


国外含油气盆地勘探开发丛书



二叠含油气盆地

国外含油气盆地勘探开发丛书编委会 编

曹华龄 编译



石油工业出版社

登录号	· 087358
分类号	P618.13
种次号	029

(2)

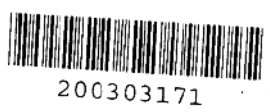
国外含油气盆地勘探开发丛书

二叠含油气盆地

国外含油气盆地勘探开发丛书编委会 编

曹华龄 编译

53-4/101



石油工业出版社



(京)新登字082号

内 容 提 要

二叠盆地位于美国得克萨斯州西部和新墨西哥州东南部,面积约44.3万km²。属于北美地台南缘的一个内克拉通沉积盆地。它是一个以碳酸盐岩为主的古生代沉积盆地。基岩埋深达10700m。以特拉华-瓦尔维德盆地区域沉积最厚,米德兰盆地次之,陆棚区域和台地沉积较薄。中央盆地台地区域最浅的前寒武系结晶基底,仅深2000m。二叠系沉积后,盆地区域上升为陆,各部分基底固结硬化,进入稳定的盆地发展阶段,并接受了较薄的中生代河湖相内陆沉积。

二叠盆地是一个多组合的含油气盆地,至少有四套主要的含油气组合,从前寒武系结晶基岩到白垩系中都不同程度地含有石油和天然气,但以二叠系的石油地质储量最大,占盆地总储油量的67%,天然气主要储集在深部下奥陶统中,油气资源的纵向分布极不均匀。

国外含油气盆地勘探开发丛书

二叠含油气盆地

国外含油气盆地勘探开发丛书编委会 编

曹华龄 编译

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京海淀吴海印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本11 1/8印张 293千字 印1—1,000

1993年5月北京第1版 1993年5月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0834-3/TE·779

定价: 9.50元

国外含油气盆地勘探开发丛书编委会

顾 问：朱夏 李德生

主 编：甘克文

副主编：安作相

委 员：（按姓氏笔画为序）

龙祥符、史训知、李昭仁、李国玉、张万选、
张亮成、陈发景、林天骥、易大同、胡文海、
赵重远、徐 旺、黄希陶、韩跃文

前 言

石油地质学是地球科学中的一个分支。就地球科学来说，其特点是具有全球性，即对于任何地区地质学的研究和了解，都有全球意义。石油地质学同样如此。不了解世界，特别是与本地区相类似的油气盆地，就不可能更经济、迅速、有效地开展该地区的油气勘探开发工作。追溯百余年来油气勘探开发史，每当有一个新地区，新层带或新远景圈闭的发现，无不给其他类似地区，类似层带和类似远景圈闭的勘探带来活力，从而导致一系列新的发现。

石油工业部从成立以来，始终重视了解世界，借鉴国外的勘探开发经验，并于1962年组织专门的研究小组，从事收集、整理、研究和编写《世界含油气盆地资料》。这项工作虽然后来因历史原因没有能够坚持下去，还是完成了波斯湾、墨西哥东部沿岸、西德北部、马拉开波等8个专集。这套资料对于石油地质勘探人员了解世界和增长知识起了积极的作用，至今还具有一定的参考价值。

到了70年代晚期，我们希望恢复这项工作，但由于工作量太大，任务艰巨，人力不足而无法开展。但征求各单位有关石油地质勘探开发方面的专家和学者的意见，都认为搞这样一套丛书，有利于开阔眼界，提高水平，不但对当代甚至今后的勘探开发工作，都有参考意义。特别是国家实行开放以来，与外国各类石油公司的交往多了，国外的地质开发专家在讨论中，往往能够提出世界各地的多种油气地模式，而国内专家比较局限于自己工作地区的特点。相比之下，显得更需要给广大石油地质勘探开发人员提供系统而较详细的世界性资料。

从1981年起，石油天然气总公司科学技术情报研究所领导的石油地质勘探情报协作组组成编委会致力于动员社会力量，着手编写国外含油气盆地丛书。这项工作虽然困难重重，但在中国石

油天然气总公司勘探开发科学研究院、地质矿产部石油地质研究所和各有关单位，特别是情报信息工作人员的共同支持下，终于与广大读者见面了。考虑到我国油气勘探开发的发展前景的相关性，我们首先组织了有关古生界油气目的层的含油气盆地、中生界的克拉通内裂谷型含油气盆地，块断的弧后盆地和某些被动大陆边缘盆地的丛书。如果条件允许，希望最后能把世界上的各个重要产油气盆地的全套资料提供给我国的广大油气勘探开发工作者。

编委会委托安作相对译稿进行加工整理王雪吾和谭柳芳分别担任编审过程中的有关业务工作和图幅清绘工作。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 地理概况	(1)
第二节 地质概况和油、气的生产	(5)
第三节 对二叠盆地勘探的认识及潜在远景地区和 勘探展望	(15)
第二章 油气地质调查勘探历史	(21)
第一节 勘探初期 (1920~1945)	(23)
第二节 勘探鼎盛时期 (1946~1960)	(34)
第三节 深层勘探时期 (1961~1970)	(39)
第四节 隐蔽油藏勘探时期 (1971~现在)	(40)
第三章 地层和岩相古地理	(45)
第一节 基底岩系	(47)
第二节 上寒武统一下奥陶统	(47)
第三节 中奥陶—上泥盆系	(53)
第四节 密西西比系	(65)
第五节 宾夕法尼亚系	(71)
第六节 二叠系	(83)
第七节 三叠系	(123)
第八节 白垩系	(123)
第九节 第三系	(124)
第十节 第四系	(124)
第四章 构造	(126)
第一节 区域大地构造	(126)
第二节 构造单元划分、局部构造特征及组合关 系	(136)
第三节 显生宙应力历史的推测和盆地演化历史	(159)
第五章 油气的形成和分布	(165)

第一节	已知产油气层位的分布和性质·····	(171)
第二节	生油层的发育情况及热成熟史·····	(215)
第三节	生储盖组合关系及油气运移聚集条件·····	(224)
第四节	油气聚集带的划分和分布·····	(229)
第六章	一些问题的探讨·····	(233)
第一节	浅海碳酸盐岩地层圈闭储集相带的预测···	(233)
第二节	深盆气·····	(246)
第三节	生物礁油气田·····	(251)
第七章	含油气分区评述·····	(275)
第一节	中央盆地台地含油气区·····	(275)
第二节	西北陆棚含油气区·····	(287)
第三节	东部陆棚含油气区·····	(303)
第四节	米德兰盆地含油气区·····	(316)
第五节	特拉华-瓦尔维德盆地含油气区·····	(334)
第六节	帕拉杜洛盆地含油气区·····	(342)
参考文献	·····	(345)

第一章 绪 论

第一节 地理概况

一、位 置

二叠盆地位于美国本土南中部的得克萨斯州西部和新墨西哥州东南部。盆地范围的地理坐标在西经 $98^{\circ} \sim 106^{\circ}$ 和北纬 $29^{\circ} \sim 36^{\circ}$ 之间。盆地西依南落基山脉和科罗拉多高原，西南以拉拉米

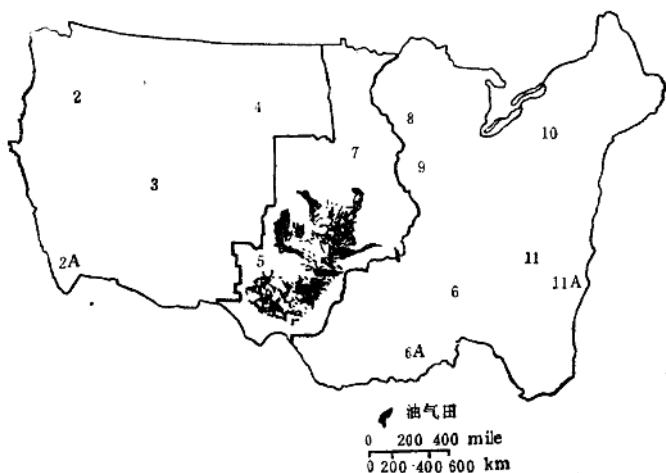


图1 美国油气田的区域性分布(5区与二叠盆地相当。
据Vlissides等资料修改, 1964)

逆掩断层带与墨西哥中生代地槽为界，南部和东南部以马拉松-沃希托冲断层构造带为界，东部以本德隆起为界，北部以马里洛-威奇托隆起为界。面积约为44.6万 km^2 ，其范围大体相当于美国油气生产区划的第5区（图1）。

二、地 形

二叠盆地位于美国中部大平原和中央低地的西部，依傍横贯美国西部的南落基山脉和科罗拉多高原，它们是美国太平洋水系和大西洋水系的分水岭，是东部和西部的地理分界线，盆地地形由西向东倾斜，由西部高原山麓区的海拔1500m较急剧地下降到

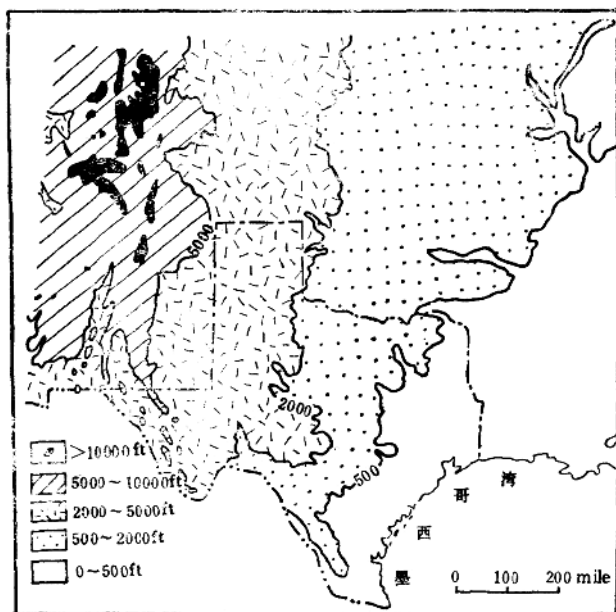


图2 二叠盆地及周围区域等高线略图
(据C. B. Hunt《美国自然地理》)

600m左右，然后向东缓慢下降到海拔150m左右，成为一望无际的大平原区域（图2）。

三、自然地理分区

根据自然地理特点，可以把二叠盆地划分成大平原自然区和盆地与山岭自然区两个大的类型（图3）。

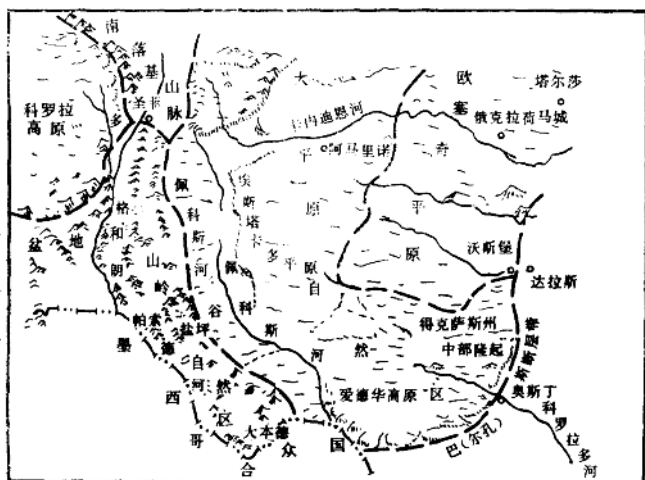


图3 二叠盆地自然地理分区（据《美国自然地理》）

- 1—瓜达卢佩山脉；2—特拉华山脉；3—阿帕奇山脉；4—戴维斯山脉；5—格拉斯山脉；6—卡皮坦山脉；7—佩达纳尔丘陵；8—威奇托山脉；9—阿巴克山脉；10—富兰克林山脉；11—休科山脉；12—考特曼山脉；13—哈维山脉；14—迪亚夫洛山脉

大平原自然区是半干旱区，平原向东倾斜。平原上的水系互相平行，河水向东流，河谷宽广，西岸陡峭而浅，很少深于45m。谷壁由岩石露头组成，无法保持水土，河谷之间为平滑的高地和平坦的平原。地层几乎水平，大部分为中生代和新生代的地质，覆盖着略微翘起的古生代地层。新生代地层由落基山脉向

东冲刷到平原上的沉积物组成。

在新墨西哥州东南部和得克萨斯州的狭长地带，是埃斯坦卡多平原，即标界平原，是美国最平坦的地区之一，这是一个近乎无特征的平原，只有树立起来的“标界”指示通过草原和通向河源的小路，因此得名。地表到处分布着浅洼地，即滚牛坑，有时聚集雨水，面积约有13万 km^2 ，高度约750m。标界平原的西边，是佩科斯河谷，一个宽阔的浸蚀谷地，第三纪地层已经剥掉，露出古生代地层。

大平原的南端，是一个由厚厚的下白垩统的石灰岩形成的爱德华高原，在爱德华高原东北面，是略低一些的得克萨斯中部隆起，这是一个宽而低的构造圆丘，出露早古生代和前寒武纪岩石。

盆地东北部的欧塞奇平原是美国中央低地自然区的组成部分，海拔150~600m，是一望无际的大平原区。

盆地的西南角为盆地和山岭自然区的组成部分。这一地区有轮廓分明的山脉，其间为宽阔的谷地，山脉由断裂地块所组成，少数盆地内存在干盐湖，盆地内充填着由山上浸蚀下来的岩屑。

四、气 候

二叠盆地属于温带草原性气候。西经 100° 以西，气候是干燥的，向东由半干燥气候渐变为潮湿气候。冬季寒冷，经常出现大风，夏季炎热，时受旋风袭击，属大陆性气候。年降雨量由西边的300mm向东增至500mm，甚至接近1000mm，年平均降雪量在500mm以下，年平均晴天数在150~200d之间，年平均无霜期达220d之多（图4）蒸发量都超过降水量。

五、植 被

二叠盆地广大地区，由于降水量稀少和气候干燥，属于下索诺拉植物群分布区，主要生长灌木丛，莎草蕨、牧草，但也有沙漠冬青、仙人掌等植物生长，西部由于雨量稀少，又无水灌溉，

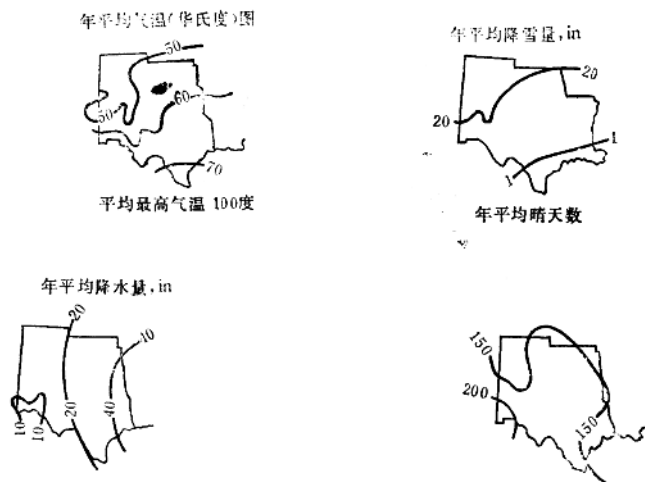


图4 二叠盆地及周围地区气候图
(据《美国自然地理》)

为大片牧场。东部由于雨量增多而成为冬小麦和棉花产区。

第二节 地质概况和油、气的生产

一、二叠盆地的地质简史

二叠盆地位于北美地台的西南边缘，西部为落基山中生代冒地槽褶皱区，西南邻近墨西哥中生代地槽区的拉拉米逆掩断层带，东南为马拉松—沃希托古生代褶皱带所环绕，北部以下宾夕法尼亚褶皱、断裂的阿马里路—威奇托隆起为界，基底为前寒武纪结晶岩系，于晚寒武世开始接受沉积。早古生代时，本区总的趋势是北浅南深的浅海陆棚环境，以碳酸盐岩沉积为主，中奥陶世末的造陆运动，使盆地东部抬升，米德兰盆地以东普遍缺失晚奥陶世至泥盆纪的沉积。密西西比纪广泛的海浸，沉积了页岩和灰岩，宾夕法尼亚纪早期的地壳运动，在盆地边缘开始形成

褶皱带和隆起，盆地内部则块断分异，形成台地、盆地和斜坡，主要为砂页岩和碳酸盐岩的交替沉积，台地和斜坡区向盆地的边缘坡折带上有生物礁发育。二叠纪初广泛的海浸淹没了全区，地壳的差异升降运动进一步发展，使盆地、台地和陆棚的面貌更加明显，沉积了巨厚的以礁、滩、斜坡和盆地相带分布的碳酸盐岩为主的地层。晚二叠世海域逐渐收缩，发育大量以蒸发岩为特征的泻湖膏盐盆地沉积，最后，海水完全退出二叠盆地。沉积岩总厚度达7000~10000m。

中、新生代本区以轻微的上升剥蚀为主，很少接受沉积。在晚三叠世盆地轻微下沉，接受少量的河湖相沉积物；侏罗纪地层缺失，白垩纪时在盆地东南方出现一次短暂海浸，沉积了少量砂岩和石灰岩，说明这时二叠盆地区域古地貌已完全改变。第三纪时盆地西部块断发育并伴随强烈的火山喷发。第四纪主要为风成砂及分散的湖泊沉积物。

可见，二叠盆地为北美地台南缘的一个稳定下沉的大型沉积盆地。宾夕法尼亚纪的地壳运动，使盆地北部的阿马里洛-威奇托山脉隆起和盆地东南部的马拉松-沃希托冲断带褶皱以及西北边的佩德纳陆块升起，形成了构造盆地的雏型，再经中生代拉拉米运动的断块褶皱，西部的西南部山岳升起，遂形成今日的构造。因此，二叠盆地是一个叠合的构造沉积盆地。

二、二叠系岩组的产油、气特点

二叠盆地已经有近70年生产油气的历史，并且是美国最丰富的石油产区之一。到1982年底，在二叠盆地内已经发现的地质储量大约为126.5亿t油和3.75万亿 m^3 溶解的或伴生的和非溶解的天然气。

石油产自前寒武系到白垩系的岩组内，但是前寒武系和白垩系岩组中的产量是微不足道的。古生界储层从45.6m到4400m的范围内都生产石油，并且150m到6888.7m的深度范围内都产天然气，虽然在奥陶系，志留一泥盆系和宾夕法尼亚系中都有重要产

层，但二叠系才是最主要的储层，迄今已经发现2188个油藏和650亿bbl以上的地质储量，占二叠盆地总发现生产能力的71%。另一方面，虽然前密西西比系非溶解气占主要地位，而二叠系岩组仅具有2224.6亿m³（6.3亿ft³）非伴生的天然气储量（占盆地总量的约13%），但是二叠系岩组具有1.15万亿m³（32.7万亿ft³）的伴生的或溶解的天然气储量，占盆地总量的54%（Dolton等，1979）。

石油生产主要来自二叠系岩组，这与它在这个区域内相对较浅的埋藏深度有关。实际上在二叠盆地内，二叠系现在的埋藏深度小于4500m。而且，全部产量都小于3000m的埋藏深度，大部分小于1500m。

二叠系四个阶内烃含量不等，蒸发盐含量最大的奥乔阶岩石只有大约600万bbl证实储量，不到二叠系总储量650亿bbl的0.01%。相反，在瓜达卢佩阶（含有整个二叠盆地已发现石油的67%和全部二叠系天然气的62%。昂纳达阶含有28%的石油和32%的天然气。狼营阶只含有5%的石油和10%的天然气。这些数量与从狼营期开始，昂纳达期增长到瓜达卢佩期达到顶峰的卡皮坦礁复合体的发育，以及礁和礁后泻湖的渐进发展有最直接的关系。

二叠系中烃的聚集，是巨大的地层和构造的复合圈闭，尽管每一个圈闭类型的确是单独存在的。大部分圈闭是由沉积环境大规模不断变换引起的，地层岩性错综复杂的指状交叉，首要的封闭机制是碳酸盐岩、蒸发盐岩或页岩的孔隙度和渗透率变小造成遮挡。

二叠系储层的大约40%是石灰岩，29%是白云岩和29%的砂岩。孔隙度范围是从1.5%到25%，而储层的渗透率变化范围从0.02到200mD。

采收率的变化范围从7.5%到47.5%，米德兰盆地的斯普拉贝里裂隙粉砂岩的采收率最低（7.5%），然而它的油层中的原地石油体积却是单个的二叠系油藏中最大的。对于二叠系来说，

表1 二叠盆地二叠系挑选的地层组
1978年前累计油气产量一览表 (据P. A. Scholle)

产层	油气田数	产油量, bbl (m ³)	产气量, ×10 ⁹ ft(×10 ⁸ m ³)
骨泉灰岩	36	10836946 (1722944.4)	28107 (739.27)
维多利亚奥峰灰岩	0	0	0
耶索组	15	202411700 (32181031.29)	803437.919 (22750952.02)
圣安德烈斯灰岩	435	3605905136 (573295641.62)	36433294 (1031681.62)
格雷堡组	173	3257310434 (517873269)	17265940 (408319.62)
瓜特锡普灰岩	0	0	0
皇后组	179	527719866 (83901125.68)	1254017480 (35510012.59)
七河组	91	921401640 (146491801.75)	823028 (23305.68)
耶茨组	159	609064948 (96834017.12)	1710628578 (48439869.36)
坦西尔组	12	229717 (36522.24)	0
卡皮坦组	0	0	0
特拉华山群	228	147838929 (23504615.69)	444186 (12578.01)
卡斯蒂尔组	10	177499 (28212.2)	0
拉斯特组	5	1019685 (162117.68)	0
合计	1343	9283916450 (1476031127.54)	3823076532 (108258057.15)

其平均采收率是25% (Dolton等, 1979)。

根据俄克拉荷马大学石油数据系统提供的资料, 盆地内二叠系主要产油地层1978年前累计油气产量如表1所示:

表1和粗略的调查相结合表明: 没有来自沉积以后被致密胶结的卡皮坦、维多里奥峰和瓜特锡普礁或礁前相的产量。90%以上的产量来自原生的或早期成岩作用的坦西尔组、耶茨组、七河组、皇后组和格雷堡组, 或开阔陆棚相的圣安德烈斯组礁后白云岩和砂岩的原生孔隙, 或早期成岩作用的次生孔隙中。其次, 较少的产量大多来自特拉华山群, 特别是在铃谷组的水道砂岩。在靠近铃谷组顶部的拉姆西段内个别水道砂体长80km, 宽0.5~6.5km, 厚度达到30m。这些水道具明显的北东走向, 它们有力地控制了油田的形状和分布。少量石油也产自盆地石灰岩, 或者骨泉石灰岩。在米德兰盆地的盆地相砂岩中发现了斯普拉贝里组具有80亿bbl以上的地质储量, 但采收率小于10%, 最终可采储量大约为0.76亿t (534000000bbl)。

三、勘探状况

经过近70年的勘探、开发和详细研究, 二叠盆地已经取得了丰硕的成果, 到1986年底, 已经累积产油约37865亿t, 累计产天然气22476.4亿m³, 累计打探井35413口。其石油产量约占全美国石油产量的 $\frac{1}{5}$, 天然气产量约占全美国产气量的 $\frac{1}{10}$, 成为美国重要的油、气产区和高成熟度勘探地区。

根据最近几年的报道, 二叠盆地当前的首要勘探区域为米德兰盆地、特拉华盆地, 其次为东部陆棚等地。在这些区域内, 每年合计有十来个重要的发现, 而边远地区还没有特别重大的突破。

这些重要的发现, 主要是由于先进的数字地震技术和地下地质方法的改进造成的, 其勘探和开发力量的部署, 有如下几个特点: