

文章编号:1001-4888(2015)02-0231-08

氯盐腐蚀对充填膏体蠕变特性影响的试验研究^{*}

孙琦¹, 李喜林², 卫星³, 母倩雯³

(1. 辽宁工程技术大学 土木与交通学院, 辽宁阜新 123000; 2. 辽宁工程技术大学 建筑工程学院, 辽宁阜新 123000;

3. 辽宁省化工地质勘察院, 辽宁锦州 121000)

摘要:为探索充填膏体在经过不同时长氯盐腐蚀后的蠕变规律,采用饱和氯化钠(NaCl)溶液,对养护28天的充填膏体进行干湿循环加速腐蚀试验。采用TAW2000型岩石三轴试验机,将未经腐蚀的试件和经过不同时间腐蚀的试件分别进行不同应力水平的三轴蠕变试验,并对试验结果进行对比分析。在试验基础上,建立了氯盐腐蚀条件下充填膏体的蠕变模型。将一个应变触发的非线性粘壶串联在原来的Poynting-Thomson模型上,建立了一个改进Poynting-Thomson模型。研究表明:在腐蚀早期,经过腐蚀的充填膏体蠕变变形较之未经腐蚀的小;随着腐蚀时间延长,充填膏体的蠕变变形逐渐增大;在长时间腐蚀、高应力水平同时存在的条件下,充填膏体会出现加速蠕变现象。本文建立的蠕变模型与蠕变试验数据吻合较好,能够反映出充填膏体在氯盐腐蚀作用下的蠕变特征。

关键词:膏体充填开采; 充填膏体; 氯盐; 腐蚀; 蠕变特性

中图分类号: TD985

文献标识码: A

DOI: 10.7520/1001-4888-14-194

0 引言

膏体充填开采作为现代煤矿绿色开采与科学开采的重要方法之一^[1,2],在开采出煤炭资源的同时控制了地表的沉陷,因为充填膏体强度高、压缩变形小且不需要在井下脱水,近年来逐渐得到了更加广泛的应用,很多学者对充填膏体的组成材料和力学性质进行了深入的研究^[3-10]。充填膏体充入到采空区后,在地应力作用下会发生蠕变变形,进而影响控制地表下沉的效果;同时充填膏体会受到采空区内矿井水中化学物质的腐蚀,其中氯离子在矿井水中含量较多^[11],且对充填膏体具有明显的腐蚀性,由于受到降雨等因素影响,矿井水水位发生上下波动变化,导致充填膏体在采空区内处于干湿循环状态,因此探索干湿循环条件下氯盐腐蚀对充填膏体蠕变特性的影响具有重要的现实意义。

国内外学者对岩石、土体等材料的蠕变特性研究较多^[12-17],而在充填体蠕变方面研究较少,近年来有学者开始对充填体的蠕变特性开展了研究,孙春东^[18]等采用大尺寸蠕变试验和数值模拟相结合的手段研究了高水充填材料的蠕变特性;马斐^[19]等以常村煤矿为工程背景,采用数值模拟手段研究了充填体的蠕变参数;赵奎^[20]等采用室内单轴压缩蠕变试验手段建立了尾砂胶结充填体的蠕变本构模型并基于FLAC3D平台进行了二次开发;孙琦^[21]等用煤矸石、尾砂和粉煤灰等材料制备了充填膏体并研究了充填膏体的蠕变特性,建立了蠕变本构模型。这些研究成果推动了对充填体蠕变性质的认识,但在氯盐腐蚀对充填膏体蠕变特性的影响方面未作研究。

^{*} 收稿日期: 2014-09-30; 修回日期: 2014-11-02

基金项目: 国家自然科学基金(51304160, 51274111, 51174268)资助, 辽宁省教育厅项目(L2014136, L2013137)资助, 辽宁工程技术大学生产技术问题调研基金(14-T-005)资助

通讯作者: 孙琦(1981-),男,博士,讲师。主要从事岩土材料强度及流变特性研究。Email: birdmilian@163.com

因此,本文从探索氯盐腐蚀对一种充填膏体蠕变特性的影响入手,采用干湿循环加速腐蚀试验和三轴蠕变试验手段,分析氯盐腐蚀作用下充填膏体的蠕变规律,建立氯盐腐蚀条件下充填膏体的蠕变模型,为膏体充填开采实践提供借鉴和指导。

1 试验设计

1.1 试件制备与加工

为开展对膏体充填开采的研究与探索,课题组拟在阜新市东梁镇煤矿开展膏体充填开采工业性试验,现场测试该煤矿随采深的变化地应力范围为 1.3~3.2MPa,且矿井水中存在具有腐蚀性的氯离子,为此设计了配合比方案如表 1 所示,此方案充填膏体 28d(天)强度值为 4.36MPa。

充填膏体组成材料为水泥、粉煤灰、尾砂和破碎的煤矸石,其中水泥为鹰山牌 42.5 级普通硅酸盐水泥;粉煤灰为阜新鑫源粉煤灰公司的一级粉煤灰;尾砂来自排山楼金矿;破碎的煤矸石来自阜新市东山矸石山。试件制成 $\Phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的圆柱形,取一组试件照片如图 1 所示。

表 1 配合比

Tab. 1 The mixture ratio

煤矸石用量(kg/m^3)	粉煤灰用量(kg/m^3)	尾砂用量(kg/m^3)	水泥用量(kg/m^3)	质量浓度(%)
360	440	680	120	80%

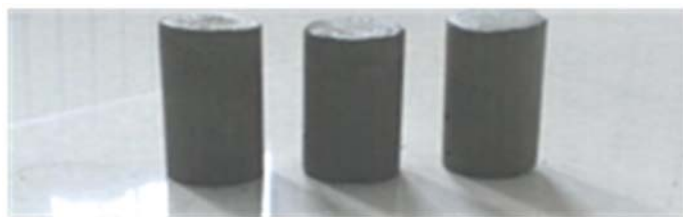


图 1 试件

Fig. 1 Samples



图 2 TAW2000 型岩石三轴试验机

Fig. 2 TAW2000 triaxial rock test machine

表 2 试验方案

Tab. 2 Test scheme

轴向应力(MPa)	围压(MPa)	偏应力(MPa)
2	1	1
3	1	2
4	1	3

1.2 试验方案

试件制备成型后在标准条件下养护 28d,开始进行腐蚀,腐蚀溶液为饱和的 NaCl 溶液,采用加速腐蚀试验方式进行研究^[23],即采用浸泡和烘干循环的方式进行试验。先将养护好的试件放置到腐蚀溶液中浸泡

2d,取出后擦掉试件表面的水分后静置 2h,然后在 80℃ 条件下烘干 20h 后再冷却 2h,至此一个循环完成,历时 3d。采用 TAW2000 型岩石三轴试验机测试其各个阶段的单轴抗压强度,并以此为依据来进行三轴蠕变试验,对未经腐蚀、腐蚀 3d(1 个循环)、15d(5 个循环)、30d(10 个循环)、60d(20 个循环)五种情况下开展不同应力水平下的三轴蠕变试验,具体试验方案如表 2 所示,TAW2000 型岩石三轴试验机如图 2 所示。

2 试验结果分析

从图3~图5可以看出,当偏应力为1MPa和2MPa时,充填膏体的蠕变仅出现衰减蠕变和稳态蠕变两个阶段,未出现加速蠕变阶段,且腐蚀3d时的蠕变变形值最小。这是由于腐蚀3d时,由于氯离子与充填膏体内部发生的化学反应生成物填充了充填膏体内部的空隙,因而造成在腐蚀早期出现了强度和变形模量均增大的现象,随着腐蚀时间的推移,蠕变变形值越来越大。

当偏应力为3MPa时,在未腐蚀和腐蚀3d的充填膏体中未出现加速蠕变阶段,而在腐蚀15d、30d和60d时均出现了加速蠕变阶段。这是由于随着腐蚀时间的增加,充填膏体强度、刚度衰减,因此,出现了加速蠕变阶段。

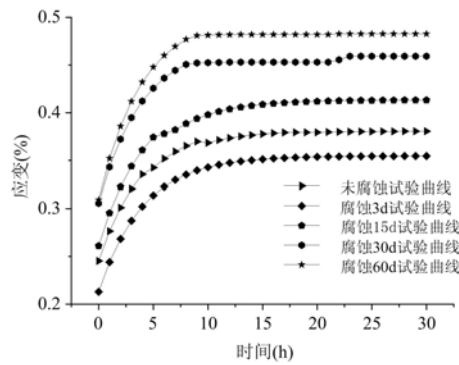


图3 偏应力为1MPa时的蠕变曲线

Fig.3 Creep curves when the stress is 1MPa

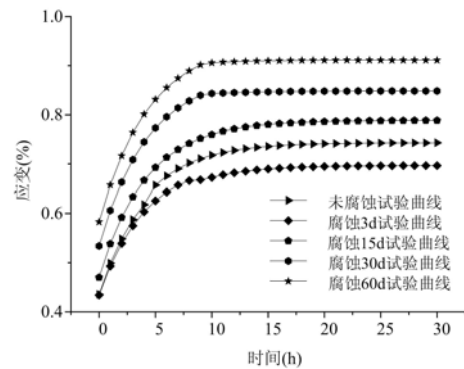


图4 偏应力为2MPa时的蠕变曲线

Fig.4 Creep curves when the stress is 2MPa

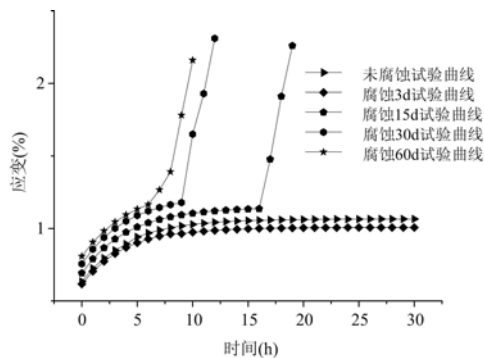


图5 偏应力为3MPa时的蠕变曲线

Fig.5 Creep curves when the stress is 3MPa

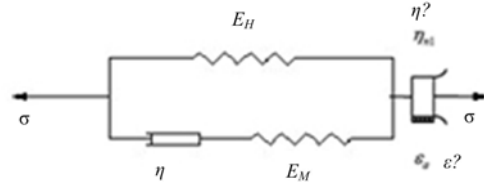


图6 改进的 Poynting-Thomson 模型

Fig.6 Modified Poynting-Thomson model

3 蠕变模型的建立

从试验结果可以看出,在未出现加速蠕变的情况下,充填膏体在加载瞬间出现了瞬时变形;此后进入衰减蠕变阶段,曲线斜率逐渐变小;进入稳态蠕变阶段后,蠕变曲线逐渐接近于一条水平渐近线,这与 Poynting-Thomson 模型的蠕变规律较为吻合。在出现加速蠕变的情况下,Poynting-Thomson 模型不能反映加速蠕变后的蠕变变形规律,为反映充填膏体在加速蠕变阶段的蠕变变形规律,对 Poynting-Thomson 模型进行改进,即在 Poynting-Thomson 模型上串联一个应变触发的非线性粘壶,改进后的 Poynting-Thomson 模型如图6所示。

3.1 一维蠕变方程的建立

当 $\epsilon < \epsilon_a$ 时,非线性粘壶未经激发,可视为刚体,此时退化为 Poynting-Thomson 模型,其蠕变方程为:

$$\epsilon = \left[\frac{1}{E_H + E_M} - \frac{1}{E_H} \right] \sigma_0 e^{-\frac{E_H E_M}{E_H + E_M} \frac{t}{\eta}} + \frac{\sigma_0}{E_H} \quad (1)$$

式中, σ_0 为应力值; ϵ 为应变值; E_H 为弹性模量; E_M 为粘弹性模量; η 为粘壶的粘滞系数。

非线性粘壶的蠕变方程为^[22]:

$$\epsilon_n = \begin{cases} 0, & \epsilon < \epsilon_a \\ \frac{\sigma_0}{2\eta_{nl}} \tau^2, & \epsilon > \epsilon_a \end{cases} \quad (2)$$

式中, ϵ_n 为非线性粘壶的应变值; ϵ_a 为非线性粘壶触发的应变值; η_{nl} 为非线性粘壶的粘滞系数; τ 为进入加速蠕变阶段的持续时间。

当 $\epsilon \geq \epsilon_a$ 时, 非线性粘壶被激发, 此时的蠕变方程为:

$$\epsilon = \left(\frac{1}{E_H + E_M} - \frac{1}{E_H} \right) \sigma_0 e^{-\frac{E_H E_M}{E_H + E_M} \cdot \frac{t}{\eta}} + \frac{\sigma_0}{E_H} + \frac{\sigma_0}{2\eta_n} \tau^2 \quad (3)$$

3.2 三维蠕变方程的建立

当 $\epsilon_{11} < \epsilon_a$ 时,

$$e_{ij} = \left(\frac{1}{2G_H + 2G_M} - \frac{1}{2G_H} \right) s_{ij} e^{-\frac{G_H G_M}{G_H + G_M} \cdot \frac{t}{H}} + \frac{s_{ij}}{2G_H} \quad (4)$$

式中, ϵ_{11} 为第一主应变; G_H 、 G_M 分别为 H 体和 M 体的剪切模量; H 为 M 体的三维粘滞性系数; s_{ij} 为偏应力张量; e_{ij} 为偏应变张量。

非线性粘壶的三维蠕变方程为^[22]:

$$\epsilon = \begin{cases} 0, & \epsilon_{11} < \epsilon_a \\ \frac{\tau^2}{4\eta_{nl}} s_{ij}, & \epsilon_{11} \geq \epsilon_a \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{当 } \epsilon \geq \epsilon_a \text{ 时, } e_{ij} = \left(\frac{1}{2G_H + 2G_M} - \frac{1}{2G_H} \right) s_{ij} e^{-\frac{G_H G_M}{G_H + G_M} \cdot \frac{t}{H}} + \frac{s_{ij}}{2G_H} + \frac{\tau^2}{4\eta_{nl}} s_{ij} \quad (6)$$

采用试验数据对蠕变参数进行拟合, 得到的蠕变参数如表 3 所示。其理论曲线与试验曲线的对比如图 7~图 9 所示。

表 3 蠕变参数

Tab. 3 Creep properties

偏应力 (MPa)	腐蚀时间 (d)	G_H (GPa)	G_M (GPa)	η (GPa · h)	η_n (GPa · h)	相关系数
1	0	2.62	1.63	4.17	—	0.9235
	3	2.78	1.81	4.41	—	0.9138
	15	2.39	1.53	3.95	—	0.9367
	30	2.16	1.39	3.31	—	0.9765
	60	2.03	1.27	3.09	—	0.9568
2	0	2.71	1.78	4.39	—	0.9812
	3	2.85	1.81	4.56	—	0.9760
	15	2.52	1.68	4.17	—	0.9741
	30	2.31	1.51	3.95	—	0.9504
	60	2.15	1.35	3.65	—	0.9321
3	0	2.83	1.82	4.58	—	0.9652
	3	2.96	1.93	4.71	—	0.9524
	15	2.61	1.69	4.20	2.21	0.9032
	30	2.48	1.57	4.02	2.18	0.9156
	60	2.38	1.41	3.87	2.06	0.9021

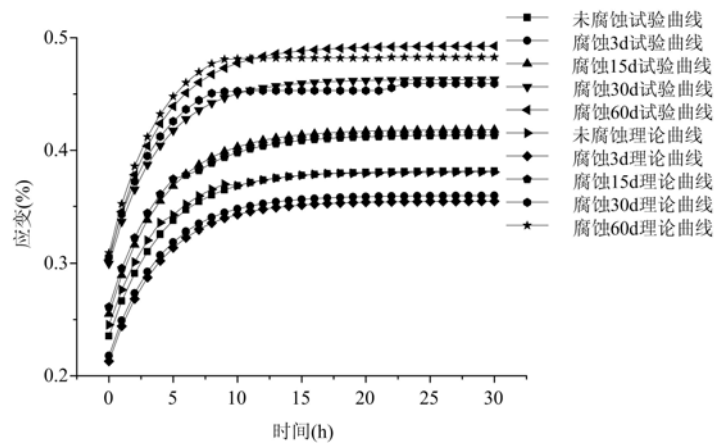


图7 偏应力为1MPa时理论值与试验值对比

Fig. 7 Contrast of experimental data and theory results when the deviatoric stress value is 1MPa

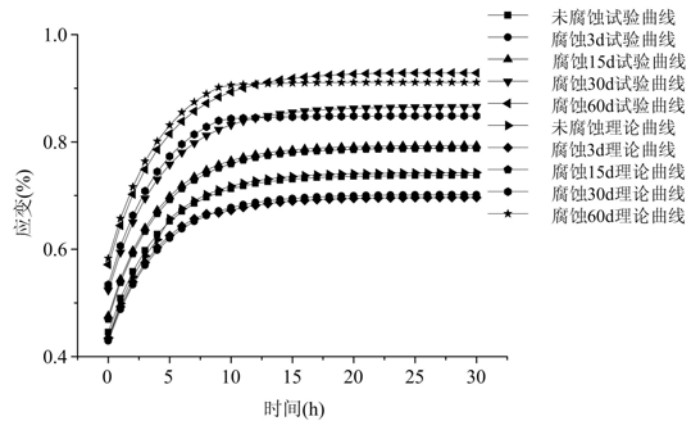


图8 偏应力为2MPa时理论值与试验值对比

Fig. 8 Contrast of experimental data and theory results when the deviatoric stress value is 2MPa

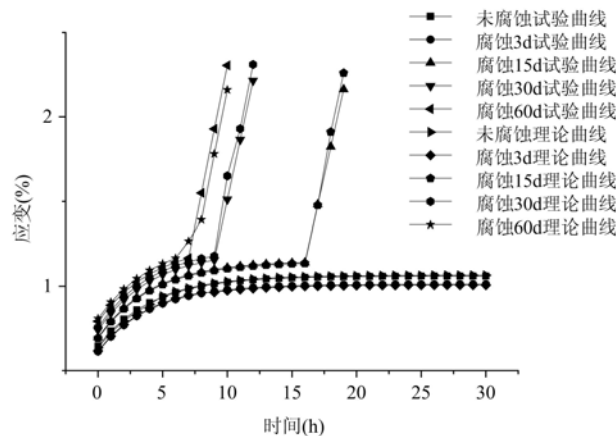


图9 偏应力为3MPa时理论值与试验值对比

Fig. 9 Contrast of experimental data and theory results when the deviatoric stress value is 3MPa

从图7~图9和表3可以看出,理论值与试验值基本吻合,相关系数均超过了0.9,验证了本文建立模型的合理性。

3.3 改进 Poynting-Thomson 模型蠕变参数与腐蚀时间之间的关系

从表3可以看出,蠕变参数 G_H 、 G_M 和 η 均呈现先增大再减小的趋势,这反映出受腐蚀影响,充填膏体内部空隙被充满后强度和刚度均呈现一定程度的增长趋势。但随着时间的推移,蠕变参数 G_H 、 G_M 和 η 逐渐变小,这反映出受腐蚀时间增长到一定阶段后充填膏体强度和刚度出现下降,非线性粘壶的粘

滞系数随腐蚀时间的增长而呈现下降趋势,腐蚀时间越长,加速蠕变持续时间越短,破坏越快;这些蠕变参数的变化与试验过程中体现的规律保持一致,说明了改进 Poynting-Thomson 模型的合理性。

现在将表 3 中的蠕变参数与腐蚀时间的关系进行非线性拟合,可以得到改进改进 Poynting-Thomson 模型的蠕变参数与腐蚀时间的数学关系:

对于蠕变参数 G_H 、 G_M 和 η ,拟合的公式为:

$$y = 1/[p_1(t + p_2)^2 + p_3] + p_4 \quad (7)$$

式中, y 为蠕变参数; t 为时间; p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 为拟合参数。

拟合得到的参数值如表 4 所示。

表 4 拟合参数
Tab. 4 Fitting properties

偏应力 (MPa)	蠕变参数	p_1	p_2	p_3	p_4	相关系数
1	G_H	0.0153	-5.2053	1.2378	2.0330	0.9976
	G_M	0.0338	-6.3068	1.5912	1.2959	0.9901
	H	0.0053	-6.1844	0.6733	3.0324	0.9999
2	G_H	0.0136	-5.3094	1.3981	2.1593	0.9942
	G_M	0.0033	-2.7658	1.9186	1.2754	0.9986
	H	0.0060	-4.7319	1.1510	3.6547	0.9820
3	G_H	0.0259	-4.6943	1.6973	2.3926	0.9962
	G_M	0.0177	-5.3439	1.9759	1.4324	0.9821
	η	0.0147	-3.8514	1.2075	3.8839	0.9964

从表 4 可以看出,通过非线性拟合得到的公式(7)的相关系数较大,能够反映出改进 Poynting-Thomson 模型中蠕变参数 G_H 、 G_M 和 η 的变化规律。

对于非线性粘壶的粘滞系数,拟合得到的公式为:

$$\eta_m = -4.34 \sin(0.699t + 1.547) \quad (8)$$

公式(8)的相关系数达到了 0.99,能够反映出非线性粘壶粘滞系数的变化规律。

4 结论

(1) 受氯盐腐蚀的影响,充填膏体的蠕变变形随腐蚀时间的增长,出现先减小后增大的现象,这是由于早期腐蚀产生的生成物增加了充填膏体的密实度,提高了强度和弹性模量,导致蠕变变形变小,而随着腐蚀时间的增加,充填膏体强度、刚度下降,蠕变变形值增加。

(2) 在腐蚀时间较长、应力水平较高同时存在的情况下,充填膏体会出现加速蠕变现象,这反映出在长腐蚀时间和高应力状态下,充填膏体会出现破坏,严重影响充填效果。

(3) 通过在 Poynting-Thomson 模型上串联一个应变触发的非线性粘壶,提出了一个改进的 Poynting-Thomson 模型,拟合了模型参数,该模型蠕变曲线与试验蠕变曲线基本吻合,能够反映出氯盐腐蚀作用下充填膏体的蠕变变形规律。

参考文献:

- [1] 谢和平,王金华,申宝宏等. 煤炭开采新理念—科学开采与科学产能[J]. 煤炭学报, 2012, 37(07):1069—1079 (XIE Heping, WANG Jinhua, SHEN Baohong, et al. New idea of coal mining: Scientific mining and sustainable mining capacity[J]. Journal of China Coal Society, 2012, 37(7):1069—1079 (in Chinese))
- [2] 钱鸣高,许家林,缪协兴. 煤矿绿色开采技术[J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32(4):343—348 (QIAN Minggao, XU Jialin, MIAO Xiexing. Green technique in coal mining[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2003, 32(4):343—348 (in Chinese))

- [3] Krupnik L A, Shaposhnik Y N, Shaposhnik S N, et al. Backfilling technology in Kazakhstan mines[J]. *Journal of Mining Science*, 2013, 39:82—89.
- [4] Ercikdi B, Yilmaz T, Kulekci G. Strength and ultrasonic properties of cemented paste backfill [J]. *Ultrasonics*, 2014, 54(1):195—204.
- [5] Gandhe A, Upadhyaya P S, Lee C. Paste backfill—AIMS towards sustainable underground mining [J]. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 2013, 61:219—224.
- [6] Senapati P K, Mishra B K. Design considerations for hydraulic backfilling with coal combustion products (CCPs) at high solids concentrations[J]. *Powder Technology*, 2012, 229:119—125.
- [7] Thompson B D, Bawden W F, Grabinsky M W. In situ measurements of cemented paste backfill at the Cayeli mine[J]. *Canadian Geotechnical Journal*, 2012, 49(7):755—772.
- [8] Yilmaz E, Belem T, Benzaazoua M. Effects of curing and stress conditions on hydromechanical, geotechnical and geochemical properties of cemented paste backfill[J]. *Engineering Geology*, 2014, 168:23—37.
- [9] 周华强, 侯朝炯, 孙希奎 等. 固体废物膏体充填不迁村采煤[J]. *中国矿业大学学报*, 2004, 33(2):154—159 (ZHOU Huaqiang, HOU Chaojiong, SUN Xikui, et al. Solid waste paste filling for none-village-relocation coal mining[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2004, 33(2):154—158 (in Chinese))
- [10] 赵才智, 周华强, 柏建彪 等. 膏体充填材料强度影响因素分析[J]. *辽宁工程技术大学学报*, 2006, 25(6):904—906 (ZHAO Caizhi, ZHOU Huaqiang, BAI Jianbiao, et al. Influence factor analysis of paste filling material strength [J]. *Journal of Liaoning Technical University*, 2006, 25(6):904—906 (in Chinese))
- [11] 李喜林, 王来贵, 李顺武 等. 矿井水资源评价的研究现状及展望[J]. *安全与环境学报*, 2010, 10(3):106—110 (LI Xilin, WANG Laigui, LI Shunwu, et al. Review on the reseach advances and the prospect of the mining water resource evaluation [J]. *Journal of Safety and Environment*, 2010, 10(3):106—110 (in Chinese))
- [12] 王俊光, 梁冰, 田蜜. 含水状态下油页岩非线性损伤蠕变特性研究[J]. *实验力学*, 2014, 29(1):112—118 (WANG Junguang, LIANG Bing, TIAN Mi. Study of creep characteristics produced by nonlinear damage of oil shale in hydrous state[J]. *Journal of Experimental Mechanics*, 2014, 29(1):112—118 (in Chinese))
- [13] 张向东, 尹晓文, 傅强. 分级加载条件下紫色泥岩三轴蠕变特性研究[J]. *实验力学*, 2011, 26(1):61—66 (ZHANG Xiangdong, Yin Xiaowen, FU Qiang. Study of triaxial creep properties of purple mudstone under stepwise loading[J]. *Journal of Experimental Mechanics*, 2011, 26(1):61—66 (in Chinese))
- [14] 刘传孝, 黄东辰, 张秀丽 等. 深井泥岩峰前峰后单轴蠕变特征实验研究[J]. *实验力学*, 2011, 26(3):267—273 (LIU Chuanxiao, HUANG Dongchen, ZHANG Xiuli, et al. Experimental study of uniaxial creep properties of mudstone in deep site front and rear the ultimate strength[J]. *Journal of Experimental Mechanics*, 2011, 26(3):267—273 (in Chinese))
- [15] Potyondy D O. Simulating stress corrosion with abonded-particle model for rock[J]. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2007, 44(5): 677—691.
- [16] 孙金山, 陈明, 姜清辉 等. 锦屏大理岩蠕变损伤演化细观力学特征的数值模拟研究[J]. *岩土力学*, 2013, 34(12):3601—3608 (SUN Jinshan, CHEN Ming, JIANG Qinghui, et al. Numerical simulation of mesomechanical characteristics of creep damage evolution for Jinping marble[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2013, 34(12):3601—3608 (in Chinese))
- [17] 孙钧. 岩石流变力学及其工程应用研究的若干进展[J]. *岩石力学与工程学报*, 2007, 26(6):1081—1106 (SUN Jun. Rock rheological mechanics and its advantage in engineering applications[J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 2007, 26(6):1081—1106 (in Chinese))
- [18] 孙春东, 张东升, 王旭锋 等. 大尺寸高水材料巷旁充填体蠕变特性试验研究[J]. *采矿与安全学报*, 2012, 29(4):487—491 (SUN Chundong, ZHANG Dongsheng, WANG Xufeng, et al. Large-size test on creep characteristics of high water material filling body beside roadway[J]. *Journal of Mining & Safety Engineering*, 2012, 29(4):487—491 (in Chinese))
- [19] 马斐, 张东升, 张晓春. 基于变形量控制的充填体力学参数研究[J]. *岩土力学*, 2007, 28(s):545—548 (MA Fei, ZHANG Dongsheng, ZHANG Xiaochun. Research on properties of the filled body based on the deformation control[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2007, 28(s):545—548 (in Chinese))
- [20] 赵奎, 何文, 熊良宵. 尾砂胶结充填体蠕变模型及在 FLAC3D 二次开发中的实验研究[J]. *岩土力学*, 2012, 33

- (s):112—116 (ZHAO Kui, HE Wen, Xiong Liangxiao. Testing study of creep model for tailing cemented backfill and its secondary development based on FLAC3D[J]. Rock and Soil Mechanics, 2012, 33(s):112—116 (in Chinese))
- [21] 孙琦, 张向东, 杨逾. 膏体充填开采胶结体蠕变本构模型[J]. 煤炭学报, 2013, 6(38):994—1000 (SUN Qi, ZHANG Xiangdong, YANG Yu. Creep constitutive model of cemented body used in backfilling mining[J]. Journal of China Coal Society, 2013, 6(38):994—1000 (in Chinese))
- [22] 齐亚静, 姜清辉, 王志俭 等. 改进西原模型的三维蠕变本构方程及其参数辨识[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(2):347—355 (QI Yajing, JIANG Qinghui, WANG Zhijian, et al. 3D creep constitutive equation of modified nishihara model and its parameters identification[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2012, 31(2):347—355 (in Chinese))
- [23] 梁咏宁, 袁迎曙. 硫酸钠和硫酸镁溶液中混凝土腐蚀破坏的机理[J]. 硅酸盐学报, 2007, 35(4):504—508 (LIANG Yongning, YUAN Yingshu. Mechanism of concrete destruction under sodium sulfate and magnesium sulfate solution[J]. Journal of Chinese Ceramic Society, 2007, 35(4):504—508(in Chinese))

Experimental Study of the Influence of Chloride Corrosion on Creep Properties of Filling Paste

SUN Qi¹, LI Xi-lin², WEI Xing³, MU Qian-wen³

(1. College of Civil & Transportation Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, Liaoning, China; 2. College of Architectural and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, Liaoning, China; 3. Chemical Geological Exploration Institute of Liaoning Province, Jinzhou 121000, Liaoning, China)

Abstract: In order to explore the creep properties of a kind of filling paste subjected to chloride corrosion of different time length, taking sodium chloride (NaCl) saturated solution as the chloride, a series of wet-dry cyclic accelerated corrosion experiments were carried out for filling paste maintained for 28 days. Adopting TAW2000 triaxial rock test machine, triaxial creep experiments at different stress levels were conducted for uncorroded specimens and specimens corroded of different time lengths, respectively. Based on experimental results, which were comparatively analyzed, a creep model of filling paste was established under chloride corrosion condition. An improved Poynting-Thomson model was established by connecting in series a strain triggered nonlinear dashpot to original Poynting-Thomson model. Study finds that in the early period of corrosion, the creep deformation of corroded filling paste is smaller than that of uncorroded filling paste. With the corrosion time increases, the creep deformation of filling paste gradually enlarges. When both the long time corrosion and the high stress level exist simultaneously, filling paste presents accelerated creep deformation. The creep model presented in this paper is in a good agreement with experimental data, and can reflect creep characteristics of filling paste subjected to chloride corrosion.

Keywords: paste backfilling mining; filling paste; chloride; corrosion; creep property