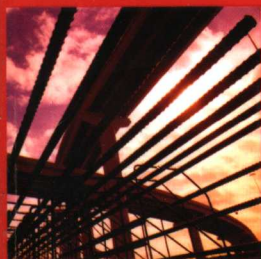




国际建筑业先进技术译丛

——桥梁工程丛书

桥梁工程抗震设计



Bridge Engineering Seismic Design

(美) 陈惠发 段 炼 主编
蔡中民 武 军 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



U442.5/19

2008

国际建筑业先进技术译丛——桥梁工程丛书

桥梁工程抗震设计

(美)陈惠发 主编
段 炼
蔡中民 武 军 等译

机械工业出

本书为“桥梁工程丛书”之一。该套丛书最初于2000年由美国CRC出版社作为《桥梁工程师手册》出版,2003年又由CRC出版社分为现在的四本作为丛书出版。该书自问世以来,得到了全世界桥梁工程师的高度认可和推崇,已故著名建筑设计大师林同炎先生作序并给予了高度评价。

本书全面系统地介绍了当前最先进的桥梁工程抗震设计的概念、理论及工程实践,具体内容包括:岩土地震综论、桥梁的地震损伤、动力分析、桥梁结构的非线性分析、抗震设计原理与基于性能的设计准则、钢筋混凝土桥梁抗震设计、钢桥抗震设计、抗震加固实践、隔震和辅助能量耗散、土—基础—结构的相互作用、抗震加固技术、日本抗震设计实践及桥梁工程中的主动控制等共13章,各章均由在此领域内有着丰富工程实践的一流专家和学者撰写,保证了本书的权威性、先进性及实践性。

本书可作为桥梁工程师的必备案头工具书及相关专业高校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程抗震设计/(美)陈惠发,(美)段炼主编;
蔡中民,武军等译. —北京:机械工业出版社,2008.1
(国际建筑业先进技术译丛——桥梁工程丛书)
ISBN 978-7-111-21978-1

I. 桥… II. ①陈…②段… III. 桥梁工程—
抗震设计 IV. U442.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第134659号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:薛俊高 版式设计:张世琴 责任校对:张晓蓉
封面设计:张静 责任印制:洪汉军
北京铭成印刷有限公司印刷
2008年1月第1版第1次印刷
169mm×239mm·16.375印张·638千字
标准书号:ISBN 978-7-111-21978-1
定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68327259

封面无防伪标均为盗版

译者前言

我可能是国内最早看到《桥梁工程手册》原著的人之一。段炼博士和我是太原工学院 78 级研究生班同学，专业相近，相交甚笃。他在 2002 年回国参加太原理工大学百年校庆之际，分别赠给校图书馆和谢克昌校长各一本，谢校长把他的一本也转交给图书馆；我较详细地浏览了全书，当时便萌发了翻译这部巨著的设想。该手册分为七大部分，共 67 章 1600 多页，2000 多幅图表。从第一部分“基本原理”、“上部结构设计”、“下部结构设计”、“抗震设计”、“施工和维修保养”、“专题报告”一直到第七部分“世界桥梁实践”，介绍了中国、欧洲、日本、俄罗斯和美国的桥梁历史和工程实践。近百位作者分别来自北美、欧洲及太平洋地区，其中除了该领域中德高望重的大师外，还有高等学府知名教授和从事设计及施工的资深工程师。2004 年春节，段炼请归国同学带回三卷本。从 2002 年开始联系出版社，未果；2004 年，恰好华中理工大学裴若娟教授与我联系，希望共同翻译合订本并且与机械工业出版社联系出版事宜。我组织翻译“上部结构”和“抗震设计”部分，裴教授组织翻译“下部结构”和“施工和维修保养”。陈惠发教授和段炼博士非常支持我们的计划，并促成了 CRC 出版社与机械工业出版社就此书在中国翻译出版的全面合作，终于在 2006 年 6 月 8 日签订了翻译合同；由于“上部结构”分册美国尚未出版，于是太原理工大学这次仅翻译“抗震设计”。为此，我们向陈惠发教授和段炼博士表示诚挚的谢意。

地震是自然界中一种突发性的严重灾害，目前尚无法准确地预报；因此，抗震设计仍属于经验学科范畴；即通过对大震震害的仔细观察，分析原因，采取对策，如此循环，直至达到了解其所以然。“抗震设计”不但涉及自然科学的一级学科和二级学科领域很多，例如地学、力学、工程结构、工程地质、工程勘察、控制论等，而且还涉及艺术和社会安全；正如国际土木工程泰斗林同炎大师所写“桥梁工程手册的编写不仅需要桥梁设计和施工方面的知识和经验，而且常常涉及社会、经济和政治领域。”《桥梁工程手册》中“抗震设计”是基于对美国和日本近三十年来几次大地震震害的调查及不断修改规范的总结。因此当前美国的抗震设计规范可说是当今世界最先进的，而加利福尼亚州交通厅又是美国的抗震旗

IV 桥梁工程抗震设计

手。该书介绍了岩土地震(geotechnical earthquake)、桥梁的地震损伤(earthquake damage to bridges)、动力分析、非线性分析、设计基本原理(philosophy)和基于功能的设计(performance-based design)准则、混凝土桥和钢桥的抗震设计、隔震和能量耗散、主动控制、土—基础—结构的相互作用及抗震加固技术和实践。强调了专业应用和解决实际问题,重点提供可使用的技术资料。它包含了许多公式和图表以及解决实际问题的案例,用此书基本可按美国现有规范完成规定的桥梁设计。它深入浅出地阐述了基本概念和假定,通俗易懂;省略了理论的推导。它不但覆盖了成功的传统工程实践,而且也介绍了新的创新实践。是具有本科以上学历的结构和桥梁工程师以及桥梁工程技术人员的一本必备参考书,也是科研人员的一本很好的参考书。

本书的翻译和出版工作历时近两年。我们除了查阅大量资料或请教专业人员外,采取了严格审查,设置两道关卡,即我和段炼博士不仅审查语言而且重点审查专业术语。第1~6章、第8、10、12章由太原理工大学建筑与土木工程学院武军讲师初译,第7、13章和第9、11章分别由太原理工大学应用力学研究所闫晓鹏、李志强博士生初译。第1~8章由我初审,段炼博士二审;第9~13章由段炼博士初审,由我二审;最后由段炼博士定稿,我编写前言和整理全书,并与段炼博士共同编写三个附录。太原理工大学应用力学研究所给予了多方面的支持,中北大学副教授高经武博士和李永胜、董江峰博士生在计算机操作和使用上给予了很多帮助。谢克昌院士大力支持并为本书作序,在此,译者对所有为此书做过贡献的朋友们一并致谢。

机械工业出版社薛俊高编辑及同仁们为此书付出了辛勤的努力,非常感谢他们的密切合作和大力支持。

在这世界变得越来越小的信息爆炸年代,译文中可能会有不恰之处,尤其是与传统用语也许有所偏离。因此在附录中我们给出了缩写、地名和人名、专业名词英汉对照表,以供读者参考。敬请读者不吝赐教和批评,我们将衷心地感谢。

蔡中民

2007年10月于太原

中译本序一

自《桥梁工程手册》(Bridge Engineering Handbook)于2000年出版后,先后多次印刷,荣获2000年CHOICE[⊙]杰出学术专著奖(Outstanding Academic Title Award),被推荐为图书馆必藏之书,受到国际桥梁工程界的广泛关注和好评。2003年该手册计划分为四卷本印刷,即《桥梁工程——上部结构设计》(Bridge Engineering——Superstructure Design),《桥梁工程——下部结构设计》(Bridge Engineering——Substructure Design),《桥梁工程——抗震设计》(Bridge Engineering——Seismic Design)和《桥梁工程——施工和维护》(Bridge Engineering——Construction and Maintenance), (其中《桥梁工程——上部结构设计》因故未交付印)。在太原理工大学蔡中民教授和华中科技大学裴若娟教授的不懈努力下,《桥梁工程——下部结构设计》,《桥梁工程——抗震设计》和《桥梁工程——施工和维护》三卷将在中国翻译出版。我们非常高兴为本书的中译本作序。

《桥梁工程手册》是一部全面、系统论述桥梁工程的综合性巨著。从规划、设计、施工到维修养护,融古今中外工程实践于一体,集现代最新科技成果于全书,图文并茂,包括了近两千幅表格和图例。除了详细解说工程实例与计算步骤外,尤其强调理论在工程实践中的应用。

中国自20世纪80年代实行改革开放政策以来,铁路、高速公路和桥梁技术得到了快速发展,在中国基本建设中起到了重要作用,提高了全中国人民的生活质量。同时,桥梁工程和技术的发展还促进了全世界科学与技术的进步。

太原理工大学蔡中民教授多年从事非线性动力学和结构抗震研究,造诣颇深。他和我们经常联系,融合了我们学术和专业上的共同兴趣。在蔡中民教授的主译和主持下,及时将《桥梁工程手册》四卷本之一《桥梁工程——抗震设计》译成中文出版,为国内桥梁工程领域的大学高年级本科生、研究生、教师以及科技人员

⊙ CHOICE—属于学院和研究图书馆协会的刊物,它每年对全世界两百多个出版社发行的七千多种涉及人文科学、自然科学、工程技术等五十多个领域的学术专著组织编辑出版,并从中评选出百分之十的杰出学术专著,推荐为图书馆必藏书藉,深具权威性。——译注

VI 桥梁工程抗震设计

和工程技术人员提供了重要参考，同时将帮助国内桥梁工程界同行了解国际桥梁抗震设计的最新进展和动向，创新专业知识，为 21 世纪发展桥梁抗震设计理论与实践提供基础训练。经过蔡中民教授和他的合作者近两年的辛勤工作及机械工业出版社的精诚合作，此书付印出版，特此致谢。

陈惠发

2007 年 10 月于夏威夷大学

美国夏威夷州檀香山市

段 炼

2007 年 10 月于加利福尼亚州交通厅

美国加利福尼亚州萨克拉门托市

中译本序二

2006年8月16日，中国工程院徐匡迪院士在太原理工大学作题为“飞速发展的科学技术与我国自主创新的战略”的学术报告时兴奋地告诉在场师生，我国的铁路、公路和高速公路里程已分别居世界第三、第四和第二位；桥梁设计和建设水平也位居世界前列，并以正在建设的苏通大桥的斜拉桥主孔跨度、主塔高度、斜拉索长度和群柱基础平面尺寸为例做了说明。会后翻阅《中国科学技术前沿(第9卷)》，见中国工程设计大师林元培院士在其“我国桥梁的进展”一文中也说，我国混凝土桥梁已达国际水平；斜拉桥正在走向国际领先水平；悬索桥达到国际先进水平。这些实事求是、鼓舞人心的评价使我这个外行对桥梁工程情不自禁地关注起来。不久，学校的蔡中民教授请我为由他主持翻译的，美国加州交通厅高级工程师、太原理工大学兼职教授段炼作为主编之一的《Bridge Engineering Handbook》中译本作序。论专业分工，我不能应允，但出于以下原因，我还是答应了下来。

1. 段炼和蔡中民两位先生和我都是我国研究生教育恢复后太原工学院(太原理工大学前身)的第一届(78级)研究生的同学，因当时人少，不同专业的研究生基础课、公共课都在一起上。由于居住也集中，进入论文工作阶段仍经常见面，彼此相知。给我的印象是：段炼虽是班中年龄最小的几人之一，但他求学刻苦、治学严谨、为人坦诚、助人为乐；蔡中民论年纪在年长之列，虽基础扎实、学识深厚，却依然手不释卷，穷理求新。同学期间，我从他俩和其他同学身上学到不少使我后来受益的品德和作风。以后的发展证明这些品德和作风一直在他们身上继续。段炼在普度大学取得博士学位后留美一直从事桥梁科研、教学、设计、施工工作，发表70余篇论文、报告，其中“旧金山一屋仑海湾大桥组合构件截面性能”一文于2001年获美国土木工程师协会 M. Wellington 专业杰出成就奖。尤其令人钦佩的是他与美国国家工程院院士，国际著名学者陈惠发(Wai-Fah Chen)博士敢为人先、高屋建瓴，不辞辛苦、精心组织编撰出版了《Bridge Engineering Handbook》，受到国际同行的广泛好评并荣获2000年CHOICE杰出学术专著奖。而蔡中民毕业后留校任教，从教授到博导，从图书馆长到工程监理始

终在认真做学问。从将《Bridge Engineering Handbook》一书译成中文开始动议到今日付梓盖出于此。作为他们的同学，我光荣，作为我们共同母校的校长，我自豪。

2. 关于《Bridge Engineering Handbook》的属性、构成、内容、作用、意义以及编撰过程和评述评价，已故世界著名结构与桥梁大师林同炎为该书所作的序和编撰者的原著前言及中译本序都已讲明。我是外行，做不出更到位更准确的评价。但我直观地感到，桥梁和其他建筑物一样是科学与美学的结合，是文化和历史的交融，是力学、数学、化学(腐蚀)、物理学、水文学、气象学、环境学、材料学、工程学、工艺学等众多学科的集成，难怪我国在桥梁的多方面有着国际先进水平和领先水平。这对包括煤化工在内的其他专业领域也具有重要的启示作用。

3. 引用林元培院士的话：“我国疆土辽阔，有着无数的河流山谷，每年有大量资金投入桥梁工程，使我们的同行有着空前的机遇。已经走过成千上万桥梁的同行将继续吸纳当代科学领域的新成就及当前世界同行的新经验，去走出中国桥梁的新天地。”虽然原文四卷本已出版近四年，但作为手册，《桥梁工程》三卷中译本的陆续出版，将以其先进性和实用性仍然不失为每位桥梁工作者的案头书。

以上三条原因，是为序。

中国科协副主席
太原理工大学校长 谢克昌
中国工程院院士
2007年10月

序

在所有工程中，由于桥梁工程包含了艺术和科学的众多领域，其手册或许最难编写。桥梁工程手册的编写不仅需要桥梁设计和施工方面的知识和经验，而且常常涉及社会、经济和政治领域。因此，我要祝贺主编和作者们的杰出构想和奉献，在短期内撰写完成了如此一部巨著。据我所知，它不仅是第一本桥梁工程手册，而且包含了以前难以得到的大量资料。该手册几乎包括了桥梁工程的所有方面，由美国 CRC 出版社在 2000 年出版。当然，桥梁工程是一个十分广泛的课题，以至于桥梁工程师总是不得不在手册范围之外寻找更多信息和指南。

在评述两位主编时，我也许有点偏爱。他们都出生于中国——一个在古代桥梁建筑上有着丰富设计经验和开拓性贡献，且在桥梁工程科学技术方面开始追赶当代世界水平的国家。尤其应归功于两位主编的是，他们说服并组织这么多国际公认的工程师参与各章的撰写。而且，年轻的工程师们在他们的章节中介绍了设计和施工技术的最新发展。

现在这本手册分为四卷本出版，即

- 桥梁工程上部结构设计
- 桥梁工程下部结构设计
- 桥梁工程抗震设计
- 桥梁工程施工和维修

该书共有 67 章，从最近才被工程师强调的两个领域——桥梁概念设计和桥梁美学开始，对一些独特的方面，如桥梁整修翻新、加固及维护，都给予了很详细的介绍。抗震设计部分包括了土—基础—结构的相互作用。部分章节描述和比较了世界各国的桥梁工程实践。我确信，这些特殊领域将会随着未来桥梁工程的发展而更新。

⊙ 该序为“桥梁工程丛书”单独成册之前，作为《桥梁工程手册》的序言。编注

X 桥梁工程抗震设计

我建议每个桥梁工程师的案头都应该有这本手册，以便更深更广地研究、学习桥梁工程。

美国加利福尼亚大学伯克利分校荣誉教授
美国林同炎中国咨询顾问公司董事长
林同炎

前 言

这部桥梁工程手册是一本独特的、反映最新科技水平的综合性参考文献。由CRC出版社于2000年出版。它以“跨21世纪之桥梁”为主题，覆盖了桥梁工程的大部分领域。本手册旨在为桥梁工程领域的大学高年级本科生、研究生、教师以及科技人员和工程技术人员提供一部反映最新桥梁工程技术水平及成功工程实践的参考书。

桥梁工程领域包括：规划、分析、设计、施工、维护以及整修翻新。为了给工程师们提供一本精心组织、使用方便、容易遵循的参考文献，这本手册分为四卷，并以四卷单独付印。第一卷：桥梁工程上部结构设计；第二卷：桥梁工程下部结构设计；第三卷：桥梁工程抗震设计；第四卷：桥梁工程施工和维修。

第三卷：桥梁工程抗震设计，介绍了岩土地震(geotechnical earthquake)，桥梁地震损伤(earthquake damage to bridges)，动力分析，非线性分析，设计基本原理(philosophy)和基于性能的设计(performance-based design)准则，混凝土桥和钢桥的抗震设计，隔震和能量耗散，主动控制、土—基础—结构的相互作用及抗震加固技术和实践等。

本手册在强调专业应用和解决工程实际问题的同时，重点提供了可使用的材料。它包含了许多公式和图表，对实际工程中出现的问题给出了直接解答。它阐述了基本概念和假定，省略了公式和理论的推导。它不但覆盖了成功的传统工程实践，而且也介绍了最新的创新实践。浏览书前目录可以了解本书的结构、组织、内容和详细主题。为了更详细地研究，可查阅各章后的参考文献。

书中各章是由许多来自不同国家的国际知名学者所写，涵盖了北美、欧洲和环太平洋地区的桥梁工程实践、研究和发展。该手册反映了近年来迅速发展的全球经济在工程范围内的国际协作(international outsourcing)的实践和竞争趋势。总之，本手册旨在为满足第一线工程师们的需要而编写。但是，若将其内容重新组织，也可作为大学本科生和研究生桥梁课程的教材。同时可作为世界范围内桥梁工程实践的综述。

在该手册编撰过程中，德国斯图加特大学(Stuttgart University)荣誉教授，福

睿赐·林哈德(Fritz Loenhardt); 日本北海学圆大学(Horrai-Gakuen University)当麻庄司(Shouji Toma)教授; 杰锐·法科思(Gerard F. Fox)咨询工程师; 詹克森·德克(Jackson L. Durkee)咨询工程师; 布闰卡扶·夸德·道格拉斯(Brinckerhoff, Quade & Douglas)股份有限公司资深副总裁迈克·阿不罕穆(Michael J. Abrahams); 加利福尼亚大学伯克利分校荣誉教授本·格卫克(Ben C. Gerwick, Jr.); 加利福尼亚大学伯克利分校乔治·芬维斯(Gregory F. Fenves)教授; 莫詹思科·马斯特(Modjeski and Masters)总裁兼总工程师章·克利科(John M. Kulicki); 加利福尼亚州交通厅交通管理工程师柴建中(James Chai); 加利福尼亚州交通厅高级桥梁工程师王进容(Jinrong Wang)以及艾布森(Imbsen & Associates)股份有限公司总工程师刘文(David W. Liu)等专家和学者提出了许多宝贵的意见和建议, 谨此表示衷心地感谢!

陈惠发
段 炼

目 录

译者前言		
中译本序一		
中译本序二		
序		
前言		
第 1 章 岩土地震综论	1	
1.1 引言	1	
1.2 地震学	1	
1.3 地震的度量	2	
1.4 强运动的衰减和持续 时间	11	
1.5 地震灾害的概率分析	13	
1.6 场地响应	15	
1.7 地震引起的沉降	23	
1.8 地面破坏	26	
1.9 土体改善技术	37	
术语定义	40	
参考文献	44	
第 2 章 桥梁的地震损伤	49	
2.1 引言	49	
2.2 场地条件的影响	50	
2.3 损伤与建造年代的关系	52	
2.4 桥梁状况变化的影响	54	
2.5 结构外形的影响	55	
2.6 伸缩缝处的落梁	58	
2.7 上部结构的损伤	61	
2.8 支座的损伤	65	
2.9 下部结构的损伤	66	
2.10 小结	81	
参考文献	82	
第 3 章 动力分析	84	
3.1 引言	84	
3.2 单自由度体系	86	
3.3 多自由度体系	98	
3.4 反应谱分析	106	
3.5 非弹性动力分析	115	
3.6 小结	117	
参考文献	118	
第 4 章 桥梁结构的非线性 分析	120	
4.1 引言	120	
4.2 分析方法的分类和一般 指南	120	
4.3 几何非线性表述方式	122	
4.4 材料非线性表述方式	129	
4.5 非线性截面分析	136	
4.6 非线性框架分析	141	
4.7 实际应用	142	
参考文献	154	
第 5 章 抗震设计原理与基于 性能的设计准则	158	
5.1 引言	158	
5.2 设计原理	158	
5.3 基于不倒塌的设计方法	159	
5.4 基于性能的设计方法	166	
5.5 基于性能的准则样本 (sample)	175	
5.6 小结	193	
参考文献	193	
第 6 章 钢筋混凝土桥梁抗震		

设计	197	9.7 结束语	319
6.1 引言	197	参考文献	320
6.2 典型柱性能	199	第10章 土—基础—结构的相互	
6.3 柱的抗弯设计	202	作用	322
6.4 柱的抗剪设计	208	10.1 引言	322
6.5 梁—柱抗弯连接	211	10.2 土—基础—结构问题的	
6.6 柱底脚 (Column footing)		描述	323
设计	213	10.3 目前实践现状	327
参考文献	218	10.4 土—基础—结构相互作	
第7章 钢桥抗震设计	220	用体系的地震输入	332
7.1 引言	220	10.5 土—基础体系的表征	343
7.2 延性抗弯框架 (MRF)		10.6 需求量的分析方法	348
设计	227	10.7 需求量分析举例	354
7.3 延性支撑框架 (Braced		10.8 能力估算	370
Frame) 设计	231	10.9 小结	371
7.4 加劲钢箱式桥墩的设计	240	参考文献	373
7.5 其他方案	249	第11章 抗震加固技术	378
参考文献	252	11.1 引言	378
第8章 抗震加固实践	257	11.2 桥梁加固分析技术	379
8.1 引言	257	11.3 上部结构加固	380
8.2 鉴定和优先化	258	11.4 下部结构加固	388
8.3 性能准则	263	11.5 结束语	408
8.4 加固设计	264	参考文献	408
8.5 施工	276	第12章 日本抗震设计实践	409
8.6 造价 (Cost)	278	12.1 引言	413
8.7 结束语	279	12.2 地震损伤史和抗震设计	
参考文献	280	方法的发展	413
第9章 隔震和辅助能量耗散	282	12.3 兵库县南部地震引起的公路	
9.1 引言	282	桥梁损伤	417
9.2 基本概念、建模和分析		12.4 1996 公路桥抗震设计	
方法	283	规范	419
9.3 隔震和能量耗散装置	288	12.5 公路桥抗震加固实践	440
9.4 性能和测试要求	297	参考文献	450
9.5 设计指南和设计例子	299	第13章 桥梁工程中的主动	
9.6 最新发展和应用	306	控制	452

13.1 引言	452	13.5 说明和结论	479
13.2 典型控制配置和系统 ...	455	参考文献	480
13.3 一般控制对策和典型控制 算法	461	附录一 专业词汇	482
13.4 实例研究	469	附录二 缩写名词	501
		附录三 地名	506

第 1 章

岩土地震综论

华盛顿大学 斯提文·科瓦莫
咨询工程师 查利斯·恩瓦桑

1.1 引言

地震是由许多原因引起的自然发生的宽带地面振动，这些原因包括构造地面运动、火山作用、滑坡、岩爆和人工爆破，其中最重要的是岩石沿着地壳内构造断层(faults)的断裂和滑动。对于大部分地震来说，摇晃(shaking)和地面失效(failure)是引起地震灾害的罪魁祸首。当断层发生断裂时，实际地震断裂(rupture)附近的摇晃仅持续数秒或至多几分钟。然而，由断裂所产生的地震波在断层运动停止以后，依然长时间传播，跨越全球大约需 20min。通常，地震地面运动仅在邻近区域很强，足以引起震害(例如：在距离引起地震的断层几十公里范围内)，长周期运动会引起远处某些小阻尼结构的严重损伤，例如在 1985 年墨西哥(Mexico)城地震中，许多中高层建筑的倒塌是由于发生在距离墨西哥城大约 400km 处的 8.1 级地震所引起的。

1.2 地震学

板块构造学：从全球意义上来说，构造地震是由构成地球地壳和岩石圈的几个大板块(大约 15 块)之间的相对运动引起的。地核产生的热量引起了地幔中物质的迁移，从而驱动了这些板块的运动，板块的相对运动受到摩擦和/或表面粗糙度(asperity)(断层表面突起引起的咬合区域)的约束。当积聚在板块中的应变能克服掉所有阻力后，断层两侧之间将引起相对滑移。这种突然的滑动，瑞德(Reid)[49]在对 1906 年美国旧金山(San Francisco)震后区域变形研究的基础上，称之为弹性回跳(elastic rebound)。它释放出大量的能量，从而引发了地震。地震波初始辐射的位置(即最初动态断裂的位置)称为震源(hypocenter)，震源在其上方的地球表面上的直接投影称为震中(epicenter)。其他术语包括近场(near-field)(在震心的一个源尺度范围内,所谓源尺度是指断层长度)，远场(far-field)(近场以外)和强震区(meioseismal)(强烈摇晃和震害的区域)。能量以体波(body waves)和面波(surface waves)的形式，在一个很宽的频谱范围内穿过地球