

ICS 93.140
P67

团 体 标 准

T/CWTCA -20

水下抛石基床振动夯实及整平施工规程

(Specification for construction of vibration tamping
and leveling of underwater rubble bed)

(征求意见稿)

20**-**-** 发布

20**-**-** 实施

中国水运建设行业协会 发布

团体标准

水下抛石基床振动夯实及整平施工规程

T/CWTCA —2021

主编单位：中交第一航务工程局有限公司

批准部门：中国水运建设行业协会

实施日期：202 年 月 日

人民交通出版社股份有限公司

202 · 北京

中国水运建设行业协会关于发布
《水下抛石基床振动夯实及整平施工规程》的公告

中水协字〔20**〕**号

《水下抛石基床振动夯实及整平施工规程》为中国水运建设行业协会标准，标准编号为 T/CWTCA-20，自 20 年 月 日起实施，由中国水运建设行业协会负责管理和解释。

特此公告。

中国水运建设行业协会

20 年月日

制定说明

《水下抛石基床振动夯实及整平施工规程》是根据中国水运建设行业协会《关于发布 2019 年（第一批）中国水运建设行业协会团体标准编制计划的通知》（中水协字〔2019〕48 号）要求，由中国水运建设行业协会组织有关会员单位进行编制。

目前，水运行业缺少振动夯实整平相关技术标准，为适应水运工程建设业务的快速发展，确保振动夯实整平工艺及装备满足基床整平质量和施工高效、经济、节能、安全及环保的需求，特别编制适合本行业特点的水下抛石基床振动夯实及整平施工规程。本规程是在全面总结振动夯实、整平工艺及装备研究过程和工程实际应用中所积累的经验，经过专题研究和总结经验，广泛争取有关单位和专家意见，并在《码头结构施工规范》（JTS215-2018）的基础上，经广泛征求意见和反复修改完善，制定而成。

本规程共分为 5 章，并主要内容包括：总则、术语与符号、基本规定、振动夯实、振动夯实整平。

本规程的主编单位是中交第一航务工程局有限公司，参编单位是中交一航局第二工程有限公司、中交一航局第一工程有限公司。本规程编写人员分工如下：

- 1 总则 潘伟、刘德进、孟凡利、安秀山、孔令磊
- 2 术语与符号 潘伟、刘德进、孟凡利、安秀山、孔令磊
- 3 基本规定 曲俐俐、苏长玺、张学俊、徐善忠
- 4 振动夯实 王翔、张怡戈、鞠鹏、曲俐俐、靳胜、索穆、吕鹏
- 5 振动夯实整平 刘德进、王翔、鞠鹏、曲俐俐、冯甲鑫、付大伟、王传鹏、巩亚波、杜璐、门大勇、高玉林、张光飞

本规程于 20**年*月*日通过中国水运建设行业协会审查，20**年*月*日发布，自 20**年*月*日起实施。

本规程由中国水运建设行业协会负责管理和解释。各单位在执行过程中发现的问题和意见，请及时函告中国水运建设行业协会（地址：北京市东城区安定门外大街甲 88 号中联大厦六层，邮政编码：100011）和本规程管理组（地址：天津港保税区跃进路航运服务中心 8 号楼，中交第一航务工程局有限公司科学技术部，邮政编码 300450，电子邮箱：934202366@qq.com），以便修订时参考。

目 录

1 总 则	1
2 术 语 和 符 号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 基 本 规 定	4
3.1 一般规定.....	4
3.2 船舶及装备性能.....	4
3.3 施工工艺.....	5
4 振 动 夯 实	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 基床（槽）抛石.....	6
4.3 基床夯实.....	7
4.4 质量检验标准.....	8
5 基 床 振 动 夯 实 整 平.....	11
5.1 一般规定.....	11
5.2 基床（槽）顶层抛石.....	11
5.3 振动夯平设备要求.....	12
5.4 基床整平.....	12
5.5 质量检验标准.....	13
附录 A 软约束振动夯实装备总布置图.....	15
附录 B 硬约束振动夯实整平装备总布置图.....	16
用词说明.....	17
条 文 说 明.....	错误!未定义书签。

1 总则

1.0.1 为规范振动夯实和振动整平技术在水运工程水下抛石基床施工中的应用，满足夯实和整平效果，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水运工程中重力式码头、防波堤、护岸等水工建筑物水下抛石基床振动夯实及整平施工，其它相关基床振动夯实及整平施工可参照本规程。

1.0.3 水下抛石基床振动夯实、整平施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 振动锤

指为振动夯实、整平提供动力的装备。

2.1.2 夯板 ramming plate

指连接振动锤并直接接触基床的具有一定强度、刚度和面积的钢制结构。

2.1.3 锤笼 hammer cage

指包裹振动锤，并连接夯板与振动管的钢制结构。

2.1.4 振动管（桁架） vibrating tube（truss）

指为满足作业水深要求、高程测控、刚度的垂直钢制结构。

2.1.5 振动结构 vibration structure

指实现水下基床振动夯实、整平作用的结构统称，包含振动锤、夯板、锤笼、振动管及附属结构。

2.1.6 台车 trolley

指约束、导向振动结构并实现进行工位变换的结构系统。

2.1.7 台车轨道

指约束、支撑台车，实现台车行走的结构。

2.1.8 减振系统 damping structure

指连接台车提升装置（钢丝绳）与振动结构，在振动作业时，减轻其振动影响的系统。

2.1.9 振夯率 tamping rate

指抛石基床平均压缩量与振动夯实前基床平均厚度的百分比。

2.1.10 振动夯实 vibration tamping technology

利用振动原理对水下抛石基床进行振动密实的作业

2.1.11 振动整平 foundation bed leveling process

利用振动原理对水下抛石基床进行振动密实整平的作业。

2.1.12 软约束 soft constrained structure

指采用钢丝绳等软连接方式约束振动结构。

2.1.13 硬约束 hard constrained structure

指采用刚性结构的硬连接方式约束振动结构。

2.1.14 断面面积平均高度值

指测量出抛石高差范围内断面的边界及长度,通过工具计算出断面长度范围面积的平均高度值。

2.2 符号

δ : 基床抛石高差;

δ_p : 基床抛石正高差;

δ_n : 基床抛石负高差;

d_0 : 抛石基床理论厚度;

d_1 : 抛石基床分层厚度;

d_2 : 抛石基床分层厚度;

H: 基槽标高;

H_r : 基床抛石控制标高;

H_1 : 基床设计标高;

H_s : 基床夯实后断面平均标高;

H_b : 基床(槽)底标高;

S: 抛石基床振沉量;

λ_s : 振沉率;

B: 墙底宽;

B_1 : d_1 抛石层底宽;

B_2 : d_2 抛石层底宽;

A: 空载振幅;

K: 偏心力矩;

m: 参振质量;

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 基床抛石应严格按照抛石断面控制，抛石断面模型需根据设备性能、设计要求及施工环境，通过试抛确定。避免连续出现高于抛石设计标高的的高点和低于抛石设计标高的低点。

3.1.2 基床抛石石料重量不宜大于 100kg，石料满足基床块石设计要求。

3.1.3 振动锤宜采用液压振动锤，且宜入水，以便对振动锤进行降温，使振动锤能够长时间工作。

3.1.4 在抛石前应检查基床（槽）尺寸有无变动，不符合设计要求时应进行处理，当基床（槽）底含水率小于 150%或重度大于 12.6kN/m^3 的回淤沉积物厚度大于 0.3m 时，应清淤。当有换填抛石时，基床（槽）底面回淤沉积物的厚度值可适当放宽。

3.1.5 基床抛石应符合下列规定。

3.1.5.1 抛石基床顶面宽度不得小于设计宽度；

3.1.5.2 对于回淤严重的港区，应采取防淤措施；

3.1.5.3 分层抛石基床的上下层接触面不应有回淤沉积物；

3.1.6 抛石基床应预留沉降量，振沉后的基床仅按地基沉降量预留。

3.2 船舶及装备性能

3.2.1 采用软约束的振动夯实母船，船舶锚系除满足水流及波浪作用外，无特殊要求。

3.2.2 采用硬约束的振动夯实及整平母船，船舶锚系除满足水流及波浪作用外还应满足夯板对石料的水平推力要求，夯板长度方向推力推荐值为 2t/m 。

3.2.3 夯板尺寸应考虑施工效率的要求，其尺寸宜不小于 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 。

3.2.4 振动结构空载振幅不宜低于 3mm。

3.3 施工工艺

3.3.1 振动夯实及整平结构采用硬约束时，在结构未完全脱离石料前应保持振动，振幅不宜小于 1mm。

3.3.2 振动夯实及整平的振动结构变换工位前，提升夯板底标高宜高于设计抛石标高正高差的上限值，避免振动结构触碰基床石料，损坏结构。

4 振动夯实

4.1 一般规定

4.1.1 基床振动夯实工艺是采用振动锤为动力，在夯板的作用下，通过石料重新排列组合，减小孔隙率，达到夯实作用的施工方法，可以替代常规锤夯及爆夯工艺。

4.1.2 软约束或者硬约束结构均可用于振动夯实施工。

4.1.3 施工前应编制试验方案，通过试验确定参数，然后再编制专项施工方案。确定施工步距、施工顺序及船舶站位等内容。

4.1.4 应根据施工装备性能及现场工况，通过试验确定抛石基床分层厚度、激振力及对应工作时间、振沉率、夯板搭接量等参数。

4.1.5 施工过程中应对振动锤进行班前检查，以确认设备是否漏油、螺栓是否松动。

4.2 基床（槽）抛石

4.2.1 基床（槽）抛石时，应分段分层抛石，每层厚度宜基本相等，抛石时基床分层厚度应按振沉后基床厚度加振沉量计算，振沉后基床厚度不宜大于 2m，当夯板单位面积激振力较大时，分层厚度可适当加大，具体数值可通过试验进行确定。

4.2.2 抛石相关参数可按照图 4.2.5 进行垄沟式抛石原理进行确定。如果抛石无法达到垄沟式抛石效果时，可根据抛石装备及工艺按照断面体积法对抛石进行调整。

4.2.3 基床抛石高差应尽量保证振实后基床承载力均匀。综合移船距离、抛石工艺、作业环境等因素综合考虑，基床抛石高差不宜大于 0.8m。对于厚度小于 2m 或单位面积激振力小于推荐值时，宜降低石料粒径或提高抛石精度。

4.2.4 抛石控制标高根据底层基床断面平均标高、分层厚度、振沉率确定。顶层基床应预留沉降量，数值可根据当地实际经验确定。

4.2.5 基床抛石高程上下限值应根据基床抛石高差、断面面积平均高度值、抛石层厚度、振沉率进行确定，抛石施工控制高程上下限值为： $H_r + \delta_p$ 至 $H_r - \delta_n$ 。

计算原理如图 4.2.5 所示。

$$d_0 = d_1 \div (1 - \lambda_s) \quad (4.2.5-1)$$

$$S = d_0 \times \lambda_s \quad (4.2.5-2)$$

$$H_r = H_s + S \quad (4.2.5-3)$$

式中： d_0 -理论抛石层控制高度、断面面积平均高度值（m）；

d_1 -理论抛石层厚度（m）；

λ_s -振沉率（%）；

S -振沉量（m）；

H_s -理论抛石层标高（m）；

H_r -理论抛石控制标高（m）；

H_b : 基床（槽）底标高（m）；

δ_p -抛石正高差（m）；

δ_n -抛石负高差（m）；

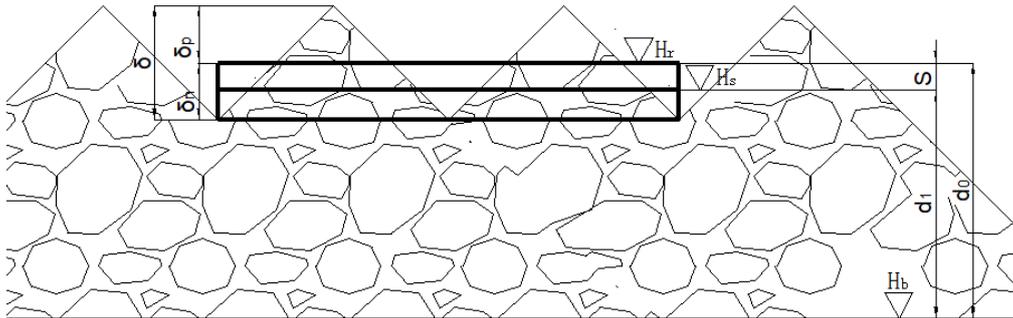


图 4.2.5 抛石控制标高计算原理

4.2.6 当基床标高连续 $5m^2$ 范围超出或低于抛石设计标高，需要挖除或者补抛。

4.3 基床夯实

4.3.1 振动夯实振沉率应根据基床分层级结合地基软硬程度、基床分层厚度和石料规格等因素综合确定，宜为 10%-15%。地基较软、分层厚度较小，石料粒径较小时，基床底层宜取大值；当基床分层厚度只有一层且较小时（小于 2m）结合地基软硬程度确定。

4.3.2 夯板激振力不宜小于 $150kN/m^2$ ，夯实时间应满足振沉率最终要求。

4.3.3 考虑施工效率及石料摊平要求，施工前夯板应尽量保持水平，当采用软约束结构施工时，可用钢丝绳吊力控制，满足夯板平面高差不大于 20cm。

4.3.4 基床夯实范围可按照结构物墙身底面各边加宽 1m 确定。分层夯实时，夯实范围可根据分层处的应力扩散线各边加宽 1m 确定，如图 4.3.4 所示。

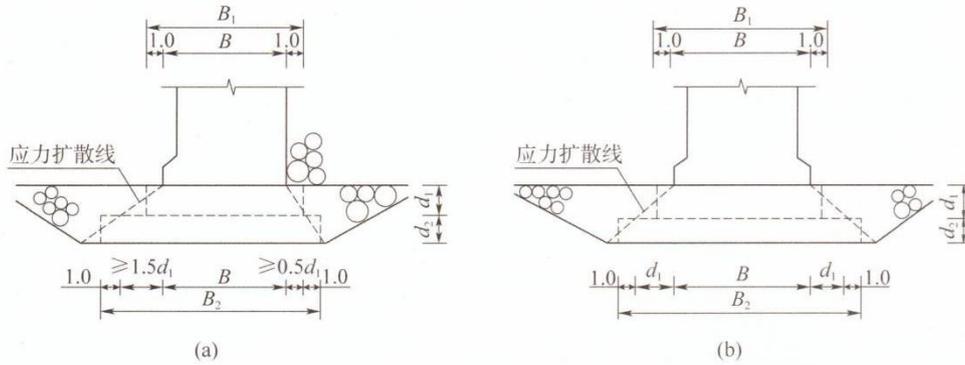


图 4.3.4 基床夯实范围示意图（尺寸单位：m）

(a) 墙后有填土； (b) 墙后无填土

B_1-d_1 层夯实范围； B_2-d_2 层夯实范围； B -墙底宽；

d_1 、 d_2 -抛石基床夯实分层厚度

4.3.5 新旧建筑物结合处，宜采用减小基床分层厚度，降低激振力等措施保证旧建筑物安全。

4.3.6 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 ，且范围内厚度普遍范围大于 0.5m 时，宜再次振动夯实处理。

4.3.7 夯板搭接要求：基床振动夯实，每个点位夯板搭接宽度应综合考虑船舶定位能力、水深、结构形式、受力情况等因素，通过试验确定。

4.3.7.1 采用软约束振动夯实装备施工时，夯板搭接推荐不小于 1m；

4.3.7.2 采用硬约束振动夯实装备施工时，夯板搭接推荐不小于 0.4m。

4.4 质量检验标准

4.4.1 水下基床抛石质量检验标准

主要检验项目

4.4.1.1 石料的规格和质量应满足设计要求。

检验数量：施工单位按进场批次抽样检验，监理单位见证取样并按规定抽样平行检验。

检验方法：检查检验记录并观察检查。

一般检验项目

4.4.1.2 抛石前应对基槽断面、标高及回淤沉积物进行检查。基槽内含水率小于 150%或重度大于 12.6kN/m^3 且厚度大于 0.3m 的回淤沉积物应予清除。

检验数量：施工单位、监理单位按施工段全数检查。

检验方法：检查基验记录。

4.4.1.3 水下基床抛石的允许偏差，检验数量和方法应符合表 4.5.1.2 的规定。

表 4.4.1.3 水下基床抛石允许偏差、检验数量和方法

序号	项目	允许偏差	检验数量	单元测点	检验方法
1	顶面标高	根据抛石控制高差确定	每 4m 一个断面	0.5~1m 一个点	用回声探测仪、测深水坨检查或多波束扫测
2	边线	+400 -0	每 5-10m 一个断面。且不少于三个断面	2	

注：（1）测点数量应能反映抛石断面形状绘制要求。

（2）当水深大于 20m 时，基床边线的允许偏差可适当加大。

4.4.2 水下基床振动夯实质量检验标准

主要检验项目

4.4.2.1 振沉率满足设计要求。

检验数量：基床验收可按沿纵向方向取代表断面进行，断面数量不少于 3 个，采用断面选点验收方式进行验收，选点应均匀分布且数量应能反映施工后

抛石断面形状绘制要求。

检验方法：基床平均振沉率应满足设计要求，按振沉前后同一基床测量断面面积计算。

一般检验项目

4.4.2.2 基床顶部补抛块石后的补夯应满足技术处理方案要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：检查补夯记录

5 基床振动夯实整平

5.1 一般规定

5.1.1 基床振动夯实整平工艺是指用于基床顶层的基床振动细平工艺,可以替代常规抛石基床顶层夯实、细平层抛石及整平工艺,整平精度满足 $\pm 5\text{cm}$ 施工要求。

5.1.2 采用振动夯实整平工艺,基床振沉率应不小于 10%。施工前应确认施工装备性能、单位面积激振力及现场工况,根据抛石精度和设定的振沉率确定抛石基床分层厚度、夯板搭接量等参数,满足设计标高及工艺要求。

5.2 基床(槽)顶层抛石

5.2.1 基床(槽)顶层振动夯实整平后厚度不宜大于 2m,当夯板单位面积激振力较大时,厚度可适当加大,具体数值可通过试验进行确定。

5.2.2 抛石相关参数可按照图 5.2.4 进行垄沟式抛石原理进行确定。如果抛石无法达到垄沟式抛石效果时,可根据抛石装备及工艺按照断面体积法对抛石参数进行调整。

5.2.3 顶层抛石层厚度应根据底层基床断面平均标高、基床整平设计标高、振沉率确定,并考虑基床预留沉降量。基床预留沉降量可根据当地实际经验确定。

5.2.4 基床抛石高程上下限值应根据基床抛石高差、断面面积平均高度值、抛石层厚度、振沉率进行确定,抛石施工控制高程上下限值为: $H_r + \delta_p$ 至 $H_r - \delta_n$ 。计算原理如图 5.2.4 所示。

$$d_0 = d_1 \div (1 - \lambda_s) \quad (5.2.4-1)$$

$$S = d_0 \times \lambda_s \quad (5.2.4-2)$$

$$H_r = H_1 + S \quad (5.2.4-3)$$

式中: d_0 -理论抛石层控制高度、断面面积平均高度值 (m);

d_1 -理论抛石层厚度 (m);

- λ_s -振沉率 (%) ;
- S-振沉量 (m) ;
- H_1 -整平设计标高 (m) ;
- H_r -理论抛石控制标高 (m) ;
- H_b : 基床 (槽) 底标高 (m) ;
- δ_p -抛石正高差 (m) ;
- δ_n -抛石负高差 (m) ;

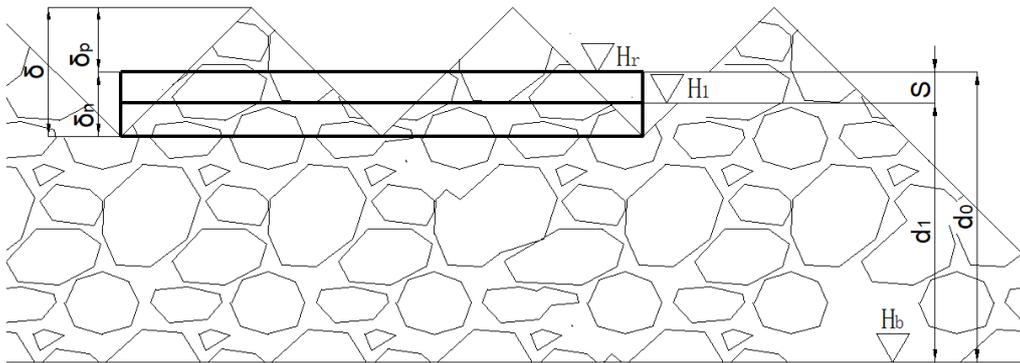


图 5.2.4 抛石控制标高计算原理

5.2.5 其余条款参照 4.2 中相关规定。

5.3 振动夯平设备要求

5.3.1 振动夯实整平应采用硬约束方式的振动夯实整平施工装备,以满足基床细平要求。

5.3.2 振动夯实整平夯板激振力不小于 400kN/m^2 , 振动结构空载振幅不宜小于 3mm 。

5.3.3 用于基床细平的夯板, 底部应尽量平整, 无突出结构。

5.3.4 施工过程中应保证振动整平夯板平面高差不宜大于 $\pm 2.5\text{cm}$, 以满足基床细平要求。

5.4 基床整平

5.4.1 整平范围参照 4.3.4 条执行。

5.4.2 整平抛石层厚度 (振沉后基床厚度) 不宜大于 2m 。振沉率应结合下

层基床(地基)软硬程度、整平层厚度、石料粒径等因素综合确定,宜为10%-15%。当下层基床(地基)较软宜取大值。当基床分层厚度只有一层且较小时(小于2m)结合地基软硬程度确定。

5.4.3 为保证一次整平就能满足细平要求,夯板搭接应结合船舶定位能力、装备结构受力情况、施工工况等因素确定搭接宽度。搭接宽度推荐不低于0.7m。

5.4.4 当基床局部整平困难、整平时间过长时,可能对周围已整平区域造成扰动隆起,应对相邻工位已整平区域进行二次整平。如无法整平至设计标高,应进行挖除,并重新整平。

5.4.5 当基床存在坡度要求时,可以采用逐工位降低控制标高以满足坡度要求;如需避免基床出现“阶梯”形状,夯板可提前按基床坡度预设坡度。

5.4.6 当振动整平至基床设计标高时,停止该工位整平作业,提振动结构移动至下一工位施工。

5.5 质量检验标准

5.5.1 抛石质量检验标准

抛石质量检验标准参照4.4.1水下基床抛石质量检验标准相关内容执行。

5.5.2 水下基床整平质量检验标准

主要检验项目

5.5.2.1 整平的范围应满足设计要求

检验数量:施工单位、监理单位全部检查。

检验方法:检查施工记录

5.5.2.2 振沉率参照4.4.2.1条款中内容。

5.5.2.3 基床顶面坡要求。

检验数量:施工单位、监理单位全部检查。

检验方法:检查施工记录

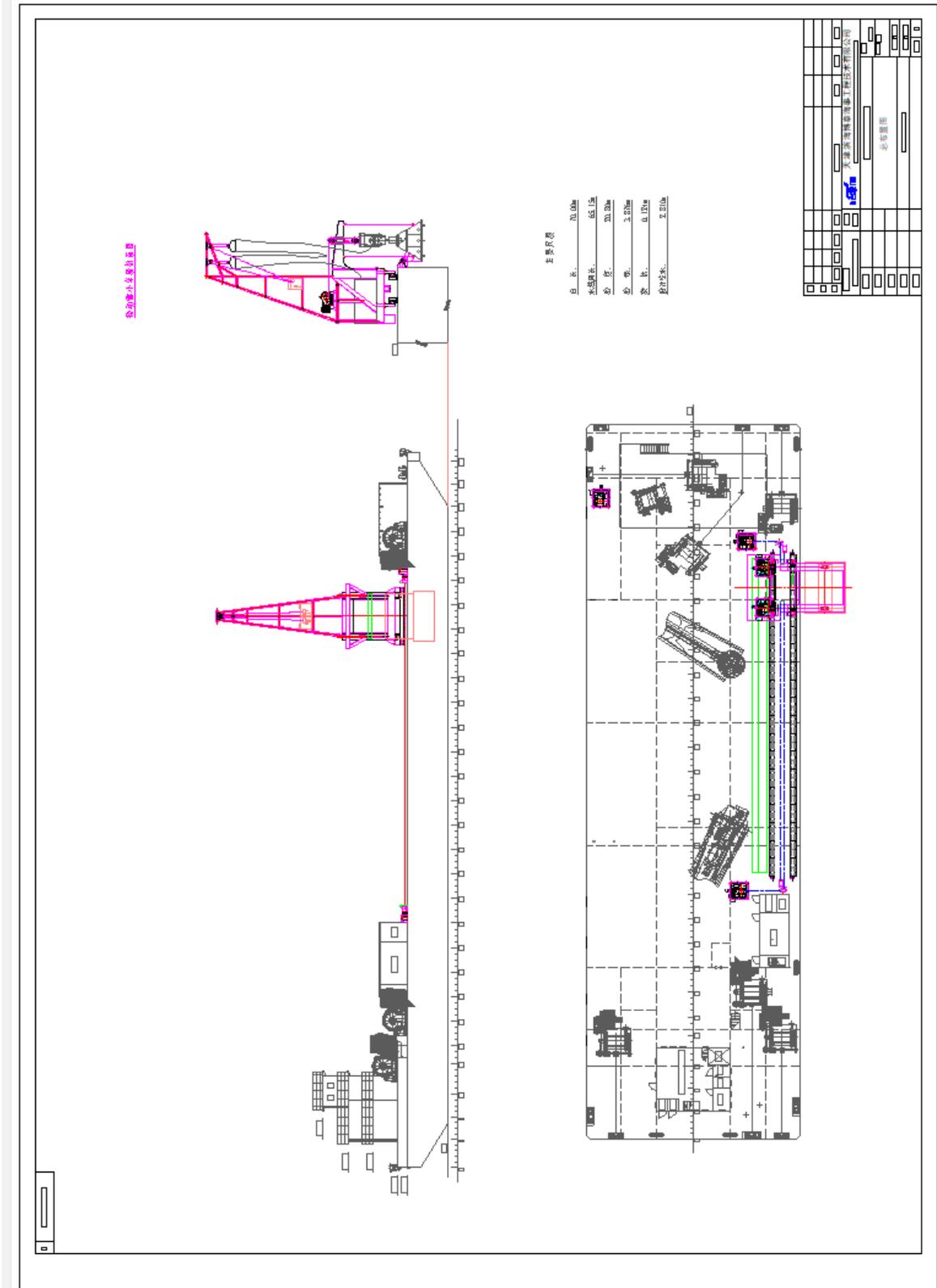
一般检验项目

5.5.3 水下基床整平允许偏差、检验数量和方法应符合表 5.5.3 的规定

表 5.5.3 水下基床整平允许偏差、检验数量和方法

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验数量	单元测点	检验方法
1	顶面标高	±50	每 2m 一个断面	5-10	经纬仪或 GPS 定位, 用水准仪、水深侧杆测量。
2	整平边线	+500 0		2	

附录A 软约束振动夯实装备总布置图



用词说明

1 本标准（规范/规程/指南..）执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
- 2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
- 3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时应表述为“应符合《****》（***）的有关规定”。
- 2) 当引用标准中的其他规定时，应表述为“应符合本标准（规范/规程/指南.....）第*章的有关规定”、“应符合本标准（规范/规程/指南.....）第*.*节的有关规定”、“应按本标准（规范/规程/指南..）第*.*.*条的有关规定执行。”

ICS 93.140

P67

团 体 标 准

T/CWTCA *****-20**

水下抛石基床振动夯平及整平施工规程

条文说明

条文说明

目 录

3 基本规定	20
3.1 一般规定	20
3.2 船舶及装备性能	20
3.3 施工工艺	20
4 振动夯实	20
4.1 一般规定	20
4.2 基床（槽）抛石	21
4.3 基床夯实	21
5 基床振动夯实整平	21
5.2 基床（槽）顶层抛石	21
5.3 振动夯平设备要求	21
5.4 基床整平	21

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 振动夯实整平原理是通过振动将部分高点的石料塌落至低点，再通过振动实现夯实，从而保证施工后基床各处承载力基本一致，如出现连续高点，将会导致振沉困难，标高难以控制、基床承载力不均等系列问题，虽然通过提高振沉率（超过 15%）也可能完成施工，但会增大设备性能要求，且对周围石料造成扰动隆起，导致二次施工，影响施工效率；如出现连续低点，则可能会导致标高不满足要求、需补抛基床石料、重新夯实整平等问题。

3.2 船舶及装备性能

3.2.2 应考虑振动夯实过程中，由于夯板下沉过程中不断对石料进行挤压，所以石料有对于夯板的反作用水平推力。

3.2.4 (1) 经施工经验证明，振幅小于 3mm 时，施工效率低；

$$(2) A = \frac{K \cdot m}{\dots} \quad (3.2.4)$$

式中：A-振幅（cm）；

K-偏心力矩（Kg·cm）

m-参振质量（kg）

3.3 施工工艺

3.3.1 对于保持振动及振幅要求，主要考虑通过振动能够减小石料对夯板反作用水平推力及夯板底部接触的摩擦力，使其结构能够适应更恶劣的作业工况。

4 振动夯实

4.1 一般规定

4.1.1 软约束典型结构见附录 A，硬约束典型结构见附录 B。

4.2 基床（槽）抛石

4.2.5 断面面积平均高度值与图 4.2.5 中 δ_n 数值相同；如抛石模型与图 4.2.5 相同，则 δ_p 与 δ_n 数值为 40cm；抛石模型中石料内摩擦角为 45° 。

4.2.6 施工经验表明当基床标高连续 $5m^2$ 范围超出或低于抛石设计标高，块石无

法有效塌落，施工高程难以控制，造成基床承载力不均匀。

4.3 基床夯实

4.3.2 以往施工时，夯实时间时间过短（激振力 150kN/m^2 ，夯实时间小于 1 分钟）应重新确定振沉率的合理性。

4.3.3 吊力大小影响振动夯实效果，因此需要严格控制吊力，如果吊力控制不好，需要适当延长振动夯实时间；保证夯板平面高差，目的是能够使基床承载更加均匀，并起到削峰的作用。吊力控制值一般取振动质量的 10% 控制。

5 基床振动夯实整平

5.2 基床（槽）顶层抛石

5.2.4 断面面积平均高度值与图 5.2.4 中 δ_n 数值相同；如抛石模型与图 5.2.4 相同，则 δ_p 与 δ_n 数值为 40cm；抛石模型中石料内摩擦角为 45° 。

5.3 振动夯平设备要求

5.3.2 施工验证表明，当夯板激振力为 400kN/m^2 时，可以满足抛石精度、石料规格、抛石层厚度存在偏差等条件顺利施工，也可根据实际情况，适当降低，但不宜低于 150kN/m^2 。

5.4 基床整平

5.4.3 施工工况除水深外，主要考虑在夯板离开工位后，高点石料塌落的影响。