

“新时代·新思路·新方法·新产品”

全国钙镁磷肥技术进步联合体

许秀成教授 侯翠红博士、教授

“新时代·新思路·新方法·新产品” 恳谈会主题报告

2013年9月15日 北京 北京会议中心

为响应中国科学院院士工作局下达的，由厦门大学赵玉芬院士主持的中国科学院学部咨询评议项目“我国化肥使用中存在的问题和对策”，特组织“新时代、新思路、新方法、新产品”恳谈会，拟请特约嘉宾及肥料界业内广大同仁，对我国化肥使用中存在的问题，提出各自的见解（口头或书面），并对克服所存在的问题提出各自的方法。

作为示例，就（1）有机碳营养理念与实践；（2）关于生态肥料工艺；（3）关于磷资源可持续利用；（4）关于新型生物菌剂四个课题，请了19位专家，作14个专题报告，欢迎到会代表给予评议。到会的200多位业内同仁，一定有更好的思路、更新颖的方法、更佳的产品。欢迎向“第四届全国磷复肥/磷化工技术创新论坛”投寄稿件，并参加预定2013年11月在湛江召开的技术创新论坛。

人类正在进入一个新时代，氮肥、磷肥行业产能过剩，肥料产业正面临大变革，肥料领域的发展需要一些新思路、新方法来改造传统肥料产品，集思广益，共同开好这次恳谈会。

一、新时代（New Age）

2011年世界人口已达70亿，由于人类活动对地球的巨大影响，地球正进入新的地质年代——以人类为中心的人类纪元，即“人类纪”或“人类时代”（**The Age of Man**）。在这个时代，地球身上发生的重要变化不是自然现象，而是人类行为造成的。

1、关于地质年代

自1万年前上个冰河期至20世纪末，全球地质处于“显生宙——新生代——第四纪——全新世”（“全球地质年代表”2009年新版《辞海》附录3229页）

▲“显生宙”始于距今5.45亿年前的古生代寒武纪。我国磷矿总资源储量

176.3 亿吨（2007 年）中有 105 亿吨胶磷矿主要形成于寒武纪或更早的震旦纪；6 亿年前，我国长江流域为扬子古海，云南、贵州、四川、陕西、湖北等省还是一片汪洋大海，气候温和、阳光充足的浅海繁殖有大量藻类。兰绿藻以海水中的磷为养料，在 1 亿年内沉积了 105 亿吨以上的胶磷矿；

▲ “新生代”始于距今 6550 万年前的古近纪，那是地球上哺乳动物产生的年代；

▲ “第四纪”始于距今 181 万年的更新世，以人类出现为特征；

▲ “全新世”始于上个冰河时期以来的 11500 年前，那时人类进入农耕社会。

自 21 世纪，人类将进入“显生宙——新生代——第四纪——人类世”。

“人类世”的特征是人类对地貌的冲击是全球性的，人类的耕作、科技、养殖、铺路、筑坝，工业生产对大气、土壤和海洋都将发生深远的变化。几百万年后，科学家在研究今天形成的岩石时，**会发现一个陡起的地质分界线**，在探求地球变化、**发掘地球遗址到处可见人类活动的影响**——海洋酸化、极地消融、甚至三峡遗址，均可体现人类活动留下的痕迹。

2、人类对地球的影响

表征人类对地球影响的定量描述有所谓“主方程式”： $I=P \times A \times T$

式中：I——人类影响（Human Impact）

P——世界人口（population），亿人；

A——世界财富总量（Affluence），以全球 GDP 总量计，万亿美元；

T——全球技术总量（Technology），以全球专利申请总量计，万件。

1950 年世界 P、A、T 分别为 25 亿人、5.3 万亿美元、14.1 万件；2011 年分别为 70 亿人、55 万亿美元、190 万件专利。按主方程式计算，60 年间，代表人类影响的 I 值增长了 392 倍^[1]，也代表过去 60 年全球的环境压力增长了近 400 倍^[2]。

据估计，至 2050 年，世界人口将达 96 亿，财富总量将达 378 万亿美元（英国，每日电讯 2011-02-28），人类对地球的影响将进一步增大。 **“人类世”的农业将有何变化？全球肥料行业将会作何种转变？**

2049年是中华人民共和国成立100周年，我国正组织编写具有战略性的《2049展望：未来农业科技发展与现代农业》学术研究报告。

3、新时代的农业与肥料

在2011年进行的中国农业高新技术产业发展战略研究中，国家“十二五”科技支撑计划复合（混）肥农艺配方与生态工艺技术（2011BAD11B05）赵秉强团队，曾对“新型肥料产业科技发展战略研究”进行了分析^[3]。其摘要如下：

▲当今，人类用了地球无冰表面的38%作为农业耕作。采用传统农作，人类已没有足够的耕地来供养96亿人口。**摩天大楼式的立体农场（Vertical farms）与灌溉施肥（Fertigation）、太阳能电池（Solar cells）相结合，将是占地少、产量高、低污染的未来农耕模式之一[4]。**

▲“人类世”的特点是城市化率持续增长，而城市建筑大量使用人造材料（钢、水泥、砖、玻璃），每座城市的屋顶、水泥路面都是一块人造沙漠。为使城市建筑接近自然，**现代农业的另一特征是屋顶种植、阳台种植。**据估计，世界上，有数百万公顷的传统屋顶，近万公顷的阳台面积，可供种植利用^[5]。

2009，2050年世界各大洲城市化率，如表1所示^[6]

表1 2009年世界城市化率及2050年联合国预测值，%

洲别	北美	中美	南美	欧洲	澳洲	亚洲	非洲
2009	82	72	84	73	70	42	40
2050	90	84	92	84	75	65	62

2012年我国城镇化率52.6%与世界平均水平相当，随着我国新型城镇化规划即将出台，据预测，2050年我国城市化率将超过75%，如何建立一个高效能的城市——能耗低、水利用率高、废弃物排出量少、人们生活更方便。《科学美国人》2011年第9期“城市化专集”列出了24项技术。其中22项已在世界某一城市实施，包括在中国日照市实施的太阳能热水；德国柏林建筑物南面墙上贴的“太阳能膜”；美国旧金山的智能泊车；新加坡实施的在繁忙街区收取更高费率的“堵车费”，以缓解交通压力；纽约的“超级绝热窗户”；芝加哥的“绿色屋顶”；华盛顿能反射阳光的“白色房顶”；洛杉矶的“卫星控制公园、草地灌溉”等。只有“将电厂排出的CO₂封存在混凝土中”及“立体农场”两项尚处于开发中。**期望我国某城市能率先实施“立体农场”，为城市农业产业化作出贡献。**

▲立体农场、屋顶种植、可以用富含有机质的人工复配土壤或泡沫轻基质，以缓释肥料为基础肥料，以灌溉施肥定期供应作物生长所需的水分与营养（水、肥利用率均可达 90%），能获得很高的收成，使人们享受自己种植的蔬菜、水果、甚至粮食。这项试验我们在郑州已开展了三年。

本次研讨会，**我们冀望能够请到农业部种植业管理司 何才文副司长或农业部种植业管理司耕地与肥料管理处仲鹭勃处长来解读“农业种植与肥料需求”。**

将有国家钙镁磷复合肥技术研究推广中心的李荫萍高工介绍**“以钙镁磷肥为营养源直接制备全水溶性肥料”用于泡沫轻基质屋顶种植的实践。该项技术已获得以色列专利授权，它将为立体农场的实施提供最先进的技术支撑。**

▲设施栽培（玻璃温室、塑料大棚、地膜覆盖）是新时代的“农业产业（Industrial farming）”。世界最大的温室集结群在西班牙南部的阿尔梅里亚省，昔日一片荒漠，如今已改造为欧洲最大的蔬菜基地，2009 年温室面积达 3.5 万公顷；荷兰的玻璃温室面积也达到 1.3 万公顷。**无土栽培的智能化温室，配以全自动的灌溉施肥，将为现代农业提供广阔的发展空间。**我国虽然也有大面积的蔬菜塑料大棚，但大多为有土栽培，因化肥施用过量，造成土壤次生盐渍化和硝酸盐含量过高。**我国的塑料大棚仅是初级阶段的设施栽培。**

▲世界陆地被大洋包围，亚、非、澳洲存在大片干旱、半干旱地带，灌溉产生了次生盐渍化。世界盐渍土达 9.5 亿公顷（为世界可耕地 14 亿公顷的 68%，为我国总耕地面积 1.2 亿公顷的 8 倍），我国盐渍土总面积约 3600 万公顷；此外，世界 2.3 亿公顷灌溉面积中，约 20%遭盐害影响，我国耕地中遭次生盐害面积达 920 万公顷。**改造滩涂地，培育耐盐作物，合理用肥，减轻耕地次生盐渍化是未来农业可持续发展的关键问题之一[7]。**据报导，世界人口从 2008 年的 68 亿，增加至 2050 年 90 亿人（2008 年的估计值），需增加一个相当于巴西国土面积（8.55 亿公顷）的耕地面积。若将世界 9.5 亿公顷盐渍土总面积的 90%（8.55 亿公顷），改造成能生产粮食的耕地，便能满足新增 22 亿人的粮食需求。

我国在利用沿海滩涂盐渍土改造为可耕地方面已取得可喜的成绩。“十一五”国家科技支撑攻关项目“沿海滩涂大规模开垦及保护关键技术研究”，为落实国

家土地储备战略提供了技术支撑，利用其中的技术已成功地在滩涂地种植棉花，为我国扩大了 3 万亩可耕地。

利用生物菌剂改良盐碱土也是有效途径之一，本次研讨会将有“改善盐碱土壤的生物菌剂”的应用报告。

▲ 对于未来农业大田耕种的需求，可借鉴日本现代农业的经验。日本人均耕地面积仅 0.039 公顷，不到世界平均的 1/6，我国的 1/3。但据“日本肥料年鉴 2002”介绍，日本 2010 年食用农产品的自给率目标为大米 96%、蔬菜 87%、牛乳及乳制品 75%、肉类 61%、水果 51%。这是一组很高的食物自给率目标。

1999 年日本颁发了《持续农业法》，将构建持续、高效农业生产技术概括为：改土的技术、减少化肥施用量的技术、减少化学农药用量的技术^[8]。

改土、减少化肥、农药用量是现代农业、农业可持续发展、构造生态农业、循环农业的三项基本生产技术。

我们冀望能够请到中国科学院院士、中科院南京土壤所 朱兆良研究员来解读“土壤健康与肥料的应用”

我们曾提出改土工程的肥料是^[9]：

- 缓释氮肥、枸溶性磷肥、枸溶性钾肥及枸溶性中微量元素肥料，构建土壤化学肥力；
- 大量有机质肥料及改酸、改碱、改盐、抑制重金属污染的土壤改良剂，提高土壤的物理肥力；
- 含多种有益微生物的生物菌剂，提高土壤的生物肥力。
- 开发一种能改善下层土壤氧含量的肥料，它能诱根下行，充分利用下层土壤水分与养分的根系调控剂。郑州大学已开发了这种能提高下层土壤氧含量的化学肥料。

这种由丰富的无机养分、有机质营养、生物菌剂、土壤气相改良剂所组成的综合土壤改良剂，正好对应了中医补脾的“四君子汤”中的党参、白术、茯苓、甘草使耕作土壤呈现勃勃生机（茯苓为多孔菌科植物的干燥菌核）。

新时代，呼唤新思路，以解决我国化肥使用中存在的问题。

二、新思路 (Smart Idea)

1、减少粮食需求，减轻需肥压力

2003 年我国粮食产量 43067 万吨，2012 年 58957 万吨，实现了粮食“九连增”，展现了我国政府增加粮食产量的决心及广大农民、农业科技人员的辛勤劳动所取得的丰硕成果。

据介绍，2013 年我国粮食总产量可能达到 6 亿吨，有可能实现粮食生产“十连增”。另据介绍，至 2030 年我国人口再增加 2 亿以上，粮食需求将达到 7 亿吨以上，这意味着，在未来 17 年我国粮食生产每年平均增长率均需大于 1%。若 2030 年我国仍能保持 16 亿亩粮食播种面积，则全国平均粮食单产将从 2011 年的 4974 公斤/公顷，增加至 2030 年的 6560 公斤/公顷。在不断进步的农业科技支撑下，20 年间，粮食平均单产每年增加 80 公斤/公顷（5.3 公斤/亩）是可能达到的。但是，这种不断增加粮食产量，以满足人们对谷物、肉、禽、蛋、奶的需求，付出的成本代价是极大的。

我国化学肥料使用中存在问题之一是用肥量过大，2010 年世界可耕地平均施肥水平 121.5 公斤/公顷（折纯，下同），我国为 455.9 公斤/公顷，我国耕地平均施肥水平为世界平均水平的 3.75 倍。考虑到我国耕地的复种指数约为 1.3，则我国大田作物按播种面积计算的施肥水平也达 350 公斤/公顷。当化肥施用量超过 300 公斤/公顷时，山东、广东、湖南、河南、山西、贵州等地区，粮食生产的肥料利用率均在 30% 以下[10]。提高粮食单产，将施用更多的肥料，肥料利用率还将进一步降低。因此，在有限的耕地连年增加粮食产量将要付出很大的代价。

假若换一种新思路，引导粮食的健康消费，使粮食需求量保持在合理的水平，可能是更好的选择。我国餐饮浪费的粮食约占粮食总产量的 7%—8%，甚至 10%。最近倡导的餐饮中“光盘”行动及关于节约粮食的电视公益广告，均是引导粮食健康消费。然而，粮食浪费莫过于摄入食物的热量超过人体的需求。

据 2002 年新版《营养》(2002 Update Nutrition) 一书介绍^[11]：三类人能量摄入水平为：

- 低水平，每天约 6280 kJ(1500 kcal)，适合于许多习惯久坐的女性及一些

老年人；

· 中水平，每天约 9200 kJ (2200 kcal)，适合于大多数儿童，青少年 (13-19 岁) 女性，活跃女性，许多习惯性久坐的男性；

· 高水平，每天约 11720 kJ (2800 kcal)，适合于青少年男孩，许多活跃的男性及一些非常活跃的女性。

据国外媒体报导，当前中国每人日均摄入热量 12400 kJ。该数值与上述中水平相比较，**中国人每日多摄入 35%的热量；**

当前，美国每人日均摄入热量 15800 kJ，而美国麻省理工学院的 Barry Sears 博士提出的健康区 (The Zone) 饮食法，可使美国人的热量消耗降低 53%。他的一日五餐 (早餐、中餐、下午茶、晚餐、夜宵) 每天不超过 7120 kJ (1700 kcal)，便能使人达到一种身体上、精神上、生理上最佳的近乎愉悦的“健康区”境界 [12]。

若能将我国人日均摄入量控制在 9210 KJ (2200 kcal)，使粮食 (口粮及饲料粮) 消费减少 35%，则可使 2012 年的人均消费粮食约 500kg 降至 325kg。这将大大减轻我国粮食安全的压力，也将大大降低对肥料需求的压力。若能通过宣传、示范达到这一目标，即或我国人口达 15.5 亿 (2028 年印度人口超过我国，两国均为 14.5 亿左右)，并使粮食自给率 100%，每年也只需 5 亿吨粮食。在此认识的基础上，**若将我国粮食生产“九连增”，改为粮食消费“九连减”，对保护我国生态环境将更为有利 [13]。**

据中国统计年鉴 (2011)，2010 年我国化肥消费量 5561.7 万吨，按提高粮食产量，增加化肥投入的模式预测，我国 2030 年化肥需求量 6800 万吨，这需增加对肥料生产的投资 1500 亿元，农民购买化肥每年需增加 1000 亿元开支，**若更新观念，打破传统，力争在未来 20 年，通过减少粮食浪费 (有形的、无形的)，我国肥料产业实施质量替代数量发展策略，可使化肥供应量力争控制在 5000 万吨左右 [14]。**

我们冀望能够请到国家发改委产业司石化处 蔡荣华 处长来解读“中国肥料的产业规划 (“十三·五” 或中长期的产业发展规划)”

2、创立植物营养“有机—无机理念”，拓展“植物矿物质营养学说”

100多年来，植物营养学领域都是遵循德国科学家李比希所创立的“植物矿物质营养学说”，这为化肥工业的发展奠定了理论基础。

我国化学肥料的生产得到史无前例的发展，据中国化工信息中心陈丽主任2013年4月介绍，2012年我国氮肥实物产量10333万吨，磷肥实物产量5669.5万吨，钾肥实物产量645万吨。**2012年我国化肥实物产量总计达16647.5万吨。**按国土资源部发布的2011年度全国土地变更调查数据，我国耕地保有量18.2476亿亩，**每亩保有耕地施用实物化肥91.2kg。**

关于有机肥料，据农业部全国农业技术推广中心肥料处杨帆副处长2013年2月介绍，我国每年产生秸秆7.28亿吨，其中69%用于还田，11%通过其他途径得以利用，15%被焚烧，5%被弃置乱堆。秸秆还田对土壤钾元素的返还意义很大；我国每年产生养殖场畜禽粪便10.36亿吨，在统计的2282家有机肥料厂中，有机肥料工厂986个，设计能力1339万吨/年，实际产量698万吨/年，有机无机复混肥厂809个，设计能力1599万吨/年，实际产量653万吨/年，生物有机肥料厂296个，设计能力422万吨/年，实际产量190万吨/年，其他肥料厂192个，设计能力122万吨/年，实际产量88万吨/年。**这4类2282家消化养殖场粪便的有机肥厂总设计能力3482万吨/年，每个厂平均生产能力1.53万吨/年，我们认为这种规模是适合就地取材、就近施用的原则，也与国外的规模相称。4类有机肥厂总产量1629万吨/年，每个厂平均年产量7100吨。**

与无机肥料16647.5万吨相比，有机肥1629万吨实在太少了，仅及无机肥料的10%。

我国化肥使用中存在的问题之二是**过于重视无机化学肥料**，人们误认为有了化学肥料，就可以不用有机肥。碳元素是植物必须的六种大量元素之首，占高等植物干物质的30%—35%。据称在高产、土壤有机质不足、大棚内或阴雨天，作物生长普遍存在“供碳不足”的现象，农作物经常处于“碳饥饿”状态。补充有机碳肥，常能发挥意想不到的增产效果。福建省诏安县绿洲生化公司，从有机废物、废水中提取液态有机肥，并实现了产业化^[16]。一些农学家如中国农科院朱昌雄研究员、华南农业大学廖宗文教授、西安农林科技大学刘存寿教授都对植物有机碳营养给予了极大的关注。中国植物营养与肥料学会新型肥料专业委员会主任赵秉

强研究员认为，**应逐步建立与矿质营养理论相辅相成的有机营养理念，并基于植物有机碳营养理念，催生新的有机碳营养肥料产业[16]。**

对于有机肥料的发展，据杨帆处长介绍，我国有粪尿产量在 100 吨/年以上的养殖场 56.63 万个，其中养猪场 27.2 万家，养殖猪 3.6 亿头，粪便总量 4.37 亿吨；养鸡场 27.2 万个，养鸡 53.89 亿只，粪便总量 1.37 亿吨；养牛场 4.2 万个，养殖牛 2.25 亿头，粪便总量约 3.4 亿吨；养羊场 7.57 万个，养殖羊 1.77 亿只，其他养殖场 1839 个，养殖 660 万头，粪便 2100 万吨。

据日本《肥料年鉴 2002》介绍，1998 年日本有 2326 家禽畜粪尿堆肥厂，年平均产量 825 吨，年处理粪尿量大多在 100 吨—5000 吨（100 吨—500 吨占 30%、500 吨—2000 吨占 40%、2000 吨—5000 吨占 15%，小于 100 吨及 5000 吨以上占 15%）。2326 家堆肥厂生产方法分类：堆肥盘堆积翻堆 225 家，堆肥房堆积翻堆 1183 家，铲式搅拌机搅拌 145 家，转鼓式搅拌机搅拌 542 家，先进的密闭式发酵槽仅 121 家，其他 106 家。每个堆肥厂从业人员 10 人以下。堆肥每吨平均价格，由肥料商出售 25000 日元（折合人民币 2000 元/吨），而由农协出售 10815 日元（折合人民币 750 元/吨）^[17]。

参照日本，要发展我国有机肥料产业，规模不要追求大，设备不必追求先进。应鼓励微、小企业从事禽畜粪尿加工，这样才有利于迅速增加我国的有机肥料总产量。

我国还有大量的发酵工业废弃物，丰富的腐植酸资源，建立植物有机碳营养理念，可为我国有机—无机肥料工业奠定理论基础。

我们冀望能够请到中国化工信息中心肥料部 陈丽主任来解读“我国化肥生产现状”

我们冀望能够请到农业部全国农业技术推广中心肥料处 杨帆副处长来解读“有机肥料推广与应用”

3、倡导中浓度、多营养、功能性复肥取代高浓度、高氮复合肥料

我国化肥使用中存在的第三个问题是化学肥料品种过“精”。

2010年我国尿素实物产量5500万吨、高浓度磷复肥实物产量2520万吨、氯化钾供应实物量达1000万吨，即全国有9000万吨高浓度肥料可供复合肥厂作基础肥料，使复合肥厂轻而易举的生产高浓度复合（混）肥料。例如：用290公斤尿素、410公斤磷酸一铵（11-44-0）、300公斤氯化钾，可很方便的制得18-18-18高浓度复肥，它除含有N、 P_2O_5 、 K_2O 各18%外，还含有13.5%的氯，属于含氯复合肥。

2010年中国磷肥工业协会统计的全国63个大中型复合（混）肥厂总产量3249万吨，平均养分N 14.77%、 P_2O_5 17.5%、 K_2O 13.75%，总养分46.02%。63个厂中总养分在40%以下的仅有广西鹿寨（30.18%）、四川元丰（36.1%）、中化智胜（37.68%）、江苏美乐（38.13%）、大连瑞霖（40%）、湖北鄂中（40%）6个厂，总产量323万吨，占63个厂3249万吨总产量的10%，这表明，**高浓度复合肥统治了我国90%的农资市场。**

单施高浓度复合肥料带来的危害有：

作物生长需17种必不可少的营养元素，营养不全面，作物品质下降。日本研究表明，**控制糙米含N < 1.4%，并补足磷、镁、钾，就能改善大米品质使口感更好；英国的“超级蔬菜”是通过杂交和改进施肥方法，使蔬菜含有更多的钙、镁，以补充人体之需；**

连年施用高氮复合肥，引起水稻等粮食作物，病虫害连年高发。施氮肥多、叶子变得软弱多汁昆虫喜食。抗病害作用大的钙、硅含量相对降低，也易引起高产作物倒伏。

渡边和彦等人系统的研究了无机元素与作物病虫害的关系及其机理^[18]

我们收集了国内外关于通过无机营养全面补充提高作物抗病害的文献，提出了**改变目前复合（混）肥料养分单调不健康现状的新思路。**

我国《复混肥料（复合肥料）》标准（GB15063—2009）将 $N+P_2O_5+K_2O \geq 40\%$ 的产品称为高浓度， $\geq 30\%$ 中浓度、 $\geq 25\%$ 低浓度，并规定单一养分含量不得低于4%；

日本将通过化学反应，造粒成形的复合肥料称为化成肥料，高度化成 $N+P_2O_5+K_2O \geq 30\%$ ，普通化成15%—30%；由肥料混合而成的称为配合肥料，总养分要求 $\geq 15\%$ 。日本将化成肥料、配合肥料最低总养分规定 $\geq 15\%$ ，这与美国早期规

定 $N+P_2O_5+K_2O$ 应大于 16% 相接近。

美国 AAPFCO（美国作物营养检察官协会）制定的“肥料法规与管理”对 N、 P_2O_5 、 K_2O 的保证值没有具体规定，仅要求在包装袋上标明保证值：全 N%，还需标明其中铵态 N%、硝态 N%，水不溶性 N%，尿素 N%，其他可确认及可测定的 N%；有效 P_2O_5 %、可溶性 K_2O %，其他元素（以元素为基）%。虽然美国不规定 N、 P_2O_5 、 K_2O 的具体量，但生产者或供应商标明的保证值必须达到，否则要罚款，这体现了“买卖双方自愿规定”原则。美国还规定了其他元素可接受的最低养分含量：例如：Ca、S 最低为 1%，Mg 0.5%，B 0.2%，Fe 0.1%，Cu、Mn、Zn 0.05%，Mo、Co 0.0005%，只有高于最低养分才能在其他养分中标明^[19]。我们认为美国 AAPFCO 的上述规定是科学的、合理的。

为了推动中浓度复合肥料的发展，全国钙镁磷肥技术进步联合体 32 个单位共同倡导复合肥料新潮流——中浓度、多营养元素、功能性复合肥料^[20]。

我们冀望能请到国家化肥质量检测检验中心（上海）商照聪主任来解读《复合肥生产中的质量管控》。

4、为延缓我国磷资源过快衰竭，改性过磷酸钙、改性钙镁磷肥产品，更多直接利用中低品位磷矿生产磷肥。

世界多位科学家、化学家发出警告：全球可能面临磷资源短缺。磷作为所有生物不可或缺的一种物质已经进入千家万户，而且不存在一种可人为合成的替代品。目前，世界磷矿开采、使用和浪费程度是空前的。2010 年由中国、德国、日本、英国、美国五国化学学会，30 名顶级化学家在英国伦敦召开的第二届科学与社会高峰论坛会上，发布了《化学，为了可持续发展的全球社会》白皮书。书中第四章“稀缺天然资源的保护”，特别提出了磷是一种基本元素，没有磷的供应生命就无法生存。**全球磷元素资源供应量日趋减少是一个不争的事实，它是潜在的比原油供应减少更为紧迫的问题[21]。**

由商业部产业损害调查局与中国磷肥工业协会共同完成的《中国磷肥产业国际竞争力评价研究报告》（2006）的结论是：我国磷资源前景堪忧，依据这份报告，我国磷资源的最终利用年限为 2188 年，距今尚有 175 年。而居世界磷资源

储量第一的摩洛哥，磷矿利用年限为 500—600 年。

由 13 位中科院、工程院院士，15 位涉磷领域专家联合提出的**中国科学院学部咨询评议项目“我国磷科技发展关键问题与对策”**，从磷与肥料领域、磷与农药领域、磷与医药领域、磷与食品领域、磷与材料领域、磷与环境领域、磷资源产业循环经济，多方面存在的问题与对策，向国务院提出了建议。

在磷与肥料领域提出了调整磷肥产业结构的建议，使需利用高品位磷矿生产的高浓度磷复肥产量占磷肥总产量，由目前的 85%逐步降至 50%；使可利用中品位磷矿的酸性低浓度磷肥（过磷酸钙、部分酸化磷矿）占磷肥总产量，由目前的 13%逐步提高至 30%；使可直接利用低品位磷矿的热法磷肥（钙镁磷肥、熔融磷钾肥），由目前占磷肥总产量的 2%逐步提高至 20%，这样就可能使我国磷资源开采寿命延长至 500 年—600 年[22]。

为此，必须改性过磷酸钙、改性钙镁磷肥，开发新工艺适应生产改性产品。及直接利用低品位磷矿通过微粉碎、生物菌发酵提高其作物有效性。

我们冀望能够请到中国科学院院士、厦门大学化学系赵玉芬 教授 来解读中国科学院学部咨询评议项目“我国磷科技发展关键问题与对策”，及“我国化肥使用中存在的问题与对策”。

新思路是提出一些新的主意（Idea），提出“主意”是创新的第一步

日本学者认为，500—1000 个一闪而过的念头就有可能诞生一个有市场前景的畅销产品。

美国调查了 51 家公司提出的 58 项方案，有 12 项通过初评（适应本公司目标与能力），有 7 项通过可行性评估（可获得合理利润），有 3 项进入开发研究，所开发的产品有 2 项可投入试销，最终仅有 1 项成为畅销产品，而新产品长期成功率（5 年后仍畅销）仅为 60%。

一种新思路产生一种新工艺，开发一项新产品它们成为畅销产品的概率虽然不高，但全国众多的肥料界业内人士每人提出一个新的 Idea，并坚持不懈的努力使其实现产业化、商品化，我国的肥料行业就大有希望。开发一项新产品不是短期能完成的工作。

我们开发包裹型复合肥料历经 26 年的努力，开发水溶性肥料就地制备全水溶性灌溉液已经历了 7 年才取得以色列专利授权。

我们冀望能够请到国家科学技术奖励工作办公室姚昆仑处长来解读 “科技成果与技术创新”。

三、新方法、新产品 (Improved Technology & Product)

1、关于“有机碳营养”的新方法、新产品

光合作用和呼吸作用是植物生活中最重要的两个方面，光合作用是把太阳能转变为化学能并贮能在糖的分子中，使植物成为地球上其他生物的能量供应者，并向大气中释放氧气；呼吸作用是燃烧糖类，为植物生长发育过程中，水分和矿物的吸收，有机质的运输与转化提供能量，并释放出二氧化碳。这是两个相反的过程。当作物高产或施用更多化肥时，在大气条件不变的情况下，可能使两个过程不平衡，或者达到光合作用的饱和现象或呼吸作用被抑制，而影响高产及肥效。为此，有的植物营养学家提出，向植物提供含有光合作用的半成品，直接参与植物体内合成代谢，将具有高效和节省能量的作用。让植物直接吸收氨基酸、多肽、糖类等含有能量的小分子物质，促进植物的呼吸作用，可改善作物养分供应。这就是近年来发展起来的各种肥料增效剂的新方法，并开发了氨基酸尿素、腐植酸尿素、多肽尿素、海藻酸尿素等新产品，及纳米碳、纳米腐植酸、纳米氧化镁、纳米氧化锌等高科技肥料添加剂。这些新产品的共同特点是使用量极少（作为增效剂仅为肥料量的千分之几至万分之几），但能产生显著的增产效应。例如：福建绿洲生化公司生产的液态有机碳肥，用于花菜每亩（667m²）仅施 2.5kg，可使花菜生物产量增加 35%，使萝卜增产 22%、水稻增产 12.6%。有机碳还能提高作物的抗逆性（抗旱、抗冻害）。从废水中提取的这些“有机碳”精品，可达到意想不到的效果。

我们冀望能够请到国家化肥质量监督检验中心（北京）王旭常务副主任来解读 “新型肥料与土壤调理剂的标准”。

本次恳谈会，除有中国农科院农业资源与农业区划研究所赵秉强研究员，华

南农业大学资源与环境学院廖宗文教授作《有机碳营养理念与增值肥料》外，还有福建绿洲生化公司李瑞波总经理作《有机碳营养实践》，郑州大学化工与能源学院张保林教授、河南三门峡思念缓释肥公司胡增元董事长作《腐植酸·包裹复合肥料及纳米腐植酸》的专题报告。

2、关于生产“更营养农产品”的新方法及新肥料产品

降低人均摄入热量的 35%，就要求所摄入的食物更营养。新兴农业技术大多把重点放在增加农作物的单位面积产量、缩短生长周期和加强抗病虫害上，而很少关心营养问题，致使果蔬个头越来越大，而所含营养素越来越少。

美国某研究所对 1975 年~1997 年的 12 种新鲜蔬菜测定表明，它们的平均钙含量减少 27%、铁减少 37%、维生素 A 减少 21%、维生素 C 减少 30%。英国从 1930 年~1980 年，50 年间蔬菜钙含量平均减少 19%、铁减少 22%、钾减少 14%；美国德克萨斯州大学对美国农业部 1950 年~1999 年记录的近 50 年蔬菜、水果的营养数据进行对比，这些蔬果的蛋白质、钙、磷、铁、维生素 B₂、维生素 C 的含量平均减少 5%~40%不等。这些研究表明：“现代果蔬营养被稀释”，专家建议“质不够，量来补”^[23]。然而，吃更多的果蔬，对现代人是不现实的，人们期望吃到更营养、更有风味的水果、蔬菜。

更营养、更有效的方法是通过施入营养全面的肥料，使产出的农产品更营养。营养平衡才能生产高品质农产品。为应对未来的粮食危机，英国诺丁汉大学的科研人员研制了含矿物质丰富的“超级蔬菜”，研制出一种能优化蔬菜中钙、镁含量的化学肥料（墨西哥《千年版》2009.10.03，参考消息 2009.10.05）。中国农科院原土肥所曹恭、梁鸣早，通过平衡栽培技术生产的番茄比对照产品，磷、钾、分别提高 29%、15%；钙、镁也分别提高 29%、15%；锌、铁、硼、铜、锰分别提高 43%、43%、12%、72%、12%。

北京海依飞科技公司开发的用钙镁磷肥就地制备全水溶性肥料的新型灌溉施肥方法种植的草莓比普通施肥的草莓相比，维生素 C 增加 42%、还原糖减少 3%（酸甜味、口感更好），磷、钾分别增加 22%、31%；钙、镁分别增加 11%、3%；铁、锌分别增加 18%、2%。人们食用新方法、新产品肥料生产出的西红柿、草莓，能获取更多的营养。

在本次恳谈会，原中国农科院土肥所曹恭副研究员、北京海依飞科技公司李荫萍高工在他们的相关报告中将介绍各自的研究成果。

3、关于更合理的生产工艺、更合理组成的新型肥料

郑州大学化工与能源学院 2006 年 3 月 26 日在北京长城饭店，召集了“肥料生态工艺”学科建设方向座谈会。包括清华大学金涌院士、李有润教授、四川大学钟本和教授、张允湘教授。合肥工大韩效钊教授、华南农大廖宗文教授、中科院环境修复中心陈同斌主任、IFA 主席中阿化肥公司武四海总经理，IFA 技术委员中阿公司王金铭总工程师以及中化化肥、贵州西洋肥业的工业专家近 20 人参加，共同研讨“生态肥料工艺”的研究内容、学科发展方向。在会上提出了“以熵增最小、能耗最低、对环境排放量最少”的生态肥料工艺，来创立我国作物养分供应新体系的学科发展方向。七年来，我们沿着这一思路，创立了缓控释肥料更合理的生产工艺，开发了组成更合理的中浓度、多营养、功能性脲硫酸复肥新产品，创造了全新的以非水溶性肥料（矿物）就地制备全水溶性灌溉施肥的新方法、新产品。

3.1、用生态肥料工艺生产低成本、低能耗缓释肥料

生态学是研究生物与环境相互关系的一门科学，它正在成为人类合理利用资源、改善与保护环境质量的理论基础。生态学已发展为许多分支：

- 从系统工程角度来研究生物与环境的相互关系，称为系统生态学，它是从整体上来研究生态；
- 从经济角度来研究这种关系称为经济生态学，它是从经济观上来研究生态；
- 从工艺角度来研究这种关系称为生态工艺学，它是从功能上来研究，以什么样功能的生产工艺有利于生物与环境的协调。

生态工艺学以“生态工艺”代替“传统工艺”。所谓“生态工艺”是那些“无废料工艺”。因此，低能耗、低排放、零排放生产工艺符合生态工艺要求，通过研究肥料生产（加工）过程中的熵值变化，寻求低能耗、低排放、零排放生产肥料的工艺，为肥料生态工艺。

郑州乐喜施磷复肥技术研究推广中心与济南乐喜施肥料公司联合开发的低成

本、低能耗生产的包裹型缓释肥料，已建成年产 10 万吨生产装置，其成本略高于普通复合肥料，利用包裹过程的化学反应热，使产品自行干燥，生产综合能耗仅耗电 30 千瓦时/吨，工艺水 100 公斤/吨。这对缓控释肥料生产是革命性的突破，特别适合于既有尿素又有磷酸、磷铵厂的技术改造，使磷酸基 NPK 复合肥改造为适合于大田作物的缓控释肥料。技术成熟度 95%，装置总投资 2000 万元。

我们冀望能够请到中国工程院院士、清华大学化工系金涌 教授 来解读“生态文明与生态肥料”

将请郑州乐喜施磷复肥技术研究推广中心王好斌高工及济南乐喜施肥料公司郭明瑞总经理作《生态肥料工艺生产缓释肥料》的报告。

3.2 组成合理的中浓度、多营养、功能性脲硫酸复肥

用含 P_2O_5 28%~30%的磷矿，以硫酸萃取其中的 P_2O_5 制得磷铵、重钙等高浓度磷复肥，并产生大量难以合理利用的磷石膏。当商品磷矿日益枯竭，要依赖选矿取得符合磷铵、重钙要求的磷矿，必然产生大量尾矿堆存在尾矿内，而尾矿中残留的磷、钾及钙、镁、硅、铁、锰均是作物养分；当硫酸是由进口硫磺制得，硫进入磷石膏并用磷石膏铺路，无异于用美元铺路。

2008 年我国为生产磷铵类肥料消耗了 2100 万吨硫酸，当年硫磺制酸占 38.7%，每吨酸耗硫磺 0.338 吨，共耗硫磺 275 万吨，当年硫磺进口平均价格 457.5 美元，耗外汇 12.6 亿美元。2008 年生产磷铵类肥料 740 万吨 P_2O_5 ，以每吨 P_2O_5 生成磷石膏 5.5 吨计，则产生磷石膏 4000 万吨。这些磷石膏约 90%堆放在磷石膏堆场中，占用土地、污染环境。

用含 P_2O_5 24%~28%的磷矿与硫酸反应生产过磷酸钙，虽然不产生磷石膏，但由于硫酸与磷矿反应过于激烈以致在磷矿表面生成致密的硫酸钙包裹层，妨碍反应进一步进行，不得不设置庞大的熟化库。而以脲硫酸与磷矿反应，便能克服这一缺陷，为此创立了与过磷酸钙生产工艺完全不同的脲硫酸分解磷矿。不产生磷石膏全新的生产工艺。这种中浓度、多营养、功能性复肥在湖北水稻、河南水稻和小麦、山东小麦等大田试验中，均表现了优良的肥效，不仅提高产量

5%~20%，而且具有增强抗倒伏能力、减轻病虫害的附加功能。郑州大学化工与能源学院与鲁西化工合作，建立了年产 20 万吨脲硫酸分解磷矿的、中浓度、多营养元素、功能性复肥的新装置，在该装置中加入钙镁磷肥、熔融磷钾肥、脲醛缓释肥，实现了前述改土工程所要求的：缓释氮肥、枸溶性磷肥、枸溶性钾肥及枸溶性中微量元素肥料与速效氮、水溶性磷、水溶性钾相结合的中浓度、多营养、功能性复肥，用以构建土壤化学肥力。该产品中，高浓度磷复肥、低浓度酸法磷肥、低浓度热法磷肥相结合，提供不同形态的磷，可使我国磷资源开采寿命从 100 年~200 年延长至 500 年~600 年^[17]，体现了人类合理利用资源，改善与保护环境的生态学概念。

我们冀望能够请到中国磷复肥工业协会 修学峰常务副理事长来解读“我国磷复肥行业的运行情况分析”

本次恳谈会将由郑州大学化工与能源学院侯翠红教授、鲁西化工集团磷复肥公司姜吉涛总经理作《中浓度、多营养、功能性脲硫酸复肥》的报告。

3.3 体现了熵增最小，最佳利用磷资源，以钙镁磷肥为磷、钾、中微量元素营养源的就地制得全水溶性肥料的新型灌溉施肥方法。

“熵（entropy）”为热力学函数，属于物理学的概念。热力学中的熵通常被用于表征一个物理系统的无序程度。熵定律说明在一个封闭系统内，所有能量均自动从有序状态向无序状态转化，而从无序转变为有序需外加能量。

由于一切自发过程都伴随着熵增。因此，为达到社会可持续发展，应使发生的过程熵增最小。一些学者，将“熵”的概念广泛用于哲学、心理学、经济学、社会学而获得许多新见解。信息论创始人美国应用数学家香农（C.E.Shannon），引入熵的概念用于度量信息，当今任何一种通讯设备的设计，都离不开“香农熵”。

目前，全水溶性肥料的磷源选用水溶性磷肥——工业级 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、 KH_2PO_4 。将低品位磷矿经选矿富集至含 P_2O_5 30%，再加工成含 P_2O_5 61%的 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ，含 P_2O_5 52%的 KH_2PO_4 制成全水溶性肥料，随后被水稀释至 100~500ppm（0.01%~0.05% P_2O_5 ）用于灌溉施肥。从低品位磷矿加工成高浓度磷肥是从一种

混乱度高的状态转变为混乱度低的有序状态，属于熵值降低的非自发过程，需外加能量并伴随物流损耗。初始态的 P_2O_5 越低，终态的 P_2O_5 越高，需外加的能量越多，加工过程的物耗越大，向环境排出的废弃物也越多（选矿的回收率越低），而施肥最终状态中的 P_2O_5 又是如此之低。这表明，用纯度高的全水溶性磷肥制备全水溶性肥料，从熵值变化过程来看，是非常不合理的。

北京海依飞科技公司与郑州乐喜施磷复肥技术研究推广中心合作，自 2006 年开始，研究以非水溶性肥料或矿物直接制备全水溶性灌溉液的新方法，已完成以钙镁磷肥提供磷源及中微量元素钙、镁、硫，铁、锰，有益元素硅的新型灌溉施肥新方法，并取得中国发明专利、国际专利合作条约组织（PCT）的实质性审查及以色列的专利授权。以钙镁磷肥为原料可直接利用含 P_2O_5 13%~20% 的低品位磷矿或含 P_2O_5 8%、含 K_2O 3%~5% 的磷矿选矿尾矿，生产含钾钙镁磷肥，具有熵增最小，向环境排放废弃物最少的生态肥料工艺学的特点。这种按计算机模拟作物需肥曲线或实时监控土壤、作物营养状况，来调节每次施肥（例如，香蕉生长期施 13 次，番茄生长期施 11 次）养分组成（N、P、K、Ca、Mg、S、Si）的灌溉施肥方法，可使肥料利用率达到 80%~90%。

我们冀望能请到中国农业大学资环学院张福锁教授解读“作物养分管理与提高肥料利用率”的报告。

本次恳谈会李葳萍高工将作《钙镁磷肥为营养源直接制备水溶性肥料灌溉液》的专题报告。

4. 关于磷资源可持续利用的新工艺、新产品

4.1 从含磷废水中回收磷酸铵镁、磷酸铵锌等缓释肥料

为应对天然磷资源开采枯竭，美、英、日均积极开展从含磷废水中回收磷酸铵镁的研究与产业化。

由加拿大 Ostara 公司开发的“养分回收工艺”，在伦敦作为欧洲第一家从废水中回收磷酸铵镁的装置，2010 年 9 月 29 日宣布动工兴建，投资 200 万欧元，每年可回收 150 吨磷酸铵镁，预计 2011 年中建成。每年可节省泰晤士河水处理

的化学药剂费 13 万—20 万欧元。并将在荷兰阿姆斯特丹建立第二套相似的装置。

我国湖北富邦科技公司改进了 Ostarra 工艺，建立了一套回收磷石膏堆场含磷废水中的磷，并加工成磷酸铵镁、磷酸铵锌多种二价金属磷酸铵钾盐等含中微量元素的缓释肥料。郑州大学化工与能源学院与富邦公司合作，开展基础研究工作。

本次恳谈会将由湖北富邦科技公司王仁宗董事长与郑州大学化工与能源学院侯翠红教授介绍“从含磷废水中回收磷酸铵镁、磷酸铵锌等缓释肥料”的研究进展。

关于磷资源利用的报告还有：

4.2 以中低品位磷矿为原料，高炉法制单质磷联产含磷硅钙镁中微量元素肥料技术，由郑州大学化工与能源学院汤建伟教授介绍。

4.3 微粉碎提高磷矿有效性的研究与应用，由清华大学材料系盖国胜教授介绍。

4.4 活化磷矿粉、活化钙镁磷肥由华南农业大学廖宗文教授介绍。

5、关于含生物菌剂的肥料，将有 1—2 位专家介绍各自的工作。

6、本恳谈会还将有《销售与市场·肥料版》总编冯卫东先生就“钙镁磷肥产业营销策略”作专题报告。

以上这些专题报告，仅作为“示例”提供给肥料界同仁开宽思路的参考。找出我国化肥使用中存在的问题与对策，还要群策群力，我们衷心期望到会同行，填好“我国化肥使用中存在的问题与对策调查表”，你们好的建议将被采纳。

恳谈会请了 12 位嘉宾，就有关问题发表各自的观点，这些嘉宾都是我们的朋友，请你们以个人的名义发表意见，这是为了一个共同的目标——找出我国化肥使用中存在的问题及对策。

“恳谈会”是诚恳的交谈，本意是小范围的面对面交谈，促膝谈心。但为了集思广益，扩大成一个交流会。

我们提供的这份“新时代·新思路·新方法·新产品”主题报告搜集了国内外大量最新数据，供各位审议时参考。对其中的观点请以审视的角度，指出其错误及不同观点，我们表示深深的谢意！

各个专题报告将汇集在《全国钙镁磷肥技术进步联合体 2013 技术年会》资

料汇编中，提前发放给各位。

参考文献

- 【1】 Elizabeth Kolbert. Enter the Age of Man [J].National Geographic.2011, March: 60-85.
- 【2】 许秀成.再议“环境压力下的增值肥料发展策略” [C].中国植物营养与肥料学会 2008 年度学术讨论会资料.海口市，2008.
- 【3】 赵秉强团队缓、控释肥产业方向：许秀成、徐秋明、杨向东. “新型肥料产业科技发展战略研究”，第一部分：时代背景与现代农业对肥料的要求.2011.03.09,北京.
- 【4】 Dickson Despommier. The rise of vertical farms[J].Scientific American. Nov. 2009:60-67.
- 【5】 Verlyn Klinkenborg. Up on the roof[J].National Geographic, March,2009:85-103.
- 【6】 Special Issue, Cities—Smarter, Greener, Better[J]. Scientific American. Sept.2011:29, 60-61.
- 【7】 许秀成、侯翠红.合理用肥，减轻土壤对作物生长的盐渍障碍[C].中国土壤学会耕地资源合理利用与粮食安全学术研讨会.长春市，2011.7
- 【8】 武田 健.《新しい 土壤診断と肥料设计》 [M].日农文协.2003:16,28-66.
- 【9】 许秀成、李菡萍、王好斌.环境压力下的生态肥料发展策略[C]，生态农业与可持续发展国际研讨会，国家杂交水稻工程技术研究中心，2008-01-19，长沙市
- 【10】 雷希柏、李菊梅，中国不同地区化肥施用及其对粮食生产的影响[J]，中国农业科学，2004，37（3）：387-392
- 【11】 Paul Insel R.Elaine Turner. Don Ross. 《2002 Update Nutrition》 American Dietetic Association. [M].John and Bartlett Publishers 2002:37.
- 【12】 巴里·西尔斯，比尔·劳伦.《食无禁忌——找到你得以享用一生的健康区》 [M].中信出版社，2003.
- 【13】 许秀成、王好斌、李菡萍、侯翠红.发展缓控/释肥对粮食安全的重要性[C].第六届国际缓控释肥发展高层论坛.2013.6.21,北京.
- 【14】 赵秉强，许秀成.加快建设有中国特色缓释肥料技术体系、推动缓释肥料产业健康发展[J].磷肥与复肥，2010,25（4）：11-13.
- 【15】 朱昌雄，李瑞波，液态有机碳肥概述[J]，磷肥与复肥，2013，28（4）：16-18
- 【16】 赵秉强.有机碳营养理论与新型肥料产业，私人交流材料，2013.05.03
- 【17】 日本肥料协会新闻部[M]，肥料年鉴 2002：66-69
- 【18】 渡边和彦等，无机元素の病虫害への关与とその机作[J]，季刊肥料（日），2002（91）：

11-25; (92): 83-86

【19】 Association of American Plant Food Control Officials, OFFICIAL PUBLICATION
AAPFCO NO.63, 2010: 41-42

【20】侯翠红、许秀成、王好斌、张保林.倡导复合肥料新潮流——中浓度、多营养元素、
功能性复合肥料.全国钙镁磷肥技术进步联合体 2012 技术年会资料汇编,
63-67,2013.01.06,云南蒙自

【21】 CCS, GDSH, CSJ, et al. Chemistry for a Sustainable Global Society[R], London: The
Second Annual Chemical and Society (CS3), 2010

【22】中国科学院学部咨询评议项目“我国磷科技发展关键问题与对策”——磷与肥料部分,
郑州大学许秀成、侯翠红执笔, 2012.

【23】吴佳.“现代果蔬营养被稀释”,生命时报, 2012.07.17,第 8 版.

附录:

“国家钙镁磷复合肥料技术研究推广中心及全国钙镁磷肥技术进步联合体”简介

国家钙镁磷复合肥料技术研究推广中心

(附: 全国钙镁磷肥技术进步联合体)

简介

一、“中心”由来

20 世纪 90 年代初, 我国每年约有 2 万项科研成果通过省、部级鉴定, 原国家科委科技成果司, 每年从约 2 万项已鉴定的科技成果中, 挑选 200 项作为“国家重点科技成果推广项目”。1995 年国家科委科技成果司又由 5 年间累积的 1000 项国家级科技成果重点推广项目中, **筛选出 30 项具有“自我发展能力”的项目作为“国家科技成果重点推广计划研究推广中心”(国科成字[1995]009 号文), 国家钙镁磷复合肥料技术研究推广中心为 30 项之第 9 项, 并指定由郑州工学院磷肥复肥研究所组建, 1996 年 5 月委托化工部化肥司王文善司长在原郑州大学校**

门正式挂牌。

二、“中心”开展的主要工作

16年来，在原国家科委科技成果司（现科技部发展计划司及国家科学技术奖励工作办公室成果处）、原化工部化肥司（现中国磷肥工业协会）、原郑州工学院（现郑州大学化工与能源学院）的指导和支持下，国家钙镁磷复合肥技术研究推广中心（下称“中心”），遵循“**国家科技成果重点推广计划研究推广中心暂行管理办法**”第二条：“中心”是具有自我发展活力的紧密型、半紧密型的经济实体或联合体，是以科研院所、高等院校和开发机构为核心，联合大中型企业致力于推动科技成果进入传统产业，形成规模效益，促进科技与经济的紧密结合。开展了卓有成效的工作；择要介绍如下：

▲ 开发了“**以肥料包裹肥料的控释肥料**”，并取得中国发明专利及美国专利授权，这是国内具有自主知识产权、在国际上享有一定声誉的缓释/控释肥料，已先后向澳大利亚、新加坡、美国、马来西亚、日本、韩国、泰国、越南及我国香港、台湾地区出口，**累积出口量超过万吨，累计创汇超过 600 万美元**；该专利技术以能耗最低，对环境排放量最少的生态工艺生产缓释、控释肥料。

▲ 开发了**以非水溶性肥料（矿物）就地制备含 NPK、中微量元素水溶性肥料**的新型灌溉施肥方法。“**一种农业灌溉施肥方法及其肥料**”已取得中国发明专利、国际专利合作条约组织（PCT）及以色列专利授权。该专利技术以最合理的资源利用、最低廉的价格，提供全水溶性肥料灌溉液。已在北京、广州、郑州开展示范性使用。

▲ 开发了**工艺更先进、组成更合理的中浓度、多营养、功能性脲硫酸复肥**，可使用中品位磷矿、不产生磷石膏废弃物的复合肥料生产新工艺。产品营养元素全面，还兼具可提高作物抗倒伏能力、增强作物抗病害能力的附加功能，已获中国发明专利授权，并被中国科学院学部咨询项目《**我国磷科技发展关键问题与对策**》向工业与信息化部推荐的重点推广项目。

▲ 提出了“**以熵增最小、能耗最低、对环境排放量最少的生态肥料工艺**”，创立我国作物养分供应的新体系。在国家杂交水稻工程技术研究中心（2008-01-19，长沙），中国植物营养与肥料学会 2008 年度学术讨论会

(2008-03-21, 海口)、中国化学会第八届全国磷化学化工学术讨论会(2009-10, 天津南开大学)、中国化学会第28届学术年会(2012-04-01, 成都)报告,引起农学家、化学家、化工专家的广泛关注。

▲ 提出以“增值肥料”(Added-Value Fertilizer, 或 Enhanced Fertilizer)代替“新型肥料”,并提出了“增值肥料”的内涵及其评价,在国家科技支撑计划复合(混)肥养分高效优化技术研究课题组2008年度总结会(2008-10-24, 北京),在全国首届新型肥料学术研讨会(2009-10-30, 北京),获得同行的认可,并正在成为同行共识。

▲ 连续15年参加国家“十五”863计划《环境友好型肥料研制与产业化(2001AA246023)》课题组;国家科技支撑计划“十一五”《复合(混)肥养分高效优化技术研究(2006BAD10B03)》课题;“十二五”农村领域国家科技计划《复合(混)肥农艺配方及生态工艺技术研究(2011BAD11B05)》课题的研究开发工作。

(1)“十一五”期间,中心作为课题负责单位,顺利完成了国家科技支撑计划项目“高纯磷化工产品工业化关键技术与示范工程”中的“磷化工产品数据库、分析测试技术及产品标准”课题,课题经费位列化工与能源学院前茅。建设了磷化工与磷复肥微观决策支持系统,实现了《磷肥与复肥》办刊和全国磷肥与复肥信息站信息建设,软硬件和编辑系统水平的提升。

(2)“十二五”期间,中心围绕我国磷化工和磷复肥重点、难点问题,承担国家“863”项目“湿法磷酸副产磷石膏综合利用-磷石膏煅烧尾渣制碳酸钙晶须技术”、开展了“浓酸矿粉法制过磷酸钙及复混肥料”、“以中低品位磷矿为原料,高炉法制单质磷联产含磷硅钙镁中微量元素肥料技术”,3个课题开发是期许能对传统的“湿法磷酸技术”、“过磷酸钙技术”和“钙镁磷肥技术”的进一步完善和提高。

▲ 在原国家科委国际合作司的批准与资助下,于1994、1996、1998连续3届举办了《复合肥料工艺与设备国际研讨班——International Workshop on Technology & Equipment of Compound Fertilizer, IWCF》,来自阿尔巴尼亚、印度、印度尼西亚、马来西亚、沙特阿拉伯、新加坡、泰国、越南、智利、埃及、伊朗、韩国、蒙古、斯里兰卡、乌干达、孟加拉、以色列、日本、摩洛哥、新西

兰、尼日利亚、罗马利亚、南非、西班牙、美国及中国 26 个国家的农学家、化学家、化工专家、政府官员参加。参加国占世界人口的 62%，占世界从事田间劳动农民的 75%、占世界耕地面积的 50%、占世界谷物总产量的 62%、占世界化肥总用量的 65%。因此，IWCF 国际研讨班的参与国在世界农业领域有广泛的代表性，扩大了我国肥料生产技术对世界的影响。

▲ 鉴于 IWCF 属于国家科委国际合作司“发展中国家专业技术培训班”的组成部分，培训班要求每期有 15 个国外学员，每期必须持续 15 天，工作语言为英语。而所参加的人大多为国外大学教授，大公司的技术人员及政府官员，他们很难在中国停留 15 天。因此，难以继续。从 2007 年起改由“中心”的组成部分《磷肥与复肥》编辑部，每 2 年举办一届“全国磷复肥创新论坛”，2007 年在郑州市、2009 年在昆明市、2011 年在贵阳市已举办三届，每届参会人数达 300 人，2013 年将在广东湛江市召开，扩大了“中心”在国内肥料界的影响，交流了同行的创新经验。

三、组织跨地区、跨行业的技术推广与服务工作

▲ “中心”暂行管理办法“职能和任务”第四条：“中心”应面向社会开放服务，建立健全推广网络体系、可通过推广示范及技术培训，在省市培养推广“二传手”；可组织跨地区、跨行业的推广网络及服务体系，形成科研、生产、经营或技、工、贸一体化的经济实体。据此，开展了下列工作：

- 由中国石油与化工协会和中国化工信息中心 2004 年 3 月批准在郑州大学设立“全国磷肥与复肥信息站”，由该信息站设计的“全国磷复肥信息网”网站已开通近 10 年。

- 在贵州省科学技术协会组织下，“中心”与贵州双龙实业集团公司 2011 年 8 月 19 日在贵阳市成立了《国家钙镁磷肥复合肥技术研究推广中心、贵州双龙实业集团贵州工作站》。工作站为“科技成果产业化与商品化”、“科技成果推广与普及”，服务于贵州省，辐射兼顾周边省工作。

四、“中心”工作的不足

16 年来，“中心”虽然做了大量的工作，在国内外有一定的影响，但与同时批准的另外三个原化工部直属单位组建的中心：序号 1，由化工部西南化工研究

所变压吸附气体分离技术研究所组建的《变压吸附气体分离技术研究推广中心》；序号 2，由化工部兰州蓝星清洗集团公司组建的《化学清洗技术研究推广中心》；序号 4，化工部天津化工研究所组建的《工业水处理技术研究推广中心》相比，本“中心”尚有很大差距，特别是与“蓝星清洗公司”相比，差距更大。“蓝星清洗”从兰州迁至北京后，组成了庞大的“跨地区、跨行业的科技产业开发、转化、推广集团”，吸纳了化工部撤消后相当部分的国营企业，真正实现了“**国家推广中心暂行管理办法**”第十五条：**鼓励“中心”改制转型为现代科技型企业，可通过联营、参股、控股等形式，兴办组建以成果推广为先导、产权联接为纽带的跨地区、跨行业的科技产业开发、转化、推广集团。依照《科技进步法》，充分拥有研究开发、生产经营、经费使用、机构设置和人员聘用等自主权，建立研究、开发、转化、推广的良性循环机制。**

目前，国家钙镁磷肥复合肥技术研究推广中心，为郑州大学两个国家级中心之一（另一个为原郑州大学校长申长雨院士领导的“橡塑模具国家工程中心”），仅为郑州大学化工与能源学院一个研究方向及科研机构，其经费管理由郑州大学技术市场部代管。未达到国家推广中心暂时管理办法第 15 条的要求。

今后，国家钙镁磷肥复合肥技术研究推广中心仍将在郑州大学、郑州大学化工与能源学院领导下开展更多的工作。

“全国钙镁磷肥技术进步联合体” 简介

2010 年 2 月，受中国磷肥工业协会委托，国家钙镁磷复合肥技术研究推广中心承担全国钙镁磷肥厂的联络、统计、技术指导工作。2011 年 3 月 31 日，在郑州大学北校区成立了“全国钙镁磷肥技术进步联合体”。截止 2013 年 6 月已有全国 30 个工厂、企业、科研院所、高校及情报信息部门加入联合体，集合各方力量，共同为我国磷资源的可持续利用与发展、发挥我国优秀的传统中低浓度磷肥品种（如钙镁磷肥、过磷酸钙等）的优势互补作用，振兴钙镁磷肥产业，促进磷复肥的健康发展，使我国化肥的产业结构更加合理做出贡献。

2011 年秋，2012 年春，联合体在河南、山东、湖北、云南、贵州、黑龙江等省份开展了以钙镁磷肥、脲硫酸复肥、过磷酸钙、熔融磷钾肥等在小麦、水稻、

大豆等作物上的大田试验,与等养分的高浓度复肥相比,取得了明显的增产效果,彰显了中浓度、多营养元素的磷复肥品种在促进高产作物健康生长发育,增强防病害、抗倒伏能力,提高农作物品质的附加功能。

全国钙镁磷肥技术进步联合体每年召开一次技术年会。

2011年联合体技术年会在郑州召开,主要请农学家阐明钙镁磷肥的独特肥效;

2012年联合体技术年会在云南红河州蒙自市召开,主要内容为共同倡导复肥新潮流——中浓度、多营养元素、功能性复肥;

2013年技术年会将在北京召开,会议主题为“新时代·新思路·新方法·新产品”恳谈会。

我们冀望能请到中国工程院院士、郑州大学校长刘炯天 教授 来为本恳谈会致辞。