

螺栓支架

賈悅謙 陆 澄 严志岩編著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

螺栓支架是一种新型支架。它本身具有结构简单、制造容易、成本低廉等优点。使用这种支架，由于它伸入岩层、维修较少，可节省维修工人和维修费用；由于它不占或少占巷道空间，可使通风顺畅、工作安全；由于它用料很少，可节省大量坑木。外国采矿企业广泛地在使用这种支架，我国采矿企业也正在推广使用。

本书综合地叙述了国内外使用螺栓支架的情况、螺栓支架的类型和规格，着重地分析了螺栓支架的工作原理和螺栓支架参数的选择，最后还对我国煤矿和苏联煤矿使用螺栓支架的具体经验作了详细介绍。

1405

螺 栓 支 架

賈悅謙 陸 澄 严志岩編著

*

煤炭工业出版社出版(社址：北京东长安街煤炭工业部)

北京市书刊出版业营业许可出字第084号

煤炭工业出版社印刷厂排印 新华书店发行

*

开本787×1092公厘 $\frac{1}{32}$ 印张4 $\frac{1}{4}$ 字数71,000

1960年2月北京第1版 1960年2月北京第1次印刷

统一书号：15035·1055 印数：0,001—4,000册 定价：0.56元

前 言

自从党的第八届全国代表大会第二次会议制定了社会主义建设总路线、提出了技术革命和文化革命的任务，我国已进入一个以技术革命与文化革命为中心的社会主义建设时期。在鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义总路线的光辉照耀下，在大跃进的1958年，煤炭工业与其他工业一样有了飞跃的发展；特别是，煤炭产量超过了英国，在政治上具有重大的意义；这是在党的正确领导下煤炭工业战线上伟大的胜利。

随着煤炭工业的飞跃发展，煤炭产量迅速增长，坑木消耗量也随之不断地增加。因此，推广坑木代用品和节约坑木，对保证煤炭工业的高速度发展，具有重大的现实意义。

广泛地使用螺栓支架是推广坑木代用品和节约坑木有效途径之一。几年来，我国各矿山先后采用和试验了各种类型螺栓支架，对解决坑木代用品和节约坑木，取得了很大的成绩。但是，推广的范围和数量还不够大，必须进一步对螺栓支架试验、研究和推广使用，以资节省木材。

螺栓支架经我国实践证明具有十大优点：节省坑木；降低成本；维护费用少；工作安全；架设轻便；效率高；通风阻力小；运搬方便；掘进快；利于提升和运输。使用螺栓支架时，钢材消耗仅占使用普通金属支架时的21~47%。

木螺栓不消耗鋼材；成本比一般木支架低40~60%，比普通金屬支架低55~70%，比鋼筋混凝土支架低30~60%；它符合多、快、好、省的要求。进一步研究、試驗和推广使用螺栓支架，不仅有其重大的經濟意义，而且还有深远的政治意义。

为了促进螺栓支架的先进技术，为了迅速地在我国矿山大力推广使用，我們搜集了我国矿山几年来試驗和应用螺栓支架的經驗，搜集了苏联和其他国家使用螺栓支架的經驗，編写了这本小册子，以期达到拋砖引玉的目的。

由于我們的水平很低、經驗有限、对螺栓支架的工作原理和实际工作經驗体会得不够深刻，書中不足处和錯誤处是难免的，希望同志們多加指正。

在这里，对供給資料的单位和同志們表示感謝。

編 者

1959.8.于北京

目 录

前 言

第一章 緒論	5
第1节 螺栓支架应用的概述	5
第2节 使用螺栓支架的矿山地質条件	8
第3节 螺栓支架的优点	9
第二章 螺栓支架的工作原理及参数的选择	11
第4节 螺栓支架的工作原理	11
第5节 螺栓支架参数的选择	19
第三章 螺栓支架的主要种类及其构造	38
第6节 楔縫式螺栓支架	38
第7节 漲圈式螺栓支架	45
第8节 自楔式螺栓支架	60
第9节 倒刺螺栓支架	62
第10节 鋼筋混凝土螺栓支架	62
第11节 木螺栓支架	66
第12节 托板和托梁	71
第四章 螺栓支架的安装与試驗	77
第13节 螺栓支架的安装	77
第14节 螺栓支架安装安全技术及安装后的检查	81
第15节 螺栓支架的拉力試驗	83
第16节 螺栓支架支护的頂板下沉观测	98

第五章 螺栓支架的使用經驗	102
第17节 京西矿务局使用螺栓支架的經驗.....	102
第18节 撫順矿务局使用螺栓支架的經驗.....	109
第19节 淮南矿务局使用螺栓支架的經驗.....	112
第20节 淄博矿务局使用螺栓支架的經驗.....	116
第21节 阜新矿务局使用螺栓支架的經驗.....	117
第22节 大同矿务局使用螺栓支架的經驗.....	120
第23节 苏联克拉斯諾阿尔米建井联合企业使用螺栓 支架的經驗.....	125
第24节 苏联庫茲巴斯“焦煤一号”矿使用螺栓 支架的經驗.....	126
第六章 螺栓支架的經濟效果和今后的改进	129
第25节 螺栓支架的經濟效果.....	129
第26节 螺栓支架今后的改进.....	134

第一章 緒 論

第1节 螺栓支架应用的概述

螺栓支架是一种新型支架，在我国煤矿或金属矿中使用的历史是比较短的；但经过最近几年来的工业性试验和应用，各矿已获得了巨大的成绩和经验。在我国煤矿中，最早使用螺栓支架的是阜新矿务局的平安竖井、开滦唐山矿和京西城子矿。在1956年，先后采用钢筋混凝土螺栓支架防止主要运输大巷底板隆起和控制煤层平巷顶板。在1957年以后，各矿广泛地进行了试验和应用。淮南、淄博、开滦及大同等矿务局试用木螺栓及钢螺栓支架来支护运输巷道、轮子坡以及回采工作面；抚顺矿务局试用螺栓支架支护注砂管子道以及水砂充填工作面（顶板均为层理不发达的硬煤）。在辽源矿务局，有的水砂充填工作面也曾采用过。大同矿务局四老沟矿厚煤层短壁工作面，采用木螺栓和钢螺栓来控制顶板；鹤岗矿务局在厚煤层使用螺栓支架与金属掩护支架相结合的方法控制顶板也获得了成功。特别是，抚顺老虎台矿在有膨胀的凝灰岩巷道中使用螺栓支架支护巷道（以免因受压力大而变形），获得了极良好的效果。总之，在1958年，据不完全的统计，我国已有二十二个煤矿使用了金属和木質螺栓支架，其数量约为32,000余根；节省了大量的坑木，收到了一定的效果。

世界上产煤較多的国家，近年来都广泛地使用螺栓支架支护巷道和控制工作面的顶板，并且有了丰富的经验。

苏联在卫国战争以前，在烏拉尔一个金屬矿里，就用长螺栓固定井底車場和平行巷道間的煤柱；这样，保证了煤柱的稳定性。在建设沃尔霍夫水电站、第尼泊罗水电站工程中，也曾用螺栓支架固定工程的稳定性。在1947~1948年，苏联馬克耶夫斯基科学研究院曾在頓巴斯的矿井中进行了回采工作面应用螺栓支架的工业性試驗。最近几年来，在应用螺栓支架方面获得了新的成就。在庫茲巴斯的加里宁、列达科夫南部等矿井回采工作面，利用了螺栓支架；特别是在“焦煤一号”矿和露天矿，使用螺栓支架获得了良好的效果。目前，在苏联，許多矿井开始使用螺栓支架，特别是采用螺栓支架支护运输巷道。

美国于1935年在米苏里州“辛脱、特薩席夫、雷特”鉛矿公司开采薄层白云石时，第一次利用螺栓支架支护頂板。1940年底，在美国有200个矿井使用螺栓支架，支护了面积达130万平方米的巷道頂板。第二次世界大战以后，美国把螺栓支架广泛地应用在以下地点：房柱式采煤法的回采工作面；煤层和岩层的巷道；石門以及各种傾斜角度的巷道。在1947年，美国約有500个煤矿采用了螺栓支架。1949年一年中，有200个矿务局采用螺栓支架，支护了面积126万平方米的頂板；在西弗吉利亚州，就有170个矿山企业用了500万根螺栓支架，支护了1322公里的矿山巷道；在这一年內，应用螺栓支架的煤矿产量达到9900多万吨，占該州总产量的65%；在1952年，有70个煤矿安設了2500万根螺栓支架，平均每月安設将达200多万根；在1957年，美国每月安設的螺栓支架有400万根。

英国于1951年在利特利煤矿第一次試驗螺栓支架；到1952年，該矿所有运输大巷全部使用螺栓支架。同时，在奥肯格依赫煤矿用螺栓支架支护了长为48米的一段巷道，当回采工作面通过該巷道时，巷道頂板并未发生冒落；但在相邻区段，巷道是用拱形和梯形金屬支架的，在同期内却发生严重的变形。在1957年，英国有76,000米的巷道、4500米的石門以及大量的回采工作面采用了螺栓支架。

在西德，1951年第一次进行了螺栓支架的試驗工作。到1953年，各矿应用的螺栓支架达15,000根，主要应用在准备巷道。

在法国，1949年在罗太林的鉄矿中应用了螺栓支架；1951年在罗西利煤矿第一次試用螺栓支架，安装了6200根。到1952年底，法国每月安装的螺栓支架达15,000根以上，多半用在准备巷道和一些回采工作面。

在加拿大，捷米尼思20号煤矿于1950年在寬度为5米的回采峒室中試用螺栓支架，并收到良好的效果。目前，在运输巷道中，也广泛地使用螺栓支架。

此外，波兰、捷克斯洛伐克、匈牙利、意大利、挪威和瑞典等国家的矿井，也都先后采用了螺栓支架。

根据上述国内外使用螺栓支架的情况，可以作出下列初步結論：

(一)螺栓支架之所以能在国内外矿山企业中广泛地、迅速地、大量地被采用，是因为螺栓支架具有极大的优越性。

(二)經驗証明：在适合的矿山地質条件下，各种准备

巷道和回采工作面都可以广泛地采用螺栓支架来支护和控制顶板，甚至可以把螺栓支架应用在露天采矿中。这样，在技术上是合理的，在经济上是合算的。

• (三)在适合的矿山地质条件下，应用螺栓支架获得的效果证明：将螺栓支架固定在矿山岩石中，可以增加巷道围岩的强度，并延缓顶、底板岩石的移动过程。

(四)井下巷道岩层变形和移动的大小取决于暴露面和支护的时间。经验表明：在同样的地质条件下，准备巷道和短壁采煤工作面采用螺栓支架比采用一般支架的效果大一些。

第2节 使用螺栓支架的矿山地质条件

螺栓支架只能适用在一定的矿山地质条件下。根据国内外应用螺栓支架的实例的分析，我们认为在下列情况下都可采用螺栓支架。

1.在各种倾斜角度的岩层中，均可使用；但以在水平、缓倾斜以及倾斜岩层中使用得较广，这可能是因为在安设方面较为简便。

2.在被螺栓支架拴固的岩石上面最好有0.2~0.3米以上的一层坚硬岩石（砂岩或砂页岩等），岩石坚固系数 $f \geq 4$ ；这样，能确保螺栓支架有效地将岩石拴固。但在非成层的岩石或硬的厚煤层中亦能采用螺栓支架。

3.顶板岩石有裂缝、脆弱或膨胀性时，仍能使用螺栓支架；这时，可在顶板与托板间加托梁、槽钢或金属网。

4.直接顶板的表面不平整，不妨碍螺栓支架的使用；

当然，最理想的条件是有平整的表面和未受损伤的整块岩石。

5. 一般要求顶板没有大量滴水；但顶板有少量滴水或间断性滴水时，仍可使用螺栓支架。

6. 在矿山压力很大的巷道中，螺栓支架可与金属棚、洋灰棚以及其它支架混合使用。

7. 在有底鼓的巷道中，可用螺栓支架来防止底鼓；

8. 螺栓支架不但能用在巷道的顶板和底板，还可以在巷道两帮和回采工作面。

9. 螺栓支架可以用在露天采矿中，对非工作帮进行加固。

但必须指出：不管在那一种情况下，在采用螺栓支架支护以前，应进行极其仔细的试验工作，以便确定这种支架的支护方法在技术上是否可行、在经济上是否合算以及采用那种类型螺栓支架比较合理。

第3节 螺栓支架的优点

根据国内外使用螺栓支架的经验来分析：我们认为螺栓支架有七大优点。

1. 节省坑木：根据淮南和淄博矿务局的经验，一般木棚支架巷道每米需用坑木 $0.193 \sim 0.375$ 立方米；使用木螺栓支架的结果，只需要坑木 $0.0272 \sim 0.018$ 立方米，降低 $85 \sim 95\%$ ；使用钢螺栓支架则完全不用坑木。

2. 降低掘进成本：根据淄博、开滦、淮南等矿务局的经验，使用螺栓支架的成本，比使用一般木支架的成本降

低40~60%，比使用金屬支架的成本降低55~70%，比使用鋼筋混凝土支架的成本降低30~60%。

3. 維護費用少：使用螺栓支架可以減少巷道的維護工作量和維修費用。例如，淄博礦務局使用的鋼螺栓支架可維持20年，木螺栓支架可維持3年，木棚支架一般只能維持1~2年。據京西礦務局安家灘礦的經驗，在同一條巷道內，使用木棚子的地點僅維持2個月左右，使用螺栓支架的地點，經過7個月頂板尚未發生裂縫。

4. 工作安全：使用螺栓支架可以有效地控制頂板，減少或根除冒頂事故。淄博礦務局三年來在平巷使用了螺栓支架，雖然距回采區很近，卻未發生過冒頂、片幫事故。據外國資料來看，採用螺栓支架後，回采和掘進的冒頂、片幫事故減少了54%。使用螺栓支架對井下預防火災也非常有利。

5. 架設輕便：木棚梁、腿每根重約為30~20公斤，而鋼螺栓每根重僅為6~8公斤。這就減輕了工人的笨重勞動。

6. 效率高：架設螺栓支架速度快，勞動輕，工作量少，效率高。據淄博礦務局的經驗，架設木棚時，平均每班每人架一架，維護一米長的巷道；使用鋼螺栓支架時，包括打眼在內，三人可安設24架，維護8米的巷道。

7. 減少通風阻力：根據淄博礦務局實際測定，在巷道阻力方面，使用螺栓支架時比使用木棚子時減少0.005%。據英國的哈尔克里布愛克礦井的計算，如在準備巷道內使用螺栓支架，通風阻力約可降低50~60%。

8. 運搬方便：搬木棚時，需要3個人搬一架；搬螺栓

支架时，一个人就可搬几架；而且在大巷运输螺栓支架时比运输木棚支架为方便。

9. 加快掘进进度：采用螺栓支架时，巷道断面可以缩小；这就减少了工作量，避免了崩、倒棚事故；为加快掘进提供了有利条件。

10. 有利于运输和提升：大量地减少了矸石提升量和坑木的下运量；相应地减少了地面运输费。

根据上述优点来看，大量地广泛地使用螺栓支架，是符合总路线多、快、好、省的要求的。在我国木材资源不足的情况下，煤炭工业是木材消耗最多的工业部门之一；大力节约坑木、保证煤炭工业高速度的发展，具有很大的现实意义。因此，凡是有条件的矿山均应积极地对螺栓支架进行试验和推广使用。

第二章 螺栓支架的工作原理及参数的选择

第4节 螺栓支架的工作原理

关于螺栓支架的工作原理，目前还没有一个比较完善的结论。现在，根据在不同矿山地质条件下使用螺栓支架的经验，可归纳为下列几种简单理论。

1. 合成梁论：岩石的破坏，和任何固体一样，就是克服其结合力。当岩石内的拉应力增大到与岩石抗断强度相等或超过时，岩石的承载能力将全部用尽，并随之而破坏。当顶板安设上螺栓支架的时候，残余变形的发展不仅

为岩石的連結力所防止，而且也為螺栓支架加強的穩定性所防止。如同合成梁能承受較大的載荷一樣，其強度要比組成合成梁的各單獨梁的強度總和大。當礦山巷道或回采工作面的頂板為數個薄層的岩石組成時，安設的螺栓支架將其連結成岩石梁，其強度比未支撐的岩石強度要大。為了證明這個概念，可引用由多層木板結合而成的組合梁的例子：假如取幾塊厚度為25.4毫米、寬為30厘米、長為3米的木板，迭在兩個木架上，在其跨度正中，站上一個體重為85公斤的人，那麼在他的作用下，其撓度垂直距為5厘米；當用螺栓把木板拴固成為複合梁時，在同樣的作用下，其撓度垂直距僅為3毫米。因為梁的承載能力與梁的高度平方成正比，故能大大地增加岩石的強度、防止其冒落，如圖1所示。

普通梁的承載能力與合成梁承載能力比值如下式：

$$\frac{P'}{P} = \frac{\frac{4}{3} \times \frac{n \cdot s \cdot b \cdot h^3}{1}}{\frac{4}{3} \times \frac{s \cdot b \cdot (n \cdot h)^3}{1}} = \frac{1}{n} \quad (1)$$

$$P = P' \cdot n \quad (2)$$

式中 P' ——每一分層自由重迭梁承受的重量；

P ——合成梁承受的重量；

n ——分層的層數；

s ——梁的許可抗彎強度；

b ——梁的寬度；

h ——分層的厚度；

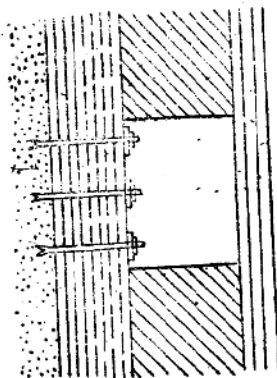


图 1 螺栓支架控固几个薄层岩石的岩石合成

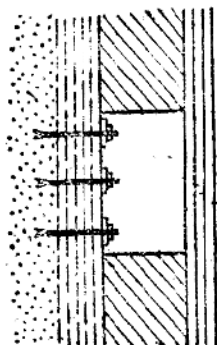


图 2 用螺栓支架将厚度不大的薄层岩石悬吊在坚硬岩石上

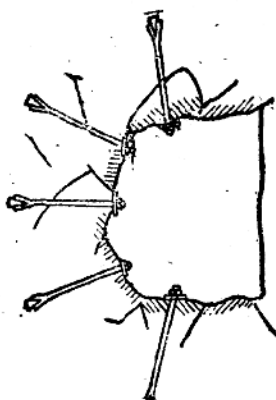


图 3 用螺栓支架控固压力拱内可能冒落的岩石

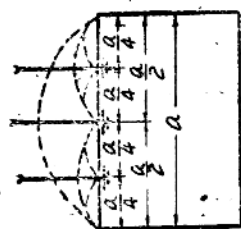


图 4 螺栓支架对压力拱高度的影响

从上述公式中，可以看出：經螺栓拴固的合成梁能承受的荷重 P 要比自由重迭梁所承受的荷重 P' 大 n 倍。

2. 悬吊論：当直接頂板为一个或几个稳定或不稳定的而且厚度不大的薄层时，在其上面并有坚硬的岩层时，可用螺栓支架将直接頂板拴固在坚硬岩层上，如图 2 所示。

假如直接頂板厚度很大（即為一种岩石）或为非层状岩石时，則螺栓支架可将压力拱內可能冒落的岩石拴固在压力拱外不可能冒落的稳定岩石上，如图 3 所示。

3. 减小压力拱高度論（减少頂板岩石梁跨度論）：在巷道內安設螺栓支架，能减小压力拱的拱高，即能把原拱直径分成两个小拱直径，小拱直径为原拱直径的一半。假如安設三根螺栓支架，能把原拱分成四个小拱，亦即压力拱的跨度变成原拱跨度的四分之一，如图 4 所示。假如安設螺栓支架根数很多，压力拱就更小。甚至接近于零。这是把螺栓支架看成与彈簧支座情况相类似的說法。

4. 挤压加固論：用螺栓支架将压力拱內的岩石挤压紧，以平衡岩石內部的张应力，使岩石不会裂开和冒落。用螺栓支架把巷道周围的松碎岩块挤压紧，使它們形成坚固的岩块；这些大块的坚固岩块沿巷道的断面形成一个具有自持力的拱形岩石环。同时，还可以在螺栓支架的托板上衬以背板或金屬網，以便防止其表面掉碴及小块岩石冒落現象的繼續发生。

5. 减少地压論：按普氏地压公式来看：

$$P = \frac{4}{3} \gamma \cdot \frac{a^2}{f} \quad (3)$$

式中 P ——每米长巷道上的压力；

f ——普氏岩石坚固系数；

γ ——岩石容重；

a ——巷道跨度之半。

安設螺栓支架时，施于螺栓以3~4吨的預付拉力，这大大增加了岩石的接合能力，而 f 值是随着岩石接合能力增大而增大的；从上式中，可以看出： f 增大时地压则减小。我們再按斯列薩列夫教授的地压公式来看：

$$P = \gamma \cdot h - 2K_p \frac{h^2}{l^2} \quad (4)$$

式中 P ——地压；

h ——頂板岩石的厚度；

K_p ——岩石的抗张力（近似等于岩石的結合力）；

l^2 ——等值跨度。

安設螺栓支架时，能增加岩石的內結合力，而結合力又近似等于岩石的抗张力。从上式中，可以看出，当 K_p 值增大时，压力的結合力减低甚至抵消。

从上述的几个理論，可以看出，它們不是单独存在的，而是互相补充說明的；这是不容怀疑的，因為它們說明了螺栓支架能起到下列的作用：

(1) 将层状的薄层軟岩拴固成为一个組合梁；

(2) 将不稳定的岩层或岩块悬吊在坚硬、稳定的岩层上；

(3) 起彈簧支座作用，减少压力拱高度（减少岩板梁的跨度）；