

巷道金属支架

侯朝炯 等编著

巷道金属支架

侯朝炯等编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

在对巷道金属支架进行理论研究、实验室试验和现场观测的基础上,本书比较系统地论述了刚性金属支架,拱形、梯形、封闭形可缩性金属支架的类型、结构、力学特性和计算方法,以及它们的适用条件。还论述了可缩性金属支架的关键部件——连接件的结构、原理、力学计算方法和近期研究成果。本书分析了我国煤矿巷道金属支架的发展前景,介绍了计算金属支架内力的数值方法,并附三种计算机程序。

本书主要供从事地下工程的科研、设计、生产单位工程技术人员和矿业院校师生阅读和参考。

责任编辑:伊 烈

巷 道 金 属 支 架

侯 朝 炯 等 编 著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街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850×1168mm¹/32 印张 8

字数209千字 印数1—3,000

1989年2月第1版 1989年2月第1次印刷

ISBN 7-5020-0031-3/ID·32

书号 2944 定价 4.30元

前 言

金属支架，包括可缩性金属支架，是煤矿巷道支护的重要手段。近几年来，随着我国回采工作面机械化、综合机械化的发展，现有巷道的维护状况越来越不能满足生产的需要，巷道（特别是采准巷道）支护迫切需要改革，在这种形势下，可缩性金属支架无论在数量上还是类型上都有了很大的发展。研究各种巷道金属支架的结构、力学性能、计算方法和适用条件，以提高巷道支护改革的自觉性，避免盲目性，就成为当前煤矿科技工作者十分紧迫的任务。

为了适应我国煤矿巷道支护改革的发展，我们在原有巷道矿压研究的基础上，加强了巷道支护的研究工作，并把两者有机地结合起来。我们研制、设计了若干新架型，并在生产中实地应用；通过理论分析、实验室试验和现场观测，探讨了金属支架的力学计算方法；编制了数值计算的计算机程序；研究了连接件的力学计算方法，并在对现有连接件进行了分析、试验的基础上，设计、制造了新型连接件；对现有型钢进行了力学计算和分析。本书就是在这些科研成果的基础上，吸收了国内外的先进技术而写成的。

本书由侯朝炯、邹喜正、周华强合著，各章的作者是：一、二、三、四、六章侯朝炯；五章侯朝炯、周华强；七章邹喜正。在此对向编写本书提供帮助的同志们深表谢意。

由于水平所限，书中缺点和错误在所难免，恳切地欢迎读者批评指正。

作 者

1986年11月

目 录

前 言

第一章 煤矿中巷道金属支架的新发展	1
第一节 我国煤矿巷道支护的现状	1
第二节 国外煤矿巷道支护的发展	5
第三节 我国煤矿巷道支护改革的紧迫性	8
第四节 巷道金属支架的近期发展成果	11
第二章 金属支架材料	14
第一节 对井下金属支架材料的要求	14
第二节 矿用工字钢	18
第三节 U型钢	21
第四节 材质及其力学性能	30
第三章 刚性金属支架	35
第一节 梯形刚性金属支架的结构	35
第二节 梯形刚性金属支架的受力分析	41
第三节 拱形、封闭形刚性金属支架的类型及力学特点	59
第四节 拱形刚性金属支架的受力分析	63
第四章 可缩性金属支架工作原理及连接件	72
第一节 可缩性金属支架工作原理	72
第二节 螺栓连接件	73
第三节 楔式连接件	100
第五章 拱形可缩性金属支架	111
第一节 支架结构及类型	111
第二节 支架受力分析	116
第三节 不同类型拱形支架的承载能力	124
第四节 支架断面参数的合理确定	132
第五节 其他支护措施	140
第六节 支架配套设备	146
第六章 梯形、环形可缩性金属支架	151

第一节	梯形可缩性金属支架	151
第二节	环形可缩性金属支架的结构及力学计算方法	164
第三节	方(长)环形支架在我国的发展	171
第四节	可缩性金属支架主要架型的适用条件	178
第七章	计算支架内力的数值法	180
第一节	两铰拱支架计算程序	180
第二节	平面刚架的有限元计算程序	196
第三节	含有铰结点的平面杆系有限元计算程序	217
参考文献		249

第一章 煤矿中巷道金属支架的新发展

第一节 我国煤矿巷道支护的现状

我国煤炭资源丰富，产量很大。由于煤质、煤层埋藏条件千差万别，以及矿井巷道的用途及其生产技术条件不同，使得我国矿井巷道支护工作十分复杂，巷道支护类别多种多样。近几年来，我国煤炭工业发展很快，产量和回采工作面机械化程度都有较大幅度地提高，从而对矿井巷道（尤其是采准巷道）提出了较高的维护要求，促进了巷道支护改革工作的发展。但是，从目前矿井巷道支护现状看，还远远不能满足生产发展的需要，必须加快改革的步伐。据粗略估计，1985年我国直供煤矿* 巷道各类支护比重如表1-1所示。

表 1-1 1985年我国直供煤矿巷道各类支护比重估计表

序 号	支 架 类 别	占全部在册巷道比重 (%)
1	木材支架	24.6
2	金属支架	16.4
3	水泥支架	6.4
4	锚杆、锚喷	25.8
5	其 他	26.8

注：“其他”包括料石和混凝土砌、无支护巷道等。

通过调查研究认识到：

1) 在围岩比较稳定，不受采动影响或受采动影响较小的巷道中，使用刚性支护效果较好。这些巷道包括大部分开拓巷道、部分准备巷道，它们大部分是岩石巷道，采用的支护形式有无支护、

* 由煤炭部直接供给物资的煤矿。

料石和混凝土碯、锚杆和锚喷、水泥支架支护等。在围岩比较松软，受采动影响的回采巷道和部分准备巷道中，使用木支架和金属支架效果较好。金属支架大部分是刚性的，一部分是可缩性的，还有一部分锚杆。

2) 锚杆和锚喷支护发展较快，过去在主要巷道中以料石和混凝土碯支护为主，目前则以锚杆和锚喷支护为主，在采准巷道中也使用了一些锚杆支护。此比重能否继续增长，主要取决于锚杆支护能否在受采动影响的巷道中进一步扩大使用的范围。

3) 在采准巷道中，木支架的比重还比较大，它们主要使用在机械化程度不太高的中小型矿井。随着矿井生产的发展和机械化程度的提高，木支架将逐渐被金属支架所代替。早在60年代初期，我国开滦、淮南等矿务局已使用了U型钢可缩性金属支架，60年代中期发展缓慢，直到70年代后期，U型钢可缩性金属支架才有了较快的发展。目前金属支架已占当年新增巷道支架总量的24%，其中可缩性金属支架的增长更为迅速，所占比重越来越大。矿用工字钢与U型钢投入量的比例达到了1.75:1.00。发展最快的是开滦矿务局，该局采准巷道基本上使用了可缩性金属支架，支护巷道38万余米，1983年的比重已占当年全部掘进巷道支架的73%。

4) 一段时期水泥支架使用很多，但由于水泥支架属于刚性支架，不可压缩，难以适应围岩的变形。其承载能力也不很高，在围岩压力大或载荷多变、不均匀的情况下容易损坏，因而使用量日渐减少，目前已降低到占当年新增巷道支架总量的2%以下。

对巷道支护最基本的要求是：支架既要能控制巷道围岩的变形，又要能适应巷道围岩的变形。根据国内外的初步研究，支架的支护强度 $p(\text{kN/m}^2)$ 与巷道表面围岩移近量 $u(\text{mm})$ 之间有着某种曲线关系。从岩石力学的计算可知，在均质岩体、二向等压的圆形巷道周围由于开掘巷道引起应力的重新分布，其 u 与 p 的基本关系可从图1-1中看出。对现场实测资料进行回归分析而得到的 u 、 p 曲线见图1-2。该图表示巷道底鼓量 u 与支护强度 p 的关

系。图1-2a为徐州矿务局权台矿3108区段回风平巷的情况，其回归公式为： $u =$

$$\frac{2832}{P^{0.38}}; \text{图1-2b为苏联顿巴}$$

斯矿区谢利多夫斯卡亚矿的南部2号运输平巷的情况，

其回归公式为： $u = 95.3 +$

$$\frac{85.2}{P}。 \text{焦作矿务局大煤上}$$

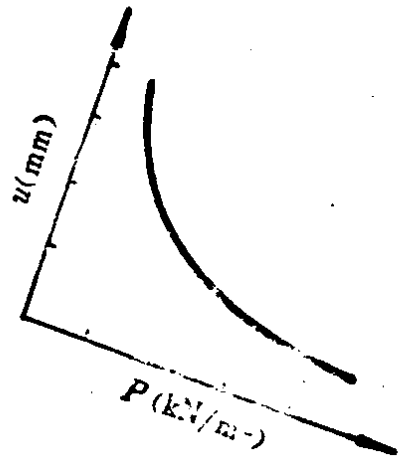


图 1-1 支护强度与巷道围岩移近量的关系

P —支护强度； u —围岩表面移近量

分层一条沿空留巷的观测数

据也很能说明问题，当 P 为 223.6 kN/m^2 时， u 为 986 mm ；当 P 增加到 1309.7 kN/m^2 时， u 减小到 301 mm 。支架有了足够的工作阻力才能减缓和控制巷道围岩的变形，防止顶板岩石的冒落，保证必要的工作空间。如果支架工作阻力过小，就会造成巷道围岩移近量的急剧加大，使巷道难以维护。当然，支架工作阻力也不需要过大，因为在现有支护条件下再大的工作阻力也阻止不了巷道围岩的变形。为了减少支架的损坏，应该使支架的可缩性能与围岩的变形情况相适应。当巷道围岩移近量小于 $100 \sim 200 \text{ mm}$ 时，可以采用刚性支架，既能维护好巷道，支架又不会受到损坏；当巷道围岩移近量大于 $100 \sim 200 \text{ mm}$ 时，应当采用具有一定可缩性的支架，以减小支架的变形损坏，减少支架的修复工作量，提高复用率，降低支护成本。在技术经济条件许可的情况下，加大支架工作阻力以减少围岩移近量，对巷道维护也是有利的。

我国巷道支护存在的主要问题是：相当一批巷道（主要是采准巷道）支架的可缩量与围岩的变形量不相适应，造成支架损坏严重，巷道维护困难，需多次翻修，维护费用很高，影响煤矿的安全和生产。我国各类巷道在其整个服务期间大致的顶底板相对移近量见表1-2。

在我国，煤层内的回采和准备巷道的围岩，比较稳定（顶底

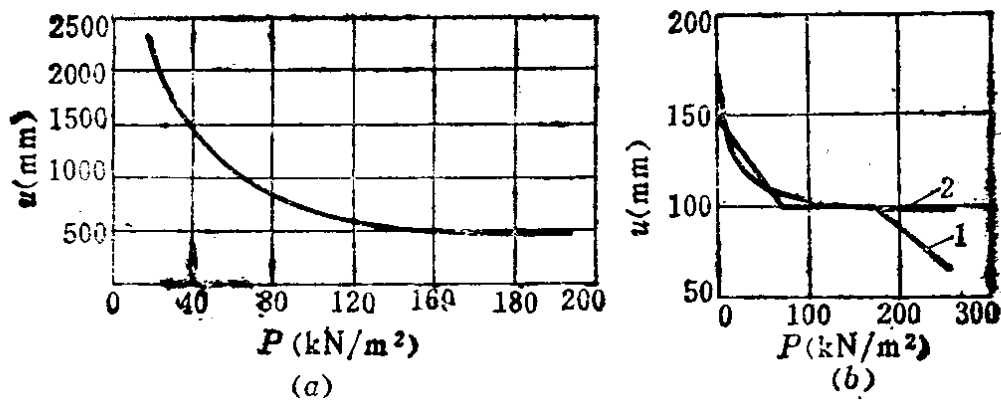


图 1-2 巷道底臃量与支护强度关系图
a—徐州矿务局权台矿；b—苏联谢利多夫斯卡亚矿
1—实测曲线；2—回归曲线

表 1-2 我国各类巷道在服务期间大致的顶底板相对移近量 (mm)

巷道类别		围岩性质			可缩性 支架用量
		稳 定	中等稳定	不 稳 定	
回采巷道	运 输 巷	50~100	150~200	400~600	$\frac{1}{3}$
	回 风 巷	150~200	300~600	1500~2000	$\frac{5}{6}$
区段岩石集中巷		30~100	100~300	400~1000	$\frac{1}{3}$
煤层上(下)山		300~500	600~1000	2000~4000	全部
岩石上(下)山		100~200	200~600	1000~2000	$\frac{2}{3}$
岩石大巷		50~100	200~400	800~2000	$\frac{1}{3}$

注：我国60%左右的巷道应使用可缩性支架。

板为整体性较好的砂质页岩和砂岩,煤质中硬以上)者约占 $\frac{1}{6}$,
中等稳定(顶底板为砂质页岩,节理、层理不太发育的页岩)者
约占 $\frac{1}{2}$,比较松软(顶底板为页岩,具有膨胀性的岩石,节理、

层理十分发育的岩石)者约占 $\frac{1}{3}$ 。回采巷道60%以上、煤层上

(下)山大部、岩石上(下)山约50%、岩石大巷约20%的巷道围岩变形量超过支架允许可缩量。总之,我国统配煤矿的巷道中,至少有60%支架的可缩量与围岩变形量不相适应,致使巷道服务期间支架大量损坏,维护十分困难。例如,开滦矿务局1980年开拓巷道的维修率为2.6%,准备巷道的维修率为53.5%,回采巷道的维修率达106.7%。这几年由于在采准巷道中普遍使用了可缩性金属支架,巷道翻修率大为减少,巷道维护状况有了根本的改善。由于采准巷道支架的可缩性问题没能很好解决,致使淮北矿务局杨庄矿1979年采准巷道生产每万吨的维修量达到380m,芙蓉矿务局1980年的巷道维修工程量超过当年巷道掘进工程量。由于可缩性金属支架在我国煤矿中应用日益广泛,巷道维护状况才有了很大的改观。

采准巷道支护改革的方向就是要使支架的型式、结构和力学特性与巷道围岩的变形情况相适应,改善巷道的维护状况,采用预留断面,逐步做到采准巷道“一次性支护”,在其服务期间不用维修。在顶底板移近量小于100~200mm的条件下,可以使用刚性支架或普通锚杆,超过这个数值,就应当考虑使用可缩性金属支架和可拉伸锚杆。

第二节 国外煤矿巷道支护的发展

无论国内还是国外,过去由于生产技术比较落后,钢铁不多,木材易于取得,所以矿井中一般均采用木支架。随着生产技术的发展,金属支架、砌碹、混凝土、钢筋混凝土支架、锚杆、喷浆等技术的使用,使木支架的比重逐渐减小。1932年,联邦德国在井下开始使用U型钢可缩性支架,本世纪40年代,美国和苏联的锚杆支架有了较大的发展,这两次改革都是井下支护技术上的重大突破。世界主要产煤国家巷道支护的发展进程有三种类型:一是联邦德国、英国、日本、波兰等国以金属支架为主,其中大部分是

可缩性金属支架；二是以苏联为代表的多种支护方式并存，采区内则以可缩性金属支架为主；三是美国，由于其得天独厚的自然条件，其矿井巷道以锚杆支护为主。联邦德国在1932年以后，U型钢可缩性支架逐渐发展，1965~1967年煤炭主要产地鲁尔矿区可缩性拱形支架仅占27%，1972~1977年已达90%（表1-3），并已系列化。早在1953年，英国煤矿水平巷道总长度22400km，由于缺乏木材，金属支架比重已占72%（其中拱形支架占金属支架的71%），木支架占22%，无支护巷道占6%。无论联邦德国还是英国，目前煤矿井下巷道基本上使用金属支架，在围岩坚硬、顶底板岩层厚度很大时也用锚杆支护；若岩层厚度不大，也有用锚杆加金属支架联合支护的。波兰全国有66个煤矿，使用金属支架支护的巷道占95%以上，其余部分的巷道采用混凝土支架、砖拱支架等支护。苏联1978年各类支架比重见表1-4，其中拱形金属支架占57.2%，主要用于采区内的巷道，但其发展十分迅速，1980年已占到全部井下巷道的62%。近几年来，苏联金属支架的总制造量每年增长10%左右。

表 1-3 联邦德国鲁尔矿区各类支架比重表

巷 道 支 架	1965年~1967年	1972年~1977年
梯形刚性支架	12%	3%
拱形刚性支架	13%	5%
拱形可缩性支架	27%	90%
拱形节式支架	48%	2%

表 1-4 苏联1978年各类支架比重表

巷 道 支 架	比 重 (%)
木材梯形支架	20.3
金属拱形支架	57.2
混凝土砌	5.2
锚杆支架	4.7
金属排、钢筋混凝土	12.6

国外巷道支护的发展有以下特点：

1) 由木支架向金属支架发展，由刚性支架向可缩性支架发展，可缩性金属支架所占比重愈来愈大，联邦德国、英、波等国已达90%以上。

2) 重视巷旁充填和壁后充填，完善拉杆、背板，提高支护质量。充填材料的发展很快，过去用矸石带、木垛，现在又发展了矸石砖、粉煤灰、快凝水泥、天然硬石膏等。英国使用的Aquapak及Takpak具有独特的优点，称为高水材料。材料和水的体积比前者为15:85，后者则为9:91。

3) 由刚性梯形支架向拱形可缩性支架发展，而且还研制与应用了圆形、椭圆形、梯形及非对称形等可缩性支架。近几年来，苏联还在大力研究与发展各种类型的梯形可缩性金属支架。

4) 锚杆已成为采准巷道支护（或加强支护）的形式之一。由于锚杆支设简单，经济效益高，在技术上也较优越，故近年来得到重视。目前发展的缝楔锚杆、树脂锚杆等新型锚杆在国外采准巷道内使用比较广泛。联邦德国、奥地利、苏联等国正在大力研究可伸长锚杆（包括滑动锚杆），以扩大锚杆在采准巷道中的使用范围。联邦德国埃森采矿研究中心O·雅各毕等认为：巷道顶底板最终移近率 $K < 15\%$ 时（ K 为巷道从开掘至报废期间顶底板移近量占巷道原始高度的百分数），若顶底板非常坚固，顶底板岩层厚度很大时，可用锚杆；若围岩坚固但呈薄层或由页岩组成时，除用锚杆外还要加支撑式支架，尤其是中间排柱。对可伸长锚杆进行了大量研究以后，联邦德国一些研究者认为：一般刚性锚杆适用于 $K = 5.5\%$ 的条件；两端锚固、中间不锚固的锚杆适用于 $K = 15\%$ 的条件；可伸长锚杆则可用于 $K = 25\%$ 的条件。可伸长锚杆的类型有三种：一种是剪切凸块式，其作用原理是通过锚杆前端的四个剪切凸块，将特殊水泥或树脂砂浆剪断而使锚杆滑动，它能保持恒定工作阻力15 t；第二种是楔块滑动式，其作用原理是通过楔块与锚杆钢管间的滑动而达到伸长，恒定工作阻力可达10 t；第三种是合金钢锚杆，它是由一种特殊合金钢

制成, 这种材料的延伸率可达40%, 工作阻力可达20 t。另外还有使用弹簧等结构的。可伸长锚杆已通过了实验室试验, 正在矿井中进行工业性试验。

5) 型钢的断面形状趋于合理化, 并形成系列。国外U型钢断面形状几经改进, 联邦德国、苏联均由异形钢发展到同形钢; 定位方式由腰定位发展到耳定位, 目前联邦德国的TH型钢发展到耳下有凹槽的耳定位, 断面形状已比较完善。

目前联邦德国U型钢系列主要有13、16、21、25、29、36、44kg/m; 苏联U型钢系列有14、17、19、22、27、33kg/m; 波兰U型钢系列有21、25、29、36、44kg/m; 法国U型钢系列有13、21、29、36、44kg/m。联邦德国还生产、使用一种钟型钢, 其系列有26、28、30、32、34、36、42kg/m。

6) 巷道与工作面连接处由于机械设备多、工序集中、又是人员的主要通道, 所以支护条件较差, 改善该处的支护技术是关系到生产与安全的重大课题。近年来联邦德国已作为专门课题进行研究, 他们研制了托架、各种特殊支架; 苏联研制了端头巷道移动式密集支架等, 以解决该部位的支护困难问题。为提高巷道掘进速度和改善安全条件, 联邦德国研制了自移式巷道支架。

7) 由于采深的增加, 底鼓已成为采准巷道维护的主要困难, 所以国外把底鼓的防治作为支护技术的重点项目进行研究, 在使用环形支架和底板锚杆方面取得了一定效果。此外, 也有应用卸载技术和起底技术改善底鼓状况的, 但是至今仍没有从根本上解决这个问题。

第三节 我国煤矿巷道支护改革的紧迫性

我国煤矿巷道支护正处于改革和发展的新时期, 若不迅速进行改革, 必将阻碍煤炭生产的发展。当前巷道支护改革的紧迫性在于:

1) 坑木消耗必须进一步降低。我国煤炭产量大, 坑木消耗量大, 而树木的成长十分缓慢, 越来越难以满足煤矿生产的需

要。在生产技术落后的时代是难以摆脱木材支护的，但随着生产技术的发展，就有条件把坑木消耗降低。国家要求煤炭工业以1980年为基点，到2000年煤炭产量要翻一番，而坑木消耗不增加，要达到这个目标，到2000年时非木支护巷道应当占到当年掘进巷道的90%，占全部在籍巷道的95%才行。对照表1-1中的支护现状，任务是十分艰巨的。

2) 采准巷道必须采用不同架型和具有一定可缩量的金属支架。一般来说采准巷道围岩变形量较大，维护比较困难，在相当数量的采准巷道中，刚性支架是不能胜任的，必须采用不同架型和具有一定可缩量的金属支架。这是由于：

(1) 巷道受采动影响较大，有的甚至要受到多次采动影响，而作用在支架上的载荷以及载荷的分布又十分复杂，有均布载荷、集中载荷、非对称载荷等等，而且在巷道维护的各个不同时期，载荷大小和分布也是变化的；

(2) 不少巷道围岩松软，在受到采动影响或采深加大以后，巷道底鼓和两帮移近严重；

(3) 无煤柱开采在我国有了较大的发展。

由于无煤柱巷道在采空区一侧维护，当巷道位于工作面前后方时又受到采动的强烈影响，因而巷道支护要有特殊措施。

3) 近年来巷道断面不断加大。由于巷道断面不断加大，巷道矿压显现日益剧烈，随着综采的发展，机电设备增多，开采深度增加，工作面产量加大以及考虑预留断面等，使采准巷道断面不断加大。过去4~5m²的小断面早已不能满足生产的需要，相继出现了6~7m²、10m²以上的断面，有的达到了14~16m²，甚至更大。断面加大以后，现有支护形式、结构和承载能力都不相适应。

4) 改革开拓、采区巷道布置系统，改革采煤工艺，减少岩巷、煤巷的掘进率也必须进行支护改革。早在50年代，我国煤矿中布置了大量的煤层巷道，例如将厚煤层的区段集中巷、采区上(下)山，甚至运输大巷布置在煤层里。当时由于支护和安全方

面的技术措施没有很好解决,造成了巷道维护困难,煤层自然发火等。经过总结经验教训,布置了相当数量的岩石巷道,形成了现有的矿井开拓、采区巷道布置系统。这虽然解决了生产中存在的问题,基本保证了安全生产,但也带来了一些副作用。例如掘进率高,特别是岩巷掘进率高,采掘关系紧张,矿井、采区准备时间长,开采程序混乱,影响了现代化矿井的建设。由于支护技术的发展,当前已有可能改革开拓、采区巷道布置系统,减少巷道掘进率,简化生产系统,多布置煤巷,少布置甚至取消岩石巷道。

5) 降低巷道掘进、维护成本,也必须选用适合巷道围岩条件的支护形式。不少巷道由于支护形式与围岩变形量不相适应,使得支架变形损坏严重,复用率低,甚至巷道多次翻修,维护费用很高。根据很多矿区的经验,可缩性金属支架如果复用3~4次,经济上便优于木材支架。开滦矿务局可缩性金属支架可复用5次,一架可缩性金属支架可代替9架木支架,技术经济效益十分显著。徐州矿务局权台矿使用方环形支架后,不但巷道维护状况有了很大改善,而且每米巷道节约维护费156元。

尽管我国现用可缩性金属支架的材料、连接件、架型、结构以及附件等还存在一些问题,但几乎所有使用的矿区都认为:金属可缩性支架要比刚性支架优越得多,尤其是围岩松软、断面较大的巷道优越性更为显著。例如淮北芦岭矿主要开采围岩松软的厚煤层,过去用木支架支护时,回风巷的最终断面经常只有 1m^2 左右,必须进行大量的卧底工作,每米巷道平均消耗木材 1.05m^3 。该矿1976年万t坑木耗为 131m^3 ,自使用金属可缩性支架后,回风巷的最终断面能保持 $2.7\sim 3\text{m}^2$ 以上。1980年万t坑木耗下降到 44m^3 。阳泉矿务局在综采回采巷道中使用了5种型式的可缩性金属支架,取得了良好效果,改变了过去多次翻修巷道的状况,节省了大量坑木。淮南矿务局软岩巷道变形严重,难以维护,在使用封闭形可缩性金属支架以及采取其他技术措施以后,控制住了围岩的变形,保证了生产的正常进行。

第四节 巷道金属支架的近期发展成果

“六五”期间，各矿务局、若干科研所和高等院校在巷道支护改革方面做了大量的工作，探索了我国巷道支护改革的新途径，主要的成果有以下几个方面：

1. 支护钢材形成系列

我国金属支架材料主要有矿用工字钢和U型钢，并已初步形成系列，基本上能够满足煤矿生产的需要。矿用工字钢已定型的有9号、11号、12号三种；U型钢已定型的有18、25、29、36kg/m四种。

2. 连接件的研制有新的发展

60年代使用的连接件主要是螺杆夹板式连接件，力学性能很不理想。当前发展了力学性能较好的，使用可靠、方便的双槽夹板式、耳楔式等连接件，深受现场欢迎。

3. 发展了多种架型

近几年来，在研究、设计新型可缩性金属支架方面取得了很大成绩，经实验室试验和现场使用，取得成效的支架有拱形、多铰曲腿形、梯形、圆形、方环形、长环形、拱梯形、斜梯形等等，见图1-3。锚杆支护在采准巷道中的使用日益增多，徐州、新汶、鸡西等局都有这方面的成熟经验。总之，架型单一化的局面已经打破，大量新架型的出现为完成我国金属支架系列化的工作打下了基础。

4. 制定了我国第一部巷道金属支架系列

煤炭工业部组织中国矿业学院和煤炭科学研究院北京开采所的有关人员，在广泛听取了现场、科研、设计、高等院校等单位的意见后，通过两年多的努力，制定出了我国第一部巷道金属支架系列，并提出了确定巷道断面和选择支架的方法。它将为我国巷道支护改革提供理论依据，对我国巷道支架的合理设计，制造和使用具有指导意义。

5. 重视支架使用效果的研究