

## 揭榜挂帅科研项目

### 项目 1 氯化钾中除胺工艺技术

#### 一、项目立项背景

青海盐湖工业股份有限公司经过六十多年的发展历程中，通过持续不断的技术进步，使钾肥生产工艺技术不断完善、产能不断提升，目前已形成 500 万吨钾肥产能，形成了以“反浮选-冷结晶”及“冷结晶-正浮选”为主的钾肥生产技术体系，钾肥生产技术处于世界领先水平。但钾盐产品品种单一，需重点围绕钾盐高附加值产品，加强技术研发，布局高附加值产品的全产业链。

青海盐湖工业股份有限公司浮选工艺中每年消耗大量富含胺类的十八胺、十二烷基吗啉等药剂。在多年的生产过程中胺类物质不断扩散、累积，造成卤水系统及钾肥产品胺含量较高。

表 1 部分钾肥企业的化验数据

名称	KCl%	NaCl%	Mg+Ca%	H <sub>2</sub> O%	NH <sub>4</sub> %	Fe%
加拿大	98.3	0.9	0.04	0.2	0.01	2ppm
钾肥公司	97.4	0.6	0.18	2.1	0.04	3ppm
三元公司	97.8	1.2	0.2	0.3	0.04	1ppm
晶达公司	98.2	0.7	0.1	0.8	0.09	2ppm

氯化钾中胺类物质（包括有机胺、无机铵）超标对肥效有一定影响，在氯碱工业中存在安全风险，且高品质氯化钾产品开发存在制约，因此研究产品中除胺技术迫在眉睫。目前，国内外在废水处理行业针对氨氮去除的研究卓有成效，但在钾肥生产中除胺技术（包括卤水系

统除胺、钾肥产品除胺，以及浮选药剂改良、去除、回收等）缺乏研究，更缺乏能适用于大规模生产的产业化技术。本项目拟通过关键技术研发，建设氯化钾产品除胺工业示范线、为基于盐湖氯化钾开发工业级、食品级、医药级产品奠定基础。

## 二、项目研究内容、预期目标

### （一）研究内容

1. 开展氯化钾生产全流程（卤水开采、盐田摊晒、加工过程）的胺类物质赋存机理研究以及检测方法；
2. 开展氯化钾生产中胺类物质脱附研究及产业化技术，制备出精制氯化钾产品；
3. 评价浮选药剂对盐湖系统影响，改良浮选药剂及产业化制备技术。

### （二）预期目标

1. 掌握钾肥生产全流程的胺类物质赋存机理，建立一种适用于盐湖系统胺类物质的检测方法；
2. 开发出一种适用于钾肥产品的除胺新技术和新工艺；
3. 形成浮选药剂对盐湖系统的影响评价研究报告，开发一种改良型浮选药剂。

## 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关或技术引进。



## 项目 2 电解制取金属锂技术

### 一、项目立项背景

盐湖锂在我国锂资源中占比巨大,是保障我国新能源发展的重要资源保障之一。发展锂资源开发利用技术,不仅有利用保障能源安全,而且可为“碳达峰碳中和”提供有力科技支撑。青海盐湖卤水中的氯化锂(LiCl)资源储量共计约 1982 万 t,占到我国锂资源储量的一半以上,具有很高的开采价值和巨大的经济效益。柴达木盆地现已查明有 11 个硫酸盐型盐湖中的锂含量达到工业品位,包括东台吉乃尔、西台吉乃尔、察尔汗和一里坪等。主要盐湖锂资源品位及储量见下表 2。

表 2 青海柴达木盆地主要盐湖锂资源品位及储量

湖名	质量分数/%							LiCl 储量/ 万 t
	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
察尔汗	0.003	5.90	1.00	0.084	2.37	16.67	0.53	995.0
东台吉乃尔	0.85	5.13	1.47	0.020	2.99	14.95	4.78	55.3
西台吉乃尔	0.022	8.25	0.69	0.016	1.28	14.97	2.88	178.4
大柴旦	0.016	10.60	0.40	0.040	1.30	18.70	2.25	24.3

锂具有高的比热和电导率,密度 0.53g/cm<sup>3</sup>,是自然界中最轻的金属元素。金属锂及其化合物的,在原子能、核工业、冶金工业、电子、化工、电池、航空航天以及机械制备等许多领域具有广泛的用途。尤其随着电脑、数码相机、手机、移动电动工具等电子产品的不断发展,电池行业已经成为锂最大的消费领域,对锂的需求量也将会不断提高。

青海盐湖锂资源开发难度大,起步晚,通过多年科技攻关,青海

盐湖提锂技术获得突破，探索出低成本从高镁锂比硫酸镁亚型、氯化物型盐湖卤水镁锂分离技术，构建了高镁锂比盐湖卤水绿色分离提取技术，建成了万吨级碳酸锂生产线。为持续提升盐湖资源开发和资源利用水平，需不断延伸盐湖提锂的产业链，发展下游金属锂及锂合金产品。

## 二、项目研究内容、预期目标

### （一）研究内容

1. 基于察尔汗盐湖氯化锂资源，研究电解制备金属锂工艺技术；
2. 金属锂制备关键工序及设备研究。

### （二）预期目标

1. 获得一种基于察尔汗盐湖氯化锂的金属锂制备成套装备及技术，达到行业技术水平；
2. 建成盐湖卤水电解金属锂中试装置。

## 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。

## 项目 3 盐湖卤水提镁技术

### 一、项目立项背景

国家提出“碳达峰、碳中和”目标要求。我国是镁资源大国，镁是我国唯一不受国外资源限制的轻金属材料。凭借资源、能源优势，我国一直是世界上最大的原镁生产国、出口国和消费国。国内外镁的应用领域正在不断扩大，镁的应用和发展引来新的机遇。

青海柴达木盆地察尔汗盐湖氯化镁储量为 40 亿吨，居全国首位。青海盐湖股份公司氯化钾生产能力已达 500 万吨/年，氯化钾生产过程中排放的老卤年产生量约 5000 万吨，利用柴达木盆地独一无二的气候条件，经过盐田自然蒸发结晶，可获得纯度较高的水氯镁石，成本低廉。以水氯镁石脱水制备无水氯化镁的卤水电解炼镁工艺，与传统皮江法冶炼金属镁工艺相比，具有规模化程度高、产品品质稳定、杂质少、冶炼过程绿色环保的特性。因此对现有引进海德鲁电解金属镁成套工艺技术不断攻关、优化提升的基础上，探索盐湖卤水提镁新技术的前景可观、意义重大。

### 二、项目研究内容、预期目标

#### （一）研究内容

1. 低钠光卤石脱除硫酸根、硼、铁等杂质技术及脱水工艺研究；以盐湖低钠光卤石为原料，开展低能耗金属镁电解工艺研究；低钠光卤石电解制备金属镁电解质成分优化；低钠光卤石电解制备金属镁电解槽槽型和槽结构优化研究；低钠光卤石电解金属镁后高钾电解质提钾和余热回收利用技术。

2. 或以盐湖氯化镁为原料研究制备金属镁或镁化合物。原料还可以采用低钠光卤石、铵光卤石、六氨络合物、氧化镁、低水氯化镁、无水氯化镁等。原料除杂（包括硫酸根、硼等）工艺研究。专用脱水系统、电解装备及电解工艺或其他工艺研究。

## （二）预期目标

1. 开发出一种以盐湖低钠光卤石为原料低成本金属镁制备工艺技术；设计 30kA 低钠光卤石电解生产金属镁电解槽槽型和槽结构；建立一条以低钠光卤石为原料，电解金属镁为主体的镁-热-钾联产工艺示范线；

2. 或开发出一种低成本、低能耗的金属镁制备工艺技术或者一种低成本、低能耗镁化合物制备工艺技术；除杂后原料符合电解金属镁或镁化合物制备需求；开发出专用脱水、电解装备，建成一条盐湖炼镁或者镁化合物示范线。

## 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。

## 项目 4 高收率低成本提锂工艺及锂盐产品开发技术

### 一、项目背景

察尔汗盐湖是我国最大的盐湖，氯化锂资源约占我国卤水锂资源的 50%，其锂资源呈现“储量大、含量低、高镁锂比”的基本特点。随着，国家制订“碳达峰、碳中和”的目标，锂产品的需求将大规模增加。

青海盐湖工业股份有限公司针对察尔汗盐湖超低含量超高镁锂比特点，经过数十年的不断探索、联合攻关，开发出了适用于察尔汗卤水工况的锂吸附剂，摸索出了适合察尔汗盐湖提锂高锂母液沉锂、洗涤等工序的工艺条件，开发出了吸附剂制备方法及设备，最终形成“吸附+膜耦合”产业化技术，建成万吨级产业装置。为进一步提升资源利用率，实现盐湖提锂技术提升，需不断优化卤水提锂工艺，突破低成本电池级锂盐生产技术，发展高纯氯化锂、氢氧化锂等锂盐产品，持续提升盐湖资源开发和资源利用水平。

### 二、项目研究内容、预期目标

#### （一）研究内容

1. 适合察尔汗盐湖超高镁锂比卤水及盐湖生态保护性开发利用的高容量、高收率吸附剂（提锂形式、类型、物质可以不限）；
2. 建设一条高收率低成本的提锂示范线。

#### （二）预期目标

1. 综合收率 $\geq 65\%$ ；
2. 形成高收率生产示范线一条。



### 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。

## 项目 5 盐湖资源高效开发、梯级利用技术

### 一、项目立项背景

青海盐湖工业股份有限公司（以下简称“盐湖股份”）依法拥有察尔汗盐湖别勒滩及察尔汗盐湖钾镁盐矿采矿权，矿区面积约 3700km<sup>2</sup>，察尔汗盐湖是中国最大的可溶性钾镁盐矿床。湖中蕴藏着极为丰富的钾、钠、镁、锂、硼、溴、碘、铷、铯等自然资源，整个察尔汗盐湖潜在的开发价值超过 12 万亿元，是我国发展盐化工的战略宝地。

青海盐湖工业股份有限公司作为建设世界级盐湖产业基地的骨干企业，在钾资源开发利用上处于行业的引领者，经过六十多年的发展，建成中国最大的钾肥生产基地；目前公司拥有年产 500 万吨氯化钾生产能力，及年产 3 万吨碳酸锂的生产能力。因此开展盐湖卤水资源的高效开发和微量元素的梯级利用技术研究，可以有助于公司在稳定主业的同时，将资源开发逐步转向纵深发展，实现产品多元化和深加工，加快盐湖卤水资源的综合利用，优化资源配置、延长产业链，提高企业竞争力，壮大青海盐湖资源开发优势产业和盐湖化工支柱产业，助推世界级盐湖产业基地建设进程。

### 二、项目研究内容及预期目标

#### （一）研究内容

1. 察尔汗盐湖低品位固体钾矿高效溶采技术研究；
2. 察尔汗盐湖固、液态矿床中各有益元素或组份资源储量查明及分布规律研究；

3. 盐湖中各有益元素或组份提取技术及产业化研究。

## （二）技术指标

1. 提升钾资源开采效率，通过矿区资源监测系统和生产系统数据测算，开采回采率达到85%以上，锂资源开采回采率达到70%以上；以开采出卤水中钾、锂含量为基准，钾综合回收率达到75%以上，锂综合回收率达到50%以上；

2. 提升资源开发综合利水平，掌握钾及微量元素锂、硼、溴、碘、铷、铯等的富集及分布迁移规律，研究得出最适合分离提取的富集阶段，针对性地研发新的高效提取技术，其中硼收率60%以上，溴、碘、铷、铯收率达40%以上。

## 三、合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。

## 项目 6 低钠盐制备技术

### 一、项目立项背景

世界卫生组织向世界各国提出减盐行动，北京、上海等大城市已经开始推广食用低钠盐。目前，我国居民85%的死亡来自于慢性疾病，而长期食盐摄入过量是诱发高血压、心脑血管、脑卒中等多种疾病的主要原因之一。低钠盐在一些大城市和经济发达地区已开始普及，随着人们生活条件的提高和健康理念的注重，低钠盐产品有广阔的开拓市场。

### 二、项目研究内容、预期目标

#### （一）研究内容

1. 生产低钠盐的原料筛选，确定技术路线（原料包括原卤、成矿卤水、老卤和含钠光卤石）；
2. 胺物质脱附机理研究、钙、镁、胺等除杂技术研究；
3. 低钠盐产品产业化技术研究。

#### （二）预期目标

1. 形成生产低钠盐的自主知识产权及工艺包；
2. 形成适用于盐湖生产低钠盐产品的胺及其他杂质协同去除新技术；
3. 建成 1 条低钠盐产品中试示范线；
4. 低钠盐产品符合 QB/T-2019-2020 标准；
5. 加工过程钾收率 $\geq 90\%$ 。

### 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。

## 项目7 镁基插层材料开发技术

### 一、项目背景

镁资源在我国是最具有国际竞争力的优势矿产,发展盐湖镁产业是推进我国制造业升级的关键产业之一。加强盐湖镁资源高值化利用、突破镁产业化关键技术难题,对盐湖资源的综合利用及盐湖循环经济发展至关重要。

察尔汗盐湖氯化镁资源储量大、品质优,是生产镁基插层的优良原料。镁基插层材料广泛应用于土壤修复、有机材料添加、红外线吸收材料、热稳定剂、阻燃剂、紫外阻隔材料等,镁基插层材料是镁资源开发利用的重要方向。

### 二、项目研究内容、预期目标

#### (一) 研究内容

1. 围绕盐湖氯化镁资源开发利用,研究镁基超分子结构层状功能材料的工程化及产业化关键技术;
2. 镁基插层材料产品下游拓展研究应用。

#### (二) 预期目标

形成基于察尔汗盐湖资源的、具有市场前景和项目可行性的镁基插层材料工程化成套技术。

### 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体,通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关,或技术引进。

## 项目 8 察尔汗盐田钙杂质去除技术

### 一、项目立项背景

察尔汗盐湖晶间卤水日趋减少，随着公司固液转化项目的实施，矿区开采的原卤以固液转化卤水为主，随着老卤配制溶剂的不断注入，晶间卤水质量逐年下降和稀释，采区原卤中  $\text{CaSO}_4$  的含量最低 0.08%，最高 0.73%， $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$  等杂质离子使得原料光卤石品位下降。钙杂质中大部分以离子形式存在，并有少量的  $\text{CaSO}_4$ 。由于  $\text{Ca}^{2+}$  杂质的存在降低 KCl 产品质量和收率。因此从源头去除钙杂质是产品质量提升的关键。

### 二、项目研究内容及预期目标

#### （一）研究内容

1. 研究卤水主要组成及钙杂质的赋存机理；
2. 卤水中钙杂质对光卤石矿质量和浮选的影响；
3. 借鉴国内外除杂技术，研究卤水除杂的关键技术及产业化。

#### （二）预期目标

1. 掌握盐湖卤水  $\text{Ca}^{2+}$  杂质赋存机理；
2. 掌握钙杂质对盐田光卤石矿质量的影响规律以及对浮选的影响规律；
3. 获取卤水中钙的存在形式和结晶析盐规律，对现有工艺中所用相图数据进行进一步优化，并根据精准获取的相平衡研究结果指导工艺优化，进一步提高钾盐收率；
4. 开发出一种卤水除钙的产业化技术。

### 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。



## 项目 9 盐湖卤水提铷技术

### 一、项目立项背景

察尔汗盐湖是我国最大盐湖，是建设世界级盐湖产业基地的主战场，察尔汗盐湖中富含丰富钾镁锂及铷铯等稀有珍贵资源，针对察尔汗开展铷资源的开发利用意义重大。青海察尔汗盐湖卤水富含锂 ( $\text{Li}^+$ , 100–300 mg/L) 和铷 ( $\text{Rb}^+$ , 10–15 mg/L)。由于理化性质相近， $\text{K}^+$ 和 $\text{Rb}^+$ 尺寸最相近，提 $\text{K}^+$ 后老卤 $\text{Rb}^+$ 流失 99%， $\text{Li}^+$ 流失 54%。因此，有必要改进和发展工艺技术，先行分离盐湖卤水中锂和铷，提升盐湖工业资源化利用价值。

青海察尔汗盐湖卤水成分复杂，尤其是锂铷分离难。干扰主要来源于：同族一价碱金属 $\text{Na}^+/\text{K}^+$  (1–2 g/L)，以及高含量 $\text{Mg}^{2+}$  (6 g/L)。盐湖卤水中锂铷的高效分离技术既是制约盐湖卤水资源化利用的瓶颈，也是分离科学领域里的一个挑战，涉及一价碱金属之间分离，一价和二价金属镁分离的科学问题。盐湖卤水锂铷的分离兼具国民经济、国防和科学价值。

### 二、项目研究内容、预期目标

#### (一) 研究内容

1. 盐湖铷资源量勘测；铷在盐湖卤水，从原卤到老卤（包括提锂后老卤）的富集规律研究；
2. 铷提取工艺及装置研究；
3. 提铷小试或中试装置研究及建设。

#### (二) 预期目标

1. 掌握察尔汗盐湖铷资源储量，赋存状态、富集规律；
2. 掌握提铷全过程及影响因子，开发一种盐湖卤水提铷工艺技术；
3. 建成盐湖提铷中试装置。

### 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。

## 项目 10 盐湖卤水提铯技术

### 一、项目立项背景

盐湖卤水中铯以离子形式存在，因而其提取工艺相对简单，成本低，能耗少。我国青海省盐湖卤水中铯的储量很大，但含量低（平均含量为 0.034mg/L），且卤水中存在的铯常与钾、钠、锂、钙、镁等元素共生。这些共生元素的物理、化学性质都与铯十分接近，因此给分离提取带来了一定困难。

### 二、项目研究内容、预期目标

#### （一）研究内容

1. 盐湖铯资源量勘测；铯在盐湖卤水，从原卤到老卤（包括提锂后老卤）的富集规律研究；
2. 铯提取专用吸附剂或其他提取工艺关键技术研究；
3. 卤水提铯中试装置研究。

#### （二）预期目标

1. 掌握察尔汗盐湖铯资源储量、赋存状态、富集规律；
2. 开发一种盐湖卤水提铯工艺技术，掌握提铯过程中的关键影响因素；
3. 建成盐湖卤水提铯小试或中试装置。

### 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。



## 项目 11 盐湖卤水提溴技术

### 一、项目立项背景

溴是一种活泼的卤素，其来源主要是地下卤水、盐湖卤水和海水制盐后的苦卤。青海省柴达木盆地拥有大量富含溴的盐湖资源，仅察尔汗盐湖钾镁盐矿床中探明的溴储量就达 34.1 万吨。柴达木盆地溴储量达 120 万吨。察尔汗盐湖卤水溴含量在 50mg/L 左右。溴素是一种重要的基础化工原料，由它衍生出的各种化合物被广泛应用于医药、农药、印染、冶金和军工等行业领域，具有很高的经济价值。

### 二、项目研究内容、预期目标

#### （一）研究内容

1. 察尔汗盐湖中溴资源赋存状态、富集规律；
2. 针对察尔汗盐湖卤水低含溴量的特点，开展吸附提溴、溶剂萃取提溴等相关新技术研究，开展吸附、萃取提溴等技术装备研究；
3. 高纯溴化物生产工艺研究；
4. 建成盐湖卤水提溴模式装置或者中试装置。

#### （二）预期目标

1. 掌握察尔汗盐湖溴资源储量、赋存状态、富集规律；
2. 针对察尔汗低含溴盐湖卤水，形成的察尔汗盐湖卤水提溴工艺总体溴回收率 $\geq 85\%$ ；
3. 开发高纯溴产品（溴素、氢溴酸、溴盐产品等）生产工艺，相关产品满足国家标准。

### 三、项目研究合作模式

本项目将由青海盐湖工业股份有限公司作为投资主体，通过“揭榜挂帅”的方式引进科研院所、高校、企业等进行联合攻关，或技术引进。