

非洲区域油气地质特征及勘探前景*

裴振洪^{1,2}

(1. 成都理工大学 2. 中石化勘探开发研究院荆州新区勘探研究所)

裴振洪. 非洲区域油气地质特征及勘探前景. 天然气工业, 2004; 24(1): 29~33

摘 要 非洲是冈瓦纳大陆的核心部分, 其区域石油地质基本条件与冈瓦纳大陆显生宙以来的构造演化密切相关。早古生代撒哈拉地台及其以北的古特提斯被动陆缘发生、发展与沉积控制了北非油气的区域分布。中生代冈瓦纳的肢解及大西洋、印度洋的形成与发展控制了东、西海岸内为诸盆的区域石油地质条件以及内陆裂谷系的油气前景。主要的含油气盆地类型为陆缘多旋回复合盆地、被动陆缘裂谷—拉分盆地及三角洲盆地和内陆裂谷盆地等。非洲的盆地按时代及类型可划分为5大区带: 即北非(含阿特拉斯山)、西海岸、东海岸、内陆裂谷系、内陆坳陷群。其中北非是非洲勘探成熟区及油气的主要产区, 西海岸是勘探热点及快速成长区, 而内陆裂谷系正日益引起人们的关注。

主题词 石油 天然气 地质 勘探 非洲

非洲的总面积为 $3020 \times 10^4 \text{ km}^2$, 总体地质面貌可以归纳为东西两个陆缘, 南北两个山系, 中央多裂谷发育。一是前寒武系变质岩广泛分布, 占据了非洲的大部地区, 二是褶皱山系的缺乏^[1]。

前寒武纪是非洲大陆形成时期, 可称为前冈瓦纳大陆阶段。该时期非洲发育有多个沟弧盆体系, 并于 510 Ma 的泛非运动形成了非洲周缘大陆^[4,5,6,7,8]。

盆地类型及其分布

非洲分布有 80 余个盆地, 它们占据了非洲约近 40% 的区域, 主要有如下几种类型(图 1)。^①

1. 陆缘裂谷(拉分)盆地

主要分布于大西洋边缘, 印度洋边缘, 及东北非等地。一般为侏罗纪—白垩纪的内陆裂谷盆地, 后

来在中新生代中后期随大洋的打开而发育为陆缘盆地。其主要地质特点是下部为陆相碎屑充填, 中下部为海陆过渡相暗色泥岩, 中上部为漂移早期的局限相碳酸盐岩沉积, 上部则为三角洲沉积体系。可以说, 被动陆缘盆地的发生发展与大洋的发展具有良好的对应关系^[10,17,18,19,20]。

2. 多旋回复合盆地

非洲的许多大型盆地具有多旋回复合盆地的特点, 即长期发展, 多旋回叠加。我们所指的多旋回复合盆地是那些早期为被动陆缘坳陷, 中晚期上叠其它原型(一般为前陆或裂谷)的多旋回盆地。它们一般为早古生代的被动陆缘, 晚古生代转化为坳陷(或者前陆), 中生代可以叠加陆相沉积(裂谷或内陆坳陷充填)^[1,11,12,13,15]。

3. 内陆中新生代裂谷盆地

PG, 1997; 81(6): 1023~1041

5 Hunt J M. Generation of gas and oil from coal and other terrestrial organic matter. Organic Geochemistry, 1991; (6)

6 R Hesse 著, 张闻林译. 加拿大北极地区波福特—马更些盆地伊利石/蒙皂石成岩作用及其与油气分布的关系. 天然气勘探与开发, 1999; (2): 16~25

7 Yassir N A, Bell J S 著, 魏小微、王丽英译. 沉积盆地中异常流体高压与孔隙度和应力场的关系. 天然气勘探与开发, 1999; (2): 26~33

8 Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments. AAPG, 1990; (1)

(收稿日期 2003-07-21 编辑 黄君权)

* 本文为中石化科研项目“中东及非洲地区重点评价及勘探开发战略研究”部分成果。

作者简介: 裴振洪, 1964 年生, 石油地质高级工程师; 1984 年毕业于北京大学构造地质专业, 现成都理工大学在读博士生; 长期从事油气地质工作。地址: (434020) 湖北省荆州市 12 号信箱。电话: (0716) 8454144。E-mail: jz_pei@163.com

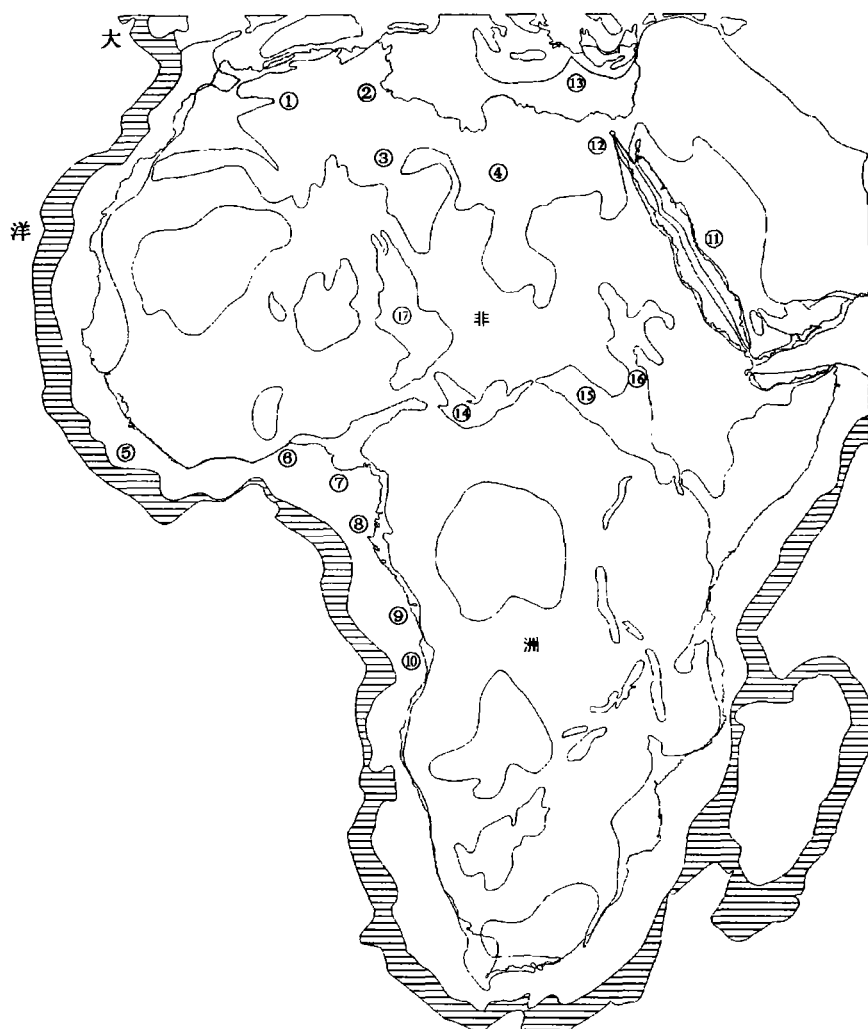


图1 非洲主要产油气盆地及油气前景较好的盆地

盆地名:1. 梅亚;2. 古达米斯;3. 伊利兹;4. 锡尔特;5. 利比里亚;6. 加纳-贝宁;7. 尼日尔三角洲;8. 加蓬;9. 下刚果;10. 宽扎;11. 红海;12. 苏伊士;13. 尼罗河;14. 多巴-多赛奥-萨拉迈特;15. 穆格拉特;16. 梅卢特;17. 乍得

为侏罗-白垩纪以来在非洲内陆形成的断陷盆地群,按地域分布可进一步划分为中非裂谷,西非裂谷,东非裂谷。它们是在冈瓦纳大陆解体及大洋扩张的背景下形成的内陆断陷盆地^[1,2,3]。内陆裂谷作用可以划分为3个主要时期,即早白垩世,晚白垩世-始新世,渐新世-中新世,此外尚可划分出几个次级裂谷期。中西非裂谷主要发育时期为白垩纪-始新世,而东非裂谷系则形成于渐新世-中新世裂谷期^[21,22,23,24,25]。

4. 内陆坳陷

内陆坳陷盆地是指那些面积较大,平面形状近于圆形的盆地。它们一般距现今海域较远,地处内陆。除北非的廷杜夫,伊利兹盆地外,一般勘探程度较低。这类盆地一般虽也经历了多旋回发展过程,

但其现存主要沉积实体绝大部分由一个主要原型的沉积构成。因此可将其单独列出,以示区别。

5. 三角洲盆地

严格地讲,三角洲盆地也属于被动陆缘裂谷或拉分盆地。但因为其三角洲沉积较厚,并对油气成藏具有特殊的作用,故单独列出作为一类。三角洲盆地虽然也具有被动陆缘裂谷或拉分盆地的基本特征及沉积序列,但其油气及构造和沉积受控于后期三角洲的特征更为明显。非洲主要的三角洲盆地有尼日尔三角洲,尼罗河三角洲等^[1,2,3,10]。

以上5个盆地类型为非洲内陆克拉通及大陆边缘的基本盆地类型。在西北部边缘的阿特拉斯山系及其周缘,还存在着一些与板造聚敛及造山作用相关的盆地类型,如俯冲盆地等。

油气主要产出区

1. 非洲油气的分布特征

据统计分析,已知产油与可能产油盆地的面积达 $1302.8 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占到非洲总面积的 43.0%, 占世界可能含油气盆地面积的 17.6%。非洲的陆上盆地面积为 $1172.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占世界的 22.9%, 仅次于欧洲, 居世界第二位, 海上沉积盆地面积仅 $130.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 仅占世界的 5.7%, 在世界各洲中排名最后^[2,3]。

非洲的油气分布有如下几方面特征: ①非洲油气多分布于近海与沿岸盆地中。虽然按现在盆地地理环境划分, 石油资源陆上占 2/3, 海域仅占 1/3, 但主要产油区皆距海域不远。有些盆地, 如伊利兹盆地, 虽然可划为陆内拗陷盆地, 但都具有陆缘的性质。主要产油国都是滨岸或近岸国家。②由油气产出的岩性来看, 非洲油气主要出于砂岩中, 砂岩及砂岩占总储量的 75.3%, 碳酸盐岩仅占 22.3%, 原因主要是地理上的, 即非洲大陆长期处于极地附近的高纬地区。③由油田产出的层位看, 虽然前寒武系—第三系均有油气产出分布, 但以第三系的油气聚集最为重要, 其次为中生界。这与世界油气产出的总的特点是一致的。

2. 非洲主要油气产出区

研究非洲的勘探历史及油气现状, 可以发现, 非洲盆地中最富油气的盆地为内陆裂谷盆地 (尤其是近海的内陆裂谷), 其次为多旋回复合盆地, 陆缘裂谷拉分盆地, 及三角洲盆地。从地域上看, 最大的油气区为北非。非洲主要含油气区可以划分为: ①北非含油气区; ②西非含油气区; ③中西非裂谷含油气区; ④红海裂谷含油气区。

(1) 北非油气区

北非大陆分布有特大型油田十几个, 占非洲特大型油田的 85% 以上。

1) 三叠古达米斯盆地: 位于阿尔及利亚西北部 and 突尼斯东南部, 面积 $28 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是一个广泛沉降的沉积盆地, 分布有厚层三叠系岩盐。该盆地是非洲最重要的含油气盆地之一。油气聚集主要有两类: 一类是古生代的构造隆起, 包括阿格雷卜—哈西勒梅隆起带和鲁尔德—巴格勒—迈斯达尔隆起带, 最大的油田为哈西梅萨乌德大油田, 主要为寒武系储油, 原始可采储量达 $12.33 \times 10^8 \text{ t}$, 另一类型为中生代构造, 油气藏分布在三叠系滨岸带砂岩内, 以侏罗系的河流相砂体为储层, 以气藏为主 (凝析气居

多), 主要有哈西勒梅勒、哈西图阿格气田及加西图维勒油田。其中哈西勒梅勒气田是非洲最大的气田, 也是世界上著名的气田。为一平缓的背斜构造, SSW—NNE 向展布, 构造总面积 3370 km^2 , 天然气可采储量为 $2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (11, 12, 13, 14, 15)。

2) 锡尔特盆地: 位于利比亚的中北部, 面积约 $40 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是古地中海的一部分, 是在古生代侵蚀面上发育的中—新生代断陷盆地, 海侵时沉积了含有大量浮游生物的沉积物, 在一系列规模巨大而良好的储层圈闭条件下, 形成了巨大的油气藏。白垩系砂岩为主要产层, 第三纪早期形成了许多大型的碳酸盐岩油气田。油田集中分布在东、西、中央 3 个构造带上, 东带最为富集。阿马勒位于东部构造带是利比亚最大的油田, 原始可采储量 $5.5 \times 10^8 \text{ t}$ 。油藏埋藏深度 2936~2981 m。储油层为坎潘阶砂岩以及寒武—奥陶系石英砂岩。贾洛油田为东部构造带上第二大油田, 原始可采储量 $4.8 \times 10^8 \text{ t}$, 是断背斜式油田, 主要产层为第三系砂岩、石灰岩^[10,16]。

3) 伊利兹盆地: 位于阿尔及利亚东南部, 向东伸入利比亚境内 (哈姆拉盆地) 总面积 $26 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是海西运动后形成的构造盆地, 主要生油岩为上志留统页岩, 厚 250~300 m。奥陶系、泥盆系、石炭系的页岩为次要的生油岩, 储层以泥盆系的砂岩为主, 已发现的油气田在盆地的南部, 主要有扎尔扎伊、廷富耶、埃杰累、奥哈内特油气以及阿勒拉尔气田, 其中最大的油气田是扎尔扎廷, 是该盆地中最大的油气田, 油藏埋深 530~1300 m, 含油层系包括石炭系、泥盆统砂岩。石油可采储量 $1.23 \times 10^8 \text{ t}$, 天然气可采储量 $792 \times 10^8 \text{ m}^3$ (2, 14)。

(2) 西非含油气区

西非几内亚湾海岸盆地主要指塞拉利昂—利比里亚盆地经几内亚湾至安哥拉宽扎盆地的大西洋边缘盆地群。

1) 尼日尔河三角洲盆地: 位于尼日尔河下游海岸平原, 北缘为阿南布拉盆地、西北缘为贝宁盆地、东南部是奥班地块和喀麦隆火山脊。在阿尔比期至中新世为海侵期, 晚始新世至现代为进积型海退期三角洲向海推进, 依次叠覆在较老的近海至海相沉积之上, 形成 3 种岩相单元: ①上部三角洲平原, 以陆相砂岩为主的贝宁层; ②下三角洲平原—阿格巴达层, 砂、泥岩互层, 砂岩中含有贝壳及海绿石; ③三角洲前的纯海相页岩和泥岩夹浊积砂岩—阿卡特层。该盆地的主要烃源岩为阿格巴达层和阿卡特层, 累计可采储量为 $47.9 \times 10^8 \text{ t}$, 油藏类型主要是与

古海岸线走向近于平行的同生断层控制下的滚动背斜。该盆地由于复杂的沉积断裂构造和滚动背斜影响了油气藏的分布,控制了油气藏规模。超过 $6850 \times 10^4 \text{ t}$ 的大油田有梅伦、内姆贝溪等 5 个,最大的内姆贝溪原始可采储量为 $8900 \times 10^4 \text{ t}$ 。现已发现的油田主要在渐新世至中新世三角洲相阿格巴达砂岩或砂、页岩互层中^[10,20]。

2) 加蓬盆地:位于赤道几内亚和加蓬南部的马永贝山嘴之间,为大西洋盆地的一部分,面积 $7.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地基底是前寒武系结晶基岩,沉积受断裂或突变带控制。沉积地层由盐下、盐、盐上层三套岩性组成。盐下层可可比奇群是良好的生油层,上白垩统海相页岩也具备生油条件。盐下的储层为可可比奇群,主要油田为盐上层一赛诺曼期砂岩油田,是海上油田,主要分布在大西洋突变带以西,如安吉勒及格尤丁海上油田^[17,20]。

3) 宽扎盆地:位于安哥拉境内宽扎河下游平原上,面积 $2.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,白垩纪—第三纪沉积盆地。该盆地盐下不存在基底断块作用,全部构造受两侧三个早期隆起和后期盐隆的影响。含油气性比北部相邻盆地差。主要目的层是阿普特期的生物砂屑灰岩和鲕状灰岩,盐隆构造和残余盐构造为主要圈闭类型^[20]。

(3) 中西非裂谷含油气区

西非裂谷是南大西洋和赤道大西洋初始破裂扩张时三叉裂谷的一支,从大西洋几内亚湾呈 NE—NNE 伸入尼日利亚和尼日尔境内,以乍得湖为转折点,形成南部 NE—NNE 的盆地和北部 NNW 的断陷群。自西向东有多巴、多赛奥、萨拉迈特、穆格拉德、梅卢特、兰尼罗河盆地。这些盆地主要是白垩纪—第三、第四纪断陷盆地,生油岩及盖层多为白垩系的湖相页岩,储集层为白垩系砂岩。在该裂谷中已发现了一些有经济价值的油藏。

该油气区的许多盆地很早就有油气发现,如多巴等盆地,但由于地理及政治的原因没有开发^[21,22,23,24,25]。近来,中石油在苏丹的穆格拉德盆地取得了重要的油气发现,而卢梅特盆地等具有相似的石油地质条件,因此,该区盆地具有很好的勘探前景,必将成为非洲的未来的主要油气产区之一^[3]。

(4) 红海裂谷含油气区

红海裂谷位于非洲东北部,是第三纪非洲大陆内部发生的红海—亚丁湾陆间洋裂谷,使阿拉伯板块从非洲分离,伴随有多次的岩浆活动,形成的主要盆地从北至南主要有红海盆地、苏伊士盆地、亚丁湾

盆地。

1) 苏伊士盆地:是非洲重要的含油气盆地,处于亚、非两大洲的交接处,红海丘陵和西奈地块之间,呈 NNW 展布,面积 $2.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,是一个新第三纪的裂谷盆地。盆地被北东向断层分割为北、中、南三段。北、南两段由西倾翘断块组成,中段由北东倾翘断块构成。烃源岩为下中新统抱球虫泥灰岩。储层为同层系的砂岩以及裂谷前砂岩、盖层为中中新统蒸发盐岩。已发现的油田主要集中在中央隆起带,以背斜和断背斜居多。原始可采储量超过 $6900 \times 10^4 \text{ t}$ 的大油田主要有 4 个,其中海上有三个—贝拉伊姆、摩根和七月等油田,陆上的贝拉伊姆油田原始可采储量为 $1.5 \times 10^8 \text{ t}$ ^[2,3,26]。

2) 亚丁湾盆地:位于红海以南,走向东西,西端通过曼德海峡与红海相连,面积 $37 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地晚始新世—渐新世裂开,裂谷沉积为第三系。前裂谷沉积为海相侏罗系,是东西向的海侵沉积。东部海相,西部陆相。下第三系为浅海碳酸盐岩海侵页岩和海退蒸发盐岩。亚丁湾的同期裂谷沉积砾岩、泥灰岩、石膏及碳酸盐。该盆地也已发现了油田。

3) 红海裂谷系是高成熟的勘探区,进一步勘探的潜力不大。

4) 东非裂谷:东非裂谷的东支裂谷沿维多利亚湖东侧贯穿肯尼亚中央高地进入坦桑尼亚境内,西支裂谷从乌干达北部经蒙博托湖和坦噶尼喀湖、向东南伸入马拉维湖,穿越莫桑比克延伸至赞比西河以南,最终入南印度洋。东非裂谷是典型的现代裂谷(晚始新世—渐新世),湖相页岩的有机碳含量为 $5\% \sim 20\%$,地层厚、埋藏深可作为良好的烃源岩,具有一定的油气勘探远景。

此外,印度洋沿岸(非洲东岸)存在着为数众多的中生代盆地,它们是典型的被动—保守陆缘盆地。但其有机质丰度一般不高,有机质类型较差,成熟不高,因此,勘探前景较差。但在一些条件较好的盆地中,如莫桑比克湾盆地,仍有望取得一定的油气发现^[1,27]。

结 语

总之,非洲大陆盆地众多,各主要盆地类型分布齐全,且在地域上及时代上具有明显的规律。其成油气地质条件与大地构造发展,特别是特提斯及东西两个陆缘的发展密切相关。非洲的油气勘探具有不平衡的特点,北非三叠—古达米斯盆地及锡尔特盆地等是非洲最主要的产油气盆地,此外,西非海

岸的尼日尔三角洲盆地的油气勘探程度高,油气产出也较多。但在勘探程度较低的盆地中,如中西非裂谷系诸盆,以及西海岸的含盐拉分盆地中,仍有大量的油气资源有待发现。

本文引用未公开发表的内部文献有:①参见中石化科研项目“中东及非洲地区重点评价及勘探开发战略研究”;②尼日利亚 OPL—229 区块石油地质综合评价研究,河南油田分公司石油勘探开发研究院,2002(内部报告);③苏丹 Muglad 盆地福拉凹陷地质综合研究及勘探目标评价,中国石油化工股份有限公司中原油田分公司,2000(内部报告)。

参 考 文 献

- 1 African Basins, Sedimentary Basins of the World, 3, edited by R. C. Selley, Elsevier, 1997
- 2 非洲石油地理. 北京:科学出版社, 1991
- 3 甘克文, 李国玉等. 世界含油气盆地图集. 北京:石油工业出版社, 1978
- 4 The tectonic evolution of southern Africa; an overview. J. A. E. S. Vol. 16, No. 1/2, 5~24
- 5 Transpressive structures in the Neoproterozoic Ariab Nakasib Belt, Northeast Sudan; evidence for suturing by oblique collision. J. A. E. S. Vol. 23, No. 3, 347~362
- 6 Towards a new understanding of the Neoproterozoic Early Palaeozoic Lufilian and northern Zambezi Belts in Zambia and the Democratic Republic of Congo. J. A. E. S. Vol. 30, No. 3, 727~771
- 7 Gravity characteristics of the Pan-African Orogen in Ghana, Togo and Benin (west Africa). J. A. E. S. Vol. 24, No. 3, 241~258
- 8 Tectonics and sedimentation in the TAZA-GUERCIF Basin, Northern Morocco; Implications for the neogene evolution of the rif-middle Atlas Orogenic system. JPG, Vol. 22, No. 1, 115~128
- 9 A Review of Continental Sediments in Africa. J. A. E. S. Vol. 10, No. 1/2, 1~25
- 10 非洲苏尔特盆地和尼日尔三角洲盆地. 北京:石油工业出版社, 1998
- 11 Palaeozoic petroleum systems of North Africa. Arab Oil Gas
- 12 Ghadames basin, southern Tunisia; A reappraisal of Triassic reservoirs and future prospectivity, AAPG, Vol. 85, No. 5, 765~780
- 13 Geology and hydrocarbon occurrences in the Ghadames basin, Algeria, Tunisia, Libya, Arab Oil Gas
- 14 Giant fields, petroleum systems and exploration maturity of Algeria, Arab Oil Gas
- 15 The structural evolution of the Zaghouan - Ressaas Structural Belt, Northern Tunisia, Algeria. Arab Oil Gas
- 16 The geology and hydrocarbon habitat of the sarir sandstone, SE Sirt Basin, Libya. JPG, Vol. 23, No. 2, 165~192
- 17 离散或被动大陆边缘盆地. 北京:石油工业出版社, 2000
- 18 Brief review of Geological and Mining Activities in Angola. Africa Geoscience Review, Vol. 8, Nos. 1, 2, III~VII
- 19 The Continental Terminal in West Africa. J. A. E. S. Vol. 10, No. 1/2, 79~99
- 20 Early Cretaceous rift sediments of the Gabon - Congo margin; lithology and organic matter; tectonic and paleo-geothermal evolution. J. A. E. S. Vol. 10, No. 1/2, 319~330
- 21 Modeling Petroleum Generation in the Southern Muglad Rift Basin, AAPG, Vol. 83, No. 12, 1943~1964
- 22 Regional framework, structural and petroleum aspects of rift basins in Niger, Chad and the Central African Republic (C. A. R.). J. A. E. S. 39~52
- 23 Organic facies of early cretaceous synrift lacustrine source rocks from the Muglad basin, sudan. JPG, Vol. 25, No. 3, 351~366
- 24 Depositional and Structural Styles in Chad Basin of Northeastern Nigeria. AAPG, V. 70, No. 12, 1787~1798
- 25 Ressources minrals du Tchad; une revue. JAES, Vol. 24, No. 4, 549~562
- 26 Structural control of sedimentation patterns and implication for the economic potential of the East African Rift basins. J. A. E. S. Vol. 10, No. 1/2, 307~318
- 27 The sedimentary basins of Tanzania-reviewed. J. A. E. S. Vol. 13, No. 3/4, 291~297

(收稿日期 2003-08-22 编辑 黄君权)