

钻井工程

现场实用技术

魏风勇 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)



钻井工程现场实用技术

魏风勇 主编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

钻井工程现场实用技术 / 魏风勇主编. —北京:
中国石化出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-5114-2785-4

I. ①钻… II. ①魏… III. ①油气钻井-施工现场-
施工管理 IV. ①TE2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 076980 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何
方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 20.25 印张 470 千字

2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

定价:72.00 元

《钻井工程现场实用技术》

编 委 会

主 任：孙清德

副主任：李振智 胡群爱

主 编：魏风勇

副主编：张建华 康永华

编 委：陈付立 王自民 王宏杰 羽保林 何启贤

严光权 刘志刚 李玉民 李社坤 姚志忠

李国卿 杨瑞民 侯树刚 刘昌魁 付长春

审 核：王太平

序

坚持走专业化、市场化、高端化发展之路，是石油工程转变经济发展方式，提升发展质量和效益的必然选择；推进科技进步、提高技术素质、创新技术管理，是打造世界一流石油工程公司的基础；提升技术能力、加大技术投入，是推进技术进步的关键，为此编印此书意义重大。

石油工程人勇争第一、敢为人先的拼搏精神，鼓勇同行、敢战必胜的坚定信念，团结爱国、求实奉献的石油传统，不仅使我们创造了勘探开发的巨大成就，也使我们走出中原，跨出国门，形成遍布国内外的石油工程市场。面对国际同行和打造世界一流的伟大事业，还必须坚持技术创新和管理创新，必须培训一流的石油工程技术精兵。

近年来，随着市场规模的不断扩大，人才流动趋势的不断加强，基层技术人员更加年轻化，技术素质参差不齐。为了强化一线技术人员的培养，公司组织一批实践经验丰富、理论功底扎实的技术专家，紧紧围绕钻井队技术人员岗位要求，贴近生产实际，把握现场需要，历时一年有余，编写了《钻井工程现场实用技术》，内容具有很强的针对性、实用性、操作性。值此教材付梓印刷，即将出版发行之际，恳切希望大家一定要学好用好这部教材，做到熟练掌握，规范操作，尽快把书本知识转化为生产技能，形成创业、创效、创新的手段和动力，推动中原石油工程持续有效和谐发展，为打造世界一流提供强有力的技术保障。同时也衷心感谢所有编写人员，相信你们的智慧一定会化作技术进步的动力，推动打造石油工程铁军建设的伟大事业。



2014年3月

前 言

为适应钻井市场不断扩大，技术人员更替过快，钻井队技术工作亟待加强的形势要求，有效提高钻井技术人员的业务能力，全面提升钻井现场技术工作的整体水平，中原油田技术发展处和培训中心共同组织编写了《钻井工程现场实用技术》。

本书由长期从事生产一线的专业技术人员编写而成，具有针对性强、内容与现场结合紧密、方便实用的特点，适用于钻井技术人员培训和自学。

本书以钻井队在岗工程师为读者对象。第一章基础知识，介绍了钻井基础知识和技术管理要求，由柳金钟、丁向京编写。第二章钻井技术，介绍了目前钻井施工中常见的钻井工艺类型及技术特点，由毕泗义、赵相泽、刘春林、夏丹丹、李让、王鹏翀编写。第三章复杂与故障，介绍了钻井常见故障的预防和处理措施，由郭亮、胡春梅编写。第四章钻井液，介绍了常见钻井液体系、处理剂及油气层保护技术，由王家勇、孟令红编写。第五章录井，介绍了录井施工对钻井的要求及录井数据的分析应用，由柳金钟、孙林编写。第六章测井，介绍了测井施工对钻井队准备工作的要求及测井数据的分析应用，由葛秋现、任海荣、王强编写。第七章固井，介绍了固井施工要求及保证固井质量的措施，由乐振好、郭子文编写。第八章完井与试油测试，介绍了一般完井方式和测试施工的要求，由胡浩华、田格卫、耿玉乾编写。

由于本书涵盖的内容较多，编写时间紧迫，不足及疏漏之处在所难免，敬请读者在使用过程中，提出宝贵意见，以便下次再版时修正。

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 地质基础知识	(1)
第二节 钻井设计要点	(14)
第三节 现场技术管理	(20)
第四节 钻井常用仪器仪表	(33)
第五节 工程技术资料	(41)
第二章 钻井技术	(52)
第一节 优快钻井技术	(52)
第二节 定向井技术	(63)
第三节 套管开窗侧钻技术	(80)
第四节 取芯工艺	(85)
第五节 欠平衡钻井技术	(97)
第六节 分支井	(107)
第三章 复杂与故障	(121)
第一节 常见复杂与故障的原因及预防	(121)
第二节 常见复杂与故障的处理	(135)
第三节 常见井下打捞工具	(149)
第四章 钻井液	(171)
第一节 常用钻井液体系	(171)
第二节 常用钻井液处理剂	(180)
第三节 钻井液参数	(188)
第四节 油气层保护技术	(199)
第五章 录 井	(207)
第一节 地质录井基础知识	(207)
第二节 综合录井常用参数及应用	(212)
第六章 测 井	(224)
第一节 裸眼井测井	(224)
第二节 水泥胶结测井	(236)
第三节 测井施工要求	(239)

第七章 固 井	(241)
第一节 概述	(241)
第二节 油井水泥及外加剂	(242)
第三节 套管固井工具及附件	(246)
第四节 注水泥类型及方法	(271)
第五节 影响固井质量的因素及保障措施	(278)
第六节 固井复杂问题及处理方法	(284)
第八章 完井与试油测试	(289)
第一节 常规完井方式	(289)
第二节 常规试油试气	(293)
第三节 地层测试	(302)

第一章 基础知识

第一节 地质基础知识

本节从四个方面主要讲述了地质理论基础知识。其中地质时代及地层讲述了地质时代的划分和地层的单位、接触关系、产状要素及地层倾角对地层厚度的影响和计算；岩石基础知识简介了岩石的概念和岩浆岩、变质岩和沉积岩三大岩类；构造基础知识重点介绍了相关概念和褶皱、裂缝、断层三种常见构造类型；石油地质基础知识讲解了石油的概念、组成、生成、运移、聚集等方面的知识。

一、地质时代及地层

(一) 地质时代

划分地球历史的单位称为地质时代单位（表 1-1）。地质时代单位由代、纪、世、期四个级别和一个自由使用的时间单位“时”组成。其中代、纪、世是国际性的时间单位，期是大区域性的时间单位，时是地方性的时间单位。

代：是国际上通用的最大单位。一个代相当于形成一个界地层所经历的时间，代的名称与界的名称相对应。如古生代沉积的地层对应为古生界。

纪：是国际上通用的第二时代单位。纪是代的一部分，代表形成一个系的地层所经历的时间，如奥陶纪沉积的地层对应为奥陶系。

世：是国际上通用的第三时代单位，是国际地质年代表中最小的时间单位。世是纪的一部分，相当于形成一个统的地层所经历的时间，其名称是在纪的名称前加早、中、晚等字，如奥陶纪分为早奥陶世、中奥陶世、晚奥陶世，其名称与统的名称相对应，如早侏罗世沉积的地层为下侏罗统。

期：是全国性的或大区域性的地质时代单位。期是世的一部分，相当于形成一个阶的地层所经历的时间，其名称与阶的名称相对应，如对应长山阶、凤山阶等，有长山期、凤山期等。

表 1-1 地质时代表

序号	年 代 单 位			同位素年龄		生物进化过程	
	代	纪		世	开始时间		终止时间
1	新生代 K _z	第四纪 Q		全新世 Q _h	164 万年	至今	人类时代、现代植物
				更新世 Q _p			
		第三纪 R	晚第三纪 N	上新世 N ₂	2330 万年	164 万年	鸟类、哺乳动物、 被子植物
				中新世 N ₁			
			早第三纪 E	渐新世 E ₃	6500 万年	2330 万年	
				始新世 E ₂			
				古新世 E ₁			

续表

序号	年 代 单 位			同位素年龄		生物进化过程
	代	纪	世	开始时间	终止时间	
2	中生代 Mz	白垩纪 K	晚白垩世 K ₂ 早白垩世 K ₁	1.35 亿年	6500 万年	爬行动物(恐龙繁盛)、 裸子植物
		侏罗纪 J	晚侏罗世 J ₃ 中侏罗世 J ₂ 早侏罗世 J ₁	2.08 亿年	1.35 亿年	
		三叠纪 T	晚三叠世 T ₃ 中三叠世 T ₂ 早三叠世 T ₁	2.50 亿年	2.08 亿年	
3	古生代 Pz	二叠纪 P	晚二叠世 P ₂ 早二叠世 P ₁	2.90 亿年	2.50 亿年	两栖动物、蕨类植物
		石炭纪 C	晚石炭世 C ₃ 中石炭世 C ₂ 早石炭世 C ₁	3.62 亿年	2.90 亿年	
		泥盆纪 D	晚泥盆世 D ₃ 中泥盆世 D ₂ 早泥盆世 D ₁	4.09 亿年	3.62 亿年	脊椎动物(鱼类)、 裸蕨植物
		志留纪 S	晚志留世 S ₃ 中志留世 S ₂ 早志留世 S ₁	4.39 亿年	4.09 亿年	
		奥陶纪 O	晚奥陶世 O ₃ 中奥陶世 O ₂ 早奥陶世 O ₁	5.10 亿年	4.39 亿年	无脊椎动物(三叶虫)
		寒武纪 ε	晚寒武世 ε ₃ 中寒武世 ε ₂ 早寒武世 ε ₁	5.70 亿年	5.10 亿年	
4	元古代 Pt	震旦纪 Z		8.00 亿年	5.70 亿年	古老的菌藻类生物
				25.00 亿年	8.00 亿年	
5	太古代 Ar			46.00 亿年	25.00 亿年	原核生物出现

(二) 地层

地球自形成以来经历了漫长的历史，至今已有 40 多亿年了。在它历史发展的每一阶段，地球表面都有一套相应的地层形成。

地层：在一定地质时间内形成的岩层或岩石组合。

地层既是一个物质概念，同时也具有时间概念，是地壳发展历史的物质记录。

(三) 地层单位

划分地层的单位称为地层单位。目前国际上通用的地层三级单位是界、系、统，此外

全国性或大区域性的单位是阶，以及地方性的小区域的群、组、带等单位。

界：是国际上通用的最大的地层单位，相当于一个代时间内形成的地层。根据地壳运动和同位素年龄资料把隐生宙分为太古界和元古界两个界。根据生物演化把显生宙划分为三个界，即古生界、中生界、新生界。

系：是国际上通用的第二级地层单位。系是界的一部分，相当于一个纪的时间内形成的地层，如寒武系、志留系、侏罗系等。

统：是国际上通用的第三级地层单位。统是系的一部分，相当于一个世的时间内形成的地层。统的名称是在系的名称前加下、中、上等字样构成。如石炭系分为下石炭统、中石炭统、上石炭统，二叠系分为下二叠统、上二叠统等。个别的统也可使用专名，如第三系的古新统、始新统、渐新统等。

阶：是全国性和大区域性的地层单位。相当于一个期的时间内形成的地层。统可分为阶，但在不同的生物地理区内，同一个统有时可分出数目不等的阶。阶通常有专名，即在“阶”字前面加首次命名的地名，如风山阶、长山阶等。阶的专名只适用于某个生物地理区。

(四) 地层的接触关系

地壳时时刻刻都在运动着。同一地区在某一时期可以是以上升运动为主，形成高地，遭受风化剥蚀；另一时期可能是以下降运动为主，形成洼地，接受沉积，这样就使得先后形成的地层之间具有不同的接触方式，即地层接触关系。最基本的地层接触关系有整合和不整合两种。不整合又分为平行不整合和角度不整合。

1. 整合接触

是指沉积物连续堆积，无沉积间断或无重大沉积间断，上下两套地层产状完全一致，彼此平行或大致平行。其特点是岩性与生物演化连续、渐变，为沉积区持续稳定下降背景下的沉积。

2. 不整合接触

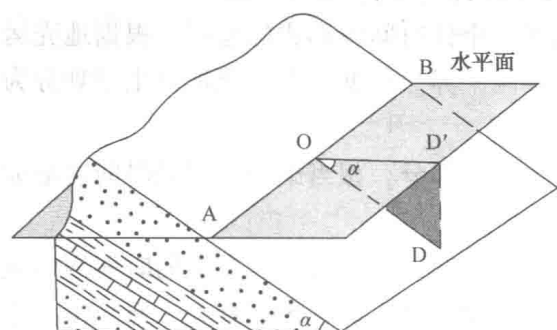
沉积缺失，层序有间断，即部分地层无沉积或虽有沉积但却被剥蚀。分为平行不整合和角度不整合两种类型。

平行不整合：地壳缓慢下降，沉积区接受沉积，然后地壳上升，沉积物露出水面遭受风化剥蚀，接着地壳又下降接受沉积，形成一套新的地层。这样先沉积的和后沉积的地层之间是平行叠置的，但并不连续，具有沉积间断，称为平行不整合。因此平行不整合代表着一个地壳均匀下降、上升、再下降的总过程。其特点是新老地层产状一致，沉积出现间断，岩性和古生物演化突变。

角度不整合：地壳上升，已沉积的地层受到挤压发生褶皱和断裂，并遭受风化剥蚀，然后随着地壳的再一次下降，接受新的沉积。这样新老地层之间产状不是平行叠置的，而是成一定角度相接触，称为角度不整合。其特点是新老地层产状不一致，沉积出现间断，岩性及生物演化突变。

(五) 地层的产状要素

岩层的产状是指岩层在地壳中的空间位置及其状态。在野外所见的岩层有水平的、倾斜的、或直立的，这些都是它们的产状。为了确切地反映岩层的倾斜情况，岩层的产状用走向、倾向和倾角来描述，称岩层的走向、倾向和倾角为岩层的产状要素，实质上它是确定岩层在地壳中空间位置的一些数值（图 1-1）。



AB—地层的走向线 OD—地层的真倾斜线
OD'—地层的倾向 α —地层的倾角

图 1-1 地层要素示意图

1. 岩层的走向

岩层面与水平面的交线叫走向线，也就是岩层面上任何一条水平线或同一岩层面上任何两个等高点的连线，叫走向线，所以，一个岩层面上可以有无数条不同高度、相互平行的走向线；走向线的方位角叫岩层的走向，它指出岩层在空间的水平延伸方向。

2. 岩层的倾向

沿岩层倾斜面向下所引的与走向线相垂直的直线，称真倾斜线，它在水平面上的投影线称真倾向，简称倾向。它指出岩

层向深度的延伸方向。倾向与走向的方位角，二者相差 90° 。

3. 岩层的倾角

岩层的真倾斜线与其在水平面上的投影线之间的夹角，叫岩层的真倾角，简称岩层倾角。倾角指出岩层倾斜程度的大小。

(六) 地层倾角对地层厚度的影响及计算

在野外，岩层露头完整，地层倾角测量方便，可直接用工具丈量。但在井下数千米深的情况下，无法直接测量，且地层层面多为曲面，倾角大小不一。因此，区域上井下不同深度和层位的地层倾向和倾角主要从地震剖面上，根据地震反射波的形态，通过时深转换，计算得出，但精度不高。钻井完钻后，可进行 SHDT 测井，较准确地测量地层倾角，为后续井施工提供依据。

1. 地层倾角对地层厚度计算的影响

在定向井（水平井）施工中，地层垂厚的计算，通常只是根据实测井斜数据，将地层的顶底界校直到铅直深度上，然后用底界深度减去顶界深度。这种计算方法，在地层为水平状态时，计算出的铅直厚度即为地层的真实垂厚。但地层具有一定倾角时，未能考虑井眼轨迹与地层倾向、倾角之间的关系，计算出的铅直垂厚就有可能大于或小于地层的真实垂厚（图 1-2）。当井眼轨迹与地层倾向相同时，计算出的地层铅直厚度大于地层真实垂厚；反之，则小于地层真实垂厚。因此，在已知地层倾角时，计算地层真实厚度应在实测井斜数据中加上（倾向相同时）或减去（倾向相反时）地层倾角，即可得出地层真实厚度。

2. 水平井地层倾角计算方法

水平井钻探中，准确掌握地层倾角，可以减少井眼轨迹调整的难度和盲目性，提高油层钻遇率。出现以下两种情况时，可以准确计算地层倾角：一是当同一地层界面重复钻遇时 [图 1-3 (a)]，不同

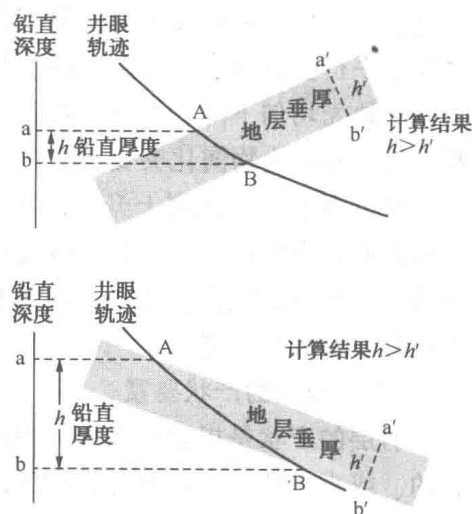


图 1-2 定向井地层垂厚计算示意图

钻遇点 A、B 的垂深差、位移差与地层界面组成的 $\triangle ABC$ ，通过井斜数据计算出三角形的两个直角边垂深差 h_1 和位移差 h_2 ，反正切计算出的 $\angle\alpha$ ，即为地层倾角；二是在通过导眼得知垂厚，或区域上厚度稳定的目标油层，如果同一井斜角钻穿顶底界 [图 1-3 (b)]，则井眼轨迹、地层层面与油层垂深线组成了 $\triangle ABC$ ，已知油层垂厚 h_1 和钻头进尺 h_2 ，通过反正弦可计算出 $\angle\alpha$ ，用井眼轨迹与水平面之间的夹角 $\angle\gamma$ ，减去 $\angle\alpha$ ，得出 $\angle\beta$ ，即为地层倾角。

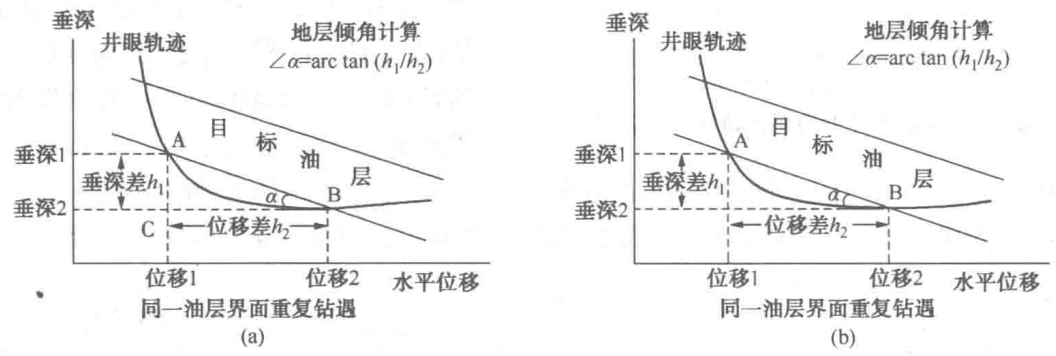


图 1-3 水平井地层倾角计算示意图

3. 水平井地层倾角计算实例

实例 1：XX-平 1 井的 10# 层为目标层，设计地层倾角下倾 0.76° 。通过自然伽玛和气测曲线得知，10# 层内的下砂体含油性较好，井眼轨迹围绕下砂体钻进（图 1-4）。其顶界面先后钻遇四次，即 a、b、c、d 四点（图 1-5），通过井斜数据计算出四点的垂深分别为 3154.23m、3156.21m、3159.58m、3161.91m，四点的水平位移分别为 270.05m、343.95m、441.80m、536.71m，则 a 点与其余三点的垂深差分别为 1.98m、5.35m、7.68m，位移差分别为 73.95m、171.75m、266.66m。根据上述方法可以进行三次计算，计算出的地层倾角 $\angle 1$ 、 $\angle 2$ 、 $\angle 3$ 分别为 1.53° 、 1.78° 、 1.65° 。

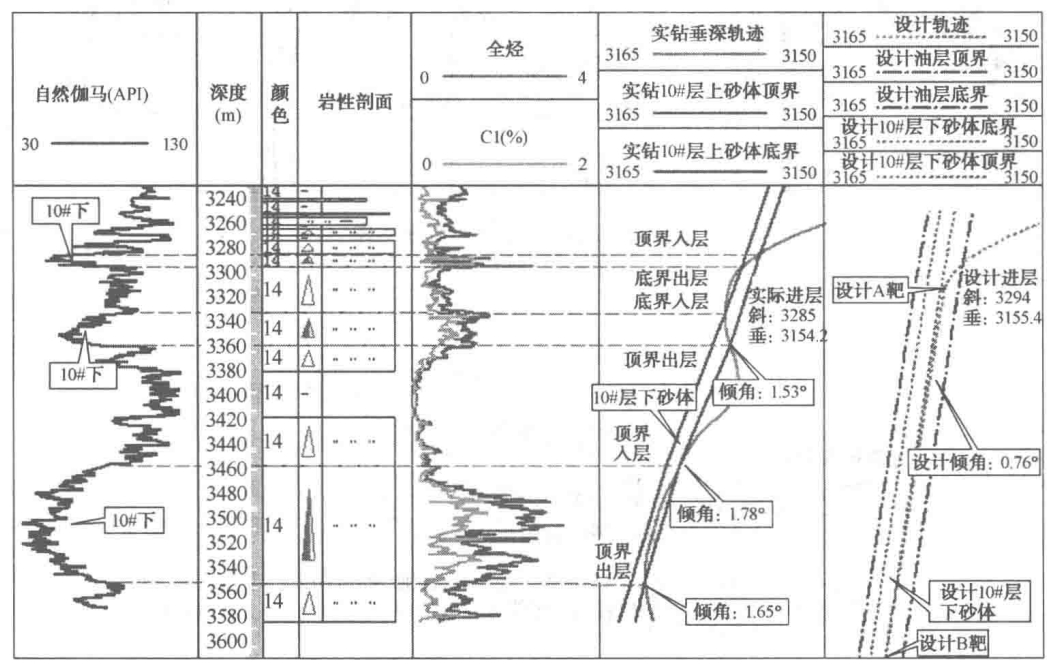


图 1-4 XX-平 1 井地质导向图

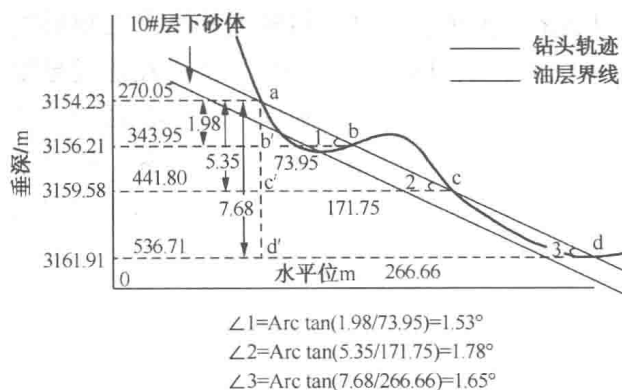


图 1-5 XX-平 1 井地层倾角计算示意图

从底界入层, 则 B、D 为同一界面的两个点, 两点之间的垂深差为 7.64m, 位移差为 119.69m, 使用方法一计算出的地层倾角为 3.7°, 两种方法计算出的结果基本一致。

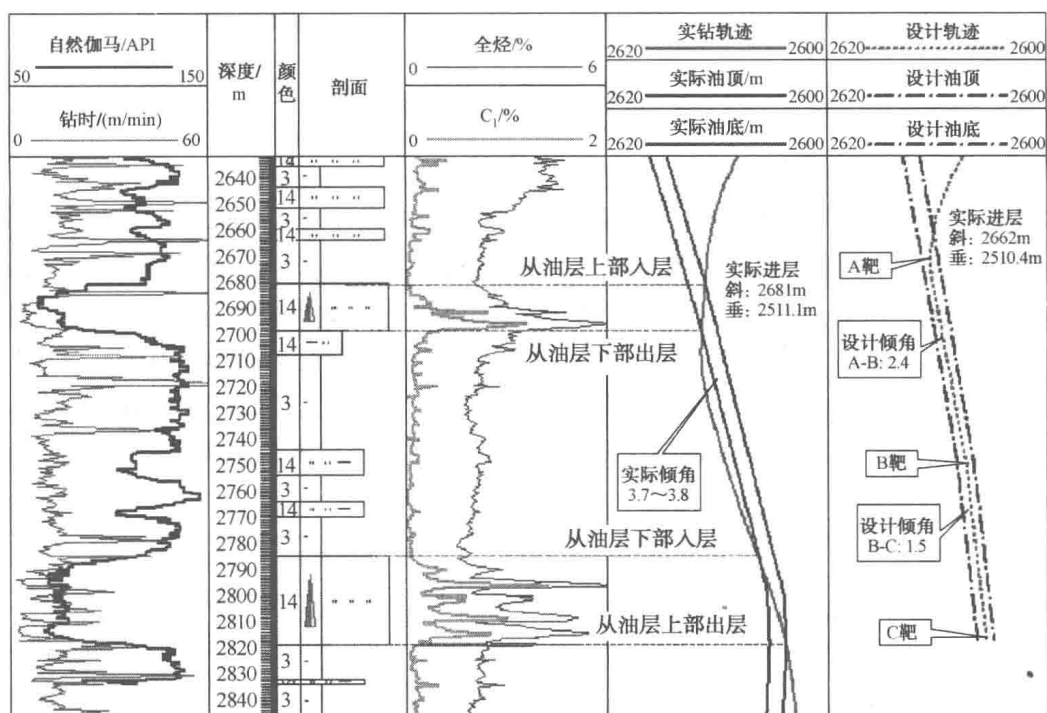


图 1-6 XX-平 2 井地质导向图

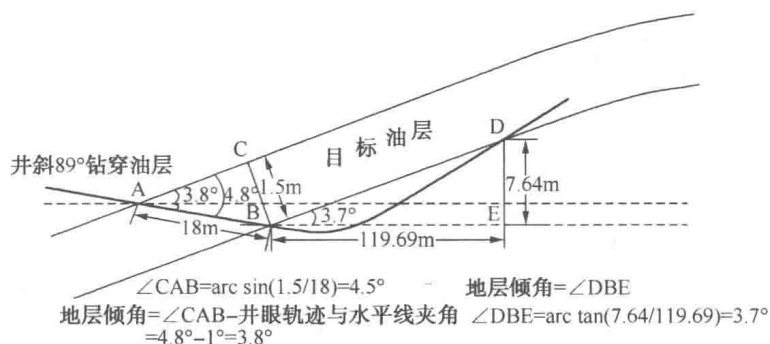


图 1-7 XX-平 2 井地层倾角计算示意图

二、岩石基础知识

(一) 岩石的概念及分类

地壳是由岩石组成的，所以又叫岩石圈。岩石是由一种或几种矿物按一定规律组成的集合体。由一种矿物组成的岩石，如纯洁的大理岩，是由方解石组成。由两种以上矿物组成的岩石，如花岗岩是由石英、长石、云母等组成。

地壳是由各种不同的岩石组成的。按照岩石的成因不同，可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。沉积岩主要分布于地壳最表层，从地表到地下 2000m 范围内，沉积岩约占 75%，岩浆岩和变质岩约占 25%；从地表到深度 15km 范围内，沉积岩只占 5%。石油主要是储存在沉积岩里。

(二) 岩浆岩

1. 岩浆岩的概念及分类

岩浆岩是地下深处的岩浆侵入地壳或喷出地表冷凝而成的岩石。岩浆岩的种类很多，目前已知有一千余种。岩浆岩分类的主要根据一方面是岩石的化学成分、矿物成分，另一方面是岩石的产状、结构和构造；其中按照岩石中 SiO_2 含量多少可以分为超基性岩 (SiO_2 含量 $< 45\%$)、基性岩 (SiO_2 含量 $45\% \sim 52\%$)、中性岩 (SiO_2 含量 $52\% \sim 65\%$)、酸性岩 (SiO_2 含量 $> 65\%$)；按照岩石形成的部位分为深成岩、浅成岩和喷出岩。

2. 岩浆岩的一般特征

岩浆岩既然是天然岩浆冷凝生成的，因此在矿物成分、结构、构造、产状等方面必有别于变质岩和沉积岩。其主要特征如下：

(1) 岩浆岩大部分为块状的结晶岩石，部分为玻璃质结构的岩石。

(2) 岩浆岩中具有特有的矿物和构造，如霞石、白榴石、条纹长石等；而气孔构造和杏仁构造等也只有岩浆岩才有。

(3) 岩浆岩体无层理，一般与围岩有明显的界线，呈各种形态存在于地层中，有的平行，有的切穿围岩的层理或片理。围岩与岩浆岩接触处常见热变质现象。

(4) 岩浆岩体中常含有围岩的碎块，即“捕虏体”，这些捕虏体常见有热变质现象。

(5) 岩浆岩中没有生物化石。

3. 主要的岩浆岩

(1) 超基性岩类：橄榄岩、苦橄玢岩、金伯利岩。

(2) 基性岩类：辉长岩、辉绿岩、玄武岩。

(3) 中性岩类：闪长岩、闪长玢岩、安山岩。

(4) 酸性岩类：花岗岩、花岗斑岩、流纹岩。

(三) 变质岩

1. 变质作用及变质岩的概念

随着地壳的不断演化，地球上已形成的岩石（岩浆岩、沉积岩、变质岩）所处的地质环境（指温度、压力、化学活动性流体的影响及经历的时间）也在不断变化，为了适应新的地质环境，它们的矿物成分、结构、构造通过物理-化学条件也会发生改变。这种由地球内力作用促使矿物成分及结构构造变化的作用称为变质作用。

由变质作用形成的岩石叫做变质岩。变质岩可根据原来岩石的类型划分为两大类：由岩浆岩变质形成的岩石称为正变质岩；由沉积岩变质形成的岩石称为副变质岩。

2. 变质岩的分类

根据变质作用的类型可将变质岩划分为以下五类：

(1) 动力变质岩类。指由动力变质作用形成的岩石。代表岩石有：构造角砾岩、磨砾岩、糜棱岩。

(2) 区域变质岩类。指由区域变质作用形成的岩石。代表岩石有：板岩、千枚岩、片岩、片麻岩、大理岩、石英岩。

(3) 混合岩类。指由混合岩化作用形成的岩石。代表岩石有：条带状混合岩、肠状混合岩、眼球状混合岩。

(4) 接触变质岩类。指由接触变质作用形成的岩石。代表岩石有：石英岩、大理岩、角岩。

(5) 交代变质岩类。指由气-液变质作用形成的岩石。代表岩石有：蛇纹岩、云英岩、矽卡岩。

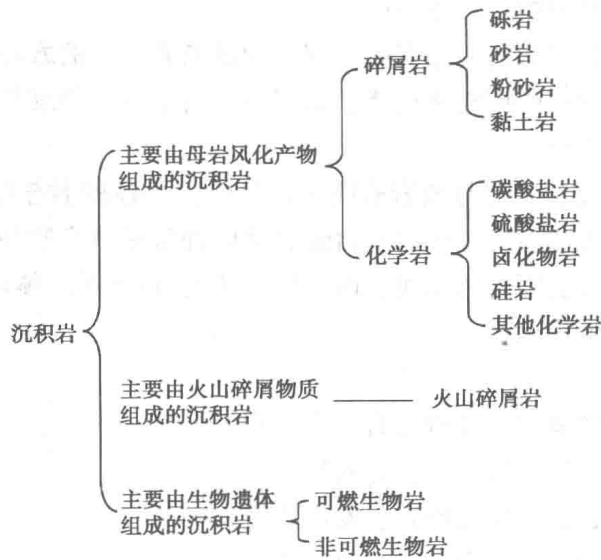
(四) 沉积岩

1. 沉积岩的概念

沉积岩是指在地表或接近地表的条件下，由母岩（岩浆岩、变质岩和早期形成的沉积岩）风化剥蚀的产物经搬运、沉积和固结而成的岩石。

2. 沉积岩的分类

根据沉积岩形成作用分类如下：



3. 碎屑岩

碎屑岩是由碎屑成分和填隙物成分（包括杂基和胶结物）组成的岩石，碎屑成分占50%以上。它是沉积岩中分布很广的岩石，是主要储油岩石之一。按照碎屑颗粒直径大小分类见表 1-2。

表 1-2 碎屑岩粒度表

名 称	砾 岩	粗砂岩	中砂岩	细砂岩	粉砂岩	泥 岩
颗粒直径 / mm	>1	1 ~ 0.5	0.5 ~ 0.25	0.25 ~ 0.1	0.1 ~ 0.01	< 0.01

4. 黏土岩

黏土岩主要由直径小于 0.01mm 的黏土矿物含量大于 50%组成的沉积岩。它的岩性特征主要由黏土矿物决定。黏土岩是分布最广的沉积岩，它约占沉积岩总量的 60%。黏土岩是最主要的生油岩，同时还可作为良好的盖层。

5. 碳酸盐岩

碳酸盐岩主要由方解石及白云石两种碳酸盐矿物组成。以方解石为主称为石灰岩，以白云石为主称为白云岩。碳酸盐岩的分布很广，在沉积岩中仅次于黏土岩和碎屑岩，居第三位，约占沉积岩总面积的 20%。在我国，碳酸盐岩约占沉积岩总面积的 55%，尤其是在西南地区（滇、黔、川、湘、桂、鄂）分布更广。碳酸盐岩是重要的生油岩和储油岩。从世界范围来说，碳酸盐岩油田的储量约占世界总储量的 57%，而产量约占世界总产量的 60%。

三、构造基础知识

（一）地质构造的概念

在油气田勘探和开发的实践中，常常发现沉积岩已经不是水平的，而是改变了它的原始产状，成为各种不同的构造形态，有的倾斜、有的弯曲、有的甚至被断开。我们把由于地壳运动，使岩石发生永久形变，改变其原始产状，形成的褶皱、断裂、劈理等，统称为地质构造。石油和天然气勘探开发的实践证明，地质构造是油气运移、聚集和保存的基本地质条件之一。

（二）褶皱构造

1. 褶皱的概念及分类

褶皱构造是指岩层受力变形产生的一系列连续的弯曲，岩层的连续性完整性没有遭到破坏，它是岩层在地壳运动中由于地应力的作用，产生塑性变形的结果。褶皱中的每一个独立的弯曲叫褶曲，褶曲分为背斜褶曲和向斜褶曲两种基本类型(图 1-8)。

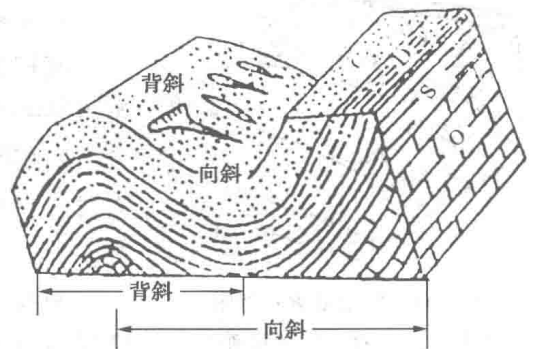


图 1-8 褶曲形态示意图

2. 褶曲的特点

背斜褶曲（简称背斜）的特点是：岩层向上弯曲，核心部分岩层时代较老，两翼地层时代较新，一般情况下两翼岩层的倾向相背朝外；向斜褶曲（简称向斜）的特点是：岩层向下弯曲，核心部分岩层时代较新，两翼地层时代较老，一般情况下两翼岩层倾向相向朝内。

（三）裂缝

1. 裂缝的概念

地壳中的岩层受力后发生形变，除了发生褶皱变动外，当岩石所受的力超过了岩石本身的抗压强度时，岩层的连续性和完整性受到破坏而发生断裂，形成断裂构造。根据岩层遭受破坏以后，断裂构造两侧岩层沿着断裂面有无明显的相对位移，可将断裂构造分为裂缝和断层两种基本类型。裂缝是指岩层中的一种破裂，破裂面两侧的岩块没有发生显著的相对位移。

2. 裂缝的分类

按照裂缝的力学成因分为张裂缝和剪裂缝两种。