

文章编号: 1007- 4929(2010)05- 0046-04

膨润土防水毯新材料在衬砌渠道中的应用研究

程满金¹, 步丰湖², 王俊英², 叶德忠³, 曾利彬³, 高文慧¹

(1. 内蒙古自治区水利科学研究院, 呼和浩特 010020;

2. 河套灌区永济试验站, 内蒙古 临河 015000; 3. 临河区水务局, 内蒙古 临河 015000)

摘要:在内蒙古河套灌区首次采用膨润土防水毯衬砌渠道作为渠道防渗抗冻的新技术。简要说明膨润土防水毯原理, 通过室内试验得出膨润土防水毯性能, 通过施工实践总结出膨润土防水毯施工工艺。应用已有和自行开发的膨润土防水毯, 进行防冻、抗渗观测试验, 对冻深、冻胀量、防渗效果和工程造价作出定量结论, 已在大型灌区节水改造工程中推广应用。

关键词:膨润土; 膨润土防水毯; 保护层; 防渗; 防冻胀; 冻深; 冻胀量

中图分类号:S275.5 **文献标识码:**A

Application Study on GCL New Material for Canal Lining

CHENG Man-jin¹, BU Feng-hu², WANG Jun-ying², YE De-zhong³, ZENG Li-bin³, GAO Wen-hui¹

(1. Institute of Water Conservancy Science Research of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010020, China;

2. Yongji Experiment Station of Hetao Irrigation District, Linhe 015000, Inner Mongolia, China;

3. Water Serves Bureau of Linhe District, Linhe 015000, Inner Mongolia, China)

Abstract: GCL was used as a new material for seepage control and frost heaving control of irrigation canal in Inner Mongolia Hetao Irrigation District for the first time. The seepage control and frost heaving control principles of GCL were explained briefly. The physical properties of GCL were obtained through laboratory test and the GCL construction technique was summarized on basis of its construction practice. The frost depth, frost heave, seepage control performance and construction cost of existing and self-developed GCL were quantified through frost heaving control and seepage control observations and were applied in the reconstruction project for water-saving in the large-scale Irrigation district.

Key words: bentonite; GCL; protection layer; seepage control; frost heaving control; frost depth; frost heave

0 前言

膨润土防水毯(GCL)是在2层土工合成材料之间夹封膨润土粉末,通过针刺、黏结或缝合而制成的一种复合材料。GCL的主要组成部分膨润土粉末层具有高膨胀性和高吸水能力,上下2层分别为土工织物(上层或下层也有采用土工膜),主要起保护和加固作用,使之成为稳定的复合材料,具有优异的防水性能,一定的整体抗剪强度和抗拉强度。在封闭的状况下遇水时,膨润土会膨胀形成一个低渗透性的黏土层,其防水性相当于几英尺厚的压缩黏土。其独特的性质,包括增加内部抗剪切力和长期的抗蠕变阻力,使复合膨润土防水毯适合应用

于各种防水衬垫系统。它能在拉伸、局部下陷、干湿循环和冻融循环等情况下保持极低的透水性。同时还具有施工简单、成本低、节省工期等优点。GCL主要用于土木、水利、环保工程中的防渗或密封,适用于人工湖(河)、渠道、水池、堤坝、屋顶花园、铁路、公路、地下室、垃圾填埋场等。国外GCL应用比较广泛,已用于市政、公路、铁路、环保、垃圾填埋场、水利工程及工业与民用建筑地下防水防渗施工,并证明具有很好的防渗效果。我国前几年只在少数的工程中使用,随着膨润土防水毯的国产化,目前在许多工程中开始使用。

我国北方灌区输水渠道防渗衬砌率低,田间工程不配套、灌水损失大,是发展节水灌溉的重点区域,目前将渠道防渗作

收稿日期:2009-09-26

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划重点项目(2006BAD11B09-1)。

作者简介:程满金(1955-),男,教授级高工,主要从事节水农业与水利工程研究与示范推广。

为节水改造工程的主要措施。北方灌区渠系级别多,渠线长,实施渠道衬砌工程量大,且衬砌渠道受季节性冻融破坏严重。为解决衬砌渠道的冻胀问题,降低渠道防渗衬砌工程的投资,研究适合北方灌区渠道衬砌的新材料及新工艺,内蒙古水利科学研究所与内蒙古永济灌域管理局试验站曾于2004-2006年在内蒙古河套灌区的分干渠及支渠上开展“膨润土防水毯在衬砌渠道中的应用”试验研究,为膨润土防水毯在衬砌渠道中的应用提供了科学基础依据。为了更深入研究膨润土防水毯在田间渠道的应用,于2006-2009年在“十一五”国家科技支撑计划重点项目“北方渠灌区节水改造技术集成与示范”示范区,相继开展了采用膨润土防水毯新材料在田间渠道衬砌中的应用研究。主要通过渗漏试验和冻胀观测试验,研究膨润土防水毯在田间衬砌渠道中的防渗和防冻胀效果。

1 膨润土防水毯的原理和特性

1.1 原理

膨润土防水毯是将级配后的膨润土颗粒均匀混合后,经特殊的针刺工艺及设备,把高膨胀性的膨润土颗粒均匀牢固地固定在2层土工布之间,从而制成柔性膨润土防水毯材料,既具有土工材料的固有特性,又具有优异的防水防渗性能。膨润土防水毯靠膨润土层防渗,膨润土是土中黏粒成分主要由亲水性矿物组成,同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩2种变形特征的黏土。膨润土的矿物成分主要是次生黏土矿物蒙脱土和伊利土,蒙脱土矿物晶格极不稳定,亲水性强,浸湿后强烈膨胀;伊利土亲水性也较强。膨润土是黏土颗粒含量高、吸水膨胀失水收缩的一种特殊土。膨润土的防渗性能与土的矿物成分和含量、土的颗粒大小和含量、水离子成分和含量、土层密度等有关。膨润土上下土工织物层作为防护材料,防水毯能在拉伸、局部下陷、干湿循环和冻融循环等情况下,保持极低的透水性,同时还具有施工简易、成本低、节省工期等优点。

1.2 特性

(1) 柔韧性好。能较好地适应不均匀沉陷,在张应变达20%的情况下,也不会增加其渗透率;而处在相同应变下的压实黏土和土工膜其渗透系数会急剧增加。

(2) GCL作渠道衬垫比压实性黏土衬垫(CCL)土方开挖量小。这是因为在等效的渗透系数下,CCL要比GCL厚得多。

(3) GCL具有极强的自我愈合功能。由于膨润土的存在,对可能出现的漏水点或裂缝会因膨润土的迁移而自行愈合。

(4) 抗张应变的能力强,有着良好的弹性和可塑性。

(5) 抗干湿循环的能力强。受热后GCL会出现干缩现象,当脱水的GCL再次遇水后,出现的裂缝会重新愈合,其水力渗透系数仍会回到原先的低值。

(6) 抗冻融循环的能力强。通过20次的冻融循环试验后,其渗透系数不会明显降低。

膨润土防水毯技术指标见表1。

2 施工工艺

(1) 渠道整形。将渠道按设计断面整形,夯实渠道边坡及渠底基土,使其干密度达到 1.5 g/cm^3 。人工修整至渠道边坡

表1 膨润土防水毯技术指标

检测项目	技术指标
膨胀系数/[mL·(2g) ⁻¹]	24
含水量/%	12
流体损耗/mL	18
抗拉强度/N	400
剥离强度/N	75
单位面积膨润土质量/(g·m ⁻²)	>500
渗透性/(cm·s ⁻¹)	<5×10 ⁻⁹
指示流量/(m ³ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	<5×10 ⁻⁸

及渠底光滑平直。

(2) 裁毯。将膨润土防水毯卷材展开,按渠道设计断面所要求的宽度确定裁剪方向,以损耗量小为目的,裁剪前要沿裁剪线洒水,使裁剪线附近的膨润土充分膨胀,避免裁剪后膨润土脱落。

(3) 铺毯。骨干渠道宜垂直水流方向逆向铺设,田间渠道宜顺水流方向逆向铺设。防水毯要与渠床基土贴实,避免褶皱和空隙。

(4) 搭接处理。防水毯之间采用叠层搭接的方式,搭接宽度不小于25cm,叠层间撒铺10cm宽的搭接粉(散装膨润土)止水,搭接粉的用量以均匀覆盖下层防水毯为宜。若施工时风力较大,可将搭接粉与水拌合成糊状,抹在下层防水毯上,以避免搭接粉被风刮走。

(5) 压毯。全断面铺设膨润土防水毯的衬砌渠道,在两侧堤顶要开挖三角沟槽,深度要大于40cm,顶角要大于90°,将防水毯铺在三角沟槽内,回填土并夯实。

(6) 护面处理。防水毯的材料为无纺布,在光照的作用下会迅速老化,因此,在防水毯表面必须进行防护处理,据试验成果,在防水毯表面刷水泥砂浆或抹1cm厚的固化泥防护效果较好。

3 防渗防冻试验方案和内容

3.1 试验方案

膨润土防水毯防渗、防冻胀试验研究以田间渠道为主。

(1) 防渗效果测试。分别在左四农和右四农渠做未衬砌(土渠)和采用膨润土防水毯衬砌渠道的渗漏试验。

(2) 防冻胀效果测试。在右四农渠和分干渠铺设膨润土防水毯(厚5mm)进行防冻胀效果监测。膨润土防水毯保护层为刷水泥砂浆保护,横断面形式农渠U形、分干渠梯形断面弧形渠底。

3.2 防渗效果的监测内容及方法

选择左四农渠土渠道和右四农渠膨润土防水毯衬砌渠道,采用静水试验的方法分2次对示范区田间渠道进行了农渠衬砌前后渠道渗漏强度的测试。试验段长度为30m,平衡区5m。

3.3 防冻胀效果的监测内容及方法

通过观测基土土质地温、冻结深度、冻胀变形量、地下水位、土壤含水率变化等进行膨润土防水毯的防冻效果监测。

(1) 观测点布置: 地下水位。在试验场附近布设地下水观

测井 1 眼。地温。农渠按断面的阴阳坡面每一坡面沿垂直于岸顶 0、20、40、60、80、100、120 cm 不同深度布设 2 组土层地温观测点;分干渠沿垂直于边坡布设观测点。冻胀量。在试验断面上按阴、阳坡的上、下部位布设冻胀变形观测点。土壤含水率。在试验断面上按阴、阳坡面每一坡面沿垂直于岸顶 0、20、40、60、80、100、120 cm 土层深度布设含水率土样测试点。

(2)测试内容:不同深度土层温度的监测用数字式温度计测量;渠道土壤冻结深度的观测由地温测试资料计算;渠道边坡总冻胀变形量的监测通过冻胀变形观测装置用钢尺量测;土壤含水率监测采用人工取土烘干测试;地下水位观测用常规地下水观测井人工测量。

(3)观测方法:观测时间从 11 月 15 日起至翌年 4 月 20 日止。每 5 d 观测一次,每个观测期共 32 个测次。

4 防渗、防冻胀试验成果分析

4.1 防渗试验

田间渠道静水渗漏试验成果得出农渠衬砌前后渗漏强度过程线(见图 1)。由图 1 可知,无论是未衬砌渠道还是衬砌渠道,其渗漏规律均经过 3 个阶段变化,即初渗阶段、缓慢渗漏阶段和稳定渗漏阶段。衬砌前后初渗历时大致相同为 4.5 h 左右,但渗漏强度差别很大,土渠与衬砌渠段最大渗漏强度分别为 78.9 和 30.56 L/(m²·h);缓慢渗阶段历时 12 h 左右,渗漏强度平均分别为 13.79 和 10.8 L/(m²·h);12 h 以后渠道达到稳渗阶段,此时稳渗强度相差较小,渗漏强度平均分别为 8.6 和 9.52 L/(m²·h)。

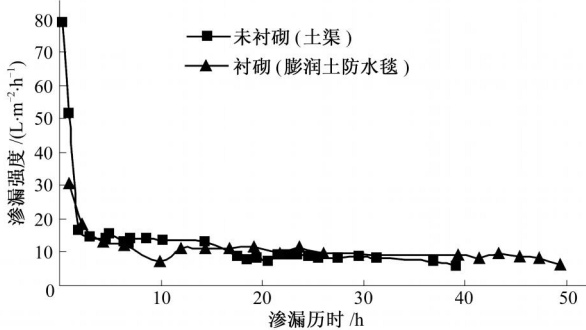


图 1 渗漏历时农渠衬砌前后渗漏强度过程线

渠道衬砌前后各阶段渗漏强度见表 2,未衬砌渠道初渗阶段初渗强度最大为 78.90 L/(m²·h),平均渗漏强度为 40.4 L/(m²·h),达到稳渗时平均渗漏强度为 12.3 L/(m²·h)。衬砌渠道初渗阶段初渗强度最大为 30.56 L/(m²·h),平均渗漏强度为 20.7 L/(m²·h),达到稳渗时平均渗漏强度为 9.7 L/(m²·h)。

表 2 渠道衬砌前后各阶段渗漏强度 L/(m²·h)

名称	初渗阶段			稳渗阶段	全阶段
	初渗时间/h	最大渗漏强度	平均强度	平均强度	平均强度
未衬砌渠道	4.63	78.90	40.40	12.30	21.90
衬砌渠道(膨润土)	4.27	30.56	20.70	9.70	11.54
减少渗漏损失/%		61.3	48.8	21.1	47.3

可以得出结论:田间渠道采用膨润土防水毯衬砌后,平均渗漏强度为 11.54 L/(m²·h),与未衬砌渠道平均渗漏强度 21.9 L/(m²·h)相比较,平均减少渗漏损失 10.36 L/(m²·h),衬砌后防渗效果达到 47.3%。

4.2 防冻胀效果分析

(1)地温。图 2 为 2007 - 2008 年农渠衬砌渠道阴坡土层 0 ~ 120 cm 埋深处的地基石温度过程线。图 2 表明:农渠阴坡土层地温最低为 - 9.9 ,阳坡最低为 - 7.7 ;在冻结期(11 月中旬至 2 月下旬)地温随土层深的增大而升高,在融化期(3 月下旬至 4 月下旬)地温随土层深度的增大而减小。

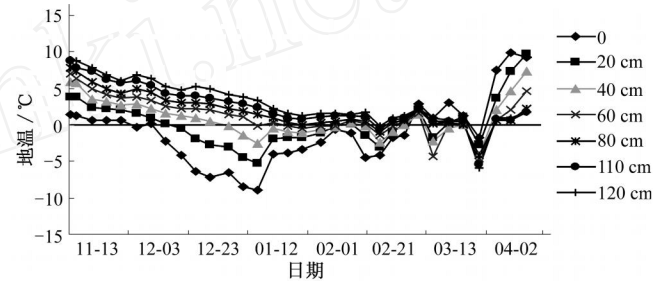


图 2 农渠阴坡土层地温过程线

(2)冻深。膨润土防水毯衬砌渠道阴坡冻深过程线见图 3。由观测资料可知:分干渠和农渠在相同衬砌材料情况时,阴坡最大冻深分别为 98.5 和 94.1 cm,冻深差异相差较小;阳坡最大冻深分别为 44.0 和 80.0 cm。由此可见分干渠阴、阳坡冻深差异较大,而农渠阴、阳坡冻深差异较小。最大冻深分干渠阴坡上、下部为 98.5、90.0 cm,阳坡上、下部为 44.0、40.0 cm;农渠阴坡上部为 94.1 cm,阳坡上部为 80.0cm。

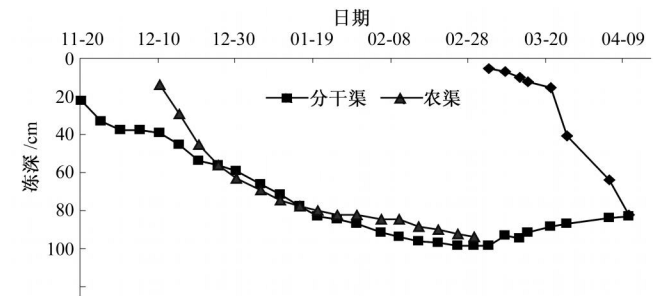


图 3 分干渠和农渠膨润土防水毯衬砌渠道阴坡冻深过程线

(3)冻胀量。农渠冻胀量。根据 2006 - 2008 年防冻胀观测资料,阴坡各测点冻胀量过程线见图 4。农渠阴、阳坡最大冻胀量分别为 5.8、5.6 cm,阴阳坡差异较小。分干渠冻胀量。根据 2005 - 2006 年防冻胀观测资料,分干渠阴坡冻胀量过程见图 5。分干渠阴、阳坡最大冻胀量分别为 13.4、6.2 cm,最大冻胀量均发生在渠坡中部偏下部位。

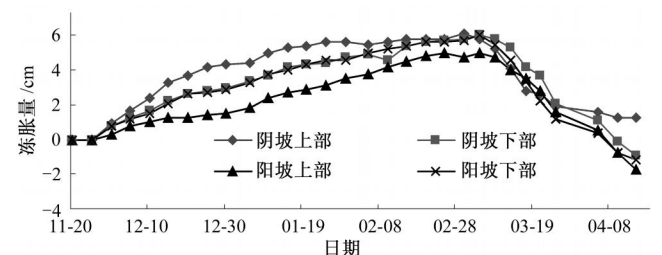


图 4 农渠(膨润土)阴坡各测点冻胀过程线

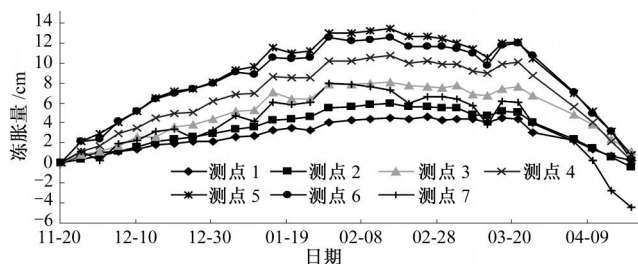


图5 分干渠(膨润土)阴坡各测点冻胀过程线

分干渠无防渗措施段和分干渠、农渠 2 级渠道采用膨润土防水毯衬砌渠道,边坡最大冻胀量过程见图 6。最大冻胀量分干渠阴、阳坡无防渗措施时为 13.3、6.5 cm,铺设膨润土防水毯时为 13.4、6.2 cm;农渠阴、阳坡有防水毯时为 5.8、5.6 cm。

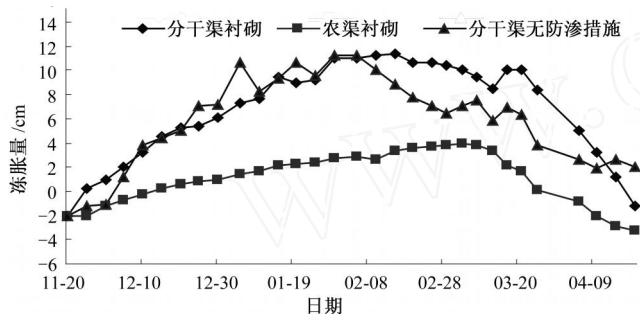


图6 分干渠无防渗措施和分干渠、农渠膨润土防水毯衬砌渠道边坡最大冻胀量过程线

5 经济评价

由以上资料分析总结,并与以前年度进行的分干渠无防渗措施衬砌渠道冻胀观测试验结果相比较,采用膨润土防水毯衬砌渠道,边坡最大冻胀量减少很少或没有减少,但是冻土融通后渠道没有明显的残余变形量,复位较好。说明膨润土防水毯具有较好的柔性,适应变形的能力很强,整体性好。也说明膨润土防水毯处理可减少冻胀量造成的不均匀性破坏,增强渠道边坡的稳定性。

根据右四农渠试验段,计算长度为 680 m,测算相同条件下采用膨润土防水毯和预制混凝土板 2 种材料衬砌渠道的造价比较见表 3。

比较以上计算结果:按右四农渠衬砌 680 m 长度计算,采用膨润土防水毯衬砌造价为 71 582 元,每延米长度衬砌价格为 105.3 元;采用预制混凝土板衬砌造价为 100 850 元,每延米长度衬砌价格为 148.3 元。两者进行比较,膨润土防水毯衬砌是预制混凝土板衬砌造价的 71.1%左右。说明采用膨润土防水毯与预制混凝土板保温防冻衬砌相比较分析,成本方面:减少了防渗膜、保温板与过渡层等材料及工序,可节约成本 28.9%;工期方面:膨润土防水毯用于渠道防渗具有施工简单,对地基要求低,施工速度快,与采用混凝土板衬砌相比,工期缩短 30%~50%。

6 结 语

- (1) 膨润土防水毯防渗效果好。采用膨润土防水毯衬砌渠道与未衬砌渠道相比较,可减少渗漏损失 47.3%。
- (2) 防冻胀抗变形能力强。铺设膨润土防水毯衬砌渠道与

表 3 膨润土防水毯衬砌与预制混凝土板衬砌渠道造价比较

名称	数量/ m ³	膨润土防水毯		预制(C20)混凝土板	
		单价/ (元·m ⁻³)	合价/ 元	单价/ (元·m ⁻³)	合价/ 元
混凝土预制及衬砌(封顶)	21.42	487.07	10 433	487.07	10 433
固化泥保护层	37.62	200.00	7 524		
膨润土防水毯	2 145	25.00	53 625		
聚苯乙烯膜铺设	1 564			5.94	9 290
混凝土预制及衬砌	107.25			487.07	52 238
M15 勾缝砂浆	2.26			304.36	688
沥青砂浆	23.79			60.88	1 448
聚氯乙稀胶泥伸缩缝	952			5.77	5 493
M5 砌筑砂浆	7.08			181.52	1 285
砖	5.98			270.00	1 615
聚苯乙烯保温板(5 cm)	61.2			300.00	18 360
总计造价			71 582		100 850
每延米衬砌造价/(元·延米 ⁻¹)			105.3		148.3

注: 单位为千块; 单位为元/千块。

未衬砌渠道相比较,最大冻胀量没有减少,但是冻土融通后渠道没有明显的残余变形量,复位很好,说明膨润土防水毯适应由于冻胀引起的复位能力很强。

(3) 为使膨润土防水毯具有更好的适应冻胀变形,衬砌渠道断面宜采用梯形断面弧形坡脚和梯形断面弧形渠底 2 种形式。

(4) 膨润土防水毯需设保护层,不允许暴露在表面。刷水泥砂浆保护层与防水毯黏结较好,且柔性较好,可适应变形,是一种较好的护面形式;刷固化泥浆保护层柔性较好,可适应变形,但与防水毯黏结较差,其耐久性不及水泥砂浆护面;覆土保护方案的渠坡上覆素土稳定性较差,行水期边坡覆土塌滑严重,渠道断面变形,且该方案施工难度较大,施工质量难以保证,不宜采用。

(5) 膨润土防水毯与预制混凝土板 2 种衬砌渠道相比较,可降低工程投资 28.9%,施工较简单,工期缩短 30%~50%。

参考文献:

- [1] 周春生,柴建华,史海滨,等.水质对膨润土防水毯防渗效果影响研究[J].节水灌溉,2006,(6).
- [2] 祝和权,刘继武,李海燕,等.膨润土防水毯的研制及其在垃圾填埋场中的应用[J].新型建筑材料,2004,(1).
- [3] 周正兵,王 钊. GCL 在渠道防渗工程中的应用[J].中国农村水利水电,2002,(9).
- [4] 杨世如,叶 筠.膨润土防水毯的设计与施工[J].上海建材,2000,(5).
- [5] 宗培新.膨润土防水毯应用技术及开发利用现状[J].中国建材,2005,(8).
- [6] 陈 彤,黄 琦.新型防水产品——膨润土防水毯[J].江西建材,2005,(3).
- [7] 宗培新.国内膨润土防水毯行业存在的若干问题及对策[J].中国非金属矿工业导刊,2005,(5).
- [8] 周春生.膨润土防水毯在北方盐渍化地区适用性的实验研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2007.