

膨润土防水毯应用进展

郭争争,管俊芳,陈菲,贺贤举,王飞,钱玉鹏

(武汉理工大学资源与环境工程学院,武汉 430070)

摘要:在查阅膨润土防水毯相关文献的基础上,比较系统的阐述了膨润土防水毯在国内外应用现状。把膨润土防水毯的应用归纳为垃圾填埋场、地下工程、水利工程和金属尾矿四几个方面。分析了膨润土防水毯在现实工程中应用特点,对比了膨润土防水毯国内外应用的差异,指出了我国膨润土防水毯应用中存在的问题。

关键词:膨润土防水毯; 工程应用

中图分类号:TD958

文献标识码:A

文章编号:1001-4625(2018)11-3449-05

Progress in Application of Geosynthetic Clay Liner

GUO Zheng-zheng, GUAN Jun-fang, CHEN Fei, HE Xian-ju, WANG Fei, QIAN Yu-peng

(School of Resources and Environment Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: On the basis of consulting the literature about geosynthetic clay liner, the current application status of geosynthetic clay liner in China and abroad were systematically expounded. The application of GCL to four aspects of landfill, underground engineering, hydraulic engineering and metal tailings are summarized. The application characteristics of geosynthetic clay liner in practical engineering are analyzed. The difference of application of GCL in China and abroad is compared, and the problems existing in the application of GCL are pointed out.

Key words: geosynthetic clay liner; engineering application

1 引言

膨润土防水毯(Geosynthetic Clay Liners, GCL^[1])是膨润土颗粒按照一定质量要求均匀平铺在两种土工织物之间,通过针刺等工艺制成含有微小空隙的一种复合型防水材料^[2],土工织物主要起保护作用^[3]。膨润土防水毯主要利用膨润土遇水膨胀原理,防水毯内所选用的钠基膨润土遇水可膨胀至少几十倍,依靠针刺纤维把膨润土层锁定在两层土工布之间,形成黏性高且水力渗透系数很小的均匀密实胶体系统,可以有效防水^[4]。膨润土防水材料主要有以下几种^[5]:①防水板:主要以瓦楞纸板为载体,中间填充特定的膨润土材料;②防水片材:主要靠粘接剂将特定的膨润土材料粘接在HDPE类土工膜或土工布上。③防水卷材:将特定的膨润土材料固定在2层编织布或无纺土工布之间,固定方式包括缝合、针刺或粘合等多种方式,这类材料又通称为膨润土防水毯,是目前各国生产、使用最多,也是发展最快的产品类型;④密封材料:主要包括不定型的膨润土胶泥和定型的膨润土止水条等。这些材料在应用过程中都是配合使用。

膨润土防水毯在20世纪80年代末首次应用于美国伊利诺斯州的一处垃圾填埋场^[6]。因其环境友好、耐久性高、自愈能力强、施工简便、综合造价低等优势被广泛用于垃圾填埋场、地下车库、人工湖泊等众多工民建工程的防渗^[7]。实践证明,膨润土防水毯已得到较广泛的应用^[8]。现在膨润土防水毯作为工程的防渗材料已被全世界得到认可^[9]。

目前,西方发达国家已具有非常成熟的膨润土防水毯生产工艺及工程实践应用^[10]。二十世纪九十年代,膨润土防水毯传入我国^[11]。GCL材料出现后,替代了原先的防水产品,形成了新的现场施工工艺,所用施工工期更短,节约了大量施工成本。

基金项目:国家重点研发计划(2017YFB0310902)

作者简介:郭争争(1993-),男,硕士研究生,主要从事粘土矿物性能表征、改性吸附等研究。

通讯作者:管俊芳,博士,副教授。

本文通过查阅国内外相关文献,对膨润土防水毯(钠基)在不同工程应用进行了归纳总结,目的是为了
使膨润土防水毯在我国得到更多的应用。

2 膨润土防水毯的类型

膨润土防水毯目前主要有三种类型^[12],使用的原料是钠基或者钙基膨润土,只是在制作方法不太一样,
国外与国内大致相同^[13]。分别是针刺法膨润土防水毯、针刺覆膜法膨润土防水毯、胶粘法膨润土防水毯。

针刺法膨润土防水毯:经针刺工艺及设备,把钠基或钙基膨润土颗粒固定在土工布和塑料编织布之间而
制成的毯状防水材料。

针刺覆膜法膨润土防水毯:是在针刺钠基或钙基膨润土防水毯的非织造土工布的外表面上复合一层高
密度聚乙烯土工膜。

胶粘法膨润土防水毯:是用胶粘剂把钠基或钙基膨润土颗粒粘结到高密度聚乙烯板上,压缩生产的一种
膨润土防水毯防水毯。

另外,膨润土遇到淡水具有很好的膨胀性。但在盐水或者含有大量电解质的污水中,膨润土分子结构会
被破坏,或者颗粒之间不能粘结在一起,黏度大大降低,造成以上三种膨润土防水毯不能发挥其应有的作用。
于是出现了又一新型防水材料—抗盐型膨润土防水毯^[14]。应用结果取得了很大成功,防水效果非常明显。

无论是国外还是国内,由于钙基膨润土的性能远远低于钠基膨润土,因此针刺法钠基膨润土防水毯广泛的。

3 膨润土防水毯的应用

膨润土防水毯用于各个领域中的防水防渗^[15]。主要解决各个工程的防水防渗问题^[16]。在垃圾填埋场
使用,利用膨润土防水毯的防渗和加固功能^[17];在水利工程中使用,膨润土防水毯不但可已提高灌渠的防渗
作用,还可以加强大坝、河堤的强度,减轻水土流失,解决大堤发生管涌的隐患^[18];地铁工程的应用,主要利
用膨润土防水毯的防水防渗,防止地下建筑物被水渗透,造成经济损失,提高地下工程的使用寿命;在金属尾
矿库使用,主要是防止金属离子长时间存放,渗透到周围岩石和水中,造成不必要的环境污染和危害人类健
康等问题;在矿山、人工湖、隧道、游泳池等处,可以提高防水的可靠性和耐久性^[19]。目前,国内外在膨润土
防水毯的应用有非常多的典型例子,都取得了非常好的效果。论文将会从垃圾填埋场、金属尾矿库、地铁、地
下室和水利工程等几个方面详细介绍 GCL 的应用。

3.1 垃圾填埋场的应用

建造垃圾填埋场是为了减少垃圾对人类健康的危害,垃圾长期堆放会产生有毒气体,这种气体的主要部
分是由厌氧降解产生的甲烷,这种气体如果不加处理,在太阳的暴晒下,可能会发生爆炸^[20]。在垃圾填埋场
使用膨润土防水毯一方面是阻止污染物进入地下水中^[21],彻底将垃圾与环境隔绝,危害人类健康^[22];另一
方面也阻止有毒气体的挥发。因此,许多国家逐渐都采用膨润土防水毯作为垃圾填埋场的防渗和液压屏
障材料,并且取得了效果显著的结果^[23]。

3.1.1 国外

前面有提到,GCL 的第一个成功应用工程在美国,取得了良好的经济及环境效益。在西班牙阿古迪尼
亚等地方,钠基膨润土防水毯作为复合衬垫应用于垃圾填埋场的安全壳内^[24];在澳大利亚墨尔本膨润土防
水毯(钠基)广泛应用在填埋场复合衬垫^[25]。国外发达国家如美国、韩国、德国等国家的垃圾填埋场的防
渗层均把钠基膨润土防水毯作为首选材料^[26]。

3.1.2 国内

我国目前处理垃圾以填埋为主,但是在填埋之后,产生了大量的污水,严重影响了周围环境及地下水源,
严重影响了人们的生存健康和安安全,破坏了生态平衡。膨润土防水毯的出现,解决了这一难题,因此在垃圾
填埋过程中使用 GCL 已逐渐在我国实行^[27]。2002 年,我国首次在北京的垃圾填埋场使用,之后在四川省自
贡市、重庆市忠县、丰都和巫山垃圾填埋场等工程的防渗层中都使用了膨润土防水毯^[5]。

3.1.3 国内外对比

国外使用膨润土防水毯比我国国内早一二十年,应用在垃圾填埋场的例子有很多,应用技术也十分成
熟,在出现问题时可以及时找到问题关键并快速解决^[28]。我国在垃圾填埋场使用膨润土防水毯几乎都是借
鉴国外经验,目前只用在填埋场的衬里和衬外,而且技术不是特别成熟,有待改进和完善,目前也未见出现问

题的报道。

3.2 地下工程的应用

膨润土防水毯首先应用在垃圾填埋场,但随着应用领域不断拓宽,地下工程应用膨润土防水毯主要因为其特殊和很好的防水防渗效果而得到广泛应用^[27]。在地下结构施工主要有两种方式:外防外贴和外防内贴^[28]。据不完全统计,在国内外的地铁工程防水施工中,都采用钠基膨润土防水毯^[29]。

3.2.1 国外

膨润土防水毯在国外地下工程应用相比于我们国内要早一些,美国等西方国家近 30 年间所新建的地铁,在底板和立墙都采用膨润土防水毯为其主要防水材料,并取得了显著的经济效益^[23]。但目前由于地铁建设在国外已经很少,可以找到这种相关文献不是很多,笔者总结以下几个:美国亚特兰大机场地铁;希腊雅典地铁三号线等^[27]。

3.2.2 国内

我国近几年在地铁建设方面取得了杰出成果,当然膨润土防水毯在地铁方面的应用也逐渐成熟。在苏州地铁 4 号线车站防水设计方案中,虞俊杰^[30]根据地铁路线周围的水文地质条件,结合其他城市地铁防水工程建设的经验,决定采用以混凝土结构自身防水为根本、在接缝防水中,辅以膨润土防水毯为防水材料的附加防水层的防水设计,其中施工缝和变形缝等细部构造作了加强防水处理。张昊^[31]针对北京地铁防水工程,采用膨润土防水毯作为主要防水材料。此外还有首都北京地铁四号线、五号线等;成都地铁天府广场站;上海地铁明珠线二期、M6 线;广州地铁海珠广场站;香港新机场地铁,均采用膨润土防水毯为主要防水材料,后期实践证明防水效果非常显著。

3.2.3 国内外对比

由于我国地铁建设正在飞速上升,因此膨润土防水毯在这方面应用也越来越多,目前还没有报道出 GCL 应用后出现问题。国外无论地铁建设还是膨润土防水毯的应用都比我们国内要早,目前地铁已经很少在建造,他们在应用后出现过问题,最后虽然都得到了解决,但是我国目前未见膨润土防水毯在这方面应用中出现问题的报道。

3.3 水利工程的应用

水渠建设一直是世界各国的重点项目,如何在引水过程中减少水的损失更是重中之重,然而水的损失主要集中在水在引水过程中发生大量的渗透,因此解决水分的渗透变得十分重要。德国联邦航道工程研究院经过 40 年的不断研究探索,揭示了膨润土防水毯在这一过程有着非常好的防止水的渗透作用^[32]。于是,在水利工程中,膨润土防水毯的应用也越来越多。

3.3.1 国外

德国的埃伯斯瓦尔德河地区的哈维尔奥得河道一侧为减少河水渗漏对边坡造成的损害,在道岔的延伸处也采用了膨润土防水毯作为防渗材料^[33],据报道应用后,非常有效的抑制水的渗透,保护了水资源。

3.3.2 国内

我国在水利工程方面应用有很多,笔者在这里例举了几个典型的例子:云蒙山水库作为引水入密工程的调蓄水库,因其库区存在岩溶渗漏问题,李彦博^[26]在各种防渗设计方案比选后采用膨润土防水毯结合粘土的防渗措施;在天水市杨家湾调蓄水池地下防水工程中,李廷彦^[34]分别对复合土工膜、膨润土防水毯、塑料盲沟排水等新型合成材料在调蓄水池中的应用进行了对比,实践证明:使用新型膨润土防水毯不仅可以起到防水作用,还可以有效地解决调蓄水池的防渗以及地下水位对调蓄水池结构的负面影响,更好地发挥工程效益。在人工湖防渗应用中,卢宏波^[35]为惠州富力温泉酒店人工湖抗渗设计也采用了膨润土防水毯为主要材料,并且详细介绍了防水优点。

3.3.3 国内外对比

我国在水利工程应用膨润土防水毯技术相较于国外还比较落后,较多应用在人工湖等方面。膨润土防水毯在国外水利工程应用时,都会由于地理环境或是人工操作或多或少出现某些问题。虽然最后都得到了解决,我们国家在利用时更应该注意这些问题。

3.4 金属尾矿库的应用

按照国家标准 GB 18599-2001《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》^[36]中的规定,Ⅱ类一般工业固体废物贮存、处置场需进行防渗处理。我们都知道,金属尾矿库中堆放的尾矿含有重金属离子,长期

存放会渗透到周围岩石或水域中,存在非常大的潜在危险。传统的金属废水处理通常是在废水中加入碱以提高 pH 值,产生富含金属的沉淀物,沉淀并过滤掉^[37]。目前,许多国家都有很多遗弃的金属尾矿库,据报道,加拿大就有 10000 多个遗弃尾矿库,对周围环境造成严重污染^[38]。膨润土防水毯在垃圾填埋场得到了有效地应用,因此在金属尾矿库同样可以用 GCL 作为衬垫来减少金属离子的渗透^[39]。

3.4.1 国外

在美国某锌铜矿尾矿库,工作人员根据尾矿化学成分模拟出低浓度金属离子溶液,并用膨润土防水毯防渗性能测试,结果发现膨润土防水毯能阻止金属离子的渗透,于是就应用在该尾矿库的防渗工程中^[39],应用效果也非常好。

3.4.2 国内

在我国,根据某铜矿企业尾矿库工程地质条件勘察后,尾矿库库区水平防渗材料主要采用钠基膨润土防水毯。由于在尾矿库库底设置了地下排水系统,考虑到施工后需要保护膨润土防水毯,因此在碎石层上铺设较厚的细粒作为膜下保护。由于尾矿库面积较大,地形及地质条件复杂,进行全库区防渗的投资很大^[40]。因此,采用以膨润土防水毯为主的防渗方式成为较理想的选择。

3.4.3 国内外对比

就目前来说,无论国外还是国内,膨润土防水毯在金属尾矿库应用都不是很多。由于尾矿库含有的金属离子复杂,因此有可能会影响膨润土的性能,导致膨润土防水毯失效。国外在金属尾矿应用膨润土防水毯过程中大都是现根据尾矿矿物成分,模拟出离子溶液,在实验室测试 GCL 能否有效阻止离子渗透,而不是盲目使用。在我国金属尾矿库利用膨润土防水毯作离子防渗还不是很多,技术还有待提高,需向国外学习相关经验。

4 问题和建议

无论是膨润土防水毯的研究还是应用,国外从上个世纪八九十年代已经有非常成熟的生产工艺和生产实践,并且制定了非常严格的检测标准。尽管如此,后期实践证明都有一些问题,虽然最后都得到了解决,但是浪费了大量的人力和资金。

目前来说,我国膨润土防水毯无论是地铁工程还是水利工程,膨润土防水毯都得到了广泛的应用,可以坚信 GCL 在我国的应用还会持续增加。但我国现阶段还未报道膨润土防水毯应用后出现各类问题,但不代表没有,我国应尽早制定出与膨润土防水毯应用的严格行业的检测标准。

虽然膨润土防水毯在各个工程应用很多,但环境对膨润土防水毯的水利传导系数和耐久性影响很大,简单环境的影响研究有很多,国内复杂条件影响还有待进一步研究。

不同地区因环境差异,而对膨润土防水毯的要求也不一样,比如膨润土防水毯的厚度,膨润土性能,土工织物的选择等,我国应在膨润土防水毯制造过程中加强,根据不同地区的需求,因地制宜的生产膨润土防水毯。

整体来说,最近十年,我国膨润土防水毯的应用的案例比国外明显增多,而且应用范围也在不断扩大。国外目前主要集中于研究在复杂溶液中膨润土防水毯的渗透系数变化及膨润土性能的变化和施工过程容易诱发膨润土防水毯失效的原因,我国需加强这部分工作,关注各工程应用后的实效性研究。

更值得注意,国外膨润土防水毯均是由天然钠基膨润土材料制造,我国目前市场存在很多人工钠化的膨润土防水毯。天然钠基膨润土各种性能均优于人工钠化膨润土,如果施工过程使用人工钠化膨润土防水毯,性能势必会降低很多。国内应用一定要借鉴国外经验,吸取教训,防患未然。

参 考 文 献

- [1] 罗佳丽,潘福奎. 膨润土防水毯防水技术概述[J]. 山东纺织科技,2006(2):53-56.
- [2] Nye C J, Fox P J. Dynamic shear behavior of a needle-punched geosynthetic clay liner[J]. Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, 2007, 133(8):973-983.
- [3] Daniel D E. Hydraulic durability of geosynthetic clay liners[C]. Proceedings of the 14th GRIC Conference (hot topics in geosynthetics), Las Vegas, USA, 2000:118-135.
- [4] 《钠基膨润土防水毯》行业标准发布实施[A]. 防水工程与材料《会讯》第2期(总97)[C]. 2007:2.
- [5] 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,2004,31(1):37-39.
- [6] Schubert W R. Bentonite matting in composite lining systems[C]. Geotechnical Practice for Waste Disposal. ASCE, 2015:784-796.

- [7] 曲春珑,周卉鑫.膨润土防水毯施工技术的研究与应用[J].建筑技术,2011,42(7):590-593.
- [8] Kong D J,Wu H N,Chai J C,et al.State-of-the-art review of geosynthetic clay liners[J].Sustainability,2017,9(11):2110.
- [9] Bouazza A.Geosynthetic clay liners[J].Geotextiles & Geomembranes,2002,20(1):3-17.
- [10] 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):27-30.
- [11] 谢世平,何顺辉,张健.GCL常见问题分析[J].长江科学院院报,2017(2):8-12+16
- [12] 陈彤,黄琦.新型防水产品——膨润土防水毯[J].江西建材,2005(3):23-25.
- [13] Shackelford C D,Sevick G W,Eykholt G R.Hydraulic conductivity of geosynthetic clay liners to tailings impoundment solutions[J].Geotextiles & Geomembranes,2010,28(2):149-162.
- [14] 何克文,金宪录,高亦工,等.抗盐型膨润土防水毯在深圳地铁工程中的应用[J].新型建筑材料,2008,35(7):53-56.
- [15] 赵建武,张永红,张增伟.膨润土防水毯在基础底板防水工程中的应用[J].施工技术,2007(3):49-50+53.
- [16] 董妹娟,孙颖,孙鹏飞.现有地下水防渗材料综述[J].广东化工,2015,42(12):113-114+130.
- [17] 周建根,明杰.膨润土防水毯施工技术[J].施工技术,2006(10):25-26.
- [18] 沈承秀.新型环保防渗材料——钠基膨润土防水毯在城市生态水利工程中的应用[J].水利水电技术,2007(1):96-97.
- [19] 杨海荣,张平.地下工程新型防水材料构造措施研究[J].新型建筑材料,2013,40(1):66-68.
- [20] Shan H Y,Yao J T.Measurement of air permeability of geosynthetic clay liners[J].Geotextiles and Geomembranes,2000,18:251-261.
- [21] Parastar F,Hejazi S M,Sheikhzadeh M,et al.A parametric study on hydraulic conductivity and self-healing properties of geotextile clay liners used in landfills[J].Journal of Environmental Management,2017,202:29-37.
- [22] Touze-Foltz N,Bannour H,Barral C,et al.A review of the performance of geosynthetics for environmental protection[J].Geotextiles & Geomembranes,2016,44(5):656-672.
- [23] Guyonnet D,Touze-Foltz N,Norotte V,et al.Performance-based indicators for controlling geosynthetic clay liners in landfill applications[J].Geotextiles & Geomembranes,2009,27(5):321-331.
- [24] Lange K,Rowe R K,Jamieson H.The potential role of geosynthetic clay liners in mine water treatment systems[J].Geotextiles & Geomembranes,2010,28(2):199-205.
- [25] Gassner F.Field observation of GCL shrinkage at a site in Melbourne Australia[J].Geotextiles & Geomembranes,2009,27(5):406-408.
- [26] 李彦博.云蒙山水库库区防渗工程设计[J].河南水利与南水北调,2017,45(7):54-55.
- [27] 鲁跃.膨润土防水毯在防水工程中的应用[A].中国建筑学会防水技术专业委员会、中国防水技术网.中国防水工程技术论坛论文集[C].中国建筑学会防水技术专业委员会、中国防水技术网,2006:3.
- [28] 郎佳川龙.膨润土防水毯及其在地下防水工程中的应用[J].中国建筑防水,2006(S1):123-129.
- [29] 游曾荣.天然钠基膨润土防水毯在地下室主体结构防水工程中的应用[J].低碳世界,2017(3):149-150.
- [30] 虞俊杰.苏州地铁4号线车站防水设计方案介绍[J].中国建筑防水,2011(5):27-31.
- [31] 张昊.北京地铁工程中的膨润土防水毯施工技术[J].市政技术,2007(6):498-500+521.
- [32] Heibaum M.Geosynthetics for waterways and flood protection structures-controlling the interaction of water and soil[J].Geotextiles & Geomembranes,2014,42(4):374-393.
- [33] Maubeuge K P V,Witte J,Heibaum M.Installation and monitoring of a geosynthetic clay liner as a canal liner in a major waterway[J].Geotextiles & Geomembranes,2000,18(2):263-271.
- [34] 李廷彦.新型合成材料在调蓄水池防渗设计中的应用[J].广西水利水电,2017(4):46-49.
- [35] 卢宏波.膨润土防水毯在大型人工湖的应用实例[J].新型建筑材料,2009,36(5):73-76.
- [36] 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》等3项国家污染物控制标准修改单(征求意见稿)及编制说明[J].中国资源综合利用,2013,31(3):12.
- [37] Sibrell P L,Chambers M A,Deaguero A L,et al.An innovative carbonate coprecipitation process for the removal of zinc and manganese from mining impacted waters[J].Environmental Engineering Science,2007,24(7):881-896.
- [38] Lange K,Rowe R K,Jamieson H.The potential role of geosynthetic clay liners in mine water treatment systems[J].Geotextiles & Geomembranes,2010,28(2):199-205.
- [39] Brachman R W I,Gudina S.Geomembrane strains from coarse gravel and wrinkles in a GM/GCL composite liner[J].Geotextiles & Geomembranes,2008,26(6):488-497.
- [40] 柯杨敏.膨润土防水毯在金属矿山尾矿库防渗中的应用——以某铜矿企业尾矿库为例[J].中国非金属矿工业导刊,2016(1):59-60+63.