

[苏] M. H. 格列斯库尔
B. H. 卡列特尼科夫
佟恩瑞 译
王德林 校



开拓巷道 和准备巷道 支护手册

煤炭工业出版社

开拓巷道和准备巷道 支护手册

〔苏〕 M. H. 格列斯库尔 B. H. 卡列特尼科夫

佟恩瑞 译 王德林 校



煤炭工业出版社

480620

内 容 简 介

本书详细介绍了矿井巷道的支护方法, 支架分类, 以及对支架选型的要求和原始资料; 叙述了支护材料知识, 国内外支架结构的技术特征、使用条件和应用范围, 以及架设支架的工艺和机械化设备; 阐述了水平巷道、倾斜巷道和垂直巷道支架的计算方法; 分析了支架维护问题, 以及巷道支撑和维护的技术经济指标。

本书可供采矿业、矿井建设和设计单位的工程技术人员参考。

责任编辑: 邓 莉 香

М.Н.Гелескул В.Н.Каретников
**СПРАВОЧНИК ПО КРЕПЛЕНИЮ КАПИТАЛЬНЫХ
И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Издательство «Недра»

Москва 1982

开拓巷道和准备巷道支护手册

[苏] М.Н.格列斯库尔 В.Н.卡列特尼科夫

佟恩增 译 王德林 校

煤炭工业出版社 出版

〈北京安宅门内科甲里胡同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 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $16^{2/3}$

字数438千字 印数1—4,520

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

书号15035·2861 定价3.65元

译 者 的 话

在煤矿生产中,巷道支护是十分重要的生产过程之一,没有这一过程矿井就谈不上生产。而可靠的巷道支护和良好的巷道状况是确保井下工作安全、提高矿工劳动生产率和矿井正常生产的必要条件。在巷道服务期间内,维护巷道处于良好状况,是一项困难的技术工作,为了成功地解决这项任务,必须系统地改进支护设备和方法。

苏联是主要的产煤国家之一,1985年产煤7.3亿t,占世界第三位。苏联现有矿井的特点是开采深度大,1984年最深的开采矿井为1315m,地质构造复杂,井下温度高,矿山压力大,有煤与瓦斯突出危险的煤层显著增加。这给矿井支护工作带来很大困难。

由于苏联矿井的矿山压力大,新建井平均50%的巷道投产前要重新支护。从事这项工作的人数占井下工人总数的14% (如乌克兰煤炭部所属的矿井)。

随着矿井开采深度的增加,近15年来只好采用强力支架。支架的平均设计载荷从0.08MPa增到0.19MPa。采用整体浇灌钢筋混凝土支护1m巷道的用钢量,从0.06t增加到1.3t。

由于开采强度的加大,矿车容量及井下所需风量相应增大,致使巷道断面由8.3m²增加到11m²,预计将来会增加到16m²。拱形金属支架巷道净断面由7.1m²增加到12.7m²;用钢量已由0.24t增加到0.44t。

本书在总结苏联矿井巷道支护的基础上,较系统地介绍了开拓和准备巷道所使用的支架结构及其技术特征、使用条件和应用范围;各类支架的原始参数和计算方法;支架的支设工艺和机械化设备,以及生产技术经济指标。由于苏联煤矿地质条件与我国相近,故书中所介绍的经验及研究成果对我国的生、产、科、研、设计、教学单位都有参考价值。

本书在翻译过程中，佟晓舟同志协助翻译了附录1~3部分，也得到煤炭科学研究院开采所有关同志的大力帮助，最后王德林同志对全书作了审校，在此一并致谢。因译者水平所限，书中不足之处在所难免，请读者批评指正。

1986年2月

目 录

第一章 概论	1
第一节 矿山巷道及其支护方法	1
第二节 名词术语	4
第三节 对矿山巷道支架的总要求	6
第四节 支架选型的初始条件和前提	7
第五节 巷道支架分类	10
第六节 关于煤矿维护巷道和巷道中支架工作条件的基本概念	12
第二章 支护材料	19
第一节 木材	19
第二节 金属	24
第三节 胶结材料和泥浆	31
第四节 混凝土和钢筋混凝土	34
第五节 石材	39
第六节 聚合材料	40
第三章 准备巷道支架	42
第一节 木支架	42
第二节 金属支架	48
第三节 装配式钢筋混凝土支架	102
第四节 锚杆支架	108
第五节 混合框式支架	132
第六节 架间防护	147
第七节 临时安全支架	151
第四章 水平和倾斜开拓巷道支架	157
第一节 框式支架	157
第二节 整体浇灌连续式混凝土与钢筋混凝土支架	157
第三节 装配式连续混凝土与钢筋混凝土支架	167
第四节 开拓和准备巷道连接处与交叉点支架	177

第五节	硐室和井底车场巷道支架	185
第五章	垂直巷道支架	194
第一节	木支架	194
第二节	金属支架	195
第三节	混凝土支架	201
第四节	钢筋混凝土支架	202
第五节	混合式支架	208
第六节	竖井井筒和井底车场连接处支架	212
第七节	竖井井口支架	215
第八节	竖井井筒临时支架	217
第九节	竖井井筒的安装	218
第六章	巷道支架的计算	224
第一节	岩石的物理力学和流变性质	224
第二节	岩石和巷道裸露面的稳定性	237
第三节	岩石与巷道支架间相互作用的基本力学模型	239
第四节	开拓巷道和准备巷道支架载荷的确定	240
第五节	巷道支架结构的最优化方法	257
第六节	木支架的计算	262
第七节	水平巷道金属支架的计算	279
第八节	各种不同形状的装配式钢筋混凝土框式支架的计算	306
第九节	装配式钢筋混凝土连续式支架的计算	314
第十节	整体浇筑的混凝土支架的计算	316
第十一节	整体浇筑的钢筋混凝土支架的计算	319
第十二节	混凝土砌块和混凝土砖支架的计算	320
第十三节	锚杆支架的计算	323
第十四节	喷射混凝土支架的计算	332
第十五节	混合式框形支架的计算	333
第十六节	巷道连接处支架的计算	334
第十七节	支架架间防护材料的计算	335
第十八节	临时安全支架的计算	337
第十九节	倾斜巷道支架的计算	342
第二十节	垂直巷道支架的计算	343

第七章 开拓巷道和准备巷道支架的构筑和使用	362
第一节 巷道中框式支架的架设工艺和机械化.....	362
第二节 安装锚杆支架的工艺和机械化.....	388
第三节 在水平和倾斜巷道中构筑连续式(整体浇灌和装配式)混凝土及钢筋混凝土支架的工艺和机械化.....	406
第四节 巷道连接处和交叉点的支护工艺和机械化.....	431
第五节 垂直巷道的支护工艺和机械化.....	436
第六节 竖井井口支护与井筒安装.....	445
第七节 开拓和准备巷道支架的维修.....	448
第八节 煤矿巷道支护和维护的主要技术经济指标.....	457
附录1 用电子计算机计算支架的方法及计算程序	471
初始原则.....	471
用电子计算机计算支架的方法.....	472
EC型电子计算机程序须知.....	474
附录2 根据第二组极限状态(按照抗裂性和位移)进行钢筋混凝土支架构件的计算	484
钢筋混凝土支架构件的抗裂性.....	484
钢筋混凝土支架构件位移的计算.....	490
附录3 整体浇灌混凝土支架的计算方法	494
采用国家地铁运输设计院的方法进行整体浇灌混凝土支架的计算.....	494
采用初始参数矩阵法(按全苏矿山测量科学研究所的方法)进行整体浇灌混凝土支架的计算.....	499
采用图解分析法进行整体浇灌混凝土支架的计算.....	503
附录4 金属支架构件强度的计算	510
参考文献	520
科目索引(略)	521

第一章 概 论

第一节 矿山巷道及其支护方法

井下开采有用矿物矿床时的矿山巷道分为三大类。

开拓（主要）巷道包括井筒、石门及其它。

准备巷道系指井田准备回采而掘出的巷道，包括平巷、下山、上山和采区石门等。

回采巷道系指为了直接进行回采而沿有用矿物掘出的巷道。

按照《煤矿和油母页岩矿安全规程》（安全规程）的有关规定，开拓巷道和准备巷道净横断面面积和高度不应低于表 1.1 中的数值。

表 1.1

巷 道	巷 道 最 小 净 尺 寸		
	自钢轨面 的高度 (m)	横 断 面 积 (m ²)	
		木支架	料石和混 凝土支架
运输巷道和主要回风巷道	1.9	4.5	4
采区回风平巷、中间平巷和运输机 平巷、人行道、采区上山、下山、煤门	1.8	3.7	
回风顺槽、小眼、充填带侧巷及其他		1.5	

水平和倾斜巷道净横断面应保证安全规程〔2〕所规定的必须最小间隙(mm)。对于各种类型支架留的间隙列于表1.2。

通常井下巷道横断面的形状和尺寸，应根据计算(考虑下列具体条件下)并按照批准的标准断面进行选择：巷道中设置的设备；通过的风量；围岩的物理-力学性质和巷道使用条件；支架的类型和结构；安全规程对巷道断面最小尺寸和间隙的要求；保证生产安全。

在使用可缩性结构的支架时，由于围岩移动确定出的巷道横

表 1.2

间 隙	直线段 (mm)		曲线段 (mm)	
	木、金属、 钢筋混凝土 (框形结构)	料石、混凝土、 钢筋混凝土 (连续式支架)	木、金属、 钢筋混凝土	料石、混凝土、 钢筋混凝土
支架和车辆最突出轮廓边缘之间的巷道一侧间隙	250	200	350/550	300/500
巷道另一侧在高1.8m处的间隙(为了行人)	700	700	800/1000	800/1000
对开电机车(矿车)最突出轮廓边缘之间的间隙	200	200	570	570
在矿车摘钩、调车、装煤和煤炭转载等处, 支架和车辆最突出轮廓边缘之间的间隙(两侧)	700	700		
在人员上下车地点, 沿人车全长, 支架和人车最突出部分之间的间隙	1000	1000		
按运输机高度, 支架和运输机上部突出部分之间的巷道一侧间隙	400	400		
按运输机高度, 支架和运输机上部突出部分之间的巷道另一侧的间隙(为了行人)	700	700		
在装有运输机和轨道的倾斜巷道中, 支架和运输机突出部分之间的间隙	700	700		
运输机上部突出部分和棚梁(遮护梁)之间的间隙	500	500		
运输机机头与机尾上部突出部分和棚梁(遮护梁)之间的间隙	600	600		
运输机和运行车辆之间的间隙	400	400		

注: 分子——曲线外侧的间隙, 分母——曲线内侧的间隙。

断面尺寸需包括断面尺寸缩小的富余量。在沉缩(岩层移动)后, 巷道必须具有进行正常工作所要求的断面尺寸。

当井下开采有用矿物矿床时，在生产过程中矿山巷道必须处于完好的工作状态，即要使巷道在其全部长度中保持一定范围的形状和尺寸，形状和尺寸的变化范围应能保证顺利完成相应生产过程的人员安全和正常工作条件。为保持巷道处于完好的工作状态，以及为此所进行的工作（监视巷道状态、更换变形的支架构件、清除离层冒落的岩石及扩大巷道的断面和修理轨道等各项工作）称为巷道维护。

维护巷道处于完好的工作状态，是通过下列技术和组织的综合措施而达到的：

对于一定的矿山地质条件，使巷道具有最合理的断面形状，以便形成易于维护巷道和利于支架工作等条件（曲线形状的巷道断面是提高巷道围岩稳定性最有利的形状；圆形断面可用于巷道周边都有矿山压力的条件，拱形断面可用于巷道顶板的压力很大，而两帮围岩稳定的条件，马蹄形可用于巷道顶板和两帮的矿山压力都非常大的条件）；合理地布置巷道，使巷道布置在支承压力带以外，掘进在比较稳定的围岩中；

采用合理保护巷道的方式和手段，以免受采空区和回采的影响（护巷煤柱、顶板防护层、人工构筑物等）；

支设相应形式和具有相应承载能力的支架；

系统地对巷道状态进行技术监测，并把巷道的断面变化、支架变形、运输线路和其他设备的变化记录到日志中，以便及时查明故障和采取消除故障的措施；

根据支架说明书和矿井技术操作规程（ПТЭ）的要求掘进巷道〔1〕，并及时修理已变形的巷道。

为了保证巷道的稳定性及其工作状态，根据矿山地质条件、生产要求和经济观点，可以不必采用上述全部措施，而只采用其中的部分措施。例如，将巷道布置在坚硬的整体岩石中，并采用拱形或圆形断面巷道时，即使不用支架支护，则常常能够使巷道处于工作状态。在相应的地质条件下，可通过加固巷道围岩的方法来提高岩石的稳定性，在不采用支架时也同样可以达到维护巷

道的目的。

目前，在巷道中支设支架，并且在使用期间对支架进行及时修理，仍然是使巷道处于工作状态的基本方法。

第二节 名 词 术 语

矿山支架(煤矿的、金属矿的)——在巷道中安设的人工构筑物，用以防止围岩冒落、保持必要的巷道断面和控制矿山压力。

矿山支架按其周边形状可分为梯形、矩形、拱形(自然拱)、环形(圆形)、多边形(多角形、架形)、椭圆形。

永久支架——为巷道整个服务年限而支设的支架。

临时支架——在支设永久支架前巷道中安设的支架。通常把临时支架称为安全支架。

框式支架——是由个别单独承载结构组成的支架，即由不同形状的框架(梯形、拱形及其他)组成的支架。这种框式支架在巷道中可每隔一定距离(分开的)或密集排列地设置。这些框式支架同样可根据巷道周边形状相应地称为拱形、梯形、圆形支架等。

连续式支架——整体的或者由单独构件装配的混凝土和钢筋混凝土支架。这类支架可完全遮护住巷道的顶板和两帮(非封闭式结构)，在许多情况下，连巷道底板也可遮护住(封闭式结构)。整体封闭式结构的支架与非封闭式支架的差别是沿巷道整个周边都能承受岩层压力。

混合式支架——由各种不同支护材料构成的支架，其中哪一种材料也不占特别大的比例(例如由木柱或钢筋混凝土支柱和金属顶梁组成的支架，由混凝土壁和金属顶梁组成的连续支架等)。

联合式支架与混合式支架的区别是，由两种和两种以上不同结构的支架面组成的(例如框式木支架或金属支架与锚杆支架相配合；喷射混凝土支护与锚杆支架相配合及其他等)。

刚性支架——没有可缩量或铰接连接件的支架。在使用期间，支架变形不应超出弹性范围。

可缩性支架——支架具有可缩性部件，当围岩移动引起支架尺寸发生很大变化时仍能保持承载能力的支架。

铰接支架——支架的部件能围绕铰接轴彼此相对移动，而又不影响支架工作性能和承载能力的支架。

砌块支架——封闭式(圆形)或非封闭式(拱形)曲线形装配式的连续支架。这种支架是由一些单独的和尺寸较大的楔形砌块(重45kg以上)装配而成的。

对与砌块相类似的支架，即由重量不超过45kg的小尺寸混凝土块组成的支架，又可称为混凝土块砌块支架。

可拆移支架——可拆卸、移动和多次使用的准备巷道框式支架，这种支架的使用期限不长。

锚杆支架——是由在钻孔(眼)中锚固的锚杆和一些支撑构件(支撑板、顶梁、背板)组成的支架。锚杆需按一定的方式布置成网系。

下沉(沉入)支架——在软岩层中掘进垂直巷道时，靠自重下沉的支架。

护顶支架——由带遮护板的强力横梁所构成的支架。在用充填法开采急倾斜煤层时，用这种支架可以支撑位于平巷上方的充填材料。

巷道支护——在巷道中支设支架工作的总称。

巷道掘进和支护说明书——根据围岩特征确定掘进方式、支架结构及其支设方法、工作量和支护材料需要量的设计文件。

巷道维护——在使用期间维持巷道工作的总称。

岩石加固——使岩石的屈服极限随着岩石变形的增加而增大，或是用锚固、喷浆、往岩层中注水泥砂浆、化学(聚合树脂)和其他粘结溶液的方法，以及用冻结方法提高巷道周围岩体稳定性的措施。

壁后注浆——为了改善巷道的防水性能，保证支架和围岩的结合力，使支架上的压力分布比较均匀，以改进巷道维护条件，可用堵水溶液(水泥、化学和其他粘结材料)充填岩石和支架之

间的空间。

壁后充填——用碎石或砂子充填巷道两侧岩帮和支架之间空间的过程。

支架安装机——为提供巷道中支设支架工作机械化所使用的机器（装置）。对能够提升和安设装配式支架构件（丘宾筒、板材及其他）的机器，才可称为支架安装机。如果机器（装置）只能用于提升支架构件（顶梁、支架的某一部分及其他）或支撑框架，则通常称为支架起重机。

支架密度——巷道在单位长度上的支撑框架数目或巷道顶板在单位面积上的支柱、锚杆和支架节数。

支架的支撑能力——支架对岩石压力的阻力。

要区别开支架的各种承载能力：极限支撑能力是在最大载荷下的支架承载能力，若超过这一载荷，就会引起支架破坏；支架工作阻力是在支架使用期间作用于支架上的实际允许载荷；支架初撑力（支设阻力）是支架的初始阻力（支撑能力），该阻力是安装支架时，借助于楔形构件、机械装置或液压装置而产生的（支架支撑力）；支架的比阻是巷道在单位长度（1m）上的或一架支架在所支护的单位面积（ 1m^2 ）上（巷道顶板、围岩、底板）的支架阻力值。

支架支撑能力利用系数是作用在一架支架上的实际载荷与支架极限支撑能力之比。

第三节 对矿山巷道支架的总要求

巷道支架必须满足下列主要的技术和经济要求：

1. 能承受住岩层压力，而不破坏（即支架具有足够的强度）和能确保巷道处于工作状态（根据安全规程的规定，在巷道整个服务期间内，要保持巷道能够正常使用条件所需要的横断面尺寸）；

2. 在巷道掘进和使用过程中，不引起技术工艺复杂化和妨碍各生产工艺的完成（不出现复杂的巷道周边形状、不阻塞巷道

工作空间、能防止流砂涌出及其他等)；

3. 制造(工艺)简单而且劳动强度低，在支设巷道支架时，运输方便并且劳动量低，使用期间可以修理(修复)，巷道通风阻力小(具有最低的风流阻力系数)；

4. 支架工作可靠，即具有稳定的工作特性；

5. 防火、耐腐蚀和防腐朽；

6. 在修理巷道时，适于和便于拆成可运输的单个部件，并要预先考虑到能从报废的巷道中最大限度地全部回收出来及能继续复用；

7. 在巷道中便于挂电缆、风筒和压风管道及其他等；

8. 支架单位支撑能力的支护材料消耗量最低；

9. 制造支架和在巷道中安装支架的初期费用(劳动费和材料费)之和，以及在巷道服务期间支架的管理和维护(修理)费用应最低。

上述要求对于主巷和准备巷道所有类型和结构的支架都普遍适用。这些要求也应是评价支架设计和使用的质量，以及对于具体矿山地质条件选择巷道支架结构时的主要准则。

鉴于支护机械化设备的扩大应用，对支架结构的要求是急待解决的问题。这个要求是最充分地满足支设工作机械化的一些条件和要求，即支架要有简单的结构、易于组装的连接件和在巷道中组装的构件和连接件数量最少。

从安全角度看，最重要的要求是，在支架达到极限支撑能力时，支架的变形应是渐变的。这样由于有时间可以采取防止巷道垮塌、保证人员安全、保证设备所需要的措施，而不会出现突然破坏

第四节 支架选型的初始条件和前提

在具体的矿山地质条件下，开拓巷道和准备巷道支架的选择取决于以下主要原始条件和因素：

1. 巷道的类型和用途(水平巷道、倾斜巷道、垂直巷道、

石门、运输巷道、通风巷道、开切巷道及其他等)。

2. 巷道的服务年限 这项指标是支架选型的决定性因素,而这项指标主要是由人来决定。对于服务年限长的主要巷道,通常使用永久性的和高强度的支护材料,如混凝土、钢筋混凝土、金属和由这些材料制成的相应构件(混凝土的和钢筋混凝土的整体或装配式支架;带有金属、钢筋混凝土或玻璃钢架间隔板的框式钢筋混凝土和金属支架及其他等)。

根据部颁《煤矿和油母页岩矿准备巷道中金属、装配式钢筋混凝土和锚杆支架使用规程》〔3〕,在安全规程(第322和539条)规定的地点〔2〕,新掘出的服务期限较长的巷道(运输巷道3年以上、通风巷道2年以上),必须使用永久形式的支架进行支护,即金属,装配式钢筋混凝土,混凝土及其他支架。

3. 巷道围岩的物理-力学性质 这些性质决定着岩石的稳定性、巷道矿山压力显现的大小和特点(岩石移动量和强度,以及作用于支架上的压力)。这项指标是支架选型和编制巷道支架说明书的决定性的重要基本因素,也同样是选择支架结构基本参数的重要因素。支架结构基本参数有支撑能力(支架对矿山压力的阻力)和结构的可缩量。

在稳定性方面,巷道围岩可相对分为稳定、中等稳定、以及不稳定的岩石〔3〕。从实际目的出发,建议按照A.A.斯科钦斯基矿业研究所标准分类法〔3〕和按照岩样单轴抗压极限强度对开采前有代表性的岩石稳定性作出评价,精度是足够的。

稳定性岩石($f \geq 6$ 的砂岩、石灰岩和坚硬砂页岩)在巷道中无冒落和挤出的可能。巷道中支架主要起防护作用。在围岩稳定的巷道中普通木支架(不完全的梯形棚子、棚距0.7~0.8m)在稳定的矿山压力区可确保巷道的工作状态,只有坑木腐朽,支架才会失去作用。

不稳定岩石($f \leq 3$ 的软砂质页岩、砂质粘土页岩和粘土页岩、亚粘土、粘土、沙子)的特点是向巷道内大量冒落和塑性压出(从巷道两帮和底板)。巷道中的支架既起支撑作用,也起防护

作用。在单轨巷道中支设的木支架（不完全梯形棚子），即使把巷道布置在回采影响区以外，在围岩压力作用下，支架安装过后很快便开始变形。巷道中围岩压力很大（0.02MPa以上）和有底臃的岩石也属于这一类。

沿层理面有很多弱的裂隙岩石或片理化的岩石，以及在地质破坏带中已变形的岩石，已经不取决于岩样的坚固性程度。这些岩石均应属于不稳定岩石。

中等稳定岩石（ $f = 3 \sim 6$ 的砂页岩、砂质粘土页岩和粘土页岩、中硬的粉砂岩和泥板岩）在巷道中没有大量冒落和压出的可能（向两帮和底板）。在矿山压力稳定的单轨巷道中，采用普通木支架（不完全梯形棚子）就可保证巷道处于工作状态，只需少量的日常修理，只有因坑木腐朽强度受到部分损失才会变形。

按照岩石单轴抗压强度极限对顿巴斯矿区深部水平巷道中岩石稳定性作出了评价（根据中央矿井设计院的资料），参见表1.3。

表 1.3

巷道布置深度	岩石的坚固性系数		
	不稳定的	中等稳定的	稳定的
在缓倾斜、倾斜和急倾斜煤层中巷道沿走向布置			
600~800	6以下	6~8	8以上
800~1000	7以下	7~9	9以上
1000~2000	8以下	8~10	10以上
在倾斜和急倾斜煤层中巷道垂直走向布置			
600~800	4以下	4~7	7以上
800~1000	5以下	5~8	8以上
1000~2000	6以下	6~9	9以上

也可以利用《苏联主要矿区在煤层中保存、维护和布置准备巷道规范》，考虑岩石的强度极限、开采深度、巷道布置和保存方法来评价岩石的稳定性。

4. 巷道的形状和尺寸 在曲线形周边的巷道里，只能采用