



水运工程施工标准化建设指南
施工工艺篇—内河航道整治工程
（征求意见稿）

二〇一七年十月

目 录

1 基本规定.....	3
1.1 编制目的.....	3
1.2 适用范围.....	3
1.3 编制依据.....	3
1.4 工艺选择原则.....	3
2 混凝土构件预制.....	4
2.1 软体排混凝土压载块.....	4
2.2 混凝土透水框架构件.....	7
2.3 堤身构件.....	10
3 护底工程.....	15
3.1 系结压载护底软体排工程.....	15
3.2 透水框架群促淤.....	18
4 护坡工程.....	21
4.1 岸坡开挖、整平.....	21
4.2 坡面排水结构.....	23
4.3 护面施工.....	25
4.4 生态护坡工程.....	27
4.5 挡土墙.....	27
4.6 护脚工程.....	30
5 堤坝工程.....	34
5.1 抛石堤（坝）.....	34
5.2 预制构件混合堤.....	36
6 疏浚工程.....	40
7 清礁工程.....	46
8 测量与监测工程.....	48
8.1 工前扫海测量.....	49
8.2 固定断面观测.....	50
8.3 全断面分层沉降观测.....	51

1 基本规定

1.1 编制目的

1.1.0.1 为加强内河航道整治工程施工管理，规范施工行为，进一步提升航道整治工程安全质量水平，结合内河航道整治工程施工实际情况编制本指南。

1.2 适用范围

1.2.0.1 本指南适用于 I 级、II 级内河航道整治工程项目，其他内河航道整治施工项目可根据现场施工情况参照执行。

1.3 编制依据

1.3.0.1 本指南以国家、交通运输主管部门发布的与水运建设相关的标准、规范、规程及文件为依据，选择目前国内已完和在建水运工程中通行的、较为完善的和先进的施工工艺。

1.4 工艺选择原则

1.4.0.1 适用原则：对比工艺的优缺点，工程规模、条件、目标的适用性。

1.4.0.2 工艺安全风险原则：分析比较工艺安全风险因子，选择工艺技术可靠、风险较低的施工工艺。如航道工程抛石施工应优先采用专用抛石船施工工艺，尽量减少采用挖机抛石工艺，降低施工安全风险。

1.4.0.3 环保节能原则：以不破坏和少破坏环境为优先原则，考虑防尘和疏浚物合理利用等。如在水下爆破施工中，应尽可能采用钻孔爆破替代裸露爆破，减少炸药用量，并降低对周边环境的破坏。

1.4.0.4 推广新工艺的应用原则：推动技术创新，严禁采用安全风险高的落后工艺。如在航道水下沉排护底施工中，推荐采用声呐实时监控技术和工后进行多波速扫测，逐步淘汰潜水员水下探摸检测，降低人员安全风险；透水框架抛投采用专用吊具施工，严禁人工抛投。

1.4.0.5 功效原则：技术性与施工效益相统一。

2 混凝土构件预制

2.1 软体排混凝土压载块

2.1.0.1 内河航道整治工程常用的软体排压载块主要包括 X 型块、D 型块和联锁片，X 型块常用于干滩铺排，D 型块和联锁片主要用于水下沉排，其中联锁片在内河航道整治工程应用逐步广泛，护底效果较好。

2.1.0.2 本节以联锁片预制为例简述标准化施工要点。

2.1.1 工艺简述

2.1.1.1 联锁片由若干正方形砼小方块（称为“联锁块”）采用丙纶绳连接组成，外形尺寸一般为 $4.98\text{m} \times 3.98\text{m}$ ，联锁块预制一般采用 C20 或 C30 混凝土。

联锁片结构示意图见图 2.1-1，联锁块结构示意图见图 2.1-2。

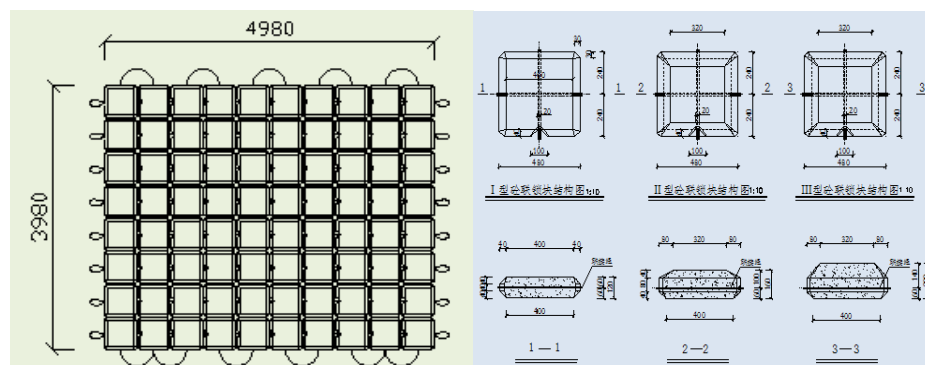


图 2.1-1 联锁片结构示意图 图 2.1-2 联锁块结构示意图

2.1.1.2 联锁片预制采用上下整体式钢模，布设丙纶绳后，混凝土吊罐入模，然后人工振捣、摊平、抹面，到达起吊龄期后转运集中堆放养护。

2.1.2 前置要点

2.1.2.1 完成预制场标准化建设，建立工地试验室。

2.1.2.2 完成配合比设计和搅拌站配料系统计量校核。

2.1.2.3 模板及吊具结构已完成设计及验算。

2.1.3 工艺实施流程

2.1.3.1 联锁片预制工艺流程见图 2.1-3

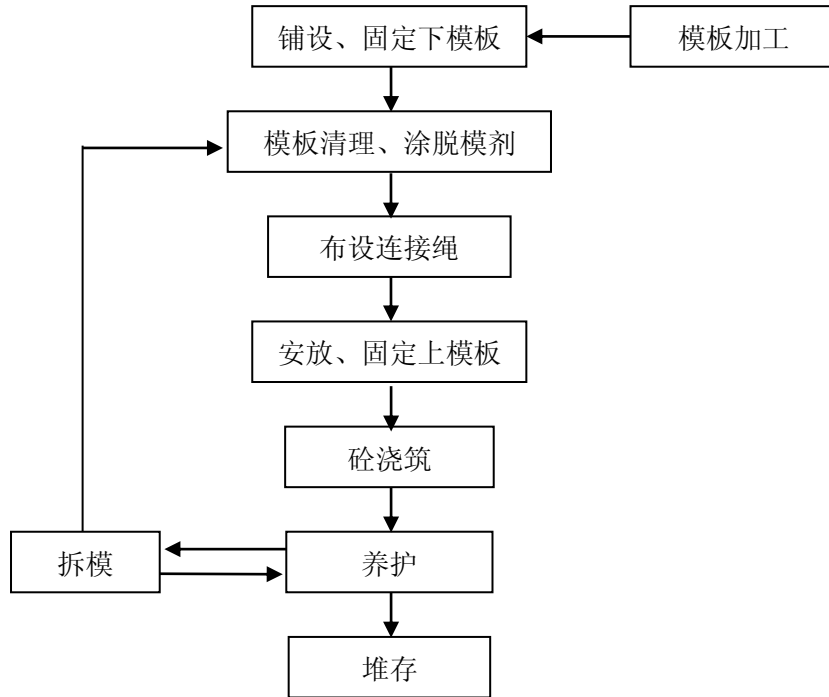


图 2.1-3 联锁片预制工艺流程图

2.1.4 工艺控制要点

2.1.4.1 模板分上下模，底模固定于砼地坪，上模用于周转，上下模配置比例宜为 1：3。模板安装见图 2.1-4。

2.1.4.2 内模采用一次冲压成型模具，可有效保证棱角、棱边圆滑，降低棱角对混凝土的粘连。冲压内模见图 2.1-5。



图 2.1-4 模板安装示意图



图 2.1-5 冲压内模

2.1.4.3 上下模加工时外边缘错牙闭合，可有效防治混凝土漏浆质量通病。上下模边缘止浆措施见图 2.1-6。

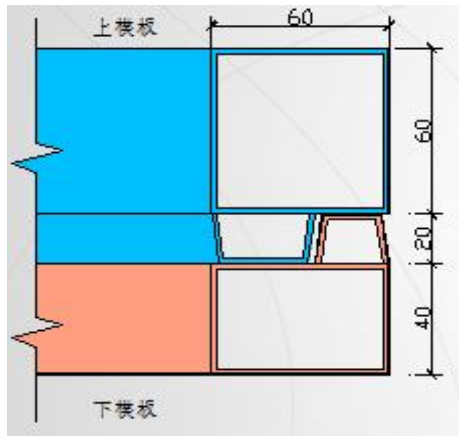


图 2.1-6 上下模边缘止浆措施

2.1.4.4 上模安装前，在底模外框固定止浆条，一般采用海绵条或橡胶条。连接绳布设见图 2.1-7，周边止浆条布设见图 2.1-8。



图 2.1-7 连接绳布设



图 2.1-8 周边止浆条布设

2.1.4.5 养护采用每天洒水结合土工布覆盖保湿，冬季低温时，及时进行保温覆盖，如条件允许，可采用塑料薄膜罩保温养护。洒水养护见图 2.1-9，薄膜罩养护见图 2.1-10。



图 2.1-9 洒水养护



图 2.1-10 薄膜罩养护

2.1.4.6 构件拆上模后及时进行编号，宜包含预制场、生产线、构件型号、

生产日期、序号等信息，有条件的地区可采用二维码信息化记录。

2.1.4.7 联锁片起吊后运输至堆场集中堆放，并覆盖养护，防止紫外线直射丙纶绳。堆放时按型号和生产日期进行集中堆放，以利于分批出运。

2.2 混凝土透水框架构件

2.2.0.1 内河航道整治工程常用的混凝土透水框架结构型式包括整体式四面六边透水框架和双工字型透水框架，外形结构有所不同，整体式四面六边透水框架见图 2.2-1，双工字型透水框架见图 2.2-2。

2.2.0.2 本节以双工字型透水框架预制为例简述标准化施工要点。



图 2.2-1 整体式四面六边透水框架图

2.2-2 双工字型透水框架

2.2.1 工艺简述

2.2.1.1 双工字型透水框架由上下两个工字型杆件通过预埋的螺栓连接件形成整体结构，相比四面六边透水框架，双工字型透水框架具有工艺简单、准各向同性、较大孔隙率、较好的勾连性及对船舶航行安全影响低等优点。双工字型透水框架预制采用拼装式侧模，杆件截面尺寸为 10cm×10cm，内设 $\phi 8$ mm 钢筋，采用 C30 混凝土浇筑。上工字型杆件见图 2.2-3，下工字型杆件见图 2.2-4。

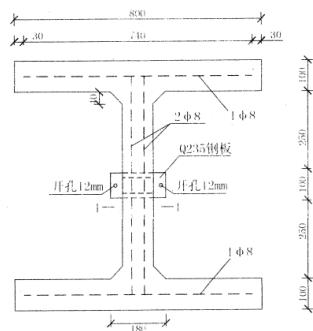


图 2.2-3 上工字型杆件

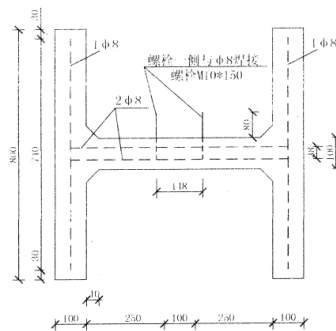


图 2.2-4 下工字型杆件

2.2.2 前置要点

2.2.2.1 完成预制场标准化建设，建立工地试验室。

2.2.2.2 完成配合比配算。

2.2.2.3 完成配料系统计量校核。

2.2.3 工艺实施流程

2.2.3.1 双工字型透水框架预制流程见图 2.2-5。

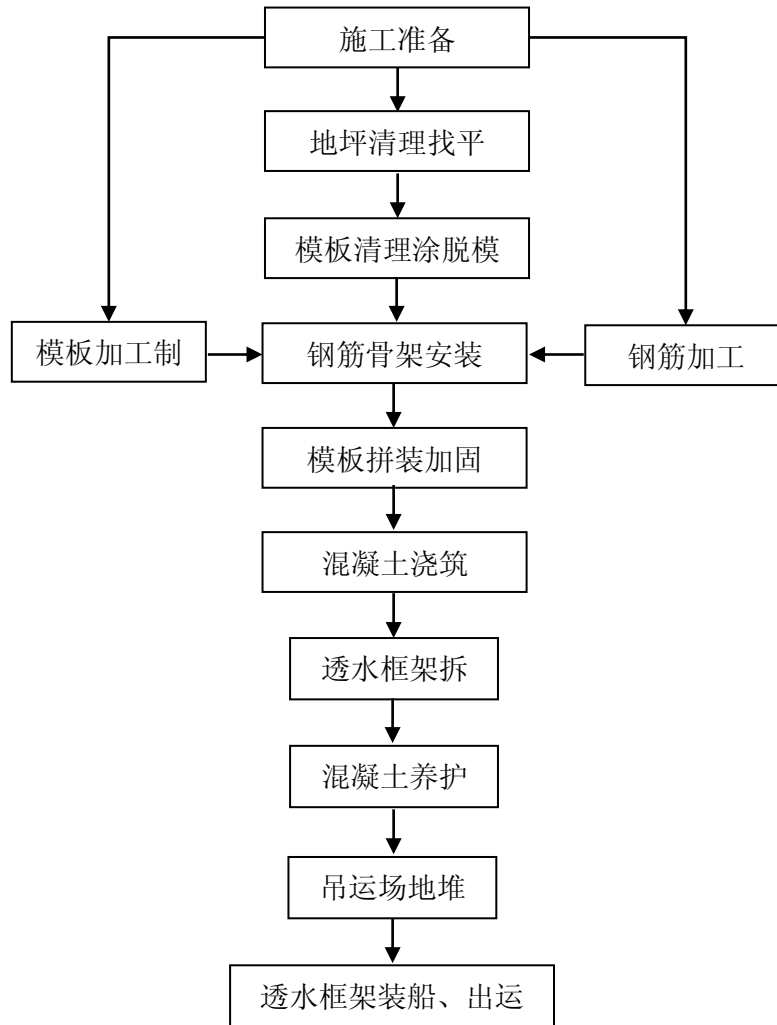


图 2.2-5 预制流程图

2.2.4 工艺控制要点

2.2.4.1 预制平台采用现浇混凝土，须精确找平，应使用拼装式模板，避免脱模过程中对预制构件造成损伤。拼装式模板见图 2.2-6。



图 2.2-6 组装完成的模板

2.2.4.2 振捣应严格执行规范要求，加强边角位置的振捣，杆件每条边宜均匀分布三个振捣点。混凝土振捣见图 2.2-7，混凝土收面见图 2.2-8。



图 2.2-7 混凝土振捣



图 2.2-8 混凝土收面

2.2.4.3 模板拆除应在混凝土初凝时，拆模时间根据节气和温度确定，一般控制在 2.5~4.0h，手指按压混凝土无压痕时可拆除上模。透水框架拆模见图 2.2-9。



图 2.2-9 透水框架拆模

2.2.4.4 透水框架吊起堆放前，应在醒目位置喷涂编号，喷涂内容包括产地

及生产日期。

2.2.4.5 宜采用电容焊接机配合定位模具制作钢筋骨架。专用焊机见图 2.2-10。



图 2.2-10 专用焊机

2.2.4.6 双工字型透水框架出运应采用专用装置，防止杆件断裂杆件并确保出运安全。双工字型透水框架深舱驳出运见图 2.2-11。



图 2.2-11 双工字型透水框架深舱驳出运

2.3 堤身构件

2.3.0.1 内河航道整治工程高度较大堤坝一般采用整体稳定性好、抗倾覆性能突出的构件混合堤，对地基适应性良好、消浪及导流能力显著。常用的堤坝大型混凝土构件有半圆体、齿型构件、T 型构件、透水坝等。半圆体构件见图 2.3-1，齿型构件见图 2.3-2。

2.3.0.2 本节以半圆体构件(钢筋混凝土构件)和齿型构件(素混凝土构件)为例描述标准化施工要点。

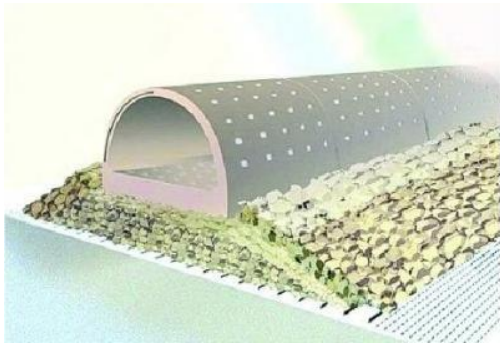


图 2.3-1 半圆体构件



图 2.3-2 齿型构件

2.3.1 工艺简述

2.3.1.1 半圆体构件与齿型构件预制均采用大型组合钢模板，其中齿型构件一般采用“卧式”预制，半圆体构件预制有“卧式”和“立式”两种施工工艺。半圆体预制施工工艺对比见表 2.3-1。半圆体构件预制推荐采用“立式”预制工艺，该工艺工序简洁、模板周转利用率高、占地需求少、预制工效高，易形成流水作业，满足模块化、工厂化施工，且可有效的减少蜂窝、麻面、缝隙夹层、漏石等一系列混凝土质量通病。

表 2.3-1 半圆体预制施工工艺对比表

工艺	特点	适用条件
卧式预制	模板要 2 次支模、拼装，模板周转和效率低，占地广；钢筋要 2 次绑扎，钢筋接头多；混凝土浇筑需进行施工缝处理，易形成错台、漏浆，拱圈振捣、排气困难，易出现气孔、麻面等表观缺陷；成品吊运不需要翻转，吊运难度相对小。	场地大，工期不紧张，且吊运设备高度不适用翻转工艺。
立式预制	模板 1 次支模，拆装便利，利于周转使用；钢筋骨架 1 次绑扎整体成型，钢筋笼尺寸易于控制、吊运工效高；混凝土整体分层浇筑，操作便利，外观较好；成品吊运需经历 1 次翻转，翻转工艺技术需严格计算，吊运高度、难度较大。	工期紧，场地受限，吊运设备高度满足翻转要求

2.3.2 前置要点

2.3.2.1 完成预制场标准化建设，建立工地试验室。完成配合比配算。

2.3.2.2 模板及支撑的材料及结构必须符合施工技术方案的模板设计的要

求。

2.3.2.3 专用吊具已进行专项设计和受力验算。

2.3.3 工艺实施流程

2.3.3.1 半圆体构件预制流程见图 2.3-3。

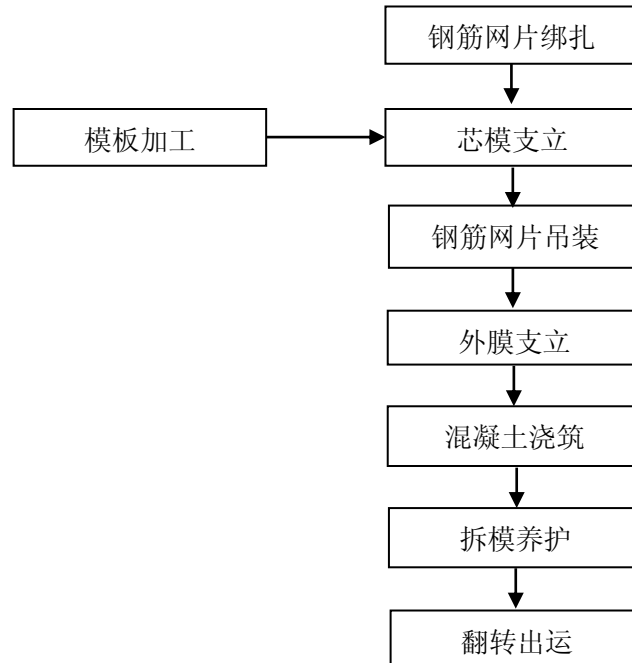


图 2.3-3 半圆体构件预制流程图

2.3.3.2 齿型构件预制流程见图 2.3-4。

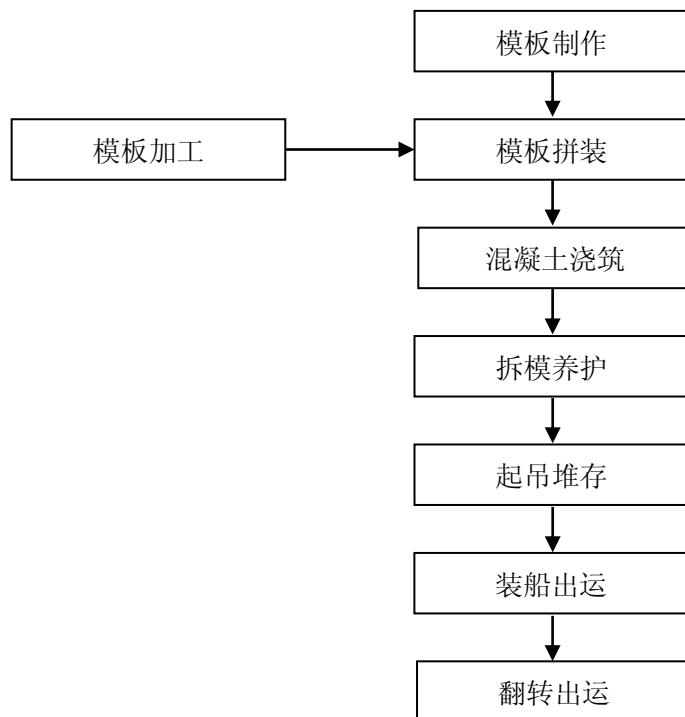


图 2.3-4 齿型构件预制流程图

2.3.4 工艺控制要点

2.3.4.1 钢筋绑扎采用限位装置（如移动式绑扎定位架）施工，并按照“先底板后拱圈”的顺序和“先定位后就位”的原则绑扎。钢筋绑扎见图 2.3-5。



图 2.3-5 钢筋绑扎

2.3.4.2 预埋件、预留孔位置应准确，焊接牢固。

2.3.4.3 混凝土浇筑前，使用半圆球形橡胶垫等止浆措施，保证模板与底胎连接紧密，对拉螺栓连接牢固。

2.3.4.4 半圆体预留孔宜采用 PVC 管或气囊工艺，可起到有效的止浆效果。

2.3.4.5 齿形构件预制宜在钢模板内侧斜面贴透水模板布，可有效解决斜面

气泡质量通病。

2.3.4.6 混凝土浇筑时，要均匀对称下料，浇筑高度应严格控制在施工规范允许范围内。半圆体构件预留孔洞处应在两侧同时下料。见图 2.3-6。



图 2.3-6 混凝土浇筑

2.3.4.7 大型预制构件应采用专用吊具进行吊装。“立式”预制的半圆体，应先在场内完成翻转。半圆体翻转必须由专人指挥，构件提升约 1.0m 左右时，应暂停提升并对吊具进行安全检查，确认安全后再进行提升和翻转，确保安全。半圆体翻转见图 2.3-7。



图 2.3-7 半圆体翻转

3 护底工程

3.1 系结压载护底软体排工程

3.1.1 工艺简述

3.1.1.1 内河航道整治工程系结压载软体排护底是防止河床面局部冲刷，保证工程范围施工期及工后基础稳定的重要结构型式，根据压载物不同软体排分为D型排、联锁片排、砂肋排等。水下软体排护底采用专用铺排船施工，应用成套铺排设备和卫星定位系统软件，将加工成型的软体排布和压载物整体、连续地铺设到指定河床面。砂肋和联锁片压载软体排见图 3.1-1。联锁片压载软体排分步施工见图 3.1-2。

3.1.1.2 本节以应用较广的联锁片排为例介绍标准化施工要点。

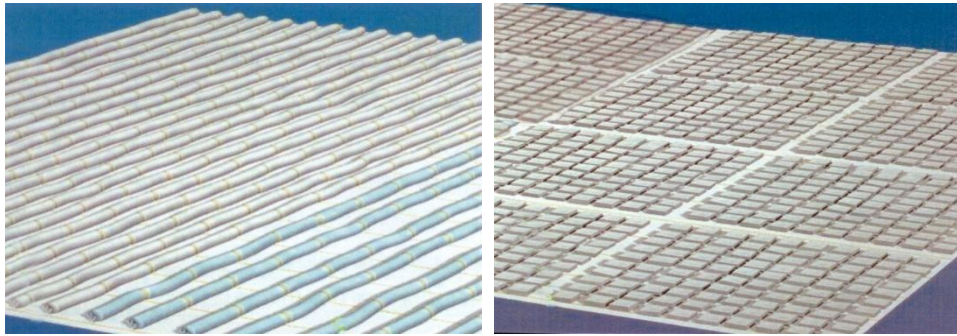
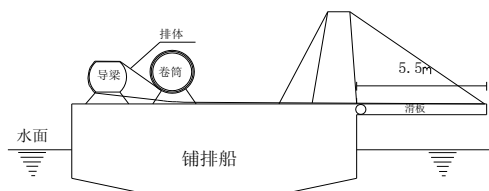
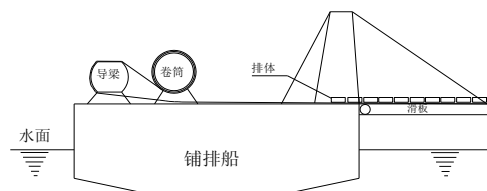


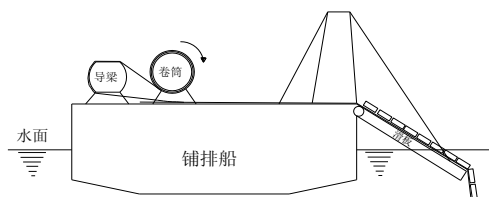
图 3.1-1 砂肋和联锁片压载软体排



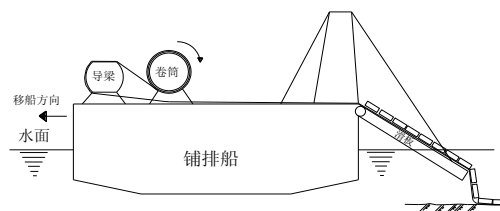
1、滑板与甲板面齐平排体布在甲板和滑板上展开



2、滑板面上及甲板外缘范围内联锁块成型



3、滑板倾斜，松放卷筒，排体靠重力下滑入水



4、逐步在甲板外缘成型联锁块（砂肋），分步退船，使排体铺设在河床面上

图 3.1-2 连锁片压载软体排分步施工示意图

3.1.2 前置要点

3.1.2.1 基于卫星定位系统的测量控制网已经建立，精度满足要求。

3.1.2.2 完成工前水下地形测量和水下清障，地形坡比满足设计稳定性要求。

3.1.2.3 铺排船上锚缆、滚筒等成套系统已经受力验算，满足现场水文和铺排受力要求。

3.1.2.4 已取得水上水下活动许可，水上施工安全、风险防控专项方案通过评审，施工区域安全警戒措施到位。

3.1.3 工艺实施流程

软体排铺设施工工艺流程见图 3.1-3。

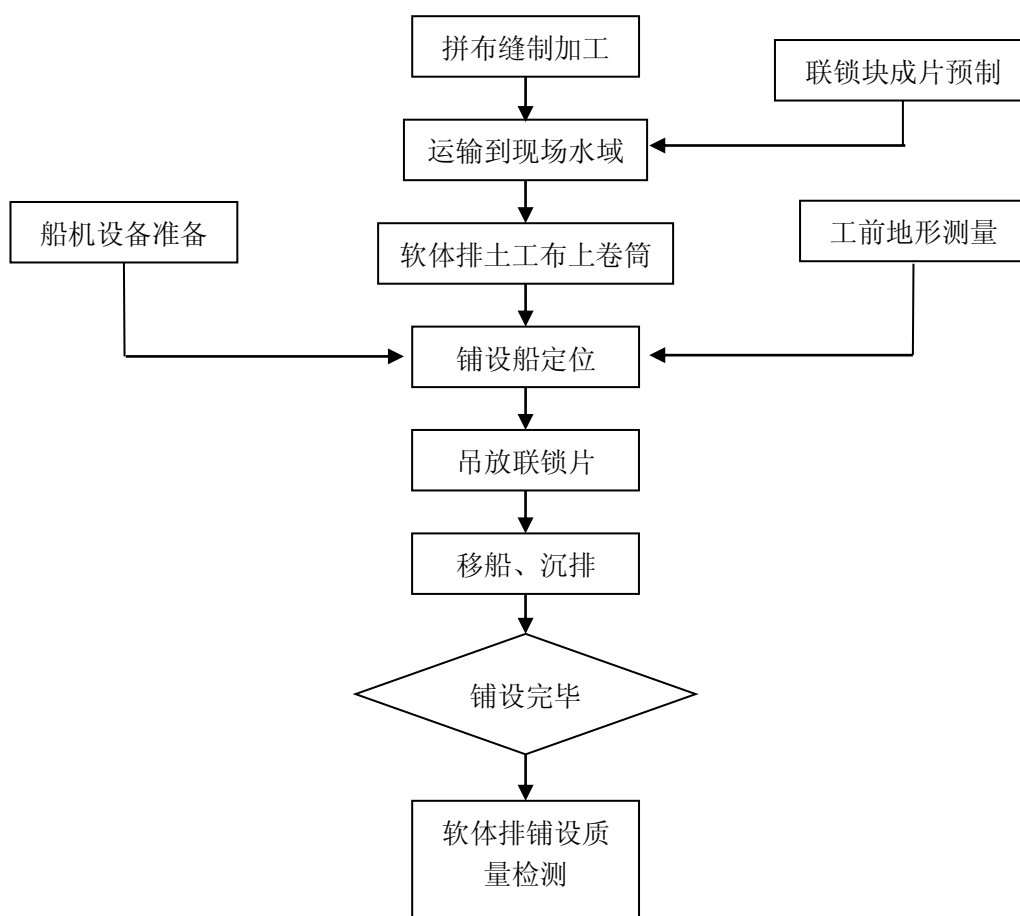


图 3.1-3 软体排铺设施工工艺流程图

3.1.4 工艺控制要点

3.1.4.1 铺排船宜配置同步的滚筒、锚缆系统，保证移船距离与单次连锁片排体下沉一致。

3.1.4.2 卷排时保持滚筒缓慢运转、排布平顺，控制排布收缩，避免卷偏、折皱，滚筒两侧的排布内外边缘偏差宜不大于 20cm。卷排布见图 3.1-4。



图 3.1-4 卷排布

3.1.4.3 连锁片起吊应采用专用吊架，混凝土连锁片吊放见图 3.1-5。确保受力均匀，严禁吊臂范围站人。铺排过程中监控铺排船锚缆状况，避免锚缆断裂或走锚。



图 3.1-5 混凝土连锁片吊放

3.1.4.4 移船沉排采用船用监控系统（卫星定位系统软件）。移船应平稳、缓慢，根据地形和潮位变化适时调整铺排方案，避免因水深、地形变化造成排体受力突变，发生撕排现象。

3.1.4.5 铺排过程中，采用水下侧扫声呐实时监控水下排体搭接，监测甲板上排体漂移、收缩情况；铺排工后质量检测采用潜水探摸或多波束三维检测技术检查。侧扫声呐成像技术监控铺排见图 3.1-6，多波束三维图像见图 3.1-7。

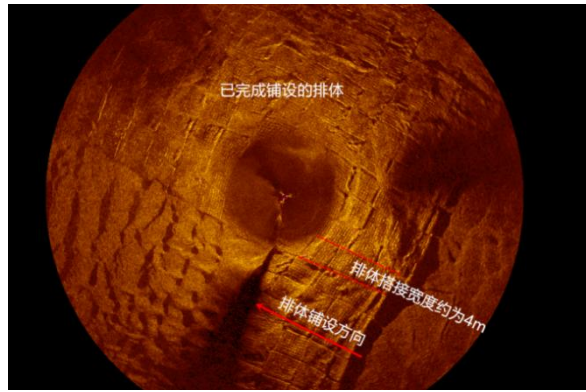


图 3.1-6 侧扫声呐成像技术监控铺排过程

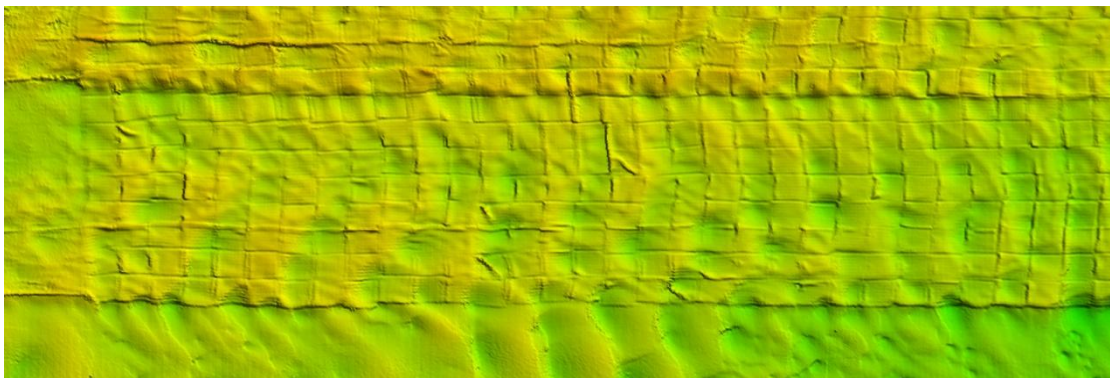


图 3.1-7 多波束三维图像（联锁片软体排质量检测）

3.2 透水框架群促淤

3.2.1 工艺简述

3.2.1.1 透水框架群主要用于护底区域消能促淤，通过浮吊船、专用吊具实现定点、定量抛投，整体式四面六边透水框架机械成组抛投见图 3.2-1，双工字型透水框架机械成组抛投见图 3.2-2。

3.2.1.2 本节以双工字型透水框架抛投为例介绍标准化施工要点。



图 3.2-1 整体式四面六边透水框架机械成组抛投



图 3.2-2 双工字型透水框架机械成组抛投

3.2.2 前置要点

- 3.2.2.1 GNSS 测量控制网已经建立，精度满足要求。
- 3.2.2.2 混凝土构件达到龄期，强度满足设计要求。
- 3.2.2.3 施工区域安全警戒措施到位。

3.2.3 工艺实施流程

- 3.2.3.1 透水框架抛投流程见图 3.2-3。

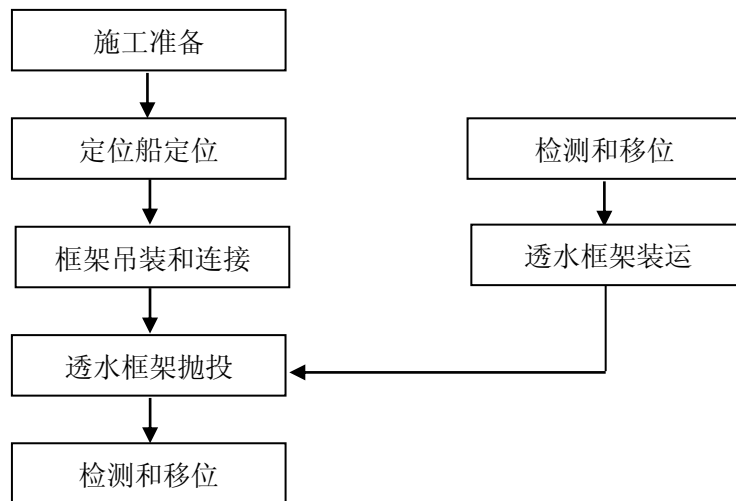


图 3.2-3 透水框架抛投流程图

3.2.4 工艺控制要点

- 3.2.4.1 透水框架杆件吊运、拼装、搬运等操作时应加强成品保护，减少杆件破损，杆件应组装牢固，连接外露部分应作涂漆防锈处理。

3.2.4.2 抛投采用网格法，网格大小根据设计抛投区平面形态、抛投吊具尺寸、水流方向等确定。

3.2.4.3 抛投前应进行现场抛投试验，确定框架的飘移距，提高抛投准确性。

3.2.4.4 抛投可采用 3GNSS 定位，在浮吊架顶部安装 1 台 GNSS，用于抛投网格的精确定位。浮吊臂顶部安装 GNSS 见图 3.2-4



图 3.2-4 浮吊臂顶部安装 GNSS

3.2.4.5 抛投后，应采用侧扫声呐或者多波束进行扫测，分析抛投区域位置和抛投均匀性。声呐扫测分析见图 3.2-5，多波束扫测分析见图 3.2-6。

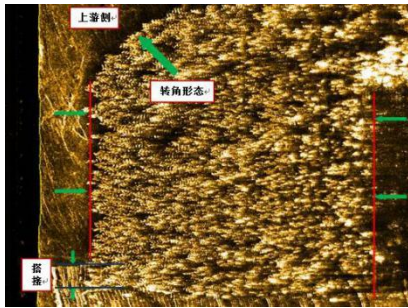


图 3.2-5 声呐扫测分析图

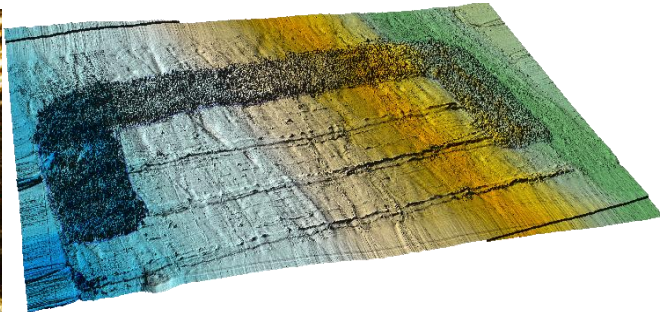


图 3.2-6 多波束扫测分析

4 护坡工程

4.1 岸坡开挖、整平

4.1.1 工艺简述

4.1.1.1 根据设计要求测量放样，采用机械进行土方开挖、粗平，配合人工精细修整，形成符合要求的边坡。岸坡机械开挖见图 4.1-1。



图 4.1-1 岸坡机械开挖

4.1.2 前置要点

4.1.2.1 施工区域土地征用、青苗补偿等外协手续办理完毕，区域内的地上、地下障碍物清除和处理完毕。

4.1.2.2 完成开工前地形测量。

4.1.2.3 对于存在崩塌隐患的岸坡已采取镇脚等稳固防护措施。

4.1.2.4 弃土区位置已确定，并制定相应环境保护措施。

4.1.3 工艺实施流程

4.1.3.1 岸坡开挖流程见图 4.1-2。

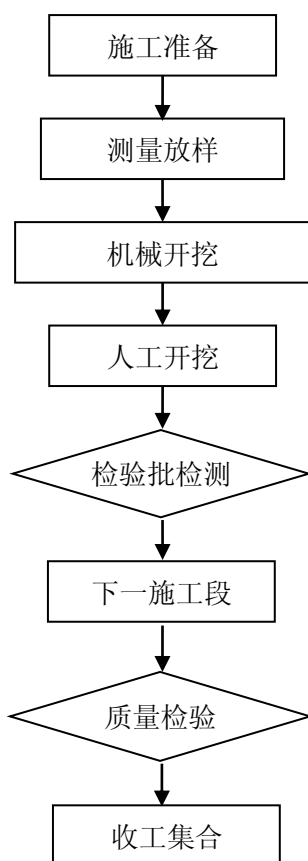


图 4.1-2 岸坡开挖实施流程

4.1.4 工艺控制要点

4.1.4.1 开挖的弃土、杂物、废渣及时转运至设计指定的地点，不得在岸坡边线集中堆放，严禁向江内弃土。岸坡机械开挖见图 4.1-3。

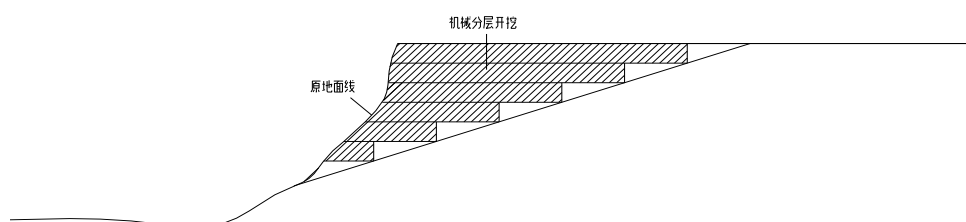


图 4.1-3 岸坡机械开挖示意图

4.1.4.2 土方施工应遵循分区、分层开挖的原则；岸坡开挖宜自上而下分级开挖，分层开挖的台阶高度应满足设计及规范要求，一般为 1m~2m。

4.1.4.3 土方开挖施工宜避免雨季进行，确需雨季施工，应采取防、排水措施（坡顶设临时截水沟、沿坡面设排水明沟），防止地表水流入坡面及冲刷边坡，导致崩塌或滑坡，不良地质的岸坡开挖，应根据情况分别采取开挖排水沟、换填、抛石挤淤等措施，并做好岸坡稳定性监测。

4.1.4.4 挖机岸坡施工时，禁止同断面附近坡脚同时施工，挖机等设备停止施工时，禁止停在坡面，应远离岸坡设置停放区。

4.2 坡面排水结构

4.2.1 工艺简述

4.2.1.1 内河航道整治工程中护岸坡面排水一般采用盲沟和倒滤层相结合的结构。盲沟一般采用“Y”字型或倒“Y”字型的布置方式，倒滤层分为黄沙倒滤层、土工织物倒滤层、碎石倒滤层，施工时从下到上依次铺设。倒“Y”盲沟平面布置见图 4.2-1，盲沟典型断面见图 4.2-2。

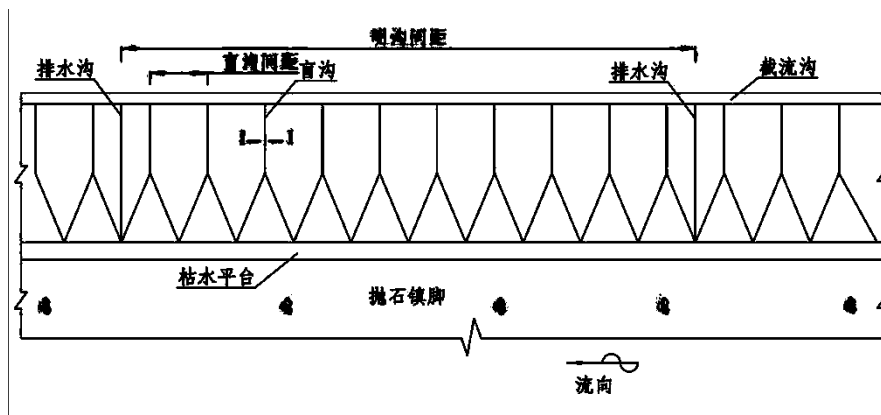


图 4.2-1 倒“Y”盲沟平面布置示意图

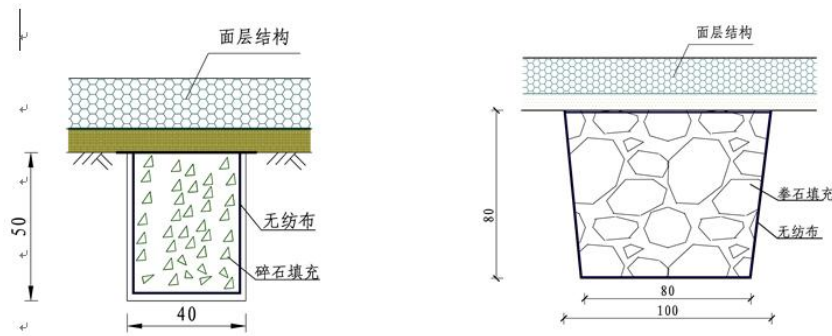


图 4.2-2 盲沟典型断面示意图

4.2.2 前置要点

4.2.2.1 坡面开挖和整平工作完成，平整度、高程及坡比满足设计要求，并经验收合格。

4.2.2.2 坡比、高程及土质符合设计要求。

4.2.3 工艺实施流程

4.2.3.1 护岸坡面排水工艺流程见图 4.2-3。

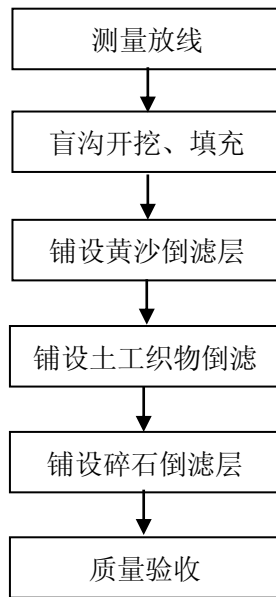


图 4.2-3 护岸坡面排水工艺流程图

4.2.4 工艺控制要点

4.2.4.1 盲沟开挖线由下向上进行，机械设备粗挖、人工修整。对于地质条件差的坡面，盲沟施工应采用边开挖，边回填的形式，防止成型盲沟坍塌。盲沟开挖后远景见图 4.2-4。



图 4.2-4 盲沟开挖后远景

4.2.4.2 土工织物纵向由下向上进行平铺，下端埋入枯水平台脚槽，顶端压入截流沟基槽内；相邻土工织物间采用手持缝纫机进行缝合。

4.2.4.3 无纺布应纵向沿坡面铺设，严禁沿坡面横向铺设和搭接。

4.2.4.4 倒滤层的施工可分段分区进行，施工结束后应及时进行面层施工或采取防护、覆盖措施。

4.3 护面施工

4.3.0.1 内河航道整治工程护岸中常见的护面结构由钢丝石笼护面、联锁护面砖护面、砼六边块护面、铺石护面、砌石护面等。

4.3.0.2 本节主要介绍钢丝石笼护面。

4.3.1 工艺简述

4.3.1.1 钢丝网笼又称钢丝网垫，由特殊防腐处理的低碳钢丝经机器编制而成的六边形双绞合钢丝网，其内部填充卵石、片石或块石，采用钢丝再绞合封盖形成整体的一种柔性结构型式。钢丝网护面见图 4.3-1。



图 4.3-1 钢丝网护面

4.3.2 前置要点

4.3.2.1 反滤层及盲沟等排水结构施工完成并经验收合格。

4.3.2.2 护脚石及枯水平台等基本成型，具备足够的承载力和抗滑稳定性。

4.3.2.3 钢丝网及填充石料质量检验符合设计及规范要求。

4.3.3 工艺实施流程

4.3.3.1 护面施工工艺流程见图 4.3-2。

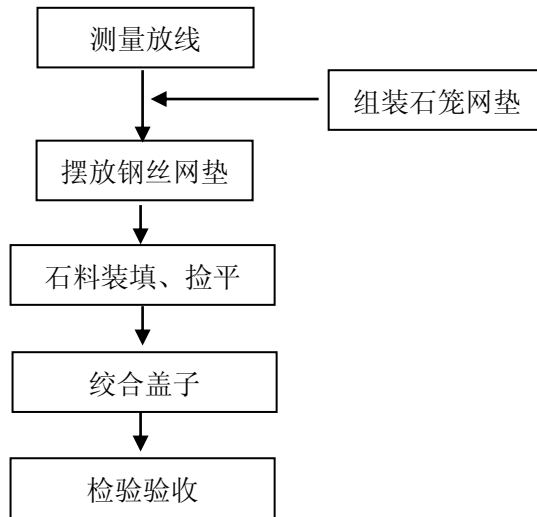


图 4.3-2 护面施工工艺流程图

4.3.4 工艺控制要点

4.3.4.1 钢丝网格摆放应自下而上，网格长边平行于水流方向；坡面较陡易引起护垫下滑时，可在坡顶加木桩固定。护垫摆放方向及木桩固定见图 4.3-3。

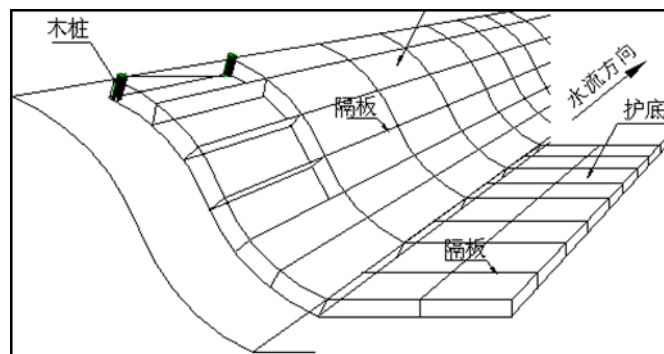


图 4.3-3 护垫摆放方向及木桩固定示意图

4.3.4.2 石料装填应从坡脚向坡顶方向依次施工；相临隔仓的石料宜同时进行装填，石料装填饱满、密实，并适当预留约 3cm 的超高。

4.3.4.3 封盖绞合前，应对钢丝网垫外轮廓进行检查，对弯曲变形、隔板上边缘下埋、表面不平整等不符合施工要求的地方进行校正，绞合后钢丝网格应为一体，不能留有遗缝，且绞合边应在同一直线上。盖板闭合作业见图 4.3-4。

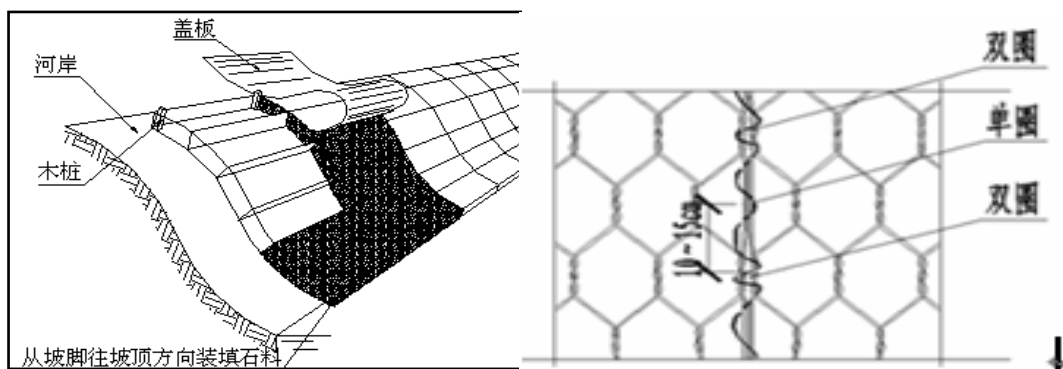


图 4.3-4 盖板闭合作业组图

4.4 生态护坡工程

4.4.1 工艺简述

4.4.0.1 生态护坡工程一般采用种植草籽或草根的方式进行坡面生态系统的恢复施工。植被应选用适合当地生长的、耐寒、耐淹性草本类，种植时机一般在主体工程完工后的春季进行，亦可在主体工程完工后的枯水期先行覆土，后期播撒草籽补种的方式进行。

4.4.2 工艺控制要点

4.4.2.1 坡面回填土可选用开挖弃土的细土，将其与草籽、肥料按比例混合拌和均匀后，运至坡面进行均匀铺设覆盖，覆盖土厚度宜为 5-15cm。

4.4.2.2 保持坡面土壤水分充足，确保草籽发芽成功；定期对坡面洒水养护，温度低时，可采用覆膜养护的方式。生态工程实施后效果见图 4.4-1。



图 4.4-1 生态工程实施后效果图（左为钢丝网生态护坡，右为连锁块生态护坡）

4.5 挡土墙

4.5.0.1 内河航道整治工程护坡挡土墙主要结构形式有钢丝石笼挡墙、自嵌式挡墙、砼结构重力式挡墙等。

4.5.0.2 本节主要介绍钢丝石笼挡墙结构。

4.5.1 工艺简述

4.5.1.1 钢丝网石笼挡墙是由多层钢丝网笼堆砌而成的重力式挡墙结构,配合钢丝网石笼护坡等柔性护岸结构,能很好的适应护坡沉降。



图 4.5-1 钢丝石笼挡墙

4.5.2 前置要点

4.5.2.1 按照设计要求,挡墙基础处理完成,挡墙垫层铺设完毕并经验收合格。

4.5.2.2 钢丝网格材质及填充石料质量经检验合格,符合设计及规范要求。

4.5.2.3 基槽土质及承载力复核完毕,满足设计要求。

4.5.3 工艺实施流程

4.5.3.1 护坡挡土墙施工工艺流程见图 4.5-2。

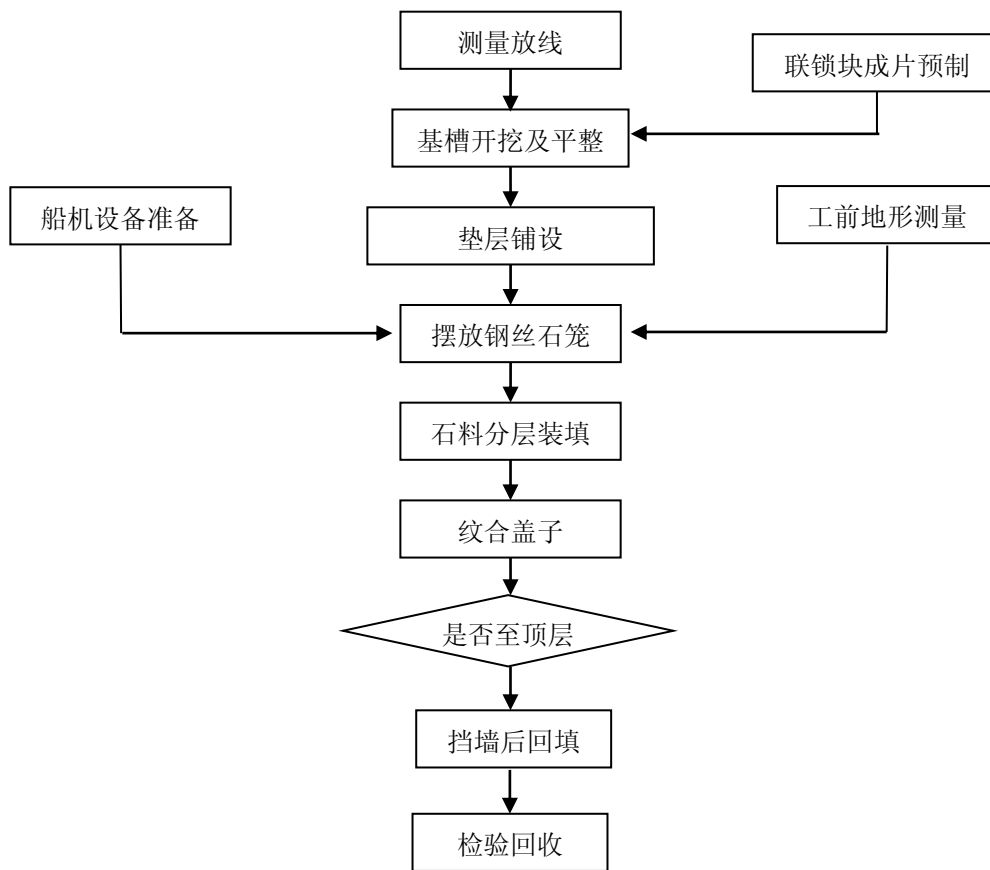


图 4.5-2 护坡挡土墙施工工艺流程图

4.5.4 工艺实施要点

4.5.4.1 钢丝石笼安放应分层进行摆放，每层钢丝网格采取分层填充；单个钢丝网笼每层填充高度为 $1/3$ 石笼高度，相邻钢丝网石笼卵石高差也控制在 $1/3$ 石笼高度以内；每次填充完成后，应在钢丝网格内面板和侧板之间增加斜拉钢丝，防止钢丝网格变形，钢丝石笼分层装填见图 4.5-3。

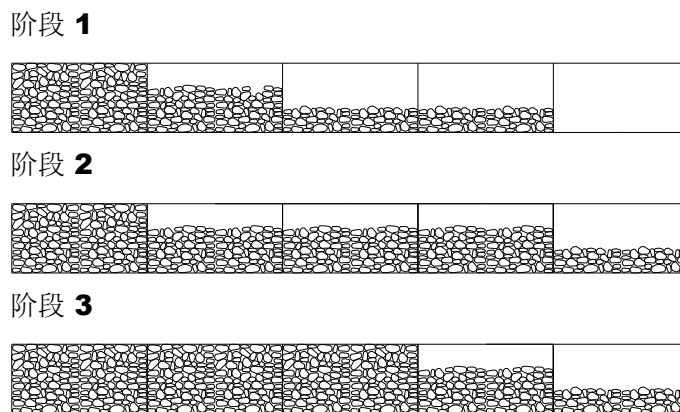


图 4.5-3 钢丝石笼安放效果图

4.5.4.2 钢丝网笼填充时，可在外侧面板固定一个由长木板做成的方格模板

(或采用脚手架支模), 装填完以后可移动到其它位置进行安装。钢管、隔板固定施工见图 4.5-4。

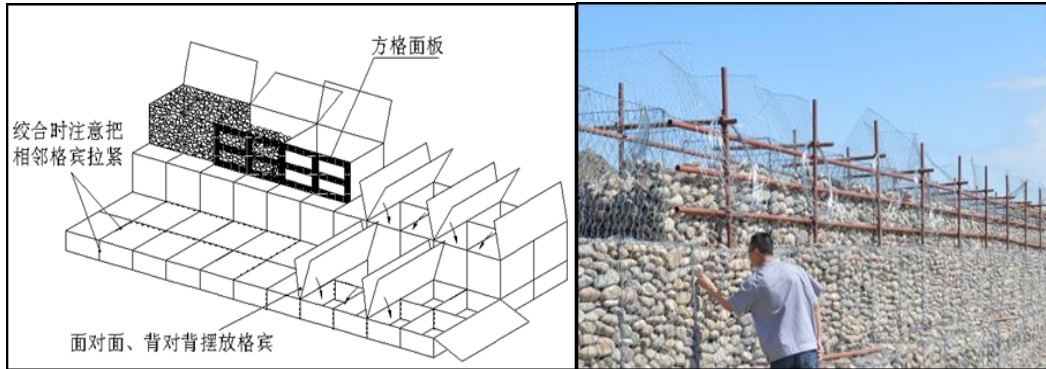


图 4.5-4 钢管、隔板固定施工图

4.5.4.3 钢丝石笼充填应密实、饱满、平整, 侧面不得出现鼓胀或凹陷; 石笼墙面应平整, 棱角线应平直。

4.5.4.4 钢丝网笼安放完成后, 应及时对挡土墙后方进行回填。

4.6 护脚工程

4.6.1 工艺简述

4.6.1.1 护脚施工主要采用水上抛石、抛枕等方式对岸坡坡脚较陡、或易发生崩塌部位进行补坡或镇脚施工; 根据现场施工条件, 抛石工艺有挖机抛石、浮吊抛石、抓斗抛石、专用抛石船等; 抛枕镇脚施工按照抛投设备主要可分为翻枕法抛枕和滑枕法抛枕两类。

4.6.2 前置要点

4.6.2.1 基于卫星定位系统的测量控制网已经建立, 精度满足要求。

4.6.2.2 已取得水上水下活动许可, 水上施工安全、风险防控专项方案通过评审; 施工区域安全警戒措施到位。

4.6.3 工艺实施流程

4.6.3.1 挖机抛石施工工艺流程见图 4.6-1。

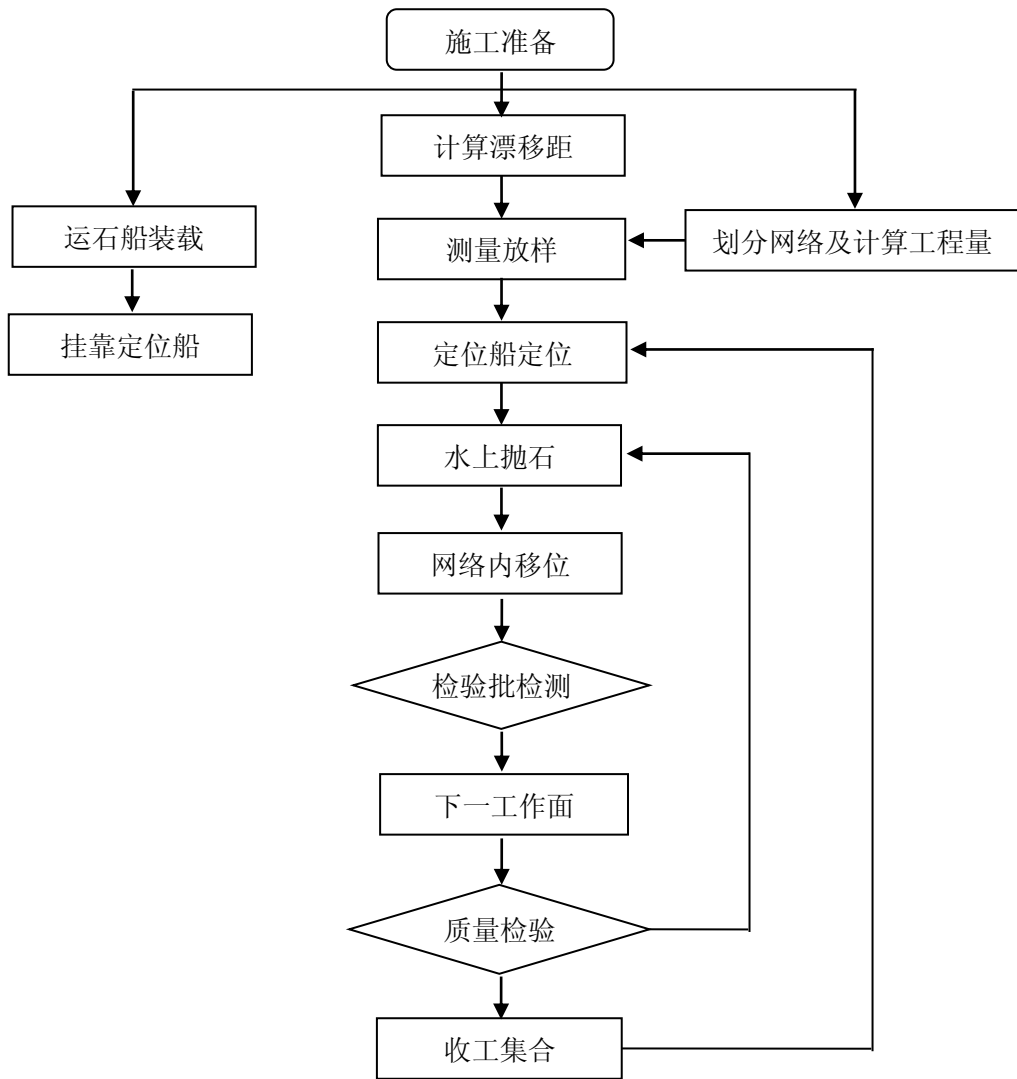


图 4.6-1 挖机抛石施工工艺流程图

4.6.3.2 浮吊施工工艺流程见图 4.6-2。

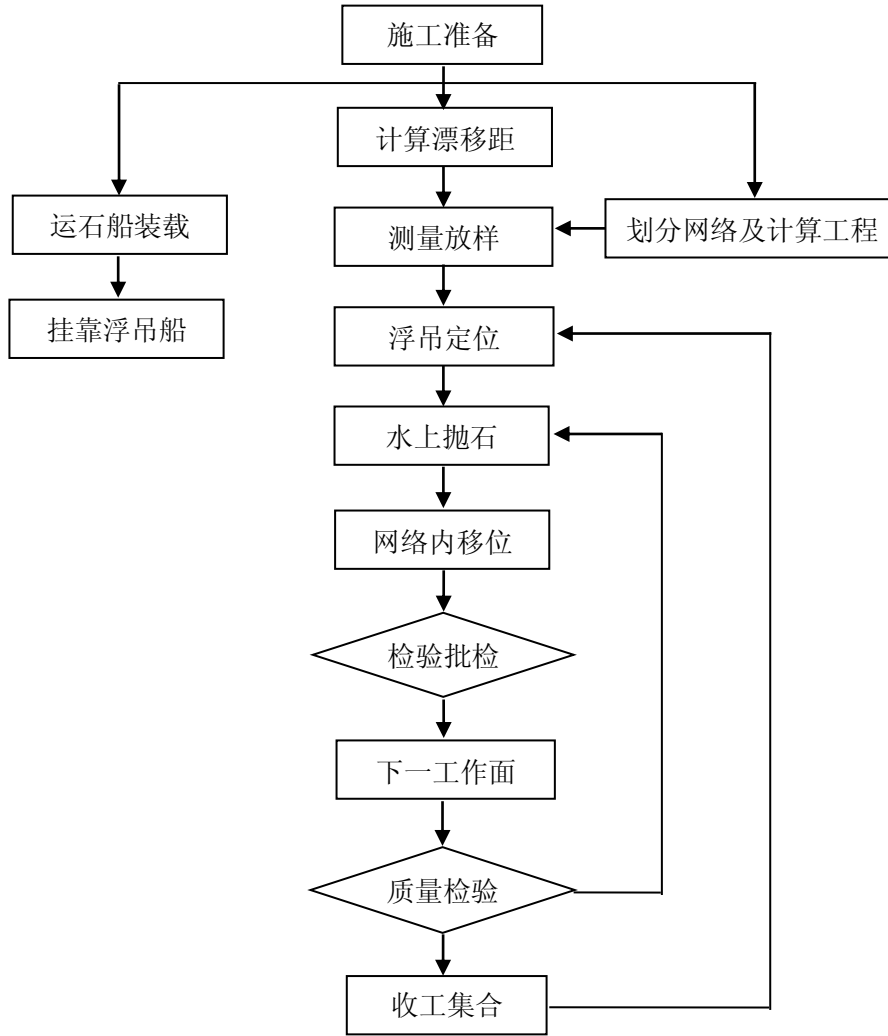


图 4.6-2 浮吊施工工艺流程图

4.6.3.3 滑枕法抛枕施工工艺流程见图 4.6-3。

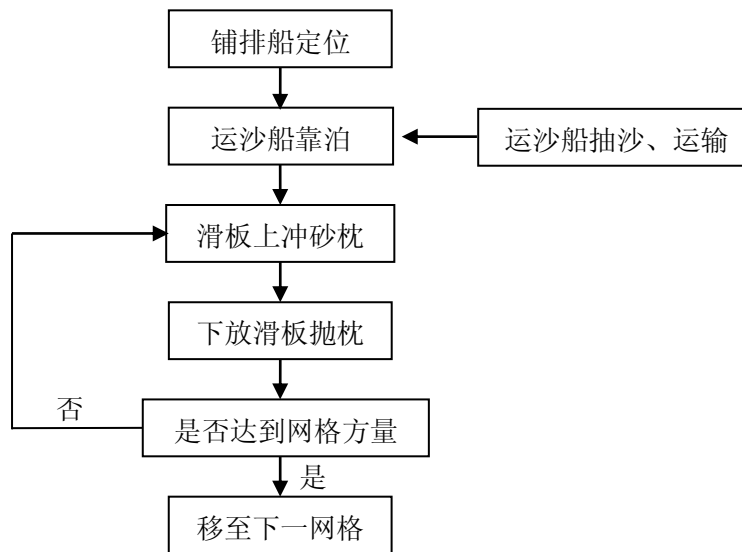


图 4.6-3 滑枕法抛枕施工工艺流程

4.6.4 工艺控制要点

4.6.4.1 护脚施工时，应按照先深水，后浅水的施工方法进行抛投施工；抛投过程中及时移动船位，做到定位准确、抛投均匀、保证数量。

4.6.4.2 充枕时，充填袋的饱满度宜控制在 75%~85%；抛枕网格宜按每层厚度 0.5m 进行分层施工。

4.6.4.3 当岸坡坡脚较陡需要进行补坡时，应按照高程分层进行补坡，且坡脚应有防止抛投物滑移的措施：抛石补坡时宜先在坡脚外缘平抛一层块石；抛枕补坡时，外缘枕袋宜垂直岸线方向抛投。

4.6.4.4 护脚施工完成后应及时测量抛投厚度及位置，确保护脚位置和厚度达到设计要求；测量方式宜采用多波束或侧扫声呐等仪器。

5 堤坝工程

5.0.0.1 内河航道整治工程常见的堤(坝)身结构型式主要有:抛石堤(坝)、抛枕坝、钢丝石笼坝、预制构件混合堤(半圆体、齿形构件、沉箱、透水构件)等;坝面结构主要包括铺(砌)石坝面、膜袋混凝土坝面等。

5.0.0.2 本节主要介绍抛石坝体和预制构件混合堤施工。

5.1 抛石堤(坝)

5.1.1 工艺简述

5.1.1.1 抛石堤(坝)施工根据不同的工况条件,有不同的抛石方法,按照抛投设备分类,主要可分为:挖机抛石和专业抛石船抛石。



图 5.1-1 抛石堤(坝)图

5.1.2 前置要点

5.1.2.1 参与施工的船机设备及人员证件齐全并通过监理审核。

5.1.2.2 石料质量符合规范及设计要求。

5.1.2.3 坝体基础处理完成并经监理验收合格。

5.1.3 工艺实施流程

5.1.3.1 水上抛石工艺流程参照 4.4 节护脚抛石工艺流程。

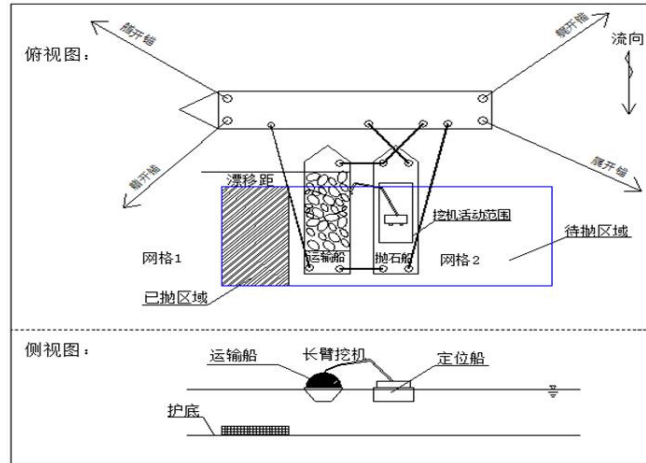


图 5.1-2 挖机抛石施工示意图

5.1.4 工艺控制要点

5.1.4.1 护底、基础等施工完成并经监理工程师验收合格后，安排第三方进行抛石前地形测量；测图宜采用 1:500 的比例尺进行。

5.1.4.2 抛投前先根据抛石区的水深和流速，测定抛石漂移距，确定定位船、抛投船舶驻位；施工过程中应勤校准船位，严控块石运输船每次移位的步距，尽量使用较小的步距；船舶锚固牢固，减小因风浪作用产生的位置偏差；根据水流，定时测定抛石漂移距。

5.1.4.3 根据坝体抛石厚度，采用“断面法”将网格进行分层，每层抛石厚度控制在 1.0m~1.5m 以内，按 10m~20m 断面进行抛石网格划分，并计算出各施工网格每层的抛石量。

5.1.4.4 抛填时及时移动船位，保证抛石均匀；抛石过程中加强水下测量，随时掌握抛投的厚度及坡脚线位置，并与设计断面校核，如有遗漏，进行补抛，直至全部合格。

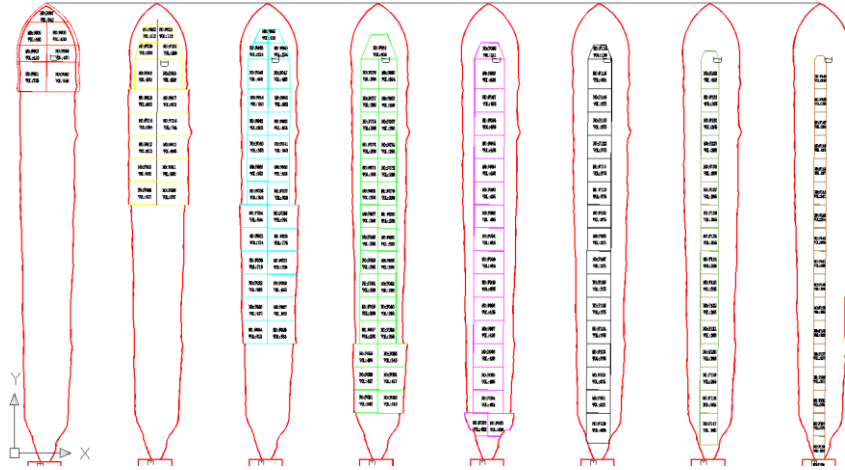


图 5.1-3 分层网格划分示意图

5.1.4.5 抛投过程中，做好抛石施工记录，内容包括船只定位、移位、船只编号、抛投时间、吨位、复核记录以及水文条件等。

5.1.4.6 当抛石坝施工至最上一层时，应有选择的抛一层平面规格石，便于枯水期时进行坝面整平。砌石坝面见图 5.1-4，模袋混凝土坝面见图 5.1-5。



图 5.1-4 砌石坝面



图 5.1-5 模袋混凝土坝面

5.1.4.7 坝体形成后，施工单位可按照 20m~50m 的间距进行断面分析，断面图应包含抛坝前断面线、设计断面线、坝体成型后断面线；对不合格的区域进行补抛，直至合格；采用分层抛投的，每层抛投完后应及时测量，并整理数据以指导后续抛投施工，自检合格后报监理复核。

5.2 预制构件混合堤

5.2.1 工艺简述

5.2.1.1 内河航道整治工程高度较大堤坝一般采用整体稳定性好、抗倾覆性能突出的大型预制构件混合堤，对地基有良好适应性，消浪及导流能力显著。

5.2.1.2 预制构件混合堤一般为底部抛石基床、上部构件堤身、两侧护肩的

结构形式，上部构件近年多采用半圆体或齿型构件，采用起重船配备专用吊具及定位系统，将构件安装在整平的抛石基床上的工艺；半圆体混合堤结构见图 5.2-1。

5.2.1.3 本指南以没水半圆体混合堤为例，描述标准化施工要点。

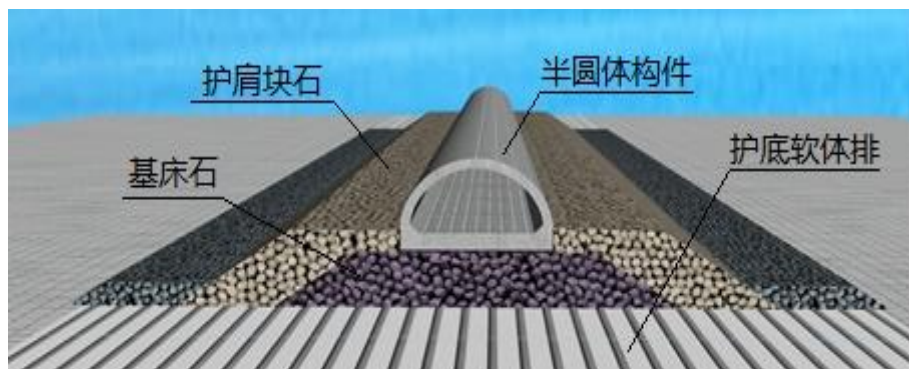


图 5.2-1 半圆体混合堤结构示意图

5.2.2 前置要点

5.2.2.1 基于卫星定位系统的测量控制网已经建立，精度满足要求。

5.2.2.2 护底软体排或其它必要的地基处理已经完成，满足地基承载及流水工作面要求。

5.2.2.3 已取得水上水下活动许可，水上施工安全、风险防控专项方案通过专家评审。

5.2.2.4 起重船性能、起重能力适应现场工况和安全施工要求。

5.2.2.5 专用吊具设计、制作完成，安全适用；水下定位系统经试验和比对精度达到要求。

5.2.2.6 施工区域安全警戒措施到位。

5.2.3 工艺实施流程

5.2.3.1 半圆体混合堤施工工艺流程见图 5.2-2。

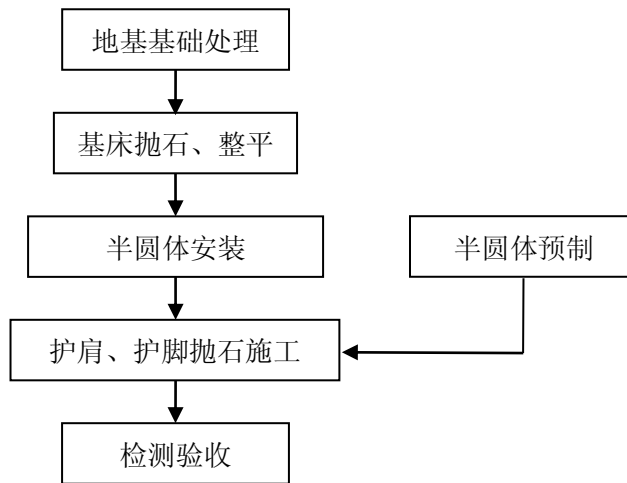


图 5.2-2 半圆体混合堤施工工艺流程图

5.2.4 工艺控制要点

半圆体混合堤主要通过块石基床抛填和整平、半圆体水下定位安装这 2 项工艺的重点控制来实现安全、优质、高效施工。

5.2.4.1 基础整平与堤身构件安装需形成流水作业，保持同步推进，避免临时构件堤头停滞或基床整平过长造成的堤身局部冲刷变形；安装后，应迅速进行护肩块石施工，并设警示标示、夜间警示灯等，以保护基床堤身和构件安全稳定。

5.2.4.2 基床整平宜采用专用设备，如集抛石整平于一体的整平船或水下整平机。

5.2.4.3 块石基床需分层抛填，顶层宜抛填粒径 10cm 左右块石，以利于基床细平和压实填充空隙；以水下整平机基床整平为例，顶层约 30cm 厚度抛填小块石，基床分层抛填见图 5.2-3。

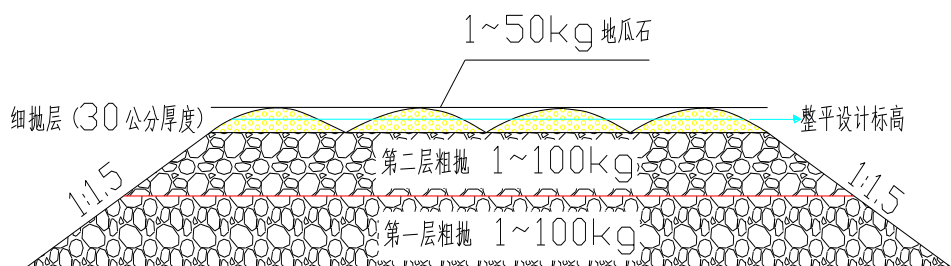


图 5.2-3 基床分层抛填示意图

5.2.4.4 基床须预留沉降，一般在设计预留沉降量基础上，根据整平压实效果和基床厚度，预留 10~15cm 的压实沉降量。

5.2.4.5 设计和应用即时接收卫星定位数据、实时计算显示半圆体特征点的

定位软件,软件应图像清晰、简洁易操作,施工人员根据软件数据指导移船就位。
水下安装实时定位软件见图 5.2-4。

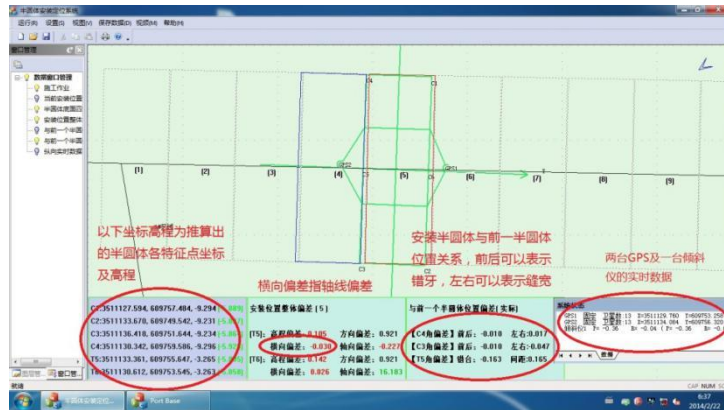


图 5.2-4 水下安装实时定位软件界面说明

5.2.4.6 制定和执行半圆体安装操控流程,平稳、安全地定位下放构件,避免因半圆体晃动等原因造成相邻构件不必要的磕碰受损;安装过程中应监控起重船锚缆状况,避免锚缆断裂或走锚。半圆体水下安放流程见图 5.2-5。

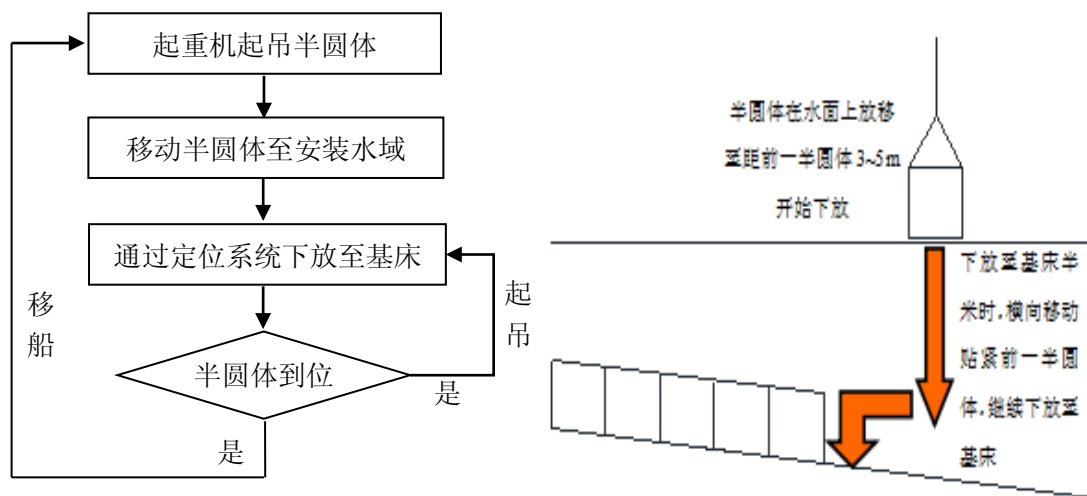


图 5.2-5 半圆体水下安放流程图

6 疏浚工程

6.1 工艺简述

6.1.0.1 内河航道疏浚工程施工工艺因选用的疏浚船舶类型而异，常见的疏浚船有耙吸船、绞吸船、抓斗船、链斗船、吸盘船等，耙吸挖泥船见图 6.1-1，绞吸挖泥船见图 6.1-2，抓斗挖泥船见图 6.1-3。

6.1.0.2 本篇分别以耙吸挖泥船、绞吸挖泥船和抓斗挖泥船为例介绍施工标准化要点。



图 6.1-1 耙吸挖泥船



图 6.1-2 绞吸挖泥船



图 6.1-3 抓斗挖泥船

6.1.1 耙吸挖泥船

6.1.1.1 耙吸挖泥船在疏浚工程中应用广泛，施工时利用耙头、高压冲水等装置进行破土、扰动，使疏浚土体疏松，与周围水体充分混合，形成泥浆；利用泥泵产生的抽吸作用，将泥浆装入本船的泥舱内，航行到深水抛泥区卸泥或吹填到陆地围堰。

6.1.2 绞吸挖泥船

6.1.2.1 绞吸挖泥船作业过程中，依靠绞刀和绞刀桥架的重量在横移绞车的作用下以机械动力搅松和切削水下土层进行水下破土，绞刀连续不断的旋转切削，使土层分离并和挖槽内的水混合，混合后的泥水混合物在大气压的作用下，从吸入口经吸泥管进入泥泵，经过泥泵充分混合形成泥浆，再经排泥管线被输送到指定的泥塘或排泥场。绞吸挖泥船能够将挖泥、输泥、卸泥等疏浚过程一次完成，在施工中实现连续作业。

6.1.3 抓斗挖泥船

6.1.3.1 抓斗挖泥船属机械式单斗挖泥船，是机械类挖泥船中最为普遍的类型之一，挖泥船具有一个抓取系统，在船上通过吊机，使用抓斗来作为水下挖泥的机具。抓斗挖泥船在施工地点抛锚固定船位，自航泥驳绑靠抓斗船。抓斗挖泥船抓泥装驳，泥驳装满后自航至抛泥区卸泥，配套泥驳交替装泥、运泥，保证抓斗船连续作业。

6.2 前置要点

6.2.0.1 GNSS 测量控制网已建立，浚前测量完成。

6.2.0.2 施工船停靠码头、水上避风锚地、报潮站等已落实。

6.2.0.3 疏浚土处理方案已落实；排泥管线、纳泥区围堰、泄水口设置完成。

6.2.0.4 水上施工交通管制方案已确定。

6.3 工艺实施流程

6.3.1 耙吸挖泥船

6.3.1.1 耙吸船施工工艺流程见图 6.3-1。

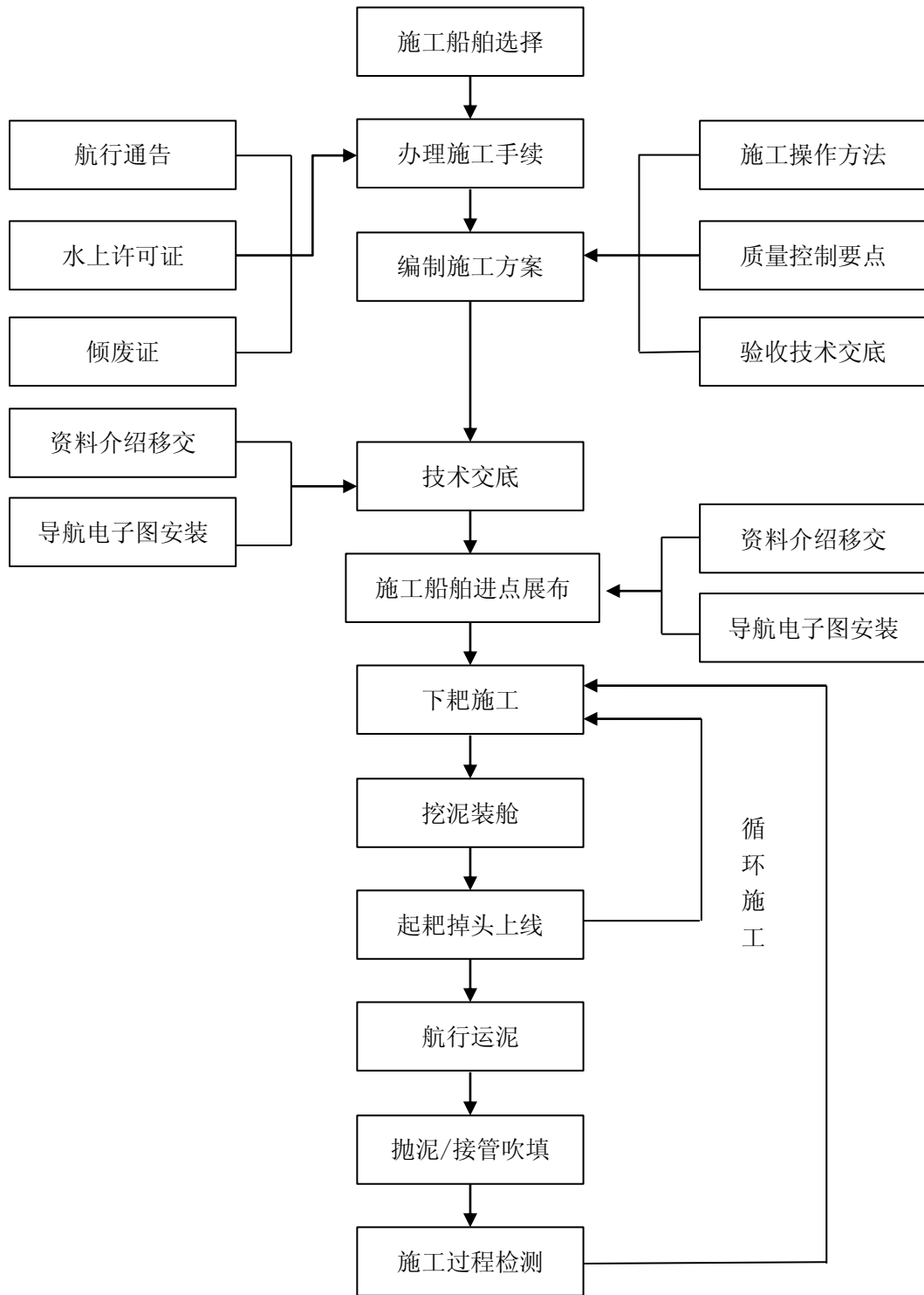


图 6.3-1 耙吸船施工流程示意图

6.3.2 绞吸挖泥船

6.3.2.1 绞吸船施工流程示意图见图 6.3-2。

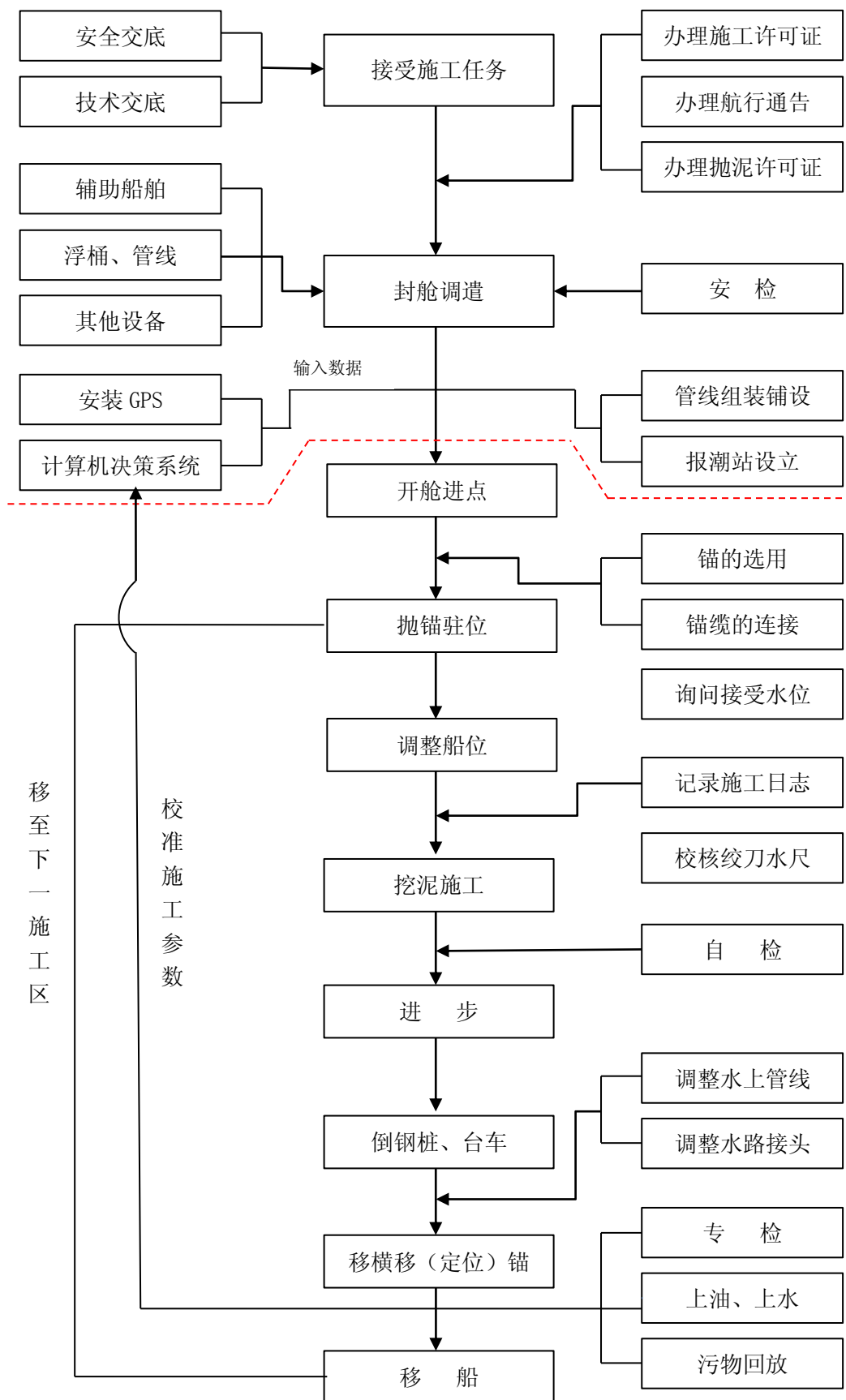


图 6.3-2 绞吸挖泥船施工流程示意图

6.3.3 抓斗挖泥船

抓斗挖泥船施工流程示意图见图 6.3-3。

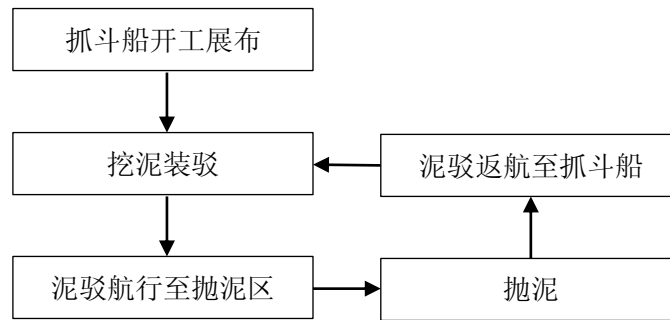


图 6.3-3 抓斗挖泥船施工流程示意图

6.4 工艺控制要点

6.4.0.1 施工期间应定期对挖泥船定位系统进行检查、校准。

6.4.0.2 施工区开挖顺序应遵循有利生产、易于管理、环保高效、安全可靠、经济合理的原则，采取分段、分条、分层的施工方法。

根据地质钻探资料和施工船挖泥特性对各施工区分层；在设计开挖区边缘分层时要考虑边坡坡比，边坡施工采取分层按阶梯断面法施工，下超上欠，利用自然塌坡达到设计边坡。具有挖泥剖面显示功能的绞吸挖泥船，宜利用计算机的图形显示进行控制，不分台阶直接按设计的边坡开挖。

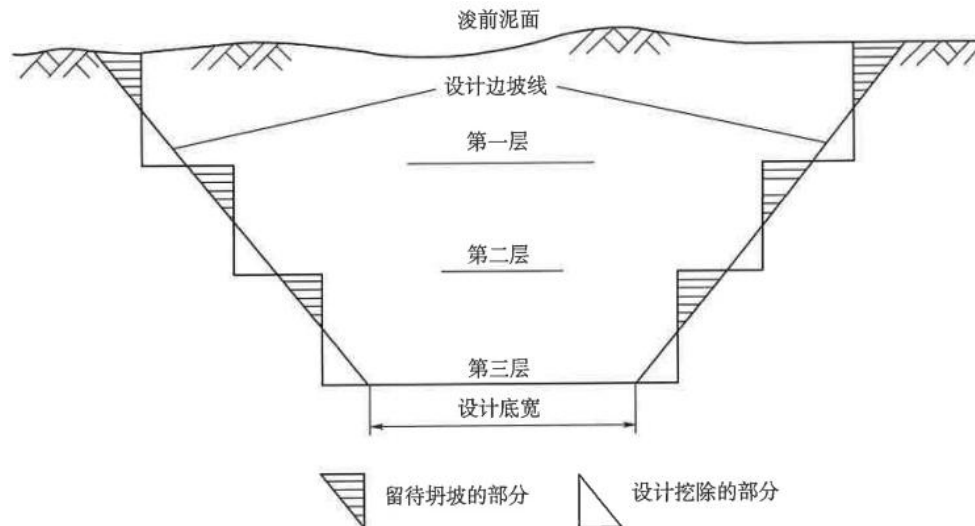


图 6.4-1 边坡开挖示意图

6.4.0.3 挖槽深度控制

施工期间应定期对水尺、验潮仪、实时潮位遥报系统进行校核。施工时应根

据土质、泥层厚度、波浪和水流条件、挖泥产生的残留层厚度，施工期可能出现的回淤等因素适当增加施工超深量。

据施工区水域水位变化速率分析及船装挖深控制设备，适时调整绞刀、耙头的下放深度，控制挖槽平整度。抓斗挖泥船在流速较大的地区施工时，应根据抓斗漂移情况修正平面位置和下放深度。

6.4.0.4 施工中应加强水流流速、流向监测，适时调整挖槽方案；（大流速情况下，挖槽施工方向与水流方向不一致，易导致船舶掉头、搁浅、压耙等不利情况）。

6.4.0.5 施工期应定期对挖泥船的施工质量进行检测，耙吸挖泥船宜每周检测一次，抓斗挖泥船、绞吸挖泥船宜每前进 3 倍船长检测一次。冲淤较大的地区，应增加检测次数。中途停工超过 10 天，在停工时和复工前均应对挖槽进行水深测量。

6.4.0.6 吹填区排泥口处及周围应定期巡视清理；定期检查围堰的安全。

6.4.0.7 排泥管线。吹填施工的的管线安排专人巡视，发现渗漏及时处理。防止泥砂外泄对施工区附近水域造成影响。

6.4.0.8 运泥与抛泥，抛泥均应至指定范围内进行，加强对抛泥区水下地形的测量，防止船舶搁浅。

7 清礁工程

7.1 工艺简述

7.1.0.1 内河航道清礁工程中炸礁施工根据不同的工况及水位条件，主要分为陆上炸礁和水下炸礁二种爆破炸礁方法，陆上炸礁采取陆上钻孔爆破方式，水下炸礁分水下钻孔爆破和水下裸露爆破方式。

7.1.0.2 爆破施工工艺对比图见表 7.1-1。

表 7.1-1 爆破施工工艺对比表

序号	工艺	特点	适用条件
1	陆上钻孔爆破	陆上钻孔设备类型多、工效高，布孔方式灵活。	用于水面以上礁石爆破施工。
2	水下钻孔爆破	具有单位消耗炸药较低、爆破效果好、产生爆破有害效应较小等有优点。但受水流影响大。	用于施工水域水深、水流、流态能够满足钻爆船施工。
3	水下裸露爆破	具有设备简单，机动灵活，受水文、地形等自然因素的限制较少的优点。但是炸药单耗高、爆破效果差，爆破有害效应多等缺点。	用于水流条件差，不易钻孔施工的激流滩险、零星礁石和河道不明障碍物清除。

7.1.0.3 本篇以陆上钻孔爆破和和水下钻孔爆破为例，简述施工标准化要点。

7.2 前置要点

7.2.0.1 建立测量控制网，进行水下地形开工测量（爆破区域地形图 1:1000~1:5000，爆破区域地形图 1:100~1:500）。

7.2.0.2 爆破施工前，应对爆破区域附近建筑物、管线、水产养殖场、船舶、不良地质等进行调查、取证。

7.2.0.3 爆破工程开工前，应取得公安、海事、航道部门许可，并在施工水域设置施工专用标，对通航影响较大时，应采取交通管制措施。

7.2.0.4 投入施工的工程船舶应满足航区要求和适应施工水域的工况。

7.2.0.5 从事爆破工程的技术员、爆破员、安全员、库管员应取得相应资格持证上岗，且人证相符。

7.3 工艺实施流程

7.3.0.1 水下钻孔爆破施工工艺流程图见图 7.3-1。

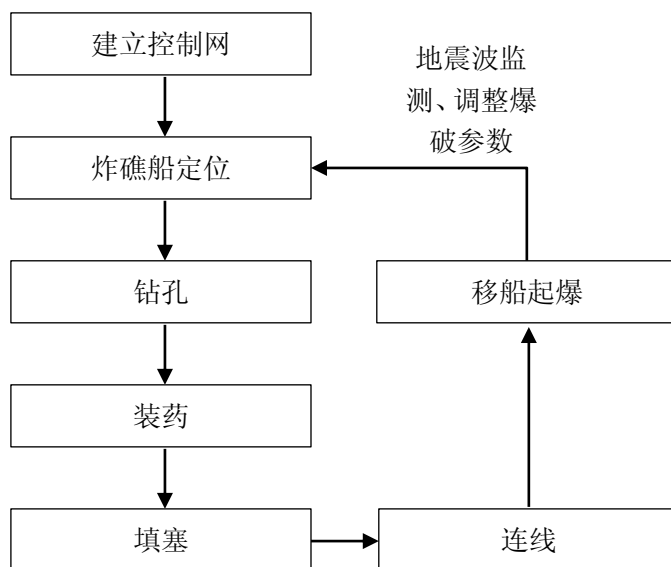


图 7.3-1 水下钻孔爆破施工工艺流程图

7.3.0.2 陆上钻孔爆破施工工艺流程图见图 7.3-2。

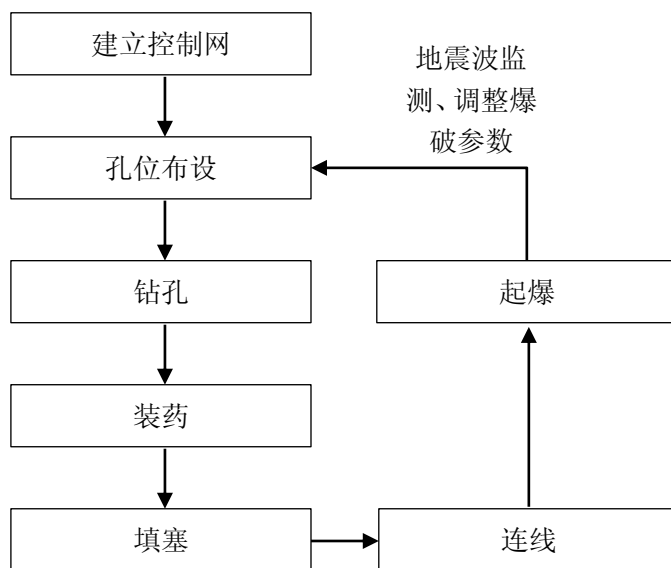


图 7.3-2 陆上钻孔爆破施工工艺流程图

7.4 工艺控制要点

7.4.0.1 陆上爆破前应清除孔口周围的碎石、杂物，爆破体表面和最小抵抗线方向应采取覆盖措施防止飞石，保护周边房屋和人员。

7.4.0.2 水下爆破器材的防水、抗压性能应满足工况要求，对进入施工现场的炸药、雷管，施工前需进行与施工水深相似的浸水试验。

7.4.0.3 施工船舶锚缆布置应满足施工和通航安全要求，定位完成后应对伸入航道的锚缆进行水深探摸检查。

7.4.0.4 施工船舶定位宜采用卫星定位系统，钻孔过程中应校核、监控船位，防止走锚和套管移位。

7.4.0.5 施工人员应按爆破设计施工，不得擅自调整药量、雷管段数、填塞长度及炮孔参数。

7.4.0.6 按照爆破方案设计的最大单段药量和炮次药量，按 40%、60%、80% 逐量增加药量进行试爆，对需要保护对象进行爆破振动监测，根据监测结果，调整爆破参数和采取相应保护措施。

7.4.0.7 爆破作业必须在船舶、机械、人员全部撤离到警戒范围外才能起爆，影响通航安全作业时，应采取临时禁航措施。

7.4.0.8 爆破器材运输、储存、使用符合国家相关规定，并做好记录，做到帐物相符。

7.4.0.9 水下钻爆清渣后水下地形测量比例尺不应小于 1:200，加强清渣后施工效果的分析，适时调整补爆方案。

8 测量与监测工程

8.0.0.1 工程测量是航道整治工程的一项重要内容，除了常规的测量控制网建立、GNSS 校核、水深测量等测量工作外，还包括工前扫海测量、固定断面及沉降位移观测、天然泥面沉降观测、全断面分层沉降观测、深层侧向位移监测等特有测量内容。

8.0.0.2 本节以工前扫海测量、固定断面、全断面分层沉降观测为例描述标准化要点。

8.1 工前扫海测量

8.1.1 工艺简述

8.1.1.1 扫海工作在护底施工前实施，在整治建筑物轴线两侧一定范围内，采用软式扫具拖地扫测，排查在软体排施工区域内存在的突出障碍物，并采取清理措施。工前扫海是排除施工障碍、确保排布安全的一项重要措施。软式扫海示意图见图 8.1-1。

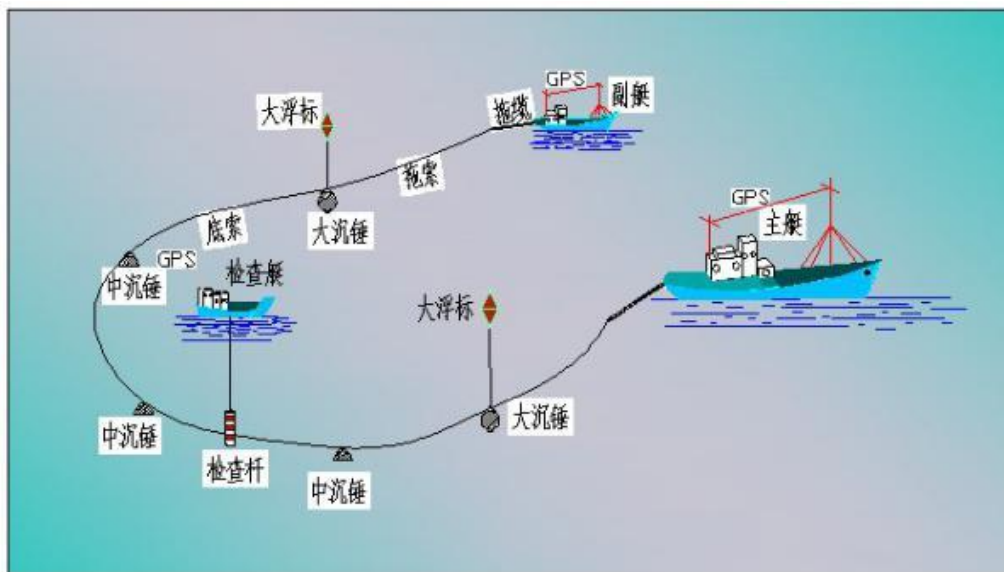


图 8.1-1 软式扫海示意图

8.1.2 前置要点

8.1.2.1 软式扫海具连接牢固。

8.1.2.2 测量船舶已经过检查，状态良好。GNSS 导航定位设备已完成校核。

8.1.2.3 相关施工许可已办理。

8.1.3 工艺实施流程

8.1.3.1 扫海流程见图 8.1-2。

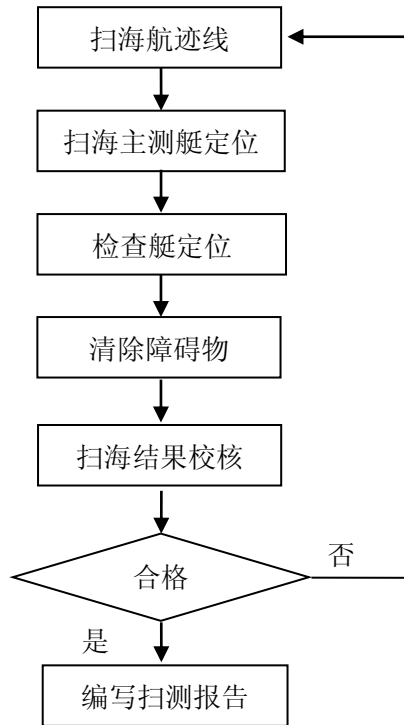


图 8.1-2 扫海流程图

8.1.4 工艺控制要点

- 8.1.4.1 检查艇应保持与主测艇不小于 200m 的距离。
- 8.1.4.2 底索提高量不应大于 0.3m。
- 8.1.4.3 扫测时的船速不应大于 4km/h。
- 8.1.4.4 扫测重叠带宽度不应小于底索终端沉锤位置中误差的两倍。

8.2 固定断面观测

8.2.1 工艺简介

8.2.1.1 固定断面水深测量是监测流场和地形变化、对工程实施动态管理的重要措施。固定断面水深测量每个月观测一次，必要时，应对部分固定断面水深进行加密测量，或安排潜水探摸检查。

8.2.2 前置要点

- 8.2.2.1 基于卫星定位系统的测量控制网已经建立，精度满足要求。
- 8.2.2.2 已取得水上水下活动许可，水上施工安全、风险防控专项方案通过评审。

8.2.3 工艺实施流程

- 8.2.3.1 固定断面观测流程见图 8.2-1。

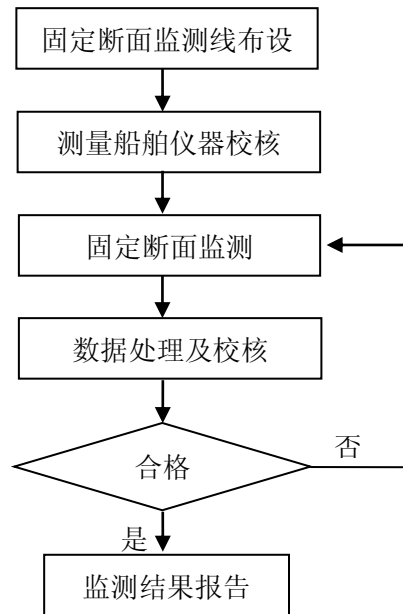


图 8.2-1 固定断面观测流程图

8.2.4 工艺控制要点

8.2.4.1 工程开工前即设置固定断面，固定断面一经设置应保持不变；检测重点为地形变化区域，测量范围应超出轴线两侧或边界线各 300m。

8.2.4.2 固定断面宜每 300m 布设一个固定断面，并布置一条平行于轴线的断面；对重点观测区域应扩大范围且加密观测。

8.2.4.3 成图比例宜不小于为 1:1000，断面水深测量的间距不大于 2 米，经固定断面水深测量发现水深异常变化（通常指与上次测量比较相差 50cm 以上）时，应立即组织加密水深测量或潜水探摸检查。

8.2.4.4 测量船航行应匀速平稳，航线控制在监测断面内。

8.3 全断面分层沉降观测

8.3.1 工艺简述

8.3.1.1 常用于测定土体内各层土的沉降变形量及沉降过程，掌握土体变形，根据各土层压缩情况，推算固结度，为堤坝的稳定评价提供依据；测量方法推荐电测法，仪器采用土体位移计，相比常规的螺旋分层沉降和磁环式分层沉降仪测量，具有监测仪器不影响施工、监测仪器易于保护、采集数据方便快捷、测量精度高等优点。

8.3.2 工艺实施流程

8.3.2.1 全断面分层沉降观测流程见图 8.3-1。

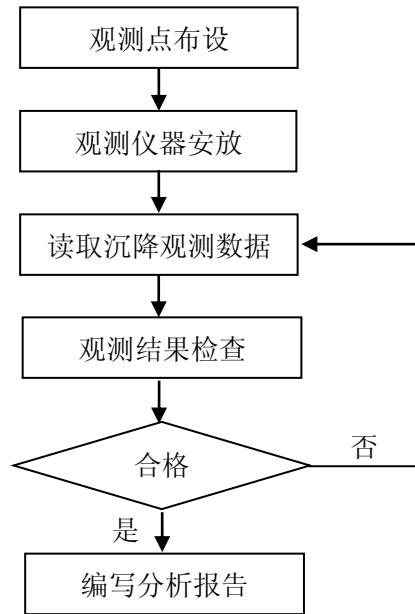


图 8.3-1 全断面分层沉降观测流程图

8.3.3 工艺控制要点

8.3.3.1 仪器埋设深度至软土层底部，沿深度测点间距 2~3m，各土层均匀设测点；传感器导线长度应适当预留富余，并印有长度标记。

8.3.3.2 仪器埋设完毕后，导线顺断面底部引至抛石区域外，采用高压保护胶管保护，高强度胶管端头连接采用“L”型三通管，L”型三通管见图 8.3-2，“L”型三通安装过程示意图见图 8.3-3。

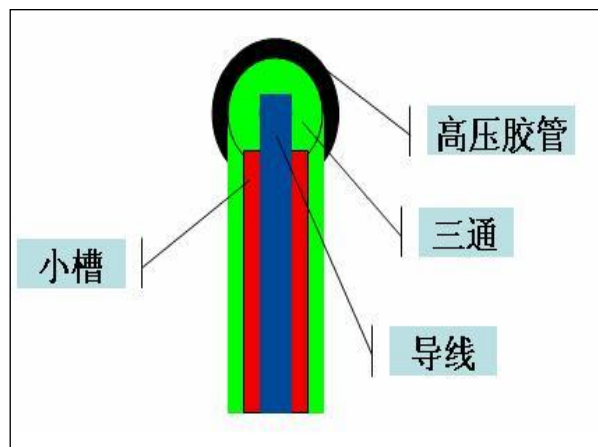


图 8.3-2 “L”型三通示意图

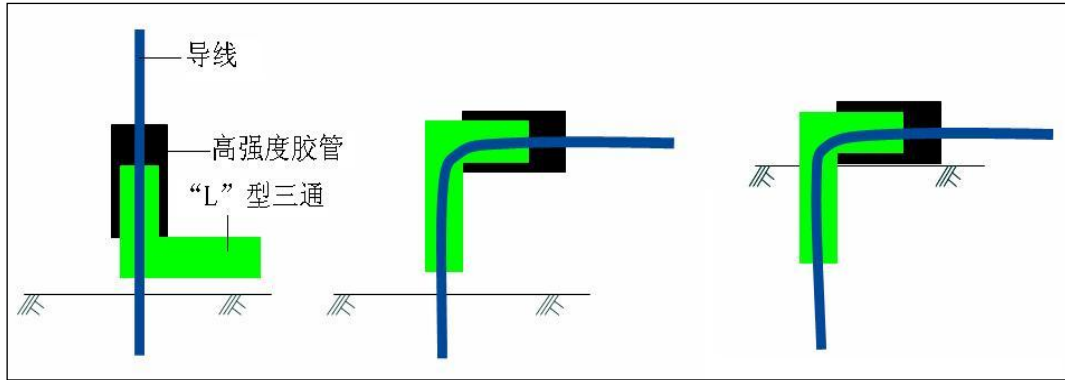


图 8.3-3 “L”型三通安装过程示意图

8.3.3.3 观测频次，施工期间每 3 天观测一次；断面完工后前 3 个月每周一次，3 个月后半年内每个月观测一次；半年后每 3 个月观测一次，至竣工验收止；使用期每半年观测一次。