

别斯库都克露天矿火烧煤岩三轴抗剪特性实验研究

辛 智¹, 王振伟^{2,3}, 李秀春¹, 吕祥锋³

(1. 中国保利能源有限公司新疆分公司, 新疆 巴里坤 839200;

2. 中国煤炭科工集团沈阳研究院露天分院, 辽宁 抚顺 113122; 3. 中国科学院力学研究所, 北京 100190)

摘 要 煤岩体均处在三维应力状态下, 剪切破坏特征与其受力情况有着密切的关系, 开展三轴条件下煤岩体抗剪特性研究非常重要。以新疆别斯库都克露天煤矿火烧区火烧蚀煤岩为例, 实验室加工火烧蚀煤岩型煤, 进行三轴条件下的抗剪强度特性实验, 得到三轴应力条件下的试样应力-应变关系曲线和抗剪强度包络线, 实验结果可为新疆别斯库都克露天煤矿火烧区边坡煤岩体的稳定分析提供有力依据。

关键词 三维应力; 露天煤矿; 火烧蚀煤岩; 抗剪特性

中图分类号 : TU 45

文献标识码 : B

文章编号 : 1671 - 9816 (2013) 07 - 0047 - 03

1 引 言

煤岩体的基本问题之一是关于岩石的强度或破坏问题^[1]。在工程设计和岩土工程中常需要确定煤岩的强度, 或对其强度进行校核。极限应力圆包线能完整地描述煤岩在任何应力状态下的强度特征。在轴对称三轴压缩情况下, 强度极限^[2]随侧压力的增大而增大, 随着侧压力的增加, 强度的增长率逐渐变缓, 呈现出近似于抛物线的函数关系^[1]。煤岩体均处在三维应力状态下, 剪切破坏特征与其受力情况有着密切的关系, 开展三轴条件下煤岩体抗剪特性研究非常重要。

本文以新疆别斯库都克露天煤矿火烧区火烧蚀煤岩为例, 首先在实验室加工火烧蚀煤岩型煤, 再进行三轴条件下火烧蚀煤岩的抗剪强度特性实验, 得到三轴应力条件下的试样应力-应变关系曲线和抗剪强度^[3-4]包络线。实验结果旨在为新疆别斯库都克露天煤矿火烧区边坡煤岩体的稳定^[5]分析提供有力依据。

2 实验原理

2.1 实验条件及过程

三轴剪切实验的原理是在圆柱形试样上施加最大主应力(轴向压力) σ_1 和最小主应力(周围压力) σ_3 。固定其中之一(一般是 σ_3)不变, 改变另一个主应力, 使试样中的剪应力逐渐增大, 直至达到极限平衡而剪坏, 由此求出土岩的抗剪强度。三轴剪切实验仪见图 1, 火烧蚀煤岩试样见图 2。

收稿日期 2013-02-08

基金项目 : 国家自然科学基金面上项目(51274122)。

作者简介 : 辛 智(1974-), 男, 内蒙古赤峰人, 毕业于黑龙江矿业学院采矿工程系, 现在保利能源新疆分公司工作。

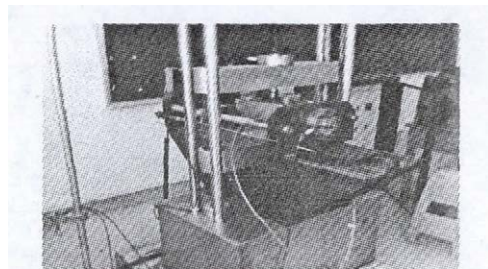


图 1 三轴剪切实验仪

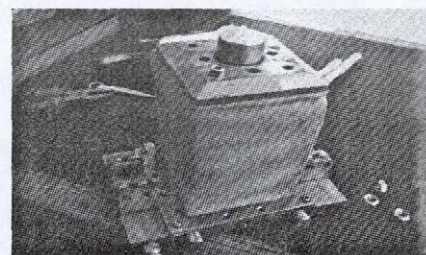


图 2 三轴剪切试样

三轴剪切实验仪由受压室、周围压力控制系统、轴向加压系统、孔隙水压力系统以及试样体积变化量测系统等组成。试样尺寸 : 120 mm × 120 mm, 允许最大粒径 3 ~ 4 mm。实验时, 将圆柱体土样用乳胶膜包裹, 固定在压力室内的底座上, 先向压力室内注入液体(一般为水), 使试样受到周围压力 σ_3 , 并使 σ_3 在实验过程中保持不变, 然后在压力室上端的活塞杆上施加垂直压力直至土样受剪破坏。

2.2 强度指标计算

设土样破坏时由活塞杆加在土样上的垂直压力为 $\Delta\sigma_1$, 则土样上的最大主应力为 $\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_1$, 而最小主应力为 σ_3 。由 σ_1 和 σ_3 可绘制出一个莫尔圆。

由于原状试样数量有限我们用同一种土制成 2 个土样, 按上述方法进行实验, 对每个土样施加不同

的周围压力 σ_3 , 可分别求得剪切破坏时对应的最大主应力 σ_1 , 将这些结果绘成一组莫尔圆。根据土的极限平衡条件可知, 通过这些莫尔圆的切点的直线就是土的抗剪强度线, 由此可得抗剪强度指标 C 、 φ 值。

将同一土样在不同应力条件下所测得的不少于 2 次的三轴剪切试样结果, 分别绘制应力圆, 从这些应力圆的包线即可求出抗剪强度指标。三轴实验基本原理见图 3。

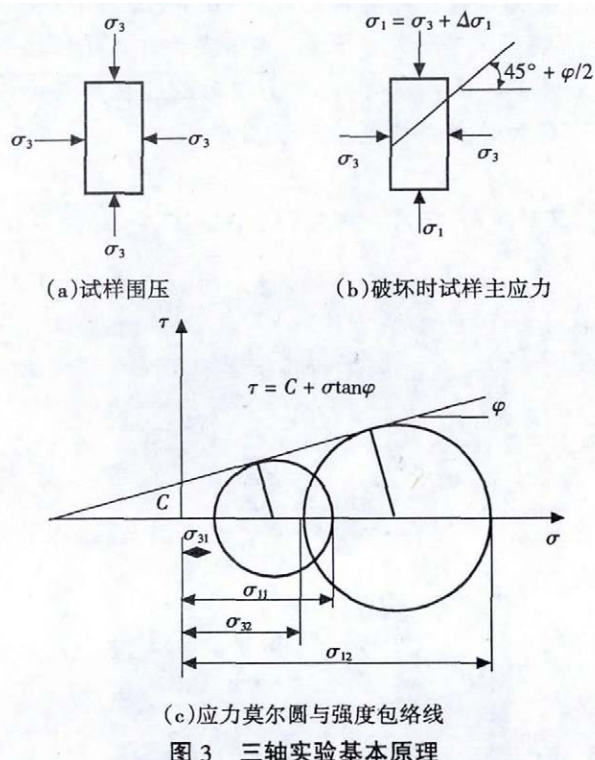


图 3 三轴实验基本原理

3 三轴抗剪特性实验分析

表 1 至表 3 给出了实验结果数据表, 通过实验数据结果可知, 试样粘聚力为 11 ~ 16.1 kPa, 内摩擦角为 9.5 ~ 15.6°, 不同试样测试所得数据变化幅值不大, 基本上一致。不同围压条件下的应力—应变关系可知, 随着应变的增加, 应力值首先呈现近似线性的增加, 当应变值继续增加时, 应力数值略有减缓, 呈现出近似抛物线形增加趋势, 随着应变数值的不断增大, 应力数值最后趋于平稳; 第 1 主应力和第 3 主应力变化规律具有一致性, 而不同的是第 1 主应力数值大于第 3 主应力数值; 根据不同的应力莫尔

表 1 试样 1 数据表

破坏围压 σ_3 /kPa	破坏轴压 σ_1 /kPa	主应力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ /kPa	粘聚力 C /kPa	内摩擦角 φ (°)
45.81	105.67	59.86		
60.2	143.52	83.32	12.1	15.6
148.5	288.56	140.06		

表 2 试样 2 数据表

破坏围压 σ_3 /kPa	破坏轴压 σ_1 /kPa	主应力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ /kPa	粘聚力 C /kPa	内摩擦角 φ (°)
45.4	108.44	63.04		
93.56	157.14	63.58	16.1	9.5
151.59	253.87	102.28		

表 3 试样 3 数据表

破坏围压 σ_3 /kPa	破坏轴压 σ_1 /kPa	主应力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ /kPa	粘聚力 C /kPa	内摩擦角 φ (°)
45.92	108	62.08		
86.88	154.96	68.08	11	13.3
131.8	242.74	110.94		

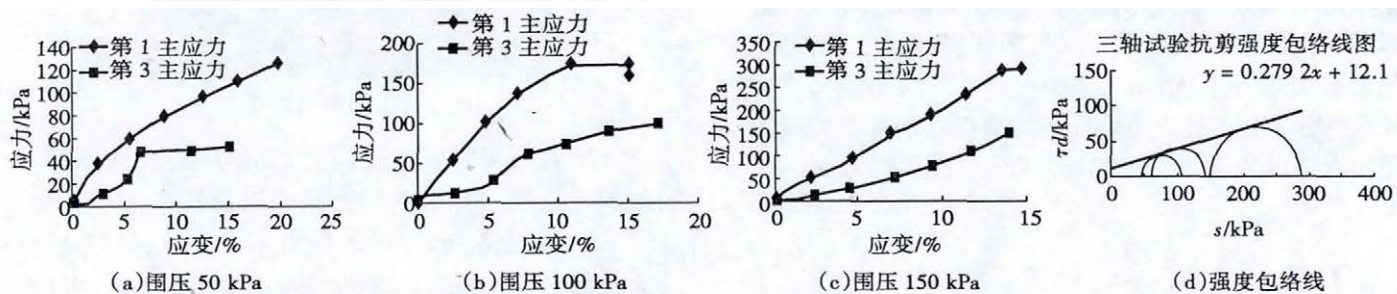


图 4 试样 1 实验结果

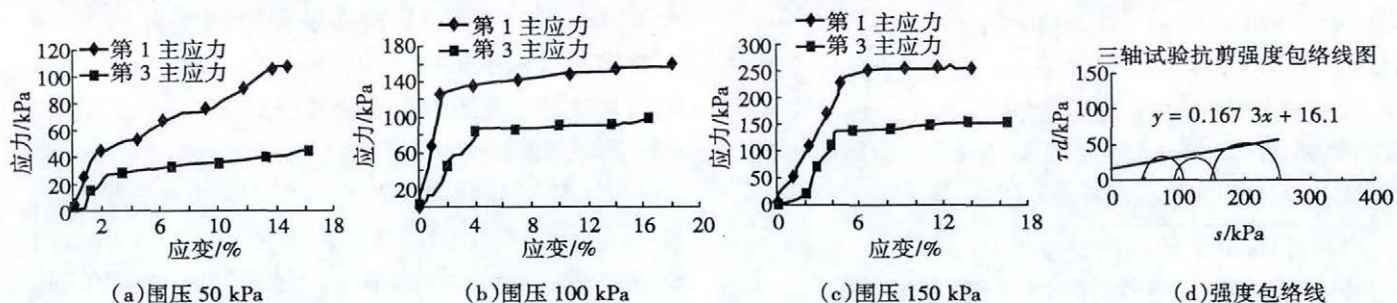


图 5 试样 2 实验结果

(下转第 50 页)

一切老地层之上。

4 疏干井缩径解决方法

如何在泥岩层施工疏干井，解决缩径这一难题，大家经过详细分析研究，一致认为孔壁缩径造成的原因有以下 2 个方面：首先在水敏性极强的泥岩层钻进，使用的泥浆失水量过大，致使水的浸泡使岩石发生膨胀引起缩径；其次是操作技术的选择。找到了缩径的原因，组织技术人员用不同类型不同配方的泥浆进行了多次浸泡实验，终于找出了解决问题的方法。

具体实施方案：

疏干井施工到泥岩层时，对泥浆进行严格配制，粘土选用钠基膨润土，预先在水中浸泡 4 h，按计算量加入氢氧化钠，均匀搅拌，在搅拌过程中逐步加入抑制水化、膨胀的离子，如钙离子、钠离子、聚丙烯酰胺分子。例如我们在泥浆中加入一定比例的生石灰，大粒食盐，配置失水量低、粘度和比重稍高的泥浆，降低泥浆的失水量。因为降低泥浆的失水量可以减少渗入孔壁的自由水，不致因水的浸泡、湿润削弱岩石的联结力，同时失水量小的泥浆在孔壁上形成的泥皮薄而坚韧，对孔壁具有很好的保护作用，泥浆控

(上接第 48 页)

圆可得到抗剪强度包络线，3 个试样所得的强度包络线斜率也较一致。实验结果可为不同条件下煤岩体抗剪强度值的确定提供有力参考。

4 结 语

1)通过实验数据结果可知，试样粘聚力为 11 ~ 16.1 kPa，内摩擦角为 9.5 ~ 15.6°，不同试样测试所得数据变化幅值不大，基本上一致。

2)随着应变的增加，应力值首先呈现近似线性的增加，当应变值继续增加时，应力数值略有减缓，呈现出近似抛物线形增加趋势，随着应变数值的不断增大，应力数值最后趋于平稳，见图 4-图 6。

3)第 1 主应力和第 3 主应力变化规律具有一致

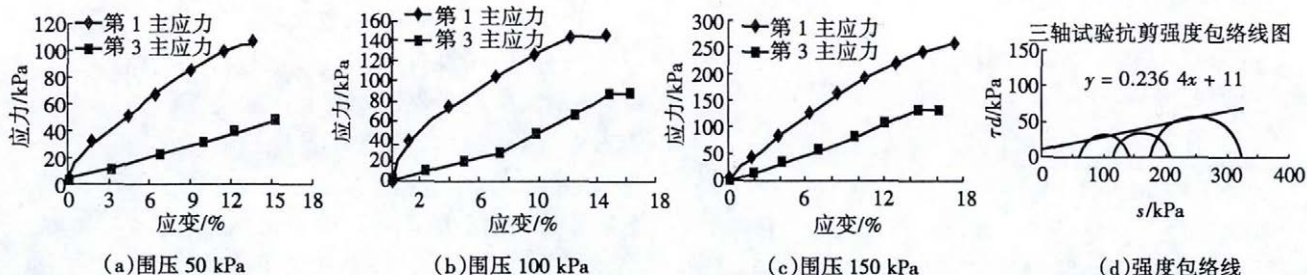


图 6 试样 3 实验结果

制在 10 mL/30 min。另外提高泥浆的比重可以增加泥浆柱对孔壁的压力，有利于孔壁岩石稳定。

成井后，适当降低孔内泥浆浓度，同时要保证泥浆浓度合理。因为太粘不利于下管，太稀容易造成上部流沙层坍塌。在下管前 1 h，开始提升孔内钻具，每提一根钻具时，要反复上下回探，有障碍时，钻机重新对上主动钻杆进行缓慢扫钻，扫除孔壁障碍物，以此类推。

通过采取以上两项措施，使孔内缩径程度控制在下管允许范围内，从而解决了疏干井缩径这一难题。

5 结 语

在实际生产中，要勇于打破原有的习惯性思维、传统性思维的条条框框，敢于想象、敢于探索新技术的应用。要善于掌握新技术，善于学习、创新，并且在工作中学会反思，从中学会积累，逐步获得自己专业成长的经验。在应用创新方面通过开放创新、共同创新平台，形成技术进步和应用创新的双轮驱动，解决生产中出现的一系列难题。

参考文献：

[1]胡辰光. 钻探工程技术及标准规范实务全书[M]. 安徽文化音像出版社, 2003.

性，而不同的是第 1 主应力数值大于第 3 主应力数值，3 个试样所得的强度包络线斜率也较一致，实验结果可为别斯库都克露天煤矿不同条件下煤岩体抗剪强度值的确定提供有力参考。

参考文献：

[1]李雷, 陈尚星, 崔江利, 等. 岩石三轴抗剪强度的计算[J]. 华北水利水电学院学报, 2002, 23(4): 46-48.
 [2]魏汝龙, 张凌. 稳定分析中的强度指标问题[J]. 岩土工程学报, 1993, (5): 24-30.
 [3]王建国. 矿山边坡岩体力学试验与岩体、抗剪强度的确定[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993.
 [4]刘晶辉, 白富英, 陈雪松. 露天煤矿软弱夹层剪切强度特性分析[J]. 露天采矿技术, 1999, (1): 16-18.
 [5]黄昌乾, 丁恩保. 边坡稳定性评价结果的表达与边坡稳定判据[J]. 工程地质学报, 1997, 5(4): 375-380.