

苏联弱震区深部结构

〔苏〕Ю.К.舒金 B.H. 谢莫夫 等著

林中洋 张魁林 译 高文学 校



新华书店

地震出版社

PDG

地震学联合科学基金会资助出版

苏联弱震区深部结构

〔苏〕Ю.К.舒金 B.H.谢莫夫 等著

林中洋 张魁林 译 高文学 校

地震出版社

内 容 提 要

本书描述了苏联地台区范围内地质-地球物理综合研究结果,说明沉积盖层、固结地壳、上地幔的大型不均匀性在不同程度上控制着弱震现象,叙述了地球动力活动性的填图方法以及利用综合资料定量评价地震危险性方法。

本书可供从事地震区划的地球物理和地质工作者参阅。

Глубинное строение
слабосейсмичных регионов СССР
МОСКВА "НАУКА" 1987

苏联弱震区深部结构

[苏] Ю. К. 舒金 В. Н. 谢莫夫 等著

林中洋 张魁林 译 高文学 校

地质出版社 出版

北京民族学院南路9号

中国空间技术研究院印刷厂印刷

新华书店首都发行所发行

787×1092 1/16 12.25 印张 305 千字
1990年11月第一版 1990年11月第一次印刷
印数0001—1000

ISBN 7-5028-0366-1/P.238

(786) 定价 8.00 元

序

地震是一种自然现象，它可以在瞬间内给人类造成极其严重的灾难。自60年代以来，世界上主要多震国家，如苏联、美国、日本和中国，都在努力探索预报地震的途径。但是，迄今距离科学预报的目的甚远，这不仅出自科学技术上的困难，还因为地震事件本身具有一定的随机性，难以寻其共同规律。

我国是一个多地震的国家，自1966年邢台地震迄今已相继发生过20余次7级以上地震，给我国人民造成了极其严重的损失。随着我国国民经济体制的改革，一个国民经济建设的高潮正在兴起，大量交通枢纽、重要港口与大型建筑工程的建设正在向地震工作者提出越来越迫切的要求。因此，摆在我国地震工作者面前的重大课题，不仅仅是探索观测现象与地震之间的对应关系，更重要的是要从地震是“随机过程”这一基本观点出发，探索具有一定物理基础的概率预报途径。目前多数地震学者认为，地震的孕育与发生是一个力学过程的表现，即地震活动性是地球动力学发展机制不同地区内非均匀介质群体运动的反映，这一过程必然会以地壳和上地幔的地质结构为基础，使各类地球物理场的特征发生变化。因此探索地球深部各类地球物理场变化与地球动力源过程的关系是对未来强震发生作出概率期望值预报的最优化途径。我国的地震工作者对强震危险性的长期预报已经作出了一定贡献，但是所获经验尚未完全建立在充分的物理基础之上，有待今后进一步深入与完善。

本书系苏联地震工作者多年之研究结果。他们根据地壳和上地幔的已有地质和地球物理资料对苏联境内地壳结构进行了有科学依据的区划，给出了对应不同地质构造单元的地球物理场特征，建立了地震区与危险区各种地球物理场参数之间的相关关系，讨论了如何将岩石圈吸收性质的资料运用于地球动力学的编图问题，论述了区域地球动力学、区域性断裂作用和中、弱地震活动区地震危险性的长期预报问题以及有关如何对地质、地球物理资料进行处理的方法等问题。尽管这些方法与结果尚具有探索性质，但是对我国从事长期地震预报和地壳结构研究的地震工作者都具有一定的参考价值。

本书所研究的结果具有世界范围的重要性和应用性，深信它将为各国科学家间的交流作出贡献。

高 文 学

绪 言

本书的主要任务在于使读者注意尚未研究的地质-地球物理和天然地震资料的分析与综合的问题,以及注意苏联境内弱活动区和弱震区的介质动力学问题,属于这种地区的首先是地台区和过去的构造活动区(乌拉尔)。

在CP-78图上5—6度区的广泛分布、能量异常的($M \geq 7$)1976年和1984年加兹利地震系列、1977年罗马尼亚符兰契地区深源地震的全球宏观效应、1976和1986年爱沙尼亚的波罗的海沿岸地震、在斯基夫和图兰地台的造山区附近及苏联南部内海、贝加尔—黑龙江铁路干线地区的东部、在苏联北极陆棚范围内等许多其它地震事件,都促使人们重新考虑现存的关于弱活动区安全的假设,并探讨对这些地区的结构、动力学和地震活动性——当代地质构造活动的显示——的长期研究计划。

不久前还曾认为是弱活动区的图兰地台地区已经进入了新的强地震活动区行列。

在着手研究由深部隐蔽式的不出露地表的狭长坚实条带引起的微弱地球物理异常时,作者清楚地看到这一课题的复杂性,其解暂时也只能是近似的,因为研究这种异常和构造的方法需要更高的详细程度和精度,而有关微弱地震活动地区的报道却非常少。但是,这些问题又必须解决。

问题的实际意义非常明显:大面积上大规模建筑的发展、长途运输干线的布设(贝黑干线)、原子电站网的建立等大部分都在地台区。这里不仅需要对该区域和局部状况进行综合的地质-地球物理研究,而且也需要对其进行工程地质、地形和地貌分析。研究缓慢过程(蠕动)和快速过程(地震)的现代地球动力学及预报其后果皆具有特殊意义。

在国外的科学文献中,有关弱活动区地震活动性的问题,特别是那些与岩石圈板块构造概念有关的问题讨论得非常认真细致。

在国内文献中,《弱地震活动带地震活动性研究(中巴库)》文集中Н.В.Шебакин的文章(1983年)就很出色。作者在文中正确地指出:“国外文献的特点通常是研究地震危险性构造的水平很高,同时为了预测地震危险性,对已知地震事件的重要性在一定程度上评价过高,与此同时又不够重视地质和地球物理方法在确定未知潜在震源所在地中的作用”。也注意到,在没有强震的情况下,大震级远震引起的震动也可对评价地震危险性提供重要资料(例如,在苏联东欧地台范围内的震动就是来自喀尔巴阡罗马尼亚部分的符兰契震源区),有关地壳和上地幔深部构造的资料在预报主要异常震动带中就具有重要作用。

在本书内,作者在掌握了综合资料后,首先将注意力集中到深部的不均匀性、产生地震活动的现象和过程,以及被一些学者称为板内空间的地台、稳定的边缘、内海等广大地区的现代地球动力学的其它现象。

岩石圈板内构造问题目前研究得较少,并且,岩石圈的演化显然也是在板块范围内进行的。地震活动带分布的地理位置直接影响着岩石圈板内断裂的形成和沿断面的移动。板内构造的另一标志是岩石圈在同一板块内的厚度差异很大(软流圈上界面的深度亦然)〔Уша-

ков, Галушкин, 1979]。

应该注意到,近几年来地球物理和地质科学经历了一个传统概念与观点的极大转变阶段。地球科学从对孤立地区(具有特殊结构的地区)的研究转变为弄清包含有不同尺度地质构造在内的广大地区的结构及其发展的规律性,即转向全球范围结构的研究。

所获结果中,有许多是未曾预料到的。首先是地壳和地幔,特别是地幔上部的结构很复杂。在不同深度的介质中,构造与动力学不均匀性之间的相互关系极其复杂,而它们与近地表地质建造间的关系目前尚未解决。从超越区域性范围的地球动力学概念的角度出发,造山带和地台均属于大尺度不均匀介质能量相互作用的同一系统。转入以深部地球动力学为基础编制新一代构造图的时机已到。

要根据地球动力的活动程度对全国与各个地区作出区划,这不可避免地会促使人们对孕震区一系列传统论点作出重新考虑。前面已经讨论过的这类论点变化之一是:国内地台并不像以前认为的那样,是无震区。

因此允许这样一种正确的设想[Щебакин, 1983]“有两种极端类型的弱活动地区:地震‘幼年’区和地震‘衰老’区(当然不能排除第三种平淡型——地震萧条区的存在)。确定研究地区属于哪一种类型十分重要,为了解决这个问题,地质、地貌、地震勘探和天然地震资料的符合程度起着重要的作用”。

还应该假设,引起弱活动区(例如地台型的地区)地震活动性增强的因素是:第一,极深部大规模演变过程与不均匀体的作用,这里不存在空间-成因的关系(因-果关系),并且通常发现地壳顶部的脆性形变与板内岩石圈的变化之间存在着间接的联系;第二,弱活动区的地震活动性实质上是其毗邻造山区积极储能过程的一个反映,在这种情况下,地震活动性是地球动力学发展机制不同的地区内非均匀介质群体运动的反映。

总结上述可以断言:在研究的课题内,问题多于答案,也就是说,今后将会出现难以预料的结果。

本书由两部分组成。第一部分包括苏联境内地壳与上地幔结构的已有资料,实际上重点放在地台区地质-地球物理资料解释的结果上,包括弹性波、重力和地磁场的大规模不均匀性等章节。讨论了将岩石圈吸收性质的资料用于地球动力学编图的问题。

书的第二部分论述区域地球动力学、区域性断裂作用(理解为固结地壳的破碎程度)、地台区的动力学和弱地震活动性等一般问题。有专门一节叙述在中、弱地震活动区内,运用地质-地球物理资料对地震危险性进行长期预报的定量处理方法。对讨论与大型不均匀性的群体相互作用及其能量填充有关问题的新解法作了尝试。一系列这类问题均具有探索性质,而对作者作出的结论不能追求其绝对正确性。

与这些作者过去集体编写的著作[Исследования ..., 1984]一样,本书是为从事地震活动区和无震区深部结构研究的广大专业人员编写的。

作者对为编绘综合图和深部结构示意图提供资料的同事们以及在编制大量图件中付出劳动的Л.И.Кудимова表示感谢。

目 录

序

绪 言 (Ю.К.Шукит)

第一编 地壳和上地幔的深部结构..... (1)

第一章 用人工地震和天然地震方法对地壳和

上地幔的研究程度..... (2)

1. 地壳和上地幔的研究方法 (М.И.Разинкова) (2)

2. 地壳和上地幔研究方法的发展 (Г.В.Краснопевцева) (4)

3. 大地电磁测深法对地壳和上地幔的研究程度 (Е.К.Дерлятко) (6)

第二章 地壳沉积层的深部结构 (В.Н.Семов) (8)

第三章 地壳固结部分的深部结构..... (13)

1. 固结地壳结构模型的选择 (Г.В.Краснопевцева, М.И.Разинкова
В.Н.Семов) (13)

2. 地壳成层性的分析结果 (В.Н.Семов) (15)

3. 地壳为三层模型时地震波穿过的厚度与速度的综合特征 (Г.В.Красно-
певцева) (20)

4. 地壳中的低速层(波导层)(Г.В.Краснопевцева)..... (24)

5. 地壳中的高速层 (Г.В.Краснопевцева) (35)

6. 地壳的地电模型 (以东西伯利亚为例) (Е.К.Дерлятко) (43)

7. 根据地震资料区划地壳的固结部分 (Б.В.Ермаков) (47)

第四章 莫霍界面的结构及物理性质的特征和地壳固结部

分的厚度..... (51)

1. 莫霍界面的地震特征 (Г.В.Краснопевцева) (51)

2. 莫霍界面速度的变化 (В.Н.Семов, М.И.Разинкова) (53)

3. 莫霍界面结构和形状的规律性 (В.Н.Семов) (55)

4. 地壳固结部分厚度的变化规律 (В.Н.Семов)	(61)
5. 根据地质大断面得到的地壳和上地幔的特征 (М.И.Разинкова)	(65)
第五章 上地幔速度结构的基本特征	(70)
1. 上地幔的研究 (В.З.Рябой)	(70)
2. 地幔的纵波走时及其解释 (В.З.Рябой, Ю.А.Бурмаков, С.В.Потальев, Л.Н.Никитина)	(71)
3. 上地幔的速度不均匀性 (В.З.Рябой, Ю.А.Бурмаков, С.В.Потальев, Л.Н.Никитина)	(75)
4. 上地幔速度不均匀性与某些地质-地球物理资料的关系 (В.З.Рябой, Л.Н.Никитина)	(80)
5. 上地幔水平速度不均匀性的性质 (В.З.Рябой)	(84)
第六章 根据短周期横波吸收资料获得的上地幔水平不均匀 性 (Ю.Ф.Копничев)	(92)
第七章 区域磁异常性质的研究 (Р.Т.Васильев, И.П. Жеребченко, Д.А.Жеребченко)	(97)
第八章 根据卫星方法测量的重力场得到的上地幔密度不均 匀性 (Ю.А.Тараканов, Н.Ш.Камбаров, В. А.Приходько)	(103)
第二编 地球动力学和地震活动性	(110)
第一章 深部结构与地球动力学 (Б.В.Ермаков, В.Н. Семов, Ю.К.Шукин)	(111)
第二章 断裂网的演化与地球动力学 (Б.В.Ермаков)	(116)
1. 断裂与地球动力学过程	(116)
2. 断裂的年代特征	(116)
3. 苏联境内断裂演化的特点	(117)
4. 苏联境内古地球动力学的某些特点	(125)

第三章 东欧地台地壳剖面异常结构的区域地球动力学

前提 (以科拉半岛及其毗邻地区为例)(Ю.К.

Шукин) (128)

1. 地震活动性与现代地壳运动 (128)

2. 地壳剖面构造的分层性 (130)

3. 地壳水平运动的标志 (135)

4. 地壳的应力状况 (137)

5. 局部应力场 (根据在钻井中的仪器观测资料) (138)

第四章 在不同地震地质条件下根据长期观测结果确定的地

震转换波 (Е.Д.Казаченко, О.Г.Попова, Т.

М.Пинькова) (141)

第五章 东欧地台北部的地震活动性及其与地壳结构的关

系 (И.В.Ананьин) (146)

第六章 根据地质-地球物理综合资料对地震危险性的定量

评价 (Д.Б.Фирсова, Л.В.Ивановская, Ю.

К.Шукин) (153)

1. 定量评价方法的研究 (153)

2. 方法的物理地质及数学原理 (154)

3. 检索程序的一般特征 (155)

4. 预报图的绘制与解释 (156)

5. 具有不同地球动力状况的地震区的地球物理标志 (165)

第七章 现代地球动力学过程和弱活动区的地震活动性 (Ю.

К.Шукин) (169)

结束语 (Ю.К.Шукин) (175)

参考文献 (176)

第 一 篇

地壳和上地幔的深部结构

现阶段在编制苏联境内地壳和上地幔结构的地质-地球物理资料方面具有一系列特点,这些特点对于所开展的综合研究留下了深刻的印象。其中包括:大量的实际资料,首先是人工地震和天然地震的资料;向复杂介质结构模型的转变;深部结构研究成果的明显实际出路,一方面为超深钻井的定位打好基础,另一方面寻找深部构造与有用矿床分布的关系以及探索与像天然地震这样可怕的自然现象的关系。

现在,深部研究的重要意义的增长,使得在 60 年代对其适宜性所持的疑点,当今已难以成立。

如果不周期性地综合所搜集的资料,严格地审查所进行的研究,并在此基础上选择今后有前途和重要的工作方向,就不可能在整个苏联领土内及构成其大部分地区的弱震区的深部结构研究中取得成就。这种总结的基础首先是评价研究程度,统一所搜集的全部实际资料。依据地质空间的组构原理(由 Ю.А.Косыгин 及其学生发展而来),深部结构的特点分别按地球上部的最大圈层——沉积层、地壳的固结部分和上地幔来描述。

第一章 用人工地震和天然地震的方法 对地壳和上地幔的研究程度

1. 地壳和上地幔的研究方法

当前深地震测深 (ГСЗ) 是研究地壳和上地幔深部结构的主要方法。在大陆上广泛应用的类型是连续与分段连续的剖面测量、面积研究和点测深。后者主要用于海洋的深地震测深观测以及难以到达的东、西西伯利亚和远东地区。在这些地区 (指被森林、沼泽覆盖的地带和山区) 利用通常的连续剖面观测方法显然是不合适的。在研究出点测深任意 (分散) 系统的方法以后 [Пузырев и др., 1965] 才有可能对西伯利亚和贝加尔裂谷带进行区域地震研究。方法的基础是在事先选择好的炮检距离上独立对比与基准界面有关的弹性波。在进行详细的地震研究时, 连续剖面测量, 即如果利用相遇和追逐的走时曲线系统, 能以足够的精度研究地壳的细结构及其主要的不均匀性, 那么利用简易系统时, 即分散的点测深和孤立的观测, 将得到不太详细的信息, 而且这里将由观测波的时间场来取代走时曲线。

在东、西西伯利亚的广大土地上, 从70年代开始沿很长的测线 (>2500—3500 公里) 利用大爆破进行了深部研究 (ГСЗ)。联合使用不同类型的震动源, 记录位移的三个分量 (纵波、横波和转换波), 然后在电子计算机上处理地震波场, 即使在观测点之间的距离相当大时, 也可以大大提高信息的精度和详细程度。

因此, 如果说在苏联欧洲部分和中亚各共和国的领土上应用的主要是连续和分段连续的剖面测量方法, 那么在东、西西伯利亚地区、沿海地区和贝加尔裂谷带则应用的是详细程度较差的点测深 (分离的) 系统。

应该指出, 各个不同地区所用观测方法的形式, 是根据该地区的自然地理特点和地震地质条件, 能够保证足够有效地获得有关深部结构的地震信息。

作为深地震测深方法的补充, 70年代开始发展适用于解决构造地质问题的天然地震方法的研究。完善了用“地球”型 (Земля)、 “森林”型 (Тайга) 和“玳瑁”型 (Черепаха) 仪器记录远近地震转换波 (МОВЗ) 的仪器和方法。在贝加尔裂谷带 (БРЗ) 和西伯利亚地台等地区用深地震测深法和转换波法完成了少量的面积测量。此外, 作为补充信息, 利用工业大爆破和露天矿爆破的记录资料确定了孤立点处莫霍界面的埋藏深度。

在苏联的欧洲部分, 在较长的测线上完成了对比折射法 (КМПВ) 的研究, 记录了初至波, 其走时曲线延伸得很长 (达 170 公里)。

在 И. С. Волюновский [1973] 的著作中分析了有效的观测系统, 并且指出 “从地震记录 ‘耗资’ 的意义上说, 海上的点测深和陆地上分散测深法最为有利, 而效益最低的是 ‘连续剖面测量’”。当然, 这是一种形式上的评价, 因为 “连续剖面测量观测系统的超工作量……可以被资料的可靠性和取得有关介质构造不均匀性资料的可能性所抵消, 而这种可能性并非总能用简化的观测系统所获得”。

以研究苏联领土上地壳和上地幔深部结构为目的,在总结人工地震和天然地震资料的阶段,编制了苏联境内运用天然地震方法的研究程度图。介绍的图件具有不同的密度、详细程度和观测深度等特征,其中包括不同的深地震测深方法的结果(列入图1)。

根据对研究图的分析,有可能提出进一步进行研究的建议。在尚未研究过的地区,为了取得广大地区地壳结构的一般信息,必须首先采用分离和点测深型的简化观测系统。进一步分析所获资料,就可以设计区域研究和取得地壳构造的立体模型。

2. 地壳和上地幔研究方法的发展

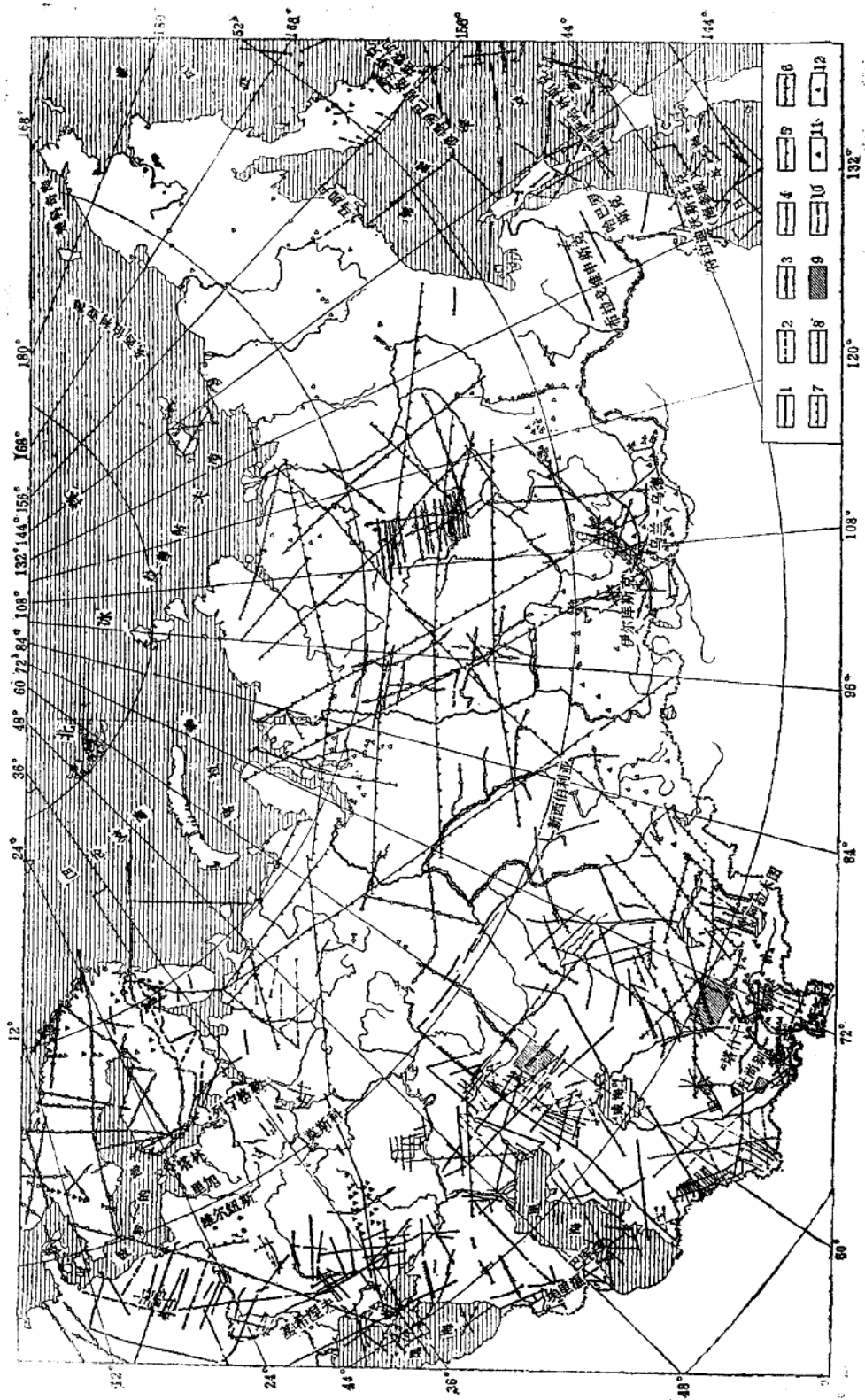
从最后一次汇总在苏联境内完成的深地震研究资料以来〔И.С.Вольвовский, Б.С.Вольвовский, 1975〕已过去10年。在此期间内,在西伯利亚、哈萨克和其它广大地区又进行了地震研究,而且地壳和上地幔的地震探测方法皆发生了实质性的变化。区域地震研究的测线位置图(见图1)给出了1983年苏联领土上深部结构研究的概貌。与1972年相比,目前在乌拉尔、西、东西伯利亚和哈萨克完成了大量剖面观测;在乌克兰、苏联欧洲的西北部分、里海沿岸、贝加尔湖沿岸、勘察加和雅库特都大大增加了这类观测的工作量。近几年来无容置疑的成就是完成了沿基涅什马—沃尔库塔和黑海—波罗的海一线穿过东欧地台的两条区域性断面。

因此,目前已有一条或数条地震剖面穿过了所有苏联境内的最大构造。与此同时,还有不少国土仍是“白点”。这首先是苏联东北地区、阿尔泰、苏联欧洲部分的中心地区,白俄罗斯和波罗的海沿岸地区。北冰洋陆棚区,特别是其欧洲部分和东北地区,里海北部研究得更少。

对地球构造的研究可以划分为几个阶段:路线普查探测、区域测量和局部测量。路线普查阶段主要确定介质的粗略参数(地壳厚度、地壳平均速度和可能的分层)。在进行过普查阶段的地区,天然地震法(转换波法、剖面天然地震法)和区域性方法(对比折射法)应用较为普遍。在这里可以取得未确定地层和界面速度参数的构造模型或是取得一条标准地震波走时曲线的资料(长180—200公里)。获得低质量地震资料的地区就属此类。季马诺—伯朝拉、塔吉克、吉尔吉斯等地区也可列入普查阶段。

局部探测阶段的研究目的是取得地壳足够详细的速度和构造剖面图,发现块体构造横向和纵向的局部不均匀性。在此阶段必须开展深地震测深法的连续剖面测量。苏联南部的许多研究地区正处于局部测量阶段。这一阶段的特点是共深点法(ОГТ)、转换波—深地震测深法(МОВЗ-ГСЗ)的应用较为普遍,并依靠这些方法来发现介质的细微特征,其中包括裂隙性、分层性和各种不同类型的包体。苏联领土内目前详细研究过的地区尚不多(科拉半岛、乌克兰、中乌拉尔等)。

从所获结果的角度来看,分析用地震方法对苏联国土的研究状况,可以指出,其中大部分地区已经完成普查研究阶段,发现了地壳和上地幔的巨大不均匀性,获得了它们的平均速度模型。地壳和上地幔较详细的研究方法发展不太平衡。例如乌克兰,在研究系统较密的情况下,地壳上部的研究详细程度明显地超过莫霍界面资料的详细程度和可靠性;在苏联南部地震危险带的某些地段虽已开始动态性的地震研究(透视),但是与此同时,甚至连其区域性特征也未研究(如土库曼、塔吉克)。在50—60年代,由于当时在实践中引入了深地震



测深的连续剖面测量 (Ю.Н.Годин), 使深部地震研究水平从本质上有显著提高后, 接近70年代时, 这些工作又陡然下降。只有在个别地区才进行深地震深测工作, 而深部研究方法走上了简易观测系统的道路 (在此转换波法的发展起了不小的作用)。可以列出深部地震研究效果下降的某些原因, 除去方法 (观测系统) 的倒退之外, 还有: ①减少了详细和连续深地震测深的工作量; ②仪器的老化; ③各种方法的基础理论发展缓慢; ④分析解释方法发展落后; 缺少优越的系统的处理程序, 几乎完全没有对地震波动力学特征的分析解释等; ⑤分析波场不够充分, 除纵波外, 其它类型的波种很少介入分析; ⑥缺少三维探测方法。

现在, 苏联的地壳和上地幔地震研究已经进入了一个新的阶段 [Козловский, 1982]。1990年之前, 在苏联领土上必须完成测线骨架系统 (普查型和区域型的), 依靠该系统将计划中的和正在钻探中的超深钻地区连结起来。在已有这种系统的地区将进行中规模的和详细的观测。在准备打超深钻的地区和在地震危险带进行介质细微的不均匀性研究时, 需要特殊的方法。

3. 大地电磁测深法对地壳和上地幔的研究程度

众所周知, 大地电磁测深法 (MTЗ), 作为区域地电的主要方法, 其研究深度在很大程度上取决于岩层的电阻。自然电磁场的有效穿透深度 (或是肤层的厚度, 在肤层内波的振幅衰减到 e 倍) 由公式 $b = \sqrt{10\rho T/2\pi}$ 决定, 式中 ρ 为地层的电阻率, T 为 MT 场的变化周期。

地壳上部的电阻率值主要取决于低电阻率沉积层的存在与否。因此, 在沉积层发育的地区 (地坪和造山盆地) 利用 MTЗ 方法的现有仪器系列来研究地壳深部的电性参数是不可能的。由此可见, 这种情况下的决定因素是沉积层纵向电导率之和 S 。实践表明, 如果沉积层的 S 值不超过 200 西门子, 就能发现地壳中、下部的异常。为此目的, MTЗ 方法只适用于少数地区 (图2)。只在波罗的海地盾、在俄罗斯地坪范围内、在喀尔巴阡、克里木、亚美尼亚、天山的部分地区、中亚、堪察加和库页岛地区进行过地壳研究。

作者以所搜集到的 М.Н.Бердичевский, Л.Л.Ваньян, М.С.Жданов, В.И.Дмитриев, М.Д.Басов, Ю.Ф.Мороз, В.Н.Никифоров 公布的文献资料为上图的基础。除东欧地台外, 作者在全部指出的地区内划分出10—30公里深的异常导电层。看来该层具有苏联境内全部构造活动区所共有的特点: 年轻褶皱构造 (克里木、高加索)、最新活动区 (贝加尔裂谷带)、现代火山活动带 (堪察加)、从亚洲大陆向太平洋的过渡地区 (库页岛)。

图1 用各种地震方法对苏联境内地壳和上地幔的研究情况图

1 为深地震测深连续剖面测量法; 2 为深地震测深分段连续剖面测量法; 3 为陆上深地震测深点测深法; 4 为海上深地震测深点测深法; 5 为利用大爆破的深地震测深法; 6 为利用大爆破的转换波测深法; 7 为天然地震转换波测深法; 8 为转换波剖面观测法; 9 为转换波二维 (面积) 观测法; 10 为具走时曲线长达 80—100 公里的对比折射法; 11 为以工业爆破的记录资料确定 M 面埋藏深度的单点测定法; 12 为利用天然地震资料确定 M 面埋藏深度的单点测定法

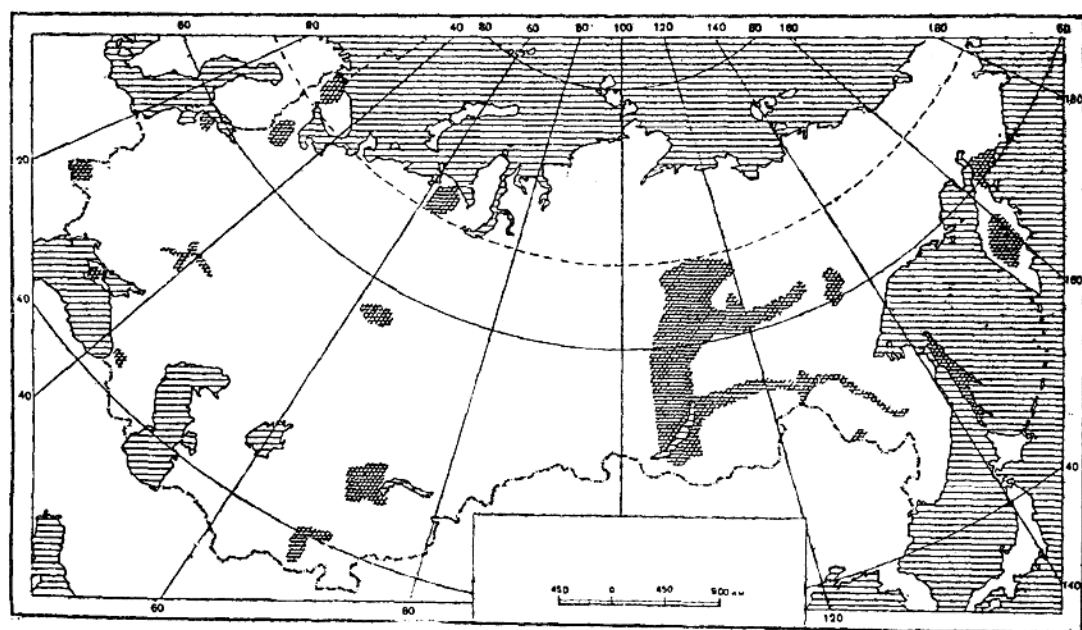


图2 用MT3法对苏联境内地壳的研究程度图

为了说明这些异常带间的关系及其向正常地电剖面区的过渡，该图所示的信息显然是不够的。

目前东西伯利亚部分（其中包括雅库特西南部、贝加尔裂谷带和外贝加尔地区）的特点是MT3资料最充分和信息量最大。这里在大约 2000×2000 公里的面积上分布着约2500个MT3测深点，完成观测的最小周期值 $T=1000$ 秒，因此携带了整个地壳的信息，因为这里的沉积层不发育，沉积层的 S 值不超过200西门子（通古斯和维柳伊向斜除外）。这些测深工作量是自60年代以来不同作者用不同仪器、不同的野外观测方法和不同的资料处理及解释方法完成的（作者包括：М.Н.Бердичевский, В.П.Бубнов, Л.Л.Вастьян, В.П.Горностаев, А.М.Михалевский, Г.М.Морозова, Г.П.Нечаева, А.М.Попов, В.И.Поспеев, А.М.Поспеев, О.Н.Полтарацкая, И.С.Фельдман, И.П.Шпак, И.А.Яковлев等）。

在雅库特自治共和国地区完成的一组综合MT观测最为完整。这里用MT3方法进行的面积和区域观测是这组综合观测的基础。在大于700 000平方公里的面积上完成了2000多个测深点。1974年以前MT3法是用MTЛ-62型和MTЛ-71型模拟式仪器完成的。从1974年起，除模拟式仪器外也使用了ЦЭС-1型数字仪。从1966年以来，大多数测深点都记录了场的5个分量（2个电分量、3个磁分量）。在领土南部，面积测量的主要工作量采用的是ТТ（大地电流法），而MT3与MTП（大地电磁剖面法）主要是沿区域测线作为基准观测完成的。在滨贝加尔湖、贝加尔裂谷带和外贝加尔完成了500个左右的MT3物理点。1971年，伊尔库茨克地球物理大队首次在外贝加尔开展了MT3法的工作，研究地壳和上地幔的深部结构。从1976年起，用ЦЭС-1型仪器通过MT3法的交叉干线测量开始研究贝加尔—黑龙

江铁路干线的建设地段。这种测量干线覆盖了安加拉河的上、下游，木伊、恰尔裂谷盆地及它们之间的鞍部。自恰尔盆地向东沿贝加尔—黑龙江铁路干线只观测了一条测线。从1978年起，采用电法勘探的 ИЭС-2 型宽频带数字仪进行工作。

仪器以及野外工作方法和野外资料处理方法的不同通常导致综合定性和定量处理结果的意图以失败告终。60年代期间，MT3 曲线是朝着接收线扩展的方向绘制的，并且选择时未曾考虑构造特点。相当一部分测深点位于河床上，这就使得观测网不均匀，而且由于表层的不均匀使 MT3 曲线严重畸变。例如，对位于河床上的曲线来说，不均匀体的轴与河床的走向一致。在这种情况下，要想作出判定阻抗主轴方向的结论是不可能的。MT3 曲线的频率范围是有限的（900—1000秒以内），MT3 曲线的表示方法也有差别。

1980年，“伊尔库茨克地球物理研究所”的极地地球物理现象台（ПГО）对贝加尔—黑龙江铁路干线地区的 MT3 资料进行了汇总处理。为此采用了统一的 MT3 曲线表示法，将其作为95%可信区段内阻抗值组（облако）的平均曲线 [Письменный и др., 1984]。用这种方法可以对曲线上主要由仪器误差引起的特别点加以平滑。此后，作者采用了处理个别曲线的方法，这在贝加尔裂谷带的条件下，导致了结果的不确定性。按区将曲线进行平均和处理这些平均曲线可以依据地壳剖面的地电特征以一级近似对地区进行区划，并且在近地表干扰因素的背景上分辨出深部信息。

对地壳和上地幔研究状态的分析表明，在苏联领土上，地震和地电方法的分布极不均匀。这是因为，直到最近为止，尚无一个统一的深部结构研究计划。

第十一个五年计划采纳的用深地震测深观测为骨干网，并在网的交叉点上设置超深钻井的研究地壳和上地幔的综合研究计划，号召消除深部研究中的这一令人遗憾的空白点。

第二章 地壳沉积盖层的深部结构

地台区、造山盆地、内海和边缘海深水盆地的沉积盖层（轻度变质）被看作是地壳的沉积外壳。根据这一观点，显生带的地槽和山系沉积褶皱与变质岩层包含在地壳固结部分，是地壳花岗岩变质层的组成部分。

为了达到建立沉积盖层和整个地壳的立体模型，作者曾尝试寻找一种图解表示方法和分析方法，这种方法以尽可能严格和“经济”的形式逼近所提问题之解。沉积盖层某种性质的三维填图就是以寻找区域特殊地段为目的将它们的变化表示在平面上，即用一个或数个参数对沉积盖层进行区划。换言之，三维填图问题同时也是沉积盖层区划的问题。在描述解决上述问题的方法之前，首先应当简略地描述一下沉积盖层区划的一般情况。

在现代大地构造的宝库中，有三种主要的大地构造区划标志：褶皱形成的年代、构造状况发展的类型和大陆地壳形成的年代。根据指出的原则编绘构造图，其主要目的在于揭示地台和褶皱区沉积盖层结晶基底与褶皱的形成和发展历史，即主要是解释地区的褶皱发展史。因此，表现在这种图上的地台区得不到它们发展的完整而明显的特征。通常，地台区的描写给出有关基底的年代及其形态、沉积盖层的总厚度、构造区划的资料和沉积盖层大致的地层体积的资料。在图上以不同颜色标出基底面埋藏深度的方法来表现地台区的差异。这种资料并非完美无缺，因为没有描述盖层中内部构造的固有特点。

沉积盖层构造区划的问题在许多著作中都有讨论，但是并不都能得到满意的解答。实际上至今没有找到方便而普遍的原则以及反映发展历史特征的方法和沉积盖层形成的条件。通常根据构造标志区划沉积盖层：随着图的比例尺与在剖面中的深度不同，可以划分出各种各样的构造单元。依据一个层位来区划沉积盖层通常对整个沉积盖层是不能说明问题的，因为存在已知构造单元逆转的情况，构造格架移位以及其它复杂的因素，例如在剖面中缺少某一年代的地层或一部分层位。引入补充符号会使图例复杂，因而沉积盖层的构造区划图就难以识别。勘探与区域工作的实践早已感到解决沉积盖层区划的必要性，近年来发表的文章和已完成的一系列专门的构造图就是证明。不久前已将构造区划问题作为石油工业实践中特殊考虑的课题〔Тектоника Сибири, 1980〕。该问题 Г.Х.Дикенштейн, Ю.Н.Швенбергер 和 И.М.Алиев 在上书内研究得最详细。作者主要的思路是，必须针对实际任务在构造区划图上找出构造先决条件的反映，这些先决条件引出四项主要指标：沉积盖层主要形成期的年代、基底固结的年代、地层的特点和主要构造单元以及不同等级构造的古构造学。

在最近10年内，在沉积盖层的构造区划中出现了两个可能的方向。第一个方向是从地壳沉积盖层剖面中按年代划分出整套标准岩层（按厚度或沉积速度）以及它们在面积上的追踪。这一方向的发展应归功于 Р.Г.Гарсцкий，在他的领导下，编制了白俄罗斯构造图。以后这一区划原则在 Р.М.Айсберг 的工作中又有所发展，特别是在全苏石油地质勘探科学研究所的工作中发展很快。但是它仅涉及沉积盖层的一部分，尽管这是很重要的一部分，在此方向的范畴内，不可能对整个沉积盖层进行区划。