

## 聚脲在混凝土防护中的应用

张燕<sup>1</sup>, 邓智平<sup>2</sup>, 刘朝辉<sup>2</sup>, 张行<sup>2</sup>

(1. 中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039; 2. 解放军后勤工程学院, 重庆 401311)

**[摘要]** 简述了聚脲在理化性能、工艺性能及环保性能方面的特点, 详细介绍了其在建筑工程混凝土、交通工程混凝土、水利工程混凝土及海洋工程混凝土防护中的应用, 最后分析了混凝土表面喷涂聚脲涂料的特点, 并针对提高施工质量提出了一些建议。

**[关键词]** 聚脲; 混凝土; 防护

**[中图分类号]** TQ63

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1001-3660(2013)02-0116-03

### Application of Ployurea in Protection of Concrete

ZHANG Yan<sup>1</sup>, DENG Zhi-ping<sup>2</sup>, LIU Zhao-hui<sup>2</sup>, ZHANG Hang<sup>2</sup>

(1. No. 59 Research Institute of China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China;

2. Logistics Engineering University, Chongqing 401311, China)

**[Abstract]** The features of ployurea in physical and chemical properties, process performance and environmental performance were introduced briefly. The detailed introductions were made on the application of ployurea in the protection of concrete in the fields of construction project, traffic engineering, waterpower engineering and the ocean construction engineering. At last, the characteristics of the ployurea coating sprayed on the surface of concrete were analyzed and some suggesting to improve the construction quality were proposed.

**[Key words]** ployurea; concrete; protection

聚脲是一种弹性体物质, 由氨基化合物与异氰酸酯组分反应生成, 是继水性涂料、固体分涂料、粉末涂料等环保型涂料后又一新型无污染、无溶剂的绿色涂料。聚脲喷涂技术发明以来, 由于聚脲优异的物理化学性能和其它涂料无可比拟的快速固化和施工特性, 在各个工程领域得到了快速应用和发展。

混凝土材料被广泛应用于现代的建筑、桥梁、道路、水利和港口等工程中, 但它具有脆性大、不连续、抗拉强度低、易于开裂和易被腐蚀等缺点, 因此, 要保证混凝土工程的结构功能和耐久性能, 做好混凝土的防护至关重要<sup>[1]</sup>。在混凝土表面防护领域, 聚脲与常规的防护材料相比, 具有抗热冲击性能好, 抗湿滑、耐老化能力强, 耐磨性、防腐性及低温韧性优异, 耐环境介质性良好, 在施工过程中对施工环境的温度和湿度有很强的容忍性等优点, 而且它与混凝土表面有很强的粘结强度(>5 MPa), 粘结强度超过混凝土自身的抗拉强度, 是一种优良的混凝土防护涂层。根据美国聚脲发展协会统计, 在聚脲应用中, 混凝土防护占总量的60%<sup>[2]</sup>, 包括混凝土的防水、防腐、耐磨与地坪等领

域<sup>[3]</sup>。

## 1 聚脲的特点

### 1.1 理化性能

首先, 聚脲具有优良的工程力学性能, 具有弹性模量高、抗拉强度大(12 ~ 45 MPa)、断裂伸长率可达1000%、低温柔性好(-30 ℃弯曲无裂纹)、抗撕裂强度高(30 ~ 90 kN/m)以及抗冲击性能好等特点, 同时对包括金属和非金属在内的基材具有极高的附着力, 其对钢材的附着力大于10 MPa, 特别是对混凝土的附着力(不小于5 MPa)已经超过了混凝土本身之间的粘结强度<sup>[4]</sup>, 有利于喷涂聚脲长期涂覆在基材表面而不脱落。其次, 聚脲具有显著的耐久性, 特别能经受与酸碱盐等强腐蚀介质的长期接触, 甚至浸泡, 适于在强腐蚀环境下的长期使用, 在服役环境通常比较恶劣的军事永久工程中使用潜力巨大。此外, 聚脲耐热性以及耐光、耐候性都比较优异, 承受环境热、湿、冰冻等的冲击变化作用强。

## 1.2 工艺性能

在工艺性能方面,聚脲最大的特点就是固化快,施工效率特别高。由于聚脲的两个组分反应十分迅速,喷涂后的固化速度极快,在几秒钟内就实现胶凝,数小时后即可站人,从而可很快进入下一道工序,因此整体的施工作业效率较高。其次,喷涂聚脲的施工灵活性很大,可以在斜面,甚至顶面等各种场合实现喷涂涂层的平整均匀,不易出现流淌、流挂等现象,而且聚脲涂层的厚度可灵活设定并较好达到,在几毫米甚至不足1 mm的厚度范围内均可以实现一次喷涂成型。同时,喷涂聚脲对施工环境的温度、湿度等条件要求较低,能在很多施工环境不良的条件下保证涂层质量。此外,聚脲施工不需要溶剂,无挥发物质进入空气,是一种对环境友好的绿色喷涂技术<sup>[1]</sup>。

## 2 聚脲在混凝土防护中的应用

### 2.1 建筑工程混凝土的防护

喷涂在混凝土表面的聚脲涂层,具有导热系数小、吸水率低、压缩强度大以及涂层密度小等特点,对建筑物外墙、屋面的混凝土表面有很好的防护效果。同时,聚脲也可用在游泳馆、围堰等建筑工程的防水处理上,特别是在有种植功能要求的高档建筑物顶部的防水处理上具有很强的优势,可完全承受系统载荷,并且具有保温、隔热、蓄水、隔音和节能的效果<sup>[4]</sup>。在有防滑要求的场合,如游泳池、运动场和动物园水上表演馆的地面、楼梯和通道等处,聚脲也能够满足防滑和堵漏等要求。

喷涂聚脲弹性体抗拉强度和粘结强度高,断裂伸长率大,耐磨和耐冲击性能好,在建筑工程中,能有效防止混凝土的开裂,不仅可获得对混凝土表面开裂破坏的优良防护效果,而且当混凝土表面产生开裂和剥落时,在其表面喷涂聚脲能起到明显的补强和封闭作用。在建筑工程的混凝土防水处理中,决定防水材料防水效果的一个最重要的因素也是材料的抗开裂性能。对于应用得较多的防水涂料而言,涂层材料的厚度、抗拉强度和粘结强度,是影响涂层抗开裂能力的主要因素和指标。防水卷材(如沥青防水卷材、高聚物改性沥青防水卷材等)的粘结强度很低,因而其抗开裂性差,在混凝土表面容易出现开裂,从而导致对混凝土防护能力的破坏;聚氨酯涂料的抗拉强度不高,粘结强度也较低,故其抗开裂性能也不是很好,在混凝土防水方面的应用受到一定限制。聚脲与这些传统防水材料相比,具有防水能力强、使用寿命长的突出优势,同时喷涂聚脲施工时效率高、固化时间短,还适用于建筑的基

础部位和其它部位混凝土的修复和补强<sup>[1]</sup>。

### 2.2 交通工程混凝土的防护

交通工程中的混凝土防护成为聚脲新兴的应用领域,并得到了较快发展。在城际轨道交通工程中,由于聚脲的力学性能、耐磨损性能、附着力好以及固化速度快等特点,特别适用于路基工程中的混凝土防护。在隧道工程中,喷涂聚脲涂层具有很好的防水效果,与传统的防水涂料和防水卷材、防水板材相比,具有更强的适用性,能很好地满足隧道很多不规则表面对施工的技术要求。

在隧道的防水处理中,常用的一种方法是在混凝土沉管的外部施加一道柔性防水层。隧道施工的环境差,难度大,聚脲与传统方式的卷材和防水涂料相比,则具有明显的优势,为隧道工程提供了一种可靠、方便的混凝土表面防水防护处理技术。著名的中国香港地铁隧道和美国波士顿地铁隧道,均使用了聚脲作为防水层。美国北卡罗来纳州的高速公路隧道是聚脲防水工程的又一成功实例:由于修筑在岩石上的混凝土隧道墙面存在渗漏问题,导致电气泄露和基础结构逐渐老化,甚至有导致岩石滑塌的危险,通过广泛的调研,决定使用聚脲对隧道墙面进行修复,施工后的聚脲弹性好,混凝土接缝处不再渗漏。

聚脲被引进到国内以后,得到了快速的发展和运用,特别是近年来随着国内高铁建设的大力推进,聚脲在高铁建设中的大量应用成果,大大提高了聚脲的影响力和应用范围。如京津高速铁路就采用了聚脲作为防水材料。高铁建设与传统铁路的建设不同,高铁要求采用无渣轨道,在其表面的防水层不仅要有好的抗裂、抗渗等基本性能,还要能承受比普通铁路更大的交变载荷的冲击。喷涂聚脲材料由于具有优异的抗开裂、耐紫外线、耐磨、抗冲击及耐高低温等性能,同时粘结力强且没有接缝,满足高铁建设对混凝土表面防护的特殊要求。同时,做好桥梁混凝土桥面的防水处理,对于提高高速铁路耐久性起着十分重要的作用,聚脲凭借其出色的理化性能已广泛应用于京津城际铁路和京沪高速铁路的混凝土桥梁桥面防水防护系统。

### 2.3 水利工程混凝土的防护

聚脲作为防水材料,具有高效、耐久的防水性能,在水利工程(如水电站大坝等)中获得了一定的应用。在水利工程的应用中,喷涂聚脲弹性体常作为混凝土表面的防冲击和磨损层,在含砂的高速水流作用下具有较好的防护效果,并且喷涂聚脲在施工效率方面具有非常显著的技术优势,在喷涂后快速固化和提高强度的能力是其它材料无法比拟的,这将使聚脲在水利工程的混凝土抗冲磨方面具有很大的发展和应用空

间。目前,聚脲在浙江新安江水电站、内蒙古尼尔基水电站和黄河小浪底水利工程都得到成功应用。此外,为适应水利工程的特殊需要,国内还开发了相应的单组分聚脲<sup>[5]</sup>。

## 2.4 海洋工程混凝土的防护

在海洋环境下修建的混凝土工程,由于长期处于盐分、湿度和温度都较高的腐蚀环境中,工程很容易受到腐蚀,使混凝土产生粉化、开裂等破坏现象,严重影响工程的使用功能和寿命,增加维修的成本。对于码头等工程,混凝土和内部钢筋都容易受到腐蚀,使混凝土产生严重的开裂和脱落现象,其根源在于氯离子对钢筋混凝土的腐蚀作用,即海水中的硫酸盐不断侵蚀混凝土并使之严重膨胀,当形成可测的裂缝后,氯离子从混凝土表面快速侵入内部导致钢筋的严重锈蚀、体积膨胀,引起混凝土的加剧膨胀开裂甚至脱落,影响工程的使用功能和使用寿命<sup>[6]</sup>。因此,沿海地区的混凝土工程对混凝土表面防护材料的要求很高,传统的防腐涂料以及热喷涂锌、铝等技术很难满足越来越高的使用要求。

喷涂聚脲弹性体材料具有超强的抗腐蚀性,在海岸设施的建设中,被越来越广泛地用于混凝土表面的防护。喷涂聚脲弹性体材料不仅具有极好的耐大气老化性能,而且耐盐雾和耐海水腐蚀的能力强,施工效率高,工程进度快,对工程其它施工环节的影响较小,喷涂在混凝土表面后,可以极大提高混凝土的密实性和强度,从而有效地遏制盐离子的侵蚀,防止因钢筋锈蚀而导致的混凝土开裂、剥落等缺陷,增强工程使用效果和寿命。此外,在各类设备设施表层喷涂聚脲弹性体作为防腐层后,耐紫外线性能、耐磨损、耐划伤和磕碰等力学性能亦可达到理想状态。

## 3 混凝土表面喷涂聚脲的特点及建议

由于喷涂聚脲固化速度非常快,可以提高施工效率,但也可能影响施工质量。一方面,固化太快可能使聚脲在基材表面呈流体的时间太短,尚不足以润湿表面就凝结,使聚脲和基材的粘接力变差,造成涂层在使用中容易脱落;另一方面,施工时的混凝土内部可能存在一定水分,在表面喷涂聚脲快速固化产生的热量作用下,这些水分会受热蒸发,对正在快速凝固的聚脲涂层产生由内向外的压力,使涂层发生起泡或产生针眼等质量问题。因此为保证在钢结构或钢筋混凝土结构表面喷涂聚脲弹性体的施工质量,需要在喷涂施工前

对钢筋或钢筋表面进行一定预处理,这对喷涂聚脲弹性体防腐涂料的质量控制非常重要,直接影响聚脲喷涂的工程质量<sup>[6]</sup>。

通常在喷涂聚脲前对基材表面进行预处理的一种重要方式是在基材表面涂覆一层专用底漆,并结合基材的具体情况选用不同的底漆。目的是封闭基材表面的毛细孔洞,降低内部水分的蒸汽压对聚脲固化过程的影响,同时增强基材表面与聚脲涂层的粘结能力。为了进一步提高涂层和基材的结合程度,还要增加基材表面的粗糙度,对钢筋或混凝土表面进行适当的抛丸或打磨,同时填平表面的凹陷,修补表面的孔洞和裂缝,并清除干净混凝土表面的灰尘等污染物,以防止由于表面强度降低出现一个脆弱的粘合界面,进而防止聚脲体系与底材间产生分层或起泡。

## 4 结语

聚脲的物理化学性能优异,固化速度快,施工效率高,具有很好的工艺性,对环境的污染较小,能满足现在绿色环保的要求。同时,聚脲用作混凝土的防护涂层材料,能有效解决混凝土防护中的抗裂、防水、耐磨和防腐等问题,极大地提高了混凝土耐环境介质侵蚀的能力。在混凝土表面防护方面,聚脲弹性体已显示出巨大的技术和市场优势,并将受到更广泛的关注。

### [参 考 文 献]

- [1] 陈通昌. 聚脲弹性体喷涂技术在建筑及基础设施防护工程中应用[J]. 新型建筑材料, 2009(2):66—69.
- [2] 刘彦东,赵希娟,潘美,等. 适用于混凝土基面聚脲封闭底涂的性能研究[J]. 新型建筑材料,2009(2):70—72.
- [3] 王宝柱,刘培礼,胡松霞. 喷涂聚脲弹性体在防水工程中的应用[J]. 新型建筑材料, 2009(12):59—63.
- [4] 汪家铭. 聚脲弹性体的发展概况与前景[J]. 化学工业, 2009(10):17—21.
- [5] 孙志恒,夏世法,付颖千,等. 单组份聚脲在水利水电工程中的应用[J]. 水利水电技术, 2009(1):71—72.
- [6] 马志明,杜晓梅. 玻纤增强水泥材料在军事工程中的应用[J]. 山西建筑,2000(4):109—110.
- [7] 郁维铭. 提高喷涂聚脲弹性体应用[J]. 中国建筑防水, 2009(12):6—8.