



Mechanism of Interaction Between  
The Yield Load of Support and  
The Movement of  
Overlying Strata in Coal Faces

# 论采场支架 工作阻力与围岩 运动作用机理

(支架合理额定工作阻力  
及初撑力确定)

张可斌 庄玉伦 戴 进 著

中国矿业大学出版社

# 论采场支架工作阻力 与围岩运动作用机理

( 支架合理额定工作阻力及初撑力确定 )

张可斌 庄玉伦 戴 进 著

中国矿业大学出版社

**论采场支架工作阻力与围岩运动作用机理**  
**( 支架合理额定工作阻力及初撑力确定 )**

张可斌 庄玉伦 戴 进 著

---

中国矿业大学出版社出版

江苏省新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/32 印张7.875 字数170千字

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数1—3000册

---

ISBN 7—81021—528—0

---

TD · 108

定价4.30元

( 苏 ) 新登字第010号

## 内 容 提 要

本书是一本有关矿山压力的专著。书中从定性、定量两方面,首次论证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,明确地指出了:只有采场上方的老顶岩层断块因自重而产生的运动才与支架额定工作阻力呈“双曲线”相互作用机理,并以此为理论基础,研究了支架合理额定工作阻力、初撑力及安全阀有关参数的确定;分析了老顶岩层裂隙位置、运动方式、可控岩层运动范围及其对矿山压力显现和控制的影响;阐明了支架在采场中工作所表现出来的工作状态、工作质量、影响因素及其对顶板岩层运动控制效果的监测。

本书可做为煤炭高等院校师生,以及从事煤炭工业生产、科研、设计的工程技术人员参考。

责任编辑: 马跃龙

# 序

于 润 桥

作者这本专著的初稿完成以后，曾恳求我为其审稿并做序。对于我来说，深感义不容辞，有义务指导他们在学术上进取，有责任鼓励他们为祖国作出奉献，在审阅了本书初稿后，又觉得该书在矿山压力理论研究的某些方面有突破性的认识，于是欣然命笔，撰写此序。

作者张可斌、庄玉伦于六十年代中、初期毕业于山东矿业学院，毕业后他们长期从事教育工作。张可斌同志至今仍在教育战线从事教学科研工作，系副教授。庄玉伦同志后又调入现场工作，现任山东省枣庄矿务局总工程师，系教授级高工。在这期间他们合作又对矿山压力及其控制做了一些理论上的研究和探讨，该书就是作者二十几年来研究成果的汇萃。

下面我想就如下几点谈谈作者在矿山压力及其控制研究方面所取得的成就，和读者交换意见，共同提高。

一、矿山压力是采矿工程的一门基础科学。关于矿山压力学科中的“回采工作面支架工作阻力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理”这个最基本的理论问题，各国学者虽做了大量的实测和理论研究工作，但并没有得到满意的解决。长期以来作者对于这一问题进行了深入地系统地研究，

通过分析回采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”，在可控岩层中又将其划分为“必控岩层”与“程控岩层”的新概念。这些概念提出为定量的研究“支架—围岩”相互作用机理奠定了理论基础。

二、首次定量的证明了支架额定工作阻力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理，就目前来看，比较圆满的解决了这一课题。明确的指出了：在整个采场上覆岩层中，只有老顶岩层（程控岩层）因自重而产生的来压运动才与支架的额定工作阻力呈“双曲线”关系。据此解决了用做图求画支架额定工作阻力顶板下沉量双曲线的方法，从而结束了在工作面上用调压试验这种又繁杂，又费时，又耗资的求做双曲线的方法。同时又指出了支架额定工作阻力与采场上方直接顶岩层（必控岩层）运动的关系是“控制与被控制的关系”；而该阻力与不可控岩层运动的关系是“适应与被适应”的关系。依据这一理论，分析出了影响采场支架工作阻力确定的因素，定量的解决了支架控制采场上覆岩层运动所应具备的合理额定工作阻力。

三、分析了支架初撑力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理，指出了支架初撑力与采场上方直接顶岩层运动的相互作用机理是“立即控制与立即被控制”的关系，该阻力与老顶岩层运动的相互作用机理是：沿推进方向上控制该老顶岩层断块使其在允许位置上因自重而开始迫使支架发生增阻下缩运动，从而保证老顶断块使其在允许来压位置上产生来压运动；而支架初撑力与不可控岩层运动的相互作用机理

也是“适应与被适应”的关系。据此导出了支架控制采场上方岩层运动所应具备的合理初撑力。

四、分析了老顶岩层裂断机理，位置及裂断来压运动方式。指出了老顶岩层在绕固定端转动下沉的过程中因挠度超限而发生裂断的机理，明确了它可能发生裂断的四个固定端，即“原始应力固定端”、“弹性极限固定端”、“残余强度固定端”、“放顶线固定端”。提出了老顶岩层“构造预先裂断”、“强制弯沉裂断”、“自重弯沉裂断”的裂断方式。又根据老顶断块来压运动速度，提出了“裂断即快速来压”、“裂断即缓慢来压”、“先裂断后快速来压”及“先裂断后缓慢来压”的四种来压运动方式。并定量的分析了这些来压方式对采场矿压显现和顶制的影响，指出了支架安全阀有关参数的设计计算原理和方法。在分析了煤层力学性质、赋存条件对老顶岩层裂断运动方式影响的基础上，提出了利用改变煤层力学性质、赋存条件来完成控制老顶岩层断块使之在允许范围内运动的新理论。这一理论的提出，对矿山压力控制具有重要的科学储备意义。

五、研究了具有合理额定工作阻力的支架在采场中工作所表现出来的工作状态。提出了“同步初撑”、“同步增阻”、“同步恒阻”、“离层初撑”、“离层增阻”及“离层恒阻”这六种支架的工作状态。同时还分析了支架在松软破碎顶板条件下的工作状态。这些概念的提出为支架在采场中的工作质量及支架对顶板岩层控制效果的监测奠定了理论基础，并提出了相应的定量指标，这就是支架对顶板的“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”。

总之，该书对问题的分析逻辑性较强且概念清晰准确，比较彻底地揭示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。它不仅具有较高的学术价值，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、标准化等也都具有极其重要的实践意义。

以上谈了这本书的一些特点，当然这只是我个人的看法，不一定确切、尽善尽美。对于我个人看法的偏颇之处和张可斌、庄玉伦、戴进同志的这本书的不足之处，都希望读者批评指正。

1991年6月于山东矿院

本书“序”的作者于润桥同志系山东矿业学院采矿系教授，中国煤炭学会理事，开采专业委员会委员。



## 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本、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。

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60年代后期，我们就依据“回采工作面支架工作阻力顶板下沉实测曲线”，对这一课题进行了认真的探索和研究，在此基础上，撰写了一些有关这方面论述的文章，发表在国内外学术刊物及会议上。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，奉献给我们伟大的祖国及其采矿界的同行们。由此看出：该书好象是一本论文集，但本书各章节的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，有着较强的

系统性，因此它又具有一本专著的特色。

需要说明的是，本书第二章、第三章导言部分的内容相同。从形式上看好象有些重复。尽管如此，作者在对书稿进行修定时，并未删去第三章的导言这一部分内容，其原因就是因为该导言分别是研究这两章所提出问题的理论基础，鉴于此，作者还是把它们都保留了。同样还是在第二及第三章中，也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，则是用来阐明老顶岩层断裂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，也把它们都保留了。

在修定过程中，由于时间仓促，本书无论在系统性上，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。对于本书所提出的一些学术观点，我们愿意接受客观实践的检验。本着坚持真理、修正错误的原则，对于被实践证明是错了的观点，我们将坚决进行修正。

本书在写作过程中，山东矿业学院于润桥教授给予了极大的关怀，在百忙之中审阅了本书初稿，特别对本书的英文附录做了详细的校正和润色。在出版过程中又得到了中国矿业大学出版社周立吾教授、马跃龙编辑的积极支持并对本书提出了许多宝贵的修改意见，在此一并表示衷心的感谢。

作 者

1991年3月于泰安

论采场支架  
工作阻力与围岩  
运动作用机理

中国矿业大学出版社



# 目 录

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 序                                  | (1)  |
| 前 言                                | (1)  |
| 绪 论                                | (1)  |
| 第一章 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   | (9)  |
| 一 回采工作面调压试验曲线(即回采工作面支架工作阻力—顶板下沉曲线) | (9)  |
| 二 采场上覆岩层运动规律及“支架—围岩”关系的定性分析        | (11) |
| 三 几点结论                             | (16) |
| 第二章 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   | (23) |
| 一 引言                               | (23) |
| 二 支架额定工作阻力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理       | (24) |
| 三 支架初撑力与整个采场上覆岩层运动的相互作用机理          | (60) |
| 四 老顶断块来压完成后支架工作阻力与老顶断块运动的相互作用机理    | (70) |
| 五 几点结论                             | (75) |
| 第三章 老顶岩层裂断位置及其对矿山压力显现与控制的影响        | (78) |

|            |                                              |                |
|------------|----------------------------------------------|----------------|
| 一          | 引言                                           | ( 78 )         |
| 二          | 问题的提出                                        | ( 81 )         |
| 三          | 老顶岩层裂断机理、位置及其判据                              | ( 81 )         |
| 四          | 老顶岩层在裂断位置上裂断运动时对矿山压力显现的影响                    | ( 93 )         |
| 五          | 影响老顶岩层裂断位置 ( 即来压距离 ) 的因素                     | ( 104 )        |
| 六          | 老顶岩层裂断位置及来压方式对矿山压力控制的影响                      | ( 107 )        |
| 七          | 几点结论                                         | ( 130 )        |
| <b>第四章</b> | <b>可控岩层运动范围及其对采场矿山压力显现与控制的影响</b>             | <b>( 132 )</b> |
| 一          | 问题的提出                                        | ( 132 )        |
| 二          | 直接顶岩层 ( 即必控岩层 ) 运动范围的确定                      | ( 133 )        |
| 三          | 老顶岩层 ( 即程控岩层 ) 运动范围的确定                       | ( 136 )        |
| 四          | 程控岩层、可控岩层及不可控岩层运动厚度的确定                       | ( 160 )        |
| 五          | 程控岩层由两个或两个以上老顶岩层组成时, 老顶岩层裂断运动对矿山压力显现与控制的影响   | ( 162 )        |
| 六          | 间接顶岩层运动对控制设计的影响                              | ( 167 )        |
| 七          | 几点结论                                         | ( 168 )        |
| <b>第五章</b> | <b>沿推进方向上, 液压支架在控制采场上方整个老顶断块运动周期中的工作状态分析</b> | <b>( 172 )</b> |

|      |                                            |         |
|------|--------------------------------------------|---------|
| 一    | 问题的提出·····                                 | ( 172 ) |
| 二    | 导言·····                                    | ( 172 ) |
| 三    | 老顶断块沿推进方向上各运动分段的划分及其运动状态·····              | ( 174 ) |
| 四    | 理想条件下液压支架在循环内,沿老顶断块推进方向上各运动分段中的工作状态分析····· | ( 179 ) |
| 五    | 直接顶底板岩层力学性质及赋存条件对支架工作状态的影响·····            | ( 196 ) |
| 六    | 支架及整个液压系统的完好程度对支架工作状态影响·····               | ( 219 ) |
| 七    | 几点结论·····                                  | ( 220 ) |
| 附录   | 本书的英文概述·····                               | ( 224 ) |
| 后 记  | ·····                                      | ( 237 ) |
| 参考文献 | ·····                                      | ( 238 ) |

## 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的不懈努力，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。

做为矿山压力学科中的一个基本的理论与实践问题，即“采场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，早在六十年代初期，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，到目前为止，但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（或用其它函数表达的曲线）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。

据我们所了解，该课题不仅在国内未获得圆满的解决，就是在国际上也未获得圆满的解决。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同志在他执笔编写的《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。”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尚未得到圆满的解决。

长期以来，我们对这样一个在实践中提出来的问题进行了深入地研究，从定性到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。并以此做为理论基础，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，支承压力成因等，对于支承压力定量研究正在进行中。

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运动范围之内，而对那些不能够而且也不需要被支架工作阻力控制岩层，则应以支架缩量来适应它的运动，避开它的压力。而在回采工作面上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，来研究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奠定理论基础。