulaki、Panoutsopoulou 和 Ioannides，1998）。欧洲（例如，贝拉祖格，法尔斯，雷马斯，2003；贝内代蒂和佩特里尼，1984）正努力建立一个程序，把震前建筑物技术和结构方面的特性与其易损性或风险等级之间建立联系，而这个努力目前还没有取得一致认可。

四、学校 ID 卡：开展有效的减灾工作和
应急处理的先决条件

所有危机管理方案必须遵循五个步骤：了解当前面临的风险；估计风险的可接受性；对可供选择的减小风险的方法进行评估；选择最适宜的方法；实施此方法。

建立灾难预警战略时第一个步骤最为关键，因为了解面临的实际风险可以为内部（学校）和外部（社区或国家紧急系统）提供重要的定性和定

量数据，并有助于制定适当的应对计划。其他四个步骤为制定及执行减灾战略提供重要信息，尤其是在设计有效的减灾测量方法方面，因为这些测量方法需要动用大量资源。

公众和负责灾难管理的人们必须意识到校舍设施面临风险，才能做好充分的准备来有效地应对灾难。在降低风险和应对紧急情况的工作上，学校 ID 卡可谓是一种行之有效的方法。它可以提供一些数据，来反映校舍面临各级地震时可能遭受的潜在损失。同时，它还可以帮助人们有效开展应急工作的危机管理。

学校 ID 卡系统可以应用于所有校舍，学校在管理中必须注意以下内容：掌握风险级别和根据风险因素与面对不同震级的易损性对校舍进行分类；首先考虑风险因素的社区预警方案的实施；规划有成本效益的社区资源（包括物资资源和人力资源）以确保及时有效地应对突发情况；更有效地估计能够从地方或州政府危机管理系统获得的支持；改进救灾的计划和组织。

学校 ID 卡可以提供风险审计数据。地震专家可以在震前收集、计算、解释和综合这些数据。总之，学校 ID 卡应该包括以下数据：建筑物的识别信息；建筑物的技术特点和使用情况；包括建筑工艺和维修质量在内的建筑结构系统数据；地震学、地震危险性和地震技术学方面的定位数据；建筑物的易受损数据和风险定级数据通常会影响到学校，即使是发生可能性最小的、发生的危害性最大的情况也应该考虑到。FEMA - 154 评分计划或像日本采用的更准确的方法，也许可以被用来评估地震的破坏级别。据此，为了鉴别或者重新定义居住区域，应该事先预计可能出现的伤亡人数并将其列入危机管理计划。

人们通常选择学校和学校体育馆作为应急中心，因为校舍可作为震后安置受伤人员的场所，而体育馆可作为震后的疏散场所。因此，快速了解学校建筑物的稳定性和安全性并作出评估具有重大意义。标准肉眼筛选技术通过采用“人行道”（side walk）或“建设条目”（building entry）等方法来筛选存在地震易损性的建筑，它在许多情况下不能提供可靠的诊断。然而，人们可以找到快速、经济的诊断技术，并且克服肉眼筛选技术的缺点。对地震前后的校舍四周进行振动测量，能够提供地震前后该校舍动态情况的比较数据。具体的分析诊断技术也可以决定建筑物在地震后的可用性。如果使用了遥感勘测型仪器，那么相关诊断可以立即传输给应急管理

中心。为了让此项技术发挥更大的作用，人们有必要在此技术和专业组织或机构之间建立起联系。

除了在 UNDP/RER - 79/015 协议或 FEMA 154 文件中列出的标准结构和其他应急模式之外，学校 ID 卡可以提供关于校舍在震前的动态情况数据，比如自然频率和模型。这些标准可以确定是否应该转移学生（例如转移 300 名以上的学生），或者发挥某一特定学校建筑在一个市/地区/国家的危机管理计划中的作用。

有些国家在主要学校安装了相关设备，如一台或一系列可以独立工作的强震仪，然后通过深入的分析诊断技术来确定震后建筑物的可用性。如果仪器工作是遥感式的，那么诊断结果可以被直接输送至紧急事务处理中心。在建立这样的系统时，特殊组织或机构之间的协调就显得十分必要。

人们可以使用一台简单的强震仪。比较校舍的加速度水平和相关需求与震前校舍性能，并且评估建筑物潜在的损失。使用更多仪器时可以搜集到建筑物已经发生的非线性变形情况的数据，这些数据可以很容易地被转化为建筑物受损状况并传输给紧急事务处理中心。

五、欧洲与地中海重大危害协定（EUR-OPA）的后续工作

欧洲与地中海重大危害协定（EUR-OPA）自 1987 年签订以来一直在大力宣扬风险防范文化。这种文化将有助于保护人们抵御危险，推动政府、决策者和股东提高风险防御意识，并采用更安全的措施来提高个人和社区的安全水平。

如今人们的努力已初见成效，如建于 1999 年的欧洲—地中海学校网络（MEDSAFE Network）一直致力于宣传风险防御文化。

第三届欧洲—地中海会议——关注学校及其面对的风险（2000 年 1 月 13 ~ 15 日于保加利亚首都索非亚召开）达成的学校安全协议和校舍安全国际研讨会（2000 年 12 月 11 ~ 12 日于保加利亚的索非亚召开）的结论再次重申了以下几个问题的重要性：排查具有风险隐患的学校；对校舍进行地震安全分析以确保人员的生命安全；对学校负责人进行培训；采取必要的措施来提高学校员工、学生和家长对自然环境和工业环境的认识，使他们对突发事件具备预警意识，并了解应急流程；介绍预防和预警系统；定期组织防震演练以检查防震措施的效果；在学校课程中加入预防主要灾害的教学内容。

为了更好地发挥 EUR-OPA 重大危机协议的影响力，成员国又组织召开了两个研讨会：建筑物的易损性分析研讨会，2003 年 3 月 3 ~ 5 日于意大利伊斯普拉的联合研究中心召开；重要设施的安全与应急管理国际研讨会，2003 年 6 月 19 ~ 21 日于前南斯拉夫马其顿的奥赫里德召开（参见“参考书目”）。

以上这些活动表明，幼儿园、学校和医院等重要建筑的易损性及其本身潜藏的危机将造成重大人员伤亡和经济损失（在地震中尤为如此）。因此，人们决定为每座建筑建立相应的 ID 卡，将建筑结构、其他建筑数据（如鉴定、施工和维修质量、设备情况、紧急疏散能力等）、当地的震害排列分组、建筑的风险评估等信息输入卡中。地方和政府应该利用这些 ID 卡编制有效的防震、抗震和应急计划。

目前欧洲与地中海重大危害协定关注的重点就是推广学校 ID 卡。此卡可以提高公众、学校管理者、政府和紧急事务管理者对学校风险级别以及学校设施在地震中可能面临的各类潜在问题。然而，为了在灾后能够更有效地利用这些设施，相关机构必须在灾后对这些设施实施安全性能评估。专家依据肉眼筛选法作出的判断在一些情况下是有效的，但并不总是值得信赖的。一些非侵入式和成本效益方法，例如用于震前和震后结果检测的环境震动法，可以与标准学校 ID 卡配合使用。这样做可以减少对震后建筑物安全性能的误判。如果能够坚持使用该方法，将会大大提高社区或国家处理紧急情况的能力，并提高学校在危机处理系统中作为一种重要资源的综合能力。

为了降低学校在灾害中可能遇到的危险，及时有效地应对危机，除了要建立一种新的合作机制外，提出和采用新的方法也是十分重要和必要的。学校 ID 卡可以被视为完成此目标的有效方法。

六、前南斯拉夫共和国的学校防震工作

过去 10 年里，在国民教育系统和一些专门性非政府组织 [如马其顿红十字会和第一儿童使馆组织 (First Children's Embassy)] 以及联合国机构 (如儿童基金会、教科文组织) 的共同努力下，前南斯拉夫共和国对学校和学生进行的防震工作已经取得了很大进展。有关自然或人为灾害的题目已纳入学生课程或课外活动的内容。

为了教育学生和老师更好地应对灾害，斯科普里儿童基金会办公室专门设立了一个项目，旨在应对地震带来的生理和心理问题。此项目的主要内容包括：

- (1) 教育项目。与自然和人为灾害有关的内容将纳入学生的课程，并重点强调相关机构的作用。除了压力管理和心理辅导之外，危机管理的基本要点将成为目前乃至将来教职工培训的重要内容。
- (2) 学校应急预案（SEPP）。该预案主要在学校层面推行。它清楚地划分了所有的利益相关者及指令在危机处理程序中的作用及责任。马其顿教育机构和科学与教育部共同对其有效性作出评估。

已完成的项目工作：

- (1) 确定学校抽样调查模型。评估学校建筑的现状及一般结构类型，目前已经对全国学校建筑中的 15%（大概 150 个校舍）进行了评估。这些校舍的样本、抽样标准和优先性主要基于前南斯拉夫共和国的地震区域与教学区域的分布情况，以及该区域地震类型等因素（图 6.2）。

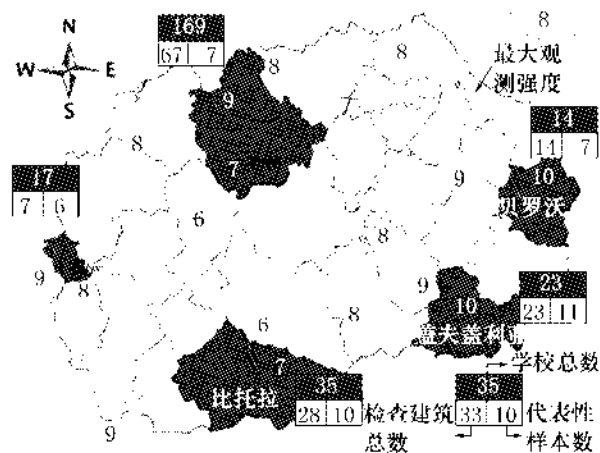


图 6.2 各地区学校抽样调查

- (2) 校舍调查。校舍调查重点关注了校舍所处地域特征、校舍几何结构以及建筑结构特征、所用建材、地基性质、建造年限、维护质量、现状和紧急疏散逃生设施状况等。UNDP/UNIDO-RER/79/015 条款对此已作出少量修订，仅仅容纳了震前建筑数据以及有益于科学与教育部推动学校建筑、设备和设施维护的数据。

(3) 确定学校主体建筑的结构类型。通过调研收集有关学校建筑结构的数据，确立学校主要建筑结构类型。

(4) 发展以 GIS 为导向的信息数据库。此数据库的数据来源是校舍清单、已经收集的校舍结构数据、非结构数据和其他参数。

(5) 评估校舍在地震中的状况及灾难发生的可能性。前南斯拉夫详细分析了校舍在震后的恢复情况，并据此对常见校舍结构在地震中可能发生的情况作出了预测。

(6) 确定成本—效益测量法及减小地震影响的优先级。由于非结构性因素和学校设备存在的潜在危险，现在倡导使用成本—效益测量法，以减小校舍的非结构性损毁。

(7) 在校园内推广地震紧急情况下生理和心理的应对指南。该指导方针包括校舍现状、一般校舍的结构以及地震时校舍可能发生的结构性变化等。在国际经验的基础上，根据前南斯拉夫现有的地震情况及校舍环境，该方针指出，在地震紧急情况下生理和心理应采取的应对措施和应优先考虑的问题。

(8) 为学校准备有关教材。为了提高教师及其他工作人员应对地震的技巧和决策能力，有关部门将发放在地震紧急情况下生理和心理的应对措施和应优先考虑的问题的宣传册以及教师工作手册。这些宣传手册包括对校舍状况的大致描述，并知道如何组织紧急疏散。

(9) 培训在职教师。将召开针对学校协调人的区域研讨会，探讨有关教学模式。

该项目正在运行的两个阶段：

第一阶段。对学校校舍进行抽样和调查，预测校舍在地震期间可能发生的情况，引发自身危险的可能条件；确立成本—效益测量法以降低非结构性损毁风险；确立在地震紧急情况下生理和心理的应对措施。

第二阶段。除了培训在职教师外，还需要编制、准备和印发有关教材。

表 6.5 学校调研问卷

1. 居住城市：	2. 居住乡镇：
3. 学校 ID：	4. 学校级别：
	主校
	分校

续表

5. 姓名:	6. 住址:
7. 联系人:	8. 楼号:
9. 学校总面积 (平方米): 教学场所面积 体育场所面积 食堂面积	10. 开阔地面积 (平方米): 院子面积 操场面积
11. 学生人数: 上午制、下午制、全日制	12. 教职工人数: 早班 晚班
13. 是否有紧急应对和避难计划? 是 否	14. 是否有紧急供应? 是 否
15. 是否有地震演练? 是 否	16. 是否有关于防震知识教育和培训的计 划? (是/否) 教职工 学生

表 6.6 校舍调查问卷

1. 学校 ID:	2. 校舍 ID:
3. 校舍可用性: 教学楼 体育活动中心 食堂	4. 学生人数: 上午制 下午制 全日制
5. 教职工人数: 早班 晚班	6. 建筑总面积 (平方米):
7. 教室: 数量 总面积 (平方米)	8. 特殊功能房: 数量 总面积 (平方米)
9. 其他房间: 数量 总面积 (平方米)	10. 走廊: 总面积 (平方米)
11. 楼梯宽度 (米):	12. 建造年份:
13. 横截面形状: 规则 不规则 (T 形、L 形、U 形、 十字形或其他复杂的形状)	14. 楼层数目: 地下室 楼层 夹层 附属建筑
15. 平均层高 (米):	16. 一楼比其他楼层的硬度: 大 近似 小
17. 结构类型:	18. 承力系统: 承重墙 框架 使用填充墙的框架 使用填充墙的骨架 混合使用多种承 力系统 其他

续表

19. 隔断墙材料： 钢筋混凝土 木 石头 混合使用多种材料 其他	20. 楼板材料： 钢筋混凝土 钢 木 其他
21. 楼板覆盖面材料： 木 纺织品 瓷砖 其他	22. 屋顶材料： 钢筋混凝土 钢 木 其他
23. 屋顶覆盖面材料： 瓦 轻质石棉水泥板 金属板 其他	24. 是否有以下设备（如果有，请注明它们的安装使用年份）： 电气设备 配管系统 暖气 避雷导线
25. 建筑质量材料（请选择：好；一般；差）：	26. 设备维护情况（请选择：好；一般；差）：
27. 木制品的质量（请选择：好；一般；差）： 窗户 门	28. 请描述校舍已出现的破坏情况：
29. 最后一次维修和重建工程的时间： 维修工程（年份） 加固工程（年份）	30. 建筑的内部隐患： 发生地震时，教室内是否有发生非结构性损毁的隐患；发生地震时，整幢楼是否有发生非结构性损毁的隐患；是否有标识清楚的疏散路线
31. 地基土的土质： 岩石 坚硬 中等 松软	32. 坡度： 平坦 微度倾斜 中度倾斜 陡峭
33. 可观察到的土体不稳定性： 没有 轻微沉降 强烈沉降 液化作用 滑坡 其他	34. 地震风险： 可观察到的最高地震强度 震区
35. 是否有洪灾的危险： 是 否 不知道	36. 附近是否有危险品紧急处理小组： 是（与学校之间的距离是多少） 否 不知道
37. 照片	38. 评论和建议： （请将您的评论和建议附在另一张纸上）

参考书目

- [1] Anagnostopoulos, S. A., J. Petrovski and J. J. Bouwkamp, 1989, "Emergency Earthquake Damage and Usability Assessment of Buildings", Earthquake Spectra, Vol. 5, No. 3.

- [2] Applied Technology Council (ATC) , 1978 , "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings" , Publication ATC -3 -06.
- [3] Belazougui, M. , M. N. Farsi and A. Remas , 2003 , "A Short Note on Building Damage" , European-Mediterranean Seismological Centre Newsletter, No. 20.
- [4] Benedetti, D. and V. Petrini , 1984 , "On Seismic Vulnerability of Masonry Buildings; Proposal of an Evaluation Procedure" , L' Industria delle Costruzioni, Vol. 18.
- [5] Dandoulaki, M. , M. Panoutsopoulou and K. Ioannides , 1998 , "An Overview of Post-Earthquake Building Inspection Practices in Greece and the Introduction of a Rapid Building Usability Evaluation Procedure after the 1996 Kozitsa Earthquake" , Proceedings of 11th European Conference on Earthquake Engineering, Paris, France, 6 ~ 11 September 1998.
- [6] Federal Emergency Management Agency (FEMA) , 2002 , "Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook" . FEMA 154 Report.
- [7] Fukuta, T. (ed.) , 1996 , "Outline of Standards to Evaluate Seismic Capacity of Existing and Damaged Reinforced-Concrete Buildings" , The First Management Panel on Collaboration Research Activities Between Joint Research Centre of the European Commission-Institute for Systems, Informatics and Safety (JRC-ISIS) and the Japanese Ministry of Construction (JBRI) , Tsukuba, Japan, 1996.
- [8] Gabrichidze G. , T. Mukhadze and I. Timchenko , 2003 , "Damaging Effects on Education and Health Facilities in the April 2002 Earthquake in Tbilisi, Georgia" , Proceedings of International Workshop on Safety and Emergency Management of Essential Facilities, Ohrid, FYROM, 19 ~ 21 June 2003.
- [9] Milutinovic Z. V. and G. S. Trendafiloski , 1997 , "Emergency Management of the Education System in the Republic of Macedonia" , International Conference on Risk Sciences: Training at School Level, Sofia, Bulgaria, 1997.
- [10] Milutinovic Z. V. and G. S. Trendafiloski , 1998 , "Earthquake Preparedness of Schools in Republic of Macedonia" , Proceedings of 11th European Conference on Earthquake Engineering, Paris, France, 6 ~ 11 September 1998.
- [11] Milutinovic, Z. V. , et al. , 2002 , "Physical and Psychological Management of Earthquake-Related Emergencies in Schools in Macedonia" , Proceedings of 12th European Conference on Earthquake Engineering, London, United Kingdom, 9 ~ 13 September 2002.
- [12] Milutinovic, Z. V. and B. Tasevski , 2003 , "Early Response to 1963 Skopje Earthquake: Operational and Institutional Aspects" , Proceedings of International Conference "Skopje Earthquake 40 Years of European Earthquake Engineering" , Ohrid, FYROM, 26 ~ 29 August 2003.
- [13] Milutinovic, Z. V. and G. S. Trendafiloski , 2003 , "Seismic Vulnerability and Performance of School Buildings in FYROM" , Proceedings of International Workshop on Safety and Emergency Management of Essential Facilities, Ohrid, FYROM, 19 ~ 21 June 2003.

- [14] Olumeeva, T. R. , Z. V. Milutinovic and C. S. Trendafiloski , 2003, "Elements of Physical and Psychological Management of Emergencies in Schools", Proceedings of International Workshop on Safety and Emergency Management of Essential Facilities, Ohrid, FYROM, 19 ~ 21 June 2003.
- [15] Republic Bureau of Statistics , 1992, "Census of Population, Households and Farm Economies in 1991. Basic Data for Population by Municipalities. Definite Data, Statistical Review No. 226", Republic Bureau of Statistics of Republic of Macedonia, Skopje.
- [16] UNDP/UNIDO-RER/79/015 , 1985, "Post-Earthquake Damage Evaluation and Strength Assessment of Buildings", Volume 4.

鸣 谢

非常感谢联合国儿童基金会斯科普里办公室对本项目组的大力支持和合作。目前国内一致要求提高教师在生理和心理上处理地震紧急情况的能力。正是斯科普里办公室让这种呼声变成了现实。在此,本项目组还要感谢欧洲工业和生命线体系易损性研究中心 (ECILS) 与我们的密切合作。

斯科普里大特尔诺沃大学的地震工程学和工程地震研究所 (IZIIS) 提供了 FYROM 量化自然灾害的基本数据。本文作者与许多同事,特别是风险和灾害管理及战略计划部的同事,共同合作完成了本文。

第七章 让学校更加安全：新西兰的经验

新西兰教育部财产管理局

布雷思·米切尔 (Brian Mitchell)

内容提要：本文介绍了新西兰地震风险的概况、以往发生的地震事件和为了降低地震风险而采用的策略。新西兰经历过多次地震，破坏性最大的是1931年发生在霍克湾的地震。为了规范建筑物的设计和施工，新西兰于1991年出台了《建筑法》，很多策略得以实施，并且保证了1976年以来建造的所有学校都遵照新的抗震标准。在1998~2001年间，教育部委托开展了一项对2361所公立学校进行的结构调查，并在此基础上启动了一个重大的投资项目，该项目在建筑物的特定种类方面采纳了上述调查报告提出的建议。

一、引言

本文介绍了新西兰地震风险的概况、发生的地震和以往减轻地震风险的策略。但幸运的是，迄今为止还没有发生过严重的破坏性地震来检验其有效性，尽管这个国家以“颤抖的岛屿”^①而著称，但自1840年建立主要定居点以来，新西兰只经历了一次人员伤亡和财产损失比较严重的地震。多数特大地震只发生在这个国家人口稀少的时代^②。但是，地震活动还在继续，地震风险依然存在。本文的目的是为了展示新西兰的学校已经为大

① 《新西兰的昨天》(1984)，哈密什·基思 (Hamish Keith) 著，悉尼 Reader Digest Pty 公司出版。

② 新西兰有人类定居是最近1000年的事情。该国最初的居民为毛利人，始于公元1000年前后（尽管官方的历史记录指出，从太平洋岛屿向北方的一次大规模迁徙发生在1350年前后）；欧洲人定居始于1814年，之后从1840年开始有英国人定居。

地震的发生做好了准备。

二、新西兰的地震风险

新西兰经历过多次地震，它算得上世界上地震最活跃的地区。该国位于澳大利亚板块和太平洋构造板块之间，这两个板块以每年约 40 毫米的速度向边缘进行倾斜性靠拢。其结果就是产生了大量的活跃断层，轻到中度（小于 7 级）的地震发生频率很高，并有许多大地震（7 ~ 7.9 级）发生。另外，该国还存在火山喷发，在过去 100 年内有 5 座活火山活动。

新西兰每年平均发生 60 ~ 100 次 4 ~ 5 级地震，10 ~ 20 次 5 ~ 6 级地震，至少一次 6 级以上的地震。图 7.1 标示了在新西包括兰发生的较大地震

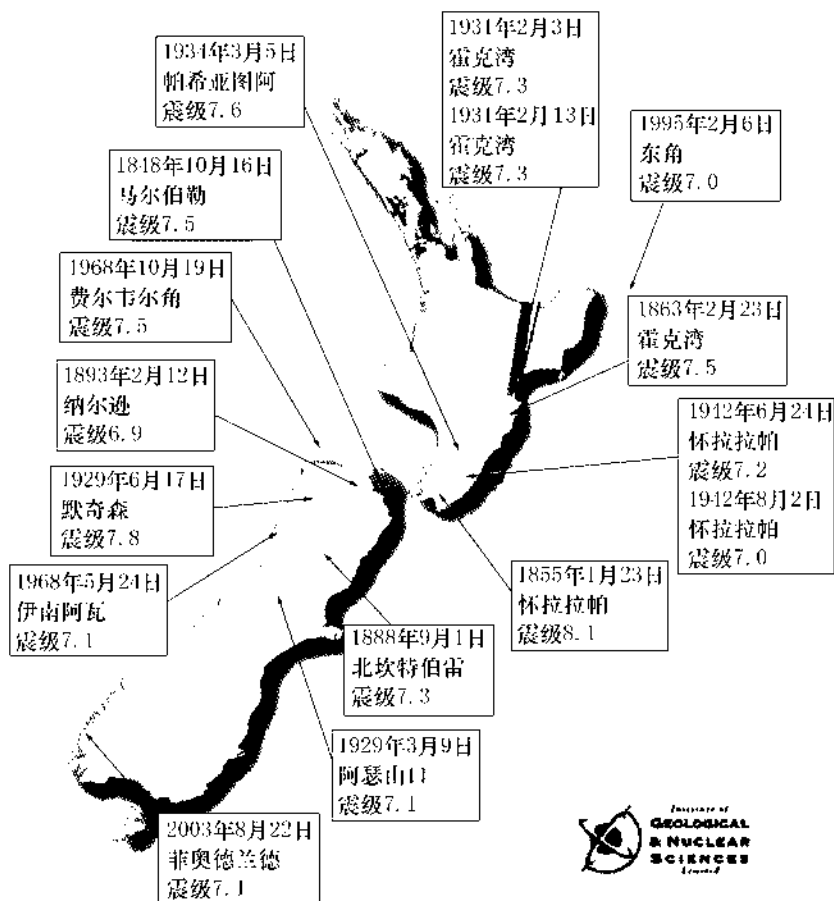


图 7.1 自 1848 年以来发生在新西兰的大地震

震。破坏性最大的地震（7.8 级）发生在 1931 年霍克湾，导致内皮尔（Napier）和黑斯廷斯（Hastings）两市及其周边地区建筑物和基础设施大面积损毁，并造成 256 人死亡^①。幸运的是，该国其他大地震都发生在非城镇区域。

三、现行的设计规范

以 1991 年《建筑法》为核心的法律法规为新西兰的建筑物设计和建造提供了标准。这些法律法规详细规定了建筑物的性能标准，并要求设计和建造的监察须由合适的有资质的专业人士来进行。

大学工程学课程也包含建筑物的抗震设计方面的内容，同时，新西兰职业工程师研究院（Institution of Professional Engineers New Zealand）和新西兰地震工程协会（New Zealand Society for Earthquake Engineering）等专业团体也通过出版物、研讨会和一般会议等方式开展专业培训。

1931 年霍克湾地震之后，房屋设计领域有关地震方面的条款于 1935 年第一次被整合到立法当中。随后人们对地震中房屋性能以及抗震设计的研究推动了设计标准的发展。那些公认可以提高设计水平的标准也被纳入各种设计标准的地震设计条款中，如《新西兰载重规范》（New Zealand Loadings Code），《混凝土建筑标准》（Concrete Structures Standard）和《钢建筑标准》（Steel Structures Standard）。

（1）建筑构造：使房屋具有抗震能力的结构应该是对称和规则的，同时还要垂直和水平。

（2）“后弹性”变形的适当装置：在一场超过弹性设计承载极限的特大地震中，反应模式的相对强度和构成成分应该保证建筑物出现所希望的后弹性变形。

（3）足够的“延展性”：在易受影响地区发生特大地震期间，建筑物应该从细节上保证其具备足够的延展性。

（4）移位控制：地震期间房屋内部楼层的移动不应该造成非结构部分的过度损坏或是失去结构的整体性。

^① 时至今日，地震是新西兰在人员和财产损失方面最大的浩劫。与 2003 年估算的 400 万人口相比，当时的人口大约为 100 万。

估计由于这些抗震设计要求而增加的房屋建造成本的上涨不到 5%。

新西兰标准中的抗震设计条款一般与国际标准相当，比如《统一建筑规范》（Uniform Building Code，国际计算中心 ICC，1997）和《欧洲规范 8》（Eurocode 8，英国标准协会 BSI，1998）以及《国际建筑规范》（International Building Code，建筑官员和规范管理员会议 BOCA 和 ICBO，1998）。图 7.2 是对这些标准设计范围的比较。

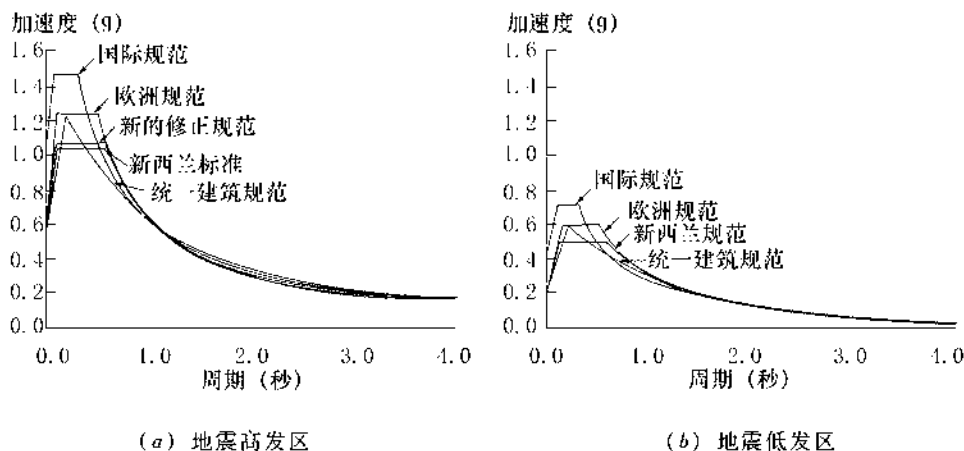


图 7.2 根据 500 年重现期的比较设计谱（弹性应变）^①

新西兰的设计荷载谱基本上与其他标准类似。然而，需要指出的是，具体设计、对标准的细化以及现场的建设标准在决定一座建筑物的抗震效力方面，同样重要。

四、建筑的历史

新西兰早期的非居住建筑都是用木材建造的，到 20 世纪初，这种材料被砖石替代。因此，在 20 世纪 30 年代早期建造的非居住房屋通常是使用无钢筋的砖块与石头砌成的，而木材主要用于建设住宅。除了那些后来加固过的砖石结构的建筑物，抗震能力都很低。其中许多已经被废弃或重建。

1935 年的立法禁止修建无钢筋砖石结构建筑。在 1935 ~ 1965 年间建

^① 《新草拟规范》（New Draft Code）指《新西兰承重规范》（New Zealand Loadings Code）现行的一个修订草案。

造的非居住多层建筑物通常使用钢筋混凝土修建。较大型建筑物是用钢铁构架建成的。对从这一时期开始的水泥建筑物进行的分析，已经显示出全高度水泥墙体的结构往往具有较好的抗震水准，而框架式建筑物则具有相对较弱的抗震能力。这是由于过度削减横梁、立柱以及连接部位的强度与密实度所造成的，这就导致了韧性较低。

1965 年发布的荷载规范介绍了抗震设计系数，此效力与结构的自然周期、占有率的类型以及地震区域相关。这项规范还限制了内部楼梯的倾斜度，并引入了韧性的概念。它要求重要的公共建筑物的抗震力设计比常规商业建筑物高出约 33%，而多数政府建筑（包括学校）的设计均要遵循较高的抗震要求。

从 20 世纪 60 年代到 70 年代，钢混结构建筑的延展性设计流程取得了巨大进展。到 20 世纪 80 年代中期，钢筋混凝土成为一种主要的建筑材料频频用于建造多层商业建筑。从那时起，结构钢材的市场份额开始居高不下。

1976 年，一项新的荷载规范把设计地震力界定为不同建筑结构体系下韧性和潜在抗震效果的一种功能。这一规范，加上后来发布的水泥（1982 年）、钢筋（1989 年）、砖石（1984 年）和木质建筑设计规范，增加了钢筋混凝土和钢筋砖石结构建筑的抗震设计标准的条款，包括对非结构材料损坏的控制条款。预计按照这些标准建造的房屋受地震破坏的影响很低。

多数住宅和多数低层（一至二层）非居住建筑物，包括学校建筑，在建造时采用木质框架。这些建筑物显示了非常好的抗震能力。即使这些建筑物遭到破坏，它们导致死伤的可能性也比那些较沉重的房屋要小。

新西兰建筑业的质量控制标准一般都很高，设计工程师通常会检查建设工作，以确定其是否遵从了设计文件的要求。

表 7.1 是学校建筑物常用建设类型与它们的地震易损性。多数学校建筑是由木质框架支撑的一层或两层建筑，因此它们的地震易损性较低。

表 7.1 还描述了在特大（大于 7 级）地震中，距离震中 10 公里以内的建筑在严重晃动后预计能够承受的最大破坏程度（有约 10% 的可能会超出所示的程度）。表 7.2 详述了它们的损坏程度。

表 7.1 新西兰建筑的地震易损性和预期地震损坏

时 间	建筑类型	地震易损性	在严重地震中的最大损坏度
1935 年以前	无钢筋砖石*	高（如果加固的话为低到中等水平）	完全损坏
	木质	低	中度损坏
1935 ~ 1968 年	木质	低	中度损坏
	钢筋混凝土，低韧性	中等到高（如果加固的话为低到中等水平）	重度损坏
1968 ~ 1976 年	木质	低	中度损坏
	钢筋混凝土，有限韧性	低到中等	中度损坏
	钢筋砖石	低到中等	中度损坏
1976 年以后	木质	低	中度损坏
	钢筋混凝土，有韧性	低	中度损坏
	钢筋砖石	低	中度损坏
	钢质	低	中度损坏

注：* 指大多数这种类型的学校建筑已被取代或加固。

表 7.2 损坏状况描述

损坏状况	损坏情况的一般描述
轻 度	房屋晃动时花盆、家具、书架和其他物品自由移动造成的内部损坏以及天花板、灯具和隔离物等永久性建筑部件的轻微损坏。人们需要根据其损坏程度进行清理和小规模维修，因而房屋不能随即使用。尽管不太可能对屋内人员造成伤亡，但可能因为屋内物品移动或倾斜造成“偶然性”伤害
中 度	内部材料重度损坏，出现砖石墙壁开裂等小型结构损坏。这样的房屋不仅存在结构性破坏的危险，还可能出现灯具或物品坠落造成的轻微伤害风险。这种损坏需要维修，而房屋可能需要部分或全部关闭以等待评估和/或维修。无论如何，预计在维修和清理完成之前，房屋需要部分封闭
重 度	墙、柱和梁等结构部件遭到破坏。建筑物可能倾斜；某些地板或是墙体可能移位，并且内部构件可能损坏到无法修复的程度。民防部门需封闭这样的建筑物直到其结构性维修完成。居住者或是路人可能会被滑落的碎片砸伤。对于遭到这样严重破坏的房屋，房主通常必须等待工程和经济勘察，以决定是维修还是将其推倒重修
完 全	房屋坍塌或某些房屋遭到严重破坏且维修起来明显不合算。滑落的内部构件或是坍塌的地板可能导致巨大的损失。由于有为预防坍塌而设置的很多特定的现代规范性结构要求，这种损坏情况在新建建筑物当中很少见

五、适用于学校建筑的策略

所有建于 1976 年以前的学校建筑都符合新地震标准。到了 90 年代中期，无钢筋砖石结构的建筑已全部拆掉、重建或进行结构加固，但问题是人们不清楚是否已经查出所有存在风险的建筑并采取了补救措施。尽管项目已经完工，但这并不能说明风险已全被排除。

另外，《建筑法》中与“地震相关”的条款只涉及到非钢筋砖石结构房屋。1976 年以后设计的建筑物如果后来的改造没有削弱它们的结构，则符合要求，因而没有评估这些学校建筑物抗震能力的国家标准或要求。在此背景下，为了充分重视预防学校在严重地震中坍塌的风险，教育部决定设定自己的标准。教育部采用的对所有学校建筑实行的标准归纳如下：

(1) 重型建筑物（如有水泥楼板的）必须依据《建筑法》描述的全部要求进行检查。如果这些建筑物不能满足这些要求，需按特定的性能要求进行加固。

(2) 所有具有大型集会区域的建筑物必须依据全部要求进行检查，并在需要的部位按照性能水平加固。

(3) 传统的具有轻质屋顶的木质框架和楼层学校建筑，将依据全部要求的前 2/3 水平进行检查。这种较低的水平反映了它们与重型建筑物相比具有较低坍塌的可能。但是，如果可能，这些建筑物还是最好按照全部要求水平加固。

(4) 那些屋顶使用重瓦而非轻瓦盖建屋顶的建筑物，必须按照全部要求的水平加固。

(5) 评估学校建筑必须使用系数为 1.20 的地震风险指数。

为了说明非砖石建筑的信息差距和潜在风险，从 1998 年到 2001 年，教育部委托注册工程师进行了一项结构调查，调查对象为 2361 所州立学校的 21100 幢独立建筑物进行了一项结构调查。

初步调查得以实施，在既定的承诺种类和规模下，对一定区域施加实际限制。首先是让低层学校建筑物在建设时使用轻质框架，因为这些结构包含学校建筑的大部分构架。如果知道学校的数目和早期学校建设使用类似的设计，则对每幢校舍详细的结构评估就被认为是不现实也不必要的。

这项调查的目标是预防由于结构性缺陷的房屋或场地结构而带来的生

命损失或严重受伤的发生，而不是为了防止或使财产损失降到最低。

《建筑法》的要求使人们形成一些常识性的施工原则，人们通常依据这些原则来评估建筑和场地结构。存在结构问题的房屋并不是那些不符合上述施工原则的房屋，而是可能危及人身安全的房屋，新西兰首先排查出可能在风灾、地震或日常荷载中造成严重伤亡的结构缺陷，并估计其可能造成的损失。随后它又于 2000 年的后续调查中找出需要进一步细查的结构：除了房屋以外，挡土墙和挡石墙等场地结构也列入排查范围。表 7.3 对有缺陷的房屋和场地结构进行了分类。

表 7.3 不合格房屋和场地结构的分类

类 别	名 称	描 述
A	脆弱的房屋和场地结构	建议对这种房屋或场地结构立即进行评估或隔离，要立即采取矫正这些缺陷的行动。因此，再没有房屋或场地结构被划入这一类别
B	有缺陷的单层房屋和场地结构	这些房屋或场地结构有结构缺陷，被划分为特定结构缺陷和一般结构缺陷，标识为需要矫正。这两种缺陷类别的唯一区别是“特定结构缺陷”更为常见，且在调查表中有所记录，而“一般结构缺陷”包括任何其他结构缺陷。特定结构缺陷类型有：重型屋顶、固体砖砌墙、重型天花板瓷砖、重型灯具或暖器
C	潜在的有缺陷单层房屋和场地结构	建议对这些建筑物进行更深入的调查，以确定调查期间记录的特性是否为需要矫正的缺陷。随后，实施一项跟踪调查，确定记录到这一类之下的潜在缺陷是被恶化成 B 类并计算损失，还是不再作为有缺陷建筑
D	二层或多层房屋	这一类又被进一步细分为“尼尔逊砖砌”类和“非尼尔逊砖砌”类（“尼尔逊砖砌”是在 20 世纪 60 年代期间修建二层砖砌建筑的普遍设计标准）。在本项调查中共有 137 幢建筑物被归为此类，但没有对它们进行评估

建于 1976 年以前的包含砖石结构的、至少两层以上的其他所有建筑物，都用新西兰防震工程协会（New Zealand Society for Earthquake Engineering）根据该项目调整的快速评估法（Rapid Evaluation）进行了评估。如果调查工程师认为对建筑物更为详尽的评估是需要的，那么无论使用快速评估法获得的结构分数是多少，其分数都被设置为 100。这项研究之后，

这些建筑物中的部分建筑接受了更为详细的评估。

所有二层房屋，包括 1976 年之后建造的房屋，都进行了调查，以确定是否存在 B 类特定缺陷以及是否由于改造而存在一般性结构缺陷。

本调查的重要发现在于，即便学校的建筑有不同的规模和种类，学校建筑和场地结构一般处于合理的结构条件，只有 4 幢建筑物结构风险水平过低，立即进行了改造。大约 11% 的建筑物具有至少一个需要进行补救的结构缺陷。表 7.4 描述了最为常见的结构缺陷。

表 7.4 对学校建筑物的全国调查所发现的常见结构缺陷

缺 陷	调查结果
地震性	· 内部墙体可在教室之间移动，但没有补偿性抗震加固构件 · 次级地板固件和桩/支座连接薄弱，特别是可重新安置的房屋 · 砖石结构的游泳池的可收放遮阳物体，通常是由志愿者和无监督的劳动方设计和建造的，许多都处于不良状态 · 重质屋顶 · 重质且安装不稳的灯具 · 松弛的砖石结构的烟囱 · 较重或固定不稳的暖气设备 · 没有足够横梁支撑的天篷和有顶走廊
一般结构性	· 结构连接处缺失螺钉或螺钉松动 · 支架木材腐朽 · 不牢固的扶手
尼尔逊砖砌房屋	这项调查推断，尽管这些建筑物不像那些具有重型建材的房屋岌岌可危，但是对它们连接处的加固在未来的改造中还是要进行的
其他砖砌房屋*	421 幢砖砌房屋中的一些使用快速评估法进行评估的房屋，后来分析指出评价它们的抗震能力与现有的条件相关，需要据此判定什么（即便要）需要加固，并且对加固工作确定一个粗略的花费清单。这一类中首先需要加固的是那些单层面积超过 1000 平方米和抗震强度比现有要求低 33% 的建筑物
场地结构	大约有 13% 的学校被发现存在缺陷的场地结构。最常见的缺陷是不当地限制和抬高水塔和非钢筋的排墙。一些地区性差异也显现出来，大量的不稳固的受条件所限而抬高的水塔都来自乡村地区

注：* 指包括二层或多层。

新西兰根据上述调查报告中提出的建议，启动了一个重大的投资项目。该调查的花费已经超过 2000 万新西兰元，并且在之后的 5 ~ 10 年间，政府还将为在其他基建项目支付 4000 万新西兰元。1987 年的埃奇库姆（Edgecumbe）地震显示出地震时家具和设备的移动也会造成较高风险，尤其是在机械和木材加工厂等场所。

六、地震中学校的经验

从理论上来说，所有新西兰的学校都已根据现代标准改善了其结构。幸运的是，这种论断还没有被检验过。尽管自从 1931 年霍克湾地震后新西兰有很多大地震，但是还没有哪一次在人员和财产损失方面导致像那次地震一样的损失，这主要因为大多数地震都发生在人口零星分布的乡村地区。

但是，对该国地震概况可以作出一些合理的假设。

第一个假设是一场特大地震带来的风险之一就是高损失。新西兰具有很高的地震发生率，并经历了较大的、损失惨重的多次地震，而且还将在未来面对同样的情况。首都惠灵顿所经历的有记录的最强烈地震是在 1855 年（8.1 级）。这座城市那时刚刚由欧洲定居者建立了 15 年，而那次地震几乎将之摧毁。预测会有一次同样量级的地震，虽然可能已经是过期的预测，但地震工程师还是估计了在惠灵顿的学校建筑物在遭受大约同样级别地震时可能出现的最坏结果。地震预测显示，财产方面的损失可能高达 2.5 亿新西兰元。

新西兰地震的第二个假设涉及设计标准的强度。新西兰拥有较高的抗震设计标准，而近来建造的房屋相对不易受到损坏。但是，有些年代较老的房屋、非学校建筑物较易遭到破坏，可能会在大地震中遭受大面积的损失，造成人员伤亡。

对于地震损害而言，大多数具有木质框架结构的一层或两层学校建筑物地震易损性较低。与其他建筑类型相比，这些房屋遭受地震损害导致的伤亡风险非常低。

最后一个假设关系到专家的意见。据 Opus 国际咨询有限公司（新西兰的一家很重要的多领域专业工程咨询公司）的经验，在地震中保证学校安全的关键要求有：有效的建筑规则，该规则确保房屋由合适的有资质的

专业人士使用适当标准设计建造；执行优质的建筑质量标准；在大学层面和对实际从业工程师进行的继续教育方面，推行优质的抗震设计培训；给予存在风险问题的学校建筑物以一致的优先权，并对它们进行加固或重建。

参考书目

- [1] British standards (BSI), 1998, "Eurocode 8. Design Provisions for Earthquake-Resistant Structures", BSI, London.
- [2] Building Officials and Code Administrators International, Inc. (BOCA) and International Conference of Building Officials (ICBO), 1998, "International Building Code", final draft.
- [3] International Code Council (ICC), 1997, "Uniform Building Code 97", International Conference of Building Officials, Whittier.
- [4] Standards New Zealand (NZS), 1992, "Code of Practice for General Structural Design and Design Loadings for Buildings, NZS 4203", Standards New Zealand, Wellington.
- [5] Standards New Zealand (NZS), 1995, "Concrete Structures Standard, NZS 3101," Standards New Zealand, Wellington.
- [6] Standards New Zealand (NZS), 1997, "Steel Structures Standard, NZS 3404," Standards New Zealand, Wellington.
- [7] Park, R. and T. Paulay, 1975, "Reinforced-Concrete Structures", John Wiley, New York.
- [8] Stirling, M., et al., 2000, "Probabilistic Seismic Hazard Assessment of New Zealand: New Active Fault Data, Seismically Data, Attenuation Relationships and Methods", Institute of Geological and Nuclear Sciences, Wellington.

鸣 谢

感谢惠灵顿 Opus 国际咨询公司建筑与地震工程事务的首席咨询师罗伯特·达韦 (Robert Davey) 对这篇报告所给予的指导。

第八章 1998 年葡萄牙亚速尔群岛法亚尔岛地震给学校造成的损失

葡萄牙高等技术学院结构、地域与建筑工程研究所
若热·米格拉·普罗恩萨 (Jorge Miguel Proensa)

内容提要：1998 年 7 月 9 日，一场地震袭击了葡萄牙法亚尔岛和皮科岛，造成 8 人死亡和 1000 余人无家可归。地震之后，政府检查了 21 幢教育机构的建筑物，力图找出对普通建筑进行分类的因素（结构、质量、保存条件和楼层数量等），它们与建筑物的损坏状况以及震后使用情况之间的相互关系。本文着重介绍了检查的结果。

一、引言

葡萄牙位于火山地震带上，它既处于构造活动的板块内部，也处于板块之间，因而在过去的几个世纪里多次经历惨重的灾难。1775 年里斯本地震位于欧洲板块和非洲板块之间，其测量震级为 8.5~9.0 级，并且引了发其他地震。板块间地震的特征是震级非常高，辐射范围广，因此对葡萄牙产生影响的地震的震中位于大西洋上，在阿尔加维（Algarve）的西南部。板内地震则是由大陆板块内部的断层造成的，如塔古斯（Tagus）断层。板内运动导致了 1531 年里斯本（最大烈度为 12 度）和 1909 年贝纳文蒂（Benavente）地震（最大烈度为 9 度）。板内地震的特点是震级高（通常在 6~7 级），但对居民区的辐射范围小。

亚速尔群岛已经经历了很多次地震，因为这个群岛位于美洲、欧洲和非洲板块共同影响的区域上。1998 年的法亚尔岛地震是发生在亚速尔地区最近一次大地震。

三、学校建筑的分类

学校建筑按照结构方案、建筑质量、保存情况和楼层数量等方面进行划分。

(1) 校舍的建筑结构分为以下三种：第一种是采用当地传统施工方法修建的砌石墙结构，人们用少量灰浆和碎石料砌起厚重的石质墙体，作为房屋的外墙。第二种是早期的钢混结构，它采用厚实的砌石墙（用灰泥涂抹）和梁柱等独立的钢混构件（特别是墙角的柱体）。第三种是常见的钢混框架和使用钢筋混凝土的钢混结构，它的梁和柱通常连在一起，而且采用钢混剪力墙。

(2) 施工质量和工艺从中等水平到高水平不等。

(3) 建筑的保护情况从一般到良好不等，这取决于维护工作的频率和全面程度。

(4) 校舍通常为平房或两层楼。

表 8.1 对 ICIST/IST 检查校舍的结果进行了分类和总结。

图 8.2 为埃斯帕哈法托斯 (Espalhafatos) 早期建造的一栋钢混结构平房校舍，它有两间教室，代表了当地最常见的校舍类型。这个学校建筑的设计施工与萨郎 (Salão)、卡佩罗 (Capelo)、隆贝伽 (Lombega)、费泰拉 (鲁阿—达波尔特拉) (Feiteira (Rua da Portela)) 等地的学校建筑类似。



图 8.2 埃斯帕哈法托斯 (Espalhafatos) 学校概貌

四、地震的破坏情况与震后学校的可用情况分类

除了建筑情况分类，表 8.1 还按学校建筑在地震中的损坏状况及其在震后的使用情况总结出了重要的评估结果。图 8.3 ~ 图 8.8 是一些典型的校舍损坏情况。人们参照以下三种破坏类型评估了地震对校舍的影响。

表 8.1 学校建筑分类、地震损坏及使用分类

地点	烈度	结构类型	建筑质量	保护状况	楼层数量	结构损坏	非结构性损坏	其他损坏	可用情况
弗莱蒙格斯 (Flamengo)	V ~ VI	砌石墙	高	好	1	角落和部分墙体出现轻微裂缝	屋面瓦脱落	入口处的三角墙和外部挡土墙受损	简单维修后可以使用
阿尔莫科萨莱福 (Almoxarife)	V ~ VI	钢筋混凝土的框架和墙体 (?)	高	好	2, 部分	立柱出现裂缝和连接处周围受损 (重击?)	屋面瓦脱落, 隔墙和内部墙体轻微开裂	内部挡土墙受损	简单维修后可以使用
佩德罗 - 米格尔 (Pedro Miguel)	V ~ VI	钢筋混凝土的框架和墙体 (?)	高	好	2, 部分	无	无	无	立即使用
里贝里尼亚 (Ribeirinha)	VII	钢筋混凝土框架	高	好	1	屋梁 (重击?)	屋面瓦脱落, 隔墙和内部墙体轻微开裂	内部挡土墙受损	适当维修后可以使用
埃斯帕哈托斯 (Espalhados)	VII	早期钢筋混凝土结构	高	中等	1	墙角受损, 砌石墙和钢筋混凝土分离, 柱基受损, 外端出现裂缝	隔墙和内部墙体开裂, 地板沉降	内部挡土墙受损	广泛维修后可以使用
萨郎 (Salão)	VII	早期钢筋混凝土结构	高	中等	1	立柱受压	隔墙和内部墙体开裂, 地板和墙体的连接处出现裂缝	内部挡土墙受损	适当维修后可以使用

续表

地 点	烈 度	结构类型	建筑质量	保护状况	楼层数量	结构损坏	非结构性损坏	其他损坏	可用情况
萨郎(Salão) (幼儿园)	VII	砌石墙	中	中等	1	内部墙体崩塌	一般损坏	一般损坏	无法使用 需拆除
塞德鲁斯 (Cedrus)	VI	早期钢筋混凝土结构	高	好	2	无	隔墙和内部墙体开裂	内部挡土墙裂缝	立即使用
卡斯卡尔荷 (Cascalho)	V ~ VI	钢筋混凝土框架	高	好	1	钢筋混凝土的顶梁 轻微开裂	隔墙轻微开裂		立即使用
里贝拉 - 丰达 (Ribeira Funda)	V	砌石墙	高	中等	2	内部墙体严重开裂	隔墙开裂	内部挡土墙损坏	无法使用 可能需要拆除
北 滩 (Praia do Norte)	V	钢筋混凝土框架	高	好	1	无	隔墙轻微开裂		立即使用
卡佩罗(Capelo)	V	早期钢筋混凝土结构	高	好	1	无	无	无	立即使用
隆贝伽 (Lambega)	V ~ VI	早期钢筋混凝土结构	高	好	1	无	无	无	立即使用
卡斯特尔 - 布朗库(卡斯 特拉) [Castelo Branco (Carreira)]	VI	早期钢筋混凝土结构	高	中等	1	无	隔墙开裂, 屋顶瓦 片脱落, 装饰用灰泥 破碎	无	适当维修后 可以使用
卡斯特尔 - 布朗库(法 罗毕姆) [Castelo Branco (Farolim)]	VI		高	好	1	无	无	无	立即使用

续表

地 点	烈 度	结构类型	建筑 质量	保护 状况	楼层 数量	结构损坏	非结构构件损坏	其他损坏	可用情况
费泰拉(特拉韦萨-杜 阿尔加)[Feiteira (Tra- vessa do Algar)]	V	钢筋混凝土 的框架和墙体 (?)	高	好	2,部分	无	无	内部挡土墙轻微 受损	立即使用
费泰拉(鲁阿-达波尔 特拉)[Feiteira (Rua da Portela)]	V	早期钢筋混 凝土结构	高	好	1	无	无	电力设施和外部 挡土墙受损	简单维修后 可以使用
奥斯塔(帕施泰雷洛) [Horta (Pasteleiro)]	V		高	好	2,部分	无	无	无	立即使用
奥斯塔(鲁阿-康瑟尔 达布尼)[Horta (Rua Consul Dalbey)]	V		高	好	2,部分	无	无	无	立即使用
奥斯塔(锡尔瓦利尔上 校镇)[Horta (Coronel Silva Leal)]	V	砌石墙	高	中等	2	外部墙体和隔墙有 开裂	有天花板开裂	电力设施受损	适当维修后 可以使用
奥斯塔(加亚托斯) [Horta (Gaíatos)]	V	钢筋混凝土 的框架和墙体 (?)	高	好	2	无	有天花板开裂	无	简单维修后 可以使用

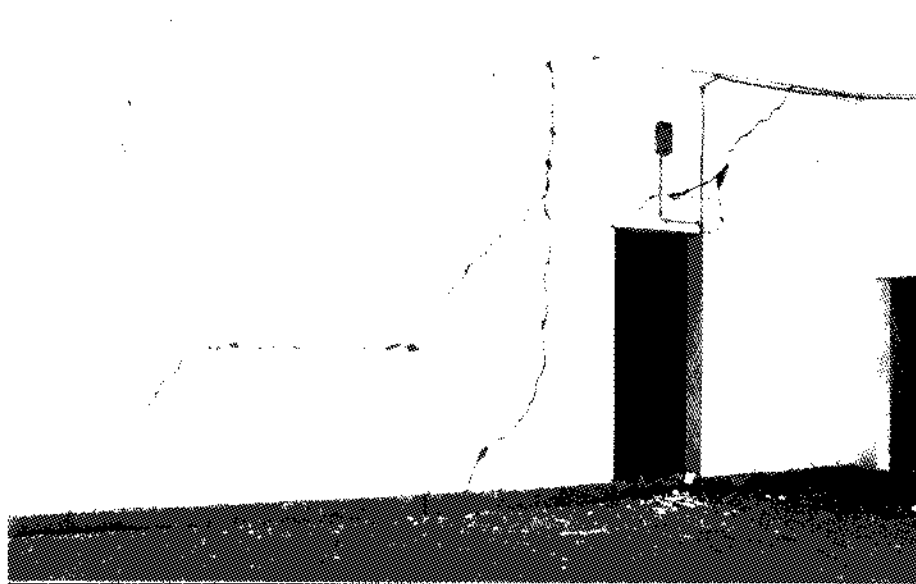


图 8.3 埃斯帕哈法托斯 (Espalhafatos) 的校舍内隔墙严重开裂



图 8.4 里贝里尼亚 (Ribeirinha) 的学校钢筋混凝土的顶梁和挡土墙受到破坏

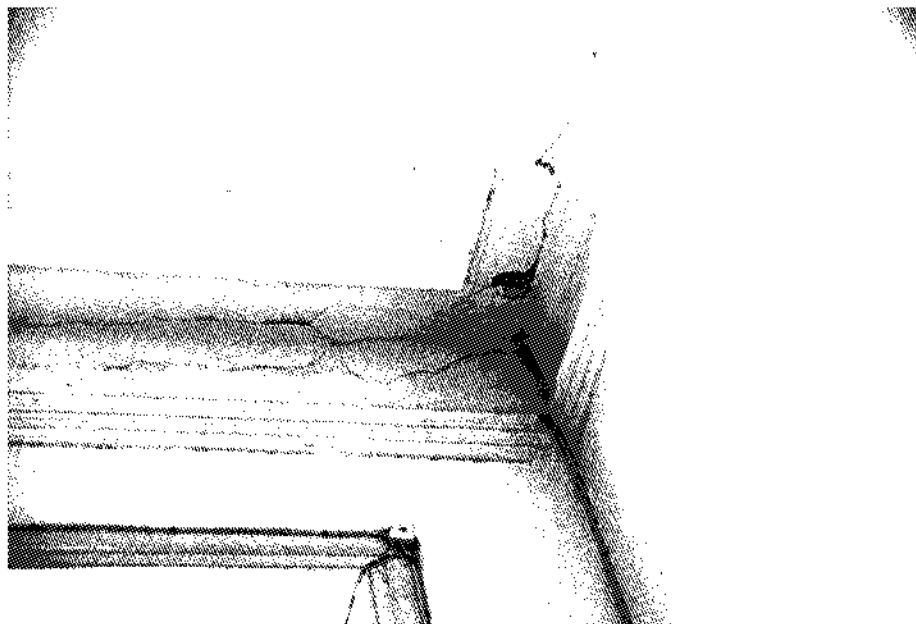


图 8.5 锡尔瓦利尔上校镇 (Coronel Silva Leal) 校舍的屋面瓦移位



图 8.6 布朗库堡区 (Carreira) 校舍的屋面瓦脱落



图 8.7 埃斯帕哈法托斯 (Espalhafatos) 的学校：石砌墙和钢筋混凝土构件之间发生分离

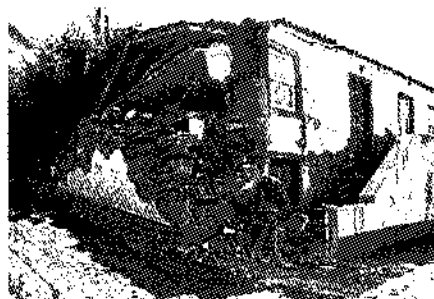


图 8.8 萨郎 (Salão) 的幼儿园外部砖石墙体坍塌

(1) 结构性损坏：结构性构件及垂直和水平承重构件遭到破坏。

(2) 非结构性损坏：非结构性构件或次级结构构件遭到破坏。

(3) 其他损坏：设施和挡土结构遭到破坏。

震后检查建筑物的使用情况，应着重检查 ICIST/IST 校舍能否在

震后立即使用。因为学校能为那些在地震中失去家园的人们提供避难场所。此外，它们的中期使用也很关键，因为按照灾后重建计划，学校活动大约会在地震两个月后恢复正常。人们通常将校舍在震后的可用情况分为以下几类。

- (1) 随即使用：没有遭到地震破坏，或遭到的破坏可忽略不计。
- (2) 简单维修之后即可使用：非结构性构件和设施受到轻微到中度破坏。
- (3) 适当维修之后即可使用：结构性构件遭到轻微破坏或非结构性构件及设施遭到严重损坏。
- (4) 不再使用：被完全破坏。

五、对损坏的解释和结论

这些学校建筑的受损程度在很大程度上受到建筑结构方案的影响。在近几年的钢筋混凝土结构中，立柱这样的结构性构件在地震中也曾出现裂缝。调查还提及了其他破坏，如附近的非承重砖石墙部分或全部倒塌对重击房屋

或造成“短柱现象”。在砖石结构房屋中，外部和内部墙体上都可以观察到不同宽度和长度的裂缝。早期钢筋混凝土结构在地震中遭到的破坏与砖石材料和钢筋混凝土结构中构件分离的现象类似，尽管其受损程度略轻。

当然，建筑物的受损程度取决于场地的强度和结构，但是也受到建筑质量的影响。在某种程度上它还受到房屋维护情况的影响。在别的条件相同的情况下，现在的钢筋混凝土框架建筑比早期钢筋混凝土建筑的抗震性要好，而后者又比砖石结构牢固。良好的施工质量和维护工作对于建筑物的抗震性产生积极影响。

除了结构性破坏和非结构性破坏以外，建筑物在地震中最容易受到的破坏是挡土墙坍塌、开裂或倾倒（这些墙通常由碎石材制成）。这是因为校舍往往修建在相对陡峭的斜坡上。此外，在许多校舍震后的废墟中还找到了很多脱落的瓦片。

参考书目

- [1] Azevedo, J. , et al. , 1998, “IST Mission to Faial and Pico after the 9 July 1998 Earthquake: Inspection of Schools and Churches”, Institute of Structures, Territory and Construction Engineering, Higher Technical Institute (ICIST/IST) Report DT N 8/98, IST, Lisbon (in Portuguese) .
- [2] Nunes, J. , et al. ,1998, “Distribution of Seismic Intensities in Pico as a Consequence of the 9 July 1998 Earthquake. Morphological, Geological and Tectonic Influences”, Proceedings of the 1st Portuguese Association of Meteorology and Geophysics (APMG) Seminar on Meteorology and Geophysics, Lagos, Portugal, 23 ~ 25 November 1998 (in Portuguese) .
- [3] Oliveira, C. S. ,1999, Personal Communication.

鸣 谢

本文所报告的检查结果是在国家民政保护局（National Civil Protection Service）和亚速尔地方民政保护局（Azores Regional Civil Protection Service）的协助下编辑完成的。作者感谢亚速尔地方房屋与设施秘书局（Azores Regional Secretariat for Housing and Equipment）的帮助和指导。数据处理工作与高等技术学院结构、地域与建筑工程研究所（ICIST/IST）和葡萄牙教育部办公厅（General Secretariat of Portuguese Education Ministry）合作完成。同时非常感谢何塞·弗莱雷·达·西尔瓦（Jose Freire da Silva）的支持。

第九章 墨西哥的地震与教育 基础设施政策

墨西哥计划与协调部公共教育局

杰米·德拉·加尔萨·雷纳 (Jaime dela Garza Reyna)

内容提要：墨西哥位于地震高发区，而它现在的工业和商业发展对这个业已存在的威胁起到了推波助澜的作用。本文介绍了政府为改善墨西哥教育部门对地震的认识而出台的措施。联邦、州和市三级政府正在积极行动，通过提倡公民保护来加强社会的防震意识，联手自然灾害基金、自然保护灾害基金和地震预警系统，共同提高公共基础设施的抗震性，并且不断更新地区建筑规范。

一、引言

墨西哥人口约有 1.05 亿，他们居住在拥有 10142 公里海岸线的 195.8201 万平方公里上，其中 70% 的人口居住在乡村。墨西哥位于地震高发区，而其他诸如飓风、热带低气压和不可预知的暴风雨等自然现象同样可能对它造成毁灭性的影响。如今它的工商业发展加剧了这些业已存在的威胁。显然，墨西哥必须对灾难性事件或是社会、经济和政治系统突然中断的情况做好应急准备。

在墨西哥，民政保护署 (Civil Protection Agency) 和国家灾害预防中心 (National Disaster Prevention Centre) (二者均属于政府司法系统 Jurisprudence of the State Department) 都建立了若干减灾机制，以协助联邦和州政府开展防震减灾工作。它们已经绘制出风险区划图，进一步强调了地质、水文气象和化学环境受到的威胁。

二、场 地 效 应

场地效应是指土地对于地震波的持续性和频率的反应。尽管场地位置的地理特征是一个很重要的因素，但是这个独特的要素会对不同的地震能量释放情况做出不同的反应。在1985年地震中，对墨西哥城建筑物的损坏评估表明这些损坏与该流域内的土地特性相关。地表的地震波被场地效应进一步加剧，而强度也随着25~45米宽的地下水水量的增加而增加。地震强度随水量的减小而减弱，这样它的地表效应就变得并不明显。

墨西哥的几个秘书处根据以上研究发现，提出了以下四个方面的预防措施。

1. 调查

掌握更多关于自然现象的知识；对风险区进行界定和评估；开展研究和教育工作；对相关专业人士进行专门的培训、更新防灾信息并开发相关项目；扩大地震加速图网络的覆盖面。

2. 民政保护

完善应对灾害事件的培训和应急方案；开展全民性防灾培训运动，提高他们的防灾意识；建立地震预警系统。

3. 建筑施工技术

评估建筑的易损性；对学校建筑进行安全调查；加固房屋建筑。

4. 指南和规范

制订城镇发展规划；定期检查和更新发展规划；在所有风险区分发防灾指南和规范，并将它们付诸实施。

三、地 震 分 级

根据风险等级的高低，墨西哥被划分为四个地震区域——A区、B区、C区和D区（D级表示风险最高）。A区位于国家的北部和宇卡坦半岛；B区位于国家的中部地区；C区位于国家东南部的下加利福尼亚半岛；D区显然位于格雷罗地震断裂带上。

对于那些拥有许多卫星城，而且位于地震高风险区的欠发达城市来说，它们面对的地震风险自然较高。与发达地区相比，这些地区因自然灾害造成的死亡和财产损失要高得多。

四、地震预警系统

众所周知，格雷罗断裂层是墨西哥城和阿卡普尔卡及附近地区大地震的来源。该地区花费六年绘制的地震加速度图已经证实了格雷罗断裂层的存在和危险性。为了防止墨西哥城再次遭到大地震的袭击，市政府设立专项资金设计、运行并建立了一套地震预警系统。设备使用中心（The Centre for Instrumentation）和地震登记处（Seismic Registry）负责该系统的运转。地震预警系统在格雷罗海岸设置了 12 个地震感应装置，它们能够预测和捕捉大地震。墨西哥城距离系统中心大约 300 公里，相关地震信息可以很快传到城市里。

位于伊斯塔帕和阿卡普尔卡之间的两个或多个感应装置检测到里氏 6.0 级以上的大地震时，这个预警系统就会发出警报。连接到个人电脑上的地震加速度图向墨西哥城一带传递信号，然后每个广播站、电视台和电台都会在地震发生前约 60 秒钟向居民发出警报。但是，该预警对小型地震和发生在格雷罗断裂层以外的地震不起作用。教育部从 1993 年开始鼓励所有大城市的学校收听学校应急广播节目。地震预警以及为保护居民进行的应急疏散演习都有助于拯救人们的生命。

五、指南和规范

在以往灾难事件的推动下，墨西哥政府已经开始制定、执行并且监督社会和建筑施工方面的指南和规范。在许多情况下，建筑的结构标准不再以现行的建筑规范为准。

教育部通过其技术指导部门 CAPFCE，稳步推进了结构工程与防震建筑规范的建立工作。目前，它已经进一步修订了《墨西哥城建筑规范》（Mexico City Construction Code），其他工作也取得了进展，此外，它还观察了地震期间建筑物的抗震情况，除了结构参数和抗震因素以外，新规范还兼顾了以下方面：设计政策标准；设计方法；创新的结构体系；材料质量；与结构行为的关联；专业人员的责任。

在最近一次纪念 1985 年地震的活动中，福克斯（Fox）总统向社会、教育和卫生发展部等部门做出了专门指示，要求每个部门都把保护公民的计划置于首位，因此他赞成对高风险和低风险地区的居民都灌输一种预防

文化。另外，在 2003 ~ 2004 年，教育部还发布了一份强有力的声明，来认可这种保护公民的文化。因此，2003 年墨西哥在公共建筑物、学校（包括预备学校）和博物馆中实施了 3220 次紧急撤离演习；将 66000 份宣传预防的传单分发到母语（西班牙语）区以及纳瓦特（Nahuatl）、卓提尔（Tzotzil）、米斯特科（Mixteco）、普雷佩查（Purepecha）等方言区；同时举办了 70 余场关于公民保护的研讨会、课程和讲习班。目前，墨西哥已经有大约 2900 位州级和市级相关官员取得了相应的资格认证。

六、稳定性设计

建筑规范规定抗震结构的设计须满足以下抗震标准。

- （1）低强度的地震活动下：结构性构件及次级构件未受损坏。
- （2）中强度的地震活动下：结构未受损坏。
- （3）高强度的地震活动下：结构没有坍塌而且房屋内的居民没有受伤。

教育场所的结构必须遵循一些附加标准，比如：

- （1）位移限度。保证设计结构不弯曲，避免由交叉冲力产生的过度横向变形。
- （2）损坏限度。限制位移可以降低结构的损坏，因此有助于提高对居民的安全保障；在居民中减少恐慌；更好的结构；更少的花费和维修开支。

七、教育基础设施

1985 年墨西哥城发生地震后，教育当局在首都启动了一个很大的改建项目，对坐落在高风险区的房屋进行结构加固和重建，这个项目严格遵循了地震后 1985 年 9 月生效的建筑规范和准则。在 1986 ~ 1991 年间，有 2400 座建筑的抗震性得到改善。这个项目持续到 2004 年。

1999 年，发生的地震波及普埃布拉州的 870 所学校和瓦哈卡州的另外 486 所学校，2000 间教室和 5.6 万名学生受到影响。据报道，451 所学校受到轻微损坏，17 所学校受到较大破坏。

下面简要介绍了瓦哈卡州学校在地震中的损坏情况：7% 的学校需要进行结构整修；5% 的学校被夷为平地；21% 的学校需要维修；67% 的学校

受到轻微损坏。

大多数受损建筑（占总数的 93%）是幼儿园、小学和中学的校舍。仅瓦哈卡一个城市就需要 1390 万欧元来修复学校，这两个州的学校修复花费估计达到 1780 万欧元。

2003 年初，科利马地震估计造成 387 所学校和科利马国立自治大学的 94 幢建筑物遭到损坏，8.4 万名学生受到影响。坐落在科利马商业区的两所重要学校完全坍塌（它们都是三层建筑）。后来人们修建了一些平房校舍。从这些受损建筑的分类来看：27% 为州立基础教育设施；5% 为高等教育设施；68% 为联邦所有的基础教育设施。

修复联邦和州立基础教育设施的花费是 410 万欧元；而修复科利马国立自治大学的花费为 580 万欧元。

八、校 舍 选 址

只要人们掌握正常的信息，就可以大大降低自然灾害的破坏。人们已经通过科研工作获得大量信息和知识，所以如何使用和发布这些信息资源以唤起其他社会群体的防灾意识，就是专业团体的责任所在。为此，教育部的技术指导机构 CAPFCE 于近期制定了《墨西哥学校建筑建设规范》（Mexican Construction of Educational Buildings code）。

但是，人为因素也可能导致或加剧灾害事件，譬如无知、忽视、缺乏预见或将房屋建在高风险区等。每年高风险地区的城镇化过程都会造成人员伤亡和财产损失，如将房屋建在河边陆地、丘陵、垃圾填筑地、洪水影响区域和不安全的地区等。为解决这些问题，墨西哥当局正在计划针对包括学校建筑在内的城镇选址出台一个强制性法规。

九、自然灾害基金和自然灾害预防基金

自然灾害基金是由联邦、州和市三级政府共同支持的一个基金，它的资助对象是公共领域里遭受自然灾害的基础设施。这个基金的目的是援助那些没有受到防灾保护的部门。

一旦教育设施遭受自然灾害，自然灾害基金就会暂时提供资金援助，直到保险赔偿到位。它的目标是使受损地区恢复到受灾前的状况，并帮助它们推行预防措施。自 2001 年以来，大约 30% 的自然灾害基金救灾补贴

已经紧急分配到了地震灾区。

自然灾害预防基金（FOPREDEN）的主要任务是针对那些位于高风险区的建筑或已经在自然灾害中受损并需要修复的建筑制定预防措施，如鉴别可能发生危险的情况，编制培训及宣传材料等。

十、今后的工作

墨西哥于2004年建立国家灾害损失评估小组委员会（National Subcommittee for Damage Assessment），并在每个州设置分支机构。这有助于在社会参与的基础上，开展诸如完善地方建筑规范、改进国家建筑评估、制定公民保护策略和指南等永久性项目和行动。

十一、结 语

墨西哥已经取得了阶段性胜利，然而仍然有很多事情需要做。本文介绍了在墨西哥已经实施的防震措施，如加大公民保护意识的宣传力度；设立自然灾害基金；设立自然灾害预防基金；建立地震预警系统；更新并制定地区性建筑规范。

在这些措施发挥有效作用的同时，必须使公民保护意识成为一种生活方式，这样才能做到“前车之覆，后车之鉴”。

第二部分 制定学校的地震安全原则

引 言

为了改进地震发生时学校的安全状况，必须明确建设抗震学校的基本概念和原则。特别专家组会议目标不仅是明确这些概念和原则，以便于进行成本效益和资源分析，而且希望以此为起点，为不同国家制定学校地震安全计划。

加利福尼亚州 1933 年的《费尔德法案》表明人们能够通过立法，有效地制定和实行成功的计划。毫无疑问，人们需要找出能够保证这一立法有效性和持续性的普遍性原则，尽管这些普遍性原则能否应用在其他国家和文化还需要进一步讨论。

特别专家组根据加州的经验和其他国家的成功做法，提出了一些适用广泛的学校地震安全原则。

定 义 原 则

(1) 地震安全的捍卫者。这些“捍卫者”是致力于推动社会抵御风险和传播地震风险知识的社区成员、学生家长、地震工程人员、学者及政治家。

(2) 认识到学校在社区中以及作为灾后避难场所的重要作用。

(3) 建立一个体系，为人们的行动提供风险责任制和法律/监管依据。立法和执法机制应当采取“逐渐加大执行力度”的策略，建立明确的问责制度，并制定可以实现的绩效目标。此外，这也有助于国家对相关规定进行评估。

(4) 明确财政责任，估算财政成本，人们应该对新建校舍和现有校舍的加固工程进行估算，然后根据估算结果和加固的优先次序来提供财政支持。

(5) 编制详尽的灾害图和建筑规范，并不断更新它们。

(6) 安排通过认证的专业人员独立地监督评审、检查和审批等过程，并且检查和测试建筑工程，形成最终报告。

第十章 确保学校和教育系统达到抗震标准的基本概念和原则

美国加利福尼亚州州建筑处
丹尼斯·贝列特 (Dennis Bellet)

内容提要：本章介绍了学校在抗震能力方面的设计和施工原则。要想让学校的抗震能力达到令人满意的程度，在设计方面需选用合格的工程师，遵循完善的建筑规范，并进行独立审查和损害调查；在施工方面要使用合格的施工队伍，并进行独立检验和测试。本章还回顾了加利福尼亚州学校的建设历史，其中包括 1933 年加州采纳《费尔德法案》以及州政府建筑管理处（DSA）执行该法案的情况。

一、引言

校舍应达到的最低防震目标是，遇到大地震这样的自然灾害时它的结构不会坍塌。要想保障校舍的结构安全，第一个要素是完善可行的规范或规章制度，而第二个要素则在于校舍的实际设计和施工是否遵循相应的标准。

建筑的高级功能是在避免房屋坍塌的同时提供其他保护功能，如避免造成人员重伤、降低建筑受到的破坏、保证建筑在灾后的应急响应中可被立即征用和继续使用。决策者通常根据自己的风险容忍度和财力来确定建筑物可能达到的功能目标。在加利福尼亚，公立学校的抗震目标是避免校舍坍塌，将楼内人员的受伤程度降到最低，不过允许出现一些可修复的结构性破坏。由于大多数学校校园拥有较大的聚会场地，可以为很多人提供食物、厕所和淋浴设施，因此抗震能力强的校舍能够在震后马上成为公众

的避难场所。

下文介绍了人们提高建筑抗震能力时需要采取的措施和程序。显然设计者、承包人和使用者之间在利益或能力上存在着冲突，而人们对这些冲突的重视程度也决定了这些措施的执行程度。公众和决策者在建设安全学校的问题上也发挥了重大作用。为了满足公众需求，保障学生的在校安全，加州的决策者坚决贯彻了以下措施和程序。

二、确保校舍的抗震设计令人满意

1. 合格的设计师和出色的建筑设计

如何通过设计抵御大自然的力量，特别是抵御地震，是一项复杂的任务，而且需要受过教育并且有经验的专业人士参与。高等院校应该为工程师提供这方面的基础教育。负责发放专业执照的机构也可为结构工程师设立职业资格标准。

一旦有了优良的标准工程方案就可以进行正确的设计。这些图纸可以重复使用，从而节省初始设计和审查的成本。同样，在其他地方被证明成功的设计也可以反复利用。这样做的优点之一是人们可以纠正之前的一些不足之处。例如，北加州迅速发展的学区在过去的 10 年里，一直在使用同样的校园设计方案而且成效显著。规划者认为，以前的建设经验表明，逐步改进校舍设计可以节省费用，而且竞标的竞争力更强，在建造过程中的改动也更少。

2. 建筑规范

建筑规范需要由研究者、工程师和其他利益相关者共同制定。它根据实际成本为建筑的抗震安全设计确定可接受的最低标准。此外，人们制定规范时开展的研究和开发工作，对今后完善规范的工作来说也是非常有价值的资源。当人们不断研发出性价比更高而且更坚固的材料时，这些规范和标准也应随之不断改进。

加州公立学校正是按照加州 1997 年颁布的规范建造的。此外，这个规范还包括一个更加严格的修正案。尽管有些人认为这一修正案过于保守，但对于按照修正案的要求修造的建筑而言，其材料和人工成本的增幅不超过最终建设成本的 2%。

完善的建筑规范并不一定非常复杂。最近加州结构工程师协会

(SEAO) 为规模较小而且结构不复杂的建筑制定了简明的规范。人们制定现行规范时假设的前提是：工程师经验丰富、建筑材料成本低廉，而且建筑商和工人具备相应的技术能力。但是很多国家缺乏执行规范的基本人力资源和物质资源。因此制定规范时必须将所有制约条件考虑在内，根据有限的资源制定出适合本国和本地区实际情况的规范。

3. 灾害调查

定点式的地质灾害报告能够帮助人们找到容易发生山崩、泥石流或靠近断裂带等不适宜修建房屋的地点。针对整个区域开展的地质灾害调查，不仅能给人们带来更多益处，而且比定点调查的成本要低。灾害调查的形式多种多样，如对现有信息进行评估，根据实地钻探、测试和土质分析的结果写出书面报告。

4. 独立审查

独立审查保证了人们在修建校舍的过程中根据规范的要求进行计算、规划、确定规格。同时，它也缓解了所建房屋的利益相关者（如所有者、承包人和设计者）之间潜在的利益冲突。由于审查者也有可能被牵扯到利益冲突中，因此审查工作应该交给在经济上和政治上独立于利益相关者的机构。

独立机构应在符合规范的文件上盖章签字。如果缺乏这个程序，以后就很可能发生用未通过审查的图纸“偷梁换柱”的情况。学校应要求承包商在施工时严格遵循通过审查的计划，而且利用监理来确保承包商的施工过程完全符合标准。此外，施工之前或施工的过程中出现的任何变化都需要通过机构的审查、批准和认定。

三、确保校舍的工程质量令人满意

1. 合格的施工人员和过硬的施工技术

所有参与修建校舍的承包商、分包商和工人都应该通过独立机构的资格认证考核。认证过程规定了所有工人必须具备最基本的专业资质，并且参加过基础培训。许多国家都要求工人接受简单的培训，如建造土砖结构的房屋时应对制砖工人和砌砖工人进行培训，因为劳动者的技术水平和他们选择的建材会影响砖的强度。在砌砖时使用灰浆接缝这样的简单工艺也能大大提高墙体的抗剪力。

2. 独立的检查和测试

如果人们不按照审查过的方案施工，那么监控设计带来的益处将荡然无存。这一过程会导致建造成本增加 2%。一旦缺乏严格的检查和测试过程，建筑物的抗震安全性就会大打折扣，因为建筑规划可能被篡改，便宜的劣质建材也可能乘虚而入。测试和检验的频繁程度和严格程度通常取决于以下因素：施工项目的复杂性，施工者的能力，工人的技术水平，资金是否充足以及对风险防范的重视程度。

四、加利福尼亚州的经验

1. 加州学校的建设历史

1933 年，加州公立学校和其他建筑的抗侧力设计完全基于估算的风力荷载。工程师认为能够抵御强风的校舍也能够抵御地震的袭击。1933 年 4 月 10 日，发生在长滩的地震摧毁了 70 座学校，另有 120 所学校的结构严重损坏。但幸运的是，地震发生时这些建筑里没有师生。

尽管加州的城市区也发生过地震，如 1906 年旧金山大地震、1925 年圣巴巴拉大地震，但是长滩大地震迫使工程师、政府官员和民众把保护公共设施，特别是保护学校免遭地震破坏，作为公共政策的目标。

1933 年 4 月 10 日，加州正式颁布了《费尔德法案》（Field Act）。这个法案要求所有建筑物必须符合本州的设计标准和规格，设计师须具有从业资格并在加州登记注册。房屋的建筑质量必须经过独立机构的审查和检测。另外，专业的设计人员、独立检查人员和承包商必须保证其建筑是按照审查后的方案建造的，否则将以作伪证的罪名受到起诉。加州的建筑师管理处（DSA）以司法管辖部门的身份负责执行费尔德法案。

《费尔德法案》适用于所有新建筑，但不包括 1933 年前建造的校舍。1939 年，加州颁布的《加里森法案》（Garrison Act）从法律上解决了继续使用 1933 年前修建的校舍还是废弃它们的问题。但是，直到 1971 年发生 6.4 级的圣费尔南多大地震，资金逐步到位后，人们才依照现有规范翻新加固了那些在费尔德法案实施前修建的建筑。目前，加州正在尝试着对 1976 年大幅修订建筑法规之前建造的几千幢校舍进行评估和改建。

2. 校舍抗震安全计划面临的阻力

许多决策者认为修建校舍时进行严格的规划复查和建设监察成本太

高，而且过于耗时。不断有人建议通过立法程序删除《费尔德法案》对学校抗震能力提出的要求，而且部分建议已经被采纳。对此，州建筑师管理处于 1992 年进行了一项研究，了解根据《费尔德法案》建设的学校与根据未修正的规范和地方法规修建的学校在成本上到底有多大区别。结果表明，根据《费尔德法案》修建的学校成本增加了不到 4%。增加的大部分成本源于反复的实地调查和频繁的检测。只有不到 1.5% 的成本增加与严格的建筑规范有关。

加州有超过 500 个拥有司法管辖权的地方当局，目前的立法提案将赋予他们审查规划和检查建设项目的权力。这一立法的后果将增加审查和建设项目检查标准的不一致性，还会迫使地方当局将规划的审查工作外包，因为加州的结构工程师数量远不能满足 500 个拥有司法管辖权的地方当局的需要。这一安排将衍生出一个新的行政处理层次，从而引发利益冲突、不统一性和失误。地方建筑部门也会面临更大的政治和经济压力。

3. 阻碍成功的主要障碍

阻碍学校防震计划取得成功的主要障碍有两个。第一，由于学校建设资金不稳定，工作量常常超出工作人员的负荷，所以时间上的压力会导致检查不够认真和规划审查不够严格。第二，1933 年的《费尔德法案》没有对非结构性风险给予足够重视，而非结构性构件经常在中度地震中掉下来造成伤害。尽管部分规范针对非结构性风险提出了解决方法，但州建筑管理处（DSA）还是出版了指导学校固定和支撑电视机和书柜等物品的指南，以帮助他们了解和避免非结构性危害，但是由于新来的老师会改变教室的原有布局，所以这些保护措施往往被忽视。

4. 主要成果

州建筑管理处（DSA）在过去的 70 多年里一直负责审查和监督公立学校建筑的规划和建设。在此期间，没有一个学生和教师因地震、风灾、雪灾或其他灾害导致的建筑物损坏而受伤或死亡。仅有一名学生因一堵支柱断裂而被大风吹塌的墙砸伤身亡（修建这堵墙时没有得到 DSA 的批准）。《费尔德法案》实施以来，几乎没有学校建筑因地震损坏而被拆毁。学校防震计划的成就提高了公众的防震意识，人们不允许这个项目出现任何可能威胁其安全记录的改变。

第三部分 评估学校及其他公共建筑的 地震易损性和风险

引言

人们是否可以制定出评估风险的标准，以及量化学校和其他公共建筑的结构性危害、非结构性危险和地震易损性的标准？如果建立并监测这些标准是切实可行的，那么，这些标准在多大程度上可以在不同的文化和国家之间通用呢？

有些项目在公共建筑的地震易损性和风险评估方面卓有成效。本章介绍的保险服务办公室（ISO）的建筑规范有效性分级方案（BCEGS）以及美国—意大利关于提高意大利医院地震安全性的合作项目就常常被引作这方面的经典案例。特别专家组需要考虑的是这类项目在国际背景下的通用性。

特别专家组在这个问题上得出了如下结论：

（1）许多现有的风险评价和评估体系——例如由美国应用技术学会建立的适用于各国学校的体系。同样，各个国家可以使用共同的目标、地震强度预测的规范性准则以及许多标准、规则、认证、教育和培训流程。

（2）像美国建筑规范有效性分级方案（BCEGS）等评级系统中使用的规范管理、规划评估和实地检测等流程，可以成为所有国家的标准流程。

（3）目前人们已经有足够的风险评估方法和计量手段，来评估地震中学校的安全性，并监测世界各国的学校地震安全性项目的进展与成败。

第十一章 建筑规范有效性的分级方案： 衡量社区采纳并执行建筑规范的决心

美国保险服务办公室自然风险减灾科

丹尼斯·盖奇 (Dennis Gage)

内容提要：政府、保险公司、业主和承包商对于建筑物的安全性都承担着重要职责。然而，并非所有的社区都有严格的建筑规范，也并非所有的社区都会尽职尽责地执行其规范。保险服务办公室在美国通过一个总的项目——建筑规范有效性分级方案（BCEGS），来帮助人们区分有效执行建筑规范的社区和执行情况较差的社区。保险服务办公室收集了社区采纳和执行建筑规范的各种方式，分析了对这些规范的管理、实施规划以及实地检测，然后确定了一个建筑规范有效性等级分类。

一、利益相关者

自由经济体往往面对着多种压力来为消费者提供最廉价的产品，以满足他们的迫切需求；在这方面，建筑房屋与其他产品和服务没什么区别。然而，人们总是希望自己居住、学习、工作或娱乐的场所，是可以供自己使用很多年的安全建筑，可以为自己抵御各种环境的挑战，降低各种可能存在的风险的影响。由于房屋建筑价格高昂，因此从根本上来说，人们需要将建筑成本降至最低，以将其控制在预算内。但是在任何情况下都不能为了减少成本而给居住者带来危害。

政府、保险公司、业主、建筑商，需要通过协力合作来实现提高建筑安全性的目标。

1. 政 府

为公民提供安全的环境是政府的基本职能。政府必须建立一个平台，以便各方开展有意义的合作。人们必须采用现代化的有效建筑规范，而且必须准确无误地执行它们，以制定各方都能遵守的建筑安全底线。

政府必须通过灵活的保险监管为保险业提供竞争的环境，允许保险公司开发收费项目，从而为提高施工水平、保护建筑以及其他降低损失的举措提供经济上的激励。

如果在私营部门缺乏制定标准的全国性权威组织，那么政府应该提供资源来研究和开发现代化的建筑和防火规范。

政府还可以向遵守建筑规范的业主提供税收激励。

政府可以要求建筑商必须获得资格认证，并向消费者提供信息。大多数消费者通常都不太了解建筑技术，只能依赖于建筑商的专业知识和专门技能。有关建筑商的资格认证信息会帮助消费者在选择承包商时做出明智的选择。

2. 保险公司

保险公司可以和政府共同开发与建筑和防火规范直接对应的费率和收费项目，由此，可以向设计合理的房屋提供优惠的保险价格，其中包括采纳了社区提供的减灾措施的房屋。这种优惠的保险措施会吸引那些想要通过降低保险成本、使未来的利润潜力最大化的商务人士的关注。保险公司可以同业主一起降低潜在的损失。

3. 业 主

业主可以同政府一起确保他们新建或翻修的房屋早在规划阶段就是符合建筑规范的。如果大家共同的目标就是用最低的成本来达到房屋安全，那么这种关系也就没有必要对立起来。

业主应该只雇用获得专业资格认证的建筑商，以确保房屋质量。

业主在选择保险公司时应该仔细挑选有竞争力的保险公司，其竞争力就体现在保险成本最小、承保的房屋质量更好且更易于降低风险，而且可以为降低风险和潜在损失提供持续性服务。

业主必须意识到，保险只不过是缴纳保险金将自己的财产损失转移给保险公司的一种办法，它永远不会为重大灾难对人们的感情伤害买单，也不会涵盖其所带来的间接成本。

4. 建筑商

建筑商应该有能力通过政府或者行业协会的认证项目来雇佣具有从业资格的工人。只要政府执行了有效的规范，所有的建筑商在公平的竞技场上在质量和服务方面展开竞争，而不会为了走捷径而危及安全。

二、比较建筑规范的选择和实施

1992 年安德鲁飓风后，在南佛罗里达州几个地方拍摄到的图片显示，街道一边的房舍全部被毁，而街道另一边的房屋则屹然挺立。其后的检查结果表明，大多被毁房屋没有达到当时实行的建筑规范规定的标准。多项行业研究表明，如果该地区的建筑物都能满足目前的建筑规范的要求，那么总损失（265 亿美元）应该可以减少 50%。这些研究突现了这样一个事实：建筑规范并不能一劳永逸地解决问题，要想最大程度减少损失，政府还得通过训练有素的人员来严格执行这些规范。

安德鲁飓风带来的损失不仅仅是在财产方面。尽管政府对该事件已有重大预警，但它还是在美国造成 23 人死亡、在巴哈马群岛导致 3 人丧生。

1994 年，美国发生了另一个灾难性事件：加州北岭（Northridge）大地震。这场地震造成的保险财产损失超过 70 亿美元。由于地震灾害中仅有 25% 的受损财产是有保险的，因而实际的损失还会大幅上升。这再一次清晰地反映出建筑物大规模受损和其不符合建筑规范的事实之间的相关性。

建筑规范的选取和有效执行对于地方的经济福祉及其市民的安全都会产生重大影响。然而，并非所有的美国社区都有严格的规范，也并非所有的社区都在同样恪尽职守地执行这些规范。当地的建筑规范对于社区在飓风、地震或者其他自然灾害中的作用会起到深远的影响。

保险服务办公室通过一个名为建筑规范有效性的分级方案（BCEGS）的综合性项目，帮助区分那些有效地执行了建筑规范的社区和那些执行较差的社区。

保险服务办公室是一个服务于财产/事故保险行业的独立的统计、评级和咨询性组织，它收集与社区建筑规范的选取及其执行有关的信息、分析数据，然后确定一个从 1 ~ 10 级的建筑规范有效执行等级分类。1 级代表的是极其尽职地执行建筑规范，10 级则表明尽职程度低于最低限度。

建筑规范有效性的分级方案（BCEGS）还有助于对社区执行建筑规范

的情况进行评估。该项目提供了一个全国通用的客观标准，各机构可以在筹备和编制预算时就将其用于规划评估、检查、公关和培训活动。

1. 为社区带来的多重利好

在规范内容合理且执行得力的地方，它们经历灾害时所受损失就小，这一点在其公民的保险费率中也得到了证实。由于人们有可能降低灾难造成的破坏，进而降低保险成本，所以这激励着社区严格执行公共建筑规范。社区可以从更加安全的房屋、在灾难性事件中更少的损失以及下降的保险费中获得利好。

2. 建筑规范有效性分级方案（BCEGS）的运作流程

人们用建筑规范有效性分级方案来评估各个社区实行的建筑规范。该项目也可以评估社区执行其建筑规范的情况，且特别强调了应降低自然灾害带来的损失。

保险服务办公室会向社区建筑部门的官员发一份详尽的问卷，藉此收集关于社区已采纳和执行建筑规范的信息。问卷填完后，保险服务办公室就会派出 40 多个地方代表中的一名，前往该社区与建筑官员会面。保险服务办公室的代表和建筑官员一起检查、核实社区的规范执行能力。每次核查通常需要 2 ~ 4 小时。

然后，保险服务办公室的代表就从不同方面给社区打分，然后通过其总分来确定该社区的建筑规范有效性等级。

保险服务办公室会在公开保险公司分类之前，向各个社区通报评估结果。通报内容包括评估的细节内容和各方面的具体得分。

保险服务办公室会对其地方代理进行培训，这样他们就可以收集并准确分析与建筑规范的采纳及执行有关的信息。他们的培训内容包括建筑规范、建筑规范有效性分级方案、管理的概况和对问卷的详细评估（其中包括背景情况和信息收集机制）。建筑规范有效性分级方案的每个新雇员也要接受指导，进行实地考察的职员是否拥有建筑官员的建筑规范知识并不重要。建筑规范有效性分级方案项目着重于将所采纳的规范、资源、资格认证以及员工培训等因素转化为各个社区采纳有效的建筑规范的选取并将其付诸实施的决心。

3. 建筑规范有效性分级方案标准

建筑规范有效性的分级方案的分析集中在三个关键领域。

(1) 规范管理：现行的建筑规范；规范修订；分区开展减灾工作；规范执行者的培训；规范执行者的资格认证；鼓励其他机构开展教育和资格认证；建筑官员的资质；承包商或建筑商的认证和担保；提高公共意识的项目；规范开发活动及申诉过程的参与。

(2) 建筑规划审查：职工水平；资质；规划审查的详尽程度；绩效评估；住宅、多家庭房屋及商业建筑规划的审查。

(3) 对实地考察的评估：职工水平；资质；规划审查的详尽程度；绩效评估；最终的检测；发布使用证书。

另外，保险服务办公室还会收集保险业方面的信息，包括该区域常见的自然灾害、已发的考察许可证数量、已经完成的考察数量、建筑部门的筹资机制和设立日期、管辖区域及人口的规模以及所有建筑的公平市价。

4. 建筑规范有效性分级方案 (BCEGS) 与业主保险金

保险服务办公室对社区采纳和执行建筑规范的尽职程度进行分类，以此服务于财产险/事故险行业。保险公司缴纳会费后就可订购建筑规范有效性分级方案，其会费与保险金额成正比。它们使用建筑规范有效性的分级方案的评估结果，以帮助住宅和商业财产确立适当的保险金。

保险服务办公室提供的信息涵盖了 5000 多个建筑规范执行机构。保险公司可以掌握地方建筑规范采纳和执行情况方面的可靠和最新的信息。

保险服务办公室向保险公司提供根据建筑规范有效性分级方案评定的等级、建筑规范有效性分级方案建议的保险信用以及相关保险信息。在保险服务办公室为社区进行评级的当年或者后一年建设的建筑物，都适用于该计划所涵盖的保险费率信用。

5. 对社区建筑规范有效性的分级方案 (BCEGS) 评级的再评估

保险服务办公室训练有素的地方代理大约每五年对社区评估一次。但如果社区的建筑规范执行机构发生了重大调整，或者社区要求进行调查，那么保险服务办公室也可以提早调查该社区。

建筑规范有效性分级方案为那些有效改善其建筑规范执行的社区提供更低的保险费率。

6. 建筑规范有效性分级方案 (BCEGS) 的项目激励

多重因素激励着社区参与建筑规范有效性分级方案如：鼓励建设抗震性更强的建筑；降低财产和人员的损失；使灾难性事件带来的经济和社会

损失降到最低；推动有效的公共政策。

建筑规范有效性分级方案认识到社区有责任采纳和执行建筑规范，所以努力推动社区领导、普通公民、建筑规范执行机构以及保险公司之间的互利共赢关系。

第十二章 如何借鉴别国减轻地震危害的措施：案例分析

美国应用技术委员会

克里斯托费·罗雅恩 (Christopher Rojahn)

内容提要：本文介绍了美国应用技术委员会和意大利国家地震服务局，为了改善意大利医院在地震中的安全状况而合作开展的一个研究项目。文章详细描述了将美国的减灾措施应用到意大利的整个过程，并简述了通过肉眼观察，迅速筛选存在地震安全隐患的建筑物，同时评估结构性和非结构性建筑构件的流程。此外，本文还介绍了确定地震振动预期水平的标准。

一、应用技术委员会

应用技术委员会是 1973 年在加利福尼亚州结构工程师协会的帮助下成立的一个非盈利性组织，它的主要研究方向是利用工程应用和工程资源减轻自然以及人为灾害对建筑环境的影响。由于这个委员会的总部位于地震活跃的加利福尼亚州，所以到目前为止，它的大部分工作都在关注如何减轻地震对房屋、桥梁和其他建筑结构的潜在影响。

应用技术委员会为美国建筑的地震设计、建筑评估和结构翻新以及如何评估和维修遭受地震破坏的建筑等问题确定了明确的基本准则，并在不断发展这些准则。此外，该委员会在引进和推行房屋和桥梁地震保护体系（即隔震与能源释放方法）的工作中也起到了促进作用。美国联邦建造的桥梁的地震设计细则即由它制定而成，而且新的细则也行将颁布。附录中总结了在过去 25 年里美国在改善防震施工方面推出的重要项

目和出版物。

美一意合作项目发起于 20 世纪 90 年代晚期，旨在改善地震中意大利医院的安全状况，它研究了如何向别国借鉴地震减灾的措施和规范。这个项目不仅关注如何改善医院在地震中的安全，而且界定了国与国之间开展合作活动的范围。这可以作为国际合作项目的模本，来评估地震中学校和教育系统的地震易损性和风险。

二、旨在改善意大利医院地震安全的 美国一意大利合作项目

应用技术委员会 ATC - 51 项目的目标，在于改善意大利医院在地震中的安全状况。它由应用技术委员会与意大利国家地震服务局联合展开，包括一个立项课题和几个侧重落实情况的后续重点项目。立项课题制定出可供全国采纳的 10 条减灾建议，其中 6 条关注了今后几年的短期目标，另外 4 条制定的长期目标可能需要 10 年或更长时间才能实现。应用技术委员会于 2000 年发表了 ATC - 51 项目报告“美国关于改善意大利医院地震安全的合作性建议”，并在其中分析了意大利的地震灾害状况、医院建筑的状况、它们在历次地震中的表现以及现有规则 and 标准中适用于医院设计和加固的内容。这份报告吸取了加利福尼亚州开发减轻医院地震风险的项目以及落实这些项目时的经验。作为应用技术委员会的代表性项目，委员会召集了两国在医院的抗震设计、评估、翻新和规范等方面的高级专家，组成专家小组来制定这些建议。立项课题提出改善意大利医院地震安全的建议后（表 12.1），国家地震服务局资助了另外两个应用技术委员会的课题，为立项课题中两条建议的落实情况打好了基础（即“加固新建的非结构性系统”和“紧急响应和震后检查计划”）。第一个课题已于 2002 年完成，并发表了 ATC - 51 - 1 项目报告“美国一意大利关于意大利医院紧急响应计划的合作性建议”；第二个课题于 2003 年完成，发表了 ATC - 51 - 2 项目报告“美国一意大利关于意大利医院加固非结构性构件的合作准则”。这两个报告和 ATC - 51 立项报告的指导意见主要针对以下问题提出了建议：

步骤、操作标准、双方认可的适合意大利的风险披露的程度。

表 12.1 改善意大利医院地震安全的建议总结

	建 议	适用范围
短期	首先为医院防震设计和建造质量的检查工作及落实情况制定细则，然后坚持贯彻执行这些细则	新建筑和现有建筑
	评估地震减灾项目的备选方案，如项目的目标和绩效目标、长期战略和可以采用的被动性和主动性建筑加固计划	新建筑和现有建筑
	加固新建的非结构性系统	新建筑和改建房屋
	禁止震区的新建筑中使用无钢筋的砖石结构	新建筑和改建房屋
	收集和记录房屋的地震易损性信息，由此改善结构数据的存储情况	现有建筑
	制定紧急响应和震后检查计划	新建筑和现有建筑
长期	制定一个加固非结构性建筑构件的行动计划	现有建筑
	改进新建筑的防震规范	新建筑
	将建筑的防震设计规范与基于建筑防震能力的设计紧密联系起来	新建筑和现有建筑
	对现有医院进行系统的防震检查，并制定积极的防震加固行动计划	现有建筑

美国和意大利都从 ATC - 51 合作项目中受益匪浅：意大利了解了改善医院地震安全的工作流程，而美国也从中探索出新观点和新方法。

三、借鉴别国评估地震易损性和风险的步骤

到目前为止，美国—意大利的合作项目在减少医院地震风险方面已完成了很多工作，如建立通过肉眼观察迅速评估建筑物地震易损性的流程、建立评估建筑物地震风险的详细步骤（其中包括结构性和非结构性建筑构件）和制定细化预期地震振动等级的标准。除此以外，合作项目还在考虑今后的发展计划。这个项目证明意大利完全可以采用并适应美国提高医院地震安全的步骤和标准。对于需要借鉴他国的程序来评估学校和教育系统地震易损性及风险的国家而言，推行项目时使用的技术步骤和方法，为它们提供了具有建设意义的模本。

1. 借鉴别国的地震减灾措施

合作项目刚刚起步时就制定了明确的原则和行动准则，并在此基础上

将美国削弱医院地震风险的步骤和规则借鉴到意大利。这些原则和行动准则要求意大利医院削弱地震风险时使用的步骤和标准必须满足以下要求：

(1) 以美国目前使用的步骤和众所周知可以有效降低医院地震易损性的规则为基础。具体来说，它们指应用技术委员会、联邦紧急事务管理局（FEMA）、加利福尼亚州健康规划与开发办公室、海外建筑办公室（美国外国建筑办公室的前身）以及其他机构制定的规则。

(2) 以意大利医院过去在地震中的表现为基础。

(3) 符合意大利现行法律的要求。

(4) 考虑到意大利的地震活动性。

(5) 为意大利新建医院和现有医院中结构性和非结构性建筑构件的地震设计制定标准。

(6) 将意大利现有医院建筑的结构特征考虑在内，如楼龄、楼层数目、规划尺寸和形状以及结构系统使用的建材（这里指广泛采用的无钢筋砖石墙）。

(7) 将现有医院建筑相对于本地地震活动性的情况考虑在内，即医院建筑的数目和地区分布。

要想使项目计划成功，需要采取以下行动：

(1) 挑选有资质的顾问制定出建议意大利采用的步骤，此外邀请两国在医院建筑的抗震设计、抗震性能和监管等领域里的高级专家，组成顾问小组来监督和指导建议的制定。

(2) 美国的专家顾问小组成员和课题顾问前往直意大利实地考察，了解具有代表性的意大利医院的特点和状况。

(3) 美国专家对意大利提供的信息和数据进行评估，其中包括历史上意大利的地震活动性、过去医院在地震中的表现、关于医院地震安全的现行法律以及目前已有的信息，如医院数目、医院成立的时间、规模、高度、规划形状、结构系统使用的建材等内容。

(4) 专家顾问小组的意大利成员前往美国实地考察，了解有代表性的加利福尼亚州医院的特征和状况。

(5) 举办双边顾问小组会议，制定出建议意大利采用的步骤。

(6) 双边顾问小组评估最终报告。

2. 通过肉眼快速检查建筑物

虽然意大利的 ATC - 51 项目没有制定相应的步骤来通过肉眼观察迅速筛选存在地震安全隐患的建筑物，但美国已经在使用这种步骤，而且其他国家也通过努力采纳并根据本国情况调整了这种步骤，来评估学校和教学设施的地震易损性。这种方法最早由应用技术委员会在 20 世纪 80 年代提出，并于 1989 年发表在联邦紧急事务管理局 154 报告（第一版）《肉眼快速筛选地震危房的操作手册》。2002 年委员会进一步更新了这个步骤，根据最近绘制的建筑物损坏评估曲线，加入更多关于地震灾害的最新信息和修正后的评分系统。委员会于 2002 年以紧急事务管理署 154 报告（第二版）的形式发表了这种方法的最新步骤。

联邦紧急事务管理局 154 报告制定肉眼快速筛选流程（RVS）的目标，以方便政府机构、建筑物的所有者或城市和其他社区的建筑主管部门（通常被称为“RVS 管理机构”）识别存在地震安全隐患的建筑物，并编制它们的目录，对它们进行排序。虽然肉眼快速筛选流程适用于所有建筑，但它的主要目的是用来筛选：政府出台合理的防震设计和详细要求之前设计和建造的早期建筑；在疏松的土层上修建的建筑；自身的某些性能特点对地震响应能力产生负面影响的建筑。

具有丰富经验的设计专家将对筛选出来的地震危房进行进一步的评估，以确定它们是否的确存在地震安全隐患。

肉眼迅速筛选流程使用的方法基于对建筑物进行的“人行道调查”（sidewalk survey）和数据收集表（图 12.1）。调查员（又称为“筛选员”）通过肉眼观察建筑外部和内部（如果有可能观察内部的话）的状况来完成调查。数据收集表记录了建筑的识别信息，包括它的用途和规模、照片和与其抗震能力有关的草图和数据，并且为建筑的地震风险等级打分。

一旦 RVS 管理机构决定对某社区的建筑或某组建筑进行肉眼快速筛选，那么他就可以通过预定规划来迅速推动整个筛选过程。预定规划通常指培训筛选员和周密地组织整个过程。通过实地调查完成数据收集表时，首先要识别该建筑的主要结构性抗侧力系统和使用的建材。表格为各种建筑类型的基本结构风险打好了分数，筛选员观察被检测建筑物后根据它的性能特征在表格上圈出它所对应的分数修正值，然后基本风险分加上（或减去）修正值得出了它的最后结构分 S 。基本风险分、修正值和最后的

高地震活动性

										地址: _____ 邮编: _____ 其他标识: _____ 楼层数目: _____ 建造年份: _____ 筛选员(检查员): _____ 检查日期: _____ 建筑面积(平方英尺): _____ 建筑名称: _____ 建筑用途: _____									
										照片									
规模:																			
(建筑物) 使用性质					土壤					物体掉落危险									
集会场所 商用 紧急救灾服务	政府机构 历史建筑 工业	办公室 居民住宅 学校	建筑内人数 0-10 11-100 101-1000 1000+		A 硬岩	B 普通岩石	C 紧密土	D 硬土	E 软土	F 疏松土壤	☐ 无钢筋的烟囱	☐ 栏杆	☐ 覆土层	☐ 其他					
基本分数、修正值和最终分数																			
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (DR)	S3 (LM)	S4 (RC)	S5 (SW)	C1 (RM)	C2 (NF)	C3 (MRF)	C4 (SW)	C5 (LM)	C6 (NF)	C7 (TT)					
基本分数	4.1	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.5	2.5	2.4	2.8	1.8					
中层建筑 (4-7层楼高)	N/A	N/A	-0.2	-0.4	N/A	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	N/A	-0.2	-0.4	0.0					
高层建筑 (高于7层楼)	N/A	N/A	-0.6	-0.8	N/A	-0.3	-0.8	-0.6	-0.8	-0.8	N/A	-0.4	N/A	-0.6					
竖向不规则性	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0					
平面不规则性	-0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-0.5	0.5	0.5					
1973年以前建造	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8					
支柱基础	-2.4	-2.1	-1.4	-1.4	N/A	-1.6	N/A	-1.4	-2.4	N/A	-2.4	N/A	-2.8	N/A					
C型土壤	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4					
D型土壤	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6					
E型土壤	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.6	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.8					
最终分数																			
评语														是否需要 进行详细 评估					
														是 否					

主观估计的不可靠数据 BR=支撑框架 MRF=抗弯框架 SW=剪力墙
 DNE=不知道 FD=柔性隔板 RC=钢筋混凝土 TT=翻转法施工
 LM=轻质金属 RD=刚性隔板 URM/NF=无钢筋的砖石填充墙

图 12.1 联邦紧急事务管理局 154 报告 (第二版) 中用肉眼快速筛选
地震危房时使用的 (地震高发区) 数据收集表

结构分 S 都与房屋倒塌的几率密切相关。一旦地面发生强烈震动（即在目前的防震设计中，新建筑能够经受的地面震动水平），那么最终分数 S 通常在 0~7 的范围内。S 的分值越高，它表示建筑物的抗震能力越强。

社区使用肉眼迅速筛选的方法时，可以帮助 RVS 管理机构将被检查的建筑物分成两类：一类的抗震能力大致令人满意，另一类则可能在地震中倒塌，需要人们对其开展深入地研究。根据目前的地震设计标准，2 分是 S 分数的一个“分界点”。有经验的地震设计专业人士应当仔细调查 2 分以下的建筑物。

在层层筛选地震危房的过程中，联邦紧急事务管理局 154 手册介绍的步骤只是其中的初步筛选阶段。当这个步骤鉴定出具有地震安全隐患的建筑时，有经验的地震设计专业人士需要对它们进行更加详细的分析。由于人们在设计肉眼快速筛选法时就将其定位为街道上进行的调查，人们不太可能观察到建筑物的内部，而且具有危险的细微之处不一定能用肉眼识别出来，所以人们有可能无法通过这种方式找到抗震能力差的建筑。相反的是，被鉴定为具有潜在危险的建筑却可以使用这种方法。

3. 其他国家修正和采用肉眼快速筛选法的历程

其他国家也可以修正并采用 FEMA 154 的肉眼快速筛选法，其过程与意大利利用 ATC - 51 项目提高医院抗震能力的工作相似。它的内容包括：在待评估的区域找出具有代表性的建筑类型；为各种建筑类型确定结构风险分和修正值，以充分展现建筑的抗震特征，同时了解待评估区域的地震活动性和土壤情况；邀请美国和待评估区域的专家制定和评价根据本地实际情况进行调整的步骤，其中包括修订数据收集表的工作。

4. 详细评估结构性和非结构性建筑构件的抗震能力

美国现在使用的详细评估建筑物抗震能力的程序历经 15 年才制定出来，它是众多设计专业人士和研究人员通过全面的研究、开发过程得到的成果，联邦紧急事务管理局大力资助了这项研究。人们主要依据建筑物过去在地震中的表现来评估它们的抗震能力，同时将评估的重点放在确认该建筑物是否会危及人员生命。这个检查程序包括：使用对照法寻找结构性和非结构性构件之间不牢固的连接处。这种方法使用的对照表对填表者提出了许多问题，并要求他们用“是”或“否”作答，以此作为评估的基础。表中列出了所有建筑类型的共同特征、当地的地基和地质特征的地震

危险性、非结构性构件以及 15 种建筑类型或通用性建筑类型的建筑特征。如果评估工程师对其中任何一个问题的回答是“否”，那么被评估的结构性或非结构性构件就被视为具有潜在的危险性。随后人们会用简单的计算来确定这个构件是否的确在地震中不堪一击。

和 FEMA 154 程序一样，其他国家可以借鉴并修改美国现在使用的建筑物地震风险评估程序，然后将适合本国国情的程序应用于本国。他们在采纳和修改美国程序时需要使用的方法与 FEMA 154 RVS 中建议的方法相似，即：除了鉴别建筑物的抗震特性以外，还要在待评估区域里找出常见的建筑类型；修正 FEMA130 报告的对照表或评估表述，以反映建筑物抗震特性、待评估区域的地震活动性和土壤情况；邀请美国和待评估区域的本地专家制定并评价修改后的评估步骤以及对照表或评估表述。

ATC - 51 - 2 报告《美国—意大利关于意大利医院加固非结构性构件的合作性准则》针对意大利医院开展相关工作的步骤提出了自己的建议，其中包括寻找需要进行地震评估和加固的具体非结构性构件时使用的评估准则。这些准则基于以下四方面的考虑：地震活动性，用意大利建筑规范中使用的地震带来表述；在特定的地震活动性下，建筑构件的地震易损性；建筑构件对震后医院运作的重要性；加固或锚定建筑构件的成本和由此造成的建筑物暂时停用。

这个步骤的目标是将建筑设计和建造方面的资源集中用于改善那些最关键和成本效益最高的非结构性因素。人们在制定任何关于非结构性地震评估和地震设计的政策时，都必须考虑以上四个方面。

ATC - 51 - 2 报告引用了许多具体实例来说明新建筑和现有建筑何时需要进行地震评估和固定。报告中展示了 27 个建筑构件，并且从地震易损性、重要性、加固成本和建筑物被迫停用等方面入手，逐一分析了这些非结构性构件。报告根据这些特点提出建议，指出在哪个地震带的建筑构件应该进行加固，或者哪个地震带的新建筑中必须包括地震固定工程。在每个构件的总结部分，报告提供了构件的照片、评价总结和对其评估和固定的建议（图 12.2）。

（1）地震易损性：中等到高。发生地震时天花板可能掉下来，虽然它们通常不会造成灾害性后果。有时天花板坍塌会在人群中引发恐慌并妨碍疏散工作。

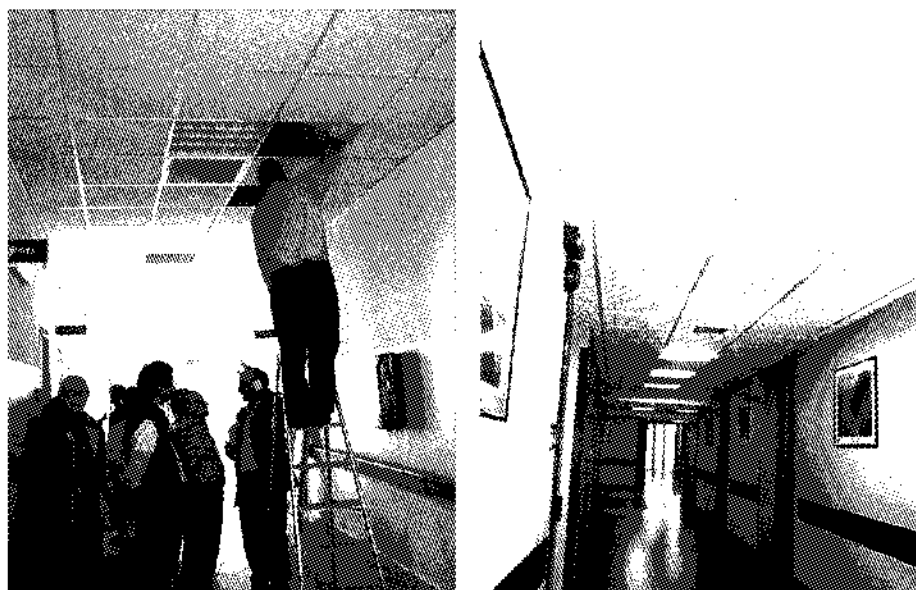


图 12.2 意大利医院悬吊格栅天花板

(2) 重要性：低。天花板损坏一般不会严重中断医院的震后运行。

(3) 加固成本和建筑物被迫停用的情况：中等。人们通过在天花板格栅和它上方的结构之间添加加固缆线来对其进行加固。天花板之间的空间通常比较狭小，所以给加固工程带来很多困难。

(4) 对医院现有设备的建议：由于天花板的重要性较低，所以医院无需加固天花板。对于处于 1 级地震带的医院，建议为悬挂的灯具上添加加固缆线。

(5) 对现有医院或新建医院安装新设备的建议：对于处于 1 级地震带医院，报告建议它们加固天花板和灯具。对于处于 2 级和 3 级地震带的医院，报告建议它们加固灯具就可以了。

ATC-51-2 报告针对意大利医院的情况，详细介绍了非结构性建筑构件的评估准则和标准以供他们参考，但与此同时，这些简化的步骤也为制定细则来评估学校建筑的非结构性构件提供了一种模式。在某种程度上，人们是根据美国专家对意大利医院的实地考察制定出构件的示范性评估准则。在这次考察中，专家们观察并记录了现在意大利加固非结构性构件的步骤。同样，人们为学校和教育系统建筑制定非结构性构件的加固准

则时也需要采取同样的程序。

5. 地震荷载标准

在过去 10 年里，美国在新建筑地震设计的地震振动水平和现有建筑的抗震加固等问题上的标准在不断变化。它将地动水平的标准从 50 年超越概率 10%（相当于 475 年一遇的地震）调整到 50 年超越概率 2%（相当于 2475 年一遇的地震）。人们提高标准的原因在很大程度上是因为特大地震往往不会在短期内频繁发生，然而如果待评估区域的断裂带很长，有可能发生多次大规模地震时，那么人们就有必要为罕见的大地震做好准备。在美国，这些区域包括加利福尼亚州、西北太平洋、阿拉斯加州和密苏里州的新马德里。

对于美国以外大多数地震活跃区域而言，它们似乎也用 475 年一遇的地震水平来确定地震荷载标准。这一标准的普遍程度表明，目前用来量化地震振动灾害性的标准就是 475 年一遇的地震水平。然而，人们必须还要考虑到有些因素可以将地面运动的水平降低到建筑物的地震设计水平（这在美国的抗震法规中被称为 R 因素）。此外，由于人们对地震灾害性进行时间相关分析的能力在不断提高，所以报告建议人们重视时间相关分析的结果，特别是那些最后一次发生罕见大地震的时间等于或已经超出了地震再现周期的区域。

四、项目成本

ATC-51 项目的成本包括制定建议和准则的成本、落实建议和准则时所花费的设计和建造成本。前者的成本大约在 8 万 ~ 10 万美元之间。目前已完成的三个课题的平均成本均为 10 万美元左右。设计和建造的成本目前尚无确切数字。

附录：应用技术委员会（ATC）的主要出版物

ATC-3，建筑物抗震设计规范暂行规定（1978），它为美国抗震设计的样板规范奠定了基础。

ATC-6，公路桥梁抗震设计准则（1981），它为美国现行的抗震设计标准奠定了基础。

ATC-13，加利福尼亚州地震破坏评估数据（1985），它是估算地震破

坏及损失的开创性报告。

ATC-20, 建筑物震后安全的评估流程 (1989, 1995), 它成为事实上的国家评估标准。

ATC-21, 通过肉眼观察迅速筛选具有地震安全隐患的建筑物 (1989, 2002), 联邦紧急事务管理局 154 报告。

ATC-22, 现有建筑地震评估手册 (试行本) (1989), 它为现行的全国建筑物地震评估标准奠定了基础。

ATC-26, 介绍地震中美国邮政服务设施安全项目的 7 本出版物 (1990~1992)。

ATC-33, NEHRP 建筑物地震修复准则 (联邦紧急事务管理局 273 报告), 它为美国现行的建筑物地震修复标准奠定了基础。

ATC-43, 如何评估与修复遭到地震破坏的石墙和水泥墙房屋 (1998), 联邦紧急事务管理局 306、307 和 308 报告。

说 明:

①应用技术委员会也参与了其他几个国际项目, 包括 10 个旨在改善结构设计和施工技术的美国—日本系列工作小组 (ATC-15 项目自 1984 年开始每两年派出一个系列小组); 关于公路桥梁地震设计的美国—新西兰系列工作小组 (ATC-12 项目系列) 以及旨在改善意大利医院地震安全的美国—意大利合作项目 (ATC-51 项目系列)。

②人们依据 1987 年发表的 ATC-14 报告《现存建筑抗震能力评估》和 1989 年发表的 ATC-22 报告《现存建筑抗震能力评估手册 (初级本)》制定了现在实行的步骤。随后, 人们将 ATC-22 手册改写成 NEHRP 建筑地震评估手册 (FEMA 178 报告) 和新版《建筑物地震评估手册的暂行标准》(FEMA 310 报告)。

第十三章 土耳其伊斯坦布尔的学校建筑如何降低地震风险

土耳其海峡大学坎迪尔天文台与地震研究所
奥扎尔·尤组古留 等 (Özal Yüzügüllü et al.)

内容提要：1999 年发生在伊斯坦布尔科贾埃利 (Kocaeli) 地区的地震使 820 所学校受损，其中 22 所后来被全部拆毁。本文描述了这次地震对伊斯坦布尔学校建筑以及随后的修复和重建工作所造成的影响。文章评估了伊斯坦布尔现有学校建筑群的地震易损性，进而估算出对 1998 年颁布建筑法规前修建的所有校舍进行加固所需的预算，并且评价了实施这个项目所需的方法、标准和优先等级。本文在结尾处就如何推行提高校舍地震安全的宏观项目提出了建议。

一、引言

自 1999 年两次大地震袭击土耳其之后，土耳其政府、非政府组织以及学术机构达成了广泛的共识：我们迫切需要制定出减轻地震风险的合理战略，并通过理性的政策对主要建筑物进行系统性的改造加固。20 世纪 50 年代以后，由于受到高速城市化、不合理的土地使用规划和建设、不完善的基础设施服务及环境恶化等因素的影响，伊斯坦布尔面临的地震风险与日俱增。同时，伊斯坦布尔爆发大地震的概率在以前所未有的速度上升。在未来 30 年内它发生大地震的概率已经超过了 65%。既然伊斯坦布尔已经无法避免里氏 6.0 ~ 7.5 级的大地震，那么它就需要制定一个全面的对策，帮助伊斯坦布尔都市区在减轻地震风险和推行灾难管理的过程中解决所有工程、法律、体制、城市和财政方面的需求。

土耳其于1998年更新了本国的建筑法规，加入现代的防震准则。然而在1999年的马尔马拉（Marmara）地震中暴露出来的施工质量问题让人们认识到法规的执行情况非常糟糕。因此，土耳其于2000年4月制定了新的建筑法规，让政府特许经营的私营监管公司强制检查所有建筑的设计和施工。对于新建建筑而言，这种监管的目的是确保它们严格遵守关于抗震设计的规范和施工质量标准。2000年6月，土耳其还建立了一个由土木工程师和建筑师协会认证的职业资格专家体制。目前政府仍然在进行相关的立法工作，希望藉此改善职业培训和职业责任保险的现状，并让专业人士参与到官方的检查和生产过程中。

二、1999年科贾埃利（Kocaeli）地震对学校建筑的影响

虽然1999年在科贾埃利地区发生的7.6级地震导致大量中小学校舍受损，但是这些学校建筑的平均抗震能力要优于普通建筑。共有22所小学和21所中学在地震中完全被毁，另外267所小学和114所中学遭受轻度到中度的破坏。据报道，伊斯坦布尔总共有820所学校受到地震的影响。然而，由教育部省级官员和工程师组成的小组在详细评估了校舍的受损情况后发现，689所学校只是受到轻微损坏，而且可以马上修复，完全不会影响学校的正常教学活动。其余131所学校需要暂时中断教学活动。另有13所学校受损严重，必须修建具备抗震能力的新校舍。此外，在剩下的118所学校中59所学校被修复，37所学校进行了加固，22所学校由于重建地基成本太高而被完全拆除并重建。以下是修复这些受损校舍时大致采用的优先等级标准：

寄宿制学校及设施获得修复的优先等级最高。优先考虑位于12个地震风险最高的地区——阿夫兹拉（AvcıLar）、巴格兹拉（Bagcılar）、巴克尔柯伊（Bakırkoy）、大切克梅杰（Buyukçekmece）、卡德柯伊（Kadıkoy）、卡尔塔尔（Kartal）、小切克梅杰（Kucukcekmece）、马尔泰佩（Maltepe）、彭迪克（Pendik）、锡利夫里（Silivri）、图兹拉（Tuzla）和宰廷伯努（Zeytinburnu）的学校。靠近马尔马拉（Marmara）（即位于地震断裂带上）的学校也被列入优先修复的范围内。

三、修复所有伊斯坦布尔学校的成本

由于伊斯坦布尔必然会遭到大地震的袭击，所以人们必须评估现有校舍的地震易损性，并且制定项目计划以便于开展技术检查、加固或修复等工作。在这个项目的初始阶段，人们在现有建筑数据的基础上（图 13.1），进一步收集伊斯坦布尔学校的建造年份、楼层数目、总建筑面积、是否有设计规划以及所在区域的地质和土壤情况等信息。人们尤其关注了那些 1998 年建筑法规出台之前修建的学校建筑。表 13.1 总结了相关数据。

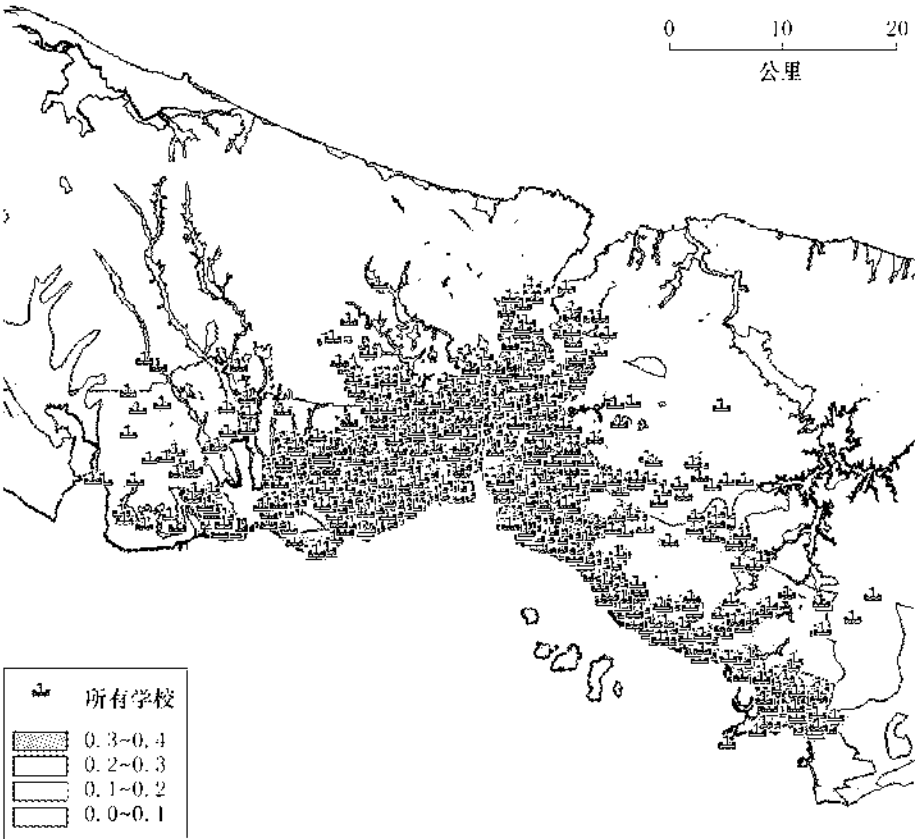


图 13.1 伊斯坦布尔的学校分布与地震灾害地图重叠的情况
(50 年的超越概率为 50%)

这个工程的总成本（包括设计和建造）估计约为 3.2 亿美元。人们以 1998 年之前修建的学校的总建筑面积为基础进行了计算（表 13.2）。

表 13.1 伊斯坦布尔学校建筑概况

	2003 年		1998 年颁布建筑法规之前修建的校舍		已加固的校舍	已重建的校舍	依据 1998 年建筑法规将要翻新的校舍	1998 年颁布建筑法规之后修建的校舍
学校类型	学校数目	建筑数目	学校数目	建筑数目	建筑数目	建筑数目	建筑数目	建筑数目
小学和初中 (学生年龄: 6 ~ 14 岁)	1329	1692	1028	1305	24	27	1254	387
高中 (学生年龄: 14 ~ 17 岁)	402	674	362	603	14	8	581	71
其 他	133	138	31	28	2	0	26	112
总 计	1864	2504	1421	1936	40	35	1861	570

表 13.2 2003 年伊斯坦布尔的校舍加固成本估算结果

	总面积 (万平方米)	项目成本 (万美元)	建筑成本 (万美元)	总成本 (万美元)
学校类型	A	$B = [P] \times [A]$	$C = 0.4[G] \times [A]$	$[B] + [C]$
小学和初中(学生年龄: 6 ~ 14 岁)	213	852	17040	17892
高中(学生年龄: 14 ~ 17 岁)	166.3	665.2	13300.4	13965.6
总 计	379.3	1517.2	30340.4	31857.6

注: $P = 4$ 美元/平方米, $G = 200$ 美元/平方米; 1 美元 = 150 万土耳其里拉。

四、当前土耳其使用的建筑物修复方法

目前, 土耳其的所有校舍修复工作都必须严格遵守 1998 年地震法规, 而这个规范通常适用于新建建筑。根据该规范中的条款, 学校建筑是通过使用重要性因子 I 来提高其抗震能力。人们基本是根据危险性概率分析(即 50 年的发生概率为 10%) 来划分地震区, 并且以此更加笼统地描述地震风险。由于 1999 年地震后发生应力转移, 而且北安纳托利亚断层带

(North Anatolian Fault) 表现出的活动断裂 (non-Poissonian) 特征, 所以伊斯坦布尔发生破坏性地震的可能性已经显著增加。

人们希望伊斯坦布尔学校建筑的抗震能力能够达到地震后“随时修复可用”的水平, 这是美国联邦紧急事务管理局 356 报告对那些所在地区地震发生概率较高 (50%) 的学校提出的加固修复目标 (校舍的使用寿命被设定为 50 年)。值得注意的是, 在这种地震风险水平下, 校舍的抗震能力应该与地震负荷减小因子 $R_a(T)$ 呈接近线性的关系, 即小于或等于 1.5。厄迪克 (Erdik) 等人 (2004) 使用最先进的精密技术为伊斯坦布尔绘出了一份地震风险图 (其风险水平是 50 年内发生地震的概率为 50%) (图 13.2)。他们用地震在 0.2 秒和 1 秒时间的地面加速度峰值来衡量地震的破坏情况。图 13.3 展示了目前用于校舍加固设计的地震灾害区划地图。

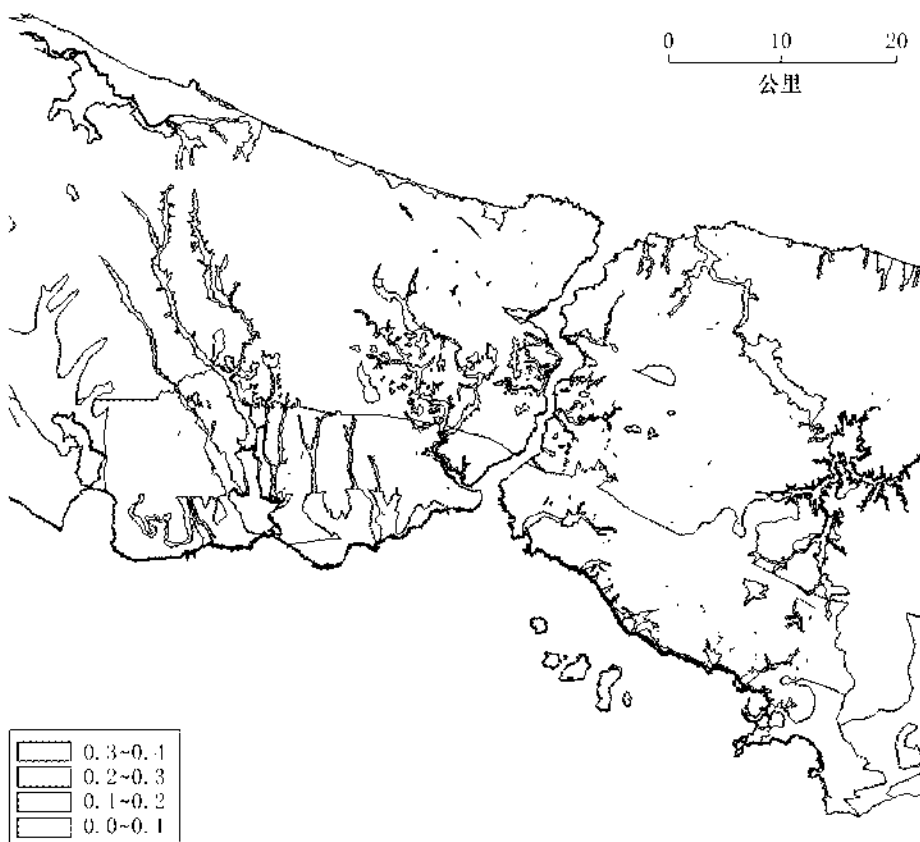


图 13.2 伊斯坦布尔的地震灾害地图 (50 年的超越概率为 50%)

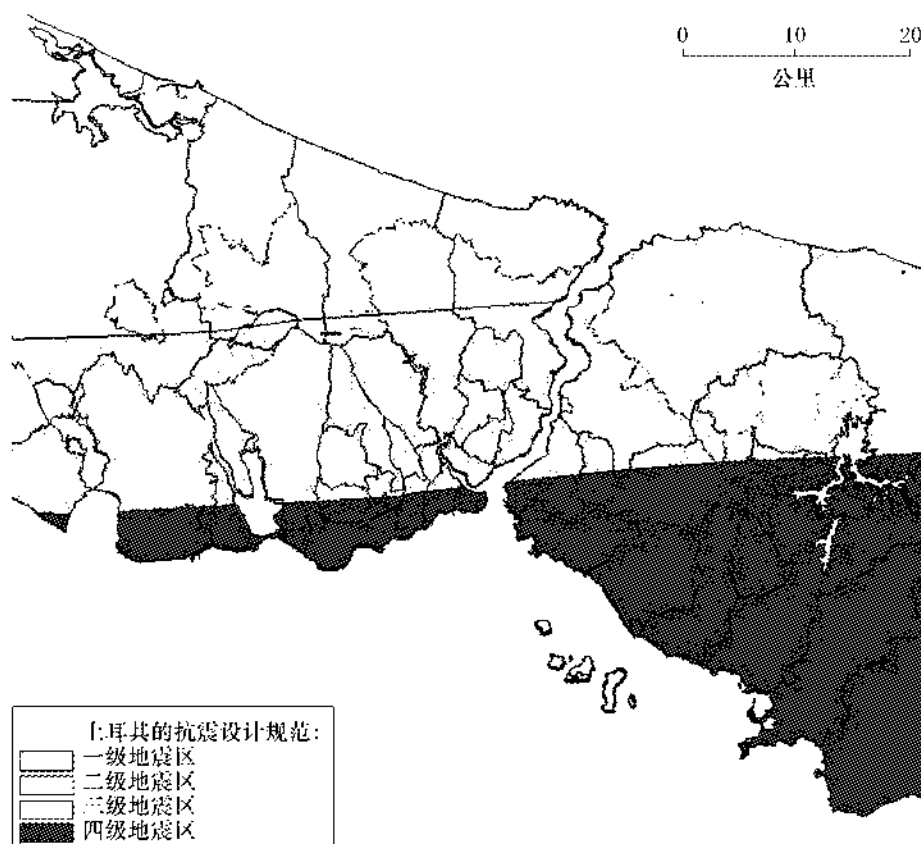


图 13.3 1998 年建筑法规中的灾害分布图

我们可以用巴克尔柯伊 (Bakirkoy) 地区为例说明当前建筑法规的应用情况。Bakirkoy 属于一级地震区, 它的 $A_0 = 0.4$, 谱系数是 $S(T) = 2.5$ (图 13.4)。对于使用剪力墙的钢混框架结构, 法规允许的地震荷载减小因子 $R_a(T) = 7.0$ 。此外, 法规规定学校的重要性因子为 $I = 1.4$ 。因此, 法规中的谱加速度系数 $A(T) = A_0 \times I \times S(T)$, 即 $A(T) = 0.4 \times 1.4 \times 2.5 = 1.4$, 对应的等效地震荷载总值为 $V_e = W \times A(T) / R_a(T)$, 即 $V_e = 1.4 / 7 \times W$, $V_e = 0.2 \times W$, W 指结构的总重量。

如果我们对那些 50 年内地震概率为 50% 的地区进行类似计算, 但是使用不同的谱图, 那么谱加速度系数 $A(T)$ 为 0.78 (图 13.5); $R_a(T) = 1.5$, 等效地震荷载总值是 $V_e = (0.78) / 1.5 \times W$, 即 $V_e = 0.52 \times W$ 。

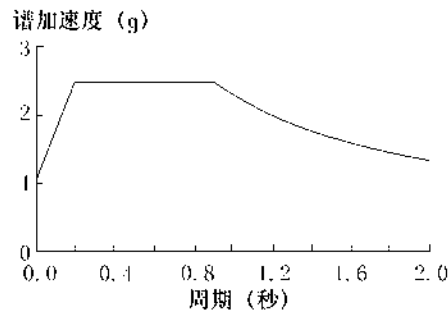


图 13.4 巴克柯伊 (Bakirkoy) 地区的加速度反应谱图 (1998 年建筑规范)

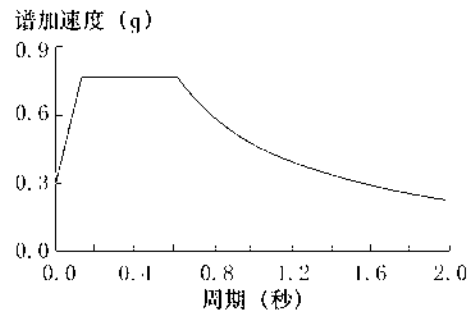


图 13.5 巴克柯伊 (Bakirkoy) 地区的加速度反应谱图 (50 年的超越概率为 50%)

五、结 语

由于对学校整体进行修复的预算太高而且资金来源有限，所以人们落实全面的加固方案时，应尽量避免打扰学校的教学活动或暂时将师生转移到其他地方。此外，这些工作中可以引进高级优先排序和具有成本效益的理性修复方案等方法。在土耳其出台适用本国的标准或规范之前，美国联邦紧急事务管理局 356 报告可以作为校舍修复的预备标准。

就伊斯坦布尔学校的修复工作而言，在 50 年内地震概率为 50% 的情况下，校舍需要达到的最低抗震水平是“随时修复可用”。

此外，政府应该在考虑成本、建筑用途、建筑价值和选址标准等因素的同时采用其他加固设计方法（如基础隔震和能量吸收等）。

除了建立更加有效的设计—评估机制外，政府还应将成本—效益分析引入校舍加固工程的设计过程。

参考书目

- [1] Erdik, M., 2002, “Rehabilitation and Construction Activities after the 1999 Kocaeli and Duzce Earthquakes”, Working Paper.
- [2] American Red Cross and Bogaziçi University (ARC-BU), 2002, “Earthquake Risk Assessment for Istanbul Metropolitan Area”, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Istanbul.
- [3] Istanbul Metropolitan Municipality (IMM), 2003, “Earthquake Masterplan for Istanbul”. IMM, Istanbul.
- [4] Japan International Co-operation Agency and Istanbul Metropolitan Municipality (JICA-IMM),

2002, "The Study on a Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in Istanbul Including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey", IMM, Istanbul.

- [5] Republic of Turkey Ministry of National Education (MEB), 2003, "Seismic Risk Mitigation for School Buildings in Istanbul", MEB, Istanbul (in Turkish) .
- [6] World Bank , 2002, "Observations on Earthquake Risk and Engineering Practices in Istanbul", World Bank, Washington, D. C.
- [7] Erdik, M. et al , forthcoming. Soil Dynamics and Earthquake Engineering.

第四部分 寻找提高学校抗震能力的 战略和计划

引言

宣传学校抗震安全理念和原则的工作面临着许多现实障碍。本报告中讲述的事例表明在许多情况下，人们倡导安全文化时遇到的阻挠远远多于他们得到的激励。发展中国家落实战略性抗震计划的过程往往因为受到众多因素的困扰而愈发复杂，如缺少本地专家、资金不足、国外专家意见不统一和物资匮乏等。就欧洲而言，虽然它可以调配充足的物资、资金和人力资源在地震易发国家制定一系列审查、评估和加固现有校舍的计划，但所有国家都需要加强监管力度来大幅降低公共建筑的地震风险。

地震专家在本部分介绍了如何将普遍认可的抗震安全理念和原则引入已有的保障学校安全的策略及项目，如何以最有效的方式推动学校地震安全项目，并对它的进展进行评估以实现预期目标。此外，专家们还解答了人们的疑问，即哪种方式能让国家领导人最深刻地认识到建设具备抗震能力的学校符合他们自身的利益需求。人们可以通过正式或者非正式渠道宣传关于学校防震的知识及相关数据，从而提高人们对这个问题的重视。

抗震加固

有时提高新建学校的抗震能力并非难事，而且成本相对较低，但是对于很多已经建好的学校来说，通过翻新旧校舍等进行抗震加固的工作则需要更多资金和技术支持以及持之以恒的长期投入。在所有的抗震加固项目中，人们都必须反复斟酌什么是最有效而且最适宜的加固方法。为了不遗漏任何可能产生影响的因素，史密斯（Smyth）等人对一个虚拟的学校进行了成本—效益分析，将每种破坏程度的加固成本、房屋重置成本、生命损失成本等因素计算在内。斯彭斯（Spence）为欧盟6个地震高发国家作了加固所有校舍的成本估算。这两项研究均表明在技术和资金层面上，许多国家加固现有校舍以提高抗震能力的计划是完全可行的，同时决策者须共同努力以确保所有必要的措施都落实到位。

第十四章 意大利学校分类：地震易损性及提高抗震能力的策略

意大利艾米利亚—罗马涅大区地区管理局

尼古拉·科森蒂纳 等 (Nicola Cosentino et al)

意大利博洛尼亚大学

安德烈亚·贝尼德梯 (Andrea Benedetti)

内容提要：本文简要介绍了意大利的四种主要校舍类型，即独立的石造建筑、钢筋混凝土框架结构、大学建筑以及历史或纪念性建筑。这些都反映出鲜明的时代特点。意大利学校建筑的抗震能力普遍较低。本文详细描述了每种建筑类型的抗震能力以及可行的加固策略。作者根据艾米利亚—罗马涅大区地区管理部门的防震经验，简要地介绍了其中涉及的成本—效益平衡问题。艾米利亚—罗马涅大区在 1989~1990 年间对包括学校在内的 2700 所重要建筑完成了地震易损性分析。

一、意大利的校舍分类

意大利的学校建筑明显反映出建造时期以及教育体系发展的时代特点。我们可以从中划分出四种主要类型。

独立的石造建筑通常有两三层楼高。它使用木屋顶，整幢建筑呈长方形，窗户间的距离均等（图 14.1）。这种建筑主要建于 1900~1940 年间，大多是小学校舍，归城市管理部门所有。它的房间约 3.5 米高，分布在建筑的两侧，通过一条中央长廊互相连通。这种建筑通常将无钢筋混凝土梁铺在承重墙下当作地基。最初人们使用钢梁和空心砖来搭建楼层，但是由于学校在不断维护或拓宽校舍，所以往往能在同一幢楼里找到各种迥异的建筑结构。



图 14.1 意大利弗拉拉市某学校的
独立石造建筑

石造建筑的屋顶通常采用轻质木材，而不是刚性隔板。在这类建筑中，不同的房屋使用的建材在机械性能方面大多相似（尽管它们的机械性能都不算太好）。

使用钢筋混凝土框架结构的建筑建于 20 世纪 50 年代以后。它们通常用作中学校舍，归市镇或地区政府管理（图 14.2）。这

类建筑一般由石块填充墙或预制板建造而成。在“理性建筑”思想的影响下，它们的建筑设计和高度并无定式，但条纹窗是共有的特点，而且一楼通常被设计成开放式空间。自 50 年代开始，钢混框架结构的建筑技术不断提高，这类建筑的细节设计以及建材质量也随之变得更加丰富多样。使用钢混框架结构的建筑往往缺少技术文件，即使近年来新建的房屋也是如此。

大学建筑包含了各个时期的建筑特点（图 14.3）。人们用复杂的空间



图 14.2 博洛尼亚某学校中使用钢筋混凝土框架结构的校舍



图 14.3 博洛尼亚大学工程学院的教学楼

组织来定义这种建筑类型。大学建筑归各自所属的大学管理，其规模往往相去甚远。尽管这类建筑由许多相互连通的单元楼组成，但是从整体来说，它们通常都是独立的建筑。

历史或纪念性建筑建于1900年以前，可以作为开展多种教育活动的场所，如充当小学至大学的校舍或者举办文化活动等（图14.4）。此类建筑通常与周围复杂的城市环境融为一体，并与邻近的建筑形成强烈的结构互动。当发生地震时，这种建筑更便于逃生。由于在过去几个世纪里，建筑业的发展突飞猛进，而且近年来人们在不断维护历史或纪念性建筑，所以它们的结构元素和使用的建材涵盖了各种范畴。在这种情况下，文化遗产部在维护它们的早期风格方面发挥了非常重要的作用。



图 14.4 圣乔凡尼—因蒙特（San Giovanni in Monte）博洛尼亚大学的天井

二、各种校舍的地震易损性特点

所有意大利校舍的抗震能力都比较低。这不仅由于意大利大多数地区缺少有关建筑物抗震要求的法规，而且还因为人们在加强抗震设计方面的意识还很淡薄。此外，这四种建筑类型在抗震性能方面的不足之处也显而易见。

独立石造建筑的特点是延展性低，楼层较高而且开间大，因此对压曲非常敏感，剪应力峰值高，地板和屋顶的弹性较大。它的地震易损性较高的主要原因之一是窗户多而且窗口较宽，所以抗剪窗格受到的压力被放大。近期人们用实验方法研究了地震对建筑物的破坏程度，实验结果表明，石造建筑使用的石板在剪力作用下会发生脆性行为，如图14.5（a）。此外，其他造成石造建筑地震易损性的因素包括：房间的开间大，造成墙板约束不足；屋顶元件的推动作用导致四周的墙体倒塌，如图14.5（b）；由于施工程序的问题，墙体的交叉连接处往往比较脆弱，一旦地震来袭就容易倒塌；墙体和石板之间的连接性较差；建材质量低劣。

钢筋混凝土框架结构并不符合现有法规对建筑抗震性能的要求。此

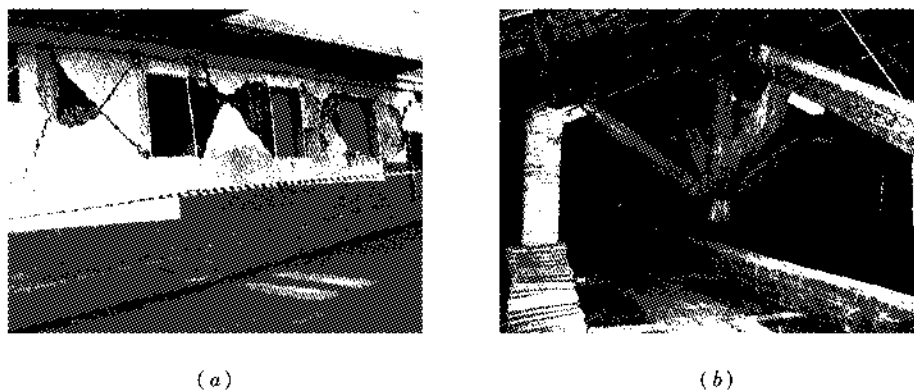


图 14.5 (a) (屋顶缺少刚性面的) 石造建筑在地震中常见的破坏情况以及它的地震易损性, 表明石板经受不住剪力时会发生脆性行为; (b) 屋顶元件的推动作用导致周边的墙倒塌

外, 1950 ~ 1970 年间人们建造这种建筑时使用的建材质量低劣, 而且 1970 年后的钢混框架建筑往往在形状上标新立异, 采用不规则设计, 所以它们的抗震能力非常差。缺少箍筋的混凝土柱延展性低, 而扭转效应会造就高剪应力, 当这两个因素结合在一起时, 建筑物在地震中就更易发生脆性倒塌。砌块填充墙在全球节能运动中发挥了非常重要的作用, 但是当它们用于校舍时, 墙上的条纹窗却大大降低了这种效应。

大学建筑的建造年代比较久远, 所以地震易损性更大。它的特点是开间大、窗户大, 其空间分布的复杂性进一步加剧了地震易损性。此外, 一旦建筑本身在地震时发生大规模移位 (即使没有出现结构性倒塌), 楼上的实验室 (如化学实验室) 中使用的设备很可能出现容器和管道渗漏等现象, 造成可怕的次生破坏。

历史或纪念性建筑的地震易损性最大。由于这些建筑具有历史价值, 大多建于城市中, 所以其加固工程可能引发很多问题。这种建筑最常见的地震易损性表现在木地板硬度不够、使用复合砌石墙、物料维护不够、结构发生改变、屋顶板无约束和地基沉降等。

三、加固策略

以下列出了对以上四种建筑进行加固时可以采取的策略。

(1) 最适用于独立石造建筑的加固方式是搭建成本相对较低的外悬臂

墙或支撑框架。人们需要从建筑学的角度出发，研究为它们增加外部结构是否可行，并选择这种外部结构最适宜的建筑形体。改善独立石造建筑的抗震能力时通常需要增加地板的刚性，为此人们可以在地板上填塞一层混凝土，或者在地板下加铺一层钢桁。抗震安全法规通常要求对建筑物进行全面的结构加固，但是人们也可以采取另外一种截然不同的策略，即为建筑物增加非常坚硬的外部元素，让后者来承受所有地震力。

(2) 钢筋混凝土框架结构需要降低建筑物外部形状的不规则性，同时解决建材和设计细节等方面的问题。目前看来最有效的解决方法或许就是利用纤维增强复合材料（FRP）提高框架的强度和延展性。此外，支撑系统和辅助性的耗散设备，也可以用来提高建筑物的抗剪刚度及韧性。但这些新增的硬化/耗散结构通常需要另建新的地基。

(3) 前两种建筑的加固原则可适用于大学建筑的加固工程，尽管后者在地震中受到的压力会因为大开间而被放大。对于校舍中的实验室，人们需要在设计方面采取完全弹性的防震策略以降低其易损性，从而避免突出延展性的设计方案导致建筑物在地震时大幅移位。

(4) 历史或纪念性建筑不适用于通用的防震策略，其抗震能力或许可以采取较低的标准。过去，至少在意大利，如果加固工程对建筑物没有结构性改变，则抗震法规不要求对该建筑物的加固部分是否改善了原建筑物抗震能力进行量化评估。然而过去的经验表明，这些加固结构往往没有达到抗震目的，因此法规指导原则应包括实证调查结果及评估技术的有关内容，从而定量评估抗震加固计划的有效性。

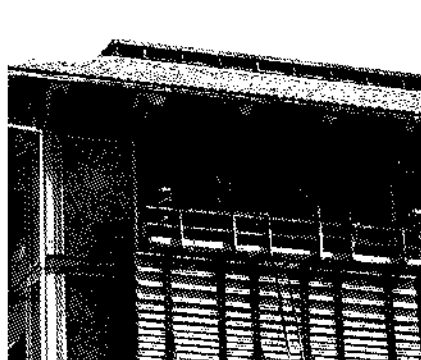
一些试点计划尝试将各种适用于校舍的抗震技术运用到加固工程中，如美国伯克利大学的抗震加固工程。

以下范例选自 www.nisee.berkeley.edu。

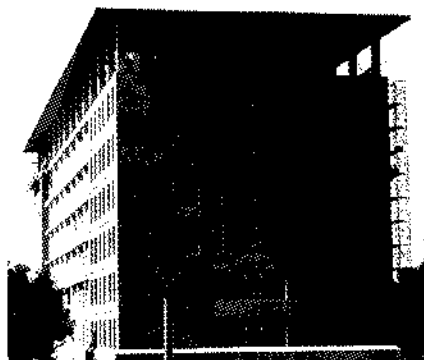
图 14.6 (a) 展示了施工中的混凝土柱脚和外部剪力墙，这些柱脚和墙面与原墙面在新的地基上结合在一起。

巴洛斯（Barrows）大楼是一幢 8 层楼高的钢混框架砖墙建筑，它的抗震能力评级是“差”。巴洛斯大楼是近年来根据全体师生的提议进行抗震加固的第一座校舍，见图 14.6 (b)。它的加固计划是用新建的锚拉式钢筋混凝土墙和地基包住原楼的底部，并且通过顶楼贯穿南北的梁连结在一起。由于学校在施工期间必须保证巴洛斯大楼的正常使用，并且保留原有

窗户的设计，所以施工过程很复杂。



(a)



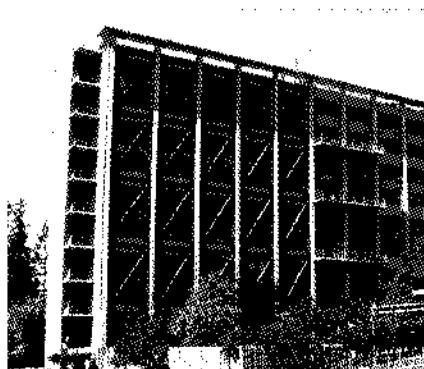
(b)

图 14.6 (a) 伯克利大学的校舍加固工程

(b) 伯克利大学巴洛斯大楼



(a)



(b)

图 14.7 (a) 伯克利大学新建的餐饮及办公中心

(b) 伯克利大学的学生宿舍

图 14.7 (a) 展示了伯克利大学新建的餐饮和办公中心。它有 4 层楼高，并在钢架结构中使用了非黏结支撑框架或“防屈曲支撑框架” (BRBF)。图 14.7 (b) 为学生宿舍在施工时使用的外部加固、内部支撑的钢框架和剪力墙。采用老式钢混结构的建筑在抗震能力方面的评级为“优”。

图 14.8 (a) 为伯克利大学正在进行加固工程的建筑，此建筑离海沃德 (Hayward) 断层的表面痕迹很近。在加固前，它的抗震能力等级为“极差”。在加固重建时对其使用了高阻尼橡胶垫隔震支座，并保留了很多

原建筑的建筑细节。

由戴维·法夸尔森 (David Farquharson) 设计的南楼, 如图 14.8 (b), 集中地展现了维多利亚晚期的建筑风格。它建于 1870 ~ 1873 年, 使用的建材是当地海滩上的粘土烧制的烧结砖。它早期的设计是将花岗岩地基上的铁框架与用于抗震的对角支撑结构结合起来, 内墙使用没有钢筋的石墙。到了 80 年代, 这种建筑被列为危险建筑。政府为此专门制定了 “centrecoring” 重建计划以保留这座历史建筑的墙面和天花板。



(a)



(b)

图 14.8 (a) 伯克利大学正在进行加固施工的工地外部情况, 它采用了临时支撑的结构设计; (b) 伯克利大学最古老的建筑——南楼, 仍然屹立在校园中

四、公共管理的前景: 艾米利亚—罗马涅大区的管理经验

公共管理部门的防震工作往往面临两个挑战: 一是处理震后的紧急状态; 二是通过预防措施降低建筑物的地震风险。震后的第一个紧急阶段结束后降低建筑物的地震风险必须成为震后 “重建” 的主要目标。在这两种情况下, 公共管理部门的首要任务是预先制定 “优先级清单” 和加固工程的成本计划, 以便于合理分配所需的经济资源。

地震发生后, 抗震问题被部分地简化了。人们对残存的建筑物进行破坏分析, 从而为评估它们的地震易损性提供额外信息。然而在纯粹的地震预防计划中, 人们分析建筑物易损性的程序往往更加复杂, 因为它必须将建筑用途带来的风险也考虑在内。

艾米利亚—罗马涅大区管理局从 1986 年开始在艾米利亚地区的 12 个

自治市里开展防震工作（参见 www.regione.emilia-romagna.it/geologia/Sismic.htm），之后在 1989 年和 1990 年完成了对 76 个城市里 2700 座战略性建筑（即医院、学校和市政厅）的地震易损性调查。这些城市都在 1983 年的调查里被列为地震易发城市（图 14.9）。目前艾米利亚—罗马涅大区管理局正在准备更新并扩充这些分析结果。最近意大利的所有地区管理机构已经在防震问题上充分达成共识，即他们需要用简单但有效的通用方法挑选出需要进行加固的建筑并制定出优先级清单。

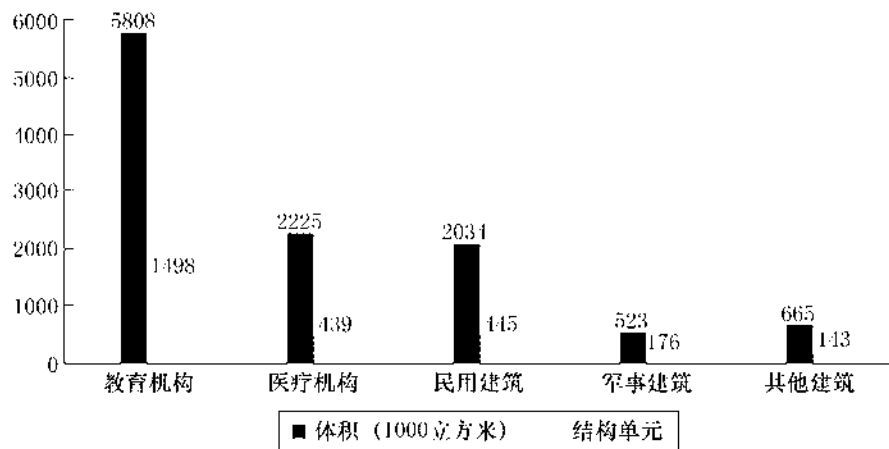


图 14.9 1989~1990 年的建筑物地震易损性分析

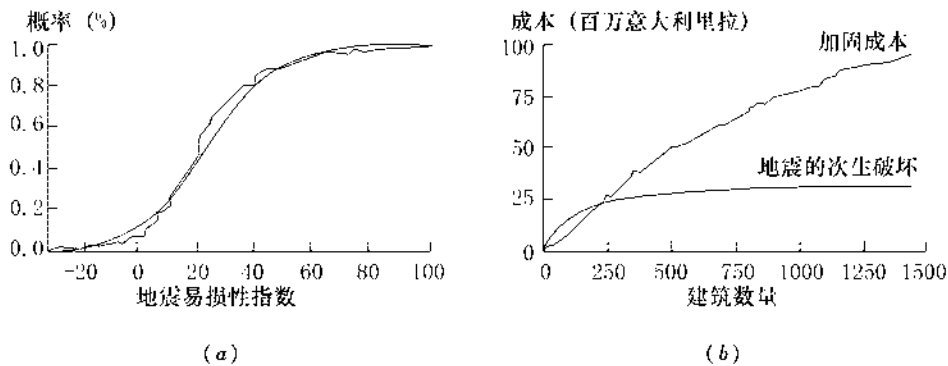


图 14.10 (a) 建筑物易损指数分布图 (b) 地震次生破坏的累计曲线和预防性抗震加固成本

地区管理部在调查的过程中用易损性曲线的中值来估算建筑物的地震易损性。易损性曲线将破坏指数 $d(y, V)$ （用建筑物价值的比例来表示）

与脆弱指数 V 和震动峰值加速度 y 联系在一起。 y_i 和 y_c 分别代表地震的第一次破坏和建筑的倒塌加速（参见 www.gndt.ingv.it/Strumenti/Schede di Rilevamento 来了解这些数学模型的计算过程和参数，也可以通过 www.regione.marche.it/terremoto/VulnEntry.htm 下载使用手册）。

$$\begin{aligned}
 &= 0 && \text{for } y \leq y_i \\
 d(y, V) &= (y - y_i) / (y_c - y_i) && \text{for } y_i < y < y_c \\
 &= 1 && \text{for } y_c \leq y
 \end{aligned}$$

这个分析得到的第一个结果是被检查建筑的易损性累积分布曲线，如图 14.10 (a)。每种建筑类型的“成本模型”都考虑了“次生破坏”和“成本”的定义。图 14.10 (b) 展示了用这套流程检查艾米利亚—罗马涅大区校舍时得到的结果。我们可以看到大部分校舍都能够被加固。这个模型并没有将间接破坏和“人员伤害”（即承灾体）考虑在内：将这些因素加入模型时可以得到修正后的破坏曲线，其平衡点将上移。

人们可以通过这种程序来改善抗震工作涉及的某些问题。在这层意义上来说，许多对此感兴趣并联手开展防震运动的国家将从中受益匪浅（如制定欧洲防震指导方针的国家）：建筑物的易损性评估应该将施工细节考虑在内，因为它们通常是导致建筑物在地震中坍塌的根源；应该进一步明确对不同建筑类型进行易损性比较时使用的标准和程序；应该对间接破坏进行定义，并评估这种破坏；应该将地震披露（特别是受灾人员）考虑在内。由于防震是一个典型的“政治”任务，所以技术的作用是提出一系列参数来帮助政府做出决策。

显然，不同的管理部门进行风险评估时会发生利益冲突，因此调控部门在这个过程中发挥的作用就显得尤为重要。

最后，建筑物的防震加固工程毫无疑问需要巨大的经济投入。但经过严谨的可靠性分析，成本—效益评估不仅有益于加固方案，而且可以针对防震策略提出建议。也许最激进的决定是拆除某些建筑的部分结构或楼层来提高整体建筑形状的规则性，而另一种极端的解决方法则是限制学校的活动。

第十五章 在发展中国家开展学校防震计划

印度理工学院

素德赫·贾殷 (Sudhir K. Jain)

内容提要：本文探讨了发展中国家推行学校地震安全计划时面临的一些挑战。发展中国家规划地震安全项目时可以借鉴印度首创的两项计划：全国性的地震工程教育项目和工程师资格认证项目。文章着重研究了印度推行这两项计划时采取的策略，如：为学校防震计划制定现实可行的预期目标；优先选择可能取得成功的地区来推行这些项目；首先提高新建筑的防震安全性，然后考虑加固现有建筑；在更宽泛的背景下考虑教育供应和基础设施问题；促进交流；提高本地专家的专业能力。

一、引言

很久以前人们就意识到学校的地震安全需要得到特别关注。1933 年加利福尼亚的长滩地震导致很多校舍坍塌（震级为 6.3，MMI 的最高级别为 IX）。这场惨剧促使加州政府制定出费尔德法案，要求所有新建的公立学校建筑必须达到抗震要求。该法案不仅规定了校舍设计必须具备抗震要素，而且对施工进行了严格监管。

2001 年印度的普杰（Bhuj）地震导致 971 名学生和 31 名老师遇难，1051 名学生和 95 名教师受伤（震级为 7.7，MMI 的最高级别为 X）。幸运的是地震发生时正值印度共和日，学生和老师都不在教室里上课。但当时安贾尔（Anjar）镇约 300 名学生正在参加共和日的游行活动而且恰好经过一条狭窄的马路，两侧的房屋在地震中纷纷倒塌将他们压在下面，所有学

生无一幸免。

提高学校的防震能力不仅能够破坏性的地震中保护学生的生命，而且对震后工作具有两项重要意义：校舍可以成为震后的临时避难所；为了使受灾地区恢复正常生活，学校应该在震后尽快复课。

二、发展中国家在学校地震安全问题上面临的挑战

如何界定发展中国家？本文作者认为，发展中国家和发达国家的区别不在于自然资源的多少，而是在于政府治理和合理使用资源的水平，因此任何关于地震安全的计划都应该将政府的治理水平作为一个独立的因素包括在内。如果不将本国的社会政治背景考虑在内，那么再周密的地震安全计划也无法见效。

除了政府治理以外，发展中国家在改善学校安全的项目上还面临着其他许多重大挑战。一些发展中国家目前还无法保证让每个儿童都入学接受教育。譬如印度虽然已经意识到基础教育是所有儿童应该享有的权利，但是仍然没有完全实现这个目标。很多印度学校的师资力量严重不足，大多数公立学校的校舍短缺，许多学校只能在临时建筑里开展教学活动。当政府连遮风避雨的栖身地都无法提供给学生时，即使政府官员有改善校舍抗震性的良好意愿，我们与他们讨论学校地震安全的必要性又有什么意义？

发展中国家缺少有效的机制来保证新建建筑符合各项安全规范（其中自然有许多与地震无关的规定）。从一方面来说，印度拥有具备全球竞争力的设计和施工公司；但从另一方面来说，它缺少一个监控普通建筑的设计和施工质量系统。

印度整个国家对地震的威胁都不敏感，即使处于地震活动带上的地区也不例外。几个月前在印度城市艾哈迈达巴德（Ahmedabad）举办的一个研讨会上，来自另外两个城市的印度官员公开承认他们在参加这次研讨会之前根本没有意识到本市面临着严重的地震威胁，而他们所在的城市分别位于4级和5级地震区（印度级别最高的地震区是5级地震区）。最后要提及的是与建筑领域相关的印度专家（如结构工程师、设计师和建筑工程师等）往往在地震安全方面没有什么建树。

三、印度的两个地震安全项目

本章主要介绍了印度推行的两个地震安全项目以及其他发展中国家可以在制定本国的学校抗震计划时从中吸取的经验教训。

1. 国家地震工程教育项目

在 2001 年地震后，印度人力资源发展部推出了一项全面的国家地震工程教育项目（NPEEE）（www.nicee.org/npeee）。这个项目组织了 8 所重点理工大学对工程学院、建筑学院和技术学院的老师进行地震工程培训。培训的主要内容包括：安排全体教师参加短期培训（为期一至四周）和中期培训（为期一个学期）、组织教师学习国际经验、编写培训材料、开发教学辅助工具、开发图书和实验室的资源、筹办学术会议和研讨会。该项目向所有在地震安全方面设立了专业学位或具备专业水平的工程学院、技术学院和建筑设计学院开放。无论公立学校还是私立学院，都可以参加这个项目，但必须得到国家的认可。

国家地震工程教育项目开始于 2003 年 4 月，预算为 1.376 亿印度卢比（约合 300 万美元）。由于负责培训的 8 个理工学院均属于公共经费资助的学院，所以这个项目的预算不包括学院的管理费、培训人员的工资、使用教学楼和其他培训设施的费用。

到目前为止，所有老师都已经学完 13 门短期课程（每门课程为期一或两周）。来自全国各地的 17 名教师已经完成了为期一学期的 IIT 坎普尔（Kanpur）地震工程培训课程，并取得资格证书；另外的 22 名教师正在 IIT 鲁尔基（Roorkee）接受相似的资格培训。举办多期研讨会以完善培训课程的内容。多次修改课程表以涵盖充足的地震工程知识。

国家地震工程教育项目在推行的第一年里，得到了政府官员和其他人的大力支持。这个项目取得成功的关键因素在于：

（1）整个项目在资金运作和内容上都完全透明。项目实施计划（PIP）全部在网上公之于众，其中扼要介绍了预算、各种活动的标准、检查措施和结余。项目组通过电子邮件或者邮寄的方式将计划发给受培训的大学老师和其他相关人员。

（2）这个项目吸纳了所有和本项目有关的大学，而不考虑其办学性质。

(3) 该项目的规模始终保持在一个人力资源和项目内容便于管理的水平。譬如它重点关注了技术教育，但其中不包括对专业工程师的培训和对他们学术研究的支持；政府不指望用短短 3 年的时间解决所有问题，而是计划在未来 10 ~ 20 年里坚持这个项目，以完全解决学校的抗震安全问题。

(4) 组织一个年轻的团体来管理这个项目，这样他们就会在长期工作中建立起密切的工作关系，并且相互理解。

2. 工程师资质考核

过去印度没有建立起结构工程师和其他工程师的能力认证体系。近几年来它已经意识到如果缺少完善的能力认证系统，国家会因此失去很多重要的机会，因此在古吉拉特（Gujarat）地震之后，印度成立了工程师委员会（ECI），将众多专业机构组织起来。委员会希望为工程领域中的不同学科建立起一套全面的资格认证体系。不过现在的问题是虽然土木工程和结构工程更需要优先建立认证体系，但委员会却在同时推动所有工程学科的认证工作（事实上航空业和汽车业的制衡机制完全可以保证本行业工程师的能力达到专业要求）。

最近，印度工程技术教育委员会（AICTE）宣称它有意启动工程师资质的认证体系。这个委员会主要负责监管工程技术教育，但是人们尚不清楚它是否适合承担工程师的资格认证工作。此外，工程师委员会和印度工程技术教育委员会都在为了同样的目标而努力，那么它们的工作必然会发生重合。

四、印度采取的策略

上文介绍了相关背景，接下来我们将介绍印度在推行学校地震安全项目时采取的主要策略。

1. 制定现实可行的预期目标

提高学校的抗震能力是一个漫长的过程，人们不可能在短期内一劳永逸地解决这个问题。发展中国家开展这方面的工作时应该以自己在中短期内可能实现的目标为出发点，而不能以长期需求为指导。国家在提高学校的抗震能力时可以先开展小规模活动，让利益相关人群对项目充满信心并且学会如何通过合作为共同的事业而努力，从而为吸纳他们参加更加庞大的计划做好准备。人们在讨论新项目时，政府官员通常都希望这个项目能

立竿见影地解决所有问题。对于很多政府官员来说，无论他掌管的项目资金是1万美元还是1000万美元，他的工作量都没有什么差别。他必须制定出一个包罗万象的一揽子计划，而计划的实用性反而被忽略了，这必然导致人们对计划产生不切实际的预期目标。国家地震工程教育项目（NPEEE）诞生于2003年4月举办的一个研讨会，题为“关于地震工程的课目”（研讨会为期一天）。与会者来自相关的各个领域，其中包括100多名老师和专业工程师。大部分发言者都探讨了哪些措施可以确保建筑的抗震能力以及项目中应该包括但尚未包括的内容。在当时的情况下，虽然这些讨论都仅限于口头上而未有内容落实，但与参会者从国家地震工程教育项目中还是看到了新的希望，他们期盼这个项目能够解决整个学校地震安全的问题。因此，为了避免人们不切实际的期望为项目带来负面影响，这个项目的目标应该与现有的管理能力和技术能力相匹配。

2. 在可能取得成功的地区优先推行地震工程教育项目

各个城市、地区和国家对地震安全项目的态度和观点往往大相径庭，这完全取决于相关管理者或管理机构的工作。此外，他们在这方面的人力资源的多少也各有不同。这种情况会引发两个主要问题：

对于各个城市、地区或国家来说，最理想的情况是他们根据本地实际情况“量身定做”提高学校地震安全的项目，并且从最可能取得成功的地方入手。如果一个完整的项目包括5个子项目，而政府只能保证其中3个子项目取得成效，那么即使其他两个子项目非常重要，政府最好还是从计划书里把它们删掉。当政府成功地建立起整套体系，或者落实了那3个具有可行性的子项目时，它就有可能逐渐具备推行剩下那2个子项目的的能力，并且有望在下一个阶段将它们付诸实施。

根据地方领导对地震安全的态度和人力资源的充沛程度来选择推行项目的城市、地区或国家，而不是以当地的地震风险作为选择标准。例如位于印度东北部的邦相对远离地震带，即地震风险很低，但是如果在这里推行项目时取得成功的机会更大，那么项目组仍然会优先选择这些邦，因为人们能从可行和不可行的做法中总结出经验和专业知识。又例如，印度的中等教育中央委员会（CBSE）负责监管国内的很多学校，所以它应该有能力建立起一个体系来确保在它监管的学校里，所有新建校舍都切实地符合抗震性能标准。

3. 首先提高新建校舍的抗震能力，然后加固现有建筑

加固工程可以成为引导公众和决策者关注建筑物抗震能力的有效工具。然而发展中国家每天都在建造一些安全系数不高的新建筑，这些建筑将来都会成为被加固的对象。虽然发展中国家在学校地震安全方面的人力、财力及管理技能都很有限，但是对它来说，最好的做法是将所有资源都集中在新建校舍上，保证这些房屋具备充分的抗震能力。一旦人们对新建校舍的抗震能力充满信心，政府就可以将时间和精力投入现有校舍的防震加固工程中。这对于发展中国家的学校安全问题尤为重要，因为各国已经将它列入发展日程，而且投入了大笔资金兴建学校。譬如古吉拉特邦（Gujarat）政府于1999年4月和2000年12月使用预制件技术新建了6000所学校，但不幸的是在2001年大地震中，这些学校中有3/4或者完全坍塌，或者严重损毁。

4. 将教育和施工方面的因素考虑在内

在各地推行学校地震安全项目时必须考虑到当地的整体教育环境和建筑环境。因此人们有必要关注当地教学条件（如“学校是否有老师”或“学校的校舍和黑板是否够用”）和整个建筑业的发展情况（如是否有监理机制、专业工程师的能力建设状况如何、或建筑工人的专业培训情况如何）。

5. 促进交流

有效的沟通系统是保证学校地震安全项目顺利实施的根本因素之一。项目内容必须透明，而且在互联网上公示包括财政供给等在内的所有相关细节。尽管在过去10年里，许多发展中国家都推行了学校安全项目，但不幸的是人们只能从他们在国际研讨会上的发言了解这些项目的细节和相关信息。他们应该将此类项目涉及的材料全部放在公共网站上供人们参考，而且在这些项目中受到资助的机构也有责任让公众了解这些项目的具体情况。

在这方面，人们可以借鉴美国地震工程研究所（EERI）和国际地震工程协会的做法。他们充分利用互联网加强沟通，并顺利开展了世界房屋百科全书项目（参见 www.world-housing.net）。这个网站汇编整理了全球各种建筑类型的信息。世界房屋百科全书项目在资金有限的情况下仍然取得了很多成果，所以各国也应该效仿他们的做法，建立学校安全计划的类似网站以加强有效沟通。

6. 培养本地专家的专业水平

就发展中国家的学校安全项目而言，外国人很难单枪匹马地推动此类项目取得重大进展，而且很少有外国专家能在发展中国家长期工作，并且对当地的情况了如指掌。因此，最好的结果是本地专家在外国专家的指导下解决学校地震安全方面的问题——可见提高本地专家的专业水平是项目取得成功的关键。

五、结 语

本文讨论的问题不仅适用于学校地震安全项目，而且适用于其他地震安全问题。作为一个充满希望、乐观和热情的群体，学生会将自身的希望和热情转移到老师身上，而且学生和老师能够对本校的地震安全问题产生重大影响。例如，如果学校在课堂上讲授一些关于地震风险和地震安全的简单常识，那么学生们就可能对学校的安全情况提出更多问题，这自然会给学校领导造成巨大压力。目前人们正在向这个方向努力，如最近印度的中等教育中央委员会已经在8年级开设了关于自然灾害的课程，并出版相关教科书。

在过去的20年里，笔者一直致力于推动能力建设的工作（Jain 和 Murty, 2003）。多年的经验让笔者认识到宏大的计划并不一定能有效地解决问题。最好的方法是根据现有资源推行可控性最高的项目，而且这个项目只有在起步阶段赢得人们的信任和信心后，才有可能进一步拓展自己的内容和规模。

参考书目

- [1] Jain, S. K. and C. V. R. Murty, 2003, "Some Innovative Education and Outreach Projects in India for Earthquake Risk Reduction", *Seismological Research Letters*, Vol. 74, No. 5, pp. 545 ~ 551.
- [2] Rai, D. C., A. M. Prasad and S. K. Jain, 2002, "Hospitals and Schools", in S. K. Jain, W. R. Lettis, C. V. R. Murty and J. P. Bardet (eds.), 2001 Bhuj, India Earthquake Reconnaissance Report, *Earthquake Spectra*, Supplement A to Volume 18, Earthquake Engineering Research Institute, pp. 265 ~ 277.
- [3] Steinbrugge, K. V., 1970, "Earthquake Damage and Structural Performance in the United States", in R. L. Wiegel (ed.), *Earthquake Engineering*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.

第十六章 支持本地地震专家： 尼泊尔和印度的经验

新西兰贝科私人有限公司
理查德·夏普 (Richard Sharpe)

内容提要：本文主要探讨了印度和尼泊尔如何培养本国的地震安全专家。在介绍尼泊尔的经验时，文章不仅描述了它培养本国地震专家时遇到的困难，而且描述了尼泊尔国家地震技术协会结合国内外地震安全方面的知识和经验、努力改善尼泊尔防震安全状况的工作。就印度而言，它的大学和私营企业拥有发达的国内专家网络，本文在此基础上对古吉拉特邦 (Gujarat) 的普杰 (Bhuj) 医院进行了个案研究。

一、引言

每个国家都有少数人对地震爆发的可能性和后果了如指掌，而且为了让更多人听从他们的防震建议而不懈努力。如果我们能找到这类人，那么对于制定防震计划、改善国家地震安全状况的工作来说，就将发挥至关重要的作用。这类专家通常在教育或公民服务部门工作，而很少在国家或者地方政府任职。许多投身政治竞选或者是拥有很多职务而且职务不断变化的人似乎也对推动地震安全项目的工作非常感兴趣，但事实上这些人一旦担任其他职务，他们的工作重心和工作日程就马上转到了其他方面。

二、尼泊尔本国的地震安全专家

国内外专家需要通过共同努力来提高各个社区的防震能力。1988 年尼泊尔发生地震后，联合国开发计划署 (UNDP) 启动了尼泊尔国家建设法

规项目。这个项目的主要推动者是住房和城市规划部的一位高级公务员，他非常善于推动政府制定法规，而且筹到了大笔国际捐款。国家建设法规项目的目标是评估尼泊尔的地震危害以及建筑物的地震风险，其中也包括制定地震设计策略的工作。

1. 培养本国专家时遇到的障碍

总体来说，尼泊尔培养本国地震安全专家时遇到了以下障碍。

(1) 忽视过去的教训。1934 年和 1988 年的大地震都使尼泊尔损失惨重。但到了 1988 年，1934 年大地震的惨痛教训早已被忘得一干二净。由于人们使用新型建材（如钢筋混凝土）时没有辅以合理的设计方案和施工方法，所以这反而导致地震安全情况日益恶化。譬如加德满都传统的纽瓦利（Newari）房屋通常在人字木屋顶上使用成对的垂直木柱将屋顶固定在承重墙上。这种施工方法能够使彼此相对的墙体共同承受地震时屋顶产生的地震负载，但现在尼泊尔已经很少见到这种方法。10 年前钢结构制造商为了获取更多利益而大力推销利润更高的高强度无韧性钢筋，以此代替强度较低的韧性钢筋，但事实上凭借钢筋的韧性建立起来的地震安全网却因此荡然无存。

(2) 专家之间意见相左。专家意见不统一会为不作为提供非常正当的理由。例如尼泊尔在 1994 年出版了第一份地震危害分布图（这是 UNDP 推行地震安全项目的成果），随后有两个组织宣布将对处于尼泊尔地震带的加德满都（Kathmandu）峡谷进行分区地震研究，但是他们没有咨询过绘制地震分布图的专家，而且双方评估地震灾害和风险时使用的方法截然不同。

(3) 本国专家缺乏激励机制。在大多数情况下，本国专家都具备开展地震安全项目的技术知识。但笔者在尼泊尔工作时发现，人们经常忽略了这个事实，因为人们认为此类项目中必须有外国“专家”才有可能影响到政府高层的决策，否则便很难得到落实。一旦外国专家肯定了本国专家的技术能力，政界和社会就会随之提高对本国专家的信任度，而这进一步反映出本国专家没有得到足够的尊重。

(4) 轻视简单的解决方案。有时简单而且成本低廉的方法能够解决普遍性问题。和许多国家一样，尼泊尔通常会在钢筋混凝土柱上使用弯曲的箍钢，却没有用必要的钩子把钢箍扣起来以提高它承受大地震的能力。国

家地震安全项目组的一名成员曾劝说有关机构开展一个简单的运动，即在各地建筑工地上发放传单，宣传最佳施工方法，但没有成功。因此他决定自己出资印刷宣传单，然后骑着摩托车到各个工地上分发传单。

2. 尼泊尔国家地震技术学会

1993 年尼泊尔成立了非政府组织——国家地震技术学会（NSET）。它利用国内外地震安全方面的知识和经验大力推动本国的地震安全工作，如对学校加固计划进行试点（参见 www.nset.org.np）。国家地震技术学会通过演讲和宣传动员学校的学生、教师、管理者、学生家长、本地的泥瓦工以及其他社区成员出资按预制标准加固校舍，以提高它们的抗震能力。许多社区积极响应了号召，不仅为加固项目提供资金，而且要求泥瓦工建造自家房子时使用新的防震技术。现在国家地震技术学会将掌握抗震施工技术而且经验丰富的工匠们组织起来，在喜马拉雅地区的其他社区里推广房屋抗震的施工技术。

三、印度的经验

印度的地震工程发展情况可谓是一个无法解释的矛盾体。它拥有世界上最优秀的结构工程师，但是对于其他国家已经解决的基础性问题却束手无策。印度的建筑法规非常完善，但是建筑专家和施工执行法规的情况却不尽如人意。印度目前的地震区划图并不是以地震发生的概率为基础。事实上印度专家有能力绘制出基于概率的地震区划图，但是迄今为止，他们仍然没有就绘制地图的正确方法达成共识。

印度的地震专家主要集中在大学（如 Sudhir Jain 来自于印度理工学院坎普尔分院，他的研究小组一直在不遗余力地提高印度结构工程的标准），但是与此同时，印度出现了一个新兴的私人顾问群体，而且其规模还在不断扩大。他们能够设计出高水平的建筑防震方案，而且客户们往往只听从他们的建议。在灾害控制方面，印度北阿肯德邦的一位工程师，几乎是单枪匹马地说服边远农村的村民完成对本村的地震易损性评估。他利用网络对国际资源进行配置，以此帮助各个社区达到抗震标准。

2001 年 1 月发生在古吉拉特邦卡奇地区的地震，重创了一个距离震中 300 公里的中产阶级社区。时至今日，这次地震产生的影响还余波未消。很多居民开始花钱对自家房屋进行维修，以提高其抗震能力。

古吉拉特邦重建卡奇地震中倒塌的普杰（Bhuj）医院时采用了基础隔震技术，这项技术产生的效应是一个非常值得研究的案例。印度设计师努力说服总理办公室的官员接受新西兰外交部的建议，即在重建普杰（Bhuj）医院时使用基础隔震技术，并由笔者负责这个工程（总理办公室负责为新医院的建设提供财政支持）。权威的地震工程师对这项技术表示支持后，虽然政府官员们对工程学不甚了解，但是他们仍然意识到在更多社区里推行这项技术会产生重要的影响。普杰（Bhuj）医院的基础隔震工程让众多结构工程师强烈地意识到非传统的抗震方法也能产生积极的效果。

第十七章 如何评估学校的防震加固措施：成本效益分析

美国哥伦比亚大学土木工程与工程力学系

史密斯 等 (A. Smyth et al.)

内容提要：本文根据土耳其伊斯坦布尔评估公寓楼抗震措施时使用的成本效益分析法，对一个假定地震易损性很高的学校进行了实证研究。随机的成本效益分析将有限的资源和社会成本等因素考虑在内，为评估建筑物防震加固措施的工作提供了一个有益的框架。我们在各个时间区间里对这所假设的学校进行了分析，以确定各种防震加固措施的盈亏平衡点。

一、引言

史密斯等人在 2004 年发表的文章中用简单的成本效益分析评估了土耳其伊斯坦布尔公寓楼的防震加固措施。这项研究将随机的地震灾害评估、复杂的构造性分析和成本效益的经济原则结合起来，从当地建筑承包商提供的三种建筑物防震加固措施中选出最佳方案。研究者不仅考虑了可能出现的房屋坍塌造成的直接损失，还考虑了加固措施的直接成本。此外，为了把所有损失转化为一个共同的度量标准，地震中建筑坍塌所造成人员生命损失也被折算成经济成本并纳入研究范围。

尽管上述方法的研究对象是公寓楼，但它同样可以用于学校建筑。这个原因很简单——许多地区的学校使用的施工方法和几何结构都与公寓楼非常相似，所以人们不必要对每座建筑都单独进行详细的成本效益分析。与此相反，随机抽取的建筑结构更能代表某类学校的结构类型。由于本研究属于实证研究，所以研究人员会考虑选择一个兼具确定性和假定性的学

校结构作为研究对象。本文的目的不在于通过成本效益分析得出可以指导实践的主要结论，而是介绍一种用来评估校舍抗震加固措施的方法论。

二、作为研究对象的建筑结构

我们将根据粗略的描述、照片和其他定性信息来建立起一个校舍的原型模型（图 17.1）。

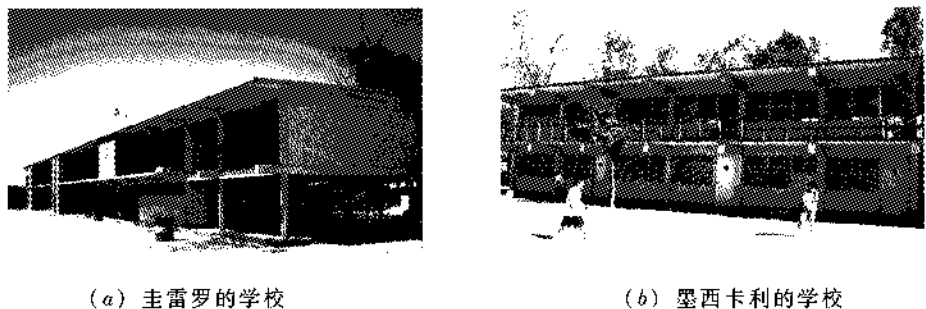


图 17.1 墨西哥的典型校舍

注：照片由国际地质灾害防治中心的 Brian Tucker 提供。

这种校舍通常是两层建筑，宽 10 米，长 40 米，层高为 3 米。如图 17.2 (a) 所示，校舍被分成纵向的 8 个隔间（每间宽度为 5 米）和横向的一个隔间（宽度为 10 米）。在每层都有一块宽 2 米的悬臂式平板作为连接各个教室的走廊。

研究人员为了模拟发展中国家可能采用的糟糕建筑设计，没有在被研究的校舍设计中引入地震荷载等横向负荷。这个假定的校舍结构主要考虑了重力荷载，例如结构原件（如梁与柱）的重量、楼板的重量和估计为 2.50kN/平方米 的永久性构件以及大约为 1.91kN/平方米 的移动荷载。校舍的两层中都使用了这些荷载，以便于楼板的施工。假设它使用的建筑材料是钢筋混凝土，混凝土的平均抗压强度是 20686kN/平方米 ，钢筋的屈服强度是 413686kN/平方米 。校舍的结构设计要考虑所有构件的质量以及预制楼板的质量。我们采用 1999 年的欧洲规范来选择安全系数符合标准的钢筋强度。以上设计表明，校舍的建筑结构无法抵挡地震的冲击，它可以承受标准的使用荷载，但不能承受任何超出重力荷载之外的强大荷载。

尽管上述设计能够从总体上突显加固工程的效果和经济分析方法，但是我们应该全面研究此类校舍在现实中的真实情况，而且必须对现有校舍

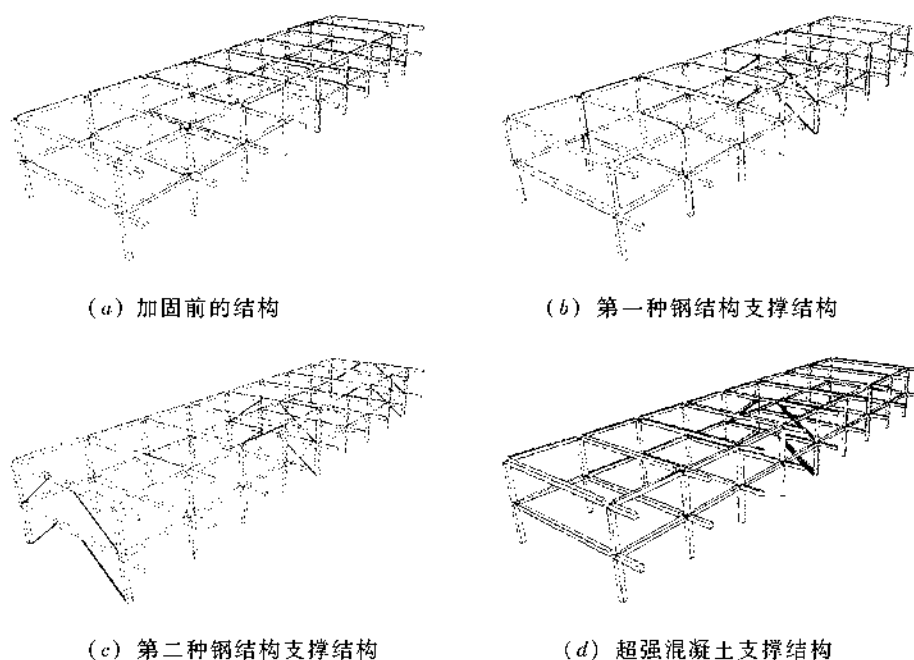


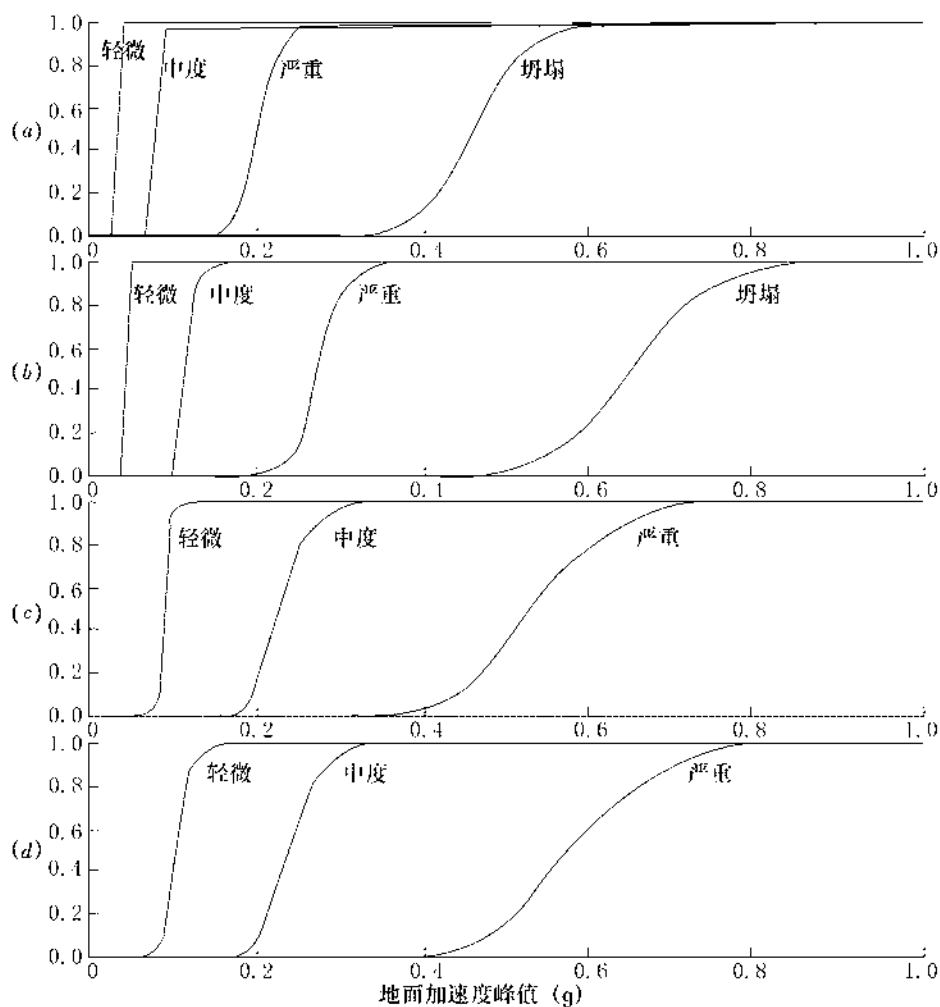
图 17.2 加固前的结构模型和加固后的结构模型

的结构设计和建材进行调查，从而使这些校舍的建筑模型更为精确。图 17.2 (b) ~ (d) 展示了三种人们正在研究的加固措施。第一种方法是在中央隔间中增加轻钢支撑来加固构造中的弱轴。第二种措施是用高强度的钢支撑来加固端墙。最后，人们在考虑是否可以采用更加坚固的钢筋混凝土支撑。虽然这种方法施工强度大，但它的成本要比第二种方法低，因为在许多发展中国家的农村地区，钢材的供应并不总是充足。

我们需要注意到的是在发展中国家，人们在施工之前会进行标准的构造分析，但对建材质量却没有采取任何控制措施，这种情况屡见不鲜。另外一个常见的现象是人们往往可以从地震中坍塌的房屋里找到施工质量低劣的证据，如钢筋的保护层厚度不够或粗钢筋之间的空间不够（EERI, 2000）。如果从这些方面来看，本文研究的建筑设计是合理的；钢筋保护层的厚度不少于 5 厘米，而且粗钢筋之间的缝隙符合 1999 年欧洲标准的规定。我们使用结构计算的标准工具——SAP2000v. 7. 40 软件——设计了 this 建筑模型，而且使用这个软件进行了动态分析。

三、建筑物的易损性分析

人们将建筑物的易损性定义为，在一定的地面震动水平（即地面加速度峰值）下，结构响应超过特定阈值并达到特定毁损水平的可能性。就峰值加速度（PGA）而言，结构响应是随机的，因为即使峰值加速度相同，但地面震动的时间历程有所差异时，建筑物的结构响应也迥然不同。图 17.3 展示了



(a) 加固前的结构 (b) 第一种钢结构支撑结构
(c) 第二种钢结构支撑结构 (d) 超强混凝土支撑结构

图 17.3 四种结构形态的易损曲线

各种建筑构造形态的易损曲线。人们将建筑物的损毁水平划分为四级：轻微、中度、严重和坍塌，并依照 HAZUS99 - SR2 技术手册中描述的内层移动率对它们进行了定义。值得注意的是抗震强度可以使易损曲线向右移动，例如峰值加速度值相同时抗震强度较高的建筑物超过相应损毁水平的概率就比较低。

四、地震损失的估算过程

人们要进行基本的成本效益分析时，必须计算任意时间范围的预期损失。研究人员利用实际（社会）折现率，计算当前损失值的基本方程式是：

给定横向时间范围内的损失现值 T^* （年）=

$$\sum_{T=1}^{T^*} \sum_{i=1}^4 \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} [\dot{R}(a + da, T) - \dot{R}(a, T)] P(E_i \text{ only} | a) \frac{C_i^D}{(1 + d)^{T-1}} da$$

其中：

$$\begin{aligned} \dot{R}(a, T) &= \text{假如过去几年没有发生地震时, 超过峰值加速度值 } a \text{ 的可能性} \\ &= (\text{在 } T \text{ 年超过峰值加速度值 } a \text{ 的概率}) \times [\text{在过去 } (T-1) \text{ 年里没有地震发生的概率}] \\ &= R(a) \times e^{-R(a_{\min})(T-1)} \end{aligned}$$

$e^{-R(a_{\min})(T-1)}$ 是指过去 $(T-1)$ 年里没有发生地震的可能性, 假定前提是地震的发生呈泊松分布。 $a_{\min}$ 指峰值加速度的底限, 如果没有超过这个值, 那么就不会发生明显的地震。本研究将 $a_{\min}$ 的底限设定为 g 的 1%, 而年度危害曲线 $R(a)$ 使用的是史密斯在 2004 年文章中使用的曲线。使用这个方程进行计算时, 需要各地地震专家提供本地区的相关数据。

上述方程式中还有可能出现以下情况：

$P(E_i \text{ only} | a) =$ 在峰值加速度值 a 给定的情况下, 唯一事件 E_i 发生的概率。人们必需计算这个概率, 因为这样就可以避免在损害水平低于严重损害水平的情况下, 没有将损害水平计算两次。计算这个概率的方程式很容易与易损曲线产生关联。

$C_i^D =$ 损毁程度对应的损失。表 17.1 总结了与之相关的情况。

表 17.1 与损害状况相关的损失

损害水平	成本 (C_i^p)	取值范围
E_1 轻微损毁	$C_1^p = (s_1 \times S) + (0 \times V)$	$0\% \leq s_1 \leq s_2 \leq 100\%$ $s_1 = 1\%$
E_2 中度损毁	$C_2^p = (s_2 \times S) + (0 \times V)$	$0\% \leq s_1 \leq s_2 \leq 100\%$ $s_2 = 10\%$
E_3 严重损毁	$C_3^p = (s_3 \times S) + (0 \times V)$	$s_3 = 100\%$
E_4 坍塌	$C_4^p = (s_4 \times S) + (N_i \times V)$	$s_4 = 100\%$

五、成本效益分析的结果

为了进行成本效益分析，研究人员需要估算各种加固措施的实际成本和各种建筑物损毁情况下的实际损失 C_i^p 。由于本文的研究对象不是一座真实的建筑，所以我们没有按照惯例咨询当地专家，而是在计算时使用了假定值。整座建筑的重建成本被假定为 $S = 16$ 万美元，每种加固措施的成本 C_i^p 是：

- 第一种加固措施：1 个隔间的钢支撑 $C_1^p = 8000$ 美元。
- 第二种加固措施：3 个隔间的钢支撑 $C_2^p = 2$ 万美元。
- 第三种加固措施：钢筋混凝土支撑 $C_3^p = 1.3$ 万美元。

社会成本的折现率假定为 3%（温斯坦等，1996）。计算中考虑到孩子们每天的实际在校时间是 1/3 天，即 8 小时。因此在上述的损失计算中，假定的死亡人数 N_i 事实上相当于房屋坍塌造成实际死亡人数的 1/3。净现值等于收益减去加固成本。此处的收益指采取防震加固措施前后，地震预期损失的差异。

研究者假定生命价值 $V = 40$ 万美元，地震坍塌导致 15 人死亡，然后在此基础上进行了成本效益分析（参见表 17.2）。表中列出了各种加固措施的净现值。负值表明，在给定时间范围内该加固措施的经济性不强，而正值表明，该加固措施的经济性令人满意。值得注意的是，第二种钢支撑加固措施只有经过 3 年的灾害暴露后才能达到盈亏平衡。钢筋混凝土支架的效果几乎与成本更高的 3 隔间钢支架没什么区别，自然很快就能达到盈亏平衡点。所有加固措施都能很快达到盈亏平衡点，这是因为相对于坍塌所造成的生命死亡损失，加固措施的成本相对来说都很低廉。

表 17.2 假定 15 人死亡而且 $V=40$ 万美元时的预期净现值

选择性 (A_i)	$i=1$	$i=2$	$i=3$
时间序列	钢支架 1 (美元)	钢支架 2 (美元)	钢筋混凝土支架 (美元)
1	-3110	-11899	-4794
2	1366	-4480	2719
3	5466	2313	9600
4	9221	8535	15903
5	12661	14234	21674
6	15810	19452	26959
7	18694	24231	31799
8	21335	28607	36232
9	23754	32615	40291
10	25969	36285	44009
25	43620	65531	73632
50	49344	75016	83238

注：指负值表明，在给定时间范围内，该加固措施的经济性不强；而正值表明，该加固措施的经济性令人满意。

这个简化了的假设范例，向人们展示了成本效益分析可以为加固工程的决策制定提供哪些信息。如果研究的参数和成本发生变化，那么分析结论也有可能随之改变，因此分析人员也可以利用这种方法对决策的稳健程度进行灵敏度分析。

六、结论和今后的工作方向

正如作者在文章开篇处提到的那样，为了使成本效益分析法适用于特定的校舍，研究人员需要对其类型进行更细致的建模工作。如果研究人员希望这种方法适用于属于同一类型但结构不同的建筑，那么他们必须在结构模型中引入随机性。这将使得易损曲线随着不确定性增加而上升的幅度趋缓。本文作者正在尝试建立一个研究框架，希望能够据此将随机性的因素引进研究，从而掌握建材、几何形状和工艺的不确定性。

本文中的实证性研究表现出另外一个局限性：它只考虑了直接损失。对于校舍而言，研究人员还需要考虑地震坍塌对房屋造成的明显破损以及重建这些建筑时需要的时间。不过这里提供的模块式框架可以很容易地估

算出间接损失。

参考书目

- [1] Earthquake Engineering Research Institute (EERI) , 2000, “1999 Kocaeli, Turkey Earthquake Reconnaissance Report”, Earthquake Spectra, Supplement to Volume 16. SAP2000 (2000), Integrated Finite Element and Design of Structures, Analysis Reference Manual. Computers and Structures, Inc. , Berkeley.
- [2] Smyth, A. W. , et. al. , 2004, “Probabilistic Benefit-Cost Analysis for Earthquake Damage Mitigation; Evaluating Measures for Apartment Houses in Turkey”, Earthquake Spectra, Vol. 20, No. 1, pp. 171 ~ 203.
- [3] Weinstein, M. , et al. ,1996, “Recommendations of the Panel on Cost-Effectiveness in Health and Medicine: Consensus Statement”, Journal of the American Medical Association, Vol. 276, pp. 1253 ~ 1258.

第十八章 欧洲国家在加固校舍和抵御地震方面取得的进展

英国剑桥大学、欧洲地震工程协会

罗宾·斯彭斯 (Robin Spence)

内容提要：本文回顾了欧洲地震高发区筛选、评估和加固地震易损建筑（特别是学校校舍）工作的进展情况。有人认为，政府应该通过立法来确保这项加固方案获得长期的资金支持。2002 年和 2003 年，分别在意大利和土耳其发生的毁灭性地震，有效地推动了人们采取抗震行动，但用计算机模拟地震情景，实际上也可以取得同样的效果。本文通过具体数据介绍了地震风险最高的 6 个欧盟国家翻新和加固校舍的情况。其成本虽然十分可观，但是如果把它分摊到几年中并对资本支出的优先次序进行调整，那么这种高成本就显得比较合理了。

一、引言

2003 年 1 月 15 日，代表希腊的欧洲议会成员米哈伊尔·帕帕吉亚纳基斯 (Mihail Papagiannakis)，经与欧洲地震工程协会执行委员会的协商，向欧洲议会提出了以下问题：

2002 年 10 月 31 日，意大利的圣朱利亚诺—迪普利亚 (San Giuliano di Puglia) 发生了中度地震。一个刚完成修缮不久的校舍在地震中倒塌，造成 27 人死亡，其中有 25 名学童。欧洲地震工程协会认为这不是一个孤立事件，类似情况可能会在其他许多欧洲国家再次发生；但是他们也认为此类问题是可以预防的。只要邀请专家对老旧和地震易损性高的建筑结构进行评估，并且加固高风险地区的建筑，地震的危害性就能大幅降低。欧洲

准则 8 (Eurocode 8) 列出了建筑结构评估和加固的规则。许多欧盟成员国的地震活动都非常频繁。为了避免更多生命在地震中逝去, 欧洲委员会是否可以指导成员国依据上述欧洲准则制定评估方案, 对破坏性地震高发区的建筑和建筑结构进行评估, 并对评估不合格的建筑予以加固?

几周后, 欧盟环境委员会委员马戈·沃尔斯特罗姆 (Margot Wallstrom) 代表该委员会在欧洲议会的网站 (www.europarl.eu.int) 上对此问题作了回复:

委员会对意大利圣朱利亚诺迪普利亚地震中的遇难人员深感痛惜, 对当地遭受的损失深表遗憾。但是目前委员会还没有计划接受减灾方面的立法建议。

他还说, 委员会已经而且将继续积极采取行动, 推动自然灾害后的减灾活动。2003 年 5 月 1 日发生在土耳其宾格尔 (Bingöl) 的 6.4 级地震, 再次充分验证了减灾问题的紧迫性。这场地震造成一所校舍倒塌, 100 多名学童被困。

到底应该由谁来负责设计和颁布法规, 从而确保校舍和其他公共设施在地震中的安全性? 显然在这个问题上, 欧洲委员会拥有一定的决定权。现在欧洲已经制定了许多涉及公众 (特别是劳动力) 健康和安全的法规, 而且适用于所有欧洲国家。人们认为这也就是在欧洲范围内平等地保护公民, 并允许商业公平竞争的必要手段。当别人的决定给自己带来生命和健康方面的风险时, 当人们忽略自己的行为所带来的风险时, 当人们应该在社区、地区乃至国际范围采取减小风险的行动时, 法律的存在具有特别的合理性。这些情况也适用于地震所带来的危险, 而且应该涵盖在新建筑设计法规中, 目前欧洲国家正在按照欧洲的统一标准来修改此类法规。另外, 由于学生无法选择在什么样的校舍里上课, 而且缺乏风险意识, 所以当这些法规关注了他们的生命时便具备了特殊的合理性, 并且得到广泛支持。

然而, 欧洲委员会并不非常赞同在欧洲范围内制定关于学校防震的法规。这也不奇怪, 因为和其他发达经济体一样, 此类法规在欧盟国家中渐渐失去了支持, 现在受欢迎的往往是与社会发展和环境保护息息相关的法规。由于新法规可能带来一系列的成本问题和执行问题, 所以人们更倾向于采纳支持基础研究、建议采用自律守则及优惠税收政策的法规。导致欧

洲委员会不愿意制定学校防震法规的另一个原因是“附属原则”，即当他们认为成员国自己可以采取有效行动时，他们便不愿采取任何积极措施。

欧洲委员会的这种态度致使人们忽略了在改善地震安全性方面必须采取的措施。对于普通房屋来说，一旦相关法律规定了房屋业主有义务加固他们的房子，结果导致房租上涨，廉租房减少，那么这必然会遭到房屋业主和商界的反对。对于国有房屋来说，这类法律会给国家预算带来额外负担，必须得到选民的同意，而如今反对纳税的选民与日俱增。有些人认为，每个国家甚至每个城市都有各自独特的风险条件和社会条件，所以为所有欧盟成员国制定统一的法律并不可取。

本文的目的在于说明，通过规范新建筑的设计标准来保护人们的生命财产与解决现有建筑的抗震问题一样重要，包括研究、加强公众意识和起草标准文件等在内的所有行动，都需要得到欧盟各国和其他国家的支持。然而，其他国家的经验表明，除非这些行动得到法律的保护和支持（如加固、拆除和重建地震风险较高的建筑），否则抵触的呼声将会非常强烈，而且进展也不会很顺利（Spence, 2003）。如果没有法律的支持，那么其他辅助性措施也无法生效。此类法律适用于所有欧盟国家还是仅适用于个别成员国，这仍是一个有待解决的问题，不过成员国的支持必将对这个问题产生有力的推动作用。

本文首先关注欧洲地震工程协会成员国为了降低地震危险性而采取的措施及其进展，其次分析了对现有的高风险建筑进行加固时的成本与效益，并研究了把欧洲校舍改建成符合标准的安全校舍时可行的工作范围。

二、欧洲国家降低地震风险的做法

ESC-SESAME 地震危害图显示出欧洲是地震发生较为分散的地区（Giardini, Jimenez and Grunthal, 2003）。把地震灾害图转为地震相对危险性图十分困难，因为这在很大程度上取决于人口密度和建筑的易损性，而这两个因素都随时间变化而改变。对比地震危害性的一个方法是研究各国在很长一段时间内的地震伤亡人数。对欧洲地震工程协会 29 个成员国的研究表明（Spence, 2003），自 20 世纪以来，伊朗、意大利和土耳其这三个地震高风险国家的年死亡率超过 2001 年人口的百万分之十五，但阿尔及利亚、塞浦路斯、希腊、罗马尼亚和一些前苏联国家、南

斯拉夫等国的年死亡率才相当于 2001 年人口的百万分之一到百万分之六。剩下的 23 个成员国和即将成为成员国的国家地震风险都较低。正如人们设想的那样，那些面临高地震风险且在近期经历过强烈地震的国家在降低地震风险方面的积极性最高，而且也需要最多帮助。下面我们将简要介绍一些国家的做法。

1. 希腊

由于希腊在过去 25 年里频繁发生破坏性地震，其中包括 1978 年的塞萨洛尼基地震、1981 年的科林斯地震、1986 年的卡拉马塔地震、1995 年的埃伊昂地震、1995 年的科扎尼地震和 1999 年的雅典地震，希腊人民都非常关注地震问题。经济的发展也对提高建筑的修建标准起到了一定的促进作用。多数在近期地震中倒塌的建筑都是老建筑，这些建筑是在制定现有建筑标准前修建的，但至今仍在使用的。在最近两年中，一个在震前评估公共设施的框架已建立起来，并得到希腊国家地震减灾管理局的认可 (Penelis, 2001)。人们已经意识到，使校舍、医院等公共设施达到令人满意的抗震标准的成本是相当可观的。就拿塞萨洛尼基的学校来说，成本将等同于未来 6 年内整个地区修建新学校的财政预算。因此人们面对的将是冗长的方案执行过程，也许需要 15 年。

过程可分三个步骤。第一步是进行快速肉眼筛选程序并计算抗震指数。第二步是对评分低的建筑进行抗震评估。对于没有通过评估的建筑，将实行第三步的详细评估，最后提出加固的建议。人们曾试图通过对比塞萨洛尼基抗震指数与其 1978 年的实际抗震表现，得出运用快速肉眼筛选程序是有效的，可结果显示这两者的相关性很弱。尽管如此，钢筋混凝土建筑的平均修复成本随着抗震指数的提高而降低的趋势是显著的。

2. 意大利

在意大利发生了 1976 年弗留利地震、1980 年伊尔皮尼亚地震、1997 年翁布里亚—马奇地震和 1998 年波里诺地震后，人们开始大规模展开修复和加固老建筑的行动，同时推行一些震后项目来降低现有建筑所面临的风险。新建立的税收优惠体系大力支持了此类措施。政府于 2001 年引进了这个体系，目的是便于业主改善房屋的抗震性。2002 年 10 月 31 日发生的莫利塞大地震导致许多学生遇难，这一惨痛损失在很大程度上促进整个意大利采取行动，以降低地震风险。人们仅仅在几个月内就完成了新抗震法则

的草案并使其进入立法程序。这个法则绘制了新的地震区划图。这是意大利的第一份全国性地震区划图，很多过去没有被列为地震易发区的地方现在也涵盖在了地震带内。此外，法规还将制定评估与加固现有建筑的详细流程。与此同时，中央政府于2003年史无前例地给地方拨出专项资金，以帮助它们评估和加固学校及公共设施。在今后几年内，政府还将根据法律条款，逐步完成加固方案（Dolce, 2003; Zuccaro, 2003）。

3. 葡萄牙

葡萄牙虽然在近几年内没有发生地震，但1980年和1997年分别在亚速尔群岛的特塞拉岛（Terceira）和法亚尔岛（Faial）上发生的强烈地震，造成70人死亡。1755年里斯本大地震以及20世纪以来多次地震（分别发生于1909年、1941年和1969年）的惨痛记忆激励着葡萄牙人民积极采取降低地震风险的行动。亚速尔群岛地方政府在这方面的工作比较领先，它在政策上加大力度重建和维护现有住房、创建特定的信贷体系（包括地震保险），从而在维持原有建筑特点的基础上对老房子进行加固，采取特别措施来保护生活在地震高风险地区人民的安全，同时对1998年地震中遭到破坏的房屋给予一定补助。葡萄牙地震工程协会已经制定了一个国家计划，来减少易损的建筑结构，这个计划被美国国家地震减灾项目设立为典范。它的内容包括利用住房调查来评估风险、制定和开发干预战略、立法、培训、规划以及修复等。完成这一计划需要25年的时间，成本大约为国民生产总值的1%。与之相关的立法问题包括对设计师进行考核，改善房屋的管理水平，确定何种情况下需要强制推行提高房屋抗震性的规定以及建立税收优惠政策等。但是，这个计划目前仍只是一个提议，还需要通过政府的支持来付诸实施。

4. 土耳其

1999年在土耳其的科贾埃利和迪兹杰发生的毁灭性地震造成1.8万人死亡，造成这场悲剧的主要原因是新建的房屋因设计欠妥、管理不善而倒塌。因此近几年人们把注意力都集中在了改善新建房屋（包括重建房屋）的管理上。人们研究了土耳其建筑质量低劣的原因后指出，这完全是由于没有执行与规划体系有关的法律法规，并且缺乏设计监管和施工监理所造成的。这份研究报告还向政府提出了一些建议，其中一些已经被采纳（Gülkan et al., 1999）。

推动土耳其开展减灾运动的动力来源于一项科学预测，即在 30 年之内，靠近伊斯坦布尔的北安纳托利亚断层发生强地震（ $M > 7.5$ ）的可能性达到 60%（Parsons et al., 2000）。JICA-IMM（2002）的研究报告认为，一旦这个预言变成现实，那么伊斯坦布尔 7.1% 的房屋（5.1 万间）将受到严重损坏，伤亡人数将达 7.3 万人。尽管不是所有地震学家都认同这个预测，但这足以使人们开始考虑伊斯坦布尔面临的地震危险，因为 73% 的伊斯坦布尔市民居住的房屋类型属于科贾埃利地震中受损最严重的的房屋类型，而且只有为数不多的房屋达到了令人满意的抗震标准。

伊斯坦布尔的修复工程将采取三个步骤来修复其都市区不符合抗震标准的房屋（Sucuoglu, 2003）。第一步是通过调查排查出地震危险性最高的房屋；第二步是在一楼进行维度测量，以决定是否需要对该房屋进行修复；第三步是修复地震危险性最高的房屋。对于房屋比较分散的地区来说，政府可以简化房屋的加固干预工作；但对于房屋状况整体较差的地区来说，那就需在原有地区或新开发的地区上开展大规模重建。

5. 其他国家

法国和罗马尼亚同样也制定了评估和加固高危房屋的方案。法国的方案主要关注了如何保护安的列斯群岛上瓜德罗普岛和马提尼克岛的公共设施，特别是学校和医院（法国政府，2001）。罗马尼亚的方案则将目标锁定在首都布加勒斯特里数量较少的多层钢筋混凝土建筑上。这类建筑在 1977 年的地震中不堪一击，有些在灾后也没有得到适当的修复（Lungu, 2003）。

三、加固成本

表 18.1 汇总了加固建筑物并提高其抗震能力时所需成本的最新研究。研究表明，用房屋重建总造价的百分比来表示加固成本是一个有效的办法。由于加固和重建都取决于建筑造价，所以这个比率往往会随着价格的上升而保持稳定。从表 18.1 可以看出，这个比率在 5% ~ 50% 之间浮动，跨度非常大。它取决于以下几个因素：建筑的类型及其现有抗震能力；加固程度；设计成本与初步研究；是单纯的结构成本还是包括其他翻新成本；施工期间该建筑的闲置成本。

表 18.1 典型的加固改造成本比率

国 家	建筑类型	结构类型	技 术	加固成本比率	来 源
法国列斯群岛	公共设施	砖石结构 钢筋混凝土		50% 以下	法国政府
希 腊	学 校	砖石结构 钢筋混凝土	修 缮	10% ~ 20%	Penelis, 2001
葡萄牙	公 寓	粗石结构	墙腰箍	5%	Cóias e Silva, 2001
土耳其	公 寓	钢筋混凝土	交叉支撑; 部分剪力墙; 全部剪力墙	16% 20% 34% ~ 40%	Altay et al., 未出版
土耳其东部	房 屋	粗石结构	加腰箍	27%	Coburn and Spence, 2002
美国加州	公 寓	无钢筋砖 石结构	锚定墙	25%	Alesch et al., 1986
美国密苏里州	房 屋	砖石结构 钢筋混凝土		25% 30%	Cóias e Silva, 2001

在很多情况下，加固成本的比率要达到 20% ~ 30% 之间才能实现建筑物保障人身安全的标准。人们估算普通加固方案的成本时可以将这个范围作为出发点，不过不是所有的建筑都需要加固。

表 18.1 中唯一研究了校舍抗震性的是佩内莉斯（Penelis）等人于 2001 年所作的塞萨洛尼基市研究报告。表 18.2 列出了 500 所学校采取三步骤抗震修复程序时的成本，最初这个表用本国货币来表示成本，不过表 18.2 已把它换算成了欧元。第一个步骤的成本占重建成本的 0.04%，它覆盖了全部 500 所学校。然后其中 400 所学校需要进行维度测量，其成本占重建成本的 0.4%。最后有 300 所学校需要进行详细的评估，成本占总成本的 2%。就实际的加固工作而言，150 所学校的加固支出占总成本的 10%，而另外 150 所学校则占到 20%。由此可见，整个加固方案的成本是重建成本的 10.5%。

根据这项研究，我们可以粗略估计出在地震高发区的 6 个欧盟国家中加固小学和初中学校校舍所需的成本（表 18.3）。这项研究主要依据了以下假设。

表 18.2 在塞萨洛尼基地区加固 500 所学校校舍的方案

	学校数量	单位成本(欧元)	成本比率 (%)	总成本 (百万欧元)
初步肉眼快速筛选程序	500	587	0.04	0.3
大致评估	400	5869	0.4	2.4
详细评估	300	29347	2	8.8
加固工作 1	150	293470	20	44
加固工作 2	150	146735	10	22
总成本				77
现有建筑价值	500	1467351	100	733
占重建费用的百分比			10.5%	

表 18.3 欧盟高风险国家加固学校校舍方案的粗略成本

	单位	奥地利	法国	希腊	意大利	葡萄牙	西班牙
第 3 地震带的人口比率 ($0.16g > PGA > 0.06g$)	0.01	1	0.3	0	0.4	0.8	0.5
第 2 地震带的人口比率 ($0.24g > PGA > 0.16g$)	0.05	0.05	0.05	0.25	0.49	0.2	0.05
第 1 地震带的人口比率 ($PGA > 0.24g$)	0.1	0	0	0.75	0.16	0	0
估计学生人数	百万	0.94	7.97	1.11	5.84	1.23	4.31
所需空间 (按每名儿童 6 平方米计算)	百万 平方米	5.65	47.83	6.66	35.03	7.39	25.86
每平方米校舍的建筑成本		1235	942	600	1100	598	903
重建总成本	百万 欧元	7000	45000	4000	38000	4400	23000
预计加固成本比率	%	0.012	0.0055	0.0875	0.044	0.018	0.0055
加固总成本	百万 欧元	84	250	350	1670	80	130
学校支出占 GDP 的比率	%	5.9	5.9	3.6	4.5	5.7	7.5
教育资本支出	百万 欧元	614	6297	751	3513	376	3725
加固成本占教育资本支 出的比率	%	13.6	3.9	46.5	47.6	21.2	3.5
年度加固成本占教育资本 支出的比率 (20 年方案)	%	0.7	0.2	2.3	2.4	1.1	0.2

(1) 每个国家都根据 ESC-SESAME 地图划分为四个地震带，人们假设峰值加速度 (PGA) 的重现期为 475 年而且人口分布均匀^①。

(2) 地震风险最高的地震带 ($PGA > 0.24g$) 的加固成本比率大概是 10% (和塞萨洛尼基一样)；第二等级的地震带 ($0.24g > PGA > 0.16g$) 加固成本比率大概是 5%；第三等级的地震带 ($0.16g > PGA > 0.06g$) 加固成本比率大概是 1%。在校生的数以欧洲 11 年义务教育的标准来计算。

(3) 有关学龄人数、入学率、每个儿童所需空间、重建成本以及国家对校舍支出的预算来源于多个统计数据 (DfEE, 1996; Eurostat, 2003; UN-DP, 2001; Langdon et al., 2000)。

研究先以百万欧元为单位表示了 6 个国家分别估算的本国加固成本，之后以百分比的形式表示了加固成本占各国年度教育总支出的比率，最后假设这个方案将持续 20 年，它又以年度百分比的形式表示了这个比率。数据显示，意大利是所有国家中成本相对最高的国家 (占年度教育总预算的 47.6%)，其次是希腊 (46.5%)、葡萄牙 (21.2%) 和奥地利 (13.6%)^②。当我们考虑到这是一个持续 20 年的方案而且加固可以减轻地震带来的破坏、损失和伤亡时，加固成本看起来并不是不可控的。

在实践中，我们可以在实施这个为期 20 年的方案的同时对一些建筑进行必要的维护和翻新，而且可以建些新校舍来代替老校舍，这样可以省去对特别老旧、易损的老校舍的翻新工作。由此看来，真正的附加成本其实要少得多。

四、结 语

本文认为，为了有效监督公共设施抗震能力项目的执行情况，人们必须采用立法手段。本文还描述了要使欧盟中 6 个地震高发国的校舍达到安全标准，人们针对改造建筑的范围所制定的方案。虽然这迫使欧盟国家对

^① 由于高危地区多山，人口相对分散，本文的假设可能会高估地震的危害。

^② 意大利政府进行估算时假设在 1979 年以前按照意大利自己设定的地震等级划分出的三个地震高发地区里，所有学校都需要加固，这将导致假设的总成本过高。但是，这个估计没有建立在易损调查的基础上，而且使用的是地震发生后的运营成本数据 (Goretti, 2004)。这个估算涵盖了 3~18 岁的公立学校学生。

国家总支出的优先次序进行调整，但这个在 20 年内逐步推行的方案对他们来说无疑是可以承受的。

将这种房屋加固方法推广到较贫困的国家绝非易事，因为它们的公共支出相对紧张，也缺乏先进的技术。对于那些地震高发的国家来说，它们应该致力于修建符合抗震标准的新校舍，并以此代替那些不安全的老校舍。萨尔瓦多在 2001 年遭受地震后已采取这种方法，那次地震造成 60% 以上的校舍严重受损。

目前的紧迫任务是确定哪些是可以在国际上被采纳的安全标准。这个标准便于建筑师更轻松地确定各个国家和地区需要改造建筑的范围。同时，人们还应该对欧盟和国家政府施压，促使他们采纳相应的法规并切实地执行它们，从而实现保护下一代和学生的生命。如果人们制定出清晰的指导方针，并且明确可实现的目标，那么全体选民们会让政府官员们为他们的不作为付出代价。

参考书目

- [1] Alesh, D. J. and W. J. Petak , 1986, "The Politics and Economics of Earthquake Hazard Mitigation", Institute of Behavioural Science, University of Colorado.
- [2] Altay, G. , et al. (unpublished), "Benefit Cost Analysis for Earthquake Mitigation: Evaluating Measures for Apartment Houses in Turkey" .
- [3] Coburn, A. W. and R. J. S. Spence , 2002, "Earthquake Protection", John Wiley and Sons, Hoboken.
- [4] Côias e Silva, V. , 2001, "Technical Feasibility of the National Programme for Reducing the Seismic Vulnerability of the Building Stock", Conference on Reducing the Seismic Vulnerability of Constructions, National Laboratory of Civil Engineering (LNEC), Lisbon, Portugal, 2001.
- [5] Department for Education and Employment (DfEE) , 1996, "Area Guidelines for Schools, Building Bulletin 82", Architects and Building Branch Department for Education and Employment, London.
- [6] Dolée, M. , 2003, Personal communication. Eurostat , 2003, "Public Expenditure on Education in the EU in 1999", Statistics in Focus, Theme 3 - 22/2003, Eurostat, Quebec.
- [7] French Government , 2001, Personal communication from Pierre Mouroux, Office of Geological and Mining Research, France (BRGM) .
- [8] Giardini, M. , J. Jiménez and C. Grünthal , 2003, "European-Mediterranean Seismic Hazard Map", European Seismological Commission, International Geological Correlation Programme, Pro-

- ject No.382, SESAME.
- [9] http://wija.ija.csic.es/gt/earthquakes/images/ESC-SESAME_poster_A4_75q.jpg. Coretti, A. , 2004, Personal communication. Gülkan, P. , et al. , 1999, "Revision of the Turkish Development Law No. 3194 and its Attendant Regulations with the Objective of Establishing a New Building Construction Supervision System Inclusive of Incorporating Technical Disaster Resistance-Enhancing Measures" (3 Volumes), Turkish Ministry of Public Works and Settlement, Istanbul.
 - [10] Japan International Co-operation Agency and Istanbul Metropolitan Municipality (JICA/IMM) , 2002, "The Study on a Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in Istanbul Including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey", IMM, Istanbul.
 - [11] Langdon, D. , et al. ,2000, "Spon's European Construction Costs Handbook", Routledge and N Spon.
 - [12] Lungu, D. , 2003, Personal communication. Parsons, T. , et al. , 2000, "Heightened Odds of Large Earthquakes Near Istanbul: An Interaction-Based Probability Calculation", Science, Vol. 268, pp. 661 ~ 665.
 - [13] Penelis, G. , 2001, "Pre-Earthquake Assessment of Public Buildings in Greece", International Workshop on Seismic Assessment and Rehabilitation of Structures, Athens, Greece, January 2001.
 - [14] Portuguese Association of Earthquake Engineering (SPES) , 2001, "Contributing to a National Programme for Reducing Seismic Vulnerability of Constructions", Conference on Reducing the Seismic Vulnerability of Constructions. National Laboratory of Civil Engineering (LNEC), Lisbon, 2001.
 - [15] Spence, R. , 2003, "Earthquake Risk Mitigation in Europe: Progress towards Upgrading the Existing Building Stock", Keynote paper for 5th Turkish National Conference on Earthquake Engineering, July 2003.
 - [16] Sucuoglu, H. , 2003, Personal communication. United National Development Programme (UNDP) (2001). Human Development Report 2001, UNDP, New York, <http://hdr.undp.org/reports/global/2001/en/>.
 - [17] Zuccaro, G. , 2003, Personal communication.

鸣 谢

许多活跃在地震保护研究领域的人们对本文作出了很大的贡献。特别感谢以下这些人士对本文初稿进行的有益讨论和提出的宝贵意见,他们是 Mihael Papagiannakis MEP, Polat Gülkan, Panayotis Carydis, Andrew Coburn, Giulio Zuccaro, Antonios Pomonis, Julian Bommer, Mary Comerio, Carlos Oliveira, Artur Pinto, Haluk Sucuoglu, Pierre Mouroux, Dan Lungu, Agostino Goretti, Mauro Dolce.

第五部分 经合组织对于学校地震 安全指导方针的建议

根据 1960 年 12 月 14 日经合组织成立时签署的公约第 5 条 b 款的内容，经合组织理事会认为：地震来袭时各国都有校舍频繁倒塌，导致师生伤亡事件屡有发生；现有的地震知识能够以适宜的成本在合理的时间框架内大幅降低学校的地震风险，以避免更多师生在地震中死亡或受伤；由于人们既没有将现有的抗震技术运用到校舍上，也没有严格执行相关法律和规定，所以校舍设计和施工中许多原本可以避免的错误依然存在，导致世界各地的校舍在地震中经常倒塌。除非立即采取措施解决这个问题，否则会造成更多生命和财产损失；各国在推行义务教育的同时，仍然允许学校使用抗震能力不足的校舍，这是一种非常危险的做法；要提高学校和教育体系的抗震安全性，必须协调各级政府在这方面的的工作，同时为它们提供备选方案，允许它们具有必要的灵活性，以便于它们根据本地的地震风险、地震安全知识、地震安全技术和资源来实现相同的目标。改善学校地震安全状况的工作需要与各地的能力、需求及工作的复杂水平相适应。

学校建筑项目（PEB）管理委员会和教育委员会在其建议书中：

一是建议经合组织成员国立即采取措施，根据本建议附件 1 中的原则制定出学校地震安全计划并将其付诸实施（附件 1 是建议的组成部分）。各成员国制定这个计划时应参考本建议附件 2 中列出的计划要点（附件 2 也是本建议的组成部分）。

二是要求学校建筑项目（PEB）管理委员会评估各成员国是否按照本建议书的要求采取行动，并且在本建议公布后三年内通过教育委员会将各国情况汇报给理事会。

三是邀请非经合组织成员国参考本建议的内容。

附件 1 学校抗震安全计划的指导原则

学校抗震安全计划应该将学生的在校安全视为一个重要目标。为了使各国紧急制定出来的计划能够保障新建校舍和现有校舍的抗震安全性，这些计划应该遵循以下原则：

一是根据地震风险等级制定清晰而且可衡量的目标。受灾群众和地方政府机构应该有能力和支持这些目标。在实现目标的过程中提供充足的资源和可行的时间表。

二是确定各国的地震危险水平，制定相应的建筑规范和标准并将其付诸实施。最低限度是划定自然灾害区，如果可能的话应该在概率分析的基础上绘制地震危害图。

三是为校舍的抗震能力确定预期目标。校舍设计、施工或加固工作的目标应该是：地面晃动到一定程度以及/或者发生地表破裂、泥石流、海啸或决堤等次生灾害时，校舍不会出现倒塌、部分倒塌或其他危及人类生命的状况。有些国家可能希望进一步提高学校的抗震性，使地震对校舍造成的破坏非常有限，而且地震后学校可以马上成为避难和进行紧急救援的场所。

四是先将工作重点放在新建的学校上，确保其具备抗震安全性。人们应该尽快在短期内排查出具有地震安全隐患的校舍、制定校舍加固计划并列出需要优先采取的措施。此外人们需要在更长的时间框架里逐步解决现有学校抗震能力差的问题。

五是提高学校抗震安全的工作看做一项长期事业，同时郑重承诺将持之以恒地执行这项计划而不只是权宜性的短期行为。

六是采取预防多灾种的思路来解决学校安全问题，即将降低地震危害的策略作为其他灾种减灾措施的有效补充。

七是在必要的情况下组建顾问委员会，来确保相关政策和技术性问题的决策结果连贯一致。该委员会将长期且独立地为抗震安全计划提供支持，并完成相关评估工作。

附件2 有效的学校抗震安全计划需具备的要点

一、抗震安全政策要点

抗震安全政策应该由权威机构制定，并提出明确、可测量的目标。相关政府部门需制定出为了实现这些目标而采取的策略以及这些目标的优先次序。此类政策必须清晰明确，并且获得有力的支持。它的执行范围和目标应具备充分的权威性，而且明确说明今后几年里将坚持执行这些计划。这些政策应该：确认保护学生安全的需求；确认保障校舍安全性的必要性；为保障师生的人身安全制定最低标准；根据学校抗震性的预期目标、不同地区的地震强度、现场危害的量化结果以及社区开展抗震培训并进行资格认证的能力，依据可持续性的标准指导新建学校及现有学校进行基础设施的设计工作，以便有效地实现既定目标；为校舍及附属建筑编制降低地震风险的计划；提供充足的资金和人力以延长这些计划的适用期限；任用责任心强而且精明能干的领导人负责这些工作，使其具备充足的法律权威性和道德权威性，从而确保从这些政策中衍生出来的计划具备高效性、可持续性和延续性。

二、问 责 制

为所有负责执行地震安全计划的社会成员界定清晰的职责范围，并提供相关依据。为了实现这个目标，学校的抗震安全计划应该包括以下内容：明确界定计划涉及的个人、机构以及组织发挥的作用及他们的职责；让所有的计划、设计、监管和执行过程透明化；参与学校设计的专家必须满足相应的专业要求；对于学校设施的设计、施工和维护工作进行独立考

评，即评估现有学校设施的抗震能力、评估并审查新建校舍的施工文件现有校舍加固工程的施工文件、检查校舍施工情况并批准验收、审查设计人员、方案评估检查人员和材料测试人员的专业资格；根据行政区域以及受灾校舍和学校系统的类型划分明确的司法管辖范围。

三、建筑规范及规范的执行机制

学校建筑规范和监管机制的首要目标是保护在校师生的生命安全。此外，它们的另外一个目标是将地震对校舍的破坏程度降至最低，这样受灾人群就可以在震后马上到学校避难。建筑规范应适用于所有新建校舍和校舍加固计划的设计工作。设计人员需依据概率论、决策论或震区图来进行地震地动设计。各国可以对本国地震危害和其他相关因素进行评估后确定最适宜的设计标准。

有效的校舍建筑规范及执行机制应包括以下要素：

(1) 根据下列因素制定清晰明确的校舍抗震能力目标：地动特点及各地的地质情况；防止房屋倒塌和控制房屋结构性破坏的标准；海啸、泥石流和地表破裂等次生灾害带来的危害；对社区的社会经济影响。

(2) 组织专业人员定期审查并修订建筑规范和指导方针，使其包括最新的防震施工技术。

(3) 执行建筑规范和监理施工时应该将社区的需求考虑在内，但是必须采取以下措施：对校舍的设计方案进行量化评估；审查已建好的校舍并颁发许可证。

(4) 建立相关机制，保证项目的执行活动不会因为项目成本、工期要求或者其他经济原因而向明显或者潜在的压力妥协。

如果社区的工作只停留在编制建筑规范的阶段，那么会给人们留下一种错觉，即按照这些规范建造出来的建筑安全可靠，具备充足的抗震性能，但事实上并非如此。虽然编制和采纳建筑规范以及监管要求的工作非常重要，但是如果没有在设计和建造过程的每一步将它们付诸实施，那么它们必然是不完整的策略。应该采取措施确保始终如一地落实各种规范和规定。

四、培训和资格认定

建筑的安全性取决于监管和法律的力度，这就需要人们对专家、设计和施工过程中涉及的建筑商和技术人员进行培训，并保证他们具备相应的资格要求。各国应根据自己的实际情况开展培训，而且这些培训必须适应该国的政府结构、责任分工、机构和利益相关者对风险的认识、社会价值观和经济条件。政府需要在所有设计专家、规范执行官员、方案核查人员、督察员和承包商中开展培训和认证工作。

(1) 权威部门应该对工程师和建筑师进行培训，并开展资格认证工作。他们的培训内容应包括建筑物的抗震设计以及校舍设计和施工的特点。

(2) 为建筑项目选择承包商时必须将承包商的资格考虑在内。政府可以为承包商制定相关培训计划，以便于他们掌握最先进的施工技术。

(3) 通过培训课程对施工项目的监管官员、项目核查专家和督察员进行资格认证，并保证他们具备一定工作经验。

五、准备工作和计划

有效的全国性计划应该要求教育部门和学校采取行动来降低学校的地震风险，并引导教职工和学生学会如何应对突发情况并力求自保。这些工作应包括以下要素：

(1) 教育：在学校和社区开设防震教育课程，让民众了解地震的危害并做好预防工作。

(2) 风险降低措施：提高周围环境的安全性，如加固和固定校舍里的家具、书架和设备，添置照明、暖气和热水器等设备。

(3) 应急预案：编制应急预案并详细阐述震前、震中以及震后应采取的行动、决策、相关责任分工、执行预案的机构及它们的职责（其中包括是否安排学生在学校避难或者是否把学校当成社区的避难场所）以及执行预案时所需的设备和物资。

(4) 安全评估：制定明确的评估标准、责任分工和评估流程，以此评估震后建筑的安全性，同时明确震后撤离、维修和重新使用建筑物的流程。

(5) 培训：在教职工和学生中分发关于地震危害和自保措施的介绍材料，并提供培训课程。

(6) 演练：模拟地震条件定期进行防震演练，以巩固培训成果，并检验预案和安全评估的效果。

六、社会意识和公众参与

改善学校抗震安全性的计划是否能够成功，完全取决于社会的理解和参与程度。社会全体成员应该了解本地区的地震危害、现有校舍的地震易损性、不按照抗震标准建设新学校或者不提高现有校舍的抗震能力可能带来的后果以及改善抗震能力的可行性。那些参与学校建设的人员尤其需要理解为什么自己要严格遵循规范以及自己违反这些规范时可能带来哪些后果。为了有效提高社会对校舍抗震安全的认识，相关机构应该采取以下措施：开展提高公共意识的活动，大力宣传地震及其他自然灾害的破坏作用；利用教育性计划宣传防震减灾的技术知识，并且使用简单易懂的术语对社区里的利益相关者解释地震的风险；组织各种活动使社区参与到降低学校抗震风险的工作中；利用课堂提高少年儿童对地震灾害的认识，并引导他们学习应急措施。

七、降低新校舍的抗震风险

核查现有的流程，以确保学校建筑具有良好的抗震能力，而且这些流程具有可行性。学校建设新建筑时需要注意以下要素以降低地震风险：确定本地的地震危险并且更新地震危害图；制定适合本地文化和经济条件的校舍抗震能力标准及规范，并认识到学校对于社会发展至关重要，而且学校在震后的紧急时刻可以作为避难场所；根据各地区的实际情况，制定简洁明了的监管制度或者选择最佳施工方法，这样就可以迅速提高本地学校的抗震安全性（如在发展中国家的农村地区建造简单的低成本教育设施）；培训专家、技术人员和建筑工人；根据各国的实际情况，确定执行建筑标准的期限；制定行之有效的建筑规范和监管机制，并且严格执行这些规范。

八、降低现有校舍的风险

人们应该理解地震风险存在的原因以及社区可以采取哪些措施来最终降低这些风险，这对于降低现有校舍地震风险的工作来说至关重要。在制定和执行相关计划时应该考虑到社区价值观、本地经济条件、可能获得的资金以及本地可提供的建筑材料等因素。

为现有学校建筑制定有效的地震风险降低计划时应包括以下要素：确定地震危害并绘制地震危害图；评估现有学校及校内建筑的风险等级；对不采取矫正措施可能带来的后果进行评估；制定相关技术指导方针，并在地震发生时根据这些方针提高现有设施的抗震能力（比如用来估算建筑结构移位、预测损失、预测可接受的安全边际、合理使用建筑材料以及监测建筑流程的方法和流程）；根据资金、人员、人员的专业能力、现有基础设施和社区的运作结构等制定行动计划；执行降低风险的计划并确定优先性原则。在此过程中考虑到财力条件、人力资源以及学校建筑在震后应急管理方面发挥的作用；监测计划的执行效果。

由于校舍的加固工作在许多国家势在必行，所以负责的官员至少应该着手加固那些存在高风险的校舍，并就此制定时间表和工作的先后顺序。也许人们需要数十年的时间来贯彻执行学校的防震加固工作，但是可以在短时间内优先加固那些在地震时最具风险的校舍。

参考书目

- [1] Anagnostopoulos, S. A. , J. Petrovski and J. J. Bouwkamp , 1989, "Emergency Earthquake Damage and Usability Assessment of Buildings", *Earthquake Spectra*, Vol. 5, No. 3.
- [2] Applied Technology Council (ATC) , 1978, "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings", Publication ATC - 3 - 06.
- [3] Belazougui, M. , M. N. Farsi and A. Remas , 2003, "A Short Note on Building Damage", *European-Mediterranean Seismological Centre Newsletter*, No. 20.
- [4] Benedetti, D. and V. Petrini , 1984, "On Seismic Vulnerability of Masonry Buildings; Proposal of an Evaluation Procedure", *L' Industria delle Costruzioni*, Vol. 18.
- [5] Dandoulaki, M. , M. Panoutsopoulou and K. Ioannides , 1998, "An Overview of Post-Earthquake Building Inspection Practices in Greece and the Introduction of a Rapid Building Usability Evaluation Procedure after the 1996 Kozitsa Earthquake", *Proceedings of 11th European Conference on Earth-*

- quake Engineering, Paris, France, 6 ~ 11 September 1998.
- [6] Federal Emergency Management Agency (FEMA) , 2002, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards; A Handbook. FEMA 154 Report.
 - [7] Fukuta, T. (ed.) , 1996, "Outline of Standards to Evaluate Seismic Capacity of Existing and Damaged Reinforced-Concrete Buildings", The First Management Panel on Collaboration Research Activities Between Joint Research Centre of the European Commission-Institute for Systems, Informatics and Safety (JRC-ISIS) and the Japanese Ministry of Construction (JBRI) , Tsukuba, Japan, 1996.
 - [8] Gabrichidze G. , T. Mukhadze and I. Timchenko , 2003, "Damaging Effects on Education and Health Facilities in the April 2002 Earthquake in Tbilisi, Georgia", Proceedings of International Workshop on Safety and Emergency Management of Essential Facilities, Ohrid, FYROM, 19 ~ 21 June 2003.
 - [9] Milutinovic Z. V. and G. S. Trendafiloski , 1997, "Emergency Management of the Education System in the Republic of Macedonia", International Conference on Risk Sciences: Training at School Level, Sofia, Bulgaria, 1997.
 - [10] Milutinovic Z. V. and G. S. Trendafiloski , 1998, "Earthquake Preparedness of Schools in Republic of Macedonia", Proceedings of 11th European Conference on Earthquake Engineering, Paris, France, 6 ~ 11 September 1998.
 - [11] Milutinovic, Z. V. , et al. , 2002, "Physical and Psychological Management of Earthquake-Related Emergencies in Schools in Macedonia", Proceedings of 12th European Conference on Earthquake Engineering, London, United Kingdom, 9 ~ 13 September 2002.
 - [12] Milutinovic, Z. V. and B. Tasevski , 2003, "Early Response to 1963 Skopje Earthquake: Operational and Institutional Aspects", Proceedings of International Conference "Skopje Earthquake 40 Years of European Earthquake Engineering", Ohrid, FYROM, 26 ~ 29 August 2003.
 - [13] Milutinovic, Z. V. and G. S. Trendafiloski , 2003, "Seismic Vulnerability and Performance of School Buildings in FYROM", Proceedings of International Workshop on Safety and Emergency Management of Essential Facilities, Ohrid, FYROM, 19 ~ 21 June 2003.
 - [14] Olumceva, T. R. , Z. V. Milutinovic and G. S. Trendafiloski , 2003, "Elements of Physical and Psychological Management of Emergencies in Schools", Proceedings of International Workshop on Safety and Emergency Management of Essential Facilities, Ohrid, FYROM, 19 ~ 21 June 2003.
 - [15] Republic Bureau of Statistics , 1992, "Census of Population, Households and Farm Economies in 1991. Basic Data for Population by Municipalities. Definite Data, Statistical Review No. 226", Republic Bureau of Statistics of Republic of Macedonia, Skopje.
 - [16] UNDP/UNIDO-RER/79/015 , 1985, "Post-Earthquake Damage Evaluation and Strength Assessment of Buildings", Volume 4.

译 后 记

本书由中国发展研究基金会根据经济合作与发展组织（OECD）的授权翻译。参加翻译的人员有（以姓氏笔画为序）：刁琳琳、于明潇、王雪、冯明亮、古明明、刘文博、刘蓓、杜智鑫、赵早早、胡自强、徐瑾瑾、崔昕、黄海莉等。国务院发展研究中心李桐连研究员对译稿全文进行了统校，美国国家研究委员会地震专家 Cao Tianqing 审阅了本书涉及的专业术语，冯明亮、刘蓓、刁琳琳、王雪、都静、梁诗琪等参加了后期的文字校对和编辑。

本书涉及大量地震和建筑专业知识，译者虽然查阅了大量资料，但水平有限，仍难免出错，欢迎读者批评指正。

中国发展研究基金会

2008 年 6 月 30 日

图书在版编目 (CIP) 数据

保证学校在地震中的安全/经济合作与发展组织著; 中国发展研究基金会译. —北京: 中国发展出版社, 2008. 9
ISBN 978 - 7 - 80234 - 255 - 2

I. 保… II. ①经… ②中… III. 地震灾害—教育建筑—安全性—调查报告—世界 IV. P315.9 TU352.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 107357 号

著作权合同登记号: 图字 01 - 2008 - 4088

OECD 最初发行本书英文版时使用下述标题:

Keeping Schools Safe in Earthquakes

©2004 OECD 保留所有权利

©2008 中文版本由 OECD 总部授权中国发展出版社出版

中国发展研究基金会负责中文版本的翻译质量及与原文的一致性

书 名: 保证学校在地震中的安全

原 著 者: 经济合作与发展组织

译 者: 中国发展研究基金会

出版发行: 中国发展出版社

(北京市西城区百万庄大街 16 号 8 层 100037)

标准书号: ISBN 978 - 7 - 80234 - 255 - 2/K · 57

经 销 者: 各地新华书店

印 刷 者: 北京东海印刷有限公司

开 本: 720 × 1000mm 1/16

印 张: 14.5

字 数: 220 千字

版 次: 2008 年 9 月第 1 版

印 次: 2008 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

咨询电话: (010) 68990692 68990622

购书热线: (010) 68990682 68990686

网 址: <http://www.developress.com.cn>

电子邮件: fazhan@dlc.gov.cn

版权所有·翻印必究

本社图书若有缺页、倒页, 请向发行部调换