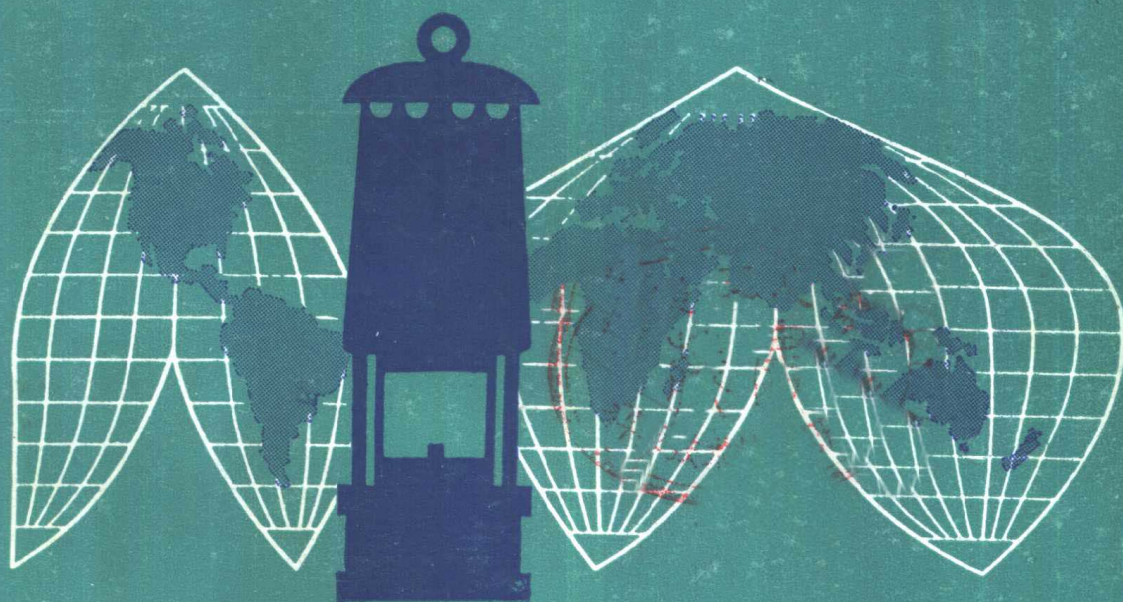


第21届 国际采矿安全会议论文集

21 INTERNATIONAL CONFERENCE OF
SAFETY IN MINES RESEARCH INSTITUTES



煤炭部安全监察局

《世界煤炭技术》编辑部

前 言

第二十一届国际采矿安全会议于1985年10月21~29日在澳大利亚悉尼市召开，参加这次会议的有来自美国、苏联、日本、西德、波兰等19个国家的350多名代表，我国也参加了这届会议。本次会议共征集论文101篇，分别在11个分会上共宣读了74篇，内容包括煤（岩）与瓦斯突出、瓦斯抽放与通风、环境监测系统、矿井火灾、火药、运输等。

为了借鉴国外的经验，学习先进的安全技术，为确保煤矿的安全生产，以促进和适应煤炭工业的现代化生产建设，我们选择了67篇文章（其中岩石与瓦斯突出11篇、瓦斯抽放与通风12篇、矿井火灾16篇、运输7篇、火灾与爆炸模拟8篇、环境监测系统5篇、岩石控制5篇，其它为火药等）编辑成册。由于水平有限、时间仓促，定有谬误之处，敬请读者给予批评指正。

本论文集的出版得到很多同志的支持，在此向参予本论文集译校工作的同志、向大力支持论文集编辑出版工作的同志致以衷心的感谢。

煤炭工业部安全监察局
《世界煤炭技术》编辑部

目 录

“试验者”工作面周围的应力和位移分布·····	[西班牙]P.R 欧阳格林等 (1)
现场监测顶板稳定性和锚杆性能及其对矿井	
巷道稳定性的关系·····	[澳大利亚]W.J. 盖尔等 (8)
井下防水煤柱的设计·····	[印度]R.N. 古波达等 (14)
掩护支架上合载荷矢量的研究·····	[美国]T.M. 巴柯泽克 (22)
长壁工作面顺槽支护方法述评·····	[澳大利亚]S. 沙勒等 (28)
应力释放作为煤和瓦斯突出预防措施的现场试验·····	[日本]福岛石等 (35)
用钻孔卸压法开采极薄解放层防止突出的研究·····	[中国]于不凡 (43)
用微震技术预报煤、瓦斯和岩石突出·····	[美国]F. 莱顿 (53)
澳大利亚高产后退式长壁工作面的瓦斯控制·····	[澳大利亚]S. 巴蒂诺 (57)
开采技术对有突出倾向的煤层和砂岩层状态的影响·····	[苏联]O.K. 科 尔 索 夫 等 (64)
保加利亚巴尔干矿区煤和瓦斯突出危险性的评价·····	[保加利亚]S. 娜诺夫斯卡 (70)
掘进机在高瓦斯地层掘巷时瓦斯突出预报	
及防范措施·····	[波兰]B. 科兹沃斯基等 (75)
煤和瓦斯突出机理的模型研究及其 理 论 探 讨·····	[日本]M. 氏平等 (80)
论突出的实验室模拟·····	[澳大利亚]A.J. 哈格 雷 夫 斯 等 (86)
捷克斯洛伐克煤矿中的岩石突 出 问 题·····	[捷克斯洛伐克]A. 什克拉毕什等 (96)
捷克斯洛伐克煤矿中 煤 与 瓦 斯 突 出·····	[捷克斯洛伐克]M. 斯密德等 (101)
齿轨机车在紧急制动状态下的脱轨倾向·····	[英国]S. 季卜生 (107)
根据罐道的水平动载判断立井提升设备的 安 全 状 况·····	[民主德国]M. 沃尔拉贝 (112)
改进戈培式提升机钢丝绳的安全性及 工 作 性 能·····	[西德]D. 富克斯 (121)
绞车液压盘形闸的安全与可靠性评价·····	[波兰]布洛津斯基 (127)
钢芯胶带腐蚀的无损检验法·····	[西德]W. 司 诺 宁 拉 (133)
井下运输机钢丝绳芯胶带故障监测新技术·····	[澳 大 利 亚]A. 哈里森 (137)
波兰矿山救护工作特别是灭火工作的组织管理·····	[波兰]B. 茨维克 (142)

集中瓦斯抽放系统在长壁冒落开采中的应用·····	[波兰]A.甫金斯基等(148)
澳大利亚煤炭生产和瓦斯突出防治综合系统的研究·····	[澳大利亚]S.贝丁诺等(153)
煤层瓦斯抽放和回收·····	[美国]C.M.布依尔(160)
排出掘进头瓦斯的试验·····	[英国]G.阿廷斯托尔(167)
预测和控制煤矿瓦斯泄出量的物理和物化原理·····	[苏联]A.T.艾鲁尼等(174)
全断面掘进机截割头的通风·····	[加拿大]A.W.斯托克斯等(180)
水力模拟法在研究房式工作面通风中的应用·····	[南斯拉夫]J.彼辛诺威克等
	[苏联]I.I.麦德威迪乌 (187)
使用不同采煤方式时综合控制瓦斯、煤尘和自然发火的	
空气动力学方法·····	[苏联]Y.斯莫尔什柯夫等(195)
矿井简单通风网络风流方向的典型判据——周围线路的	
数据分析·····	[波兰]A.弗莱茨(200)
关于无辅助通风机的死巷内自然气流交换的调查研究·····	[民主德国]H.马丁(207)
台湾煤矿环境控制的一些经验·····	[中国]P.吴等(211)
捷克斯洛伐克深部煤矿的劳动保护·····	[捷克斯洛伐克]J.瓦尔尼采克等(215)
波兰煤矿使用自动火灾探测装置的经验·····	[波兰]B.弗盖尼克(222)
监测甲烷释出和早期探测矿井火灾的新仪器和新方法·····	[西德]H.艾克等(228)
井下环境监测系统中传感器的布置原则·····	[美国]T.J.费希尔等(235)
矿内空气多传感器监测系统·····	[英国]T.A.琼斯等(240)
英国煤矿的噪音控制·····	[英国]J.C.利海等(245)
煤炭自然发火·····	[法国]R.沙万等(255)
井工矿防止自然发火的新方法·····	[苏联]V.依弗西夫(262)
对厚褐煤层开采期间煤层内因火灾的分析·····	[南斯拉夫]M.武基克(264)
扑灭大面积火灾保证火区下安全开采的通风方法·····	[中国]戚颖敏(270)
邻近煤层的回采边界引起未开采煤层的自燃·····	[西德]B.普林茨(276)
矿井工作面防止自燃的一种安全设计方法·····	[英国]R.N.辛格
	[澳大利亚]N.I.阿之子(282)
煤炭自然发热时氧化放热和烘干吸热间的关系·····	[新西兰]J.B.斯多特(287)
聚合材料在矿井巷道火灾中的性状·····	[法国]R.沙文等(294)
用于井下的聚合材料的可燃性的评价·····	[澳大利亚]A.R.格林等(300)

加拿大输送机胶带可燃性试验·····	[加拿大]K.J.明茨(307)
木棚支护矿井巷道发生火灾时最高气体温度的测定·····	[日本]S.山尾等(314)
控制井下火灾蔓延的喷水区实验研究(Ⅱ)	
——扑灭巷道中木材火灾的实际需水量·····	[日本]松浦木尾(320)
矿井火灾时通风稳定性的预测及其控制方法的	
选择·····	[保加利亚]T.P.斯蒂法诺夫等(325)
用二维通风计算机代码解决矿井安全问题·····	[英国]A.F.罗伯茨等(328)
井下发生火灾时控制通风的软件程序·····	[法国]J.P.乔新等(333)
井下煤尘爆炸的数学模型·····	[比利时]A.瓦萨特(339)
井下爆炸的计算机模拟·····	[澳大利亚]A.R.格林等(346)
水分对于煤尘爆炸参数的影响·····	[澳大利亚]R.J.恩莱特(355)
抑制爆炸的岩粉棚、水棚的设计要求及最近的	
试验·····	[英国]A.G.约翰斯顿等(361)
温度对煤尘在空气混合气体中爆炸特性的影响与惰化	
试验·····	[西德]E.W.索尔等(367)
特里莫尼亚型触发式阻爆器的应用·····	[西德]J.米切立斯(371)
透明塑料防爆电气设备及其抗静电特性·····	[西德]D.艾斯菲尔德(375)
在爆炸性气体中静电火花的安全性·····	[西班牙]M.瓦兹奎斯等(379)
新型矿用中压变电开关装置·····	[南斯拉夫]N.玛里诺维齐(384)
防护涂层技术在轻金属采矿设备上的应用·····	[捷克斯洛伐克]D.玛坦卡(390)
煤矿爆破许用炸药实用性的评价方法·····	[波兰]Cz.戈罗尔等(395)
南非浅部煤矿雷电事故的研究·····	[南非]H.J.吉尔登海斯等(399)

“试验者”工作面周围的应力和位移分布

〔西班牙〕 马德里工业大学 P.R. 欧阳格林等

概 述

在西班牙北部，煤层一般很薄，且倾角很大，所以难以实现机械化开采。尽管这样，近来采煤机械化也已取得良好结果。目前，大多数情况采用所谓“试验者”采矿法开采。这种方法的效率取决于风镐采煤、架设木支架和充填采空区这几个工序。开拓盘区时先在煤层内沿走向掘进上部平巷，然后在其下80~90m处掘进第二条平巷。开切割眼连接上下平巷准备出工作面。在平巷之间工作面沿走向推进。工作面分成许多倍高于2.5m，称之为“试验者”的倒台阶形的小工作面，台阶的水平部分必须有足够长度，以保护矿工免受滚落煤岩伤害，并使充填体在从上部平巷注入采空区后能平行台阶线延伸，上下平巷用充填带保护。图1为盘区示意图。

这种开采方法与其它方法相比，缺点是生产率较低，矿工容易受到经常产生的顶底帮或煤冒落的危害。为了改善工人的安全条件，现正进行研究。这种研究的最重要的部分之一是预计盘区周围的应变、应力和位移。盘区的地质构造十分复杂，多数开采煤层位于褶皱和断裂区。煤层经常出现板岩或砂岩夹层，厚约1.5m。砂岩的单轴抗压强度为100~160MPa，平均值为130MPa。板岩的单轴抗压强度为60~100MPa，平均值75~85MPa。煤的强度变化很大。

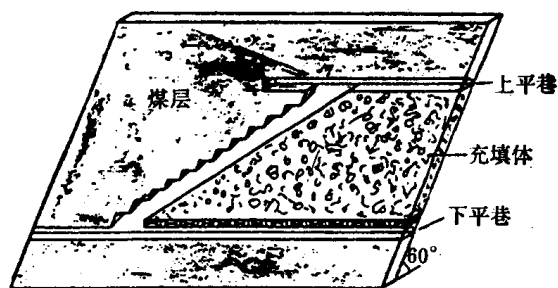


图1 “试验者”盘区示意图

应力和位移计算

采用格罗其教授所用的三维边界元模型进行 BESOL/SS201 工作面周围应力和位移的分析，通过模型计算，可获得煤层顶底板的垂直和剪切应力、应变和位移以及岩体的应力和位移。在选择了准备进行研究的区域（走向超过150m，倾斜150m）后进行模型的准备。将所选择的区域划分成60排方格的许多单元，每个单元的厚度和煤层厚度相同。模型给出了全部方格单元的应力和位移。

其次，用具有不同力学特性的不同材料将矿井几何图模拟到方格单位上，并标出采空和充填区。

考虑了三种不同的煤层材料：

煤——杨氏模数5000MPa，刚度模数1923MPa，

靠近工作面的松散充填体——杨氏模数10MPa，刚度模数3.85MPa，
在自重和两帮移近压实下的密实充填体——杨氏模数30MPa，刚度模数11.5MPa。
岩体的力学特性规定如下：
杨氏模数15000MPa，泊松比0.25。

此外，假设岩体每一点的水平和垂直应力彼此相等，岩体重力的垂直分力为27kPa/m。
模型所需的其它资料是煤层倾角(80°)和模型左上角的两个座标。

模型的下部深度是500m。通过模型计算能得到煤层顶底帮的走向和倾斜方向的应力和位移。此外，它能给出岩体内任何一点的应力和位移。利用模型的这种特性，研究了距煤层3m和9m处的采动影响。图3为平行走向的煤层顶板应力，给出了每个模型单元的应力值。为了缩减绘图工作量，仅复制了便于理解所需的重要数字。图上数字并不是真实应力值，但可用图例中的数值表换算出来。取压应力为正。图4为距煤层3m和9m顶板内各点的应力，在3m和9m处，各点均位于距盘区顶和底部不同位置(如图2所示)的五条线上。

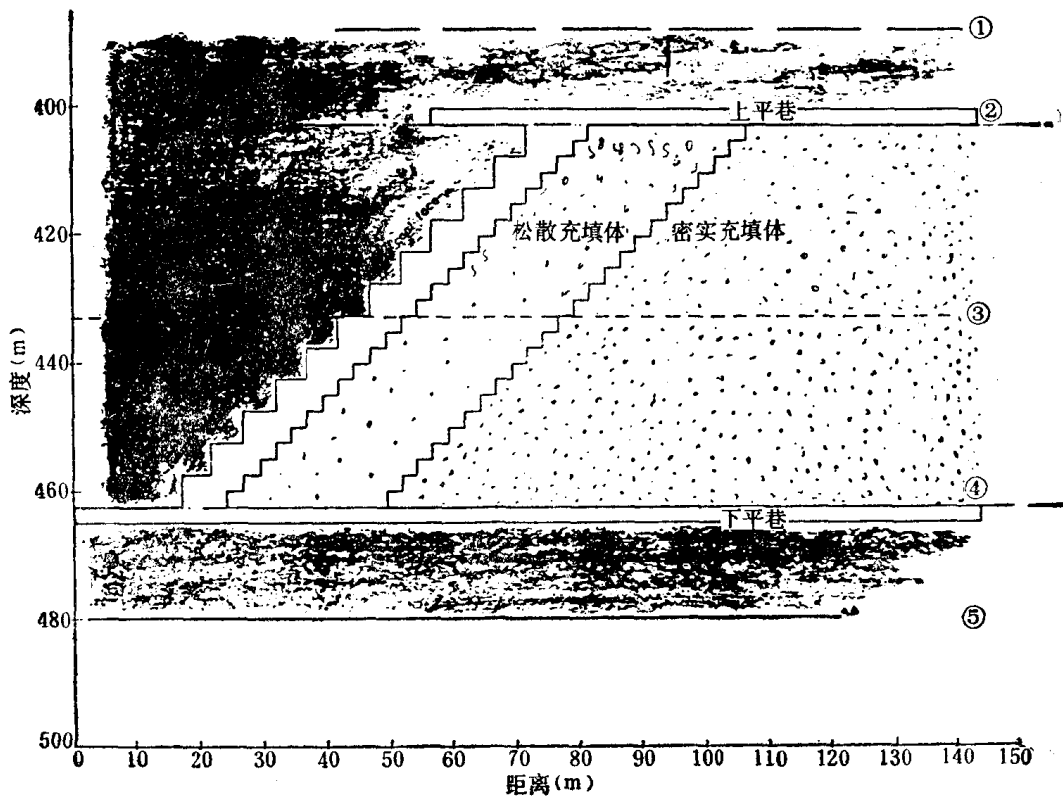


图2 沿“试验者”盘区的煤层的模拟采区

图5为顶帮沿倾斜方向应力分布。由于煤层几乎直立，顶、底帮应力相等，且基本与上述假定的原始应力相当，所以图5中略去了底帮应力分布。对于沿走向的应力分布来说也是一样，正如图4所示，距煤层3m和9m处的各点应力已在图6中再现。图7和图8是以同样方法表示垂直于煤层的应力。

距煤层3m和9m垂直于煤层的岩层位移(仍以上述5条线表示)示于图9a和b，图中曲线表示工作面一定位置时的总位移，这些曲线是根据模型计算值绘出的。

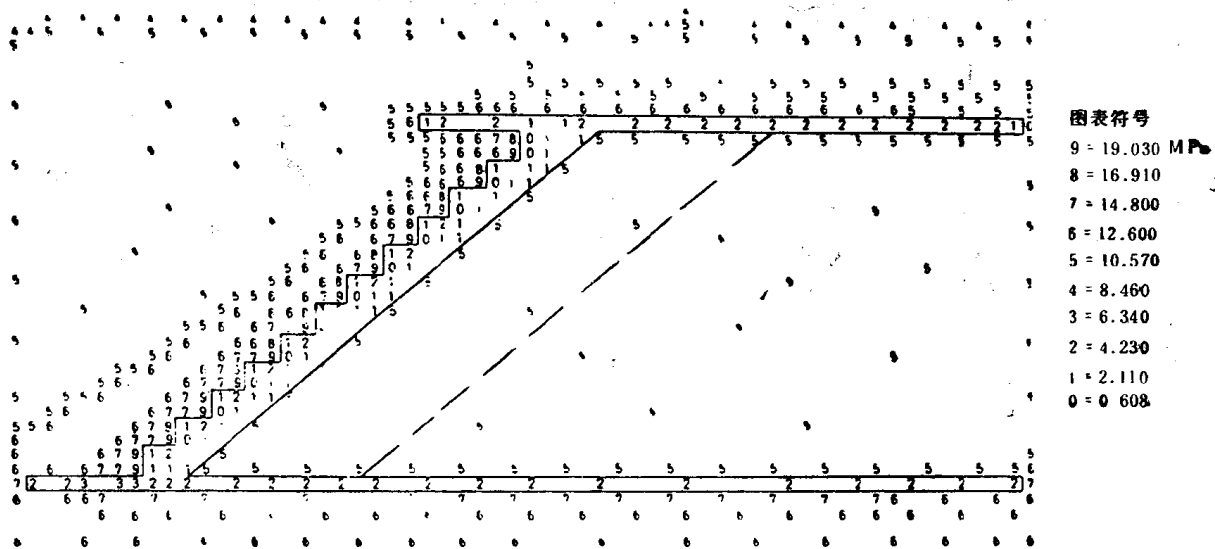


图 3 平行于走向的顶帮应力

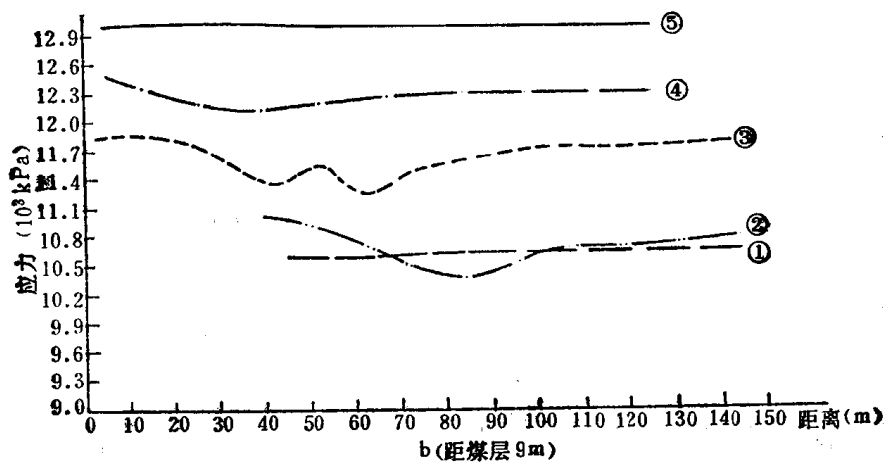
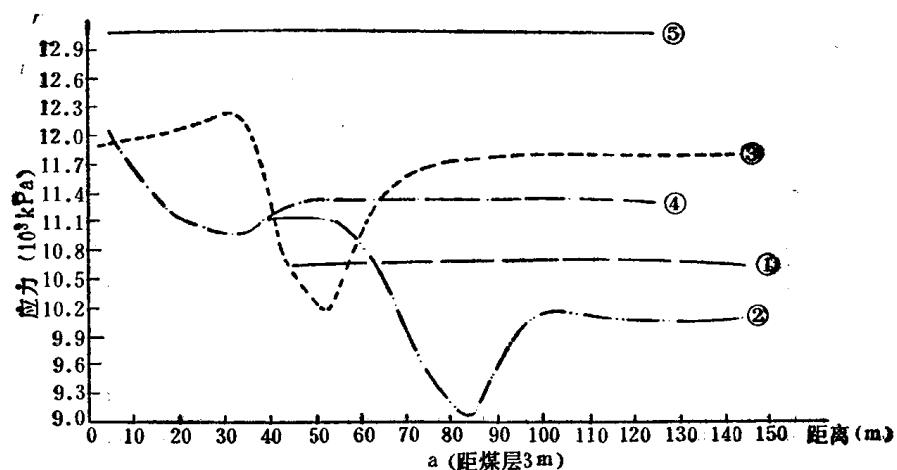


图 4 距煤层3m和9m并沿 5 条平行走向线的顶帮应力

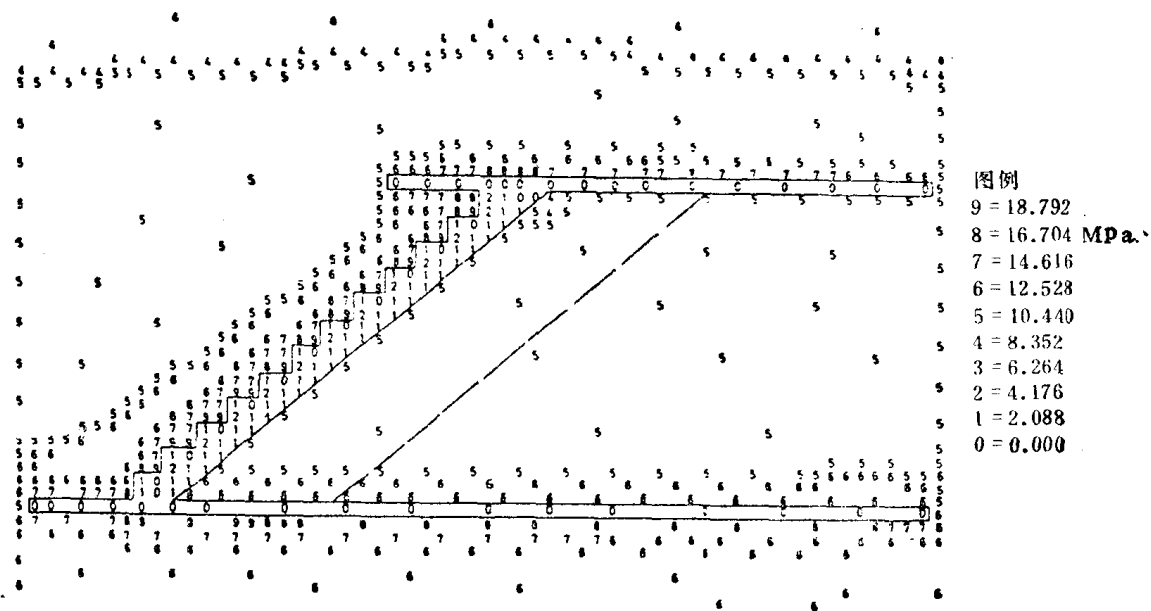


图 5 沿倾斜方向的顶帮应力

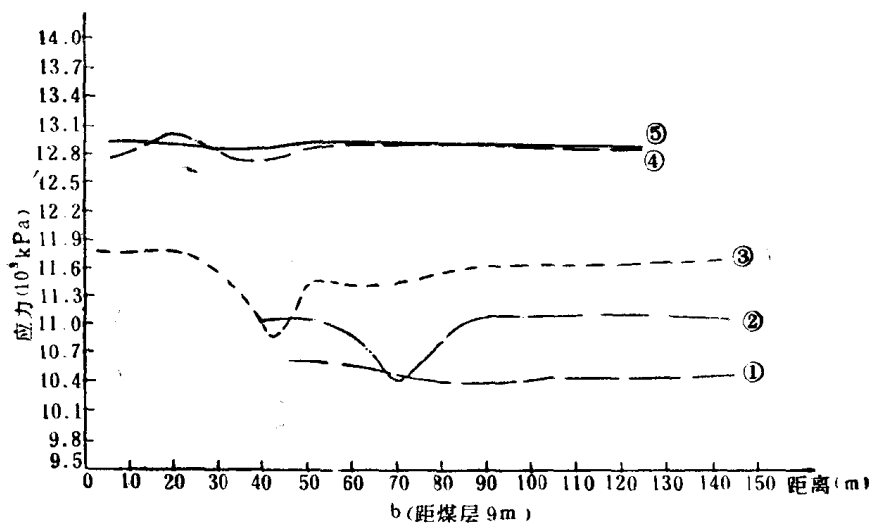
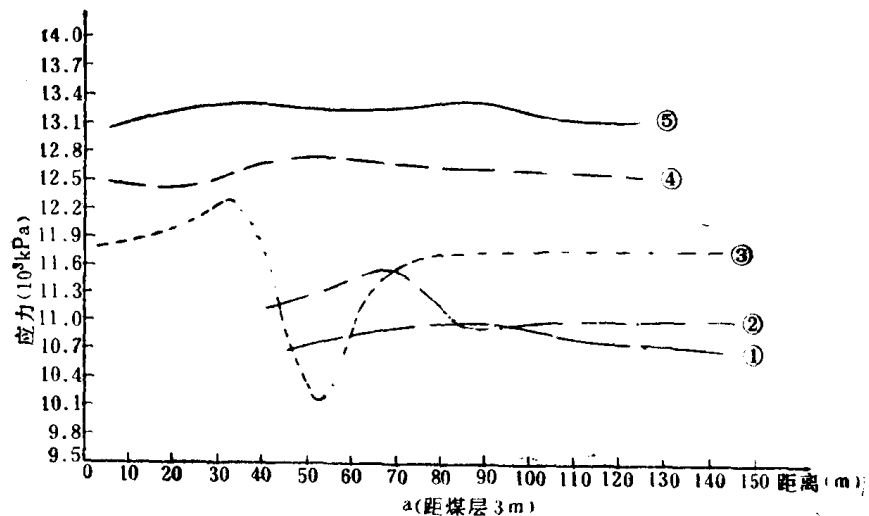


图 6 距煤层3m和9m并沿 5 条平行煤层倾斜线的顶帮应力

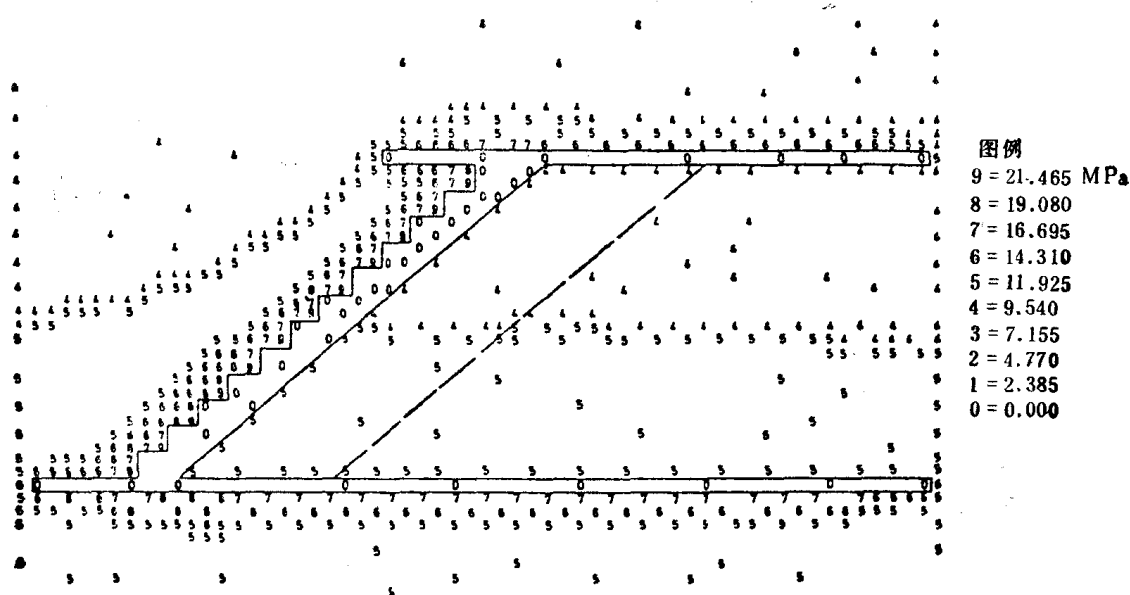


图 7 垂直煤层的顶帮应力

结 论

分析图 3 和图 4 所提供的结果, 关于平行走向的应力可得出如下结论:

在工作面和工作面前方 15m 之间有一个高应力集中区, 当接近盘区底部时有增大的趋势。最大应力值在倒台阶的角隅处, 几乎为覆盖层压力的两倍。

在距煤层 3m 处也出现这种高应力区, 但最大应力集中系数为 1.1, 位于工作面前方 10m 处。在顶帮内 9m 处, 应力集中情况基本消失。在工作地段, 工作面后方 2m 处应力迅速降至几乎为 0 的最小值。距煤层 3m 处, 应力下降不甚明显, 应力最小值为 10MPa。距煤层 9m 处, 开采的影响可以忽略。

- 上下平巷周围出现一个小的应力集中区, 在距煤层 9m 远处也能影响到。
- 采空和充填区的压力大致等于覆盖层载荷而没有任何附加应力叠加。

图 5 和 6 所示为与倾斜方向平行的应力, 其结论和上面谈到的相似, 唯一例外的是, 由平巷产生的应力干扰较大, 这是由于应力方向和巷道轴线直交所致。

图 7 和图 8 所示为垂直于煤层的应力, 它与先前所讨论的应力有如下区别:

- 工作面前方的应力集中稍高。
- 煤层上 3m 处, 所采区域的应力下降仍然非常明显。
- 煤层上 9m 处, 开采对应力分布仍有明显影响。

根据模型计算所得到的弹性位移值均很小, 图 9 所示的弹性位移值稍大一点。由图可见, 开采区的位移增加得很快, 而在充填区内则缓慢衰减。距煤层 9m 处的顶帮内, 其位移值与 3m 处基本相同。

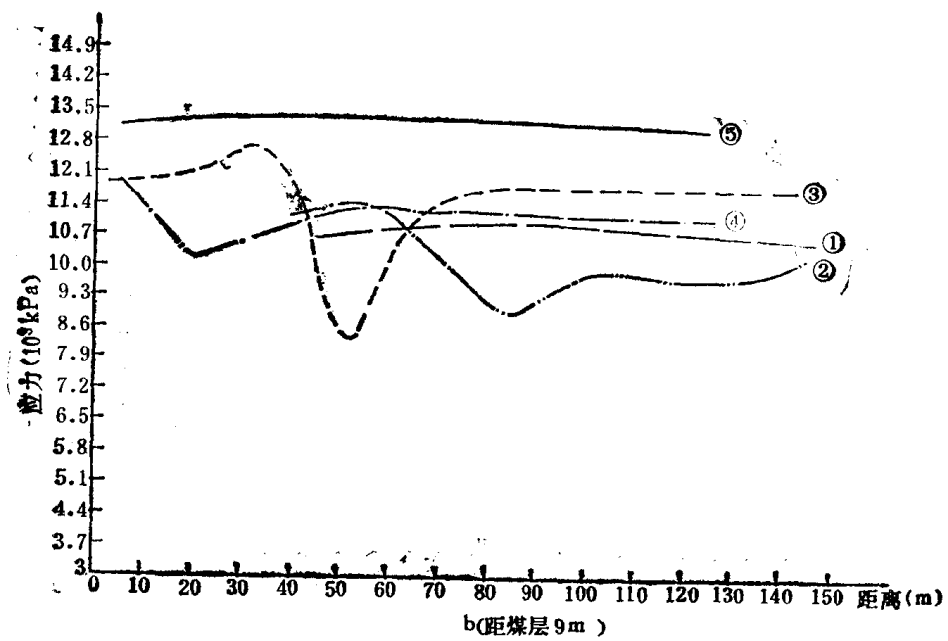
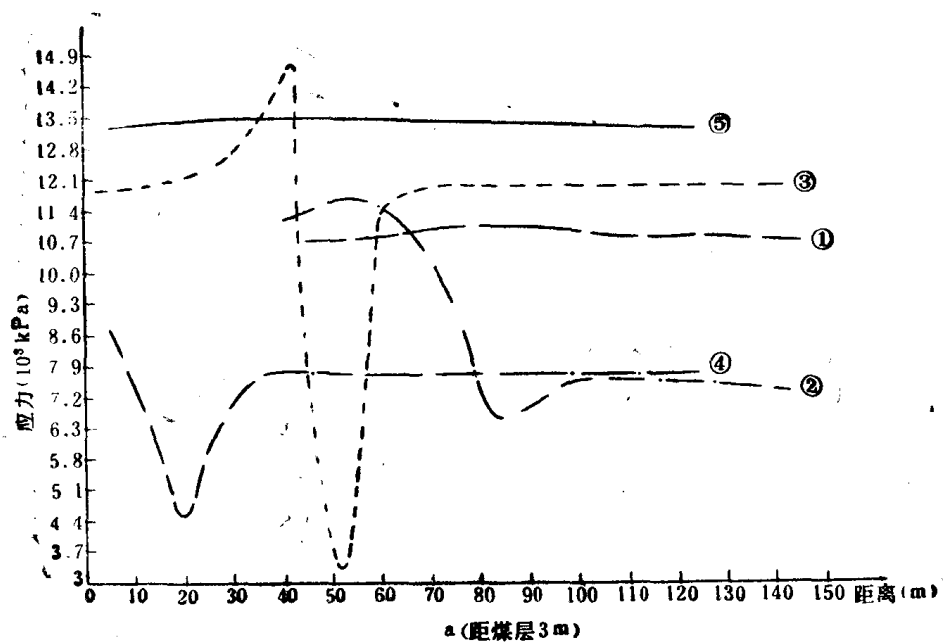


图 8 距煤层3m和9m并沿 5 条垂直于煤层走向线的顶帮应力

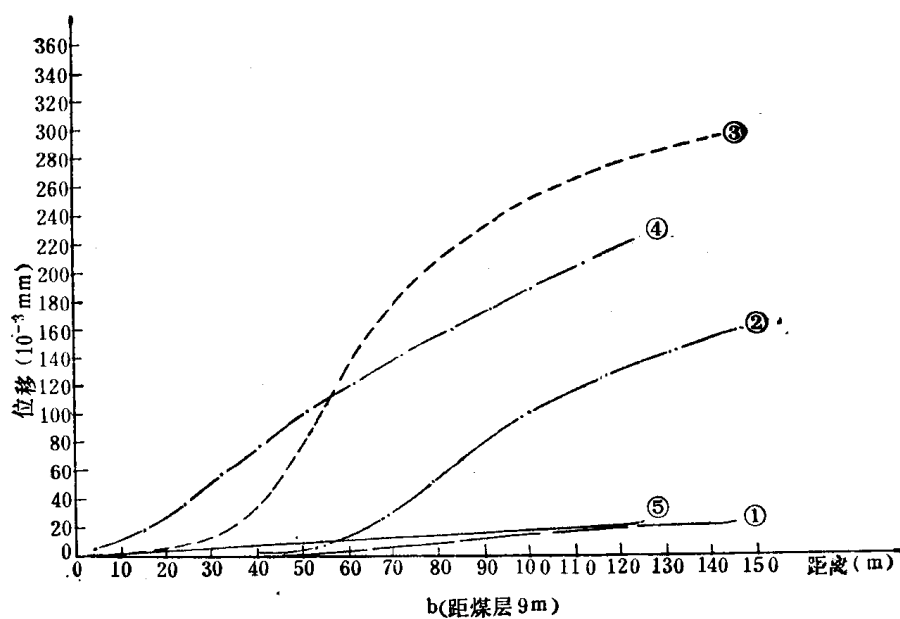
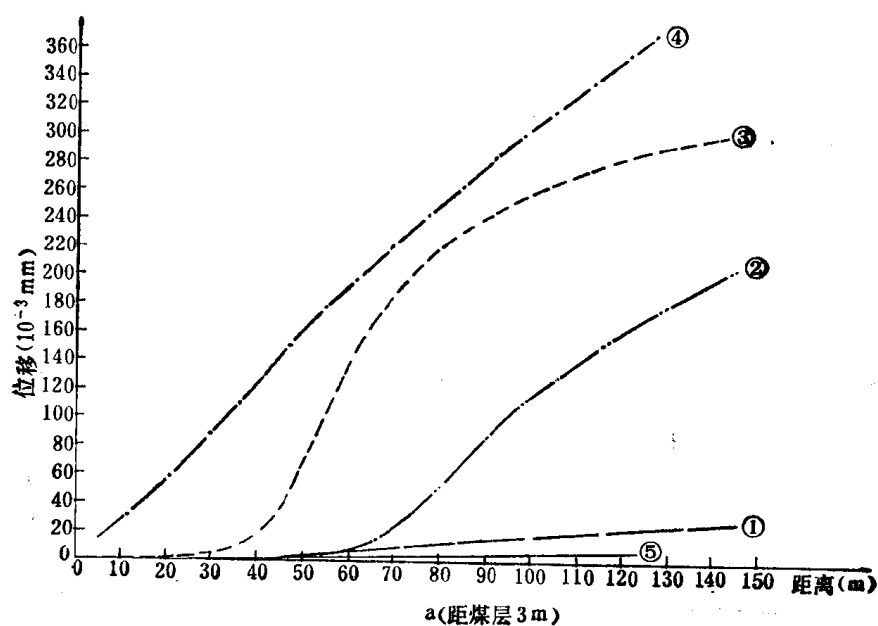


图 9 距煤层3m和9m并沿 5 条垂直煤层线的顶帮位移

这一研究所得的结果对于较好地了解“试验者”盘区周围的应力和位移分布是很有价值的，这对预防煤岩冒落很重要。

〔参考文献略〕

(王详麟译 李玉生校)

现场监测顶板稳定性和锚杆性能 及其对矿井巷道稳定性的关系

〔澳大利亚〕 联邦科学工业研究组织地质力学部

W.J.盖尔 M.W.佛勃加朱克

为确定维持井巷所必需的顶板约束力的量和类型，目前所采用的方法基本处于试验摸索阶段。这方面的探讨最终将引出一种特殊的岩层控制的解决方法，这种方法在很大程度上是基于试验地点的具体条件的，当扩大到其它应用条件不同的地点时可能是无效的。

现行设计方法的主要局限性是，它们不能获得不同开采阶段有关顶板岩石条件和支护（加固物）作用的精确和定量的数据。

在现场监测控制岩石变形的各种因素，以取得用以确定顶板岩石稳定性的顶板支架设计参数的资料是很必要的。

对顶板岩石位移状态和移动量以及为限制岩石移动而安设的支架（加固物）中产生的应力进行监测是特别重要的。

煤矿井下测试仪器的进步以及对井下巷道周围岩体状态日益深入的了解，促使测试手段和测试技术发展得日趋完善，从而更能如实地去评估煤矿井巷的稳定性。

测试设备

现将现场测试所采用的仪器设备介绍如下。载荷（应变）测试仪器已经在内部生产，其它设备已批量生产并在煤矿中使用。

载荷测定装置

1) 岩石锚杆测力计。该测力计安装在锚杆颈部与顶板岩石之间，不论锚杆的角度如何，均能正确稳定地测出400kN以内的读数。

2) 支柱测力计。测力计安设在支柱或木垛的顶部或下面，能可靠地测出800kN以内的数据。

3a) 应变测试锚杆（多片式应变计）。沿锚杆长度有9对沿直径方向相对安设的精确的应变片，可读出杆身不同位置上发生的应力和应变。

3b) 应变测试缆。将长的电阻丝应变计装设在七股加强钢缆的螺旋槽内，藉以测量钢缆中发生的应力和应变。

位移测量装置

1) Irad Sonic Probe 伸长计（锚固式位移计）。这种仪器已有商品出售，用于测量安设在顶板岩石内的磁性位移。安设的锚杆数可达20根，可靠测定距离可达8m，精度0.1mm。

2) Olympus纤维镜。已有商品出售，用以观察钻孔中的岩石状况，这种仪器利用光导纤维，并用标准矿灯提供光源。

现场监测技术

利用上述监测仪器以取得研究顶板稳定性所需要的现场数据，其作业程序如下。

将6~8m长的绳缆式伸长计垂直地安设在开采工作面的顶板岩石层中，以取得位移的数据。

在正常生产过程中，将带有测试器件的顶板锚杆安装在工作面上，以测量加固后顶板的载荷数据。这种设施包括顶板锚杆以及可以在全长度上测量应力的仪器。

支柱测力计可安装在支柱上，以确定木材支柱或金属支柱所受的载荷。

所有测量载荷的仪器均用电线与位于距工作面5~10m左右的接受箱相联。安设仪器需时30~60min，即可在生产过程中对支架（加固物）进行监测而使耽误的时间减至最少。

在生产过程中每推进一个循环进行一次顶板移动和载荷的观测，当需要时也可缩短每次观测的间隔时间。

在岩石初次稳定之前用测试仪器频繁地进行观测，以后可间隔较长时间测量任一随时间变化的顶板与加固物的特性。

专门向顶板打眼，并装入光学纤维镜，可用肉眼观察孔内状况。把岩石裂缝的岩性变化记录下来，并与伸长计测试的结果相对照。

现场测试的结果

确定岩石状态

为了确定巷道上部岩层的状态，必须对巷道上方岩石的位移、软弱岩层的高度和几何形状进行观测。这种观测结果可以从伸长计的读数分析得到。其结果如图1。由图1可以看

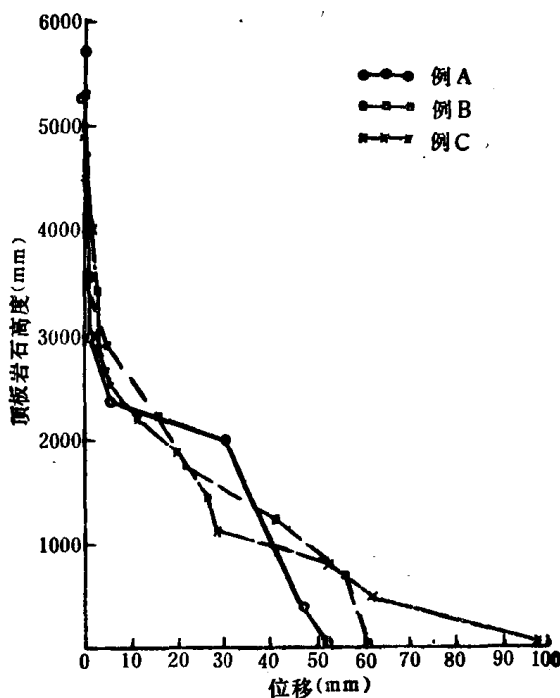


图1 南方煤田几个顶板断面中岩石位移与顶板岩石高度关系曲线

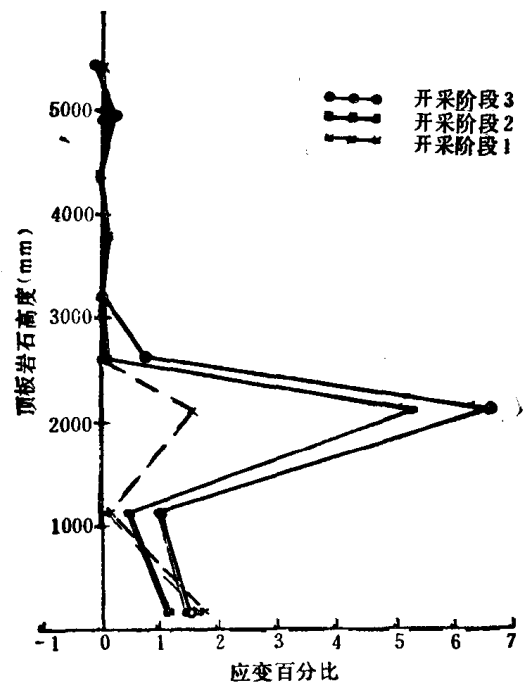


图2 应变与顶板岩石高度的关系曲线（图示顶板内2m处为高应变区）

出, 根据曲线上不同的斜度, 可将全部变化曲线划分为不同的区段, 某段的曲线斜度是和该段内的岩石性质相关联的。坡度平缓的曲线段典型地显示出与裂缝岩石的软弱岩石有关, 软弱岩层的范围可由其距较硬岩层的高度来确定。

进一步分析数据, 可以确定顶板岩层中所产生的应变(图 2)。高应变点表明主要裂缝、岩石完整性的变化以及在全锚固的顶板锚杆中预期其载荷会增高的区域。

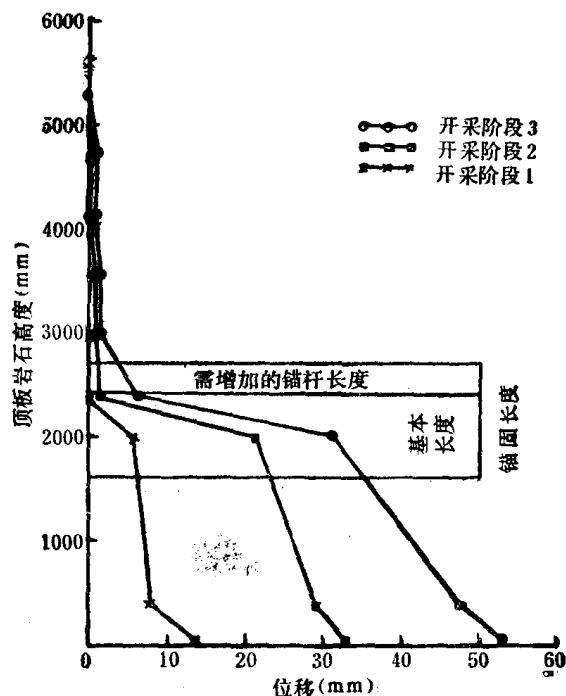


图 3 位移与顶板岩石高度关系曲线 (图中显示出一个大位移区, 这个大位移区应当位于锚固长度内)

利用这些资料可以很快地确定工作面推进时的不同时间内现场顶板岩石的性质以及需要加固的高度。

加固顶板所需要的锚杆长度取决于软弱岩层的高度和保证锚入较硬岩层中所需要的锚固长度。如图 3 所示, 在顶板岩石断面中位移曲线的高度上须附加一个需要的锚固长度, 即锚杆穿过软弱岩层进入坚固岩层需要增加的一段锚固长度, 这个长度通常由拉力试验来确定, 但最好还是通过监测锚杆中的应力分布来确定。

锚杆状况的监测

顶板锚杆中产生的应力可用岩石锚杆测力计和置于岩石锚杆上的应变计进行测量。对于点式锚固的和全长锚固的锚杆测量所产生的应力都是必要的, 在评价支护状态和加固物的储备强度时需要这些数据。

1) 点锚固测量

测量短段树脂锚固的顶板岩石锚杆所产生的应力时, 测力计安设在工作面的锚杆上。

通过监控来确定每段生产时间的载荷和稳定载荷。图 4 表示短段树脂锚固的锚杆中典型的载荷发展过程。

这种监测方式可用于一般的载荷监测或者确定特定要求的某个层位的粘结力。

当锚杆处于高应力带和变形带时, 用这种方法测量锚杆的性能比用拉力试验更为理想, 不采用由工作面取出静态的完全卸压的岩块进行试验的方法。

2) 全长锚固的锚杆

全长锚固的锚杆内所发生的应力可用沿锚杆全长安设的应变片来测量, 其结果可得出轴向应力和应变、弯曲应变以及锚杆的孔壁上的剪应力。

在安装锚杆时沿其长度有 9 个测点, 并用一个岩石锚杆测力计测量任意长度的未锚固的部分。

这种仪器测量的结果能显示锚杆中所发生的轴向力的分布和锚杆的加固作用。从图 5 可以看出锚杆的载荷发生在 A、B 两个层位, 这些地区就相当于用伸长计测得的高应变区, 也相当于一般的岩石完整性变化区。

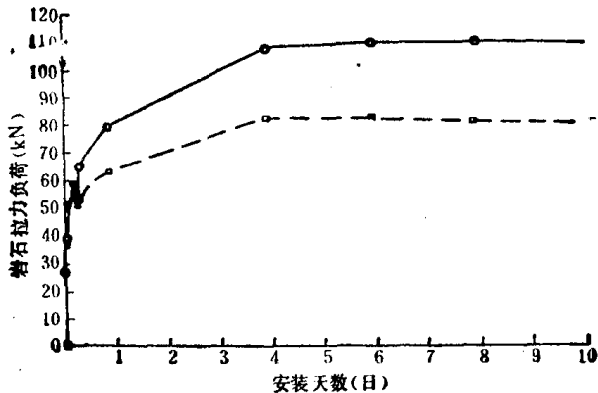


图 4 短段树脂锚固 (0.8m) 的锚杆的“载荷-时间”曲线

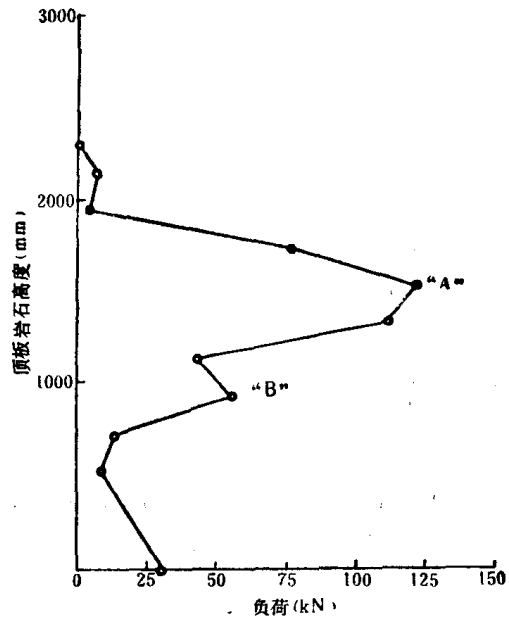


图 5 2.4m长全锚固锚杆的载荷分布曲线

因而认为锚杆的作用主要是加固了A区以下已破坏和变形的顶板岩石，同时也加固了B区。

加强物弱化对稳定性的影响

加固能力降低主要由于两个原因：锚杆的弱化和加固物的过载。

1) 短段锚固锚杆的破坏。通过监测已经查明，在顶板内高应变区的附近锚杆的锚固力降低。如果锚杆锚固在这些区域内，则与岩石（或钢材）的结合力会受到削弱，锚杆的效能也降低，则锚杆的长期使用性能就变得很难预料。如图6的例子所示，锚杆的 $440 \times 25\text{mm}$ 的锚固段，由于该处约1m多锚固段中岩石变形，锚固力已严重降低。

图7表示锚固力逐步降低时顶板位移相对增加。总的锚固力将取决于岩石的滑动以及锚杆与岩石连结的相互关系。由于附近进行采掘工作或岩石强度长期降低而引起的附加位移，使锚杆的长期状况难以预料。

用这种仪器监测的结果表明，这种长度的锚杆不能获得足够的锚固效果，因而需要用较长的锚杆以增进其安全程度。已经证明，试用较长的锚杆有效地增加了锚固能力，改善了生产过程中的顶板条件。

2) 锚杆的过载。高载荷作用于锚杆常常使钢材屈服。一旦发生这种情况，锚杆的刚度降低20倍，其锚固力也相应地降低。一根已处于屈服状态的全长锚固锚杆，仅比处于屈服状态的点锚固锚杆稍好一些。

这种影响可以从图8看出，图上表现了锚杆载荷与顶板位移的关系。当达到锚杆的屈服载荷时，对顶板的控制力减弱，这种情况导致产生附加的顶板位移，直到与顶板控制力到新的平衡。在这些条件下，附加载荷产生的影响和加固的长期性能是难以预测的，因为这时对位移的控制力较低，而主要只能依靠岩层本身的支撑力来维持稳定性。

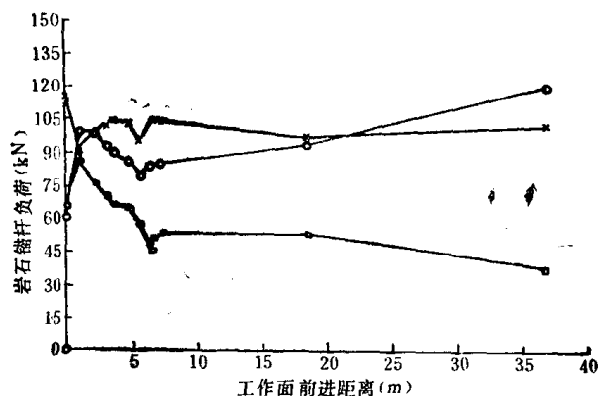


图 6 短段锚固的岩石锚杆载荷与工作面推进距离的关系曲线

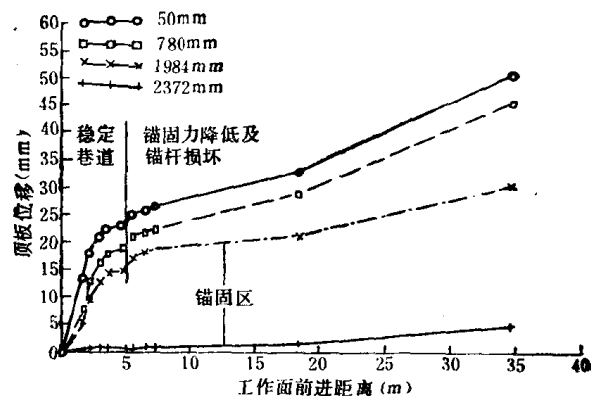


图 7 顶板位移与工作面掘进距离的关系曲线 (图示锚固力降低的影响)

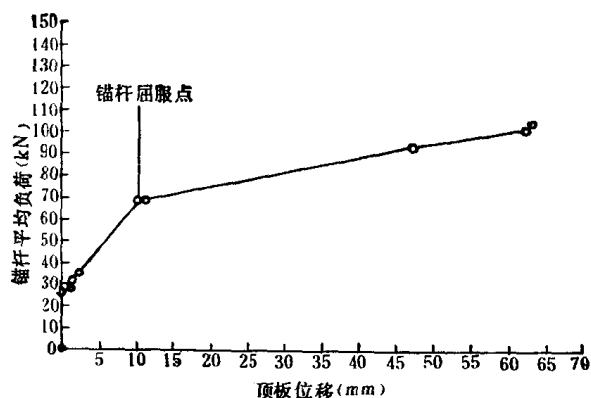


图 8 顶板位移与锚杆平均载荷的关系曲线 (图示锚杆屈服后的影响)

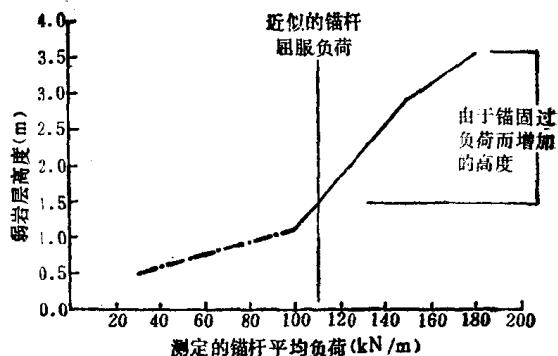


图 9 测定的锚杆平均载荷与弱岩层高度的关系曲线 (图示锚杆屈服的影响)

支护超载和弱化的另一个影响就是岩石的弱化和松动现象向上部发展。当岩石弱化带扩展到锚固断面之上时,则锚固的效果进一步降低。在这种情况下为了保持稳定性,增加支护数量,而原设置的支护的性能就降低了。图 9 表示岩体弱化高度的增长与测出的过载量及锚固效能的降低是一致的。

因而,监测支护(加固物)内产生的应力以及巷道上部破坏岩层、弱化岩层和坚固岩层的高度,用以评价整个顶板的稳定性是十分必要的。

顶板锚杆载荷的分布

在巷道断面中测得的载荷分布是与工作面上顶板变形的形态有关的。

测出应力分布状况,在设计锚杆的布置方式时就要使它不致于过载而降低锚固力。

在南方煤田的生产过程中,顶板变形的类型是可以预见的,在研究工作面锚杆布置时要预先考虑到顶板破坏的形式。