

液 压 支 架

毕 业 设 计 指 导 书

任 保 才 编

焦作矿业学院机电系

一 九 八 六 年

前 言

为满足我院机械化专业的学生做液压支架专题毕业设计的需要，在总结科研和教学经验的基础上，参考现有资料编写了这本液压支架设计指导书。

该书包括支架与围岩的关系等十部分主要内容，比较系统、全面地介绍了液压支架设计的全过程。对学生如何进行支架的设计计算，提供了方法、步骤和必要的计算（验算）公式。书后附录了国内外液压支架的主要技术特征和参考文摘等，为学生做设计提供了方便。本指导书是在学生学完基本理论课和专业课等先修科目后进行专题毕业设计使用的。

本书在编写的过程中，得到北京煤矿机械厂，北京煤炭科学研究院开采所、焦作矿山机械厂等单位提供了部分资料，全书最后由焦作矿山机械厂研究所所长冀之伟同志审稿。在此表示衷心地感谢。

由于时间和收集资料以及本人水平所限，缺点和不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

1986年元旦

目 录

前 言	1
〈一〉、支架与围岩的关系	3
〈二〉、顶板分类及架型选择	5
〈三〉、液压支架支护性能分析	18
〈四〉、确定液压支架的主要工作参数	36
〈五〉、确定顶梁长度和宽度	45
〈六〉、掩护梁与四连杆机构设计	52
〈七〉、主要构件的结构和强度计算	62
〈八〉、液压系统及其液压元件的结构与设计	87
〈九〉、乳化液及泵站	109
〈十〉、对设计图纸的要求和说明书的规定	116
附录:	
I、引进液压支架缸、柱参数表	121
II、矿用液压支架立柱、千斤顶的缸、柱直径系列 (MT ¹²³ 94-84)	123
III、国内外一些液压支架的主要技术特征	125
IV、液压支架参数优化模型	127
V、液压支架毕业设计参考文献	128

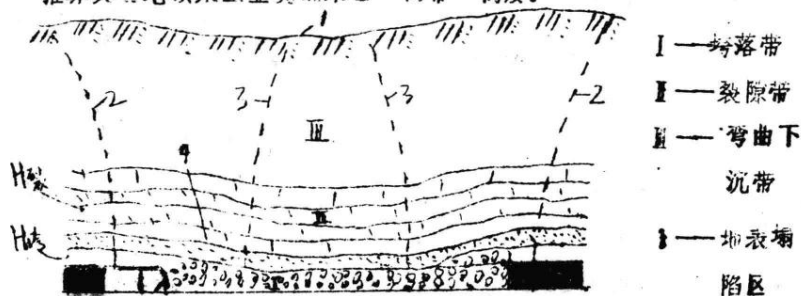
〈一〉、支架与围岩的关系

众所周知，支架与围岩的相互作用关系，是研究、设计、选择液压支架的合理参数及其结构型式的重要依据。用液压支架支撑顶板的可控性，取决于支架与老顶和直接顶的相互作用。煤、岩体在采动前，由于煤、岩体本身的自重作用而产生的力是平衡的，这时煤、岩体内部的应力处于原始应力状态。煤层开采以后，引起了顶板岩层的移动，破坏了原来的应力状态，引起了煤、岩体内部的应力重新分布，当重新分布后的作用力超过煤岩的强度，就会出现顶板下沉和垮落、底板隆起、煤壁片帮，支架变形和破坏、充填物压缩、岩层和地表移动、煤的压出、矿山冲击等现象，这些现象统称为矿山压力显现。

采矿工程的对象是煤与岩石，对回采工作面来说，矿山压力与支护是一对矛盾。只有很好了解矿山压力，才有可能设计出较合理的支护设备来控制矿山压力，维护好工作空间，安全合理地进行回采工作。实践证明，凡是液压支架的结构与运行方式适应于矿山压力，就能为回采工作面高产、高效创造有利条件，否则严重影响工作面生产。

从目前岩层移动的研究成果来看，回采工作面从开切眼开始到初次来压后，在大多数矿区形成了如图 1—1 所示的岩层移动概貌，根据岩层破坏的特征，可将其分为垮落带、裂隙带及弯曲下沉带，从图中可以看出，工作面上覆岩层随采面向前推进而逐渐变形，移动和破坏，其结果是垮落带和部分裂隙带的岩石重重使支架受载，同时液压支架也给上覆岩层一个反作用力，这就构成了上覆岩层与

液压支架相互作用的力学关系，以此为出发点，依据支柱载荷的实测值，确定液压支架受载与“两带”高度关系，可按下列经验公式推算具有老顶来压显现的采面“两带”高度。



2——岩层开始移动边界线。

3——岩层移动稳定边界线。

4——离层现象。

图 1-1，升采后支架与围岩的关系

即：
$$H_{\text{垮}} = \frac{P_{\text{前}}}{\gamma} \quad (1-1)$$

$$H_{\text{裂}} = \frac{P_{\text{时}}}{\gamma} \quad (1-2)$$

式中： $P_{\text{前}}$ ——老顶来压前支护强度 吨/米²

$P_{\text{时}}$ ——老顶来压时的支护强度 吨/米²

γ ——相应分带岩层的容重 吨/米³

由于回采工作面“支架——围岩”关系是一双曲线（即 $P-S$ 曲线）关系，如图 1-2 所示，所以必然有一个支架合理支撑力的

问题。考虑最危险状态，要求液压支架应能承受控顶距内及悬露的直接顶的全部重量 Q_1 和老顶所给予支架的载荷 Q_2 。由于对整个岩层开采后的运动规律还没有完全掌握，尤其对岩层挤压后形成的平衡条件不清，因此在确定支架合理工作阻力时，对于老顶给予支架的载荷等仍按经验方法确定。

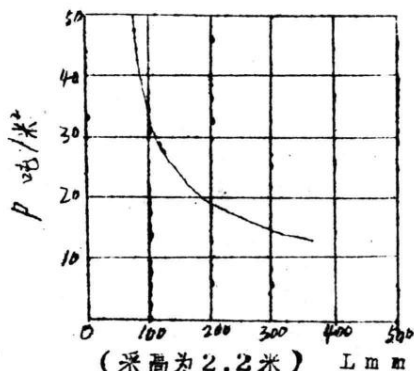


图 1—2, “支架工作阻力——顶板下沉”曲线

(注: Q_1 和 Q_2 及合理工作阻力的计算见后 (四))。

在综采工作面中，液压支架约占综采设备总重量的 90% 左右，其费用约占到综采设备购置费的 60% 左右，如能熟悉和掌握采煤工作面的矿山压力规律，了解支架与围岩的关系，将矿压理论与研究成果运用于支护设备使用者的研究工作紧密地结合起来，寻找到设计、使用液压支架的一套科学方法，节约钢材，降低重量，降低成本，保证安全，设计出适合我国不同地质条件和开采条件的“顶得住，拉得动”，轻型化、多品种、多类型、经济高效的支护设备。此外，液压支架的可靠性、重量、成本等重要指标还取决于支架参数的优化设计。今后要不断地进行开拓性的研究，使液压支架发挥它应有的经济效益和社会效益。

〈二〉顶板分类与架型选择

液压支架是综采工作面的支护设备，它的功用是支护和控制采

煤后暴露的顶板，形成一定的工作空间，保证采煤工作安全可靠地进行。它是将矿压理论与研究成果付诸施实来控制顶板，而煤层顶板的岩层厚度、机械性能、节理裂隙发育程度的不同，顶板的稳定程度、采压强弱和压力大小就不同，所需支架的结构型式和支撑力大小也就应当不同。因此，研究顶板分类的目的，就是为了根据不同顶板条件设计不同架型和确定支撑力。使用时合理的选择架型。

一、先解释几个有关的基本概念。

伪顶：位于直接顶与煤层之间的0.3~0.5米以下极易垮落的松散岩层。（有时没有伪顶）。它通常是炭质、泥质页岩等强度较低岩层，随采随冒。

直接顶：位于煤层（无伪顶时）或伪顶之上的一层或几层岩层。通常是由具有一定稳定性的，易于随采随落页岩或砂岩组成。直接顶最下边1.5~2.0米厚的岩层叫直接顶下位岩层。

老顶：通常位于直接顶之上，有时直接位于煤层之上厚而坚硬的岩层，通常由砂岩、石灰岩、砂岩等组成。常在采空区暴露大面积而不垮落。

初次采压步距：老顶初次采压时，工作面距升切眼的距离叫做初次采压步距。一般为20~35米，有的可达50~70米。甚至更大。其采压步距对顶板稳定性和支护工作都有决定性的影响。周来压：主要是由于老顶不能形成自身的平衡，而发生周期性的折断。

周期来压步距实验值一般为： $L_{周} = (\frac{1}{2} - \frac{1}{4}) \cdot L_{初}$

周期来压是顶板下沉量变大，支柱载荷增加，严重时引起煤

壁片帮、立柱折损等，因此，它直接影响立柱参数的选择。

顶板稳定性：实际指直接顶稳定性，是指采煤后或经过支架反复支撑后顶板悬露，保持完整不冒落的能力。直接顶特别是下位岩层的稳定，一般对选择支架架型起决定性的作用。而老顶来压强度则对支架工作阻力（或支护强度）起主导作用。

二、直接顶分类：

直接顶是根据强度指数 D 分类的，它用作反映直接顶强度的主要指标。强度指数 D 可用下式表示：

$$D = \sigma \cdot C_1 \cdot C_2 \quad (2-1)$$

式中： σ —— 岩石单向抗压强度 Kg/cm^2

C_1 —— 节理裂隙影响系数

C_2 —— 分层厚度影响系数

以上 D 、 C_1 、 C_2 三个参数的值可分别由下附表 2-1、2-2、2-3 查得，岩石抗压强度 σ 值见表 2-4。（9）

直接顶分类 表 2-1

类别		直接顶分类			
		I	II	III	IV
指标		不稳定顶板	中等稳定顶板	稳定顶板	坚硬顶板
		≤ 30	31-70	71-120	> 120
主要指标	强度指数 D				无直接顶，岩层厚度在 2~5 米以上， $\sigma > 600 \sim 800$ 公斤/厘米 ² ， I 和 $h > 1$
参考指标	直接顶初次垮落步距 L (米)	≤ 8	9-18	19-25	> 25
					米的整体岩层，即老顶。

节理裂隙影响系数

表 2-2

节理裂隙 间距(米)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
C_1	0.3	0.32	0.34	0.37	0.39	0.41	0.43	0.46	0.48	0.5	0.52	0.55

分层厚度影响系数

表 2-3

分层厚 度(米)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
C_2	0.24	0.25	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.36	0.38	0.39	0.41

岩石抗压强度

表 2-4

岩石种类		抗压强度 (Kg/cm^2)
砂岩类	细砂岩	1060 ~ 1460
	中粒砂岩	875 ~ 1360
	粗砂岩	580 ~ 1260
	粉砂岩	370 ~ 560
砾岩类	砂砾岩	710 ~ 1240
	砾岩	820 ~ 960
页岩类	砂质页岩	400 ~ 920
	页岩	190 ~ 400
灰岩	石灰岩	540 ~ 1610

直接顶的分类可用文字解释如下:

I类顶板: 不稳定顶板, 即易冒落的松软顶板。空顶区顶板随移架而垮落, 冒落矸面能基本充满采空区。

II类顶板: 中等稳定顶板, 移架后随之垮落, 但因厚度不大, 冒落矸石不能充满采空区。

III类顶板: 稳定顶板, 即难冒落的坚硬顶板。老顶直接位于煤层或伪顶之上(无直接顶)

IV类顶板: 极难冒落的坚硬顶板。

三、老顶的分级:

老顶的采压强度主要根据直接顶厚度和采高的比值 $N = \frac{M}{m}$ (式中 M ——直接顶厚度, 米; m ——采高, 米) 和老顶初次来压步距 L 将老顶分成4级。如表2-5所示:

老 顶 分 级

表 2-5

分 级	I	II	III	IV
老 顶 采 压 显 现	不 明 显	明 显	强 烈	极 强 烈
指 标	$N > 3 \sim 5$	$0.5 < N \leq 2 \sim 3$ $L = 25 \sim 50$	$0.2 < N \leq 2 \sim 3$ $L > 50$, $N \leq 0.3$ $L = 25 \sim 50$	$N \leq 0.3$ $L > 50$

表中所列 N 值中的 $3 \sim 5$, 系指直接顶冒落后能基本充满采空区所需的倍数比。对于 I、II、III类直接顶板可分别取 $N = 3$ 、4、5 再根据实测而定。老顶初次来压步距 L 可根据现场实测或矿压显

现特征确定。可见，直接顶厚度与采高的比值越大，说明垮落的直接顶矸石充满采空区的程度越大，老顶被碎矸支撑得越好，周期来压越不明显，老顶就越稳定。反之，周期来压则强烈，老顶也就越不稳定，支架受动载的影响就越大。

四、液压支架的基本型式

国内外液压支架的型式很多，根据支架与顶板的相互作用和维护回采空间的方式，液压支架可分为支撑式、掩护式及支撑掩护式三种类型。如图 2—1 所示。

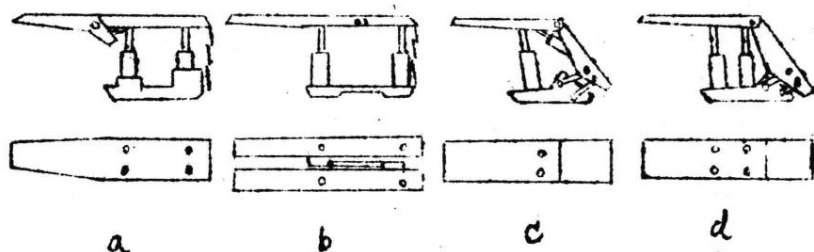


图 2—1 液压支架分类

a——架式；b——节式；c——掩护式；d——支撑掩护式。

支撑式、掩护式和支撑掩护式液压支架对顶板的作用方式是不同的，因而所采用的结构型式也是各不相同的。

1、支撑式支架：

它依靠顶梁直接支撑住顶板来控制顶板维护回采空间，而直接顶在支架后端被切断垮落。按结构和移架方式不同分为架式支架和节式支架两种形式。支撑式支架的结构型式如图 2—2 所示。

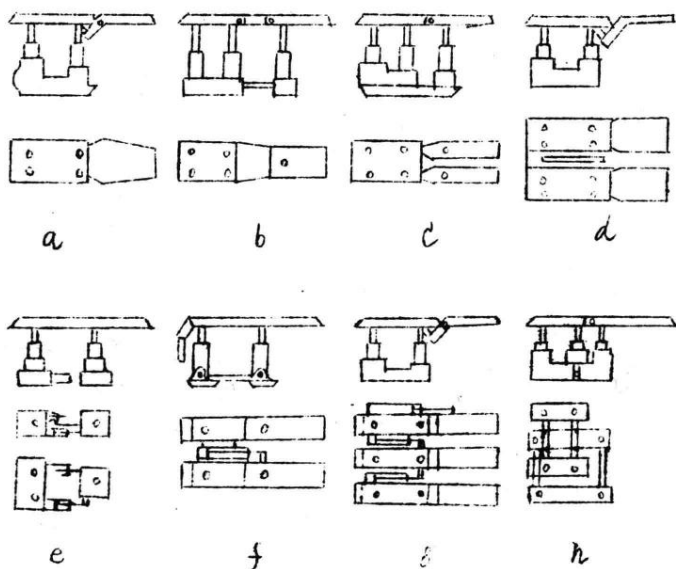


图 2—2 支撑式液压支架的结构型式

垛式支架每架为一整体结构，看上去好象一堆木架，采用整体移动。

节式支架每架一般由 2—4 个节组成，框架间互相联系，交错逐步前移。它与垛式支架相比具有结构灵巧，重量较轻，对顶、底板适应性较好。但它的稳定性较差，在国内现已基本上被淘汰。

支撑式支架的结构特点是：顶梁长（一般 4 米左右），一般都有前探梁；立柱多（4—6 根），且都垂直顶梁；具有专门的复位装置，承受水平力；有简单的挡矸帘，架间不密封。

其支护性能特点是：支撑力大（200—800 吨/架），切顶性能好，稳定性较好，工作空间比较大，容易满足通风的要求。

所以支撑式支架适用于直接顶中等稳定或中等稳定以上，老顶有明显或强烈周期来压的顶板条件。

2、掩护式支架：

掩护式支架靠掩护梁对冒落断面的掩护作用（为主）和顶梁对顶板的支撑作用（为辅）来控制和支护回采空间。

按顶梁和掩护梁连接点的运动轨迹分为：弧线型、双曲线型和椭圆型三种。

按支架底座与输送机溜槽的连接关系分为：插底式、非插底式（分离式）

按顶梁与掩护梁的连接方法分为：三角式、滑入式（h图）、铰接式（f图）各类掩护式支架结构型式如图2—3所示。

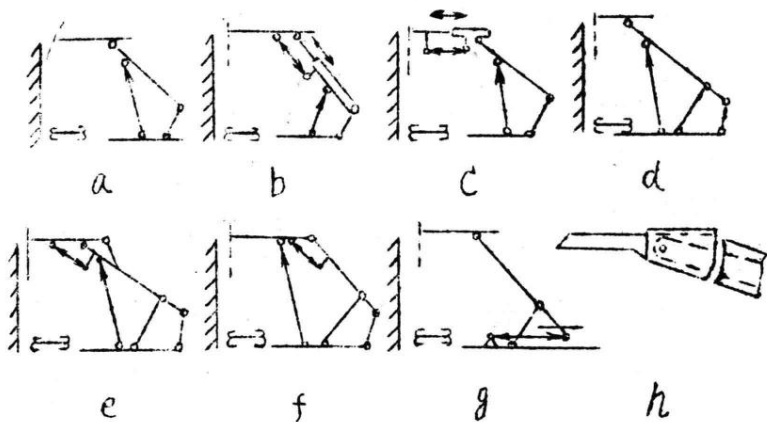


图2—3，掩护式液压支架的结构型式

图a所示为弧线型支架。它的掩护梁与底座采用单铰连接，立

柱伸缩时，顶梁与掩护梁铰接点的运动轨迹为圆弧线。其优点是结构简单，工作空间较大。但缺点是支架在升降过程中，不能保持顶梁端到煤壁之间的恒定距离（此变化范围允许值为30~70毫米），影响煤壁前边的支护效果。所以这种支架仅用于支撑高度变化不大或顶板较稳定的煤层。目前较少应用。

为了克服上述缺点，可以采用可伸缩掩护梁（图b）或可伸缩顶梁（图c）等结构形式，以补偿支架升降时引起的间距变化。

双铰链型支架（图d、e和f）的底座与掩护梁通过两根连杆连挂构成四连杆机构。支架升降时，顶梁和掩护梁铰接点的轨迹是双曲线。如杆件尺寸设计得好，梁端距离^{变化}很小，且抗侧向力能力也大，是目前应用最多的一种结构型式。

图g为椭圆型支架是将后连杆缩短为一铰点，在水平“立柱”驱动下该点在底座滑槽内移动，掩护梁与顶梁铰接点的运动轨迹为椭圆曲线。梁端距比双铰链型变化大，但较圆弧型小。立柱水平布置，支撑力小。可用于薄煤层支架。应用较少。

掩护式支架结构特点：顶梁较短，立柱少（单排，1~2根）且斜立；

掩护梁宽大，梁间用侧护板密封。

其支护性能特点是：支撑力小，切顶能力弱，但支撑力主要集中在机道上方的顶梁部位，故支护强度较大。支护性能好，控顶距小（约为支撑式的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ ）。顶梁受力均匀。双铰链型支架梁端距变化小，能承受较大的侧向力，允许带压移架。

所以，掩护式支架适用于顶板压力主要集中在机道上方的不稳

度或中等稳定的顶板。即老顶为Ⅰ级，直接顶为Ⅰ；2类顶板及老顶为Ⅱ级，直接顶为Ⅰ类顶板时应选用掩护式支架。

3、支撑掩护式支架：

这种支架是在吸收前两种支架的特点的基础上发展起来的一种架型它以支撑为主，但同时又兼有掩护作用，来控制和维持工作空间。其结构型式如图2—4所示。

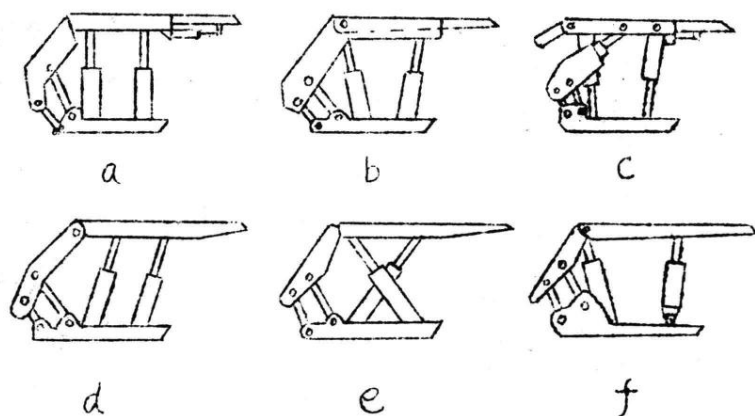


图2—4，支撑掩护式支架结构型式

此支架结构特点是：立柱多（3—4根），分前后两排垂直、倾斜或交叉（X型）等方式布置；顶梁长，顶梁后铰接有坚固、宽大的掩护梁。架间也未用侧护板密封。

其支护性能特点是：支撑力大，切顶能力强，掩护性能好。能承受较大的侧向力，稳定性好。工作空间大，利于行人和通风。因

其适应性强，国内外都在大力发展这种支架。

此种支架适用于顶板中等稳定以上，采后易冒落的煤层中。当老顶为Ⅰ级，底板又较松软时选用支撑掩护式比较合理。

在液压支架的发展过程中，首先研制的是工作面中部支架，如上述的三种支架，除此之外，还有用于工作面上，下端处的端头支架，此种支架的特点是：支架的顶梁较长，支护空间大；支撑力大，且具有支撑和锚固作用。有较高的稳定性和结构强度。国内已研制出附、三种型式的端头支架。

近几年来，随着采煤的迅速发展，国内外又研制出一些新型支架。如一次采全高的放顶煤支架；苏联产的2M-813和KM-130型提腿式液压支架，国内已研制出一套提腿式支架现正在开滦作井下工业性实验；西德、英国已研制出大采高（采高达6米）的液压支架，国内已生产出三种规格的大采高支架。国内正在研制强力支架（工作阻力800吨）和薄煤层支架。急倾斜煤层的液压支架也开始在国内使用。（今年从苏联引进一套在渡口使用，和英国加立克公司联合设计适用于45°倾角的液压支架在开滦使用）随着煤炭工业技术的发展，我国液压支架的品种系列日趋完善，适用范围将会不断扩大。

根据国内外使用液压支架的经验，总结出适应不同类级顶板条件的支架型式和支护强度列于表2-6。供支架选型时参考。表2-6说明：①。“支一掩”即支撑掩护式。

2.②.表示支架支护面积上的支撑力强度，支护面积按下式计算：

梁型和支护强度

表 2-6

老顶级别		I			II			III				IV	
直接顶类别		1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	4	
支架架型		掩 护	掩 护	支 撑	掩 护 或 支 撑 (1)	掩 护 或 支 撑 (1)	支 撑	支 撑	支 撑	支 撑	支 撑	支撑 (米高 < 2.5 米)	
支架架型		掩 护	掩 护	支 撑	掩 护 或 支 撑 (1)	掩 护 或 支 撑 (1)	支 撑	支 撑	支 撑	支 撑	支 撑	或支一掩 (米高 > 2.5 米)	
支架 强度 (吨/米 ²)	米	1	30	1.3 × 30	1.6 × 30	1.6 × 30	1.6 × 30	1.6 × 30	1.6 × 30	1.6 × 30	1.6 × 30	2 × 30	应结合深孔
	米	2	35(25)	1.3 × 35(25)	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	2 × 35	应结合深孔
	米	3	45(35)	1.3 × 45(35)	1.6 × 45	1.6 × 45	1.6 × 45	1.6 × 45	1.6 × 45	1.6 × 45	1.6 × 45	2 × 45	应结合深孔
	米	4	55(45)	1.3 × 55(45)	1.6 × 55	1.6 × 55	1.6 × 55	1.6 × 55	1.6 × 55	1.6 × 55	1.6 × 55	2 × 55	应结合深孔
单体 支柱 支护 强度 (吨/米 ²)	米	1	15	1.3 × 15	1.6 × 15	1.6 × 15	1.6 × 15	1.6 × 15	1.6 × 15	1.6 × 15	1.6 × 15	按米空区处 理方法确定	
	米	2	25	1.3 × 25	1.6 × 25	1.6 × 25	1.6 × 25	1.6 × 25	1.6 × 25	1.6 × 25	1.6 × 25		
	米	3	35	1.3 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35	1.6 × 35		