

中国工程科技论坛

煤与瓦斯突出灾害 及其科学防治

● 中国工程院

高等教育出版社

中国工程科技论坛

煤与瓦斯突出灾害及其 科学防治

Mei Yu Wasi Tuchu Zaihai Jiqi Kexue Fangzhi

高等教育出版社·北京

内容提要

煤炭在未来几十年内是我国能源的消费主体。随着煤炭开采深度的持续增加,煤与瓦斯突出动力灾害已成为深部煤炭资源安全开采所必须面临的重大挑战。煤与瓦斯突出及其科学防治成为我国高瓦斯矿井安全生产亟待突破的关键科学难题,也是煤炭开采、矿业工程领域的重大技术挑战和前沿热点问题之一。“第202场中国工程科技论坛——煤与瓦斯突出灾害及其科学防治暨国际煤岩动力灾害防治科学与技术研讨会”于2015年5月5~6日在徐州举行。论坛以大会特邀报告的形式,广邀国内外煤矿瓦斯治理、岩石力学、岩土工程、矿山地球物理领域的院士和知名专家作了近30场高水平学术报告。围绕煤矿开采过程中的煤与瓦斯突出、煤岩动力灾害防治等问题开展了多方位、多角度的战略性与前瞻性主题研讨,通过多学科交叉与融合探求矿山煤岩动力灾害孕育演化机理研究与监测预警技术攻关方略,推动我国乃至世界煤炭开采中面临的煤岩动力灾害预测预报、风险评估、科学防治的新发展,引领新理论、新方法、新技术的自主创新与突破。本次中国工程科技论坛取得的成果,确定了未来深部开采条件下煤岩动力灾害防治领域发展的重点方向,凝练了煤与瓦斯突出、冲击地压、岩爆等煤岩动力灾害防治领域需要重点开展的重大科学技术问题。

本书为中国工程院“中国工程科技论坛”系列丛书之一,书中所展示的前沿学术动态和科技成果,将为引领并推动煤岩动力灾害的预测预报及防治技术发展提供有益的参考,可供从事煤矿安全、煤岩动力灾害防治的研究人员、设计及生产单位从事矿山灾害防治的高级工程师阅读,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

煤与瓦斯突出灾害及其科学防治 / 中国工程院编著

· 一 北京: 高等教育出版社, 2016.9

(中国工程科技论坛)

ISBN 978-7-04-045447-5

I. ①煤… II. ①中… III. ①煤突出-防治②瓦斯突出-防治 IV. ①TD713

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 096544 号

总 策 划 樊代明

策划编辑 王国祥 黄慧靖

责任编辑 沈晓晶

封面设计 顾 斌

责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京汇林印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 12.75
字 数 178千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2016年9月第1版
印 次 2016年9月第1次印刷
定 价 60.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 45447-00

编辑委员会

主任委员：袁 亮

委 员：才庆祥 周福宝 窦林名 林柏泉

卢玉义 王恩元

编辑人员：孟建兵 周劲锋

目 录

第一部分 领导致辞

中国工程院副院长徐德龙院士致辞	徐德龙	3
国家自然科学基金委员会朱旺喜处长致辞	朱旺喜	5
中国岩石力学与工程学会冯夏庭理事长致辞	冯夏庭	6
中国煤炭工业协会彭建勋副会长致辞	彭建勋	7
江苏省科技厅段雄副厅长致辞	段雄	9
中国矿业大学葛世荣校长致辞	葛世荣	11

第二部分 综述

综述		15
----------	--	----

第三部分 主题报告及报告人简介

我国煤矿瓦斯防治研究方向	袁亮	23
The Role of Gas Desorption on Gas Outbursts in Underground Mining of Coal	Sheng Zhi, et al.	38
Numerical Study of Gas Drainage from Borehole and Faces in Underground Coal Mines	Zhejun Pan	76
大型近水平露天煤矿内排时时效边坡理论与技术研究	才庆祥,等	94
煤矿冲击动载及其作用效应	窦林名,等	106
高瓦斯突出煤层“钻-冲-割”耦合卸压及瓦斯高效抽采关键技术研究	林柏泉,等	120
煤矿井下树状钻孔体积压裂均衡增透方法	卢义玉	129
煤与瓦斯压出灾害及预防技术研究	王恩元,等	136
煤与瓦斯突出过程物理模拟试验方法研究	许江	157
附录 主要参会人员名单		190
后记		194

第一部分

领导致辞

中国工程院副院长徐德龙院士致辞

徐德龙

中国工程院

尊敬的袁亮主席,尊敬的各位院士、各位嘉宾,亲爱的同学们:
大家好!

今天,我们相聚在历史文化名城徐州,举行第 202 场中国工程科技论坛——煤与瓦斯突出灾害及其科学防治暨国际煤岩动力灾害防治科学与技术研讨会。首先,我谨代表中国工程院、代表周济院长对本次论坛的召开表示热烈祝贺!对参加论坛的各位领导、各位院士、各位专家表示热烈的欢迎!尤其要向国家自然科学基金委员会、江苏省科学技术厅以及中国矿业大学给予大会的大力支持表示衷心的感谢。

能源是现代化的基础和动力。当前世界政治、经济格局深刻调整,能源供求关系急剧变化。我国能源资源约束日益显现,生态环境问题更加突出。调整结构、提高能效、保证能源安全的压力进一步加大,能源发展面临一系列新的问题和新的挑战。我国是煤炭消费大国,煤炭占据了我国能源消费总量的将近 70%,对支撑经济发展和能源安全发挥了重要作用。从现在起到 2020 年,是我国全面建成小康社会的关键时期,也是能源发展转型的重要战略机遇期,在此形势下,推进能源生产和消费革命,走煤炭清洁高效利用之路具有重大的现实意义,也是贯彻落实中国共产党十八大报告中提出的关于建设美丽中国的重要战略举措。

中国工程院是我国工程科技界最高荣誉性、咨询性的学术机构,是国家工程科技的思想库。组织院士开展战略咨询、学术引领、科技服务和人才培养,是发挥思想库作用的重要途径。中国工程科技论坛创办于 2000 年,15 年来已经成功举办 201 场。在各位院士和专家共同努力下,中国工程科技论坛已发展成为中国工程科技界交流学术思想、凝聚集体智慧的重要平台,成为中国工程科技战略研究和服务国家科学决策的重要学术支撑。为进一步提升中国工程科技论坛的水平和质量,结合以往的经验,我们提出了四“聚”策略和五“合”机制。四“聚”是指,一是要聚焦论坛主题,紧扣社会热点和科技前沿问题,开展战略性、全局性、前沿性的学术研讨;二是聚集发展力量,吸引地方、企业、高校、院所发挥合力,共同提升论坛的影响力和辐射力;三是聚合创新机制,通过会议机制的创

新,打造开放包容的学术交流平台;四是聚变论坛成果,加强对学术会议成果的总结和提炼,最大限度地发挥学科学术的引领作用。五“合”是指,一是不同学科间的整合,鼓励不同学部、不同学科间加强协调,发挥工程院学科交叉、领域综合、人才荟萃的独特优势;二是与咨询工作相配合,推动学术会议更加深入全面地配合咨询工作,成为服务国家科技决策的重要学术力量;三是与科技服务相结合,通过学术会议与科技服务、院士行等活动的融合,支持地方、行业和企业提高创新的力度;四是与人才培养相结合,通过学术会议,吸引和鼓励一批有实力、有能力的后备人才,为拔尖创新人才脱颖而出铺路搭桥;五是与科普工作相融合,以学术会议为平台,充分发挥广大院士在知识传播、科学普及、引领成才方面的作用。

中国工程院历来高度重视我国能源发展所面临的重大战略问题,先后启动了中国煤炭清洁高效可持续开发利用的战略研究、我国非常规天然气开发与利用的战略研究、推动能源生产和消费革命的战略研究等一系列重大的能源方面的资金研究项目,并开展了系统的深入研究。这些项目的研究成果受到了党中央、国务院领导的高度重视和充分肯定,为国家和相关部委的科学决策提供了重要的学术支撑。

近年来,我国的煤炭开采已经从浅部资源向深部延伸,煤炭开采受到诸如瓦斯突出、冲击地压等多种动力灾害的影响。高瓦斯矿井防灾减灾和安全生产问题受到国家的高度重视,已成为煤炭开采、矿业工程领域的重大技术挑战和前沿热点问题。对此,广大科技工作者展开了广泛而深入的研究,取得了重要的理论突破和技术创新,解决了大量工程实际问题,但是仍然没有从根本上消除矿井动力灾害。煤炭资源的安全、高效、有序开采仍然是我们面临的难题之一,也是本次论坛要重点探讨的内容。在煤炭工业面临困境的今天,我们举办本次论坛,就是希望各位专家、学者围绕“煤与瓦斯突出灾害及其科学防治”的主题,交流思想,启迪智慧,推动我国瓦斯动力灾害防治技术的发展,引领煤矿安全、科学、智能化开采,保证国家能源安全。

预祝本次工程科技论坛取得圆满成功!

谢谢大家!

国家自然科学基金委员会朱旺喜处长致辞

朱旺喜

国家自然科学基金委员会工程与材料科学部工程科学一处

尊敬的各位院士、各位领导、各位嘉宾：

首先，我代表国家自然科学基金委员会工程与材料科学部对第 202 场中国工程科技论坛的召开表示热烈祝贺！

工程科学是我们保障国家安全、促进社会进步、经济可持续发展以及提高人民生活质量的重要基础和技术支撑。大家都知道国家自然科学基金委员会的定位是基础、人才和科技前沿探索体。现在整个国家的科技体制在进行改革，但作为基础前沿探索的国家自然科学基金委员会职能不会改变。尽管各方面经费现在收支都比较紧张，但是国家自然科学基金资金还在持续增长，估计今年总的财政部资助的经费不会低于 222 亿元，批准的经费可能比这个还要更多。所以说希望通过这个基础的支持、前沿的探索，对我们整个国家科学基础研究有一个促进。中国矿业大学是我们科学处一个非常重要的单位。举一个例子，以创新群体这一类别来说，一个创新群体资助钱数差不多现在为 1200 万元左右，我们这个处总共还不到 10 个，而中国矿业大学已经获得资助的有 3 个，分别是谢和平院士、缪协兴校长、赵跃民校长的创新群体，三个群体都在中国矿业大学。中国矿业大学在煤炭行业确实是个龙头学校。像去年由袁亮院士主持的上千万元经费的重大仪器项目也获得成功，这些都表明中国矿业大学在这方面有非常强大的实力。煤与瓦斯突出灾害及其科学防治，以及煤岩动力灾害防治这一方面也是我们非常关注的方面，所以期望通过本次论坛，对煤炭行业，对安全，对环境和绿色开采、基础研究和理论创新都有一个比较大的促进，推动我国煤炭事业的发展。

最后，预祝大会圆满成功！

谢谢大家！

中国岩石力学与工程学会冯夏庭理事长致辞

冯夏庭

中国岩石力学与工程学会

尊敬的徐德龙院长,各位院士、各位领导、各位专家,同学们:
大家上午好!

值此第 202 场中国工程科技论坛隆重开幕之际,我谨代表中国岩石力学与工程学会对大会的召开表示热烈的祝贺,并向百忙之中前来出席会议的各位领导、各位专家、各位院士表示衷心的感谢!

煤炭作为我国的主导能源,在一次能源生产和消费结构中均占 60% 以上。研究表明,在未来相当长时期内,煤炭作为我国主体能源的地位不会改变。近年来,随着我国煤炭开采深度逐渐加大,煤与瓦斯突出等煤岩动力灾害与日俱增,且灾害致灾机理不清楚,严重威胁着煤矿安全生产。当前,煤岩动力灾害问题已成为世界岩石力学和岩土工程领域专家、学者们共同关注的热点问题。

中国岩石力学与工程学会长期关注煤矿深部开采过程中的冲击地压、巷道围岩控制、煤与瓦斯突出等灾害问题,组织广大学者围绕灾害控制理论和技术难题开展了深入系统的研究与攻关,为煤矿安全和科学开采贡献力量。本次大会围绕煤与瓦斯突出、深部开采煤岩动力灾害防治等主题,开展研究和讨论,这将为促进国内外专家、学者在煤岩动力灾害防治理论和技术方面的交流与合作,进一步凝聚研究力量,推动煤岩动力灾害防治工程技术进步搭建一个良好的平台。

中国岩石力学与工程学会作为本次会议的承办单位之一,我们将竭诚为会议的成功举办提供全方位的支持和服务。

最后,预祝大会圆满成功!

谢谢大家!

中国煤炭工业协会彭建勋副会长致辞

彭建勋

中国煤炭工业协会

尊敬的徐院长,各位院士、各位专家,同志们、同学们:

今天,“中国工程科技论坛”在这里召开,专题研究煤岩动力灾害的防治,意义深远重大。受王显政会长的委托,我很高兴参加这次研讨会。首先我代表中国煤炭工业协会、中国煤炭学会向出席本届论坛的各位嘉宾致以崇高的敬意,向长期以来关心支持煤炭工业改革发展的社会各界朋友表示衷心的感谢,特别向徐德龙院长、向中国工程院对煤矿安全生产的高度重视表示衷心的感谢。

多年来煤炭占能源消费比重一直在 65% 以上。煤炭今天是、今后相当长一个时期内还将是我国的重要能源。当前,煤炭工业正处在结构调整和转型发展的关键时期,也是经济运行非常困难的时期,但是我们坚信煤炭在一定时期内的能源主体地位不会改变,煤炭是可以清洁利用的。持续地推进煤炭的安全高效开采、清洁高效利用始终是我们十分重要的能源战略。

安全生产始终是煤炭工业发展的头等大事,煤炭工业的发展绝不能以牺牲矿工的生命为代价,这是一条不可逾越的红线。据统计,从 2002 年到 2014 年全国煤炭产量由 14 亿吨上升到了 38.7 亿吨,事故死亡人数由 6995 人减少了到 931 人,百万吨死亡率由 4.94 下降到了 0.255,全国煤矿安全生产形势实现了明显好转。但是,与实现根本好转的目标、与先进产煤国家的安全生产水平相比仍然还有很大的差距。煤炭安全生产形势依然十分严峻,事故总量仍然偏大,重大事故没有得到有效的遏制,尘肺、硅肺病等职业病发病率仍然较高,特别是煤与瓦斯突出灾害与煤岩动力灾害的防治还没有十足的把握。而且,随着煤矿采深的不断加大,煤岩动力灾害不是减轻而是越来越加重。我们必须保持清醒的头脑,不断地增强忧患意识和危机意识。

科学技术是第一生产力,煤岩动力灾害的有效防治,必须大力提升科学技术水平。要激发煤炭科技工作者、特别是一线工程技术人员、产业工人的研究动力,围绕煤与瓦斯防治技术的集成、煤矿动力灾害致灾机理的深入研究,坚决防控煤矿群死群伤重大事故的发生。

各位院士、各位专家,煤矿科学技术的每一项突破,每一步进展都凝结着各

位院士、各位专家对矿工兄弟生命安全的关怀,都体现着煤炭科学技术工作者光荣的使命和神圣的职责。劳动最光荣、劳动最伟大,科研工作者从事的是崇高而神圣的劳动。我们相信,通过本次会议的深入探讨交流,一定会迸发出更多的学术思想的火花。通过广大煤炭科研工作者和矿工作业相结合的崇高劳动,一定会不断推进煤矿安全生产技术的蓬勃发展。让我们共同努力,为煤矿安全生产形势实现根本好转的那一天的早日到来而奋斗!

预祝大会满成功!

谢谢大家!

江苏省科技厅段雄副厅长致辞

段雄

江苏省科技厅

尊敬的各位院士、各位领导、各位来宾：

大家上午好！

今天，第 202 场中国工程科技论坛在楚风汉韵的历史文化名城徐州召开。首先，我代表江苏省科技厅，向论坛的顺利举行表示热烈的祝贺！向参会的各位专家、学者表示诚挚的欢迎！同时，向中国工程院、国家自然科学基金委员会、中国煤炭工业协会等单位对本次论坛的召开所给予的大力支持表示衷心的感谢！

能源是经济、社会发展和提高人民生活水平的重要物质基础，能源安全也是国家经济安全的重要方面。我国少油、少气、多煤的能源格局决定了煤炭的主要能源地位，在未来几十年内中国能源主要依靠煤炭的格局不会改变。近年来，随着我国煤炭开采强度和深度的逐步加大，开采煤层的瓦斯压力和地应力逐渐升级，煤与瓦斯突出等煤岩动力灾害的发生日趋频繁，成为严重危及我国煤矿企业安全生产的重要问题。本次会议的主题是“煤与瓦斯突出灾害及其科学防治暨国际煤岩动力灾害防治科学与技术”，正好呼应了当前我国煤炭安全生产的科学技术需求。

近年来，江苏省科技厅全面贯彻省委省政府关于实施创新驱动发展战略，推进科技创新工程的决策部署，全省总体上进入科技创新活跃期。去年 10 月 20 日，国务院正式批复支持建设苏南国家自主创新示范区，成为我国首个以城市群为基本单元的自主创新示范区。去年 12 月中旬，习近平总书记亲临江苏省产业技术研究院视察指导，对江苏科技改革发展给予充分肯定。2014 年，江苏省全社会研发投入达 1631 亿元，占地区生产总值比重达到 2.5%，发明专利申请量超过全国的六分之一，科技进步贡献率提高到 59%，区域创新能力连续六年位居全国第一。

中国矿业大学作为我国煤炭行业的最高学府，在人才培养、科学研究、服务社会等方面做出了重要贡献。江苏作为科技大省，历来高度注重对科教事业的支持，2009 年 10 月 18 日江苏省政府与教育部、国家安全生产监督管理总局签署了共建中国矿业大学的协议。江苏省政府批准徐州铜山国家高新区与中国矿业

大学等单位合作,共建国家安全科技产业园。

各位院士、各位来宾,煤炭工业的健康发展是我国能源安全、社会经济快速前进的基础。希望各位与会专家通过本次大会的交流和研讨,推动我国煤矿动力灾害防治技术的进步,强化煤矿安全生产保障体系,改变煤矿行业生产科技水平低、安全事故多的现状。

最后,预祝大会取得圆满成功!祝各位来宾在美丽的徐州生活愉快、身体健康!

谢谢大家!

中国矿业大学葛世荣校长致辞

葛世荣

中国矿业大学

尊敬的徐院长、彭会长,各位院士、各位专家,各位来宾:
大家上午好!

今天,我们相聚在美丽的徐州,美丽的中国矿业大学,共同举行中国工程科技论坛——煤与瓦斯突出灾害及其科学防治暨国际煤岩动力灾害防治科学与技术研讨会。这是一次启迪智慧、凝聚思想的盛会。首先,我代表4万余名中国矿业大学师生员工对各位专家的到来表示热烈的欢迎,对各位专家长期以来对学校的发展尤其是煤炭科技研究的关怀和帮助表示衷心的感谢。

中国矿业大学创建于1909年,在座的许多专家和领导都是我们的老领导、老专家、老朋友,各位都对矿大的历史渊源和办学情况比较熟悉,在学校入选国家“211工程”和“985优势学科创新平台”重点建设项目,在矿大成为教育部、江苏省与国家安全生产监督管理局联合共建发展的重要节点和工作中,都给予了悉心的指导和有力的支持,使得矿大能够发扬百年优良传统,办学特色更加明显、办学优势更加突出,办学成效更加显著。目前,我校在科研方面已经形成了以2个国家级重点实验室、3个国家工程实验室、2个国家工程研究中心和1个大学科技园,以及3个国家教学实验示范中心和4个国家教学团队为主要标志的高水平人才培养、科学研究和社会服务的平台。“十一五”以来,学校共承担国家“863计划”“973计划”、重大科技发展专项以及国家自然科学基金重大专项等项目755项,省部级项目622项;获得国家级科技奖励30项,在国家级科技奖励数量中位居全国高校前列、江苏省高校第一位。在全国高校第三轮学科评估中,我校的矿业工程、安全科学与工程两个学科位列全国第一。在世界权威的基本科学指数ESI排名中,我校的工程学学科已进入全球大学与科研机构的前1%。目前,学校正在全力谋划深化改革,向着特色鲜明的国际一流大学奋力迈进。

面对国民经济发展的新态势和能源行业革命新发展的要求,迫切需要解决煤炭开采过程中的煤与瓦斯突出等各种煤岩动力灾害,保障数百万煤炭职工的生命安全,推进煤炭科技进步,提升煤炭科教水平,是中国矿业大学在新时期服

务国家经济社会建设和发展所应承担的历史使命。我们也清楚地认识到,能源工程技术领域的教育和研究水平还不能适应煤炭的高效开采和清洁利用的需求,还需要进一步完善和提高。本次论坛的召开,就为我们矿业大学的科学发展特别是煤炭能源科研的转型、提升提供了一个难得的契机。恳请各位院士、专家对我校的安全科技和教学工作给予指导和帮助,我们也愿意与各位专家一起,就煤与瓦斯动力灾害防治等问题进行充分交流、深入研讨,为煤炭安全、科学、智能化开采,为能源行业的转型升级以及国家经济社会发展做出更大的贡献。

预祝本次论坛圆满成功,祝愿各位院士和专家身体健康、心情愉快,谢谢!