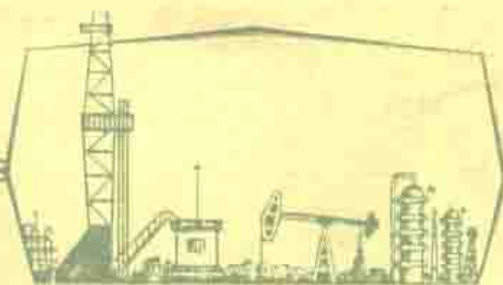


高等学校教学用书

油矿地质学

陈碧珏 主编



石油工业出版社

油矿地质学

陈碧珏 主编

1-204

2-1

石油工业出版社

内 容 简 介

本书共分十四章，主要包括：地质录井，地层测试，油气水层的判断，油层对比和细分沉积相，储层物性研究，油气田构造研究，油气田能量研究，以及油气储量计算等。为了尽可能地反映国内外油矿地质研究的新水平，本书加强了现代录井，定向井设计，随钻测试，低阻油层和水淹层的解释，倾斜测井资料研究地下构造，电子计算机绘制地下地质图件，异常地层压力的研究，数学地质方法的应用等内容。

本书主要作为高等石油院校地质专业的教材，也可供从事油气田地质工作的科技人员，中专、职工大学、业余大学的师生参考。

油 矿 地 质 学

陈 碧 珏 主 编

石油工业部教材编译室编辑（北京902信箱）

石油工业出版社出版

（北京安定门外安华里二区一号楼）

妙峰山印刷厂排版

大厂县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 24¹/₂印张 584千字 印5,801—8,800

1987年3月北京第1版 1989年9月北京第2次印刷

ISBN 7-5021-0404-6/TE·393（课）

定价：4.15元

编者的话

《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。

各石油院校的领导和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 历史的回顾.....	1
第二节 单井地质设计.....	4
一、井别.....	4
二、直井地质设计.....	4
三、定向井地质设计.....	7
第三节 地质录井.....	12
一、钻时录井.....	12
二、岩心录井.....	14
三、岩屑录井.....	23
四、泥浆录井.....	32
五、气测井.....	37
第四节 现代录井.....	40
一、岩屑录井.....	41
二、岩心录井.....	41
三、井壁取心.....	41
四、泥浆综合录井.....	41
五、测井.....	42
六、电缆多次地层测试(RFT)	43
第五节 完井及其资料整理.....	43
一、完井.....	43
二、完井资料整理.....	45
第二章 地层测试	52
第一节 钻柱测试.....	53
一、测试工具及原理.....	53
二、钻柱测试的主要成果.....	56
三、钻柱测试应注意的问题.....	57
四、钻柱测试压力卡片的解释和应用.....	58
第二节 电缆式地层测试.....	67
一、测试器工作原理.....	67
二、电缆测试资料的解释.....	69
第三章 油、气、水层的综合判断	82
第一节 利用录井资料判断油、气、水层.....	82
一、根据油砂的含油级别进行判断.....	82
二、根据气测曲线显示进行判断.....	83
三、根据泥浆录井资料进行判断.....	83

第二节 利用地球物理测井资料解释油、气、水层	83
一、评价油、气层的地质依据	83
二、砂泥岩剖面中油、气、水层的判断	88
三、膏盐剖面油、水层的判断	91
四、低电阻率油气层的识别	93
五、碳酸盐岩剖面裂缝性油、气层的识别	102
六、水淹层解释	115
第四章 油层对比及细分沉积相	127
第一节 碎屑岩油层对比	127
一、油层对比资料的选择	127
二、油层对比单元的划分	129
三、沉积旋回的分级与划分	129
四、油层对比方法	131
第二节 碎屑岩油层对比成果图的编制与应用	136
一、小层平面图	136
二、油层连通图	137
三、油砂体连通图	139
第三节 油层细分沉积相的研究	140
一、以砂岩组为单元划分沉积大相, 确定油田内的各沉积分区所属的相带位置	141
二、划分沉积时间单元	149
三、各沉积时间单元细分沉积相	152
四、可用于沉积环境解释的倾角测井资料	155
第四节 碎屑岩油层开发层系的划分与组合方法研究	159
一、合理划分与组合开发层系的基本原则	159
二、开发层系的划分与组合	160
第五节 碳酸盐岩储集层的储集单元对比与裂缝性渗透层的研究	165
一、储集单元的划分与对比	165
二、裂缝性渗透层的研究	168
第五章 油层的储油物性及孔隙结构	176
第一节 油层的储油物性参数	176
一、孔隙度	176
二、渗透率	178
三、流体饱和度	181
第二节 油层孔隙结构的研究	182
一、基本概念	183
二、研究孔隙结构的实验室方法	184
第三节 储集层孔隙系统中油水的分布及渗流	200
一、储集层孔隙系统中油水的分布	200
二、储集层孔隙系统中油水的渗流	202

第四节 影响储集层孔隙结构的地质因素.....	203
一、颗粒的性质.....	203
二、颗粒集合体的性质.....	204
三、胶结物的成分和含量.....	205
四、其它因素.....	207
第六章 油气田地下构造的研究.....	208
第一节 构造褶皱要素的研究.....	208
一、地层产状的确定.....	208
二、构造类型的判断.....	212
第二节 断层研究.....	217
一、井下断层的识别.....	218
二、断点组合.....	221
三、断面构造图的编制与应用.....	222
四、断层形成时期和发育历史的研究.....	224
五、断层封闭性的研究.....	225
第三节 构造裂缝的研究.....	227
一、概述.....	227
二、裂缝发育程度及其分布规律的探讨.....	228
三、利用地震资料研究储集层裂缝.....	230
第四节 趋势面分析在研究地下构造方面的应用.....	235
一、基本原理.....	235
二、趋势面分析在地下构造研究中的应用.....	236
三、趋势面分析与油气的关系.....	233
第七章 油气田地下地质图的编制.....	240
第一节 油气田地质剖面图的编制.....	240
一、资料的准备和比例尺的选择.....	240
二、剖面方向和位置的确定及井位校正.....	240
三、井斜校正.....	242
四、油气田地质剖面图的基本绘制方法.....	244
第二节 油气田构造图的编制.....	245
一、编制油田地下构造图的准备工作.....	245
二、绘制构造图的基本方法.....	251
第三节 古构造图的编制.....	255
一、古构造图的编制.....	255
二、构造发育宝塔图的编制.....	257
第四节 地质立体图的编制.....	257
一、地质立体图所用投影法的基本知识.....	259
二、地质立体图的种类.....	261
三、透视斜投影立体图的编制.....	262

四、等度轴视正投影立体图的编制.....	266
第五节 利用计算机绘制地下地质图.....	267
一、计算机绘制等值线图的流程图.....	270
二、计算机插值方法.....	272
三、计算机连线方法.....	274
第八章 油层压力	276
第一节 有关地层压力的概念.....	276
一、静水压力.....	276
二、上覆岩层压力.....	276
三、地层压力.....	277
第二节 油层压力的研究.....	278
一、原始油层压力.....	278
二、目前油层压力.....	282
三、油层折算压力.....	286
第九章 异常地层压力的研究	289
第一节 异常地层压力及其形成原因.....	289
一、异常地层压力的概念.....	289
二、异常地层压力形成的原因.....	290
第二节 异常地层压力预测方法.....	296
一、地震勘探法.....	297
二、钻井资料分析法.....	298
三、地球物理测井法.....	300
第三节 研究异常地层压力的意义.....	304
第十章 地层温度	307
第一节 有关地层温度的概念.....	307
一、地壳温度带的划分.....	307
二、地温梯度和地温级度.....	307
三、地温异常.....	309
第二节 地温分布的研究.....	309
一、地温测量.....	309
二、地层温度分布及其影响因素.....	310
第十一章 油气藏驱动类型	316
第一节 油层条件下流体的特性.....	316
一、天然气的特性.....	316
二、地层油的特性.....	317
三、地层水的特性.....	319
第二节 驱油动力和阻力.....	319
一、驱油动力.....	319
二、油层中石油流动的阻力.....	321

第三节 油藏的驱动类型	321
一、油藏的驱动类型	321
二、油藏驱动类型的影响因素	325
三、油藏驱动类型与原油采收率	326
第十二章 容积法计算油气储量	328
第一节 油气储量	328
一、油气储量分类	328
二、工业油、气流标准的制定	330
三、含水油层工业油气流标准的制定	331
第二节 容积法计算石油储量	332
一、容积法的基本公式	332
二、容积法公式中各参数的确定	332
第三节 容积法计算天然气储量	351
一、纯气藏中天然气储量的计算	351
二、凝析气藏天然气储量计算	353
第四节 单元体积法计算油气储量	353
一、单元体积法计算油气储量的公式	353
二、油气储量分布图的编制与应用	354
第十三章 物质平衡法和压降法计算油气储量	356
第一节 物质平衡法计算油气储量	356
一、物质平衡方程式的建立	356
二、物质平衡方程式中各参数的确定	360
三、物质平衡法应用条件及初步分析	362
第二节 压降法计算天然气储量	363
一、压降法的基本原理	363
二、压降法参数的确定	364
三、压降法的影响因素	364
四、压降法应用条件	366
五、异常高压气藏压降储量的确定	366
第十四章 油气储量计算的其它方法	371
第一节 利用生产资料确定石油的可采储量	371
一、产量递减曲线法	371
二、驱替特征曲线法	376
第二节 计算油、气储量的统计对比法	377
一、油、气层单储系数	378
二、统计对比法应用条件	378
第三节 利用蒙特卡洛模拟法计算油气储量	379
一、蒙特卡洛模拟法	379
二、蒙特卡洛模拟技术的实施步骤	380
主要参考文献	383

第一章 钻井地质

迄今为止,人类的科学技术水平还不能使用某种探测手段或采矿方法解决直接找油的问题。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层位和位置。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综合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,必须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。钻井地质工作贯穿在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),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 历史的回顾

据文献记载,我国早在两千年以前就发现了石油和天然气。公元前221年在四川成都西南钻凿盐井的过程中,首先在临邛(今邛崃)发现了天然气。当时气井的直径约1.7米,井深10米左右。古代把天然气井形象的称为“火井”,利用天然气来加热卤水煮盐。《汉书》记载,公元前206年在陕西省北部延长地区发现了油苗。《晋博物志》记载公元267年,在甘肃酒泉发现了油苗。1521年(明朝正德末年)在四川犍为一带用顿钻钻成了油井。到1815年在四川自贡地区顿钻钻井深度已达到800米。1840年达到1200米深度,钻开了三叠系嘉陵江灰岩高压天然气层。随着钻井工艺的发展,我国在九百多年前就已经建立了钻井地质录井工作,用一种底部有皮凡尔的竹筒,称为扇泥筒,下入井中提捞泥浆和岩屑。有专职人员鉴别岩屑,划分地层。每口井建立有“岩口薄”,它是一种日志式的钻井地质记录。各井岩口薄对岩层和标准层有统一的命名。表1-2是清代剑州李榕所著《自流井记》(1865年)中的“地中之岩”与现代地层名称和岩性命名的对比表。

古代“岩口薄”中对标准层的描述为:“凡井诸岩不备见,惟黄姜、绿豆必有之”。在剖面中也记录了水层及煤层层位,确定了天然气层位。

古代技师对构造轴线和裂缝规律亦具有粗浅的地质认识。自流井为一短轴背斜构造,

表 1-1 钻井地质取全取准十二类资料七十一项数据

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
(三)泥浆资料	(10)缝缝	(11)洞洞		
(四)岩心资料(包括井壁取心)	(12)性能	(13)泥浆处理	(14)槽面显示	(15)漏失 (16)井漏(喷)
(五)钻时、气测资料	(17)收获率	(18)岩性	(19)结构	(20)构造 (21)缝缝 (22)洞洞
(六)测井资料	(23)接触关系	(24)化石	(25)倾角	(26)荧光 (27)含油程度
(七)试油或中途测试资料	(28)含气情况	(29)破碎、磨损情况		
(八)特殊作业资料	(30)钻时	(31)气测值	(32)组分	(33)放空 (34)后效
(九)分析化验资料	(35)标准测井	(36)组合测井	(37)放大曲线	(38)碳酸盐岩测井系列
(十)井身资料	(39)其他测井			
(十一)地震测井资料	(40)完成方法	(41)洗井和锈喷	(42)求产	(43)压力 (44)温度
(十二)试验性资料	(45)原油含水、含砂	(46)井间干扰或层间干扰		
	(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
	(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
	(61)完钻井深度	(62)井身结构	(63)井身质量	(64)工程大事纪要
	(65)井况	(66)施工情况	(67)资料情况	
	(68)录井资料：页岩密度、碳酸盐含量、孔隙压力、“D”指数资料			
	(69)测井资料：地层倾角测井、井下电视测井、岩性测井。		(70)电缆测试	
	(71)分析化验资料：电镜扫描、绝对年龄测定			

(据江汉钻井地质队, 1982)

北翼倾角 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，南翼倾角 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。古代技师已知道用肉眼观察地层产状平缓处，选择构造的轴线部位布井。1956年四川石油管理局自流井专题研究队在一部分古老的气井和卤水井内进行裸眼井段电测，根据绿豆岩标准层深度绘制构造图，看出古代盛产天然气的井均集中在构造轴线附近，两翼所钻的井极少。

在“岩口薄”中还记载有“立缝见火……横缝见水”。对石灰岩储层中裂缝连通分布的关系，古代用“通腔”来说明。为了验证两井之间裂缝是否连通，用“粗糠和水”的检查方法，从一口井灌入，看糠从哪一口井产出。

为了开采嘉陵江组的岩盐层，古代技师发明了“于四十余眼盐井中，只以一、二井专司灌水”的方法，用淡水溶解岩盐，而在相邻的井中采出浓卤水。

天然气测试工作，也早已开展。判断气井流量以煮盐锅口数来统计。有经验的技师，根据直径为8.9公分的铁筒的火焰高度来估算天然气流量。从井口所通出去的“亮筒子”数目来算出全井的日产气量。1955年自流井专题研究队用流量计测定盐锅燃气量为每一斤盐需烧天然气 0.354米^3 。根据自贡地区产盐量的详细数据，估算出天然气产量。

综上所述，我国古代技师从长期生产实践中已摸索出一套钻井地质工作方法，虽然很原始，但颇为实用。

表 1-2 古 今 地 层 对 照 表

《自流井记》 分 层 岩 性	现 代 四 川 钻 井 地 质 分 层 岩 性		
	系	层	岩 性
红 岩 瓦 灰 岩 黄 姜 岩①	下侏罗系 自流井群	马鞍山粘土 郭家坳砂岩 东岳庙灰岩	红色、紫红色砂质页岩(J ₁ ³) 浅灰色砂岩 黄色结核灰质泥岩(J ₁ ²)
草 白 岩 黄 砂 岩 草 皮 火 岩 青 砂 岩 白 砂 岩 黄 水 岩 煤 炭 岩 麻 礁 岩	上三叠系 香溪群	二峨山砂岩 兴山于砂岩 火岩洞页岩	灰色砂岩夹灰黑色页岩(T ₃ ² _x) 灰白色砂岩 香溪群内盐水层 黑色页岩夹煤层(T ₃ ¹ _x) 黑页岩
黑 烟 岩 绿 豆 岩② 黑 水	下二叠系 嘉陵江组		灰黑色页岩(T ₂ ⁵) 硅钙礫石绿色页岩 石灰岩内盐水层

注：①目前钻井地质沿用的自流井群内标准层。

②嘉陵江组内目前沿用的区域性标准层。

英国人李约瑟 (Joseph Needham) 认为：“今天在勘探油田时所用的这种深钻技术，肯定是中国人的发明，因为我有许多证据可以证明，这种技术早在汉代（公元前—世纪到公元—世纪）就已经在四川加以应用。不仅如此，他们长期以来所应用的方法，同美国加利福尼亚州和宾夕法尼亚州在利用蒸汽动力以前所用的方法基本上相同。此外，在古代的四川，已经利用从钻孔中冒出来的天然气来蒸发抽出来的或从别处流出来的盐水。一千年以来，这种技术丝毫没有传入其它文化地区去的迹象。后来在阿拉伯的书 中，曾有一、二处提到过这件事。不久，欧洲就在公元十二世纪成功地钻了第一批自流井。钻这些井所用的方法，是否就是古代中国人所用的方法，现在还很难完全肯定。因为据我们所知，在以前，其他任何地方都没有出现过这种深钻的方法，所以，几乎可以肯定，欧洲当时所用的就是古代中国所用的方法”。“这种技术，西方落后于中国大致时间约有十一世纪”。

以上的记载，说明我国早期的技师、工匠对钻井地质曾经有过相当丰富的实践经验和粗浅的认识。

然而，从鸦片战争到全国解放的109年间，由于满清帝国和国民党反动派的腐朽统治，帝国主义的政治压迫、经济和文化侵略，使得我国的石油工业未能得到应有的发展，以致远远落后于世界各国，特别是工业发达的资本主义国家。直到1949年累积产油量仅仅307万吨，当时只有四千多名石油职工，十几个石油地质家。勘探设备只有地质锤和罗盘、三架重力仪、一套轻便地震仪和十几台钻机。

新中国成立后，在中国共产党领导下，石油工业获得了飞跃发展。相继在我国西部、东部地区进行了大规模勘探，发现了大庆特大油田、克拉玛依、胜利、辽河、任丘、中原等大油田及四川盆地的一些气田。目前全国已投入开发的油、气田209个，其中油田147个，气田62个。历年来我国油气产量逐年增加，原油年产量1978年已突破1亿吨，年产气量超过100亿米³。根据中央对外合作勘探开发近海石油资源的方针，我国近海大陆架的石油普

查勘探和钻探作业已在渤海、南黄海、东海、珠江口、北部湾和莺歌海等六个海域全面展开，并已在许多个构造上发现了高产油气流。

随着我国石油工业发展，钻井地质录井工作形成了中国自己的体系，从原始资料录取到完井资料整理验收制定了明确的规范和要求，录井质量有了明显提高。近年来，在海上石油资源勘探中，引进了国外的现代录井技术，使仪器装备、录井条件、取资料精度有了很大的改善。

第二节 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，结合当前地区油气勘探过程中的具体特点，对井别划分和井号编排提出以下规定。

(一)井别划分

1.地质井（构造井、地质浅井） 在盆地普查阶段为解决一定地质调查（构造、地层分布）问题而钻的井。

2.参数井（地层探井、区域探井） 为了解不同构造单元的地层层序、厚度、岩性、生储盖组合的条件，并为物探提供有关参数而钻的井。

3.预探井 在地震详查的基础上，以局部圈闭或构造带为对象，以发现油气藏为目的而钻的井。

4.评价井（详探井） 在地震精查的基础上，在已获得工业性油气流的构造或断块上为落实地质储量，了解油气层的分布和厚度变化以及明确油气藏类型所钻的井。

5.一次开发井（基础井） 为落实探明储量，准备产能建设而部署的开发准备井。一次开发井位应在开发基础井网上抽稀，为开发阶段留有余地。

(二)井号编排

1.各类井字头均应冠以所在地区、圈闭名称中的一个字。

2.参数井应带“参”字。如胶莱盆地第2口参数井，称胶参2井。

3.预探井、评价井井号不能按井排编号，一般尽量采用小于100号之内的数字。

4.开发井按井排编号。

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、泥浆、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泥浆性能的影响。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

一般包括以下十四项设计内容：

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。

井位：井位座标、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；

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 即设计所提供资料。

4. 钻探目的 一般与井别有关，如预探井是以发现油气藏为目的。

5. 设计地层剖面 包括层位、底界井深、厚度、分段岩性简述。

6. 预计油气层位置

7. 故障提示 指钻井过程中可能发生故障或事故的层位、井段。

8. 取资料要求 取全取准岩屑、钻时、气测、泥浆、荧光等录井资料和井壁、岩心等取心资料数据。如岩屑录井的取样井段、间距、数量、钻时、气测录井的测量井段、测点密度、特殊要求（仪器型号、后效取样、泥浆真空蒸馏取样等）。

当钻遇明显油气显示和其他重要地质现象时，应设计停钻循环观察，以便准确判断油气层。

提出泥浆录井及氯离子滴定的测量井段、测点密度、要求。参数井、重点预探井进行氯离子滴定，其余各井根据实际情况而定。

提出荧光录井的湿照、干照、滴照，定级密度等要求。

设计取心井段、进尺、取心目的及原则。在设计取心总进尺中，应留有部分机动取心进尺，并写明目的要求；提出井壁取心颗数及要求。

对地球物理测井的测量井段、测井系列选择、测井时间等提出要求。

实物剖面或岩样汇集的制作井段及要求。以及选送岩心、岩屑送样原则，分析化验项目要求。

9. 地层压力预测邻井试油资料及压力预测曲线。

10. 设计泥浆使用、性能要求等。

11. 中途测试要求确定钻遇什么情况进行测试。

预测测试层位、目的、方法及主要要求（方法分为电缆测试、裸眼封隔器测试、下套管封隔器测试及分层试油）。

12. 特殊测井要求 包括地震测井、全井声速测井、地温梯度测井、地层倾角测井、井下电视测井等。

13. 井身质量、井身结构要求 包括井斜度、水平位移允许范围，套管尺寸、下深及固井水泥返高等，根据地质条件提出要求原则。

14. 施工过程中可能出现的重大地质问题，当与设计出入甚大时，采用的相应的预备方案和措施。

附图：(1)设计井位区域构造图、地理位置图；(2)主要目的层局部构造井位图；(3)通过设计井的“十字”地震时间剖面；(4)通过设计井的地质解释横剖面；(5)设计柱状剖面图。

一般预探井、详探井的设计内容可根据地质情况和勘探程度适当精简。

(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2000米，设计井深可定为2100米。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 N_m 组底界深度与构造图基本吻合，各井 N_m 组地层厚度接近一致；5井位于断层上盘，在 N_m 下段及 N_g 组共有三组油层；4井于 N_g 组见两组油层与5井 N_g 组油层相当；1井位于构造边部，含油差，仅有 N_g 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 N_m 组底界为1235米；据邻井 N_g 组厚度(250米左右)推断2井 N_g 组底界为1485米；2井油层井段由横剖面推断为1285~1310米及1380~1420米， N_g 共两组油层；设计井要求钻穿 N_g 组，考虑到地层厚度变化的可能性，设计井深定为1550米。

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

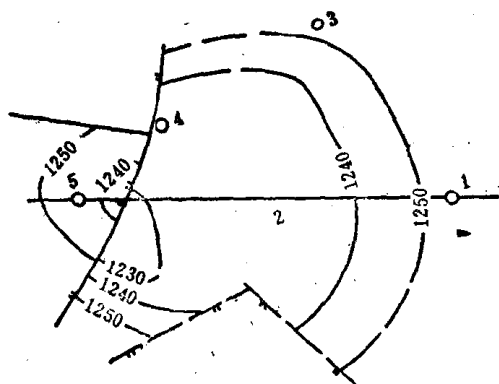


图 1-1 ×××油田构造图

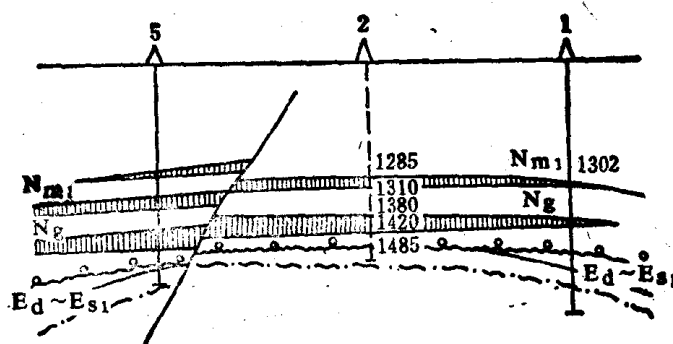


图 1-2 根据钻井地质剖面设计探井

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，打成的井的井底位置不清。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。目前我国对这类井没有统一定名，有的人称斜井，也有的人称定向井，还有人为了反映这种井既有一定斜度，又要瞄准方位，就称为定向斜井。众所周知，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为海上油田开发钻的丛式井。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”。

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。为了衡量定向井钻井水平，采用水平位移与垂直井深比值(CT值)，CT值越大，井斜角越大，定向井难度越高，钻井水平也就越高。国外定向井最大井斜 82° ，最大水平位移4597米，CT值高达2.28。目前我国定向井最大井斜 $15^\circ \sim 45^\circ$ ，最大水平位移400~1100米，而CT值在0.5以下，仍处在国外低难度定向井技术水平。

我国从1955年开始打定向井，至1982年底，累计钻定向井约335口，进尺81万米。经过二十多年的努力，取得了四个方面进展：(1)基本上掌握并会应用电算技术进行定向井井身剖面设计；(2)掌握了采用平均角法、曲率半径法等多种计算方法以及应用计算机程序来计算井眼轨迹；(3)采用了磁偏角校核计算的方法，提高了计算数据的精度；(4)掌握了使用引进的随钻测斜仪的方法。

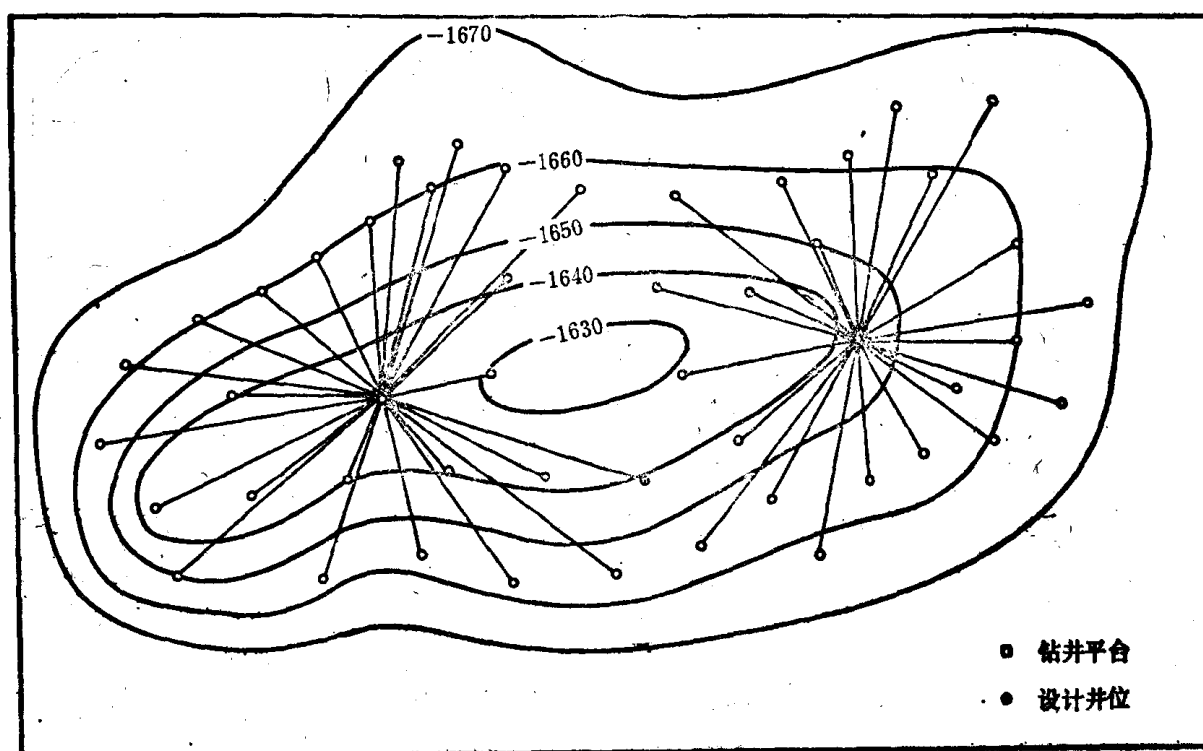


图 1-3 C油田开发井位图

从我国的初步实践中总结出,发展定向井、丛式井技术有以下好处:(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。据国外研究,在裂缝性灰岩油气藏其增益值与在储层内的水平延伸长度成对数函数关系。(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大困难。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。尤其是在我国当前大力发展海上钻探事业中,定向井或丛式井技术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之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。

(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,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与直井有明显的区别,以下只介绍与直