

防洪与环保紧密结合的荷兰三角洲工程

钟珞穗

(河海大学港口航道及海岸工程学院 南京 210098)

摘要 简要介绍荷兰三角洲工程规划的背景、实施概况及其在抵御风暴潮泛滥过程中的重要作用,着重回顾该工程因考虑生态与环境保护而进行的重大调整,介绍三角洲工程中技术难度最大的东谢尔德挡潮闸,并总结三角洲工程建设的经验。

关键词 三角洲工程 挡潮闸 防洪 环境保护

举世闻名的荷兰三角洲工程位于荷兰西南部的沿海地区,莱茵河、马斯河与谢尔德河三条大河在这里入海,形成了口门众多、河网交错的河口三角洲。这里河口边滩发育,水温、盐度适宜,冬季不冻。一天两次潮涨潮落及平均 3.2 m 的潮差给河口带来了丰富的海洋生物,为鱼类、鸟类、贝类等繁殖生长创造了优良的生态环境,其中仅东谢尔德河口就能找到 75 种鱼类和多种珍稀动植物,渔业和水产养殖业成为当地经济的重要支柱。三角洲已发展成荷兰沿海肥沃富饶的地区之一。

然而,由于沿海地区地势较低,荷兰也是一个经常遭受风暴潮袭击和洪水泛滥的国家,要不是多少世纪以来荷兰人民不屈不挠地筑堤挡潮,荷兰整个国土面积的二分之一将有可能周期性地被海水淹没。荷兰历史上几乎每个世纪都有大洪水的记载,如 1288 年大洪水,1404 年和 1421 年的圣伊丽莎白日洪水,1530 年圣腓力克斯日洪水及 1570 年万圣节洪水等等。特别是本世纪 1953 年 2 月 1 日夜,由于天文大潮同连续 1 h 的 12 级西北方向风暴同时作用,最高潮位达到了阿姆斯特丹基面以上 4~5 m,暴潮冲跨了堤岸,淹没

了 20 万 hm^2 的土地,47 000 座房屋被毁,20 万头牲畜死亡,1 835 人丧生,72 000 人被迫逃离家园。

1953 年大洪水后,荷兰政府下决心实施三角洲工程,彻底消除暴潮引起的洪水威胁。不久,政府专门成立了一个委员会,为预防未来的洪水灾害提出工程规划方案。其中一个方案是缩短海岸线的长度,在三角洲各潮汐通道上沿海岸一线修筑堤坝,其余部分的海堤则加高到阿姆斯特丹基面以上 5 m。当时该方案为各方普遍接受,因为 1932 年修建的须德海(Zuyder Zee)挡潮坝已积累了成功的经验,使海岸线长度缩短了 300 km,不仅大片国土免遭洪水威胁,还在大坝后的艾瑟尔湖(即原须德海水域)通过围垦新增了大片土地。

最初的三角洲工程方案计划在 4 条主要潮汐通道的口门处修建大坝,即维尔斯水道(the Veerse Gat)、东谢尔德水道(the Eastern Scheldt)、布劳沃斯水道(Brouwershavense Gat)和哈灵水道(the Haringvliet),见图 1。这将使海岸线长度缩短约 700 km,河口地区出现洪泛的频率将降为 4 000 年一遇,而内陆地区则降低到万年一遇。为保证鹿特丹港和安特卫

作者简介:钟珞穗,男,教授,从事波浪与建筑物相互作用的研究,曾发表《斜坡上波浪冲击压力的理论与实验研究》(德文)等论文。

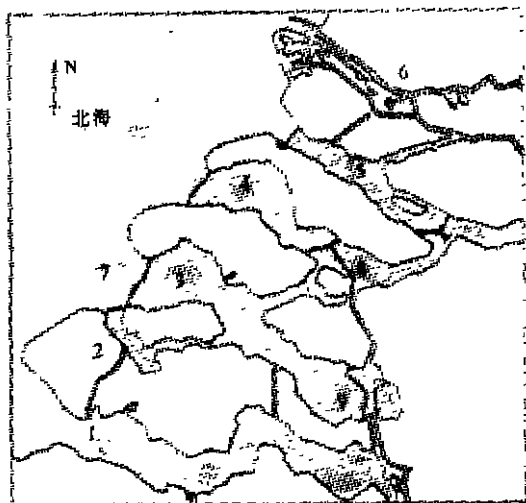


图1 荷兰三角洲地区简图

1.西谢尔德水道;2.维尔斯水道;3.东谢尔德水道;4.布劳沃斯水道;5.哈灵水道;6.鹿特丹;7.东谢尔德挡潮闸;8.菲利浦坝;9.奥斯特坝

普港的航运需要,新马斯水道和西谢尔德水道仍保持开敞,其河堤高程相应提高到三角洲地区海堤相同的高程。除此以外,三角洲工程还包括一系列为通航、泄洪和水资源管理服务的水利工程设施,这些工程均布置在三角洲离河口 30~40 km 的上游河段。

1958年,荷兰议会通过了三角洲法案,同意实施三角洲工程。从50年代后期到70年代初,经过10多年的努力,三角洲工程中大部分工程项目已相继完成,如1958年完成的荷兰-艾瑟尔挡潮闸,1960年完工的桑德克里克坝,1961年维尔斯坝,1965年格里夫林根坝和1969年福尔克拉克船闸枢纽等。1971年和1972年分别完成了哈灵水道和布劳沃斯水道口门处的筑闸坝工程。这些工程规模一个比一个大,技术难度一个比一个高,建设工期由最初只需几年到完成哈灵挡潮闸经历了14年。至此,4条潮汐通道中的三条其口门已被拦断,余下的东谢尔德河口筑坝工程则是三角洲工程中技术难度最大的工程。

东谢尔德河口宽8 km,最大水深40 m,平均潮差3.2 m,一个潮的过水量达11亿 m^3 。按照原计划,东谢尔德坝1967年开始动工,应于1978年完工。第一步先利用河口原有

的浅滩,抛填出三个人工岛,然后用3 km长的坝将其中两个人工岛连成一体。这样到1973年已在河中抛筑了总长5 km的人工岛和坝体。余下总宽度约3 km的三个汊道,原计划利用跨河索道抛填预制混凝土块的方法堵口筑坝,施工用的索道铁塔亦已建成。但此时新的情况出现使工程暂时停顿,以致需要重新确定新的工程方案。

所谓新的情况就是60年代末期,荷兰国内关于加强生态环境保护的呼声日益高涨。政府十分重视针对三角洲工程中对生态环境影响最大的东谢尔德坝工程而出现的反对舆论,专门成立了一个特别委员会进行研究。问题的焦点是若采用实体坝拦断东谢尔德河口后,东谢尔德水道将不再是潮汐通道,坝后形成一个淡水湖,水位变化亦将消失。这将使当地动植物的生存环境出现巨大变化,多种鱼类和贝类将濒临灭绝的境地。因此,首先是一批科学工作者、自然保护主义者和渔业、水产业者反对拦断东谢尔德河口,要求保持潮汐通道开敞。他们希望用加高两岸堤顶高程的方法来挡潮防洪。鉴于东谢尔德河口地区生态环境对动植物生长保护和对荷兰经济发展、国际影响的重要性,1974年政府决定改变原三角洲工程计划,并着手制订新的既能可靠地防洪、又能保护环境的工程方案。

新的三角洲工程方案是采用挡潮闸代替原来的实体坝。在通常情况下保持东谢尔德潮汐通道的畅通,一旦出现风暴潮和特别高水位的威胁,挡潮闸重达300~480 t的闸门可在1 h内关闭,以确保三角洲地区的安全。尽管闸门开启时留有14 000 m^2 的过水面积,但挡潮闸的存在仍然会使进出河口的潮量比原来减少,因而使潮差减小。为使河口基本保持原有的潮差(这对某些动植物是至关重要的),新方案还同时在闸后的河段中筑坝进行分隔,目的是相应减小纳潮面积,从而保持原有潮差基本不变。这就是配套的菲利浦坝和奥斯特坝,这两个坝后才是免受潮汐影响的淡水的安特卫普—莱茵航道。

1976年年中,议会批准了新的三角洲工程方案。在最大水深40 m,主汊道宽约2 km的强潮河口,同时还有北海强劲风浪袭击的恶劣条件下,设计和建造一个能随时启闭的挡潮闸,其工程难度在世界上也是罕见的。新方案丝毫没有降低原三角洲工程抗击洪水的能力,又全面地考虑了长远的生态环境效益,尽管这样做使工程技术难度大大增加,并且还把工期整整推迟了8年,但这无疑反映了荷兰人民把海岸防护与生态环境保护完美结合起来的能力和决心。

为对三角洲工程中的重点工程——东谢尔德河口风暴潮挡潮闸有一个较为深入的了解,下面再作一简要介绍。

如前所述,新的三角洲方案批准实施时,东谢尔德河口尚剩下总宽约3 km的三个汊道,其中哈门汊道宽1265 m,拟建闸长675 m;罗根普拉特汊道宽1195 m,闸长720 m;主汊道叫罗姆波特,宽1965 m,闸长1440 m。按计划总共建65个钢筋混凝土预制墩,62扇钢闸门,墩的中心距为45 m。闸门高度5.9~11.9 m,最重的达480 t。

预应力钢筋混凝土预制闸墩单个最重达1.8万 t,全部在一个面积为1 km²的坞内预制。坞内放水后水深可达13~17 m(视潮位而定),可满足起重能力为1万 t的Ostrea号起重船的吃水。预制墩高度为30.25~38.75 m,下部中空,自身浮力约9000 t,沉放到位后内部填砂。每一个闸墩的建造周期为1年半,每隔2个星期新开工一个墩子,所以一般总有30个以上的墩子在同时施工。从1979年3月开始预制,直至1983年才全部完成,总混凝土方量为45万 m³。

Ostrea号起重船6615 kW(9000 马力),平面上呈U型,可驶入坞中将闸墩吊起几米的高度后运出。该船有4个方向舵推进器(rudder propeller),两个在船头,两个在船尾,故操纵性能较好。闸墩到达预定位置后同Macoma号工作船对接,两船用可承受588万 N拉力(600 t拉力)的连接装置联成整

体。Macoma号的作用一是作为固定浮筒,帮助Ostrea号精确定位,二是起一个“吸尘器”的功用,利用Macoma号上的水下吸泥装置,将墩底与基床面之间的泥沙全部吸除。墩子下沉到位后,底缝灌浆,墩内吹填。

该工程的难点之一是地基处理,因为地基的任何过量变形都将影响到闸门的启闭。

挡潮闸的地基处理采取以下步骤:

a. 表层置换砂层。

b. 深层振动捣实。利用特制的工作船上安装的4根巨大的振动棒,插入海底可达15~18 m,一次插棒振动的影响范围为6 m×25 m,垂直坝轴的方向上要求捣固的范围为80 m,需要3年时间才能将三条汊道上的坝基都振捣一遍。

c. 在加固好的地基上对应每一个闸墩位置铺上200 m×42 m×0.36 m的底层铺垫。该铺垫由专门的工厂预制,由粗砾石、细砾石和砂三层组成,层与层之间以及表层均有土工织物分隔或覆盖,最外层是补强钢丝网。预制好的铺垫卷在巨大的浮鼓上,由工作船运到现场铺设沉放。底层铺垫的作用是平整地基和作为反滤层。

d. 为加强基础结构,在底垫层上再铺一层上垫层,上垫层尺寸是60 m×29 m×0.36 m,也是由工厂预制成卷后,用工作船铺设。

e. 上、下垫层铺完后,地基平整度可达到不超过30 cm的变幅,但闸墩底部要求更高的平整度,所以必要时还要在闸墩的底肋位置再铺一层厚度为15~60 cm不等的混凝土块垫层,以作最后的细平。

闸墩沉放到位后,垫与垫之间的空隙还要先抛石,后覆盖上长200 m、宽13.5 m的碎石镇压垫层进行防冲保护。该垫层同前述三种垫层一样,都是在工厂预制的,是一种在柔性钢筋网上交错地固定了内填碎石的条形铁笼而构成的防冲垫。可见,整个工程的工厂化与机械化程度是相当高的。

挡潮闸工程为了确保地基不受冲刷而达到200年的工作寿命,在所有闸墩就位后,通

过抛填或安放的方式筑起一道斜坡式的块石护堤,将所有闸墩的基脚完全掩护起来,就像筑了一道高高的门槛。块石从内到外分成若干等级、面层的块石为6~10t重的玄武岩。石料取自德国、芬兰、瑞典和比利时,密度可达 $2.8\sim 3.0\text{ t/m}^3$ 。为防止抛石损伤钢筋混凝土闸墩,凡1t以上的块石均由特制的、可任意调节臂长与俯仰角度的起重设备来摆放。整个挡潮闸工程的结构见图2。



图2 挡潮闸工程结构

1. 闸墩; 2. 与边墩衔接的抛石坝; 3. 启闭设备支承梁;
4. 液压活塞杆; 5. 压顶块; 6. 上横梁; 7. 闸门; 8. 门槛梁;
9. 公路; 10. 公路箱梁和闸门操纵机械; 11. 电缆沟;
12. 门槛梁内填砂; 13. 块石护槛顶层; 14. 块石护槛芯料;
15. 墩内吹填砂; 16. 门槛梁支承; 17. 上垫层; 18. 灌浆;
19. 混凝土块垫层; 20. 底垫层; 21. 抛实的海底砂层;
22. (护脚)碎石袋

荷兰的三角洲工程全部完工至今已整整10年,但仍然给人们留下许多有益的启示。

a. 三角洲工程从开始规划设计到全面完成,经过了30多年的漫长历程。三角洲地区地势低洼,河汉纵横,抗洪挡潮的任务异常艰巨,但荷兰人民一开始就以惊人的毅力,科学的态度作出了根治三角洲洪水灾害的长远规划,然后逐年分期一步一个脚印地付诸实施。到70年代中期就已完成了其中占大部分的七项主要工程。他们这种长期规划,分

期实施,由易到难,逐步完善的治理方针,比较好地协调了人力、财力、技术、环境等问题同防洪总目标之间的矛盾,因而取得了成功。

b. 作为一个长期的工程规划,由于认识水平的限制,不可能十分完善,需要根据客观实际的变化而不断调整和改进。三角洲工程在实施过程中为了解决原工程规划对生态环境考虑不周而出现的矛盾,不惜推迟工期,追加预算,对原计划作重大修改,使新的工程方案既满足原定的一劳永逸地抗洪防灾的总目标,又解决了水利工程与生态环境的潜在矛盾,把“功在当代”和“利在千秋”完美地统一起来。荷兰人民在实施可持续发展战略中所表现出来的这种胆识和智慧,值得我们借鉴学习。

c. 三角洲工程所处的动力环境复杂,工程的技术难度在世界上亦属罕见。为此在工程中不论是设计施工或是量测控制等过程均大量采用新工艺、新技术和新方法,为工程达到两个世纪的使用寿命这一高标准奠定了基础,也为今后的海岸工程设计施工提供了新的经验。

(收稿日期:1997-09-08 编辑:熊水斌)

(上接第12页)

移民工作手册》、《水库淹没处理设计》等一批专著和工具书,并正在编一套9册《水库移民工程系列教程》,目前已出版6册,预计1998年全部出齐。这9册教材还要在今后应用中不断地完善提高。

参考文献

- 1 水库移民经济研究中心主编. 水库移民安置国际高级研讨会文集. 南京: 河海大学出版社, 1994. 8~13
- 2 施国庆等. 水库移民系统规划理论与应用. 南京: 河海大学出版社, 1996
- 3 施国庆等. 工程移民研究进展. 见: 赵光恒主编. 河海大学科技进展(1991~1995). 南京: 河海大学出版社, 1995. 176~182
- 4 水利部. 水库移民工作手册. 北京: 新华出版社, 1992
- 5 施国庆等. 长洲水电工程移民安置规划理论与设计实践. 红水河, 1992, 11(4): 13~19

(收稿日期:1997-10-10 编辑:熊水斌)