

中国地震局地质研究所基本科研业务费资助

5·12汶川 8.0级地震地表破裂图集

ALBUM OF 5·12 WENCHUAN 8.0 EARTHQUAKE SURFACE RUPTURES, CHINA

徐锡伟 主编

地震出版社
Seismological Press

松潘

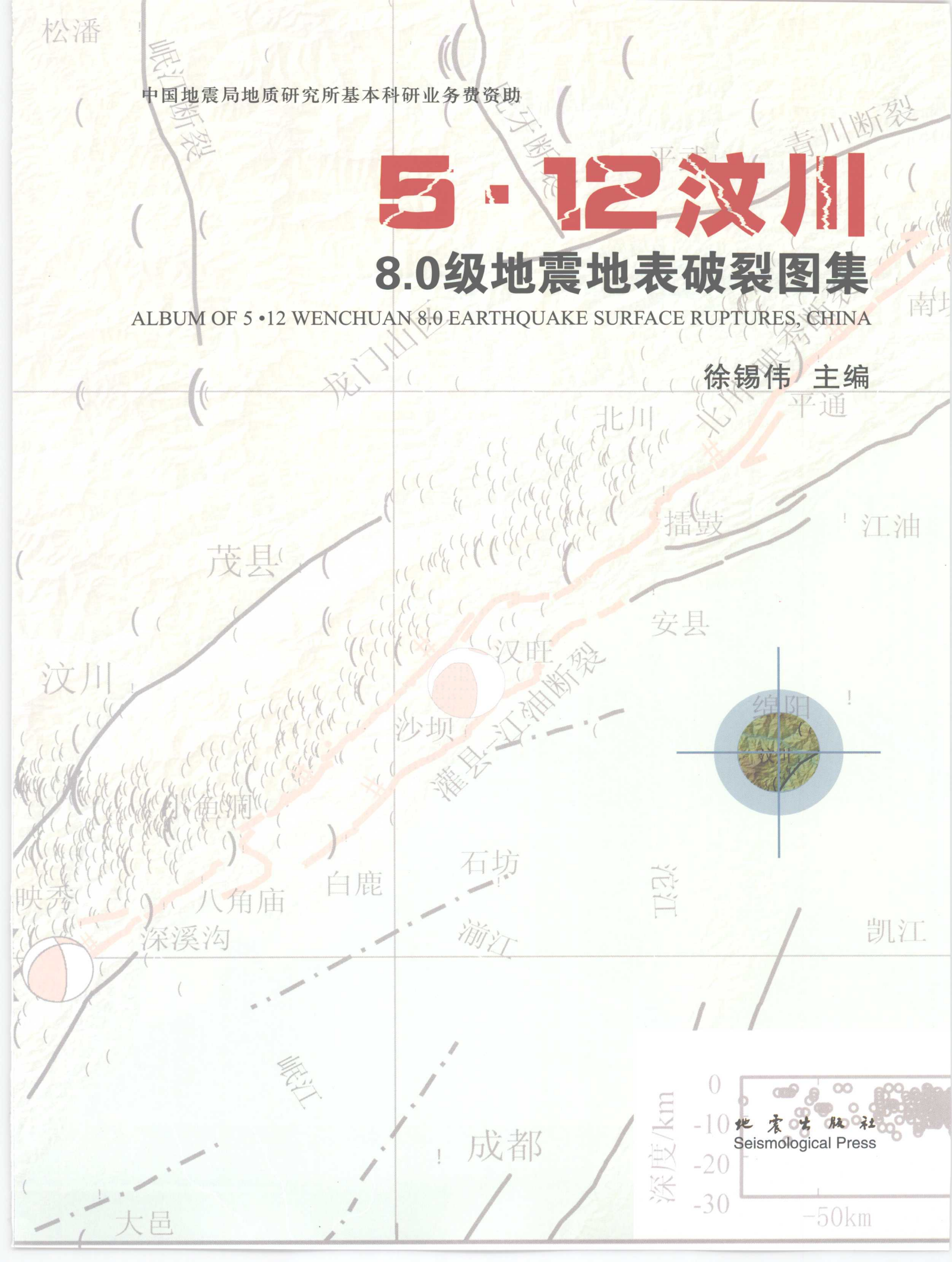
中国地震局地质研究所基本科研业务费资助

5·12汶川

8.0级地震地表破裂图集

ALBUM OF 5·12 WENCHUAN 8.0 EARTHQUAKE SURFACE RUPTURES, CHINA

徐锡伟 主编



深度/km

0
-10
-20
-30



地震出版社
Seismological Press

-50km

图书在版编目 (CIP) 数据

5.12 汶川 8.0 级地震地表破裂图集/徐锡伟主编. —北京:

地震出版社, 2009.5

ISBN 978-7-5028-3542-2

I. 5… II. 徐… III. 地震图—四川省—2008—图集 IV. P316.271-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 049343 号

地震版 XT200900035

5.12 汶川 8.0 级地震地表破裂图集

徐锡伟 主编

责任编辑: 邢秀芬

责任校对: 宋 玉

整体设计: 邢秀芬

出版发行: **地震出版社**

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 88421706

门市部: 68467991

传真: 68467991

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版(印)次: 2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月第一次印刷

开本: 889×1194 1/16

印张: 7.5

印数: 0001~4000

书号: ISBN 978-7-5028-3542-2/P (4149)

定价: 80.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

总 策 划：陈建民 张培震

科学顾问：丁国瑜 马宗晋 邓起东

主 编：徐锡伟

副 主 编：闻学泽 冉勇康 陈 杰 尹功明 何宏林

编 委：邓志辉 韩竹军 杨晓平 叶建青 马保起 周荣军 何玉林
田勤俭 于贵华 张世民 孙昭明 王志才 李细光 陈蜀俊
戈天勇 于慎鄂 甘卫军

工 作 组：徐锡伟 冉勇康 陈 杰 韩竹军 陈立春 李传友 陈桂华
郑荣章 郑文俊 刘玉法 叶友清 韩用兵 蔡永健 王世元
孙海清 马文涛 李陈侠 安艳芬 董绍鹏 魏占玉 李 峰
何仲太 杜 义 嘉世旭 赵济生 王友梅 漆桂理 宋方敏
尹金辉 刘进峰 王伟涛 史 翔 宫会玲 杨主恩 孙 谦
陈献程

文字统筹：徐锡伟

General Schemer: Jianmin Chen, Peizhen Zhang

Scientific Adviser: Guoyu Ding, Zongjin Ma, Qidong Deng

Chief Editor: Xiwei Xu

Associate Editor: Xueze Wen, Yongkang Ran, Jie Chen, Gongming Yin, Honglin He

Editorial Board: Zhihui Deng, Zhujun Han, Xiaoping Yang, Jianqing Ye, Baoqi Ma,
Rongjun Zhou, Yulin He, Qinjian Tian, Guihua Yu, Shimin Zhang,
Zhaoming Sun, Zhicai Wang, Xiguang Li, Shujun Chen, Tianyong Ge,
Shen'e Yu, Weijun Gan

Working group: Xiwei Xu, Yongkang Ran, Jie Chen, Zhujun Han, Lichun Chen,
Chuanyou Li, Guihua Chen, Rongzhang Zheng, Wenjun Zheng,
Yufa Liu, Youqing Ye, Yongbing Han, Yongjian Cai, Shiyuan Wang,
Haiqing sun, Wentao Ma, Chenxia Li, Yanfen An, Shaopeng Dong,
Zhanyu Wei, Feng Li, Zhongtai He, Yi Du, Shixu Jia, Jisheng Zhao,
Youmei Wang, Guili Qi, Fangmin Song, Jinghui Yin, Jinfeng Liu,
Weitao Wang, Xiang Shi, Huiling Gong, Zhuen Yang, Qian Sun,
Xiancheng Chen

Chinese Planner: Xiwei Xu

序

Preface

2008年5月12日14时28分发生的四川汶川 M_s 8.0地震(简称5·12汶川地震)震惊世界,是新中国成立以来破坏性最强、影响范围最广、救灾难度最大的一次地震。据中国地震台网测定,“5·12”汶川地震震源深度约19km,发生在青藏高原东南缘南北地震带中部龙门山推覆构造带中段。地震使四川省汶川、北川和青川等县受到毁灭性打击,波及到四川、甘肃、陕西、重庆等10个省(直辖市、自治区)417个县(市、区)、4667个乡镇、48810个村庄,灾区总面积约50万平方千米,受灾群众4625万多人。截至2008年9月28日,已报道因地震死亡69227人,受伤374643人,失踪17823人,需要紧急转移安置受灾群众1510万人,房屋大量倒塌损坏,基础设施大面积损毁,工农业生产遭受重大损失,生态环境遭到严重破坏,直接经济损失8451亿多元。地震引发的崩塌、滑坡、泥石流、堰塞湖等次生灾害举世罕见。

野外考察表明,“5·12”汶川地震同时使龙门山推覆构造带的中央北川—映秀断裂和前山灌县—江油断裂等两条倾向NW的叠瓦状逆断层发生了地表破裂。其中,北川—映秀断裂沿线映秀镇、龙门山镇、岳家山、高川乡、茶坪乡、曲山镇、南坝镇等地的地震烈度达到XI度,地震地表破裂带长约240km,以兼有右旋走滑分量的逆断层型破裂为主,北川以北的最大垂直位移(6.5 ± 0.5) m,最大右旋走滑位移4.9m;北川以南以逆冲为主,最大垂直位移(6.2 ± 0.5) m。灌县—江油断裂沿线白鹿、金花、汉旺等地地震烈度达X度,地震地表破裂带长约72km,为典型的纯逆断层型地表破裂,最大垂直位移3.5m。另外,在上述两条地表破裂带西部还发育着一条NW向带有逆冲垂直分量的左旋走滑地表破裂带,长约6km。“5·12”汶川地震地表破裂样式是近期发生的大陆特大地震中结构最复杂的一次逆冲型地震地表破裂,地表破裂的长度也最长。地震资料反演进一步表明,“5·12”汶川地震可分解为沿倾角约 33° 的走滑逆断层向东北单侧破裂扩展的两次同震位移量达6~9m的次级地震事件,其中映秀镇附近的次级地震事件为右旋走滑逆断层型事件,北川附近为右旋走滑型事件,震源断层面的平均位移达5m。“5·12”汶川地震斜滑逆冲型地震破裂表明,青藏高原中东部块体的水平运动在华南地块与巴颜喀拉地块之间的龙门山推覆构造带上转化为地壳的缩短和隆升。

地震发生后,中国地震局地质研究所在中国地震局的统一安排下,组织力量深入震区开展地震应急救援和应急科学考察,在第一时间获得了丰富的地震地表变形带资料。此外,在应急救援和应急科学考察之后,中国地震局地质研究所与地震系统的有关科研单位和省地震局的科技人员一起,在国家汶川地震专家委员会的指导下,再次深入震区开展系统的科学考察,准确地观测、测量和记录地震地表破裂和工程震害等现象,充实了第一手资料。本图集以清晰的图片资料真实地反映了汶川地震地表变形特点和震害特征,既是此次大地震客观的历史记载,也为今后的地震科学研究和工程抗震设防提供了基础资料;不仅有利于总结经验教训,采取有效对策减轻未来可能遭遇的大地震灾害,对理解陡倾角斜滑推覆构造系统的地震灾害分布特征、青藏高原构造运动与隆升转换关系等也具有十分重要的科学意义。



〇〇〇 汉旺镇东方汽轮机厂钟楼时钟永恒地记录了“5·12”汶川地震的发震时刻——2008年5月12日14时28分

■ 地震基本参数 001

■ 区域动力学环境 005

■ 区域地震构造环境 007

■ 地壳现今运动状态 011

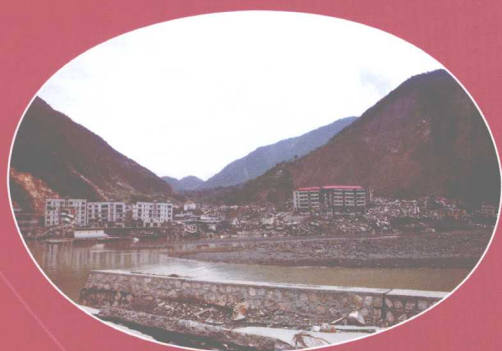
■ 地震地表破裂特征 015

◎ 北川—映秀地表破裂带 018

◎ 汉旺—白鹿地表破裂带 062

◎ 小鱼洞地表破裂带 080

◎ 地表破裂类型 090





目 录

Contents



■ 地震灾害与地面建筑物破坏特征 095

■ 结束语 109

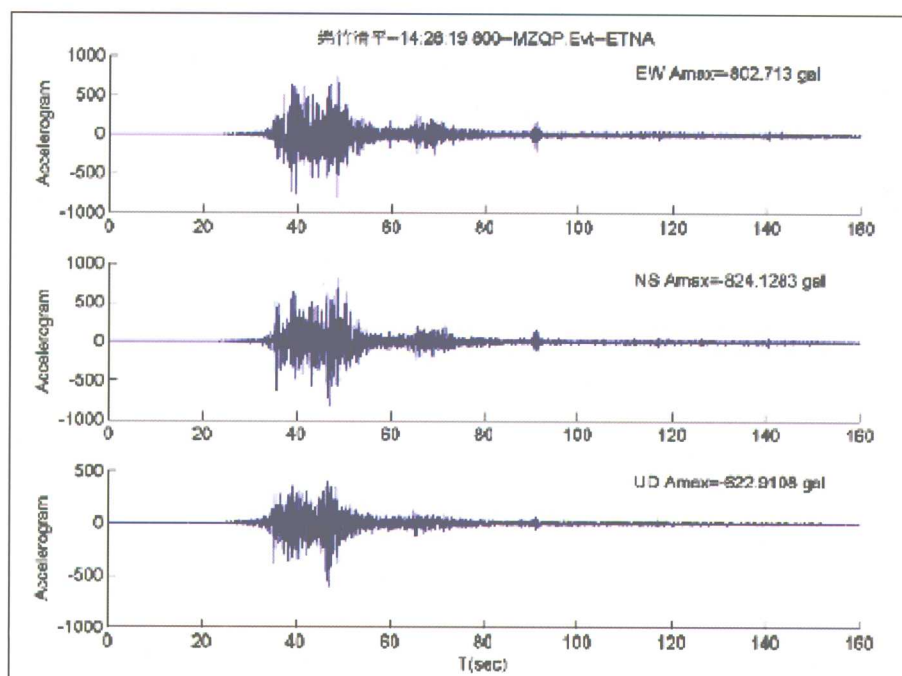
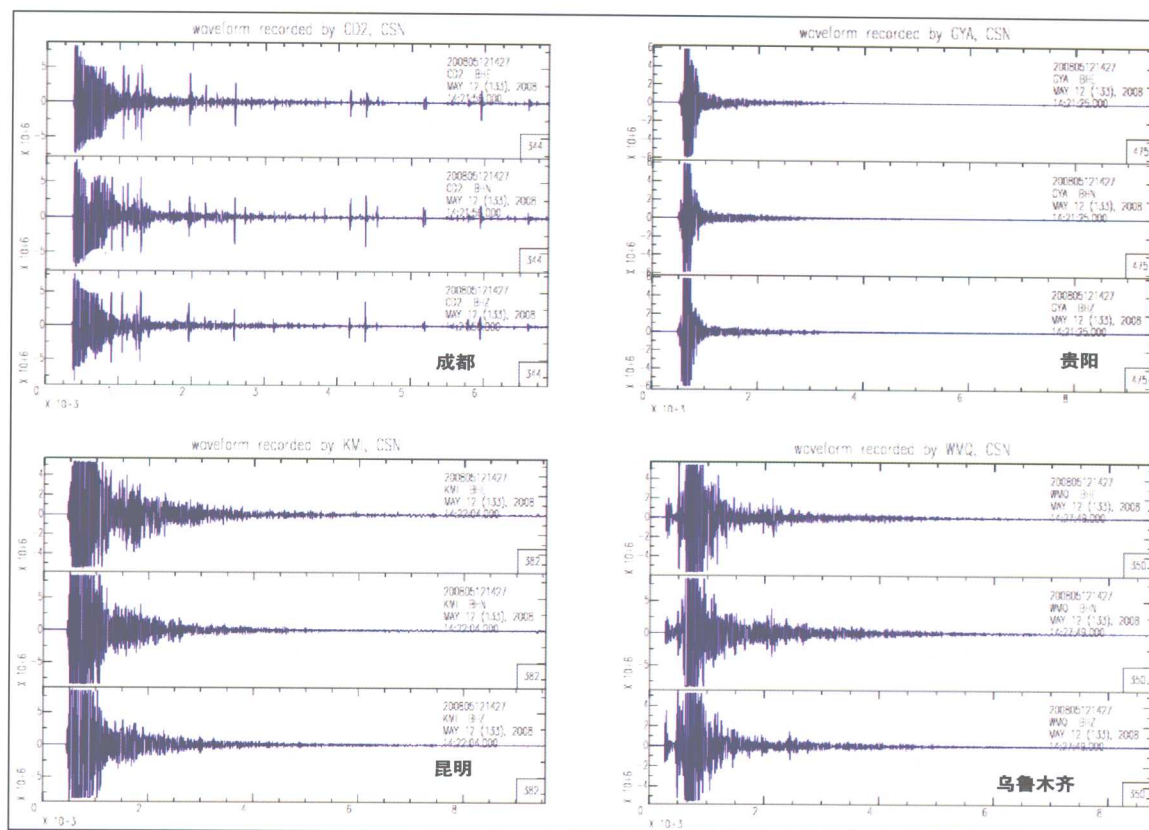


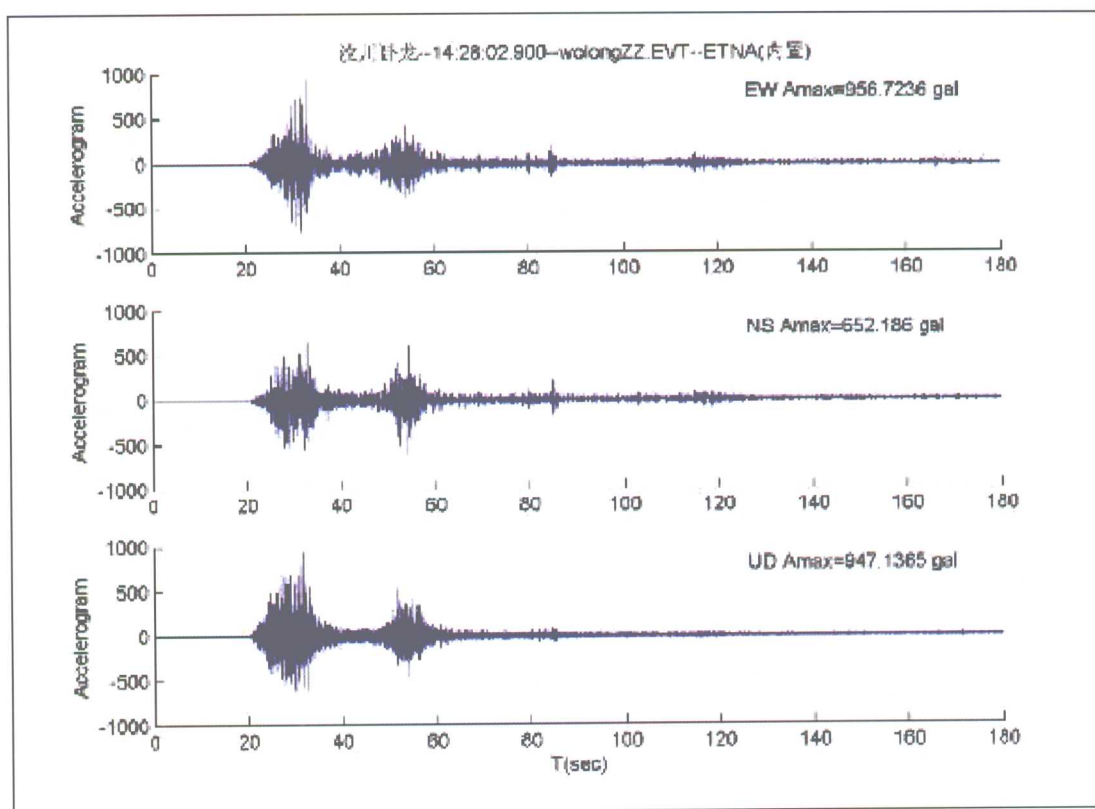
地震基本参数

EARTHQUAKE PARAMETERS

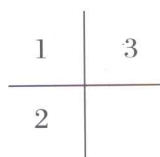
震级	矩震级 $M_w=7.9$ ；里氏震级 $M_s=8.0$
发震时间	2008年5月12日14时28分04秒
起始破裂点	31.1° N, 103.3° E
震源深度	约19km（起始破裂点）
发震地区	中国四川省中部
资料来源	中国地震台网，美国地质调查局，美国南加州地震中心，刘启元等（2008）

中国地震台网测定：2008年05月12日14:28:04.0，汶川县西南映秀镇附近（103.3° E，31.1° N）发生了 $M_s8.0$ 地震，震源深度约为19km。地震破裂过程持续了120s，主破裂持续时间约90s，地震释放的标量地震矩 $1.06 \times 10^{21} \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

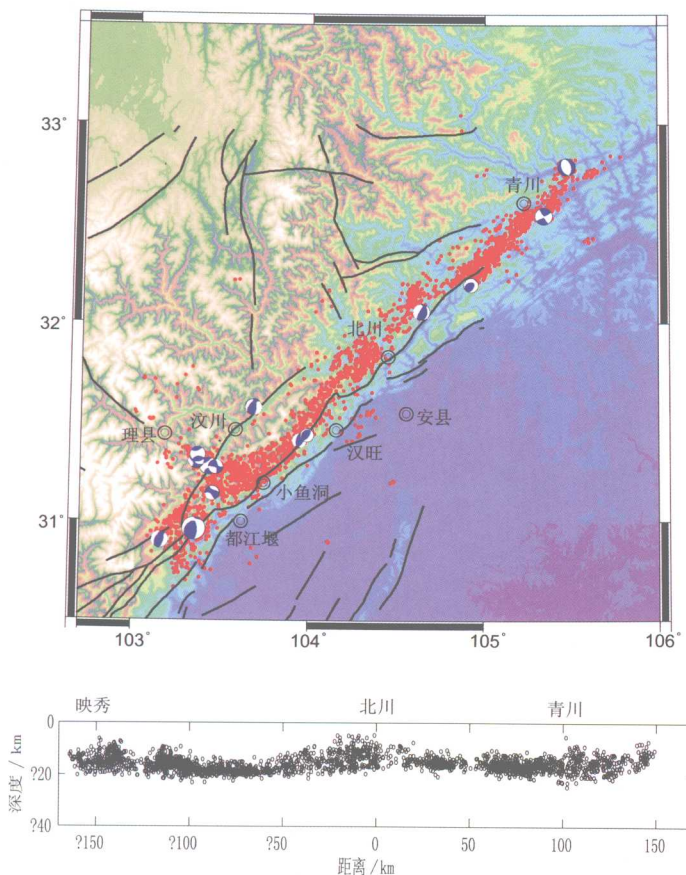




龙门山地区强震台三分量加速度波形资料显示,地震断层、地震地表破裂带及其邻近地段峰值加速度较大,最大峰值加速度接近 $1g$ 。地震断层的同震地表错动对地面建(构)筑物的直接毁坏,地震破裂持续时间长,高峰值加速度诱发的大型滑坡、崩塌和泥石流等次生地震灾害和建(构)筑物抗震设防标准低等,是汶川地震灾害特别严重的主要因素。此外,强地震波形纪录显示,汶川地震主要由两次次级事件组成。

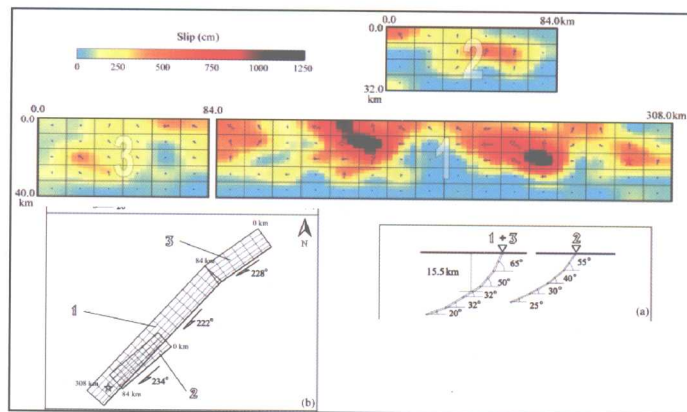


- 1 川西地震台阵记录到的“5·12”汶川地震三分量波形(据中国地震台网中心)
- 2 龙门山推覆构造带中段中央断裂绵竹清平强震台三分量加速度波形记录(据中国强地震台网中心)
- 3 龙门山推覆构造带中段后山断裂耿达县强震台三分量加速度波形记录(据中国强地震台网中心)



$$\frac{1}{2} \quad 3$$

- 1 汶川地震重新定位余震分布图
- 2 NE向震源剖面图 (据陈九辉)
- 3 叠瓦状双逆断层分段破裂模型条件下地震资料反演表明, 汶川8.0级地震可分解为沿倾角约 33° 的走滑逆断层向NE单侧破裂扩展的两次同震位移量达6~9m的次级地震事件, 其中映秀镇附近的次级地震事件为逆断层型事件, 带有右旋走滑; 北川附近为右旋走滑型事件, 带有逆冲运动分量, 地震断面上的平均位移达5m (Parsons et al., 2008; 王卫民等, 2008)



野外考察和测量表明, 映秀镇附近的次级地震事件为逆冲型, 其地表最大同震垂直位移达 (6.2 ± 0.5) m, 北川附近为右旋走滑型事件, 其地表最大同震垂直位移达 (6.5 ± 0.5) m; 最大右旋走滑位移达 (4.9 ± 0.5) m (Xu et al., 2009)。

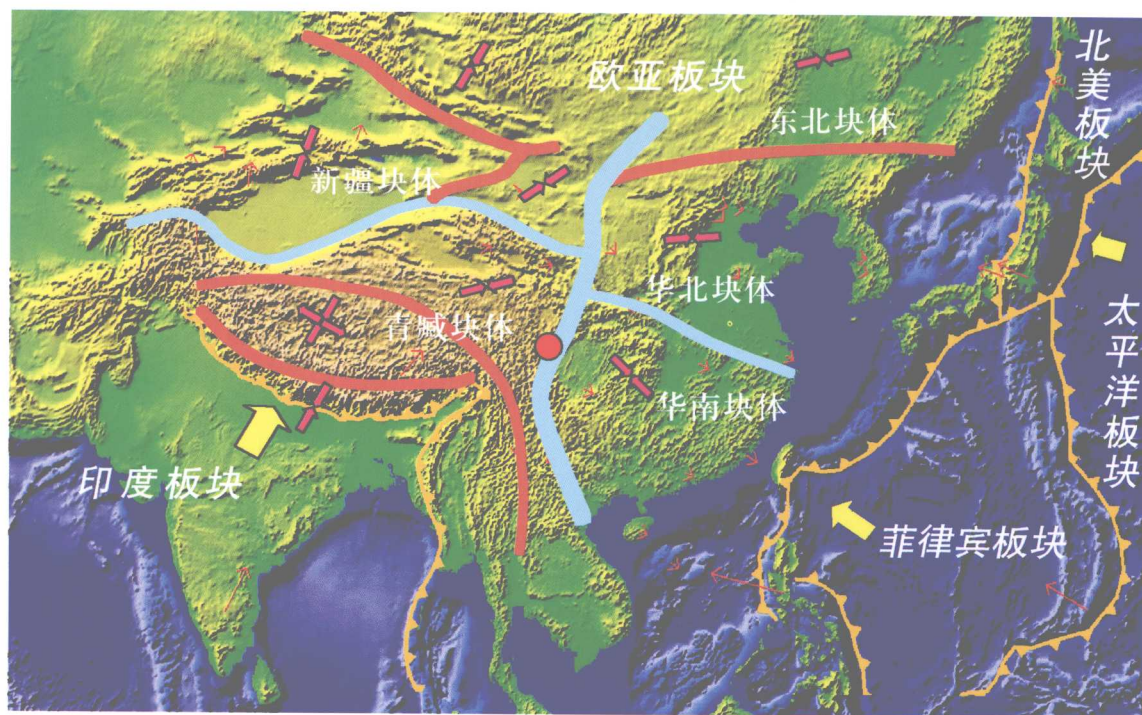
中国地震台网测定, “5·12”汶川地震震中位于汶川县的映秀镇附近, 里氏震级为8.0级, 矩震级7.9级, 震源深度约19km, 余震3万多次, 其中最大余震震级达6.4级。朱艾澜等 (2008)、黄媛等 (2008) 和陈九辉等 (2009) 利用龙门山推覆构造带北西和南东两侧不同的速度结构模型和双差地震定位方法, 对主震和3622个余震进行了重新定位, 水平和垂直定位误差分别为0.85km和0.75km, 均方根残差0.20s。重新定位结果表明, 余震呈NE—SW向密集条带分布在龙门山推覆构造带中央北川—映秀断裂北西盘, 总长330km, 震源深度介于4~20km。值得指出的是, NE—SW向余震密集条带具有明显的分

段性特征, 以北川至平武南坝镇之间 (东经 $104.5^\circ \sim 104.8^\circ$) 长度约60km的余震稀疏段为标志, 可分为映秀—北川段、北川—南坝段和青川段等三个基本段落。映秀—北川段余震主要受中央北川—映秀断裂控制, 部分受前山彭县—灌县断裂控制, 且反映出两条叠瓦状逆断层具有上陡下缓的几何结构特征, 最终汇集到埋深约20km滑脱面 (带) 上, 以带有少量走滑分量的逆冲断层为主的滑动性质; 在小鱼洞附近存在着一条约30km长、NW—SE向余震密集带, 推测为与主破裂共轭的次级破裂带, 左旋走滑性质; 北川—南坝段余震较为稀少, 但绝大部分位于中央北川—映秀断裂上盘 (北西侧), 显示出右旋走滑与逆冲分量等量的滑动性质; 青川段是三段中最特殊的余震分布段, NE向余震密集条带明显地偏离龙门山推覆构造带中央断裂中东段 (茶坝—林庵寺断裂), 并斜切NEE向青川—勉县断裂。

5.12 汶川 8.0 级地震地表破裂图集

区域动力学环境

REGIONAL DYNAMIC ENVIRONMENT



中国大陆及其邻近地区区域动力学示意图
(据谢富仁等资料综合绘制)

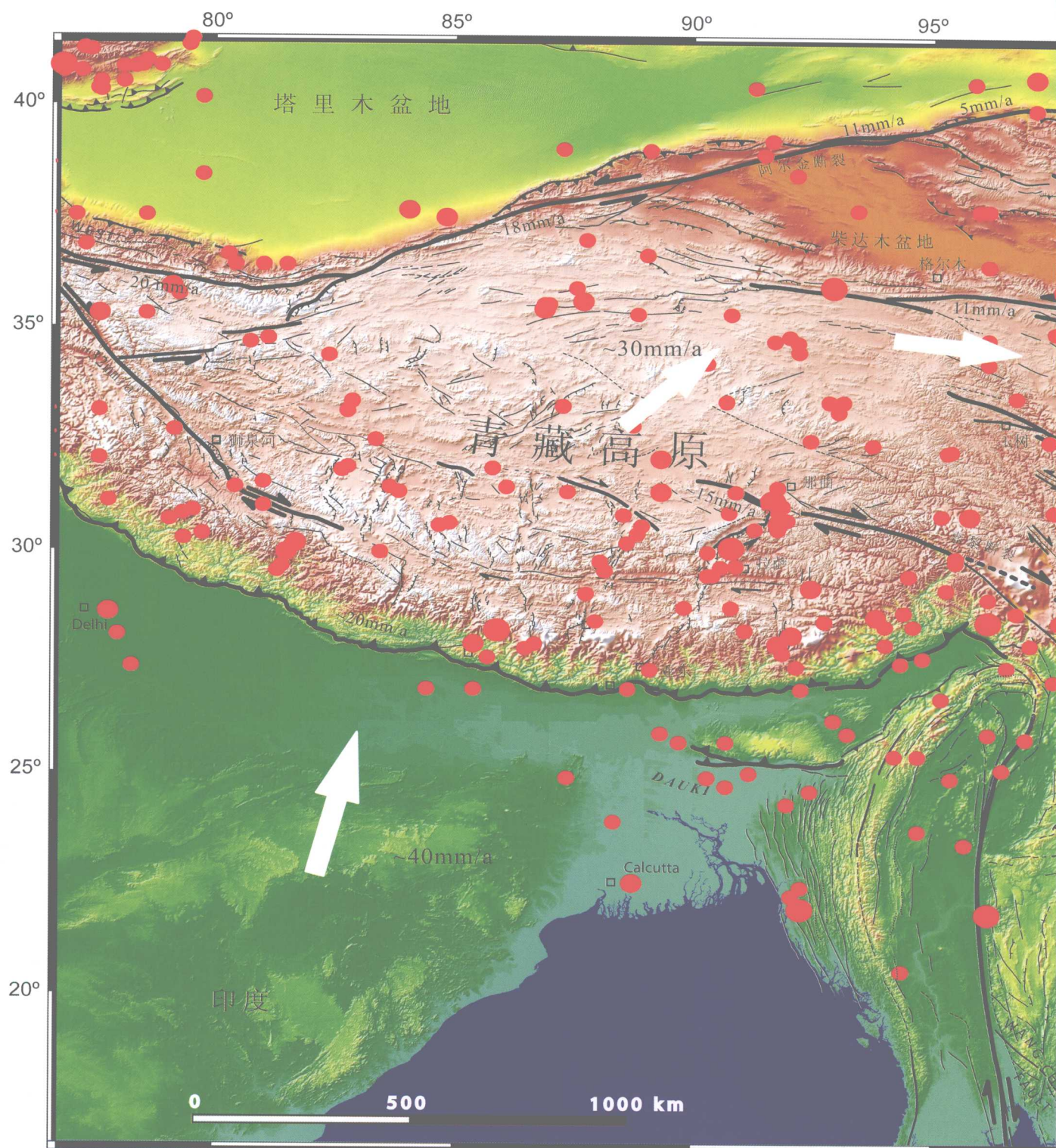
汶川地震的动力来源推测是印度板块向北推挤和青藏高原中部巴颜喀拉地块的南东向运移在四川盆地西北侧受到华南地块强烈阻挡，在龙门山推覆构造带上弹性应变长期缓慢积累、增大，并达到和超过先存逆断层面上摩擦滑动强度，于2008年5月12日14时28分突发性错动、释放的结果。发生汶川地震的龙门山推覆构造带地处青藏高原东缘NEE向挤压应力场与华南地块西部NW向挤压构造应力场的转换部位，作为龙门山推覆构造带上盘推覆体的巴颜喀拉地块SE向运移在四川盆地附近受高强度的华南地块阻挡，在龙门山推覆构造带深部上翘的断坡带范围内挤压隆升，形成了南起泸定、天全，北达广元和陕西勉县，长近500km、宽约40~50km、NE走向的龙门山脉。龙门山推覆构造带中南段切割古老的核杂岩体——彭灌杂岩、宝兴杂岩等岩石单元，这类岩石摩擦强度大，在挤压条件下能够积累孕育特大地震发生所需的弹性应变能。

区域地震构造环境

REGIONAL SEISMOTECTONIC SETTING

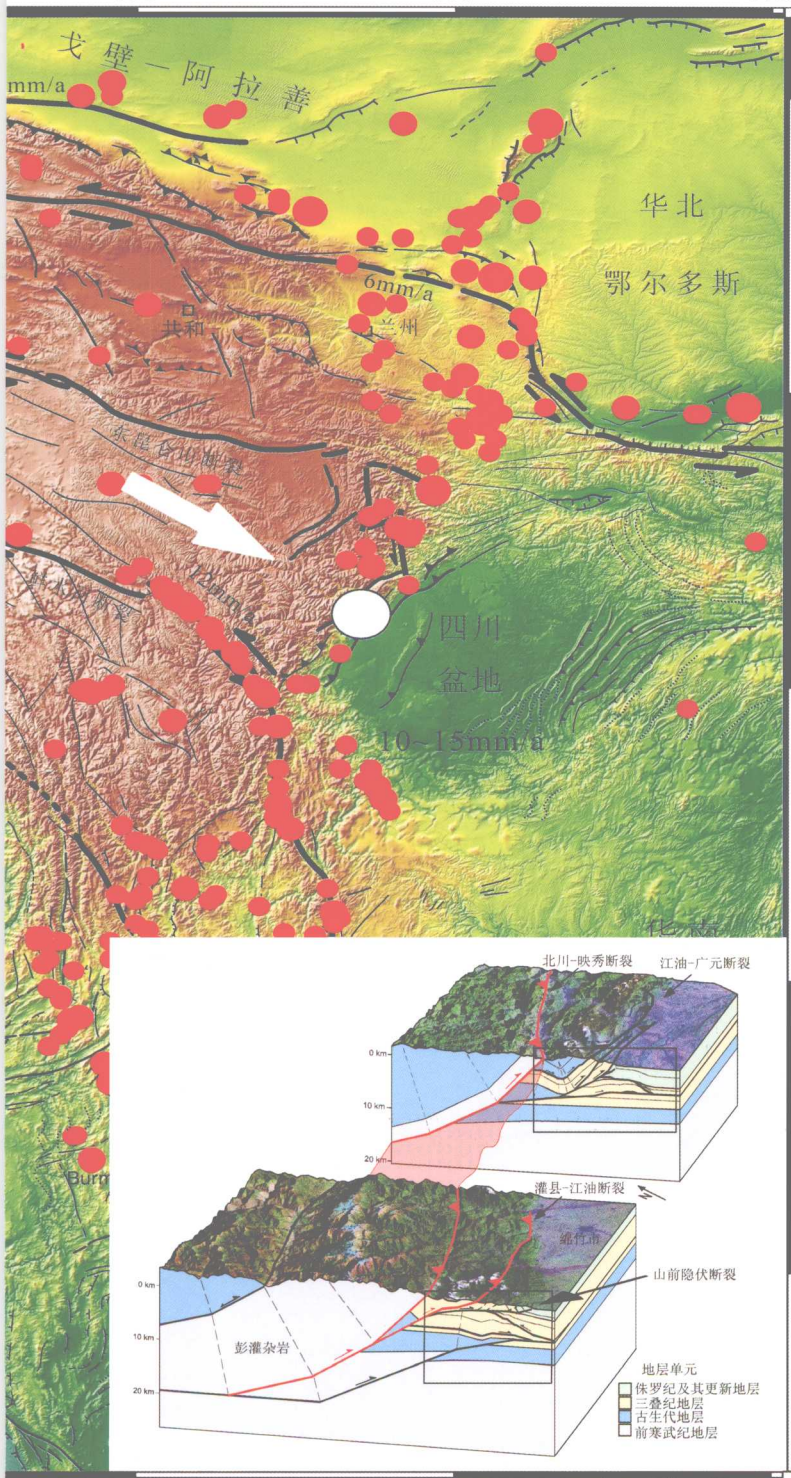
5.12 汶川 8.0 级地震地表破裂图集

区域地震构造环境



青藏高原东缘及其邻近地区块体运动与构造运动转换示意图 (据徐锡伟等, 2006, 2008)

100° 105° 110°



印度板块向NNE运移及其与欧亚板块的碰撞和推挤,形成了平均海拔在4500m以上的世界屋脊——青藏高原。高原地壳厚度达60~70km,比厚40km的四川盆地地壳厚20~30km。青藏高原内部发育着许多大型走滑断裂带,其中,右旋走滑断裂有西部NW向喀拉昆仑断裂带和近EW向的嘉黎断裂带,左旋走滑断裂有NE向阿尔金断裂带、海原断裂带、东昆仑断裂带、甘孜—玉树—鲜水河断裂带等。它们将青藏高原切割成为拉萨、羌塘、巴颜喀拉、柴达木—祁连山、密支那一西盟、川滇等地块。在青藏高原东缘,这些地块与东部阿拉善、鄂尔多斯、华南等地块之间强烈挤压作用,形成了许多挤压推覆构造带。“5·12”汶川地震发生在青藏高原东缘中部巴颜喀喇地块与华南地块之间相互强烈作用的龙门山推覆构造带中段。