

中国矿业大学图书馆藏书



C01654721

煤炭技师学院“十二五”规划教材

液压支架与泵站

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

TD355
W-472

煤炭技师学院“十二五”规划教材

液压支架与泵站

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编



中国矿业大学图书馆藏书



C01654721

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

液压支架与泵站/中国煤炭教育协会职业教育教材
编审委员会编. --北京: 煤炭工业出版社, 2011

煤炭技师学院“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3796-3

I. ①液… II. ①中… III. ①煤矿-液压支架-高等学校: 技术学校-教材②煤矿-液压泵站-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TD355②TD420.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 012951 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn
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 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 17
字数 399 千字 印数 1—5 000
2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷
社内编号 6606 定价 34.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书根据职业教育的特点,结合煤矿生产实际,采用理论促进技能的编写思路,将液压支架与泵站分成4个模块,剖解为13个课题,细化其组成结构、工作原理、主要参数、性能特征,阐述液压支架与泵站的使用维护、操作技能、检修方法、故障分析与处理及相关技术要求等知识。

本书可供高职、高专学生、技师、技工等不同层次从事综采,专业人员学习使用,也可供煤矿技术人员和采掘机械维修工人自学与工作参考。



地质出版社

· 京 北 ·

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

名誉主任	朱德仁					
主任	邱江					
常务副主任	刘富					
副主任	刘爱菊	吕一中	肖仁政	张西月	郝临山	魏焕成
	曹允伟	仵自连	桂和荣	雷家鹏	张贵金	韩文东
	李传涛	孙怀湘	程建业			
秘书长 委员	刘富（兼）					
	（按姓氏笔画为序）					
	牛宪民	王枕	王明生	王树明	王朗辉	甘志国
	白文富	仵自连	任秀志	刘爱菊	刘富	吕一中
	孙怀湘	孙茂林	齐福全	何富贤	余传栋	吴丁良
	张久援	张先民	张延刚	张西月	张贵金	张瑞清
	李传涛	肖仁政	辛洪波	邱江	邹京生	陈季言
	屈新安	林木生	范洪春	侯印浩	赵杰	赵俊谦
	郝临山	夏金平	桂和荣	涂国志	曹中林	梁茂庆
	曾现周	温永康	程光岭	程建业	董礼	谢宗东
	谢明荣	韩文东	雷家鹏	题正义	魏焕成	
主编	吴乐兵					

前 言

高技能人才是我国煤炭工业人才队伍的重要组成部分，是煤炭行业产业大军的优秀代表，是煤炭技术工人队伍的核心和骨干。在煤炭工业调整产业结构、转变经济发展方式、加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动企业科技创新和技术进步等方面具有不可替代的重要作用。

近年来，煤炭企业认真贯彻落实党和国家关于加强高技能人才队伍建设的方针政策，在高技能人才队伍建设方面做了大量工作，部分企业根据本企业实际出台了相关规定，加强了高技能人才培养基地建设，完善了办学条件，为本企业开展高技能人才培养工作奠定了良好的基础。但是，由于煤炭行业高技能人才培养工作发展很不平衡，多数企业尚在起步阶段，经验不足，教师队伍整体素质有待于进一步提高，教学软件建设还有待于进一步加强。从行业总体上看，缺少规范的教学文件和配套的教材，严重影响了高技能人才培养工作的不断进步和发展。

为进一步认真贯彻落实党和国家《关于进一步加强高技能人才工作的意见》，加快培养一大批数量充足，结构合理，素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型煤炭高技能人才，为实现煤炭工业安全、健康和可持续发展提供人才保障。中国煤炭教育协会结合煤炭行业高技能人才培养工作的实际，依据煤炭行业高技能人才培养要求，组织行业内有关教师、专家和企业专业技术人员研究制定了部分煤炭专业高技能人才培养教学指导方案，并编辑出版了配套教材。这套教材是煤炭高技能人才培养“十二五”规划教材，它的出版对推动煤炭行业高技能人才培养工作的进步与发展将起到重要作用。

这套教材以能力为核心，突出全面素质提高和能力培养，结构合理，针对性强，适合煤炭技师学院和在职培训使用，也适合相关专业的工程技术人员和致力于自学成才的技术工人自学。

本教材由吴乐兵主编。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

中国煤炭教育协会职业教育教材

编审委员会

2011年4月

目 次

模块一 液压支架相关知识.....	1
课题一 液压支架的组成与工作原理.....	1
课题二 液压支架检修的主要内容、设备、流程	16
课题三 常见的典型液压支架	28
模块二 液压支架的使用、安装、维护与测试	75
课题一 液压支架的使用	75
课题二 液压支架的安装、维护与测试	92
课题三 液压支架的故障分析与处理.....	110
模块三 液压支架的检修.....	116
课题一 液压支架承载构件的检修.....	116
课题二 液压缸的检修.....	131
课题三 液压阀件的检修.....	148
课题四 液压系统的检修.....	174
模块四 乳化液泵站的使用与检修.....	202
课题一 乳化液泵站的使用.....	202
课题二 乳化液泵站的检修与故障处理.....	215
课题三 乳化液的配制与管理.....	245
附录一 液压支架维修工技能鉴定标准（初级工、中级工、高级工、 技师、高级技师）	252
附录二 液压元件职能符号.....	258
参考文献.....	262

模块一 液压支架相关知识

随着工业的发展,对煤炭需求量的日益增长,煤炭开采要求人们改进回采工艺,提高采煤机械化程度。自20世纪50年代初,采用浅截式采煤机和可弯曲刮板输送机以来,大大加快开采速度。然而,支护工作仍为手工操作,劳动强度大、效率低、不安全,严重地阻碍了工作面机械效能的发挥。这一矛盾促使了支护设备的迅速发展。1954年,英国首先装备了世界上第一个使用液压支架的综采工作面,把回采工作面的支护技术推进到了一个新的阶段。我国于20世纪70年代初,成功研制了垛式、节式等支撑式液压支架,以及关键的液压元件。到70年代中期,研制成功了掩护式与支撑掩护式液压支架,由于这种架型的支架具有良好的支撑性、稳定性和防护性能,因而获得了推广和使用。此后,在引进、消化国外液压支架的基础上,积累了丰富的经验,根据我国煤矿不同的生产地质条件,开发研制了多种类型的新型液压支架。它们不仅有适应于厚煤层的,也有适应于薄煤层的,适应最大煤层倾角可达 55° ,最大工作阻力达10000 kN;不仅有用一般工作面的液压支架,还有用于放顶煤采煤、分层铺网采煤等条件下的特殊用途的液压支架。

实践证明,液压支架具有支护性能好、结构强度高、移设速度快、安全可靠等优点。液压支架配合可弯曲刮板输送机和滚筒式采煤机,组成回采工作面的综合机械化采煤设备。该设备具有增加产量、提高效率、降低成本、安全生产、减轻人体体力劳动等性能。液压支架在技术上是先进的,在经济上是合理的,在安全上是可靠的,液压支架的总重量和初期投资费用占工作面整套综采设备的60%~70%。因此,液压支架是实现回采工作面机械化和自动化的主要设备,是现代化采煤技术中的关键设备之一。

课题一 液压支架的组成与工作原理

液压支架是以高压液体为动力,由若干金属构件与液压元件组合而成的一种支撑和控制顶板的支护设备。它能可靠而有效地支撑和控制工作面顶板,隔离采空区,防止矸石窜入工作面,保证作业空间,并且能够随着工作面的推进而自动前移,不断将采煤机和输送机推向煤壁,从而满足了工作面高产、高效和安全生产的要求。本课题着重介绍液压支架常见类型、基本结构、工作原理、性能参数等,为以后使用、维护、检修奠定良好的理论基础。

一、教学目标

认知液压支架在综采中的地位、作用,了解液压支架分类方式、命名方法、基本概念,熟悉液压支架结构组成、工作原理与工作特征,掌握液压支架主要性能、参数等影响因素。

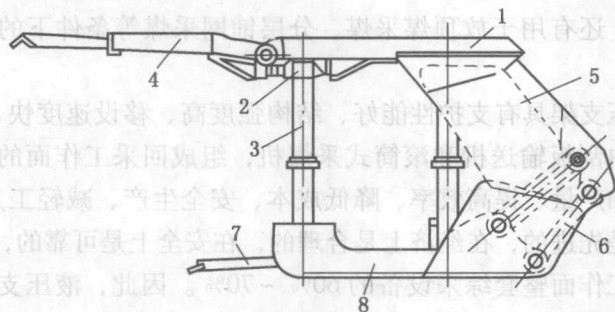
二、设备与器材

液压支架（实物或模型）、综采工作面演示台、多功能教室（报告厅）、多媒体教学设备（必备的教学手段，如教学挂图等）。

三、相关知识

（一）液压支架的组成

目前使用较普遍的液压支架架型结构如图 1-1 所示，它由前后立柱、顶梁、掩护梁、前后连杆、操纵阀、推移装置等组成。顶梁直接与顶板接触，承受顶板压力载荷，并为立柱和掩护梁提供连接点。掩护梁与采空区冒落岩石接触并与顶梁相接，下部与前后连杆相铰接。底座直接与底板相接触，将来自顶板的各种载荷传递给底板。推移装置装设在底座中部。立柱上下端分别铰接于顶梁（或掩护梁）与底座上，直接（或间接）承受顶板岩石载荷，它是液压支架的动力部件。支架的支撑能力和支撑高度主要取决于立柱的性能和结构。操纵阀则是控制支架实现各项动作要求。推移装置的功能，一是推移工作面刮板输送机，二是拉动液压支架前移。其一端连接于支架底座，另一端连接于输送机上。



1—顶梁；2—前梁千斤顶；3—立柱；4—前梁；5—掩护梁；
6—连杆；7—推移装置；8—底座

图 1-1 支撑掩护式液压支架

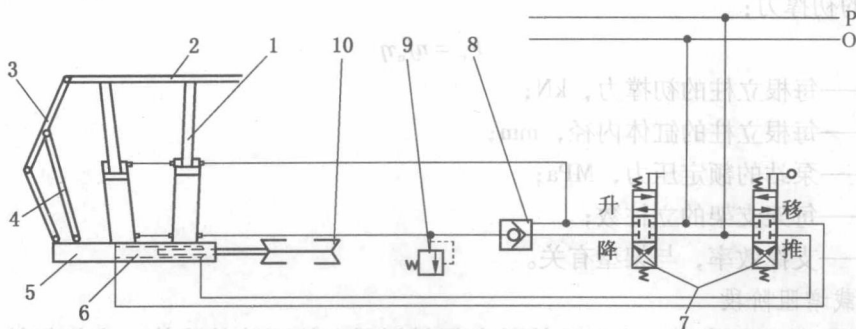
从以上各部件的作用可以看出，液压支架“支”的功能是由立柱、顶梁和底座来共同实现的，“护”的功能则是由掩护梁和前后连杆一起保证的，“自移”的功能是靠推移装置来完成的。

（二）液压支架的工作原理

1. 工作原理

液压支架的工作原理如图 1-2 所示。液压支架依靠流动着的高压液体所具备的压力能，通过各种液压元件（液压缸、液压阀件）协调动作完成预先设计程序，并可较好地配合其他采煤设备运行，维护安全有效的工作空间，其基本动作有升架、降架、推输送机、移架。

2. 工作过程



1—立柱；2—顶梁；3—掩护梁；4—连杆；5—底座；6—推移装置；
7—操纵阀；8—液控单向阀；9—安全阀；10—工作面输送机

图 1-2 液压支架的工作原理

(1) 升架。将操纵阀置于升架位置，由泵站经压力胶管 P 输送来的高压液体通过液控单向阀进入立柱下腔；立柱上腔的液体通过操纵阀流至回液管 O，于是立柱外伸，支架升起。

(2) 推输送机。在支架处于支撑的状态下，将操纵阀置于推输送机位置，高压液体经操纵阀进入推移千斤顶的左腔，其右腔液体经操纵阀流至回液管 O。此时，推移千斤顶活塞杆伸出，将工作面输送机推向煤壁。推移距离一般为采煤机的一个截深。

(3) 降架。将操纵阀置于降架位置，高压液体经操纵阀进入立柱上腔，同时打开液控单向阀；立柱下腔的液体经液控单向阀、操纵阀后流回回液管 O，于是立柱回缩，支架降低。

(4) 移架。在支架卸载（降架）或部分卸载后，将操纵阀置于移架位置，高压液体进入推移千斤顶右腔，其左腔低压液体流回回液管 O。此时，千斤顶缸体带动支架右移，即支架前移，移动的距离与推输送机的距离相等。

由此可知，液压支架的工作原理就是支架与围岩相互作用的力学原理，支架随工作面不断推进而前移，支撑和控制顶底板。在实际生产中，对于液压支架的 4 个基本动作的顺序，应根据回采工艺的具体工序来确定。

(三) 液压支架的工作特性曲线

根据液压支架的支撑承载原理，分析可知，液压支架的一个完整的工作循环过程有 4 个阶段。

1. 初撑增阻阶段

升架时，从顶梁接触顶板起，至立柱下腔液体压力迅速升至泵站额定压力止，这一阶段称为支架（立柱）的初撑增阻阶段。即泵压撑顶、支架对顶板的支撑力急剧增加，支架呈现急增阻状态，时间在 1 min 左右。此阶段终了时，支架（立柱）对顶板产生的支撑力称为初撑力，其计算公式如下：

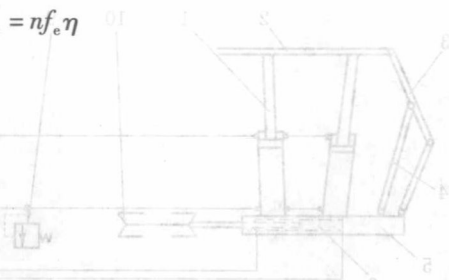
立柱的初撑力：

$$f_c = \frac{1}{4} \pi D^2 p_b$$

支架的初撑力:

$$F_c = n f_c \eta$$

式中 f_c ——每根立柱的初撑力, kN;
 D ——每根立柱的缸体内径, mm;
 p_b ——泵站的额定压力, MPa;
 n ——每架支架的立柱数;
 η ——支撑效率, 与架型有关。



2. 承载增阻阶段

初撑增阻阶段结束后, 由于液控单向阀封闭了立柱下腔的液体, 支架保持对顶板支撑, 随着顶梁上所受的来自顶板的压力增大, 立柱下腔内液体压力逐渐升高, 支架的支撑力也随之增大, 直到液体压力达到立柱下腔油路中安全阀的调定压力为止, 这一阶段称为支架(立柱)的承载增阻阶段。即闭锁承载, 支架对顶板的支撑力增加较慢, 支架呈现缓增阻状态, 时间一般为数小时至几天或更长。在该阶段终了时, 支架(立柱)对顶板产生的支撑力称为工作阻力, 其计算公式如下:

立柱的工作阻力:

$$f_c = \frac{1}{4} \pi D^2 p_a$$

支架的工作阻力:

$$F_z = n f_z \eta$$

式中 p_a ——安全阀的调定压力, MPa;
 f_z ——每根立柱的工作阻力, kN。

其他符号同前。

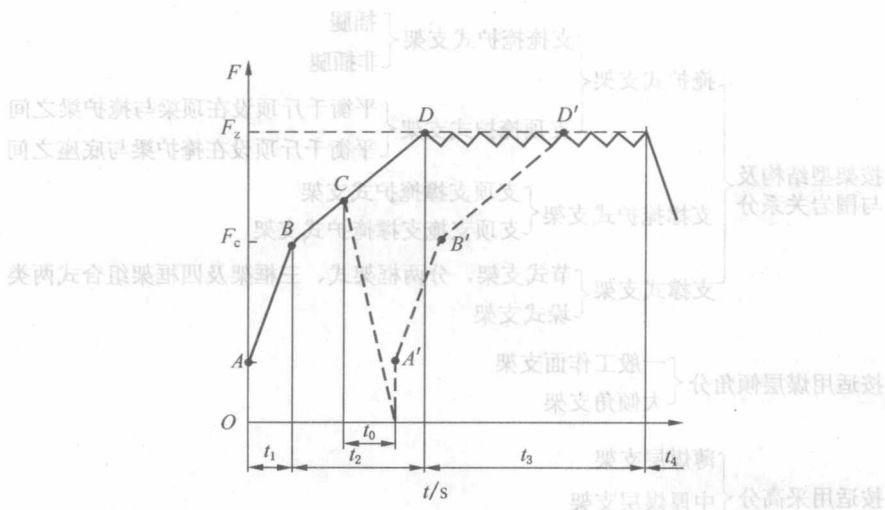
3. 承载恒阻阶段

支架(立柱)达到工作阻力后, 随着时间的推移顶板继续下沉, 立柱下腔内压力进一步增大的液体最终使得安全阀开启溢流, 立柱回缩。于是, 立柱下腔内压力又降低。当压力降低至安全阀的调定压力后, 安全阀关闭。如此反复动作, 始终保证立柱下腔的压力基本不变(在一个较小波动值范围), 即保证支架(立柱)的工作阻力基本不变, 处于恒阻支撑状态。从安全阀第一次开启使支架卸载降柱至安全阀关闭重新支撑顶板的这一阶段称为承载恒阻阶段。即溢流承载, 支架对顶板支撑力基本不变(极小范围内波动), 支架呈现恒阻状态。一般情况支架处于该阶段工作较少。该阶段内支架(立柱)对顶板产生的支撑力, 称为恒阻力。其值取决于安全阀灵敏度和可靠性, 它为一区域值。

4. 降柱移架阶段

随着工作面的推进, 支架需要前移, 移架前将支架的立柱卸载收缩, 使支架撤出支撑状态。从开始卸载降柱到下一次开始升柱, 此阶段称为降柱移架阶段。即支架顶梁, 脱离顶板, 对顶板无作用力, 支架呈现解锁降柱移架状态。在特殊情况下只卸载立柱下腔部分压力, 但顶梁并不脱离顶板, 保留一部分的支撑力, 开始移架, 即“带压”移架或称“擦顶”移架。

综上所述, 液压支架4个阶段及支架在各阶段呈现出的工作特性可由图1-3表示。



t_1 —初撑增阻阶段； t_2 —承载增阻阶段； t_3 —承载恒阻阶段； t_4 —降柱移架阶段；A—支架顶梁已接触顶板（忽略顶梁自重与内摩擦力）；B—立柱下腔液压力已达到乳化液泵站额定压力，液控单向阀处于动平衡状态，即支架支撑顶板初始支撑力；C—支架尚未达到工作阻力，人工卸载（降柱）；D—立柱下腔液压力在顶板下沉过程中增至安全阀调定压力，即支架支撑顶板最大支撑力；AB—急增阻支架增力线性状态；BD—缓增阻支架增力线性状态； F_c —支架初撑力； F_z —支架工作阻力

图 1-3 液压支架特性曲线

图 1-3 中折线表示支架在额定工作阻力以下工作，具有增阻性，以保证支架对顶板的有效支撑作用；并具有可缩性和一定的弹性可缩量，是客观存在，只能从设计、制造和使用中尽可能地减少。折线中各线段的不同斜率表示增阻速率的不同；波纹线的水平特征表示支架超过额定工作阻力时具有恒阻性和让压性，以限制支架的最大支撑力，保证支架不被压垮，保护各零部件不受损坏。虚线表示支架尚未达到工作阻力，人工卸载降柱，随工作面推进而重新移设；C 点愈靠近 B 点，说明工作面推进速度愈快。增阻性主要取决于液控单向阀和立柱的密封性能，恒阻性、让压性与可缩性则主要靠安全阀来实现和保证。因此，安全阀、液控单向阀和立柱是保证液压支架工作性能的 3 个关键元件。

（四）液压支架的类型及结构特征

1. 液压支架的类型

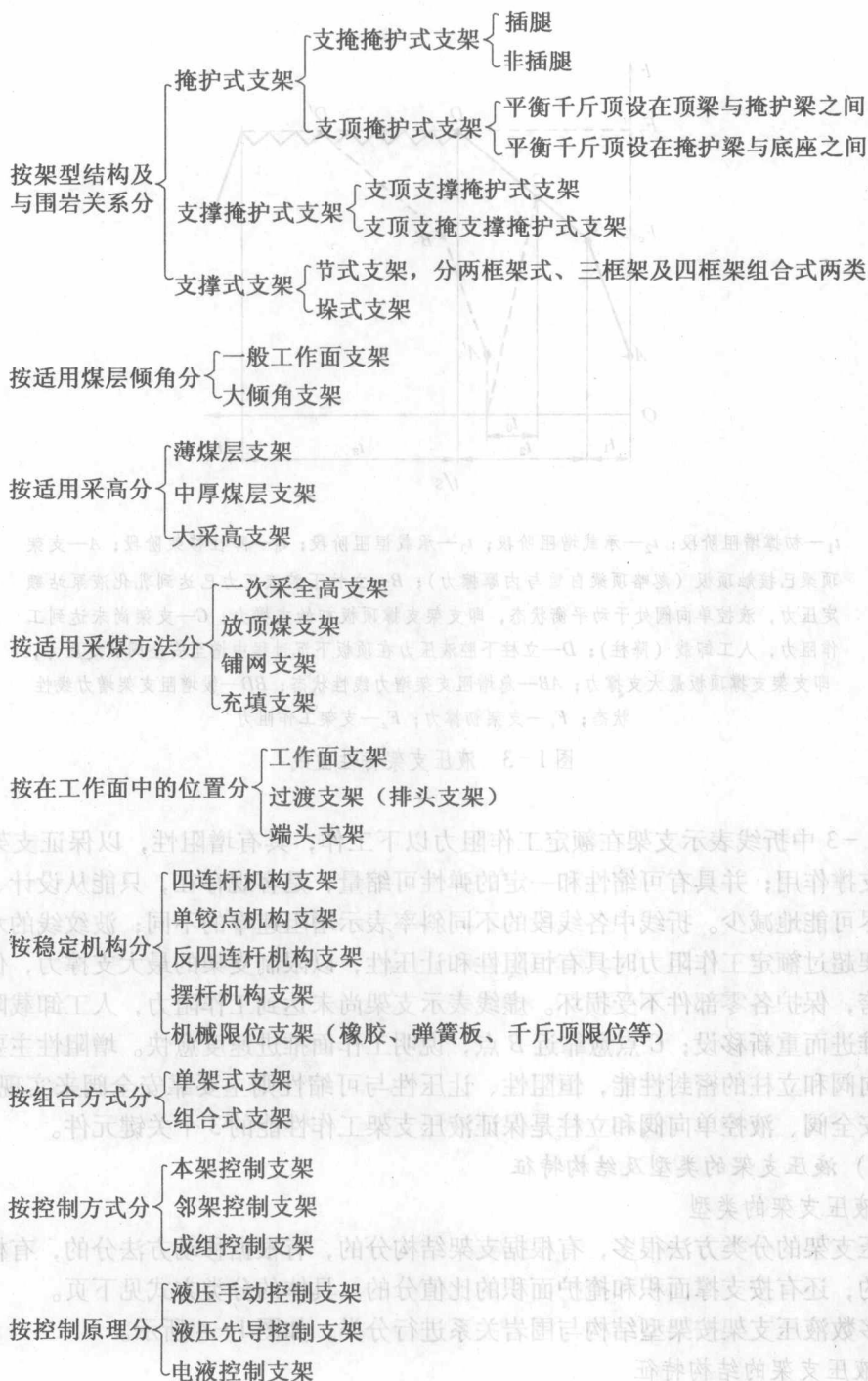
液压支架的分类方法很多，有根据支架结构分的，有根据移动方法分的，有根据使用地点分的，还有按支撑面积和掩护面积的比值分的。具体的分类方式见下页。

大多数液压支架按架型结构与围岩关系进行分类，如图 1-4 所示。

2. 液压支架的结构特征

1) 支撑式液压支架

支撑式液压支架如图 1-5 所示，它在结构上有较长的顶梁、较多呈垂直布置的立柱和坚固的箱式底座。工作时，靠立柱通过顶梁的支撑作用控制工作面顶板，形成安全的工作空间。该架型支撑能力大，切顶性能好且可靠，适用于顶板坚硬、完整，周期来压大，底板较硬的煤层。



2) 掩护式液压支架

掩护式液压支架如图 1-6 所示, 此类支架在结构上具有一个斜置的掩护梁, 顶梁较短, 立柱数较少, 一般为两根且呈倾斜布置。支架后部主要靠掩护梁对冒落岩石的阻挡作用构成一定的安全空间。掩护式液压支架具有良好的防矸掩护性能, 整架刚性好, 稳定性

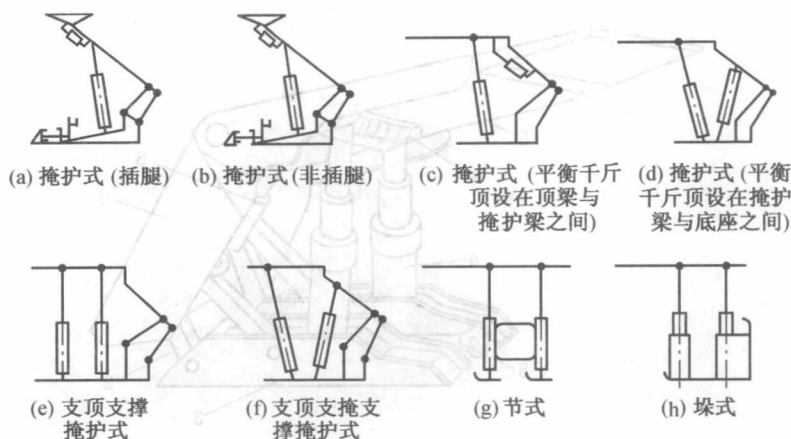
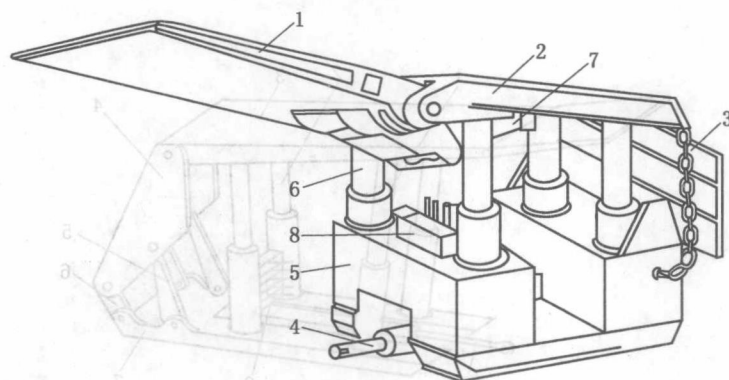


图 1-4 液压支架按架型结构与围岩关系分类



1—前梁；2—顶梁；3—挡矸板；4—推移装置；5—底座箱；
6—立柱；7—前梁千斤顶；8—操纵阀

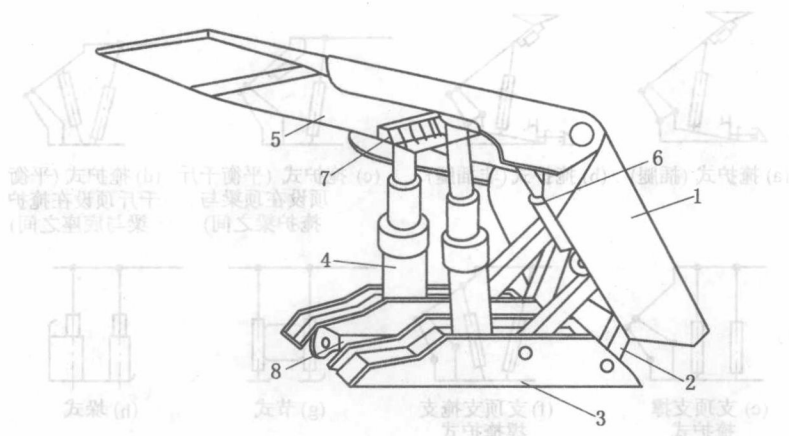
图 1-5 支撑式液压支架

高，水平承载能力强，调高范围大，但工作阻力较小，适用于顶板中等稳定或较破碎、底板松软、瓦斯涌出量较小的煤层。

3) 支撑掩护式液压支架

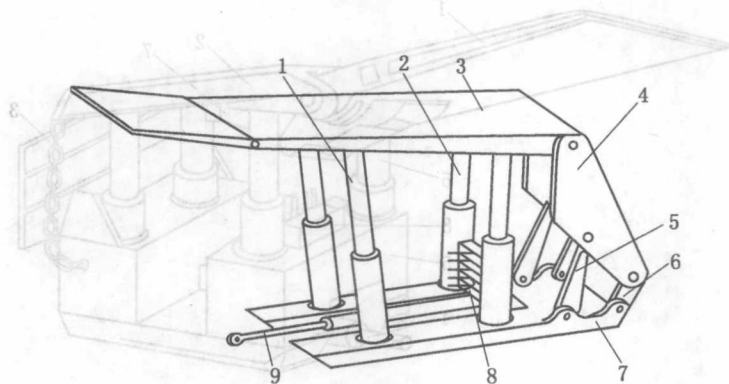
支撑掩护式液压支架如图 1-7 所示，此类支架以支撑为主，兼有掩护作用。它的结构特点是立柱多为双排四柱倾斜布置，具有四连杆机构；性能上兼有支撑式液压支架和掩护式液压支架二者的特点。它适用于顶板中等稳定或稳定，有较明显的周期来压，底板中等稳定的瓦斯涌出量较大的煤层。

根据我国煤田地质情况以及煤层的赋存条件，通过多年来的实践证明，掩护式液压支架和支撑掩护式液压支架较符合我国的实际情况，使用效果较为理想，选用率占国产支架的 80% 左右。但需要特别指出的是，国外的有关资料显示和使用经验表明，采用大吨位双柱掩护式液压支架（工作阻力一般在 5000 kN 以上）不仅完全可以适应中等稳定和中等不稳定顶板的支护要求，而且还能承受住冲击地压。因此，可以预见未来大吨位掩护式液压



1—掩护梁；2—连杆；3—底座；4—立柱；5—顶梁；
6—平衡千斤顶；7—操纵阀；8—推移千斤顶

图 1-6 掩护式液压支架



1—前立柱；2—后立柱；3—顶梁；4—掩护梁；5—前连杆；
6—后连杆；7—底座；8—操纵阀；9—推移装置

图 1-7 支撑掩护式液压支架

支架将成为高产高效工作面的主选支护设备。

4) 特殊液压支架

除以上 3 种基本架型外，还有适应于特殊用途的液压支架。用于厚煤层开采中带有铺顶网或铺底网机构的液压支架如图 1-8 所示。

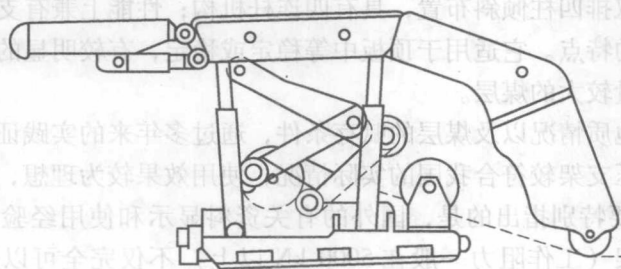


图 1-8 带有铺网机构的液压支架

用于厚煤层一次采全高采中带有放顶煤窗口或尾部放煤板的液压支架如图 1-9 所示。

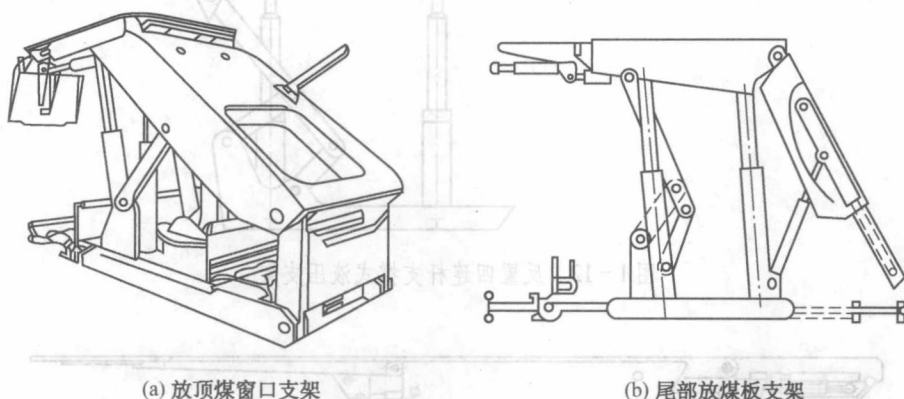


图 1-9 带有放顶煤窗口或尾部放煤板的液压支架

用于工作面端头支护的端头液压支架如图 1-10 所示。

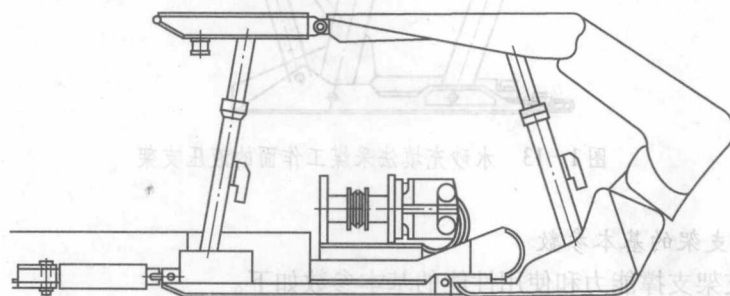


图 1-10 端头液压支架

用于薄煤层开采的 X 型支撑掩护式或反置四连杆支撑式液压支架如图 1-11 和图 1-12 所示。

用于水砂充填法采煤工作面的液压支架如图 1-13 所示。

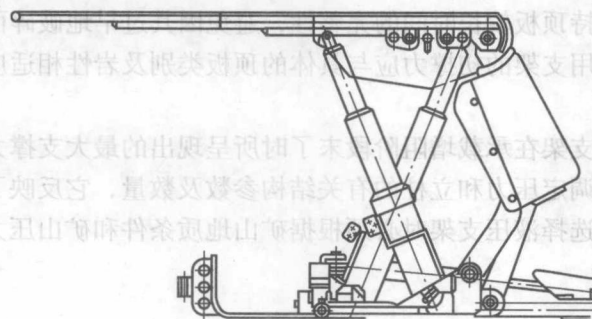


图 1-11 X 型支撑掩护式液压支架

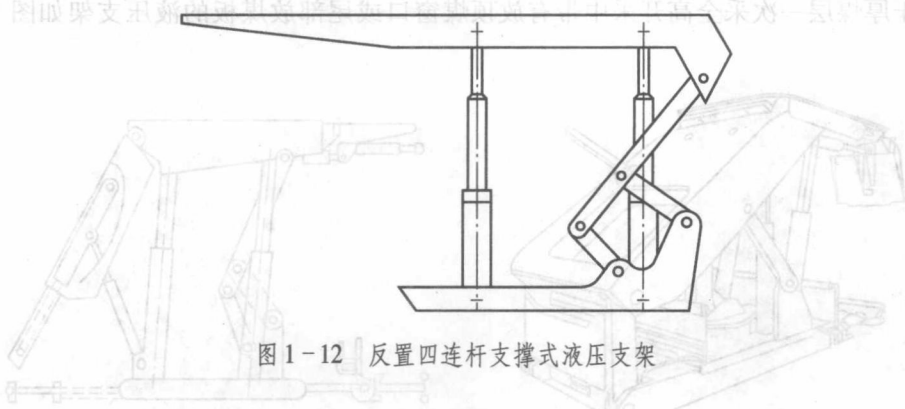


图 1-12 反置四连杆支撑式液压支架

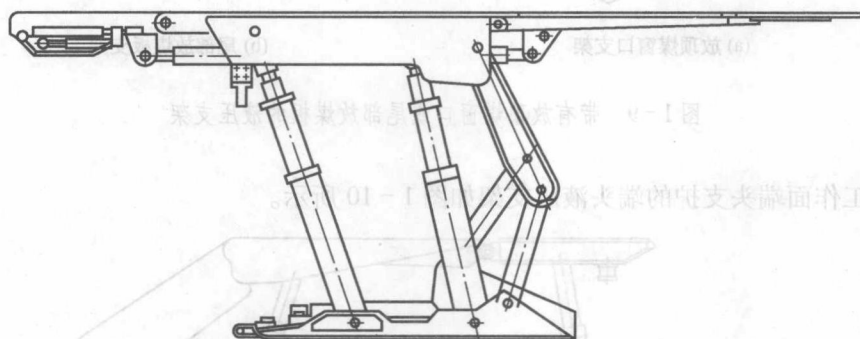


图 1-13 水砂充填法采煤工作面的液压支架

(五) 液压支架的基本参数

反映液压支架支撑能力和使用性能的基本参数如下。

1. 初撑力 F 。

初撑力是液压支架在初撑增阻阶段末了时对顶板的支撑力。其作用是减缓顶板的下沉，增加顶板的稳定性，使立柱尽快进入恒阻状态。初撑力的大小取决于泵站的额定压力、立柱缸体内径以及立柱数量和支架架形。初撑力的合理选择对液压支架的支护性能影响很大。对坚硬、中硬的顶板，宜采用较高的初撑力，以减缓顶板的下沉，避免顶板的过早剥离，改善支架对顶板的控制；对较软的顶板，初撑力应控制在顶板岩石极限强度所允许的范围之内，以维持顶板较长时间的完整性，避免因其过早地破碎而使得对顶板的控制变得困难。因此，所用支架的初撑力应与具体的顶板类别及岩性相适应。

2. 工作阻力 F_z 。

工作阻力是液压支架在承载增阻阶段末了时所呈现出的最大支撑力。工作阻力的大小主要取决于安全阀的调定压力和立柱的有关结构参数及数量，它反映了液压支架承受顶板压力的最大允许值。选择液压支架时必须根据矿山地质条件和矿山压力大小来确定工作阻力值。

3. 支护强度 Q

工作阻力虽然可以反映一架液压支架的支撑能力的大小，但由于各种型号的支架其结构参数不同，即使工作阻力相同的支架，在实际工作中却表现出不同的支撑能力和支撑效