

青海省新型功能材料研究和产业的分析(续)

贾永忠^{1*}, 韩金铎¹, 景 燕¹, 金 山¹, 祁太元^{1,2}, 封凌平², 景满德²

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008;

2. 青海电研科技研究所, 青海 西宁 810008)

摘 要:介绍了部分新型功能材料的前沿领域发展情况;通过对青海省在能源、矿产资源方面的优势及青海省可持续发展能力的分析,对我省目前及未来可以发展的新型功能材料产业提出了意见和建议。

关键词:新型功能材料;资源;能源;可持续发展

中图分类号:TB329 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-858X(2004)04-0062-11

决定可持续发展能力的水平,可由以下 5 个基本要素及其间的复杂关系去衡量。

(i)人口的承载能力。通常又称为“基础支持系统”或“生存支持系统”。这是一个国家或地区按人平均的资源数量和质量对于该空间内人口的基本生存和发展的支撑能力。

(ii)区域的发展能力。通常也称为“动力支持系统”或“发展支持系统”。这是一个国家或地区的资源、人力、技术和资本,可以转化为产品和服务的总体能力。

(iii)环境的缓冲能力。通常也称为“环境支持系统”。人类对区域的开发,人类对资源的利用,人类经济的增长,人类对废物的处理等,均应维持在环境的允许容量之内。

(iv)社会的稳定能力。通常也称为“社会支持系统”。

(V)管理的调控能力。通常也称为“制度支持系统”或“智力支持系统”。它要求人的认识能力、人的判断能力、人的决策能力和人的创新能力能够适应总体发展的水平。“智力支持系统”,它主要涉及到一个国家、区域的制度合理程度和制度完善程度。这涉及到教育水平、

科技竞争力、管理能力和决策能力。该支持系统是前四个系统总和能力的最终限制因子。如果说一个国家或地区的制度不健全、教育水平和科技创新能力不高,必然意味着可持续发展没有后劲,不具有“持续性”的基础,不能够随着社会文明的进程不断地以知识和智力去改善、去引导、去创造更加科学、更为合理、更协调有序的新世界。尤其是全社会的制度创新能力、管理水平与决策水平的高低,更是一个关键性的因子,它体现智力支持系统的作用。一项不正确的决策可以销蚀、破坏、毁掉全部生存支持系统、发展支持系统、环境支持系统乃至社会支持系统所具有的能力。由此,足见智力支持系统在整个可持续发展体系中的位置和作用。

在可持续发展能力的结构体系中,大致可以划分出:

生存支持能力——可持续发展的基础支撑;

发展支持能力——可持续发展的动力牵引;

环境支持能力——可持续发展的临界阈值;

社会支持能力——可持续发展的有序运作；

智力支持能力——可持续发展的指挥中枢。

可持续发展能力对青海省的发展建设具有重要意义。以下引述了我国可持续发展能力建设水平统计分析中青海省的地位和我省可持续发展能力分析结果。

3.1.1 一般概况

青海省面积 $72.12 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，人口 510×10^4 ，国内生产总值(GDP) 238×10^8 元，人均粮食产量 203.1 kg ，人均水资源量 $12\,278 \text{ m}^3$ ，森林覆盖率 0.35% ，人口自然增长率 13.9% ，成人文盲率 30.52% ，万人在校大学生数 18.3 人，研究与开发经费总支出 $83\,581 \times 10^3$ 元。

3.1.2 可持续发展能力资产负债分析

(i)生存支持系统。在总数 35 个源指标中，有 9 个指标为资产项，占总指标数的 25.71% ，资产累计得分 4.9 ，相对资产 14.00% ，资产质量系数为 0.54 ，表明资产质量一般。同时，有 22 个指标为负债项，占总指标数的 62.86% ，负债累计得分 -13.0 ，相对负债 -38.29% ，负债质量系数为 -0.61 ，表明负债质量较差。在该系统中，相对净资产为 -24.29% 。

(ii)发展支持系统。在总数 60 个源指标中，有 3 个指标为资产项，占总指标数的 5.00% ，资产累计得分 1.2 ，相对资产 2.00% ，资产质量系数为 0.40 ，表明资产质量一般。同时，有 45 个指标为负债项，占总指标数的 75.00% ，负债累计得分 -34.00 ，相对负债 -55.83% ，负债质量系数为 -0.74 ，表明负债质量较差。在该系统中，相对净资产为 -53.83% 。

(iii)环境支持系统。在总数 30 个源指标中，有 17 个指标为资产项，占总指标数的 56.67% ，资产累计得分 11.6 ，相对资产 38.67% ，资产质量系数为 0.68 ，表明资产质量较好。同时，有 9 个指标为负债项，占总指标数的 30.00% ，负债累计得分 -5.1 ，相对负债 -17.00% ，负债质量系数为 -0.57 ，表明负债质量一般。在该系统中，相对净资产力 21.67% 。

(iv)社会支持系统。在总数 37 个源指标中，有 6 个指标为资产项，占总指标数的 16.22% ，资产累计得分 3.0 ，相对资产 8.11% ，资产质量系数为 0.50 ，表明资产质量一般。同时，有 24 个指标为负债项，占总指标数的 64.86% ，负债累计得分 -16.0 ，相对负债 -41.89% ，负债质量系数为 -0.65 ，表明负债质量较差。在该系统中，相对净资产为 -33.78% 。

(V)智力支持系统。在总数 57 个源指标中，有 10 个指标为资产项，占总指标数的 17.54% ，资产累计得分 5.6 ，相对资产 9.82% ，资产质量系数为 0.56 ，表明资产质量一般。同时，有 35 个指标为负债项，占总指标数的 61.40% ，负债累计得分 -27.0 ，相对负债 -47.02% ，负债质量系数为 -0.77 ，表明负债质量较差。在该系统中，相对净资产为 -37.19% 。

总计上述 5 大支持系统，在总数 219 个源指标中，有 45 个指标为资产项，占总指标数的 20.55% ，资产累计得分 26.3 ，相对资产 12.01% ，资产质量系数为 0.58 ，表明资产质量一般。同时，有 135 个指标为负债项，占总指标数的 61.64% ，负债累计得分 -94.0 ，相对负债 -43.06% ，负债质量系数为 -0.70 ，表明负债质量较差。相对总净资产为 -31.05% 。

3.1.3 青海省可持续发展能力建设各项指标在全国的地位

(i)科学研究与实验发展经费支出

2000 年北京市科学研究与实验经费支出为 155.7×10^8 元，青海省仅为 1.3×10^8 元，排全国各省、自治区、直辖市中倒数第 3 位。

(ii)青海省人力资源能力系数及其在全国的地位

1999 年北京市人力资源能力系数为 12.39 ，青海省仅为 3.33 ，排全国各省、自治区、直辖市中倒数第 2 位。

(iii)青海省可持续发展能力建设水平在全国的统计分析地位

据资料显示青海省可持续发展能力建设水平在全国居倒数第 3 位。

总之，对可持续发展支撑性能力建设水平、

可持续发展带动性能力建设水平、可持续发展保证性能力建设水平、可持续发展环境容量能力、可持续发展的人力资源能力建设水平、可持续发展的社会有序能力、可持续发展总能力、可持续发展“生存支持系统”、可持续发展“发展支持系统”等指标的评价结果显示,青海省的可持续发展在全国各省市中是处于倒数第 2 或第 3 位的。

综上所述,青海省的科技力量比较薄弱,也就是说智力支持系统是不够的。青海不具备人才优势,更不具备人才竞争优势,这种情况必然制约青海省高新技术产业的发展。我们要发展,必须发展,但又必须注意有所为有所不为。

3.2 加快发展青海省新型功能材料的建议

20 世纪末,由欧美、日本等世界发达国家发起的这场新技术革命在全世界范围内迅速掀起了波澜。高新技术对整个社会的科技、经济、军事乃至整个社会都产生了重大影响。为此,我国正在积极跟踪世界高新技术革命的进程,分别制定了“863”高新技术发展规划和在此基础上进一步把功能材料技术作为重点的“973”计划。而我省地处我国西北部,工业基础比较薄弱,经济基础也并不发达,我们应该紧紧抓住这一机遇,利用好我省资源、能源优势,积极制定和发展新型功能材料的计划,使我省在这次新技术革命中,在经济、科技等方面都实现一次大的飞跃,带动、促进地方经济的发展。将新型材料定为我省高技术规划的主要研究领域,必将对今后的科技进步和国民经济的发展起到极其重要的作用。

3.2.1 战略产业的选择和建设

在“青藏高原形成演化与发展”中孙鸿烈院士指出,战略产业是由主导产业、支柱产业、先导产业和基础产业所组成的产业群落,共同支撑区域经济的快速、稳定、协调和全面发展。建立战略产业核心是选择和培育主导产业。主导产业必须拥有广大的产品市场和充分的资源依托,并且具备较大的技术进步潜力和开拓新兴产业的能力。因而对其他产业的发展具有强大的带动作用,能有效地提高区域经济实力和促进社会进步。青藏高原以有色金属、盐湖、石油

及天然气为主体的矿产资源体系,具有可观的资源储备和前景,又为我国近远期经济发展所需。由矿产资源的采掘、选冶和加工形成的原料—原材料工业的前、后关联度好,带动力强。支柱产业是产业发展的重点,它应对区域财政收入和经济发展作出较大贡献。

那么对于青海经济开发区,这个小的经济区域如何选择自己的战略产业和主导产业?下面让我们看一看一些成功的经验。

例 1,“科技日报”2003 年 10 月刊登了系列报道,关于江苏省高新技术产业化工作。

1992 年,经原国家科委批准,江苏省以长江沿岸的 8 个城市为重点区域,启动建设了国内第一个高新技术产业开发带。截至 2002 年底,江苏省在优先发展的电子信息、光机电一体化、新材料、生物医药等 4 大高新技术重点领域,共批准建设了 19 个国家级高新技术特色产业基地。为增强实施火炬计划项目的目标性和组织程度,江苏省不搞“天女散花”式的粗放型组织管理方式,而是围绕全省重点发展的高新技术新兴产业,根据高新技术产品市场相向、技术相关、资源相同、功能相近等特征,确立了数字视听设备、软件及系统集成、汽车新材料等 20 个具有自主知识产权的高新技术产品群。到目前为止,这 20 个产品群覆盖了全省 90%以上的高新技术产品,成为江苏省具有自主知识产权的高新技术产业发展的重要标志。其中,常州市国家级高新技术产业开发区跻身科技部表彰的“先进国家级高新区”之列。常州市科技局局长说:“常州市将突出发展电子信息产业、光机电一体化产业、新材料产业、生物医药和精细化工产业等 4 大产业,突出发展软件、‘三药’、城市轨道交通车辆、数字视听设备、新型特种涂料、输变电设备、微电子、特种功能新材料等 8 大特色产业基地”。

被科技部列为“全国科技创新区域试点城市”、“全国制造业信息化工程重点城市”之一的无锡市,经过 3 年的努力,使一个原先以传统产业为主体的工业城市,已演变成了一个由电子信息、新材料、生物工程与医药高新技术产业群组成的新型工业城市。无锡市依托本地的优势资源,先后创建了 3 个国家级特色产业基地,两

个科技创新园、一个新材料产业开发带。高新技术特色产业基地已经成为凝聚各种资源,推动高新技术产业开发园区“二次创业”,提升沿江火炬产业带科技内涵,培育高新技术特色产业,增强无锡区域经济竞争力重要的工作手段。围绕新材料产业发展,无锡市规划建设了江阴国家 863 新材料产业基地、锡山新材料基地、宜兴非金属新材料基地 3 家新材料领域的高新技术特色产业基地。2002 年,江阴市新材料产品的销售额达到 180×10^8 元,占全市高新技术产品销售额的 75%。在国家新材料产业基地中,江阴沿江新材料产业基地已形成了几个全国之最,新材料产业规模全国最大、新材料生产和出口基地全国最多。新材料特色产业基地建设正在成为江阴市进一步引导和规划特色鲜明的主题工业园。

苏州高新区初步形成了以跨国公司研发中心和自主知识产权为主的区域技术创新群体。并形成电子通讯业、精密机械、精细化工、生物医药 4 大产业群。目前,该区拥有高新技术产品 200 多项,高新技术企业 206 家。去年的国内生产总值跃升至 204×10^8 元,财政收入 28.56×10^8 元。在全国 53 个国家级高新区中位居前列。苏州工业园区也形成了以电子信息、光机电一体化、生物医药和新材料为主导的高新技术产业群。苏州的传统产业是纺织、丝绸、工艺美术及少量的轻工和机械加工。进入 20 世纪 90 年代以来,苏州加快了工业产业结构向新兴主导产业的转变。特别是电子信息制造业现已成为苏州第一大新兴支柱产业。对此苏州市科技局长说:“勇者有所为,智者有所不为,智勇双全者,有所为有所不为。坚持发展自己的特色、特长和优势,才能有所作为”。

江苏省高新技术产业化工作中率先规划建设了国内第一个国家高新技术产业开发带——沿江火炬带;率先规划建设了国内第一个国家火炬计划特色产业基地,现有特色产业基地数量居全国第一位;率先开展了具有自主知识产权的高新技术产品群的培育工作;率先在国内组织实施“三药”、制造业信息化、新材料、社会发展等 4 大高新技术产业化示范工程;建设各类科技企业孵化器 54 家,国家级高新技术创业

中心数居全国第 1 位;培育认定高新技术企业 2 029 家,国家级重点高新企业数居全国第 1 位;组织实施火炬计划项目 2 806 项,国家级火炬计划项目数居全国第 1 位。5 年来,江苏省高新技术产业年平均增长速度达 24.6%,高于全省工业年均增长速度 8 个百分点;2002 年全省高新技术产业实现产值 $2\,527.75\times 10^8$ 元,对制造业产值增长的贡献率达 23.7%;全省高新技术出口额达 121.11×10^8 美元,占全省出口总额的 31.5%,对全省外贸出口增量贡献达 50.4%。高新技术产业已经成为全省经济发展中最有活力的组成部分。

例 2,“科学时报”2003 年 10 月 28 日介绍,“九五”以来,广东高新技术产品产值年平均增长 30%,大大高于同期工业增长速度。今年 1~3 季度广东省高新技术产品产值 $4\,410\times 10^8$ 元人民币,同比增长 33.6%;今年 1~8 月高新技术产品出口额达 272.3×10^8 美元,同比增长 48%,约占全国出口额的 43.9%,其中,电子信息、生物工程、新材料、光机电一体化 4 大高新技术产值占 94% 以上。

例 3,“科技日报”2003 年 10 月 23 日报道,武汉东湖高新区国家大学科技园初步形成了光电子信息、生物技术及新医药、现代农业等独具特色的高新技术产业群。其中华工大学科技园重点项目与产业是激光及光电子信息、先进制造、生物技术和新医药、计算机软件、系统集成等。武大科技园重点发展生物工程及新医药、新材料、电力工程、电子工程与信息等高新技术产业。武汉理工大学科技园重点发展新材料、光纤传感、先进制造、交通科技、环保和软件等高新技术产业。华中农业大学科技园以微生物农药、家畜工程技术、农作物分子技术、植物基因工程技术等为发展重点。

例 4,“科技日报”2003 年 10 月 14 日报道,厦门火炬高新区被评为先进国家高新技术产业开发带。1997 年至 2002 年,火炬高新区实现了跳跃式的发展,工业总产值从 26.4×10^8 元增加到 233.3×10^8 元,利税总额从 1.91×10^8 元增加到 29.1×10^8 元,出口创汇从 2.25×10^8 美元增加到 17.2×10^8 美元。入驻项目涉及电子信息、光机电、生物医药、新材料、环保科技、海

洋及农业科技、新能源等。许多项目的技术创新水平高,开创行业先驱,有非常好的产业化前景。

以上的例子中我们可以看到,成功的高新开发区都有自己独特的管理、发展模式和特色。并且新材料在产业中都占有很大的比重。因此,青海经济开发区的建设应该结合青海的资源优势和青海的实际省情,有选择的发展自己的战略产业和主导产业,走出一条自己的道路。

3.2.2 结合我省实际,以市场为导向,有所为有所不为的选择性发展新型功能材料工业

我省有着丰富的矿产资源,但是由于我们过去将重点仅仅放在采矿、金属熔炼等一些低附加值、高耗能、高污染的一些原始、落后的工业发展上,一定程度上制约了我省经济发展的模式,造成大量资源的流失与浪费。而这些资源如果为我所用,用以发展高新技术功能材料工业,不仅可以促进我省科技的发展,而且还会发展一些技术含量高、高附加值的工业,为我省的经济发展起到积极的作用。当然,仅仅靠资源是不能发展材料产业的,材料产业的发展必须结合多方面的因素,最基础的就是人力(智力)、物力、财力,既所谓天时、地利、人和。

①结合实际省情及资源、能源等方面的优势,现在和未来可以在我省发展的精细化材料和新型功能材料。

(1)发展锂、镁精细化工产品

(i) 锂离子二次电池及电极材料

锂离子二次电池具有电压高、能量密度高、输出功率大、可快速充放电、循环性能优越、使用寿命长、充电效率高、工作温度范围宽、自放电小、无电池记忆效应、无环境污染的绿色电池等优点。锂离子二次电池广泛应用于移动电话、笔记本电脑、摄录像机等电器上,其独特的性能特别适合于电子产品的小型化、高能化发展的要求,它还可以用于军事、航天等尖端领域。

锂电池的发展十分迅速,美、日、德等发达国家都投入大量的经费进行开发研制,实现了产业化,并达到一定的生产规模。主要有:Sony, Sanyo, Panasonic, Toshiba, Varta, Rayovac, Bell-

core、Saft 等公司。近 10 年来,我国锂离子电池的研究取得了很大进展。国家已投入大量资金支持锂离子电池产业化,确立了锂离子电池在内的新型绿色电源发展战略,大力促进产业化。国内有些企业通过引进技术和生产线,已展开了锂离子电池的生产。今后几年,在政策、资金的大力扶持下,我国锂离子电池的生产将会快速发展。锂离子电池今后将在高性能可充电电池市场上占有绝对优势。

锂离子电池其市场包括电子、通讯产品,尤其是便携式电子设备,如便携式计算机、手提式摄像机、移动电话、仪器仪表等。并且大容量锂离子蓄电池,将成为电动汽车的主要动力电源。因此,锂离子电池不仅在军事、航空、航天,而且在工业和民用领域都具有发展潜力。锂离子电池的开发应用将是未来军事及民用电池的主流,并将开拓新的应用领域,前景十分广阔。锂离子电池生产正步入发展时期,市场需求与日俱增,将占据高性能可充电电池市场优势。国际市场上,1997 年全球液体锂离子电池产量 1.98×10^8 只,销售额 15.4×10^8 美元。1998 年产量 2.76×10^8 只,1999 年产量 3.42×10^8 只,2000 年产量 3.76×10^8 只。2000 年 40% 锂离子电池二次电池用于移动电话,20% 用于摄像机,40% 用于手提电脑,极少量用于电动车。2000 年聚合物锂离子电池产量达到 0.21×10^8 只。预计 2005 年锂离子电池在电池市场的份额将从现在的 5% 上升到 18.9%。

至 2002 年 2 月底我国仅移动电话用户已经突破 1.5×10^8 户,按部分市场份额计算需锂离子二次电池 1.0×10^8 只,手提电脑在 2000 年需锂离子二次电池 2.340×10^4 只,这些电源基本上为国外进口。预计近年我国将出现一定数量的电动汽车,所需锂离子二次电池也将大量增加。随着锂离子电池成本下降、产品功能的完善,锂离子电池必将会涉及各个领域,对先进能源的需求将形成巨大的市场。

电池材料是锂离子二次电池需解决的关键问题之一,其决定着锂离子电池的性能、价格及发展。目前国际上负极材料主要采用插锂的碳材料;正极材料的研究集中在插锂的过渡金属氧化物及其改性方面,商品化的主要是钴酸锂

(LiCoO_2) 化合物; 电解质主要为六氟磷酸锂。在我国研制锂电池材料的科研院所较多, 但产业化规模小、质量不稳定。目前, 我国锂离子电池主要依赖进口。

我国是锂、锰资源的储藏大国, 利用我国的资源和劳动力优势, 自主开发和生产锂电池电极材料来满足国内市场, 不仅对我国锂电池行业的发展有积极的促进作用, 同时对生产企业也将有一个丰厚的回报。

目前全世界锂离子电池消耗正极材料每年在 5 000 t 以上, 钴酸锂则大部分来自比利时矿产公司(摩洛哥原矿, 加拿大加工), 1999 年国际市场离岸价为 4×10^4 美元 1 t, 国内市场约 50×10^4 人民币 1 t。在锂电池材料成本中仅正极材料约占有 1/3, 其价格直接影响到锂电池的生产成本。由于进口产品价格高、运转周期长、产品不便存储, 使锂离子电池质量和产量都受到影响。因此, 正极材料在国内有很大市场。目前, 锂离子电池的研制和生产在国内掀起热潮。北京有色金属研究总院、北大先行、中信国安、三洋能源(北京)公司、索尼电子(无锡)公司、沈阳三普公司、武汉力兴股份公司、厦门宝龙集团、比亚迪公司等数十家企业都引进了锂离子电池生产线。这些企业将成为锂离子二次电池正极材料产品的直接用户。国内锂离子电池每年增产超过千万只, 锂离子二次电池正极材料年需增加量在数百吨以上, 国内市场需求巨大。

青海盐湖研究所经过多年的研究提出了“半固相法生产钴酸锂”技术, 2000 年与西安荣华集团公司合作已实现产业化, 成为我国首家生产锂离子二次电池正极材料的厂家, 获得 2001 年西安市科技进步二等奖和 2002 年陕西省科技进步三等奖。2002 年该所又承担了青海省重大科技攻关项目“锂离子二次电池正极材料锰酸锂的开发研究”, 该项目正在进行, 已申请多项专利。

锰酸锂材料从成本、资源和环境等长远观点考虑, 应该是最有前途的正极材料。锰资源丰富, 价格低廉, 毒性小。目前有报道称新西兰和加拿大已研究出可商品化的锂锰氧化物作为锂离子二次电池正极材料。国内也有部分科

研机构对其进行研究, 比如, 清华大学、北京大学、复旦大学、中科院化学所、中科院物理所、中信国安、贵阳新材、广东风华、青鸟华光等, 但一直没有实现产业化。

对该项目的发展, 青海省科技厅、经贸委及青海特种钢铁股份公司、青海电力研究所等都有很大关注, 是比较有前途发展起来的产业。

(ii) 高纯金属锂

随着锂电池、轻金属合金、受控热核聚变、有机锂工业的迅速崛起, 锂再次成为工业生产中十分重要的金属。金属锂具有质量轻、负电位高、比能量大等优点, 成为新的电池能源材料。据资料介绍, 1998 年仅日本在电池行业就消耗金属锂约 140 t。2000 年全世界生产锂电池 3.76×10^8 只, 消耗金属锂约 400 t。近年来, 我国锂电池工业发展速度较快, 生产锂电池消耗的金属锂逐年增加。上世纪 80 年代后, 随着受控核聚变反应堆研究取得突破性进展, 使得金属锂在该领域的应用前景变得十分巨大。核聚变反应堆需要金属锂 500~1 000 t, 相当于世界锂产量的 1/20~1/10。目前, 国内外研制的反应堆有 200 多座, 一旦受控核聚变反应堆工业化, 世界每年需要用于反应堆的金属锂在 5 000~10 000 t。金属锂的另一重要用途是生产制造航空器中的铝-锂、镁-锂合金等。该合金具有重量轻、强度高、高拉伸强度和低密度等优点。1998 年美国年产金属锂 1 000 t, 法国年产金属锂 500 t, 日本年产金属锂 150 t, 中国年产金属锂 60~70 t。目前世界上每年金属锂产量约为 1×10^4 t, 我国只有 100~200 t 吨。可以预计, 随着高技术的不断发展, 金属锂的需求量会逐年增加。

青藏高原盐湖中蕴藏着丰富的锂资源, 储量为 1 400 多万吨(以碳酸锂计), 占世界总储量的 20%。中科院青海盐湖研究所在“七五”、“八五”期间开展了“青海盐湖提锂和综合利用”攻关项目。“九五”期间, 成立锂业责任有限公司, 攻克高镁锂比分离技术, 从盐湖卤水中提锂取得突破性进展, 为今后金属锂的生产提供了可靠的原材料, 也为从盐湖资源中获得高值化产品提供了机会, 使盐湖工业走向开发高值产品之路。

青海省电力资源丰富,对于发展以电力为主要能源的化学工业,具有得天独厚的有利条件。同时,青海省电解金属铝、金属镁工业相对发达,是生产航空器中所需的轻金属合金 $\text{Li}-\text{Al}$ 、 $\text{Li}-\text{Mg}$ 的主要原料地。如果生产金属锂工业形成规模,可依托青海省资源及原料优势,发展高精尖技术领域,建立轻金属合金产业。

生产金属锂主要有电解法、还原法、热解法和电浆法,其中 90% 以上是以电解法制备金属锂。电解法普遍采用,属于比较成熟的工艺,但同时存在很多缺点,产品纯度低(95%~96%)、成本高、副产品回收难,污染严重等。因此,高纯金属锂的生产技术对青海省的经济发展意义重大。青海铝业股份公司等企业都欲进行该方面的工作。

(iii) 非晶态镁合金

非晶态镁合金在力学性能、抗腐蚀性、储氢性能等方面都有许多独特的优点,是一种很有发展前途的新型材料。目前,已经开发出的非晶态镁合金有 $\text{Mg}-\text{Zn}$ 、 $\text{Mg}-\text{Cu}$ 、 $\text{Mg}-\text{Ln}$ 、 $\text{Mg}-\text{Ni}$ 、 $\text{Mg}-\text{Ca}$ 等二元体系,以及 $\text{Mg}-\text{Ln}-\text{Tm}$ 、 $\text{Mg}-\text{Ni}-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}-\text{Y}-\text{Al}$ 、 $\text{Mg}-\text{Y}-\text{Cu}$ 、 $\text{Mg}-\text{Ca}-\text{Al}$ 、 $\text{Mg}-\text{Zn}-\text{Al}$ 、 $\text{Mg}-\text{Al}-\text{Ga}$ 等三元体系。其中, $\text{Mg}-\text{Ni}-\text{Ca}$ 三元非晶合金的最高极限抗拉强度可达 1 150 MPa,比强度达 $600 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3/\text{g}$,这是已报道的金属材料中最高比强度值。非晶态镁合金还具有良好的抗腐蚀性。

镁的储氢能力非常之大,镁与镍的化合物 Mg_2Ni 是一种最有前途的蓄电池阳极材料。纯镁氢化物 MgH_2 是唯一一种可供工业利用的二元氢化物。它价格便宜,密度小,有最大的储氢量。不足之处是氢吸放动力学性能差。非晶态镁合金表现出良好的储氢特性。非晶 $\text{Mg}-\text{Ni}-\text{Cr}$ 合金的氢化速度和分解速度均得到明显改善,增加了储氢能力、降低了放氢温度、加快了吸/放氢速度。

镁系吸氢合金的潜在应用在于可有效利用 250~400 K 的工业废热,工业废热提供氢化物分解所需的热量。随着无污染能源氢气的开发与广泛应用,必将引起对非晶镁合金的更大重视。

采用压铸法可以制造厚度小于 7 mm 的大

块非晶态合金,这些大块非晶态合金具有超过 600 MPa 的抗拉强度。此外,利用镁合金非晶化特性开发超导功能材料、纳米材料等方面也将有着很大的潜力。

目前,非晶镁合金存在的主要问题是,材料的脆性、自然时效敏感性、热稳定性,以及大块非晶的制备技术等。

(iv) 镁基复合材料

非连续物增强镁基复合材料以其低密度、高强度、高刚度、良好的尺寸稳定性和优良的工艺性能,成为现今高技术领域中最有希望采用的一种复合材料。随着高强镁合金的不断出现,镁基复合材料可选的基体合金种类不断增加,这对复合材料的发展是个非常有利的条件。

最近日本研制成功了新型 $\text{Mg}-\text{Y}-\text{Mm}$ 系合金,这是一种纳米组 $\text{Mg}_{24}\text{Y}_{25}$ 小颗粒弥散增强 MgYMm 合金基体的含稀土纳米复合材料。关于镁基纳米复合材料的研究目前才刚刚开始,专家认为镁基复合材料在纳米微观领域也将存在巨大的潜力。

(v) 高强耐热稀土镁合金

镁合金高温性能的提高对拓宽其应用领域,尤其是在航空和航天方面进一步增加镁合金的应用范围,具有十分重要的意义。

镁与稀土元素 Y、Nd、Ce 等形成的化合物在高温极其稳定,可大幅度地提高镁合金的抗蠕变性能。稀土镁合金表现出同铝合金同样的时效硬化特征,可以进一步改善镁合金的室温和高温机械性能。稀土与镁形成低熔点共晶体,合金的流动性增加,缩松、热裂倾向减少。目前,国外已开发了一系列的商业化稀土镁合金。

(vi) 硼化镁超导材料

2001 年日本学者宣布发现硼化镁具有超导现象。与其它的更复杂的高温超导材料相比,硼化镁相对较便宜,易于获得,有望在磁振动成像设备、更有效的电力传输线路及各种各样的电子设备上得到应用。制备方法可采取多种形式,如采用镁粉与硼粉混合烧结,合成硼化镁粉末。目前,围绕这种材料的制备、超导机理等方面的研究工作正在运行,有可能又开辟了一片应用镁的新天地。

对于镁基工业,青海省有全国最大的镁生产厂和相对先进的生产技术及技术人员,应该有可以成为产业的可能。

(2) 利用优势资源发展晶须材料

晶须材料优越的性能展现出了巨大的应用潜力,众多国家都对晶须的研究和开发给予了高度重视。我省有着丰富的资源可以用来发展晶须材料,目前青海海兴科技公司正在对硼酸铝、碳酸钙等晶须材料进行中式研究并取得了很大进展。

无机晶须材料是高技术新型复合材料中的一种特殊成员,它有优良的耐高温、高热、耐腐蚀性能,有良好的机械强度、电绝缘性,具有轻量、高强度、高弹性模量、高硬度等特性,作为塑料、金属、陶瓷的改性增强材料时显示出极佳的物理、化学性能和优异的机械性能。以碳化硅晶须为代表的无机晶须材料增强增韧的金属基、陶瓷基复合材料已应用到机械、电子、化工、国防、能源、环保等领域。可以预计,它将对国防工业、汽车摩托车工业、航空航天材料工业、塑料工业等多种工业产品的升级换代和提高经济效益,具有现实的或潜在的重大促进作用。青海海兴公司李武研究员曾撰文介绍了晶须材料和他们的工作进展。

(i) 碳化硅晶须。碳化硅晶须是已合成出晶须中硬度最高、模量最大、抗拉强度最大、耐热温度最高的晶须产品,它有 α 型和 β 型两种形式, β 型性能优于 α 型。目前生产碳化硅晶须的方法主要有气相反应法和固体材料法两种。

(ii) 硼酸铝晶须。硼酸铝晶须具有很高的性能价格比,它具有高的弹性模量、良好的机械强度、耐热性、耐化学药品性、耐酸性、电绝缘性、中子吸收性能、与金属共价性,它不仅应用于绝热、耐热和防腐材料,也可用于热塑性树脂、热固性树脂、水泥、陶瓷和金属的增强剂。其合成方法有熔融法、气相法、内部助溶剂法、外部助溶剂法、水热法等,其中外部助溶剂法反应温度低、能耗低、收率高,适合工业化生产。

(iii) 钛酸钾晶须。钛酸钾晶须具有优良的绝热性、耐化学药品性、耐磨耗性、低热导率和高红外线反射率,可用作绝热材料、电绝缘材

料、催化剂载体、过滤材料,也适宜于作制动、离合器摩擦材料,在钛酸钾表面用 Sb/SnO_2 进行导电性处理后,可用作导电材料,亦可用作离子交换材料和吸附剂。其最诱人的应用潜力依然是在增强复合材料中的应用。目前,钛酸钾晶须的制备方法主要有烧结法、熔融法、助溶剂法、水热法等,其中,慢冷烧结法更适于工业化生产。

(iv) 碳酸钙晶须。碳酸钙晶须的生产工艺简单,成本低廉,在塑料工业中有广泛应用前景,另外,由于其有较大的比表面积,在造纸领域中应用还能够增强纸张的着色能力。热分析显示,碳酸钙晶须在 800°C 以前不分解,具有优良的热稳定性。碳酸钙晶须长径远小于常用无机短纤维,用它增强塑料时,具有优良的加工流动性,所得制件表面光洁度高;又因其纤维状的形状特点,制件可获得优越的弯曲弹性模量、弯曲强度和尺寸稳定性;良好的热稳定性能可满足各种应用条件。可以预测,碳酸钙晶须将以其价格低廉的优势,迅速推广应用于汽车、电子电气、仪器仪表等诸多部门。

(v) 硼酸镁晶须。硼酸镁晶须生产工艺相对简单、设备性能要求适中、操作技术容易掌握,是一种性能价格比高的晶须产品,是一种具有广泛应用潜力的新型增强材料,有望在当今复合材料领域得到广泛应用。

(vi) 莫来石晶须。莫来石晶须是一种链状硅酸盐矿物,是优质耐火材料。它具有优良的耐高温、高热特性,熔点 $2\,000^\circ\text{C}$ 以上,最高使用温度 $1\,500\sim 1\,700^\circ\text{C}$,有强的耐腐蚀性,用作金属增强材料时,其巨大优点是会产生与金属的化学作用。莫来石晶须的合成较常采用的方法有有机聚合法和湿化学法。

在晶须的生产技术上,青海省有相应的基础,有部分自主知识产权和一定的智力能力可以消化、嫁接、转移、合作外来技术。在处理好环保等问题的前提下,应该在青海省可以得以发展。

(3) 利用锆资源优势发展多功能陶瓷材料

多功能陶瓷材料是知识和技术密集型产品,具有投资少、原材料省、能源消耗少、劳动强度低、产值高、经济效益和社会效益显著,应用

范围广等特点,在我省发展多功能陶瓷材料将对地方经济的发展起到积极意义。由于钛酸锶是一种具有较高介电常数的电介质材料,具有高容量、高色散频率、低介电耗损、低温度系数的特点,因而它被广泛应用于许多领域,可以作为光催化水解电极材料、高温固体氧化物燃料电池电极材料、晶界层电容器材料、催化剂、气敏材料、湿敏材料、热敏电阻材料、超导材料、多种氧化物薄膜衬底材料、特殊光学窗口及高质量的溅射靶材,还可作为介电材料和光电材料,可用于制造体积小、容量大的微型电容器,用于制作半导体陶瓷、压电陶瓷等。目前制备钛酸锶粉体和薄膜的主要方法有:固相法、化学共沉淀法、水热法、溶胶凝胶法、溅射法等。该类新型材料合成方法简单易行,且研究和开发的投资少,见效快。钛酸锶产品的开发被列为我省“十五”产业技术发展重点规划,是盐湖化工领域发展培养的支柱产业和优势产业之一,是加快高新技术产业化进程中,重点开发的新产品及高新技术产品。其产品的开发可以推动我省锶资源的利用和深加工,推进产业升级,使初级锶产品的实现就地升值。中国科学院盐湖研究所功能材料组具备该方面的专利及技术,有自主知识产权和人力资源,因而钛酸锶陶瓷材料比较适合我省发展,利于促进我省高新技术的发展和产业结构的调整。

(4)利用我省资源发展纳米材料

纳米材料是指利用其高比表面积和量子尺寸效应以及其他一些特殊的性质制作的材料,可用于光电工程、磁记录、陶瓷和特殊的金属工程等。自 20 世纪 90 年代以后发展起来至今已取得了巨大发展。1999 年 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 等氧化物的纳米粉市场已达 500×10^8 美元。它的迅猛发展将会在 21 世纪几乎所有的工业领域产生一场革命性的变化。

(i) 纳米碳管是 1991 年才被发现的一种新型碳材料,由于它具有发射阈值低、发射电流密度大、稳定性高等优异的发射性能,现已成为纳米科技中最受注目的一部分。纳米碳管不仅可以用作各种电镜的探针、模板、晶体管、注射器、化学传感器、催化剂、电极材料等,它还可以用作储能、储气材料及医用胶囊等医药材料。

(ii) 纳米磁性材料是指利用磁性质不同的交替材料在磁场中出现的高的电阻变化率制得的一种纳米结构的材料。它可以用于随机存取存储器、硬盘和传感器的制作,现已有多家美国、欧洲、日本的大公司展开了关于纳米磁性材料研究的激烈竞争。目前主要用作纳米磁性研究并且我省有开发资源优势的材料有 $CoCu$ 、 $CoAg$ 、 $FeCu$ 、 $NiFe/Ag$ 等体系的材料。

(iii) 纳米腔体及孔洞化合物纳米腔体及孔洞化合物是近年来发展起来在选择性催化、分子识别、可逆行主客体交换、超高纯分离、生物传导、分子器件和芯片方面有着重要应用的化合物。结合我省优势可以发展的纳米腔体及孔洞化合物有 $[Cu(tma)_2(H_2O)_3]_n$ 、 $[Zn(dimto)_2]_n \cdot nDMF$ 。

(iv) 纳米信息材料是纳米材料的一个重要组成部分,它与电子学、电磁学、光电子学以及通讯技术、计算机技术等密切相关。纳米信息材料将会对国防、经济及人们的生活带来极大的影响。我省可以发展的纳米信息材料有 C_{60} 、 SiC 、 ZnO 、纳米氮化硅等。

(v) 纳米带是 2001 年有在美国佐治亚理工学院工作的三名中国科学家利用高温气体固相法首次合成的。纳米带材料克服了纳米管的不稳定性和内部缺陷问题,具有比纳米管更独特和优越的结构和物理性能,是一种非常具有市场前景和应用价值的材料。我省可以发展的纳米带材料有氧化锌、氧化镉、氧化铅、氧化铟、氧化锡等半导体氧化物纳米带材料。

(vi) 应用纳米技术制成的纳米金属和纳米生物材料具有许多特性。如纳米金属毒性低,其传感特性和弹性模量可接近正常的天然生物组织,可使细胞在其表面生长,并具有修复病变组织的功能。在医学方面,纳米技术提供的可塑性纳米溶胶制剂超越了外科植人手术的局限性,使植入剂具有与天然材料相同的表面特性和同质性,英国科学家最近研制的模仿人体的天然超结构骨材,已替代不锈钢材料用于人体矫正手术,这种由羟基磷石灰晶格构成的物质,与生物骨质的成分相同,与天然骨质的强度和密度也相同,可与人体骨折部分完全融合,其生物生命期超过 30 年。我省可以结合自己的优

势发展纳米藏药等技术以带动我省医学科技的发展。

尽管纳米材料产业是一个新兴产业,但其制备技术并不是很复杂。其制备技术和方法主要有:化学气相反应法、沉淀法、喷雾法、溶胶—凝胶法、水热法、固相反应法等。青海省内很多院所都开展了这方面的研究。应该说有能力自主开发或进行技术的嫁接、转移、消化和合作。青海省电研科技股份有限公司与清华大学、中科院理化技术研究所、中科院盐湖研究所等单位合作在纳米碳化硅、纳米二氧化硅、金属纳米粉等方面都有工作。在省内发展部分纳米材料产业是可以实现的。

(5)利用我省资源发展优质化工产品

氯化钠是我省最丰富的资源之一,对其应用仅限于化工原料和部分被加工为食盐。而日本早在多年前就已经开发出添加了人体必需微量元素的食盐,以及空心食盐。空心食盐也是一种速溶食盐,外观也十分美观。随着人们生活水平的提高,空心食盐应该有市场需求。其生产工艺也很简单,将食盐溶液经特殊喷雾造粒机处理即可制得。

最近在“海湖盐与化工”中提到健美盐的开发研究,健美盐利用盐的特性,以盐为主要成份,适当添加皮肤保护及营养成分,可以按摩皮肤,促进血液循环,起到杀菌、消炎、洁肤、美容、去脚气、去湿气、去头屑、减少脱发,减肥、瘦身等功效。美国、荷兰、德国、日本等国家开发研制比较早,拥有一批品牌产品,而在我国以消脂、美容、保健、作毒、杀菌为主要功能的浴盐基本上处于起步阶段,全国盐行业只有少数企业生产该产品,主要是浙江、广东、上海等地,其开发具有前景。

(6)利用我省硅矿资源发展具有较高附加值的硅基系列材料

我省硅矿资源丰富,石英砂矿储量和矿石品位在国内具有明显优势,部分矿石中 SiO₂ 含量在 99% 以上;结合我省稳定可靠的电力资源优势,硅电联营具有明显优势。然而由于历史及地理条件的限制,矿产资源与能源的优势至今尚未转化为经济优势。目前我省的硅电合营仅限于生产技术含量低,附加值也不高的碳化

硅、硅铁及金属硅等初级产品,行业发展和经济效益长期低迷。

我省有部分科研研究所多年来一直从事青海省特色资源高值化和无机功能材料的制备等化工工艺方面的研究工作,在诸多方面代表着国家水平。利用在技术及人力方面的优势和支持,通过新技术、新思路、新手段实现对现有硅产品加工方法、生产工艺的创新,寻找一条适合青海省经济技术水平的高新技术,发展具有较高附加值的氮化硅陶瓷粉末及其制品,生产具有较高附加值的超细 β 相碳化硅及其制品,生产用于填充剂和电路板用亚微米级或纳米级高纯二氧化硅及单晶和多晶硅,较大的提高硅铁企业的经济效益,推进我省经济的发展。

②未来我省可以关注和跟踪的新型功能材料产业。

(1)利用镁、镍矿产发展镁镍系列储氢材料

氢能是 21 世纪人类发展的理想能源,它不仅热值高、干净、无毒,而且应用范围广。不仅可以作为燃料电池发电,还可应用于氢能汽车、化学热泵等。因而储能材料的研究开发也引起了世界的重视。如美国能源部在全部氢能研究经费中,有一半用于储氢材料的研发;日本 1993~2020 年的“新阳光计划”投资 30×10^8 美元于氢能发电技术。镁镍系列储氢材料具有良好的储氢性能,性质稳定,具有很高的实用价值。

(2)利用镍、铜资源发展钛—镍系、铜系形状记忆材料

形状记忆材料是一种集感知和驱动为一体的具有特殊功能的新型材料。它不仅可以应用于人造卫星天线、机器人和自动控制系统、仪器仪表、医疗设备和能量转换等材料,还可应用于高分子聚合物、陶瓷材料、超导材料等领域。钛—镍系形状记忆材料具有良好的力学性能,抗疲劳、耐磨损、抗腐蚀、形状记忆恢复率高,生物相容性好,是目前唯一在生物医学领域应用的形状记忆材料。铜系形状记忆材料容易加工成型,价格较低,转变温度较宽,热滞性小,导热性好,是一种很有发展潜力的形状记忆材料。

(未完待续)