

田间灌溉渠道防渗效果试验研究

姜宗科, 张慧莉, 李宗利, 任之忠

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 研究了渠道防渗材料, 衬砌结构形式, 伸缩缝填料, 施工机具对渠道防渗效果的影响。结果表明, 渠道渗漏强度与入渗时间成负指数关系。试验示范区内组装集成的5种衬砌方案具有显著的防渗效果, U型断面混凝土渠道在斗农渠中值得大力推广, 板膜复合结构具有广阔的应用前景, 施工机具是提高渠道防渗效果的重要条件。

关键词: U型渠道; 防渗效果; 试验研究; 稳渗强度

中图分类号: S275

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)02-0023-03

Experimental Study on Seepage Controlling Effects of Irrigation Canal

LOU Zong-ke, ZHANG Hui-li, LI Zong-li, REN Zhi-zhong

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

Abstract: The seepage controlling effects owing to factors of anti-seepage materials, structure style of canal lining, expansion joint filler and construction machinery were studied by experiments. The study shows that the relation between steady seepage intensity of irrigation canal and time is a negative index, the five lining schemes combined and constructed in demonstration area have a significant anti-seepage effects, U-shaped canal section with concrete lined should be extensively used, the compound concrete plate geomembrane style has a promise use and construction machinery is important for improving effect of canal anti-seepage.

Key words: U-shaped canal; seepage controlling effect; experimental study; steady seepage intensity

我国是一个水资源相对贫乏的国家, 人均水资源占有量仅为世界平均水平的 $1/4$ ^[1], 节水势在必行。我国又是一个农业大国, 农业用水占用水总量的 73%, 灌溉用水占农业用水的 90%, 占我国总用水量的 65.6%。目前, 我国已建防渗渠道 55 万 km, 仅占渠道总长的 18%, 渠系水利用系数不足 0.5, 每年渠道输水损失达 1 730 亿 m^3 , 占农业用水的 45%^[2], $1 m^3$ 水的产粮数不足 1.0 kg, 远低于发达国家 2.0 kg 的水平^[3]。因此, 做好渠道防渗工程是节约用水, 提高水的利用率和产出率, 实现农业高效用水的关键技术措施。鉴于以上原因进行渠灌类型区农业高效用水模式与产业化示范专题研究时将渠道防渗防冻胀技术作为主要内容之一, 开展了 U 型衬砌机全断面现浇+聚硫密封胶, 1/2U 型预制安

砌+焦油塑料胶泥条, 1/2U 型预制安砌+遇水膨胀橡胶止水条, 板膜复合, 人工现浇 U 型渠道, 未设防的土渠等 6 种不同防渗衬砌方案的研究与示范。为了比较精确地测算出各种防渗形式渠道渗漏损失和渗漏规律, 为渠灌类型区高效输水模式的建立提供基础, 依据文献[4], 采用静水法进行了渠道渗漏测试。本研究的目的在于探讨渠道防渗结构形式, 防渗材料, 伸缩缝填料和施工机具对渠道防渗效果的影响。

1 试验方法

1.1 试验段设计

试验段长度, 应根据注水条件, 渠道大小, 纵比降和渗漏情况等因素确定, 一般为 30~50 m。因注

收稿日期: 2002-02-25

基金项目: 国家重大科技产业示范项目“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: 姜宗科, 男, (1962—), 陕西凤翔人, 副教授, 主要从事防渗材料与节水农业工程方面的研究。电话: 029-7091570

水水源为附近机井供水, 距离较远, 渠道断面小 (D 30~ D 40U 型渠), 比降陡 ($i=1/800$), 故选择的观测段长度为 10 m, 两端平衡段各长 3 m (观测水深的 10 倍), 试验段总长为 16 m。

观测水深选用正常流量设计水深, 各渠道选定的具体数值见表 1。

横隔墙将观测段与平衡段的水体隔断, 消除互相绕渗, 保证观测段水流垂直下渗, 使得试验结果具有代表性。根据规范要求和渠道具体情况, 采用单砖墙并将墙基插入渠基土 0.3 m。为保证隔渗, 砖墙两边高标号水泥砂浆抹面, 环氧砂浆填塞周边缝。试验结果表明, 这种处理是可行的。

1.2 观测方法

1.2.1 渠道断面尺寸测量 本次试验采用恒水位水位下降法, 故渠道断面尺寸的准确性直接关系到渗漏量计算的准确与否。观测前将试验段 5 等分, 精确测量出每等分断面设计水深和其上 10 mm、20 mm, 其下 10 mm、20 mm 处的水面宽和湿周, 最后求出各高程处的平均值, 其结果见表 1。

表 1 渠道水面宽、湿周和渠长的平均值衬砌方案

衬砌方案	水深 /mm	平均水面宽 /mm	平均湿周 /mm	平均渠长 /m
U 型衬砌机现浇 聚硫密封胶填缝	250	361	706	10.018
	260	365	725	10.015
	270	369	744	10.021
	240	356	660	10.019
	230	352	664	10.017
1/2U 型预制安砌 聚氯乙烯胶泥条填缝	250	417	785	10.018
	260	421	822	10.017
	270	423	842	10.016
	240	415	780	10.016
	230	412	760	10.015
1/2U 型预制安砌 遇水膨胀橡胶止水条 填缝	250	434	841	9.987
	260	437	861	9.986
	270	439	883	9.988
	240	433	821	9.985
	230	430	801	9.986
板膜复合结构 未设伸缩缝	300	485	887	10.029
	310	489	908	10.028
	320	495	927	10.030
	290	481	867	10.029
	280	476	847	10.028
人工现浇 U 型渠砂浆 抹面 未设伸缩缝	250	409	696	10.018
	260	414	715	10.019
	270	420	735	10.018
	240	405	676	10.017
	230	400	656	10.017
土渠	250	395	643	9.980
	260	404	663	9.996
	270	411	687	9.997
	240	389	626	9.978
	230	382	607	9.996

注: 表中第 1 个水深为各渠道观测水深。

1.2.2 渗漏量观测 渗漏量采用恒水位水位下降法观测, 根据渗漏量的大小, 水位变幅土渠为 ± 20 mm, 预制安砌渠道 ± 10 mm, 现浇渠道及板膜复合渠道 ± 5 mm。

1.2.3 降雨量和蒸发量观测 由于试验渠道距离农业水土工程国家重点实验室很近, 故降雨量和蒸

发量直接采用该实验室气象园的资料。

2 结果和分析

2.1 防渗材料及衬砌结构形式对防渗效果的影响

从表 2 可见, 渗漏量由小到大顺序为板膜复合 U 型衬砌机全断面现浇 人工现浇 1/2U 型预制安砌 土渠。板膜复合渠道渗漏强度最小仅为 $0.081\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 其防渗效果即防渗渠比未防渗渠减少渗漏损失的百分率达到 99.7%, 几乎不渗水, 说明膜料防渗潜力大、效果好, 只要保护层处理得当, 在斗渠、农渠上应用具有广阔的前景^[5]。混凝土防渗渠道最小的防渗效果亦达到 86.5%, 试验结果表明试验示范区内筛选集成的 U 型断面渠道, 土工膜料和混凝土防渗材料的节水效果非常明显, 具有推广应用的价值。

表 2 不同衬砌形式稳渗强度、初渗超渗量和防渗效果

衬砌方案	稳渗强度 $Q_F/$ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)	初渗超渗量 $W_E/$ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2}$)	防渗效果/%
U 型衬砌机现浇	0.118	8.582	99.5
1/2U 型预制安砌聚氯 乙烯胶泥条填缝	3.237	11.928	86.5
1/2U 型预制安砌遇水 膨胀橡胶止水条	2.164	29.503	91.2
板膜复合 U 型渠	0.081	21.604	99.7
人工现浇 U 型渠 砂浆抹面	0.931	25.966	96.2
土渠	24.563	37.2	

2.2 施工机具对渠道防渗效果的影响

由表 2 可见: U 型衬砌机全断面现浇渠道, 整体性好, 混凝土振捣密实, 防渗效果最好达到 99.5%, 稳渗强度仅为 $0.118\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; 人工现浇 U 型渠道次之, 防渗效果为 96.2%, 稳渗强度 $0.931\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; 1/2U 型预制安砌渠道最差, 防渗效果 86.5%, 稳渗强度 $3.237\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 为 U 型机现浇渠道的 27 倍多。预制安砌渠道由于人工预制, 现场安装, 混凝土密实性差, 构件接缝多, 有些构件强度低, 尺寸不准, 外表粗糙, 严重影响了渠道防渗效果和过流能力。试验结果表明: 施工机具是提高工程质量, 加快工程进度, 提高渠道防渗效果的重要条件, 应尽快改变生产实践特别是斗、农渠衬砌仍停留在人工施工水平的现状, 以免后患无穷。

2.3 渗漏基本特征

渠道在充水初期要湿润衬砌体和渠床土壤, 故渗漏强度大, 随着入渗时间的延长, 渠床土壤含水量增大, 湿润层加深, 渗漏量逐渐减少, 最后达到稳定。渗漏强度 Q 与入渗时间 t 之间的变化过程可用下列数学模型表示^[6]:

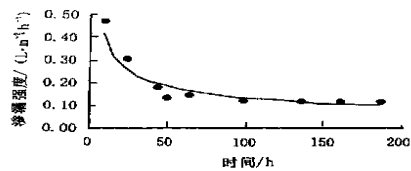


图 1 U 型机现浇渠道渗漏过程线

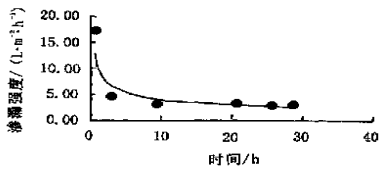


图 2 1/2U 型预制聚氯乙烯胶泥填缝渠道渗漏过程线

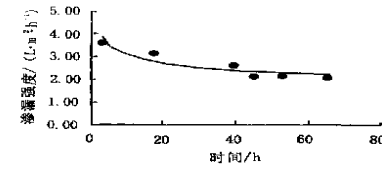


图 3 1/2U 型预制遇水膨胀橡胶止水条填缝渠道渗漏过程线

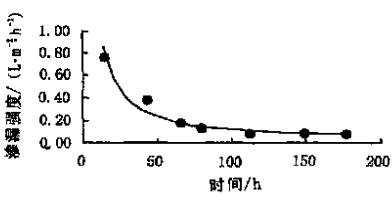


图 4 板膜复合渠道渗漏过程线

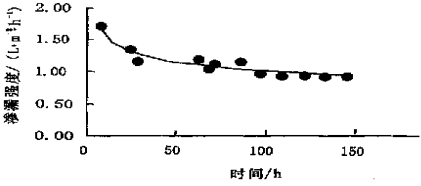


图 5 人工现浇 U 型渠道渗漏过程中

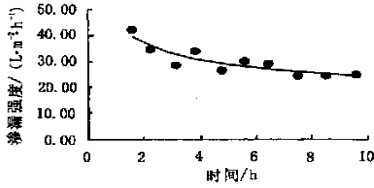


图 6 未设防的土渠渗漏过程线

$Q = a \cdot e^{b/t}$
式中: Q ——渠道断面平均入渗强度, $L/(m^2 \cdot h)$;
 t ——入渗时间, h ; A, B ——回归系数。

不同衬砌形式的回归系数计算结果见表 3, 试验得出的渗漏强度过程线如图 1 至图 6 所示。分析上式可发现, $t \rightarrow \infty$, 则 $e^{b/t} \rightarrow 1, Q \rightarrow a$ 。因此, 系数 a 可以看作渠道正常设计水深时的稳定渗漏强度。

表 3 不同衬砌形式回归分析结果(设计恒水位)

渠道衬砌方案	a	b	R
U 型衬砌机现浇	0.107	14.706	0.922
1/2U 型预制聚氯乙烯胶泥条	3.074	1.073	0.998
1/2U 型预制遇水膨胀橡胶止水条	2.326	1.391	0.796
板膜复合	0.084	33.367	0.891
人工现浇 U 型渠	0.997	4.503	0.890
土渠	22.988	0.955	0.893

3 结 语

(1) 试验示范区内组装集成的 5 种衬砌方案渗

漏量由小到大顺序为板膜复合 U 型衬砌机全断面现浇 1/2U 型预制安砌土渠, 防渗渠道最小的防渗效果达到 86.5%, 节水效果明显, 具有辐射推广的价值, 可起到典型引路和示范样板工程作用。

(2) 板膜复合结构渗漏强度仅为 $0.081 L/(m^2 \cdot h)$, 膜料与混凝土两种材料扬长避短, 采用工厂生产的膜料和预制好的混凝土板, 在停水期施工, 不影响行水, 解决了旧渠改建工程中施工与行水时间的矛盾。工程造价虽略有提高, 随着水资源需求量的急剧增大, 该结构显示出愈来愈广的应用前景。

(3) U 型机现浇渠道的渗漏强度仅为人工预制安砌渠道的 1/27。试验表明, 施工机具是提高工程质量, 加快施工进度, 提高渠道防渗效果的重要条件。应尽快改变我国斗、农渠衬砌仍停留在人工预制, 人工现场安装的落后局面。随着国民经济的发展, 渠道衬砌施工机械化程度的提高, 是今后发展的必然方向。

参考文献:

[1] 李英能 节水农业新技术[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1998
[2] 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
[3] 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
[4] SL 18-91 渠道防渗工程技术规范[S]. 北京: 水利电力出版社, 1991
[5] 建功 膜料防渗有关技术问题的探讨[J]. 防渗技术, 1995, 1(1): 1- 10
[6] 任之忠 泾惠渠北干一支渠道防渗效果的试验研究[J]. 防渗技术, 1999, 5(2): 18- 23