

W-OH 新型防渗材料 在高寒干旱区渠道中的应用研究

王黎军

(青海大学水电系, 青海 西宁 810016)

摘要:通过大量的室内实验和野外应用实例, 研究新型 W-OH 防渗材料在高寒干旱区渠道中的防渗和防冻胀问题。试验结果表明分别对砂土和黄土喷涂浓度为 7%~10% 和 7%~8.5% 的 W-OH 溶液可以起到很好的防渗和防冻胀效果。该技术在干旱区渠道工程中具有较大的推广应用价值。

关键词:W-OH 新型防渗材料; 渠道防渗; 渠道防冻胀; 高寒干旱区

中图分类号: TV44 文献标识码: A

青海省地处中国西部, 气候条件恶劣。全省渠道的防渗衬砌率低, 灌溉水利用系数在 44.7% 左右, 水利用效率极低。而渠道防渗技术是我国目前应用最广泛的节水工程技术措施, 可极大地减少农业灌溉用水的浪费, 提高渠道输水能力, 降低灌溉成本; 降低地下水位, 改良盐碱地; 提高渠床的稳定性, 有利于渠道的安全运行^[1]。

几十年来的实践经验表明, 渠道采用单一材料防渗衬砌对非寒区是行之有效的, 但对寒区却难以满足防渗防冲和防冻胀破坏等多项需要的要求, 特别是冻胀问题更为突出。本课题从日本引进并开发了新型防渗材料 W-OH, 该溶液与水反应生成环保型的具有防渗和抗冻特性的胶结体, 再结合渠道建设中传统的经验, 建成防渗防冻胀渠道, 为青海省和全国高寒区的灌区改建提供新的技术资源, 为水资源利用效率的进一步提高提供了技术保障。

1 材料的性质

新型防渗材料 W-OH 是一种亲水性氨基树脂, 呈淡黄色乃至褐色油状体, 遇水后极易溶解或乳化, 并迅速形成有弹性的含水凝胶体。材料的物理性质见表 1。

表 1 材料物理特性

名称	外观	密度/(g·cm ⁻³) (20℃)	黏度/cps (20℃)	硬化时间/min (20℃, 7%)	固结后特征
W-OH	无色-淡黄色透明液体	1.08	350	4-7	弹性含水凝胶体

收稿日期: 2010-11-03

基金项目: 青海省科技厅项目(2008-J-259)。

作者简介: 王黎军(1964), 女, 教授, 从事水力学及农田水利学研究。E-mail: wlj880125@sohu.com。

W-OH 系列材料的特性:

- (1) 极易溶解于水, 和水反应可迅速聚合形成弹性凝胶体, 且不再溶解于水;
- (2) 能以任何浓度与海水在内的各种水质的水发生反应;
- (3) 耐久性良好, 凝胶体的降解周期可控制;
- (4) 与多种材质(土、沙、混凝土等)具有很强的附着性;
- (5) 通过选择 W-OH 的种类及调整其浓度, 可设计凝胶体的性能及用途, 如固土、固沙、防尘、止水等;
- (6) 具有高度的安全性, 对植物不产生药害, 对生态环境不造成二次污染。

W-OH 溶液与水反应会很快硬化为胶结体, 溶液的浓度分别为 5%、10%、20%、30%, 在 10℃、20℃、30℃ 温度随着浓度增加, 温度的增高, 硬化时间加快。

2 试验方法及结果分析

采用实验室内研究和野外施工研究相结合的办法, 就新型防渗材料的防渗抗冻胀性能、施工技艺以及针对不同土壤的适宜参数进行了研究分析。

2.1 室内试验

配置不同浓度的 W-OH 溶液, 喷涂在砂土、黄土和红土土壤上, 测定其形成的固结层防渗效果试验。

- (1) 试验装置为一方形有机玻璃盒子(见图 1), 盒子分两层, 中间设置有孔隔板, 隔板上放置待试验的土样, 土样根据试验要求分别做成平面、斜面 and U 型曲面三种, 采用负压计测定数据, 在仪器隔板上面装入 30 cm 的土, 在土层中从上到下分

别按照 5 cm、15 cm、25 cm 的高度设置负压计陶头, 安装后观测负压计玻璃管中的水银面, 依次确定土壤含水量的变化, 验证 OH 溶液形成的胶结层是否有渗漏。试验选择浓度 5%、7%、8%、8.5%、10% 的 W-OH 溶液, 具体见表 2。

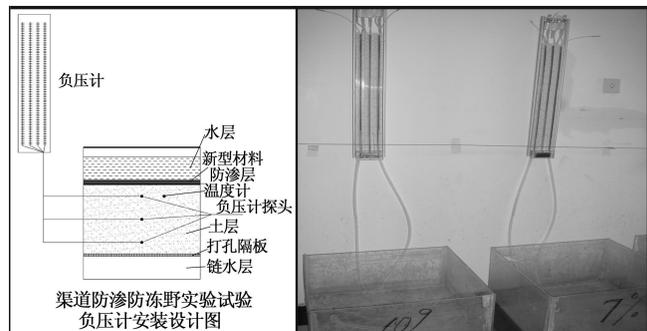


图 1 OH 溶液喷涂室内试验装置图

表 2 OH 溶液喷涂试验设计表

设置试验浓度 / %	土 壤		
	砂壤土	壤土 (黄土)	黏土 (红土)
5	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓
8			✓
8.5		✓	
10	✓		

(2) 土壤取样(施工现场采集)。砂土土样: 取自青海省海西州乌兰县希赛灌区干渠渠尾段。土样中砂粒含量达到 50% 以上, 粉粒含量在 46% 左右, 黏粒小于 1%。试验表明 7% 浓度和 10% 浓度的固结层形成效果比 5% 浓度的好。浓度在 5% 时形成的固结层由于 W-OH 溶液浓度过低, 对土壤颗粒的黏结力弱。

黄土土样: 取自青海湟水北干渠四支渠。黄土紧密, 较硬, 孔洞较少。以粉土粒级(0.05 ~ 0.005 mm) 为主, 含量约占黄土总质量的 52% ~ 72%; 黏土颗粒(< 0.005 mm) 成分约占黄土总质量的 10% ~ 25%, 砂土颗粒(> 0.05 mm) 成分约占黄土总质量的 10% ~ 30%。

在实验室将沙土放进模具, 形成 1:1 斜面, 而后喷涂 7% 浓度和 8.5% 浓度的 W-OH 溶液, 形成固结层, 再倒适量的水观测固结层下面土壤的含水率变化情况。考虑在坡面喷涂 W-OH 溶液出现溶液渗入量减少, 形成的固结层厚度不均匀。在试验中, 根据北干渠工程建设的实际, 增加了 U 型槽喷涂试验和二次喷涂试验。W-OH 溶液固结层下面土壤的含水率变化情况, 见图 2、图 3、图 4。

从图 2、图 3 和图 4 可看出, 不同浓度的 W-OH 溶液形成固结层后, 固结层下土壤的含水率一直呈现下降的趋势, 直至趋于一个数值, 这就说明, 水没有透过固结层渗入到土壤中,

表 3 不同试验方案取样分析结果表

材料类型	取 样 数											平均厚度
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
W-OH-1(10%)	10	12	11	9	8	9	8	12	5	11	4	9.00
W-OH-1(7%)	15	9	8	11	14	6	9	9	6	4	4	8.64
W-OH-X 型(7%)	11	8	6	10	8	10	2	6	2	1.5	2	6.05

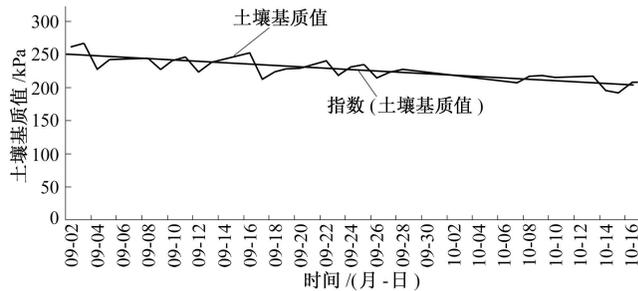


图 2 5% 浓度下 OH 溶液固结层下土壤基质值变化曲线图(砂土)

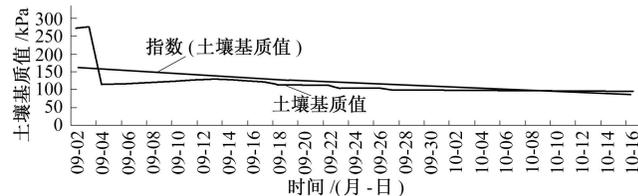


图 3 7% 浓度下 OH 溶液固结层下土壤基质值变化曲线图(砂土)

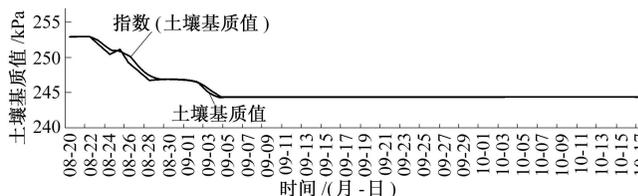


图 4 10% 浓度下 OH 溶液固结层下土壤基质值变化曲线图(砂土)

W-OH 溶液固结层具有很好的防渗效能, 7% 浓度和 10% 浓度的效果较 5% 浓度好。

2.2 野外现场试验

在乌兰县希赛灌区干渠渠尾段选定总长 1 000 m 的试验段, 根据项目区不同渠段的条件, 选用了 2 种材料设计了 4 种试验段, 与灌区的其他渠道和渠段做比较。

第一试验段: W-OH-1 型 7% 试验段。

渠床特性: ①土壤为砂壤土, 含砂量较大; ②渠底比降为 0.3%。

第二试验段: W-OH-1 型 10% 试验段。

渠床特性: ①土壤为砂壤土, 含砂量较大; ②渠底比降为 0.3% ~ 0.4%。

第三试验段: W-OH-X 型 7% 试验段。

渠床特性: ①土壤为砂壤土, 含砂量较大; ②渠底比降为 0.15% ~ 0.2%。

第四试验段: W-OH-X 型 10% 试验段。

渠床特性: ①土壤为砂壤土, 含砂量较小; ②渠底比降为 0.15% ~ 0.2%。

(2) 试验结果数据处理。分别对 W-OH 溶液浸入土壤的不同深度进行取样分析, 每种方案取得 11 组数据, 见表 3。

根据野外施工采集的数据可以看出,实际施工时 7%、10% 浓度 W-OH 溶液固结层的平均厚度可以达到 8.64~9 mm,局部地方可达 15 mm,有些地方仅有 4 mm,这与渠床修正的平整度有关系。经过一年的运行,将应用该材料的渠段和采用沙砾石换填措施的渠道作比较,可以看出采用该材料的渠段几乎没有发生冻胀,效果良好。

3 主要指标的研究及分析

渠道防渗材料的性能主要体现在强度和抗渗能力方面,为此在室内进行了抗压、拉伸和抗冻等试验^[2]。

3.1 W-OH 固结土强度特征

3.1.1 材料的抗压实验

根据《土木工程试验规程》(SL237-1999),选取细土、沙土和黄土三种土壤,每种土壤做了两组试验。W-OH 溶液浓度分别为 2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9% 和 10%。不同土壤不同浓度抗压曲线如图 5。

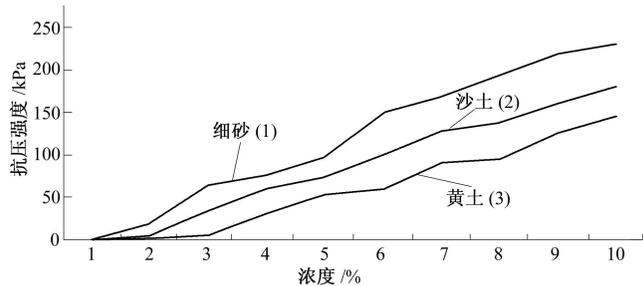


图 5 不同土壤不同浓度抗压曲线图

从抗压试验的成果数据来看,浓度和压强基本呈现线性关系。随着浓度的增大,抗压能力在增强,沙土的抗压性能较黄土好。

3.1.2 材料的拉伸试验

为了检验材料的伸缩性能,进行了拉伸试验,共设计 9 组试验,9 组试验分别为 2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10% 浓度的试件,试件厚度为 10 mm,经过拉伸试验得出不同浓度的拉伸强度和拉伸率。见表 4。

表 4 拉伸试验成果表

试验编号	厚度/ cm	拉伸强度/kN		拉伸长度/mm	
		黄土	砂土	黄土	砂土
2	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	1	0.42	0.6	9	15
5	1	0.70	1.00	11	18
6	1	0.98	1.40	12	20
7	1	1.33	1.90	13	22
8	1	1.68	2.40	13	22
9	1	2.10	3.00	16	26
10	1	2.38	3.40	17	28

从试验成果看,试件配比的浓度越大,拉伸强度越大,拉伸

率越大。其中浓度和拉伸强度呈现线性关系,其相关系数达到 0.997。浓度和拉伸率(拉伸长度)呈现对数关系,其相关系数达到 0.938。从两类土壤看,砂土的拉伸强度和拉伸长度较黄土大。

3.2 材料的抗冻性

采用慢冻法对用不同浓度 OH 溶液喷涂后形成的固结层做成试件进行了 47 次冻融循环试验^[3]。每次冻融循环后均测定每个试块的质量,全部冻融循环结束后对每一试块的抗压强度都进行了测定。仪器采用混凝土快速冻融试验机 KDR III。

在同一条件下,取不同土壤分别用 5%、7%、10% 浓度 W-OH 溶液喷洒,凝固后测量厚度均不同。溶液浓度越大,厚度越薄,浓度越小,厚度越厚。抗冻前后厚度变化不大,另外一部分在冰箱中进行,温度设置在 -25℃ 左右冻融现象观测。试验结果见图 6。

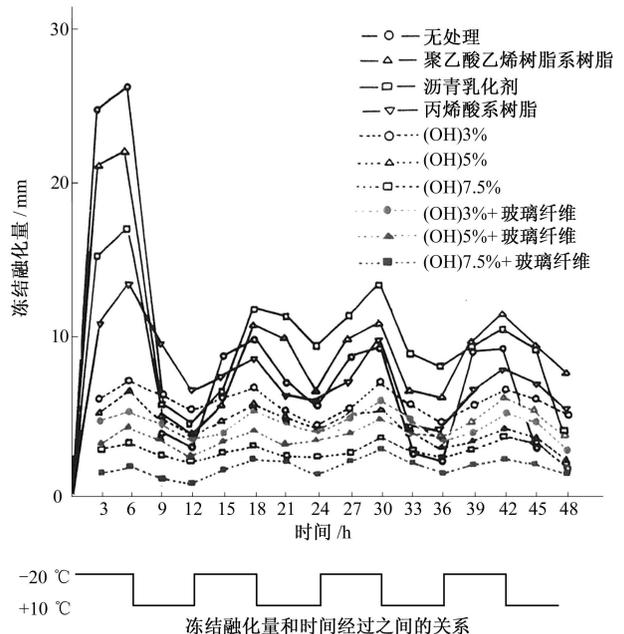


图 6 冻结融化量随时间变化关系图

从图 6 看出,W-OH 溶液可以使冻结融化量减少,即便冻结成冰,也不会发生龟裂而导致崩塌。说明 W-OH 溶液形成的固结层本身具有很好的抗冻胀,材料本身不应冻胀而破坏,该材料能够适应高寒环境。

3.3 材料的耐侵蚀性

将 W-OH 水溶液喷涂在土壤表面,立即形成具有很强耐降雨侵蚀性的成膜层。其与同用途的其他树脂乳胶相比,不会使水分蒸发,形成硬化速度极快的凝胶体,且该凝胶体是一种弹性物体,不会发生龟裂。

试验中,采用了 3% 浓度、5% 浓度和 7.5% 浓度的 OH 溶液样品做试验,并和土壤表面无处理、丙烯酸系树脂等其他材料作对比,结果显示,浓度越大,材料的抗侵蚀能力越强,在降雨强度达到 100 mm/h 的条件下,浓度为 7.5% 时土壤几乎不发生侵蚀。和丙烯酸系等材料相比,W-OH 溶液抗侵蚀效果非常显著。这说明喷涂 W-OH 溶液形成的土壤颗粒凝胶体在土壤中有很强的耐侵蚀性能。

(下转第 34 页)

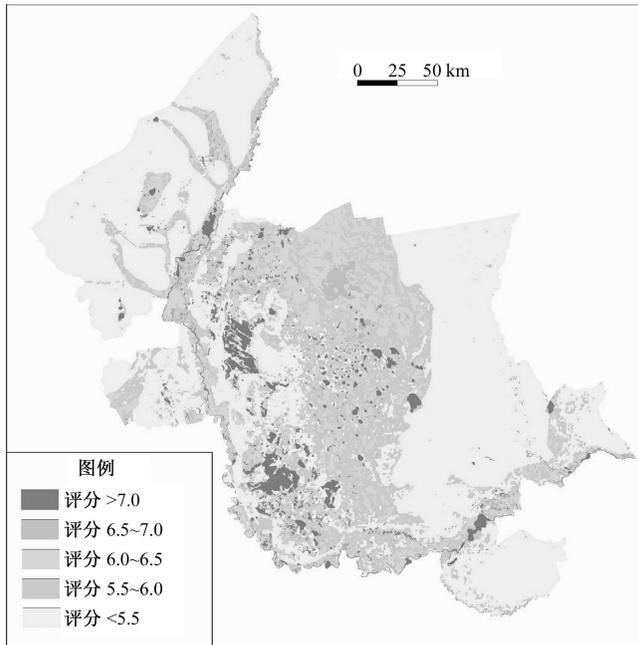


图 4 湿地适宜性评价分区

原地貌区,这些地区的地形坡度小、地势平坦并且有大面积的地表水体分布。由此可见,地貌、地形坡度与是否有地表水体分布这三个因素是影响湿地适宜性指数的主要因素,其余因素对评价结果的影响有限。

为了防止现有湿地的退化,应该统一调度区内水资源,保证湿地的生态需水量,防止水资源污染,避免地下水过量开采引起区域降落漏斗的形成。对于已退化的湿地,可以根据湿地适宜性评价的结果选择湿地发育潜力最大的地区优先采取退耕还湿等措施开展湿地恢复工作。

4 结 语

在分析大庆及周边地区的地质、地貌、气候条件的基础上,

选择了地貌类型、地形坡度、地表黏土厚度、潜水水位埋深、降水量、地下水资源补给模数、地表水体、潜水水位变差这八个影响湿地形成发育的因素作为湿地适宜性评价指标,运用层次分析法建立了湿地适宜性评价的层次结构模型,确定了各评价指标的权重。其中以地表水体分布、地形坡度为主要因子,权重分别为:0.257 6、0.228 6。

运用 GIS 空间分析功能实现了不同影响因子的叠加,利用层次分析法确定的权重计算出个评价单元的湿地适宜性指数,并划定了适宜湿地发育的区域,适宜湿地发育的区域多分布在研究区中部的低平原与泥沙质河谷平原一带。对上述区域应加强水资源综合管理工作,避免水资源污染与过量开采,保证湿地维持所需的生态需水量。

参考文献:

- [1] 王立勇,董学良,李楠,等. 大庆及周边地区湿地萎缩及地下水现状分析[J]. 黑龙江水专学报, 2010, 37(2): 83- 85.
- [2] 崔丽娟,张明祥. 湿地评价研究概述[J]. 世界林业研究, 2002, 15(6): 46- 53.
- [3] 武海涛,吕宪国. 中国湿地评价研究进展与展望[J]. 世界林业研究, 2005, 18(4).
- [4] 张永泽. 自然湿地生态恢复研究综述[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 309- 314.
- [5] 刘吉平,李宝林,张国坤. 黑龙江省湿地空间分布规律及其影响因素的定量分析[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(5).
- [6] 侯鹏,蒋卫国,陈自力,等. 降水对洞庭湖湿地水文补给效应[J]. 地理研究, 2009, 28(2): 371- 377.
- [7] 景海涛,李春梅. 退耕还林工程规划中 GIS 空间分析理论及应用研究[J]. 水土保持研究, 2008, 14(5): 229- 231.
- [8] Jennifer L. Kauffman Axelrod, Steven J. Steinberg. Development and Application of an Automated GIS Based Evaluation to Prioritize Wetland Restoration Opportunities [J]. Wetlands, 2010, 30: 437- 448.

(上接第 30 页)

4 结 语

4.1 主要结论

(1) 对于砂土,喷涂的 W-OH 溶液浓度控制在 7%~10%,但是随着渠道基质中粒径的变化做适当的调整, W-OH 溶液浓度不能低于 8%,否则由于浓度过低,溶液的凝结力小,不能很好凝结土壤颗粒,造成固结层易被破坏。

(2) 对于黄土,喷涂的 W-OH 溶液浓度控制在 7%~8.5%,实际施工中还应根据黄土的物理性质做微量调整,溶液的浓度不能过大,否则影响溶液在土壤中的渗透效果,使得形成的固结层防渗效果不佳。

(3) W-OH 溶液 8% 浓度下形成固结层的成本和砂砾石垫层换基、铺设土工膜等常规渠道防渗措施作技术经济评价, W-OH 溶液的经济成本较低,其防渗效果较好,而且该材料安全

环保、经久耐用。

4.2 进一步研究的方向

(1) 针对高寒地区的土壤质地,选择更多的不同种类的土壤样本实验,加强材料微观的分析研究。

(2) 进行跟踪调查,研究渠道运行多年后渠道的防渗效果、耐久性、稳定性以及抗冻胀能力,以便进一步评估新型防渗材料 W-OH 的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 史海滨,田军仓,刘庆华. 灌溉排水工程学[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2006.
- [2] 张丽娟,汪益敏,陈页开,等. ISS 土壤固化剂在渠道防渗中的试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2004, (6): 18- 20.
- [3] 何武全,邢义川,蔡明科,等. 渠道防渗抗冻新材料与新技术[J]. 节水灌溉, 2003, (1): 4- 11.