

doi:10.11835/j.issn.2096-6717.2019.067



# 冻融循环作用下尾矿坝的力学响应特征

金佳旭<sup>a</sup>,李世旺<sup>a</sup>,梁冰<sup>b</sup>,张二军<sup>c</sup>,张平怡<sup>a</sup>

(辽宁工程技术大学 a. 土木工程学院; b. 力学与工程学院; c. 机械工程学院, 辽宁 阜新 123000)

**摘要:**寒区冻融环境条件下,尾矿砂的冻融、缩胀、损伤破坏给寒区尾矿坝工程造成极大的危害。为探究冻融循环作用下尾矿坝变形规律,揭示其变形机制。采用自主设计的尾矿坝相似模型试验装置,开展不同冻结温度(-5、-25、-45 °C)条件下,尾矿坝的变形规律模型试验。借助土压力、激光位移、孔隙水压力传感器,采用动态数据采集仪采集相关数据,分析冻融循环过程中尾矿坝各关键位置应力、变形、孔隙水压力的动态变化规律。试验结果表明:坝体内应力随冻结温度的降低而增大,在冻融循环前期,尾矿坝各关键位置应力增长速度明显高于冻融循环其他阶段。坝体内孔隙水压力随冻结温度的降低而减小,坝体越深,孔隙水压力的变化幅度越大,周期性更强,也更具有规律性。冻结温度具有明显的位置效应,越靠近尾矿坝边缘,坝体变形量越大,变形速度越快。

**关键词:**岩土工程;尾矿坝;冻融循环;力学响应特性;变形机制

**中图分类号:**TU431      **文献标志码:**A      **文章编号:**2096-6717(2019)04-0019-07

## Study on mechanical response characteristics of tailings dam under freezing thawing cycle

Jin Jiayu<sup>a</sup>, Li Shiwang<sup>a</sup>, Liang Bing<sup>b</sup>, Zhang Erjun<sup>c</sup>, Zhang Pingyi<sup>a</sup>

( a. School of Civil Engineering; b. School of Mechanics and Engineering; c. School of Mechanical Engineering, Liaoning University of Engineering and Technology, Fuxin 123000, Liaoning, P. R. China)

**Abstract:** The freezing and thawing, shrinkage and expansion, and damage of tailings sand can cause great harm to the project of tailing dam in cold regions. In order to explore the deformation characteristics of tailing dam and reveal its deformation mechanism under freeze-thawing, down-scale tailings dam model tests were carried out on a self-designed device under different freezing temperatures (-5, -25, -45 °C). The soil pressure, displacement and pore water pressure at each key position of tailing dam during the freeze-thaw cycle were measured by the dynamic data acquisition instrument. The test results show that: the internal stress of the dam increases with decrease of freezing temperature; the stress growth rate in the early stage of freeze-thaw cycle at each key position is higher than that at the other stages. The pore water pressure in the dam decreases with decrease of freezing temperature. The variation range, periodicity and regularity of pore pressure increases with the position depth of the dam. Besides, it is revealed that the

**收稿日期:**2018-11-26

**基金项目:**国家自然科学基金(51504123);辽宁省自然科学基金(20170540417);辽宁省教育厅一般项目(LJYL029)

**作者简介:**金佳旭(1984-),男,副教授,博士,主要从事尾矿库安全评价研究,E-mail:jjx\_605@163.com.

**Received:**2018-11-26

**Foundation item:** National Natural Science Foundation of China (No. 51504123); Natural Science Foundation of Liaoning Province (No. 20170540417); General Project of Education Department of Liaoning Province (No. LJYL029).

**Author brief:** Jin Jiayu (1984-), associate professor, PhD, main research interest: safety evaluation of tailings pond, E-mail:jjx\_605@163.com.

freezing temperature has obvious position effect. The closer to the tailings dam edge, the greater the deformation magnifude of dam body and the higher of the deformation rate.

**Keywords:** geotechnical engineering; tailings dam; freeze-thaw cycle; mechanical response characteristics; deformation mechanism

尾矿坝是金属、非金属矿山的重大危险源<sup>[1-8]</sup>。它不仅给生态环境的治理带来困难,更会威胁到附近居民的生命财产安全。据统计,中国的季冻区面积约占全国面积的55%,而冻融循环是季冻区尾矿坝稳定性的重要影响因素之一,直接影响尾矿砂物理力学性质变化<sup>[9-10]</sup>。同时,会导致坝体内孔隙压力等力学指标发生变化,进而导致尾矿坝坝体变形,即稳定性发生变化。而尾矿坝稳定性是评价工程是否安全的关键指标,故研究冻融条件下尾矿坝力学响应特性具有重大意义。

目前,针对冻融循环作用下尾矿砂物理力学性质的变化规律,学者们进行了大量理论和试验研究。Beier等<sup>[11]</sup>进行了实验室冷冻试验,结果表明,冻融是提高尾矿强度和表面稳定性的一种有效方法。Maria<sup>[12]</sup>等研究了毛细作用对尾矿坝稳定性的影响。张二军等<sup>[13]</sup>使用高低温试验箱和应变控制式三轴剪力仪对处于不同初始条件下的尾矿砂进行不排水、不固结试验;彭成等<sup>[14]</sup>研究了细粒尾砂孔隙比与渗透系数常用对数的拟合格律;但是,这些研究多涉及冻融循环条件下的尾矿砂物理力学特性,而关于冻融循环条件下尾矿坝变形规律的研究却很少,相关机理也不甚清晰,因此,有必要开展不同冻结温度对尾矿坝变形、内力、孔隙水压力的影响规律研究,明晰尾矿坝稳定性的影响因素,进而为提高季冻区尾矿坝的稳定性分析提供基础资料。

## 1 尾矿坝冻融循环试验

### 1.1 相似模型定律

模型试验以内蒙古玉龙矿业股份有限公司花敖包特银铅矿新建尾矿库为原型,该尾矿库位于内蒙古自治区西乌珠穆沁旗巴彦花镇,库内尾矿坝采用上游式筑坝法,且设置有两级子坝,各级子坝坝坡比均为1:3。考虑到模型试验的可行性和可操作性,选取尾矿坝初期坝、一级、二级子坝作为模型试验研究对象,用相似模拟试验理论<sup>[15-16]</sup>确定模型试验的几何、运动和动力参数。

1.1.1 几何相似 根据试验条件,结合实际情况,选择试验模型的比例为1:250,各物理量关系为

$$\alpha_L = \frac{L_H}{L_M} = 250 \quad (1)$$

式中: $\alpha_L$ 为相似长度比尺。 $L_M$ 和 $L_H$ 分别表示模型和原型的长度, $m$ 。

1.1.2 运动相似 要求模型与原型的对应点运动情况相似,即要求各对应点的速度、运动时间、加速度等都成比例。

$$\alpha_t = \frac{t_H}{t_M} = \sqrt{\alpha_L} = 15.8 \quad (2)$$

式中: $\alpha_t$ 为时间比; $t_M$ 和 $t_H$ 分别为模型和原型的运动时间。

1.1.3 动力相似 在考虑重力的情况下,要求重力相似。在几何相似的前提下,对重力相似的要求还有 $\gamma_H$ 和 $\gamma_M$ 的比尺 $\alpha_\gamma$ 为常数,即

$$\alpha_\gamma = \frac{\gamma_H}{\gamma_M} \quad (3)$$

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_H}{\sigma_M} = \frac{\gamma_H}{\gamma_M} \cdot \alpha_L \quad (4)$$

式中: $\gamma_M$ 和 $\gamma_H$ 分别为模型和原型的视密度, $g/m^3$ ;  $\alpha_\gamma$ 为视密度比尺; $\sigma_H$ 和 $\sigma_M$ 分别为原型和模型的单向抗压强度,MPa; $\alpha_\sigma$ 为抗压强度比尺。

由式(4)可得模型相应的参数量

$$L_M = \frac{1}{250} = L_H \quad (5)$$

$$\sigma_M = \frac{\gamma_M \cdot \sigma_H}{\gamma_H \cdot \alpha_L} = 0.002\sigma_H \quad (6)$$

1.1.4 边界相似 考虑到尾矿坝现场实际情况,模型的边界条件设置为:左右界面全约束,上表面为自由面,后表面有水平方向约束,前表面为自由面。

### 1.2 试验装置

采用拥有自主知识产权的“一种基于冻融循环作用的尾矿坝模型试验箱”,该设备密封性良好,温度模拟准确,同时,辅以温度传感器(GYH-2型)、土压力传感器(BX-1型)、激光位移传感器(FT50220型)等,能够实现不同温度条件下对模型坝体内部应力和各级子坝位移变形的监测。

动态数据采集仪选用靖江泰斯特电子有限公司生产的TST5912动态信号测试分析系统(图1);试验选用美国Decagon公司生产的5TM孔隙水压力传感器。

### 1.3 试验材料

选用精细砂状的铅矿砂为试验材料,风干,过



图 1 动态数据采集仪

Fig. 1 Dynamic data acquisition instrument

2 mm 筛,取其细粒部分进行试验。依照《土工试验方法标准》<sup>[17]</sup>进行土常规试验,测得尾矿砂平均比重为 3.21、天然含水率为 16.8%、干密度为 1.77 g/cm<sup>3</sup>、液限  $W_L$  为 34.6%、塑限  $W_p$  为 17.3%。主要物理性质指标见表 1。

表 1 尾矿砂的主要物理性质指标

Table 2 Main physical property indexes of tailings sand

统计内容	比重 $G_s$	孔隙比 $e_0$	特征粒径/mm			
			$d_{10}$	$d_{30}$	$d_{50}$	$d_{60}$
最大值	3.54	1.139	0.063	0.13	0.203	0.23
最小值	2.92	0.611	0.003	0.02	0.072	0.08
平均值	3.21	0.842	0.021 8	0.071 9	0.113 5	0.143 1

#### 1.4 试验方案设计

因尾矿坝溃坝形式多为坝基及各级子坝发生横向位移,即失稳破坏,因此,需监测初期坝及各级子坝处的横向位移,以及在各级子坝及后方库区内布置土压力及孔隙水压力监测点。各监测点布置位置按照工况要求,总体依照平均分布各点的思路,以便观察和总结冻融循环作用下尾矿坝各位置的应力、孔隙水压的变化情况。具体监测点布置如图 2 所示,7 个监测点处均设置有土压力传感器和孔隙水压力传感器,模型外部共布置 3 个激光位移传感器,分别对准初期坝、一级子坝、二级子坝中部,用于监测各级子坝水平向的变形位移情况。模型内,等间距设置有 3 根测压管,保证能够实时确定浸润线的位置。

综合前人研究成果<sup>[18-19]</sup>,并根据矿区所在地区气候变化特征以及试验的可行性,最终确定冻融循环次数为 8 次,冻结温度分别为 -5、-25、-45 °C,融化温度均设定为 25 °C,每个循环冻结和融化时间均为 12 h,保证模型内尾矿砂能够完全冻透和融透。

#### 1.5 尾矿坝相似模型的建立

1.5.1 试验准备 试验选用外径 32 mm、壁厚

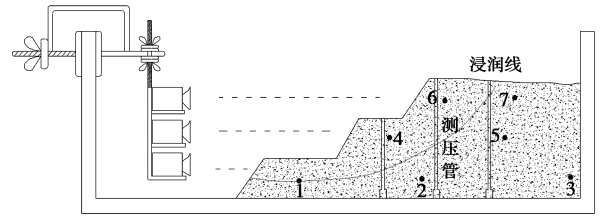


图 2 监测点布置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of monitoring points layout

2 mm 的高密聚乙烯(HDPE)管作为放矿管。尾矿砂浆采用搅拌机搅拌至均匀,按照实验方案控制搅拌机转速,使尾矿砂浆能够顺利地通过放矿管。

#### 1.5.2 模型制作

1)将自制的放矿管架设在尾矿坝模型的初期坝上,调整管道倾角,使尾矿砂能够顺利地通过放矿管流入至坝体模型中。

2)待尾矿砂铺满模型箱底部,按照实验方案埋设第 1 层土压力传感器(编号分别为 1~3)后,用尾矿砂将传感器上部铺平,以保证试验过程能够顺利进行。

3)待模型箱内堆积尾矿砂高度增加之后,按照设计资料筑造一、二级子坝,同时,分别在一、二级子坝内部及库区埋设 4、5 号和 6、7 号土压力传感器。

4)将各传感器与动态数据采集仪连通,实时监测试验数据。

5)实验过程中,需要不断地将流入模型箱后方的水清除,定时检查放矿管是否堵塞,以保证尾矿砂的顺利流入。

6)当坝体模型堆积完成后,静置 24 h,将模型箱放入主箱体内,反复进行 8 次冻融循环。图 3 为堆坝完成后尾矿坝模型全貌。



图 3 尾矿坝模型全貌

Fig. 3 Complete view of tailings dam model

## 2 试验结果分析

以初期坝(2#监测点)、一级子坝(4#监测点)、二级子坝(7#监测点)为例,对比分析冻结温度与冻融循环次数的变化对各关键位置应力、孔隙压力、变形量的影响规律。

## 2.1 监测点应力值分析

不同冻结温度条件下,尾矿坝各关键位置应力变化趋势如图4所示。冻融循环初期(前5次冻融循环),各监测点应力值呈增长趋势,后3次冻融循环各监测点应力值逐渐趋于稳定。同时,冻结温度越低,坝体内应力越大,应力峰值出现的时间越早,这是冻结温度和冻融循环次数耦合作用的结果。此外,在冻融循环前期,各位置应力增长速度明显高于冻融循环其他阶段,这是因为,冻融循环前期,尾矿坝内的温度梯度大,冻融循环作用明显,应力增长速率大。通过上述分析可知,在解决冻融循环作用下尾矿坝失稳或承载能力降低的实际工程问题上,要重点关注冻融循环前期的作用,即在冻融循环开始前就做好对策。具体可采取的措施包括:在一定程度上阻隔或降低温度传递,避免出现较大的温度梯度,降低冰水的转化速率。

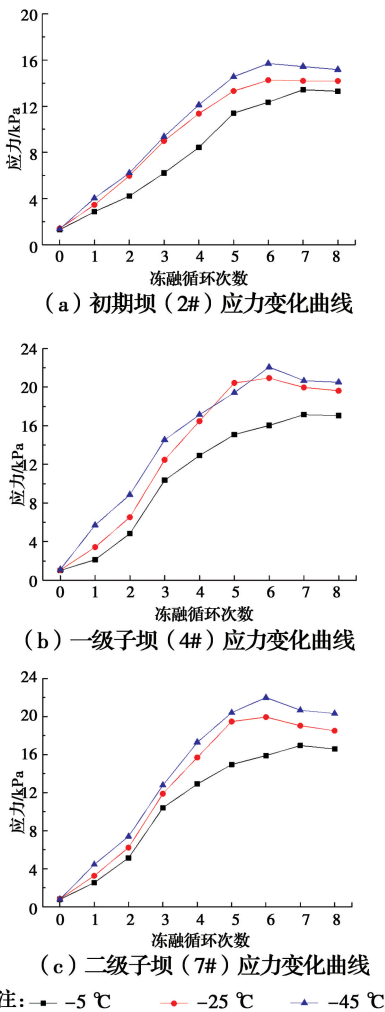


图4 初期坝及各级子坝应力变化曲线

Fig. 4 Stress variation curves of initial dam and sub dams

## 2.2 监测点孔隙水压力值分析

不同冻结温度条件下,尾矿坝各关键位置孔隙水压力变化趋势见图5。随着冻融循环次数的增加,各监测点孔隙水压力呈先降低后稳定的趋势,且冻融循环前期的衰减幅度较大,同时,各监测点孔隙水压力随冻结温度的降低也呈减小趋势,冻结温度越低,经历8次冻融循环后的孔隙水压力衰减幅度越大。冻结温度的不同会导致孔隙水压力产生周期性变化,进而导致尾矿砂内冰水相变效果不同,即孔隙水压力出现差异。温度降低过程中,孔隙水的吸附作用和毛细作用逐渐减小,孔隙水压力下降,当温度达到冻结点时,水逐渐冻结。其中,冰水界面曲率半径、毛细势和孔隙水压力三者的大小成正相关关系,随着温度的降低,冰水界面的曲率半径逐渐减小,导致毛细势和水压力逐渐减小;未冻水膜厚度逐渐变小,导致吸附势变小,孔隙水压力也随之变小。

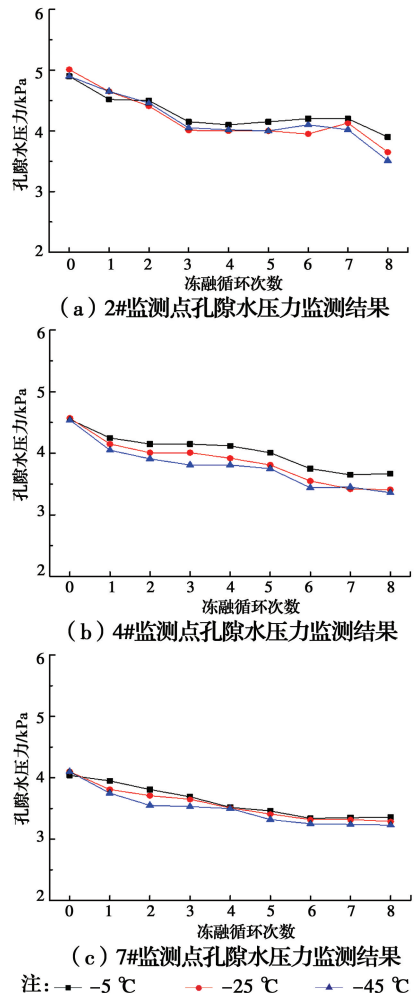


图5 冻融循环作用下监测点孔隙压力监测结果

Fig. 5 Monitoring results of pore pressure under freezing and thawing cycles

此外,孔隙水压力的大小和坝体深度也有一定

的关系。在同一冻结温度条件下,2#监测点处孔隙水压力的变化幅度要大于其他两处,且周期性更强,也更具有规律性。在冻融循环过程中,孔隙水的深度和冻结速率会影响孔隙水压力,越深或者冻结速率越小,越有利于孔隙水压力的发育。在单向冻结过程中,较浅处的尾矿砂温度梯度较大,其温度变化也很快,因此,尾矿砂的冻结速率较快。而较深处的尾矿砂温度梯度较小,温度变化速率也较缓慢,因此,冻结速率也相对较小。冻融循环作用会改变尾矿砂的结构,从而影响孔隙水压力,较浅处的尾矿砂冻结速率较大,冻融循环对其影响程度更大,尾矿砂结构的改变也更严重,此处的孔隙水压力变化比较杂乱,很难得出明显规律。而较深处的尾矿砂冻结速率小,冻融循环对其影响程度也不大,尾矿砂结构几乎保持不变,此处孔隙水压力的变化规律性比较明显。

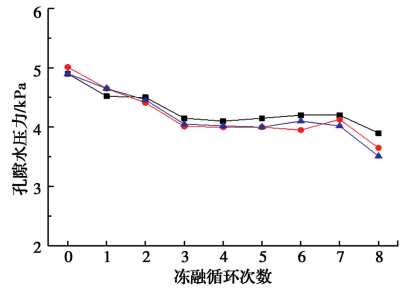
### 2.3 不同冻结温度下尾矿坝的位移变化规律

不同冻结温度条件下,尾矿坝各关键位置的位移变化趋势见图6。在冻融循环过程中,一、二级子坝变形均呈现先突然增大后缓慢减小,最终稳定的变化趋势,冻结温度越低,变形幅度越大。原因在于,冻融循环前期,模型内未冻结水较多,温度降低冻结后,由于膨胀导致子坝变形大幅增大。在融化阶段,冻结的冰开始融化,膨胀力减小,使得坝体变形减小,继续冻结,由于此时尾矿砂传递热量变慢,即使在相同的冻结温度下,融化的水分也不会快速凝结成冰,尾矿砂内的冰-水转换趋于平衡,因此,出现尾矿坝变形继续降低的现象。此外,冻融循环和冻结温度具有明显的位置效应,越靠近尾矿坝,温度梯度越大,冻融速度越快,进而导致变形量越大,变形速率越大。因此,可以得出温度是影响冻融循环作用的关键因素,坝体变形实际上同时受冻融循环次数和冻结温度的影响,在一定条件下,冻结温度比冻融循环次数对坝体变形的作用更为明显,特别是在冻融循环后期,冻结温度往往发挥主要作用。

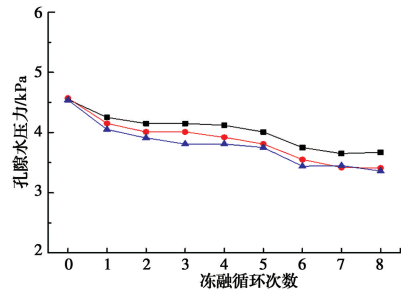
## 3 结论

通过开展不同冻结温度作用下尾矿坝的冻融循环试验,基于对坝体关键位置处的应力、孔隙水压力、位移等数据的分析,得到尾矿坝的应力-变形演化规律。主要结论如下:

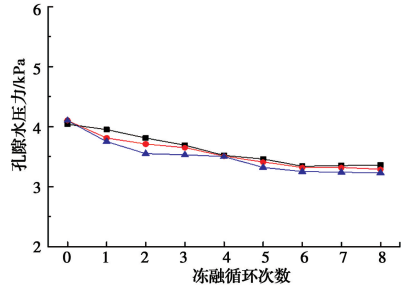
1)冻融循环初期,各监测点应力值均不断增长,



(a) 2#监测点孔隙水压力监测结果



(b) 4#监测点孔隙水压力监测结果



(c) 7#监测点孔隙水压力监测结果

注: —■—  $-5^{\circ}\text{C}$  —●—  $-25^{\circ}\text{C}$  —▲—  $-45^{\circ}\text{C}$

图6 冻融循环作用下尾矿坝变形规律曲线

Fig. 6 Curves of deformation law of tailings dam under freeze-thaw cycles

随着冻融循环次数增加,各监测点应力值开始趋于稳定;冻结温度越低,坝体内的应力越大,应力峰值出现的时间相对越早,在冻融循环前期,尾矿坝及尾矿库各位置的应力增长速度明显高于冻融循环其他阶段。

2)随着冻融循环次数增加,坝体及库区孔隙水压力先降低后趋于稳定,孔隙水压力在冻融循环前期衰减速度较快;冻结温度越低,孔隙水压力越小,孔隙水压力衰减速度越大。在负温情况下,孔隙水压力随冻融循环的温度改变呈规律性变化。

3)在冻融循环前期,一、二级子坝变形均呈现先突然增多后缓慢减小,最终稳定的变化趋势,冻结温度越低,变形幅度越大;冻融循环和冻结温度具有明显的位置效应,越靠近尾矿坝边缘,坝体变形量越大,变形速度越快。

4)通过进行不同冻结温度下尾矿坝冻融循环试

验,为冻融循环作用下尾矿坝变形动态监测提供重要参考,实现冻融循环过程中尾矿坝结构性演化动态评价。

### 参考文献:

- [1] 金佳旭,梁力,陈天宇,等.尾矿坝渗流计算及排渗设计[J].金属矿山,2013(6):155-157.  
JIN J X, LIANG L, CHEN T Y, et al. The seepage calculation and the drainage design of tailings dam [J]. Metal Mine, 2013(6): 155-157. (in Chinese)
- [2] AUKENTHALER M, BRINGGREVE R B J, HAXAIRE A. Evaluation and application of a constitutive model for frozen and unfrozen soil [C]// Proceedings of the GeoVancouver 2016: the 69th Canadian Geotechnical Conference, Vancouver, Canada, 2016:1-8.
- [3] YAMAMOTO Y, SPRINGMAN S M. Axial compression stress path tests on artificial frozen soil samples in a triaxial device at temperatures just below 0 °C [J]. Canadian Geotechnical Journal, 2014, 51 (10): 1178-1195.
- [4] NIU G Y. Representing frozen soil and its effect on infiltration in Earth System Models [C]//AGU Fall Meeting Abstracts, 2015:1-5.
- [5] 张志军,李亚俊,贺桂成,等.某尾矿坝毛细水带内的坝体材料物理力学特性研究[J].岩土力学,2014,35(6): 1561-1568.  
ZHANG Z J, LI Y J, HE G C, et al. Study of physico-mechanical properties of dam body materials in capillary water fringe of a certain tailings dam [J]. Rock and Soil Mechanics, 2014, 35(6): 1561-1568. (in Chinese)
- [6] 黄鑫,蔡晓光.中线法尾矿砂的物理力学性质试验研究[J].防灾减灾工程学报,2016,36(2):220-224,238.  
HUANG X, CAI X G. Experimental study on physical and mechanical properties of central line tailing sands [J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2016, 36(2): 220-224,238. (in Chinese)
- [7] GHOBADI M H, TORABI-KAVEH M. Assessing the potential for deterioration of limestones forming Taq-e Bostan monuments under freeze-thaw weathering and karst development [J]. Environmental Earth Sciences, 2014, 72(12): 5035-5047.
- [8] 于广明,宋传旺,潘永战,等.尾矿坝安全研究的国外新进展及我国的现状和发展态势[J].岩石力学与工程学报,2014,33(Sup1): 3238-3248.  
YU G M, SONG C W, PAN Y Z, et al. Review of new progress in tailing dam safety in foreign research and current state with development trend in China [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2014, 33(Sup1): 3238-3248. (in Chinese)
- [9] 明锋,李东庆,陈世杰,等.水分迁移对冻土细观结构的影响[J].冰川冻土,2016,38(3):671-678.  
MING F, LI D Q, CHEN S J, et al. Impact of water migration on meso-structure of frozen soil [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38(3): 671-678. (in Chinese)
- [10] 李清,席军,宛新林,等.冻融和循环载荷作用下对饱和砂岩损伤机理的研究[J].实验力学,2014,29(4): 520-526.  
LI Q, XI J, WAN X L, et al. Research on damage mechanism of saturated sandstone subjected to freeze-thaw and cyclic loading [J]. Journal of Experimental Mechanics, 2014, 29(4): 520-526. (in Chinese)
- [11] BEIER N A, SEGO D C. Cyclic freeze-thaw to enhance the stability of coal tailings [J]. Cold Regions Science and Technology, 2009, 55(3): 278-285.
- [12] ZANDARIN M T, OLDECOP L A, RODRIGUEZ R, et al. The role of capillary water in the stability of tailing dams [J]. Engineering Geology, 2009, 105(1/2): 108-118.
- [13] 张二军,梁冰,王彪,等.冻融循环作用下尾矿砂抗剪强度和变形特性研究[J].安全与环境学报,2018,18(1): 134-138.  
ZHANG E J, LIANG B, WANG B, et al. Deformation behaviors of the tailing sands under the shear strength and freezing-thawing recycling impact [J]. Journal of Safety and Environment, 2018, 18(1): 134-138. (in Chinese)
- [14] 彭成,谌伟,陈双,等.细粒砂尾矿坝渗透试验及有限元分析[J].现代矿业,2016,32(11):185-187.  
PENG C, CHEN W, CHEN S, et al. Seepage test and finite element analysis of fine grained milltailings of tailings dam [J]. Modern Mining, 2016, 32(11): 185-187. (in Chinese)
- [15] 单仁亮,黄博,郑赞,等.竖向动载下巷道支护相似模拟试验装置的研制[J].岩土工程学报,2019,41(2): 294-302.  
SHAN R L, HUANG B, ZHENG Y, et al. Development of similar simulation test device for roadway support under vertical dynamic load [J].

- Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2019, 41 (2):294-302. (in Chinese)
- [16] 黄庆享,胡火明.黏土隔水层的应力应变全程相似模拟材料和配比实验研究[J].采矿与安全工程学报,2017,34(6):1174-1178.  
HUANG Q X, HU H M. Experimental study of simulation material and matching for whole stress and strain process of clay aquiclude [J]. Journal of Mining and Safety Engineering, 2017, 34(6): 1174-1178. (in Chinese)
- [17] 土工试验方法标准:GB/T 50123—1999[S].北京:中国计划出版社,1999.  
Geotechnical test method standard: GB/T 50123—1999 [S]. Beijing: China Planning Press, 1999. (in Chinese)
- [18] DEMIRDAG S. Effects of freezing-thawing and thermal shock cycles on physical and mechanical properties of filled and unfilled travertines [J]. Construction and Building Materials, 2013, 47: 1395-1401.
- [19] 魏作安,杨永浩,徐佳俊,等.人工冻结尾矿力学特性单轴压缩试验研究[J].东北大学学报(自然科学版),2016,37(1):123-126,142.  
WEI Z A, YANG Y H, XU J J, et al. Experimental study on the mechanical properties of frozen tailings by uniaxial compression tests [J]. Journal of Northeastern University(Natural Science), 2016, 37(1): 123-126, 142. (in Chinese)

(编辑 王秀玲)

## 期刊更名启事

经国家新闻出版署批准,《土木建筑与环境工程》更名为《土木与环境工程学报(中英文)》。《土木与环境工程学报(中英文)》国内统一连续出版物号为CN50-1218/TU,文种为中英文,主管单位为教育部,主办单位为重庆大学,出版单位为《土木与环境工程学报(中英文)》编辑部(重庆大学内设机构)。《土木与环境工程学报(中英文)》的办刊宗旨:刊载国内外土木工程、环境科学与工程等领域最新研究成果,促进学术交流,培育高级人才,推动相关学科的繁荣发展。

期刊自2019年第1期正式启用新刊名《土木与环境工程学报(中英文)》,同时停用刊名《土木建筑与环境工程》。

《土木与环境工程学报(中英文)》编辑部  
2019年2月20日