

印尼Adipala防波堤水文特性分析及施工技术

周加杰, 罗春艳, 钟少杰, 曹 兵

(中交四航局第二工程有限公司, 广东 广州 510300)

摘要: 介绍印度尼西亚中爪哇Adipala电厂项目防波堤施工技术, 分析开敞式印度洋海域环境下的水文特性, 阐述防波堤的平面形态和水文特性对防波堤施工工艺、船机设备、堤头防护方案比选的决定作用, 探讨印度洋高频次强风浪条件下防波堤有效施工技术模式, 可供同类工程提供借鉴和参考。

关键词: 印度洋; 水文特性; 防波堤; 施工技术

中图分类号: TV 656.2

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2013)06-0183-004

Hydrologic characteristics and construction technology of Adipala breakwater, Central Java, Indonesia

ZHOU Jia-jie, LUO Chun-yan, ZHONG Shao-jie, CAO Bing

(Second Engineering Company of CCCC Fourth Harbour Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510300, China)

Abstract: This paper introduces the construction technology of breakwater for Adipala Power Plant, Central Java, Indonesia, analyzes the hydrologic characteristics of the open Indian Ocean, expounds the significance of the plane pattern and hydraulic characteristics of the breakwater on the construction technology, ship and machine arrangement, as well as protection of breakwater head, discusses the effective mode of breakwater construction under high-frequency and strong wave in the Indian Ocean. The result may serve as reference for similar projects.

Key words: Indian Ocean; hydrologic characteristics; breakwater; construction technology

国内防波堤施工通常分为台风季与非台风季施工, 一年中出现大浪季节多发生在台风季, 波高($H_{1/10}$)大于2 m的次数多以个位数计, 台风季施工特点体现为台风来临前的堤头防护与船舶、机械设备防台, 台风过后及时恢复施工; 非台风季一般风浪水流条件较好, 可充分利用陆推及各种水上船舶进行防波堤施工作业。开敞式印度洋环境下的防波堤施工分季风季与非季风季施工, 全年均有大浪出现的情况, 波高($H_{1/10}$)大于2 m的次数多以十至百位数计, 季风季表现为风浪水流均较大, 防波堤堤头防护暂停施工; 非季风季表现为非周期性大浪出现频率高, 堤头需经常进行防护, 同时, 定位船舶、抛石船舶及起重安装船舶

在此环境下的适应性差, 防波堤施工多靠陆上进行。本文主要针对印度洋环境下的波浪水文特性进行分析, 并根据工程实例对印度洋环境下的抛石防波堤可行性施工方式进行研究, 以为类似工程提供借鉴。

1 工程概况

印尼Adipala防波堤工程位于印度尼西亚中爪哇省芝拉扎市区的南岸, 南临印度洋, 防波堤为斜坡式抛石全断面扭王字块防护式结构, 东防波堤施工防波堤堤顶高程按容许少量越浪设计, 取值为3.50~7.28 m, 堤顶宽度取7.40~9.89 m, 斜坡坡比为1:1.5, 泥面高程为-2.0~-13.51 m, 堤心石采用抛

收稿日期: 2012-12-14

作者简介: 周加杰(1983—), 男, 工程师, 港口与航道工程一级建造师, 从事港口工程施工和管理工作。

填10~500 kg, 含泥量小于10%开山石形成, 针对不同水深、波浪和断面, 护面结构采用2.0~25 t扭

王字块体摆放一层, 护面块体下设100~2 300 kg块石垫层及150~250 kg块石护底垫层。见图1。

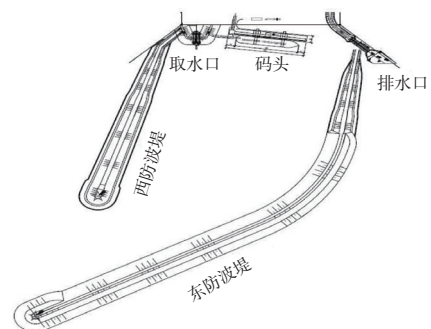
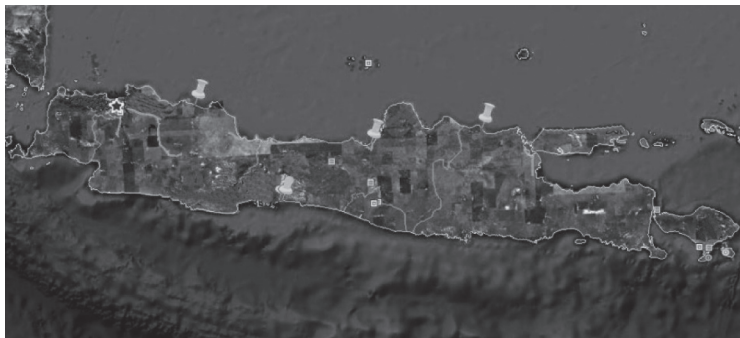


图1 防波堤地理位置及平面布置

2 地质及气候条件

根据钻探资料的情况分析, 该区域稳定性较好, 岸线顺直, 水深条件较好, 水下岸坡平缓、稳定; 地质表层以中粗砂为主, 下层为强风化、中风化的坚硬土。本工程地处印度洋, 海上风浪较大, 常年浪高约1.5 m以上, 而每年的5—9月为印度洋的季风期, 期间浪高达到2~4 m, 尤其在7—8月份特别严重。当地属于热带雨林气候, 每年11月份至来年4月份为雨季, 雨水充沛; 日平均温度为25~27℃。

3 水文特性

工程所在地附近波浪观测站点Batu Hiu自2006—2011年风、浪强度及频率资料, 见表1, 表2及图2。

由以上统计发现, 印度洋环境下每月均会出现2 m高以上大浪, 且常浪向统一为SSW向, 尤其以5—9月表现特别突出, 出现2~3 m波高波浪的天数达70%以上, 1—4月份及11—12月份出现2~3 m波高波浪的天数仍维持在20%~30%的比

表2 波浪强度及出现频次

浪高/m	月各波浪波高出现天数百分比/%											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
<0.5	9	9	4	0	0	0	0	0	0	0	1	6
0.5~1.3	3	13	3	5	0	0.1	0	0	1.2	3	5	13
1.3~2.0	57	54	59	66	28	28	16	19	18	41	71	63
2~3	31	24	34	29	72	71	81	78	77	56	22	19
>3	0.4	0	0	0	0	0.8	4	3	3	0	0	0
常浪向	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW

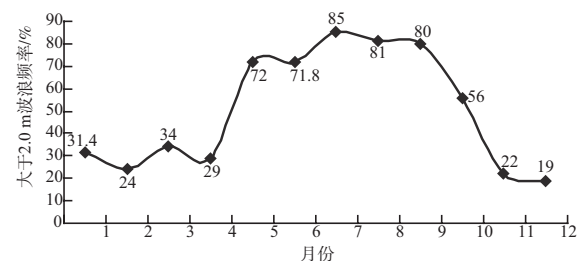


图2 印度洋环境下波高大于2 m的天数比例

表1 风强度及出现频次

风速/ (km·h ⁻¹)	月各风速天数出现频率百分比/%											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0~10	21	31	37	42	23	10	4	1.5	12	22	38	36
10~20	36	39	38	50	49	43	35	2.9	54	62	53	39
20~30	23	14	14	7	26	44	57	64	33	16	8	15
30~40	10	6	7	1.7	1.8	3	5	6	1	0	0.3	4
>40	1.1	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
常风向	W	W	W	SEE	SEE	E	SEE	SEE	SEE	SEE	SE	SW

例, 这就意味着防波堤施工过程中每月均会遭受不同频次的大于2 m波高的波浪冲击作用, 对防波堤的连续施工造成极大的困难。

根据风浪统计及结合印尼Adipala防波堤施工实际情况, 季风期期间及前后时间段5—10月防波堤无法进行施工作业, 需封堤保护堤头进行季风期防护, 1—4月及11—12月为防波堤的可作业时间, 期间每月会遭受1~3次波高在2.0~3.5 m、周期在10~20 s的强浪袭击, 此施工期间需经常性进行堤头防护及开堤复推施工, 在此风浪环境条件下大于1.3 m波高的天数占比超过75%, 国内防波堤施工常用到的平板驳、大型开体驳、横鸡趸、

起重船无法使用,施工的难度成倍增加,在此水文环境下如何有效进行防波堤推进成为防波堤施工关键所在。

4 防波堤施工工艺

鉴于防波堤受印度洋风浪影响的特性,如何做好防波堤的进度管理成为制约工程总体进度的关键,施工工艺的选择与优化成为制约防波堤施工的技术难题^[1],防波堤施工从根源上分为陆上和水上施工,结合风浪水文条件选择适宜的施工方式至关重要,除采用大型挖掘机进行理坡、采用大型起重机进行护底石吊抛及块体安装外,针对印度洋环境下本工程施工具体条件见表3。

表3 防波堤施工存在主要问题及解决措施

存在问题	解决措施
防波堤堤顶工作面狭窄,无法进行交叉作业	加宽防波堤进行推填,按照先外侧至堤头,后堤顶及回挖内侧倒退施工
堤头经常上浪,堤头路况差推填效率低,外界道路只允许10 t石料运输车通行,致使日推填量少,无法满足进度要求	实行24h不间断作业,配备石料堆场堆存石料,夜间组织40 t石料运输车辆转运 利用小型开体驳白天进行护底及堤心石抛填,加快施工作业进度
受波浪影响,月有效作业时间段,防波堤堤头防护、拆除频繁	加强每天波浪监测,及时反馈、指导现场 缩短堤头工序间隔距离、做到及时防护 采用石笼与块体联合防护,缩短拆装时间

此种风浪条件下的防波堤施工最重要的两处关键点为组织小型开体驳进行水抛施工与采用石笼和块体联合的方式进行堤头防护,这是有效解决防波堤施工进度与多频次防护的施工模式,在本工程中上述两种方式得到成功应用,这也是印度洋环境下防波堤施工与国内防波堤施工模式的重要差异。

5 小型开体驳无定位驳抛填及堤头防护

5.1 小型开体驳施工

国内防波堤施工常用到的大型船机在本海域多频次强风浪条件下不具备适应性,同时,印度洋环境下类似防波堤工程成功施工的经验数据少

之又少,基本无类似工程借鉴;通过借鉴国内风浪较好条件下小型开体驳的定位船施工方式,本项目自国内加工4艘45 m³柴油动力自航开体驳应用于本工程施工,通过浮标定位方式成功进行本工程开体驳的抛填施工。

为避免每月大浪期间对开体驳停船区的冲击,在防波堤内侧修建停船避风区,所做临时围堰兼做上料码头以实现开体驳石料的供给,同时,采用长竹竿、尼龙绳和混凝土墩组合制作浮标定位系统,在竹竿顶部挂不同颜色旗帜以标示不同抛填部位,开体驳装载完成自航至需抛填区域,根据竹竿浮标定位标识,放慢航速进入开体驳抛填船位区进行卸载,施工时根据船舶航行速度及相关海况做好提前量控制,以确保块石能够抛填至指定区域内。

通过对本施工工艺的检验,发现波高在1.8 m下(每月有效日作业天数达70%以上)小型开体驳具有良好的适用性,4艘开体驳日最大抛填量达100船次约4 000 m³,极大地减缓了陆上推填压力,加快了防波堤推进速度(图3)。



图3 开体驳就位卸载

5.2 堤头防护

本工程非季风期施工每月防波堤堤头遭受1~3次波高在2~3.5 m波浪冲刷,同国内仅台风季进行堤头防护不同,本工程施工中每月均需根据波浪情况做好堤头防护措施,并做到快装快拆、提高效率降低成本。

针对防波堤堤头波浪冲击的常态化和高频率,堤头防护全部采用护面块体将造成防护成本

过高、防护周期长，同时堤头防护水位以下块体无法有效拆除、造成的费用损失特别大等问题，严重制约工程进度和增加工程费用。经过对不同防护方式如人工块体防护、堤头块石灌浆、钢桁架防护罩、钢丝网石笼等方案的比选，综合考虑施工工艺、工期、费用、实用性等特征，最后选择钢丝网石笼配合人工块体进行堤头防护^[2]，经现场实践发现其表现出对于堤头防护良好的适用性和经济性（图4，5）。本工程通过对波浪特性的



图4 波高1.5 m≤波高<2.5 m石笼防护



图5 波高≥3.0 m时22 t块体全断面防护

分析，建立不同工况条件下的堤头防护方案，有效的解决堤头防护难题，推动了防波堤施工的顺利进行。

6 结语

开敞式印度洋环境高频次强风浪作用下的防波堤施工具有很大的不连续性，每月波浪袭击防波堤均会带来暂时性停工，堤头防护既要确保防护质量又要降低成本增加效率，根据不同工况条件做好堤头防护，确保快防快复，然后在有效作业时间内集中机械、设备进行24h作业推进防波堤施工是实现工程工期的关键。同时，此种风浪条件下做好防波堤风浪水流的监测至关重要，本工程通过波浪预测网站监测数据与现场实测数据进行对比，成功运用波浪预测指导现场施工，为判断波浪携带能量和实施防波堤堤头防护提供施工依据。

小型开体驳在此环境下表现出非常好的适用性，在大型船舶设备不具备使用条件下的开敞式印度洋环境，小型开体驳的灵活使用为防波堤的推进创造不可估量的价值，采用竹竿定位、小型开体驳抛填施工工艺得到非常成功的应用。

参考文献：

- [1] 朱成. 印尼巴齐丹码头防波堤施工[J]. 科技资讯, 2010(11): 111-112.
- [2] 付旭辉, 李义天, 杨胜发, 等. 大比降卵砾石河流钢丝石笼防冲性能试验[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2010, 43(4): 419-422.
- [3] JTJ 298—1998 防波堤设计及施工规范[S].

（本文编辑 郭雪珍）