

我国盐湖资源综合利用的探讨

袁瑞强¹, 程芳琴^{1,2}

(1. 山西大学环境与资源学院, 山西 太原 030006;

2. 山西大学环境科学与工程研究中心, 山西 太原 030006)

摘要: 综述了盐湖基本特征和可利用资源, 总结了我国盐湖资源分布特点。结合国外盐湖资源开发利用实际, 讨论了我国盐湖资源开发利用面临的问题。本文指出首先应根据盐湖特点在开发主导产品的同时综合利用资源开发多种产品; 其次要重视产品的深度加工, 形成高附加值的产品链条; 此外积极进行技术革新, 开发稀有元素提取技术; 最后在有条件的地方开发盐湖生物资源和旅游资源。

关键词: 盐湖; 卤水; 综合利用

中图分类号: TD871.1 文献标识码: A 文章编号: 1008-858X(2008)01-0067-06

盐湖是一种咸化水体, 通常是指湖水盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}}) > 3.5\%$ 的湖泊^[1], 也包括表面卤水干涸、由含盐沉积与晶间卤水组成的干盐湖, 它遇到降水或山上冰雪融水, 可形成季节性湖泊^[2]。按盐湖卤水成分差异, 一般将盐湖分为三大类: 氯化物型盐湖; 硫酸盐型盐湖; 碳酸盐型盐湖^[3]。世界上著名的氯化物型盐湖为死海和我国的察尔汗盐湖; 美国的大盐湖和我国的运城盐湖、罗布泊盐湖为硫酸盐型盐湖; 美国的西尔斯湖和我国的扎布耶盐湖为碳酸盐型盐湖。

盐湖是特定自然地理与地质环境下形成的湖泊, 在太阳辐射强、多风少雨、蒸发量大的气候条件下发展到末期的特殊产物, 其特点是固液共存, 以液为主, 卤水渗透流动的统一地质体^[4]。盐湖含有大量石盐、芒硝、钾、锂、硼等重要盐类矿物和有重要经济价值与科学意义的嗜盐藻、盐卤虫等特异生物资源和耐旱、耐盐碱基因资源, 同时盐湖又是重要的旅游资源和医疗淤泥资源。利用盐湖卤水的储热特点, “太阳能盐水池”可用于发电。盐湖有大量碳酸盐沉积,

是天然的碳汇, 能在一定程度上减弱温室效应。

1 可利用的盐湖资源

1.1 盐湖盐类资源

盐湖蕴藏的盐类矿物储量巨大, 种类较多, 开采历史久远。从盐湖中人类大量开采了石盐、石膏、芒硝、钾、镁、硼等化工原料; 此外, 盐湖中还赋存着锂、溴、铷、铯、钨、锶、铀等稀有资源可以开采。

1.1.1 石盐

我国盐湖石盐蕴藏量约数千万吨, 是盐湖中分布最广、储量最大的盐类矿物。石盐是天然产出的氯化钠矿物的总称, 盐湖产出的石盐经过水洗或精制就成为食用盐。食盐不仅是调味品, 而且是人体必需的物质, 人体大约含0.25%的盐分, 每个人消耗的食盐量约10 g/d。此外, 石盐还是制取盐酸、氯气、烧碱、纯碱、金属钠、钠盐和氯化物的主要原料。

1.1.2 镁盐

镁盐在盐湖资源中含量十分丰富, 约数十

亿吨。盐湖产出的初级镁盐主要为氯化镁,可用于生产无水氯化镁、金属镁、高纯氧化镁、氢氧化镁等。氯化镁可以用来电解制备金属镁、制造氯氧水泥、木材防火剂、制冷卤水、灭火剂及汽油防爆剂等。金属镁近年来广泛用于汽车和电子产品壳体、钢铁脱硫、阴极防护等行业;镁合金作为绿色环保工程金属材料,将替代许多行业的铝、钢、工程塑料等。高纯镁砂可用于生产耐火材料,主要用于钢铁工业中的衬砖。熔融氧化镁电阻率高,杂质含量少,可用于电炉和加热元件中的绝缘材料。纳米级氧化镁有着特殊的光、热、电、力学和化学功能,可用于制造致密的陶瓷材料,还可用于塑料、橡胶等的填充剂以及各种电子材料和催化剂载体等。超细氢氧化镁是一种高性能、无污染的理想阻燃剂,在制备电线、电缆、家电等方面有着重要的应用。

高性能、高附加值的镁盐功能材料还有碱式硫酸镁晶须和硼酸镁晶须。碱式硫酸镁晶须具有强度高、比重小的特点,可用作橡胶、树脂、金属、陶瓷等复合材料的增强剂,制得的复合材料可用于制备高强度容器、管材、板材、齿轮、刀具、轴承、滚压设备等,也可用于航空航天及汽车行业。硼酸镁晶须具有轻质、高韧、耐磨、耐腐蚀等特性,可用于发动机活塞、连杆、压缩机汽缸等耐热、耐磨部件的制备,也可用于制备增强型铝镁合金^[5]。

1.1.3 硫酸盐

盐湖硫酸盐种类很多,如石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、泻利盐($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、芒硝($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)和天青石(SrSO_4)等,均具有开采利用价值。芒硝主要用于洗涤剂工业、纸浆工业、玻璃制造业、染料、纺织工业和建筑业等,目前也被用于与盐田光卤石生产农业上急需的硫酸钾肥。硫酸镁可用于制备高性能、高附加值的镁盐功能材料。

1.1.4 钾盐

我国是一个农业大国,年需钾肥约 5×10^6 t,而我国固体钾矿贫乏,液体钾矿丰富,盐湖钾盐储量达数亿吨。大力发展盐湖钾肥工业是解决我国目前钾肥短缺、主要依赖进口的根本出路。

钾肥的主要品种有氯化钾、硫酸钾、硝酸钾,全球钾盐产品的 95% 应用于农肥,其余的

5% 用作工业原料,如用于洗涤剂、医药、印刷、玻璃、陶瓷、建筑材料等工业中。后两种钾肥都是基于氯化钾转化,所以氯化钾既是农业肥料,又是重要的工业原料。

1.1.5 锂盐

锂是一种应用广泛的稀有元素。目前世界锂年产量约 5×10^4 t,难以满足巨大的市场需求。我国盐湖蕴含的锂资源丰富,约占世界的三分之一。

几十年来,锂在各领域中的应用得到飞速发展,被誉为 21 世纪能源金属。锂盐的加工产品种类繁多,如碳酸锂、氢氧化锂、氯化锂等。锂的电化学电位高,融锂的密度低,沸点高,热容量大,导热系数大,适合作为核裂变反应堆和核聚变反应堆的堆心冷却液。碳酸锂是锂的基础性化合物,广泛应用于陶瓷、玻璃、原子能、航空航天、军事工业和制冷、焊接、锂合金、锂电池、医药等领域。添加锂的润滑脂在低温下不会冻结,在高温下不会汽化,是优质润滑油产品。无水氢氧化锂可广泛地应用于舰艇等的空气再生系统。随着科学技术的发展,锂产品的应用领域不断拓宽,需求量大幅度增长,盐湖锂盐开发前景广阔。

1.1.6 硼酸盐

硼酸盐也是一种应用广泛的稀有资源,我国盐湖蕴藏量达数千万吨,其加工产品主要有硼砂、硼酸、硼酐(三氧化二硼)等。硼砂常用于工业除锈;硼酸是医疗上的消毒剂和冶金、玻璃等工业中的添加剂、助熔剂、胶结剂;硼酐是荧光屏玻璃的重要配料。

1.2 盐湖生物资源

盐湖生态系统包括盐沼带和盐水域两个亚系统。盐沼带有多种盐生植物,如盐蒿、田菁、紫穗槐、沙枣、沙柳以及沙棘、麻黄、沙冬青等,有些盐生植物有吸取盐碱,改良土质的效果。盐水域发育大量有重要经济和科技价值的稀有生物,如嗜盐杜氏藻、螺旋藻、卤虫、轮虫、嗜盐菌和嗜碱菌等,可为人类提取蛋白质、天然食用色素和新材料等。

嗜盐杜氏藻属真藻类,富含 β -胡萝卜素、蛋白质、脂肪酸、叶绿素和四烯酸等,是一种重

要的经济藻类。经临床实验, 它具有防癌和治癌作用, 目前在国外已广泛用于医药及人造黄油、面包等食品。

螺旋藻是地球上最古老的生物物种之一, 约有 35 亿年的历史。它比任何其它食用生物都具有更丰富和均衡的优质蛋白质、多种氨基酸、叶绿素、亚麻酸矿物和胡萝卜素等, 极易为人体吸收。1 kg 螺旋藻的营养成分相当于 100 kg 各种蔬菜营养的总和, 而且含有抗衰老的歧化酶。

卤虫又名卤虾, 其幼虫、卵和成虫的蛋白质含量高, 营养极为丰富, 是渔业最佳的饵料之一, 被称为“水黄金”。据统计, 海洋虾鱼养殖中 85% 的饲料是卤虫。卤虫在水产养殖业中还充当药物载体起到防病治病的效果, 而且可以减少药物浪费和水体污染。在制药工业上可以用卤虫富集抗菌素、激素和氨基酸。卤虫食量大且食性杂, 可以清除盐场盐卤中的有机杂质, 提高食盐质量。此外, 基于卤虫本身的耐盐特性, 其成虫及虫卵在学术研究上也是一种极好的试验材料。

1.3 盐湖旅游资源

盐湖本身是一种秀美的湿地景观, 拥有使人心旷神怡的自然风光, 是潜在的优质旅游资源。此外盐湖地区光照强、热量高, 在这里游人可以享受到独特的医疗污泥和飘浮浴。结合盐生生物如枸杞、麻黄碱, 以及盐生生物餐饮(如食用螺旋藻)开发, 盐湖旅游资源的质量和内涵将极大地提高。

2 我国盐湖特点

我国是世界上少数现代盐湖发育的国家之一, 盐湖数量众多, 据 2000 年统计结果, 我国有盐湖 1 500 多个。根据盐湖卤水成分、盐类资源等方面的差别可将我国划分为四大盐湖分布区, 即青藏高原盐湖区、西北盐湖区、东北盐湖区和东部分散盐湖区^[1]。我国盐湖分布不均, 主要分布于西部—北部干旱和半干旱地区, 其边界大致与 500 mm 等降水线相当, 即秦岭以北、大兴安岭、太行山一线以西。青海、新疆、西

藏和内蒙古等省区是我国盐湖的主要分布区, 面积大于 1 km² 的内陆盐湖有 813 个^[9]。我国盐湖盐类资源总量达数亿吨, 分布亦不均衡, 东部湖区只有几十亿吨, 主要资源尤其是贵重盐类和急需盐类几乎全分布在西部的湖区。

盐湖的基本形成条件是适宜的气候、地形和水盐补给。我国既有世界海拔最高的盐湖, 也有海拔 -154 m 的内陆盐湖, 而且从高寒缺氧到高温干旱等各种极端环境下均有盐湖分布。因此, 我国盐湖区在气候、地貌等自然地理条件和地质背景上千差万别, 不同地区形成的盐湖在卤水成分、盐类资源方面具有不同的特色。

青海柴达木盆地是我国四大盆地之一, 具有高山深盆的成盐环境, 是我国盐湖卤水资源最丰富的地区。盆地内有盐湖 33 个, 总面积 3.18×10^4 km², 盐类储量巨大, 除石盐、芒硝外, 盐湖资源的赋存方式以晶间卤水为主。钾、镁盐主要集中于察尔汗、大浪滩湖区, 硼酸盐主要集中于大、小柴旦湖区, 而锂盐主要集中于—里坪、台吉乃尔湖区。

察尔汗盐湖, 名称来自蒙古语, 意为“盐的世界”, 是我国最大的可溶性钾镁盐矿床, 也是享誉世界的内陆盐湖。察尔汗盐湖属近代盐类化学沉积矿床, 东西长 167 km、南北宽 20 ~ 40 km, 总面积 5 856 km², 其氯化钾储量为 16.5×10^8 t 占全国首位, 氯化镁含量超过 30×10^8 t 居全国之冠, 世界第二位。察尔汗盐湖由于硼、锂及硫酸盐含量低, 盐田法生产的水氯镁石矿可直接作为生产镁系化合物的原料。加之当地丰富的石油、天然气和水电资源, 它必将成为我国钾盐、镁盐特别是金属镁的良好生产基地。

西藏盐湖卤水资源以硼、锂含量高为基本特征, 另外还含有较多的铷、铯、溴, 具有很高的经济价值。西藏盐湖是我国固体硼酸盐的主要产地, 储量巨大, 开发条件优越, 多数矿床裸露地表或埋深较浅, 便于开采。西藏的卤水锂矿主要是碳酸型, 锂含量高, 储量丰富, 加之卤水基本不含镁或者含量很低, 加工性能好。其中最有代表性的盐湖为扎布耶盐湖。

扎布耶盐湖位于岗底斯山脉北麓, 海拔

4 422 m, 面积 242 km², 为世界上少有的富锂碳酸盐型盐湖, 扎布耶盐湖富含 Li、K、B、Rb、Cs、Br 等多种矿物元素, 含量之高属国内外罕见。按锂的储量计扎布耶是世界三大锂含量超百万吨的超大型盐湖之一, 锂品位位居世界盐湖第二。此外, 该盐湖卤水中铯含量居世界第一, 钾品位位于国内盐湖第一。扎布耶盐湖卤水中富 Li⁺ 而低 Mg²⁺、Ca²⁺, 且以碳酸锂形态存在, 这种卤水的组成有利于碳酸锂的分离, 可用物理过程加工, 大大降低消耗和成本, 同时最大限度地减少对环境的影响。因此它是世界上已发现的唯一的优质锂盐湖资源。

山西运城盐湖是我国最古老的盐湖之一, 素有天然“万宝池”之称, 是著名的矿产资源湖, 南靠中条山, 北依运城市郊, 东西长 25 ~ 30 km, 南北宽 3 ~ 5 km, 面积约 130 km²。盐湖四周皆高、中间低陷, 自然形成一个狭长凹带。运城盐湖属现代沉积、固液共存以芒硝为主的盐类矿床, 卤水属于硫酸盐型的硫酸钠亚型。矿产资源总储量约 1×10⁸ t, 其中硫酸钠 70×10⁶ t、硫酸镁 9.9×10⁶ t、氯化钠 15×10⁶ t, 此外还含有溴、碘、锂、铯等多种稀有元素。运城盐湖由于钾离子含量较低, 有利手提取成本较低的农用硫酸镁以及生产高纯硫酸镁及其系列产品。

新疆是我国盐湖分布较多的省份之一, 面积大于 3 km² 的有 139 处, 总面积达 2.5×10⁴ km²。盐湖中除了固体盐类沉积外, 还有丰富的卤水矿。新疆罗布泊盐湖卤水属于硫酸盐型的硫酸镁亚型; 硫酸盐型晶间卤水钾盐矿床储量巨大、品位高, 其钾离子和硫酸根离子含量均很高, 卤水可直接作为生产硫酸钾的原料。

内蒙古盐湖数量多, 面积小, 面积 1 km² 以上的盐湖 378 处, 是世界著名的盐湖密集区。有关专家推测内蒙古境内具有卤虫分布的盐湖有 100 处以上, 其中有 11 处有较大开发利用潜力, 是盐湖卤虫分布的密集区。

3 盐湖资源开发

目前, 美国、智利、以色列等国是盐湖卤水

资源综合利用程度最高的国家。国外开发利用最有成效的现代盐湖主要有美国的大盐湖、西尔斯湖、智利的阿塔卡玛盐滩以及死海等^[6]。我国盐湖卤水开发利用水平较低, 以采挖单一的氯化钠、芒硝、天然碱等原矿的再加工为主。我国盐湖资源开发过程中面临的主要问题有: 第一, 利用盐湖卤水生产化工产品普遍存在品种单一, 卤水资源综合利用程度低, 资源浪费和环境污染等; 第二, 产品多为初级的原料型产品, 缺乏深度加工, 产业链条短, 经济效益较低; 第三, 产品开发技术总体较为落后, 新技术开发力度不足。

随着西部大开发的推进, 我国盐湖资源的开发进入快速发展的时期, 在今后的工作中应注意如下问题: (1) 盐湖资源具有多组分共生的特点, 卤水资源的开发应以多元水盐体系相图理论为依据, 将具有比较性优势的矿种发展为主导产品, 同时围绕主导产品的生产开发多种产品, 因地制宜, 扬长避短, 实现盐湖卤水资源综合利用。美国 Cyprus Foote 公司利用银峰盐湖生产碳酸锂, 同时生产硼和钾。美国大盐湖利用提钾后母液中的氯化镁制取金属镁。智利控股 SQM 公司利用南美阿塔卡玛盐湖卤水生产氯化钾、碳酸锂, 目前正兴建硫酸钾工厂。我国的察尔汗盐湖卤水富含钾, 可以大力发展我国急需的钾肥。提钾老卤数量巨大且富含镁是生产镁盐产品的良好原料, 可在生产钾肥的同时利用老卤生产镁盐, 以钾、镁盐为主导产品。此外, 察尔汗盐湖氯化锂储量为 8.25×10⁶ t, 居国内首位, 提钾和提镁后卤水中储藏丰富的锂, 是理想的提取锂盐产品的原料。因此在提钾和提镁形成规模生产后就可以考虑提锂问题。钾盐、金属镁、金属锂等盐化工项目副产大量氯气, 可以利用柴达木盆地丰富的天然气资源建设聚氯乙炔、甲烷氯化物、氯乙烯、氯乙酸等与天然气化工关联项目。这样实现卤水资源综合利用既可以降低综合生产成本, 增强核心产品竞争力, 又可以减少资源浪费, 保护生态环境, 实现生产的可持续发展;

(2) 盐湖资源开发不但要进行综合开发, 还要重视产品的深度加工, 从单纯的开采向精深加工和新材料方向发展, 开发高性能、高附加值

的新型产品。以色列已经利用死海盐湖资源开发出丰富的产品,除生产氯化钾产品外,还具有溴素、精制氯化钠、高纯镁砂、磷钾复合肥、硫酸钾和硝酸钾的生产能力。我国可在稳步提高氯化钾、硫酸钾、钾镁肥生产规模的基础上,可以开发碳酸钾、氢氧化钾等钾盐深加工产品。将盐湖镁资源与内蒙、四川的稀土资源有效结合,开发稀土镁中间合金和应用合金新材料。用初级产品镁砂生产性能优异的功能材料超细氧化镁和纳米氧化镁。将附加值较低的初级产品碳酸锂加工成高附加值的锂离子电池相关材料。将氯化镁、硫酸镁、硼酸等初级产品加工成现代高科技产品应用材料硼化镁超导材料、碱式硫酸镁晶须和硼酸镁晶须等;

(3) 要注重技术革新,并积极研发、储备盐湖中稀有元素的提取技术,注意资源保护和环境保护,达到真正意义上的综合开发。以色列死海工程公司上世纪 60 年代针对冷分解浮选法生产的氯化钾粒度细、易结块的缺点,开发了热溶结晶法。70 年代中期应对世界性能源危机的影响,开发了冷结晶工艺。最近又开发了光卤石脱水炼镁技术。该公司的工艺和技术不断创新使其在世界上保持了最高的盐湖化工水平。我国目前已经开发了先进的反浮选—冷结晶技术制取氯化钾;盐湖集团与华东理工大学合作在国内首次掌握了“六水氯化镁反应—结晶耦合脱水工艺及其工业装置技术”,并建成我国第一套年产 1 500 t 无水氯化镁工业装置;中科院青海盐湖所掌握了柴达木东台高镁锂比卤水镁、锂的高效分离技术,验证了 2 000 t/a 生产规模的关键设备相关工艺技术参数,并开发出 3 种卤水制取硫酸钾的新技术和 10 t/a 的气态膜法海水和卤水提溴技术;在西藏扎布耶盐湖突破了太阳池积热沉积锂技术和碳酸锂产品加工工艺技术。尽管在过去几年内我国盐湖资源开发技术取得了长足进步,但是仍需要加快高镁锂比卤水中镁、锂的高效分离技术、盐湖水氯镁石制取无水氯化镁技术的产业化研究,同时积极研发溴、碘、铷、铯、钨、铀等元素的提取技术,实现盐湖资源与石油、天然气、有色金属等资源的横向联合发展;

(4) 开发盐湖生物资源,发展盐湖农业是干

旱半干旱区不发达的传统农业经济的有益补充。大部分盐湖分布在干旱半干旱气候带,这里传统农业欠发达,人均耕地面积少,而盐湖分布广泛。盐湖盐沼带有大量盐生植物,多为牛羊喜吃的饲料,有的还可作苗林。在盐沼带发展盐生植物牧场,搞盐碱种植业前景可观。同时可以在盐水域发展盐藻—卤虫—鱼虾蟹—软件动物养殖与 β -胡萝卜素—虾青素—甘油—蛋白质两种提取系列^[7],建设新型盐水养殖业。盐湖生物资源的开发,盐碱种植业和盐水养殖业的发展对于干旱半干旱区经济发展与生存环境的改善必将带来积极影响;

(5) 适度发展盐湖旅游业。我国的盐湖不仅是良好的工、农业资源,还蕴藏着丰富的旅游资源。盐湖资源的全面开发不可忽视旅游资源的开发。进藏铁路的开通使盐湖旅游已走到我们身边。青海省从茶卡盐湖,经察尔汉、小柴旦、大柴旦到一里坪一线,可以领略盐湖独特的风光和著名的“万丈盐桥”是优质的旅游项目。随着盐湖矿床的开发和交通条件的改善,必将促进盐湖旅游业的发展。

4 结 语

我国的盐湖数量多、蕴藏资源丰富,是自然留给人类的宝藏,然而不是所有的盐湖都有综合开发利用的条件。盐湖资源的综合开发客观上要求盐湖附近有充裕的土地资源、淡水资源和能源供给。因此,盐湖开发不能一哄而上,这种盲目的做法必然将资源开发变为对资源的破坏,不利于盐湖资源的可持续开发,与资源的综合利用更是背道而驰。目前,我国最具有综合开发潜力的盐湖主要分布在柴达木盆地和新疆,可以集中财力、人力和科研力量在这些有条件的地方率先实现盐湖的综合开发,为其他盐湖的合理开发奠定基础。

国外盐湖的开发已有一百余年历史,我国盐湖资源自 20 世纪 80 年代才开始较大规模地开发,技术和经验的贫乏使我们走过弯路,但是我们进步的速度和所取得的成绩也是举世瞩目的,我国盐湖资源的综合、全面开发利用是可以实现的。

参考文献:

[1] 郑绵平, 齐文. 我国盐湖资源及其开发利用[J]. 矿产保护与利用, 2006(5): 45— 50.

[2] 印象初, 印红, 周可新, 等. 高原盐湖盐藻和卤虫资源的开发和利用[J]. 盐湖研究, 2002, 9(1): 4— 8.

[3] 黄西平. 国内外盐湖(地下) 卤水资源综合利用综述[J]. 海洋技术, 2002, 21(4): 65— 71.

[4] 严军, 黄小良. 青海省盐湖钾、镁、锂盐资源开发利用探讨[J]. 盐湖研究, 2002, 10(4): 63— 69.

[5] 向兰, 刘峰, 金永成, 等. 试论我国西部盐湖镁资源的高度利用对策[J]. 海盐湖与化工, 2002, 31(4): 24— 27.

[6] 曹文虎, 吴蝉, 等. 卤水资源及其综合利用技术[M]. 北京: 地质出版社, 2004.

[7] 李明慧. 盐湖资源的开发利用与可持续发展[J]. 自然杂志, 2002, 24(5): 283— 285.

Discussion on Comprehensive Utilization of Salt Lake Resources in China

YUAN Rui-qiang¹, CHENG Fang-qin^{1, 2}

(1. College of Environment and Resources, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

2. Research Center of Environmental Science and Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The basic characteristics and the available resources of salt lakes were reviewed and the distribution features of the salt lake resources in China were also summarized in this paper. The problems faced in the development and utilization of salt lake resources in China were discussed based on the practice of development and utilization of salt lake resources abroad. It was pointed out that, firstly, the resources should be comprehensively utilized and various kinds of products should be developed while developing the main products according to the features of the salt lakes; secondly, importance should be attached to the deep processing of the products so as to form the high additional valued product chain; besides, extraction technologies for rare elements should be developed based on the technological innovation; and finally, the biological and tourist resources of salt lakes at suitable places should also be developed.

Key words: Salt lake; Brine; Comprehensive utilization

(上接第 41 页)

plotting and the Matlab software in three-dimensional phase diagram plotting were introduced briefly. And some new functions of the two softwares to be improved in phase diagram plotting were also pointed out.

Key words: Origin software; Matlab software; Phase diagram plotting; Smoothness; Digitization