第3卷 第4期 盐湖研究 Vol.3 No.4
1995 JOURNAL OF SALT LAKE SCIENCE 1995

青海昆特依和马海盐湖区钾镁盐矿床固体矿的基本特征

宣之强
（化工部化学矿产地质研究院，河北涿州、072754）

摘要 该文根据相关研究资料，详细探讨了青海昆特依和马海盐湖区钾镁盐矿床固体矿的成因、物质成份、矿床的规模以及矿床的沉积特征，并且对两地区固体矿形成模式作了研究。

关键词 昆特依盐湖 马海盐湖 固体矿 钾 镁盐矿床

1、区域地质概况

昆特依和马海盐矿床分属柴达木盆地中西部强烈拗陷带和盆地边缘断陷带盐湖区。

柴达木盆地基底主要是古生界变质岩和花岗片麻岩，含少量绿色片岩、花岗岩及侵入体。由于多次构造变动、尤其在新生代历次构造运动影响下，因受南北向区域应力作用，基底发生北西和北东向断裂构造，将盆地分割成众多断块，强烈的相对升降控制了新生代的沉积作用。在盆地边框的昆仑山发育震旦系至三叠系浅变质岩、岩浆岩及新生代的中基性火山岩，而阿尔金山、祁连山分布除上述岩性外，还发育古老变质岩、零星超基性岩和侏罗、白垩系沉积岩，以上岩层成为盆地沉降区丰富的物源。

柴达木盆地中部，其沉降最深达到15600m向四周减至5000m。盆地广泛分布新生代第三系碎屑岩和含盐碎屑岩及第四系陆相碎屑岩系含盐沉积。第四纪盐湖和干盐滩中含盐地层赋存丰富的盐类矿产和卤水矿。

2、昆特依钾矿田概况及固体矿特征

昆特依钾矿田是由断裂和褶皱运动共同形成的次一级盆地，北界与阿尔金山呈断层接触，西南临为轴向北北西呈斜列式排列展布的俄博梁Ⅰ、Ⅱ号及葫芦山第三系背斜构造，东邻第三系背斜构造组成的一至五号冷湖长恒。

矿田受第三系背斜构造影响，被分割成五个次级盆地，即北部新盐带、钾湖、俄博滩、大盐滩、大熊滩。昆特依钾矿田区域面积约有36850km^2，盐滩面积仅达2800km^2。毗邻矿区北部有阿尔金山东段石棉矿、白云母矿，南部是一里坪锂矿区，东为马海钾矿区，西部为察汗斯拉图芒硝矿区及大风山天青石矿区。山区海拔3400—4200m，盆地盐滩为海拔2730—2760m。区内属典型内陆干旱气候。

1、矿物成分

昆特依钾矿田盐类矿物有17种，其中钾石盐、光卤石分布在钾湖、大盐滩昆西及大盐滩中心地表部位，水氯镁石仅在钾湖产出。从地表至地下石盐和芒硝分布广泛，而杂卤石多见地下

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn

埋藏，见表1。

表1　柴达木盆地西北部盐湖盐类矿物

盐矿物＼盐湖	昆特依	马海	大浪滩	察汗斯拉图
钾石盐	+	+	+	
光卤石	+	+	+	+
石盐	+	+	+	+
小氯镁石	+	+	+	
石膏	+	+	+	+
硬石膏		+	+	
半水石膏	+	+	+	
钙芒硝	+	+	+	
芒硝	+	+	+	+
无水芒硝	+	+	+	
盐镁芒硝			+	
钾芒硝			+	
白钠镁矾	+	+	+	
钠镁矾	+	+	+	
钾镁矾			+	
软钾镁矾			+	
泻利盐	+		+	
六水泻利盐	+			
四水泻利盐	+		+	
杂卤石	+	+	+	
钾盐镁矾		+		
南极石	+			
氯氧镁铝石	+			
无水钾镁矾		+		
含硅硼钙镁石		+		
多水硼镁石		+		
硼吵		+		

经标本观察、显微镜及电镜分析，主要盐类矿物特征为：

(1)钾石盐　KCl

无色透明、灰白色，味辣。常呈它形或不规则粒状，大小为0.1—0.7mm，最大3mm。光性均质体，常与石盐紧密镶嵌、溶蚀明显。

(2)光卤石　$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$

无色透明、灰白灰黄色，味辣苦。呈桶状、粒状，集合体为柱状、纤维状，大小不一，小者不足

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cn

1mm、大者 30—40mm。二轴晶正光性，易溶于水。

(3)水氯镁石　$MgCl_2 \cdot 6H_2O$

无色透明、味苦，常呈针状、柱状。多与光卤石共生，吸水性强、空气中易潮解。

(4)石盐　$NaCl$

无色、灰白及乳白色，多呈半自形—自形立方体，个别它形粒状，大小不等，集合体为晶簇状，还常见漏斗状骸晶。味咸、光性均质体。电镜下石盐晶体常见微细裂缝及大小溶融孔洞。

(5)芒硝　$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$

无色透明，多呈它形——半自形粒状，大小不等，但以中粗粒为主。味凉微咸，常脱水成白争粉末。二轴晶负光性。电镜中见到柱状晶体及脱水产生的裂纹及由次生针状芒硝组成的花朵堵塞孔隙。

(6)白钠镁矾　$Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$

无色、灰白色，晶体巨大，个别达 8mm，呈不规则粒状、柱状。油脂光泽、表面常带白色薄膜。二轴晶负光性。电镜里多见三角形蚀坑。味微咸苦，易溶于水。

(7)泻利盐　$MgSO_4 \cdot 7H_2O$

无色透明，呈不规则粒状、短柱状，大小为 1—2mm。味苦，在干燥空气中易失去水份，变为六水泻利盐白色粉末。二轴晶负光性，电镜中见到短柱状自形晶，晶间缝隙 1mm 且连通，以及泻利盐脱水后形成许多裂纹。

(8)杂卤石　$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$

常沿 b 作纤维状或依{010}呈板状、叶片状(100)、延伸〔001〕成柱状、棒状。二轴晶负光性，水解析出石膏。杂卤石常见纤维状集合体组成放射状、束状，电镜中见到形态逼真毛发或毛毡状，发长 10μm。

(9)石膏　$CaSO_4 \cdot 2H_2O$

无色，浅灰色、灰黑色、烟灰色透明—半透明，常呈板状、粒状、片状及纤维状。大小不等，大者数十 mm、以板柱状晶体分布最广。二轴晶正光性。电镜见石膏呈细长条柱状，集合体似木筏状。

(10)半水石膏　$2CaSO_4 \cdot H_2O$

薄片中常见呈石膏假象，正突起、平行消光，一轴晶正光性。

(11)钠镁矾　$6Na_2SO_4 \cdot 7MgSO_4 \cdot 15H_2O$

钠镁矾晶体常呈柱状及锥状，薄片中常见菱形环带构造及叠瓦式构造，一轴晶负光性。电镜中见菱形锥状，晶体中间凹陷、集合体似花瓣状。

昆特依钾矿田还见少量钙芒硝、无水芒硝、氯氧镁铝石、六水泻利盐及四水泻利盐。

2、矿床特征

昆特依钾矿田是一个以液体钾矿为主的特大型综合盐矿床。液体矿主要组分有 KCl、$NaCl$、$MgCl_2$、$MgSO_4$，固体矿以石盐为主，次为芒硝、杂卤石及钾盐矿。

矿田外围山区基岩地层为下元古界和下古生界变质岩和火山岩系以及中生界含煤碎屑岩系；盆内第三系见渐新统、中新统和上新统，至上新统本区才有薄层石膏出现，第三系地层累计厚 4000 余米，全部为陆相冲洪或滨湖相淡水至咸水沉积。

第三系地层在新构造运动中褶皱隆起，形成一系列背斜构造，间或发育沉陷低洼地带，为第四系盐类沉积提供了空间。本地从下更新系顶部开始有大量的盐类沉积，在三滩一带一湖为一套第四系含盐建造地层，其特征分述如下：

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cn

(1)北部新盐带矿床

呈北西向分布于矿田最北部，长 40km、宽 2km，面积 80km^2。S_1 石盐(Q_4^{1ch})最大埋深 18.01m，最大厚度 17.01m、最小 0.4m，平均 6.48m 厚，呈稳定层位。$NaCl$ 含量 39.91—92.79%，一般为 55—86%，平均 75.48%。岩层为灰白、灰色，褐黄色含粉砂石盐、粉砂石盐，局部有石膏，盐层富含晶间卤水。

(2)俄博滩矿床

位于北部新盐带南部，近东西向展布，长 28km、宽 13km，面积 360km^2。含石盐矿、芒硝矿及杂卤石层。

石盐矿由第 2 至第 5 矿层组成。S Ⅱ (Q_3^{1ch+1})属上更新统下部，埋深 0—31.9m。平均品位 74.78%，呈层状产出局部为似层状，石盐较稳定。S Ⅲ 石盐(Q_{3ch+12})中更新统上部，埋深 5.07—50.63m，呈层状产出，$NaCl$ 含 73.18%。S Ⅳ 石盐(Q_2^{2ch+1})为中更新统中部，埋深 37.28—93.3m，平均 $NaCl$ 含 76.23%。S Ⅴ 石盐(Q_2^{1ch+1})为中更新统下部，仅在 $ZK05$、$ZK02$ 孔中见石盐，埋深 63—94.11m，$NaCl$ 平均品位 72.87%。

芒硝矿由第二及第三矿层组成，M Ⅱ 芒硝(Q_3^{1ch+1})为上更新统下部，埋深 1.60—3.97m，Na_2SO_4 含 33.35—81.50%，平均品位 41.13%，分布面积 85km^2。M Ⅱ 芒硝(Q_2^{3ch+1})属中更新统上部，仅在 $ZK0014$ 孔中 Na_2SO_4 达工业品位，埋深 28.17—29.40m，厚 1.23m，品位 56.99%，为半自形粒状结构灰白色含粉砂石盐芒硝层。

杂卤石层仅见 Z Ⅲ，属中更新统上部(Q_2^{3ch+1})，在 $ZK04$ 孔 K_2SO_4 为 5.5%，达边界品位。

俄博滩石盐 $D+E$ 级表内储量为 78.9 亿吨，芒硝 E 级表内外储量 527 万吨，杂卤石 E 级表外储量 69 万吨。

(3)大盐滩矿床

位于本矿田中部位置，与矿田走向一致呈北西向展布，长 63km、宽 32km、面积约 2000km^2。该地产光卤石钾石盐矿、石盐矿、芒硝矿和杂卤石层。

光卤石钾石盐矿仅在 $ZK3208$ 孔，简称“昆西”，分布($Q_4^{2eol+ch}$ 和 Q_4^{1ch})，跨层产出于全新统。矿层长 2.2km、宽 1.1—1.7km，面积 2.94km^2。顶板埋深 0—0.5m，最大单层厚 1.70m，最小 0.15m，矿层累积厚度平均 1.70m，呈扁豆体状产出、不稳定。KCl 含量 2.29—17.27%，平均 6.19%。为含光卤石钾石盐之石盐，含粉砂钾石盐之石盐，多为次生钾盐矿物。KCl D 级表内外储量 35.46 万吨。

石盐矿在大盐滩含 S Ⅰ 至 S Ⅳ 共六层，规模最大，$NaCl$ 表内储量 $D+E$ 级达 750 亿吨。

芒硝矿厚度、品位变化较大，共分四层，即从 M Ⅰ—M Ⅳ，规模较小。Na_2SO_4 表内加表外矿($D+E$)储量为 4.57 亿吨。

杂卤石分五层，从 Z Ⅰ—Z Ⅴ，K_2SO_4 表外储量为($D+E$)2.15 亿吨。

(4)大熊滩矿床

大熊滩矿床分布于昆特依西南隅，呈北西向椭园形，长 20km、宽 15km，面积为 300km^2。自上而下分为四层石盐矿层，两层杂卤石矿层，地表见有光卤石矿物。

石盐矿中 $NaCl$ 表内储量($D+E$ 级)为 13.1 亿吨。

杂卤石岩表外 E 级 K_2SO_4 储量为 82 万吨。

3、昆特依钾湖特征

钾湖位于昆特依矿田东北角，长 7km、宽 3.5km，面积 80km^2，固体矿产有钾盐和石盐。

固体钾矿产于全新统(Q_4)风积和化学沉积层中，主矿层呈层状、扁豆状、透镜状，呈北北

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn

西向带状分布，矿体直接出露地表或埋藏于地表浅处，层位较稳定且跨层产出。中部最大埋深 8.27m，一般 0.0－0.50m。顶板为含粉砂的石盐、粉砂石盐；底板为含石盐粘土之粉砂或含石盐粉砂之粘土。矿层在剖面上呈锅形状，厚度变化较大、层数多。一般层厚 1－1.5m，最大厚度 3.15m；单层最大厚度 2.40m，一般厚度 0.1－1m。KCl 品位最高 25.78%，一般为 6.10%。按含矿岩性大致可分五种类型，即：

(1)含光卤石石盐之粉砂〔$Q_4^{col+ch(kc)}$〕

在矿区西部边缘呈北西向带状分布，一般厚 3m，KCl 品位小于 2%。光卤石呈微细粒状与石盐嵌生。该层因品位低，又零星状在粉砂中，无工业意义。

(2)含石盐的光卤石粉砂〔$Q_4^{ch(kc)}$〕

该层分布北西向呈不规则的环状或环带状，直接出露地表或地表浅处，中央厚 1m，边缘厚 0.1m，KCl 含 2－5%，$MgCl_2$10.25%。光卤石呈微细粒状，局部为 0.2cm 大小半自形粒状且多呈密点状不均匀分布于粉砂中，石盐为共生矿物。

(3)含石盐的粉砂光卤石或石盐粉砂光卤石〔$Q_4^{ch(ck)}$〕

仅见 $ZK01$、$ZK04$ 孔一带，呈似层状或透镜体埋藏地下，厚 2m，向两边尖灭。最高 KCl 25.87%，一般 15%；$MgCl_2$ 10－15%。光卤石颗粒 0.1－1cm 左右，呈不规则粒状或半自形－自形桶状；钾石盐粒径在 0.2cm 以下为它形微粒状或半自形粒状。光卤石和钾石盐分布不均匀，共生矿物为石盐，伴生矿物为石膏、泻利盐及碎屑矿物。顶板为灰褐色含光卤石的粉砂石盐，底板为灰褐色微含光卤石的石盐或粉砂石盐。

(4)含光卤石粉砂石盐或含钾石盐的光卤石石盐〔$Q_4^{ch(ks)}$〕

该层出露于主体东南侧边缘地表，呈北西向展布。在矿床北部 $ZK08$ 孔中厚 2.30m，一般为 0.64－1.25m。KCl 品位局部达 10%，一般 2.0－2.5%；$MgCl_2$ 3－5%，局部达 10%；光卤石微细粒状、个别为半自形粒状，粒径在 0.1cm 以下；钾石盐为 0.05cm 微粒状，两者不均匀地分布于石盐粒晶间。石盐为共生矿，伴生有石膏、碎屑及淤泥。

(5)含光卤石的水氯镁石

分布矿床中央、部分卤水底下，为现代沉积。最厚 69cm，一般 6－10cm。光卤石呈微细粒状、水氯镁石为乳白色长柱状。KCl 6－8%，一般为 0.2－2%；$MgCl_2$ 达 16.20%，南部最高达 46%。该层之下为灰褐色含光卤石的石盐或含粉砂的光卤石石盐。

钾湖石盐矿层产于全新统(Q_4)化学沉积层中，层位稳定，分布 24 个钻孔中。埋深 0.0－8.76m，在 $ZK09$ 孔最大。最大厚度 8.76m，最小 1.15m，平均厚 5.02m。呈层状、似层状北北西向展布。$NaCl$ 品位 35.34－94.57%，矿石多为半自形－自形中粗粒结构、块状构造。岩性为含粉砂的石盐、含石膏粉砂之石盐、粉砂石盐、含光卤石粉砂之石盐、含光卤石钾石盐之石盐、含钾石盐的光卤石石盐等。

钾湖固体石盐 $NaCl$ 的 $C+D$ 级储量 0.57 亿吨，表外 $C+D+E$ 储量为 215 万吨。固体钾矿为 33.24 万吨。

4、昆特依钾矿田沉积特征

昆特依钾矿田是自早更新世晚期以来发育形成的盐类矿产，至今成盐作用尚在局部地区进行。“三滩”系自早——中更新世开始形成盐类矿产，直至晚更新世——全新世早期才结束沉积形成干盐滩。其中大盐滩盐类沉积发育齐全，埋深从 335.81m 至地表，盐类矿产有石盐、芒硝、杂卤石、光卤石和钾石盐，规模较大，俄博滩位居第二，大熊滩为第三。“一湖一带”规模较小，但都已被开采，是全新世以来才形成至今尚在发育的矿床。如北部新盐带石盐矿床厚十余

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn

米不等，石盐富含碘；钾湖矿层厚度不足 10 米，下部为石盐层，上部为含光卤石（钾石盐）石盐层，固体钾矿地表浅处已采掘大部分。

昆特依钾矿物仅见杂卤石、光卤石及钾石盐。多产于盐系的中上部且集中在上部。其中属杂卤石分布最广，从 $ZK4008$ 孔的 44 层至 5 层盐层中均有分布，此外个别泥层中亦有发现。光卤石、钾石盐仅产于钾湖和“昆西”的地表，一般以光卤石为主，少见钾石盐。钾矿层呈层状、似层状和分散状，产于石盐层间和石盐中，并混有不同程度的泥砂。

本矿田盐系由化学沉积的盐层和湖积沉积的碎屑层互层交替组成，有时甚至两种沉积同时并存。由碎屑层开始至盐层结束即为一个韵律层，若干个变化的韵律表现为一个沉积旋回，其特征是颜色由灰黑、灰向上为褐、黄色，即表示由还原环境向氧化环境演化；盐矿物组合由下部石膏、芒硝、石盐到中部出现杂卤石至上部增多、后白钠镁矾、泻利盐出现，顶部在大盐滩“昆西”出现光卤石、钾石盐与石盐共生，均分布于孔洞状含细粒盐壳之下，为几厘米厚的钾石盐光卤石石盐薄层产出。

钾湖探坑中见 $30cm$ 的两个含钾石盐、光卤石盐层与细粒石盐层交互产出带。在钾湖几个现代卤水小坑中，光卤石呈白色糊状物与细粒石盐共生，系地表卤水或晶间卤水蒸发沉积所致。

本盐系划分五个沉积（亚）旋回，Q_2 为三个，Q_3-Q_4 为两个。从 Q_2 第三个旋回开始，盐湖已发展到干盐湖阶段，钾镁盐矿物开始出现，盐层集中分布且厚度变大，碎屑层相对减少变薄。晶间卤水中钾镁含量高且储卤层岩性富水性好，是本矿田液体钾矿的主要层段（$Q_2^{3ch+1}-Q_4$）。

5、昆特依钾矿田成因分析

昆特依矿田属典型的内陆湖相沉积，其盆地的形成、发展演化及成盐（矿）是在构造运动的严格控制尤其新构造运动制约下进行。第三纪末的构造运动及在阿尔金山断裂带的影响下形成了昆特依盆地，第四纪构造运动又对盆地进行了改造，盆地从一个演化分割成三个，即三滩，至全新世发展成了“三滩一湖一带”。

在历次构造运动的作用下，高山隆起、盆地沉降，盆地越趋封闭。盆地从第三纪开放性淡（咸）水发展成为更新世早期的半封闭、封闭的咸水、盐湖直至最后的干盐湖。其沉积环境为咸水湖一盐湖一干盐湖（含卤水湖和干盐滩），钾盐富集干盐湖阶段。

在构造运动的作用下，盆地由第三纪的单一山区补给发展成为多来源补给，如钾湖的深层水补给及“及湖链式”倒灌补给等，极大加速了矿田的成盐作用。

钾湖是昆特依干盐滩中一个特殊湖中小湖，形成时间晚，至今成钾作用还在进行，成因与昆特依有较大联系外还深受深层水补给影响。如钾湖一带新断裂比较发育、地表常见喀斯特溶洞并具一定方向性，这可能是深层水沿断裂上升所致。它已形成一定规模的固体钾矿，其晶间卤水钾矿已盐田化小规模生产。

3、马海矿区概况及光卤石富集带特征

马海盆地位于柴达木盆地北缘中部、祁连山前断块带（或称柴达木盆地北部断块带）的赛什腾凹陷内，北部为高耸的赛什腾山、南部为早中更新世地层形成的风蚀残丘带。盆地为一走向近于北西向的狭长地带，长近 $100km$、宽 $20-25km$，面积 $3700km^2$、盐滩海拔 $1750m$ 左右。东侧有德宗马海湖和巴仑马海湖，西北角有呈星点状分布的牛郎织女湖群，盆地大部分为干盐滩。

本地气候干燥，冬春风沙大，以西北风为主，年平均气温 1－3℃，属典型干旱荒漠气候。境

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn

内有三条主要河流，东部鱼卡河直接补给德宗马海湖；嗷唠河、脑儿河流经盆地东缘的冲洪积扇后下渗以潜水形式补给盆地。

盆内第三系为一套厚层砖红色和褐色粉砂、含砾粉砂、粉砂质粘土与分选和磨圆度很差的砾石、砂层和含砾砂层（冲洪积物）组成。第四系仍含有冲洪积物，但以灰绿色、褐色和暗灰色含膏粉砂和粉砂质泥及盐类沉积为主。在 $ZK4012$ 孔，第三系与第四系下更新统界线划在 $297.22m$（距今约 247 万年），蒸发盐自下更新统上部开始出现，全新统（Q_4）只有盆地东北部的光卤石富集带及其东部有沉积。从中更新世晚期以后，盆地逐渐由西部和南部向东北方向干盐滩化。

含盐系地层由淡化层（碳酸盐、粉砂、粘土）与盐层的互层组成。盐类矿物有石盐、石膏、无水芒硝、钙芒硝及含钾镁盐类矿物光卤石、水氯镁石、钠镁矾类和少量杂卤石、钾石盐、无水钾镁矾、钾盐镁矾等，其种类和共生组合特征较大浪滩盐矿床简单。

光卤石集中分布于德宗马海湖西北，在 $ZK7204$ 孔附近（俗称"光卤石富集带"）及牛郎织女湖群牛郎湖一带，水氯镁石仅发现于牛郎织女湖。

马海是一个大型固液相并存的综合型盐类矿产地。具有工业意义的固体盐类矿产有钾盐和石盐矿。暂无工业意义的固体盐类矿产有杂卤石、芒硝、白钠镁矾、天然碱和硼土。

1、矿物成分

马海矿区盐类矿物共有 18 种。和昆特依钾矿田相比，硫酸盐矿物多了无水钾镁矾、钾盐镁矾和硬石膏；硼酸盐矿物多了硼硅钙镁石、多水硼钠石及方硼石；而在氯化物矿物中少了氯氧镁铝石；硫酸盐矿物中少了泻利盐、六水及四水泻利盐，见表 1。

以下仅描述马海特有的几种盐类矿物：

(1)无水钾镁矾　$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$

光性均质体，无突起、无解理。在水中溶解比石盐缓慢，在空气中吸水生成白色或浅黄色皮壳。在潮湿空气中几天内可完全分解破碎成细粒状，易误认石盐。

(2)钾盐镁矾　$4KCl \cdot 4MgSO_4 \cdot 11H_2O$

中速溶解于水，分解成钾石盐与泻利盐。二轴晶负光性。

在马海盆地盐层中钾石盐常伴生有少量无水钾镁矾与钾盐镁矾。面硼酸盐矿物仅在局部地表盐坑硼土中经 X 光衍射鉴定发现。硬石膏和石膏共生，数量稀少。

2、矿床特征

马海光卤石富集带呈北西带状分布，长 $20km$、宽 $1-10km$ 变化不等，面积约 $120km^2$。具工业意义的固体钾矿主要分布在 58－79 线北部。在牛郎湖南面还有面积不大的表外矿，矿体平均厚 $24cm$。KCl 平均含 4.35%，为粉砂钾矿。矿体太小，地方部门在土法生产钾肥。

马海光卤石富集带固体钾矿分为三个钾矿层，最大 jⅣ为地表钾矿，最小 jⅢ为埋藏钾矿。jⅣ钾矿层含 6 个钾矿体，由西向东由北向南、由浅入深为 jⅣ1－6。钾矿赋存 Q_4 顶部的化学沉积和碎屑沉积中，多数为地表钾矿，少数属近地表钾矿。jⅣ－1 矿体面积最大达 $76km^2$，呈层状水平产出，厚 $0.1-8.95m$，平均 $1.09m$。jⅣ－6 矿体仅见 $ZK7605$ 孔，埋深 $7.70-8.20m$，厚 $0.5m$，呈透镜状，面积 $0.5km^2$。其余 jⅣ四个矿体面积也不大，约在 $1-3.5km^2$。

jⅢ钾矿层也由 6 个矿体组成，分布于 Q_3 中上部，仅 jⅢ4 矿体达 $3km^2$，其余均为 $1km^2$，总面积 $8km^2$。埋深 $13-38m$，属埋藏钾矿，全部呈透镜体状。

jⅡ钾矿体由 17 个小矿体组成，主要分布在 Q_2 上部，次为中部，少数在下部。较大矿体有 jⅡ－3 约有 $6.7km^2$、jⅡ－2 达 $5km^2$、jⅡ－5 为 $3km^2$，其余均为 $1km^2$ 小矿体，总面积

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cn

28.6km^2。埋深 40－120m 不等，多呈透镜体状，而 jⅡ－3 为似层状，均属埋藏钾矿。

马海固体钾矿依据其矿石产出层位、矿物共生组合及成因，将矿石划分四种自然类型：

(1)粉砂钾矿　矿石矿物为光卤石、小氯镁石、局部含钾石盐，产于地表 Q_4 全新统。矿物由毛细管吸附浅卤水蒸发而成。脉石矿物以细粉砂为主，次为石盐及少量石膏。多见土褐色、灰褐色砂状结构。矿石矿物与脉石矿物混生，多产于 jⅣ－1 及 jⅣ－2 钾矿体中。

(2)石盐钾矿　为灰白褐白色，粒状结构、粒状镶嵌结构、残余结构及交代结构，块状构造。矿石矿物为钾石盐、光卤石及水氯镁石，脉石矿物为石盐及少量石膏、芒硝、粉砂或粘土。时代 Q_2－Q_4，属湖泊化学沉积的地表钾矿和埋藏钾矿。分布范围最广，如 jⅣ表内外钾矿体、jⅢ表外钾矿体、jⅡ表内外钾矿体均有产出。

(3)砂钾矿　呈褐色灰褐色，较松散砂状结构．矿石矿物主要为光卤石，个别为钾石盐，脉石矿物主要为粉砂、次为石盐、水氯镁石及少量石膏。时代 Q_2－Q_4，为湖泊化学沉积的埋藏矿。分布于 jⅣ－1、jⅢ－4b、jⅡ－3b 及 jⅡ－12a 矿层(a 表内、b 为表外矿)中。

(4)粘土钾矿　为褐色，泥质结构、块状构造。矿石矿物为钾石盐，脉石矿物为粘土矿物，次为粉砂或石盐，属湖泊沉积的埋藏矿。主要分布 jⅡ－2b 及 jⅡ－1a(QK341)、b(QK342)矿体中。

粉砂钾矿和石盐钾矿为矿床主体、分布最广。

3、马海光卤石富集带钾盐沉积特征

马海盆地钾镁盐矿物有光卤石、水氯镁石、钠镁矾及少量杂卤石、钾石盐、无水钾镁矾、钾盐镁矾。同昆特依钾矿田相比多了无水钾镁矾和钾盐镁矾。杂卤石大部分产于碎屑层中与石膏或泥质碳酸盐共生，少量产于石盐晶间，为马海盐湖演化至较高阶段的淡化期产物代表。钾石盐、光卤石分布于矿区化学沉积中心，分布面积约占盆地面积 6.7%，位于盆地东北方向，称“光卤石富集带”，为盐湖卤水浓缩高级阶段产物代表。牛郎湖的光卤石属蒸发泵成因，水氯镁石可能为卤水浓缩晚期遇深部地下含 $CaCl_2$ 水兑卤而成。

陆相盐湖 K^+、Mg^{2+}含量变化能较好反映盐湖的演化规律。马海盆地在下更新统地层中 K^+含量普遍低，KCl 为 0.15%且变化不明显。中更新统地层中 K^+增加，KCl 0.20%，个别达 2－5%，由杂卤石或钾石盐所致，说明中更新世湖水 K^+已达很高的富集。上更新统在 ZK6412、ZK8012、ZK7204 等孔中有一个高值区，位于上更新统上部层位中 KCl 不足 2%，而 ZK7204 孔周围 K^+达 5%以上，说明光卤石富集带是此时化学沉积中心。K^+和 Mg^{2+}含量变化与盐类矿物析出吻合。由早更新世到全新世可溶性盐类沉积物中 K^+和 Mg^{2+}含量均逐渐上升且出现大小不同的几次起伏，表明湖水的旋回式浓缩趋势。

4、马海钾矿田成因分析

第三纪末的构造运动使马海盆地周边的第三系地层褶皱隆起。早更新世时由于西北和东北方向有丰富河水补给，无盐类沉积。盆地东部因趋向湖水中心，浓度逐渐增大，局部有石膏、石盐薄层沉积。中更新世时由于周边山体缓慢抬升，东部石盐层渐增，厚度也变大。由于湖底凹凸不平，局部低凹处湖水浓缩，浓度剧增，形成了 17 个小钾矿体。中更新世末继承性的构造运动造成柴达木古湖分裂成数个孤立湖盆，晚更新世以前地层均褶皱隆起，露出水面，湖水向北收缩，此时鱼卡河携带的矿物质直接补给马海。因为此时下降速度减弱，Q_3 沉积厚度小仅形成数个小钾矿体。晚更新世末期再次受到新构造运动波及，盆地内大部分地区隆起，遭受风力侵蚀，形成广泛风蚀地貌，湖水收缩到低洼处，哈尔腾河被隔断流入它区。

虽然 Q_4 沉积范围小沉积厚度不大，但由于湖水矿化度高，物质补给充分，沉积了厚层石盐

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cn

及成层钾矿并赋有高钾卤水于盐层和碎屑层中。

综上所叙，构造运动，尤其第三纪末以来的新构造运动比较强烈，对马海盆地发展起着重要的控制作用。而残余古湖水、周边地层风化淋漓作用及深部含盐地下水的补给为马海盆地提供了富足的来源。光卤石富集带潜水面低又是化学沉积中心、利于蒸发浓缩，又具备了以上物质来源条件，为光卤石的结晶富集创造了条件。

4、昆特依及马海固体钾镁矿成因摸式探讨

柴达木盆地自上新世以来在盆地西部盐湖凹陷中出现盐类沉积，特别自中更新世以来出现了"巨厚"的盐类沉积；而盆地东部只是从晚更新世以来才开始有盐类沉积。这是第三纪末以来，由于印度板块向北挤压、俯冲，导致青藏高原大规模隆升，西部阿尔金山上升改变了盆地"东高西低"的地形格局，变成"西高东低"，沉降中心逐渐东移。因而西部分割成一系列盐湖凹陷，而东部依然保持统一的淡一咸水湖环境。随着多次新构造运动的发生形成一系列自西向东分布，高程渐降的凹陷——"湖链"。由于西部汇水面积很小，阿尔金山不能提供充足的补给。在早更新世时期，东西部湖间长年通道呈"瓶颈"状，到中更新世时通道更小，至晚更新世常年水位已淹不到西部凹陷，因此只有当东部大湖水位周期性上涨补给西部凹陷时，盐分不断积累，沉积了大量盐类。因为补给是由"低处"向"高处"进行，和美国西尔斯"湖链"流向相反，故称为"反向湖链"成盐模式。马海、昆特依盐湖正处于东西湖链结合处，其受益肯定更大。

参考文献

大会组委会．第六届国际盐湖学术讨论会论文摘要汇编．柴达木盆地西部盐类沉积中的"反向湖链"模式．北京：1994，7，145。

Basic Characteristic of potassium and magnesium Solid deposit in Kunteyi and Mahai Salt lake of Qinghai Province

Xuan Zhiqiang

(*Geological Institute for chemical Mineral*

(*Resources under Ministry of Chimicel Industry*, *Hebei Zhuozhou* 072754)

Abstract

Based on relevant material, sedimentary characteristic, scale, substance composition and contributing factor of potassium and magnesium solid deposit are discussed in Kunteyi and Mahai salt lake of Qinghai province, the formation pattern of solid ore is also studied in two regions.

Keywords Kunteyi Salt lake, Mahai salt lake, Solid ore, Potassium and magnesium solid deposit

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn