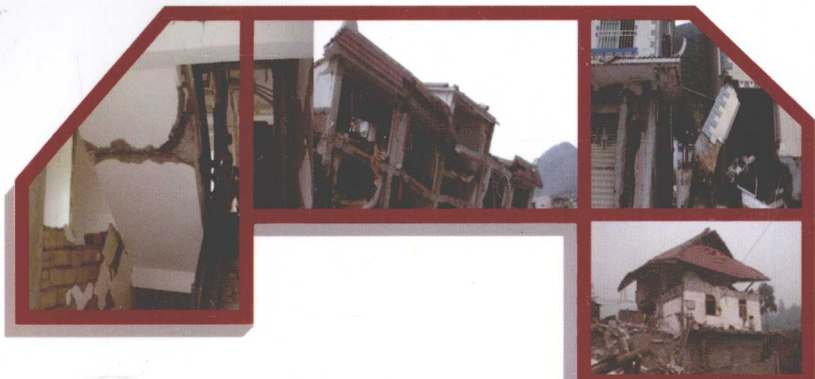




地震与建筑抗震 知识问答

什么是地震

如何面对地震

什么房屋抗震性能较好

专家执笔全方位了解地震



胡允棒 编著



中国建筑工业出版社

P315/11

2011

地震与建筑抗震知识问答

胡允棒 编著

北方工业大学图书馆



C00275336

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地震与建筑抗震知识问答/胡允棒编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011.7

ISBN 978-7-112-13329-1

I. ①地… II. ①胡… III. ①地震-问题解答②建筑结构-防震设计-问题解答 IV. ①P315-44②TU352.104-44

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第122142号

地震与建筑抗震知识问答

胡允棒 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京市铁成印刷厂印刷

*

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 7 1/8 字数: 195千字

2011年11月第一版 2011年11月第一次印刷

定价: 20.00元

ISBN 978-7-112-13329-1

(20752)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书简要介绍地震的基础知识（如地震的成因、震源、震源深度、震中、地震震级、地震烈度、地震震害、新中国成立后的典型大地震、地震来了如何避震、地震的预测预报等）及建筑抗震的基础知识（如房屋的主要结构形式、我国有哪些抗震设防地区及其地震基本烈度、建筑抗震设防的目的和目标、怎样进行建筑抗震设计、什么是隔震设计和消能减震设计、建筑地震破坏等级如何划分、我国的地震灾害为什么特别严重、什么房屋抗震性能较好、购房应注意什么问题等），并附有若干唐山大地震、汶川特大地震和玉树大地震的震害照片。

本书可供一般读者、媒体工作者、政府官员阅读，也可供建筑结构设计人员、施工图审查人员、土建施工和监理人员及大中专院校土建类专业师生参考。

* * *

责任编辑：赵梦梅 杨 允

责任设计：张 虹

责任校对：陈晶晶 刘 钰

前 言

2008年5月12日14时28分在四川省汶川县映秀镇发生8.0级特大地震，包括震中50km范围内的县城和龙门山断裂带400km范围内的大中城市和广大乡村都遭受不同程度的震害，其中以川陕甘三省震情最为严重，位于四川龙门山断裂带附近的各地遭受极其巨大的人员伤亡和财产损失。这次特大地震，中国除黑龙江、吉林、新疆外均有不同程度的震感，北京、上海、天津、宁夏、甘肃、青海、陕西、山西、山东、河北、河南、安徽、湖北、湖南、重庆、贵州、云南、内蒙古、广西、西藏、江苏、浙江、辽宁、福建、台湾等省市有明显震感，甚至泰国首都曼谷、越南首都河内、菲律宾和日本等地均有震感。这次特大地震，震惊了国人，也震惊了全世界。

2010年4月14日凌晨5时39分，在青海省玉树藏族自治州玉树县发生4.7级地震，7时49分又发生7.1级地震，也造成巨大的人员伤亡和财产损失。

2010年1月13日海地7.3级大地震及2月27日智利8.8级特大地震也造成巨大的社会影响，特别是2011年3月11日日本9.0级特大地震引发巨大海啸及核电站爆炸，更是震惊了全世界，近期全球的几次强震活动引起人们的极大关注。

1976年的唐山大地震和四川松潘平武地震距今已近35年，由于当时的媒体仅有报纸和收音机，而且大部分老百姓也没有报纸和收音机，因此对唐山大地震和四川松潘平武地震的了解不是很多。5·12汶川特大地震发生后，全国人民对地震和建筑

抗震知识的渴求上升到空前的高度。

由于大部分媒体记者对建筑抗震知识不了解，在近期报纸和互联网上有关建筑抗震问题的报道中屡屡出现如“成都市的房屋按7度设计，可抗7级地震”、“新建中小学应按抗8级地震设计”等不准确说法。

某门户网站在2008年5月25日以《专家称灾后新建房屋抗震能力应提高至9个烈度》为题报道汶川地震专家委员会某成员的建议：“由于汶川地处龙门山地震断裂带，此前汶川的房屋抗震设防烈度为不低于7度，灾后新建房屋的抗震能力应提高到9个烈度，这一标准，是国家设防的最高标准。如果按照这一标准，建设投资大体要提高10%左右”，这样的说法也是很确切的：烈度不是以个为单位的；汶川的抗震设防烈度为7度，不是不低于7度；我国的《工业与民用建筑抗震设计规范》TJ 11-74及TJ 11-78是“适用于设计烈度为7度至9度的工业与民用建筑物（包括房屋和构筑物）”，《建筑抗震设计规范》GBJ 11-89是“适用于抗震设防烈度为6~9度地区的一般建筑抗震设计”，《建筑抗震设计规范》GB 50011-2001及GB 50011-2010是“适用于抗震设防烈度为6、7、8和9度地区建筑工程的抗震设计以及隔震、消能减震设计”，但各代抗震设计规范都规定：“抗震设防烈度大于9度地区的建筑和行业有特殊要求的建筑，其抗震设计应按有关专门规定执行”，建设部在1989年9月12日就有一个《地震基本烈度10度区建筑抗震设防暂行规定》（89）建抗字第426号，因此不能说9度就是我国抗震设防的最高标准；9度设防的房屋造价比7度设防绝对不止增加10%左右。

《成都商报》2008年6月2日报道：“成都市妇女儿童中心昨日奠基，抗震级数达8级”，又报道“成都国际商贸城是浙江企业家在成都投资的大项目，总投资达80亿元，5.12大地震后，仍然按时开工，地震让他们希望把商贸城修得更结实，更安全，

抗震要抗9级的”，这些说法都不正确。笔者是成都国际商贸城项目施工图审查的结构专业审查人，该项目实际上是按抗震设防烈度7度、建筑抗震设防类别乙类（即按8度采取抗震措施）进行抗震设计的。《成都商报》2008年8月27日在解读《建筑抗震设计规范》和《建筑工程抗震设防分类标准》局部修订时说“中小学教室设防烈度应高1度”，也不恰当，重点设防类和提高1度是不同的。《成都商报》2009年4月28日据新华社消息以《新学校像碉堡一样坚固》为题写道：“对口支援擂鼓镇灾后重建的某援建指挥部人员告诉记者，这些学校建筑按照‘8级抗震、9度设防’的要求设计施工，能够抗震级为8级、烈度为9度的地震”，没有“8级抗震、9度设防”的说法。《成都商报》2009年8月24日在转载广州某报报道的广州援建汶川第一小学、第二小学、第一幼儿园三所学校全部竣工时说“保证能抵抗9级地震”，小学、幼儿园的建筑抗震设防类别是“重点设防类”（即乙类），应按9度采取抗震措施，也绝不能保证能抵抗9级地震，因为发生9级地震时地震烈度可能会达到10度、11度，甚至12度。类似说法不胜枚举。

5·12汶川特大地震发生后，笔者作为专业人员赴各地（包括成都市区）评估房屋震害情况，总会有人问：“我这个房屋能抗几级地震？”笔者只有耐心进行解释：“房屋抗震不是抗几级地震，而是按地震烈度为几度进行抗震设计的”。我国实行住房制度改革以来，老百姓逐渐有了属于自己的房产，对房屋的安全和抗震性能更加重视，房屋的抗震性能也与建成年代有关（不同时期的抗震设防烈度有可能不同，抗震设计规范的规定也有不同），还没有购房的人对选择哪种结构形式的房屋及其抗震性能也更加关注。

1964年3月28日美国阿拉斯加8.8级大地震后，直到2004年12月26日印尼大地震，这40年里，全球都没有发生过8.5

级以上的地震，可以认为这 40 年是一个比较平稳的时期。

有不少学者认为 2004 年 12 月 26 日 7 时 59 分在印度尼西亚苏门答腊岛北部附近海域发生的 9.1 级（有说 8.9 级）大地震拉开了全球强震的序幕，即地球又进入地震活跃期。2005 年至 2011 年 3 月在不到 7 年的时间里又发生 4 次 8.5 级以上的强震（2005 年 3 月 28 日印尼北苏门答腊 8.7 级大地震、2007 年 9 月 12 日印尼南苏门答腊 8.5 级大地震、2010 年 2 月 27 日智利马乌莱海底 8.8 级大地震、2011 年 3 月 11 日日本仙台以东 130km 海底 9.0 级大地震），的确表明全球地震的强度与频度都明显增强。

书中地震震害照片除署名外大部分由四川省建筑设计院陈开培同志（高级工程师、国家一级注册结构工程师）提供，其余照片由四川省建筑设计院同仁提供。在此向参考文献及照片的作者表示衷心的感谢。

笔者于 2008 年 5 月底开始写作，在汶川特大地震两周年之际基本完成初稿。2011 年又根据新的《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010、《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010、《高层建筑混凝土结构技术规范》JGJ 3—2010 等和新近发生的日本大地震作了修改和补充。

由于笔者学识浅薄，不妥之处在所难免，敬请广大读者和专家学者不吝赐教或提出建议。



于四川省建筑设计院

2011.7.18

目 录

第 1 章 地震基础知识

1. 为什么会发生地震?	1
2. 什么叫震源、震源深度、震中、震中区?	5
3. 什么叫地震波?	7
4. 什么叫地震震级?	8
5. 地震有哪些序列?	11
6. 地震的能量有多大?	14
7. 什么是地震烈度?	16
8. 地震的灾害有哪些?	21
9. 地震的震害有哪些?	28
10. 新中国成立后的典型大地震有哪些?	33
11. 地震来了如何避震?	41
12. 地震能预测预报吗?	43

第 2 章 建筑抗震基础知识

1. 房屋有哪些结构形式?	46
2. 有哪些结构形式不符合建筑抗震设计要求?	53
3. 房屋的基础有哪些形式?	55
4. 我国的建筑抗震设计是从什么时候开始的?	57
5. 我国有哪些抗震设防地区?	61
6. 什么是建筑的抗震设防类别?	84
7. 地震作用有哪些特点?	89

8. 什么是建筑抗震设防的目的和目标?	91
9. 什么是建筑的抗震设防标准?	93
10. 怎样进行建筑抗震设计?	94
11. 什么是结构的抗震等级?	97
12. 抗震设计时对房屋的高度、层数、层高和高宽比 及主要的抗震构造措施等有哪些规定?	98
13. 什么是隔震设计和消能减震设计?	156
14. 什么是超限高层建筑工程?	157
15. 10 度区的建筑抗震设防有何规定?	161
16. 建筑地震破坏的等级如何划分?	163
17. 我国地震破坏严重及建筑抗震能力较差的原因是什么?	168
18. 设计规范对房屋的使用荷载是怎么规定的?	193
19. 施工质量验收规范对允许偏差有哪些规定?	197
20. 什么房屋抗震性能较好? 购房应注意什么问题?	200
 附录 1 房屋建筑工程抗震设防管理规定 (中华人民共和国 建设部令 第 148 号)	202
附录 2 汶川地震震害照片	207
 参考文献	216

第1章 地震基础知识

1. 为什么会发生地震?

1) 地震是地球表层的突然而强烈的快速振动,它是地球上经常发生的一种自然现象,全世界每年大约发生 500 万次地震,其中,人能够感觉到的地震约有 5 万次左右,可能造成破坏的地震约 1000 次,能造成严重破坏(会造成房屋垮塌和人员伤亡)的大地震(≥ 7 级)约 20 次左右, ≥ 8 级的特大地震平均每年约 1 次。

2) 为了便于了解地震的成因及其发展规律,先简单介绍一下地球的构造。地球是一个近似于球体的椭球体,平均半径约 6370km,赤道半径约 6378km,两极半径约 6357km。从物质成分和构造特征来划分,地球可分为三大部分:地壳、地幔和地核(图 1-1)。

(1) 地壳:地壳是地球外表面的一层很薄的外壳,它由各种不均匀的岩石组成。地壳的下界称为莫霍界面,或称莫霍不连续面。地壳的厚度在全球变化很大,大陆内一般厚 16 ~ 40km,高山地区厚度更大,我国青藏高原及天山地区厚达 70km。海洋下面厚度最小,

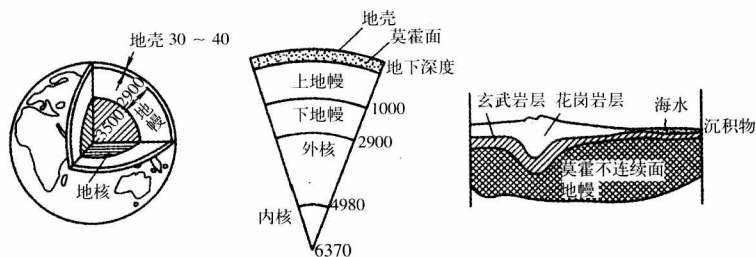


图 1-1 地球断面与地壳剖面 (单位: km)

一般为 10 ~ 15km, 最薄的约 5km, 世界上绝大部分地震都发生在这一薄薄的地壳内。地壳表面为沉积层, 陆地下面主要有花岗岩层和玄武岩层, 海洋下面的地壳一般只有玄武岩层。

(2) 地幔: 地壳以下到深度约 2895km 的古登堡界面为止的部分为地幔, 约占地球体积的 5/6。地幔由密度较大的黑色橄榄岩等超基性岩石组成, 其中上地幔物质结构不均匀, 中、下地幔部分是比较均匀的。

(3) 地核: 古登堡界面以下直到地心的部分为地核, 地核半径约为 3500km, 又可分为外核和内核。据推测, 地核的物质成分主要为镍和铁。

地球各部分的密度随深度增加而增大, 地球内部的温度随深度增加而升高, 最高可达 5000℃。地球内部的压力强度在地幔上部约为 883MPa, 地核中心约达 36284MPa^①, 可见地球内部的压力是很大的。

3) 地震按成因, 可分为:

(1) 构造地震: 指由于地壳的构造运动所引发的地震。这种地震与地壳中的大规模应变有着密切的联系。构造地震是由于地壳运动导致岩层局部应力集中, 最终在其薄弱部位发生断裂、错动, 释放出大量能量而引起的地面振动。

地应力在某一地区逐渐增加, 岩石变形也不断增加, 到一定时候, 在岩石比较薄的地方突然发生断裂错动或滑动, 部分应变能突然释放, 其中一部分能量以波的形式在地层中传播, 这就产生了地震。构造地震发生断裂错动的地方形成断层, 叫做发震断层, 以区别于其他一些由于地震地面运动而造成的断层。构造地震常常发生在已有的断层上, 这是因为这些地方既是应力集中的地方, 又是岩石强度低的地方。

近年来, 从获得的地震记录和地震所伴生的地壳变动进行分析,

① Pa 称“帕斯卡”, 简称“帕”, 为压强单位, MPa 称为“兆帕”, $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$, N 为力的单位, 称为“牛顿”, 简称“牛”, $\text{MPa} = \text{N}/\text{mm}^2 = 1000000\text{N}/\text{m}^2 = 98066.5\text{kg}/\text{m}^2 = 98.0665\text{t}/\text{m}^2 \approx 100\text{t}/\text{m}^2$, $36284\text{MPa} = 3358244.886\text{t}/\text{m}^2 = 336\text{万 t}/\text{m}^2$ 。

有些学者认为,地震的成因是地下某地区因受到外来的力所破坏,亦即应力使地层面的两侧发生错移运动,形成断层,产生地震。从断层运动的种类来看,又分为正断层(图 1-2a)、逆断层(图 1-2b)以及横向断层(图 1-2c)。1999 年 9 月 21 日我国台湾集集大地震的现场可以清晰地看到上述三种断层的实际震害情况^[3]。

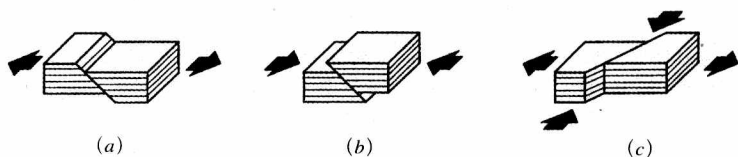


图 1-2 断层运动的种类

(a) 正断层; (b) 逆断层; (c) 横向断层

绝大部分地震(约占全球地震发生总数的 90%)都是构造地震,其能量较大,因此破坏性也大,屡次给人类带来灾难的正是这种构造地震。

关于构造地震的成因,目前有许多种学说,尚无定论。造成这种情况的主要原因是,当今科学水平尚处在“上天有路,入地无门”的阶段。人们已经能够通过航天器登上其他星球,但地下能够直接探测的深度,却只有十多公里。而地震的震源深度,即使是浅源地震,也在 5 ~ 30km 之间。

目前流行最广的构造地震成因学说大体有三个:断层学说,岩体相变学说,板块碰撞学说。

断层学说认为,地震是由断层滑动引起的。它的主要依据是 1910 年美国约翰斯—霍普金斯(Johns Hopkins)大学的莱德(Henry Feilding Reid)教授根据 1906 年旧金山地震圣—安德烈斯(San Andreas)断层地表位移提出的“弹性回跳理论”(elastic rebound theory)。他指出:“岩石在弹性应变没有超过其极限应变时,发生破裂是不可能的。由此可见,在地球的很多部位,地壳在缓慢地移动,而邻近地区位移之差就形成了弹性应变,这种应变可能超过岩体能够承受的应变值,这时,岩体就会发生破裂,并且受到应变的

岩体在其本身的弹性应力作用下回跳，直至应变大大减少或完全消失。在大多数情况下，断层两侧的弹性回跳方向相反，断层首先发生破裂的那一点就是震源，破裂以某个速度迅速沿断层向相对方向移动，遂形成地震”。

岩体相变学说认为，地震是由于伴随地壳较小体积内的体积变化的岩体相变所引起，岩体达到平衡的体积变化可能是由于岩石静压力的显著变化所致，这种静压力的变化来自物质向地球表面转移或离开地球表面的迁徙运动，或者也可能由于冰川或水库蓄水等巨大荷载的存在或移走所造成。

板块碰撞学说认为，地球表面的硬壳分为不同的板块，在地球内部的熔岩上面漂移，两个板块互相碰撞就引起地震。

目前还缺乏有说服力的资料来证实上述三种学说。但是，也许可以设想，不同的构造地震有不同的产生机理。支持岩体相变学说的人们认为，断层学说是站不住的，理由是，在地下几百公里深处，由于高温及高压，几乎不可能有地质断层。实际情况是，有些地震的震源深度可达 600 ~ 800km，他们由此认为，至少有些地震是同断层无关的。

但是，另一方面，1934 ~ 1963 年发生在美国南加州的地震则有力地说明，至少这些地震大部分是由于地质断层的滑动所产生。此外，近些年来对地震记录的精确分析证明，断层滑动确是一种发震机理。根据断层滑动引起地震的学说，1965 年美国豪斯纳尔 (G.W.Housner) 教授在对岩石的力学性质采取某些假定之后，曾经断言，地震引起的最大可能的地表加速度为 $0.5g$ (g 为重力加速度)。按照岩体相变学说，地面加速度上限不好确定，但最大地面运动速度却要受岩石破裂应变和剪切波速度的限制。1968 年，美国纽马克 (N.M.Newmark) 教授根据一般岩石力学性质算出的最大水平方向地面运动速度为 $1 \sim 3\text{m/s}$ 。安布拉西斯 (N.N.Ambraseys) 教授则认为，这个上限在 $1.0 \sim 1.5\text{m/s}$ 之间^[4]。

就有学者认为 2008 年 5 月 12 日四川汶川 8.0 级特大地震是印度板块与欧亚板块碰撞引起，也有学者认为是断层错动引起。

但是，引起地层表面两侧发生错移运动的外力是哪里来的呢？引起两个板块互相碰撞的外力是哪里来的呢？笔者认为上面的各种学说实际上只说明了现象而未能说明原因，关于构造地震的成因，有待于人类的继续探索。

(2) 陷落地震：因局部岩层塌陷（如石灰岩地区的溶洞陷落或古旧矿井的塌陷等）引起的地面震动，其能量和破坏性较小。

(3) 火山地震：火山喷发、岩浆冲出地面时引起的地面震动，其能量和破坏性也较小。

(4) 人造地震：如地下核试验引起的地面振动。

(5) 诱发地震：如由于大型水库的蓄水或深井注水、山崩等引起的地面振动。水库蓄水后，由于库水的压力引起库区岩体变形，以及库水渗透减低了断层面的抗剪强度，破坏了岩体原有的平衡而诱发的地震。广东新丰江水库 1964 年蓄水后，频频引发地震，随着水位变化，出现的最高震级达到 6.1 级，突破当地历史纪录。震中距大坝仅 1.1km，大坝出现 82m 长的横贯裂缝并渗水，电站受损停运，并致 6 人死亡、180 人受伤、1800 间房屋倒塌，是世界上典型的水库诱发地震案例之一；1965 年 11 月 22 日中国云南禄劝发生巨大的山崩，1.7 亿 m^3 的岩石土块滚下，滑行了数公里，崩塌的最大高差达 1800m，堆积物高达 180m，底面积达 2.6km^2 ，根据仪器记录，这次山崩相当于一次 3.5 级地震。

2. 什么叫震源、震源深度、震中、震中区？

地壳深处发生岩层断裂、错动而释放能量的地方称为震源，震源正上方的地面称为震中，地面上某点至震中的距离称为震中距，邻近震中的地区称为震中区，震源至地面的垂直距离称为震源深度。震源深度在 60km 以内的为浅源地震，震源深度在 60~300km 的为中源地震，震源深度大于 300km 的为深源地震。

震源深度对地震的破坏程度影响很大，相同震级的地震，震源深度越浅，则震害越大，据统计，如震源深度从 20km 变为 10km

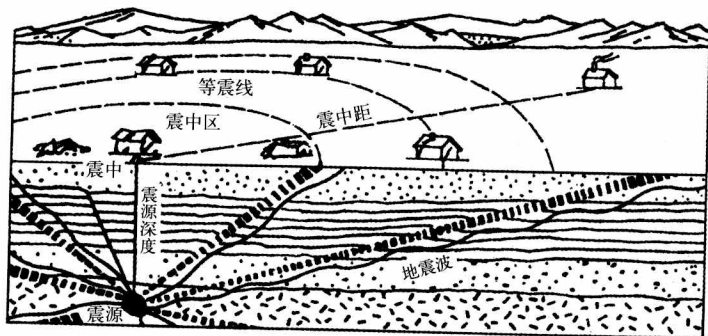


图 1-3 震源、震源深度、震中、震中区、震中距

或从 10km 变为 5km，则震中烈度可提高 1 度，这就是有些地震震级并不太高，但破坏比较严重的原因之一。如 2010 年 3 月 8 日土耳其东部埃拉泽省卡拉考昌县当地时间凌晨 4 时 32 分发生 6 级地震，震源深度为 5km，3 月 9 日报道已造成至少 57 人遇难，居民正在熟睡也是原因之一。

深源地震一般不会造成震害，如 2002 年 6 月 29 日 01 时 19 分，吉林省汪清县发生 7.2 级地震，震源深度 540km，吉林、黑龙江、辽宁、内蒙古东部、河北北部大部分地区以及北京、山东、河南部分地区居民有震感，但没有造成建筑物破坏和人员伤亡。2010 年 7 月 24 日菲律宾南部棉兰老岛附近海域当地时间 6 时 8 分、6 时 51 分和 7 时 15 分，分别发生 7.3 级、7.6 级和 7.4 级地震，震源深度 575 ~ 615km，未有人员伤亡和财产损失的报告，大多数当地居民在接受采访时表示，地震发生时仍在睡觉，对地震根本没有感觉。又如 2010 年 9 月 5 日，新西兰克赖斯特彻奇市附近发生 7.1 级地震，主要是由于地震震源深度较深 (33km)，没有造成房屋倒塌和人员伤亡，2011 年 2 月 22 日当地又发生了 6.3 级地震，震级比前一次低得多，但这次地震的震源深度较上一次浅得多，只有 5km，造成部分房屋垮塌和人员伤亡，这也与前次地震对房屋的损害有关。因此震源深度对地震的破坏程度密切相关。

震中亦称“震中位置”，通常以经度和纬度表示。按确定震中

的方法不同，有微观震中（亦称仪器震中）与宏观震中之分。通常所说的震中一般都是指根据仪器记录的地震数据所确定的微观震中。宏观震中是根据实地调查确定的地震后破坏最严重的地区。对于大地震，震中并非一个点，而是一个区域。微观震中与宏观震中往往并不重合。

我国一般用省名加县域或地市的名称来命名地震。“云南通海地震”（1970年01月05日01时00分，7.7级）、“四川炉霍地震”（1973年02月06日18时37分，7.9级）、“四川巴塘地震”（1989年4月16日，6.7级）等都是由省名加县域命名，“河北邢台地震”（1966年3月8～22日，6.8～7.2级）是以省名加地区命名，“河北唐山地震”（1976年7月18日，7.8级）是以省名加市名命名。

3. 什么叫地震波？

震源处岩层断裂、错动所释放的能量，主要以波的形式向外传播，这种波就是地震波。地震波是震源辐射的弹性波，一般分为体波和面波。

体波：在地球内部传播的地震波称为体波，体波又分为纵波和横波（图1-4）。纵波是震源向四周传播的压缩波，也称为P波，其介质质点振动的方向与波的传播方向一致，从而使介质不断地压缩、疏松，故纵波又称为疏密波，这种波的周期短、振幅小、波速快（在地壳内部的速度可达大约每秒7km），引起地面竖直方向的振动，破坏力较小。横波是由震源向四周传播的剪切波，也称为S波，其介质质点的振动方向与波的传播方向垂直，这种波的周期长、振

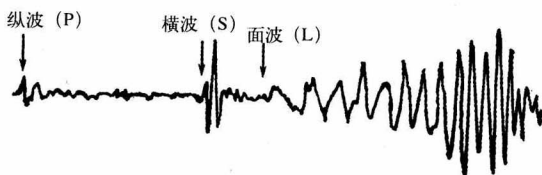


图 1-4 地震波曲线图