

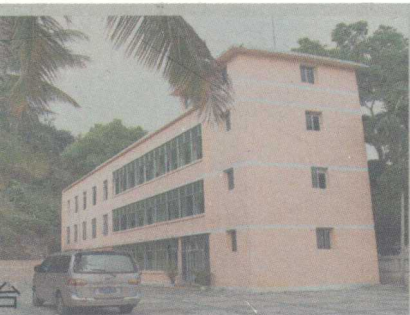


中国地震局地球物理研究所中央级公益性科研院所
基本科研业务专项项目 (DQJB13B17)

中国数字地震仪台网(CDSN) 典型震相图集

(1990—2012年)

许健生 隗永刚 周建超◎编著



佘山台



北京台



兰州台



乌鲁木齐台

石油工业出版社

中国数字地震仪台网 (CDSN) 典型震相图集

(1990—2012 年)

许健生 隗永刚 周建超 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书汇编了中国数字地震仪台网(CDSN) 11个台 1990—2012年记录到的 50个 7级左右地震的宽频带数字震相资料,对这些数字化观测资料进行了细致分析和标注,特别是对大量未知震相(i)的分析和标注为认识震源破裂过程和地震波传播路径上的物理性质及研究地球内部复杂结构搭建了重要的数据平台。

本书不仅对科研人员探讨和认识地球内部结构和研究各种地球物理现象有所裨益,而且对初学震相分析的青年地震工作者有一定的指导示范作用,也可作为大专院校和研究生学习震相分析时的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

中国数字地震仪台网(CDSN)典型震相图集(1990—2012年)/许健生, 隗永刚, 周建超编著. —北京:石油工业出版社, 2014. 11

ISBN 978-7-5183-0423-3

I. 中…

II. ①许…②隗…③周…

III. 地震台网-震相-中国-1990~2012-图集

IV. P315.732-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第240761号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址: www. petropub. com

编辑部: (010) 64523553

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 保定彩虹印刷有限公司



2014年11月第1版 2014年11月第1次印刷

889×1194毫米 开本: 1/16 印张: 32

字数: 970千字

定价: 128.00元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

前言

中国数字地震仪台网 (CDSN) 是中国与美国地震科技合作项目。1983 年 5 月开始建设, 1986 年 7 月建成。1987 年 10 月 22 日通过国际地震专家组的技术评审和验收, 开始正式运行。

1986—1992 年, CDSN 有 9 个台站、两个中心。它们是北京台 (BJT)、兰州台 (LZH)、恩施台 (ENH)、昆明台 (KMI)、琼中台 (QIZ)、余山台 (SSE)、乌鲁木齐台 (WMQ)、海拉尔台 (HIA) 和牡丹江台 (MDJ), 以及设在中国地震局地球物理研究所的台网维修中心 (NMC) 和数据管理中心 (DMC)。

1992—2001 年, CDSN 台站进行了二期技术改造, 其内容包括: 增设拉萨台 (LSA) 和西安台 (XAN); 将北京台和余山台的地震计系统由高干扰背景的地下室迁至低干扰背景的山洞; 用新一代数字化的 IRIS/GSN 台站设备更换了 CDSN 台站的原有设备, 获得了具有国际地震数据交换标准格式 (SEED) 的记录数据, 同时成为全球地震台网 (GSN) 的重要组成部分。其中兰州台没有进行二期技术改造, 原设备到 2000 年停止工作。目前 CDSN 共有 10 个台在工作。CDSN 台站位置分布如图 1 所示, 台站信息见表 1。

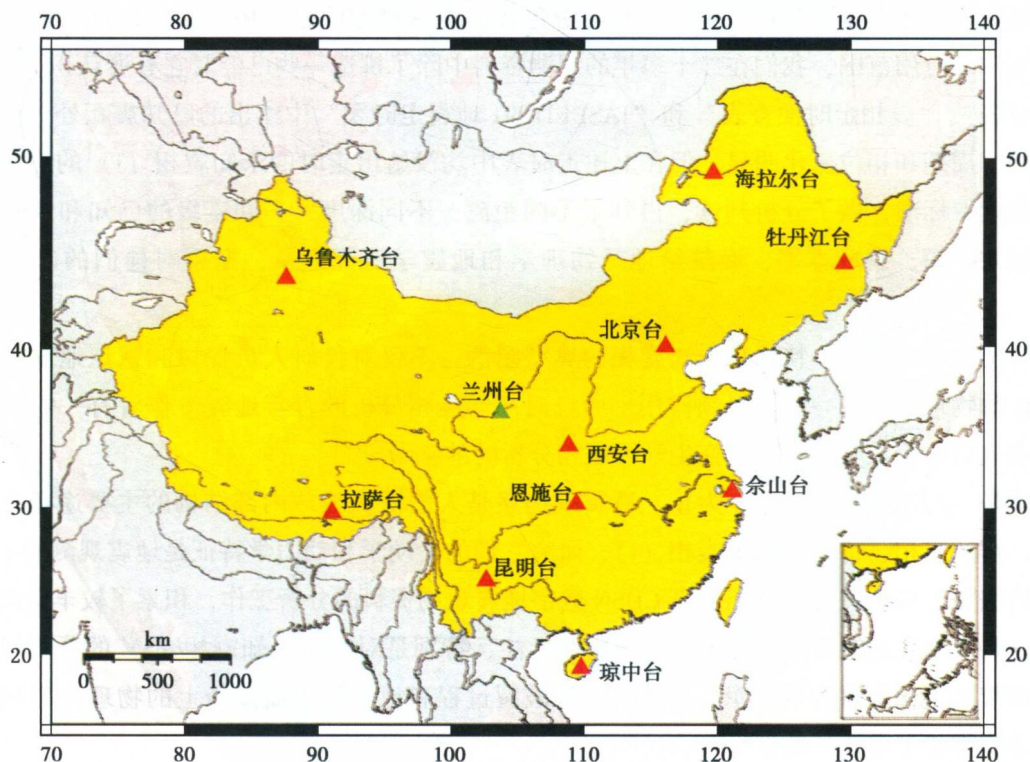


图 1 CDSN 台站位置分布图

CDSN 台站的数字化地震仪具有宽频带 (35Hz~360s 记录频带, 幅频特性为速度平坦型)、大动态范围 [140dB, 短、中、长、超长周期信号输出 (SP, BB, LP, VLP)] 和高线性度等优越性。

表 1 CDSN 台站信息

台站名称	台站代码	高程, m	观测室条件	地质基础	地震计型号	工作起止时间
北京台	BJT	198	山洞	石灰岩	STS-1/GS-13	1986 至今
恩施台	ENH	487	地表	石灰岩	STS-1/STS-2	1986 至今
昆明台	KMI	1952	山洞	石灰岩	STS-1/STS-2	1986 至今
琼中台	QIZ	230	地表	花岗岩	STS-2	1986 至今
余山台	SSE	15	山洞	安山岩	STS-1/STS-2	1986 至今
乌鲁木齐台	WMQ	901	地下 6m	砂岩	STS-1/STS-2	1986 至今
海拉尔台	HIA	610	山洞	安山岩	STS-1/GS-13	1986 至今
牡丹江台	MDJ	250	山洞	花岗岩	STS-1/STS-2	1986 至今
拉萨台	LSA	3789	山洞	花岗岩	STS-1/STS-2	1992 至今
西安台	XAN	630	山洞	花岗岩	STS-1/STS-2	1992 至今
兰州台	LZH	1552	地表	红砂岩	STS-1	1986—2000 年

CDSN 台站到目前为止已连续工作二十多年, 获取了大量的观测资料。这些数字化观测资料所包含的丰富的地球物理信息具有极高的科学价值, 伴随着地球科学的发展和技术的进步, 已成为研究地球内部结构不可多得的珍贵资料, 是地球物理学研究的无价之宝。

为了最大限度地发掘这些数字化观测资料所包含的地球物理信息, 拓展这些信息在地球物理学和地震学研究中的应用范围, 我们在二十多年的观测资料中除了挑选一些已经对它有所认识, 如在“J-B 地震波走时表”、“震相走时便查表”和“IASPEI1991 地震走时表”中给出的已知震相外, 还重点挑选了一些振幅、周期和相位变化明显, 但在上述走时表中均没给出走时的未知震相 (i) 的典型图例, 用统一的震相读取标准, 做了分析判读, 得到了不同距离、不同深度、不同震级的已知和未知震相 (i) 的典型图例 430 幅, 编成本书, 奉献给地球物理学和地震学研究人员, 期望对他们的研究工作有所裨益。

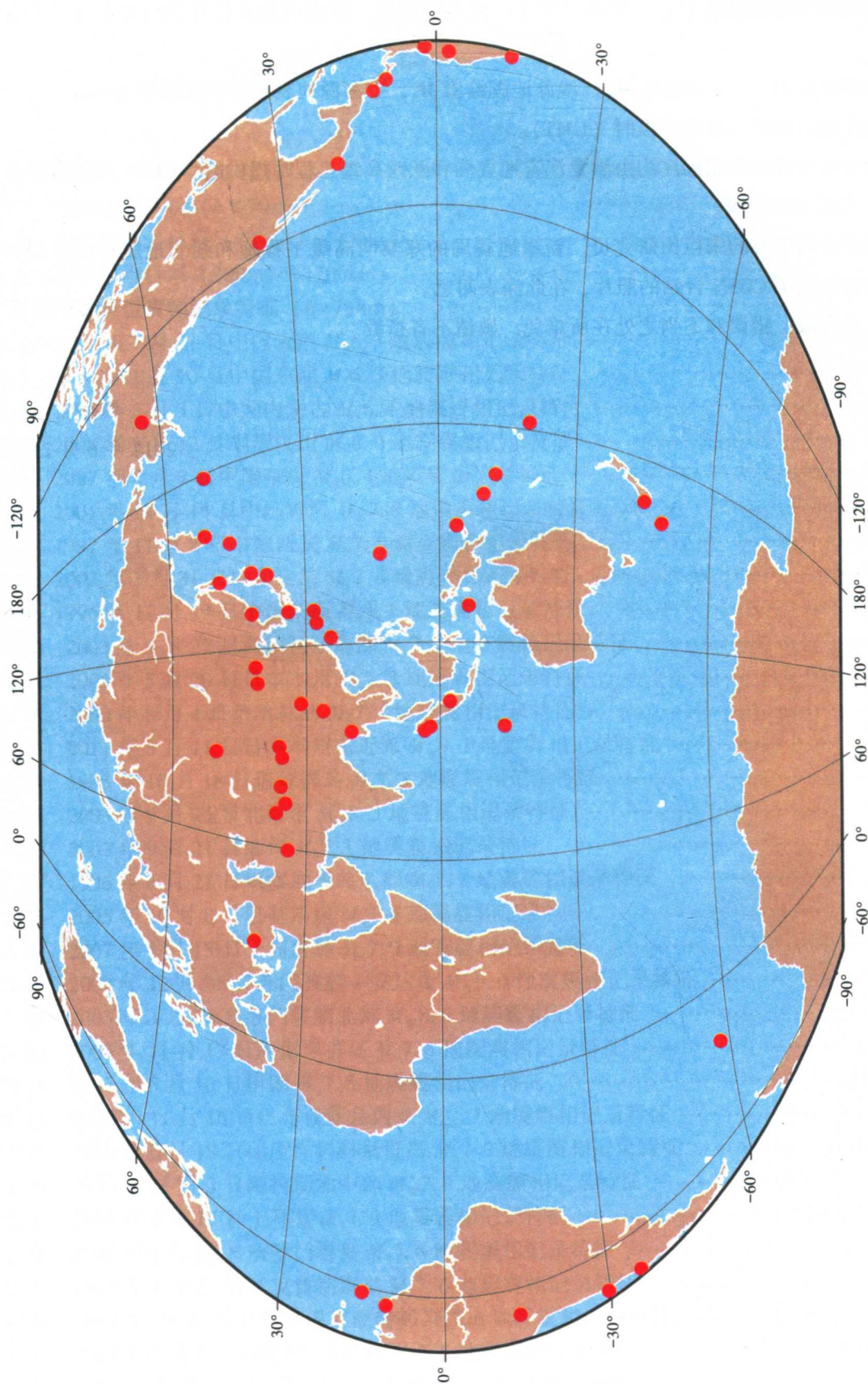
本书给出的典型震相, 特别是未知震相的典型图例, 不仅对科研人员探讨和认识地球内部结构和研究各种地球物理现象有一定的引领作用, 而且对初学震相分析的青年地震工作者有一定的指导示范作用。本书也可作为大专院校和研究生学习震相分析时的参考资料。

地震学是一门观测科学。迄今为止, 地震波仍然是人们认识地球内部结构的主要途径之一。分析地震记录, 辨认震相, 特别是未知震相 (i), 研究它们的运动学和动力学特征是地震观测的主要目的。

本书的编著者在地震台站长期从事 CDSN 数字地震观测资料的分析工作, 积累了较丰富的震相识别经验, 对这些数字化观测资料进行了细致分析和标注, 特别是对大量未知震相 (i) 的分析和标注大大丰富了宽频带数字化资料的数据库, 为认识震源破裂过程和地震波传播路径上的物理性质和研究地球内部复杂结构搭建了重要的数据平台。

本书汇编了中国数字地震仪台网 (CDSN) 1990—2012 年记录到的 50 个 7 级左右地震的宽频带数字震相资料, 震中位置分布如图 2 所示。对每个地震分别以震中距为序, 由近及远地给出了各种震相随震中距变化的记录特征。对不同震源深度的地震, 以震源深度为序, 由近及远、由浅入深地给出了不同震源深度的深震震相记录特征。

图2 震中位置分布图（1990—2012年）



本书给出的地震参数中，近震取自中国地震台网中心（CENC）发布的结果，远震、极远震取自美国地质调查局国家地震信息中心（NEIC. USGS）发布的结果。给出的地点仅作为位置参考，不含任何政治意义。

本书的震级在 $M_s > 8.0$ 后给出 M_w ，浅源地震给出 M_s ，中深源地震和深源地震给出 m_b 。

本书给出的时间均为世界标准时（GMT）。

本书的数据处理和震相标注均由黑龙江省地震局和跃时高级工程师提供的“CDSN 地震台站分析软件”完成，在此深表感谢。

中国地震台网中心的宋臣田研究员、新疆地震局的郑黎明高级工程师和湖北地震局的李德前高级工程师为封面提供了 CDSN 台站的照片，在此深表谢意。

由于水平有限，错误和不当之处在所难免，敬请不吝指教。

编著者

2014 年 6 月 21 日

目 录

1 地震目录 (1990—2012 年)	(1)
1.1 浅源地震目录 ($h \leq 70\text{km}$)	(1)
1.2 中深源地震目录 ($70\text{km} < h \leq 300\text{km}$)	(2)
1.3 深源地震目录 ($300\text{km} < h < 700\text{km}$)	(2)
2 浅源地震典型震相记录特征 ($h < 70\text{km}$)	(3)
2.1 2003 年 7 月 21 日中国云南 $M_s 6.3$ 地震震相记录特征	(3)
2.2 1998 年 1 月 10 日中国东北 $M_s 6.3$ 地震震相记录特征	(13)
2.3 1996 年 5 月 3 日中国内蒙古 $M_s 6.4$ 地震震相记录特征	(22)
2.4 2008 年 5 月 12 日中国汶川 $M_s 8.0$ 地震震相记录特征	(32)
2.5 2007 年 8 月 7 日中国东海 $M_s 6.4$ 地震震相记录特征	(51)
2.6 2001 年 11 月 14 日中国青海 $M_w 7.8$ 地震震相记录特征	(59)
2.7 1997 年 11 月 8 日中国西藏 $M_s 7.5$ 地震震相记录特征	(73)
2.8 2002 年 3 月 31 日中国台湾 $M_s 7.4$ 地震震相记录特征	(88)
2.9 1996 年 11 月 19 日中国新疆 $M_s 7.1$ 地震震相记录特征	(102)
2.10 2003 年 9 月 27 日西伯利亚南部 $M_s 7.7$ 地震震相记录特征	(113)
2.11 2005 年 3 月 20 日日本本州 $M_s 7.3$ 地震震相记录特征	(124)
2.12 2000 年 8 月 4 日萨哈林岛 $M_s 7.4$ 地震震相记录特征	(137)
2.13 2011 年 3 月 11 日日本本州东近海 $M_w 9.1$ 地震震相记录特征	(148)
2.14 1995 年 10 月 18 日琉球群岛 $M_s 7.3$ 地震震相记录特征	(160)
2.15 2003 年 9 月 25 日北海道 $M_w 8.3$ 地震震相记录特征	(172)
2.16 2003 年 9 月 21 日缅甸 $M_s 7.1$ 地震震相记录特征	(182)
2.17 1996 年 6 月 21 日堪察加半岛东部 $M_s 7.3$ 地震震相记录特征	(194)
2.18 2005 年 10 月 8 日巴基斯坦 $M_s 7.6$ 地震震相记录特征	(204)
2.19 2007 年 1 月 13 日千岛群岛 $M_s 7.9$ 地震震相记录特征	(213)
2.20 2004 年 12 月 26 日苏门答腊—安达曼 $M_w 9.0$ 地震震相记录特征	(223)
2.21 2005 年 3 月 28 日苏门答腊北部 $M_w 8.6$ 地震震相记录特征	(234)
2.22 2003 年 11 月 17 日阿留申群岛 $M_s 7.6$ 地震震相记录特征	(244)
2.23 1997 年 5 月 10 日伊朗 $M_s 7.5$ 地震震相记录特征	(253)
2.24 2000 年 11 月 16 日巴布亚新几内亚 $M_s 7.7$ 地震震相记录特征	(260)
2.25 2000 年 6 月 18 日印度洋科科斯群岛 $M_s 7.9$ 地震震相记录特征	(270)
2.26 2002 年 11 月 3 日阿拉斯加中部 $M_w 7.9$ 地震震相记录特征	(282)
2.27 1999 年 8 月 17 日土耳其 $M_s 7.9$ 地震震相记录特征	(291)
2.28 2003 年 1 月 20 日所罗门群岛 $M_s 7.6$ 地震震相记录特征	(299)
2.29 1997 年 4 月 21 日圣克鲁斯群岛 $M_s 7.6$ 地震震相记录特征	(309)
2.30 1999 年 10 月 16 日加里福尼亚南部 $M_s 7.6$ 地震震相记录特征	(319)
2.31 2003 年 8 月 21 日新西兰西南部 $M_s 7.5$ 地震震相记录特征	(326)
2.32 2004 年 12 月 23 日麦夸里岛北部 $M_w 8.1$ 地震震相记录特征	(331)
2.33 2003 年 1 月 22 日墨西哥近海 $M_s 7.9$ 地震震相记录特征	(341)

2.34 2004 年 10 月 9 日尼加拉瓜近海 $M_s7.3$ 地震震相记录特征 (353)

2.35 1999 年 8 月 20 日哥斯达黎加近海 $M_s7.6$ 地震震相记录特征 (362)

2.36 1997 年 7 月 9 日委内瑞拉 $M_s7.4$ 地震震相记录特征 (371)

2.37 2008 年 6 月 30 日南桑威奇群岛 $M_s6.8$ 地震震相记录特征 (377)

2.38 2007 年 8 月 15 日秘鲁近海 $M_w8.0$ 地震震相记录特征 (385)

2.39 2010 年 2 月 27 日智利中部 $M_w8.8$ 地震震相记录特征 (397)

2.40 2003 年 6 月 20 日智利近海 $M_s7.0$ 地震震相记录特征 (407)

2.41 浅源地震记录特征和震相出现规律总结 (414)

3 中深源地震典型震相记录特征 ($103\text{km}<h<228\text{km}$) (419)

3.1 2002 年 4 月 26 日马里亚纳南部 $h103\text{km}$ 地震震相记录特征 (419)

3.2 2007 年 11 月 16 日厄瓜多尔 $h122\text{km}$ 地震震相记录特征 (427)

3.3 2007 年 11 月 29 日南美洲 $h147\text{km}$ 地震震相记录特征 (436)

3.4 2012 年 9 月 30 日哥伦比亚 $h170\text{km}$ 地震震相记录特征 (445)

3.5 2002 年 3 月 3 日兴都库什 $h190\text{km}$ 地震震相记录特征 (451)

3.6 2005 年 3 月 2 日班达海 $h228\text{km}$ 地震震相记录特征 (462)

3.7 中深源地震记录特征和震相出现规律总结 (472)

4 深源地震典型震相记录特征 ($356\text{km}<h<635\text{km}$) (474)

4.1 2003 年 1 月 4 日斐济 $h356\text{km}$ 地震震相记录特征 (474)

4.2 1990 年 5 月 11 日韩国北部 $h582\text{km}$ 地震震相记录特征 (481)

4.3 2004 年 7 月 25 日苏门答腊南部 $h582\text{km}$ 地震震相记录特征 (487)

4.4 1994 年 6 月 9 日玻利维亚 $h635\text{km}$ 地震震相记录特征 (497)

4.5 深源地震记录特征和震相出现规律总结 (502)

参考文献 (504)

1 地震目录 (1990—2012 年)

1.1 浅源地震目录 ($h \leq 70\text{km}$)

序号	日期	发震时刻 (GMT)	纬度 (°)	经度 (°)	深度 km	震级 M_w	震级 M_s	地点
1	2003-07-21	151631.3	+25.99	+101.27	10		6.3	中国云南
2	1998-01-10	035038.6	+41.12	+114.51	15		6.3	中国东北
3	1996-05-03	033246.3	+40.72	+109.57	28		6.4	中国内蒙古
4	2008-05-12	062801.5	+31.00	+103.32	19		8.0	中国汶川
5	2007-08-07	002224.4	+27.39	+126.63	21		6.4	中国东海
6	2001-11-14	092609.8	+35.92	+090.53	11	7.8		中国青海
7	1997-11-08	100251.2	+35.26	+087.33	34		7.5	中国西藏
8	2002-03-31	065249.9	+24.22	+122.22	31		7.4	中国台湾
9	1996-11-19	104446.2	+35.56	+078.55	16		7.1	中国新疆
10	2003-09-27	113324.7	+50.02	+087.87	16		7.7	西伯利亚南部
11	2005-03-20	015340.5	+33.70	+130.38	21		7.3	日本本州
12	2000-08-04	211302.4	+48.86	+142.55	26		7.4	萨哈林岛
13	2011-03-11	054624.1	+38.30	+142.37	29	9.1		日本本州东近海
14	1995-10-18	103726.1	+28.00	+130.13	31		7.3	琉球群岛
15	2003-09-25	195005.0	+41.79	+143.71	16	8.3		北海道
16	2003-09-21	181613.5	+19.72	+095.51	23		7.1	缅甸
17	1996-06-21	135710.2	+51.66	+159.04	30		7.3	堪察加半岛东
18	2005-10-08	035040.8	+34.54	+073.59	26		7.6	巴基斯坦
19	2007-01-13	042321.1	+46.24	+154.52	10		7.9	千岛群岛
20	2004-12-26	005853.4	+03.3	+095.98	30	9.0		苏门答腊—安达曼
21	2005-03-28	160934.7	+02.03	+097.05	34	8.6		苏门答腊北部
22	2003-11-17	064305.6	+51.23	+178.57	30		7.6	阿留申群岛
23	1997-05-10	075729.8	+33.86	+059.83	14		7.5	伊朗
24	2000-11-16	045456.7	-04.00	+152.20	33		7.7	巴布亚新几内亚
25	2000-06-18	144405.9	-14.60	+097.13	10		7.9	印度洋科科斯群岛
26	2002-11-03	221241.0	+63.50	-147.40	4	7.9		阿拉斯加中部
27	1999-08-17	000136.5	+40.67	+030.12	11		7.9	土耳其
28	2003-01-20	084305.7	-09.96	+161.08	21		7.6	所罗门群岛
29	1997-04-21	120226.2	-12.60	+166.77	35		7.6	圣克鲁斯群岛
30	1999-10-16	094648.1	+35.34	-116.67	5		7.6	加里福尼亚南部
31	2003-08-21	121249.7	-45.33	+166.68	18		7.5	新西兰西南部
32	2004-12-23	145904.4	-49.30	+161.30	10	8.1		麦夸里岛北部

序号	日期	发震时刻 (GMT)	纬度 (°)	经度 (°)	深度 km	震级 M_W	震级 M_S	地点
33	2003-01-22	020634.6	+18.80	-104.10	24		7.9	墨西哥近海
34	2004-10-09	212653.3	+11.40	-086.70	35		7.3	尼加拉瓜近海
35	1999-08-20	100221.1	+09.00	-084.20	20		7.6	哥斯达黎加近海
36	1997-07-09	192412.1	+10.59	-063.44	17		7.4	委内瑞拉
37	2008-06-30	061742.8	-58.20	-022.10	19		6.8	南桑威奇群岛
38	2007-08-15	234057.8	-13.40	-076.60	39	8.0		秘鲁近海
39	2010-02-27	063411.5	-36.12	-072.90	23	8.8		智利中部
40	2003-06-20	133041.5	-29.85	-072.37	33		7.0	智利近海

1.2 中深源地震目录 (70km<h≤300km)

序号	日期	发震时刻 (GMT)	纬度 (°)	经度 (°)	深度 km	震级 M_W	震级 m_b	地点
41	2002-04-26	160606.9	+13.05	+144.93	103		7.0	马里亚纳南部
42	2007-11-16	031259.1	-02.30	-077.80	122		6.6	厄瓜多尔
43	2007-11-29	190019.6	+15.00	-061.30	147		6.7	南美洲
44	2012-09-30	163135.9	+01.93	-076.36	170	7.3		哥伦比亚
45	2002-03-03	120806.5	+36.56	+070.44	190		7.2	兴都库什
46	2005-03-02	104209.7	-06.70	+130.16	228		7.0	班达海

1.3 深源地震目录 (300km<h<700km)

序号	日期	发震时刻 (GMT)	纬度 (°)	经度 (°)	深度 km	震级 M_W	震级 m_b	地点
47	2003-01-04	051504.6	-19.89	-177.74	356		6.4	斐济
48	1990-05-11	131019.8	+41.87	+130.92	582		6.4	韩国北部
49	2004-07-25	143519.0	-02.40	+104.00	582		6.8	苏门答腊南部
50	1994-06-09	003316.2	-13.77	-067.45	635	8.2		玻利维亚

2 浅源地震典型震相记录特征 ($h < 70\text{km}$)

2.1 2003 年 7 月 21 日中国云南 $M_s 6.3$ 地震震相记录特征

2003 年 7 月 21 日，中国云南 $M_s 6.3$ 地震距昆明地震台为 1.6° ，属近震。近震的地震波一般在地壳内传播，其射线路径和走时曲线如图 2.1.1 和图 2.1.2 所示。

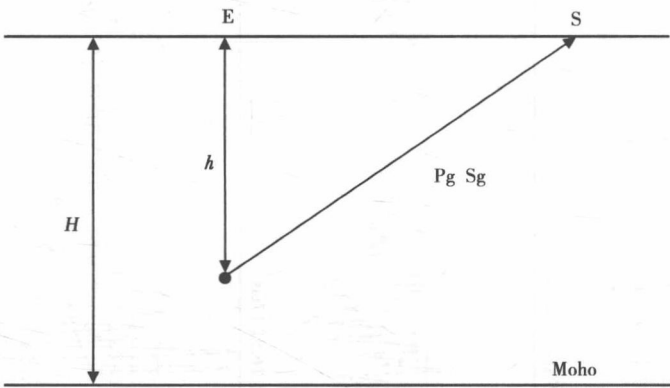


图 2.1.1 直达波射线路径示意图

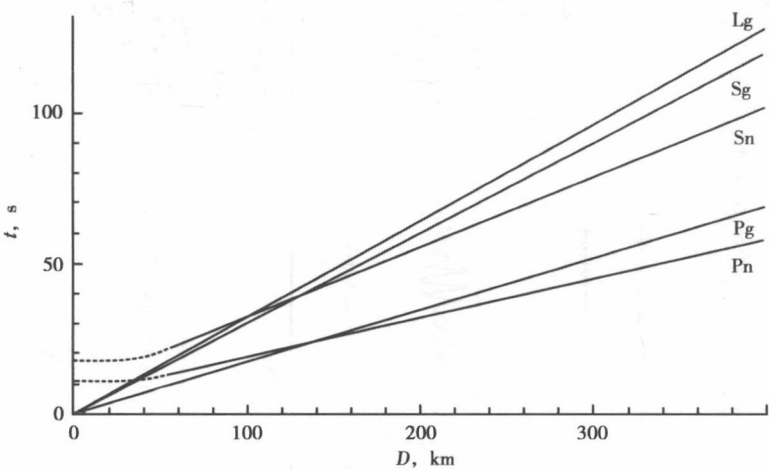


图 2.1.2 近震时距曲线图 (彼德·鲍曼, 2006)

由图 2.1.3 (昆明台, $\Delta 1.6^\circ$) 可见，受云南地区局部地区地壳结构复杂性的影响，在直达纵波 Pg 之后有几个与台站周边区域地壳结构有关的震相 (i) 出现。

由图 2.1.4 (恩施台, $\Delta 8.4^\circ$)、图 2.1.5 (拉萨台, $\Delta 9.7^\circ$)、图 2.1.6 (琼中台, $\Delta 10.5^\circ$) 和图 2.1.7 (余山台, $\Delta 18.2^\circ$) 可见，在震中距 $\Delta > 6^\circ$ 时，受地球内部低速层的影响，Pn 或 P 和 Sn 或 S 波进入了“ $6^\circ \sim 16^\circ$ 影区”，如图 2.1.8 所示。在这个距离上 P 震相、S 震相的振幅会明显减弱，从理论上讲，在时距曲线上会出现“空区”，但实际上在震级较大时仍能观测到 P 震相、S 震相，只不过振幅与后续短周期面波相比要小很多。

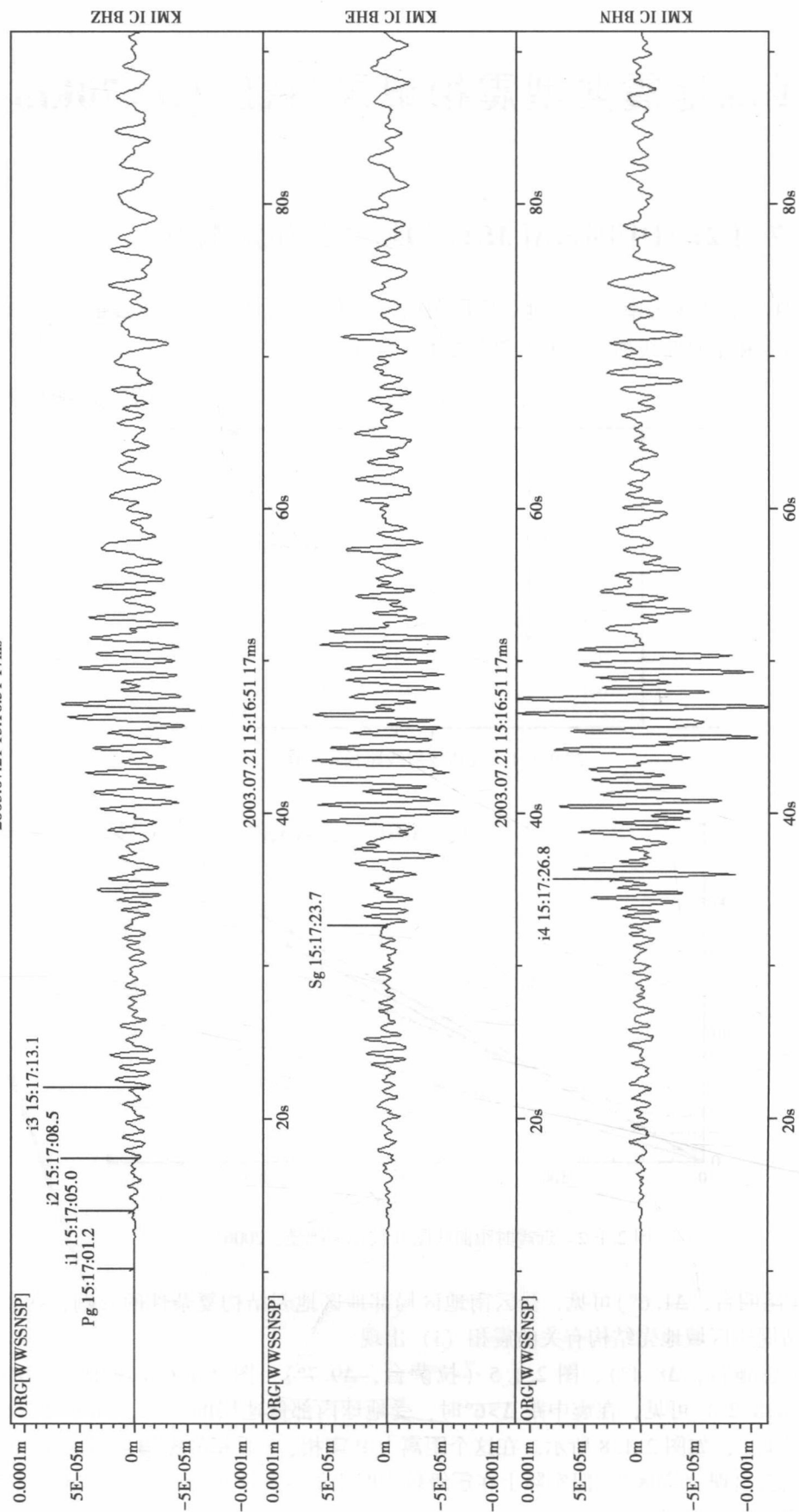


图2.1.3 昆明台 O: 2003.07.21 15:16:31.3 $\Delta 1.6^\circ$ $h 10\text{km}$ $M_s 6.3$
25.99°N 101.27°E 中国云南

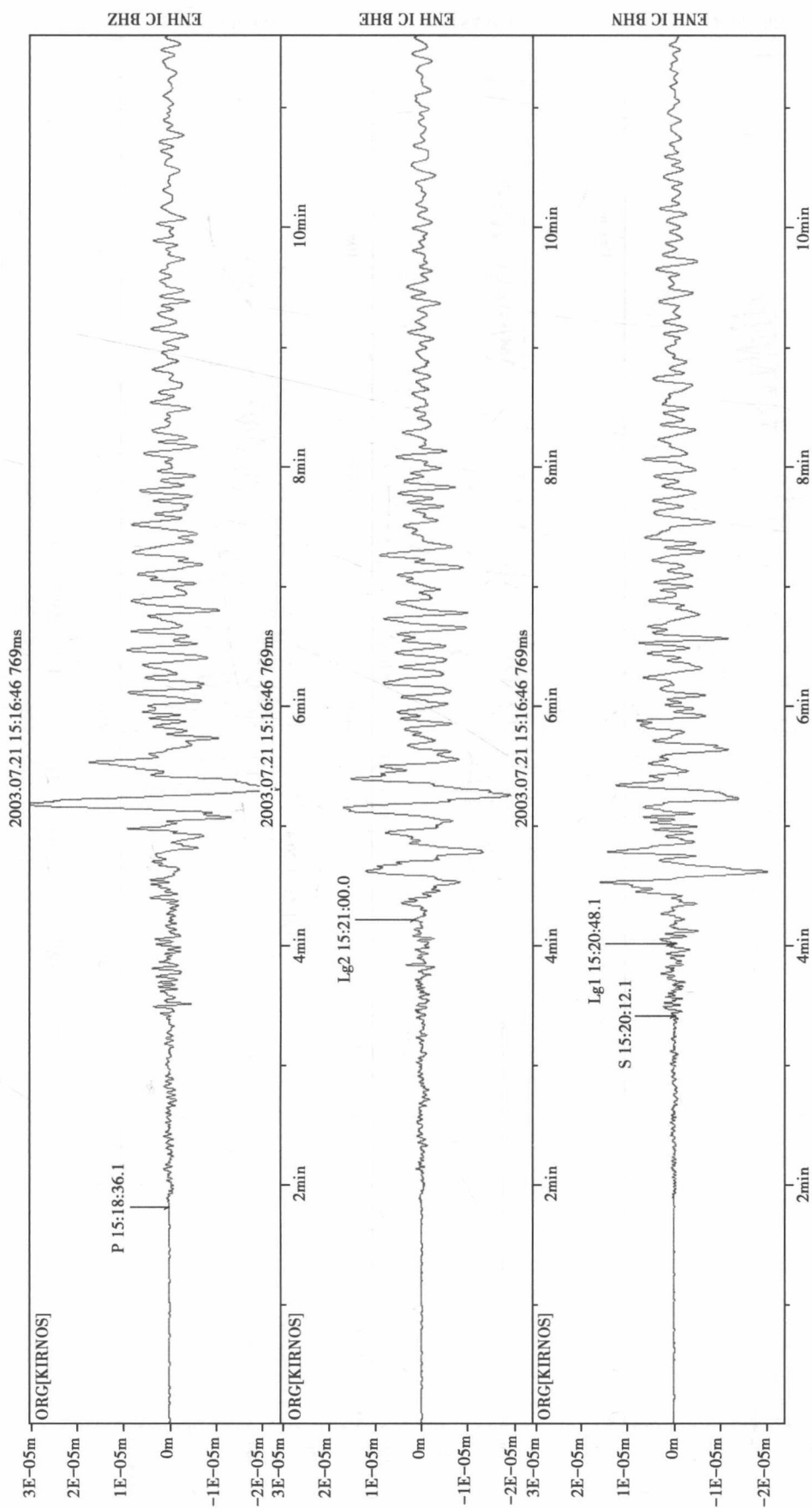


图2.1.4 恩施台 O: 2003.07.21 15:16:31.3 $\Delta 8.4^\circ$ $M_s 6.3$
25.99°N 101.27°E 中国云南

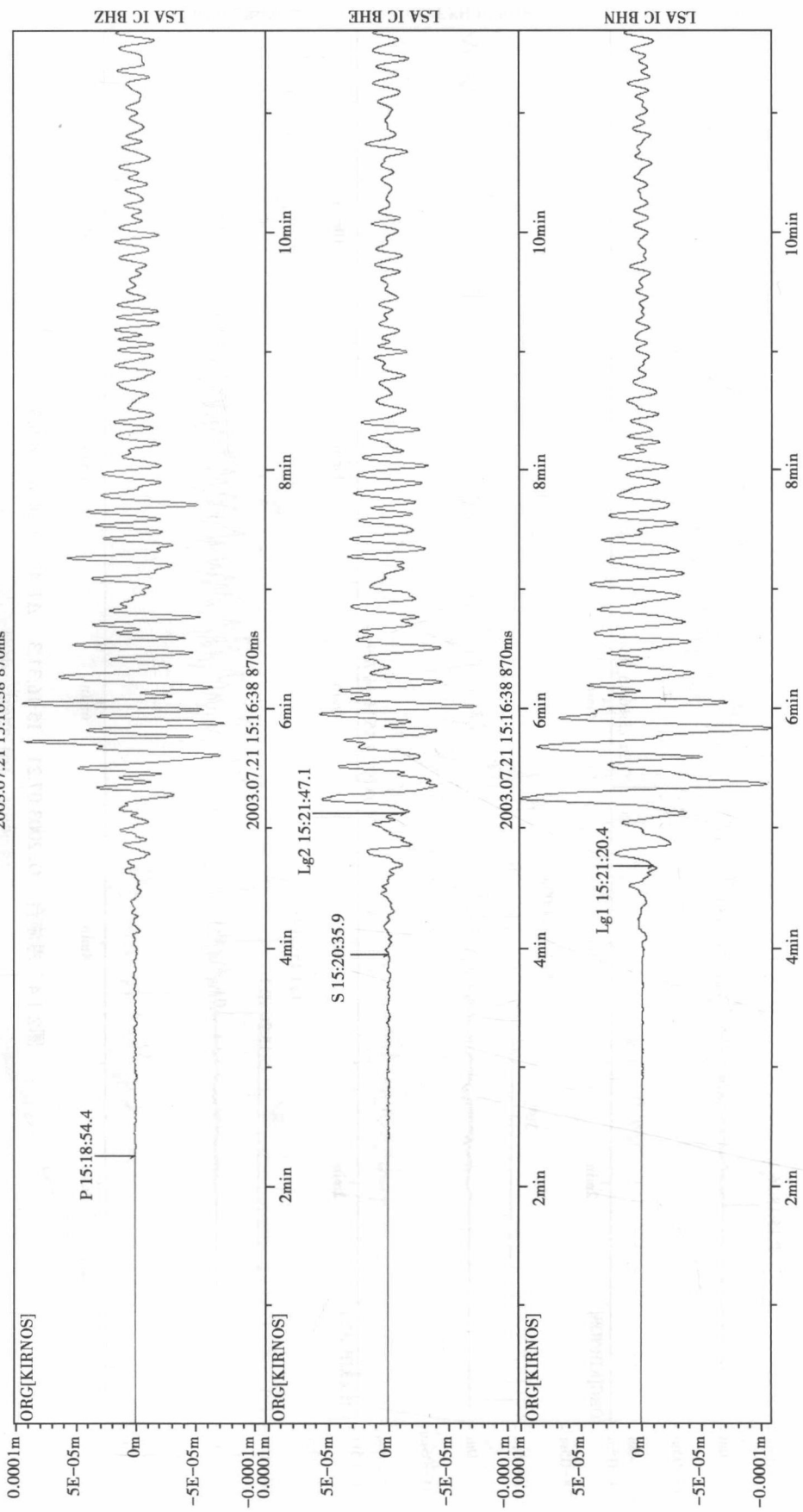


图2.1.5 拉萨台 O: 2003.07.21 15:16:31.3 Δ 9.7° h10km M_s 6.3
25.99°N 101.27°E 中国云南

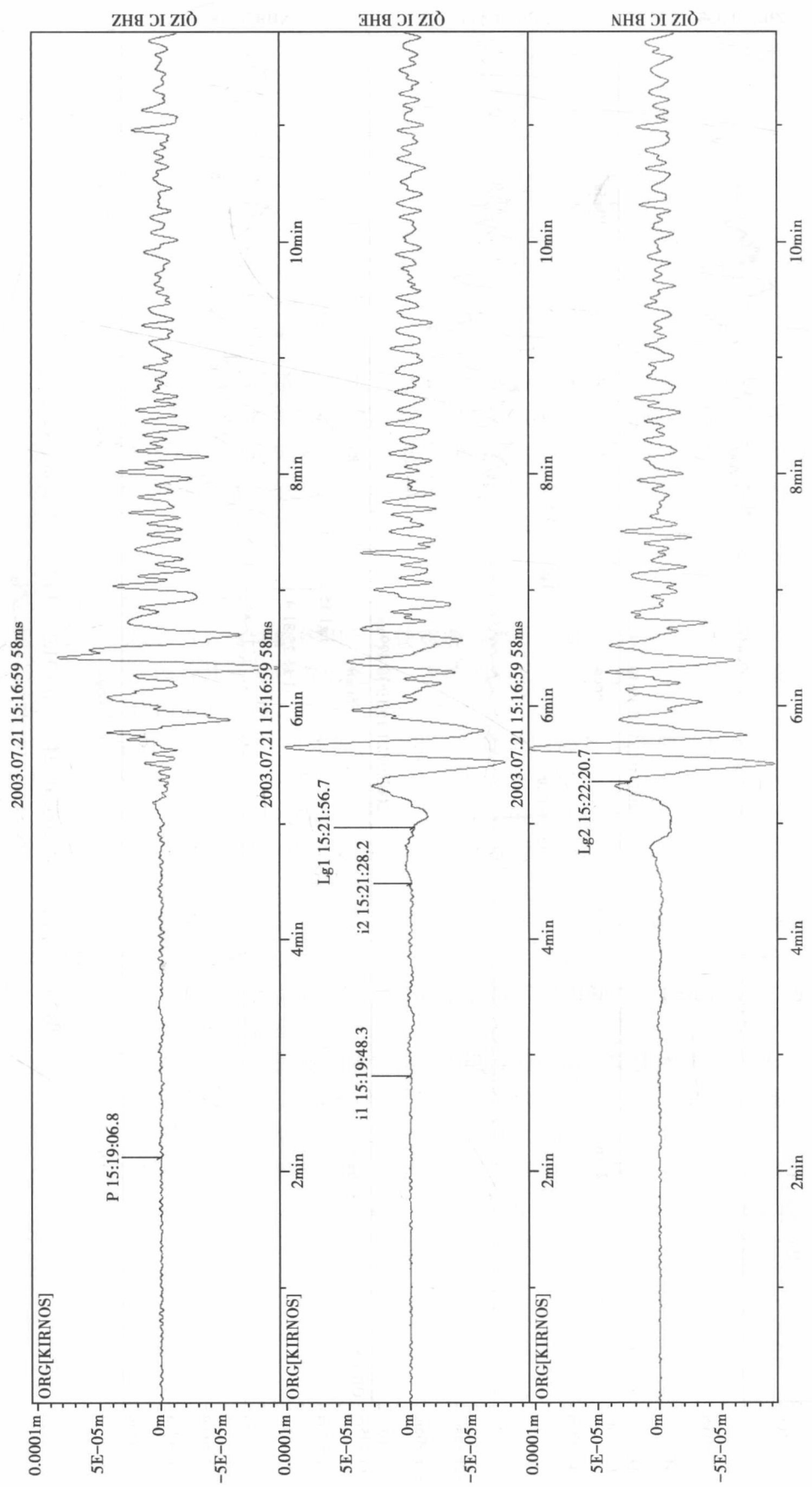


图2.1.6 琼中台 O: 2003.07.21 15:16:31.3 Δ 10.5° h 10km M_s 6.3
25.99°N 101.27°E 中国云南

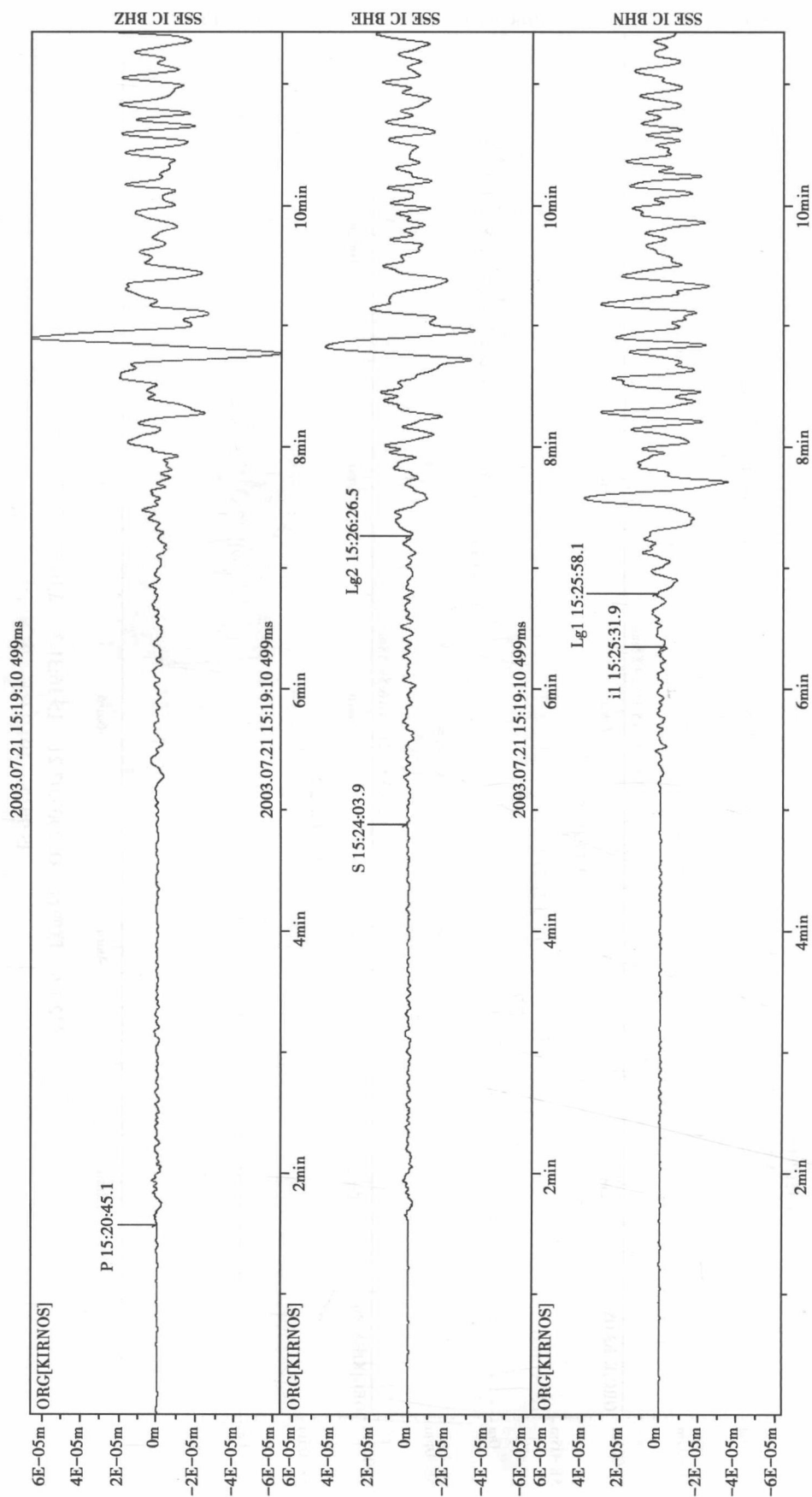


图2.1.7 余山台 O: 2003.07.21 15:16:31.3 Δ 18.2° h 10km M_s 6.3
25.99°N 101.27°E 中国云南