

中国地质科学院研究报告 0043

云南思茅地区石盐钾盐 矿床中微量元素地球化学 研究及找钾标志意义

成都地质矿产研究所

1982年



云南思茅地区石盐、钾盐矿床中微量元素地球化学研究及找钾标志意义

1976年4月—1980年12月

编写单位：地质矿产部成都地质矿产研究所第五研究室

协作单位：云南省地质局第十六地质队

参加人：成都地质矿产研究所：许效松、吴嘉陵

云南省地质局第十六地质队：陈进、王明云、董桂华

编写人：许效松、吴嘉陵

技术负责人：许效松

室主任：吴应林、许效松

所长：路兆洽

提交报告单位：地质矿产部成都地质矿产研究所

提交报告时间：一九八一年五月

关于《云南思茅地区石盐钾盐矿床中 微量元素地球化学研究及找钾标志 意义》研究报告的评审意见

该报告为地质部 1976 年下达的国家重点科研项目《云南思茅地区固体钾盐成矿条件、找矿方向与找矿方法研究》的分课题。一九八一年五月二十六日至六月三日，由云南省地质局、成都地质矿产研究所以及成都地质学院共同主持，邀请全国有关教学、科研、生产单位的专家，在昆明召开了《云南思茅地区钾盐科研项目分课题成果评审会议》，成立了以袁见齐教授为主任委员、路兆洽（研究员）、肖明山（总工程师）、史之权（科技处处长）为副主任委员，张瑞锡（教授）、邓永高（副教授）、曾允孚（教授）、曲一华（高级工程师）、王淑华（工程师）、刘群（付研究员）、戴恒贵（高级工程师）、赵纯昭（高级工程师）、罗克华（主任工程师）、张嘉澍（工程师）、李官贤（工程师）、杨荆舟（工程师）为委员的评审委员会。该报告就是在这次评审会议上经过审查、讨论通过的。其审查意见由十六名评审委员会成员签字下达。现将会议文件中有关本报告的评审意见摘述如下：

“五年来，在各级党委领导下，通过课题研究人员的辛勤劳动，团结协作、互相配合、共同努力，收集了大量观察资料和实验测试数据，进行了系统的综合整理和理论分析，编制了各种综合图件和文字报告，较好的完成了任务，这些报告从不同学科和方法分析论证了思茅地区钾盐及盐类矿床的成矿条件、找矿前景，具有一定的学术水平和实用价值”。

其具体意见为：

“本课题由地质部成都地质矿产研究所负责，云南省地质局第十六地质队协作。根据设计要求，开展思茅地区上白垩统至古新统石盐、钾盐矿床中溴、铷、铯、硼、锂等元素在盐矿物中的赋存规律研究，同时对盐矿和碎屑物中碳酸盐和其他组份的变化作了一定的工作，了解卤水各咸化阶段的标志系数，分析成盐地质条件为寻找钾盐提供方法和途径。该区自一九七六年开始，首先收集了有关兄弟单位的区域和矿区地质资料基础上，历时五年时间对勐野井、磨黑、凤岗、镇源、回短、乔后、兰坪（拉鸡井）、一平浪等钾钠盐矿床作了较多野外的调查研究，系统的进行坑道和钻孔地质编录，采取各种化学分析样品 1915 件，光谱 50 件，薄片 37 件，照片 289 张，曾于 1978 年和 1979 年分别编写了《勐野井钾盐矿床微量元素及碳酸盐研究阶段报告》和《盐矿中微量元素铷、铯研究阶段报告》，继后，又对各种原始资料全面综合整理，系统的作了分析，编制了相应的一套综合图件。工作方法是恰当的，报告的内容较丰富，为寻找钾盐矿床提供了资料。

通过研究取得了以下主要成果及认识：

1. 系统地研究了勐野井钾盐矿区盐层剖面结构、盐层韵律，提出了富钾、贫钾、无钾三种剖面类型的划分及标志。

2. 对上述微量元素在不同矿石类型, 不同剖面中的赋存情况以及岩石矿物的相互关系有较深刻的分析。

3. 肯定溴、铷找钾标志的应用效果, 论证不同咸化程度, 石盐、钾盐、光卤石各个沉积阶段, Br 和 $\text{Br}10^3/\text{Cl}$ 以及 Rb 之间变化的一致性, 对于指导找钾有现实意义, 是分析盐盆地卤水淡化、浓缩及盐类矿物成因的主要标志。

4. 提出了 Mg CO_3 、 Li 与钾盐富集三者之间的关系, 它们与卤水的浓度变化成正向的变化特征, 在找钾工作中的应用是有实际意义。

5. 概略地简述了兰坪思茅盆地中钾钠盐矿床微量元素由南至北的变化及其使含钾性好变差的规律。

审查认为报告中应作一些补充和修改:

各种微量元素的分析方法及误差的评述: 有关硼、锶具有淡化和浓缩双重标志意义, 提法不确切; 同时应将勐野井钾盐矿床中, 已经做了大量微量元素研究的钾—井资料加以补充, 使之更加丰富、完善。

总的认为: 报告以研究地球化学相标志在找钾工作中的应用为主要目的, 通过溴、铷、锶、硼、锂等微量元素和碳酸盐的研究, 取得了较丰富的资料, 为钾盐矿床的找矿勘探提供了方法和途径, 达到了设计预期的目的和要求, 该报告作修改、补充后做为正式成果提交。”

本报告据评审意见, 已作了必要的修改、补充。现提交印刷、上报。

——编者——

目 录

前言	(1)
第一章 盐矿床的物质组分、盐矿石沉积特征和成因	(4)
一、盐矿地质概述	(4)
二、盐矿物质组分	(5)
三、盐矿石类型和沉积特征	(5)
四、泥砾碎屑物的来源和混合沉积盐矿石的成因	(10)
第二章 盐层剖面旋回序列及钾盐富集特征	(12)
一、旋回划分及其标志	(12)
二、四级旋回含钾群剖面结构和盐层序列	(12)
三、钾盐富集特征和规律	(15)
第三章 溴 (Br)	(17)
一、溴的地球化学性质和分配系数	(17)
二、石盐中的 Br	(18)
三、钾石盐中的 Br	(20)
四、光卤石中的 Br	(21)
五、利用溴确定咸化标志	(21)
六、溴的地球化学趋势分析	(25)
第四章 铷 (Rb)	(32)
一、铷的地球化学性质和分配系数	(32)
二、钾石盐中的 Rb	(33)
三、光卤石中的 Rb	(33)
四、铷的地球化学趋势	(34)
第五章 锶 (Sr)	(34)
一、锶的地球化学性质和赋存状态	(34)
二、锶在各类盐岩中的分布	(35)
三、锶的地球化学趋势和找钾标志	(36)
第六章 硼 (B)	(38)
一、硼的地球化学性质和赋存状态	(38)
二、硼在各类盐岩中的分布	(38)
三、硼的地球化学趋势和找钾标志	(40)
第七章 锂 (Li)	(41)
一、锂的地球化学性质和赋存状态	(41)
二、锂在各类盐岩中的分布	(41)
三、锂的地球化学剖面特征和找钾标志	(43)

第八章 盐层中碳酸盐组分 (ΣCO_3) 和硫酸钙 (CaSO_4)	
的分布规律和标志意义.....	(44)
一、天然水蒸发过程中碳酸盐和硫酸钙的变化.....	(44)
二、盐矿中碳酸盐组分的分布规律.....	(44)
三、盐矿中硫酸钙和碳酸钙 (CaCO_3) 的相关性.....	(47)
四、盐矿中硫酸钙和碳酸镁、碳酸钙三组分的相关性.....	(48)
五、碳酸盐组分和硫酸钙在研究盐层中的意义和标志作用.....	(50)
第九章 思茅拗陷盐矿床成因问题的探讨.....	(54)
一、盐矿床的沉积过程和盐矿成矿机理.....	(55)
二、盐类物质来源.....	(55)
三、咸化发展阶段.....	(59)
四、原始盐溶液的组分.....	(59)
结论.....	(60)
图版说明.....	(61)
参考文献.....	(64)

前 言

《云南思茅地区固体钾盐成盐条件、找矿方向与找矿方法的研究》是1976—1980年国家下达的重点科研项目、内设八个课题，由云南省地质局负责并由云南省地质局第十六地质队、云南省地质科学研究所、成都地质学院、成都地质矿产研究所等单位成立“钾盐科研协作领导小组”负责科研工作的组织领导及协调工作，并由上述单位有关人员组成“云南钾盐地质科研队”。微量元素研究是总项目中的第五个课题：《盐矿中微量元素在找钾工作中的标志意义》。设计要求有两部分：1. 对典型盐矿床中的溴（Br）、铷（Rb）锂（Li）等元素在各类盐矿物中的赋存状态、不同成化阶段的标志，为本区找钾评价提供方法和途径；2. 逐步摸清锶（Sr）的赋存状态，同时对盐矿和碎屑物中的碳酸盐组份作一定的工作，为找矿标志、成盐条件及盐湖盆地的发展历程提供基础资料。为此，于1975年做了初步调查，1976年由云南省地质局第十六地质队陈进、王明云、董桂华（只参加1976年野外工作）和成都地质矿产研究所许效松、吴嘉陵等共同组成专题研究组。课题项目由成都地质矿产研究所负责（原任务书由十六地质队负责，1977年3月在钾盐协作领导小组扩大会议上更改）。化学分析工作：常量元素分析大部分样品由云南省地质局第十六地质队承担，微量元素、钾的重量法及少数常量元素样由成都地质矿产研究所负责。

思茅地区盐矿中的微量元素自1964年以来云南省地质局第十六地质队开展盐泉水化学调查，在勐野井钾盐矿床老硐中取石盐和钾盐矿石作人工溶卤试验，取得混合盐岩中的Br含量并和地表盐泉水作比较，对该地区找钾盐工作起到很大的作用。1966年地质科学院矿床地质研究所在勐野井ZK5号钻孔中分析了Li、Rb、Sr、B等元素。1972年西南地质研究所采用了由云南省地质局第十六地质队提供的勐腊地区由曼庄到尚勇之间的七个钻孔93件组合样品中分析了Br、Rb、Sr、B、I等，并对ZK1钻孔20件样品分析了LiO₂，初步提出了石盐中的Br含量及钾盐成化标志系数。以上这些工作都为微量元素进一步研究打下了一定的基础。

本课题研究任务以盐矿床为对象，侧重于微量元素的找钾标志以及方法评价上。鉴于各盐矿床的地质工作均在1976年以前分别结束，因此课题研究工作受到很大限制，仅以现有盐矿床中可利用的开采坑道，配合有保留岩矿心的钻孔，以勐野井钾盐矿床为重点解剖。通过该矿床04生产硐的三条穿脉、两条沿脉、两个钻孔（ZK25、ZK61）及钾1井的野外观察，详细研究剖面结构、盐矿石中不同的盐矿物和碎屑物的组分差异、沉积特征等，取得较完整的勐野井组盐层剖面层序，划分了盐层剖面类型。并在此基础上研究微量元素在不同剖面、不同盐矿石和矿物中的分布规律。其他几个盐矿床，如磨黑、凤岗、红卫及回短则以短剖面为主；除此尚对兰坪（拉鸡井）、洱源乔后井、滇中一平浪盐矿作少量的工作，以兹对比。

采集样品是研究微量元素的重要环节。根据各元素的地球化学性质，按盐层的自然层序

由 0.05—2 米不等间距分别采样, 最大间距不超过 4 米。采样方法: 1. Br、Rb 两个元素取自盐矿物。石盐样均在现场手选, 使其中的 NaCl 含量大于 90%, 不易手选的石盐岩采取溶滤蒸发处理, 样品利用率达 90%; 钾石盐样从不同类型的钾盐岩中手选, 使碎屑物的含量低于 5%, 取得混合钾盐样后, 再用浮选法分离石盐、钾石盐矿物, 选用精矿 (即钾石盐) 中 KCl 含量大于 75% 的样品 (浮选后钾石盐样平均 KCl 含量为 88.89%、MgCl₂ 0.12%)、尾矿 (即石盐样) 中 KCl 含量低于 3% 作为合格样品, 样品利用率达 71%; 光卤石样用手选采集, 以光卤石含量大于 60% 的样品为合格, 利用率达 60%。2. B、Li、Sr 和碳酸盐样, B 取自钾盐混合样和原矿石样; 其余元素均用原矿石样, 部分提取不溶残渣, 样品利用率达 95—100%。3. 重金属铅、铜分析用溶滤提取纯石盐和残渣两部分, 分别测定可溶性和非可溶性金属含量等。各盐矿床完成工作量见表 1。

微量元素研究完成工作量

表 1

盐 矿 区	剖面厚度 m	样 品 种 类 及 件 数												
		光 卤 石 Car	钾 石 盐 Sy	石 盐 H	钾 盐 岩 M	碳 酸 盐	Pb Cu 分析	光 谱	碎 屑 分 析	薄 片	合 计	照 坑 道	片 标 本	
勐野井														
04生产硐+ZK 25+ZK 61	1500	28	187	667	98	507		19	26	10	1542	260	55	
磨黑六中段	32			18		13	4	6	2	4	47	4	1	
凤岗239巷	82.4			32		21	3	13	3	5	77	16	2	
红卫2中段	45.0			14		10	3	8	2	12	49	9	5	
回短ZKI	225.03			56		94					150			
兰坪(拉鸡井)				5		5					10			
乔后坑道				37		37					74			
一平浪生产巷	104.8			25		14	2	4	2	6	53		2	
合 计	1989.23	28	187	854	98	701	12	50	35	37	2002	289	65	

微量元素分析: Br用示波极谱测定, 含量在 0.02% 以上的相对误差 10%, 0.02% 以下者绝对误差为 0.002%; Rb、Sr 采用 X 光荧光散射背景法分析, 含量在 0.01% 以上的相对误差 20%, 0.01% 以下的绝对误差 0.002%; B 为光谱定量分析, 含量在 0.01—0.03% 的相对误差为 20%, 0.001—0.01% 者相对误差为 30%, <0.001% 者绝对误差为 0.0003%; Li 用 Sp90 原子吸收法测定, 含量 0.1—0.001% 的相对误差 30%。上述微量分析均以 40% 内检合格。

微量元素工作是在详细研究盐矿的组分、产状、沉积特征和盐层剖面的基础上通过大量的资料、数据整理, 取得盐矿地质和地球化学两方面的收获。

一、盐矿地质方面:

1. 建立了云南勐野井组盐层富钾剖面沉积序列和旋回结构, 简述了钾盐层的富集规律,

并依据盐矿物质组分、沉积特征和微量元素，提出钾盐沉积过程的三个阶段。

2. 较全面地总结了云南思茅地区盐矿中呈“砾石”形态的碎屑物的成分和沉积标志，所附图版齐全，在大量资料的基础上剖析了“泥砾”的来源，探讨了其沉积过程和形成机理。同时首次找到了由泥砾石盐岩形成的砾石，从而提出勐野井成盐期为同期多阶段成盐的认识。

3. 由剖面结构划分了思茅地区盐层的剖面类型，并依据富钾剖面的沉积序列、矿石结构构造和组分确定钾盐层的沉积为“多中心、牛眼式”的模式，以及各盐矿在区域上成钾条件的差异。

4. 由盐矿的矿物类型和微量元素Br、Rb、B等的含量找到了盐类物质来源的依据。

5. 取得了勐野井钾盐矿床生产洞中穿脉坑道所揭露的连续盐层剖面的黑白照片，并编制成图。这对盐层结构复杂和目前坑道淹没的矿井具有一定的实际意义。

二、微量元素地球化学方面：

1. 通过盐矿中微量元素Br、Rb的研究，首次提出了石盐中的Br、钾石盐和光卤石中的Br、Rb含量及系统的剖面资料。确定我国氯化物型钾盐矿床各咸化阶段的含量及找钾标志系数，并由此分析了盐矿物的成因和沉积期间卤水浓缩、淡化的发展过程。

2. 盐层中Sr、B、Li及碳酸盐含量与钾盐层有一定的相关性，它们在时空两方面的变化是分析区域成盐条件的重要依据和地表找钾的辅助标志。

3. 探索了含碎屑物的盐矿床中与氯化物盐有直接关系的Br、Rb、B元素及与非盐矿物有关的Sr、Li、碳酸盐的研究方法，并收到较好的应用效果。

应该指出B元素在原设计中未列入研究内容，由于硼矿物的发现和成都地质矿产研究所化验室有关同志B分析灵敏度的提高，因而增添了B的研究工作，证明B在找钾中的作用仅次于Br和Rb。微量元素Cs，原设计中拟在第二阶段进行探索，因目前无分析条件故而取消。

总之，以找钾标志为目的，开展对石盐和钾盐矿中Br、Rb、Sr、B、Li及碳酸盐等的多项研究，在我国盐矿床中还是初次尝试，但是此次研究工作均达到设计时的预期效果。有的内容还超出原设计的要求，数据资料齐全，研究方法比较详细，为不同类型钾盐矿床的找矿和评价方法提供典型材料，并为区域成盐、成钾条件提供重要依据。

在课题研究和报告编写中，成都地质矿产研究所和云南省地质局第十六地质队一些同志都给予很大支持。如王允年、张计保摄制报告中的坑道和标本照片，孟小莉、杨荣昌参加了部分野外工作，颜素珍、赵珊、万筱茹参加清绘图件以及成都地质矿产研究所五室盐类矿物组及云南省地质局第十六地质队一分队提供了不少资料。报告的主要章节承蒙武汉地质学院袁见齐教授审阅，在此一并表示感谢。

第一章 盐矿床的物质组分、 盐矿石沉积特征和成因

一、盐矿地质概述

云南兰坪、思茅中生代拗陷，地处藏滇印支地槽褶皱系的中段，东为点苍山、哀牢山断裂带，西为澜沧江断裂带，南至中国与老挝边境，南北长700公里、东西宽50—150公里，面积约七万平方公里。

在景东县附近由于无量山变质带向东挤压，分成北部兰坪拗陷和南部思茅拗陷。拗陷带内褶皱紧密、断裂发育，分布有巨厚的中生代红色碎屑岩和含盐建造，其中以晚白垩世至老第三系勐野井组为主要含盐层。

勐野井组有上下两套含盐层，中部为棕红色钙泥质粉砂岩。下伏地层是上白垩系扒沙河组紫红色石英砂岩，上覆是老第三系等黑组棕红色粉砂岩。下含盐层在区域上是个含膏层，上含盐层普遍为石盐，局部夹钾盐透镜体。盐矿体均分布在次级小的背向斜中，在拗陷带内呈南北向展布（图1），彼此不连续。盐层厚度大、面积小，现仅就几个典型盐矿床简述如下。

（一）勐野井钾盐矿床

矿区呈一北西、南东向的小向斜，面积为2.68平方公里，为一中型钾盐矿床。石盐层厚8.92—340.28米，平均196.4米，NaCl平均含量71.67%，夹多层钾盐，累计厚2.09—73.90米，平均29.87米，KCl平均含量8.70%。

盐层顶部与上下地层之间仅有数米厚泥砾岩（与盐矿石相同，但含盐低或不含盐）夹不稳

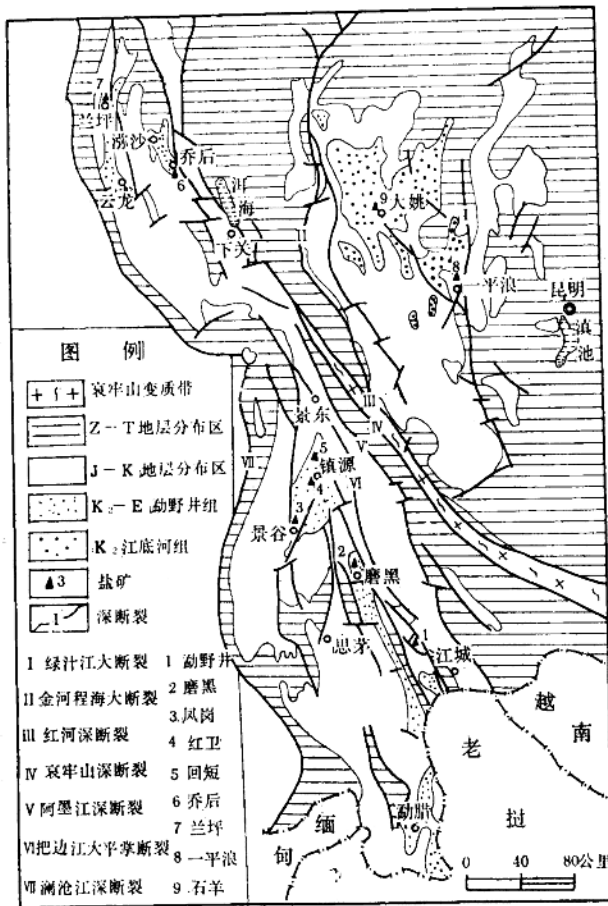


图1 兰坪—思茅拗陷带及滇中地质略图
据1964年全国1:400万地质图编

定的硬石膏。

(二) 磨黑盐矿

盐层分布范围呈一小复式背向斜，盐矿体长 2100 米，宽 680 米，面积 1.2 平方公里。盐层最大厚度为 126.02 米、平均 55.12 米，NaCl 平均含量 42.92%，无钾盐层，仅局部有零星的红色钾石盐脉。

(三) 凤岗盐矿、镇源红卫、回短盐矿。

三个盐矿同属于虎头山大向斜的东翼，自南而北分布，各盐矿均呈小背斜构造。

凤岗盐矿呈北东向的穹窿状，长 900 米、宽 750 米，面积 0.6 平方公里。石盐层最大厚度为 160 米，平均 40.30 米，NaCl 平均含量 42.76%，无钾盐层，仅在 239 巷有 16 厘米厚的钾盐岩小扁豆体，KCl 平均 2.26%。镇源红卫盐矿（按板井）面积 8 平方公里，为石盐岩与含盐粉砂岩互层，石盐层 3.83—152.88 米，NaCl 平均含量 54.39%，不含钾石盐。回短地区仅根据 ZK1 钻孔，含盐层厚 225.03 米，为石盐岩和粉砂岩互层，上下两套盐层分别厚 81.56 米和 8.05 米，NaCl 平均含量 46.87%。

二、盐矿物质组分

思茅拗陷中的盐矿床均属氯化物碎屑岩型的盐矿床，由盐类矿物和碎屑物质两部份混合组成。

(一) 盐类矿物 以勐野井钾盐矿床为代表，盐矿物种类较多，除石盐外，钾盐矿物有钾石盐、光卤石，除此有少量的钾铁盐和硼矿物，如 α -方硼石和副水氯硼钙石。其他盐矿床仅以石盐为主，偶有钾石盐。伴生矿物：有硬石膏、天青石、六边形板状菱镁矿、镁白云石及碳酸盐和黄铁矿、镜铁矿、自生石英等。

(二) 碎屑物 勐野井组盐层中含有 50% 左右的碎屑物。由其成分看主要为粉砂、粘土组成的钙泥质粉砂岩、泥岩、卤泥岩，但在其形态上，这些细碎屑物除在勐腊地区的盐矿中呈夹层产出外，其余地区均呈大小不等、形状不规则、磨圆度较差的砾石、砾屑和角砾（俗称泥砾），无分选地与盐矿物相混组成多种盐矿石类型。一般是石盐与粉砂岩泥砾相混合，泥岩、卤泥岩与钾盐矿物伴生。此外，凤岗盐矿以北夹有细砂岩、红卫盐矿有早期沉积的泥砾质石盐岩的砾石和陆源区的砾石。

三、盐矿石类型和沉积特征

在六十年代云南省地质局第十六地质队依据物质组分的相对含量、工业品级对盐矿石类型进行了划分，碎屑物统称泥砾、冠以颜色和盐矿物名称等命名，如棕红色泥砾质石盐岩（NaCl 25—60%）、灰绿色泥砾质钾盐岩等。1967 年西南地质科学研究所云南钾盐研究队提出化学沉积、机械沉积和混合沉积三种成因的盐矿石类型和盐层剖面分类。本文试图解释碎屑物的来源、恢复盐矿的沉积过程以及说明微量元素的赋存状态，因此以盐矿物和碎屑物的成分、产状、沉积特征命名，分为化学沉积和混合沉积两种沉积作用六种矿石（表 2）。石

盐岩中的碎屑物“砾石”形态较明显，仍沿用旧名称，钾盐岩中的碎屑物保留有清晰的原生沉积特征，因此以碎屑物和钾盐矿物的产状命名，现分述如下。

云南思茅拗陷盐矿床盐矿石类型

表 2

沉积作用	类 型		
	石盐岩	钾盐岩	光卤石岩
化学沉积	青灰色、白色、肉红色石盐岩	青灰色钾盐岩	
混合沉积	棕红色泥砾质(含泥砾)石盐岩类	灰绿色泥岩层 红色脉状钾盐岩	灰绿色(棕红色)泥岩层 红色脉状光卤石岩
	砂质石盐岩	岩	岩

(一) 石盐岩 有化学沉积石盐岩和混合沉积石盐岩两种：

1. 化学沉积石盐岩 指 NaCl 含量达90%以上，含少量硬石膏、碳酸盐和不可溶残渣的石盐，为蒸发作用形成的，没有明显的碎屑沉积物的夹层或混入体。有青灰色条带状石盐岩(图版 I—1)、白色石盐岩及肉红色石盐岩(图版 I—2)。以南部勐野井矿床分布较多，呈似层状或薄夹层，而磨黑、凤岗仅有青灰色石盐岩小透镜体。

2. 混合沉积石盐岩

表 2 所列两种混合沉积石盐岩，其中的砂质石盐岩(图版 III—2)仅分布在红卫盐矿以北，为白色细砂与石盐共同胶结而成，呈透镜体状产出。

棕红色泥砾质石盐岩类指含有棕红色砾石等碎屑物的石盐岩矿石的总称，其形态特征：为白色石盐和棕红色砾石、砾屑无分选、无排列方向地混杂在一起，使盐矿石呈棕红色，构成勐野井组盐层的主体。依碎屑物含量的多寡可称泥砾、泥砾质、含泥砾石盐岩等。在地区上，南部以含泥砾石盐岩为主(NaCl>50%)、北部以泥砾质石盐岩为主(NaCl<50%)。砾状碎屑物以棕红色钙泥质粉砂岩砾为主，少量硬石膏岩、盐砾石及早期盐层沉积物和陆源物等共有五种：

(1) 棕红色钙泥质粉砂岩(少量为粉砂质泥岩)砾石 是石盐岩中最主要的碎屑物成分，呈不规则块状或椭球状，半棱角、表面不光滑并有多向擦痕。砾石大小不等，大者几十厘米，小的呈 1—2 毫米的砾屑，一般以 0.5—10 厘米最多。勐野井钾盐矿床砾石的砾径以 0.5—5 厘米为主(图版 I 3—7)，凤岗以北砾径大者较多(图版 II 1—3)。砾石与砾屑与石盐间的产状特征主要有两种：一是无分选无定向、大小间杂但集中分布呈条带与石盐胶结组成条带状含泥砾石盐岩(图版 I—3、4)；二是无分选地混杂、似悬浮在石盐中，呈厚层块状(图版 I—5、6，图版 II—1、2)。钙泥质粉砂岩砾石中可见水平层理以及由大个砾石破碎成几个小砾石而移动间距不大的现象(图版 II—3)或者在砾石的边缘因破碎造成被小砾屑包围的皮壳状结构。

(2) 棕红色钙泥质粉砂岩与白色石盐互层的砾石 该砾石在盐层中偶见，呈 3×6 厘米的椭球体，由单层厚 2—10 毫米的棕红色钙泥质粉砂岩与白色石盐组成的薄互层（图版 II—4、图 2），粉砂岩具水平纹理。砾石与围岩之间有针状石盐分布，呈似眼球构造。显然，此砾石是早期沉积盐层改造后的残存者。

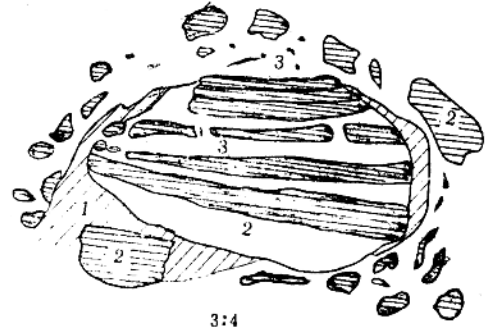


图 2 棕红色钙泥质粉砂岩与白色石盐互层砾石
(勐野井 CD3 穿脉) 1. 针状石盐，
2. 棕红色钙泥质粉砂岩砂岩，3. 白色石盐

(3) 硬石膏岩砾石、石盐大斑晶砾石（图版 II—5）及石盐小砾石（图版 I—7 中 h·c）多分布在含 NaCl 高的石盐岩中，以勐野井最多。前两种砾石表面均有一层 2—3 毫米厚的棕红色泥壳包围，因而不易发现。无疑这些砾石是早期沉积的盐层，经溶蚀破碎而成的内碎屑。

(4) 棕红色泥砾质石盐岩砾石 该砾石于 1978 年在红卫盐矿生产洞中首次发现，在 10 余米厚的盐层范围内，杂乱分布，数量较多。砾石的成分是思茅拗陷各盐矿中的主要石盐岩矿石—混合沉积的棕红色泥砾质石盐岩（图版 II—6），呈半棱角不规则状，砾径不超过 10 厘米，表面有一层棕红色泥壳，外观与常见的棕红色钙泥质粉砂岩砾石一样，但比重较大，坚硬，锤击破后视其内部始见差异。砾石中的碎屑物也是棕红色钙泥质粉砂岩，砾径 0.5—2 厘米，由钙质、硬石膏、石盐胶结而成，含镜铁矿较多。此砾石的出现，说明红卫盐矿层曾受到同期再溶改造。

(5) 黑色炭质页岩砾石（图版 II—7 箭头）和黑云母煌斑岩砾石（图版 II—8）该砾石只见于红卫盐矿中，零星分布。砾径一般都小于 10 厘米。前者是盐层底板扒沙河组顶部的含铜页岩，后者是火成岩，都是陆源风化物，为盆外碎屑。同时也说明红卫盐矿沉积时比其他盐矿更靠近陆源区。

(二) 钾盐岩

具有工业意义的钾盐岩分布局限，现以勐野井钾盐矿床为例（光卤石岩也同）。

1. 化学沉积钾盐岩 称青灰色钾盐岩，由白色石盐和灰色、淡红色呈浸染状的钾石盐组成，简称“灰钾”（图版 III—3、4）。KCl 含量不超过 20%，偶含光卤石包裹体，伴生矿物有 α -方硼石、副水氯硼钙石、板状菱镁矿等，含碎屑物较少，呈分散泥屑，除此有三种砾石：

(1) 灰绿色泥岩、卤泥岩小砾石 呈椭圆形，砾径小于 1 厘米，另星分布（图版 III—3 中 ha·m）。

(2) 灰黑色粗晶质石盐岩砾石 俗称老盐砾石，多分布在“灰钾”层的底部、靠近下伏层不平整界面上另星分布。砾径 2—20 厘米不等（图版 III—4 中①及 5），沿砾石边缘有红色钾盐短脉分布，当砾石小而多时“灰钾”呈斑点状（图版 III—6）。

(3) 石盐小砾石（图版 IV—1 及其他照片中 h·c）砾径均小于 2 厘米，似椭球体，表面有溶蚀小麻点。小盐砾在“灰钾”中较普遍，分布无一定方向，仅在局部有限的几十平方

厘米范围内具有方向性排列。

另有乳白色钾石盐，呈长1—2米的小透镜体夹在“灰钾”与混合沉积钾盐岩接触带之间，厚0—30厘米。KCl含量60—80%（图版Ⅲ—7），Br含量与混合沉积的钾石盐相近，平均1765 ppm。这种钾石盐可能为渗流溶液沿裂缝沉淀，与来因地蛭和施塔斯富特的白色钾石盐相同，因无碎屑物，暂归此类简述之。

2. 混合沉积钾盐岩

由灰绿、黑绿色角砾—假角砾状泥岩、含石盐和钾石盐的泥岩与钾盐脉组成。钾盐脉有红色、白色两种，以红色钾盐脉为主，长而宽；白色钾盐脉较少，脉短而细，因而钾盐岩矿石在宏观上呈红、黑绿两种色调相间杂，称灰绿色泥岩层红色脉状钾盐岩、简称“灰绿色层红钾盐岩”。研究工作仅以红色钾盐脉为主。

红色钾盐脉由白色石盐和红色钾石盐组成，偶含光卤石，盐矿物呈浸染相嵌，也有呈对称或不对称的带状。脉宽几毫米到5厘米，长几厘米至几十厘米，有两组呈“X”形交叉，近于垂直层面分布，一般呈“楔形”，开口向上（图版Ⅳ—2）。由36件钾盐脉样品平均化学成分：NaCl 53.09%，KCl 37.28%，MgCl₂ 0.255%，CaCl₂ < 0.2%，CaSO₄ 0.03—0.5%，Li < 0.001%，Br 540—1265 ppm，Rb 11—47 ppm，Br、Rb含量均与脉中KCl的含量成正比。

灰绿色泥岩具有一定的层位（图版Ⅳ—2和Ⅴ—1），其角砾化的程度主要取决于红色钾盐脉的丰度：当钾盐脉多而成网状时，泥岩呈角砾状（图版Ⅳ—3，Sy为钾石盐，以下同。）；钾盐脉少时泥岩呈假角砾状，同时角砾边缘破碎而无明显的位移（图版Ⅳ—4、5）。泥岩中的粘土矿物以伊利石为主，盐类矿物和碳酸镁次之，碳酸钙极少或趋于零，少量红色石英、黄铁矿等。盐类矿物中以石盐为主、少量钾石盐，含Br较高。盐类矿物和泥岩结构及产状有两种：呈隐晶质的称卤泥岩（图版Ⅳ—中ha—m）；呈1—2毫米盐晶粒嵌在泥岩中称盐砂或盐屑泥岩（图版Ⅳ中hs—m，Ⅴ—2）。上述两种泥岩呈互层，层界面并有干裂纹。由表3可以看出，这些泥岩是在石盐—钾石盐初期咸化阶段卤水溶液中沉积的一套半干至干湖环境的卤泥层。它在沉积后被钾盐脉穿插切割呈假角砾状，基本没有位移。因此它与混合沉积石盐岩中的“泥砾”有所不同，除保留原始沉积特征外，还有固定的层位，故称之为灰绿色泥岩层。

混合沉积钾盐岩中灰绿色泥岩的组分

表 3

泥 岩	样 品 数	组 分 %					微量元素 ppm		
		Car	sy	H	CaSO ₄	不溶物	Br	B	Sr
盐屑泥岩	2	0.97	1.46	26.75	3.91	60.96	285	165	56
卤泥岩	2	0.0	0.87	13.35	3.83	80.55	153	98	42
平 均	4	0.49	1.17	20.05	3.88	70.76	219	131	49

Car光卤石，sy钾石盐，H石盐，以下各表代号相同。

磨黑、凤岗与此相当的钾盐岩中，被称为灰绿色泥岩层的为砂质泥岩，浅灰绿色，不显层

理，硬石膏、泥质胶结；红色钾盐脉长几厘米，细小短脉，另星分布。

(三) 光卤石岩

光卤石岩只有混合沉积一种类型，由灰绿、黑绿棕红色假角砾状的泥岩与红色含光卤石钾盐脉组成，称灰绿（棕红）色泥岩层红色脉状光卤石岩。

光卤石脉由白色石盐和桔红色、腊黄色光卤石及钾石盐组成，宏观上仍为红色，按矿物组合划分有两种脉：石盐+光卤石脉和石盐+钾石盐+光卤石脉。盐类矿物在脉中呈不对称带状分布，边缘为1—3mm厚的石盐，向中心依次为钾石盐、光卤石。石盐呈针状垂直脉壁生长，钾石盐呈粒状，光卤石有针状，粒状两种（图版Ⅵ—2、3、4，Car. 光卤石）。脉中光卤石含量受溶蚀影响变化很大，最高90.06%，CaCl₂平均0.36%、Li<0.001%、Br 586—1833 ppm、Rb 17—103 ppm，Br、Rb含量与光卤石的含量成正比。

泥岩的产状特征与灰绿色泥岩层红色脉状钾盐岩基本相同并分布在同一层位的上部，其成分和结构有四种（表4）。

混合沉积含光卤石钾盐岩中各种泥岩的组分

表 4

名 称	样 品 数	组 分 %					微 量 元 素 ppm		
		Car	Sy	H	CaSO ₄	不溶物	Br	B	Sr
黑色纹层状卤泥岩	4	9.06	8.15	9.29	1.57	70.49	502	145	57
灰绿色盐砂泥岩	4	1.27	11.26	40.01	7.38	44.04	342	47	52
暗绿色卤泥岩	2	4.46	6.64	28.35	5.67	56.06	390	140	104
棕红色卤泥岩	1	2.14	2.90	39.20	4.95	51.99	340	240	37
平 均	11	4.74	8.51	26.66	4.73	56.47	416	122	58

Car, 光卤石, sy, 钾石盐, H, 石盐

(1) 黑色纹层状卤泥岩，由泥岩与白色石盐、钾石盐和光卤石组成微细波状水平纹理（图版Ⅴ—3、4），含Br较高。

(2) 灰绿色盐砂泥岩（图版Ⅴ—5中h·s—m）。

(3) 暗绿色卤泥岩（图版Ⅴ—5中黑部分）。

(4) 棕红色卤泥岩。

上述四种泥岩有两个特点。第一，除棕红色卤泥岩呈一单层外，其他三种在暗绿至黑色的一套角砾、假角砾状的泥岩层中均见到有互层关系。黑色纹层状卤泥岩与盐砂泥岩呈厚2—4厘米的不等厚互层（图版Ⅴ—6）、暗绿色卤泥岩与盐砂泥岩呈厚1—3厘米的互层

(图版Ⅳ—1、6)，在各层的层界面上常见有干裂纹和黄褐色含钾石盐的泥膜充填。第二由表4所列的成分和Br的高值，说明这套赋存光卤石脉的泥岩是在钾石盐咸化阶段晚期的水介质条件下，由半干至干盐滩、滞流封闭环境中沉积的卤泥层，富含钾石盐以及表层卤泥暴晒后达光卤石析出的晶间水和淤泥卤水，比钾盐脉赋存的泥岩形成时水介质咸度更高。

四、泥砾碎屑物的来源和混合沉积盐矿石的成因

前已述及思茅地区晚白垩至老第三系的盐层除个别矿床夹有质纯的石盐岩和钾盐岩薄层和透镜体外，大部分盐矿的盐层都混有大量的“泥砾”（即混合沉积的石盐岩和钾盐岩）。就卤水蒸发成盐的原理来讲，盐沉积是在强烈蒸发的干旱条件下由于原始水体缩小、卤水浓缩而析出的。因此无论是沙州说或沙坝说，盐沉积必须要有封闭的条件，淡水的补给量要小于或等于该咸化阶段的蒸发量，以便达到各种盐矿物析出的溶解度平衡状态。但是，在云南思茅盐矿中，大量的“泥砾”从其形状和成分都说明它来自陆源，然而用何种方式带入盐盆呢？是令人费解的问题。更何况泥砾之大、数量之多若从陆源区搬运到盐盆，非有“泥石流”那样强大的动力和巨大的流量是不能完成的。因此就流水作用而言，与蒸发沉积成盐是极不相容的。如果抛开“泥砾”的外形假像，不难发现它们的成分是粉砂岩和粘土岩，并且具有水平微细层理。这些特征说明了它们是远离陆源区的碎屑物，在水动力条件较弱的境环中形成的。因此我们认为“泥砾”是盐盆地蒸发过程中沉积的淡化夹层，经同期改造成砾石、砾屑，然后再经蒸发析盐作用与石盐岩和钾盐岩混合沉积而成，为盆内碎屑。

(一) 棕红色泥砾质石盐岩类的成因

在前述石盐岩的五种砾石成分中有二种砾石可作为盐矿石成因的佐证。

1. 棕红色钙泥质粉砂岩与石盐互层砾石 该砾石在1978年发现，由其产状说明这种砾石就是勐野井盐盆地早期（第一聚盐期）沉积的盐层。砾石中的粉砂岩夹层与现矿床中呈“砾”状的钙泥质粉砂岩为同一成分。因此“砾”的来源就是第一聚盐期沉积的薄夹层，在固结和硬化过程中，由于周期性的淡化稀释作用，石盐溶蚀、粉砂岩破碎呈大小不等的碎屑，在后期——第二聚盐期中则以“砾石”产出再与盐胶结形成泥砾质石盐岩类。由此可见，盐矿床中的砾石应来自盐盆地的内部。我们认为每个成盐轮回初期的聚盐沉积作用具有夹层被改造成内碎屑的可能性：（1）聚盐早期为浅水半咸化沉积粉砂岩与咸水石盐交替沉积，因而易于成半固结状态，粉砂岩的厚度由砾径判断为南薄北厚，最厚不超过1米。（2）由溴的资料说明，由沉积到改造的过程不脱离原盐母液，具同期改造性质。（3）处于强烈构造活动带内，在盐层上下的粉砂岩由于干裂、盐水渗透充填结晶及软硬岩石间造成应力不均等作用，在同期同阶段内破碎呈大小不等的砾屑，只具错动、局部位移和搬运。具备此条件的有力证据可由同属一个构造带南段的勐腊地区含盐层中得到解答：该地区勐野井组合盐层为粉砂岩与石盐岩（盐矿石类型相同）的互层。由钻孔中见到在两者之间有数米厚的过渡层，为石盐脉穿插呈假角砾、角砾状的粉砂岩，向上盐脉增多、粉砂岩角砾错动间距大而呈单个砾石并构成泥砾质石盐岩，这种使几米厚的粉砂岩即保留原沉积的层位、又破碎成砾石的各种地质作用力，如发生在薄的石盐夹层中是可以置信的。图版Ⅱ—4中的粉砂岩夹层，

如果原沉积层原地破碎与半固结硬化、具有塑性或浆状的盐溶物重新胶结的话，碎屑物就可呈悬浮状。图版 I—3 条带状石盐岩中的碎屑物分布产状就是此形成过程的缩影。由此才能解释盐层中平均占 50% 的粉砂岩为什么呈砾石状而在两度空间内都没有流水搬运和重力分选的遗迹。

2. 棕红色泥砾质石盐岩砾石 红卫盐矿中发现的石盐岩砾石说明它来源于早期沉积的盐层。这样又提出了一个新问题，如果该砾石与其南部的勐野井等盐矿床的泥砾质石盐岩同属第二聚盐期的盐层，那么红卫盐矿在形成了第二聚盐期的盐层后又发生了一次改造，应是第三聚盐期的盐层砾石了。诚然，泥砾质石盐岩砾石的存在是盐层受溶蚀改造的证据，而砾石中 Br 的含量比现盐层中高 3—4 倍，与勐野井钾盐矿床相当，这也证明了红卫盐层是溶蚀再生形成的。这种溶蚀作用曾脱离原盐母液，为硬化深埋成岩早期阶段形成的。

从上述两种砾石的成分、沉积构造以及 Br 含量说明了思茅拗陷在勐野井成盐期构造运动的控制下，由盐沉积到固结成岩过程中经受多次不同程度的改造，改变了原始盐层沉积的面貌，是一种同期多阶段成盐的表现。

(二) 混合沉积钾盐岩和光卤石岩的成因

混合沉积钾盐岩和光卤石岩密切共生，两种矿石产于同一层位。根据盐脉的种类、泥岩的颜色和其中盐类矿物的成分，从宏观上看灰绿色泥岩层红色脉状光卤石岩在红色脉状钾盐岩的上部，但是，由于角砾化的结果，使泥岩层破碎、错动和小的位移，同时光卤石脉、钾盐脉垂直层面分布，参差不齐，因此在局部上光卤石岩和钾盐岩之间却找不出清晰的界限和层界面。灰绿色泥岩层不论是含光卤石脉还是含钾盐脉，它在沉积时应是连续的沉积序列，在盐盆地内局部封闭、滞流缺氧的还原条件下的卤泥层中堆积而成（图版 V—1）。它饱含了石盐沉积后钾盐阶段的浓卤水。和由侧向运移来的淤泥水及晶间卤水。在浅水和干盐滩交替变化中形成了干裂和孔隙，为浓卤水和晶间卤水析盐提供了良好的空间，形成了灰绿色泥岩层红色脉状钾盐岩和光卤石岩。光卤石岩虽呈脉状，但绝不超越泥岩层的层位，因而它与原生蒸发沉积有关。象干裂纹、盐碱滩微细层理、盐脉开口向上呈楔形并垂直分布以及剖面上溴含量急剧升高等，都表明卤泥层沉积时是干湖阶段。当蒸发强烈、地表无径流、表层卤泥暴晒时在局部小范围内就可有光卤石析出，因此从泥岩的层序和卤水浓缩发展上由钾盐岩到光卤石岩仍属于正常蒸发沉积序列。

由此可见，思茅拗陷盐层中大量不同形态的碎屑物是由混合沉积的石盐岩、钾盐岩到光卤石岩的正常蒸发浓缩序列中产生的。碎屑物的粒度由粉砂到卤泥，其颜色由棕红色到暗绿，代表了由开阔流畅到封闭滞流的还原环境。在其原始沉积的夹层形成后，受不同程度地破坏、改造而成现在的内碎屑。因此它不是由陆源区直接搬运而来的砾石。从整个盆地沉积来看，除盐盆地边缘外，搬运用作用在盐盆地内部也不是主要的。