

天津港某码头面层修复改造施工技术

唐若佩

(中交一航局第一工程有限公司)

**摘 要：**为解决大量码头使用年限即将到期以及码头面层承受高负荷使用而导致的码头面层维修改造工程相关技术问题，以天津港某码头维修改造工程为例，对面层维修、轨道改造等施工过程相关技术梳理和总结，工程中通过采用植筋、喷涂环氧树脂等方法，码头面层改造工程进展顺利且效果良好；结合实际工程实践，文章详细阐述了码头面层改造施工，重点研究了面层维修和轨道改造施工工艺，为码头面层维修改造后续大规模施工提供了一定的参考和经验。

**关键词：**老旧码头；面层改造；面层维修；轨道改造

0 引言

码头作为全球贸易和运输的重要枢纽，承担着巨大的物流流动和货物处理任务。然而，随着时间的推移和使用频率的增加，码头面层逐渐受到磨损、老化和破坏，这不仅影响了码头的正常运营，还可能导致安全隐患和环境风险。码头面层维修改造问题，吸引了学术界和工程领域的广泛关注。维修改造旨在修复和强化码头面层，以提高其承载能力、减少损坏和延长使用寿命。然而，由于码头的特殊性和不同环境条件下的需求差异，码头面层维修改造仍然面临着一系列挑战和问题。本文对码头面层维修改造进行深入研究和探讨，以提供可行的解决方案和实践指南。

1 工程概况

本工程为某高桩码头面层改造工程，建设规模为 34 000 m<sup>2</sup>，对码头的开裂面层进行修复，码头总长 375 m，桩台总宽 90.5 m。该码头为通用散货泊位，本次仅进行面层改造，不增加吞吐能力。工程范围包括码头面层改造、大机轨道维修、护边角钢更换、锚定及防风拉索基础维修等。

2 施工布置

面层、轨道同时施工，轨道由码头两侧 2 个班组对向施工。面层范围分为区域 1、区域 2、区域 3 共 3 个区域，区域 2 为预留 10.5 m 宽车道区域，区域 3 为 4.3 m 宽渡板区域，本文仅针对区域 1 的施工进行叙述，施工段划分见图 1。

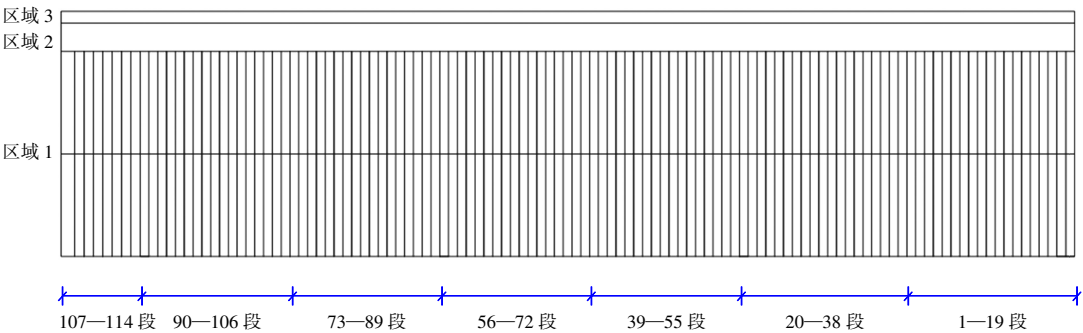


图 1 施工段划分

区域 1 分为 114 个施工分条，自西向东隔一跳一进行混凝土浇筑，采用罐车自卸方式分条施工。区域 1 根据改造前板缝位置进行划分，整体按图示分为 7 段，长 75.7 m，其中第 19 段、第 38 段、第 55 段、第 72 段、第 89 段、第 106 段

宽 3.2 m，第 107—113 段宽 3.45 m，第 1 段宽 4.87 m，第 114 段宽 5.03 m，其余分段为 3.25 m 宽。

为防止混凝土面层裂缝，锯缝及混凝土浇筑位置严格按照板缝位置进行施工。根据类似工程施工经验，可以有效避免底层面板对面层造成裂

缝影响。

### 3 施工工艺流程

面层维修和轨道改造的施工工艺流程见图 2。

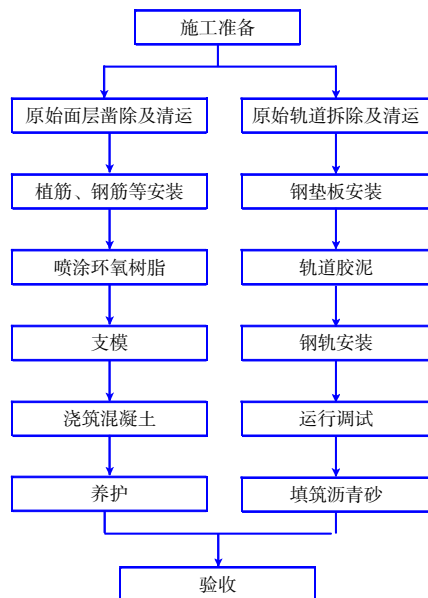


图 2 施工总流程图

施工前先对混凝土基础结构面进行清理，按照设计图纸对钻孔锚固点的钻孔位置进行放线标注后，由现场负责人再对其进行验收检查。钻孔锚固筋直径为 12 mm，锚入面板深度不小于 80 mm，钢筋型号为 HRB400，外伸筋顶端低于顶层 30 mm，双向间距均取 2.5 m。植筋画线定位见图 3。

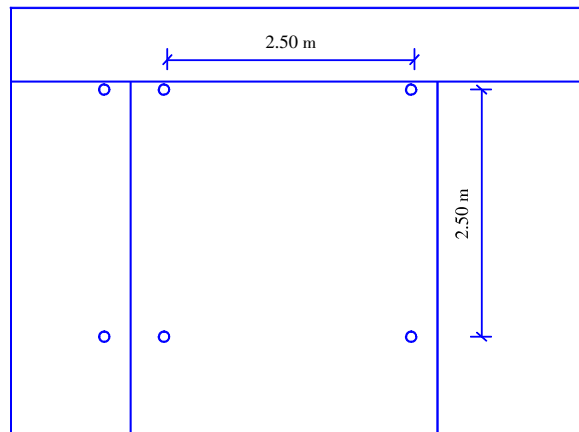


图 3 植筋画线定位

## 4 主要施工工艺

### 4.1 面层改造

面层改造施工主要工程量：拆除圆钢筋混凝土路面 33 937.5 m<sup>2</sup>，C40F300 现浇混凝土路面 33 937.5 m<sup>2</sup>，现浇构件钢筋 282.6 t，新老结合面喷涂环氧树脂 33 937.5 m<sup>2</sup>。

#### 4.1.1 拆除原钢筋混凝土路面

拆除使用风镐、无齿锯、破碎锤等混凝土切割工具。利用风镐对切割区域打孔，通过无齿锯对混凝土区域切缝，避免拆除过程对原混凝土结构造成扰动与破坏，码头原面层主要考虑采用破碎锤破除，边缘或不方便大型设备施工的位置使用空压机和风镐进行凿除施工。避免凿除施工过程中，破坏底层原结构的表层混凝土。对已拆除的垃圾，统一装运到自卸车，将经过挖土机凿除后的水泥块用自卸车运至指定地点进行处理，做到集中收集、集中外运，严禁将水泥块等垃圾随意丢弃。

采用小型破碎锤进行破除，且破碎锤破除面层时，注意控制破碎深度，以减少对梁板结构的扰动。

#### 4.1.2 植筋

##### 1) 划线定位

##### 2) 钻孔

在钻孔前，承台植筋部位的钢筋位置可以用钢筋探测仪进行探测，也可以将露出保护层的钢筋凿开，如果植筋孔位有钢筋，钻孔的位置就要进行适当的调整。采用电锤钻钻孔，确保钻孔的施工表面足够粗糙。当钻孔施工遇到钢筋或预埋件时，立即停止钻孔，钻孔位置适当移动，若移动幅度过大，及时通知设计单位，由设计单位负责对钻孔位置进行处理。

##### 3) 清孔除尘

完成钻孔施工后，清理孔洞周围半径 0.5 m 范围内的灰尘，用气泵、刷子将孔洞清理干净，采用高压气(用空压机、打气筒等)<sup>[1]</sup>或高压水冲洗，但植筋施工之前，必须达到孔内干燥的程度。这个过程要做到三吹二刷，即三吹二清。用上述方法清除后，在灌胶前，用棉丝蘸取丙酮，对孔洞内壁进行清刷，使孔洞内壁达到无灰尘、无油污、无有机杂质的状态，保证植筋的强度。

##### 4) 灌注植筋胶

先将植筋胶分开搅拌均匀，然后用专门的电动搅拌机，按比例配置，搅拌 3 min，搅拌均匀即可。原则上不需要人工搅动，特殊情况下，必须均匀地搅动，最少 5 min，由专人负责搅动。将搅

拌好的胶水，用专门的工具注射至清理过的孔洞里面。必须流水作业，连续进行配胶、注胶和植筋等工序，以确保胶体不固化。植筋胶的配制由专人负责，并详细记录，记录内容包括：植筋胶的配用量、使用部位、使用时间、固化状况等。植筋胶选择前向设计单位确认，如必要需进行抗拔试验。

#### 5) 植入钢筋

用注浆枪向钻孔底部注入植筋胶，灌注深度为孔深的  $2/3$ ，然后缓慢旋转锚固钢筋插入孔内，确保孔内植筋胶与钢筋、孔内壁紧密结合，并将植入的钢筋与加固墩柱的主筋连接。

#### 6) 养护固化

植入定位后对钢筋进行保护，防止碰撞和移位，在原材料固化之前，需保持 2 d 才能受力。

### 4.1.3 钢筋网片、伸缩装置等安装

#### 1) 钢筋网片制作与安装

在面层混凝土中均设置 1 层钢筋网，钢筋网钢筋直径 8 mm，双向钢筋间距 100 mm，钢筋保护层 40 mm，采用 100 mm×100 mm 钢筋网间距的形式预先加工好钢筋网，加工宽度按照实际浇筑混凝土分段宽度(大多宽 3.25 m 左右)加工。

#### 2) 伸缩装置等安装

安装伸缩缝、护边角钢等，需精确安装到位，按设计图测量放样，并焊接牢固，在浇筑混凝土避免碰撞偏移的情况下，保护伸缩装置。

### 4.1.4 喷涂环氧树脂

新混凝土浇筑前，将旧混凝土表面冲洗干净，并在新旧结合面涂环氧树脂浆液界面剂，以利于新旧混凝土结合紧密。喷涂方式采用人工撒布，为加快施工进度，分组分区同步进行喷涂，确保混凝土浇筑的工作面清洁。

### 4.1.5 现浇混凝土面层

面层分条施工缝与梁板安装中缝相对齐平，以防止因结构变形造成面层裂缝，分段进行混凝土浇筑。面层混凝土的侧模板采用槽钢，固定方式采用焊接支撑，砂浆垫墩控制标高。采用商混站供应混凝土，泵车浇筑，先用振捣棒振捣，再用振梁振捣，滚杆和压杆找平，采用专用混凝土抹面机抹面，边角采用人工抹面，抹面完成后覆盖无纺布，洒淡水养护 14~21 d，待混凝土达到 10 MPa 后，再用锯缝机锯缝。

面层分条浇筑如图 4 所示。



图 4 面层分条浇筑

#### 1) 测量找平

测量人员在面板上按面层分线位置制作弹墨线，并在沿线每隔 2 m 设置 1 个砂浆垫墩(或门字架)，以控制面层标高，垫墩的标高用水准仪进行测试，浇筑面层厚度为 100~150 mm。

#### 2) 模板工程

采用槽钢作为面层侧模，HRB400 $\phi$ 20 mm 钢筋作为锚筋固定，考虑设计图纸中面层厚度不同，本工程需采用[8~[20 不同规格型号的槽钢，保证锚筋净高不大于 4 cm，以保证底口砂浆的封堵施工满足质量要求。

支模前将模板清洗干净，涂上脱模剂。按测量人员设置的控制线进行支模，水平尺控制侧模位置及垂直度，复测模板顶部高程及位置，在符合规范偏差值范围内浇筑混凝土；将侧模拆下后，及时凿除堵塞的砂浆。支模按照面层分条布置隔一跳一支设，中间条面层可以利用两边已完成浇筑的面层为侧模直接浇筑。

按伸缩缝装置厂家要求在浇筑前安装固定伸缩缝装置，控制 40 mm 的伸缩缝间距，并采用泡沫板填充防止混凝土堵塞伸缩缝。

#### 3) 基层处理

在浇筑面层混凝土前 1 d 将面板表面用空压机吹干净，用淡水冲洗并覆盖土工布湿润 6 h 以上<sup>[2]</sup>，达到改善新旧面层黏结力的目的，杜绝“空鼓”现象。

#### 4) 基础防裂处理

为防止设备基础位置产生局部应力，出现裂纹，采用隔离法，将设备基础与面层混凝土接触部位粘贴一圈海绵条，再在四周放置钢筋网片，可以有效减少设备基础的裂纹。

#### 5) 浇筑混凝土

混凝土浇筑前，需提前预埋透气孔等装置，

提前固定好伸缩缝装置。浇筑前根据浇筑进度进行刷浆。现浇面层混凝土采用陆上拌和,罐车运到工地后直接浇筑或泵车浇筑。

振捣混凝土面层时采用振捣梁施工的方式进行作业,先用振捣棒振捣,振捣梁跟进振捣棒再次振捣,并及时填补缺失部分混凝土,使用滚杠提浆、刮杠找平,控制提浆时间,将面层表面形成的多余浮浆刮走,随后安排技术人员使用木抹子初步抹面,待混凝土表面初凝后使用电抹子精平,将表面平整度控制在 6 mm 以内,采用 2 m 靠尺测量面层中部位置垂直的 2 个方向的平整度。

使用振捣棒施工应控制质量,杜绝振捣棒拖振,防止漏振和过振,振捣后表面的浮浆及时刮除。对于泵送混凝土,因其流动性较大,表面砂浆层厚度控制在 2~5 mm 范围内。如果面层混凝土表面出现泌水或泌浆情况,施工时须刮去面层表面的水分,或者将浮浆压入面层混凝土中,确保混凝土表面的泌水或泌浆情况不再发生。

浇筑面层时避免积水现象发生。抹面时严格监督,禁止抹面时洒水。抹面完成后使用毛刷蘸水进行均匀拉毛处理,保证拉毛的深度和顺直度。分条分块处粘贴铝缩板条进行分缝处理,保证衔接处新旧混凝土的接合质量。

#### 6) 养护

混凝土浇筑并拉毛后,覆盖土工布或薄膜保湿养护,一般情况下需养护 1 d,进行锯缝施工后,还需进行覆膜和土工布保湿养护,一般情况下淡水保湿养护不少于 21 d。

#### 7) 锯缝

当混凝土强度达到 10 MPa 时,及时用锯缝机锯出不小于 4 cm 的深度。锯缝机无法锯到的地方,使用小型无尺锯锯缝,管架基础与面层锯缝相近(在 3 cm 以内,按管架基础宽度进行锯缝)。

### 4.2 轨道改造

轨道改造施工主要工程量:拆除钢轨 706 m,护边角钢 18.686 t,钢轨安装 706 m。

轨道改造施工工序:

- 1) 清理轨道槽内沥青砂,原轨道拆除,测量放线;
- 2) 清理螺栓,损坏的螺栓重新嫁接植筋;
- 3) 安装并调平钢垫板;
- 4) 按要求灌注胶泥;
- 5) 铺设胶垫板,钢轨铝热焊接,安装压板并

调直钢轨,恢复沥青砂。

#### 4.2.1 原轨道拆除

清除轨道槽内沥青砂,清理出的废弃沥青砂和煤渣码放成堆,等待铲车配合清理;拆除压板和割除断口,用气割的方式切割原压板,钢轨在施工段两端气割断开并移出轨道槽外;拆除原螺栓、螺母、垫片和钢垫板,松脱预埋螺栓的螺母,拆除钢垫板垫板,割除原预埋螺栓;凿除原胶泥层,用破碎机和风镐凿除原胶泥层,松动部分凿除。

#### 4.2.2 锚固螺栓修复

首先割除原螺栓,并凿除原螺栓附近的混凝土结构,然后进行攻螺纹施工,在此基础上加装新的螺栓套筒,最后嫁接新的螺栓结构。

#### 4.2.3 钢垫板加工、安装

轨道钢垫板加工时要求机器开孔、机器切割、位置准确,按照设计图纸和项目部的要求,由专业生产厂加工制作。钢垫板的加工长度根据现场实际情况,以 3 m 为主要长度。

钢垫板加工完成后,项目部派专人验收,采取陆路运输的方式运送到现场。运输途中将钢垫板整捆捆扎好,平稳摆放防止走样。钢垫板的平整度要求为 $<1/1\ 000$  mm。钢垫板上调校螺栓孔内应为与调校螺栓相配套的丝口<sup>[3]</sup>。

钢垫板安装前先将基础混凝土表面松动的水泥、浮浆凿掉,如果表面有浮灰、积水等,也一并清理干净。钢垫板的安装按设计图纸的要求进行,2 块钢垫板之间的间距为 1 cm,同时在码头结构伸缩缝的位置,将钢垫板进行断开处理。确保钢垫板在预埋螺栓中穿孔到位,钢垫板标高控制准确,并与螺栓校准相互配合,使钢垫板与螺栓之间实现无缝对接。

#### 4.2.4 胶泥灌注

先将环氧树脂和固化剂在搅拌桶内预拌均匀;一边搅拌,一边倒入骨料;搅拌 1~2 min,直至流淌状砂浆,灌入基础;灌注施工时,保证灌注饱满,一般是从一侧进行灌浆施工,确保另一侧浆液流出,灌满缝隙。

#### 4.2.5 轨道安装

现场堆放钢轨,要用多个支点,避免钢轨弯曲变形。安装轨道前,先在一块胶垫板上测放轴心,保证其顺直和位置准确。安装时,采用专用的轮胎式吊装架,进行轨道的起吊平移就位。严

格把控轨距、标高，确保不超规范允许值的钢轨使用要求。

#### 1) 胶垫板铺设

胶垫板应连续铺设，胶垫板必须放置于钢轨底部，侧向不得露出钢轨底部，胶垫板的沟槽面与钢轨底面相接触。胶垫板与胶垫板之间的接口不应在钢轨接口处，也不应在钢垫板的接口处。钢垫板的表面应清洁、无油污、无尖锐的颗粒。

#### 2) 压板安装

在基孔内塞上螺栓，顶到最前面；装填压板夹，调整压板夹，使压板夹贴紧钢轨(已调好的钢轨)边缘；平垫圈和螺丝帽安装完毕，用手将螺丝帽拉紧即可；用手锤在板夹上轻轻敲击，使板夹与钢轨贴合。

#### 3) 钢轨的调校和定位

钢轨焊接前，根据测量情况再次调整钢轨的位置，完成焊接工作；在对钢轨进行调整的同时，随时对胶垫板进行检查，确保胶垫板不会露出钢轨的外侧；当整条轨道调校完毕后，重新检查压板夹的位置及压板栓的扭力。

#### 4) 恢复沥青砂

将沥青铺入轨道槽内钢轨两侧，高度高于预埋螺栓和压板顶部；通过压盖板，用手工锤捣方式敲击盖板，平顺过渡到护边角钢。

### 5 应用效果

施工中，通过改善混凝土的性能，并结合优

化的施工技术，包括对环境气候的适应、精确的混凝土配合比、恰当的混凝土浇筑、振捣、磨光及养护等环节，采用机械磨面、真空吸水、添加混凝土微膨胀剂、土工布覆盖养护等方法，有效解决了面层修复后常见的龟裂等问题。这些措施的综合应用，使得修复后的码头具有更好的结构稳定性、更平整的表面、更长的使用寿命和更好的外观效果。

### 6 结语

天津港某码头面层修复改造施工中，由于码头面层混凝土开裂情况较多，经过相关关键技术研究与实践，重点研究了面层裂缝修复及轨道改造施工工艺。通过植筋、钢筋网片优化、喷涂环氧树脂、轨道定位安装等一系列技术优化总结，较好地避免了维修后的码头面层出现开裂等问题，为码头面层后续大规模修复改造施工提供了一定的参考和经验。本工程实践限于传统施工方法，随着科技进步，可以继续探索新兴的技术和材料在码头面层维修改造中的应用潜力，并评估其效果和可行性。

#### 参考文献：

- [1] 石开明. 混凝土结构加固植筋技术的做法和要点[J]. 黑龙江科技信息, 2013(26):241.
- [2] 黄沛, 金秀坤, 王新刚. 天津港高桩码头面层混凝土裂缝成因分析及裂缝控制技术措施[J]. 中国港湾建设, 2009, 29(1):22-24.
- [3] 程卫华. 船坞吊车道无缝轨道安装质量控制要点[J]. 港口科技, 2010(1):35-37.