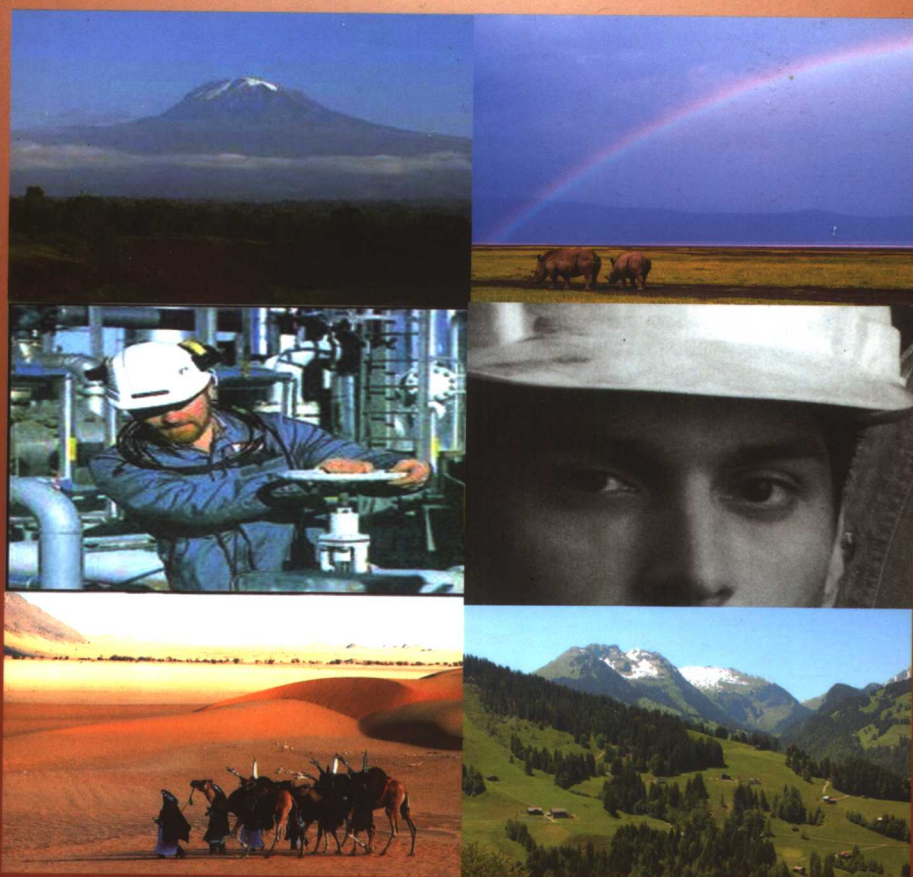


非洲油气资源与勘探

关增森 李 剑 编著



AFRICA

石油工业出版社

非洲油气资源与勘探

关增森 李 剑 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书共分七章,系统介绍了非洲的区域地质、沉积盆地类型及分布、含油气盆地特征、典型油气田以及非洲各国的油气勘探开发历程,并展望了非洲石油和天然气前景。书中图文并茂,附有大量的统计数据和图表,提供了大量的有关非洲地区油气勘探方面的基础资料。

本书可供从事跨国油气勘探开发的公司和相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

非洲油气资源与勘探 / 关增森, 李剑编著.

北京: 石油工业出版社, 2007.10

ISBN 978-7-5021-5872-9

I. 非…

II. ①关…②李…

III. 油气勘探—研究—非洲

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 152227 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 16.25

字数: 410 千字 印数: 1—1000 册

定价: 60.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

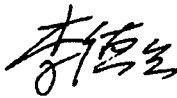
版权所有, 翻印必究

序

关增森教授是一位工作勤奋的石油地质家。他 1955 年毕业于西北大学石油地质专修科。毕业后分配到甘肃玉门油田从事野外地质和钻井地质工作。1960 年大庆油田开发以后,他又调到大庆油田从事油田地质研究工作。1983 年地质矿产部在北京恢复全国矿产储量委员会油气专业委员会,委员会的职能部门油气储量办公室设在北京石油勘探开发科学研究院内,关增森又从大庆调到储量办公室工作。该室每年要组织评审全国新发现油气田的探明地质储量和可采地质储量,工作量很大。但储量办公室的同志不辞辛劳,深入到油气田了解第一手地质资料,邀请有经验的勘探开发专家客观和公正地进行会审,每年发表一本“全国石油天然气探明储量评审表”。1994 年由于储量管理机构的变动,关增森教授回到石油勘探开发科学研究院廊坊分院从事地质研究工作。1997 年退休后,受中国石油天然气(国际)勘探开发公司的委托,开展国外石油地质资料的收集和汇编工作。2001 年编译出版了《世界石油勘探开发图集(亚洲太平洋地区分册)》,对亚太区域 32 个国家的地质状况、油气田做了系统介绍。2002 年编译出版了《世界石油勘探开发图集(非洲地区分册)》,对非洲地区 54 个国家的自然地理状况、区域地质、含油气盆地、勘探开发历史和现状、典型油气田、勘探远景地区和下游工业状况等,用文字和图件做了系统介绍。这次关增森教授又编译出版了《非洲油气资源与勘探》一书,共分为七章。

值此国内各大石油公司向海外开展勘探开发业务之际,本书可供从事跨国油气勘探开发的公司和专业人员参考,也可作为石油院校师生了解世界石油资源分布现状的有用材料。

中国科学院院士



2005 年 4 月

前 言

随着我国国民经济的快速发展,对石油的需求量快速增长,国内石油产量已不能满足需求,供需矛盾日益突出。我国自1993年成为石油净进口国以来,年石油进口量快速增长,中国三大石油公司纷纷进入国际石油勘探开发市场,努力扩大开外市场份额,因此,积极研究世界各国的石油现状和油气发展潜力有重要意义,尤其是非洲地区作为我国海外油气勘探开发业务的主要地区之一,更需要对油气勘探开发进行全方位的分析 and 研究。

非洲已探明石油储量仅次于中东和南美洲。据报道非洲已探明石油储量由1984年底的580亿桶增至2004年底的1120亿桶。

近几年来,非洲产油国加大油气资源开发力度,积极引进外资开发石油资源,实施对外油气合作多元化,以应对经济全球化的挑战。目前,不仅欧美石油公司在非洲的投资快速增长,发展中国家如印度、马来西亚、越南、巴西、中国等国的石油公司也通过风险勘探等形式积极介入非洲石油市场,在北非撒哈拉油区、西非几内亚湾油区、苏伊士湾油区等地区掀起了石油开发热潮。非洲各国为开发石油资源,改革吸引外资政策,为各国企业进入非洲能源市场、开展国际能源合作提供了难得的机遇。

我国由于油气需求大量增长,除增加国内油气生产外,国内各石油公司也正在积极进行海外油气勘探开发业务,因此更需要了解和研究国外各地区的石油地质情况,本书在非洲地区油气勘探方面提供了大量基础资料,可供国内有关人员参考。

本书着重论述了非洲的地质条件、油气资源以及勘探开发现状。与世界其他地区对比,非洲地质条件和油气资源基础较好,但勘探开发程度相对较低。

非洲各类型盆地和地层与世界和我国有许多不同之处,如世界其他地区的前陆盆地具有丰富的油气资源和大型油气田,我国的天山南北前陆盆地近期均获得重大油气发现,但此类盆地在非洲很少,因此没有此类盆地油气前景。在地层方面,世界和我国侏罗纪地层均有丰富的油气资源,而非洲侏罗纪地层分布很少,而且无油气发现。这些简况是今后我们进入非洲勘探时需要充分了解的情况。非洲是我国目前国际三大区域中的一部分,随着我国对非洲石油天然气的勘探和开发工作领域的不断扩大,将会取得越来越多的成果和收获。

目 录

绪论	(1)
第一节 地理及行政状况	(1)
第二节 自然环境及自然资源	(2)
第三节 经济简况	(4)
第四节 石油工业发展概况	(4)
第一章 非洲板块	(7)
第一节 演化和形成	(7)
第二节 主要构造单元	(13)
第二章 非洲地层与构造运动	(18)
第一节 地质时代与地质运动	(18)
第二节 前寒武纪地层	(19)
第三节 古生代地层与构造运动	(23)
第四节 中、新生代地层与构造运动	(29)
第三章 非洲沉积盆地	(39)
第一节 陆上沉积盆地类型	(39)
第二节 内陆拗陷盆地	(41)
第三节 裂谷盆地	(65)
第四节 离散被动大陆边缘盆地	(82)
第五节 三角洲盆地	(117)
第六节 前陆扭性盆地和褶皱带内部盆地	(122)
第七节 海域深海盆地	(130)
第四章 非洲含油气系统	(133)
第一节 古生界含油气系统	(133)
第二节 中生界含油气系统	(143)
第三节 新生界含油气系统	(149)
第五章 主要油气田概述	(151)
第一节 内陆拗陷盆地油气田	(151)
第二节 三角洲盆地油气田	(161)
第三节 离散被动大陆边缘盆地油气田	(170)
第四节 裂谷盆地油气田	(182)
第六章 非洲各国油气工业概述	(189)
第一节 油气勘探开发历程	(189)
第二节 主要油气产区	(190)
第三节 油气生产国	(193)
第四节 尚未产油国	(223)

第七章 非洲油气前景展望..... (238)

 第一节 油气资源和储量..... (238)

 第二节 油气分布特点..... (240)

 第三节 地质条件前景预测..... (241)

 第四节 油气发展前景预测..... (243)

参考文献..... (245)

绪 论

非洲全名为阿非利加洲，希腊语意为“阳光灼热”，反映了其地理和气候状况。

从面积上讲，非洲是仅次于亚洲的世界第二大洲；从人口上讲，非洲仅次于亚、欧两洲，居世界第三位。非洲高温、少雨、干燥，有“热带大陆”之称，但非洲草原辽阔，占陆地总面积的四分之一，草原居世界各洲首位。非洲矿产种类多，储量丰富，许多矿产储量居世界前列，石油和天然气资源也居世界前列。但是，非洲经济发展水平较低，目前大多数国家经济落后。然而，非洲作为一个地域辽阔、历史悠久的大陆，是世界自然、物质形态和民族文化形态不可缺少的一部分，其未来必将取得迅速的发展。

中国和非洲的交往历史悠久，范围广泛。明朝时期的中国航海家郑和曾数次到过非洲。20 世纪末，在北京召开的“中非合作论坛”，更为中国和非洲各国在新世纪的合作奠定了扎实基础。

第一节 地理及行政状况

非洲主体位于东半球的西南部，其西北部分位于西半球。该洲地跨赤道南北，但均在南、北纬的 40° 范围之内。东、西、南三面与大洋相连，东为印度洋，西为大西洋，北隔地中海与欧洲相望，东北隅以狭长的红海和苏伊士运河亚洲段相邻。

非洲大陆最东部为哈丰角，最南部为厄加勒斯角，最西部为佛得角，最北部为吉兰角。包括附近岛屿，面积为 $3030 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占世界陆地总面积的 20.2%，仅次于亚洲，为世界第二大陆。

非洲大陆北宽南窄，呈不等边三角形，南北最长约 8000km，东西最宽约 7500km。大陆海岸线全长 30500km，海岸线比较平直，海湾与半岛较少。非洲是世界各洲岛屿最少的一个洲，除马达加斯加岛外，其余多为小岛，岛屿总面积约为 $62 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占全洲总面积的 2% 左右。

非洲有 56 个国家和地区，通常将非洲分为北部、东部、中部、西部和南部 5 个部分（图 1）。非洲北部通常包括埃及、苏丹、利比亚、突尼斯、阿尔及利亚、摩洛哥、亚速尔群岛、马德拉群岛；非洲东部包括埃塞俄比、厄立特里亚、索马里、吉布提、肯尼亚、坦桑尼亚、乌干达、卢旺达、布隆迪和塞舌尔；非洲西部包括西撒哈拉、毛里塔尼亚、塞内加尔、冈比亚、马里、布基纳法索、几内亚、几内亚比绍、佛得角、塞拉利昂、科特迪瓦、加纳、多哥、贝宁、尼日尔、尼日利亚和加那群岛；非洲中部包括乍得、中非、喀麦隆、赤道几内亚、加蓬、刚果（金）、圣多美和普林西比；非洲南部包括赞比亚、安哥拉、津巴布韦、马拉维、莫桑比克、博茨瓦纳、纳米比亚、南非、斯威士兰、莱索托、马达加斯加、科摩罗、毛里求斯、留尼汪岛、圣赫勒拿岛和阿森松岛。

非洲是世界人口密度较低的大陆之一，每平方千米平均不到 20 人，但分布极不均匀。尼罗河地区及沿岸平原区，平均每平方千米为 1000 人；撒哈拉、纳米布、卡拉哈里等沙漠和一些干旱草原、兰沙漠地区，平均每平方千米不到 1 人，此外还有大片的无人区。

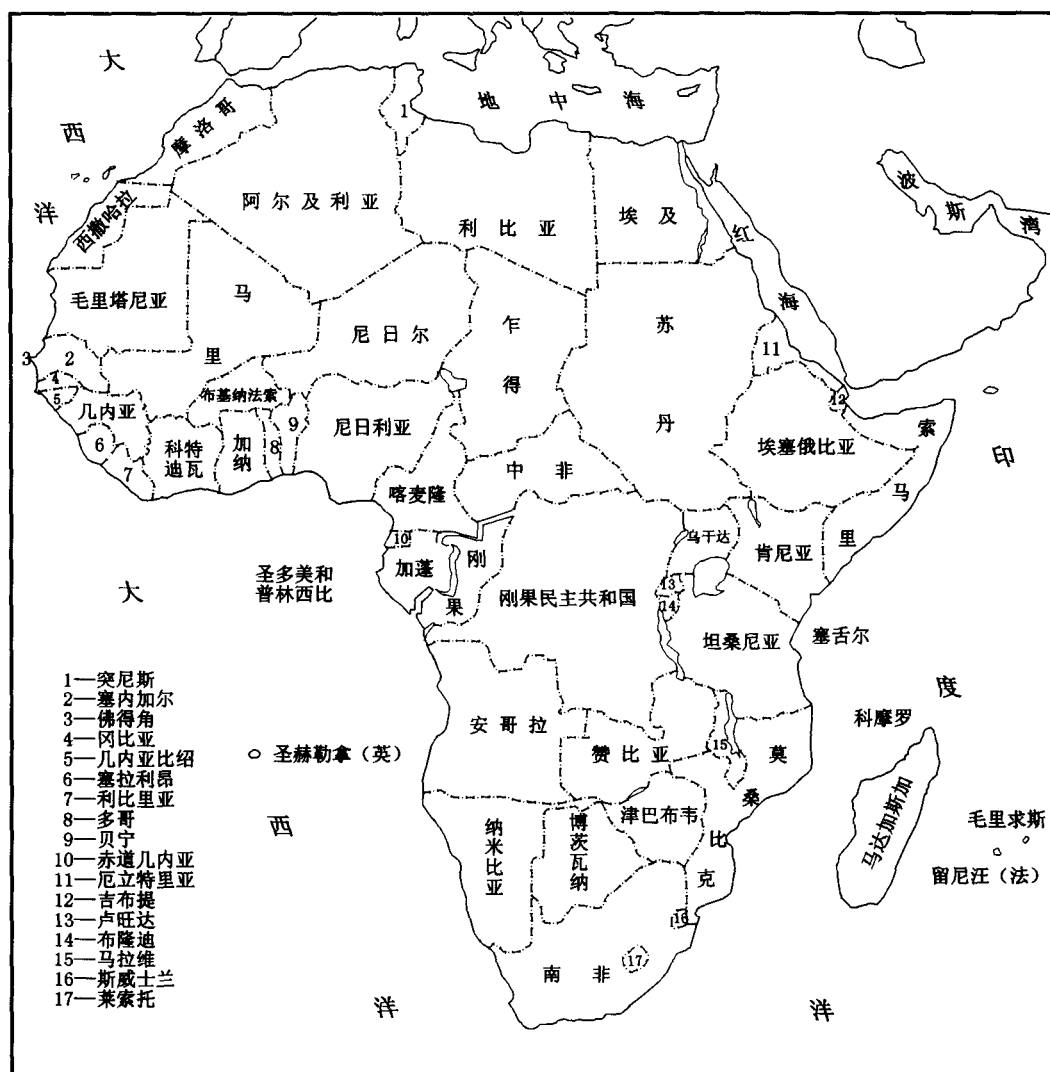


图1 非洲行政区图

非洲大多数居民为黑种人，有部分白种人和黄种人，非洲是世界上民族成分最复杂的地区，共有大小民族 2000 多个。非洲语言也极为复杂，约有 800 种，是世界上语言最具多样性的陆地，一般以尼日尔—科尔多凡语系、尼罗—撒哈拉语系、亚—非语系和科伊桑 4 种语系为主。非洲居民多信奉原始宗教和伊斯兰教，少数人信奉天主教和基督教。

第二节 自然环境及自然资源

非洲为一高原大陆，只在南北两端有较高的山脉，其他地区地势均比较平坦。全洲平均海拔高度为 750m，海拔 500 ~ 1000m 的高原占全洲面积的 60% 以上，海拔 2000m 以上的山脉和山区占全洲面积的 5% 左右，海拔 200m 以下的平原只分布在沿海地区。非洲大陆地形大致以刚果河和埃塞俄比亚高原北缘为界，北东南西向地将非洲分为两部分。东南部

地形高，称高非洲，海拔多在 1000m 以上，包括具有“非洲屋脊”之称的埃塞俄比亚高原（海拔 2000m 以上）以及东非高原和南非高原；西北部地势较低，海拔多在 500m 以下，称低非洲，大部分为低高原和盆地，有尼罗河上游盆地、刚果盆地和乍得盆地等。非洲高大的山脉矗立在沿海地带，西北沿海地带带有阿特拉斯山脉，东南沿海有德拉肯斯山脉，东部沿海有肯尼亚山和乞力马扎罗山。乞力马扎罗山是座火山群，海拔高度为 5895m，是非洲第一高峰，山顶终年积雪，以“赤道雪山”闻名于世。

在世界各洲中，非洲沙漠面积最大，沙漠面积约占全洲面积的三分之一，撒哈拉沙漠是世界最大的沙漠，面积为 $777 \times 10^4 \text{km}^2$ 。此外，西南部还有纳米布沙漠和卡拉哈迪沙漠。

非洲河流的特点是多峡谷、急流和瀑布，水利资源丰富，但不利于航运。外流河区域约占非洲面积的 69%，流入大西洋的外流水系多为源远流长的大河，如尼罗河、刚果河、尼日尔河、塞内加尔河、沃尔特河、奥兰治河等。其中尼罗河全长 6671km，是世界上第二长河；刚果河的流域面积和流量仅次于南美的亚马逊河，居世界第二位。流向印度洋的外流水系，包括赞比亚河、林波波河、朱巴河及非洲东海岸的短小河流和马达加斯加岛上的河流。外流河水系不少河流中多有瀑布，赞比亚河的莫西奥图亚瀑布（又称维多利亚瀑布）宽 1800m，落差 250m，是世界上最大、最壮观的瀑布之一。非洲的内流水系和无流区面积为 $958 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占全洲面积的 32%，内流水系健全的只有乍得湖流域。奥卡万河流域和撒哈拉沙漠河流多为间歇河和沙漠中的干谷。此外，内流河区还包括面积不大的东非大裂谷湖区，东非裂谷被称为“地球表面最大的伤痕”，但具有典型的地溶地貌特征，又被称为“世界地理奇迹”。区内河网稠密，雨量充足，是良好的内流河区。

非洲湖泊集中分布在东非高原，少数分布在内陆盆地。高原湖泊多为裂谷断层湖，狭长水深，呈串珠状排列在东非大裂谷带内，其中维多利亚湖是非洲最大的湖，也是世界上第二大淡水湖，坦噶尼喀湖则是世界上第二深湖。位于埃塞俄比亚高原上的塔纳湖是非洲最高的湖泊，海拔 1830m，而位于吉布提中部的阿萨勒咸水湖，湖面在海平面以下 153m，为非洲最低的湖泊，也是非洲陆地的最低点。内陆盆地最大的湖是乍得湖，由于气候干旱、水流间歇，其湖水面积经常变动，时大时小。

非洲有“热带大陆”之称，其气候特点是高温、少雨、干燥。赤道横贯非洲中央，使四分之三的地区处于阳光的垂直照射之下，气候带呈赤道南北对称状分布，两端气候均随纬度增加而降低。年平均气温在 20°C 以上地区占全洲面积的 95%。其中一半以上的地区终年炎热，另一半地区则是暖季炎热，凉季温暖。“非洲屋脊”——埃塞俄比亚高原东北的达洛尔，年平均气温为 34.5°C ，是世界年平均气温最高的地区之一。非洲的最高峰——乞力马扎罗山，虽位于赤道附近，但由于海拔高，山顶终年积雪。

非洲降雨量总的趋势是从赤道向两侧减少，但分布却极不均匀，有的地方年降雨量超过 10000mm，但有的地方却终年几乎无雨。全洲三分之一的地区年平均降雨量不足 200mm，只有东南部、几内亚湾沿岸及山地的向风坡降水较多。

非洲是自然资源丰富的大洲。已查明的矿产种类繁多，许多矿产储量均居世界前列，还有一些矿产为非洲所特有。其中石油天然气资源丰富，煤的资源量也很大。铝土矿和磷酸盐的储量居世界首位，金刚石储量约占全球的 95%，据估算黄金储量约占世界总储量的三分之二，铀矿脉的相继发现也已引起世人瞩目。其他矿产如铁、锰、铬、钴、镍、钒、铜、铅、石棉和石墨等储量都在世界上占重要地位。

非洲可利用的水利资源也十分丰富，约占世界可利用水利资源的 32%。

第三节 经济简况

非洲是世界上经济发展水平最低的洲。由于过去长期遭受帝国主义的控制，大多数国家经济落后。许多国家独立后，为了维护国家主权和民族利益，都采取了有利于本国经济发展的政策和措施，取得了可喜的成绩。在发展民族经济的道路上，正在改变过去殖民统治所造成的“单一经济”状态，向多种经济、全方位的方向发展。许多国家的经济年均增长率已从 20 世纪 90 年代初的 1% 增加到 20 世纪的 5%，而且这种增长势头还会继续。

农业在非洲国家国民经济中占有重要的地位，是大多数国家的经济支柱。非洲的粮食种类繁多，有麦、稻、玉米、小米、高粱和马铃薯等，还有特产木薯、大蕉、椰枣、薯芋和食用芭蕉等。非洲的经济作物，特别是热带经济作物在世界上占有重要地位。咖啡、花生各占世界总产量的 30% 左右，棉花产量约占世界总产量的 12% 左右，可可、丁香、棕榈油、棕榈仁的产量分别占世界总产量的 70% 至 80%，加纳的可可产量居世界第一位，丁香主要产于坦桑尼亚，尼日利亚的棕榈油产量居世界第一位，而贝宁还有“棕榈之国”的称号。剑麻产量居世界各洲之首，天然橡胶、甘蔗、烟草、油橄榄、栓皮等的产量在世界也有重要地位。此外，乳香、卡里特果、柯拉、阿尔法草则是非洲特有的农产品。

近年来，非洲畜牧业发展较快，牲畜头数增加，但畜牧业产品商品率低，经营粗放落后。非洲渔业资源丰富，但渔业生产停留在手工操作阶段，近年来，淡水渔业发展较快。

非洲是世界交通运输业比较落后的一个洲。还没有形成完整的交通运输体系，交通运输以公路为主，另有铁路、海运等运输方式。交通比较发达的地区是地中海沿岸和南非，撒哈拉、卡拉哈迪等沙漠地区无现代交通运输线路和工具。

非洲的采矿业在世界占有重要地位。铜矿产量约占世界产量的 22%，赞比亚、刚果（金）是世界主要的铜矿出口国。金刚石和黄金产量均占世界产量的 80% 左右，南非的黄金产量居世界第一位，刚果（金）的金刚石产量居世界第一位，刚果、安哥拉、加纳、纳米比亚的金刚石产量均居世界前列。锰、锑、钴、铂、锂等稀有金属的产量均居世界各洲的第一或第二位。目前，铁、锡、铝土矿等矿产也在大量开采。

第四节 石油工业发展概况

非洲油气资源丰富，但是石油工业发展较晚，勘探程度较低，因此，潜力是很大的。

非洲地面油苗，早在古罗马时代就被发现和利用，但直至 20 世纪初（1909 年）才在埃及发现了第一个工业性油田——吉姆沙油田。20 世纪 50 年代以前，除埃及外，仅有阿尔及利亚和摩洛哥在非洲北部阿特拉斯褶皱带发现了一些小油田，年产油还不超过 1×10^4 t。

20 世纪 50 年代中期，非洲石油勘探取得突破，在非洲北部和西部均发现了一些大油田，引起了国际石油界的关注。1956 年，在撒哈拉地台上的三叠系盆地发现了哈西迈萨乌德和哈西勒迈勒两个特大油气田。1959 年，在锡尔特盆地发现了纳赛尔特大油田。在此期间，在非洲西部海岸的宽扎盆地、尼日利亚海滨盆地、加蓬盆地、下刚果盆地均发现了油田，从而形成了西非含油气区。因此，20 世纪 50 年代是非洲石油工业发展史上的重要开创时期，使非洲进入了世界石油工业的行列（图 2）。

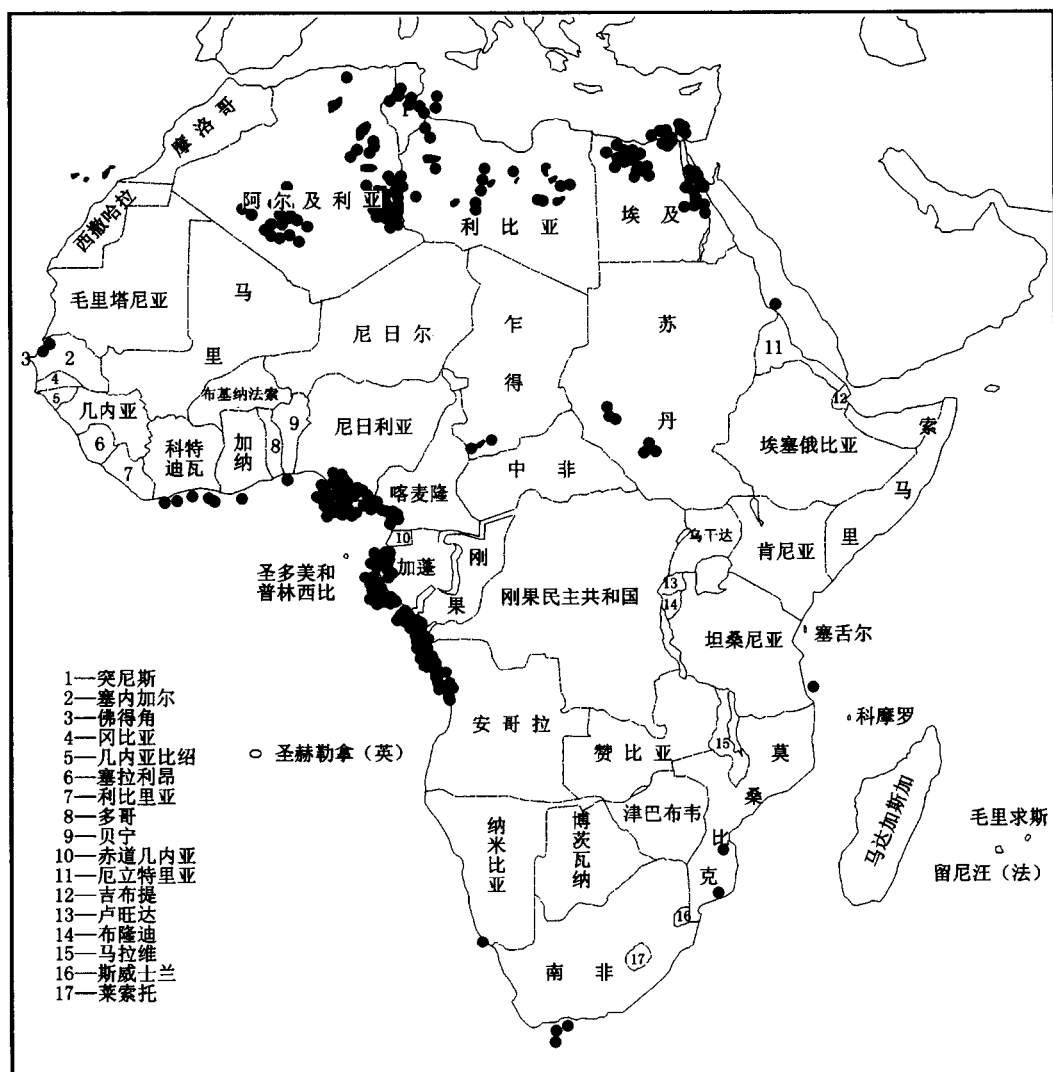


图2 非洲油气田分布位置图

20 世纪 60 年代是非洲油气生产建设的兴旺时期，由于非洲油气田不是处于沙漠就是位于热带丛林中，因此油田开发和管道建设均面临困难，需要时间，但总的开发和运输工程进展还是很快。1960 年非洲石油产量达到 $1400 \times 10^4 \text{t}$ ，5 年后石油产量就超过 $1 \times 10^8 \text{t}$ 。

20 世纪 70 年代是非洲油气生产继续高涨的时期，1970 年产量达到 $2.7 \times 10^8 \text{t}$ ，1979 年产量达到 $3 \times 10^8 \text{t}$ 。产量上升主要是在非洲北部和西部，发现和开发了大量新油田，而且油气勘探开发开始从陆上向海上发展。非洲西部的尼日尔三角洲、加蓬和下刚果盆地，非洲北部的苏伊士盆地都在海上发现了比陆上更有希望的高产油田。

20 世纪 80 年代和 90 年代是非洲石油勘探不断加深和油气产量相对稳定的阶段。虽然这些年来，非洲石油工业有了明显的发展，但总体勘探程度还是比较低，许多已发现的油气田也尚未投入开发。

20 世纪末，非洲已探明石油储量 $150 \times 10^8 \text{t}$ ，已探明天然气储量 $10.8 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。2000

年，石油产量为 $3.5 \times 10^8 \text{t}$ ，天然气产量为 $861 \times 10^8 \text{m}^3$ 。已发现石油储量最多的 5 个国家是利比亚、尼日利亚、阿尔及利亚、安哥拉和埃及，石油产量最多的也是这 5 个国家，但次序为尼日利亚、利比亚、埃及、阿尔及利亚和安哥拉。已发现天然气储量最多的 5 个国家是阿尔及利亚、尼日利亚、利比亚、埃及和喀麦隆，但天然气产量极低，年产量超过 $50 \times 10^8 \text{m}^3$ 的仅有阿尔及利亚、埃及和利比亚三国。

第一章 非洲板块

非洲板块是现代全球六大板块之一（图 1-1），由陆壳和洋壳两部分组成。非洲大陆是非洲板块的陆壳部分，位于非洲板块的中北部，面积为 $3030 \times 10^4 \text{km}^2$ ，约占非洲板块面积的二分之一。洋壳部分形成一些海洋盆地，盆地面积相对较广阔。大西洋和印度洋的洋中脊是非洲板块的东、西部边界，以此界线与美洲板块与印澳板块和南极洲板块分开。

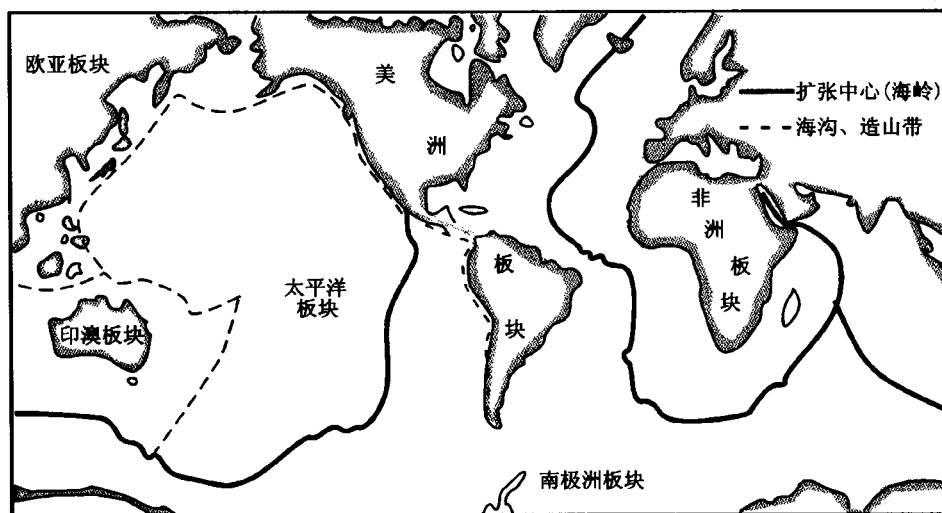


图 1-1 全球六大岩石圈板块（据 Le Pichon）

非洲板块的陆壳部分（非洲大陆）从太古宙、元古宙、古生代、新生代至现代，经过了较长的发展和演化过程；而板块的洋壳部分从白垩纪开始形成，发展和演化过程相对简单。除非洲大陆北部陆壳边界较为稳定之外，东、西、南部的洋壳边界均有活动扩张带，使板块面积不断增长和扩大。

第一节 演化和形成

非洲板块的洋壳部分在泛大陆分裂时，由张力作用的洋中脊所形成，洋中脊中部为裂谷，两侧为平行于裂谷的脊峰。非洲板块的东、西边界分别是印度洋洋中脊和大西洋洋中脊。洋中脊附近基本没有沉积物，随着地幔中的熔融物质涌出岩流，洋壳向两侧移动，并不断扩张，使离洋壳越来越远的地区沉积岩增厚。这种新生的洋壳，在离开洋中脊时，便缓慢地开始接受沉积物，随着分离距离的增加，沉积岩的厚度也不断增加，沉积岩的厚度在洋中脊两侧呈对称状态。非洲板块的北大西洋洋中脊有一些部分露出海面，印度洋洋中脊的西北端在塞浦路斯等地也露出海面，岩石是一套以火山岩为主的复杂岩体。

在泛大陆的分裂中，非洲大陆从晚三叠世开始与美洲、印度、澳大利亚和南极洲分离，经晚白垩世、第三纪至第四纪的持续发展演化，才形成目前的非洲板块。现对此发展演化

阶段分述如下。

一、晚三叠世—中晚侏罗世，非洲板块西北部与北美洲和欧洲分离，北大西洋首先开始形成

4 亿年前，非洲板块西北部与北美洲和欧洲联结在一起。现在北大西洋两岸的两块大陆，在当时有一条非常巨大的古山系——加里东山脉，从挪威（山系的东缘）、格陵兰（山系西缘）延伸至苏格兰和北爱尔兰，虽然这一古山系曾同喜马拉雅山高度相当，但多次遭到剥蚀，现在大部分地区高度均相对减低。这一山脉延伸至北美洲后，被称为阿帕拉契亚山脉，并一直延伸至美国东海岸，最后延伸至非洲西北部摩洛哥境内。

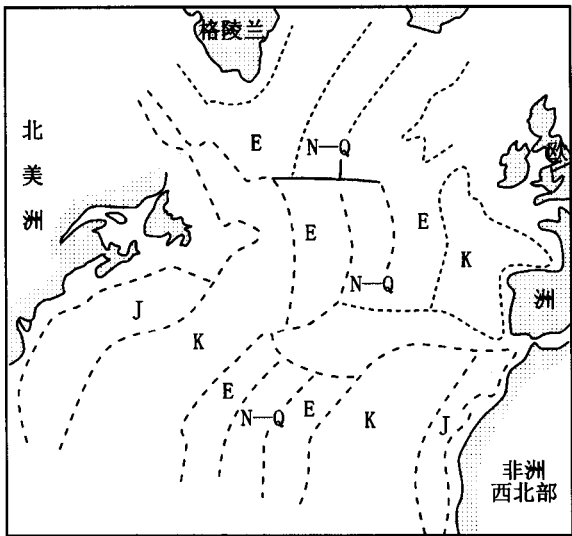


图 1-2 大西洋底形成的时代及扩张的过程
(据 W. C. Pitman, 1974)

非洲与北美洲和欧洲的分离，最早开始于北部。3 亿年前，起分离作用的一些断裂已经发育，在断裂附近有富含金属的矿床存在。目前此类矿床在纽芬兰岛和不列颠群岛一带均已发现和证实。约 2 亿年前，北美洲与非洲分离，北美洲东部和非洲西北部的摩洛哥之间发生了熔岩喷发，这次喷发尽管在规模上不及西伯利亚和地球南部各大陆所发生的熔岩喷发，但足已促使北美洲和非洲分离，并导致原始大西洋开始在北部形成。但此次熔岩活动未使北美洲和欧洲分离，仅在其间形成了可能有 300 ~ 400km 宽的浅海，并沉积了 3 ~ 4km

厚的沉积岩（图 1-2）。

二、晚侏罗世，非洲板块东部与印度、澳大利亚和南极洲分裂，印度洋形成

二叠纪期间，泛大陆东南部的范围和构造单元，一般认为是由非洲东部与现代印度洋中的各大陆（即印度、澳大利亚、新西兰）和南极洲组成，其范围和面积与上述现代各大陆相符合（图 1-3a），但也有一些学者如 A.R.Crawford 认为，泛大陆东南部的构造单元较多，范围较大，其中包括中国的北部、塔里木地台和西藏地台（图 1-3b）。以上大陆均位于特提斯海的西南部。

根据现有资料，非洲东部与印度洋中各大陆的分离和印度洋的形成，其海底扩张的类型较复杂，3 个大陆从泛大陆分离可分为 3 个阶段。

1. 侏罗纪—早白垩世

印度大陆向北移动，年移动距离为 3 ~ 5cm，澳大利亚和南极洲向南移动，与南极漂移曲线对比，三者移动的速率大体相等。三大板块分裂，其形状决定于洋脊轴。早侏罗世，印度洋范围有限，马达加斯加与非洲、南美洲、南极洲之间以走向滑脱运动为主，因此大陆分离不明显。

晚侏罗世—早白垩世，在福兰克高原北界，大的转换带洋脊系统与印度洋连接，并使

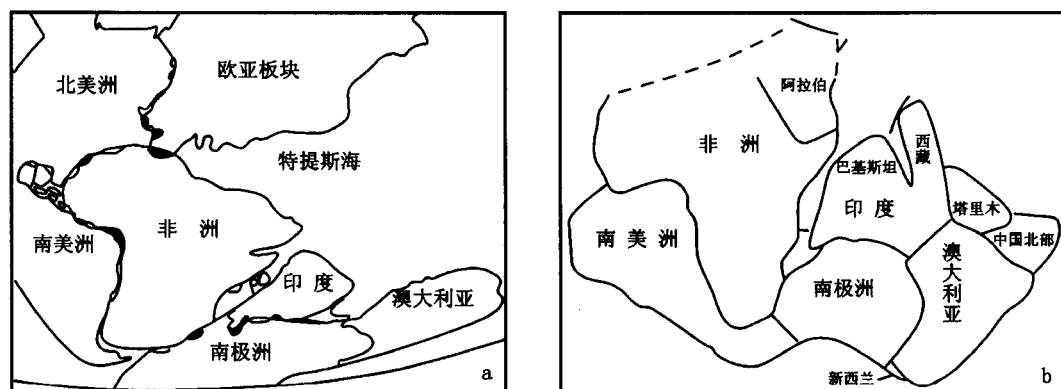


图 1-3 泛大陆东南部组成单元图 (据 E. J. Barron 和 A. R. Crawford)

福兰克高原与莫桑比克地台分离, 但马达加斯加与非洲之间的海底扩张停止, 使马达加斯加仍保留在非洲板块中。在此期间, 印度洋的西南部、北部和东部扩大领域的深度至少达 3km。

2. 晚白垩世—始新世

洋脊从马达加斯加和非洲之间移动到塞舌尔和印度之间, 使非洲和印度分离扩大, 此外, 在马达加斯加南部首先形成一个断裂带, 以后转换为印度和南极洲之间的洋脊。在塞舌尔与印度分离之后, 印度、南极洲之间的洋脊与非洲、南极洲之间的洋脊相连接, 在此期间, 非洲与南美洲已分开。此后在印度与澳大利亚分开后, 澳大利亚开始与南极洲分开, 这时印度与澳大利亚均形成了单一的板块。

3. 渐新世至今

泛大陆的分离至此已基本完成, 非洲、印度、澳大利亚与南极洲均已形成, 但仍有小型的移动, 在此期间, 仅非洲板块与阿拉伯板块有分裂。

三、中白垩世, 非洲西部与南美洲分裂, 南大西洋形成

非洲与南美洲在分裂前, 地层时代、地质区之间的界线、构造线方向是一致的, 而且各岩带的矿物特征, 如锰、钛、金、锡的成矿带也是相连的。

非洲西北部的西非地盾与南美洲圭亚那前寒武纪地盾也是相连的, 非洲尼日利亚等地, 6 亿年前的褶皱带与巴西东北海岸地区的褶皱带相当, 构造线方向一致, 均为北东向。前寒武纪地盾和褶皱带之间的界线清楚, 接合点在非洲加纳的阿克拉和巴西的圣路易斯一带。非洲西南部前寒武纪地盾变质岩系亦有一小部分遗留在巴西的阿腊卡茹和乌拉圭的蒙德维亚等地 (图 1-4)。

非洲和南美洲在中白垩世逐渐发生分移, 边缘海首先到达非洲西南部, 在中白垩世到达刚果。这一进展是在当时泛大陆西部一系列海进和海退的情况下形成的, 每发生一次海进都使得边缘海进一步向北扩展, 一直到中白垩世, 当时海水几乎在非洲和南美之间连成一片。在这期间, 海水逐步把一条断裂 (贝努埃古海沟) 填满, 这条古海沟从尼日利亚起到阿尔及利亚止, 穿过非洲西北部并几乎和地中海相连。但是接着发生的再一次海进却没有继续进入这条断裂, 而是使海水向西和边缘海连接。在此以前, 这些边缘海就曾经向东在非洲西部的突出部分和巴西之间打开了一条通道, 结果终于在中白垩世时把非洲从南美

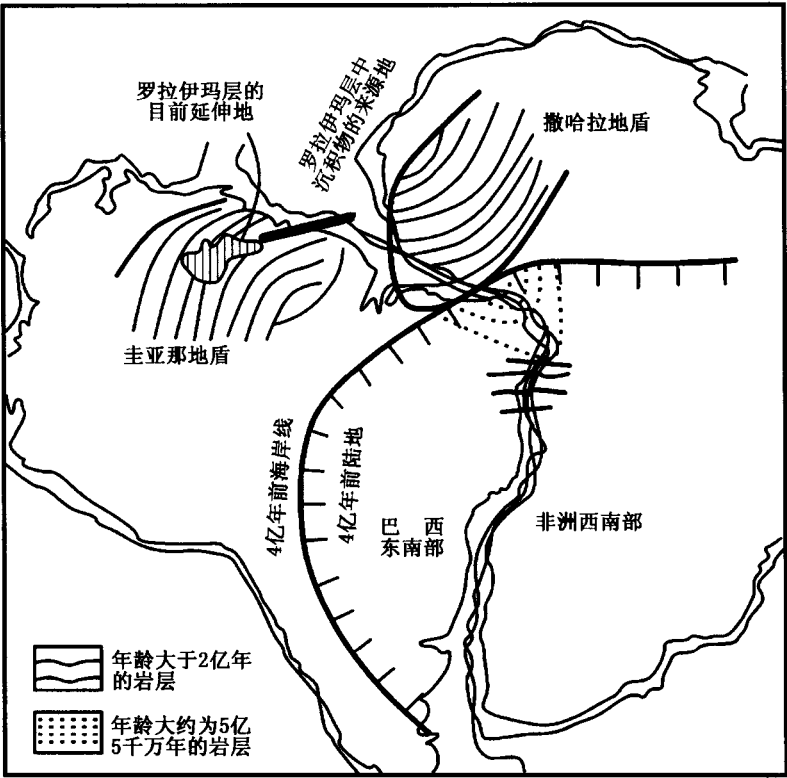


图 1-4 非洲和南美洲地质构造拼合图

洲分离出来。

南大西洋在大约 1 亿 2 千万年前（早白垩世阿尔布期）已开始张口，到 1 亿年前（中白垩世赛诺曼期）中止，它扩张得并不很宽。从 1 亿年到 8 千万年（中白垩世赛诺曼—土伦期）这一时期，南美洲在未向西漂移到它现在所处位置之前，曾发生旋转并离开了非洲。此后非洲亦发生了角度很小的旋转，向北移动和欧洲相撞。

晚白垩世时，分离北美洲和欧洲大陆的裂谷从格陵兰的西侧转移到东侧，切开了劳亚古陆，使北大西洋进一步扩张，在南美洲与非洲分离后，南北部海洋逐渐连接起来，大西洋开始形成。大西洋形成后，北美洲和非洲仍分别向两侧漂移，致使它们前缘的大西洋洋壳发生变化，整个大西洋扩大张开的速度逐渐缩小。

当冈瓦纳古陆上的南美洲和非洲脱离北美洲做逆时针旋转时，原先存在于劳亚古陆和冈瓦纳古陆之间的特提斯海逐渐合拢，形成今日的地中海。包围两古陆两边的南、北特提斯地槽逐步褶皱上升，在第三纪形成了一系列横跨欧亚大陆和非洲大陆的、从阿尔卑斯到喜马拉雅的高耸山脉。

在大西洋张开过程中，首先在两侧岸边形成了拉张型的地堑盆地，以后在大陆边缘形成了边缘地槽，这是现代大西洋两边陆上正在发展着的构造带，沉积了白垩系和第三系。这些构造带中的盆地虽位于地台之上，但是属于环大西洋的经向构造带，叠加在纬向构造带之上。

大洋中脊是大西洋扩大张开的发源地，洋底山脊是对流体的上升地点。地幔物质从大洋中脊上涌，向两旁溢流，推开原有的洋底物质，对流物质不断上涌，并向两岸对称扩张