

高沼气易燃煤层 无煤柱开采

任德惠 丁煜 主编

煤炭工业出版社

高沼气易燃煤层无煤柱开采

主 编 任德惠 丁 焜

总审校 贾悦谦 马心校

编 写 丁 焜 马心校 任德惠 张永兴

贾悦谦 童有德 富恭俭 董延荣

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书总结了国内外在高沼气易燃煤层应用无煤柱开采时所取得的经验,结合作者多年来对无煤柱开采技术的研究成果,比较系统地介绍了我国高沼气易燃煤层的赋存情况,高沼气易燃煤层应用无煤柱开采的特点,以及开拓系统、巷道布置和护巷技术措施等。重点分析了无煤柱开采时的沼气涌出规律、通风方式改善、防治灾害措施,以及自然发火预测预报,并简介了气体分析化验等。

本书主要供从事煤矿生产建设,科研和设计等部门的工程技术人员阅读,亦可供采矿专业院校师生参考。

责任编辑:孙辅权

高 沼 气 易 燃 煤 层 无 煤 柱 开 采

任德惠 丁 旭 编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平门北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168 \text{mm}^1/32$ 印张 9 插页 1

字数 235 千字 印数 1—1,250

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

ISBN 7-5020-0545-5/TD·500

书号 3320

定价 4.90元

前 言

高沼气易燃煤层开采是采用无煤柱开采要解决的重要技术问题之一。几年来很多矿区,如枣庄、涟邵、义马、丰城、淮北、六枝、芙蓉、南桐、鹤岗等,都做了大量试验和研究工作,取得了较好的经济效益。

目前我国统配煤矿,高沼气和煤与沼气突出的矿井约占45%;自然发火期在六个月以内的约占52%,其中发火期在三个月以内的约占25%。

为了解决高沼气易燃煤层的无煤柱开采技术,许多矿区在加强矿井瓦斯地质研究的同时,对采场空气流动和沼气分布规律,也结合生产实际进行了观测试验与理论上的分析研究,制订出高沼气易燃煤层无煤柱开采时,防治瓦斯危害的有效安全技术措施。

有的矿区对于易燃煤层研究试验无煤柱开采后,观测了采空区风流和温度的变化,分析了残留煤的氧化过程和自然发火规律,在查明影响自燃主要相关参数的基础上,制订出相应的防火技术措施,均见到了实际效果。为了总结推行和继续研究沼气易燃煤层的无煤柱开采技术,有必要编写《高沼气易燃煤层无煤柱开采》一书,供煤炭系统广大工程技术人员和矿业院校师生参考。

本书在编写过程中,曾得到原煤炭工业部技术咨询委员会、生产司、技术发展司等单位的大力支持和帮助,同时也得到枣庄、义马、丰城、鹤岗、淮北、涟邵、六枝、芙蓉、南桐等矿务局有关同志的帮助和支持,提供了大量有价值的资料,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,书中难免有错误及不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

1988年10月

目 录

前 言

第一章 概述	I
第二章 我国高沼气易燃煤层赋存情况	14
第一节 高沼气易燃煤层埋藏情况及分布	14
第二节 高沼气易燃煤层的地质特征	21
第三章 高沼气易燃煤层无煤柱开采技术	30
第一节 概述	30
第二节 巷道布置与通风系统	34
第三节 无煤柱开采技术措施	56
第四节 回采工作面通风系统选择	81
第四章 高沼气煤层无煤柱开采沼气涌出规律	96
第一节 概述	96
第二节 无煤柱开采时沼气涌出规律考察	105
第三节 沼气涌出规律分析	122
第四节 近距煤层开采对沼气涌出的影响	131
第五章 易自燃煤层无煤柱开采的通风改善	146
第一节 概述	146
第二节 通风状况考察	148
第三节 通风系统选择	179
第四节 通风对沼气涌出的影响	188
第五节 控风防火技术措施	191
第六章 高沼气易燃煤层无煤柱开采防治灾害措施	193
第一节 自然发火原因及分布规律	193
第二节 防治火灾的原则及技术措施	209
第三节 风压调节技术的原理及应用	214
第四节 防治沼气积聚的原则和技术措施	227
第七章 易燃煤层无煤柱开采自燃的早期检测预报	231

第一节	概述	231
第二节	自然发火与煤质的关系	233
第三节	煤炭自燃早期检测预报指标气体的选择	235
第四节	指标气体的检测	259
第五节	适合煤矿通风化验室使用的气体分析仪	269
参考文献		279

第一章 概 述

无煤柱开采是合理开发煤炭资源、提高回采率、降低掘进率、减少巷道维修费、提高煤矿企业技术经济指标的一项先进的开采工艺。无煤柱开采代替传统式的煤柱护巷，是煤矿开采技术的一项重要变革。它不仅对现有生产矿井缓和采掘关系紧张和延长矿井寿命是有效的技术措施，而且对煤矿改善安全条件和提高矿井经济效益具有重大意义。

当代世界一些主要产煤国家都不同程度地推行和应用了无煤柱开采技术，如英国、联邦德国、苏联、波兰、法国、捷克和斯洛伐克、日本等，并取得了丰富经验和成果。

英国是以长壁式开采为主的国家，虽然规定后退式长壁开采是技术发展方向，但在1987年前进式长壁采煤工作面仍有223个，占全国总采煤工作面的70%。由于采煤是前进式的，就必然推行无煤柱开采，应用沿空留巷。采用巷内支护与巷旁支护共同护巷技术，效果良好。巷内支护多用金属可缩性支架，巷旁支护采用矸石带及充填带。近几年来，为了减轻矸石带护巷的繁重劳动，克服低效率及矸石带可缩量等缺点，英国采矿研究院对巷旁支护技术进行了研究，提高充填带承载能力，改善其受载荷时的力学性能，改善机械充填和风力充填的矸石系统，应用高水速凝泵送的充填系统的研究也取得显著效果。目前英国应用高水速凝泵送的充填系统已有130个采煤工作面。由于充填带承载能力高，隔绝老采空区漏风、防火性能好，在高沼气易自燃煤层普遍应用推广，逐步代替人工矸石充填和机械充填，是巷旁支护技术的发展方向。

高水速凝泵送的充填系统的特点是：采用双泵、双浆、双管路输送到充填带的充填袋中，喷射混合，产生激烈的化学变

化而形成了高结晶水高强度的充填体，构成无煤柱沿空留巷的巷旁支护带。双浆是指由水泥和膨润土为主要原料(占18%)加水(占82%)后形成的浆液，双泵双管路可输送1000~2000m距离。充填后1h可承受载荷，1d以后抗压强度达3.5MPa，7d后强度达4.3MPa。该充填物所需固体材料少，每充填1m³仅用固体材料360kg，其余部分均为水。由于用泵送料，减少砌墙笨重劳动，故该充填系统是很有发展前途的技术工艺。

联邦德国的无煤柱开采主要采用沿空留巷。联邦德国前进式长壁采煤占43%，沿空留巷的巷内支护是重型可缩性金属支架。过去巷旁支护是传统式的木垛、填石木垛及矸石带等，最近几年研究成功应用石膏作巷旁支护充填带，有效地减少重型支架和巷道的变形，从而实现14~18m²断面巷道第二次利用，且不需修理。当前联邦德国对巷旁支护的充填方式、充填材料、充填设备、充填工艺等研究已取得较大的成果，并且是解决大断面巷旁支护技术的国家之一。由于充填带作为巷旁支护的成功，有效地防止了向老采空区漏风和自然发火以及有害气体流入工作空间，所以在高沼气和自然发火严重矿井同样可推行无煤柱沿空留巷开采技术。

苏联近年来采用无煤柱开采的煤炭产量有明显地增长(占52%)，这与大力开展科学研究和现场工业试验分不开的。他们对无煤柱开采巷内支护条件和顶板分类进行研究，提出了分类方案和分类指标。在总结现场经验的基础上，提出了不同无煤柱开采护巷方法的应用条件，特别是对沿空留巷巷内支架和巷旁支护技术以及有关支护材料、力学特性、支架构件的强度和可缩性等作了大量试验研究工作，获得了多种技术参数，又用来作为推行无煤柱开采理论上的指导。同时对厚煤层分层开采时煤体与采空区交界处矿山压力的显现规律进行观测，对高沼气和易自燃厚煤层推行无煤柱开采的温度、沼气、漏风等情况都进行了大量的实测和研究工作，分析总结找出规律，提出高沼气易燃厚煤层推行无煤柱开采的技术措施和适用条件。苏联应用沿空留巷比沿空掘

巷多，主要是由于一条巷道可以两次利用，在经济上和时间上都较优越，缓和了采掘关系紧张的矛盾，降低了掘进率，多年实践证明：沿空留巷的总费用比沿空掘巷低22~35%。在综合机械化采煤工作面应用沿空留巷时，上下顺槽都需进行巷内支护和巷旁支护，巷内支护使用可缩性金属支架，巷旁支护使用矸石制造有一定强度能够速凝的砌块，或用水泥、炉渣、矸石混合而成的轻质混凝土块。也有少量矸石充填带作为巷旁支护的。苏联推行无煤柱开采是根据顶板岩性不同而确定的：在顶板容易冒落条件下应用最广；中等冒落性时次之；难冒落的顶板条件下应用较少。苏联首先在低沼气矿井和自然发火危险小的矿井推行无煤柱开采，近几年来，在高沼气和自然发火的厚煤层中推行无煤柱开采，由于采取了有效地措施，也取得很好地效果。

波兰无煤柱开采应用较多的是沿空留巷，在前进式或后退式采煤时都用单巷准备，沿空留巷应用于走向开采或倾斜开采根据条件而定。沿空留巷一般其巷内支护采用金属可缩性支架，巷旁支护使用充填带、矸石带或混凝土墩柱等。在高沼气和易自燃厚煤层中普遍推行无煤柱开采，也取得了较好的效果。

世界主要产煤国家推行和应用无煤柱开采主要经验是：

第一 应用无煤柱开采的地质条件：煤层厚度一般在0.7~2.5m，个别国家煤厚3m也应用了沿空留巷，有些国家还在厚煤层分层开采中进行试验，也取得一定成效；煤层倾角一般在 0° ~ 25° ，个别矿在采取相应措施后，在 36° ~ 45° 倾角的煤层中，也应用了沿空留巷。

第二 无煤柱开采对围岩性质的适应性是，在易冒落的顶板条件下应用最广，中等冒落性顶板次之，难冒顶板条件下应用较少。开采深部煤层时，许多国家的经验趋向推广无煤柱开采，以解决开采巷道难维护的问题。

第三 在高沼气及煤与瓦斯突出，或有自然发火厚煤层都进行了无煤柱开采试验，通过对沼气、温度、漏风等进行测定研究，摸索规律，采取了有效措施，推行无煤柱开采是成功的。

第四 为了降低掘进率，进行集中生产与缓和采掘关系紧张，各国应用无煤柱开采时多采用沿空留巷，大断面的巷道则采用巷内支护及巷旁支护共同护巷。巷内支架多用承载能力较大的拱形可缩金属支架，也有用金属可缩性梯形棚子，或锚梁网支护。

第五 改善巷旁支护，解决与采空区的隔离防火及防治有害气体问题。巷旁支护是保证大断面沿空留巷提高承载能力，使沿空留巷成功的一个重要手段，同时也是使沿空留巷与采空区隔离封闭，在高沼气易自燃煤层中防漏风、防火和防有害气体的有效技术措施。国外巷旁支护的经验主要有：

联邦德国在沿空留巷与采空区之间，充填石膏、水泥膨润土等速凝材料，使巷旁支护形成一条高强度的充填隔离带，并可起到防漏风、防火和防有害气体的作用，其使用效果很好。

利用高水速凝泵送的充填系统，沿空留巷巷旁建造水泥膨润土混合粘结充填带，对防止瓦斯涌出及自然发火有着重大意义。英国在这方面经验丰富。

从巷内通过壁后充填管向采空区注射遇水能胶结的填料，使巷旁碎石胶结，同时在巷道表面喷射混凝土加以封闭，也起到隔离作用。

总之，世界主要产煤国家无煤柱开采沿空留巷的巷内支护承载能力、防漏风、防火、防有害气体等技术问题，通过调查研究及科研攻关有些技术问题基本上是解决了。

我国无煤柱开采应用和推广大体上经历了四个阶段。

50年代初期阶段：首先是在一些薄煤层开采中用矸石带代替煤柱作为巷旁支护用，即在采煤工作面的输送机巷砌矸石墙，将该巷道保留下来作为下区段采煤工作面的回风巷。如淄博、鸡西、本溪、双鸭山、枣庄、峰峰等矿区薄煤层中都在应用。同时开滦、峰峰、焦作等矿区在中厚煤层、厚煤层分层开采试验沿空掘巷也获得成功，减少巷道维护量和煤炭资源的损失。

60年代试验阶段：全国煤矿贯彻改革矿井开拓部署技术会议

精神，为了提高资源回收率、延长矿井寿命，减少巷道掘进量和维护量，将水平运输大巷布置在岩石中，取消水平运输大巷煤柱，采煤工作面实行跨大巷、跨石门、跨上山回采。如平顶山一矿将原设计第一水平运输大巷留有100m煤柱取消，实行采面跨大巷采煤成功，开滦范各庄矿采面跨石门、上山开采成功，同时在采煤工作面保留输送机巷作下区段工作面的回风巷；平顶山一矿在丁组中厚煤层，沿空留巷采用密集支柱及抬棚作巷旁支护，巷内支架应用工字钢打立柱加强支护试验成功，一条巷道两次利用，不仅提高了回采率，减少掘进量，而且缓和了采掘接替紧张的局面。另外在开滦、焦作、阳泉、淮北等矿区，厚煤层分层开采一般都应用了沿空掘巷，并取得了成功的经验。总之，我国在低沼气、自然发火少的矿井采用沿空留巷和沿空掘巷一般是可行的。

70年代推行阶段：1977年煤炭部在兖州矿务局召开了无煤柱开采技术座谈会，总结了建国以来无煤柱开采经验，交流了各矿区沿空留巷及沿空掘巷，以及跨大巷、跨石门、跨上山开采的应用技术。这次会议为无煤柱开采、试验推行打开了局面，为今后发展奠定了基础。

1979年及1981年煤炭部又分别在安徽淮北矿务局及湖南资兴矿务局召开了第二次和第三次无煤柱开采技术座谈会。会议除交流总结了无煤柱开采经验外，煤炭工业部还颁发了《关于推行无煤柱开采的暂行规定》（试行），要求在全国煤矿条件适合的煤层均应试行，同时要求有关矿务局、科研所、高等院校制定规划，对一些难度大的课题组织技术攻关。当时曾提出以下五个技术问题：

第一 巷道支护技术问题。特别是综合机械化采煤大断面沿空留巷的巷内支护和巷旁支护技术，如何适应沿空留巷围岩载荷和移动量较大以及巷道维护时间较长的特点；

第二 无煤柱开采通风问题。沿空留巷和沿空掘巷中，如何更有效地控制采空区漏风，以确保无煤柱开采通风安全；

第三 在极易自然发火的煤层中，使用无煤柱开采的安全性及探讨防止自然发火的有效技术措施；

第四 在高沼气及有煤与瓦斯突出煤层中，应用无煤柱开采的安全可靠性，探讨其如何防治的技术措施；

第五 如何正确选择沿空掘巷的滞后距离，合理安排采煤工作面的正常接替，这对当前接替紧张的煤矿是个突出问题。

这次会议已明确提出高沼气易自然发火煤层的无煤柱开采是重要的技术问题之一。

80年代发展及技术攻关阶段：1982年12月煤炭部在四川宜宾召开了全国高沼气易自燃煤层无煤柱开采技术论证会。会议着重研究交流了高沼气易自然发火煤层无煤柱开采技术，并认为我国矿井开采煤层的自燃倾向较为普遍，全国煤矿有300多对矿井存在自然发火危险，约占矿井总数的47%，百万吨发火率1.7次，最近几年生产科研实践表明推行无煤柱开采，采取综合性的防火措施是最行之有效的。原来煤层自燃十分严重、发火次数逐年增加的矿区，自从推行无煤柱开采以后，依靠科学技术进步，应用调节风压技术、密集钻孔注浆、合理巷道布置、建立防自然发火早期监测系统预报技术，加强科学管理等综合性防灭火技术措施，在预防煤炭自燃和及时消灭自燃方面取得了显著成效。如枣庄矿务局柴里矿、兖州矿务局的南屯矿和兴隆庄矿都积累了较成熟的防火技术经验。枣庄柴里矿开采煤层厚度8~11m，自然发火倾向严重，发火14次之多，高温点96次对安全生产有很大威胁。在推行无煤柱开采时，为了预防火灾，首先了解掌握该矿煤层易自然发火及高温点分布的规律，通过调查研究和综合分析，认识到所有的自然发火点及高温点都在“两道一线七个方面”，即输送机道、回风道、停采线等七个地点。根据上述煤自燃的分布规律和原因，防治自然发火对策是：应用综合防火技术，破坏漏气氧化条件，采取的主要措施是：应用大面积调节风压技术、抑制采空区漏风、密集钻孔注浆，使易燃带变成泥浆带，进一步破坏其煤炭的氧化条件和蓄热环境；改革巷道布置、应用束管系统，对

煤炭自燃进行准确监测和预报，及早采取措施。该矿自80年代推行无煤柱开采以来，基本上掌握了自然发火规律，防止了自然发火，消除了高温点。

兖州南屯矿推行无煤柱开采后，几个采面、几个采空区连成一大片，应用综合防火技术措施后取得了显著成效，易自燃煤层几年来没有发火。

兴隆庄矿3号煤层是易自燃厚煤层，在推行无煤柱分层开采时采取的综合防火的措施是：减少漏风，消除供氧条件；在输送机巷和风巷、停采线易自燃地点，应用阻化剂防火。用阻化剂水溶液来达到阻止煤体氧化自燃的目的。其做法是，在上分层打两排钻孔，用水泵将溶液压到煤带内浸湿煤层，对底板浮煤洒一次溶液，以预防浮煤自燃。同时利用阻化泥浆防火，即在黄泥浆中掺加5%阻化剂溶液，每循环向采空区底板浮煤进行一次洒浆，用泥浆包裹浮煤，防止煤炭氧化自燃。停采线是漏风很大的部位，应用挂帘堵漏风，同时在停采线上下两端，实行均压通风等综合措施，使该矿几年来基本上防止了煤的自燃。

对易自燃特厚煤层，推行无煤柱开采后，应用黄泥、粉煤灰、废页岩、炉渣等灌浆被认为是防灭火有效方法之一。它之所以被广泛应用，因为这些材料来源丰富、价格便宜、降低采煤成本，同时泥浆具有很强的扩散能力、很好地隔绝性能、良好的吸热作用。如窑街、平顶山、辽源、鹤岗、芙蓉、萍乡等矿区在多年实践中，应用灌浆方法进行防灭火均取得良好效果。窑街矿区煤层厚度22m，最厚98m，易自然发火，发火期为28d。该矿推行无煤柱开采，采用密闭注浆、打钻注浆、埋管注浆等方法，泥浆测定分布率达80%以上，八十年代以来，分层开采达12个分层，基本上防止了自然发火。

总之，在易燃厚煤层推行无煤柱开采，应用综合防灭火技术，阻化剂、黄泥注浆等技术措施是有效的，技术上是成熟的。

在高沼气和煤与瓦斯突出矿井，推行无煤柱开采也是重大技术问题之一。几年来的现场实践和科研成果表明：搞清矿井煤层

瓦斯地质特征，掌握了解瓦斯流动和分布的规律，针对开采煤层的赋存情况采取有效技术措施，高沼气煤层无煤柱开采已基本成功，并取得较好经济效益。

众所周知，采煤工作面回风巷道风流中的沼气主要是由采煤工作面煤壁泄出的沼气与采空区涌出的沼气组成。因此，应针对沼气涌出来源和浓度分布规律的不同，来研究推行无煤柱开采治理沼气的措施。很多高沼气采煤工作面测定结果表明：采空区沼气浓度分布规律是，采空区里边沼气浓度高，外边浓度低；采空区回风侧沼气浓度高，进风侧浓度低。当应用传统式留煤柱回采时，采煤工作面的边界一般是封闭的，在工作面推到一定距离时，采空区沼气涌出量会明显增加，特别是开采厚煤层的第一分层，或煤层群第一个煤层时采空区沼气涌出量可占工作面回风巷风流沼气的60~70%。当采煤工作面采用上行通风时，大面积采空区所涌出的沼气，混入工作面回风道风流中，使沼气浓度相应增高，造成上隅角瓦斯积聚，从而使回风道和上隅角瓦斯经常超限，这是开采高沼气煤层的一种普遍现象。

无煤柱开采的工作面采空区沼气流特点：绝大多数无煤柱开采工作面的区段接续是沿倾斜方向由上而下进行的，对上行通风的工作面来说，工作面的回风巷道是沿上邻采空区布置的并与老采空区连成一片，加之老采空区顶板冒落不严实，透气性较好，采空区的漏风方向和漏风大小，对采煤工作面沿空回风巷风流沼气的大小具有重要影响。也就是采空区部分风量向上部相邻老采空区流动，因而使回风道和上隅角的瓦斯含量比留煤柱开采工作面要低。如江西丰城八一矿在高沼气矿井推行无煤柱开采，其绝对瓦斯涌出量比留煤柱工作面显著降低。同时很多高沼气矿井将传统式U型通风方式改变为Y型通风方式，排出上隅角瓦斯积聚也取得显著效果。还有很多矿区采取有效的技术措施，如打钻抽放瓦斯、本层煤顺层抽放瓦斯、采空区抽放瓦斯等，对推行无煤柱开采起了重要作用。

在有煤与沼气突出的厚煤层实验无煤柱开采也取得较好效

果。如湖南白沙矿务局红卫矿，在沼气突出煤层中，由于推行无煤柱开采，煤的原始应力得到了充分释放，瓦斯大量排放，使沿空留巷或掘巷及下分层回采消除了沼气突出威胁；里王庙矿煤厚18~20m，在一分层的准备和回采期间，先后发生过煤与沼气突出13次，喷出沼气11万 m^3 ，最大突出煤量150t，而在其下的8个分层准备和回采时，由于推行无煤柱开采，煤层瓦斯能量大量释放，从未发生一次煤与沼气突出。目前在有煤与沼气突出矿井中，仍在继续试验无煤柱开采。

巷旁支护也是无煤柱开采沿空留巷的重大技术问题。当前，我国正在进行采准巷道支护改革，其方向是以金属支架取代木支架，推行无煤柱开采技术。无煤柱开采有沿空留巷和沿空掘巷两种型式，而沿空留巷是开采技术的发展方向。沿空留巷存在的问题是服务时间长、多次受采动影响，如何使巷道充分利用两次，以减少掘进量。特别是在上一个工作面后方顶板下沉期间，巷道的矿山压力显得十分剧烈，顶板大幅度下沉，煤壁大量挤出，因而研究出适应矿山压力的巷道内支架及巷旁支护技术是沿空留巷能否成功的关键。

我国应用沿空留巷已有30多年的历史，一般是采用了巷内支架及巷旁支护进行护巷。在薄煤层沿空留巷时，多应用掘进卧底矸石向巷道一侧砌矸石墙，既可不运出矸石，又可用来作巷旁支护，鸡西、淄博、本溪等矿区都广泛应用。中厚煤层沿空留巷的巷内支架应用金属支架，巷旁支护多用密集支柱、木垛和矸石墙。由于煤层采高一般在1.3~2.5m，巷道断面小于 $5\sim 7\text{m}^2$ ，故顶板下沉量不大，巷道较易维护。如在焦作、徐州、淮北、阳泉、平顶山、峰峰等矿区，应用工字钢梯形金属棚子、加简单的密集支柱、砌矸石墙等各种形式的巷旁支护措施，巷道二次利用时维修量都不大，取得了一定效果。

在厚煤层及中厚煤层推行沿空留巷，由于采用了综合机械化采煤，巷道断面大都在 $10\sim 12\text{m}^2$ ，顶板下沉量大，矿山压力十分剧烈，因而要求巷内支架及巷旁支护都要具有一定抗压强度和

可缩性，以便与顶底板移近量相适应。

近几年来，一些矿区开始在厚煤层及中厚煤层综采面大断面巷道试验沿空留巷，应用巷内支架和巷旁支护技术。如开滦、阳泉、兖州、平顶山等矿区应用梯形、拱型金属可缩支架为巷内支架，应用砌矸石墙泵送充填，加强支柱为巷旁支护，都取得了一定经验。

开滦矿务局唐家庄矿于80年代初曾在12层煤中（煤厚5~8m），采用金属网假顶分层开采，综合机械化采煤，运输和通风巷道断面为 12m^2 ，在输送机道进行了沿空留巷试验。巷内支架应用25U型钢金属拱型可缩支架，巷旁支护采用木垛及密集支柱。试验结果为：巷道金属支架有较大变形的占19.3%，破坏性变形的占9.3%，合计支架折损压坏占28.6%，其主要原因是木垛可缩性大，初撑力小，起不到保护巷内支架作用，密集支柱折损率高，后期未能承受应负担的载荷。实践表明：木垛和密集支柱在大断面巷道作巷旁支护材料，其承载能力小于巷内支架，可缩量大于巷内支架，因而折损压坏较多，巷道只好进行大修理，否则第二次不能复用。

阳泉二矿3号煤层厚1.5~1.8m，采用单一长壁采煤法，试验沿空留巷，巷道断面 7m^2 ，巷内应用梯形可缩金属支架，巷旁支护应用水泥、炉渣、锯末三合一预制混凝土块，砌成宽度1m墙，巷旁支护具有一定抗压强度和可缩性。实验结果为：巷内支架和巷旁支护的承载性能与围岩变形规律顶底板移近量相适应，对维护巷道的稳定性起了关键性作用，巷道不需修理，可第二次利用。

兖州兴隆庄矿第3层煤厚8.6m，应用倾斜分层金属网假顶分三层开采，综合机械化采煤，采高2.5~2.7m，巷道断面 $7.4\sim 8.0\text{m}^2$ 。在沿空留巷时，只采用巷内支护没有巷旁支护。巷道支架为11号工字钢梯形支架和25U及36U型钢梯形可缩支架，其连接件为双槽夹板及耳楔式两种。试验结果为：上、中、下三个分层开采的围岩变形移动和顶底板移进量不同，巷道支架折损压坏

程度也不一样。上分层顶底板总移近量 600~650mm, 巷道断面收缩率24%, 金属支架损坏率14~44%; 中分层顶底板总移近量 830~970mm, 巷道断面收缩率31~37%, 金属支架损坏率25%; 下分层顶底板移近总量为530~1020mm, 为巷道初始高度的37~39%, 超过支架设计可缩量800mm的规定。其主要原因是没有巷旁支护, 只好对沿空留巷进行大修, 巷道才得以复用。

平顶山矿务局一矿戊煤层厚度 6~7m, 应用倾斜分层综合机械化采煤, 巷道断面为 12m², 巷内支架为 25U型钢金属可缩支架, 巷旁支护为水泥、飞灰、矸石、锯末混合体的砌块, 具有一定的抗压强度和可缩性。砌墙宽度为0.7m, 高2.4m。试验结果为: 顶底板总移近量500mm, 与拱型金属支架设计可缩量接近, 但由于巷旁支护砌体宽度太窄, 仅0.7m, 靠近拱形支架三角区充填不实, 墙基部受浮煤影响, 导致一部分墙体压碎倒裂, 向巷内脱落, 有些地方墙体向巷内倾斜, 影响巷旁支护承受力。巷道第一次受采动影响后, 又经过简单维修第二次复用。

开滦矿务局唐山矿分层煤厚 2.5m, 采用高档普采及墩柱切顶, 巷道断面为 7~8m², 巷内支架为可缩金属支架, 巷旁支护是用引进的充填机进行充填, 充填材料为石碴、水泥、速凝剂。其设计要求抗压强度较高, 顶底板移近量较低, 巷道断面收缩率 14.8%。初步试验表明: 技术上是成功的, 但由于使用压风充填材料系统复杂, 充填材料成本高, 经济上造价昂贵, 每米巷道巷旁支护费用比沿空掘巷高很多。因此, 研究如何降低成本, 是目前推行沿空留巷巷旁支护的重要课题。其关键是使设备国产化和应用便宜的充填材料, 巷旁支护才有前途。

综上所述, 我国煤矿80年代推行无煤柱开采取得的主要经验和成果是:

第一 进一步肯定了无煤柱开采沿空留巷是开采技术的发展方向, 并且扩大了沿空留巷的使用范围, 这对减少巷道掘进工程量和掘进工序有着重要意义。

第二 缓倾斜薄煤层、中厚煤层沿空留巷的技术经济问题已