

锚杆支护手册

〔苏〕А·П·希罗科夫等 著

王秀容 石文波等 译

仲惟林 审校

锚杆支护手册

〔苏〕 A. П. 希罗科夫 B. A. 利杰尔 等著

王秀容 石文波 等译

仲惟林 审校

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书阐述了在不同矿井地质和生产技术条件下锚杆支护的应用范围、方法及特点;详细介绍了锚杆的技术特征、类型、安装锚杆机具和检测仪器,以及锚杆在特殊条件下成功应用的范例;列举了锚杆、锚杆与喷射混凝土或其他支架联合支护的标准巷道断面的选择;提出了合理选择和使用锚杆支护的方案和建议,以及锚杆支护参数的计算方法。

本书可供从事矿业生产、设计以及井巷施工的工程技术人员阅读,也可作为煤炭、冶金、建筑等高校师生的学习参考书。

A. П. Широков В. А. Либер М. А. Дзауровь
М. Е. Рыжевский А. П. Петров
АНКЕРНАЯ КРЕПЬ СПРАВОЧНИК
МОСКВА "НЕДРА" 1990

锚杆支护

[苏]A. П. 希罗科夫 B. A. 利杰尔 等著

王秀容 石文波 等译 仲惟林 校

责任编辑: 陈自

煤炭工业出版社

(北京安定门外和平里北街21号)

北京京辉印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm¹/₃₂ 印张7⁵/₈

字数164千字 印数1—4,140

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

ISBN 7-5020-0648-6/TD·593

书号 3417

定价 3.60元



译者的话

巷道支护是矿井生产最重要的工作之一，是提高劳动生产率和矿井安全正常生产的基本保障。随着采煤技术的发展和开采强度的加大，巷道断面越来越大，旧的支护方法和材料已不能适应新的需求。为此，改革和完善巷道支护技术，保持巷道完好的使用断面成为矿井生产和技术发展的关键。

锚杆支护是巷道有效的支护手段之一。与其他支架相比，锚杆具有：支护工艺简单、支护效果好、巷道使用断面大、材料消耗低、支护成本低廉等优点，已为世界各国广泛采用。我国煤矿和冶金矿山近20年来也越来越多地应用和发展锚杆支护，特别是锚杆-喷射混凝土支护。目前在受采动影响的巷道也开始用各种类型锚杆支护，这无疑是巷道支护技术的重大改革。

苏联在应用锚杆支护巷道和其他岩土工程方面，做了大量的试验和研究工作，有丰富的实践经验。本手册是苏联多年来使用和发展锚杆支护技术的总结。书中全面阐述了苏联煤矿、金属矿山和其他岩土工程应用和开发锚杆材料、支护工艺、安装机具、支护结构、参数以及计算。书中介绍的经验和研究成果对我国煤矿建设、生产、科研、设计及教学单位都有十分有益的参考价值。

在本书翻译中，力求在正确理解和忠于原文的前提下，尽量与我国通用的技术政策相吻合。对原文中个别可能由于印刷和编辑的误差而引起的错误做了校正。

本书在翻译和组织出版过程中，得到了煤炭科学研究总院北京开采所王泽进等同志的大力支持和帮助，仲惟林同志在百忙中对本书做了认真的审校，在此一并表示感谢。书中地名和单位名称仍按原文翻译。对于书中的谬误之处，诚敬读者指正。

译 者

1991年8月

原版前言

在全面连续集约化生产的基础上，可以使国家经济和社会发展走向新的阶段。实现集约化的主要手段是从根本上加速科学技术进步，其主要途径是创造和掌握能成倍提高劳动生产率的新技术和工艺，广泛应用生产过程的先进工艺、自动化和机械化，大量应用塑料和轻型结构的新型高效材料，降低工程材料成本和能源消耗。

实现摆在煤炭工业面前的任务是在煤炭生产的各领域加速科学技术进步，特别是在巷道掘进方面还要做大量的工作。

在优先发展露天采矿技术的同时，不断地改进与完善井工开采技术。运用先进的掘进和支护以及巷道维护技术，将具有重要的经济意义。

解决采矿业和地下工程中重要经济课题的途径之一，是进一步扩大使用经济的锚杆支架。它与框式支架相比，可以大幅度地降低材料消耗和提高巷道的稳定性。但目前使用规模仅约占年掘进巷道总长度的10%。锚杆支护的有效性和可靠性，在很大程度上取决于工程技术人员的知识和将其应用于巷道掘进与维护的各种复杂地质条件的能力。

在编写本手册时，充分考虑了锚杆支护发展的最新方向和趋势。

本手册由A. П. 希罗科夫和B. A. 利杰尔主编，其中第二章的第一节和第二节、第三章的第五节、第六章的第三和第

四节、第十三章的第一节是由 M. E. 雷热夫斯基编写；第三章的第五节、第五章的第四节、第六章的第三节和第五节、第十章第二节、第十三章第四节是由 M. A. 贾罗夫编写；第三章第五节、第四章第一节和第三节是由 A. И. 别特罗夫编写。

目 录

译者的话

原版前言

第一章 概述	1
第二章 锚杆、支撑件和背板材料	3
第一节 锚杆杆体材料	3
第二节 钻孔中锚固锚杆的速凝胶结材料	8
第三节 支撑元件和背板的材料	34
第三章 锚杆的结构	36
第一节 金属锚锁锚杆	36
第二节 无锚锁金属锚杆	40
第三节 木锚杆	44
第四节 钢筋混凝土锚杆	49
第五节 加筋聚酯锚杆	56
第四章 锚杆支护巷道的支撑件和背板	64
第一节 支托件	64
第二节 锚杆托梁	66
第三节 背板	73
第五章 锚杆支护巷道的标准断面	77
第一节 制定标准巷道断面应考虑的因素	77
第二节 岩巷	78
第三节 煤巷	78
第四节 金属矿用锚杆支护的巷道典型断面	87
第六章 锚杆与其他支架联合支护	91

第一节	棚式-锚杆支护	91
第二节	锚杆-喷射混凝土支护	94
第三节	锚杆-喷射聚合物支护	102
第四节	在不稳定的岩层中锚杆与化学加固联合支护	109
第五节	在永冻层中使用锚杆支护的特点	113
第七章	锚杆支护在巷道交叉点的应用	116
第一节	支护准备巷道交叉点	116
第二节	支护工作面端头	118
第八章	特殊条件下锚杆的应用	128
第一节	修复巷道	128
第二节	防治巷道底臃	131
第三节	加固地面陡坡	132
第四节	加固水平间煤柱	134
第五节	开凿井筒时锚杆的应用	136
第六节	加固煤柱和岩层	137
第九章	用于各种辅助目的的锚杆	140
第一节	临时锚杆支护	140
第二节	用锚杆固定矿井设备	142
第三节	用锚杆固定掘进绞车	148
第十章	回采时的锚杆支护	151
第一节	留煤柱的回采	151
第二节	采空区全部充填的回采	153
第十一章	锚杆支护的计算	160
第一节	巷道围岩破坏范围的确定	161
第二节	巷道锚杆支护载荷的确定	165
第三节	锚杆承载能力的确定	167
第四节	锚杆安装的长度和密度的确定	172
第五节	矿井设备锚杆加固参数的计算	175
第十二章	检测锚杆的仪器	180

第一节	钻孔中锚杆锚固强度的检测仪器	180
第二节	锚杆拉力检测仪器	183
第三节	岩石离层测定仪	188
第四节	顶板锚固情况监控仪	190
第五节	测力扳手	193
第十三章	安装锚杆的机械设备	199
第一节	概论	199
第二节	锚杆安装机具	203
第三节	钢筋混凝土锚杆的安装	210
第四节	加筋聚酯锚杆的安装	212
第五节	移动式轻便钻机	215
第六节	自行式锚杆安装机	224
第七节	锚杆安装机械化的发展方向	228
第十四章	锚杆支护经济效益的计算方法	231

第一章 概 述

锚杆支护是由锚固在巷道四周钻孔内的一系列杆件（木质件、金属件、钢筋混凝土件和聚合物件等）系统组成的。这些杆件配以支撑件和背板（也可以不用），靠它们的锚固力和向岩体稳定部分的悬吊作用，防止破碎岩石冒落。

用预拉紧方法安装的锚杆，提高了岩石分层之间的摩擦阻力，同时将两支撑点间的岩层夹紧，以岩梁和拱的形式构成承载结构。尽管加固的岩梁比未加固的岩梁呈现出明显的稳定性，但是仍不能准确量测出影响加固岩层稳定性单个分层缝合效果的量值。然而，锚杆支护的现代理论认为，岩层分层之间的摩擦作用具有重要意义。这个理论以下述论点为依据。

巷道上方的松软岩层被锚杆固结到其上部坚固的岩层上；松软有裂隙岩层的几个分层，彼此之间被锚杆夹紧形成梁和拱形式的承载结构；

松软不稳定的岩石分层彼此之间夹紧并被锚杆固结在上部坚固岩层上；

在掘进巷道时，被破坏的有裂缝的岩石分层被锚杆夹紧并被悬挂在自然平衡拱上；

不稳定的有裂缝的岩层被锚杆的联接部件托住并被悬挂于自然平衡拱的拱脚；

不稳定的岩石分层被锚杆夹紧并悬吊于自然平衡拱的拱脚。

锚杆支架分类的基本原则及其使用条件，在有关的著作中有详细论述，因此，我们仅考虑锚杆支架公认的最基本的

分类标志。

在采矿实践中，锚杆支架分单体锚杆支架和组合锚杆支架两种。单体锚杆支架包括安设在巷道中的锚杆，彼此之间没有力学联系。组合锚杆支架包括钢梁、钢带、角钢、槽钢等承托顶板元件，把两个或几个锚杆联成统一的整体。

锚杆支架按用途分为临时锚杆支架和永久锚杆支架。临时锚杆支架一般打在掘进巷道的工作面，以后也不回收并常做为滞后于掘进工作面架设的永久支架的非承载元件。掘进工作面和滞后掘进工作面架设的永久锚杆支架，可以单独使用，也可以与喷射混凝土或框式支架联合使用。

锚杆按作用原理分为主动锚杆和被动锚杆。主动锚杆预先张紧装入钻孔中，以提高抵抗被加固岩体挠曲性和分层之间相对位移的能力。随着锚杆预应力的加大，相应增加了岩层分层面之间的摩擦力，提高了巷道的稳定性。安装被动锚杆时不给杆体以预应力，因此就要比主动锚杆安装得密些。被动锚杆的典型代表，是钻孔内全长锚固的螺纹锚杆、钢筋混凝土锚杆、膨胀式锚杆和玻璃纤维（聚酯）锚杆等。

按工作特性，锚杆分为刚性、延伸和有限延伸锚杆。延伸锚杆靠套管或由奥氏体钢制造的杆体能够伸长 500~700 mm。有限延伸锚杆与延伸锚杆不同，只能伸长 60~140 mm。

根据工作特性，有一种叫做插入式锚杆是由装入水平孔的针杆组成。针杆端部弯成直角并被做成圆环，作顶梁或支架框架的支座。

按杆体材料分为木锚杆、竹锚杆、金属锚杆、混凝土（钢筋混凝土）锚杆和聚酯锚杆。而按杆体构造型式分为管式锚杆、杆式锚杆、钢丝绳锚杆、组合锚杆和多条杆的锚杆。

第二章 锚杆、支撑件和背板材料

第一节 锚杆杆体材料

金属锚杆的杆体，通常用直径16~24mm（少数为30~32mm）的圆钢制造，钢号是C_T3或C_T5（表2-1）。

钢筋混凝土锚杆支架的杆体，常用直径8~20mm的钢筋或直径6~16mm的钢丝绳。

钢质是铁碳合金钢，其中有微量的锰、硅、磷和硫等元素。按其中碳的含量，钢分为3种：低碳钢、中碳钢和高碳钢，碳的含量相应为<0.25%、0.25%~0.6%和0.6%~2%。随着含碳量的增加，钢的强度和硬度相应提高，但钢相应变脆。在选择用作粘结锚杆杆体钢筋时必须注意：锚杆需要的延伸量越大，选用钢材的碳素量相对越低。

为了改善钢的某些特性，可向合金中适量加入添加剂如铬、锰、镍、钨等。用这种方法可以获得各种合金钢，它们在一些场合下强度很高，而在另一些场合下则很硬、耐腐蚀

表 2-1 钢锚杆杆体的力学性能

承 载 型 式	许 用 应 力 (MPa)		
	破 坏	抗 扭	剪 切
静 载	125/165*	95/125	190/100
变 载	90/115	65/90	135/85
交 替	70/90	50/70	115/55

* 分子是C_T3号钢，分母是C_T5号钢。

等。合金钢也可作为锚杆支架的构件。

根据机械性能对钢筋进行分级。热轧钢筋分成4级，用下列符号表示：A—I、A—II、A—III、A—IV。表2-2列举了各级热轧钢筋以及各类循环变断面钢筋的安全机械性能。

作为煤矿和金属矿山巷道及矿山隧道的支护用粘结锚杆的杆体，基本上用A—I和A—II号钢。在露天法开挖的地铁工程中，为了支护地沟边坡，要用高强度锚杆构件，其杆体是用A—III、A—IV合金钢和A—I_B、A—III_B、A_T—VI等高强度钢制造的。

表 2-2 钢筋主要物理机械性能

级 别	杆 径 (mm)	屈服强度 (MPa)	破断力 (MPa)	破断时相 对伸长量 (%)	弹性模量 ($\times 10^5$ MPa)	钢 号
热 轧 钢						
A-I	6~40*	240	380	25	2.1	C _T 3
A-II	10~90	300	500	19	2.1	C _T 5, 18Г2С
A-III	6~40	400	600	14	2	25Г2С
A-IV	10~32	600	900	6	2	35Г2С 30Г2С
压 延 高 强 钢						
A-I _B	10~90	450	500	8	2.1	
A-III	6~40	550	600	6	2	
热 处 理 高 强 钢						
A-IV	10~32	600	900	8	2	
A _T -V	10~32	800	1050	7	2	
A _T -VI	10~40	1000	1200	6	2	
A _q -VII	10~40	1200	1400	5	2	
A _{TK}	6~9	1300	1500	5	2	

* 光滑的杆体。

循环变断面钢筋在粘结锚杆中得到了更广泛的应用。杆体表面具有凸棱能最大限度地增加其与联接物的粘着力，从而提高锚杆的承载能力。德国组织生产了大螺距的螺纹钢筋，这种钢筋不仅增强钢筋与联接物的粘着力，并且在安装锚杆外端的紧固件时，比较容易安装。苏联西西伯利亚钢铁联合企业就生产这种螺纹钢筋。

近年来，苏联和国外都开始发展编织钢索做杆体的粘结锚杆结构，钢索用B—Ⅱ类高强钢丝编制。钢索有3丝、7丝和多丝等三种形式。7丝钢索的力学性能列于表2-3，其相对伸长量为4%。

表 2-3 七丝钢索的力学性能

直径 (mm)		断面积 (cm ²)	破 断 力 (kN)		极限破断力(MPa)	
成 品	单 丝		成 品	单丝总和	成 品	单丝总和
4.5	1.5	0.127	24.2	25.4	1900	2000
6.0	2.0	0.256	40.7	42.7	1800	1900
7.5	2.5	0.354	63.8	67	1800	1900
9.0	3.0	0.509	86.5	90.8	1700	1800
12.0	4.0	0.908	145.1	152.4	1600	1680
15.0	5.0	1.415	212.0	222.6	1500	1580

从表2-3可见，直径为15mm的七丝钢索，极限破断强度为1500MPa。钢索锚杆，在制造出专门机械化安装工具的情况下，将是非常有前景的巷道支护形式。

木材也是用来制造锚杆杆体的最常用的材料。

用天然木材可以做楔缝式和树脂锚杆，用来支护服务期限短的巷道。在库兹巴斯，为支护沿急倾斜特厚煤层掘进的溜煤眼，每年要消耗4万根木锚杆。但是，由于木材易腐朽和其本身的缺点，从而限制了用天然木材制造木锚杆的可能性。

不同木材的抗拉强度(MPa,括号中数字是剪切强度),

桦木	72 (50)
落叶松	65 (45)
杉松	57 (40)
冷杉	35 (24)
由白桦制的密度 $1.3t/m^3$ 湿度	
5%的增塑木材	340 (230)
压缩50%的落叶松	215 (150)
压缩75%的落叶松	322 (225)

从所列的数据可以看出,天然木材拉伸强度比钢低数倍。为提高木锚杆的强度,其直径增大到40mm。

在利用白桦增塑木材和落叶松压缩木时,其强度接近于C_T3钢材,而直径40mm的木锚杆与直径20mm金属锚杆相比,其强度要高0.8~2.7倍。所列的资料说明,广泛利用增塑和压缩木锚杆是合理的。

不论什么方法,木材压缩前要用蒸气蒸,压缩后再干燥。蒸煮要在100~105℃沸腾的水蒸气中进行,时间取决于坯料尺寸。蒸煮木材的标准温度是80~90℃,小的坯料需蒸煮15~20min,大的则要2~3h。被压缩成型的坯料要在120~130℃的高温下与压缩模具一起干燥至湿度不超过8%~10%。用调温电烘箱干燥压缩木较为方便。小坯料在烘箱中在100~120℃温度下干燥2~3h,大的则需要4~6h。

在自然状态下,木材的强度特性远没有被充分利用。为了充分利用木材潜在的能力和提提高木材的材质,可对木材进行变质处理,即赋予它以新的物理机械特性。

利用木材在氨作用下塑化的特点,对木材进行固实处理,也可以用合成聚合物对木材进行变质处理。用氨处理过的

木材，在湿度和温度发生变化以及在机械作用条件下具有增大变形的能力。上述处理可以在不太高的压力下用冷加工法实现。对用氨处理过的木材进行压缩所用的单位能量，仅是天然木材的59%。被加工后的木材，用热处理和水力热处理方法脱水。

新的用胶结材料制成的并用人造纤维强化了的复合物(强力树脂)，已被设计者和工艺师所利用，并开始利用玻璃钢和塑化玄武岩作为锚杆杆体。用塑化玄武岩加工的锚杆杆体，24h吸水率是0.01%，其强度指标是：

破坏强度 (MPa) ,	
拉伸	1080~1880
压缩	460~490
弯曲	670~700
拉伸时的弹性模数	89000~93000

由于它的强度高、线性密度小、吸湿性低、化学稳定性好和寿命高等优点，所以，应用强力塑化锚杆在技术经济上是合理的。

目前，在苏联地下工程实践中，优先发展的是用聚酯胶结的玻璃纤维锚杆。这种锚杆的极限破断强度是1500MPa。玻璃纤维锚杆的抗拉特性曲线的特点是：在破断前一直保持线性，而到破断时的相对伸长量是2.5%~3%。为了改变人造玻璃钢杆体与胶结材料的粘结性能，同钢锚杆一样，将其做成竹节筋型。与玻璃钢不同，用玄武岩纤维做的锚杆具有很高的强度和化学稳定性。玄武岩纤维的吸水性是玻璃钢的1/2~1/6。

近年来，作为粘结锚杆的杆体，大都采用金属-木材、金属-玻璃钢、金属-混凝土等复合结构。