



防波堤胸墙模板设计要点与验算

熊卫根

(中国铁建港航局二分公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 以温岭中心渔港防波堤工程的胸墙施工为例, 介绍了高大型胸墙施工采用的整体式移动钢模板的模板结构设计、移动系统设计及模体的组装与运行, 并对模板及钢结构桁架系统进行了设计验算。

关键词: 防波堤; 胸墙; 移动钢模; 设计; 验算

中图分类号: U 656.2⁺4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)04-0209-05

Design elements and checking of steel formwork for breakwater breast ball

XIONG Wei-gen

(The 2nd Engineering Branch of CRCC Harbor & Channel Engineering Bureau Group Co., Ltd., Ningbo 315000, China)

Abstract: Taking the breast wall construction of Wenling fishing ports as example, this paper expounds the structural design, mobile system design, assemble and operation of integral mobile steel formworks adopted in high crest wall construction and simple calculation of template, and design calculation of the steel structure truss system.

Keywords: breakwater; breast wall; steel formwork; design; checking

防波堤胸墙混凝土施工一般采用常规钢模板或拼装大模板, 但对于高大型胸墙采用常规方法施工, 不仅难度大、成本高, 而且工期和质量难以得到保证, 安全风险也大。浙江温岭中心渔港防波堤胸墙的移动模板设计、施工技术, 对于高大型胸墙设计及施工有一定的借鉴参考价值。

1 工程概况

浙江温岭中心渔港防波堤, 桩号里程 K0+020~K0+760 段胸墙为 L 型结构, 底板宽 7.35 m、厚 2.5 m; 下游侧顶墙厚 0.7 m、高 1.9 m。根据设计要求, 每 20 m 设置结构缝, 施工缝用沥青木丝板分隔。由于防波堤顶宽较窄、施工面小、常规模板施工难度大, 因此采用整体式移动钢模板施工, 其特点是施工效率高、整体性强、刚度大、

板块大、拼缝少、浇筑混凝土质量好、承载力大、周转使用率高、安装就位快, 满足现代施工所要求的经济耐用、操作简便的要求。

2 模板设计

2.1 模板结构

移动模板由组合钢模作板面, 角钢等作围图, 钢桁架作支撑骨架。

1) 由于防波堤胸墙为 L 型不对称体, 所以模板也应具有相同的不对称性, 在模板组成上就需要分解成不同结构的单元。

考虑到胸墙墙体结构中第 2 层的浇筑高度为 1.9 m, 钢模板分 2 种类型, 分别适用于胸墙墙体左右。每块模板加工成整体定型钢模板, 钢模板由面板、主肋、次肋、支撑桁架、稳定机构及附件

收稿日期: 2014-06-23

作者简介: 熊卫根 (1965—), 男, 高级工程师, 从事公路、港口与航道的施工管理。

组成，每块模板用 4 根 20 槽钢分两排加固成主肋，每 2 根 20 槽钢焊接成空腔柱，腹板采用 10 mm 厚钢板；竖向用 10 mm 钢板作加劲肋，间距 300 mm，横向用 $\angle 50 \times 50$ 的角钢焊接，间距 500 mm。所有模板采用手动松紧器调整、固定，见图 1。

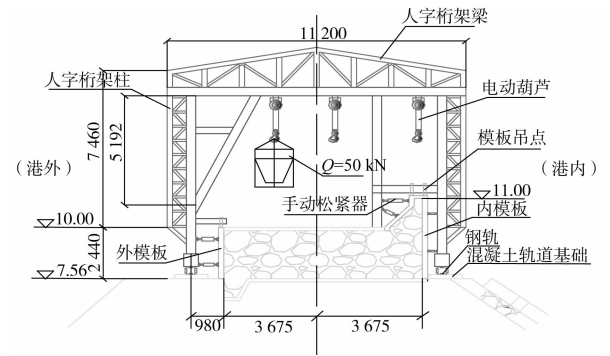


图 1 组合钢模正视图（高程：m，尺寸：mm）

2) 模板定制尺寸根据设计图纸要求，每一侧面为一整片定型模板，腹模厚 10 mm。模板支撑体采用型钢焊接组装的桁架结构，模板总长 20 m，最高处 4.4 m，宽 7.35 m，外观见图 2。



图 2 安装调试完成的模板

- 3) 移动式模板依靠焊接固定于钢桁架支撑上的液压系统调整、固定，依靠电动系统行走。
- 4) 移动模板的附加部分满足施工措施要求。

2.2 移动模板系统及模板

模具主要由 3 部分组成：模具系统、液压控制系统及电器设备系统。

2.2.1 模具系统

1) 定型组合模板（钢模）：港外侧为 $4.5 \text{ m} \times 2.30 \text{ m}$ ；港内侧为 $4.5 \text{ m} \times 4.4 \text{ m}$ ；端头为 $7.35 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ ，模板用 $\delta = 10 \text{ mm}$ 钢板加工，内、外侧定型钢模见图 3。

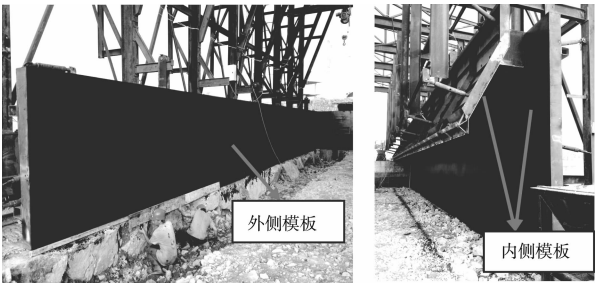


图 3 内、外侧定型钢模

2) 连接件：手动松紧器、液压系统、扣件、螺栓、紧固高强度螺栓、轨道滑移及行走装置、桁架结构、吊车系统等（图 4、5）。

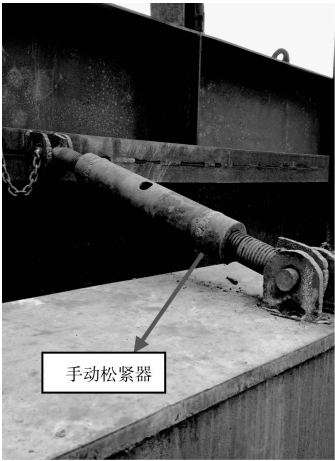


图 4 手动松紧器

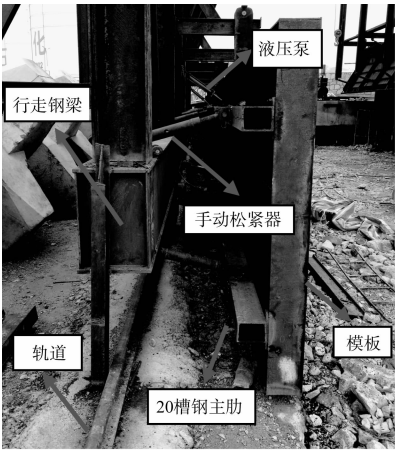


图 5 模板的组成、固定

- 3) 支承件：轨道（行走钢梁）、滑车、钢结构桁架、起重装置、钢管支柱、H 型钢、木材等。支撑钢桁架采用型钢组合加工，行走于轨道上^[1]。
- 4) 操作平台以桁架支撑体为基础，上面铺设

木板并固定，供操作人员使用。模板及配件应严格检查，不合格的不得使用。

2.2.2 液压控制系统

由液压控制台、液压多路换向阀（ZS-L10E-YT-60 型）、油管、液压泵（HOB 80/50 × 350 型）组成。共采用 2 个液压控制台、2 个液压多路换向阀、15 个液压泵。

液压控制台布置在行走钢梁上，用软油管与移动模板油路相连，通过电路与模板上的电控箱连接，见图 6、7。



图 6 液压泵

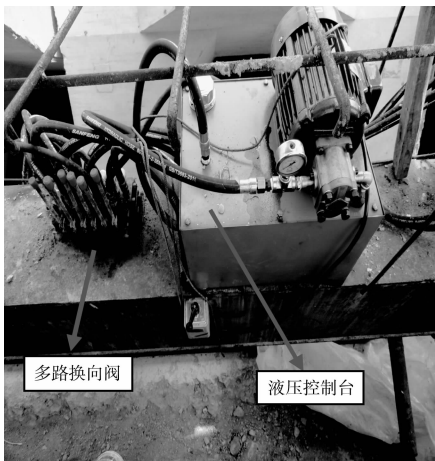


图 7 液压控制台

1) 液压操作台的选用与检验必须符合下列规定：

① 液压控制台内，换向阀和溢流阀的流量及额定压力均应等于或大于油泵的流量和液压系统最大工作压力，阀的公称内径不应小于 10 mm。

② 液压控制台的油箱应易散热、排污，油箱

的有效容量为油泵排油量的 2 倍以上。

③ 液压控制台供电方式采用三相五线制，电气控制系统应保证电动机、换向阀等按模板移动的要求正常工作，并应加设备用插座。

2) 油路。

油路耐压力为 36 MPa，主油管内径 13 mm，连接液压泵的油管内径 10 mm。油管接头、限位阀、换向阀耐压力和通径与油管相适应。液压油应定期进行过滤，并应有良好的润滑性和稳定性，其各项指标应符合国家现行油管标准的规定。

2.2.3 电器设备系统

模板行走电机 2 台，5 t 电动葫芦 3 台。除机械设备采用 380 V 电压外，作业平台照明电压采用 36 V 安全电压^[2]。

电路采用三相五线制，平台上的总配电箱、分区分电箱设置漏电保护器，配电箱中的插座规格、数量满足施工设备的需要。所有插座均采用防水插座。

2.2.4 供料系统

由混凝土罐车、25 t 吊机、储料斗、溜筒等组成。

2.3 模体组装与运行

2.3.1 安装模板

1) 移动模板模具组装顺序：定位（浇注轨道行走混凝土基础）→桁架梁就位、吊架安装→安装模板→安装提升架→安装液压泵、电机→安装手动松紧器→安装液压设备供油管、电线→检查调试。

2) 安装模的拉杆或斜撑：模每边设 8 × 2 根松紧器 6 道液压脱模顶进装置，固定于钢结构桁架上的钢筋环上，用线坠控制，用松紧螺栓调节（或调节螺栓调节）校正模板垂直度。液压顶地面夹角不宜大于 45°。

3) 移动过程控制。在移动过程中，首先对轨道基础进行检测，使其满足胸墙轴线要求。模板调整后，采用全站仪对模板进行监测和校核，和设计轴线的误差控制在 30 mm 以内。

2.3.2 模板拆除

1) 模板应优先考虑整体拆除，便于整体移动

后,重复进行整体就位。

2) 墙模板拆除:先拆除松紧器上的插销等附件,再拆除斜拉杆或斜撑,启动自动液压脱模系统脱模板,使模板离开墙体,即可启动滑移桁架行车移动至第2次预定位置。

3) 拆下的模板及时清理粘连物、涂刷脱模剂,拆下的扣件及时集中收集管理。

4) 拆模时严禁模板直接从高处往下扔,以防止模板变形和损坏。

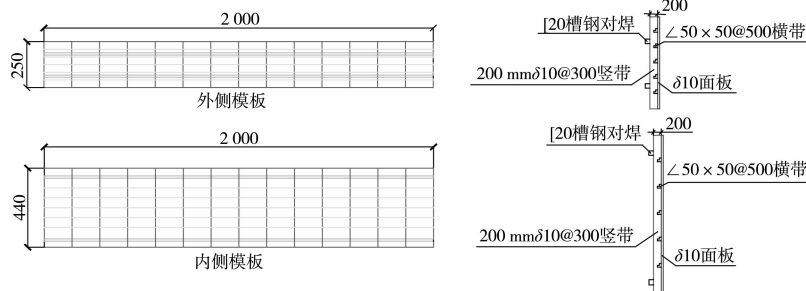


图8 模板剖面图(单位:mm)

3.1 模板验算

已知条件:胸墙高度2 300 mm,胸墙墙顶高4 400 mm。模板采取竖排板,钢模板面板为10 mm厚钢板,竖肋为10 mm钢板高度为200 mm,间距为300 mm,横肋为 $\angle 50 \times 50$ 角钢,间距500 mm。背楞为双根20#,最大间距为1 200 mm,手动松紧器支撑最大间距为2 800 mm,松紧器(吊钩)为 $\phi 50$ mm圆钢。以港内侧胸墙最高模板为例计算。

1) 计算简图。

新浇注混凝土侧压力的确定,按《港口工程技术规范》推荐的公式计算,公式如下:

$$P_{\max} = 8K_s + 24K_t v^{1/2} \quad (1)$$

式中: K_s 为外加剂波动修正系数; K_t 为温度校正系数; v 为混凝土浇注速度(m/h)。根据施工具体情况,取 $K_s = 1.0$, $K_t = 0.86$, $v = 2$ m/h。得到 $P_{\max} = 37.2$ kN/m²。

面板按单向受力、3跨连续计算,取10 mm宽板带为计算单元,故 $q = 0.38$ N/mm,计算简图见图9。

2) 强度计算。

按静荷载最大查得弯矩系数 $K_m = -0.100$, $M_{\max} = K_m q l^2 = 3 420$ N·mm, $W_x = b h^2 / 6 = 167$ mm²。

2.4 模板工程的控制

1) 移动模板体系必须具有足够的刚度,能够承受自重、风载、施工荷载和模板与混凝土的侧压力和摩擦力,并具有足够的安全系数。

2) 模具组装前,对液压泵等设备和模具构件进行校核。

3 结构验算

胸墙内、外侧模板见图8。

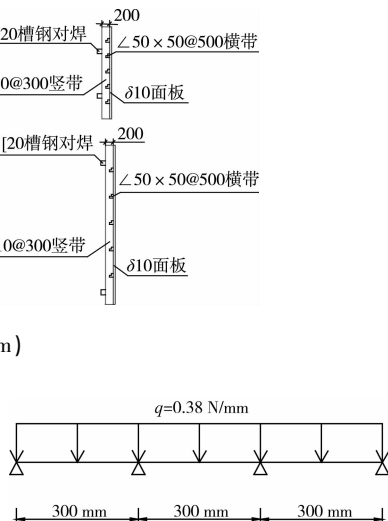


图9 计算简图

故面板最大内力值为: $\sigma = M_{\max} / (r_x W_x) = 20.5$ N/mm² ($< f = 215$ N/mm²),满足要求。

3) 挠度验算。

查表得挠度系数 $K_f = 0.677$, $f_{\max} = K_f q l^4 / (100EI)$,其中钢材弹性模量 $E = 2.06 \times 10^5$ N/mm², $I = b h^3 / 12 = 833$ mm⁴。故 $f_{\max} = 0.012$ mm。

3.2 钢结构桁架验算

桁架结构计算以中间一榀桁架为例计算,计算结果:

风荷载作用下柱顶最大水平(X向)位移:节点56,水平位移 $d_x = 1.175$ mm ($= H/6 383$)。

地震荷载作用下柱顶最大水平(X向)位移:节点56,水平位移 $d_x = 1.505$ mm ($= H/4 984$)。

梁的(恒+活+吊)最大挠度:梁97,挠跨比=1/10 507。

风载作用下柱顶最大水平位移: $H/6 383 <$ 柱顶位移容许值($H/60$)。

地震作用下柱顶最大水平位移： $H/4\ 984 < \text{柱顶位移容许值}（H/60）$ 。

梁的(恒 + 活 + 吊车)最大挠跨比： $1/10\ 507 < \text{梁的容许挠跨比}（1/180）^{[3]}$ 。

4 结语

1) 本工程堤顶宽 12.35 m，其中外侧 5.00 m 为安放两排扭王字块体的构造要求宽度，混凝土胸墙宽 7.35 m，施工场地狭窄，施工中无法使用大型设备，采用整体式移动钢模板解决了施工场狭窄问题，创造了较好的施工条件。

2) 采用液压滑移就位、自动化脱模系统，避免了通常使用的大片模板拼装所出现的模板拼缝、胀模、对拉螺杆留下的孔洞等通病，同时减少了模板拼装时间，具有整体性强、施工效率高、可提高混凝土的浇筑质量等优点。

3) 本工程胸墙采用 20% 的掺石混凝土，因胸墙最高处为 4.4 m，如何掺石及浇注顶层混凝土需要施工中解决，移动式模板采用在模板框架上安装 5 t 电动葫芦吊运石头及顶层混凝土，充分地解决了此类问题。

4) 通过整体移动式模板的使用，极大地减少了胸墙混凝土的浇注时间，缩短了工期，创造了较好的经济效益。

5) 通过结构验算，模板的强度、刚度等满足规范要求，可供同类工程的模板施工参考。

参考文献：

[1] 罗柳,唐蔚东,谭永安,等. 防波堤胸墙施工中门架模板一体式工艺[J]. 水运工程, 2013(9): 175-178.
[2] GB/T 50214—2013 组合钢模板技术规范[S].
[3] GB 50017—2003 钢结构设计规范[S].

（本文编辑 武亚庆）

~~~~~

（上接第 204 页）

#### 4 结论

1) 泥浆管道输送规划设计时，可以根据施工区域土质信息和实际排距设计合理的输送管道管径；在施工过程中，可以视输送颗粒粒径提高输送浓度以达到最大产量或者最大效率。在提高输送浓度以追求高产量和高效率时，必须考虑临界流速和汽蚀余量的限制。

2) 泥泵运行在恒扭矩区域内时，系统产量和经济性将随排距缩短、泥管管径的增大和输送浓度的提高而提高。运行于这种状态的系统比较稳定，流量、产量波动比较小。因此，推荐系统泥泵工作在恒扭矩区域。

3) 泥泵运行在恒转速区域内时，不考虑泥泵驱动端效率（如耙吸挖泥船艏吹施工）、预留适当安全余量（避开临界流速附近管阻曲线较平坦的区域）的前提下系统产量和经济性随排距缩短、泥管管径的增大和输送浓度的提高而提高。该状态运行系统不如恒扭矩状态运行系统的稳定性好，流量、产量波动也比较大。因此，为了系统的安全运行，对于其泥泵一直运行于恒转速区的

泥浆管道输送系统，如典型的一拖三耙吸式挖泥船泥浆输送系统，汽蚀余量安全余量和临界流速安全余量预留值要比在恒扭矩运行的系统的预留值大。

4) 对于具有双速运行功能的泥泵系统，建议在驱动低速运行泥泵的柴油机功率富裕比  $(P_N - P_w)/P_N$  与泥泵高低速差比  $(n_N - n_L)/n_N$  相等的时候，采用高速运行。

#### 参考文献：

[1] 李铭志,何炎平,韩政,等. 泥沙管道输送计算方法探讨[J]. 水运工程, 2014(5): 38-42.  
[2] Durand R. The Hydraulic Transportation of Coal and Other Materials in Pipes[M]. London : Collage of National Coal Board, 1952.  
[3] Schiller R E, Herbach J B. Handbook of Dredging[M]. New York : McGraw-Hill, 1991.  
[4] Bree Ir S EM de. Dredging pipelines and pumps[J]. Ports and Dredging, 1975, 80: 4-9.

（本文编辑 武亚庆）