

老挝

LAOWO WANXIANG JIAYAN DIZHI



万象钾盐地质

郭远生 吴军 朱延浙 严城民 赵劲 陈文 著

云南科技出版社



老挝万象钾盐地质

LAOWO WANXIANG JIAYAN DIZHI

责任编辑 王超超

孙玮贤

责任校对 叶水金

责任印制 翟 苑

ISBN 7-5416-2272-9

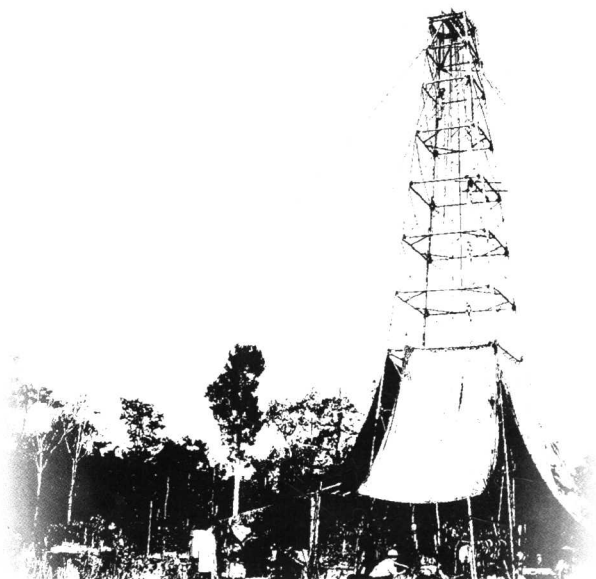


9 787541 622724 >

ISBN 7-5416-2272-9/P · 43

定价：56.00 元

老挝



LAOWO WANXIANG JIAYAN DIZHI

万象钾盐地质

云南科技出版社
· 昆明 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

老挝万象钾盐地质/郭远生等著. —昆明: 云南科技出版社, 2005. 12

ISBN 7-5416-2272-9

I. 老... II. 郭... III. 钾盐矿床—采矿地质学—研究—老挝 IV. P619.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 145455 号

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

云南地质矿产局印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 14.25 字数: 412 千字

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1 × 1 000 册 定价: 56.00 元

谨以此书献给
矿产资源“走出去”战略的实践者！

序

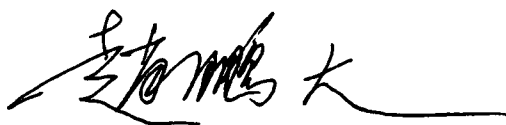
老挝万象平原钾盐矿床的勘查与开发，是中、老两国领导人高度重视、积极支持的重大国际经贸合作项目。经勘查，该矿床属特大型钾盐矿床。在该项目实施的两年零八个月中，数百名科技工作者付出了辛勤劳动，取得了极为丰富的地质矿产资料，为编写本书奠定了坚实的基础。

《老挝万象钾盐地质》以老挝万象钾盐矿床地质勘查为基础，系统介绍了该矿床的区域地质背景、矿床地质特征、含盐地层岩相古地理、矿床成因及矿床的开发利用，并进行了矿床远景评价和成矿预测。

钾盐矿床可形成于海相，也可以形成于陆相。海相钾盐矿床已有较多的报道；陆相成钾理论由我国地质工作者提出，但矿床实例多为我国西北地区的现代盐湖中之液体矿床。在老挝万象钾盐矿床勘查中，使“陆相成钾理论”在境外得到了验证。本专著系统介绍的老挝万象陆相钾盐矿床，在国内外尚属首次。

老挝万象钾盐矿床勘查，是我国第一个境外矿产资源勘查与开发相结合的大型项目。该项目的成功，对于积极推进我国矿业“引进来、走出去”的开放战略，合作开发周边国家的矿产资源，提高我国矿产资源的战略储备，确保国家资源安全，起到了明显的示范和重要的指导作用。

本书可供从事东南亚地质、钾盐矿床工作的科研、生产、教学人员参考，也可作为万象平原钾盐矿床进一步勘查、开发的科学依据。



2005年10月16日

前 言

钾盐是一种盐类矿床,主要矿石矿物为钾石盐、光卤石、钾盐镁矾、无水钾镁矾及杂卤石,是生产氯化钾的主要矿种。氯化钾是制造钾肥的重要原料,在医药卫生、化学工业上也有广泛用途。

我国耕地中钾含量普遍偏低,钾盐资源匮乏。2001年,我国钾肥施用量为 $418 \times 10^4 \text{t}$,而国内生产量仅为 $86 \times 10^4 \text{t}$,进口量达 $332 \times 10^4 \text{t}$ 。截止到1995年,我国钾盐保有储量 $45\,700 \times 10^4 \text{t}$ 。其中,分布于西北地区现代盐湖中的液体矿产占总储量的95%,分布在云南、四川、西藏、新疆等地的固体矿产仅占5%。钾盐已成为影响国家经济安全的一种重要的矿产资源。

在“以邻为善、以邻为伴、共同发展”的前提下,积极推进矿业“引进来、走出去”的开放战略,合作开发周边国家的矿产资源,是我国长期坚持的一项基本策略。采用经济援助先行、商业开发跟上的运作方式,有利于充分利用国外的资源与市场、降低我国经济发展的总成本,有利于带动我国技术设备和劳动力输出、为国内企业提供发展机遇,有利于以建立现代企业制度为目标、培养我国的跨国企业,有利于开展和平外交和资源外交,加强中老两国的经济贸易合作。

2001年7月10日,云南地矿勘查工程总公司(集团)与老挝工业手工业部在万象签署了《老挝人民民主共和国万象盆地钾盐开发勘查及可行性研究协议》。国家发展计划委员会对该项目进行了批复。至此,该项目进入实施阶段。

在该项目实施过程中,9个单位、数百名科技工作者付出辛勤的劳动,取得丰富的地质资料,撰写数百万字的研究成果,为本书编著奠定坚实的基础。

通过工作,取得如下创新和进展:

1. 全面完成万象平原特大型钾镁盐矿首期矿产勘查任务

经过两年零八个月的工作,探明基础储量(121b) $10\,323 \times 10^4 \text{t}$ 、控制基础储量(122b) $29\,155 \times 10^4 \text{t}$ 、推断资源量(333) $32\,325 \times 10^4 \text{t}$ 、预测资源量(334) $1\,336\,196 \times 10^4 \text{t}$ 。探明的储量至少可供年产 $100 \times 10^4 \sim 300 \times 10^4 \text{t}$ 氯化钾的大型企业开采100年以上。目前,该项目已进入开发试验阶段。

2. 探索合作开发境外矿产资源路子,取得成功经验

万象平原钾镁盐矿勘查是我国第一个境外矿产资源勘查与开发相结合的大型项目。该项目的成功,对于积极推进矿业“引进来、走出去”的开放战略,合作开发周边国家的矿产资源,提高我国矿产资源的战略储备,确保国家的资源安全,起到了明显的示范和重要的指导作用。

3. 万象平原基础地质研究取得多方面突破性进展

建立万象地区的地层系统。该地区的二叠系—古近系划分为11个组。其中,有6个组被进一步划分为2个岩性段。11个组中均获古生物资料,分属14个生物地层单位。含盐地层——塔贡组(E_{1tg})可划分为滨湖、浅湖、半深湖相,在成盐过程中沉积环境发生过较明显的迁移改组;膏盐岩形成于气候长期干旱、盆地基底不断下降、卤水持续补给的沉积环境。万象地区的构造变形可划分为成盐前、成盐期、成盐后3个时期。

4. 丰富和发展了陆相成钾理论

根据东印支地块的构造古地理、含钾地层及其上覆、下伏地层的岩相古地理、钾镁盐矿体的时空分布特点、矿石的地球化学特征,将万象平原钾镁盐矿床的成因类型总结为“海源陆生”。并认为含钾卤水主要来自南部的呵叻盆地,钾镁盐矿通过海水的持续补给、经自身浓缩形成。这

一成钾理论的创新,对我国在藏南、滇西,乃至东南亚寻找钾镁盐矿,具有重大的指导作用。

5. 总结了万象钾镁盐矿的成矿规律

时间上,万象平原含盐地层可划分为3个由膏盐岩—碎屑岩组成的沉积旋回,钾镁盐主要产于第一旋回膏盐岩的上部。空间上,钾镁盐矿受岩相古地理控制,主要分布于万象平原东部的班通芒—班农刀地区、东南部的班海地区及西南部的塔贡地区。这一规律的总结,浓缩了万象平原钾镁盐矿的找矿靶区,在万象平原钾镁盐矿勘查中有重要的指导作用,也为盐类矿床的形成提供了典型的矿床实例。

6. 创新盐类矿床勘查方法

在钾镁盐矿床勘查中,进行技术方法优化组合,加快了矿床勘查评价。各种地质勘查手段选用合理、开展适时、衔接有序、管理严密,优质、高效、低耗地完成了万象平原钾镁盐矿勘查任务。

7. 发明开采钾镁盐矿的“钻孔选择性溶浸—多元组合结晶”方法

在充分考虑矿床地质特征、矿床开采技术条件、矿床开发经济效益的基础上,进行钾镁盐矿开采加工工艺试验,发明了制取优质氯化钾的“钻孔选择性溶浸—多元组合结晶法”工艺。经专家评审鉴定,该工艺切合万象平原钾镁盐矿实际情况,在开发中可最大限度地提高经济效益,减少环境污染。

8. 查明万象钾镁盐矿区首采区的开采技术条件

经对大量地表、钻孔观察资料综合研究分析,已查明:万象钾镁盐矿区班通芒矿段、班农刀矿段的矿床充水能力极弱,水文地质条件中等偏简单,工程地质条件中等。

本书是集体智慧的结晶。在集体讨论的基础上,编写提纲由郭远生、吴军编写;前言由郭远生执笔;第一章由严城民执笔;第二章、第四章第二节、第四节由朱延浙执笔;第三章、第四章第一节和第三节由吴军执笔;第五章第一节、第二节由赵劲执笔;第五章第三节由陈文执笔;全文由郭远生统编。资料收集完成后,文稿由严城民、蒋志文整理成书,交付出版。

在本书编著过程中,中国地质大学校长赵鹏大院士给予热情帮助和细心指导,承蒙云南省政协杨崇汇主席、国土资源部汪民副部长、国家旅游局邵琪伟局长(原云南省政府副省长)、中国驻老挝大使馆张瑞昆参赞及云南省地质矿产勘查开发局李晓明局长等领导关心指导,借此机会致以诚挚的谢意!

参加本项目工作的单位有:云南省地质调查院、云南省地矿局区域地质矿产调查大队、云南地矿资源股份有限公司物化探院和曲靖分公司、云南省地矿局809队、云南省地矿局816队、云南省非金属矿产应用研究所、中国五环化学工程公司、化工部连云港设计研究院等。

因本书涉及的专业较多、编写时间仓促,书中难免出现粗、漏、错、乱,敬请广大读者指正。

目 录

第一章 区域地质	(1)
第一节 地 层	(2)
一、第四系	(5)
二、古近系	(6)
三、白垩系	(20)
四、侏罗系	(32)
五、二叠系	(38)
第二节 岩浆岩	(42)
一、地质产状及特征	(42)
二、岩石成因与岩浆活动时期	(43)
第三节 地质构造	(45)
一、构造运动	(46)
二、构造形迹	(52)
第二章 矿床地质	(57)
第一节 矿区地质	(57)
一、地 层	(57)
二、构 造	(65)
第二节 矿体地质	(68)
一、矿体特征	(69)
二、矿石特征	(72)
三、矿体围岩与夹石	(79)
四、矿体类型	(82)
第三章 含盐层岩相古地理	(92)
第一节 沉积相划分与相标志	(92)
一、沉积相划分与编图	(92)
二、沉积相标志	(96)
第二节 塔贡组下段岩相古地理	(105)
一、塔贡组下段沉积岩相	(106)
二、塔贡组下段沉积期的古地理分析	(113)
第三节 塔贡组中段岩相古地理	(114)
一、塔贡组中段沉积岩相	(114)
二、塔贡组中段沉积期的古地理分析	(122)
第四节 塔贡组上段岩相古地理	(123)
一、塔贡组上段沉积岩相	(123)
二、塔贡组上段沉积期的古地理分析	(130)
第四章 矿床成因与成矿预测	(131)
第一节 钾盐矿床成因理论	(131)

一、钾盐矿床形成条件	(131)
二、海相盐类沉积的形成机理(沙洲说)	(133)
三、陆相盐类沉积的形成机理(沙漠说)	(135)
四、成盐理论的新发展	(137)
第二节 矿床对比	(141)
一、钾盐矿床类型及典型实例	(141)
二、万象平原钾镁盐矿的矿床类型	(144)
第三节 万象钾镁盐矿床成因分析	(146)
一、成钾物质的来源	(146)
二、钾镁盐矿的形成	(150)
第四节 找矿标志与成矿预测	(155)
一、找矿标志	(155)
二、成矿预测	(156)
第五章 开发利用	(161)
第一节 矿床开采技术条件	(161)
一、水文地质	(161)
二、工程地质	(170)
三、环境地质	(179)
第二节 矿石加工技术性能	(181)
一、水溶性能试验	(182)
二、选择性溶浸复证试验	(185)
三、浮选试验	(192)
第三节 矿床开发经济意义预可行性研究	(193)
一、资源形势分析	(193)
二、矿床地质评价	(197)
三、矿山建设外部条件	(199)
四、矿山生产规模的确定	(200)
五、矿山开采	(201)
六、经济评价方法及指标	(203)
七、经济效益及敏感性分析	(204)
八、环境保护	(206)
参考文献	(207)
英文摘要	(209)
图版及说明	(219)

第一章 区域地质

老挝人民民主共和国万象平原位于中南半岛北部。地理坐标：东经 $102^{\circ}12'00'' \sim 103^{\circ}20'00''$ ，北纬 $17^{\circ}51'00'' \sim 18^{\circ}40'00''$ 。行政区划属老挝人民民主共和国万象市、万象省及波里坎赛省所辖（图 1-1）。

万象平原地形平坦，海拔高程 160 ~ 200m，相对高差仅 40m。平原周边为低山地区，高程 200 ~ 700m，地形坡度稍大。区内交通运输以公路为主，航空、水运次之。13 号公路纵贯全区，向北经琅勃拉邦进入我国云南，向南可以到达泰国、越南及柬埔寨。支线可达村寨，但均为土路，雨季较难行车。区内气候温热，长夏无冬、春秋极短，属热带季风气候。

该区地广人稀，现有人口 907 400 人，平均 226 人/km²。民族以老龙族为主，次为老松（宋）族、老听族及少量外国侨民。工业以水电、啤酒、卷烟为主，制盐、木器生产等手工业占有一定比例。农业以种植水稻为主，养殖、畜牧业次之。

万象平原的地质矿产研究始于 1921 年。80 多年来，法国、英国、美国、越南、泰国、日本、中国等地的地质学家先后在该区进行地质矿产调查（表 1-1）。基础地质方面，覆盖全区的小比例尺图件主要依靠遥感解译，地面验证太少，中比例尺图件覆盖率低，至今尚无大比例尺地质图。因此，建立的岩石地层单位较为粗略，与下伏地层接触关系多数不清，缺乏化石依据，时空延伸情况不明。矿床地质方面，较系统的资料是《老挝人民民主共和国万象平原塔贡地区钾镁盐矿普查评价地质报告》（越南国家地质总局，1986）。该项目工作范围仅占万象平原的 1/6，部分钻孔在钾盐层之上终孔，综合研究程度偏低，观点、结论可供参考，钻孔、化学分析等实际资料可直接利用。上述情况反映了万象平原的地质矿产调查，至今仍处于较低水平。

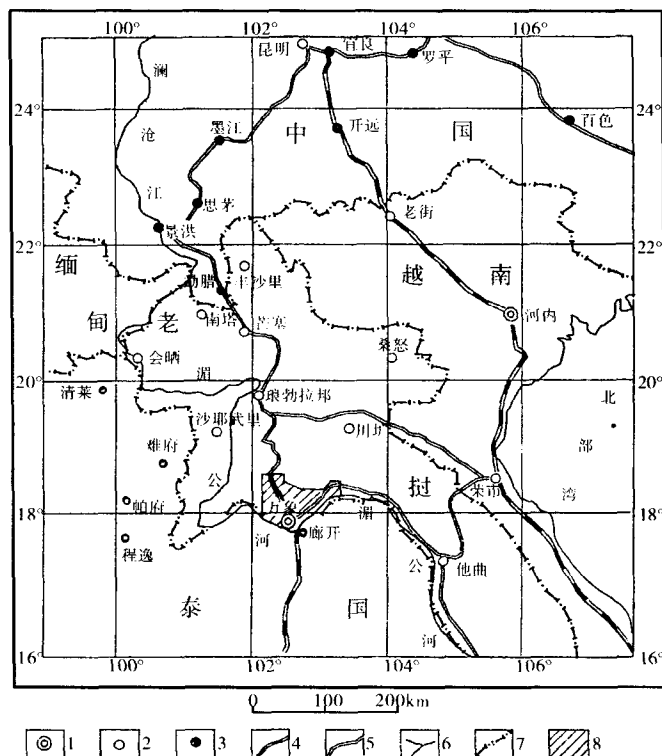


图 1-1 交通位置图

Fig. 1-1 Map of Communication and Position

1. 首都驻地；2. 省政府驻地；3. 重要居民点；4. 铁路；
5. 公路；6. 河流；7. 示意国界；8. 工作区示意

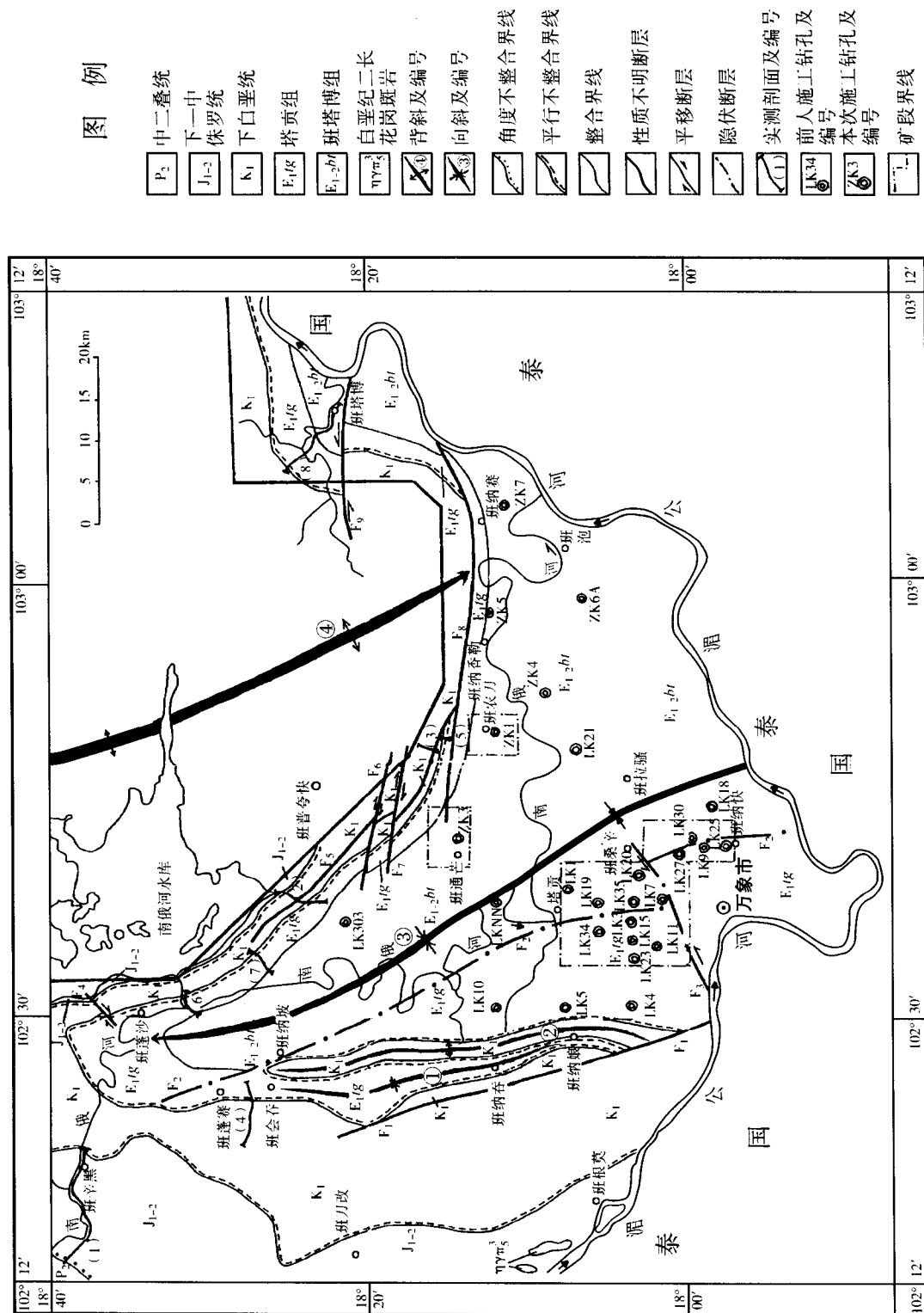


图1-2 基岩地质构造图

表 1-3 万象平原地层划分沿革

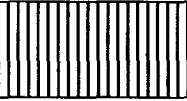
Tab. 1-3 Stratigraphic Division History of Vientiane Plain

越南地矿总局万象平原 钾镁盐矿勘查队 (1987)			万象平原石油勘查 R.B.Stoked (1992)			本文 (2001)							
新生界	QIV		第四系	全新统	QV	第四系	全新统 更新统	Qh ^{u'}	Qh ^{l'}				
	N ₂ -QVC							Qh ^{u'}	Qh ^{l'}				
白垩系	Saydombun (K _{2sb})		白垩系	上统	Saydombun (K _{2sb})	古近系	始新统	班塔博组 (E _{1-2bt})					
	塔贡组 (K _{2tn})				塔贡组 (K _{2tg})			塔贡组 (E _{1tg})					
	Champa (K _{2cp})				班塔拉组 (K _{1bt})			塔贡组 (E _{1tg})					
					桑帕组 (K _{1cp})			班塔拉组 (E _{1bt})					
侏罗系	法南组 (J-Kpn)		侏罗系	上统	班昂组 (J _{3ba})	白垩系	下统	班塔拉组	上段 (K _{1bt} ²)				
					帕娘山组 (J _{2pp})			班德纳组 (K _{1bn})	下段 (K _{1bt} ¹)				
三叠系	上统	南舍组 (T _{3ns})	侏罗系	中统	南舍组 (T _{1ns})	侏罗系	中统	普帕纳陶山组	上段 (K _{1pp} ²)				
								中—下统	佛来费组 (T _{1-2pp})	三叠系	上统	佛来费组 (T _{3pl})	二叠系
								</					

侏罗纪—古近纪，呵叻盆地—万象盆地—思茅盆地处于同一北西向构造带上。它们之间可能水域相通，具有大致相同的古气候条件、沉积环境和物质来源，具有基本相同的生物群和成矿物质。因而，地层系统、含矿特征极为相近。但由于工作程度和认识不一，在划分上还存在一定分歧（表 1-4）。

表 1-4 侏罗系—新近系地层划分对比

Tab. 1-4 Stratigraphic Division Contrast between Jurassic—Neogene

云南兰坪—思茅盆地（云南省岩石 地层，云南省地质矿产局，1996）			万象盆地 （本文，2001）			呵叻盆地（东南亚地质矿产与矿业 经济，云南省地质矿产局，1995）		
系	统	组	系	统	组	系	统	组
古近系	渐新统	勐腊组	古近系	渐新统		白垩系	上统	呵叻群
	始新统	等黑组		始新统	班塔博组			
	古新统	勐野井组		古新统	塔贡组			
白垩系	上统	曼宽河组	白垩系	上统		白垩系	下统	科克鲁特组 (Knok Kruat)
	下统	虎头寺组 南新组 景星组		下统	班塔拉组 班纳德组 普帕纳陶山组			
侏罗系	上统	坝注路组	侏罗系	上统		侏罗系	上统	索跨组 (Sao khua)
	中统	花开左组		中统	班辛黑组		中统	帕威汉组 (Phra wihan)
	下统	溪江组		下统	南舍组 南立组		下统	普卡东组 (Phu Kradung)

一、第四系

第四系沉积分布于万象平原内,面积达2 849km²。成因类型以河流沉积为主、湖泊沉积较少。河流沉积的形成与发展,与发育于该地区的湄公河、南俄河密切相关。

湄公河是中南半岛一级河流,向南经越南注入南海,侵蚀基准面为海平面。南俄河是湄公河的一级支流,在万象平原东部汇入湄公河,侵蚀基准面为160m。

(一) 湖泊沉积 (Qh^l)

湖泊沉积零星分布于调查区东部的班纳恩、班农刀等地,面积约6km²。

从海拔高程看,湖泊沉积(Qh^l)为区内海拔最低(162~170m)的第四纪沉积物。地貌上,湖泊沉积近圆形分布,与现代湖泊相伴产出。在物质组成上:上部为浅灰、灰白色粉质粘土,厚1.8~4m;下部为浅灰、褐灰色中—细粒砂,遇水易流动,厚>1.2m。

与河流阶地沉积相比,砂层的分选性较好,砾石层呈透镜状产出,粉质粘土颜色较深,有机质含量较高。

(二) 河流沉积 (Q^{al})

按地貌形态、海拔高程及物质组分,河流沉积可进一步划分为河漫滩沉积(Qh^{al})、河流一级阶地沉积(Qh₁^{al})及河流二级阶地沉积(Qp_{II}^{al})。

1. 河漫滩沉积 (Qh^{al})

河漫滩沉积主要出露于湄公河两岸,在南俄河及其支流中也有少量分布,面积约为22km²。

该类沉积沿河床两侧或河床中心断续分布。在湄公河中,一般宽300~500m,长可达3~10km。在南俄河及其支流中规模较小。河漫滩成因以弓形、堰堤式为主,多属锥形河漫滩。漫滩顶部高程,在上游为168m,下游为159m。

河漫滩沉积物以卵石、砾及砂为主,可见厚度>3m。

2. 河流一级阶地沉积 (Qh₁^{al})

河流一级阶地沉积沿湄公河、南俄河及其支流分布,面积约1 696km²。

物质组分上,涉及该类沉积的钻孔和浅井较多。其中,3ZK3-0号钻孔最有代表性。

3ZK3-0号钻孔

河流一级阶地沉积 (Qh ₁ ^{al})	厚 24.21m
1. 浅灰色粉砂质粘土	3.05m
2. 灰、浅灰色、粉红、紫红等杂色含砾粉砂质粘土。砾石为铁质结核,大小0.5~1.5cm,呈不规则豆状,含量5%~10%	8.91m
3. 浅褐黄色粘土质细砂土	4.09m
4. 浅黄褐色中—细砂土	1.2m
5. 浅灰白色砂砾石层。砾石成分以石英为主,次圆状,大小为1~3cm	6.96m

~~~~~ 角度不整合 ~~~~~

下伏地层: 古新统一始新统 班塔博组 (E<sub>1-2</sub>bt) 紫红色含粉砂泥岩

结合其余钻孔、浅井分析,河流一级阶地沉积(Qh<sub>1</sub><sup>al</sup>)有如下特征:

- (1) 阶面海拔高程在万象平原北部一般为170m,向南西至班海一带为160m;
- (2) 阶地地貌保存完好(图版5-4),与现代河床间存在明显的陡坡,一般高出河床

3 ~ 5m;

(3) 阶面平坦, 有较多的水塘 (牛轭湖) 分布;

(4) 具下粗上细的二元结构: 上部为厚 8.68 ~ 11.96m 的砂土, 下部为厚 6.91 ~ 12.25m 的砂砾石;

(5) 沉积物与下伏基岩呈角度不整合接触, 阶地类型多为埋藏型。

据本类沉积分布于现代河流两侧, 将其时代划归全新统。

### 3. 河流二级阶地沉积 ( $Q_{pII}^{al}$ )

河流二级阶地 ( $Q_{pII}^{al}$ ) 呈残留顶盖状出露, 面积 131 km<sup>2</sup>。在全新世, 由于河流的侵蚀和沉积作用, 河流二级阶地 ( $Q_{pII}^{al}$ ) 已被切割成不规则状, 并被河流一级阶地沉积包绕或残存于古近系之上。

该阶地沉积出露高程一般为 170 ~ 200m。地貌上, 河流二级阶地沉积 ( $Q_{pII}^{al}$ ) 的阶面已明显丘陵化 (图版 5-5), 构成圆顶状、盾状丘陵地貌。物质组成上, 河流二级阶地 ( $Q_{pII}^{al}$ ) 具下粗上细的二元结构, 厚 4.5 ~ 54.4m; 上部为粉土、粉质粘土层, 下部为砂砾、砾石层。接触关系上, 该类沉积在盆地内部不整合于古新统一始新统班塔博组 ( $E_{1-2}bt$ ) 之上, 在盆地边缘则覆盖于古新统塔贡组 ( $E_1tg$ ) 或下白垩统班塔拉组 ( $K_1bt$ ) 之上, 不整合面接近水平。

本区 8 个钻孔、6 个浅井涉及河流二级阶地沉积 ( $Q_{pII}^{al}$ )。其中, 3ZK12-0 号钻孔较有代表性。

#### 3ZK12-0 号钻孔

| 河流二级阶地沉积 ( $Q_{pII}^{al}$ )                                      | 厚 6.9m |
|------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. 浅灰色粉土, 偶夹褐色铁锰质结核                                              | 1m     |
| 2. 浅黄、紫褐等杂色铁锰质砂砾石层。砾石成分为铁锰质结核, 呈姜斑状、不规则豆状, 大小为 1 ~ 2cm, 填隙物为粉砂泥质 | 2.5m   |
| 3. 紫红、灰白、褐黄色砂砾石层。砾石成分以浑圆状石英为主, 铁质结核较少。砾径 1 ~ 2cm 为主              | 3.4m   |

~~~~~ 角度不整合 ~~~~~

下伏地层: 古新统一始新统 班塔博组 ($E_{1-2}bt$) 紫红色粉砂质泥岩

河流二级阶地沉积 (Q_{pII}^{al}) 的空间分布与现代河流无明显关系, 时代应为更新世。

二、古近系

万象平原的古近系仅存古新统与始新统。因第四系冲积物的广泛覆盖, 古近系只在万象平原西部边缘的丘陵地区及平原东部断续出露。经钻孔和人工挖掘 (兴修水利和房屋建筑) 证实, 整个万象平原内, 均有此套地层存在。

古近系可划分为塔贡组 (E_1tg) 和班塔博组 ($E_{1-2}bt$)。塔贡组 (E_1tg) 是万象平原内惟一的含盐地层, 为一套紫红、砖红色陆源细碎屑膏盐湖泊沉积, 是本次地质调查的重中之重。班塔博组 ($E_{1-2}bt$) 属盐系盖层, 为一套紫红色陆源碎屑河流沉积, 也是本次工作的重点之一。

(一) 地层剖面

本次工作实测的 8 条剖面中, 有 6 条涉及塔贡组 (E_1tg), 4 条涉及班塔博组 ($E_{1-2}bt$)。经综合对比, 班农本剖面、班纳恩剖面、班帕剖面代表性较好。由于膏盐岩极易自然溶蚀, 地表剖

面无法测到该类岩层的岩性与厚度。

1. 班农本剖面

老挝人民民主共和国万象省班农本剖面位于矿区北西部, 仅出露塔贡组中、下段碎屑岩亚段 (E_1tg^{2-2} 、 E_1tg^{1-2})。该剖面是万象平原西部地区塔贡组 (E_1tg) 的代表性剖面。剖面起点坐标: 东经 $102^{\circ}21'05''$; 北纬 $18^{\circ}26'48''$ 。

| | |
|---|--------------|
| 古新统 塔贡组 (E_1tg) | 总厚 > 140.22m |
| 中段 碎屑岩亚段 (E_1tg^{2-2}) | > 54.4m |
| 26. 下部为棕黑色中层状含微砂质粗粉砂岩, 厚 2.49m; 中上部为棕红色薄层粉砂质泥岩, 泥岩中发育水平纹层。近顶部产介形类: <i>Sinocypris yunlongensis</i> Gou, <i>S. suboblonga</i> Gou。未见顶 | > 6.99m |
| 25. 棕红、棕黑色中层状含微砂质粗粉砂岩, 顶部见厚 0.8m 的棕红色薄层状粉砂质泥岩。粉砂岩中具青灰色泥质条纹, 发育沙纹交错层理。泥岩中产介形类: <i>Sinocypris</i> sp., <i>Clino-cypris</i> sp. | 20.27m |
| 24. 暗紫红、浅灰绿色薄—中层状粉砂质泥岩, 夹棕黄色中层状粉砂岩。底部为厚 2.39m 的棕黑色中层状微粒石英砂岩。上部掩盖 | 27.14m |
| 下段 碎屑岩亚段 (E_1tg^{1-2}) | 85.82m |
| 23. 棕红色薄层状粉砂质泥岩。大部掩盖 | 13.31m |
| 22. 棕红色薄层—中层状细粉砂岩。掩盖较大 | 72.49m |
| ——— 平行不整合 ——— | |

下伏地层: 下白垩统 班塔拉组上段 (K_1bt^2) 紫红色厚层状砂质粗粉砂岩

2. 班纳恩剖面

老挝人民民主共和国万象省班纳恩剖面位于调查区东北部低山丘陵地区, 仅出露塔贡组上、中、下段碎屑岩亚段 (E_1tg^{3-2} 、 E_1tg^{2-2} 、 E_1tg^{1-2})。该剖面是万象平原东部地区塔贡组 (E_1tg) 的代表性剖面。剖面起点坐标: 东经 $102^{\circ}50'51''$; 北纬 $18^{\circ}14'45''$ 。

| | |
|--|--------------|
| 古新统 塔贡组 (E_1tg) | 总厚 > 171.64m |
| 上段 碎屑岩亚段 (E_1tg^{3-2}) | > 30.5m |
| 12. 紫红色厚层状细微粒石英杂砂岩。岩石中见不规则钙铁质结核, 大小为 2~5mm。顶部不全 | > 3.6m |
| 11. 紫红色厚层状含粉砂泥岩。上部产介形类: <i>Sinocypris subovata</i> Gou, <i>S. suboblonga</i> Gou; 轮藻: <i>Obtusochara breviconica</i> Z. Wang | 21.9m |
| 10. 灰紫色厚层状中细粒长石岩屑砂岩。岩石中见平行层理、中小型板交错层理 | 5m |
| 中段 碎屑岩亚段 (E_1tg^{2-2}) | 厚 98.89m |
| 9. 棕红色厚层状含砂粉砂质泥岩。岩石中见透镜状层理、脉状层理及干裂构造。下部产介形类: <i>Candonia</i> sp., <i>Sinocypris zhengdongensis</i> Gou; 轮藻: <i>Cyrogona gianjiangia</i> Z. Wang | 13.91m |
| 8. 紫红色厚层状细微粒石英杂砂岩与同色厚层状粗粉砂岩呈不等厚互层, 夹同色粉砂质泥岩。自上而下, 砂岩逐渐减少、粗粉砂岩所占比例逐渐增大。泥岩中具钙铁质结核, 干裂构造及生物潜穴构造。粉砂岩中发育平行层理。中部泥岩中产介形类: <i>Cyprinotus</i> sp., <i>Sinocypris subovata</i> Gou; 轮藻: <i>Obtusochara</i> sp. | 33.6m |
| 7. 棕红色厚层状粉砂质泥岩。岩石中见透镜体层理、沙纹层理、钙铁质斑点及生物潜穴。中下部产介形类: <i>Cyprinotus lectus</i> Mandelstam, <i>Sinocypris jinhongensis</i> Gou; 轮藻: <i>Obtusochara breviconica</i> Z. Wang | 49.63m |
| 6. 紫红色中层状细粒岩屑石英砂岩。岩石具平行层理, 含粉砂质泥岩砾石 | 1.75m |
| 下段 碎屑岩亚段 (E_1tg^{1-2}) | 厚 42.25m |
| 5. 棕红色厚层状粉砂质泥岩。岩石具平行层理。部分岩石中具浅灰、灰绿色粉砂泥质团块 | 25.15m |