

液 压 支 架 设 计

马 晴 和 编

焦 作 矿 业 学 院

液压支架设计

马晴和 编

焦作矿业学院

一九九二年十月

绪 论

液压支架是综合机械化采煤装备的关键设备。

我国综合机械化采煤装备从1974年引进43套、到1978年引进100套，并在经历了消化国外设备的基础上，迅速研制和发展了国产综采设备，基本上满足了缓倾斜中厚煤层开采对综采设备的需求。1990年底，我国在籍的综采设备有469套（其中国产占307套），统配煤矿综采机械化程度达35.47%。

液压支架在我国的发展起始于六十至七十年代对垛式支架的研制。七十年代研制、试验成功了ZY型掩护式支架，并成为定型产品。随后在总结吸取了首批从国外引进垛式、节式支架的经验教训的基础上，1978年引进的支架全属掩护式和支撑掩护式，这批设备代表了当时较先进的技术水平，对我国液压支架的发展起到了奠基和导向的作用；这批支架有的至今仍在生产中发挥着重要作用；也正是在消化、吸收这批支架的技术基础上，研制和完善了我国液压支架的系列产品。现在，我国的液压支架不但已经具有垛式、掩护式、支撑掩护式、放顶煤支架等系列共80多种型号，能满足各种顶板、不同采高的缓倾斜中厚煤层国内用户的要求，有的已开始出口；而且诸如铺网支架、大倾角支架、薄煤层支架、电液控制支架等都已研制成功或正在研制。

液压支架在工作面的功用是：有效地支撑和控制工作面顶板，保证工人操作及机器运转所必须的安全工作空间；随着工作面的推进而实现推（输送机）移（支架）工序的机械化；并提供足够的通风断面。液压支架在综采工作面构成了一条“钢铁长廊”，为提高工作面煤炭产量和其他各项经济技术指标，为改善工作面劳动条件、为大大减轻工人的笨重体力劳动、为确保安全生产等创造了良好的条件。

液压支架设计包含选型设计和新型号支架设计两种情况。通常选型设计是以使用单位为主来进行，而新型号支架设计则是以研究设计单位为主来进行。上述两种情况支架设计，都是以工作面的煤层地质条件（主要指顶板的类别和级别，煤层的采高及坚硬度、倾角、底板比压等）为依据，以技术先进合理、使用安全可靠、经济效益显著为目标，以架型选择、几何设计、结构件、液压件及液压系统的设计、主要技术参数确定、受力分析及强度校核等为基本内容的多次反复、不断完善而接近设计目标的过程。设计的新型号支架最终必须通过按MT 86-84规范进行架型试验以后，方可投入生产。还应指出，由于液压支架是整套综采装备中的一部分，因此，液压支架设计必须与其他综采设备密切配合，充分考虑并处理好它们之间既相互联系又相互制约的各种关系。

液压支架设计大量应用类比的方法，即在矿压及煤层地质条件相同或相近的前提下，要设计的支架可与已使用效果较好的支架在架型、结构、性能参数、以至设计图纸等方面均可进行类比，只需针对地质条件的差异和用户的特殊要求作适当修改或改进即可。近年来液压支架的计算机辅助设计、利用计算机进行支架的受力分析和强度校核等已越

来越广泛地得到应用，成为设计和研究液压支架的重要手段。液压支架设计采用计算机绘图已开始应用，成为又快又好地提高规范设计图纸资料的重要手段，日益受到重视。

目 录

绪 论	
第一章 液压支架的总体结构设计	1
第一节 液压支架的工作原理	1
第二节 液压支架的基本架型	3
第三节 液压支架的架型选择	12
第四节 液压支架主要性能参数的确定	13
第五节 液压支架四连杆机构几何尺寸的确定	16
第六节 液压支架配套设备的选择	25
第二章 液压支架的主要结构件设计	31
第一节 顶梁	31
第二节 掩护梁和侧护装置	36
第三节 连杆	38
第四节 底座	42
第五节 推移装置	45
第六节 护帮装置	49
第七节 防倒防滑装置	51
第三章 液压支架的液压件和液压系统设计	53
第一节 立柱	53
第二节 各类千斤顶	62
第三节 “三阀”	67
第四节 液压支架的基本控制回路	78
第五节 液压支架的液压系统	81
第六节 乳化液泵站	87
第四章 液压支架的受力计算与强度校核	91
第一节 顶梁受力计算	91
第二节 前后连杆受力计算	96
第三节 支护强度和接触比压计算	98
第四节 主要部件的强度校核	100
第五节 顶梁强度校核举例	103
第五章 特种液压支架	107
第一节 放顶煤支架	107
第二节 端头支架	109

第三节	铺联网支架	111
第四节	大倾角煤层液压支架	112
第五节	提腿式支架	114
第六章	液压支架的使用与维护	117
第一节	液压支架的操作	117
第二节	液压支架的使用	118
第三节	液压支架的维护与故障处理	121
附录一	支撑式液压支架技术特征	129
附录二	掩护式液压支架技术特征	130
附录三	支撑掩护式液压支架技术特征	134
附录四	放顶煤液压支架技术特征	138
附录五	端头支架技术特征	139

第一章 液压支架的总体结构设计

第一节 液压支架的工作原理

液压支架的基本工作原理如图 1—1 所示。其主要组成部分有顶梁 1、立柱 2、底座 3、推移装置 4、操纵控制装置等。对于掩护式和支撑掩护式支架则还包括掩护梁和前后连杆（参见第二节）。

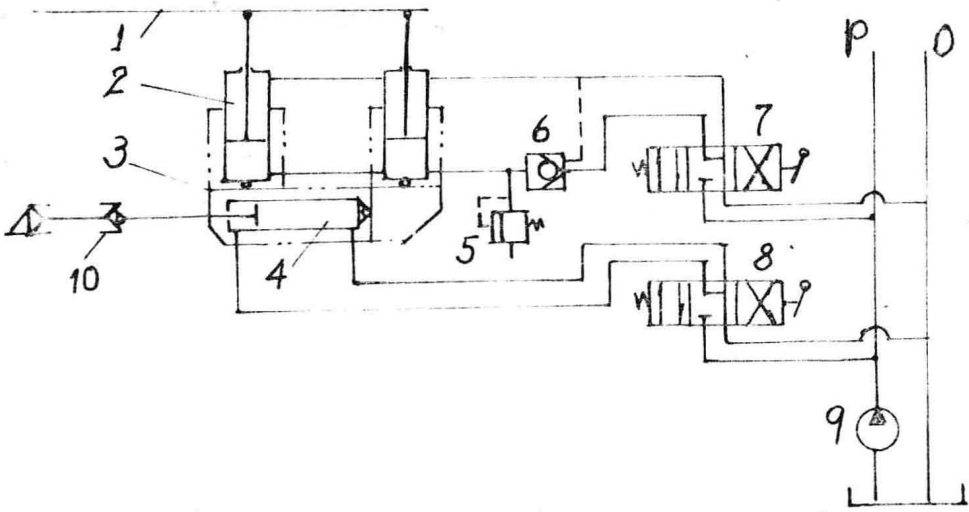


图 1—1 液压支架工作原理

- 1—顶架；2—立柱；3—底座；4—推移千斤顶；5—安全阀；
- 6—液控单向阀；7、8—操纵阀；9—乳化液泵站；10—输送机

为了实现液压支架的主要功用，液压支架必须具有升（架）、推（输送机）、降（架）、移（架）四个基本动作。这些动作都是由乳化液泵站 9 提供的工作乳化液为动力而实现的。当操纵阀各手把处于中立位置时，乳化液泵站停止向液压支架供液。当阀 7 手把向右，则由泵站提供的工作乳化液经阀 7（左位）和液控单向阀 6 进入立柱 2 的下腔，同时立柱上腔经阀 7 回液，实现升架。当阀 7 手把向左，则工作乳化液进入立柱上腔，并同时解除液控单向阀 6 的单向性，使立柱下腔回液，实现降架。阀 8 用来转换通向推移千斤顶 4 的通路：手把向右，工作乳化液进入推移千斤顶前腔，后腔回液，这时，支架在已经降架卸载的状况下，以输送机为支点向前移架；手把向左，则工作乳化液进入推移千斤顶后腔，前腔回液，这时，支架在已撑紧顶板承载的状况下以支架为支

点将输送机推向煤壁。

液压支架的承载过程分为初撑、增阻和恒阻三个阶段，并可通过液压支架的工作特性曲线来说明。液压支架的工作特性曲线是指支架在承载过程中支撑力 P 随时间 t 而变化的关系曲线，如图 1—2 所示。

支架在工作乳化液作用下升架后，从顶梁接触顶板至立柱下腔压力达到泵站工作压力整定值时止称为初撑阶段，用时间 t_0 表示。立柱达到泵站整定工作压力时支架对顶板的支撑力称为支架的初撑力。对立柱垂直支顶的支架，其初撑力为：

$$P_c = \frac{\pi}{4} D^2 p_b n \quad \dots \dots (1-1)$$

式中：

- D —— 支架立柱缸体内径；
- p_b —— 泵站整定工作压力；
- n —— 支架立柱数目。

初撑阶段结束后，立柱下腔闭锁承载，直至其压力达到立柱安全阀调定压力为止为增阻阶段，用时间 t_1 表示。支架增阻性能是由液控单向阀对立柱下腔的闭锁来实现的，而支架对顶板的最大支撑力则是由立柱安全阀的调定值保证的。立柱下腔达到安全阀调定压力时的支撑力称为支架的工作阻力。对立柱垂直支顶的支架，其工作阻力为：

$$P_g = \frac{\pi}{4} D^2 p_a n \quad \dots \dots (1-2)$$

式中：

- p_a —— 立柱安全阀的调定压力；
- 其他符号意义同前。

支架达到最大支撑力以后，顶板对支架载荷继续增加时，则立柱安全阀溢流，支架略降而呈现恒阻让压的工作特性，此为恒阻阶段，用时间 t_2 表示。支架的恒阻特性不但能防止本架过载起安全保护作用，而且能防止顶板因支撑力太大而过早龟裂破碎；还对相邻支架有均衡载荷的作用，保证了全工作面液压支架承载能力的充分发挥。

工作阻力 P_g 与支护面积 F 之比称为支护强度 q ，即

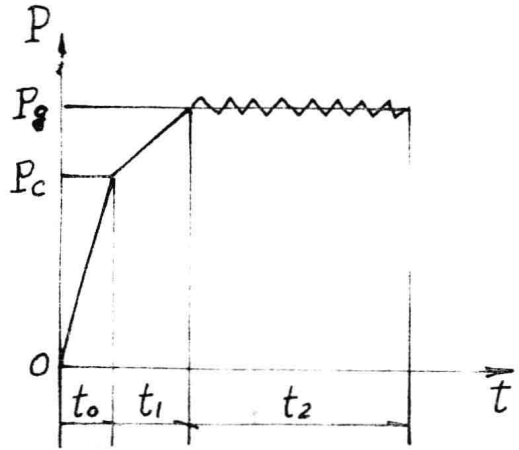


图 1—2 液压支架工作特性曲线

$$q = \frac{P_g}{F} \quad \dots\dots (1-3)$$

支护强度是液压支架的重要性能参数之一。

第二节 液压支架的基本架型

液压支架的架型必须满足回采工作面顶板的要求。工作面顶板有直接顶和老顶之别。直接顶直接位于煤层之上（若煤层有伪顶则位于伪顶之上），支架前移后能随即冒落，如泥质和砂质页岩等。直接顶的下位（直接顶下部1.5~2.0米）岩层对支架架型选择有决定性影响。

根据与直接顶岩石单向抗压强度、节理裂隙有关的强度指数和直接顶初次垮落步距的大小，我国缓倾斜煤层工作面直接顶分为四类：

1 类直接顶：为不稳定顶板即破碎顶板。煤层回采后容易冒落，冒落后能基本充满采空区。泥质页岩、再生顶板、煤顶等属于这一类。

2 类直接顶：为中等稳定顶板。强度较高，但有大量节理裂隙；局部较完整，厚度不大，冒落后不能充满采空区；一般支架前移后随即冒落。砂质页岩、粉砂岩等属于这一类。

3 类直接顶：为稳定顶板。不易发生局部冒落。如砂岩、坚硬的砂页岩等。

4 类直接顶：为坚硬顶板。难于冒落，如极难冒落的砂岩、坚硬砂页岩等。

老顶位于直接顶之上，为厚而坚实、节理裂隙和层理都不发育的整体岩层，能暴露很大面积而不和直接顶一起冒落，通常是砂岩，石灰岩和砂砾岩等。老顶对确定支架的支护强度有决定性影响。

根据老顶来压强度，老顶分为四级：

Ⅰ级老顶：老顶周期来压不明显。

Ⅱ级老顶：老顶周期来压明显。

Ⅲ级老顶：老顶周期来压强烈。

Ⅳ级老顶：老顶周期来压极强烈。

液压支架根据其顶板的支护方式和结构特点，分为支撑式、掩护式和支撑掩护式三种基本架型。

一、支撑式支架

支撑式支架的架型简图如图1—3所示。按结构和移架方式不同，支撑式支架又分为垛式支架和节式支架两种。垛式支架每架为一整体，“推”、“移”共用一个千斤顶；节式支架每架由通过导向机构和移架千斤顶相互联接的2~4个框节组成，“推”、“移”分别设有单独的千斤顶。

支撑式支架的结构及性能特点是：立柱数量多（4根或更多），且垂直支顶，因而支撑力大，切顶能力强；主要组成部件只有顶梁、立柱、底座，且构成框型结构，因而

作业空间和通风断面大，结构最简单，价格最低廉；顶梁长（达4米），因而对顶板重复支撑次数多，如果直接顶稳定性差，就会被支架压碎，使切顶线前移，架间漏矸，前梁下倾，顶梁后部上翘，甚至不能移架和造成破坏；架间不密封，采空区侧只有简单的挡矸帘，因而对顶板及采空区矸石的防护性能差；一般只能承受较小的水平侧向力。

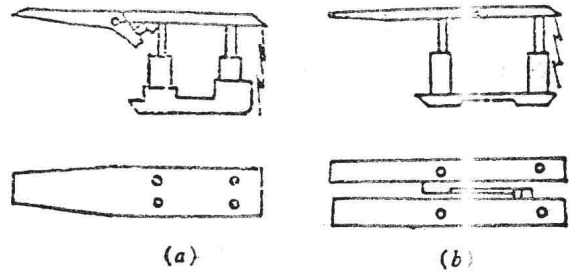


图 1—3 支撑式支架架型简图

a—垛式； b—节式

支撑式支架最适用于直接顶为稳定或坚硬顶板（3、4类）、老顶周期来压明显或强烈（I、II级）、煤层倾角小于 25° （垛式）至 35° （节式）、采高小于2.5米（垛式）至3米（节式）的工作面。

图 1—4 为 IZ III 型支撑式支架，属四柱垛式。支撑高度 1.85~2.9 米，工作阻力 4800 KN，支护强度 725KN/m^2 ，初撑力 1900 KN。适用于煤层倾角小于 10° 、直接顶稳定以上、老顶周期来压明显的工作面。

顶梁由主梁 1、前梁 2 和尾梁 3 组成，成刚性铰接结构。四根立柱垂直支撑在主梁上。前梁千斤顶伸缩可使前梁向上摆动 $24^{\circ} 20'$ （梁端上翘 792 毫米）、向下摆动 $20^{\circ} 40'$ （梁端下降 626 毫米），加长梁 1 1 种入前梁端部，从而使顶梁能较好地适应顶板的起伏不平，改善接顶性能。尾梁 3 的作用是缓冲大块矸石砸下时的冲击力（保险销 1 3 可因冲击过载被剪断，使尾梁下摆），避免因作用力过大而使支架向前倾倒和损坏立柱。顶梁全长 4.4 米，宽 1.21 米，支架中心距 1.5 米，对顶板覆盖率达 73.8%。顶梁是用锰钢板焊接的箱形结构。

底座 4 由左右座箱组成，两者用连接板在前、后端连成一体，成为半刚性结构，既可适应底板的起伏，又有较大的强度和刚度。底座前端呈滑撬形，以减小移架阻力。底座长 2.2 米，宽 1.3 米。推移千斤顶安装在左、右座箱之间。底座也是用锰钢板焊接的箱形结构。

立柱与顶梁、底座均为球面铰接触，以改善立柱受力。为防止立柱与上、下球窝脱节，上部用钢丝绳 1 0、下部用挡块限位。立柱为双作用单伸缩油缸，内径 200 毫米，活塞杆直径 112 毫米，行程 1050 毫米。为适当增大支架的支撑高度，扩大使用范围，根据需要可在立柱上端加接有效长度为 300 毫米的加长杆 1 4。

复位装置采用复位橡胶 9。移架时顶梁在摩擦力（即水平侧向力）作用下相对底座向后错动，使立柱绕其下支点后倾，使安装在底座箱上部的复位橡胶 9 受压缩。当移架结束后，水平侧向力解除，复位橡胶的弹性恢复力又将立柱扶直。由于复位橡胶的弹性恢复力有限，故支撑式支架只能承受较小的水平侧向力。

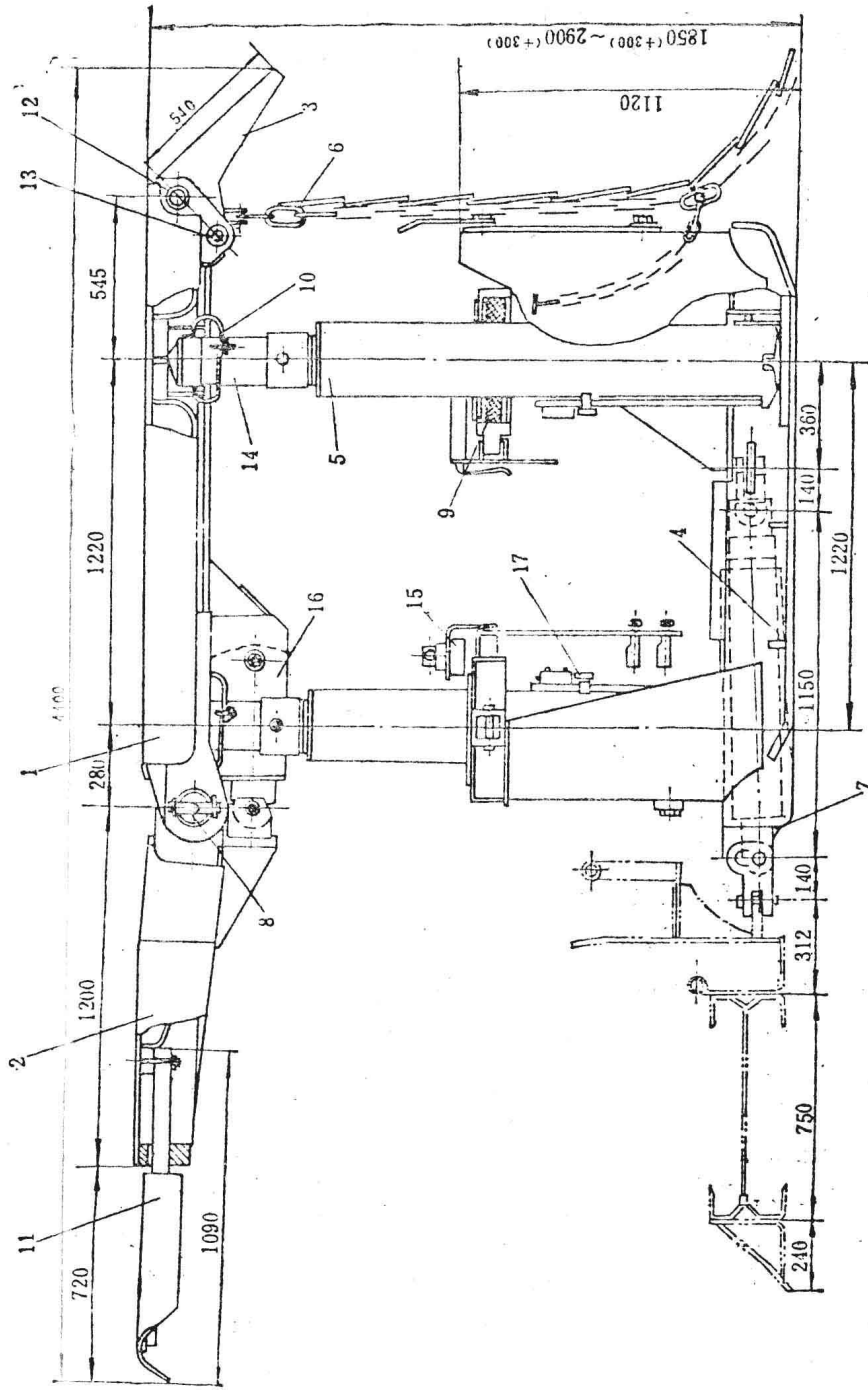


图 1-4 TZ 型梁式支架

1—主梁，2—前梁，3—尾梁，4—底座，5—立柱，6—挡杆，7—推移千斤顶，8—销轴，9—复位
 橡胶，10—钢丝绳，11—加长梁，12—保险销，13—加长杆，14—探纵线，15—前梁千斤顶，16—
 控制阀

挡矸帘 6 是由链子和若干片钢板焊接而成，悬挂在支架后端，阻挡采空区矸石进入工作空间。

为便于观察顶板并保证操作者的安全，T Z III 型支架采用单向邻架控制的液压系统，实现升、降前排立柱，升、降后排立柱，起、落前梁，移架，推输送机等活动。

二、掩护式支架

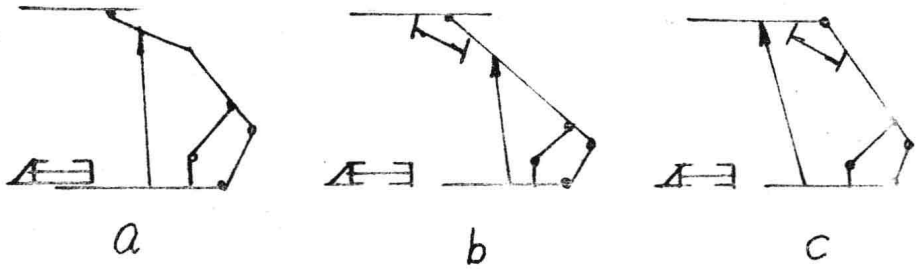


图 1—5 掩护式支架架型简图

掩护式支架的架型简图如图 1—5 所示。按立柱支撑部位有间接支顶式（立柱支撑掩护梁，如图 a、b 所示）和直接支顶式（立柱直接支撑顶梁，如图 c 所示），前者顶梁后部存在容易被矸石塞进而卡死的“三角区”；而直接支顶式则消灭了“三角区”，是目前广泛应用的掩护式架型。此外，按支架底座是否插入输送机溜槽底下又有插底式（图 a）和非插底式（图 b、c）之分，插底式可以提高支架稳定性、减小底座对底板的比压，缩短顶梁以减少对顶板的重复支撑次数；但因输送机溜槽被抬高而影响采煤机的装煤效果。非插底式支架的优缺点恰与插底式相反。

掩护式支架的结构及性能特点是：一排两柱（或单柱）倾斜支撑，顶梁与掩护梁之间设有平衡千斤顶，能有较大的调高范围，但支撑力小，切顶能力弱；有由掩护梁、前后连杆和底座组成的四连杆机构，故能保持顶梁前端运动轨迹的变化量在要求的范围之内，能承受较大的水平侧向力，允许擦顶移架或带压移架；有宽大的掩护梁将采空区的矸石与工作空间隔离，且架间由侧护板彼此撑紧，故有很好的密封掩护性能；另外掩护式支架顶梁较短，能减少对顶板的重复支撑次数，但构成的工作空间和通风断面就较小。

据此，掩护式支架适用于破碎的不稳定或中等稳定的顶板条件。

图 1—6 为 QY320—20/38 型掩护式支架。该支架的适用条件为：煤层厚度 2.5~3.6 米，不稳定或中等稳定（I_{1、2}，II_{1、2}）顶板，岩底或煤底的抗压强度不低于 9.8 兆帕，倾角小于 8° 时不必加防滑装置，倾角在 8°~20° 时加设排头支架和输送机防滑装置，倾角在 20°~35° 时还应加防倒和调架装置。

该支架的结构特点有：① 二柱倾斜直接支顶，工作阻力和初撑力大，支护强度和支撑效率较高；② 铰接顶梁加伸缩梁，可超前 600 毫米支护因片帮或局部冒落而暴露出的顶板；③ 伸缩梁前端又有护帮装置，且主梁、掩护梁和后连杆的两侧都有侧

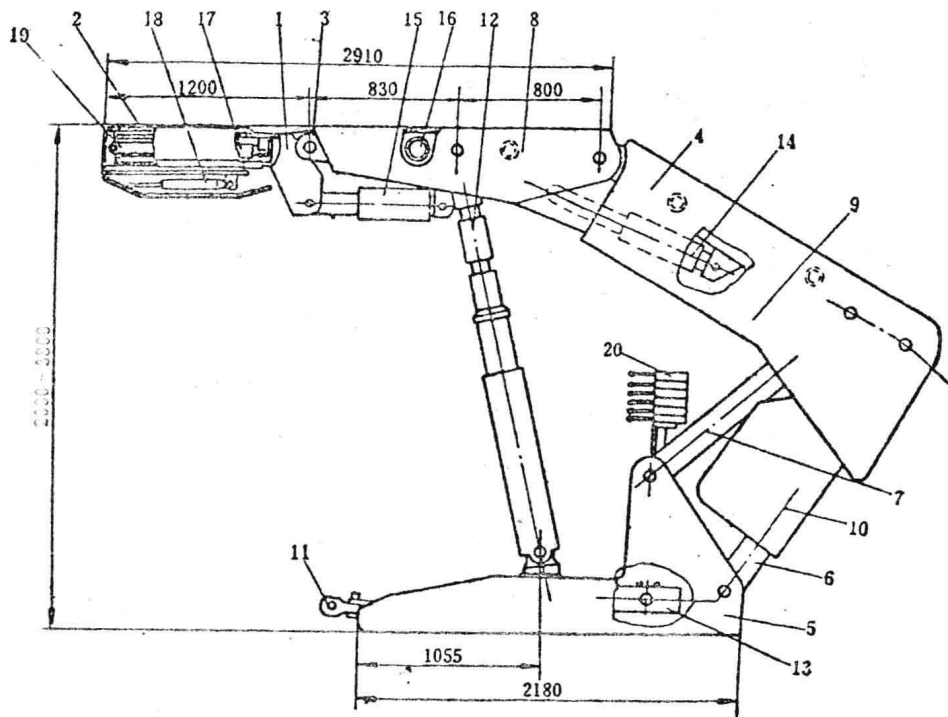


图 1-6 QY320-20/38型支架

1—前梁，2—伸缩梁，3—主梁，4—掩护梁，5—底座，6、7—后、前连杆，8、9、10—侧护板，11—推移杆，12—立柱，13—推移千斤顶，14—平衡千斤顶，15—前梁千斤顶，16—侧推千斤顶，17—伸缩梁千斤顶，18—护帮千斤顶，19—导向杆，20—操纵阀

护板，耐磨性能良好；④ 底座为整体结构，刚性大，对底板比压小；⑤ 浮动活塞式推移装置，保证了移架力大于推溜力，且活塞杆经推移杆与输送机铰接，不受横向力，寿命长。

QY320-20/38型支架采用压力为32兆帕的本架控制液压系统，管路简单，维修方便。通过七片操纵阀可分别实现升降立柱、移架推溜、收推护帮板、收推伸缩梁、升降前梁、升降顶梁、收推侧护板等动作。

图 1-7 为原苏联 T13K11 型掩护式支架。该支架为单柱倾斜支撑间接支顶插底式。除一根立柱和一个推移千斤顶外，别无油缸，结构最简单，外形尺寸最小，重量最轻（每架仅 3.6 吨）；掩护梁为折线型可增大通风断面；液压系统设有支撑保持阀可实现带压移架。

三、支撑掩护式（简称支掩式）支架

支撑掩护式支架的架型简图如图 1-8 所示，型式较多，它们之间的主要差异在于立柱的倾斜方向和布置方式不同，但都有共同的结构和性能特点：两排四柱（或更多）倾斜支撑，且顶梁和掩护梁之间没有平衡千斤顶，故具有与支撑式支架性能接近的支撑力大、切顶性能好的特点，且调高范围较大，工作空间及通风断面都较大；另一方面，

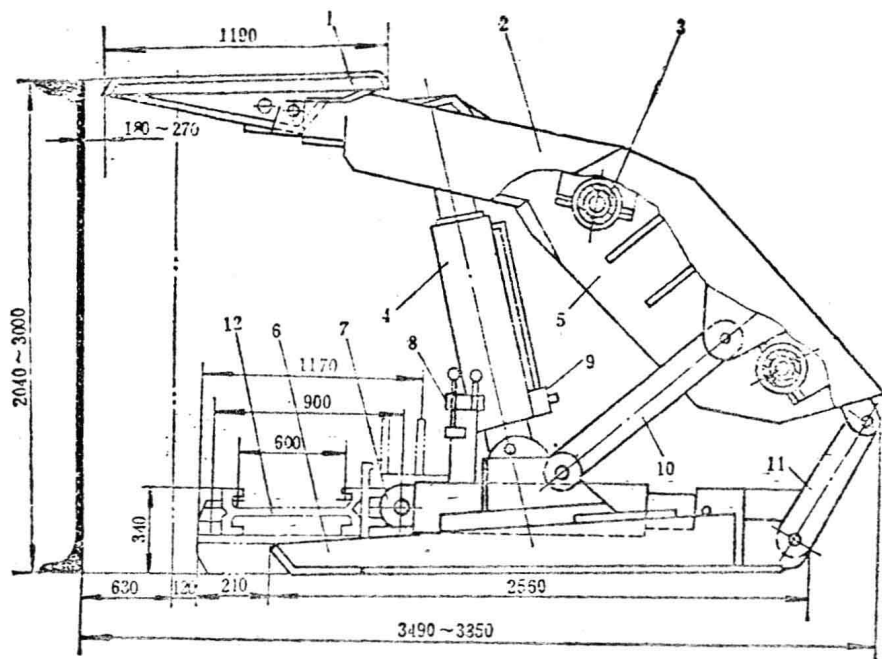


图 1-7 T₁₃K₁₁型掩护支架

1—顶梁；2—掩护梁；3—弹簧筒；4—立柱；5—侧护板；6—底座；7—推移千斤顶；8—操纵杆
9—控制阀；10、11—前后连杆；12—输送机

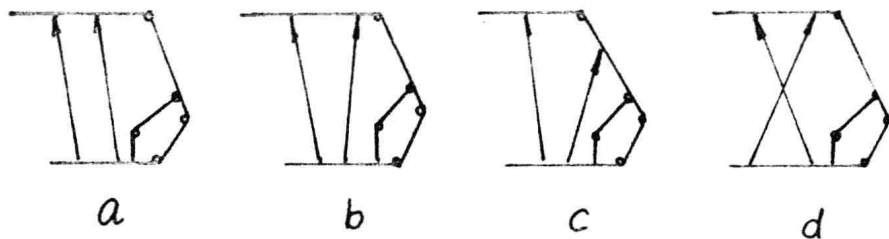


图 1-8 支撑掩护式支架架型简图

有由掩护梁、前后连杆和底座组成的四连杆机构，又有侧护装置，故具有与掩护式支架性能一样的梁端运动变化量小、能承受较大的水平侧向力、以及架间密封、掩护性能好等特点。

总之，支撑掩护式支架兼备了支撑式支架和掩护式支架的主要结构和性能特点，具有宽广的适用范围，特别适用于顶板中等稳定以上、采高较大的工作面。其主要缺点是结构复杂、重量大、价格贵。

图 1-9 为 ZY-35B 型支撑掩护式支架。该支架适用于采高 1.9~3.5 米、倾角 $\leq 25^\circ$ 、顶板中等稳定或稳定周期来压明显或强烈 (I₂、3, II₂、3)、底板

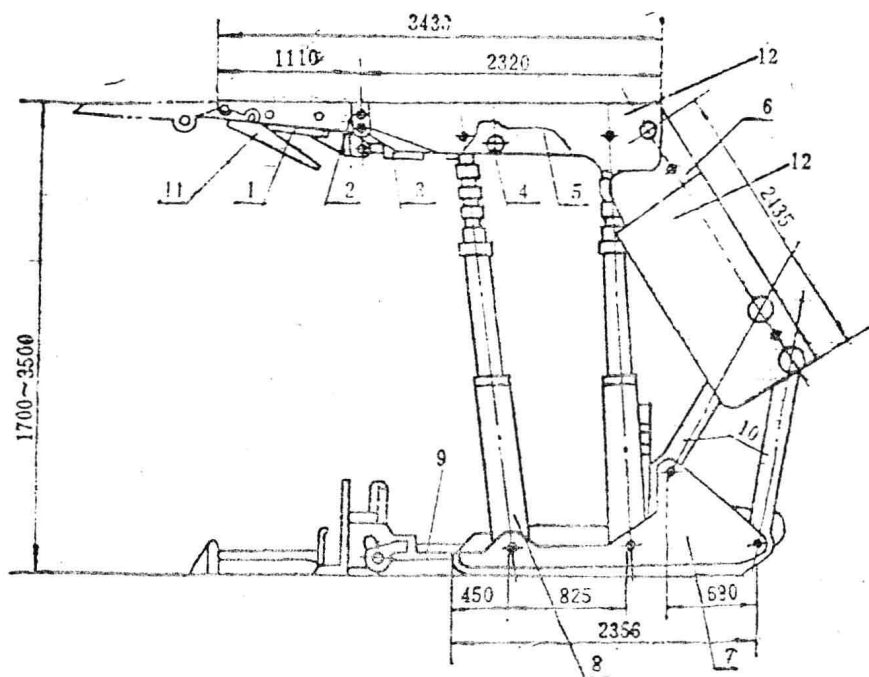


图 1—9 ZY35B型支架

1—挑梁千斤顶；2—前梁；3—前梁千斤顶；4—侧推千斤顶；5—顶梁
6—掩护梁；7—底座；8—立柱；9—推移装置；10—连杆；11—挑梁；12—侧护板。

允许比压不小于2兆帕的工作面。

该支架的主要特点是：① 两排四柱前倾直接支顶，工作阻力大，支护强度高，切顶能力强，且后排立柱倾角比前排小，更有利于切顶；② 采用带机械加长杆的单伸缩立柱，立柱长度为1425~3175毫米，调高范围较大；③ 主梁、掩护梁两侧都有侧护板，支架前端设有挑梁，既可护帮，又可在挑平后进行超前支护，故防护性能好；④ 梁端距变化小，仅42毫米；⑤ 采用浮动活塞式推移装置，使移架力大于推溜力；⑥ 前梁千斤顶承载腔油路上装有大流量（均40升/分）安全阀，且其整定压力为38.8兆帕，比立柱安全阀整定压力（31.8兆帕）高，升架时前梁千斤顶先推出，前梁端部先接触顶板，在支架继续升起直到顶梁撑紧顶板的过程中，前梁千斤顶被迫收缩，承载腔压力陡增，前梁千斤顶达到工作阻力后大流量安全阀溢流，从而有效地防止工作面前部顶板过早离层。

ZY35B型支架采用压力为31.8兆帕的本架操纵液压系统，用八片操纵阀分别实现收推挑梁、升降前梁、升降前柱、升降后柱、移架推溜、收推顶梁侧护板、收推掩护梁侧护板和防滑等动作。

TZ720型支撑掩护式支架（图1—10）是一种工作阻力大（7056KN）、

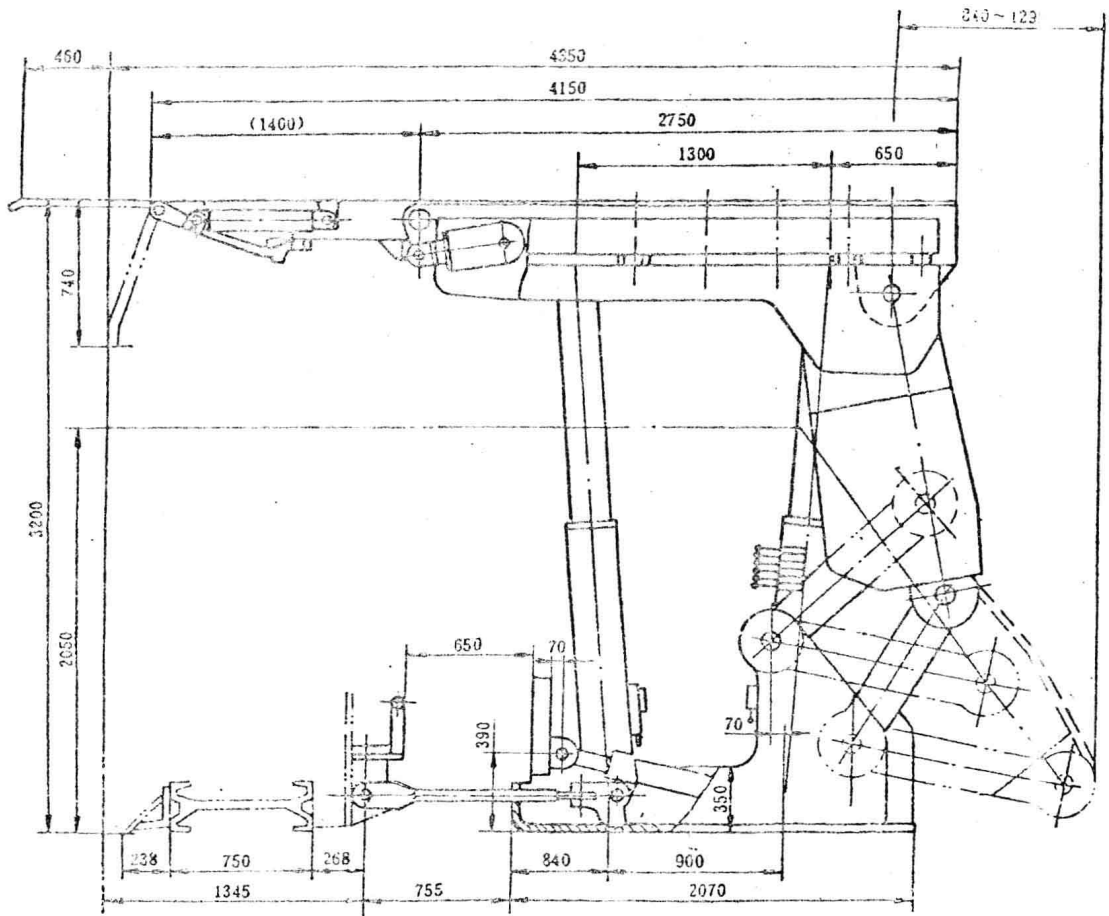


图 1-10 TZ720 型支架

支护强度高(达 1170KN/m^2)、重量大(15 t)、结构强度也高的强力支架；其顶梁后端为垂直面，掩护梁接近垂直布置，立柱采用大流量(100l/min)安全阀，以减小顶板大块岩石冒落时对支架产生的水平冲击载荷并增强立柱和支架的抗冲击性能。该支架适用于直接顶坚硬老顶周期来压强强烈的顶板(Ⅲ4)条件。

KX280-07/18型支撑掩护式支架(图1-11)为薄煤层工作面支架。其立柱采用双伸缩直接支顶油缸，呈X形交叉倾斜布置，倾斜角度较大，因而调离范围大，最小结构高度仅700毫米。

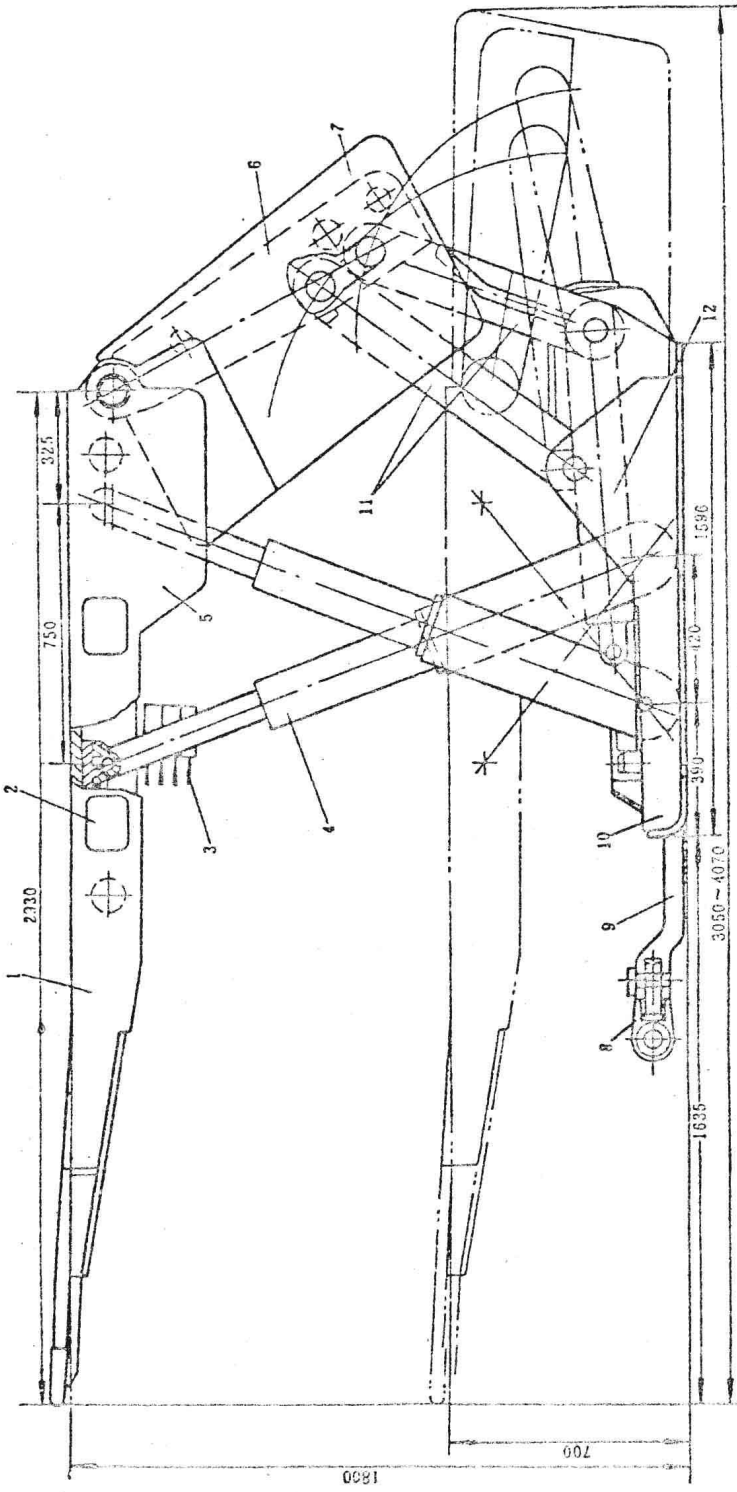


图 1-11 KX280-07/18型支架

1—顶梁，2—侧护板千斤顶，3—螺旋筒，4—立柱，5、7—侧护板，6—侧护梁，8—连接器，9—抽
移机构，10—底座，11—连杆，12—推卷千斤顶