

从地震影响因素浅探建筑设计的抗震、防震和减震

张津硕¹, 刘美玲², 万 勇^{2*}

¹青岛盟诺学校, 山东 青岛

²青岛恒星科技学院未来教育学院, 山东 青岛

收稿日期: 2026年7月6日; 录用日期: 2026年7月28日; 发布日期: 2026年8月7日

摘 要

本文首先从地球构造的角度, 定性分析了地震形成的宏观影响因素, 并重申了当前科技水平难以准确预测地震的主流观点。在此基础上, 文章总结了地震对建筑造成的三种主要损害类型: 振动破坏、支撑失效破坏和次生灾害破坏。最后, 基于地震的不可预测性和破坏性, 文章提出建筑设计应从传统的单一“抗震”理念, 转向“抗震”、“防震”和“减震”三者相结合的新理念, 并对这三种技术路径进行了区分和说明。

关键词

地震, 抗震, 防震, 减震, 建筑设计

Study on Anti-Seismic, Seismic Prevention and Seismic Absorption of Building Design from the Perspective of Earthquake Influencing Factors

Jinshuo Zhang¹, Meiling Liu², Yong Wan^{2*}

¹Menaul School Qingdao, Qingdao Shandong

²Future Education College, Hengxing University, Qingdao Shandong

Received: July 6, 2026; accepted: July 28, 2026; published: August 7, 2026

*通讯作者。

文章引用: 张津硕, 刘美玲, 万勇. 从地震影响因素浅探建筑设计的抗震、防震和减震[J]. 土木工程, 2026, 15(8): 44-48.
DOI: 10.12677/hjce.2026.158199

Abstract

First, the paper conducts a qualitative analysis of the macroscopic factors influencing earthquake formation from a tectonic perspective, and reiterating the prevailing view that current technological capabilities are insufficient for accurate earthquake prediction. Building on this foundation, it identifies three primary types of damage earthquakes inflict on structures: vibration-induced damage, support failure, and secondary disaster damage. Finally, given the unpredictability and destructive potential of earthquakes, the paper advocates shifting architectural design from the traditional single focus on “seismic resistance” to an integrated approach combining “seismic resistance,” “earthquake prevention,” and “vibration reduction,” while distinguishing and elaborating on each of these technical approaches.

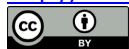
Keywords

Earthquake, Anti-Seismic, Seismic Prevention, Seismic Absorption, Architectural Design

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地震是地球上常发生的自然灾害之一。2026 年 6 月 24 日，委内瑞拉先后发生 7.2 级、7.5 级两次地震，全国大范围受灾，拉瓜伊拉沿海地区及首都加拉加斯受灾最重，已有上千人遇难¹。2018 年 8 月印度尼西亚龙目岛发生七级地震，并引发海啸山体滑坡，500 多人遇难²。我国 2008 年 5 月 12 日，我国汶川地区发生 8 级地震，许多城镇顷刻间变为废墟，生命和财产损失也极为惨重³。

这些地震是如何发生的？地震中主要生命财产损失是直接震动破坏造成的，还是失效破坏和次生灾害破坏？当地震发生时，为什么有的建筑能够给人以保护，有的建筑却不能给人提供安全庇护？要回答这些问题，单从建筑设计的抗震层面考虑是不够的。本文将从球的构造出发，在分析地震形成的影响因素基础上，指出目前尚没有准确预测地震的办法，需要转向“抗震”、“防震”和“减震”三者相结合的新理念。

2. 地震形成的影响因素

地震究竟是如何产生的？有没有前兆？地震是否可预测？这些问题一直是人类，特别是建筑设计者关心的问题。虽然相关的研究很多，但是遗憾的是，从物理学角度看，地震发生前的整个变化过程及物理机制具有相当的随机和不确定性，地震不可预测论已成为国际科学界的主流观点[1][2]，地震不可预测论已成为国际地球科学界的主流观点。美国加州大学地球物理教授 P. M. Shearer 编写的地震学引论中也指出地震或许具有固有不可预测性[3]。当然，有的学者指出，在一定条件下地震可能可以预测[4][5]，我国研究者还对候风地动仪设计技术的进行了分析解读[6]。地震工程学也形成了一些基本概念和规律，如反应谱理论、结构动力特性等[7][8]。本文更倾向从地球的基本结构出发，从物理学和工程学角度，分析地震的主要影响因素，在此基础上浅探建筑设计的抗震、防震和减震。图 1 为地球的结构。

¹<https://news.ifeng.com/c/8uFGBIWoxkL>

²<http://news.cctv.com/2018/08/10/ARTInZxVm63RA5AhrGVMVKE3180810.shtml>

³<http://news.cntv.cn/20120512/104595.shtml>

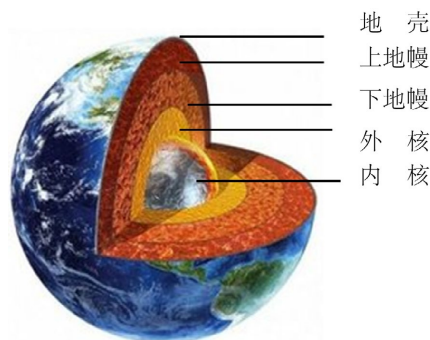


Figure 1. Structure of the earth
图 1. 地球的结构

首先,地球的构造由内到外依次是:地核(内核和外核)-地幔(上地幔和下地幔)-地壳。地壳与地幔之间由莫霍面界开,地幔与地核之间由古登堡面界开[9]。地壳实际上是由多组断裂的,很多大小不等的块体组成的。而且地壳的厚度并不均匀,它的外部呈现出高低起伏的形态。整个地壳的平均厚度约 17 公里,这与地球平均半径 6371 公里相比,仅是薄薄的一层。地震一般发生在地壳之中,是由于地壳内部介质局部发生急剧的破裂,产生的震波,从而在一定范围内引起地面振动的现象,它就像刮风、下雨、闪电一样,是地球上经常发生的一种自然现象。

其次,虽然地震一般发生在地壳之中,地核和地幔对地震是有影响的。因为地核的平均厚度约 3400 公里,其中外地核厚度约 2080 公里,物质大致成液态(内地核可能是固态)。可以想象,地幔和地壳是建立在一个巨大的液态球体的表面上,而且这些液态物质是可以流动的。地幔厚度约 2865 公里,主要由致密的造岩物质构成,地幔又可分成上地幔和下地幔两层。上地幔顶部存在一个软流层,是岩浆的发源地。软流层以上的地幔部分和地壳共同组成了岩石圈。由于地球各处地幔的温度、压力和密度和厚度并不相同,物质和能量交换也不可避免,这些都为地震提供了条件,或成为地震不确定的诱因。

除了板块构造运动、地质构造活动可以引起地震,火山活动和人为活动也可以引起地震。由于火山通常位于板块边界或地壳薄弱地带,地下岩浆可以沿着裂缝上升至地表或接近地表的位置。在这个过程中,岩浆和气体的运动会对地壳产生巨大压力,引发地震。而人为活动,如大型水库蓄水、大型油气田的开采和注水等活动可能会改变地壳的应力状态,导致地震的发生。此外,地下核爆炸、炸药爆破等人活动也会引发地面震动。

显然,由于地壳构造的板块性和复杂性,地幔与地壳的物质和能量交换,以及地核的液态化,要研究引发地震的作用力、作用力的形成因素,以及地震前兆的探测和分析等等,要形成一套完整的地震理论其困难,反应谱理论、结构动力特性等只是在一定范围内,能解释一些与地震相关的问题。

另外,地震机理和预防也受到科学技术发展的限制。因为虽然今天探测器已经可以到达太阳系以外的空间,但对人类脚下的地球内部的研究却较弱。目前世界上最深的钻孔也不过 10 多公里,连地壳都没有穿透。科学家只能通过研究地震波、地磁波和火山爆发等信息猜测和分析地球内部的秘密,对地球内部很多基础的描述还没有达到共识。但是许多科学家的一个共识是:由于地幔和地壳是建立在一个巨大的液态球体的表面上,而且这些液态物质是可以流动的,这将导致地壳产生不稳定性,从而导致地球上发生地震是不可避免的[1] [2]。

3. 地震对建筑的主要损害

地震不仅会对人员造成的重大伤亡,也会对建筑物形成破坏,而建筑物的破坏又会进一步造成人员伤亡。从力学角度看,地震对建筑物的破坏作用主要有三种:振动引起的破坏,支撑失效引起的破坏和

次生灾害的破坏。

一、振动引起的破坏：地壳内部介质局部发生急剧的破裂，产生的地震波会引起地面振动，并最终传递到建筑物上，引起建筑物本身的振动。由于建筑物一般是按静力学原理设计和建造的，主要具有刚体的性质，弹性并不高，耐受振动的强度有一定的限度。地震波对建筑物的破坏作用由许多因素综合决定，包括地震波频谱组成和延续时间，建筑物的材料性质，动力特性，以及地基条件和地形等环境因素。一般的说，地震强度越大，其对建筑物的破坏力就越大；同样，地震频次越多，其对建筑物的破坏力也越大。

二、支撑失效引起的破坏：建筑物以地基、架构结构等作为支撑。地震中，如果地基或架构结构比较稳固，变位和移动等很小，它们会消耗部分地震波的能量，从而减小震动对建筑物的破坏。但是，如果支撑物本身坍塌或移动，对建筑物的支撑就会一定程度失效，却会加剧建筑物结构破坏。因为支撑失效时，地基或架构结构的变位和移动较大，如建筑物下沉、地基不均匀沉降和水平变位等，会使建筑物振动更加剧烈，从而导致建筑物结构受损更加严重。

三、次生灾害的破坏：由于地质、环境条件的不同，地震有时会引起崩塌、滑坡或泥石流等次生灾害。特别是陡峭的山区或丘陵地带，破碎的岩石和松散的表土可能由于地震所产生的振动与下面的岩土层脱离，从而发生次生灾害。同样的，如果地震前发生长时间降水，也易发生该类灾害。这些次生灾害可能摧毁地面的建筑物或坡下的居民点，造成人员伤亡和财产损失，次生灾害的滑坡或崩塌也可能造成河道阻塞引发水灾，大型水体下及附近发生的大规模崩滑，还会对坝体及周边建筑造成毁灭性破坏。

4. 针对地震的建筑设计原理

既然地震作为一种自然的现象不能违背，目前的科学技术还没有准确预测地震的办法。由于“抗震”的主要理念是增强结构的刚度，“防震”是通过隔震等技术对地震的影响进行缓冲，而“减震”是通过耗能组件吸收能量。所以，现代建筑设计需要从单一抗震的理念，改变为抗震、防震和减震联合统一的新理念，具体说明如下：

一、抗震设计：对于钢筋混凝土建筑结构，目前大多数国家都很重视抗震设计，通过改进建筑质量增加抵抗地震的能力，如增加钢梁、改善混凝土等级等等，从而达到抗震的目的[10]。但是建筑的刚度越大，在地震时受到地震的作用更强，特别是在强烈地震时，很难保证在建筑物不被破坏，单纯抗震的设计就会显示出其局限性，需要结合防震和减震设计才能达到更好的结果。而对于土坯结构，地震可能导致房屋的承重结构受损、墙体开裂、地基沉降，甚至房屋倒塌等，造成重大的人员伤亡和财产损失，加上地震救援不及时，地震引发滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害，这是许多第三世界国家地震人员和财产损失较大的主要原因。

二、防震设计：相对于刚性抗震，防震技术完全不同，它是一种柔性技术，即不是跟地震硬硬对抗，通过在建筑物之外设计，如增加隔震支座等，以达到缓冲和降低地震的危害目的。现在比较成功的防震技术是隔震技术，主要是在建筑设计时将橡胶等柔性建筑材料用于隔离支座等[11]。由于橡胶等柔性建筑材料的弹性，可以对地震振动起到缓冲和降低的作用。特别是发生强震时，隔震能够使上层建筑水平方面的地震效应大大降低，进而有效减轻或者消除对建筑物的破坏。防震技术中，隔离支座主要有两种：滑动隔震支座与橡胶支座。目前，隔震技术已逐渐成熟，隔震技术无论在缓冲地震的效果上，还是在建筑成本上，都相对具有优势。但是，目前的隔震技术只能有效降低水平方向的地震作用，还无法有效降低竖直方向的地震作用，需要科学技术方面进一步的研究和开发新的防震技术。

三、减震设计：减震设计的理念与防震类似，减震技术也是柔性技术，但它通过建筑本身的设计，通过增加能量耗散组件，以达到缓冲和降低地震的危害目的。建筑中的能量耗散组件可由能量耗散器、

墙体、斜梁等组成，它们可以吸收地震的振动能量，以保护主体结构不被损坏或只是发生较小的损坏。这些减震组件不支撑结构，即使地震中变形，也不会对结构的承重情况造成影响。震后这些结构也便于更换。减震设计不会受到结构类型的限制，可以设计出各种各样的形态。更重要的是，减震设计对降低地震对结构造成的水平和竖向方向的作用都有效，这也减震技术与隔震技术的另一区别，目前我国在建筑工程和高铁桥梁都会采用减震和隔震技术[12]。

5. 结论与说明

由于抗震设计、防震设计和减震设计各有特点，所以建筑设计中不能只考虑其中一方面，需要将它们有机结合起来，针对振动，支撑失效和次生灾害可能带来的破坏，进行优化设计。通过新设计理念的采用，新建筑材料的研发，新建筑结构的出现都会使现代建筑更加安全、美观和实用。

目前，建筑抗震技术在不断改进，防震技术和减震技术也逐渐应用于各种类型的建筑之中[13] [14]，由于国情不同，各国的研究重点和实施策略也不相同[15] [16]，但就一般意义上讲，是作为新技术，防震技术和减震技术尚处于研究与完善阶段，需要更规范的抗震设计[17]。随着科学技术的发展，特别是 AI 辅助设计、先进材料技术和工艺，会使这些设计和技术会日渐成熟和完善的。另外，建筑抗震防震是系统工程，不仅与工程设计有关，还与施工材料选择，施工过程的严谨等因素有关，只有做好了这些方面，才能真正提高建筑抗震、防震和减震能力。

参考文献

- [1] Shearer, P.M. (2009) Introduction to Seismology. 2nd Edition, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511841552>
- [2] Geller, R.J., Jackson, D.D., Kagan, Y.Y. and Mulargia, F. (1997) Earthquakes Cannot Be Predicted. *Science*, **275**, 1616-1616. <https://doi.org/10.1126/science.275.5306.1616>
- [3] Hough, S. (2010) Predicting the Unpredictable: The Tumultuous Science of Earthquake Prediction. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400831807>
- [4] 陆坤权, 厚美瑛, 姜泽晖, 等. 以颗粒物理原理认识地震——地震成因、地震前兆和地震预测[J]. 物理学报, 2012, 61(11): 119103.
- [5] 陆坤权, 刘寄星. 以颗粒物理原理认识地震[J]. 科学, 2012, 64(3): 23-28.
- [6] 徐国栋, 赵辉, 李巨文, 等. 候风地动仪设计技术的历史文献解读[J]. 机械设计与研究, 2026, 42(1): 306-312.
- [7] 曹加良, 施卫星, 刘文光. 长周期隔震结构基于反应谱理论的地震响应预测研究[J]. 土木工程学报, 2011, 44(9): 42-50.
- [8] 黄潇, 刘方玲, 胡志祥, 王冬花. 设置负刚度装置的基础隔震结构动力特性和地震响应研究[J]. 地震工程学报, 2024, 46(5): 1021-1031.
- [9] Gupta, H.K. (2011) Encyclopedia of Solid Earth Geophysics, 2nd Edition, Springer.
- [10] 孙建超, 徐聪, 李寅斌, 等. 中日两国建筑抗震设计规范对比及其在大阪世博会中国馆的应用研究[J]. 建筑结构学报, 2025, 46(9): 1-12.
- [11] 赵世峰, 李爱群, 卫龙武, 等. 江南大酒店平移工程基础隔震设计与地震反应分析[J]. 建筑结构, 2001(12): 9-10.
- [12] 李伟龙, 徐斌, 李侠, 等. 兰新高铁门源地震新建简支梁桥减隔震设计研究[J]. 铁道标准设计, 2025, 69(8): 88-95.
- [13] 扶长生, 张小勇, 鞠进, 等. 高层建筑合理性能目标的选取和实现[J]. 建筑结构, 2011, 41(S1): 1-8.
- [14] 蔡金兰. 浅谈建筑中抗震设计理念的发展[J]. 价值工程, 2010, 29(23): 88.
- [15] 陶晖, 叶炜钠, 李京榜, 等. 地震作用下多级黄土边坡的抗震设计优化研究[J]. 兰州理工大学学报, 2026, 52(1): 127-134.
- [16] 林建, 段晓农, 练余勇, 等. 日本针对内陆近断层及海沟型地震高层建筑的抗震设计方法及案例分析[J]. 工程抗震与加固改造, 2026, 48(2): 57-65.
- [17] 缪惠全. 地下管线中日美三国抗震设计规范的对比与转换[J]. 工程力学, 2022, 39(S1): 229-238.