

灌区节水配套改造项目渠道衬砌防渗技术分析

熊金林

江西省赣抚平原水利工程丰城市管理站 江西宜春 331100

摘要: 渠道衬砌质量直接影响水利工程运行的稳定性。部分灌区渠道衬砌因年限久远、年久失修、施工技术落后,无法满足节水改造工程需求。因此,渠道衬砌防渗工程通常作为节水改造工程的配套工程。为加强渠道衬砌质量,保障灌区节水工程稳定运行,本文依托于某实际节水配套改造项目的渠道衬砌防渗工程,对渠道衬砌防渗技术进行分析,说明设计流量、横断面、纵坡等参数的确定方法,并提出加固方案以此为相关人员提供实践参考。

关键词: 灌区节水; 渠道衬砌; 设计流量; 加固

Analysis of canal lining anti-seepage technology for water-saving supporting renovation projects in irrigation areas

Jinlin Xiong

Jiangxi Province Ganfu Plain Water Conservancy Project Fengcheng City Management Station Yichun
331100, Jiangxi Province

Abstract: The quality of channel lining directly impacts the stability of hydraulic engineering operations. In some irrigation areas, the channel lining has deteriorated over the years, and due to outdated construction techniques, it cannot meet the requirements of water-saving renovation projects. Therefore, channel lining seepage prevention projects are typically implemented as complementary components of water-saving renovation projects. In order to enhance the quality of channel lining and ensure the stable operation of irrigation area water-saving projects, this paper relies on the channel lining seepage prevention project of an actual water-saving renovation project. It analyzes the seepage prevention technology for channel lining, explains the methods for determining design flow rates, cross-sections, longitudinal slopes, and proposes reinforcement solutions, providing practical reference for relevant personnel.

Keywords: Water Saving in Irrigation Area; Channel Lining; Design Flow Rate; Reinforce

前言:

我国是水资源短缺国家,此背景下,为保障粮食安全,水利部、农业部大力推进建设节水型灌区,改善农业生产条件,实现灌区的现代化和标准化。渠道衬砌防渗工程是灌区节水改造工程中的重要配套工程,渠道衬砌防渗是发挥节水改造工程效益的根本,良好的渠道衬砌防渗可充分发挥节水改造工程的生态效益。

一、工程概况

案例工程为某灌区节水改造工程的配套工程,该灌区由12座小(1)型水库支渠,26座小(2)型水库支渠,22座山塘水库支渠,19座提灌支渠及相关的渠系建筑物、

田间工程、管理房和管理设施等几大部分构成,灌溉总面积为11.9万亩,范围较广,整体节水改造工程分年逐步实施。案例工程建设范围为该灌区的南干渠、北干渠、潺湖干渠、大咀头干渠。上述四条干渠的建设时间为1960年,受建设时的历史环境、施工技术、经济条件等多方面因素影响,渠道衬砌的设计标准较低。其中南干渠中的NG0+051-NG4+025段存在衬砌,但设计标准较低,年久失修,部分渠段出现了破损、渗漏现象,除挡墙衬砌、村庄涵管段外,其余渠段均需要拆除重建。此外,该灌区迄今为止运行六十余年,不同渠道内均存在堵塞、淤积情况,甚至部分渠道衬砌严重损坏,无法安全运行,使得渠系水利用系数较低,输水损失极大,有效灌溉面积逐年缩小,截至2021年,灌溉面积仅达到最初设计面积的71%。

作者简介: 熊金林,男,1969年,江西丰城人,大专,工程师职称。

二、灌区节水项目渠道衬砌防渗参数确定及加固方案

1. 整治方案

灌区内渠道衬砌存在问题较为严重,为减小灌区灌溉输水损失,对渠道衬砌进行整治极为必要。针对堵塞、淤积严重的现状,应对渠道进行断面整治、削坡、开挖,使其能够达到设计断面尺寸需求,在渠道两侧边坡根据地质条件、地形地貌条件使用砼护坡,对于水泥路面则使用等级为C20的混凝土制作挡墙衬护。根据此思路,具体设计参数和加固方案如下。

2. 设计参数确定

具体确定方法如下:

一是流量确定。案例工程灌区为自流灌区,作用是灌溉补充水量。渠道衬砌防渗是基于现有渠道进行整治。结合GB50288-2018《灌溉与排水工程设计规范》中相关规定和灌区资料,渠系水利用系数取值为0.65,灌溉制度设计方面采用时段用水量进行计算。流量加大系数则按照流量变化进行取值,当流量在 $20\text{m}^3/\text{s}$ 以下, $5\text{m}^3/\text{s}$ 以上时,加大系数取值为1.2。当流量在 $5\text{m}^3/\text{s}$ 以下, $1\text{m}^3/\text{s}$ 以上时,加大系数取值为1.25,当流量在 $1\text{m}^3/\text{s}$ 以下时,加大系数取值为1.3。根据上述标准,案例工程最终确定的渠道水流量如表1。

二是渠道纵坡参数。渠道纵坡参数需要根据渠道现状相关参数(表1中参数),比如出口高程等。结合地形地貌情况,满足渠道不堵、不淤的条件,扩大灌区的自流灌溉面积。案例工程最终确定的纵坡参数如表1。

三是横断面确定。案例工程为灌区节水改造工程的配套工程,灌区各个渠道的既有断面过水能力可满足实际灌溉需求,无需进行扩大,可维持现状断面面积不变,仅进行修坡、断面整治^[1]。可选用《水利计算手册》中2-3-2的公式对案例工程横断面进行确定,具体如下。

$$\frac{Qn}{\sqrt{i}} = \frac{[(b+mb_0)/h_0]^{5/3}}{(b+2h_0\sqrt{1+m^2})} \quad (1)$$

公式(1)中的 h_0 代表渠道水深,单位为m, m 代表边坡系数(取值确定见第四点说明), Q 代表渠道过水流量,单位为 m^3/s , n 为糙率,取值见《水利计算手册》中的2-2-6。 I 代表渠道纵坡, b 代表底宽(渠道底宽需要根据具体流速进行确定),单位为m。其中流速按照公式(2)进行计算。

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

公式(2)中的 V 代表设计流速,单位为m/s, A 代表渠道过水的断面面积,单位为 m^2 。 Q 代表设计过水流量,单位为 m^3/s 。

四是边坡系数确定。案例工程中可采用的渠道断面类型包括梯形断面、矩形断面,可在不涉及房屋拆除、挖山的情况下采用^[2]。案例工程所在灌区经过了六十余年运行,形成了自身特点,部分渠道靠山,已经形成稳定边坡;部分渠道在渠顶建设了公路,且作为主干道施工;部分渠道周围已经建设房屋。针对上述基本情况,断面改造应以梯形断面为主。结合GB50288-2018《灌溉与排水工程设计规范》,对于水深在3m以下的渠道,边坡系数可按照规范中进行取值。案例工程范围内渠道水深在1.28m—0.37m范围内,可直接按照规范取值。即内边坡系数为1:1.25,外边坡取值为1:2。对于靠山渠道,或渠道顶部存在路面的渠道,采用混凝土挡墙衬护断面形式,总长约为2.7km。

五是堤岸超高。堤岸超高方面,设计人员可结合GB50288-2018《灌溉与排水工程设计规范》的规定,对于1-3级的堤岸超高,可按照土石坝设计要求进行确定,对于3级以上的堤岸超高(案例工程为5级渠道),需要按照公式(3)进行计算。

表1 不同渠段的设计参数

渠段	桩号	流量(m^3/s)		渠底纵坡($^\circ$)	糙率	内边坡($^\circ$)	设计渠底高程(m)		设计底宽(m)	设计水位(m)		设计渠顶高程(m)	
		设计	加大后				起点	终点		起点	终点	起点	终点
南干渠	0+000-0+600	0.671	0.873	0.046	0.018	1.25	42.08	39.95	2	42.45	40.32	44.08	43.25
	0+600-1+400	0.671	0.873	0.002	0.018	1.25	39.95	39.45	2	40.32	39.45	43.25	41.34
	1+400-4+000	0.671	0.873	0.0002	0.018	1.25	34.45	38.85	2	39.45	38.85	41.34	40.68
	4+200-5+400	0.671	0.873	0.0005	0.018	1.25	38.85	38.28	2	39.45	38.88	41.48	40.15
	5+400-6+460	0.11	0.14	0.001	0.018	1.25	38.28	36.8	2	38.88	37.29	40.15	38.22
北干渠	3+170-4+700	0.299	0.389	0.002	0.018	1.25	34.43	41.43	1.5	34.79	32.24	36.92	33.23
	4+700-5+400	0.299	0.389	0.0001	0.018	1.25	41.43	31.36	1.5	32.24	32.18	33.23	33.36
	5+400-7+163	0.299	0.389	0.001	0.018	1.25	31.36	29.69	1.5	32.18	30.13	33.26	31.18
潺湖	0+592-1+600	0.181	0.235	0.0002	0.018	1.25	28.79	28.5	1.5	29.37	28.82	30.73	30.00
	1+600-1+740	0.181	0.235	0.002	0.018	1.25	28.5	28.2	1.5	28.82	28.53	30.00	29.70
大咀头	0+345-1+044	0.107	0.139	0.0035	0.018	1.25	30.6	28.2	1.5	30.9	28.53	31.9	29.70

$$Fb=hb/4+0.2 \quad (3)$$

公式(3)中的Fb代表堤岸超高,单位为m。h代表渠道水深,单位为m。b代表底宽,单位为m。进行实际计算后,案例工程的堤岸超高为0.5m,对于渠道顶部超过0.5m的选择维持原状,对于少于0.5m的渠顶,则增加至0.5m。

六是渠顶宽度。为方便后续灌区管理和检修,案例工程结合灌区内现有交通道路,选择对渠道顶部路面进行保留和重建两种方案。对于渠顶无水泥路面部分,建设宽度为3m的宽泥结石路面,整体长度为10.003km。对于部分破坏较为严重的渠顶路面,加设砼路面进行修补。不同渠道、渠顶的路面实施方案不同,其中除南干渠部分区域为砼路面外,其他均为泥结石路面。泥结石路面厚度设计为17cm,宽度设计为3m,分层铺筑。砼路面混凝土强度为C25,厚度为20cm,宽度为4.5m,基层为水稳基层,厚度为15cm。

3.加固方案

案例工程采用强度为C15的混凝土进行渠道衬砌,并在边坡坡脚处使用强度为C15的混凝土固脚,衬砌底板选用厚度为10cm的混凝土同固脚同时浇筑,确保边坡稳定。所有渠段的衬砌标高严格按照0.5m执行。考虑到案例工程施工范围为灌区的主要渠道,对灌区水利利用系数影响较大。因此,案例工程采用强度为C15的混凝土浇筑,厚度为15cm的结构对未衬砌渠道进行护底。边坡部分采用强度为C15,厚度为15cm的混凝土进行护坡,进行不同渠段的整体防渗(糙率取值见表1)。

(1) 填筑及挡墙埋深

案例工程施工范围为粘性土,根据GB50286-2013《堤防工程设计规范》,压实度取值为0.91。按照此参数,对需要填筑的渠段进行填方。

挡土墙埋深需要满足渠道内最大冲刷坑深度,确保渠道安全运行。冲刷深度需要按照挡土墙冲刷处水深和渠道内泥沙的流动速度进行计算,具体如下列公式。

$$h_s = H_0 \left[\left(\frac{U_{cp}}{U_c} \right)^n - 1 \right] \quad (4)$$

$$U_{cp} = \frac{2\eta}{1+\mu} \quad (5)$$

$$U_{cp} = \left(\frac{H_0}{d_{s0}} \right)^{0.14} \sqrt[17.6]{\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} d_{s0} + 0.000000605} \frac{10 + H_0}{d_{s0}^{0.72}} \quad (6)$$

公式(4)为冲刷深度的计算公式, h_s 代表挡土墙冲刷处的冲刷深度,单位为m; H_0 代表挡土墙冲刷处水深,单位为m; U_{cp} 代表渠道岸垂线流速,单位为m/s; U_c 代表渠道内局部泥沙流速,单位为m/s。公式(5)为 U_{cp} 的计算公式,其中 μ 代表流速不均匀系数(流速不均匀系数和渠道内水流和渠道岸坡的夹角有关,取值见表2)。

公式(6)为 U_c 的计算公式,其中 γ_s 代表泥沙容重,单位为 KN/m^3 ; γ 代表水的容重,单位为 KN/m^3 ; d_{s0} 代表渠道内泥沙的中值粒径,单位为m; g 代表重力加速度,单位为 m/s^2 ; n 为常数,取值通常在0.25-0.166范围。以某桩号断面为例,该位置局部流速为0.93m/s,岸坡和水流夹角为 0° , 根据上述公式进行计算后,得出挡土墙处冲刷坑深度为0.17m,挡土墙埋深取值应在冲刷坑深度两倍以上,0.4m左右为最佳^[3]。

表2 流速不均匀系数取值

夹角	$\leq 15^\circ$	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
μ	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3

(2) 渠段加固方案

案例工程采用混凝土防渗技术对未衬砌部分和已衬砌部分进行施工。施工中,施工人员应按照相关规范对涂料、水泥等物质进行混合,铺设在渠道渠床内,经过碾压处理后,形成防渗层。首先,施工人员应对涂料进行风干和粉碎,按照案例工程的实际情况完成摊铺和搅拌。为防止底灰起砂,案例工程采用干拌方式对混凝土进行搅拌,并在正式铺筑前,将渠底进行洒水润湿,润湿时间应控制在30min以内。其次,混凝土铺筑过程中,应在渠道底、渠道边坡进行集中铺筑,进行抹平后在表面撒上水泥,将厚度维持在2mm。再其次,铺筑结束后,应使用水泥砂浆提高固定效果,并运用钢板压光作业维持养护水平,将整体养护时间控制在14d以上。最后,应在渠道底部预留缩缝,将宽度控制在2m左右。对于部分需要拆除重建的渠道,因案例工程未调整渠道横断面的面积,所以在拆除过程中,应尽可能减少对渠道底部土层的破坏。若渠道横断面积和设计横断面积差异过大,可采用填筑的形式进行夯实。混凝土铺筑过程中,应将厚度严格控制在15cm,并确保满足其他设计参数。

通过案例工程的防渗技术设计、施工,为灌区节水改造工程提供了较强的防渗保障,提高了灌区内主要渠道运行的安全性,充分发挥了节水改造的生态效益^[4]。

三、结论

综上所述,渠道衬砌防渗工程是灌区节水改造工程中的重要组成部分。设计人员、施工人员,应分析灌区节水改造实际要求,结合渠道衬砌情况,分析实际需求,确定渠道衬砌相关设计参数,合理选择防渗技术,为灌区的节水改造工程打下基础。

参考文献:

- [1]杨新科.农田水利工程渠道防渗技术探讨[J].河南水利与南水北调, 2023, 52(02): 26-27.
- [2]吕红霞.水利工程渠道防渗施工技术探讨[J].建材发展导向, 2023, 21(04): 115-117.
- [3]宋正彦.水利工程中农田灌溉防渗渠道衬砌施工技术分析[J].新农业, 2023, (03): 95-96.