

渠道防渗防冻胀衬砌技术研究 ——以杨陵渠灌农业高效用水模式试验区为例

娄宗科¹, 张慧莉¹, 阎宁霞¹, 周亚娟²

(1 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2 杨陵区水利局, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 针对试验区水资源、土壤、气候的特点和工程建设条件, 通过对防渗材料、伸缩缝填料和施工技术的筛选集成, 选择预制安砌U形槽、全U形现浇、板膜复合等5种渠道衬砌模式进行研究和示范, 分析了各方案防渗效果和工程造价, 提出U型衬砌机现浇渠道为试验区的最佳防渗衬砌形式。

关键词: 渠道; 防渗; 防冻胀; 衬砌模式

中图分类号: S274.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)02-0019-04

Research on the Optimum Styles of Canal Lining for Seepage Control and Freezing Prevention

LOU Zong-ke¹, ZHANG Hui-li¹, YAN Ning-xia¹, ZHOU Ya-juan²

(1 College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China;

2 Water Resources Bureau of Yangling, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: According to water resource, soil and climate in Yangling testing and demonstration area, five styles of canal lining were selected for study and extending. Through analysing the effect of seepage control and cost of all styles of canals in testing and demonstration ground, concrete U-groove constructed by U-shaped canal lining machine is considered to be the best style of canals in the prevention of seepage and freezing.

Key words: canal; seepage control; freezing control; the style of canal lining

为了减少渗漏, 提高渠系水利用系数, 节约灌溉用水, 将各级渠道进行防渗处理, 杜绝或减少由渠道渗入渠床而流失的水量, 力求以最低的经费投入, 长期保持尽可能多地将灌溉水从水源输送到田间, 达到低投入高效益的目的, 是我国目前应用最为普遍的节水灌溉措施, 是发展节水农业, 实现农业高效用水的关键环节。我国已建渠道多数为土渠和当地材料渠道, 受兴建时条件限制, 工程建设标准低, 北方地区渠道冻害普遍, 渗漏损失严重, 渠系水利用系数不足0.5, 远低于发达国家(如美国为0.78, 日本为0.61, 前苏联为0.6~0.7)^[1,2]。据统计, 我国渠道年输水损失达1730亿m³, 占农业用水的45%, 占我国用水总量的33%^[1], 渠道防渗的节水潜力非常巨

大。我国自60年代有规模地开展渠道防渗以来, 取得了大量的研究成果和成功的砌护经验, 为了将这些成果尽快地推广应用, 急需将已有的技术进行筛选、组装、集成和完善, 优选防渗材料和防渗形式, 形成从规划设计、材料选择到施工方法相配套的技术体系, 建立适宜不同地域条件和气候特征的渠道防渗防冻胀衬砌模式和示范样板工程, 尽可能地提高渠系利用系数, 为渠灌类型区农业高效用水提供基础保障。

1 试区概况

杨陵渠灌农业高效用水模式试验区位于宝鸡峡二支渠的国家杨凌农业高新技术产业示范区, 东经

收稿日期: 2002-02-25

基金项目: 国家重大科技产业示范工程项目“渠灌类型区农业高效用水模式与产业示范”(99-021-01-02)。

作者简介: 娄宗科(1962-), 男, 陕西凤翔人, 副教授, 硕士, 主要从事渠道防渗工程技术研究。

108 07 , 北纬 34 20 , 东距西安市 89 km , 西距宝鸡市 90 km。试区属温带半湿润气候, 多年平均降水量 637. 6 mm , 蒸发量 1 110 mm , 平均气温 12. 9 , 极端最低气温- 19. 4 , 冻结期一般在 12 月上旬至来年 2 月中旬, 冻深 10~ 30 cm , 冻结指数的多年平均值是 90 1 · d。渠床土质为重粉质黏土, 地下水埋深 70 m。灌溉渠道渠底高于农田, 走向为东西向和南北向。由于冻胀融沉作用, 渠道存在裂缝、鼓胀等冻害。

2 渠道防渗防冻胀衬砌模式的研究

杨陵渠灌农业高效用水模式试验区冻结指数多年平均值为 90 1 · d, 地下水埋深 70 m , 依据文献 [3] 计算可知渠基土属 II 类冻胀, 采用 U 形断面渠道, 可达到防治冻害的目的, 渠道衬砌形式选择应以防渗为主。通过对渠道防渗材料, 渠道断面形状, 衬砌结构形式, 施工技术, 伸缩缝填料等多方面的分析和筛选, 借鉴以往砌护的成功经验^[4], 考虑了以下几种型式。

2.1 1/2U 形预制安砌

1/2U 形预制就是将 U 形断面沿渠底轴线一分为二, 在工厂分 2 块预制, 然后现场对接安砌, 工作缝用水泥砂浆填平, 预制施工最简单的方法是用木模人工拌和、捣实, 盖草帘洒水养护, 即人工预制。此法投入小, 受气候条件影响小, 减少了施工与行水的矛盾, 易于推广, 故在陕西乃至全国应用甚广, 但工作效率低, 质量不稳定。有条件时, 宜采用专门机器预制, 真空作业, 提高生产效率和预制件质量。

表 2 双组份聚硫密封胶物理力学性能

项 目	密度/ (g · cm ⁻³)	表干时间 /h	适用期 /h	下垂度 /mm	拉伸粘接强 度/MPa	粘接最大伸 长率/%	恢复率 /%
标准指标	1. 5 ± 0. 1	24	2~ 4	3	0. 2	300	80
检验结果	1. 5	10	2. 5	0	0. 5	308	81

2.3 板膜复合结构

板膜复合结构利用不透水的膜料防渗, 混凝土板护面防冲, 两种材料扬长避短, 达到减渗减冻胀的目的。根据甘肃省的对比试验, 加铺一层膜料, 渗漏损失仅为预制混凝土板衬砌渗漏量的 1/15, 可减少冻胀量 35% ~ 55%^[5]。随着国民经济的发展, 人民生活水平的提高, 工农业用水矛盾日益加剧, 本着前瞻性, 将防渗标准提高一步, 故我们首先在斗农渠中选用造价相对较高, 防渗效果好, 在大中型渠道已成功运用的板膜复合材料衬砌结构进行研究和示范。

伸缩缝填料及其施工工艺, 是防渗渠道建设中必须解决而目前没有很好解决的问题。文献[3]推荐的焦油塑料胶泥, 采用热灌法施工, 技术复杂。U 型断面, 堵塞渠坡缝口, 使热焦油顺利灌入缝内, 是一件很困难的事。当务之急, 就是寻求一种性能好, 造价低, 可冷施工的伸缩缝材料取而代之。笔者选用焦油塑料胶泥条和遇水膨胀橡胶止水条作为预制安砌渠道伸缩缝材料, 聚硫密封胶作为现浇渠道的伸缩缝材料进行冷嵌法施工的比较试验。遇水膨胀橡胶止水条的物理、力学性能见表 1。根据不同的伸缩缝填料, 1/2U 形预制安砌又分为 1/2U 形预制安砌+ 焦油塑料胶泥条和 1/2U 形预制安砌+ 遇水膨胀橡胶止水条两种衬砌模式。

表 1 BW II 型遇水膨胀橡胶止水条物理力学性能

项 目	膨胀率/ %	粘贴延 伸率/%	抗渗性 /MPa	耐冲刷	耐高温 /	耐低温 /
检测结果	160	440	1. 0	良好	80	- 20

2.2 全 U 形现浇

现场浇注施工具有接缝少, 防渗效果好, 抗冻害能力强等优点, 但施工与行水时间有矛盾。全 U 形现浇分为人工现浇和 U 形衬砌机现浇两种衬砌形式。机器现浇可采用干硬性混凝土以提高混凝土密度程度和强度, 施工速度快, 工程质量有保证, 已逐渐取代了过去采用的人工现浇法。伸缩缝留成半缝, 缝内填塞的聚硫密封胶有关性能试验结果见表 2。

3 防渗渠道经济效益分析

3.1 防渗效果

渠道防渗效益首先表现为节约灌溉用水, 渠系水利用系数和渠道水利用系数的提高及渠道渗漏损失的减少。不同衬砌模式渠道渗漏测试结果见表 3。

从表 3 可见, 不同砌护方案的防渗效果是不同的, 板膜复合渠道防渗效果最好, 每公里输水损失率仅为 0. 05% , 其次为现浇 U 形渠道, 预制 U 形渠道较差, 未设防的土渠渗漏损失严重。

3 2 投资分析

不同衬砌形式的投入见表 4。

表 3 不同衬砌形式渠道节水效果分析

衬砌方案	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	稳渗强度/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	防渗效果/ %	每公里 损失率 /%
土 渠	0.03	25.563		16.10
1/2U 形预制+ 焦油塑料胶泥条	0.03	3.237	86.5	2.10
1/2U 形预制+ 遇水膨胀橡胶止水条	0.03	2.167	91.2	1.40
人工现浇全 U 形渠	0.03	0.931	96.2	0.60
U 形衬砌机现浇+ 聚硫密封胶	0.03	0.118	99.5	0.10
板膜复合渠道	0.03	0.081	99.7	0.05

由表 4 可知,同一流量下,防渗单位长渠道不同衬砌模式造价高低是:板膜复合渠道>U 型衬砌机现浇渠道,人工现浇渠道,1/2U 形预制渠道,最经济的衬砌模式是 1/2U 形预制+ 焦油塑料胶泥条。

4 防渗形式的比较与优选

渠道衬砌方式对渠道安全行水,降低工程造价,减少水资源浪费,降低工程维护费用都起着重要的作用。为了以最小的投入产生最佳的节水效益,就必须选择防渗效果投资最小的最优防渗形式,各种衬砌形式的投资与节水效益分析结果见表 5。

表 4 各种衬砌形式防渗渠道每米投资计算表

衬砌方案	混凝土/ m^3	土工膜/ m^2	伸缩缝填料/ 元	预制费/ 元	现场施工费/ 元	造价/ (元· m^{-1})
1/2U 形预制+ 焦油塑料胶泥条	0.0502		0.45	2.0	2.00	14.19
1/2U 形预制+ 遇水膨胀橡胶止水条	0.0502		3.00	2.0	2.00	17.04
人工现浇全 U 形渠	0.0627				3.50	16.04
U 形衬砌机现浇+ 聚硫密封胶	0.0627		0.75		3.00	16.29
板膜复合渠道	0.0502	1.2		2.0	2.50	18.14

表 5 不同防渗形式每米渠长造价与节水效益

衬 砌 方 案	稳渗强度/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)	防渗效果 /%	每公里损失率/%			每 1 m 渠长 造价/元	单位投资 防渗效果
			防渗前	防渗后	减少值		
1/2U 形预制+ 焦油塑料胶泥条	3.237	86.5	16.1	2.1	14.0	14.49	5.97
1/2U 形预制+ 遇水膨胀橡胶止水条	2.167	91.2	16.1	1.4	14.7	17.04	5.35
人工现浇全 U 形渠	0.931	96.2	16.1	0.6	15.5	16.04	5.99
U 形衬砌机现浇+ 聚硫密封胶	0.118	99.5	16.1	0.1	16.0	16.29	6.11
板膜复合	0.081	99.7	16.1	0.05	16.05	18.14	5.50

注:表中单位投资防渗效果为防渗效果与每米渠长造价比值。

从表 5 可见,单位渠长投资防渗效果依次为 U 形衬砌机现浇,人工现浇 1/2U 形预制+ 焦油塑料胶泥条,板膜复合,1/2U 形预制+ 遇水膨胀橡胶止水条。人工现浇渠道混凝土质量波动大,施工麻烦,U 型衬砌机现浇渠道混凝土密实,质量波动小,防渗效果提高幅度很大(其稳渗强度仅为人工现浇渠的 1/8 强)。因此,推荐 U 形衬砌机现浇渠道为试验区最佳防渗模式,若受施工时间或施工条件的限制采用预制混凝土 U 形槽,焦油塑料胶泥条填塞伸缩缝衬砌模式亦为较优方案。

5 结 语

(1)U 形衬砌机现浇渠道具有过流能力大,混凝土强度高,密实性好,防渗性能好,整体性能强,抗冻胀能力高,占地少等优点,是斗渠、农渠衬砌最佳形式。

(2)预制定安砌渠道,混凝土集中生产,受气候条件影响小,有利于控制混凝土生产质量,减少了施工与行水的矛盾,但接缝多,防渗能力有一定程度的下降,受施工时间或施工条件限制时采用预制混凝土 U 形槽亦为较优方案。

(3)伸缩缝填料及其施工工艺,是防渗渠道建设中必须解决而未很好解决的问题,试验表明,在预制定安砌 U 形渠中采用焦油塑料胶泥条,在现浇渠道上采用聚硫密封胶代替热灌法施工的焦油塑料胶泥是可行的。

(4)渠道防渗衬砌最佳模式是渠灌类型区农业高效用水模式的重要内容,也是一项新课题。它不仅涉及到工程投资,更重要的影响到投资效果。本文仅从防渗效果和砌护投资两个方面论证了微寒地区渠道衬砌的最佳模式,今后应进一步考虑防冻胀能力,节水节电节地效益,环境效益和工程建设条件综合

选优, 进行研究与示范, 达到费用与效益的统一, 提高水的利用率和产出率。

参考文献:

[1] 李安国, 建功, 曲强. 渠道防渗工程技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998. 1- 2
[2] 马孝义, 姜宗科, 李援农, 等. 北方旱区节水灌溉技术[M]. 北京: 海潮出版社, 1999. 1- 3
[3] 中华人民共和国农水司. 渠道防渗工程技术规范[S]. 北京: 水利电力出版社, 1991.
[4] 建功. 发展节水农业推广渠道防渗新成果[J]. 防渗技术, 1997, 3(3): 1- 3
[5] 朱强, 何韧, 高启仁, 等. 混凝土防渗渠道技术在我国的发展[J]. 农田水利与小水电, 1991(3): 4- 8

(上接第 14 页)

但在土壤剖面 20~ 35 cm 处的犁底层在长期耕犁挤压下, 土粒排列紧密、结构性差、容重较大导致渗透性能弱。而最底层老耕层(35~ 50 cm)是被现代的耕层和犁底层逐渐埋藏而形成, 是受过耕种、施肥影响的熟化层, 比较疏松多孔, 渗透性能较犁底层强。

表 2 土壤物理特性的垂直分布规律

土层名称	土层厚度/cm	各级颗粒含量的分数/%							< 0.25 mm 水稳性团粒含量/%	稳渗速率/(mm·min ⁻¹)	容重/(g·cm ⁻³)	孔隙度/%	含水率/%
		1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	< 0.001	< 0.01					
		14.0	7.7	21.2	12.3	13.1	31.7	57.2					
耕层	0~ 10	14.0	7.7	21.2	12.3	13.1	31.7	57.2	78.3	0.979	1.27	53.2	10.8
	10~ 20	11.5	9.7	18.7	12.0	13.5	34.6	60.1	78.8	0.913	1.31	50.5	11.9
犁底层	20~ 35	11.3	9.5	16.9	12.7	13.3	36.3	62.3	80.2	0.701	1.45	45.2	11.8
老耕层	35~ 50	10.1	8.3	12.7	13.9	15.9	39.1	68.9	81.6	0.832	1.37	48.3	12.7

注: 土壤各级颗粒的单位为mm。

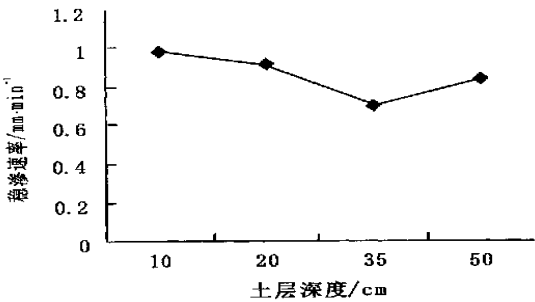


图 1 土壤稳渗速率随土层增加变化曲线

4 小 结

由以上土壤物理特性的水平与垂直变化规律分

析, 可以得出: 该区质地以中壤土为主, 土壤质地由东南向西北逐渐变黏; 土壤稳渗速率平均达 0.803 mm/min, 土壤干容重在 1.25~ 1.45 g/cm³, 且孔隙度大多在 50% 左右, 水稳性团粒含量和物理性黏粒含量均达到 60% 以上。因此该区土壤具有良好的结构, 区内土体整个土层具有较强的透水、蓄水和保墒能力。就垂直变化规律而言, 随土层深度增加土壤入渗下降, 颗粒变细而黏, 土壤容重、含水量增加。上层疏松多孔, 有利于作物耕种、生长, 犁底层土粒排列紧密, 有利于防止水分下漏可起到保水保肥的作用。

参考文献:

[1] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 27- 34
[2] 郭兆元, 等. 陕西土壤普查办公室编著, 陕西土壤[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1992. 91~ 94
[3] 朱显谟. 黄土高原土壤与农业[M]. 北京: 农业出版社, 1989. 82- 83
[4] 杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究. 西安: 陕西科技出版社, 2000. 40- 47.
[5] 胡定宇. 土壤学[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1989. 37~ 46
[6] (美)D. 希勒尔著. 土壤物理学概论[M]. 尉庆丰等(译), 1988. 19- 39