文章编号：1004－5589（2014）04－0822－15

刚果民主共和国金矿类型及主要地质特征

李泳泉[1]，李杏春[2,3]

1. 中国地质大学 地球科学与资源学院，北京 100083；
2. 北京交通大学 电气工程学院，北京 100044；
3. 马丁尼矿业公司 刚果民主共和国，加丹加省卢本巴希

摘要： 在资料综合研究的基础上，通过野外实地考察，总结了刚果金矿的主要类型及地质特征。认为刚果金矿的主要类型为：① 砂金，分为冲积和残积型，主要分布于刚果东北部的东方省、玛涅玛省和南北基伍省的河流和山谷中，含矿部位一般位于地表及以下 2 m 厚度范围内；② 绿岩带型（greenstone belts）金矿，位于中非金矿带的中部，北西延伸到中非共和国，南东延伸到坦桑尼亚；此类型矿床一般规模大，常伴随铌钽矿产出，大多产出于太古代花岗岩与绿岩带的接触部位，矿体一般成陡倾斜产出，成矿流体为富含 CO_2 的 H_2O–NaCl 流体，显示流体的不混溶作用与成矿关系密切，与世界上著名的绿岩带型金矿类似。

关键词： 金矿类型；刚果克拉通；地质特征；砂金；绿岩带型金矿

中图分类号： P618.51 **文献标识码：** A **doi：** 10.3969/j.issn.1004-5589.2014.04.009

Gold deposit types and its main geological characteristics in Democratic Republic of Congo

LI Yong-quan[1], LI Xing-chun[2,3]

1. *School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*;
2. *School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China*;
3. *Maadini Mining Sprl, Lubumbashi, Katanga Province, Democratic Republic of Congo*

Abstract: On the basis of the comprehensive research of data and field work, the authors summarized the main gold types and geological characteristics in Democratic Republic of Congo. The results demonstrated that the gold deposits in DRC can be classified as two types: ① placer gold, including alluvial and eluvial types, mainly distributed in the river and valley of Oriental, Maniema, North Kivu, and South Kivu provinces of DRC. The ore-bearing layers located from ground surface to underground 2 m. ② greenstone belt gold deposit, broadly distributed in the centre of Central Africa gold zone, and extend to Central Africa Republic in NW trend and to Tanzania in SE trend. This type gold deposit is usually in large scale, and concomitanted with niobium and tantalum, and most of the orebodies located in the contact area of greenstone and Archean granites with sub-vertical shape. Fluids of ore-forming were mainly H_2O-NaCl fluids rich in CO_2, which demonstrated that the fluid immiscibility was closely associated with mineralization, similar with other famous greenstone belt gold deposits in the world.

Key words: gold deposit types; Congo Craton; geological characteristics; placer gold; greenstone belt gold deposit

收稿日期： 2014-01-24；**改回日期：** 2014-04-22
基金项目： 企业合作项目（2012-01）.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

0　引言

位于非洲中部的刚果民主共和国(图 1A),国土面积 234.5 万 km^2。该国大地构造位置处于泛非大陆的中部,古老克拉通地块汇聚于此(图 1B),地质作用复杂,形成类型多样、资源丰富的矿产资源。中非铜(钴)矿带穿越该国东南部,使刚果成为世界上主要的铜钴矿生产国[1-4]。在该国的东北部,比属刚果殖民时期,已是重要的黄金、铌钽和钻石生产基地[5]。近年来,随着该国政局的稳定和地质勘探工作的开展,西方的矿业公司不断在该国发现和开发一些有影响力的金矿,使该国成为非洲重要的产金大国。伴随着中国对矿产资源的巨大需求,一些企业(中铁、华友钴业和金川集团)及个人投资者开始涉足该国的矿业领域,目前主要在该国的南部加丹加省开展 Cu、Co 矿的勘探与开发[6-8]。有关该国金矿的地质特征与勘探开发鲜有报道,笔者在收集资料和综合研究的基础上,通过野外实地考察,结合区域地质与成矿特征,总结了该国金矿的主要类型及地质特征,以期为在该地区开展金矿矿床学研究提供基础,同时为矿业投资者提供参考。

1　区域地质特征

刚果民主共和国的地形大致分为两类: 中部刚果盆地和环刚果盆地高原(图1B)。刚果盆地位于该国的中部和西部地区,同时还包括刚果共和国(Republic of Congo)的东部和中非共和国(Central African Republic)的南部部分地区,主要由中生代—新生代的沉积层组成,盆地沉积层厚度达数千米[9-11]。环刚果盆地主要为抬升的前寒武纪基底,西部为大西洋隆起带,北部为乌干达—中非共和国活动带,南部为开赛和安哥拉地盾东北部组成,东南部为泛非时期形成的卢菲利安弧,东部与东北大裂谷的西缘接壤,出露古近纪以来火山和碳酸盐岩沉积物(图1B)。

刚果克拉通主要出露太古代地层,与卡普瓦(Kaapvaal)克拉通、津巴布韦(Zimbabwe)克拉通、坦桑尼亚(Tanzania)克拉通、西非(West African)克拉通构成现今非洲古老的基底,这些稳定的克拉通可发生部分熔融,为后期碰撞造山作用形成的花岗岩提供物质来源[12,13]。刚果克拉通大致分为查鲁—加蓬地体(喀麦隆南、赤道几内亚、加蓬及刚果)、刚果地体(刚果东北部及乌干达西)、安哥拉地体及开赛地体(安哥拉东北和刚果南部)(图1,表1)[9,12,14]。

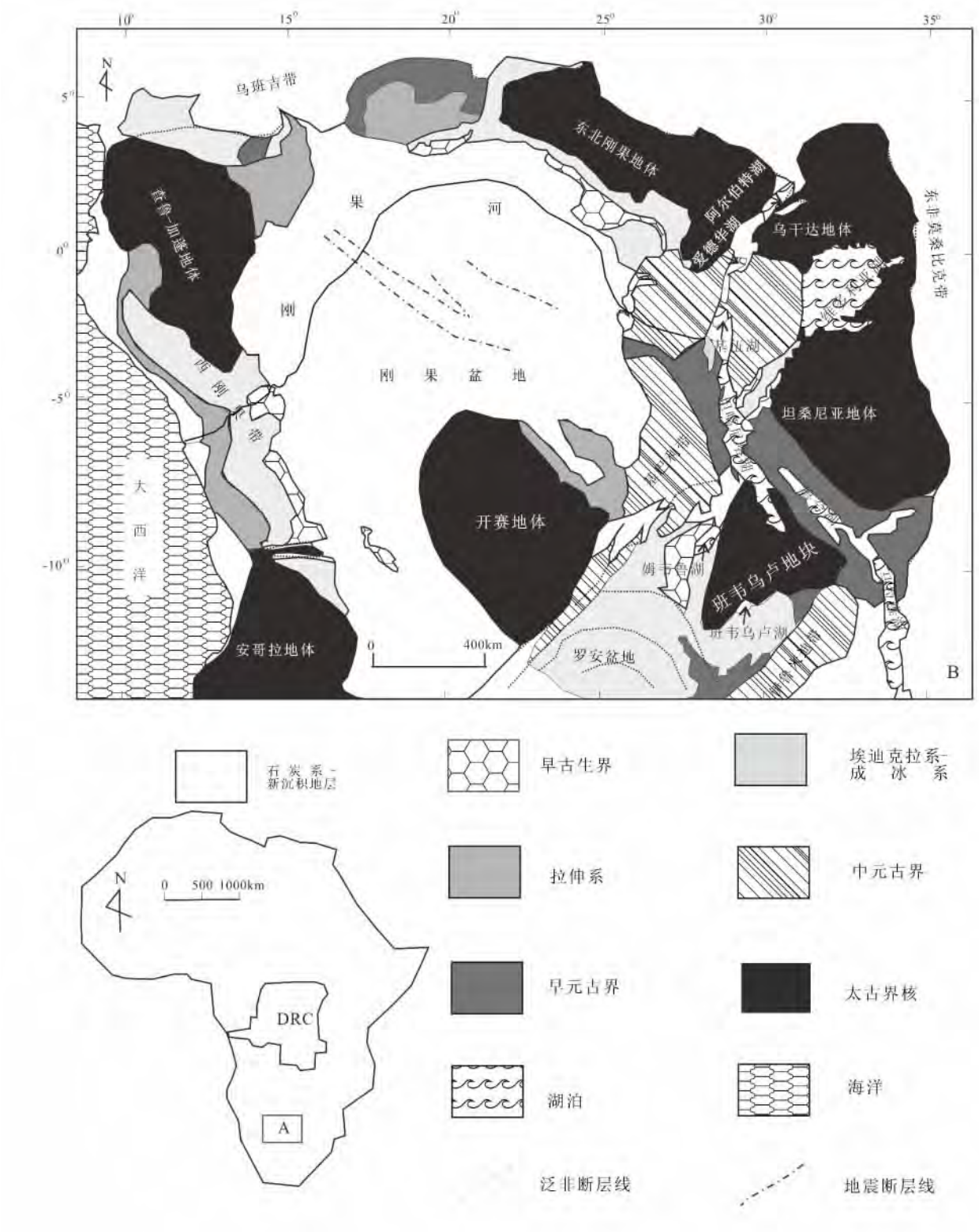
查鲁—加蓬地体主要包括 3.19 ~ 3.12 Ga 变形的花岗岩—绿岩、~3.15 Ga 的强变质岩、2.95 ~ 2.85 Ga 侵入的钙碱性英云闪长岩和花岗岩及低变质的中酸性火山岩(2.97 ~ 2.94 Ga)。后期的超基性岩侵入时间为 2.78 Ga,在地体稳定之前,造山作用晚期,存在 2.8 ~ 2.5 Ga 年侵入的花岗岩[15]。

表 1　太古代刚果克拉通地质特征

Table 1　Geological features of Archean Congo craton

地体	分布范围	地质特征	资料来源
查鲁—加蓬地体	喀麦隆南、赤道几内亚、加蓬及刚果	主要由 3.19 ~ 3.12 Ga 变形的花岗岩-绿岩,2.95 ~ 2.85 Ga 侵入的钙碱性英云闪长岩和花岗岩组成。	[9]、[12]、[15]
刚果地体	刚果东北部及乌干达西	西部分布有 3.3 ~ 3.0 Ga 的 Bomu 杂岩和年龄 > 3.0 Ga 的 Ganguan 绿岩带;北部分布西尼罗杂岩;南部分布 2.45 Ga 的上刚果花岗岩和 2.8 Ga 的基巴利绿岩带。	[12]、[16-18]
安哥拉地体	安哥拉东北	~2.8 Ga 变质作用形成片麻岩,2.83 ~ 2.60 Ga 期间有花岗岩侵入,2.2 ~ 1.8 Ga 发生过 Eburnian 构造事件。	[12]
开赛地体	刚果南部	主要由 3.5 ~ 3.3 Ga 的英云闪长质片麻岩和花岗闪长岩组成,发育 2.9 ~ 2.8 Ga 的紫苏花岗岩、2.83 Ga 的花岗岩和 2.7 ~ 2.6 Ga 的钙碱性花岗岩。	[12]

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



A. 刚果民主共和国地理位置图; B. 刚果克拉通地块组成示意图

图 1 刚果位置及克拉通地块组成示意图 [9]

Fig. 1 Location and geological skect map of Congo Cration

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

刚果地体（东北刚果地体）的西部分布有 Bomu 杂岩（闪岩—片麻岩）和 Ganguan 绿岩带; 西尼罗杂岩分布在北部; 上刚果花岗岩（upper congo granite）和基巴利（Kibalian）绿岩带分布于南部。基巴利组绿岩分布于古老片麻岩之上，主要由基性火山岩组成，部分为 2.8 Ga 的英云闪长岩。绿岩带上部发育双峰式火山沉积序列，并与 2.45 Ga 侵入的花岗岩发生混合岩化作用，与坦桑尼亚绿岩带类似[16]。西尼罗杂岩由高级变质片麻岩和残余的基性绿岩组成，杂岩带南东方向延伸至南苏丹、乌干达和坦桑尼亚境内。年龄 > 3.0 Ga 的 Ganguan 组绿岩分布于 Bomu 杂岩上部，主要由弱变质的石英岩、板岩、碧玉铁质岩、滑石片岩和辉绿岩组成。3.4 ~ 3.0 Ga 形成的 Bomu 杂岩主要为混合片麻岩，含有基性和变质沉积片岩捕虏体，变形作用的时间约为 3.3 ~ 3.0 Ga[17,18]，杂岩北西方向延伸至中非共和国境内。

安哥拉地体主要岩性为片麻岩和片岩组成的变质杂岩，经历了 2.8 ~ 2.7 Ga 期间的麻粒岩相变质作用，并被 2.83 ~ 2.60 Ga 期间的花岗岩穿插侵入，上部被火山沉积岩覆盖（北部为 Jamba 组，南部为 Utende-Chela 超群）。安哥拉地体在后期的 Eburnian 事件（2.2 ~ 1.8 Ga 构造事件，使上地壳和同期花岗岩发生褶皱和变质作用）中被重新改造[12,14]。

开赛地体主要由英云闪长质片麻岩和花岗闪长岩组成，全岩 Rb–Sr 等时线年龄为 3.49 ~ 3.33 Ga[19]，2.9 ~ 2.8 Ga 和 2.83 Ga 期间分别有紫苏花岗岩和花岗岩的侵入，区域变质作用使原岩发生麻粒岩相的变质，另外一个地质事件是 2.7 ~ 2.6 Ga 广泛侵入的钙碱性花岗岩，与原岩发生混合岩化作用[12]。

2　金矿的主要分布特征

刚果民主共和国主要的矿产资源（非油气资源）有 Cu–Co、Au、Sn、Nb–Ta 及钻石，矿产资源具有明显区域分布特征，主要环绕刚果盆地的高原区分布（图 1B）。南部的加丹加省出产 Cu–Co 矿床，含 Cu 约 5 800 万 t，含 Co 约 460 万 t，分别占中非铜矿带的 41% 和 77%[2,4]，北部的东方省、北基伍省和中部的南基伍省、玛涅玛省出产 Au、Sn、Nb–Ta 及钻石矿（图 2）[20]。

研究表明，刚果东北部的金矿主要与绿岩带有关，一些宽度较窄（宽度 < 10 km，长度 30 ~ 60 km）的绿岩带形成等倾斜的褶皱，轴面近垂直。非洲中部广泛发育的绿岩带（图 3A）可能为刚果东北部、中非共和国南部和坦桑尼亚西北部金矿的形成提供物源[21]。金矿的类型主要有砂金、脉型及条带状铁建造（BIF）型，金矿品位可达 6 ~ 7 g/t，厚度约 5 ~ 15 m，延伸数百米。早期的地质调查工作显示，刚果金矿带主要分布于 Kilo –Moto 和 Twangiza–Namoya 区域（图 3B）[21]。近年来，在该国的加丹加省北部的克莱米（Kalemie）地区发现许多金矿及金矿点，初步判断为绿岩带型金矿，该地区可能是刚果另一个重要金矿带。

3　金矿的类型及地质特征

3.1　砂金矿

刚果砂金的发现和开采历史悠久[22]，野外考察表明该国砂金主要分两种类型: 残积型和冲积型。

3.1.1　残积型金矿

残积型的砂金含矿层厚度不均，从近地表到深达 20 m 的范围内均有分布。含矿层一般呈砖红色（图 4A），呈现出类似于西非的红土型金矿特征，与红土型金矿主要的差别是，刚果已经发现的残积型砂金矿层含砾石较多（砾石成不规则状），可能反应风化作用不完全，离岩金矿距离较近。残积型金矿多为坡积型，品位较低（一般 0.1 ~ 1 g/t），但规模较大。

3.1.2　冲积型金矿

冲积型金矿主要分布于古河床、冲击三角洲和现代水系中，含矿部位一般位于地表及以下 2 ~ 3 m 厚度的范围内。含矿层通常呈土黄色，砂金主要赋存在含砾石的冲积层（S2 部位）中（图 4B），经过溜槽冲刷或简单淘洗后，一般能见到金颗粒，颗粒呈不规则状（图 4C、4D）。在现代沟谷或河流中，也赋存一些冲积型的金矿（图 4E、4F）。此类型的金矿品位较高（一般高于 1 g/t），但规模不定。

3.2　岩金矿

按目前已开展的工作，岩金矿主要分布于东北部的 Kilo–Moto 金带和东部的 Twangiza–Namoya 金带（图 3），主要为与前寒武纪绿岩带有关的金矿。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

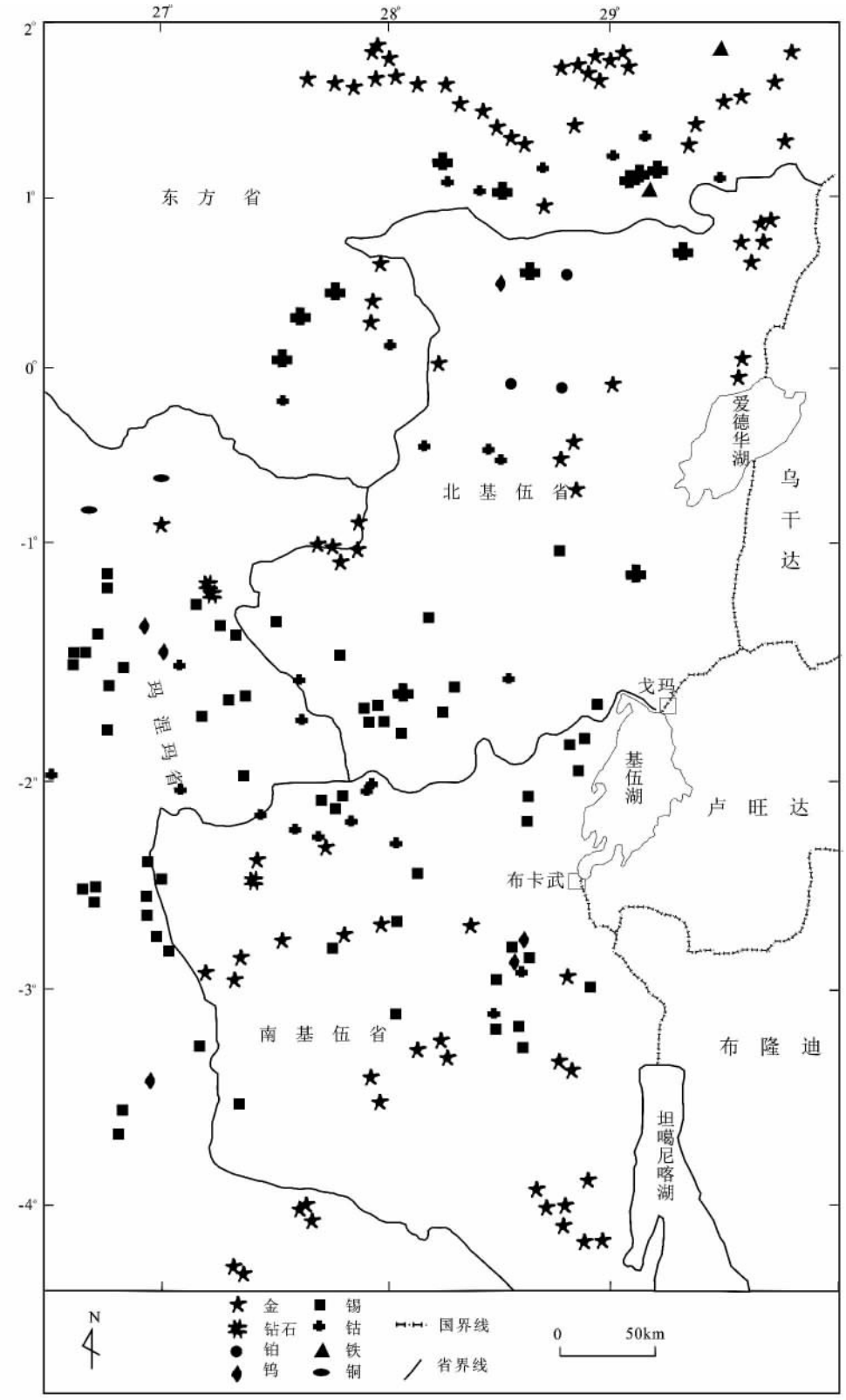
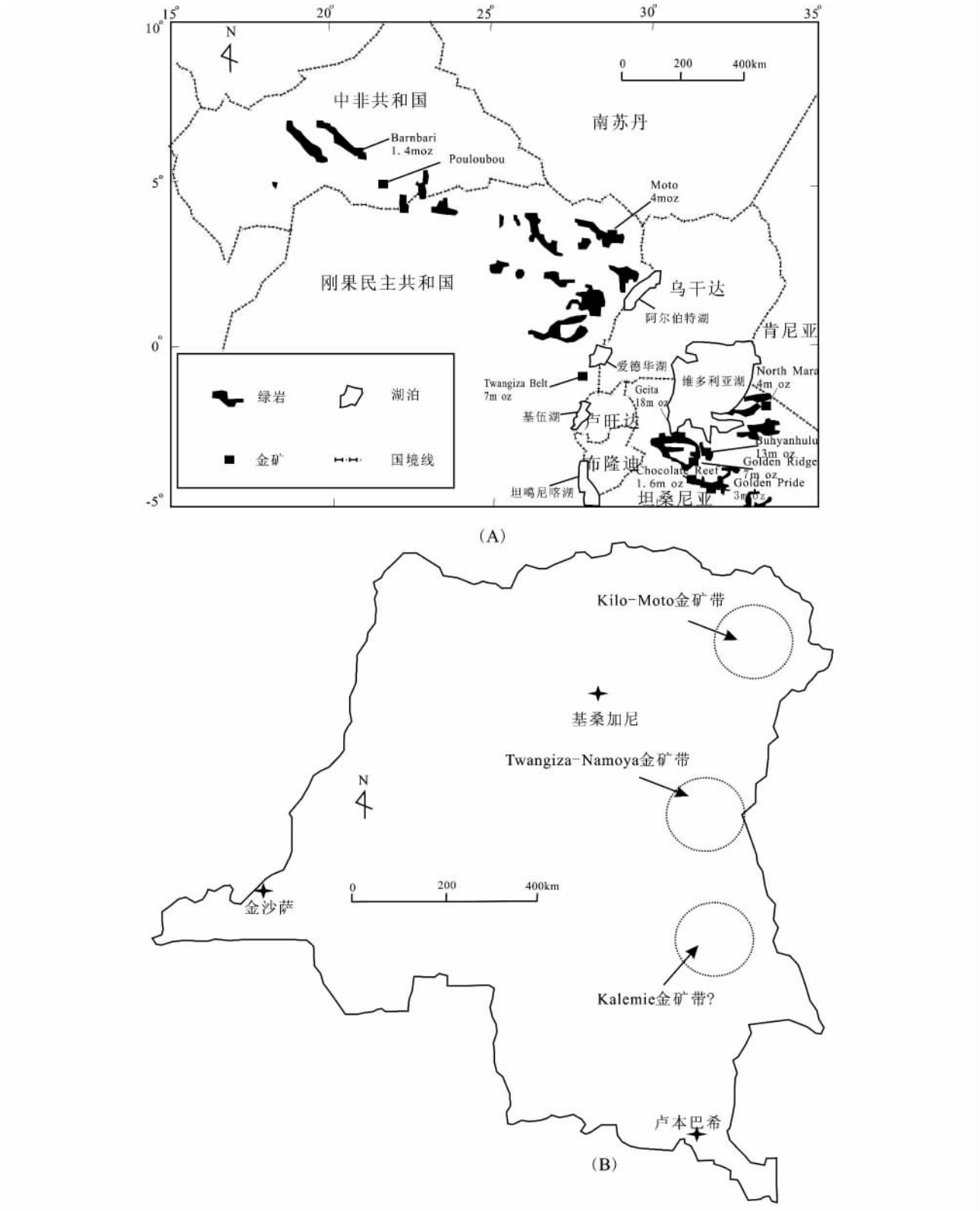


图 2 刚果东中部（东方省、南北基伍省和玛涅玛省）主要矿产资源分布图[21]

Fig. 2 Distribution of the main resources in East and central part of DRC (Orientale, North Kivu, South Kivu and Maniema provinces)

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



(A) 非洲中部绿岩带分布图; (B) 主要金矿带

图 3　刚果民主共和国东北部绿岩带及金矿带分布特征 [21]

Fig. 3　Location characteristics of greenstone belt and gold belt in northeastern DRC

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

① 残积型砂金，含砾石红色砂壤土；② 冲积型砂金剖面，S1 含腐殖质土壤层，S2 含金砂砾层，S3 基底层，细粒红壤层；③ 经溜槽冲洗后形成含粒金的泥；④ 手工淘洗后残留的不规则形状的粒金；⑤ 比属刚果殖民时期遗留的采金坑；⑥ 河流中采砂金.

图 4 砂金富矿层位及分布和形态特征

Fig. 4 Strata, distribution and characteristics of placer gold

矿体多产出于花岗岩与绿岩带交界的部位（图 5），常伴随铌钽矿产出，铌钽矿的形成可能与侵入到绿岩带中的花岗岩有关。近年来的地质工作，在加丹加省北部克莱米地区也发现一些类似于绿岩带型的金矿及矿点，显示具有较好的找矿潜力。

3.2.1 基洛（Kilo）金矿区

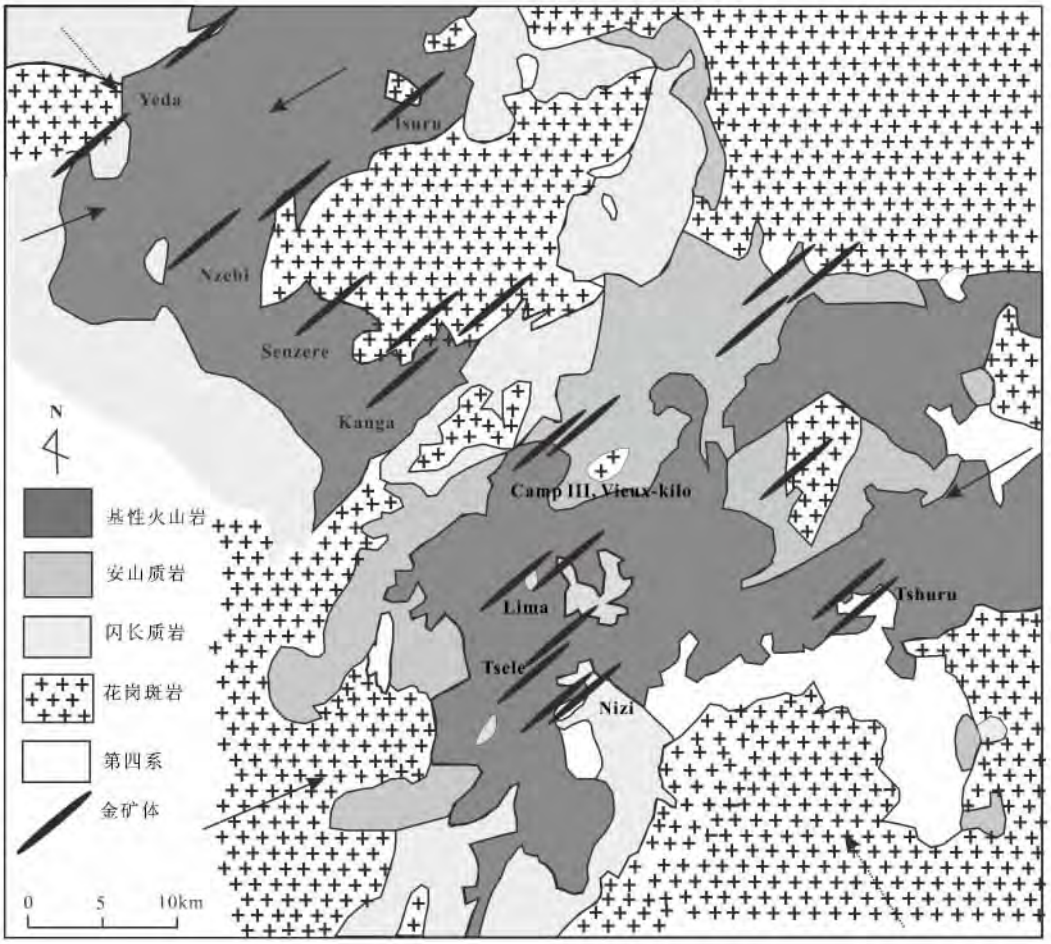
基洛金矿区位于东方省的东部，与乌干达接壤（图 3A），该区黄金储量达 700 万盎司（约 200 t），为一典型的绿岩带型金矿区（图 5）。矿脉宽度一般不超过 2 m，近垂直的侵入到围岩中，一般在转

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

换断层的部位变厚[18]。围岩类型各异，有闪石岩、绿泥石—阳起石—滑石片岩、石英闪长岩和英云闪长岩等。矿石中金的品位变化较大，在 Tesle 矿床，石英脉厚度约为 1 m，金品位为 2 ~ 25 g/t，平均 10 g/t；在 Lima 矿床，石英脉中金的品位超过 20 g/t，接触围岩金的品位为 5 ~ 6 g/t；在 Camp III 矿床，单脉的厚度为 0.5 ~ 2 m，品位为 20 g/t。

关于金矿中金的来源一直存在着争议，有学者认为金的来源与绿岩带（火山变质和火山沉积）及花岗斑岩有关[23,24]，但 Lavreau 认为金可能来源于变质交代作用，与花岗斑岩无关，一个重要的证据是在含有基巴利带绿岩的溪流中淘洗，能见到颗粒金，而含有花岗斑岩的溪流中淘洗，未见颗粒金[18,25]。

从地质图上可以看出（图 5），早期形成的基性—中性火山变质岩（绿岩带）被后期花岗斑岩侵入。绿岩带整体呈 NW–SE 向展布（与中非绿岩带的展布方向类似），表明早期（3.5 ~ 3.2 Ga）受 NW–SE 方向的构造作用[26]，大量的基性—中性火山岩喷发沉积，后期（3.2 ~ 2.0 Ga）的花岗斑岩的侵入；基性的火山岩变质后构成绿岩带的主要岩性；晚期（2.0 ~ 1.5 Ga）由于构造置换[18]，受 NE–SW 方向的构造应力作用，形成 NE–SW 向的剪切带，大量含矿石英脉的侵入，是该地区金矿形成的主要原因，绿岩带可能为成矿提供金矿来源，花岗斑岩的侵入为金的活化可能提供一定作用。

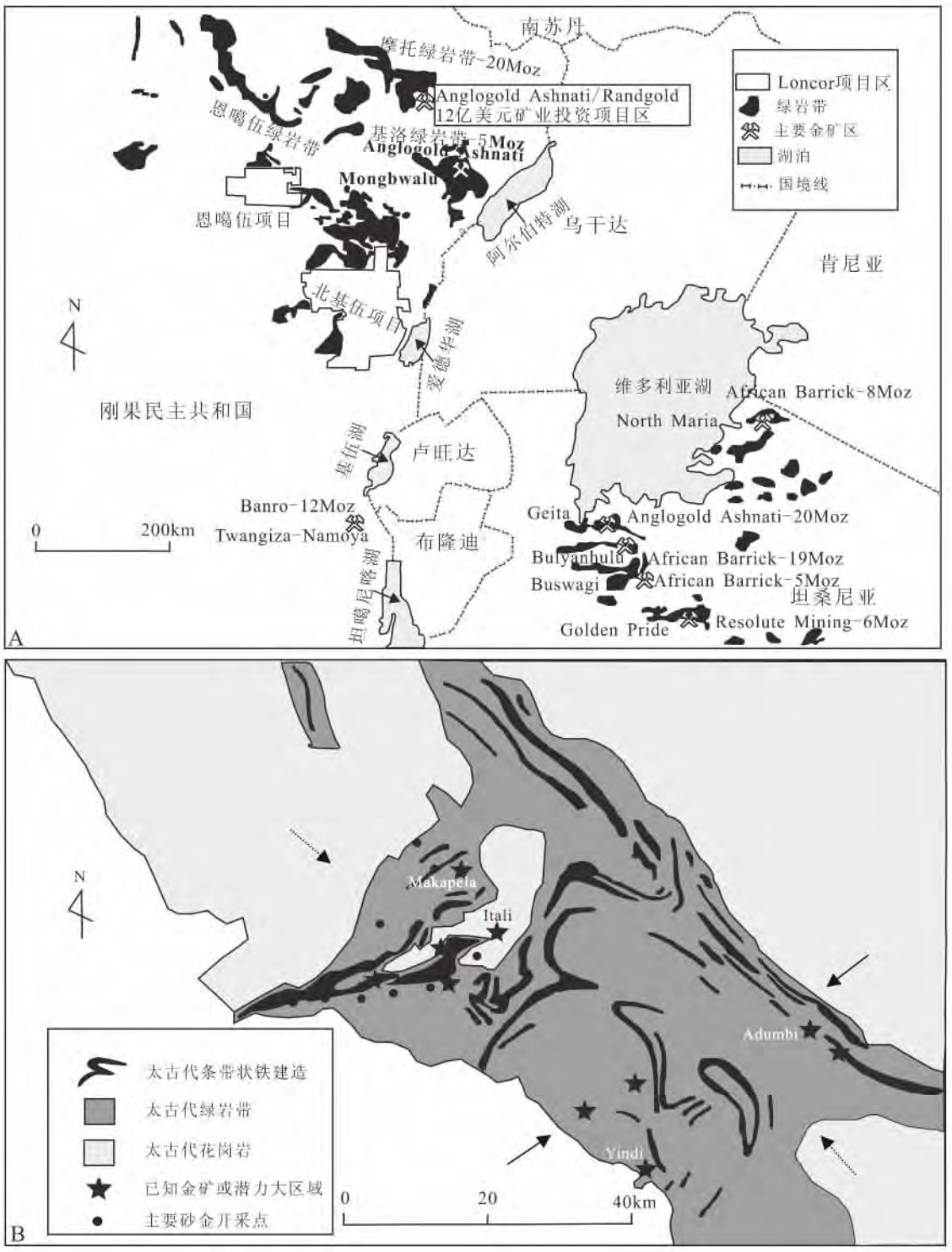


实线箭头指示矿体的线状分布方向，虚线箭头指示绿岩带展布方向.

图 5　基巴利带中的基洛金矿地质图[18]

Fig. 5　Geological map of Kilo gold deposit in Kibalian zone

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



A. 刚果东北—坦桑尼亚西北主要绿岩带型金矿分布图; B. 恩噶伍绿岩带型金矿区地质简图，实线箭头指示矿体的线状分布方向，虚线箭头指示绿岩带展布方向.

图 6 绿岩带金矿分布及矿区地质图 [21]

Fig. 6 Distribution and geological map of greenstone belt gold deposits

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.2.2　恩噶伍（Ngayu）金矿区

恩噶伍金矿区为加拿大 Loncor 公司在刚果东北部东方省的一个金矿勘探项目，另一个为北基伍项目（图 6A）。矿区分布范围约 4 500 km^2，离 Kilo–Moto 金矿带较近，位于刚果主要的绿岩带中。矿体主要分布在花岗岩侵入体与绿岩带接触部位以及条带状铁建造与绿岩带接触部位（图 6B）。与 Kilo 金矿区类似，矿床主要沿 NE–SW 向分布，构造剪切带控矿明显。主要石英脉厚度约 1 ~ 8 m，Au 的品位最高达 64 g/t，石英脉一般呈近垂直侵入到基性火山岩中。恩噶伍金矿区主要由 Makapela、Itali、Adumbi 和 Yindi 四个矿体组成，具有较大的找矿潜力。

3.2.3　克莱米（Kalemie）金矿区

克莱米金矿区位于加丹加省北部的南基伍省、玛涅玛省交界处（图 3）。近年来地质找矿发现了一些原生矿点，显示该区找矿具有重要的潜力。

位于克莱米金矿区的卡利马（Kaelima）金矿民采矿坑长 150 m ±，宽 50 m ±，深度 40 m ±，其中主断裂 NE–SW 走向（与基洛和恩噶伍金矿区矿体走向类似），宽 20 m ±，主破碎带宽 2 m ±，两侧有多条石英脉平行分布，石英脉近 EW 走向。主断裂带南侧 15 条，北侧 2 条，脉宽 10 ~ 30 cm，间距 50 ~ 100 cm（图 7）。石英脉中硫化物已氧化淋失，仅剩空洞和残留褐铁矿粉末。石英明显有两个世代，成矿期烟灰色石英（应为主要金—多金属硫化物期产物），显示含金石英脉特征；成矿晚期为乳白色大石英脉，不含矿。地表所探脉岩中，可见自然金（明金）。主断裂带呈 EW 走向，向南陡倾（80° ~ 85°）。此外，在北侧还分布有 3 ~ 4 条北倾 40° ~ 60° 的石英脉，单脉厚度达 0.5 ~ 1 m，最厚达 2 m，但走向上极不稳定，时有膨胀和尖灭，单脉有时变薄分支成数条细脉。

含矿石英脉流体包裹体主要由气相、液相、含 CO_2 三相及 H_2O–NaCl 两相包裹体组成（图 8）。通过流体包裹体组合判断，成矿明显具有多期次（图 9），说明成矿作用的复杂性。初步判断成矿流体具有不混溶特点，指示流体的不混溶作用与成矿关系密切，与世界上著名的绿岩带型金矿类似[26-31]。

4　结论及找矿方向

4.1　结论

刚果民主共和国的矿产资源大致可以分为南铜钴，北黄金、铌钽及钻石的特点，其中金矿主要分布于北部的东方省、南北基伍省及加丹加省北部。该国金矿的主要类型为：① 砂金，分为冲积和残积型，主要分布于该国的东北部的东方省和南北基伍省的河流和山谷中；② 绿岩带型（greenstone belts）金矿，该类型的矿床是位于中非金矿带的中部，北西延伸到中非共和国，南东延伸到坦桑尼亚，此类型矿床一般规模大，常伴随铌钽矿产出，大多产出于太古代花岗岩与绿岩带或太古代铁建造的接触部位，绿岩带呈 NW–SE 向展布，而矿体走向为 NE–SW 向，与绿岩带直交，陡倾斜产出，成矿流体为含 CO_2 的 H_2O–NaCl 流体，显示流体的不混溶作用与成矿关系密切，与世界上著名的绿岩带型金矿类似。

4.2　找矿方向

由于刚果民主共和国地质工作程度低，该国的金矿规模和储量还无法估计，但从初步的地质资料和最近的勘探成果来看，在该国开展金矿勘探具有较好的前景。

综合分析认为，除了传统的位于该国东北部的 Kilo–Moto 和 Twangiza–Namoya 金带外，金矿带可能延伸至南部的加丹加省。从地质成矿背景来看，均为绿岩带型金矿。因此，开展金矿勘探时，首先要查明绿岩带的分布，进而控制金矿的产出部位、延伸范围及规模大小。

从目前已经勘探的金矿来看，一般有一定规模的金矿产地，均有人工淘金点（或历史上有淘金的痕迹），因此在开展金矿勘探时除注重传统的地质、地球化学方法外，首先要关注民采点，可以利用遥感解译、物探以及航空磁测、伽马射线强度扫面等方法开展勘探。刚果植被茂盛、露头差、交通不便，因此不建议开展大规模的化探扫面，但可开展水系沉积物化探测量，也可在已知异常区域，开展大比例尺化探扫面。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

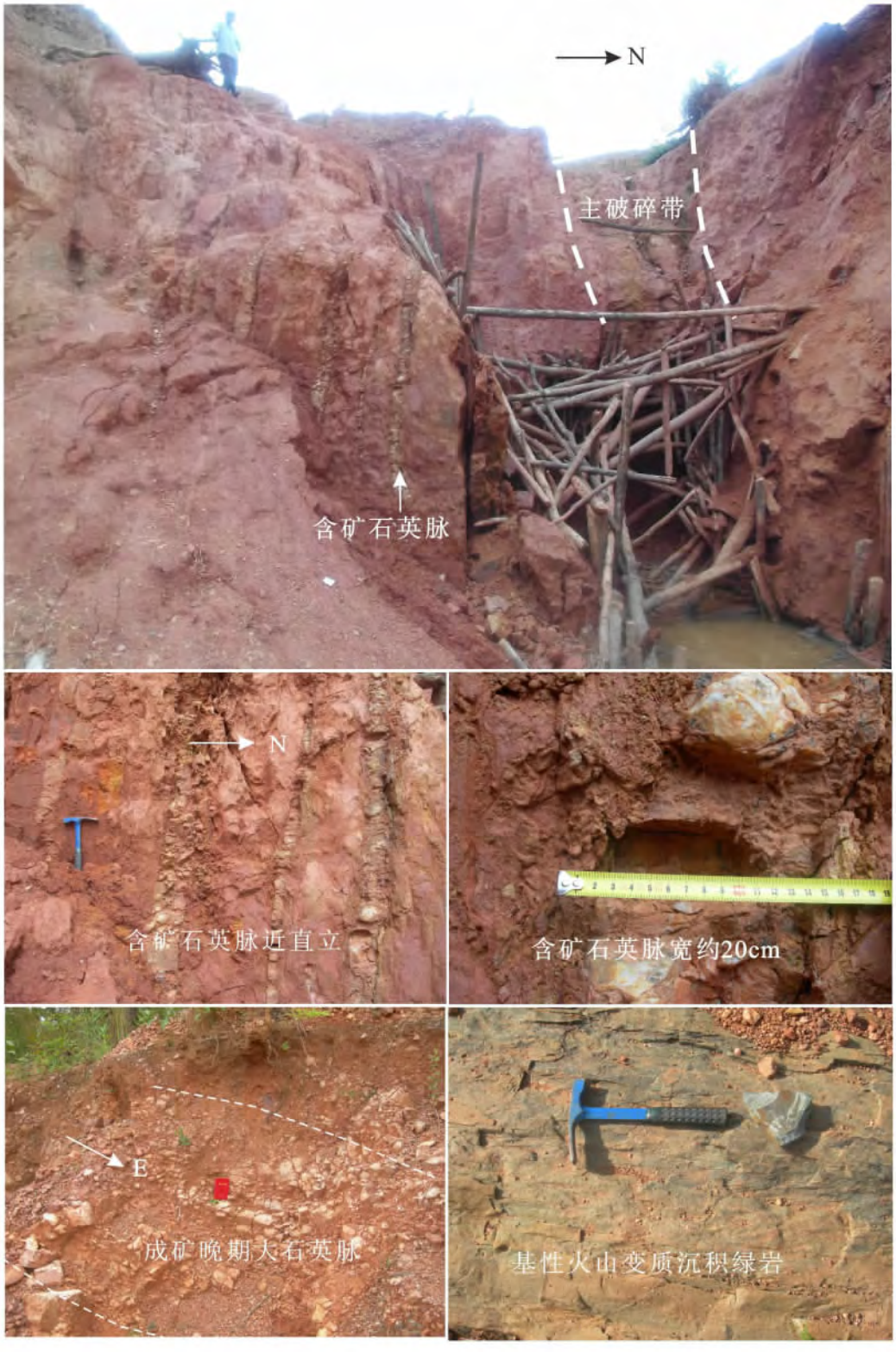
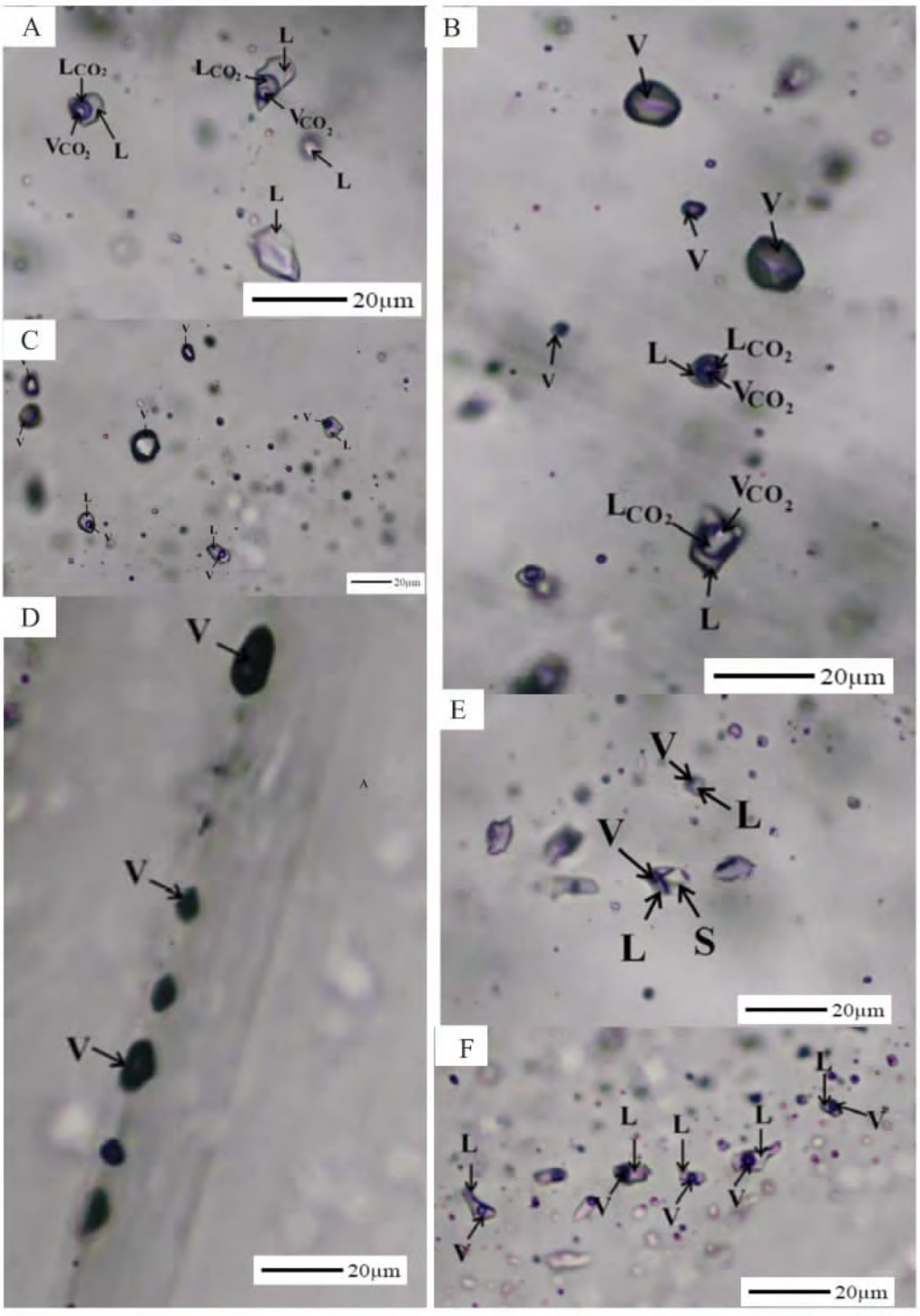


图 7 卡利马金矿石英脉

Fig. 7 Quartz veins in Kaelima gold deposit

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

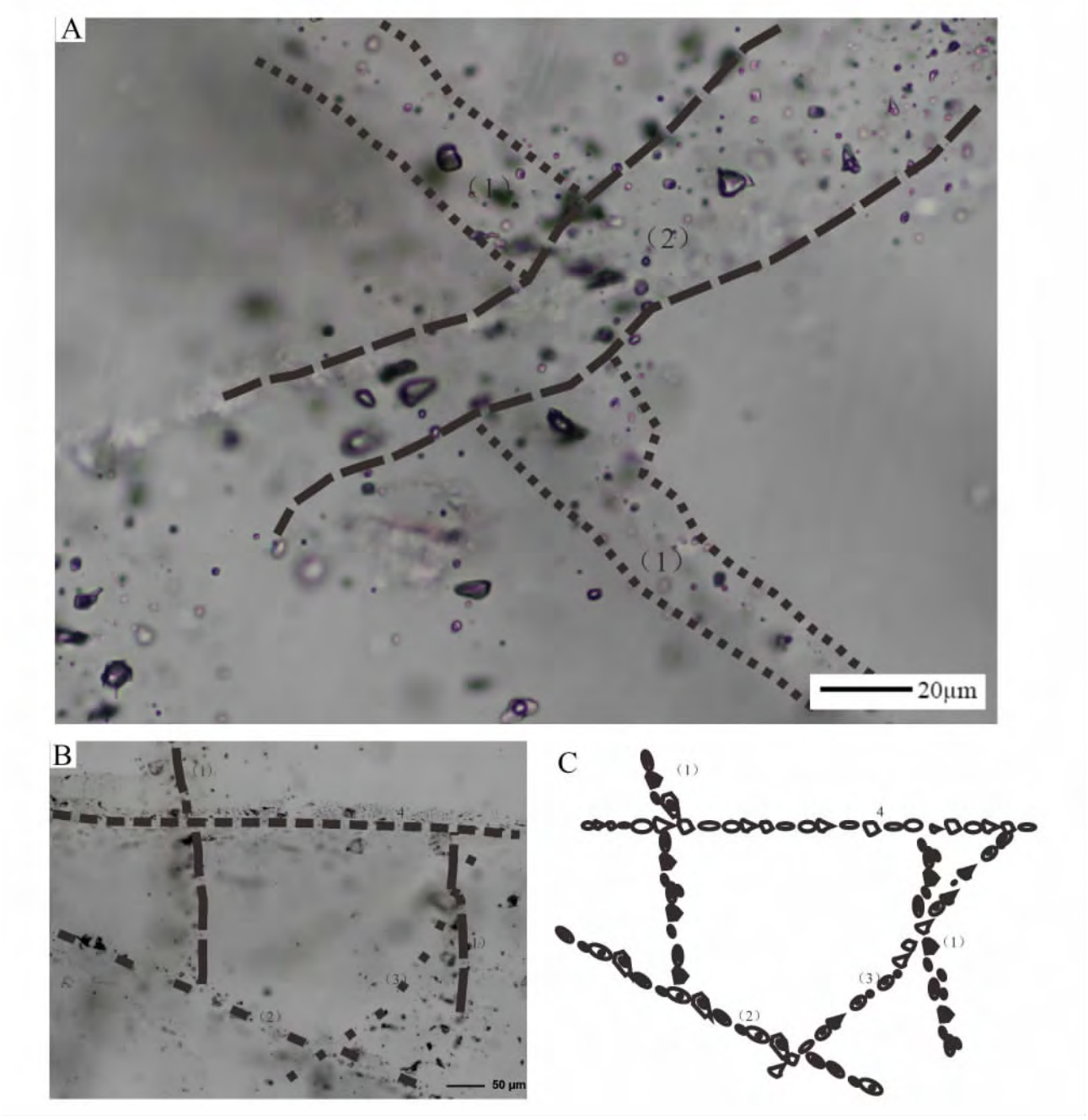


A. H_2O–NaCl–CO_2三相和液相包裹体共存; B. H_2O–NaCl–CO_2 三相和富气包裹体共存; C. 富气和富液包裹体共存; D. 气相假次生包裹体组合; E. 含石盐子晶包裹体; F. H_2O –NaCl 两相次生包裹体组合; L 为液相, V 为气相, S 为固相, L_{CO_2}为 CO_2液相, V_{CO_2}为 CO_2气相.

图 8　卡利马脉型金矿石英脉流体包裹体显微岩相图（常温）

Fig. 8　Photomicrographs (taken at room temperature) of fluid inclusions present in mineralized quartz at Kaelima vein gold deposit

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



A. 两期流体包裹体组合，(1) 早期，(2) 晚期；B. 四期流体包裹体组合，从 (1) 到 (4) 为从早到晚；C. B 图的示意图.

图 9 卡利马脉型金矿石英脉多期次包裹体组合显微岩相图（常温）

Fig. 9 Photomicrographs (taken at room temperature) of multistage cluster inclusions in mineralized quartz

致谢：本次工作得到刚果 MMR 矿业公司董事长 Lakis 和工程师 Mohanmd 先生的支持，野外工作得到刚果地质师 Barbi 先生的协助。匿名审稿人及主编对论文提出了宝贵的修改意见，在此表示真挚的感谢!

参考文献:

[1] Sillitoe R H, Perelló J, García A. Sulfide-bearing veinlets throughout the stratiform mineralizaiton on the central African copper belt: temporal and genetic implications [J]. Economic Geology, 2010, 105: 1361-1368.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[2] Cailteux J L H, Kampunzu A B, Lerouge C, et al. Genesis of sediment-hosted stratiform copper-cobalt deposits, central African copper belt [J]. Journal of African Earth Sciences, 2005, 42: 134-158.

[3] Dewaele S, Muchez, P, Vets J, et al. Multiphase origin of the Cu-Co ore deposits in the western part of the Lufilian fold-and-thrust belt, Katanga (Democratic Republic of Congo) [J]. Journal of African Earth Sciences, 2006, 46 (5): 455-469.

[4] 李向前，毛景文，闫艳玲，等. 中非刚果（金）加丹加铜钴矿带主要矿化类型及特征 [J]. 矿床地质，2009，28 (3)：366-380.
LI Xiang-qian, MAO Jing-wen, YAN Yan-ling, et al. Regional geology and characteristics of ore deposits in Katanga copper-cobalt belt within Congo (Kinshasa), central Africa [J]. Mineral Deposits, 2009, 28 (3): 366-380.

[5] Ball S Y, Shaler M K. Economic geology of the Belgian Congo, central Africa [J]. Economic Geology, 1914, 9: 605-663.

[6] 徐春宏，范良伍. 刚果民主共和国卡尔维矿区快速锁定找矿靶区的成功要素 [J]. 矿产勘查，2010，1 (5)：488-494.
XU Chun-hong, FAN Liang-wu. The successful factors to quickly locate target areas in Kalwe ore deposit, Katanga, Democratic Republic of Congo [J]. Mineral Exploration, 2010, 1 (5): 488-494.

[7] 张东风，柳建新，谢维. 激电测深法在非洲刚果（金）某铜钴矿区的勘查应用 [J]. 地质与勘探，2010，46 (4)：664-669.
ZHANG Dong-feng, LIU Jian-xin, XIE Wei. Application of the IP sounding method to exploration of a copper-cobalt deposit in Congo (DRC), Africa [J]. Geology and Exploration, 2010, 46 (4): 664-669.

[8] 王志刚，陈玉华，付小锦，等. 刚果（金）加丹加省堪苏祁铜钴矿床地质特征及找矿方向 [J]. 地质找矿论丛，2012，27 (2)：206-213.
WANG Zhi-gang, CHEN Yu-hua, FU Xiao-jin, et al. Geological characteristics and mineral exploration of Kansuki copper-cobalt deposit in Katanga province, D. R. Congo [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2012, 27 (2): 206-213.

[9] Kadima E, Delvaux D, Sebagenzi S N, et al. Structure and geological history of the Congo Basin: an integrated interpretation of gravity, magnetic and reflection seismic data [J]. Basin Research, 2011, 23: 499-527.

[10] Giresse P. Mesozoic-Cenozoic history of the Congo Basin [J]. Journal of African Earth Sciences, 2005, 43: 301-315.

[11] Doweney N J, Gurnis M. Instantaneous dynamics of the cratonic Congo Basin [J]. Journal of Geophysical Research, 2009, B06401, doi: 10. 1029/2008JB006066.

[12] Dirks P H G, Blenkinsop M T G, Jelsma H A. The geological evolution of Africa [J]. Encyclopedia of Life Support Systems, 2003 (4), 230-265.

[13] 王生云，范洪海，陈金勇，等. 纳米比亚欢乐谷地区斑状花岗岩成因及构造背景 [J]. 世界地质，2013，32 (4)：773-782.
WANG Sheng-yun, FAN Hong-hai, CHEN Jin-yong, et al. Petrogenesis and tectonic setting of porphyritic granites in Gaudeanmus area, Namibia [J]. Global Geology, 2013, 32 (4): 773-782.

[14] Iecorche J P, 曲玮. 西北非地体的增生历史 [J]. 世界地质，1991，10 (1)：81-83.
Iecorche J P, QU Wei. Accretional history of geological block in northwest African [J]. Global Geology, 1991, 10 (1): 81-83.

[15] Feybesse J L, Johan V, Triboulet C, et al. The west central African belt: a model of 2.5 ~ 2.0 Ga accretion and two-phase orogenic evolution [J]. Precambrian Research, 1998, 87: 161-216.

[16] Boniface N, Mruma A H. Structural analysis, metamorphism, and geochemistry of the Archean granitoids-greenstones of the Sukumaland greenstone belt around Geita Hills, northern Tanzania [J]. Natural Science, 2012, 4 (8): 526-535.

[17] Borg G, Shackleton R M. The Tanzania and NE-Zaire crations [C] //dewit M, Ashwal L D. Greenstone belts. Oxford: Oxford University Press, 1997: 608-619.

[18] Lavreau J. Vein and stratabound gold deposits of northern Zaire [J]. Mineralium Deposita, 1984, 19: 158-165.

[19] Waele B D, Johnson S P, Pisarevsky S A. Palaeoproterozoic to Neoproterozoic growth and evolution of the eastern Congo Craton: its role in the Rodinia puzzle [J]. Precambrian Research, 2008, 160: 127-141.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[20] International alert. The role of the exploration of natural resources in fuelling and prolonging crises in the eastern DRC [R]. London, United Kingdom, International alert and International peace information service, 2010: 13-87.

[21] Cowley P. Exploring gold's last frontier in Africa [R]. Kleinmond, South Africa, Loncor resources Inc, 2012: 1-31.

[22] Andrew C, Bocoum B, Tshimena D. Democratic Republic of Congo growth with governance in the mining sector [R]. Report No. 43402-ZR. Washington, USA, World Bank, 2008: 13-37.

[23] Anthoine R. Traitement des minerais aurifères d'origine filonienne aux mines d'or de Kilo-Moto. Mém [R]. Institut Royal Colonial Belge, 1933: 163.

[24] Duhoux P V. La Pétrogenèse et la métallogenèse du domaine minier de Kilo-Moto [J]. Annales de la Société géologique de Belgique, 1950, 73: 171-244.

[25] Lavreau J. New data about the Kilo-Moto gold deposits [J]. Mineralium Deposita, 1973, 8: 1-6.

[26] Schlüter T. Geological atlas of Africa, with Notes on stratigraphy, tectonics, economic geology, Geohazards, Geosites and Geoscientific Education of Each Country [M]. 2nd Edition. Berlin, Germany, Springer-Verlag, 2008: 76-83.

[27] Ho S E, Groves D I, Phillips G N. Fluid inclusions as indicators of the nature and source of ore fluids and ore depositional conditions for Archaean gold deposits of the Yilgarn block, western Australia [J]. South African Journal of Geology, 1985, 88: 149-58.

[28] Phillip G N. Metamorphic fluids and gold [J]. Mineralogical Magazine, 1993, 57: 365-374.

[29] Robert F, Kelly W C. Ore-forming fluids in Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada [J]. Economic Geology, 1987, 82: 1464-1482.

[30] Walsh J F, Kesler S E. Fluid inclusion geochemistry of high-grade, Vein-Hosted gold ore at the Pamour mine, Porcupine Camp, Ontario [J]. Economic Geology, 1988, 83: 1347-1367.

[31] 童海奎，杨自安，张普斌，等. 刚果（金）东南部加丹加成矿带遥感找矿前景分析 [J]. 矿产与地质，2008，22（6）：547-550.
TONG Hai-kui, YANG Zi-an, ZHANG Pu-bin, et al. Analysis of remote sensing prospecting perspective in the Katanga metallogenic belt, southestern Congo-Kinshasa [J]. Mineral Resources and Geology, 2008, 22 (6): 547-550.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net