

铁矿山的地压控制

冶金工业出版社

TD32
3
3

铁矿山的地压控制

[苏]H.П.符洛赫 A.Д.萨苏林 著

李兰英 彭程遼 张晶瑶 译

郑永学 校

冶金工业出版社

A 827000

内 容 提 要

本书阐述了开采坚硬岩石缓倾斜、倾斜和急倾斜金属矿床时矿山压力控制的经验。提供了当崩落通达地表和未通达地表时的矿山压力控制方法。

本书可供矿山企业、科学研究和设计单位的工程技术人员参考，也可作为高等院校采矿专业师生的读物。

铁矿山的地压控制

(苏)H.П.符洛赫 A.Д.萨苏林 著

李兰英 彭程逵 张晶瑶 译

郑永学 校

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 6 1/4 字数 161 千字

1981年10月第一版 1981年10月第一次印刷

印数 00,001~1,200 册

统一书号: 15062·3722 定价0.81元

序 言

随着采矿工业的继续发展，现有矿山和新建矿山的生产能力不断增长，开采作业迅速下降到更深的中段水平。

由于企业生产能力的扩大，采用了使矿体和围岩暴露面积增大的新的高效率采矿方法，开采深度迅速增加，从而引起剧烈的矿山压力，使控制矿山压力复杂化。在这种情况下，能够有成效地解决矿山压力控制问题，对矿山企业安全和有效的生产将起着决定性的作用。

在认识矿床开采前和开采过程中坚硬岩体应力状态的形成规律，以及了解自然状态岩石性质的条件下，控制矿山压力是可能的。

目前已有的关于矿山压力的假说、理论和计算公式，还不能满足生产的需要。这就使得矿山压力控制带有某种不确定性。有时，甚至只能根据经验和相似原则直观地解决问题，而不是根据有充分依据的计算。

在理解到所提课题是相当复杂的情况下，作者根据乌拉尔铁矿床岩体的实际应力状态，作了解决某些矿山压力控制问题的尝试。

对未采动岩体初始应力状态进行了测量，它是确定矿山压力显现的重要因素之一。同时，研究了矿床开采过程中这一应力的变化规律。所获得的成果，曾运用于博戈斯罗夫斯克、维索柯哥尔斯克、戈罗勃拉戈达茨克等矿山管理局。研究的主要问题是：开采乌拉尔缓倾斜、倾斜和急倾斜铁矿床时，如何处理采空区和保证大暴露空间的稳定性。

当然，书中推荐的矿山压力控制方法还很不完善。但是，矿床开采中运用这些方法所获得的良好效果证实了它们的效用和必要性。

目 录

序言

第一篇 矿山压力	1
第一章 铁矿床的矿山压力及其主要显现形式	1
§ 1. 矿山压力的概念	1
§ 2. 岩体应力状态	2
§ 3. 地壳构造及其对岩体应力状态的影响	4
§ 4. 矿山压力显现的主要形式及其与岩体应力状态的关系	9
第二章 坚硬岩石中矿山压力的研究方法	12
§ 1. 铁矿床矿山压力研究的主要问题	12
§ 2. 矿山压力研究的现场试验	13
§ 3. 模拟试验法	34
§ 4. 矿山压力研究的分析方法	42
§ 5. 岩体状态的监视方法	43
第三章 乌拉尔矿山岩体的初始应力状态	50
§ 1. 铁矿床岩石的性质	50
§ 2. 岩体的应力状态	54
§ 3. 影响形成初始应力状态的因素	68
§ 4. 坚硬岩体应力场结构的假说	76
§ 5. 确定岩体初始应力状态的方法	84
§ 6. 乌拉尔矿山岩体的实际应力	89
第二篇 矿山压力控制	98
第一章 乌拉尔各铁矿地下开采现状及远景	98
§ 1. 乌拉尔各铁矿的矿山地质和大地构造特征	98
§ 2. 矿床构造地质	101
§ 3. 采矿方法和开采状况	102
§ 4. 乌拉尔铁矿床的矿山压力显现	105
第二章 水平铁矿床开采的矿山压力控制	111
§ 1. 矿山压力控制的主要问题和波克罗夫斯克矿的开采现状	111
§ 2. 采掘系统各部分的岩体应力状态	112

§ 3. 模型中覆盖岩层内的应力分布.....	115
§ 4. 用分析法确定岩体中的应力分布.....	128
§ 5. 坚硬岩石的水平和缓倾斜矿床开采时, 矿山压力控制方法的选择.....	131
§ 6. 在波克罗夫斯克铁矿床开采中矿山压力 控制方法建议的实施.....	133
第三章 倾斜铁矿床开采的矿山压力控制	136
§ 1. 矿山开采状况和矿山压力控制的主要问题.....	136
§ 2. 确定生产条件下矿山压力显现的规律性.....	137
§ 3. 实验室条件下覆盖岩层应力分布规律和崩落特点.....	146
§ 4. 研究结果的分析与倾斜矿床开采矿山压力控制方法的选择...	154
§ 5. 自然控制崩落在乌拉尔倾斜铁矿床的运用.....	157
第四章 急倾斜厚铁矿床开采的矿山压力控制	167
§ 1. 矿山生产状况和矿山压力控制的主要问题.....	167
§ 2. 生产条件下矿床应力状态的研究.....	167
§ 3. 矿床开采时矿体应力状态的模拟.....	173
§ 4. 岩体破坏原因的分析.....	179
§ 5. 急倾斜厚矿体开采的矿山压力控制.....	184
结束语	185
参考文献.....	186

第一篇 矿山压力

第一章 铁矿床的矿山压力及其主要显现形式

§1 矿山压力的概念

用露天和地下方法开采矿床以及建设水利、隧道等工程时，会出现很多与岩体中存在的一种综合力系有关的问题，该力系有各种不同的自然特征和显现形式，通常以矿山压力^①的概念把它们统一起来。这一概念依矿山压力显现的时间、具体条件和形式的变化而包含不同的内容。有的观点认为，矿山压力是岩体对巷道作用的结果；另一种观点认为，矿山压力是岩体中的力，为防巷道被破坏需要架设支架^[100]；第三种观点则认为，矿山压力是巷道围岩随时间而呈现残余变形的结果^[84]。

此外，还有人把任何人为因素破坏了初始平衡状态，在岩体中产生的力均理解为矿山压力^[56]。这种见解，还把矿山压力显现视作岩体应力、岩石物理力学性质及时间的函数。

现阶段，关于矿山压力的概念，显然应指在采矿工作影响范围内的岩体中，或在实际应力状态作用下，自然赋存的岩体中发生的多种作用力和物理力学现象（弹性和塑性变形，微观和宏观裂隙的形成，断裂、移动和冒落等）的复杂的综合。这些过程的显现形式和规律可能是极其不同的，并主要决定于岩体的物理力学性质、应力状态和时间。

整个采矿工作的安全性和生产效率，在很大程度上取决于矿床开采时所引起的地压问题解决的成效。尤其在当前，随着采矿

① 根据我国采矿界当前广泛使用的术语，以下也简译“地压”。——译者注

工业的发展，矿山生产能力不断增长，回采工作面尺寸、围岩及矿体的暴露面积增大，就更显出了地压的作用。

我们知道，地压的研究主要有两个发展方向，即研究岩体的物理力学性质和确定岩体应力状态的规律。这两方面，在解决一般地压控制问题时密切相关，并以数学-力学基础理论科学的成果为基础。由于岩体的多样性，在解决理论问题和实际问题时，采用不同的与现场岩石性质最符合的各种岩石物理模型，对于软岩，通常采用弹塑性和塑性模型；在坚硬岩石中，有许多现象可用弹性理论进行阐述。

运用连续介质力学原理，非常有效地解决了许多坚硬岩石中的地压问题。在此基础上，充分详细地研究了平面应力和平面应变状态下岩体中应力分布的一系列问题。在大多数情况下，这些解可作为计算巷道参数和某些采矿方法构成要素的基础。

此外，在解决坚硬岩体的地压问题时，广泛应用所谓综合研究方法，其中包括以连续介质力学为基础的方法，利用各种模型的实验室方法，以及利用仪器监测地压显现的现场研究。

§2 岩体应力状态

矿床开采过程中，地压显现的强度和形式，在很大程度上取决于采动之前的岩体应力状态。开采范围内的岩体应力状态是采空区和其它巷道周围初始应力重新分布的结果。尽管原岩初始应力状态及其形成规律的确切概念是重要的，但迄今还没有统一的见解。

不久之前，关于岩体应力状态的概念仍以A.海姆和A.H.金尼克的假说为基础。根据这些假说，岩体是只受覆盖岩石重力作用的静力平衡体。A.海姆认为，岩体处于隐塑性状态，因此，其中各方向的应力，因产生塑性变形而得到平衡^[115]。此外，按照他的意见，由于重力的长期作用，甚至在比较不大的深度上，也会发展成这种状态。按照这个假说，在整个面积上应力值相同，即处于静水压状态，用下式确定：

$$\sigma = \gamma H \quad (1)$$

式中 σ ——应力，公斤/厘米²；

γ ——覆盖岩石的容重，公斤/厘米³；

H ——距地表的深度，厘米。

1925年，A. H. 金尼克在弹性介质模型的基础上，提出了类似的假说。他认为，垂直应力最大，且决定于覆盖岩层的重量（2），水平应力与垂直应力有关，并取决于泊松比（3）：

$$\sigma_z = \gamma H \quad (2)$$

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\mu_{\pi}}{1 - \mu_{\pi}} \gamma H \quad (3)$$

式中 σ_z ， σ_x ， σ_y ——相应为垂直应力和水平正交应力，公斤/厘米²；

μ_{π} ——岩石的泊松比。

式 $\frac{\mu_{\pi}}{1 - \mu_{\pi}}$ 为侧压系数〔44〕。

这样，两个假说均提出用覆盖岩层重量计算岩体应力，而整个岩体的应力状态是单一的，且与覆盖岩石的性质无关。

A. 海姆和 A. H. 金尼克的假说，对地压分析和实验室研究的发展曾起了积极作用，并且，在不久之前仍是矿山岩体力学模拟试验、理论研究和实际计算规定边界条件的基础〔52〕、〔68〕、〔85〕、〔86〕。

但是，地壳构造运动的研究证明，显然，实际上地壳不是处于静平衡，而是在不断运动。地壳上各个地段在垂直平面或水平平面内，彼此相对移动。定期高精度的大地测量和水准测量的观测结果表明，其移动量是相当大的。

整个地壳运动引起各地段不同程度的变形，这种变形与地壳的厚度、强度及其所具有的早期的构造破坏有关。在变形最显著的地区，发生导致岩体内应力增高的应变积蓄，这积蓄的应变能借助于形成的新的构造上破坏如正断层、逆断层、逆掩断层、侧切断层等而发生周期性释放。这就证明了，现实的地壳（包括目

前进行矿床开采的上部岩体在内) 应力状态, 与上述假说中所假设的静力平衡状态有本质的差别。

最近15~20年, 在地压研究实践中, 开始广泛运用在岩体中直接测量应力的方法, 即所谓现场测量法。

在测定未采动岩体的应力方面, 目前还有一系列尚未完全解决的难题。其一是把测量仪器或装置插入岩体时, 对初始应力场的扰动问题; 其二是难于把测量的钻孔表面应变换算成周围岩体的应力; 其三是实地应力场的局部结构等。但是, 现有的资料充分证明, 上述假说所推测的岩体应力状态与实际应力状态有本质的不同。有时, 实际测量的应力与覆盖岩石自重决定的应力相差几倍。

关于未采动岩体应力状态的形成原因和实质, 迄今尚无统一的见解。但大多数研究者把岩石自重、构造运动、岩体中的气体和水、岁差和章动、岩体的非均质性等列为影响应力场结构的主要因素〔39〕、〔40〕、〔45〕、〔62〕、〔63〕、〔95〕、〔108〕、〔110〕、〔121〕、〔125〕。

除了所指出的因素之外, 看来, 在个别不大的地区内, 岩体本身的局部特性, 如区域构造、覆盖岩石性质、地形、褶皱等, 将影响应力状态的形成〔62〕。这些因素对某些大区域的总应力背景的形成也发生影响。

以现代测量方法为基础确定的岩体应力状态, 还应补充考虑岩体的裂隙、结构体内的成分和性质的非均一性、残余应力的存在等一系列尚未确定因素的影响。

§3 地壳构造及其对岩体应力状态的影响

地球是宇宙体, 其形状如球(地球体), 截面结构复杂〔40〕。中心部分(地核)包括离地表2900公里以下的圈层, 温度达2000~4000°C。其次, 与地核相比更接近地表, 平均深度37公里以下的圈层为地幔, 温度为1000~2000°C。在地幔的上部, 深37~900公里范围内的物质呈结晶状态, 其密度为3.32~5.68克/厘米³, 在上部剪切模量和弹性模量相应为 1×10^6 公斤/厘米²和 2.5×10^6 公

斤/厘米²。

地幔之上是地壳，称为岩石圈，厚度由5~6至75公里，由沉积岩和花岗岩(花岗闪长岩)岩层组成。该层的剪切模量为 0.29×10^6 公斤/厘米²，弹性模量为 0.7×10^6 公斤/厘米²，密度为2.67克/厘米³，泊松比为0.25。

运用最新科学技术成果进行长期的地震、天文、大地测量等方面的观测，能够查明地壳运动的各种状态和形式。

这些运动的速度，在地球表面的各处均不相同。在地台上为每年几毫米，很少出现几厘米；而在造山地区，该速度以厘米甚至分米计。

无论在垂直截面或在水平截面内的地表移动到处都有〔39〕、〔63〕、〔64〕、〔70〕。

在苏联，用高精度水准测量，查明了苏联欧洲部分地壳垂直移动的速度，并于1955~1956年绘制成图。

根据测量资料，爱沙尼亚-喀尔巴阡地区出现上升，这是芬诺斯坎季隆起的继续，并且包括沃龙涅什岩体、顿巴斯和克里伏巴斯隆起的中俄罗斯地区也发生上升。与此同时，伊尔明斯克-德聂伯罗夫斯克、唐波夫-库班斯克、普里巴尔基斯克和普里切尔诺莫尔斯克地区则发生下降〔70〕。

俄罗斯平原垂直移动的平均速度为2~4毫米/年，上升时期达8~10毫米/年。

由捷尔诺波尔向库尔斯克走向，地壳下沉的速度达2.5毫米/年。与此同时，上升地区的速度约为1.3毫米/年。

大、小高加索发生了拱形隆起，前高加索出现下降。亚速海沿岸以2毫米/年的速度上升，沿捷列克河则急剧下降。沃伦-波多尔斯克地台，整个克里沃罗格构造带包括舍彼托夫卡-诺夫戈罗德-沃伦斯克和乌克兰结晶质地盾的西北部，均以5~7.5毫米/年的速度上升。

科拉半岛的上升速度平均为5~50毫米/年，此处个别地区却相对坳陷。

近40~50年,乌拉尔山地部分发生微弱的上升(尤其南部),平均上升速度1.5~3.5毫米/年。乌拉尔边缘地区,以3~5毫米/年的速度下沉(特别在其东部)^[90]。乌拉尔地带和外乌拉尔地区,发现差动性移动,其幅度为±(4~10毫米/年)。沿利耶帕亚-斯维尔德洛夫斯克剖面,中乌拉尔地区的平均速度梯度,前乌拉尔拗陷区每100公里为1.4毫米/年,乌拉尔褶皱地区则每100公里为2.3毫米/年。

由俄罗斯地台到乌拉尔褶皱,地壳上升的速度逐渐加大。同时,从前乌拉尔拗陷向俄罗斯地台依次发生移动转移。在西-西伯利亚地台,秋明以北和以东范围内均发生下沉。

波鲁诺奇恩-依夫捷尔地区,有地壳水平移动的迹象。

在其它国家的领土和大陆地区,也发现有大型的现代构造运动。北半球的斯匹次卑尔根群岛和西格陵兰发生上升,相应速度为30和14毫米/年。波罗的地盾北部上升的速度等于9.4毫米/年,南部等于3.6毫米/年。

荷兰领土以2.5毫米/年的速度下沉,整个国家由南向北倾斜。在须得海地区发生最大的下沉,而荷兰南部边疆附近,则出现上升^[70]。波兰地表由东向西发生倾斜,其上升、下降的平均速度为+1.5~-1毫米/年。意大利地面下沉速度为2~3毫米/年,而波河三角洲为10毫米/年。

维里克湖地区(美国)由北向南倾斜,在一百年内,平均每100公里移动75毫米。加拿大中部地盾以100毫米/年的速度上升,而加利福尼亚海湾沿岸则以300毫米/年的速度下沉^[70]。在圣-阿尼德列阿斯(加利福尼亚)断层带出现地面水平移动,其水平位移速度为10~30毫米/年。同时,断层两侧地壳作相反方向运动。

马来西亚群岛的水平移动速度很大。1931~1936年,位于爪哇岛上的帕维尼汗火山向南移动大约120厘米,而塔拉加列尔火山在这段时间内向东南移动200厘米。克兰格斯基岩体以24~40厘米/年的速度向南西西移动了200厘米。

亚洲太平洋沿岸,东印度洋、加勒比海、贝加尔湖蛇形丘、

弗尔干斯盆地等是现代地壳强烈变形的地区〔70〕。

应当指出，几乎所有的地壳构造运动都是古老地质时代变形的延续〔64〕、〔90〕。

所引用的例子表明，地壳上各处都有构造运动。有相当多的假说在某种程度上解释了地球的起源以及它的内因和外因过程、地震等现象。在此，研究这些假说是不必要的。但应指出，现代大多数研究者认为，地壳变形的实质是地球内部作用（地球普通的收缩挤压和膨胀，物质的物理-化学和重力分异，以及放射性衰变），或是由于天体地质的原因（地球非匀速转动，太阳和月亮的潮吸力不断改变，岁差和章动的影响）所引起的统一作用力系所导致的一般行星的特性。

由于地壳处于不断地运动，并承受各种应变，在其中相应产生了很大的应力。例如，在收缩力和重力作用下所引起的应力能达到 10^4 公斤/厘米²，由于地球旋转速度变化所引起的应力为 10^3 公斤/厘米²〔45〕。

月亮和太阳的引力、岁差和章动所引起的应力虽然不大，但它往往成为激发地壳中聚集应力的附加应力，使总应力超过允许应力，导致发生地震、塌陷和其它现象，使岩体破坏。

由于现代的地壳运动经常由上升变为下沉，因此，水平移动改变了原有的方向，使应力改变了符号和强度。由此，地壳变形时发生的应力，可能为压应力、拉应力或其它形式的应力。

例如，巴斯谢依和赫烈巴托地区（美国）的狭直褶皱山脉，苏联东北太平洋沿岸的山脉，斯堪的那维亚山等都是由于纬向压应力形成的。而阿特拉斯山、比利牛斯山、喀尔巴阡山、巴尔干山、阿尔卑斯山、克雷穆斯山和高加索山、小亚细亚和中亚细亚山、喜马拉雅山和西藏南部等山脉则均因受径向挤压力而形成。

又例如，加利福尼亚海湾就是由水平力引起的拉应力作用的结果。在这个地区，地壳被逐渐拉伸并沉没〔39〕。

一般，随地壳收缩褶皱地带中大多数拉伸地区产生断裂和凹陷。

许多地球物理测量和矿井直接观测的资料表明，对于地壳上大褶曲的存在，水平分力比垂直分力更为主要〔6〕、〔66〕、〔95〕、〔96〕。如“维斯捷林吉波·列维尔斯”矿井，未采动岩体中的应力超过岩体自重应力一倍，为910~1050公斤/厘米²。

又如，埃尔里欧特湖（加拿大）附近的铀矿，垂直应力比岩体自重应力大0.5~1倍，而水平应力却大2倍。这时，水平应力彼此不等，并与矿床构造特点有关。在深390~420米处，沿矿床走向方向的水平应力为350公斤/厘米²，垂直走向的为315公斤/厘米²。在深260米的岩脉中，主应力方向近似水平，且为280和105公斤/厘米²。已经证明，每加深300米水平应力就增长130公斤/厘米²。

加拿大一个正在开采的急倾斜矿脉，深335米处的垂直应力超过岩石自重应力一倍，等于210公斤/厘米²。

与矿脉面平行的水平应力比与矿脉面垂直的水平应力大30%左右，分别为280和210公斤/厘米²。

加拿大的另一个矿山，沿矿脉面的应力比垂直这个面的应力高40%，且水平应力超过垂直应力。关于应力和开采深度之间的关系，在这些矿山还没有确定。

在斯堪的那维亚矿井进行了大量的测量〔116〕，几乎所有的结果都是水平应力超过垂直应力。

大量的水平应力是在隧道和地下水电站确定的〔73〕、〔96〕。如，西姆庞斯克和列特什别尔斯科隧道的水平压力大于垂直压力，而在塔斯马尼亚的帕金水电站硐室和马来亚的德爱普拉水电站，水平应力超过垂直应力0.5~1.5倍，并且为按A.H.金尼克假说计算的理论值的10~15倍。

苏联矿山的岩体应力测量证明，测定数值也不同于理论值。

在拉斯夫姆乔尔（科拉半岛）矿，测量巷道影响范围以外的岩体应力时，查明有很大的水平压应力，其值为900公斤/厘米²，方位角120°〔66〕。

在塔什塔格里斯克矿 (Горная шория) 测量时, 得到了很大的纬向水平压应力。该应力约超过垂直应力0.5~1倍〔6〕。

许多矿山, 有很大的压应力, 同时也发现有拉应力〔67〕。

§4 矿山压力显现的主要形式及其与 岩体应力状态的关系

矿山压力显现表现为岩体变形和岩体的各种破坏。可能发生的破坏形式有沿构造裂隙的破坏, 形成破坏结构体完整性的新裂隙及其张裂、冒落、采掘系统底部采空岩层的自然崩落等。根据崩落的体积和速度, 在崩落过程中可能伴随动力现象, 并在巷道中产生危险气浪。

未采动的岩体中, 明显的地压显现表现为形成新的断裂并伴随地震的构造破坏。矿床开采过程中, 明显的地压显现表现为采矿方法结构物和回采工作影响范围内岩体的动态。因为, 这个范围的岩体应力状态, 是初始应力在不同形状巷道周围重新分布的结果。可以有根据地认为, 初始应力状态与假说所提供的有很大差异, 它对重新分布的应力值产生影响。因而, 也影响地压显现的特征。

以加拿大的铀矿为例, 该矿使用房柱法开采。其中有个矿房, 开始时, 其宽度为13.7米, 顶板为不稳固的细粒石英岩, 经常发生崩落。测量证明, 顶板岩石有很大的压应力作用在矿层面上。为了减少此压应力, 把矿房宽度增加到30.5米。结果顶板变得比较稳固, 崩落终止。在加拿大另一个矿, 矿房最初宽15米, 近似矿体倾向布置的条带状矿柱宽3米。开采时, 顶板和矿柱破坏严重。应力测量指出, 在矿体面上作用着相当大的压应力。为了保持稳定状态, 不支护顶板的跨度要大于30.5米, 否则, 这些应力作用在跨度仅15米的顶板内, 顶板就会因剪断或剥落而发生破坏。这些应力的方向与矿柱轴线成 30° 夹角, 在其挤压角范围内使矿柱受剪。

为了消除矿柱破坏现象, 按一个主应力作用的方向布置矿

柱，并增加了矿房的跨度。结果，矿柱破坏停止。并且因增加了跨度而使顶板中压应力降低，冒落次数显著减少^[111]。

在埃里欧特湖（加拿大）地区的铀矿发现，初始应力状态对采掘系统的各部分的应力有很大影响。

上述实例说明，初始应力状态对采掘系统的各部分的稳固性及其应力状态有影响。实际上，如果顶柱是刚性固端厚梁（或板），不承受水平压应力，则在梁的下面将出现拉应力。在某一定跨度时，此应力可能使梁破坏。当存在水平压应力时，根据它的大小，矿房顶板中的拉应力值可能不大或完全没有。当有很大的水平压力时，在顶板中可能引起足以使顶柱破坏的压应力。前面所叙述的加拿大许多矿山顶板的破坏，就是这个原因。

在不同跨度矿房的模拟试验中，获得了同样的结果。矿房上部的拉应力区，随侧压力的增加而减小。在静水压力的条件下，拉应力区为零。

静水压力条件下，在顶板中，距其界面为0.2~0.3倍矿房跨度处的垂直截面内出现压应力，而没有侧压时，此距离则为矿房跨度的2倍。

侧压力增加时，间柱和矿房两帮中的应力也有变化。如当没有侧压力时，最大压应力分布在矿房两帮附近。在静水压力条件下，它转入岩体深部，与两帮的距离为0.1~0.2倍的矿房跨度。模拟试验证明了侧压力对采掘系统各部分中应力分布特征和应力值的影响。

根据模拟试验和计算结果，Д.科艾捷斯、А.伊格耶齐耶夫建立了考虑岩体初始应力确定矿柱中应力的计算公式。

根据此式，矿柱中应力与岩体初始应力保持正比关系。因此，如果采取用计算覆盖岩层重量的方法确定初始应力，则在计算矿柱中应力时，可能产生10~20倍的误差^[105]。

C.A.巴吐金利用叠加原理，把重力所引起的巷道围岩应力与构造应力合成，提出了初始应力对巷道围岩应力状态的影响程度。并导出了巷道围岩总应力的计算公式。

根据这些公式，由构造力引起的巷道围岩应力和重力引起的有相同的关系。并且，当构造力很大时，在一定条件下，巷道周围应力可能随深度增加而减小。在另一种条件下，构造成因应力可能导致岩石应力逾限，结果发生射落、裂隙或崩落形式的破坏〔8〕。