

# 我国化肥工业发展新方向和新战略

孙先良

(上海化工研究院,上海 200062)

**摘要:**面对大数据时代来临,从构建知识库、数据库等知识工程体系出发,采用数据挖掘和创新理论及方法探索新的发展规律和发展思路;指出节能减排、综合循环利用、开发新型智能肥料为新方向;拓展化肥工业产业链、产品链、市场应用链为新的增长点;提出技术创新和战略研究为核心,做强企业、循环经济、战略联盟为新战略;最后提出了建议和意见。

**关键词:**化肥工业;技术创新;战略研究;新型智能肥料;大数据时代

中图分类号:TQ440

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2014)01-0001-09

## New direction and strategy of fertilizer industry

SUN Xian-liang

(Shanghai Institute of Chemical Industry, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** In order to face up with the mass-data era, the "Knowledge and data base" is established. Several solutions have been given, such as exploration of new strategies by analyzing the data and innovating new theories and approaches, development of new intelligent fertilizer with energy-saving, reduction of emission and reuse characteristics, expansion of market of fertilizer industry, etc. The technology innovation and investigation are proposed as new strategies. Some suggestions are put forward in the end.

**Key words:** fertilizer industry; technique innovation; strategic investigation; new intelligent fertilizer; mass-data era

根据国际肥料工业协会(IFA)公布的《2012—2013年全球肥料供需展望》分析认为,由于全球粮食存储消费比偏低,国际农产品和粮食价格很高,致使很多国家高度重视粮食安全问题。美欧等也都制定了新的农业政策,以期刺激农户种植积极性。由于发达经济体和发展中国家不约而同地对粮食安全问题加以关注,加上全球农业产品价格高涨,2013年全球化肥市场需求有所增加,需求量预计将增长2.4%,达1.816亿t<sup>[1-13]</sup>。

## 1 我国化肥工业将迎来新一轮结构调整和转型升级

按照目前全球70亿人口计算,全球每年粮食产量达到40亿t,才能解决人口粮食需求。2012年11月联合国粮农组织预计2012/2013作物季全球谷物产量为22.84亿t,可见目前全球粮食产量距离解决全球人口饥饿问题的水平还很远。耕地和水资源都是有限的,要在有限的条件下,提高粮食产量,只能通过科学施肥来提高农作物单位面积产量。目前,全球化肥施用量正以每年5%速度增长。随着全球粮食价格高涨,化肥需求已成为粮食增长的刚性需求。

2013年我国已获得了第十个粮食丰收年,到

2020年预测我国粮食需求将达6.6亿t,意味着我国粮食年均增长率达2%,但目前仅为1%。每年我国进口粮食达1000万t。为此,国家为了激励农民种粮积极性,已大幅度提高农作物的收购价,继而导致农民将加大对农业的投入,其中包括对化肥需求的投入。2012/2013年全球140个扩能项目投产,其中50%扩能项目投产在中国。据国家发改委数据显示,2012年全国化肥产量为7432万t(折纯),同比增长10.9%。随着我国农业现代化的增长,国家提出农业产业化的战略目标,化肥工业作为重要的农业上游产品,农业产业化将会推动化肥企业提升竞争力和需求量,未来最先农业产业化的应当是油料作物、蔬菜、水果、园艺、药材、超级水稻、超级小麦、超级玉米、水果玉米、食用菌、动物(包括鱼类)饲料等各种经济作物、动物(包括鱼类)养殖业,以及农业产业化大集团大公司,因为这些产业化和大集团经济效益更加明显,采购能力更加集中化、专业化。

当今,硝基复合肥在欧洲、北美等发达国家已得到普遍推广使用。国家发改委根据我国土壤结构及特性,已将硝基复合肥列入重点鼓励发展产品。硝基复合肥亦要向硝基缓控释化和专用化方向发展。我国有7亿亩(1亩=0.0666667hm<sup>2</sup>)耕地(占总耕地

面积的 38.9%) 适合施用硝基专用肥, 每年需要 3 000 万 t。目前, 产能仅为 250 万 t, 加上在建的有 85 万 t, 还有 2 000 多万 t 的缺口需求, 缺口占硝基复合肥总需求的 67%, 这就是我国化肥工业结构调整中需要重点发展的硝基缓控释肥和专用化肥, 其前景和市场空间十分巨大, 尤其是我国西部地区有着巨大的潜在市场。陕西省仅苹果需要硝基复合肥达 640 万 t, 约占总硝基复合肥的 21%。新疆、内蒙古地区干盐碱土壤都需要硝基复合肥, 市场前景十分看好。另外, 缓控释肥具有提高化肥利用率和肥效、降低化肥使用量、降低对水和空气污染、降低农业生产成本等特点。目前, 国内缓控释肥产能不足 200 万 t, 不到国内化肥总量的 0.3%。但是缓控释肥的市场空间将会不断扩大。近期, 国家发改委公布的《产业结构调整指导目录(2011 年版)》, 首次将缓控释肥纳入优先发展农业项目; 农业部首次将缓控释肥为主推技术, 科技部将缓控释肥列入“十二·五”我国缓控释肥产业, 将在“十二·五”期间迎来跨越式发展。为此, 鉴于上述农业产业化和国家发展规划, 我国化肥工业将会迎来一轮前所未有的结构调整和转型升级的发展新机遇。

## 2 化肥工业发展的新思路

当今, 世界正面临着大数据时代的来临, 美国波士顿提出, 立志打造成“世界大数据之都”的宏伟目标。如何以最经济、最无污染、最安全和最快速度的技术手段, 生产出各种各样产品, 以解决当今化肥工业发展中的各种问题, 不仅需要创新的科技成果, 更加需要一种构建知识工程体系和创新理论及方法, 从中寻找规律, 努力完善共享机制, 消除信息孤岛, 实现大数据概念的互联互通, 从浩瀚的人类知识库和数据库中挖掘出有价值的数据和知识, 以《发明问题解决理论》为创新思维及方法, 为解决问题提供方法和方案, 从而提高资源、能源和肥料利用率, 对解决环境污染、保护生态环境具有重大的现实意义。

### 2.1 信息化和工业化“两化”融合, 提高化肥企业经济效益

MES(manufacturing execution system) 制造执行系统是在传递信息中使得以下单完成产品之间的生产过程能够达到最佳化。生产活动在进行时, MES 系统使用及时正确的数据, 提供适当的导引、响应及报告, 针对条件改变, 立刻做出快速反应, 可以减少无附加价值的活动, 达到更有效的生产作业及流程。

MES 系统可改善设备回收率、准时交货率、库存周转率、边际贡献、现金流量绩效。该系统由 3 级指标构成: ①一级指标有 3 个, 即就绪度(基础)、成熟度(应用)、贡献度(绩效); ②二级指标有 9 个, 即组织规划、投入、信息化处理、单项应用、协同集成、深度应用、竞争力、经济效益、社会效益; ③三级指标共 33 个。而“两化”融合程度又可分 4 个等级, 即初步融合、基本融合、深度融合、高度融合。

对于就绪度(基础)来说, 在构建 MES 系统时, 必然会涉及对原有信息、数据、知识、资源, 如网络、专业应用软件的完善(应用)。成熟度(应用): 通过充分应用 MES 系统这个平台所提供的各种功能模块, 对企业生产过程、安全管理、能源管理来进行优化, 必然会提升“成熟度”(应用)指标的水平。贡献度(绩效): 在不断充实和完善就绪度(基础)和成熟度(应用)等 MES 系统正常稳定运行, 并为企业生产管理提供最大化服务, 最优化生产, 这样必然会使 MES 系统给企业贡献度(绩效)指标水平大大提高, 从而使企业获得良好的经济效益。

目前, MES 系统已在云天化集团、中海石油公司、湖北宜化集团、河南心连心化肥有限公司、赤天化集团公司等化肥企业推广应用。据赤天化公司集团报道, 实施 MES 系统达到直接目标有: ①提高操作安全性, 误操作故障率 0.5%; ②降低一段转化炉能耗, 一段炉水碳比 < 3.0; ③实现生产过程的精细化管理, 从而使合成氨净耗气为 960 m<sup>3</sup>/t, 合成氨综合能耗为 31.85 GJ/t(NH<sub>3</sub>), 预计年节能增效可达 442 万元的经济效益。通过 MES 系统实施, 使化肥企业朝着科学化、智能化、最优化、信息化、精细化方向发展。

### 2.2 知识工程优化科学施肥

北京科技大学信息工程学院知识研究所所长杨炳儒教授, 在国家自然科学基金项目——“基于数据库与知识库的知识发现及其农业应用系统的开发”(项目编号 69835001)资助下, 从 1999 年 1 月—2000 年 12 月, 经过努力, 开发出面向科学施肥的农业知识发现系统(KDIST-SF), 将 KDTICM 与 ICCRDSS 成功应用于科学施肥中, 在 ICCRDSS 的基础上, 他们开发出面向科学施肥的农业知识发现系统 KDIST-SF, 开发环境是 KDIST/VI, 用户只需提供自己的数据库和知识库: ①基本数据库是土壤肥力参数的样本知识库; ②基本知识库是科学施肥专家系统的样本知识库, 由 KDD\* 和 KDK\* 构成相应的知识发现工具箱, 就可以进行土壤肥力评估、施肥量

的确定、目标产量确定等方面的知识发现和精细化。

通过使用 ICCKDSS 对安徽省合肥市相关农业数据进行挖掘发现,水稻干物质累积和对硒(Se)的累积不同步。前者高峰在生长中期,后者以生长后期为主。另外,水稻对 Se 有一定生物富集作用,将这些规划存于知识库后,可根据这些规则在农业措施上,在水稻灌浆充实前增施 1 次硒肥。可在缺 Se 和低 Se 地区施用,Se 肥可显著提高水稻 Se 量,以改善大米营养品质,起到抗癌作用,可提高其市场竞争力。

这些数据库可指导人们科学合理施肥。另外,可指导化肥企业在不同阶段添加不同的微量元素,以适应农业生产需求。实践证明,安徽省合肥市油菜施肥专家系统的知识库,经过知识发现,可进一步完善和精细化科学施肥。

### 2.3 信息化优化处理实现可变施肥

国际上,美国率先采用 GPS 定位系统实现可变施肥,这是一种精准农业技术。在减少种子、肥料、水等投入同时,可最大限度减少农业对环境的负面影响,增加粮食产量和提高农产品质量。近年来,北京市农林科学院国家智能装备技术研究中心精准农业部,采用先进的 GPS 定位系统和信息采集系统,将一片土地的土壤情况、肥力等土壤信息,降雨、日照等气象信息,以及农业生产动态等信息收集起来,利用信息分析系统,将这些信息进行综合分析处理,可以决定耕作的方式,装有肥料配方的自动农耕地将在大规模农业耕作中扮演全方位的角色。农民也可在小块土地中使用小型农用车辆,实施可变施肥、喷农药。根据不同土地情况进行精耕细作,实现“电脑施肥”,从而有效提高农产品产量和品质,节约成本,减少环境污染,目前已在黑龙江、新疆等地粮食主产区大面积推广应用,效果良好。

## 3 化肥工业发展的新方向

最近,世界银行一份研究报告指出,国民总收入(GNI)中 9% 的财富收入由于环境污染而被白白地损失掉。最近绿色 GDP 出炉,我国环境代价近万亿元。2009 年环境退化成本和生态破坏损失成本合计达 13916.2 亿元,约为当年 GDP 的 3.8%,如此高消耗、高污染、高风险的发展方式是不可持续的。

然而,在化肥生产和使用过程中都会存在着不同程度的环境污染问题,在合成氨、尿素、甲醇、硝酸、磷酸、磷肥、钾肥等生产中都会产生废气、废液、废渣、废热等问题。如不采取有效措施就会产生污

染,危害人类健康。为此,需要不断开展技术创新、节能减排、循环综合利用,就可将废变宝,提高资源、能源和化肥利用率,就可提高企业的经济效益和社会效益,造福于社会和人类。

### 3.1 节能降耗,提高资源和能量利用率

#### 3.1.1 航天炉煤气化技术是提高煤炭转化率、节能降耗的技术之一

2011 年 11 月,山东鲁西化工集团公司采用 HT-L 粉煤加压连续气化技术的航天炉一次开车成功,全年长周期安全稳定运行,累积运行 380 d,给公司带来巨大的成本优势。①与原有固定床制气工艺相比,航天炉可广泛使用低廉的烟煤为原料,而固定炉则需要较贵的块煤为原料。因而,航天炉原料成本优势很突出,目前吨  $\text{NH}_3$  成本可下降 300 元,尿素成本下降 200 元/t。按 195 万 t/a 尿素生产能力计算,每年可增效近 4 亿元经济效益。②与目前普遍使用德士古水煤浆加压气化和壳牌干煤粉加压气化技术相比,具有节省投资 1/3、工期短、建设周期缩短 1/3,且运行维护费用低、工艺流程简单易操作。

航天炉为园区一体化、集约化运作模式也提供了有力支撑,是公司发展动力的引擎和火车头。园区一体化也是企业降低成本,提高竞争力的重要举措和新思路。园区一体化的优势有:①公用工程摊销费用下降,园区统一水电气的供应,园区自备发电厂,年发电量 25 亿 kWh。外购则需 0.70 元/kWh,尿素优惠电价 0.56 元/kWh,则可大大节省用电费用。在发电过程中使能源得到优化配置,提高能量利用率。如中压蒸汽用于发电、低电蒸汽用于其他化工产品生产,从而可进一步降低生产成本。

#### 3.1.2 能量优化新技术,节能降耗效益明显

近年来,四川美丰化工有限公司自主开发了 8 项气头大型氨和尿素装置能量优化新技术,已在四川德阳、青海西宁等地多套装置上推广应用。与传统工艺相比,每吨氨能耗由 1 467 kg 标煤下降到 1 068 kg 标煤,降幅达 28%,每吨尿素综合能耗由 1 068 kg 标煤下降到 724 kg 标煤,降幅达 32%。这 8 项技术为:①开发了节能型天然气转化技术;②发明了自吸式燃烧器与模块热能回收管排;③高效薄壁炉管等节能型设备优化组合,使天然气转化过程热利用从 88% 提高到 93%;④开发节能型立式氨合成塔,最大限度减少循环和冷冻过程的功能;⑤研究出能源优化使用技术,优化耗能结构,降低综合能耗;⑥开发了大型氢氮气/空气联合压缩机组,改革

1 种气体为 2 种气体联合压缩,可节省投资费用,降低功耗,运行周期长;⑦开发高效尿素合成塔和 CO<sub>2</sub> 汽提塔内件,提高 CO<sub>2</sub> 转化率和汽提效率;⑧发明高塔生产高品质、大颗粒尿素技术独特的塔式造粒技术,在自然通风的高塔上生产出大颗粒尿素,产品颗粒大、均匀、无粉尘、不结块、养分流失少。目前已在 10 套装置上推广应用。每年节约标煤 18 万 t 以上,减排 CO<sub>2</sub> 245 万 t,减排 SO<sub>2</sub> 3 000 t,减排 NO<sub>x</sub> 2 900 t,减排粉尘 1 700 t 以上。与引进同类规模装置相比,单套装置节省投资 3 亿元,实现年利润 1.4 亿元。据中国氮肥工业协会公告数据,2011 年我国气头中小合成氨装置产量约 400 万 t,如推广以上 8 项能量优化技术改造,可节省资金 63.6 亿元,每年节省煤炭资源 360 万 t 标煤。

### 3.2 从磷酸废液和磷石膏中综合利用回收宝贵的稀土产品

磷石膏是磷矿石制造磷酸中的副产物,目前已有 3 亿 t 存量堆放,每年排放磷石膏约 5 000 万 t,并以每年 15% 速度在增长,大量堆放污染环境,已成为世界难题。我国磷石膏利用仅为 20% 左右,大多数还未被利用。研究发现,磷石膏中含有丰富的稀土元素。它是镧系元素以及铈和钇共 17 种元素,具有良好的光电磁、超导等物理特性,被誉为“工业维生素”、“新材料之母”。美、欧、日都在大量进口,可广泛用于军事、冶金、石化、玻璃、陶瓷、农业、新材料、新能源等领域,我国稀土资源丰富,约占世界总储量 23%。然而,我国磷矿中伴生有丰富的稀土资源,有人称磷矿为下一个稀土资源。世界磷矿中稀土质量分数平均在 0.5%,而我国织金磷矿中稀土质量分数为 0.64%~0.67%,明显高于世界磷矿稀土质量分数平均值。据估算,磷矿中伴生稀土占世界稀土储量 50%。可见,从磷矿中回收稀土资源,不仅解决稀土矿井等带来的环境污染问题,而且可有效利用磷矿中宝贵稀土资源。目前采用的方法:①从磷石膏中提取;②从粗磷酸母液中回收,其方法有沉淀法、萃取法、结晶法 3 种。目前,贵州蓝天科大矿业发展有限公司从磷石膏中稀土浸出率为 79.1%,贵州光大能源发展有限公司从磷石膏中稀土提取率达 75%~83%。因此,从磷矿中回收利用稀土资源应当成为磷肥企业的研发方向。

### 3.3 新型智能肥料开发

环境法中有关限制化肥用量规定,已越来越受到世界各国的重视,这是由于长期过量施用化肥,在土壤微生物作用下会形成 NO<sub>x</sub> 进入大气,进而形成

酸雨,破坏臭氧层而成为温室气体。氮肥过量施用,致使每年产生 N<sub>2</sub>O 约 150 万 t,占人类活动向大气输入 NO<sub>x</sub> 44%;而 N<sub>2</sub>O 升温作用是 CO<sub>2</sub> 的 290~300 倍,因此,研究和开发环境友好的新型智能肥料,已成为世界各国高度关注的新热点,这也是化肥工业发展新方向。近 20 年来,美、日等控释肥消费量年平均增长速度为常规化肥的 10 倍以上,世界各国都在大力开发新型肥料,抢占新型肥料研究制高点,并且一直是国际农业、高科技竞争的重要领域。

#### 3.3.1 新型智能肥料研究开发向个性化、专用化方向发展

过去,化肥企业生产单质化肥、通用型复混肥,追求的是大批量、共性化,很少顾及不同土壤、不同作物、不同生长期、不同吸收营养速率的个性差异化,需肥多样化和特殊化的特征。而新型智能肥料强调环保化、智能化、多样化、个性化、特殊化、专用化、控释化,适合不同土壤、不同作物需肥规律的智能专用肥的需求。

美国 Stoller 化学公司研究植物各种营养元素适宜的施肥时间表明,可分 3 个阶段:①作物生长 40 d 的幼生期;②作物快速生长期;③作物结籽期。按照这 3 个阶段配置相应的个性化、专用肥施用,取得了较好效果。

#### 3.3.2 木质素控释肥

木质素分子中含有多种活性基因,在土壤中被微生物缓慢降解后可转化为腐植酸,对土壤脲酶活性有一定抑制作用,能促进植物生长,可改良土壤。因此,木质素包裹 NPK 中微量元素制成木质素控释肥具有广阔的发展前景。研究认为,黑液木质素的离子交换性很强,能很好活化磷矿粉,故可用造纸黑液中的木质素活化磷肥。在磷矿粉中加入木质素活化剂可使 Ca-P 化学链发生变化,其活化性能可大幅度提高释磷量达到处理前的 5~10 倍。这样,可避免一般水溶性磷在前期释放过高,而后期不足,造成磷肥利用率低的缺陷。在普钙生产中加入少量木质素活化剂后,可减少 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 用量,制成多组分磷肥,提高磷肥利用率。这项技术对磷矿资源,尤其是低品位磷矿充分利用具有现实意义。据有关专家研究认为,木质素包裹尿素、复混肥、磷肥无需干燥,并具有控释、促磷双向调控作用,其价格仅为国外同类产品的 20%~25%,具有广阔的开发和应用前景。

#### 3.3.3 沸石缓控释肥

沸石缓控释肥是一类价廉缓控释肥。我国具有丰富的天然沸石资源。将沸石与氮肥、磷肥混合制

成新型缓控释肥,有利于提高化肥利用率。将沸石和磷矿粉混合施用在酸性土壤中,不仅可减少速效磷被土壤中铁、铝固定,而且可促进磷矿中磷的释放,其效果优于普钙。除增产外,还能提高 $\beta$ 胡萝卜素的含量。沸石缓控释肥在小麦、玉米施用后,能提前早出苗1~2 d,提早成熟3~5 d。沸石缓控释肥还能促进大豆根瘤的形成。同时,能有效控制大豆落花、落荚,提高大豆蛋白质的含量。在冷浆型水稻土上施用沸石缓控释肥后,能使水稻抗逆性增强,产量显著提高,而且后效明显。在碱性土壤中施用沸石缓控释肥后,能促进棉花生长减少蕾铃脱落,提高棉花产量,在华南地区退化地上施用沸石缓控释肥、尿素氮肥,利用率可提高20%以上。

美国研制出一种可再生缓释离子交换沸石肥料,此肥料不仅可交换出 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 等还可稳定释放出磷,肥效可长达3个生长季节。日本研究出一种改良土壤广谱性生物沸石有机肥。保加利亚、俄罗斯等国采用天然沸石作为温室营养物质,用于种植绿色食品和药材。

### 3.3.4 土壤修复专用肥

当前,我国土壤受重金属污染问题十分突出,有16%~20%土壤受到重金属污染,每年因土壤污染而损失粮食达1 000万t,直接经济损失达200多亿元。研究发现:①磷石膏中含氟元素可与土壤中重金属离子生成配合物,可降低重金属对土壤污染,同时可提高S、P、Ca等营养元素有效含量,改良土壤,促进农作物生长。②利用废粉煤灰、活性炭、沸石制成除砷重金属污染专用肥。由于重金属污染水和工业中残留砷离子会进入农作物而使农产品污染,进而影响人类健康。为了消除砷污染,英国莱蒙利尔农田水利研究所开发的电厂废煤灰可去除土壤和水中残留砷污染的新方法,可有效防止土壤中砷进入农产品中。粉煤灰除砷效果与灌溉水pH有关,当灌溉水pH 4时,除砷率达80%;pH 7时,除砷率仅为50%。粉煤灰中含有多种微量元素,因此可提高农作物的产量和品质。③另据《世界农业》1995年第9期报道,使用活性炭和沸石可消除土壤中重金属污染和杀虫剂污染,在不久的将来摆在餐桌上的农产品可达到生态完全纯洁的标准,有利于人类健康益寿。因此,国内外已在开发各种沸石专用肥。④据报道,施锌肥可降低土壤中重金属镉(Cd)的含量。⑤施用有机肥可提高土壤对重金属的吸附、络合和螯合作用。⑥在非石灰性土壤中增施 $\text{CaCO}_3$ 可提高土壤的pH,还可使更多的溶解态重金属形成

沉淀物,有利于修复和净化土壤污染,因此,在土壤修复专用肥中可适当添加有机肥、 $\text{CaCO}_3$ 、磷石膏、粉煤灰、活性炭、沸石、锌肥等可使土壤重金属污染地区降低污染,以至达到完全消除重金属污染的目标。⑦还可在重金属污染土壤中种植油菜、蓖麻、蜈蚣草等农作物和植物,吸收土壤中的重金属离子,其中蜈蚣草除砷(As)吸附量高达22 630 ppm( $2\ 263 \times 10^{-5}$ ),超过普通植物千倍。除镉(Cd)超级植物也有10多种。因此,开发土壤修复专用肥是化肥工业发展中又一个新的方向和新的亮点。

### 3.3.5 开发防病健康农产品的新型智能肥料

据WHO资料显示,全球缺铁、缺锌营养元素是人类最普遍的微量元素缺乏症。目前,全球约有30亿人口不同程度地缺乏微量元素,其中21.5亿人口缺铁,占世界人口40%。据统计,我国居民平均贫血者为20.1%,其中婴幼儿、老人贫血者比例最高,分别为31.1%、29.1%,育龄妇女贫血者为19.9%,缺锌者为30%~60%,儿童缺锌者更为严重。农业专家已有发现,富铁含量的稻米为富铁农作物资源。对稻米研究表明,选配富铁、富锌的杂交稻的组合是非常可能的。为此,化肥企业可以配合农科专家,开发出各种富铁、富锌水稻专用肥。

另据英国科学家研究发现,含硫磺土壤种植的小麦中某些氨基酸含量少,能使最终烧烤面包致癌物——丙烯酸胺含量减少。英国雷丁大学(Universing of Reading)科学家研究发现,在硫磺不足的土壤中生长的小麦天门冬素(一种氨基酸)含量较高,正是由于这种氨基酸加上糖分会使农作物的天门冬素含量降低,从而在一定程度上降低食品中丙烯酰胺的含量。为此,化肥企业应当将涂硫尿素用作小麦专用肥,并在包装上写明其用途,不仅可以提高小麦品质,而且有利于人类防癌、抗癌。

据中国农业科学院土肥所专家预测,我国不少地区缺少镁元素土壤有所扩大。研究发现,缺少镁元素不仅影响农产品的品质,而且会引发人类的白血病、癌症和关节炎,因此开发镁肥也是当务之急。我国钙镁磷肥就是镁元素的来源之一,是一种友好肥料。但是,它多在南方酸性土壤中使用。我国大约有54%土壤缺少镁元素,每年大约需镁肥980万t。我国盐化系统中每年副产 $\text{MgSO}_4$  90万t,多年来一直为大量副产 $\text{MgSO}_4$ 找不到出路而发愁。同时,我国青海格尔木盐湖和新疆罗布泊盐湖同样含有大量镁肥资源,应当大力开发,用于缺镁土壤和需镁元素的农作物上。

## 4 化肥工业发展的新增长点

我国化肥工业除了生产化肥、新型智能肥料满足农业需求以外,有条件的企业应当大力开发甲醇燃料、合成油、二甲醚、燃料电池等清洁能源产品,并根据市场需求,因地制宜构建“化肥-发电-车用燃料-建材-精细化工-燃料电池-新兴产业”不同模式的产业链、产品链、市场应用链。

### 4.1 CO<sub>2</sub> 加氢制甲醇新工艺,拓展甲醇生产原料新路线

CO<sub>2</sub> 加氢制甲醇的新工艺将引发石油化工产业链,乃至整个化学工业产业链发展,并将产生颠覆性影响力。同时,将引发石油化工行业原料线路的新变革。由甲醇可进一步制成汽油、芳烃、烯烃、二甲醚、醋酸、乙醇等系列甲醇产业链。可将人类发展中 CO<sub>2</sub> 减排负担转化为一系列绿色产业,成为新的增长点。诺贝尔化学奖获得者、著名有机化学家乔治 A·奥拉曾指出,以可再生能源制造氢气,再利用 CO<sub>2</sub> 加氢合成甲醇的循环经济模式,可以作为应对油气时代过后,能源紧缺问题的一条有效解决途径。诺贝尔物理学奖得主卡罗·卢比也多次公开建议采用 CO<sub>2</sub> 制甲醇路线,以取代现在普遍采用的碳捕捉和封存做法,实现减排 CO<sub>2</sub> 的同时,对工业生产提供原材料是一条有效途径。

2011 年日本三井化学株式会社对外宣布,CO<sub>2</sub> 分离、催化剂改良、甲醇与水分离等工序上获得突破,全球首套 100 t/a 规模 CO<sub>2</sub> 制甲醇中试装置获得成功。我国中科院山西煤炭化学研究所与上海华谊集团合作,已有 CO<sub>2</sub> 加氢合成甲醇中试装置获得成功,目前正在继续完善试验工作。

### 4.2 车用尿素溶液可大幅降低汽车尾气中 NO<sub>x</sub>

当前,我国大气污染中 50% 来自汽车尾气排放的污染,因此降低汽车尾气污染已成为世界各国关注的重点。车用尿素溶液是降低汽车尾气污染的有效措施之一,车用尿素溶液已在四川美丰化工有限公司、泸天化公司、安徽安庆石化公司等化肥企业投产。其添加在汽油中质量分数为 4%~6%,可大幅度降低汽车尾气 NO<sub>x</sub> 含量。近期,需求量为 500 万 t/a,中长期需求量为 1 500 万 t/a。车用尿素溶液质量分数为 34%~36%,在尿素生产企业制备车用尿素溶液具有流程短、成本低的优势。目前,每吨车用尿素溶液市场价为 5 000 元/t,具有较好的经济效益和社会效益。

### 4.3 车用甲醇燃料有了新进展

车用甲醇燃料经过长期试验和考核有了新进展:①以汽油为主,掺入 3%~25% 甲醇,如 M3、M5、M15、M25;②以甲醇为主,掺入少量汽油,如 M85;③目前,可以使用 100% 甲醇燃料, M100。经过国内外大量试验, M3、M5、M15 车用甲醇燃料在技术上完全可行。M3 可以使用,无不良影响。甲醇掺烧汽油时,甲醇与汽油质量比应为 1.8:1,因此,甲醇价格与汽油价格比为 1:1.8 以下时,甲醇汽油有较好的经济性。

黑龙江省能源环境研究院张树华撰文,对 M15 车用甲醇汽油复合添加剂技术研究认为,采用复合添加剂可解决当前有争议的 5 个问题:①甲醇与汽油分离问题;②对金属腐蚀、橡胶溶胀问题;③具有遇水抗相分离性能;④提高油的辛烷值的动力性能;⑤不需改变原有汽车发动机的结构,可直接在原有汽车上使用问题。

M100 车用甲醇燃料在上海部分出租车上正式铺开运行。上海焦化有限公司与上海强生闵行出租汽车公司扩大合作。目前,该车队 56 辆出租汽车全部用上 M100 车用甲醇燃料。据悉,由上海焦化有限公司承担编制的上海市地方标准《车用 M100 甲醇燃料》、《车用 M100 甲醇燃料加注站设计与施工规范》已正式实施。2013 年内,上海在有关部门推动下,将建设车用甲醇燃料加油站,确定新增甲醇汽车新车完成上牌事宜,以确保工信部甲醇汽车试点工作正式铺开。

德国罗斯托克大学化学工程师开发出一种可溶解的钨基催化剂,能在 65~90℃ 和常压下,有效地从存储甲醇液中释放出氢气。因为甲醇可吸收大量氢气,约为本身质量的 12.5%,并能有效地从存储的甲醇中释放出氢气。这种节省能量是难以估计的,而且已经把甲醇变成一种可行的“贮氢箱”的目标已基本到位。将来有望给手机、计算机、汽车燃料电池供电,商业化尚需要几年时间。

### 4.4 车用二甲醚燃料替代柴油

二甲醚车用燃料让公交车不再冒“黑烟”。上海交通大学黄震教授领导的团队发明了高效低排放二甲醚发动机,近日荣获上海市科技发明一等奖。该项目经过 10 多年攻关,突破多项重要技术,发明了适合二甲醚物性的燃料供给与喷射系统以及二甲醚发动机高效低排放燃料系统—SC8DR25U 型系列二甲醚发动机产品,达到国 IV 排放标准。2009 年工业和信息化部发布的《新能源汽车生产企业及产品

准入管理规划》,明确将二甲醚汽车列入新能源汽车行列。这项技术使得二甲醚作为高效燃料的同时,NO<sub>x</sub>也得到有效降低。与柴油机相比动力性更优,同时排放清洁。应用该项技术的首批商用二甲醚汽车分别在上海、山东、江苏进行道路运行,其中上海127路公交线路行驶了44.6万公里,二甲醚汽车可降低PM2.5排放90%以上,可彻底解决城市公交冒黑烟问题。

近年来,二甲醚发展很快,产能从2002年5万t/a激增至2010年的1450万t/a,增长290倍。尤为突出的是二甲醚可替代柴油,而且可完全消除“黑烟”。可使汽车发动机效率提高15%,热效率提高2%,NO<sub>x</sub>排放降低50%~70%。在制冷剂上,可替代氟利昂,对大气臭氧层无损坏,并具有降解性能。另外,从二甲醚出发可开发系列有机产品。

近期,贵州红华能源研发公司、贵州翁福集团、贵州力帆时骏振兴集团、贵州大学机械工程学院联合研发世界首台以新能源“二甲醚——天然气混合燃料”为动力的“格奥雷”重型卡车近期已成功运行。二甲醚与天然气都属于清洁能源,但人们以往都是单独使用,这项技术是将2种能源同时混合使用。该技术将使二甲醚汽车相关设施加快步伐,对推广二甲醚在汽车上使用起到促进作用。

#### 4.5 以CO<sub>2</sub>为原料生产醋酸,回收利用CO

江苏索普集团公司将CO<sub>2</sub>为原料生产醋酸,生产规模为60万t/a,并副产CO。CO可作合成氨原料气,经过变换生成H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>,其中H<sub>2</sub>作为合成氨原料气或加氢反应,CO<sub>2</sub>可循环利用。该项技术不仅可减排CO<sub>2</sub>8万多t,而且可增加经济效益3000多万元。据测算,随着公司醋酸3期工程开车,一年可回收CO<sub>2</sub>达18万t,年增加经济效益8000多万元。

#### 4.6 醋酸加氢制乙醇省去酯化工序

上海浦东化工技术有限公司自主研发醋酸直接加H<sub>2</sub>制乙醇工艺,已有600t/a中试规模于2012年10月开车,此项工艺采用直接法,可省去酯化工序,缩短生产流程,其工艺更为经济。醋酸价格为3000元/t,有时可达4500元/t。而乙醇市场一直看好。2011年乙醇价格达7200元/t,无水乙醇价格为8200元/t,有时会下降至6300元/t,但无水乙醇仍保持在7300~7400元/t。

## 5 化肥工业发展的新战略

世界经验表明,“科学发现-技术发明创新-产业化-全球”战略布局不仅是新兴产业发展的基本

途径,而且也是世界级跨国公司发展途径。企业是技术创新的市场竞争主体,是科技和经济相结合的战略支撑点。只有确立企业主体地位,做大做强创新型企 业,才能增强我国经济核心竞争力,有效应对新一轮产业与技术革命的挑战。据统计,从17世纪到20世纪70年代,被经济学家称为改变人类生活160种主要创新中,80%以上是在企业中完成的。例如,始终坚持持续创新的德国西门子跨国公司至今仍然在电器设备行业中处于世界领先地位,铸就了德国制造业的品牌。美国IBM、英特尔、微软、谷歌、苹果等跨国公司引领了世界信息化的新潮流。近年来,韩国一跃成为创新型国家,同样也拥有一批如现代、三星、LG等创新型跨国公司作为群体支撑。一般来说,投资拉动经济,其投入产出比为1:2左右;而创新驱动经济,其投入产出比为1:50以上,可谓四两拨千斤的效果。为此,我国要成为经济强国和创新型国家,也必须拥有一批国际上具有引领先导技术为核心的创新型跨国公司,强大一批世界级跨国公司。近年来我国已经开始拥有一批大型化肥企业,有些已经进入500强企业之中,但要成为创新型公司尚需在核心和战略层面上突破如下几项关键技术。

### 5.1 光合成催化剂技术将水分解为H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>是一项新能源革命

最近,《世界科学》2012年第6期上报道:“新树叶:人工光合作用前景”,美国化学家宣布已从实验室采用金属氧化物作为催化剂制作人造树叶,在太阳光照射下,人造树叶使水分解成H<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>。每公斤H<sub>2</sub>储存的能量是传统汽油的2.5倍,将H<sub>2</sub>放入燃料电池和O<sub>2</sub>混合进行反应,就能产生电能,副产物是纯净水。1m<sup>2</sup>人造树叶可供一户人家用电,并预计20年内产业化,这将是人类能源的一次革命,也是减排CO<sub>2</sub>最根本的措施。无论是对电力、汽车新能源、合成氨原料气都将是一项颠覆性的革命,有条件的研究单位、企业应当尽快开展这些技术研发工作,以紧跟这一科技新领域。

### 5.2 第二代氨合成催化剂——钌基催化剂取代铁基催化剂

日本东京工业大学细野秀雄教授研究小组,2012年10月22日在新一期英国《自然·化学》网络版上报告说,他们开发出一种高效合成氨钌基催化剂,可使能耗大幅下降,只有传统方法的1/10,他们开发的超导物C12A7中加入钌微粒催化剂,C12A7是钙铝酸盐化合物,是高铝水泥的主要成分。在此

催化剂作用下,  $H_2$  与  $N_2$  能高效合成氨,这是由于化合时,相关电子变得容易移动,从而使  $N_2$  分子易成为原子。今后,将进一步提高上述催化剂性能,争取在 5~10 年后,使这项催化剂达到实用水平。近年来,国内已有研究单位正在开展这项研发工作。

### 5.3 利用磷矿石废弃物制成锂电池原料——六氟磷酸锂

河南省焦作市多氟多化工股份有限公司坚持综合利用磷矿石废弃物开发出铝工业配套产品,同时又开发出六氟磷酸锂,为新能源汽车提供锂电池原料,已占据国内高端锂电池原料市场 30% 的份额,毛利率可达 60%, 并已成功打入韩国、日本市场,成为国外六氟磷酸锂供应商,每吨成本比竞争对手低 15%, 预计到 2020 年可达 20 亿元市场空间。该公司始终坚持创新驱动,着眼于产业链的扩展,着眼于磷矿废弃物的综合利用。通过产业链的扩展整合优势,具有流程最短、能耗最少、成本最低的特征。一个有战略眼光的企业家,都不会放弃对产品链的追求,多氟多企业的成功,就是追求有市场前景产业链的扩展,在过去经验积累的基础上,成果放大了几何级的倍数效应。该企业组建了“一院三所”研究机构,把人才都有效地组织起来,使企业具有持续不断开发能力,取得了不少科研成果和专利技术,并在企业中将成果和专利转化为产业化、商品化。可以说,多氟多公司正在逐步走向创新型化肥企业。

### 5.4 创新驱动、战略研究、循环经济、战略联盟、把握趋势、战略转型发展

具有百年辉煌历史的跨国公司,美国柯达公司轰然倒塌,意味着一个传统胶卷时代的结束。创新驱动是企业生存之本,是一个企业能够持续成长和扩展的生命力。创新驱动应当渗透到各个领域,包括技术创新、制度创新、管理创新、战略创新等。其中技术创新又分为渐进式创新、突破性创新、商业模式创新、新事业部的组织结构的创新等。美国柯达公司仅仅重视渐进式创新,面对处在生命周期衰退期的胶卷技术仍然不断投入改进,面对突破性的处于婴儿期的数码相机新技术,却害怕其不确定性和高风险而迟迟投入不足,缺乏战略性、前瞻性、趋势性的研究判断分析,最终失去了抢占数码相机市场的机遇,从而使这个百年老牌巨头损落破产。其主要原因是在战略上出现了偏差,背离了对未来战略趋势的把握和需求,未能及时转型而失败。这些惨痛的教训值得所有产业、所有企业反省。

然而,具有技术创新和战略眼光的乔布斯却能

及时抓住世界互联网新潮流的脉搏,打造出一个奇大无比的生生不息的新领域,构造起一人一世界、一花一世界的现实,把技术创新与市场拓展整合起来的整体发展新战略,比日本索尼领先一步,占领了当今互联网的制高点,获得了巨大的成功。美国 IBM “大象能起舞”,早在 1995 年就开始全面战略性转型发展,最终实现了从计算机软硬件提供商战略性转向 IT 服务商的完美转型发展,并成为财富 500 强中十大科技公司的第二位,其关键是紧紧把握趋势,控制好变与不变的战略转型发展。

化肥工业也是一个传统行业,要想重新焕发青春活力,可持续发展,不仅需要持续开展技术创新,而且在战略上需要及时把握住新型智能肥料发展的新趋势和新战略,把握住低温低压合成氨新工艺、新技术、新型催化剂、发展的新动向和新趋势,把握住环境保护、生态建设、综合利用、循环经济、整体发展的新战略,把握住化肥工业新的产业链、新的产品链、新的市场应用链的扩展和新机遇,始终把技术创新和战略研究紧密相结合,开创未来化肥工业发展的新局面。

## 6 建议和意见

### 6.1 有条件的大型化肥企业,要努力建设成为世界级强而大的创新型跨国企业

企业是技术创新的主体,技术创新是企业不断壮大成长的原动力和生命力,只有坚持持续创新,才能永葆企业的青春活力。不仅要有渐进式的创新,更需要突破性的创新,不仅要引领国内技术的潮流,更需要引领世界技术的潮流,才能不断发展,成为世界级强而大的创新型跨国企业。例如,韩国三星公司从原来的向国外贩卖韩国的农特产品起步,如今已发展成为电子产业并将产业链延伸至石化、造纸、航空、通讯、金融和服务等各个领域,如今三星在韩国乃至世界的强大影响力让人无法忽视。我国的不少大型化肥企业有条件的也要不断开疆扩土,做强做大企业,在世界级跨国企业中应占有多席之地。

### 6.2 创新型企业要不断开展战略研究,不断提高把握趋势的能力

当今世界正在面临大数据时代的来临,云计算和大数据的结合最先影响到科技界,在商业领域大数据也具有极大的想象空间。化肥企业必须尽快建立起各种数据库和知识库,以便采用数据挖掘优化技术从中寻找规律,为技术创新打下坚实的基础。同时,要不断开展战略研究,把握趋势,及时抢占某

些技术领域的制高点和市场占有率。数据和知识已经被认为是宝贵的资源,任何一家有雄心和洞察力的企业,都应当尽早制定大数据战略与方案,否则将会被大数据时代所淘汰。最近报道,尿素延伸产品三聚氰胺可用来制造光电材料,并可代替稀土,可使原料价格大幅度下降,会使白光照明 LED、生物荧光标记等产品终端成本降低,同时也会使三聚氰胺产品需求量大幅上升。为此就要紧紧把握三聚氰胺这一新的应用领域的发展趋势。

### 6.3 加强跨学科、跨行业、跨企业的技术联盟和合作,重点开展研究节能环保、综合利用、循环经济、新型智能肥料等技术创新

在化肥工业中活性氮是各种生物必需的营养元素之一。如果不是19世纪90年代早期发明了合成氨,全球人口有可能只有目前人口数量的一半,活性氮对地球生物和人类所做出的巨大贡献是不言而喻的。但是,过量使用活性氮将会引发一系列问题和灾难,活性氮对人类也是一把双刃剑。最近,欧盟联合中国在内的24个国家、62家研究机构总结研究报告也得出同样结论。该研究报告还认为,过量使用活性氮将会损害土壤和水质,污染大气,并会产生大量温室气体;水中的硝酸盐会直接损害人类的健康,会提高人类患胃肠癌的风险;而空气中的活性氮也是人类心脏病和呼吸道疾病的最主要原凶之一。因此,化肥企业应当高度重视对氮肥缓控释肥和智能氮肥的研究和使用,始终把提高氮肥和化肥利用率作为重中之重的高度来把握这一发展新趋势。从生产源头到农作物施肥全过程,都要严格管理和控制,不断提高资源、能源、化肥利用率,做好环境保护、综合利用、循环经济、变废为宝各项工作,造福于全人类和全社会。

### 6.4 建议国家有关部门像天气预报一样尽快建立土壤、水和大气中活性氮和有害元素的预报工作站

国家提出要建设美丽中国的生态建设的伟大战略,也必须要严格管理和控制过度使用活性氮以及其他营养元素,也包括汽车尾气、航空尾气的管理和控制。始终把适度、适时、因地制宜,因不同土壤不同作物生长期的供肥规律作为化肥使用规则和使用标准,不能随意、随便、盲目、过量使用化肥。为此,必须在全国县级甚至乡镇一级建立土壤、水和大气中活性氮和有害元素的预报工作站,并要有黄色警报,甚至红色警报,以便及时采取措施加以预防和改

进。这不仅关系到我国人民的身体健康安全,也关系到子孙后代的食品安全和人类健康的大事。

### 6.5 大力推广应用《发明问题解决理论》,全面开展技术创新活动

1946年前苏联发明家根里奇·阿奇舒勒通过与合作者协作对250万件专利进行深入研究,发明了一套《发明问题解决理论》,在各国,尤其是一些发达国家引起了高度重视,纷纷推广应用,取得了显著效果。全球已有200多万件专利应用了该理论的原理和规则。近年来,国内各省市已有推广应用此理论,即为TRIZ创新理论和方法。例如莱钢推广应用此理论后,发明了一项防腐蚀技术的原创性专利技术,安徽合肥通用机械研究院等一大批单位都取得了显著成效。化肥企业也应当大力推广应用此理论和创新方法,不断提高化肥利用率这一重大课题的技术水平,以全面提升化肥工业的技术含量水平,为我国农业现代化和农作物食品安全做出新贡献。

### 参考文献

- [1] 张斌.“信息化与工业化”两化融合[J]. 贵州化工,2011,(6): 56-57.
- [2] 孙先良. 构建知识工程体系与化肥工业发展[J]. 现代化工, 2007,27(6):1-4,6.
- [3] 郭剑峰. 精准农业按养分配成为可变施肥[J]. 科技潮,2012,(3):46-47.
- [4] 钱伯章. 能量优化技术在氨和尿素装置上应用[J]. 大氮肥, 2012,(1):37.
- [5] 孙先良. 新型肥料技术发展趋势[J]. 化肥设计,2005,(4): 56-59.
- [6] 孙先良. 盲目过量施肥的危害及新型肥料的开发[J]. 中氮肥, 2005,(6):1-4.
- [7] 孙先良. 生态环境保护与新型肥料的发展[J]. 中氮肥,2007,(1):7-10.
- [8] 张树华. M15车用甲醇汽车复合添加剂技术研究[J]. 化学工程师,2012,(9):15-18.
- [9] 汪焕心. 浅析缓释醋酸产能过剩的两招[J]. 广州化工,2012,(21):1-2.
- [10] 郑润,丁香峰,李天祥,等. 湿法磷酸生产中稀土回收研究进展[J]. 磷肥与复肥,2013,(2):12-14.
- [11] 张正军. 二甲醚产业发展前景探讨与展望[J]. 中氮肥,2011,(6):1-5.
- [12] 舒艺周. 我国磷石膏现有资源化利用方式[J]. 磷肥与复肥, 2013,(1):73.
- [13] 蔡立英. 新树叶:人工光合成作用的前景[J]. 世界科学,2012,(6):36-38. ■