

柴达木盐湖产业生态文明建设战略研究

杨荣金¹, 孟伟¹, 舒俭民¹, 李秀红², 孙美莹², 张一²

(1. 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012; 2. 北京师范大学, 北京 100875)

摘要: 盐湖产业事关我国粮食安全, 也是新能源和新材料产业的重要支撑。柴达木盆地是中国盐湖产业的核心, 建设其产业生态文明重要而迫切。为推进柴达木盐湖产业生态文明建设, 做强中国盐湖产业, 本文从柴达木盐湖产业生态文明建设的现状出发, 辨识产业生态文明建设面临的严峻挑战, 提出了盐湖产业生态文明建设的四大战略。

关键词: 柴达木盆地; 盐湖产业; 生态文明; 综合开发利用; 可持续发展

中图分类号: X32 **文献标识码:** A

Ecological Civilization Construction for the Saline Industry in the Qaidam Basin

Yang Rongjin¹, Meng Wei¹, Shu Jianmin¹, Li Xiuhong², Sun Meiyang², Zhang Yi²

(1. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The saline industry is related to food security in China and is very important for the new energy and new materials industries. The Qaidam Basin in Qinghai Province is the center of the saline industry in China. Ecological civilization construction in the saline industry is both important and urgent in this region. This paper identifies severe challenges facing the ecological civilization construction of the saline industry, based on the present situation in the Qaidam Basin. Four strategies are proposed to promote the ecological civilization construction of the saline industry and to strengthen the saline industry in Qaidam Basin.

Keywords: Qaidam Basin; saline industry; ecological civilization; comprehensive development and utilization; sustainable development

一、前言

盐湖产业的健康有序发展对我国粮食安全和新能源、新材料等产业的发展具有战略意义。柴达木

盐湖的资源种类、品位和储量以及综合开发利用技术和产量等在我国具有比较优势。2005年10月, 国家发展和改革委员会等六部委将柴达木列为全国首批13个循环经济试点产业园区之一; 2010年

收稿日期: 2017-06-16; 修回日期: 2017-06-30

通讯作者: 孟伟, 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 研究员, 中国工程院, 院士, 主要研究方向为流域水污染控制和生态环境管理; E-mail: mengwei@craes.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“柴达木盐湖钾及新能源锂、铷等综合评价与环境协调发展研究”(2016-XZ-11); 中国工程院咨询项目“青海盐湖资源综合开发利用与可持续发展战略咨询研究”(2012-ZD-14)

本刊网址: www.enginsci.cn

3月,国务院正式批复《青海省柴达木循环经济试验区总体规划》;2017年1月,国家发展和改革委员会印发《西部大开发“十三五”规划》(简称《规划》[2017]89号),并获国务院批复,《规划》要求加强柴达木盐湖资源综合利用,积极推进青海的铝、镁、锂等新材料产业,开展柴达木生态环境综合治理等。青海柴达木高原盆地的荒漠绿洲生态脆弱区,是全国19个重点治理的生态脆弱区之一。青海省根据中央领导的相关指示精神,结合盐湖的产业实际,提出了“走出钾、抓住镁、发展锂、整合碱、优化氯”的战略布局。柴达木盆地既要做好盐湖资源的综合开发利用,又要保护好生态环境,深入研究其产业生态文明建设战略必要而迫切。

二、盐湖产业生态文明建设战略研究的必要性

中国工程院于2013年启动了重大咨询项目“生态文明建设若干战略研究”,对工业生态文明等进行了深入研究[1,2]。2012年和2016年,中国工程院先后启动了重大咨询项目“青海盐湖资源综合开发利用与可持续发展战略咨询研究”和重点咨询项目“柴达木盐湖钾及新能源锂、铷等综合评价与环境协调发展研究”,对柴达木盐湖资源的综合开发、利用及其与环境协调发展进行了连续研究[3,4]。

盐湖产业生态文明建设水平近年来不断提高,但中高端产品尚未成为主流,以盐湖产业为核心的循环经济产业体系尚未建立。从全国范围来看,无论从技术体系还是管理架构,都还没有形成全国“一盘棋”;从世界范围来看,我国盐湖钾肥起到了平抑进口钾肥价格的作用,但是以钾肥和锂盐为代表的主要盐湖产品仍然缺乏足够的市场影响力。借鉴国外产业生态学经验,结合我国生态文明建设特色和柴达木盐湖资源的综合开发利用实际,开展盐湖产业生态文明建设战略研究,对不断提升

我国盐湖产业的技术水平、产业特色和管理水平,提升我国盐湖产业市场竞争力具有重要意义。

三、柴达木盐湖产业生态文明建设现状

柴达木盐湖产业经历了以“青盐”“钾肥”“硼酸”和“纯碱”为代表的物理提取和化学合成阶段,正进入以“碳酸锂”和“金属镁”为代表的膜分离、膜吸附和电化学阶段。柴达木盐湖产业正在向资源综合利用、高技术、精深加工、高附加值转变,以碳酸锂为代表的锂产业已经初具规模,以金属镁为代表的镁产业有望逐步实现量产。柴达木盐湖产业正在由资源依赖型产业向资本密集型、高技术产业转变(见图1)。

青盐生产有悠久的历史,十年来柴达木原盐每年的产量稳定在 2×10^6 t左右,主要集中在茶卡盐湖和柯柯盐湖;2010—2016年纯碱产量增加近3倍,主要集中在德令哈市和大柴旦工业园区;烧碱每年的产量在 6×10^5 t左右,主要集中在德令哈市和察尔汗工业园区。

经过数十年的发展,钾肥生产形成了不同的浮选、结晶等工艺技术体系,十年来钾肥实物量由 3×10^6 t增至近 9×10^6 t,增加近2倍,高品位钾肥比例上升。除氯化钾外,还生产硫酸钾和硫酸钾镁肥等多个品种,氢氧化钾、碳酸钾、硝酸钾产能正在形成。

2007—2016年,柴达木盆地碳酸锂实物量从2300 t快速增至约16000 t,碳酸锂产量约占全国的1/3,由之前的仅能生产工业级碳酸锂到现在能够规模化生产电池级碳酸锂。柴达木盆地碳酸锂生产工艺主要包括东台吉乃尔湖青海锂业的膜分离法、西台吉乃尔湖的煅烧法和察尔汗盐湖蓝科锂业的吸附法。锂电池正极材料、储能及动力锂电池产能正在形成。

金属镁及合金是最具开发潜力的绿色工程材



图1 柴达木盐湖产业发展历程

料，其应用领域包括汽车制造、航空航天、冶金化工等。2017年1月，青海盐湖镁业有限公司的金属镁一体化项目核心装置年产 1×10^5 t金属镁装置工艺全线打通。在镁合金锭、镁合金压延、金属镁粉、高纯镁砂、氧化镁、氢氧化镁、镁基电池、镁系储热材料等方面已经建成部分产能或正在规划建设。

柴达木盆地的“氯平衡”是一个挑战。氯气和氯化氢主要来自于金属镁、氢氧化钾和烧碱等生产过程，耗氯的主要途径是生产聚氯乙烯（PVC）。目前建成PVC产能约 5.2×10^5 t，规划和在建PVC产能 1.44×10^6 t。氯化钠生产纯碱时，其中的氯以氯化钙形式转移至蒸氨废液中，德令哈市的蒸氨废液通过管道提升至一山间小盆地储存，能耗高，长期污染风险大。

四、柴达木盐湖产业生态文明建设面临的问题与挑战

以柴达木盐湖产业为代表的中国盐湖产业从做大到做强需要直面各种问题和挑战，才能走出一条既与国际接轨、又有中国特色的盐湖产业生态文明之路。

（一）资源劣势与市场弱势

我国是一个相对缺钾的国家，已探明氯化钾地质储量不足世界的3%，世界上90%以上的钾盐储量分布在俄罗斯、白俄罗斯、加拿大和德国；经过多年的开发利用，高品位钾资源严重不足。我国盐湖的镁锂比高于国外多数盐湖，国外主要盐湖的镁锂比在1~19，柴达木主要盐湖的镁锂比在35~1825。高镁锂比盐湖提钾老卤难以采用国外的盐湖深层回灌等技术路线，无序排放造成晶间卤水污染；高镁锂比盐湖提钾技术要求高、难度大，增加提钾成本。

我国对钾肥的进口依存度高。2010—2016年，氯化钾进口量维持在 $5.15 \times 10^6 \sim 9.4 \times 10^6$ t，2016年我国进口氯化钾 6.82×10^6 t，进口依存度超过40%。虽然我国已成为全球钾肥的“价格洼地”，但尚未掌控钾肥市场话语权。我国盐湖的锂资源优势尚未转化为市场优势。我国可采锂资源储量约占世界的27%，盐湖锂资源储量约占世界的1/3，主要分布在青海柴达木盆地和西藏扎布耶等盐湖。2016年，

我国盐湖碳酸锂产量约占世界产量的13.6%，其中柴达木盆地碳酸锂产量约占世界产量的9.1%，碳酸锂进口依存度超过80%。

（二）水资源短缺与生态环境脆弱

柴达木盆地土地荒漠化是最主要的生态系统退化过程之一，而土地荒漠化与水资源密切相关[5]。“有水一片绿，无水一片沙”，水资源是影响土地荒漠化过程和维护生态稳定的关键因素[6]。大盐滩、大浪滩、巴音河德令哈区、大柴旦湖的水资源开发已经超载。随着产业规模的扩大，特别是碳酸锂、金属镁等产业规模的扩大，需水量将急剧增加，2020年，格尔木地区、鱼卡河马海区、小柴旦湖水系水资源开发利用将超载或存在较大超载风险。

柴达木盆地生态脆弱，环境承载能力有限。对柴达木盐湖资源的开发利用已经造成了一定的生态环境破坏[7]，随着盐湖产业规模的扩大和产品种类的增多，产生的污染物种类和数量将持续增加，生态环境保护压力渐增。柴达木盐湖资源综合利用一期和二期以及金属镁一体化、碳酸锂、纯碱和烧碱等项目建成运营，提钾老卤、蒸氨废液、氯气、氯化氢等处理压力增大。柴达木盐湖及河流纳污能力有限，水环境承载能力严重不足。

（三）资源开发有余，保护储备不足

柴达木盆地高品位的钾、硼资源已经所剩无几，目前主要集中于中低品位钾、硼资源的开发。在盐湖资源开发利用过程中，没有系统全面的保护规划，存在严重的采富弃贫、多采快采等破坏盐湖矿产资源的情况，提钾老卤无序排放也造成了部分晶间卤水资源的污染。盐湖资源总体表征为开发有余、注重产品数量增长的发展模式。

钾资源作为保障国家农业和粮食安全的战略物质，锂资源作为新能源、新材料的未来战略竞争原材料，尚未建立有效的盐湖资源国家战略储备体系，以应对国际市场的变化和保障国家安全。以盐湖资源战略储备库和战略储备机制为核心，充分利用国际国内“两种资源”和“两个市场”，有效构建关键盐湖资源储备体系势在必行。

（四）技术各自为政，创新引领不足

柴达木盆地氯化钾、碳酸锂等主要盐湖产品生

产都有多套工艺技术路线 [8], 企业技术研发各自为政现象明显。通过青海省科技厅重大科技项目对关键技术环节进行了科技攻关, 通过锂等各种产业创新联盟加强了企业之间的技术信息沟通, 但不同技术路线的比选及不同盐湖资源特征的适宜技术路线筛选却没有得到足够重视。

目前针对盐湖资源和区域特征的创新引领仍然存在不足。虽然在部分盐湖产品的生产技术上取得了突破, 但针对柴达木盐湖资源共生特征, 在综合开发利用与保护方面, 缺乏系统性、综合性和前瞻性的探索。虽然在盐湖产业节能、节水上有所进展, 但尚未在太阳能光伏与盐湖产业无缝连接、盐湖产品节水工艺设计等方面取得引领性进展。

(五) 中高端人才需求难以满足, 管理体制机制不顺

柴达木盐湖资源的综合开发利用对不同专业的高端人才和各种熟练技术的中端人才需求不断增加, 随着金属镁和电池级碳酸锂等中高端盐湖产品生产线的规划、建设和投产, 以及盐湖资源综合开发利用项目的推进, 中高端人才需求缺口越来越大。依靠本地培养各种专业技术人员周期较长, 难以满足当前急迫的人才需求。中东部中高端人才难以引得进和留得住, 大量青海和柴达木盆地本地优秀人才不断外流。

1999年5月, 青海省国土资源厅盐湖管理局、格尔木市察尔汗盐湖管理局成立, 实行两块牌子一套人员, 以格尔木市人民政府领导为主。根据2016年盐湖管理局工作报告, 盐湖管理局主要集中于盐湖矿产资源监督管理和盐湖矿产资源补偿费的征收, 行政级别低。从国家粮食安全、盐湖战略资源安全角度, 建立以柴达木盆地为核心的跨省(自治区)盐湖管理机构, 理顺盐湖资源开发利用规划与布局、主要盐湖产品市场价格谈判、战略性盐湖资源保护和盐湖产品储备等, 日益迫切。

五、柴达木盐湖产业生态文明建设战略

结合国际国内资源、产品、市场、技术、管理实际及柴达木盆地资源和环境特征, 研究提出柴达木盐湖产业生态文明建设的若干战略, 有助于提升盐湖产业生态文明水平和实现盐湖资源的综合开发利用与区域社会经济的可持续发展。

(一) 顶层战略规划与宏观管理战略

加强盐湖资源综合开发利用顶层战略规划设计。以柴达木盐湖资源综合开发利用规划为核心, 编制全国盐湖资源综合开发利用战略规划, 推动形成“大盐湖产业”体系。盐湖资源综合开发利用不仅包括以钾、锂、硼、钠、镁等盐湖资源开发为代表的盐湖矿业 [9,10], 也包括以盐湖生物资源及环湖耐盐生物资源开发利用为代表的盐湖农业 [11,12], 还包括以盐湖观光、盐湖保健、盐湖养生、盐湖科普为代表的盐湖旅游服务业(如青海盐湖博物馆、茶卡“天空一号”景区)。全国盐湖资源综合开发利用战略规划应结合国家“一带一路”战略和西部大开发“十三五”规划以及矿产资源“十三五”规划进行编制, 充分考虑国外重点盐湖资源分布区和开发利用区, 主要盐湖企业以及主要盐湖产品生产和市场供求情况, 推动国际国内“两种资源, 两个市场”格局的形成。加强盐湖产业与能源、冶金等产业的关联耦合, 推动太阳能光伏发电在盐湖产业中的应用以及熔盐储能技术的广泛应用; 加强石油化工、天然气化工与盐湖化工的衔接, 实现“氯平衡”; 加强盐湖产业与冶金产业的耦合, 充分利用冶金产业中的硫酸作为盐湖产业原材料, 加强镁、锂、钠等盐湖金属产品与铝、铅、锌、锰等在合金领域的结合, 推动新材料和功能材料的发展。盐湖资源综合开发利用战略规划需要重点解决钾资源的可持续开发、战略储备和平抑世界钾肥价格, 维护我国粮食安全问题, 高镁锂比条件下低成本、低消耗、环境友好型碳酸锂生产装备和工艺技术研发问题以及锂资源大国和锂产品进口大国问题 [13], 提钾老卤与金属镁一体化问题, 蒸氨废液与氯化钙的综合利用和“氯平衡”问题 [14]。

创新盐湖管理机制, 提升盐湖宏观管理水平。从国家层面建立全国盐湖资源综合开发利用的管理机构, 提升盐湖管理局行政级别和管理权限。成立青海盐湖管理局, 行使青海盐湖资源综合管理职权; 国家发展和改革委员会成立“国家盐湖资源综合利用办公室”, 负责全国盐湖资源统一规划管理以及代表中国进行盐湖大宗产品价格谈判等。以税费、信贷等管理工具, 推动盐湖产业生态化转型, 提升盐湖产业宏观管理水平, 降低盐湖企业的无序竞争、信息不透明、技术不开放等带来的资源浪费和效益低下等问题。

（二）资源和生态保护优先战略

实施盐湖钾资源保护优先战略。根据国内外盐湖钾资源和固体钾资源分布特征及开发利用情况，制定近、中、远期钾资源开发利用规划，划定钾资源开发利用红线，控制钾资源开发利用强度，不断提高钾盐收率，开发利用低品位钾盐矿，加强包括地下卤水在内的钾资源勘探，建立钾资源战略储备库和储备机制。

实施盐湖资源重点开发区域水资源保护优先战略。严格执行海西蒙古族藏族自治州水资源管理“三条红线”，研究建立盐湖资源重点开发区域涉及流域的水资源管理红线，研究盐湖产业的用水总量分配和用水效率要求等指标，特别关注察尔汗盐湖区、东台吉乃尔湖、西台吉乃尔湖和一里坪盐湖资源综合利用的水资源需求，加强监测和管理。

实施生态保护优先战略。深入研究重要河湖湿地和盐化草甸植被的生态用水需求和生态流域过程，优先保障重要河湖湿地和盐化草甸植被的生态需水，维护绿洲和河湖湿地安全，避免低平原细土带盐沼—盐生荒漠生态退化。应特别加强巴音郭勒河、格尔木河、鱼卡河、塔塔陵河和那陵郭勒河下游生态的保护工作。

（三）综合开发利用与循环经济发展战略

实施盐湖资源综合开发利用战略。充分利用柴达木盆地多种盐湖资源的共生特征，以盐湖资源综合利用一期、二期项目为基础，着力打造察尔汗盐湖资源综合利用基地、东台吉乃尔湖、西台吉乃尔湖和一里坪盐湖为代表的西部盐湖资源综合利用基地。察尔汗盐湖提钾老卤存量丰富，适宜发展以金属镁一体化为突破口的钾、锂、硼、氯资源综合利用基地；西部盐湖资源综合利用基地锂资源和锂产业基础较好，适宜发展以碳酸锂和锂电池为突破口的钾、硼资源综合利用基地。积极发展盐湖资源综合利用技术，充分利用“一带一路”契机，将盐湖资源综合利用技术拓展至国内其他盐湖资源集中分布区、“一带一路”沿线国家盐湖资源富集区以及其他国外盐湖资源禀赋较好的区域。

构建以盐湖资源开发利用为核心的循环经济产业体系战略。柴达木盐湖的煤、石油、天然气和石灰石等资源较为丰富，发展循环经济产业体系基础

良好。充分利用提钾老卤、蒸氨废液、氯气和氯化氢气体以及稀盐酸、硫酸等，发展金属镁、氯化钙、PVC等相关产业，减少污染物排放及污染物处理成本，延伸产业链，提高产品附加值。充分利用柴达木循环经济试验区相关资金和政策，突破盐湖资源综合利用瓶颈，构建资源节约型、环境友好型循环经济产业技术体系。积极发展能耗和水耗低、污染和排放少、产品纯度和附加值高的绿色产品和技术，研究建立国家盐湖产业清洁生产标准体系。

（四）人才引进培养与科技创新驱动战略

实施外地人才引进和本地人才培养战略。充分利用西部博士服务团、对口援青机制、产业技术创新联盟、柴达木循环经济研究院、企业博士后工作站、科技项目招标或联合攻关、院士工作站、专家咨询团等，实施多样化、灵活性的各种引智工程，解决中高端人才科研、配偶就业、子女教育等多种问题。加强与内地高校和高职、中职院校合作，面向盐湖资源开发所需高素质劳动力，开展联合办学和联合培养等。优化提升人才发展环境，留住本地优秀专业技术人才，减少人才外流。

实施科技创新驱动战略，突破综合利用关键技术“瓶颈”。建议国家继续加大盐湖资源综合利用的科技研发投入，以多种方式引导盐湖资源研发力量向柴达木盆地汇集，面向盐湖钾、锂、镁、钠、氯、硼等资源开发利用中的关键技术难题，设立盐湖资源综合利用国家重大研发计划专项，科研院所和重点企业进行集中联合攻关。青海省和柴达木循环经济试验区通过设立盐湖高端人才或团队引进项目、盐湖重大科技专项、关键技术研发项目等方式，加快核心技术攻关。重点盐湖企业针对盐湖资源开发利用装备、工艺、技术等问题，通过建立企业博士后工作站、技术人员外派培养、咨询专家顾问团队与科研院所联合攻关等方式，推进装备改进和工艺技术革新。

六、结语

柴达木盐湖产业生态文明建设是我国盐湖资源综合利用的必然选择，是我国盐湖产业参与世界竞争、由大变强的必由之路。为贯彻落实2010

年国务院批复的《青海省柴达木循环经济试验区总体规划》和习近平总书记 2016 年对盐湖资源综合利用提出的总体要求, 需要直面柴达木盐湖产业生态文明建设的困难, 抓住国家生态文明建设战略、“一带一路”战略和西部大开发“十三五”规划实施的重大机遇, 突破盐湖资源综合利用关键技术瓶颈, 创新适应盐湖产业生态文明建设的资金、技术、人才、监测和管理体系 [15], 形成既与国际盐湖产业发展接轨、又有中国和柴达木盐湖产业特色的“大盐湖产业”体系。为保证柴达木和中国盐湖产业持续健康发展, 需要成立高级别的盐湖产业管理机构以提升管理成效, 通过设立国家盐湖综合利用重大科技专项, 解决产业发展的重大、关键理论和技术问题, 不断提升我国在盐湖产业领域的影响力和话语权。

参考文献

- [1] “生态文明建设若干战略问题研究”综合组. 生态文明建设若干战略研究 [J]. 中国工程科学, 2015, 17(8): 1-7.
The Comprehensive Research Group for Research on Several Strategic Issues of Ecological Civilization Construction. Research on several strategic issues on ecological civilization construction [J]. Strategic Study of CAE, 2015, 17(8): 1-7.
- [2] 傅志寰, 宋忠奎, 陈小寰, 等. 我国工业绿色发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2015, 17(8): 16-22.
Fu Z H, Song Z K, Chen X H, et al. Study on green development strategies for the industry in China [J]. Strategic Study of CAE, 2015, 17(8): 16-22.
- [3] Meng W, Shu J M, Yang R J, et al. Development and utilization of saline lake resources and protection of ecological environment in Qaidam Basin in Qinghai Province [J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2014, 88(s1): 191-193.
- [4] 杨荣金, 李彦武, 田海燕. 青海盐湖锂资源开发的环境影响分析及对策研究 [J]. 环境与可持续发展, 2014, 39(2): 91-94.
Yang R J, Li Y W, Tian H Y. Analysis and countermeasure study on environmental impact of lithium resources development in Qinghai saline lake [J]. Environment and Sustainable Development, 2014, 39(2): 91-94.
- [5] 郭耀文, 张海锋, 肖景义, 等. 生态保护和建设是开发柴达木的根本 [J]. 干旱区资源与环境, 2000, 14(4): 11-15.
Guo Y W, Zhang H F, Xiao J Y, et al. Ecological protection and suggestions are fundamental to the development of the Qaidam [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2000, 14(4): 11-15.
- [6] 刘燕华. 柴达木盆地水资源合理利用与生态环境保护 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
Liu Y H. The rational use of water resources and ecological environment protection [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2000.
- [7] 郑绵平. 中国盐湖资源与生态环境 [J]. 地质学报, 2010, 84(11): 1613-1622.
Zheng M P. Salt lake resources and ecological environment in China [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(11): 1613-1622.
- [8] 郑绵平, 张永生, 刘喜方, 等. 中国盐湖科学技术研究的若干进展与展望 [J]. 地质学报, 2016, 90(9): 2124-2165.
Zheng M P, Zhang Y S, Liu X F, et al. Progress and prospects of salt lake research in China [J]. Acta Geologica Sinica, 2016, 90(9): 2124-2165.
- [9] 宋彭生, 李武, 孙柏, 等. 盐湖资源开发利用进展 [J]. 无机化学学报, 2011, 27(5): 801-815.
Song P S, Li W, Sun B, et al. Recent development on comprehensive utilization of salt lake resources [J]. Chinese Journal of Inorganic Chemistry, 2011, 27(5): 801-815.
- [10] 郑绵平, 卜令忠. 盐湖资源的合理开发与综合利用 [J]. 矿产保护与利用, 2009(1): 17-22.
Zheng M P, Bu L Z. Rational development and comprehensive utilization of salt lakes resources [J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2009(1): 17-22.
- [11] 郑绵平. 论“盐湖农业” [J]. 地球学报, 1995, 16(4): 404-418.
Zheng M P. The view of “saline lake agriculture” [J]. Journal of Earth, 1995, 16(4): 404-418.
- [12] 郑绵平. 盐湖农业与盐碱农业 [J]. 科技导报, 2014, 32(35): 1.
Zheng M P. Saline lake agriculture and saline alkali agriculture [J]. Science & Technology Review, 2014, 32(35): 1.
- [13] 吴荣学. 锂资源及 Li_2CO_3 产业的开发与利用 [J]. 材料导报, 2012, 26(9): 36-39, 48.
Wu R X. The exploitation and utilization of lithium resources and Li_2CO_3 Industry [J]. Materials Review, 2012, 26(9): 36-39, 48.
- [14] 张向京, 武朋涛, 张振昌, 等. 柴达木循环经济试验区氯元素迁移及转化分析 [J]. 河北科技大学学报, 2014, 35(5): 460-465.
Zhang X J, Wu P T, Zhang Z C, et al. Analysis on the transformation and conversion of chlorine element in Qaidam circular economy pilot area [J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2014, 35(5): 460-465.
- [15] 王建萍, 凌智永, 陈亮, 等. 基于多源信息融合理论的盐湖资源综合动态监测及预警系统设计及实现 [J]. 盐湖研究, 2016, 24(1): 50-57.
Wang J P, Ling Z Y, Chen L, et al. Design and implementation of an integrated monitoring and pre-warning system of salt lake resources based on multi-source information fusion theory [J]. Journal of Salt Lake Research, 2016, 24(1): 50-57.