

*meikuang caichang kuangshan yali daolun*

# 煤矿采场矿山压力导论

——对矿山压力基本理论问题的研究

张可斌 刘成录 王洪忠 戴进 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

# 煤矿采场矿山压力导论

——对矿山压力基本理论问题的研究

张可斌 刘成录 王洪忠 戴进 著

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书是一本有关矿山压力的专著。它对如下煤矿采场矿山压力基本理论课题做了深入、系统地分析与研究。这就是：第一，从定性和定量两个方面圆满的论证了支架工作阻力(包括初撑力、额定工作阻力)与整个采场上覆岩层运动(包括下沉量、下沉速度)的作用机理，即支架阻力—围岩运动作用机理，并以此为理论基础解决了由矿山压力实践所提出的如下问题：支架合理额定工作阻力、合理初撑力、支架安全阀参数的确定、支架额定工作阻力、顶板下沉“双曲线”的绘制；第二，阐明了基本顶岩层断裂机理、位置、断裂来压运动方式及对矿山压力显现和控制的影响；第三，探讨了组成覆岩各岩层的组成方式、运动范围，为支架合理阻力确定明确了基础数据；第四，定量分析了支架工作状态，支架对顶板岩层运动控制效果，并提出了直接顶底板岩层的分类指标及分类方案；第五，研究了支承压力成因、分类、显现规律及其定量计算；第六，本书最后两章在分析工作面推进速度、开采深度对覆岩变形及对矿山压力显现和控制影响的基础上，提出了工作面推进速度与开采深度的分类方案。并阐明了不可控支承压力随工作面推进速度、开采深度变化而发生、发展，达到峰值，再由峰值到衰减直至消失的变化规律。

支架工作阻力与整个覆岩运动作用机理的解决是矿山压力在理论上的一个突破，它创造性地发展和丰富了矿山压力的理论体系，是矿山压力发展史上的一座里程碑。同时，该课题的解决，也具有重要的学术价值，其价值就在于它对矿山压力理论的发展及深入研究将产生深远的影响，对矿山压力控制实践也将具有重要的指导意义。因此，本书可作为高等院校采矿专业师生的教学参考用书，同时也可作为科研、设计以及现场工程技术人员的重要参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

煤矿采场矿山压力导论/张可斌,刘成录,王洪忠,  
戴进著. —徐州:中国矿业大学出版社,2003.5

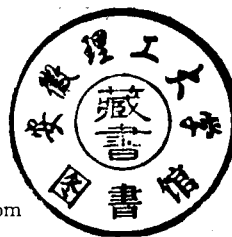
ISBN 7 - 81070 - 879 - 1

I. 煤... II. ①张...②刘...③王...④戴...  
III. 煤矿开采—矿山压力 IV. TD31

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第034364号

书 名 煤矿采场矿山压力导论  
著 者 张可斌 刘成录 王洪忠 戴 进  
责任编辑 姜志方  
责任校对 杜锦芝  
出版发行 中国矿业大学出版社  
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
排 版 中国矿业大学出版社排版中心  
印 刷 徐州新华印刷厂  
经 销 新华书店  
开 本 787×1092 1/16 印张 19.25 字数 465 千字  
版次印次 2003年5月第1版 2003年5月第1次印刷  
定 价 25.00元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



# 序

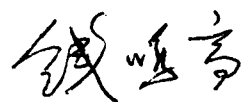
众所周知,我国是一个产煤大国,1996年产量已达到13.74亿t,位居世界首位。在这些产量中,90%以上来自井工开采。对于井工开采来说,安全和效益是制约其发展的两个重要因素,而矿山压力与围岩控制技术又是影响井工开采安全和效益的一个关键课题。因此,采场矿山压力与围岩控制技术研究,对采场安全、高产高效矿井建设具有极其重要意义。三十几年来,作者在继承传统矿山压力理论的基础上,对这一学科中的一些重大的理论课题做了一些研究和实践,得到了一些有益的结论和理性认识上的突破。对于这些结论和认识,作者将其汇集成册,出版了这本专著,对此我表示祝贺。在我读完这本专著的初稿之后,深感作者在矿山压力与岩层控制研究方面有许多特色,颇有建树。例如:煤矿采场矿山压力研究的核心,即矿压显现规律、岩层控制的基础理论课题,“回采工作面支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动的作用机理”,早在20世纪50年代末就提了出来。各国学者做了大量的实测和理论研究工作,取得了长足的进展,但并没有圆满地解决。长期以来,作者对于这一课题进行了深入系统地研究,通过分析采煤工作面支架工作阻力顶板下沉量实测曲线,进一步阐明了采场上覆岩层的运动规律,从控制的角度出发,提出了将整个采场上覆岩层划分为“可控岩层”与“不可控岩层”的新概念。在可控岩层中,根据组成可控岩层各岩层运动及控制特征,又提出了将其划分为“程控岩层”与“必控岩层”的新概念。并据此定量地论证了支架工作阻力(初撑力、额定工作阻力)与整个采场上覆岩层运动的作用机理。从而使“支架—围岩关系”这一理论课题从定性和定量两个方面得到了圆满地解决。作者又以此为理论基础,解决了由矿山压力实践所提出的如下问题:这就是支架额定工作阻力、顶板下沉“双曲线”绘制,支架控制覆岩运动所应具备的合理额定工作阻力、合理初撑力的确定等。阐明了支承压力成因机制、分类、显现规律及定量研究;基本顶岩层断裂机理、位置及其来压运动方式;支架工作状态及其对顶板岩层运动控制效果和工作面推进速度、开采深度对采场矿山压力显现和控制影响等问题。

支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理的解决是矿山压力在理论上的一个突破,它创造性地发展和丰富了矿山压力理论体系,对采场矿山压力理论发展将产生深远影响。

总之,该书对问题的分析逻辑性强、概念清晰准确,深刻地揭示了支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理的实质。它不仅具有重要的学术价值,而且它的解决对安全、合理、有效、经济地控制矿山压力,安全阀的设计制造、矿山压力监测、支架的系列化和标准化等也都具有极其重要的实践意义。

中国工程院院士

中国矿业大学教授



# 前 言

“矿山压力及其控制”是采矿工程的一门基础学科。而支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理,又是该学科中一个最基础、最核心的理论课题。更明确地说:这个最基本的课题是矿山压力显现及控制的理论基础。

任何一门科学技术,都是特定历史时期的产物,它反映着科学技术发展的历史进程。采矿科学技术发展到当今这个历史时期,从安全、经济、有效、合理地开发国家自然资源造福人类这一目的出发,要求我们去探索认识支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动关系的客观规律以及有关煤矿采场矿山压力的重大理论与实践性课题。

长期以来,各国学者及工程专家,对“支架—围岩”关系这一课题,进行了大量实测和理论研究工作,取得了丰硕成果,获得了巨大的社会效益和经济效益。我国学者在这一领域的研究也跨入了国际先进行列,其研究成果受到了国际岩石力学界的瞩目。

自20世纪60年代中期,作者在继承传统矿山压力理论的基础上,依据“回采工作面支架工作阻力顶板下沉实测曲线”,对“支架—围岩”关系及相关课题进行了认真地探索和研究,在此基础上,撰写了一些有关这方面论述的文章,发表在国内学术刊物及在会议上交流。在这些文章中,经过作者筛选,对其中几篇有代表性的典型论文进行加工修订,汇集成册并出版,奉献给我们的祖国及采矿界的同行们。由此看出:该书好像是一本论文集,但其各章节内容之间又存在着密切的联系,形成了一个完整的科学体系,有着很强的系统性,因此它又是一本专著。

需要说明的是,在本书第二及第三章中,都存在着有关支架合理额定工作阻力和合理初撑力的确定问题的阐述,但它们分别是不同角度去阐明不同的问题。在第二章中,用支架合理额定工作阻力、初撑力的确定去阐明支架所具备的合理工作阻力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理。而在第三章中,则是用来阐明基本顶岩层裂断来压运动对矿山压力显现和控制的影响,所以作者在修订过程中,把它们都保留了。

本书在修订过程中,由于编写时间仓促,无论在系统性上,还是在理论性上肯定存在许多问题,同时因作者理论水平和实践知识所限,书中难免有不妥和

错误之处,欢迎读者提出批评指正。

本书得以顺利出版,是与很多同志的技术指导、中肯建议及提供资料分不开的。特别是枣庄矿业集团总工程师庄玉伦,南屯矿的总工程师韦建清高工、生产科长梁光峰高工,兴隆庄矿王济忠高工等同志都给予了很多支持和帮助,在此对他们表示衷心的感谢。

参加本书著述工作的还有刘桂仁、任保明。

# 目 录

序	(1)
前言	(1)
绪 论	(1)
第 1 章 支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动相互作用机理的定性分析	(7)
1.1 回采工作面调压试验曲线(即工作面支架工作阻力—顶板下沉关系曲线)	(7)
1.2 采场上覆岩层运动规律及“支架—围岩”关系的定性分析	(8)
1.3 几点结论	(10)
第 2 章 支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动相互作用机理的定量分析	(15)
2.1 导言	(15)
2.2 支架额定工作阻力与整个采场上覆岩层运动相互作用机理的定量分析	(15)
2.3 支架额定工作阻力与整个采场上覆岩层运动定量作用机理的应用	(28)
2.4 支架初撑力与整个采场上覆岩层运动相互作用机理的定量分析 及其应用	(39)
2.5 基本顶断块来压完成后支架工作阻力与基本顶断块运动的相互作用 机理的定量分析	(50)
2.6 基本顶断块因自重产生的来压运动需要被支架工作阻力控制的可能性、 必要性和必须性分析	(53)
2.7 几点结论	(59)
第 3 章 支架工作阻力—顶板下沉速度作用机理的研究	(62)
3.1 问题的提出	(62)
3.2 工作面顶板下沉速度的分类与组成整个采场覆岩各岩层运动的动态关系	(63)
3.3 支架额定工作阻力与组成整个采场覆岩各岩层运动在工作面上所形成的 顶板下沉速度作用机理	(71)
3.4 以工作面顶板允许下沉速度确定支架控制基本顶断块来压运动所应具备的 合理额定工作阻力	(75)
3.5 基本顶断块来压运动期间,工作面顶板下沉速度控制(基本顶断块来压运动 期间,工作面允许推进距离确定)	(76)
3.6 支架初撑力与组成整个采场覆岩各岩层运动在工作面上所形成的顶板下沉 速度作用机理	(83)
3.7 对快速来压基本顶断块下沉速度的控制	(86)



3.8	在松软破碎直接顶底板岩层条件下,对来压运动基本顶断块下沉速度的控制.....	(90)
3.9	几点结论.....	(91)
<b>第4章</b>	<b>基本顶岩层裂断机理、裂断位置、裂断来压运动方式及其对矿山压力显现与控制的影</b>	
	<b>响</b> .....	(93)
4.1	<b>导言</b> .....	(93)
4.2	<b>问题的提出</b> .....	(93)
4.3	<b>基本顶岩层裂断机理、位置及其判据</b> .....	(94)
4.4	<b>基本顶岩层在裂断位置上裂断运动时对矿山压力显现的影响</b> .....	(100)
4.5	<b>影响基本顶岩层裂断位置的因素</b> .....	(102)
4.6	<b>基本顶岩层裂断位置及来压运动方式对矿山压力控制的影响</b> .....	(104)
4.7	<b>几点结论</b> .....	(113)
<b>第5章</b>	<b>整个采场上覆岩层组成方式、可控岩层的运动范围及其对矿山压力显现与控制的影</b>	
	<b>响</b> .....	(114)
5.1	<b>问题的提出</b> .....	(114)
5.2	<b>直接顶岩层(即必控岩层)运动范围的确定</b> .....	(114)
5.3	<b>基本顶岩层(即程控岩层)运动范围的确定</b> .....	(116)
5.4	<b>程控岩层、可控岩层及不可控岩层运动厚度的确定</b> .....	(128)
5.5	<b>程控岩层由两个或两个以上基本顶岩层组成时,基本顶岩层裂断运动及其对矿山压力显现与控制的影响</b> .....	(129)
5.6	<b>间接顶岩层运动对控制设计的影响</b> .....	(131)
5.7	<b>几点结论</b> .....	(132)
<b>第6章</b>	<b>沿工作面推进方向液压支架在控制采场上方整个基本顶断块运动周期中的工作状态分析及其直接顶底板岩层分类方案研究</b> .....	(134)
6.1	<b>问题的提出</b> .....	(134)
6.2	<b>导言</b> .....	(134)
6.3	<b>基本顶断块沿推进方向上各运动分段的划分及运动状态分析</b> .....	(135)
6.4	<b>理想条件下支架工作状态分析</b> .....	(138)
6.5	<b>完整稳定直接顶底板岩层条件下,沿推进方向上液压支架在基本顶断块各运动分段中循环内的工作状态分析</b> .....	(141)
6.6	<b>在松软破碎直接顶底板岩层条件下支架工作状态、特点</b> .....	(147)
6.7	<b>直接顶底板岩层力学性质及赋存条件对支架工作状态及其对顶板岩层运动控制效果的影响</b> .....	(148)
6.8	<b>直接顶底板岩层分类方案研究</b> .....	(157)
6.9	<b>中介介质及直接顶底板岩层对支架工作阻力的适应性分析</b> .....	(162)
6.10	<b>支架及整个液压系统完好程度对支架工作状态的影响</b> .....	(165)
6.11	<b>几点结论</b> .....	(165)

<b>第 7 章 支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理在枣庄矿区的应用研究</b>	(168)
7.1  导言	(168)
7.2  枣庄矿区地质开采条件	(169)
7.3  支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理在枣庄矿区的应用研究	(174)
7.4  支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理在蒋庄煤矿 3 <sub>下</sub> 201 综采工作面的应用研究	(194)
7.5  支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理在田陈煤矿 3 <sub>上</sub> 煤层 100 综采工作面的应用研究	(203)
7.6  课题研究的主要结论	(215)
<b>第 8 章 煤层上峰值支承压力的成因机理、显现规律及其定量研究</b>	(217)
8.1  问题的提出	(217)
8.2  支承压力的成因机理及其分类	(218)
8.3  支承压力显现规律	(222)
8.4  煤层上弹变高支承压力数学模型的建立	(237)
8.5  峰值支承压力的定量研究	(240)
8.6  几点结论	(249)
<b>第 9 章 工作面推进速度对采场矿山压力显现和控制的影响</b>	(251)
9.1  问题的提出	(251)
9.2  工作面推进速度对矿山压力显现和控制的影响概述	(252)
9.3  工作面推进速度对不可控岩层变形及峰值高支承压力的影响	(252)
9.4  工作面推进速度对可控岩层变形及矿山压力显现和控制的影响	(266)
9.5  工作面推进速度对工作面前方煤层变形的影响	(267)
9.6  工作面推进速度对支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理的影响	(268)
9.7  工作面推进速度对支架工作阻力与整个采场上覆岩层下沉速度作用机理的影响	(269)
9.8  工作面推进速度对支架工作状态及其对顶板岩层运动控制效果的影响	(270)
9.9  工作面推进速度对矿山动力现象的影响	(271)
9.10  几点结论	(272)
<b>第 10 章 煤层开采深度对采场矿山压力显现与控制的影响</b>	(275)
10.1  问题的提出	(275)
10.2  煤层开采深度对采场上方运动着的不可控岩层变形及由其运动在工作面前方煤层上所形成的峰值高支承压力的影响	(275)
10.3  煤层开采深度对采场矿山压力显现及控制的影响	(285)
10.4  煤层开采深度对可控岩层变形的影响	(287)

10.5	开采深度对工作面前方煤体变形的影响·····	(288)
10.6	开采深度对支架工作状态的影响·····	(289)
10.7	开采深度对矿山动力现象的影响·····	(289)
10.8	深部、超深部开采条件下的支架工作阻力顶板下沉作用机理(即深部、超深部开采条件下支架—围岩关系)·····	(292)
10.9	深部、超深部开采条件下,工作面顶板下沉速度与支架工作阻力作用机理·····	(293)
10.10	几点结论·····	(293)
<b>参考文献</b> ·····		(296)

# 绪 论

矿山压力是采矿工程的一门基础科学,由于各国广大学者及工程专家不懈努力,在这方面的理论研究和工程实践都取得了重要的进展和获得了巨大的社会效益及经济效益。我国在这方面的成就,也受到了国际岩石力学界的瞩目。

作为煤矿采场矿山压力学科中的一个基本的理论与实践问题,即“支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理”这一课题,早在 20 世纪 60 年代初期,其间的关系曲线就被国内外学者通过回采工作面及实验室相似材料模拟调压试验绘制出来了。在这之后,各国学者虽做了大量实测和理论研究工作,但到目前为止,在其机理上并未能得到满意的解决。正如中国矿业大学乔福祥教授指出的:“采场支架工作阻力与顶底板移近量呈双曲线(或用其他函数表达的曲线)关系已有公认,但在机理上对它的解释仍待研究。此外,目前流行的一种观点,认为液压支架额定工作阻力的选择应使支架处于弹性工作状态,理由是若支架处于粘性恒阻阶段工作时顶板下沉量和活柱下缩量将显著增加。”(详见《矿山压力》1988 年第 1 期第 6 页。乔福祥教授在《矿山压力》编辑部组织的“矿山压力理论与实践回顾及发展战略笔谈会”上关于《谈矿压研究中的几个理论和实际问题》的笔谈文章)

对于支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动相互作用机理,我们做了一些探索和研究。通过研究使我们深深地认识到:支架围岩关系相互作用机理这个基本理论问题是矿山压力研究的核心,同时它又是矿山压力显现规律和控制实践的理论基础。也正是由于这一理论基础未得到满意解决,相应地在采矿实践中所发生并显现出来的一些自然现象特征、规律的阐明及对矿山压力的合理控制也没有获得圆满的解决,如支承压力成因及定量研究、支架合理额定工作阻力、合理初撑力及安全阀有关参数确定、支架在采场中工作所表现出来的工作状态,工作质量及其对矿山压力控制效果监测等。对于这些从实践中提出来的问题,在支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动相互作用机理这一理论基础未解决之前,上述所有问题也是不可能得到解决的。只有当这一理论基础解决之后,上述问题才能相应地获得圆满的解决。这就充分说明了研究这个问题的重要性、关键性及核心性。

据我们所了解,该课题不仅在国内未获得圆满的解决,就是在国际上也未得到圆满的解决。就拿液压支架额定工作阻力与初撑力的确定来说吧!就目前来看,无论在国内还是国外,液压支架合理工作阻力确定只是停留在“观测数据统计分析法”及“估算法”上,并未根据影响采场支架工作阻力的客观因素,建立起具有普遍意义的数学模型。正如北京煤矿机械厂高级工程师赵宏珠在他执笔编写的《液压支架工作阻力》一书中所指出的:“液压支架工作阻力是液压支架研制的关键性参数,国内外学者和工程技术人员十分重视对它的研究,积累了丰富的经验,涌现了大量论文,但因影响该参数合理值的因素多而复杂,故至今对此研究仍处于探索和发展之中。”在 1994 年 5 月出版的《中国煤矿采场围岩控制》一书中也明确指出:“对于液压支架如何确定合理的支护强度至今没有一套完整的办法,还需要进一步探讨。”<sup>〔1〕</sup>实践证明,这个具有普遍意义模型的建立又恰恰依赖于支架围岩关系相互作用机理的解决,这就充分说明了支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动相互作用机理这一课题在国际上也

未得到圆满的解决。

长期以来,我们在继承传统矿山压力理论的基础上,对这样一个在实践中提出来的问题进行了深入的研究,从定性和定量这两个方面首次证明了支架额定工作阻力、初撑力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理。并以此作为理论基础,解决了支架对采场上覆岩层运动的合理控制程度即支架合理额定工作阻力、初撑力及安全阀有关参数的确定,支架工作状态、工作质量及其对顶板岩层运动控制效果监测,采场上覆岩层组成方式、运动方式及其对矿山压力显现和控制的影响,支承压力的成因及其定量研究等问题,从而创造性地发展和丰富了这一理论体系。这些研究成果的取得,是在矿山压力理论上的一个突破。

研究支架工作阻力与顶板下沉运动的相互作用机理,就是研究运动着的采场上方岩层控制与被控制的关系。也就是说:根据采场上方岩层的运动特征,对于那些应该被支架工作阻力控制的岩层,应坚决地以支架工作阻力将其运动控制在允许的运动范围之内,以保证采场绝对安全。而对那些不能够而且也不需要支架工作阻力控制的岩层,则应以支架缩量来适应它的运动,以避免它的压力。而在回采工作面上或在实验室通过相似材料模拟试验实测出来的支架工作阻力与顶板下沉量关系曲线,即调压试验曲线就是覆岩运动控制与被控制关系客观规律的实际反映。因此,我们从分析支架工作阻力与顶板下沉关系曲线入手,研究了采场上覆岩层运动控制与被控制的关系。由此看出:该理论问题来源于实践,当然它的解决也将反作用于实践,从而为正确地解决在采矿过程中所提出来的有关矿山压力显现和控制的实践问题提供理论依据。

作为“双曲线”具有普遍意义的数学模型早已被我们的前人所建立。这就是 $c=a/b$ ,在 $a$ 为常数的条件下, $c$ 与 $b$ 互为双曲线关系。而回采工作面“支架工作阻力(系指支架的额定工作阻力)与顶板下沉量(即顶板运动)呈“双曲线”规律变化的曲线已由现场及实验室调压试验所获得。因此,问题的关键是如何应用具有普遍意义的双曲线模型去解决由现场实测绘制出来的支架阻力、顶板下沉这两个变量呈双曲线关系的实际数学模型问题,即如何确定采场中这种具体条件下支架围岩关系作用机理呈双曲线变化的数学解析关系。而支架围岩作用机理又与整个采场上覆岩层运动密切相关,所以,整个采场上覆岩层运动参数就成了支架围岩呈双曲线关系数学模型建立的基础,也就是说用覆岩运动参数去建立支架围岩运动呈双曲线作用机理的数学模型,是这一课题解决的关键。或者说用覆岩运动参数去表示支架工作阻力顶板下沉呈双曲线关系就成了解决这一课题的根本途径。因此,建立与覆岩运动参数相关联的支架阻力顶板下沉数学模型就成了问题解决的切入点。更明确地说,即应该首先确定出覆岩运动的常数,然后用其去建立支架工作阻力、顶板下沉这两个变量相对于覆岩运动这一常数呈“双曲线”变化作用机理,这也就是该课题解决的难点所在。

而作为整个采场上覆岩层运动参数,它复杂、多变而且繁多,诸如整个采场上覆岩层赋存条件,物理力学参数、运动厚度、跨度、运动时间、空间参数及组成整个覆岩的直接顶岩层、基本顶岩层、不可控岩层运动范围参数等等。在这众多的参数中,我们到底应该用其中的哪些参数去建立这种数学模型呢?

因此本书首先依据回采工作面支架工作阻力与顶板下沉关系实测曲线,分析了整个采场上覆岩层运动的特征及规律,在此基础上,阐明了支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动的定性机理。从控制的角度出发,在整个采场上覆岩层的组成中,根据各岩层运动被支架工作阻力控制的可能性,提出了将整个采场上覆岩层划分为“可控岩层”与“不可控岩层”的概

念。不可控岩层就是采场上方的整体弯沉带岩层。在可控岩层中,又根据其中各岩层运动需要被支架工作阻力控制到的程度,提出了将其划分为“必控岩层”与“程控岩层”的概念。而必控岩层就是采场上方的直接顶岩层,程控岩层就是采场上方的基本顶岩层。指出了采场上方可控岩层是采场矿山压力控制研究的主要对象。明确了工作面前方煤层上的不可控支承压力的成因。上述新观点的提出,为定量地分析支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理奠定了理论基础。

在支架围岩关系定性机理分析的基础上,本书又从定量方面首次证明了支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理,彻底揭示了它们之间关系的实质。明确指出:在组成整个采场上覆岩层的各岩层中,只有采场上方基本顶岩层断块(即程控岩层断块)因自重产生的运动才与支架额定工作阻力间的相互作用机理呈“双曲线”规律变化,并导出了它们之间关系的数学解析式。找出了双曲线起、终点的坐标,解决了用作图求画双曲线的方法,从而结束了在工作面上用调压试验这种既费时、耗资又繁杂的求绘双曲线的方法。与此同时,还定量证明了支架初撑力与采场上方基本顶断块因自重运动的相互作用机理,建立了它们之间关系的数学模型,该数学模型也彻底揭示了支架额定工作阻力与初撑力相互作用机理的实质及定量关系。指出了支架额定工作阻力的作用就在于:沿工作面推进方向,控制基本顶断块因自重而产生来压运动的位置,基本顶断块来压运动,这就意味着由基本顶断块因自重运动施加于支架的压力超过了支架本身所具备的额定工作阻力,从而使支架开始产生恒阻下缩,工作面顶板开始产生恒阻下沉运动。因此更简明地说:支架额定工作阻力作用,就是控制基本顶断块来压运动在工作面顶板上所形成的恒阻下沉量。而支架初撑力的作用则是在沿工作面推进方向上,控制基本顶断块因自重而迫使支架开始发生增阻下缩、顶板开始产生增阻下沉的位置。基本顶断块因自重迫使支架开始增阻下缩,这就意味着支架所具备的初撑力失去了对基本顶断块运动控制能力,迫使支架开始向着它所具备的额定工作阻力方向增阻,因此更明确地说:支架初撑力作用就是控制基本顶断块即工作面顶板的增阻下沉量。据此分析出了影响支架额定工作阻力、初撑力确定的因素,解决了支架控制基本顶断块运动所应具备的合理额定工作阻力、合理初撑力的确定方法,也就是解决了支架对基本顶断块运动的合理控制程度问题。明确地指出了支架合理额定工作阻力与采场上方基本顶断块运动作用机理是控制基本顶断块使其在允许而合理的位置上产生来压运动。支架合理初撑力与采场上方基本顶断块运动作用机理是控制基本顶断块使其至允许而合理的位置上开始迫使支架产生增阻下缩运动,从而将工作面顶板的下沉量及增阻下沉量控制在允许的运动范围之内。

支架额定工作阻力与采场上方直接顶岩层因自重运动的作用机理是控制与被控制的关系,而支架初撑力与采场上方直接顶岩层因自重运动作用机理是立即控制与立即被控制的关系。不可控岩层运动与支架额定工作阻力、初撑力的作用机理是运动适应与运动被适应的关系。

由上述分析不难看出:影响支架合理工作阻力确定的主要因素是基本顶断块因自重而产生运动的参数,因此在本书的第四章中,我们又着重分析了基本顶岩层裂断位置及其对矿山压力显现和控制的影响,提出了基本顶岩层的三种裂断方式:“构造裂断”、“采动裂断”及“整体弯沉不裂断”。而采动裂断是对整体性强的基本顶岩层而言的。明确地指出了采场上方整体性强的基本顶岩层因采动而在绕工作面前方煤体上某一固定端做弯沉运动的过程

中,因挠度超限而发生裂断的机理。根据基本顶岩层的变形能力,提出了基本顶岩层可能发生裂断的四个固定端,这就是“原始应力固定端”、“弹性极限固定端”、“残余强度固定端”及“放顶线固定端”。而在采动裂断中,又根据基本顶岩层裂断时的受力条件,提出了“强制同步弯沉裂断”和“自重弯沉离层裂断”的概念。

本书在分析基本顶岩层裂断位置对采场矿压显现和控制影响时,依据它下面煤层对基本顶断块运动控制能力,提出了基本顶岩层裂断后的来压运动方式:这就是“裂断即快速来压”、“先裂断(包括构造预先裂断与采动预先裂断)后快速来压”、“裂断即缓慢来压”、“先裂断后缓慢来压”、“裂断不来压”及“整体弯沉不来压”的运动方式。指出了在基本顶断块运动参数一定的条件下,基本顶断块的来压运动方式是影响矿山压力显现和控制的主要因素。基本顶断块来压运动方式及它的来压下沉量对采场上方直接顶岩层的完整稳定性起着决定性作用,据此提出了工作面顶板“允许下沉量”及“允许下沉速度”的概念,为建立合理控制采场上覆岩层运动具有普遍意义的数学模型奠定了理论基础。并以此解决了这一问题。

作为采场上方可控岩层的赋存条件是千差万别的。在某些条件下,有的可能因基本顶断块运动参数太大或因基本顶断块来压速度过快而不能实现利用支架工作阻力对它运动的控制;有的可能因直接顶底板岩层松软破碎,而使得具备合理工作阻力的支架,达不到控制采场上方岩层使之在允许范围内运动的目的。为此本书进一步阐明了利用改变直接顶底板岩层、煤层或基本顶岩层力学性质和赋存条件的方法,来实现对上述顶板岩层运动的控制,并使其量化。

在采场上方直接顶底板岩层完整稳定的条件下,不同力学性质及赋存条件的煤层,对因自重而产生运动的基本顶断块具有不同程度的控制能力,同时它也对应于基本顶断块不同的来压运动方式。因此,根据这一原理,提出了沿工作面的推进方向上,在基本顶断块以下煤层的适当位置上,通过改变煤层的力学性质或赋存条件,利用基本顶断块以下已经改变了力学性质及赋存条件的煤层,来达到控制基本顶断块使之在允许范围内运动的目的。这一对采场上方基本顶岩层断块运动控制新方法的提出,具有重要的科学储备意义,它的试验成功,将是矿山压力在控制方面的一项重大突破。

在常规开采条件(指常规工作面推进速度及常规开采深度)下,可控岩层是矿山压力控制的对象,所以搞清可控岩层运动范围,对合理控制矿山压力将具有头等重要的意义。因此,本书又分析了可控岩层的运动厚度、跨度及其影响因素,解决了可控岩层运动厚度的定量计算问题。在可控岩层运动厚度的确定中,又提出了“间接顶岩层”的概念,从而使整个采场上覆岩层就由直接顶岩层、基本顶岩层、间接顶岩层、不可控岩层所组成。根据上述各岩层在整个采场上覆岩层中的缺失及排列情况,列出了整个采场上覆岩层的组成方式,它的提出为分析和研究矿山压力控制的决策提供了依据。

具有控制采场上方可控岩层使之在允许范围内运动且具有合理额定工作阻力和初撑力的支架,在采场中工作能否顺利地实现它对采场上方可控岩层运动的控制,也就是说支架工作状态的正常与否,一方面取决于支架及其整个液压系统的完好程度,另一方面还取决于直接顶、底板岩层的力学性质和赋存条件,在支架及其整个液压系统完好的条件下,支架工作状态正常与否,就只取决于直接顶、底板岩层的力学性质及赋存条件了。因此,本书还分析了力学性质及赋存条件不同的直接顶、底板岩层,对在采场中工作着的、且具有合理工作阻力的支架工作状态的影响及支架对基本顶断块因自重运动的控制效果。这一问题的解决,又为

支架在采场中工作质量及支架对顶板岩层运动控制效果的监测奠定了理论基础。为改善顶板管理措施的制定、提高支架在采场中的工作质量及支架对采场上方基本顶断块运动控制效果,无疑都将具有十分重要的实践意义。

在分析支架工作状态时,首先分析了理想条件下(完整稳定直接顶、底板及不考虑中介质压缩量)的支架工作状态,依据支架工作特性及基本顶断块运动条件,提出了支架如下七种工作状态:“同步初撑工作状态”、“同步增阻工作状态”、“同步恒阻工作状态”、“离层初撑工作状态”、“离层增阻工作状态”、“离层恒阻工作状态”、“相对静止工作状态”。

在此基础上,本书又分析了完整稳定(力学性质、赋存条件)程度不同的直接顶底板岩层对支架工作状态的影响,阐明了支架工作状态正常良好程度伴随工作面直接顶底板岩层完整稳定程度的降低而下降的实质;指出了支架在采场中工作所表现出来的工作状态,是支架对采场上方直接顶岩层与基本顶断块因自重运动控制质量和效果的标志。据此提出了支架对顶板岩层运动控制效果系数、支架工作状态系数、直接顶底板岩层完整稳定性系数的重要概念,并给出了定量指标。这些指标是衡量支架工作状态好坏、对可控岩层运动控制效果的尺度。

由采场上覆岩层运动所形成的下沉量固然对采场安全能造成影响,而由其运动在采场中所形成的下沉速度在某些条件下对采场安全造成的危害也是不可忽视的,而且有时甚至是毁灭性的。因此本书在分析了支架工作阻力与顶板下沉量的作用机理后,还从定性定量两个方面分析了支架工作阻力与整个采场上覆岩层下沉速度的作用机理。明确地指出了支架额定工作阻力与基本顶断块来压下沉速度呈“抛物线”作用机理,并导出了它们之间的解析关系。而支架额定工作阻力、初撑力与直接顶岩层、不可控岩层下沉速度作用机理与该额定工作阻力与直接顶岩层、不可控岩层运动在工作面上所形成下沉量的作用机理相同。支架初撑力与基本顶断块因自重运动在工作面上所形成下沉速度作用机理就是超过工作面顶板允许下沉速度的增阻下沉速度必须立即得到支架初撑力的控制。并由此导出了支架控制快速来压基本顶断块运动支架所应具备的合理额定工作阻力与合理初撑力。

上述理性认识是通过分析支架工作阻力顶板下沉实测曲线而获得的,因此,该认识来源于实践。为了进一步证明并检验它的正确性,我们于1991年至1998年又将这一理性认识返回了实践,该实践活动是在枣庄矿务局田陈煤矿、蒋庄煤矿进行的,在这两个矿上对支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理进行了应用研究。通过蒋庄煤矿 $3_{上}103$ 、 $3_{下}201$ 及田陈矿 $3_{上}100$ 综采工作面矿压观测资料分析,证实了支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动作用机理理论的正确性与可靠性。不仅如此,它还还为枣庄矿区3层煤的控制决策提供了依据。

根据支承压力成因不同,可分为高支承压力与低支承压力,即不可控支承压力与可控支承压力。不可控支承压力由采场上方不可控岩层运动所形成,而可控支承压力是由基本顶岩层断块因自重运动所形成。由于不可控岩层在沿工作面推进方向上的运动是连续的,所以在岩性、工作面推进速度和埋藏深度一定条件下,由不可控岩层运动形成的不可控支承压力的量值为一常量,即不随时空变化而变化,而基本顶岩层断块则是采取相对的整体运动,每一个相对运动时间间隔为一个周期,每一运动周期中,由基本顶断块运动所形成的可控支承压力是时空的函数。这就是高低支承压力的成因机制、分类及变化规律。

在分析工作面推进速度及开采深度对工作面前方煤层上高支承压力发展变化规律及采



场上方不可控岩层变形影响,即不可控岩层变形工作面推进速度效应(也就是它变形时间效应)及开采深度效应(也就是它变形重力效应)基础上,提出了工作面推进速度及开采深度的分类方案。就工作面推进速度而言,它有超高速、高速、常规速度、慢速及超慢速推进这五类。我们把使采场上方不可控岩层变形时效及工作面前方煤层上高支承压力消失的工作面推进速度叫超高速推进工作面;把使采场上方不可控岩层产生弹性变形时效,而煤层上对应存在着弹性变形高支承压力的工作面推进速度定义为高速推进工作面;把使采场上方不可控岩层产生极限弹性变形时效,而煤层上对应存在着峰值高支承压力的推进速度叫常规工作面推进速度;把使采场上方不可控岩层产生弹流变时效及煤层上对应存在着弹流变高支承压力的工作面推进速度叫慢速推进工作面;而把使采场上方不可控岩层产生粘塑性变形时效及煤层上弹流变高支承压力消失的工作面推进速度定义为超慢速推进工作面。

对于煤层开采深度而言,它有超浅部、浅部、常规深部、深部、超深部开采五类。我们把煤层上方仅存在可控岩层或工作面前方煤层上仅存在低支承压力而不存在高支承压力的开采深度叫超浅部开采;把由弹变深度(重力)效应在工作面前方煤层上所形成的弹变高支承压力发展过程所对应的开采深度叫浅部开采;把煤层上存在峰值高支承压力即采场上方不可控岩层产生极限弹变深度(重力)效应所对应的开采深度叫常规开采深度;把由不可控岩层产生的弹流变深度(重力)效应在煤层上所形成弹流变高支承压力衰减过程即采场上方不可控岩层发生弹塑性变形深度(重力)效应所对应的开采深度叫深部开采;而把采场上方不可控岩层发生粘塑性变形,煤层上弹流变高支承压力消失所对应的开采深度叫超深部开采。

工作面推进速度及开采深度分类及各类速度、深度对采场上方运动着的不可控岩层变形影响的分析,对即将到来的高速推进工作面及深部采场矿压研究及实践具有十分重要的意义。

这就是本书所要分析和解决的理论及实践问题。