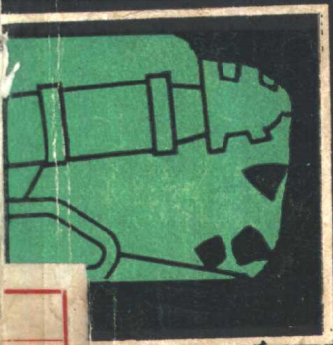


综合机械化采煤

ZONGHEJIXIEHUA CAIMEI



山东科学技术出版社

综 合 机 械 化 采 煤

姜 汉 信

山东科学技术出版社

一九八〇年·济南

责任编辑：霍宝珍

封面设计：侯贺良

综合机械化采煤

姜汉信

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 11,375印张 1页插 223千字

1980年7月第1版 1980年7月第1次印刷

印数：1—15,400

书号 15195·64 定价 1.25元

目 录

第一章	回采工作面矿山压力的基本概念	5
第一节	岩石的性质	5
第二节	矿山压力	15
第三节	回采工作面顶板岩层的力学活动特征	29
第四节	回采工作面矿山压力的表现形式及观测方法	37
第二章	液压支架与围岩的相互作用	63
第一节	不同类型顶板的特点	63
第二节	支架应具备的基本性能	66
第三节	液压支架的基本类型	81
第四节	支撑式液压支架与顶板的相互作用	89
第五节	掩护式液压支架与顶板的相互作用	97
第六节	支撑掩护式液压支架与顶板的相互作用	106
第七节	液压支架与底板的相互作用	111
第三章	液压支架的使用	117
第一节	基本要求	117
第二节	在破碎顶板或分层假顶条件下使用液压支架	125
第三节	在坚硬顶板条件下使用液压支架	141
第四节	在松软底板条件下使用液压支架	146
第五节	防止支架下滑	153
第六节	倒架及压架事故的处理	156
第七节	工作面过空巷和过煤柱	165
第八节	工作面通过地质构造区	168

第四章	滚筒采煤机组的工作方式	172
第一节	滚筒破煤的一般原理	172
第二节	滚筒采煤机的牵引方式	186
第三节	滚筒采煤机的割煤方式	193
第四节	滚筒采煤机的进刀方式	199
第五节	滚筒采煤机的装煤方式	210
第六节	滚筒采煤机的防尘与降尘	218
第七节	滚筒采煤机的操作	228
第五章	刨煤机组采煤	236
第一节	刨煤机的类型	236
第二节	刨煤机的基本参数	238
第三节	刨煤机组的使用	251
第四节	刨煤机组的适用条件	267
第六章	综采设备的安装与撤出	281
第一节	地面准备和运送	281
第二节	设备的安装	284
第三节	设备的撤出	289
第四节	搬家换面方式	294
第七章	综采工作面生产技术管理	297
第一节	概述	297
第二节	综采工作面的组织管理	300
第三节	综采工作面的技术管理	323
第四节	综采工作面的质量管理	346
第五节	综采工作面的设备管理	349
第六节	综采工作面的材料与动力管理	354

绪 言

回采工作面处于煤矿生产的第一线,是煤矿生产的基础。建国三十年来,我国煤矿生产迅速发展,回采工作面的技术面貌已有了很大的变化。

解放初期,采用爆破落煤、人工装煤、木材支架。由于工作面运输机能力的限制,工作面长度大多在 100 米以下。五十年代后期,采用了能力较大、强度较高的链板运输机,为改进爆破技术、实现爆破装煤创造了条件。在此期间,部分矿井使用了宽截深框形截盘联合采煤机及各种截煤机,并开始推广使用金属支柱。六十年代中期,浅截深滚筒式采煤机组(滚筒采煤机与可弯曲链板运输机的合称)、刨煤机组,以及与之配套的金属支柱、铰接顶梁的使用,把回采工作面生产技术提高到一个新的水平,使破煤、装煤和运煤基本上实现了机械化、连续化。在此期间,虽然工作面支护方式、支架性能以及回柱放顶工艺都有了很大的改进,但仍为人工操作。近年来,机械化液压支架已在我国不少矿井使用成功,使回采工作面整个工艺过程连同平巷运输等环节都实现了机械化,即综合机械化采煤,简称综采。

采煤机械化的目的,首先是为了解放工人的笨重体力劳动,提高劳动生产率和工作面生产水平。同时,也应简化生产工序,改善劳动条件,便于工人操作,尽量避免不必要的辅助工作量。要实现上述目的,做到技术上合理和经济上有

利，对于任何采煤机械和支护设备的设计、选型与使用，都应以严格的科学态度，根据具体的煤层地质条件来对待。国内外长期生产实践的经验和教训证明，不论是机械化液压支架，还是各种类型的采煤机械，只有在设备性能同客观条件相适应，并采取科学的生产技术管理方法的情况下，设备效能才有可能得到充分发挥，才有可能取得高产、高效、优质、低耗和安全的好效果。

回采工作面的生产工艺过程，对于使用单体支架的工作面，主要包括破煤、装煤、运煤、支架和回柱(放顶)；对于使用机械化液压支架的工作面，主要包括破煤、装煤、运煤、移架(放顶)和支撑顶板。破、装、运是直接进行采煤的三大工序，可以统称为采。支、回(单体支架)或移、支(液压支架)，是为了控制工作面顶板，为采煤创造安全、有利的条件，可以统称为控，也就是通常所说的顶板管理。

回采工艺就是回采工作面生产过程中各个工序的具体做法、相互联系和安排。具体做法，是指各个工序的工作方式和操作方法。例如，采煤机的割煤方式、进刀方式、牵引方式、装煤方式、防尘与降尘方式以及采煤机的操作方法；运输机的安设方式及推移方式；工作面支护方式以及采空区处理方法等。从工艺流程上来看，各个工序的安排，在空间位置上和时间顺序上都应有一个合理的相互配合关系。同时，还必须科学地组织和安排各工序的劳动力，使回采工作空间、工作时间、人力及设备效能都得到充分利用。

由上可知，回采工艺的基本任务首先是把煤体破碎，同时又必须对采出的空间进行必要的维护，控制顶、底板岩层(简称围岩)的变形与破坏，既要破碎煤体，又要防止围岩破

坏。破煤是前提，是进行采煤生产的目的，控制围岩是手段，是进行采煤工作的保证。实现上述目的，还要有一整套科学的生产技术管理方法。了解破煤原理、矿山压力控制和科学管理等方面的基本知识，并把它与具体的生产实践结合起来，有利于减少在实际工作中的盲目性，科学地从事生产活动。

本书以综合机械化采煤技术为主要内容，分析了回采工作面生产工艺和技术管理中的一些主要问题。同其它工艺方式相比，综采工艺是用整体结构的液压支架来代替一般工作面支架的架设、回撤、搬运，以及支设移溜千斤顶等繁重的体力劳动，实现了支护工作的机械化，也提高了支架的支撑能力，增大了护顶面积，改善了隔离采空区的防护条件，加强了支架的稳定性。

液压支架还存在着一些有待解决的问题。例如，液压支架顶梁的单悬臂结构、支架顶梁支撑力分布不均匀、梁端与煤壁间的空顶距离、近煤壁无立柱空间范围内的支护强度低；从整个工作面的支撑力分布来看，液压支架不如单体支架理想、整体性的液压支架不如单体支架那样灵活、对地质条件的适应性较差，在地质条件复杂，特别是断层很多的煤层中，使用液压支架，往往会造成技术上的困难和经济上的不利。

另外，综采工作面目前采用的机械落煤方式，产生大量的粉尘和巨大的噪声，不仅影响工人的身体健康，也不利于观察周围情况和防止事故发生。目前采用的滚筒采煤机和刨煤机等落煤机械，大量的功率消耗在克服机器运行的摩擦阻力上，直接用于落煤和装载的功率却很少，同时工作面空间和机械的工时利用率也较低，不能充分发挥设备效能。滚筒

采煤机组和刨煤机组的地质适应性较差，为了能截割坚硬煤层或岩石，近年来在向重型化、强力化发展，机器设备越来越笨重，功率越来越大，结构系统越来越复杂，对于煤矿井下生产是否合理和有利，值得进一步研究。

总之，当前回采工作面的生产工艺还存在着很多问题有待研究和改进，即使是综合机械化采煤工艺，也不能认为是十分完善。未来的采煤技术将是什么样的面貌，正是今后从事回采工艺研究的重要任务。

第一章 回采工作面矿山压力的基本概念

第一节 岩石的性质

回采工艺的基本任务是破碎煤体和维持工作空间内的顶底板岩层，它的工作对象是煤层和它周围的岩层。地表浅部的松散沉积物称为表土层，由黄土、粘土、砂、砾等组成，厚度由几米至四、五十米或更多。表土层以下的各种岩层称为基岩，如各种沉积岩、岩浆岩、变质岩等。含煤地层大多属于沉积岩，一般由煤层、页岩、砂岩、石灰岩等组成。含煤地层具有成层和多孔的特点，局部范围内也可能有岩浆岩侵入的现象。

岩体内包含有各种各样的裂缝和孔隙，简称为裂隙。裂隙的存在会破坏岩体的连续性，削弱岩体内在的连接力，降低岩体的坚固性和稳定性。裂隙可分为原生裂隙和次生裂隙两大类：原生裂隙在岩层生成时就已形成，如层理、节理等；次生裂隙在岩层生成以后才产生，主要包括构造裂隙和矿压裂隙两种。

构造裂隙是受地质构造的作用力而形成的。岩体生成后，经受地质构造的激烈运动，除产生一些显而易见的裂隙外，还有很多闭合的、很难分辨的细微裂隙。由于地质构造作用力的不同，又可分为张裂隙和剪裂隙。这些大大小小的裂隙

贯穿于岩层之中，在地下水的作用下，裂隙中常沉淀方解石等矿物质，在岩体中形成了明显的弱面。所以，在开采过程中，经常会在毫无预兆的情况下，发生顶板冒落事故。

矿压裂隙（地压裂隙）主要是在开采过程中，由岩体内矿山压力所造成，它的特点是裂隙方向与工作面煤壁平行，裂隙面暗淡，没有擦痕或滑面。

岩体的空隙、层理、节理、断层以及溶洞中，常会积存地下水，对岩体的力学性质影响很大。空隙较大，含水较多，岩石的强度将显著降低。例如，空隙度大的砂岩与石灰岩被水饱和时，强度比原来降低 25~45%；空隙度较大的细砂岩受水影响后，强度也会降低 15~20%。

地下水对散粒岩石的影响更大，因为水能降低砂子的内摩擦系数，当含水量多到一定程度时，就会变成流砂。粘土由含适量水分的细小颗粒组成，不同的含水量会引起粘土的膨胀或收缩，含水量过大，甚至会成为一种粘性流体。由泥质或钙质胶结的岩层，遇水后可能膨胀或溶解。生产过程中，顶板岩层淋水，或底板岩层遇水膨胀鼓起，都将给生产造成不利条件。

岩石的性质包括物理性质和力学性质，两者关系密切，统称为岩石的物理力学性质。

一、岩石的空隙度、容重和比重

岩石的空隙度，是指岩石内空隙的容积占岩石总体积的百分比，用%表示。1 米³ 的岩石，如果其中空隙部分占 0.01 米³，这块岩石的空隙度为 1%。岩石的空隙度变化很大，如砂岩的空隙度从 1% 以下直到 14%，有的甚至达到 42%。

岩石的容重是指单位体积岩石（包括空隙部分）的重量，

计算单位为吨/米³。如果 1 米³ 的岩石重 2.5 吨,不论其中有多少空隙,这块岩石的容重就是 2.5 吨/米³。

岩石的比重是指单位体积实体岩石的重量,计算时应除去其中空隙部分所占的体积。例如,上述容重为 2.5 吨/米³ 的岩石,假如它的空隙度是 10%,实体部分只占 90%,它的比重就是 $2.5 \div 0.9 = 2.78$ 吨/米³。

实际工作中,容重指标用得较多。根据我国煤田的不完全统计,砾岩、砂岩、砂质页岩、页岩及石灰岩等主要煤系岩石的容重为 2.3~2.9 吨/米³;煤的容重约为 1.2~1.4 吨/米³,一般取 1.3~1.35 吨/米³。

由上可知,空隙度、容重、比重等指标,反映了岩石的密实程度。一般说来,同样成分的岩石,密实程度越高越坚硬。所以,距地表越深的岩石,越密实、越坚硬。

二、岩石的变形与破坏

岩石在力的作用下,可能发生两种不同性质的变形:一种是去掉外力以后,能完全恢复原来形状的变形,叫做弹性变形;另一种是去掉外力以后,不能完全恢复原来形状的变形,叫做塑性变形。这两种变形密切相关,当外力较小时,岩体可能呈现弹性变形;当外力加大到一定程度时,就会成为塑性变形;当外力超过岩石本身的强度极限时,就会发生破坏。

根据岩石的不同变形特征,可分为脆性岩石、塑性岩石和弹塑性岩石三类。脆性岩石的特点是,岩石在单向静外力作用下,基本不发生塑性变形,只产生很小的弹性变形,当外力达到岩石的强度极限时,突然发生破坏。属于这类岩石的有坚固的沉积岩、岩浆岩和变质岩。

塑性岩石的特点是,岩石在破坏前发生较大的塑性变形,如各种含水粘土、松软的泥质页岩等。

弹塑性岩石的特点介于脆性与塑性两种岩石之间,岩石受力后也会发生一定程度的塑性变形,然后由渐进式至跳跃式地突然破坏,如一般砂岩、坚固的页岩、泥质页岩等。

岩石的脆性与塑性是相对的,它们常受外力作用的快慢和湿度等因素的影响。例如,当外力作用迅速时,岩石呈脆性变形,当外力作用缓慢时,岩石却呈塑性变形。

岩石还具有流变性,也就是岩石的变形还受外力作用时间的影响。岩石的流变性常表现为蠕变、弛豫和弹性后效等三个方面。蠕变是当岩石所受外力保持不变时,随着时间的延长,岩石仍继续产生变形的特性。岩石的弛豫是当应变(单位长度内的变形)不变时,岩石的应力逐渐降低的特性。弹性后效是应变落后于应力变化的一种特性。例如,当外力去掉后,一部分应变立即以声音的速度恢复,而另一部分却恢复缓慢,在相当长的时间内,仍可看到尚未恢复的一部分应变。

三、岩石的应力状态

同任何物质一样,岩石也是由原子和分子所组成。当受到外力作用时,岩石内部就会产生一种抵抗外力作用的平衡力,各质点相互间的作用力也将发生改变,这种力的改变量叫做内力。外力增加,内力也随着增加,但内力的大小不能超过一定限度,如果超过这个限度,岩石就会破坏。外力和内力并没有本质的区别,只是产生的根据不同。

内力作用在岩石内部,在岩石中任何一个平面上,各点的内力大小并不一样,为了便于研究和计算,常用单位面积

上的内力,来表示某一点的内力强度,叫做应力或内应力。简单地说,应力就是单位面积上的内力,单位是公斤力/厘米²,讨论矿山压力时,常用吨力/米²来表示。

为了研究内力,就要把内力暴露出来(图1—1),从距地表 H 米深的岩层中,取出一个假想单位体积的小立方体岩块,如果小岩块的上覆岩层的平均容重为 γ 吨/米³,小岩块每平方米平面上,将承受 $\gamma \cdot H$ 吨力/米²的垂直压力(上覆岩层的重量所造成的外力)。与此同时,小岩块上下平面上,将相应产生 $\gamma \cdot H$ 吨力/米²(或 $\frac{1}{10}\gamma \cdot H$ 公斤力/厘米²)的垂直应力 σ_1 。在垂直应力 σ_1 的作用下,小岩块的正面和侧面也必然相应地产生两个水平方向的应力 σ_2 与 σ_3 。垂直应力与水平应力之间的关系是:

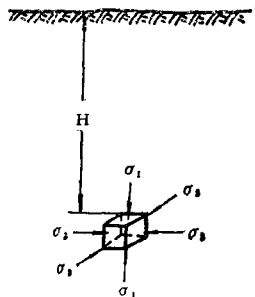


图1—1 岩体内的原始应力状态

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \eta \sigma_1 = \eta \cdot \gamma \cdot H$$

式中, η 为侧压力系数。在一定的开采深度条件下,当岩体未受采动影响时,可以认为三个方向的应力接近相等,即侧压力系数 $\eta \approx 1$,也就是:

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_1 = \gamma \cdot H$$

一般把岩石的这种受力状态,叫做原始应力状态。以上讨论的只是由于岩体重力作用所引起的应力状态,实际岩体中的应力还受地质构造作用的影响。严格地说,侧压力系数

并不等于 1, 有时小于 1, 有时甚至可能大于 1。

开采过程中, 岩体中出现了空间, 岩石处于弹塑性变形状态, 此时侧压力系数约为 $0.4 \sim 0.5$, 也就是:

$$\sigma_2 = \sigma_3 = (0.4 \sim 0.5) \sigma_1 = (0.4 \sim 0.5) \gamma \cdot H$$

实质上, 这是两种应力的转化关系, 理解这种应力的转化关系很重要, 各种机械破煤和顶板的下沉及垮落, 都是利用这种应力转化的客观规律, 使煤或岩石朝着自由面方向发生变形与破坏。

在上述三个方向的应力中, 如果两个方向的应力等于零, 小岩块处于单向受力状态, 或称单向应力状态; 如果只有一个方向的应力等于零, 叫做双向应力状态; 如果三个方向的应力都不等于零, 叫做三向应力状态, 也就是原始应力状态。

四、岩石的强度概念

岩石本身具有抵抗外力避免破坏的内力, 当外力增加到超过岩石本身的内力强度极限时, 岩石会突然发生破坏, 常把岩石发生破坏时的应力值 R , 叫做岩石的强度, 即:

$$R = \frac{P}{A} (\text{公斤/厘米}^2)$$

式中:

P ——岩石发生破坏时的最大载荷(公斤力);

A ——岩石的承载面积(厘米²)。

地下岩层处于三向受力的原始应力状态时, 强度最大。当岩层被采动后, 回采空间周围暴露着的岩体(顶、底板及煤壁)由三向受力状态变为双向或单向受力状态。实验证明, 岩石的强度在三向受力时, 要比双向或单向受力时大得多,

即岩石在单向受力的情况下最容易被破坏。根据岩石的这一特性，在生产实践中常利用煤层的自由面、节理、裂隙等来提高破煤效率。受地质破坏的地方，由于大量裂隙的存在，使岩体处于双向或单向受力状态，从而降低了岩体的强度及稳定性，这就是在断层附近顶板不好维护的原因。

岩石的另一强度特征是，当岩石受单向外力作用时，在拉伸力和剪切力的作用下，比在压缩力作用下更容易破坏，也就是岩石的单向抗压强度要比抗拉强度和抗剪强度大得多，这也是岩石和金属材料的一个重要区别。实验证明，岩石在单向受力时，抗压、抗剪、抗弯和抗拉强度的关系是：

$$R_{\text{压}} > R_{\text{剪}} > R_{\text{弯}} > R_{\text{拉}}$$

从实验室的观察证明， $R_{\text{剪}}$ 和 $R_{\text{拉}}$ 只有 $R_{\text{压}}$ 的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ ，岩石试件在单向受压时，绝大多数都不是直接被压碎的，而是由于压应力转化为指向自由面的拉应力或剪应力而造成破坏。脆性岩石的抗拉强度最小，在外力的作用下，一般都由最大抗拉应力破碎；塑性岩石的抗剪强度最小，一般由最大剪切应力破坏。采用机械方式破煤时，最理想的是使煤体处于受拉伸或受剪切的状态。

我国若干煤田顶底板岩石的强度试验数据见表 1—1。由于岩石的成分、组成、内部结构、成岩条件和所经历的地质构造作用不同，所以同类岩石虽然名称相同，但它们的强度却往往有较大的差别。表 1—1 所列数据，实际应用时，还应通过取样试验来确定。

表 1—1

岩石试件的强度试验数据

岩石种类		抗压强度 (公斤力/厘米 ²)	抗拉强度 (公斤力/厘米 ²)	抗剪强度 (公斤力/厘米 ²)
砂岩类	细砂岩	1060~1460	56~180	178~545
	中粒砂岩	875~1360	61~143	136~372
	粗砂岩	580~1260	55~119	126~310
	粉砂岩	370~560	14~25	70~117
砾岩类	砂砾岩	710~1240	29~99	72~294
	砾岩	820~960	41~120	67~269
灰岩类	石灰岩	540~1610	79~141	
页岩类	砂质页岩	400~920	40~121	210~305
	页岩	190~400	28~55	160~238

五、岩石的坚固性

坚固性（坚硬性）是指，在使用各种各样破岩方法的条件下，岩石破碎难易程度的综合概念。破碎岩石，可以采用多种多样的方法，有些岩层容易破碎，有些岩层就不容易破碎；有些岩层刚一暴露就会垮落，而有些岩层却能暴露较大面积和较长时间而不垮落，人们就用坚固性这一概念来表示岩石抵抗各种人为的或自然的破坏力的综合性能。坚固性和单纯的强度、硬度、韧性等概念不完全相同，岩石的强度只是在拉伸、压缩、剪切、弯曲、扭转等简单应力状态下抵抗外力的性能，而坚固性所包含的概念却要广泛得多。

在各种破碎方式下，同一种岩石的坚固性基本上趋于一致。坚固性强的岩石，不论用什么方法都难破碎，而坚固性较弱的岩石就容易破碎。岩石在不同破碎方式下的坚固性程度，具有同一个比例系数，这就是岩石坚固性系数的概念。