



第四屆國際石油會議  
報告論文集

石油工業出版社





第四屆國際石油會議  
報告論文集

第二卷

江苏工业学院图书馆 测井  
藏书章



FOURTH WORLD PETROLEUM  
CONGRESS

根据CARLO COLOMBO PUBLISHERS

1955年羅馬版翻譯

統一書号：15037·329

第四屆国际石油會議報告論文集

第二卷

地球物理勘探与測井

\*

石油工业出版社出版（社址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第083號

北京市印刷一厂排印 新华書店发行

\*

787×1092 $\frac{1}{4}$ 开本 \* 印張18 $\frac{7}{8}$  \* 插頁17 \* 459千字 \* 印1—1,250册

1957年12月北京第1版第1次印刷

定价(11)4.80元

## 目 录

## 地球物理勘探篇

苏联的石油天然气地球物理勘探	B. B. 費登斯基 (1)
放射性測量方法在苏联勘探及开发油田中的应用	Г. H. 弗列罗夫 Ф. A. 阿列克謝也夫 (14)
石油普查中电法勘探的应用	利翁·米格奧 吉薩·克乃茲 (23)
陆棚上的地球物理勘探	亨利 C. 高脫斯 勞納德 N. 格瑟尔 (44)
地震勘探方法的新發展	亨利·沙尔伐托里 (64)
勘探珊瑚礁的地球物理方法	F. J. 安尼士 (74)
近代重磁力解釋方法	西格門德 I. 哈默尔 (86)
墨西哥十五年来勘探石油的地球物理方法	桑圖斯·費古罗·休雷塔 (96)
亞德里亞海的海底重力測量	C. 莫連里 (107)
地質与地球物理資料的对比	D. C. 斯基尔 (110)
波河盆地(Po Basin)的地質及地球物理比較研究	T. 罗 柯 (117)
西德 1951—1954 年用地質及地球物理方法勘探石油的發展情况	A. 本 茲 H. 克劳斯 (130)
德国休列士威-好斯敦区反射地震勘探及其鑽探資料的地質解釋	F. 賀赫特 H. V. 賀尔姆斯 W. 克里尔 (148)

## 地球物理測井篇

苏联地球物理測井工作	B. B. 費登斯基 C. Г. 科馬洛夫 (163)
不穩定場电法勘探的一般理論	A. 別魯治 (174)
从岩層中采取液体和天然气样的新方法	J. 德拉庫尔 (185)
地球物理測井論文彙編	(193)
編者的話	J. E. 威尔斯頓 (193)
1. 引言	J. E. 威尔斯頓 (195)
2. 关于电測資料解釋的一般知識	毛利斯 馬丁 (199)
3. SP 曲綫和普通視电阻率曲綫	毛利斯 馬丁 (202)
4. 放射性測井法概論	R. E. 布什 J. C. 斯狄克 (207)
5. 利用微电极裝置的电法測井	H. G. 道尔 (215)
6. 电流聚流測井法	R. H. 烏音 (223)
7. 側向电測	H. G. 道尔 (235)
8. 感应測井法	H. G. 道尔 (240)
9. 岩層傾斜測量	P. 張伯里也尔 R. L. 梅登 (245)
10. 放射性測井的新發展	H. E. 謝勒 (250)
11. 中子-中子測井法	J. H. 卡斯脫尔 (253)
12. 应用电測及放射性測井所得的几个結論	毛利斯 馬丁 (257)
13. 井向測量	戈登 傑克遜 (266)
14. 泥漿分析測井法	R. W. 威尔遜 (270)
15. 滲透性測定法	P. E. 菲茲乔萊尔德 S. J. 馬丁內茲 (272)
16. 井內滲透性的測定	M. P. 鉄克錫尔 (278)



17. 井內震波速度的測定 ..... W. W. 莎文 L. P. 斯梯文生(280)
18. 井內压力測定 ..... 查理士 H. 丹秋儒(283)
19. 井徑測量 ..... R. H. 魏恩(285)
20. 測定进水位置的方法 ..... W. W. 恩尼斯(289)
21. 井溫測量 ..... M. P. 鉄克錫尔(291)
22. 泥漿漏失測定器 ..... F. 皮諾夫舍克 R. Q. 費尔茲(294)
23. 井壁取心 ..... R. Q. 費尔茲 M. 萊保(296)

## 中譯本出版說明

1955年6月在意大利首都——羅馬召开了第四屆国际石油會議。被邀参加會議的有44个国家的著名学者、科学家和工程师。在会上討論了自1951年第三屆国际石油會議以来，石油工業在地質勘探、鑽井、采油、煉制、儲运以及油品应用和分析等方面的發展情况。會議共进行了10天。閉会后，曾將会上所宣讀的專題报告按照專業彙編成集出版。

这个报告論文集的中譯本是根据羅馬版原本并参考莫斯科版俄文本翻譯的。为了便利讀者閱讀，中譯本將分10卷出版：

- 第1卷——地質；
- 第2卷——地球物理勘探及測井；
- 第3卷——鑽井；
- 第4卷——石油及天然氣开采；
- 第5卷——石油及頁岩油的加工(上下册)；
- 第6卷——石油化学加工；
- 第7卷——石油及石油产品的性質和研究；
- 第8卷——油品的应用；
- 第9卷——煉油厂設備、金屬材料及其防腐；
- 第10卷——油品的儲运。

这部报告論文集对于我国的广大石油工作者以及其他有关工業部門中的工程技術人員和科学研究人員，都有很大的参考价值。

# 地球物理勘探篇

## 苏联的石油天然气地球物理勘探

B. B. 費登斯基

### 概 論

地球物理工作在苏联石油工业中早在1925年就开始了，当时在烏拉尔恩巴地区用重力法普查和勘探鹽丘。

在第二次世界大战以后，也就是从1945年以来，石油天然气地球物理勘探的發展，特別巨大。

目前，在石油工业中的地球物理工作有着三个基本方向：

(1) 研究有石油天然气远景的广大地区的区域地質構造。

(2) 普查和提供鑽深探井的構造。

(3) 在鑽孔中研究剖面 and 区分产油層位。

最后一种工作另有專題报告加以討論。

为了初步踏勘新的面积，利用天然重力場和磁場的研究結果。除此而外，为了这种目的，还应用折射波地震勘探，即是在苏联提出的叫做折射波对比法 (КМПВ) 的地震勘探的一种，同时还用直流电和研究大地电流的电法勘探 [2, 13, 17, 27, 28]。

对普查和提供打勘探鑽井的構造來說，起主要作用的是反射波地震勘探。在某些情况下，反射波法的地震勘探工作是与用折射波法的补充研究相配合的，有时也与詳細电法勘探和重力测量工作相配合的。

下表列举的是苏联在1940、1950和1954年的地球物理队数。从这些資料中可以看出，在目前，有一半以上的地球物理队是用地震法工作的，而且地震法的重要性正在逐年增長着。

近年来地震勘探法經歷了許多改进。最初的折射波勘探是用只有一个爆炸記錄器的笨重地震仪进行的。在1935年，才制造成了第一批用反射波法的安裝在汽車上的地震站。随着時間的流逝，地震站中地震道的数量增加了。1946年出产的地震站有12个地震道。随后，在苏联工业部門所制造的地震站中，其地震道的数量增加到24, 26，而在1955年增到60道。同时出現了無数为地震勘探服务的輔助仪器和装备。对地震勘探应用磁帶記錄的試驗也有相当的成就。

其他的地球物理勘探方法發展的也很成功。在20年代，重力觀測是用扭秤和振摆进行的，在目前主要是应用高精確度的重力仪。1936年，苏联發明了并制造了測量磁場垂直分量的第一架感应航空磁力仪。战后，苏联發展并应用了更为精確的 T-航空磁力仪，它是基于利用灵敏的坡莫



地球物理勘探队的数字

表 1

	年		
	1940	1950	1954
所有的队(绝对)	77	286	436
設1950年为 100	27	100	153
其中地震队(绝对)	23	118	237
設1950年为 100	20	100	201

合金棒。以前，电法勘探的工作依靠电池组和电位计。而近年来，就应用了强大的发电机设备和灵敏的记录站，因此有可能拟定和应用偶极测深法，大大地简化了在很深处进行勘测的电法勘探的运用。另外还拟出了研究大地电流的仪器。从1954年起，开始用放射性测量勘探油藏。

在最近几年，按照苏联采油工业地理分布的总的变化，基本的地球物理勘探工作已转向苏联的东部。

在伟大卫国战争的前夕，最大规模的地球物理工作只得在苏联的南部地区进行。而在战后，乌拉尔-伏尔加油区成了重要的勘探对象。地球物理勘测区域扩展了，现在进行的地球物理勘测的地区从西方的喀尔巴阡山脉到东方的千岛群岛，从苏联南境到查波里亚尔(Заполярь)。

在俄罗斯平原、西西伯利亚洼地和其他苏联沼泽地带的许多北部地区，森林、严冬和其他自然条件给地球物理工作的进行带来困难。除此以外，也发生过与地台区东部地区地质构造直接有关的困难。沉积层(它们平缓倾斜地和不整合地埋藏在地台的固结的基底上)的多层构造和剖面上部碳酸盐岩屏蔽层的存在，都是对成功地在东部地区应用地球物理勘探的主要障碍。在俄罗斯地台的中央部分和在许多西伯利亚区域的沉积岩，包括泥盆纪含油层，都是在非常平缓倾斜的褶皱中，其幅度可与确定深度时的误差相比拟。在高加索、喀尔巴阡山脉和中亚细亚等山区，屏蔽的礫石和礫岩的厚地层很发育，在这些山前地区进行地震勘探也有巨大的困难。

在克服这种严重困难的过程中，为满足石油工业的要求，使地球物理勘探法向前发展。综合地球物理勘探法变样了，已成更为广泛和有效的方法。为反射波法和折射波法配合应用所充实了的地震勘探，其意义也增长了。航空地球物理工作的应用，大大地扩大了勘探地区的面积。现在已经拟出了用地球物理方法普查和勘探海洋石油矿床的仪器和方法。

地球物理勘探对苏联石油工业的意义是由如下因素决定的：苏联很多地区不可能用一般的地质方法加以研究。比如在西西伯利亚洼地或位于咸海和里海之间的乌斯秋尔特高原这种区域，地球内部的地质构造为最新的第四纪沉积所掩盖。许多滨海的石油矿床被里海的一片海水所淹没。在俄罗斯地台境内，发生各种地层层位的构造不整合，所以对接近地表的石炭纪和二叠纪沉积构造的研究，还没有能提供关于泥盆纪沉积构造的概念。

在这种区域中布置勘探钻进时，如有地球物理勘探的数据，就能够大大地减少勘探钻井的数目。目前，很大一部分的勘探钻进工作只有在用地震法提供构造之后才进行。例如，在1951—1954年间，由地球物理方法初步研究后进行勘探钻进的构造就有42%。根据石油工业的勘探工作计划，在最近几年，这种构造的相对数目还要更加增长。

在构造上勘探钻进一经开始，有时有必要用地震法对构造个别部分作更详细的研究。在某些构造上，用地球物理方法进行的这种辅助勘探(доразведка)，其目的是要研究个别油藏、翼部、顶部，或较深层位的构造。

### 含油区构造的区域地球物理研究

在研究油田的区域构造或有油气远景的地区时，地球物理工作的任务首先在于，确定哪里可能会遇到油气的沉积岩分布区。其次，假如含油区属于地台型，必须确定沉积层的总厚度；如果勘探在地槽区进行，则必须测出各个沉积岩系的厚度。同样要求研究沉积岩褶皱作用的特征和构造型式；确定褶皱线的基本方向；最后，阐明那些以后应该给予详细研究的个别构造。为了解决这些任务，我们要进行重力测量、航空磁测、电法勘探和踏勘性地震勘探工作。

重力勘探用弹簧重力仪和石英重力仪进行。在现时苏联所应用的仪器中，必须提到石英重力仪(1953年)和重力高度仪(1952年)。

石英助动重力仪是以垂直地震仪的原则为基础的，其理论是由俄国地球物理学家鲍·鲍·伽利清提出来的。横尺寸达4公分的石英系统置于杜瓦瓶内的真空中。重力仪重8.5公斤。在它使用时很方便，易于从甲地移到乙地。石英重力仪已富有成效地用在森林、山地和其他困难的自然条件下进行工作[10]。重力高度仪供在同一时间内确定重力和观测点高度之用。重力高度仪具有二个弹簧系统，其中一个由气压计加以补偿，另一个不需要补偿。这两个系统综合起来的读数能够求得重力和观测点上的空气密度。利用了精密的气压计平准测量的公式，就能从这些数据中获得各观测点的高度差。这个仪器的特点是，换算到海平面的重力( $g_0$ )是由观测得来的结果，其误差等于甚或小于估计时得的误差( $g$ ) (图1)。

根据气压计平准测量的原理，用重力高度仪能够获得( $g_0$ )的测定精确度，约0.5毫伽，这对踏勘工作来说已经是足够的了。应用这种仪器可以大大地减少大地测量工作[20]。

航空磁力测量用AЭM-49航空磁力仪进行。这个仪器具有两条坡莫合金的定向棒，这两个棒支持着沿地磁场磁力线方向的第三个测量棒。全磁矢量值增量 $\Delta T$ 的测定是由补偿法进行的。 $\Delta T$ 的值由自动记录仪记录。仪器的灵敏机构放在空气推动的流线型发动机巢，这个流线型发动机巢拖曳在飞机后面，距离30公尺。在苏联，航空磁力测量一般应用双引擎飞机。测量是在各种高度上进行的，最常见的是从300到2000公尺[19]。近来，用直接安于轻型单引擎飞机机舱上的航空磁力仪进行了试验。测量点由目力联测和地面定向照相确定。同样也已成功地试验了用无线电大地测量法在空气中确定飞机的坐标。

地面磁力测量几乎还没有进行。只有在个别情况下，使用调整到高灵敏度的什米特垂直磁秤(Z)进行过详细地面测量。

在苏联，对深度不超过二公里的基底和其他高电阻水平层，电法勘探在约估它们的深度方面获得了广泛的应用。如基准电性层埋藏深度比较大，电法勘探并不总

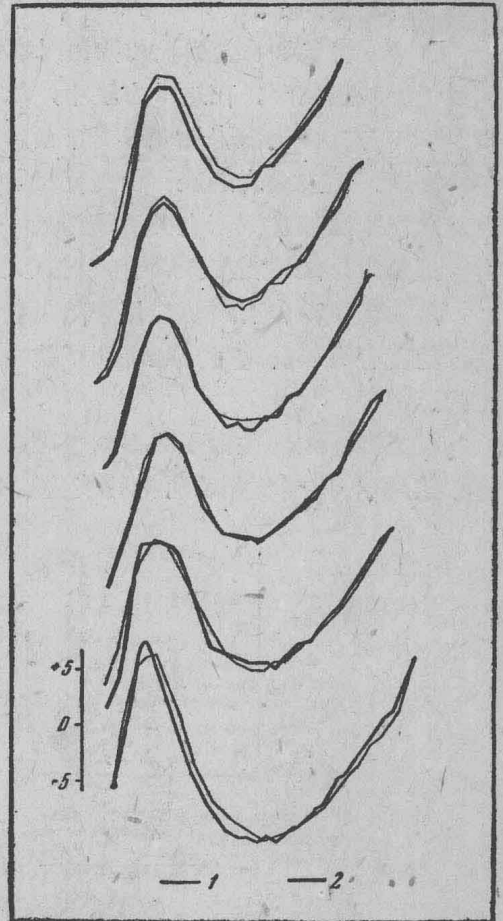


图1 由重力高度仪所测定的重力异常  
(比例尺以毫伽计)  
1—重力高度仪；2—诺卡尔德重力  
仪和大地水准测量。



能得出令人滿意的結果，因为在深層电測深中發生干扰的情况下，去測定不大的电量值是一件复杂的事。

为了获得更为精确的数据，近年来，在电法勘探方面，应用了安装在汽車上、并用馬达帶动的發电机。在此情况下，利用强度达 100 安培的电流就有可能进行电測深。为記錄电位差，我們利用安装在記錄站上的灵敏檢流計 [1]。在用大型發电机和自动电法勘探站时，可以在某些情况下获得可靠的結果，即使被研究的地層埋藏得深过 2 公里也能奏效。

与此同时，在苏联提出的偶極电測深法获得了实际应用。在偶極測深中，供电电極和测量电極組成兩对，它們可以彼此相对地以各种形式来加以布置。最常用的叫做赤道裝置，在这种裝置中，一对偶極与另一对平行地裝置。借助發电机組和电法勘探記錄站，偶極測深能够提高电法勘探的解决問題的能力。

在踏勘工作中，具有很大意义的是地震勘探，它能对地球物理勘探的整个綜合資料提供最为完滿的解釋 [3]。

苏联科学家提出来的折射波对比法 (КМПВ) 帮助了我們去进行广大地区的踏勘研究 [13]。利用这个方法，可以在沉积層中或沿基底界面追踪傳播着首折射波的長达数十公里的某些地震層位。虽然在爆炸点远观測点时，地震層的詳細構造無法查明，但是所获得的結果对踏勘工作來說是完全足够的了。

Г. А. 甘布尔采夫院士和他的同事在逐渐增大爆炸点和地震仪間距离的同时，并着手拟定并利用了深地震測深。在这个方法中，地震仪安置在离爆炸点数十和数百公里的地方。在这样的距离上，在玄武-花崗岩地壳層与下面超玄武岩之間的界面上的首折射波，追过了在上面傳播的較慢的振动。超玄武岩的表面便是提供該表面埋藏深度的地震振动的源泉。除此而外，好像它們还能透露出上复層和闡明上复層構造的一般特点。在解釋重力異常和分清由地壳上部影响所引起的異常部分时，深地震測深具有特別巨大的意义。

深地震測深与有时也能用来踏勘新探区的試探性地震法很相像。苏联科学院地球物理研究所进行的富有成效的試驗已經証明了这一点，他們根据所謂的地震研究对比法获得了地震活动帶的記錄。

在苏联，曾經进行了許多新油区的踏勘研究工作。在里海附近凹地西緣(圖 2)、土庫曼西南部和德聶伯-頓涅茨凹地所得的某些結果，可以作为这种研究的例子。

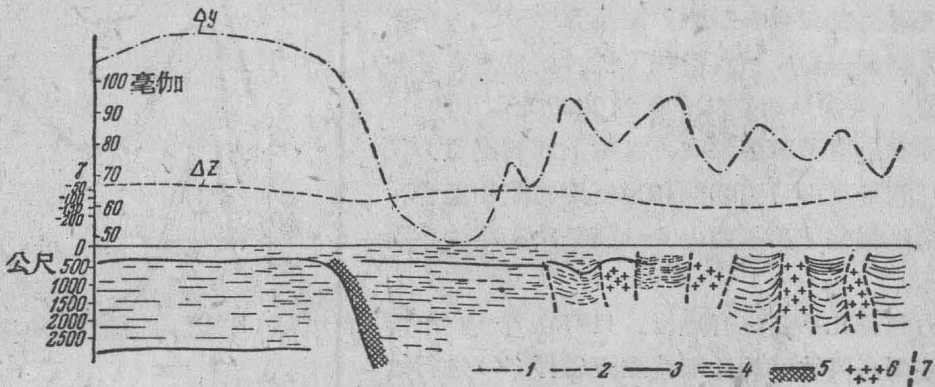


圖 2 通过里海凹地西緣的地球物理剖面  
 1—重力異常( $\Delta\gamma$ ); 2—地磁場垂直分量的異常( $\Delta Z$ ); 3—标准地震層位;  
 4—地震層位; 5—按重力数据的俄罗斯地台的邊緣; 6—鹽丘; 7—斷層。

誰都知道，俄罗斯地台东部是結晶基底的凹地，里面充填了总厚度为1.5—2公里的沉积物。

在伏尔加河下流，俄罗斯地台的结晶基底急剧下沉。与基底一起下沉的还有巨大的石炭纪沉积层，而在这种岩石的上面，二叠纪沉积的厚度却逐渐增大，并且出现中生新生代沉积。

重力测量出色地确定了俄罗斯地台东南边缘的位置。巨大的重力梯度带以很大的圆弧包罗着乌拉尔-恩巴区域的盐丘区。在巨大梯度带的西北，在前寒武纪基底埋藏不深的俄罗斯地台上，

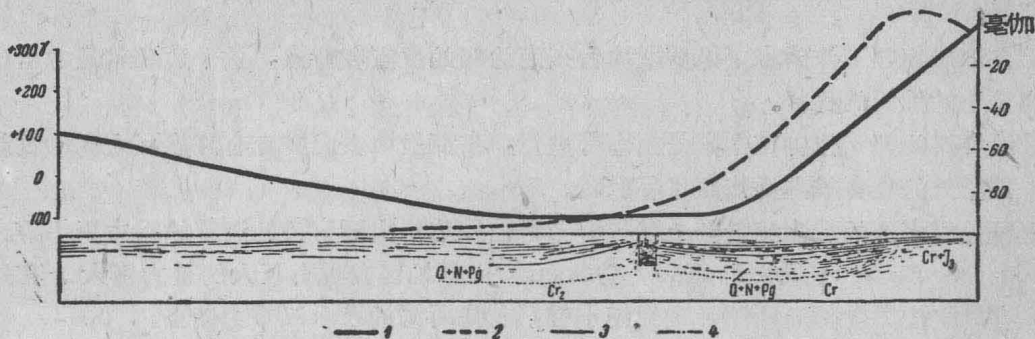


圖 3 通过巴尔汉山前凹地的地球物理剖面  
1—重力異常(Δg); 2—地磁場垂直分量的異常(ΔZ); 3—地震反射層位; 4—地震折射層位。

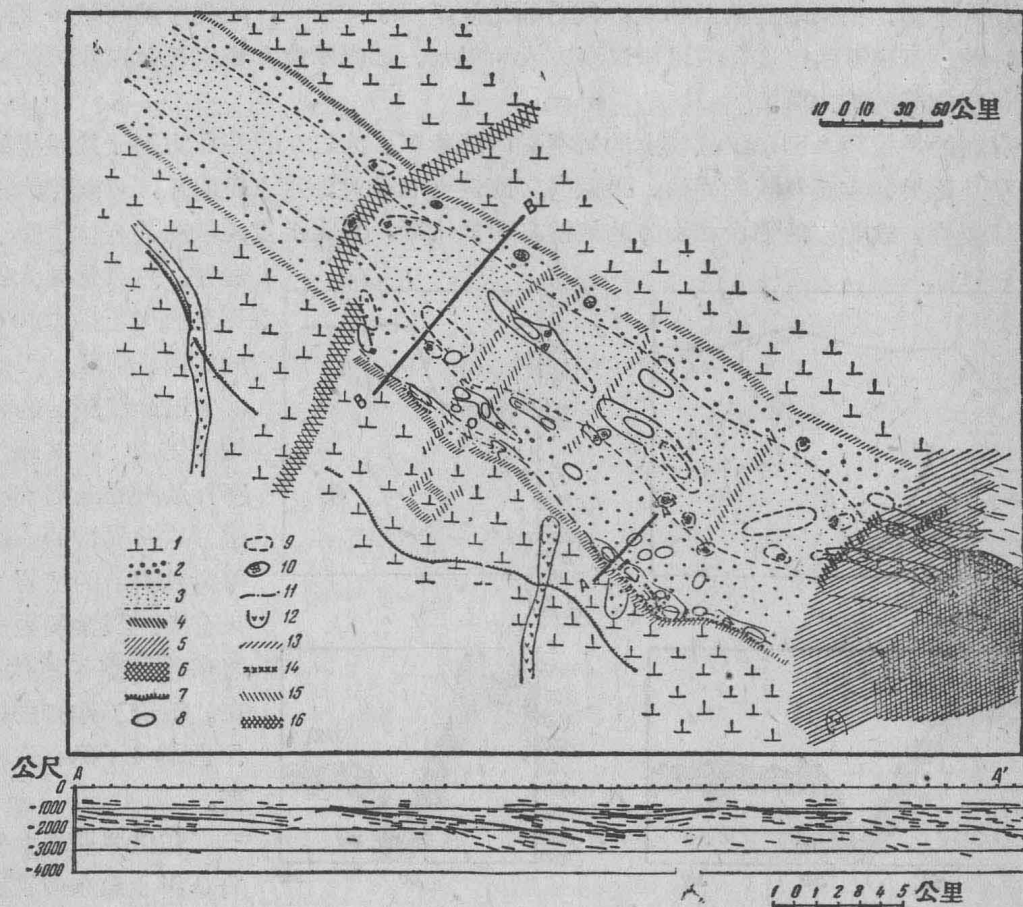


圖 4 从地球物理观测数据所得的德聶伯-頓涅茨凹地的構造  
1—德聶伯-頓涅茨凹地的边缘部分; 2—南和北破坏带; 3—中央地堑; 4—德聶伯-頓涅茨凹地和頓涅茨褶皺区的关联带; 5—頓涅茨褶皺; 6—前頓涅茨拗陷; 7—按电法勘探数据的石炭纪沉积的南部分布界线; 8—按地震勘探数据的背斜构造的轮廓; 9—同上; 10—鹽丘; 11—堤形隆起的軸綫; 12—鉄矿建造的褶皺带; 13—按重力测量和电法勘探数据的边缘破坏; 14—按地震勘探数据的石炭纪中破坏带; 15—在前寒武纪中的假想破坏带; 16—花崗岩的侵入带——假想破坏带;  
AA'—地震剖面; BB'—重力测量剖面。



重力異常具有斑點鑲嵌的特徵，同時它們的極大和極小範圍並不大。

在重力台階東南，出現大量的規模不大的與鹽丘有關的重力極小。電法勘探能在大的重力梯度帶確定石炭紀傾伏。在延伸不很大距離內，標準電性層傾伏在電法勘探所不能達到的深處。斯大林格勒區域的航空磁力剖面也清晰地表明出磁異常強度的強烈減小，這與結晶基底傾伏很深的情況有關。

用綜合地球物理工作確定了俄羅斯地台東南邊緣的位置和特點，這個邊緣就是古生代地台型油田和鹽丘中的油田的界綫。

大量的地球物理工作曾在土庫曼西南部進行，在那裡地表面發育有許多巨大的砂質新月砂丘和鹽澤，把深處的地質構造全掩藏了(圖3)。

在土庫曼西南部的重力測量圖上發現有與科彼特達格山脈有關的深層的重力極小帶。在大巴爾漢(Большой Балхан)和庫巴達格(Кубадаг)山脈地區發現有巨大的重力極大。在這個極大的南方，有以緯度方向伸展的深層重力極小帶，就是所謂的巴爾漢重力極小。

在土庫曼西南部所進行的震源研究指出了，這一帶地殼總厚度的變化，從大巴爾漢區域的30公里到科彼特達格區域的45公里。白堊紀沉積頂面上的折射界面從大巴爾漢朝巴爾漢重力極小的軸部方向急陡下垂。根據地震數據和重力數據的比較證明了：第一，地殼厚度在這一地區的變化；第二，疏松沉積層的厚度在大巴爾漢南方大為增加。地殼厚度和充填巴爾漢窪地沉積物的厚度結合而得觀測區的重力圖。

深為有趣的是橫穿大巴爾漢測綫上的航空磁測的數據。大巴爾漢在北方是干擾磁場的界綫，在南方幾乎是磁異常零值背景的界綫。大磁異常直接與它有關。這點說明了，可以把大巴爾漢看作地殼的破裂帶，或北方的地台和南方的地槽之間的接縫。巨大沉重的超玄武岩體急傾於這個接

縫帶。這就是使大巴爾漢山脈上面出現磁力和重力極大的原因。

巴爾漢窪地的詳細重力測量表明，在其軸部有一羣雁行狀分布的局部重力異常。這些異常的一部分直接與含油構造的基岩的地表露頭有關。異常的另一部分表明在這一帶有潛伏構造存在。地震工作和勘探鑽進工作也証實了確有這種構造存在。

在俄羅斯地台南部分布着從西北向東南伸展的德聶伯-頓涅茨凹地(圖4)。

重力測量在這一凹地的邊緣部分發現一長串的負異常，它們與這裡的鹽丘刺穿構造有關。

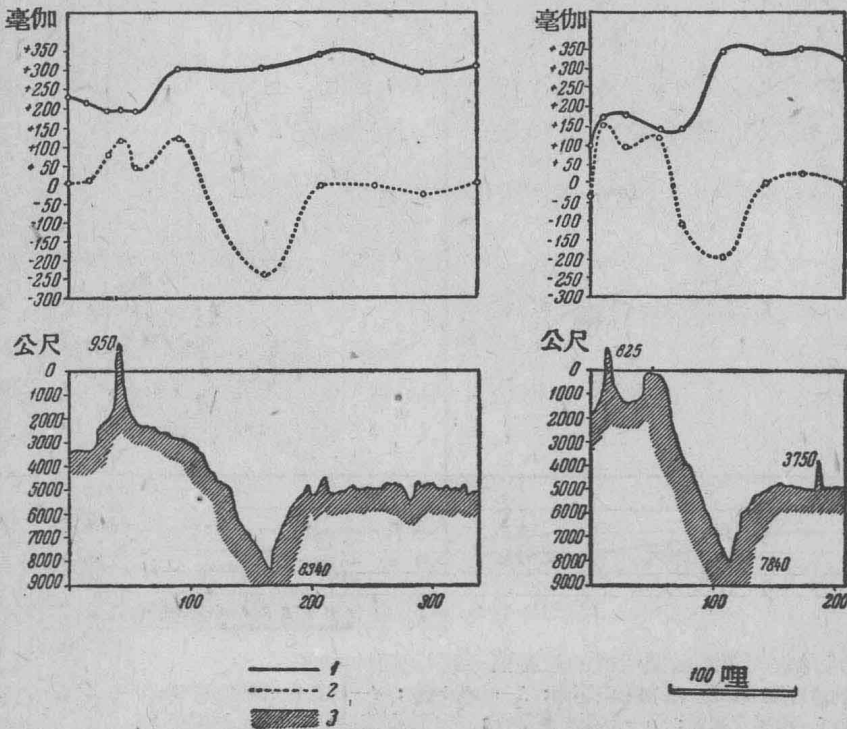


圖5 庫里爾山脊附近的海上重力觀測  
1—布加異常；2—自由空氣中的異常；3—海底起伏。

这种刺穿構造是在最弱的邊緣部分形成的。

地震勘探和电法勘探的数据証明，在凹地的軸部，結晶基底的傾伏深度为4—5公里。巨大的重力極大伸展于德聶伯-頓涅茨凹地的軸上，这表示在盆地底部沉重的深層岩石侵入了花崗片麻岩的基底。

在德聶伯-頓涅茨凹地的南部，用大地电流法获得了很有意义的的数据。它們清楚地表明了結晶基底是向北方逐漸傾伏的。

地球物理勘测也在瀕临苏联疆土的海洋中进行。

为了总的研究苏联海洋地帶的深層構造，在潛水艇和大船上以魏年格麦涅斯方法用振摆进行了海上观测。我們可以把穿过临近庫里尔山脊的太平洋深水海洋凹地的剖面作为振摆海上观测結果的例子(圖5)。这条剖面上的重力異常变化与由地壳厚度很大的大陆地帶过渡到地壳厚度不大的海洋型地帶这一情况有关。

海上地球物理工作对具有油气远景的沿岸淺水地帶的研究具有重大的意义。所以根据海上的航空磁力測量，能够断定該地台区和地槽区之間的界綫是朝大巴尔汉区域西方延展的。

海上重力观测用远距离的水下重力仪进行。这种重力仪装在密閉的箱子里沉入海底，深达50公尺。仪器上讀数的讀取在船舷上进行。这种工作，特別能够在里海海面下追索南东高加索和大巴尔汉山前凹地的延續部分。反射波地震勘探法对海洋区域褶皱的一般性質的研究，以及对構造的普查具有巨大的意义。在作海上地震勘探时，一般在密閉箱中把地震仪安置成悬挂的状态，使之与海底相隔一定的距离，并用导綫与在船舷上設立的站連結起来。我們也曾成功地运用压电結晶地震仪进行过海上勘探的試驗。

在海上运用地震勘探，其結果多半是極其成功的。但是有时發生在水層和海底下面岩層中有波的干扰，以及在地質構造中沒有致密反射層位的情况，这些都会給反射波地震勘探法的运用帶來困难，甚或根本無法进行。

在这种条件下，我們曾經进行过折射波对比法的观测。可是，要想在海上的折射波法的工作必須实现相当复杂的观测系統，所以在进行这项工作時遭遇到一系列的技术困难。

### 用地球物理方法普查和提供鑽探井的構造

在普查和提供鑽深探井的油气構造时，反射波地震勘探起主要作用。地震勘探的数据用来确定構造位置、勘探地層的埋藏深度和选择第一批勘探鑽井的位置。

只有在非常的情况下才用其他地球物理方法来提供打深探井的構造。在小高加索山山麓，阻碍地震振动激發的砂礫岩層很發育，这里对構造所进行的重力勘探和磁力勘探，可以作为不用地震法提供打探井的構造的例子。

在小高加索山山麓重力測量發現了一系列的重力極大。其中一部分由侵入体所引起，另一部分由第三紀和白堊紀沉积層中含矿層的隆起所产生。磁力观测能够确定：什么样的重力異常与侵入体有关。其他重力異常被解釋成因沉积岩層中有背斜構造的影响的結果，后来这点由鑽探証實了。像这样不用地震勘探来勘探構造的例子，在苏联其他区域也有但为数不多(圖6)。但是大部分的構造就是用地震勘探法来研究的。

在反射波法地震工作中所应用的是苏联設計和制造的多道地震站。到目前为止，最流行的有26道地震站。更为新式的地震站产品是1954年出产的60道地震站。用这种站能够在寬40公分的攝影紙上記錄60組地震儀的讀数。在反射波法的工作中应用了各种型式的地震檢波器。有一种应用得比較普通的电动地震儀，它的尺寸为45×110公厘，重約900克。地震站的放大器是根



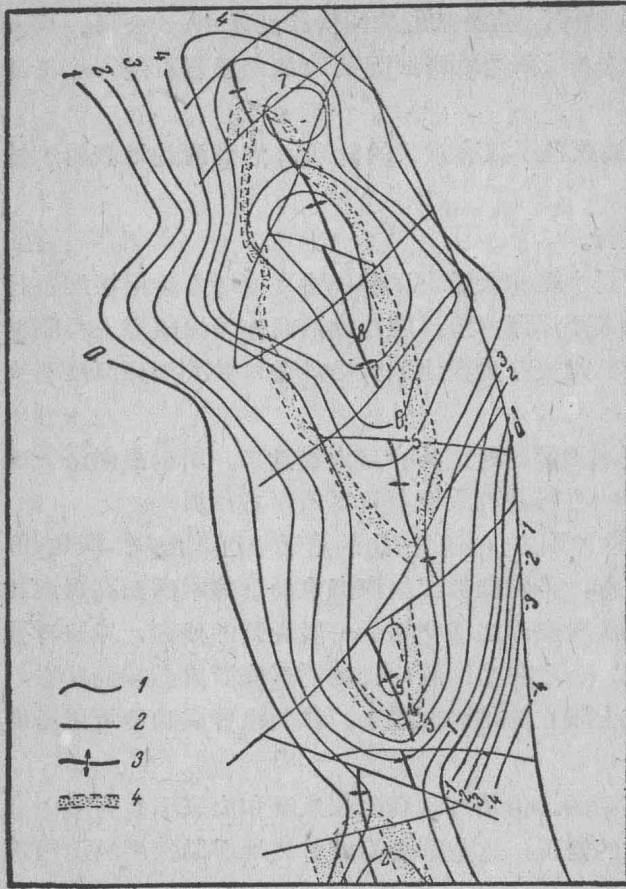


圖 6 背斜上面的局部重力異常(远东)

1—重力等異常綫；2—斷層；3—背斜軸；4—砂層露头；  
(2—3是按地質測量的数据)。

冰冻和严冬統治着的西伯利亞和極北地区，进行冲孔鑽进就有困难。在这种地区，就采用了特別的螺旋給进装置，用不着冲洗液就能鑽深达 100 公尺的鑽孔。具有阿基米德螺旋形狀的螺旋給进装置能把岩石鑽穿，并将岩屑提到地面上来。

为了在爆炸鑽孔中选择最合适間隔安置爆炸物，我們先按电測井資料以及按岩屑分析研究鑽孔的剖面。在某些区域，最有利的爆炸条件常和一定岩性成分的岩石有关。

在其他一些区域里，并没有發現这种規律性。各处有利于爆炸的条件常与含水層的存在有連帶关系。苏联地震工作的經驗証明，打爆炸鑽孔是进行良好地震观测的重要条件；所以用地球物理方法勘探石油的鑽进工作量逐年在增加。在 1954 年，每一个地震站一个季度就鑽了 25,000 公尺。

地震振动是由爆炸激起的。炸藥量各有不同，在反射波法工作中从 0.2 到 5 公斤，在折射波法工作中从几十到几百公斤。在某些区域，就是用反射波法也必須应用相当多的炸藥才能收效。最好用三硝基甲苯作爆炸物。用專門的雷管和彈藥筒能便于炸藥的制造。在海上进行地震工作时，爆炸工作或在海盆地底，或在离水面一定深度的地方进行。在后一种情况下，要这样来选择爆炸深度，以避免因爆炸产物的气泡的脉动而产生二次震击的有害作用。如地質条件复杂，以及进行空中爆炸时，必得采用組合爆炸。在这种情况下，应用能保証炸藥在規定時刻內起燃的标准雷管，或者应用雷管軟电綫，以代替普通电雷管。在进行折射波法工作时，常常就在盆地中进行

据当前工作的条件以各特性曲綫分支的不同陡度加以設計的。60道地震站用具有精微檢流計的專門的膠盒示波仪。装备于地震站上的，有自动的混波器和放大調节器，也有預先規定了放大系数增量的混波器和放大調节器。

在地震勘探工作中，爆炸井是用装置在汽车上或曳引机上的自动鑽机鑽成的。在地震勘探工作中用的鑽孔，其深度一般在 10—20 到 200 或 200 公尺以上。

在厚層砂礫复盖層的区域或当最适于进行爆炸的地層埋藏很深的时候，鑽孔的深度必須很大。

在俄罗斯地台許多区域普查緩傾構造时，应当特別注意研究石炭紀致密岩層和上复岩層間的分界面。为了正确地确定这个界面的位置曾进行了所謂的檢查鑽孔的鑽进。

所以，在用 YKB-2-100 型輕便鑽机的同时，还应用比較重型的如 ABB-400 或 YPB-3A 型鑽机。用这种鑽机可以打深达 400—500 公尺的鑽孔。通常爆炸鑽孔的直徑并不大，約 120 公厘。然而在某些情况下，特別在吸收地震能量大的山前地区，就需要大量的炸藥，鑽孔直徑得增加到 150 或 150 公厘以上。在某些区域，例如在具有砂質沙漠的南方，以及为永久

爆炸，或者就在專掘的淺坑中爆炸。

在地質構造复杂的地区进行地震勘探时，就必须进行專門的研究性的地震工作。属于这种工作的有地震振动的頻率分析，以确定其頻譜成分。在苏联制造了專門分析頻率的設備，这些設備要应用窄共振濾波器或一組具有各种頻率的無阻尼檢流計[7,12]。在进行頻率分析时，以及选择最好的地震放大器的濾波器时，最有益的是固定地震振动的記錄。利用中間磁帶記錄，就可以做到这点。地震波磁帶記錄的富有成效的實驗曾在很多区域进行过。

作中間磁帶記錄的仪器，由記錄組合件和复制組合件組成。記錄組合件的最后一个部分就是在磁性背景紙帶上实现記錄的自动記錄器。以后，在實驗室里可以使磁帶記錄經過复制道，并用具有笔尖記錄的檢流計把它以类似于地震記錄的形式記錄下来。同时在复制道上可以安置任何种濾波器，并且从多次地使磁帶記錄通經复制道，可以研究某一組有效地震振动的最好的濾波条件。在此情况下，記錄組合件的放大器应作成寬帶型的，以便能通过各种頻率的波。这样才能够在磁帶記錄上获得各种頻率的地震振动，以后在复制道中通过濾波后，就从此記錄中选出需要的頻率。

如地震振动的圖形很复杂，比如說，在不整合的反射界面陡的那些区域所得到的圖形，重要的是确定振动到达的方向。苏联地球物理研究所發明的方位裝置，对分析地震波到达觀測点的方向和确定所記錄的振动型式(縱波、橫波)是極其有用的。在这种方位裝置的板上安置8个或8个以上的地震檢波器，其軸与水平綫成 $45^{\circ}$ — $60^{\circ}$ 角分布(圖7)。除此以外，在裝置中心有一个垂直的地震檢波器。按照这一組的地震檢波器的振动記錄，能够确定地震波的方向性圖形及地震波的类型。

其他一种方法就是运用地震波調節方向的接收。地震振动以类似电影录音的橫記錄方法記錄在膠片上。在野外取得的膠片上的地震記錄，以后多次用叠加所有地震道上的振动在綜合仪上加以分析；并且將相鄰的地震道記錄每一次移动一定的相位。假若綜合仪上的位移和一定波的波陣的傾角相符合，記錄的强度將是最大的。这样一来，在分析时所得到的总合記錄有助于地震振动到达方向的确定。上面的方法乃是根據美国列別尔过去所發表的思想的进一步發展。

在撓曲成各种形状的短背斜褶皱的厚砂層和粘土層發育的山前地区，用反射波法地震勘探最为有效。在这种条件下，通常追踪的是大量的反射面积，有时深达6—7公里(圖8)。其中的某些反射層——基准層——在广大面积內是稳定的；基准反射的記錄形状在地震記錄上也常常是極其独特的。比如，在阿普歌倫半

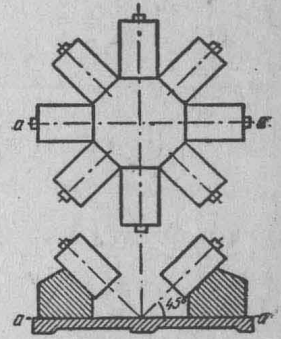


圖7 方位裝置示意圖

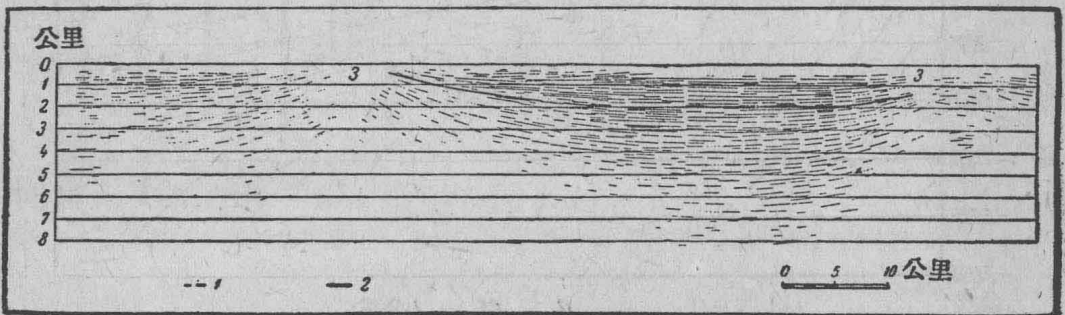


圖8 典型的地震剖面

1—反射面积；2—标准地震層；3—無反射的隆起地段。

島蓬蒂層中的反射界面，可以作为基准層的例子。基准層通常是与岩性的急剧变化相应的，并且



能够并不困难地在地质层上作出对比。然而在很多情况下，勘探人员只得满足于一些假定层，这些假定层在地震图上以显示各反射面积总合的平均曲线表现之。

在山前地区收取反射时所发生的困难，有的往往与具有吸收弹性能量的砂礫浮土的存在有关，有的与断裂破坏——断裂变动——有关。在没有基准反射的时候，个别的断层可能是不明显的。然而断层带，特别是构造的强烈变位部分，通常是以没有反射这一种特性来加以识别的。

如有断层时，最有益的是以 Г. А. 甘布尔采夫院士及他的同事所提出来的折射波对比法 (КМПВ) 来补充反射波法的不足。用折射波对比法，也可以发现具有一定的界面地震波传播速度的地质层位置变化。这样我们就有可能研究构造的顶部，如果我们不能从构造得到反射的话；同时也可以追踪在有礫石表层地区的界面的变化。

有时在构造的顶部会遇到致密的岩层或具有高电阻的岩层，这就使有可能以重力观测或电法勘探来补充地震勘探的数据。在这种情况下，用地球物理方法所作的构造勘探就具有综合的特点。

在高加索、中亚细亚和地质构造相同的其他区域的山前洼地，曾经用地震方法研究了許多构造。这些构造的很大一部分以后曾经过鑽探，并由深勘探鑽进的结果证实了地震勘探的数据(圖9)。

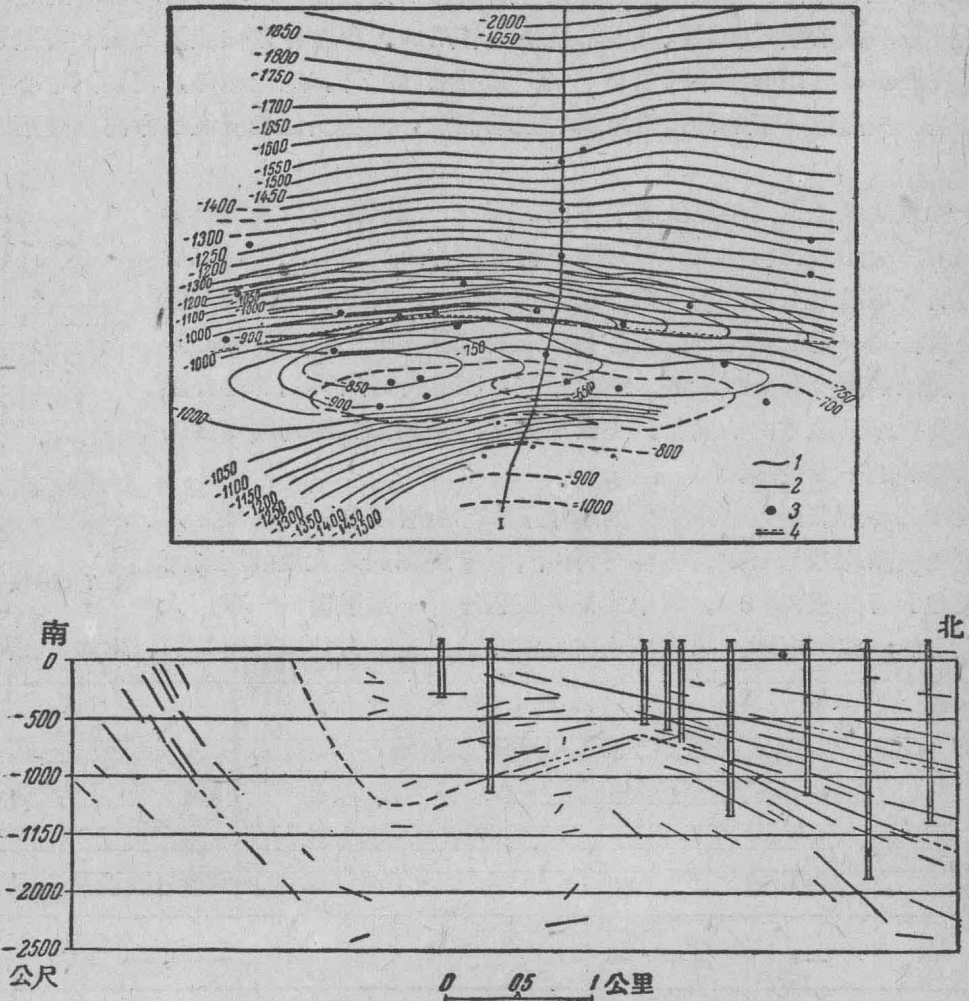


圖 9 北高加索区域地震勘探和鑽探数据的比較

1—按地震数据的等深綫；2—按鑽探数据的等深綫；3—井孔；4—按鑽探数据的断層綫；  
下面部分—沿測綫的地震剖面(I)。

从山前地区地震工作精确度的分析表明，确定地震層相对埋藏深度的精确度为 20 公尺。有了深井可以不断提高解释地震勘探数据的精确度，并能确定原始所得的数据。为此，要在所有的鑽孔中，包括那些打在新区域的岩心鑽孔中，进行地震测井。在实验室中用岩样进行的岩石中的傳波速度試驗，在某些情况下可以补充由地震测井所获得的地層傳波速度資料。在整理地震勘探数据时，在用来作圖的各种圖解和計算方法之中，应当提出物理数学博士 Ю. В. 黎茲尼琴科所拟出的時間場法和 H. H. 波再列夫提出的計算速度随深度变化的方法。

更为复杂的是运用地震勘探来研究俄罗斯地台区的平緩構造形式。包括烏拉尔-伏尔加油区的东俄罗斯凹地，基本上是由四套岩層組成的。在前寒武紀結晶基底的上面，有泥盆紀的、有些地方可能是志留紀的下古生代的陆屑地層。这种地層是砂質的、粘土質的和泥灰質的。在伏尔加-烏拉尔区範圍內的泥盆紀砂岩是含油的。勘探工作的基本任务是研究下古生代的構造形式。在含油的泥盆紀沉积上面，埋藏着很厚的上泥盆紀和石炭紀石灰岩的相当均匀的地層。在这个地層範圍內，个别的地層，比如說，含煤層和維列依層，在岩性上稍与圍岩不同。最后，在侵蝕的、構造复杂的石炭紀沉积的表面上，埋藏着中生新生代的陆屑地層，它們多半由化学沉积物与石炭紀石灰岩分隔开。

俄罗斯地台上所有这四套岩層的構造格架是各不相同的。几乎与其規模無关的泥盆紀沉积的緩傾褶皺具有約 30—80 公尺的幅度，而石炭紀表面的地下起伏和地表的标高，其变化範圍为 200 和 200 公尺以上。

在这种条件下，研究泥盆紀構造的地震勘测，好似用显微镜透过表面弯曲不平的玻璃所作的精确的光学測量一样。对此还得加上石炭紀致密岩層中地震波的高傳播速度，因为它不但減少彈性振动旅行的時間而且还影响地震測量的精确度。石炭紀石灰岩層是一个巨大的屏障，它阻碍地震折射波傳播到我們所关心的深度。在石炭紀石灰岩中和基底結晶岩中，地震波速度彼此很是接近，这对基底起伏的研究造成了額外的困难。

在若干区域，例如在伏尔加河下游，常在地表和石炭紀侵蝕表面之間發生多次反射。这种多次反射常与来自深处泥盆紀層的反射混同起来，并且使其畸变而把圖形模糊起来。

以上叙述的这些情况，給在地台区順利地进行地震勘探造成了巨大的困难。尽管这样，地震法在这种情况下仍然是極其有用的。維列依系和含煤系中石炭紀的反射界面能够很好地追踪，在某些区域，这些地層含有石油，并且在研究石炭紀構造形式时是可靠的标准層。在反射中易于与其他層区别开的特別良好的反射，是从含煤系中获得的。从泥盆紀地層中获得反射要困难得多。一般說来，在比較長的距离上是不能追踪这种反射的。

多道地震站(比如 48 道和 52 道地震站)的运用，細致地选择爆炸条件和在地震測綫上的多次观测，在研究泥盆紀地層中的構造时都帮助我們获得了一些成就。在烏拉尔-伏尔加油区的北部，在巴什基里亞和莫洛托夫省的区域里，若干構造的地震勘探的数据已为深鑽井的数据所証实(圖 10)。要注意，得自鑽探結果的構造圖不同于原始地震圖，因为这个地震圖实在是粗略而近似的。然而像这样的地震数据还是有用的，它能減少勘探鑽井的数目。

研究地台区的地質时，意义極大的是結晶基底深度的确定。在某些区域，結晶基底的地下起伏可达几百公尺的幅度。研究結晶基底的凹下和凸起，对于确立沉积層的構造規律極为重要。

結晶基底不能有彈性振动的反射，这显然是由于它在地震波方面的“粗糙性”的緣故。在結晶基底表面与几乎水平的沉积層不整合的区域，可以用折射波对比法来着手研究这些地区的結晶基底。尽管在結晶基底中和石炭紀岩層中的速度值很相近，在这些地段成功地区分出在基底面上的折射波还是可能的。运用折射波法来研究結晶基底的起伏可以說是大有發展前途的。



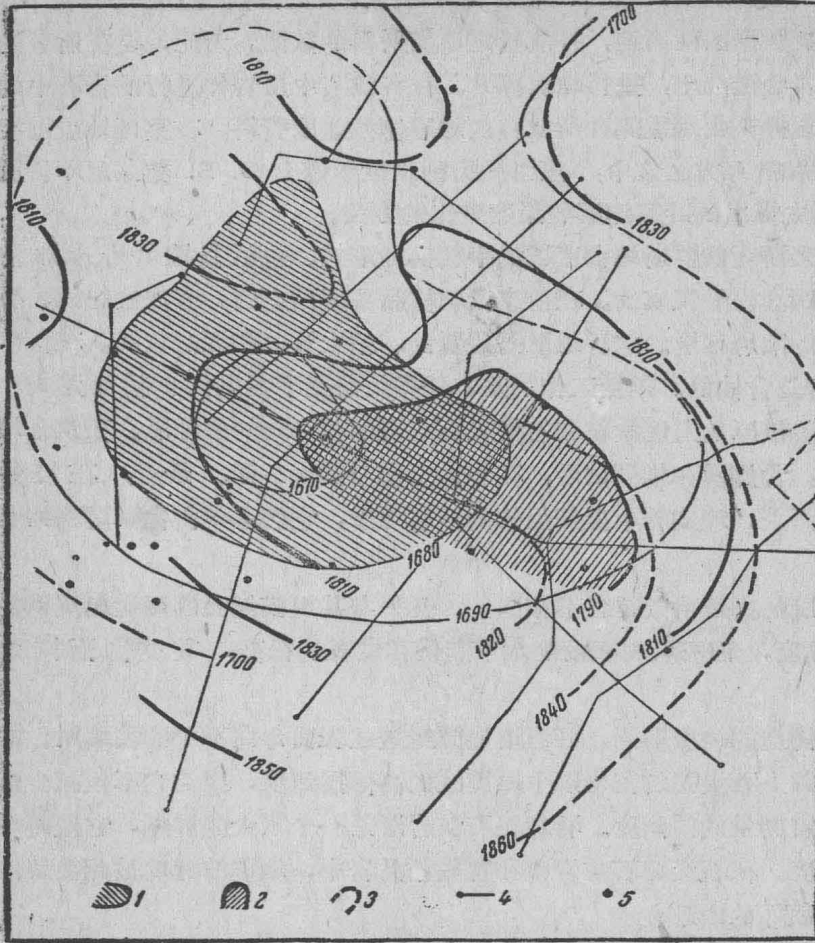


圖 10 俄罗斯地台区地震勘探和鑽探数据的比較

1—按鑽探数据的構造；2—按地震層 I 的構造；3—按地震層 II 的構造；  
4—地震測綫；5—鑽孔。

广泛的地球物理工作，現在已积累起大量的資料，这种資料不仅已用在勘探油田的实际工作中，而且也用在去研究油区的地質構造上。所以地球物理資料的地質綜合在科学研究工作方面也具有重要的意义。地球物理勘探法的繼續發展以及勘探結果在地質方面的充分利用，可以从石油工業中地球物理工作的專業化来达成。在各种地球物理勘探法的專門化和成長發展的同时，必須加强为解决地質普查和勘探任务所必需的地質学家和地球物理学家間的联系。

## 参 考 文 献

- [1] А. М. Алексеев. Электроразведочный осциллограф. Сб. «Разведочная и промысловая геофизика», вып. 1, Гостоптехиздат, 1950.
- [2] А. М. Алексеев, М. Н. Бердичовский. Электроразведка методом земных токов. Сб. «Прикладная геофизика», вып. 8, Гостоптехиздат, 1952.
- [3] Л. М. Альпин. Теория дипольных зондирования. Гостоптехиздат, 1950.
- [4] Б. А. Андреев. Известия Акад. наук СССР, серия геофизическая, № 1, 1954.
- [5] Б. А. Андреев. Определение глубины поверхности кристаллического фундамента платформенных областей по магнитным аномалиям. Сб. «Прикладная геофизика», вып. 13, Гостоптехиздат, 1955.

在西伯利亞西部窪地，組成窪地基底的變質岩層的上部，几乎是均匀的中新生代的砂質粘土質的岩層。在这种条件下，在西伯利亞西部窪地中的緩傾構造，用地震法去勘定其范围要比在俄罗斯地台上有更大的成就。在捷列克河和伏尔加河之間研究平緩的構造也获得了正确而良好的結果，因为这里的地震勘探結果已为深鑽探数据所証实。

\* \* \*

在苏联石油工業中，地球物理勘探最重要的任务是如何提高其效率。为此，必須發展理論、改善仪器和地球物理工作的方法。

必須繼續研究岩層的物理性質，以便能深入地全面地解釋地球物理觀測的結果。

为了达到这个目的，在地球物理学这一領域內正进行着大量的实验和科学研究工作。

由于在苏联境內进行了广