

喷涂聚氨酯(脲)技术在水工耐磨防腐中的应用

刘益军,王家顺,黄国泓

(南京水利科学研究院南京瑞迪高新技术公司,江苏 南京 210024)

摘要:首先介绍喷涂聚脲和喷涂聚氨酯-脲技术的性能特点以及涂层的物理性能,指出该技术具有无溶剂、可厚涂、快速固化、施工周期短、韧性好、耐磨防腐性能优异等特点;其次介绍该喷涂技术所需设备和工艺特点;最后简单介绍喷涂聚氨酯(脲)涂料在水利工程中用作抗冲磨防护涂层、防腐阻锈涂层以及在国内外几个工程中的应用情况。

关键词:喷涂聚脲;聚氨酯-脲;水工结构;防腐阻锈材料;抗冲磨材料

中图分类号:TV49;TG74.46 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-7647(2006)03-0053-03

Application of spray polyurethane (urea) technology to hydraulic abrasion-resistant and anticorrosive engineering//
LIU Yi-jun, WANG Jia-shun, HUANG Guo-hong(*Nanjing Ruidi Hi-tech Company, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China*)

Abstract: An introduction was given to the performance and physical properties of materials, spray equipment, and technical characteristics of the spray polyurea and spray polyurethane-urea technology. It is pointed out that the technology is characterized by solvent-free, thick-coatings, fast-solidification, short spray cycle, high toughness, excellent performance in abrasion-resistance and anti-corrosion. With polyurea and polyurethane-urea coatings used as impingement- and abrasion-resistant protective coatings and anticorrosive and rust-resistant coatings, the applications of the technology to some hydro projects at home and abroad were presented.

Key words: spray polyurea; polyurethane-urea; hydraulic structure; anticorrosive and rust-resistant material; impingement- and abrasion-resistant material

高分子材料在水利工程中的应用越来越得到人们的重视,主要用于土工布、聚合物混凝土、结构胶、弹性密封胶、化学灌浆材料、防腐涂料、耐磨涂料等等。其中防腐和耐磨涂料常用于混凝土、钢结构部件的防护,以改善其防腐、抗磨蚀性能,延长使用寿命。常用的涂料大多含有对环境、水资源危害极大的有机挥发物,而普通的环氧树脂防腐涂料则刚性有余而弹性不足,不能适应某些耐冲击防护要求。

聚氨酯和聚脲是耐磨性优异的有机高分子材料,聚氨酯(脲)涂料广泛用作木器、混凝土、金属、塑料等材料的保护涂料,近年来喷涂聚氨酯-脲及喷涂聚脲弹性体技术以其无溶剂、可厚涂、快速固化、施工周期短、综合力学性能优异等特点,在水利、建筑、化工防腐、船舶交通等许多行业中得到了应用^[1-2]。本文对这类新材料、新技术进行简要介绍。

1 喷涂聚氨酯(脲)涂料的性能特点

聚氨酯是由多异氰酸酯与多羟基低聚物等原料形成的聚合物,聚脲一般是由多异氰酸酯与端氨基

聚醚及二胺扩链剂得到的聚合物,聚氨酯-脲可看作是含聚氨酯和聚脲结构的共聚物。聚脲和聚氨酯材料本身具有优异的物理性能,最突出的是聚脲及聚氨酯弹性体(涂层)的耐磨性优异;耐高低温性能优良,低温不脆化,耐冲击;耐弯折,耐疲劳;根据应用场合和性能要求,可通过配方及原料配比的调整,获得不同硬度、弹性及固化速度的材料。

喷涂聚氨酯(脲)弹性体技术是将反应注射模塑(RIM)双组分高压高速撞击混合技术与喷涂技术相结合而形成的一种新技术,无论是施工期间,还是材料投入使用后,涂层均不产生有害物质和刺激性气味,属环境友好型材料,可用于饮用水工程。它使得聚氨酯(脲)快速固化的优点拓展到更广的应用领域。喷涂聚氨酯(脲)弹性体技术的发展,和 RIM 一样,经历了由纯聚氨酯弹性体到聚氨酯-脲弹性体再到纯聚脲弹性体的过程^[3]。其中,喷涂聚氨酯弹性体虽然固化速度比普通涂料快,且无溶剂,成本也比纯聚脲体系低,但因固化速度比普通聚脲慢,在潮湿

环境和基材场合易起泡、产生微孔,严重的会造成脱皮,不适应于高封闭涂层的要求,所以在喷涂聚氨酯(脲)弹性体技术中喷涂聚氨酯-脲和喷涂聚脲是较实用的防腐耐磨涂料。

喷涂聚氨酯(脲)技术具有以下特点:

a. 双组分原料几乎 100% 固含量,不含有机溶剂和高挥发性物质,符合环保要求。

b. 涂层无接缝,美观实用。可厚涂,一次施工即可达到厚度要求,克服了多层施工的诸多不便。

c. 固化快,一般在数秒至数十秒之内凝胶。喷涂聚脲体系的固化比聚氨酯-脲快。可对任意复杂材料表面进行现场连续喷涂而不产生流挂现象,一般数分钟后可在喷涂聚脲涂层表面行走,1 h 后强度可达到通常的使用要求。而常规的溶剂型聚氨酯、环氧树脂和丙烯酸树脂涂料一次施工厚度通常小于 $50\mu\text{m}$,需要 12 ~ 24 h 的干燥时间才能投入使用或进行下一道工序。

d. 聚脲反应体系对环境湿度和温度不敏感,在施工时受环境湿度影响小,适应性强。只是在低温环境达到最高强度所需的时间稍长。

e. 附着力高。在经适当处理的钢、铝、混凝土等各类常见底材上具有优良的附着力。

f. 耐候性好,耐冷热冲击和雨雪风霜。芳香族聚脲体系在户外长期使用即使出现泛黄和褪色,也不易粉化、开裂和脱落。涂层可在 $-50\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下长期使用,可承受 $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ 热冲击。

喷涂聚氨酯-脲和喷涂聚脲的常规物理性能范围如下:凝胶时间 2 ~ 60 s,拉伸强度 6 ~ 27 MPa,断裂伸长率 30% ~ 500%,撕裂强度 30 ~ 90 N/mm,邵氏硬度 30 A ~ 65 D,对钢的附着力 6 ~ 12 MPa,低温柔性为 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 弯折无裂纹,不透水性为 0.3 MPa 不透水,阿克隆磨耗 30 ~ 200 mg。

喷涂聚氨酯-脲和喷涂聚脲具有良好的耐稀酸稀碱腐蚀性、耐油性和耐盐雾性能。

2 施工设备及工艺要点

2.1 喷涂设备

由于喷涂聚脲和喷涂聚氨酯-脲的快速固化特点,一般的涂料喷涂设备以及保温喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料体系的喷涂设备不能满足要求,需要使用专为喷涂聚氨酯(脲)而开发的设备。该技术设备主要依靠进口。目前,能够提供喷涂聚氨酯(脲)设备的厂家主要有美国 Graco-Gusmer 公司和 Glas-Craft 公司。

喷涂设备包括高压喷涂主机、喷枪和管道、附件等,不同的设备有各自的性能指标。例如 Graco-Gusmer 公司 HV20/35 喷涂主机的最大工作压力分

别为 13.8 MPa 和 20.7 MPa,相应的最大输出量分别为 11.3 kg/min 和 9.1 kg/min ,适用物料黏度为 $250\sim 1500\text{ mPa}\cdot\text{s}$,采用普通空气压缩机提供气源,液压驱动,带 6 kW 物料电加热器。喷涂主机尺寸为 $111\text{ cm}\times 71\text{ cm}\times 72\text{ cm}$,质量 222 kg。

Graco-Gusmer 公司 2003 年上半年推出了用于喷涂聚氨酯(脲)的 Reactor 主机和 Fusion 喷枪。Reactor 主机选用电机驱动作为动力源,不用液压油,减少了设备体积和重量,方便运输和现场施工。Fusion 喷枪有 2 种,即空气自清洁枪(简称 AP 枪)和机械自清洁枪(简称 MP 枪),它们都具有混合室耐磨损、拆卸简单、零配件少、维护方便等特点。

因为喷涂设备较重,主辅设备和部件包括主机、抽料泵、喷枪、管道、空气压缩机及油水分离器、料桶加热设备、管架、工具柜、工作台等,有的公司设计了喷涂聚脲施工车,施工车类型有大型拖车式、简易型和车载集装箱式。大型施工车还可自带发电机,减少了对工地施工条件的依赖,但笨重。简易型车一般没有料桶加热和保温功能,优点是小巧灵活。

2.2 施工工艺

喷涂聚氨酯(脲)是将双组分液体原料在喷枪中高速高压冲击混合、喷射到待涂装基材表面,形成聚脲或聚氨酯-脲弹性体涂层。只要正确掌握技术工艺,在工程应用中的优越性就非常明显。设备连接及流程见图 1。

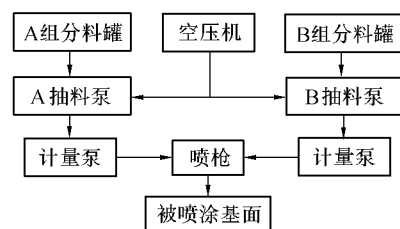


图 1 喷涂设备连接及流程示意图

与其他涂料一样,在喷涂施工之前,需对基材采取适当的处理,例如基材需干燥,没有浮尘、铁锈和油脂等损害涂层黏附的物质。可采用喷砂除锈和适当增加表层粗糙度的方法。

为了获得最高的黏附力,一般可采用底涂剂对干净的基材进行底涂处理,待底涂基本干燥时进行喷涂,如此可减少固化迅速的喷涂聚脲或聚氨酯-脲与基材黏附不良的缺陷。

在喷涂到待涂基材之前,需调试喷枪喷涂压力,并试验喷涂料的固化情况。一般来说,提高喷涂压力可使液体物料雾化成更微细的液滴,提高涂层的强度。一般要求两组分物料的压力差低于 2 MPa。

由于喷涂涂层很快获得初始强度,可不采取特殊的养护措施。如果工期紧,数小时后可投入使用;

最好搁置一两天后再使用,这样有利于使材料达到最高强度,减少机械磕碰可能引起的损伤。由于雾化的液滴易随风飘散,并且可能粘附到衣物上,施工人员应穿戴工作服、手套、防护镜、口罩或防毒面具。

3 在水工防腐耐磨工程中的应用

喷涂聚脲及聚氨酯-脲具有良好的耐化学品、耐盐雾、耐海水、耐大气老化性能,在国内外已用于车斗衬里耐磨涂层、混凝土封堵涂层、矿山设备和机械耐磨涂层、化工储罐防腐涂层、水池衬里和地面防水涂层、海上及水上设施、管道防腐等方面。喷涂聚脲及聚氨酯-脲的优良耐磨和耐腐蚀性能,使之适用于水工抗冲磨材料和防腐涂层。

3.1 抗冲磨材料

许多大坝泄水消能建筑物,如大坝的溢洪道、泄洪洞、泄洪道、溢流坝、泄水孔等,表面长期受到高速水流和含泥沙水流的冲蚀和磨损,每年都要投入大量的人力和财力进行修补处理。为了抵抗混凝土的磨蚀,人们采用高性能混凝土、纤维增强混凝土作为坝体或洞体材料,用环氧树脂砂浆和涂层、丙乳砂浆或混凝土等作为耐磨蚀面层。某些高性能混凝土和耐冲磨技术取得了较好的效果,但也存在某些局限。例如环氧树脂涂层的强度虽高,但耐磨性不如聚氨酯和聚脲,并且弹性低、易开裂。而聚氨酯和聚脲材料具有优异的韧性和耐磨性,聚氨酯弹性体耐磨衬里已广泛用于矿山运输、建筑等领域的干态抗磨蚀和泥沙湿态抗磨蚀涂层,如泥浆泵衬里、混凝土搅拌机耐磨衬里,效果明显。国内已有聚氨酯弹性体用于水工抗冲磨防护的报道^[4]。与其他防护涂层技术相比,喷涂聚脲和喷涂聚氨酯-脲施工效率高,养护时间短,强度高、附着力高,弹性好,表面光滑,减少摩擦力,是一种新型的抗冲磨材料。在高性能混凝土、丙乳砂浆面层上再喷涂聚氨酯-脲,形成耐磨复合层,抗磨蚀效果将更加理想^[5]。

3.2 防腐阻锈涂层

由于喷涂聚氨酯和喷涂聚脲的黏附力高、弹性好、耐水解,涂料中不含有有机溶剂,涂层连续、致密、无接缝,并且一次成膜厚度大,因而在酸、碱、盐、油、水以及高寒、地下和海洋等恶劣环境条件下均表现出优异的防腐性能,使得该材料在化工储罐衬里、隧道、酸洗槽、电镀槽、污水处理池、埋地输油(气、水)管线、海洋钢结构、跨海(江、河)大桥等防护、防腐、防渗漏等领域有着广阔的应用前景^[6]。

聚脲和聚氨酯-脲用于水工防腐涂层,主要在两种基材上,一种是混凝土的防腐、防渗,另一种是钢结构的防腐、防锈蚀。水利工程中有大量的钢结构,

如输水管道、闸门、钢船、水利观测设施、桥梁等,有的长期浸泡在水中,有的处在临水和非临水交替状态,极易发生氧化腐蚀而损坏,为了延长其使用寿命,必须进行防腐处理。

例如,美国西北管厂制造的以喷涂聚脲为内衬的大口径水库输水管道,在使用2年后检测表明,2万m²的钢表面内衬完好并保持优良性能。美国加利福尼亚州圣弗兰西斯克湾的San Mateo大桥拓宽工程有29.7万m²使用了喷涂聚脲保护涂层^[6]。

国内某工程在经处理的钢闸门及钢架表面喷涂聚氨酯-脲,经3年多的时间,表面平整完好,没有裂纹、鼓泡、脱落现象,无锈蚀,显示出其优异的封闭防护效果^[7]。海洋化工研究院在钢板上喷涂聚脲涂层后在15m/s流速的海水中进行了抗水流冲磨和抗海水腐蚀实验,结果表明聚脲涂层有非常好的抗冲磨和防腐性能,而对照组的普通钢板则受到明显的磨蚀。南京瑞迪高新技术公司采用最新进口的喷涂机和根据水利部“948”科技创新项目成果研制的喷涂聚氨酯-脲材料,成功地在绍兴曹娥江大闸水利工程中用于管桩钢接头的快速防腐喷涂施工。

4 结 语

聚氨酯(脲)是高性能材料,其原材料成本比聚氨酯、环氧树脂等常规耐磨防腐涂料高,并且喷涂设备比较精密,维护要求高。这些原因在一定程度上影响了其用量的迅速增长。即使如此,聚脲和聚氨酯-脲由于其工艺和性能优势,已成为许多行业首选的材料,在高质量水利工程中将得到进一步应用。

参考文献:

- [1] PRIMEAUX D J. Fast-curing polyurea spray elastomers rapidly spreading in commercial use[J]. Urethanes Technology, 2000, 17(5):37-40.
- [2] 李绍雄,刘益军. 聚氨酯树脂及其应用[M]. 北京:化学工业出版社,2002:670-700.
- [3] 黄微波,杨宇润,徐德喜,等. 喷涂聚脲弹性体技术的发展及应用[J]. 化工进展,2000,19(5):24-28.
- [4] 赵波. 弹性聚氨酯材料在宝鸡峡加闸工程冲砂底孔抗冲磨防护上的应用[J]. 陕西水力发电,2001,17(3):39-41.
- [5] 吴怀国,赵德海,孙志恒. 喷涂聚脲弹性体技术应用展望[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2003(3):232-235.
- [6] 王宝柱,卢敏,曾伟华,等. 喷涂聚脲超重防腐涂层的应用前景[C]//中国聚氨酯工业协会. 中国聚氨酯工业协会第十二次年会论文集. 上海:中国聚氨酯工业协会,2004:180-183.
- [7] 黄敏. JSU 喷涂聚氨酯(脲)弹性体技术在水利工程中的应用[J]. 水利建设与管理,2004(1):26-27.

(收稿日期:2005-03-09 编辑:高建群)