

孟加拉国防洪体系及工程建设标准概述

刘娟 崔萌 贺顺德 唐林

(规划研究院)

[摘要] 孟加拉国防洪体系主要由堤防工程、河道整治工程以及水文测报与预警系统组成。同时,孟加拉国有较完善的管理机构负责防洪工程的建设和运行管理工作。通过与我国防洪工程体系对比分析得出,孟加拉国防洪保护对象分类、分等较少,其工程防洪标准的分析确定较我国简单;同时由于河流特性及自然地理、社会经济条件不同,两国防洪工程在建筑材料、工程具体设计等方面存在一定差异。

[关键词] 孟加拉国 防洪标准 堤防工程 河道整治工程 水文测报与预警系统

孟加拉国位于南亚次大陆东北部的恒河、布拉马普特拉河和梅格纳河形成的三角洲上,国土面积约14.7万 km^2 ,海岸线长550km,总人口1.38亿人(2012年)。地势由北向南逐级向低倾斜,地形以平原低地为主,占全国面积85%。孟加拉国是世界上河流最稠密的国家之一,被称为“水泽之乡”和“河塘之国”。全国有大小河流405条(其中57条为国际河流),总河长约2.4万km,主要为恒河(Gange River)、布拉马普特拉河(Brahmaputra River)、梅格纳河(Meghna River)等三大水系(图1)。其中恒河发源于印度境内喜马拉雅山西段南麓,布拉马普特拉河发源于我国西藏境内喜马拉雅山脉北麓的杰马央宗冰川(在我国称为雅鲁藏布江),两者在孟加拉国汇合后称帕德马河(Padma)。帕德马河在坚德布尔(Chandpur)接纳梅格纳河后称为下梅格纳河,最终注入孟加拉湾。恒河干流全长(从河源至布拉马普特拉河汇入口)2527km,流域面积105.1万 km^2 ,多年平均径流量约为5501亿 m^3 ^[1],最大流量70800 m^3/s 。布拉马普特拉河干流全长3057km(从河源到与恒河交汇处),根据巴哈杜拉巴德(Bahadurabad)站1965—1988年资料统计^[2],多年平均径流量为6180亿 m^3 ,多年平均流量为19400 m^3/s ,多年平均输沙量为4.99亿t,多年平均含沙量为0.81 kg/m^3 。梅格纳河发源于印度阿萨姆山区,上游为暴雨中心。流域面积15.5万 km^2 ,河流全长1110km,最大流量为

13100 m^3/s ,年平均径流量为915亿 m^3 。



图1 孟加拉国地理位置及水系图

孟加拉国地处世界两大河流(恒河、布拉马普特拉河)的交汇处,上游经常会暴发降雨性洪峰,下游大部分地区为河流入海三角洲地带,地势低洼,加上强对流降雨,使得该国是世界上洪灾肆虐最频繁的地区,易受洪灾面积约占国土面积的2/3^[3]。1944年、1987年、1988年、1993年、1998年、2004年、2009年均发生大洪水,洪灾损失严重。为了减少洪灾损失,孟加拉国自上世纪50年代开始采用财政资金或国外援助资金进行防洪工程建设,取得了显著成效。孟加拉国河网水系发育,主要河流河面宽、水量大,防洪工程建设具有一定特点。本文对孟加拉防洪工程总体情况进行介绍,从防洪标准、工程设计等方面与我国防洪工程建设进行了对比,以期

作者简介:刘娟(1975),女,湖北省荆州人,高级工程师,硕士,从事水利综合规划工作。

对我国防洪工程建设,及我国在孟加拉国开展有关防洪项目提供参考。

1 防洪工程措施

1.1 防洪工程概况

1987年和1988年孟加拉国特大洪水后,政府制定了一项综合治理洪水的规划,并于1989年颁布了“治理洪水行动计划”^[4]。该计划强调充分利用洪水资源,防洪工程和灌溉工程并重。根据此计划,孟加拉国水利发展委员会采用修建河堤、拦河坝和水渠等工程措施来治理洪水。根据孟加拉国水利发展委员会统计,截止2013年6月,已完成了769个项目,包括14508座水工建筑物,10608 km堤坝(其中沿海4774 km),825 km堤岸护坡,5302 km灌溉渠道,4245 km排水渠道,4座拦河坝,2座橡胶坝和2座溢流堰,220处丁坝;防洪保护区面积6.14万km²,围海造田总面积达1020 km²。防洪灌溉区域分布示意图2。

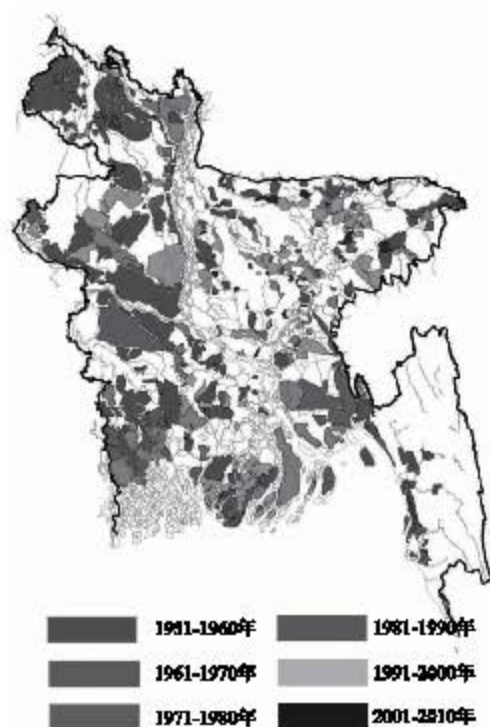


图2 孟加拉国防洪灌溉区域分布示意图

恒河、贾木纳河、梅格纳河三大河流干流已陆续修建了部分堤防或护岸工程。①恒河右岸全部修建有土质堤防,堤防防洪标准一般为25年一遇,堤顶宽3~4m,堤顶未硬化;左岸堤防不连续,为1988年大水后陆续修建;部分堤岸段布置有护岸工程。

堤防可以防御1998年大水。②贾木纳河右岸自1965年开始,利用世行贷款,陆续修建堤防220 km,目前右岸堤防已全部建完,防洪标准为25年一遇;左岸仅零散修建了部分护岸及丁坝工程,长约40 km。③梅格纳河是三条河流中现状工程最少,也是防洪问题最为突出的一条河流,目前两岸除个别河段以公路路基作为堤防挡水外,基本没有堤防工程。

1.2 防洪标准

我国《防洪标准》(GB50201-2014)中将防护对象分为防洪保护区、工矿企业、交通运输设施、电力设施、环境保护设施、通信设施、文物古迹和旅游设施、水利水电工程等八大类,对每类防护对象按照规模、重要性、淹没损失程度进行分等分级,然后确定防洪标准。比如对于城市防洪保护区根据重要性、常住人口、当量经济规模等分为四个防护等级,防洪标准在20年一遇以上。对于乡村防护区根据人口和耕地分为四个等级,防洪标准在10~100年一遇之间。

孟加拉国防护对象分类少,对各类防护对象分等级简单,其防洪标准的确定比我国简单。孟加拉国《标准设计手册》规定以农田为主要防护对象的堤防设计防洪标准为20年一遇,以防护人员生命财产损失为主的堤防设计防洪标准为100年一遇,并且明确规定恒河、贾木纳河和梅格纳河的堤防设计标准为100年一遇。

1.3 堤防工程

孟加拉国堤防设计主要规范为《标准设计手册》,我国堤防设计主要规范为《堤防工程设计规范》(GB50286-2013)。下面从堤线布置、堤距、堤顶高程、堤顶宽度和边坡等五方面对两规范的有关规定进行对比分析。

在堤线布置、堤距方面,两规范要求基本一致。堤顶高程均由设计洪水位加超高确定,超高中包括风壅增水、波浪爬高和安全超高三部分。但同等条件下,风壅增水高度孟加拉国标准要略高于我国标准计算值。波浪爬高两国标准均考虑了波浪高度、斜坡坡度、波长以及复式斜坡平台宽度,但总体来说中国标准考虑的其他参数更多,因素更全面。堤顶宽度两国均根据堤顶用于道路、巡堤路等不同要求分别进行了设置,总体来说我国的堤防宽度要大于孟加拉国的堤防宽度,且堤防坡度要缓于孟加拉国堤防坡度。两国规范中堤防设计主要要求对比详见表1。

表1 中国和孟加拉国标准中堤防设计主要要求对比表

序号	分项	相同点	不同点
1	堤线布置	要求少占地,力求平顺,尽量利用现有地形,应留有适当宽度的滩区等	
2	堤距	堤距应满足河道行洪要求	孟方标准规定堤防与河岸的距离应大于岸线已侵蚀宽度,并留有10 a侵蚀宽度的安全裕度;如果不能达到以上两个标准,堤防距离河岸的距离不得小于6.0 m,且同时应建设护岸工程。
3	堤顶高程	堤顶高程由设计洪水位加超高确定,超高中包括风壅增水、波浪爬高和安全超高等三部分	孟方标准要求堤防超高不能小于0.9 m,中国按公式计算。
3.1	风壅增水	考虑4个因素,即风速、风区长、沿风区水域水深、风向与岸线夹角	中国公式 $e = \frac{KV^2 F}{2gd} \cos \beta$ 孟方标准公式 $e = 4 \times 10^{-6} \frac{V^2 F}{gd} \cos \beta$ 中国公式系数为综合摩擦系数K的1/2,为 1.8×10^{-6} ,小于孟方公式 4×10^{-6} 。
3.2	波浪爬高	均考虑了波浪高度、斜坡坡度、波长以及复式斜坡平台宽度	中国公式中考虑了斜坡的糙率及渗透性、经验系数、换算系数等;孟方用了一个常数,相对简单;中国标准根据斜坡坡度分不同情况,有不同的公式,孟方标准中仅一个公式。
3.3	安全超高		中国标准根据堤防等级分是否允许越浪分别确定超高。
4	堤顶宽度	均根据情况设置不同堤顶宽度	孟方标准要求堤顶宽度不应小于2.5 m,如果堤顶道路作为巡堤路,则堤顶宽不小于4.3 m;如果堤路结合,则堤顶宽度应满足道路宽度要求并在两边路肩各留1 m。中国标准1级堤防不宜小于8 m,2级堤防不宜小于6 m,3级堤防不宜小于3 m。
5	堤防坡度		孟方标准规定在满足堤防稳定的情况下,堤防背水侧边坡一般为1:2,临水侧边坡1:2~1:3,中国标准规定1级、2级堤防的堤坡不宜陡于1:3。

孟加拉国堤防护坡多采用草皮护坡,部分重要城镇堤防临水时,也采用预制砼块石护坡,护坡顶高程根据堤防设防标准确定。根据《河道整治工程规范》(GB50707-2011)8.2.7条,我国堤防护坡顶高程应超过设计水位0.5 m。根据《堤防工程设计规范》中7.6.7护坡封顶宽度0.5~1.0 m。

1.4 控导工程

孟加拉国贾木纳河河道游荡,沙洲密布,要在利用堤防护坡、保护河岸的护岸基础上修建控导工程来控制河势。常用控导工程主要有丁坝(垛),按结构材料、坝高及与水流流向关系,分为透水或不透水、淹没或非淹没、正挑、下挑或上挑等形式。与我国常用控导工程类型基本一致,但在结构设计上稍有差异。

(1)丁坝间距及平面布置:孟加拉国常用丁坝有L型和T型,丁坝长度一般占所处断面宽度的10%~50%,长的可达1000~8000 m,丁坝间距一般为坝长的2~3倍。丁坝可以是单丁坝,也可以是多个丁坝。丁坝与主流夹角100°~120°。《河道整治设计规范》(GB50707-2011)中介绍的我国丁坝布置型

式与此基本一致。就黄河流域河道整治采用的丁坝来说,多常用直线型,坝头为圆头型。内蒙河段的丁坝坝长一般在50~100 m,黄河下游的丁坝坝长多为100 m,丁坝间距一般与丁坝坝长一致,因此黄河流域的丁坝长度比孟加拉国的小,丁坝密度则比孟加拉国的高。

(2)冲刷深度:孟加拉国《标准设计手册》中关于冲刷深度计算采用Lacey公式

$$D_m = 0.47 \left(\frac{Q}{f} \right)^{1/3} \quad (1)$$

式中:Q为流量;f为Lacey's泥沙因子, $f = 1.76 (\Delta_m)^{0.5}$; Δ_m 为泥沙重量中值粒径(mm)。

我国《堤防工程设计规范》(GB50286-2013)分为丁坝和顺坝分别有冲刷深度计算公式,其考虑因素除了流量、泥沙中值粒径以外,还包括河宽、丁坝的有效长度等,较上述公式更全面。

(3)断面设计:孟加拉国一般丁坝长90~150 m,坝顶宽3~6 m,边坡1:2,迎水面采用30 cm的块石护坡,背水侧回水段不护砌,丁坝头部采用块石护砌,典型设计断面与我国的丁坝典型断面基本一致。

2 水文测报与预警系统

孟加拉国水文测报与预警系统建设始于20世纪70年代,其洪水预警预报中心(FPC)成立于1972年。经过40多年的建设,孟加拉国已经建立了系统的水文测验站网和洪水预警方案,水文站网布设密度基本合理,洪水预报精度较高。目前全国范围内共分布有水位站343个(包括潮位站128个,非潮位站215个),雨量站269个,蒸发站39个。其中有83个水位站和56个雨量站用于洪水预警预报。洪水预警预报系统是基于流域模型和Mike11模型的平台。预测水位通过网络、传真、电话等手段进行发布,服务于生产生活。孟加拉国洪水预警预报流程详见图3。

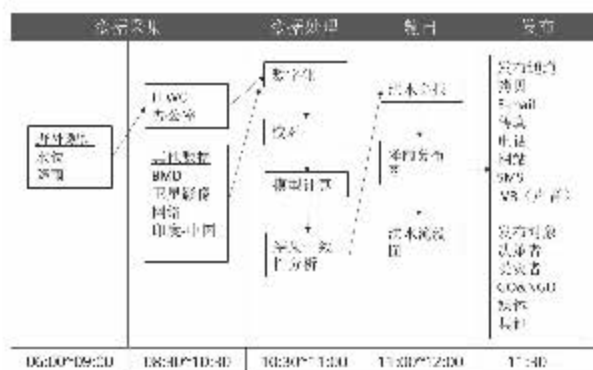


图3 孟加拉国洪水预警预报流程图

3 管理机构

孟加拉国水利部(MoWR)是孟加拉国水资源管理的中央政府机构。水利部下设五大机构:一是水资源规划局(WARPO),主要负责全国的、宏观的水资源法规和规划,如水法案(2013)、水管理计划(2004)均由该机构负责编制。二是水资源开发委员会(BWDB),主要负责相关技术规程规范的制定、水文测验、洪水预警预报以及具体水利开发项目的实施和管理。水资源开发委员会(BWDB)本部下设5个部门(图4),分别为规划部门、孟加拉国东区管理部、孟加拉国西区管理部(东西区的划分以贾木纳—帕德玛—梅格纳河为界划分,该界线以东为东区,以西为西区)、财务部和行政部。同时,BWDB在全国8大分区均设立有区委员会,分别为西南区(SW)、西北区(NW)、中南区(SC)、东北区(NE)、中北区(NC)、东南区(SE)、东部山丘区(EM)和沿海区(RE)。每个片区设立有总工程师,负责本区范围内的工程实施和管理。每项工程具体由督察工程师领导,并配备若干执行工程师协助工作。三是河流研究院(RRI),主要进行河流水力学、水工建筑物、土力学、水化学等方面的研究,为孟加拉国水利工程规划和建设提供科学依据和支撑。四是联合河流委员会(JRC),主要负责孟加拉国57条跨界河流进行管理。五是港口与湿地发展委员会(HWDD)。

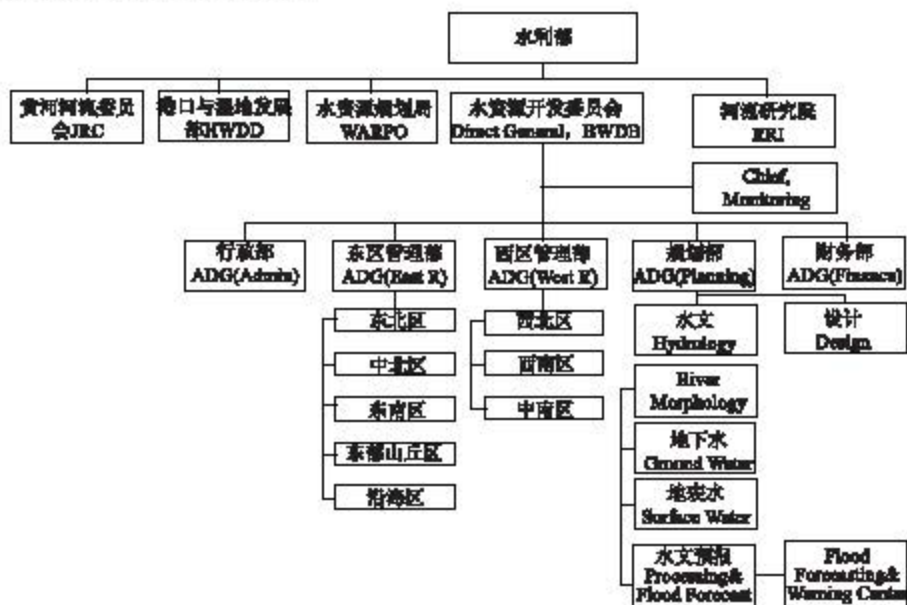


图4 孟加拉国水利部组织机构图

4 结语

由于特殊的地理位置和气候条件,孟加拉国洪灾频繁。防洪工程建设为减少洪灾损失、促进该国

经济社会发展发挥了重要作用。通过上述分析,对孟加拉国防洪体系及工程标准认识如下:

(下转第14页)

(上接第8页)

(1)孟加拉国防洪体系主要由堤防、河道整治等工程措施以及水文测报与预警系统组成。孟加拉国采用水利部统一管理与分区管理相结合体制,全国共分为8个分区,负责防洪工程规划和运行管理。

(2)孟加拉国的防护对象分类、分等较少,防洪标准确定比我国防洪标准简单;其防洪工程如堤防、护岸和控导工程的主要型式、设计标准等与我国防洪工程基本一致;由于河流情况、地区不同,两国防洪工程在建筑材料、工程具体设计等方面存在一定差异。

参考文献

- [1] 钟华平, 祁建强, 王建生. 恒河水资源及印孟水冲突问题[J]. 人民黄河, 2011(6): 44-49.
- [2] 周文浩, 赵华侠. 孟加拉国布拉马普特拉河河床冲淤特性[J]. 泥沙研究, 1993(6): 1-13.
- [3] R. 德伯纳斯, 等. 孟加拉国可持续洪水管理框架[J]. 水利水电快报, 2012(12): 28-31.
- [4] 雷鸣. 孟加拉国的气候灾害及其治理[J]. 南亚研究季刊, 2012(4): 92-98.