



• K

# 石油地震勘探

[美] C.H.迪克斯著

石油工业出版社

# 石油地震勘探

〔美〕 C.H.迪克斯 著

俞寿朋译

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书是作者多年教学经验和实践工作的总结。由于写这本书的目的是为“找到石油”，因而尽管它可作为教材，但编写时主要考虑的是实际工作者。本书的特点是把数学只当作一种描述工具，几乎每个问题都是先画好图幅，并把必要的公式纳入图中，从而避免了冗长的数学推导。全书共分五篇，重点讲述了解释工作及解释人员必备的基本物理概念，书中也涉及了常规的地震勘探工作方法、折射地震法，野外资料的采集等。

本书是有关院校师生及石油物探科技人员和地质家的一本较好的参考书。

C. HEWITT DIX

Seismic Prospecting for Oil

International Human Resources Development Corporation 1981.

石油地震勘探

〔美〕 C. H. 迪克斯 著

俞寿朋译

石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168 开本10 印张260 千字 印1—2,000册

1987年7月北京第1版 1987年7月北京第1次印刷

书号：15037·2785 定价：2.25元

# 目 录

第一版编者序 .....	(1)
第二版编者序 .....	(4)
第一版作者序 .....	(5)
第二版作者序 .....	(10)
<b>第一篇 导言</b> .....	(11)
<b>第一章 常用勘探方法提要</b> .....	(11)
1.1 图书馆研究 .....	(12)
1.2 地面地质 .....	(13)
1.3 构造钻井 .....	(15)
1.4 航空测图 .....	(15)
1.5 磁力测量 .....	(15)
1.6 重力测量 .....	(16)
1.7 反射地震勘探 .....	(17)
1.8 折射地震勘探 .....	(20)
1.9 钻初探井 .....	(21)
1.10 其他方法 .....	(21)
1.11 第二版注记 .....	(23)
<b>第二章 常用地震方法提要</b> .....	(24)
2.1 地震倾角测量 .....	(24)
2.2 连续剖面测量 .....	(26)
2.3 反射对比法 .....	(27)
2.4 反射走向—倾角测量 .....	(30)
2.5 折射测量 .....	(32)
2.6 普查 .....	(35)
2.7 细测 .....	(36)
2.8 第二版注记 .....	(36)
<b>第三章 地震队的常规作业降低费用的途径</b> .....	(39)

3.1	装备和人员间接开支	(39)
3.2	连锁作业和非连锁作业	(40)
3.3	连锁作业的功能分析	(40)
3.4	最高记录效率	(42)
3.5	野外效率的其他问题	(43)
3.6	办公室的常规工作	(44)
3.7	忽视连锁作业目的的危险性	(45)
3.8	第二版注记	(45)
<b>第四章</b>	<b>有效的勘探计划</b>	(47)
4.1	综合、勘探计划的组织	(47)
4.2	什么是勘探信息?	(47)
4.3	发现石油的概率	(48)
4.4	期望效率	(49)
4.5	一个类比	(50)
4.6	地震勘探在整个勘探工作中的位置	(52)
4.7	第二版注记	(55)
<b>第二篇</b>	<b>地震勘探常规技术</b>	(57)
<b>第五章</b>	<b>基本技术工具</b>	(57)
5.1	专业术语和插图使用	(57)
5.2	脉冲波前 射线	(58)
5.3	斯奈尔定律	(59)
5.4	视速度	(61)
5.5	第二版注记	(62)
<b>第六章</b>	<b>基准面校正</b>	(64)
6.1	根据短位差检波器数据做基准面校正	(65)
6.2	根据长位差或中位差检波器数据做基准面校正	(74)
6.3	上井放炮测定风化层速度	(80)
6.4	风化层放炮的计算	(83)
6.5	差值风化层校正	(86)
6.6	点法绘图时的校正	(87)
6.7	校正到较深的基准面	(88)
6.8	各种方法的相互关系 偏爱	(88)
6.9	第二版注记	(89)

<b>第七章 速度测定方法</b> .....	( 91 )
7.1 放炮测井 .....	( 91 )
7.2 与放炮测井有关的其他问题 .....	( 99 )
7.3 地面速度剖面测量 .....	(103)
7.4 折射法 .....	(105)
7.5 第二版注记 .....	(105)
<b>第八章 深度和倾角的计算</b> .....	(110)
8.1 前言 .....	(110)
8.2 常速情况 .....	(110)
8.2.1 平面反射面 .....	(110)
8.2.2 计算倾角和深度的精度 .....	(112)
8.2.3 正常时差 .....	(114)
8.2.4 曲反射面 .....	(116)
8.3 一般情况 .....	(117)
8.3.1 速度只与深度有关 .....	(118)
8.4 速度是深度的线性函数 .....	(120)
8.4.1 射线 .....	(120)
8.4.2 深度和倾角 .....	(121)
8.4.3 脉冲波前 .....	(122)
8.4.4 常规工作的工具 .....	(126)
8.4.5 工作组织 .....	(134)
8.5 各种常规方法的比较 .....	(135)
8.6 第二版注记 .....	(136)
<b>第九章 走向-倾角的确定</b> .....	(146)
9.1 野外技术 .....	(146)
9.2 最直接的计算 .....	(147)
9.3 简单机械计算 .....	(149)
9.4 近似计算 .....	(153)
9.5 第二版注记 .....	(155)
<b>第十章 成果的表达</b> .....	(156)
10.1 剖面图.....	(157)
10.1.1 时间剖面图。小倾角、零偏移距作图.....	(157)
10.1.2 忽略交叉分量的偏移剖面图.....	(158)

10.1.3	铅垂剖面图	(159)
10.1.4	比例尺和精度。分级	(165)
10.2	平面图	(167)
10.2.1	等高线图	(167)
10.2.1.1	转移数据	(167)
10.2.1.2	绘等高线	(168)
10.2.2	倾角平面图	(169)
10.2.3	走向—倾角平面图	(170)
10.3	报告	(170)
10.3.1	提纲	(171)
10.3.2	报告的说明部分	(171)
10.3.3	注明日期	(174)
10.4	第二版注记	(175)
<b>第三篇</b>	<b>解释</b>	(176)
<b>第十一章</b>	<b>拾取反射</b>	(176)
11.1	噪声与信号	(176)
11.2	最简单反射脉冲	(179)
11.3	沿检波器线的变化	(184)
11.3.1	噪声引起的变化	(184)
11.3.2	风化层变化	(184)
11.3.3	浅层速度变化	(184)
11.3.4	界面弯曲引起的变化	(185)
11.3.5	干涉效应	(185)
11.3.5.1	反射面厚度变化引起的干涉效应	(186)
11.3.5.2	断层或倾角突变引起的干涉效应	(188)
11.4	量板	(188)
11.4.1	量板制作方法	(188)
11.4.2	使用量板的规则	(191)
11.5	差反射	(193)
11.5.1	偶然排行	(193)
11.5.2	弱反射	(193)
11.5.3	局部反射	(194)
11.5.4	绕射、断层	(194)

11.5.5	地表噪声和炮井噪声·····	(199)
11.5.6	界面弯曲效应·····	(199)
11.6	综合、解释·····	(200)
11.7	第二版注记·····	(202)
<b>第四篇</b>	<b>折射勘探·····</b>	<b>(203)</b>
<b>第十二章</b>	<b>线形折射工作·····</b>	<b>(203)</b>
12.1	无倾角情况·····	(203)
12.2	倾角计算·····	(210)
12.3	单方向测线·····	(214)
12.4	初至波与续至波·····	(219)
12.5	构造·····	(219)
12.6	详细解释·····	(222)
12.7	精度·····	(224)
12.8	几个常速层·····	(226)
12.9	第二版注记·····	(227)
<b>第五篇</b>	<b>物理过程·····</b>	<b>(229)</b>
<b>第十三章</b>	<b>采用的基本物理关系·····</b>	<b>(231)</b>
13.1	经典力学·····	(231)
13.2	近似连续质量分布的运动·····	(231)
13.2.1	变形和应变·····	(231)
13.2.2	应力·····	(236)
13.2.3	胡克关系式·····	(241)
13.2.4	运动方程·····	(248)
13.2.5	动量守恒和能量守恒·····	(251)
13.3	球坐标·····	(255)
13.3.1	应变·····	(255)
13.3.2	应力·····	(257)
13.3.3	胡克关系·····	(257)
13.3.4	运动方程·····	(259)
13.4	第二版注记·····	(262)
<b>第十四章</b>	<b>地震脉冲的传播·····</b>	<b>(264)</b>
14.1	脉冲波前、惠更斯原理·····	(264)
14.2	球面脉冲·····	(269)



14.2.1	球形空穴震源·····	(272)
14.2.2	炮井·····	(275)
14.2.3	脉冲的最小振荡特性·····	(275)
14.3	边界影响·····	(277)
14.3.1	平面脉冲反射。法向入射·····	(278)
14.3.1.1	任意方向入射·····	(280)
14.3.2	点震源问题·····	(282)
14.4	绕射·····	(286)
14.5	聚焦·····	(291)
14.6	面波·····	(295)
14.7	第二版注记·····	(399)
<b>第十五章</b>	<b>记录·····</b>	<b>(301)</b>
15.1	单位阶跃记录·····	(301)
15.2	地与检波器的耦合·····	(305)
15.3	混波和滤波、信息的衰减·····	(307)
15.4	音量控制·····	(307)
15.5	第二版注记·····	(308)
<b>参考文献</b>	·····	<b>(310)</b>

## 第一版 编者序

《石油地震勘探》是一部学术著作，但同时也是非常注重实用的著作。书中第二句话扼要地表达了本书的目的并集中体现了作者直截了当的风格。这句话是：“首要问题是找到石油”。

迪克斯博士指出，几乎在所有各种情况下找油方法都是间接的。在过去，找油方法包括图书馆研究和实验室研究、野外地面地质调查、有步骤的构造钻井和地下地质分析、以及大规模的航空测绘，这些方法今天仍然是需要的。另一方面，有时找油的方法只不过是一个成功的“搜集情报”计划，即从用更科学的方法晓得数据的人们那里搜集有关的闲谈和“内部消息”。

但是在过去三十年当中，间接找油方法的主要特征是各种地球物理方法突飞猛进的发展。这些方法的目的都不是直接发现石油，而是查清地层和构造的数据，如果不用这些方法是得不到这些数据的，或者用其他较简单方法也是不能经济地得到这些数据的。地球物理方法得到的实际资料必须正确地进行地质解释，然后才能制定出成功的钻井计划。

地球物理工作规模不断扩大，现已在全世界范围内进行，用途最大的是地面磁测和近来的航空磁测，扭秤或重力测量，以及用地震法进行的地质勘探。早期地震测量用折射法，以后逐渐大部分为更加精确的反射法所取代。详细描述后一种找油方法是本书的主题。

在石油勘探中地震方法是比较新的。1933年才首次广泛地向公众介绍，那是芝加哥世界博览会上在科学会堂展示的一系列电

动模型和剖面。甚至《美国石油地质学家协会学报》到1931年才登载这方面的科学论文，即在其第十四卷中发表了一篇关于“地震解释”的文章。随后在下一卷中发表了一篇关于“地震学在地质问题上的应用”的文章，最后在第十六卷中发表了一篇关于“反射地震法的应用”的文章。

当然这些决不是这方面仅有的文章，也不是最早的文章，但重要的是石油地质家二十年前还没有开始在其主要刊物中给予篇幅。事实上也不可能希望他们这样做，因为《石油地球物理学家协会杂志》到1930年才出版，而古登堡 (Benó Gutenberg) 迟至1937年才发表其论文《作为一个学科的地球物理学》。

本书作者所著《地震勘探原理》(Note on the Theory of Seismic Prospecting) 1935年在哈珀 (Harper) 地球科学丛书中出版，从此以后，他在这个领域中的活动与日俱增。因为一部科学著作只能部分地表现出作者的学术造诣和工作经验，故在这里介绍一下作者的简历。

查理·休威特·迪克斯是洛杉矶人，曾在加利福尼亚州理工学院攻读物理科学。他的毕业论文在赖斯学院 (Rice Institute) 完成，该院于1931年授予他数学博士学位。在赖斯学院担任数学讲师之职数年，以后他转任亨布尔石油和炼制公司 (Humble Oil and Refining Company) 地球物理研究人员，从1939至1941年在索康尼瓦枯姆石油公司 (Socony Vacuum Oil Company) 担任同一性质的职务。以后他成为加利福尼亚州帕萨迪纳联合地球物理公司的总地球物理家和副总裁。

从1948年起他在加利福尼亚州理工学院从事地球物理教学工作。1948至1950年他还担任几家石油公司的地球物理顾问；其后，他担任加利福尼亚州研究公司 (加州标准石油公司) 专职顾问。

由于迪克斯博士的数学修养、教学经验和多方面的生产和实际工作的经历，他特别能胜任探讨相当复杂的问题。因此，《石油地震勘探》应该不但对学生有用，还对教师有用，不但对地质

家有用，还对物理学家和数学家有用，不但对科学部门的研究人员有用，还对石油企业中一般的科学家、技术员、工程师和实际野外工作者有用。

凯里·克朗奈斯

## 第二版编者序

广大地球物理学家要求重印这个原本，作为这一要求的响应，于1979年夏季首次酝酿了《石油地震勘探》的这个新版。在勘探地球物理家协会49届国际年会的授奖午餐会上又重新提出了这个要求，在这届年会上C.H.迪克斯接受了莫里斯·尤因奖，这是学会的最高荣誉<sup>①</sup>。皮特森 (Raymond A. Peterson) 在关于颁奖的材料中写道：C.H.迪克斯“1952的著作《石油地震勘探》对地球物理勘探实际工作者来说现在仍然是最优秀的参考书之一。”<sup>②</sup>

在以后几个月中，国际人类资源开发公司与哈珀和罗奥出版公司 (Harper and Row, Publishers) 商妥新版事宜。迪克斯博士感到新版若不做一些修改是不实际的。因此迪克斯博士对新版每一章写了一节注记，评价从1952年以来出现的新情况。这些注记并不是包罗万象的，也不是面面俱到的，而只是从一个毕生献身于地球物理事业的专家的角度提出的一些见解。除此之外，迪克斯博士还做了一些细小的文字修改。

我们深感荣幸能将这一版本重新付印。

米奇尔·R.海斯

---

<sup>①</sup>为纪念莫里斯·尤因 (Maurice Ewing) 对地球物理学的巨大贡献，勘探地球物理家协会于1978年起设立莫里斯·尤因奖，作为学会的最高荣誉，授予为勘探地球物理的科学和专业的进步做出主要贡献的人员。49届年会于1979年十一月举行——译者。

<sup>②</sup>雷蒙德·A.皮特森所写的材料和这次授奖活动情况可参看Geophysics, V.45 No.3, 1980——译者注。

## 第一版作者序

本书的目的完全是为了教学。意图是对年轻人进行解释技术及有关基础知识的培训。此书也可附带地供这个专业较有经验的人员检查评论。他们仔细阅读各个章节后，可以判断他们的科学观点是否与这里提出的基本一致。如果他们同意本书的观点，就不需再说什么。如果他们不同意，可以直接向我或在技术出版物上提出，这当然会有助于这门科学的进步。

由于本书的目的是教学，因此勘探地质家在我思想上时常占有最主要的位置。理由是地震学家所得结果的最终分析中，必需应用地质家的更宽阔的视野。因此需要地质朋友在某种程度上了解我们的工作背景，是必不可少的。本书中有几章是在这种考虑下写的。

读者可以看到，每一章开始时总是先说明这一章是为哪些人写的。应该理解，象这样的一本书必然是为各种各样的人写的。有几章是专门为具有特定的兴趣和基础的人写的，为了读者方便，在每一章的开头都对此加以说明。

由于本书的主要目的是用于教学，因此或许应该声明一下，这并不意味这本书仅仅写成一本课堂上用的教科书，虽然我希望本书适于学院和大学中作为教材使用，但编写时主要想到实际工作者。

作为从事野外工作的地球物理学家度过了我的大部分时日，我深感需要为从事野外工作最重要部分的人们——解释人员提供一些有用的东西。整个野外工作的目的归根到底是为了给解释人员取得数据。这个极端重要的解释环节我觉得不论现在还是将来都需要最高度的重视。由于为解释人员取得数据的过程往往是十

分困难的，需要许多人的技能和精力，还要耗费大量金钱，因此有时会偏到另一个方向。在这种情况下多半会把重点放在花费技能、精力和金钱最多的地方。如果在这个方向上走得太远，以致忽视了解释工作，那末勘探任务甚至一半都没有完成。

因为我是搞教育的，所以我想稍为谈一点我在这方面的经历特点。这是从许多来源得到的，但最突出的来源之一是怀特海 (Alfred North Whitehead) ●，他是哈佛大学已故数学家和哲学家。怀特海在几年前出版了一本小册子叫《教育的目标》。现在已由门托书店 (Mentor Books) 出版了普及本。怀特海以其亲切而锋利的风格把学习过程分析为包括三个主要阶段的一个反复。第一个阶段他称之为爱好阶段。在这一阶段学习者第一次变得对世界的某一部分极度地感兴趣。他感兴趣的原因可以各式各样，因人而异，但这些原因的共同特点是生动和广泛的。第二个阶段怀特海称之为钻研阶段。在这个阶段学习者向自己提出一系列关键性问题，对他爱好的事物做非常细致的研究。他企图使观点达到更大的精确性。在第三阶段中学习者把他钻研的各种收获结合在一起，返回到更宽阔的视野。怀特海称这个阶段为综合阶段。虽然在最后阶段变成向第一阶段返回，但它是以更精确的新观点来返回的，因而学习者现在观察整个问题更为锐利而透彻。可以指出，在中间阶段，分析的工具很可能是有用的。学习者做测定，寻求更高的精确性；但分析是一个分解的过程。在某种程度上，它是研究一些细小局部的过程；它是一个专门化的过程。应当考虑到做各项工作时在能力、精力和时间方面我们都有各种局限性，因而当研究者变得如此专心致志于分析工作，以致没有时间把情况汇总成一个整体时，是一件不幸的事。这就好象没有为首先要寻求的东西留下时间一样！

怀特海曾谈到教育的韵律。我们也许可以把这个过程比拟成攀登螺旋梯的过程，在上升的过程中碰巧来到一个窗口，从这里

---

●怀特海 (1861—1947)，英国数学家及哲学家——译者。

我们可以看到外部世界的宽阔景象。但在我们登上这个楼梯时，在我们的工具包中带了一些更有用更精确的观测仪器，所以我们来到一个个窗口时，我们已有更好的准备，可以更精确地整体地观察我们面前的景象。

我喜欢怀特海的这个观点，因为它说明学习过程中不同阶段之间的关系。对我来说，似乎这三个阶段每一个都是同等重要的，如果遗漏了任何一阶段，多半会造成严重的缺陷。由于中间阶段即钻研阶段时常是如此艰难，因而这个阶段往往最受重视。但应该记住，虽然这个钻研阶段需要我们耗费很多精力，但它终究不是科学研究的主要目的。它也不是地震勘探的主要目的。主要目的倒是对所有信息的临时综合。我说临时，是因为随着时间的继续，螺旋的新的一圈会补充到已综合好的图象中去。

在规划这本书时，就已分成五篇。第一篇包括可称为全貌的那些东西。第二篇分几章讨论地震队差不多每天都要使用的常规工具和常规方法。第三篇只有一章，讨论反射地震数据的解释。单是这个题目就可以写成一本书。第四篇是折射地震工作的简介，适合于熟悉反射地震工作的人员。第五篇分三章，都是基础性质的，其中两章详细讨论物理概念，这应是解释人员基础知识的一个组成部分。最后一章讨论的问题可称为解释人员眼中的仪器情况。这里不给出仪器的细节，而是从主要对一般地震记录的解释感兴趣人员的观点来看仪器问题。

本书是先画好图幅，然后据此写书——更确切地说是口授。这种方法势必要把所有公式纳入图中，这倒变成一件极好的事情，因为数学方程中的各个量总是与图互相对照。数学用得很少，只是当作一种语言，当作一种描述工具，以强调一些关系。我希望没有让数学家的传统态度不经心地潜入这本著作中。我说的那种态度是把一个符号的特定意义看做是无关紧要的。对数学家来说，符号是空的容器，它们只有极少的特性，它们最重要之点是不同符号可以互相区别。反之，使用数学的人必然采取完全不同的态度，他们的兴趣主要在于符号的意义。我希望通过把所



有数学公式放在它们应用的图上，从而在各种情况下都能保持符号与其意义的内在联系。

每一本书都有其局限性，本书也不能例外，局限性的一部分是故意的。我认为本书篇幅不宜过大。局限性的另一部分是我的经历的局限性。我的兴趣主要在解释方面，所以本书的主要重点是解释问题。另一个局限性是读者的数学和物理学基础。我假定读者已有两年的大学物理学和两年的大学数学基础。因此我希望读者至少理解微积分的描述用语。但是，在每一步中，我努力用尽可能初等的数学工具合理简短地表达结果。还有一个局限性总是与这一领域的工作者有关，即商业的局限性，按照这种局限性，不可以泄露保密性的方法和成果。应用地震学一般问题的几个重要方面不得不因此而尽量从简。我希望最后这个局限性不会很严重。我相信野外工作者并没有这种局限性，因为现在保密的许多事物实际上在工业界的许多部门里是众所周知的。

必须向联合地球物理公司的皮特森博士致谢，承他友好地审阅了全部手稿和图幅并查对了某些可能认为是该公司保密资料的项目。衷心感谢允许发表某些保密项目。我也感谢西方地球物理公司的萨尔瓦托利(Henry Salvatori)先生，他允许我发表惠明顿油田的图件。另外还应该向许多在《地球物理》杂志和在勘探地球物理家协会出版的《史例》第一卷上发表文章的作者致谢。因为有了后一本书，使作者的工作容易得多了；该书还提供了许多例子可用来与本书中的材料互相印证。海兰德(Heiland)、奈特尔顿(Nettleton)和贾科斯基(Jakosky)在勘探地球物理学方面非常优秀的著作已在一般方式下时常使用。我还要向许多与我研讨地球物理问题的朋友们致谢。特别应提到哈伯特(M. King Hubert)，他的长时间讨论使我开阔了视野。我还应该说哈伯特博士首先建议我写这种性质的书。还应向我的学生们表示感谢，他们时常提出很有价值的新颖观点。衷心感谢汤扎克夫人和威尔茨夫人在手稿打字方面的帮助。哈珀兄弟公司的汤森小姐对文字做了许多加工，作者深表感谢。我很乐于感谢我的妻子因