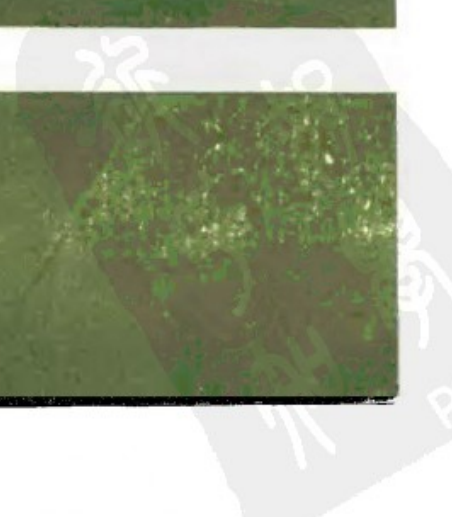


高等学校教学参考书

实用矿山压力控制

宋振骐 主编

中国矿业大学出版社



高等学校教学参考书

实用矿山压力控制

宋振骥 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是山东矿业学院矿压研究所根据自己的科研成果和实践经验编写的，具有独特的学术观点和比较突出的实用性。全书包括基本理论、控制方法和预测预报三部分，较详细地介绍了他们创立的预测预报方法在理论和实践上的依据，对解决现场实际矿压控制问题，减少煤矿重大恶性顶板事故有指导意义。

该书所反映的科研成果已在国内外获得好评。

该书可以作高等学校采矿工程专业的教材或教学参考书，亦可供采矿工程领域的科研和工程技术人员参考。

责任编辑 刘泽春
技术设计 孙建波
责任校对 周俊平

高等学校教学参考书

实用矿山压力控制

宋振骥 主编

中国矿业大学出版社 出版 发行

中国矿业大学印刷厂 印刷

开本787×1092毫米1/16 印张20.75 字数498千字

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

印数1—1200册

ISBN 7-81021-037-8

TD·21

定价：4.10元

前 言

完善矿山压力和岩层控制的理论,更好地为解决煤矿工程设计、施工和生产(维护)各方面的实际问题服务,是所有采矿工作者共同关心的问题。采矿工程理论首先是要正确地对工程所引起的客观现象作出解释。因此,符合实际需要的工程理论,应当是在大量工程实践的基础上进行理论探讨(即科学抽象)的产物。也应当在不断的工程实践中加以发展和完善。

我们通过向国内外专家和学者学习,通过向在煤矿现场从事矿山压力和岩层控制实践的同志学习,深深感到矿山压力和岩层控制的理论,应当以研究采场上覆岩层运动为中心,使预测预报和控制有机的结合成一体,也就是要在搞清上覆岩层运动发展规律、搞清矿山压力及其显现与上覆岩层之间关系的基础上,解决矿山压力和岩层控制的有关问题。这也正是编著本书的出发点和归宿。

本书内容大致可分为三个部分。第一部分包括导言、第一至四章,属于基本观点和基本理论部分,着重介绍了以岩层运动为中心矿压理论的指导思想、基本概念以及在岩层运动规律、矿山压力及其显现与上覆岩层运动关系方面的主要研究成果;第二部分包括第五至七章,属于控制部分,着重介绍了回采工作面和巷道控制的理论和方法,也就是基本理论在解决煤矿实际问题中的应用;第三部分包括第八、九章,介绍了在基本理论指导下实际岩层运动和矿山压力预测预报的方法及有关测试手段。

本书附录了有关理论的主要验证性成果,包括近期围绕着基本理论发表的有关研究论文的选录,实际上是有关内容的补充。

本书集中了我们研究所从事矿山压力理论和实践研究的各方面同志以及近三届研究生的共同成果,其中包括因工作需要先后离开研究所的同志(如陈孟伯、于立仁、郑马克同志等)的贡献;还包括了不少与我们合作的现场同志(如开滦、兖州、枣庄、通化、南桐、徐州、北京等局从事矿压控制实践的同志)的贡献。在此一并表示深切的谢意。

参加本书各章节编写工作的同志如下:

- | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| 导 言 | 宋振骥 | | | |
| 第一章 | 宋振骥 | 蒋宇静 | | |
| 第二章 | 宋振骥 | 刘义学 | 蒋金泉 | |
| 第三章 | 宋振骥 | 刘义学 | 蒋金泉 | |
| 第四章 | 宋振骥 | 宋扬 | 蒋宇静 | 蒋金泉 |
| 第五章 | 宋振骥 | 蒋宇静 | 王春秋 | |
| 第六章 | 宋振骥 | 蒋金泉 | | |
| 第七章 | 刘先贵 | | | |
| 第八章 | 宋振骥 | 宋扬 | 蒋金泉 | 蒋宇静 |
| 第九章 | 邓铁六 | 林紫阳 | 马俊亭 | 赵振远 |
| 附录 I | 宋振骥 | | | |
| 附录 II | 蒋金泉 | | | |

目 录

引 言	(1)
第一章 矿山压力及矿山压力显现	(12)
第一节 矿山压力及其在围岩中的分布	(12)
第二节 矿山压力显现	(26)
第二章 采场上覆岩层运动和发展的基本规律	(38)
第一节 上覆岩层运动和破坏的基本形式	(38)
第二节 采场上覆岩层纵向运动发展的基本规律	(44)
第三节 上覆岩层运动在推进方向上的发展规律	(51)
第三章 采场上覆岩层的运动范围	(64)
第一节 影响采场矿压显现的岩层组成	(64)
第二节 直接顶厚度(冒高)的确定方法	(66)
第三节 老顶范围及其确定方法	(78)
第四节 直接顶和老顶间的相互转化	(82)
第四章 采场矿山压力显现与上覆岩层运动间的关系	(84)
第一节 采场支承压力分布的规律	(85)
第二节 采场来压时的支架与围岩关系	(106)
第三节 采场支架上的压力显现与上覆岩层运动间的关系	(126)
第五章 回采工作面顶板控制设计	(134)
第一节 回采工作面顶板分类	(134)
第二节 支架工作特性及实际支撑能力	(142)
第三节 单体支柱工作面顶板控制设计	(156)
第四节 综采工作面顶板控制设计	(176)
第五节 日常顶板管理	(184)
第六节 常见的顶板事故控制	(190)
第六章 采场周围巷道矿压控制	(200)
第一节 采场围岩应力分布	(200)
第二节 煤层巷道开掘的位置和时间	(207)
第三节 巷道围岩变形量的预计	(213)
第四节 采区内煤层巷道支护设计	(218)
第五节 底板巷道位置与维护问题	(225)
第七章 煤矿冲击地压	(237)
第一节 冲击地压的特征及其分类	(237)
第二节 冲击地压发生的原因	(238)
第三节 冲击地压的机理	(242)
第四节 冲击地压的预测	(243)
第五节 冲击地压的防治	(245)
第八章 采场矿山压力的监测	(247)
第一节 回采工作面顶板运动的预测预报	(248)

第二节	采场周围巷道矿山压力的监测	(270)
第三节	顶板控制效果的判断	(274)
第九章	煤矿现场矿压观测仪器及其应用简况	(288)
第一节	概述	(288)
第二节	KY-82型顶板动态仪	(290)
第三节	DCC-2型顶板动态遥测仪	(291)
第四节	GH系列钢弦压力盒	(293)
第五节	GSJ-1型钢弦频率计	(298)
第六节	DK-2型矿压遥测仪	(300)
第七节	应用简况	(302)
附录 I	开滦范各庄矿采场上覆岩层运动的基本规律研究	
附录 II	采场老顶岩层裂隙的侧向参数研究	

引 言

一、当前矿山压力研究的基本任务

目前,我国煤矿顶板事故在整个煤矿安全事故中所占比重超过40%,每年顶板事故影响的产量约占总产量的5%,达到三千万吨至四千万吨的巨大数字。其它煤矿重大事故如冲击地压、瓦斯及煤层突出、突水等,都与开采引起的矿山压力密切相关。与此同时,由于矿山压力及岩层运动情况不清,控制方法不相适应,而浪费在工作面顶板管理和巷道维护上的人力和财力更难以估计。因此,结合我国煤矿特点进行矿山压力及岩层运动控制的研究,是关系到煤矿安全生产及提高经济效益的大事。

实践证明,回采工作面顶板事故多,支护工作浪费又十分严重的基本原因是:

1. 没有很好地研究和掌握各个具体煤层需要控制的岩层范围及其运动的规律(包括运动发生的时间和条件等),顶板控制设计缺少基础;
2. 没有深入地研究和掌握各种类型支架的特性,特别是在生产现场所能达到的实际支撑能力。没有解决好针对具体煤层条件选好和用好支护手段方面的问题;
3. 没有更好地揭示支架与顶板运动间的关系,达到正确合理地选择控制方案。

为此,当前矿山压力研究的重要任务之一,就是要针对煤矿采场条件多变和不断推进的工程特点,为生产现场找到简单易行的方法,能够有效地监测顶板活动规律,判断支护工作状况和顶板的实际控制效果。把顶板控制设计和日常工作建立在科学预测基础之上。

研究证明,煤矿冲击地压、瓦斯和煤层突出等事故的发生与采场矿山压力分布直接相关。如果能够接近实际地预测预报出采场周围支承压力分布状况(包括压力高峰位置、可供开掘和维护巷道的低应力区范围及其进入稳定的时间等),并在此基础上正确设计开采程序(开采的时间空间关系),避免在高应力区或岩层运动未稳定的部位开掘和维护巷道,则相应的冲击地压、瓦斯煤层突出等重大事故以及大量的巷道维护工作量也就可以减免。

二、关于采场矿山压力研究的内容及其发展现状

根据国内外广大采矿工作者长期的实践和理论探索,特别是近五十年来长壁开采的经验,已经有可能比较明确的提出采场矿山压力研究的主要任务,它们是:

1. 研究随采场推进在其周围煤层及岩层中重新分布的应力(包括应力大小及方向等)及其发展变化的规律。该应力的存在和变化是煤及岩层变形、破坏和位移的根源,也是采场及周围巷道支架上压力显现的条件。

图1所示煤层及上覆岩层中的应力,来源于自身的重力及其上覆各岩层传递来的压力——支承压力。搞清分布在煤层及各个岩层上的应力状况,揭示它们随采场推进及岩层运动而变化的规律,是采场矿山压力研究的重点。

2. 研究采场支架上显现的压力及其控制方法。包括压力的来源,压力大小与上覆岩层运动间的关系,以及正确的控制方法等。

3. 研究在采场周围不同部位开掘和维护的巷道的矿山压力显现及其控制办法。包括不同时间开掘的巷道压力的来源，巷道支架上显现的压力大小及其影响因素，以及支架与围岩运动间的关系等。

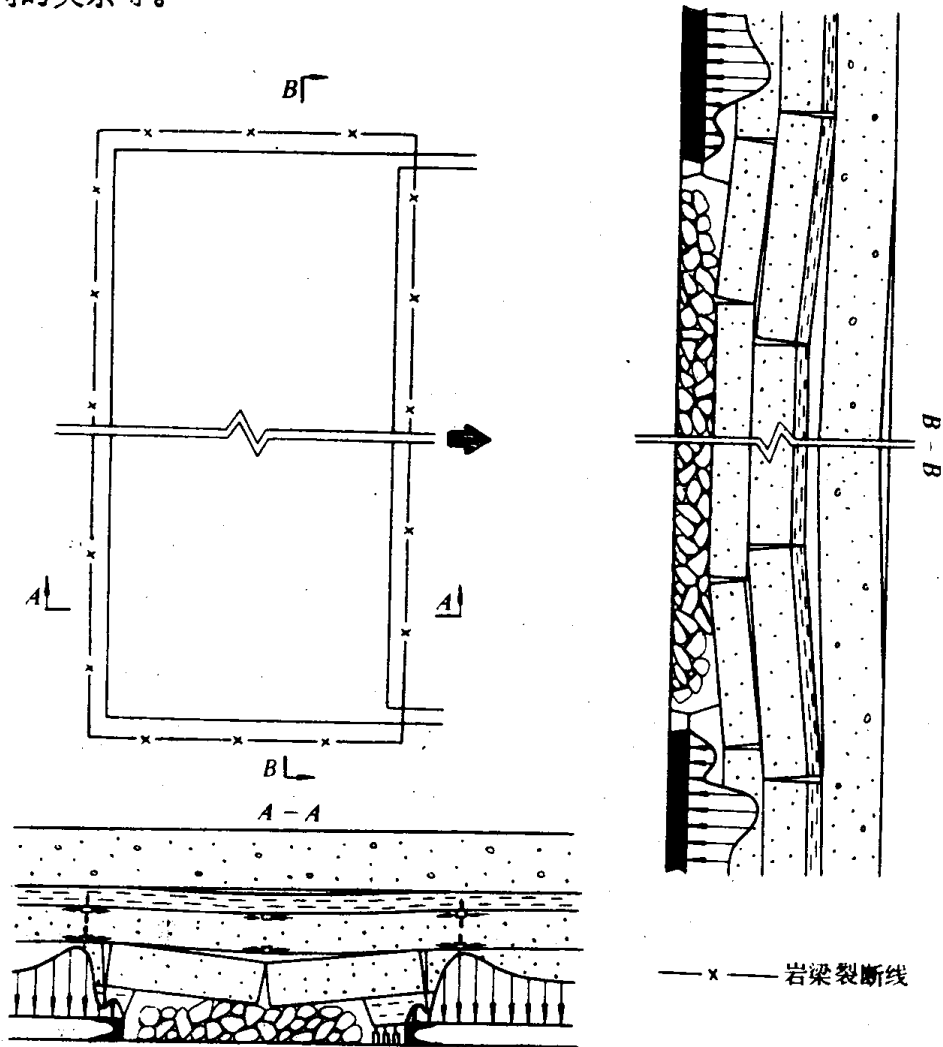


图 1 采场顶板岩层运动状态与支承压力分布

在上述任务中，确定维护工作空间的支护型式及所需的支护反力，是矿山压力研究的主要目标，而研究造成已采空间周围岩层运动，特别是产生破坏的力，则是达到上述目标的基础和关键。围绕着解决上述两个方面问题，国内外的煤矿工作者，特别是在生产现场进行工程实践的专家，经历了长期的奋斗，已经取得许多重要的成果。为了更深刻的认识矿山压力理论的发展现状，找到适应我国煤矿的研究方向，简单的回顾一下有代表性的矿山压力假设是十分必要的。

很早以前，人们已经发现在煤和岩层中开出的巷道，支架上承受的压力远远小于采动空间上覆岩层的自然重量。即使长壁开采，采场支架上的压力显现也仅只有上覆岩层重量的1~5%。因此人们很自然的联想到已采空间是在某种结构的掩护之下。于是，人们根据自己在不同煤层条件下的开采经验，提出了相应的掩护结构模型，用以解释开采过程中出现的矿山压力现象，设计和选择维护工作空间的支护型式及必需的反力，从而形成了各种假说。其中，适应于一般的煤层条件，具有一定历史地位和代表性的，可以大致归纳为以下两类。

(一) 掩护“拱”假说

掩护拱假说的基本观点是：1)采动形成的工作空间是在一种“拱”的结构掩护之下；2)“拱”结构承担上覆岩层的重量，通过拱脚传递到煤层及岩体上的压力及由此在煤及岩体中形成的应力，是煤及岩层破坏的原因，也是“拱”结构本身向外扩展的条件；3)采场空间的支护仅承受拱内已破坏岩层的岩重，支架是在由“拱”的结构尺寸所圈定的破碎岩石荷重下工作——即在一定的载荷条件下工作，支架上显现的压力大小与支架本身的力学特性无关。

根据对拱的性质及形成条件的不同解释，这类假说又可分为下列两种：

1. 自然平衡拱假说

自然平衡拱假说是由俄国学者M.M.普罗托吉亚阔诺夫在对大量巷道顶板破坏情况观察的基础上提出来的。该假说认为，巷道开掘后，已采空间上部岩层将逐步冒塌成图2所示拱的形状。这个拱是自然形成的，拱的高度 h 是岩层的岩石强度和巷道宽度 b 的函数，其间的关系可由下式表示：

$$h = k \frac{b}{f} \quad (1)$$

式中 k 为常数， f 为普氏系数，可由岩石的单向抗压强度 R 求出：

$$f = \frac{R}{100} \quad (2)$$

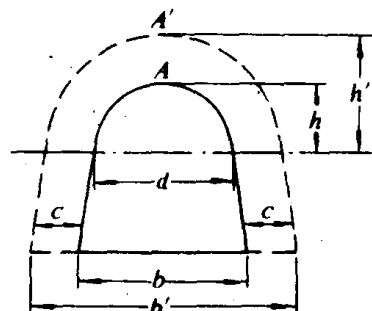


图2 自然平衡拱

显然，当 R 和 b 已知，即可按式(1)及(2)计算出掩护拱的高度 h ，从而可以推算出拱所包围的破碎岩石的面积 A 及相应的岩石重量。据此即可确定巷道支护所需的反力。

实践证明，普氏拱假说适用于确定强度不高($f = 5 \sim 6$)，开采深度不是很大的巷道支护反力。当开采深度超过一定限度后，通过拱体结构传递至巷道两帮边缘岩体上的压力及由此在岩体内形成的应力将达到该岩石的强度极限，导致两帮边缘的破坏，实际的拱宽和拱高将分别扩展至图2中 b' 及 h' 的位置。巷道支护必须的反力应按照已经扩大了拱面积 A' 进行计算。为此必须确定出扩展后的平衡拱位置，即图2中的 c 值。由于普氏理论没有以岩石破坏和应力重新分布的角度来揭示自然平衡拱形成的机理，没有深入研究围岩中应力分布和稳定的条件，因此不可能正确回答上述问题。这也正是普氏理论广泛应用受到限制的原因。

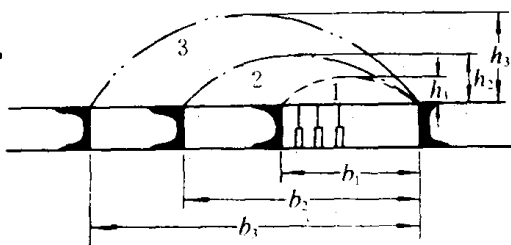


图3 工作面推进中的自然平衡拱

曾经有不少人企图用普氏自然平衡拱的理论来解释采场推进过程中周围岩层中的应力和支架上的压力显现。其力学模型如图3所示。利用该模型可以说明采场第一次来压阶段煤壁前方支承压力及采场支架上显现的压力随采场推进而增加的现象，但不能解释采场矿压显现的周期性变化规律。

由图3可知，如果工作面继续推进，拱高 h 将通达地表。显然这是违背客观实际情况的。鉴于这种假说所描绘的岩层运动和破坏规律与客观实际不符，所以不能用以解释回采工作面产生的矿山压力问题。

2. 压力拱假说

压力拱假说在本世纪50年代前后，曾经得到很多人拥护。比较有影响的是苏联学者，工程师Φ·许普鲁特，由他提出的假说模型如图4所示。图中曲线，是压力拱的边界线。该压力拱跨越整个采场(工作空间)，前后拱脚分别坐落在未采动的煤层和采空区的矸石上。该曲线把推进方向的岩层压力分为三个部分：即压力拱脚作用的高压区 S_1 及 S_2 ；由工作空间上部边界和压力拱边界线所包围的“无应力”(即已破坏)岩石作用的低压区 L_x ；以及曲线进入水平状态的原始压力区域。

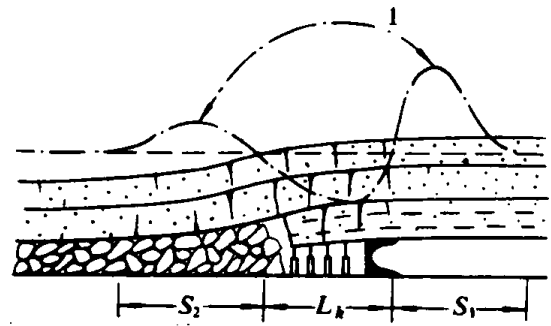


图4 Φ·许普鲁特压力拱假说模型

压力拱假说的主要假设如下：

①压力拱切断了拱内外岩石力的联系，承担了上部岩层的重量，并将其转递至拱脚，从而形成支承压力的；

②采场支架仅仅承担拱内(即控顶区以上至拱边界处)岩石的重量。支架是在一定的载荷条件下工作。因此支架上显现的压力大小与本身的承载能力及其力学特性无关。

假说较好的解释了采场周围支承压力的存在，较好的说明了支架上的压力远小于上覆岩层重量的原因。由于假说认为“压力拱”是随采场推进而前移，因而避免了原自然平衡拱说认为平衡拱随采场推进不断扩大的错误。但是假说同样存在着下列缺陷：

①没有明确压力拱的性质及其与岩层运动发展情况间的关系。因此，这个压力拱始终是一个边界无法确定的模糊概念，无法解释采场周期来压等现象，无法找到采场支架需要控制的具体岩层范围；

②假说没有正确的揭示采场支架与围岩间的力学关系，不能说明支架有可能对在“一定变形”条件下工作的事实，无法解释采场支架上显现的压力往往与支架本身力学特性有关的现象。

上述缺陷是该假说至今无法直接用以进行采场支架定量计算的主要原因。

(二) 掩护“梁”的假说

掩护“梁”的有关假说可归纳如下：

①采场是在一系列“梁”的掩护之下。这些梁在冒落前能将自身的重量传递至前后两端支承岩体之上，从而形成支承压力的；

②“梁”的破坏(冒落)和沉降是采场支架上压力显现的根源；

③支架可能在由已破坏的岩石重力所“给定”的“一定载荷条件下”工作，也可能在由岩梁的沉降所决定的“一定变形条件下”工作，即支架存在着“给定载荷”和“给定变形”两种工作状态。其中，在“给定变形”条件下工作的支架，其压力显现的大小仅只取决于支架自身的力学特性(即自身的变形量与产生的阻抗力间的关系)。因此当顶板的移动量(顶底板移近量)和支架力学特性已知时，顶板压力即可以事先确定；

④支架的阻抗力(支架反力)相对于岩层压力来说是微不足道的，因此不可能对顶板下沉移动量产生影响。也就是说，支架在改变采场顶板下沉移动量方面是无能为力的。为此，支架作用在于防止已碎岩体塌落和保持各种属性结构梁的连续性，不必要也不可能在改变顶板下沉量方面发挥作用。基于这种认识，有些学者，如苏联的K·B·鲁宾涅特，把研究和确定采场上覆岩层的整体下沉曲线及由此所决定的顶板下沉量作为采场矿压控制研究的关键。

从上述所列共同点可以看到，与“拱”说相比，“梁”的假说在解释回采工作面支架上压力显现的规律方面，包括压力的来源、压力大小与支架的力学特性及围岩运动间关系等方面，有了重要的发展。下面我们引述几种有代表性的“梁”的假说。

1. “悬臂梁”假说

悬臂梁（或板）的假说早在 1867 年就提出来了。该假说认为采场是在图 5 所示一系列梁（或板）的掩护之下，这些梁中的一部分是采空区的一端已经冒落，另一端嵌固在煤层上的悬臂梁（包括强度较低、垮度较小的直接顶板和强度高、垮度大的老顶板），其余则按一端由煤壁支承，另一端由已冒矸石支承的连续梁工作。正是这些梁随采场推进有规律的冒落或折断，才导致采场来压（即支架上显现压力）的现象。由于梁的冒落和折断是有规律的，因此采场来压也是有规律的。有关学者认为“悬臂梁”每次冒落或折断的尺寸可以用材料力学方法（连续介质力学的方法）来确定。

“悬臂梁”假说比较简捷的说明了采场上覆岩层运动的规律，较好的解释了采场周期来压的现象，因此得到相当多采矿工作者的拥护。从发展上来看，可以认为“悬臂梁”假说在有关掩护梁假说的发展过程中，起到了奠基的作用。

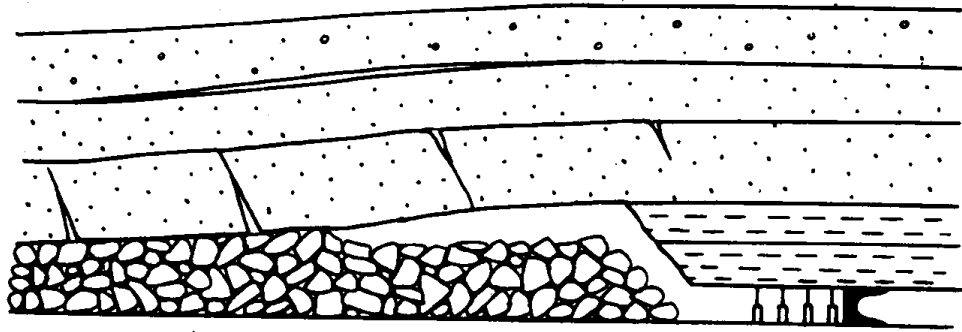


图 5 悬臂梁假说模型

“悬臂梁”假说从提出开始，一直没有发展到用于采场矿压控制定量计算方面的主要原因有：

- ① 未能进一步研究采场上覆岩层自下而上的运动发展规律，特别是“悬臂梁”的岩层组合条件；
- ② 没有明确采场矿压控制需要考虑的悬臂梁范围，没有从理论上和方法上解决生产现场找到这个范围的办法。

上述缺陷使人们无法建立起结构范围明确的具体力学模型来解决采场矿压控制方面的

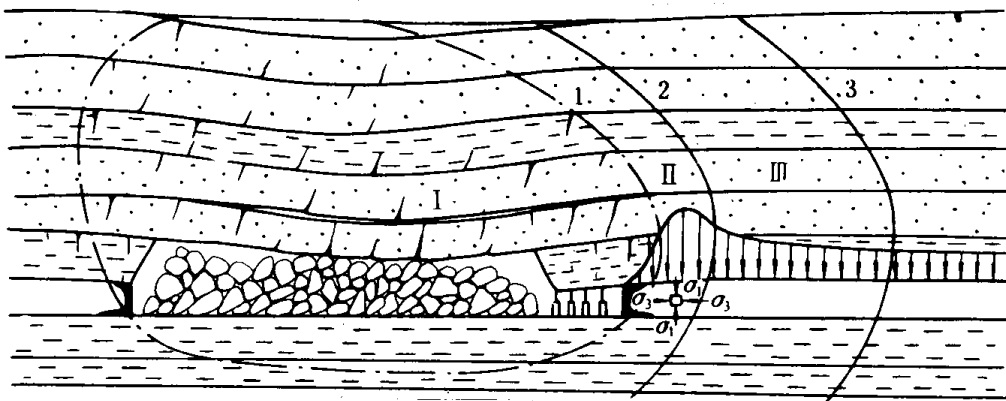


图 6 预生裂隙假说模型

问题。此外，该假说没有研究采场围岩中的应力，没有考虑支承压力可能预先破坏顶板的情况，因而不能对采场上覆岩层的结构状态作出更全面的描述。

2. “预生裂隙梁”假说。

“预生裂隙梁”假说或岩石的预先破坏假说，是比利时学者 A·拉巴斯在1947年提出的。该假说认为采场是在图6所示一系列“预生裂隙梁”（或“假塑性梁”）的覆盖之下。这些“梁”中的裂隙是有关岩层在煤壁前方强大的支承压力作用下预先形成的。它们自身的抗拉能力基本消失，主要靠水平挤压力产生的摩擦力来抵抗弯曲和维持平衡。因此当水平方向挤压一旦消失，岩梁就会失稳塌落。该假说认为，采场支架上显现的压力，是裂隙梁沉降或平衡遭到破坏的结果。

预生裂隙假说的重大贡献是揭示了煤层及临近采场的部分岩层在支承压力作用下超前于煤壁破坏的可能性，正确指出其破坏的原因是岩层中两个方面的应力差超过岩石强度极限所致。该假说把受采动影响的应力场范围（即图中极限影响面3所划定的范围，）分为三个区间，即：

①低应力区，即图6中I点划线1所示范围。点划线1称为已破坏岩层的覆盖面。该覆盖面是开采工作在各个岩层中新生裂隙部位轨迹的连线。

②高应力区，即图6中II所示部分，大致是图中虚线所勾划的范围。该部分岩层内的应力差（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）进入或接近极限状态，因此很容易形成新的破坏（即新的裂隙）。

③假塑性变形区，即图6中III所示部位。也就是极限影响边界线3和虚线2所包含的范围。该范围岩层中的垂直应力高于原始应力值，因此能够使岩层产生一定的弯曲变形。

煤层超前破坏以及临近采场的部分岩层（例如强度不高的直接顶板）出露前可能预先产生裂隙这一点，已经为实践所证实。完全由压缩破坏而形成的裂隙梁，在开采深度较大时也是能够出现的。但是，那种不考虑煤层条件（特别是开采深度）和开采技术条件（特别是采高），也不问岩层强度高下，一律用预生裂隙假说去推断采场上覆岩层破坏的情况，特别是推断老顶运动的规律则是错误的。用拉巴斯的预生裂隙说不能正确的解释采场上覆岩层周期性破坏和来压的规律。实践证明，即使强度不高的岩梁，其超前破坏也是按一定步距有规律出现的。而且出现的步距在正常的情况下是由岩梁自身的强度所决定。也就是说，只有当岩梁的悬垮度达到极限值，端部拉应力达到预定的极限从而开裂之后，其自身及相邻岩层的压缩剪破坏才有可能发生。因为，只有把预生裂隙假说压裂机理和悬臂梁假说有规律的折断结合在一起，才能正确的说明采场上覆岩层的破坏规律，解释采场周期来压及顶板周期性破碎等压力显现。

如像悬臂梁假说一样，拉巴斯的假说同样没有能够正确的回答采场支架需要控制的岩层范围问题。虽然假说建立了由新生裂隙轨迹连线所决定的覆盖面的概念，划定了预生裂隙梁（预应力梁）的范围。但是这个界限实际上无法确定，加之假说没有进一步研究采场支架反力与对各个预生裂隙梁控制间的力学关系，因此同样无法直接用于采场矿压控制的定量计算。

3. 铰接岩块假说

铰接岩块假说是苏联学者 T·H·库茨涅佐夫在实验室进行采场上覆岩层运动规律研究的基础上提出来的。该假说认为，用冒落法管理顶板的采场，支架上的压力显现是由图7所示两部分岩层的运动所决定：

1) 已冒落的岩层, 即图 7 中 m_1 至 m_n 层。该部分岩层垮落后, 根据在采空区堆积的情况不同分为以下两个部分:

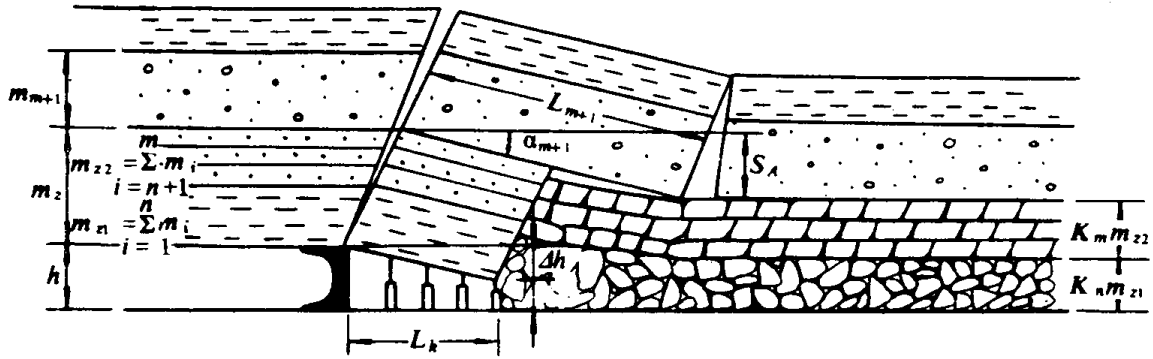


图 7 铰接岩块假说模型

① 无规则垮落带: 即图 7 中 m_1 至 m_n 各层。

该部分岩层垮落时, 由于下部有足够的空间让其自由运动, 因此垮落后堆积是混乱无章的。T·H·库茨涅佐夫研究证明, 进入不规则垮落带的岩层厚度 $m_{z1} = \sum_1^n m_i$, 可由下列条件制定:

$$\text{其中} \quad m_n \leq (2 \sim 2.5) \left[h - \sum_1^n m_i (K_n - 1) \right] \quad (3)$$

$$\text{其上部} \quad m_{n+1} \geq (2 \sim 2.5) \left[h - \sum_1^n m_i (K_n - 1) \right] \quad (4)$$

式中 m_n —— 不规则垮落带的最上部岩层的厚度;

m_{n+1} —— 有规则垮落带的最下部岩层厚度;

m_i —— 垮落的各个岩层厚度;

h —— 采高;

K_n —— 不规则垮落带岩石碎胀系数。

② 有规则垮落带: 即图 7 中 m_{n+1} 至 m_m 各层。

该部分岩层垮落之后, 在采空区呈有规则排列, 其厚度 $m_{z2} = \sum_{n+1}^m m_i$, 由下列条件判定:

$$\text{其中} \quad m_m \leq h - \left[\sum_1^n m_i (K_n - 1) + \sum_{n+1}^m (K_m - 1) \right] \quad (5)$$

$$\text{其上部} \quad m_{n+1} \geq h - \left[\sum_1^n m_i (K_n - 1) + \sum_{n+1}^m (K_m - 1) \right] \quad (6)$$

式中 m_m —— 有规则垮落带最上部岩层厚度;

m_{n+1} —— 未垮落的最下部岩层厚度;

K_m —— 有规则垮落带的岩石碎胀系数。

2) 呈铰接状态的岩层 (铰接岩梁), 即图 7 中 m_n 以上岩层。

这部分岩层被裂缝分割成单独的梁或板, 在水平推力作用下铰接在一起, 构成一个随

工作面推进而沉降的梁式结构。

假说认为针对上述两部分岩层的运动，采场支架有可能在以下两种条件下工作：

① “给定载荷”条件下工作。在该条件下工作的支架，其压力显现由采空区已垮落的那一部分岩层的重力所决定。

② “给定变形”条件下工作。在该条件下工作的支架，其压力显现是采场顶板下沉量的函数。其下沉量 Δh_A 在既定控顶距(L_K)条件下由折断的岩块长度 L_{m+1} 和触矸后的倾斜角度 α_{m+1} 所给定，即：

$$\Delta h_A = L_K \operatorname{tg} \alpha_{m+1} \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{m+1} = \frac{S_A}{L_{m+1}} \quad (8)$$

$$S_A = h - \left[\sum_1^n m_i (K_n - 1) + \sum_{n+1}^m m_i (K_m + 1) \right] \quad (9)$$

将式(9)及(8)代入式(7)，求出 Δh_A 值，即可根据所选支架的力学特性(阻力与下缩量间的关系)确定出支架的阻力(反力)。

铰接岩块假说比较深入的揭示了采场上覆岩层的发展状况，特别是岩层垮落实现的条件；正确的提出了支架有可能在“给定载荷”和“给定变形”两种状态下工作的概念；相当深入的研究和揭示了采场支架与围岩间的部分关系。这一成果从理论上为采场顶板控制设计提供了重要依据。

该假说存在的问题是：未能够确定出呈铰接状态的老顶形成的条件和具体的范围；未能更全面的研究和揭示支架与这部分岩梁运动间的关系；没有说明采场顶板下沉量在很大程度上能够由支架的阻力控制的事实，因而未能将采场顶板控制设计提高到科学定量的程度。

上述所有假说，实际上都是针对某一具体煤层条件解释有关矿山压力现象，各有其正确和合理的部分，应当相互补充。例如，作为只承担压缩的“拱”结构，有关拱的假说在解释和说明采场处于静止状态的压力现象方面是比较合适的。然而对于同时存在有拉应力和压应力部位的“梁”结构而言，有关梁的假说则更适合于解释采场推进过程中不断发展变化着的压力情况。就采场上方岩层的结构总体而言，实际是一个不断、推进和变化着的“梁”和“拱”的混合物，“拱”中有“梁”，“梁”下有“拱”。就某一具体岩层而言，其结构属性也不是一成不变的。相反，随采场推进无论是自身内应力分布特征，或是向其支承传递力的情况，都在不断变化之中。在采场推进过程中，原属于“掩护梁”结构的岩层在折断后至回转运动完成时，可以转化为“拱”的结构特征(即自身只存在接触压应力而没有承受拉应力的部位)。同样，原起到“拱”作用的岩层，随采场推进和悬跨度增加又将自然的向“梁”的结构状态转化。因此，我们的任务就是要深入的研究这些岩层结构性转化的条件及其变化的规律，正确的描述具体时间、地点、条件下的采场上覆岩层结构状况，全面揭示采场支架上的压力显现与这些处于不同结构属性的岩层间的力学关系，为采场顶板控制设计建立基础。又如分布于煤壁前方的支承压压力，其高应力部位既可以看成是上覆各种属性“梁”结构的两端支承基础，也可以看成是由各个岩层中的高应力区间所连成的“压力拱”落脚处。现在的关键是要解决如何能在生产现场找到这个区间的具体位置，掌握其随采场推进而发展变化的规律，否则就无法用以解决巷道布置和维护方面的实

际问题。

到目前为止，上述有关假说没有能直接用于现场矿山压力控制定量计算的共同原因可归纳为：

1. 没有明确需要控制的岩层范围，没有揭示这个范围随煤层条件和开采条件变化而变化的规律；更没有能够提出一套能在生产现场具体确定这一结构范围的理论和简单易行的方法。显然，需要控制的岩层结构范围不明确，相应的力学结构模型尺寸无法确定，有关控制设计的定量计算也就没有基础。

2. 没有从发展的角度全面揭示采场支架与其可能控制的岩层间的力学关系，也未能提出在生产现场建立和判断这种力学关系的方法。至今，上述假说中关于采场支架只能在“给定载荷”和“给定变形”条件下工作、支架不可能明显地改变采场顶板下沉量等结论，仍在被沿用。然而大量的事实已经证明，依靠支架抵抗力改变采场顶板下沉量不仅可能，而且在一定的条件下往往是十分必要的。例如，我国南屯煤矿开采三层煤采用摩擦支柱管理顶板时，原支护强度为 250kPa，采场顶板下沉量高达 500mm，工作面经常处于冒顶威胁之中。后经矿压观测研究，把支护强度提高到 420~450kPa，结果采场顶板下沉量减少到 300~350mm，冒顶威胁基本排除。该煤层实现综采后，采用了支护强度为 800kPa 的液压支架，采场顶板下沉量只有 120mm 左右。其它类似的经验还有很多。这都充分说明认为采场支架只能按适应采场某一固定下沉量设计的看法是不全面的。因此有必要在深入实践研究的基础上，探索能针对具体煤层条件建立相应的支架与顶板位置状态关系方程的理论和方法，为采场顶板控制设计，包括选择正确的支架围岩关系建立基础。

3. 有关假说都肯定了采场四周存在支承压力，肯定了在整个支承压力分布范围中有几倍于原始应力值的高应力区域，但是由于未深入研究支承压力随采场推进发展变化的规律，因而无法针对采场推进的位置和时间确定压力高峰所在位置，找到可供开掘和维护巷道的低应力区范围及稳定的时间，也就无法更好的解决巷道矿压控制及有关冲击地压和瓦斯煤层突出方面的问题。

综上所述，可以提出当前矿压理论研究的一个重要任务，就是要在综合各种假说所做贡献的基础上，针对实现矿山压力和岩层运动预测预报的要求，把有关矿山压力及其控制的理论提高到能根据具体煤层条件和开采条件定量的发展阶段。

三、以岩层运动为中心的矿山压力理论的指导思想及其要点

以岩层运动为中心建立矿压理论，就是要力争在搞清上覆岩层运动发展规律，搞清矿山压力的分布和显现与上覆岩层运动间关系的基础上，解决有关的控制问题。显然，对于一个回采工作面来说，如果不知道顶板中哪些岩层需要控制，不知道这些岩层大面积运动发生的时间、范围以及可能的运动方向，控制设计将是盲目的。同样，如果不了解支承压力分布随上覆岩层运动发展变化的规律，不能根据具体的条件（包括时间、地点及上覆岩层运动的发展情况等）搞清采场四周压力的真实分布情况，要正确选择巷道合理开掘位置和时间，解决好巷道支护必需的阻力和缩量等方面的问题也是不可能的。

以岩层运动为中心的矿山压力和岩层控制理论要点如下：

1. 强调“矿山压力”及“矿山压力显现”两个基本概念间的差别和联系。认为：“矿山压力”（即采动后促使围岩运动的力）的存在是绝对的，在任何已采空间的周围岩体中都存在着。但是矿山压力的显现（包括围岩变形、位移和破坏，以及支架受力、下缩和