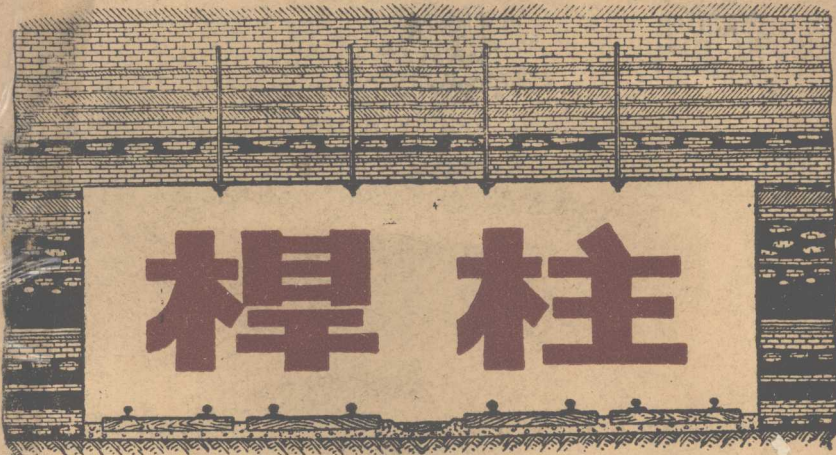




樑柱

B. H. 謝梅夫斯基 著

冶金工业出版社

桿 柱

B. H. 謝梅夫斯基 著

北京鋼鐵工業學院 譯

冶金工業出版社

本書根据实际資料講述了一种与普通支架有原則区别的
新型支架——桿柱。論述了桿柱的結構特点, 安設
方法, 選擇其参数的方法及其適用范围, 並用技术經濟
指标論証了应用桿柱的优点和合理性。

本書主要供矿山企業工程技術人員参考用, 但亦能
供采矿工業方面的設計院、科学研究所及高等学校的工
作人員及生产革新者参考。

本書由北京鋼鐵工業学院科学研究部編譯室吳利民
和采矿教研組熊国华兩同志譯校。

В. Н. Семевский
ШТАНГОВАЯ КРЕПЬ
Металлургиядат (Москва, 1956)

桿 柱

北京鋼鐵工業学院 譯

編輯: 蔡本裕 設計: 赵荅 周广 責任校对: 杨德昭

1958年2月第一版 1959年3月北京第二次印刷1,000册(累計2,000册)

850×1168·1/32·121,700字·印张 $7\frac{4}{32}$ ·挿頁5·定价1.00元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店发行

書号0794

冶金工業出版社出版(地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第093号

目 录

原序	5
緒言	6
第一章 概述	8
§ 1 采用的术语	8
§ 2 桿柱的产生和推广	9
§ 3 桿柱支护的实质和优点	13
第二章 桿柱的構造	17
§ 4 楔縫式桿柱	17
§ 5 楔縫式桿柱楔鎖参数的選擇	23
§ 6 撑帽式桿柱	28
§ 7 楔縫式桿柱和撑帽式桿柱的比較	38
§ 8 托梁	43
§ 9 木桿柱	48
§ 10 鋼筋混凝土桿柱	51
第三章 安設桿柱的作業	55
§ 11 鑽桿柱眼	55
§ 12 安設桿柱	58
§ 13 安設桿柱的安全技术	63
§ 14 桿柱支护的劳动生产率	69
§ 15 桿柱的回收	76
第四章 桿柱的排列	81
§ 16 桿柱排列網和桿体長度	81
§ 17 桿柱的傾斜安設法	90
§ 18 桿柱支护标准說明書	94
§ 19 試驗工作的組織	105
第五章 試驗室試驗	122
§ 20 离心試驗	122
§ 21 桿柱連結的混凝土梁的試驗	128
§ 22 列宁格勒矿业学院的模型試驗	133
第六章 关于桿柱的理論	147

§ 23	現有的樁柱理論	147
§ 24	樁柱工作的性質	150
§ 25	樁柱主要尺寸的近似計算法	155
第七章	樁柱在矿山基本巷道和采准巷道中的应用	168
§ 26	樁柱在各种矿山地質条件下掘进水平采准巷道中的应用	168
§ 27	樁柱在各种服务期限和各种用途的巷道中的应用	175
§ 28	回采影响範圍内巷道的樁柱支护	181
§ 29	樁柱在重新支护和刷大現有巷道中的应用	183
§ 30	巷道兩帮和底板的樁柱支护法	185
§ 31	樁柱的技术經濟評價	190
第八章	樁柱在回采工作中的应用	199
§ 32	房柱采矿法中的樁柱支护	199
§ 33	長工作面回采中的樁柱支护	206
§ 34	樁柱在其他采矿法中的应用	212
§ 35	用 H.A. 阿列克賽叶夫斯基工程师采矿法开采鋁 土矿时使用樁柱的情况	221
結束語		228
参考文献		231

原 序

本書以最近几年采矿技术文献中的許多篇零星論文以及作者本人在波罗的海頁岩矿区和北烏拉尔斯克鋁土矿区各矿井所进行的使用桿柱工作的經驗为基础写成的。

通过桿柱支护巷道的工業試驗，使我們能了解桿柱的特点和优点。作者認為有責任指出，如果沒有当地工程技术人员，特别是爱沙尼亞頁岩联合公司二号井总工程师 Ю.Я. 乔奇阿夫、北烏拉尔斯克鋁土矿經理 Н.П. 柯斯琴和列宁格勒頁岩托辣斯总工程师 Г.Д. 扎盖尔等的协助，桿柱的試驗和使用是进行不了的。

关于米尔加李姆薩依矿的資料，是由經濟学副博士 А.Г. 施比达利尼科夫根据作者的請求而惠賜的。

在本書准备付印过程中，評閱者 Н.М. 波克罗夫斯基教授和 Н.А. 謝多夫采矿工程师的宝贵指示，对作者有很大帮助。

作者將感激地接受对本書的一切認真批評，並对供給有关我国矿井和矿山应用所述支护方法的条件和特点的情况表示欢迎。

作 者

緒 言

与重工業进一步增長有密切关系的苏联采矿工業的广泛發展，要求解决一系列先进采矿技術問題。矿山支护工作也就是属于这些最重要問題之內的。矿山巷道的支护工作是复杂的采矿工作体系中最重要的一。

当矿山支架是根据先进理論、結構和經濟决定而設計的时，它就能最有效和徹底地完成自己的使命。因此，在我国的采矿工業，首先是煤炭工業中，就尋求和掌握合理結構的矿山支架进行着巨大的工作。这方面的主要技術措施是：广泛采用金屬支架，鋼筋混凝土支架和混凝土磚支架来代替木支架。

任何結構的支架都应保証：1) 安全的劳动条件；2) 提高劳动生产率和使支护过程机械化；3) 不妨碍矿山机械进行工作；4) 减小巷道的掘进断面；5) 能立即承受矿山压力；6) 不必設临时支架；7) 减少所需支护材料的数量和重量；8) 减少维护巷道的生产費用。

在我国矿井和矿山，支护工作的机械化程度仍很低，在大部分情况下用人力进行，且所采用的支架結構复杂、笨重而不經濟。因此，在使矿山巷道支护工作机械化的基础上来提高劳动生产率，具有特別重大的意义。

必須指出，在我国采矿工業中用桿柱支护矿山巷道的方法，就掌握和使用尚很不够，但这並不是輕視我們就創造和使用比較完善的地下巷道支架而正在进行工作的意义。在一定的矿山地質条件下，利用这一方法能获得上述各項要求的最好指标。这方法是用金屬（或其他材料的）桿柱連結单独的分層或大塊来增加巷道圍岩的承載能力为基础的（圖1）。

初次看来，桿柱支护好像是不可靠的。这大概就是采矿工業中某些工作人員至今尚对这种特殊支架表示怀疑的原因。

从1947年起，許多国家的矿井和矿山开始广泛应用桿柱。

近年来，在我国的有些矿山企业中，也成功地应用着这种支架。很多实际例子令人信服地证明：在许多情况下，这种支架能在各种用途和服务期限的矿山巷道中，有效地代替普通支架，且在回采工作中得到使用。

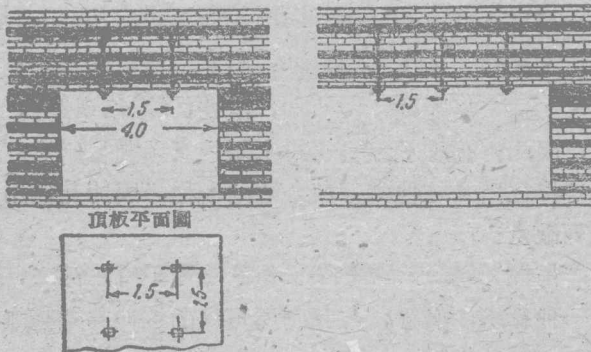


圖 1 平巷內安裝桿柱的例子

到目前为止，無論在我国或外国采矿技术文献中，尚未有过全面研究 桿柱应用問題的著作。本書是作这种总结的第一个尝试，其中可能有一些漏洞和缺点。但是，各国的实践証实了桿柱的巨大优点。改变人們对待桿柱的偏見，显示桿柱的技术經濟上的优点，促进桿柱在我們矿井和矿山的推广——这就是本書的目的。

第一章 概 述

§ 1 采用的术语

在我們的采矿技术文献中，对現在要研究的这种支架，尚未确定出通用的术语。不仅各別零件，而且就連支架本身也有各种不同叫法（錨柱，無腿柱，螺栓柱，吊柱，棒柱，棍柱，桿柱，倒刺柱），因此，必須对本書所用术语的意义加以确定。

术语“桿柱”是这种支架最合适的名称，因为其他用过的名称具有下列缺点：

а) “吊柱”，第一，与支架工作的实质不符，第二，它是方井木支架一种結構的名称，与我們所研究的这种支架毫無共同之处，第三，以該种支架支护巷道兩帮和底板时，这名称不适用；

б) “無腿柱”，也可适用于巷道仅用橫撐支柱支护时的一般支架，因此不能表示它与普通支架的根本区别，且当以該种支架支护巷道兩帮和底板时，这名称也不适用；

в) “倒刺柱”，它歪曲了支架結構的概念，这种支架的主要零件無論如何也不能認為是倒刺桿；

г) “錨柱”，这名称应用于德国的技术文献中，但从“錨”^①字具有与我們所研究的支架毫無关系的許多意义來說，它就不大适宜作为該支架的名称；

д) “螺栓柱”，这名称来自英文和法文專門文献，它不能包括这种支架的各种型式，因为这名称不适用于支架的主要零件由木料或鋼筋混凝土做成的場合；

е) “棒柱”，这名称似乎是故意造出的，同时“棒”这字使人联想到它的高度柔性和彈性，而实际上这里却没有这些性能；

ж) “棍柱”，在煤炭工業中它用于表示与我們研究的支架毫無共同之处的一种支架（軸棍式支架）。

① анкер 一字尚可作为东北欧洲之液量單位，鉄鉗，（鐘表之）調整摆講——譯者。

近年来，在我們的專門文獻中，通用着本書中用以表示这种支架的術語“桿柱”和表示支架主要零件的術語“桿體”。

要使桿體可靠地工作，必須用我們称为桿柱鎖合的各种裝置將桿體牢固地固定于安設它們的鑽眼中。

現有桿柱按鎖合型式可准确地分为兩类。其中一类的桿體借助楔子固定在鑽眼中；当楔子楔入桿體上端縱縫內后，桿體的樺叶就張开，紧压在鑽眼壁上。为了簡便起見，这种楔縫型桿柱，宜叫作楔縫式桿柱（見§4）。

另一类的桿體（見§6），不是由桿體本身張开，而是附屬零件在內部橫压力的作用下張开而使桿柱固定于鑽眼中，因此这类桿柱可以叫作撐帽式桿柱。

我們把因張开而使撐帽式桿柱固定于鑽眼中的附屬零件叫作撐帽，而把某些結構的撐帽式桿柱中采用的、进入撐帽后使撐帽張开的零件，叫作錐形管。

当用桿柱支护时，用撐在桿體上的螺母或桿體的螺栓帽將較長的金屬或木料零件紧压在巷道頂板上，这些零件与普通棚子支架的頂梁有些相似。因为这純粹是形式上的相似，所以把这种在實踐中以多种型式应用的零件（見§8）叫作頂梁或橫梁，是不确切的。П.М. 齐姆巴列維契称它們为墊襯〔11〕，但“墊襯”这字意味着一种动作，而並不指一种零件，所以很难同意这种名称。因为这些零件的主要作用是“托住”頂板岩石，所以在以后的敘述中称它們为托梁。

以上确定了在研究桿柱支护矿山巷道时我們应用的一些術語。

§ 2 桿柱的产生和推广

在流砂層中掘进探井和小井筒时，于掘进之前，在巷道的整个断面上打入木桿，以固定岩石，这种古老的烏拉尔式的掘进方法，可勉强認為是桿柱支护的雛形。

在外国采矿實踐中开始以工業規模应用桿柱前几年，在1900

年，С.М. 基洛夫磷灰石矿技术员 Н.Н. 雅科夫列夫提出了將鋼筋放入鑽眼，再压入水泥漿做成鋼筋混凝土樁支护矿山主要平窿的建議（圖 2）^①。

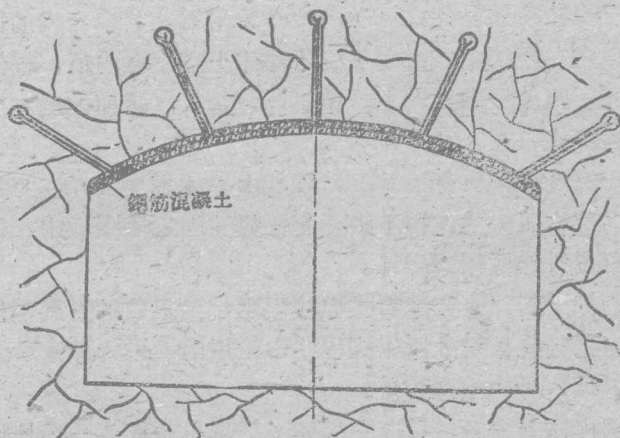


圖 2 Н.Н.雅科夫列夫建議的簡圖

还在偉大衛國戰爭以前，在烏拉尔的一个金屬矿山，就已用長螺栓固定井底車場和平行巷道間的松軟矿柱，这样保證了矿柱的穩定性^②。

在 1947—1948 年間，馬基也夫科学研究所 在頓涅茨矿区矿井內进行了樁柱的工業試驗，其目的是在長工作面采煤的世界實踐中初次試用樁柱〔7〕。所以有理由認為馬基也夫研究所是樁柱支护方法的倡導者之一。所进行的規模相当大的工業試驗結果十分良好，証實了这种支架的可靠性，但很遺憾，这些試驗未被正确地加以估价，因而未曾得以繼續。試驗的停止，無疑地推迟了这种支架在我們矿井和矿山的推广，但这一試驗表明了应用这种支架的巨大可能性，所以到現在仍未失掉它的意义。

由 1952 年起，在米尔加李姆薩依矿使用房柱法采矿时，〔成

① 据 П.Н. 高洛傑茨基教授說。

② 据 Л.А. 克拉索夫斯基采矿工程師說。

功地应用桿柱支护矿房的頂板（見 § 33）。由 1953 年起，在哲茲卡茲甘矿也同样地应用了这种支架，在一年內支护了数千平方公尺頂板，未曾發生任何崩落事故〔10〕。

爱沙尼亞頁岩联合公司 2 号井，自 1953 年进行試驗后，在運輸平巷、通風平巷和它們之間的石門內，全部改用桿柱支护，停止安設以前所用的木支架。在 1954 年一年內，該矿井掘进了約 3 公里的平巷，都用桿柱支护，沒有發生任何事故。在波罗的海頁岩矿区的其他矿井，正采用和准备采用桿柱，並且在切割和回采巷道中試用桿柱。

1954 年，在北烏拉尔斯克鋁土矿上試驗 H.A. 阿列克賽叶夫斯基設計的采矿法时（見 § 35），作了桿柱的工業試驗。除几个回采区外，桿柱支护中間平巷、采区天井和基本峒室中均試驗成功。在北烏拉尔斯克矿区应用桿柱，有極广闊的远景。

在苏联的其他矿山（基洛夫格勒，克里沃罗格，乔魯赫-戴蘭斯基等矿区），也用桿柱支护各別的矿山巷道。

尽管在我們的專門文献（見書末附的表）中，已不止一次地指出了某些順利应用桿柱的例子，但是桿柱支护方法在我們这里尚不是众所週知的，並且这种支架在我国矿井和矿山的推广尚远远沒有符合它的技术和經濟上的可能性。

在国外實踐中，近年来以桿柱支护矿山巷道的方法获得了广泛的应用。

在許多采矿工業發达的資本主义国家的矿山企業中，桿柱广泛地用于各种不同的条件，排挤了矿山巷道的一般支架。資本主义国家采矿工業中应用桿柱的規模証明，桿柱有着巨大的技术經濟上的可能性。

因为各种說法極不一致，所以無法确定外国矿山企業第一次采用桿柱的日期和地点。但在設計上已形成和實踐中已考驗过的桿柱支护方法的实际掌握可以准确地定为开始于 1947 年，那时美国矿业局的工程师們查明了某些煤矿發生頂板突然陷落，即所謂切断的原因。观察表明，当上部埋藏着松软岩石时，它下沉时

引起对直接頂板岩石施加的压力逐漸增加，在下層岩石弯曲形成切断裂縫后，即發生这种陷落。为了消除巷道頂部岩板的弯曲，决定用金屬桿柱固結下層岩石，这种方法获得了如此良好的結果，以致在 1947 年底时桿柱已被許多美国矿井所采用。

根据官方資料 [16]，近年来，美国每年在 700 个矿山企業約安設 250 万根桿柱。在美国的煤炭工業中，桿柱应用得特別广泛，这是因为那里主要用房柱法开采水平和緩傾斜的中厚煤層。

在美国的金屬矿山，桿柱也获得了广泛的应用。

在加拿大，近年来桿柱在煤矿和金屬矿都获得了極广泛的应用。

在英国，桿柱于 1951 年第一次在里德列依矿井进行試驗，而在 1952 年，該矿的全部运输巷道已完全采用桿柱支护 [21]。目前桿柱順利地应用于許多英格蘭和蘇格蘭的煤矿 [25, 36]。

在法国，洛林鉄矿自 1949 年起开始应用桿柱，而在 1952 年底时已每月安設桿柱 15000 根以上 [62]。在薩尔区煤矿，桿柱用于采准巷道、回采矿房和長工作面中 [63]。

在魯尔煤田各矿井，于 1953 年一年中使用了 15000 根桿柱 [58]。

在挪威苏利帖尔馬鉄矿，自 1947 年起順利地应用着特殊型式的桿柱（見 § 10）。

1950 年，克拉科夫采矿研究院涅曼工程师提出了关于桿柱工作情况的报告 [13]。在波蘭的兩個矿井，長期来，用固定于頂板內鋼桿柱上的金屬頂梁支护平巷 [14]。

綜上所述，可作下列結論：

a) 桿柱被广泛和迅速的采用証明，在很大的矿山技术条件范圍內，桿柱支护效果好，具有技术經濟上的优点；

б) 实例肯定了在从基本巷道到回采巷道的各种用途巷道中应用桿柱的合理性；

в) 在相应条件下应用这种支架的成績証明，將桿柱固定在矿山岩石中，有可能提高矿山岩石的承載能力。

§ 3 樁柱支护的實質和优点

在一般情況下，由于掘進巷道的結果，頂板岩石變形發展的過程（圖3）是：頂板首先彎曲，產生裂縫，然後崩落。在初期，斷裂變形不一定發生于靠近巷道的岩層中。如果頂板直接是

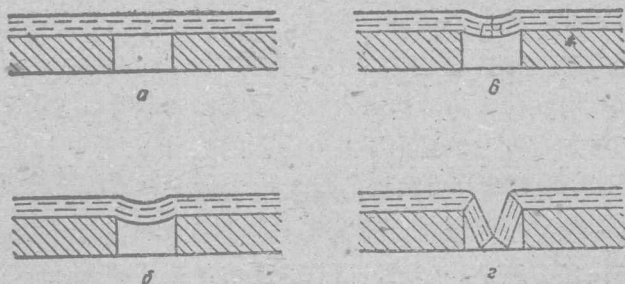


圖3 B.Д.斯列薩列夫的頂板岩石變形圖

a—僅有彈性變形；б—整體未斷裂的彎曲；в—出現裂縫；г—崩落

比較堅固的岩石，則在最初，由于下層岩石的彎曲，上層比較松軟的岩石可能先破壞（圖4），此後才在下層比較堅固的岩石中發生斷裂變形。

普通棚子的木頂梁甚至金屬頂梁，即使楔得很緊和安裝得非常精確，也不能消除頂板岩石的彎曲，因支护材料总比礦岩石易彎曲。因之，普通支架不能防止由于岩石彎曲所引起的岩石連結力的削弱。

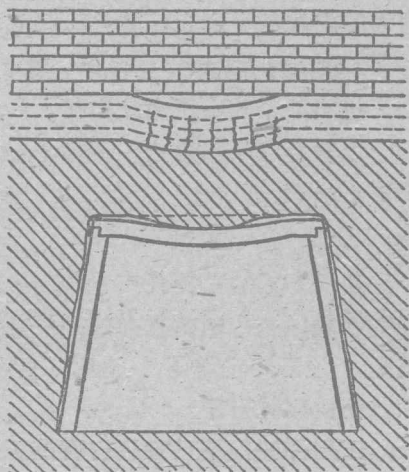


圖4 巷道頂板岩石彎曲和破壞圖

用金屬樁柱連結岩層，可以增加頂板抵抗礦山壓力的強度。

用桿柱連結起來的岩層，可以看作是合成梁，其強度不僅大大超過單獨岩層之強度，而且也大于合成岩層各組成岩層強度的總和。

由桿柱連結起來的組合岩板的強度，不僅決定于岩層的人工連結法，而且還決定于岩層間的連結力。如果連結力由于下部岩層彎曲而削弱，則組合岩板的強度比各層自然連結未被破壞時的強度要小。因此，巷道每掘進一次後，儘快安設桿柱是很重要的。

桿柱連結的組合岩板內抗壓力的增加，不僅能由一般的推論，而且可由桿柱連結的松軟岩石都成整塊崩落的事實所證明。抗壓力的增加，大大地減小了巷道上部的礦山壓力。

按 B.A. 斯列薩列夫教授的假說，巷道上垂直壓力的大小，決定于絕對值等于內連結力的岩石抗張強度 (K_p)。 K_p 的值愈大，則礦山壓力愈小。因之，當總強度增加到足夠大時，就可以消除礦山壓力的出現。

按 M.M. 普羅托吉雅柯諾夫教授的壓力拱假說，巷道上垂直壓力的大小，決定于與強度系數成反比的拱的高度。大家知道，岩石的內連結力愈大，其普氏強度系數愈大。因之，根據 M.M. 普羅托吉雅柯諾夫教授的观点來看，增加抗压強度，即減小拱高，也能消除礦山壓力的出現。

以岩石內摩擦角的正切代替普氏強度系數決定巷道上垂直壓力大小的 П.М. 齊姆巴列維契教授的計算法，也得出了同樣的結論。

如以 M.M. 普羅托吉雅柯諾夫教授或 П.М. 齊姆巴列維契教授的假說出發，則希望桿柱插至計算壓力拱的範圍以外(圖 5)。但是，這不一定需要，並且可能是多餘的，因為頂板強度的增加，使拱高減小了。

應用桿柱，不只保證岩石抗压強度的增加，而且能根據每一具體情況的要求減小暴露頂板的跨度，因為在桿柱足夠長時，跨度不等于巷道的寬度，而等于相鄰桿柱間的距離。

由此可見，桿柱和普通支架的工作性質是不同的。一般剛性

支架，利用支护材料相应的强度阻止巷道围岩残余变形的發展，而桿柱是用增加矿山岩石的强度来完成同样的作用。因为岩石变形的大小取决于暴露面支护的时间，而桿柱能很快安設及尽量接近工作面，所以在条件相同时，許多場合下桿柱也要比一般支架可靠一些。

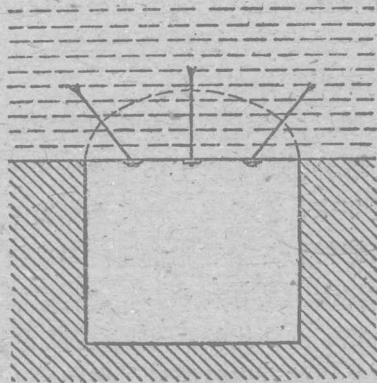


圖 5 固定于崩落拱外的桿柱

此外，与不完全棚子、拱形棚子及其他一般支架比較，应用桿柱支护时：

- 1) 支护工作能全面机械化；
- 2) 工作面附近未支护的面积大大减小；
- 3) 桿柱沒有被工作着的机器或爆破工作损坏的危險（支架的损坏可能引起岩石的局部冒落和崩落）；
- 4) 巷道的掘进断面减小；
- 5) 巷道內無火災危險；
- 6) 由于采掘机械的工作在整个工作面寬度上不受妨碍，因此生产率提高；
- 7) 伪頂片落招致的有用矿物的貧化降低；
- 8) 巷道的風流阻力减小；
- 9) 由于桿柱材料体积小，因此支护材料的裝載和运输費用縮減，井下堆棧容积减小。

有时，有人根据桿柱不能發出矿山压力危險增加的信号，而反对利用桿柱。这种異議会随着桿柱的被掌握而消失，因为当桿柱的参数選擇得正确时，矿山压力不可能增加，而如果桿柱長度或排列密度不够，則仅在断裂裂縫預先形成后才發生成片的崩

落，而在这以前首先要出現小裂縫，並發出特殊响声。因此以桿柱代替一般支架，照例能大大減少与岩石局部冒落及崩落有关而發生的不幸事件〔16〕。

很明显，桿柱的优点是相当突出的，故只要矿山技术条件允許，于各种情况下以工業規模使用桿柱都是适宜的。

近年来，在我国，特別是煤炭工業中，广泛地用金屬代替木材作支护材料。与其他金屬支架比較，桿柱可以大量节省金屬，因此在經濟上是有利的。如果將桿柱与我国靠近林区的矿山采用的木料棚子支架比較，則木支架的材料費可能相对地比較低一些。但是桿柱有安設簡單、修理費小及上述其他优点，所以就在这种条件下，采用桿柱也是合理的。

然而不能从上面的敘述中得出这样的結論：桿柱在任何条件下都适用，它完全能代替一般支架。相反，桿柱只适用于一定的条件下，在可能將桿柱鎖合固定于有足够厚度和相当坚固的岩石中时，采用桿柱才特別有利。在所有情况下，采用桿柱以前应进行極其仔細的試驗，以便确定这种支护方法在技术上是否可行，經濟上是否合算，以及桿柱应有怎樣的参数和零件。

桿柱支护的效果决定于：桿柱所穿过的岩石的物理机械性質；將桿体固定在鑽眼中的鎖合裝置的机械效能；選擇桿柱長度及排列網的正确性以及安設桿柱的精密程度。最后一点特別重要，这是因为很难对每根安好的桿柱的安設質量 and 情况单独进行考察；这里，無論如何也不可能像对一般支架那样进行施工質量的檢查。

但是沒有理由怀疑，在許多場合下，正确应用桿柱，在掘进矿山巷道时可以減少危險，提高掘进速度和降低成本。有关这种新支护方法的一切資料說明，在我国的采矿工業中能够更广泛的采用它。