

# 2019 年国家科技奖推荐公示材料

## 1. 项目名称

高镁锂比盐湖提锂关键技术及应用

## 2. 提名者及提名意见

青藏高原盐湖中蕴藏有丰富的锂资源，占我国锂资源总储量的 71%，世界盐湖锂资源的 30% 左右，但多数盐湖的镁锂比值高达 35~2100，低成本的镁锂高效分离是盐湖卤水提锂的世界性难题和盐湖资源综合利用的瓶颈。马培华及其领导的青海盐湖提锂科技团队持续开展了近 20 年的基础研究、科技攻关和应用实践，取得了一系列重大创新成果。

该项目有效解决了高镁锂比盐湖低成本镁锂分离的关键科学问题和工艺核心难题，构建了选择性分离提锂的新模式，阐明了复杂盐溶液体系镁锂分离的基本物化机理，开发了“选择性离子迁移”高效膜分离的新方法及装置，形成自主知识产权的高镁锂比盐湖提锂及资源综合利用的技术体系，推动了“青海盐湖提锂及资源综合利用”等 10 项国家和行业重大科研项目的实施。核心技术填补了全球高镁锂比盐湖绿色、低成本工业化提锂的空白，在青海锂业有限公司和青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司得到规模应用，已建成 1 条万吨级电池级碳酸锂生产线，实现稳定运行，新建成 1 条万吨级电池级碳酸锂生产线，实现试运行。近三年，新增销售额 31.7 亿元，新增利润 16.02 亿元，上缴税金 5.71 亿元。该成果直接支撑和推动了我国盐湖锂工业体系建设，对我国盐湖化工产业转型升级、推动盐湖锂资源可持续开发和高寒生态脆弱区的生态环境保护起到引领示范作用。

获得一系列授权专利，发表一系列论文，主编多项标准，并获多项国家、省部级奖励。

我单位认真审阅提名材料，确认全部材料真实有效，符合要求，公示无异议。对照国家科技奖励的授奖条件，提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

## 3. 项目简介

本项目属于化工学科领域，属于多学科交叉综合研究。

环境保护和能源结构调整使全球锂产品需求持续快速增加，锂资源储备和提锂技术直接影响到国家能源战略安全。青藏高原盐湖中蕴藏有丰富的锂矿资源，占我国锂资源总储量的 71%，世界盐湖锂总储量的 30% 左右，但多数盐湖的镁/锂比值高达 35~2100。高镁锂比盐湖卤水低成本镁锂分离是世界性难题，也是盐湖提锂工艺之关键和资源综合利用瓶颈。美、日投入巨资，对高镁锂比盐湖卤水进行了长期研究，均未取得突破，产品成本高，无法参与市场竞争。

在几代盐湖科技工作者长期研究积累的基础上，马培华及其领导的青海盐湖提锂科技团队在高寒缺氧、孤寂苍凉的青海盐湖“无人区”，面对极艰苦的戈壁工作、生活环境，历经近 20 年的基础研究、科技攻关和应用实践，系统研究了复杂盐溶液体系镁锂分离的基本物化机理，构建了选择性分离提锂的新模式，开

发了“选择性离子迁移”高效膜分离绿色新方法及装置，首次创立了我国高镁锂比盐湖提锂及资源综合利用技术体系，取得了主要创新成果有：

**(1) 构建了绿色高效的选择性离子迁移提锂方法及盐湖锂资源高效富集方式。**将选择性离子迁移的电渗析、纳滤等分离技术用于分离高镁锂比盐湖复杂水盐体系，实现了镁、钙离子同锂离子，硼酸根、硫酸根离子同氯离子的分离；采用多级多段耦合、连续进出料的高效分离富集方式使锂盐得到浓缩富集，攻克了低成本高镁锂比盐湖分离镁、硼、硫酸根和浓缩锂的绿色工艺核心技术，提高了过程稳定性。锂收率 $\geq 80\%$ ， $Mg^{2+}$ 脱除率 $\geq 95\%$ ，B脱除率 $\geq 99\%$ ， $SO_4^{2-}$ 脱除率 $\geq 99\%$ ， $Li^+$ 浓度富集到10 g/L以上。

**(2) 开发了卤水膜分离、电池级碳酸锂制备工程化技术。**开发了高镁锂比盐湖规模化生产电池级碳酸锂技术，突破了老卤中镁锂分离技术、碳酸锂制备工程技术。从万吨生产线上一次获得纯度 $\geq 99.6\%$ 的电池级碳酸锂产品，质量达到并优于YS/T582-2006标准要求，直接生产成本 $< 1.5$ 万元/吨，实现连续稳定生产。

**(3) 实现了高镁锂比硫酸盐型盐湖盐田相分离及锂、钾、硼综合利用集成技术。**解决了高镁锂比盐湖盐田法富集、浓缩锂生产工艺技术，开发了盐田冬夏联合兑卤，钠、钾、镁分段结晶，浓缩锂和硼的新工艺，解决了复杂地质条件下修建大面积深水盐田的工程技术，实现全年盐田运转；首次创立了我国盐湖提锂及资源综合利用技术体系，实现了高镁锂比盐湖锂、钾、硼的平衡和有效利用，建成了年产1万吨碳酸锂及资源综合利用生产线。

项目核心技术填补了全球高镁锂比盐湖绿色、低成本工业化提锂的空白。在青海锂业、东台锂资源公司得到规模应用，已建成2条万吨电池级碳酸锂生产线，实现稳定运行。近三年，生产电池级碳酸锂2.36万吨，新增销售额31.7亿元，新增利润16.02亿元，上交税收5.71亿元，取得了可观的经济效益，社会和环境效益显著。获一系列授权专利，发表一系列论文，主编多项标准，获得周光召基金会第六届科技“技术创新奖”、中国专利优秀奖、中科院科技促进发展“科技贡献奖”、青海省科技重大贡献奖、青海省科技进步一等奖等国家、省部级奖项。

## 4. 客观评价

**1、科技查新：**本项目以高镁锂比盐湖卤水为原料，采用离子选择性电渗析等膜分离方法从万吨级生产线上一次获得纯度 $\geq 99.6\%$ 的电池级碳酸锂产品，经检索，国际国内未见有与上述工艺相同的万吨级规模生产碳酸锂的文献报道。体现出该成果具有原创性和新颖性，详见附件。

**2、检测报告：**(1) 2016年青海省盐化产品质量监督检测中心样品检测报告：**【碳酸锂纯度为99.66%，产品指标达到并优于YS/T 582-2006标准，详见附件。】**  
(2) 2017年、2018年长沙矿冶研究院有限责任公司分析检测中心样品检测报告：**【产品指标达到并优于YS/T 582-2006标准，详见附件。】**

**3、验收及鉴定意见：**(1)国家“十五”科技攻关计划项目“青海东台盐湖碳酸锂开发的关键技术研究”成果评价意见。**【开发了高镁卤水中提锂的工艺路线先进、可靠，...经济和社会效益显著。该成果解决了高镁锂比盐湖中镁锂分离的难题，属于国际首创，达到国际领先水平。】**(2)王淀佐院士、李洪钟院士等专家关于国家高技术产业化示范工程项目“青海盐湖提锂及资源综合利用”成果评价意见。**【成功开发了具有自主知识产权的从高镁锂比盐湖卤水中分离提取锂的新方法，并建成生产示范装置。该技术具有工艺路线先进、产品质量高、成本低和清洁生产等特点，关键核心技术达到国际先进水平，高镁锂比盐湖卤水中镁锂分离技术**

为国际首创。建成了一整套盐湖提锂及资源综合利用设施，技术具有国际先进水平，有利于推动我国锂产业的发展，实现资源综合开发利用与可持续发展，对我国和世界上高镁锂比盐湖卤水提锂生产具有示范意义。】(3)段雪院士等专家关于“盐湖卤水直接制取电池级碳酸锂万吨级产业化关键技术”成果评价意见。【...开发了盐湖卤水直接制取电池级碳酸锂万吨级产业化关键技术，建成了万吨电池级碳酸锂生产线，运行状况良好，产品质量稳定，产品指标达到 YS/T 582-2006 标准，完全符合电池正极材料相关生产厂家的要求。该成果处于国际先进水平。】

**4、标准：**(1)青海锂业有限公司完成了《卤水工业级碳酸锂标准 DB 63/T 1112-2012》和《卤水电池级碳酸锂地方标准 DB 63/T 1113-2012》的制定。(2)青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司完成了《颗粒技术 盐湖卤水 电池级碳酸锂》中国颗粒学会标准 (T/CSP 4-2018) 的制定。

**5、产品主要用户评价：**(1)宜春市锂电新能源发展局使用青海锂业生产的碳酸锂产品，给予好评【质量稳定，完全符合我园区电池企业生产材料的标准，在我园区企业中进行使用。】(2)新乡市中天光源材料、四川博睿新材料科技、青海泰丰先行锂能科技有限公司使用青海锂业生产的碳酸锂产品，给予好评【使用碳酸锂原材料进行动力电池正极材料的生产，产品电性能稳定，充放电性能好，质量优良...在我公司下游客户中得到所有客户普遍良好反馈，且使用该公司碳酸锂原料后，我司生产成本有所降低。】

**6、获奖情况：**(1)“从盐湖卤水中分离镁和浓缩锂的方法”荣获 2017 年度中国专利优秀奖。(2)马培华及其领导的青海盐湖提锂科技团队荣获 2012 年度周光召基金会第六届科技“技术创新奖”。(3)“青海高镁锂比盐湖提锂关键技术与应用”科技团队荣获 2016 年度中科院科技促进发展奖“科技贡献奖”。(4)马培华荣获 2011 年度青海省科学技术重大贡献奖。(5)《青海高镁锂比盐湖提锂关键技术与应用》项目荣获 2011 年度青海省科学技术进步一等奖。(6)“一种利用盐湖卤水制取电池级碳酸锂的方法”荣获 2017 年度青海专利金奖。(7)《盐湖卤水直接制取电池级碳酸锂万吨级产业化关键技术》项目荣获中国有色金属工业科学技术一等奖。(8)《青海东台吉乃尔盐湖锂、钾、硼矿产资源开发利用项目（二期）工程》荣获中国有色金属建设协会“部级优秀工程设计一等奖”。(9)《青海东台吉乃尔盐湖锂、钾、硼矿产资源开发利用项目（二期）工程》荣获“全国工程建设项目优秀设计成果一等奖”。(10)《青海盐湖提锂及资源综合利用》在第十二届中国国际高新技术成果交易会由国家发改委授牌为“国家高技术产业化示范工程”。

**7、国家、省部级立项支持：**(1)国家“十五”科技攻关计划项目 2001BA602B-01；(2)国家“十五”科技攻关计划项目 2004BA602B-01；(3)国家高技术产业化示范工程项目，计高技 [2001]2105；(4)中科院知识创新工程重要方向项目 KZCX3-SW-322；(5)青海省重大科技攻关招标项目 2001-G-101；(6)青海省科技攻关项目 97-G-107；(7)青海省科技攻关项目 99-G-103-01；(8)青海省科技攻关项目 2000-G-104-01；(9)国家火炬计划（重大项目）2012GH714004；(10)青海省重大科技专项 2012-G-A3A-1。

## 5. 应用情况

本项目科技攻关与工程实施同步进行，属产、学、研、用紧密结合的创新成果。

中科院青海盐湖研究所高度重视发明专利的转化与应用，也已采用普通方式许可青海锂业有限公司和青海东台锂盐湖股份有限公司在青海省东台盐湖实施

《从盐湖卤水中分离镁和浓缩锂的方法》专利转化，已建成了年产 1 万吨电池级碳酸锂生产线，又新建了年产 1 万吨电池级碳酸锂生产线，许可实施使用费 4000 万元。

目前，该成果已成功应用于青海锂业、东台锂资源公司得到规模应用，已建成万吨碳酸锂生产线实现了稳定运行，年产 1 万吨电池级碳酸锂装置已达产达标，碳酸锂已通过产品检测，成功应用于锂离子电池材料。近三年，生产电池级碳酸锂 2.36 万吨，新增销售额 31.7 亿元，新增利润 16.02 亿元，上交税收 5.71 亿元，取得了显著的经济、社会和生态效益。

碳酸锂产品与目前市场上的产品相比具有产品质量高、成本低的优点，并具有较好的市场推广价值，满足国家安全和经济社会发展对锂的需求。碳酸锂产品批量进入国内外市场，带动了青海泰丰先行、时代新能源等一批锂电企业的发展，具有很好的经济效益及推广应用的示范作用。应用情况见下表：

主要应用单位情况表

应用单位名称	应用水平	应用的起止时间	联系人、电话	应用情况
青海锂业有限公司	创新成果 1、2、3	2000.12-2009.12	李健， 13519792518	建设“青海盐湖提锂及资源综合利用”国家高技术产业化示范工程，项目为年产 3000 吨碳酸锂、25000 吨硫酸钾和 2500 吨硼酸，于 2007 年 10 月建成投产。
青海锂业有限公司	创新成果 1、2、3	2010.08-2012.04	李增荣， 13997136722	建设“青海东台吉乃尔盐湖锂钾硼矿资源开发利用项目（二期）工程（一步）的年产 7000 吨碳酸锂、125000 吨硫酸钾生产线。2012 年 5 月，万吨级碳酸锂生产线试车成功，达到设计产能。
青海锂业有限公司	创新成果 1、2	2012.11-2014.11	李增荣， 13997136722	完成年产 5000 吨电池级碳酸锂生产线技改，生产电池级碳酸锂 3005 吨，销售 2700 吨，销售收入 7500 万元。起草编制 DB63/T1113-2012 卤水电池级碳酸锂标准并获颁布。
青海锂业有限公司	创新成果 1、2	2013.01-2016.04	李健， 13519792518	完成年产 1 万吨电池级碳酸锂生产线技改，产品指标达到 YS/T582-2006 标准，符合锂电池正极材料相关生产厂家的要求。
青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司	创新成果 1、2、3	2016.09-2019.09	王洪， 13509738699	建成年产 1 万吨电池级碳酸锂生产线，产品指标达到 T/CSP 4-2018 标准，符合锂电池正极材料相关生产厂家的要求。

## 6. 主要知识产权和标准规范等目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	从盐湖卤水中分离镁和浓缩锂的方法	中国	ZL 200310122 238.3	2006. 10.25	291078	中国科学院青海盐湖研究所	马培华;邓小川;温现明	有效
发明专利	纳滤法从盐湖卤水中分离镁和富集锂的方法	中国	ZL 03108088. X	2008. 04.30	417028	中国科学院青海盐湖研究所	马培华;邓小川;温现明	有效
发明专利	一种利用盐湖卤水制取电池	中国	ZL 201210557	2014. 10.22	1502632	青海锂业有限公司	马培华;李增荣;李健;周晓军;刘国	有效

	级碳酸锂的方法		214.X				旺;赵颖;唐发满;马军	
发明专利	从高镁锂比盐湖卤水中直接制取电池级碳酸锂的方法	中国	ZL 201510505563.0	2017.05.10	2653032	马培华	马培华;郭永楠	有效
发明专利	一种电池级碳酸锂的制备方法	中国	ZL 201610583440.3	2017.12.17	2741062	中国科学院青海盐湖研究所	温现明;朱朝梁;邓小川;段东平;马培华;邵斐;郭效瑛;史一飞;卿彬菊;樊发英;王亚男	有效
发明专利	一种从高镁锂比盐湖卤水中精制锂的方法	中国	ZL 201310573627.1	2016.03.02	1974835	中国科学院青海盐湖研究所	王敏;时历杰;张大义;康为清;李法强;李锦丽;彭正军、葛飞;高洁	有效
发明专利	一种盐湖提锂母液回收利用的盐田滩晒方法	中国	ZL 201410190549.1	2015.12.30	1882343	青海锂业有限公司	刘国旺;李增荣;李健;唐发满;周晓军;贾发云;马军;赵颖;李显军	有效
发明专利	利用盐湖提锂母液制取高硼硅酸盐玻璃行业级硼酸的方法	中国	ZL 201210105542.6	2013.07.31	1246364	青海锂业有限公司	李增荣;李健;刘国旺;周晓军;唐发满;赵颖;马军	有效
中国颗粒学会标准	颗粒技术 盐湖卤水 电池级碳酸锂	中国	T/CSP 4-2018	2018.10.01	19.120 A28	青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司	王洪;李健;陈建孝;周恒辉;姜晓瑞;尚伟丽;李强;刘国旺;高原;韩秀芝	有效

**7. 主要完成人情况** (摘自“主要完成人”情况表中的部分内容, 公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献)

公示姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
马培华	1	原第一副主席	研究员	中国民主建国会中央委员会	中国科学院青海盐湖研究所	构建了高镁锂比盐湖卤水中锂资源选择性分离提取模式, 首次阐明了复杂盐溶液体系影响镁锂分离的基本物理化学研究机理, 提出了锂离子选择性迁移分离工艺研究设想, 授权核心发明专利, 组织开发了具有独立知识产权的“选择性离子迁移”膜分离新技术, 主持国家高技术产业化示范工程, 首次创立了我国盐湖提锂及资源综合利用的技术体系。
李增荣	2	原董事长、总经理	高级工程师	青海锂业有限公司	青海锂业有限公司	主持完成万吨级碳酸锂生产线的建设, 实现了1万吨电池级碳酸锂项目投产, 一次性下线碳酸锂产品指标达到卤水电池级标准, 实现达产达标, 并取得了良好的经济效益和社会效益。获颁了《卤水工业级碳酸锂》、《卤水电池级碳酸锂》地方标准。
邓小川	3	副主任	研究员	中国科学院青海盐湖研究所	中国科学院青海盐湖研究所	授权核心发明专利, 开发了高镁锂比盐湖分离提取锂的新方法, 负责离子选择性迁移分离工艺的试验研究、技术放大和年产3000吨碳酸锂试验示范工程的集成技术设计、研究和开发, 负责盐湖锂资源回收产业化的关键技术研究 and 核心专利技术转化, 确定了合适的工艺流程及工艺操作参数, 实现降低盐湖卤水提锂成本和确保推广应用中的技术指标稳定和提高生产自动控制程度。
李健	4	副总经	高级	青海东	青海锂	负责年产3000吨碳酸锂试验示范工程生产线技术

		理、总工程师	工程师	台吉乃尔锂资源股份有限公司	业有限公司	改造,提升生产装置的控制能力、可操作性和稳定性。主持万吨电池级碳酸锂生产线的建设、开车及试生产工作,解决了进口设备和国产设备的配套问题。负责实现生产达标达产和节能降耗目标,优化设备操作参数,大幅度降低能耗、减少排放,有效控制成本,并实现安全平稳定生产。
马军	5	董事长	高级工程师	青海锂业有限公司	青海锂业有限公司	负责完成由青海锂业承担的万吨级碳酸锂生产线的建设,负责碳酸锂生产工艺设计、装置国产化升级方案、万吨级装置试车及公司生产运营工作,节约了大量资金,并成功实现万吨级碳酸锂装置一次下线产品达到电池级碳酸锂标准,项目达产达标。
王洪	6	总经理	高级工程师	青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司	青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司	负责完成万吨电池级碳酸锂生产线的建设、盐田建设、碳酸锂生产工艺设计、装置国产化升级方案、万吨级装置试车及公司生产运营工作,通过高镁锂比硫酸盐型盐湖盐田卤水相分离、卤水电渗析膜法分离、MVR蒸发浓缩、沉锂反应等集成设备工艺技术的优化组合,节约了大量资金,并实现万吨级碳酸锂装置一次下线产品达到电池级碳酸锂标准。
王敏	7	主任	研究员	中国科学院青海盐湖研究所	中国科学院青海盐湖研究所	负责年产3000吨碳酸锂试验示范工程的实施工作,完成富锂卤水制备碳酸锂过程中固液分离、蒸发、干燥、沉降等关键设备的工程化研究工作,保证了工艺流程的畅通运行,并在工艺流程的自动化控制方面提供了工艺设计软件包。
周晓军	8	总经理	高级工程师	青海锂业有限公司	青海锂业有限公司	负责完成由青海锂业承担的万吨级碳酸锂生产线的建设,全面承担工艺设计、施工建设和生产运营工作,优化设计方案,实现了生产车间各分离设备和结晶设备的有效衔接,一次下线产品达到电池级碳酸锂标准。
李威	9	董事长	高级工程师	青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司	青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司	负责完成万吨电池级碳酸锂生产线的建设,全程参与项目设计、基建、设备安装、单机调试、联动试车、投料试生产、工艺完善方案的论证及实施、项目结题及验收等管理工作,并成功实现项目达标。
朱朝梁	10		副研究员	中国科学院青海盐湖研究所	中国科学院青海盐湖研究所	选定卤水预处理工艺流程及所需滤料和相关工艺设备,进行镁锂分离条件对比和优化试验;参加镁锂分离车间进口设备安装、调试、生产运行,参与国产工艺设备的选型和成套工作,参与核心专利技术转化工作。

## 8. 主要完成单位及创新推广贡献

主要完成单位	创新推广贡献
中国科学院青海盐湖研究所	<p>青海盐湖所马培华及其领导的青海盐湖提锂科技团队历经近二十年的基础研究、科技攻关和应用实践,系统地探索了低成本从高镁锂比盐湖卤水中镁锂分离的关键科学问题,构建了锂资源选择性迁移分离提取模式,首次阐明了复杂盐溶液体系影响镁锂分离的基本物理化学机理,发明了高效选择性分离复杂盐溶液体系锂和镁离子的新方法及装置,解决了高镁锂比盐湖中硫酸盐型卤水盐田相化学分离钠、钾、镁的工艺问题;开发了卤水脱硼及碳酸锂和硼酸制取技术;解决了在复杂地质条件下修建大面积深水盐田的技术;建成了世界上首条高镁锂比盐湖提锂和资源综合利用国家高技术产业化示范工程生产线,使得制约高镁锂比盐湖卤水中锂资源回收的一系列关键生产技术获得突破。项目核心技术填补了全球高镁锂比盐湖绿色、低成本工业化提锂的空白。</p> <p>已普通许可青海锂业有限公司和青海东台吉乃尔锂资源股份有限</p>

	<p>公司实施专利技术转化，建成年产 1 万吨电池级碳酸锂生产线各一条。近三年生产电池级碳酸锂 2.36 万吨，新增销售额 31.7 亿元，新增利润 16.02 亿元，上交税收 5.71 亿元，取得可观的经济、社会和生态效益。获一系列授权专利，发表一系列论文，获多项国家、省部级奖励。</p> <p>项目组在极其艰苦的工作和生活环境中长期坚持不懈工作，培育一支盐湖创新科研团队，在盐湖提锂及资源综合利用方面做出创新贡献。</p>
青海锂业有限公司	<p>2001 年以来，青海锂业有限公司和中科院青海盐湖研究所联合攻关，承担国家高新技术产业化示范工程等科研项目，应用选择性离子迁移膜分离技术，突破了电池级碳酸锂制备工程化技术和复杂地质条件下修建大面积深水盐田的工程技术，解决了富锂卤水生产碳酸锂过程中杂质离子脱除等工程化问题，建成了世界上首条高镁锂比盐湖提锂和资源综合利用生产线，生产出高品质碳酸锂产品。一期 3000 吨生产装置实现达产达标，通过国家验收。通过生产装置的技术改进，解决了设备配套和适应性问题，提高了产能利用率，年产 7000 吨碳酸锂生产装置投产。目前已形成年产 1 万吨规模电池级碳酸锂产能，达产达标，产品指标达到并优于 YS/T 582-2006 标准。近三年生产电池级碳酸锂 2.36 万吨，新增销售额 31.7 亿元，新增利润 16.02 亿元，上交税收 5.71 亿元。</p> <p>获一系列授权专利，主编 2 项地方标准，并获得多项省部级奖励，成为我国卤水提锂领域领军企业。</p> <p>在高海拔艰苦地区长期从事工程建设和生产管理，培养了一支吃苦耐劳、素质过硬的工程技术、管理队伍，为青海经济社会发展、生态环境保护做出突出贡献。</p>
青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司	<p>东台锂资源公司通过实施青海盐湖研究所的专利技术转化，负责完成了万吨电池级碳酸锂生产线的建设、盐田建设、碳酸锂生产工艺设计、装置国产化升级方案、万吨电池级碳酸锂生产的基建、设备安装、单机调试、联动试车、投料试生产等工作，建成了年产 1 万吨电池级碳酸锂生产线。通过高镁锂比硫酸盐型盐湖盐田卤水相分离、卤水电渗析膜法分离、MVR 蒸发浓缩、沉锂反应等集成设备工艺技术的优化组合，节约了大量资金，并实现万吨级碳酸锂装置一次下线产品达到电池级碳酸锂 T/CSP 4-2018 标准。</p> <p>东台锂资源公司已获得东台吉乃尔盐湖的探矿权和采矿权，并与青海锂业有限公司已签订了期限为 20 年的委托加工协议，目前是青海锂业有限公司的控股方。主编 1 项国家团体标准，与青海盐湖研究所共同承担了中科院“弘光专项”。</p>

## 9. 完成人合作关系说明

马培华是本项目第一完成人和总负责人，创造性提出高镁锂比盐湖提锂关键技术的总体思路，对技术研发和工程应用提出关键性建议，是核心技术的第一发明人，是本项目一系列学术论文的主要作者，是青海盐湖所项目首席科学家；邓小川、王敏、朱朝梁是青海盐湖所项目组主要成员，共同参与了高镁锂比盐湖提锂技术的研发和产业化实践，同时邓小川、朱朝梁负责实施盐湖提锂专利技术转化工作。李增荣、马军、周晓军是青海锂业有限公司技术负责人，李健、王洪、李威是青海东台吉乃尔锂资源股份有限公司技术负责人，与中科院青海盐湖研究所马培华及其领导的课题组长期合作，联合攻关，负责专利技术在公司的转化应用，负责所在企业在技术产业化生产过程中的创新研发和落地实施。青海锂业、东台锂资源公司与中科院青海盐湖所签订了战略合作协议。

从 1999 年开始，合作方共同参与承担了国家“十五”科技攻关项目、中科院科技成果转化项目、青海省重大科技攻关项目等多个研究项目，2001 年开始共同承担完成国家高技术产业化示范工程“青海盐湖提锂及资源综合利用”项目，三个单位的所有完成人员围绕项目研究目标开展紧密合作，围绕着青海高镁锂比盐湖提锂关键技术，在“高镁锂比盐湖镁锂分离、电池级碳酸锂制备工程化和锂、钾、硼综合利用”等方面取得了一系列创新性成果。

通过上述协同创新与联合攻关，项目完成人及完成单位实现了高镁锂比盐湖提锂关键技术的研发、应用与转化，逐步形成“科学研究-技术转化-示范应用”的合作模式，建立了以青海盐湖所为技术创新主体，以青海锂业和东台锂资源为技术应用平台的产学研合作团队。通过实施专利技术，取得了可观的经济、社会和环境效益。