

福建省水运工程标准化指南系列

福建省水运工程施工标准化指南

(施工工艺)

福建省交通运输厅

2018年12月

福建省水运工程标准化指南系列

福建省水运工程施工标准化指南

(施工工艺)

编委会

编委会主任：梁金焰

编委会副主任：艾四芽、张子闽、蔡杰

编委会委员：林民标、林学春、陈振钢、李时援、程李凯、
林晓、黄建生、杨连凯

组织编写单位：福建省交通建设质量安全监督局

参编单位：中交第三航务工程局有限公司厦门分公司、中
交四航局第五工程有限公司、中交一航局第五工程有限公司、福建省
港航勘察设计院有限公司、福建省湄洲湾港口管理局、厦门港口管理
局、福建省泉州港口管理局、中交上航局航道建设有限公司

编写人员：程李凯 李同飞 林明臻 董佳鹏 程文振 林龙
段晓红 黎家新 洪张春 张俊波 陈阵阵 肖育畅 郑泽民 廖克清 王振
云 张一斌 蒋冠 杨连凯 楼重华 林积大 卓晓玲 肖冰 王兴 宋建平

总校人员：程李凯 林明臻 李同飞 陈阵阵 杨连凯 林龙
段晓红 程文振 黎家新 洪张春 张俊波 郑泽民 廖克清 王振云 张一
斌 肖育畅 林积大 卓晓玲 王兴

前 言

长期以来，福建省委、省政府重视交通建设工程标准化管理，提出“让标准成为习惯，让习惯符合标准，让结果达到标准”的工作要求，大力推行施工标准化管理，推动工程质量、安全管理从传统的经验型模糊管理向现代化精准管理转变。为贯彻落实《国务院关于印发〈质量发展纲要〉的通知（2011-2020）》（国发〔2012〕9号）和交通运输部有关水运工程标准化活动要求，进一步提升水运工程建设质量安全管理水平，福建省交通运输厅将标准化管理作为强化项目管理、提高工程质量的有效举措和保证工程安全、建设工期和廉政的有效途径，持续推进水运工程标准化管理工作。经过多年的探索和实践，福建水运工程标准化制度体系逐步趋于完善，形成了工地建设“三集中”、质量控制“三强化”、安全措施“三到位”的“三三三”施工标准化基本模式。在此基础上，创建了一批施工标准化示范项目，总结了一套因地制宜、特色鲜明的创建成果，形成一系列可复制、可推广的经验。为此福建省交通运输厅总结、提炼了我省水运工程施工标准化成果和经验，组织福建省交通建设质量安全监督局、福建省港航管理局开展福建省水运工程标准化指南编制。

福建省水运工程标准化指南包含管理制度、工地建设、施工工艺、过程控制、安全防护 5 本分册。指南在现行标准、

规范的基础上，提出规范性或指导性意见，引导提高工程质量安全管理水平，鼓励研发和应用性能可靠、先进适用的新技术、新工艺、新设备和新材料。本指南为福建省水运工程推行施工标准化管理提供技术支撑和制度保障，对规范我省水运工程质量安全管理具有重要指导作用。

目 录

2 通用篇.....	8
2.8 模板工程.....	8
2.8.3 一般要求.....	8
2.8.4 模板设计.....	8
2.8.5 模板制作.....	13
2.8.6 模板安装.....	13
2.8.7 模板拆除与存放.....	14
2.9 钢筋工程.....	15
2.9.3 一般要求.....	15
2.9.4 材料要求.....	18
2.9.5 钢筋加工.....	19
2.9.6 钢筋连接.....	19
2.9.7 钢筋定位绑扎.....	26
2.9.8 焊接连接.....	29
2.9.9 闪光对焊连接.....	30
2.9.10.....	钢筋
保护层.....	30
2.9.11.....	预埋
件.....	32
2.10.....	混凝
土工程.....	37
2.10.3.....	一般
要求.....	37
2.10.4.....	混凝
土拌和（工地现场拌和）.....	38
2.10.5.....	混凝
土运输.....	41
2.10.6.....	混凝
土浇筑.....	42
2.10.7.....	施工
缝处理.....	43
2.10.8.....	螺栓
孔施工.....	46
2.10.9.....	预留
孔设置.....	47
2.10.10.....	混凝
土松顶防治.....	48
2.10.11.....	混凝
土养护.....	49
2.10.12.....	混凝

土修补.....	50
2.10.13	高性能混凝土.....53
2.11.....	预制构件安装.....66
2.11.3	一般要求.....66
2.11.4	施工工序.....67
2.11.5	施工要点.....70
2.11.6	质量控制.....71
2.12.....	预应力施工.....72
2.12.3	一般要求.....72
2.12.4	材料要求.....73
2.12.5	预应力筋制作.....75
2.12.6	预应力张拉设备.....77
2.12.7	施加预应力.....78
2.13.....	混凝土防腐.....80
2.13.3	混凝土表面涂层.....80

2.13.4.....	混凝土表面硅烷浸渍.....	85
2.13.5.....	环氧涂层钢筋.....	88
2.13.6.....	钢筋阻锈剂.....	90
2.14.....	钢结构.....	92
2.14.3.....	一般要求.....	92
2.14.4.....	施工工序.....	94
2.14.5.....	施工要点.....	94
2.14.6.....	质量控制.....	96
3 专项篇.....		99
3.8 预制沉箱.....		99
3.8.3 沉箱预制场.....		99
3.8.4 沉箱预制.....		100
3.9 预制梁、板.....		108
3.9.3 一般要求.....		108
3.9.4 施工工序.....		110
3.9.5 施工要点.....		110
3.9.6 质量控制.....		111
3.10.....	基础工程.....	117
3.10.3.....	地基换填砂.....	117
3.10.4.....	水下基床抛石.....	119
3.10.5.....	水下基床重锤夯实.....	121
3.10.6.....	水下基床爆夯.....	124
3.10.7.....	沉桩（PHC 桩、方桩、钢管桩）.....	126
2.3.6 灌注桩.....		131
3.11.....	软基处理.....	139
3.11.3.....	地基预压.....	139
2.4.2 强夯.....		143
2.4.3 振冲法.....		147

2.8.1	高压旋喷桩.....	148
2.8.2	水泥搅拌桩.....	150
2.4.6	碎石（砂）桩.....	152
2.9	防波堤与护岸.....	154
2.7.4	地基与基础.....	154
2.7.5	堤身结构.....	158
2.7.6	护面结构.....	161
2.7.7	上部结构.....	163
2.7.8	倒滤结构.....	165
2.8	道路及堆场.....	166
2.8.4	级配碎石基层与垫层.....	166
2.8.5	水泥稳定层.....	168
2.8.6	水泥混凝土面层.....	171
2.8.7	连锁块铺砌面层.....	175
2.9	小型预制构件.....	177
2.9.4	一般要求.....	177

2.9.5	施工工序.....	178
2.9.6	施工要点.....	179
2.9.7	质量控制.....	179
2.10	航道
	工程.....	179
2.10.4	疏浚
	施工工艺.....	179
2.10.5	炸礁
	施工.....	186
2.10.6	吹填
	施工.....	189

1 通用篇

2.7 模板工程

2.7.3 一般要求

2.7.3.1 模板及其支架应满足强度、刚度和稳定性的要求。

2.7.3.2 模板、支架的设计应根据工程结构形式、荷载大小、施工设备、材料和施工工艺等条件进行，并严格执行设计、验算、复核、审批及评审等制度。

2.7.3.3 模板宜选择钢模板，由专业厂家进行加工生产。

2.7.3.4 严格执行模板加工和安装前的试拼、验收程序。

2.7.3.5 模板、支架拆除时的混凝土强度应符合设计、现行国家及相关标准要求。

2.7.2 模板设计

2.7.2.1 模板计算应严格按照规范要求选取相关计算参数和荷载组合，充分考虑可能的施工荷载组合并留有足够的安全储备。

2.7.2.2 对模板合理选型，宜采用桁架式整体钢模板，模板的板面应有足够厚度的钢板。胸墙、沉箱、方块、梁板等大体积混凝土构件及长、宽、高均超过 3m 的构件（因体积较大采用分层浇筑，则在每层）应使用整体式定型钢模板或性能优异的其他材质模板。

2.7.2.3 模板的支撑加固系统应牢固、可靠，可采用对拉螺栓、圆台螺母和压杠、松紧器等固定形式，防止模板变形和上浮。

2.7.2.4 模板设计时，应对防止模板拼缝漏浆和保证构件棱角混凝土质量进行细部设计，并应符合下列规定。

(1) 沉箱、方块、扶壁等构件侧模板的隅角，桩帽、墩台等构件侧模板之间以及与底模之间的隅角、外露边角等应进行无棱化处理，使之成为圆弧角或采用45°倒角进行钝化。如图1.1.2-1，图1.1.2-2及图 1.1.2-3 所示。



图 1.1.2-1 构件棱角圆角处理

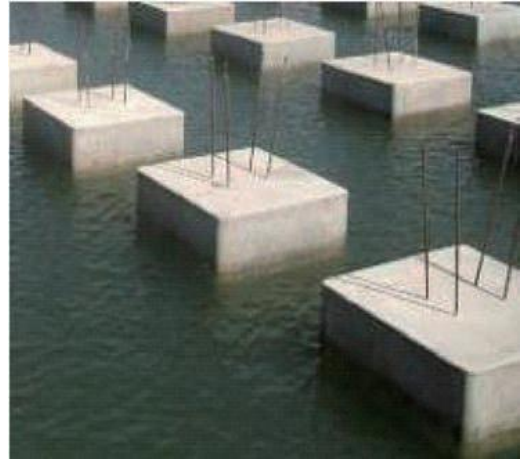


图 1.1.2-2 直角改为圆角处理



图 1.1.2-3 沉箱无棱化处理

(2) 采用“帮包底”支模方法的构件，其侧模与底模间应采取中空鼓形橡胶或嵌入式泡沫橡胶止浆条等有效止浆措施。

(3) 采用“底托帮”支模方法的构件，其侧底部应设弹性止浆条，依靠模板自重使与底模间的缝隙挤严，或者在侧模与底模相交处采取其他止浆措施，如图 1.1.2-4 所示。

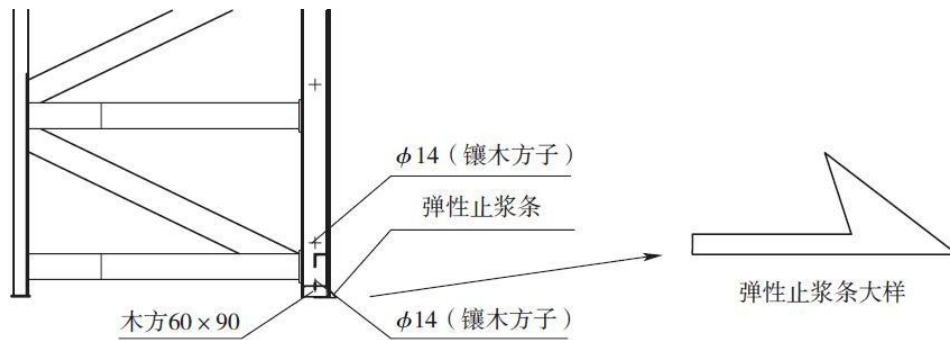


图 1.1.2-4 模板底部设“弹性止浆条”

(4) 分段（层）浇筑结构或构件，其模板与已浇筑段（层）的接缝，应采取相应的顺接止浆措施。

(5) 模板拉杆孔眼处应设止浆垫。

(6) 扶壁、沉箱和空心方块等构件折角处宜设置加强角，其尺寸设计无要求时采用 150mm-200mm。

2.7.2.5 模板分层设计应符合以下规定。

(1) 合理确定模板的分层高度，如图 1.1.2-5 和图 1.1.2-6 所示。

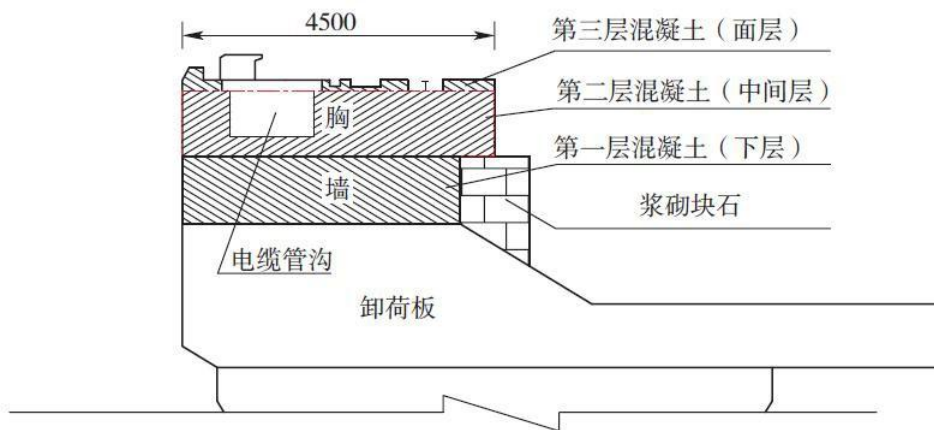


图 1.1.2-5 胸墙分层施工示意图

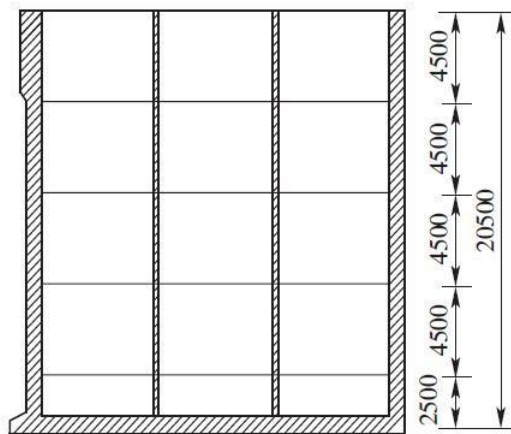


图 1.1.2-6 沉箱分层施工示意图（分层高度仅供参考）

(2) 模板设计宜“上刚下柔”，既能确保模板上口的直线度，又能方便模板下口通过拉杆紧固紧贴下层混凝土的表面，避免混凝土出现“错台”和漏浆。

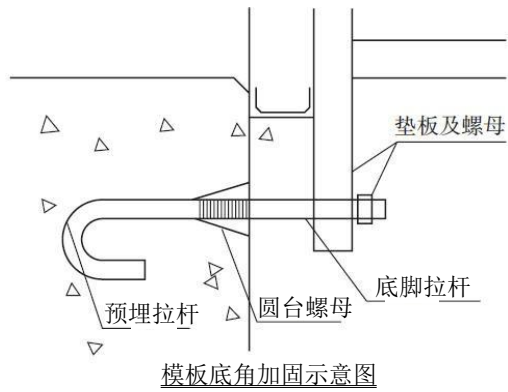
(3) 在模板内表面焊钢“八字”条或 2cm 圆弧，以控制施工缝的位置和线条的平直，如图 1.1.2-7 所示。



图 1.1.2-7 模板内表面的 2cm 圆弧

(4) 应采用圆台螺母支模方式，以方便拉杆支拆并使模板下沿紧贴混凝土面，如图 1.1.2-8 所示。

(5) 采用专门加工的嵌入式泡沫橡胶止浆条，如图 1.1.2-9 所示。



模板底角加固示意图

图 1.1.2-8 圆台螺母工艺

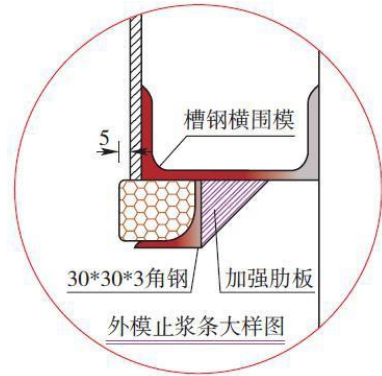


图 1.1.2-9 嵌入式泡沫橡胶止浆条

2.7.2.6 对于胸墙、沉箱等高大模板的设计应设置符合安全要求的操作平台、上下梯道、防护栏杆等。

2.7.2.7 在设计空心板梁（箱型梁）的施工工艺时，应采用内腔刚性模板工艺，禁止采用气囊内模成孔工艺。如图 1.1.2-10



图 1.1.2-10 预制空心板可调节式刚性内模



图 1.1.2-11 预制空心板可调节式刚性内模浇筑效果

2.7.1 模板制作

2.7.1.1 在现场进行模板加工时，场地地面应满足承载力的要求，并采用厚度超过 12cm 的 C15 混凝土进行硬化，同时应平整、易于排水。

2.7.1.2 钢板应采用剪板机下料；各种型钢骨架下料采用气割时要对准划线下料，不应割在线外。

2.7.1.3 钢模板应在模架上制作，并采取措施减小焊接变形。

2.7.1.4 钢模板加工板缝应满焊并打磨平整。钢模板表面应平整、光滑、无锈蚀。

2.7.1.5 木模板表面应刨光，木板的拼缝宜做成搭接缝或企口缝，当采用平缝时，应在拼缝内镶塑料管（线），或在外侧钉止浆板条。不得使用腐朽、扭裂的木材，顶撑要垂直，底端要平整坚实，并加垫木，木楔要钉牢，并用横顺拉杆和剪刀撑拉牢。

2.6.4 模板安装

2.6.4.1 大型模板、支架在安装过程中，应采取防倾覆的临时固定措施；支承部分应坚实可靠。在已浇筑成型的混凝土构筑物上立模应采用预埋圆台螺母进行支撑。

2.6.4.2 大模板安装时，应先内后外，单面模板就位后，应用支架固定并支撑牢固；双面模板就位后应用拉杆和螺栓固定，未就位和固定前不得摘钩。

2.6.4.3 组装平模时，应及时用卡槽或法兰螺丝将相邻模板连接好，防止倾倒；安装外墙外模板时，应将悬挑扁担固定，位置调好后，

方可摘钩。外墙外模板安装好后应立即穿好销杆，紧固螺栓。有平台的大模板起吊时，平台上禁止存放任何物料。里外角模和临时摘挂的板面与大模板应连接牢固，防止脱开和断裂坠落。

2.6.4.4 脱模剂涂刷应符合以下规定。

(1) 宜使用乳化型或树脂型脱模剂，严禁使用皂类或废机油作为脱模剂。

(2) 喷涂前应将模板表面清理干净。

(3) 喷涂脱模剂应均匀，无漏底现象；喷涂后应用拖布或棉纱擦一遍板面，擦除流淌的脱模剂。

(4) 严禁脱模剂污染钢筋。

2.6.5 模板拆除与存放

2.6.5.1 大模板拆装区周围应设置栏杆，并挂有明显的标志牌，禁止非作业人员入内。

2.6.5.2 拆除模板应采用起重设备辅助，并按顺序进行，严禁猛撬、硬砸或大面积撬落和拉倒。拆模的下方不得站人，以防突然坠落伤人。

2.6.5.3 模板及配件拆除后，应及时清除粘结的灰浆，对变形和损坏的模板及配件，宜采用机械整形和清理，使其符合规范要求。

2.6.5.4 拆模起吊前，应复查穿墙螺栓是否全部拆净，模板与墙体是否完全脱离，并清除大模板操作平台上的杂物，检查模板是否有勾挂的地方。

2.6.5.5 大模板存放场地应平整夯实，采取排水措施，并增设满足地面承载力要求的垫块，模板底支垫离地面约 20cm 以上，并且不得

压有电线和电焊管线等。

2.6.5.6 根据模板放置方式，宜采取相应的支垫和支撑措施，消除模板变形并防止模板倾倒。其中有斜支撑的大模板应面对面堆放，设置地脚螺栓时使自稳角成 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，未设置地脚螺栓时使自稳脚成 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ；无斜支撑的大模板应在现场搭设模板架，将模板放入架子内，不得依靠其他模板或构件，以免滑移、倾倒。

2.6.5.7 应注重模板维护和保养工作，对于暂不使用的钢模板，应适时进行涂刷保养，及时更换老化、损坏的止浆条。不合格的模板及配件，不得使用。

2.7 钢筋工程

2.6.3 一般要求

2.6.3.1 混凝土结构用钢筋的牌号、规格、接头连接方式及部位应符合设计要求和国家现行标准的规定。

2.6.3.2 预制混凝土构件的吊环应符合设计要求。吊环材料不得采用冷拉处理钢筋。

2.6.3.3 钢筋在储存过程中应上盖下垫，防止锈蚀、污染和变形。装卸钢筋时不得从高处抛掷。

2.6.3.4 钢筋加工应设置专用加工场地，场地硬化、平整、功能分区明确，并应符合本指南“工地建设标准化”的相关规定。场内钢筋应按牌号、规格、检验状态分别标识存放。

(1) 钢筋加工采用集中加工的方式，加工场地应进行混凝土硬化，实行封闭管理。为改善加工环境，保证加工质量，应建设钢筋加

工棚。加工场地和面积要根据工程规模和设备选择综合考虑，保证加工和钢筋堆放的合理布置，如图 1.2.1-1 所示。



图 1.2.1-1 钢筋加工场

(2) 材料存储区、加工区、半成品区和成品区布设合理，并设置明显的标志标牌；各种半成品、成品应按其规格、检验状态与使用部位等进行分类堆放和标识。

(3) 钢筋应垫高堆放，离地 20cm 以上，下部支点应以保证钢筋不变形为原则。

(4) 按照规定对进场钢筋进行标识，标识内容应包括材料名称、产地、规格型号、生产日期、出厂批号、进场日期、检验状态、进场数量、使用单位等，并根据不同的检验状态和结果采用统一的材料标识牌进行标识，如图 1.2.1-2~图 1.2.1-10 所示。



图 1.2.1-2 钢筋半成品分类堆放



图 1.2.1-3 移动式钢筋堆放棚



图 1.2.1-4 钢筋加工区



图 1.2.1-5 原材料区



图 1.2.1-6 钢筋合格区



图 1.2.1-7 半成品堆放区



图 1.2.1-8 钢筋堆放



图 1.2.1-9 钢筋场原材、成品堆放分区示意图



图 1.2.1-10 检验状态与结果标识

2.6.3.5 选用合理的钢筋加工制作设备，设备的规格和数量应满足工程建设规模和进度的要求，并对加工设备进行定期维修和保养，确保设备的完好和使用的精度。

2.6.3.6 钢筋下料加工应选择精度高、技术性能好的自动钢筋加工机械，钢筋加工数量较大、加工精度要求较高时，宜选用数控剪切及弯曲设备（图 1.2.1-11、图 1.2.1-12）。各种机械加工设备应经有关部门检查验收合格后方可使用。



图 1.2.1-11 数控钢筋弯曲机



图 1.2.1-12 数控钢筋弯箍机

2.6.3.7 预埋件和钢配件（含钢筋机械连接套筒）应符合下列规定。

（1）所用钢板、型钢及圆钢的材质和规格应符合设计要求及国家现行标准的规定。

（2）储存过程中应分类包装、标识，码放整齐。

2.6.3.8 焊工应有相应的特种作业操作证，并应在规定的范围内进行焊接操作。

2.6.3.9 在正式钢筋焊接前，参与该项施焊的焊工应进行现场条件下的焊接工艺试验，并经质量检验合格后，方可正式作业。当改变钢筋牌号、规格、炉罐号、焊条型号或调换焊接设备、焊工时，应重新进行现场条件下的焊接工艺试验，并经质量检验合格后，方可正式作业。

2.6.2 材料要求

2.6.2.1 钢筋的品种、规格和数量应满足设计要求。

2.6.2.2 钢筋的质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB1499）等的有关规定。

2.6.2.3 进场钢筋应具有材证相符且有效的产品合格证、出厂检验报告，包装、标志和质量证明书应符合现行国家标准《型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定》（GB/T2101）的有关规定。

2.6.2.4 钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状锈皮。

2.6.2.5 直条钢筋的弯曲度应不影响正常使用，总弯曲度不大于钢筋总长度的 0.4%，钢筋端部应剪切正直，局部变形应不影响使用。

2.6.1 钢筋加工

2.6.1.1 当钢筋混凝土结构所用的钢筋需代换时，应征得设计单位同意，并应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）相关规定。

2.6.1.2 预制构件和模板的吊环，应使用未经冷拉的 HPB300 制作，严禁以其他钢筋代换。

2.6.1.3 采用冷拉法调直钢筋时，钢筋的冷拉率不宜超过规范要求。

2.6.2 钢筋连接

2.6.2.1 直径大于或等于 22mm 的钢筋禁止采用人工闪光对焊连接。

2.6.2.2 受拉钢筋直径大于 25mm 和受压钢筋直径大于 28mm 时不宜采用绑扎连接。

2.6.2.3 钢筋对接前，应根据施工条件做对接性能试验，合格后方可正式生产。对接性能试验对应应具备资质的焊工、进行对接工艺和方法的比选、焊件或连接试件的检验等。

2.6.2.4 钢筋焊接前，焊接部分的锈斑、油污、杂物等应清理干净；钢筋端部若有弯折、扭曲应予以矫直或切除。

2.6.2.5 受力钢筋采用焊接接头时，设置在同一构件内的焊接接头应相互错开。在任一焊接接头中心至长度为钢筋直径 d 的 35 倍且不小于 500mm 的区段内，同一根钢筋不得有两个接头；在该区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率，应符合下列规定。

(1) 非预应力筋在受拉区不宜大于 50%。

(2) 预应力筋不宜超过 25%，当焊接质量有可靠保证时，可放宽至 50%。

(3) 受压区和后张法的螺丝端杆不限制。

2.6.2.6 接头（包括焊接和绑扎）距钢筋弯曲处，不应小于 $10d$ ，也不应位于构件的最大弯矩处。受弯构件受力钢筋接头应设置在 $1/2$ 最大弯矩处。

2.6.2.7 闪光对焊的接头，应定期分批进行外观检查和力学性能检查，并应符合现行《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）的有关规定。

2.6.2.8 热轧钢筋接头采用搭接、帮条或坡口电弧焊时，应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）的有关规定。

2.6.2.9 钢筋电弧焊所采用的焊条，其性能应符合现行国家标准《碳钢焊条》（GB5117）和《低碳合金钢焊条》（GB5118）的规定，其型号应根据设计确定，若设计无规定时，可按表 1.2-1 选用。

表 1.2-1 钢筋电弧焊焊条型号

钢筋级别	电弧焊接头形式			
	帮条 焊搭 接焊	坡口 焊 熔槽 帮条焊 预埋件穿孔塞 焊	窄间隙焊	与钢板搭接焊预 埋件 T 形角 焊
HPB300	E43 03 ER5 0-X	E43 03 ER5 0-X	E43 16 E43 15 ER50-X	E430 3 ER5 0-X
HRBF33 5	E50 03 E43 03 E50 16 E50 15 ER50-X	E50 03 E501 6 E501 5 ER5 0-X	E50 16 E501 5 ER5 0-X	E50 03 E43 03 E50 16 E50 15 ER50 -X
HRB4 00 HRBF4 00	E50 03 E55 16 E55 15 ER50-X	E50 03 E55 16 E55 15 ER55-X	E55 16 E551 5 ER5 5-X	E50 03 E55 16 E55 15 ER50 -X
HRB5 00 HRBF5 00	E55 03 E60 03 E60 16 E60 15 ER55-X	E60 03 E60 16 E60 15	E60 16 E60 15	E55 03 E60 03 E60 16 E60 15 ER55

				-X
--	--	--	--	----

2.6.2.10 进行电弧焊，施焊前或改变钢筋级别、直径、焊条型号、调换焊工时，应制作 2 个拉伸试件，试验结果大于或等于该类钢筋的抗拉强度时，才允许正式施焊。

2.6.2.11 钢筋电弧焊接头外观检查，应在清除焊渣后逐个进行，并应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）的有关规定。

2.6.2.12 当采用电渣压力焊连接现浇混凝土结构中竖向或斜向（倾斜度不大于 10° ）直径小于等于 32mm 的钢筋时，应按《钢筋焊

接及验收规程》（JGJ18）中有关规定进行。

2.6.2.13 钢筋电渣压力焊接头应逐个进行外观检查，分批做力学性能检验，并应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）的有关规定。

2.6.2.14 钢筋气压焊接、绑扎接头应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）的有关规定。

2.6.2.15 钢筋气压焊接接头应逐个进行外观检查，并分批做力学性能检验。

2.6.2.16 钢筋低温焊接时，应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18）中有关规定。

2.6.2.17 采用绑扎接头应符合下列规定。

(1) 搭接长度不应小于表 1.2-2 的规定。

表 1.2-2 受力钢筋绑扎接头的最小搭接长度表

钢筋类型	受拉区	受压区
光圆钢筋 HPB300	25d	15d
带肋钢筋 HRB400	40d	30d

(2) 构件中两根非一截面搭接的接头，其接头中心距离不得小于搭接长度的 1.3 倍。

(3) 受拉区的圆钢筋末端应做成弯钩。

(4) 直径等于或小于 12mm 的受压钢筋末端，如不做成弯钩，其搭接长度不应小于 30d。

(5) 钢筋搭接处中心及两端应用铁丝扎紧。

2.6.2.18 采用绑扎接头时，受力钢筋在同一截面内的接头面积占

受力钢筋总面积的百分数，受压区不得大于 50%，受拉区不得大于 25%。绑扎接头中钢筋的横向净距不应小于钢筋直径 d 且不小于 25mm。

2.6.2.19 钢筋机械连接接头应符合下列规定。

(1) 连接套筒与锁母宜采用优质碳素结构钢或低合金高强度结构钢。进场的连接套筒应有出厂合格证及原材料合格证，套筒规格应与钢筋规格对应，套筒表面应刻有标识。表面应无裂纹和影响接头质量的缺陷。

(2) 钢筋下料应采用砂轮片切割机切断，不得用气割或冲剪下料，切口应用砂轮磨平或镦平。钢筋端面应基本平整并与钢筋轴线垂直，不得有马蹄形、挠曲、缺角和与钢筋轴线不垂直的现象。镦粗头与钢筋轴线不得有大于 4° 的偏斜，钢筋断面与轴线的偏移不得超过 0.1 倍钢筋直径，同时不得大于 2mm。不得有与钢筋轴线相垂直的横向表面裂缝。镦粗机和绞丝机分别如图 1.2.4-1 和图 1.2.4-2 所示。



图 1.2.4-1 镦粗机



图 1.2.4-2 绞丝机

(3) 钢筋丝头加工时，应对钢筋丝头的螺纹外观质量、螺纹长度和螺纹尺寸进行自检，检验项目、检验方法和检验要求按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107）要求，且应按《滚轧直螺

纹钢筋连接接头》（JG163）附录 D 做好记录，如图 1.2.4-3 所示。

（4）加工完成的钢筋丝头螺纹，表面应干净、完好无损，不得带有铁屑、油渍等杂物，已检验合格的丝头螺纹应用塑料保护套或拧上连接套筒加以保护，避免污染、生锈、机械损伤，并按规格分类堆放整齐，如图 1.2.4-4 所示。

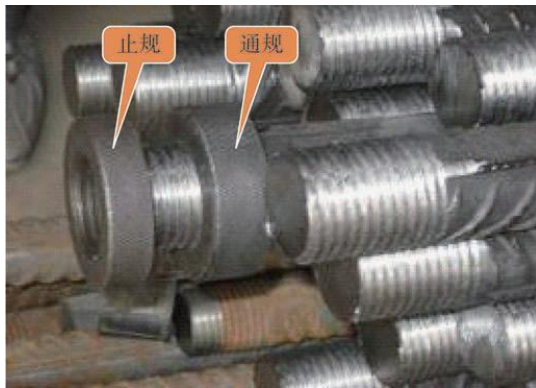


图 1.2.4-3 螺纹环规检查



图 1.2.4-4 镦头

（5）钢筋连接施工前，应对接头进行工艺检验。每种规格钢筋的接头试件不应少于 3 个；每种规格钢筋母材的试件不少于 3 个，且应取自接头试件的同一根钢筋；3 个接头试件的抗拉强度均应符合现行行业标准《钢筋滚轧直螺纹连接技术规程》（JGJ107）规定。

（6）接头拼接时用管钳扳手拧紧，使两个丝扣在套筒中央位置相互顶紧，如图 1.2.4-5 所示。

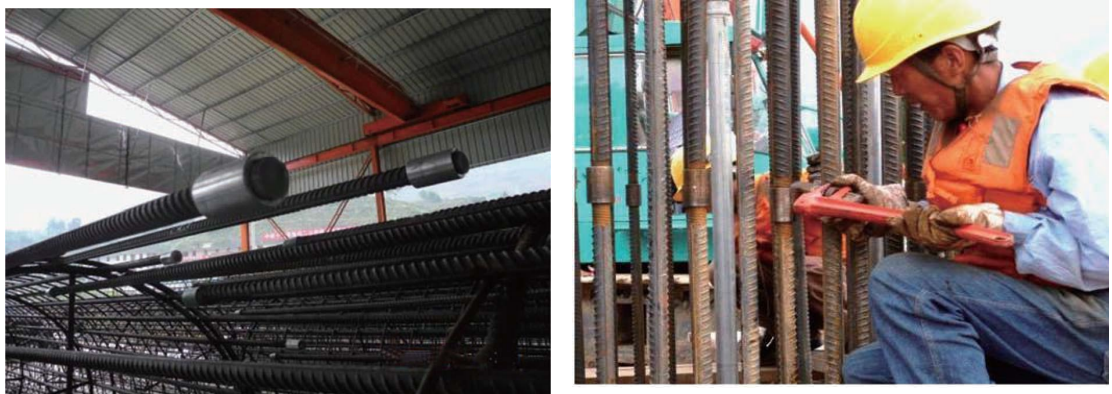


图 1.2.4-5 接头及拼接

(7) 钢筋接头拧紧后，应进行拧紧力矩值检查。拧紧力矩值检查应按现行行业标准《滚轧直螺纹钢筋连接接头》（JG163）附录 E 要求做好记录。

(8) 接头现场检验应对接头进行外观检查和单向拉伸试验。

①接头外观检查应全数检查，检查结果应符合下列要求：接头连接套筒应有外露有效螺纹，且单边外露有效螺纹不得超过 $2p$ （ p 为螺纹螺距）；接头拧紧后，接头处的弯折角不得大于 3° ；接头处的轴线偏移不得大于 $0.1d$ （ d 为所连接钢筋的较小直径）且不得大于 2mm 。

②现场接头单向拉伸检验应按验收批进行，并应符合下列规定：同一施工条件下，采用同一批材料的同等级、同形式、同规格接头，以 500 个为一个验收批，不足 500 个也作为一个验收批；对接头的每一个验收批，应从工程结构中随机截取 3 个接头试件作为抗拉强度试验，按设计要求的接头等级进行评定；当 3 个接头试件的抗拉强度均符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107）要求时，该验收批判定为合格；对同一验收批，如 1 组中有 1 个试件的抗拉强度不符合要求，应再取 6 个试件进行复检，复检中仍有 1 个试件抗拉强度不符合要求，该验收批判定为不合格；在现场连续检验 10 个验收批均一次合格时，验收批接头数量可扩大一倍。

③现场截取抽样试件后，原接头位置的钢筋可采用同规格的钢筋进行搭接连接，或采用焊接及机械连接方法补接。

④对抽检不合格的接头验收批，应由建设单位会同设计等有关单位研究后提出处理方案。

(9) 海水环境钢筋的混凝土保护层最小厚度和钢筋间距除应满足现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS202)的规定外,连接套筒的混凝土保护层不得小于 50mm,连接套筒与钢筋之间或连接套筒之间的净距不得小于 25mm。

2.5.4 钢筋定位绑扎

2.5.4.1 钢筋的类别,根数、直径和间距均应按设计规定配置,其位置偏差应符合表 1.2-3 的要求。

表 1.2-3 配置钢筋的允许偏差表 (mm)

序号	偏差名称		允许偏差
1	梁顺高度方向配置两排以上的受力钢筋时钢筋排距的偏差		±10
2	箍筋间距偏差	桩、板	±20
		梁、板 桩	±10
3	板、方桩、板桩、沉箱、扶壁、靠船构件等受力钢筋间距的偏差		±15
4	钢筋保护层厚度	浪溅区	+10.0
		其他部位	+10,-5

2.5.4.2 绑扎及装设钢筋骨架应符合下列要求。

(1) 钢筋骨架应有足够的稳定性,并保证受力钢筋不产生位置偏移。钢筋的交叉点宜用铁丝扎牢。

(2) 板和墙的钢筋网,除靠近外围的两行钢筋的交叉点全部扎牢外,中间部分交错点可间隔交错绑牢,但应保证受力钢筋不产生位置偏移;双向受力的钢筋应全部扎牢。

2.5.4.3 钢筋绑扎、安装应采取以下措施提高钢筋绑扎精度和整体刚度。

(1) 采用设立钢筋绑扎架、钢筋卡模、模板刻槽、胎模化定位

绑扎等方式，限制钢筋移位，控制钢筋绑扎间距，如图 1.2.5-1~图 1.2.5-7 所示。

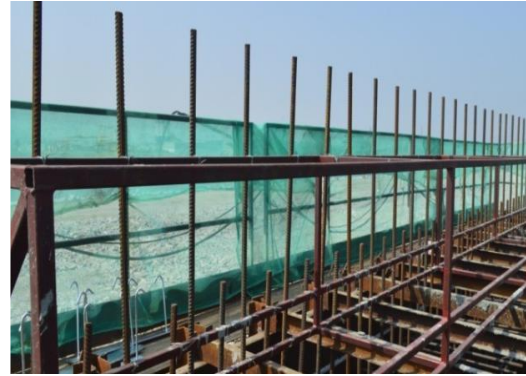
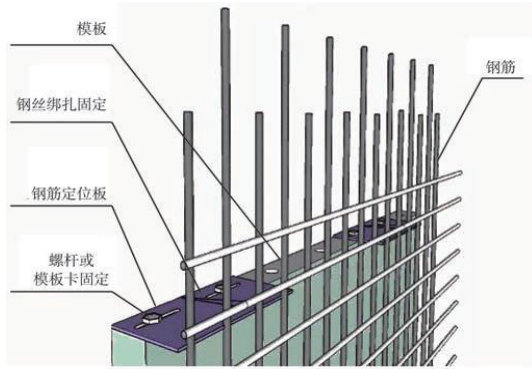


图 1.2.5-1 钢筋安装定位卡模固定措施



图 1.2.5-2 面层定位卡模



图 1.2.5-3 面板定位卡模



图 1.2.5-4 墙身定位卡模



图 1.2.5-5 横梁定位卡模



图 1.2.5-6 胎膜化定位绑扎



图 1.2.5-7 胎膜化定位绑扎成品

(2) 设置限位筋，增加其刚度。如钢筋网片间绑扎一定密度的

U形加固筋，如图 1.2.5-8 所示。

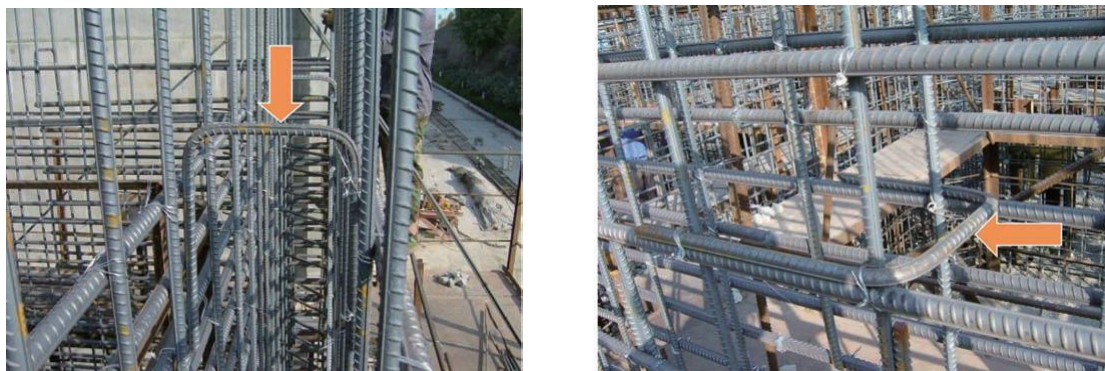


图 1.2.5-8 U形加固筋

(3) 做好钢筋支撑，防止吊装模板碰撞等操作因素造成钢筋移位或变形。

(4) 设置纵向通长限位筋并固定在模板上，避免构件分层施工过程中上层预埋钢筋移位，如图 1.2.5-9 和图 1.2.5-10 所示。



图 1.2.5-9 钢筋绑扎及加固



图 1.2.5-10 上层钢筋固定

(5) 为防止钢筋保护层厚度偏大，可设置架立筋（腰筋）保证钢筋和模板的间距。

(6) 桩、柱和梁中骨架的箍筋除设计有特殊规定外，应保持与主筋垂直。

(7) 箍筋弯钩的搭接点沿轴线交错位置布设。

(8) 绑扎骨架中，在绑扎接头长度范围内，当搭接钢筋受拉时，其箍筋间距不应大于 $5d$ ，且不应大于 100mm ；当搭接钢筋受压时，

其箍筋间距不应大于 $10d$ ，且不应大于 200mm 。

(9) 钢筋绑扎应精细，不应漏绑、跳绑，应保证铁丝拧紧、钢筋牢固。为提高绑扎效率，应设立合适的操作平台（或绑扎架），且宜采用钢筋捆扎机。

(10) 应选择合适的扎丝长度，为防止扎丝头在混凝土下灰和振捣过程中铅丝头可能移动伸进保护层，扎丝应内扣，扎丝口应设置在钢筋侧面，不得伸入混凝土保护层内。

(11) 绑扎好的钢筋骨架应选用合适的吊运工艺，尤其是吊具选择、吊点的确定，应考虑钢筋骨架的刚度，避免变形，如图 1.2.5-11 和如图 1.2.5-12 所示。



图 1.2.5-11 钢筋绑扎操作平台



图 1.2.5-12 钢筋骨架吊运

2.5.3 焊接连接

2.5.3.1 采用的电焊条、焊缝长度、焊缝饱满度应符合要求。

2.5.3.2 搭接焊接头钢筋焊接前，先将接头处进行弯折，弯折角不大于 4° ，以确保焊接钢筋在同一直线上，如图 1.2.6-1 所示。

2.5.3.3 帮条焊焊接时，应特别注意靠近侧模板及底模板处帮条钢筋所在的位置，以避免造成钢筋保护层厚度减小，如图 1.2.6-2 所示。



图 1.2.6-1 搭接焊



图 1.2.6-2 帮条焊

2.5.2 闪光对焊连接

2.5.2.1 应选择满足闪光对焊操作要求的场所和环境进行操作施工。

2.5.2.2 操作工应熟练，且单机操作工应相对固定。

2.5.2.3 严格并重视工艺性试验，针对不同材质、不同直径的钢筋，适时调整各相关参数（顶锻速度、压力及加热温度等）和施工工艺。

2.5.2.4 钢筋端头弯曲或呈现马蹄状时，对焊前应予以矫直或采取锯割的方式对钢筋端面进行平整处理。

2.5.2.5 经常检查并保持电极的正常外形，变形较大时应及时修理或更新，安装时应力求位置准确。

2.5.2.6 定期检查并调整夹具，如因磨损晃动较大，应及时维修。

2.5.2.7 接头焊毕，稍冷却后再小心移动钢筋，要轻放，不得扔、摔。

2.5.3 钢筋保护层

2.5.3.1 钢筋装设应设置垫块，保证钢筋的保护层符合设计要求。垫块的强度与密实性不应低于构件本体混凝土。

2.5.3.2 钢筋保护层所使用的垫块应由专业厂家进行工厂标准化生产，集中采购。不得使用普通砂浆垫块或塑料垫块。

2.5.3.3 保护层垫块有斛型、多规格梅花形、圆饼形、圆柱形、锥台形、马蹄型等多种。应根据构件特点和要求选择合适的垫块，建议多采用圆饼形垫块和梅花形垫块，底板钢筋宜采用梅花形或圆台形垫块，墙体钢筋宜采用圆饼形（环形）垫块。圆饼形垫块可最大限度地避免发生脱落但安装较复杂；梅花形垫块通过凹槽将钢筋牢牢卡住，支垫较牢固，不易翻覆脱落；圆柱形或圆锥形垫块使用后混凝土外观质量较好，如图 1.2.8-1~图 1.2.8-7 所示。



图 1.2.8-1 梅花形垫块模具清洗、安装、生产



图 1.2.8-2 圆柱形垫块模具



图 1.2.8-3 钢筋保护层垫块成品



图 1.2.8-4 梅花形垫块支垫



图 1.2.8-5 圆饼形垫块支垫



图 1.2.8-6 圆柱形垫块支垫



图 1.2.8-7 圆锥形垫块支垫

2.5.3.4 钢筋保护层垫块应根据构件、模板和钢筋配置的特点进行布设。垫块的支垫方法和间距应能保证钢筋在混凝土浇筑过程不发生位移和变形。

2.5.3.5 钢筋保护层垫块宜按梅花形布置，每平方不少于 4 块。在保护层垫块安装过程中注意并检测垫块四边的不同保护层尺寸，防止安装错误。适时检查垫块是否脱落，及时加固、补放。

2.5.3.6 钢筋保护层偏差应符合水运相关规范标准要求。混凝土或砂浆垫块应提前按批检验，强度和抗氯离子渗透性能不应低于构件的设计要求，垫块厚度不允许出现负偏差，正偏差不应大于 2mm。

2.5.1 预埋件

2.5.1.1 预埋件坚持“先防腐、后安装”的施工程序。外部委托加工

铁件的防腐一般在工厂内进行。现场加工的铁件，坚持“先除锈、再涂层”的工序。除锈范围为从伸入混凝土内 10cm 起至露出混凝土外的预埋件所有表面（采用简易喷砂除锈机进行喷砂除锈，除锈等级应达到 Sa2.5 级或 St3.0 级），除锈质量合格后先涂刷防腐涂层两遍，再涂刷防腐油漆两遍（位于大气区预埋件）或三遍（位于浪溅区和水位变动区预埋件），如图 1.2.9-1 和图 1.2.9-2 所示。

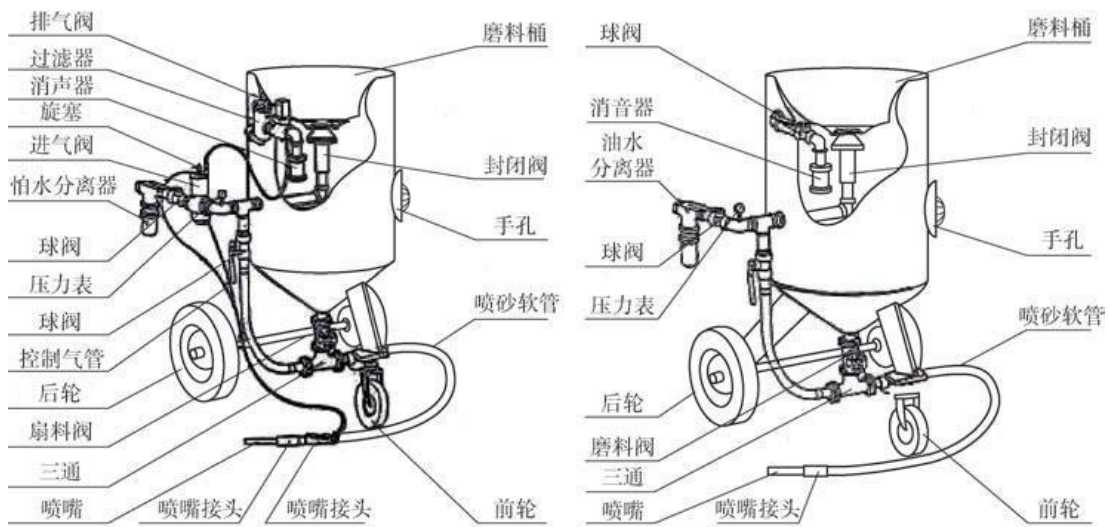


图 1.2.9-1 简易喷砂除锈机

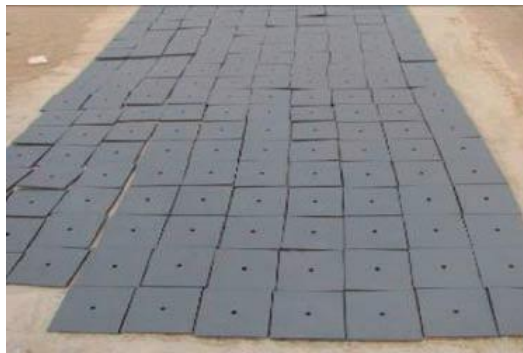


图 1.2.9-2 预埋件的喷砂除锈效果图

2.5.1.2 预埋件的安装固定工艺及措施。

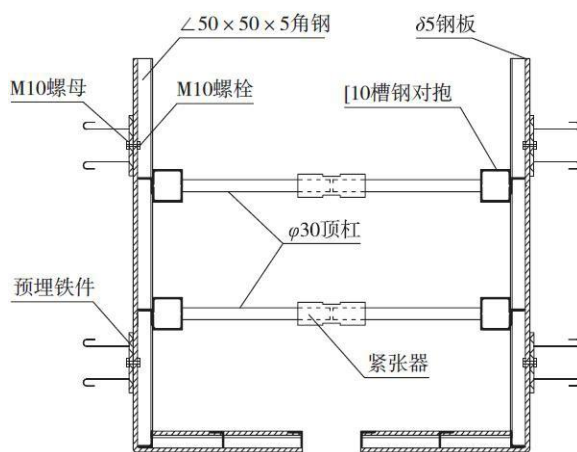
(1) 刚性较大的预埋件（如护轮坎钢护缘），采用现场直接焊接固定的方法，焊接固定后应进行防腐。在施工中，严格控制测量放线误差，确保预埋件的前沿线、标高、平整度符合要求，如图 1.2.9-3

所示。



图 1.2.9-3 施工现场焊接安装护轮坎钢护缘

(2) 构筑物侧面的预埋件按照施工前确定的加固方案，通过测量人员测放、复核，准确地在模板上开螺栓孔，然后将预埋件固定在模板上，保证预埋件与模板间平直紧固。为便于混凝土浇注后拆模时能够先拧出螺栓，需使预埋件内侧的螺母与螺栓齐平，以避免预埋件安装过程中防腐涂层的破损，防止预埋件表面与混凝土表面高差较大问题



，如图 1.2.9-4 和图 1.2.9-5 所示。

图 1.2.9-4 电缆管沟预埋件固定示意图

图 1.2.9-5 电缆管沟预埋件效果图

(3) 由于不锈钢电缆槽板材较薄、形状特殊，为保证其位置和线条，采用特殊的固定架进行固定，如图 1.2.9-6 所示。

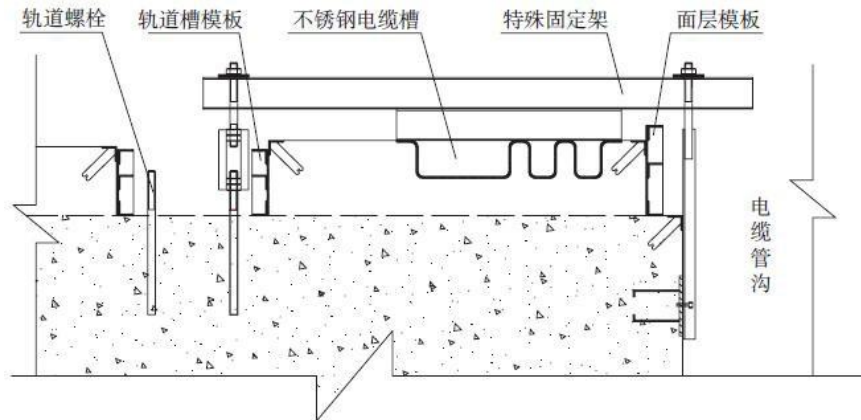


图 1.2.9-6 不锈钢电缆槽的固定工艺

(4) 构筑物顶面的预埋件采取在混凝土中埋设竖向固定筋或冲击钻钻孔栽筋，使预埋件的固定基础牢固；测量人员给出准确安装位置后，焊接固定筋和预埋件防腐层之外的锚筋，必要时增加斜支撑筋，保证预埋件顶面标高和平面位置准确。

(5) 为防止预埋件与现浇混凝土间存在空隙，对于面积较大的不锈钢电缆槽、护边角钢等预埋件，应在其顶部开设排气孔，以便混凝土浇注时其中的空气能被挤出。同时，所留置的排气孔也可作为二次压浆的进浆或出浆孔，如图 1.2.9-7 所示。



图 1.2.9-7 不锈钢电缆槽顶部开设排气孔

2.5.1.3 为防止螺栓锈蚀和被碰损，应对所有螺栓均采取涂黄油、包塑料布、铅丝捆绑或外加塑料套管等措施进行保护，如图 1.2.9-8~

图 1.2.9-14 所示。



图 1.2.9-8 预埋件螺栓涂黄油、包塑料布、外加塑料套管保护

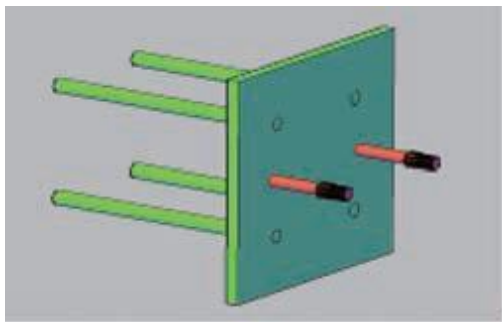
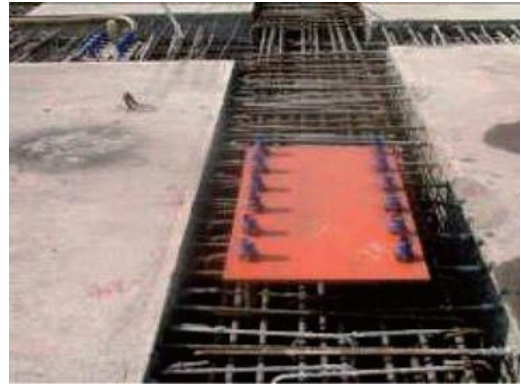


图 1.2.9-9 在预埋件上钻孔

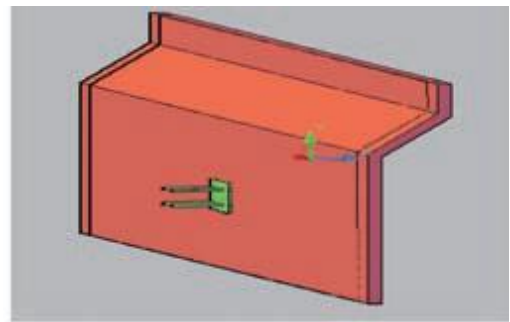


图 1.2.9-10 与模板螺栓连接紧固



图 1.2.9-11 脱模后的质量状况



图 1.2.9-12 用螺栓将铁件与模板表面紧固



图 1.2.9-13 脱模后的铁件效果



图 1.2.9-14 预埋铁件规范防腐

2.6 混凝土工程

2.4.3 一般要求

2.4.3.1 混凝土拌制所需的水泥、细骨料、粗骨料、掺合料、外加剂、拌和用水等原材料应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定，并符合以下规定。

2.4.3.2 水泥应符合下列规定。

- (1) 不得使用立窑水泥和烧粘土质的火山灰质硅酸盐水泥。
- (2) 运至现场的每一批水泥，应有生产厂家的出厂合格证和质量检验报告。
- (3) 抽样组批应以同一生产厂家同期出厂的同品种、同强度等级、同一出厂编号且连续进场的水泥为一验收批；但一批的总量为袋装水泥不超过 200t，散装水泥不超过 500t。

(4) 工程所用水泥品种以 1~2 种为宜，供应厂家应相对固定。

2.4.3.3 骨料应符合下列规定。

- (1) 海水环境工程中严禁采用活性骨料。
- (2) 拌制混凝土应采用质地坚固、粒径在 5mm 以下的砂作为细骨料。细骨料、粗骨料级配应满足要求。
- (3) 当碎石中含石粉量比较大时，应使用碎石水洗设备将石粉清洗干净。

2.4.3.4 掺合料应符合下列规定。

- (1) 掺合料应采用粒化高炉矿渣、粉煤灰、硅灰等。
- (2) 矿渣、粉煤灰等以连续供应相同等级的数量不大于 200t 为

一批；硅粉以连续供应相同等级的数量不大于 20t 为一批。

(3) 粉煤灰的进场检验应包括和易性初步检测、电子显微照片鉴别、物理化学指标的试验检测（细度、需水量比、烧失量、含水率、三氧化硫、活性指数、游离氧化钙、安定性）。

2.4.3.5 外加剂应符合下列规定。

(1) 外加剂氯离子含量不应大于水泥质量的 0.02%。

(2) 不得掺用含氯盐的外加剂。

(3) 外加剂应配成水溶液使用，配制溶液时应称量准确，并搅拌均匀。不同品种外加剂复合使用时，应注意其相容性，及对混凝土性能的影响，使用前应进行试验，满足要求方可使用。

2.4.3.6 拌和用水应符合下列规定。

(1) 拌和用水应采用城市供水系统的饮用水，不得采用海水。

(2) 特殊情况下，当采用天然矿化水或井水作为钢筋混凝土拌和用水时，应符合 PH 值不小于 5.0 及硫酸盐含量按 SO_4^{2-} 计不大于 600mg/L 并应做水与拟掺外加剂的相容性试验，当相容性试验失败时，此水不得作为混凝土拌和用水。

(3) 混凝土拌和系统应设置蓄水池，保证有充分的水源供给。

2.4.1 混凝土拌和（工地现场拌和站）

2.4.1.1 施工单位签订合同后应立即着手进行拌和站的选址与规划，一个月内明确拌和站设置规模及位置，并编写建设方案，内容包括拌和站的主要设备、安装位置、占地面积、功能区划分、场内道路布置、排水设施布置及水电设施设置等。

规划方案经总监理工程师审批同意后才能进行拌和站建设，并报建设单位备案。拌和站建设完成后，施工单位填写建设验收表并报监理工程师进行验收。对不符合要求的拌和站不允许进行生产，待整改并验收合格后方可生产。拌合站如图 1.3.2-1 所示。

2.4.1.2 拌和站建设应符合本指南“工地建设标准化”的相关规定。



图 1.3.2-1 拌和站

2.4.1.3 拌和机操作房前醒目位置应悬挂砼配合比标识牌，如图 1.3.2-2 所示。





图 1.3.2-2 配合比标识牌

2.4.1.4 施工临时用电应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》（JGJ 46）的规定。

2.4.1.5 站内各功能区应在明显位置设有防火设施。每个功能区至少设置一个消防水池并配备相应的灭火器材。

2.4.1.6 拌和站的建设应采取防台措施，如图 1.3.2-3 所示。



图 1.3.2-3 防台措施

2.4.1.7 混凝土拌制所需的水泥、细骨料、粗骨料、掺合料、外加剂、拌和用水等原材料应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS 202）的有关规定。

2.4.1.8 混凝土的拌制应由专设的混凝土搅拌站（点）或搅拌船集中搅拌。

2.4.1.9 搅拌混凝土时，应按配料单进行配料，不得任意更改。

2.4.1.10 混凝土的所有组成材料应称量，称量使用的各种衡器应

定期校验，保证计量准确。每一工作班正式称量前，应对称量设备进行零点校核，施工过程中也应经常进行校核。原材料称量时，其偏差不得超过表 1.3-1 的规定。

表 1.3-1 原材料称量允许偏差表 (%)

材料名称	允许偏差
水泥、掺合料	±2
粗、细骨料	±3
水、外加剂	±2

2.4.1.11 施工过程中应检查骨料含水率，每一工作班至少测定 2 次。当含水率有显著变化时，应增加测定次数并及时调整。

2.3.6 混凝土运输

2.3.6.1 运输能力应与搅拌及浇筑能力相适应，并应尽量缩短运输时间和减少倒运次数。

2.3.6.2 运输工具宜采用搅拌车（图 1.3.3-1），运输工具在使用前应用水湿润，但不得留有积水。混凝土在运输过程中应避免发生离析、漏浆、泌水和坍落度损失较大等现象。运至浇筑地点后，如有离析现象，应在浇筑前进行二次搅拌，但不得再次加水。



图 1.3.3-1 混凝土搅拌车运输

2.3.6.3 采用吊罐运输混凝土时，吊罐应便于卸料，活门应开启方

便、关闭严密，不得漏浆。

2.3.6.4 采用管道运送混凝土时，应按泵送设备说明书的有关规定进行。

2.3.6.5 运输过程应采取措施防止混凝土或砂浆洒漏。

2.3.5 混凝土浇筑

2.3.5.1 混凝土浇筑前，应采用空压机风扫或淡水将模板内的木屑、泥水等杂物，以及钢筋预埋件上的灰浆、油污清理干净，不得使用海水。

2.3.5.2 浇筑混凝土过程中，应避免混凝土产生离析现象。混凝土自高处倾落时，其自由倾落高度不宜超过 2m，以不发生离析为度。如可能发生离析时，应采用串筒、斜槽、溜管、振动溜管下落等措施，或采用泵送混凝土的浇筑方案。

2.3.5.3 乘低潮位浇筑混凝土时，应采取措施保证浇筑速度大于潮位上涨速度，并保持混凝土在水位以上进行振捣。底层混凝土初凝前不宜受水淹没，浇筑完后，应及时完成相应分段分层浇筑，并宜推迟拆模时间。

2.3.5.4 有附着性海生物（如牡蛎）滋长的海域，应注意其对水下混凝土接茬部位质量的危害，可采取缩短浇筑间隔时间或避免在其生长旺季施工。

2.3.5.5 无掩护海域现场浇筑面层混凝土时，应有防浪、防雨措施。

2.3.5.6 浇筑斜面混凝土时，应从低处开始，逐渐向高处浇筑。必要时在底部加档板，避免混凝土向低处流动。

2.3.5.7 浇筑与墩柱连成整体的梁和板时，应在墩柱浇筑完毕后停歇 1~2h，待初步沉实后，再继续浇筑。

2.3.5.8 浇筑混凝土前，应认真检查模板、支架、平台、钢筋和预埋件位置的正确性和安全的可靠性，并作好验收工作。

2.3.5.9 混凝土浇筑前应掌握水文和气象预报。

2.3.5.10 在地基上直接浇筑混凝土时，应清除淤泥，并不得扰动原状土壤。对干燥的非粘性土地基，应用水湿润；对岩石地基应用压力水冲洗干净，但表面不得留有积水。如有流动水时，应采取防水措施，以免冲刷新浇筑的混凝土。

2.3.5.11 混凝土的浇筑应连续进行。如因故中断，其允许间歇时间应根据混凝土硬化速度和振捣能力经试验确定，或参照表 1.3-2 的规定进行。

表 1.3-2 浇筑混凝土的允许间歇时间表

混凝土的入模温度 (°C)	允许间歇时间 (h)	
	硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
30~35	1 . 5	2 . 0
20~29	2 . 0	2 . 5
10~19	2 . 5	3 . 0
5~9	3 . 0	3 . 5

注：①允许间歇时间为混凝土从搅拌机卸出到浇筑完毕的延续时间；
 ②表列数值未考虑掺用外加剂的影响；
 ③如间歇时间过长，应在现场进行重塑试验，如混凝土不能重塑时，应按施工缝处理。
 ④重塑试验可用插入式振捣器在振动下靠自重插入混凝土中，并经振捣 15s 后，在振捣

器周围 100mm 处仍能翻浆，即认为能重塑。

2.3.5.12 码头大面积面层混凝土施工应采取控裂措施。

2.3.4 施工缝处理

2.3.4.1 综合考虑结构特征、现场机械性能、潮水等各方面因素制

定合理的施工工艺、混凝土分层厚度（长度）及标高。

2.3.4.2 混凝土浇筑时应分层、均匀下料振捣，单层厚度不宜超过50cm，顶层不超过30cm。

浇筑混凝土的分层厚度，应根据气温、浇筑能力和振捣设备综合分析确定，其分层最大允许厚度应符合表 1.3-3 要求。

表 1.3-3 浇筑混凝土的分层允许厚度表(mm)

捣实方法	振实后的厚度	捣实方法	振实后的厚度
插入式振捣器振实	≤500	附着式(外挂)振动器振实	≤300
表面振动器振实	≤200	人工捣实	≤200

2.3.4.3 施工缝应做成垂直缝或水平缝。

2.3.4.4 板式等结构需要分段浇筑的混凝土，在施工缝处应设置模板或免拆模板，如图 1.3.5-1 所示。



图 1.3.5-1 混凝土板施工缝的支模及拆模后的混凝土

2.3.4.5 对有抗渗要求的墙或薄壁结构，宜做成榫槽状或设置止水板。

2.3.4.6 在埋有块石的混凝土中留置水平施工缝时，应使埋入的块石外露一半，增强新老混凝土结合。

2.3.4.7 在施工缝处继续浇筑混凝土时，应符合下列要求。

(1) 已浇筑的混凝土，其抗压强度不应小于 1.2MPa。

(2) 在已硬化的混凝土表面上，应清除水泥薄膜和松动石子以及软弱混凝土层。浇筑上层混凝土前，应将下层混凝土上口倒角缝由人工切割整齐。

(3) 浇筑新混凝土前，先用水充分湿润老混凝土表面层，低洼处不得留有积水。垂直缝应刷一层水泥浆，水平缝应铺一层厚度为10~30mm的水泥砂浆。水泥净浆和水泥砂浆的水灰比应小于混凝土的水灰比。

2.3.4.8 施工缝凿毛推荐使用机械凿毛工艺。

2.3.4.9 凿毛时用画线表明需要凿毛的区域,可防止漏凿或过凿,并保证凿毛整齐美观。

2.3.4.10 准确控制凿毛时间，一般在混凝土强度达到 20MPa 左右比较合适。混凝土达到上述强度的时间与季节环境气温有密切关系，应通过混凝土强度试块抗压试验或回弹检测等方法进行判断确认，混凝土表面凿毛机如图 1.3.5-2 图 1.3.5-3 所示。



图 1.3.5-2 混凝土表面凿毛机



图 1.3.5-3 梁顶机械凿毛效果图

2.3.3 螺栓孔施工

2.3.3.1 采用金属“圆台螺母”和“橡胶（塑料）圆台螺母”连接固定拉杆工艺。拆模后，先将外伸拉杆拆除，然后用专用工具将圆台螺母拆除，再用气焊将洞内的内侧拉杆外露部分从根部切除。

2.3.3.2 先进行螺栓眼粘存杂物清理，采用专用拉杆孔眼电动凿毛机（图 1.3.6-1），对孔眼内壁混凝土进行凿毛，提高新老混凝土的粘结效果。

2.3.3.3 清理完毕后用吹风机吹干净。待清理干净后，用钢丝刷绕周圈刷毛，用吹风机吹干净。

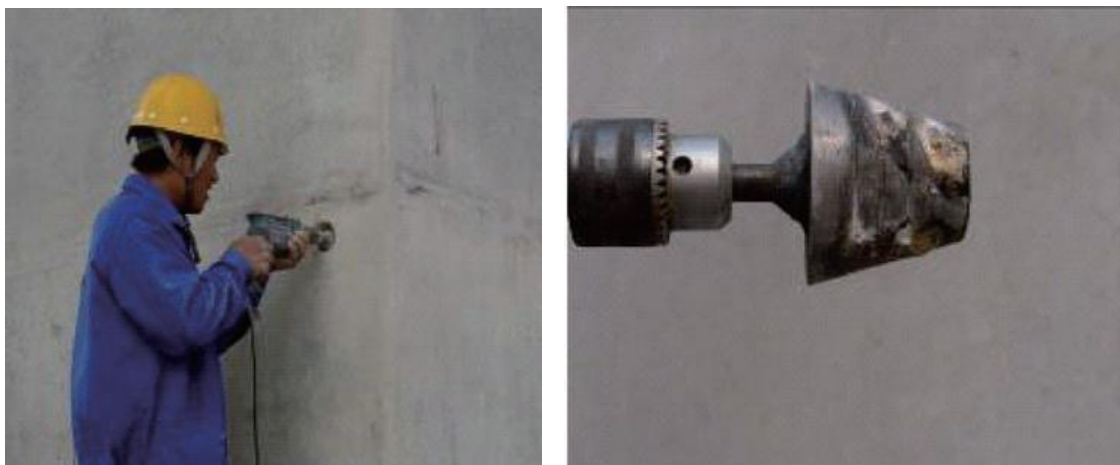


图 1.3.6-1 专用孔眼凿毛机

2.3.3.4 使用喷壶进行喷水润湿，在施工前一小时进行喷水，使螺

栓眼周围保持湿润。

2.3.3.5 螺栓孔封堵的砂浆应进行配合比设计，确定其强度、抗氯离子渗透等性能不低于母体混凝土，并适当掺加白水泥，减少或消除颜色差别。

2.3.3.6 螺栓孔眼的封堵采用分层填料、人工振捣、表面压光的操作方法，确保封堵砂浆密实、表面平整、光滑。

2.3.3.7 拉杆孔眼封堵后及时用粘贴胶带纸保水养护，如图 1.3.6-2 所示。



图 1.3.6-2 拉杆孔眼封堵

2.3.2 预留孔设置

2.3.2.1 应采用符合国家标准的预留孔施工材料，杜绝不合格材料进场使用，如图 1.3.7-1 所示。

2.3.2.2 精心制作预留孔模具，可以通过预先制作的断料辅助工具来实现管材断料尺寸及平整度、垂直度的精准控制，如图 1.3.7-2 所示。



图 1.3.7-1 各种规格的国标 PVC 管



图 1.3.7-2 使用下料辅助工具

2.3.2.3 在孔口端部设计使用橡胶封头进行止浆，解决孔口漏浆、孔内串浆等现象，如图 1.3.7-3~图 1.3.7-6 所示。



图 1.3.7-3 下料精确的 PVC 管端部



图 1.3.7-4 橡胶封头塞



图 1.3.7-5 将橡胶封头安装于管端



图 1.3.7-6 脱模后的孔质量

2.3.3 混凝土松顶防治

2.3.3.1 合理优化混凝土的配合比，尤其注意粉煤灰等掺合料的使用以及用水量控制，选择合理的添加剂，并根据季节变化适时调整混凝土配合比，选择合理的坍落度，防止混凝土出现松散、离析及过度泌水等异常现象。

2.3.3.2 加强操作工人的技术培训，正确掌握混凝土浇注振捣的技术要领，防止欠振和过振。

2.3.3.3 使用海绵吸水等方法将顶部的混凝土泌水及时排除，避免顶混凝土含水率过大而在硬化过程中产生过度收缩。

2.3.3.4 应对顶部混凝土进行二次振捣，即一次振捣结束后，等混凝土即将初凝时进行二次振捣，然后进行认真的收面压实。

2.3.1 混凝土养护

2.3.1.1 混凝土浇筑完毕后应及时加以覆盖，结硬后保温养护。

2.3.1.2 养护方法应符合下列规定。

(1) 沉箱、梁、板等大型预制构件应采用自动喷淋养护。场地内应根据构件养护时间及台座数量设置足够的自动喷淋设施，喷淋水压加压泵应能保证提供足够的水压，确保构件的每个部位均能养护到位。养护用水需进行过滤，避免出现喷嘴堵塞现象，并且管道埋入地下。

(2) 其他小型构件和混凝土面层宜采用盖土工布（草袋）洒水、砂围堰蓄水、塑料管扎眼喷水，也可采用涂养护剂等方法，如图 1.3.9-1 所示。



图 1.3.9-1 混凝土构件的养护

(3) 混凝土潮湿养护的时间不应少于表 1.3-4 的规定。

表 1.3-4 混凝土潮湿养护时间表 (d)

水泥品种	混凝土潮湿养护时间
硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	≥10
矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	≥14

注：对厚大结构的混凝土，使用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥时，潮湿养护不得少于 14d；使用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥时，潮湿养护不得少于 21d。

(4) 素混凝土和钢筋混凝土养护用水应遵守下列规定：素混凝土和钢筋混凝土均应采用淡水养护；现浇钢筋混凝土构件中，在浪溅区和水位变动区采用淡水养护确有困难时，可掺入适量阻锈剂，并在浇筑 2d 后拆模，再喷涂蜡乳型养护剂养护。

(5) 混凝土强度未达到 2.5MPa 以前，人不得在已浇筑的结构上行走、运送工具或架设上层结构的支撑和模板。

(6) 成品要做好标识，包括生产单位、构件编号、浇筑日期、检验状态等，并在施工期间做好成品保护工作。

2.3.2 混凝土修补

2.3.2.1 混凝土修补一般应符合下列规定。

(1) 对混凝土结构性能有影响的施工缺陷，应会同设计单位研

究确定修补方案，并按有关技术要求进行修补。

(2) 修补材料应选用粘结强度高、稳定性好、不收缩（或微膨胀）颜色与混凝土基本一致的材料。

(3) 修补完成后，应立即遮盖，防止烈日曝晒或雨淋。用水泥配制的材料，还要认真进行养护。

(4) 预应力混凝土的表面缺陷，可在混凝土施加预应力之前修补。

2.3.2.2 混凝土表面缺陷的修补，可按以下规定进行。

(1) 影响外观的严重麻面、砂斑，应用钢丝刷和压力水冲刷干净，可用水泥浆或 1:2 水泥砂浆仔细抹平，并用薄膜覆盖养护。

(2) 蜂窝、孔洞、局部缺陷应将松散薄弱部分全部凿除，用钢丝刷和压力水冲刷干净、稍干后（面干湿润状态）采用比原混凝土强度高一级的无收缩水泥砂浆或细石混凝土填塞修补。修补前应在结合面上涂刷一层环氧树脂粘结剂，增加新老混凝土间的粘结力；体积较小的蜂窝、孔洞和局部缺陷，可直接采用丙乳砂浆、环氧砂浆修补；大面积可采用松喷混凝土或砂浆修补。

(3) 露筋则应凿除至钢筋内表面至少 2mm，保证钢筋四周均为新的同一材料包围。

2.3.2.3 混凝土裂缝的修补应按下列规定进行。

(1) 应对裂缝产生的原因和性质进行调查后，提出修补方案。出现较多裂缝时，应抽取裂缝进行检测，判明性质、深度和宽度后，进行相应处理。

(2) 缝宽随温度变化的裂缝，宜在低温季节裂缝宽度较大时修补。

(3) 宽度在 0.2mm 及其以上的纵深或贯穿裂缝，应用环氧树脂、甲凝等灌浆材料进行灌浆修补；宽度大于 0.5mm 的裂缝，可采用水泥灌浆。灌浆宜采用封闭裂缝表面后间隔安设灌浆咀，压力灌浆的方法进行。

(4) 宽度在 0.2mm 以下，深度不大，且已经停止发展的表面裂缝，应按有关规定清洁表面后，用环氧树脂浆液涂刷若干遍以密封裂缝，或采用沿裂缝凿 U 型槽，用环氧树脂浆液或胶泥封闭，必要时再贴玻璃纤维布。

(5) 预制构件或已加预应力的构件，出现可能导致钢筋锈蚀的裂缝，且预期裂缝不会继续扩展时，应以环氧树脂浆液灌浆，密封裂缝。若预期裂缝还会扩展时，除进行灌浆外，可用聚硫橡胶覆盖或用氯丁橡胶条嵌入，加以密封处理。

2.3.2.4 当钢筋混凝土保护层检验不合格时，应按设计要求进行处理。

2.3.2.5 混凝土泵送应符合下列规定。

(1) 泵送混凝土所用材料应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS202)有关规定。

(2) 粗骨料最大粒径，碎石应小于泵送管内径的 $1/3$ ，卵石应小于 $1/2.5$ ，并不得超过混凝土构件截面最小尺寸的 $1/4$ 和钢筋最小净距的 $3/4$ 。

(3) 混凝土拌和物的坍落度应考虑泵送高度、水平距离和气候等因素的影响，宜为 80~200mm，对不同泵送高度可按表 1.3-5 选用。

表 1.3-5 泵送混凝土坍落度选用值表

泵送高度 (m)	坍落度 (mm)	泵送高度 (m)	坍落度 (mm)
<30	100~140	60~100	160~180
30~60	140~160	>100	180~200

(4) 混凝土的可泵性，可用压力泌水试验，根据施工经验进行控制，10S 时相对压力泌水率不宜超过 40%。

(5) 掺用泵送剂时，可采用二次添加的方法，搅拌时间应延长 10s。

(6) 泵送混凝土前，应先用水泥砂浆对管壁进行润滑。水泥砂浆配比与该泵送混凝土中水泥砂浆配比相同。

(7) 泵送作业应连续进行。若因故中断，应使混凝土泵经常转动，防止导管堵塞。在常温下，若间歇时间过久，应将存留在导管内的混凝土排出，并加以清洗。

(8) 应采用二次振捣、二次抹面的方法，刮去顶层浮浆，保证混凝土的密实性。

2.2.4 高性能混凝土

2.2.4.1 高性能混凝土配合比设计和原材料控制应符合现行行业标准《海港工程高性能混凝土质量控制标准》(JTS 257-2) 规定。

2.2.4.2 高性能混凝土施工应符合下列规定。

(1) 对配料设备要定期进行维护和检查，确保称量准确，混凝土原材料称量偏差应符合现行行业标准《海港工程高性能混凝土质量

控制标准》（JTS 257-2）规定。

（2）混凝土搅拌应采用搅拌效率高、均质性好的行星式、逆流式、双锥式或卧轴式强制搅拌机，搅拌机中磨损的叶片应及时更换。高性能混凝土拌和物宜先以掺合料和细骨料干拌，再加水泥与部分拌和用水，最后加粗骨料、减水剂溶液和余额拌和用水，搅拌时间应比常规混凝土延长 40s 以上。

（3）高性能混凝土应采用高频振捣器振捣至混凝土顶面基本上不冒气泡，当混凝土浇筑至顶部时，宜采用二次振捣、二次抹面，应刮去浮浆，确保混凝土的密实性。

（4）混凝土抹面后，应立即覆盖，防止风干和日晒失水，终凝后混凝土顶面应立即开始持续潮湿养护，拆模前 12h 应拧松侧模板的紧固螺帽，让水顺模板与混凝土脱离面渗下，养护混凝土侧面，整个养护期间，尤其是从终凝到拆模的养护初期，应确保混凝土处于有利于硬化及强度增长的温度和湿度环境中，在常温下，应养护不少于 14d，气温较高时可适当缩短湿养护时间，气温较低时，应适当延长湿养护时间。

（5）高性能混凝土强度、耐久性的评定验收应符合现行行业标准《水运工程混凝土质量控制标准》（JTS202-2）的规定，且其抗氯离子渗透性不应大于 1000C。

2.2.4.3 大体积混凝土

（1）浇筑大体积混凝土时，原材料的选择上水泥宜选用中、低热水泥；骨料宜选用线膨胀系数较小的骨料；外加剂应选用缓凝型减

水剂。

(2) 混凝土配合比设计应符合下列要求：

①在满足设计、施工要求的前提下，宜提高骨料用量，减少每立方混凝土的水泥用量。

②粗骨料级配宜为三级配。

③在综合考虑混凝土耐久性的情况下，可适当增加粉煤灰掺量。

④采用微膨胀水泥或掺用膨胀剂，作为结构闭合块的混凝土。

(3) 大体积混凝土施工中应采用下列措施：

①选用低水化热水泥，掺入引气剂和减水剂；适量掺入粉煤灰、矿粉等掺合料，减少水泥用量。

②施工中应降低混凝土的入模浇筑温度，主要是采取设置遮阳棚等降低骨料、拌和水的温度，以达到降低拌和料的温度。夏季施工混凝土的入模温度不得大于 30℃。

③无筋或少筋大体积混凝土中宜埋放一定数量干净的符合要求的块石。

④对混凝土应采取散热措施，如采用薄层法、冷却管法散热等。

(4) 合理设置施工缝：

①在岩基或老混凝土上浇筑的混凝土结构，纵向分段长度应在 15m 以内；在底板上连续浇筑墙体的结构，墙体上的水平施工缝应设置在墙体距底板顶面 $\geq 1.0\text{m}$ 的位置。

②对不宜设置施工缝的结构，可采取跳仓浇筑和设置闭合块的方法，减少一次浇筑的长度。

③上下两层相邻混凝土应避免错缝浇筑。

④岩石地基表面宜处理平整，防止因应力集中而产生裂缝，在地基与结构之间可设置缓冲层，减小约束。

(5) 大体积混凝土养护时按下列规定进行：

①应加强混凝土的早期养护，合理确定拆模时间。

②热天宜采用流水养护；在不冻地区，冷天宜采用滞水养护。

③应根据气候条件采取保温、保湿或降温措施，并应设置测温孔或埋设热电偶等测定混凝土内部和表面温度，使温度控制在设计要求的温差内，当设计无要求时温差不宜超过 25℃，必要时采取降温措施。

④混凝土工程在气温超过 30℃的热天施工时，应按照热天混凝土施工的有关要求采取措施。

2.2.4.4 水下混凝土

(1) 水下模板的设计和安装，应执行现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS202)的有关规定。

(2) 浇筑水下混凝土，当水深大于 1.5m 时宜采用导管法、泵压法及吊罐法；当水深小于 1.5m 时宜采用夯击法及振捣法；临时性工程可采用袋装法。

(3) 当用导管法、泵压法、吊罐法浇筑普通水下混凝土时，应符合下列要求。

①陆上配制强度应比设计强度标准值提高 40%~50%；应加入减水剂并适当提高砂率改善其和易性。

②粗骨料宜用卵石，最大粒径不得大于导管内径的 $1/4$ 和钢筋间距的 $1/4$ ，并不得大于 40mm。

③混凝土的坍落度宜按表 1.3-6 选择。

表 1.3-6 坍落度选用值表(mm)

施工方法	坍落度	施工方法	坍落度
导管法、泵压法	160~ 220	吊罐法	180~ 220

(4) 导管施工应在能防止水流影响的模板内或其它挡水围埝中进行。浇筑前应对模板和基底接触部分及围埝封闭情况进行潜水检查。

(5) 采用导管法施工时，应符合下列要求。

①导管宜由直径为 200~300mm，每节长 1.0~2.0m 的金属管组成，每节之间紧密联结。

②漏斗容积应保证开始浇筑时，能在导管下端形成堆体，防止水从外部反流入管。

③栓塞可用球胆、锯末球、圆形钢板隔水栓或滑阀。栓塞应紧贴导管内壁。栓塞上设拉绳（杆），使能正位下落。

④导管平面布置的位置与数量，依浇筑范围和流动半径而定。流动半径不宜大于 3m，当采用减水剂或导管管径较大时，可适当加大，并应自低洼处开始浇筑。

⑤在浇筑过程中，应使导管内始终充满混凝土，随浇筑面升高而垂直提升（不准左右摇动导管），并应保证导管埋入混凝土内不少于 1m，但不宜大于 6m。

⑥混凝土应连续浇筑。混凝土拌制能力、运输时间、运途情况、

接料设施、导管提升时间等等，要协调衔接。

⑦如因故中断，其间歇时间不得超过 40min，40min 内混凝土坍落度不宜小于 150mm，并防止管内出空；若超过允许间歇时间或水已入管，则应等浇筑的混凝土强度达 2.5MPa，且清除其表面软弱层后，方可继续浇筑。

⑧混凝土浇筑的顶标高应略高于设计标高值，此超高部分在硬化后清除。

(6) 泵压法浇筑水下混凝土时，除遵守导管法的有关规定外，尚应符合下列要求：

①宜用 100~150mm 内径的金属输送管，每根的浇筑面积约 3~5m²，浇筑面积较广时，可用柔性软管由潜水员移动浇筑位置。

②混凝土泵的输送管不得透水。

③泵压混凝土前应采用投球法，预泵砂浆法等排除管内积水，防止积水混入混凝土中。

④采用普通水下混凝土浇筑时，泵送管出口宜伸入混凝土内 0.3~0.4m。

(7) 吊罐法施工适用于混凝土运距短的中小型水下工程，吊罐同时完成混凝土的输送和水下浇筑。吊罐法施工应符合下列要求：

①吊罐的结构应保证混凝土能顺畅装入和排出，罐有效容积不宜小于 0.5m³。

②吊罐施工应顺序快速浇筑，不得中途停顿。

③浇筑处水流宜处于静止状态。若完全封闭水流有困难时，应控

制流速不大于 3m/min。

(8) 采用夯击法施工时，应符合下列要求：

①混凝土坍落度，宜保持 70~100mm。

②首批混凝土应自岸边开始浇筑，岸坡坡度一般不大于 1:1.5，当坡度大于 1:1.5 时，应用导管在边角处筑一小岛，使其露出水面 200mm 左右。

③继续浇筑时，采取由岸向水顺序进行，不断向水区扩展，每批续浇的混凝土，均应倾注在已浇出水的混凝土顶面。采取夯击方法，使外侧混凝土逐渐扩展。

(9) 振捣法浇筑水下混凝土时，应符合下列要求：

①混凝土的坍落度宜保持 30~60mm。

②采用由岸向水，赶浆振捣，顺序浇筑方式进行。通常用自卸汽车、溜槽等将混凝土浇筑出水面以上；用振捣器在出水面混凝土内侧自下而上反复振捣，使液化泛浆的首批混凝土在水下向前流动。

③续浇时，将混凝土倾注在已出水首批混凝土内侧，通过振捣，使混凝土向水区推进。

④全部水下浇筑，应在首批混凝土初凝前完成。

(10) 采用袋装堆筑法施工时，应符合下列要求：

①混凝土坍落度宜保持 50~70mm。

②装混凝土的袋，应为透水的纤维编织袋。

③不得用干拌混凝土装袋。袋的装料量宜为袋容积的 2/3。

④堆筑时应交错叠置，相互紧靠，层与层之间，宜用短钢筋插接

牢固。

2.2.4.5 商品混凝土

(1) 商品混凝土生产过程质量控制应符合下列规定。

①使用商品混凝土的水运工程，应有施工单位和厂家签订供应协议或合同，对混凝土质量、控制措施和试验检测作出规定，规定应符合水运工程混凝土检验标准的要求。

②在商品混凝土供应前，应由建设、施工、监理单位技术人员组成检查组，对厂家的原材料供应情况、设备状况、试验检测能力、运输组织等进行现场检查，形成检查评价意见，对存在的问题应提出改进要求。

③混凝土配合比应由施工单位委托的具备相应资格的水运工程试验检测机构设计提供，并根据混凝土原材料变化情况及时调整。监理单位应对配合比设计进行复核、验证。

④对混凝土及原材料，施工单位应委托的具备相应资格的水运工程试验检测机构按照水运工程相关质量检验标准进行抽检。监理应按平行检验要求进行抽检。

⑤水运工程重要构件使用的商品混凝土，应在商品混凝土厂内和施工现场分别留置试件，并对比分析试验结果。

⑥商品混凝土坍落度确定应考虑混凝土运输途中的损失、运输车施工现场的停置及混凝土卸料时间长短引起的损失。

⑦应考虑商品混凝土的运输时间，尽量选择离工地现场较近的厂家。

⑧商品混凝土应严格执行《混凝土配合比通知单》的有关要求，商品混凝土企业应向使用单位提供《混凝土配合比通知单》和相应批次原材料试验检测报告。《混凝土配合比通知单》应包括生产日期、工程名称、混凝土强度、坍落度、混凝土配合比编号、原材料的名称、品种、规格、配合比和每立方米混凝土所用原材料的实际用量等内容。

⑨混凝土计量、搅拌、坍落度抽检记录、开盘鉴定记录应齐全。应包括日期、混凝土配合比通知单编号、原材料名称、品种、规格、每盘混凝土用原材料称量的标准值、实际数量、偏差、搅拌时间、坍落度等。

(2) 商品混凝土的运输应符合下列规定：

①混凝土运输到输送入模的延续时间（分）不宜超过表 1.3-7 的规定，且不应超过表 1.3-8 的限值规定。

表 1.3-7 混凝土运输到输送入模的的延续时间

混凝土强度等级	气 温	
	不高于 25℃	高于 25℃
不掺外加剂	90 分钟	60 分钟
掺外加剂	150 分钟	120 分钟

表 1.3-8 混凝土运输、输送入模及其间歇总的的时间限值

混凝土强度等级	气 温	
	不高于 25℃	高于 25℃
不掺外加剂	180 分钟	150 分钟
掺外加剂	240 分钟	210 分钟

注：I 对超过规定延续时间的混凝土拌合物，不得使用。

②在装料及运输过程中，应保持运输车滚筒按 3~6r/min 旋转，

保持混凝土拌合物的均匀性，不产生分层、离析现象。

③严禁在运输和等待卸料过程中加水。需在卸料前加外加剂时，

外加剂掺入量及掺入后搅拌车快速搅拌的时间应由试验确定，并在配合比报告中明确说明。

④商品混凝土运送到浇筑地点，在卸料前应中、高速旋转约 1 分钟，使混凝土拌合均匀。

⑤混凝土运输过程应采取措施防止混凝土洒漏。

2.2.4.6 雨天混凝土

(1) 雨季施工前准备应符合下列规定：

①混凝土、粉煤灰等易受潮的材料应注意防雨、防潮，进入现场的设备材料避免堆放在低洼处，砂石料堆场应设有排水和防止污水侵染的设施，并应搭设防雨棚，尽量避免因降雨造成骨料污染及含水率增大。

②混凝土运输工具应有防雨、防滑措施，并尽量缩短运输线路。

③注意收听专业气象部门的天气预报，混凝土的浇筑施工应尽量避免在雨天进行。

④采取安全用电措施，防漏电、触电。

(2) 浇筑时如遇到中、小雨，应采取下列措施：

①提前做好防雨措施，在浇筑面上架设临时防雨棚。可采用粗钢筋或型钢做支架，用帆布或其他柔性防雨材料覆盖在支架上固定后形成临时防雨棚，防雨棚尺寸可根据现浇结构尺寸确定，应能够保证现浇结构、作业人员及机械不受降雨影响；防雨棚应有足够的强度和刚度。

②严格控制混凝土拌合用水量，每隔 1 小时测定一次砂、石的含

水率，及时调整混凝土配合比，严格控制水灰比和坍落度。

③雨天浇筑混凝土应适当减小坍落度，必要时可将混凝土强度等级适当提高。

④缩短每层混凝土的浇筑时间，加强振捣，保证层间粘结良好。

⑤若模板内有积水，应采用人工排水或模板开孔排水的形式及时排除模板内积水，模板孔应开在混凝土面稍上的位置，应采用机械开孔，严禁使用电气焊开孔，排净水后应立即对排水孔封堵；对新浇筑面及时采用帆布、塑料布等材料覆盖防护。

⑥对于浇筑面较大的构件（如基础、板式结构）应停止浇筑并采用塑料布等不透水材料遮盖。

⑦施工的工作面不宜过大，应逐段、逐片分期施工。

(3) 大雨时停止浇筑作业，防止因雨水冲刷引起混凝土离析并造成标号降低。

(4) 如在浇筑过程中突然遇到大雨或暴雨，不能浇筑混凝土时，应将施工缝设置在合理位置，已浇筑的混凝土用塑料布等不透水材料覆盖，待大雨过后，清除积水及接缝部位的松动石子再继续浇筑。

(5) 已入模振捣成形的混凝土，应及时覆盖，防止遇雨冲淋。

(6) 大体积混凝土浇筑后，要加强养护，严格控制温度下降梯度，防止遇雨骤冷而产生裂缝；雨后应将模板表面淤泥、积水及钢筋上的淤泥清除掉，施工前应检查模板内是否有积水，若有积水应清理后再浇筑混凝土。

(7) 禁止冒雨进行预应力张拉和电焊作业，张拉和电焊机具要

做好防雨水措施。

(8) 雨季施工应加强地基不良地段沉陷的观测，基础施工应防止雨水浸泡基坑，若被浸泡，应挖除被浸泡部分，用与基础同样的材料回填；基坑要设挡水埂，防止地面水流入；基坑内设集水井，配足抽水设备，坡道内设接水措施。基坑挖好后应及时浇筑混凝土或垫层，防止被水浸泡。

2.2.4.7 热天混凝土

(1) 当气温超过 30℃ 时即进入热天混凝土施工，施工过程中应尽量调整混凝土施工作业时间，混凝土搅拌、运输和浇筑应转入早晚温度较低的时段进行施工。

(2) 混凝土配制和搅拌应符合下列规定：

① 热天施工时应适当加大混凝土的坍落度，延长初凝时间，施工中经常测试混凝土的坍落度，调整混凝土的配合比。

② 做好相应的热工计算，优化配合比设计，热天混凝土用水泥应采用低水化热水泥，并掺入适当数量的粉煤灰及缓凝型减水剂，尽量减少水化热对混凝土的影响；刚出场的水泥应放置一天后再使用，避免水泥温度高引起混凝土入模温度的提高。

③ 应对拌和站、储料罐采取设立遮阳棚、涂刷隔热涂层等措施，使混凝土原材料避免日晒升温，并保持储存场地通风；遮阳棚采用型钢做支架，用彩板或帆布等不透光材料覆盖在支架上顶部，棚的尺寸可根据料场大小来确定；搅拌用水应采取降温措施。

(3) 混凝土的运输应符合下列规定：

①混凝土的运输应尽量缩短运输时间，运输设备应采取隔热措施。

②不得在运输过程中加水搅拌混凝土。

③热天施工应有全面的组织计划，准备工作充分，施工设备有足够的备件，保证连续进行；从搅拌机到入仓的传递时间及浇筑时间要尽量缩短，并尽快开始养护。

(4) 混凝土的浇筑应符合下列规定：

①浇筑场地应设遮阳措施，以降低模板、钢筋的温度，改善工作条件；也可在模板、钢筋和地基上喷水以降温，但在浇筑时不能有附着水。

②应加快混凝土的抹面速度，抹面时可用喷雾器洒少量水，防止表面裂纹，但不准直接往混凝土表面大量洒水。

(5) 混凝土的养护应符合下列规定：

①混凝土浇筑完，表面应尽早覆盖清洁的塑料膜，塑料膜要与混凝土表面充分接触；初凝后撤去塑料膜，用浸湿的土工布覆盖，及时洒水，保证混凝土内外温差不大于 25℃，保持潮湿状态最少 7d 后方可用树脂类养生化合物喷涂。

②养护用水、养护剂应符合第 6.7.4 条、第 6.7.5 条的有关规定。

③养护采用自动或人工喷雾器喷水养护，养护水应均匀喷洒在混凝土表面，不得遗漏；养护应不间断，始终保持混凝土表面的湿润状态，不得形成干湿循环。

④对于外形比较复杂的混凝土结构，要特别注意对各面接缝处的

养护，防止干缩开裂。

(6) 热天施工应重点检查下列项目：

①砂、石料的温度每台班检查不宜少于 3 次。

②混凝土浇筑与养护时，环境温度每日检查 4 次，并做好检查记录。

③混凝土热天施工，除应留标准条件下养护的试件外，还应制取相同数量的试件与结构在相同的环境条件下养护，检查 28d 的试件强度以指导施工。

④在混凝土浇筑前应通过试验确定在最高气温条件下混凝土分层浇筑的覆盖时间，施工时应按照试验结果控制。

⑤在混凝土的浇筑过程中，应按照配合比要求严格控制缓凝剂的掺量，并检查混凝土的凝固时间，以防因缓凝剂掺量不准造成危害。

2.3 预制构件安装

2.2.2 一般要求

2.2.2.1 构件安装前混凝土强度应满足设计或规范要求，出场前应进行验收。

2.2.2.2 预制构件场内运输可采用起重设备、气囊和台车等运输工艺，运行场地应经核定有足够的强度和稳定性。

2.2.2.3 大型预制件吊运采用的吊具应经设计，并满足强度、刚度及稳定性、安全性的要求。

2.2.2.4 应制定构件安装专项方案，其中水上运输安装应包括装驳方案，应对构件稳定性、起重作业等进行相关计算，并根据施工情况

复核构件的浮游稳定性，不满足要求时应采取适当措施确保水上运输的安全。若涉及危险性较大的分部分项工程，应进行专家论证。

2.2.2.5 安装底层方块、空心块体、扶壁、沉箱和圆筒时，预制件底面宜控制与基床面倾斜度相一致。

2.2.2.6 沉箱、圆筒等预制构件安装除了要满足有关规范和标准外，还要符合福建省交通质监局《关于印发水运工程沉箱施工质量安全管理的若干意见的通知》（闽交质监〔2012〕264号）的规定。

2.2.1 施工工序

2.2.1.1 沉箱安装

(1) 主要工序为:沉箱移运（陆上）→水上运输（浮运、船运）→沉箱出驳（出坞或浮运到位、浮吊移出）→沉箱安装（就位下放）。

(2) 沉箱下水可采用滑道、浮船坞、半潜驳或干坞方式。出运主要工艺：气囊出运、顶推出运、台车出运等，如图 1.4.2-1~图 1.4.2-3 所示。



图 1.4.2-1 气囊出运



图 1.4.2-2 沉箱顶推

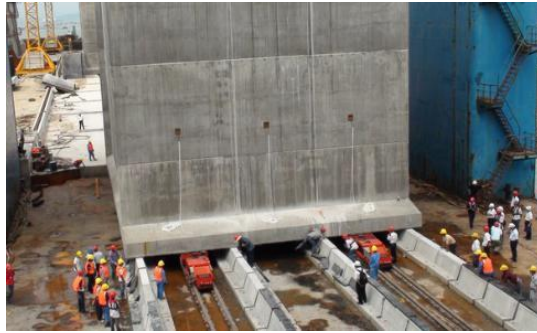


图 1.4.2-3 台车出运

(3) 沉箱运输主要工艺：一般采用半潜驳（或浮船坞）进行沉箱的水上运输，当条件受限时且运输距离较近时可采用起重船助浮运输，小型沉箱可采用平板方驳运输。

(4) 沉箱出驳(坞)主要工艺：

①沉箱运输至施工现场后，准备妥当，潮水合适时开始半潜驳(浮船坞)下潜、沉箱出坞施工。

②采用方驳定位安装工艺时，在沉箱压载浮游稳定后拖带出驳(坞)。

③采用起重船助浮吊装工艺时，在半潜驳(浮船坞)下潜到计算深度、起重船达到计算吊力，且沉箱起浮后，将沉箱拖带出驳(坞)。

(5) 沉箱安装主要工艺：方驳定位安装、起重船助浮安装、起重船吊装。

①方驳定位安装工艺适用于水深条件较好，满足沉箱压载浮游稳定后的水深要求，如图 1.4.2-4 所示。



图 1.4.2-4 方驳定位安装

②起重船助浮安装工艺适用于水深条件一般，需要通过起重船助浮以减少沉箱吃水深度，使水深条件满足要求。

③起重船吊装工艺主要适用于重量较小的沉箱安装，如图 1.4.2-5 所示。



图 1.4.2-5 起重船吊装工艺

2.2.1.2 方块、梁、板类构件安装

(1) 方块、梁、板类构件安装多采用起重船吊装工艺（也可采用架桥机安装）。

(2) 主要工序为：吊运装驳 → 水上运输 → 安装。

(3) 根据构件的情况选择合适的吊装方式，主要方式有：吊环、吊耳、吊孔、插销、兜底、穿绑等，如图 1.4.2-6 和图 1.4.2-7 所示。



图 1.4.2-6 吊孔



图 1.4.2-7 兜底

2.2.2 施工要点

2.2.2.1 沉箱安装

- (1) 施工船舶应状况良好，能满足施工要求。
- (2) 安装前应对基床进行检查，不符合要求时应予修整和清理。
- (3) 沉箱拖运前应对气象、海况进行调查，确定施工日期。
- (4) 沉箱浮运安装宜在退潮时段进行。退潮初期将沉箱粗定位于基床顶面，随着水位下降，沉箱逐渐缩小与基床顶面的距离，过程中通过测量定位，实时的调整沉箱位置，直至低潮前沉箱坐落于基床上。
- (5) 沉箱采用半潜驳（浮船坞）下水时，应复核计算所需的下潜深度，选择合适的下潜坑。
- (6) 半潜驳（浮船坞）宜顺流驻位下潜，沉箱移离浮船坞或半潜驳的方向宜与水流方向一致。
- (7) 沉箱就位后，舱内灌水时，同一沉箱的各舱宜同步进行，其舱面高差不应超过设计限值。
- (8) 沉箱安放后，箱内应及时灌水。经 1~2 个低潮后，应复测位置，确认符合质量标准后，及时填充箱内填料。

(9) 具体施工方法应满足现行行业标准《码头结构施工规范》(JTS215)的要求。

2.2.2.2 方块、梁、板类构件安装

(1) 吊运预制件的吊具及工具应经过验算，使用时应加强检查，确保其牢固可靠。

(2) 应根据构件形状、船机性能合理设置吊点位置、起吊方式。有特殊吊运要求的构件，必要时采取特制的吊运工具或采取加固措施。

(3) 驳船装运预制构件应注意甲板的强度和船体的稳定性，宜采用宝塔式和对称方法装驳。

(4) 构件吊运应缓慢起落。

(5) 构件安装前应检查支承结构强度、搁置面位置、标高及平整度，检查是否存在有妨碍安装的模板、钢筋等。砂浆找平搁置面要满足规范要求，安装时坐浆应饱满并进行勾缝。

(6) 离岸结构或安装后不易稳定及可能遭受风浪、水流或船舶碰撞等影响的构件，应在安装后及时采取加固措施。

(7) 具体施工方法应满足现行行业标准《码头结构施工规范》(JTS215)等要求。

2.1.2 质量控制

2.1.2.1 连片式结构时，第一件沉箱或方块等构件可采取粗安装，但需预留出第二件沉箱的位置，待第二件沉箱安装完成后再对第一件进行调整。

2.1.2.2 需配备水泵临时抽水、灌水，可小幅度起浮沉箱，以利精确安装。

2.1.2.3 应采取有效的限位措施确保构件安装缝宽。

2.1.2.4 多层方块的安装，应在基床面设置控制方块位置的准线。应逐层控制标高。

2.1.2.5 预制构件在吊运、存放及装驳过程中，应采取必要的措施，防止构件边、角及防腐涂层损坏。

2.1.2.6 预制构件的搁置面、找平层应符合规范要求。

2.1.2.7 预制构件安装完成后，应核对构件编号，检查安装位置，复核高程。

2.1.2.8 构件安装允许偏差要满足现行行业标准《码头结构施工规范》（JTS215）等要求。

2.2 预应力施工

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 预应力混凝土施工宜采用智能张拉和压浆等工艺；施工前应编制专项施工方案。

2.1.1.2 预应力筋用锚具、夹具和连接器的质量应满足设计要求，并应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》（GB/T14370）的有关规定。

2.1.1.3 预应力材料应保持清洁，在存放和搬运过程中应避免机械损伤和有害的锈蚀；进场后的存放时间不宜超过 6 个月。

2.1.1.4 先张法放张预应力筋和后张法张拉预应力筋时，构件混凝

土强度应满足设计要求。设计无要求时，混凝土强度不应低于设计强度的 75%。

2.1.1.5 后张法制梁台座和先张法张拉台座应针对施工工艺进行设计，其强度、刚度、稳定性和构造应能满足预应力筋张拉及放张、混凝土浇筑及养护、模板安装及拆除等施工各阶段施工荷载和施工操作要求。

2.1.1.6 预应力工程应按照设计要求的施工顺序施工。

1.7.4 材料要求

1.7.4.1 水泥、骨料、外加剂、拌和用水应符合本指南 1.3.1 规定。

1.7.4.2 预应力混凝土应采用 I 级粉煤灰，粉煤灰应符合本指南 1.3.1 规定。

1.7.3.1 预应力用钢筋应符合下列规定。

(1) 每捆（盘）钢筋均应有标牌。进场时应按炉（批）号及直径分批验收。验收内容包括查明标牌、外观检查，并应在使用之前进行力学、工艺性能检验。

(2) 以同一牌号、同一规格、同一强度等级、同一生产工艺，每 60t 为一验收批，不足 60t 也按一批计。

(3) 预应力用钢筋的运输和储存应符合本指南 1.2 的有关规定。

1.7.3.2 预应力用钢丝及钢绞线应符合下列规定

(1) 每盘钢丝及钢绞线均应有标牌。进场时应按炉（批）号及直径分批验收。验收内容包括查明标牌、外观检查，并应在使用之前进行力学、工艺性能检验。

(2) 中强度钢丝以同一牌号，同一规格、同一强度等级、同一生产工艺的钢丝，每不大于 60t 为一验收批。

(3) 钢绞线以同一牌号，同一规格、同一生产工艺的钢绞线，每不大于 60t 为一验收批。

(4) 低合金钢丝中拔丝用盘条以同一厂家，同一炉罐号、同一规格、同一交货状态，每 60t 为一验收批，不足 60t 也按一批计；必检项目为抗拉强度、伸长率、冷弯。钢丝以同一牌号、同一形状、同一尺寸、同一交货状态的钢丝为一批；必检项目为抗拉强度、伸长率、反复弯曲、应力松弛。

(5) 钢丝、钢绞线盘应入库存放，应符合本指南 1.2.1 规定的有关规定。加工好的钢丝、钢绞线垫墩间距应不大于 1.5m，各捆钢筋之间应隔开，成捆堆放层数不得超过 5 层。

(6) 钢筋不得和酸、盐、油等物品存放在一起，堆放地点应远离有害气体，以防钢筋锈蚀或污染。

1.7.3.3 预应力筋隔离套管的检验应符合下列规定。

(1) 入场的隔离套管应具有制造厂家提供的出厂合格证，入场前应先对其表面质量（包括表面缺陷、油污、外形尺寸等）进行检查，形成相应的检查记录。

(2) 金属波纹管和塑料波纹管的规格和性能应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》（JG225）、《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》（JT/T529）规定。

(3) 预留孔道所用的金属波纹管、塑料波纹管、橡胶棒（管）

等先张预应力筋隔离套管使用前应进行外观检查，其表面应无油污、损伤和孔洞。

1.7.3.4 预应力筋隔离套管的运输与存储应符合下列规定。

(1) 预应力筋隔离套管在装卸及倒运过程中严禁抛掷、挤压、碰撞或拖拉，防止造成套管变形或损坏。

(2) 预应力筋隔离套管进场后应按照型号、材质分别存放，并设立标识牌。

(3) 预应力筋隔离套管应入库储存，库房要干燥通风，金属波纹管应防止锈蚀，塑料波纹管、橡胶质套管应远离热源及防止油污和化学品污染，避免阳光暴晒变质；张拉期间应采取措施避免受雨水、养护用水浇淋。

(4) 金属波纹管的堆放高度不应超过 3m，塑料波纹管的堆放高度不应超过 2m。

1.7.2 预应力筋制作

1.7.2.1 应用于预应力混凝土的钢筋、钢绞线应符合设计要求且检验合格。

1.7.2.2 预应力筋应有专门的加工场地，应符合钢筋加工场地的规定，同时应符合下列规定。

(1) 加工场地应设立围挡，工棚骨架应由型钢（角钢、工字钢）制成，侧面及顶面铺设铁皮或彩板（尺寸可根据施工需要确定），形成封闭空间，防止焊接时火星乱溅及雨水侵蚀。

(2) 冷拉时钢筋两端应设立围挡措施，严禁站人。围挡应采用

钢板焊接或混凝土浇筑而成，钢板厚度不小于 6mm，混凝土围挡厚度不小于 10cm，围挡的立面尺寸应根据现场实际情况确定，应保证冷拉钢筋崩裂后不能弹射至围挡范围之外。

(3) 冷拉设备应满足冷拉应力要求，应派专人操作冷拉设备并监测冷拉应力或冷拉长度。

1.7.2.3 预应力钢筋加工应符合下列规定。

(1) 预应力筋加工前应先进行外观检查，保证预应力筋平直、无局部曲折、表面洁净、无损伤及油污、铁锈等，端部有弯曲、扭曲应予以矫正或切除。

(2) 预应力钢筋的下料长度应经过计算确定，计算时应考虑锚夹具厚度、千斤顶长度、焊接接头和墩头的压缩预留量、冷拉伸长值、台座长度、构件长度、构件间距、连接器长度等因素。

(3) 预应力筋应采用砂轮或切断机切断，不得采用电弧切割；钢绞线切断后应平放在地面支垫物上，并采取措施防止钢绞线散头。

(4) 成束预应力筋应逐根理顺，捆扎成束，并宜用穿束网套成束；预应力筋展开后应平顺、不得有弯折；钢绞线切割完后须按各束理顺，并间隔 1.5m 用铁丝捆扎编束；同一束钢绞线应顺畅不扭结，同束钢绞线应尽量做到是同一盘内的钢绞线；钢丝编束、张拉端锚头锚具安装和钢丝锚头宜同时进行，钢丝的一端先穿入锚具并锚头，另一端按张拉端的顺序分别编扎内外圈钢丝；钢绞线和锚具挤压时，在挤压模内腔或挤压套外表面应涂润滑油，挤压成型后，应将表面擦试干净。

1.7.3 预应力张拉设备

1.7.3.1 预应力张拉所用的张拉梁应按预应力筋的布置、根数、张拉荷载的大小、张拉条件等经过计算确定，设计时除满足强度、刚度要求以外，尚应考虑装拆方便、操作灵活等特点，建议由专业的设计机构进行设计。

1.7.3.2 预加应力所用的千斤顶和油压表应按张拉次数 300 次及使用时间 6 个月进行标定；应有专人使用和保管，并定期维护校验，形成记录。

(1) 张拉设备应按使用条件配套检验，根据张拉力与仪表读数的关系曲线制成张拉读数表，以便操作人员控制张拉力；仪表的精度应满足+2%的张拉应力的要求，校验时千斤顶活塞的运行方向，应与实际张拉工作状态一致。

(2) 张拉设备的校验期限，根据千斤顶皮圈的老化程度、油管、仪表的使用状态而定，不应超过半年。

(3) 如在使用过程中，张拉设备出现异常情况或千斤顶更换皮圈、改变油压管管道时，应重新配套校验。

1.7.3.3 预应力筋锚具（夹具、连接器）的形式，应根据设计要求或使用条件采用正规厂家生产的质量合格的相关器具。

1.7.3.4 先张法预应力所用的墩杆、盒式中间连接器、螺杆的螺帽等的接触面应精加工，使接触面受力均匀；螺杆的螺纹宜采用梯形螺纹。

1.7.3.5 先张法预应力筋的夹具、连接器、螺杆在进场时应按技术

要求和验收标准进行逐项验收。

1.7.3.6 先张法采用的连接器、螺杆应按现行《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）相关规定进行验收。

1.7.3.7 先张法放松预应力筋的放松器，在设计与制作时，应保证其结构形式简单、操作方便、易于维修、通用性强，多根预应力筋能一次性放松，结构设计应以刚度控制、应力校核。

1.7.3.8 先张法放松器的形式及性能应符合现行《水运工程混凝土施工规范》相关规定。

1.7.3.9 后张法采用锚具、夹具、连接器应按现行《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）相关规定进行验收。

1.7.3.10 先张法预应力主筋应设置限位装置，保证预应力筋平面位置准确。

1.7.3.11 所有的锚具（夹具或连接器）、墩头等零件应入库储存，建立使用台账并定期检查保养。

1.7.1 施加预应力

1.7.1.1 张拉设备的安装应符合以下要求：先张法多根直线预应力钢筋同时张拉时，其张拉力的合力线应在底模板的中轴线垂直面内；多根直线预应力钢筋单根张拉时，应使张拉力的作用线与钢筋的设计轴线一致，后张法直线预应力筋张拉力作用线应与孔道中心一致，曲线预应力筋的张拉力作用线应与孔道中心线末端的切线一致。

1.7.1.2 张拉前应对预应力筋数量、位置及各张拉设备、锚具连接等情况进行检查，确认无误后，方可进行张拉。

1.7.1.3 用应力控制方法张拉时，应尽量减少张拉设备的摩阻力，并力求稳定，摩阻力数值应通过试验确定，并在张拉时补足。

1.7.1.4 预应力筋的张拉控制应力应符合设计要求。预应力筋如需超张拉时，可比设计要求提高 5%，其最大张拉控制应力不得超过现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）相关规定。

1.7.1.5 预应力筋张拉锚固后，实际预应力值与工程设计规定检验值的相对允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

1.7.1.6 为减少预应力筋的松弛影响，宜采用超张拉方法进行张拉，设计未规定时，可先从零应力开始张拉至 1.05 倍预应力筋的张拉控制应力，持荷 2min 后卸荷至预应力的张拉控制应力；或从应力为零开始，张拉至 1.03 倍预应力筋的张拉控制应力。

1.7.1.7 采用应力控制法张拉时，应校核预应力筋的伸长值，如实际伸长值比设计计算理论伸长值的相对偏差不应超过 $\pm 6\%$ ，如有异常，应暂停张拉，查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

1.7.1.8 先张法预应力放张时，混凝土强度和弹性模量（或龄期）应符合设计规定；设计未规定时，混凝土强度不应低于设计强度标准值的 75%，弹性模量不应低于混凝土 28d 弹性模量的 80%。放松预应力筋宜采用放松器；切断顺序应按序由放松端开始，对称切断、相互交错地进行。

1.7.1.9 后张法预应力筋或钢绞线张拉时，结构的混凝土强度必须符合设计要求，当设计未明确强度要求时，不应低于设计强度标准值的 75%；孔道灌浆应在预应力张拉后及时完成，浆液应均匀压入，

不得中断；灌浆过程和灌浆后 48h 内，若环境温度低于 +5℃，应采取保温措施；孔道内的浆液强度未达到设计要求时，不得移动构件、切断主筋和拆卸锚具。

1.7.1.10 外露预应力筋或钢绞线应采用砂轮锯或切断机切割，不得采用电弧切割。

1.7.1.11 后张法的锚具应采用无收缩细石混凝土进行封锚和封端保护，强度应满足设计要求；封端应采用定制模板，混凝土的质量（强度、抗氯离子渗透性能、观感等）应高于构件本体混凝土。

1.8 混凝土防腐

1.6.4 混凝土表面涂层

1.6.4.1 一般要求

(1) 混凝土表面涂层施工前应保证混凝土的龄期不应少于 28d，并应验收合格，涂层涂装的范围应按现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）表 7.1.1 划分为表湿区和表干区。

(2) 涂料及稀释剂应有产品出厂检验合格证书，使用前需经过具有相应资质的检测部门检验合格，且应在有效期内使用；对各种进场涂料应取样检验及保存样品，并按现行国家标准的有关规定测定涂料的比重、固体含量和湿膜与干膜厚度的关系；涂料的品质及涂层性能应满足现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）中 7.1.2 要求。

(3) 涂层系统应符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）中 7.1.3 的相关规定。

(4) 涂装前应先进行混凝土表面处理，用水泥砂浆或与涂层涂料相容的填充料修补蜂窝、露石等明显的缺陷，用钢铲刀清除表面碎屑及不牢的附着物，用汽油等适当溶剂抹除油污，最后用饮用水冲洗，使处理后的混凝土表面无露石、蜂窝、碎屑、油污、灰尘及不牢附着物等。

(5) 涂装前应进行涂装试验。在表干区、表湿区各找 10m² 面积的试验区，按上条的要求处理表面，按涂层系统设计的配套涂料的要求进行涂装试验。涂装试验应测定各层涂料耗用量和湿膜的厚度，涂层经过 7d 自然养护后用显微镜式测厚仪测定其平均干膜厚度。随机找三个点，用拉脱式涂层粘结力测试仪测定其涂层的粘结强度，各种测定值应形成资料归档。当按上条进行的涂装试验的涂层粘结强度不能达到 1.5MPa 时，应按该条的要求，另找 20 m² 的试验区重做涂装试验，如果仍不合格，应重新做涂层配套设计和试验，直至合格方可进行正式施工。

(6) 各种涂料的使用应按产品说明书的方法进行，涂装方法应根据涂料的物理性能、施工条件、涂装要求和被涂结构的情况进行选择。宜采用高压无气喷涂，当条件不允许时，可采用刷涂或滚涂，不得随意变更设计确定的涂料品种及其生产厂牌号，当特殊情况需要变更时，应由设计部门重新设计及选定相应的涂料品种，且不得降低设计使用年限要求，并应经过监理工程师和业主批准后方可实施。

(7) 预留钢筋应采取合理措施进行防腐，例如：采用“PVC 套管水泥砂浆+掺 801 胶水泥涂刷”法；浇筑前应进行恢复处理，不得降低

钢筋握裹性能。钢筋腐蚀严重时（具体参数查规范），在恢复施工前应对预留钢筋力学性能、断面尺寸等进行检测，并报设计单位审核。

1.6.4.2 施工工序如图 1.6.1-1 所示。

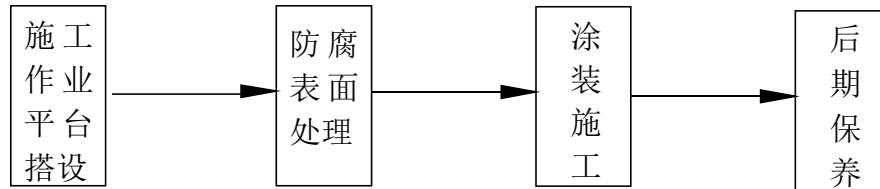


图 1.6.1-1 施工工艺流程图

(1) 准备安全施工作业平台。

(2) 混凝土外露表面处理：

①用水泥浆修补蜂窝、露石等明显缺陷，用钢铲刀清除表面碎屑及不牢固的附着物。

②按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定修补宽度大于 0.2mm 的裂缝。

③清除不利于硅烷浸渍的灰尘、油污等有害物与污染物。

④考虑混凝土的附着力以及所处环境的化学物理腐蚀因素，选择适当的涂装体系，并且具有良好的施工性能：可形成均一厚度和外观及一定装饰性的涂层。

(2) 涂装施工

根据产品说明书、施工工艺、现场技术手册，将选好的涂料充分搅匀，双组分的加入固化剂，充分搅拌熟化到规定时间开始涂装。

涂装可以采用普通喷涂、高压无气喷涂、刷涂、辊涂、刮涂等施工工艺。下一道涂料应该在上一道涂料实干后涂装，一般情况下，每天涂一道。若气温较高，应适当缩短干燥时间，当手压无指纹时再进

行下一道涂装；若气温较低，应适当延长干燥时间，当手压无指纹时再进行下一道涂装。

(3) 后期保养

①涂刷完成后，应将工地半封闭（通风、无人进入状态），以便涂装体系更好的固化，意外发生损伤的部位及时修补，产品施工后应干燥两周以上再投入使用。

②涂装完成 7d 后，应进行涂层干膜厚度测定。每 50m² 面积随机检测一个点，测点总数应不少于 30 个。平均干膜厚度应不小于设计干膜厚度，最小干膜厚度应不小于设计干膜厚度的 75%。当不符合上述要求时，应根据情况进行局部或全面补涂，直至达到要求的厚度。

③最后一道涂层涂装完毕，自然干燥后，按规定进行涂层附着力的自检和验收。

1.6.4.3 施工要点

(1) 混凝土表面显露的裂缝、蜂窝、麻面等应按设计要求进行修补。混凝土表面微小孔眼等涂料难以涂上的部位，应用腻子嵌填。

(2) 涂料涂装前混凝土表面应干燥。

(3) 涂层涂装应待上一层涂层完全干燥后进行，并对上一层涂层表面进行清理，清除表面杂质及水分，涂装应在无雨、雾的天气进行。如图 1.6.2-2 所示。



图 1.6.2-2 分层涂装

(4) 施工过程中应对每一道工序进行认真检查验收，应按设计要求的涂装道数和涂膜厚度进行施工，随时用湿膜厚度规检查湿膜厚度，以控制涂层的最终厚度及其均匀性。

1.6.4.4 质量控制

(1) 施工时，应对每一道工序进行质量检查。

(2) 应按设计要求和经试验验证的涂装道数和涂膜厚度进行施工，用湿膜厚度仪检查湿膜厚度，以控制涂层的最终厚度及其均匀性。

(3) 涂装施工时应检查涂层湿膜的表面状况，当发现漏涂、流挂等情况时，应及时进行处理。每道涂装施工前应对上道涂层进行检查。

(4) 涂装完成后应进行涂层外观检查。涂层表面应均匀，无气泡、裂缝等缺陷。

(5) 涂装过程中应做好施工记录。

(6) 施工人员操作过程中应佩带手套、防毒面具，必要时应戴风镜，防止涂层原料进入体内造成危害。

(7) 涂层原料应入库储存于阴凉干燥处，库房中应设置专用存储区域，避免与明火及易燃物品接触，并悬挂醒目的提醒标识；使用时应远离火源，附近不得有明火，施工地点应有灭火的消防器材。

(8) 涂装完成后应对散落于地表的涂层材料进行清理并集中处理，海上涂装施工应采取有效措施防止涂层液体流入海水。

(9) 涂装施工应有安全防范措施，制定安全操作规程，对施工操作人员要及时进行安全、技术交底工作。

1.6.3 混凝土表面硅烷浸渍

1.6.3.2 一般要求

(1) 硅烷浸渍材料质量应满足现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ 275) 中 7.2.1 相关规定，应有产品出厂检验合格证书，使用前需经过具有相应资质的检测部门检验合格，且应在有效期内使用。

(2) 浸渍材料应原罐密封，入库储存于阴凉干燥处，库房中应设置专用存储区域，避免与明火、易燃物品及硅烷和氯丁橡胶、沥青质密封材料等其他可能腐蚀的材料接触，并设置标识。

(3) 喷涂设备可根据设计及施工实际情况进行选取，应为不断循环的泵送系统，施工过程中应注意防止水进入该系统的任何部分。

1.6.3.3 施工工序如图 1.6.2-1 所示。

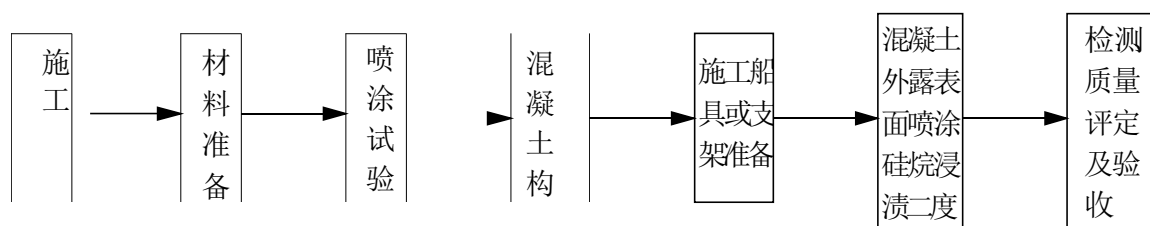


图 1.6.2-1 施工工艺流程

(1) 准备安全施工作业平台。

(2) 混凝土外露表面处理：

①用水泥浆修补蜂窝、露石等明显缺陷，用钢铲刀清除表面碎屑及不牢固的附着物。

②按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定修补宽度大于 0.2mm 的裂缝。

③清除不利于硅烷浸渍的灰尘、油污等有害物与污染物。

④当混凝土采用脱模剂或养护剂时，应按现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ275) 7.2.2 条规定通过喷涂试验确定脱模剂或养护剂对硅烷浸渍的影响，否则，在硅烷浸渍前应充分清除。

⑤喷涂硅烷的混凝土表面应为面干状态。进行上述清除工作时，当需使用饮用水冲洗时，则应在冲洗后自然干燥 72h。下雨或有强风或强烈阳光直射时不得喷涂硅烷。硅烷浸渍宜在预制混凝土构件和水位变动区以上的现浇混凝土结构采用。

(3) 喷涂试验、检测及标准

浸渍硅烷前应先进行喷涂试验，试验区面积应为 1~5m²，施工工艺应符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》

(JTJ275) 附录 E 的规定，完成试验区的喷涂工作后，应按该规范规定的方法测试，当符合该规范 7.2.3 条规定的合格判定标准时方可正式施工。

(4) 喷涂施工方法：

①硅烷喷涂分二遍实施，每遍喷涂量为 $300\text{mL}/\text{m}^2$ 。两遍喷涂之间的间隔时间不少于 6h。

②浸渍硅烷工作应连续喷涂实施，使被涂表面饱和溢流。在立面上应自下向上均匀喷涂，使被涂立面至少有 5s 保持“看上去是湿的”的状态；在顶面或底面上，都至少有 5s 保持“看上去是湿的镜面”的状态；每遍喷涂量为 $300\text{mL}/\text{m}^2$ ，喷涂两遍，两遍之间的间隔时间至少为 6h。

1.6.3.4 施工要点

(1) 喷涂硅烷的混凝土龄期应不少于 28d，或混凝土修补后应不少于 14d。

(2) 混凝土表面温度应在 $5\sim 45^\circ\text{C}$ 之间。

(3) 浸渍所需的全部硅烷用料在施工现场应一次备足，使用后方可启封，并于启封后 72h 内用完，否则应予废弃。

(4) 浸渍硅烷应按照硅烷制造厂家的技术要求，由经验丰富的操作人员实施。

(5) 对早期暴露于海水环境的现浇构件，应在拆模后立即浸渍硅烷，待表面自然干燥后，再进行养护膜养护。

(6) 应避免与硅烷和氯丁橡胶、沥青质密封材料等其他可能腐蚀的材料接触。

1.6.3.5 质量控制

(1) 硅烷的浸渍深度宜采用染料指示法评定。浸渍硅烷前的喷涂试验可采用热分解气象色谱法，当硅烷喷涂施工中对染料指示法的

检测结果有疑问时，也可采用热分解色谱法进行最终结果评定。

(2) 施工现场附近应无明火，操作人员应使用必要的安全保护措施。

(3) 浸渍硅烷施工应有安全防范措施，制定安全操作规程。

(4) 废弃的硅烷严禁随意乱倒，涂装完成后应对散落于地表的硅烷进行清理并集中处理，海上涂装施工应采取有效措施防止硅烷流入海水。

1.6.3 环氧涂层钢筋

1.6.3.1 一般要求

(1) 环氧涂层钢筋进场后，应单独存放，搬运过程中不准拖拉、碰撞，避免与硬性物质接触，防止碰坏环氧涂层；环氧涂层钢筋的包装、标志、搬运和存放应符合现行行业标准《环氧树脂涂层钢筋》

(JG/T502)的有关规定外，尚应符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ275) 7.3.12 条规定，如图 1.6.2-1 所示。



图 1.6.2-1 成品环氧涂层钢筋的存放

(2) 环氧涂层钢筋(图 1.6.2-2)应有产品出厂检验合格证书，环氧涂层钢筋制作所采用的材料和加工工艺应符合现行行业标准《环氧树脂涂层钢筋》(JG/T502)的有关规定，环氧涂层钢筋的涂层厚

度、连续性和柔韧性应符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）7.3.6 条规定；环氧涂层钢筋的检验应符合现行行业标准《环氧树脂涂层钢筋》（JG/T502）的有关规定，但每一检验批应由同一条生产线连续生产出的同一尺寸的涂层钢筋组成，每一检验批钢筋的试验样品应在生产线上随机抽取，涂层厚度、连续性和柔韧性的检验数量每 1h 应各不少于 1 根。



图 1.6.3-2 环氧涂层钢筋

(3) 环氧涂层钢筋的弯曲试验方法应符合现行行业标准《环氧树脂涂层钢筋》（JG/T502）的有关规定。

(4) 若环氧涂层出现破损现象，可在施工前进行修补，且应符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）

7.3.10 条规定。

1.6.2.1 施工要点

(1) 剪切与冷弯环氧涂层钢筋时，所有接触环氧涂层钢筋的支座和芯轴等接触区均应配尼龙套筒或其他合适的塑料套筒。

(2) 在整个施工过程中应随时监测涂层缺陷，严格限制环氧涂层钢筋出现过多的缺陷，每米涂层钢筋上小于 25mm^2 涂层缺陷的总面积不得超过钢筋表面积的 0.1%。

1.6.2.2 质量控制

(1) 架立环氧涂层钢筋时，不得采用无涂层钢筋，绑扎环氧涂层钢筋应采用尼龙、环氧、塑料或其他材料包裹的铁丝，架立环氧涂层钢筋的钢筋垫座、垫块应以尼龙、环氧、塑料或其他柔软材料包裹，同一构件中，环氧涂层钢筋与无涂层钢筋不得有电连接。

(2) 环氧涂层钢筋架立后，不宜在其上行走，应防止工具或重物跌落其上，并应规定可移动设备的位置，以免损伤环氧涂层钢筋；浇筑混凝土前，应检查环氧涂层钢筋的涂层，尤其是剪切端头处，如有损伤应及时修补，待修补材料固化后，方可浇筑混凝土。

(3) 浇筑混凝土时，宜采用附着式振动器振捣密实。当采用插入式振动器时，应用碎料或橡胶包裹振动器，防止振捣混凝土过程中损伤环氧涂层，现场多次浇筑成整体或预制构件的外露环氧涂层钢筋应采取措施，避免阳光曝晒。

(4) 在修补环氧涂层钢筋时，应戴手套和口罩。

(5) 废弃的环氧材料严禁焚烧，应集中后统一处理，防止污染环境。

1.6.3 钢筋阻锈剂

1.6.1.1 一般要求

(1) 掺加入混凝土的阻锈剂应选择亚硝酸钙阻锈剂、以亚硝酸钙为主剂的复合阻锈剂以及质量符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）第 7.4.2 条规定的其他阻锈剂；粉剂型钢筋阻锈剂在运输与储存过程中，应避免烈日直晒、雨淋、防止

受潮，同时应远离明火和易燃易爆物；不得随地散洒和赤手触摸，阻锈剂的存储地点应设有明确的标识；粉剂型钢筋阻锈剂储存期为 1 年、水剂型为 2 年。超过规定的储存期的阻锈剂应重新检验。

(2) 阻锈剂质量验证试验应符合现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ 275) 表 7.4.2 的规定。

(3) 浓度为 30%的亚硝酸钙阻锈剂溶液推荐掺量，可按表 1.6-1 的规定值选取，所选定的亚硝酸钙掺量应符合盐水浸烘试验的质量合格标准，其他阻锈剂的掺量，应按生产厂家建议值和预期的氯化物含量，通过盐水浸烘试验确定。

表 1.6-1 浓度为 30%的亚硝酸钙阻锈剂溶液推荐掺量表

钢筋周围混凝土的酸溶性氯化物含量预期值 (Kg/m ³)	阻锈剂掺量 (L/m ³)
1.2	5
2.4	10
3.6	15
4.8	20
5.9	25

(4) 在特殊情况下，混凝土拌和物的氯化物含量超过现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ 275) 第 5.2.2 条的规定值(表 1.6-2) 需掺加阻锈剂时，应进行阻锈剂掺量的验证试验，并应将预期渗入的氯化物含量加上该混凝土拌和物已有的氯化物含量，作为验证试验所采用的氯化物掺量。

表 1.6-2 混凝土拌和物中氯离子的最高限值(按水泥质量百分率计)表

预应力混凝土	钢筋混凝土
0.06	0.1

(5) 除按照相关标准规范和设计要求检验混凝土性能外，尚应检验施工混凝土的阻锈性能，每进场批次阻锈剂至少检验一次。若同

一进场批次超过 50t，则每 50t 阻锈剂至少检验一次。

1.6.1.2 施工要点

(1) 掺入阻锈剂溶液时，混凝土拌和物的搅拌时间应延长 1min，采用阻锈剂粉剂时，应延长 3min。

(2) 操作员人员应佩戴口罩、手套等必要的防护措施。

1.6.1.3 质量控制

(1) 阻锈剂进场时应按照现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTJ 275）规定进行复检，合格后方可使用，施工前应按照设计要求进行混凝土性能试配试验。

(2) 出罐混凝土，除按照相关规范以及设计要求检验混凝土性能外，尚应检验阻锈率。

(3) 阻锈剂可与高性能混凝土、环氧涂层钢筋、混凝土表面涂层、硅烷浸渍等联合使用，并具有叠加使用效果。

1.7 钢结构

1.5.5 一般要求

1.5.5.1 施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质。

1.5.5.2 钢结构工程施工质量的验收，应采用经计量检定、校准合格的计量器具。

1.5.5.3 钢材、钢铸件的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

1.5.5.4 钢结构加工制作前应根据结构特点、设计要求和焊接工艺等合理划分制作单元。对于需要在现场进行组装的结构，出场前应进

行试组装。

1.5.5.5 焊接前应编制焊接专项方案，对容易变形的钢结构应有防止焊接变形的措施。

1.5.5.6 焊接材料与母材的匹配应符合设计要求及现行国家标准《钢结构焊接规范》（GB50661）的规定，在使用前应按其产品说明书及焊接专项方案的规定进行烘焙和存放。

1.5.5.7 施工单位对其首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定，并应根据评定报告确定焊接工艺。

1.5.5.8 焊工应经考试合格并取得合格证书。持证焊工应在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

1.5.5.9 钢结构在运输过程中应采取防止损坏和变形的措施，装车或装船应摆放平稳、加固可靠，超长、超高、超宽构件应悬挂危险警示标志。

1.5.5.10 钢结构防腐涂料、稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

1.5.5.11 钢结构涂装工程的施工应满足国家有关法律、法规对环境保护的要求，防腐蚀施工应有妥善的安全防范措施。每遍涂刷完成后，应按有关规定和设计要求进行检测、检查、验收，形成相应记录。

1.5.5.12 钢结构防火涂料的品种和技术性能应符合设计要求，并应经过具有资质的检测机构检测符合国家现行有关标准的规定。

1.5.5.13 钢结构表面除锈的等级和质量应满足设计要求和国家现行有关标准的规定，防腐涂层涂装前应对除锈质量进行检查形成验收

记录。

1.5.3 施工工序

1.5.3.1 钢结构构件制作：材料检验、半成品加工、装配、焊接（焊中检测）、后处理、焊缝外观检查及质量检验、总装、除锈（基面处理）、防腐涂装（涂刷底漆、面漆涂装或金属热喷涂）。

1.5.3.2 钢结构安装：部件组装、运输、现场吊装。

1.5.3.3 钢结构涂装（局部修补涂装）：基面处理、涂刷底漆、面漆涂装或金属热喷涂。

1.5.2 施工要点

1.5.2.3 放样和号料应预留收缩量（包括现场焊接收缩量）及切割、洗端等需要的加工余量。

1.5.2.4 材料剪切后的弯扭变形应进行校正；剪切面粗糙或带有毛刺，应修磨光洁。

1.5.2.5 气割时应选择正确的工艺参数（如割嘴型号、气体压力、气割速度和预热火焰能率等）。

1.5.2.6 采用强螺栓连接时，应对构件接触面进行加工处理。处理后的抗滑移系数应符合设计要求。

1.5.2.7 坡口加工采用手工砂轮打磨或机械加工，坡口形式要符合设计，坡口上不得有表面裂纹、缺棱、氧化物、熔瘤和飞溅物。

1.5.2.8 焊接前应对有变形的钢材进行矫正，矫正后的钢材表面不应有明显的凹面或损伤。

1.5.2.9 焊缝外观检查、探伤检测应及时进行。

1.5.2.10 永久性普通螺栓紧固应牢固、可靠，外露丝扣不应少于 2 扣。

1.5.2.11 钢结构高强度螺栓连接应符合下列规定。

(1) 施工前，应对高强度螺栓连接副的形式、规格、技术参数和连接摩擦面抗滑移系数进行现场检验、复核。高强度大六角头螺栓连接副应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》（GB 50205）的规定复验其扭矩系数，其检验结果应符合规定。扭剪型高强度螺栓连接副应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》（GB 50205）的规定检验预拉力，其检验结果应符合规定。

(2) 高强度螺栓连接副的施拧顺序应由中间向两侧或由一侧向另一侧排列实施，施拧应分初拧和终拧两步进行，终拧扭矩值应满足设计要求，并应做好记录。扭剪型高强螺栓连接副终拧后，除因构造原因未在终拧中扭掉梅花头者外，未在终拧中拧掉梅花头的螺栓数量不应多于该节点螺栓数的 5%，并应作出标记。

1.5.2.12 高强度螺栓连接副终拧后，螺栓丝扣外露应为 2~3 扣，其中允许有 10%的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣。

1.5.2.13 高强度大六角头螺栓连接副在终拧完成 1h 后、48h 内应进行终拧扭矩检查。

1.5.2.14 高强度螺栓连接副的施拧顺序和初拧、复拧扭矩应符合设计要求和现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》（JGJ82）的规定。

1.5.2.15 钢结构安装应符合下列规定。

(1) 钢结构安装的施工顺序应遵循先拼装后吊装、先下部后上部、先调整后固定的原则。

(2) 钢结构吊装前应对构件的吊耳或吊点和吊具等进行检查。

(3) 分节制作的钢结构组装后应按设计图纸对各部分尺寸进行复测。当采用焊接连接时，应按已经评定合格的焊接工艺进行焊接和检验；当采用螺栓连接时，应按螺栓连接的要求进行紧固和检验。

(4) 钢桥支座的位置应满足设计要求并考虑安装温度和施工误差的影响。安装后应对钢桥平面尺寸、拱度和支座位置进行检查和记录。

1.5.2.16 钢结构安装现场应符合下列规定。

(1) 安装前应对测量基准点、安装基础或支座、地脚螺栓、预留孔进行交接验收。

(2) 安装场地和吊装作业区域的承载力应满足安装工艺的要求，当不能满足要求时应进行处理。

(3) 安装施工区域应设置安全警示标志。大型构件吊装时尚应采取有关隔离措施。

1.5.2.17 构件表面预处理后应及时进行第一层涂层的喷涂。

1.5.2.18 涂装时的环境温度和相对湿度应满足涂料产品说明书的要求，涂装时表面应干燥，涂装后 4h 内不得遭受雨淋和水浸。

1.5.2 质量控制

1.5.2.1 钢材端边或断口处不应有分层和夹渣等缺陷。

1.5.2.2 磨光顶紧构件的紧贴面积不应小于设计接触面积的 75%，

边缘间隙不应大于 0.8mm。

1.5.2.3 钢构件制作的允许偏差应符合规范要求。

1.5.2.4 焊缝的形式和等级应满足设计要求。

1.5.2.5 焊缝坡口形式应满足设计要求，并应符合现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》

(GB/T985.1) 和《埋弧焊的推荐坡口》(GB/T985.2) 的有关规定。

1.5.2.6 焊缝外形应均匀，焊道与焊道、焊道与金属间过渡应平滑，焊渣和飞溅物应清理干净。

1.5.2.7 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷，且一级焊缝不得有咬边、未焊满、根部收缩等缺陷。

1.5.2.8 自攻螺钉、钢拉铆钉、射钉等与连接钢板应紧固密贴，外观排列整齐。

1.5.2.9 螺栓球节点网架总拼完成后，高强度螺栓与球节点应紧固连接，高强度螺栓拧入螺栓球内的螺纹长度不应小于 1.0d (d 为螺栓直径)，连接处不应出现有间隙、松动等未拧紧情况。

1.5.2.10 运输、堆放和吊装等造成的钢构件变形及涂层脱落，应进行矫正和修补。

1.5.2.11 设计要求顶紧的节点，接触面不应少于 70% 紧贴，且边缘最大间隙不应大于 0.8mm。

1.5.2.12 当钢桁架（或梁）安装在混凝土柱上时，其支座中心对定位轴线的偏差不应大于 10mm；当采用大型混凝土屋面板时，钢桁

架(或梁)间距的偏差不应大于 10mm。

1.5.2.13 钢结构表面应干净，结构主要表面不应有疤痕、泥沙等污垢。

1.5.2.14 钢结构安装的轴线、基础轴线、地脚螺栓的规格及紧固应满足设计要求。螺栓孔、基座与基础板间的灌浆应饱满、密实。

1.5.2.15 钢结构安装的基础支承面、地脚螺栓、座浆板和化学粘着螺栓的允许偏差、检验数量和方法应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS257）的规定。

1.5.2.16 防腐涂料、稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能应满足设计要求，涂料的颜色和有效期应与质量证明文件相符。

1.5.2.17 涂装前钢材表面除锈应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。

1.5.2.18 涂料的涂装遍数、每层厚度和总厚度均应满足设计要求。涂层应均匀，涂装时应防止出现漏涂、皱皮、流坠和气泡等缺陷。

1.5.2.19 钢结构安装完成后应按设计要求进行最终涂装或补漆。

1.5.2.20 涂装完成后，构件的标志、标记和编号应清晰完整。

2 专项篇

1.5 预制沉箱

1.5.1 沉箱预制场

1.5.1.1 沉箱预制场建设应符合本指南“工地建设标准化”的相关规定。同时还应符合下列规定：

(1) 选择预制场时，应进行现场踏勘和综合论证。

(2) 陆域形成后需进行地基处理，一般采用强夯、碎石桩、PHC管桩、换土处理、钢筋砼基础等进行处理，以保证地基承载力满足要求。

①岸坡：预制场的岸坡应稳定，坡度比不宜大于 1:1，在台风多发区，岸坡坡度加大，并满足施工期的抗风浪能力。

②台座：气囊出运台座一般为混凝土结构；临时性台座一般使用型钢台座；使用台车出运沉箱台座结构一般为凸起式台座，如图 2.1.1-1~图 2.1.1-3 所示。



图 2.1.1-1 混凝土台座



图 2.1.1-2 型钢台座



图 2.1.1-3 凸起式台座

③陆上存放场地：沉箱陆上存放场地与预制区应对应，大小应根据安装施工进度计划所需的寄存量进行规划布置，场地基础需进行加固处理，以满足承载力要求。

④出运通道：出运通道一般可选用滑车式、搭岸式和斜坡道式。滑车式适用于水深较好的场地，搭岸式适用于台车出运，斜坡道适用于气囊出运，如图 2.1.1-4 和图 2.1.1-5 所示。



图 2.1.1-4 搭岸式通道



图 2.1.1-5 斜坡道式通道

1.5.1.2 预制场建设一般施工流程如图 2.1.1-6 所示。

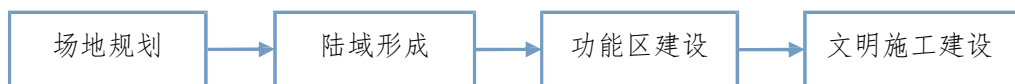


图 2.1.1-6 预制场建设施工流程

1.4.4 沉箱预制

1.4.4.1 沉箱预制应采用分层浇筑的施工方法，应进行首件典型施工。

1.4.4.2 钢筋加工与绑扎

(1) 一般要求

- ①钢筋加工需重点控制主筋弯曲作业顺直度。
- ②主筋加工尺寸控制按照设计尺寸及规范允许偏差进行控制。
- ③沉箱钢筋保护层垫块底板部分宜使用马蹄形垫块，墙体部分宜使用环形垫块，垫块直接安装在主筋上。
- ④钢筋绑扎应符合本指南 1.2.4、1.2.5 有关规定。

(2) 工序流程

- ①钢筋加工及绑扎工序流程如图 2.1.2-1 所示。



图 2.1.2-1 钢筋加工及绑扎工序流程

- ②底板钢筋在台座上进行绑扎，墙体钢筋网片在钢筋绑扎架上绑扎成型，整体吊装就位安装，隔墙相交钢筋网片一般长方向选择整体吊装绑扎，短方向进行现场绑扎。

(3) 质量通病

沉箱预制钢筋工程中常见的质量通病有钢筋间距控制不到位、钢筋保护层偏差大、垫块质量差等质量通病。相关技术如下：

- ①保护层垫块应按本指南 1.2.8 有关规定执行。
- ②沉箱钢筋网片绑扎应符合本指南 1.2.4、1.2.5 有关规定。

1.4.4.3 预埋件加工与安装

(1) 一般要求

沉箱预埋件加工完成后应进行防腐，防腐一般采用热镀锌或涂刷

防锈漆。

(2) 工序流程如图 2.1.2-2 所示。



图 2.1.2-2 预埋件加工与安装工序流程

(3) 质量通病治理

预埋件加工及安装常见质量通病如下：

- ①加工尺寸不规范，预埋件安装后模板支立不到位。
- ②预埋件与模板贴合不密实，拆模后边缘错台较大。
- ③预埋件止浆处理不到位，埋件四周出现砂线及露石现象较严重。

针对以上问题，常采用以下技术措施：

- ①预埋件加工切割时应使用无齿锯进行切割，保证切割面整齐，安装在墙体上的预埋件适当减尺 3mm 左右。
- ②预埋件安装时安装“弹簧筋”，使埋件突出墙体 2mm，模板安装时靠紧埋件，预埋件与模板间产生推力，保证贴合严密，并在预埋件四周粘贴双面胶止浆。

1.4.4.4 模板制作与安装

(1) 模板应符合本指南 1.1 有关规定。

(2) 模板加工的基本要求

- ①在板面上进行板肋焊接作业时应使用点焊。
- ②桁架加工应放样加工，保证加工尺寸一致。
- ③横连杆拼接时需在拼接处附加加强型钢焊接。

④模板加工方向应一致或对称，不得随意更改。

(3) 模板安装的基本要求

①模板加工成型后应进行拼装试验检查是否配套。

②底段模板安装时先安装外模后安装芯模，标准段先安装芯模后安装外模。

③外模安装时先安装被包片后安装包片，拆模时先拆包片后拆被包片。

④模板安装垂直度控制一般使用线锤或者经纬仪控制。

⑤芯模一般采用拼装式模板，单个芯模由中心支架和四片板面组成。内腔芯模拼缝应设置在侧壁处，避开内腔倒角，易于拼接作业和拼接精度控制，保证拼缝处止浆效果和错台控制。

⑥应采用预埋槽钢协助支撑模板底部，松紧器加固。

(4) 沉箱模板常用的方法

①沉箱模板止浆使用梯形止浆带和 D 型止浆带，梯形止浆带既可起到止浆作用，同时将沉箱边缘形成倒角。

②芯模井字架上安装连接器，通过调整连接器紧固及拆除模板。

③芯模板面间预留 200mm 左右缝隙，安装木板进行止浆，木板两侧开凹槽与板面匹配。

④通过与墙体配套的定尺套管控制墙体宽度。

⑤沉箱分层施工，通过在下段预留墙栓孔将上段芯模进行定位及固定。

1.4.4.5 前趾斜面防上浮拉环

在安装底层前趾斜面外模时采用可调节拉钩螺栓与底胎模预埋拉环连接，有效防止在底层混凝土浇筑时由于混凝土流动对前趾斜面模板造成的顶升上浮而影响拆模后的外观质量，如图 2.1.2-3 所示。



图 2.1.2-3 防浮拉环

1.4.4.6 埋设出运钢套管

采用沉箱气囊搬运工艺，宜在沉箱底板靠近前后墙位置埋设钢套管，宜采用壁厚不小于 6mm 的无缝钢管，其内径宜较钢插销大 1-2mm，长度宜为 60cm，具体应通过计算确定。如图 2.1.2-4~图 2.1.2-9 所示。



图 2.1.2-4 预埋钢套管

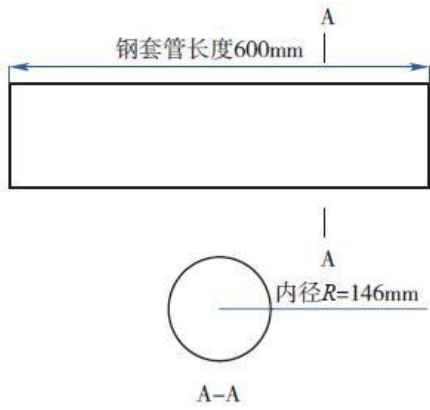


图 2.1.2-5 钢套管（参考尺寸）

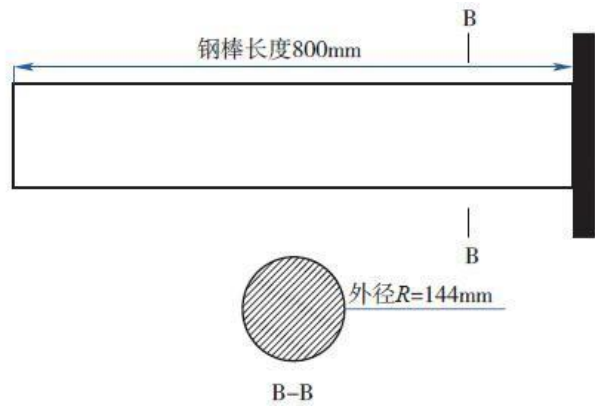


图 2.1.2-6 插销钢棒（参考尺寸）



图 2.1.2-7 插销牵引搬运



图 2.1.2-8 沉箱搬运用插销

1.4.4.7 预留孔洞加橡胶塞

预留孔洞采用加橡胶板、橡胶塞工艺，利用橡胶的微小变形能力来消除预留孔模具与模板的缝隙，达到止浆和美观的效果。如图 2.1.2-9 所示。



图 2.1.2-9 沉箱牵引孔设置及橡胶塞

1.4.4.8 混凝土施工

(1) 混凝土浇筑、振捣的基本要求

①沉箱用混凝土坍落度不宜过大，但需具有较好的和易性、流动性。

②混凝土分层施工，分层高度一般控制在 50cm 左右，混凝土分层线应处于同一平面内。

③混凝土施工应分层减水，坍落度随高度减小；顶面接近初凝时经二次振捣后找平压实。

④沉箱底段混凝土应一次浇筑至斜坡面，将混凝土分层缝留在斜坡面上；墙体混凝土浇筑应先外后内，在浇筑外墙时将隔墙与外墙相交处混凝土填满。

⑤沉箱混凝土用减水剂宜选用与水泥匹配，塌落度损失小的高效减水剂。

(2) 沉箱混凝土施工常用的方法

①分层缝处理措施

a.

合理确定沉箱的分层及分层高度，明确施工缝设置位置；

b.

模板应按“上刚下柔”的原则进行设计。模板设计考虑构件无棱化处理，模板的隅角、外露边角等应进行无棱化处理，使之成为钝角或者圆弧角。

c.改进模板止浆工艺，选择弹性好、耐磨损、抗老化的止浆材料；

d.采用预埋圆台螺母后安装拉杆支模方式；

e.分层混凝土浇筑之后，在混凝土初凝时对其顶面进行高压水冲毛处理；

f.混凝土浇筑前，再用高压水枪冲刷茬面，将散落在混凝土表

面的铅丝、杂物等冲净，并用淡水充分湿润混凝土表面；

g.模板顶口设置角钢作为收仓面的标志，合理配置标准段模板及底模数量。

②前后趾气泡处理措施

浇筑大趾时使混凝土具有较好的流动性，在斜坡面模板上开振捣孔，振捣孔间距 70cm 左右，上下间隔布置，振捣孔振捣时在墙体上安排振捣人员同时振捣。同时，采用透水模板（图 2.1.2-10）也可清除气泡。

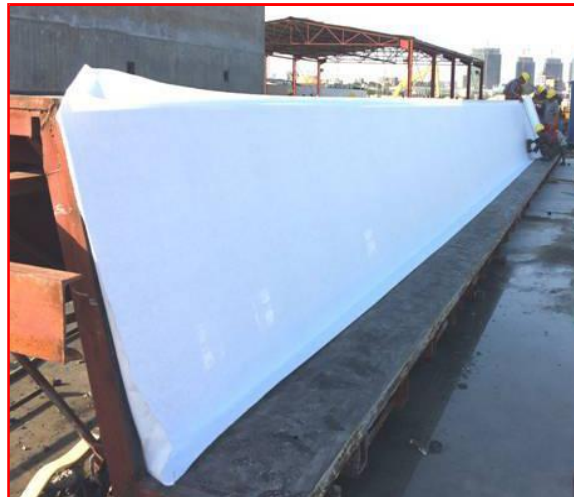


图 2.1.2-10 透水模板

③圆台螺母封堵应符合本指南 1.3.6 有关规定。

1.4.4.9 养护

(1) 根据当地气候环境情况制定沉箱养护方案，方案应包括抗特殊天气养护措施。

(2) 沉箱底板宜采用蓄水养护；内外墙体养护应采用自动喷淋工艺，必要时辅助人工洒水，养护时间不宜少于 14 天。

(3) 沉箱预制场要指定专人负责养护工作，做到按时养护，真实记录好养护记录。

(4) 采用自动喷淋养护应预先制定养护方案，对水管的布置、压力泵、养护时间控制等提出明确要求。

(5) 在强风、烈日天气下，混凝土终凝后，在顶部、特殊部位应及时覆盖土工布。

(6) 施工现场应设置沉淀池，将养护水回收利用。

1.4.4.10 沉箱预制完成后，应设置水尺和二维码信息卡。水尺应设于沉箱的前后壁外侧，位于沉箱对角上。二维码信息应包括构件类型、编号、位置、强度等级、施工班组、施工员、质检员、监理工程师、制作日期、检验状态等信息，如图 2.1.4-35 所示。



图 2.1.4-35 预制人行桥板二维码

1.5 预制梁、板

1.4.2 一般要求

1.4.2.1 预制场地的建设应符合本指南“工地建设标准化”的相关规定；同时应根据施工工艺要求合理安排，减少场内搬运和工序间的干扰，节约用地，注重环境保护。

1.4.2.2 预制场场地应进行混凝土硬化处理，满足生产承载力的要

求，道路和排水畅通。

1.4.2.3 预制场应配备梁板钢筋骨架定位胎模，并安装牢固。

1.4.2.4 预制场内应根据构件养生时间及台座数量设置足够的自动喷淋设施。

1.4.2.5 预制梁的台座/底胎模间距应根据侧模板的安拆吊装方便为原则确定。预制台座与存梁台座数量应根据梁板数量和工期要求来确定，并要有一定富余。

1.4.2.6 板、梁最多存放层数应符合设计文件和相关技术规范要求。设计无要求时，堆垛层数应根据构件与垫木或垫块的承载力及堆垛的稳定性确定，并应采取支撑等措施确保安全稳定。预应力构件的堆放应根据反拱影响采取措。一般，叠合板堆放层数不超过 5 层，空心板和无梁板不超过 3 层。

1.4.2.7 预制梁板表面不应有严重缺陷。对严重缺陷应提出技术处理方案，并经监理工程师批准后进行处理。预制梁板表面不宜有一般缺陷。对影响耐久性的一般缺陷，应按相关现行标准的规定进行处理。

1.4.2.8 混凝土的生产和质量控制应符合设计要求和现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）、《水运工程混凝土质量控制标准》（JTS202-2）、《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTS153）的有关规定。

1.4.2.9 预制梁板预制完成后应设置二维码标识，二维码标识应符合本指南第 2.1.2.10 款的要求。

1.4.2.10 预制梁板顶面应抹平密实、接茬平顺。

1.4.2.11 预制梁板上的预埋件、预留孔洞和外伸筋的数量、规格和尺寸应满足设计要求，其允许偏差应符合现行标准的规定。

1.4.1 施工工序

预制梁、板施工前，施工单位应编制工序流程图（图 2.2.2-1），作为各工序操作、保证施工进度的依据，并向班组交底。

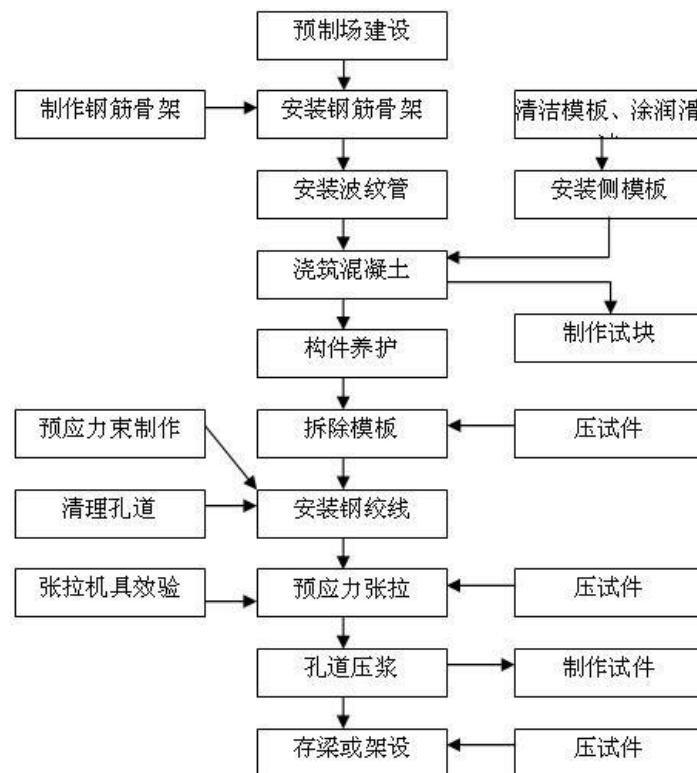


图 2.2.2-1 预制后张法预应力梁施工工序图

1.4.2 施工要点

1.4.2.1 预制梁、板的地胎模或台座应保证其坚固、稳定、不沉陷。施工前应进行测量，使底模处于同一水平面上。

1.4.2.2 定期对地胎模或台座进行复测检查，每月至少复测 1 次，并应建立观测数据档案，发现异常应及时处理。

1.4.2.3 预制梁台座两端基础应加强，以满足梁板张拉起拱后两端基础承载力要求，同时应在台座上设置沉降观测点进行监控。

1.4.2.4 为便于预制梁起吊出坑，可在台座离梁两端各 60-90cm 处改成活动式底板支撑，但不得侵占梁体，活动式底板支撑与台座同宽，长度 15-20cm。

1.4.2.5 模板应符合本指南 1.1 有关规定。

1.4.2.6 空心梁、板应采用刚性芯模，并采取措施保证芯模位置准确，固定、不移位。

1.4.2.7 预制梁、板的绞缝钢筋安装应确保其密贴模板，并保证有效固定，确保混凝土拆模后能够立即凿出。

1.4.2.8 对于梳形模板、预留孔洞、拼接缝等易漏浆部位应采取强力胶皮或橡胶棒填缝剂止浆等有效的堵浆措施。

1.4.2.9 预制板面应采用钢结构整体压槽板、钢框木压槽板进行压槽。压槽板拆出时间应控制在混凝土初凝后，保证槽口棱角不被损坏。压槽板拆出后应清理干净并涂上脱模剂以供再使用。



图 2.2.2-2 预制空心板顶部压槽工艺

图 2.2.2-3 预制空心板顶部压槽效果

1.4.2.10 预制板接缝处的侧面处理，应将松动的砼渣清理干净，将变形的钢筋恢复成设计要求的形状。

1.4.2.11 预制梁板出厂前应进行验收。

1.3.11 质量控制

1.3.11.1 预制非预应力梁板

(1) 模板应经现场检验（拼装）合格后方可进入施工现场投入使用。

(2) 钢筋加工应在钢筋加工场进行，应具备质量合格证，并经检验合格。钢筋骨架宜在预制台座上制作安装，钢筋、预埋件及钢筋保护层垫块均应准确定位。

(3) 模板安装完毕后应及时消除错台、堵塞缝隙、清理模内垃圾和杂物，应采取有效措施固定内模，防止混凝土浇筑时内模上浮。

(4) 混凝土配合比经试验确定，混凝土应集中拌制，混凝土罐车运输并入模，振动棒振捣。梁长小于 20m 时，混凝土浇筑宜从一端向另一端阶梯式推进；梁长大于 20m 时，混凝土浇筑宜从梁两端向跨中进行。混凝土浇筑完毕后应及时对顶面进行覆盖养护。

(5) 一般混凝土强度达到 2.5MPa 以上方可拆除侧模。模板拆除时应加强梁板的保护，不得出现人为的破坏。

(6) 拆除模板后应对梁板外露面全部覆盖，并自动保湿养生，累计养护时间不少于 14d。预制空心板内外腔应同步养护。



图 2.2.2-3 预制空心板内外腔同步喷淋养护

(7) 预制梁板混凝土强度达到规范规定或设计要求后，方可移

至存放区。存放区应进行地基加固，并进行地基承载力验算和结构计算。堆放时应采取辅助支撑措施。

1.3.11.2 预制预应力梁板

(1) 预应力梁板预制场应按照梁板规格、数量及设计要求制作专用台座，设置满足梁板运输及场内工作需要的相关类型的门式起重机。

(2) 预应力梁板钢筋加工制作、安装，模板安装、拆除，混凝土保护层垫块安装、混凝土浇筑、养护、堆放要求同预制非预应力梁板。

(3) 预应力筋的制作、预应力张拉设备、预应力的施加、先张法、后张法及封锚应符合本指南 1.5 章有关规定。

(4) 预应力张拉应严格按照设计规定的拉力、持续时间进行，按照拉应力和伸长率控制张拉，应安排专人完整记录施工过程和各项技术参数。张拉结束后应及时按照设计要求进行孔道压浆，压浆宜采用智能工艺。张拉和压浆施工应严格遵守操作规程，确保施工安全。

(5) 后张法预应力梁板预制还应符合下列规定：

①后张法预应力梁板预制施工流程：底模安装→钢筋和预留管道安装→侧模、（内模）、端模安装→浇筑混凝土→养护→拆端模、（内模）、侧模→预应力筋安装→张拉→移梁（板）出台座→压浆→封锚。

②后张拉梁侧、底模长度和底模支座螺栓孔应预留压缩量，底模应设置反拱。预留压缩量和反拱应根据设计要求和实际情况设置，并在生产过程中根据实测梁长和上拱度等数据及时进行调整。

③侧模可焊接成整体，按梁长分段制作，并应设置具有微调功能的支、拆结构和安装附着式振捣器的模板支架。

④端模应采用刚度较大的整体钢模板，预留孔位置和尺寸应符合设计要求和工艺要求。锚垫板应固定牢靠，位置正确，端面应垂直于预留孔道中心线。端模应设置振捣器支架，以便安装附着式振捣器。

⑤模板预留孔洞位置及尺寸应符合设计要求，接缝应严密不漏浆、平齐无错台，板面应平整无凹凸。

⑥后张法预应力管道应制作专用管卡，间距应符合设计要求，架立牢固可靠，以确保管道位置正确和在浇筑混凝土时不沉浮、不旁移，如图 2.2.4-1 所示。

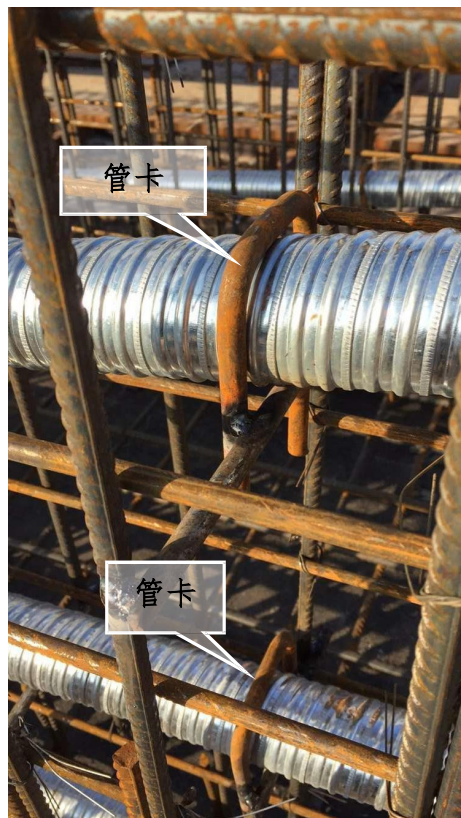


图 2.2.4-1 后张法预应力管道专用管卡

⑦后张法预应力梁板的非预应力钢筋位置和规格应符合设计要求，其梁板两端的非预应力钢筋不得随意改变其位置和规格。

⑧预埋件的类型、结构、数量、位置应符合设计要求，并应设置牢固，保证在浇筑混凝土过程中不变位。预埋件应按设计和规范要求进
行防锈处理。

⑨孔道压浆、封锚应符合本指南 1.5 有关规定。梁板封端如图
2.2.4-2、2.2.4-3、2.2.4-4。



图 2.2.4-2 安装预制内芯混凝土挡板



图 2.2.4-3 安装封端外钢模



图 2.2.4-4 从预留浇筑口处浇筑砼

(6) 后张法预应力梁板孔道内的灌浆材料强度未达到设计要求时，不得移动构件、切断主筋和拆卸锚具。

(7) 先张法预应力梁板预制还应符合下列规定：

①先张法预应力梁板预制施工流程：底模校正→钢筋绑扎→安装端模→预应力筋和隔离套管安装→预应力筋张拉→侧模安装→浇筑混凝土→养护→拆模→预应力筋放松和切割→移梁（板）台位→封锚

②张拉台座的张拉横梁和锚板应能直接承受张拉荷载。其合力中心应与预应力筋合力中心一致，合力中心高度应符合设计要求。当台座生产的梁（板）型变更时，张拉横梁和锚板位置应作相应的调整。

③先张法施工所用的锚具和连接器应按规定检验合格后方可使用。

④预应力筋隔离套管的材质、直径、长度和位置应符合设计要求。梁体内的隔离套管端部应封堵严密，梁（板）体外端应穿出端分丝板以外至少 50mm 并加以固定。梁（板）体内隔离套管长度允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ 。

⑤预应力筋张拉验收合格后，应在 2h 以内及时浇筑混凝土。

(8) 先张法预应力梁板预制时放松预应力筋采用整体两端同时缓慢放松工艺，并应符合下列规定：

①放松前，混凝土强度和弹性模量应达到设计要求数值，施工方案应提出龄期控制要求，且混凝土养护龄期不少于 3d。

②放张顺序应符合设计要求。

③侧模已拆除，且底模下固定支座板用的螺母已卸掉。

④采用楔块放松预应力筋时，应控制楔块同步缓慢滑出。

⑤采用千斤顶放松预应力筋应符合下列规定：各台千斤顶应配接单独油路；同步顶升千斤顶，顶升的最大间隙不得大于 2mm，以能松开自锁螺母或插垫为度。同步松开自锁螺母或插垫后，再同步放松各千斤顶，直到预应力筋全部放松为止；只有在千斤顶发生故障时，才允许采用单根放松预应力筋，放松时应多次对称循环进行，每循环逐束释放的应力不应超过总应力的 1/4。

1.4 基础工程

1.3.9 地基换填砂

1.3.9.1 一般要求

(1) 当基槽开挖完成验收合格后，为保证岸坡稳定及防止回淤，应尽快组织地基换填砂施工。

(2) 砂的规格、粒径及质量应满足设计要求。

(3) 换砂的范围、厚度和密实范围应满足设计要求。

(4) 若采用振冲密实方法，标准贯入击数应满足设计要求。振

冲船舶及设备应能够适应施工区域施工水文条件。

1.3.9.2 施工工序如图 2.3.1-1 所示。

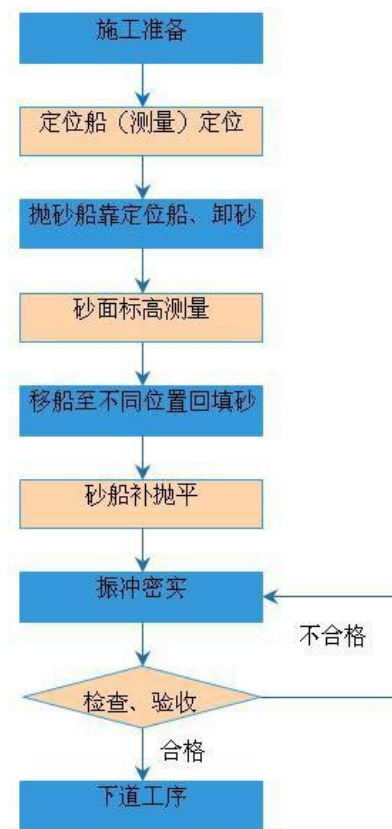


图 2.3.1-1 地基换砂工艺流程图

1.3.9.3 施工要点

- (1) 组织进行浚前断面测量、绘制水深图。
- (2) 选择一个或几个有代表性的断面进行试抛，根据试抛的结果确定抛砂船位、抛砂施工顺序和施工方向。
- (3) 砂船定位宜采用 GPS 定位。
- (4) 抛砂过程中要经常检查校核抛砂船的位置，并勤测水深，采用宁低勿高的原则抛填。
- (5) 合理的分段、分层施工，抛填时尽量选用低平潮。
- (6) 应注意控制抛填的间歇时间，做到不间断抛填，从一方向

推进，发现回淤及时清除。

(7) 抛填砂施工控制标高要预留振冲沉降高度。预留振冲沉降高度可通过振冲试验确定。

(8) 应保证回填砂坡脚与未验收基槽端部有足够的衔接距离。

(9) 抛填砂完成后进行振冲密实，根据设计参数选择合适的振冲器，振冲点按等边三角形或正方形布置，振点间距符合设计要求。

(10) 振冲前应通过典型施工，验证振冲效果和确定回填砂的预留沉降量，并获取最佳的密实电流值、留振时间、振动器施工参数等。

(11) 振冲定位宜采用 GPS 定位，振冲施工采用自上而下、自下而上反复振冲。

(12) 振冲完成后，进行回填砂现场标贯试验，密实度满足设计要求。

(13) 具体施工方法应满足现行行业标准《码头结构施工规范》(JTS215)、《港口工程地基规范》(JTS167-1) 要求。

1.3.9.4 质量控制

(1) 砂的规格及质量应满足设计及规范要求。

(2) 施工质量应满足现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS257)的要求，允许偏差、检验数量和方法应符合规范规定。

1.3.7 水下基床抛石

1.3.7.1 一般要求

(1) 施工过程中，对施工控制线和控制水准点等定位标志应定期校核。

(2) 基床块石的质量要求。基床块石宜用 10~100kg 的块石，对不大于 1m 的薄基床宜采用较小的块石。

①饱和单轴极限抗压强度：对夯实基床不低于 50MPa，对不夯实基床不低于 30MPa。

②未风化、不成片状、无严重裂纹。

③基床抛石应预留沉降量。对夯实的基床，可仅按地基沉降量预留，对不夯实的基床，还应考虑基床本身的沉降量。

④基床顶面预留的向墙后倾斜的坡度，应按设计值采用。

1.3.7.2 施工工序如图 2.3.2-1 所示。

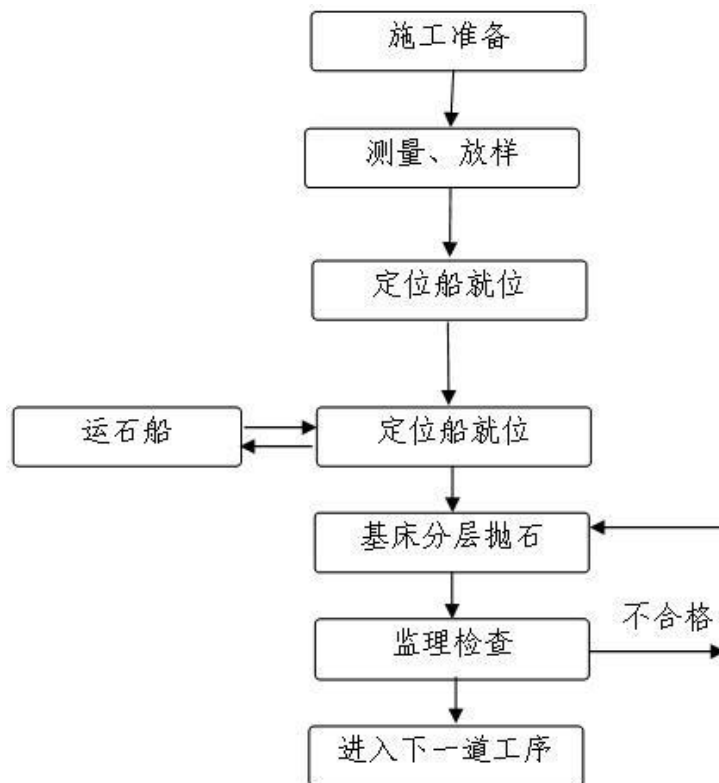


图 2.3.2-1 水上基床抛石施工工艺流程图

1.3.7.3 施工要求

(1) 施工前应对控制点坐标、断面尺寸进行全面复核，并依此建立施工控制线和控制水准点。

(2) 施工前应做好测量仪器和测深砣的检验和校准工作。

(3) 在抛石前应检查基槽尺寸有无变动，有显著变动时应进行处理。

(4) 抛石前应进行试抛，当用开底驳和倾卸驳抛时，掌握块石堆扩散情况，以选定始点位置和移船距离；为避免漏抛或抛高，应勤测水深。

(5) 采用分层抛石，“宁低勿高”，粗抛和细抛相结合，顶层面以下 0.5~0.8m 范围内应细抛；抛填控制高差，粗抛一般为±300mm，细抛一般为 0~300mm，细抛应趁平潮时进行。

(6) 基床预留夯沉量按当地经验或试行资料确定，无实测资料时，可取抛石层厚度的 10%~12%。

(7) 分层抛石应遵循“宁低勿高”的原则；分层抛石基床的上下层接触面不应有回淤沉积物。在回淤严重地区或越冬施工时，基床顶面宜采用“覆盖土工布防止回淤”技术。

1.3.7.4 质量控制

(1) 抛石前要对基槽断面尺寸、高程及回淤沉积物进行检查，重力密度大于 12.6KN/m³的回淤沉积物厚度不应大于 300mm，超过时应清淤。

(2) 基床抛石以现行行业标准《码头结构施工规范》(JTS215)为依据进行施工质量控制，验收标准满足现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS257)规定的要求。

1.3.6 水下基床重锤夯实

1.3.6.1 一般要求

(1) 基床锤夯范围可按墙身底面各边加宽 1m 确定，对施工定位和作业困难的水域，锤夯范围可适当加宽。分层夯实时，锤夯范围可根据分层处的应力扩散线各边加宽 1m 确定。

(2) 夯实前应对抛石面层作适当整平，其局部高差不宜大于 300mm。

(3) 基床锤夯时应分层、分段夯实，每层厚度宜基本相等，每层夯实后的厚度不宜大于 2m。夯击能量较大时，分层厚度可适当加大。分段夯实的搭接长度不应小于 2 m。

(4) 夯锤底面积不宜小于 0.8m^2 ，底面静压强宜采用 $40\sim 60\text{kPa}$ ，落距可取 $2.0\sim 3.5\text{m}$ 。不计浮力、阻力等影响时，每夯的冲击能不宜小于 $120\text{kJ}/\text{m}^2$ ；对无掩护水域的深水码头，冲击能宜采用 $150\sim 200\text{kJ}/\text{m}^2$ 。夯锤应具有竖向泄水通道。

(5) 基床锤夯宜采用纵横向相邻接压半夯，每点 1 锤，并分初、复夯各 1 遍，或多遍夯实的方法，夯击遍数应根据试夯确定，试夯技术要求应符合规范的规定。不进行试夯时，夯数不宜少于 8 夯，并应分 2 遍夯打。

1.3.6.2 施工工序如图 2.3.3-1 所示。

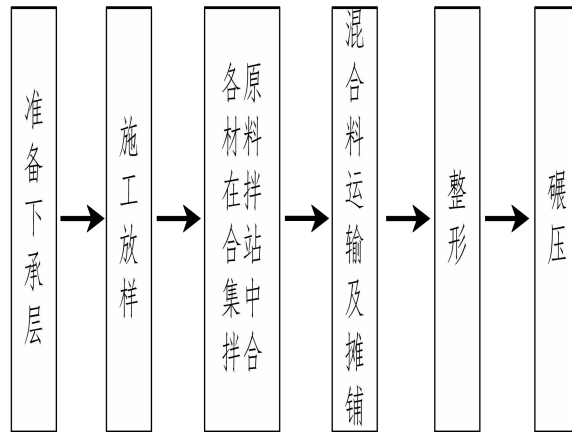


图 2.3.3-1 重锤夯实施工工艺流程

1.3.6.3 施工要点

(1) 测量定位

施工前，工程技术人员应按照沉箱布置将基床抛石进行分层、分段，并绘制平面布置图。

(2) 夯锤施打

采用纵横向相邻接压半夯，每点 1 锤，并分初夯、复夯各 1 遍的施工方法，以防止基床局部隆起和漏夯。

(3) 落距、落点控制

重锤夯实施工时，应采取有效措施确保对夯锤落距和落点位置偏差的控制。打夯船船头应设置夯击标记。宜将每一个船位即每一排的锤夯点位数分成 4 等分，在打夯船头对应位置做好标记；计算每一个 1/4 范围内的夯击点数，锤击时应均匀分布；排距通过移动船位进行控制，每次移船距离为半个锤位。

(4) 在新旧码头结合处，基床施工宜采用减小分层厚度、适当降低夯击能量等保证旧码头结构安全的措施。

1.3.6.4 质量控制

(1) 基槽内含水率小于 150%或重度大于 $12.6\text{kN}/\text{m}^2$ 的回淤沉积物且厚度大于 300mm 的回淤沉积物应予清除。

(2) 当夯实后补抛块石的面积大于 $1/3$ 倍构件底面积或连续面积大于 30m^2 。且厚度普遍大于 0.5m 时，应作补夯处理。

(3) 锤夯的基床，夯实质量标准可采用在已夯的基床上码头墙底面积范围内任选不小于 5m 一段复打一夯次，夯锤相接排列，不压半夯，其平均沉降量不大于 30mm，无掩护水域的重力墩不大于 50mm。

(4) 重锤夯实以现行行业标准《码头结构施工规范》(JTS215) 为依据进行施工质量控制，验收标准满足现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS257)规定的要求。

1.3.5 水下基床爆夯

1.3.5.1 一般要求

(1) 从事爆破工程施工的单位，应具备相应的《爆破作业单位许可证》；爆破作业人员应具有相应的资格证书；爆破工程施工前，应取得有关部门的批准。

(2) 爆破工程施工前应编制爆破方案、爆破设计书或爆破说明书，并经相关部门批准。

(3) 水运工程爆破设计中应制定控制噪声、控制有害气体和飞石、减少粉尘、降低地震、冲击波效应等环境保护措施。

(4) 爆破参数由周边环境条件、地形地貌情况、岩土性质、施工机具和爆破器材性能，并结合工程要求计算确定；并进行爆夯试爆

典型施工，根据试爆结果调整爆炸参数及施工方案。

(5) 爆破影响范围内有重要设施时应进行爆破试验和检测。

1.3.5.2 施工工序如图 2.3.4-1 所示。

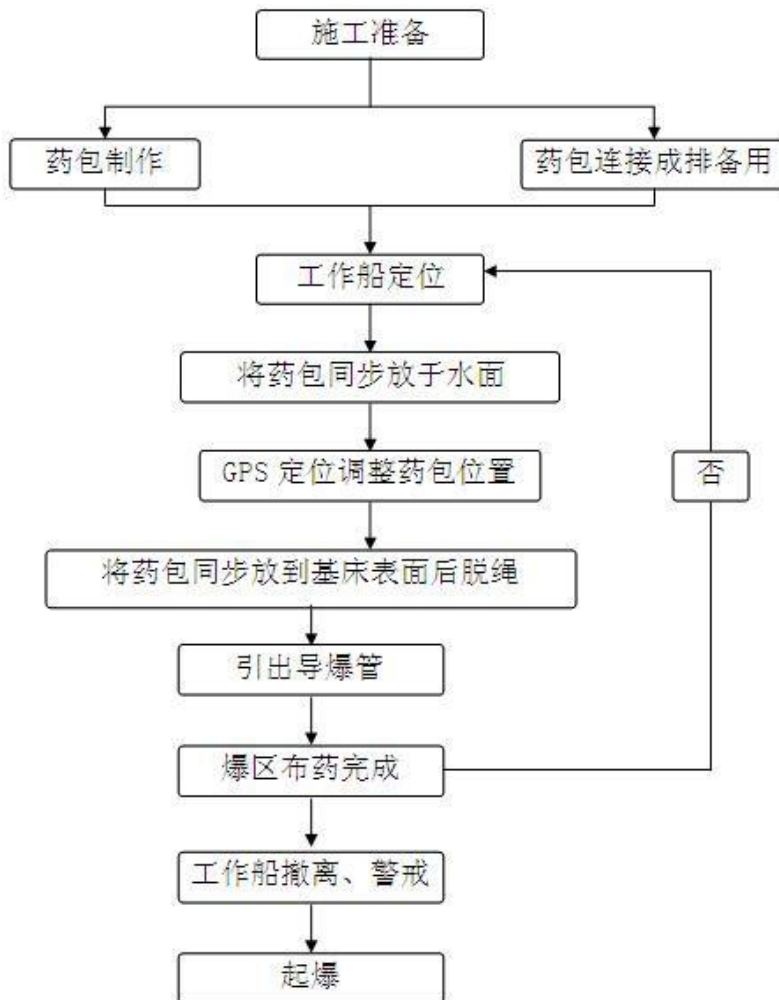


图 2.3.4-1 爆炸夯施工工艺流程图

1.3.5.3 施工要点

(1) 爆破作业应符合国家及行业有关标准、本指南“安全防护标准”有关规定。

(2) 爆夯应选用结构坚固、技术性能好的船舶作为投药船和定位船。定位船工作时应锚定稳固。

(3) 施工时分段计算爆破参数，严格控制炸药用量，规范布设

药包。布药网格应根据爆破设计的间距布药。第二遍爆夯布药位置应与第一遍爆夯布药位置等距离错开。

(4) 爆夯分区主要以相同的设计基床厚度来划分的原则。

(5) 分层夯实厚度不宜大于 12m。当起爆时药包在水面下的深度大于计算值 20%时，分层夯实厚度可适当增加，但不得超过 15m。

(6) 爆夯过程中应避免爆塌两侧面的基床以及粉碎或损伤表层块石。

(7) 应采用 DGPS 移动站、潜水检查等措施提高爆破位置准确性。

2.3.5.4 质量控制

(1) 爆炸夯实后，抛石基床的平均夯沉率应满足设计要求。夯沉量可根据地基状况、基床厚度和石料规格等因素，控制在抛石层厚的 10%~15%。

(2) 码头的抛石基床（顶层）爆炸夯实应普夯一遍次后，采用重锤复夯验收。

(3) 补夯处理：爆炸夯实后，基床顶面补抛块石的厚度超过 0.5m 且连续面积大于 30m²，补抛后应补爆或用重锤补夯。

(4) 基床爆夯应符合现行行业标准《水运工程爆破技术规范》（JTS 204）的有关规定。

1.3.4 沉桩（PHC 桩、方桩、钢管桩）

1.3.4.1 一般要求

(1) 桩的规格及质量应满足设计要求，并有相应质量检验资料

和产品合格证。

(2) 沉桩前应进行下列工作：结合基桩允许偏差，校核各桩是否相碰；根据选用船机性能、桩长和施工时水位变化情况，检查沉桩区泥面标高和水深是否符合沉桩要求；检查沉桩区有无障碍物；沉桩区附近建筑物和沉桩施工互相有无影响。

(3) 选择满足要求的施工船舶，外海、工况恶劣情况下应选择抗风浪能力强、稳定性好的施工船舶。

(4) 沉桩区需先行挖泥时，应根据具体情况间歇一定时间后沉桩。

(5) 高桩码头以贯入度控制为主、标高校核的端承桩限制使用PHC桩。高桩码头在进行试桩或采取新的沉桩工艺（如引孔沉桩等），确认不会产生纵横向裂缝，并制定详细的保障措施，经专家论证后，方可使用。

(6) 重力式码头后轨桩基禁止使用PHC桩。

1.3.4.2 施工工序如图 2.3.5-1 所示。

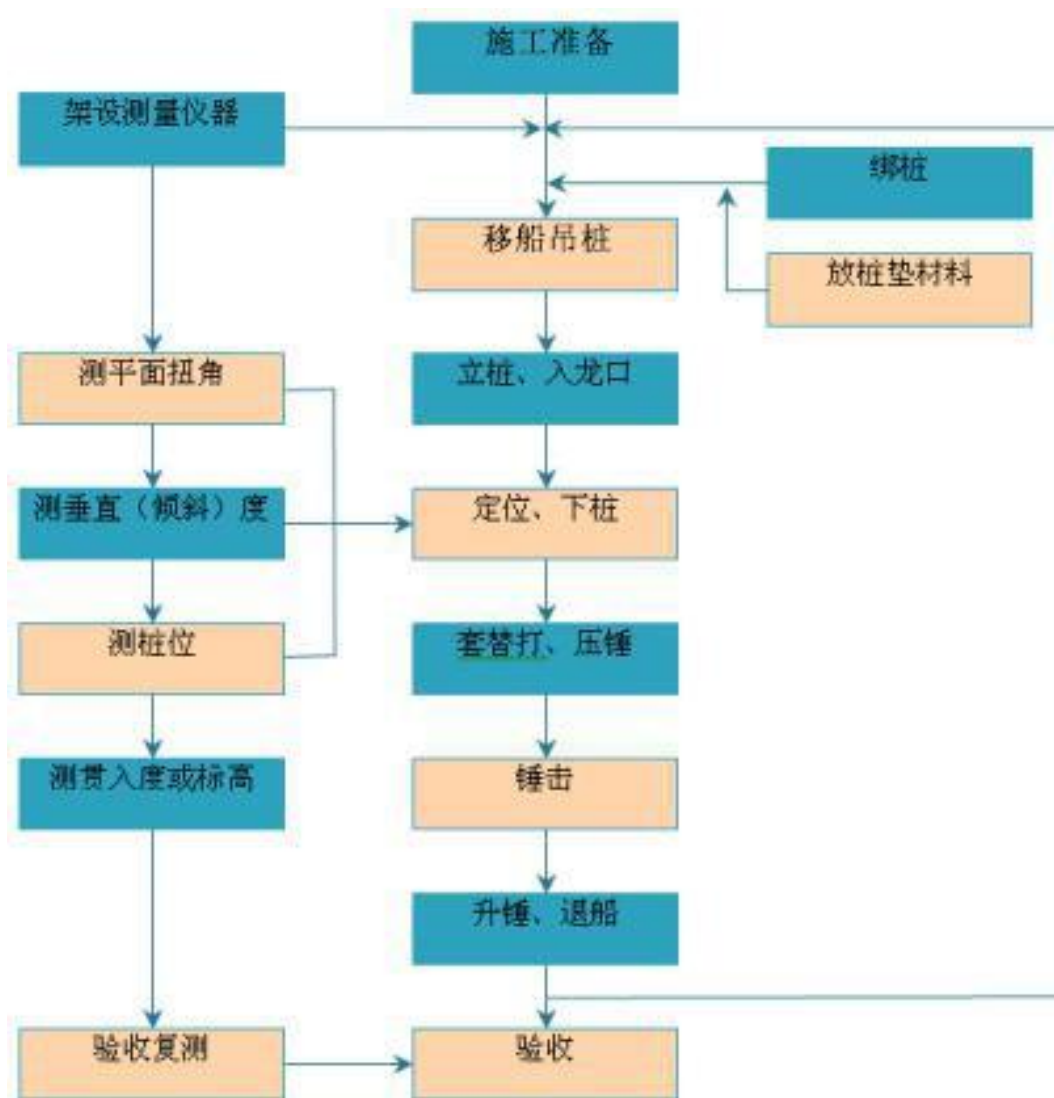


图 2.3.5-1 预制桩沉桩工艺流程图

1.3.4.3 施工要点

- (1) 施工前应编制沉桩施工顺序图。
- (2) 沉桩施工前应进行试沉桩，确定合理的停锤标准。
- (3) 锤型选择应根据地质、桩身结构强度、桩的承载力和锤的性能确定，并结合试桩情况确定沉桩停锤标准。
- (4) 沉桩定位前，根据设计的桩位布置图，布置好施工基线，计算出基线上控制点与桩连线的方位角，用交会法或 GPS 定位法进行，采用 GPS 定位法施工时，要用常规测量方法校核 GPS 打桩定位

系统的准确性。

(5) 斜坡上沉桩，下桩时应根据实际情况，桩位向岸测增加一定的提前量。

(6) 沉桩时对有涂层保护的基桩应采取有效的保护措施。

(7) 沉桩遇土层异常情况时，应会同提交设计单位研究处理，必要时进行补充钻探，摸清土层实际情况。及时形成异常桩处理相关正式文件。

(8) 沉桩时要采取以下措施减少偏位：

①在安排工程进度时，避开在强风盛行季节沉桩，当风、浪、水流超过规定时停止沉桩作业；

②要防止因施工活动造成定位基线走动，要及时开动平衡装置和松紧锚缆，以维持打桩架坡度、防止打桩船走动；

③斜坡上打桩和斜桩施打应确定合理的打桩顺序，采取恰当的偏离桩位下沉，以保证沉桩完毕后的最终位置符合设计规定，并采取削坡和分区跳打桩的方法，防止岸坡滑动。

(8) 沉桩停锤标准控制：

①端承桩应控制桩尖标高和打桩最后贯入度（即“双控”）。

②锤击沉桩控制应根据地质情况、设计承载力、锤型、桩型和桩长综合考虑。

③在黏性土中沉桩，以标高控制为主，贯入度可作校核，桩尖在砂性土层或风化岩层时，以贯入度控制为主，标高作校核。

(9) 桩的裂损控制：在沉桩以前，要检查所用的桩是否符合规

范规定的质量标准，是否设置减压孔。在沉桩过程中，选用合适的桩锤、合适的冲程、合适的桩垫材料，要随时查看沉桩情况，如锤、替打、桩三者是否在同一轴线上，贯入度是否有异常变化，桩顶碎裂情况等。桩下沉结束后，要检查桩身完好情况。

(10) 沉桩结束后应及时夹桩：

①应根据受力情况进行夹桩设计，必要时应作现场加载试验。对于管桩宜采用型钢与木材组合。夹桩螺栓和垫板应符合现行行业标准《码头结构施工规范》（JTS215）、《码头结构设计规范》（JTS 167）。

②当有台风、大浪和洪峰等预报时，应检查夹桩设施是否牢固可靠，并采取必要的加固措施。

③当施工荷载较大，可采用吊挂式夹桩，桩距较大且桩顶标高距施工水位较小时，可采用钢梁或上承式桁架结构。并根据施工荷载，对钢梁、桁架、吊筋螺栓及其部件进行设计。

(11) 接桩及截桩

①接桩的具体形式和施工要求按设计文件规定进行。

②对高出设计标高部分要及时截除桩头，以免影响周边桩的施工作业。桩头应切割截除，断面应力求平整，减少破损，其中混凝土桩顶超高部分应采用混凝土切割机切割 2 个截面，人工从上截面凿桩或吊移后用凿子凿至下截面。

(12) 在沉桩施工过程中，严禁拉桩和带缆。

(13) 钢管桩夹桩及上部结构等施工过程中，应采取涂层保护措施。

1.3.4.4 质量控制

(1) 沉桩贯入度或桩尖标高应满足设计要求。当沉桩不能满足标高控制或贯入度控制或出现控制贯入度超过打桩锤使用极限时，应及时会同设计、监理等单位研究处理。

(2) 根据规范和设计要求进行桩基检测和桩位测量。沉桩施工质量应满足现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)、《码头结构施工规范》(JTS 215) 有关规定。

1.3.3 灌注桩

1.3.3.1 一般要求

(1) 有关技术文件和施工方案已编制完成并经审核。

(2) 施工技术人员与作业班组进行质量安全交底。

(3) 钢筋、水泥、砂、碎石、泥浆等材料均已到场并通过检验。

泥浆循环系统已完成，拌制的泥浆经检验符合规范要求。

(4) 钢筋笼应在钢筋加工场集中制作，宜采用自动滚焊机加工。

钢筋笼加工应在胎架上进行，条件具备时可整体制作，也可分节制作。制作好的钢筋笼应单层平整堆放。钢筋笼制作宜增设“十字撑”或“三角撑”。

(5) 声测管应具有一定的强度、韧性及刚度，宜采用内径为 43~60mm 的钢管，接头应采用螺纹连接或焊接；声测管安装前应对管内通畅、管壁完好、管底密封等情况进行检查；声测管应焊接或绑扎在钢筋笼内侧，焊接或绑扎点间距宜不大于 2m；声测管应顺直且平行。声测管底部应与检测构件底部齐平，管的顶部应高出检测工作面

30cm 以上。

(6) 施工放样已完成，精度满足规范要求。

(7) 按照设计资料提供的地质剖面图，选用适当的钻机设备，并对主要机具的安装、配套设备的就位以及水电供应的接通等钻孔各项准备工作进行检查。

(8) 钻孔灌注桩水上施工平台应编制专项施工方案，并经专家论证。平台应具有安全生产设施，并设立航行警示标志和必要的防撞设施。搭设过程应形成检查和验收记录。

(9) 灌注桩施工区宜按“三线一面”规范布置（三线：所有泥浆池前后沿防护标杆设置在同一直线上（图 2.3.6-1）；所有桩机按同一方向摆放且在同一直线上（图 2.3.6-2）；现场值班室、导管堆放区、护筒堆放区、氧气乙炔库等区域设置在同一直线上（图 2.3.6-3）。一面：现场整个灌注桩施工区域总体地面平整，道路平直，场区干净整洁（图 2.3.6-4））。



图 2.3.6-1 所有泥浆池前后沿防护标杆设置在同一直线上



图 2.3.6-2 所有桩机按同一方向摆放且在同一直线上,进场时统一着色



图 2.3.6-3 现场值班室、导管堆放区、护筒堆放区、氧气乙炔库等区域设置在同一直线上



图 2.3.6-4 现场整个灌注桩施工区域总体地面平整,道路平直,场区干净整洁

(10) 现场设置灌注桩施工工艺图、风险告知牌、桩机编号牌、操作规程牌、冲孔记录牌及安全警示标识牌等,如图 2.3.6-5~图 2.3.6-7 所示。



图 2.3.6-5 灌注桩施工工艺图、风险告知牌



图 2.3.6-6 桩机编号牌、操作规程牌、冲孔记录牌



图 2.3.6-7 安全警示标识牌

(11) 桩机顶上的防护棚采用统一的帆布加固，如图 2.3.6-8 所示。



图 2.3.6-8 统一的帆布加固

1.3.3.2 施工工序如图 2.3.6-9 所示。

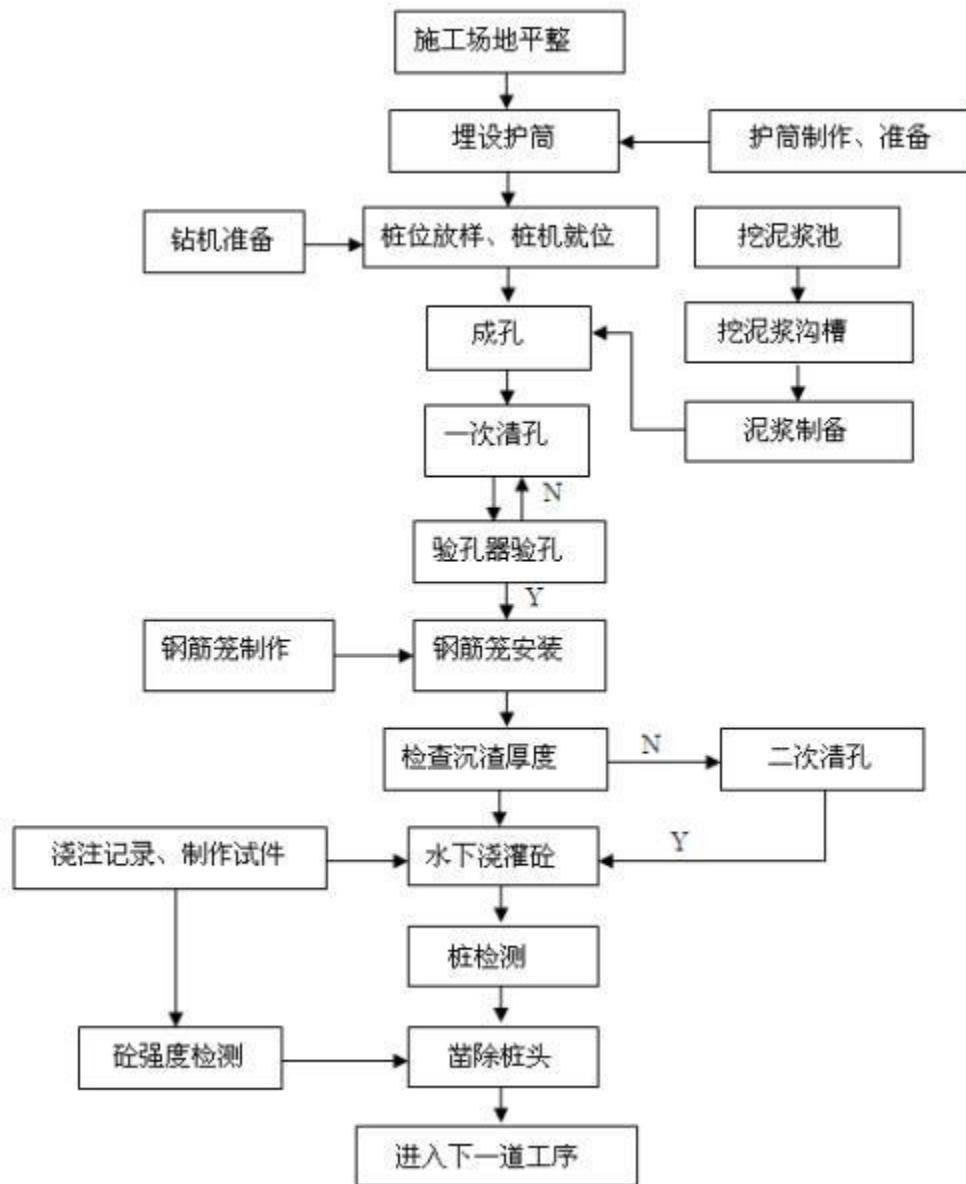


图 2.3.6-9 灌注桩施工工艺流程图

1.3.3.3 施工要点

(1) 护筒宜采用钢板焊接。钢护筒应具有一定的强度和刚度，壁厚应符合设计要求和综合考虑下沉深度、护筒长度、直径、地质条件和下沉工艺因素，并宜在端部加强；中小孔径壁厚不宜小于 8mm，深水复杂地质及大孔径壁厚不应小于 12mm。护筒制作宜在工厂内完成，特殊情况下，小型钢护筒可在现场制作。钢护筒制作完成后，应按设计和规范要求对焊缝质量进行检测。

(2) 护筒内径根据护筒长度、设计桩径和钻机的性能等因素确定，并不宜大于设计桩径 300mm。水上嵌岩桩桩孔施工用的钢护筒内径根据工程具体情况、地址状况和施工条件等因数确定，宜大于钻头直径 70~100mm。

水中布设的护筒顶高程应高出施工期最高潮位或水位 1.5 ~ 2 m，并应考虑风浪的影响。陆域护筒顶高程应高出作业面 300mm 以上，并应高出地下水位 1.5~2 m。护筒埋设深度应综合考虑施工区域、地质条件、护筒使用功能和稳定要求等因素，通过计算比较确定。进入不透水层或较密实的砂卵石层的护筒长度不宜小于 1.0m。

(3) 除在岩石和全粘土层中成孔或采用全护筒护壁成孔外，成孔均应采用泥浆护壁。

(4) 泥浆性能指标应符合《码头结构施工规范》(JTS215)附录 L 要求。桩径为 1800mm 及以上的灌注桩施工，应加设泥浆分离器，如图 2.3.6-10 所示。设置泥浆沉淀池，分沉淀和循环两个池。



图 2.3.6-10 泥浆分离器

(5) 成孔设备可根据地质条件、设计孔深、孔径、水深和钻机距孔内泥浆面的高度等因素确定。当采用冲击钻机时，钻头宜采用十字型，开始时应低锤密击、钻孔达到一定深度后可正常冲击，但最大冲程不宜超过 4-6 米，并应防止空锤。当冲击表面为倾斜岩面或有漂石时，应投入粘土夹小片石，将表面垫平后再冲击成孔。

(6) 钻孔应连续进行，当遇到特殊情况需停钻时，应提出钻头，并采取措施，保持孔壁稳定。

(7) 成孔过程中，出现护筒变形、塌孔、偏斜、卡钻和掉钻等情况时，应及时采取补救措施。

(8) 群桩同时钻孔时，相邻钻孔应保持一定间隔。当已浇筑混凝土桩的强度未达到 5MPa 时，不应在相邻孔位进行钻孔。

(9) 终孔后应立即进行清孔。

(10) 清孔后应及时准确吊装就位，下放钢筋笼时应防止碰撞孔壁，并沉放到底。当下放困难时，应查明原因，不得强行下放。

(11) 钢筋笼就位后，应采取适当措施将其固定，防止混凝土浇

筑过程中钢筋笼上浮。

(12) 水下混凝土应采用导管灌注。首批混凝土的埋管深度不得小于 1.0m，混凝土浇筑过程中，埋管深度宜为 2.0-6.0m。整根灌注桩的混凝土应连续浇筑。

(13) 孔内混凝土面的高度应及时测量，灌注结束时，灌注的桩顶高程应高出设计高程 0.5m 以上。当存在地质较差、孔内泥浆密度过大、桩径较大的情况时，应适当提高超灌高度。

(14) 应严格按设计及规范要求预留凿桩高度，同时，应采用切割机切割两个截面，切割后对桩顶进行凿除。经凿除后的桩顶混凝土应有完整的桩形，不得有浮浆、裂缝或夹渣。

1.3.3.4 质量控制

(1) 在钻孔过程中，应检测泥浆性能指标，每工班检测不得少于一次；土层变化时，应增加次数。

(2) 灌注桩混凝土的原材料、配合比设计应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTJ268）的有关规定。

(3) 当混凝土中掺粉煤灰时，应符合现行行业标准《港口工程粉煤灰混凝土技术规程》（JTJ/T273）的有关规定。

(4) 灌注桩成孔后应逐孔进行检测，包括孔位偏差、孔深、孔径、孔的垂直度、孔底成渣厚度和浇注前孔内泥浆的主要指标等。

(5) 成孔后的孔深，以摩擦力为主的桩，应达到设计标高；以端承力为主的桩，应比设计深度超深 50mm，当发现持力层与设计条件不符时，应由设计单位重新确定终孔标高。

(6) 混凝土浇筑前孔底成渣厚度，以摩擦力为主的桩，不得大于 100mm；以端承力为主的桩，不得大于 50mm；对抗拔、抗水平力桩，不得大于 200mm。

(7) 浇筑混凝土前，孔内泥浆的相对密度应符合设计规定。当设计无规定时，宜为 1.10~1.20，含砂率宜为 4%~6%，稠度宜取 20~22s。

(8) 桩身砼完整性检测数量为 100%桩数，检测方法可采用低应变动力检测法或超声波检测法，同时应符合《福建省交通质监局关于加强公路水运工程基桩检测管理工作的通知》（闽交质监〔2015〕75号）规定。

(9) 桩身砼达到设计强度后，按桩的总数抽取 1%~3%且不少于 3 根进行钻芯取样检测。检测首先抽取砼浇筑异常和完整性检测异常的桩。

(10) 灌注桩混凝土检测和桩身混凝土完整性检测应符合现行行业标准《港口工程荷载规范》（JTS 144-1）、《码头结构施工规范》（JTS215）、《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151）、《水运工程混凝土施工规范》（JTS202）、《水运工程质量检验标准》（JTS 257）、《港口工程桩基动力检测规程》（JTJ 249）等相关规定。

1.4 软基处理

1.3.2 地基预压

1.3.2.1 一般要求

(1) 地基预压的检测仪器和观测装置数量、精度和位置应满足

设计要求。

(2) 地基预压的总荷载应满足设计要求。

①堆载预压分级荷载的堆载高度偏差不应大于本级荷载折算堆载高度的 5%，最终堆载高度不应小于设计总荷载的折算高度。

②真空预压膜下稳定真空度不应低于设计要求。

(3) 地基预压后卸载前固结度和沉降速率应满足设计要求。

(4) 地基预压后的卸载应满足设计要求。

(5) 施工前应进行地基预压典型施工以确定施工参数，施工方案编制、报批后方可施工。

1.3.2.2 施工工序

地基预压（排水固结）常见工艺：堆载预压法、真空预压法。

(1) 堆载预压法主要工序如图 2.4.1-1 所示。

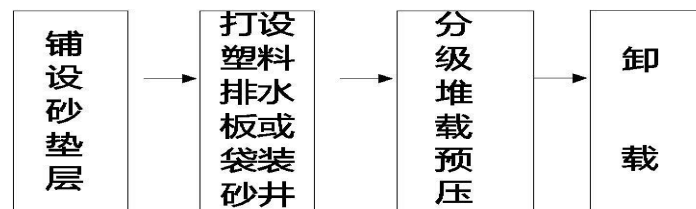


图 2.4.1-1 堆载预压法施工工序

(2) 真空预压法主要工序如图 2.4.1-2 所示。

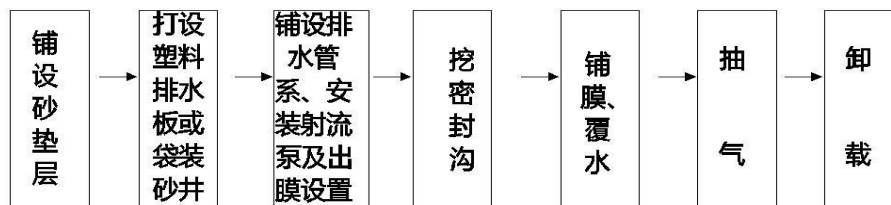


图 2.4.1-2 真空预压法施工工序

1.3.2.3 施工要点

(1) 堆载预压法

①砂井的灌砂量、应按井孔的体积和砂在中密状态时的干密度计算。套管法施工的砂井，灌砂率不得小于计算值的 **85%**，对于袋装砂井不得小于 **95%**。灌入砂袋中的砂宜是干砂，并应灌制密实。袋装砂井打设后，至少露出砂垫层 **50cm**。

②塑料排水板和袋装砂井施工时，宜配置能检测其深度的设备。

③塑料排水板在现场应妥加保护，防止阳光照射、破坏或污染，破损或污染的塑料排水板不得在工程中使用。

④打设塑料排水板前，应先根据图纸放出桩位，并做好标记，同时要在打设导杆或打设架上刻画明显打设长度标记。

⑤塑料带滤水膜在转盘和打设过程中应避免损坏，防止淤泥进入带芯堵塞输水孔、影响塑料带的排水效果。

⑥塑料带与桩尖锚碇要牢固，防止拔管时脱离，将塑料带拔出。

⑦桩尖平端与导管下端要连接紧密，防止错缝，以免在打设过程中淤泥进入导管，增加对塑料带的阻力，或将塑料带拔出。

⑧塑料排水板施工所有套管应保证插入地基中的排水板不扭曲。塑料排水板需接长时，应采用滤膜内芯板搭接的连接方式，搭接长度宜大于 **20cm**。

⑨塑料排水板打设后，至少应露出砂垫层顶面 **50cm**。孔周边塌陷的漏斗应及时用砂填满，以确保其与垫层有可靠连通，同时避免抽真空时漏斗处下陷。

⑩对堆载预压工程，在加载过程中应根据设计要求进行软基监测，并根据监测结果控制加载速率。

(2) 真空预压法

①抽气设备宜采用射流泵，空抽时应达到 95KPa 以上的真空吸力，密封膜应采用抗老化性能好、韧性好、抗穿刺能力强的不透气塑料膜。

②铺膜前，要认真清理平整砂垫层，拣除贝壳及带尖角石子，填平打设排水通道时留下的孔洞。一般采用两层膜，每层膜铺好后要认真检查和修补破损处，符合要求后再铺下一层，膜上应覆水。

③真空预压法要保证处理场地的气密性（包括采取必要的隔断措施）。

④在满足真空度要求的条件下，应连续抽气，当沉降稳定后，方可停泵卸载。

1.3.2.4 质量控制

(1) 塑料排水板应在现场随机抽样进行性能指标的测试，其性能指标包括纵向通水量、整带复合体抗拉强度、滤膜抗拉强度、滤膜渗透系数和等效孔径等。

(2) 塑料排水板应符合设计提出的质量要求，塑料排水板施工质量应符合现行行业标准《水运工程塑料排水板应用技术规程》（JTS 206-1）的有关规定。

(3) 对不同来源的砂井和砂垫层砂料，应取样进行颗粒分析和渗透性试验。

(4) 对于以抗滑稳定性控制的重要工程，应在预压区内选择代表性地点预留孔位，在加载不同阶段进行原位十字板剪切试验和取土

进行室内土工试验。

(5) 对预压工程，应进行地基竖向变形、侧向位移和孔隙水压力等项目的监测。

(6) 真空预压工程除应进行地基变形、孔隙水压力监测外，尚应进行膜下真空度和地下水位的量测。

1.3.3 强夯

1.3.3.1 一般要求

(1) 熟悉施工图纸，理解设计意图，掌握各项参数，现场实地考察，定位放线。

(2) 施工前应查明施工区域周围及场地范围内的地下构筑物及地下管线的位置和标高等，并采取必要有效措施加以保护。

(3) 施工场地应平整，并能承受强夯机械的重力。

(4) 施工前，应在场地有代表性的场地进行试夯或试验性施工，以取得必要的施工参数。施工方案编制、报批后方可施工。

1.3.3.2 强夯法施工工序

(1) 强夯施工工序如图 2.4.2-1 所示。

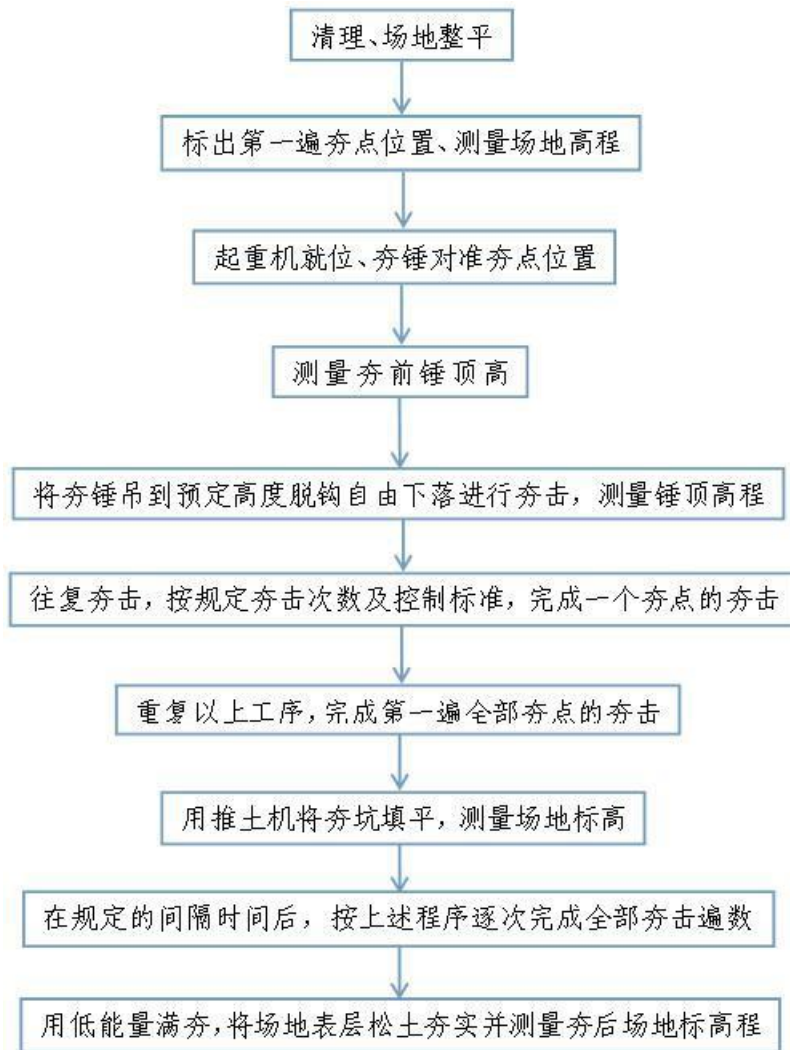


图 2.4.2-1 强夯法施工工序

1.3.3.3 强夯施工要点

(1) 做好强夯地基的地质勘察，对不均匀土层适当增多钻孔和原位测试工作，掌握土质情况，作为制定强夯方案和比对夯前、夯后加固效果之用。

(2) 施工前查明施工区域及周边的地下工程。当土质松软或地下水位较高影响施工时，应采取措施将水位降低至坑底面以下 2m，坑内及场地积水应及时排除。

(3) 强夯前应平整场地，周围作好排水沟，按夯点布置测量放线确定夯位。

(4) 当强夯施工所产生的震动对邻近建筑物或设备产生有害的影响时，应设置监测点，并应采取挖隔振沟等隔振或防振措施。

(5) 夯击时应按试验和设计确定的强夯参数进行，落锤应保持平稳，夯位应准确，夯击坑内积水应及时排除。

(6) 对于高饱和度的粉土、粘性土和新饱和填土，进行强夯时，难以控制最后两击的平均夯沉量在规定的范围内时，可采取：

①适当将夯击能量降低。

②将夯沉量差适当加大。

③填土采取将原土上的淤泥清除，挖纵横盲沟，以排除土内水分，同时原土上铺 50cm 的砂石混合料，以保证强夯时土内的水分排除，在夯坑内回填块石、碎石等粗颗粒材料，进行强夯置换等。

(7) 做好施工过程中的检测和记录工作，包括检查夯锤重和落距，对夯点放线进行复核，检查夯坑位置，按要求检查每个夯点的夯击次数和每击的夯沉量等。

1.3.3.4 强夯法质量控制

(1) 开工前应检查夯锤的重量、尺寸、落距，确保单击夯击能量符合设计要求。

(2) 每一遍夯击前，应对夯点放线进行复核，夯完后检查夯坑位置，发现偏差或漏夯及时纠正。

(3) 按设计要求检查每个夯点的夯击次数和每击的夯沉量。

(4) 强夯施工完成后，应间隔一定时间对强夯效果进行检验。对于碎石土和砂土地基，间隔时间可取 7~14d，对低饱和度的粉土

和黏性土地基可取 14~28d。

1.3.3.5 强夯置换法施工工序

(1) 强夯置换法施工工序如图 2.4.2-2 所示。

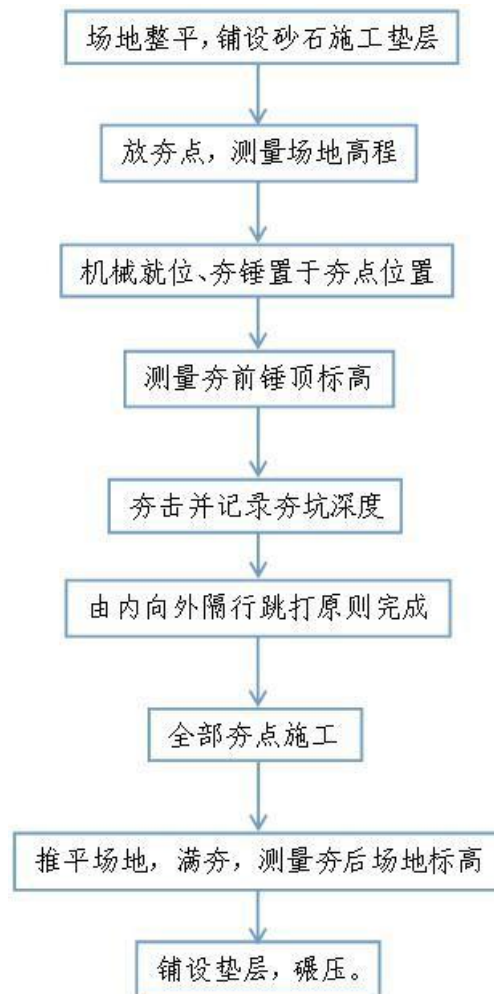


图 2.4.2-2 强夯置换法施工工序

1.3.3.6 强夯置换法施工要点

强夯置换施工要点参见本指南 2.4.2.3 款的强夯施工要点。

1.3.3.7 强夯置换法质量控制

强夯置换质量控制除参见本指南 2.4.2.4 款的强夯法质量控制要求外, 对强夯置换尚应检查置换深度, 强夯置换效果检验间隔时间可取 28d。

1.3.1 振冲法

1.3.1.1 一般要求

(1) 振冲填料的粒径及级配应满足设计要求，填料中的含泥量不应大于 5%。

(2) 振冲施工过程中的密实电流、供水压力、供水量、填料量、孔底留振时间和振动器施工参数等应满足振冲试验施工所确定的参数。

(3) 振冲后的地基强度或地基承载力的检测数量及结果应满足设计要求。

(4) 施工前，应进行振冲典型施工以确定施工参数，施工方案编制、报批后方可施工。

1.3.1.2 施工工艺

振冲法施工工艺分为振冲换置法、振冲密实法。

(1) 振冲换置法工序如图 2.4.3-1 所示。



图 2.4.3-1 振冲换置法工序

(2) 振冲密实法工序如图 2.4.3-2 所示。



图 2.4.3-2 振冲密实法工序

1.3.1.3 施工要求

(1) 施工前先进行振冲试验，以确定成孔合适的水压、水量、成孔速度及填料方法等；达到土体密实时的密实电流、填料量和留振

时间等。

(2) 填料和振料方法：一般采取成孔后，将振冲器提出少许，从孔口往下填料，填料从孔壁间隙落下，边填边振，直至该段振实，然后将振冲器提升 0.5m，再从孔口往下填料，逐段施工。

(3) 施工现场应事先开设泥水排放系统，或组织好运浆车辆将泥浆运至预先安排的存放地点，应尽可能设置沉淀池重复使用上部清水。

(4) 加固区的振冲桩施工完毕后，在振冲最上 1m 左右时，由于覆压力小，桩的密实度难以保证，故宜挖除，另做垫层，或另用振动碾压机进行碾压密实处理。

1.3.1.4 质量控制

(1) 施工前检查振冲器的性能；电流表、电压表的准确度，填料表的性能。

(2) 施工中应检查密实电流、供水压力、供水量、填料量、孔底留振时间、振冲点位置、振冲器施工参数等。

(3) 施工结束后应在有代表性的地段地基强度（标准贯入度、静力触探）或地基承载力（单桩静载荷或复合地基静载）检验。

(4) 振冲施工结束后，除砂土地基外，应间隔一定时间方可进行质量检验。对粘土性地基，间隔时间为 3~4 周；对粉土地基为 2~3 周。

1.3.2 高压旋喷桩

1.3.2.1 一般要求

(1) 施工前，应对照设计图纸核实设计孔位处有无妨碍施工和影响安全的障碍物。如遇障碍物影响施工时，则应与有关单位协商清除或搬移障碍物或更改设计孔位。

(2) 高压旋喷桩方案确定后，应结合工程情况进行现场试验、试验性施工确定施工参数及工艺，施工方案报批后方可施工。

1.3.2.2 施工工序如图 2.4.4-1 所示。

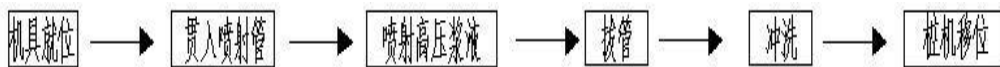


图 2.4.4-1 高压旋喷桩施工工序

1.3.2.3 施工要点

(1) 施工前应根据现场环境和地下埋设物的位置等情况，复核高压喷射注浆的设计孔位。

(2) 高压旋喷桩的施工参数应根据土质条件、加固要求通过试验确定，并在施工中严格加以控制。

(3) 对于无特殊要求的工程宜采用强度等级为 32.5MPa 及以上普通硅酸盐水泥。根据需要，可在水泥浆中分别加入适量的外加剂和掺合料。所用外加剂或掺合剂的数量，应通过试验确定。

(4) 在插入旋喷管前，应先检查高压水与空气喷射情况，各部位密封圈是否封闭，插入后先做高压水射水试验，合格后方可喷射浆液。

(5) 喷嘴直径、提升速度、旋喷速度、喷射压力排量等旋喷参数应根据现场试验确定。

(6) 喷射时，先应达到预定的喷射压力、喷浆量后再逐渐提升

注浆管。中间发生故障时，应停止提升和旋喷。

(7) 高压喷射注浆完毕，应迅速拔出喷射管。为防止浆液凝固收缩影响桩顶高程，必要时可在原孔位采用冒浆回灌或第二次注浆等措施。

1.3.2.4 质量控制

(1) 水泥和外加剂的品种和质量，水泥浆的水灰比应满足设计要求。

(2) 旋喷桩的完整性检查和地基承载力检查的数量及结果应满足设计要求。

(3) 旋喷桩施工的程序、压力、注浆量、提升速度及旋转速度应满足施工参数的要求。

(4) 竖向承载旋喷桩地基竣工验收时，承载力检验应采用复合地基载荷试验和单桩载荷试验。

(5) 荷载试验应在桩身强度满足试验条件时，并宜在成桩 28d 后进行。

1.3.3 水泥搅拌桩

1.3.3.1 一般要求

(1) 施工前应熟悉图纸，按照设计图纸布置桩位。

(2) 合理选择施工机械和原材料，并对原材料进行严格控制。

(3) 水灰比和每立方水泥搅拌桩拌合体的水泥用量应满足设计要求和经试验段施工所确定的参数。

(4) 搅拌头的转速、贯入及提升速度、着底电流和水泥浆流量

等应符合试验段施工所确定的工艺参数。

(5) 每组搅拌桩的成桩过程都应有技术参数的完整记录，施工中应随时检查。

(6) 施工前应进行试桩施工以确定施工参数，施工方案编制、报批后方可施工。

1.3.3.2 施工工序如图 2.4.5-1 所示。

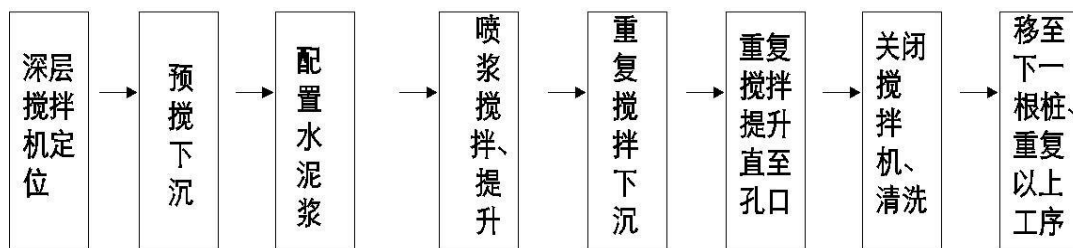


图 2.4.4-1 水泥搅拌桩施工工序

1.3.3.3 施工要点

(1) 水泥搅拌桩施工现场事先应予以平整，应清除地上和地下的障碍物，遇有明坑、池塘及洼地时，应抽水和清淤，回填黏性土料并予以压实。

(2) 水泥搅拌桩施工前应根据设计进行工艺性试桩，数量不得少于 3 根，多头搅拌不得少于 3 组。应对工艺试桩的质量进行必要的检验。施工前应确定搅拌机械的灰浆泵输送量、灰浆输送管到达搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工工艺参数。

(3) 施工中应保持搅拌桩机底盘的水平和导向架的竖直，搅拌桩的垂直偏差不得超过 1%；桩位的偏差不得大于 50mm；成桩直径和桩长不得小于设计值。

(4) 竖向承载搅拌桩施工时，停浆(灰)面应高于桩顶设计标高

300~500mm。在开挖基坑时，应将桩顶以上 500mm 土层及搅拌桩顶端施工质量较差的桩段用人工挖除。

(5) 搅拌机喷浆提升的速度和次数应符合施工工艺和规范要求。

1.3.3.4 质量控制

(1) 陆上水泥搅拌桩桩体现场钻孔取样的取芯率应大于 85%，芯样试件的无侧限抗压强度平均值不应低于设计抗压强度标准值。

(2) 陆上水泥搅拌桩复合地基单桩承载力应满足设计要求。

(3) 水下水泥搅拌桩桩体现场钻孔取样的取芯率不应低于 80%，芯样试件的无侧限抗压强度平均值应大于设计抗压强度标准值。变异系数宜小于 0.35，最大不得大于 0.5。

(4) 水下水泥搅拌桩桩体的位置、范围和形式应符合设计要求。拌合体单桩位置偏差不应大于 50mm，允许垂直度偏差 $\leq 1\%$ 。

(5) 水下深层水泥拌合体的强度标准值对应的龄期宜取 90d 或 120d，并满足设计要求。

(6) 地基加固后，在上部结构施工后和后方回填过程中以及工程开始使用一定时期时，应在上部结构和加固体内埋设测斜仪、沉降仪、设置平面位移和沉降观测点，对建筑物和加固体的沉降位移及倾斜等进行观测。

1.3.4 碎石（砂）桩

1.3.4.1 一般要求

(1) 拆除障碍物，平整场地，规划好施工场地平面位置。

(2) 施工前认真熟悉图纸，按照设计图纸布置桩位。

(3) 合理选择施工机械和原材料，并对原材料进行严格控制。

(4) 施工前应进行试桩施工，以确定施工参数，施工方案编制、报批后方可施工。

1.3.4.2 施工工序如图 2.4.6-1 所示。

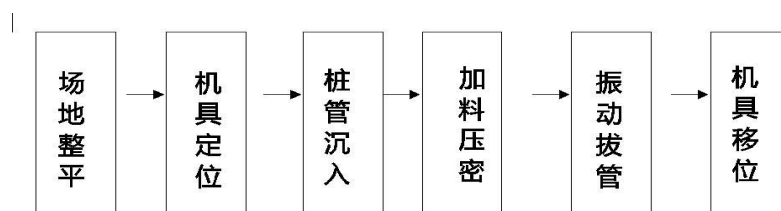


图 2.4.6-1 碎石（砂）桩施工工序

1.3.4.3 施工要点

(1) 砂采用一定级配的中、粗、砾砂，含泥量不得大于 3%，有机质含量不得大于 5%；碎石料应采用未风化的干净碎石或砾石，粒径应满足施工规范要求，最大粒径不得大于 50mm，含泥量不大于 5%。

(2) 桩长、灌砂（碎石）量、桩身密实度、桩间土加固效果及地基承载力满足施工规范要求。

(3) 采用振冲法造孔时，遇到软土地基，采用“先护壁，后制桩”的施工方法，即在振冲开孔达到第一层软弱层时，加适量填料进行初步挤振，将填料挤到软弱层周围，以加固孔壁，再用同样的方法处理第二层、第三层等。

(4) 造孔时，如土层中夹有硬层时，应适当进行扩孔，即在硬层中将振冲器往复上下多次，使孔径增大以便于填料。

(5) 采用打入或振动沉入桩管时，应采用铅锤法随时检查桩管在两个方向的垂直度。

(6) 置换料灌入时应连续，应先灌料后拔管，避免出现缩颈导致断桩。

(7) 施工参数应符合方案要求。

1.3.4.4 质量控制

(1) 砂、碎石的质量和规格应满足设计要求。

(2) 砂桩、碎石桩的底标高应满足设计要求，灌砂或灌石量不应低于设计灌入量。

(3) 挤密砂桩、碎石桩地基强度或地基承载力的检验数量及结果应满足设计要求。

1.4 防波堤与护岸

1.2.9 地基与基础

1.2.9.1 一般要求

(1) 防波堤及护岸施工前应进行海床测量，以准确掌握海底地形变化情况，并据此计算、复核工程数量和施工过程中控制抛填高程。

(2) 在软土地基上修建的防波堤，需要进行基础处理。

(3) 直立式防波堤及护岸的地基与基础处理应符合本指南 2.3 节的相关规定。

1.2.9.2 施工工序

(1) 换填法施工工序

①换填砂垫层施工工序如图 2.5.1-1 所示。

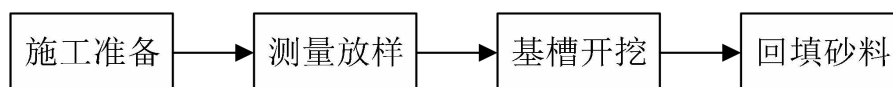


图 2.5.1-1 换填砂垫层施工工序

②土工织物垫层施工工序如图 2.5.1-2 所示。



图 2.5.1-2 土工织物垫层施工工序

③抛石挤淤施工工序如图 2.5.1-3 所示。

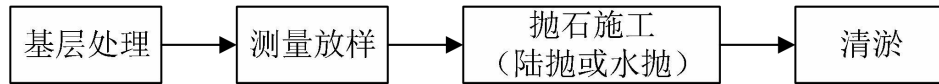


图 2.5.1-3 抛石挤淤施工工序

④爆破挤淤回填施工工序如图 2.5.1-4 所示。

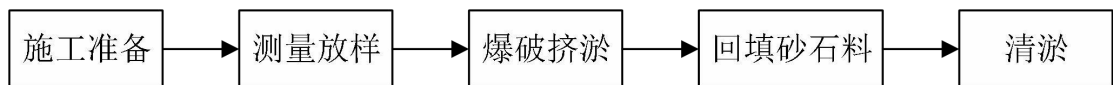


图 2.5.1-4 爆破挤淤回填施工工序

(2) 密实法施工工序

①排水固结法（堆载预压）施工工序如图 2.5.1-5 所示。

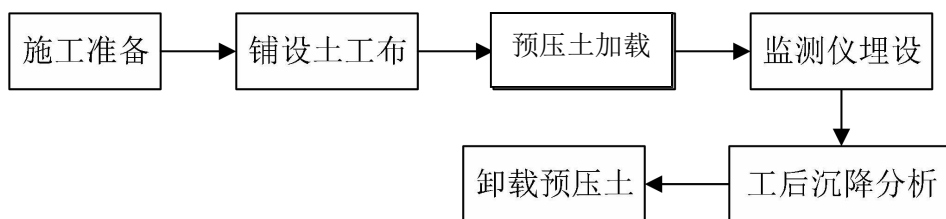


图 2.5.1-5 排水固结法（堆载预压）

②排水固结法（真空预压）施工工序如图 2.5.1-6 所示。

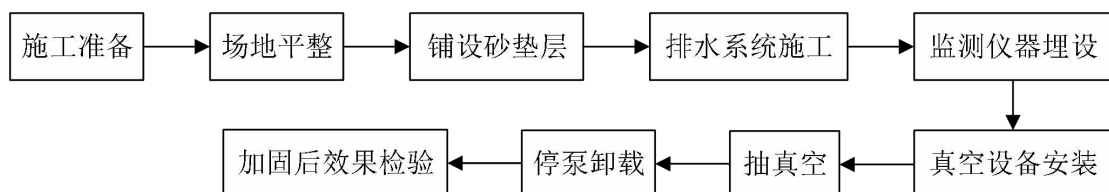


图 2.5.1-6 排水固结法（真空预压）施工工序

③强夯法

清理平整场地→确定夯点位置，测量高程→起重机就位→测量夯前锤顶标高→夯击→按设计控制标准及要求，完成一个夯点的夯击→重复以上工序，完成第一遍全部夯点的夯击→用推土机将夯坑填平，测量场地高程→在规定的间隔后，按上述程序逐次完成夯击遍数

→用低能量满夯→将场地表层松土夯实→测量夯后场地高程→交工。

④振冲法

a. 清理平整施工场地，布置桩位；

b. 施工机具就位，使振冲器对准桩位；

c. 启动水泵和振冲器，水压可用 400~600kPa，水量可用 200~400L/min，使振冲器徐徐沉入土中，直至达到设计处理深度以上 0.3~0.5m，记录振冲器经各深度的电流值和时间，提升振冲器至孔口；

d. 重复上一步骤 1~2 次，使孔内泥浆变稀，然后将振冲器提出孔口；

e. 向孔内倒入一批填料，将振冲器沉入填料中进行振密，此时电流随填料的密实而逐渐增大，电流应超过规定的密实电流，若达不到规定的密实电流值，应继续向孔内加入填料并振密，记录这一深度的最终电流量和填料量；

f. 将振冲器提出孔口，继续制作上部的桩段；

g.

重复步骤 e、f，自上而下地制作桩体，直至孔口；

h. 关闭振冲器和水泵。

⑤水泥深层搅拌法

施工前应对加固区进行现场调查，据调查收集的数据和钻孔选取的样品进行室内配合比等试验，确定施工方案以及初步确定水泥品种和掺量等施工参数，编制施工方案，做好施工前的准备工作。进行现场试验，验证修改室内配合比和施工参数，调整施工设备的性能，一切准备就绪后即可正式施工，严格施工管理和质量检测，及时整理竣

工资料。

1.2.9.3 施工要点

(1) 加固面积很大时，为加快加固进度、减少搭接区加固效果差的结合带，在允许的情况下分区的面积应尽可能大。

(2) 在设置水平排水体、竖向排水体之前直至卸荷之后的整个加固过程中，应根据进度安排，按拟定的间隔时间进行观测，并做好观测记录、绘制曲线和分析数据等工作。

(3) 在打设竖向排水体之前测定原地基表面的高程，并以此作为计算沉降量的基准。

(4) 对真空预压或真空预压联合堆载预压，为提高塑料膜铺设速度，应根据一次加固面积大小和搬运条件，将小幅塑料隔热合成宽幅的膜片，再成卷运往现场热合。

(5) 对堆载预压或真空预压联合堆载预压，在堆载和观测过程中，应严防将沉降盘碰斜或撞倒。一旦发生应及时扶正并进行补测，以免测值失真。

(6) 爆破挤淤填石置换的软基厚度宜取 4~12m，当置换软土地基厚度小于 4m 或大于 12m 时，应与其他地基处理方法比较后择优选用。

(7) 置换淤泥质软基的平面位置及深度均应进行施工期和竣工期检查。可选用体积平衡法、钻孔探摸法、探地雷达法等。

1.2.9.4 质量控制

防波堤或护岸的基础包括开挖基槽、抛砂垫层、打排水板、铺土

工格栅与基床抛石、夯实、整平等内容。在施工过程中应重点控制。

(1) 近岸基槽要分层开挖，每层厚度要符合施工组织设计，并满足规范和设计要求。

(2) 开挖基槽过程中应定期检查水位变动情况，开挖到设计标高的基槽应核对土质是否符合设计要求，并应及时组织验收。

(3) 抛砂垫层时，砂的规格及质量应满足设计要求。抛砂时应考虑水深、水流及波浪等对砂粒产生漂流的影响。

(4) 基床抛石宜采用开底驳船，首先石料质量符合设计和规范要求，其次抛石要在风、浪、流均较小时进行，应随抛随测量抛石顶面标高，严防超高；基床的夯实可采用锤夯、爆夯、自然沉降等方法；基床夯实好后，及时进行基床的整平工作。

1.2.7 堤身结构

1.2.7.1 一般要求

(1) 堤心石

①石料质量要求：斜坡堤堤心石石料的规格和质量应满足设计要求。石料的外观质量要求不成片状，无严重风化和裂纹。

②软土地基上的抛石顺序要求：当堤侧有块石压载层时，应先抛压载层，后抛堤身；当有挤淤要求时，应从断面中间逐渐向两侧抛填；当设计有控制抛石加荷速率要求时，应按设计要求设置沉降观测点，控制加荷间歇时间。

(2) 袋装砂

①袋体材料符合设计要求，袋装砂施工应符合现行行业标准《水

运工程土工合成材料应用技术规范》（JTJ239）的有关规定。

② 充填料应符合设计要求。

(3) 直立式防波堤及护岸的堤（墙）身结构应符合本指南 1.4 和 2.1 节的相关规定。

1.2.7.2 施工工序

(1) 堤心石施工工序如图 2.5.2-1 所示。

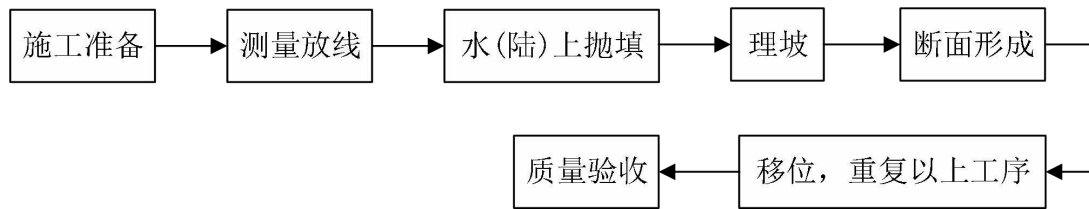


图 2.5.2-1 堤心石施工工序

(2) 袋装砂施工工序如图 2.5.2-2 所示。

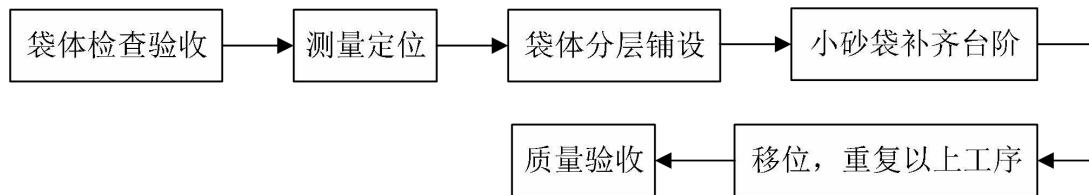


图 2.5.2-2 袋装砂施工工序

1.2.7.3 施工要点

(1) 当堤两侧有块石压载层时，应先抛压载层，后抛堤身。

(2) 当堤心抛石有挤淤要求时，应从堤身断面中部逐渐向两侧抛填。

(3) 当在土工织物加筋垫层或软体排上抛石时，应先抛填一层保护层，再按照有利于拉紧土工织物的顺序进行抛填。

(4) 对于有加载速率和间隔时间要求的抛填，应按设计要求控制加载速率和间隔时间。

(5) 水上抛填应考虑水深、水流和波浪等自然条件对块石产生

漂流的影响，宜通过试抛确定抛石船的驻位。当施工区域水深较深时，水下部分宜采用开体驳抛填，并应按照先粗抛、再细抛的原则施工。

(6) 当采用陆上推进法抛填时，浅水区域可一次推填到顶，深水区域应根据水深、地基土强度、波浪影响程度和设计要求，一次或多次推填到顶。

(7) 当采用爆炸排淤法抛填时，堤心石的抛填与爆炸排淤施工应符合现行行业标准《水运工程爆破技术规范》(JTS 204)的规定。

(8) 堤心两侧塞起的淤泥包，在进行下一工序施工前应予以清除。

(9) 每段堤心石抛填后，应及时理坡并覆盖垫层块石及护面层。堤心石的暴露长度不宜大于 50m。

(10) 堤心石坡面验收后，应按照设计要求的块石重量和厚度抛填块石垫层。

(11) 充填袋装砂前，对地基进行整平，应将地基有损织物的凸出物、杂物清除干净。

(12) 袋体充填应分层错缝铺放，不得有通缝。同层相邻袋体接缝处土工织物袋铺设时应预留收缩量，确保充填后两袋相互挤紧。

(13) 充填袋在铺设及充填过程中，若出现袋体损伤，应及时修复。

(14) 每层土工织物袋充填完成后，台阶用小型袋装砂补齐，并及时补好土工布，同时进行碎石及抛石、干砌石的填筑，以防波浪对土工织物袋的破坏。

1.2.7.4 质量控制

(1) 块石抛填及理坡后的实际断面线与施工控制断面线间的允许偏差应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS257)的相关规定。

(2) 当堤身结构为随机摆放的混凝土块体时,抛填块体前应先安放堤底两侧的压边块体。压边块体的边线与设计边线的偏差不应大于300mm。

(3) 当堤心为土工织物充填袋结构时,土工织物充填袋及土工织物倒滤层的施工应符合现行行业标准《水运工程土工合成材料应用技术规范》(JTJ239)的有关规定。

1.2.6 护面结构

斜坡式防波堤的护面层形式有:块石、栅栏板、扭王字块体、扭工字块体和四角锥体等。

1.2.6.1 一般要求

(1) 在进行护面结构的垫层和护面块体摆放的施工前,应先进进行局部护坡断面的典型施工,经检查典型施工质量均符合要求后,全面开展护面结构的垫层和护面块体摆放的施工。

(2) 安放人工块体前,应检查块石垫层厚度、块石重量、坡度和表面平整度。

(3) 人工块体应自下而上安放,底部的块体应与水下棱体接触紧密。

(4) 人工块体应紧靠挡浪墙。

1.2.6.2 施工工序如图 2.5.3-1 所示。

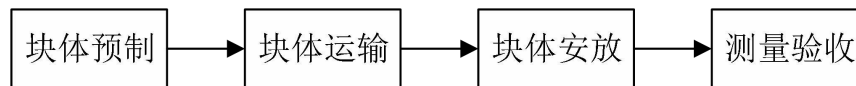


图 2.5.3-1 护面结构施工工序

1.2.6.3 施工要点

(1) 护面块体安放前，应对块石垫层进行检查和必要修整。护面块体应自下而上安放，底部块体应与水下棱体接触紧密。

(2) 安放方式应根据吊安设备吊距、起重能力确定。

(3) 在抛填垫层石过程中，应及时安放人工块体，并分段由下而上安放人工块体。

1.2.6.4 质量控制

(1) 扭工字块体的安放应符合下列规定：

①当采用定点随机安放时，应先按设计块数的 95% 计算网点的位置，并进行分段安放。安放完成后，应对块体的疏密情况进行检查和及时补充安放，如图 2.5.3-2 所示。

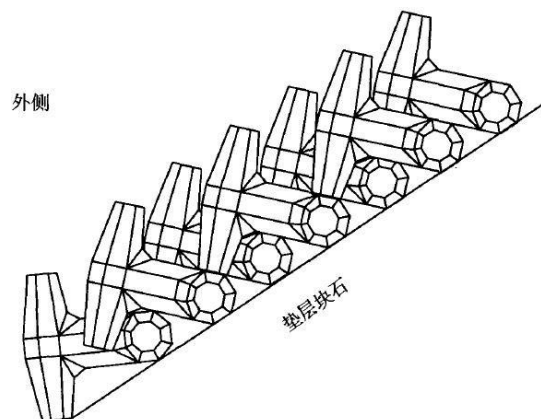


图 2.5.3-2 扭工字块安放示意图

②当采用规则安放时，应使垂直杆件安放在坡面下方，并压在前排的横杆上，横杆置于垫层块石上，腰杆跨在相邻块的横杆上。

(2) 扭王字块体可采用定点随机安放或规则安放。当采用定点

随机安放时，块体在坡面上可斜向放置，并使块体的一半杆件与垫层接触，但相邻块体的摆向不宜相同。

(3) 四脚空心方块和栅栏板安放应靠紧、稳固。当需采用二片石支垫时，支垫的数量不得超过 2 处，且不得用 2 块二片石叠垫。

(4) 人工护面块体安装数量和允许偏差以及应满足下列要求：

①扭王字块体的安放数量应满足设计要求；

②扭工字块体和四角锥体等护面块体的安放数量应不小于设计安放数量的 95%；

③四脚空心方块和栅栏板等块体的相邻高差应不大于 150mm，切缝的最大宽度不大于 100mm。

1.2.5 上部结构

1.2.5.1 一般要求

(1) 上部结构主要包括：现浇混凝土胸墙与防浪墙、浆砌石胸墙与防浪墙、压顶块体等。

(2) 上部结构宜在堤身和地基沉降基本稳定后施工，并应按设计要求和沉降观测资料预留后期沉降量。

(3) 斜坡式防波堤

①现浇混凝土胸墙或压顶块的模板，应考虑施工期波浪作用。胸墙或压顶块与抛石堤身接触处应防止漏浆；

②浆砌块石胸墙或压顶块，应分层坐浆砌筑。块石应上下错缝、内外搭砌，砌筑砂浆应饱满，勾缝应密实牢固。浆砌块石胸墙的施工缝，应留阶梯形接茬，其台阶高度不宜大于 1.2m；

③胸墙或压顶块中设置减压孔的位置和数量应满足设计要求，并应通畅。

(4) 直立式防波堤

带有胸墙及挡浪墙的上部结构分层施工时，其施工缝的位置宜留在断面突变处以上 500~1000mm 处。

1.2.5.2 施工工序

(1) 现浇混凝土胸墙（或防浪墙）施工工序如图 2.5.4-1 所示。

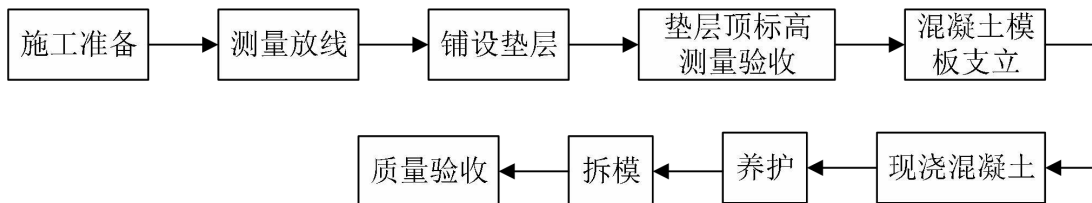


图 2.5.4-1 现浇混凝土胸墙（或防浪墙）施工工序

(2) 浆砌石胸墙（或防浪墙）施工工序如图 2.5.4-2 所示。



图 2.5.4-2 浆砌石胸墙（或防浪墙）施工工序

1.2.5.3 施工要点

(1) 现浇混凝土胸墙

①对石料、原材料、混凝土进行检验，符合设计要求标准才能投入施工使用；

②正式施工前进行典型施工，验证和优化施工方案和模板设计，确定堤顶预留沉降量等施工参数。

(2) 浆砌石胸墙（或防浪墙）

①石料的质量和规格应符合设计要求。

②砂浆应采用搅拌机拌制，严禁人工搅拌。

③组砌型式应满足设计要求，砌筑砂浆应饱满。

④勾缝应密实、牢固，线条应清晰。

⑤沉降缝的位置、缝宽和填缝材料应满足设计要求。

⑥泄水孔的设置应满足设计要求。

1.2.5.4 质量控制

(1) 现浇混凝土胸墙与防浪墙允许偏差、检验数量和方法应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的相关规定。

(2) 沉降缝允许偏差、检验数量和方法应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的相关规定。

1.2.6 倒滤结构

1.2.6.1 一般要求

(1) 碎石倒滤层施工

①碎石规格和质量应满足设计要求；

②覆盖范围不得小于设计要求范围，平均厚度不得小于设计厚度，并不得出现基层裸露。

(2) 土工织物滤层施工

①土工织物的铺设底面应平整，严禁有尖锐物；

②土工织物的拼幅形式和缝接强度应满足设计要求；

③土工织物铺设时搭接宽度不得小于设计值；

④土工织物铺设时不得发生褶皱和破损，水下铺设的压稳措施应可靠；

⑤土工织物铺设后应及时覆盖，避免长时间日晒老化。

1.2.6.2 施工工序

(1) 碎石倒滤层施工工序如图 2.5.5-1 所示。



图 2.5.5-1 碎石倒滤层施工工序

(2) 土工织物施工工序如图 2.5.5-2 所示。

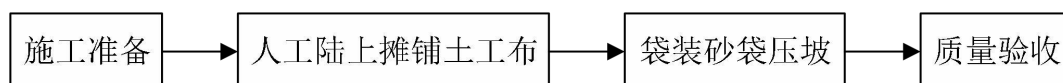


图 2.5.5-2 土工织物施工工序

1.2.6.3 施工要点

- (1) 二片石垫层应平整，铺设厚度应满足设计要求。
- (2) 施工前应明确碎石混合倒滤层各档粒径比例并搅拌均匀。
- (3) 土工布铺设宽度按设计要求确定，长度按设计断面加富裕长度确定（富裕长度不小于 2m），土工布铺设时要保持平顺。相邻土工布搭接宽度不小于 1m。
- (4) 采取水下探摸、摄影等措施检查水下部分搭接施工质量，并形成记录。

1.2.6.4 质量控制

砂石垫层、砂石倒滤层及土工织物倒滤层质量控制应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的相关规定。

1.3 道路及堆场

1.2.3 级配碎石基层与垫层

1.2.3.1 一般要求

- (1) 碎石的规格、级配和质量应满足设计要求，且不得含有杂质。

(2) 基层与垫层的分层厚度和压实度应满足设计要求。

(3) 级配碎石混合料须拌合均匀、无粗细颗粒离析现象。

(4) 采用中心站集中厂拌法进行混合料拌合，宜选用强制式拌和机、卧式双转轴桨叶式拌和机、普通混凝土拌和机等进行拌合。采用路拌法进行混合料拌合时，拌合不应少于 2 遍。

(5) 采用 12t 以上压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 15cm~18cm，采用重型压路机或轮胎式压路机碾压时每层压实厚度可达 20cm。

1.2.3.2 施工工序

(1) 级配碎石基层与垫层的施工可分为路拌法和集中厂拌法，混合料拌和应采用集中厂拌，不得采用装载机、挖掘机、灰土拌和机或人工在场地上进行现场拌和。

(2) 集中厂拌法施工工序主要有：准备下承层、施工放样、各原材料按比例在拌和站集中拌和、运输至现场摊铺、整形、碾压，其施工流程图如图 2.6.1-1 所示。

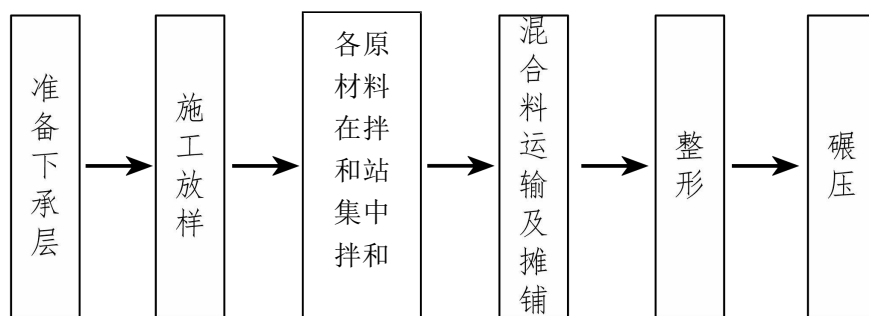


图 2.6.1-1 集中厂拌法施工流程图

1.2.3.3 施工要点

(1) 级配碎石施工前对下承层压实度、标高及平整度进行检查验收，并形成记录。

(2) 正式施工前应事先通过试验确定集料的松铺系数并确定松铺厚度、碾压遍数等施工参数。

(3) 级配碎石摊铺前应设置好控制桩（边桩及中线桩），控制桩间距以 10~20m 为宜，控制桩上显明标记结构层设计标高。摊铺时应采取措施控制松铺平整度，摊铺应采用摊铺机或平地机。

(4) 施工时，应及时消除粗细集料离析现象。

(5) 碾压应遵循试验段确定的程序和工艺，碾压程序一般为先轻后重，由边向中，由低至高。

1.2.3.4 质量控制

(1) 分层厚度和压实度应满足设计要求。

(2) 碾压后表面应平整密实，坡向应满足设计要求，嵌缝料不得浮在表面或聚集成堆，边线应整齐、无松散现象，中型压路机驶过应无明显轮迹。

(3) 级配碎石层的允许偏差、检验数量和方法应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）中表 6.3.4.5 的规定。

(4) 横向和纵向接缝的处理应满足规范要求。

1.2.2 水泥稳定层

1.2.2.1 一般要求

(1) 水泥稳定层所用材料的品种及质量应满足设计要求。

(2) 混合料应拌合均匀，颜色一致，摊铺时不应有离析现象。

(3) 应通过典型施工确定松铺厚度、碾压遍数、最佳含水率等施工参数。

(4) 水泥稳定碎石摊铺时的含水量应满足最佳含水率要求；从加水拌合到碾压终了的时间不得超过胶凝材料的硬化时间。

(5) 碾压应平整密实、接茬平顺，表面应无明显轮迹、坑洼和离析。

(6) 碾压后的养生方法和养生龄期应符合现行行业标准《港口道路、堆场铺面设计与施工规范》（JTJ 296）的有关规定。

(7) 水泥稳定层施工时，严禁采用薄层贴补法进行找平。

(8) 水泥稳定层施工完成后应进行保湿养生，不得使稳定层干燥，也不应忽干忽湿。

1.2.2.2 施工工序

水泥稳定土基层与垫层应采用集中厂拌法施工，混合料拌和应采用专用稳定土集中厂拌机械拌和，不得采用装载机、挖掘机、灰土拌和机或人工在场地上进行现场拌和。集中厂拌法施工工序主要有：准备下承层、施工放样、混合料集中拌和、运输及摊铺、整形、碾压、接缝处理、养生，其施工流程图如图 2.6.2-1 所示。

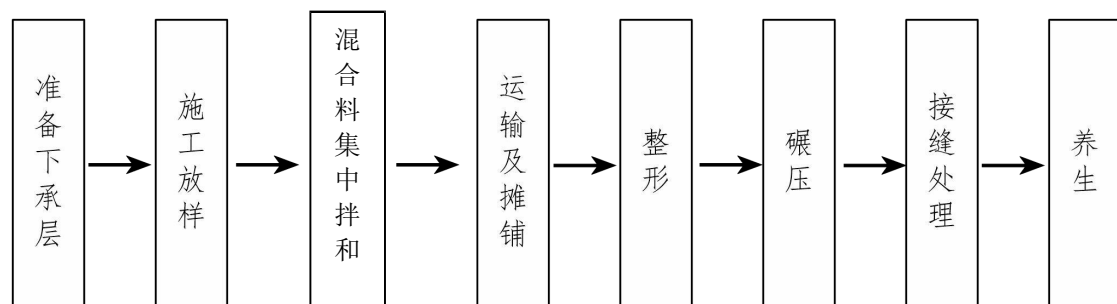


图 2.6.2-1 水泥稳定土施工工艺流程

1.2.2.3 施工要点

(1) 水泥稳定层应采用中心站集中拌和（厂拌）法施工。

(2) 混合料正式拌制之前，应先调试所用设备。

(3) 在潮湿多雨地区及其他地区雨季施工时，应采取防雨淋措施。

(4) 拌和后混合料由自卸汽车运输至现场卸料，卸料步距根据松铺厚度确定（松铺厚度=松铺系数×压实厚度，松铺系数由现场典型施工确定）。

(5) 摊铺是应采取控制松铺平整度，应采用摊铺机或平地机进行摊铺。采用平地机摊铺混合料后应立即用平地机进行初步整形，初平后用压路机或平地机或进行快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整，并采用平地机进行再次整形，二次整形前用齿耙将低洼处表层5cm以上耙松，用新拌和的混合料填补找平，待整形完成后再次碾压一遍。

(7) 整形时严禁任何车辆通行，并保持无明显的粗细集料离析现象。

(8) 整平完成后应使用 12t 以上的压路机碾压。当采用 12-15t 压路机时，每层压实厚度不应超过 15cm；当采用 18-20t 压路机时，每层压实厚度不应超过 20cm。碾压密实应采用先轻型两轮压路机后重型振动压路机碾压的工艺。碾压过程中严禁压路机在已完成或正在碾压的稳定土层上掉头或制动，确保水泥稳定土表面不受破坏。

(9) 碾压过程中如有“弹簧”、“松散”、“起皮”现象，应及时翻开重新拌合或采用其他方式处理。碾压结束之前，用平地机再终平一次，以消除局部错台，确保表面平整顺适。

(10) 井口边角应进行成品保护；临近构筑物无法碾压范围应采

用小型机具（蛙式打夯机、平板振动器、小型手扶式压路机等）进行分层密实处理。

（11）混合料摊铺应一次完成，如有中断且超过 2h，须设置施工缝。

（12）设置施工缝时，须将端头未压实混合料处理整齐，紧靠混合料放置两根方木，方木高度与混合料压实厚度相同。

（13）方木另一侧用碎石或砂砾回填约 3m 长，其高度应高出方木几厘米，完成后将混合料碾压密实。

（14）重新摊铺之前，将砂砾或碎石和方木除去，并将下承层顶面清扫干净。

（15）分层摊铺时，宜在第一层摊铺养护 7d 后，方可摊铺第二层。

1.2.2.4 质量控制

（1）分层厚度、压实度、无侧限抗压强度应满足设计要求。

（2）碾压后表面应平整密实、接茬平顺，坡向应满足设计要求。

（3）施工完成后应及时进行保湿覆盖养护，养护期不宜少于 7d。

（4）基层与垫层的允许偏差、检验数量和方法应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）中表 6.3.3.8 的规定。

1.2.1 水泥混凝土面层

1.2.1.1 一般要求

（1）混凝土所用原材料的质量应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTS 202）和国家现行有关标准的规定。

(2) 混凝土的配合比设计应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

(3) 混凝土浇筑完成后及时进行养护,养护方式可采用洒水、土工布覆盖浇水、包裹塑料薄膜、喷涂养护液等。

1.2.1.2 施工工序

水泥混凝土面层施工工序主要有:施工准备、施工放样、模板支立、钢筋绑扎、混凝土浇筑、面层切缝、养护,其施工流程如图 2.6.3-1 所示。

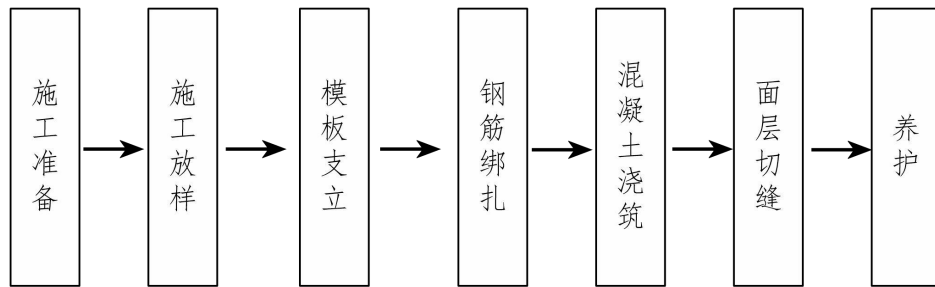


图 2.6.3-1 水泥混凝土面层施工工艺流程

1.2.1.3 施工要点

(1) 模板应采用钢模板,弯道等非标准部位可采用木模板。

(2) 面层混凝土施工前,先确定混凝土施工缝留置位置,宜设置在受剪力较小且易于施工的部位。

(3) 纵向接缝应根据路面宽度和施工铺筑宽度而定:

①一次铺筑宽度小于面层宽度时,应设置纵向施工缝,纵向施工缝采用平缝型式,上部应锯切槽口,深度宜为 30~40mm,宽度宜为 3~8mm,槽内灌塞填缝料,构造图如图 2.6.3-2 所示。

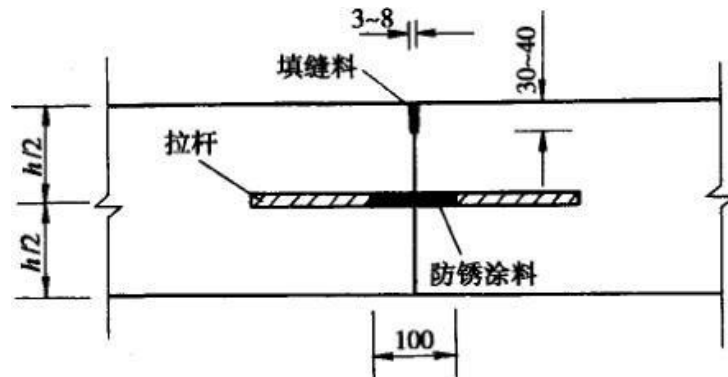


图 2.6.3-2 纵缝构造图

②一次铺筑宽度大于 4.5m 时，应设置纵向缩缝，缩缝采用假缝型式，锯切槽口深度应大于施工缝的槽口深度。采用粒料基层时，槽口深度应为板厚的 $1/3$ ；采用半刚性基层时，槽口深度应为板厚的 $2/5$ ，构造图如图 2.6.3-3 所示。

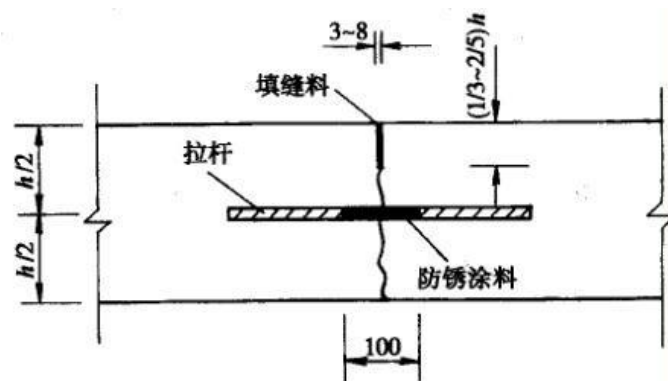


图 2.6.3-3 纵缝构造图

③每日施工结束或因临时原因施工中断时，应设置横向施工缝，宜设置在缩缝或胀缝位置处。设置在缩缝处的施工缝，应采用传力杆的平缝形式，其构造如图 2.6.3-4 所示。设置在胀缝处的施工缝，其构造与胀缝形同。

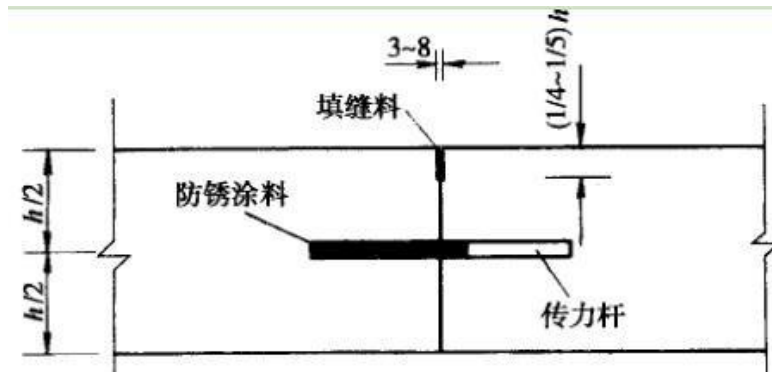


图 2.6.3-4 横向施工缝构造图

④横向缩缝可采用等间距或变间距布置，采用假缝型式。

⑤胀缝宜尽量少设或者不设，但在临近其他建筑物处、沥青铺面相接处、板厚改变的断面处、小半径曲线和纵坡变换处，均宜设置胀缝。

⑥夏季施工，板厚等于或大于 20cm 时，可不设胀缝；其他季节施工或采用膨胀性集料时，宜设置胀缝，其间距宜为 100~200m。

⑦纵缝拉杆应为螺纹钢筋，设在板厚中央，中部 10cm 范围内进行防锈处理。

⑧传力杆应为光面钢筋，且一半涂沥青或加套筒，另一端锚固于混凝土内；最外层传力杆距纵向接缝或自由边的距离为 150~200mm。缩缝传力杆的施工方法可采用前置钢筋支架法或传力杆插入装置法。当混凝土板连续浇筑时，可采用限位架配合油丝绳悬吊法或钢筋支架法；当混凝土板不连续浇筑时，可采用传力杆插入装置法。

⑨压面抹光应遵循“高温时段浇筑，低温时段抹面”的原则。抹面宜采用驾驶式抹光机，边角采用人工抹面。设计有要求时，抹面完成后采用压纹或刻纹机械进行纹路施工。

⑩宜于混凝土抗压强度达 6~10MPa（具体时间应在现场通过试

切确定) 进行面层缩缝切缝处理, 以消除混凝土收缩裂缝。切缝应采用切缝机切割。割缝宜采取“扩缝倒圆角”工艺, 填缝宜灌注硅酮填缝料。

1.2.1.4 质量控制

(1) 面层施工时各工序应严格按照设计图纸施工, 并经验收合格后进入下道工序施工, 工序验收遵循现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257) 的相关规定。

(2) 混凝土施工完成后应严格控制切缝时间。

(3) 养护应采用自动喷淋覆盖养护, 必要时辅助人工洒水; 养护时间不宜少于 14 天。

1.1.4 联锁块铺砌面层

1.1.4.1 一般要求

(1) 预制混凝土板块的质量应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257) 有关规定。

(2) 垫砂层厚度为 3~5cm, 砂料宜为中粗砂, 其级配应符合表 2.6-1 的要求。

表 2.6-1 垫砂层砂料级配表

筛孔尺寸 (mm)	5.0	2.5	1.25	0.63	0.3	0.075
通过百分率 (%)	100	95~100	50~80	10~30	5~15	0~10

(2) 填缝砂应为干砂, 其级配应符合表 2.6-2 的要求。

表 2.6-2 填缝砂级配表

筛孔尺寸 (mm)	2.3 6	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过百分率 (%)	10 0	90~ 100	60~ 90	30~ 60	10~ 30	5~ 10

- (4) 砌块铺砌应紧密、稳固，砌缝应均匀灌缝，灌缝应饱满。
- (5) 铺砌面层应平整，格缝清晰，表面应无砂浆和沥青等污染。
- (6) 与侧缘石和其他构筑物交接应平顺、挤紧。

1.1.4.2 施工工序

联锁块铺砌面层的施工工序主要有：施工准备、施工放样、摊铺砂垫层、联锁块铺砌、初压及调线、扫砂及振压、清理及验收。

1.1.4.3 施工要点

(1) 根据施工区域面积进行计算所需砂垫层方量，联锁块数量及铺设形式，并提前运输进场。

(2) 施工前先进行试验段铺砌，以确定砂垫层虚铺厚度、碾压方式及碾压遍数等施工参数。

(3) 联锁块应分段铺砌，铺砌时应采用设桩拉线等措施控制纵横坡度。

(4) 锁边联锁块应采用“电脑排版，预制异形块”或机械切割法切割块镶嵌，并平顺连接，如图 2.6.4-1 所示。

(5) 检查各铺筑区的顺直度及纵横坡后，用平板振捣器或小型振动压路机在其顶面施振 2~3 遍。铺面施工自由边 1m 范围内不得振压。临近构筑物无法碾压范围应采用平板振捣器进行密实处理。

(6) 砌块经振平压实后，块体间接缝填缝应采用细砂填缝处理，填缝砂应先进行筛分；扫砂和振实交替进行 2~3 遍直至填缝砂全部充实。

(7) 施工完成后将表面余砂及残余砌块清理干净。



图 2.6.4-1 联锁块收边

1.1.4.4 质量控制

(1) 在垫层砂施工前，应对沟、井的伸缩缝进行嵌缝处理，嵌缝的材料应选用弹性材料，确保伸缩缝宽度变化时不产生缝隙导致漏砂。

(2) 砂垫层施工时应设置导轨进行整平处理。

(3) 施工过程中对砌块平整度、砌缝顺直度经常检查，不符合设计及规范要求的应及时进行调整。

(4) 联锁块铺砌面层的允许偏差、检验数量及方法应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS257)有关规定。

1.2 小型预制构件

1.1.3 一般要求

1.1.3.1 小型预制构件混凝土所用原材料的质量应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS201)和国家现行有关标准的规定。

1.1.3.2 混凝土配合比设计应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS201)等的有关规定。

1.1.3.3 混凝土的强度应满足设计要求。

1.1.3.4 混凝土的养护应符合本指南 1.3 有关规定。

1.1.3.5 混凝土构件表面不应有严重缺陷。

1.1.3.6 混凝土构件顶面应抹平密实、接茬平顺。

1.1.3.7 允许偏差、检验数量和方法应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的有关规定。

1.1.3.8 在正式施工前应进行典型施工并进行检验，检验主要包括：尺寸允许偏差、强度等级、物理性能和外观质量等。

1.1.2 施工工序

1.1.2.1 铺面块施工工序如图 2.7.2-1 所示。



图 2.7.2-1 铺面块施工工序

(1) 施工准备：检查施工机械设备，按施工要求严格选材、选材，进行材料检验及配合比设计。

(2) 块体制作：采用全自动配料系统及强制式搅拌机搅拌拌制混凝土。

(3) 码放及养护：块体成型脱模后，将块体及托板一起由成型机拉出至专用手推车上，由专人运输至临时码块现场，再由现场码块人员进行码块，终凝后喷淋养护，喷淋养护时间不少于 14 天。

1.1.2.2 管沟盖板、路缘石、轨枕施工工序如图 2.7.2-2 所示。



图 2.7.2-2 管沟盖板、路缘石、轨枕施工工序

(1) 钢筋制作和绑扎应符合本指南 1.2 有关规定。

(2) 模板应符合本指南 1.1 有关规定。

(3) 路缘石、轨枕等应采用无棱化工艺。

1.1.2.3 混凝土垫块应符合本指南 1.2.8 有关规定。

1.1.1 施工要点

1.1.1.1 护边角钢在盖板顶面四周布置，采取措施确保角钢不发生倾斜，与盖板表面保持平整。

1.1.1.2 砼浇注和振捣完成后，应进行找平、二次压光。

2.5.1 质量控制

- 原材料应检验合格，方可使用。
- 模板及支撑安装应稳固、牢靠。
- 预制构件应边角齐全、外形完好、表面平整。

2.6 航道工程

2.4.4 疏浚施工工艺

- 一般要求

(1) 疏浚船舶的定位、定深精度应满足工程质量要求。定位、定深仪器应定期检定、校核，根据控制点位置及施工区地理环境合理布设潮位仪。挖泥船定位应采用卫星定位系统，施工期间应定期对系统进行校核；如遇大风等特殊工况还应重新进行检查、校准。施工过程中应经常检查校核挖泥船的位置。

(2) 施工中应定期进行水深检测。施工测量按现行行业标准《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS181-5) 有关规定执行。

(3) 挖槽边坡应根据设计要求计算放坡宽度，按矩形断面分层开挖。

• 耙吸挖泥船、绞吸挖泥船、抓斗挖泥船施工工序如图 2.8.1-1~3 所示。

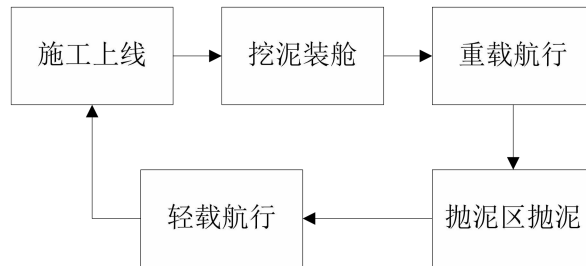


图 2.8.1-1 耙吸挖泥船施工工序



图 2.8.1-2 绞吸挖泥船施工工序

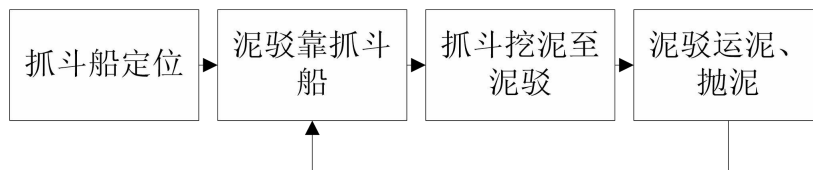


图 2.8.1-3 抓斗挖泥船施工工序

• 施工要点

(1) 耙吸挖泥船施工要点

① 施工上线时船速应减慢到合适速度以放耙，同时启动泵机，放耙到吸口，航向调整到挖泥航向。

② 水流方向与航道（挖槽）有交角，或有风影响时，应配好风流压角。

③ 耙吸挖泥船宜采用逆流施工，在水域开阔、水流流速较小的情况下也可采用顺流施工。

④挖槽长度较短，不能满足耙吸挖泥船挖满一舱泥所需长度时，宜采用往返挖泥法施工。挖槽终端水域受限制，挖泥船挖到终点后不能调头时，宜采用进退挖泥法施工。

⑤下列情况宜分段施工：

a. 当挖槽长度大于挖泥船挖满一舱泥所需的长度时，宜分段施工。

b. 当挖泥、航行、调头受水深限制时，宜根据潮位情况进行分段施工。

c. 当施工存在与航行的干扰时，宜根据商定的避让办法，分段进行施工。

d. 挖槽尺度不一或工期要求不同时，宜按平面形状及合同要求分段。

⑥下列情况宜分层施工：

a. 疏浚泥层厚度大或各区段泥层厚度差异较大时。

b. 当挖泥船最大挖深在高潮挖不到设计深度，或当地水深在低潮不足挖泥船装载吃水时，利用潮水涨落进行分层施工。

c. 当工程需要分期达到设计深度时，按分期的深度要求进行分层。

⑦耙吸挖泥船施工顺序宜按下列要求确定：

a. 当施工区浚前水深不足，挖泥船施工受限制时，利用高水位选挖浅区，由浅及深，逐步拓宽加深。

b. 当施工区泥层厚度较厚、工程量较大、工期较长并有一定自然

回淤时，先挖浅段，逐次加深，待挖槽各段水深基本相近后再逐步加深，以使深段的回淤施工后期一并挖除。

c. 当水流为单向水流时，应从上游开始挖泥，逐渐向下游延伸。在落潮流占优势的潮汐河口和感潮河段也可利用落潮流的作用由里向外开挖。

d. 挖槽断面水深两侧较浅、中间较深时，先开挖两侧；当一侧泥层较厚时，应先挖泥层较厚的一侧，在整个断面水深基本相近后，再整体逐步加深。

e. 当浚前水下地形平坦，土质为硬粘性土时，全槽逐层均匀加深。

(2) 绞吸挖泥船施工要点

① 绞吸挖泥船展布时应平行挖槽轴线布船，进船方向以逆流为宜，采用定位钢桩施工时，挖泥船被拖至挖槽起点后，拖轮应减速、停车，待船速消除后再下定位钢桩，抛设横移锚。

② 绞吸挖泥船采用横挖法施工，分条、分段、分层挖泥。利用一根钢桩或主（艏）锚为摆动中心，左右边锚配合控制横移和前移挖泥。

③ 绞吸挖泥船的最大挖宽一般不宜超过船长的 1.1~1.2 倍，视当地水流流速及横移锚缆抛放长度而定。当流速较大时，应减少开挖宽度；分条最小宽度应大于挖泥船的最小挖宽；当浚前水深大于挖泥船的吃水时，最小挖宽采用等于挖泥船前移换桩时所需的摆动宽度。

④ 挖泥船左右横移摆动时与挖槽中心线形成的摆动夹角以 40° 左右为限。

⑤ 锚位和移锚间距视土质和水流情况确定，一般施工中横移缆与

挖泥船中线夹角不宜小于 45° 。

⑥挖槽长度大于挖泥船水上管线的有效伸展长度时，应根据挖泥船和水上管线所能开挖的长度分段施工。

⑦挖槽转向曲线段需分成若干直线段开挖时，可将曲线近似按直线分段施工。

⑧当泥层厚度较大时，应按下列规定分层施工：分层挖泥的厚度应根据土质和挖泥船绞刀的性能确定，宜取绞刀直径的 $0.5\sim 2.5$ 倍，对坚硬土取较低值，对松软土取较高值；分层的上层宜较厚，以保证挖泥船的效能；最后一层应较薄，以保证工程质量；当浚前泥面在水面以上，或水深小于挖泥船的吃水时，最上层开挖深度应满足挖泥船吃水和最小挖深的要求；当泥层过厚时应在高潮挖上层，低潮挖下层。

⑨绞吸挖泥船的绞刀应根据疏浚土类及其密实度选择。

（3）抓斗挖泥船施工要点

①抓斗挖泥船宜逆流进点、顺流施工，船位平行挖槽轴线布置，船艏朝向挖泥前进方向。

②锚缆定位的抓斗挖泥船宜布设 4 组锚缆，艏边锚 2 只，对称挖槽呈八字形布设于船艏前方两侧；艉边锚 2 只，对称挖槽交叉呈八字形布设于船艉后方两侧，缆长视施工区条件确定，不宜短于 100m，流速大、底质硬时应适当加长。

③当挖槽宽度大于抓斗挖泥船的最大挖宽时，应分条进行施工。分条最大宽度不得超过挖泥船抓斗吊机的有效工作半径的 2 倍；在浅水区施工时，分条最小宽度应满足挖泥船作业和泥驳绑靠所需的水域

要求；在流速大的深水挖槽施工时，分条的挖宽不得大于挖泥船的船宽。

④当挖槽长度超过挖泥船一次抛设主锚或边锚所能开挖的长度时，应进行分段施工。分段的长度宜取 60~70m。

⑤当疏浚区泥层厚度超过抓斗一次下斗所能开挖的最大厚度时，应分层施工。分层的厚度由抓斗一次开挖的厚度、斗重、张斗的宽度以及土质等确定，对 2m³ 抓斗宜取 1~1.3m；8m³ 抓斗宜取 1.5~2.0m，硬土质可酌情减少。

⑥当泥层厚度较薄，土质松软时，可采用梅花挖泥法施工。下斗间距，视水流的大小及土质松软情况而定。

⑦抓斗挖泥船应根据不同土质，选用不同抓斗： a.

a. 淤泥土类、软塑黏土、松散沙选用斗容较大的轻型平口抓斗；

b. 可塑黏土、中等密实沙选用中型抓斗；

c. 硬塑黏土、密实沙、中等密实碎石选用重型全齿抓斗；

d. 风化岩、密实碎石选用超重型抓斗。

• 质量控制

(1) 耙吸挖泥船施工质量控制

①在水流复杂地段上线，宜先在航道（挖槽）中间位置或边线、边坡等危险地区放耙挖泥，逐渐向边坡推进。

②装舱溢流施工时，应监视对已挖地区、附近航道、港池和其他水域回淤的影响；应符合环境保护的要求，注意溢流混浊度对附近养殖、取水口等的影响；疏浚污染物时，不应溢流。

③当泥舱可调节时，应根据疏浚土质选择合理的舱容，以达到最佳的装舱量。

④扫浅施工可采取多浅点串挖，硬土质时应增加耙头着地压力。

⑤应根据开挖的土质选择合理的挖泥对地航速（表 2.8-1）。

表 2.8-1 不同土质的挖泥对地航速表

开挖土质	对地航速值 (kn)
淤泥	2.0~2.5
淤泥类土	2.0~2.5
松散沙	2.0~2.5
黏性土类	3.0~4.0
中密沙	2.5~3.0
密实沙	3.0~4.0

⑥应根据土质和挖深，调节波浪补偿器的压力，以保持耙头对地有合适的压力。

(2) 绞吸挖泥船施工质量控制

①施工时，绞刀下放挖泥深度要根据涨落潮位的变化，随时调整下放深度。

②施工过程中，挖泥船定位钢桩，应保持在挖泥中线上，或挖泥钢桩定位线上。

③当绞刀横移到临近设定角度时，要逐步降低横移速度。

(3) 抓斗挖泥船施工质量控制

①挖泥作业时，应根据土质和泥层厚度确定下斗的间距和前移距。土质稀软、泥层薄时，下斗间距宜大；土质坚硬，泥层厚时，斗距宜小。挖黏土和密实砂，当抓斗充泥量不足时，应减少抓斗的重叠量。当挖厚层软土时，若抓斗充泥量超过最大容量时，应增加抓斗重叠量。

②在流速较大的地区施工时，应注意泥斗漂移对下斗位置和挖深的影响，必要时应加大抓斗容量。

③挖泥时可控制抓斗的开口宽度来控制充泥量。为防止在前进方向漏挖，造成疏浚深度不足，一般取抓斗张开宽度的 0.6~0.7 倍作为前移距。

④前移之前宜检测实挖部位水深，当深度达到设计要求时再前移。

2.4.5 炸礁施工

- 爆破一般要求见 2.3.4.1。

- 施工准备

- (1) 落实施工人员和施工炸礁船进场；

- (2) 确立施工项目组织；

- (3) 火工材料申请计划；

- (4) 施工进度计划；

- (5) 施工测量控制点复核和爆破区域原地面复测；

- (6) 落实施工爆破安全警戒器材；

- (7) 落实爆破警戒的船舶；

- (8) 落实施工人员，施工材料上落船的位置；

- (9) 建立施工水尺；

- (10) 炸礁区域进行布孔；

- (11) 周边环境复杂的，应委托有相关资质的单位进行地震波监测。

- 炸礁船定位

- (1) 炸礁船定位应采用 GPS 定位。

- (2) 抛锚时应注意抛锚点的选择，随时检查锚的持力情况，发现走锚、移锚现象应及时进行调整。船体的位移量不宜大于 10cm。

- (3) 炸礁船定位后，船体靠液压系统升起，锚缆放松并沉入海底。

- 钻孔工艺

- (1) 钻孔可以采用高钻架“一管一钻法”，利用高钻架克服潮差对钻孔的影响。

- (2) 钻孔前先下套管，再下钻具钻孔（沿套管下放入底）。

- (3) 钻孔过程中边提升钻杆边送风吹水，以便钻孔中的碎渣排出孔外。

- (4) 钻孔至设计深度后，经反复多次提升和下落钻杆，以防碎石或淤砂堵孔。

- (5) 成孔后立即装药，钻孔与装药循环作业。

- 炸礁工艺流程如图 2.8.2-1 所示。

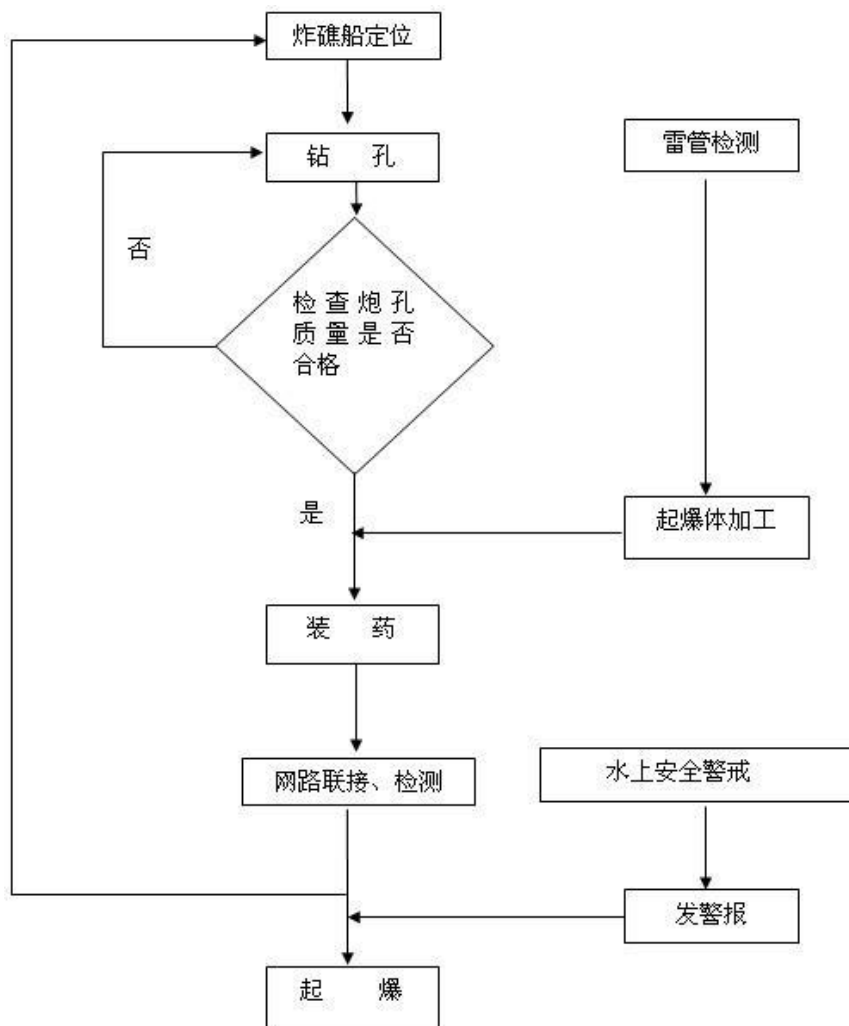


图 2.8.2-1 炸礁工艺流程

- 质量控制

(1) 爆破质量与爆破器材质量、爆破参数设置、岩石特性、施工过程等关系密切，水下爆破施工中最有可能发生的情况就是因为哑炮导致爆破不完全，产生大块石的情况，沿海爆破施工中同时存在着潮流对炮线的影响、对装药的影响等。首先须采取措施防止发生此种情况，同时应考虑到发生此种情况的补救处理措施。

①爆破作业及爆破器材的储运应符合现行国家标准《爆破安全规程》（GB6722）的有关规定。

②做好爆破器材的进场试验、检验工作。

③根据实际情况，改进钻孔工艺，确保装药质量。

(2) 爆破设计前应对爆破区地质情况、岩层厚度、水深情况进行仔细分析，并在条件允许的情况下，多次试爆，科学确定爆破参数，使爆破设计更加合理可行，在施工中提高岩石破碎度和块径的均匀度，提高可挖掘性，同时减少浅点和岩梗的数量，避免二次钻爆。

(3) 在实际爆破中应加强对爆破断面边坡质量的控制。

1.1.1 吹填施工

- 一般要求

(1) 测量仪器和观测装置数量、精度和位置应满足设计要求。

(2) 吹填标高及平整度需满足合同及设计要求。

(3) 吹填尾水排放应符合环保要求。

(4) 围堰修筑标准及施工材料指标应满足设计要求。

(5) 吹填施工时应应对围堰安全性和稳定性进行监测。

- 施工准备

(1) 原始地形测量

施工前，应对坐标控制点进行校核，并对取泥区或吹填区的原始标高进行复测。

(2) 确定吹填施工标高

实际吹填泥面标高需根据完工后的验收时间进行测算，预留合理的固结沉降量。

(3) 确定围堰堤顶标高

围堰堤顶标高宜高于吹填施工标高，若吹填后期标高不满足吹填

需要时，及时进行加高。

(4) 确定管线布置方案

①排泥管线的布置及走向应尽量平顺，防止形成死弯，同时需考虑取泥区位置、吹填区的几何形状、吹填范围、吹填标高及平整度对管线布置的影响。

②吹填管线的规格和质量应适应吹填土质、流量和排压的要求。施工中应对管线进行必要的跟踪测厚。

③根据吹填区泥浆的坡度及泥浆流程合理确定管线布置方案及出泥口位置。主要出泥口位置宜设置在原始地形较低之处，以利于吹填区的整体平整度。

(5) 吹填区清表

吹填施工前应对吹填区表面杂草杂物等进行清理。

• 围堰施工

(1) 施工工序

施工流程（以袋装砂围堤施工为例）如图 2.8.3-1 所示。

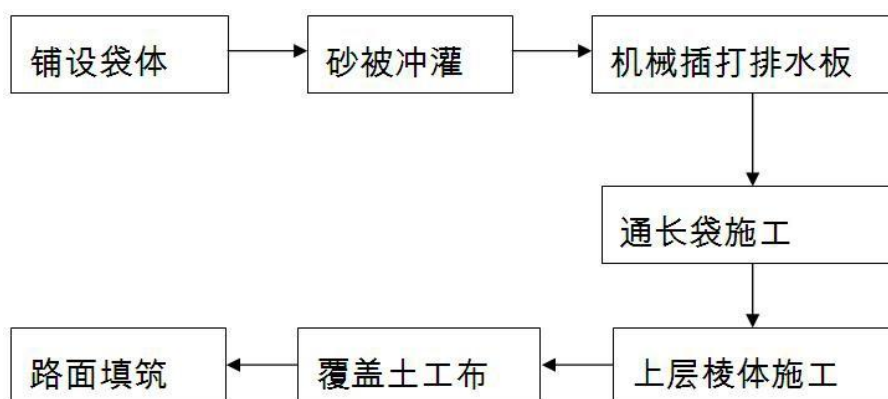


图 2.8.3-1 袋装砂围堤施工流程

(2) 施工要点

①围堰按照堤身材料的不同，一般可以分为土石围堰、粘土围堰、

袋装砂围堰以及三种材料的复合围堰等结构形式。

②粘土围堰应分层修筑、分层夯实，筑堤材料的含水率应在合理的范围之内，若含水率较大可翻晒后进行修筑。

③袋装砂围堰编织布袋体宜有防老化指标，强度等性能指标应满足设计要求，袋体的缝制可在工厂加工也可在现场设置临时加工厂进行。考虑袋体冲灌后宽度的缩减，缝制的尺寸应留有适当富裕，确保施工后围堤的宽度满足设计要求。

袋装砂围堰应分层修筑，袋体间应搭接紧密，层与层之间应错缝修筑，不得形成通缝。充填饱和度按 75%-85%为宜，已充填完成的袋体应及时保护，防止长时间在阳光下暴晒。

④围堰内侧应设置防渗结构，采用土工织物铺设时，应在围堰顶、内外底部压牢固定。

(3) 质量控制

①施工过程应按设计要求开展施工监测。

②袋装砂围堰施工中应严格控制堤顶荷载，避免对原状土的扰动。若施工过程中袋体出现破损或孔洞时应及时进行修补。

③在软基上填筑围堰时，应加强围堰的现场管理与巡视，并根据监测数据严格控制加载速率。

• 吹填施工

(1) 施工流程如图 2.8.3-2 所示。

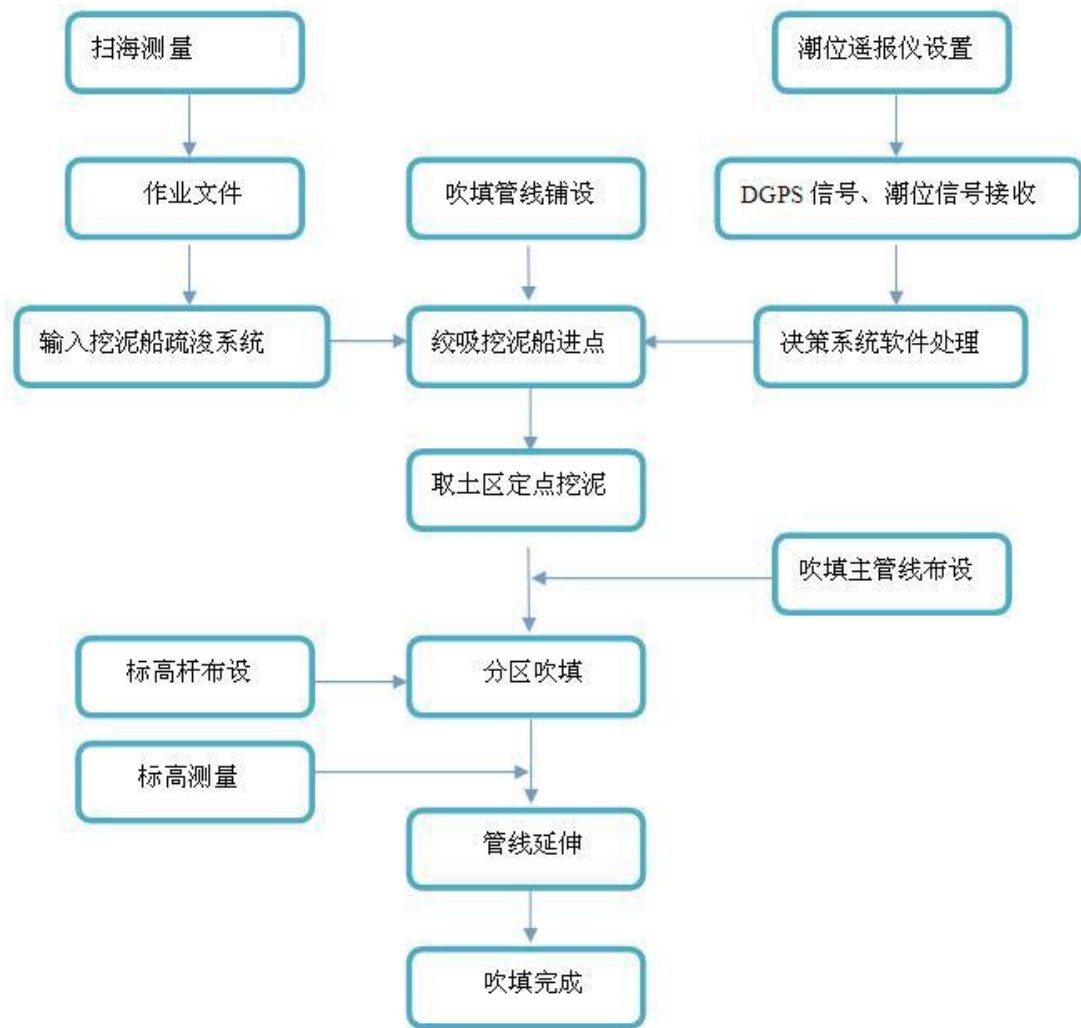


图 2.8.3-2 吹填施工工艺流程图

(2) 施工要点

①大面积吹填施工宜形成封闭围区后组织实施，若要提前进行吹填，应根据吹填土质、泥浆流径做好吹填流失率的控制。

②在形成封闭围区后，围堰加高与吹填一般同时进行，但应合理组织交叉施工的进度安排，防止吹填土漫顶，影响围堰的安全稳定。

③在周边有建筑物（围海大堤）情况下组织施工时，应根据设计要求，控制吹填加载的速率，并做好沉降位移的观测工作。

④施工时应加强监测，当吹填物集中堆积过高时，应及时调整出泥口位置，避免影响围堰等构筑物稳定安全。

⑤吹填区排水口位置应按有利于泥沙沉淀、吹填土质均匀分布、吹填平整及余水含泥量低的原则，根据吹填区地形、几何形状、吹填管口位置、排水通道情况等因素确定，宜布设在吹填区的死角或远离排泥管线出口处。

⑥水门结构一般采用闸箱式，吹填过程中应根据吹填泥面的上升情况及时调整水门的挡板标高。

(3) 质量控制

①在吹填区内设置标高控制杆，控制杆上标注施工控制标高，观测吹填区内的标高变化，在达到控制要求后及时进行调整和延伸管线工作。

②吹填实施过程中根据泥面提升情况，动态调整出泥口位置和各排水水门的叠梁挡板标高，调控区内泥浆流径，保证各出泥口吹填淤泥土足够的沉淀滤水时间，减少吹填流失，同时确保泥面扩散均匀，满足吹填泥面平整度要求。

③吹填时设置多个出泥口，出泥口间距应根据现场吹填区的形状、泥浆流程范围进行确定，并根据吹填泥面高程情况及时变换出泥口位置，尽可能的改善吹填平整度。

④若吹填面积较大，吹填区中部无法达到标高及平整度要求时，可采取将排泥管线延伸到吹填区内进行补充吹填。