



MEIKUANGCAICHANGKUANGSHANYALIDAOLUN  
DUIKUANGSHANYALIYANCENGGONGZHIBENLILUNWENTIDEYANJIU

# 煤矿采场矿山压力导论

——对矿山压力岩层控制基本理论问题的研究

张可斌 刘成录 王以功 著  
代 进 宋来智 郑朋强

● 山东科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

煤矿采场矿山压力导论:对矿山压力岩层控制基本理论问题的研究/张可斌等著. —济南:山东科学技术出版社,2018.1

ISBN 978-7-5331-9118-4

I. ①煤… II. ①张… III. ①矿山压力—岩层控制—研究 IV. ①TD32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 263080 号

## 煤矿采场矿山压力导论

——对矿山压力岩层控制基本理论问题的研究

张可斌 刘成录 王以功 著  
代 进 宋来智 郑朋强

---

主管单位:山东出版传媒股份有限公司

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路16号

邮编:250002 电话:(0531)82098078

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkjchs@126.com

发 行 者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路16号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印 刷 者:泰安易捷数字印刷有限公司

地址:肥城市老城镇工业园区

邮编:271600 电话:(0538)3460929

---

开本:720mm×1020mm 1/16

印张:13.25

字数:180千

版次:2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷

---

ISBN 978-7-5331-9118-4

定价:39.50元

# 内容提要

本书从定性定量两个方面全面、系统、彻底地论证了 20 世纪 50 年代末 60 年代初,由发达采煤国家提出的煤矿采场矿山压力岩层控制最基本理论课题,即支架额定工作阻力、初撑力与组成覆岩的直接顶、基本顶、整体弯沉带岩层运动(下沉量、下沉速度)关系;明确指出了,只有采场上方基本顶岩层运动才与支架额定工作阻力、初撑力成“双曲线”关系,导出了它们之间关系的数学模型,使这一世界性课题得以圆满解决,并以此为理论基础解决了支架控制整个覆岩运动支架所应具备的合理额定工作阻力、合理初撑力以及支架安全阀参数如何确定的问题;又分析了支撑压力成因机制及其定量研究、支架工作状态、直接顶底板岩层分类指标及分类方案。

“支架-围岩”关系定量论证,它是矿山压力在理论上的原始创新与重大突破,是对传统矿山压力传承与发展,大大丰富了矿山压力理论体系;将对矿山压力理论及控制实践发展注入新的持久动力与引领作用。因此,本书可作为高校采矿专业教科书或教学参考书,同时也可以作为科研人员、设计人员以及现场工程技术人员的学习参考资料。

# 原 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。其中,90%以上的产量来自井工开采。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即调压实验曲线,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”新概念。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中的基本顶(老顶)岩层运动呈“双曲线”关系的作用机理,并建立了它们之间关系数学模型,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问题,这就是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;阐明了支承压力的成因机制、分类、显现规律及定量研究,基本顶岩层裂断机理、位置及其来压运动方式,支架工作状态、直接顶底板岩层分类指标及分类方案,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及实践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,而且对安全、合理、有效、经济地控制矿山压力,对安全阀的设计制造、矿山压力监测、支架的系列化和标准化生产等也都具有极其重要的实践指导意义。

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即“支架-围岩”关系,又是该学科中一个最基础、最核心的理论课题。更明确地说,这个最基础、最核心的课题是矿山压力显现规律及控制实践的理论基础,因此矿山压力学科应以“支架-围岩”关系为主线进行并展开研究。如果矿山压力研究方向偏离了这条主线,将会使研究工作走弯路,最终还得回归到正确的方向来。由此看出,“支架-围岩”关系研究,对于矿山压力学科来说是多么地重要,它是一个很难逾越的,想绕都绕不过去的研究课题。由于大吨位高阻力支架的使用,使工作面顶板管理得很好了,因而有一种观点认为“支架-围岩”关系就没有研究的必要了,恰恰相反,它更有必要进行研究。这种研究能使我们更好地认识采场上覆岩层运动控制的特性,为安全、科学、理性、经济控制覆岩运动提供理论支撑。作为大吨位高阻力支架,它为什么能管好顶板?它是怎样管好顶板的?它管好顶板的机理是什么?这些问题都需要研究。因此,从这方面讲,“支架-围岩”关系也是一个想绕都绕不过去的研究课题。

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。关于“支架-围岩”关系这一世界性课题,早在20世纪50年代末60年代初就为世界上发达的采煤国家提了出

来,如苏联、德国、英国、中国。为解决这一课题,在现场及实验室做了调压试验,并绘出了支架工作阻力顶板下沉关系曲线即调压试验曲线。采矿科学技术发展到今天,从安全、经济、有效、合理地开发自然资源造福人类这一目的出发,更需要我们去深入探索和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岩层控制的重大理论和实践性课题。

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,依据国内外在现场及实验室做的调压试验曲线,即“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,从定性定量两个方面论述了支架阻力围岩运动关系,首次证明了支架额定工作阻力、初撑力与覆岩中的基本顶(老顶)岩层断块运动呈“双曲线”关系的作用机理,并导出了它们之间关系的数学模型,使这一世界性课题得到圆满彻底解决。它的解决是对传统矿山压力理论的传承、创新与发展,是矿山压力研究在理论上的突破,具有里程碑意义。在此基础上,作者撰写了一些有关这方面的论述文章,发表在国内外学术刊物及在相关会议上交流。在这些文章中,经过作者筛选,对其中几篇有代表性的论文进行加工修订,汇集成册并出版。由此看出,该书像是一本论文集,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理论体系,构成了一个具有很强的系统性、科学性,且逻辑严密的有机整体,因此它又是一部专著。

科学研究是运用逻辑思维能力,使我们发现真理、认识真理,其终极目的是为实践创新提供理论支撑,从而使我们科学地、理性地、



自觉地开展实践工作。但理论认识又必须以实践与科学试验为基础。支架工作阻力覆岩运动作用机理呈“双曲线”关系的论证及它们之间关系数学模型的建立,是以回采工作面现场及实验室调压试验实测曲线为基础,经理论分析而获得的真知,因此,该理论论证具有坚实的实践基础。

本书原版于2003年5月出版。出版后,许多读者纷纷来信,对本书存在问题提出了许多中肯的建议。作者对这些建议进行了归纳梳理,在此基础上,又对原版做了深入研究剖析,发现书中存在不少问题,有的对问题分析不到位,有的甚至有原则性的问题或错误。为了完善“支架-围岩”关系研究这一理论体系,修正原版书中存在问题和错误,弥补不足之处,作者又对原版做了一些重大的修订,并将一些创新性研究成果及认识也添加了进去,如支架初撑力与覆岩运动作用机理、支承压力定量研究、直接顶底板岩层分类指标及分类方案等。对于原版的第五章整个采场上覆岩层组成方式、第七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应用研究以及最后两章,即工作面推进速度及开采深度对矿山压力显现与控制影响等作者也做了一些修改,但并非存在实质性问题,为了压缩此版的篇幅,所以未收入本书。

本书虽对原版进行了一些重大修正,但由于作者水平所限,书中也难免存在问题,不当之处,敬请指正。

著 者

# 目 录

绪论 .....	(1)
第一章 回采工作面支架额定工作阻力与采场上覆岩层运动(下沉量)作用机理研究 .....	(7)
一、引言 .....	(8)
二、支架额定工作阻力与采场上覆岩层运动(下沉量)定性关系研究 .....	(10)
三、支架额定工作阻力与采场上覆岩层运动(下沉量)定量关系研究 .....	(16)
四、“双曲线”特征及其存在、不存在充分必要条件分析 .....	(21)
五、“双曲线”在坐标系中位置影响因素分析 .....	(23)
六、几点结论 .....	(29)
第二章 支架额定工作阻力与覆岩运动关系研究应用之一——支架合理额定工作阻力的确定 .....	(31)
一、引言 .....	(32)
二、支架控制采场上方直接顶岩层即必控岩层因自重运动所应具备的合理额定工作阻力的确定 .....	(32)

三、支架控制采场上方基本顶(老顶)即程控岩层因自重运动所具备合理额定工作阻力的确定 .....	(33)
四、支架控制整个采场上覆岩层运动所应具备合理额定工作阻力的确定 .....	(43)
五、影响支架合理额定工作阻力确定因素的分析 .....	(44)
六、实例 .....	(52)
七、支架合理额定工作阻力确定的结语 .....	(57)
八、几点结论 .....	(58)

### 第三章 支架额定工作阻力与覆岩运动关系研究应用之二

——回采工作面支架额定工作阻力与基本顶(老顶)断块来压下沉“双曲线”的作图绘制法,即调压实验曲线的作图绘制法 .....	(60)
一、引言 .....	(61)
二、支架额定工作阻力基本顶(老顶)断块因自重来压下沉“双曲线”图的作图绘制法 .....	(62)
三、用“双曲线”图求解支架控制基本顶(老顶)断块运动所应具备的合理额定工作阻力 .....	(66)
四、实例 .....	(67)
五、几点结论 .....	(69)

### 第四章 支架初撑力与整个采场上覆岩层运动(下沉量)作用机理研究及支架控制覆岩运动所应具备合理初撑力确定 ..

一、引言 .....	(72)
二、支架初撑力、额定工作阻力的作用及差异 .....	(73)
三、支架初撑力与整个采场上覆岩层(增阻、恒阻)运动定性定量关系分析 .....	(76)

四、支架控制覆岩运动所应具备合理初撑力的确定 .....	(83)
五、支架额定工作阻力、初撑力与整个采场上覆岩层运动(下沉量)关系研究的精准描述 .....	(96)
六、几点结论 .....	(101)
<b>第五章 支架额定工作阻力与顶板下沉速度作用机理研究及安全阀参数的确定 .....</b>	<b>(104)</b>
一、问题的提出 .....	(105)
二、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研究 .....	(106)
三、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 .....	(112)
四、支架安全阀合理参数的确定 .....	(116)
五、几点结论 .....	(120)
<b>第六章 基本顶(老顶)岩层裂断类型、机理、位置、来压运动方式及对矿山压力显现和控制影响 .....</b>	<b>(122)</b>
一、引言 .....	(123)
二、基本顶(老顶)岩层裂断类型分析 .....	(124)
三、整体性强的基本顶(老顶)岩层裂断机理分析 .....	(125)
四、整体性强的基本顶(老顶)岩层裂断位置及判据分析 .....	(127)
五、影响基本顶(老顶)岩层裂断位置因素分析 .....	(129)
六、基本顶(老顶)岩层裂断来压运动方式及对矿山压力显现和控制的影响 .....	(130)
七、几点结论 .....	(138)

---

第七章 支承压力成因机制、显现规律及定量研究·····	(140)
一、引言·····	(141)
二、支承压力成因机制分析·····	(142)
三、支承压力显现规律及控制特性分析·····	(150)
四、支承压力定量研究及位置的确定·····	(156)
五、几点结论·····	(166)
第八章 支架工作状态、直接顶底板岩层分类指标及分类方案 研究·····	(169)
一、引言·····	(170)
二、支架工作状态分析·····	(171)
三、工作面直接顶底板岩层分类指标及分类方案研究 ·····	(179)
四、影响直接顶底板岩层增阻下沉量因素分析·····	(193)
五、几点结论·····	(195)

# 绪 论

## 《煤矿采场矿山压力导论》一书特色及创新亮点

本书依据回采工作面实测调压试验曲线,系统地分析了支架初撑力、额定工作阻力与组成整个采场上覆岩层的直接顶、基本顶(老顶)、整体弯沉带岩层在运动过程中所产生的下沉量与下沉速度的作用机理及其相关课题。

采场上方直接顶岩层因自重产生的运动必须得到支架初撑力、额定工作阻力的控制,这是共识。因此,从控制的角度出发,将该岩层定义为运动必须被支架工作阻力控制的岩层,简称“必控岩层”。基本顶岩层即老顶岩层,它采取周期性的裂断运动方式,其断块因自重产生来压运动的迟早,即来压在工作面顶板上所形成的下沉量,取决于支架额定工作阻力对它的控制程度。这就是说,基本顶(老顶)断块运动程度取决支架控制程度,或者说支架控制程度决定着基本顶断块运动程度。因此,该岩层运动与支架额定工作阻力关系为“运动程度控制”与“运动程度被控制”关系。从控制的角度出发,将该岩层定义为“运动程度控制岩层”,简称“程控岩层”。在直接顶底板岩层稳定且能将支架具备的控制基本顶断块运动合理额

定工作阻力顺利地传递给该断块条件下,其运动将被支架额定工作阻力控制在允许且合理的运动范围之内,因此,它运动只需要支架基本初撑力的控制。当直接顶底板松软破碎时,它就不能顺利地将支架所具备合理额定工作阻力传递给基本顶断块,造成支架钻顶扎底或顶板冒漏而使支架额定阻力发挥失常。在这种情况下,该直接顶岩层运动恰恰需要支架初撑力控制,但在初撑支护不及时条件下,松软破碎直接顶,对支架初撑力也如同额定工作阻力一样,同样不适应。此时,就是支架具有足够的初撑力,也同样因支架钻顶扎底、冒漏而起不到控制基本顶断块运动作用。

而整体弯沉带岩层它运动量级大,运动范围广,而在采场中所形成的下沉量又小,所以它的运动不可以、不可能也不需要支架额定工作阻力及初撑力控制,从控制角度出发定义该岩层为不可以控制、也可以不需要控制的岩层,简称“不可控岩层”或“不需控岩层”,因此,它运动与支架额定工作阻力、初撑力关系为“运动适应与运动被适应”关系。

相对不可控岩层而言,直接顶、基本顶岩层的运动是可以控制的、能够控制的,也是需要控制的。因此,我们将直接顶及基本顶岩层定义为“可控岩层”或“需控岩层”。

必控岩层、程控岩层、不可控岩层、可控岩层、需控岩层、不需控岩层,这些全新概念的首次提出,它科学地、准确地、形象地表明了组成覆岩各岩层控制特性及支架阻力、围岩运动的定性关系,为“支架-围岩”关系定量论证奠定了基础。这是本书第一大创新亮点。

本书第二大创新亮点,就是首次定量地证明了支架额定工作阻力与基本顶断块即老顶岩层断块因自重运动呈“双曲线”关系作用机理,并建立了它们之间关系的数学模型。“双曲线”数学模型的首次建立,不仅彻底揭示了“支架-围岩”关系本质属性,而且还清晰地明确了影响支架额定工作阻力确定的全部因素,为支架控制基本顶

断块运动所应具备合理额定工作阻力的确定奠定了理论基础,同时也为使用作图法绘制“双曲线”成为可能,结束了用既耗费大量人力、物力、财力且又繁琐的调压试验来获得“双曲线”的方法。

本书第三大创新亮点就是首次解决了支架控制覆岩运动所应具备的合理额定工作阻力,特别是控制基本顶断块即老顶断块运动所应具备的合理额定工作阻力。

本书第四大创新亮点就是定量分析了支架初撑力与覆岩运动关系。明确指出了支架初撑力能起到缩短支架增阻过程,达到控制并减少顶板增阻下沉量的作用。与此同时,达到额定初撑力的支架,它与支架额定工作阻力作用一样,还具有控制顶板恒阻下沉量的作用,因此,支架额定工作阻力、初撑力与基本顶断块运动定量关系完全相同,也是“双曲线”关系,由于支架初撑力具有立即控制顶板岩层运动作用,所以支架初撑力与基本顶断块运动关系是“运动程度立即控制”与“运动程度被立即控制”关系。这种关系只是在理论上成立,并不存在实际、实践意义,因此,在实践中不用它去控制基本顶断块的恒阻运动,有支架额定工作阻力控制就足够了,因此支架初撑力与基本顶断块运动的关系是“不需要控制”与“不需要被控制”的关系。

对于直接顶来说,在有支架额定工作阻力控制条件下,为了防止该顶板因自重迫使支架增阻产生与基本顶岩层的离层运动,需要支架初撑力的立即主动控制。对于松软破碎直接顶它不仅需要上述初撑力控制,而且还需要增加一定数量将其挤紧压实增加其刚度的提效初撑力来控制它的运动,并给出了提效初撑力计算方法。从而彻底解决了支架初撑力与松软破碎直接顶岩层运动定性定量关系。

本书第五大创新亮点就是首次证明了支架额定工作阻力与顶板下沉速度作用机理也是呈“双曲线”的定量关系,并建立了它们之



间关系的数学模型。既奠定了以工作面允许下沉速度确定支架合理额定工作阻力的基础,又为支架安全阀合理参数确定提供了依据。

本书第六大创新亮点就是首次提出了“工作面顶板允许下沉量”“允许下沉速度”的概念。所谓顶板允许下沉量、允许下沉速度,就是保证采场上方直接顶板不因采动而发生明显破碎,保持其原有完整稳定的下沉量与下沉速度范围中的那个最大值。这个值,它既能保证直接顶板完整稳定,不危及采场安全,又能使支架具有最小的合理额定工作阻力。将两个允许值分别代入支架额定工作阻力基本顶断块下沉量及下沉速度呈“双曲线”关系数学模型中,就可求出支架控制基本断块因自重运动所应具备的合理额定工作阻力。顶板的允许下沉速度还是支架安全阀参数设计的基础数据。

本书第七大创新亮点,提出了工作面顶板允许增阻下沉量概念。所谓允许增阻下沉量,就是支架在达到它所具备合理额定工作阻力增阻工作过程中,所产生等于允许下沉量的顶板增阻下沉量。它的提出不仅为支架控制松软破碎直接顶岩层运动具备合理初撑力确定创造了条件,而且还为直接顶岩层分类指标确定,分类方案划分提供了依据。

本书第八大创新亮点是“煤层上覆岩运动原始应力固定端”“弹性极限固定端”这两个全新概念首次提出,不仅为基本顶(老顶)岩层裂断位置及其判据确定奠定了理论基础,也为支承压力成因机制及定量研究奠定了理论基础。

本书第九大创新亮点,首次定量地证明了工作面前方煤层上峰值支承压力,就是该煤层所处的围压条件下的三向极限抗压强度。它为冲击地压、煤及瓦斯突出、矿井底板突水、底鼓等灾害的研究、管控和防治指明了方向。

本书第十大创新亮点,依据直接顶底板岩层的稳定性,分析了