

高等学校教学用书

油矿地质学

(第二版)

吴元燕 陈碧珏 主编

石油工业出版社

高等学校教学用书

油 矿 地 质 学

(第二版)

吴元燕 陈碧珏 主编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书主要讲述地质录井,地层测试,判断油、气、水层,油层对比,储层特征,油气田地质结构,地层压力和温度,储量计算。并加强了现代录井、油气井测试、储层描述、裂缝研究、储量分级及评价等方面的内容。

本书主要作为高等院校地质专业教材,也可供从事油气田勘探和开发地质工作者、科学研究人员、中等专业学校及职工大学有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

油矿地质学/吴元燕,陈碧珏主编.-2版.
北京:石油工业出版社,1996.9
高等学校教学用书
ISBN 7-5021-1723-7

I. 油…

II. ①吴…②陈…

III. 油气田-石油天然气地质

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 05968 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里 2 区 1 号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 21 印张 525 千字 印 2001-5000

1996 年 9 月北京第 2 版 1998 年 3 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5021-1723-7/TE·1467 (课)

定价: 17.00 元

第二版前言

本书第一版已使用 8 年,这期间油气田勘探、开发方法和技术有了很大的发展,为了适应这种形势,我们对此书进行了全面的修订,在修订中,补充了 8 年来国内外油田地质研究的新理论、新技术和新成果;参考了国内外出版的有关专著和文献资料;同时吸取我们和兄弟石油院校在《油矿地质学》教学中的体会和经验,以及广大读者对本书第一版提出的改进意见。

这次修订对内容和章节做了较大的变更。第一章按油气勘探标准化要求进行修订,在第一节中增加了水平井设计,第三节中补充了综合录井仪测量仪器及录井项目。第二章第一节中增加了现代试井。原第二节内容删去,改为常规的油气井测试。第三章删除仅具局部地区特点的油、气、水层解释方法,增加了作为地质人员在实际工作中应掌握的快速直观判别油、气、水层的解释方法和求取地层含油饱和度的常规方法。第四章删除开发层系划分与组合方法研究,补充了用测井资料划分沉积相的内容。随着储层研究在油气田勘探、开发中地位增强,将原第五章内容删除,改为新增加的一章,较系统地介绍了储层特征研究,包括储层非均质性、裂缝性储层、影响储层特征的地质因素、储层地质模型和储层综合评价。原第七章合并到第六章中,内容进行适当删减和补充。原第八章、第九章、第十章、第十一章合并为第七章地层压力与地层温度,补充了地温场的研究。原第十二章、第十三章、第十四章合并为第八章油气储量计算,按 1987 年全国矿产储量委员会正式批准实施的《石油储量规范》和《天然气储量规范》重新修订。通过这次修订不仅使教材内容更新,教材体系也逐步完善。为了配合课堂教学,还结合油田实际资料编写作业指导书,使学生通过做作业,提高动手能力和综合分析能力。

本书这次修订工作由石油大学(北京)吴元燕、彭仕宓,西南石油学院陈碧珏、蔡正旗完成。全书由吴元燕和陈碧珏主编。吴元燕编写第一章、第二章第一节、第七、八章;彭仕宓编写第二章第二节、第三、五章;蔡正旗编写第四、六章。

本书由中国科学院院士李德生主审,提出了许多宝贵意见,并对修订内容进行全面指导。在修订过程中石油大学陈钦雷教授、黄述旺副教授、云川教授、戴启德副教授,中国石油天然气总公司康竹林高级工程师给予了多方面帮助和指导。石油大学程相志、赵建臣同志也做了许多具体工作,在此一并表示感谢。

同时也感谢石油院校的教师、学生和广大读者在使用本书第一版时提出的宝贵意见,并热诚欢迎继续对本书第二版提出批评建议,以便将来进一步修订。

编 者

1995 年 9 月

第一版前言

油矿地质学是石油高等院校地质专业学生必修的一门专业技术课。它涉及的范围较广，包括从地质资料的录取到综合利用地质、地球物理、实验室分析、以及测试的资料来解决地下油气田地质结构，储油气层特性，油气田内油、气、水的分布，油气层埋藏的物理条件，油气藏的能量，油气藏储量计算等问题。因此可以说，油矿地质学是一门综合性的实用的学科。

根据1977年石油工业部召开的高等石油院校教材会议的精神，1978年5月，由西南、华东、大庆、江汉四个石油院校的五名教师组成了《油矿地质学》通用教材编写小组，前往四川、江汉、胜利、大庆等厂矿和科研单位进行调研并收集资料。在解剖原教材，对比分析国内外教材的基础上，按教学大纲要求，于1979年编写出石油院校通用的《油矿地质》试用教材。经历届教学实践，为我们编写本教材积累了经验。随着科学技术的不断发展，教材内容也需要不断更新。1983年10月，我们着手本教材的编写工作。

在编写本教材的准备过程中，我们注意广泛收集国内外油矿地质研究的新领域、新方法和新技术等方面的资料，并力求使教材内容能反映国内外油矿地质研究的新水平。

本书由西南石油学院陈碧珏同志主编。江汉石油学院吴元燕编写第一、二、三章；华东石油学院赖先楷编写第四、五章；西南石油学院周南翔编写第六章和第七章的一、二节；陈碧珏编写第八章到第十四章，以及第七章的三、四、五节。

石油工业部石油勘探开发科学研究院总地质师李德生同志对本书作了全面的、细致的、认真负责的审定，提出了许多宝贵的修改意见，而且还热情地给编者以指导和帮助。

在编书的过程中，西南石油学院的韩跃文副教授，部教材编译室的云川副教授，华东石油学院的陆克政副教授，江汉石油学院的夏位荣工程师也对本书作了指导。

各石油院校的领导对本书的编写给予了极大的重视和支持。石油工业部北京石油勘探开发科学研究院，大庆、胜利、华北、四川、江汉等油田为我们教材的编写提供了大量宝贵的资料，因属内部报告，未能列入参考文献中，石油工业部教材编译室对我们的教材也给予了大力支持。对以上各方面的热情支持和帮助，我们表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，书中定有不少错误和缺点，敬希使用此教材的广大师生和阅读此书的广大读者批评指正。

编 者

1986年8月

目 录

第一章 钻井地质	(1)
第一节 单井地质设计	(1)
一、井别	(1)
二、直井地质设计	(4)
三、定向井地质设计	(7)
第二节 地质录井	(13)
一、钻时录井	(13)
二、岩心录井	(14)
三、岩屑录井	(27)
四、钻井液录井	(35)
五、气测录井	(41)
六、其它录井方法	(47)
第三节 现代录井	(53)
一、综合录井仪测量仪器	(54)
二、综合录井仪录井项目	(54)
三、国外石油公司录井工作的特点	(56)
第四节 完井及其资料整理	(57)
一、完井	(57)
二、完井资料整理	(60)
第二章 地层测试	(64)
第一节 钻柱测试	(64)
一、测试工具及原理	(66)
二、钻柱测试的主要成果	(67)
三、钻柱测试应注意的问题	(68)
四、钻柱测试压力卡片的解释和应用	(69)
第二节 油气井测试	(80)
一、油井测试	(80)
二、气井测试	(88)
第三章 油、气、水层的综合判别	(93)
第一节 利用录井资料判断油、气、水层	(93)
一、根据油砂的含油级别进行判断	(93)
二、根据气测曲线显示进行判断	(93)
第二节 利用地球物理测井资料解释油、气、水层	(94)
一、评价油、气层的地质依据	(94)
二、油、气、水层的判断	(98)

第四章 油层对比及细分沉积相	(111)
第一节 碎屑岩油层对比	(111)
一、油层对比的依据	(111)
二、油层对比单元的划分	(114)
三、油层对比方法	(114)
四、油层对比成果图表的编制及应用	(118)
五、油层特性研究	(124)
第二节 油层细分沉积相的研究	(127)
一、以砂层组为单元划分沉积大相	(127)
二、划分沉积时间单元	(128)
三、各沉积时间单元细分沉积相	(132)
第三节 碳酸盐岩储集单元对比	(141)
一、储集单元的划分	(141)
二、储集单元的对比	(143)
第五章 储层特征研究	(144)
第一节 储层非均质性	(145)
一、储层非均质性的分类	(145)
二、宏观非均质性	(148)
三、微观非均质性	(152)
四、储层非均质性与油气采收率	(165)
第二节 裂缝性储层特征研究	(170)
一、裂缝的成因	(171)
二、裂缝的分类	(171)
三、裂缝的基本参数	(173)
第三节 影响储层特征的地质因素	(180)
一、沉积环境的影响	(180)
二、成岩作用的影响	(181)
三、构造作用的影响	(182)
第四节 储层地质模型	(182)
一、概念模型	(182)
二、静态模型	(183)
三、预测模型	(184)
第五节 储层综合评价	(185)
一、各开发阶段储层综合评价的内容	(185)
二、评价参数的优选	(187)
三、参数优选的方法	(188)
四、储层综合评价的方法	(189)
第六章 油气田地下构造的研究	(193)
第一节 断层研究	(193)
一、井下断层的识别	(193)

二、断点组合·····	(198)
三、断面构造图的编制与应用·····	(199)
四、断层形成时期和发育历史的研究·····	(199)
五、断层封闭性的研究·····	(201)
第二节 构造裂缝的研究·····	(204)
一、岩心裂缝分析·····	(205)
二、裂缝与局部构造的关系·····	(209)
三、裂缝与断层破裂带的关系·····	(210)
四、利用曲率评价构造裂缝·····	(211)
五、利用地应力资料评价地下裂缝·····	(216)
第三节 油气田地质剖面图及构造图的编制·····	(218)
一、油气田地质剖面图的编制·····	(218)
二、油气田构造图的编制·····	(224)
第七章 地层压力和地层温度·····	(230)
第一节 地层压力·····	(230)
一、有关地层压力的概念·····	(230)
二、异常地层压力研究·····	(231)
三、油层压力研究·····	(245)
第二节 地层温度·····	(255)
一、有关地层温度的概念·····	(255)
二、地温场的研究·····	(257)
第三节 油气藏驱动类型·····	(263)
一、油气藏驱动能量·····	(263)
二、油气藏驱动类型的影响因素·····	(264)
三、油气藏驱动类型与油气采收率·····	(265)
第八章 油气储量计算·····	(268)
第一节 油气储量·····	(268)
一、工业油、气流标准的制定·····	(268)
二、油、气储量及远景资源量分级和分类·····	(269)
三、油、气储量的综合评价·····	(273)
第二节 油、气储量计算方法·····	(275)
一、容积法·····	(276)
二、物质平衡法·····	(303)
三、油气储量计算的其它方法·····	(315)
参考文献·····	(327)

第一章 钻井地质

油气是一种化石燃料矿产，是在漫长的地质历史时期内由有机质堆积、埋藏、演化而形成。石油和天然气都是流动的物质，现在我们发现的油气田并不一定就是这些矿床生成的位置。因此，对石油地质工作者来说：一方面要求采用地质、地球物理和地球化学勘探的先进技术来摸索和探寻地下油气藏的确切位置和埋藏深度；另一方面必须应用钻井的工艺技术，通过直径有限的钻孔取得直接及间接的资料进行钻井地质研究，提高各类井的成功率。在经过评价性钻探和详探工作之后，了解地下油气藏的地质构造、油气藏类型、油气层的物理性质、地下流体（油、气、水）的性质及分布、油层驱动能量及石油和天然气的储量，根据这些资料制订出合理的油气田开发方案，保证油气田在完成开发井网的钻探后，获得较高的采收率。因此，油矿地质学是一门综合性的应用科学，而钻井地质是本学科的基础。要找到石油和天然气必须钻井；要开采石油和天然气，更需要钻井。钻井地质工作贯穿于石油勘探和油气田开发的全过程。

钻井地质工作是在钻井过程中，取全取准直接和间接反映地下地质情况的资料数据（表1-1和表1-2），为油气评价提供重要依据。各项地质录井工作质量的好坏，将直接关系到能否迅速查明地下地层、构造及含油、气情况，影响油田的勘探速度和开发效果。因此，钻井地质工作是整个油田勘探开发过程中的一项非常重要的工作。

第一节 单井地质设计

在一个新探区，为了迅速发现油气藏，及时扩大勘探成果，在已掌握区域地质、地球物理勘探资料的基础上，需要编制一个钻探的总体设计。在总体设计中规定了勘探总任务，进行全区勘探的程序与方法、井别、井位部署等。

单井地质设计是根据钻探总体设计的要求编制的。它是完成总体设计任务的一个部分，也是顺利完成钻探任务必不可少的一环。

一、井别

根据“油气勘探工作条例”和“油气勘探程序与地震地质解释评价工作流程、要求”的原则，对井别划分和井号编排提出以下规定。

（一）井别划分

1. 探井分类

探井分类要与我国目前的勘探阶段划分、勘探程序结合起来；要与油气勘探的钻探目的紧密结合起来。我国探井分类主要有：

（1）地质井

在盆地普查阶段，由于地层、构造复杂，用地球物理勘探方法不能发现和查明地层、构造时，为了确定构造位置、形态和查明地层层序及接触关系而钻的井。

（2）参数井（地层探井、区域探井）

在油气区域勘探阶段，在已完成了地质普查或物探普查的盆地或坳陷内，为了解一级构

造单元的区域地层层序、厚度、岩性、生油、储油和盖层条件、生储盖组合关系，并为物探解释提供参数而钻的探井。它属于盆地（坳陷）进行区域早期评价的探井。

表 1-1 探井取全取准 10 类 64 项资料（据 SY 5251—91）

资料类别	项 目 内 容
(一) 井位资料	(1) 井位, (2) 井别, (3) 井位坐标, (4) 海拔高度
(二) 岩屑资料	(5) 岩性, (6) 结构, (7) 荧光, (8) 含油程度, (9) 化石, (10) 缝缝, (11) 洞洞
(三) 钻井液资料	(12) 性能, (13) 钻井液处理, (14) 槽面显示, (15) 漏失, (16) 井涌 (喷)
(四) 岩心资料 (包括井壁取心)	(17) 收获率, (18) 岩性, (19) 结构, (20) 构造, (21) 缝缝, (22) 洞洞, (23) 接触关系, (24) 化石, (25) 倾角, (26) 荧光, (27) 含油程度, (28) 含气情况, (29) 破碎、磨损情况
(五) 钻时气测资料	(30) 钻时, (31) 气测值, (32) 组分, (33) 放空, (34) 后效
(六) 测井资料	(35) 标准测井, (36) 组合测井, (37) 放大曲线, (38) 碳酸盐岩测井系列, (39) 其它测井
(七) 测试资料	(40) 完成方法, (41) 洗井和诱喷, (42) 求产, (43) 压力, (44) 温度, (45) 原油含水、含砂, (46) 井间干扰或层间干扰
(八) 特殊作业资料	(47) 酸化, (48) 压裂, (49) 喷砂射孔, (50) 打水泥塞, (51) 封隔器、地层测试器试油资料
(九) 分析化验资料	(52) 岩石矿物, (53) 油层物性, (54) 古生物, (55) 生油指标, (56) 地面原油性质, (57) 天然气性质, (58) 地层水性质, (59) 高压物性, (60) 开发试验
(十) 井身资料	(61) 完井井深, (62) 井身结构, (63) 井身质量, (64) 工程大事纪要

表 1-2 重点探井增取 2 类 7 项资料（据 SY 5251—91）

资料类别	项 目 内 容
(十一) 地震测井资料	(65) 井况资料, (66) 施工和采集资料
(十二) 试验性资料	(67) 垂直地震剖面资料, (68) 录井资料 (页岩密度、碳酸盐含量、“D”指数分析等), (69) 测井资料 (地层微电阻扫描、井下电视、岩性测井等), (70) 电缆测试资料, (71) 分析化验资料 (绝对年龄测定、X 衍射、荧光薄片、罐装气分析等)

(3) 预探井

在油气勘探的圈闭预探阶段，在地震详查的基础上，以局部圈闭、新层系或构造带为对象，以发现油气藏、计算控制储量和预测储量为目的的探井。它属于新油气藏（田）的发现

井。按其钻井目的又可将预探井分为：①新油气田预探井，它是在新的圈闭上找新的油气田的探井；②新油气藏预探井，它是在油气藏已探明边界外钻的探井，或在已探明的浅层油气藏之下，寻找较深油气藏的探井。

(4) 评价井

在地震精查的基础上（复杂区应在三维地震评价的基础上），在已获得工业性油气流的圈闭上，为查明油气藏类型、构造形态、油气层厚度及物性变化，评价油气田的规模、产能及经济价值，以建立探明储量为目的而钻的探井。滚动勘探开发中与新增储量密切相关的井，亦可列为评价井。

(5) 水文井

为了解水文地质问题和寻找水源而钻探的井。

2. 开发类井的分类

(1) 开发井

如地震精查构造图可靠、评价井所取的地质资料比较齐全、探明储量的计算误差在规定范围以内时，可根据编制的该油气田开发方案，为完成产能建设任务按开发井网所钻的井。

对探明储量风险较大，或地质构造复杂、储集层岩性变化大的油气藏，可减小开发方案内所拟定的开发井密度，先钻一套基础井网，作为开发准备井。为落实探明储量，准备产能建设，获得试采资料，进行油藏工程研究作好开发准备。逐步将油气田转入正式开发。

(2) 调整井

油气田全面投入开发若干年后，根据开发动态及油藏数值模拟资料，为提高储量动用程度，提高采收率，需要分期钻一批调整井，根据油气田调整开发方案加以实施。

(二) 井号编排

1. 探井井号编排

(1) 参数井

以基本构造单元——盆地统一命名。取井位所在盆地名称的第一个汉字加“参”字组成前缀，后面再加盆地内参数井序号（阿拉伯数字）命名。如江汉盆地第一口参数井命名为“江参1井”。

(2) 预探井

以井位所在的十万分之一幅地形图为基础单元命名或以二级构造带名称命名。取地形图分幅名称的第一个汉字加分幅地形图单元内预探井布井顺序号命名。若地形图分幅名称的第一个汉字与该盆地其它地形图分幅名称的第一个汉字或区域探井号字头同音或同字，应选用地形图分幅名称中不同音、不同字的字作为井号字头。若设计预探井井位所在的地形图分幅名称与其它幅或区域探井所在的二级构造单元名称均同音或同字，则可选用地形图分幅内，次一级地名中的第一个或其它汉字作为井号的字头。

以二级构造带名称命名时，采用二级构造带名称中的某一汉字加该构造带上预探井布井顺序号命名。

预探井井号应采用1~2位阿拉伯数字。

(3) 评价井

以发现工业油气流之后的控制储量所命名的油气田（藏）名称为基础，取井位所在油气田（藏）名称的第一个汉字命名。没有控制储量的以预测储量所命名的油气田（藏）名称为准进行井号命名。若油气田（藏）名称的第一个汉字与该盆地内其它井别井号命名的字头或

其它油气田（藏）名称中的字同音或同字时，应由第一个以外的汉字，加油气田（藏）内评价井布井顺序号组成。

评价井井号应采用 3 位阿拉伯数字。

（4）地质井

以一级构造单元统一命名。取井位所在一级构造单元名称的第一个汉字加大写汉语拼音字母“D”组成前缀，后面再加一级构造单元内地质井布井顺序号（阿拉伯数字）命名。

（5）水文井

以一级构造单元统一命名。取井位所在一级构造单元名称的第一个汉字加汉语拼音字母“S”组成前缀，后面再加一级构造单元内水文井布井顺序号命名。

（6）定向井

定向井的井号命名应在上述规定基础上，在井号的后面加小写的“x”，再加阿拉伯数字命名。如柳 1x2 井表示在定向井柳 1 井井口处钻探的第二口定向井。

2. 开发井井号编排

开发井按井排编号，按油气田（藏）名称的第一个汉字—井排—井号命名。

3. 海上钻井井号编排

海上探井按区—块—构造—井号命名方案。采用经度一度、纬度一度面积分区，每区用海上或岸上的地名命名。区内按经度 10 分、纬度 10 分分块，每区划分为 36 块。每块内根据物探解释对局部圈闭进行编号。每个圈闭所钻的预探井为 1 号井，评价井为 2、3、…号井。如 BZ28-1-1 井即渤中（Bozhong）区 28 块 1 号构造 1 号井。

海上油田开发井号编排，按油田的汉语拼音字头—平台号—井号命名。如埕北（Chengbei）油田用两座钻井平台 A、B 进行开发，每个平台设计钻开发井 27 口，A 平台的井号编排为 CB-A-1 至 CB-A-27；B 平台的井号编排为 CB-B-28 井至 CB-B-54 井。

二、直井地质设计

（一）设计的依据

由于井别不同，钻井目的和任务不同，其地质设计的内容及要求也不完全一致，但设计时所考虑的因素、设计的步骤及方法大体上相似。进行设计前需要收集以下资料：

1. 了解区域地质概况

收集地层综合柱状图，以及有关的地层研究报告。对于新探区还应到盆地边缘露头区踏勘剖面，了解区域地层层序、接触关系、岩性组合特征、岩性标准层、地层厚度及生储盖组合条件。

收集构造图、构造剖面图，了解本井所处的构造部位，断层情况（断层性质、断距大小、断层延伸情况）。收集通过本井的地震剖面图，了解地震标准层的特征、地层产状等。有时在一个新探区，因上述资料缺乏或不足时，还应收集重磁力异常平面图和剖面图，以及通过地面实测的构造图和剖面图。

收集本区油、气、水层资料。了解油、气、水性质，纵向上的组合关系，横向上分布规律以及油、气、水层压力。

2. 熟悉邻井资料

收集邻井地层剖面图、地层对比图以及钻时、钻井液、气测、电测等资料。熟悉地层岩性特征，分析岩电关系，研究地层分段标志与标准层特征，掌握分层界线，以供设计参考。

收集邻井油、气显示和试油资料，预测本井油气显示井段。

收集邻井地层岩石的可钻性以及钻井液性能的影响。收集邻井井斜资料，分析井斜规律，预计本井易斜井段和井斜方位。

在开发区钻井，要收集邻井采油、注水层位、压力等资料，了解油层连通情况及注水后的影响。

收集有关的地质、工程数据，进行分析研究，预测本井可能出现的各种情况。

(二) 设计内容

一般包括以下十一项设计内容：

1. 基本数据

井号，井别，井位，设计井深，目的层，完钻层位及原则。

①井位：井位坐标、经纬度、地面海拔（对于海上钻井要填写水深）、构造位置、地理位置、测线位置；

②设计井深：本井预计钻达某组段地层的深度。

2. 区域地质简介

指地层构造概况及邻井成果。

3. 设计依据及钻探目的

①设计依据：《勘探方案审定纪要》或单井钻探任务书、部署设计井时用的构造图、邻井资料。

②钻探目的：根据《勘探方案审定纪要》或单井钻探任务书填写。

4. 设计地层剖面及预计油、气、水层位置

包括层位、底界深度、厚度、分段岩性简述（参数井）、地层产状和故障提示。

5. 地层孔隙压力预测和钻井液性能使用要求

邻井实测压力成果，压力预测曲线，钻井液类型、性能及使用原则要求。

6. 取资料要求

①岩屑录井：取样井段、间距、数量。

②钻时、气测、综合录井仪录井：测量内容、井段、测点间距及特殊要求（仪器型号、测量后效、钻井液取样做真空蒸馏分析等）。

③循环观察（地质循环）：钻遇油气显示和其它重要地质现象时，应设计停钻循环观察，以便准确判断油气层及其位置。

④钻井液录井及氯离子滴定：测量井段、测点间距及要求。参数井、重点预探井进行氯离子滴定，其它各井别根据情况而定。

⑤荧光录井：荧光检查、定级及录井间距要求。

⑥岩屑热解色谱分析：录井井段及间距要求等。

⑦钻井取心及井壁取心：设计钻井取心井段、进尺、取心目的、原则等。在设计取心进尺时，应留有部分机动取心进尺，或设计说明可能随时取心的目的及要求。井壁取心主要根据钻井过程中取资料情况，待完钻电测后确定。

⑧地球物理测井：表层、中途对比、完井测井及中途完井电测的测量井段、比例尺、项目及要；特殊测井项目及增加测井项目。

⑨实物剖面或岩样汇集（参数井、重点预探井）：制作井段及要求，岩心选岩性剖面，岩屑选储集层岩样或全井岩性剖面。

⑩选送样品要求：岩心、岩屑选送样原则，分析化验项目要求，特殊样品的选送要求。

参数井、重点预探井和轻质油、天然气井，要设计酸解烃、罐装气样品的选送。气测异常显示段，要做全脱气分析。

(11) 特殊录井要求：项目、井段、间距等。

7. 中途测试要求

测试原则、目的、预测层位及井段、测试方法及主要要求（钻杆测试、电缆测试）。

8. 井身质量要求

井斜、水平位移允许范围、井身轨迹要求。油层套管尺寸、下深、阻流环位置、水泥返高等，根据地质条件提出原则要求。

9. 技术说明及要求

施工过程中可能出现的重大地质问题，设计出入甚大时应采取的相应预备方案及措施，本井的特殊技术要求等。

10. 地理及环境资料

①气象资料：井位所在地区季节风方向、预计施工期的气温、风情、雨量、汛期水位等。

②地形地物：地面地形特征，同铁路、公路、通航河流及建筑物的最近距离。

11. 附表、附图

①附表：邻井地层分层数据与地震反射层深度对照表。

②附图：设计井位区域构造图、地理位置图；主要目的层局部构造井位图；过设计井的地质解释剖面 and 地震时间剖面；设计井地层柱状剖面图（参数井、重点预探井）。

一般预探井、评价井的设计内容可根据地质情况和勘探程度适当精简。

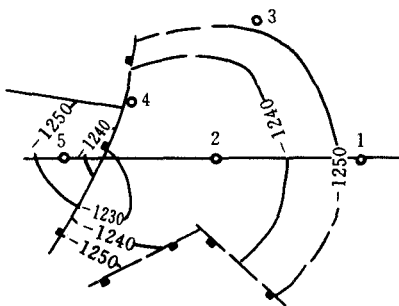


图 1-1 ×××油田构造图

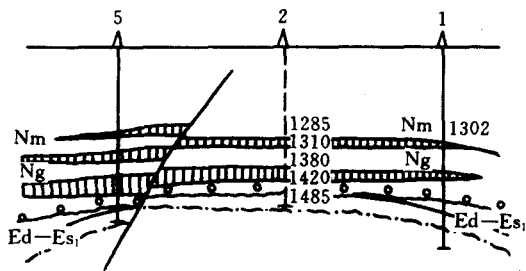


图 1-2 根据钻井地质剖面设计探井

(三) 井深及地层剖面的设计

设计井深及地层剖面时，首先根据地形地质图、构造图及正钻井与完钻井资料作出通过设计井的横剖面图，由此图按钻穿的最终目的层定出井深及该井穿过的地层剖面，即由完钻井的实际资料向设计井推测剖面岩性和厚度。此时应考虑因所处构造位置不同和断层的影响，可能产生的岩性和厚度变化。由于地层厚度和倾角的变化，设计深度与实际情况可能有所不符，因此在设计井深时，常常附加 5%~10% 的后备深度。如目的层井深是 2000m，设计井深可定为 2100m。在钻井过程中，应随时根据实际资料对原设计进行检验和修正。

〔例 1〕 某构造上已完钻 1、3、4、5 四口探井（图 1-1），现设计 2 号井以了解构造顶部含油、气及地层情况。经 1、3、4、5 四口井地层对比得知 Nm 组底界深度与构造图基

本吻合，各井 Ng 组地层厚度接近一致；5 井位于断层上盘，在 Nm 下段及 Ng 组共有三组油层；4 井于 Ng 组见两组油层与 5 井 Ng 组油层相当；1 井位于构造边部，含油差，仅有 Ng 组下部一组油层，厚度已减小。设计时，首先通过设计井及 1、5 两口井作横剖面图（图 1-2）；

据 2 井在构造上的位置确定 Nm 组底界为 1285m；据邻井 Ng 组厚度（250m 左右）推断 2 井 Ng 组底界为 1485m；2 井油层井段由横剖面推断为 1285~1310m 及 1380~1420m，Ng 组共两组油层；设计井要求钻穿 Ng 组，考虑到地层厚度变化的可能性，设计井深定为 1550m。

在钻井资料不足的新探区，进行井深及剖面设计时，需要充分地利用物探资料（尤其是通过设计井的地震剖面 and 构造图）及附近的地面露头资料。例如预探井的设计，往往是将仅有一二口井资料同地震资料结合起来，即从已知井的地震测线闭合追层到未知井（设计井）的测线，便可以得到设计井深及地层剖面。设计井深是否准确，关键在于准确解释通过设计井位的地震剖面，在层位上不能有错，否则会造成很大误差。

三、定向井地质设计

1905 年，定向钻井技术首先在非洲的特兰士瓦尔（Trasvaal）与兰德（Rand）的采矿业上应用。1920 年，该技术开始在石油钻井中采用，主要是钻斜度较小的斜井或纠斜之用。当时由于没有测井斜仪器，完钻井的井底位置不清。随着测斜仪器和定向井技术的发展，要求斜井不仅要有位移，而且要有准确的方位。这样在美国的文字记载上才称为定向井。设计这种井，首要任务是打准目标，按目标要求，井的轨迹不仅要有合适的斜度，还要有准确的方位，这也是“定向”应包括的内容，因此应称为“定向井”。“丛式井”国外通常指海上油田开发时，在钻井平台上打的井群。丛式井一般为 30 口左右，最多的为 96 口。图 1-3 为开发海上油田钻的丛式井。另外，为工程目的设计的井，如扑灭大火、压住井喷等之类的定向井是为抢救险情而设计的，应称之为“救险井”；把最大井斜角接近或达到 90° ，且有水平延伸的井，称为“水平井”。

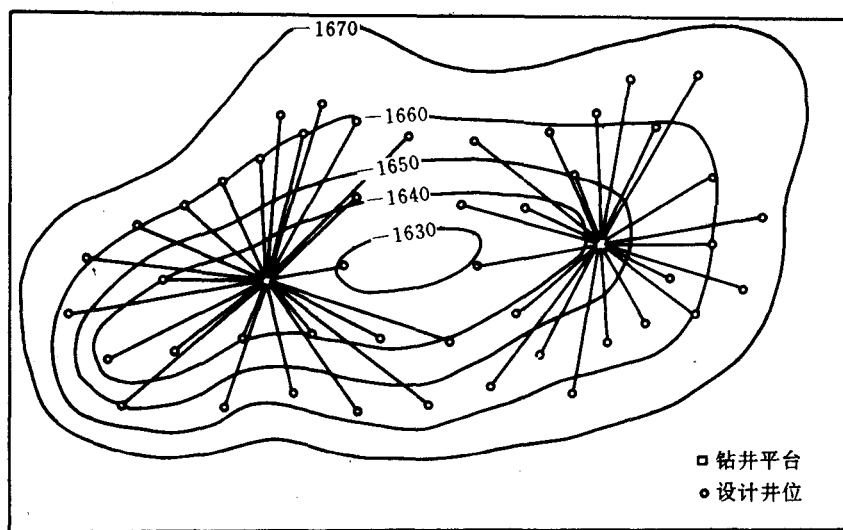


图 1-3 C 油田开发井位图

据国外研究，在裂缝性灰岩油气藏中，其增益值与在储层内的水平延伸长度成对数函数关系。从我国的初步实践中也可以看出，发展定向井、丛式井技术的好处：①对断块油田、裂缝性灰岩油藏，打一口定向井穿越几个储集层，几个裂缝发育带，有利于发现油气田，增加储量、产量。②对地面条件恶劣，地下又有油气藏的地区，采用定向井技术，可以满足勘探开发对地下井位要求。如辽河双台子油田，因为地面条件差，勘探工作进展缓慢，采用定向井技术，钻了7口定向井，控制了含油面积，增加了地质储量；兴隆台、黄金带、于楼、热河台等油田，已进入采油中期，油田范围内工业建筑和民用建筑密布，高产水稻连片，给油田调整带来了很多困难。利用老井场钻了27口定向井，占调整井总数的66%，完善了注采井网，缓和了层间和平面的矛盾。③打丛式井可以少占良田，减少钻机搬家、安装时间和钻前工程费用。也可以减少地面集输计量站管线和油建工作量，还可以减少油井管理人员，便于采油实行自动化。尤其是在我国大力发展海上钻探事业中，定向井或丛式井技术可以得到更为广泛的应用。

(一) 定向钻井的应用

定向钻井的应用可以概述如下（图1-4）：纠正已钻斜的井眼成一个垂直的井身；对落鱼（断具折断后留在井下的部分）等井下障碍物进行侧钻；在不可能或不适宜安装钻机的地面位置的下边钻油井；在向上倾斜的构造（up-structure）的方向斜钻；在老井中重钻新的产层；改正井底距离并获得适当的泄油面积；压住井喷；从一个（地面或海上平台）位置钻多口（丛式）井；勘探钻井等。

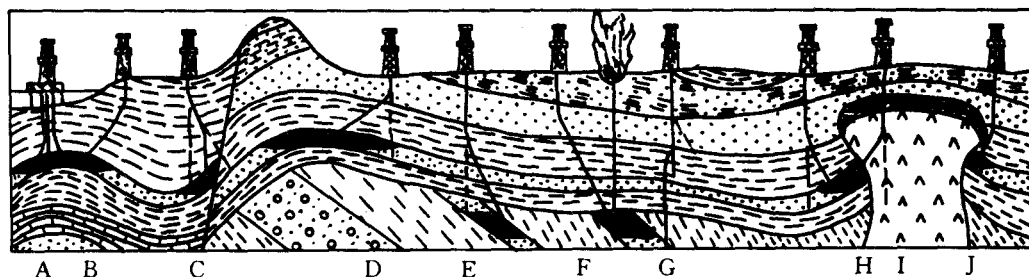


图1-4 定向钻井的目的

A—海上平台钻丛式井；B—海岸钻井；C—断层控制；D—不可能进入的地点；
E—地层的油气藏圈闭（构造）；F—控制的救灾井；G—纠直和侧钻；H、I、J—盐丘钻井
(据 Leroy, 1977)

随着定向井专用工具、仪器的发展，工艺水平的提高，井的水平位移越来越大。目前采用水平位移与垂直井深比值（CT值），来衡量定向钻井水平。CT值越大，井斜角越大，定向井难度越高，钻井水平也就越高。我国从1955年开始钻定向井（玉门油矿鸭1井），取得了成功。此后，定向钻井技术水平不断提高，已可钻成水平井、多目标井、大斜度井、长水平位移的高难度井。历年来，我国定向井中斜度最大的是四川的巴24井，井斜角 $119^{\circ}5'$ ；最深的是胜利油田孤北1-1井，完井井深4930m，该井水平位移1590m；水平位移最大的是四川牛坝54井，水平位移1691m。胜利油田从1973年打第一口定向井辛11-33井以来到1988年已钻成定向井204口。目前已能钻多目标井、套管开窗井、追踪井、“多底井”。

胜利油田的一般定向井平均建井周期已可接近钻直井水平。

定向井按照预先设计的井斜方位和井眼轴线形状进行钻井。它是相对于直井而言的，而且是以设计的井眼轴线形状为根据。以下简要介绍有关定向井的概念。

①井斜角——井眼轴线的切线与铅垂线的夹角。一般用 α 表示。

②井斜方位角——井眼轴线的切线在水平面上的投影与正北方向之间的夹角。一般用 β 表示。

③井斜变化率——单位长度井段井斜角的变化值。

④方位变化率——单位长度井段的方位角变化值。

⑤全变化角（狗腿角） ϵ ——某井段相邻两测点间，井斜与方位的空间角变化值，简称全角，如图1-5所示。该角也就是某井段相邻两测点的切线所在空间的夹角。

⑥全角变化率（狗腿严重度或井眼曲率） K_ϵ ——单位长度井段内全角的变化值。

⑦二维定向井——井眼轴线形状只在某个铅垂平面上变化的井。即井斜角是变化的，而井斜方位角不变。

⑧三维定向井——井眼轴线既有井斜角的变化，又有井斜方位角的变化。

（二）定向井地质设计

定向井地质设计的依据和内容与直井设计类似，但由于地面与地下井位不一致，且有一定的方位、水平距的要求，因此在井身剖面设计上又与直井有明显的区别，以下只介绍与直井设计的不同之处。

1. 基本的井身剖面类型

在进行定向井设计时，首先是选择基本的定向井井身剖面类型及计算其井斜角度和方位。经常采用的有三类井身剖面（图1-6），而其选择要依据地质构造类型、钻井液、套管程序和空间条件而定。

（1）I型井身剖面

在该井身剖面中，初始造斜角是在相当浅的深度得到的，从初始造斜，保持该井斜角钻进直到靶心。其表层套管下过造斜井段并注入水泥。I型井身剖面通常用在中深井和要求大水平位移的深井钻井中。

（2）II型井身剖面

II型井身剖面又叫做S型曲线井身剖面，井眼也是在相当浅的深度造斜。表层套管下过造斜井段并注入水泥，再继续钻到水平位移达到要求时为止。然后减小井斜角或到垂直位置以便能够钻到靶心。要把一层技术套管下到第二个垂直井段中，并在垂直方向继续钻进直到总深度达到要求时为止。II型井身剖面用于地层可能有复杂问题，需要下技术套管来控制的井身。

（3）III型井身剖面

III型井身剖面中开始造斜的位置在地面以下很深处（即造斜点较深）。其井斜角大、水平位移小，且井眼的造斜部分是很少下套管的。这种井身剖面特别适合于诸如下述的特殊情

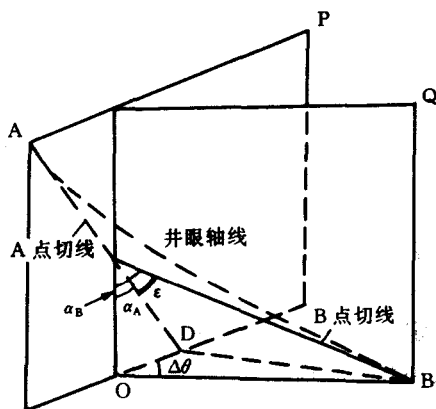


图1-5 全变化角
（据《钻井工程》，1992）