

# 缓/控释化肥合成研究的新进展

陈建超, 刘 华, 刘俊杰, 刘亚青

(中北大学山西省高分子复合材料工程技术研究中心, 山西 太原 030051)

**摘要:**缓/控释化肥的合成研究是目前肥料领域发展的热点之一,缓/控释化肥可有效弥补传统肥料带来的诸多缺点。简述了传统肥料对环境和食品安全的危害,根据缓/控释化肥的制造工艺和释放原理,重点介绍了化学型、生物化学型、物理包膜型和生物化学与物理包膜结合型缓/控释化肥合成方法的现状,并对缓/控释化肥的发展进行了展望。

**关键词:**缓/控释化肥;合成;进展

中图分类号:TQ440.2

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2011)04-0023-05

## New development of preparation of slow/controlled release fertilizer

CHEN Jian-chao, LIU Hua, LIU Jun-jie, LIU Ya-qing

(Research Center for Engineering Technology of Polymeric Composites of Shanxi Province, North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** The preparation of slow/controlled release fertilizers is focused in recent years. It can effectively reduce many drawbacks caused by the traditional fertilizer. In this paper, the pollution damage to environment and food safety caused by the traditional fertilizer is briefly pointed out. In contrast, several sorts of slow/controlled release fertilizers such as chemically modified, biochemically modified, physically encapsulated and biochemically & physically encapsulated modified fertilizer, classified according to the manufacture process and slow/controlled release mechanism, are introduced in detail. Furthermore, the prospect of slow/controlled release fertilizer is also proposed.

**Key words:** slow/controlled release fertilizer; synthesis; development

现今,发达国家化肥的平均利用率是50%~60%,氮肥利用率达50%~70%;而中国氮肥和磷肥的利用率分别为30%~35%和10%~25%,比发达国家低15%~20%,肥料损失达45%(合每年350亿~600亿元),超过80%的磷肥被固定在土壤中<sup>[1-2]</sup>。普通肥料有效利用率低的原因主要是其易溶于水,施入土壤后很快溶解于水中,N、P、K等养分在较短的时间内以远远大于作物可吸收的剂量释放出来<sup>[3]</sup>。一方面,没有被吸收的部分氮元素在土壤中由于反硝化细菌的生物降解作用转变成诸如NO、N<sub>2</sub>O等氮氧化物,这些氮氧化物在大气中会因光化学作用转变为NO<sub>2</sub>,最终形成酸雨,危害人类健康;同时NO、N<sub>2</sub>O等氮氧化物一旦进入平流层,就会作为催化剂通过光化学作用使O<sub>3</sub>分解,破坏臭氧层<sup>[4]</sup>。另一方面,由于雨水冲刷、灌溉而淋溶损失掉的N、P等养分进入江河湖海,这不仅大幅度降低了肥料的有效利用率,而且还造成了水体富营养化的环境污染,同时被污染的地表水大量渗析,已成为地下水被污染的主要源泉<sup>[5-6]</sup>。最后,氮肥的过量施用还会造成亚硝酸盐在农作物果实中的累积,这不仅降低了粮食质量,更有可能危害人类的健康<sup>[7]</sup>。

缓/控释化肥通过减缓养分的释放速率以实现养分释放与作物生长所需相一致,可以大幅度提高肥料的有效利用率,进而减少传统肥料带来的诸多危害。它是解决耕作质量差、确保食品安全、减少农业生产污染等问题的根本途径。因此,缓释化肥一出现就引起了肥料界的广泛关注,已成为各国肥料领域研究的热点。

## 1 分类及合成研究现状

缓释化肥和控释化肥在概念上并没有明确的区分,前者侧重于肥料的溶解度较传统肥料有所降低,而后者则是着眼于肥料养分释放速率与作物对养分吸收相一致,二者最终目标都是提高肥料的有效利用率。缓/控释肥料种类繁多,参照文献[8-9]按其制造工艺和缓/控释原理将其划分为:化学型、生物化学型、物理包膜型和生物化学与物理包膜结合型四大类。

### 1.1 化学型缓释化肥

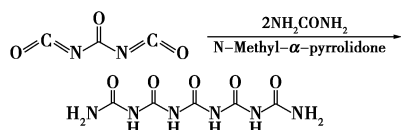
化学型缓释化肥是直接或间接地将其连接到预先形成的聚合物上,构成一种新型组合物,其释放速度取决于组合物键的性质、立体化学结构、疏水性、降解难易度和交联程度等<sup>[10]</sup>。当前化学型缓释肥

收稿日期:2011-01-12

作者简介:陈建超(1984-),男,硕士生,chenjianchao66@163.com;刘亚青(1970-),女,教授,博士生导师,研究方向为高分子材料,通讯联系人,lyq@nuc.edu.cn。

主要朝着无有害物质释放、无基体残留、养分多样化的方向发展,在此基础上力图实现养分释放与植物所需相一致。

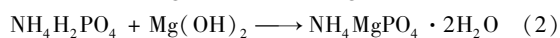
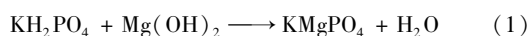
1999年,德国柏林自由大学(Freien Universität Berlin)弗兰克·博尔纳(Frank Börner)报道了以碳酸二异氰酸酯与尿素或氨气为原料合成缩多脲(缩四脲、缩五脲、缩六脲)的制备方法,相当于用羰基将尿素分子连接起来,通过增加缩多脲的聚合度来减小其冷水溶解度,以期实现缓释的目的<sup>[11]</sup>。以缩五脲为例其制备路线如下:



该法所合成的缓释肥降解后没有醛类(甲醛、乙醛、丁烯醛等)放出,是对脲醛类缓释肥的改进,然而碳酸二异氰酸酯通常是由三聚氯氰在高温下分解合成,因而该法成本较高。

Bhattacharya等<sup>[3]</sup>以针铁矿、磷酸、二氧化锰和氧化镁为主要原料合成了富含P及Fe、Mg、Mn等微量元素的缓释化肥,肥料中的P及微量元素都是以价键方式连接在一起。该缓释微肥在水中的溶解度很小,但是在高级有机酸(如柠檬酸、磷酸腺嘌呤脱氧核苷酸等)中溶解度较大,因此在植物根系附近借助根系分泌物可被根系大量吸收。在作物的各个生长期,其根系新陈代谢强度决定了Fe、Mg、Mn等微量元素的吸收量,因而可以近似看作是根据植物生长所需提供养分的缓释肥。将该缓释微肥应用于辣椒种植的大田实验显示:当施肥量为1 kg/ha(1 ha=1 000 m<sup>2</sup>)时辣椒增产达45.6%,且施肥后作物果实富含维生素及Fe、Mg、Mn等微量元素。

日本东京大学(Tokyo University)Solihin等<sup>[12]</sup>将KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>和NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>分别与Mg(OH)<sub>2</sub>混合后在行星式球磨机中研磨,在2个研磨体系中KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>和NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>分别与Mg(OH)<sub>2</sub>发生固态化学反应,从而合成了微溶性KMgPO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>MgPO<sub>4</sub>多营养缓释肥,其固态化学反应可用如下表示:

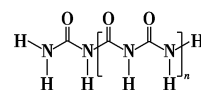


KMgPO<sub>4</sub>和NH<sub>4</sub>MgPO<sub>4</sub>合成实验及养分的缓释放射性测定证实:二者的缓释期长短主要受研磨速度的影响,且相同研磨时间研磨速度越快产物缓释期越长,当n(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>):nMg(OH)<sub>2</sub>=1:1、转速500~600 r/min、研磨120 min时,合成的缓释肥效果最佳,其700 h淋洗后仅有20%~25%的K<sup>+</sup>和PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

释放到淋洗液中;当n(NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>):nMg(OH)<sub>2</sub>=1:1、转速300~700 r/min、研磨120 min时,合成的缓释肥效果最佳,其500 h淋洗后仅有10%的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>和20%的PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>释放到淋洗液中。该工艺比KMgPO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>MgPO<sub>4</sub>包膜传统肥料的方法更加简单,且通过控制研磨速度及物料配比可以灵活控制缓释期及养分配比。

赵贵哲等<sup>[13]</sup>通过脲醛低聚物和磷酸二氢钾的缩合反应制备了多营养高分子缓释肥,实现了N、P、K养分共同缓释的目标,该肥与农家肥混合使用时可增产56.51%。该合成方法可通过调节高分子缓释肥的聚合度,灵活调节缓释期,从而适应不同生长期的各种作物。

笔者所在课题组利用碳酸二丙酯和尿素为原料,以钾或钠的碳酸盐、羧酸盐及醇钠、醇钾等为催化剂,在尿素的熔点以上合成了聚碳酸脲缓释肥。其结构式如下所示:



该缓释肥以碳酸酯中的羰基代替脲醛缓释肥中的亚甲基,其生产过程中及肥料降解后都没有对作物生长有害的醛类等物质释放,同时副产物正丙醇还可以和CO<sub>2</sub>直接合成碳酸二丙酯实现原料的循环利用<sup>[14]</sup>,从整体上看相当于以尿素与CO<sub>2</sub>为原料合成了缓释氮肥,实现了减少温室气体排放与提高肥料利用率的双重目标。

## 1.2 生物化学型缓释化肥

生物化学型缓释化肥通常是在普通氮肥或复合肥中添加少量的硝化抑制剂和脲酶抑制剂,以提高肥料中氮元素的利用率,因而硝化抑制剂和脲酶抑制剂的研发已成为制约生物化学型缓释化肥发展的瓶颈。一般来说,硝化抑制剂是通过抑制氨氧化细菌或硝化菌群落释放毒性化合物,直接影响其活性来抑制土壤的硝化作用;脲酶活性抑制剂则是通过抑制脲酶活性,从而减缓尿素的水解速度。

传统的无机硝化抑制剂和脲酶抑制剂由于重金属的使用会造成环境的二次污染,因而其开发和应用前景不大。目前商业化的硝化抑制剂主要有2-氯-6-(三氯甲基)吡啶(Nitrapyrin)、双氰胺(DCD)以及3,4-二甲基吡唑磷酸盐(DMPP)、正丁基硫代磷酰三胺(N-(n-butyl)thiophosphorictriamide)<sup>[15-16]</sup>。Chen等<sup>[17]</sup>证实了在25℃、相对湿度为40%~60%条件下,DMPP抑制硝化速率和氮氧

化物释放性能远远超过2-氯-6-三氯甲基吡啶。此外,一些生物降解过程中的部分产物、根系分泌物等也具有一定的硝化抑制作用;香胶松、白杨叶片、美国黄松叶、栗树叶、谏树籽等粉碎后混用或工艺提取物也具有硝化抑制作用,作用效果可达20%~60%,作用时间达30~70天。当前关于脲酶抑制剂的研究主要集中在N-丁基硫代磷酸三胺(NBPT)、氢醌(HQ)和醌氢醌。黄灿等<sup>[18]</sup>研究了苯磷酸二酰胺(PPDA)、环己基磷酸三胺(CHPT)和正丁基硫代磷酸三酰胺(NBPT)3种脲酶抑制剂对尿素氮的抑制效果,研究表明环己基磷酸三胺的效果最好。

### 1.3 物理包膜型缓释化肥

物理包膜型缓释肥通常是借助物理障碍阻碍水溶性肥料与土壤、水的接触,从而达到养分控释的目的,具体可分为微囊法和整体法。微囊法是通过惰性物质的包膜以控制肥料的渗透速率的方法;整体法是将肥料均一地溶解或分散在聚合物中,形成多孔网络体系,然后随着聚合物的溶解或降解过程控制养分的释放<sup>[19]</sup>。前者的缓释性及实用性主要取决于肥料(核心)外边的包膜的降解性、透水性和生产成本;后者的优化主要在简化生产工艺和提高缓释性上。

#### 1.3.1 微囊法

微囊法的关键是包膜材料的制备。降低包膜材料成本,包膜材料降解后无基体残留,包膜材料可以吸收水分是包膜材料制备发展的新方向。

Susana Pérez-García等<sup>[20]</sup>以易降解的乙基纤维素包裹硝酸铵的方式制备了缓释氮肥,当粒径在2~3 mm且包膜物为颗粒干重的20%时,冷水溶解度实验证明24.06 h养分可以释放一半;同时包膜材料易降解,是良好的有机肥。

兰州大学Ni等<sup>[8]</sup>在微囊法制备方面取得了突破性进展:首先以尿素、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{Cu}_3(\text{P}_2\text{O}_7)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 为原料制备了含微量元素Cu的缓释肥,然后再以海藻酸钠与丙烯酸共聚形成的可降解吸水树脂为包膜外壳,所得产品不仅含有N、P、K及植物生长所需的微量元素,而且容易降解,更重要的是包膜材料可以吸收大量水分,特别适合干旱、半干旱地区使用。

贵州西洋肥业有限公司等<sup>[21]</sup>将大颗粒尿素与钾钙肥在包膜机中进行包裹涂膜,形成了以大颗粒尿素(粒径为3~4 mm)为核心、以钾钙肥为外膜的包膜尿素。该方法所使用的包膜材料成本较低,是由钾长石和石灰石一起经高温烧结后粉碎形成的枸

溶性肥料,含有Ca、Si、Mg、K等元素。

#### 1.3.2 整体法

整体法可以分为2种方案:①将聚合反应在已经配制好的化肥溶液中进行,肥料均匀分散在聚合物中<sup>[22-23]</sup>;②先制备高分子吸附材料,然后在饱和的化肥溶液中浸泡<sup>[24]</sup>。前者是在水溶液中进行聚合反应,溶液中离子强度大,容易引起一些副反应;后者的工艺相对复杂,吸附材料吸附后先要烘干,再吸收液肥,最后再烘干,不宜进行大规模工业化生产。

Mircea Teodorescu等<sup>[25]</sup>根据不同作物所需N、P、K比例首先以尿素、磷酸、氢氧化钾、磷酸二氢钾配制成液肥,然后将在上述液肥中制备丙烯酸系高分子凝胶,其吸水倍率高达1000倍,冷水溶解实验证实其缓释期可达14天。

Bajpai等<sup>[26]</sup>首先制备了羟甲基纤维素接枝聚丙烯酰胺高吸水性聚合物,然后用该树脂在质量分数为1%的硝酸钾溶液中溶胀后再烘干,制备出了具有吸水保水功能的N、P、K缓释肥料,并且讨论了羟甲基纤维素、聚丙烯酰胺以及交联剂用量对硝酸钾释放的影响。

### 1.4 生物化学与物理包膜型缓释化肥

生物化学与物理包膜型缓释化肥将物理包膜与生化抑制相结合,其主要方法是采用自身具有对硝化作用和脲酶活性有抑制功能的材料或在普通包膜材料中加入抑制剂将普通速溶肥包膜制备。

肖强等<sup>[27]</sup>将纳米技术应用到缓释肥的开发,采用腐殖酸-BC208、废旧塑料(PS)等为主要原料制备了纳米级胶结材料包膜型缓/控释化肥,种植3年6季后PS包膜缓释肥在土壤中未被利用的氮元素为45.2%。陈娴等<sup>[28]</sup>以磷矿粉为包膜材料,在包膜材料中加入具有脲酶抑制和硝化抑制功能的氨基化木素AOL制得包膜尿素(PAU),既降低了生产成本又提高了缓/控释效果,与单纯的物理包膜缓释相比,对比作物玉米可以增产16.77%。张丽莉等<sup>[29]</sup>将氢醌与N、P、K肥混合后用聚合物包膜,包膜与脲酶和硝化抑制剂的结合更加有效地控制了尿素的水解过程,尿素和氢醌同时缓慢溶出,使尿素的水解过程更加平缓,有效避免了尿素水解的激增现象,此种肥料的施用有利于减缓 $\text{NH}_3$ 的毒害及 $\text{NH}_3$ 的挥发损失。

## 2 总结与展望

随着世界人口的不断增长,粮食需求量的激增与世界范围内耕地减少的矛盾愈加突出,而化肥的

使用无疑成为解决这一矛盾的关键所在。缓/控释化肥可以大幅度提高 N、P、K 的有效利用率,避免传统化肥所带来的一系列环境问题以及对人类食品安全的危害,因此必将成为世界范围内传统肥料的替代品。然而,缓/控释化肥的生产成本、养分搭配、养分释放模式等仍存在一些缺陷,有待于更深入的研究。

## 2.1 积极开发环境友好型全营养缓/控释专用肥

当前的缓/控释化肥的合成研究存在养分单一、基体残留、污染环境等问题,因而开发高浓度、营养均衡的绿色环保型专用肥是很有前景的研究方向。具体地说就是根据不同作物的 N、P、K 及微量元素的需求合理搭配养分,为不同作物量体开发专用肥;开发生物降解型包膜材料;研发环境友好型抑制剂。此外,固体肥料液化后便于大规模机械化生产,同时更便于根据植物所需搭配营养,这在我国农业现代化中也必将是一个发展的重点。

## 2.2 改善缓/控释化肥养分的释放模式

当前的缓/控释化肥共同存在的问题就是养分释放模式与作物养分需求不相匹配,即实现了养分的缓释,但在养分的控释方面尚有欠缺。对于化学型缓释肥而言,缓释肥的降解是一个自加速的过程,养分初期释放量很少,故存在幼苗期养分不足的问题,因此合成一种降解速率与作物养分需求相近或一致的缓/控释肥是其发展重点;对于包膜肥而言,一旦包膜破损,养分就会在短时间迅速释放,因此在努力降低包膜材料成本及可降解性的同时更应该增强对膜的渗透性研究。

## 参考文献

- [1] Shi Y L, Wu Z J, Chen L J, *et al.* Development and application of slow release fertilizer[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2009, 8(6): i.
- [2] Yang X, Jin J Y, He P, *et al.* Recent advances on the technologies to increase fertilizer use efficiency[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2008, 7(4): 469 - 479.
- [3] Bhattacharya I, Bandyopadhyay S, Varadachari C, *et al.* Development of a novel slow-releasing iron-manganese fertilizer compound [J]. *Ind Eng Chem Res*, 2007, 46(9): 2870 - 2876.
- [4] Akiyama H, Tsuruta H, Watanabe T. N<sub>2</sub>O and NO emissions from soils after the application of different chemical fertilizers [J]. *Chemosphere-Global Change Science*, 2000, 2: 313 - 320.
- [5] Jiang J Y, Hu Z H, Sun W J, *et al.* Nitrous oxide emissions from Chinese cropland fertilized with a range of slow-release nitrogen compounds[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2010, 135(1): 216 - 225.
- [6] Teodorescu M, Lungu A, Stanescu P O, *et al.* Preparation and properties of novel slow-release NPK agrochemical formulations based on poly(acrylic acid) hydrogels and liquid fertilizers[J]. *Ind Eng Chem Res*, 2009, 48(14): 6527 - 6534.
- [7] Inselsbacher E, Umana N H N, Stange F C, *et al.* Short-term competition between crop plants and soil microbes for inorganic N fertilizer[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2010, 42(2): 360 - 372.
- [8] Ni B L, Liu M Z, Lu S Y, *et al.* Novel slow-release multielement compound fertilizer with hygroscopicity and moisture preservation [J]. *Ind Eng Chem Res*, 2010, 49(10): 4546 - 4552.
- [9] Ling R, Liu M Z. Preparation and properties of a double-coated slow-release and water-retention urea fertilizer[J]. *J Agric Food Chem*, 2006, 54(4): 1392 - 1398.
- [10] 刘海生. 缓控释化肥用膜材的制备及其性能研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2009.
- [11] Synthese F B, charakterisierung und untersuchung von schwerlöslichen harnstoffderivaten als grundlage für düngemittel [D]. Berlin: Freie Universität Berlin, 2000: 25 - 68.
- [12] Solihin, Zhang Q W, Tongamp W, *et al.* Mechanochemical route for synthesizing KMgPO<sub>4</sub> and NH<sub>4</sub>MgPO<sub>4</sub> for application as slow-release fertilizers [J]. *Ind Eng Chem Res*, 2010, 49(5): 2213 - 2216.
- [13] 赵贵哲, 刘亚青, 薛怀清, 等. 玉米专用高分子缓释肥的制备及肥效研究[J]. 中北大学学报: 自然科学版, 2007, 28(2): 138 - 142.
- [14] Honda M, Kuno S, Begum N, *et al.* Catalytic synthesis of dialkyl carbonate from low pressure CO<sub>2</sub> and alcohols combined with acetonitrile hydration catalyzed by CeO<sub>2</sub>[J]. *Applied Catalysis A: General*, 2010, 384: 165 - 170.
- [15] Zerulla W, Barth T, Dressel J, *et al.* 3,4-dimethylpyrazole phosphate (3,4-DMPP): A new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2001, 34(2): 79 - 84.
- [16] Turner D A, Edis R B, Chen D, *et al.* Determination and mitigation of ammonia loss from urea applied to winter wheat with N-(n-butyl) thiophosphoric triamide [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2010, 137: 261 - 266.
- [17] Chen D L, Suter H C, Islam A. Influence of nitrification inhibitors on nitrification and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission from a clay loam soil fertilized with urea[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010, 42(4): 660 - 664.
- [18] 黄灿, 李季, 康文力, 等. 尿酶抑制剂对猪粪氮素水平和挥发性脂肪酸产生量影响的研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 132 - 136.
- [19] 李静. 缓释化肥包膜材料的透过性控制研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2007.
- [20] Susana Pérez-García, Manuel Fernández-Pérez, Matilde Villafranca-Sánchez, *et al.* Controlled release of ammonium nitrate from ethylcellulose coated formulations [J]. *Ind Eng Chem Res*, 2007, 46(10): 3304 - 3311.

- [21] 贵州西洋肥业有限公司. 一种多养分缓释尿素的制备方法: 中国, 200910102573. 4[P]. 2009-10-14.
- [22] Bajpai A K, Giri A. Swelling dynamics of a macromolecular hydrophilic network and evaluation of its potential for controlled release of agrochemical[J]. *Reactive and Functional Polymers*, 2002, 53: 125-141.
- [23] Abd El-Mohdy, H L. Water sorption behavior of CMC/PAM hydrogels prepared by  $\gamma$ -irradiation and release of potassium nitrate as agrochemical[J]. *Reactive and Functional Polymers*, 2007, 67(10): 1094-1102.
- [24] Liu M Z, Liu R, Zhan F L, *et al.* Preparation of superabsorbent slow release nitrogen fertilizer by inverse suspension polymerization[J]. *Polym Int*, 2007, 56(5): 729-730.
- [25] Teodorescu M, Lungu A, Stanesco P O, *et al.* Preparation and properties of novel slow-release NPK agrochemical formulations based on poly(acrylic acid) hydrogels and liquid fertilizers[J]. *Ind Eng Chem Res*, 2009, 48(14): 6527-6534.
- [26] Bajpai A K, Anjali G. Water sorption behavior of highly swelling (carboxy methylcellulose-g-polyacrylamide) hydrogels and release of potassium nitrate as agrochemical[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2003, 53(3): 271-279.
- [27] 肖强, 张大道, 王玉军, 等. 纳米材料胶结包膜型缓/控释肥料特性及对作物氮素利用率与氮素损失的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2008, 14(4): 779-785.
- [28] 陈娟, 毛小云, 王德汉, 等. 控释肥的物理-生化复合控释技术及其效果研究[J]. *华中农业大学学报*, 2009, 28(3): 300-305.
- [29] 张丽莉, 武志杰, 陈利军, 等. 包膜与氢醌结合对尿素释放及水解的影响[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(3): 1112-1117. ■

(上接第 17 页)

- [17] Sakai Etsuo, Yamada Kazuo, Ohta Akira. Molecular structure and disperson-adsorption mechanisms of comb-type superplasticizers used in Japan[J]. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 2003, 1(1): 16-25.
- [18] Flatt R J, Houst Y F. A simplified view on chemical effects perturbing the action of superplasticizers[J]. *Cement and Concrete Research*, 2001, 31: 1169-1176.
- [19] Plank J, Winter Ch. Competitive adsorption between superplasticizer and retarder molecules on mineral binder surface[J]. *Cement and Concrete Research*, 2008, 38: 599-605.
- [20] Flatt R J, Schober I, Raphael E, *et al.* Conformation of adsorbed comb copolymer dispersants [J]. *Langmuir*, 2009, 25: 845-855.
- [21] 王凌伟, 王飞镭, 郭宝春, 等. 共聚型马来酸酐系减水剂的制备与结构性能的研究[J]. *材料导报*, 2010, 24(5): 33-36.
- [22] 唐林生, 张国政, 李小丽, 等. 新型聚乙二醇接枝聚羧酸减水剂的制备[J]. *混凝土*, 2010(2): 74-77.
- [23] 寿崇琦, 徐小伟, 初永杰, 等. 超支化型聚羧酸减水剂的合成[J]. *混凝土*, 2010(1): 55-57. ■

## 拜耳材料科技携手北京大学光华管理学院 共同促进学术交流与人才培养

2011年3月28日,拜耳材料科技与北京大学光华管理学院就学术交流和人才培养签署了谅解备忘录,以持续培养中国的本土高端人才。

根据此次合作项目,拜耳将在北京大学光华管理学院招收的2011年秋季入学的两年制MBA双学位课程的学生中挑选6名学生并向其提供奖学金。拜耳材料科技此次提供的奖学金总额高达180万元,包括6名学生第一年在北京大学光华管理学院、第二年在法国高等商学院或德国WHU商学院学习的学费和往返机票。奖学金获得者还有机会在完成学业后在拜耳工作。此外,拜耳和北大光华管理学院还将开展一系列学术交流活动。届时,拜耳将派高级管理人员到光华做演讲;光华管理学院也将组织资深教授为拜耳员工做讲座,以此增进拜耳员工和北大师生之间

的交流,为培养中国未来的高级人才做贡献。

这是拜耳材料科技和北大光华管理学院的第二次合作。早在2007年,拜耳材料科技就曾为光华管理学院的两名优秀MBA学生提供奖学金,现在他们都已加入拜耳,并在工作中表现出色。

中国经济蓬勃发展的大背景下,明日商界之星的发展和培养需要校企通力合作,在学术培养过程中融入实务操作。正是基于此愿景,拜耳在中国先后与数所高校开展合作,其中包括:与上海交通大学合作创办“名材班”,在北京大学化学学院、山西大同大学分别设立奖学金,在北京大学和上海交大分别举办2010商业策划大赛,与同济大学汽车学院签署谅解备忘录共同推动中国汽车行业的不断创新。(童志勇)