

神东矿区世界一流矿井建设示范经验及实用技术

特殊地质条件下掘进工作面顶板控制技术

陈 苏 社^{1 2}

(1. 西安科技大学 能源学院 陕西 西安 710054; 2. 神华神东煤炭集团有限责任公司 大柳塔煤矿 陕西 神木 719300)

摘 要: 为解决特殊地质条件下掘进工作面顶板难控制的问题, 对大柳塔煤矿特殊地质条件掘进工作面进行分类, 分析可知主要包括过断层带巷道掘进、过薄基岩带巷道掘进、特近距离煤层下层煤巷道掘进和特大断面巷道掘进等, 这些区域掘进工作面顶板事故多发, 严重威胁矿井安全掘进。通过采取断层区域、薄基岩条件下、特近距离煤层下层煤、特大断面巷道掘进工作面顶板控制技术, 解决了大柳塔煤矿特殊地质条件下掘进工作面顶板控制问题, 实现了矿井快速安全掘进。

关键词: 特殊地质条件; 巷道掘进; 顶板控制; 浅埋深

中图分类号: TD236.4

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2014)04-0121-05

Roof Control Technology of Mine Roadway Heading Face Under Special Geological Condition

CHEN Su-she^{1 2}

(1. School of Energy, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Daliuta Mine, Shenhua Shendong Coal Group Corporation Limited, Shenmu 719300, China)

Abstract: In order to solve the roof control problem of the mine roadway heading face under the special geological condition, a classification was conducted on the heading faces of the special geological conditions in Daliuta Mine. The analysis showed that the heading faces would mainly include the heading of the roadway passing through a fault zone, heading of the roadway passing through thin base rock zone, heading of the roadway with a closed distance to the above seam and heading of the roadway with a large cross section. Many roof accidents occurred in the heading faces in those regions would seriously threaten the safety heading of the mine. The roof control technology of the mine roadway heading face with the large cross section in the seam with ultra contiguous to above seam under the condition of the fault zone and thin base rock could solve the roof control problem of the heading face under the special geological condition in Daliuta Mine and a mine rapid safety heading was realized.

Key words: special geological condition; mine roadway heading; roof control; shallow mining depth

0 引 言

顶板灾害是煤矿五大灾害之一, 近年来我国煤矿安全生产形势虽然大有好转, 但煤矿安全事故仍然时有发生^[1], 其中掘进工作面顶板事故较多。大柳塔煤矿1996年9月连续采煤机掘进1211回风巷过断层时发生冒顶事故造成人员重伤; 2013年9月

神东煤炭集团黄玉川煤矿掘进工作面过断层期间发生了重大冒顶事故, 造成人员伤亡, 掘进工作面冒顶事故依然严重影响着煤矿的正常生产^[2]。因此, 研究煤矿掘进工作面顶板控制技术具有重要意义。煤矿巷道掘进工作面顶板控制关键在于做好特殊危险地质条件下的顶板控制, 掘进工艺包括连采掘进、综掘机掘进及炮掘等, 各种掘进工艺在煤矿特殊地质

收稿日期: 2014-03-11; 责任编辑: 杨正凯 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2014.04.031

基金项目: 国家自然科学基金委员会与神华集团有限责任公司联合基金资助项目(U1261207)

作者简介: 陈苏社(1966—), 男, 陕西西安人, 教授级高级工程师, 博士研究生, 现任大柳塔煤矿总工程师。E-mail: chensushe@sina.com

引用格式: 陈苏社. 特殊地质条件下掘进工作面顶板控制技术[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(4): 121-125.

CHEN Su-she. Roof Control Technology of Mine Roadway Heading Face Under Special Geological Condition[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(4): 121-125.

条件下均容易发生冒顶伤人事故,大柳塔煤矿掘进的特殊地质条件主要包括过断层、过薄基岩、特近距离煤层下部煤层巷道掘进、综采工作面运输巷机头驱动部位特大断面巷道掘进等。在这些特殊条件下掘进,存在冒顶伤人的重大隐患,需要从支护方案、支护工艺和循环进度等方面采取有针对性的技术,保证掘进安全。基于此,笔者以大柳塔煤矿掘进工作面为例,对特殊地质条件下掘进工作面的顶板控制技术进行研究,以期达到保证掘进安全的目的。

1 断层区掘进工作面顶板控制技术

巷道掘进过断层期间遇到的主要问题是断层区域内容易发生片帮、顶板离层和冒顶伤人问题。掘进过断层还要考虑巷道合理的起坡位置、掘进坡度和支护方法,便于以最优的方案安全快速通过断层,过断层应主要采取以下技术措施。

1.1 加强支护

1) 采用 $\phi 18 \text{ mm} \times 2\,000 \text{ mm}$ 螺纹钢全锚锚杆,间排距为 $1\,000 \text{ mm} \times 1\,000 \text{ mm}$,加钢筋网,更有利于顶板形成组合梁^[3],增加了支护强度,提升了支护效果。同时对两帮及时进行锚网支护,以防片帮。

2) 在锚杆、钢筋网对巷道顶板和两帮实施支护后,继续沿巷道走向对顶板采取 2~3 条 W 型钢带加锚索,并形成“井”字形进行加强支护,采用规格为 $\phi 17.8 \text{ mm} \times 8\,000 \text{ mm}$ 的锚索,间排距 $2\,000 \text{ mm} \times 1\,300 \text{ mm}$,通过加密锚索及钢带使顶板形成更厚的“组合梁”,从而达到支护顶板的目的,这是掘进工作面过断层时顶板控制的最关键措施。

3) 锚杆、锚索必须按设计要求及时施工并达到规定的转矩、拉拔力,确保支护质量^[4-5]。

1.2 严格控制循环进度

掘进过断层期间,当顶板条件较好时,循环进度不大于 6 m,当顶板条件较差时,循环进度不大于 3 m,当顶板极为破碎时,巷道每掘进 1 m 就须及时进行支护^[6]。

1.3 确保以最优的方案快速通过断层

首先要探清断层的产状(如落差、走向、位置等),确定最佳的起坡位置和最佳的掘进坡度,一般在揭露断层前选择适当位置提前起坡,并且掘进坡度一般为 $5^\circ \sim 6^\circ$,从而使过断层时尽可能多掘煤巷和半煤岩巷,少掘岩巷,从而加快掘进速度,以保证快速通过断层。大柳塔煤矿在 5-2 煤层掘进辅助运输巷、主运输巷、回风大巷、52305 运输巷、52306

回风巷时 8 次遇到断层构造,其中断层落差最大达 17.5 m,通过采取以上关键措施 8 次过断层全部安全、顺利、快速通过。52305 运输巷过断层区域起坡位置和坡度剖面如图 1 所示,过断层区域巷道支护如图 2 所示。

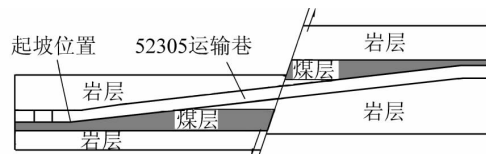


图1 52305 运输巷过断层区域起坡位置和坡度剖面

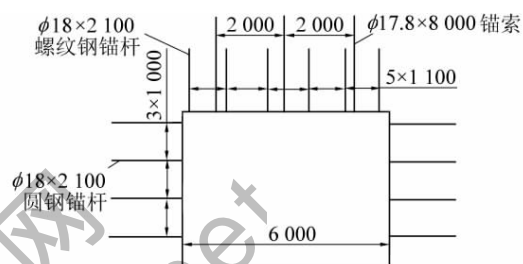


图2 52305 运输巷过断层区域巷道支护

2 薄基岩条件下掘进工作面顶板控制技术

在薄基岩条件下掘进,巷道发生冒顶事故的概率大幅增加^[7]。大柳塔煤矿 2-2 煤层六盘区煤层厚度约 5.5 m,埋深平均 90 m,基岩厚度为 2.6~12.4 m。为保证薄基岩掘进安全,采取了多种技术措施。

2.1 根据不同基岩厚度制定针对性的支护方案

根据基岩和顶煤总厚度情况,针对不同的基岩厚度采取不同的支护参数,总体上采取螺纹钢全锚锚杆+钢筋网+锚索+W 钢带联合支护方式。当顶煤+基岩厚度小于 5.5 m 时,增加矿用 11 号工字钢棚加强支护,并增加锚索锚固段长度,每根锚索的锚固剂用量由 2 根变为 4 根,22614 回风巷小于 5.5 m 薄基岩段支护如图 3 所示。

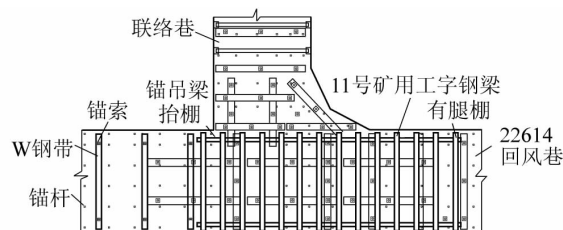


图3 22614 回风巷小于 5.5 m 薄基岩段支护

1) 当基岩厚度(顶煤+基岩)为 5.5~7.0 m 时,采用锚杆、网片、锚索、W 钢带联合支护方式,锚索长度为 5 m,每排 3 根,排距 2.5 m。

2) 当基岩厚度(基岩+顶煤)为4.0~5.5 m时,在基岩厚度5.5~7.0 m区域锚网钢带联合支护的基础上,将锚索长度变为3.5 m,并采用矿用11号工字钢有腿棚,棚距1.2 m,并在工字钢棚两侧靠棚腿侧各架1条沿巷道走向的锚吊梁抬棚。

3) 当基岩厚度(基岩+顶煤)为3.5~4.0 m时,在基岩厚度4.0~5.5 m支护方式基础上,将锚索长度改为3 m,棚距改为1 m。

2.2 现场掘进要求

1) 严格控制循环进度。根据正常基岩厚度(基岩+顶煤)确定循环进度。当基岩厚度大于6 m,顶板无异常情况时,循环进度不大于6 m;在顶板淋水大、裂隙发育时,循环进度不得大于3 m;在顶板破碎时,循环进度不大于1 m。当基岩厚度小于6 m时,循环进度不得大于3 m,必要时巷道每掘进1 m就及时进行支护。

2) 留顶煤增加基岩厚度。由于煤层底板遇水泥化,需留设400~500 mm厚的底煤,在保证巷道高度的情况下,将其余煤留作巷道顶煤,一般情况顶煤为1.5~2.0 m,从而增加基岩厚度。

3) 每个循环结束后探测顶煤及顶板基岩厚度,为确定循环进度及支护方案提供依据。

4) 现场挂牌管理。将顶煤、顶板基岩厚度,以及锚索长度数据填写在牌板上,并将牌板吊挂在巷道帮部相应位置。

5) 及时泄水保护顶板。对于局部富水区域,及时施工泄水钻孔,减少淋水对基岩的弱化破坏作用。

6) 加强检查,发现问题及时补强支护。建立薄基岩区域顶板日常观测管理制度,对锚杆、锚索托盘、顶帮、棚梁等变形情况进行观测,发现异常要及时进行补强支护。

3 特近距离煤层掘进工作面顶板控制技术

3.1 工程概况

大柳塔煤矿活鸡兔井特近距离煤层下层煤12314、12315综采工作面与上层煤12[±]312、12[±]313综采工作面是上下对应关系,其层间距在0.5~16.0 m,大部分小于10 m,靠开切眼侧最小,只有0.7 m左右,下层煤12314回风巷和12315运输巷在上层煤12[±]312运输巷和12[±]313运输巷之间的煤柱下掘进,并且要过上层煤联络巷,其中12314回风巷55联络巷至开切眼约1 800 m,层间距仅有0.5~3.0 m,因此下层煤巷道掘进过上层煤联络巷

是顶板控制的关键部位;下层煤12314回风巷与上层煤12[±]312综采工作面采空区边缘平面距离只有4.1 m,上层煤综采工作面对下层煤连采掘进有动压影响^[8-9],顶板控制难度大,应及时采取措施保证掘进工作面顶板安全。

3.2 合理布置巷道

尽量将下层煤巷道布置在上层实体煤的下方,避免将巷道布置在上层煤工作面采空区下方,如果布置在层间距为0.5~2.0 m的采空区下方巷道支护将非常困难,锚杆锚索无法支护,并且极易发生冒顶事故;而布置在上层实体煤下支护时能够与上层实体煤锚固牢靠,更有利于巷道的稳定,有利于掘进安全^[10-11]。因此将下层煤12314回风巷和12315运输巷布置在上层煤12[±]312运输巷和12[±]313运输巷之间的煤柱下方,并且其联络巷也与上层煤联络巷位置错开。

3.3 优化采掘接续

由于大柳塔煤矿首次进行特近距离煤层采掘作业,为确保采掘安全,先掘进12314回风巷、12315运输巷至煤层间距降低为4 m的位置,然后掘进12315回风巷,同时将12314回风巷、12315运输巷的掘进设备撤出工作面。对于煤层间距0.5~4.0 m的区段,需要在12[±]312综采工作面推进过12314回风巷、12315运输巷掘进工作面2个月后,即上层煤的综采工作面回采对下层煤巷道的动压影响稳定后,再继续掘进12314回风巷、12315运输巷剩余段,确保下层煤掘进安全。

3.4 留顶底煤增加层间距

对煤层间距(岩石)小于4 m的区域,上层煤巷道(12[±]312运输巷、12[±]313运输巷)严格沿煤层顶板掘进,保证巷高后,其他全留为底煤;下层煤巷道(12314回风巷、12315运输巷)严格沿煤层底板掘进,保证巷高后,其他全留为顶煤,以增加上下巷道层间距厚度。上层煤巷道留设的底煤厚度为0.4~0.8 m,下层煤巷道留设的顶煤厚度为1.6~2.0 m,共可以增加2.0~2.8 m厚的基岩厚度。

3.5 上层煤巷道联络巷对应位置施工无腿桥面

对煤层间距(岩石+顶底煤)小于6 m区域的12[±]312、12[±]313运输巷联络巷(即45—84号联络巷)与下层煤巷道相交位置提前施工无腿桥面^[12],在上层煤联络巷底板对应位置施工200 mm厚的混凝土底板,混凝土底板加钢筋网片和长度为9 m、间距为1 m的矿用11号工字钢,并在浇混凝土前在底

板施工间排距均为1 m、长度为1.8 m、外露150 mm的螺纹钢全锚锚杆,上层煤巷道联络巷无腿桥面施工如图4所示,每个联络巷施工2个无腿桥面。上层煤无腿桥面既增加了特近距煤层巷道的承载强度,又对下部岩层起到悬吊作用,为下层煤巷道掘进创造良好的顶板条件。

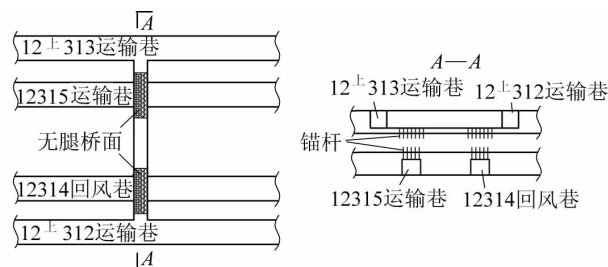


图4 上层煤巷道联络巷无腿桥面施工

3.6 下层煤巷道过上层煤巷道联络巷时特殊支护

在下层煤掘进巷道(如12314回风巷)过上层煤巷道(12#312运输巷)联络巷时采用锚网+短锚索锚吊梁横向无腿棚+长锚索锚吊梁纵向无腿抬棚的特殊支护方式。横向无腿棚采用长度为5.3 m的矿用11号工字钢梁,配套3根短锚索;纵向无腿抬棚采用长度为9 m的矿用11号工字钢梁,配套4根长锚索。短锚索长度一般为2.5~5.0 m,长锚索长度均为8 m。横向无腿棚梁位于纵向无腿棚梁之上。这种支护方式简单可靠,施工方便,既不占巷道宽度,也几乎不占巷道高度。

掘进过上层煤联络巷时,采取短掘短支措施,以上层煤联络巷中心为界,分2次过完,前后2次各架设4~5架横向无腿棚,最后过完联络巷后架设5架纵向无腿抬棚,纵向无腿抬棚对横向无腿棚起到关键的加固作用。

3.7 加强支护

1) 提前对上层煤巷道联络巷两端头进行锚索加强支护,在上层煤联络巷两端头距联络巷口1.5 m开始各支护2排 $\phi 17.8$ mm \times 8 000 mm的锚索,配合4.6 m长的三眼W型钢带,间排距为2 000 mm \times 1 000 mm。

2) 对下层煤巷道帮部加强支护。下层煤巷道帮部及时进行挂网支护,以防止片帮伤人。巷道正帮采用玻璃钢锚杆+塑料网进行支护,玻璃钢锚杆规格为 $\phi 18$ mm \times 2 100 mm,间排距1 200 mm \times 1 200 mm,最上部1排帮锚杆距离顶板200 mm,网片下边缘距离巷道底板不大于500 mm。巷道负帮采用圆钢锚杆+金属网进行支护,帮锚杆规格为 $\phi 16$

mm \times 1 800 mm,其他支护参数与正帮支护相同。

通过采取以上新技术,活鸡兔井特近距离煤层下层煤巷道掘进过上层煤联络巷已经全部安全顺利过完,效果良好。

4 大断面巷道掘进工作面顶板控制技术

综采工作面运输巷机头段驱动部断面尺寸特别大,长宽高分别为20.0、13.0、4.5 m,容易冒顶,是顶板管理的关键部位^[13-15],为确保安全,在支护参数和成巷工艺方面主要采取了以下技术措施。

1) 加强支护。顶板支护采取锚杆+钢筋网+锚索+钢带联合支护方式,锚索钢带以“井”字形布置,形成较厚的组合梁结构支护顶板,所有施工的锚索用W钢带串联,且沿巷道走向共施工6条钢带及配套锚索,间排距1 500 mm \times 2 000 mm,锚索规格为 $\phi 22$ mm \times 8 000 mm。运输巷机头段驱动部支护断面如图5所示。

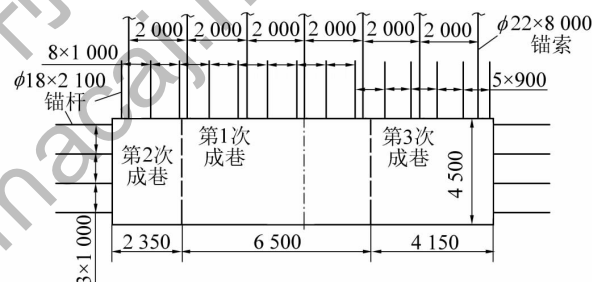


图5 运输巷机头段驱动部支护断面

2) 三次成巷。采用三次成巷工艺,先掘正巷(宽度6.5 m),待正巷支护到位,沿走向施工3条钢带及配套锚索成“井”字形支护完成后,再分别对两帮扩帮支护,一侧扩帮宽度2.35 m,另一帮扩帮宽度4.15 m,扩帮每天循环进度不大于6 m,最终达到三次成巷。

5 结 语

安全第一是煤矿安全生产的一项基本方针,搞好顶板控制是贯彻执行这一方针的重要环节,而搞好特殊危险地质条件下掘进工作面的顶板控制又是遏制掘进作业期间发生顶板事故的关键所在,本文所涉及到的掘进的特殊地质条件,基本涵盖了大柳塔煤矿在掘进过程中遇到的各种顶板控制困难。针对这些特殊地质条件所采取的对策,取得了良好的顶板控制效果,有效地预防了掘进时的顶板事故^[1],最后形成了一些关于特殊地质条件下掘进顶板控制的技术成果。

参考文献:

- [1] 陈苏社. 特殊地质条件下综采工作面顶板控制技术[J]. 煤炭科学技术 2014 42(2): 124-128.
- [2] 陈苏社. 综采工作面超深孔爆破强制放顶技术研究[J]. 煤炭科学技术 2013 41(1): 44-47.
- [3] 康红普. 煤巷锚杆支护成套技术研究与实践[J]. 岩石力学与工程学报 2005 24(21): 3960-3964.
- [4] 王成明, 鞠文君, 薛友兴, 等. 锚索补强加固技术的应用[J]. 煤矿开采 2002 7(4): 55-59.
- [5] 何满潮. 中国煤矿锚杆支护理论与实践[M]. 北京: 科学出版社 2004.
- [6] 王金华. 我国煤巷锚杆支护技术的新发展[J]. 煤炭学报, 2007 32(2): 113-118.
- [7] 黄庆享. 浅埋煤层的矿压特征与浅埋煤层定义[J]. 岩石力学与工程学报 2002 21(8): 1174-1177.

- [8] 蔡美峰. 岩石力学与工程[M]. 北京: 科学出版社 2002.
- [9] 马元, 靖洪文, 陈玉桦. 动压巷道围岩破坏机理及支护的数值模拟[J]. 采矿与安全工程学报 2007 26(1): 109-113.
- [10] 高李奎. 采区立交巷道交叉处的结构处理[J]. 煤矿开采, 2003 8(1): 54-55.
- [11] 祁和刚. 煤巷交叉点大断面联合支护研究[J]. 矿山压力与顶板管理, 1997, 16(50): 12-17.
- [12] 陈苏社. 大柳塔煤矿跨大巷无腿立交新技术试验研究[J]. 煤炭工程 2013(6): 29-33.
- [13] 范新坤, 裴明顺, 杨文华, 等. 综采大断面开切眼应用高强锚杆、W 钢带、锚索联合支护技术[J]. 煤炭技术 2004(5): 67-68.
- [14] 杨壮. 大断面煤巷综掘锚杆支护快速掘进关键技术研究[D]. 淮南: 安徽理工大学 2008.
- [15] 张东, 苏刚, 程晋孝. 深井大采高综采工作面切眼联合支护技术[J]. 煤炭学报 2010 35(11): 1883-1887.

(上接第 108 页)

组含煤段相互对比以及一些具有指示作用的古生物、孢粉, 对比依据充分, 同时通过各盆地间地层的沉积旋回特征对比, 基本建立了整个二连盆地群的早白垩世含煤地层空间分布格架。

致谢: 本文以《内蒙古自治区煤炭资源潜力评价》项目为依托, 得到内蒙古自治区煤田地质局煤炭地质调查院的鼎力相助, 在此向为本文提供重要资料的同志表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 邓胜徽. 内蒙古霍林河盆地早白垩世植物群[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [2] 崔新省, 李建伏. 内蒙古二连盆地群晚中生代煤盆地的类型和聚煤特征[J]. 现代地质, 1993 7(4): 439-484.
- [3] 李建伏, 徐国权, 张履桥. 内蒙古海拉尔—二连盆地群含煤地层

序和聚煤盆地类型的划分[J]. 内蒙古地质 2002(3): 1-4.

- [4] 黄澎涛, 武学维, 马占琴. 内蒙古自治区二连盆地构造和聚煤特征[J]. 中国煤炭地质 2009 21(S1): 9-11.
- [5] 中国地层典编委会. 中国地层典(白垩系)[M]. 北京: 地质出版社 2000.
- [6] 王启飞, 陈丕基. 白垩纪年代地层学研究简述[J]. 地层学杂志 2005 29(2): 114-120.
- [7] 吴炳伟. 内蒙古开鲁盆地白垩纪三大生物群的发现及其地质意义[J]. 地层学杂志 2007 31(3): 280-285.
- [8] 季强. 中国辽西中生代热河生物群[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [9] 蒙启安, 万传彪, 乔秀云, 等. 内蒙古海拉尔盆地大磨拐河组孢粉组合[J]. 地层学杂志 2003 27(3): 173-185.
- [10] 中国科学院南京地质古生物研究所. 内蒙古二连盆地白垩纪介形类和孢粉化石[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1986.
- [11] 薛云飞, 王丽岩. 海拉尔盆地查干诺尔凹陷扎赉诺尔群孢粉组合[J]. 中国煤炭地质 2010 22(1): 6-14.

(上接第 112 页)

- [2] 白向飞. 中国褐煤及低阶烟煤利用与提质技术开发[J]. 煤炭技术 2010(6): 9-11.
- [3] 张琦, 解京选, 田江漫, 等. 热解条件对白音华褐煤半焦孔隙结构的影响[J]. 煤炭转化 2013 36(3): 1-4.
- [4] 李文军, 焦子阳, 刘丽丽, 等. 甲醇萃取对大雁褐煤孔隙结构的影响[J]. 煤炭转化 2009 32(4): 5-7.
- [5] 周国莉, 武建军, 李国宁, 等. 不同干燥方式对褐煤孔隙结构及复吸特性的影响[J]. 煤炭科学技术 2012 40(10): 100-103.
- [6] 赵振国. 吸附作用应用原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 71-75.
- [7] 李旭. 不同变质程度煤比表面积与吸附特征关系的研究[D]. 沈阳: 煤炭科学研究总院沈阳研究院 2007: 8.
- [8] 唐书恒, 张静平, 吴敏杰. 腐泥煤孔隙结构特征研究[J]. 天然气地球科学 2013 24(2): 247-250.

- [9] 陈萍, 唐修义. 低温氮吸附法与煤中微孔隙特征的研究[J]. 煤炭学报 2001 26(5): 552-556.
- [10] 宋玲玲, 冯莉, 刘炯天, 等. 碱液处理对褐煤孔隙结构的影响[J]. 中国矿业大学学报 2012 41(4): 629-634.
- [11] 严继民, 张培元. 吸附与凝聚[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 136-137.
- [12] J H de Boer. The Structure and Properties of Porous Materials [M]. London: Butterworth, 1958.
- [13] Gregg S J, Sing K S W. Adsorption, Surface Area and Porosity [M]. London: Academic Press, 1982.
- [14] Androutsopoulos G P, Linardos T J. Effects of Drying upon Lignite Macro-pore Structure[J]. Powder Technology 1986 47: 9-15.
- [15] Wheeler R A, Hoadley A F A, Clayton S A. Modeling the Mechanical Thermal Expression Behaviour of Lignite [J]. Fuel, 2009 88: 1741-1751.