

滕吉文文集

第二卷

——中国大陆和陆缘
岩石圈结构

滕吉文

科学出版社

滕吉文文集

(第二卷)

中国大陆和陆缘岩石圈结构

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以很大的篇幅阐明了半个多世纪以来我国华北、东北、东南和西北地区进行人工源深部地震探测与壳、幔精细结构的刻画,揭示了在我国不同地域的展布图像、异常、起伏与变化特征和其所表现的深层过程。这些研究成果揭示了我国地壳与上地幔,即岩石圈的层、块速度,密度,磁性和电性结构,发现地壳中存在低速层(高导层)、高速层,以深大断裂为界带的陆内块体边界;揭示了区域性差异与分区(块)特征;揭示出不同块体之间深、浅耦合响应。为大陆内部成山、成盆、成岩、成矿和深化认识地球本体奠定了坚实的深部运动学和动力学探索的基石。

我国人工源地震深部探测中首次发现了华北地区的上地幔低速层的埋藏深度(即软流圈顶部)为 (83 ± 2) km。这表明我国大陆与陆缘地带上地幔软流圈的埋藏深度要比全球范围内的平均值小,故显示出该区在地史期间的构造活动特征。

基于我国不同地域的地壳精细结构和上地幔盖层及软流圈的埋藏深度和空间结构可见,它们不仅与深部大型活动构造和变异相关,而更为重要的是成山、成盆、成岩、成矿和成核的制约,并显现出深部物质分异、调整和运移的深层过程和动力学响应。基于不同地域壳、幔结构与其变异及深层过程对揭示深部物质与能量的交换、深层过程及其动力机制有着极为重要的作用。

图书在版编目(CIP)数据

中国大陆和陆缘岩石圈结构 / 滕吉文著. —北京: 科学出版社, 2014.3
(滕吉文文集; 2)

ISBN 978-7-03-039801-7

I. ①中… II. ①滕… III. ①大陆边缘—岩石圈—地质构造—中国—文集 IV. ①P583-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 030872 号

责任编辑: 耿建业 陈构洪 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014 年 3 月第一次印刷 印张: 70 3/4

字数: 1 662 000

定价: 298.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

第二卷前言

这是一本地球内部、即地壳和上地幔结构研究的论文集，集中阐明了我国东北、东南和西北地区的精细结构，揭示了其异常展布、特征和深层过程。文集内没有包括青藏高原这一特异地域的壳、幔结构（另有一本专门的文集），也没有包括地震活动地域，即强烈地震孕育、发生和发展的深层过程和动力机理（另有一本专门的文集）。

本文集所揭示的壳、幔结构表明，它们不论在纵向和横向的分布都是极不均匀的，而且其变异的格局都是非线性的，同时也是极为复杂的。仔细分析中国大陆与陆缘地域的壳、幔结构却发现，它们基本上呈象限分布，即东北、东南、西北与西南。显见，不论是地壳分层速度结构、壳-幔边界（Moho）特征，地壳低速层的呈现、地幔低速层（软流圈）深度的区域性差异，或其与强烈活动构造界带处的相关性等均体现了东亚大陆及周边地域在力源作用下的破碎、镶嵌块体的组构。它们在整体上呈准四象限展布，其东西以南北构造带为界，南北以大别-秦岭-昆仑造山带为界带。在整体上地壳向西增厚，向北增厚，在各象限内及边界处的变异地带乃是地球物理场和地壳结构的复杂耦合界带。

我国和东亚对上地幔低速层的研究程度要比地壳结构差，这是因为高精度的人工源深部地震探测尚难以在任何情况下均可获得软流圈的信息，以反演求取它们的埋藏深度和结构特征。我国人工源地震深部探测首次取得了华北地区的上地幔低速层深度（即软流圈顶部）为 $(83 \pm 2)\text{km}$ ，此乃我国获得的第一个高精度的数据。在其他地区主要是基于长周期面波频散、层析成像、接收函数和大地电磁测深求得的地幔低速层（高导层）来定性地判断其深度范围和分布特征。但应当充分认识到：我国大陆与陆缘地带上地幔软流圈的埋藏深度要比全球范围内的平均值小，这是一个基本事实和异常特征。

基于我国各地的地壳精细结构和上地幔盖层及软流圈的埋藏深度和空间结构可见，它们不仅与深部大型活动构造和变异相关，而更为重要的是成山、成盆、成岩、成矿和成核的制约，并揭示着其变异的深层过程和动力学响应。壳、幔结构与其变异及深层过程对揭示深部物质与能量的交换及其动力机制有着极为重要的作用。

目 录

第二卷前言

我国西北地区地壳中的高速夹层	1
中国地壳与上地幔的地球物理探测	14
中国地壳构造的基本轮廓	19
法兰西共和国固体地球物理研究概况	36
Explosive Seismology in China	54
Geophysical Study on the Crust and Upper Mantle Structure in China	64
我国地壳—上地幔结构和速度分布的爆炸地震探测的观测系统和野外工作方法	78
The Distributional Characteristics and Genesis of Low Resistivity Layer and Low Velocity Layer of the Upper Mantle at East China and Part of West China	96
中国东部郯城—庐江裂谷带及其邻近地区的地球物理场特征	113
苏浙皖地区地壳结构的初步研究	130
中国地球物理学会第一次全国地壳与上地幔物理学术讨论会开幕词	139
中国地壳与上地幔结构的地球物理研究	145
中国地球物理学会第一次全国地壳与上地幔物理学术讨论会总结	172
人工源深部地震探测	178
τ 法反演与地壳结构研究	180
中国东部马鞍山—常熟—启东地带地壳与上地幔结构和速度分布的爆炸地震研究	194
江苏地区地壳结构的广义线性反演	209
地壳与上地幔物理研究中的反演与数值计算	219
地震测深中的地震波衰减	222
大陆型与海洋型岩石圈结构的长周期地震面波初步研究	230
攀西构造带南部地壳与上地幔结构的爆炸地震研究	238
中国四川攀枝花—西昌（攀西）裂谷的形成、演化与裂谷分类	252
攀枝花—西昌古裂谷与“活化”的地球物理特征	266
渡口及其邻近地区地壳浅层结构的研究	279
攀西构造带 Q 值及其横向不均匀性	288
混合法计算 GB 体波理论地震图	292
川滇地区地壳—上地幔结构、地球物理场特征与攀西构造带的基本性质	303
Geophysical Criteria for “Resuscitating” of the Panxi Ancient Rift Tectonic Zone	329
Structure of Lithosphere and Geodynamic Characteristics in North China and Its Continental Margin Areas	341

随县—马鞍山地带地壳与上地幔结构及郟庐构造带南段的某些特征	352
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ «ВОЗРОЖДЕНИЯ» ТЕК ТЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ДРЕВНЕГО РИФТА ПАНСИ	364
频时分析与网格频散反演技术	371
中长周期数字化面波记录与中国东南地区地壳结构	378
中国华北及其陆缘地带岩石圈结构的地震研究	388
Lithospheric Structure and Geophysical Field, Tancheng—Lujiang Fault Zone, Eastern China	416
中国东部随县—启东地带上地幔结构研究	433
中国岩石层物理的地震学研究	439
中国华南大陆及近海地带岩石圈结构和动力学	460
热红外遥感鄂尔多斯高原隐伏地质构造	475
中国内蒙古高原及周边地带岩石圈三维速度结构	494
南极半岛地区地震勒夫波群速度与岩石圈结构	508
Deep Structure Pattern, Anisotropy and Continental Geodynamics Revealed by Geophysical Profiles and Transects in China	512
渤海地球物理场与深部潜在地幔热柱的异常构造背景	532
内蒙古高原及周边地带地壳与上地幔剪切波三维速度结构和构造特征	546
华南连县—博罗—港口地带地壳结构及速度分布的爆炸地震探测结果	558
中国华南大陆及陆缘地带的大地构造基本格局	568
Velocity and Anisotropy Structure of the Crust in the Dabieshan Orogenic Belt from Wide-angle Seismic Data	588
CDP Mapping to Obtain the Fine Structure of the Crust and Upper Mantle from Seismic Sounding Data: An Example for the Southeastern China	605
Azimuthal Anisotropy of Seismic Velocity, Attenuation and Q Value in Viscous EDA Media	619
苏北—南黄海地区航磁异常及区域构造特征分析	625
Frequency Band-dependence of S-wave Splitting in China Mainland and Its Implications	632
The 3-D Structure of Shear Wave in South China and the Southward Extension of Tanlu Fault	639
Rayleigh Wave Dispersion and Three-dimensional Velocity Structure in the Continent and Its Margin of Southeastern China	645
East-west Crustal Structure and “Down-bowing” Moho under the Northern Tibet Revealed by Wide-angle Seismic Profile	661
Depth Distribution of Moho and Tectonic Framework in Eastern Asian Continent and Its Adjacent Ocean Areas	670
为中国地球物理学跻身国际先列而拼搏	689

壳-幔边界的精细结构与属性	691
阴山大青山山系特异重力场与深部构造	726
Crustal Structure of Seismic Velocity in Southern Tibet and East-westward Escape of the Crustal Material	732
冈瓦纳型和扬子型地块地壳结构: 以滇西孟连-马龙宽角反射剖面为例	739
The Crustal Structure under Sanjiang and Its Dynamic Implications: Revealed by Seismic Reflection/Refraction Profile between Zhefang and Binchuan, Yunnan	745
Crust-upper Mantle Seismic Velocity Structure across Southeastern China	753
内蒙古阴山地区特异区域重磁场与深部构造	774
Identification of Multiple Reflected Phases from Migration Receiver Function Profile: An Example for the INDEPTH-III Passive Teleseismic P Waveform Data	781
Joint Imaging by Teleseismic Converted and Multiple Waves and Its Application in the INDEPTH-III Passive Seismic Array	785
Structure of Earth's Crust and Upper Mantle, Inland Subduction and Its Coupling Effects on the Dabie Orogenic Belt and the Tancheng-Lujiang Fault Zone	789
喜马拉雅“东构造结”地区特异重力场的探讨	800
Deep Structure of Southern California	808
应用卫星重力信息对横断山系地区布格重力异常特异分布的纠正	829
鲁西地区的地壳结构及壳内近直立高速异常体的发现	837
洱源-江川宽角地震剖面的地壳反射特征	845
京津唐及邻区地壳结构的中新生代构造运动响应	851
鄂尔多斯盆地上地壳速度分布与沉积建造和结晶基底起伏的构造研究	863
呼包盆地周缘壳、幔结构研究	877
Crustal Structure across Longmenshan Fault Belt from Passive Source Seismic Profiling	884
Crustal Structure across the Three Gorges Area of the Yangtze Platform, Central China, from Seismic Refraction/Wide-angle Reflection Data	888
Seismic Imaging of the Crust and Upper Mantle beneath the North China Craton	903
Constraining the Anisotropy Structure of the Crust by Joint Inversion of Seismic Reflection Travel Times and Wave Polarizations	917
接收函数方法估计 Moho 倾斜地区的地壳速度比	939
Construction of Regional and Local Seismic Anisotropic Structures from Wide-angle Seismic Data: Crustal Deformation in the Southeast of China	949
阴山造山带—鄂尔多斯盆地岩石圈层、块速度结构与深层动力过程	961
Seismic Signature of the Collision between the East Tibetan Escape Flow and the Sichuan Basin	980
Structure of Crust and Upper Mantle beneath the Ordos Block and the Yinshan Mountains Revealed by Receiver Function Analysis	991

Crustal Structure of the Paleozoic Kunlun Orogeny from an Active-source Seismic Profile between Moba and Guide in East Tibet, China	999
An Overview of the Earth Crust under China	1013
阴山造山带和鄂尔多斯盆地北部磁异常场与结晶基底特征研究	1037
阴山造山带及鄂尔多斯盆地北部地区上地壳的地震波属性结构及岩性推断	1048
Investigation of the Moho Discontinuity beneath the Chinese Mainland Using Deep Seismic Sounding Profiles	1059
Lateral Variation of the Strength of Lithosphere across the Eastern North China Craton: New Constraints on Lithospheric Disruption	1074
Seismic Structure and Rheology of the Crust under Mainland China	1087
中秦岭北侧特异重力场及其探榷	1116

我国西北地区地壳中的高速夹层

曾融生 滕吉文 關荣举 张家茹

(中国科学院地球物理研究所)

提 要

在我国西北地区的柴达木盆地东部和甘肃地区,在距离炮点40至100公里处,能够接收到不少能量较强的地壳深界面反射波。另外还发现一种与一般反射波性质不同的波,其视速度特大,视速度随距离的变化不大,而且有较明显的终点;其时距曲线与一般深界面反射波的时距曲线相交。根据它的特征可以判断地壳中存在具有速度梯度的高速夹层。求得的夹层参数为:

	甘肃地区	柴达木盆地东部
覆盖层厚度	18.8 公里	30.5 公里
覆盖层平均速度	5.5 公里/秒	5.3 公里/秒
夹层厚度	6.0 公里	3.2 公里
夹层速度	7.5—8.5 公里/秒	7.5—8.0 公里/秒

夹层的上下界面均为强反射面,可以产生多次反射波。分别利用相邻两个反射波可以求得各层参数,并能避免射线折射的影响。甘肃地区和柴达木盆地东部的地壳厚度分别为51和52公里。

地壳中有高速夹层的存在,可以更好地说明 P^* 速度分散的原因,而且也能够解释 Lg 波的传播机制。

一、引 言

利用人工爆炸探测地壳构造时,过去多用首波方法。一方面因为超过一定的接收距离后,首波常出现为初至波,比较容易鉴别;另一方面,根据首波资料可以得到地壳构造的一般轮廓。假设地壳系由均匀厚层介质所组成,首波的视速度也就是地层速度,根据它可以判断地层物质的组成;已知地层速度,从首波时距曲线又可计算地层的厚度。

但是首波方法的缺点也是严重的:由于接收首波的距离较远,所需用的炸药量很大;首波的解释亦有許多限制,它不能判別厚层和薄层,它不能判別地层的速度是否連續变化,它不能发现介质中速度逆轉的現象,而这些問題在詳細研究地壳构造时有十分重要的意义。

在勘探沉积层的含油构造时,鉛直反射波法曾經取得良好效果;但是在探测地壳时,有时接收不到地壳深界面的鉛直反射波,有时虽然得到不少类似深界面鉛直反射波的同相軸,但是它不易連續追踪,因此其性質仍令人怀疑^[1]。

在柴达木盆地西部,接收距离为50—80公里时,我們曾經接收到地壳深界面的反射波^[2] t_M ;以后在柴达木盆地东部以及甘肃地区繼續进行試驗,接收到更多更复杂的地壳深界面反射波。

根据反射波資料，可以較准确地計算地层的厚度和速度。在柴达木盆地东部和甘肃地区，除了接收到深界面的一般反射波外，还发现另外一种特殊的时距曲綫，根据它們的性質以及自它們求得的参数，証明地壳中存在具有速度梯度的高速夹层，厚度仅为数公里，速度高达 7.5—8.5 公里/秒，速度梯度值为 0.17 公里/秒/公里左右。

二、时 距 曲 綫

甘肃地区的观测系統如图 1 所示，实綫为接收地段。炮点 0 的接收距离为 42.6—118.9 公里，炮点 46.9 与炮点 107.9 的接收距离均为 0—61 公里。

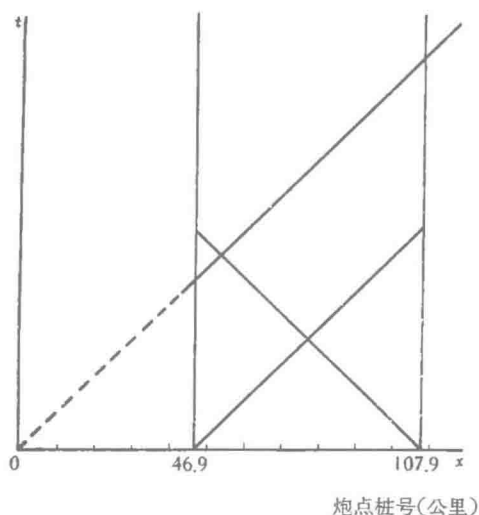


图 1 甘肃地区的观测系統

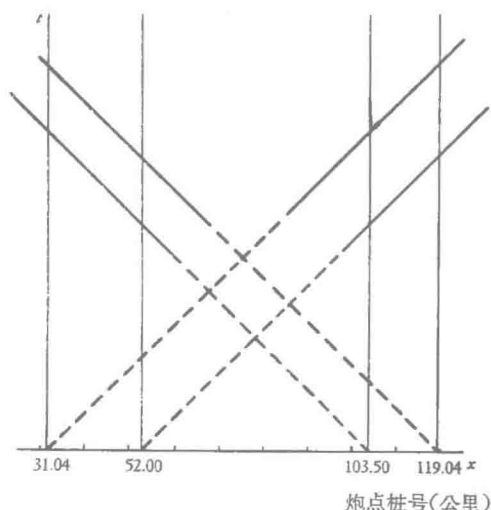


图 3 柴达木盆地东部的观测系統

图 2 为甘肃地区炮点 0 与炮点 46.9 的时距曲綫，因为深界面近于水平，所以可把它們画在一起，以供参考。接收距离 Δ 为 25—30 公里时，出現一組反射波的时距曲綫 t_5^0, t_6^0 等； Δ 更大， t_5^0, t_6^0 等的能量漸弱，易被其它的波所干扰。在 Δ 为 43.0—82.0 公里之間出現 t_6, t_7, t_8, t_9 以及 t_7^0, t_8^0, t_9^0 等波。 t_6, t_7, t_8, t_9 的时距曲綫近似直綫，它們的視速度很高，約为 7.0—8.0 公里/秒。 t_7^0, t_8^0, t_9^0 的时距曲綫向上弯曲，視速度較 t_6 等波为小。在它們后面还可看到視速度較小的 t_{66}^0 和視速度很大的 t_M, t_M 不易連續追踪。

柴达木盆地东部有四个炮点，組成互相追逐和相遇的观测系統，如图 3 所示；接收距离均約为 50—90 公里。图 4 为炮点 119.04 的时距曲綫图。

t_3 和 t_3^0 分别为基岩首波和基岩反射波。在 t_3 后面尚有 $t_4^0, t_5^0, t_6^0, t_7^0, t_8^0, t_9^0$ 等波，它們的时距曲綫形状以及視速度随距离的变化与一般的反射波相符合；另外尚有 t_5, t_7 等波，它們的視速度很高，时距曲綫近似直綫。 t_3 与 t_5^0 在 Δ 为 70 公里附近相交（见图 5）。 t_3 和 t_5^0 在柴达木盆地东部的四个炮点均出現。

图 6 为柴达木盆地东部炮点 119.04 的記錄图， Δ 为 75—90 公里。

由于 t_5^0, t_6^0 等波与 t_5, t_6 等波的性質有明显的差別，我們称前者为 A 类波，后者为 B 类波。

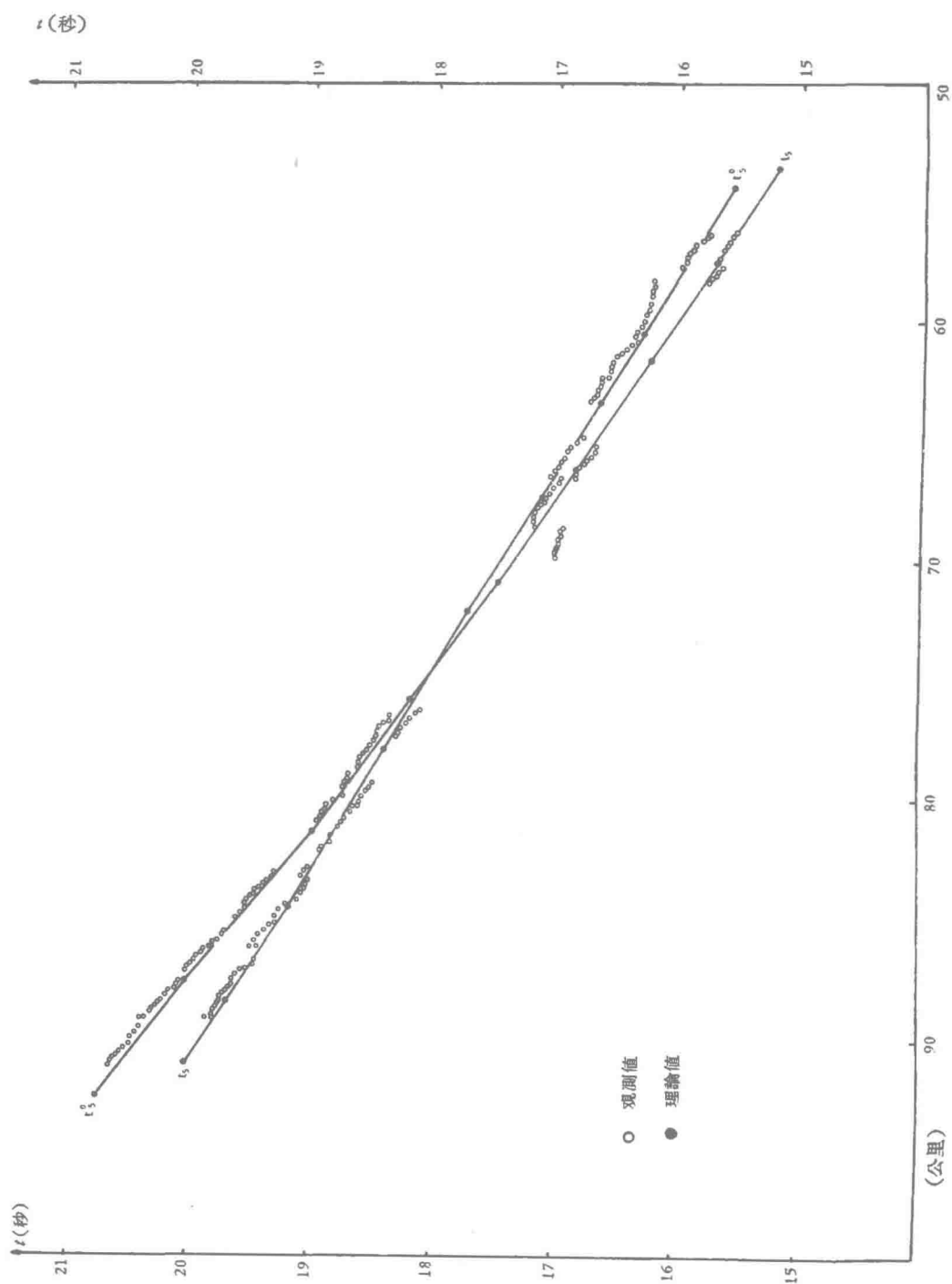


图 5 柴达木盆地东部炮点 119.04 的 t_5 和 t_5^0

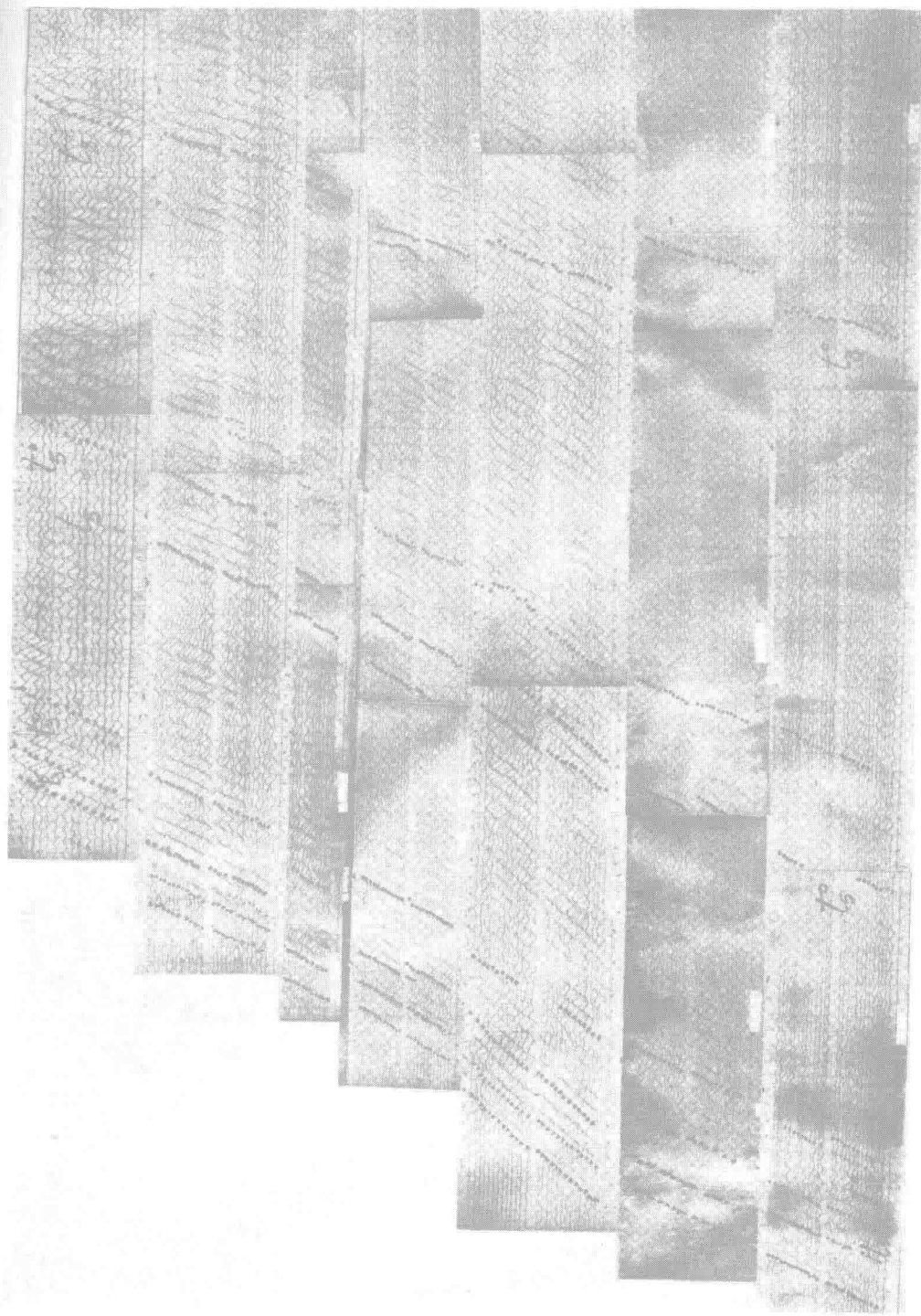


图 6 柴达木盆地东部的地震记录图

三、地壳夹层的性质和参数

B 类波在柴达木盆地东部的四个炮点以及甘肃地区都出现,说明这不是偶然的现象。它们的特点是视速度很高,如图7和图8所示。它们是什么波呢?可能出现的一次波有:

(i) 首波; (ii) 反射波; (iii) 迴折波。

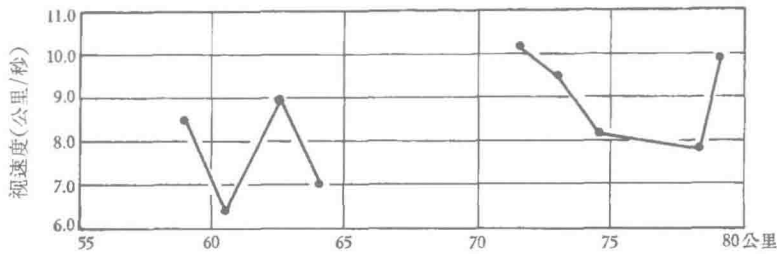


图7 甘肃地区 t_b 波的视速度

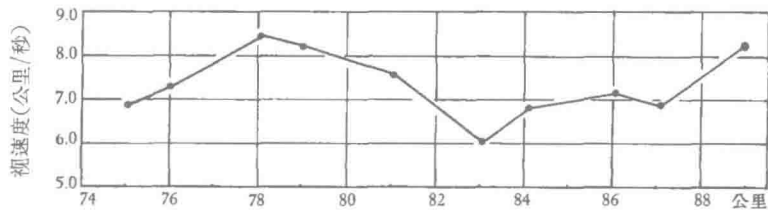


图8 柴达木盆地东部炮点 119.04 的 t_s 波视速度

如果它们是首波,由于其视速度很高,只可能由薄层所产生。地面接收到薄层首波的视速度,可能较薄层介质的速度略低^[3]。如果它们是反射波或迴折波,根据以下计算的结果,它们也是高速薄层所产生的。因此在任何情况下,它们都只能是地壳中高速薄层所产生的波。

在甘肃地区, t_b 为最早出现的 B 类波;在柴达木盆地东部, t_s 为最早出现的 B 类波,因此它们不是多次波。甘肃地区的 t_b 在 Δ 为 57—82 公里的范围内接收到, 82 公里以后不再出现;柴达木盆地东部的 t_s 在 Δ 为 75—90 公里的范围内接收到, Δ 大于 90 公里后,能量突然衰减。因为它们均有较明显的终点,所以可认为它们不是首波或恒速成层介质的反射波,而是由变速介质所产生的反射波或迴折波。

假设在均匀覆盖层的下面有变速层,覆盖层的厚度为 h_1 , 速度为 v_1 ; 变速层的厚度为 h_2 , 速度为 $v = v_2 + a(z - h_1)$, a 为速度梯度值,在 $z = (h_1 + h_2)$ 时, $v = v_3$ 。

如果迴折波是单支的,地面所得的时距曲线如图9所示。曲线1为变速夹层上界面的反射波,曲线2为夹层下界面的反射波,曲线3为变速夹层中的迴折波。迴折波的始点和上界面反射波的临界点相汇合,它的终点和下界面反射波的终点相汇合。曲线2或曲线3的性质和 B 类波相似。

时距曲线的公式可写成参数方程。

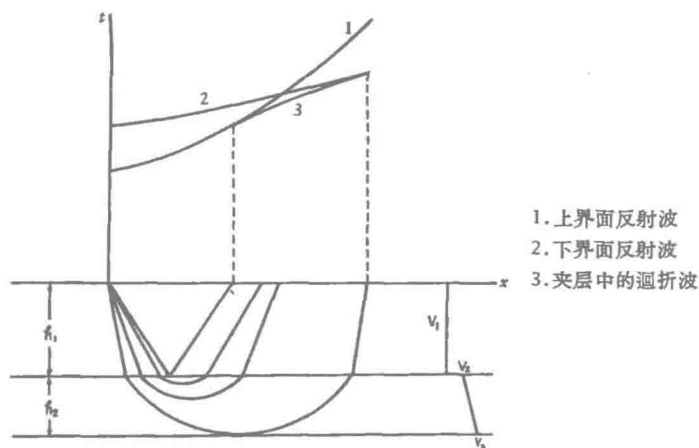


图9 变速夹层的反射波和迴折波

上界面的反射波为：

$$\left. \begin{aligned} x &= 2h_1 \tan i_1, \\ t &= \frac{2h_1}{v_1} \sec i_1. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

变速层中的迴折波为：

$$\left. \begin{aligned} x &= 2h_1 \tan i_1 + \frac{2v_2}{a} \cot i_2, \\ t &= \frac{2h_1}{v_1} \sec i_1 + \frac{2}{a} \sin h^{-1} \cot i_2. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中

$$\left. \begin{aligned} \sin i_1 &= \frac{v_1}{v}, \\ \sin i_2 &= \frac{v_2}{v}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

v 为变速夹层中不同深度的速度值。

下界面的反射波为：

$$\left. \begin{aligned} x &= 2h_1 \tan i_1 + \frac{2}{a} [v_2 \cot i_2 - v_3 \cot i_3], \\ t &= \frac{2h_1}{v_1} \sec i_1 + \frac{2}{a} [\sin h^{-1} \cot i_2 - \sin h^{-1} \cot i_3]. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

其中

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sin i_1}{\sin i_3} &= \frac{v_1}{v_3}, \\ \frac{\sin i_2}{\sin i_3} &= \frac{v_2}{v_3}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

变速夹层中迴折波的时距曲线可能是单支的，也可能是三支的，视地层的参数而定。

将(2)式的 x 对 v 求微分, 便得

$$\frac{dx}{dv} = -\frac{2h_1v_1v}{(v^2 - v_1^2)^{3/2}} + \frac{2v}{a} \frac{1}{(v^2 - v_2^2)^{1/2}} \quad (6)$$

$\frac{dx}{dv} > 0$, 表示随着变速夹层中速度的增加, 时距曲线是前进的; $\frac{dx}{dv} < 0$, 表示时距曲线是逆进的。前者的视速度随 Δ 的增大而增大, 后者的视速度随 Δ 的增大而减小。 v 值自 v_2 开始, 逐渐增大至无穷, (6) 式右边的第一项自有限负值变至零, 第二项自 ∞ 变至 $+\frac{2}{a}$ 。

如果 ah_1 够小, 第一项的绝对值总比第二项小, $\frac{dx}{dv}$ 总是正值, 时距曲线是单支的。如果 ah_1 够大, (6) 式右边第一项的绝对值可以比第二项大, $\frac{dx}{dv}$ 有两次过零, 时距曲线是三支的。

变速夹层下界面的反射波, 其视速度随 Δ 的增大而减小, 迴折波的视速度可随 Δ 的增大而增大或减小, 视迴折波时距曲线是前进的或逆进的而定。要想根据时距曲线的形状和视速度的特征, 来鉴别变速夹层下界面的反射波或夹层中的迴折波, 是比较困难的。

在甘肃地区, 我们分别把 t_6 当作夹层下界面反射波和迴折波来计算其相应的迴折波和反射波。计算结果表明, 夹层下界面反射波和迴折波的时距曲线很靠近, 因此它们有可能互相干涉。但是记录中有不少较强的波, 它们均属于夹层上下界面的多次反射波, 而多次迴折波则很少见, 因此可以认为夹层下界面反射波的能量应较迴折波为强, t_6 的主要成分应为夹层下界面的反射波。

要计算变速层中的参数, 应先决定上界面的参数。在甘肃地区, Δ 为 30 公里范围处, 在 t_6^0 前后还有几个波(见图 2), 其时距曲线均可能和 t_6 相交。根据夹层上下界面的多次反射波能量很强的现象, 可以说明夹层上界面亦为很好的反射面。图 2 中的 t_{66}^0 为多次波, 与它相应的一次波时距曲线和 t_6^0 完全符合, 因此可认为 t_6^0 是夹层上界面的反射波。计算所得 t_6^0 的界面深度和覆盖层平均速度分别为

$$h_1 = 18.8 \text{ 公里,}$$

$$v_1 = 5.46 \text{ 公里/秒,}$$

用此数据, 选择最适当的 v_2, v_3 和 h_2 , 使变速层下界面的反射波时距曲线与 t_6 最相符合(见图 10), 这样求得的变速夹层参数为

$$v_2 = 7.5 \text{ 公里/秒,}$$

$$v_3 = 8.5 \text{ 公里/秒,}$$

$$h_2 = 6.0 \text{ 公里,}$$

变速层的速度梯度为 $a = \frac{v_3 - v_2}{h_2} = 0.167 \text{ 公里/秒/公里,}$

根据同样理由, 柴达木盆地东部的 t_5 应为变速夹层下界面的反射波(见图 4); t_5 和夹层上界面反射波 t_5^0 相交的现象更为明显, 求出的地层参数为

$$h_1 = 30.5 \text{ 公里,}$$

$$v_1 = 5.3 \text{ 公里/秒,}$$

$$v_2 = 7.5 \text{ 公里/秒,}$$

$$v_3 = 8.0 \text{ 公里/秒,}$$

$$h_2 = 3.2 \text{ 公里,}$$

$$a = 0.156 \text{ 公里/秒/公里.}$$

图 5 为 t_5 与 t_5^0 的理论时距曲线与观测值。

四、深界面的反射波和多次波

在甘肃地区, 夹层上界面反射波 t_6^0 的前面还有反射波 t_5^0 等(见图 2), 夹层下界面反射波 t_6 的后面还有反射波 t_7^0, t_8^0, t_9^0 等, 其中 t_9^0 的能量最强。它们的性质都和反射波相符合。夹层以下界面的反射波因受高速夹层的影响, 其视速度较夹层以上界面的反射波有显著的增大。

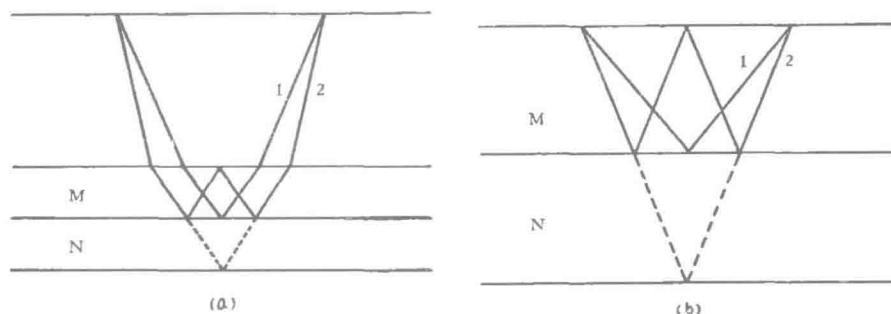


图 11 多次波的射线路程

鉴别一次或多次的反射波系根据能量和走时两个标志。多次波的能量通常比一次波弱。另外, 我们利用两个反射波的时差来计算地层参数。在多次波情况下(图 11a, b), 用 2 和 1 的时差所求得地层 N 的厚度和速度应和 M 层的参数相同。如果不同, 就可认为 2 不是 1 的多次波。

图 2 中 t_M 的视速度很大, 但是由于干扰背景较大, 不易连续对比, 因此它的时距曲线不够可靠。根据 t_M 求得的界面深度和天然地震面波所求得的地壳厚度相似^[4], 故认为 t_M 是莫霍界面的反射波。

在柴达木盆地, 基岩的埋藏很深。由于基岩面曾经受到剧烈的地质作用, 基岩波具有和沉积岩波不同的特征。在盆地中不仅得到基岩首波 t_3 , 而且得到基岩反射波 t_3^0 。

在 t_3^0 的后面还有 $t_4^0, t_5^0, t_6^0, t_7^0, t_8^0, t_9^0$ 等波, 其中 t_8^0 的能量最强。它们的性质和反射波相符合。除 t_7^0 可能为多次波外, 其它皆为一次反射波。

由于 t_8^0 的能量最强, 它的到时与柴达木盆地西部的 t_M 几乎相同, 而且根据 t_9^0 与 t_8^0 求得 t_8^0 以下地层的速度为 8.1 公里/秒, 因此认为 t_8^0 是莫霍界面的反射波。

由于夹层上下界面的速度变化都很尖锐, 可以预料在上下界面可能产生多次反射波(见图 12b); 同时由于夹层中有速度梯度存在, 也可能产生很强的多次迴折波(见图 12a)。多次反射波和多次迴折波的时距曲线有很大差别。自甘肃地区和柴达木盆地东部的时距曲线看来, 多次波的类型主要是多次反射波, 而不是多次迴折波。

在甘肃地区, 利用变速夹层的参数计算其二次、三次和四次的多次反射波时距曲线,

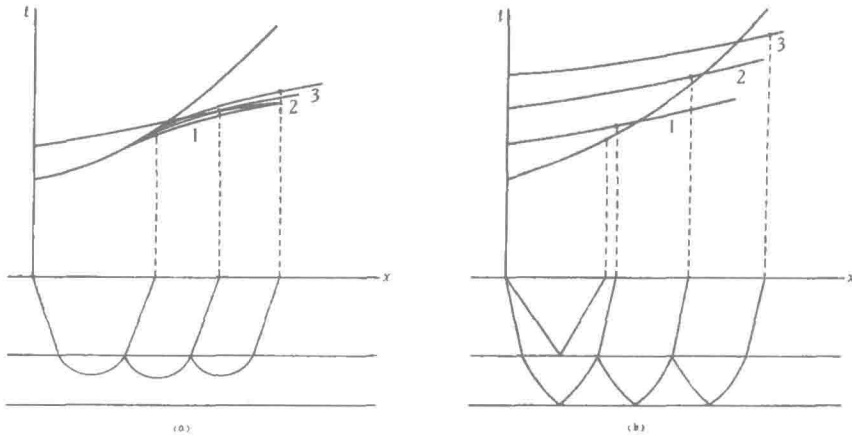


图 12 不同类型的多次波
(a) 多次折射波 (b) 多次反射波

它們和观测的 B 类波 t_7, t_8, t_9 符合得很好 (见图 2)。这样也就可以証明上面所选择的夹层参数是正确的。

根据走时可以証明 t_{66}^0 为夹层上界面与地面間的二次反射波。

夹层下界面也是很好的反射面，它也应很容易产生和地面間的二次反射波。根据計算，它的时距曲线与 t_M 很靠近，对 t_M 的干扰可能很大。

在柴达木盆地东部，夹层上下界面的多次反射波也可能存在。

五、地壳中速度的分布

利用首波資料求得的是界面速度，可能不是层速度。利用反射波資料可以求得覆盖层的厚度和平均速度。根据两个不同界面反射波求得的参数，可以計算两界面間的厚度和速度。在多层介质中，由于界面上产生折射，特別在有速度梯度的高速夹层中，射綫的弯曲較大，影响速度計算的准确性。为了避免这种誤差，我們采用相邻两个反射波的时差 Δt 来求它們之間地层的厚度和速度。选择最佳参数，使計算的 Δt 曲线与观测值最相符合。反射波在不同地层中的走时 t 和偏移 x 可分別用恆速或变速的参数方程 (1—5) 求出。这样求得的结果比較准确。

利用上述方法求得甘肃地区和柴达木盆地东部的地层参数分別見表 1，表 2 以及图 13，图 14。

在甘肃地区，高速夹层以上和夹层以下的地层速度皆为 6.0—6.2 公里/秒。在莫霍界面以上 15—17 公里，地层的速度才增大至 6.3—6.8 公里/秒。由于 t_M 的时距曲线不够准确，所以 t_M 至 t_9^0 間的参数可能有两个选择。甘肃地区的地壳厚度为 50—52 公里。

在柴达木盆地东部，高速夹层以上地层的速度为 5.5—5.6 公里/秒，夹层以下介质的速度为 5.8 公里/秒。在莫霍界面以上 8—15 公里，地层的速度突然增大至 7.7—8.0 公里/秒。如果 t_7^0 不是多次波，利用 $t_7^0 \sim t_6^0$ 和 $t_8^0 \sim t_7^0$ 可以計算两层的参数；如果 t_7^0 是多次波，利用 $t_8^0 \sim t_6^0$ 只計算一层的参数。地壳的总厚度为 51—53 公里。