

文章编号:1007-2993(2010)03-0161-03

砂岩在温度作用下渗透率的实验研究

高红梅¹ 兰永伟²

(1. 黑龙江科技学院土木工程学院,黑龙江哈尔滨 150027;2. 黑龙江科技学院资源与环境工程学院,黑龙江哈尔滨 150027)

【摘要】 在以往实验的基础上,充分考虑岩石在温度作用下内部结构变化,选用阜新地层砂岩进行高温下的渗透率的实验研究。实验结果得砂岩的渗透率随温度增加而降低,为研究阜新地层地热开发提供理论基础。

【关键词】 渗透规律;温度;砂岩

【中图分类号】 TU 111.24;TU 41 **【文献标识码】** A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2010.03.013

The Experiment of the Rmeability Law Under Temerature Function of Sandstone

Gao Hongmei Lan Yongwei

(1. Department of Civil Engineering Heilongjiang Science and Technology Science Institute Ha'erbin 150027, Heilongjiang, China;

2. Department of Recourses and Environenta Heilongjiang Science and Technology

Science Institute, Ha'erbin150027, Heilongjiang, China)

【Abstract】 Based on the previous experiments and fully taken account of changes in the internal structure of rock and changes of viscosity of water under the temperature the paper carries on experiments of permeability of sandstone selecting from fuxin under the high temperature. The experiment result is that the viscidty coefficient of drawing water reduces with the temperature rising, the permeability of the sandstone reduces with temperature increasing. Exploit the theoretical foundation in order to study formation geothermal development of Fuxin.

【Key words】 permeability law;viscidty coefficient;sandstone

0 引言

渗透率表征岩石通过流体的能力,是流体矿藏勘探和开采必须研究的主要参数之一,其影响因素复杂,如矿物成分、岩石结构、泥质含量、孔隙形状、孔隙度等;此外温度也是影响其大小的主要因素之一。

国内外许多科学家和学者都做过大量的卓有成效的工作。Somerton等在大气压力和模拟油藏压力及400~800℃条件下对大量砂岩岩芯进行了加热实验^[1],发现岩芯渗透率至少增加了50%。Heard^[2]在不同围压下将石英二长岩加热到300℃,使岩石的裂缝孔隙度增加,其渗透率也增加了数倍。刘均荣等用实验研究得出,渗透率随温度升高而增大^[3]。而Muhammadu, Aruna经过长期实验发现,随着岩石温度从70~200℃,水的绝对渗透率减低65%^[4]。

文献[1-3]主要研究的情况是温度相对较高时,

岩石的渗透随着温度升高而升高,文献[4]则是研究温度相对较低时渗透的变化情况,本文基于前人研究的基础上充分考虑岩石在温度作用下内部结构变化,选用阜新东梁区砂岩岩芯进行了室内实验,以期深部岩体开采、处置过程中渗透率分析和地热开发提供新的思路。

1 实验

选用阜新地层砂岩,将其加工成为25 mm×25 mm×25 mm的标准岩样,在烘箱中(80℃)烘干,在室温下测量岩样的基础渗透率。将2种岩样共8块岩芯依次放入高温炉中,在大气压力下进行升温加热处理。当达到某一设定温度时保温均热2 h,然后关闭电源使岩芯在炉中自然冷却到室温,再测量其渗透率。重复上述过程,从0℃开始按照间隔50℃,最高加热温度为300℃。采用液体法测量岩芯渗透率。测出的实验数据见表1,实验数据处理后结果见图1—图4。

基金项目:黑龙江省教育厅科技技术研究项目(11533062);黑龙江科技学院引进人才科研究启动项目(05-52)

作者简介:高红梅,1978年生,汉族,山西吕梁人,硕士,讲师,主要从事岩石固流耦合方面的科研工作。E-mail:hm07816@163.com

表 1 测出的实验数据

岩样	温度 $t/^\circ\text{C}$	压差 $\Delta p/\text{MPa}$	流体通量 q/mL	渗透率 $k/(10^{-3}\cdot\mu\text{m}^2)$
岩样 A	0	1.00	1.43	0.065
	50	1.00	1.34	0.058
	100	1.00	1.17	0.056
	150	1.00	0.81	0.050
	200	1.00	0.90	0.048
	250	1.00	0.66	0.047
	300	1.00	0.76	0.045
岩样 B	0	1.00	0.91	0.102
	50	1.00	0.85	0.091
	100	1.00	0.84	0.078
	150	1.00	0.55	0.074
	200	1.00	0.67	0.064
	250	1.00	0.52	0.060
	300	1.00	0.63	0.054
岩样 C	0	1.00	0.97	0.095
	50	1.00	0.98	0.080
	100	1.00	1.01	0.065
	150	1.00	0.65	0.062
	200	1.00	0.80	0.054
	250	1.00	0.61	0.051
	300	1.00	0.70	0.049
岩样 D	0	1.00	1.12	0.083
	50	1.00	1.09	0.071
	100	1.00	1.13	0.058
	150	1.00	0.78	0.052
	200	1.00	0.88	0.049
	250	1.00	0.72	0.043
	300	1.00	0.88	0.039

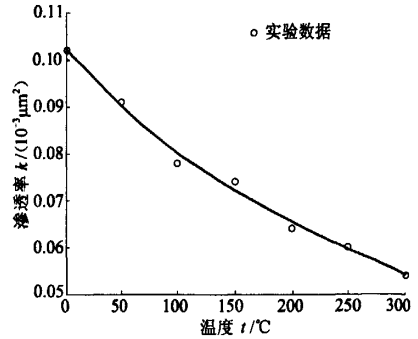


图 2 岩样 B 温度和渗透率的关系曲线

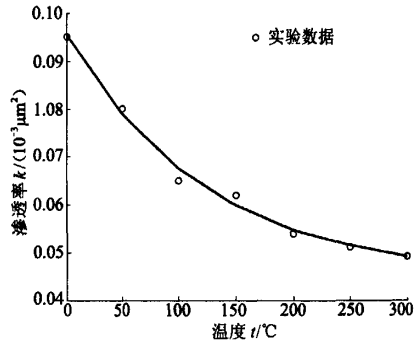


图 3 岩样 C 温度和渗透率的关系曲线

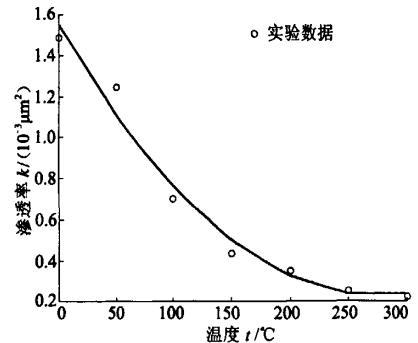


图 4 岩样 D 温度和渗透率的关系曲线

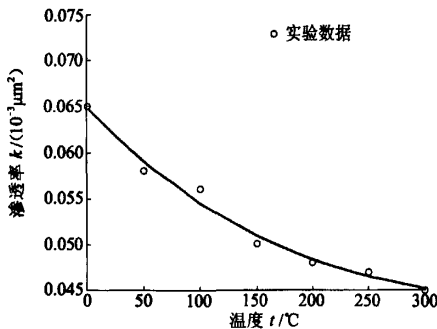


图 1 岩样 A 温度和渗透率的关系曲线

2 实验结构分析

温度对渗透率所以产生的此种效应,可从岩石的微观角度给予解释^[5-6]。应力的增加,使岩石骨架产生弹性压缩,与孔隙空间变小相比,颗粒的缩小要微弱得多,而主要表现在孔隙空间被压缩变小^[7-8]。另一方面,在高应力作用下岩石骨架可能产生塑性变形,其实是在剪应力作用下岩石晶体中的部分质点沿一定的面发生滑移的结果。由于滑移以后质点能够处于一种新的平衡环境中,所以即使撤销外力,质点也不会恢复到原来的位置上,因此这种变形是不可恢复的,由此所导致的结果必然是孔隙空间大小的再降低。温度的增加又使颗粒产生热膨胀,

而围限压力的作用使岩石无法发生轴向变形,岩芯在受热过程中除了出现矿物脱水、粘土收缩降解外,岩石骨架颗粒也会膨胀变形,在岩芯内产生较大的热应力。最大热应力主要集中在颗粒棱角或微裂缝端部。岩石颗粒体积要增大,必然只能再降低孔隙空间,表现出渗透率的降低。

渗透率降低的几种趋势还分别与岩石物性有关。不难发现,这些岩石都或多或少地含有泥质、粘土质成分,并且岩石的颗粒大小也有差别,如岩样是泥质砂岩,原本孔隙较大,在高温下,岩石颗粒的膨胀受限制较少,增大的颗粒体积可以很容易地占据孔隙空间,孔隙减小较多必然使渗透率的降幅增加,并且随应力的增加渗透率的降幅更加明显。

对于渗透率的两种效应见图 5。

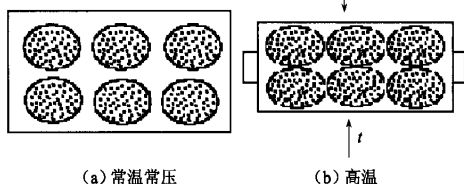


图 5 砂岩在温度作用下变形示意图

3 结论

在本文实验温度范围内,砂岩渗透率均随温度升高而降低。原因是砂岩在受热过程中除了出现矿物脱水、粘土收缩降解外,岩石骨架颗粒也会膨胀变形,在岩芯内产生较大的热应力。最大热应力主要集中在颗粒棱角或微裂缝端部。岩石颗粒体积要增

大必然只能再降低孔隙空间及吼道,表现出渗透率的降低。

参 考 文 献

- [1] Brian Evans, Relations among porosity, permeability, and deformation in rocks at high temperatures[J]. Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, 1999, 9(13): 53-121.
- [2] Hettema M H H. Amicrostructural Analy Compaction of Claystone Aggregates at High Temperature [J]. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech, 2001, 12(1): 57-68.
- [3] 刘均荣,等. 温度对岩石渗透系数影响的实验研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2001, 25(4): 51-53.
- [4] Ganesh Narayanawamy,等. 非均质性非达西流动系数的影响[J]. 海洋石油, 2000, 10(4): 32-44.
- [5] 郝振良,等. 热应力作用下的有效压力对多孔介质渗透系数的影响[J]. 水动力学研究与展望, 2003, 18(6): 792-796.
- [6] 南建林. 混凝土的温度-应力耦合本构关系[J]. 清华大学学报, 1997, 37(6): 87-90.
- [7] 吴晓东,等. 岩石渗透率受热变化的实验研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999.
- [8] 梁冰. 岩石渗透率与温度关系的理论分析和试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 11(2): 2009-2012.

收稿日期: 2010-04-26