

黄河下游放淤固堤工程淤区灌溉设计

原闻洋¹ 张权伟²

(1. 工程总承包事业部; 2. 环境与移民工程院)

[摘要] 黄河下游放淤固堤工程淤区作为防洪工程的重要组成部分,黄河下游“十三五”防洪工程项目的实施,标志着黄河下游堤防加固工程的结束,也使得1.01万亩集体土地转变为国有淤区土地。鉴于淤区土地粘性土盖顶厚度薄且下边为沙性土,淤区土地土壤保水性较差。如何在确保防洪工程发挥防洪社会效益的同时,配套建设相应的淤区灌溉设施,高标准利用好黄河下游大量淤区土地资源,以提高沿黄群众生产生活水平和改善居住环境迫在眉睫。

[关键词] 淤区灌溉 放淤固堤 黄河下游

1 研究背景

放淤固堤是黄河下游堤防加固的主要工程措施,放淤固堤工程淤区作为防洪工程的重要组成部分,设计淤区宽度一般为80~100 m,黄河下游“十三五”防洪工程项目的实施,标志着黄河下游堤防加固工程的在一定时期内不予考虑,黄河下游放淤固堤工程项目的实施,使得10145.04亩(河南2857.36亩,山东7287.68亩)集体土地转变为国有淤区土地。鉴于黄河下游放淤固堤淤区土地粘性土盖顶厚度仅50 cm左右,粘性土下边为沙性土,淤区土地土壤保水性较差。如何高标准利用好黄河下游大量淤区土地资源,在确保防洪工程发挥防洪社会效益的同时,配套建设相应的淤区灌溉设施,使得淤区植树从绿化向“美化、产业化、公园化”转变,形成“沿黄河自然景观带、生态环境带、旅游产业带”,以提高沿黄群众生产生活水平和改善居住环境迫在眉睫。

2 引水方式研究

淤区土地紧邻黄河,目前已建淤区土地灌溉主要采用扬水泵站提水和机井灌溉两种方式。由于机井引水工程布置在黄河大堤背河淤区坡脚外150 m附近区域,涉及到征收集体土地及从农网增容架设10 kV电力线路及灌溉设备管理养护等具体问题,在春灌及秋灌时与群众经常产生引水纠纷,导致黄河下游近期防洪工程修建的机井等引水工程基本处

于停滞状态。而同期在黄河下游险工或控导段修建扬水泵站提水,从黄河下游河道或涵闸灌渠引水,工程建在已有黄河水利工程管理范围,不涉及机井引水灌溉存在的有关问题,目前均在正常使用状态。因此,黄河下游“十三五”放淤固堤淤区灌溉设计采用扬水泵站引水方式。

3 淤区基本情况

淤区内土地土壤容重一般为 1.35 g/cm^3 ,最大冻土深0.5 m左右,田间平均持水率干容重为25.8%,结合已建淤区灌溉工程运行实践,灌溉管道系统采用半固定式类型。按照《灌溉与排水工程设计标准》(GB50288-2018)要求,灌溉设计保证率取 $P=75\%$ 。

3.1 淤区林木作物需水量

考虑淤区粘性土盖顶厚度一般为50 cm,下部为沙土,保水性比较差。淤区林木参照林木苗圃需水量确定,平均日需水强度 $E_a=5.5 \text{ mm}$ 。

3.2 淤区林木设计灌水定额

考虑淤区土壤保墒情况,林木苗圃灌水定额参考小麦需水量最高的灌浆期来确定,即:

$$M=0.1\gamma Z(\theta_1-\theta_2), \quad (1)$$

式中: M -设计净灌水定额(mm); γ -计划湿润层土壤干容重(g/cm^3),取 $\gamma=1.35 \text{ g/cm}^3$; Z -计划湿润层深度(cm),按照《管道输水灌溉工程技术规范》(GBT20203-2017)要求,取 $h=80 \text{ cm}$; θ_1 、 θ_2 -土层适宜含水率的上限、下限(占干土重%),按照管道输

作者简介:原闻洋(1991—),男,河南省郑州人,助理工程师,从事工程总承包设计及其管理工作。

水灌溉工程技术规范(GBT20203-2017)要求:“上限宜为田间持水率的85%~95%,下限宜为田间持水率的60%~70%,林果树宜取小值”分别取田间持水率的85%和60%。

则: $M = 69.66 \text{ mm}$, 即 $46.46 \text{ m}^3/\text{亩}$ 。

3.3 灌水周期

灌水周期

$$T = M/Ea, \quad (2)$$

式中: T -设计灌水周期(d); 则: $T = 69.66 \div 5.5 = 9.5$ (d), 取 $T = 13$ (d)。设计参数计算过程见表1。

表1 淤区灌溉设计参数计算过程表

项目	符号	单位	数值	备注
1、基本数据				
土壤容重	γ	g/cm^3	1.35	
计划湿润层深度	Z	m	0.8	
土层适宜含水率的下限(占干土重%)	θ_1	%	85	
土层适宜含水率的上限(占干土重%)	θ_2	%	60	
田间持水率	θ	%	25.8	
日需水强度	Ea	mm	5.5	
2、计算				
设计净灌水定额	M	mm	69.66	$0.1\gamma Z(\theta_1 - \theta_2)$
设计灌水周期	T	天	13	m/Ea

4 灌溉泵站及配套设施设计

4.1 管道设计

淤区地块呈矩形分布,设计管道埋置深度应在1.0 m以下,给水栓间距为50 m,给水栓配套地面软管单向供水。

4.1.1 给水栓数量确定

(1) 给水栓灌水时间

$$t = \frac{Mab}{1000q\eta} \quad (3)$$

式中: t -给水装置的灌水延续时间(h); a -支管布置间距(m); b -给水装置布置间距(m); q -给水装置设计流量(m^3/h); η -田间灌溉水利用系数,按照《管道输水灌溉工程技术规范》(GBT20203-2017),取0.75。

(2) 给水装置一天工作的数量

$$n_d = \frac{t_d}{t} \quad (4)$$

式中: n_d -给水装置一天工作的数量,单位为个; t_d -系统日工作小时数,单位为(h/d)。

(3) 灌溉系统同时工作给水栓数

$$n_g = \frac{N_g}{n_d T} \quad (5)$$

式中: n_g -灌溉系统同时工作给水栓数; n_d -灌溉系统同时工作给水装置数,单位为个; N_g -灌溉系统布置的给水栓总数。

4.1.2 轮灌灌溉系统工作制度确定

为了减少输水管道直径、节省投资,便于管理,灌溉系统采取干、支管续灌,给水栓采用分组轮灌方

式。根据管网系统灌溉设计流量、给水栓的设计流量及整个系统的给水栓总数划分不同的轮灌组,各个轮灌组的总流量宜接近,轮灌组内工作的管道(供水栓)宜集中,且可同时打开给水,各个轮灌系统在灌水期间每13天均可轮灌一次。

4.2 管网水力计算

4.2.1 控制线路管材及管径选择

考虑施工方便,运行管理费用低,满足设计要求等因素,本次设计选用硬PVC-M/0.63 MPa塑料管。根据轮灌组划分,每个轮灌组配60m长聚乙烯塑料软管。

管径采用经济流速法计算确定各级管道的管径,其公式如下:

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (6)$$

式中: d -管道内径(mm); Q -管道设计流量(m^3/h); v -管道内水的经济流速,PVC管取1.4 m/s,塑料软管取1.2 m/s。

4.2.2 控制线路各管段水头损失计算

(1) 给水栓工作水头计算

$$h_y = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

$$h_j = \xi \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

$H_g = h_y + h_j + \Delta H_{gy} + 0.3$, 式中: H_g -给水栓工作水头; h_y -移动软管沿程水头损失,经计算dn110管长60m的软塑管的水头损失为0.83 m; h_j -给水栓局部水头损失,经计算为0.5 m; ΔH_{gy} -移动软管出口与给水栓出口高差,为0.5 m。

(下转第19页)

[2] 陈江,张少杰,闵兴鑫. 坝体—库水相互作用的流固耦合分析[J]. 西南科技大学学报,2009,24(01):13-19.
 [3] 龚亚琦,苏海东,崔建华. 坝体与库水的流固耦合分析[J]. 长江科学院院报,2011,28(06):63-66.
 [4] 刘浩吾. 混凝土坝动水压力与库水可压缩性效应[J]. 水利水电科技进展,2002(02):10-13+69.
 [5] 薛松. 基于 ANSYS 的高混凝土重力坝有限元静动力分析[D].
 [6] 薛松,赵绪新,平原. 基于流固耦合重力坝抗震分析[J]. 建筑工程技术与设计,2018,000(003):267.
 [7] 范鹏霞. 某混凝土重力坝地震响应及敏感性研究[D].
 [8] 宋力,周志宇,王怀亮. 考虑库水可压缩性的重力坝地震响应分析[J]. 水电能源科学,2015,033(003):50-53.
 [9] 程正龙,石熙冉,何蕴龙. 鲁皂水库重力坝地震动力响应分析[J]. 水电能源科学,2014.
 [10] 谢开仲,韦良,李海. 考虑可压缩库水作用混凝土拱坝的动力特性和地震反应分析[J]. 水力发电,2009,35(05):49-51.

(上接第 15 页)

(2)控制线路管网水头损失计算

根据《管道输水灌溉工程技术规范》(GBT20203-2017),管道沿程水头损失,可按以下公式计算:

$$h_f = f \frac{LQ^m}{D^b} \quad (9)$$

式中: h_f -管道沿程水头损失(m); f -摩擦系数,管道采用塑料管,取 0.948×10^5 ; L -管道长度(m); Q -流量(m^3/h); m -流量指数,取 1.77; d -管道内径(mm); b -管径指数,取 4.77。

依据《管道输水灌溉工程技术规范》(GBT20203-2017),各种管材的 f 、 m 、 b 值,可按表 2 取用。

表 2 不同管材摩擦系数、流量指数、管径指数值表

管材类别	管径指数 b	摩擦系数 f	流量指数 m
混凝土管	n=0.013	1.312×10^6	2
	n=0.014	1.516×10^6	2
	n=0.015	1.749×10^6	2
硬塑料管		0.948×10^5	1.77
钢管、铸铁管		6.25×10^5	1.9
球墨铸铁管		$1.899 \times 10^5 \sim 2.232 \times 10^5$	1.852
铝合金管		0.861×10^5	1.74

注: n 为糙率系数,局部水头损失按最不利轮灌组沿程水头损失的 10% 估算

4.2.3 泵站水泵选型

(1)水泵扬程计算

$H = H_{\text{净}} + \sum hf_j$, 式中: H -水泵设计扬程(m); $H_{\text{净}}$ -净扬程表示管道系统进出口水位差; $\sum hf_j$ -水泵吸水管进口管道系统进口之间的管道水头损失(m);

(2)设计流量的确定

1)水泵设计流量

水泵设计流量根据最不利轮灌组需要最大流量按下式计算:

$$Q = \frac{\alpha MA}{Tt\eta} \quad (10)$$

式中: Q -设计流量(m^3/h); α -控制性的作物种植比例,取 100%; M -设计灌水定额($m^3/亩$),即 46.46 $m^3/亩$; A -设计灌溉面积(亩); t -每天灌水小时数,

取 $t = 13 h$; T -灌溉周期(d),取 $T = 13 d$; η -灌溉水利用系数,取 0.75。

2)各级管道设计流量

$$Q_{ij} = \frac{n}{n_g} Q_0 \quad (11)$$

式中: Q_{ij} -某级管道的设计流量,单位为立方米每小时(m^3/h); n -管道控制范围内同时开启的给水栓装置个数,单位为(个)。

3)水泵选型

根据管道及离心泵流量、扬程计算结果,结合黄河下游淤区泵站提水灌溉经验,按照下列原则选取水泵型号:①选用水泵的流量应满足灌溉设计流量的要求,且不大于出水量;扬程应根据灌溉系统设计扬程合理选定。②便于运行调度、维修和管理。③按照选用的机组,建设投资和设备功率较小。