



山 西 人 民 出 版 社

## 井巷锚杆及锚喷支护技术

# 井巷锚杆及锚喷支护技术

岳 翰 贾悦谦 严志才 编著

山西人民出版社

---

## 井巷锚杆及锚喷支护技术

岳 翰 贾悦谦 严志才 编著

\*

山西人民出版社出版 (太原并州北路十一号)

山西省新华书店发行 山西省七二五厂印刷

\*

开本: 787×1092 1/32 印张: 14.70 字数: 311千字

1984年4月第1次 1984年4月第1次印刷

印数: 1—4,600册

\*

书号: 15088·160 定价: 1.57元

## 前 言

锚杆及锚喷支护是井巷支护的一项重大技术改革，是加快井巷掘进速度，促进煤炭工业发展的一项重要措施。近十年来，锚杆及锚喷支护，在我国矿山广泛地推广使用，并取得了显著成效。

实践证明：锚杆及锚喷支护对井巷工程的建设速度、节约原材料消耗以及降低工程造价等都起着重要作用，是井巷施工中一项符合多、快、好、省的支护技术。因此，大力推广锚杆及锚喷支护，对迅速发展煤炭工业有着重要现实意义。

为此，编写这本《井巷锚杆及锚喷支护技术》，阐述了作者及国内一些学者的观点，并介绍有关实例，供从事矿山和其它地下工程建设工作的有关同志们参考。

本书在编写过程中得到了煤炭部有关司、局和徐州、淮北、新汶、抚顺、鹤岗等单位的大力支持与帮助，惠赠了资料；还承蒙山西矿业学院刘吉昌副教授对本书稿件进行了审阅，并提出宝贵意见，在此一并表示谢意。

由于我们技术水平所限，缺点错误之处在所难免，请读者批评指正。

**编著者**

1982年4月于北京

## 目 录

## 前 言

## 第一篇 锚杆支护..... ( 1 )

## 第一章 绪 论..... ( 1 )

## 第一节 锚杆、锚喷支护的应用及发展..... ( 1 )

## 第二节 使用锚杆支护的矿山地质条件..... ( 6 )

## 第三节 锚杆支护的优缺点..... ( 7 )

## 第二章 锚杆支护的工作原理及参数的选择..... ( 9 )

## 第四节 锚杆支护的现有理论..... ( 9 )

## 第五节 锚杆支护的工作性能..... ( 15 )

## 第六节 锚杆支护参数的选择..... ( 18 )

第七节 锚杆支护主要类型的锚固力  
计算..... ( 44 )

## 第三章 锚杆的主要类型及构造..... ( 50 )

## 第八节 锚杆支护的分类..... ( 50 )

## 第九节 楔缝式锚杆..... ( 51 )

## 第十节 涨圈式锚杆..... ( 60 )

## 第十一节 倒楔式锚杆..... ( 65 )

## 第十二节 倒刺式锚杆..... ( 66 )

## 第十三节 螺纹锚杆..... ( 68 )

## 第十四节 开缝钢管式锚杆..... ( 71 )

## 第十五节 砂浆锚杆..... ( 74 )

## 第十六节 木锚杆..... ( 78 )



B. 138546

• 1 •

第十七节	竹锚杆	( 81 )
第十八节	拉杆式锚杆支护	( 83 )
第十九节	树脂锚杆	( 85 )
第二十节	托板、托梁和垫板	( 94 )
第四章	锚杆的安装及安全技术	( 102 )
第二十一节	锚杆的安装	( 102 )
第二十二节	锚杆支护安装后的检查	( 116 )
第五章	锚杆支护巷道的观测	( 118 )
第二十三节	观测的目的和方法	( 118 )
第二十四节	锚杆支护的锚固力拉拔试验	( 131 )
第二十五节	锚杆支护巷道压力显现	( 153 )
第二十六节	影响锚杆支护效果的主要因素	( 158 )
第六章	采区动压巷道锚杆支护的应用	( 163 )
第二十七节	采区动压巷道锚杆支护综述	( 163 )
第二十八节	采区动压巷道锚杆支护应用实例	( 166 )
第七章	锚杆的其它用途	( 180 )
第二十九节	锚杆固定立井井筒装备的应用	( 180 )
第三十节	使用锚杆安装吊挂皮带运输机及代替起重梁	( 202 )
第二篇	喷射混凝土支护	( 205 )
第八章	绪论	( 205 )
第三十一节	喷射混凝土支护的特点	( 205 )
第三十二节	喷射混凝土支护的优缺点	( 206 )

第九章 喷射混凝土支护作用与设计·····	( 211 )
第三十三节 喷射混凝土支护的作用原理·····	( 211 )
第三十四节 喷射混凝土支护的厚度设计·····	( 215 )
第十章 喷射混凝土的施工·····	( 220 )
第三十五节 施工工艺流程·····	( 220 )
第三十六节 施工工艺·····	( 226 )
第三十七节 喷射混凝土质量要求及检验方 法·····	( 244 )
第十一章 喷射混凝土的配合比设计及物理 力学性能·····	( 247 )
第三十八节 喷射混凝土配合比设计·····	( 247 )
第三十九节 喷射混凝土的物理力学性能·····	( 254 )
第十二章 喷射混凝土的施工设备构造、使用 及其维护·····	( 266 )
第四十节 干式喷射机·····	( 266 )
第四十一节 湿式喷射机·····	( 294 )
第四十二节 混凝土喷射机的配套设备·····	( 302 )
<b>第三篇 锚喷支护</b> ·····	( 328 )
第十三章 锚喷支护的作用与设计·····	( 326 )
第四十三节 锚喷支护作用原理·····	( 327 )
第四十四节 锚喷支护的适应性·····	( 330 )
第四十五节 锚喷支护的设计·····	( 334 )
第十四章 锚喷支护在立井的应用·····	( 360 )
第四十六节 立井采用锚喷支护的情况·····	( 360 )
第四十七节 立井采用锚喷支护的实例·····	( 371 )
第四十八节 立井采用锚喷支护的损坏	

与修复·····	( 382 )
第四十九节 立井锚喷支护的现场监控方 法·····	( 386 )
第十五章 锚喷支护在特殊条件下的应用·····	( 393 )
第五十节 锚喷支护在斜井中的应用·····	( 393 )
第五十一节 锚喷支护在平巷中的应用·····	( 413 )
第五十二节 在交岔点采用锚喷支护·····	( 420 )
第五十三节 锚喷支护在硐室中应用·····	( 428 )
第五十四节 马头门使用锚喷支护·····	( 435 )
第五十五节 锚喷支护在大直径煤仓中的应 用·····	( 440 )
第五十六节 使用锚喷支护处理冒顶区及 底鼓·····	( 443 )
附录·····	( 450 )
参考文献·····	( 458 )



# 第一篇 锚杆支护

## 第一章 绪 论

### 第一节 锚杆、锚喷支护的 应用及发展

锚杆支架是一种新型支护方式。我国在五十年代，首先在煤炭和冶金系统的地下工程中试验锚杆支护，以后发展到铁道、水电、军工等系统，取得了很大的成就，积累了丰富的经验。在我国煤炭系统中，锚杆支护及锚喷支护技术的应用，到1982年为止，大体上经历了两个阶段，即试验摸索阶段和全面推广阶段。

从1955年到1975年是试验摸索阶段。这一时期的特点是：开始主要是试验锚杆支护，摸索实践经验，在此基础上，又试验了喷砂浆支护、喷射混凝土支护，并把锚杆支护与喷砂浆、喷射混凝土支护结合起来，形成锚喷支护，并且从理论上进行了总结，为完善锚杆支护及锚喷支护技术奠定了良好的基础。

最早1955年使用锚杆支护的是抚顺矿务局龙凤矿、阜新矿务局平安立井、开滦矿务局唐山矿、北京矿务局城子矿等；采用锚杆支护防止运输大巷底板凸起和控制煤层平巷顶板。在1957年以后，很多矿井开始比较广泛地在各类巷道中试用锚杆支护。鹤壁、淮南、淄博、大同、鸡西、徐州、焦作、开滦、乌达等矿务局试用金属锚杆及木锚杆支护运输平巷、采区上下山、回采工作面顺槽、硐室、立井井筒及斜井井筒等。抚顺矿务局于1955年在注砂管子道、采区皮带机道及水砂充填工作面试用锚杆支护。大同矿务局四老沟矿厚煤层短壁工作面，应用木锚杆和金属锚杆支护来控制顶板。抚顺老虎台矿在膨胀的凝灰岩巷道中，采用锚杆支护，防止巷道变形获得了良好的效果。特别是乌达矿务局五虎山矿，于1966年首先在立井井筒和主斜井井筒使用锚杆支护和锚喷支护，获得了非常好的效果。还应指出，五虎山矿从1966年建井开始就广泛采用锚杆支护和锚喷支护，移交生产时，井巷总长度为25000多米，其中使用锚喷支护的巷道就有15000米，占60%。矿井投产后至1976年2月，共掘进巷道32600米，使用锚喷支护的巷道达29500米，占90.5%。是我国煤炭系统最早的锚喷化矿井。

从1975年开始到现在属于全面推广阶段。1975年煤炭工业部召开了全国锚杆及锚喷支护会议，正式把这项新技术确定为煤矿井巷支护技术的发展方向，并作为重大技术项目在全国煤矿推广。1977年煤炭工业部颁发了《煤矿井巷工程锚杆、喷浆、喷射混凝土支护设计试行规范、施工试行规程和质量标准》。1978年，锚杆、喷浆、喷射混凝土支护技术被列为国家新技术重点推广项目。1981年煤炭工业部又颁发

了关于《树脂锚杆固定立井井筒装备设计规范、施工规程及质量验收标准》。这个阶段的特点是进一步扩大了使用范围，在设计、工艺、装备和理论研究等方面都取得了很大进展。主要表现在：

一、科研与实践相结合，促进了锚喷支护的发展。如从实验室的模拟试验到施工的现场研究，从检验锚杆的受力状况到分析其对稳定围岩的作用，经过现场实践与吸收国外的先进技术，从理论上、施工上都提高了一步。锚喷支护理论研究正处于转变时期，即概念的转变和研究方法的转变。所谓概念的转变，就是从“支撑概念”转变为“加固概念”；所谓研究方法的转变，就是从结构力学方法研究结构内力，转变为采用岩体力学、岩体工程地质力学的方法，研究围岩的稳定性和支护的加固效果。目前尽管还没有一种完善的统一的支护理论被大家所公认，但锚喷支护原理已不再是一些支护现象的解释，而是从工程调查、从概念的定性分析进入到半经验、半理论或实验理论的阶段，已经能够初步进行定量的计算和分析，能初步进行支护设计和指导施工实践。

随着锚喷支护作用原理研究的深化，锚喷支护设计方法，也开始从以经验为手段的“工程类比设计法”阶段，向以测试为手段的“现场监控设计法”和以计算为手段的“理论分析设计法阶段”转变。把设计、施工和监控工作，统一在一个整体中，使锚喷支护设计提高到一个新的水平。

二、推广面较大，推广速度较快。从1975年煤炭工业部确定锚喷支护为煤矿技术发展方向以来，到1980年，全国煤炭系统累计采用锚喷支护的井巷达6081公里，平均每年采用锚喷支护的井巷达1000多公里。其中生产矿井为5269公里，

新井建设为812公里。1980年锚喷支护的井巷为1450公里，其中生产矿井为1304公里，新井建设为146公里，冶金系统井巷使用量为400公里。

三、锚喷支护的适应性不断增强。从稳定的围岩到松软、破碎及膨胀性的围岩、都在应用锚喷支护。目前在岩巷中采用锚喷支护的比重已占50%；很多单位的比重已达75%以上；基本上已取消了料石砌碛。半煤岩巷道应用锚喷支护也有了新的发展，有的矿应用比重已超过了50%。煤巷应用锚喷支护发展很快，已从稳定的静压巷道扩大到动压巷道，即采区准备巷道和回采巷道。鹤壁矿务局从五十年代试用锚杆支护到现在，在煤层动压巷道使用锚杆支护已有二十五年的历史，其煤巷锚杆支护比重平均达30%以上。澄合权家河矿已达76%以上。两淮基地潘集一号井及朱仙庄立井，在松软岩层内采用锚杆支护也取得很好的效果。总之，锚杆、喷浆、喷射混凝土支护，从小断面巷道扩大到断面巷道，从坚硬稳定围岩到松软破碎不稳定围岩，从稳定的静压巷道到不稳定的动压巷道，从岩巷发展到半煤岩巷道至全部煤层巷道，从平巷、斜井到立井，甚至大断面硐室、交岔点、大直径煤仓等，从新开掘井巷到旧巷、处理冒顶及防止巷道底鼓，都有采用锚杆、喷浆、喷射混凝土支护的。

四、不同条件出现不同类型的典型。锚喷支护从抚顺、鹤壁等矿区最早开始到现在，在各种条件下，出现了各种典型，积累了丰富的经验。如徐州矿务局到1979年累计，锚喷支护巷道已达250公里。大黄山矿等已成了提高锚喷支护质量的先进典型。权台矿综采工作面上下顺槽的大断面煤巷在动压状况下，应用锚喷支护获得好的效果。兖州矿务局北宿

矿，除了采煤工作面的开切眼外，全矿井基本上实现了锚喷支护化。澄合权家河矿，除厚煤层分层巷道外，在中厚煤层的开切眼都采用了锚杆支护。新汶矿务局从1975年到1980年，累计应用锚喷支护巷长达313公里。兖州新投产的兴隆庄矿，年设计能力300万吨，井巷设计总工程量4.6万米，其中锚喷支护的井巷达3.6万米，占总数的77.6%。锚喷支护的井巷较砌碹井巷掘进速度提高了一倍，节约投资达800万元，缩短工期二年。

综上所述，可以作出如下初步结论：

1. 锚杆、锚喷支护在技术上是先进的，在经济上是合理的，是安全可靠的。

2. 实践证明，在适合的矿山地质条件下，各种开拓、准备以及回采巷道都可以采用锚杆、锚喷支护。

3. 在适合的矿山地质条件下，应用锚杆支护的实践经验证明，将锚杆固定在岩体中，可以在井巷发生变形破坏之前，限制围岩变形与位移，以改善井巷应力状态，提高岩体的强度，以充分发挥围岩的自稳能力，并延缓顶底板岩石的移动过程。

4. 井巷围岩变形和移动的大小，取决于暴露面积、支护的时间和支护的种类。实践表明，在同样的地质、技术条件下，开拓、准备及回采巷道应用锚杆、锚喷支护比采用其它支护好。

## 第二节 使用锚杆支护的矿山地质条件

根据对我国煤炭和冶金系统矿井应用的实例的分析，认

为在下列情况下可采用锚杆支护。

一、在各种倾角的煤层、岩层中,均可使用锚杆支护。但在水平、缓倾斜以及倾斜煤、岩层中使用得较广泛,这可能是因为安设方面较为简便。

二、在被锚杆支护锚固的岩石上面,最好有0.3米以上厚的一层稳定坚硬岩层(砂岩、砂页岩等),岩石硬度系数 $f \geq 4$ ,这样,能确保锚杆支护有效地将岩石锚固,但在非成层的围岩或硬的厚煤层中也能采用锚杆支护。

三、顶板岩石有裂缝、脆弱或膨胀性时,仍能采用锚杆支护,这时可将托板改为托梁,在托梁上加金属网(不用托梁时在托板上加金属网),但伪顶很厚时,不宜于单独使用锚杆支架。

四、在矿山压力大的巷道中,锚杆支护可与金属棚或其他支架混合使用。在有底鼓的巷道,可用锚杆支护来防止底鼓。

五、锚杆支护不但能应用在巷道的顶板和底板,还可应用在巷道的两帮和回采工作面。一般要求顶板没有大量滴水,但顶板有少量滴水或间断滴水时,仍可使用锚杆支护。

六、锚杆支护可用于加固露天矿的滑动边坡。

### 第三节 锚杆支护的优缺点

根据我国使用锚杆支护二十多年的经验来分析,其优越性主要有:

#### 一、节省坑木

根据一些矿区的统计,一般木棚支护每米巷道需用坑木

0.375米<sup>3</sup>，使用木锚杆支护时仅需坑木0.045米<sup>3</sup>，降低了83%；使用金属锚杆，则完全不用坑木。全国统配煤矿，1957年坑木消耗万吨煤为248米<sup>3</sup>，到1981年万吨煤坑木消耗为97米<sup>3</sup>，其中锚杆、锚喷支护起了重要作用。

现有生产矿井每年的巷道掘进总量为6100公里，使用锚杆、锚喷支护的每年为1200多公里，仅占五分之一，所以随着锚杆、锚喷支护使用量的增加，将大量地节省坑木。

## 二、加快了掘进速度

采用锚杆、锚喷支护时，应把巷道超掘量控制在最小范围，减少工程量，同时避免崩倒棚子事故。锚杆、锚喷支护的机械化为加快掘进速度提供了有利条件。根据各矿区的统计，掘进速度比一般支护约可提高30%。

## 三、工效高

由于掘进工程量的减少，支护机械化程度高，劳动强度小，从而大大的提高了工效。根据徐州矿务局的经验，架设木棚子时每班掘进2米，架棚2架。采用锚杆及荆笆片支护时，每班掘进4米，工效提高了一倍。

## 四、工作安全

实践证明，应用锚杆支护能紧跟迎头一次成巷，减少巷道围岩变形、移动、离层，增加了围岩的自稳性，所以减少或防止了冒顶事故的发生。

## 五、掘进成本低

根据新汶、徐州、开滦、淮北等矿区的经验，使用锚杆支架的成本比用木棚支架降低30~40%，比使用金属可缩性支架降低50~60%。

## 六、安装运搬轻便

锚杆支架的重量比任何一种支架都轻，搬运方便，而且不需用专人运送支架材料。安装也比架棚、砌碛轻巧和方便，没有繁重的体力劳动。

目前，锚喷支护存在回弹率高、粉尘浓度大等缺点。尽管回弹物可以利用，但有的锚喷支护队的回弹率高达40~50%，不能不影响锚喷支护的技术经济效果，使巷道支护成本大大提高。降低回弹率必须严格控制材料配比、改进喷射工艺、改善工作条件并要加强对操作工人的技术培训，提高他们的操作技术和工作责任心。

由于我国广泛采用干喷工艺，拌合用水是在喷头处加入、拌合时间短促、拌合料不易和水充分拌合，料束又以很大速度喷出，所以必然会产生很多粉尘，使作业条件恶化，危害工人健康。降低粉尘浓度在干式喷射条件下必须适当提高砂石含水率，采用双水环供水，严格控制工作风压，加长拢料管长度并加强通风，而采用湿喷工艺是降低粉尘的根本途径。

减少粉尘量和降低回弹率，可使喷射效率成倍提高，充分发挥锚喷支护的优越性，显著提高锚喷支护的技术经济效果。



## 第二章 锚杆支护的工作原理及参数的选择

### 第四节 锚杆支护的现有理论

锚杆支护根据它的锚固方式分为集中锚固和全长锚固两种。一种理论认为集中锚固是沿岩层的弱面增加剪断阻力，或者是用增加岩石的张力作用来补强岩层；全长锚固是补强和支撑的中间作用。另一种理论却认为集中锚固是由于锚杆两端固定点之间的岩层受到预加应力而使岩层得到补强的，预加应力解除之后，岩层就发生层与层之间的剥离，这时就起不到补强的作用。全长锚固仅是发生部分剥离，但还有支护能力。

虽然两种看法是不一致的，但从使用效果看，全长锚固比集中锚固的支护效果好，尤其是对松软岩层的支护效果更为显著。另外，集中锚固锚杆如不加一定的预加应力就很难保证支护效果，而全长锚固锚杆就没有这种必要。

根据在不同矿山地质条件和工程技术条件下长期使用锚杆支护井巷的经验，对集中锚固锚杆支护，可归纳为下述几种理论。

#### 一、组合梁论