

# 探究港口工程防波堤工程中四脚小型空心方块的施工技术

孙 健

中国人民解放军91144部队 山东 青岛 266031

**摘 要：**防波堤所处海域的气候较为恶劣，配置的消浪结构可发挥出防护的作用。四脚空心方块是较为典型的坡面消浪结构形式，具有施工便捷、外形美观、成本低等特点，为合理应用四脚空心方块，有必要围绕其施工技术展开探讨，以便给实际施工提供正确的指导。

**关键词：**防波堤；消浪结构；四脚空心方块

四脚空心块模具使用的便捷，在工程中发挥着重要作用。四角空心块模具属于防浪石模具的一种，主要在海边城市应用的比较广泛，像广西，山东，天津，大连等地使用的比较多，因为海边地区天气变化多端，经常有大型的风浪，但是天气又是不被控制的，所以需要设置防浪石。四脚空心块属于在防浪石中应用比较多的一种，一般是在海边整齐地平铺放置，目的就是为阻挡海浪的冲击。这些沿海城市大部分都是旅游胜地，所以海边一年四季都有游客游玩，海浪比较大的时候不仅对建筑物构成一定的威胁，对于海边的游客来说也有一定的威胁，海边遇到大风天气的时候，岸边的游客还可能因为风浪大被卷入海中，所以需要岸边放置一些防浪石来阻挡海岸的冲击，这样才能保证岸边游客和建筑物的安全，要不然可能就会因为海浪长时间的冲击建筑物造成一定损伤<sup>[1]</sup>。

## 1 工程概况

某小型码头项目，建设中共用到790个小型混凝土空心预制块，单块质量1.0~1.5t不等。码头总长47m，顶面高程+1.8m。防波堤由南堤（长37m）和北堤（长70m）共同组成，平均底高程-0.9m。防波堤护坡面选用的是预制构件小型空心方块结构，包含1800mm×600mm×650mm、3300mm×600mm×650mm两种尺寸。

## 2 防波堤施工

### 2.1 工艺流程

以3T四脚空心方块为例，堤芯石（<300kg）抛填至标高3.6m，海上船机抛填棱体石（>1,000kg），抛填护面块石（150~300kg），安装3T四脚空心方块。

### 2.2 施工方法

#### 2.2.1 安装位置

通过对空心方块尺寸的分析，按特定间距将其有序

设置在防波堤边坡处，期间加强对边坡坡度的控制。经计算后，确定各角点的平面坐标，组织测量放线工作，作为构件安装位置的控制基准。

#### 2.2.2 安装流程

全面检查吊机及辅助施工设备，确保各设备稳定运行；利用平板车转运预制构件，将其运抵指定施工点位；以构件排列设计图为依据，经计算后求得各空心块的角点坐标，启用起重机，将构件依次安装到位。加强对首层构件安装位置的控制，以便后续可在此基础上有序安装。外海气候状况错综复杂，应兼顾风浪、水流的影响，按分层的方式依次施工；安装期间，以坡度实际情况为准合理调整吊机钢丝绳的长度。坡面块体应紧密接触，安装至指定位置后由人工卸扣。坡面与坡脚连接区域将形成较明显的三角缝隙，该部分可使用模袋混凝土填塞处理。加强对相邻块体位置的检查，要求高度差、错台量均不超过30mm，砌缝宽度不宜超过10mm；构件安装后，利用GPS检测构件位置和顶面标高，与设计值对比分析，确定误差并调整，人工检查构件拼缝宽度。若因特殊情况而导致构件出现偏位等异常现象时，需将构件吊起，随后整平安装区域，再将构件安装到位；本构件安装完成且各项实测值均满足要求后，即可组织下一构件的安装作业；各防波堤护面块体均安装到位后，通过水下或陆地观察的方式判断安装情况，看块体是否存在错放或漏放的情况，若确有此方面的问题，需及时调整<sup>[2]</sup>。

#### 2.2.3 混凝土填充

块体和护脚处的填充材料以合成纤维混凝土为宜，强度等级C25。在距施工现场约200m的位置设搅拌站，根据现场施工需求生产适量质量达标的混凝土，出厂后及时利用自卸翻斗车运抵现场。混凝土卸至锥形漏斗内，再利用施工现场的挖掘机提升该漏斗，使其所处位

置正好在块体上方,开启闸阀并向下卸料,组织浇筑与振捣作业;堤心填充选择的是素混凝土,材料强度等级要求及具体施工方法均与前述相同。

### 3 四脚空心块模具的作

四脚空心方块模具属性与说明主要从模板的材质、使用过程、制作方案等内容进行简单的介绍,首先四脚空心方块模具作为钢模具体积偏大的类,它的制作不再是基础的三毫米钢板进行制作,更多的是选择了五毫米的钢板进行生产,较薄的钢板虽说厂家制作比较简单,但是却无法对模具的质量做出保障,另外较厚一些的钢板也可以用于提升模具的使用时间,经过实验可以持续应用三年左右。四脚空心方块模具的外观与样式比较独特,它的形状大致来看是普通的方形,但是从侧面观察的话会发现四个边角比起整体增厚了一倍有余,可是中间的位置却是四方形的掏空,其他工程中所应用到的预制件样式比较传统。四脚空心方块模具都是在防浪工程中进行使用,预制件的四脚厚重不会轻易被风浪掀翻,用于城市防浪工程建设也非常便利,且防浪的作用显而易见。四脚空心方块模具属于防浪石模具一类,施工单位需要按照实际要求选择模具。

四脚空心块模具的使用可以追溯到二十年前,因为过去对于钢模具的制作技术以及加工设备的缺乏,一般都是使用简单的防浪石类型,而且模具都是采用木板拼接的,不仅仅混凝土四脚空心块脱模效果一般,而且周转次数少,尤其是针对复杂类型的防浪石,使用木板的话很难出现其要求的形状,比如扭王字块、扭工字块、四脚椎体等,这些都是目前海岸线常见的混凝土防浪石,也是近几年通过钢模具的技术发展而生产的预制块。得益于施工设备、工人技术的进步,该模具的生产量也在逐年增加。四脚空心块模具是一种用防浪石模具生产的异形预制块,具有非常特殊的形状。摆放后,可以消除海浪带来的巨大冲击和危险,对防浪堤和岸边建筑物的起到保护作用。使用时,可利用自身重量和独特的形状,起到良好的消浪效果,能有效抵抗波浪,保护防波堤、其他建筑物和岸边建筑物,在防浪工程中起着不可或缺的作用。四脚空心块模具生产的防浪石坚韧耐用,易脱模,光泽度高,形状一致。四脚空心方块模具与其他模具的预制工序相同,模具的操作时间会受块体实际的大小、模具形状、模具材质、天气状况以及浇筑混凝土的含水量等因素所影响。

### 4 四脚小型空心方块的施工技术

现如今为了加快四脚空心方块模具的脱模率以及成型四脚空心方块的合格率,都会通过新式的蒸养工序来

进行模具操作,但无论怎样进行使用,模具的正确操作以及预制件的成型质量才是首要考虑的。四脚空心方块模具的四个脚都是相同样式的,而且每套模具的大小需要保持一致,这样才能保证混凝土四脚空心块的美观以及整齐性。通过对板材选择的厚度不同,四脚空心块模具呈现不同的重量。四脚空心块的设计与扭王字块、扭工字块等大体是一致的,使用区域全部集中在沿海地区。四脚空心方块模具未来的发展趋势是非常明显的,就是要提高其技术含量,保证生产效率,而且模具的使用也要规范,这样才能更好地满足其不同地区制作混凝土四脚空心方块的要求<sup>[2]</sup>。

#### 4.1 吊机选型

最大吊距约 18m,堤顶宽度 6m,起重物重量 3t,考虑到后续施工还有 5t 的四脚空心方块。经综合对比,选择 QUY50 履带吊,26m 臂杆,18m 最大起重量为 5.3t。

#### 4.2 吊具设计

0m 以下为水下安装,故有针对性地选择“自动脱钩”,共有两粗两细四股钢丝绳组成,在脱钩时只需抽去细钢丝绳即可。0m 以上为水上安装,两点吊,人工解扣。根据水下安装的特点,采用“自动脱钩”的方式,共由两粗两细四股钢丝绳组成,存在脱钩施工需求时只需抽去钢丝绳即可。水上安装部分,采用两点吊的方法,安排解扣后,有序将各构件安装到位。

采用2根13m长140工字钢为骨架,中间以14根1.9m长22槽钢上下交错焊接成整体,吊架上方每间隔2.1m于两个工字钢上各焊接1个吊耳以固定空心方块,起吊时采用钢丝绳连接吊架上设置的吊耳起吊。钢丝绳:吊绳采用4根 $\phi 30$ 钢丝绳,长度分别为4.5m和8.3m,吊车起吊块体组时形成1:1.5坡比。卡环:采用4个20t卡环,连接吊绳与吊架。手拉葫芦:采用10t手拉葫芦6个,每个手拉葫芦通过吊架上吊耳与钢丝绳将空心方块与吊架连接、固定。

#### 4.3 理坡

因工程需要和经济性,选择臂长 12m 的长臂挖机理坡。但即使臂长 12m 的长臂挖机也无法一次性对-4~+4.5m 进行理坡,故将理坡划分为-4~+2m 和+2~+4.5m; -4~+2m 理坡经观测资料显示,现场海域水位波动一般在-0.78~0.82m之间。-4~+2m 理坡大部分在水下进行,操作难度较大,理坡质量也难以控制,针对这个施工难点和重点,特别制定了简单易行的测量方法,有效地将坡度控制在 1:1.5; 测量方法将 2 根 $\phi 48 \times 3.0$ ,长 6m 的钢连杆拼接,拼接时,必须保证顺直,共制作 2 根,在一端 2m 范围内标注刻度,每 10cm 一档。在理坡过程中每完成 5m 里程就将钢连杆横放在

坡面上,并向底部用力顶,根据钢连杆所成坡度判断是否已达到1:1.5坡度,每延1m按此方法检测一次;根据钢连杆上所标注的刻度来检验棱体石,四脚空心方块安装底标高是否符合安装要求。满足这两个基本条件的情况下可向前继续理坡。安装底标高复核,因防波堤现场港外涌浪较大,船舶无法行驶停留,所以只能在陆上测量。将GPS测量工具架设在钢连杆内并固定牢固,用履带吊吊起,伸臂至安装区域待测点上,读取数据,依次进行,直至将整个区域测量完毕<sup>[1]</sup>。

#### 4.4 四脚空心方块安装

四脚空心方块安装主要难点在于水面以下块体的安装。四脚空心方块安装初期采用50t汽车吊一次起吊一块安装,施工速度慢、安装后块体之间的间隙大。后经过方案优化后,采用150t履带吊使用特制吊具安装块体,一次安装6块,有效解决了上述问题。

基槽开挖完成后采用人工进行水下整平;整平后的基槽须满足设计宽度要求,基槽平整度满足构件安装要求,经监理验收合格后,开始安装构件。施工次序为先施工完成南堤,再施工北堤。构件遵循自外侧而内侧,自下而上逐层安装;首层安装完成后,先回填护脚混凝土,再填充构件内孔洞;构件内孔洞填充完毕后,开始浇筑堤心。堤心混凝土满足强度要求后,开始安放第二层构件。为了缩短施工周期,可采取安装构件和填充构件内孔洞同时进行,形成流水作业的施工方法<sup>[3]</sup>。

第一,定位。对于质量达到1.8t的四脚空心方块,考虑到安装精度要求,采用基线法完成安装作业。安装方法有两种:方案一,安装过程中,挖掘机稳定停靠在堤顶处,旁边停靠长臂挖掘机,两类设备协同作业,将四脚空心方块安装到位;方案二,在确保现场风浪较平缓的前提下(不可威胁人员安全),安排潜水员潜入水中,分析四脚空心方块的安装位置并及时摆正,使其能够达到指定位置。总体来看,所提的两种方案均具有可行性。第二,基线的布置、控制及调整。取1.8t的四脚空心方块,将其有序安装在底层,每段均设置5列。每

完成一块安装后,均利用GPS测量工具及时检测,调整钢连杆的位置并采取固定处理措施。挖掘机吊装,伸出机械臂并将钢连杆下降,此后由潜水员辅助作业,调整钢连杆的姿态,使该装置能够碰触已安装到位的四脚空心方块,在此条件下测量数据。待底层安装到位后,需经过检测和基线校准,将实测结果与设计要求对比分析,若存在偏差则及时调整块体的位置和基线,否则不允许安装上方的块体。基槽开挖整平作业和基线设定工作均落实到位后,方可按自下而上的顺序依次安装块体。其中以水下安装环境较为特殊,岸上指挥人员与潜水员应密切配合,根据指令将块体安装好。理坡完毕、基线设定完成后即可开始安装,由下而上依次安装。水下安装时尤其要注意岸上起重指挥和潜水员之间的协调,按照潜水员发出的指令安装块体,直至整齐划一地目标段安装完毕。

#### 结语:

本防波堤工程四脚空心方块数量大、型号多,共有1.5t、3t和5t四脚空心方块20,913件。通过尝试各种施工工艺,不断摸索改良,有效提高了安装质量和施工进度,相关指标达到规范标准和设计要求。通过该工程的成功经验,如下体会以供参考:理坡质量直接影响块体安装质量,安装前坡面必须理平,将高差控制在20cm内为佳;受机械设备限制,必须分层理坡,局部已整平的坡面会被大涌浪破坏,如有条件可采用大型机械设备一次性理坡完毕将大大提高理坡工效;当四脚空心方块出水后应重新再次调整基线,可采用片状石加以撑垫。

#### 参考文献:

- [1]李健东.某码头工程斜坡式防波堤断面稳定性试验研究[J].珠江水运,2022(15):46-48.
- [2]李光裕,田会静,李桐林,刘世远,明亮,牛富渊.BIM技术在天津滨海创新基地防波堤拆除工程中的应用[J].水运工程,2022(S2):108-112.
- [3]张敏强.港口工程防波堤工程中四脚小型空心方块的施工技术[J].工程建设与设计,2021(03):147-148+151.