

Experimental Study on the Initial Stress Value of Borehole Stress Meter and Change of Surrounding Rock Stress

Shiying Zhong

Mining Engineering College, Guizhou Institute of Technology, Guiyang Guizhou
Email: 247651516@qq.com

Received: Aug. 1st, 2019; accepted: Aug. 16th, 2019; published: Aug. 23rd, 2019

Abstract

Aiming at the problems existing in the actual production and measurement process, in order to improve the monitoring accuracy of the borehole stress meter, the relationship between the initial stress value setting of the borehole stress meter and the stress change of surrounding rock was studied. The hydraulic borehole stress meter is used to simulate the relative stress value under the condition of different initial stress value, and the data were analyzed. It is concluded that the greater the initial stress value, the greater the corresponding stress value to the surrounding rock. Although the pressure difference between surrounding rock stress and borehole stress is normally increasing, the pressure difference and the linear ratio increase gradually. Coefficient of reference ranges between 1.15 and 1.4. The early coefficient is small. The late coefficient is bigger. By means of experimental study, the monitoring accuracy of relative stress of surrounding rock can be effectively improved.

Keywords

Borehole Stress Meter, Initial Stress, The Surrounding Rock Stress, The Relative Stress

关于钻孔应力计初始应力值与围岩应力变化的 试验研究

钟诗颖

贵州理工学院, 采矿工程学院, 贵州 贵阳
Email: 247651516@qq.com

收稿日期: 2019年8月1日; 录用日期: 2019年8月16日; 发布日期: 2019年8月23日

摘要

本文针对在实际生产及测量过程中存在的问题,为提高钻孔应力计监测精度,对钻孔应力计初始应力值设定与围岩应力变化关系进行试验研究。采用液压钻孔应力计模拟不同初始应力值的情况下的相对应力值,并对数据进行分析,得出当初始应力值设置越大,对应围岩应力数值越大,“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增,但两者压力差值与线性比值都逐渐增大,系数范围参考值在1.15~1.4之间,初期系数较小,后期系数变大。通过采取试验研究,能够有效的提高围岩相对应力的监测精度。

关键词

钻孔应力计, 初始应力, 围岩应力, 相对应力

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 矿井顶板事故也是频繁多发, 顶板事故多因顶板支护不及时、日常监测和巡视不到位引起的。在巷道支护中和日常监测中巷道围岩压力的测定也是至关重要的, 即能指导巷道的合理支护方法的选择, 又能在后期日常监测提供有力的依据。目前, 在巷道围岩压力测试技术上, 采用钻孔应力计较多[1]-[8], 宋维尧等[9]通过对KS-1型钻孔应力计的结构及原理进行分析, 并对使用方案和求值上进行详细论述, 通过现场实际应用, 测定出了掘进巷道前方的基准应力峰值位置在8 m处; 徐晓寒等[10]根据矿井的实际情况, 设计一种新型钻孔应力计, 通过现场应用及采动过程的数值模拟验证, 表明新型钻孔应力计可为巷道支护、维修等工作及预测冲击矿压等煤岩动力灾害提供可靠、准确的应力数据; 于正兴等[11]针对钻孔应力计在监测煤岩相对应力中存在的初始压力设置不合理、管线长度差异和煤岩提刚度不匹配等问题造成的测量误差, 进行了精度修正; 王凯等[12]利用钻孔应力计对超前支撑压力峰值、侧方支撑压力峰值的规律进行总结, 工作面随采动影响稳定以后, 煤柱侧巷帮煤体内会出现明显的分区; 吴建星等[13]在漳村煤矿2306工作面采用水力压裂联合监测煤体钻孔应力等技术, 对工作面的支撑压力, 围岩变形情况进行监测, 为水力压裂技术高效进展做出有意义的基础工作; 魏臻等[14]以钻孔应力计为基础手段对工作面回采超前压力的峰值及其影响范围进行监测, 并结合现场给出20 m宽煤柱的稳定弹性核区; 韩跃勇等[15]以济宁二号煤矿11302孤岛工作面为背景, 通过钻孔应力计监测等技术手段掌握了孤岛工作面回采过程中顶板活动规律及工作面超前应力变化情况。以上钻孔应力计的研究颇多, 但针对钻孔应力计在煤岩监测中存在初始压力设置不合理和煤岩体刚度不匹配的研究较少, 针对在实际生产及测量过程中存在的问题, 笔者通过现有的试验条件, 为提高钻孔应力计监测精度, 研究钻孔应力计初始应力值设定与围岩应力变化关系, 特进行试验研究。

2. 试验方案

目前钻孔应力计按数据的读取分为直读式和钢旋式, 本次试验通过查询原有的钻孔应力计特点, 利用现有装备, 根据其测量原理, 进行设计试验方案。

2.1. 试验器材

- 1) 钻孔应力计(油管长度 4 m), 见图 1;



Figure 1. The experiment equipment of bore-hole stress gauge

图 1. 钻孔应力计试验器材

- 2) YHY60 矿用本安型数字压力计(红外), 见表 1。

Table 1. The parameters of the manometer

表 1. 压力计参数

量程	(0~60) MPa	显示方式	LED 数字
监测通道	2 通道	工作电流	≤25 mA
精度	2.0 级	电源	DC6V

- 3) 手动油泵(2 台), 见表 2。

Table 2. The parameters of oil pump

表 2. 油泵参数

工作油压(MPa)	高压 65 低压 15	额定排量 (mL/per)	高压 23 低压 14
手摇力(N·m)	450~500	供油方式	单作用

- 4) 高压胶管($\Phi 10 \times 2$ m, 2 根)、三通阀、U 型卡。

- 5) 加压固定台(自制)。

2.2. 试验的影响因素

1) 试验系统中油脂压力受温度影响存在误差; 液压供给系统受设备影响存在精度误差(影响因素包括钻孔应力计油管长度、加压千斤顶及油囊质量等);

2) 试验系统中压力监测仪表监测值存在误差;

3) 加压固定台受力学性质无法真实模拟煤体应力变化, 存在误差。

3. 试验步骤

- 1) 在试验前, 试验装置要加最小的初始压力来检测整个装置的密封性, 检查液压系统是否漏油等;
- 2) 利用手动泵给固定台千斤顶持续加压模拟围岩应力变化, 首先加压至初始应力值 3 MPa 进行试验,

待稳定后,开始加压,完成后,在将初始应力值设定为 5 MPa 进行试验,来了解钻孔应力计不同初始应力值状态下的应力变化特征;

3) 通过 YHY60 矿用本安型双通道数字压力计(红外)实施存储数据(5 秒/次),对数据进行分析来判断不同初始应力值状态下的线性变化趋势。共计试验 6 次,3 MPa、5 MPa 初始应力值各 3 次。

4. 试验结果及分析

4.1. 试验结果

1) 钻孔应力计给定初始应力值 3 MPa,第一次试验,见图 2,分析可知,钻孔应力计初始应力值设定到 2.9 MPa 时,反作用于“围岩”应力为 2.8 MPa,此时钻孔应力与“围岩”应力接近平衡值,差值 0.1 MPa,线性比为 1:0.9655;随着“围岩应力”持续升高,钻孔应力值变化趋势变缓,“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增,但两者压力差值与线性比逐渐增大;对此次数据后台计算得知,“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值平均为 5.2 MPa,线性比平均为 136.47%。

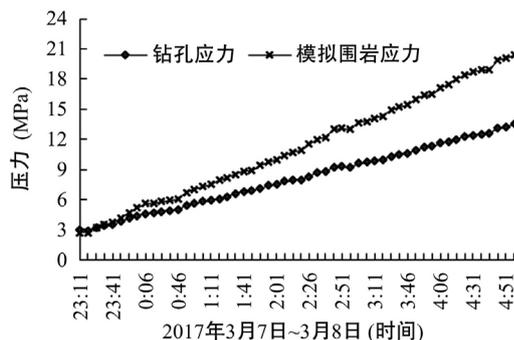


Figure 2. The first experiment with a given initial stress of 3 MPa

图 2. 给定初始应力值 3 MPa 第一次试验

初始压力设置 3 MPa 第二次试验见图 3,分析可知,钻孔应力计初始应力值设定到 3 MPa 时,反作用于“围岩”应力为 2.5 MPa,此时使用手动泵对液压千斤顶加压模拟围岩应力变化,当围岩应力达到 3.8 MPa 时,此时钻孔应力与之达到平衡值,线性比为 1:1;随着“围岩应力”持续升高,钻孔应力值变化趋势变缓,“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增,但两者压力差值与线性比逐渐增大;对此次数据后台计算得知,“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值平均为 4.94 MPa,线性比平均为 133.66%。

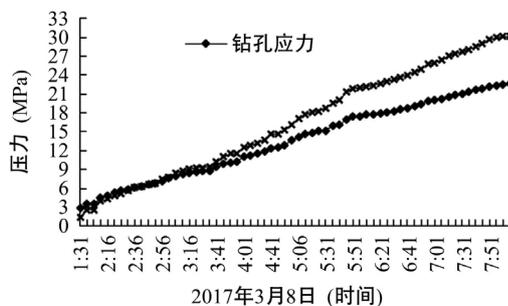


Figure 3. The second experiment with a given initial stress of 3 MPa

图 3. 给定初始应力值 3 MPa 第二次试验

初始压力设置 3 MPa 第三次试验见图 4, 分析可知, 钻孔应力计初始应力值设定到 3 MPa 时, 反作用于“围岩”应力为 2.6 MPa, 此时使用手动泵对液压千斤顶加压模拟围岩应力变化, 当围岩应力达到 3.8 MPa 时, 此时钻孔应力与之达到平衡值, 线性比为 1:1; 随着“围岩应力”持续升高, 钻孔应力值变化趋势变缓, “围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增, 但两者压力差值与线性比逐渐增大; 对此次数据后台计算得知, “围岩应力”与钻孔应力两者压力差值平均为 4.21 MPa, 线性比平均为 127.06%。

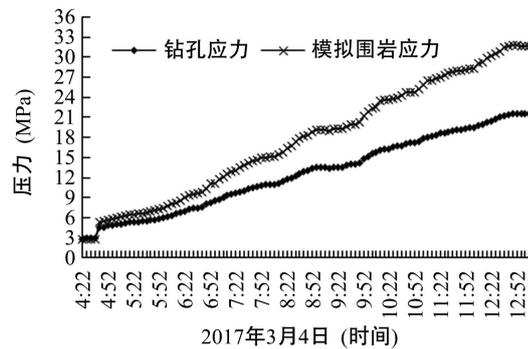


Figure 4. The third experiment with a given initial stress of 3 MPa

图 4. 给定初始应力值 3 MPa 第三次试验

2) 钻孔应力计给定初始应力值 5 MPa 第一次试验见图 5, 分析可知, 钻孔应力计初始应力值设定到 5 MPa 时, 反作用于“围岩”应力为 5.2 MPa, 此时钻孔应力与“围岩”应力接近平衡值, 差值 0.2 MPa, 线性比为 1:1.04; 随着“围岩应力”持续升高, 钻孔应力值变化趋势变缓, “围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增, 但两者压力差值与线性比逐渐增大; 对此次数据后台计算得知, “围岩应力”与钻孔应力两者压力差值平均为 5.72 MPa, 线性比平均为 121.12%。

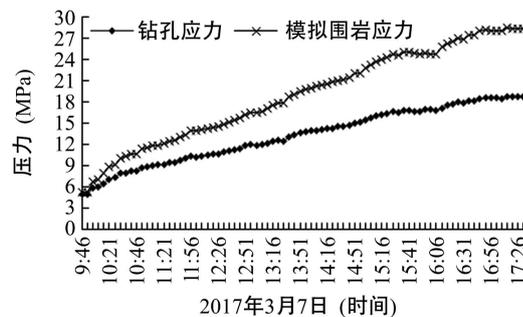


Figure 5. The first experiment with a given initial stress of 5 MPa

图 5. 给定初始应力值 5 MPa 第一次试验

初始压力设置 5 MPa 第二次试验见图 6, 分析可知, 钻孔应力计初始应力值设定到 4.9 MPa 时, 反作用于“围岩”应力为 2.8 MPa, 此时使用手动泵对液压千斤顶加压模拟围岩应力变化, 当围岩应力达到 7 MPa 时, 此时钻孔应力与之接近平衡值, 差值 0.1 MPa, 线性比为 1:0.9859; 随着“围岩应力”持续升高, 钻孔应力值变化趋势变缓, “围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增, 但两者压力差值与线性比逐渐增大; 对此次数据后台计算得知, “围岩应力”与钻孔应力两者压力差值平均为 4.02 MPa, 线性比平均为 122.96%。

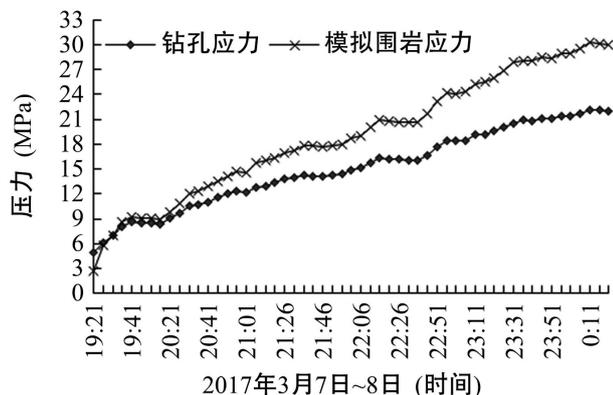


Figure 6. The second experiment with a given initial stress of 5 MPa

图 6. 给定初始应力值 5 MPa 第二次试验

初始压力设置 5 MPa 第三次试验见图 7，分析可知，钻孔应力计初始应力值设定到 5 MPa 时，反作用于“围岩”应力为 4.6 MPa，此时使用手动泵对液压千斤顶加压模拟围岩应力变化，当围岩应力达到 5.1~5.5 MPa 时，此时钻孔应力与之接近平衡值，差值 0.1 MPa，线性比为 1:0.9808；随着“围岩应力”持续升高，钻孔应力值变化趋势变缓，“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增，但两者压力差值与线性比逐渐增大；对此次数据后台计算得知，“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值平均为 4.08 MPa，线性比平均为 126.89%。

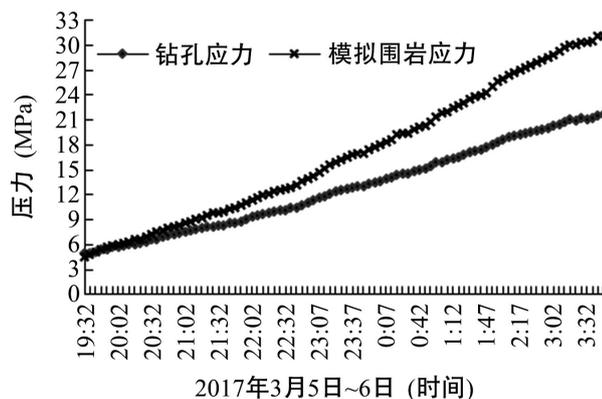


Figure 7. The third experiment with a given initial stress of 5 MPa

图 7. 给定初始应力值 5 MPa 第三次试验

4.2. 结果分析

通过 3 MPa、5 MPa 的初始应力设置的试验分析，数据见表 3。当初始应力值设置越大，对应围岩应力数值越大，矿井现场安设时，钻孔应力计能更好的切合媒体原应力；初始应力值设定后，随“动压”影响，“围岩应力”持续升高，“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增，但两者压力差值与线性比值都逐渐增大，3 MPa 比 5 MPa 压力差平均值及线性比平均值较小，可见钻孔应力计初始值设置 3 MPa 时较 5 MPa 对“动压显现”反应较弱；初始应力值设定后，对比钻孔应力计与“围岩应力”线性比趋于平均值时各应力数值，可见钻孔应力计初始值设置 5 MPa 比 3 MPa 时各应力数值较高，线性系数初期误差影响较小。

Table 3. Experimental data with initial stress of 3 MPa and 5 MPa
表 3. 初始应力值 3 MPa 与 5 MPa 试验数据表

初始应力值 (MPa)	试验次序	初始值对应围岩应力 (MPa)	压力差平均值 %	线性比平均值 %	线性比变化趋于平均值时各应力数值	
					钻孔应力(MPa)	围岩应力 (MPa)
3	1	2.8	5.2	136.47	9.9	13.5
	2	2.5	4.94	133.66	10	13.3
	3	2.6	4.21	127.06	10	12.7
	平均	2.4	4.09	129.04	9.84	12.58
5	1	5.2	5.72	140.32	12.2	17.1
	2	2.8	4.02	122.96	13.8	16.9
	3	4.6	4.08	126.89	11.6	14.7
	平均	4.35	4.698	132.52	12.275	16

通过此次试验,可见随着“围岩应力”持续升高,钻孔应力值变化趋势变缓,钻孔应力计并不能真实反映“围岩”的实际应力,随“围岩应力”数值增大,钻孔应力传感器灵敏度降低,两者应当存在压力传感系数,结合多次试验数据,此系数范围参考值在 1.15~1.4 之间,初期系数较小,后期系数变大;矿井现场使用钻孔应力计监测围岩应力时,应当充分考虑此系数影响因素,避免监测数据与现场存在差异,影响安全生产。

5. 结论

1) 钻孔应力计可更好的切合煤体原应力,随“动压”影响作用下,“围岩应力”持续升高,“围岩应力”与钻孔应力两者压力差值虽然成正态递增,但两者压力差值与线性比值都逐渐增大,在压力差平均值及线性比平均值方面上 3 MPa 均小于 5 MPa,侧面反映出钻孔应力计初始值设置 3 MPa 时较 5 MPa 对“动压显现”反应较弱。

2) 通过对比钻孔应力计与“围岩应力”线性比趋于平均值时各应力数值条件,表明钻孔应力计初始值设置 5 MPa 比 3 MPa 时各应力数值较高,线性系数初期误差影响较小。

3) 随“围岩应力”持续升高,钻孔应力值变化趋势变缓,钻孔应力计无法真实反映“围岩”的实际应力,随“围岩应力”数值增大,钻孔应力传感器灵敏度将降低,两者应当存在压力传感系数转换,通过海量试验数据计算,此系数范围参考值在 1.15~1.4 间,并且存在初期系数较小、后期系数变大的规律。

参考文献

- [1] 王平,姜福兴,王存文,等.冲击地压的应力增量预报方法[J].煤炭学报,2010,35(8):5-9.
- [2] 张文.深部厚煤层综放面支承压力规律及小煤柱应力观测研究[J].煤,2018,27(1):16-20.
- [3] 王英德,于立军,金思德,等.南屯矿钢弦钻孔应力计监测在冲击地压防治中的应用[J].中国煤炭,2009,36(6):55-56.
- [4] 崔晓晖.孤岛综放面穿越顶分层煤柱区煤体应力变化规律[J].煤矿开采,2005,10(1):76-78.
- [5] 邢晓鹏.基于光纤光栅钻孔应力计的巷道围岩采动应力监测系统开发与应用[D]:[硕士学位论文].徐州:中国矿业大学,2017.
- [6] 佚名.应力监测钻孔合理尺寸及其影响因素[J].金属矿山,2015,44(6):48-51.

- [7] 窦林名, 赵从国, 杨思光, 等. 煤矿开采冲击地压灾害防治[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006.
- [8] 张峰, 刘学生, 段化超. 浅埋煤层软岩顶板巷道支护参数优化[J]. 煤矿安全, 2014, 45(4): 180-182, 186.
- [9] 宋维尧, 张正凯. KS-1 型钻孔应力计的原理及其应用[J]. 煤炭科学技术, 1990(5): 12-14.
- [10] 徐晓寒, 徐文权. 新型钻孔应力计研制及现场应用[J]. 陕西煤炭, 2012, 31(2): 77-78.
- [11] 于正兴, 姜福兴, 等. 提高钻孔应力计监测煤岩应力的精度试验[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(11): 53-55.
- [12] 王凯, 杨双锁. 浅埋两硬煤层综放面支承压分布规律研究[J]. 煤矿开采, 2014(3): 108-110.
- [13] 吴建星. 水力压裂控制综放工作面初次垮顶试验研究[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(8): 91-95.
- [14] 魏臻, 李晋平, 何富连, 等. 综放面单侧采空煤柱稳定性研究及实测[J]. 矿业科学学报, 2017(4): 69-76.
- [15] 韩跃勇. 孤岛工作面回采期间的矿压显现规律研究[J]. 煤矿现代化, 2015(4): 77-78.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org