

采煤综合机械化技术丛书

液压支架

张家鉴 陈享文 伊长德 编

22
32

煤炭工业出版社

采煤综合机械化技术丛书

液 压 支 架

张家鉴 陈享文 伊长德 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书对液压支架各种架型的结构原理、液压系统和液压元件作了详细的介绍。对支架的受力分析作了系统的论述。对支架的选型以及支架的承载性能作为重点予以说明。在支架的检修方面介绍了检修质量标准。此外,还介绍了XRB₂B型乳化液泵的结构原理。

本书可以作为综采工程师的培训教材和大专院校机械化专业的参考书。也可以作为具有中专以上文化程度从事于综采工作的职工的自学用书。

责任编辑:顾建中

采煤综合机械化技术丛书

液 压 支 架

张家骥 陈亨文 伊长德 编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

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787×1092¹/₁₆ 印张14⁷/₈ 插页1

字数350千字 印数1—2,500

1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷

书号15035·272 定价2.50元

前 言

采煤综合机械化，是加速我国煤炭工业发展，大幅度提高劳动生产率，实现煤炭工业现代化的一项战略措施。综合机械化采煤不仅产量大，效率高，成本低，而且能减轻笨重的体力劳动，改善作业环境，是煤炭工业技术的发展方向。我国综采技术日趋成熟，不但生产水平，而且工艺水平已进入世界先进行列。

为了进一步提高我国煤炭综合机械化生产的技术和管理水平；满足从事综采工作的广大现场工程技术人员和各院校机械化专业的需要，煤炭部生产司委托部采掘综合机械化技术研究培训中心和中国矿业学院组织编写了一套《采煤综合机械化技术丛书》。丛书包括：《矿用电子技术》、《综采电气》、《矿山机械液压技术》、《采煤机》、《液压支架》、《综采输送机》和《综合机械化采煤方法》共七册，将陆续出版。这套丛书的编委对这套书进行了认真的审阅。

本丛书以介绍综合机械化采煤设备为主，并加强了技术基础理论知识的叙述。这套丛书可以作为综采工程师的培训教材和大专院校机械化专业的参考书，也可供具有中专以上文化程度的煤矿职工自学用。

本书由张家鉴担任主编，第一、二章由陈享文编写，第三、六章由伊长德编写，第四、五、七章由张家鉴编写。本书经徐祈瑞、陈汉章、武怡甫、赵嘉树等同志审稿。本书在编写过程中曾得到有关厂、矿的大力支持，在此谨致谢意。书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

封面设计：郑 玉 水

科技新书目：108—208

书号：15035·2722

定价：2.50元

目 录

第一章 液压支架的结构原理	1
第一节 液压支架的类型	1
一、支撑式液压支架	1
二、掩护式液压支架	2
三、支撑掩护式液压支架	3
第二节 支撑式支架的结构	4
一、支撑式支架的型式	4
二、承载机构	5
三、推移装置	9
四、挡矸装置	11
五、复位装置	11
第三节 掩护式和支撑掩护式支架的结构	12
一、掩护式支架的型式	12
二、支撑掩护式支架的型式	14
三、掩护式和支撑掩护式支架的结构	15
第四节 液压支架的工作过程	28
一、支架的工作过程	28
二、初撑力、工作阻力和弹性可缩量	30
三、立柱下腔内液体压强的监测	32
第五节 液压支架对底板的接触比压	33
一、平均接触比压	33
二、最大接触比压	33
三、正压力作用点位置的确定	34
第六节 倾斜煤层中的液压支架	34
一、对防滑防倒的基本要求	35
二、垛式支架的防倒防滑装置	36
三、掩护式和支撑掩护式支架的防倒防滑装置	37
四、输送机的防滑	37
第七节 薄煤层和厚煤层液压支架、端头液压支架	39
一、薄煤层液压支架	39
二、厚煤层液压支架	42
三、端头液压支架	45
第二章 液压系统及液压元件	47
第一节 立柱和千斤顶	47
一、立柱	47
二、千斤顶	54
三、支架液压缸的主要零部件	57

第二节 支架液压阀	63
一、液控单向阀	64
二、安全阀	67
三、操纵阀	72
第三节 液压控制基本回路	81
一、主管路	81
二、基本控制回路	82
第四节 支架液压控制系统举例	91
一、液压支架的控制方式	91
二、典型支架液压控制系统	92
第三章 液压支架的总体结构	102
第一节 QY200-14/31型掩护式支架	102
一、QY200-14/31型支架的结构特点	102
二、QY200-14/31型支架的结构	103
三、QY200-14/31型支架液压系统	115
四、QY200-14/31型支架的主要技术特征	115
第二节 ZY-35型支撑掩护式支架	117
一、ZY-35型支架的结构特点	118
二、ZY-35型支架的结构	118
三、ZY-35型支架的液压系统	124
四、ZY-35型支架的技术特征	125
第三节 6×464型垛式液压支架	127
一、支架构造	127
二、液压系统	130
三、支架主要技术特征	132
第四章 液压支架主要部件受力计算	133
第一节 支架基本参数的确定	133
一、支架的载荷	133
二、初撑力	134
三、支架高度	135
第二节 支撑式支架主要部件受力计算	135
一、支撑式支架顶梁长度	135
二、顶梁宽度	135
三、顶梁的受力计算	136
四、底座受力计算	138
第三节 掩护式和支撑掩护式支架主要部件受力计算	139
一、掩护式和支撑掩护式支架在工作过程中受力情况	139
二、掩护式支架的顶梁长度	139
三、支撑掩护式支架的顶梁长度	141
四、四连杆机构的绘制	141
五、掩护式支架各作用点受力计算	142
六、支撑掩护式支架各作用点受力计算	150

七、各主要参数的影响	152
八、各主要部件的强度计算	154
第四节 立柱（千斤顶）的受力计算	157
一、缸筒内径和缸壁厚度的计算	157
二、最小导向长度的确定	158
三、缸底厚度计算	159
四、立柱受力计算	159
五、双伸缩立柱的强度计算	167
第五节 液压支架主要部件受力计算例题	170
例一 垛式支架计算例题	170
例二 掩护式支架计算例题	178
例三 支撑掩护式支架计算例题	185
第五章 液压支架架型的比较和选择	198
第一节 液压支架承载性能的分析	198
一、支撑式支架的承载性能的分析	198
二、间接撑顶的掩护式支架的承载性能的分析	200
三、直接撑顶的掩护式支架的承载性能的分析	202
四、直接撑顶的支撑掩护式支架的承载性能的分析	204
五、混合撑顶的支撑掩护式支架的承载性能的分析	206
第二节 顶板压力的合力位置	208
第三节 架型比较	209
一、顶板合力作用位置与支架受力状态之间的关系	209
二、支架的稳定性	210
三、调高范围	210
四、经济效果	211
五、支架价格	211
第六章 支架的检修和验收	212
第一节 液压支架主要液压元件的检修	212
一、立柱、千斤顶的检修和测试	212
二、操纵阀的检修与测试	213
三、液控单向阀的检修与测试	214
四、安全阀的检修与测试	214
第二节 液压支架的验收	215
一、支架验收规则	215
二、外观质量检查质量要求	216
三、液压支架工作性能检查的要求	216
四、液压支架试验方法	216
五、液压支架主要液压元件工作性能的要求及试验方法	217
第七章 乳化液泵站	219
第一节 乳化液泵的工作原理和构造	219
一、乳化液泵的工作原理	219
二、往复泵的流量和压力	219

三、XRB ₂ B型乳化液泵的构造	220
第二节 XRB₂B型乳化液泵的卸载阀和安全阀	224
一、卸载阀	224
二、安全阀	226
第三节 乳化液箱及其附件	226
一、乳化液箱	226
二、吸液过滤器	227
三、蓄能器	228
第四节 泵站液压系统	229

第一章 液压支架的结构原理

第一节 液压支架的类型

1954年英国煤矿装备了世界上第一个液压支架工作面，以后世界上各主要产煤国家根据各自的具体条件不断研制和发展液压支架。按照液压支架与围岩相互作用的关系，目前使用的液压支架可分为三大类，即支撑式、掩护式和支撑掩护式三类液压支架。

一、支撑式液压支架

支撑式液压支架是在一个底座上放置几根立柱支撑顶梁，并通过顶梁支撑顶板这样的简单结构基础上发展起来的。它有垛式支架和节式支架两种型式。

图1-1为典型的四柱垛式液压支架的结构简图。它由四根立柱5支撑在底座6和刚性主顶梁2之间，好似一堆木垛，故叫做垛式支架。显然，立柱的支撑力通过顶梁完全作用于顶板，架后的挡矸帘1只起着防止碎矸从采空区涌入工作面空间的作用。

垛式支架的优点是：垂直支撑的立柱数量多，支架的工作阻力大；多数立柱位于支架后部，切顶性能好；工作空间大，易满足通风和行人的要求；重量轻，价格便宜。垛式支架的缺点是：立柱需承受横向载荷，容易弯曲；顶梁较长，移架时空顶面积大；同一段顶板受到垂直支撑的次数多，不利于顶板管理；挡矸帘的强度低，顶板碎矸还可以从架间落入工作面，防矸能力弱。所以垛式支架应在直接顶稳定或坚硬的煤层中使用。

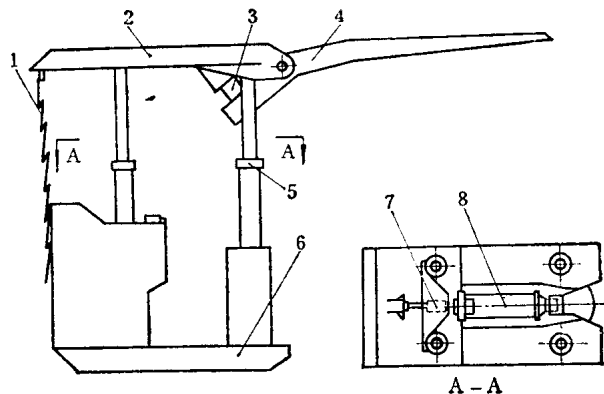


图 1-1 四柱垛式液压支架

1—挡矸帘；2—刚性主顶梁；3—前梁千斤顶；4—铰接前梁；
5—立柱；6—底座；7—复位千斤顶；8—推移千斤顶

节式支架于1958年在法国首先试验成功，曾经在西德广泛使用。它可以由二至五个框架（亦称支架节）组成，图1-2为双框节式支架的结构图。每个框架包括前后两根立柱4，窄面半铰接式顶梁1，两个柱靴7和纵向弹簧板6。框架之间有下部移架机构8和上部移架调架机构5相连接。每架或每隔一架设置有一推溜千斤顶10。节式支架立柱的支撑力完全用于支撑顶板，因而也是支撑式支架。

节式支架前移不象垛式支架那样要依赖于运输机，而是各框架互为支点，交替推移。节式支架移架时空顶面积较小，并可适应较大的煤层倾角。节式支架比垛式支架灵巧，对顶底板的适应性较好，而且重量轻。节式支架的缺点是结构稳定性差，操作管理不善易发生倒架，引起零部件损坏而解体。随着掩护式液压支架的发展，节式支架已逐渐被取代。

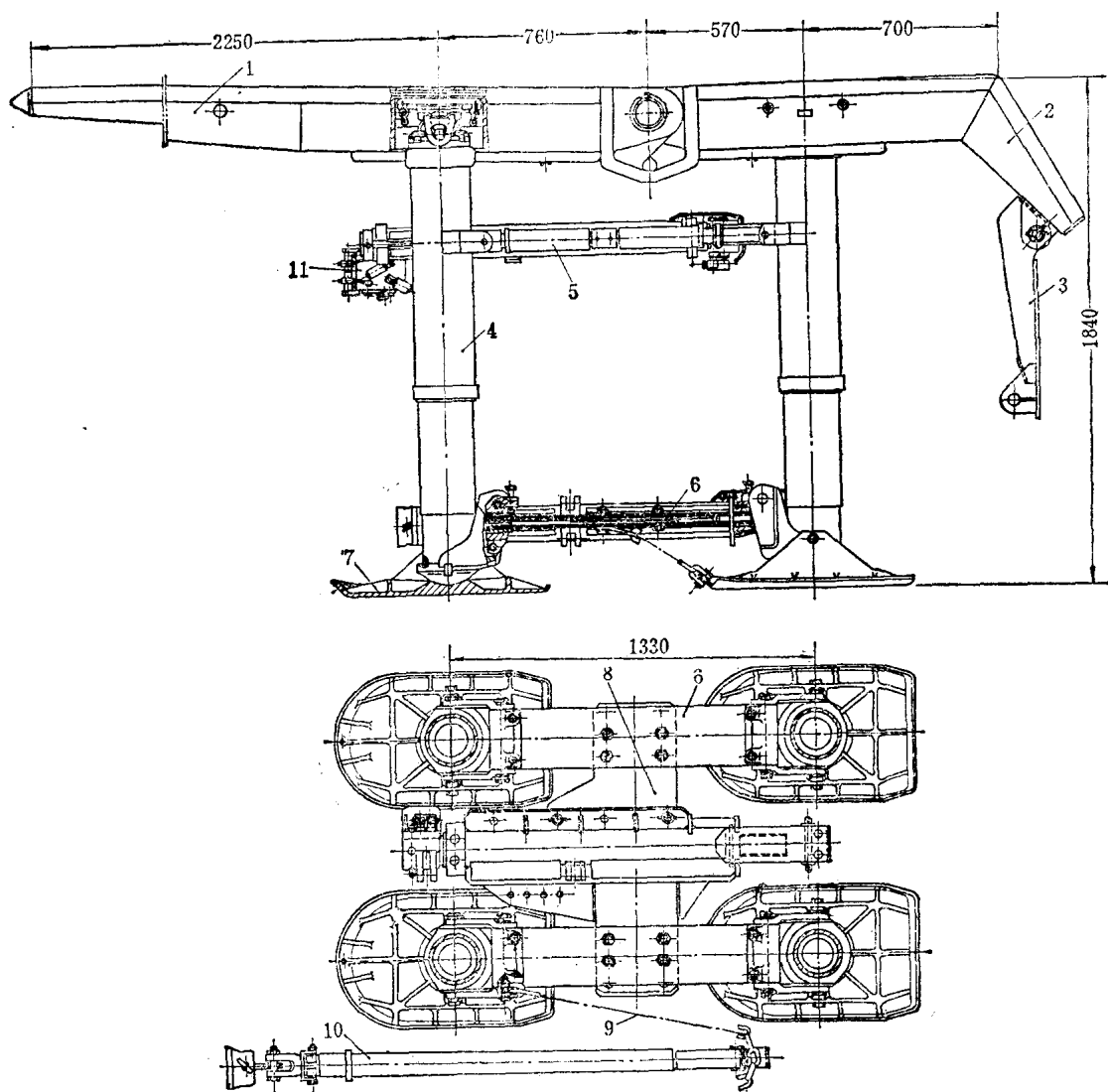


图 1-2 双框节式液压支架

1—顶梁, 2—尾梁, 3—挡杆板, 4—立柱, 5—上部移架调架机构, 6—弹簧板, 7—柱靴, 8—下部移架机构, 9—连环链, 10—推移千斤顶, 11—集中控制阀组

二、掩护式液压支架

掩护式液压支架自苏联于1960年研制成功以来，发展非常迅速，它是液压支架技术上的一项重要突破，大大扩展了液压支架在煤矿中的使用范围。

图1-3为典型的插腿掩护式液压支架。由图可见，它的顶梁较短，只有一排立柱支撑在掩护梁上，并通过掩护梁对顶梁施加作用力维护靠近煤壁处的一小段顶板。掩护梁阻挡了采空区矸石从支架后部进入工作空间并能承受采空区矸石的载荷。侧护板使支架相互紧密接触，架顶矸石不会漏入工作空间。这类支架的支撑力较小，但防护性能很好，因此称为掩护式支架。

掩护式液压支架的优点是，顶梁短，对顶板的作用力均匀，煤壁附近顶板的支护强度往往比支撑式支架还高；结构稳定，抵抗直接顶水平运动的能力强，立柱不承受横向载荷；防护性能好，架内矸石极少，便于操作；调高范围大，对煤层厚度变化的适应性强。因此，掩护式液压支架很适宜于直接顶不稳定或中等稳定的煤层。它的缺点是整架工作阻力小，工作空间小，通风阻力大。故掩护式液压支架不能用于老顶来压强烈和瓦斯涌出量过大的煤层。

三、支撑掩护式液压支架

图1-4为支撑掩护式液压支架的一种结构型式。支撑掩护式液压支架是日本在引进英国垛式支架和苏联掩护式支架的基础上，结合本国特点于1968年首先研制成功的。它保留了垛式支架支撑力大，切顶性能好，工作空间宽敞的优点，采用双排立柱支撑顶梁（或顶梁与掩护梁）的结构；同时又吸取了掩护式支架防护性能好，结构稳定的长处，采用坚固的掩护梁以及侧护板将支架与老塘完全隔开，并用双组线连杆机构联结掩护梁和支架底座。因此支撑掩护式液压支架适用于直接顶中等稳定或稳定，老顶有明显或强烈的周期来压，瓦斯涌出量较大的中厚煤层或厚煤层。即使在坚硬顶板条件下，人们也越来越趋向于使用支撑掩护式液压支架。无论在国内还是在国外，它都有逐渐取代垛式支架的趋势。它的主要缺点是，结构复杂，重量大，价格贵，初期投资高；支架缩回时较长，不便运输。

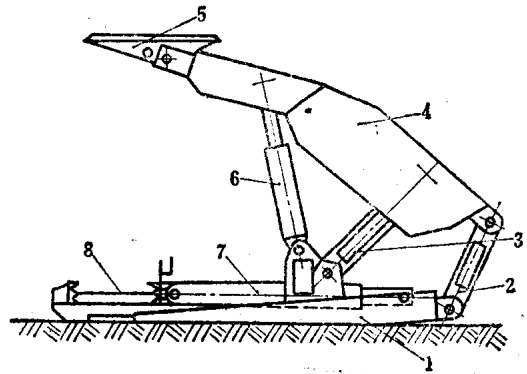


图 1-3 掩护式液压支架（插腿型）

1—底座；2—后连杆；3—前连杆；4—掩护梁；
5—顶梁；6—立柱；7—推移千斤顶；8—输送机

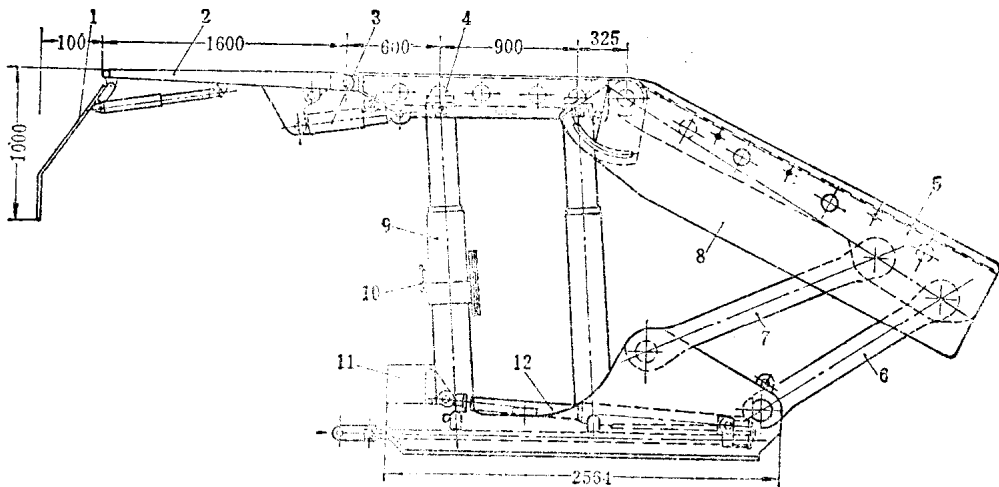


图 1-4 支撑掩护式液压支架

1—护帮板；2—前梁；3—前梁千斤顶；4—主顶梁；5—掩护梁；6—后连杆；7—前连杆；8—侧护板；9—立柱；10—操纵阀；11—底座；12—推移千斤顶

第二节 支撑式支架的结构

一、支撑式支架的类型

垛式支架通常按立柱的数目可以分为四柱式、五柱式和六柱式，如图1-5所示。六柱和五柱垛式支架的前梁下也有立柱支撑，对靠近煤壁处的顶板支撑力较大。六柱垛式支架顶梁与顶板之间的相互作用力分布比较均匀，其受力状态比四柱垛式支架合理。六柱垛式支架结构较为复杂，控制立柱同时均匀伸出也比较困难，设备成本较高，所以目前垛式支架多数是四柱式。五柱式和六柱式多用于薄煤层，以增大工作空间，满足通风和行人的要求。

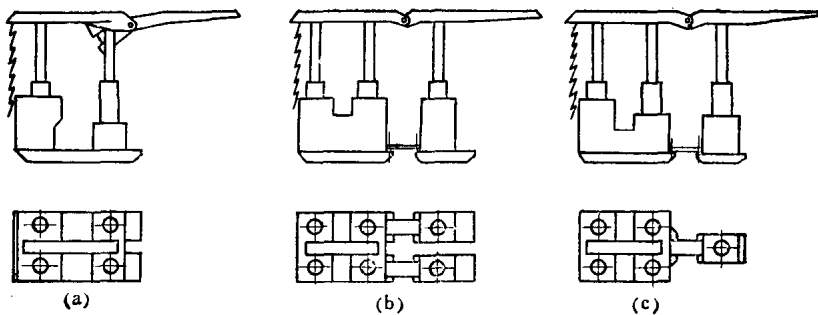


图 1-5 垛式支架的类型

a—四柱式；b—六柱式；c—五柱式

节式支架一般按其框架的数目分为双框、三框和四框等型式，如图1-6所示。节式支架各框架间有移架千斤顶，各框架交替前移。先移的框架称为副架，后移的框架称为主架。框架数目越多，支架的横向稳定性越好，越能适应倾角较大的煤层，但结构也随之复杂。目前使用的节式支架以双框式居多，三框式次之。四框式节式支架的第一、三和第二、四框架分别用弹簧板连接成一体，目前使用不多。

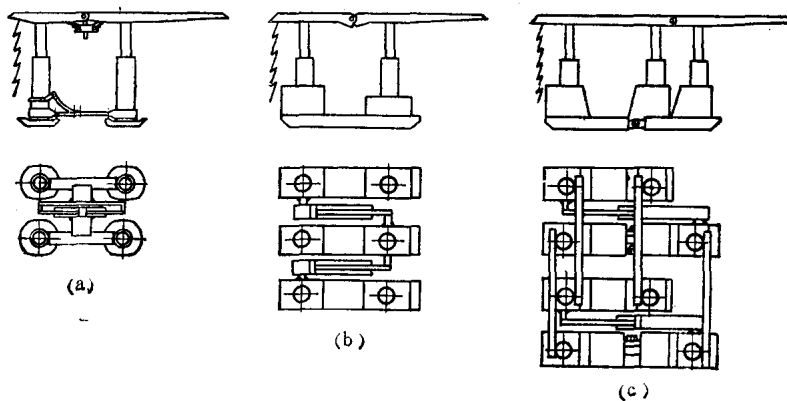


图 1-6 节式支架的类型

a—双框式；b—三框式；c—四框式

支撑式液压支架的结构主要由承载机构、推移装置、复位装置和挡矸装置等组成。分别叙述如下：

二、承载机构

支撑式支架对顶板的支护由顶梁、立柱和底座等组成的承载机构来完成。

(一) 顶梁

1. 对顶梁的要求

支架顶梁直接与顶板相接触，承受顶板载荷。通常，对顶梁的要求是：

- 1) 顶梁应有足够的强度，即使在接触应力分布不太均匀的情况下也不致被压坏；
- 2) 顶梁应有足够的刚度，以承受扭力；
- 3) 顶梁对顶板的覆盖率高；
- 4) 顶梁能适应顶板的起伏变化。

2. 顶梁的结构型式

顶梁的结构型式对防止顶板冒落和适应顶板起伏变化的能力具有重要意义。总的说来，有整体顶梁和分段顶梁两大类。

整体顶梁（图1-7）能顺利通过顶板局部冒落凹坑，但对顶板台阶的适应能力差。

分段顶梁又可分为铰接式、半铰接式和组合式。由于分段顶梁铰接处的纵向间隙和销轴可以容许各段之间相互有稍许扭转，因而比整体顶梁容易满足刚度要求。

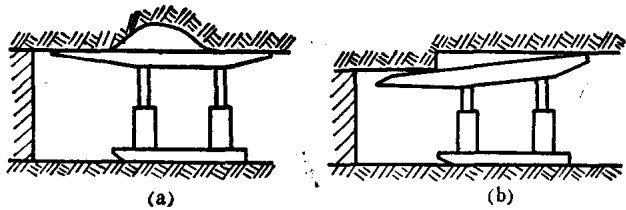


图 1-7 整体顶梁

铰接式顶梁（图1-8）把整个顶梁分为前梁和后梁两段，用铰销连接起来，前后梁下都有立柱支撑。它对局部顶板凸块有较好的适应能力，但它通过局部冒落凹坑时会出现“人”字形，前梁前端不能接触顶板。即使采用图1-8 c 所示的叠式板簧装置，也不能有效解决支架通过局部冒落区时前梁端的接顶问题。

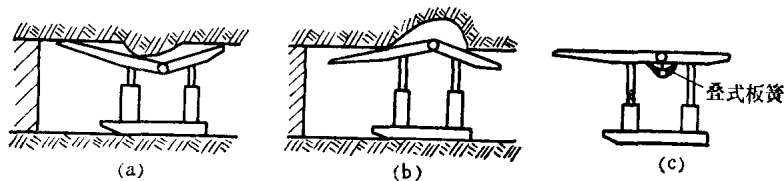


图 1-8 铰接式顶梁

半铰接式顶梁（图1-9）的铰接部分在顶梁的上部，铰接点下部是平整碰头，形成棘式铰接，即两端只能向上翘起。因此，半铰接式顶梁不会形成“人”字形，它既对顶板局部凸块有较好的适应能力，又能顺利通过局部冒落凹坑。

组合式顶梁由刚性主梁和铰接式前梁组成。立柱支撑于主梁下，前梁下无立柱。主梁与前梁铰接，并由一个或两个前梁千斤顶支撑前梁，使前梁在一定范围内上下摆动，以适应顶板的变化。图1-1所示的垛式支架就是采用这种组合式顶梁。

下面比较各种顶梁结构型式对无立柱空间（前柱到煤壁之间的空间）顶板的实际支护效果。由于靠近老塘的顶板下沉，无论整体式还是铰接式或半铰接式的顶梁前端部分实际上并未与顶板接触，仅承受脱离顶板的岩块载荷。显然，从前柱中心线至梁前端的悬臂部分越长，顶梁与顶板在无立柱空间的实际接触开始点离煤壁越远，对顶板的维护效果越差。图1-10表示了这种关系。图中 L_1 表示从前柱中心线至前梁端的悬臂长度， a 表示实际的顶梁与顶板接触的最前点（第一接触点）至梁端的距离。为了改善对靠近煤壁处顶板的实际支护状况，可以使顶梁从前柱中心线开始往前的部分向上翘起约 $1^\circ \sim 2^\circ$ 左右。

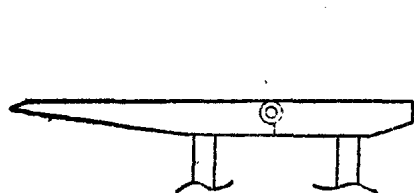


图 1-9 半铰接式顶梁

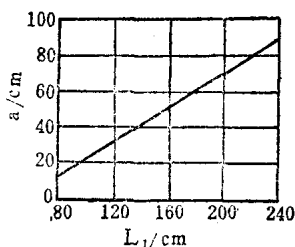
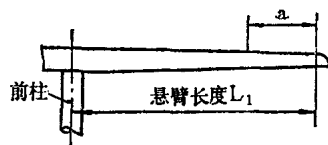


图 1-10 悬臂长度与第一接触点的距离



组合式顶梁对近壁顶板部分的支护本来也有与上述相似的情况。但是它可以通过操纵前梁千斤顶进一步伸出，从而使铰接前梁上翘，保证梁前端接顶。前梁端对顶板的支撑力取决于前梁千斤顶的推力大小。

3. 顶梁的构造

各种结构型式的顶梁，为满足强度和刚度要求，一般都是用10~16毫米厚钢板焊接而成的箱式结构，在上、下盖板之间有加强筋板。图1-11表示了典型的垛式支架顶梁的构造。铰接前梁的前端做成滑撬形，以减少移动阻力。前梁后部两侧有铰接耳板，中间部分杠杆上焊有前梁千斤顶的铰接耳座。主顶梁下焊有四个球窝形铸钢柱帽，允许顶梁相对主柱偏转 $20^\circ \sim 30^\circ$ 。柱帽两侧有孔，可以用钢丝绳销把主柱和顶梁连接起来，防止顶梁与主柱脱离。主梁前端两侧焊有耳板，用来与前梁铰接。主梁前部中心线上焊有短柱（即前梁千斤顶）窝，后部焊有挂帘板。主梁后端做成斜面，以利于冒落矸石溜往老塘。

在顶梁的后部还可以装配向后下方倾斜的尾梁。尾梁的作用是保证冒落矸石落到离支架较远的老塘内，防止矸石砸坏挡矸帘。尾梁可以与原顶梁做成一体，如图1-12a所示。它也可以做成单独部件，由铰接销与主梁后部连接，由保险销支承，如图1-12b所示。当大块岩石从高处冒落砸在尾梁上时可切断保险销，避免支架此时承受的载荷过大。

（二）底座

1. 对底座的要求

支架底座与底板直接接触，它承受立柱传来的顶板压力并传递给底板。对底座的要求是：

- 1) 底座应有足够的强度和刚度；
- 2) 底座对底板的起伏变化适应性好；
- 3) 底座与底板的接触面积大，以减小底座对底板的接触比压，避免支架陷入底板；
- 4) 底座应有足够的地方来安设立柱、推移装置以及液压控制装置；

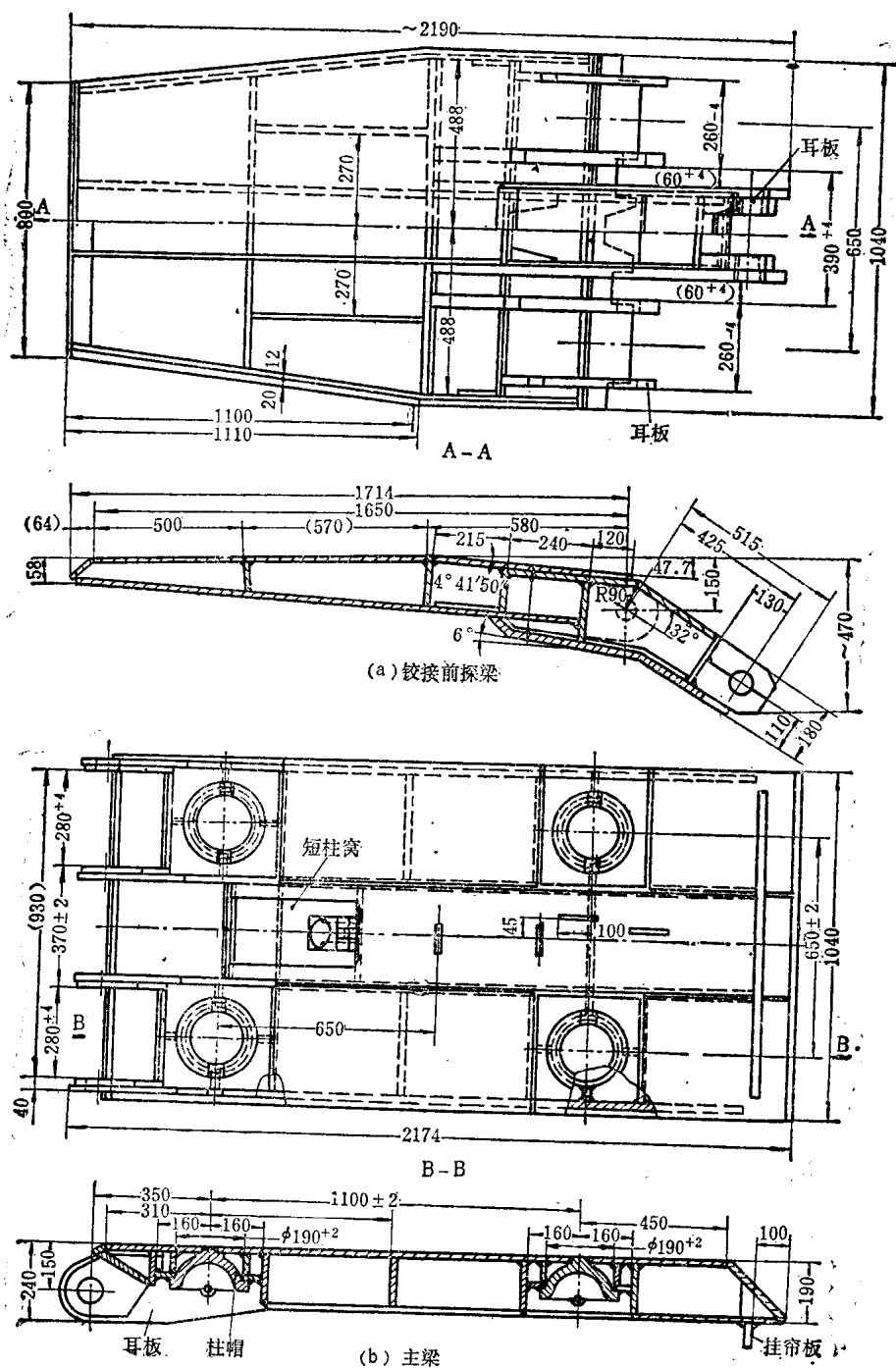


图 1-11 垛式支架顶梁的构造

a—铰接前探梁；b—主梁

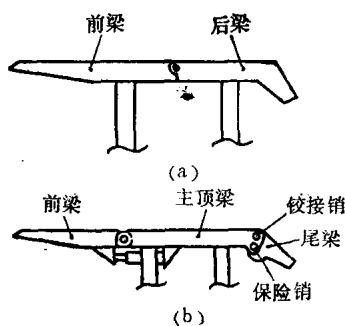


图 1-12 具有尾梁的顶梁

5) 底座要能把落入支架内的碎矸排弃到老塘中。

2. 支撑式支架底座型式

支撑式支架底座有刚性，半刚性和柱靴式等几种型式，图1-13为垛式支架刚性底座的构造。它有左右两个由钢板焊接而成的箱形结构底座梁，其前端做成滑撬形。底座梁的前后两端分别焊有柱窝，柱窝与立柱为球面接触。前后柱窝处焊有前后座箱，座箱上部安装复位橡胶，左右座箱用过桥连接，焊成一体，成为刚性底座。左右底座梁中间的空槽放置推移千斤顶，并作为移架时的排矸槽。后座箱上板面上留有安装复位千斤顶的位置。后座箱及过桥还可起到阻挡老塘碎矸涌入架内的作用。

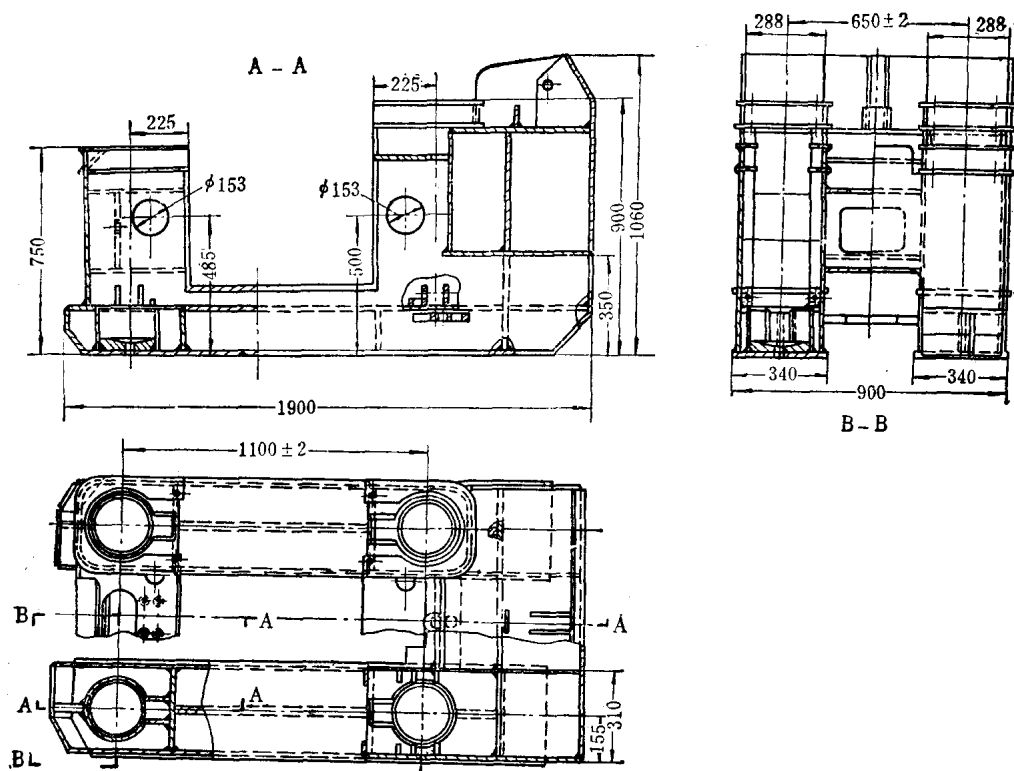


图 1-13 垛式支架的刚性底座

刚性底座整体性强，稳定性好，强度高，不易变形，与底板的接触面积大，但对不平底板的适应性较差。