

煤层的无煤柱开采



东煤公司沈阳煤炭科学研究所

1986

323
3



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

编 者 的 话

由于世界各国采煤工作者辛勤的实践和研究，创造了许多开采煤层的新方法，“煤层的无煤柱开采”就是其中的一种。早在三十年代在苏联就有一些不留煤柱砌筑矸石带的采煤试验。近年来在世界各国无煤柱开采得到了很大的发展和广泛的应用。

在传统的采煤工作中，一般是采用留煤柱维护巷道的方法，这种方法的特点是准备巷道的掘进工程量大，维护费用高，煤的损失大以及有引起自燃发火的危险。在一定的条件下也可以用矸石垛来代替煤柱。但是由于这种方法需大量劳动力，施工困难，不易做到安全生产而只能在回采薄煤层时应用。因此不能从根本上解决问题。

经过采煤工作者的不断努力终于制定了一种新的工艺，它主要是将回采巷道布置在采空区边界的煤层卸压带内而取消了煤柱和矸石垛。同时在巷道内采用合适结构和尺寸的支架进行维护。无煤柱开采在我国虽然已开始推广和应用，但不够广泛。其中一个很重要的原因是大家已习惯传统的留煤柱方法，对无煤柱开采的原理和方法没有充分掌握。为了解决上述问题，我们收集了苏联八十年代有关无煤柱开采的发展和现状；无煤柱开采的力学原理；在各种条件下的应用手段。使有关的采煤工作者能掌握这个原理和手段。从而使无煤柱开采在工艺技术上不断得到提高，在应用范围上不断得到扩大。共同为提高劳动生产率，改善劳动条件，保证从地下较全部地采出地下资源，为增加煤炭产量而努力。

参加本资料编译的有张炳华、许谓淑、栾景盛、刘镇心、刘成基，校对工作的有郝振宇、张清和。

由于水平有限，难免有错误和不妥之处，恳请批评指正。

目 录

第一章 应用煤层无煤柱开采的合理性	(1)
一、改用无煤柱采煤的根据.....	(1)
二、煤层无煤柱开采的发展历史.....	(3)
三、无煤柱开采的现状.....	(9)
第二章 准备巷道无煤柱维护的地质力学原理	(14)
一、选择巷道维护方法和手段的原始依据.....	(14)
二、长壁式采煤法中的复用巷道.....	(15)
三、紧贴采空区掘进和维护的巷道.....	(23)
四、在采空区开掘和维护的巷道.....	(25)
五、倾斜煤层中的巷道维护特点.....	(27)
六、采用各种无煤柱开采方案的巷道支护无维修条件.....	(29)
第三章 复用回采巷道的采煤工艺	(31)
一、概述.....	(31)
二、用后退式走向长壁采薄及中厚煤层.....	(33)
三、薄及中厚煤层的仰斜后退式长壁开采.....	(40)
四、薄煤层和中厚煤层倾斜长壁开采法.....	(41)
五、缓倾斜厚煤层倾斜分层开采.....	(44)
六、在采空区内送巷采煤.....	(48)
七、复用巷道的卸压方法.....	(50)
八、在复用巷道内采用加强支架.....	(51)
九、用高强度和有限可缩量的支架《砌块》保护巷道.....	(59)
十、用刚性浇注带保护巷道.....	(62)
十一、保证回采巷道不重新支护所需要的巷道断面和支架.....	(65)
第四章 紧贴采空区掘进巷道和回收临时煤柱的采煤工艺	(67)
一、总论.....	(67)
二、用沿空掘进巷道的方法开采薄及中厚煤层.....	(67)
三、沿空送巷开采缓倾斜厚煤层.....	(75)
四、以掘进沿空巷道的方法采煤时准备和回采的接续.....	(82)
五、沿空巷道的掘进方法和其断面.....	(83)
六、支护和维护沿空巷道的方法.....	(85)
七、煤、材料和设备的运输特点.....	(90)
八、同时回收临时煤柱的采煤工艺.....	(90)

133531

第五章 通风、抽放瓦斯和井下火灾预防..... (94)

一、采区的通风和抽放瓦斯..... (94)

二、无煤柱采煤时内因火灾预防..... (98)

第六章 无煤柱采煤的效果和发展远景..... (105)

一、采用无煤柱护巷法采煤所占的比重和技术经济指标..... (105)

二、准备巷道无煤柱护巷法的参数选择..... (106)

三、矿井改用无煤柱开采和先进的巷道维护说明书的规划示例..... (109)

四、无煤柱开采法经济效益评价..... (111)

五、准备巷道的无煤柱维护方法的应用远景及其改进途径..... (115)

结论..... (118)

第一章 应用煤层无煤柱开采的合理性

一、改用无煤柱采煤的根据

直到目前,在国内外的煤层地下开采实践中,采煤工艺仍然是传统的工艺。这就是用保留在采空区中的安全煤柱防止准备巷道免受地压的有害作用。

从图1所示的后退式和前进式开采法原理图可以看出:保留煤柱工艺的特点是用双巷准备采段。双巷将煤层分割成条带。以后,随着采煤工作面的推进,该条带即形成煤柱,以保证巷道处于可用状态。

用煤柱护巷的方法广泛用于开采深度为200~300米的矿井。在这样深度时,通常,煤层的瓦斯含量低,没有压力显现和矿压非常集中的现象。

在这种条件下,在大多数的矿山地质条件下,15米宽的煤柱均能保证巷道不维修。但是,这种方法会使回采巷道的掘进量大大增加(每采千吨煤为20~25米),使采区的运输和通风复杂化。尤其重要的是,随着开采深度的增加,在开采以后的阶段中,煤柱成为矿压显现的根源。

在最近的15~20年,苏联各矿井的矿山技术情况发生了根本变化。加大煤层开采强度,迅速增加了开采深度。在1970~1972年,当无煤柱开采工艺开始广泛采用时,采掘深度在顿巴斯为1100~1200米,在别乔尔煤田为600~700米,在库兹涅茨和卡拉干达煤田为500~600米。预计,在最近几年,所有各煤田的开采深度还要增大150~200米。在这一时期内,矿井曾大量采用高效能的综采机组。使用机组的情况良好,产量超过1000吨/昼夜的回采工作面进度可增到100~150米/月。在采用综采机组的情况下,对通风和运输的要求也特别提高了。

随着开采深度的增加,煤层的瓦斯含量和煤及瓦斯突出,以及冲击地压的危险性均急剧地增加。例如,在沃尔库特煤田,煤层的瓦斯含量在深度300米时,为10~12米³/吨,在500米时,为18~20米³/吨,在800米时,为25~30米³/吨。在这个深度范围内,矿井的相对瓦斯含量分别为10~12,28~30和50~60米³/吨。根据瓦斯量之大,煤田内的所有矿井现在均为超级瓦斯井,而所开采的煤层均有煤和瓦斯突出的威胁或危险。煤田内的大多数煤层也均有冲击地压的危险。早在1950年,当采掘深度为350米时,煤和瓦斯突出便在煤田内出现过,到1967年,曾发生过235次,其中106次发生在准备巷道中,平均强度约为5000米³瓦斯和60吨煤炭。当深度超过500米时,总共记载的冲击地压数为29次。

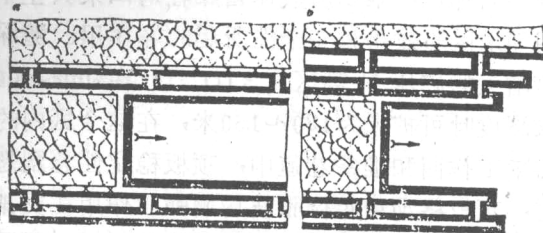


图1 在巷道附近留有煤柱的前进式a—和后退式b—采煤法

到1970年,在库兹涅茨煤田,很多煤层的瓦斯含量也达到了25~30米³/吨。同时,该煤田的许多煤层在开采深度超过300米时,亦属于有煤和瓦斯突出及冲击地压威胁或危险的煤层。库兹巴斯各矿井,特别是开采厚煤层的矿井,采用留有煤柱的工艺时,由于煤柱自然发火,曾产生过多次火灾。

卡拉干达煤田的煤层也具有瓦斯含量高的特点,目前,平均瓦斯量约为30米³/吨,在26个矿井中,15个矿井所开采的煤层有煤和瓦斯突出危险。煤田的大多数煤层有自然发火倾向。

煤层瓦斯含量增大，在掘进准备巷道和进行回采时，会有很大的困难。因用煤柱护巷的开采法在采用新的回采技术时，由该法的工艺特点所决定而采用的U型通风方式和排放瓦斯方法，不能保证工作面产量的增长，也达不到安全开采的条件。在许多情况下，在工作面的上部形成了沼气的局部聚集，其浓度达10%。抽放瓦斯的钻孔量为每千吨煤约15米时，采区的瓦斯抽放率不能超过35%。尽管采用先进的掘进技术，但瓦斯含量高仍是限制准备巷道掘进速度的因素，从而也就影响了回采工作面的接续。

众所周知，预防煤和瓦斯突出及冲击地压的一种最有效的措施是在近距煤层群中开采所谓的《保护》层。但是，当采用留煤柱工艺时，这种方法不仅效率低，而且相反地，在很多情况下，会导致工作安全性的恶化。这是因为作为围岩中应力集中区的煤柱会使相邻煤层中形成特殊的危险区。

总之，当开采近距煤层群时，正如实践所证明的那样，难以历数保留煤柱对回采其上下相邻采区的效果和安全性所起的坏作用。随深度增大的矿压升高区（3 ПГД）在500~600米深度时可扩大为120~150米，在这个区内的回采工作面和准备巷道中，顶板稳定性急剧恶化，顶板移动和底板胀鼓均增强，作用在支架上的荷载变大。因此，巷道就不能用了，需要反复维修，回采工作面的产量下降，工作面常发生冒顶。

随着开采深度的增加和矿压显现的强化，维修用煤柱维护的准备巷道就变得越发困难了。在这种情况下，要求完成大量繁重而不安全的手工劳动。例如，使巷道保持能用所需的年平均工程量：别乔尔煤田各矿井约为80公里其总费用为900~1000万卢布（为采煤成本的17~20%），库兹巴斯各矿井为所维护的巷道总长度的50~60%，其费用达4000万卢布，莫斯科近郊煤田每年要翻修60~70公里的回采平巷。

上述巷道维护条件恶化的原因是由于以前在浅部保留有10~15米宽的煤柱，在大多数情况下没有破坏，保护了巷道免受回采工作有害影响。但随着深度H的增加，煤体的总应力增加了，使煤层边缘部分的支承压力带增大，从深250~300米的30~35米增大到深600~1000米的100~120米。为了可靠地维护巷道，煤柱宽度b也必须加大，在500~600米深处不小于30~35米，在800~1000米深处不小于45~50米（图2）。保留这样宽的煤柱在技术上是困难的，结果在一些矿井中，在大多数情况下，只把煤柱增大到15~20米，这样就不能保证巷道可靠地维护，使煤柱的煤量损失大大增加。这种损失于1966年在别乔尔煤田各矿井达18.2%，库兹巴斯各矿井19.4%，卡拉干达煤田各矿井26.5%。

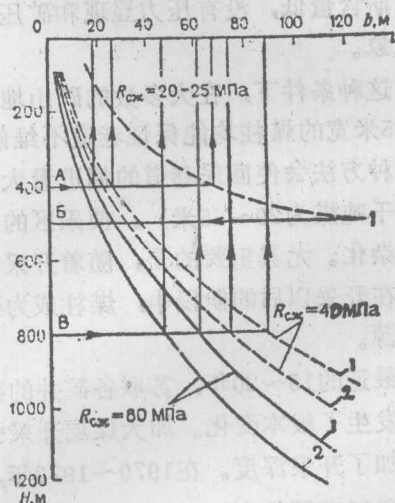


图2 开采深度对护巷煤柱宽度的影响

- 1 — 可缩性为200毫米的木支架；
- 2 — 可缩性为500毫米的金属支架

因此，以上所援引的事实证明，所采用的用煤柱维护巷道的工艺是不合理的，因为这会增加矿山掘进工程量，加大所维护的巷道长度，使通风和井下运输系统复杂化。这种工艺不能满足集中生产的要求，也不能保证有关保护矿藏和合理利用矿藏的决定的执行。

目前,用煤柱护巷进行开采的工艺具有以下主要缺点:

1、为了保证巷道不维修,当进入 500~600米以上的深度开采时,煤柱的宽度应大于 30~35米,而对有些煤田来说,不得小于 45~50 米。这就会使煤的地下储量不能合理的利用。因此,如果在浅部,煤柱的损失不超过 10~12%的话,则在这种条件下,其损失要到达 25~30%。

2、在相当深的地方开采时,为了减少煤的损失而采用 15~20米宽的煤柱时,则不能保证巷道不维修。因此,每年要反复维修的巷道约有 4500公里,这就要占用 10~20%的井下工人,巷道的维修费用占吨煤成本的 15~20%。

3、准备巷道掘进工程量巨大,巷道状态不良,工作面正常通风有困难,运输复杂和掘进工作面的进度慢,则往往不能利用高效能的综采机组有效地采煤。

4、为维护准备巷道留出的煤柱在岩层中形成应力高度集中区,从而成倍地增加产生煤和瓦斯突出及冲击地压的危险性,使准备巷道的维护条件恶化,并且在开采近距煤层时,工作面容易发生冒顶。

由于上述的用煤柱维护准备巷道的传统工艺具有很大缺点,目前提出了一个迫切性的问题,就是在矿井中研究和推广不留煤柱维护巷道的新工艺。

二、煤层无煤柱开采的发展历史

在五十年代,曾用人工利用巷道掘进时所得到的岩石在巷道一侧或两侧砌筑的矸石带一代替煤柱护巷后,解决了减少煤炭损失问题,并提高了有突出危险和冲击地压危险的近距煤层的开采安全问题。但是,这种维护巷道的的方法只能用于煤层厚度在 1~1.5米的条件下,这时用挑顶拉底得到的岩石来砌筑矸石带是足够用的。可是,这种工艺的特点是巷道掘进和维护的劳动量很大,煤和材料的运输,以及回采和掘进工作面的通风均复杂,它和用煤柱护巷

的工艺一样,具有相同的缺点。

用矸石带维护巷道的无煤柱开采只在顿巴斯煤田的一些矿井开采很深的薄煤层时才得到推广。在其它煤田,对于大多数可采煤层来说,改用矸石带是不可能的。

因此,针对范围广阔矿山地质条件必须制定出新的井下采煤工艺,其原则是:开采用的巷道应不用煤柱和矸石带维护,也就是相对于回采工作,在空间关系上,把巷道合理位置选好,只用支架维护它。支架的结构和参数应根据所估计的矿压选定。所以,矿井能否改用无煤柱开采中厚和厚煤层,并且根本改善无煤柱开采薄煤层的生产指标的主要问题是:确定回采巷道不用煤柱和矸石带,而靠支架来维护的技术可能性,以及确定支架具有的参数和各种工艺系统的合理应用范围。

早在三十年代,在莫斯科近郊煤田,基节烈夫煤田和库兹涅茨煤田的各矿井中,就有一些不留煤柱和砌筑矸石带的采煤试验。例如,早在 1937年,在库兹巴斯基罗夫矿井曾用仰斜长壁、带间不留煤柱的方法开采了厚为 1.7~1.9米、倾角 $6\sim 8^\circ$ 的麦耶罗夫斯基煤层。

为了准备第一个采段,只在采区的一侧边界上掘出一个通风(开切)眼。随着回采工作面的推进,在另一侧为煤体的边界上形成一条运输机巷道,用梯形木棚子支护,支架间隔为 0.8米,顶板全部背上背板,在岩石冒落一侧用双排密集支柱和木垛进行防护。运输机巷道宽度 2 米。

用这种方法支护的第一个采段的运输机巷道,以后作为回采第二个采段时的回风巷道。第二个采段的运输机巷道在一侧为煤体的边界附近形成,其支护的方法和第一个采段的运输机巷道相同。这样,不用事先掘进准备巷道便回采了走向长为 300米,阶段斜高为 150~250米的采区。

在良好的矿山地质条件下——采掘工作的深度不大(60~100米),顶板岩石易冒落,底

板岩石坚硬——使这种无煤柱开采法获得了有效的应用。在整个服务年限内，被维护的巷道实际上均处于良好状态，而不需要维护。1947年，仰斜后退式长壁采煤法在库兹巴斯列宁矿区的一些矿井中曾有十五个采面使用过。开采的煤层厚度为1.2至1.3米，倾角为 $6\sim 10^\circ$ ，围岩的稳定性和硬度是各种各样的。

当开采的煤层厚度大于1.7米时，运输机巷道掘进不用挑顶卧底，用梯形木棚子支护，而在冒落岩石的一侧用密集支柱和木垛进行防护。

凯麦罗夫矿区的南方矿井于1952年在整个开采阶段高度上，不留小阶段煤柱，开采了倾角为 $25\sim 50^\circ$ 的凯麦罗夫斯基和沃尔阔夫斯基煤层。

对每个小阶段均掘出中间巷道，它是上部采场的运输机平巷，是下部采场的第二个安全出口。采区范围内的全部小阶段均同时回采。各小阶段的超前距离为15~20米。在该采区内，中间巷道用木垛隔离上部采场的冒落岩石，梯形木支架用两排托梁加固。

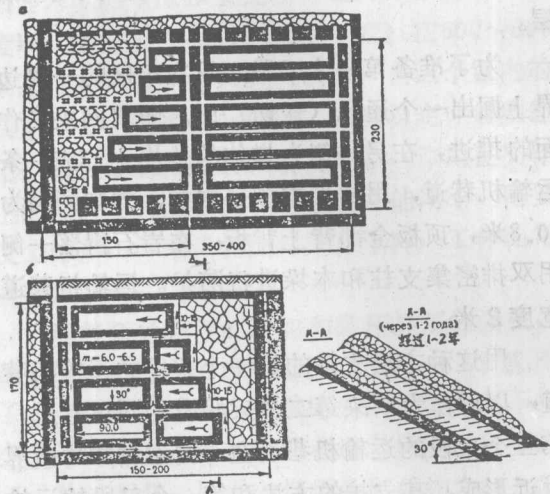


图3 《南方》矿井在采区小阶段之间不留煤柱的开采示意图

a—凯麦罗夫斯基倾斜煤层；

b—沃尔阔夫斯基倾斜分层

所有中间平巷均装设供上部采场运煤用的

运输机和为下部采场运送支护材料的设备。回采工作面采用串联通风，由中间平巷补供新鲜风流。

这种用小阶段回采的方法在用倾斜分层回采厚度为6~7米的沃尔阔夫斯基煤层时，也采用过（图3,6）。每个厚度各为3~3.5米的倾斜分层按煤层分层系统采出，不留采段间的煤柱。待第一个分层采完后，过二三年再回采第二分层。在这个时期内，由粘土泥浆胶结的冒落岩石能很好地压实，并变成坚固的实体。因此，回采下一个分层时，就不用留分层煤皮了。

在《南方》矿井中，采煤不留小阶段煤柱，不仅能大量降低煤的损失，而且能减少自燃发火危险。不留小阶段煤柱回采凯麦罗夫斯基上部近距煤层时，可以毫不困难地开采与其层间距为2~7米的沃尔阔夫斯基煤层。此外，在一个阶段中同时开采几个采场可以使采煤更为集中。用打眼放炮法采煤，并用木支柱支护回采工作面时，产量可达400~500吨/昼夜。这种采区的准备和开采方法在沃尔阔夫矿井开采厚度为3.5~4.2米，倾斜角为 $8\sim 12^\circ$ 的沃尔阔夫斯基煤层时也采用过。

在布、伏、阔瓦尔秋克和尼、波、巴仁的指导下，在《卡皮塔尔那亚》矿井，曾对按照库兹巴斯奥新尼阔夫矿区不留煤柱、不砌矸石带、重复利用巷道采煤的可能性和采煤参数的问题进行了长期大量的工作。

从前，井下平巷用7~10米的煤柱维护。留的煤柱起不到护巷的作用，而且在巷道的整个服务年限中，支架实际上常受到巨大的地压作用，所以必须进行多次的翻修。

在平巷旁留煤柱时，要用独头工作面掘出一些辅助开切巷道（联络小川，小平巷，小眼）。在开采有煤尘或瓦斯危险的煤层时，是不许用独头工作面的，此外，保留的煤柱对开采下部的近距煤层时产生有害作用，使位于煤柱下面的巷道支架破坏得很厉害。

在上述的地区条件下，煤柱对下部煤层中

的巷道的有害作用，在离煤层30~50米的范围内就能观测到。鉴于上述的一些缺点，有理由认为，在所论述的条件下，用煤柱维护巷道是不合理的。

在《卡皮塔那亚》矿井用矸石带维护平巷所进行的试验和观测表明，巷道状态有些改善，可是，支架变形仍然很大。这是因为木支架的许容压缩性（100~150毫米）和矸石带收缩的实际数值（为煤层厚度的20—40%，即为300~700毫米）不一致所造成的。砌筑矸石带的工作繁重是这种支护方法的一个缺点。

寻找比较完善的维护方法就是用密集支柱或木垛维护巷道。

为了查明用密集支柱和木垛维护中间巷道的可能性，曾在厚度由1.4至2.9米的E—1，E—4，E—S，E—9a和E—10煤层中进行了试验工作。

用密集支柱和木垛维护的试验巷道的一般资料示于表1中。

表 1

开采方法	煤层倾角(度)	巷道净断面(米 ²)	巷道支架的类型和材料	巷道	用密集支柱和木垛支护的巷道长度(米)
前进式	5~7	4.5	单梯形木棚子	E—10煤层的47号采场回风平巷	280
后退式	35	5.1	双梯形木棚子	E—5煤层58号采场运输机平巷	520
后退式	35	5.1	双梯形木棚子	E—4煤层的129号和124号采场运输机平巷	340
后退式	15	4.0	同上	E—1煤层的146号采场运输机平巷	210
后退式	30	4.0	带木顶梁的木支柱和金属支柱	E—1煤层58号采场运输机平巷	120

无煤柱维护平巷的各种方案示于图4。

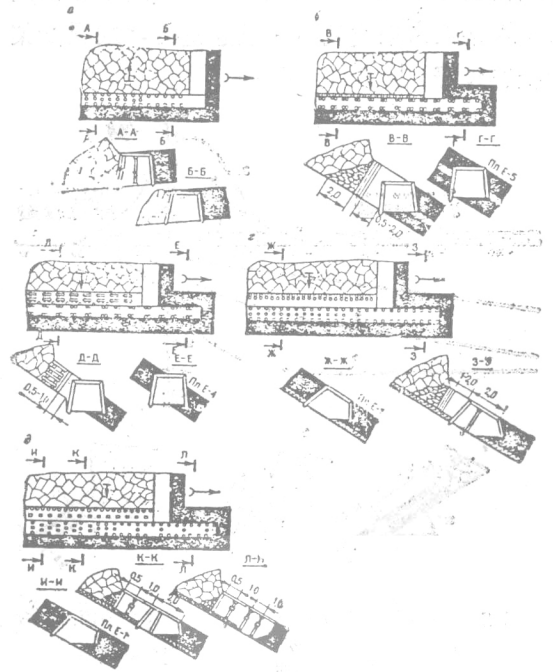


图4 《卡皮塔那亚》矿用密集支柱和木垛维护中间平巷的示意图

在无煤柱维护的平巷中，用仪表和肉眼观测，发现巷道的岩石和支架的形态有某些特点。例如，用前进式开采E—10煤层时，为了使回风平巷保持工作状态，在用无煤柱维护时，沿采空区一侧安设了一些补强支柱，并在梯形棚子顶梁的托梁下面打上立柱（图4a的A—A和6—6断面）。这样，在工作面之后3~6米的距离内，巷道支架压坏了——采空区侧的棚子亲口压碎。支架变形一直增加到与采场工作面距离有30—40米之处，巷道下帮的立柱压坏了。距离再大时，巷道的岩石变形未反映到支架外形上，直到平巷报废之前未翻修过。对平巷支架状态的观测能使我们确认，在距平巷断面外缘有一定距离的地方，打上一排密集支柱来加大采空区一侧的切顶支柱的刚性是合理的。

当对E—5煤层采场中间平巷的各种支护进行试验（图4，6的B—B断面）时，从采空区侧距平巷0.5~2米处打上了一排密集支柱（每米平巷打4至7根立柱），这排密集支柱

附近填以碎石（B—B断面）。在距平巷支架约1米布置密集支柱的一段巷道内，发现支架的状态较好。

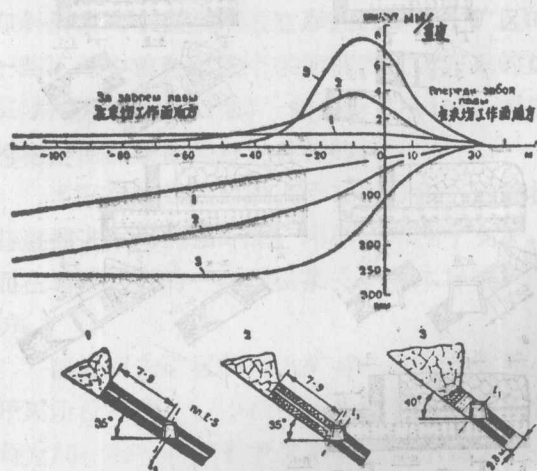


图5 在采用不同的维护方法时，中间巷道的顶、底板岩石的相对移动数值和移动速度的变化图

- 1—用煤柱时；2—用矸石带时；
3—用数排密集支柱时

沿E—5煤层掘进的中间巷道采用不同的维护方法时，顶板—底板岩层相互移近的数值和速度的变化如图5。断面为 5.2米^2 的平巷用梯形木棚子支护（每米平巷为两架）。

从图可以看出：在采场工作面前方扩展的支承压力的开始影响实际上与采用的巷道维护方法无关，并距工作面有40~50米。

以后，随着采场接近所测定的断面和在采场工作面后面相距20~30米的地方，在用密集支柱维护时，变形急剧增大，而用矸石带维护时，则变形小一些。例如，在采场工作面附近在用密集支柱维护平巷中，变形的增大约比煤柱维护时快10倍，比用矸石带维护时几乎快1.5倍。在用这三种支护的情况下，在采场工作面后边距离约有8米的地方，发现变形的强度最大。在这个时期，变形的速度分别为9、5和1毫米/昼夜。

随着回采工作的远离，在密集支柱维护的巷道中，变形强度急剧地降低，而在采场之后相距25米的地方，所达到的变形速度与用矸石

带维护时的变形速度一致，而在采场之后相距35米的地方，与用煤柱维护时的变形速度一致。

随着回采工作的远离，在距离为35~40米的地方，在用密集支柱维护的巷道中，实际上变形已不增大。

在采用矸石带维护巷道时，当回采工作远离50米以外时，岩层的移动速度比用煤柱维护时要小。在采场之后相距70~80米的距离内，当用矸石带维护巷道时，实际上便没有回采的影响了。

用煤柱维护巷道时，变形可持续到采场工作面之后很远的地方，而且变形速度几乎是相同的，为1毫米/昼夜。用密集支柱维护巷道时，在采场之后相距20~30米的平巷中，岩石移动为250~260毫米；用矸石带维护巷道时，为150毫米；用煤柱维护巷道时，约50毫米。随着继续向前回采，用密集支柱维护的巷道中，岩石移动情况实际上是不变的，但是用矸石带，特别是用煤柱维护时，移动是继续增加的。例如，当用矸石带维护巷道时，在采场工作面之后120~150米的距离内，巷道的岩层移动要比用密集支柱维护时大，而用煤柱时，就是在工作面之后大约250米，也是比用密集支柱时大。

经过对比，可作以下结论：

1 当中间平巷用7~10米的煤柱维护时，巷道支架在长时期内（实际上是整个服务年限，达3年），均受到巨大的压力作用。煤柱不能保证木支架的完整性，对平巷要进行二、三次翻修。

2、当用矸石带维护平巷（特别是密集支柱）时，在直接邻近采场工作面的一段不太长（25~30米）的巷道内，支架所承受的岩石荷载最大。

因此，如果用矸石带，特别是用密集支柱维护巷道时，在强烈变形的巷道段内，采用特制的能承受主要变形的临时性可缩支架时，那么以后，在采场的后面，即使采用轻型支架

(例如, 木支架), 实际上巷道也将处于正常的支护条件下。

根据这一点, 尼、帕、巴仁和布、伏、洞瓦尔秋克提出用移动式、金属密集支柱代替木制密集支柱的意见(图6)。运输机平巷用带木顶梁的可缩性金属支柱支护(A-A断面), 在采场工作面之后, 顺着平巷安设切顶支柱。它是一组金属支柱, 或金属丛柱(6-6断面)或一排特制的移动棚子。当顶板岩石在采空区中冒落时, 在准备巷道中岩层移动得很厉害, 以后就减弱了。在用密集支柱维护的巷道中, 大量的岩层移动在采场工作面之后30~40米的距离内就衰减了。在距离内, 将密集支柱拆除。将平巷中的金属支柱换成永久支架(见图6, B-B断面)。把金属支柱挪向前方再重复利用。岩石强烈移动后, 在准备巷道中装设木支架, 以后, 支架的变形就不大了, 可一直到巷道报废之前不用重新支护。

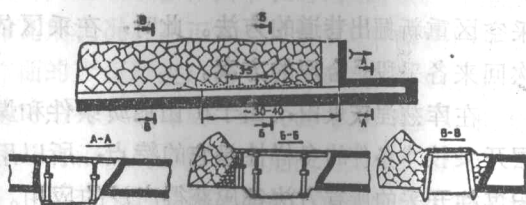


图6 用移动金属密集支柱维护中间平巷的方法。

为了有效地用上述的支护方法维护平巷, 可以采用带铰接顶梁的KCT-6型金属支柱。如果上部采场和下部采场开采的滞后时间不大时, 则平巷中的密集支柱和临时支架可一直利用到其服务年限结束。对E-1煤层134号采场运输机平巷用此法支护所进行的初步试验表明该法是有实用前途的。

图4.6是用129号和124号采场开采E-4煤层的方案图。沿平巷建了规格为 1.5×1.5 米, 间距为0.5~1米的木垛。木垛距平巷帮为1~1.5米。在平巷和木垛之间的个别段打上补强支柱(每个木垛为2~4根)。

在采场工作面前方20~25米开始发现有回

采影响。在采场工作面上, 岩石移动约30毫米。岩石位移的最大速度(达5~10毫米/昼夜)大约发生在采场工作面之后的8~10米处。

当工作面采过20米以后, 巷道内的变形呈均匀的衰减。当采场远离100~120米时, 顶板和底板移近的速度已不超过0.2~0.8毫米/昼夜。在这个期间, 顶板和底板的移近值约为200~250毫米。

当平巷用作回风巷, 受重复采动影响时, 在采用木垛和密集支柱的维护的两条平巷中, 顶底板的移近值彼此接近。在采访工作面的前方40~50米, 开始发现下部采场的采动影响。随着回采的接近, 巷道变形均匀地增大, 直到平巷报废时, 顶板和底板岩石的移近量在采访之后还要再增大200~250毫米。因此, 当用木垛维护运输机平巷时, 受两个采场采动影响而产生的顶底板移近值可达400~450毫米。

对分别用木垛和煤柱维护的124号和129号采场的各段平巷情况表明: 这两种情况下的巷道支架状态实际上是相同的。发现支架亲口有压疏和采空区侧的个别支柱有变形的情况。

用密集支柱维护巷道的方法在运输机平巷也进行了试验(见图4、г、п)。

所进行试验表明: 用密集支柱维护运输机平巷的方法有实际应用的可能性和合理性。工人支护1米平巷的工资, 在用煤柱维护时, 为31.2卢布, 研石带时, 为21.7卢布, 密集支柱时, 为14卢布。

在莫斯科近郊煤田各矿井所进行的试验表明: 在极为松软的砂质和塑性粘土质岩层的条件下, 在采空区边界上, 要想重复利用, 维护平巷非常困难。因此, 在用无煤柱开采时, 采用了另一种方式, 就是每个采场的回采平巷都重新掘出的, 而在平巷与采空区之间只留出宽3~4米的保安煤柱。用这种只利用一次紧贴采空区掘出来的巷道来开采煤层的方法, 能够在莫斯科近郊煤田的条件下, 用木支架维护巷道。

以后,便以上述试验作为在煤田各矿井中推广该方法的依据了,而且为了提高开采集中化程度,除了采用采段依次进行准备和回采的方案外,还曾制定了另一个方案,就是采段的准备和回采按交错方式进行。该方案的实质是在初期所要准备回来的采段中,把两条巷道掘在煤里,并且随着采场采过而报废。在后期所要准备回来的位于已采采段之间的采段中,把两条巷道紧贴着采空区掘出来(译注:沿空送巷),并且也是随着采场采过而报废。

用沿空送巷和维护巷道的无煤柱采煤法,无论是回采段依次回采,还是跳采回采,不仅在莫斯科近郊煤田,而且在卡拉干达、库兹涅茨和其它煤田在开采中厚和厚煤层时,均获得了广泛的应用。

上述一些试验表明煤层的无煤柱开采原则上是可能的。而且,在不同条件下,为了这种无煤柱开采常试又花了大量的巷道维护费用。因此,在60~70年代,为了在所有的主要煤田推广煤层的无煤柱开采,曾进行了大规模的工业试验,在生产人员和科学家的密切协作下,对无煤柱开采的各种方案进行试验。各种方案试验是在其各种参数充分对比下进行的。即:

在采煤准备方式方面:在采场之后保留巷道;紧贴回采工作面掘巷道,或不贴回采工作面,与它有一定距离,利用报废巷道的部分断面,或留出不宽的被压坏的煤柱掘巷道。

在支架形势方面,金属拱形支架和梯形支架;木支架;锚栓支架;各和混合支架。

在巷通维护方法方面:密集支柱,短木段密封墙;木垛;混凝土或钢筋混凝土短柱。

在回采工艺方面:改变支架装设密度和断面下沉系数;改变巷道支护长度和时间;改变加固和破坏(强制冒落)顶板的各种措施。

在进行工业试验工作时,还完成了内容丰富的综合性课题:如对矿井地压显现的调查;对煤层和围岩的力学和构造特性的研究;为解决控制瓦斯浅出问题所需要的煤质特性测定;确定在无煤柱开采时,空气和瓦斯管理体制的

一系列参数。

第二阶段工作中,所完成的主要成果可叙述如下:

在顿涅茨煤田,应该以保留巷道以便重复利用的方法为无煤柱开采的主要方向。但是,由于深部水平的岩层易隆起,在工作面前方维护巷道很困难,所以认为采用在采场之后掘巷道,并且在煤层开采边界或采空区维护巷道的方案是比较合理的。

在以煤层底板中有稳定和中等稳定的、底鼓不厉害的岩层为特点的别乔尔煤田,应以保留巷道,以便重复利用的方法为无煤柱开采的主要方向。只有当开采厚煤层时,才应当采用将采场后面的巷道报废,并在紧贴采空区掘出供作下部采场用的巷道的方法,该巷道距第一采场工作面后面的距离不得小于120~150米

在采煤层顶板和底板主要很松软、湿化和强烈胀鼓的粘土质岩层组成的莫斯科近郊煤田,应当只采用将采场后面的巷道报废,并紧贴采空区重新掘出巷道的方法。此时,在采区依次回来各采段是合理的方案。

在库兹涅茨煤田,由于矿山地质条件和煤层开采技术条件的多样性是它的特点,所以用无煤柱开采的所有方法都应获得广泛的应用。而在别罗夫、奥欣尼阔夫和列宁矿区,应以保留巷道并加以重复利用的方法为主;在安热尔、凯麦罗夫和托姆欣矿区,报废巷道并紧贴采空区重新掘出巷道的方法,在现有的支架结构条件下,是比较好的方法。

在卡拉干达煤田,用无煤柱开采法有很多方案。可是,对于大多数煤层来说,由于底板有松软的、不稳定的、强烈胀鼓的岩层,所以将巷道报废,并贴紧采空区从新掘出巷道,采段依次回来是比较合理的方法。由于在沃尔库特矿区、顿涅茨、莫斯科近郊、库兹涅茨卡拉干达各煤田的矿井中,针对这些煤田所有典型条件进行了工业试验和矿压显现的研究,曾编制了巷道支护工作说明书。

在沃尔库特矿区和库兹涅茨煤田各种井所

进行的大量研究工作还证明,保留巷道并重复利用的无煤柱开采法基本上可以消除瓦斯对回采工作面产量的限制问题。在采用这种方法时,这一点首先可以通过有效的通风方式来保证,即采用正向式通风系统,沿工作面前方的两条巷道供新风,而通过采场后面的巷道进行回风。

保证高产回采工作面安全开采高瓦特煤层的另一崭新的方法是用抽出采空区沼气,降低回采区瓦斯的方法。为此,对于深部矿井曾制定了用钻孔排放瓦斯的方法,即沿走向开采时从侧翼巷道钻孔,沿倾斜开采时从回风水平钻孔。当开采水平不太深时,从地面钻排放瓦斯孔也是效果很好的方法。

在工业试验时期,对所提出的通过采空区,分散排出回采工作面沼气,来消除瓦斯障碍的原则,经过广泛生产检验,证明完全是有效果的。曾查明,在采用正向式通风和从采空区排放瓦斯时,即使全矿井的通风机停止运转或反向运转,在回采工作面中长时间也不会产生危险的瓦斯状况。在正常通风情况时,即使回采工作面的产量超过1500~2000吨/昼夜(在沃尔库特的特罗依煤层,达3000吨/昼夜),也完全没有沼气局部聚集到危险的浓度的情况。

所提出的抽放瓦斯新方法还能使钻孔工程量减少80~83.33%,从而每采1吨煤得到的经济效益不少于0.2卢布。此外,库兹巴斯许多矿井的经验表明,当地锅炉设备也可以经济有效地利用排出的瓦斯。

因此,在科学论证的阶段和工业试验中,曾解决了一系列的科学技术问题,这些问题决定了合理地在矿井全面推广无煤柱开采工艺的任务。所解决的问题如下:

在查明地压显现规律性和特点的基础上,科学地论证了采用无煤柱工艺的技术可能性及其经济效益;

确定各种无煤柱护巷法的合理应用范围;针对不同矿山地质条件和采矿技术条件,详细订出准备巷道掘进、支架和维护说明书;

论证并详细订出正向式和下行式通风系统

,以保证消灭瓦斯的局部聚集和取消对回采工作面产量的限制;

论证并详细订出利用在侧翼巷道中布孔抽放超级瓦斯煤层和从采空区排放瓦斯新方法。

三、无煤柱开采的现状

根据所进行的工业试验和研究工作,使得目前充分地认识到无煤柱开采是使井下采煤技术进步的一个主要方向。现在,优先采用无煤柱工艺在煤炭部门的许多标准文件中均已作出规定,其中主要的有《苏联煤矿井下巷道合理布置和维护规范(全苏矿山地质力学和测量科学的研究所,列宁格勒,1977年)》和《矿井采煤先进工艺方案》(斯科钦斯基矿业研究所,莫斯科,1979年)。如表2所示,无煤柱开采的应用现状可以用以下几点说明:

目前,应用于煤炭部门各矿井的无煤柱开采有三个主要方案,在与回采工作面毗连的巷道的掘进和维护方法上,三个方案均不同。如:

为下一个回采段回采,只利用一次的巷道是紧贴采空区掘进,并在采空区中维护。

重复利用的巷道在采空区边界上维护。

回采工作面后边掘的巷道在采空区中维护。

如上所述,在70年代以前广泛采用的无煤柱开采法只是用矸石带维护巷道的。开始大量用支架维护巷道的方法要晚一些,特别是在第十个五年计划中方开始。如果在1965年,特别是在沃尔库特,卡拉干达、库兹巴斯、南库兹巴斯和图拉煤炭联合公司各矿井中,不用煤柱和矸石带总共采出的煤才大约700万吨的话,则1970年已经定3200万吨,1975年为7800万吨而1980年18000万吨了。在生产回采工作面中,用无煤柱工艺采煤的比重达到了51.5%。

在卡拉干达煤田,不用煤柱和矸石带的无煤柱开采发展得最快。用这种方法从回采工作面采出的大约有3/4。在这里采用了各种紧贴采空区掘进巷道的开采工艺方案,1980年用这种方法产煤2785万吨,也就是将近90%。

在用无煤柱工艺采过的采区中,煤的损失

表 2

煤 田	1980年煤产量					1980年末工作面数			
	共 计		与沿空巷道毗邻的工作面产量			共 计	与沿空巷道毗邻的工作面数		
	百万吨	占现有工作面产量的比重	紧贴采空区掘进的巷道	用人工隔墙维护的巷道	紧贴采场掘进并在采空区中维护巷道		紧贴采空区掘进的巷道	用人工隔墙维护的巷道	紧贴采场掘进并在采空区中维护的巷道
苏联煤炭工业部	207.77	51.5	102.25	82.94	21.85	1490	597	678	214
顿巴斯共计	108.82	53.0	30.91	15.49	15.41	975	260	549	162
其中在乌克兰范围内	84.98	52.1	30.73	39.49	14.76	848	269	427	162
库兹巴斯	25.75	33.2	16.49	5.50	3.09	94	59	29	5
卡拉干达	27.86	74.0	27.86	—	—	106	106	—	—
别乔尔	17.63	67.6	4.07	12.40	116	49	11	36	2
莫斯科近郊	12.97	63.2	12.97	—	—	80	80	—	2—

按面积计算不超过2~5%，而巷道用煤柱维护时为14~17%。到1976年初，卡拉干达煤田的《青年》，《斯切普那亚》，《沙赫欣卡亚》，《哈萨克斯坦斯卡亚》及列宁等矿井几乎全是改用无煤柱开采的D₆煤层的。从1974年开始，《每库都茨卡亚》和阔钦斯克等矿井用无煤柱方法开采了R₁₂煤层，苏联建国50周年矿井开采了R₁₀煤层。

用无煤柱开采法开采的所有回采工作面均装备有OLKM, 3OKII型（列宁矿井，《青年》，《斯切普那亚》，《沙罕斯卡亚》，《哈萨克斯坦斯大亚》矿井）和KM813型（阔斯克矿井，《每库都茨卡亚》，《米海依罗夫斯卡亚》矿井）综采机组。回采工作面的日产量波动在1000到2000吨之间，回采工作面工人的劳动生产率为20~30吨/工，采区的吨煤成本为1.2~1.5卢布。

在回采自然发火程度高的厚煤层时，应用无煤柱开采的效果如下：

列宁矿井d₆煤层按分层方式用两个倾斜分层开采（图7）。煤层总厚度为5.7米，上分层的采高为2.5~2.7米，下分层的采高为2.5~2.8米，分层间的煤皮厚度为10~30厘米。直接顶为40米厚的松软泥岩。分层用走向长壁

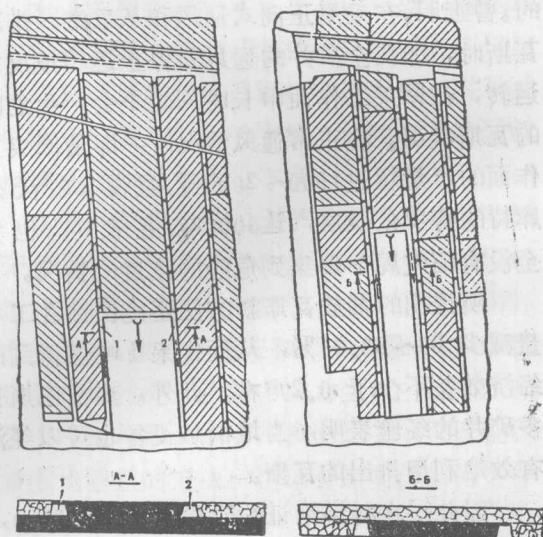


图7 列宁矿井d₆煤层的上分层用倾斜长壁无煤柱开采的示意图

1—沿空运输机上山； 2—沿空回风上山。

或倾斜长壁开采，采段间不留煤柱。采区的开采顺序是采段跳采（译注：原文为井田的开采顺序有误）。每个采段均用一条回风巷道和一运输机巷道准备。准备第二采段时，紧贴相邻的已采段采空区掘这两条道。开采最大深度为230米。沿走向开采时，采段长度为850~1500米。下分层的巷道掘在上分层采场的采空区下面，对