

# 我国煤与瓦斯突出区域预测方法研究现状及展望

牟全斌

(中国煤炭科工集团西安研究院有限公司 陕西 西安 710054)

**摘要:** 对我国现有的煤与瓦斯突出区域预测方法进行了归纳总结,重点介绍了指标法、地质方法、物探法和数学物理方法,简要分析了各类方法存在的主要问题,并对突出区域预测的发展趋势进行了展望。指出我国煤与瓦斯突出区域预测的发展趋势是:不断完善现有突出区域预测方法,提高各类方法在不同地质条件下的适应性和有效性;加强瓦斯突出基础理论研究,充分利用各种现代理论与技术手段,全面考虑地应力、瓦斯和煤体性质等决定突出危险性的基本因素,构建基于多因素分析的综合突出区域预测方法体系;积极探索和研究深部矿井突出灾害演化规律和控制因素,提出适用于深部煤炭开采的突出区域预测方法。

**关键词:** 煤与瓦斯突出; 区域预测; 指标预测法; 地质预测方法; 深部矿井

**中图分类号:** TD713 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2014)11-0059-05

## Study Status and Prospects for Regional Prediction Methods of Coal and Gas Outburst in China

MOU Quan-bin

(Xi'an Research Institute Co., Ltd., China Coal Technology & Engineering Group Corp., Ltd., Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The paper summarized the existing regional prediction methods of coal and gas outburst in China coal mines, emphatically introduced the index method, geology method, geophysical prospecting method and mathematical physics method, briefly analyzed the main existing problems for all kinds of methods, forecasted the development trend about regional prediction of outburst. The author pointed out that the progress trend of regional prediction about coal and gas outburst in our country were: constantly improved the existing methods of gas outburst regional prediction, improved the adaptability and effectiveness in different geological conditions; strengthened research on basic theory of gas outburst, made full use of various modern theory and technology, comprehensive consider the basic factors of ground stress, gas and coal properties that determined the danger of gas outburst, building up comprehensive methodology system of outburst based on multiple factor analysis; actively explored and researched on disaster evaluation and controlling factors of outburst in deep mines, put forward the methods of regional prediction for the outburst which applied to coal mining in deep mine.

**Key words:** coal and gas outburst; regional prediction; index prediction method; geological prediction method; deep mine

## 0 引言

煤与瓦斯突出(简称“突出”)是一种极具破坏效应的矿井瓦斯动力现象,我国是世界上突出灾害最严重的国家。据统计,我国国有重点煤矿中高瓦斯和突出矿井占49.8%,累计发生突出15 000余起,根据2012年矿井瓦斯等级鉴定结果,全国共有突出

矿井1 191对。目前我国煤矿开采深度以平均10~20 m/a的速度增加<sup>[1-2]</sup>,矿井地质条件更加复杂,特别是在深部高应力的作用下,煤岩体内部集聚的大量高能瓦斯气体受采掘扰动影响而急剧释放,极易引起煤岩瞬间破坏而发生突出,导致很多原来浅部的非突出矿井转化为突出矿井<sup>[3]</sup>,突出发生的强度、规模和复杂程度进一步增强,严重威胁着矿井的

收稿日期:2014-05-01;责任编辑:赵瑞 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2014.11.016

基金项目:国家科技重大专项资助项目(2011ZX05040-003);中国煤炭科工集团西安研究院有限公司科技创新基金资助项目(2014MS008)

作者简介:牟全斌(1982—),男,陕西汉中人,助理研究员,硕士。Tel:029-87862508 E-mail:muquanbin518@126.com

引用格式:牟全斌.我国煤与瓦斯突出区域预测方法研究现状及展望[J].煤炭科学技术,2014,42(11):59-63.

MOU Quan-bin. Study Status and Prospects for Regional Prediction Methods of Coal and Gas Outburst in China[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(11): 59-63.

安全高效生产。目前突出机理研究以瓦斯主导作用假说、地压主导作用假说、化学本质假说、综合假说为代表,总体而言尚停留在定性解释和近似定量计算阶段。而研究和实践表明,突出是可以预测的,突出危险区呈条带状分布,突出矿井发生突出的区域仅占全部采掘面积的 10% ~ 20%。突出区域预测的主要任务是确定井田、煤层和煤层区域的突出危险性,其目的和意义在于准确划分出突出危险区和无突出危险区,变被动为主动,提高突出灾害防治的针对性和有效性,为矿井瓦斯治理提供科学依据。基于此,笔者对我国突出区域预测方法的发展现状进行归纳总结,并分析了存在的问题和发展趋势。

## 1 指标预测法

### 1.1 瓦斯参数指标

高能瓦斯是突出发生的能量来源和基础条件,每个煤层都存在一个发生突出的最小瓦斯含量和瓦斯压力。王佑安<sup>[4]</sup>通过统计分析认为突出危险煤层瓦斯含量均大于  $10 \text{ m}^3/\text{t}$  (可燃基),俞启香<sup>[5]</sup>提出了煤层发生突出的最小瓦斯压力估算公式,胡千庭等<sup>[6]</sup>认为瓦斯含量指标预测突出危险性具有良好的敏感性,用瓦斯含量指标预测突出在技术上是可行的。

袁亮等<sup>[7]</sup>探讨了瓦斯含量法预测突出的机理,研发了基于瓦斯含量预测突出的一整套技术与装备,提出了瓦斯含量指标临界值确定程序与方法。刘明举等<sup>[8]</sup>用瓦斯含量指标来划分工作面突出危险区域,并利用实验室模拟结合现场分析的方法确定指标临界值。齐黎明等<sup>[9]</sup>分析了瓦斯膨胀能与

瓦斯压力和含量的关系,认为瓦斯含量对突出的影响比压力更大,采用瓦斯含量指标预测突出更加可靠。

王刚等<sup>[10]</sup>研究了发生突出时的能量条件,计算出了不同煤体普氏系数  $f$  和地应力条件下突出时的临界瓦斯含量。范喜生等<sup>[11]</sup>用可压缩流体力学的观点分析了突出机理,采用多相连续介质力学中的应力分析法建立了瓦斯压力临界值的理论计算式。文献[12]探索了不同煤体结构组合下突出发生的临界瓦斯压力计算方法,认为临界瓦斯压力与软煤所占比例关系有较好的规律性。

《防治煤与瓦斯突出规定》提出根据试验考察确定瓦斯压力或瓦斯含量指标临界值,在未确定前暂将煤层瓦斯压力小于 0.74 MPa 且瓦斯含量小于  $8 \text{ m}^3/\text{t}$  的区域划分为无突出危险区,将其余区域划分为突出危险区。

### 1.2 煤体性质指标

与突出相关的煤体性质指标主要有煤体破坏类型、普氏系数、瓦斯放散初速度、变质程度、构造煤厚度、揉皱系数等,重点集中在构造煤研究上,普遍认为构造煤参与了突出的整个过程,一定厚度的构造煤的存在是突出发生的必要条件,因此,对构造煤的物性特征、厚度及分布状况等方面的研究受到广泛关注,成为突出预测的重要指标。目前对煤体破坏类型的划分方法主要以三类分法、四类分法、五类分法和二类分法为代表(表 1),其中四类分法和二类分法由于能较好反映煤体突出危险性且简单易行而被广泛应用,同时文献[13-14]提出了构造煤划分新方案。

表 1 具有代表性的煤体破坏类型分类方法

分类方法	煤体破坏类型划分	突出危险煤类别	提出单位	提出时间
三类分法	甲、乙、丙三类	丙类煤	中国矿业学院	1979 年
四类分法	原生结构煤、碎裂煤、碎粒煤、糜棱煤	碎粒煤、糜棱煤	焦作矿业学院	1990 年
五类分法	I (非破坏煤)、II (破坏煤)、III (强烈破坏煤)、IV (粉碎煤)、V (全粉煤)	III、IV、V 类煤	煤炭工业部	1988 年
二类分法	硬煤和构造软煤	构造软煤	河南理工大学	2004 年

在构造煤的分布及对突出控制作用研究方面,邵强等<sup>[15]</sup>认为构造煤的区域分布主要受构造控制,挤压构造带是构造煤的主要分布区,伸展构造带的边缘是次要分布区,构造煤主要发育在厚煤层中,褶皱翼部和断层上盘构造煤最为发育。刘咸卫等<sup>[16]</sup>根据断层、构造煤与瓦斯突出的关系,认为构造煤的

发育受断层控制,而构造煤的发育程度和厚度又控制了瓦斯突出的危险性。

张玉贵等<sup>[17]</sup>认为构造煤分子间的作用力大小决定了构造煤强度小和吸附能高,从而控制了突出灾害的发生。胡广青等<sup>[18]</sup>研究了不同类型构造煤特征及其对瓦斯突出的控制作用,认为碎粉煤、鳞片

煤和糜棱煤发育部位是瓦斯突出的易发地带。赵文峰等<sup>[19]</sup>认为构造煤在不同构造位置、不同时代及不同煤层中分布有很大差别,构造煤分布总体表现出分区性和选层发育的特点,研究层滑构造发育规律可以达到预测突出危险带的目的。屈争辉<sup>[20]</sup>认为不同类型构造煤瓦斯赋存特征和突出危险性存在较大差异,并将构造煤划分为非突出构造煤、突出构造煤、弱突出构造煤和强突出构造煤。刘明举等<sup>[21]</sup>研究了突出区域预测的构造软煤厚度指标并探讨了临界值确定方法。

此外,于不凡<sup>[22]</sup>研究了突出危险性与煤变质程度之间的关系,认为突出密度及强度与挥发分  $V_{daf}$  呈抛物线分布形式,低变质程度的烟煤( $V_{daf} = 36\% \sim 40\%$ )和高变质程度的无烟煤(电阻率对数值为 3.5)突出危险程度较小,而中等变质程度的烟煤( $V_{daf} = 10\% \sim 20\%$ )突出危险程度最高。

### 1.3 埋藏深度指标

突出发生的次数和强度随开采深度延伸而增加,但两者并不存在绝对的线性关系。突出矿井(煤层)均存在一个发生突出灾害的临界深度,通常采用始突深度作为矿井(煤层)突出深度临界值。但不同地区矿井(煤层)具有不同的始突深度,且变化较大,不存在一个普遍适用于煤与瓦斯突出区域预测的深度指标。

### 1.4 其他指标

以煤体破坏类型、普氏系数、瓦斯放散初速度和煤层瓦斯压力为代表的单项预测指标曾被列入原《防治煤与瓦斯突出细则》。此外,王佑安<sup>[4]</sup>提出了突出预测综合指标  $D$  和  $K$ ,在全国得到了广泛应用。湖南煤炭科学研究所曾提出用煤层围岩指标  $R^5$  (5 m 含砂岩率)、地质构造指标  $K_4$ 、煤质指标  $K_d$  和瓦斯压力  $P$  进行综合判断来进行煤层突出预测。郭德勇等<sup>[23]</sup>依据构造物理学理论提出了以构造组合特征、构造应力场、构造煤和煤层构造带瓦斯为主的综合地质指标。

## 2 地质预测方法

### 2.1 瓦斯地质方法

瓦斯地质是 20 世纪 70 年代兴起的一门边缘学科,认为煤层瓦斯和突出具有不平衡性分布和分区分带的特点,地质条件是影响瓦斯和突出分布的主导因素,其核心理论是瓦斯地质区划论<sup>[24]</sup>。杨陆武等<sup>[25]</sup>以瓦斯地质区划论为基础提出了瓦斯地质单

元法,该方法根据地质构造、煤层厚度及其变化、煤体结构和煤层瓦斯等瓦斯地质参数,将煤层按照突出危险程度划分为不同的瓦斯地质单元,从而实现了突出的区域预测。曹运兴<sup>[26]</sup>认为瓦斯突出可通过构造煤和瓦斯 2 个要素的预测来实现,并提出了瓦斯地质单元类型划分方法,见表 2(根据文献[26]略有改动)。

表 2 瓦斯地质单元类型

单元类型	单元内煤体结构特征(四类分法)	单元内瓦斯特征	单元突出危险性
突出单元	突出煤体(Ⅲ、Ⅳ类煤)	高瓦斯	有突出危险性
非突出单元	非突出煤体(Ⅰ、Ⅱ类煤)	高瓦斯	无突出危险性
非突出单元	突出煤体(Ⅲ、Ⅳ类煤)	低瓦斯	无突出危险性
非突出单元	非突出煤体(Ⅰ、Ⅱ类煤)	低瓦斯	无突出危险性

近年来河南理工大学建立了瓦斯地质理论与物探相结合的多技术(数字地震勘探、无线电波透视和构造软煤测井曲线识别)集成的多尺度(矿井突出区和工作面突出带)瓦斯突出区域预测瓦斯地质新方法,开发了突出区域预测 WebGIS 平台,提出了构造软煤厚度和瓦斯含量为主要指标的突出区域预测方法<sup>[27]</sup>,形成了突出危险区就是构造软煤发育区和瓦斯富集区叠加区的新认识。张子敏等<sup>[28]</sup>将板块构造、区域地质演化理论引入瓦斯地质研究,提出瓦斯赋存地质构造逐级控制理论,总结了我国煤矿瓦斯赋存地质构造逐级控制规律的 10 种类型。通过实施新一轮的全国煤矿瓦斯地质图编制工作,揭示了全国矿区、矿井瓦斯地质特征,推广了以瓦斯地质编图为基础的煤矿瓦斯灾害预测技术,深化了突出区域预测的瓦斯地质理论。

### 2.2 地质动力区划方法

文献[29-30]将地质动力区划方法应用于岩体应力状态研究与矿井动力现象区域预测,地质动力区划方法以板块构造学说为基础,根据地形地貌的基本形态和主要特征决定于地质构造形式这一原理,通过对地形地貌的分析,查明区域断裂的形成与发展,综合应用地应力测量、数值分析、“3S”(GPS、GIS、RS)等技术手段,确定区域地质构造形式、构造背景、岩体应力状态等,划分地质动力灾害危险区域。

文献[31]在此基础上提出不同矿区、不同矿井、不同煤层、不同构造和应力条件下矿井动力现象

具有不同模式的观点,建立了多因素模式识别概率的突出区域预测方法,这种方法已在淮南、平顶山等矿区得到了应用。

### 3 物探法和数学物理预测方法

文光才<sup>[32]</sup>应用电磁波透视技术结合统计规律进行了工作面突出区域预测,张许良等<sup>[33]</sup>在三维地震技术探测断层的基础上利用构造复杂程度的定量评价来划分煤层突出危险带,吕绍林等<sup>[34]</sup>研究了无线电波透视法和槽波地震法为主的突出区域预测方法,汤友谊等<sup>[35]</sup>利用测井曲线进行计算机识别构造软煤,姚军朋等<sup>[36]</sup>提出了构造煤的地球物理测井定量判识指标,彭苏萍<sup>[37]</sup>开展了利用AVO技术探测矿井瓦斯富集区和突出危险区的研究。另外,模糊数学、灰色理论、数量化理论、分形几何、专家系统、地理信息系统等一些前沿的理论也应用到突出区域预测中,拓宽了突出区域预测的研究领域<sup>[38]</sup>。

### 4 存在的主要问题

1) 由于目前尚未阐明突出的复杂动力机制,现有的预测方法大多建立在数据测试、资料统计分析和现场经验的基础上。各种方法所偏重的突出影响因素不同,对不同地质条件下方法的适应性和有效性考虑不足,普遍存在预测的精度和准确率不高、预测周期较长、获取预测信息途径单一、时效性较差等问题。

2) 由于不同矿区(矿井)地质条件和开采工艺的差异性,加之煤体性质和瓦斯赋存的不均衡性,使用指标预测法时现场工程量较大、成本较高,预测的准确程度容易受到数据的覆盖范围和可靠性的影响,且指标的临界值差异较大。瓦斯地质方法与突出机理结合不够紧密。地质动力区划方法实质是基于煤岩体应力分布的突出预测,没有考虑瓦斯、煤体结构对突出的影响作用。用物探法预测突出尚处于探索阶段,应用的矿区还较少,与地质综合分析结合不够紧密,同时存在结果的多解性等问题,其技术的普遍适应性尚待进一步研究,而传统的数学物理方法难以描述突出及其影响因素之间存在的复杂的非线性关系。此外,现行的《防治煤与瓦斯突出规定》对开拓前区域预测和开拓后区域预测2个阶段的界定和预测方法的时效性缺乏详细的规定,给现场技术人员应用带来一定的困难。

3) 深部煤炭开采是我国煤炭能源发展的大趋

势,随着矿井开采深度和强度的不断增加,其应力分布及演化的力学环境日趋复杂,瓦斯高度聚集,影响突出的主要因素(瓦斯、煤体性质、地应力等)都与浅部发生明显变化。开采过程中突出灾害发生条件和发生机理都发生本质改变,一些深部矿井在突出方面存在许多用现有理论无法解释的现象,原有的适用于浅部的突出预测方法已不能完全适应深部矿井突出灾害预测。目前对开采扰动下的深部矿井突出机理和导致突出灾害的多种因素耦合与互馈、深部瓦斯赋存状态、深部瓦斯参数原位精确测定、深部地应力分布规律、深部突出诱发条件及演化机理等研究成果较少,对深部矿井的瓦斯突出规律和控制因素认识不足,尤其缺乏对深部复杂地质条件下突出预测指标及其临界值确定方法的研究。总体来看,现有突出区域预测理论与技术不能满足深部煤炭开采地质安全保障的需要。

### 5 结语与展望

我国煤矿煤与瓦斯突出灾害严重,现有的各类突出区域预测方法在矿井瓦斯突出灾害防治方面发挥了积极作用,但由于突出的发生是一个极其复杂的动力灾害演化过程,加之现有认识水平和技术的局限性,使得目前难以对各种突出现象做出全面、科学、完整的解释,总体来看单一预测指标所反映的突出危险因素较为有限,在实际应用过程中各种预测方法针对不同煤田地质条件的差异性考虑不足,存在一些亟待改进的地方。同时,近年来随着我国煤炭开采逐步进入深部阶段,对深部矿井特殊地质条件下突出区域预测方法的需求极为迫切。

因此我国煤与瓦斯突出区域预测研究的发展趋势集中体现在以下3个方面:①不断完善现有突出区域预测方法,克服各类预测方法在实际应用中的不足之处,综合考虑不同矿井地质类型的差异性,不断提高各类方法在不同地质条件下的适应性和有效性;②进一步加强瓦斯突出灾害基础理论研究,特别是加强对瓦斯突出机理研究和多因素耦合条件下突出灾害演化规律研究,同时应充分利用各种现代理论与探测技术手段,在全面考虑地应力、瓦斯和煤体性质等多种有关决定突出危险性的基本因素的基础上,构建基于多因素分析的综合突出区域预测方法体系;③针对我国深部煤炭资源开发的特殊背景,积极探索和研究深部矿井突出灾害演化规律和控制因素,研究深部复杂地质条件下突出区域预测的基本

原则、操作步骤及指标体系,最终提出适用于深部煤炭开采的突出区域预测方法。

#### 参考文献:

- [1] 卢鉴章,刘见中.煤矿灾害防治技术现状与发展[J].煤炭科学技术,2006,34(5):1-5.
- [2] 林柏泉,高亚斌,沈春明.基于高压射流割缝技术的单一低透煤层瓦斯治理[J].煤炭科学技术,2013,41(9):53-57.
- [3] 谢和平,周宏伟,薛东杰,等.煤炭深部开采与极限开采深度的研究与思考[J].煤炭学报,2012,37(4):535-542.
- [4] 王佑安.煤与瓦斯突出危险性预测方法[J].煤矿安全,1984,15(4):1-7.
- [5] 俞启香.矿井瓦斯防治[M].徐州:中国矿业大学出版社,1992.
- [6] 胡千庭,邹银辉,文光才,等.瓦斯含量法预测突出危险新技术[J].煤炭学报,2007,32(3):276-280.
- [7] 袁亮,薛生,谢军.瓦斯含量法预测煤与瓦斯突出的研究与应用[J].煤炭科学技术,2011,39(3):47-51.
- [8] 刘明举,张志军,王洁.工作面突出危险性区域预测方法[J].煤炭科学技术,2012,40(8):55-58.
- [9] 齐黎明,陈学习,程五一.瓦斯膨胀能与瓦斯压力与含量的关系[J].煤炭学报,2010,35(5):105-108.
- [10] 王刚,程卫民,谢军,等.瓦斯含量在突出过程中的作用分析[J].煤炭学报,2011,36(3):429-434.
- [11] 范喜生,张浪,孙景来,等.煤与瓦斯突出瓦斯压力临界值的研究[J].安全与环境学报,2013,13(6):194-196.
- [12] 贾炳,倪小明.不同煤体结构组合的煤与瓦斯突出临界瓦斯压力[J].煤炭科学技术,2012,40(11):69-72.
- [13] 据宜文,姜波,侯泉林,等.构造煤结构-成因新分类及其地质意义[J].煤炭学报,2004,29(5):513-517.
- [14] 王恩营,刘明举,魏建平.构造煤成因-结构-构造分类新方案[J].煤炭学报,2009,34(5):656-660.
- [15] 邵强,王恩营,王红卫,等.构造煤分布规律对煤与瓦斯突出的控制[J].煤炭学报,2010,35(2):250-254.
- [16] 刘咸卫,曹运兴,刘瑞旬.正断层两盘的瓦斯突出分布特征及其地质成因浅析[J].煤炭学报,2005,30(6):571-575.
- [17] 张玉贵,张子敏,曹运兴.构造煤结构与瓦斯突出[J].煤炭学报,2007,32(3):281-284.
- [18] 胡广青,姜波,陈飞,等.不同类型构造煤特征及其对瓦斯突出的控制研究[J].煤炭科学技术,2012,40(2):111-115.
- [19] 赵文峰,熊建龙,张军,等.构造煤分布规律及对煤与瓦斯突出的影响[J].煤炭科学技术,2013,41(2):52-55.
- [20] 屈争辉.构造煤结构及其对瓦斯特性的控制机理研究[D].徐州:中国矿业大学,2010:150-152.
- [21] 刘明举,龙威成,刘彦伟.构造煤对突出的控制作用及其临界值的探讨[J].煤矿安全,2006,37(10):45-46.
- [22] 于不凡.煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册[M].修订版.北京:煤炭工业出版社,2005.
- [23] 郭德勇,韩德馨,王新义.煤与瓦斯突出的构造物理环境及其应用[J].北京科技大学学报,2002,24(6):581-584.
- [24] 焦作矿业学院瓦斯地质研究室.瓦斯地质概论[M].北京:煤炭工业出版社,1990.
- [25] 杨陆武,彭立世,曹运兴.应用瓦斯地质单元法预测煤与瓦斯突出[J].中国地质灾害与防治学报,1997,8(3):21-25.
- [26] 曹运兴.瓦斯地质单元法预测瓦斯突出的认识基础与实践[J].煤炭学报,1995,20(5):76-78.
- [27] 河南理工大学.煤与瓦斯突出区域预测瓦斯地质方法及示范应用[R].焦作:河南理工大学,2006:55-57.
- [28] 张子敏,吴吟.中国煤矿瓦斯赋存构造逐级控制规律与分区划分[C]//中国煤炭学会成立五十周年高层学术论坛论文集.北京:煤炭工业出版社,2012:1-12.
- [29] 张宏伟.地质动力区划方法在煤与瓦斯突出区域预测中的应用[J].岩石力学与工程学报,2003,22(4):621-624.
- [30] 段克信.北票矿区动力地质区划[J].煤炭学报,1995,20(4):337-341.
- [31] 张宏伟,韩军,宋卫华,等.地质动力区划[M].北京:煤炭工业出版社,2009.
- [32] 文光才,赵旭生,康建宁.区域预测新技术在采面突出危险预测中的应用[J].煤炭科学技术,2002,30(3):15-17.
- [33] 张许良,彭苏萍,杨瑞召,等.瓦斯突出危险带的三维地震探测技术[J].煤炭科学技术,2003,31(12):12-15.
- [34] 吕绍林,何继善,李周波.非接触式瓦斯突出预测方法[J].物探与化探,2000,24(1):23-27.
- [35] 汤友谊,孙四清,田高岭.测井曲线计算机识别构造软煤的研究[J].煤炭学报,2005,30(3):293-296.
- [36] 姚军朋,司马立强,张玉贵.构造煤地球物理测井定量判别研究[J].煤炭学报,2011,36(5):94-98.
- [37] 彭苏萍,高云峰,杨瑞召,等.AVO探测煤层瓦斯富集的理论探讨和初步实践:以淮南煤田为例[J].地球物理学报,2005,48(6):1475-1486.
- [38] 国家安全生产监督管理总局规划科技司.“十五”国家安全生产优秀科技成果汇编[R].北京:煤炭工业出版社,2007:193-226.

## 征 订 启 事

2015年《煤炭科学技术》杂志定价:25元/册,全年12期共300元(含邮费)。本刊可邮局订阅,邮发代号:80-337,也可直接向本编辑部索取订单并办理订购业务,欢迎随时订阅。

汇款地址:北京市和平里青年沟路东口5号煤炭科学研究总院《煤炭科学技术》编辑部(100013)

联系电话:(010)84262114(解老师)

传 真:(010)84262926-8010

电子信箱:cst410@china.com

网 址:www.mtkxjs.com.cn