

# 星星之火，可以燎原

## ——纪念中国聚脲技术诞生十周年（节选）

黄微波（青岛理工大学 青岛 266033）

今天（2008年9月18日）是中国聚脲技术诞生整整十周年。在这十年里，我国的聚脲技术从无到有、从小到大，获得了巨大的成功和发展。中国聚脲技术的元勋之一、从事聚脲技术研究长达十余年的黄微波教授，以自己的从业经历和对国际、国内聚脲事业的洞悉，特别为《[上海涂料](#)》撰写了纪念文章——“星星之火，可以燎原”。它从聚脲技术早期探索、推广应用、蓬勃发展、存在问题、未来展望等方面回顾了1998~2008这十年间，中国聚脲事业的发展历程。

经原作者和《[上海涂料](#)》编辑部的授权许可，我们特别节选“星星之火，可以燎原”一文部分内容。在这个特别的日子里，和大家一起回顾、分享中国聚脲事业这十年来走过的辉煌历程，承前启后，继往开来。（[聚脲技术网](#)）

### 一、前言

喷涂聚脲弹性体（Spray Polyurea Elastomer，以下简称SPUA）技术是继高固体份涂料、水性涂料、光固化涂料、粉末涂料等低（或无）污染涂装技术之后，为适应环保需求而研制、开发的一种新型无溶剂、无污染的绿色施工技术。与传统的低（或无）污染涂装技术相比，其环保、节能、减排的优势十分突出，非常适合我国建设环境友好型、资源节约型社会的发展需求。

### 二、历史回顾

喷涂聚脲弹性体技术是在反应注射成型（Reaction Injection Molding 英文缩写RIM）技术的基础上，于上世纪七十年代中后期发展起来的，突破了RIM必须使用模具的局限性，将瞬间固化、快速反应的特点扩展到一个全新的领域，极大地丰富了聚氨酯技术的应用范围。1991年喷涂聚脲弹性体技术在北美地区投入商业应用，立即显示出其优异的综合性能，受到用户的欢迎。但是，在随后的商业竞争中，聚氨酯（聚脲）（也称杂合体或者半聚脲，英文hybrid）以其价格优势，与纯聚脲在市场上的冲突日益加剧。2000年美国成立了“[聚脲发展协会](#)”（Polyurea Development Association简称PDA），摒弃了以往聚脲的含混概念，严格规范了纯聚脲、半聚脲和聚氨酯的定义，并在商品上对纯聚脲冠以“Pure Polyurea”的菱形标识，进一步规范了市场、推动了该技术在美国的和谐发展。澳大利亚、日本和韩国分别于1993、1995和1997年引进该技术，并相继投入商业应用。



我国的海洋化工研究院于1995年在笔者的带领下开展了早期研究工作，1997年从美国当时的GUSMER公司（2005年被GRACO公司兼并）引进了关键的喷涂

设备，靠自己的力量研发出具有自主知识产权的材料配方和施工工艺，于 1998 年 9 月 18 日在该院会议室地面喷涂成功中国第一个聚脲配方。



图 1. 1996 年 12 月笔者在美国 Gusmer 公司考察弹性体喷涂设备

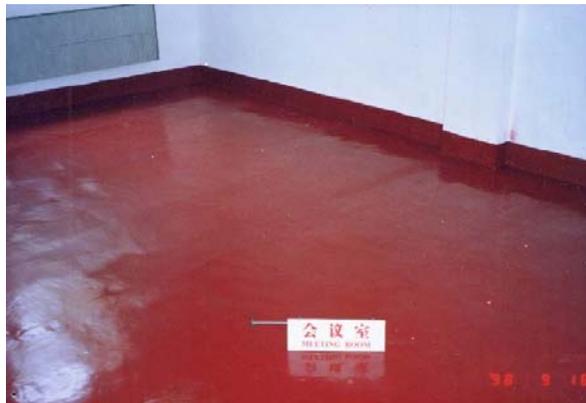


图 2. 1998 年第一个芳香族喷涂聚脲弹性体配方在会议室地面喷涂成功

2000 年投入商业应用，商品牌号为 SPUA，系列产品涉及防腐、防水等众多领域，并陆续发表了大量文章，申请了发明专利。之后国内外的许多科研院所、公司企业，相继参与到聚脲技术的研究和开发队伍中来；国外公司也纷纷看好中国市场，积极参与竞争，极大地促进了该技术的蓬勃发展：

总之，2001 年以后我国的 SPUA 技术逐步进入了商业应用，并且随着应用领域的不断扩大，国内外参与该技术研制、施工和应用的单位越来越多。

SPUA 技术在我国研究、开发成功以来，正值中国经济的高速发展期，同时又借助奥运会、世博会等超重量级需求的拉动，使得该技术在中国的发展速度超过了北美地区。特别是 2007 年完成的京津城际高速铁路、奥运场馆、国家大剧院和毛主席纪念堂以及还在建设中的上海洋山深水港二期筑港钢桩等防水、防腐工程，引起了全世界聚脲同行的高度关注，极大地提升了我国 SPUA 技术的声誉和影响力。

为了表彰在中国聚脲技术的发生、发展过程中，涌现出的杰出人物和先进事迹。

2008 年 1 月，“中国聚脲技术网”策划并发起了评选“中国聚脲十大元勋”的网上投票活动。该活动得到了“[上海涂料](#)”编辑部及上海涂料研究所的大力支持。2009 年 9 月 2 日，在上海涂料研究所举行了“[纪念中国聚脲技术诞生十周年暨中国聚脲十大元勋](#)”颁奖典礼。



获奖者为：陈乃昌、崔晓明、黄微波、李洪剑、廖有为、沈关明、孙增科、颜再荣、郁维铭、周华林（按汉语拼音字母顺序）。

### 三、行业发展

### 3.1 学术交流

早期基于SPUA技术的概念在国内很陌生的被动局面，1999年笔者带领科研团队自《聚氨酯工业》开始，近10年里，在国内外学术刊物和大型会议上陆续发表了大量与SPUA技术有关的文章，应邀在重要学术、技术交流会议上进行演讲，活跃了国内聚脲技术交流的气氛，带动了学术争鸣，对SPUA技术在中国的推广和普及起到了积极的作用。2001年在国内申请了第一个聚脲发明专利：喷涂聚脲刚性材料及其施工方法，目前，我国已经有聚脲方面的发明专利近100件，标志着技术创新的浪潮一浪高过一浪。

为了全面、系统地介绍SPUA技术，并为初学者提供一部教科书和培训教材，笔者带领科研团队将从事SPUA技术研究和开发的成果与体会、在参考大量国内外技术资料的基础上，于2005年4月完成《[喷涂聚脲弹性体技术](#)》的编写。同年7月由化学工业出版社正式出版。2006年3月，在美国洛杉矶召开的第七届PDA年会上，《[喷涂聚脲弹性体技术](#)》被确认为世界上第一部关于聚脲的专著；同年获得《[上海涂料](#)》杂志全年12期连载。

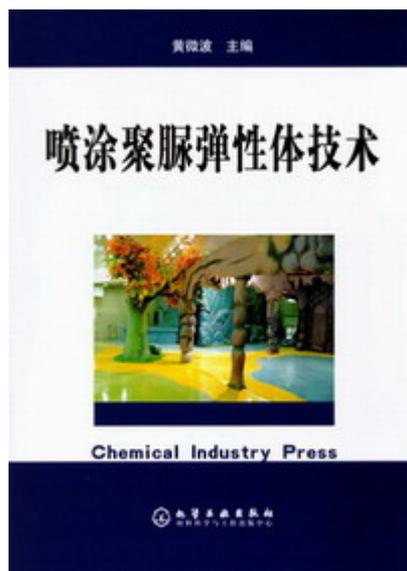


图 3. 2005 年 07 月世界聚脲工业第一部专著由化学工业出版社正式出版发行



图 4. 2006 年第 7 届 PDA 年会及理事会上，各国理事和聚脲专家欣然为该书签名留念

### 3.2 行业组织

美国自1991年开始聚脲的商业应用，到2000年成立PDA前，已经在建筑防水、垃圾填埋、水池装饰、皮卡防护、污水处理等领域获得了成功应用。但是，由于没有行业组织和对聚脲的规范定义，使得纯聚脲和半聚脲在市场的冲突日益加剧。为了更好地推动SPUA技术在美国和世界各地的蓬勃发展，2000年11月30日在美国南部城市新奥尔良成立了“[聚脲发展协会](#)”（PDA）。每年定期召开技术、信息交流会，即PDA年会，到目前为止，PDA共举办了九届年会。

2002年在第三届PDA年会期间，由Dudley先生提名、理事会全体成员表决：同

意接纳海洋化工研究院为国际会员、笔者为国际理事（见图 5），成为中国第一个加入PDA组织的单位和个人。在担任PDA国际理事期间，笔者积极推动国内聚脲技术与国际接轨，多次参加PDA 年会，推荐国内企业加入PDA组织，参与国际学术、技术交流。2005 年 3 月，笔者出席了在美国密西西比州比洛克西（Biloxi）召开的第六届PDA年会，代表中国聚脲工业界发表了“喷涂聚脲弹性体技术在中国的发展和展望”的大会演讲（见图 6），向与会代表介绍了我国聚脲工业在研制、生产和应用方面的进展，引起了国外学者的浓厚兴趣，演讲中涉及在运动场地和水电工程的应用案例被国际聚脲门户网站：[www.polyurea.com](http://www.polyurea.com)刊登在首页（见图 7）。2008 年 8 月，国际聚脲门户网站再次将目光聚焦中国，把我国的聚脲技术应用于 2008 年第 29 届奥运会的显著业绩，刊登在其主页的显要位置（见图 8），向全世界的聚脲爱好者宣布：***The 2008 Beijing Olympic Games are Over, but Polyurea Coatings and Linings Will Live Long in China.***（虽然 2008 年北京奥运会已经结束了，但是，聚脲技术为奥运添彩的丰碑将永载中华民族史册！）

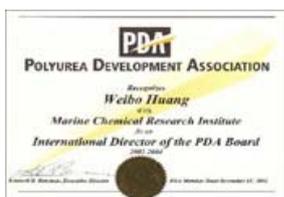


图 5



图 6



图 7



图 8

在与国外聚脲组织的交流中，笔者学习了很多国外的先进经验和政策法规，对形成既与国际接轨、又具有中国特色的聚脲标准和规范，起到了很好的借鉴和参考作用。目前，笔者正在参与我国第一个聚脲国家标准“喷涂聚脲防水涂料”的起草和制订工作。该标准将在行业标准的基础上，进一步严格聚脲的定义和检测依据，为我国聚脲行业的健康、快速、和谐发展制订好规范和标准。

虽然目前国内还没有成立专门的聚脲行业组织，但在国内外几家大型聚脲生产厂家发起下，已经成功举办了多次聚脲技术会议和相关培训，主要有 2005 年 7 月 25 日，烟台万华聚氨酯股份有限公司在北京举办的“首届中国聚脲弹性体应用论坛”（图 9）；2008 年 9 月 5 日，巴斯夫（中国）有限公司等单位主办的“[2008（上海）喷涂聚脲技术及应用交流会](#)”（图 10）。这些会议的举办，极大地开阔了中国聚脲工业者的眼界，借助相关的讲学活动，培养起了一大批聚脲技术专业人员，推动我国喷涂聚脲技术的普及与发展。值得关注的是：2009 年 2 月 23~25 日，“[2009 中国国际喷涂聚脲技术及应用展览会（SPUA2009）](#)”将在北京举行，美国PDA、欧洲PDA等国际组织将应组委会和笔者的邀请，参加本次盛会；届时还将讨论成立中国PDA的相关事宜。



图 9. 2005 年 07 月首届中国聚脲弹性体应用论坛



图 10. 2008 年 9 月 2008（上海）喷涂聚脲技术及应用交流会

目前，已经有多家行业协会等组织在积极筹建二级聚脲分会，筹备聚脲高级培训班。这些行业组织和活动将为聚脲的发展提供更好的交流和培训平台。

### 3.3 原料助剂

据不完整的统计：2007 年我国聚脲的年消费量达到近 6000 吨，极大地带动了与聚脲有关的原料、设备、施工、设计、监理等配套环节的发展。在早期的开发过程中，由于国内聚脲的关键原材料奇缺，只能全部依赖进口。预聚体用量小，只有靠各厂家自己用简陋的条件合成；更没有现成的与聚脲工程应用配套的辅助材料，需要在大量的工程实践中摸索经验，可以这样讲：创业初期、举步维艰。经过海洋化工研究院近五年的奋力开拓，在国内基本上形成了聚脲原材料的供应渠道，加上[江苏昆山化学原料有限公司](#)开发成功二乙基甲苯二胺（DETDA）、[山东淄博方中化工有限公司](#)开发成功聚脲慢速扩链剂 2, 4-二氨基-3, 5 二甲硫基氯苯（TX-2），极大地丰富了聚脲的原材料选择余地，使价格迅速回落，进一步拓展了聚脲的应用领域。

### 3.4 设备工具

“工欲善其事、必先利其器”，随着聚脲概念的逐步推广和普及，人们对聚脲专用设备的需求量日益增加。



据不完整的统计：目前国内已经拥有各种进口的聚脲喷涂设备在 600 台左右。国内的设备制造厂家也积极响应聚脲技术对专用设备方面的迫切需求，陆续生产出具有本土特色的聚脲施工设备，共同促进了行业的技术进步，粗略估计其销售量在 100 台左右。这些公司有：[北京东盛富田聚脲公司](#)、北京京华派克聚合物机械设备有

限公司、烟台振兴聚氨酯设备公司等。

### 3.5 应用领域

我国是一个基建大国，伴随着中国经济的腾飞，各地的基础设施建设如火如荼，这给 SPUA 技术的应用带来了无限商机。在应用方面也从早期的篮球场、小型看台、电厂水池、管道内衬、皮卡车斗和影视道具等小规模场合，逐渐扩大到京津城际高速铁路路基（见图 11）、奥运会比赛场馆大型看台（见图 12）、国家大剧院室外景观水池（见图 13）、上海洋山深水港筑港钢桩（见图 14）、毛主席纪念堂屋面（见图 15）等大型基础设施领域。



图 11



图 12

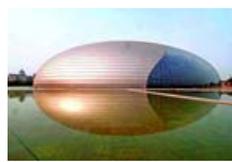


图 13



图 14



图 15

其中的京津城际高速铁路是 2008 年北京第 29 届奥运会配套工程，全长 115.4 公里的混凝土箱梁表面喷涂了 2mm 厚的聚脲材料，用料 2000 多吨，成为 2007 年全球最大、最具影响力的代表性工程；此外，为配合奥运会比赛场馆看台的防水和装饰，还在曲棍球、垒球、网球以及水上运动等场馆的混凝土结构上进行了施工；2001 年美国联合涂料公司会同国内某公司在上海洋山深水港一期筑港钢桩防腐工程上应用聚脲技术。

随着聚脲概念的普及，越来越多的人了解到了聚脲的快速固化、弹性、环保、耐介质的本质。应用的领域拓展到各行各业，例如：道具制作、管道防腐、建筑防水、皮卡耐磨、护舷防撞、航标包覆、地坪抗冲、水池防渗等。甚至应用到了许多笔者乃至国外学者都没有想到的场合，如：水利、发电、医疗、交通等，极大地拓宽了人们的视野，带动了聚脲技术向深度和广度进军。

## 四、问题与思考

虽然我国的聚脲事业取得了突飞猛进的发展，但是在实际应用中也暴露出不少问题，急待解决。具体表现在：

- 1、缺乏行业组织和规范；
- 2、缺乏行业自律；
- 3、缺乏高性能研究；
- 4、缺乏正规的培训。

常言道：磨刀不误砍柴功。当我们在分享中国聚脲高速发展的喜悦时，希望能够多一些理性思考和从长计议：尽快建立、健全有关的行业和国家标准，加大对高

性能聚脲材料的研究力度，加强聚脲专业施工技术的培训，建立聚脲施工资质的审查和把关程序，把维护聚脲的行业声誉和国家利益放在首位，多从长远利益考虑，杜绝急功近利、鱼目混珠的现象发生。

## 五、结束语

国内的 SPUA 技术已经开展了十余年的研究和开发，从早期的小规模应用，到今天的国家大剧院景观水池防水、京津城际高速铁路路基防护、绍兴污水处理工程防渗漏、上海洋山深水港筑港钢桩防腐等大型建设工程的应用，都表明：SPUA 技术正在以其优异的性能、高效的施工、绿色的环保、节能和减排特征吸引人们的注意，并将成为今后混凝土耐久性研究与应用的热点技术，值得大力推广和普及。当然，我们也要清醒地看到目前还存在不少问题，个别问题还是非常严重的，必须引起大家的足够的重视并尽快解决，共同促进聚脲事业在我国的健康、快速、和谐发展。

虽然到 2007 年我国聚脲的年消费量只有 6000 吨，仅占当年全国涂料总产量的千分之一，但是 SPUA 技术在近十年所产生的影响和发挥的作用是惊人的，发展的势头是巨大的。我们有理由相信：十年前点燃的聚脲星星之火，可以并已经形成了燎原之势。

---

“星星之火，可以燎原——纪念中国聚脲技术诞生十周年”全文请参考 [《上海涂料》](#) 2008 年第七、八期，文中部分新增内容系作者最新提供。

感谢 [黄微波](#) 教授和 [《上海涂料》](#) 提供资料。