

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2018.06.07

引用格式: 李振江, 刘书生, 吴振波, 等. 老挝 1:20 万孔县幅(B. Khon)区域地质填图主要成果[J]. 中国地质调查, 2018, 5(6):48-57.

老挝 1:20 万孔县幅(B. Khon)区域地质填图主要成果

李振江¹, 刘书生², 吴振波², 景志民³, 游水生¹

(1. 四川省地质矿产勘查开发局区域地质调查队, 成都 610213; 2. 中国地质调查局成都地质调查中心, 成都 610081; 3. 四川省地质矿产勘查开发局化探队, 德阳 618000)

摘要: 老挝 1:20 万孔县幅是中、老两国政府合作项目, 采用区域地质调查、区域地球化学调查等方法手段, 查明了区域地层、岩石、构造及矿产的分布及特征, 取得了一系列成果与进展: ①系统建立了研究区地层序列及构造格架, 新建石炭系—新近系 14 个组级岩石地层单位和石炭纪—二叠纪 4 个䇇化石组合带; ②查明研究区火山岩时代主要为石炭纪、早二叠世和中三叠世, 提出莫卡兰扣(Ph. Mokkalangkou)断裂带为难河—程逸缝合带北延部分的认识, 所夹超基性岩可能为蛇绿岩残片, 对该区及邻区的地层、构造区划具有重要意义; ③查明了研究区构造形迹的特征与分布, 划分 4 个构造层及 4 个构造单元, 总结出构造演化经历了 6 个阶段; ④新发现铜、铅锌和金 13 处矿化点, 通过水系沉积物测量圈定化探综合异常 24 处, 系统总结了研究区含矿层位、成矿地质背景、成矿时代及成矿规律, 划分了 4 个找矿远景区, 对优势矿产资源潜力进行了初步分析。

关键词: 区域地质调查; 地球化学调查; 难河—程逸缝合带; 找矿远景区; 孔县; 老挝**中图分类号:** P622 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2018)06-0048-10

0 引言

老挝人民民主共和国(以下简称“老挝”)大地构造位置处于印支板块的中心位置^[1-2], 是东南亚成矿带的重要组成部分, 也是我国“三江”成矿带的南延部分^[3-4], 其北部矿产资源丰富, 目前已发现有 33 个矿种、350 余处矿床(点)^[5]。由于老挝是与中国陆地相连的友好国家, 因此也成为中国地勘单位和民营企业长期进行矿业投资的首选之地, 前人对该地区已进行了大量的研究^[5-14]。1:20 万孔县幅(B. Khon E-47-VI)是中、老两国政府合作项目, 坐标为 101°00′~102°00′E, 19°20′~20°00′N, 为一个不完整的 1:20 万图幅^[15], 总面积 7 281 km²。研究区位于老挝北西部, 地质工作基础差, 基本为空白区。2012—2016 年通过区域地质与地球化学调查的系统工作, 对地层、岩浆岩、构造、矿产资源等

进行了系统调查, 全面提高了该区基础地质研究程度, 是中国首个在老挝完成的 1:20 万地质填图成果, 填补了老挝西北部地区中比例尺地质图的空白, 取得了一定的进展与成果。这些成果的总结, 可供后续开展的援老项目借鉴, 引导企业实施“走出去”的资源战略, 促进中老两国矿业经济可持续发展, 为进一步研究老挝北西部矿产资源及成矿预测奠定基础, 为“一带一路”建设提供资料支撑。

1 区域地质概况

研究区是古特提斯构造域的重要组成部分, 区内主要构造单元是我国青藏—三江带古特提斯构造向东南的延伸。大地构造上处于印支地块西缘, 跨思茅—彭世洛中新代盆地、墨江—黎府—罗文真火山弧 2 个三级构造单元, 主体处于思茅—彭世

收稿日期: 2018-03-06; 修订日期: 2018-05-30。

基金项目: 中国地质调查局“老挝、柬埔寨及邻区矿产资源潜力评价”二级项目所属子项目“老挝沙耶武里及邻区优势矿产资源潜力调查与分析(编号: 12120114018701)”“老挝 1:20 万孔县幅区域地质填图(编号: 12120114018701-02)”“老挝 1:20 万孔县幅区域地球化学调查(编号: 121201010000150013-01)”项目联合资助。

第一作者简介: 李振江(1970—), 男, 高级工程师, 长期从事区域地质矿产调查与矿产勘查。Email: 995996919@qq.com。

洛地块内(图1)。自古生代以来,经历了裂解—闭合—碰撞—抬升的漫长演化过程,形成了现在复杂的构造格局。其形成和发展演化历程受难河—程逸缝合带和研究区以东的莫边府—黎府缝合带形成演化的控制,同时亦受西侧景洪—素可泰火山弧及思茅—彭世洛中生代盆地、墨江—黎府火山弧演化的制约。

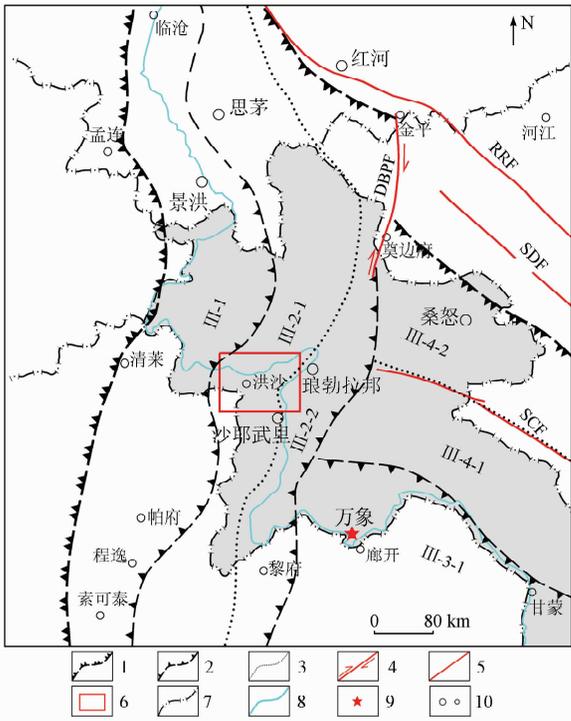
碎屑岩和碳酸盐岩系、三叠纪海相—海陆交互相碎屑岩夹中酸性火山岩建造,以及侏罗纪、白垩纪和新近纪陆相碎屑岩沉积地层。参考中国地层指南^[17],以岩石地层划分为标准,系统测制地层剖面,如P01至P11(图2),进行地层划分,厘定了本区地层层序,新建并命名岩石地层单位14个(表1),各单位岩性组合、接触关系、厚度变化、化石、沉积环境、时代依据等已另文发表^[18],此处仅简要介绍。

石炭系主要分布于研究区东部孟南县湄公河沿岸及西北部乌多姆赛省孟昏县,是研究区出露最老地层。根据实测剖面划分为下部火山岩及上部火山—沉积岩2部分,新建2个组,二者整合接触,以富含火山组分为特色,属浅海相火山—沉积建造,可与M. Nale幅(F-47-XXXVI)南塔(Nam Tha)地层区下石炭统(C_1)对比^[19],命名为杭河组(C_2h)、孟南县组(C_2m),时代置于晚石炭世。

石炭—二叠系划分为下部碳酸盐岩与上部碎屑岩夹碳酸盐岩2部分,新建2个组,二者为平行不整合接触,为浅海台地相碳酸盐岩沉积,以大套富含瓣化石的灰岩为特征,与云南思茅分区的西门涯子组、中下二叠统的拉竹河组相似^[20-21],与南塔地层区上石炭统—下二叠统(C_2-P_1)及中下二叠统(P_{1-2})可对比,命名为冬卡组(C_2-P_1d)、潘达组(P_2p),时代分别置于晚石炭世—早二叠世及中二叠世,与下伏上石炭统孟南县组(C_2m)呈整合接触关系。

三叠系较广泛出露于东部孟南县湄公河两岸及西北部乌多姆赛省孟昏县一带,为一套海陆交互的细碎屑岩夹灰岩沉积建造,其地层层序与滇西地区中三叠统臭水组、上三叠统桃子树组及太平掌组可对比^[20-21],与南塔地层区上三叠统(T_3)上、中、下3个岩段可对比,根据实测剖面结合路线地质调查划分为4个部分,命名为帕红组(T_2p)、杭村组(T_3h)、南团组(T_3n)、南辽组(T_3nl),时代置于中—晚三叠世,各组间均为整合接触,与下伏中二叠统潘达组(P_2p)呈角度不整合接触。

侏罗系广泛出露于研究区中部,为一套河湖相碎屑岩沉积建造,可与滇西地区的下侏罗统漾江组、中侏罗统花开左组上下段、上侏罗统坝注路组对比^[20-21],与南塔地层区下中侏罗统(J_{1-2})、上侏罗统(J_3)相似,与万象盆地的南立组、南舍组、班辛黑组可对比^[22],根据实测剖面划分为4个部分,命



1. 二级构造界线; 2. 三级构造界线及推测界线; 3. 四级构造界线; 4. 走滑断裂; 5. 断裂; 6. 研究区位置; 7. 国界; 8. 河流; 9. 首府; 10. 省(地区)、县政府所在地; RRF. 红河断裂; DBPF. 莫边府断裂; SDF. 达江断裂; SCF. 大江断裂; III-1. 景洪—素可泰火山弧; III-2-1. 思茅—彭世洛中生代盆地; III-2-2. 墨江—黎府—罗文真火山弧; III-3-1. 万象—呵叻中生代盆地; III-4-1. 南长山褶皱带; III-4-2. 北长山褶皱带

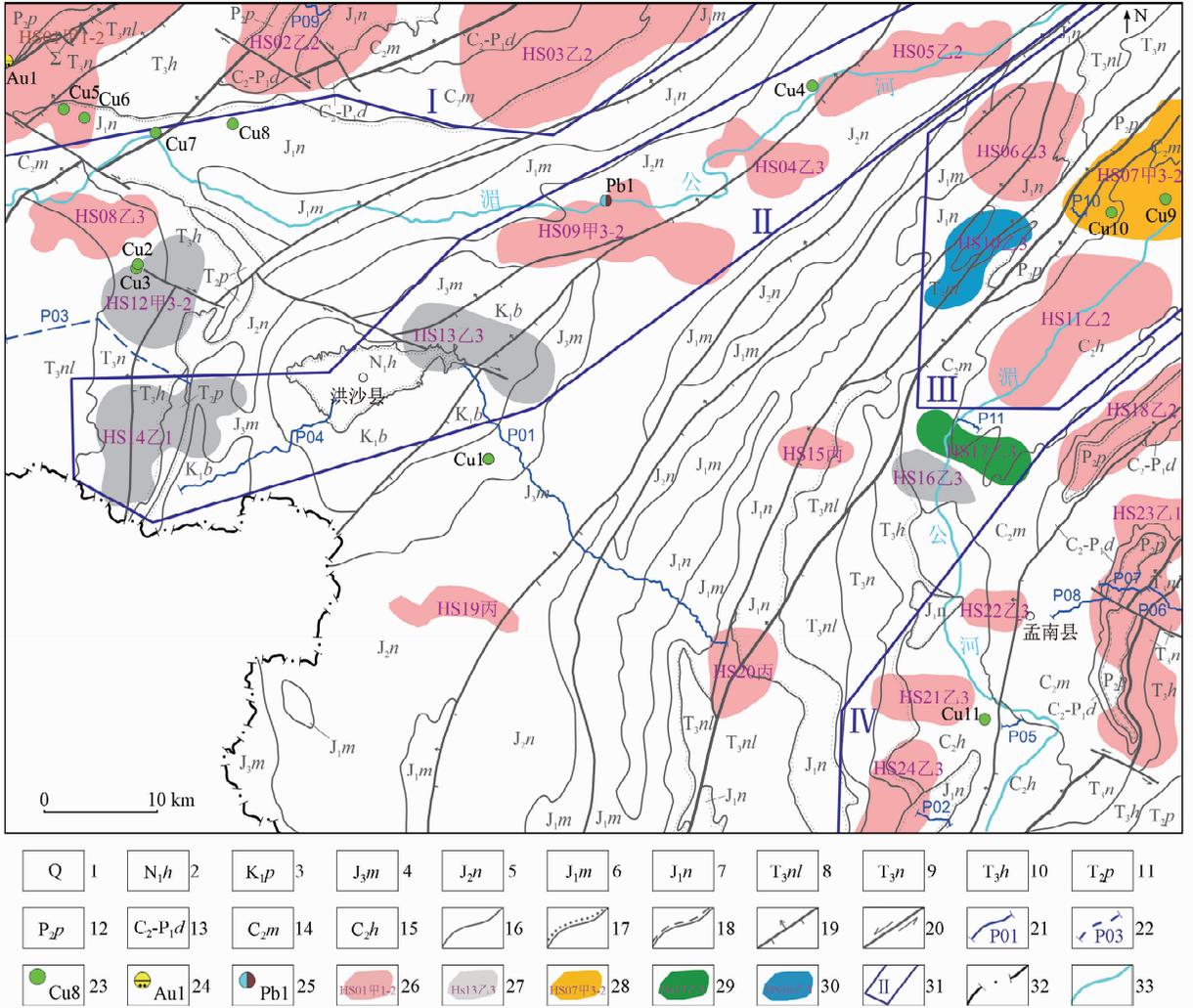
图1 研究区大地构造略图

Fig. 1 Tectonic outline of the study area

2 地层与古生物

2.1 地层划分与新建岩石地层单位

研究区地层区划属华南—印支大区、思茅—南邦地层区、老西北地层分区。通过实际调查,结合前人资料^[13-15]的综合研究表明,以国界划分的老西北地层分区地层的演化与东南亚及邻区的构造演化密切相关^[16],与思茅地层分区极为相似^[15]。研究区出露晚石炭世—二叠纪海相中基性火山—



1. 第四系; 2. 洪沙县组; 3. 帕克沟组; 4. 孟恩县组; 5. 南勇桥组; 6. 梅特河组; 7. 南莫村组; 8. 南辽组; 9. 南团组; 10. 杭村组; 11. 帕红组; 12. 潘达组; 13. 冬卡组; 14. 孟南县组; 15. 杭河组; 16. 整合界线; 17. 角度不整合; 18. 平行不整合; 19. 逆断层; 20. 平移断层; 21. 实测剖面及编号; 22. 路线剖面及编号; 23. 铜矿点及编号; 24. 金矿点及编号; 25. 铅矿点及编号; 26. 金铜镍多金属综合异常及编号; 27. 铜铅锌银多金属综合异常及编号; 28. 锡钨多金属综合异常及编号; 29. 铜镍钴多金属综合异常及编号; 30. 钇镧铈钍多金属综合异常及编号; 31. 找矿远景区及编号; 32. 国境线; 33. 河流

图2 研究区地质矿产简图

Fig.2 Geological and mineral products sketch of the study area

名为下侏罗统南莫村组(J₁n)与梅特河组(J₁m)、中侏罗统南勇桥组(J₂n)及上侏罗统孟恩县组(J₃m),时代置于侏罗纪,各组间均为整合接触,可角度不整合覆于不同时代地层之上。

白垩系分布于研究区中西部洪沙县—孟南县一带,为一套湖相砂泥质沉积建造,其地层层序与我国滇西地区的景星组可以对比^[20-21],与南塔地层区下白垩统(K₁)上部层位相当,与万象盆地的普帕纳陶帕山组相似^[23],根据实测剖面划分为1个地层单位,新建并命名为帕克沟组(K₁p),据植物化

石时代置于早白垩世,与下伏孟恩县组(J₃m)呈整合接触。

新近系局限于洪沙县附近,为湖沼相含煤砂泥质沉积建造,含大量褐煤,部分地段(沉积盆地中心)可厚达数十米甚至上百米,主要分布于洪沙盆地北西,其地层层序与云南中新世沉积相似^[20-21],与南塔地层区新近系(N)层位相当。根据实测剖面划分为1个地层单位,命名为新近系洪沙县组(N₁h),时代置于新近纪,与下伏帕克沟组(K₁p)呈角度不整合关系。

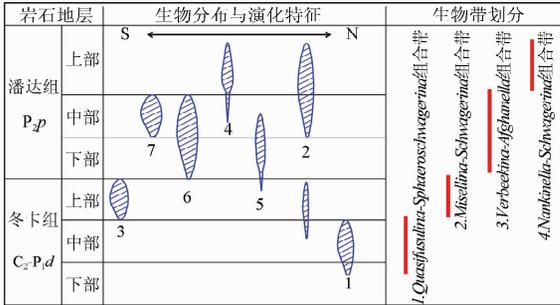
表1 研究区地层划分与命名

Tab.1 Stratigraphic classification and nomenclature of the study area

年代地层		岩石地层		主要岩性	生物化石与同位素年龄	沉积相	命名剖面与地点	
命名及代号	岩性柱状图	厚度/m						
新生界	第四系	全新统	Q	砾、角砾、砂、泥		河流相		
	新近系	中新统	洪沙县组 N ₁ h	泥岩、粉砂质泥岩		湖相—湖沼相	P04 洪沙县 (M.Hongsa)	
中生界	白垩系	下白垩统	帕克沟组 K ₁ p	1 137	岩屑长石石英砂岩与粉砂岩、粉砂质泥岩互层夹白色膏盐层	简单锥叶蕨: <i>Coniopteris</i> cf. <i>simplex</i> (L.et H.) Harris 拟金粉蕨型锥叶蕨: <i>Coniopteris</i> cf. <i>onychioides</i> Vassil. et Kara-Mur.	湖相—河流相	P04 帕克沟村 (B.Pakngou)
				1 424				
	侏罗系	上侏罗统	孟恩县组 J ₃ m	1 251	钙泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹长石石英砂岩及白色膏盐层	坚叶杉: <i>Pagiophyllum</i> sp. 万象盆地班辛黑组 ^[22] 介形类 <i>Darwinula sarytirmenensis</i> Sharapova, 轮藻 <i>Euaclistochara lufengensis</i> Wang et al.	湖泊相	P04 孟恩县 (M.Ngeun)
				3 722				
		中侏罗统	南勇桥组 J ₂ n	1 854	下部石英砂岩、钙泥质粉砂岩夹泥岩, 上部粉砂质泥岩夹粉砂岩及细砂岩	万象盆地南舍组 ^[22] 叶肢介 <i>Palaeolimnadia</i> sp.、介形类 <i>Darwinula</i> cf. <i>impudica</i> 、 <i>Darwinula</i> cf. <i>bella</i> Zhong	滨浅湖相	P01 南勇桥 (mYou Bridge)
				1 088	石英砂岩、岩屑石英砂岩夹粉砂岩、粉砂质泥岩, 偶夹砾岩	坚叶杉: <i>Pagiophyllum</i> sp.	浅湖相	P01 梅特河 (Nam Met)
	下侏罗统	南莫村组 J ₁ n	1 279	砂砾岩、岩屑砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩韵律互层	万象盆地南立组 ^[22] 叶肢介 <i>Palaeolimnadia diamanensis</i> Chen、 <i>Palaeolimnadia kangnaiensis</i> Chen、 <i>Pseudolimnadia</i> ? <i>reticulate</i> Chen、介形类 <i>Darwinula</i> sp.、 <i>Darwinula megacontracta</i> Ye、 <i>Darwinula</i> cf. <i>impudica</i>	河流—浅湖相	P01、P02 南莫村 (B.Namon)	
			1 681					
	三叠系	上三叠统	南辽组 T ₃ nl	103	粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、石英砂岩、含钙泥岩或泥灰岩	云南大平掌组 ^[20] 含双壳类 <i>Costatoria napengensis</i> 、 <i>Burmesia lirata</i> 、 <i>Unionites griesbacht</i> 、 <i>U. minimus</i> 、 <i>Posidonia gemmellaroi</i> 、 <i>Halobia</i> cf. <i>plicosa</i> 、 <i>Yunnanophorus</i> cf. <i>boulei</i> 、 <i>Y. cf. gracilis</i> 、 <i>菊石</i> <i>Thissites</i> cf. <i>agricolae</i> 、 <i>Trachyceras</i> cf. <i>fascigerum</i> 、腹足类 <i>Spirostylus</i> cf. <i>benecki</i>	海陆交互相	P03、P301、P102 南辽村 (B.Namlap)
				1 685				
中三叠统		帕红组 T ₂ p	1 347	粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、含钙泥岩, 夹微晶灰岩、凝灰岩	云南臭水组 ^[20] 含 <i>Daonella lommeli</i> 、 <i>D.indica</i> 、 <i>D. aff. reticulata</i> 、 <i>Posidonia nia wengensis</i> 、 <i>Costatoria inaequibstata cinvexa</i> 、 <i>Leptochondria</i> cf. <i>ilyrica</i> 、菊石 <i>Celtites</i> cf. <i>epolensis</i> 、 <i>Analcites</i> sp.及少量腕足类、腹足类和珊瑚化石	浅海相	P03、P101 帕红村 (B.Pakhoung)	
二叠系		中二叠统	潘达组 P ₂ p	380	生物灰岩、生物碎屑灰岩、泥岩夹凝灰岩	筴: <i>Schwagerina multialiveola</i> Chen、 <i>Schwagerina hupehensis</i> Chen、 <i>Schwagerina</i> sp.、 <i>Afghanella schencki</i> Thompson、 <i>Chusenella conicocylindrica</i> Chen、 <i>Chusenella</i> sp.、 <i>Schwagerina longitermina</i> Chen、 <i>Schwagerina brevipola</i> Chen、 <i>Verbeekina verbeeki</i> (Geinitz)、 <i>Verbeekina</i> sp.、 <i>Nankinella</i> sp.珊瑚: <i>Liangshanophyllum</i> sp.苔藓虫: <i>Fenestella</i> sp.凝灰岩锆石U-Pb年龄240Ma	碳酸盐台地相	P07、P10 潘达村 (B.Panda)
	402							
	下二叠统	冬卡组 C ₂ -P ₁ d	1 404	藻屑灰岩、微晶灰岩、生物碎屑灰岩、块状白云岩、白云质灰岩	筴: <i>Sphaeroschwagerina borealis</i> (Scherbovich)、 <i>Schwagerina</i> sp.、 <i>Quasifusulina cayeuxi</i> (Deprat)、 <i>Q. sp.</i> 、 <i>Schwagerina tschernyschewi</i> (Schellwien)、 <i>Misellina claudiae</i> (Deprat)海百合茎: <i>Cyclocyclicus</i> sp. <i>Pentagonocyclicus</i> sp.腹足类: <i>Glabrocingulum</i> sp.头足类: <i>Pseudotiroilites</i> sp.	台地边缘浅滩	P07、P09 冬卡村 (B.Don Kaco)	
石炭系	上石炭统	孟南组 C ₂ m	401	砂岩、粉砂岩、泥岩夹凝灰岩、生物碎屑灰岩	腕足类: <i>Crurithyris</i> sp. <i>Neochonetes</i> sp.	浅海相	P08、P10 孟南县 (B.Muang-Nan)	
			2 588					
		杭河组 C ₂ h	856	玄武岩、含集块火山角砾岩夹凝灰岩、硅质泥岩	玄武岩锆石U-Pb年龄296~347Ma	火山岛弧及盆	P05、P11 杭河 (Nam Hang)	

2.2 古生物与新建生物带

研究区石炭系—二叠系生物化石丰富,以筴、腕足为主,头足、腹足、海百合、苔藓虫次之。根据筴的分布与演化特征(图3),新建以下4个组合带。



1. *Cyclocyclicus*; 2. *Schwagerina*; 3. *Misellina*; 4. *Nankinella*; 5. *Chusenella*; 6. *Verbeekina*; 7. *Afghanella*

图3 研究区石炭纪—二叠纪主要筴化石演化特征与生物带划分图

Fig.3 Evolution characteristics and biozoning of the Carboniferous – Permian fossils in the study area

(1) *Quasifusulina - Sphaeroschwagerina* 组合带。对应上石炭统一二叠统冬卡组(*C₂ - P₁d*)中下部,产筴 *Quasifusulina cayeuxi* (Deprat)、*Quasifusulina* sp.、*Sphaeroschwagerina borealis* (Scherbovich)、*Schwagerina* sp.,以 *Quasifusulina cayeuxi* (Deprat) 大量出现为下限, *Sphaeroschwagerina borealis* (Scherbovich) 绝灭为上限,伴生大量海百合 *Cyclo-*

cyclicus sp. *Pentagonocyclicus* sp. 等。该组合代表早二叠世南方的马平期,分布较为广泛。

(2) *Misellina - Schwagerina* 组合带。对应于上石炭统一二叠统冬卡组(*C₂ - P₁d*)上部,产筴 *Misellina claudiae* (Deprat)、*Schwagerina tschernyschewi* (Schellwien),以 *Misellina claudiae* (Deprat) 的出现开始划分,该组合带大体相当于国内的 *Misellina claudiae* 带^[24],最早由李四光(1931)于南京栖霞山所定的栖霞组底部的第一个生物带,后人均以此生物带作为广义的栖霞组的一个筴带,并以 *Misellina claudiae* 出现作为早二叠世地层的底部。

(3) *Verbeekina - Afghanella* 组合带。对应于中二叠统潘达组(*P₂p*)中下部层位,产筴 *Afghanella schencki* Thompson、*Verbeekina verbeeki* (Geinitz)、*Verbeekina* sp.、*Chusenella conicocylindrica* Chen、*Chusenella* sp.、*Schwagerina longitermina* Chen 及 *Schwagerina brevipola* Chen 等;以 *Verbeekina verbeeki* (Geinitz) 的首次出现划分,以 *Afghanella schencki* Thompson、*Verbeekina verbeeki* (Geinitz) 的绝灭为上限,结束本组合带演化。该带以 *Verbeekina verbeeki* (Geinitz) 为最典型(图4),丰度高,个体大,旋壁厚,拟旋脊较发育,与国内南方中二叠世的 *Verbeekina* 带可以对比。



(a) D6316H1 - 1



(b) D6316H1 - 2

图4 老挝宗丕县班弄村 *Verbeekina verbeeki* (Geinitz) 化石样品

Fig.4 *Verbeekina verbeeki* (Geinitz) in B. nong village, M. Chomphet district of Laos

(4) *Nankinella - Schwagerina* 组合带。对应于中二叠统潘达组(*P₂p*)中上部层位,产筴 *Schwagerina multialveola* Chen、*Schwagerina hupehensis* Chen、*Nankinella* sp. 及 *Schwagerina* sp. 等,与国内南方中二叠世的 *Nankinella* 带大体可以对比。

3 火山岩与蛇绿混杂岩

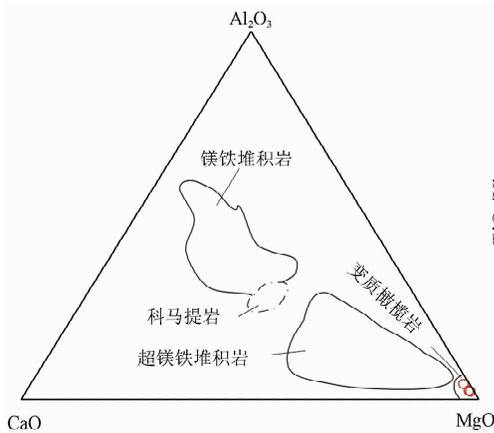
研究区岩浆活动较发育,以基性火山岩为主,分布在孟南县一带,顺湄公河近 SN 向展布,出露面积约 422 km²,属墨江—黎府—罗文真火山弧带的南延

组成部分; 次为超基性岩, 发育于巴本县(M. Pang Ben)莫卡兰扣山(Ph. Mokkalangkou)断裂带中。

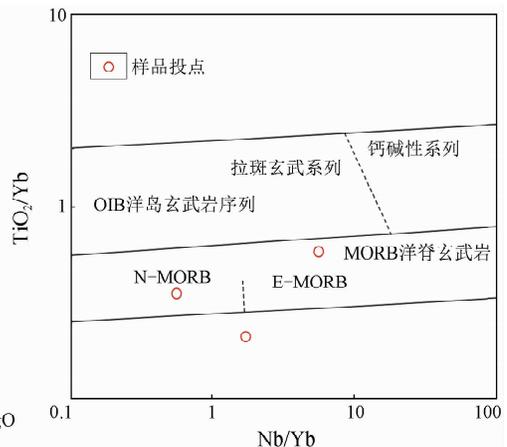
3.1 晚石炭世玄武岩

晚石炭世玄武岩位于墨江—黎府—罗文真火山弧带中段, 赋存于晚石炭世杭河组(C₂h)^[18], 岩性为火山熔岩类和火山碎屑岩类, 以玄武岩为主, 夹中基性火山角砾岩、凝灰岩、硅质岩组合, 喷发韵律特征明显, 具有多旋回喷发的特点。发育 3 个喷发旋回 5 个喷发韵律: 第一、三旋回以爆发相为主, 岩浆喷发指数 $E_p > 0.50$; 第二旋回以溢流相为主, 其 $E_p < 0.50$ 。以岩浆爆发为先导, 以溢流的方式涌出, 岩浆爆发方式减弱, 其后岩浆爆发又进一步加强, 最后以爆发的方式而结束。

玄武岩多呈灰—灰绿色, 斑状结构, 气孔状构造、杏仁状构造及枕状构造; 斑晶为辉石(普通辉石, 少量斜方辉石), 呈半自形—自形短柱状, 斜方辉石具环带结构。岩石平均碱度率(AR)1.32; 平均固结指数(SI)32.49, 里特曼指数(δ)平均值2.50 (<3.3), 属钙碱性岩石系列; $Mg^{\#}$ 值(42.38)低于原始岩浆参考值(65), 表明岩浆经历了结晶分异作用, 属演化的岩浆^[25], 是原始岩浆经不同程度分异演化后的结晶产物^[26], 形成于陆缘岛弧及陆缘火山弧环境(图 5)。孟南县桥头玄武岩锆石 U-Pb 年龄为 296 Ma, P05 剖面上玄武岩锆石 U-Pb 年龄为 347 Ma, 表明其形成时代为晚石炭世。



(a) Al₂O₃ - CaO - MgO 三角图解



(b) Nb/Yb - TiO₂/Yb 图解

图 6 超基性岩 Al₂O₃ - CaO - MgO 三角图解及 Nb/Yb - TiO₂/Yb 图解

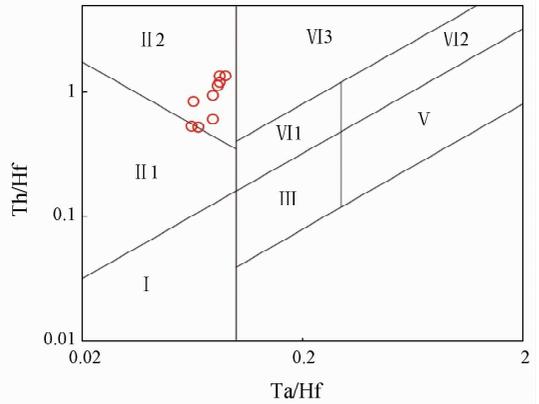


图 5 玄武岩 Ta/Hf - Th/Hf 判别图
I. 板块发散边缘 N - MORB; II 1. 大洋岛弧玄武岩区; II 2. 陆缘岛弧及陆缘火山弧玄武岩区; III. 大洋板内洋岛、海山玄武岩及 T - MORB、E - MORB 区; IV 1. 陆内裂谷及陆缘裂谷拉斑玄武岩区; IV 2. 陆内裂谷碱性玄武岩区; IV 3. 大陆拉张带(或初始裂谷)玄武岩区; V. 地幔热柱玄武岩区

图 5 玄武岩 Ta/Hf - Th/Hf 判别图

孟南县玄武岩向南延伸至沙耶武里以南, 是哀牢山—斯雷博河结合带向西俯冲形成的火山弧带, 为哀牢山—斯雷博河结合带南延提供了火山岩证据, 是斯雷博河洋俯冲极性的重要制约。

3.2 蛇纹混杂岩

超基性岩位于巴本县莫卡兰扣山顶, 以辉石岩、橄榄辉石岩、辉石橄榄岩、橄榄岩为主, 多见蛇纹石化、滑石化, 强蚀变为蛇纹岩(图 6)。

SiO₂ 含量较低且变化范围较为稳定(38.38% ~ 43.67%), MgO、FeO、Fe₂O₃ 含量普遍较高, 在 M/F - (M + F)/S 变异图上, 样品较为分散, 多落入超镁

质区—镁铁质区, 而 SiO₂ - Al₂O₃ 变异图投点集中落入贫铝质区, 综合来看属贫铝质的超镁质—镁铁质超基性岩。硅 - 碱图上落入碱性与亚碱性系列

Fig. 6 Al₂O₃ - CaO - MgO triangular diagram (a) and Nb/Yb - TiO₂/Yb diagram (b) for the ultrabasic rocks

的过渡地带,结合里特曼指数来看,为亚碱性拉斑玄武岩系列。样品固结指数 SI 高达 72.69 ~ 84.23,分异指数 DI 低至 0.38 ~ 0.99,反映岩浆分异程度很低,基性程度很高;长英指数 FL 与镁铁指数 MF 平均值分别达 20.54、21.03,说明岩浆分离结晶作用程度较高。稀土元素配分特点与原始地幔相似,微量元素蛛网图表现出 K、Nb、Sr、Ti 元素的亏损和 U、La、Nd、Sm 元素的富集。K 的亏损说明岩浆非壳源而是幔源特征; Nb 的亏损与源区性质有关; Sr 的亏损与幔源岩浆有斜长石的分异结晶有关; Ti 的亏损与磷灰石和钛铁矿的结晶分异作用有关。因此,该超基性岩的源区物质应为地幔物质,是地幔物质部分熔融的岩浆产物。在 $Al_2O_3 - CaO - MgO$ (图 6(a)) 三角图上样品投点集中于变质橄榄岩区,主要为地幔橄榄岩组分,反映出与洋中脊相关的构造环境;进一步用 $Nb/Yb - TiO_2/Yb$ 图解(图 6(b))作构造环境判别,样品投点位于正常型洋中脊(N - MORB)到富集型洋中脊(E - MORB)的过渡区域内,这与其地球化学性质表现出的 E - MORB 特征也较为一致。

区内超基性岩总体形成于正常型洋中脊(N - MORB)一富集型洋中脊(E - MORB)过渡环境,蛇纹石化辉石岩锆石 U - Pb 加权平均年龄为 (233 ± 16) Ma,可能代表其构造成位年龄,这与难河一程逸洋盆关闭时限一致。

该超基性岩整体夹持在 NE—SW 向莫卡兰扣(Ph. Mokkalangkou)断裂带中,变形极强,普遍片理化与透镜化,可能为难河一程逸缝合带的蛇绿岩残片,后期断裂逆冲推覆出露于地表,为难河一程逸缝合带在老挝境内北延提供了岩石佐证。

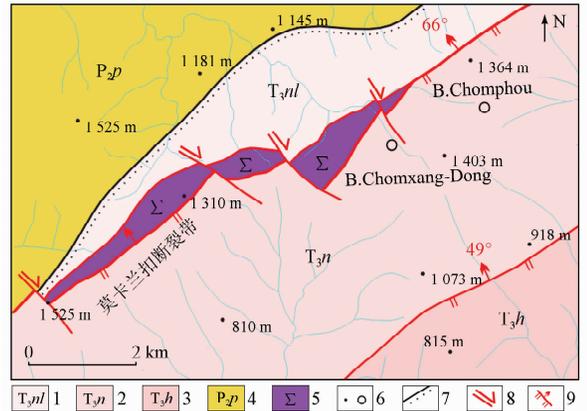
4 构造特征及构造演化

4.1 构造单元与构造层划分

研究区位于印支地块区,以难河一程逸缝合带为界划分为景洪—素可泰火山弧和思茅—彭世洛地块 2 个三级构造单元;思茅—彭世洛地块可细分为思茅—彭世洛中—新生代盆地和墨江—黎府火山弧带 2 个四级构造单元。根据沉积建造、岩浆活动、地层分布情况及不同时期构造运动形成的构造转换面,可划分出 4 个构造层:海西构造层、印支构造层、燕山构造层及喜马拉雅构造层。

4.2 莫卡兰扣(Ph. Mokkalangkou)断裂带

该断裂带分布于研究区北西角巴本县(M. Pang Ben)莫卡兰扣(Ph. Mokkalangkou)山,呈 NE - SW 向展布,研究区内可见延长约 11.4 km,断裂带最宽处可达 800 m(图 7)。



1. 南辽组; 2. 南团组; 3. 杭村组; 4. 帕红组; 5. 基性岩; 6. 高点/村庄; 7. 角度不整合界线; 8. 平移断层; 9. 逆断层

图 7 莫卡兰扣断裂带平面分布图

Fig. 7 Ph. Mokkalangkou deep fracture plane distribution map

断裂带卷入地层北西侧为上三叠统南辽组灰黄色绢云千枚岩,南东侧为上三叠统南团组紫红色—灰黄色含粉砂板岩。

断裂带南东边界断层带为主断层,宽约 110 m,断面波状弯曲,产状 $323^\circ \angle 66^\circ$ 。断裂两侧为下三叠统,并切错地层,形成牵引褶皱。根据变形程度及变形特征将该断裂带划分为 7 个变形带。

前述 E - MORB 型超基性岩整体夹持在该断裂带中,为早期难河一程逸缝合带产物,后期推覆出露地表,据此提出莫卡兰扣断裂带为难河一程逸缝合带的北延部分,对该区及邻区的地层、构造区划具有重要意义。

4.3 构造演化

研究区自古生代以来经历黎府洋俯冲演化、难河一程逸洋俯冲演化、碰撞造山、盆山转换、陆内造山与改造和隆升调整等多阶段、多背景的漫长复杂演化形成现今构造格局(图 8)。

(1)晚石炭世—中二叠世黎府洋俯冲演化阶段。晚石炭世以来是古特提斯洋演化的重要阶段,研究区主要转入活动大陆演化阶段^[2]。随着北边金沙江—哀牢山洋与马江洋在晚古生代相连^[27-28],并统一发展演化^[29],作为其南支的奠

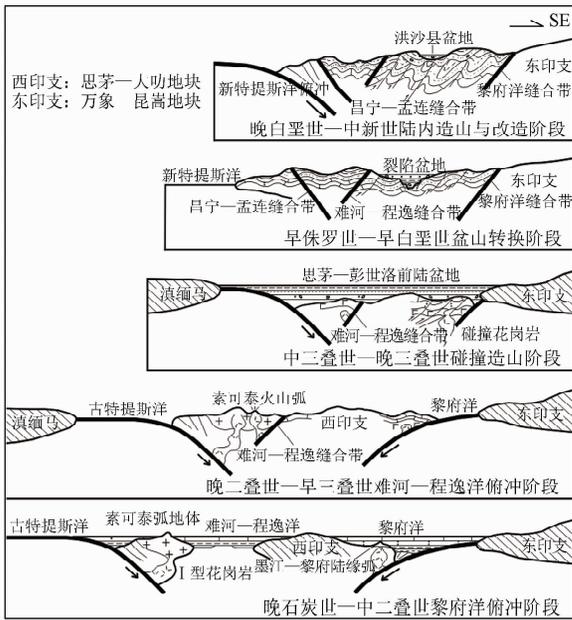


图 8 研究区构造演化模式

Fig. 8 Tectonic evolution pattern in the study area

边府—黎府洋继续扩张,当莫边府—黎府洋盆扩张进入高潮的时候,晚石炭世末,莫边府—黎府洋的西缘构造作用发生转换,由拉张环境变为挤压环境,促使洋陆交接部位发生俯冲作用,开始转化为活动大陆边缘^[8]。而同时期研究区西部莫兰卡扣山发育一套蛇纹石化辉石岩、蛇纹岩的类蛇绿岩,表明了难河—程逸洋开始扩张,也加剧了莫边府—黎府洋的俯冲消亡。

(2)晚二叠世—早三叠世难河—程逸洋俯冲演化阶段。晚石炭世—早二叠世,因古特提斯洋向东俯冲,诱发难河—程逸带发生弧后张裂^[30-31],素可泰弧地体裂离古印支地块,难河—程逸弧后盆地洋形成(早二叠世末)。晚二叠世洋盆开始消减,向西俯冲到景洪—素可泰弧地体之下。在中二叠世末经历过一次重要的弧陆拼贴碰撞作用,地壳发生抬升暴露,遭受剥蚀,致使研究区缺失晚二叠世—早三叠世沉积记录。

(3)中三叠世—晚三叠世碰撞造山阶段。中、晚三叠世之交,难河—程逸洋消亡,黎府洋开始关闭,思茅—彭世洛微地块与万象—昆嵩地块碰撞拼合,形成同碰撞前陆盆地,沉积了中三叠世海陆交互相细碎屑岩及晚三叠世厚度巨大的复理石夹少量灰岩。晚三叠世末,随着黎府洋的完全碰撞拼合,素可泰弧地体与思茅—彭世洛微陆块、思茅—彭世洛微陆块与长山微陆发生全面汇聚,盆内相继沉积了一

套深色海相、相对深水的细碎屑岩夹少量硅质岩、灰岩及少量火山碎屑岩组合,印支运动的全面爆发,终结了研究区的海相沉积历史,继而开启研究区造山阶段,发生一系列挤压构造事件,形成现今研究区中、晚三叠世地层的强烈构造变形的特征。

(4)早侏罗世—早白垩世盆山转换阶段。早侏罗世造山过程中地壳缩短增厚,深层次地壳发生均衡调整——去“山根”作用和底侵—拆沉作用,造成加厚地壳减薄,浅层次地壳伸展,发育一系列山间、山前断陷—坳陷盆地。与之耦合,思茅—彭世洛由挤压前陆盆地转换为伸展裂陷盆地^[8],在班海德(B. Hatteu)—洪沙县(M. Hongsa)形成了NE—SW向展布的裂陷盆地,大量粗碎屑岩沿低洼地带堆积,与下伏地层的不整合具明显的填平补齐效果,粗碎屑物也明显来自下伏地层,表现为下侏罗统底部中厚层状砾岩夹泥岩的岩石组合,间杂有山间磨拉石沉积,下白垩统产丰富的 *Pagiophyllum* sp.、*Coniopteris* cf. *simplex* (L. et H.) Harris、*Coniopteris* cf. *onychioides* Vassil. et Kara—Mur 等,显示湖相—河流相沉积环境。

(5)晚白垩世—中新世陆内造山与改造阶段。白垩纪晚期为陆内汇聚挤压作用时期,盆地掀斜,再次褶皱造山,形成研究区规模最大的洪沙县复式向斜,缺失晚白垩世—渐新世沉积记录。随着陆内造山及改造,裂陷盆地逐渐消亡,造山活动进入松弛阶段,洪沙县一带小型凹陷重新接受沉积,表现为新近系洪沙县组紫红色粉砂质泥岩角度不整合于下白垩统帕克沟组之上,同时发育近百米厚的煤层,反映了湖沼古环境的变迁。

(6)上新世—第四纪隆升调整阶段。上新世以来,由于印度板块、欧亚板块、太平洋板块的持续汇聚,研究区进入隆升调整阶段。区内地壳发生差异升降,风化剥蚀、河流下切作用强烈,形成一系列不同规模的河流阶地,堆积了不同时期的砂砾石松散堆积物。同时受老挝湿热环境影响及急剧的风化作用,形成了现今的地貌格局。

5 矿产分布及找矿远景

5.1 矿点

研究区新发现矿化点及矿化线索 13 处(图 2),其中铜矿化点 11 处,铅锌矿化点 1 处,金矿点 1 处,铜品位 0.5%~1.63%,金最高品位达 20 g/t。新发现铜矿化点分为 2 种类型:一是与中生代砂岩、粉砂岩相关的铜矿化;二是与石炭纪基性火山

岩有关的铜矿化。

5.2 综合异常

根据元素地球化学特征、元素组合与异常的空间套合关系以及地质、构造、矿产背景等,确定元素组合,圈定7类组合异常。在组合异常的基础上,根据各类元素异常分布特点、强度及套合关系,并按照地质构造背景进行适当取舍形成综合异常。研究区共圈定24个综合异常,其中甲类异常4个,乙类异常17个,丙类异常3个,有找矿意义的金、铜、铅、锌、钨、锡、钼等异常多处于找矿远景区内(图2),位于断裂构造带附近,受成矿条件控制,异常在空间上的集中分布特征十分明显。

5.3 找矿远景区

按照《找矿远景区划分的原则和级别》的规定,结合区内成矿地质条件、综合异常特征、异常空间分布规律划分4个找矿远景区(图2),即I巴本—孟昏金铜多金属找矿远景区、II孟恩—孟安铅锌铜多金属找矿远景区、III琅勃拉邦金多金属找矿远景区和IV孟南县金钨多金属找矿远景区。对优势矿产资源潜力进行了初步分析。

6 结论

(1)系统建立了研究区地层序列及构造格架,新建石炭系—新近系14个组级岩石地层单位,由老到新命名为杭河组(C₂h)、孟南县组(C₂m)、冬卡组(C₂-P₁d)、潘达组(P₂p)、帕红组(T₂p)、杭村组(T₃h)、南团组(T₃n)、南辽组(T₃nl)、南莫村组(J₁n)、梅特河组(J₁m)、南勇桥组(J₂n)、孟恩县组(J₃m)、帕克沟组(K₁p)、洪沙县组(N₁h)。6个层位采获可鉴定的古生物化石,鉴定17属25种,其中瓣类化石最为发育,在详细研究其分布与演化特征的基础上,新建了研究区石炭纪—二叠纪4个瓣化石组合带。

(2)查明研究区火山岩时代主要为石炭纪、早二叠世、中三叠世,提出了莫卡兰扣断裂为难河—程逸缝合带北延部分的新认识,所夹超基性岩可能为蛇绿岩残片,为难河—程逸缝合带北延提供了岩石证据,对该区及邻区的地层、构造区划具有重要意义。

(3)查明研究区构造形迹的特征与分布,划分4个构造单元4个构造层,总结出构造演化经历了晚石炭世—中二叠世黎府洋俯冲、晚二叠世—早三叠世难河—程逸洋俯冲、中三叠世—晚三叠世碰撞造山、早侏罗世—早白垩世盆山转换、晚白垩世—

中新世陆内造山与改造、上新世—第四纪隆升调整等6个演化阶段。

(4)新发现铜、铅、锌、金13处矿化点,通过水系沉积物测量圈定化探综合异常24处,系统总结了研究区含矿层位、成矿地质背景、成矿时代及成矿规律,划分了4个成矿远景区,对优势矿产资源潜力进行了初步分析。

致谢:参加项目工作的还有陈大健、王若飞、吴海林、邓泽锦、余旭辉等,此成果是集体智慧的结晶。林方成、范文玉、张宽忠等给予了指导和帮助,审稿专家与责任编辑提出了建设性意见,谨致谢意!

参考文献:

- [1] 李兴振,刘朝基,丁俊.大湄公河次地区主要结合带的对比与连接[J].沉积与特提斯地质,2004,24(4):1-12.
- [2] 李兴振,刘朝基,丁俊.大湄公河次地区构造单元划分[J].沉积与特提斯地质,2004,24(4):13-20.
- [3] 莫宣学,邓晋福,董方浏,等.西南三江造山带火山岩—构造组合及其意义[J].高校地质学报,2001,7(2):121-138.
- [4] 卢映祥,刘洪光,黄静宁,等.东南亚中南半岛成矿带初步划分与区域成矿特征[J].地质通报,2009,28(2/3):314-325.
- [5] 朱延浙,吴军,崔子良,等.老挝北部地区矿产资源与成矿预测[J].矿产与地质,2007,21(6):665-667.
- [6] 施美凤,林方成,李兴振,等.东南亚中南半岛与中国西南邻区地层分区及沉积演化历史[J].中国地质,2011,38(5):1244-1256.
- [7] 刘本培,冯庆来,Chonglakmani C,等.滇西古特提斯多岛洋的结构及其南北延伸[J].地学前缘,2002,9(3):161-171.
- [8] 王宏,林方成,李兴振,等.老挝及邻区构造单元划分与构造演化[J].中国地质,2015,42(1):71-84.
- [9] 施美凤,林方成,刘朝基,等.东南亚缅甸泰老越柬五国与中国邻区成矿带划分及成矿特征[J].沉积与特提斯地质,2013,33(2):103-112.
- [10] 朱延浙,吴军,胡建军,等.老挝地质矿产概论[M].昆明:云南科技出版社,2009:1-200.
- [11] 陈喜峰,叶锦华,向运川,等.东南亚地区重要矿床地质特征及找矿潜力[J].地质通报,2017,36(1):50-65.
- [12] 贾润幸,方维萱,隗雪燕.老挝地质矿产资源及开发概况[J].矿产勘查,2014,5(5):826-833.
- [13] 成都地质矿产研究所.三江—湄公河成矿带地质背景和成矿规律对比研究专题成果报告[R].成都:中国地质调查局成都地质矿产研究所,2011:11-334.
- [14] 林方成,李兴振,刘朝基,等.东南亚地区地质矿产对比研究项目成果报告[R].成都:中国地质调查局成都地质矿产研究所,2007:10-373.
- [15] 四川省地质矿产勘查开发局区域地质调查队.老挝1:20万孔县幅区域地质调查报告[R].成都:四川省地质矿产勘查开发

- 局区域地质调查队,2016:1-237.
- [16] 王义昭,李兴林,段丽兰,等.三江地区南段大地构造与成矿[M].北京:地质出版社,2000:1-158.
- [17] 全国地层委员会.中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版)[M].北京:地质出版社,2001:1-59.
- [18] 李振江,吴振波,游水生,等.老挝沙耶武里洪沙地区新建岩石地层单位[J].四川地质学报,2018,38(2):183-190.
- [19] Trinh Hoai Anh, Tran Van Ban, Vu Dinh Chau, et al. Mineral survey and geological mapping of northern area, part I: Geological[R]. Ha Noi, 2007:1-210.
- [20] 云南省地质矿产局.云南省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996.
- [21] 云南省地质矿产局.云南省区域地质志[M].北京:地质出版社,1990.
- [22] 朱延浙,吴军,徐世光,等.老挝万象地区的侏罗系[J].地层学杂志,2008,32(1):55-59.
- [23] 吴军,朱延浙,严城民,等.老挝万象地区白垩系[J].沉积与特提斯地质,2007,27(4):63-68.
- [24] 李四光.中国海中纺锤状有孔虫之种类与分布[J].中国地质学会志,1931,10(10):273-290.
- [25] 姜常义,钱壮志,姜寒冰,等.云南宾川—永胜—丽江地区低钛玄武岩和苦橄岩的岩石成因与源区性质[J].岩石学报,2007,23(4):777-792.
- [26] 王银喜,顾连兴,张遵忠,等.博格达裂谷双峰式火山岩地质年代学与Nd-Sr-Pb同位素地球化学特征[J].岩石学报,2006,22(5):1215-1224.
- [27] Lepvrier C, Van Vuong N, Maluski H, et al. Indosinian tectonics in Vietnam[J]. C R Geosci, 2008, 340(2/3):94-111.
- [28] 刘俊来,唐渊,宋志杰,等.滇西哀牢山构造带:结构与演化[J].吉林大学学报:地球科学版,2011,41(5):1285-1303.
- [29] Lepvrier C, Maluski H, Van Tich V, et al. The Early Triassic Indosinian orogeny in Vietnam (Truong Son Belt and Kontum Massif): Implications for the geodynamic evolution of Indochina[J]. Tectonophysics, 2004, 393(1/2/3/4):87-118.
- [30] Sone M, Metcalfe I. Parallel Tethyan sutures in mainland Southeast Asia: New insights for Palaeo-Tethys closure and implications for the Indosinian orogeny[J]. C R Geosci, 2008, 340(2/3):166-179.
- [31] Metcalfe I. Palaeozoic - Mesozoic history of SE Asia[J]. Geol Soc London, 2011, 355:7-35.

Main achievements of 1:200 000 regional geological mapping in B. Khon sheet of Laos

LI Zhenjiang¹, LIU Shusheng², WU Zhenbo², JING Zhimin³, YOU Shuisheng¹

(1. Geological Survey Team of Sichuan Geology and Mineral Bureau, Chengdu 610213, China; 2. Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610081, China; 3. Geochemical Exploration Team of Sichuan Geology and Mineral Bureau, Deyang 618000, China)

Abstract: 1:200 000 regional geological mapping in B. Khon sheet of Laos is a cooperation project between Chinese and Laotian governments. Methods of regional geological survey and regional geochemical survey were used in this project, the distribution and characteristics of regional strata, rocks, structures and minerals were identified, and a series of achievements and progresses have been made: ① The stratigraphic sequences and tectonic framework of the study area were systematically constructed, and 14 Carboniferous - Neogene lithostratigraphic units and 4 Carboniferous - Permian fusulinid fossil assemblage zones were newly established. ② The period of volcanic rocks in this study area is mainly Carboniferous, Early Permian and Middle Triassic. The Ph. Mokkalangkou deep-seated fault zone is part of the northward extension of the Nan - Uttaradit suture zone, in which the ultrabasic rocks may be the relicts of ophiolites. This achievement is of great significance to the stratigraphic and tectonic division of the study area and adjacent areas. ③ The characteristics and distribution of the structures in the study area are identified, 4 tectonic level and 4 tectonic units were divided, and six stages of tectonic evolution were pointed out. ④ Thirteen new Cu, Pb - Zn and Au mineralization points were found. And 24 integrated geochemical anomalies were selected according to the stream sediment survey. Ore-bearing bed, ore-forming geological background, metallogenic epoch and metallogenic regularity were systematically summarized. Four metallogenic prospecting areas were divided and the potential of superior mineral resources was preliminarily analyzed.

Key words: regional geological survey; geochemical survey; Nan - Uttaradit suture zone; prospecting areas; B. Khon; Laos