

# 高压水清理+喷砂清理—— 海上平台表面清理的新方法

沈国良

在海洋平台上，所有工作都充满了挑战，涂装施工中的表面清理工作自然也不例外。待清理表面难以接近、恶劣的自然环境、施工危险程度高、被清理部位结构复杂等等都是现场施工需要解决的难题。

高压水清理+喷砂清理（以下称“超高压喷砂清理”，在发达国家叫做“Ultra-High Pressure Abrasive Blasting”，简称UHPAB）在海洋平台涂装维修作业中应用的时间还并不很长，但这种清理方法特有的优点已经受到人们的注意，有些涂装专业公司已经从试验转入实用，并取得了宝贵的经验，实际使用效果、经济效益、清理质量以及环境友好等都已受到人们普遍的认同。

超高压喷砂清理结合了高压水清理和喷砂清理各自的长处，从而具有以下明显的优点：

- 粉尘飞扬很少
- 磨料消耗量少
- 水消耗量少
- 清理效率高
- 可以获得合乎技术要求的表面粗糙度
- 涂层附着力强

## 超高压喷砂清理试验

在超高压喷砂清理的试验阶段，进

行了范围广泛的评定试验，以确定这种清理方法的处理效果，评定试验的内容包括：

- 盐雾试验
- 冷凝试验
- 浸泡试验
- 附着力测定
- 表面粗糙度测定
- 划格试验
- 表面含盐浓度测定
- 含盐浓度评定用溶液的电导率测定
- 表面上残留灰尘测定。

为了试验的完整性和正确性，在超高压喷砂清理的同时，还进行了干喷砂清理（AB法）和纯高压水清理（UHP法）试验，以作对照。

试验结果表明：

1. 超高压喷砂清理使表面上的含盐量大大减少，取样溶液的电导率（反映溶液中可溶性盐类的浓度）明显下降。这是因为超高压喷砂的高速水流把表面上绝大部分的可溶性盐类冲走了。

2. 超高压喷砂清理和干喷砂清理造成的粗糙度远高于纯高压水清理，这是前两种方法中的磨料造成的。

3. 盐雾试验后划格法涂层附着力测定结果显示，超高压喷砂清理使涂层的附着力要比其他方法明显地高出一截。

4. 拉开法附着力测试结果表明, 超高压喷砂清理使涂层的附着力远远高于其他清理方法。

依据上述试验结果, 德国船级社在2004年3月颁发了超高压喷砂清理质量许可证书, 证书的名称是: 《用于船舶和其它钢结构维修的高压喷砂清理(UHPAB)》。

### 表面预处理方法和设备

超高压喷砂清理中, 磨料(砂)颗粒有两个加速过程: 第一过程中, 磨料依靠压缩空气加速, 其最高速度可达到每秒约200米; 第二过程中, 高速流动的磨料/空气在高压水流作用下第二次加速, 磨料/水/空气最终以每秒约500米的极高速度撞击工件表面。

超高压喷砂清理所需的设备主要有高压水泵、喷砂机、超高压喷砂喷嘴和控制器。

高压水泵的工作压力在150至2500巴之间, 流量为每分钟4到10升。

空气压缩机和喷丸机并无特殊要求, 工作压力为7到8.75巴。铜炉渣磨料是超高压喷砂清理的常用磨料。超高压喷砂清理用的喷嘴需要专门设计。控制器与喷嘴安装在一起, 控制器可以实现4种清理模式: (i) 磨料/空气/水(UHPAB), (ii) 磨料/空气(AB), (iii) 水/空气(UHP), (iv) 空气(仅用于干燥清理后的表面)。

超高压喷砂清理还需要有以下一些配套设备: 移动式海水处理装置; 泥浆泵和分离器。海水处理装置将海水制成清理所需的淡水和饮用水, 分离器将磨料、漆皮和水分离开来。海水处理装置的生产能力要达到每天60吨。

超高压喷砂清理的工作效率在很大程度上取决于环境和现场工作条件, 主要有: 钢结构的大小和复杂程度; 施工人员和设备接近被清理部位的难易程

度; 工程施工的组织水平和施工设备的技术性能。

对于结构简单的部位, 比如管道, 单个喷嘴工作效率可以达到每小时10平方米, 清洁度达到Sa2.5级。形状复杂的部位, 如加强筋、支腿和横梁等, 清理效率就要低一些。

超高压喷砂清理过程中, 磨料颗粒不会到处乱飞, 周围的设备不易受到损坏。

超高压喷砂清理在East Cameron 46平台上的施工实践

East Cameron 46平台是一座六桩腿固定式平台。维修工程中要清理1500平方米的面积并重新涂漆。施工范围包括桩腿水线以上部分的380平方米, 和船舶停泊区的1120平方米。桩腿采用干喷砂清理, 用以与超高压喷砂清理作对比, 清理质量达到很彻底清理级(Sa2.5)。施工用设备包括8吨容量的喷丸机一台, 每分钟23立方米的空气压缩机一台, 每分钟处理量25.5立方米的后冷却器一台, 磨料为石英砂, 工作压力0.77-0.88MPa。水线部位和船舶停泊区采用超高压喷砂清理, 清理等级同样为很彻底清理级(Sa2.5), 所用的主要设备相同。一个五人班组在28天内完成全部施工任务。两种清理方法的工时消耗情况见表1。

两种清理方式中用于安全的时间都占了约4%(每天工作12小时), 每天早上约半个小时的安全会议必不可少, 会上要交待当天的工作内容及安全注意事项。虽然两种清理方法使用的设备并不完全相同, 但准备时间并没有多大的差别。桩腿施工使用的是吊篮, 而水线处的施工用的是绳索和作业船。然而, 从每人/时的工作效率考虑, 从一根桩腿转移到另一根桩腿时, 吊篮安装就要比使用绳索和作业船消耗更多的时间。在这个工程中, 吊篮拆卸和安装的速度要比使用绳索和作业船慢40%左右。

表1 两种清理方法的工时消耗

| 项目   | 占用时间 (%) |       |
|------|----------|-------|
|      | 干喷砂      | 超高压喷砂 |
| 安全   | 3.9      | 3.8   |
| 设备安装 | 13.5     | 16.4  |
| 场地清洁 | 8.2      | 12.0  |
| 清理   | 41.9     | 25.7  |
| 涂漆   | 25.4     | 31.4  |
| 天气影响 | 0        | 6.1   |
| 误工   | 5.4      | 3.1   |
| 其它   | 1.7      | 1.5   |
| 总时间  | 100      | 100   |

相对来说,超高压喷砂清理过程要比干喷砂消耗更多的时间,这是因为,超高压喷砂清理后,要用清水将清理后的表面冲洗一遍,防止磨料粘附在湿润的表面上。干喷砂清理后,只要用压缩空气把由磨料产生的灰尘吹干净就可以了。用压缩空气清洁清理后的表面往往要进行多次,因为扬起的灰尘会落到先前已经清洁过的表面上。用清水冲洗表面是自上而下地进行,故不需要多次清洗。

根据表1,我们可以清楚地看到超高压喷砂清理的经济效益。桩腿干喷砂清理的总施工时间中,清理所占的比例为41.9%,而水线部位的清理只占25.7%。从绝对值计算,干喷砂的生产效率是1.3平方米/人-小时,超高压喷砂清理的效率是4.4平方米/人-小时,比前者高出220%。另外,干喷砂的磨料平均消耗要比超高压喷砂清理高出1.7倍。在这座平台上,两种清理方法的唯一不同之处就是所使用的工具,干喷砂使用的是吊篮,而超高压喷砂清理使用的是绳索和作业船。再者,施工经验显示,使用绳索和作业船的工作效率要比使用吊篮高。撇开所使用的工具不谈,从工作效率和磨料消耗两方面考虑,超高压喷砂

清理要比干喷砂更好一些。

### 超高压喷砂清理在Anadarko平台上的施工实践

Anadark 由两个八桩腿固定式平台组成,位于墨西哥湾离岸约30英里的地方。一个平台用于产油、产气,另一个平台用于油、气处理和加工,配备有压缩机、发电机、分离机和其它一些油、气处理设备。Anadark 维修工程的总面积达到6400平方米。根据安排,维修施工不能影响平台的正常生产,平台上的设备不能受到损坏。平台的保护性涂层已经超过了设计期限,有些部位的涂层已经失效。

根据施工要求的规定,在这个工程中不能使用干喷砂清理,因为,干喷砂产生的粉尘会使旋转式产油设备不能正常生产,操作人员不能正常工作。唯一可以采用的施工方法就只能是超高压喷砂清理和高压水清理了。平台管理方要求表面清理达到尽可能高的清理等级,表面上的锈蚀物和氯化物要清除干净,表面粗糙度达到62-76微米,以尽量延长涂层的使用寿命。

承包公司派出一个六人班组(组长一名,喷砂/喷漆工三(下转第36页)

3~4次或4~5次才能达到质量要求。刮涂时可用钢刮板或铜刮板,将腻子先满刮于物面,每面刮满后,再轻而均匀地将表面收刮平整,不要留下接痕,以防干后形成硬棱,给磨光增加难度。每个部位收刮平整后,立即收净边面的残渣。对基层平滑度较差的部位,可每次连续刮涂2~3道,不可涂得过厚,以防慢干影响施工进度。对于异形物面,可用橡胶刮板反复细心地刮涂平整。头道腻子干燥后,用刮板或灰刀将涂件表面上的刮棱、毛刺等清理平整,用粗砂布略加磨光,即可刮涂后道腻子,依次将各部位反复刮平即可。

(2)酚醛腻子刮涂法。酚醛腻子包括自配的酚醛腻子和桐油石膏腻子,由于质地比酯胶腻子粗,刮涂性比酯胶腻子差,但比酯胶腻子干燥快,所以每道可一次性刮1.0~1.5mm,但每个部位满刮平整后,要立即将表面细收平整,收刮时用力应轻而均匀,以防卷层或产生大麻眼。由于酚醛腻子质地较粗,只能用于第一道和第二道腻子的刮涂,不适于

细腻子或麻眼腻子的刮涂。

(3)醇酸腻子刮涂法。醇酸腻子的刮涂性不如酯胶腻子和酚醛腻子,如在一个地方来回刮涂次数过多,易出现卷层或大麻眼,故只能用于小件表面的刮平,或普通客、货车旧层表面的局部刮平。可用小橡胶刮板,每处刮涂1~2个来回即可,每个部位刮平后,及时用灰刀清净残渣。刮涂客车或货车旧层的局部时,用钢刮板先将缺陷填实,再将表面收刮平整即可。

### 参考文献

- 1.王锡春等.最新汽车涂装技术;机械工业出版社.1997.
- 2.虞兆年.防腐蚀涂料和涂装;化学工业出版社,2001
- 3.洪啸吟,冯汉保.涂料化学;科学工业出版社,1997
- 4.涂装技术实用手册;机械工业出版社.2003.
- 5.刘国杰等.现代涂料工艺析技术;中国轻工业出版社,2000.

(上接第25页)

名,辅助工两名)负责施工,每天工作12~14小时,每周工作7天。表面清理工作到下午两点或三点结束,实际工作时间取决于白天时间的长短和天气状况。清理工作结束,一名质量检查员要对清理过的表面进行认真检查并予以确认。清理完足够大的面积后,涂漆工就要涂上底漆,之后,对有些部位进行预涂,最后涂上中间漆和面漆。

对于一些结合良好的涂层,现场的质量检查员有权决定不予清除,只要一扫而过,暴露出原有的涂层就行了。出现锈蚀的部位必须清理到很彻底清理级(Sa2.5)。

平台的甲板采用超高压喷砂清理,

清理面积为2080平方米,平台上的压缩机采用高压水清理,清理面积为293平方米。通过对两种清理方法耗时的分析,采用高压水清理的表面预处理费用要比超高压喷砂清理高出112%。超高压喷砂清理确实要比干喷砂清理减少将近一半的费用。

石油处理和加工设备上带有许多法兰、螺栓和螺帽等,这些部位处理起来费时又费力。因此,相对来说,处理钢结构就要经济得多。要是施工过程中保护平台设备所需的费用很高,或者为了避免损坏平台上的设备,那么超高压喷砂清理就具有明显的优势,处理费用与干喷砂不相上下。