

文章编号: 1001-1986(2009)06-0035-04

# 龙口北皂矿海域下 H2106 综放面井下导高观测

高延法<sup>1</sup>, 曲祖俊<sup>2</sup>, 邢飞<sup>1</sup>, 曲广龙<sup>1</sup>, 黎灵<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学力学与建筑工程学院, 北京 100083;

2. 龙口矿业集团公司北皂煤矿, 山东 龙口 265700)

**摘要:** 水体下采煤需要观测采场覆岩导水裂缝带高度(简称导高)。龙口北皂矿海域 H2106 综放面地表为海水, 为了解决地表海水区难以施工导高观测钻孔的技术难题, 在井下采用仰斜钻孔与井下导高观测仪进行了导高观测, 该方法钻孔工程量小且观测精度高。在 H2106 综放面共设置 3 个观测剖面, 施工了 4 个采前对比观测钻孔和 8 个采后导高观测钻孔, 并利用顶板覆岩中泥灰岩含水层开采前后其含水量的变化判断导水裂缝带上限。实测得出 H2106 综放面导高值为 38.8 m, 导高与采厚比为 9.5。对于龙口矿区软弱岩层, 导高观测的最佳时段为采后 10~20 d。

**关键词:** 海下采煤; 导高观测; 井下导高观测仪

**中图分类号:** TD74 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2009.06.009

## Observation of height of excavating face H2106 in Longkoubeizao mine under sea

GAO Yanfa<sup>1</sup>, QU Zujun<sup>2</sup>, XING Fei<sup>1</sup>, QU Guanglong<sup>1</sup>, LI Ling<sup>1</sup>

(1. School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China;

2. Longkou Mining Group Co., Ltd, Longkou 265700, China)

**Abstract:** Mining under water needs to observe height of water-flowing fractured zone, to determine a reasonable upper mining limit. The surface of excavating face H2106 in Longkoubeizao mine is sea. To solve the technical problems in drilling holes for observing height of the water-flowing fractured zone, the height of the water-flowing fractured zone was observed by using upward holes and detector for observing height of the water-flowing fractured zone. This method requires small amount of drilling works and has high observation accuracy. In excavating face H2106 three observation section were set, 4 pre-mining holes and 8 after-mining holes were drilled for observing height of the water-flowing fractured zone, and the upper limit of water flowing fractured zone was determined by using the water content change of marl aquifer in the roof before and after mining. By observing, the height of water flowing fractured zone of excavating face H2106 was 38.8 m, the ratio of height of the water-flowing fractured zone and mining thickness was 9.5.

**Key words:** mining under sea; observation of height of the water-flowing fractured zone; detector of height of the water-flowing fractured zone

采场覆岩导水裂缝带高度, 是水体下采煤开采上限确定的重要依据<sup>[1]</sup>。传统的导高观测方法是在地面打观测钻孔, 观测钻进过程中钻孔冲洗液消耗量的变化, 据此判断裂缝带高度。这一方法钻孔工程量较大, 观测精度较低。特别是当地面有大型水体时, 地面钻孔难以施工<sup>[2]</sup>。井下导高观测仪, 正是为解决这一技术难题而发明的一种新仪器。

使用井下导高观测仪, 可以从井下采空区外围向采空区上方打仰斜钻孔观测导高。该方法钻孔工程量小、观测精度高、成本低、成果可靠, 已在山

东、江苏、安徽、河北等省的多个矿区推广应用, 并取得了良好的技术效果和经济效益。

### 1 龙口北皂海域 H2106 面开采条件及地层特点

北皂海域 H2106 工作面位于海域-350 水平一采区, 开采煤层为煤 2, 工作面标高-280~-330 m, 对应上部海域海水深度 7~9.5 m。H2106 工作面下顺槽至海岸距离约 960 m。该面南北两侧均为尚未开采的工作面, 西侧为回风大巷保护煤柱, 东侧为井田边界煤柱和 SF-7 断层煤柱。北皂海域 H2106 工

收稿日期: 2009-02-22

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2007CB209405); 国家科技支撑计划项目(2006BAB16B04)

作者简介: 高延法(1962—), 男, 山东滕州人, 教授, 博士生导师, 主要从事矿山开采沉降控制、矿井水害防治和矿山岩体力学的科研与教学工作。

作面，走向长 1 442 m，倾斜长 150 m，煤层平均厚度 4.36 m，煤层倾向平均 7°。导高观测剖面位置处煤层采厚为 4.1 m。

煤 2 直接顶板为含油泥岩，厚度 15.87 m，顶板岩层结构致密，块状结构，上部具水平层理，下部层理不发育，单轴抗压强度 26.7 MPa，局部夹软泥夹层，其强度低，平均抗压强度 7 MPa。煤 2 直接底板为泥岩、砂岩，厚度 12.40 m，底板岩层为泥质或粉、细砂状结构，较疏松，泥岩具可塑性，遇水泥化膨胀，无层理，节理不发育，单轴抗压强度 7.88 MPa。煤系地层主要由钙质泥岩、泥岩、含油泥岩、油页岩、粘土岩、含砾砂岩及粗砂岩等软弱岩层组成。区内次级褶皱和断裂都较发育。

## 2 井下导高观测仪及其观测方法

井下导高观测仪，主要由注水控制台、注水管路、起胀控制台、起胀管路和注水探头等组成。起胀控制台一端连接高压水源，另一端连着起胀管路。起胀管路与注水探头的两个起胀胶囊相通。注水控制台的一端连接高压水源，另一端连接注水管路，注水管路与注水探头的注水管探管相通，如图 1 所示。先按照观测方案打出观测钻孔，再使用井下导高观测仪测试采场上覆各段岩层的透水性。双端堵水器的控制与岩层透水性观测过程如下：

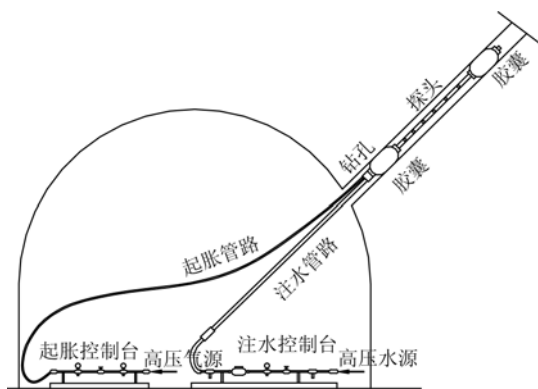


图 1 井下导高观测仪结构与观测原理示意图

Fig. 1 The structure and observation principles of height observation equipment for underground mine

- a. 操作起胀控制台，使探头的两个胶囊处于无压收缩状态，使用钻机钻杆将探头推移到位。
- b. 操作起胀控制台，对探头的两个胶囊注气加压，使之处于承压膨胀状态，从而封堵分隔一段钻孔。
- c. 操作注水控制台，对分隔出的该段钻孔进行注水观测。由注水控制台流量表，观测出这段岩层单位时间的注水渗流量，得出这段岩层的导水性。

d. 由孔口起自下而上逐段(每段 1 m)测试岩层的导水性能，一直测试到孔底。实测得到的透水岩层的最大高度，就是采场覆岩的导水裂缝带高度。

在现场导高观测实践的基础上，针对观测中遇到的技术难题，对井下导高观测仪进行了 5 项改进。主要包括：a. 控制台增加了两对过滤器，避免了仪表的堵塞损坏；b. 起胀胶管使用了高强度的钢编管，避免了拉断、磨断和挤裂；c. 所有接头都使用了 O 型圈和标准件，保证了水和气两套系统不泄漏；d. 一对起胀胶囊之间，使用了外连接方式，使结构大为简化，而且性能更加可靠；e. 采用了优质高强度胶囊，保障了在额定起胀压力下不会破裂。

## 3 龙口北皂海域 H2106 工作面导高观测

### 3.1 观测点的选择和布置

观测位置的选择与观测钻孔布置要求如下：a. 钻窝位置到开采边界必须有一定的距离，以保证仰斜钻孔不穿过覆岩冒落带，同时钻孔有合适的仰角；b. 钻窝位置应该有利于缩短观测钻孔的长度；c. 能够观测到覆岩导水裂缝带的马鞍形顶部的最大值<sup>[3]</sup>。

根据北皂矿已有巷道布置系统，导高观测点位置选在 H2106 工作面的下顺槽一侧。海域煤 2 顶板含油泥岩十分破碎，钻孔打过后，会从孔中向外滚落破碎矸石，无法成孔。为了保障导高钻孔成孔，设计了一条观测巷道进入到含油泥岩的上部煤 1 油 2 层位内。钻机窝设计为 3 m×3 m×3 m。观测巷道的布置如图 2。

H2106 工作面设置 I—I、II—II 和 III—III 3 个观测剖面，I—I 和 II—II 用于正常覆岩顶板的导高观测，III—III 用于断层处导高观测。每个观测剖面布置 5 个观测钻孔。导高观测钻孔布置剖面 I—I 如图 3，另两个剖面钻孔布置与 I—I 相似。

### 3.2 导高观测成果

导高观测理想时间主要与覆岩岩性、开采厚度有关。软弱岩层导高的最佳观测时间是开采过后 10~20 d。时间过短，覆岩变形尚未稳定，钻孔难以成型，观测时钻孔容易变形，卡住探头；时间过长，覆岩会逐渐压实，导高会降低。H2106 工作面的采厚为 4.1 m，覆岩软弱，岩层移动速度比较快，所以采后 10~20 d 观测导高是最佳时机。

H2106 工作面共施工导高观测钻孔 16 个，其中采前对比孔 5 个，采后导高观测孔 11 个。在 11 个采后导高观测钻孔中，有 7 个钻孔测试出了导水裂缝带的上限，分别为 A1 孔、A3 孔、B2 孔、B3 孔、B4、C1 孔和 C2 孔。为了掌握导水裂缝带是否发育

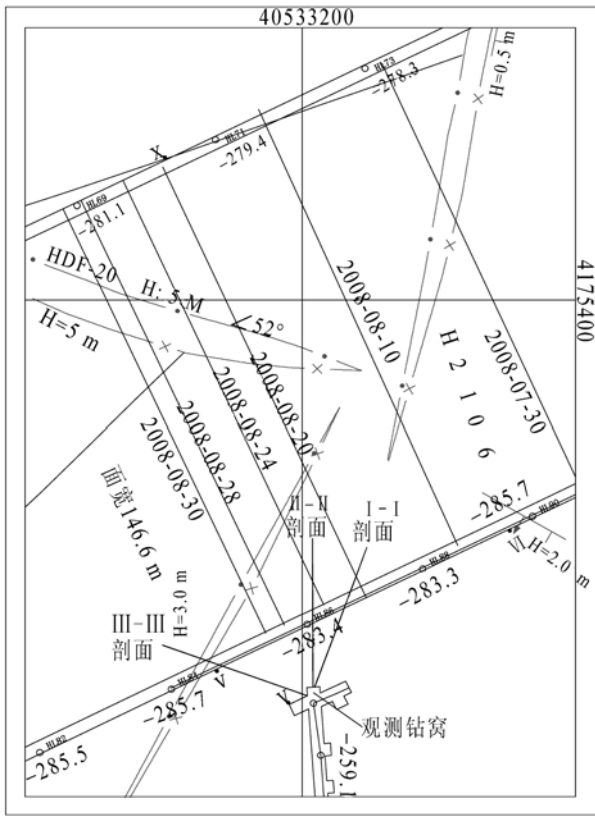


图 2 H2106 工作面采后孔钻孔布置平面图

Fig. 2 The arrangement planar graph of drill holes in face

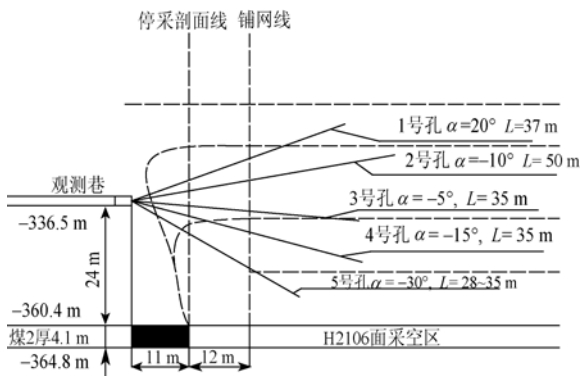


图 3 导高观测剖面图 I—I 钻孔布置图

Fig. 3 The profile I—I of the height observation

到含水层，确认含水层中的水是否还在，特意施工穿过含水层钻孔 C2 和 B4。这些钻孔观测成果图分别如图 4—图 8 所示。

### 3.3 基于开采前后覆岩含水层含水量变化状况的导高判断方法

7 个观测孔的导高观测结果为：A1 孔 36.6 m，A3 孔 35.7 m，B2 孔 33.9 m，B3 孔 34.5 m，C1 孔 34.5m，C2 孔 39.3 m，B4 孔 38.8 m。

前 5 个孔都施工到了泥灰岩含水层底部，且观测时注水渗水量都较大，说明导水裂缝带高度最大值已发育到泥灰岩含水层底部。

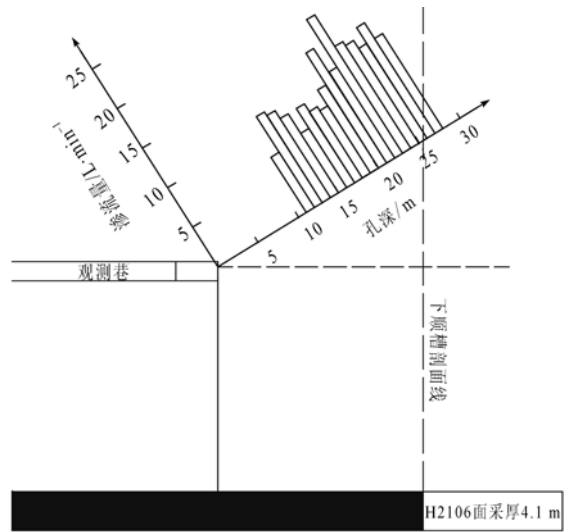


图 4 A1 采后孔观测成果图

Fig. 4 The observation result map of borehole A1 after mining

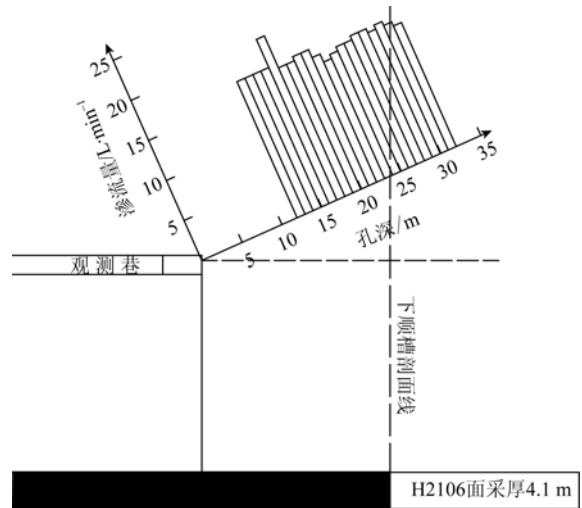


图 5 B2 采后孔观测成果图

Fig. 5 The observation result map of borehole B2 after mining

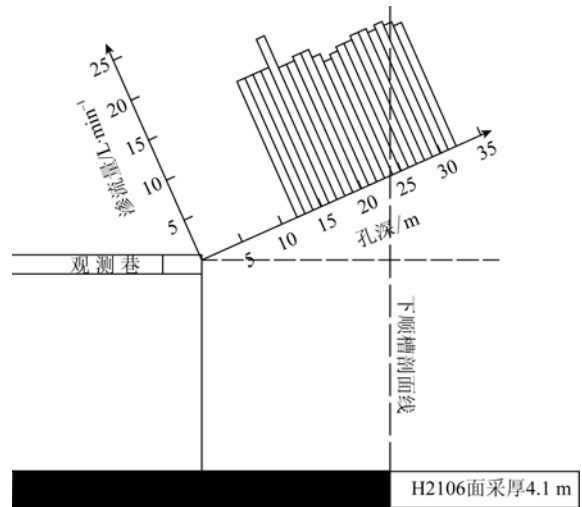


图 6 B3 采后孔观测成果图

Fig. 6 The observation result map of borehole B3 after mining

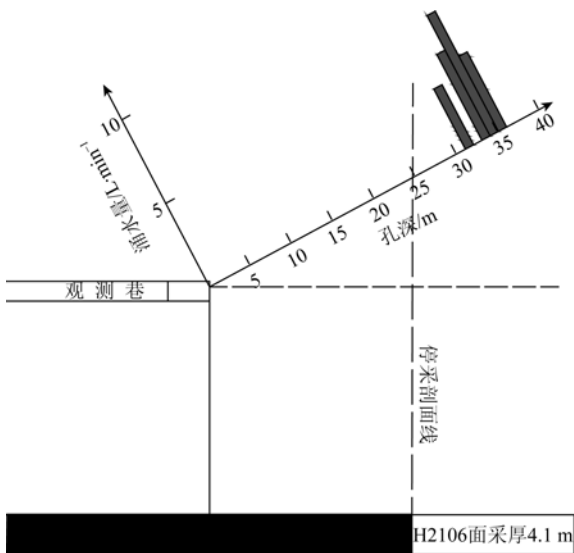


图 7 B4 采后孔观测成果图

Fig. 7 The observation result map of borehole B4 after mining

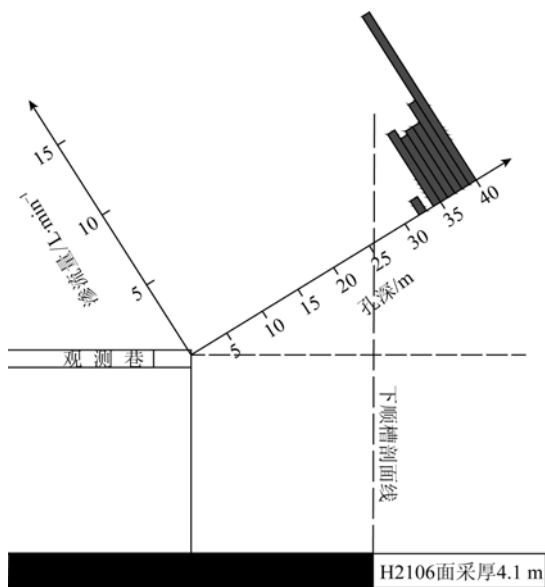


图 8 C2 采后孔观测成果图

Fig. 8 The observation result map of borehole C2 after mining

C2 孔和 B4 孔是采后导高观测孔，这两孔穿越了泥灰岩含水层，最大涌水量 12 L/min，接近采前

最大涌水量。由观测结果可见，泥灰岩含水层中的水还保存在岩层中，煤层开采后含水层中的水并没有流失。泥灰岩含水层距煤层顶板垂距为 38.8 m。

如果导水裂缝带发育到了泥灰岩含水层当中，其中的水将沿着裂隙流向采空区，泥灰岩含水层在采后将不会再有这么大的涌水量。

因此可以判断导水裂缝带没有发育到泥灰岩含水层。由于含水层分布稳定，利用含水层采前采后含水性能的变化判断导高比单纯几个导高观测钻孔的观测成果更可靠。由此可以得出结论：H2106 工作面覆岩导水裂缝带的高度为  $H=38.8$  m。H2106 工作面平均采厚为  $M=4.1$  m，所以，H2106 工作面的导高与采厚之比为： $H/M=38.8/4.1\approx 9.5$ 。

### 4 结论

a. 龙口北皂海域下 H2106 综放工作面覆岩导水裂缝带高度实测值为  $H=38.8$  m。

b. 针对破碎软弱的采场顶板覆岩，布置观测巷进入煤层顶板覆岩上部是十分必要的，能够为导高观测创造良好条件。对于龙口矿区软弱岩层，导高观测的最佳时段为采后 10~20 d。

c. 若采场覆岩中存在高度合适的含水层，可以根据开采前后含水层含水量的变化状况判断导高。

d. 井下导高观测仪及其观测技术，可以解决大型水体下采煤时无法在地面布置导高观测钻孔的技术难题。

### 参考文献

[1] 熊晓英, 杜广森, 李俊斌. 注水实验法探测导水裂缝带高度[J]. 煤炭技术, 2004, 2(2): 77-79.

[2] 熊晓英. 导水裂缝带高度探测新方法综述[J]. 安徽地质, 2004, 14(2): 95-98.

[3] 钱鸣高, 缪协兴, 许家林. 岩层控制中的关键层理论[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003: 78-95.