

基于除涝抗旱与水生态要求的 适宜水面率分析

何平如¹, 马 韬¹, 丁继辉¹, 王艳颖², 刘 奉², 俞双恩¹

(1. 河海大学农业科学与工程学院, 江苏 南京 211100; 2. 徐州市水务局, 江苏 徐州 221018)

摘要:针对水域保护和利用过程中存在的诸多问题,根据平原区水域承载的功能,提出了从防洪除涝功能、抗旱供水功能和水环境容量3个方面确定适宜水面率的基本思路,建立了基于除涝抗旱与水生态要求的适宜水面率数学模型。以淮北平原区凌城灌区为例,计算了该区域的适宜水面率。结果表明,满足平原区除涝、抗旱与水生态要求的适宜水面率为10.52%。该方法可为类似平原灌区的水域监督检查、管理以及续建配套和现代化改造建设等提供参考。

关键词:水面率;排涝模数;水环境容量;抗旱水面率;凌城灌区;平原区

中图分类号:TV214 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7839(2022)02-0020-06

Analysis of suitable water surface rate based on drainage, drought resistance and water ecological requirements

HE Pingru¹, MA Tao¹, DING Jihui¹, WANG Yanying², LIU Feng², YU Shuangen¹

(1. College of Agricultural Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 211100, China;

2. Xuzhou Water Bureau, Xuzhou 221018, China)

Abstract:In view of the problems existing in the process of water protection and utilization, and according to the function of water carrying capacity in plain area, the basic idea of determining the suitable water surface rate from three aspects of flood control and waterlogging function, drought resistance and water supply function and water environmental capacity was put forward, and the mathematical model of the suitable water surface rate was established based on the requirements of waterlogging and drought resistance and water ecology. Taking lingcheng irrigated area of Huaibei Plain as an example, the suitable water surface rate of this area is calculated. The results showed that the suitable water surface rate to meet the requirements of flood control, drought resistance and water ecology in plain area was 10.52%. This method can provide reference for the water area supervision, inspection, management, extension of supporting facilities and modernization construction of similar plain irrigation area.

Key words:water surface rate; drainage modulus; water environmental capacity; drought resistance water surface rate; Lingcheng irrigation area; plain area

江苏省东濒黄海,地形平坦,河湖众多,水网密布,主要河道2900多条,湖泊(湖荡)526个,水库952个。当前,江苏省水域保护和利用过程中存在诸多问题,如水域占用情况突出,水域面积萎缩,资

源数量减少等^[1]。以江苏省徐州市凌城灌区为例,灌区现状灌溉保证率为55%,供水保证率为60%,供水保证率和灌溉保证率均偏低。随着经济社会的发展,农民增收的愿望越发迫切,种植蔬菜、水稻

收稿日期:2021-08-26

基金项目:江苏省水利科技项目(2020047; 2020048; 2020067)

作者简介:何平如(1994—),女,博士研究生,研究方向为灌溉排水理论与新技术。E-mail:hepingru68@163.com

的积极性越来越高,对农业灌溉用水水量和水质的要求也越来越高。灌区供水现状与当地农业经济发展和对水的需求很不协调。流域性大洪水、局部强降雨、强台风、城市内涝、区域干旱等灾害时有发生,部分年份的旱涝灾害暴露出抗旱防洪排涝减灾体系仍存在不少薄弱环节,防汛抗旱仍面临严峻挑战。虽然灌区水系连通性较好,但由于部分河道淤积严重,调蓄能力降低,水环境质量较差,灌区内的重要河道均不满足水质要求,超标项目以 COD 、 NH_3 -N 和 TP 为主。

对平原灌区而言,河流、沟道、湖泊和坑塘水面等水域是行洪除涝和抗旱等系统的重要组成部分。汛期,暴雨产生的洪水在区域内能够得到滞蓄和防治,区域内部涝水能够通过水域滞蓄、利用相关的水利工程等顺利排除;旱季,这些坑塘水面滞蓄的水量又能够满足环境的需水要求^[2];并且沟渠湿地等水域可以有效降解农田退水中的氮、磷、COD 等面源污染物,为生态系统的构建提供了基础保障。因此,水域面积对灌区的良性循环发展至关重要,可以通过灌区水域的滞涝、抗旱以及水环境容量和水体纳污能力来明确灌区适宜水面的大小。在灌区规划中,灌区水面率(即灌区内河道、塘坝和沟道在设计水位或多年平均水位控制条件下具有的水面面积与灌区总面积的比例)是反映水域的一种直观形式^[3],可以通过计算适宜水面率反映未来灌区水域功能的保障程度,分析未来阶段水资源配置的合理性,为水功能区域的调整布局和水利工程建设提供参考。水面率作为一个管理工具,上海已提出“要像保护耕地一样保护全市的水面率”,要将水面率列入最严格水资源管理考核指标中^[4]。

部分学者也进行了水面率的研究^[2-8],徐翠兰等^[2]进行了平原区土地整理适宜水面率研究,但她只考虑了水环境容量和除涝2个方面,且在计算除涝水面率时将旱地和非耕地统一概化为旱地,而没有细化建筑用地、交通运输占地等硬化地面对蓄滞水深的影响,导致计算的水面率偏小。罗文兵等^[9]考虑了建筑用地对蓄滞水深的影响。本文在此基础上通过建立数学模型更深层次地研究了平原区适宜水面率,以凌城灌区为例计算了基于除涝、抗旱与水环境要求的适宜水面率,将适宜水面率作为管理目标,以期灌区实施水域监督检查和管理、灌区续建配套与现代化改造建设提供参考。

1 灌区水面率分析模型

1.1 除涝适宜水面率

平均排除法是以排水面积上的设计净雨在规定的排水时间内排除的平均排涝流量或平均排涝模数作为设计排涝流量或排涝模数的方法,即

$$q = \frac{R_{\text{区域}}}{86.4t} \quad (1)$$

式中: q 为设计排涝模数 $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$; $R_{\text{区域}}$ 为区域设计径流深,mm; t 为规定的排涝时间,d。

如果区域内既有水田又有旱地,同时还有建筑物、道路和水域水面,则首先分别计算各区域的设计径流深,然后按照各区域的面积比例加权平均,得到区域设计径流深 $R_{\text{区域}}$,再用上式计算综合排涝模数。计算过程如下:

$$R_{\text{区域}} = \partial_{\text{水田}} \cdot R_{\text{水田}} + \partial_{\text{旱地}} \cdot R_{\text{旱地}} + \partial_{\text{建筑}} \cdot R_{\text{建筑}} + \partial_{\text{交通}} \cdot R_{\text{交通}} + \partial_{\text{水面}} \cdot R_{\text{水面}} \quad (2)$$

$$R_{\text{水田}} = P - h_{\text{田蓄}} - (E + f)t \quad (3)$$

$$R_{\text{旱地}} = aP \quad (4)$$

$$R_{\text{建筑}} = \varphi_1 P \quad (5)$$

$$R_{\text{交通}} = \varphi_2 P \quad (6)$$

$$R_{\text{水面}} = P - h_{\text{蓄}} - E_0 \quad (7)$$

式中: $R_{\text{水田}}$ 、 $R_{\text{旱地}}$ 、 $R_{\text{建筑}}$ 、 $R_{\text{交通}}$ 、 $R_{\text{水面}}$ 分别为水田、旱地、建筑物、坑塘沟河的水面设计径流深,mm。 $\partial_{\text{水田}}$ 为水田面积占排水区域面积的比例; $\partial_{\text{旱地}}$ 为旱地面积占排水区域面积的比例,灌区内除去建筑物面积、交通运输用地、水田面积、坑塘沟河等水面面积,旱地和非耕地一起概化为旱地; $\partial_{\text{建筑}}$ 为建筑物用地占排水区域面积的比例; $\partial_{\text{交通}}$ 为交通运输占地占排水区域面积的比例; $\partial_{\text{水面}}$ 为坑塘沟河水面率。 P 为设计暴雨量,mm; $h_{\text{田蓄}}$ 为水田滞蓄水深,mm; E 为水田田间蒸发量,mm; f 为水田田间渗漏量,mm; a 为径流系数; φ_1 为建筑用地产流系数; φ_2 为交通运输用地产流系数; $h_{\text{蓄}}$ 为坑塘沟河滞蓄水深,mm; E_0 为水面蒸发量,mm。

由此可见,当区域排涝模数和水面滞蓄水深一定时,水面面积也一定。因此可以通过平均排除法,首先确定区域除涝标准、设计排涝模数和河网水面的平均预降水深,反推平原区除涝适宜水面率。由上述公式可知, $\partial_{\text{水面}}$ 即为所求的除涝适宜水面率,即,

$$A_{\text{除涝}} = \partial_{\text{水面}} = \frac{86.4qt_1 - (\partial_{\text{水田}} \cdot R_{\text{水田}} + \partial_{\text{旱地}} \cdot R_{\text{旱地}} + \partial_{\text{建筑}} \cdot R_{\text{建筑}} + \partial_{\text{交通}} \cdot R_{\text{交通}})}{R_{\text{水面}}} \quad (8)$$

约束条件: $\partial_{\text{水田}} + \partial_{\text{旱地}} + \partial_{\text{建筑}} + \partial_{\text{交通}} + \partial_{\text{水面}} = 1$ 。

1.2 水环境容量适宜水面率

根据国家对污染物总量控制的要求,选择 COD_{cr} 作为水环境容量计算的控制因子。结合项目区地表水环境的实际质量情况,执行地表水环境质量标准 GB 3838—2002,水质标准值见表 1。

表 1 地表水环境质量标准 COD 标准限值 单位: mg/L

标准类别	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
$\rho(\text{COD}_{\text{cr}}) \leq$	15	15	20	30	40

采用水环境容量的基本计算公式推导可得:

$$W_1 \leq \frac{KV_1 \rho_{\text{sCOD}}}{86400} \quad (9)$$

$$V_1 = 1000A_{\text{环境}} h'_{\text{蓄}} F \quad (10)$$

式中: W_1 为单位时间内流入的 COD_{cr} 量, g/s ; K 为水质综合衰减系数, d^{-1} 。 ρ_{sCOD} 为 COD_{cr} 的水质标准值, mg/L ; V_1 为坑塘沟河滞留水量, m^3 ; $A_{\text{环境}}$ 为平原区水环境容量适宜水面率, %; $h'_{\text{蓄}}$ 为坑塘沟河正常蓄水深度, mm ; F 为区域总面积, km^2 。式中各参数的确定:

(1) 在模型分析计算时,主要考虑非点源污染(如农田径流等)带入的 COD_{cr} 量。单位时间内流入的 COD_{cr} 量 W_1 采用中国环境规划院 2003 年编写的《全国水环境容量核定技术指南》所提出使用农田源强系数估算农田径流污染的方法:平原地区土壤类型是壤土、农作物为小麦,施肥量为 $375 \sim 525 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,降水量 $400 \sim 800 \text{ mm}$ 为标准的农田源强系数为 $\text{COD}150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1[2]}$ 。结合项目区实际情况进行调整,得到单位时间内流入的 COD_{cr} 的量。

(2) 水质综合衰减系数 K

本次计算 K 值采用中国环境规划院在《全国地表水水环境容量核定技术复核要点》(2004 年)中规定的水质降解系数参考值^[2],见表 4。

(3) COD_{cr} 的水质标准值 C_{sCOD}

根据功能区的水质目标,参考表 1 取 C_{sCOD} 标准限值。

表 2 化肥施用量修正系数

化肥施用量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$	修正系数
≤ 375	0.8 ~ 1.0
375 ~ 525	1.0 ~ 1.2
≥ 525	1.2 ~ 1.5

表 3 降雨量修正系数

年降雨量/ mm	修正系数
≤ 400	0.6 ~ 1.0
400 ~ 800	1.0 ~ 1.2
≥ 800	1.2 ~ 1.5

表 4 水质降解系数参考值 (COD) 单位: d^{-1}

水质及生态环境状况	一般河道	湖泊水库
优(相应水质 II ~ III 类)	0.18 ~ 0.25	0.06 ~ 0.10
中(相应水质 III ~ IV 类)	0.10 ~ 0.18	0.03 ~ 0.06
劣(相应水质 V 类或劣 V 类)	0.05 ~ 0.10	0.01 ~ 0.03

(4) 坑塘河流正常蓄水深度 $h'_{\text{蓄}}$ 应取河流沟塘常水位时的水深,不考虑沟塘预降,取 $800 \sim 1200 \text{ mm}$ 。

综上可得,灌区水环境容量适宜水面率:

$$A_{\text{环境}} = \frac{86.4 \times W_1}{Kh'_{\text{蓄}} F \rho_{\text{sCOD}}} \quad (11)$$

1.3 抗旱水面率

根据凌城灌区的实际情况,在干旱发生时可通过合理调度进行灌溉补水,坑塘沟河的正常蓄水量应该能够满足抗早期一次调度周期的灌溉用水量。因此,可以利用该方法确定灌区的抗旱适宜水面率:

$$W_2 \leq V_2 \quad (12)$$

$$W_2 = \frac{1000t_2 \left(\sum_{i=1}^n F_i m_i \right)}{\eta} \quad (13)$$

$$V_2 = 1000A_{\text{抗旱}} h''_{\text{蓄}} F \quad (14)$$

式中: W_2 为抗早期灌区一次灌溉的需水量, m^3 ; V_2 为坑塘沟河正常蓄水量, m^3 ; m_i 为抗早期第 i 种作物的单日耗水量, mm ; t_2 为一次灌水周期,取为 7 d; F_i 为第 i 种作物的种植面积, km^2 ; $h''_{\text{蓄}}$ 为坑塘沟河可提水深度, mm ; η 为灌溉水利用系数;其他符号同前。

综上可得,灌区的抗旱适宜水面率为

$$A_{\text{抗旱}} = \frac{7 \sum_{i=1}^n F_i m_i}{h''_{\text{蓄}} F \eta} \quad (15)$$

2 灌区水土资源信息

凌城灌区北部以新沂河为界,西南方向和南部以中运河为界,地势西北高,东南低。凌城灌区的灌溉水源主要为降雨产生的地表径流以及凌城站

抽引徐洪河的河水;排水依靠各级排涝沟河逐级汇入经凌城闸排入徐洪河。为简化计算,只分析项目区内部的产汇流情况,不考虑流入区域的外来水部分。

2.1 土地资源信息

(1)土地利用结构

根据2011年水利普查和全国第二次土地普查的GIS图数据库,凌城灌区土地面积509.34 km²,其中耕地面积311.33 km²,占总土地面积61.2%;园地20.00 km²,占总土地面积4%;林地8.67 km²,占总土地面积1.7%;城镇及工矿用地81.33 km²,占总土地面积16%;特殊用地0.67 km²,占总土地面积0.1%;交通运输用地14.67 km²,占总土地面积2.9%;水域及水利设施用地70.67 km²,占总土地面积13.8%;其他2 km²,占总土地面积0.4%。土地利用现状结构表详见表5。

表5 凌城灌区土地利用现状地类面积统计结果

一级类	二级地类名称	面积/km ²	占比/%
耕地	水田	185.33	36.40
	水浇地	1.33	0.30
	旱地	124.67	24.50
园地	设施农用地	2.00	0.40
	果园	0.20	1.33
	其他园地	16.67	3.30
林地	有林地	8.67	1.70
其他林地		0.00	0.00
城镇村及工矿用地	建制镇	4.67	0.90
	村庄	74.67	14.70
	采矿用地	2.00	0.40
交通运输用地	公路用地	3.33	0.70
	农村道路	11.33	2.20
特殊用地	风景名胜及特殊用地	0.67	0.10
水域及水利设施用地	河流水面	8.67	1.70
	坑塘水面	15.33	3.00
	内陆滩涂	4.00	0.80
	沟渠	26.67	5.20
	水工建筑用地	16.00	3.10
0.40	其他土地	裸地	2.00
合计		509.34	100.00

(2)作物种植面积

根据睢宁县统计年鉴确定2018年灌区内农作物种植面积见表6,灌区内主要种植水稻、小麦、玉米、大豆、蔬菜等作物,综合复种指数为1.82,作物日需水量见表7^[10]。

表6 作物种植面积及比例

作物	面积/km ²	种植比例/%
水稻	173.33	30.81
小麦	258.67	45.97
玉米	86.67	15.40
大豆	20.00	3.55
蔬菜	26.67	4.74
小计	565.34	100.00

表7 江苏省几种主要作物日需水量

作物	主要需水月份	日需水量/mm
水稻	6、7、8、9	6.0
小麦	3、4、5	4.0
玉米	6、7、8、9	4.5
大豆	6、7、8、9	3.5
蔬菜	3、4、5、6、7、8、9	4.0

2.2 水文水资源信息

2.2.1 降水量信息

根据历年降水量资料统计可知,睢宁县历史上是洪、涝、旱、雹等灾害频繁的多灾县,日降水量大于100 mm的大暴雨出现76次,约5年出现7次;日降水量大于200 mm的大暴雨出现5次,约11年出现1次,且多数出现在7—8月份^[11]。

2.2.3 水质状况信息

凌城灌区灌溉水源来自于徐洪河,2016年徐洪河老张集桥断面和小王庄断面均达到地表水Ⅲ类标准,参评21项水质指标未出现超标现象。

3 计算结果分析

3.1 参数确定

根据灌区水土资源信息,得到灌区适宜水面率计算参数值如下:

(1)根据表3,凌城灌区总面积F为

509.34 km²,其中,水田面积占排水区域的面积比例 $\partial_{\text{水田}}$ 为36.4%。建筑用地面积包括水工建筑用地、建制镇、村庄和采矿用地面积,建筑用地面积占排水区域的面积比例 $\partial_{\text{建筑}}$ 为19.10%,交通运输用地面积包括公路用地、农村道路、港口码头用地面积,交通运输用地面积占排水区域的面积比例 $\partial_{\text{交通}}$ 为2.90%。为了满足约束条件: $\partial_{\text{水田}} + \partial_{\text{旱地}} + \partial_{\text{建筑}} + \partial_{\text{交通}} + \partial_{\text{水面}} = 1$,则 $\partial_{\text{旱地}} = 41.60\% - \partial_{\text{水面}}$ 。

(2)选取最大24 h设计暴雨重现期为10年时的设计雨量,设计暴雨量 p 取为200 mm。考虑到未来灌区种植结构调整“水稻~经济作物”轮作模式,对于高价值的经济作物,由于耐淹历时短,遭受涝灾后损失较大,要求暴雨从受淹起1 d排至田面无积水,排涝时间 t 取为1 d。

(3)根据灌区改造后水利设施状况,在10年一遇排涝工况下,凌城闸过流能力为437.34 m³/s,设计排涝模数为 $q = 0.8586 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 。

(4)由于 $p \leq 250 \text{ mm}$,径流系数 a 取为0.5。建筑用地产流系数 ψ_1 取为0.85^[12],交通运输用地产流系数 ψ_2 取为0.85。

(5)根据蒸发量实测成果,1 d水面蒸发量 E_0 取为6 mm。根据当地实际,水田田间蒸发量 E 取为4 mm,水田田间渗漏量 f 取为3 mm;水田滞蓄水深 $h_{\text{田蓄}}$ 取为60 mm。

(6)根据当地实际,考虑坑塘沟河水深预降,坑塘沟河平均滞蓄水深 $h_{\text{蓄}}$ 取为600 mm;坑塘沟河正常蓄水深度 $h'_{\text{蓄}}$ 取为1 000 mm;坑塘沟河可提水深度 $h''_{\text{蓄}}$ 取为500 mm。

(7)计算单位时间内流入的COD_{cr}的量 W_1 时,考虑到灌区实际,种植作物为水稻,年施肥量为亩均400~600 kg,年降水量>800 mm,根据表2和表3,化肥施用量修正系数取为1.3,降水量修正系数取为1.5,故这里估算的农田源强系数取为COD_{29.25 t·km⁻²·a⁻¹}。故此处估算的 $W_1 = (29.25F)/(365 \times 86400)$ 。

(8)农业用水的水质要求为Ⅲ~Ⅳ,取水质要求为Ⅲ类,则水质标准值 ρ_{scod} 取为20 mg/L;根据河道水质综合状况,水质综合衰减系数 K 取为0.04。

(9)计算抗旱水面率时分为两种情况,3—5月以小麦、蔬菜为主;6—9月以水稻、玉米、大豆及蔬菜为主。

(10)灌区现状年灌溉水利用系数为0.521,近期水平年灌溉水利用系数为0.571,远期水平年灌溉水利用系数为0.590,计算时取灌区远期水平年

灌溉水利用系数作为灌溉水利用系数。

3.2 适宜水面率计算结果

将以上参数值分别带入公式(9)、(12)和(16),计算得到灌区除涝适宜水面率 $R_{\text{除涝}} = 10.52\%$;水环境容量适宜水面率 $R_{\text{环境}} = 10.02\%$;3、4、5月的抗旱适宜水面率为 $R_{\text{抗旱}} = 5.64\%$,6—9月的抗旱适宜水面率为 $R_{\text{抗旱}} = 7.16\%$ 。由此得到灌区的适宜水面率为 $R_{\text{适宜}} = R_{\text{除涝}} \cup R_{\text{环境}} \cup R_{\text{抗旱}}$,取三者最大值为10.52%。

4 结 论

根据凌城灌区土地利用现状地类面积统计结果,灌区现状水域面积比例约为10.7%,大于计算得到的灌区适宜水面率10.52%。其中,承担水环境容量功能的主要是河流、坑塘、沟渠的水面,其水面比例约为9.9%,小于计算得到的灌区水环境容量适宜水面率10.02%;承担抗旱引水功能的主要是沟渠的水面,比例约为5.2%,小于计算得到的抗旱适宜水面率5.64%和7.16%。

由此可见,灌区现状水域及水利设施用地基本满足灌区的防洪除涝要求,然而坑塘沟河的可引提水量无法满足抗旱期间调度周期外的灌溉用水,承担水环境容量功能的坑塘河流域面积无法满足灌区的水环境需求。针对以上问题,在灌区续建配套与现代化改造建设中,应逐步完善灌排系统布局、及时修复损毁渠道、破除阻水建筑物、提高渠系水利用系数,引进外来水进行灌溉;在河道或渠道的关键节点设置节制闸辅助调度运行,抬高河道和渠道蓄水位;采取措施对坑塘沟河进行清淤扩容,增加坑塘湿地水域面积,提升灌区的水环境承载能力;适量减少化肥、农药的施用,适度提高水稻田埂高度,增加稻田蓄水能力,并减少污染物的排放。

参考文献:

- [1] 华萍,杨树滩,赵立梅.江苏省现状水面率调查及分析[J].江苏水利,2011(11):36-37,39.
- [2] 徐翠兰,马春宁.平原区土地整理适宜水面率研究[J].安徽农业科学,2011,39(9):5527-5529.
- [3] 邵光成,刘娜,俞双恩,等.苏南平原区土地开发整理工程最优水面率模型[C]//中国农业工程学会农业水土工程专业委员会,云南农业大学水利水电与建筑学院.现代节水高效农业与生态灌区建设(下).昆明:中国农业工程学会,2010:382-388.
- [4] 长江.上海将水面率列入最严格水资源管理考核[J].人民长江,2014,45(7):17.

- [5] 王燕. 安徽省沿江圩区农田排涝模数计算[J]. 水利经济, 2000(4):40-45.
- [6] 刘文博, 宋文杰, 石林, 等. 长株潭地区水域现状及水面率需求分析[J]. 湖南水利水电, 2020(1):46-49.
- [7] 徐磊, 林茂林, 李聪, 等. 江苏苏南地区农村混合型圩区排涝流量计算方法研究[J]. 江苏水利, 2021(7):27-29.
- [8] 孙晨. 江苏省里下河洼地现代高标准农田水利工程模式研究[D]. 扬州:扬州大学, 2021.
- [9] 罗文兵, 王修贵, 罗强, 等. 四湖流域下垫面改变对排涝模数的影响[J]. 水科学进展, 2014, 25(2):275-281.
- [10] 丁继辉, 俞双恩, 宋静茹. 土地整理项目区适宜水面率模型[J]. 排灌机械工程学报, 2013, 31(2):180-184.
- [11] 周光明, 吴成耕, 周保太, 等. 睢宁站降水量特性研究[J]. 河南科技, 2012(21):92-93.
- [12] 罗文兵, 王修贵, 罗强. 农田排涝模数计算方法的比较[J]. 农业工程学报, 2013, 29(11):85-91.

(上接第19页)

石、路面混凝土,可以将其中符合要求的块石就近利用,作为抛石料;同时,为了增加利用料的利用率和稳定性,拆除利用料用网兜装袋进行抛投。网兜采用合金网兜,合金网兜具有柔韧性好和强度高等特点。在网兜里装填石块或混凝土块吊装抛入或滑入河床的过程中,网绳不易被切断,破损率低,且网兜无固定形状更容易贴近河底。

3 结 语

本文结合高宣圩沿堤线地形地势条件、堤坡现状和水流条件等因素,并参考已建各段堤防经验和水利血防要求,对局部未达标堤段开展了外坡护坡设计和护岸设计。

(1) 保留桩号 GX3 + 300 ~ 3 + 970 堤段(长 670 m)满足要求的现有浆砌块石护坡,对其中局部质量较差或出现空洞部分进行维修加固,其余堤段(总长 8 203 m)外护坡均采用六边形 C25 混凝土预制块,预制块边长 20 cm,厚 10 cm,下设 10 cm 砂石垫层。护坡上端设混凝土封顶,下端设混凝土脚槽,斜坡平台交接处设混凝土格埂,以保证护坡的稳定性。外坡硬质护坡以上至堤肩以及堤内坡均采用草皮护坡。

(2) GX4 + 720 ~ GX4 + 920 堤段抛石厚度 0.8 m,抛石宽度 20 m, GX3 + 950 ~ GX4 + 320 堤段抛石厚度 1.0 m,抛石宽度 20 m,全长共计 570 m。

抛石固脚向上抛至设计枯水位以上 0.5 m,与预制块护坡脚槽相衔接。施工时,可就地利用部分堤防外坡的拆除块石和路面拆除的混凝土,采用料用网兜装置,定点抛投,提高抛石效率。

参考文献:

- [1] 徐照明, 易思勇, 宋子亨, 等. 南京市高淳区水阳江干流左岸(小蔡河~乌溪河段)堤防加固工程初步设计报告[R]. 武汉:长江勘测规划设计研究有限责任公司, 2020.
- [2] 邢万波. 堤防工程风险分析理论和实践研究[D]. 南京:河海大学, 2006.
- [3] 徐惠民, 张子龙, 王登婷, 等. 南京市石臼湖风浪特性及防护设计研究[J]. 江苏水利, 2018(7): 1-6.
- [4] 张清明, 王荆, 汪自力, 等. 我国典型堤防工程管理现状调查分析[J]. 中国水利, 2020(10): 36-38.
- [5] 孙东亚, 丁留谦, 姚秋玲. 关于改进我国堤防工程护坡设计的建议[J]. 水利水电技术, 2007, 38(2): 46-48.
- [6] 余广明. 堤坝防浪护坡设计[M]. 北京:水利电力出版社, 1987.
- [7] GB50286-2013 堤防工程设计规范[S].
- [8] 肖昌虎, 周琴, 严浩, 等. 湖北省荆南四河堤防加固工程设计总结[J]. 人民长江, 2017, 48(21): 84-86.
- [9] 王政平, 何宝根, 李晓旭. 复杂堤防加固设计的有限元数值分析[J]. 人民珠江, 2019, 40(1): 125-130.