

潜山油气藏

华北石油勘探开发设计研究院 编著



石油工业出版社

潜山油气藏

华北石油勘探开发设计研究院 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以我国渤海盆地潜山油气藏勘探实践为主，并辅以其它地区和国外潜山油气藏的勘探实例，从理论与实践两个方面，阐明了潜山油气藏的形成条件、分布规律和勘探方法。

本书分两大部分，第一部分，着重论述沉积盆地的基底活动规律，阐明了潜山的成山机理和成油机理，论证了在古老地层中找到油气资源的可能性，并提出了潜山的类型和潜山油气藏的分类意见；第二部分，根据潜山油气藏的类型和特点，系统地总结了寻找、评价、钻探潜山油气藏等一套适用的勘探方法。

本书可供从事石油地质勘探工作的科技人员和现场工作者、大专院校石油地质专业师生参考。

潜 山 油 气 藏

华北石油勘探开发设计研究院 编著

石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

轻工出版社印刷厂排版

化工出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 13印张 5插页 324千字 印1—1,500

1982年12月北京第1版 1982年12月北京第1次印刷

书号：15037·2412 精装定价：3.00元

前 言

国内外石油工业发展的历史证明,石油储量和产量的大幅度增长,都是在开辟了新地区、发现了新领域,或找到了新油气藏类型之后出现的;而这些又依靠找油理论的突破、勘探技术的发展和装备的改进才能实现的。建国三十多年来,我国石油工业有了很大发展,使我国由一个“贫油国”跃居世界重要产油国之列,地质勘探工作取得的成效,起了重要作用,大量的实践也更丰富了地质理论。然而,经济和社会发展的需要,向石油地质工作者提出了更高的要求,面对我国众多而广阔的沉积盆地和复杂的地质结构,不断总结经验,发展具有我国特点的石油地质理论,更有效地指导油气勘探,向新地区、新领域和新类型进军,是我们的奋斗目标和光荣任务。

一九七五年,在我国渤海盆地的冀中拗陷发现了一个震旦亚界碳酸盐岩潜山高产油田——任丘油田。这一发现,开拓了我国找油的新领域,引起了石油地质界的广泛注意,也为国外一些石油地质学家所瞩目。大量的勘探证明,这种新的油气藏类型,不仅在冀中拗陷,而且也在渤海海域、济阳拗陷、辽河拗陷、黄骅拗陷、北部湾大陆架等地区,先后陆续有所发现。它们时代不同,岩性不一,规模不等,形态各异,正是石油地质工作者新的研究对象。几年来,我们以此作为重点课题,进行了综合研究,取得了一定成果;其它各有关科研部门、高等院校、生产单位,也发表不少论文,把这方面的研究向前推进了一步。

《潜山油气藏》一书,着重从研究沉积盆地基底的断裂活动,论述了块体成山机理,划分了潜山类型,说明了潜山形成和发育特征及其分布的广泛性;从研究潜山油气藏的油源,论述了“新生古储”成油机理,说明了潜山油气藏形成的多种方式,进一步揭示了在古老地层中找到油气资源的可能性;从研究潜山圈闭的形成条件,论述了潜山油气藏的类型,提出了分类意见,预测了可能发现新的潜山油气藏类型;从研究潜山油气富集特点,论述了潜山油气藏在纵向和平面上的分布规律,指出了不同类型潜山带有有利的勘探部位。

本书引用了华北石油勘探以来各单位的有关资料,以及石油工业部所属石油勘探开发科学研究院、地球物理勘探局,胜利油田、辽河油田、大港油田、海洋石油勘探局等单位的有关资料;在编写过程中,得到石油工业部石油勘探开发科学研究院副院长田在艺,华东石油学院北京研究生部副教授郝石生,中国石油学会办公室主任徐旺,大港油田副总地质师李绍光,大港油田地调指挥部主任地质师黄桂生,大港油田地质处主任地质师刘鸿斌,大港油田地质研究所副所长方文娟等同志的热情关怀和帮助,对本书提出了重要的、系统的修改意见。还有华东石油学院副教授冯石、华北石油管理局副总地质师唐智、华北石油管理局第三勘探公司主任地质师毛立言等同志也对本书的编写工作给予大力支持。在此,我们表示衷心的感谢。

参加本书编写的是范泰雍(第四、第八章,并统编全书),扬宗起(第二、第七章),党振荣(第一、第四、第五、第六章),王光润(第三章),张国良(第九、第十一、第十二章),李厚义(第十章),陈炳华(第七章)同志。我院梁生正、扬培山等同志也曾提出过修改意见。高超、张本、黄希陶同志对全书作了文字处理。我院制图厂高香梅、黄正都同志为全书清绘了插图,张锡雄等同志制作了图片。

本书初稿在听取了各方面意见后,进行了统一修改完善,经吴华元同志审阅后定稿。

由于我们理论水平不高，工作地区和掌握资料有限，书中有不足和错误之处，殷切希望读者批评指正。

华北石油勘探开发设计研究院

一九八二年七月

目 录

第一部分 潜山油气藏

| | |
|-------------------------|---------|
| 第一章 绪论 | (1) |
| 一、潜山油气藏勘探、研究概况 | (1) |
| 二、潜山油气藏的成因特点和勘探前景 | (3) |
| 第二章 潜山 | (5) |
| 一、潜山的概念 | (5) |
| 二、潜山类型 | (6) |
| 三、各类沉积盆地中潜山的形成和分布 | (9) |
| 第三章 潜山储集层 | (30) |
| 一、碳酸盐岩潜山储集层 | (30) |
| 二、碎屑岩潜山储集层 | (55) |
| 三、火成岩及变质岩潜山储集岩 | (57) |
| 第四章 潜山油气藏的形成 | (61) |
| 一、潜山的圈闭条件 | (61) |
| 二、潜山的油源 | (64) |
| 三、潜山的油气运移 | (69) |
| 四、潜山的油气富集 | (74) |
| 五、潜山油气藏的保存和破坏 | (76) |
| 六、无油气聚集的潜山 | (80) |
| 第五章 潜山油气藏类型和分布 | (84) |
| 一、潜山油气藏的类型 | (84) |
| 二、潜山油气藏的分布 | (91) |
| 第六章 潜山油气藏各论 | (98) |
| 一、沿潜山不整合面分布的油气藏 | (98) |
| 二、潜山内幕油气藏 | (117) |

第二部分 勘探方法

| | |
|------------------------|-------|
| 第七章 潜山的地球物理勘探 | (129) |
| 一、潜山的重力勘探 | (129) |
| 二、潜山的磁力勘探 | (134) |
| 三、潜山的电法勘探 | (136) |
| 四、潜山的地震勘探 | (138) |
| 第八章 潜山的钻探 | (148) |
| 一、布井 | (148) |
| 二、不同类型潜山油气藏的勘探方法 | (151) |

| | |
|-------------------------|-------|
| 第九章 潜山地质录井 | (156) |
| 一、潜山风化壳的地质录井 | (156) |
| 二、潜山油气显示的判断 | (161) |
| 三、潜山缝洞层的地质录井 | (165) |
| 第十章 潜山的地球物理测井 | (169) |
| 一、碳酸盐岩潜山的测井系列 | (169) |
| 二、碳酸盐岩测井资料的解释 | (174) |
| 第十一章 潜山完井与试油 | (181) |
| 一、潜山油气井的完井方法 | (181) |
| 二、潜山油气井的试油及增产措施 | (186) |
| 第十二章 潜山油田的储量计算 | (193) |
| 一、潜山油田储量计算的级别 | (193) |
| 二、潜山油田不同勘探阶段的储量计算 | (193) |
| 三、潜山油田的储量计算方法 | (195) |

第一部分 潜山油气藏

第一章 绪论

在石油勘探史上,长期以来,人们的主要兴趣是寻找含油气盆地内沉积物本身形成的油气藏,而对埋藏在数千米沉积物之下,由变质岩、火成岩或较老的沉积岩组成的盆地基底●却不大注意,认为它缺乏形成油气藏所必备的某些基本条件。然而,随着钻探深度的增加,在组成盆地基底的某些孔隙性岩石中,发现了工业性油气藏,甚至是大型高产油气藏,有人称其为“基岩油气藏”,于是,一个新的找油领域,便摆在石油地质工作者的面前。这是本世纪才出现的事情。

基岩,有的本身具有生油能力,但更多的,如变质岩、火成岩类则不能生油。它必须依赖上覆的盖层供给油源,才能形成油气藏。因此,按生、储关系来说,基岩油气藏多有“新老储”或“新生古储”的特点。

潜山油气藏,是一种特殊类型的基岩油气藏。它是位于区域不整合面之下的较老地层的突起含油体;其油源主要来自上覆及侧向较新的生油层系;不整合面或断面是油气运移的通道。为了突出这类油气藏的构造形态,我们把它称之为“潜山油气藏”。迄今,已有近二十个国家和地区先后发现了多种多样的潜山油气藏。

近年来,在我国渤海盆地●相继发现了一批潜山油气藏,冀中拗陷的任丘潜山油田就是其中一个典型的高产大油田。目前,它已成为我国重要的石油产地之一。为了扩大油气勘探领域,找到更多的油气资源,研究盆地基底的含油性,潜山油气藏的形成条件、分布规律和勘探方法,愈来愈引起人们的重视。这也是编写本书的目的所在。

一、潜山油气藏勘探、研究概况

世界上较早的从基岩中获得油流的,是美国辛辛纳堤隆起东翼的摩罗县潜山油藏。那是在1909年勘探中、新生界油气资源时,钻遇基岩而偶然发现的。该潜山由河流侵蚀作用形成,幅度仅30~45米,产油层是寒武系铜岭白云岩,生油岩分布在山间谷地与中奥陶系下蔡日层的黑色、绿色页岩中,油井初期日产原油27吨左右。

最早有目的、有计划地钻探潜山油藏并获得成功的是委内瑞拉,它们在马拉开波盆地的拉巴斯构造上,用了近30年时间,先后钻探、开发了第三系和白垩系两套含油层系。从白垩系

● 本书中,盆地基底和基岩的概念,详见第二章。

● 渤海盆地包括渤海湾、辽东湾、莱州湾,渤海海域及其沿岸的陆地部分。在有关的文献中,曾普遍沿用“渤海湾盆地”的名称,考虑到其含义不大确切,故本书中改称“渤海盆地”。

的石油储存在石灰岩次生孔隙裂缝中的事实得到启发，他们设想，如果拉巴斯构造下覆的前中生界变质岩也具有较好的孔隙性，则同样能聚集油气。于是，他们用物质平衡法计算了白垩系油藏内的流体膨胀体积，发现它比容积法所求得的该油藏孔隙总体积大得多，从而推断白垩系下覆的基岩中有孔隙和流体存在，并与白垩系油藏连通。因此，从1948年开始，先后布了几口井向不整合面以下的基岩钻进，企图从中、新生界含油层系之下的，经过强烈褶皱的变质地层中寻找油气储量。几经曲折，终于在1953年获得成功。发现井井深2709米，揭开基岩332米，经测试日产原油557吨。这一高产潜山油藏的发现，给人们带来了新的希望和启示，一些国家开始注意深埋在含油气盆地沉积物之下的基岩中有着储集油气的可能性。目前，除我国外，在伊朗、委内瑞拉、巴西、美国、阿尔及利亚、摩洛哥、安哥拉、埃及、南斯拉夫、匈牙利、罗马尼亚、苏联等国家和地区都发现了潜山油气藏，其中较大的是阿尔及利亚的哈西梅萨乌德潜山油田，含油面积达1300平方公里，石油地质储量35.7亿吨。

我国最早在酒泉盆地发现的潜山油藏，是1959年8月于中志留统泉脑沟组的轻变质裂缝性页岩中获得工业油流的，储集层的不均质性很明显。之后，在松辽盆地、北部湾盆地等地区的潜山也获得了油气流或工业油流，尤其在渤海盆地油气勘探过程中，所发现的一批潜山油气田更加引人注目。1972年在渤海盆地的济阳拗陷义和庄潜山奥陶系裂缝性石灰岩中，获得了高产油气流。1975年7月，在该盆地西部的冀中拗陷发现了任丘潜山油田，发现井原来是以下第三系砂岩为主要钻探目的层的，实际在钻穿全部新生界后，揭开基岩49米，并在其中发现了含油显示，经鉴定属震旦亚界蓟县系雾迷山组硅质白云岩，对其进行测试，经酸化获得了高产油流。任丘潜山油田的发现，开拓了渤海盆地油气勘探的新领域。随即在渤海盆地全面地开展了重新评价盆地基底的含油气性，大规模地钻探以潜山油气藏为主要目的的勘探工作。到目前为止，已经在冀中、辽河、济阳、黄骅拗陷，渤海海域等地区发现了数十个潜山油气藏，其中有的已投入开发。

尽管潜山油气藏屡有发现，但是，人们对这种新油藏类型的专门研究却很少。既未能从理论上阐明形成这种油气藏的特殊地质条件，也没有系统总结出一套评价和勘探这种油气藏的科学方法。因而，国内外自钻遇第一个潜山油藏至今，七十多年中，找到的潜山油气藏并不多。

早期的油气勘探工作，主要是按照下列观点进行的：石油的有机成因说；油气自下而上运移；具一定孔隙的砂砾岩是良好的储集层；背斜构造圈闭形成油气藏等。因此，在油气勘探过程中，人们的注意力主要是集中在一个含油气盆地的沉积岩本身，着重于研究盆地沉积物中可能存在的生油层、储油层、盖油层，以及生、储、盖层的空间组合关系，尤其是背斜油气藏存在的可能性等等。这些无疑都是正确的。至于对盆地基底含油气的特殊性，囿于许多盆地的基底是由变质岩或火成岩类等不能生油的岩石组成的；其大部分又多是致密坚硬，缺乏原生孔隙的非储集岩；即使有的能储存油气，但位于盖层生油岩之下，被认为是油气运移不到的地方，所以对它注意得很不够。随着石油地质研究工作的进展和勘探技术的提高，近年来，国外对潜山油气藏的形成、分类、勘探成果等都作过一些讨论和报导，但总的来看，对它的研究工作还仅仅是开始，不少人虽然把潜山油气藏当做次生地层油气藏看待，但没有充分认识它在成山条件、成油条件、分布规律和勘探方法等方面的特殊性，对潜山油气藏的命名也不一致，有关潜山油气藏的系统全面的论述与著作也很少见。

我国潜山油气藏的研究工作，主要是在任丘潜山油田发现以后才开展起来的。1975年开始的渤海盆地潜山油气藏大规模的勘探工作，为研究这类油气藏创造了条件。1977年和1980年，潘钟祥教授两次发表了《基岩油藏》的论文，其中收集了国内外几十个油气藏的实例，并

就基岩油藏的概念、特点、形成与分布作了综合论述；在渤海盆地潜山油藏勘探过程中，唐智等同志于1978年编著的《渤海湾地区古潜山油气田》一书，对盆地的区域地质条件、古潜山油气藏形成条件和勘探方向等方面作了较为全面的论述；一些地质学家和在渤海盆地工作的地质人员也先后发表了许多有关潜山油气藏的研究报告和论文。这些著作和论文都进一步丰富了人们对潜山油气藏的认识，指导了勘探实践。

实践在发展，认识待深入。正如恩格斯指出的：“地质学按其性质来说主要是研究那些不但我们没有经历过而且任何人都没有经历过的过程。所以要挖掘出最后的、终极的真理就要费很大的力气，而所得是极少的。”[●]近几年，冀中拗陷潜山油气藏的勘探工作，已由寻找大型、简单的潜山块状油气藏，进入寻找中小型、复杂而更隐蔽的潜山内幕油气藏的阶段，实验研究工作也有了一些新的进展，积累了大量的资料，把人们对潜山油气藏的认识又向前推进了一步，这就使得编写本书不仅有其必要性，而且具备了充分的可能性。

二、潜山油气藏的成因特点和勘探前景

根据已发现的潜山油气藏，其成因可概括为以下四个特点：

- ① 潜山油气藏都位于沉积盆地基底的潜山中，产油层位为较老的基岩；
- ② 潜山油气藏的储集层，除少数为具原生孔隙的砂砾岩外，大多数是原生孔隙不发育、致密坚硬的岩类，因各种后生作用的改造，使其发育了次生孔隙而具备储集能力；
- ③ 潜山圈闭的形成受多种因素控制，其中上覆年轻致密地层的不整合面覆盖，是基本条件，因此，潜山油气藏都和区域不整合面相伴生；
- ④ 由于大多数基岩不具生油能力，或生成的油气未能很好保存下来，所以潜山油气藏往往具有“新生古储”的成油特点。

据报导，目前世界上已找到的具有工业开采价值的油气藏总数已达30000多个。已采出的石油总量约600亿吨，已控制的石油可采储量大约有800~900亿吨，而潜山油气藏的数量、产量和储量所占的比例都很低。就潜山油气藏的成因来看，它可以分布在各种不同类型的含油气盆地之中，地壳上的许多盆地都存在着形成潜山油气藏的可能性。这类油气藏将成为扩大老油区、发现新油区不可忽视的勘探领域。

1. 潜山油气藏分布的广泛性

目前，发现的潜山油气藏数量虽然不多，但其分布却很广。在亚洲、非洲、拉丁美洲、北美洲、欧洲等地区；在地槽区的山间盆地、地台区的拗陷盆地与断陷盆地、地槽与地台过渡区的山前拗陷盆地；在新生代、中生代和古生代盆地的基底；在变质岩、火成岩以及沉积岩分布区均有发现。

地槽区的一些山间盆地，如我国的松辽盆地，委内瑞拉的马拉开波盆地，东欧的潘农盆地和美国的洛杉矶盆地等都发现了潜山油气藏。

地台区的各类盆地是形成潜山油气藏的有利地区。我国渤海盆地的一系列潜山油气藏，美国的堪萨斯潜山油藏，苏联的沙依姆潜山油藏，以及阿尔及利亚、利比亚、埃及、摩洛哥、安哥拉、巴西的潜山油藏等都是形成在地台区的各类盆地中。

在山前拗陷型盆地中，发现的潜山油藏数量不多。我国酒泉盆地的鸭儿峡潜山油藏，美国辛辛纳堤隆起上的潜山油藏是在这种类型的盆地中发现的。

[●] 恩格斯，《反杜林论》，人民出版社，1970年12月第一版，85页。

目前，在中、新生界盆地基底发现的潜山油气藏最多。如渤海盆地的潜山油气藏是在新生界下第三系生油盆地基底中发现的；酒泉盆地的鸭儿峡等潜山油藏是在中生界生油盆地的基底中发现的。古生界盆地的基底中发现的潜山油气藏较少。美国的堪萨斯隆起上的奥斯潜山油藏，二迭盆地的恩巴潜山油藏等则属于这种类型。

2. 形成潜山油气藏地质条件的普遍性

潜山油气藏虽是一种成因特殊的油气藏类型，但在各种盆地中，却往往具有形成这类油气藏的基本地质条件。

① 沉积盆地的基底，由于受各种内力和外力的作用，发生起伏这是一种普遍的现象。它们只有规模和幅度大小的差别，而无一平如镜的绝对平坦，因此，潜山是普遍存在的。

② 长期的风化和断裂作用，能使各类的基岩次生改造成孔隙发育的储集岩，而构成潜山的基岩更有利于这种次生改造过程。可见，潜山储集层的分布和物性，它不像原生的碎屑岩储集层那样受相带和沉积过程中搬运距离、动力、分选、胶结物和胶结类型等因素的影响。

③ 不整合面既是形成潜山圈闭的基本因素，又是“汇油面”或油气运移的重要通道；甚至能长距离地沟通油源。而任何一个沉积盆地的基底之上，都存在着区域性大面积的不整合面。

④ 生、储油岩体的直接接触，是潜山油气藏形成的重要条件。在一个具有生油能力的盆地中，若生油层与具有一定隆起幅度的或由于断层所形成的潜山相接触，都有获得油源并富集为潜山油气藏的可能性。这种情况不是个别的、特殊的地质现象，而是在许多沉积盆地中所常见的。

对上述基本地质条件的认识，可以作为在一个含油气盆地中评价和勘探潜山油气藏的理论依据。当然，对一个沉积盆地来说，是否存在潜山油气藏，还要根据地质条件加以具体分析，决不是说在任何盆地中都有潜山油气藏存在，更不能因此而放松对其它类型油气藏的勘探工作，因为潜山油气藏仅仅是含油气盆地中许多油气藏类型的一种。

3. 勘探潜山油气藏的技术可能性

现代勘探技术的发展，为潜山油气藏的发现提供了有利条件。数字地震仪的使用，地球物理资料的电子计算机处理，可提供各种专门用途的特殊剖面，比较准确地判断潜山位置、形态、内幕结构等，使潜山的隐蔽性不再成为勘探的障碍；深井钻探技术水平的提高，使得处于盆地深部的潜山油气藏不再成为钻探的禁区。

在我国渤海盆地近几年的勘探实践中，还初步摸索出一些分析研究和勘探潜山油气藏的方法，包括以地震勘探为主的发现潜山、搞清潜山内部构造的综合地球物理方法；分析潜山的圈闭条件、类型、储集能力、生油岩与潜山的空间配置关系、供油方式和渠道的综合研究方法；用较少探井尽快发现潜山油气藏、探明油水界面、控制含油范围和储量；以及现场地质录井、测井、完井试油的勘探技术等。这些，对于提高潜山油气藏的勘探成效起了很大作用。

此外，从经济上说，勘探潜山油气藏也是比较有利的。有的潜山油气藏单井产油量很高，如渤海盆地以碳酸盐岩为储层的潜山油藏，单井日产油量达数百吨至千吨以上；委内瑞拉的拉巴斯裂缝性变质岩及火成岩潜山油藏，平均单井日产油量近500吨；利比亚的奥杰拉潜山油藏的前寒武系裂缝性花岗岩和文象斑岩储层，单井最高日产油量超过1000吨，一般也有200吨左右。在老油田深探潜山时，已有的地质资料可以作为寻找、评价和研究潜山油气藏的重要依据，一旦从潜山获得工业性油气流，则原有的地面设施便能充分利用，从而取得更好的经济效果。

第二章 潜 山

一、潜山的概念

潜山 (Buried hills) 一词, 较早见于赛德尼·鲍尔斯 (Sidney Powers) 的论文《潜山及其在石油地质学中的重要性》一文中 (美国经济地质学, 一九二二年第十七卷), 后来, 其它一些地质学家也使用了这一术语, 如 A. I. 莱复生 (Levorsen) 在其《石油地质学》一书中就提到潜山, 其原意系指在盆地接受沉积前就已经形成的基岩古地貌山, 后来被新地层覆盖埋藏而变成了潜伏山。可见, 一个潜山的构成, 必须具备三个基本地质条件。一是经过侵蚀的; 二是相对于周围侵蚀面的一个局部隆起; 三是被新沉积物所掩埋的。

本书所指的潜山比上述概念扩大了。凡是现今被不整合埋藏在年轻盖层之下, 属于盆地基底的基岩突起, 都称为潜山, 而不论其成因如何和形成时期的早晚。根据这个定义, 按形成时期潜山可分为两大类。一类是具有早期古地貌特征的“古潜山”, 也包括那些受构造作用控制的、具有后期生长特点的“古潜山”; 另一类是在上覆盖层沉积前尚不存在或仅仅只有微弱的地貌显示, 主要是在盖层沉积期间或沉积以后, 由于发生了新的褶皱、断裂、火山喷发等构造变动而形成的“后成潜山”, 虽然, 后成潜山一般失去了典型的古潜山含意, 但它也是基岩突起, 其顶面形态和“古潜山”顶面形态十分相象, 也是发生在盆地基底, 位于盆地沉积物不整合面之下, 也能形成“新生古储”式的潜山油气藏。“古潜山”和“后成潜山”, 虽然成因不同, 但有时难以严格区分, 在勘探方法上, 也大体相同, 所以统称潜山。这样的归类主要是从找油实际需要出发的。

1. 盆地的基底

潜山油气藏是发生在含油气盆地基底中的基岩油气藏。那么, 什么是盆地的基底? 什么是基岩? 弄清这两个问题对于选择勘探方向和确定钻探目的层是十分重要的。

作为一个沉积盆地, 从结构上看, 都必须具备: 周边、基底和沉积物三大部分。基底, 是沉积盆地赖以存在的基础, 和盆地周边相比, 它是一个相对下降的负向地质单元, 后来被巨厚的沉积物不整合覆盖并充填。基底就是承托这些盆地沉积物的底座。许多含油气盆地是以结晶岩系为基底的, 但也有一些含油气盆地是以某些较老的沉积岩作为基底的。如我国渤海盆地主要是以古生界、震旦亚界海相沉积岩系作为基底, 而利比亚锡尔特中、新生界盆地中的某些潜山油气藏, 就形成在由古生界碎屑岩组成的盆地基底中。

盆地的基底和盖层之间的差异是明显的, 主要表现在:

① 基底和盖层是不同地质时代的产物。无论什么类型的基底, 其形成总是代表了一定地质发展阶段的结束, 而盖层的沉积, 总是代表了一个新的地质历史发展阶段的开始, 其间有构造运动和长期的沉积间断。因此, 它们各具有明显不同的地质时代特征。

② 盆地基底的形成, 一般都经历过多次构造运动和长期的侵蚀, 使其结构和构造变得比较复杂, 顶面常发育有构造、风化、淋滤作用造成的各种裂缝、节理、溶洞等。盆地盖层则是在相对统一沉降条件下的沉积。因此, 两者各具有显著不同的构造特征。

④ 组成盆地基底的岩石也是复杂的。它与盖层不但在岩石组成上有很大的差别，且结晶程度和变质程度也有显著不同，很多盆地基底的岩石已变成各种变质岩和混合岩。所以，盆地基底与盖层又有着不同的岩石特征。

2. 盆地的基岩

“基岩”，是对组成盆地基底的所有岩石的总称。按着传统的概念，只限于前寒武纪的结晶变质岩。1960年，兰德斯 (Landes) 曾提出，凡是被生油含油层系不整合覆盖的变质岩和火成岩都是基岩。他所指的基岩可以是前寒武纪的，也可以是古生代的或者中生代的，其地质时代比原来的含义扩大了。不过就其岩性看，仍然只限于变质岩和火成岩类。大量的勘探实践提出了新的问题，如美国墨西哥湾中、新生界盆地是以前寒武纪—古生代地层作为基底的，基底的绝大部分由结晶岩系组成，还有一部分却是由厚达三千多米未经变质的碳酸盐岩、砂岩和泥岩等沉积岩组成的。潘钟祥教授在其《基岩油藏》一文中曾指出：基岩“应该是兰德斯所说的变质岩及火成岩，再加上古生代岩层，而不管其变质与否。”这就将基岩范围从岩石性质上进一步扩大了。

因此，从石油地质学的观点来看，基岩应是组成盆地基底的所有岩石的总称，它包括了各种变质岩类，火成岩类和沉积岩类；在地质时代上，它可以属于前寒武纪、古生代或者中生代。基岩是相对于上覆年轻沉积物而言的。它位于一个大型的或者区域性不整合面之下，在上覆年轻地层沉积之前就已固结成岩。它与上覆地层的沉积、构造特征有明显的差别。新、老地层之间的沉积间断时间很长，可能是一个“世”，一个“纪”，甚至超过一个“代”。具备生油能力的基岩较为少见，因此，那些直接潜伏在年轻生油层之下，或者与生油层有直接联系的基岩，形成潜山油气藏的可能更大些。

二、潜山类型

潜山，同其它地质现象一样，是十分复杂的。从目前已发现的潜山油气藏来看，其构造在成因、岩性、形态和形成时期等方面都有一定的规律性，故可对潜山作如下分类：

1. 按成因划分潜山类型

潜山的形成，是一个复杂的、长期的地质过程。各种内营力和外营力的地质作用都能造山，其中褶皱、断裂、河流下切、淋滤溶蚀作用等都是常见的造山因素。潜山之所以造成，往往是多种地质因素共同作用的结果。根据造山的主要因素，潜山可分为三种基本成因类型(见表2-1)。

表2-1 潜山成因分类表

| | 成因 | 类型 | 通称 | 形成时期 |
|-----|-----------------|--------------------------------|---------------|---------------|
| I | 外营力地质作用 | 侵蚀潜山 | 古潜山 (古地貌山) | 较早 (盖层沉积前) |
| II | 外营力和内营力构造变动共同作用 | 构造-侵蚀潜山 { 断块-侵蚀山 隆起-侵蚀山 | | |
| III | 内营力构造变动 | 构造潜山 { 断块山 (翘倾断块山、地垒山等) 褶皱山 | 后成潜山 | 较晚 |

表2-1中不同的潜山类型，均有具体的地质含义。

侵蚀潜山——由差异侵蚀作用形成。岩性的不均一和构造破坏程度的不同，是造成差异

侵蚀的主要原因。岩石的矿物组成、颗粒粗细、结晶或胶结程度以及内部结构等因素都影响着侵蚀的速度。松软的岩石因侵蚀速度快而形成山谷，坚硬致密的岩石因侵蚀速度较慢而残留为山。这类潜山多是外形浑圆的丘陵。其幅度一般较小，渤海盆地中大多数凸起上发育的这类潜山，在50~100米。加拿大威利斯顿盆地中密西西比系侵蚀面上的潜山，仅24~36米。这说明侵蚀潜山是在没有后期构造活动的情况下，接近夷平阶段被覆盖而保留下来的。

断块-侵蚀潜山——由构造和侵蚀两种因素共同作用形成。它是一种生长性的，在古侵蚀面上潜山有一定的幅度。其幅度的增长主要由断层活动引起。随着断层一侧的抬升，它不断遭受侵蚀。当抬升的速度小于盆地沉降速度时，则被逐渐掩埋而成为潜山。渤海盆地中这类潜山比较发育，如冀中拗陷任丘潜山。该潜山在前第三纪以前幅度为200~600米；早第三纪盆地形成以后，其西侧断层的活动使潜山上升，顶部遭受剥蚀，以后虽被掩埋，但潜山仍在持续上升，早第三纪晚期潜山幅度已达4000多米以上。经过晚第三纪的构造活动，才形成现在的潜山面貌。长期的侵蚀又使潜山具有顶部变平、地层产状变陡以及风化淋滤充分等特征（图2-1）。

今构造剖面

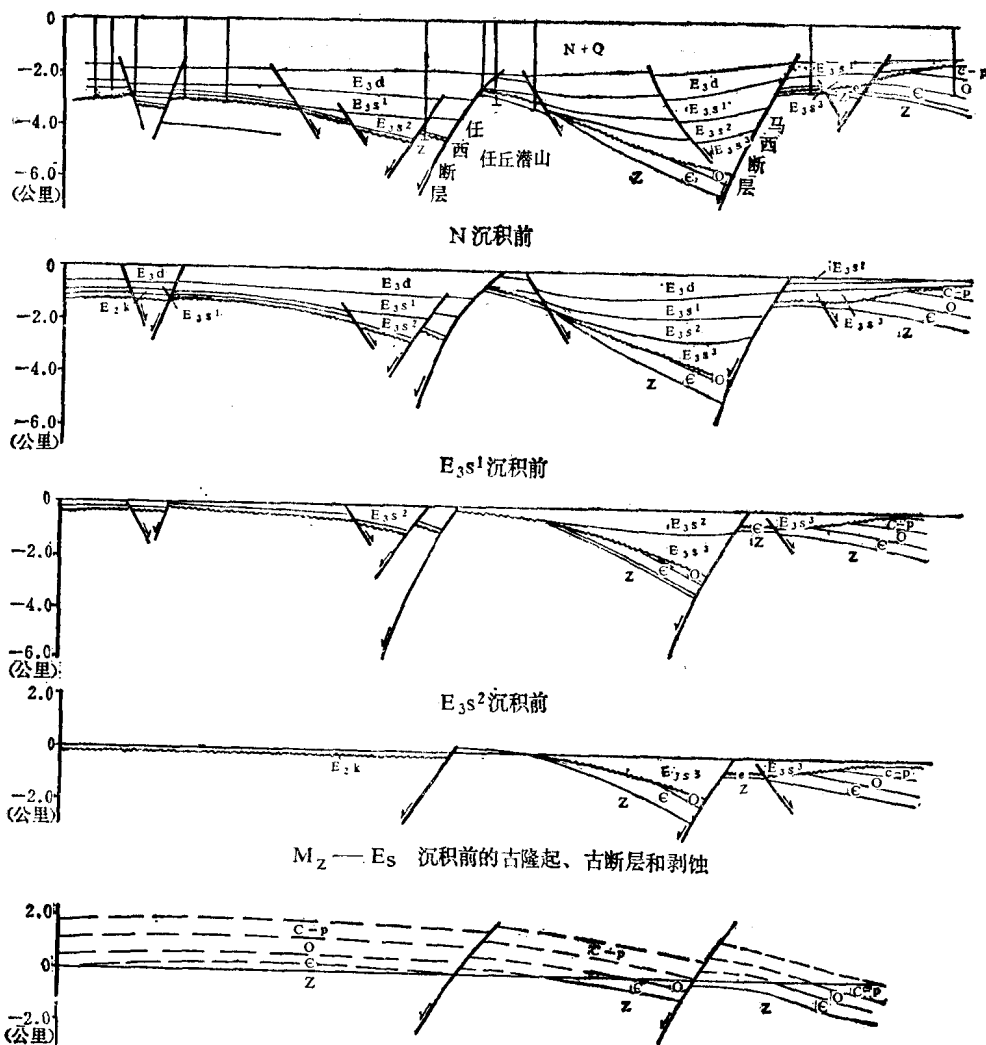


图2-1 任丘潜山发育剖面图

隆起-侵蚀潜山——由于基底的褶皱，或由于两条平行的大断裂造成的地垒带，在盆地发育过程中持续上升而形成。它们一般呈宽缓的背斜形态，规模较大，在形成初期，上覆沉积还没有掩盖山顶的时候，轴部因遭受侵蚀而保存不全。如渤海盆地冀中拗陷中部的高阳潜山带。其东西两翼因大断裂在早第三纪的活动的结果，使翼部持续下沉，中央部分相对上升成为潜山(图2-2)。

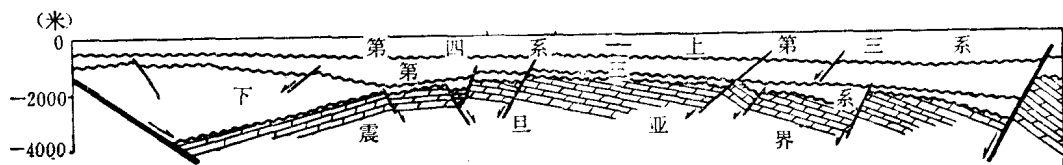


图 2-2 高阳潜山带剖面图

断块潜山——它是由断裂活动使基岩块体抬升而形成。其特征是潜山侵蚀面与上覆层产状平行，断棱是潜山的最高部位。这种潜山在成山以前曾遭受侵蚀，其侵蚀面可能是夷平面或斜坡。如图 2-3 所示，寒武系侵蚀面与上覆的下第三系产状一致，断距相近，这表明在下第三系沉积时并没有潜山存在，它的产生是在早第三纪之后。由于断层的后期抬升作用，使下第三系顶部遭受剥蚀。渤海盆地中这种类型的潜山也比较多。

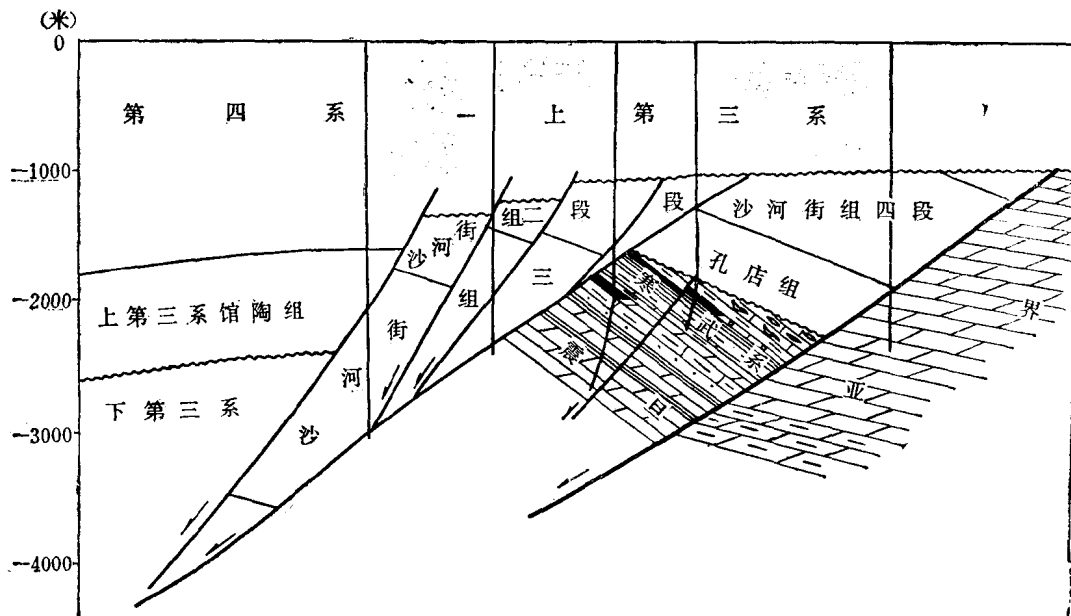


图 2-3 断块潜山剖面图

褶皱潜山——它是由后期褶皱作用形成的。其顶部和翼部上覆地层厚度相近，表明基底在早期并没有潜山显示，潜山是由后期褶皱作用形成的一个基底背斜，如委内瑞拉的马拉开波盆地西北部的拉帕斯潜山和马腊潜山，见图2-4。拉帕斯潜山始新统以下的各层厚度在其顶部和翼部几乎相等，说明潜山的形成是在渐新世—中新世以后。

2. 按岩类划分潜山类型

潜山的岩类如何，是油气勘探中特别值得注意的问题。不同岩类的潜山油气藏，由于其

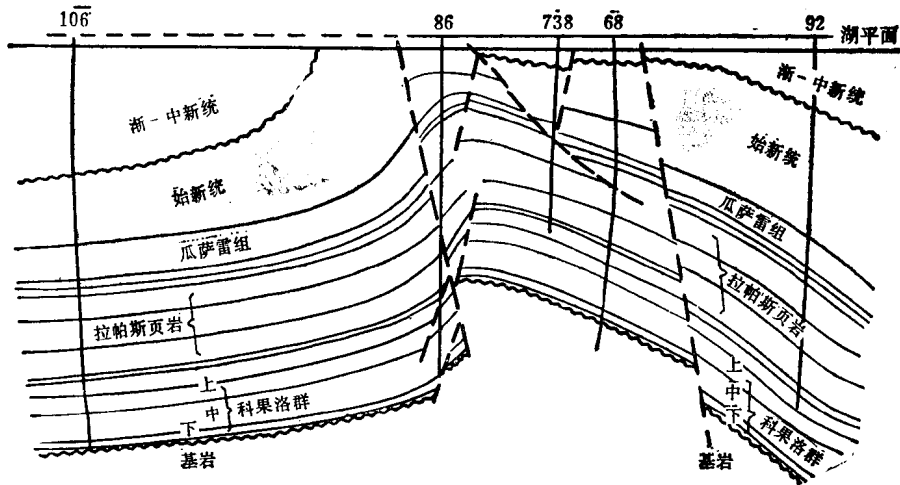


图 2-4 拉帕斯潜山剖面图

储集空间类型和发育程度的不同，其油气储量和产量有很大的差别。

按岩类，潜山可分为碳酸盐岩潜山、碎屑岩潜山、火成岩潜山和变质岩潜山。其中碳酸盐岩潜山最有利于储集油气。这是因为碳酸盐岩易于溶蚀，能形成比其它岩类较好的孔隙或裂缝。经过溶蚀的碳酸盐岩潜山，储集空间可能是一个大的连通体，为形成高产油气藏提供了优越的地质条件。厚层而孔隙性良好的碎屑岩潜山，也可以形成高产油气藏。火成岩和变质岩潜山，其储集空间是不均一的裂缝系统，这类潜山油气藏的储量和产量受裂缝发育程度的影响很大。

潜山经过多次构造运动和强烈的侵蚀，不论其岩性如何，内部结构都变得比较复杂。当储集岩厚度大于潜山幅度时，潜山以块状结构为特征；当储集岩被非渗透层分隔时，潜山则以层状结构为特征，可以形成多套含油层系。

3. 按构造形态划分潜山类型

按照构造地质学以横剖面的形态命名的法则，潜山的构造形态同样有单斜、背斜和向斜。单斜潜山的高点在岩层上翘的顶端；背斜潜山的高点多在它的轴部；而向斜潜山的高点则多在其中心，这是一种负地形结构。具有层状结构的单斜潜山和向斜潜山，有些储集层不在山顶而偏离到翼部。因此，在勘探潜山油气藏时，要注意对其构造形态进行分析，以选准有利部位。

三、各类沉积盆地中潜山的形成和分布

人们在研究沉积盆地的类型时，提出了许多分类方法。为了说明潜山的形成条件和分布特点，这里按盆地基底性质和发育特征，将沉积盆地分为断陷盆地、拗陷盆地和褶皱盆地三类来进行分析。

1. 断陷盆地

所谓断陷盆地系指因基底断裂活动而形成的盆地，它的边界至少有一侧为大断层。盆地的基底被断层切割成许多断块，断块的升降使基底起伏很大，具有多凸多凹的特征；盆地的沉降中心受断层控制，沿断裂带的下降一侧沉积厚度最大。可见，断陷盆地内的潜山主要是由基底断裂造成的，其分布主要受基底断裂控制。如渤海盆地，利比亚锡尔特盆地，苏伊士-红海盆地等都是潜山比较发育的断陷盆地。

(1) 断陷盆地内潜山的成因

1) 拉张应力的不断作用 大多数断陷盆地都是拉张盆地。其拉张特征以渤海盆地为例，剖析如下。

① 已知的基底断层都是正断层。控制盆地边界和盆地内局部构造的基底断裂多数具有较缓的断面，倾角一般为 $30\sim 50^\circ$ ，基底侵蚀面的断距可达 $1\sim 8$ 公里，水平位移一般为 $2\sim 10$ 公里，最大的达 22 公里(图2-5，图2-6)。由此可见，渤海盆地的拉张作用是明显的，规模是大的。

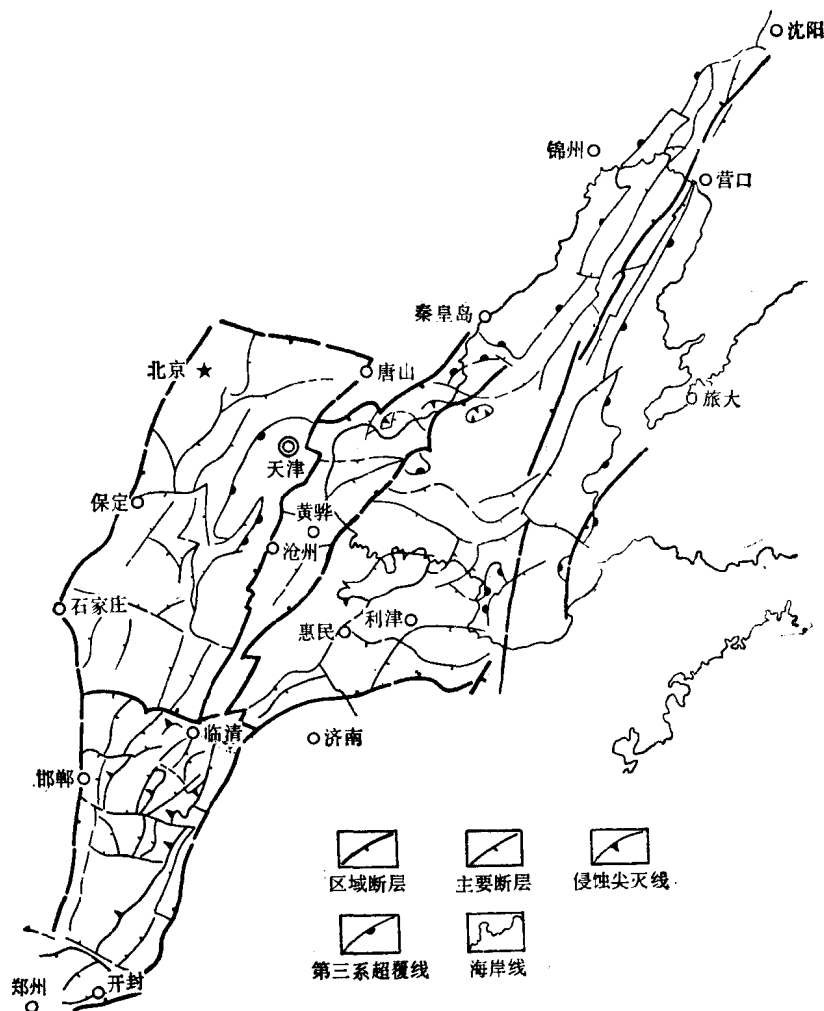


图 2-5 渤海盆地断裂分布图

② 盆地基底主要为翘倾断块和地垒地堑，断层前缘的滑块断阶和由于断层活动在第三系中造成的逆牵引构造等比较多，而挤压构造现象则很少见，表现出拉张形成的构造特征很明显。

③ 盆地沉降中心沿断层分布，新生界沉积受断层控制，具有沉积速度快，岩相变化大的特点，反映了盆地具有基底不断被拉张而下陷，沉积物快速补偿的性质(图2-7,图2-8)。

④ 盆地的深部构造也具有明显的拉张特征。根据地震测深和重力资料绘制的莫霍面等深度图表明，渤海盆地对于周围山区是一个相对的上地幔隆起区。在盆地区域内地壳厚度一般为 $30\sim 35$ 公里，而周围的太行山、燕山、辽东山区和鲁东山区地壳厚度一般在 $36\sim 42$ 公里。这种情况，显然是大陆地壳被拉薄的一种现象，而且这个减薄区域正好和盆地现今的轮廓相