

文章编号: 1000-7598 (2009) 增刊 2-0072-07

卵砾石层大断面斜井井筒支护方法现场试验研究

牛学超¹, 杨仁树², 孙忠辉^{2,3}, 刘成良³, 董聚才²

(1.北京工业职业技术学院 建筑工程系, 北京 100042; 2.中国矿业大学 力学与建筑工程学院, 北京 100083;
3.新疆矿业集团有限责任公司 伊犁一矿项目部, 新疆 伊宁 835300)

摘 要:我国缺少在巨厚卵砾石层中采用普通施工方法掘进煤矿斜井井筒的成熟支护经验。结合伊犁一矿材料斜井和回风斜井的施工过程, 设计了现场支护试验方案, 对不含水和含水卵砾石层大断面斜井井筒的多种支护方法进行了试验。研究结果表明, 含水与不含水卵砾石层斜井井筒相比, 其支架变形量和支护难度显著变大; 架棚临时支护结合钢筋混凝土永久井壁支护是不含水卵砾石层大断面斜井井筒有效的支护方法; 含水卵砾石层地压显现明显, 采用超前支护、架棚临时支护和钢筋混凝土永久井壁支护相结合的方法可以实现围岩稳定。由试验推断, 库仑和太沙基土压力理论用于计算卵砾石层围岩压力误差显著。

关 键 词: 卵砾石层; 斜井井筒; 支护; 现场试验

中图分类号: TD 470

文献标识码: A

Field test study of methods for supporting large-section inclined shaft in gravel layer

NIU Xue-chao¹, YANG Ren-shu², SUN Zhong-hui^{2,3}, LIU Cheng-liang³, DONG Ju-cai²

(1.Department of Architecture Engineering, Beijing Polytechnic College, Beijing 100042, China; 2.School of Mechanics and Civil Engineering; China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China; 3.Yili Yikuang Project Department, Xinwen Miming Group Corp., Yining 835300, China)

Abstract: China lacks construction experiences with common methods in inclined mine shaft of thick gravel layer. Combined with construction practices of the first inclined mines of Cailiao and Huifeng in Yili coal mine, the supporting programme is designed and quite a few supporting trials have been studied due to abundant water and non-aqueous sites. According to the field test results, the deformation of trestle gets larger and it is more difficulty to support in the abundant water site; The temporary support of beam joined with reinforced concrete is an effective method to support the large section inclined shaft in non-aqueous gravel layer. The deformation and the pressure grow rapidly while the shaft is in the abundant water gravel; it is proved that forepoling supporting together with the temporary support and reinforced concrete can control the surrounding's deformation and keep its stability. It is inferred by site test results that significant errors might occur when it is applied to calculating the pressure of gravel layer surrounding by Terzaghi and Coulomb earth pressure theory.

Key words: gravel layer; inclined mine shaft; supporting; field tests

1 引 言

新疆的煤炭资源占我国预计煤炭总量的 40 % 以上^[1], 在实施西部大开发战略过程中, 开采新疆的煤炭资源占有极其重要的地位。然而, 与我国东部矿区不同, 新疆等西部部分地区第四系地层中含有巨厚卵砾石层。中煤第五建设公司第一工程处在洪山煤矿主斜井施工过程中曾经遇到过厚度为 6.76 m 的砾石层并成功穿越^[2]。但在我国煤矿建设行业,

还没有成熟的卵砾石层井巷施工经验。特别是对于复杂地质条件下的巨厚卵砾石层支护技术, 迫切需要深入研究。目前, 工程类比法被广泛地应用于井巷支护设计^[3-4], 有必要对卵砾石层大断面斜井井筒进行现场支护试验, 以便作为类似工程地质条件的井筒支护设计参考。新疆伊犁一矿是伊犁地区第一对大型煤矿, 煤系地层上方覆盖有巨厚卵砾石层, 先期施工的材料井和回风井采用斜井开拓方式。这两个井筒是目前我国穿越卵砾石地层长度最大的大

收稿日期: 2009-08-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 50774086); 北京市教育委员会科技发展计划面上项目(KM 200700003003)。

第一作者简介: 牛学超, 男, 1964 年生, 博士, 教授, 主要从事煤矿井巷稳定性研究。E-mail: nxcbj@163.com

断面斜井井筒, 煤矿建井工程缺少该条件下的支护经验。因而, 选择伊犁一矿作为支护试验现场。试验之前曾经完成部分井筒稳定性数值模拟计算, 但由于计算参数选取困难, 其计算结果只能作为指导施工的一般性参考。

本次现场试验的目的是探索我国西部典型卵砾石层大断面斜井井筒围岩稳定规律和支护技术。具体为, 试验稳定性不同的卵砾石层围岩有效支护方法, 找出地层条件相同而断面不同斜井井筒支护难度的差异, 发现含水卵砾石层斜井井筒地压显现特点。由于两个井筒具有断面大、穿越卵砾石层厚、富含地下水等特点, 试验结论对西部煤矿建设具有重要的参考意义。

2 试验井筒概况

新疆伊犁一矿位于新疆伊犁察布查尔锡伯自治县境内, 材料斜井和回风斜井两个井筒位于矿区南部边界, 相距 110 m。井筒穿过的地层分别为表土层 5 m、卵砾石层 51.30 m、砾岩层 2.60 m, 其下为基岩与煤层。其中表土层主要成分为石灰岩砾, 呈灰白色, 已严重风化; 卵砾石层的特点为杂色、成分复杂, 以石灰砾岩、花岗砾岩、火成砾岩为主, 次棱角状至次圆状, 分选性差, 砾径为 0.5~10 cm 不等, 最大者大于 20 cm, 呈松散状, 取芯困难, 采取率低; 砾石岩特点为岩芯完整、杂色, 钙质胶结、坚硬, 砾石成分以石灰岩砾、花岗岩砾、变质岩砾为主, 砾径一般为 1~3 cm, 最大者大于 10 cm, 局部可见溶蚀坑, 偶见方解石发育。根据现场和室内试验, 卵砾石层 $f_{ak}=500$ kPa, $E_0=35$ MPa。卵砾石载荷试验比例极限时的变形模量为 19.89~49.28 MPa, 承载力在 0.36~8 MPa 之间。抗剪强度指标 f 建议值为 0.5~0.55, 岩组中细粒含量较高, 水下饱水状态时有工程失稳危险。内摩擦角 φ 的范围在 40°~70°。个别地层富水, 富水地层有间隔性, 另外, 在井筒垂深 46 m 处有含水砂层。

伊犁一矿材料斜井井筒斜长为 355 m, 其中卵砾石层地段长度约为 334 m, 倾角为 16°; 半圆拱形, 井筒掘进断面 $S_{掘}=22$ m², 净断面 $S_{净}=15.6$ m²。回风斜井井筒斜长为 370 m, 其中卵砾石表土层段斜长为 297 m, 倾角为 17.5°; 半圆拱形, 掘进断面为 37 m², 净断面为 27.30 m²。支护试验选择在卵砾石层井筒段。

3 支护试验设计

试验材料斜井井筒净宽为 4 500 mm, 掘进宽度

为 5 400 mm; 掘进高度为 4 600 mm, 其中墙高为 1 900 mm, 拱高为 2 700 mm, 永久支护井壁厚度为 450 mm。回风井净宽为 6 000 mm, 掘进宽度为 7 000 mm; 掘进高度为 6 000 mm, 其中墙高为 2 300 mm, 拱高为 3 000 mm, 永久支护井壁厚度为 500 mm。

井筒的临时支护和永久支护与井筒开挖方式保持一致。试验前对卵砾石地层围岩物理力学性质进行了必要的原位试验和室内试验, 依据支护理论并通过综合论证^[5-7], 提出了 3 套支护设计方案。由于开始试验时对卵砾石层斜井井筒围岩的稳定性缺少可靠的判断依据, 因而采取了循序渐进的支护方式。初期导洞掘进, 分区开挖。视围岩变形情况, 逐渐过渡到台阶开挖, 以达到安全、高效的目的。支护试验设计方案如下:

(1) 短段掘砌支护

井筒完成明槽开挖以后, 首先采取导洞掘进、短段掘砌的支护方式。先开挖材料斜井井筒左右侧导洞, 及时永久支护, 再开挖拱部导洞, 及时永久支护。循环进尺为 1.0~1.5 m。密切注意围岩的变形, 初步了解围岩的稳定状况。

永久支护: 支护材料为钢筋混凝土, 直墙半圆拱形, 混凝土厚度为 450 mm, 强度为 C30。

(2) 临时支护+永久支护

围岩稳定条件下采取该种支护方式, 具体方法如下。

①临时支护: U25 型钢支架, 间距为 0.5~1.0 m。喷浆标号为 C20, 架棚前喷浆厚度为 30 mm。

②永久支护长度不超过 30 m。支护材料、规格及混凝土强度与方案 (1) 相同。

(3) 超前支护+临时支护+永久支护

当围岩稳定性差时, 采取该种支护方式^[7-8]。根据围岩的稳定状况, 其支护方式又分为以下 3 种:

①围岩较稳定

超前支护: 锚杆支护, 锚杆的规格类型为直径×长度为 $\phi 43$ mm×1 800 mm, 管缝式, 锚杆间距为 300~500 mm。

临时支护: U25 型钢支架, 间距为 0.5~1.0 m。喷浆标号为 C20, 喷层厚度为 30 mm。

永久支护: 临时支护长度不超过 20 m。支护材料、规格及混凝土强度与方案 (1) 相同。

②围岩不稳定

超前支护: 小短管支护, 短管规格为直径×长度为 $\phi 30$ mm×4 000 mm, 间距为 300 mm, 拱部布置。

临时支护: U25 型钢半圆拱支架, 间距为 0.5~

1.0 m。喷浆标号为 C20，初喷厚度为 30 mm，复喷厚度至与 U 型钢外表面平齐。

永久支护：临时支护长度不超过 20 m。支护材料、规格及混凝土强度与方案（1）相同。

③围岩极不稳定

超前支护：管棚支护，管棚规格为直径×长度为 $\phi 90 \text{ mm} \times 9\,000 \text{ mm}$ ，间距为 300 mm，拱部布置。

临时支护：U25 半圆拱支架，间距为 0.5~1.0 m；挂网长×宽为 6 500 mm×1 000 mm，网格长×宽为 80 mm×80 mm；喷浆标号为 C20，初喷厚度为 30 mm，复喷厚度至与 U 型钢外表面平齐。

永久支护：临时支护长度不超过 2 根管棚的长度。支护材料、规格及混凝土强度与方案（1）相同。

上述支护设计试验方案中，材料井断面小，临时支护参数间距取大值；回风井断面大，临时支护参数间距取小值。

4 支护实践过程

由于没有可供参考的巨厚卵砾石层大断面斜井井筒支护经验，支护试验首先考虑工程安全，因而采取了“安全第一，加强测试，循序渐进，改进技术，逐步完善”的施工和试验原则。材料井先施工，回风井滞后材料井半个月开工，以便利用材料井试验结果指导回风井施工。这里重点介绍材料井的支护试验过程。

试验首先在距离井口 56 m 的材料井井筒中进行，该段卵砾石地层无明显涌水和渗水，采取分区开挖、短段掘砌的施工方法。以拱基线和井筒中线为分界线，将井筒断面分成 4 个区域。施工顺序为：开挖左边墙部位导洞→完成钢筋混凝土井壁支护→开挖右边墙部位导洞→完成钢筋混凝土永久井壁支护→开挖左侧拱部→左侧半拱永久支护→开挖右侧拱部→右侧半拱永久支护。采用这种方法施工材料斜井井筒 10 m，历时 19 d。施工中发现卵砾石层较为稳定，裸露导洞没有明显变形，为采用其他类型支护试验积累了经验。

材料井完成 10 m 的短段掘砌支护试验以后，为了加快施工速度，确定实施台阶法掘进。支护选择第 3 方案的第 1 种支护方法，即较稳定围岩支护方案——超前支护+临时支护+永久支护。在超前支护的保护下掘进并临时支护，当完成上台阶 5~6 m 的临时支护之后，随后开挖下台阶，架设左边墙棚腿，再架设右边墙棚腿。超前支护锚杆参数与设计参数相同，钻头直径为 $\phi 42 \text{ mm}$ 。锚杆接茬重复部分不小于 400 mm。U25 型钢临时支护支架排距为

500~1 000 mm，根据施工时地压和围岩的松散状况选取适当的数值，松散程度严重时选小值，松散程度不太严重时选大值。钢筋混凝土预制板作为 U 型钢的背板，长度和棚间距相适应。锚杆超前支护试验井筒 20 m，开挖后立即进行围岩变形量的测试，因为永久支护后无法再进行临时支护巷道变形量的测量，所以测试工作均在永久支护前完成。临时支护完成后设置两个测站，在距离井口 73.5 m 和 83 m 处分别设置 1 号测站和 2 号测站，相应的井筒变形测试结果如表 1 和表 2 所示。

表 1 1#测点井筒表面位移测试结果
Table 1 Displacement results of shaft surface in observation station #1

测试日期 /年-月-日	累计天数 /d	顶底距离 /mm	顶底收敛 /mm	两帮距离 /mm	两帮收敛 /mm
2007-08-01	0	4 630	0	5 440	0
2007-08-03	2	4 625	5	5 434	6
2007-08-05	4	4 617	8	5 432	2
2007-08-08	7	4 602	15	5 427	5
2007-08-13	12	4 590	12	5 429	-2
2007-08-17	16	4 581	9	5 422	7
2007-08-21	20	4 570	11	5 418	4
2007-08-25	24	4 563	7	5 412	6

表 2 2#测点井筒表面位移测试结果
Table 2 Displacement results of Shaft Surface in observation station #2

测试日期 /年-月-日	累计天数 /d	顶底距离 /mm	顶底收敛 /mm	两帮距离 /mm	两帮收敛 /mm
2007-08-16	0	4 650	0	5 510	0
2007-08-17	1	4 638	12	5 507	3
2007-08-19	3	4 629	9	5 494	13
2007-08-21	5	4 631	-2	5 486	8
2007-08-23	7	4 614	17	5 475	11
2007-08-25	9	4 606	8	5 469	6

由表 1、2 可见，有锚杆超前支护段且无水条件下，斜井井筒总体变形量不大，初步判定卵砾石围岩属于压实卵砾石层，稳定性较好。同时考虑到在卵砾石层中打眼困难，开始试验不做超前支护的方案，即第 2 设计方案。施工至井筒斜长 113 m 处，发现支架变形较小，随后将 U25 支架改为 18#工字钢支架支护，直至材料井斜长 250 m 处，回风井斜长 228 m 处。其间，在材料井和回风井井筒中均设置 3 个测站，表 3~5 列出了材料井围岩变形测试结果。

材料井和回风井施工至井筒斜长 250 m 和 228 m 处先后遇到地层水，地层变为大量充填黏土的含水卵砾石层，围岩稳定性变得很差，支护方法不得不采用第 3 种试验支护设计方案的第 2 种方法，即

小短管超前支护，U25 半圆拱支架临时支护。同时，要保证临时支护的长度不大于 15 m，加强壁厚充填^[9]，及时完成永久支护。在材料井含水卵砾石施工段设置了 6[#]、7[#]和 8[#]测站，在回风井设置了 4[#]、5[#]和 6[#]测站。为了掌握含水黏土卵砾石层井筒变形规律，特别留出材料井 7[#]测站前后共 10 m 井筒不做永久支护，测试时间将近两个月。含水层其他测站随永久支护的进行停止数据采集，得到的数据相对较少。7[#]测站测试原始数据如表 6 所示。

表 3 3[#]测点井筒表面位移测试结果
Table 3 Displacement results of Shaft Surface in observation station #3

测试日期 /年-月-日	累计天数 /d	顶底距离 /mm	顶底收敛 /mm	两帮距离 /mm	两帮收敛 /mm
2007-08-30	0	4 550	0	5 440	0
2007-09-01	2	4 543	7	5 434	6
2007-09-05	6	4 535	8	5 425	9
2007-09-08	9	4 515	20	5 407	18
2007-09-11	12	4 504	11	5 388	19
2007-09-15	16	4 490	14	5 379	9
2007-09-19	20	4 480	10	5 361	18
2007-09-21	22	4 471	9	5 355	6

表 4 4[#]测点井筒表面位移测试结果
Table 4 Displacement results of Shaft Surface in observation station #4

测试日期 /年-月-日	累计天数 /d	顶底距离 /mm	顶底收敛 /mm	两帮距离 /mm	两帮收敛 /mm
2007-09-20	0	4 610	0	5 440	0
2007-09-22	2	4 610	0	5 438	2
2007-09-25	5	4 606	4	5 434	4
2007-09-28	9	4 588	18	5 418	16
2007-10-01	12	4 566	22	5 393	25
2007-10-06	17	4 549	17	5 373	20
2007-10-09	20	4 538	11	5 354	19
2007-10-11	22	4 539	-1	5 342	12
2007-10-14	25	4 511	28	5 318	24

表 5 5[#]测点井筒表面位移测试结果
Table 5 Displacement results of Shaft Surface in observation station #5

测试日期 /年-月-日	累计天数 /d	顶底距离 /mm	顶底收敛 /mm	两帮距离 /mm	两帮收敛 /mm
2007-10-20	0	4 640	0	5 440	0
2007-10-20	2	4 635	5	5 438	2
2007-10-20	4	4 628	7	5 431	7
2007-10-20	9	4 616	12	5 415	16
2007-10-20	12	4 590	26	5 400	15
2007-10-20	18	4 577	13	5 371	29
2007-10-20	20	4 550	27	5 349	22
2007-10-20	22	4 538	12	5 331	18
2007-10-20	26	4 518	20	5 306	25

由于现场试验条件的限制，没有实现支护试验

方案 3 的第 3 种方法。井筒涌水量达到 12 m³/h 后，由于特殊原因，在回风井井筒中曾经采用 18[#]工字钢作为临时支护支架，连续出现 3 次井筒围岩失稳事故，对施工进度产生了一定的影响。最终，均是参照第 3 设计试验方案的第 2 种施工方法成功穿越含水不稳定地层。

由于篇幅所限，回风井无水卵砾石地层和有水卵砾石层井筒中分别布置的 3 个测站的测试数据不再详细列出。

表 6 7[#]测点井筒表面位移测试结果
Table 6 Displacement results of Shaft Surface in observation station #7

测试日期 /年-月-日	累计天数 /d	顶底距离 /mm	顶底收敛 /mm	两帮距离 /mm	两帮收敛 /mm
2008-01-10	0	4 570	0	5 450	0
2008-01-16	6	4 490	80	5 400	40
2008-01-23	13	4 450	40	5 330	40
2008-01-30	20	4 380	70	5 040	50
2008-02-08	29	4 330	50	4 990	50
2008-02-17	38	4 270	60	4 930	60
2008-02-23	44	4 220	50	4 870	60
2008-02-28	49	4 160	60	4 840	30
2008-03-04	54	4 130	30	4 810	30

5 试验结果分析

5.1 无水卵砾石地层大断面斜井井筒支护

现以材料井井筒支护试验为例加以分析。1[#]~5[#]测站均是在无水卵砾石层井筒中设置，图 1~5 是相应的井筒变形曲线。

由图 1~2 曲线可以看出，在浅部地层锚杆超前支护的井筒中，一个测试时间单元数据显示，1[#]测站代表围岩顶底板最大位移量的支架变形量约为 15 mm，两帮变形量约为 4 mm。20 余天的时间里，代表围岩顶底板和两帮变形的支架变形总量仅为 67 mm 和 28 mm。在一个测试时间单元中，2[#]测站顶底板最大变形量约为 14 mm，两帮位移量约为 19 mm。顶底板和两帮总位移量分别为 44 mm 和 41 mm。参照围岩变形量分类^[10]，该段井筒围岩基本属于Ⅲ类围岩。

3[#]~5[#]测站也是设置在无水卵砾石地层中，但是仅仅采取了临时支护+永久支护的支护方式，其围岩变形级别相差不多，现选择 5[#]测站代表围岩顶底板最大位移量的支架变形和变形速度加以说明。5[#]测站的收敛量如图 3 所示，其变形速度如图 4 所示。

由图 3 可以看出，在一个测试时间单元中，顶底板和两帮最大位移量均在 20~30 mm 之间，在

20 多天的测量过程中,斜井井筒顶底板最大移近量约为 122 mm,两帮移近量约为 134 mm 左右。

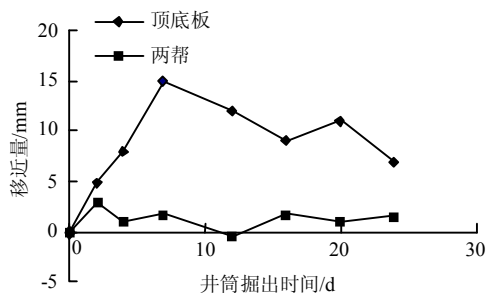


图 1 1#测站井筒周围围岩移近曲线

Fig 1 Convergence curves of wall rock around shaft of observation station #1

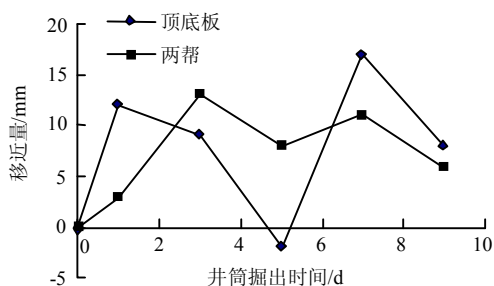


图 2 2#测站井筒周围围岩移近曲线

Fig 2 Convergence curves of wall rock around shaft of observation station #2

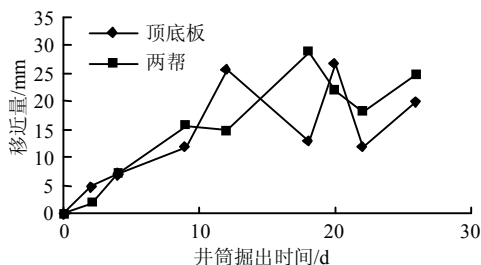


图 3 5#测站井筒周围围岩移近曲线

Fig 3 Convergence curves of wall rock around shaft of observation station #5

由图 4 可以看出,斜井井筒顶底板最大移近速度约为 13.5 mm/d,两帮移近速度约为 11 mm/d,平均移近速度均为 4.9 mm/d 左右。通过分析可知,该段卵砾石地层属于 IV 类围岩。

综合分析可以看出,在无水的卵砾石地层中,围岩的稳定状况较好,采用 18#矿用工字钢支架作为临时支护完全可以满足支护要求。支护试验中没有出现围岩失稳情况。个别井筒施工段,如在回风井 37 m²大断面井筒中,曾经有 2 m 裸露井筒,长达 8 h 没有支护,并未出现冒顶和片帮等事故。这一现象说明无水条件下大断面卵砾石斜井井筒具有

相当的稳定性。

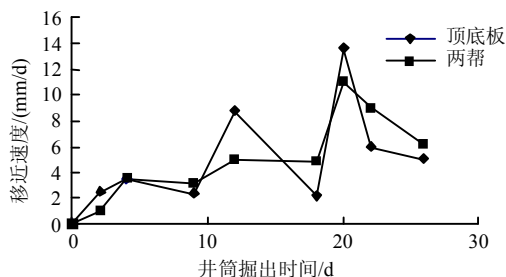


图 4 5#测站井筒周围围岩移近速度曲线

Fig 4 Convergence velocity curves of wall rock around shaft of observation station #5

试验中曾经根据支架参数,采用普氏理论、太沙基理论反演计算^[11],结果显示伊犁材料井卵砾石地层普氏系数竟高达 8 以上,强度达到中等强度岩石的级别,这显然与原位测试结果 f 值为 0.5~0.55 不符。卵砾石层斜井井筒数值计算参数合理取得深入研究。

5.2 有水卵砾石地层大断面斜井井筒支护

6#~8#测站是在材料井斜长 250 m 处遇到地层水以后设置的测点。其中 7#测站测试时间较长,该段围岩变形量和围岩移近速度如图 5 和图 6 所示。

从图 5 可以看出,在近 2 个月的测量过程中,一个测试时间单元内 7#测站顶底板和两帮最大移近量分别为 80 mm 和 60 mm,顶底板和两帮移近总量分别达到 440 mm 和 360 mm。按照围岩变形量分类,已经变成 V 类围岩。

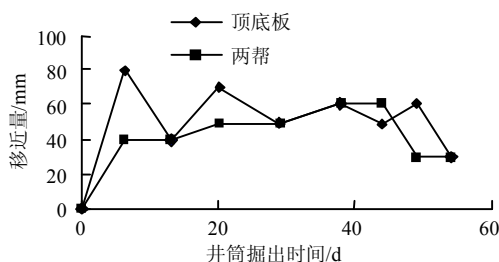


图 5 7#测站井筒周围围岩移近速度曲线

Fig 5 Convergence velocity curves of wall rock around shaft of observation station #7

由图 6 可以看出,井筒顶底板最大移近速度为 13.5 mm/d 左右,两帮移近速度为 11 mm/d 左右,平均移近速度分别为 8.5 mm/d 和 6.7 mm/d,由于测试时间较长,可见该段卵砾石井筒围岩具有一定的蠕变性。

在现场试验中发现,含水卵砾石地层斜井井筒围岩的地压较大,稳定性很差。施工过程中经常出

现片帮等事故。超前支护必须及时, 否则容易出现迎头顶板不同程度冒落事故。在采用一段 18#工字钢临时支护的回风井斜井井筒中, 支护仅能稳定在 5~7 d 左右, 迎头后方连续 3 次出项冒顶事故。通过分析, 均为临时支护强度不足而引起。改用 U25 型钢临时支护以后, 稳定性大都明显改善。

通过比较, 发现含水卵砾石地层斜井井筒支护难度远远大于无水卵石砾石地层。

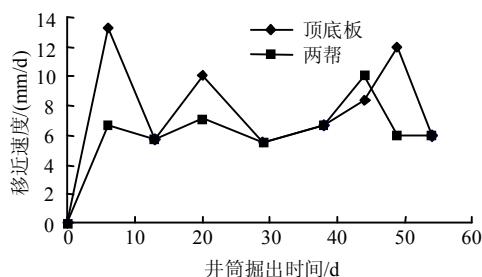


图 6 7#测站井筒周边围岩移近速度曲线

Fig 6 Convergence velocity curves of wall rock around shaft of observation station #7

5.3 断面不同卵砾石地层斜井井筒支护特点

材料井掘进断面为 22 m², 回风井掘进断面为 37 m², 在含水卵砾石地层试验中发现, 相同临时支护条件下, 两个井筒变形量和地压水平表现相差较大。图 7 和图 8 分别为垂直深度相当的材料井 8#测站与回风井 6#测站围岩移近量曲线。

由图 7 和图 8 曲线可知, 支护方式和支护材料相同、测量时间相当、测试深度相近条件下, 材料井 8#测站支架代表的顶底板总移近量为 94 mm, 两帮的总移近量为 153 mm; 回风井 6#测站支架代表的顶底板总移近量为 258 mm, 两帮的总移近量为 357 mm。回风井断面积约是材料井的 1.7 倍, 回风井支架代表的顶底板围岩移近量约为材料井的 1.6 倍, 回风井支架两帮移近量约为材料井的 1.4 倍。

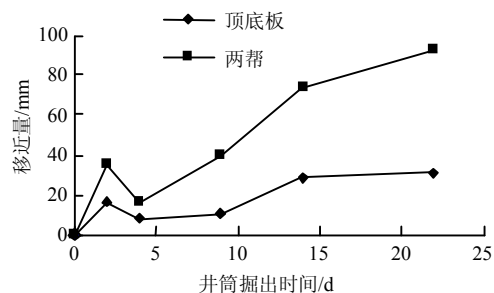


图 7 材料井 8#测站井筒周边围岩移近量曲线

Fig 7 Convergence curves of wall rock around shaft of observation station #8 in Cailliao mine

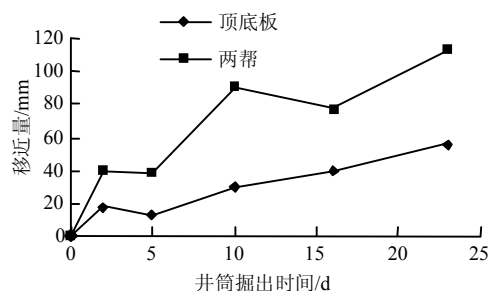


图 8 回风井 6#测站井筒周边围岩移近量曲线

Fig 8 Convergence curves of wall rock around shaft of observation station #6 in Huifeng mine

支护现场发现, 在含水卵砾石地层阶段, 一旦井筒超前支护不及时, 裸露井筒顶板卵石很容易成块掉落, 但材料井比回风井自稳时间长。支架棚腿穿鞋面积相同条件下, 材料井棚腿插入底板深度小, 而回风井棚腿插入深。施工中, 为了防止回风井棚腿严重下沉, 在井筒两帮底部做出钢筋混凝土条形基础, 支架棚腿立在条形基础之上, 而材料井棚腿仍然采用穿鞋的方式。可见, 相同条件下, 卵砾石层中的大断面斜井井筒比小断面斜井井筒支护难度大得多。

6 结 论

通过试验分析得到如下结论:

(1) 无水卵砾石层大断面斜井井筒围岩表现较为稳定, 架棚临时支护、钢筋混凝土井壁作为永久支护是有效的支护方法。由于斜井井筒断面一般较大, 当采用松动爆破、台阶掘进方式时, 接棚腿前要保证拱部支护有效。在采用挖掘机掘进时, 可以全断面挖掘, 及时临时支护。要根据围岩的稳定状况确定临时支护的长度, 一般可以控制在 20~30 m。

(2) 含水卵砾石层斜井井筒围岩地压表现强烈、容易失稳。在该地层中宜采用超前支护、临时支护和永久支护相结合的支护方法。影响支护效果的主要因素为井筒断面大小, 相同条件下大断面井筒比小断面井筒变形明显, 支护难度大。支护的重点是工作面渗水或涌水治理。

(3) 普氏地压理论和太沙基地压理论在无水卵砾石地层斜井井筒地压计算中误差较大。可能是卵石或者砾石颗粒较大, 原状土形成了较好的镶嵌结构, 自稳性能较好的缘故。卵砾石地层大断面斜井井筒支护理论有待深入研究。

参 考 文 献

- [1] 马跃月. 加快煤电煤化工基地建设, 推进煤炭企业结