

# 超耐涂料在钢结构涂装中的正确用法

杨 锋, 杨 杰, 陈 玲, 陈 洁, 张营圣, 房正文  
(南通理工学院, 江苏 南通 226001)

**摘要:** 超耐涂料是一种对表面处理要求极低的涂料, 在船舶和钢结构行业正确使用可以达到降本增效防污染, 但也有些本来无需使用超耐涂料而使用超耐涂料的现象, 会造成资源浪费, 本文主要介绍了超耐涂料的正确用法。

**关键词:** 超耐涂料; 钢结构; 涂装

**中图分类号:** TQ637      **文献标志码:** B      **文章编号:** 1007-9548(2025)04-0025-03

## The Correct Usage of Super-Resistant Coating in Steel Structure

YANG Feng, YANG Jie, CHEN Ling, CHEN Jie, ZHANG Ying-sheng, FANG Zheng-wen  
(Nantong Institute of Technology, Nantong 226001, Jiangsu, China)

**Abstract:** Ultra-resistant coating is a kind of coating with very low requirements for surface treatment. Correct use in the shipbuilding and steel structure industry can reduce costs, increase efficiency and prevent pollution. However, there are also some phenomena that do not need to use ultra-resistant coatings, which will cause waste of resources. This paper mainly introduces the correct usage of super resistant coatings.

**Key words:** super-resistant coating; steel structure; coating

### 0 引言

在船舶与钢结构涂装中, 合理使用超耐涂料可以起到降本增效防污染的作用。国内早已有了低表面处理要求的涂料, 一般在国内被称为带锈涂料, 主要分为渗透性低表面处理涂料、转化性低表面处理涂料、稳定性低表面处理涂料。渗透性低表面处理涂料原来是 MAJUMDER 等发现当通道中填充适当表面张力和黏度的液体时, 黏附性显著增强, 可利用成膜树脂的强渗透性和润湿性, 将铁锈等封闭在惰性树脂中, 防止其锈蚀扩展, 同时提高附着力<sup>[1]</sup>。转化型带锈涂料利用涂料中的转锈剂, 将基材表面的锈蚀部分转化成对涂料附着和功能无害或影响较低的物质<sup>[2]</sup>。稳定型带锈涂料是利用涂料中的成膜助剂与铁锈的络合作用形成稳定致密的络合物, 其稳定性高、附着力更好<sup>[3]</sup>。

超耐涂料不同于带锈涂料, 除了锈蚀表面还可在

带油表面、经过湿喷砂、(超)高压水处理的表面进行施工, 同时附着力还很强, 这是普通带锈涂料不具备的, 尤其是高压水除锈, 只需要除去附着不牢固的锈蚀和氧化皮就可以进行涂装超耐涂料, 而喷砂的污染大, 对于部分结构具有诸多限制, 超高压水除锈也不建议使用, 因为具有一定的危险性。上海外高桥造船厂在高压水除锈后立即进行超耐涂料的施工, 涂层附着力高达 11.56 MPa(执行标准标准 ASTM D 4541)<sup>[4]</sup>。

部分超耐涂料除了能够耐表面污染外, 还能够耐高温, 如宽克 RA 500M 可调色的耐化学品无溶剂环氧超耐涂料, 该涂料表面处理要求极低, 耐湿、耐油, 无溶剂环保性好, 安全性高, 可直接用于饮用水舱, 可在 150 °C 高温表面直接施工, 在绝缘下具有极好的防腐性能, 与新旧镀锌表面具有出色的结合力, 并可使用于铜、铝等非铁金属表面。但朝耐涂料造价昂贵, 不适合大量使用, 应该在特定场合和常规涂料配套使用, 才能最大限度起到降本增效防污染的作用。

### 1 超耐涂料用于难以进行表面处理的部位

钢结构中存在一些部位, 很难进行表面处理, 这种情况下有企业选择专用的喷砂设备, 如管道内壁喷砂

收稿日期: 2024-01-04

项目基金: 南通市社会民生科技计划项目 MSZ2023124。

作者简介: 杨锋(1983—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事金属表面工程与腐蚀防护工作。E-mail: lxyangfeng@126.com。

装置,也有企业采用设备改造,将原有喷砂枪改造为弯头,会造成动能损失喷砂效果不理想;或者将管道内壁喷砂装置改造后用于非管道类的半封闭空间<sup>9)</sup>。但这些改造都只适用于特定的结构,对于很难进行有效表现处理的部位,企业的做法是反复进行喷砂,但是目前这样的做法已经很难凑效:1)反复进行喷砂作业非常耗费人工,喷砂工工作条件艰苦工资很高,人力耗费巨大,以前我国人口红利高的时候可以勉强使用,现在用工费用难以承受;2)喷砂完成后一定时间(一般为4 h)内必须进行涂装,反复进行喷砂作业会导致喷砂时间超过4 h,以前这个问题不大,因为企业喷砂时间超过4 h业主的监造通常也不知道,就算知道,监造也不会追究,但随着物联网技术的发展,业主完全可以通过物联网实现喷砂、涂装过程的监控,所有信息全部自动存档,那就是喷完砂4 h必须进行涂装了。

使用超耐涂料,只需要对这些部位进行高压水处理稍微去除掉表面明显的锈蚀即可,如果结构复杂到连高压水除锈都无法进行,建议重新设计结构或者将其完全密封,从而无需进行表面处理,除锈完成后只要没有大量水积压,即使水没有干也可以立即施工超耐涂料。

## 2 超耐涂料用于部分户外工程

钢结构施工分为户外施工和户内施工,无论是户外还是户内,对结构件最好的表面处理方法是喷砂,户外户内均可进行喷砂,但户内喷砂产生的粉尘污染可以收集,通过除尘器的运作使粉尘排放达到国家规定的标准。户外只有少数情况下可以做到无尘喷砂,如使用真空喷砂机,但目前这种喷砂机只适用于平面。对于较为复杂的结构使用开放式喷砂会带来户外污染,过去监管科技比较差,企业可以在喷砂时设法避开监管,现在随着无人机、物联网技术的大量应用,加上老百姓人手一部智能手机成为免费的监管员,户外偷偷喷砂的行为越来越难采用,对无法真空喷砂的部位常规方法只能用高压水或超高压水除锈能达到环保要求。对于这种户外项目,较好的办法是制定合理的涂装配套,能真空喷砂的使用真空喷砂机进行喷砂,然后涂装普通的涂料,对于无法真空喷砂的复杂区域,使用超耐涂料。如果仅仅有少部分区域能够使用真空喷砂,可以对整个钢结构全部使用超耐涂料。超耐涂料耐湿的优势使得它适用于南方地区施工,南方地区户外工程,一旦到了梅雨季节施工很困难,空气湿度不达标,钢板表面结露,又不像室内项目那样可以通过涂装房的架设以及除湿机等设备来降低湿度使之达标,涂装房甚至能够通过增加温度来压缩工期<sup>9)</sup>。

但也不是户外工程的所有区域都需要使用超耐涂

料的,比如船舶分段在上船台合拢前就完成了表面处理和涂装,仅留下焊缝区域不进行涂装,船台合拢后只需要对焊缝区域进行表面处理即可,焊缝区域面积相对船舶分段本身来说很小,同时对这部分的表面处理有一定的困难,这时可以考虑使用超耐涂料。某些户外工程,几乎整个工程的钢结构使用超耐涂料进行涂装,而钢结构本身的形状并不十分复杂,使用超耐涂料并不是唯一选项,可以用以下办法来替代大面积超耐涂料的使用:1)如果企业本身喷砂房不够,该工程可以尝试租用附近企业的喷砂房;2)根据企业实际情况,增加分段数量,减小单个分段的体积,设计与制造企业需做好沟通,很多项目设计完成后再到市场上招标,中标的往往都是出价最低设备最差的企业,又没有根据企业实际能力修改设计;3)可在户外使用爬壁式真空喷砂机进行大平面的喷砂处理,少部分区域再涂装超耐涂料。这3种方法可以综合分析利弊,如果最后计算出全部使用超耐涂料成本最低,再全部使用超耐涂料进行涂装。

## 3 超耐涂料用于涂层修补

超耐涂料价格昂贵,但如果只进行少量修补的话,其代价还是不大的,所有可用于船舶和海洋平台的涂层维修,一般的涂层维修没有必要使用超耐涂料,只有特殊情况下才需要使用。

用于蒸气管道的不停机涂层修补。船舶与一些厂房结构中存在着蒸气管道,蒸气管道的涂层一旦破损后需要进行涂层修补,因为蒸气管道的温度太高无法用普通涂料进行修补故需要停机,如果停机的成本较高必须高温修补的情况下,可使用超耐涂料。

用于船舶压载舱的运行中保养。船舶的压载舱由于干湿交替频繁,结构复杂不易进行清洁和涂装维护,是船舶各舱室中腐蚀最为严重的部位之一。目前国内常用的方法是对压载舱进行喷砂处理,喷砂后施工环氧涂料,分两次喷涂,总膜厚一般在300 μm左右,压载舱的施工没有必要使用超耐涂料,普通的修补也没有必要,但如果需要进行船舶运行中的非进坞保养,使用超耐涂料还有必要的,因为船舶运行中涂层维修没有太多的时间和条件进行除锈,而使用超耐涂料只需要简单除锈。压载舱里四周舱壁涂层完好,锈蚀主要分布在舱顶位置,面积小而分散,如果不及时修补,破损涂层将会扩散,传统施工方法会破坏周围完好涂层,对这种区域使用超耐涂料效果很好。

用于维修周期短的项目。如某条船压载舱,维修周期仅为10~15 d,不是压载舱维修周期,是全船维修周期,为了保证进度防止返工,使用超耐涂料进行压载舱的修补,单个压载舱最短仅2 d就完成了所有涂层维

修工作,同时超耐涂料水下固化的特性使得该船很快投入了运营。之所以维修快是因为只对涂层破损的部位进行了简单的高压水除锈,没有大面积破坏周围涂层,使用超耐涂料修补时的修补面积很小。

海洋平台潮差区进行修补。海洋平台的潮差部位干湿交替,腐蚀环境恶劣又有海浪冲击的机械破坏,涂层容易破损。其修补方法是趁落潮时对涂层进行表面处理,表面处理完成后待表面干燥后涂装涂料,涂装后还要保证涂料能够及时固化,潮差维修窗口期很短,使用常规涂料会因为时间不足而造成维修效果差。超耐涂料仅需很简单的表面处理,无需等待表面干燥,还可以水下固化,是进行潮差带涂层表面施工的理想材料。游乐场钢结构的维修可使用超耐涂料,因为钢结构传统除锈会产生大量的粉尘和噪音,影响游乐场的正常运营,高端游乐场尤其是云霄飞车这种有危险性项目的钢结构涂层维修要求尽量保证维修质量,否则涂层剥落会让游客对其安全性产生怀疑,故可使用超耐涂料。

#### 4 超耐涂料用于高附加值船舶

高附加值船舶是指利润比较高的船舶,主要是一些特殊需要的船舶如工程类船舶、LPG类船舶、液化天然气船(LNG)、豪华邮轮等,这类船在利润高的同时,索赔也很高,制造过程中要确保质量避免后续的索赔;同时高附加值船舶的市场竞争非常激烈,船厂也希望给船东一个好的印象以保证市场份额,所以对于高附加值船舶可以扩大超耐涂料的使用范围。

新造船舶一般在分段涂装阶段正常喷涂全部涂层或部分涂层,不同项目不一样,有的只喷涂底漆,有的喷涂底漆和中间漆,也有的喷涂至面漆,在焊接接缝处不进行涂装,使用纸胶带等进行保护。对于焊接部位,通常分段在船台(坞)合拢后对合拢的焊缝进行打磨,然后进行涂装环氧底漆,焊缝区域通常的做法是用钢丝盘进行打磨,钢丝盘打磨对工人的技术有较高的要求,打磨的程度要适中,打磨不足会导致焊缝凹陷处锈蚀清除不彻底,打磨时间太长会带来抛光效应,降低涂层附着力带来后续涂层的剥落;接缝打磨后一定时间(一般为4h)内必须涂装,而且高附加值船舶接缝的检查非常严格,如果工人的技术达不到要求,为了消除隐患和船东的顾虑,可在接缝区域采用超耐涂料,非高附加值船舶在这种情况下可以采用带锈底漆或者钢丝盘轻度打磨后(控制住不达到抛光的程度,宁可清洁度差一点)再用溶剂(一般是用涂料配套的稀释剂)进行化学清洗除锈。如果分段涂装阶段只喷涂至底漆或者中间漆,同时分段在船台(坞)合拢后涂层超过最长覆涂间隔期,在施工前必须进行老旧涂层的拉毛,老旧涂层的拉毛只要达到要求是完全可以按照涂装工艺正常

涂装的,主要问题在于手工拉毛质量不稳定,容易造成一块合格一块不合格,后续会有质量隐患,因拉毛不合格导致涂层剥落的概率极低,笔者没有碰到过,故除了高附加值船舶外不建议用超耐涂料,可以使用一种相容性很强的涂料过渡,比如某采用国际油漆品牌的项目,环氧底漆超过涂装间隔后,在覆涂中间漆前额外增加了一道 Intergard269 环氧连接漆作为过渡。

在钢结构制造过程中,部分区域无需涂装但可以生锈,如建筑钢结构的高强螺栓摩擦结合面;部分区域是无需进行涂装且不允许生锈,如精加工面,一旦精加工完成需要抹油(一般涂抹黄油)防止生锈,而精加工面周围的区域是正常进行涂装的,对精加工面抹油通常是由工人手工操作,抹油范围经常会超出精加工面,一般超的不多工人后续会再用稀释剂等清洗掉超出精加工面范围的油渍,但很难完全清洗掉会有残留,如果残留的多这些区域可能会发生涂层剥落。对于高附加值船舶,精加工面区域外面100mm范围可涂装一层超耐涂料进行过渡,外面再正常涂装,以保证安全。

豪华邮轮的一些明显的重要部位也可以直接采用超耐涂料进行施工,例如某豪华邮轮的泳池全部采用超耐涂料作为底漆进行施工,因为豪华邮轮泳池如果后续发生涂层剥落,影响太坏,邮轮的造价和附加值不值得船厂去冒险,普通船舶就没有必要了。

除了高附加值船舶外不建议这么使用超耐涂料,目前存在超耐涂料被过度使用的现象,很多船舶并不是高附加值船舶,其结构也很正常,涂装环氧类涂料(价格远低于超耐涂料)就可保证涂装质量,最后还是使用了超耐涂料,原因是对制造现场不信任,怕施工现场不按照规定要求进行施工,使用超耐涂料更加放心。业主方和制造方达成协议,如果业主方对现场进行检查,发现现场有不合格的表面处理现象,即无法保证合格的表面处理,制造方必须在后续产品中摒弃原有的涂装配套,而改用昂贵的超耐涂料,这既保证了产品的质量,同时也给制造方一定的压力,造成了许多无需使用超耐涂料的场景最后也用了超耐涂料。

#### 5 结语

超耐涂料对表面处理的要求极低,耐油、耐水、耐高温等特性决定了它在一些特殊场合可以发挥很大的作用,但其昂贵的造价又不适合大量使用,和传统的涂料配合使用可以起到降本、增效、防污染的作用。

#### 参考文献:

- [1] MAJUMDER A, GHATAK A, SHARMA A. Microfluidic adhesion induced by subsurface microstructures [J]. Science, 2007, 318(5848): 258-261. (下转第31页)