

# 喷涂聚脲弹性体技术的施工设计和工艺

黄微波 陈酒姜 徐德喜 王宝柱 杨宇润 刘东晖 刘培礼  
(海洋化工研究院 青岛 266071)

Dudley J. Primeaux  
(EnviroChem Technologies, Texas 76115-0499)

## 摘 要

“喷涂聚脲弹性体技术”是继高固体份涂料、水性涂料、光固化涂料、粉末涂料技术之后，在环保型涂料及涂装技术领域取得的又一重大技术突破。我院自 1995 起率先在国内开展该技术的研究和开发，目前已进入工程应用阶段。本文结合应用工程实践经验并参考国外最新资料，对该技术的施工设计及施工工艺进行了详细介绍。

关键词：喷涂 聚脲 弹性体 应用 设计 工艺

## 前言

我院于 1995 年在国内率先开始喷涂聚脲弹性体(Spray Polyurea Elastomer 以下简称 SPUA) 技术的研究工作，经过大量的实验工作，目前已研究开发成功了 SPUA-102 防水耐磨材料、SPUA-202 防滑铺地材料、SPUA-301 阻燃装饰材料、SPUA-403 道具保护材料、SPUA-501 耐磨衬里材料、SPUA-601 柔性防撞材料，并已实施工程实际应用，受到用户高度评价。同时我院还开发出了与 SPUA 配套的材料和产品，如底漆、面漆、密封胶、堵缝料、层间粘合剂、修补料、枪清洗剂、主机清洗剂等，并已经过了实际应用的考验。目前，我院已具备了为用户提供技术咨询、设备调试、配方设计、材料生产和施工指导的全方位服务能力。

SPUA 技术已渐渐为国人所了解，但从国内所发表的有关该技术的文章来看，基本上偏重于综述和研究方面，关于具体施工方面的文章很少。俗话说“三分材料，七分施工”，好的材料还要有好的施工，如果施工处理不当，会大大影响材料性能的发挥，甚至可能使工程失败，造成无法挽回的损失。因此，SPUA 材料的施工设计和工艺是极为重要的。由于该技术采用了新型的施工工艺，与传统的防水材料、铺地材料、耐磨材料、防腐材料的施工截然不同。

为适应 SPUA 材料的工程应用，推动该技术在我国的推广和普及，同时为方便用户详细了解该技术的施工，本文结合我院应用 SPUA 材料的工程实践经验并参考国外的相关资料，对 SPUA 材料的施工设计和工艺进行了详细的介绍。

## 一、 施工设计

对于像雕塑、道具、标本等小型构件的施工设计及工艺，与大型构件（如混凝土、钢结构等）相比，较为简单一些，因此在这里不作详细讨论。本文以大面积大型构件为例，介绍了 SPUA 技术施工设计及工艺的基本原则。

施工前应仔细考察施工现场，提供一份详细的施工图纸，其中应包括： SPUA 材料的选择及厚度； 节点的具体处理方案； 非节点的处理方案。

### 1. SPUA 材料的选择及厚度

SPUA 材料的选择及厚度根据不同的用途而确定。表 1 以几个典型应用为例，列

出所选材料的型号及参考厚度。

表 1. 典型应用的 SPUA 型号选择和参考厚度

应用场合	所选材料的型号	厚度 (mm)
储罐、防腐衬里	SPUA-102	1.5~2
停车场、屋面防水	SPUA-102	2~3
运动场地	SPUA-202	2~4
工厂车间地面、墙面	SPUA-301	2~3
雕塑、EPS 道具、标本	SPUA-403	1~1.5
耐磨衬里	SPUA-501	2~5
水上娱乐用浮萍、滑道	SPUA-601	2~4

## 2. 节点的处理方案

本文所说的节点包括以下几个方面：

沟——如防水处理中的斜沟、天沟、反梁檐沟，防腐处理中的流道、溜槽等。

孔——如防水处理中的落水孔、过水孔，防腐处理中的出料孔等。

根——如烟囱、预埋管道贯穿件等突出物的根部。

边——SPUA 涂层的收头部位。

角——平面与墙体转角处的阴角和阳角。

缝——防水处理中的变形缝，金属底材的接缝。

座——设备基座、拉线座。

以上部位是容易引起结构变形、温差变形、干缩变形的薄弱部位，必须要综合治理。我们充分利用 SPUA 材料的柔韧性来适应变形，用局部增强或补强（如使用密封胶和增强层）与整体施工相结合的方法，来提高其抵御开裂的能力，以下分别加以介绍。

### 1. 1 沟槽的处理

沟槽是应力比较集中的地方，如果施工时处理不好，由于应力的作用会使涂层与底材脱离。因此，沟槽的施工，要先在拐角处施工密封胶，然后做好增强层，最后施工 SPUA 材料。具体施工见图 1。另外，在施工沟槽时，要注意涂层厚度要均匀，以免厚度不匀，造成坡度过小，从而使液体流动不畅，造成积液现象。

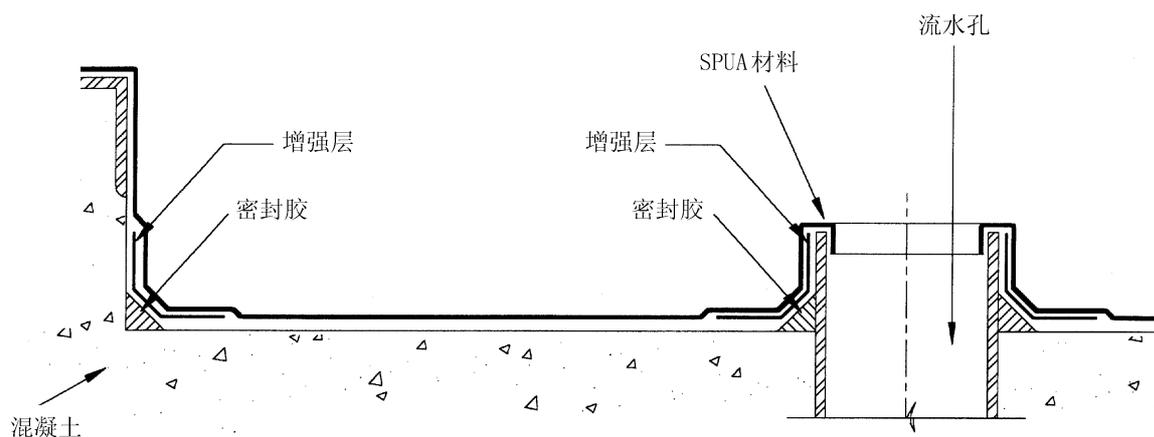


图 1 沟的处理

### 1. 2 孔的处理

孔的处理方案按直径大小的不同有两种：当直径大于 20cm 时，为防止其周围的涂层因受力而造成脱落，应先在孔内刷涂底漆，其位置是从孔的顶部向下深入孔中 10 ~ 15cm，然后调节喷枪角度，将 SPUA 涂料喷涂在底漆上（见图 1 右侧）；当直径小于 20cm

时,在这种情况下,如果再按照 的方法施工,可能会使 SPUA 涂料进入孔内而造成堵塞,因此在施工前应用硬质材料将孔遮盖起来,以防涂料误入(见图 2)。施工后如 SPUA 材料与遮盖物粘连,应用美工刀将 SPUA 材料割断,切不可用力撕扯,以防将涂层破坏。我院在上海沪东造船厂应用 SPUA 涂料施工某船时,即采用了上述方法处理盥洗室和浴室地面的流水孔,效果很好。

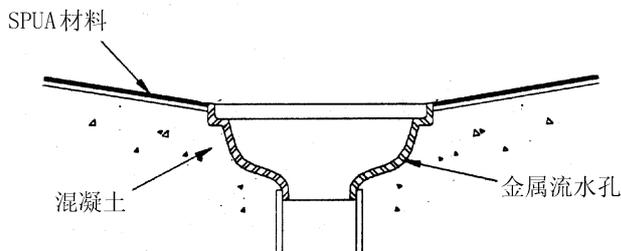


图 2 直径小于 20 cm 的孔的处理

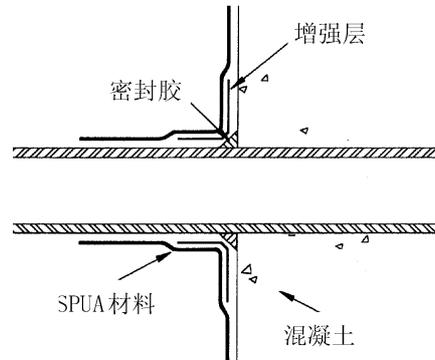


图 3 根的处理

### 1.3 根的处理

根也是应力比较集中的地方,因此应采用局部增强的方法进行处理。根的结构分为贯穿件与非贯穿件两种,其处理方案是相同的,下面以贯穿件为例(见图 3),来介绍其施工方案:首先在贯穿件与地面连接处施工密封胶,然后在密封胶上施工增强层,最后施工 SPUA 涂层。例如我们在施工青岛海豚馆海豚表演池时(池内有进、排水管道),根据上述方法,在管道根部施工一道密封胶后,用我院开发的增强层专用涂料将一层玻璃纤维布粘贴在根部,然后喷涂 SPUA 材料。目前,已经过一年的户外使用,处理过的部位无起泡、脱落、开裂现象出现。

### 1.4 边的处理

如果喷涂 SPUA 是用来作储罐的衬里,其收头部位要高于液面最上端 10~15cm。

混凝土和金属底材的收头方式是不同的,下面分别加以说明。

#### 1.4.1 混凝土底材收头的处理

混凝土底材的收头分为在平面收头和在墙面收头两种方式。

在平面上收头如图 4 所示,方法是在底材的边缘开一道 V 型槽,尺寸为宽、深各 6mm,然后施工 SPUA 涂层。在车辆经常往来的地方,如停车场、货场,为防止收头部位的涂层因频繁受力而从 V 型槽中脱离出来,可将收头部位的涂层用角磨机修平,以减少其与车轮或者货物产生应力集中的几率,如图 5 所示。

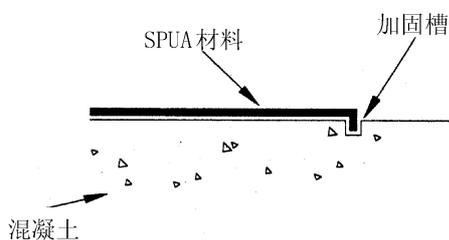


图 4 混凝土底材平面收头处理

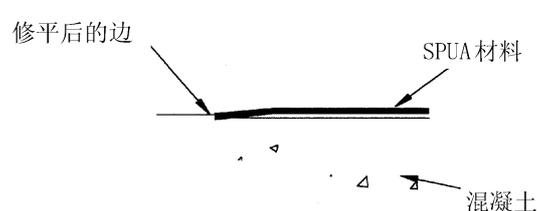


图 5 混凝土底材平面收头防撞处理

在立面上收头如图 6 和图 7 所示。图 6 是在混凝土墙体内侧收头,图 7 为在混凝土墙体外侧收头,处理方法与在平面上收头基本相同。对液体储罐来说,为防止液体进入底材与收头的连接处,造成底材与涂层脱落,在墙体内侧收头需要加一道密封胶,对于普通应用,在墙内侧收头不需要加密封胶。

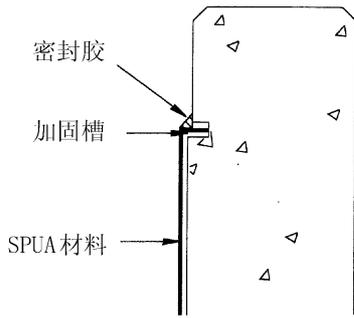


图 6 混凝土底材墙面内侧收头处理

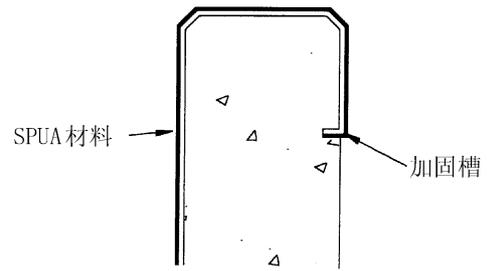


图 7 混凝土底材墙面外侧收头处理

#### 1.4.2 金属底材的收头处理

金属的立面收头方式如图 8 和图 9 所示。图 8 为普通应用的收头方式，只要把收头部位自然过渡到涂层表面就可以了。图 9 是针对金属储罐的收头方式，方法是将末端收头用金属压条固定在墙上，固定部位及涂层末端用密封材料嵌缝封严，以防止储罐内的液体进入收头部位使涂层和底材脱离。平面的收头方式与混凝土的收头方式基本相同，区别在于金属底材开槽深度为 0.1mm。

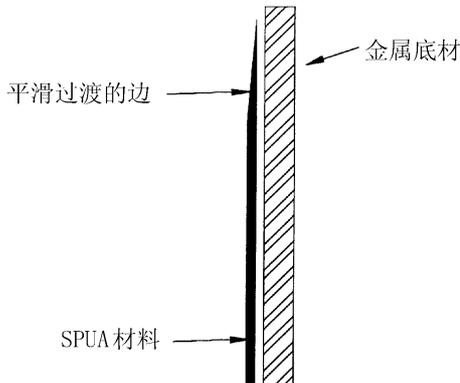


图 8 金属底材的普通收头处理

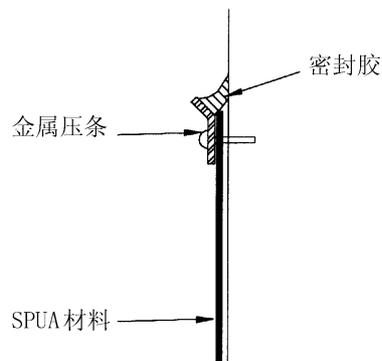


图 9 储罐内金属底材的收头处理

#### 1.5 拐角的处理

拐角一般为墙面与地面的连接处 根据施工要求可分为两种处理方式，一种为 SPUA 涂层还要延伸到墙面上，如我们在建筑屋面防水施工时，在女儿墙与屋面连接处的拐角先施工一道密封胶，然后施工增强层，最后施工 SPUA 材料，如图 10 所示；另一种为 SPUA 涂层只施工地面，如图 11 所示。

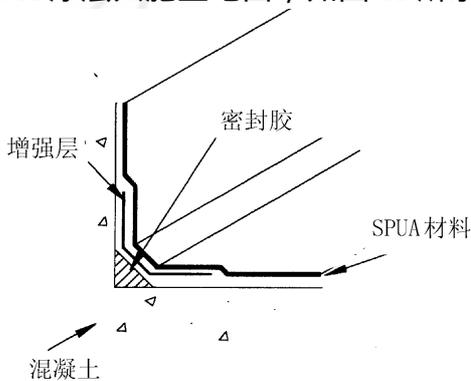


图 10 拐角的第一种处理方式

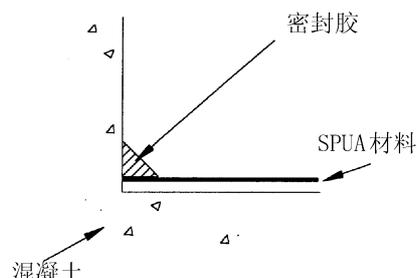


图 11 拐角的第二种处理方式

## 1.6 缝的处理

### 1.6.1 变形缝

建筑物的变形缝，是为了防止建筑物因温差变形、不同沉降度和地震而造成变形和破坏而采取的缓冲方法。

变形缝可分为两种，一种是地面间的变形缝如图 12 所示，另外一种为地面与墙面之间的变形缝，如图 13 所示。施工方法是先在变形缝内充添玻纤板，然后施工 SPUA 涂层，SPUA 涂层要深入变形缝内大约 25mm。待涂层固化后，将背衬材料塞入变形缝。在用柔性密封胶密封变形缝之前，打磨 SPUA 涂层表面，涂上一层附着力促进剂，然后施工密封胶，注意不要让密封胶把周围涂层弄脏。为防止密封材料的色泽污染接缝两侧 SPUA 层，影响美观性。可采用宽度为 40~50 mm 的压敏胶带临时粘贴在接缝两侧平面，以起到防污作用。如我们在建筑屋面防水施工中，为固定背衬，在变形缝内充添玻纤板（玻纤板的上部距屋面约 25 mm）后，将屋面至玻纤板（如图 12、13 所示）这一部分底材处理后，刷涂一道底漆，喷涂 SPUA 材料后，将聚乙烯棒材背衬塞入变形缝（背衬的宽度要比施工 SPUA 材料后的变形缝宽出 1-2 mm，以防密封胶泄露），最后施工密封胶。

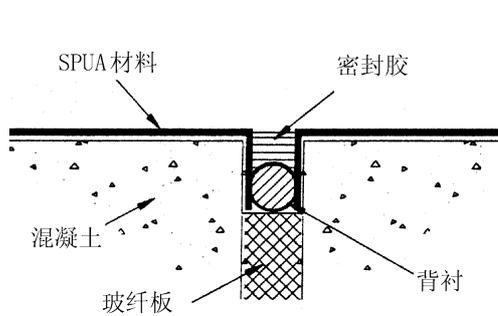


图 12 变形缝的第一种处理方式

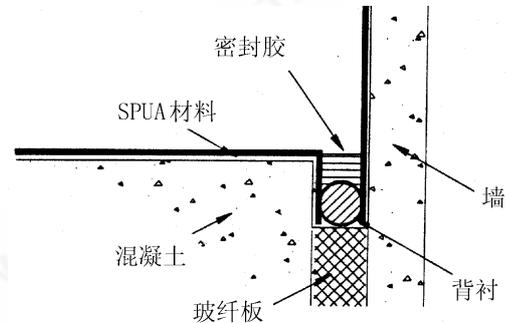


图 13 变形缝的第二种处理方式

### 1.6.2 金属底材连接缝

金属底材连接缝的处理如图 14 所示。首先把定位螺栓和拐角处用密封胶平滑过渡到底材上，施工底漆后，施工增强层，最后施工 SPUA 涂层。

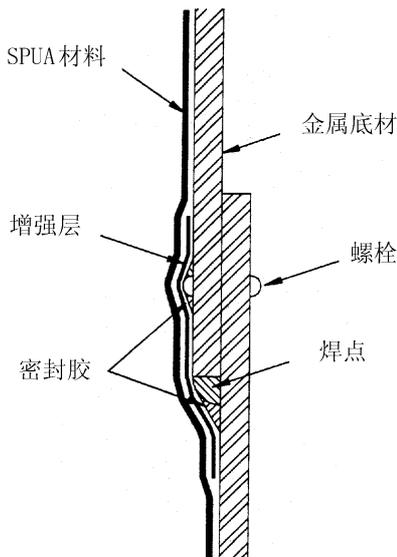


图 14 金属底材连接缝的处理方式

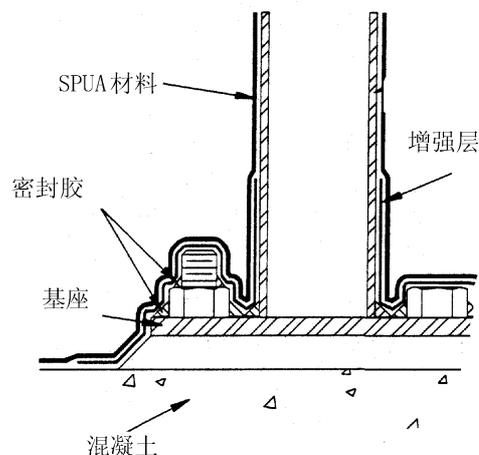


图 15 座的处理方式

### 1.7 座的处理

包括设备基座等，这些部位有定位螺栓等固定装置，其处理方法如图 15 所示。首先把螺栓及座的根部用密封剂涂成图示形状，然后施工增强层，最后施工 SPUA 涂层。

## 2. 非节点的处理

非节点的处理包括底材完好和底材有裂缝两种。如底材完好，施工底漆和密封剂后可直接施工 SPUA 涂层。如底材有裂缝，其施工方法如图 16 和图 17 所示，图 16 的处理方法是针对裂缝宽度小于 3mm 而言的，如裂缝宽度大于 3mm，应按图 17 所示施工，首先把裂缝口径凿宽，清扫干净，缝内尘土应吹净，嵌入堵缝料，施工增强层后，再施工 SPUA 涂层。我院在施工青岛海洋游乐城高空水滑道时即采用了此种方法，效果很好。

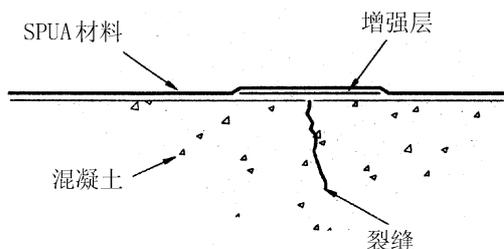


图 16 底材裂缝处理方式一

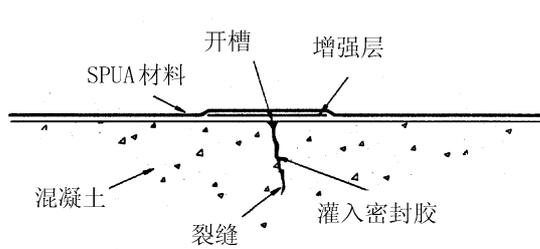


图 17 底材裂缝处理方式二

## 二. 施工工艺

### 1. 施工条件的确定

施工应在各种设备、柱子、管路、贯穿件的安装以及油漆施工之前进行。

保证环境和现场的条件适合于施工和材料的固化，底材表面的温度应高于露点温度 5 以上。

### 2. 施工所需材料

所选用的喷涂 SPUA 材料；密封胶；底漆；面漆（非必选项）；堵缝料；层间粘合剂；防滑粒子（石英砂、橡胶粒子等）；背衬材料（聚乙烯泡沫棒材等）；增强层所需卷材（如玻璃纤维布、化纤无纺布、聚酯无纺布等）；涂料；防污胶带。

### 3. 施工工具

除 GUSMER 公司生产的 H-3500、H-20/35 主机及 GX-7 喷枪外，其余均为常用工具。

## 4. 施工

### 4.1 底材处理

#### 4.1.1 混凝土底材

新水泥底材应完全水化，干燥 28 天后，待水分充分挥发后才能进行施工，否则，其内部所积蓄的水分在受热后会挥发，导致涂层起泡。

用喷砂处理混凝土底材表面，使混凝土底材表面无油污、灰尘及碎裂的水泥块等杂质。

混凝土底材表面应保持干燥和完整。

收头部位按图纸要求进行处理。

#### 4.1.2 金属底材处理

打磨金属底材至 Sa2.5 级，然后按图纸要求对收头部位进行处理。

### 4.2 底漆、堵孔料、密封胶的施工

施工配套底漆。不要让底漆弄脏或者堵死收头部位的槽式结构。金属底材一般不需要底漆，如果喷涂 SPUA 材料用来做衬里，则金属底材需要涂刷底漆。

用堵缝料填充底材上的孔洞，要堵实，否则，SPUA 固化过程中所释放的热量会使孔洞中的空气膨胀，造成涂层鼓泡。

密封胶的施工。按施工图纸的要求施工密封胶：在施工根、孔、座、角等部位时，密封胶的剖面应是一个直角边为 5 mm 的直角三角形；施工其它部位时，按图纸要求过渡下来就可以了。

#### 4.3 增强层的施工

按图纸要求进行增强层的施工。增强层的具体施工是这样的：在前面所需工序施工后，在需要施工增强层的底材表面，用我院所开发的增强层专用涂料粘贴一条增强卷材，边缘要向外扩展 50—60mm，厚度大约为 1 mm。

#### 4.4 SPUA 材料的施工

尽量在增强层施工 12 小时内施工 SPUA 材料，如超过 12 小时，应打磨增强层，刷涂或喷涂一道层间粘合剂，20 分钟后再施工 SPUA 涂层。施工 SPUA 涂层时，下一道要覆盖上一道的 50%，俗称“压枪”，只有这样才能保证涂层均匀。

对于防滑要求较高的地方，可以在未干的涂层上人为造粒或手工铺撒防滑粒子（如橡胶粒、金刚砂等）。

人为造粒的具体操作是这样的：利用 SPUA 技术快速固化的原理，通过施工者对喷射角度和流量的控制，在最后一道涂层还没有完全固化前，在距离施工部位一定距离的地方，打开喷枪，让已混合雾化的喷涂料自由地降落在施工部位上，从而形成一定大小的颗粒，得到具有粗糙的防滑颗粒表面，起到防滑和消光（主要用于影视、娱乐业及室内灯光球场等场合）作用。人为造粒时应注意风向和风力，施工者应处于上风口，风力以 3 级以下为宜，以减小雾化粒子向施工人员和设备的飘落。

手工铺撒防滑粒子是这样进行的：在最后一道涂层还没有完全固化之前，手工将防滑粒子均匀地抛洒在施工部位上，待涂层固化后，清扫撒防滑粒子的部位，将未粘上的防滑粒子清扫干净。

#### 4.5 面漆施工

芳香族 SPUA 材料经紫外线照射后会出现泛黄现象，这对有浅色要求的场合是不利的，因此，建议涂刷相应的耐黄变面漆。涂刷面漆应在 SPUA 涂层施工 12 小时内进行。如果超过 12 小时，应打磨 SPUA 涂层，刷涂或喷涂一道层间粘合剂，然后再施工面漆。

#### 4.6 修补

SPUA 材料本身的力学性能十分优良，正常使用时，一般不会损坏。一旦出现意外损坏（如重物砸落、撞击等），可用我院所开发的 SPUA-202S 修补料进行局部修补。具体步骤如下：

打磨待修补的表面，打磨的边缘要比待修补的表面向外扩展 150mm。

施工层间粘合剂。

在已打磨的部位施工修补料。要注意使修补料的涂层平滑过渡到周围涂层。

对于特殊应用，施工与之相匹配的面漆。

### 三．结束语

本文对 SPUA 材料的施工设计和施工工艺作了说明，在实际施工过程中，如果遇到不为本文所涉及的其它情况，施工者应根据实际情况，按照本文原则具体处理；或及时与我们联系，寻求技术支持。切忌主观臆断，给工程造成不必要的损失。

SPUA 技术自 1999 年在我国投入商业应用以来，已引起了国内材料界、工程界的极大关注，呈现出了蓬勃发展的势头，市场前景非常广阔。我们根据目前积累的施工经验，结合国外相关资料写成此文，希望本文能对 SPUA 材料在我国的工程应用起到一定的指导和借鉴作用。

#### 四．主要参考文献

- [1] D. J. Primeaux, A Study of Polyurea Spray System. High Solids Coatings, 1994,15(2).
- [2] D. J. Primeaux, Polyurea Spray Technology in Commercial Applications. 60 Years of Polyurethanes: International Symposium and Exhibition, 1997.
- [3] D. J. Primeaux 在海洋化工研究院讲学笔记, 青岛, 1998, 6。
- [4] 黄微波, 杨宇润, 王宝柱等. 喷涂聚脲弹性体技术及应用. 第三届聚氨酯涂料暨第四届汽车涂料和涂装技术交流会论文集, 昆明, 1999, 9。
- [5] 黄微波, 杨宇润, 王宝柱等. 喷涂聚脲弹性体技术, 聚氨酯工业, 1999, 14(4)。
- [6] 黄微波, 杨宇润, 王宝柱等. 喷涂聚脲弹性体技术在我国的发展, 涂料工业, 2000, 11。
- [7] 杨宇润, 黄微波, 陈酒姜等, SPUA-102 喷涂聚脲弹性体耐磨材料的研制, 聚氨酯工业, 1999, 14(4)。
- [8] 王宝柱, 黄微波, 徐德喜等, SPUA-202 喷涂聚脲弹性体防滑铺地材料的研制, 聚氨酯工业, 2000, 15(3)。
- [9] 陈酒姜, 黄微波, 杨宇润等, SPUA-301 喷涂聚脲弹性体阻燃材料的研制, 聚氨酯工业, 2000, 15(2)。
- [10] 徐德喜, 黄微波, 陈酒姜, 喷涂聚脲弹性体设备, 聚氨酯工业, 2000, 15(2)。
- [11] 王宝柱, 黄微波, 杨宇润等, 喷涂聚脲弹性体技术的应用, 中国聚氨酯工业协会第十次年会论文集, 上海, 2000, 9。
- [12] 黄微波, 王宝柱, 徐德喜等, 新型环保涂装技术——喷涂聚脲弹性体, 环保型涂料及涂装技术研讨会论文集, 厦门, 2000, 9。
- [13] 黄微波, 王宝柱, 徐德喜等, 喷涂聚脲弹性体, 弹性体, 2000, 10(3)。
- [14] 吕平, 黄微波, 喷涂聚脲弹性体在建筑中的应用, 施工技术, 2000, 29(4)。
- [15] 黄微波, 王宝柱, 徐德喜等, 喷涂聚脲弹性体技术及其在材料保护领域的应用, 全面腐蚀控制, 2000, 14(5)。
- [16] 徐德喜, 王宝柱, 黄微波等, SPUA-403 喷涂聚脲材料的研制及其泡沫材料保护中的应用, 弹性体, 2000, 10(4)。

## The Application Design and Instruction of Spray Polyurea Elastomer Technology

Weibo Huang, Jiujiang Chen, Dexi Xu,  
Baozhu Wang, Yurun Yang, Donghui Liu and Peili Liu  
(Marine Chemical Research Institute, Qingdao, 266071, China)

Dudley J. Primeaux  
(EnviroChem Technologies, Texas 76115-0499)

### ABSTRACT

Beside high building, water-boned, UV-radiation curing and powder coating technology, Spray Polyurea Elastomer Technology is a novel technical innovation in the area of low pollution application methods. Under the MCRI's pioneer work since 1995, this high-tech has been become into commercial application since 1999 in China.

Unlike common application methods as mentioned above, Spray Polyurea Elastomer Technology has a unique one. In order to promote its popular application and guide the applicators, we present this paper by refining our experience and foreign information.

**Keywords: spray, polyurea, elastomer, application, design, technology**

### 作者简介：

黄微波，男，1963年8月生，四川重庆人，高级工程师，1986年毕业于成都科技大学（今四川大学）高分子材料系，长期从事阻尼、吸声材料研究；1995年至今主持“喷涂聚氨酯（脲）弹性体”研究、开发课题，1996年赴美国考察并引进 GUSMER 公司设备，1997年负责设备调试和产品开发，1998年在国内率先研发成功“喷涂聚脲弹性体技术”，1999年将该高、新技术推向了商业应用。

先后荣获国家发明奖、科技进步奖、中国专利优秀奖各一项，部级奖四项，发明专利权二项；1994年被原化工部授予“全国化工科技先进工作者”，1999年被山东省授予“优秀青年知识分子”，同年被青岛市授予“青岛市十佳科技青年”。

在国内外发表论文 50 余篇，现任海洋化工研究院副总工程师。

### 联系方式：

电话：0532—5845302，传真：0532—5814740，

电子信箱：[hweibo@public.qd.sd.cn](mailto:hweibo@public.qd.sd.cn)

通讯地址：青岛市金湖路 4 号

邮政编码：266071