

大型引水渠道膨胀土施工风险与对策

卢星 杜军民

河南省南水北调配套工程运行保障中心

DOI: 10.12238/jpm.v5i9.7222

[摘要] 南水北调工程作为世界上目前正在建的最大引水工程, 建设过程中会遇到许多困难和风险。膨胀土渠道施工即是其中之一。工程沿线共穿越膨胀土地质段 368Km, 占总干渠 1276Km 长度的 28.8%。文章从膨胀土渠道施工过程入手, 介绍了膨胀土的基本工程特性、膨胀土渠段的基本状况, 并结合理论知识 and 工程经验, 提出了膨胀土渠段的不同风险、识别及对应的处置策略。

[关键词] 引水渠道; 膨胀土; 施工; 风险; 对策

Construction risks and countermeasures of expansive soil in large diversion channels

Lu Xing, Du Junmin

(Henan Provincial South-to-North Water Diversion Project Operation Guarantee Center)

[Abstract] As the largest water diversion project currently under construction in the world, the South-to-North Water Diversion Project will encounter many difficulties and risks during its construction. Expansive soil channel construction is one of them. A total of 368 km of expansive soil geological section was traversed along the project, accounting for 28.8% of the total length of 1276 km of the main canal. Starting from the construction process of expansive soil channel, this paper introduces the basic engineering characteristics of expansive soil and the basic condition of expansive soil canal section, and puts forward different risks, identification and corresponding disposal strategies of expansive soil canal section based on theoretical knowledge and engineering experience.

[Keywords] water diversion channel; expansive soil; Construction; Risk; countermeasure

引言

南水北调工程作为目前世界在建最大的调水工程, 既是我国调配国内水资源的重大战略决策, 又是党中央、国务院布置的重要惠民工程。随着工程建设的推进, 一系列世界级的重大技术难题也逐渐攻破, 并被很好地推广应用于工程建设中。膨胀土地段渠道破坏机理及处理技术研究即是其中一项。从相关文献及技术资料记载, 包括中国、美国、加拿大、澳大利亚、印度、南非和以色列等在内的 40 多个国家和地区, 不完全统计, 每年因膨胀土造成的损失至少在 50 亿美元以上, 而我国约有 3 亿人生活在膨胀土(岩)地区, 每年经济损失也达 100 亿人民币。基于膨胀土危害工程的复杂性, 本文仅以正在建设中的南水北调工程为例, 从膨胀土渠道施工过程的一个方面, 介绍建设实践中所遇到的膨胀土的风险和相应的处理对策。

1. 膨胀土的概念

膨胀土是一种对环境湿热变化敏感的高塑性黏土。其主要特征是颗粒多分散, 富含亲水性的黏土矿物, 液限大, 膨胀性能大, 吸水膨胀软化, 失水收缩硬裂。天然状态下是坚硬或硬塑状态, 孔隙比一般在 0.7, 有的超过 1.0。膨胀土的含水量较低时, 土的强度很高, 遇水后易崩解和软化, 强度急骤降低。工程实践中受气候条件、荷载变化等外在影响, 基于膨胀土的成分、微结构特征等内部机理, 膨胀土多呈现胀缩性、崩解性、超固结性和多裂隙性等工程特征。按胀缩性大小, 一般划分为强、中、弱三类膨胀土^[1]。

2. 工程基本情况

南水北调中线一期工程总干渠南起河南省南阳市淅川县陶岔渠首工程, 沿线开挖渠道, 经唐白河流域西部过长江流域与淮河流域的分水岭方城垭口, 沿黄淮海平原西部边缘, 在郑州以西李村附近穿过黄河, 沿京广铁路西侧北上, 北至北京市海淀区团城湖, 基本自流, 全长 1276Km, 年均调水量 95 亿 m³。工程是缓解我国北方水资源严重短缺局面的重大战略性基础设施。

工程主要采用明渠输水型式, 总干渠明渠为梯形断面, 按不同地形条件分别采用全挖、全填、半填半挖三种构筑形式。全挖方渠段, 在安全超高所相应的高程处设 5m 宽的一级马道, 以上每增高 6m 增设一级马道, 上口外设 8 米林带、左侧防洪堤和截洪排水沟。全填方渠段堤顶高程与堤宽的确定与全挖方渠段一级马道相同, 在填方较高地段, 两堤外坡自堤顶以下每 6m 设置一条马道, 堤脚处设置截洪排水沟和林带。半填半挖渠道同全填方渠段。流水断面采用全断面混凝土衬砌, 在强渗漏、全填方、及煤矿区等特殊渠段, 在混凝土衬砌板下铺设二布一膜复合土工膜加强防渗。渠道在有冻胀渠段采用聚苯乙烯泡沫保温板或置换砂砾料防冻胀。衬砌厚度均采用为渠坡 10cm, 渠底为 8cm。设计水深 8.0-3.8m, 边坡系数土渠段 1.5-3.0、石渠段 0.5-1.5, 底宽 24-7m, 综合糙率 0.015。

膨胀土渠段统计累计长约 368Km, 占总长 1276Km 的 28.8%。其中改性膨胀土填筑量 3988 万 m³, 分布在 27 个设计单元、89 个土建施工标段内。

设计时兼顾不同地质条件、工程特点、投资要求等因素分别采用了粘性土置换填筑、掺加水泥改性、增厚至 15cm 衬砌

板厚、设置抗滑桩、坡面梁加土锚、树根桩、土钉、坡面滞水层设置排水孔、坡顶截水、换填层底部排水等综合治理方案^[2]。

3. 膨胀土施工风险识别

引水渠道工程常规的施工过程包含土方开挖、防护堤填筑、左(右)岸坡面施工、底板施工、一级马道施工、坡面防护等。其中,坡面和底板施工又包含坡面(底板)削坡、垫层施工、保温板铺设、防渗膜铺设、混凝土浇筑、纵横缝切割、聚硫密封胶填塞工序等。已建成济平干渠、京石段应急供水工程经验,完成上述施工过程一般需要一至二年时间,跨越四季气候变化过程。因此,结合膨胀土特点,引水膨胀土渠段施工风险主要存在下列方面:

3.1 挖方地段外边坡滑坡风险

渠道水、大气降水对边坡的直接冲刷或浸润渗透,构成渠道边坡的岩土体,如果浸水后发生软化、泥化、湿陷、崩解、膨胀等现象,改变了渠道边坡岩土体的物理力学性质,容易造成渠道边坡的失稳破坏,严重的出现滑坡^[3]。

施工过程中因雨水、地层滞水、地表积水等处置不当,土体中含水量发生变化,诱发土的胀缩变形,进而导致膨胀土中原有裂隙发育、局部破坏、大变形、滑动发展、连续滑动和牵引式滑动等连锁反应,出现挖方地段外边坡滑坡风险和滑坡。

深挖方地段不按预定坡度开挖,随意垂直进行,膨胀土固有裂隙的存在、孔隙率较大、吸湿崩解等特性,更容易出现塌方进而引起外边坡滑坡风险。

3.2 挖方地段内边坡滑坡风险

渠道坡体中发育有强烈熔岩、渗透变形或泥化作用等地下水作用的活动带,当渠道两侧地下水位高于渠水位并向渠内发生渗流时,地下水的潜蚀作用使渠道边坡发生变形破坏。

地下水位高于底板设计高程的地段,因处置不当,地下水流失打破了原有土体平衡,加上膨胀土失水收缩现象发生,容易出现挖方地段内边坡滑坡风险。

坡面流水和一级马道积水处置不当,形成沿坡面或裂隙渗水情况,同样会引起挖方地段内边坡滑坡风险^[4]。

3.3 填方地段防护堤下沉风险

膨胀土具有作用压力小时膨胀量大,压力大时膨胀量小,而且当施加土上的压力大于土的膨胀力时,土浸水时不但不膨胀,反而产生压缩的特性,因而膨胀土填方地段防护堤存在下沉风险^[5]。

3.4 填方地段土料超固结风险

受工程地质和投资限制,部分膨胀土地段挖出的土料要添加一定比例的水泥改性,用于防护堤的填筑。添加的水泥均匀拌合于土颗粒中才能满足设计要求。因膨胀土具有土体荷载卸除后向超固结状态转化的特性,大型机械施工中存在土料超固结风险,从而增加其破碎难度。尤以大型机械碾压含水量高的膨胀土为甚^[6]。

3.5 填方地段改性膨胀土削坡难度增加风险

水泥作为一种粘结料,不但具有改变膨胀土性质的功能,还有增加土体强度的作用。按照施工规范,填筑的防护堤需要超填一定的宽度以确保边缘位置的压实度,如果处置不当,会出现填方地段改性膨胀土削坡难度增加风险。

3.6 工期风险

膨胀土渠段施工因膨胀土施工难度的增加而出现整个渠段施工难度的增加,如认识不到位,重视程度不够,管理不当,

应投入的机械设备不充足,必然会产生工期延后风险。

4. 应对膨胀土施工风险对策

基于上述风险,膨胀土渠段不但要按照常规的方法和技术要求做好各工序施工,还要针对不同风险采取独立的策略。

4.1 分段分层流水作业法

施工过程越长,膨胀土渠段断面自然暴露状态下出现风险的概率越高。常用的全断面开挖施工法因无法减短自然暴露时间需要加以规避。以150m~200m为一段,完成上边坡的加固防护后开始下边坡土方开挖,渠道混凝土衬砌开始后转入下一段上边坡土方开挖的循环施工法称为分段分层流水作业法。这种方法既减少了膨胀土渠段断面自然暴露时间,又提前发挥了设计的永久加固抗滑工程在施工过程中的作用。工程实践中应以此法为主开展施工活动。

4.2 先行和强化排水设施

膨胀土危害工程的一个主要诱导因素是水。膨胀土吸水膨胀、失强,脱水收缩。大型膨胀土引水渠段巨大的开创面(最深可达数十米)遇水易坍塌、滑坡,防水排水设施是重要的。

临时排水设施。在确保有畅通的场外排水通道下,应先打通渠道左右岸永久截、排水沟位置的临时排水沟,以排出雨水、地表积水。已开挖的渠道上、下坡面随开挖进度及时构筑临时排水槽。一级马道、二级马道及以上的临时排水沟原则上应衬塑料膜以作防渗处理,并确保积水及时排出。包含地层滞水带的渠段,临时集水坑要做防渗处理,集水坑内积水避免外溢。地下水位高于底板高程的渠段,一般先开挖至地下水位以上50cm左右,用适当的方法强行降低地下水位至底板高程以下80cm左右,再行向下开挖至设计位置^[7]。

永久排水设施。渠道断面开挖第一时间要开始修建左右岸的永久截、排水设施,原则上开挖到马道位置,左右岸的永久截、排水设施应修建完毕。深挖方地段,在开挖到低一层马道位置时,高一层马道的截水沟要构筑完成。永久截、排水设施防渗质量是施工控制重点。

关键时段和重点部位,为工期和确保安全需要,下雨时可考虑采用部分塑料膜覆盖等防水方式。

为预防渠道内坡滑移,原则上一级马道位置的截水沟要在渠道土方挖至设计高程时发挥功效,一级马道坡面应修成倒坡,以方便马道积水汇至截留沟排出。一级马道结构层施工应优先于渠道边坡混凝土衬砌。

4.3 缓坡开挖施工

渠道断面开挖过程因不明膨胀土裂隙属陡倾角的垂直裂隙、缓倾角的水平裂隙和斜交裂隙哪一种,勿采用垂直开挖法。为防止正常开挖过程渠道边坡的滑塌和降低雨水浸泡危害,施工一般采用缓坡开挖。开挖坡度按设计坡度的1.5倍为宜。

4.4 严格预留汛期自然沉降期

长距离大型引水工程,渠道防渗是一项重要控制指标。防护堤的不均匀沉降,对埋置在渠道衬砌混凝土板下得两布一膜防渗结构非常不利。高填方渠段设计要求必须经过一个雨季的自然沉降基本稳定后,才能实施混凝土衬砌施工。膨胀土填方渠段因具有施加土上压力大于土的膨胀力而出现浸水压缩特性,不均匀沉降可以预见,因此,膨胀土填方渠段至少要严格预留一个雨季自然沉降时间,方能减少不均匀沉降对防渗结构的影响。

下转第206页

要重视技术的创新和研发投入,重视加大对废物资源化利用技术的研发投入,持续推动技术的创新提升,以此来开发出更加高效环保的处理方法,从而满足不同废物种类和处理规模的需求,同时加强技术与市场的结合,重视促进废物资源化利用技术的产业化进程,推动市场主体参与^[4]。

(四) 强化经验交流,推动固体废物治理的国际合作

固体废物治理不再局限于单一国家或地区的问题,而是需要全球范围内的合作与共享经验,这样才能更好地应对日益增长的废物量的废物组成。不同国家和地区面临的废物管理技术需求各不相同,因此通过经验交流可以学习到各国在废物分类、处理技术、政策法规等方面的成功实践,例如发达国家在废物分类和回收方面积累了丰富的经验,因此可以借鉴其先进的废物处理技术,同时发展中国家在资源紧缺和环境压力较大的背景下也有其独特的废物管理创新经验,这就能做到互惠互利的经验分享。同时在国际合作平台的建立和加强工作中,可以结合联合国环境规划署等国际组织在促进全球环境治理方面发挥着明显的作用,通过组织国际会议和项目合作的方式来促进各国在环境保护和废物管理领域的信息交流,各国间的双边和多边合作机制如技术转让和人员培训也为推动固体废物治理国际合作提供了重要的平台。此外,还要重视开发应用高效的废物分类和分选技术,结合先进的废物处理技术过程中,要注意跨国界的科学研究合作,加强技术交流,从而更好地应

对全球废物管理挑战。除此之外,国际经验交流和合作可以促进各国在废物治理技术和管理模式上的相互启发,结合国际合作项目,让各国可以共同开展废物处理和资源化利用的示范项目研究,探索适合本国实际情况的创新解决方案,以此来逐步提升各国的技术水平,促进全球废物管理领域技术的创新发展^[5]。

结语:

通过对固体废物处理与资源化利用的研究,可以更好地应对日益增加的废物挑战,让资源的循环利用效果进一步增强,当前技术的进步让大家都非常有信心共同建设一个清洁健康的环境,为后代留下更美好的生活空间。

[参考文献]

- [1]孙红美. 生态环境保护技术在固体废物处理及利用中的应用[J]. 水上安全, 2024, (11): 85-87.
- [2]顾冰. 工业固体废物收集处理及资源化利用技术研究[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(03): 144-146.
- [3]马丽丽. 固体废物的处理技术与资源化利用研究[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(11): 151-153.
- [4]王雅茜. 无废城市的固废处理与资源化利用途径思考[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(18): 114-116.
- [5]赵洁, 张晓佳, 叶红, 张新功. 固体废物处理方法及资源化利用现状[J]. 云南化工, 2023, 50(06): 14-16.

上接第 203 页

4.5 避开开挖高含水量改性用膨胀土

用于填筑的改性膨胀土,是由开挖出的含水量适当的膨胀土均匀掺加一定比例的水泥混合而来。膨胀土自身具有的吸水膨胀软化,失水收缩硬裂特性决定了含水量高时无法拌合均匀及压实、含水量低时要增加破碎机械消除大颗粒。高含水量的膨胀土晾晒以后方能用于拌合作业,而大型机械在挖运高含水量膨胀土时,又易于触动膨胀土的超固结性,增加破碎难度。因此,开挖用于改性的膨胀土时,避开对含水量高的土方开挖。堆放于拌合场地的膨胀土,有条件的应采取覆盖防水措施。

4.6 及时进行改性膨胀土渠坡修整

填筑的掺加水泥的改性膨胀土,其强度会随时间推移而增大。如不及时对超填的改性膨胀土边坡进行修整,达到龄期的改性膨胀土修整时会因强度大而出现困难,且不利于利用。采用改性膨胀土填筑的渠段,一般7~14天左右对填筑坡面修整一次。

4.7 加大投入,强化管理

因膨胀土渠段较普通渠段增加了抗滑桩、坡面梁加土锚、树根桩、土钉等工程,又有掺加水泥改性工艺,在难度增加的同时,工期压力较重。负责膨胀土渠道建设的各方,思想上应认识到位,政策措施上倾斜,组织管理上严谨科学,人员、机械、物料上足额配置,加大投入,强化管理,才能化解工地上

的风险。

5. 结语

膨胀土对工程的影响,尤其对大型引水渠道工程的影响尚有不少未知因素。工程建设中成功的经验和方法仍需不断总结和提炼,不少风险状况更要加强防范和探索。笔者谨以此微薄力量服务于南水北调工程,更愿广大的建设者和科技人员批评指正。

[参考文献]

- [1]刘松玉,等.公路地基处理[M].南京:东南大学出版社,2009:252-253.
- [2]长江水利委员会长江勘测规划设计研究院,等.南水北调中线一期工程可行性研究总报告[R].武汉:长江水利委员会长江勘测规划设计研究院,2005.
- [3]张忠学,等.工程地质与水文地质[M].北京:中国水利水电出版社,2009:252-253.
- [4]殷宗泽,等.膨胀土边坡的失稳机理及其加固[J].水利学报,2010(01):1-6.
- [5]东南大学交通学院等.软土地基上高速公路加宽改建工程的关键技术研究报告[R].南京:东南大学,2006.
- [6]GBJ 112-87.膨胀土地区建筑技术规范[S].
- [7]郑颖人,等.边坡与滑坡工程治理[M].北京:人民交通出版社,2010:228-229.