

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。

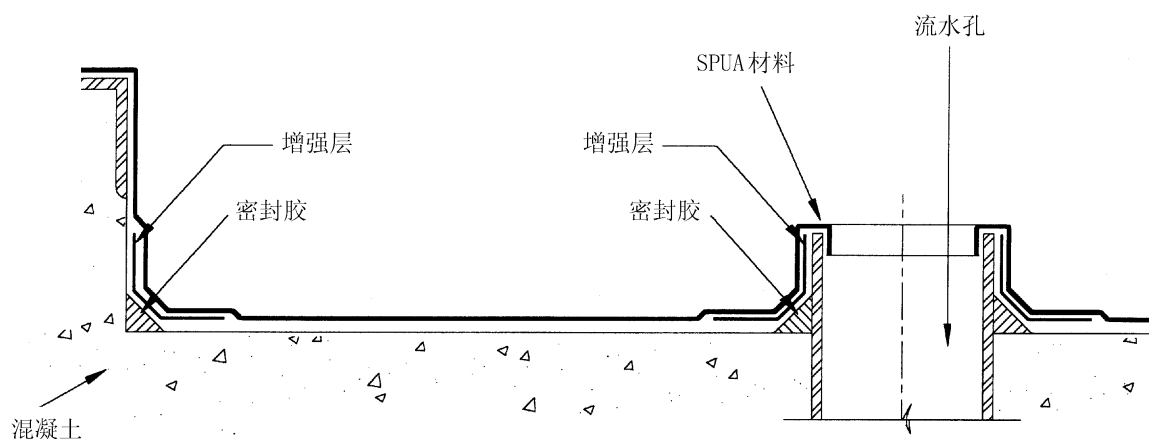


图 1 沟的处理

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。

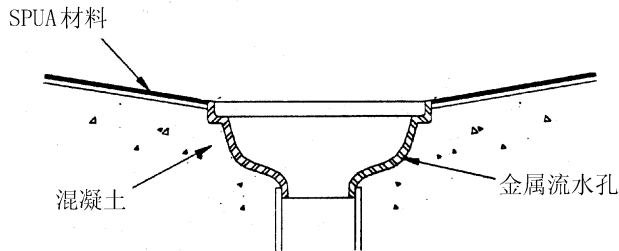


图 2 直径小于 20 cm 的孔的处理

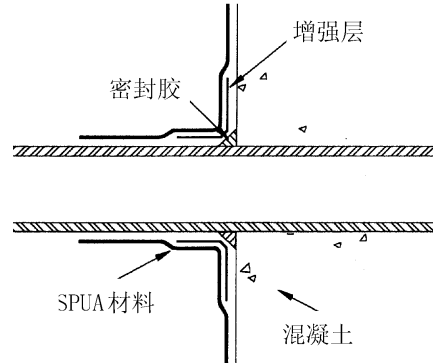


图 3 根的处理

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。

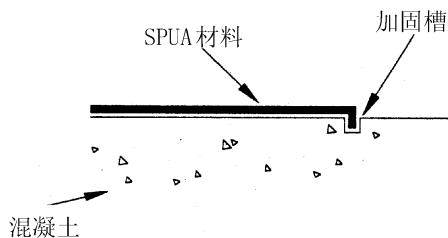


图 4 混凝土底材平面收头处理

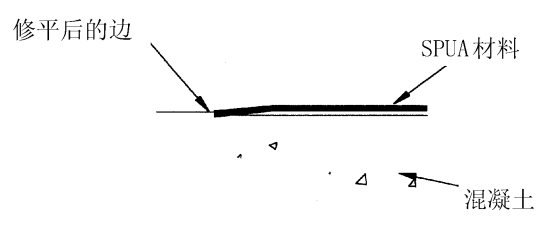


图 5 混凝土底材平面收头防撞处理

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。

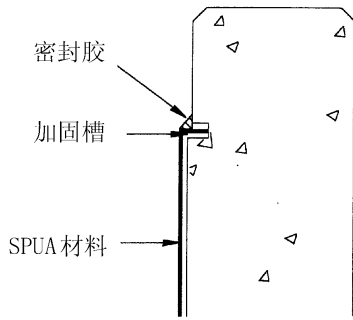


图 6 混凝土底材墙面内侧收头处理

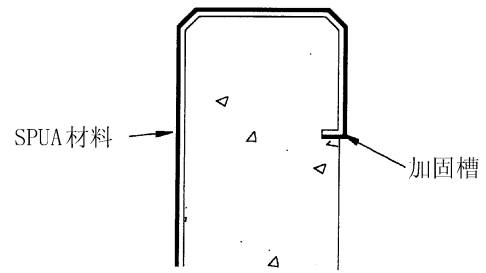


图 7 混凝土底材墙面外侧收头处理

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。

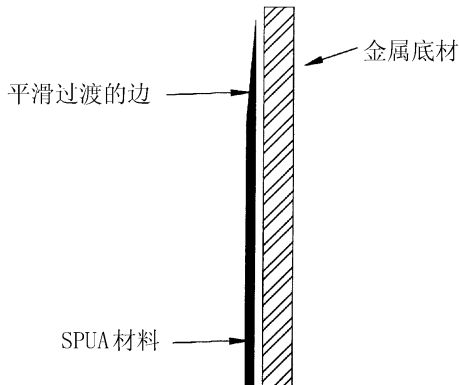


图 8 金属底材的普通收头处理

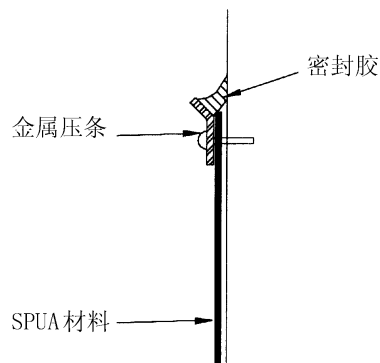


图 9 储罐内金属底材的收头处理

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。

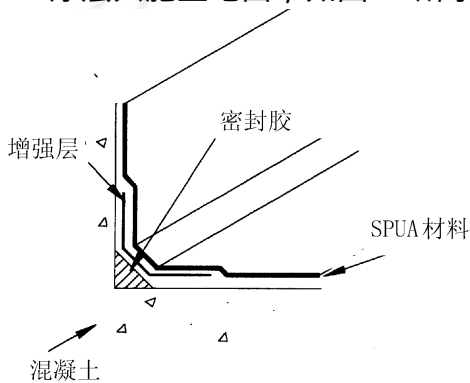


图 10 拐角的第一种处理方式

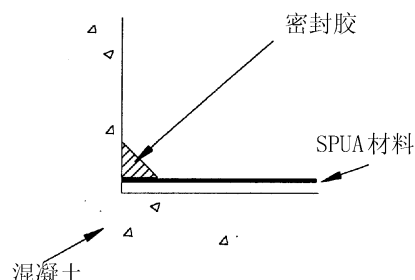


图 11 拐角的第二种处理方式

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。

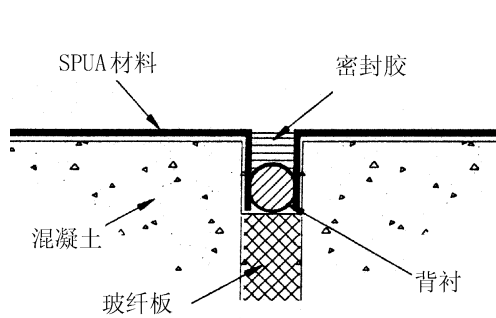


图 12 变形缝的第一种处理方式

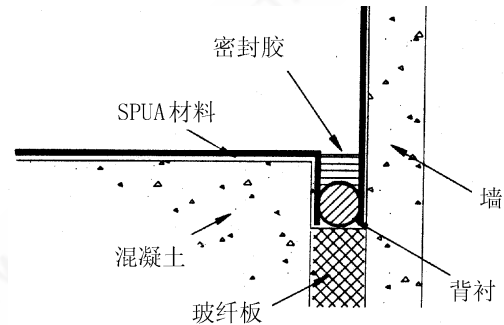


图 13 变形缝的第二种处理方式

1.6.2 金属底材接缝

金属底材接缝的处理如图 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。

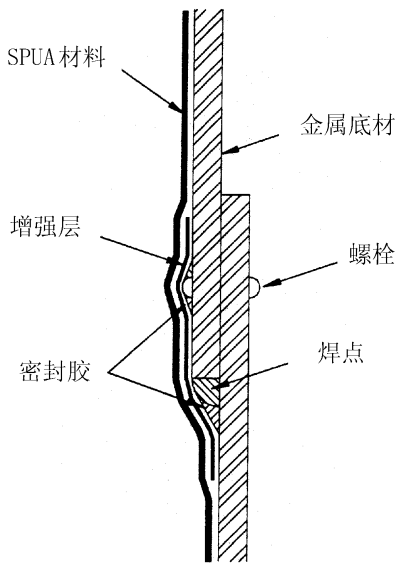


图 14 金属底材接缝的处理方式

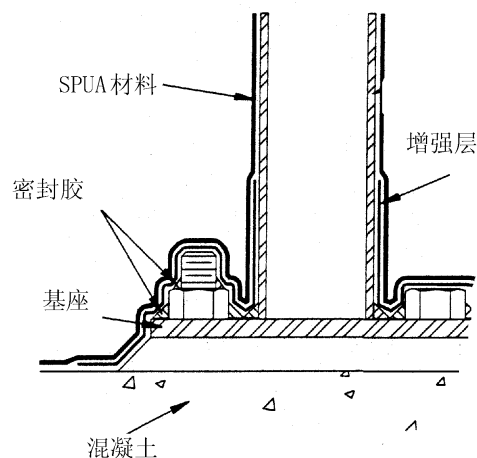


图 15 座的处理方式

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。

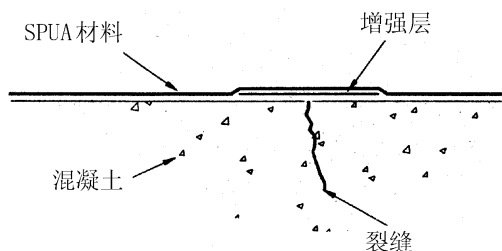


图 16 底材裂缝处理方式一

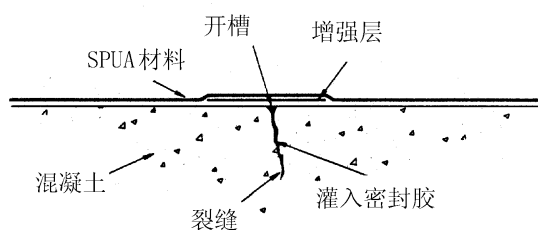


图 17 底材裂缝处理方式二

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-tec 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

通讯地址：青岛市金湖路 4 号

邮政编码：266071