DOI 编码：10.13646/j.cnki.42-1395/u.2022.05.041

港口航道护岸工程中的软基处理施工技术

何雅玲，胡翔

（江西省赣中航道事务中心，江西 南昌 330006）

摘　要：在经济全球化背景下，我国社会经济飞速发展，国际贸易往来越来越频繁，水上运输作为我国对外贸易的一种必要途径，取得了非常显著的成果，对我国综合国力的不断增强具有非常积极的作用。近些年我国港口航道工程建设规模持续扩大，对航运工程建设提出了更高的要求，但港口航道护岸工程施工中经常会遇到一些不良地基，以软土地基最为常见，只有做好软基处理才能保证港口航道护岸工程建设质量，为港口航道运行过程的安全性和稳定性提供保障，不断提高我国港口运输水平。

关键词：港口航道；护岸工程；软基处理；施工技术

中图分类号：U65　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1006—7973（2022）05-0115-03

1 港口航道护岸工程软基施工影响因素分析

1.1 地质条件

港口航道护岸工程形式的选定主要受地质条件的影响，所以开始施工前，必须组织专业人员深入现场进行详细的勘察，掌握现场的地质条件、水文环境和气候等，为设计工作提供真实可靠的依据。

1.2 地基承载力

通过现场勘察基本可以确定土壤的强度和物理特性，想要实现对软土地基的有效处理，还需要掌握地基的实际承载力。港口航道护岸软土地基承载力的提升，可以采取扩大地基承载面积等多种方式，如果选用的桩基形式，则还应该对桩侧阻力、桩的具体数量、长度以及桩相互之间的距离进行综合考虑。

1.3 施工现场及相关设备

表 5 各类型散货船电缆敷设效率对比

序号	工事内容	改善前（人力布线）	改善后（船舶电缆敷设装置）	下降工时	下降率
61KBC	全船电缆敷设	4650H	4280H	404H	8.7%
	发电机试验负载线敷设和回收（电缆长度 3900m）	6 人/天*8H/人*1.5 天=72H	4 人/天*8H/人*1.2 天=38H		
		改善后节省工时 34H			
209KBC	全船电缆敷设	8700H	8050H	695H	8.0%
	发电机试验负载线敷设和回收（电缆长度 4800m）	6 人/天*8H/人*2 天=96H	4 人/天*8H/人*1.6 天=51H		
		改善后节省工时 45H			
82KBC	全船电缆敷设	5700H	5200H	545H	9.1%
	发电机试验负载线敷设和回收（电缆长度 4800m）	6 人/天*8H/人*2 天=96H	4 人/天*8H/人*1.6 天=51H		
		改善后节省工时 45H			

表 6 新型船舶电缆敷设装置投资成本明细

设备名称	设备成本					总价
多功能电缆收放专用绞车	100000 元					合计约 38.5 万元/套
电缆自动同步布线装置	序号	名称	单价（元）	数量	价格（元）	
	1	总控制器	10000	1	10000	
	2	执行器	34000	5	170000	
	3	执行器控制箱	10000	5	50000	
	4	机械手	4000	5	20000	
定制滑轮组	35000 元					

以目前航运市场最流行的 61KBC 为例，船厂需要建造 12 艘船，方可收回新型船舶电缆敷设装置的投资成本（人工成本：80 元 / 时）。

4 结语

新型船舶电缆敷设装置设计与使用，彻底改变了过去船舶电缆敷设过程中手拉肩扛的施工工艺，使电缆的敷设施工实现了机械化、自动化，节约了工时成本、缩短了建造周期、保证了施工安全、提高了作业质量，达到了新型船舶电缆敷设装置使用的预期效果。

参考文献：

[1] 蒋远远，杨磊 . 地下管道线缆收放装置的设计 [J]. 绿色科技，2017(24).

港口航道护岸软基施工处理不仅受施工现场的制约，还会受施工设备和周边环境的影响，比如：如果开挖幅度过大就有可能引发塌方事故，若施工区域处于人口密集的地带,还会威胁到附近居民的住房和人身安全。

2 港口航道护岸工程软基处理施工技术

2.1 垫层处理技术

垫层法是港口航道护岸软基处理中比较常见的一种施工技术，通常适用于含有大量淤泥和粘土的软土基地开挖处理，首先将承载力不足的土层清除干净，然后填入足够硬度的土层，以形成稳固的基础结构。最常见的垫层填料为块石和砾石，通过垫层处理能够有效解决地基深度不足问题，同时对护岸工程整体结构受力情况具有很好地改善作用。上部载荷传至垫层时向周边扩散，避免因为局部受力过大而发生坍塌或者沉陷事故。与此同时由于底部软土层和已经成型的垫层之间存在较大的摩擦力，所以保证了垫层的稳固性。

2.2 水泥搅拌桩处理技术

水泥搅拌桩处理技术在港口航道护岸工程软基处理过程中的应用，是以水泥作为一种固化剂，通过深层搅拌破碎软土层，然后将其和水泥均匀混合在一起，通过充分搅拌形成泥浆，借助水泥的固化作用和软土形成一个共同的结构体。实践证明，采取这种方式最终所形成的水泥搅拌桩稳定性良好，承载能力也不错，加之其施工周期短、应用范围广、强度高、经济效益突出，所以受到了广大施工企业的青睐。

2.3 土工格栅加筋土处理技术

（1）土工格栅在软土层中的应用，能够大幅度降低土层压缩系数，增加压缩模量，软土地基承载力和抗变形能力增强[1]。

（2）研究表明，随着土工格栅层数的改变，并不会对软土地基加固效果造成太大的影响，所以通常情况下都只设置一层土工格栅，以实现经济效益和加固效果的双重要求。下表 1 是土工格栅加筋土抗剪强度指标。

表 1 加筋土抗剪强度指标

试样	无土工格栅	一层土工格栅	三层土工格栅	五层土工格栅
内聚力 c/kPa	25.8	31.3	33.1	45.5

（3）荷载比较小的情况下，软基加固效果更明显。

3 垫层处理方法在港口航道护岸工程软基处理中的实践应用

工程概况：该航道护岸结构为斜坡堆石型，场区内从上而下土层分别为：细砂，粉砂混淤泥，淤泥质亚黏土。三层土质厚度分别为：1.0 ~ 5.0m，0.9 ~ 3.9m，0.5 ~ 3.4m；孔隙比分别为：0.849，0.738，0.914；承载力标准值分别为：120kPa，120kPa，60kPa。均属于软弱土层，严重缺乏稳定性，必须对其进行科学处理，才能保证护岸工程后期各项施工作业的顺利开展。

3.1 铺设垫层土工布

（1）施工准备。首先，选用径向抗拉强度为 50kN/m，幅宽为 4.5m 的聚丙烯有纺土工布，并在陆地上提前将土工布拼接成 26.0m × 13.30m 大小尺寸的多个布块，为土工布铺设提供方便，并在布块 13.30m 的两侧各设置四个扣子，保证扣子和扣子之间距离相同，主要作用是后期铺设的时候可以挂在固定桩上。然后利用镀锌铁管卷号土工布，并将其放置在较为阴凉的区域。其次，用 60cm × 100cm 的聚丙烯编织袋装满砂子，放置在土工布施工区域外侧，每块土工布要求配置 200 个砂袋。再次，准备多根直径 120 毫米，长度 1 米的木桩。本文利用有限元分析法对本该工程进行数值分析，计算剖分网格图以及土层参数如图 1 所示。

图 1 计算模型网格剖分图

（2）测量定位。根据设计图纸要求和护岸轴线合理确定土工布边缘线，并在水面上支三根稳定的导标，保证其处于同一条直线上，然后依据导标对土工布进行有序下水操作。水下作业应安排潜水员操作，首先在指定的位置打设固定桩，然后将土工布挂好，在此过程中需要利用经纬仪（陆上）对横向下水位置做好准确控制，确保土工布下水位置的精准性。

（3）铺设土工布。提前准备两条船，船停放位置应和护岸轴线保持垂直，两条船之间的距离控制在 13.30 米左右，这个宽度恰好和土工布间距保持一致，然后进行抛锚固定。具体铺设流程如下：

首先，利用绳索拴好卷土工布的铁管两侧，调整至土工布纵向和预设导标方向保持垂直。其次，缓慢下水土工布，潜水员在水下进行辅助操作，确保下放位置的准确性。再次，确认无误后将土工布扣子挂在提前打设好的固定桩上，并利用砂袋压紧该边，固定好土工布，保证整个铺设过程不会发生位移现象。另外，绳索送到牵引船上，由船上的工作人员拉伸土工布卷。需要注意的是，整个拉伸过程中如果出现位移或者皱褶问题，应立即暂停拉伸操作，调整好之后方可继续拉伸，直到铺设到位[2]。

第一块和第二块土工布铺设好之后，还需做好两块布之间的搭接，保证土工布的整体稳定性，一般情况下两块布的搭接宽度应控制在 1.4 米左右，依次铺设和搭接其他土工布。

3.2 石渣垫层施工

长年累月受海水的冲刷和侵蚀，难免会对土工布造成一定的损伤，所以铺设好之后还需采取一定的防护措施，石渣垫层防护比较常见。石渣材料的选用要求所有块石的直径不能大于 10 厘米，而且石块形状要规整，不能出现片状或者棱角状，棱角太过尖锐可能会刺破土工布。同时还应将石渣的含泥量控制在 5% 以内，保证其清洁度满足要求 [3]。石渣入水方式多采用开船抛填作业模式，首先在现场准备多艘船，使船体和护岸轴线方向保持垂直，将石渣材料有序抛入水中后，还应派遣潜水员下水对具体抛填情况进行检查，若存在局部漏抛或者平整度不足问题，还需进行补抛和平整处理，保证石渣垫层材料分布的均匀性和平整性。在此过程中应尽量减少水下作业，所以一定要保证抛石过程的有序性。

3.3 抛填作业要点

港口航道护岸工程软基处理抛填施工技术要求往往比较高，必须严格按照设计加载时间和高度进行有序施工，严禁随意打乱施工节奏。具体抛填过程中，应做好水上和水下作业之间的有效协调和共同推进，通常以 ±0.0m 为基准，低于该基准采取水上施工模式，高于该基准采取陆上施工模式，并将整个区域分成几个作业层进行逐层逐段抛填作业。抛填施工能够很好地提升堤身的稳固性，在各级载荷作用下，逐渐消除地基孔隙水压力，促使软土地基越来越坚固。

4 港口航道护岸工程软土地基施工安全保障措施

4.1 设置施工安全警戒水域

为了保证护岸工程软土处理施工过程的安全性，必须根据实际情况设置施工安全警戒水域，即将整个水域划分成多个区域，留出单独的区域开展施工作业，且施工时段应尽可能避开航船行进高峰期，也可以向有关部门申请在施工其余设置一定的界限标志。软基处理过程往往需要用到大量的施工材料，而材料的运输势必会增加港口航船数量，容易引发航线拥堵和碰撞事故，所以除设置警戒水域之外，最好还能为施工现场配备一定的警卫人员和一些应急物资 [4]。一旦发现有船只进入施工水域应立即遏止，确保行船的安全性。除此之外，还可以借助扬声器、VHF 等通讯设备，为过往船只信息的畅通无阻提供保障，当出现大雾天气时可以增加扬声器警告次数，警告船只自觉退让，降低事故发生率。

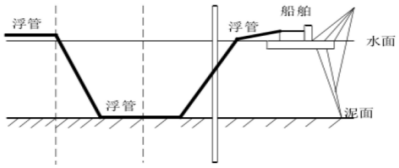

图 2 港区进港航船轨迹

4.2 建立航道相关部门信息平台

港口航道护岸工程软基处理施工期间，除科学设置警戒水域外，还应构建相关部门信息交流平台，实现和有关部门之间信息的及时共享与顺畅沟通，从而保证施工作业的时效性，提高施工效率，保证能够在规定时间内按时完工。特别是渔汛期间，港口捕鱼船只肯定会大幅度增加，加之航道施工占据一定的水域，所以往来船只很容易发生拥堵和安全事故，也会在一定程度上影响施工水域的正常作业。所以构建信息化管理平台十分必要，通过该平台我们可以及时掌握港区内船只具体行进状况，并及时通报进出口船舶航次情况，根据这些情况对施工作业做出合理调整，做好和船只之间的避让工作。如若港口区域出现大雾等恶劣天气，由于浓雾的影响，能见度比较低，施工进度有所放慢，通行船只也更容易发生搁浅和偏移问题，此时就需要平台工作人员作为船只的“眼睛”，时刻关注船舶行进动向 [5]，利用声信号、高频电话或者光信号等手段及时和船舶做好沟通与协商，采取相应的避让措施，保证施工作业的安全稳步推进。

5 结束语

总而言之，港口贸易的繁荣发展，有效促进了我国整体经济水平的不断提升，现如今港口航道已经成为我国经济持续发展的一项重要基础设施。而港口航道护岸软土地基比较常见，只有采取科学合理的处理措施，才能保证港口航道护岸工程的稳定性，促进我国港口运输的快速发展。

参考文献：

[1] 李珂 . 疏浚施工中港口与航道通航安全保障方案 [J]. 低碳世界，2019，9（06）:218-134.

[2] 阚冬杰 . 研究港口与航道工程施工的生态影响及对策 [J]. 建筑技术开发，2019，46（11）:150-151.

[3] 刘定国 . 内河港口航道工程施工重点环节简述 [J]. 四川水泥，2019（05）:263-264.

[4] 洪庚 . 航道工程测量与施工管理研究 [J]. 中外企业家，2019（04）:94.

[5] 李佳，李平 . 软土地基航道护岸加固方法对比分析 [J]. 西部探矿工程，2014，26（11）:15-17.