

# 沉箱码头硅烷浸渍防腐技术的应用分析

钟敏生

(中交四航局第五工程有限公司, 福建 福州 350000)

**摘 要:** 码头结构硅烷浸渍技术是水运港口工程建设中常用的防腐结构之一。为确保码头防腐建设安全、高效、优质施工, 必须制定有效的防腐施工方案, 确保工程的安全、质量和进度。首先介绍了防腐涂料的材料和技术要求, 然后分析了防腐施工技术, 最后探讨了防腐涂料的质量控制措施, 为确保码头防腐施工质量奠定了基础。

**关键词:** 沉箱码头; 硅烷浸渍; 防腐技术

**中图分类号:** U214.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0050—03

## 1 工程概况

厦门港东山 5,000t 级对台客货码头工程位于福建省东山县康美镇北侧城垵港区内, 北临东山湾, 面向古雷半岛及台湾岛。完成该项项目作业以后, 主要是和台湾高雄等多项区域相互连接, 经过不断发展, 逐渐成为了专业化的对台客货码头, 对加快东山港区开发建设和完善厦门港功能布局等具有重要意义, 是福建省 2017 年度重点项目。

厦门港东山 5,000t 级对台客货码头工程的建设规模为新建 1,000GT 陆岛滚装泊位 1 个和 5,000t 级对台客货泊位 1 个 (水工主体结构按靠泊 1 万 t 级杂货船设计) 及相应的配套设施。码头为重力式沉箱结构, 泊位直立段长 175m, 码头面高程为 5.16m (当地理论最低潮面, 下同), 单件沉箱重量约为 407t, 采用沉箱 + 卸荷板 + 胸墙结构形式。滚装泊位在码头端部设置可调式岸坡道, 钢引桥长 48m, 宽度 6.3m, 端部扩大头宽 9.9m, 当水位达到设计低水位时, 活动钢引桥最大坡度为 1:10, 可满足车辆和人行要求。前沿停泊水域宽度 52.0m, 底标高 -9.5m; 回旋水域直径 272m。底标高 -5.7m。港内航道长约 572m, 单线航道通航宽度为 112m, 设计底标高 -5.7m。陆域纵深 469.6m, 宽 70~130m。

## 2 硅烷浸渍防护技术的防护原理

当前阶段, 硅烷浸渍材料因为性能良好而得到了广泛的应用, 尤其是混凝土结构方面, 能够增强混凝土自身的耐久性能, 一般是依照具体的防腐标准要求加以使用。其中, 硅烷浸渍材料包含了两种类型, 分别是异丁基三乙氧基硅烷以及异辛基三乙氧基硅烷两种, 前者为液体, 后者为膏状, 将其应用到混凝土中产生的保护原理为将硅烷中包含的小分子结构均匀的涂抹到混凝土表面, 和混凝土孔壁相互结合到一起, 形成较小的一项孔壁, 与基质中的空气和水反应, 形成交联结构类似硅胶的聚硅氧烷聚合物羟基。羟基和基体处于相互凝结的状态, 形成了粘附的效果, 和混凝土孔内壁全面结合, 成为有着良好防渗以及防腐蚀作用的结构。硅烷对混凝土

产生了极高的保护作用, 能够避免受到可溶性盐以及水、海水、阳光以及酸雨等多项因素的影响, 强化混凝土自身性能, 避免混凝土钢筋产生不良腐蚀问题。与此同时, 硅烷保护剂的抗紫外线功能也是特别强的, 既可以给予混凝土相应的保护, 还有利于提升建筑物质量, 拓展和延伸建筑物使用时间, 保障建筑物自身的安全性。同时, 由于化学反应形成的强键, 使其具有一定的韧性, 可以防止混凝土开裂。

通过相关探究表明, 结构使用时间长与混凝土耐久性体现有着密切的联系性, 其属于一项基本的影响因素, 对此, 应当做好混凝土结构的改善工作, 延伸具体使用时间, 减少资源过度消耗。当处于物理和化学以及生物侵蚀状态下, 对混凝土耐久性产生干扰的因素包含了多方面, 分别是钢筋腐蚀现象、碳化、Cl<sup>-</sup> 侵蚀等, 并且 Cl<sup>-</sup> 侵蚀情况也不利于提升港口码头混凝土的整体性能。对于海水来讲, 包含了诸多的 Cl<sup>-</sup> 含量, 需要认识到的一方面是, Cl<sup>-</sup> 是加剧钢筋受到腐蚀的概率的一项基本因素, 液态水则是腐蚀钢筋、破坏混凝土因素的根本, 要想改善混凝土结构, 提升耐久效果, 可以采取表面防水处理的方式实施。另外, 硅烷浸渍呈现出了粘度较低以及渗透率良好的优势, 一般利用毛细现象和结构结合。含有机基团的硅烷或硅氧烷交联形成三维硅树脂网络结构, 通过共价键与基体牢固连接, 保持混凝土的疏水性能。

## 3 硅烷浸渍防腐技术在沉箱码头中的具体应用

沉箱作为码头建设中常用的一种结构形式, 采用箱形、薄壁进行设计, 比胸墙等上部结构更加容易腐蚀, 尤其是水位变动区和浪溅区的混凝土结构最为严重。引进高性能的硅烷浸渍有利于改善该种现象, 其施工工艺简单易行、防护效果好, 对工期的影响较小, 而且, 硅烷浸渍的成本相对较低。

当前阶段, 以工程具体特征和实际开展情况为主, 严格遵循标准的要求, 在明确具体使用时间的基础上全方面的检验防腐结构性能, 了解到混凝土存在的缺陷性,

比如裂缝、蜂窝和破损等一系列现象,及时改善这一现象,将缺陷彻底解决。在本项工程开展过程中,硅烷浸渍防腐领域包含了两方面,分别是水位变动区以及浪溅区。混凝土强度等级 C40,在应用硅烷浸渍的前期阶段中,提前开展喷涂实验操作。喷涂试验要求、浸渍施工工艺和质量验收标准应严格执行《水运工程结构耐久性设计标准》的规定。

针对于硅烷浸渍来讲,可以以实际情况为主,将异丁烯三乙氧基硅烷单体当成一项基本的硅烷浸渍材料,全面检验其他类型的硅烷浸渍材料,查看是否合格,只有等到与标准要求相一致的情况下才可以对硅烷浸渍材料加以应用。明确以下几点要点。①加大对异丁烯三乙氧基硅烷含量的控制力度,具体的含量比例不可以低于 98.9%;②做好硅氧烷含量的控制作业,相关含量不可以超出 0.3%;③增强具体的密度,保持 100% 的活性比例,禁止其他溶液稀释。

浸渍硅烷质量的验收应以每 500m<sup>2</sup> 浸渍面积为一个浸渍质量的验收批。等到完成了浸渍硅烷作业后,依照标准要求和合理的方式获取芯样,从吸水率和硅烷浸渍深度等多方面入手,全方面检验,获取精准的结果。如果得到的硅烷浸渍质量检验结果与标准要求不一致的情况下,应当重新开展硅烷浸渍作业,一直到符合标准要求为止。

## 4 施工工艺要求

硅烷浸渍施工工艺流程图如图 1 所示。

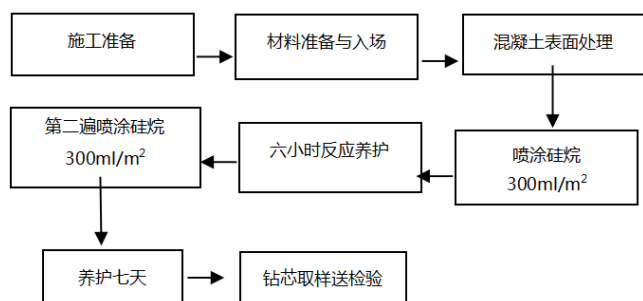


图 1 工艺流程图

### 4.1 材料准备

使用的施工设备:钢丝刷、能够调整的喷枪以及规范性操作平台。采取的材料为硅烷材料。

所用材料的名称: SICONSP-205 硅烷,其质量满足下列条件:①硅烷含量:  $\geq 98.9\%$ ;②硅氧烷含量:  $\leq 0.3\%$ ;③可水解氯化物含量:  $\leq 1/10,000$ ;④密度 (g/mL)、25℃: 0.88。

### 4.2 贮存

第一,需要做好材料的储存工作,保持良好的密封性,一直到使用的时候才能够开启材料。第二,针对于储存的材料来讲,必须放置在没有阳光照射、能够被

有效遮挡、而且地板比较潮湿、便于控制的区域,将相关的警戒牌放置于储存材料区域内,与材料储存标准要求相符合,以免产生材料性能受到影响的现象。第三,依照具体的到货时间对材料加以使用,当超出具体日期的话,禁止将材料应用到工作环节内。

### 4.3 喷涂前施工准备

第一,在实施大规模施工作业的前期阶段中,应当做好喷涂实验操作,采取合理的施工工艺,严格遵循混凝土结构防腐要求,获取准确的实验数据,合格以后才能够展开大面积的施工作业。第二,加强各个工作阶段的监督管理力度,务必与安全要求和卫生要求相一致。在现场施工期间,指派专业性强并且经验丰富以及技能高超的监理工程人员专门进入现场进行监督。第三,要想和混凝土全面渗透到一起,务必保持混凝土表面处于良好的干燥状态,然后再次开展硅烷施工作业。第四,构建良好的施工条件,合理控制施工期间的温度。一旦施工温度低于 5℃、超出 45℃ 的话,停止开展施工作业,这是因为处于该项温度条件下将会增加产品的蒸发速度,加剧资源消耗。第五,根据现场环境确定当日施工面积,按耗量 300mL/m<sup>2</sup> 一遍的施工用量计算后准备好当日施工所需 SP-205 硅烷。施工时通过施工面积控制喷涂使用量。

### 4.4 喷涂试验

在喷涂实验作业开展期间,严格遵循混凝土结构防腐要求实施各项工作,选取具有代表性的混凝土表面约 5m<sup>2</sup> 进行喷涂试验,施工方法及步骤按规范和流程图进行。从试验领域内从中获取六个芯样,取出两项芯样检测吸水率情况和具体的硅烷浸渍深度,得到精准的数据,数据合格的情况下才能够展开浸渍硅烷。一旦检验结果不合格的话,必须重新开展硅烷喷涂试验操作。

### 4.5 混凝土表面处理

第一,先对混凝土表面进行整体外观检查。现场施工过程中,难免会对混凝土成品表面造成一定的影响(如砂浆、泥土等污染物或缺边掉角等现象)。在开展硅烷浸渍施工作业的前期阶段中,应当将混凝土表面存在的杂物彻底清除干净。一旦发生缺陷的话,比如缺边或者掉角,就需要配置相应的砂浆或者是细石混凝土比例,对缺陷现象加以解决。第二,将脱膜剂应用到混凝土施工环节中以后,在开展喷涂实验的基础上,检验是否对硅烷浸渍产生一定程度的影响。当存在影响的话,就应当进一步清理混凝土表面,保持整洁性。通过相关的实验检测工作了解到脱模剂在硅烷浸渍中造成的相关影响。第三,做好新型浇筑混凝土龄期的控制工作,在不低于 28d 的情况下才可以喷涂硅烷。第四,为了确保施工质量,在打磨、清理或修补混凝土表面后再利于高压水冲洗干净,并自然干燥,全面控制混凝土表面含水

率。第五,需要注意的一方面是,施工作业必须处于天气良好的状态下进行,当出现下雨或者强风天气的话,不应当继续开展施工作业,以免影响到施工的安全性。

4.6 喷涂施工

(1) 当前阶段,结合预喷涂实验对具体的喷涂层数进行明确,可以采取喷涂两遍的方式严格控制两次喷涂的时间间隔,同时在开展立面施工过程中存在着一定的流失现象,基于此,要想保持单位面积内具备充足的硅烷停留量,在每一次喷涂过程中应当多喷涂几次。

(2) 施工过程中,采用分区分块进行喷涂。同时,相邻施工区域应相互重叠覆盖,确保混凝土表面不出现漏涂现象。

(3) 面对存在缺陷的现象,必须重新开展喷涂作业,制定规范性的操作流程,比如以钻芯取样方式为主,完成取样工作以后对相关部位加以修补。

5 质量控制措施

施工过程中认真贯彻“质量第一,预防为主”的方针,把“事前预防”、“事中检查”、“事后把关”结合起来,以“预防为主”作为重点,严格把好工程质量关。具体如下:

(1) 将施工材料运输到场地内以后,需要提供有关于材料的合格证书等。

(2) 对进场的硅烷材料进行编号,以便控制使用的顺序。

(3) 将材料储存于密封状态下,避免受到光照因素的影响,禁止和重金属以及酸碱等其他类型的化合物相互储存到一起,同时也避免放到受到污染的领域内。每次使用过后应封好包装以免失效,开启后应在 72h 内用完。

(4) 在施工过程中,应当加强等待喷涂混凝土表面温度的控制力度,保持合理性。

(5) 完成硅烷领域喷头工作以后,应用记号笔将其清楚的标记下来,以免下一次发生新涂抹的现象。

(6) 硅烷浸渍后应及时进行养护,避免暴晒或雨淋。

6 效果检验



图 2 烷浸渍取芯的芯样

经检验,本项目硅烷浸渍的所有区域全部符合设计和规范的要求,达到预期的效果。

表 1 硅烷芯样检测报告

| 序号 | 检验项目                       | 指标值          | 检测结果  | 本项结论 |
|----|----------------------------|--------------|-------|------|
| 1  | 吸水率, mm/min <sup>1/2</sup> | ≤0.01        | 0.008 | 合格   |
| 2  | 浸渍深度, mm                   | (强度≤C45) 3~4 | 4     | 合格   |
| 3  | 氯化物吸收量的降低效果, %             | ≥90          | 90.6  | 合格   |

| 序号 | 检验项目                       | 指标值   | 检测结果  | 本项结论 |
|----|----------------------------|-------|-------|------|
| 1  | 吸水率, mm/min <sup>1/2</sup> | ≤0.01 | 0.008 | 合格   |
| 2  | 渗透深度, mm                   | ≥3    | 3     | 合格   |
| 3  | 氯化物吸收量降低效果, %              | ≥90   | 90.9  | 合格   |

| 序号 | 检验项目                       | 指标值          | 检测结果  | 本项结论 |
|----|----------------------------|--------------|-------|------|
| 1  | 吸水率, mm/min <sup>1/2</sup> | ≤0.01        | 0.006 | 合格   |
| 2  | 浸渍深度, mm                   | (强度≤C45) 3~4 | 3     | 合格   |
| 3  | 氯化物吸收量的降低效果, %             | ≥90          | 92.6  | 合格   |

7 安全控制

在保证施工质量的同时,项目部要把安全工作放在首位,精心组织施工,合理安排工程进度。建立健全安全生产管理体系,组织相关人员进行危险源的辨识并制定相应的预防控制措施,特别是高处作业、临水临边作业等,避免安全隐患现象的出现,在人员进场前期阶段中,提前做好安全技术的交底工作,定期展开培训,提升人员的技能,加深知识点的掌握程度。并且负责喷涂硅烷的作业人员务必提前佩戴好护目镜和防护手套,当进入相对密封区域内施工的话也应当带上防毒面具,确保自身的安全性。

8 结论

从以上论述来看,该施工工艺流程简单,在工程技术人员的指导下一般的施工作业人员均能进行实施,材料及人工等成本可控,是一种值得大范围推广的混凝土结构防护技术。特别适应于沉箱码头主体结构一直处于复杂多变的使用环境中,对类似工程有一定的借鉴作用。

参考文献:

[1] 杨洋. 福建省海水环境高桩码头混凝土耐久性设计探讨 [J]. 福建交通科技, 2019, (2): 134-137.  
[2] 陈尤, 孙武, 袁新顺. 硅烷浸渍防腐施工在海港码头中的应用研究 [J]. 建材世界, 2018, 39(6): 39-41+50.  
[3] 罗会文, 阳磊. 海港工程钢筋混凝土结构表面防腐材料的合理选用 [J]. 施工技术, 2016, 45(S2): 554-556.