



## 聚焦青海盐湖高质量发展 加快建设世界级盐湖产业基地

第24届青洽会盐湖资源综合利用暨锂产业发展论坛精彩回放

编者按

7月21日,盐湖资源综合利用暨锂产业发展论坛在青海西宁举办。作为第24届中国·青海绿色发展投资贸易洽谈会的重要组成部分,此次论坛旨在共话盐湖产业发展的美好愿景,共同探究加快盐湖资源综合利用暨锂产业发展的更好路径。

青海是我国盐湖分布的最大“富矿”,丰富的钾、镁、锂等盐类资源潜在经济价值巨大。近年来,青海积极推动盐湖资源开发融入国家战略,将

盐湖资源综合利用作为高质量发展的第一张牌。应邀出席论坛的中外嘉宾高度评价了青海盐湖产业发展态势,表达出强烈的合作愿望,期待与青海在盐湖资源、镁产业等领域加强合作。同时,为青海坚持走绿色循环、可持续发展道路,为打造具有国际影响力的产业集群和无机盐化工产业基地,为加快推进世界级盐湖产业基地建设建言献策,指明方向。本报特整理论坛演讲嘉宾的精彩观点与广大读者共同分享。

## 青海盐湖资源综合利用“机遇和挑战并存”

演讲嘉宾:中国工程院院士 郑绵平

精彩观点摘登:

青海是我国重要的盐类资源大省,也是我最开始工作的地方。因此,我对青海有着深厚的情感。现在,青海拥有我国开发程度最高的盐湖资源,是重要的无机盐资源宝库。

青海的柴达木盆地,除钾资源外,各盐湖还共生锂、硼、镁、钠等盐类矿产,具有储量大、品位高、类型全的特点。因此,柴达木盆地盐湖资源综合利用,对促进青海经济发展、社会进步、民生改善等具有极其重要的战略地位。

青海盐湖资源综合利用面临的机遇和挑战。柴达木盆地以盐湖资源为切入点,依托多种资源优势,建设国家循环经济先行区,必须着力解决好四个突出问题:1.盐湖资源综合利用科学管理有待改善。盐湖是“活的”矿产,继续加强监测盐湖生产动态变化,包括科学合理解决盐湖生产的氯化镁、氯化钙及氯气等“副产品”,以保护柴达木盆地脆弱的生态。2.盐湖资源综合利用科技创新有待加强。仍需加强盐湖资源综合利用的科

技攻关。3.钾盐后备资源储备不足。要继续寻找钾盐资源接替基地。4.高水平、本地化人才资源缺乏。青海是西部发展、稳固固藏的重要战略支撑点,但是中高级人才匮乏,亟需引起高度重视,建立留住人才和多形式引智的长效机制,这是青海盐湖资源综合利用及可持续发展的根本保障。

青海盐类资源绿色发展建议:第一,加强盐湖资源开发利用的引导和协调,推动盐湖资源管理创新。第二,建立国家盐湖综合研发创新中心和青海分中心,落实创新驱动发展战略。第三,设立国家盐湖生态资源科技重大专项,集中开展盐湖资源开发利用的关键共性技术创新。第四,构建柴达木盆地水、盐资源调查综合监测网络。第五,继续加强盐湖资源勘查和评价,与邻区和国外建立钾锂资源开发利用联合体。第六,建设盐湖绿色化工产业园区,加快构筑柴达木循环经济体系。第七,创新盐湖资源开发体制机制,强化柴达木盆地生态环境保护。第八,大力加强青海盐湖资源综合利用高端人才保障工程建设。

## 原子尺度上的水科学

演讲嘉宾:北京大学教授、博士生导师 江颖

精彩观点摘登:

从水的基本性质和水与无机离子相互作用的基础研究出发,为盐湖资源的分离提取提供了新认识和新思路。

有人总结过水大概有70多个反常的特性,比如热胀冷缩、高比热、高热导等。水分子和分子之间靠“氢键”联系在一起,形成复杂的网络结构。为了研究水的复杂结构、水与离子的相互作用、水与材料界面的相互作用等,我们的研发团队开发了高分辨扫描探针显微技术,利用该技术可建立水分子的图像,揭示在特定条件下水分子之间形成的复杂结构、水分子与离子的相互作用、水分子在材料界面上的行为等。

在无机盐的水溶液中,离子的分散情况、离子与水分子之间的相互作用、离子和离子之间的相互作用都呈现了比较复杂的状态。在

特定的条件下,锂、钠、钾离子通过与水分子的作用,可以形成特定的链状结构,不同离子形成离子链的“粗细”不同,在锂、钠、钾各自形成的离子链中,锂离子形成的离子链相对较“粗”。在混合离子的水溶液中,离子链的形成也呈现了不同的特征,有的离子倾向于单独成链,有的离子倾向于共同成链。

氢能引起了广泛的关注,氢气主要是靠电解水制备的。要提高电解效率、降低电解成本,深入研究和理解氢在电极表面水层中的微观形态和反应过程很重要。采用高分辨显微技术可以深化这方面的研究,为选择和制备更好的电极材料提供帮助。

深入到原子和分子尺度,研究水的微观结构、水与离子的相互作用、水与材料界面的相互作用等,可为海水淡化、离子分离、水解制氢、防结冰等实际应用问题提供全新的思路和解决方案。

## 均相离子膜、双极膜的研发、产业化及在盐湖提锂中的应用

演讲嘉宾:浙江工业大学教授、博士生导师 沈江南

精彩观点摘登:

目前我国锂产业链可分为:上游资源开发、中游锂盐深加工以及下游的终端应用,上游原材料跟不上是目前最大的问题,所以我们将目光放在如何高效获得上游锂资源上。

青海盐湖由于其资源丰富,干燥条件好,受到开发者的青睐,发展盐湖提锂技术至关重要,提高锂盐纯度离不开产业的发展,在盐湖提锂的同时实现盐湖提锂,并对其高效开发利用是解决我国锂资源高度依赖进口的有效途径。因此,开发硼资源,离不开新型材料工艺加持——膜法。

目前应用广泛且具有较好发展前景的盐湖提锂技术主要分为膜法、离子交换与吸附法、溶剂萃取法等,其中膜法主要以电渗析法和纳滤法为主。电渗析技术因其技术自由度大,可能性多,具有较好的工艺灵活性等特点,广泛应用于各个工业场景,但国内电渗析技术起步较晚,

国内市场不成熟,且受到国外市场的冲击,目前呈现膜价格较高、系统和配套设施复杂、运行维护复杂等问题,如何打破这些瓶颈是我们一直探索的方向。

我们团队主要做的就是电渗析工艺的相关工作,我们根据电渗析的原理设置进料和工艺能够实现较为经济环保的卤水脱硼。对于目前节能减排的大环境而言,这是一个非常友好的工艺,并且我们开发的电渗析系统标准化程度高,安装简单,成本低廉。

近几年,产学研结合是国家的大导向,怎么去做好产学研的结合至关重要。目前,膜材料制备技术开发针对以下三个部分:主要从高化学稳定性材料设计与合成、高效纳米催化剂设计与合成、材料整体特性协调匹配技术来进行调控,特别是在成膜加工开发如高效催化层(厚度在纳米级)精确控制加工技术和多层界面特殊的交联复合加工技术,都是接下来需要我们考虑的方向。

## 盐湖资源绿色利用技术支撑双碳对策探究

演讲嘉宾:中国科学院青海盐湖研究所学术委员会主任、研究员 王敏

精彩观点摘登:

青海盐湖资源丰富,多种关键矿产资源储量居全国首位,其中察尔汗盐湖的钾、锂提取技术和产量均处国际领先行列。构建以清洁能源为主体的新型能源系统已成为我国能源转型的主要方向,基于盐湖钾、钠、镁、锂资源开发的电化学储能和储热系统,为打造国家清洁能源产业高地、实现我国双碳目标提供重要支撑。

盐湖锂资源是支撑国家新能源战略的关键,2022年青海盐湖锂产量已达8万吨,主要集中在柴达木地区,为了突破限制该地区锂资源开发的高镁锂比难题,形成了以吸附、膜分离、萃取为主的成熟产业化提锂技术。盐湖研究所马培华研究员于上世纪90年代开发“离子选择性电渗析提锂技术”,在东台盐湖建成年产3000吨碳酸锂生产线,目前年产量已拓展为2万吨,取得了显著经济效益。青海盐湖所联合五矿盐湖公司开发了“梯度耦合膜分离提锂技术”,在一里坪建成万吨规模生产线,显著提高了锂资源利用率和锂盐产品纯度,获4件PCT授权发明专利,牵头制定《卤水碳酸锂》国家标准。以该技术为基础,开发了电池级磷酸锂制备技术、双极膜电渗析制备氢氧化锂技术、以及废旧锂离子电池回收技术,成功推动盐湖提锂技术的低能耗、无污染、绿色化发展。青海盐湖所正积极布局固态锂离子电池以及新型电化学储能技术开发,以支撑新能源产业的健康发展。

## 柴达木盆地资源开发与综合利用

演讲嘉宾:柴达木循环经济试验区管委会首席科学家 李小松

精彩观点摘登:

《2022年中国无机盐工业年鉴》有一个结论,“高质量原料供应问题较为突出,优质菱镁矿供应严重短缺,高端氧化镁生产所需的优质氢氧化镁、碳酸镁原料供应严重不足,制约高端产品的生产与开发”,这些问题对我触动非常大,也暴露出青海的优质镁资源与产业发展没有引起足够重视,企业在镁产品开发投入不足的问题。建议:第一,避免企业间低端同质化竞争;第二,不断提升镁产业创新能力和水平;第三,开发精细化、功能化产品,以适应国家对高纯度氧化镁的需求,提升产品国际竞争力。

硅产业的发展,实际上是石棉尾矿里二氧化硅的开发。可以从盐湖化工带来的废酸和石棉尾矿这两个领域出发来打造青海“负负得正”的产业,两个原料加起来会得到正向的产业发展,对于新的硅资源的开发利用有非常重要的战略意义。

我们国家海盐的产能在萎缩,并盐的产量在增加,但湖盐,特别是青海的湖盐产量与资源储量严重不匹配。而我国的工业用盐量消费近1亿吨,如何把青海的盐资源利用起来,今后,我们要发挥清洁能源的优势,加大科技研发投入,实现钙循环,氯的二次利用,烟气二氧化碳回收利用,打造符合世界级盐湖产业基地标准的新型纯碱产业。加大盐湖资源与石棉尾矿资源深度综合利用的研发,充分发挥好青海柴达木盆地独特的气候条件。充分利用丰富的太阳能、风能等宝贵的清洁能源。降低资源开发成本,提高产品市场竞争能力。未来在布局产业方面充分利用好柴达木盆地资源,进而实现产业的绿色化、低碳化。

## 盐湖股份建设世界级盐湖产业基地的探索与实践

演讲嘉宾:青海盐湖工业股份有限公司副总裁、研究员 马黎春

精彩观点摘登:

建设世界级盐湖产业基地有着诸多发展机遇,人类发展对于盐湖资源日益增长的需求以及新能源、新材料等战略性新兴产业的崛起,使得盐湖中的钾、锂、硼、铷、铯等成为国民经济发展赖以支撑的关键性矿产资源,给盐湖产业的大发展带来了极佳的发展机遇。由于盐湖资源关系到国家的粮食安全、能源安全、国防安全、民生改善等方面,所以得到了国家的高度重视。

当前,建设世界级盐湖产业基地还面临着一些困难和挑战,一是钾盐后续接替资源不足;二是顶层设计有待加强;三是自主创新能力不足;四是生产要素保障不足;五是氯平衡产业受限;六是系统科学管理不足。所以,在建设世界级盐湖产业基地的规划中我们要做到,一是坚持绿色发展,生态优先;二是积极走出去,实现钾盐可持续发展;三是坚持科技至上,不断增强自主创新能力;四是打造国家盐湖资源综合利用技术创新中心;五是优化产业布局;六是提升系统科学管理水平。

当今国际上盐湖产业体系已发展为以钾、锂等多资源综合利用的现代盐湖矿业和高值化的盐湖化工产业,以生物技术为基础的特种基因开发、盐湖农业;以泥疗和漂浮等为依托的盐湖旅游业等共同构成的产业集群。应充分发挥青海盐湖资源的独特优势和禀赋,面向“国际竞争”,服务国家重大战略需求,跨部门、跨领域、跨学科多方协作,突破盐湖产业战略发展关键技术瓶颈,增强盐湖资源科技储备和原始创新能力,为建设世界级盐湖产业基地提供强有力支撑。

## 数字赋能助力青海勇攀世界盐湖高峰

演讲嘉宾:思爱普(SAP)公司高科技行业资深行业专家 易洪

精彩观点摘登:

在锂电产业高速发展过程中,面临着企业运营方面的挑战。首先,电池的使用成本仍然相对较高,企业的整体供应链运营成本有下降的空间。其次,存在大量的在建和规划项目带来的产能过剩风险。另外,锂和其他稀有金属开采的环境影响,企业在材料回收和循环、替代材料开发和可持续发展方面的挑战。

锂电产业链较长,从上游的矿产资源开采,到中游的锂电材料、电芯、电池,以及下游的新能源汽车、消费电子、电池回收等,由于生产方式、运营模式、集团管控等方面差异较大,导致各个企业对数字化的诉求各不相同。比如说,流程制造和离散制造的企业,生产的差异性、行业的特点在哪里?SAP的解决方案是不是具有先进性、可复制性?盐湖锂电产业链未来是要走出去的,如何全球运营、管理收购来的企业,如何在国外的工厂或者人员,满足在全球化运营管理,满足可持续发展要求。

SAP数字化可以在以下三个方面赋能企业。一是碳管理数字化。组织和产品的碳足迹分析和核算、减排分析,建立碳核算和报告体系(组织、流程、系统),对“业财碳”的价值链进行可持续性、可操作的管理和洞察。三是提供ESG报告。借助数字化提供直观可视化的ESG分析样例,明确定义企业当前状态与行业标杆的差距,同时,量化潜在的社会责任和财务收益。

SAP认为,先进的数字化平台不仅可以赋能青海锂电产业对标世界一流,打造智慧企业,而且可以支撑产业升级,实现低碳转型,同时能够拓展国际合作,助力“双循环”发展。