

灰土塑膜在渠道防渗工程中 有效使用年限初探^①

马移军

马天韶

(山东省水利科学研究所)

(山东省打渔张引黄灌溉管理局)

摘 要: 本文根据黄泛平原地区引水渠道长期应用土灰、塑膜防渗过程中的强度和耐久性的变化规律,初步分析了灰土、塑膜的有效使用年限,为防渗衬砌工程的设计和管理提出了参考依据。

关键词: 灰土、塑膜, 防渗, 使用年限。

中国图书分类号: TV441

山东省打渔张引黄灌区于 1964~1965 年间在四干渠上游做了 11.5Km 的灰土、塑膜等材料的防渗试验工程。这些防渗工程,二十五年来对解决粉砂壤土地区渠道渗漏,防止干渠两侧土壤盐渍化,起到了明显的作用。

目前,国内外用于渠道上的防渗材料,基本上分为三类:即刚性材料、柔性材料和土料防渗。刚性材料防渗具有糙率小、边坡稳定、提高输水挟砂能力、运行管理方便、平时维修少等优点,但本身造价高,易受冻胀破坏;柔性材料(塑膜等)近年来在渠道防渗方面有了新的发展,且有推广应用之势,但存在着人为的和动植物的破坏,以及材料老化、有效作用年限等问题;土料防渗(粘土、灰土、膨润土等)有就地取材、节省投资的优点,但易遭冻融破坏、耐久性较差等。上述三类防渗材料各有其优点,单纯以节水防渗为目的的防渗工程而言,塑膜防渗具有无可比拟的优点。但是,目前国内外在塑膜防渗的有效使用年限上众说不一,打渔张引黄灌区四干渠自 1964 年防渗衬砌以来,先后于 1970 年、1980 年、1990 年做过几次现场抽样检测。现根据历次检测的数据,对防渗工程的使用情况做一评价,并重点就塑膜防渗的有效使用年限做一探讨。

1 防渗试验工程概况

打渔张引黄灌区四干渠全长 33.4Km,入口流量 $23.0\text{m}^3/\text{S}$,控制灌溉面积 42 万亩。其上游多为粉砂壤土,渠道输水期间渗漏十分严重,造成两侧土壤盐碱化,为解决这一问题,于 1964 年至 1965 年在四干渠道防渗试验工作,国家投资 76 万元,共试用了四种防渗材料,工程长度为 11482m。其中灰土 9982m, 3:7 灰土的防渗层厚度 30cm, 4:6 灰土的防渗层厚度为 20cm,保护层厚度均为 50cm。聚氯乙烯塑膜试验段长 500m,塑膜有深灰色和棕黑色两种,厚度均为 0.2mm,铺衬方法为垂直水流方向,搭接 5cm,阶梯状

^① 本文承蒙闻致中教授级高工审阅;郭殿祥同志参加并指导完成。在此一并感谢。

坡面铺设,保护层厚 40cm。其它有粘土、油毡防渗段各为 500m。渗漏量试验是在 1965 年 4 月工程竣工后,在四千八支上采用静水渗漏方法测试,其试验测试结果见表 1:

表 1 防渗材料的渗漏现场测试表

防渗材料	厚度 (cm)	断面尺寸 (m)			试验段长度 (m)	渗漏量 ($\text{m}^3/\text{D} \cdot \text{m}$)	入渗强度 ($\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
		底宽	水深	边坡			
灰土	30	1.4	1.4	1:2	30	0.1301	0.727
塑膜	0.014	1.2	1.4	1:2	40	0.031	0.173

由上表 1 可以看出,塑膜防渗效果较好,入渗强度仅为灰土的 23.8%。

2 防渗材料的运用效果及使用年限的分析

打渔张灌区四千渠上游防渗工程自 1965 年竣工,迄今已运行了 25 年,现就历次的测试数据对各种防渗材料及工程运用做一个量的评价。

2.1 粘土、油毡防渗段:随着工程的连续长期运行,在 1980 年检测时,就已全部失去了防渗作用。

2.2 灰土防渗段:在工程正常运行条件下进行的不同龄期测试结果见表 2:

表 2 灰土防渗性能表

测试 结果 项目 测试日期	强 度 (MPa)		渗 透 系 数 (cm/s)		备 注
	阴 坡	阳 坡	阴 坡	阳 坡	
15 年 (1980 年)	2.73	3.29	18.34×10^{-6}	3.96×10^{-6}	平均值
25 年 (1990 年)	3.00	3.82	3.6×10^{-8}	2.97×10^{-8}	平均值

灰土原设计强度为 0.32MPa,随着工程的运行,其灰土本身强度和抗渗性能都有明显的提高,工程运行 15 年后,阴坡强度平均增长 8.5 倍左右,阳坡强度平均增长 10.3 倍左右;运行 25 年后,阴坡强度平均增长 10 倍左右,阳坡强度平均增长 12.7 倍左右。其阴坡与阳坡的强度随着龄期的变化关系如图 1。

由图 1 可以看出,灰土强度是随着龄期的增长而逐渐上升的,前 15 年增长率快,后 10 年增长率慢,运行 25 年后,强度已基本趋于稳定。另外在测试过程中,发现了一层位于灰土防渗层下 4~16cm 不等的“钙化土层”。在灰土碳化和强度增长过程中,灰土中的一部分 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收 CO_2 发生碳化和结晶作用,在灰土层

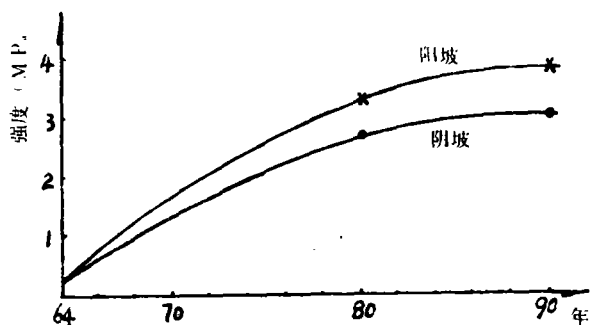


图 1 灰土强度增长关系图

中逐步形成 CaCO_3 结晶, 尚有一部分 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 成分, 在前部分结晶的过程中经水分的淋渗下移到原状土层中, 仍吸收 CO_2 继续起碳化反应, 就形成了所发现的“钙化土层”。据测定钙化土层的表观密度比灰土的表观密度大 15.3%, 且 CaCO_3 的含量为 3:7 灰土的 71% 左右; 1980 年测定钙化土层的最大抗压强度为 4.15MPa, 平均抗压强度为 3.78MPa, 最小渗透系数为 $5.9 \times 10^{-7} \text{cm/s}$, 平均渗透系数为 $6.78 \times 10^{-5} \text{cm/s}$, 已达到原灰土防渗层的测试数据。1990 年测得钙化土层的抗压强度为 5.39MPa。

打渔张灌区四千防渗工程在多年的运用过程中, 由于防渗段上下游渠道扩建, 断面展宽, 改变了渠道水流平衡状态, 致使防渗段的保护层冲刷, 灰土裸露 (见图 2), 且北岸甚于南岸, 从北岸裸露 aZ 的灰土剥蚀程度及剥落的碎片分析, 每年平均剥蚀 0.8cm 左右, 并结合它在前 15 年灰土强度增长率快, 而在后期强度增长率变慢趋于最大值, 综合考虑这些因素, 其灰土防渗段的有效利用年限预测还可以维持 25 年。南岸也有部分因灰土保护层减薄, 在冻融作用下, 灰土龟裂成块, 严重的呈松散石渣状, 但由于“钙化土层”的形成, 即便是原灰土防渗层全部剥落后, 灰土防渗工程的抗渗性能在近几年内仍有一定作用。当在有保护层的情况下, 灰土防渗工程的使用年限可以大大延长, 加强防渗渠道的管理, 是延长使用灰土防渗工程的有效措施。综上所述, 灰土用于渠道防渗工程中, 在有条件的地区, 经过方案比较, 是可以应用的。

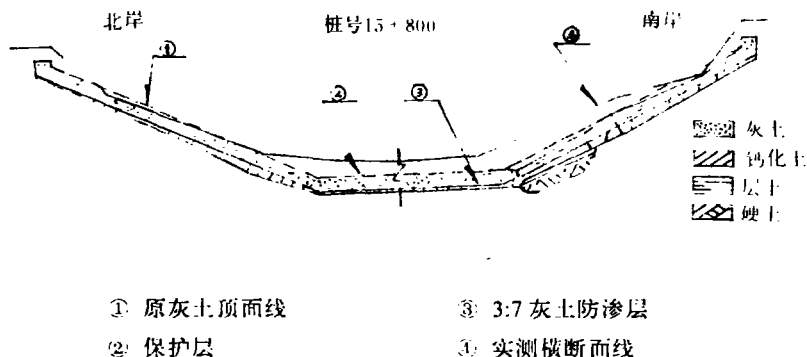


图 2 四千渠灰土防渗段横剖面图

2.3 聚氯乙烯薄膜防渗: 聚氯乙烯薄膜 (简称塑膜) 用在水利工程中做防渗隔水渗水材料, 从 1947 年开始, 国外就开始了塑膜的防渗试验, 其应用厚度在 0.025~0.6mm 之间, 其埋藏式塑膜通过试验表明, 至少应用 10 年而不破坏, 最初的聚氯乙烯塑膜防渗衬砌是在 1957 年美国怀俄明州肖申渠上被利用, 其塑膜材料经 7 年运行后, 仍保护良好的性能, 抗拉强度提高 50%, 极限伸长率下降 45%, 压力击穿试验下降 20%。我省在根据国外应用塑膜防渗经验的基础上, 为减少工程投资, 在 1964 年打渔灌区四千渠进行了 500m 长的防渗试验段, 铺设面积为 10230.0m², 现就工程运行 25 年后的检测成果汇列于表 3。

从表 3 可以看出, 1980 年测试数据是由于二次平均值, 纵横向抗拉强度较接近, 但从总的趋势看, 阳坡的强度大于阴坡的强度, 其伸长率小于阴坡伸长率, 这是符合客观规

律的。

表 3 塑膜技术指标测定汇总表

测试日期	部 位	抗拉强度 (MPa)		伸 长 率 (%)		折 新 率
		纵 向	横 向	纵 向	横 向	
原出厂 (1964 年)		24.0	20.1	254.0	276.0	
1970 年(6 年)	阴坡、阳坡 平均			208.28	256.68	82~93%
1980 年(15 年)	阴 坡	37.6	34.0	182.9	213.2	70~72%
	阳 坡	37.5	33.6	183.8	192.0	
	保护层冲刷	36.6	35.0	181.6	174.0	
1990 年(25 年)	阴 坡	38.5	35.3	145.5	153.3	30.7~44.9%
	阳 坡	38.8	39.6	121.0	99.0	
	保护层冲刷	40.1	43.8	44.0	20.0	

在检测过程中,发现渠底塑膜原样完好率较高,因为渠底保护层破坏程度小,受环境中光化和氧化破坏影响较小。现据表 3 中所测塑膜伸长率的变化,利用数理统计理论进行分析(见表 4),按线性回归方程式:

$$Y = a + bx \quad (1)$$

进行回归,其中:Y——塑膜的伸长率,单位: %

X——塑膜的有效使用年限,单位: 年

a,b——回归系数

表 4 回归分析及检验汇总表

编号.坡名.条件	回 归 方 程	相关系数 (r)	显 著 性 检 验	当 Y=0 时 X 值
a. 阴坡纵向	$Y = 244.77 - 4.096X$	-0.9808	$\gamma_{0.05} < \gamma < \gamma_{0.01}$ 显著	59.8
b. 阴坡横向	$Y = 281.81 - 4.96X$	-0.9938	$\gamma_{0.01} < \gamma$ 高度显著	56.8
c. 阳坡纵向	$Y = 249.42 - 7.22X$	-0.9866	$\gamma_{0.05} < \gamma < \gamma_{0.01}$ 显著	49.8
d. 阳坡横向	$Y = 288.94 - 7.22X$	-0.9866	$\gamma_{0.05} < \gamma < \gamma_{0.01}$ 显著	40.0
e. 保护层冲刷纵向	$Y = 263.4 - 7.95X$	-0.9589	$\gamma_{0.05} < \gamma < \gamma_{0.01}$ 显著	33.1
f. 保护层冲刷横向	$Y = 301.1 - 10.38X$	-0.9722	$\gamma_{0.05} < \gamma < \gamma_{0.01}$ 显著	29.0

注: 由附表 I⁽¹⁾ 查得: $\gamma_{0.05} = 0.950$, $\gamma_{0.01} = 0.990$

通过表 4 (不同坡向及塑膜纵横向的) 回归分析,得出塑膜的有效使用年限与伸长率的变化成反比例线性相关,假设以伸长率 Y 为零时视为失去防渗作用,则由此得出各种情况下塑膜的使用年限如表 4。塑膜的最长有效使用年限为 59.8 年,在外界因素比较

差,如保护层被冲刷、管理不善情况下,其塑膜最少有效使用年限为 29 年。从表 4 中可以看出,渠道阴坡的塑膜无论纵向或横向的老化和衰变程度要小于阳坡。打渔张四千渠为东西走向,渠道明显地分为阴、阳坡面,而据我们最近在山东惠民地区韩墩引黄灌区的研究成果说明,渠坡在不同坡向、坡度下所接受的太阳辐射能是有较大差别的,辐射能使土表面加热并能使其温度增至高于空气的温度值。如在 1:2 的阳坡上冬季太阳辐射影响系数为 0.82,阴坡仅为 0.03,由此可见阳坡与阴坡所接受太阳辐射量的差别是很大的,这样地温变化率在阳坡和阴坡上相差也就较大。阳坡由于地温值变化率快和接受紫外线照射的机会多,新铺衬塑膜的老化和衰变速率较阴坡就快,阴坡则相反,因此阴坡使用的塑膜的老化和衰变速率较阳坡就慢,有效年限使用较阳坡就长。

由表 3 可以看出,随着时间的延长,聚氯乙烯塑膜的伸长率在减少,其抗拉强度在增加,这是因为聚氯乙烯塑膜高分子材料,在生产过程中加入增塑剂以减少高分子之间的引力,使高分子之间活动灵活,增加了塑膜本身的柔性,而当这种增塑剂逐渐挥发后,高分子活动就变得不灵活了,塑膜就变硬、变脆,因而伸长率逐渐降低,抗拉强度有所增加,这就是塑膜的“老化”现象。塑膜本身是以共价键构成的,不易与电解质发生电化学反应,也就不会发生化学腐蚀。它对酸、碱、盐具有中等程度的较好抵抗力;由于长碳链的存在,材料极性特征导致对酚类、甲酮等类较微极性物质抵抗力的较低。加大塑膜铺衬的保护层是减少塑膜免受阳光、大气作用的氯化破坏,也是延缓老化、减少人为破坏的重要措施。聚氯乙烯薄膜的脆化温度在 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间,埋藏在季节性冻土层下的塑膜,一般情况下不会被土的冻胀拉断,所以塑膜在未达到最长有效使用年限时,是具有一定的适应冻胀变形能力的,若塑膜在达到有效使用年限后(伸长率为零),但无外力干扰,这时塑膜虽然老化,材料本身此时呈现出近似脆性材料的性能,当外力小于其本身强度时,仍有防渗作用,外力大于其本身强度时,则迅速断裂,塑膜就失去了防渗作用。通过上述推算的塑膜最长有效使用年限,在实际工程应用中有一定的安全性,所以,本文提出的塑膜最长有效使用年限是有根据和可信的。

另外,在观测塑膜防渗效果的过程中,从现场观察到,阳坡铺设的塑膜有较明显的抑制植物生长的性能,设有植物根系穿透现象,只是有大量植物根系沿塑膜上下蔓生,对塑膜防渗效果影响不大,当取出塑膜后,附着在塑膜上、下的呈黑色的植物根系基本上为腐植物,抖动后全部脱落。在阴坡虽与阳坡塑膜具有同样的特性,但有植物根系穿透和芽尖顶穿现象,以芦苇穿透力最强。总之,塑膜对植物有一定的抑制生长作用,在渠道防渗设计中注意加厚保护层,并使边坡稳定,处理好坡面植物残留根系,是可以防止植物根系穿透现象出现的。

3 结语

通过本次检测结果与前几次实测数据,在山东鲁北黄泛平原气候条件下,对打渔张灌区四千渠采用的各种防渗材料性能有了较为深刻的认识,对塑膜和灰土在长期运用过程中强度和耐久性的变化规律及影响因素做了进一步的探讨,分析推算出了在不同坡向、不同埋藏条件下灰土、塑膜的最长有效使用年限,为类似地区的防渗衬砌工程,特别是利用聚氯

乙烯薄膜防渗工程的设计和运行管理提供了参考依据。由于区域的特性不同,仍需要在这方面不断研究总结经验,力争在渠道防渗工程研究方面多出指导工程的科研成果。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院数学研究所数理统计组编.回归分析方法.科学出版社,1974年。
- [2] 山东打渔张引黄灌溉管理局.打渔张第四干渠防渗工程建造和效果和报告.1965年7月。

Preliminary Exploration of Available using Age of Spodosol and Plastic Membrane Used in Cana Seepage Preventing Engineering

Ma Yijun

Ma Tian shao

(Water Conservancy Research
Institute of Shandong Province)

(Da Yuzhang Administrative Bureau of Irrigation by Diverting
water from the Yellow River of Shandong Province)

Abstract: The paper, based on the changing rules of strength and endurance of spodosol and plastic membrane used in diversion canal seepage preventing engineering on the yellow River flood plain, preliminarily analyses the available using age of spodosol and plastic membrane. There for, it puts forward reference basis for design and management of seepage preventing lining engineering.

Key words: Spodosol, Plastic membrane, Seepage preventing, Using age.